

# 토지주택연구

Land and Housing Review

Vol. 16 No. 2

060

June 2025

- |  |   |
|--|---|
| 1 서울시 옥탑방 거주자의 주거특성 및 주거불안 영향요인 분석<br>고정희 · 임미화 · 김덕례                | 105 서울시 지하층 주택 밀집지역 분포와 공간적 상관관계 연구: 침수위기지역과 취약가구 거주지역을 중심으로<br>임재빈 · 정가성 |
| 19 결혼 및 자녀계획에 따른 청년 주택 소비형태에 관한 실증분석<br>박현택 · 김진엽                    | 121 수평형 태양전지 일체형 창호 적용에 따른 업무시설의 에너지 성능 분석<br>김아영 · 박보량 · 정용기 · 문진우       |
| 35 기계학습모형을 활용한 인천광역시 격자 기반 홍수 위험도 예측<br>정민주 · 김기찬 · 이창길 · 김현우        | 131 제로에너지 건축물 계획을 위한 태양광 시스템의 디자인 · 성능 통합 평가 프로세스<br>김이레 · 박준환 · 백승호      |
| 49 지역별 생산 · 소비활력 특성을 고려한 지역활력/소멸지수 개발<br>주수현 · 강성구 · 김서현 · 윤서람 · 천상현 | 143 활동량 산출 모델 적용 실내환경 제어의 열환경 및 에너지 성능평가<br>윤지영 · 최은지 · 이해원 · 문진우         |
| 69 아파트 역전세가 전세보증사고에 미치는 영향에 관한 연구<br>김성찬 · 성주한                       | 153 원심모형실험을 통한 수평 및 경사지반에 관입된 말뚝지지 구조물의 동적 거동 특성 분석<br>윤정원                |
| 89 서울권과 인접권역 주택시장의 연쇄적 가격 전이효과 : 패널 VECM의 적용<br>서원석                  | 165 침하분석 곡선맞춤에서 설계자의 주관적 데이터 조정을 배제한 침하량 산정<br>김동환 · 문성우                  |

ISSN 2093-8829 (PRINT) | ISSN 2234-1765 (ONLINE)



Land and Housing Research Institute  
Korea Land & Housing Corporation

## 편집위원회

### 편집위원장

이승일 | 서울시립대 교수

### 편집위원

강순주 | 건국대 교수  
강인석 | 경상국립대 교수  
강정규 | 동의대 교수  
고진수 | 광운대 교수  
권영철 | 한라대 교수  
김건우 | 한양대 교수  
김용우 | Univ. of Washington 교수  
김의종 | 인하대 교수  
김종진 | 전주대 교수  
김형규 | 홍익대 교수  
김형민 | Univ. of Melbourne 교수  
김흥순 | 한양대 교수  
남영우 | 나사렛대 교수  
문성호 | 서울과학기술대 교수

### 편집부위원장

이명훈 | 한양대 교수

박윤미 | 서울대 교수  
박인권 | 서울대 교수  
박진철 | 중앙대 교수  
백승철 | 안동대 교수  
백인열 | 가천대 교수  
서원석 | 중앙대 교수  
성현곤 | 한양대 교수  
송정섭 | 건국대 교수  
양근혁 | 경기대 교수  
오세준 | 평택대 교수  
원재웅 | 경희대 교수  
윤갑식 | 동아대 교수  
이재경 | 홍익대 교수  
이재우 | 목원대 교수

이현정 | 경희대 교수  
임준홍 | 충남연구원 선임연구위원  
장일한 | 아주대 교수  
장재동 | Univ. of Kansas 교수  
전경수 | 성균관대 교수  
정재호 | 목원대 교수  
조영하 | Univ. of Oxford Brookes 교수  
조재열 | 서울대 교수  
지규현 | 한양사이버대 교수  
천상현 | 홍익대 교수  
최수경 | 한서대 교수  
한승훈 | 전남대 교수



## CONTENTS

# 토지주택연구

Land and Housing Review

Vol. 16 No. 2 (060) June 2025

**발행** 한국토지주택공사  
토지주택연구원  
(34047) 대전광역시 유성구  
엑스포로 539번길 99

**전화** 042 866 8562

**팩스** 042 866 8638

**Home** <https://lhri.lh.or.kr>

**발행인** 정창무

**인쇄처** (주)에이퍼브  
02 2274 3666

**인쇄일** 2025년 6월 28일

**발간일** 2025년 6월 30일

### 저널발간팀

정연우 신병훈 오명택 송기욱 김태민  
이동건 김경진

- 1 서울시 옥탑방 거주자의 주거특성 및 주거불안 영향요인 분석  
고정희·임미화·김덕례
- 19 결혼 및 자녀계획에 따른 청년 주택 소비형태에 관한 실증분석  
박현택·김진엽
- 35 기계학습모형을 활용한 인천광역시 격자 기반 홍수 위험도 예측  
정민주·김기찬·이창길·김현우
- 49 지역별 생산·소비활력 특성을 고려한 지역활력/소멸지수 개발  
주수현·강성구·김서현·윤서람·천상현
- 69 아파트 역전세가 전세보증사고에 미치는 영향에 관한 연구  
김성찬·성주한
- 89 서울권과 인접권역 주택시장의 연쇄적 가격 전이효과  
: 패널 VECM의 적용  
서원석
- 105 서울시 지하층 주택 밀집지역 분포와 공간적 상관관계 연구  
: 침수위기지역과 취약가구 거주지역을 중심으로  
임재빈·정기성
- 121 수평형 태양전지 일체형 창호 적용에 따른 업무시설의 에너지 성능  
분석  
김아영·박보람·정용기·문진우
- 131 제로에너지 건축물 계획을 위한 태양광 시스템의 디자인·성능 통합  
평가 프로세스  
김이레·박준환·백승효
- 143 활동량 산출 모델 적용 실내환경 제어의 열환경 및 에너지 성능평가  
윤지영·최은지·이혜원·문진우
- 153 원심모형실험을 통한 수평 및 경사지반에 관입된 말뚝지지 구조물의  
동적 거동 특성 분석  
윤정원
- 165 침하분석 곡선맞춤에서 설계자의 주관적 데이터 조정을 배제한 침하량  
산정  
김동환·문성우

# 토지주택연구

Land and Housing Review

Vol. 16 No. 2 [060] June 2025



## CONTENTS

- 1 Key Factors Analysis for Housing Characteristics and Housing Insecurity among Rooftop Housing Residents in Seoul, Korea  
Jung-Hi Ko · Mi-Hwa Lim · Duck-Rye Kim
- 19 Analyzing Housing Consumption Trends among the Young Generation: Focusing on the Impact of Marriage and Childbirth Plans  
Hyeontaek Park · Jinyhup Kim
- 35 Flood Risk Prediction Using the Grid-Based Machine Learning Models in Incheon  
Minju Jeong · Kichan Kim · Chang Kil Lee · Hyun Woo Kim
- 49 Development of Local Vitality-Extinction Indices Considering Local Production and Consumption Characteristics  
Soohyun Joo · Seonggu Kang · Seohyun Kim · Suhram Yoon · SangHyun Cheon
- 69 A Study on the Impact of Apartment Reverse Chonse on Chonse Guarantee Accidents  
Sung-Chan Kim · Joo-Han Sung
- 89 Sequential Spillover Effect between Greater Seoul and Adjacent Regional Housing Markets: Application of the Panel VECM  
Wonseok Seo
- 105 A Study on the Distribution and Spatial Correlation of Densely Populated Underground Housing Areas in Seoul: Focusing on Flood Risk Areas and Vulnerable Household Residential Areas  
Jaebin Lim · Kiseong Jeong
- 121 Energy Performance Analysis of Horizontal Solar Cell integrated Windows in Office Building  
A Young Kim · Bo Rang Park · Yong Gi Jung · Jin Woo Moon
- 131 Integrated Design Process for Performance and Aesthetic Evaluation of PV System in Zero-Energy Building Plans  
I-Re Kim · Jun-Hwan Park · Seung-Hyo Baek
- 143 Thermal Environment and Energy Performance Evaluation of Indoor Environment Control Using Metabolic Rate Estimation Model  
Ji-Young Yun · Eun-Ji Choi · Hae-Won Lee · Jin-Woo Moon
- 153 Dynamic Behaviour Characteristics of Pile-Supported Structure Installed in Horizontal and Inclined Ground through Centrifuge Model Tests  
Jungwon Yun
- 165 Settlement Estimation via Curve Fitting Excluding Designer's Subjective Data Adjustments  
Donghwan Kim · Sungwoo Moon



## 서울시 옥탑방 거주자의 주거특성 및 주거불안 영향요인 분석\*

### Key Factors Analysis for Housing Characteristics and Housing Insecurity among Rooftop Housing Residents in Seoul, Korea

고정희\*\* · 임미화\*\*\* · 김덕례\*\*\*\*

Jung-Hi Ko\*\* · Mi-Hwa Lim\*\*\* · Duck-Rye Kim\*\*\*\*

#### Abstract

This study analyzed the determinants of housing characteristics and housing insecurity among rooftop housing residents by comparing them with those who live in Gosiwon, shanties, containers, greenhouses, semi-basements, and underground dwellings, using the 2020 Seoul City Housing Survey data. The SPSS 29.0 statistical program was used to analyze housing characteristics, housing conditions, and housing anxiety characteristics, employing crosstabulation analysis, a chi-square test, and Fisher's exact test. A binary logistic regression analysis (BLRA) was performed to analyze the influencing factors for housing insecurity. Housing type determinants were analyzed using multinomial logistic regression. The analysis showed that the proportion of middle-aged and elderly people living in rooftop housing was very high, and the proportion of low-educated people, with a high school degree or lower, was high. In terms of occupation and income, the proportion of non-regular, temporary, and daily laborers was high. In terms of housing tenure, monthly rent and rent with a deposit were more common. In terms of housing insecurity, rooftop rooms had a higher rate of housing cost burden despite having lower housing cost burden than other types. Housing safety, especially heating and insulation, was found to be poor in half of the rooftop housing households. The housing problems of the middle-aged have been marginalized compared to those of the young and the elderly. Therefore, based on the results of the study, five recommendations were made. First, housing and employment stability support programs are needed. Second, there is a need to improve the housing conditions of rooftop housing in conjunction with the Seoul Housing Welfare Project. Third, a policy to eliminate housing blind spots by strengthening and expanding housing support for vulnerable middle-aged and elderly people is needed. Fourth, it is necessary to improve the accessibility of information for vulnerable households by establishing a foundation for Seoul's housing support services. Fifth, it was suggested that a special survey is needed to identify the actual situation of rooftop housing households.

**Keywords:** Rooftop, Housing Insecurity, Housing Blind Spot for Middle-Aged and Elderly People

\*본 연구는 2024년 '서울시 주거실태조사 데이터활용 아이디어 공모전'에서 우수상을 수상한 논문을 수정·보완하였음.

\*\*대진대학교 사회복지전공/산학협력단 교수(주저자: [junghi1122@gmail.com](mailto:junghi1122@gmail.com))

\*\*\*전주대학교 부동산국토정보학과 교수

\*\*\*\*주택산업연구원 주택연구실장(교신저자: [chldb98@khi.re.kr](mailto:chldb98@khi.re.kr))

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

과거 1970~80년대 무허가 불량주택, 판잣집 등이 저소득층의 대표적인 주거지였다면, 현재는 지·옥·고(반지하, 옥탑방, 고시원)로 대변되는 저소득층 주거지가 있다. 이들 주거지는 서민층과 저소득층, 20~30대의 대학생 및 사회 초년생이 주로 거주하는 공간으로 최근 1인가구의 증가 및 사회·경제적 구조의 변화와 함께 꾸준히 증가하고 있다. 이 가운데 옥탑방은 저층주택 옥상의 유휴공간을 활용한 소형 주택으로 불법 증축을 통해 조성되는 경우가 많아 열악한 주거환경을 야기하며 다양한 분쟁의 원인이 되었다. 하지만 열악한 주거 환경과는 달리 저렴한 임대료로 이어짐에 따라 저소득층이 선호하는 주택 유형으로 자리잡게 되었고, 2000년 이후에는 대중매체를 중심으로 낭만적 공간으로 표상되면서 그 부정적인 인식이 변화하였다.

옥탑방의 상당수는 불법으로 만들어졌거나 임시적 성격의 간이 주거시설로 특히 날씨에 민감하고 치안과 화재에 취약하다. 또한 불법 증축이 되었기 때문에 정확한 주소지가 없어서 전입신고를 할 수 없다는 점은 보증금 보호 장치의 미비, 경매 시 임차권 등기 신청 불가 문제와 직결되어 거주자들의 불안정성을 야기한다(김성태·권영상, 2022). 대부분의 옥탑방은 샌드위치 패널로 조성되어 단열이 잘되지 않아 더위와 추위에 취약한 것은 물론이고 높은 냉난방 비용의 문제까지 갖고 있다(고세범, 2014). 이러한 점을 고려할 때 옥탑방 거주자의 문제는 특히 기후변화로 인한 취약계층의 불평등, 즉 주거불평등으로 이어진다. 재해취약성과 관련하여 Shonkoff et al.(2009)은 한 국가 내에서도 상위층과 빈곤층이 경험하는 폭염과 같은 재난은 이미 매우 불평등하게 나타나며 이러한 상황을 가리켜 '기후 격차(Climatic Gap)'현상이라고 명명하였다. 2022년 2월 기후변

화에 관한 정부 간 협의체(IPCC)가 발표한 6차 평가 보고서 '기후위기의 영향, 적응 그리고 취약성'에서도 저소득층 및 사회적으로 소외된 이들은 기후변화가 가장 취약하고 사회가 불평등하듯 재난도 불평등하게 닥치기 때문에 취약계층에 대한 주거환경 개선에 집중 투자해야 된다고 강조하고 있다(고정희 외, 2024).

그럼에도 불구하고 우리사회에서 옥탑방에 대한 논의는 매우 부족하다. 이는 두 가지 측면에서 살펴볼 수 있다. 첫째, 반지하 및 고시원에 비해 옥탑방은 시각적으로 잘 드러나지 않는다는 점이며 둘째, 사회과학 측면에서도 옥탑방에 관심을 갖기는 쉽지 않다는 점이다. 급격한 도시화 과정에서 발생한 주택부족은 지상 및 옥상으로의 수직적 확대로 이어지며 물리적으로 열악한 거처가 도시 곳곳에 분포하였으나, 옥상 거처가 분포되었을 저층 주거지를 중심으로 재개발 등 정비사업의 추진으로 양질의 거처가 빠르게 공급되었기 때문이다. 또한 지하공간에서 되풀이되는 침수피해와 그로 인한 인명피해는 시각적·피해원인 규명 측면에서 명확한 반면, 옥탑방은 그렇지 못하다는 것이다(이봉조·전두리, 2023). 2022년 여름 반지하 침수피해 사건 이후 반지하 문제가 모든 주거정책의 이슈가 되면서 현재 우리사회에서 옥탑방 거주자에 대한 관심은 더욱 드문 상황이다. 현재 정부는 취약계층의 '난방비 폭탄' 문제를 완화하고자 옥탑방 등 추위에 취약한 주거지를 중심으로 에어캡과 방한용품을 지급하고 있고, 에너지 바우처 제도를 시행하고 있다. 그러나 이러한 제도는 임시적 대응에 불과하며 지원 범위와 대상이 협소하여 더위와 추위에 대응하기에 현저히 부족한 수준이다.

헌법 제35조에 모든 국민은 인간다운 주거생활을 할 권리와 쾌적한 환경에서 생활할 권리를 명시하고 있다. 적절한 주거에 대한 권리는 인간의 안전과 존엄성을 보장하기 위해서 필수적으로 보호해야 하지

만 주거 취약계층은 여전히 주거비 부담을 낮추기 위해 열악한 주거환경임에도 불구하고 선택할 수밖에 없다. 따라서 이 연구는 고시원, 판잣집·컨테이너·비닐하우스, 반지하 및 지하가구와의 비교를 통해 옥탑방 거주자의 삶과 주거문제에 주목하고자 한다. 이에 「서울시 주거실태조사」를 활용하여 이들의 주거특성과 주거불안 상황을 분석하여 향후 이들을 위한 정책 방향을 제시하는 데 그 목적이 있다.

## 1.2 선행연구 검토

옥탑방에 관한 대표적인 연구는 고세범(2014)의 연구가 있다. 고세범(2014)은 서울시의 옥탑방에 대한 세부적인 분석 및 실태조사를 통해 옥탑방의 공급 및 조성 현황을 살펴보았다. 이를 통해 옥탑방이 가지는 저소득층 주택의 의미와 정책의 문제점 및 개선방향을 고찰하였고, 기존의 문헌연구 검토 및 서울시 공간적 분포 특성을 2010년 인구주택총조사를 기반으로 GIS분석을 통해 분석하였다. 이봉조·전두리(2023)는 미디어가 재현한 옥상공간과 청년의 실제 거주경험 사이의 차이를 분석하였는데 옥탑방 거주경험이 있는 30대 청년들 6명을 대상으로 인터뷰를 통한 질적연구를 수행하였다. 연구자는 미디어에 나타난 옥탑방은 매력적인 공간으로 시청자에게 전달되나 실제 옥탑방에서의 거주한 경험은 극단적인 형태의 추위와 더위를 경험하며 건물의 구조적 문제와 이웃 간의 관계 문제로 인해 많은 어려움을 겪고 있음을 제시하였다. 다음으로 김윤민(2024)은 열악한 주거환경에서 청년의 결핍된 삶과 위기 경험에 관한 질적연구를 수행하였다. 연구대상자는 지하, 옥탑방, 고시원에 거주한 경험이 있거나 현재 거주하고 있는 청년으로 연령과 지역의 기준에 부합한 9명을 선정하여 인터뷰를 진행하였다. 그러나 이 연구에서 옥탑방 대상자는 1명에 불과하여 반지하나 고시원에 비해 상대적으로 옥탑방 거주자의 직접적인 목소리를 듣는 것에는 한계가 있다.

이처럼 옥탑방 및 옥탑방 거주자들을 대상으로 한 연구는 최근까지도 활발하게 진행되지 못했다. 주로 대상자 인터뷰를 통한 질적연구로 진행이 되었으나 옥탑방 거주자만을 대상으로 한 연구는 찾기 어려운 상황이다. 특히 대부분의 옥탑방에 관한 연구는 2014년에 수행된 고세범의 연구를 참고로 하고 있어 옥탑방에 관한 본격적인 연구수행은 오랫동안 수행되지 못했으며, 이들의 주거상황을 면밀히 분석하여 보여주는 실증분석에 관한 연구는 더더욱 부재한 상황이다. 따라서 이 연구는 옥탑방의 연구가 매우 드물게 진행된 상황에서 이들의 삶과 주거문제를 본격적으로 고찰하고 분석했다는 점에서 연구의 차별성이 매우 크다.

## 2. 분석방법

### 2.1 분석자료 및 방법

분석자료는 「2020 서울시 주거실태조사」(서울특별시, 2021) 자료를 활용하였다. 서울시 주거실태조사는 주택 및 주거환경, 가구특성 등 서울시민의 주거실태와 주거소요에 관한 전반적인 사항을 파악하고 주택정책 수립에 참고하기 위해 매년 실시하는 표본조사로 주택 및 주거환경, 주거이동, 정책평가 등 다양한 항목을 반영하여 조사되고 있다. 데이터는 2020년 자료를 활용하였는데 해당연도의 옥탑방 가구(22가구)가 2021년(12가구) 및 2022년(17가구) 자료에 비해 가장 많이 포함되어 있어 옥탑가구에 대한 주거특성 분석 및 주거불안 영향요인 분석에 가장 적합하다고 판단하였다. 분석에 사용된 소위 ‘지옥고 및 판잣집’ 거주 가구의 추출은 ‘주택유형(Q4)’, ‘주택내 위치(Q6)’ 및 ‘가구주’ 변수를 사용하였다. 먼저 ‘주택유형’ 변수에서 ‘고시원, 판잣집·컨테이너·비닐하우스’를 추출하였고, ‘주택 내 위치’에서 ‘반지하, 지하, 옥상(옥탑)’을 추출하여 5개의 주택유형을 합산한 가구로 선정하였다. 지금까지 옥탑

**Table 1.** Selection and Processing of Variables

Variable		Processing of Variables
Dependent Variable	Type of Housing	1=Gosiwon 2=Shantytown, containers, green houses, etc. 3= Semi-basement 4=Underground 5=Rooftop
	Housing Insecurity (Rental Costs and Loan Burden)	0=Burden
Independent Variable	(Burden of Housing Maintenance Fee)	1=Not a burden
	Sex	0=Female 1=Male
	Age	Ratio variable
	Education	0=Less than high school graduate 1=University graduate or higher
	Working Style	0=Temporary workers 1=Commercial Worker
	Log Ordinary Income (10,000 KRW)	Ratio variable
	Log Average Monthly Total Cost of Living (10,000 KRW)	Ratio variable
	Log Total Debt (10,000 KRW)	Ratio variable
	Monthly Rent	Ratio variable
	Deposit	Ratio variable
	Number of Residential Moves	Ratio variable

방 가구의 주거문제는 옥탑방 가구만을 위해 중점적으로 다루어지기 보다는 일반적으로 ‘지옥고’의 문제를 포함하여 제한적으로 거론되는 경우가 많았다. 즉 옥탑방은 반지하나 지하, 고시원 가구에 비해 상대적으로 소외되고 주목 받지 못했다.

따라서 이 연구에서는 고시원 및 반지하, 판잣집 등의 가구들과 상대적으로 비교하였을 때 옥탑방 가구가 어떠한 특징을 가지고 있는지 함께 비교하여 5개 유형의 가구에 대한 결과를 함께 제시하여 논의하였다. 연구목적 달성을 위해 분석은 SPSS 29.0 통계프로그램을 활용하여 주거특성, 주택상태 특성 및 주거불안 특성은 교차분석, 카이검정 및 fisher's의 정확검정을 사용하였고, 주거불안 영향요인은

이항로지스틱 회귀분석(binary logistic regression analysis, BLRA)을 통해 분석하였다. 또한 5개 유형에 대한 주택유형 결정 영향요인은 다항로지스틱 회귀분석(multinomial logistic regression)을 사용하여 분석하였다.

## 2.2 변수의 선정 및 처리

변수의 선정 및 처리는 Table 1과 같다.

## 3. 분석결과

### 3.1 표본특성

표본의 일반적 특성은 Table 2와 같다. 옥탑 및 고

Table 2. Subject Characteristics

Category		Gosiwon	Shantytown Etc.	Semi- Basement	Under Ground	Rooftop	Total	N	$\chi^2$ /Fisher's Exact (p)
Sex	Female	70 15.1%	14 56%	285 50.2%	20 40.8%	3 13.6%	392 34.7%	1,129	$\chi^2=149.326^{***}$
	Male	395 84.9%	11 44%	283 49.8%	29 59.2%	19 86.4%	737 65.3%		
Education	High School or Lower	380 81.7%	25 100.0%	484 85.2%	37 75.5%	18 81.8%	944 83.6%	1,129	10.744*
	College or Higher	85 18.3%	0 0.0%	84 14.8%	12 24.5%	4 18.2%	185 16.4%		
Age	20 - under 40	110 23.7%	0 0.0%	92 16.2%	10 20.4%	8 36.4%	220 19.5%	1,129	20.522***
	41 or Older	355 76.3%	25 100.0%	476 83.8%	39 79.6%	14 63.6%	909 80.5%		
Hired Types	Irregular	206 78.0%	16 100.0%	183 67.5%	18 66.7%	8 72.7%	431 73.2%	589	15.302**
	Regular	58 22.0%	0 0.0%	88 32.5%	9 33.3%	3 27.3%	158 26.8%		
Working Style	Temporary Workers	189 71.6%	15 93.8%	172 63.5%	18 66.7%	8 72.7%	402 68.3%	589	9.468*
	Commercial Worker	75 28.4%	1 6.3%	99 36.5%	9 33.3%	3 27.3%	187 31.7%		
Average Monthly Earned Income	Less than 1 Million Won	453 97.4%	25 100.0%	550 96.8%	49 100.0%	21 95.5%	1,098 97.3%	1,129	1.960
	Less than 2 Million Won	12 2.6%	0 0.0%	18 3.2%	0 0.0%	1 4.5%	31 2.7%		
Debt	Yes	60 12.9%	4 16.0%	97 17.1%	8 16.3%	2 9.1%	171 15.1%	1,129	4.054
	No	405 87.1%	21 84.0%	471 82.9%	41 83.7%	20 90.9%	958 84.9%		

\*p&lt;0.05, \*\*p&lt;0.01, \*\*\*p&lt;0.001

시원 등 기타 가구의 대부분이 여성보다 남성의 비율이 높게 나타났다. 특히 고시원 및 옥탑에서 남성의 비율이 높게 나타났는데 고시원은 84.9%, 옥탑은 86.4%로 가장 높게 나타났다.

학력은 전체 83.6%가 고졸이하로 특히 판잣집·컨테이너·비닐하우스 가구는 가구주 모두가 고졸이하로 나타났고, 나머지 가구들도 75% 이상이 고졸이하로 나타나 저학력의 비율이 높은 것으로 나타났다. 특히 고졸이하를 다시 세분화할 경우 초등학교 졸업 및 중학교 졸업자의 비율이 매우 높게 나타났다

는데, 전체 초등학교 졸업이 21.0%, 중학교 졸업 22.1%, 고등학교 졸업 40.6%로 초등학교 및 중학교 졸업의 비율이 43.1%로 전체적으로 학력이 매우 낮은 것으로 확인되었다.

다음으로 연령은 전체 20세 이상~40세 이하가 19.5%, 40세 초과가 80.5%로 41세 이상의 중장년·고령층의 거주 비율이 매우 높게 나타났다. 과거에 고시원은 수험생들을 위해 학원과 가까운 곳에 저렴하게 의식주를 해결할 수 있는 주거 및 학습공간으로 만들어졌다. 그러나 지금은 취약계층이나 1인

가구를 위한 저렴한 방을 원하는 사람들이 장기간 거주하는 원룸 개념으로 바뀌었으며, 거주자의 연령 층도 젊은 고시생이나 학생에서 중장년·고령층 위주로 변화하고 있다.

고시원의 경우 41세 이상 중장년·고령층의 비율이 76.3%로 나타났으며, 판잣집·컨테이너는 가구주 전원이 중장년·고령층으로 나타났고 반지하 83.8%, 지하 79.6%, 옥탑가구는 63.6%로 나타났다. 고용형태의 경우 73.2%가 비정규직으로 나타났는데 고시원, 판잣집, 옥탑 가구주의 비정규직 비율이 높게 나타났다.

근무형태는 임시·일용근로자가 전체 68.3%로 나타났다. 이중 판잣집 가구주가 93.8%로 가장 높게 나타났고, 그 다음으로 옥탑 가구주가 72.8%로 높게 나타났다. 상용근로자는 반지하 36.5%, 지하 33.3%로 반지하 및 지하 가구가 높게 나타났다. 월평균 근로소득은 100만 원 미만이 97.3%로 나타나 전 유형 동일하게 소득이 낮은 것으로 조사되었으며, 부채유무는 옥탑 가구주가 90.9% 부채가 없는 것으로 조사되어 다른 유형에 비해 부채가 가장 적은 것으로 나타났다.

## 3.2 주거특성

### 3.2.1 점유형태 및 주거비용

옥탑가구 및 고시원, 판잣집, 반지하, 지하 가구의 주거특성은 Table 3, Table 4와 같다. 점유형태는 전체적으로 자가의 비율이 전체 6.2%이며, 전세 14.5%, 보증금 있는 월세가 35.3%, 보증금 없는 월세 38.7%로 두 유형의 점유형태가 가장 높은 비율로 나타났다. 고시원의 경우 91.6%가 보증금 없는 월세의 형태이며, 판잣집·컨테이너·비닐하우스 등과 반지하, 지하, 옥탑은 대부분 보증금 있는 월세의 형태로 확인되었다.

옥탑 가구는 전세의 비율도 27.3%로 높게 나타났다(Table 3). 다음으로 각 유형별 주거비용을 살펴보면, '전세보증금'의 경우 평균 70000.00만 원 이상으로 고시원, 반지하, 지하가 유사하게 나타났으며, 옥탑의 경우 3716.67만 원으로 상대적으로 낮게 나타났다. '월세보증금'은 판자촌 등이 260.00만 원으로 가장 낮게 나타났고, 고시원이 390.91만 원, 옥탑이 444.44만 원으로 나타났다. '보증금이 있는 월세'는 판자촌 등이 19.80만 원으로 가장 낮았고 옥탑이 22.44만 원, 고시원이 44.14만 원으로 나타났다.

Table 3. Tenure

N=1,129

Category	Gosiwon	Shantytown Etc.	Semi- Basement	Under Ground	Rooftop	Total
Home Ownership	0 (0.0%)	0 (0.0%)	58 (10.2%)	9 (18.4%)	3 (13.6%)	70 (6.2%)
Jeonse	3 (0.6%)	0 (0.0%)	146 (25.7%)	9 (18.4%)	6 (27.3%)	164 (14.5%)
Monthly Rent with Deposit	22 (4.7%)	5 (20.0%)	337 (59.3%)	25 (51.0%)	10 (46.5%)	399 (35.3%)
Monthly Rent without Deposit	426 (91.6%)	0 (0.0%)	6 (1.1%)	3 (6.1%)	2 (9.1%)	437 (38.7%)
Sageulse or Yeonse	12 (2.6%)	0 (0.0%)	1 (0.2%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	13 (1.2%)
Free of Charge	2 (0.4%)	20 (80.0%)	20 (3.5%)	3 (6.1%)	1 (4.5%)	46 (4.1%)

**Table 4.** Housing Costs

Category / 10,000 KRW		N	Mean	S.D.	Min	Max
Gosiwon (463)	Jeonse Deposit	3	7000.00	1414.214	6000	8000
	Monthly Deposit		390.91	294.245	100	1000
	Monthly Rent with Deposit	22	44.14	12.272	28	60
	Monthly Rent without Deposit	426	27.40	5.405	15	50
	Sageulse and Yeonse	12	27.17	5.622	20	40
Shantytown Etc. (5)	Monthly Deposit		260.00	54.772	200	300
	Monthly Rent with Deposit	5	19.80	3.899	14	25
Semi-Basement (548)	Own-Housing	58	24129.27	16614.606	6000	90000
	Jeonse Deposit	146	7087.76	3555.665	1000	17000
	Monthly Deposit		1284.40	1611.886	100	13000
	Monthly Rent with Deposit	337	31.48	13.363	5	100
	Monthly Rent without Deposit	6	33.83	14.020	23	60
	Sageulse and Yeonse	1	60.00	-	60	60
Under Ground (46)	Own-Housing	9	33875.00	36061.208	10000	120000
	Jeonse Deposit	9	7055.56	4419.025	3000	17000
	Monthly Deposit		1193.20	1170.003	100	5000
	Monthly Rent with Deposit	25	26.08	8.286	10	40
	Monthly Rent without Deposit	3	24.33	6.028	18	30
Rooftop (21)	Own-Housing	3	54500.00	64346.717	9000	100000
	Jeonse Deposit	6	3716.67	2303.874	1800	8000
	Monthly Deposit		444.44	245.515	200	1000
	Monthly Rent with Deposit	10	22.44	5.434	15	30
	Monthly Rent without Deposit	2	22.50	3.536	20	25

Note: "Free of Charge" is excluded because no housing costs are incurred (Gosiwon: 2 units, Shantytown etc: 20 units, Semi-Basement: 20 units, Under Ground: 3 units, Rooftop : 1 unit)

다음으로 ‘보증금이 없는 월세’는 옥탑이 22.50만원으로 가장 낮게 나타났고 지하 24.33만 원, 고시원이 27.40만 원, 반지하가 33.83만 원으로 나타났다. 주거비용 세부내역은 Table 4와 같다.

### 3.2.2 주택상태 특성

주택상태 특성에 따른 차이를 검증하기 위해 카이스퀘어 검정에 의해 분석한 결과 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 5). 소방기구가



Table 5. Housing Condition Characteristics

N=1,129

Category		Gosiwon	Shantytown Etc.	Semi- Basement	Under Ground	Rooftop	Total	$\chi^2$
Firefighting Equipment	Installation	333 (71.6%)	12 (48.0%)	238 (41.9%)	25 (51.0%)	10 (45.5%)	618 (54.7%)	92.719***
	Not Installed	132 (28.4%)	13 (52.0%)	330 (58.1%)	24 (49.0%)	12 (54.5%)	5,511 (45.3%)	
Waterproof Status	Faulty	111 (23.9%)	25 (100.0%)	256 (45.1%)	30 (61.2%)	10 (45.5%)	432 (38.3%)	103.670***
	Good	354 (76.1%)	0 (0.0%)	312 (54.9%)	19 (38.8%)	12 (54.5%)	697 (61.7%)	
Heating Condition and Insulation Condition	Faulty	170 (36.6%)	25 (100.0%)	168 (29.6%)	22 (44.9%)	11 (50.0%)	396 (35.1%)	58.492***
	Good	295 (63.4%)	0 (0.0%)	400 (70.4%)	27 (55.1%)	11 (50.0%)	733 (64.9%)	
Window Opening/Closing, Ventilation Condition	Faulty	283 (60.9%)	24 (96.0%)	300 (52.8%)	33 (67.3%)	5 (22.7%)	645 (57.1%)	35.098***
	Good	182 (39.1%)	1 (4.0%)	268 (47.2%)	16 (32.7%)	17 (77.3%)	484 (42.9%)	
Lighting Status	Faulty	304 (65.4%)	24 (96.0%)	393 (69.2%)	37 (75.5%)	2 (9.1%)	760 (67.3%)	46.446***
	Good	161 (34.6%)	1 (4.0%)	175 (30.8%)	12 (24.5%)	20 (90.9%)	369 (32.7%)	

\*\*\*p&lt;0.001

설치된 주거취약 가구는 전체 54.7%로 나타났으나 45.3%가 설치되지 않은 것으로 나타났다. 고시원은 71.6%가 설치되어 있는 반면, 반지하(58.1%), 옥탑(54.5%)은 50% 이상이 설치되어 있지 않아 화재가 발생되었을 경우 초기대응이 어려워 소방기구의 설치 시급한 것으로 나타났다. 특히 옥탑방의 경우 일반적으로 건물의 가장 위층에 위치하고 있기 때문에 화재 발생 시 탈출경로가 제한적일 수 있으며, 소방장비나 피난시설이 적절히 갖춰져 있지 않으면 더 큰 피해가 발생될 수 있다.

방수상태(습기가 많거나 빗물이 새는 정도)는 전체적으로 양호한 편이나 판잣집·컨테이너·비닐하우스 등은 다른 취약가구에 비해 양호하지 못하며, 지하주택도 61.2%가 양호하지 못하고 옥탑가구도 45.5%가 양호하지 못한 것으로 확인되었다. 난방상태 및 단열상태는 64.9%가 양호한 것으로 나타났으

나 판잣집·컨테이너·비닐하우스 등은 양호하지 못하며, 옥탑 가구는 절반에 달하는 50%가 양호하지 못한 것으로 나타났다.

다음으로 옥탑을 제외한 고시원, 반지하, 지하 등의 가구는 구조적으로 환기가 어렵고 햇빛이 잘 들지 않기 때문에 곰팡이 증식이 쉽다. 이러한 환경에 오래 거주하게 되면 폐렴, 간암 등 질병에 걸릴 확률이 높아지며, 주거취약가구의 거주 연령층 다수가 중·장년, 고령층임을 고려할 때 이들에 대한 주택상태 개선이 시급하다.

### 3.3 주거불안 특성

주거불안 특성의 차이를 검증하기 위해 각각의 주거불안 유형별 차이를 카이스퀘어검정 및 fisher's의 정확 검정을 실시한 결과 주거관리비 부담, 임대료 상승 및 월세전환에 대한 부담이 통계적으로 유



**Table 6.** Housing Insecurity Characteristics

Category		Gosiwon	Shantytown Etc.	Semi-Basement	Under Ground	Rooftop	Total	N	$\chi^2$ /Fisher's Exact (p)
Rental Costs and Loan Burden	Burden	354 (78.7%)	5 (100.0%)	318 (83.0%)	22 (71.0%)	11 (84.6%)	710 (80.5%)	882	5.669
	No burden	96 (21.3%)	0 (0.0%)	65 (17.0%)	9 (29.0%)	2 (15.4%)	172 (19.5%)		
Burden of Housing Maintenance Fee	Burden	105 (22.6%)	16 (64.0%)	431 (75.9%)	31 (63.3%)	13 (59.1%)	596 (52.8%)	1,129	$\chi^2=295.556$ ***
	No burden	360 (77.4%)	9 (36.0%)	137 (24.1%)	18 (36.7%)	9 (40.9%)	533 (47.2%)		
Rising Rental Costs and Anxiety over Monthly Rent Conversion	Anxious	105 (22.7%)	3 (60.0%)	203 (41.4%)	20 (54.1%)	7 (38.9%)	338 (33.4%)	1,013	47.079 ***
	Not anxious	358 (77.3%)	2 (40.0%)	287 (58.6%)	17 (45.9%)	11 (61.1%)	675 (66.6%)		
Number of Residential Moves	5 or less	197 (53.4%)	10 (71.4%)	324 (71.5%)	22 (73.3%)	13 (72.2%)	566 (64.0%)	884	$\chi^2=38.623$
	6 -10 or less	139 (37.7%)	5 (28.6%)	90 (19.9%)	6 (20.0%)	5 (27.8%)	244 (27.6%)		
	11 -20 or less	27 (7.3%)	0 (0.0%)	31 (6.8%)	2 (6.7%)	0 (0.0%)	60 (6.8%)		
	21-30 or less	6 (1.9%)	0 (0.0%)	8 (1.8%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	14 (1.6%)		
Thoughts on Homeownership	Yes	304 (65.4%)	16 (64.0%)	410 (72.2%)	38 (77.6%)	14 (63.6%)	782 (69.3%)	1,129	$\chi^2=7.808$
	No	161 (34.6%)	9 (36.0%)	158 (27.8%)	11 (22.4%)	8 (36.4%)	347 (30.7%)		

\*\*\*p&lt;0.001

의한 차이가 있는것으로 나타났다(Table 6).

임차료 및 대출금 상환에 대한 부담은 전체 80.5%로 고시원부터 옥탑까지 모든 유형에서 부담을 크게 느끼고 있었다. 특히 옥탑방의 경우 다른 유형에 비해 월세보증금 및 전세보증금, 월세의 금액이 높지 않았음에도 불구하고 84.6%가 부담된다고 응답하였다. 주거관리비 부담에서도 전체 52.8%가 부담된다고 응답하였는데 반지하가 75.9%로 가장 크게 부담을 느끼고 있었으며, 고시원은 22.6%로 주거관리비 부담이 가장 낮았다. 다음으로 재계약 시 임대료 상승 및 전세에서 월세로의 전환에 대한 불안은 66.6%가 느끼지 않고 있는 것으로 조사되어 재계약 시 일반가구의 임대료 및 보증금이 일반적으로 인상되어 인상에 대해 불안을 느끼는 것과는 다른 특성이 확인되었다.

다음으로 이사횟수는 5번 이하가 64.0%로 가장 높게 나타났으나 6번~10번 이하의 비율도 27.6%로 나타나 주거이동을 자주 하는 것으로 나타났다. 특히 고시원은 다른 유형에 비해 11번~20번 이하의 비율이 7.3%에 달했으며, 21번~30번 이하의 비율도 1.9%로 나타나 주거불안정이 매우 크다는 것을 확인할 수 있었다.

반지하의 경우에도 11번~20번 이하의 비율이 6.8%로 나타났고, 21번~30번 이하의 비율도 1.8%로 확인되었다. 그러나 옥탑방은 11번 이상의 비율이 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 옥탑의 경우 지상에 위치하고 있기 때문에 날씨의 영향으로 난방이나 단열에 취약하다 하더라도 낮은 주거비로 인해 이동을 많이 하지 않는 것으로 보여진다. 내집 보유에 대한 생각에서는 전체 69.3%가 내집보유를

**Table 7.** Residential Mobility Characteristics According to Previous Housing Location

N=828

Category		Gosiwon	Shantytown Etc.	Semi- Basement	Under Ground	Rooftop	Total
Location of the House before	Ground	335 (91.8%)	2 (50.0%)	224 (54.0%)	16 (57.1%)	7 (43.8%)	584 (70.5%)
	Semi- Basement	28 (7.7%)	0 (0.0%)	181 (43.6%)	9 (32.1%)	9 (56.3%)	227 (27.4%)
Moving into the Current Housing	Under	1 (0.3%)	1 (25.0%)	8 (1.9%)	3 (10.7%)	0 (0.0%)	13 (1.6%)
	Ground						
	Rooftop	1 (0.3%)	1 (25.0%)	2 (0.5%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	4 (0.5%)

원하는 것으로 나타났는데 이는 임차료 및 대출금 상환에 대한 부담과 주거관리비 부담, 잦은 이사로 인해 주거이동을 할 수 밖에 없는 상황에서 이들에 대한 주거불안 해결이 매우 중요하며 주거안정이 무엇보다 시급함을 보여준다.

### 3.4 주거이동 특성

이들 가구의 주거이동 특성을 파악하기 위해 현재 주택으로 이사 오기 전 이들의 주택 위치를 살펴 본 결과, 반지하는 지상에서 반지하로 하향이동한 비율이 54%로 나타났고, 반지하에서 반지하로 수평이동한 비율은 43.6%로 나타났다. 지하주택의 경우에도 지상에서 지하로 주거 이동한 비율이 57.1%로 가장 높았고, 반지하에서 지하로 이동한 비율은 32.1%, 지하에서 지하로 수평 이동한 비율은 10.7%로 확인되었다(Table 7).

옥탑은 반지하에서 옥탑으로 상향이동한 비율이 56.3%로 나타났고, 옥탑에서 옥탑으로의 수평이동은 없었다. 반지하나 지하 주택 가구의 경우에도 옥탑방을 선택하기 보다는 반지하 및 지하 주택으로 이동하는 경우가 더 높게 나타났다. 이러한 결과는 2021년(12가구) 및 2022년(17가구) 옥탑방 가구가 감소한 사례를 볼 때 고시원이나 반지하, 지하 주택에 비해 옥탑가구의 지속가능한 거주가 더욱 어렵기 때문으로 유추할 수 있다.

### 3.5 정부 주거지원 프로그램 인지도

정부의 주거지원 프로그램 인지도 차이 검증을 위해 fisher's의 정확검정을 실시하였다(Table 8).

주거급여 중 임차급여, 수선유지급여, 주택개량 개보수 지원, 주거복지 상담 및 정보 이용이 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 주거안정 월세대출지원은 전체 64.6%가 인지하지 못하고 있는 것으로 조사되었다. 반면에 전세자금대출 지원은 73.9%가 인지하고 있는 것으로 나타나 월세대출 지원을 인지하지 못하는 것과 대비된다.

옥탑가구의 경우 다른 유형에 비해 전세자금대출 지원에 대한 인지가 77.3%로 가장 높게 나타났으며, 주택구입자금 대출지원은 전체 80.4%가 인지하고 있는 것으로 나타났다.

이러한 결과는 이들 가구 역시 주거비 부담 및 주거안정을 위해 전세자금대출 지원 및 주택구입자금 대출 지원을 가장 원하는 것으로 보이며, 주택보유에 대한 의지가 매우 높은 우리사회에서 주택구입 지원에 대한 높은 인지는 계층을 막론하고 매우 크다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 이는 앞서 내집 보유를 원한다고 응답한 결과와도 일치 한다. 특히 판잣집·컨테이너·비닐하우스 등 및 옥탑가구에서 주택구입자금 대출 지원에 대한 인지가 90% 이상으로 가장 높게 나타났으며, 공공임대주택 인지 여부도 전체 87.2%가 인지하고 있었다. 판잣집·컨테이너·

Table 8. Awareness of Housing Assistance Programs

N=1,129

Category		Gosiwon	Shantytown Etc.	Semi- Basement	Under Ground	Rooftop	Total	Fisher's Exact (p)
Housing Stability Monthly Rent Loan Support	Know	165 (35.5%)	14 (56.0%)	198 (34.9%)	15 (30.6%)	8 (36.4%)	400 (35.4%)	5.211
	Don't Know	300 (64.5%)	11 (44.0%)	370 (65.1%)	34 (69.4%)	14 (63.6%)	729 (64.6%)	
Jeonse Loan Support	Know	345 (74.2%)	19 (76.0%)	421 (74.1%)	32 (65.3%)	17 (77.3%)	834 (73.9%)	2.096
	Don't Know	120 (25.8%)	6 (24.0%)	147 (25.9%)	17 (34.7%)	5 (22.7%)	295 (26.1%)	
Loan Support for Housing Purchases	Know	373 (80.2%)	23 (92.0%)	454 (79.9%)	38 (77.6%)	20 (90.9%)	908 (80.4%)	3.697
	Don't Know	92 (19.8%)	2 (8.0%)	114 (20.1%)	11 (22.4%)	2 (9.1%)	221 (19.6%)	
Recognize Public Rental Housing	Know	398 (85.6%)	25 (100.0%)	498 (87.7%)	43 (87.8%)	21 (95.5%)	985 (87.2%)	6.176
	Don't Know	67 (14.4%)	0 (0.0%)	70 (12.3%)	6 (12.2%)	1 (4.5%)	144 (12.8%)	
Tenancy Benefits Out of Housing Benefits	Know	183 (39.4%)	7 (28.0%)	179 (31.5%)	11 (22.4%)	2 (9.1%)	382 (33.8%)	16.930**
	Don't Know	282 (60.6%)	18 (72.0%)	389 (68.5%)	38 (77.6%)	20 (90.9%)	747 (66.2%)	
Repair Maintenance Benefits among Housing Benefits	Know	22 (4.7%)	3 (12.0%)	63 (11.1%)	6 (12.2%)	1 (4.5%)	95 (8.4%)	16.187*
	Don't Know	443 (95.3%)	22 (88.0%)	505 (88.9%)	43 (87.8%)	21 (95.5%)	1,034 (91.6%)	
Housing Improvement and Renovation Support	Know	33 (7.1%)	6 (24.0%)	84 (14.8%)	8 (16.3%)	3 (13.6%)	134 (11.9%)	20.467***
	Don't Know	432 (92.9%)	19 (76.0%)	484 (85.2%)	41 (83.7%)	19 (86.4%)	995 (88.1%)	
Housing Welfare Counseling and Information Utilization	Know	45 (9.7%)	4 (16.0%)	110 (19.4%)	11 (22.4%)	5 (22.7%)	175 (15.5%)	22.565***
	Don't Know	420 (90.3%)	21 (84.0%)	458 (80.6%)	38 (77.6%)	17 (77.3%)	954 (84.5%)	

\*p&lt;0.05, \*\*p&lt;0.01, \*\*\*p&lt;0.001

비닐하우스 등이 100%, 옥탑가구가 95.5%로 공공 임대주택에 대한 인지가 다른 유형에 비해 가장 높게 나타났다.

그러나 주거급여 중 임차급여, 수선유지급여, 주택 개량 개보수 지원, 주거복지 상담 및 정보이용에 대한 인지도는 전체적으로 모든 유형에서 인지도가 매우 낮았다. 특히 옥탑방의 경우 임차급여에 대한 인지가

타 유형에 비해 90.9%가 인지하지 못하고 있었으며 수선유지 급여도 95.5%가 인지하지 못하는 것으로 나타났다. 주택개량 개보수 지원 역시 전체 88.1%가 해당 제도를 인지하지 못하고 있었으며, 주거복지 상담 및 정보이용도 84.5%가 인지하고 있지 못한 것으로 나타나 정부의 주거지원 프로그램에 대한 전체적인 인지도가 낮았다. 이는 주거취약계층일수록 정책

**Table 9.** Binary Logistic Results for Factors Affecting Rental Costs and Loan Burden

Variable		B	S.E.	Exp (B)
(Constant)		.331	1.405	1.393
Demographic and Social Characteristics	Sex (0=Female, 1=Male)	-.349	.282	.705
	Age	-.003	.010	.997
	Education (0=High School, 1=Graduated from University)	.915**	.318	2.498
	Working Style (0=Temporary, 1=Commercial)	.871**	.314	2.390
	Log Current Income (10,000 KRW)	.021	.247	1.021
Economic Characteristics	Log Average Monthly Total Cost of Living (10,000 KRW)	-.437	.257	.646
	Log Total Debt (10,000 KRW)	-.023	.048	.977
Residential Characteristics	Monthly Rent	.000	.008	1.000
-2 Log Likelihood			407.926	
$\chi^2$			40.283 (df=8, p=.001)	
Hosmer & Lemeshow $\chi^2$			3.796 (df=8, p=.875)	
Nagelkerke R <sup>2</sup>			.135	

\*\*p&lt;0.01

접근성이 부족하여 주거지원 혜택을 입지 못하는 경우가 높다는 연구 결과와 부합된다(성진옥 외, 2022).

### 3.6 주거불안 영향요인 분석

#### 3.6.1 임차료 및 대출금 부담에 대한 이항로지스틱 회귀분석

임차료 및 대출금 부담에 영향을 미치는 요인 분석 결과 학력 및 근무형태가 양(+)적 영향을 미치는 것으로 나타났다. 학력이 높아질수록 임차료 및 대출금 부담이 되지 않을 승산이 2.498배 증가했다. 즉 고학력일수록 저학력에 비해 일자리의 범위가 다양해질 수 있고 소득증가로 이어질 수 있기 때문에 학력이 높아질수록 임차료 및 대출금 부담 감소에 긍정적인 영향을 미친다고 할 수 있다. 다음으로 근무형태는 근무환경이 안정적인 상용근로자일수록 안정적인 소득으로 인해 임차료 및 대출금 부담이 되지 않을 승산은 2.390배 증가하는 것으로 나타났다.

Table 9의 분석결과 VIF값이 10 미만으로 다중공선성의 문제는 발생하지 않아 연구모형은 적합한 것으로 나타났다.

#### 3.6.2 주거관리비 부담에 대한 이항로지스틱 회귀분석

주거관리비 부담에 영향을 미치는 요인을 이항로지스틱을 통해 분석한 결과 성별, 학력은 정(+)의 영향을 미치며, 나이, 로그총부채, 월세는 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

이는 여성에 비해 남성이 주거관리비 부담이 되지 않을 승산이 .724배 증가하며, 학력이 높아질수록 주거관리비 부담이 되지 않을 승산이 2.054배 증가한 것으로 고학력일수록 저학력에 비해 주거관리비 부담이 되지 않을 확률이 높다는 것을 의미한다. 다음으로 연령이 증가할수록 주거관리비 부담이 되지 않을 승산이 감소하는 것으로 나타났다. 즉 고연령일수록 주거관리비에 부담을 느끼며, 총부채가 증가

**Table 10.** Binary Logistic Results on Factors Affecting Housing Management Costs

Variable		B	S.E.	Exp (B)
(Constant)		2.738	1.094	1.505
Demographic and Social Characteristics	Sex (0=Female, 1=Male)	.409*	.197	.724
	Age	-.015*	.007	.985
	Education (0=High School, 1=Graduated from University)	.720**	.273	2.054
	Working style (0=Temporary, 1=Commercial)	.310	.238	.734
Economic Characteristics	Log Current Income (10,000 KRW)	-.334	.201	.716
	Log Average Monthly Total Cost of Living (10,000 KRW)	-.012	.216	.988
	Log Total Debt (10,000 KRW)	-0.86*	.036	.918
Residential Characteristics	Monthly rent	-.027**	.006	.974
-2 Log likelihood		723.064		
$\chi^2$		57.205 (df=8, p=.001)		
Hosmer & Lemeshow $\chi^2$		11.444 (df=8, p=.178)		
Nagelkerke R <sup>2</sup>		.129		

\*p&lt;0.05, \*\*p&lt;0.01

할수록 주거관리비 부담이 되지 않을 승산이 .918배 감소하는 것으로 나타나 총부채가 증가할수록 주거 관리 부담을 느낀다고 할 수 있다. 또한 월세가 증가할수록 주거관리비 부담이 되지 않을 승산이 .974배 감소하는 것으로 나타났다. 주거관리비 부담에 대한 영향요인 결과는 Table 10과 같다. 주거관리비 부담에 대한 이항로지스틱 회귀분석 결과 공차한계는 모두 0.7~0.9 사이의 값으로 나타났으며, VIF값 역시 10 미만으로 나타나 연구모형은 적합한 것으로 확인되었다.

### 3.7 주택유형 결정 영향요인 분석

주택유형 결정 영향요인 분석을 위해 다항 로지스틱 회귀분석을 실시하였다. 기준집단은 옥탑방이며 분석모형은 적합한 것으로 나타났고( $\chi^2=546.824$ ,  $p<0.01$ ), 모형설명력은 48.3%로 확인되었다. 분석 결과 옥탑방을 기준으로 고시원은  $p<0.05$  수준에서

보증금이 부(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

고시원에 거주하는 가구의 보증금은 옥탑방에 거주하는 가구의 보증금보다 낮다. 이는 고시원의 주거비 형태가 대부분 '보증금 없는 월세'로 운영이 되는 반면에 옥탑방의 경우 '보증금 있는 월세'의 형태가 더 많다. 따라서 보증금이 높아질수록 고시원에 거주할 승산은 .994배 감소한다. 다음으로 판잣집·컨테이너·비닐하우스, 반지하, 지하는  $p<0.01$ ,  $p<0.05$  수준에서 연령이 통계적으로 유의하며 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 연령이 증가할수록 옥탑방보다는 반지하나 지하에 거주할 승산이 높아짐을 의미한다. 또한 반지하는 옥탑에 비해 남성보다 여성이 거주할 승산이 7.338배 높은 것으로 나타났다. 다중공선성 확인결과에서도 VIF값이 10 미만으로 나타나 연구모형은 적합한 것으로 확인되었다. 주택유형 결정 영향요인에 대한 다항로지스틱 결과는 Table 11과 같다.

**Table 11.** Multinomial Logistic Results for Factors Influencing Housing Type Decisions

Variable		Gosiwon			Shantytown Etc.			Semi-Basement			Under Ground		
		B	S.E.	Exp (B)	B	S.E.	Exp (B)	B	S.E.	Exp (B)	B	S.E.	Exp (B)
(Constant)		3.512	2.580		-13.009**	4.288		-5.471*	2.638		-8.721*	3.400	
Demographic and Social Characteristics	Sex (Female)	.143	.813	1.154	.647	1.028	1.910	1.993*	.803	7.338	1.336	.901	3.805
	Age	-.010	.019	.990	.093**	.030	1.097	.039*	.019	1.040	.053*	.024	1.055
	Log Current Income	.129	.240	1.138	.459	.596	1.582	.363	.258	1.438	.994	.514	2.701
Economic Characteristics	Log Average Monthly Total Cost of Living	-.193	.536	.825	1.123	.924	3.075	.664	.547	1.943	.099	.703	1.104
	Log Total Debt	-.050	.102	.951	.036	.138	1.036	.067	.103	1.069	.064	.123	1.066
	Monthly Rent	-.033	.038	.968	.012	.048	.066	.003	.031	1.003	-0.09	0.33	.991
Residential Characteristics	Deposit	-.006*	.003	.994	-0.01	.003	.999	.002	.002	1.002	.002	.002	1.002
	Number of Residential Moves	.167	.092	1.182	-0.86	.143	.918	.099	.092	1.104	.029	.110	1.029
-2 Log Likelihood		1059.354											
$\chi^2$		546.824 (df=32, p=.001)											
Cox & Snell R <sup>2</sup> /Nagelkerke R <sup>2</sup>		.483 / .564											

\*p&lt;0.05, \*\*p&lt;0.01

Note: Reference group is 'Rooftop', gender (male)

## 4. 결 론

### 4.1 연구결과의 요약

이 연구는 2020년 「서울시 주거실태조사」를 활용하여 고시원, 판잣집·컨테이너·비닐하우스, 반지하 및 지하가구와의 비교를 통해 옥탑방 거주자의 주거특성과 주거불안정 영향요인을 분석하였다. 분석결과 주택유형별로 차별적이나 고시원이 보증금 없는 순수 월세형태로, 옥탑의 경우는 전세비율 및 보증금 있는 월세의 비율이 높은 것으로 나타났고, 소방기구 설치 등 주거안전의 경우 대부분 취약한 것으로 조사되었다. 특이한 점은 고시원은 소방기구 설치 비율이 상대적으로 높으나, 반지하, 옥탑이 취약한 모습을 보였다. 난방, 단열, 환기 등 주거환경의 경우 옥탑을 제외하고 모두 취약한 것으로 분석되어 이들 가구의 주택환경개선이 필요함을 알 수 있었다.

주거불안 특성은 옥탑방의 경우 주거비 부담이 다

른 유형보다 낮음에도 불구하고 주거비 부담비율이 높았고, 이사횟수의 경우 고시원이 가장 높은 비율을 보인 반면, 옥탑가구의 이사횟수는 많지 않은 특성을 보였다. 이러한 결과를 거주가구 특성과 연관해서 보면, 옥탑의 경우 중장년, 고령층의 거주 비율도 높지만 다른 유형과 비교했을 때 20세 이상 40세 이하 비중이 가장 높게 나타난 특성이 반영된 것으로 보인다. 즉, 옥탑거주 가구는 젊은 층의 특성이 반영되어 주거비 부담은 크나, 옥탑에 대한 선호로 인해 이사횟수가 많지 않은 것으로 이해된다. 주거지원 프로그램은 전반적으로 인지도가 낮게 나타나, 주거지원 정책의 홍보등전달체계 개선이 필요한 것으로 나타났고, 모든 가구에서 주택보유에 대한 의지가 높게 나타나, 주거 사다리를 통한 주택소유를 지원할 수 있는 정책개발이 필요한 것으로 나타났다. 주거부담을 이항로지스틱으로 분석한 결과 임대료 및 대출금부담은 학력 및 근무형태가 유의한 영향력을 가지고 있고, 주거관리비부담의 경우 성



별, 연령, 월세 등이 유의한 영향력을 가지는 것으로 분석되었다.

다음으로 주택유형 결정 영향요인을 다항 로지스틱 회귀분석으로 분석한 결과 판잣집·컨테이너·비닐하우스, 반지하, 지하는 연령이 통계적으로 유의하게 나타났는데 연령이 증가할수록 옥탑방보다는 반지하나 지하에 거주할 가능성이 더 높은 것으로 나타났다.

연구결과를 볼 때 서울시 옥탑가구 등 주거취약가구를 지원하기 위해서는 취약가구 유형별 실태에 기반한 정책개발이 필요하며, 취약가구 중 중장년, 고령가구의 비율이 높은 것을 고려할 때 이들의 일자리와 연계한 서울시·자치구·민간의 협업체 기반의 정책도입이 중요함을 알 수 있다. 지옥고로 일컫는 취약가구가 많은 자치구와 시범사업을 통해 정책도입이 필요한데, 시급한 것은 주거환경이 열악한 점을 고려해서 홈케어 서비스 등을 먼저 도입하여 거주자의 안전과 건강을 지원할 필요가 있다. 중장기적으로는 소규모 집수리지원사업의 우선적 적용으로 주거시설개선이 필요하며, 현재 반지하 주택에 거주하는 가구가 이용가능한 서울형 주택바우처(반지하 거주가구 이주지원) 프로그램을 확장해서 옥탑가구도 포함될 필요가 있다. 주거취약가구의 주거환경개선은 임차인 지원에서 임대인 지원까지 확장해서 근본적인 주거환경개선이 지속할 수 있는 토대 마련이 필요하다. 주거환경요인은 삶의 만족도 향상에도 큰 영향을 미치며, 주거공간은 일상생활에서 하루 중 많은 시간을 보내는 공간이기 때문이다(김용욱 외, 2023). 또한, 현재 LH나 SH의 정책사업이 임차인 전반을 다루는데 옥탑가구와 같은 주거취약가구의 경우 주거유형별 가구 특성이 다름을 고려한 정책설계가 중요하다. 이를 위해서는 실태를 정확히 파악할 수 있는 기초자료가 필요하다. 그러나 현재 주거실태조사에서는 주거취약가구 비중이 낮고 특화된 설문이 구성되지 않은 한계가 있다. 이에 주거실

태조사에 부가조사 또는 별도의 조사를 통한 실태 파악이 우선될 필요가 있다.

## 4.2 제언 및 시사점

연구의 결과를 바탕으로 옥탑가구의 삶의 질과 주거안정을 위한 정책제안은 다음과 같다. 첫째, 주거 및 고용안정 지원 사업이 필요하다. 분석 결과 옥탑가구 및 기타 가구의 학력은 고졸이하의 저학력자의 비율이 매우 높게 나타났다. 특히 옥탑가구는 남성 거주비율이 더 높고, 임시·일용근로자가 더 많은 특성이 있었다. 이러한 특성으로 볼 때 옥탑가구는 다른 주거취약가구들과 같은 주거곤란을 겪고 있을 뿐만 아니라, 임시·일용근로자가 더 많기 때문에 소득 불안정에 따른 주거위기 위험에 더 많이 노출되어 있다고 볼 수 있다. 따라서 2020년 서울시 주거실태조사 결과 옥탑방 거주가구가 많이 밀집해 있는 성북구(13.6%), 영등포구(9.1%), 동작구(9.1%) 등과 서울시가 연계하여 <옥탑방 거주가구의 주거안정사업>을 시범적으로 추진하고 타 자치구에 확산할 수 있는 제도적 기반 마련이 필요하다. 시범사업 추진 시에는 <서울시 50플러스 재단>의 “일자리 사업”과도 연계하여 임시·일용근로자가 갖는 고용불안을 완화할 수 있는 방안을 마련할 수 있을 것이다.

둘째, 현재 서울시 주거복지사업을 연계한 옥탑방 거주가구의 주택상태 개선사업이 필요하다. 옥탑방과 반지하는 50% 이상이 소방기구 미설치로 화재발생 시 초기대응이 어려운 상황이다. 특히 옥탑방은 탈출경로(피난시설) 확보도 마련되어 있지 않은 경우가 많아 화재발생에 더 취약할 수 있다. 난방이나 단열상태도 절반 정도는 취약한 상황이기 때문에 주택시설에 대한 개선 지원이 필요하다. 이를 위해 현재 서울시가 추진하고 있는 <1인가구 주택관리 서비스 사업>에 옥탑방 등을 포함해 주거불편사항이나 홈케어(예: 방충망, 창호, 곰팡이, 싱크대, 수전, 변기, 세면대, 방음, 단열, 안전손잡이 등)·클린케어 서비

스를 제공하는 사업을 추진해 볼 수 있다.

또한, 〈서울형 주택바우처(반지하 거주가구 이주 지원) 사업〉의 지원대상에 옥탑방 거주가구까지 확장하는 것도 가능하다. 현재는 반지하 거주가구만을 대상으로 사업을 추진하고 있으나, 옥탑방 거주 가구가 지상층으로 이주하여 주거안정을 도모할 수 있도록 월세를 지원하는 사업추진이 가능하다. 〈희망의 집수리 사업〉도 반지하 및 자치구 추천 긴급가구를 지원대상으로 하고 있으나, 옥탑방 거주 가구가 많은 자치구의 경우 옥탑방 가구를 대상으로 주택수리를 통해 열악한 주거환경을 개선하고 주택 에너지 효율을 개선할 수 있도록 지원하는 것도 가능하다. 다만 현재는 준주택, 비주택 등을 제외하고 있기 때문에 고시원 등에 거주하고 있는 주거취약가구의 특성을 고려할 때 제외대상의 적정성을 재점검 할 필요가 있어 보인다. 서울시의 대표적인 집수리 사업인 〈안심 집수리 보조사업〉이 반지하 주택, 주거 취약가구 거주주택 등 취약 거주시설의 주거환경 개선을 지원하고 있는데, 옥탑방에 대한 집수리 비용 일부를 보전할 수 있도록 지원대상 주택을 확대하는 것이 필요하다. 이를 통해 단열, 방수 등의 성능개선 공사와 화재 감지기 등 안전시설 공사가 이루어진다면 옥탑방 거주 가구의 주거환경 개선도 기대할 수 있다.

이밖에 〈건물 에너지 효율화사업 용자지원〉시 옥탑방 등을 가지고 있는 주택인 경우 좀 더 적극적으로 지원폭을 확대하여 집주인이 주택을 적극적으로 개선할 수 있도록 유인하는 것도 필요하다. 이처럼 서울시가 현재 추진하고 있는 다양한 주거지원 프로그램을 면밀히 살펴 반지하만 대상으로 하고 있는 경우는 옥탑방 등도 포함할 수 있도록 지원대상을 확대하여 옥탑방 거주 가구의 주거위기 문제를 해소해 나갈 필요가 있다.

셋째, 중장년 취약계층 주거지원 강화 및 확대로 주거 사각지대 해소 정책이 필요하다. 옥탑방 등에

거주하는 주거취약가구는 중장년·고령가구의 비율이 높다. 그러나 현재 정부의 주거지원 정책은 오랜 기간 동안 신혼부부와 청년에 집중하는 주거지원정책을 추진하고 있어 중장년 주거지원 사각지대가 발생하고 있다. 또한 그동안 이들 계층에 대한 관련 연구도 매우 미흡하여 정확한 실태파악도 어려운 상황이다. 옥탑방 등에 거주하고 있는 중장년의 주거실태를 파악하고, 이들을 위한 주거지원을 강화해 나갈 필요가 있다. 정부에서는 주거복지 로드맵('17.11)을 발표한 후에 〈주거취약계층 주거지원 강화사업〉을 추진하고 있고 이를 위해 LH내에 '이주지원 119센터'를 전국적으로 59개소를 운영하고 있다. 서울시도 옥탑방 등 주거취약가구의 이주지원 정보 접근성을 강화하고 대상자를 발굴 하여 주거지원을 할 수 있도록 〈서울시-SH-주거복지센터〉가 연계하여 주거취약가구의 주거상향을 One-Stop으로 지원하는 전달체계 마련이 필요해 보인다. 즉 SH가 서울시 주거복지센터와 연계해서 옥탑방 등 주거취약계층 주거지원을 강화한다면 그 동안 정책 사각지대였던 중장년층 주거위기 문제 해소에 기여할 수 있을 것이다.

넷째, 찾아가는 서울시 주거지원 서비스 기반 마련을 통한 취약가구의 정보 접근성 제고가 필요하다. 분석결과 옥탑방 등 주거취약가구들은 정부의 주거지원 프로그램에 대한 인지가 매우 낮았다. 주거취약가구일수록 임시·일용직 근로자가 많고 스스로 정보를 검색하고 찾아서 주거지원 프로그램을 이용하는 일이 매우 어려울 뿐만 아니라 이들의 연령대가 높기 때문에 SNS 등 인터넷을 통한 정보검색에 취약하기 때문으로 보인다. 따라서 서울시는 이들 가구에 대해서 '찾아가는 서울시의 주거지원 서비스'를 통해 대상자를 발굴하고, 주거지원 정보접근성을 제고할 필요가 있다.

다섯째, 옥탑방 거주가구 실태파악을 위한 특수조사가 필요하다. 현재 주거취약가구에 대한 조사는



「주거실태조사」로 파악하는 것이 한계가 있기 때문에 「주택이외의 거주 주거실태조사」를 5년 단위로 추진하고 있다. 반지하의 경우 기 추진하고 있는 「주거실태조사」만으로는 정확한 실태파악이 어렵기 때문에 전수조사를 통해 주거실태를 파악하고 상응하는 정책수립을 하고 있다. 따라서 옥탑가구도 주거 상황을 파악하기 위해 세부적인 추가 조사가 필요하며, 3~5년 주기로 <옥탑방 거주가구의 주거실태조사>를 통해 주거지원 정책수단을 발굴할 필요가 있다.

이 연구는 서울시 옥탑가구의 주거실태 및 주거불안에 대한 연구가 미흡한 상황에서 옥탑 가구의 주거문제에 초점을 두고 이들을 위한 주거문제를 중점적으로 다루었다는 점에서 그동안의 ‘지옥고’에 대한 선행 연구들과 다른 차별성을 갖는다. 그러나 서울시 주거실태조사 데이터의 옥탑방 거주자의 표본이 적어 연구의 결과를 일반화시키는 것에는 다소 한계가 있다. 하지만 자료의 한계에도 불구하고 옥탑가구를 대상으로 한 연구가 질적연구가 다수 이루어진 상황에서 양적연구를 통해 이들 가구의 실태를 분석하여 제시한 연구는 매우 드물다. 따라서 이 연구는 옥탑 가구의 주거실태 및 주거불안 상황에 대한 기초자료로 활용이 가능하며 향후 이들에 대한 다양한 연구들이 더욱 많이 이루어지길 기대한다.

## 참고문헌

1. 고세범(2014), 「서울의 소외된 삶터: 옥탑방의 현재와 미래」, 서울: 서울연구원.
2. 고정희·김윤태·원재웅(2024), “서울시 주거취약 청년층의 주거불평등에 관한 질적연구”, 「부동산정책연구」, 25(1): 58~83.
3. 김성태·권영상(2022), “도시빈곤 주거지로서의 다가구·다세대주택 옥탑방의 형성과 변화”, 「한국도시설계학회지」, 21(2): 25~40.
4. 김용욱·김새힘·황준원·조미정(2023), “청년 1인가구의 주거환경이 주거와 삶의 만족도에 미치는 영향: 다른 연령집단과의 비교를 중심으로”, 「LHI Journal」, 14(2): 19~34.
5. 김윤민(2024), “열악한 주거환경에서 청년의 결핍된 삶과 위기 경험: 지하방, 옥탑방, 고시원 거주청년을 중심으로”, 「사레관리연구」, 15(1): 151~182.
6. 서울특별시(2021), 「2020 서울시 주거실태조사 보고서」, 서울.
7. 성진욱·송기욱·정기성(2022), “서울시 무주택 청년가구의 주거지원 정책이용 의사 영향요인 분석: 가구 및 정책특성을 고려하여”, 「LHI Journal」, 13(3): 57~68.
8. 이봉조·전두리(2023), “미디어에서 나타난 재현공간으로서의 옥상거처와 청년의 거주경험 간 격차를 통한 주거의미 탐색”, 「한국도시지리학회지」, 26(1): 37~52.
9. Shonkoff, S., R. Morello-Frosch, M. Pastor, and J. Sadd (2009), “Minding the Climate Gap: Environmental Health and Equity Implications of Climate Change Mitigation Policies in California”, *Environ Justice*, 2(4): 173~177.

---

 요약
 

---

이 연구는 2020년 「서울시 주거실태조사」를 활용하여 고시원, 판잣집·컨테이너·비닐하우스, 반지하 및 지하가구와 비교를 통해 옥탑방 거주자의 주거특성과 주거불안 영향요인을 분석하였다. 이를 위해 SPSS 29.0 통계프로그램을 활용하여 주거특성, 주택상태 특성 및 주거불안 특성은 교차분석, 카이검정 및 fisher's의 정확검정을 사용하였고, 주거불안 영향요인은 이항 로지스틱 회귀분석(binary logistic regression analysis, BLRA)을 통해 분석하였다. 주택유형 결정 영향요인은 다항 로지스틱 회귀분석(multinomial logistic regression)을 사용하여 분석하였다. 분석결과 옥탑가구는 중장년,고령층의 거주비율이 매우 높게 나타났고, 학력은 고등학교 졸업 이하로 저학력의 비율이 높게 나타났다. 근무형태 및 소득에 있어서도 비정규직, 임시·일용근로자의 비율이 높았다. 점유형태는 전세 및 보증금이 있는 월세의 형태가 높게 나타났다. 주거불안 특성의 경우 옥탑방은 주거비 부담이 다른 유형보다 낮음에도 불구하고 주거비 부담비율이 높았고, 주거안전은 특히 난방상태 및 단열상태가 옥탑가구의 경우 절반에 달하는 50% 가구가 양호하지 못한 것으로 조사되었다. 그동안 중장년층의 주거문제는 청년층 및 노년층에 비해 소외되어 왔다. 따라서 연구의 결과를 바탕으로 첫째, 주거 및 고용안정 지원 사업과 둘째, 서울시 주거복지사업을 연계한 옥탑가구의 주택상태 개선사업 셋째, 중장년 취약계층 주거지원 강화 및 확대로 주거사각지대 해소 정책 필요 넷째, 찾아가는 서울시의 주거지원 서비스 기반 마련을 통한 취약가구의 정보접근성 향상 필요 다섯째, 옥탑방 거주가구 실태 파악을 위한 특수조사가 필요함을 제시하였다.

**주제어:** 옥탑방, 주거불안, 중장년층 주거사각지대

---

## 결혼 및 자녀계획에 따른 청년 주택 소비형태에 관한 실증분석

Analyzing Housing Consumption Trends among the Young Generation  
: Focusing on the Impact of Marriage and Childbirth Plans

박현택\* · 김진엽\*\*

Hyeontaek Park\* · Jinyhup Kim\*\*

## Abstract

In Korea, securing stable housing has long been recognized as one of the most important economic aspects of marriage and childbirth. However, it has become increasingly difficult for the young generations. This study analyzes housing consumption trends among the young generations, focusing on the impact of marriage and childbirth plans. To this end, an empirical analysis was conducted, using youth panel data and panel multinomial logistic regression analysis. First, the findings indicate that individuals planning to get married are often unable to own their home. Second, those who have moved out of their parent's house are also unable to acquire homeownership. Third, young men who have moved out of their parent's house and plan to get married are more likely to reside in their own house or an apartment. This study aims to provide policy implications for housing demand in the context of supporting residential stability for the young generation.

**Keywords:** Young Generation, Marriage Plan, Childbirth Plan, Housing Consumption Trends, Youth Panel

## 1. 서 론

2025년 현재 결혼 적령기가 된 청년들은 2008년 글로벌 금융위기와 2020년 코로나19로 인한 일자리 부족, 비정규직 증가 등의 구조문제를 경험하고 있는 세대이다(김진엽, 2022). 아울러, 청년 대부분은 노동시장에 진입한 기간이 상대적으로 짧고, 임금이 낮다(이현정·남상준, 2024). 상대적으로 과거 세대보다 현재 청년세대는 가난해졌고, 삶의 질이 매우 열악해지고 있다(정운혜·성진욱, 2024). 이전 세대가 전형적으로 이행하였던 취업 후 주택 마련, 결혼과 같은 계획을 쉽게 가지지 못하는 세대가 현

재 청년세대라고 할 수 있다. 청년을 대표하는 단어는 '포기'가 되었다(황광훈, 2023). 과거 연애, 결혼, 출산의 포기를 의미했던 삼포는 오포(연애, 결혼, 출산, 인간관계, 주택 구입)로 변화하며 포기 대상이 증가하고 있다(변수정, 2018). 그중 결혼과 출산의 강한 연결성으로 인하여 청년의 결혼 지연 및 포기가 저출산 문제에 심각하게 영향을 미친다고 알려져 있다(저출산고령사회위원회, 2024).

한국의 혼인 및 출산율은 지속해서 감소하고 있다. 한국의 조 혼인율은 2000년 7건에서 2022년에는 3.7건으로 절반 가까이 하락했다(통계청, 2025). 통계청(2025)에 따르면 전국 합계 출산율은 2022년

\*계명대학교 도시계획 및 교통공학과 석사과정(주저자: hyuntaek2025@gmail.com)

\*\*계명대학교 도시계획 및 교통공학과 조교수(교신저자: jyk@kmu.ac.kr)

0.78명을 기록하였다. 이러한 수치는 OECD 국가 중 가장 낮은 합계출산율이다(OECD, 2024). 혼인하지 않는 원인으로는 “결혼 자금이 부족해서” 28.7%로 가장 높게 나타났다(통계청, 2022). 아울러, 제1차 국민 인구행태조사에서 출산에 대한 부정적 가치를 가진 집단의 96%가 “자녀는 성장기에 비용이 많이 든다”라고 답했다(인구보건복지협회, 2024).

청년들이 결혼 준비를 하는 과정에서 가장 부담이 되는 요인 중 하나는 상대적으로 높은 비용이 요구되는 주거 마련일 것이다. 한국은 과거부터 결혼 및 출산의 경제적 이행 조건으로 안정적인 주거 마련이 중요하게 인식됐다. 하지만, 앞서 언급한 두 차례의 경제침체로 인한 주택가격 버블과 불안정한 고용 시장으로 인해 현재 청년세대의 주거 마련은 더욱 어려워진 상황이다. 아울러, 취업과 같은 이유로 인해 부모에게서 독립할 경우 경제적 부담이 가중되어 보다 안정적인 주거 마련이 어려워질 수 있다.

결혼하고 난 이후에도 주거불안은 존재한다. 2023년 주거실태조사에 따르면 신혼부부의 주택 점유 형태를 보았을 때 46.4%는 자가에 거주하고, 주택 종류는 아파트(73.9%)를 가장 많이 선택하였다(국토교통부, 2024). 하지만, 자가와 아파트에 거주를 많이 하고 있음에도 불구하고 아파트는 타 주택 종류보다 고가이기에 대출 상환과 같은 부담이 내재할 가능성이 있다. 아울러, 전·월세에 거주할 경우에도 전세 사기 및 임대료 인상과 같은 불안정한 환경에 놓일 가능성이 있을 것이다.

학계에서는 결혼 및 출산에 주택 특성이 미치는 영향에 관하여 분석을 진행한 다양한 연구들이 진행되어왔다. 하지만, 결혼 및 자녀 계획에 따른 청년 주택 소비형태에 관한 실증분석을 진행한 연구는 드문 실정이다. 즉, 대부분의 기존 연구는 주택가격을 독립변수로 활용하여 결혼과 출산에 미치는 영향 등을 파악하였다. 하지만, 본 연구는 기존 연구와는 다르게 결혼 및 자녀 계획을 독립변수로 활용하여 청년

주택 소비형태에 미치는 영향을 분석하려 한다. 특히 부모로부터 독립한 청년 표본과 성별로 구분한 청년 표본의 결혼 및 자녀 계획에 따른 주택 소비형태를 자세히 실증분석하려 한다.

이에 본 연구는 한국고용정보원의 2016-2020년 청년 패널 자료와 패널 확률효과 다항 로지스틱 분석을 통해 결혼 및 자녀 계획에 따른 청년 주택 소비형태를 실증분석하려 한다. 특히, 부모로부터 독립한 청년 그리고 성별에 초점을 맞춰 실증분석을 진행한다. 이를 통하여 청년들의 주거 안정을 위한 주택 수요 측면에서 정책적 시사점을 제시하려 한다.

## 2. 선행연구

### 2.1 결혼과 주택 관련 연구

주택과 결혼에 관한 연구는 정책적인 시사점을 제시하기 위하여 국내 학자들에 의하여 지속해서 진행되어 오고 있다. 강정구·마강래(2017)는 지역의 주택가격이 초혼 시기에 미치는 영향에 관한 연구를 진행하였다. 분석을 위하여 전국 주택가격 동향 조사자료와 한국노동패널 자료, Cox 비례위험 모형을 사용하였다. 분석 결과는 지역의 높은 주택가격의 영향은 성별에 무관하게 초혼 시기를 늦추는 것으로 나타났다. 또한, 부모의 경제 수준이 높아질수록 남성의 경우 자녀의 결혼 시기가 빠른 경향이 나타났다. 정창무(2008)는 초혼 연령에 영향을 주는 사회경제적 변인에 관한 연구를 진행하였다. 분석을 위하여 한국의 17년간의 시계열 자료를 사용하였다. 분석 방법은 2단계 최소자승법을 사용하였다. 분석 결과 주택공급이 증가할 경우 남성의 초혼 시기를 앞당기는 경향이 나타났다. 임보영 외(2018)는 결혼 및 자녀 출산이 지역 주택가격에 미치는 영향에 관한 연구를 진행하였다. 분석을 위하여 한국노동패널조사 자료와 헤크만 모형을 사용하였다. 분석 결과는 지역 주택가격이 높을수록 개인의 결혼확률을

낮추었다. 이러한 결과를 바탕으로 결혼이라는 개인적 선택에 지역 주택가격이라는 지역 경제구조가 영향을 미치고 있음을 시사했다. 이다은·서원석(2019)은 주거 빈곤 특성요인과 결혼 및 출산의 관계에 관한 분석을 진행하였다. 분석을 위하여 2017년 주거 실태조사와 다항 로지스틱 모형, Duncan 사후분석을 사용하였다. 분석 결과는 자산 및 직업적 안정성은 결혼 및 출산에 중요한 요인으로 작용하고 있었다. 또한, 주거 빈곤은 유형과 상관없이 결혼을 주저하는 중요한 요인으로 작용했다. 박윤철(2017)은 경제적 요인이 가구 형성에 미치는 영향에 관한 연구를 진행하였다. 분석을 위해 15개 시도의 2008년~2015년도 노동패널 데이터틀을 사용하였다. 분석 결과 조혼인율에 매매가 대비 전세가격 및 연 소득 대비 주택가격 비율이 음(-)의 영향을 미치는 경향이 나타났다. 이러한 결과를 통하여 시도 단위의 전세가격과 연 소득 대비 주택가격 비율의 상승과 같은 주택가격 상승은 주거비 부담 확대로 이어지며 최종적으로 청년 혼인을 감소에 영향을 미친다고 주장하였다. 엄다원·홍경준(2019)은 주거비 부담이 결혼 이행에 미치는 영향에 관한 연구를 진행하였다. 분석을 위하여 한국감정원 주택가격 정보 및 한국노동패널 12개년 자료를 사용하였다. 분석 결과 청년 가구의 경제력 대비 주택가격(전세)으로 계산한 주거비 부담 수준이 높을수록 결혼 이행 확률이 낮아졌다. 이러한 청년의 주거비 부담이 결혼에 미치는 음(-)의 영향은 여성보다 남성이 더 크게 작용하였다. 이에 대응을 위하여 지속해서 중앙정부에서 청년 주거 지원의 계획 및 조정이 필요하다고 시사하였다.

## 2.2 출산과 주택 관련 연구

결혼과 출산은 강한 연결성을 가지고 있다. 이에 주택과 출산에 관한 선행연구는 주택과 결혼에 관한 연구와 함께 자세히 살펴볼 필요가 있다. 주택과 출산에 관한 연구는 국내외 학자들에게 지속 연구되어

오고 있다. 김민영·황진영(2016)은 주택가격과 출산의 시기와 수준에 관한 연구를 우리나라 16개 시도를 대상으로 진행하였다. 분석을 위하여 2009~2013년 우리나라 16개 시도 자료와 고정효과모형과 확률효과모형을 사용하였다. 분석 결과 주택 매매가격과 주택 전세 가격은 합계 출산율에 음(-)의 영향을 미쳤다. 이러한 결과는 주택가격이 높을수록 경제적 부담이 증가해 결혼 및 출산을 포기하거나 연기하는 경향이 생겨날 수 있음을 보여준다고 해석하였다. 또한, 주택가격과 초산 나이는 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉, 주택가격이 높을수록 출산 시기를 미루는 요인이 될 수 있음을 시사했다. 신준모·임진택(2023)은 대학생의 주거 인식과 결혼 및 출산 계획과의 관계에 관한 연구를 진행하였다. 분석을 위하여 대학생 300명을 대상으로 설문 조사하여 자료를 구축하였고, 빈도분석과 교차분석을 사용하였다. 분석 결과는 결혼 후 자가주택이 마련된다면, 1, 2학년은 2명 출산계획이 40.2%로 가장 높았고 뒤를 이어 1명 출산계획이 29.9%로 나타났다. 3, 4학년은 2명 출산계획이 40.7%로 가장 높았고, 뒤를 이어 0명 출산계획이 24.6%로 나타났다. 결혼 후 자가주택이 마련이 안 된다면, 1, 2학년의 경우 출산계획 0명이 57.3%로 가장 높았고, 그 뒤를 이어 1명이 34.2%였다. 3, 4학년의 경우도 0명이 56.8%로 가장 높았다. 배호중·한창근(2016)은 신혼부부의 주택자산과 출산에 관한 연구를 2000년 이후 혼인 가구를 중심으로 진행하였다. 분석을 위하여 한국노동패널 자료와 생존분석을 사용하였다. 분석 결과 혼인 당시 자가 보유 가구는 미보유 가구에 비해 빠르게 첫째 자녀를 출산하는 것으로 나타났다. 또한, 전반적으로 신혼 주택가격이 높을수록 빠르게 첫 자녀를 출산하는 것으로 나타났다. Dettling and Kearney(2014)는 부동산 시장이 출산 결정에 미치는 영향에 관한 연구를 진행하였다. 분석을 위하여 미국 대도시 통계자료를 이용하였다. 분석 결과는

자가 가구는 주택가격이 상승하였을 때 주택자산이 증가하여 출산율에 긍정적인 영향을 미쳤다. 그러나, 임차 가구는 단기적으로 주택가격이 상승하였을 때 출산율에 부정적 영향을 미쳤다. 이를 자세히 살펴보면 자가 가구는 주택가격이 1만 달러 상승하였을 때 자가 가구는 출산율이 5% 증가하였고, 임대 가구는 2.4% 감소하는 것으로 나타났다. Simon and Tamura (2009)는 시간적 범위를 1940~2000년으로 지정하여 임대료와 출산율의 관계에 관한 연구를 진행하였다. 분석을 위하여 미국 Intergrated Public Use Microdata Survey(1940~2000) 자료를 사용하였다. 분석 결과 주택가격과 출산율은 음(-)의 관계가 나타났다. 이는 1940년부터 1970년까지 강하게 나타났고, 그 이후에는 점차 약하게 나타남을 시사하였다.

### 2.3 결혼 및 출산과 주택 관련 연구

앞서 결혼과 출산이 각각 주택과 어떠한 관계를 가지는지 고찰하였다. 하지만, 본 연구와 같이 결혼과 출산을 결합하여 주택과 어떠한 관계를 가지는지 확인할 수 있는 선행연구를 고찰할 필요가 있다. 박천규·이영(2010)은 결혼 후 3년 이내 출산이 주택소비에 미치는 영향에 관해서 연구를 진행하였다. 분석을 위해 2008년 주거실태조사와 프로빗 모형을 활용하였다. 분석 결과는 첫째, 결혼 후 자녀 출산을 3년 이내에 할 경우 주택점유형태에서 자가를 선택할 확률을 감소시켰다. 내 집 마련의 제약 요인으로 결혼 후 일찍 자녀를 출산하는 것이 작용하고 있음을 시사하였다. 둘째, 최초로 구입하는 주택소비는 결혼 후 3년 이내 출산할 경우 줄어드는 것으로 나타났다. 줄어드는 이유는 자녀 출산과 보육 비용 증가를 시사했다. 셋째, 결혼 후 3년 이내 출산은 자가와 차가 모두 감소시키는 것으로 나타났다. 주택소비를 감축시키는 요인으로 결혼 후 3년 이내 출산이 영향을 미치고 있음을 암시하였다. 도난영·최막중(2018)은 지역 주택가격이 결혼연령 및 첫째, 둘

째 자녀 출산 시점에 미치는 영향에 관하여 연구를 진행했다. 이를 위해 2000~2014년 한국노동패널 데이터와 다중 회귀분석, 생존 분석을 사용하였다. 분석 결과는 신혼가구가 거주하는 곳의 높은 주택가격은 성별에 무관하게 결혼연령을 높이는 요인으로 작용했고, 이후 지속해서 출산 시점까지 지연할 수 있는 출발점을 제공하는 것으로 나타났다. 하지만, 지역 주택가격에 첫 출산의 간격은 유의한 영향을 받지 않았다. 이를 통해 늦게라도 결혼을 하면 첫 출산은 주거비 부담에 무관하게 이루어지고 있음이 확인되었다. 박서연(2019)은 신혼부부의 출산계획에 영향을 미치는 요인에 관한 연구를 진행하였다. 분석을 위하여 2016년 신혼부부 가구 주거실태조사 가구와 위계선형모형(HLM)을 활용하였다. 분석 결과 신혼부부의 출산계획에 대하여 주거특성이 임차일 경우 음(-)의 영향을 미쳤고, 아파트보다 다가구 주택이었을 경우 주택자금 대출상환을 활용했을 때 양(+)의 영향을 미쳤다. 또한, 지역 특성은 평균 주택가격이 음(-)의 영향을 미치는 결과가 나타났다.

## 3. 연구 질문

이상의 선행연구를 통해 주택가격이 초혼 연령에 미치는 영향을 알아보았다. 또한, 주거 인식이 결혼 및 자녀 계획에 미치는 영향과 주거 빈곤 특성이 결혼 및 출산에 미치는 영향, 주택가격 및 자산이 출산에 미치는 영향에 관한 연구를 함께 알아보았다. 아울러, 결혼 및 출산을 결합하여 주택과 어떠한 관계를 가지는지 알아보았다. 하지만, 결혼 및 자녀 계획이 청년 주택 소비형태에 미치는 영향에 관한 실증 분석 연구는 부족한 실정이다. 특히, 부모로부터 독립 그리고 성별에 초점을 맞춰 실증분석을 진행한 연구는 더욱 존재하지 않는다. 이러한 점에서 본 연구의 차별성을 확인할 수가 있으며, 자세한 연구 질문과 내용은 다음과 같다.



### 3.1 결혼 및 자녀 계획이 청년 주택 소비형태에 미치는 영향(전체 청년 표본)

첫 번째 연구 질문은 결혼 계획 및 자녀 계획이 청년 주택 소비형태에 미치는 영향을 분석한다. 결혼 및 자녀 계획을 가지고 있는 청년이라면 결혼 이후 주거 안정을 이루기 위하여 자가 및 아파트를 마련하기 위하여 노력할 것이다. 이는 자가 및 아파트 거주 가능성을 증가시킬 수 있을 것이다. 이에 본 연구는 연구가설 1로 “결혼 및 자녀 계획이 있을 경우 자가와 아파트 거주에 양(+ )의 영향을 미칠 것”으로 예상한다.

### 3.2 결혼 및 자녀계획이 독립에 따른 청년주택 소비형태에 미치는 영향 (부모로부터 독립한 청년 표본)

두 번째 연구 질문은 결혼 및 자녀 계획이 독립에 따른 청년 주택 소비형태에 미치는 영향을 분석한다. 부모로부터 독립을 한 청년이라면 독립을 하지 않은 청년보다 상대적으로 경제적 부담이 높을 것이다. 이로 인해 자가 및 아파트를 마련하기 위한 자산을 축적하는 데 시간이 지연되거나 어려움이 있을 것이다. 이에 본 연구는 연구가설 2로 “부모로부터 독립을 하였을 때 결혼 및 자녀 계획이 있을 경우 자가와 아파트 거주에 음(-)의 영향을 미칠 것”으로 예상한다. 연구 질문 2에서는 연구 질문 1에서 활용한 표본에서 부모로부터 독립한 청년 표본을 추출하여 분석을 진행한다.

### 3.3 결혼 및 자녀계획이 독립에 따른 청년 주택 소비 형태에 미치는 영향 (부모로부터 독립한 청년 표본)

세 번째 연구 질문은 결혼 및 자녀 계획이 성별에 따른 청년 주택 소비형태에 미치는 영향을 분석한다. 성별에 따른 결혼과 출산에 관한 인식 차이에 관한 다양한 연구가 진행되어 왔다(김성엽 외, 2023; 박지선·김소정, 2022; 진미정 외, 2023). 기존 연구의

분석 결과를 살펴보았을 때 결혼과 출산에 관한 인식이 성별에 따라서 혼재되고 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 인식의 차이는 주택 소비형태에도 영향을 미칠 수 있을 것이다. 한국에서는 결혼 준비 과정에서 암묵적으로 주택은 신랑 측, 혼수는 신부 측에서 준비한다는 관습이 남아있어 청년 남성의 주거 부담이 더 크다(정병삼, 2021). 즉, 청년 남성의 경우 자가 및 아파트가 마련되었을 경우 결혼 및 자녀 계획을 가질 것으로 예상된다. 이에 본 연구는 “남성은 결혼 및 자녀 계획이 있을 경우 자가 및 아파트 거주에 양(+ )의 영향을 미칠 것”으로 예상한다. 연구 질문 3에서는 연구 질문 2에서 활용한 부모로부터 독립한 청년 표본에서 남자를 구분하여 분석을 진행한다.

## 4. 자료 및 방법론

본 연구는 한국고용정보원의 청년 패널 조사(Youth Panel) 자료를 사용한다. 청년 패널 조사는 한국 최초 개인 단위 패널 조사이며, 청년층의 학교생활, 주택정보, 사회·경제 활동, 가계배경 등의 기초 자료를 수집한 것이다. 이를 통해 연구 발전 및 다양한 정책 수립에 기여하기 위해 지속 실시되고 있다. 결혼 및 자녀 계획에 따른 청년 주택 소비형태의 실증분석을 위해 결혼계획 변수가 포함되기 시작한 2016-2020년 10-14회차 청년 패널 조사 자료를 수집하여 사용하였다. 이 중 20대에서 30대까지 혼인 상태에 응답한 청년 8,313명을 대상으로 분석하였다. 하지만, 패널데이터 특성상 모든 표본이 6년에 걸쳐 조사되지는 못하였다.

이러한 이유로 2016년 7,687명, 2017년 7,257명, 2018년 6,770명, 2019년 6,348명, 2020년 5,790명에 대한 추적이 발생하였고, 총 33,852개의 표본을 확보하였다. 아울러, 본 연구에서는 결혼 및 자녀 계획이 부모로부터의 독립에 따른 청년의 주택 소비형

태의 실증분석을 위해 8,313명의 표본 중 부모와 동거하지 않는 2,974명의 표본을 추가로 추출하였다. 이를 통해 2016년 1,175명, 2017년 1,211명, 2018년 1,340명, 2019년 1,504명, 2020년 1,499명에 대한 추적이 발생하였고, 총 6,729개의 표본을 확보하였다. 청년 패널 조사는 2007년에 처음 구축이 되는 시점의 표본의 연령은 15~29세로 시작하였다. 하지만, 조사 차수가 지남에 따라 연령이 증가하여 표본의 15~29세에 대한 대표성 문제가 발생하여, 2015년 기준 만 15~22세의 청년 표본을 3,516명을 추가 조사하여 규모를 확장하였다. 즉, 청년 패널 조사는 원자료에서 응답 누락이 존재하는 불균형 패널(Unbalanced Panel Data)이다. 아울러, 본 연구 분석을 위하여 결측치 처리 후에도 불균형 패널은 유지되었다.

Table 1은 실증분석을 위한 변수설명이다. 먼저 종속변수는 지난 회차 이후 이사 여부를 조사한 뒤 연결되는 세부질문을 사용하여 구성하였으며, 해당 세부질문은 다음과 같다. ① 맥은 자가입니까? 전/월세입니까? (주택 점유 형태) ② 주택의 종류는 무엇입니까? (주택 유형) 주택 점유형태는 이사하지 않음은 0, 자가로 이사하였을 때 1, 비자가(전세, 월세)로 이사하였을 때 2의 값을 갖도록 하였다. 주택 유형에서는 이사하지 않음은 0, 아파트로 이사하였을 때 1, 비아파트(단독주택, 연립, 다세대주택, 오피스텔)로 이사하였을 때 2의 값을 갖도록 하였다. 본 연구는 주택 점유형태와 주택 유형이 각각 고유한 결정요인을 가지는 변수라고 판단하여 분리하여 설정하였다. 두 종속변수의 고유한 결정요인은 다음과 같다. 주택 점유형태는 자산 수준, 금융 접근성과 같은 경제적 여건과 밀접한 관련이 있다. 주택 유형은 거주지역 특성 및 주거 선호도 등 환경적 요인과 더 큰 영향을 받는다. 독립변수에서 주요 변수는 결혼 계획, 자녀 계획을 사용하였다. 결혼 및 자녀 계획 변수는 혼인 상태를 조사한 뒤 연결되는 세부질문을 사용하여

구성하였으며, 해당 세부질문은 다음과 같다. ① 향후 3년 이내에 결혼할 계획을 가지고 있으십니까? ② 자녀를 가질 계획이 있으십니까? 인구학적 특성으로 성별, 20대(참조형 변수), 30대, 최종 학력, 부모 동거, 그리고 건강 상태를 사용한다. 경제학적 특성으로는 정규직, 비정규직, 비고용(참조형 변수), 제조업, 도매 및 소매업, 전문 과학기술 및 서비스업, 보건업, 금융 및 보험업, 기타(참조형 변수), 가구 총 근로소득, 그리고 부채 유무를 사용한다. 마지막으로 연도별 시간 더미와 17개 시도에 대한 장소 더미를 사용하여 지역과 시간에 대한 통제를 시도하였다.

방법론은 패널 확률효과 다항 로지스틱 회귀분석(Panel Random Effects Multinomial Logistic Regression)을 활용하여 분석하려 한다. 해당 모형은 주택 및 주거 관련 연구에서 점차 활용되고 있는 방법론이다(Sarma and Simpson, 2007; Tan, 2023). 분석을 위하여 Stata MP 17.0 소프트웨어를 사용하였다. 패널 데이터의 구조적 특성 및 범주가 3개 이상인 다 범주형 속성 반응을 위하여 패널 확률효과 다항 로지스틱 회귀분석을 사용하였으며, Stata의 xtmlogit 명령어를 사용하였다. 패널 확률효과 다항 로지스틱 회귀분석은 개체 간 이질성(unobserved heterogeneity)의 통제를 위해 랜덤 절편(Random intercept)을 포함하는 방법으로 설계가 되어있으며, 반복적으로 측정된 개체가 시점별로 명목형 선택을 하는 패널 구조에 적합하다(StataCorp, 2021) 아울러, 패널 확률효과 다항 로지스틱 회귀모형은 범주 간 상대적 선택 확률을 추정하는 구조이다. 여기에 고정효과를 포함할 경우, 각 범주에 대해 개체별 절편을 별도로 추정해야 하므로, 시계열 길이가 짧고 표본 수가 많은 short panel 구조에서는 파라미터 수가 급격히 증가해 식별성 문제가 발생할 수 있다(Chamberlain, 1980; 민인식·최필선, 2012; 김진엽, 2023). 이에 고정효과가 아닌 확률효과모형으로 분석을 진행하였다.



**Table 1.** Variable Description

Category	Variable	Description
Dependent Variable	Tenure Type	Ownership=1, Otherwise=2 (Not moving=0)
	Housing Type	Apartment=1, Otherwise=2 (Not moving=0)
Main Variable	Marriage Plan	Marriage plan (Yes=1, No=0)
	Childbirth Plan	Childbirth plan (Yes=1, No=0)
Demographics Characteristics	Sex	Sex (Male=1, Female=0)
	Age 20-29	Age (20-29=1, Otherwise=0) (Reference)
	Age 30-39	Age (30-39=1, Otherwise=0)
	Education	Education (Bachelor Degree or Higher=1, Otherwise=0)
	Co-Living	Co-living Parents (Yes=1, No=0)
	Health Status	Health Status (Good=1, Otherwise=0)
Finalcial Characteristics	Permanent Employee	Employment (Permanent =1, Otherwise=0)
	Non-Permanent Employee	Employment (Non-permanent =1, Otherwise=0)
	Non-Employee	Employment (Non-employee=1, Otherwise=0) (Reference)
	Manufacturing	Industrial Classification of Workplaces (Manufacturing=1, Otherwise=0)
	Wholesale and Retail Trade	Industrial Classification of Workplaces (Wholesale and Retail Trade=1, Otherwise=0)
	Professional, Scientific and Technical Activities	Industrial Classification of Workplaces (Professional, Scientific and Technical Activities=1, Otherwise=0)
	Human Health	Industrial Classification of Workplaces (Human Health=1, Otherwise=0)
	Activities Auxiliary to Financial Service and Insurance Activities	Industrial Classification of Workplaces (Activities Auxiliary to Financial Service and Insurance Activities=1, Otherwise=0)
	Other	Industrial Classification of Workplaces (Other=1, Other Wise=0)(Reference)
	Household Income	Logged Household Income
	Debt Status	Debt Status (Yes=1, No=0)
Control Variable	Regional Dummy	Seoul, Incheon, Gyeonggi, Daegu, Busan, Gwangju, Daejeon, Gangwon, Chungbuk, Chungnam, Jeonbuk, Jeonnam, Gyeongbuk, Gyeongnam, Ulsan, Sejong, Jeju (Reference=Seoul)
	Year Dummy	2016, 2017, 2018, 2019, 2020 (Reference=2016)

해당 모형에서는 주거 점유형태와 주택 유형을 종속변수로 취하고 결혼 및 자녀 계획 변수를 독립변수로 취하여 분석을 진행하였다. 이를 통해 세 가지

연구 질문 ① 결혼 및 자녀 계획이 청년 주택 소비형태에 미치는 영향(전체 청년 표본), ② 결혼 및 자녀 계획이 독립에 따른 청년 주택 소비형태에 미치는

영향(부모로부터 독립한 청년 표본), ③ 결혼 및 자녀 계획이 성별에 따른 청년 주택 소비형태에 미치는 영향(부모로부터 독립한 청년 표본을 성별로 구분)을 분석하려 한다.

5. 실증분석

5.1 기술통계

Table 2는 독립 후 이사에 따른 기술통계 결과이다. 먼저 주요 변수에서 결혼 계획과 자녀 계획은 이사한 집단이 비중이 더 높음을 알 수 있다. 인구학적

특성은 남성과 20대, 건강 상태가 좋음이 이사하지 않은 집단에서 비중이 높은 것으로 확인되었다. 반면, 30대와 4년제 이상대학졸업 이상에서는 이사한 집단에서 비중이 높은 것을 알 수 있다. 경제학적 특성에서는 정규직과 비정규직은 이사한 집단이 비중이 높은 것을 확인할 수 있다. 비고용은 이사를 하지 않은 집단에서 비중이 높은 것을 알 수 있다. 제조업은 이사를 한 집단과 이사를 하지 않은 집단 모두 비슷한 비중인 것을 알 수 있다. 도매 및 소매업과 전문 과학기술 및 서비스업, 보건업, 금융 및 보험업은 이사한 집단이 비중이 더 높음을 확인할 수 있다. 기타

Table 2. Descriptive Statistics by Moving after Gaining Independence from Parents

Category	Variable	Total		Moving		Non-Moving	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Main Variable	Marriage Plan	0.10	0.31	0.24	0.42	0.14	0.35
	Childbirth Plan	0.08	0.28	0.11	0.31	0.10	0.30
Demographics Characteristics	Sex	0.51	0.50	0.52	0.50	0.59	0.49
	Age 20-29	0.70	0.46	0.58	0.49	0.60	0.49
	Age 30-39	0.30	0.46	0.42	0.49	0.40	0.49
	Education	0.37	0.48	0.54	0.50	0.44	0.50
	Co-Living	0.80	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00
	Health Status	0.73	0.44	0.64	0.48	0.73	0.45
	Permanent Employee	0.35	0.48	0.56	0.50	0.49	0.50
Finacial Characteristics	Non-Permanent Employee	0.07	0.25	0.09	0.29	0.06	0.24
	Non-Employee	0.59	0.49	0.34	0.48	0.45	0.50
	Manufacturing	0.10	0.30	0.16	0.37	0.16	0.37
	Wholesale and Retail Trade	0.07	0.25	0.08	0.27	0.07	0.26
	Professional, Scientific and Technical Activities	0.04	0.18	0.07	0.25	0.04	0.21
	Human Health	0.06	0.23	0.08	0.28	0.06	0.24
	Activities Auxiliary to Financial Service and Insurance Activities	0.02	0.14	0.03	0.17	0.02	0.14
	Other	0.72	0.45	0.57	0.50	0.64	0.48
	Household Income	9.38	4.30	7.93	4.13	8.44	4.03
	Debt	0.05	0.22	0.22	0.41	0.08	0.27
	N	33851		1059		5670	

**Table 3.** Descriptive Statistics by Housing Tenure and Housing Type after Moving Out from Parents Home

Category	Variable	Ownership		Non-Ownership		Apartment		Non-Apartment	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Main Variable	Marriage Plan	0.20	0.40	0.24	0.43	0.27	0.44	0.23	0.42
	Childbirth Plan	0.08	0.27	0.12	0.32	0.08	0.28	0.12	0.32
Demographics Characteristics	Sex	0.55	0.50	0.51	0.50	0.56	0.50	0.51	0.50
	Age 20-29	0.59	0.49	0.57	0.49	0.50	0.50	0.60	0.49
	Age 30-39	0.41	0.49	0.43	0.49	0.50	0.50	0.40	0.49
	Education	0.43	0.50	0.56	0.50	0.54	0.50	0.54	0.50
	Co-Living	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Health Status	0.67	0.47	0.64	0.48	0.69	0.46	0.63	0.48
	Permanent Employee	0.43	0.50	0.58	0.49	0.58	0.50	0.56	0.50
Financial Characteristics	Non-Permanent Employee	0.04	0.19	0.10	0.30	0.07	0.26	0.10	0.30
	Non-Employee	0.53	0.50	0.32	0.47	0.35	0.48	0.34	0.47
	Manufacturing	0.08	0.27	0.18	0.38	0.15	0.36	0.17	0.37
	Wholesale and Retail Trade	0.08	0.27	0.08	0.28	0.09	0.29	0.08	0.27
	Professional, Scientific and Technical Activities	0.08	0.27	0.07	0.25	0.06	0.24	0.07	0.26
	Human Health	0.04	0.19	0.09	0.29	0.08	0.26	0.09	0.28
	Activities Auxiliary to Financial Service and Insurance Activities	0.05	0.22	0.03	0.17	0.03	0.18	0.03	0.17
	Other	0.68	0.47	0.55	0.50	0.59	0.49	0.56	0.50
	Household Income	9.47	3.59	7.72	4.16	8.94	3.81	7.64	4.17
	Debt	0.20	0.40	0.22	0.42	0.23	0.42	0.21	0.41
N		132		927		239		820	

는 이사하지 않은 집단이 더 비중이 높았다. 가구 총 근로소득은 이사하지 않은 집단이 높았다. 부채가 있는 표본은 이사한 집단에서 비중이 높은 것을 확인할 수 있다.

Table 3은 독립 후 이사 시 주택 점유형태와 주택 유형에 따른 기술통계 결과이다. 먼저 주요 변수 관련하여 결혼 계획은 비자가 집단과 아파트 집단에서

비중이 더 높음을 알 수 있다. 자녀 계획은 비자가 집단과 비아파트 집단에서 비중이 더 높았다. 인구학적 특성에서 남자인 성별은 자가 집단과 아파트 집단에서 비중이 더 높은 것으로 확인되었다. 20대는 자가 집단과 비아파트 집단에서 비중이 높은 것을 알 수 있다. 30대는 비자가 집단과 아파트 집단에서 비중이 높았다. 최종 학력이 4년제 대학 이상은 비자

가 집단이 높았고, 아파트와 비아파트의 비중이 비슷하였다. 건강상태 좋은 표본의 비중은 자가와 아파트 집단에서 더 높았다. 경제학적 특성에서는 정규직은 비자가와 아파트에서 비중이 더 높았다. 비정규직은 비자가와 비아파트에서 비중이 더 높은 것으로 확인되었다. 비고용은 자가와 아파트 집단에서 비중이 높은 것을 알 수 있었다. 제조업은 비자가와 비아파트 집단에서 비중이 더 높음을 확인할 수 있었다. 도매 및 소매업은 자가 집단과 비자가 집단의 비중은 비슷하였고, 아파트 집단이 비아파트 집단보다 상대적으로 비중이 더 높은 것을 확인할 수 있다. 전문 과학기술 및 서비스업은 자가와 비아파트 집단에서 비중이 더 높았다. 보건업은 비자가와 비아파트 집단에서 비중이 더 높음을 확인할 수 있다. 금융 및 보험업은 자가 집단이 비자가 집단보다 비중이 높았고, 아파트와 비아파트 집단의 비중은 비슷하였다. 기타는 자가와 아파트에서 비중이 더 높았다. 가구의 총 근로소득은 자가와 아파트 집단이 높았다. 부채가 있는 표본은 비자가와 아파트 집단에서 더 많이 비중이 높았다.

## 5.2 결혼 및 자녀계획이 청년 주택 소비 형태에 미치는 영향(전체 청년 표본)

Table 4는 결혼 및 자녀 계획이 청년 주택 소비 형태에 미치는 영향 분석 결과이다. 먼저, 주요 변수에서 결혼 계획은 주택 점유형태는 비자가에 양(+)의 영향을 미쳤다. 자가는 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났으나 통계적 유의성은 나타나지 않았다. 주택 종류는 아파트와 비아파트 모두 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉, 결혼 계획이 있는 청년은 주택 종류의 선택에는 제약을 받고 있지 않지만, 자가를 소유하기에는 경제적 여력이 되지 않아 임대를 더 선호하여 나타난 결과로 예상된다. 이러한 결과는 연구가설 1의 “결혼 및 자녀 계획이 있을 경우 자가와 아파트 거주 양(+)의 영향을 미칠 것”

이라는 내용과 일치하지 않는다.

자녀 계획에서는 모든 주택 점유형태와 주택 종류에서 음(-)의 영향으로 나타났으나 통계적 유의성이 나타나지 않았다. 출산은 안정적인 주거가 마련되었을 경우 촉진되는 경우가 많다(이삼식·최효진, 2012). 즉, 자녀 계획은 안정적인 주거 마련 이후 세우는 경우가 많기에 주택소비를 하는 단계에서 중요하게 작용하지 않아 나타난 결과로 예상된다. 이에 자녀 계획 또한 연구가설 1의 내용과 일치하지 않는다.

인구학적 특성 관련하여 30대였을 때 자가와 아파트에서 통계적 유의성이 나타나지는 않았으나, 주택 점유형태와 주택 유형에서 모두 음(-)의 영향을 미쳤다. 이러한 결과는 청년세대 중에서 나이가 많은 편임에도 불구하고 경제적 여력이 되지 않아 주택 마련에 어려움이 있어 나타난 결과로 예상된다. 최종 학력이 높을수록 비자가와 아파트에서 양(+)의 영향을 미쳤다. 이러한 결과는 높은 최종 학력에 따른 직업의 안정성으로 인하여 소득이 증가하여 나타난 결과로 예상된다. 이는, 주거 유형 선택에 제한을 받고 있지는 않으나, 자가를 마련하기는 어려워 나타난 결과로 예상된다. 건강 상태는 좋을수록 비자가와 비아파트에 음(-)의 영향을 미쳤다. 즉, 건강상태가 좋을수록 고용 시장에서 고용이 될 가능성과, 안정적 소득이 생길 가능성이 높을 것이다. 이로 인해 비자가와 비아파트보다는 자가와 아파트를 선택하려는 경향이 반영된 결과로 예상된다.

## 5.3 결혼 및 자녀계획이 독립에 따른 청년 주택 소비 형태에 미치는 영향(부모로부터 독립한 청년 표본)

Table 5는 결혼 및 자녀 계획이 독립에 따른 청년 주택 소비형태에 미치는 영향 분석 결과이다. 연구 질문 1에서는 부모와 함께 동거하는 표본을 함께 분석하였다. 하지만, 연구 질문 2에서는 부모로부터 독립을 한 청년들의 표본을 추출하여 분석을 진행하였

**Table 4.** The Effect of Marriage and Childbirth Plans on Housing Consumption Trends of the Young Generation (All Samples of the Young Generation)

Category	Variable	Total							
		Housing Tenure				Housing Type			
		Ownership (N=1278)		Non-Ownership (N=1541)		Apartment (N=1362)		Non-Apartment (N=1457)	
		Coef	S.E	Coef	S.E	Coef	S.E	Coef	S.E
Main Variable	Marriage Plan	0.07	0.11	***0.42	0.09	***0.30	0.10	***0.25	0.09
	Childbirth Plan	-0.16	0.12	-0.02	0.10	-0.15	0.11	-0.03	0.11
Demographics Characteristics	Sex	**-.015	0.06	***-.025	0.07	**-.016	0.07	***-.025	0.07
	Age 30-39	-0.12	0.08	***-.036	0.08	-0.13	0.08	***-.037	0.08
	Education	0.04	0.07	*0.14	0.08	*0.12	0.07	0.04	0.08
	Co-Living	***0.49	0.10	***-2.18	0.08	-0.09	0.08	***-2.01	0.08
	Health Status	0.02	0.08	***-.022	0.07	-0.02	0.07	**-.018	0.07
Finacial Characteristics	Permanent Employee	***-.027	0.09	0.00	0.09	**-.022	0.09	-0.02	0.09
	Non-Permanent Employee	-0.20	0.13	0.20	0.13	-0.11	0.13	0.14	0.13
	Manufacturing	-0.17	0.13	0.02	0.12	-0.17	0.12	0.05	0.12
	Wholesale and Retail Trade	-0.06	0.13	0.11	0.13	-0.07	0.13	0.09	0.13
	Professional, Scientific and Technical Activities	-0.02	0.19	-0.01	0.17	-0.14	0.18	0.07	0.17
	Human Health	-0.22	0.16	0.23	0.14	*-0.29	0.16	**0.30	0.14
	Activities Auxiliary to Financial Service and Insurance Activities	0.25	0.22	0.13	0.22	0.14	0.21	0.16	0.23
	Household Income	***0.02	0.01	***-.004	0.01	**0.02	0.01	***-.004	0.01
	Debt	***0.63	0.14	***1.05	0.10	***0.74	0.12	***1.07	0.11
	Con_	***-3.40	0.81	*-2.22	1.26	***-2.81	0.74	-19.45	6514.16
Log Likelihood		-10541.862				-10735.05			
Wald chi2		1429.78				1194.92			
Prob > chi2		0				0			
Number of obs		33,851							
Number of Groups		8,313							

Note: \*P<0.1, \*\*P<0.05, \*\*\*P<0.01. Controlled by time and regional dummies.

다. 분석 결과는 부모로부터 독립을 한 청년이 결혼 계획이 있을 경우 주택 점유형태에서는 비자가에 양(+)의 영향을 미쳤다. 또한, 자가에서는 통계적 유의성이 나타나지 않았으나, 양(+)의 영향을 미쳤다. 즉,

부모로부터 독립을 한 청년이 결혼 계획이 있을 경우 자가에 거주하지 못하는 경향이 있음을 나타낸다. 아울러, 주택 유형에서는 아파트와 비아파트 모두 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 결

**Table 5.** The Effect of Marriage and Childbirth Plans on Housing Consumption Trends of the Young Generation after Gaining Independence from Parents (Young Generation Sample after Gaining Independence from Parents)

Category	Variable	Independent							
		Housing Tenure				Housing Type			
		Ownership (N=132)		Non-Ownership (N=927)		Apartment (N=239)		Non-Apartment (N=820)	
		Coef	S.E	Coef	S.E	Coef	S.E	Coef	S.E
Main Variable	Marriage Plan	0.37	0.26	***0.47	0.11	***0.59	0.18	***0.40	0.11
	Childbirth Plan	-0.25	0.35	0.00	0.13	-0.36	0.25	0.07	0.13
Demographics Characteristics	Sex	-0.24	0.20	***-0.27	0.09	-0.19	0.15	***-0.28	0.09
	Age 30-39	0.08	0.23	***-0.34	0.09	0.13	0.17	***-0.40	0.10
	Education	-0.12	0.22	***0.35	0.09	0.18	0.16	***0.30	0.10
	Co-Living								
	Health Status	-0.27	0.22	***-0.31	0.09	-0.04	0.17	***-0.36	0.10
	Permanent Employee	** -0.59	0.25	***0.41	0.11	0.01	0.19	***0.33	0.12
Finacial Characteristics	Non-Permanent Employee	** -1.18	0.50	***0.73	0.16	-0.07	0.31	***0.64	0.17
	Manufacturing	** -0.74	0.37	0.14	0.13	-0.22	0.23	0.12	0.13
	Wholesale and Retail Trade	0.00	0.37	0.23	0.16	0.12	0.27	0.19	0.17
	Professional, Scientific and Technical Activities	0.56	0.39	0.21	0.19	0.04	0.33	*0.32	0.19
	Human Health	-0.47	0.50	***0.37	0.16	0.09	0.30	*0.33	0.17
	Activities Auxiliary to Financial Service and Insurance Activities	**1.02	0.48	0.20	0.27	0.21	0.43	0.35	0.27
	Household Income	***0.07	0.02	***-0.07	0.01	0.03	0.02	***-0.06	0.01
	Debt	***1.28	0.28	***0.94	0.12	***1.12	0.20	***0.92	0.12
	Con_	-22.20	37837.36	-1.28	1.36	-1.78	1.43	***-20.63	0.36
	Log Likelihood		-3084.39				-3279.19		
	Wald chi2		341.74				3877.82		
	Prob > chi2		0				0		
	Number of obs				6,729				
	Number of Groups				2,974				

Note: \*P<0.1, \*\*P<0.05, \*\*\*P<0.01. Controlled by time and regional dummies.

과는 결혼 계획이 있고 부모로부터 독립을 하였음에도 불구하고 자가를 마련하기에는 경제적 여력이 되지 않아 나타난 결과로 예상된다. 또한, 연구 질문 1의 결과와 마찬가지로 결혼 계획이 있을 경우 주택 유형 선택에는 제한을 받지 않음을 나타낸다. 이는 연구 가설 2의 “부모로부터 독립을 하였을 때 결혼 및 자녀 계획이 있을 경우 자가와 아파트 거주에 음

(-)의 영향을 미칠 것”이라는 내용과 일치하지 않는다. 자녀 계획은 주거 점유형태와 주택 유형 모두 통계적 유의성이 나타나지 않았다. 이러한 결과는 연구 질문 1의 결과와 마찬가지로 자녀 계획은 청년 주택 소비형태에 중요하게 영향을 미치지 않아 나타난 결과로 예상된다.

**Table 6.** The Effect of Marriage and Childbirth Plans on Housing Consumption Trends of the Young Generation Sample after Gaining Independence from Parents, Classified by Sex

Category	Variable	Male						Female					
		Housing Tenure			Housing Type			Housing Tenure			Housing Type		
		Ownership (N=73)	Non-Ownership (N=475)	Coef	S.E	Coef	S.E	Ownership (N=51)	Non-Ownership (N=452)	Coef	S.E	Apartment (N=106)	Non-Apartment (N=405)
Main Variable	Marriage Plan	**0.83	0.33	**0.55	0.14	**0.81	0.23	**0.47	0.15	-0.20	0.43	**0.36	0.16
	Childbirth Plan	0.09	0.43	-0.02	0.17	-0.11	0.31	0.03	0.18	-0.69	0.62	0.01	0.19
	Sex	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Demographics Characteristics	Age 30-39	-0.24	0.32	*-0.25	0.13	0.22	0.23	**0.38	0.13	0.44	0.34	**0.44	0.14
	Education	0.08	0.30	*0.22	0.13	0.14	0.21	0.19	0.13	-0.23	0.32	**0.45	0.14
	Co-Living	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Health Status	**0.63	0.30	*-0.21	0.13	-0.11	0.22	**0.29	0.13	0.09	0.33	**0.41	0.14
	Permanent Employee	**0.73	0.34	**0.38	0.15	-0.15	0.25	**0.33	0.15	-0.42	0.38	**0.48	0.17
	Non-Permanent Employee	**1.61	0.76	**0.63	0.22	-0.43	0.42	**0.62	0.22	-0.81	0.67	**0.86	0.25
	Manufacturing	**0.99	0.48	0.03	0.16	*-0.48	0.29	0.02	0.16	-0.31	0.58	*0.36	0.21
	Wholesale and Retail Trade	-0.46	0.57	0.24	0.21	-0.12	0.36	0.20	0.22	0.34	0.50	0.11	0.25
												0.31	0.40
Financial Characteristics	Professional, Scientific and Technical Activities	**1.07	0.50	*0.44	0.27	0.31	0.44	**0.61	0.26	-0.23	0.66	0.06	0.26
												-0.28	0.49
												0.26	0.30
	Human Health	-18.23	5235.66	-0.45	0.37	-1.13	0.77	-0.47	0.39	-0.18	0.52	**0.58	0.20
												0.33	0.34
												**0.54	0.20
	Activities Auxiliary to Financial Service and Insurance Activities	0.86	0.63	0.30	0.33	0.35	0.50	0.39	0.32	0.90	0.74	0.03	0.47
												-0.24	0.82
												0.31	0.45
	Household Income	**0.06	0.03	**0.06	0.01	0.02	0.02	**0.06	0.01	0.08	0.04	**0.08	0.02
	Debt	**1.14	0.39	**0.97	0.15	**1.09	0.26	**0.94	0.16	**1.66	0.40	**0.92	0.19
												**1.19	0.30
Con_		**2.86	1.16	**1.94	0.56	-20.03	3304.56	**1.57	0.51	-22.75	42477.20	-1.21	1.38
												-1.92	1.41
												**20.30	0.53
Log Likelihood		-1632.95				-1753.44		-1404.85				-1486.01	
Wald chi2		214.89				209.57		165.38				1741.22	
Prob > chi2		0.00				0.00		0.00				0.00	
Number of obs						3,882						2,847	
Number of Groups						1,732						1,242	

Note: \*P<0.1, \*\*P<0.05, \*\*\*P<0.01. Controlled by time and regional dummies.



#### 5.4 결혼 및 자녀 계획이 성별에 따른 청년 주택 소비 형태에 미치는 영향(부모로부터 독립한 청년 표본을 성별로 구분)

Table 6은 결혼 및 자녀 계획이 성별에 따른 청년 주택 소비형태에 미치는 영향을 분석한 결과이다. 연구 질문 3에서는 연구 질문 2에서 사용한 부모로부터 독립한 청년 표본을 성별로 구분하여 비교 분석하였다. 분석 결과 남성 집단에서 결혼 계획은 주택 점유형태 및 주택 유형 모두 양(+)의 영향을 미쳤다. 이러한 결과는 연구 질문 3의 “남성은 결혼 및 자녀 계획이 있을 경우 자가 및 아파트 거주에 양(+)의 영향을 미칠 것”이라는 내용과 일치한다. 아울러, 여성 집단은 주택 점유형태에서 비자가에 양(+)의 영향을 미쳤다. 이러한 결과는 한국에서 결혼 준비 과정에서 주택은 신랑 측, 혼수는 신부 측에서 준비한다는 관습이 남아있어 남성 청년의 주택 마련 시도가 더 활발하기에 나타난 결과로 예상된다. 자녀 계획은 남성 집단에서는 주택 점유 형태는 자가에 양(+)의 영향을 미쳤고 비자가는 음(-)의 영향을 미쳤다. 주택 유형은 아파트에 음(-)의 영향을 미쳤고, 비아파트에 양(+)의 영향을 미쳤다. 여성 집단에서는 주택 점유형태에서 자가에 음(-)의 영향을 미쳤고, 비자가에 양(+)의 영향을 미쳤다. 주택 유형은 아파트에 음(-)의 영향을 미쳤고, 비아파트에 양(+)의 영향을 미쳤다. 자녀 계획에서 통계적 유의성은 여성 집단에서 아파트만 나타났다. 이러한 결과는 자녀 계획이 있음에도 불구하고 여성은 아파트에 거주하지 못함을 나타낸다. 자녀 계획은 연구 질문 1, 2와 같이 청년 주택 소비형태에 중요한 영향을 미치지 않아 나타난 결과로 예상된다.

## 6. 결 론

본 연구는 결혼 및 자녀 계획에 따른 청년 주택 소비형태를 살펴보았다. 주택 특성이 결혼 및 출산에 미치는 영향에 관한 다양한 연구들이 진행됐지만,

결혼 및 자녀 계획에 따른 청년 주택 소비형태에 관한 실증분석을 진행한 연구는 드문 실정이다. 특히, 부모로부터 독립한 청년 중 성별에 초점을 맞춘 연구는 진행이 되지 않은 것으로 파악된다. 이에 본 연구는 한국 고용 정보원의 2016-2020년 청년 패널 자료와 패널 확률모형 다항 회귀분석을 통해 위와 같은 이슈들에 대해 실증 분석을 진행하였다.

주요 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 결혼 계획이 있을 경우 자가를 마련하지 못하고 있는 것으로 나타났다. 아울러, 결혼 계획이 있을 경우 주거 유형의 선택에는 제한을 받지 않는 것으로 나타났다. 자녀 계획은 청년 주택 소비 형태에 중요하게 영향을 미치는 요인이 아님을 발견하였다. 이러한 결과는 연구 가설 1과 일치하지 않는다. 둘째, 부모로부터 독립을 하였을 경우 결혼 계획이 있을 경우 자가를 마련하고 있지 못한 것으로 나타났다. 하지만, 연구 질문 1과 같이 주거 유형의 선택은 제한을 받지 않는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 연구 가설 2와 일치하지 않는다. 셋째, 부모로부터 독립을 한 남성은 결혼 계획이 있을 경우 자가와 아파트에 거주하는 것으로 나타났다. 이는 결혼 준비 과정에서 주택은 신랑 측, 혼수는 신부 측에서 준비한다는 관습 때문에 남성의 주택 마련 시도가 더욱 활발하여 나타난 결과로 예상된다. 이러한 결과는 연구 가설 3과 일치한다.

연구가설 1, 2, 3에 대한 실증 분석 결과를 통해 청년들이 자가 소유에 어려움이 있음을 확인하였다. 또한, 비자가 형태의 거주가 많은 것을 알 수가 있었다. 아울러, 성별로 구분하여 비교 분석을 해 보았을 때 여성의 경우 결혼 계획이 있음에도 불구하고 안정적인 주거를 마련하지 못하는 것을 알 수 있었다.

우리나라 청년들의 결혼 및 출산 이행 요건으로 가장 중요하게 인식되어 오는 것은 내 집 마련이다. 하지만, 현재 청년세대는 각종 경기 침체로 인한 주택 가격 버블과 고용 시장의 불안정으로 인해 경제적으로 열악한 환경에 놓여있다. 이러한 환경에서 정부



는 포괄적인 주택 공급 정책을 펼치기보다는 현재 청년세대의 경제적 특성을 고려한 맞춤형 공급이 필요하다. 이러한 맞춤형 공급을 효율적으로 늘리기 위해서는 본 연구와 같이 청년들의 주택 소비형태에 대한 다각적인 분석을 정부 차원에서 진행하여야 한다. 아울러, 청년 주거 안정을 위하여 자가 소유 촉진 정책을 확대할 필요가 있다. 자가 소유를 용이하게 하기 위하여 주택 금융 지원 정책을 신용과 자산 축적이 낮은 청년들을 대상으로 수립할 필요가 있다. 맞춤형 공급을 실행하기 위해서는 청년의 소득 수준, 고용 형태, 생애주기, 가구 유형을 세분화한 주거 수요 분류가 선행되어야 한다. 이를 바탕으로 임대 및 분양, 공공과 민간 공급 비율, 지역별 공급 전략 등을 자세히 설계할 필요가 있다.

본 연구의 한계점을 살펴보았을 때 첫째, 연령대에 따른 분류를 통하여 분석하지 못하였다. 20대에 노동시장에 진입하면서 연령대가 높아질수록 자산의 축적이나 임금의 차이가 발생할 것이다. 이러한 차이로 인하여 청년들의 주택 소비형태는 달라질 수 있기에 연령대가 고려된 새로운 분석이 진행된다면 정책 시사점을 세부적으로 얻을 수 있을 것이다. 둘째, 주거독립 이후의 경제적 독립 상태를 통제하지 못하였다. 주거독립을 이루었다 하더라도 실제 주거비 또는 생활비와 같은 금전적 지원을 가족으로부터 받는 경우가 존재할 수 있다. 이를 고려한 세부 통제가 이루어진다면 보다 풍부한 정책적 시사점이 제안될 수 있을 것이다. 셋째, 주거독립에 따른 사회·문화적 배경을 충분히 통제하지 못하였다. 주거독립은 경제적 요인 외에도 가사와 치안과 같은 사회적 배경이 존재할 가능성이 있다. 이에 표본의 사회적 배경을 좀 더 자세히 통제한다면 정교한 정책적 시사점을 도출하기에 용이할 것이다. 넷째, 시간의 변화에 따른 국가 경제의 거시적 변화와 정부 정책 변화를 통제하지 못하였다. 특히, 본 연구의 시간적 범위 중 2020년에는 코로나19 사태가 발생하여 정부의

저금리 정책으로 인하여 주택 시장의 큰 변화가 존재하였던 시기이다. 또한, 변화하는 부동산 정책과, 화폐 정책 등의 변화가 존재하였기에 이러한 내용을 통제하여 분석을 진행한다면 다각적인 정책 시사점을 찾을 수 있을 것이다.

## 참고문헌

1. 강정구·마강래(2017), "지역의 주택가격이 초혼시기에 미치는 영향", 『한국지역개발학회지』, 29(2): 97~110.
2. 곽윤철(2017), "경제적 요인이 가구형성에 미치는 영향: 상대임금과 주거비 부담을 중심으로", 박사학위논문, 서울대학교.
3. 국토교통부(2024), "2023년도 주거실태조사 결과", 세종.
4. 김민영·황진영(2016), "주택가격과 출산의 시기와 수준: 우리나라 16개 시도의 실증분석", 『보건사회연구』, 36(1): 204~238.
5. 김성엽·이지혜·전은정·박성민(2023), "MZ세대의 결혼 및 출산 결정요인 실증연구: 청년패널조사를 활용한 성별 비교분석을 중심으로", 『한국행정논집』, 35(3): 287~313.
6. 김진엽(2022), "학자금대출이 주거 행동에 미치는 영향 분석: 밀레니얼 세대를 중심으로", 『주택연구』, 30(4): 5~30.
7. 김진엽(2023), "자녀와의 교류가 노인 주거이동에 미치는 영향분석", 『LHI Journal』, 14(2): 1~17.
8. 도난영·최막중(2018), "지역주택가격이 결혼연령 및 첫째, 둘째 자녀 출산시점에 미치는 영향", 『주택연구』, 26(2): 163~189.
9. 민인식·최필선(2012), 『STATA 패널데이터 분석』, 경기: 한국 STATA학회.
10. 박서연(2019), "신혼부부의 출산계획에 영향을 미치는 요인에 관한 연구", 『지역연구』, 35(1): 59~72.
11. 박지선·김소정(2022), "제주지역 미혼남녀의 결혼 및 출산의향에 대한 성별 비교 연구", 『제주여성가족연구』, 1: 93~111.
12. 박천규·이영(2010), "결혼 후 3년 이내 출산이 주택 소비에 미치는 영향", 『주택연구』, 18(1): 27~39.
13. 배호중·한창근(2016), "신혼부부의 주택자산과 출산:

- 2000년 이후 혼인가구를 중심으로, 『보건사회연구』, 36(3): 204~238.
14. 변수정(2018), 「청년층의 주거특성과 결혼 간의 연관성 연구」, 세종: 한국보건사회연구원.
15. 신준모·임진택(2023), “대학생의 주거인식이 결혼과 출산 계획에 미치는 영향에 관한 연구”, 『차세대융합기술학회논문지』, 7(6): 999~1016.
16. 엄다원·홍경준(2019), “주거비 부담이 결혼 이행에 미치는 영향”, 『사회복지정책』, 46(3): 33~61.
17. 이다은·서원석(2019), “결혼 및 출산에 영향을 미치는 주거빈곤 특성요인 분석”, 『주거환경』, 17(4): 75~89.
18. 이삼식·최효진(2012), 「주거행태와 결혼·출산 간 연관성 분석」, 세종: 한국보건사회연구원.
19. 이현정·남상준(2024), “비수도권 지역에 독립 거주 중인 미혼 청년 가구의 월세 부담 및 거주성 비교 분석”, 『토지주택연구』, 15(1): 1~22.
20. 인구보건복지협회(2024), “제1차 국민인구행태조사 (2023년) 주요 결과 발표”, 서울.
21. 임보영·강정구·마강래(2018), “지역의 주택가격이 결혼과 자녀 출산에 미치는 영향”, 『국토계획』, 53(1): 137~151.
22. 저출산고령사회위원회(2024), “2024년 결혼·출산·양육 인식조사 결과 발표”, 서울.
23. 정병삼(2021), “한국 청년의 결혼 및 출산에 영향을 미치는 요인의 성별 차이 분석”, 『여성연구』, 108(1): 193~223.
24. 정윤혜·성진욱(2024), “청년의 주거독립에 미치는 영향과 정책적 시사점”, 『토지주택연구』, 15(2): 39~56.
25. 정창무(2008), “초혼연령에 영향을 주는 사회경제적 변인”, 『국토계획』, 43(4): 105~118.
26. 진미정·성미애·기쁘다(2023), “성별에 따른 결혼 인식의 세대 차이”, 『가정과삶의질연구』, 41(1): 93~107.
27. 통계청(2022), “2022년 사회조사 결과”, 대전.
28. 통계청(2025), “인구동향조사”, 세종.
29. 황광훈(2023), “청년층 독립가구의 주거환경 결정요인 분석: 주택 점유형태와 주택유형 결정요인을 중심으로”, 『주택금융연구』, 7(2): 31~54.
30. Chamberlain, G., (1980). “Analysis of Covariance with Qualitative Data”, *The Review of Economic Studies*, 47(1): 225~238.
31. Dettling, L. J. and M. S. Kearney (2014), “House Prices and Birth Rates: The Impact of the Real Estate Market on the Decision to Have a Baby”, *Journal of Public Economics*, 110: 82~100.
32. OECD(2024), “Society at a Glance 2024: Country Notes: Korea”, Paris.
33. Sarma, S. and W. Simpson (2007), “A Panel Multinomial Logit Analysis of Elderly Living Arrangements: Evidence from Aging in Manitoba Longitudinal Data, Canada”, *Social Science & Medicine*, 65(12): 2539~2552.
34. Simon, C. J. and R. Tamura (2009), “Do Higher Rents Discourage Fertility? Evidence from US Cities, 1940–2000”, *Regional Science and Urban Economics*, 39(1): 33~42.
35. StataCorp (2021), *Stata Multilevel Mixed-Effects Reference Manual: Release 17*, Texas: Stata Press.
36. Tan, J. (2023), “The Trifecta of Adulthood: Housing, Partnering and Childbearing Trajectories”, *Advances in Life Course Research*, 58: 100577.

## 요 약

한국은 과거부터 결혼 및 출산의 경제적 이행 조건으로 안정적인 주거 마련이 중요하게 인식됐다. 하지만, 최근 청년세대의 주거 마련은 매우 어려운 상황이다. 본 연구는 청년을 대상으로 결혼 및 자녀계획에 따른 주택 소비 형태를 살펴보았다. 이를 위해, 청년 패널 자료와 패널 다항 로짓분석을 사용하여 실증분석한다. 첫째, 결혼계획이 있을 경우 자가를 마련하고 있지 못하고 있는 것으로 나타났다. 둘째, 부모로부터 독립을 하였을 경우 결혼계획이 있을 경우 자가를 마련하지 못하는 것으로 나타났다. 셋째, 부모로부터 독립을 한 남성은 결혼계획이 있을 경우 자가와 아파트에 거주하는 것으로 나타났다. 본 연구는 청년들의 주거안정을 위한 주택 수요 측면에서 정책적 시사점을 제시하려 한다.

**주제어:** 청년, 결혼계획, 자녀계획, 주택소비형태, 청년패널조사

## 기계학습모형을 활용한 인천광역시 격자 기반 홍수 위험도 예측\*

## Flood Risk Prediction Using the Grid-Based Machine Learning Models in Incheon

정민주\*\* · 김기찬\*\*\* · 이창길\*\*\*\* · 김현우\*\*\*\*\*

Minju Jeong\*\* · Kichan Kim\*\*\* · Chang Kil Lee\*\*\*\* · Hyun Woo Kim\*\*\*\*\*

## Abstract

This study aims to evaluate flood risk in Incheon using a machine learning-based prediction model. The flood risk prediction model was trained using geographic and climatic factors from 2016 to 2021, and its consistency and applicability were validated by predicting flood risk areas for 2021. Model performance evaluation revealed that the Random Forest Regressor showed the best prediction performance, effectively explaining data variability and minimizing errors. Furthermore, maximum precipitation was identified as the most influential variable affecting flood risk, with a sharp increase in flood risk observed when precipitation exceeded 450mm. Based on this, the 2021 Flood Risk Index was predicted, resulting in lower errors compared to the model development phase and high explanatory power ( $R^2 = 0.9619$ ), demonstrating high model reliability. The main flood risk areas identified were agricultural lands near the Ara Waterway in Geyang-gu and Namdong National Industrial Complex in Gojan-dong, Namdong-gu, characterized by gentle slopes and expanded impervious surface areas, respectively. The results suggest that machine learning-based prediction models can effectively assess flood risks caused by urbanization and climate change, providing a basis for data-driven, region-specific flood mitigation strategies in urban planning.

**Keywords:** Climate Change, Urbanization, Random Forest Regressor, Flood Mitigation, Disaster Prevention

## 1. 서 론

## 1.1 연구의 배경 및 목적

2022년 8월 중부권을 중심으로 발생한 집중호우는 일부 지역에서 평년 대비 2배를 넘는 강수량을 기록하는 등 관측 이후 최악의 집중호우로 평가되었다.

이로 인해 총 19명(사망 17, 실종 2)의 인명피해와 3,154억 원의 재산피해, 그리고 409.7ha의 농경지 유실·매몰, 가축 33,910마리 폐사 등 큰 피해가 발생하였다(기상청, 2023). 특히, 도심 지역에서 집중된 강수량으로 인해 투수층이 부족한 시가지 지역이 상대적으로 큰 피해를 입은 것으로 나타났다. 이처럼

\*이 논문은 2022년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 일반공동연구지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2022S1A5A2A03055420).

\*\*인천대학교 도시계획·정책학과 박사과정(주저자: ming@inu.ac.kr)

\*\*\*인천대학교 도시계획·정책학과 박사과정

\*\*\*\*인천대학교 도시행정학과 교수

\*\*\*\*\*인천대학교 도시행정학과 부교수(교신저자: kimhw@inu.ac.kr)

최근 기후변화로 인해 특정 지역에 단기간동안 많은 강우가 집중되는 국지성 집중호우가 증가하고 있는 현황이나, 집중호우 발생 및 피해 예상 지역 예측과 대비에 어려움을 겪고 있다(이규민 외, 2020; 배재현·김진수, 2022). 특히 도심지역의 경우 대규모 기반시설이 집중되어 있는 등 도시의 성장으로 인한 불투수층의 증가가 침수 피해를 심화시키고 있는 추세이다. 인천시 또한 2022년 집중호우 당시 1시간 최대강수량 84.8mm, 최대 3위를 기록하는 등 홍수와 같은 재해에 취약해지고 있는 실정이다.

인천시를 포함한 지방정부는 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에 따라, 각 지역의 재해 취약성을 평가하여 도시계획 기초자료로 활용하고 있다. 또한 인천시는 2018년 시민안전본부 주도 하에 재난 Quick Risk Estimation(QRE) 분석을 실시하는 등 도시 계획을 통해 재난에 대한 대응 및 예방을 목적으로 재난 위험을 평가하고 있다(인천연구원, 2021). 그러나, 이러한 평가 방식은 평가 지표 선정의 문제, 가중치 등 지표 산정 단계에서 평가자의 주관이 들어간다는 한계가 존재한다(김지숙 외, 2014). 또한, 행정단위로의 적용을 위해 공간단위를 행정구역으로 한정하여 공간단위에 따른 분석 결과의 신뢰성 확보와 적용이 한정적이다. 따라서, 도시 홍수에 대응하기 위해 홍수 위험을 미시적 단위에서 객관적으로 평가할 수 있는 평가 방법이 필요한 시점이다.

이에 본 연구는 인천광역시를 대상으로 지리적 및 기후적 요인을 고려한 홍수 위험을 평가하고자 하였으며, 2021년에 이를 적용하여 홍수 위험 지역을 예측하고자 한다. 나아가 기후변화로 인한 불규칙한 강우 패턴에 대응하기 위해 본 연구에서는 홍수 위험 평가 체계를 제안하고자 하며, 홍수에 탄력적으로 대응하기 위해 홍수 위험 지역을 도출하여 홍수 예방 정책 우선 시행 지역을 제시하고자 하였다. 이를 통해 본 연구에서는 홍수를 예방하기 위한 홍수 평가 및 장기적인 재난 대응 정책을 위한 중요한 가

이드 라인 및 기초적 자료로 활용 가능할 것이라 기대한다.

## 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 기후변화 및 도시화로 인해 홍수 위험에 노출된 인천광역시 육지부를 공간적 범위로 설정하였으며 기상·물리적 요인의 변화를 반영하기 위해 2016년부터 2021년까지를 시간적 범위로 설정하였다. 인천광역시는 UN Office for Disaster Risk Reduction 롤모델 도시 인증을 신청하기 위한 재난 QRE에서 풍수해 발생 가능성 및 심각도가 높다고 평가되는 등 홍수 위험에서 안전하지 못한 지역이다. 이에 본 연구에서는 인천광역시의 물리적 특성 및 홍수 발생 이력을 바탕으로 홍수 위험을 평가하고자 한다. 또한, 미시적 관점에서 홍수 위험 지역을 파악하고, 우선 시행 지역을 설정하여 홍수 대응 정책을 마련하고자 하였다.

## 2. 선행연구 검토

### 2.1 도시 홍수의 정의 및 위험성

홍수는 사전적으로 태풍, 호우 등 강우로 인해 발생하는 재난·피해로 그 중 도시 홍수는 인적, 물적 피해를 유발하는 자연재해이다(조형진, 2017). 도시 홍수의 발생 원인은 일반적으로 Source-Pathway-Receptor 모델 개념인 기상학, 공간, 시설물로 설명된다. 즉, 도시 홍수는 홍수 발생의 시작점인 기상학적 요인에 해당하는 집중호우의 증가 등 기후변화 영향으로 인해 그 규모와 빈도가 증가하는 양상을 보여오고 있다. 특히, 기후변화 영향과 관계가 높아 기후변화로 인해 홍수 위험에 노출된 세계 인구 비율이 2000년 대비 2015년 약 24% 증가하는 등 도시는 홍수의 강도와 빈도의 증가로 인한 홍수 위험에 직면하고 있다(Tellman et al., 2021). 도시에서 발생하는 극심한 홍수의 증가는 도시민의 인명과 재

산에 막대한 피해를 입히는 등 물리적 측면뿐만 아닌 주택과 도시 기반 시설을 파괴로 인한 공동체의 와해 및 일상생활 등 사회적 측면에 직접적인 영향을 미치고 있다(Ermagun et al., 2024; Wing et al., 2022). 나아가 도시 전반에 물리적·사회적 피해를 입히는 홍수는 재난 시점에 발생하는 피해에 국한되지 않으며, 장기적인 측면에서 미래 도시를 개발하는 데 있어 직·간접적인 위험을 가할 가능성 또한 존재한다(Wang et al., 2022). 특히 Pan et al.(2020)는 강수량 증가로 인한 홍수 위험의 증가는 새로운 도시 개발의 위치와 구성을 제한할 수 있음을 강조하며 홍수 위험은 도시 개발 결정에 영향을 미칠 수 있음을 시사하였다.

홍수의 강도와 빈도를 증가시키는 또 다른 요인 중 하나로는 도시의 불투수 표면적을 증가시키는 도시화가 있다. 특정 지역에 도시화가 진행됨에 따라 녹지와 같이 우수를 흡수할 수 있는 투수 표면적이 감소하여 지면에 우수가 흡수될 수 있는 수문학적 대응 시간이 단축되며 이는 물리적 측면에서의 홍수 위험을 증가시킨다(Booth, 1991; 이정민 외, 2010; Feng et al., 2021). 도시화로 인한 도시의 성장 및 확장은 도시의 회복력과 지속가능성을 변화시키며, 이는 홍수 피해와 그 심각성에 직접적인 영향을 미친다(Huong and Pathirana, 2013). 도시 홍수는 도시화와 기후변화의 상호작용으로 인해 심각한 도시 문제로 대두되고 있으며, 도시에서 발생하는 홍수는 도시의 재난 대응 능력을 초과시켜 도시의 복원력을 저하시키기에 다수의 연구에서 장기적인 관점에서 안전한 도시를 위해서는 도시 홍수를 효율적으로 관리하기 위한 방안이 필요하다 언급하였다(Cai et al., 2021; Rosenzweig et al., 2018; Theodosopoulou et al., 2022). 또한, 도시 홍수를 분석한 Rentschler et al.(2023)의 연구에서는 토지이용 및 지형의 변화를 홍수 위험 요소로 언급하였으며 도시의 변화로 인한 홍수가 인명피해와 경제적 손실을 초래한다고

언급하는 등 물리적 측면에서 홍수 위험을 평가할 필요가 있음을 강조하였다.

도시화와 기후변화로 인한 홍수 위험은 특히 아시아 국가들에서 증가하고 있는데, Global Flood Database에 따르면 2000년부터 2018년 사이에 홍수 노출 위험이 증가한 국가 대부분이 아시아에 집중되어 있다고 분석되었다(Tellman et al., 2021; Global Flood Database, 2024). Rentschler et al. (2023)는 도시화 이래 홍수 위험 지역의 증가는 빠르게 진행되고 있으며, 동아시아에서는 고위험 거주지가 홍수 안전 지역보다 60% 더 빠르게 확장되는 등 국가에 따라 홍수 노출에서 체계적인 차이를 보이고 있음을 언급하였다. 한국 또한 최근 10년(2010~2019) 발생한 재해 피해액 중 홍수가 차지하는 비율이 50%에 육박할 만큼 홍수 위험에 지속적으로 노출되어 있기에 국내 홍수 위험을 평가할 필요성이 대두되는 시점이다(김대호 외, 2020). 특히, 한국은 기후변화에 의한 강우량 증가에 직·간접적 영향권으로 기후변화로 인해 지난 106년 동안 강수량은 10년당 16.3mm씩 증가하였다. 그러나, 강우일수에는 변화가 없었으며 강한 강수의 강도와 일수는 증가하고 있다고 보고되고 있는데, 이는 집중호우 발생이 증가함에 따라 도시 홍수 위험성이 증가하고 있는 것을 의미한다(국립기상과학원, 2018). 2022년 서울을 비롯한 수도권에 100mm가 넘는 강수량이 기록되기도 하는 등 수도권에서의 홍수 위험도가 증가하고 있는 추세이다(김선태 외, 2023). 특히 인천광역시의 경우 2018년 인천광역시 시민안전본부에서 수행한 재난 QRE 분석에서 풍수해 발생 가능성이 높다고 평가되는 등 해안과 인접도가 큰 해안도시로 기후변화에 따른 홍수 취약성이 높은 지역이라 평가되고 있다. 그러나 대부분의 연구에서 인천시 행정구를 대상으로 홍수 위험을 파악하는 등 미시적인 관점에서 홍수 위험성을 평가한 연구는 미흡한 현황이다(조형진·김경배, 2015; 조형진, 2017;



왕원준 외, 2021). 이에 본 연구에서는 보다 작은 단위인 그리드를 활용하여 인천광역시의 지속적인 홍수 위험을 정량적으로 평가한 후 기후변화와 도시화에 따른 홍수 위험에 대응하기 위한 홍수 위험 지역을 분류하여 제시하였다는 점에서 그 차별성이 존재한다.

## 2.2 홍수 위험 지수 관련 선행연구

홍수 위험은 일반적으로 발생 패턴의 불확실성이 존재하지만 예측할 수 없는 존재는 아니며, 그 영향을 완화하고 효율적으로 대응하기 위해 홍수 위험을 파악하고 하는 연구가 다수 진행되어 왔다. 홍수의 위험을 평가한 연구는 초기 재해의 위험 및 취약성이라는 개념적인 부분을 다룬 연구가 주로 이루어졌으나, 최근 도시 홍수의 특징에 따른 위험을 평가하는 실증적인 연구가 활발히 이루어지고 있다. 물리적 측면에서 홍수 위험 지역을 평가한 국외 연구인 Sanders et al.(2020)는 홍수 인식을 반영한 홍수 위험 분류 지도를 제작하기 위해 홍수 취약성이 아닌 홍수 위험의 물리적 측면에 집중하였으며, 지형 정보·하천 유입·강수량 등을 활용하여 도시 홍수 위험 지수를 도출하였다. 또한, 홍수 위험을 평가할 수 있는 데이터가 부족한 국가의 홍수 위험을 평가하기 위해 경사, 강으로부터의 거리, 토지 이용 피복도, 토양 유형, 배수 밀도와 같은 지형 데이터 및 강수량, 5년마다의 강우강도, 지속시간, 빈도 등과 같은 기상 데이터를 활용하여 홍수 위험 지수를 구축한 연구가 진행되기도 하였다(Armenakis et al., 2017; Ramkar and Yadav, 2021; Acosta-Quesada and Quesada-Román, 2025). 홍수 위험 지역을 평가한 국내 연구인 박지수·임철희(2023)의 연구에서는 홍수 위험 지수를 구축하여 지역의 홍수 위험을 파악하기 위해 기후 리스크 개념을 활용하여 서울시 홍수 재해를 대상으로 5일 최대 강수량, 강수강도, 호우 일수를 통해 기후 불평등 및 홍수 리스크를 평

가하였다. 김대호 외(2020)는 홍수 위해, 노출, 대응 능력을 바탕으로 전국 단위의 홍수위험도를 평가하기 위해 호우일수, 녹지 면적, 유역 경사 등을 활용하여 전국 11개 중권역의 홍수 위험을 평가하였다. 또한 인천광역시를 대상으로 홍수 위험 지수를 구축한 연구들 또한 존재하였는데, 조형진·김경배(2015)는 인천광역시를 대상으로 물리적 취약성에 해당하는 하천변 1km 내 계획 홍수위 보다 낮은 지역의 면적비율 등을 홍수 위험 지수로 산정하여 홍수 위험의 사회적 취약성에 대해 파악하는 등 물리적인 특성이 홍수 위험을 나타낼 수 있음을 언급하였다. 인천광역시의 홍수위험도 평가를 위해 QRE 위험 평가를 활용한 연구인 왕원준 외(2021)의 연구에서는 확률강수량, 최대강수량, 도로면적 등을 활용하여 시군구별 홍수 위험도를 도출하였다. 나아가 홍수 위험을 예측하기 위해 머신러닝 기반 홍수 위험 예측 모델을 활용한 김동현 외(2022)는 국가하천인 남양주시 유역을 대상으로 심층신경망 모델을 활용하여 홍수 피해 예·경보 기법을 제시하였다.

대부분의 연구에서는 지역의 고도 또는 기울기 등을 활용하여 자연환경으로 인한 홍수 위험을 평가한 연구가 대부분이며 도시지역에서의 홍수 위험을 고려한 연구는 부족하였으며 기상학적 요인 또한 강수량만을 고려한 연구가 대부분이기에 관측 단위까지 시군구로 한정되어 있다는 한계가 존재한다. 또한, 국가적 차원에서 지역별 홍수 위험을 관리하기 위한 전방위 기초자료인 홍수위험지도 제작·활용하고 있으나 활용 번위가 지자체에 한정되어 있어 접근성이 미흡하다는 한계가 존재한다(박문현, 2021). 머신러닝 등 예측모델을 기반으로 홍수 위험도 및 위험 지역을 예측한 기존 연구의 경우 국가 하천을 대상으로 하천홍수의 위험만을 예측하고 있어 도시홍수를 예측한 연구는 미흡한 실정이다. 이에 본 연구에서는 위성 데이터를 기반 데이터를 활용하여 보다 미시적인 단위에서의 홍수 위험을 평가하고자 하였

으며, 정규시가화지수 및 도로까지의 거리 등 도시화를 나타낼 수 있는 변수를 활용하여 도시지역에서의 홍수 위험을 평가하였다는 점에서 그 차이점이 존재하며 홍수 대응을 위해 도시지역에서 홍수 위험 지역을 예측하여 제시하였다는 것에 그 의미가 있다.

### 3. 연구방법론

#### 3.1 연구대상지

본 연구에서는 타 시도에 비해 해안과 인접한 도시인 인천광역시를 대상으로 홍수 위험 지수를 구축하였다. 인천광역시는 산업시설 등이 해안에 밀집되어 있으며, 육지부에 인천신항을 비롯한 북항, 내항, 남항, 배후단지 등이 위치한 지역이다. 특히, 역사적으로 개항 이후 항구를 중심으로 인구와 기반 시설이 밀집되어 개발된 해안지역이기에 물리적으로 홍수 위험에 노출된 지역이다. 이러한 인천시는 특히 도시화와 기후변화로 인해 홍수 위험이 증가할 가능성이 높은 지역인 인천시는 하천 제방을 보장할 수 있는 최고 수위를 의미하는 계획홍수위가 상향 조정되는 등 홍수 위험에 노출되어 있는 지역이다(환경부, 2024). 또한, 인천시는 증가하는 홍수 위험에 대응하기 위해 2024년 부평 굴포천 홍수 방어벽 높이를 당초 계획인 1.2m에서 2.1m로 보다 상향하여 건설하기도 하였다(이재희, 2024).

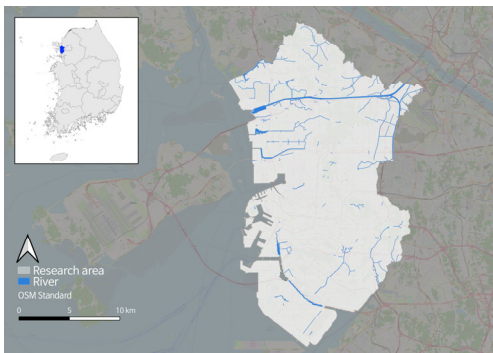


Fig. 1. Study Area

이에 본 연구에서는 홍수 위험성이 증가하고 있는 인천광역시 육지부를 대상으로 기후변화 및 도시화에 따른 홍수 위험을 평가하고 미시적 관점에서 이를 예방하기 위한 도시 정책의 우선순위 지역을 제시하기 위해 100m × 100m 그리드 단위를 분석 단위로 구성하였다(Fig. 1 참고).

#### 3.2 PyCaret

PyCaret은 머신러닝 모델에서 활용되는 데이터 전처리, 기능·모델 선택, 하이파라미터 튜닝 등 모델링 프로세스를 자동화한 Python 환경 기반의 오픈소스 머신러닝 라이브러리이다(Ali, 2020). 이를 통해 자동화 모듈 내에 구성되어 있는 다수의 머신러닝 알고리즘을 효율적으로 학습하고 최적화시킬 수 있는 모델로 MSE(평균 제곱 오차), RMSE(평균 제곱근 오차), MAE(평균 절대 오차) 및  $R^2$  등을 통해 학습 모델 간 예측 성능을 효율적으로 비교할 수 있다는 장점이 존재한다(Kim et al., 2023; Dereci and Tuzkaya, 2024).

본 연구에서는 인천광역시를 대상으로 구축된 100m × 100m 단위의 홍수 위험 지수를 바탕으로 홍수 위험을 예측할 수 있는 모델을 구축하고, 홍수 위험 지수의 변화를 예측하여 홍수 위험 지역을 도출하고자 PyCaret을 활용하였다. 예측 모델을 구축하는 단계에서 PyCaret을 사용하여 최적화된 예측 모델을 훈련하기 위해 학습 모델 간의 성능을 비교 및 평가하여 데이터를 가장 효과적으로 예측할 수 있는 모델을 선택하였다. 이 과정에서 최적화된 모델의 예측 파이프라인을 FRI 예측 요인에 적용함으로써 보다 체계적이고 재현 가능한 분석 체계를 구축하였다.

#### 3.3 홍수 위험 지수(Flood Risk Index: FRI)

본 연구에서는 해안 도시인 인천광역시를 대상으로 기후변화 및 도시화로 인한 홍수 위험을 평가하고



홍수 위험 지역을 파악하기 위해 기상·지리적 측면에서의 홍수 위험 지수를 구축하였다. 이에 홍수 위험 지수를 홍수 피해 강도를 증가시키는 요인을 중심으로 홍수 발생 시 피해를 심화시킬 수 있는 취약한 지역을 정량적으로 평가할 수 있는 지표라 정의하였다. 홍수 위험 지수에는 선행연구 검토를 통해 홍수 위험에 영향을 미친다고 언급된 요인인 경사, NDVI 등 지리적 요인(Sanders et al., 2020; 박지수·임철희, 2023; 김대호 외, 2020) 및 누적 강수량, 온도 등 기상학적 요인(Armenakis et al., 2017; Acosta-Quesada and Quesada-Román, 2025)에 해당하는 자료를 사용하였다. 또한, 도시 홍수 위험성 분석을 위해 기존 연구에서 고려되지 않은 정규시가화지수 등 도시 지역의 특성을 반영할 수 있는 변수를 추가적으로 활용하였다. 이를 위해 대중적 접근이 가능한 시스템을 이용하여 장기간의 연속적 변화 추적이 가능한 Google Earth Engine(GEE)에서 제공하는 위성 데이터를 활용·구득 하였으며 이를 100m × 100m 단위의 그리드로 가공하였으며 사용한 자료는 아래 Table 1과 같다. 본 연구에 활용된 기후적 요인의 경우 월별 단위로 제공되던 4km × 4km 데이터를 장기적 경향성을 파악하기 위해 연간 월평균 100m × 100m로 정량화 하였으며, 지리적 요인은 분석의 일관성을 위해 30m × 30m 또는 90m × 90m 해상도의 데이터를 100m × 100m 단위로 정량화 하였다.

홍수 위험 지역 예측을 위해 행정안전부에서 제공하는 생활안전지도 중 과거 홍수 발생 지역을 나타낼 수 있는 연도별 침수흔적도·도시침수지도 및 100년 빈도 하천범람도(국가·지방)를 예측 대상으로 활용하여 2016년부터 2021년까지의 홍수 위험 지수를 도출하였다. 홍수 위험 지수는 지방 및 국가 하천의 범람 가능성과 침수 심도에 따라 1~5점 척도로 구분된 도시 침수 지도 및 연도별 침수 흔적도를 각각 0~1 범위로 정규화한 후 합산하여 산출하였다. 나아가 해당 요인들을 활용하여 계산된 FRI를

Pycaret을 통해 구축된 홍수 위험 지수 예측 모델을 활용하여 예측된 FRI 값을 100m × 100m 그리드로 변환하여 홍수 위험을 평가하였다(Fig. 2 참고).

### 3.4 학습데이터 및 데이터 전처리

본 연구에서는 홍수 위험 지수를 예측하기 위해 위성 데이터를 기반으로 학습데이터를 구성하였다. 기상학적 요인의 경우 일관된 분석을 위해 균일한 격자 해상도로 구성된 GEE에서 제공하고 있는 University of California Merced의 TerraClimate dataset을 활용하였다. TerraClimate dataset는 전 세계 지표면의 기후 및 기후수분 균형 정보를 제공하는 데이터셋으로, 기후 보조 조건을 사용하여 4km × 4km (1/24도) 격자로 이루어진 위성 사진 기반 데이터이다(Abatzoglou et al., 2018). 기후적 요인의 장기적인 변동성을 포함하여 홍수 위험 평가의 신뢰성을 확보하기 위해 데이터 수집 기간은 2016년 1월부터 2021년 12월까지로 설정하였으며, 연간 월평균 데이터를 활용하였다. 지리적 요인의 경우 연구대상의 도시화 정도를 나타낼 수 있는 NDVI, NDBI, NDWI는 Sentinel-2에서 촬영된 영상을 기반으로 계산되었으며, 도시 및 자연 환경의 공간적 특성을 보다 명확하게 반영하기 위해 식물의 생장 시기인 5월에 촬영된 영상을 활용하였다. 또한, 90m 단위의 수치표고모델을 활용하여 대상지의 지리적 특성을 반영할 수 있는 변수를 도출하였다. 홍수 영향 요인 및 과거 홍수 발생 자료의 경우 래스터 형식으로 제공되고 있으며, 각 데이터의 해상도가 서로 상이하기에 공간적 일관성을 확보하고 분석의 정확도를 높이기 위해 PySAL 라이브러리에서 제공하는 tobler 면적가중 보간을 활용하여 100m × 100m 해상도로 보간하여 학습 데이터를 구성하였다. 경계부의 경우 면적비를 고려한 보간 방식을 적용하여 데이터 간 왜곡을 최소화하였다. 나아가 결측치는 데이터 분석 및 모델 훈련에 부정적인 영향을 미칠 수 있으므로

**Table 1.** Physical Factors for Constructing Flood Risk Indicators

Classification	DataName		Description	Temporal	Spatial
Climate Factors	ro	Max	Maximum runoff derived using a 1D soil moisture balance model	Monthly	4 km×4 km Grid
		Mean	Mean runoff derived using a 1D soil moisture balance model		
	vpd	Max	Maximum vapor pressure deficit		
		Mean	Mean vapor pressure deficit		
	aet	Max	Maximum actual evapotranspiration derived using a 1D soil moisture balance model		
		Mean	Mean actual evapotranspiration derived using a 1D soil moisture balance model		
	tmmn	Max	Maximum average temperature		
		Mean	Mean average temperature		
	def	Max	Climate water deficit derived using a 1D soil moisture balance model		
		Mean	Mean climate water deficit derived using a 1D soil moisture balance model		
	soil	Max	Maximum soil moisture derived using a 1D soil moisture balance model		
		Mean	Mean soil moisture derived using a 1D soil moisture balance model		
	pet	Max	Maximum potential evapotranspiration		
		Mean	Mean potential evapotranspiration		
	pr	Max	Maximum cumulative precipitation		
		Mean	Mean cumulative precipitation		
	pdsi	Max	Maximum Palmer Drought Severity Index		
		Mean	Mean Palmer Drought Severity Index		
Geographical Factors	tmmx	Max	Maximum temperature	Annual	90 m×90 m Grid
		Mean	Mean temperature		
	Flow-Accumulation		Flow accumulation		
	S2-NDBI		Normalized Difference Built-up Index from Sentinel-2 satellite		
	S2-NDWI		Normalized Difference Water Index from Sentinel-2 satellite		30 m×30 m Grid
	S2-NDVI		Normalized Difference Vegetation Index from Sentinel-2 satellite		
	Flow-Pointer		Flow pointer		
	Flow-Direction		Flow direction		
	Slope		Slope degree		
	Aspect		Direction of the steepest slope		
	Mean-Curvature		Mean curvature		Line
	Distance to Road		Distance to the nearest road		

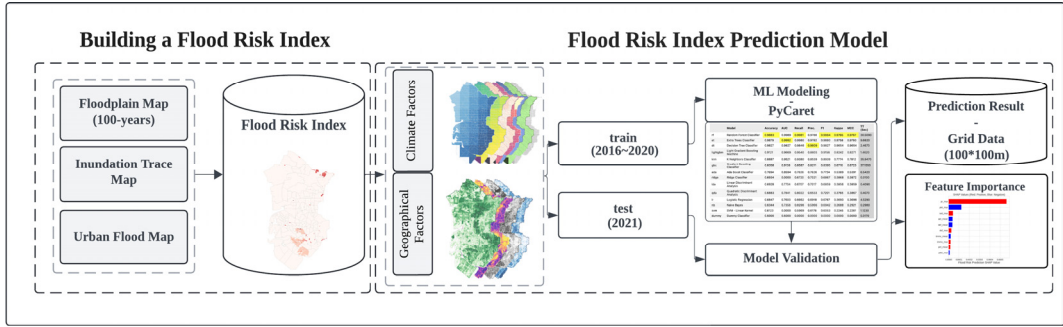


Fig. 2. Flow Chart

Table 2. PyCaret Algorithm Prediction Performance

Model	MAE	MSE	RMSE	R <sup>2</sup>	RMSLE
Random Forest Regressor	0.0024	0.0002	0.0147	0.8845	0.0123
Decision Tree Regressor	0.0009	0.0003	0.0169	0.8453	0.0143
Extra Trees Regressor	0.0058	0.0006	0.0239	0.6947	0.0202
Extreme Gradient Boosting	0.0088	0.0007	0.0262	0.6305	0.0226
Light Gradient Boosting Machine	0.0083	0.0009	0.0298	0.525	0.0255

본 연구에서는 과거 홍수 발생하지 않은 지역이 존재하여 그 값은 0으로 대체하여 진행하였으며 홍수 영향 요인에는 결측치가 무작위로 발생하는 데이터에 효과적으로 적용 가능한 평균 대체법을 활용하여 결측치를 보완하였다.

예측 모델 구축에는 2016년부터 2020년까지의 데이터를 활용하였으며 훈련데이터와 검증데이터의 분할은 7:3으로 진행하였다. 데이터 분할의 경우 K-Fold 교차검증을 통해 훈련 및 검증 과정을 거쳤으며, 검증 결과의 신뢰성을 높이기 위해 각 모델별로 10-fold 교차검증을 수행하였다.

## 4. 분석 결과

### 4.1 홍수 위험 지수 평가 모델

본 연구에서는 2016년부터 2020년까지의 지리적 요인과 기상학적 요인 및 과거 홍수 발생 데이터를 학습 데이터로 활용하였다. 이를 기반으로 홍수

위험 지수 예측 모델을 구축하기 위해 PyCaret을 통한 머신러닝 모델의 예측 성능을 평가하였으며, 평균 절대 오차(MAE), 평균 제곱 오차(MSE), 평균 제곱근 오차(RMSE), 결정 계수(R<sup>2</sup>), 로그 평균 제곱근 오차(RMSLE), 평균 절대 백분율 오차(MAPE)를 사용하였다. 모델 성능 비교를 통해 최적 모델을 도출하고자 하였으며, 모델간 성능을 비교한 결과는 Table 2와 같다.

종합적인 측면에서 모델 성능을 비교한 결과, Random Forest Regressor의 R<sup>2</sup>가 0.8845로 도출되었으며 이는 해당 모델이 데이터의 변동성을 비교적 가장 우수하게 설명하는 모델이라는 것을 의미한다. MSE, RMSE, RMSLE 또한 가장 낮은 값이 도출되어 해당 모델이 예측값과 실제값 간의 차이가 최소화되었으며 데이터 과소·과대 추정의 가능성이 매우 낮다는 것을 확인하였다. 반면, 모델의 예측값과 실제값 간의 차이의 절댓값 평균을 의미하는 MAE는 Decision Tree Regressor보다 다소 높게

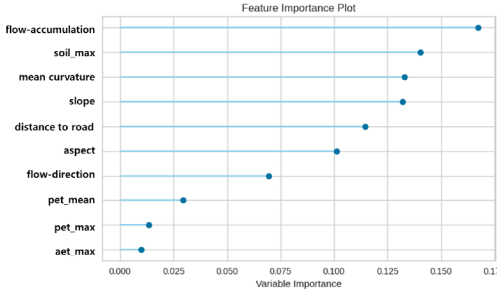


Fig. 3. Feature Importance

도출되었으나, 모델의 종합적인 예측의 정확성과 신뢰도를 고려하였을 때 다른 지표들의 성능이 전반적으로 우수하기에 Random Forest Regressor를 사용하는 것이 적절하다고 나타났다. 이러한 결과를 바탕으로, FRI를 예측하기 위한 모델 중 Random Forest Regressor가 대부분의 성능 지표에서 가장 우수한 결과가 도출되었기에 본 연구에 가장 적합한 모델로 판단하였다.

모델 훈련 과정에서 예측 모델 성능에 가장 큰 영향을 미친 변수는 누적 유량, 토양 수분, 평균곡률, 기울기로 예측 모델에서 자주 분할에 사용되어, 예측을 구분하는 데 중요한 역할을 했다는 것을 의미한다(Fig. 3 참고). 그러나, 이는 모델 훈련 과정에서 자주 사용된 특성들을 기반으로 중요도를 단순히 계산한 것으로 홍수 영향 요인이 홍수 위험에 미치는 영향을 의미하는 것이 아니기에 Shap Value를 활용하여 홍수 요인이 예측 결과에 미친 영향을 파악하고자 하였다.

홍수 위험 예측 모델에서 홍수 영향 요인이 FRI에 미치는 영향을 Global Shap Value를 활용하여 정량적으로 파악하였다. 분석 결과 FRI 영향 상위 10개 요인의 대부분을 차지하는 기상학적 요인이 주요 홍수 위험 요인으로 확인되었다. 특히, 기상학적 요인 중 최대 강수량을 의미하는 pr\_max가 홍수 위험 예측에 가장 큰 영향을 미쳤다고 나타났으며, 홍수 위험을 증가시키는 주요 요인으로 도출되었다(Fig. 4

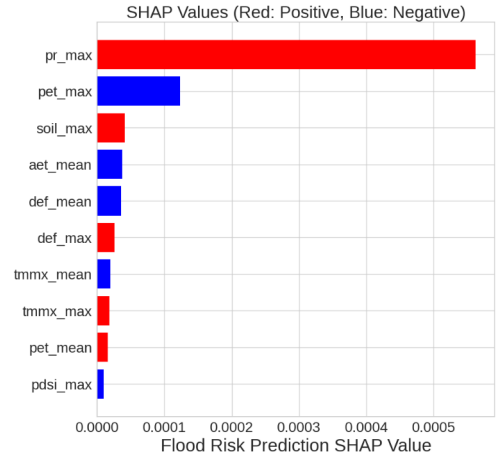


Fig. 4. Global Shap Value

참고). 즉, 1년 중 특정 시기의 월평균 강수량이 높을수록 FRI가 증가한다는 것을 의미하여 강수량이 증가할수록 도시 홍수 피해에 미치는 영향이 가장 크다는 하경준·정주철(2017)의 연구와 동일한 결과도 도출되었다. 반면 최대 기준 증발산량인 pet\_max는 FRI를 감소시키는 요인으로 토양 내 수분 증발 및 식물 증산 작용이 활발할수록 홍수 위험은 낮아진다는 것을 의미한다. 증발산량이 증가할수록 토양 수분량은 줄어들기에 강우를 저류하여 홍수 피해를 저감할 수 있다는 기존 연구 결과와 유사한 결과로도 도시 내 홍수 저감 방안으로 투수층 오픈스페이스를 고려할 필요가 있음을 시사하는 결과이다(조봉준 외, 2020).

나아가 모델 예측 성능에 가장 큰 영향을 미친 변수와 예측 성능 간의 관계를 파악하기 위해 Partial Dependence Plot (PDP)을 활용하여 그 관계를 시각화하였다. PDP는 하나의 변수가 다른 변수와 상호작용하지 않는 가정하에 해당 변수 범위를 변화시켰을 때 모델 예측값이 어떻게 변화하는지 볼 수 있는 방법으로 정확한 모델 해석이 가능하다는 장점이 존재한다(Greenwell, 2017).

모델 성능에 가장 큰 영향을 미친 변수인 최대 강

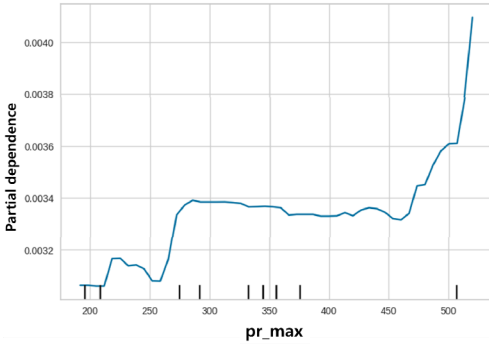


Fig. 5. PDP Analysis Results

수량과 예측값인 FRI의 관계를 분석한 결과는 Fig. 5와 같이 나타났다. 분석 결과, 최대 강수량이 증가함에 따라 홍수 위험은 점진적으로 증가하며, 최대 강수량이 250mm를 기점으로 홍수 위험 가능성이 증가한다. 특히, 최대 강수량이 450mm를 초과하면 홍수 위험이 급격히 증가하였는데 이는 강수량이 임계치를 초과하였을 때 홍수 위험이 급증할 수 있다는 것을 의미한다. 이를 통해 도시 홍수 대응을 위해 최대 강수량 450mm를 주요 경계값으로 고려할 필요가 있음을 확인하였다.

#### 4.2 홍수 위험 지역 예측

앞서 구축된 예측 모델의 검증 및 적용 가능성을 실증하기 위해 2021년 홍수 영향 요인을 기반으로 FRI 예측을 수행하였으며 예측 모델 적용하였을 때의 모델 성능은 Table 3과 같이 나타났다. 모델 구축 시 평가된 모델 성능과 2021년 FRI 예측 성능을 비교한 결과, 2021년 FRI 예측의 모든 오차 지표가 더 낮게 나타났으며  $R^2$  또한 0.8845에서 0.9619로 증가한 것을 확인할 수 있다. 이는 예측 모델이 구축 단계뿐만 아니라 예측 데이터에서도 높은 예측 성능을 유지함을 의미하는 것으로 모델의 일관된 성능과 적용 가능성을 입증하는 결과이다.

2021년 그리드별 FRI를 예측한 결과는 아래 Fig.

Table 3. 2021 FRI Prediction Performance

Model	MAE	MSE	RMSE	$R^2$	RMSLE
Random					
Forest	.0011	.0001	.0084	.9619	.0070
Regressor					

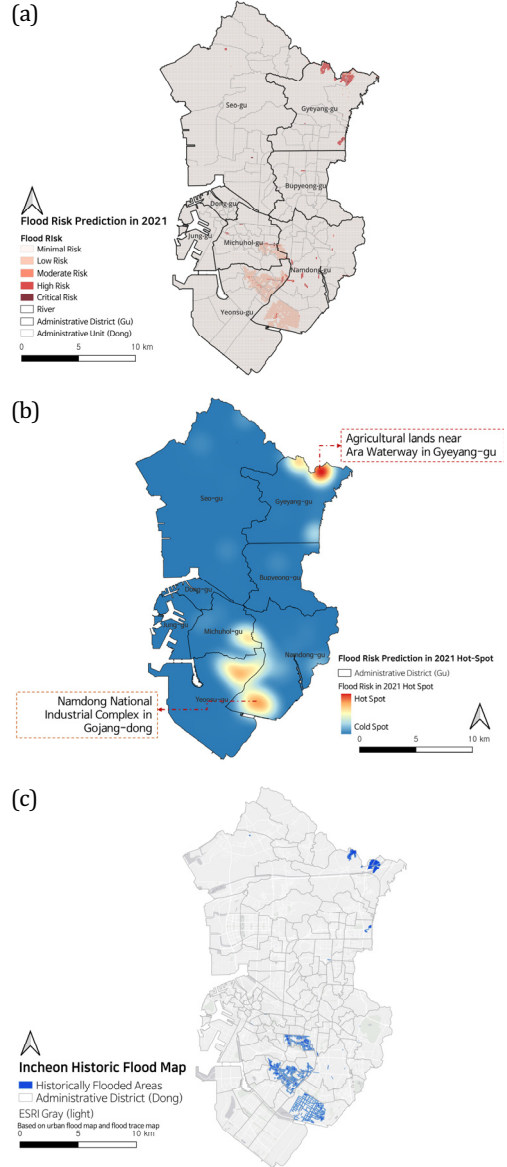


Fig. 6. (a) 2021 Flood Risk Area Prediction Results, (b) Hot-spot Analysis Result and (c) Historic Flood Map



6(a)과 같이 도출되었다. 홍수 위험이 가장 높으며 Fig. 6(b)와 같이 FRI 핫스팟으로 도출된 지역은 계양구 노오지동 아라뱃길 인근 농경지 지역으로 하천 인근에 위치한 기울기가 낮은 완경사 및 평지 지형이다. 이는 토지이용 특성이 농경지이며, 완경사일 수록 침수 피해가 일어날 가능성이 높다고 언급한 장미홍·박창열(2019)의 연구 결과와 유사한 결과로 하천 범람 시 외부로의 우수 유출이 원활하지 않아 이러한 결과가 나타났다고 판단하였다. 남동구 고잔동 인근에 위치한 남동국가산업단지 또한 홍수 위험이 높은 지역으로 예측되었다. 해당 지역은 상습적으로 도시 침수가 발생하는 지역으로 녹지가 부족하며 대부분의 지역이 불투수층으로 개발되어 있어 빗물의 자연 유입 및 배수가 원활하지 않은 지역이다(Fig. 6(c) 참고). 이는 불투수 면적이 넓은 공업 지역의 면적이 클수록 자연재해에 취약하다는 기존 연구의 결과와 유사한 결과이다(심재현·김자은, 2012). 다만, 본 연구의 결과는 기상학적 요인이 주요한 영향을 미치고 있기에 분석 결과를 해석할 때, 이러한 점을 함께 고려할 필요가 있다.

## 5. 결 론

본 연구는 인천광역시를 대상으로 물리적 측면에서 홍수 위험 예측 모델을 통한 도시 홍수 위험도 평가 방법을 제시하였다. 홍수 위험 예측을 위해 선행 연구를 기반으로 2016년~2021년까지의 지리적 요인과 기상학적 요인 및 침수흔적도·하천범람도·도시침수지도를 활용하였다. 2016년부터 2020년까지의 데이터를 활용하여 홍수 위험을 예측하기 위한 모델을 학습시켰으며, 이를 활용하여 2021년 홍수 위험 지역을 예측하여 홍수 예측 모델의 일관성을 확인하는 등 모델 적용가능성을 검증하였다. 이에 본 연구는 예측 모델 활용을 통해 일관적이고 적용 가능한 객관적인 홍수 위험 평가 방안에 대해 제안

하였다는 것에 그 의의가 있다. 나아가 예측 결과를 활용하여 홍수 위험 지역을 파악하기 위한 핫스팟을 도출하여 미시적 관점에서 홍수 대응 정책의 제시를 위한 우선 시행 지역을 제시하였다.

본 연구의 결론 및 의의는 다음과 같다. 첫째, 머신러닝 기반의 FRI 예측 모델을 구축하기 위해 데이터 변동성을 효과적으로 설명하고 오차를 최소화하는데 강점을 가지는 등 가장 우수한 예측 성능을 보인 Random Forest Regressor를 활용하였다. 모델 구축 결과, 최대 강수량이 FRI에 가장 큰 영향을 미치는 변수로 도출되었으며, 최대 강수량이 450mm를 초과할 경우 홍수 위험이 급격히 증가하는 경향을 보이는 것을 확인하였다. 즉, 본 연구에서 홍수 임계치로 도출된 450mm를 고려하여 홍수로 인한 피해를 최소화하기 위한 대책에 이를 고려할 필요가 있다는 것을 시사하는 결과이다. 이를 통해 인천시 도시기본계획 방재 및 안전 재해유형별 저감 대책 내에 이를 고려한다면 자연재해를 사전 예방할 수 있는 저감 대책의 마련이 가능할 것이라 판단된다.

둘째, 모델 검증을 위해 2021년 데이터를 기반으로 FRI를 예측하였으며 기존 모델 구축 시보다 더 낮은 오차 지표와 높은 결정 계수( $R^2 = 0.9619$ )를 보이는 등 예측 모델의 일관성과 적용 가능성을 입증하였다. 현재 홍수 위험 및 홍수 취약 지역은 평가자의 주관에 따라 평가되고 있으며 공간적 한계가 존재하는 실정이다. 이에 본 연구에서 제시한 홍수 위험 평가 및 예측 모델을 활용한다면 객관적이고 미시적인 단위의 홍수 위험 평가 체계를 수립할 수 있을 것이라 사료된다.

셋째, 예측 결과를 통해 도출된 주요 홍수 위험 지역으로는 계양구 노오지동 아라뱃길 인근 농경지와 남동구 고잔동 남동국가산업단지가 도출되었다. 해당 지역의 경우 각각 완경사 지형과 불투수층 면적 확대에 의해 홍수 위험이 증가하는 특성 가진 지역임을 확인하였다. 이러한 결과는 머신러닝 기반 예

측 모델이 도시화 및 기후변화로 인한 홍수 위험 평가에 효과적으로 활용될 수 있음을 시사하며, 도시 기본계획 내 재난 계획에 홍수 저감을 위한 대책 수립 시 물리적 특성 기반의 위험 지역을 우선적으로 고려하는 등 데이터 기반의 지역 맞춤형 홍수 저감 대책 수립을 위한 기초자료를 제공할 수 있을 것이라 사료된다.

그러나 본 연구에는 다음과 같은 한계가 존재한다. 첫째, 홍수 위험을 평가하기 위한 지수 구축 시 물리적 및 기후학적 요인만을 고려하였기에 사회적 측면에서의 홍수 취약성, 민감성 등을 고려하지 못하였다는 한계가 존재하기에 이를 반영하여 홍수 취약지역에 대한 연구를 추가적으로 진행하고자 한다. 둘째, 분석 시 데이터 가용 기간의 한계로 2016년~2021년까지의 연간 데이터를 활용하였기에 FRI의 시계열적인 변화를 반영하지 못하였으며 최신 데이터를 충분히 반영하지 못한 한계가 존재한다. 추후 연구 진행 시 이를 반영하여 최신 데이터 확보하여 일평균 또는 월평균 단위의 데이터를 활용하여 월별 홍수 위험을 평가하고자 한다. 셋째, 본 연구의 대상지인 인천광역시외의 경우 시가지 면적이 넓은 지역으로, 도시 홍수 위험을 평가함에 있어 자연 홍수 요인을 지표로 사용하였다는 한계가 존재한다. 따라서, 추후 연구에서는 도시홍수의 특성을 보다 세밀하게 반영할 수 있는 추가적인 지표 선정이 이루어져야 할 필요가 있다. 넷째, 본 연구에서 개발한 홍수 위험 예측 모델은 기상 관련 변수, 특히 강수량에 크게 의존하는 경향을 보여 단순히 강수량이 많은 지역을 고위험 지역으로 분류할 가능성이 존재한다. 이는 지리적 변수(예: 토지 이용, 배수 인프라 등)를 일정 부분 고려하였음에도 불구하고, 이들이 모델의 예측 결과에 충분한 영향을 미치지 못한 것으로 향후 연구에서는 지리적 요인의 반영 방식을 개선하거나, 토지이용 등 지역적 특성을 보다 정교하게 반영할 수 있는 지리적 변수를 추가적으로 고려할 필요가 있다.

## 참고문헌

1. 국립기상과학원(2018), 「한반도 100년의 기후변화 보고서」, 제주특별자치도.
2. 기상청(2023), 「2022년 이상기후 보고서」, 대전광역시.
3. 김대호·김영오·지희원·강태호(2020), “전국 단위 홍수위험도 평가를 위한 지수 개발과 미래 전망”, 「한국수자원학회 논문집」, 53(5): 323~336.
4. 김동현·이기성·황보종구·김형수·김수전(2022), “AI 기반 모형을 이용한 홍수위 예측 및 홍수피해 예·경보 기법 개발”, 「한국방재학회논문집」, 22(4): 145~156.
5. 김선태·이우섭·정일원·한정민·변영화·김진욱(2023), “미래 기후변화 시나리오에 따른 한반도 유역별 극한 강수 변화 전망”, 「한국기후변화학회지」, 14(2): 83~93.
6. 김지숙·김호용·이성호(2014), “도시 기후변화 재해 취약성분석 방법의 개선방안 검토: 해수면상승 재해를 중심으로”, 「한국지리정보학회지」, 17(1): 50~60.
7. 박문현(2021), “우리나라 홍수위험지도 작성 현황”, 「물과 미래」, 54(8): 8~14.
8. 박지수·임철희(2023), “기후불평등의 공간적 평가: 서울시 홍수재해를 대상으로”, 「한국기후변화학회지」, 14(4): 491~500.
9. 배재현·김진수(2022), “도심 집중호우 피해예방 및 대응방안”, 「Nars 현안분석」, 261
10. 심재현·김자은(2012), “토지이용특성과 자연재해 피해액의 상관성 분석”, 「한국산학기술학회 논문지」, 13(9): 4319~4325.
11. 왕원준·김동현·유영훈·이준형·김경탁·김형수(2021), “홍수위험도 평가를 활용한 인천광역시 복원탄력성 의사결정 지원”, 「한국방재학회논문집」, 21(4): 197~210.
12. 이규민·최진원·전경수(2020), “사회적 평가 지표를 반영한 도시 홍수취약성 평가”, 「LHI Journal」, 11(1): 109~116.
13. 이재희(2024.7.25), “인천 부평 굴포천 홍수방어벽 높이 2.1m로 상향... 계획홍수위 조정, 인천투데이.
14. 이정민·윤정란·김영진·진규남·한형근(2010), “사전재해영향성검토 시 합리적인 홍수유출 모의모형 선정에 관한 연구”, 「LHI Journal」, 1(1): 75~82.



15. 인천연구원(2021), 「팬데믹과 도시정책: 감염병 위기와 도시회복력」, 인천광역시
16. 장미홍·박창열(2019), “침수피해지역 토지이용 특성과 방재대책 연구”, 「한국방재학회 논문집」, 19(7): 135~144.
17. 조봉준·최완민·김영대·김기성·김종건(2020), “머신러닝 기법을 활용한 토양수분 예측 가능성 연구”, 「한국수자원학회 2020년도 학술발표회」, 248.
18. 조형진(2017), “기후변화에 따른 도시홍수 취약성 평가모델 연구”, 박사학위논문, 인하대학교.
19. 조형진·김경배(2015), “기후변화로 인한 홍수위험의 사회적 취약성 평가 연구: 인천시를 사례로”, 「기후연구」, 10(4): 341~354.
20. 하경준·정주철(2017), “도시화와 강우량이 도시홍수 피해에 미치는 영향에 관한 연구”, 「국토계획」, 52(4): 237~252.
21. 환경부(2024), 「굴포천 하천기본계획(변경) 보고서」, 경기.
22. Abatzoglou, J. T., S. Z. Dobrowski, S. A. Parks, and K. C. Hegewisch (2018), “TerraClimate, a High-Resolution Global Dataset of Monthly Climate and Climatic Water Balance from 1958-2015”, *Scientific Data*, 5(1): 170191.
23. Acosta-Quesada, M. and A. Quesada-Román (2025), “Landslide and Flood Risk Assessment in a Rapidly Urbanizing Municipality of Costa Rica”, *Journal of South American Earth Sciences*, 152: 105330.
24. Ali, M. (2020), “PyCaret: An Open Source, Low-Code Machine Learning Library in Python”, PyCaret Version, 2
25. Armenakis, C., E. X. Du, S. Natesan, R. A. Persad, and Y. Zhang (2017), “Flood Risk Assessment in Urban Areas Based on Spatial Analytics and Social Factors”, *Geosciences*, 7(4): 123.
26. Booth, D. B. (1991), “Urbanization and the Natural Drainage System: Impacts, Solutions, and Prognoses”, *The Northwest Environmental Journal*, 7: 93~118.
27. Cai, J., X. Li, L. Liu, Y. Chen, X. Wang, and S. Lu (2021), “Coupling and Coordinated Development of New Urbanization and Agro-Ecological Environment in China”, *Science of the Total Environment*, 776: 145837.
28. Dereci, U. and G. Tuzkaya (2024), “An Explainable Artificial Intelligence Model for Predictive Maintenance and Spare Parts Optimization”, *Supply Chain Analytics*, 8: 100078.
29. Ermagun, A., V. Smith, and F. Janatabadi (2024), “High Urban Flood Risk and no Shelter Access Disproportionally Impacts Vulnerable Communities in the USA”, *Communications Earth & Environment*, 5(1): 2.
30. Feng, B., Y. Zhang, and R. Bourke (2021), “Urbanization Impacts on Flood Risks Based on Urban Growth Data and Coupled Flood Models”, *Natural Hazards*, 106(1): 613~627.
31. Greenwell, B. M. (2017), “Pdp: An R Package for Constructing Partial Dependence Plots”, *R Journal*, 9: 421~436.
32. Huong, H. T. L. and A. Pathirana (2013), “Urbanization and Climate Change Impacts on Future Urban Flooding in can Tho City, Vietnam”, *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(1): 379~394.
33. Kim, H. W., D. McCarty, and M. Jeong (2023), “Examining Commercial Crime Call Determinants in Alley Commercial Districts before and after COVID-19: A Machine Learning-Based SHAP Approach”, *Applied Sciences*, 13(21): 11714.
34. Pan, H., J. Page, L. Zhang, C. Cong, C. Ferreira, E. Jonsson, and Z. Kalantari (2020), “Understanding Interactions between Urban Development Policies and GHG Emissions: A Case Study in Stockholm Region”, *Ambio*, 49(7): 1313~1327.
35. Ramkar, P. and S. M. Yadav (2021), “Flood Risk Index in Data-Scarce River Basins Using the AHP and GIS Approach”, *Natural Hazards*, 109(1): 1119~1140.
36. Rentschler, J., P. Avner, M. Marconcini, R. Su, E. Strano, M. Voudoukas, and S. Hallegatte (2023), “Global Evidence of Rapid Urban Growth in Flood Zones since 1985”, *Nature*, 622(7981): 87~92.
37. Rosenzweig, B. R., L. McPhillips, H. Chang, C. Cheng, C. Welty, M. Matsler, and C. I. Davidson (2018), “Pluvial Flood Risk and Opportunities for

- Resilience”, *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 5(6): e1302.
38. Sanders, B. F., J. E. Schubert, K. A. Goodrich, D. Houston, D. L. Feldman, V. Basolo, and R. A. Matthew (2020), “Collaborative Modeling with Fine-Resolution Data Enhances Flood Awareness, Minimizes Differences in Flood Perception, and Produces Actionable Flood Maps”, *Earth’s Future*, 8(1): e2019EF001391.
  39. Tellman, B., J. A. Sullivan, C. Kuhn, A. J. Kettner, C. S. Doyle, G. R. Brakenridge, T. A. Erickson and D. A. Slayback (2021), “Satellite Imaging Reveals Increased Proportion of Population Exposed to Floods”, *Nature*, 596(7870): 80~86.
  40. Theodosopoulou, Z., I. M. Kourtis, V. Bellos, K. Apostolopoulos, C. Potsiou, and V. A. Tsihrintzis (2022), “A Fast Data-Driven Tool for Flood Risk Assessment in Urban Areas”, *Hydrology*, 9(8): 147.
  41. Wang, J., W. Y. Chuck, and C. Shi-Jie (2022), “Urban Development in the Context of Extreme Flooding Events”, *Indoor and Built Environment*, 31(1): 3~6.
  42. Wing, O. E., W. Lehman, P. D. Bates, C. C. Sampson, N. Quinn, A. M. Smith, and C. Kousky (2022), “Inequitable Patterns of US Flood Risk in the Anthropocene”, *Nature Climate Change*, 12(2): 156~162.
  43. Global Flood Database, “Findings from Our Research”, Accessed 12 January, 2025. <https://global-flood-database.cloudtostreet.ai/>

## 요 약

본 연구는 기계 학습 기반 예측 모델을 활용하여 인천광역시의 홍수 위험을 평가하는 데에 그 목적이 있다. 2016년부터 2021년까지의 지리적 및 기후적 요인을 활용하여 홍수 위험 예측 모델을 학습하였으며, 2021년의 홍수 위험 지역을 예측하여 모델의 일관성과 적용 가능성을 검증하였다. 모델 성능 평가 결과, Random Forest Regressor 모델이 가장 우수한 예측 성능을 보였으며 데이터의 변동성을 효과적으로 설명하고 예측 오류를 최소화하는 것으로 나타났다. 나아가, 최대 강수량이 홍수 위험에 가장 큰 영향을 미치는 변수로 확인되었으며, 450mm를 초과할 경우 홍수 위험이 급격히 증가하는 경향을 보였다. 이를 기반으로 2021년 홍수 위험 지수(Flood Risk Index)를 예측한 결과, 모델 구축 단계보다 오차가 작고 높은 설명력( $R^2 = 0.9619$ )이 도출되는 등 높은 모델 신뢰도를 보였다. 주요 홍수 위험 지역으로는 계양구 아라뱃길 인근 농경지와 남동구 고잔동 남동국가산업단지로 나타났으며, 각각 완만한 경사와 불투수층 비율이 높다는 특징을 가진 지역으로 분석되었다. 본 연구 결과는 기계 학습 기반 예측 모델이 도시화 및 기후변화로 인한 홍수 위험을 효과적으로 평가할 수 있으며, 도시 계획에서 데이터 기반의 지역 맞춤형 홍수 저감 대책을 마련하는 데 기여할 수 있음을 시사하는 결과이다.

**주제어:** 기후변화, 도시화, 랜덤포레스트, 홍수 저감, 재난 대응

## 지역별 생산·소비활력 특성을 고려한 지역활력/소멸지수 개발\*

### Development of Local Vitality-Extinction Indices Considering Local Production and Consumption Characteristics

주수현\*\* · 강성구\*\*\* · 김서현\*\*\*\* · 윤서람\*\*\*\*\* · 천상현\*\*\*\*\*

Soohyun Joo\*\* · Seonggu Kang\*\*\* · Seohyun Kim\*\*\*\* · Suhram Yoon\*\*\*\*\* · SangHyun Cheon\*\*\*\*\*

#### Abstract

Regional depopulation in South Korea, initially driven by economic disparities between metropolitan and non-metropolitan areas, has expanded within the metropolitan region due to population and industrial imbalances. New city and housing developments aimed at population dispersion have created gaps in settlement environments, population, and consumption levels. This multi-layered phenomenon spans metropolitan vs. non-metropolitan areas, within metropolitan regions, and between old and new urban centers, indicating a complex spatial issue. This study addresses limitations in prior regional vitality and depopulation indices by developing a new index to understand and quantify this phenomenon. Using Data Envelopment Analysis (DEA) with a production function, it measures regional depopulation by evaluating the efficiency of inputs (e.g., area, local tax revenue) against outputs (population, production, consumption) at the eup-myeon-dong level, incorporating long-term trends. The Regional Vitality/Depopulation Index I validates the role of consumption, often overlooked, using methods akin to prior arithmetic mean-based approaches. Indices II and II-1, applying DEA, correct over- or underestimation of vitality by factoring in area, enabling accurate comparisons across townships, especially in sparse or densely developed regions like tourism and commercial hubs. Index III, incorporating local income tax, reveals vitality gaps within metropolitan regions, showing enhanced vitality in areas with new cities or industrial complexes (e.g., parts of Seoul, Pangyo, Seongnam, Busan) and relative decline in old urban centers. These findings highlight intra-regional spatial imbalances. By leveraging DEA's benchmarking capabilities, the study offers a methodology for sustainable, tailored development strategies and data-driven policies to address regional depopulation effectively.

**Keywords:** Regional Depopulation, Population Decline, Regional Vitality, Old Urban Center Decline, Data Envelopment Analysis

\*이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호:RS-2023-NR076966). 또한, 이 논문은 2023-2025년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(과제번호:RS-2023-0023742510582136170003). 또한, 이 논문은 2023학년도 홍익대학교 학술연구진흥비를 지원받았음.

\*\*홍익대학교 도시공학과 연구교수(주저자: soohyunj92@gmail.com)

\*\*\*서울신용보증재단 정책연구센터 연구원

\*\*\*\*연세대학교 도시공학과 박사수료

\*\*\*\*\*홍익대학교 국제개발 및 인프라연구실 연구원

\*\*\*\*\*홍익대학교 도시공학과 교수(교신저자: scheon@gmail.com)

## 1. 서론

‘인구감소도시’, ‘소멸 위험 도시’, ‘지역 공동화’ 등의 용어와 함께 사용되어 온 지방소멸은(이상호, 2016; 이동수 외, 2024; 이정은 외, 2023) 2014년 마쓰다히로야의 동명 저서 「지방소멸」을 통해 알려지게 되었다. 지방소멸이란 저출산과 고령화, 수도권으로의 인구 쏠림 현상 등으로 인해 지방인구가 급격하게 줄어들고, 지역이 쇠퇴, 소멸하는 현상을 지칭한다(이민주 외, 2023). 통계청(Statistics Korea, KOSTAT)에서 발간된 KOSTAT 통계플러스에 따르면, 최근 22년간(2001~2022년) 우리나라 수도권 청년 취업자 비중은 50.8%에서 56.4%로 5.6%포인트 증가했으나, 비수도권은 49.2%에서 43.6%로 동일한 폭만큼 감소하여 수도권과 비수도권 간의 경제적 격차가 심화되고 있다(통계청, 2023). 따라서, 수도권에 대비되는 지방도시의 쇠퇴문제를 중심으로 기존의 지방 소멸 관련 논의가 이루어졌다(김상근·강명길, 2024; 김성진·여옥경, 2024; 장문현, 2022; 임재빈·정기성, 2021; 최예술, 2021).

한편, 수도권으로 인구와 산업이 더욱 집중되는 양상과 더불어, 주목할 점은 수도권 내에서도 지방소멸 현상이 관찰되고 있으며(박순봉, 2022), 인구 및 경제적 양극화가 수도권 내부의 지역 불균형으로 확장됨에 따라 ‘지방소멸’ 대신 ‘지역소멸’이라는 용어가 활발하게 사용되고 있다(장문현, 2023; 고문익·김걸, 2021a).

지역소멸은 출산과 사망에 따른 자연적 증감과 함께 인구의 지역 간 이동에도 큰 영향을 받는다. 개인이 더 나은 환경을 찾아 거주지를 옮기는 인구이동은 지역이 제공하는 직장·주거·교통·환경 등 전반적인 서비스의 편익과 비용에 따라 결정된다(민보경·변미리, 2017). 따라서, 지역의 인구변화는 경제적, 사회적, 문화적, 공간적 특성을 반영하는 중요한 지표라 할 수 있다(민보경·박민진, 2018). 특히, 인

구의 유출입은 소득, 일자리 등 지역 경제적 요인과 밀접하게 연관되어 있다. 비수도권 지역에서 소득의 역외 유출이 발생하면서 지역 내 소비와 지출이 감소하여 기업의 생산활동이 위축된다. 이는 지역 경제의 활력을 떨어뜨리고 일자리 감소로 이어지며, 결과적으로 지역민들이 안정적이고 높은 소득을 찾아 수도권으로 이동하는 원인이 된다(허문구, 2022).

수도권 인구 과밀, 주택난 해소를 위해 조성된 지방의 신도시와 택지개발은 자족 기능 부족으로 수도권 전체의 인구 분산 효과는 제한적이었으며, 오히려 신규 택지개발지역의 상대적인 정주환경 향상은 동일 시군구 내 지역 간 인구, 소비, 교통, 서비스 질 수준의 격차를 심화시켰다. 그 결과, 신규 택지개발에 따른 인구이동은 주로 같은 시군구 내에서 이루어지며, 구도심의 인구 유출과 쇠퇴를 가속화한다(이보경 외, 2021; 박동선 외, 2018). 이러한 지역 내 인구이동은 수도권-비수도권 간의 격차에 의해 발생하는 지역소멸 위험과는 다른 공간단위 차원에서 일어나고 있는 현상이다.

지역소멸은 산업구조 변화, 삶의 질 향상, 그리고 소비 행태 변화에 따라 다차원의 공간 단위에서 복합적인 요인이 작용하는 현상이며 단기적이라기보다는 장기적인 구조적 문제로 인식해야 한다(고문익·김걸, 2021b). 그러나, 기존의 지역소멸 위험도를 측정할 ‘지방소멸지수’ 연구들은 단일시점의 인구 및 산업 지표를 산술 또는 가중평균으로 합산하는 방식에 치중하여 지역 경제 활력의 변화 추세를 충분히 반영하지 못하고 있다(정성호, 2019).

동시에, 지역소멸 현상은 낙후된 지방의 활력이 감소하는 현상을 넘어서, 수도권-비수도권 간 격차, 광역 지역 내 격차, 구도심-신규 개발지 간 격차와 같은 다층적 공간 수준에서 발생하고 있다. 그러나, 기존 연구들은 주로 시군구의 광역 공간을 분석단위로 집중하고 있어, 하위 지역(예: 읍면동)에서 나타나고 있는 소득 감소, 상권 이전, 도심 공동화 현상 등의 구

체적인 지역소멸 위험을 반영하기에 한계가 있고, 분석 공간 단위나 경계 설정에 따라 지역 간 차이를 효과적으로 드러내지 못하는 한계점이 존재한다 (Park and Kwan, 2018).

기존의 지역소멸 지수 연구들은 인구 수준과 지역의 생산활동을 중심으로 지역의 활력을 측정하고 있으나, 현대 도시공간의 주요한 활력 요소인 소비 부문에 대한 평가가 상대적으로 부족하다. 지역 소비 공간으로서 상권은 상업, 서비스업 기반 소득의 원천이며, 쇼핑 및 상업공간의 발전을 통해 지역의 매력도가 향상되어 인구 유입을 촉진하기도 한다. 국내 소상공인 종사자 수는 662만 명으로, 총 종사자 수의 36.9%를 차지한다(통계청, 2019). 이들이 활동하는 지역의 소비공간은 소득 증대와 창업 및 투자 유치 등을 통해 지역 내 활력을 강화하는 데 중요한 역할을 하고 있다. 아울러, 광역 도시 내 상권 간 경쟁 관계에 따른(최막중 외, 2012; 이동엽 외, 2020) 상권 구조 및 지리적 체계의 변화는 지역 내 소비 및 서비스 생산활동의 격차를 심화시킴으로써 지역소멸 발생 기제의 주요 요소이다.

본 연구는 이러한 기존 지역소멸 관련 지수의 한계를 보완하기 위해, 인구, 생산(산업), 소비(상업) 세 가지 측면을 고려하여 지역의 활력 정도를 지표화한다. 동시에, 비모수적(Non-parametric) 효율성 측정 방법인 자료포락분석(Data Envelope Analysis, DEA)을 활용하여 상대적 비교가 용이한 지역활력/소멸 지수를 산출한다. 본 연구는 다음과 같은 의의를 갖는 지역활력/소멸지수 개발을 연구 목적으로 한다.

첫째, 인구, 생산, 소비 세 부문을 포괄적으로 고려하고, 장기 시계열 데이터를 활용하여 개별 지역의 성장 및 쇠퇴 추세를 고려한 지수를 개발한다.

둘째, 주민 생활의 기초가 되는 행정단위인 읍면동 수준에서 지역활력/소멸지수를 측정함으로써, 미시적 공간 단위에서 나타나는 지역소멸 현상과 지역 간 차이를 세밀하게 관찰한다.

셋째, 각 읍면동 지역이 해당 지역의 활력을 산출하는 데 투입하는 지역의 자원 요소를 고려하여 지수를 개발한다. 지역 활력(인구, 생산, 소비)을 산출, 유지하기 위해 각 지자체는 일정량의 투입 요소를 사용한다는 관점이다. 기존 지수의 문제점 중 하나는 넓은 면적을 갖는 지자체의 경우, 광범위한 면적에서 일어나는 인구, 생산활동을 단순 산술 합산하는 과정에서 지역소멸의 위험이 좁은 면적의 지자체에 비해(합산 값이 커지기 때문에) 과소 추정되는 경향이 발생한다. 지자체별로 차이가 나는 면적, 지자체 세수 등을 투입 요소로 고려한 지표를 개발함으로써 지역이 갖는 활력의 의미를 복합적 관점에서 해석할 수 있다. 이를 위해, DEA를 활용한 방법론을 제시함으로써 지역 활력의 투입과 산출 요소 간의 관계를 고려하여 효율성 관점에서 지역 활력 및 지역소멸 위기를 상대적으로 평가할 수 있음을 제시한다.

## 2. 선행연구 검토

지역소멸을 진단하기 위한 지수 연구는 크게 두 가지 측면에서 이루어지고 있다. 첫째, 인구감소와 인구구조변화에 기반하여 지역소멸 위험을 측정하는 접근이고, 둘째, 지역의 산업 및 경제력 관점에서 지역 발전 가능성과 잠재력을 평가하는 지수이다.

### 2.1 인구감소기반 지역소멸 위험 지수

‘지방소멸위험지수’(이상호, 2016)는 인구의 재생산력에 주목한 마쓰다히로야의 ‘지방소멸’ 개념을 바탕으로 고안되었다. 가임 연령대(20~39세) 여성 인구 비중을 65세 고령인구 비중으로 나눈 상대적인 비율로 지방소멸 위험지역을 측정하였다. 소멸위험 지수 값 0.5 미만으로 하락하는 경우, 소멸위험 주의 단계로 진입했음을 의미하며, 0.2 미만일 경우 소멸 위험지역을 의미한다. 비수도권 지역에서 상당수가



소멸위험 주의단계로 나타났으며 광역시 중에서도 부산, 대구 등이 포함되었다.

지역의 경제적 격차는 지역별 인구감소의 속도와 편차를 확대하는 주요 요인으로 지적되고 있다(이영주 외, 2022; 이원도 외, 2023). 행정안전부는 인구감소지역 지정을 위해 지역(시군구)의 인구 구조와 인구증감을 반영함과 동시에 재정자립도를 고려한 '인구감소지수'를 개발하였다. 해당 지수는 8개의 지표(연평균 인구증감률, 인구밀도, 청년 순이동률, 주간인구, 고령화 비율, 유소년 비율, 조출생률, 재정자립도)를 지표별 가중치를 부여하고 합친 지수이다. 이를 통해 89개의 인구감소지역을 지정하고 정책적 지원을 하기 위한 기초자료로 활용하였다.

기존의 인구 감소와 구조 변화에 기반한 지수 연구들은 자연적, 사회적 인구 증감을 일으키는 지역별 사회·문화·주거 환경 특징을 직접적으로 반영하지 않고 있다. 사회적 요인에 대한 평가가 부족하고, 현시점의 인구 상황만을 반영하는 경우, 장기적인 인구구조 변화의 근원을 이해하는 데 어려움이 있다(유한별 외, 2021).

## 2.2 산업 및 경제력 진단 지수

지역소멸 현상을 지역 경제 활력과 연결짓는 시도도 부각되고 있다. 이에 따라 지역의 성장 잠재력과 경제 구조를 기반으로 지역 활력을 측정하여 지역소멸 지수를 산출하는 그 예이다.

허문구(2022)는 지역 간 인구이동에 소득, 일자리 등과 같은 지역경제가 중요한 작용을 하며 그 과정에서 지방인구가 감소하는 현상이 발생한다고 보고, 인구이동을 유발하는 지역경제 선순환 매커니즘을 기반으로 'K-지방소멸지수'를 개발하였다. 해당 지수는 1인당 경상연구개발비, 산업 다양성지수, 지식산업 사업체 비율, 인구 천명당 종사자 수, 1인당 GRDP, 인구증감률을 지표로 구성하였다. 평가 결과, 59개의 지역이 지방소멸 위기지역에 속하는 것으로

나타났다. 전남이 13곳, 강원 및 경북이 각각 10곳과 9곳을 차지하여 지방소멸 위기지역 전체의 절반 이상인 54.2%를 차지하는 것으로 나타났다.

'지역발전지수'(송미령 외, 2022)는 시군구의 발전 정도와 잠재력을 종합적으로 진단하기 위한 지표로, '생활서비스', '지역경제력', '삶의 여유공간', '주민활력'의 4가지 지수로 구성된다. 생활서비스 지수는 노후주택비율, 학교 수 등, 지역경제력은 총 사업체 수, 지역내총생산 등의 지표로 구성되며, 삶의 여유공간 지수는 녹지율, 문화기반시설 수 등, 주민활력지수는 인구증가율, 고령화율 등의 지표로 구성된다. 분석 결과, 지역발전지수가 높은 지역은 인구 규모와 재정 여건이 우수한 도시지역으로 나타났다.

'지역활력지수'(이영주 외, 2022)는 지역 경제의 생산 및 소비 활동의 지속적인 모니터링을 위해 개발한 지표로, 시군구와 읍면동 단위의 인구 활력 및 경제활력(소비 활력, 생산 활력) 부문으로 구성된다. 인구 활력은 경제 활동 인구, 학령인구 등의 지표로 구성되며, 경제활력 중, 소비 활력은 민간 빅데이터인 사업체 매출액과 카드 이용 금액 등, 생산 활력은 사업체 개수, 일자리 수 등이 세부 지표로 구성된다. 지역활력지수가 높은 지역은 경기도 지역 지자체에 집중되어 있으며, 읍면동 단위에서는 신도시 아파트 밀집 지역 등의 활력 지역이 나타나, 도시 내 공간단위별 활력 수준에 차이가 있음을 확인하였다.

채지민·임승빈(2023)은 지역경제기반 지역소멸 지수들이 지역 산업 구조와 발전 가능성을 고려한 지표라고 평가하고 있으나, 동시에 수도권 및 대도시 중심의 분석에 치우쳐 비도시지역이 과소 평가될 가능성이 있다고 지적하고 있다. 또한, '지역활력지수'는 지역 단위의 소비 특성을 분석하는 데 초점을 맞추고 있으나, 지역 규모와 특성을 고려하지 못하고 있다는 지적이 있다(이영주 외, 2022).

### 3. 분석모형 및 자료

본 연구의 지역활력/소멸지수 산출과정은 Fig. 1과 같다. 인구, 산업, 소비 부문별 변수를 활용하여 지수를 구성하며, 해당 변수는 3.2에서 구체적으로 논의한다. 인구, 생산, 소비 지표를 기반으로 산술평균 방식을 적용한 지역활력/소멸지수 I 과 DEA 방식을

적용한 3가지의 지역활력/소멸지수를 산출한다(지수Ⅱ, Ⅱ-1, Ⅲ). 지역활력/소멸지수Ⅱ, Ⅱ-1, Ⅲ의 산출 요소는 인구, 생산, 소비 지표로 동일하며, 투입 요소에 따라 구별된다. 지역활력/소멸지수 I은 기존 선행 연구에서 주로 사용하는 산술평균 방식을 적용한 지표로, 인구와 생산요소 외에 소비 지표를 포함하여 지표를 개발한다.

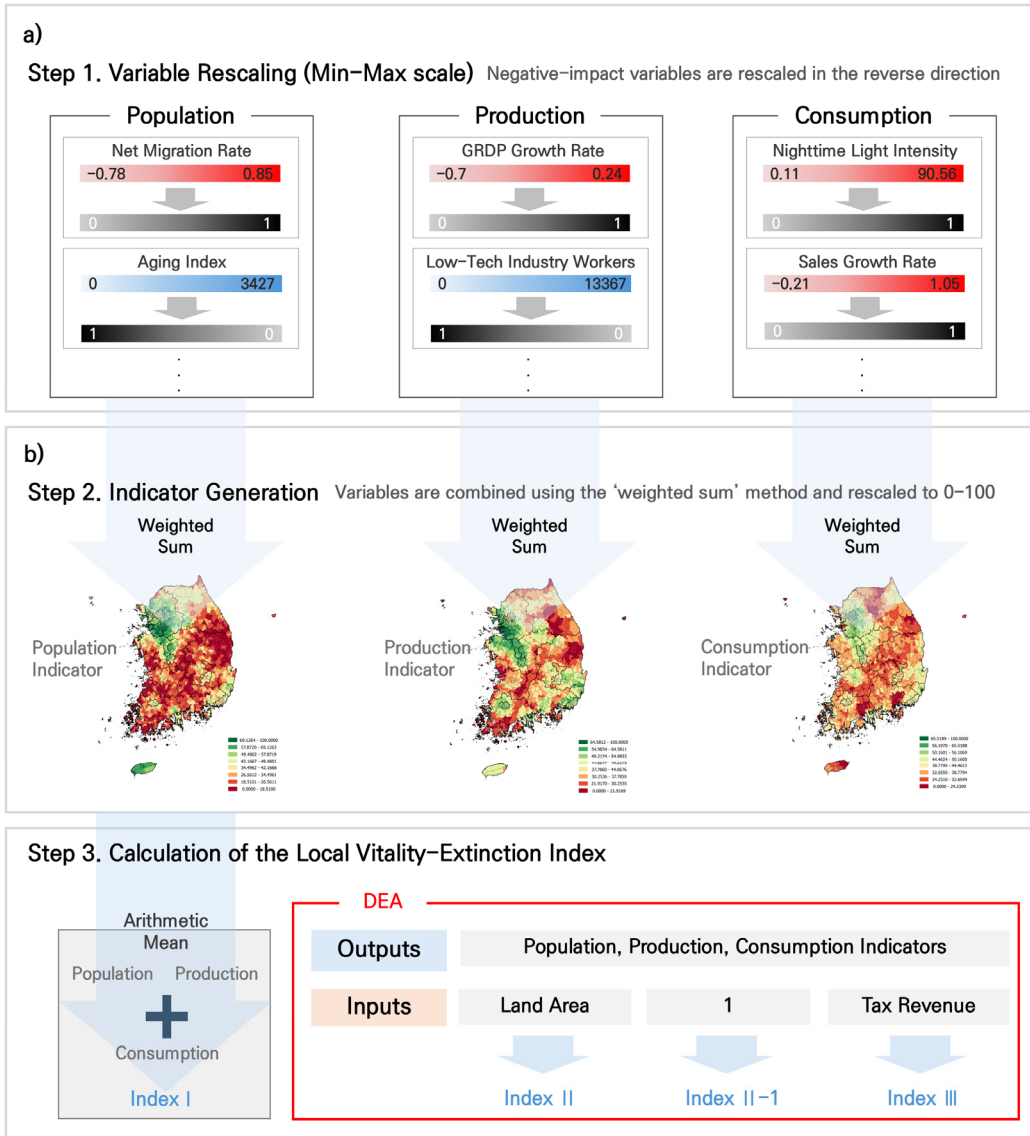


Fig. 1. The Process for Calculating the Local Vitality-Extinction Index



Min-Max 정규화를 적용하여 모든 변수를 0에서 1 사이의 값으로 변환하되, 지역 활력에 부정적인 영향을 미치는 변수는 반대로 변환한다(Fig. 1(a)). 이후, 이렇게 변환된 변수들은 동일한 가중치로 가중합을 구한 뒤, 0에서 100사이의 값으로 다시 변환하여 인구, 생산, 소비 지표 간 비교가 가능하도록 한다(Fig. 1(b)).

산술평균 방식을 적용하여 산출된 지표는 지역 면적이 큰 경우, 지역 면적이 작은 지역보다 낮은 인구 및 경제활동 밀도가 있음에도 불구하고, 상대적으로 합산 값이 커지면서 일부 지역의 활력이 과대 추정되는 문제가 있을 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 투입 요소 대비 산출 요소 정도를 평가하여 효율성의 관점으로 의사결정단위(즉, 지자체)의 상대적인 벤치마킹이 가능한 DEA 모형을 활용하여 지수를 개발한다.

### 3.1 자료포락분석(Data Envelope Analysis: DEA)

#### 3.1.1 DEA 기본 개념 및 장점

비모수적 효율성 측정 방법인 DEA는 사전에 구체적인 함수를 가정하거나 모수를 추정하지 않고, 선형계획법을 기반으로 동일한 규모를 갖는 의사결정단위(Decision Making Unit, DMU)의 투입 요소와 산출 요소 데이터를 활용하여 효율 프런티어(Efficiency Frontier)를 구축하고, 이를 통해 효율성을 측정하는 기법이다(배세영, 2021; 김태웅, 2000; 박만희, 2008; 주희선 외, 2014). DEA의 효율성의 개념은 상대적 효율성으로, 이는 개별 DMU가 최고 효율점인 효율 프런티어를 기준으로 얼마나 효율적인지 평가하는 방식이다.

Fig. 2는 1개의 투입 요소와 2개의 산출 요소를 가진 DMU의 상대적 효율성 평가 과정을 도식화한 것

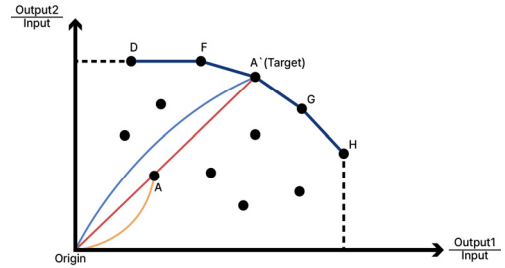


Fig. 2. Illustrative Explanation of DEA with 1 Input and 2 Outputs

이다. DEA는 각 DMU의 산출 요소별 효율성을 평가한 후, 파레토 최적 개념을 활용하여 효율적 프런티어(준거집단)를 구성한다. 프런티어 상에 위치한 DMU(점 D, F, G, H)는 파레토 최적 상태에 있으며, 이들은 다른 DMU들보다 자원을 효율적으로 사용하고 있다. 반면, 프런티어 상에 위치하지 않은 DMU(점 A)는 비효율적으로 자원을 사용하고 있으며, 파레토 최적에 도달하기 위해 투입과 산출의 조정이 필요하다.

DEA는 구체적인 수치를 통해 효율성을 평가할 뿐만 아니라, 파레토 최적에 도달하지 못한 DMU(점 A)에 대해 비교 대상인 준거집단(점 A')을 제시한다. 이를 통해, 각 DMU는 투입의 감소와 산출의 증가를 통해 효율성을 높이기 위한 구체적인 개선 목표가 되는 타 의사결정단위(즉, 지자체)를 벤치마킹할 수 있고, 잠재적 개선 가능치를 확인할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 특성 덕분에 DEA는 기존 연구에서 산술평균이나 가중평균 등과 같은 선형적 결합 방식으로 인한 지역 간 차별적 특성이 상쇄되는 한계점을 해결할 수 있다.

#### 3.1.2 DEA를 활용한 지역활력/소멸지수

지역활력/소멸지수Ⅱ는 행정동 개발지 순면적<sup>1)</sup>을 투입 요소로 하는 지수를 산출하여, 개별 지역의

1) '개발지 순면적'은 전국토지이용계획도의 필지별 지목 데이터를 바탕으로 산출되며, 이는 행정동 단위에서 개발 가능한 토지 면적을 나타낸다. 본 연구에서 사용하는 개발지목은 대(주거지 또는 상업건물이 들어설 수 있는 토지), 장(공장), 학(학교), 차(주차장), 주(주유소), 창(창고), 공(공원), 체(체육시설), 원(병원), 종(종교시설)이다.

면적 차이로 인해 발생하는 지역 활력 지표 왜곡을 최소화하는 평가를 목표로 한다. 추가로, 투입 요소에 개발지 순면적을 반영하지 않고, 모두 동일한 순면적을 가지고 있다고 가정하면(즉, 투입 요소를 1로 통일), 지수 결과에 어떠한 차이가 생기는지 파악하기 위해 지역활력/소멸지수Ⅱ-1을 산출하여 비교한다.

지역활력/소멸지수Ⅲ의 투입 요소는 시·도 수준 지방소득세 총합이다. 지방소득세는 개인과 법인의 소득에 부과되는 세금으로, 도로 개설, 주거환경 개선 등 주민 생활환경 향상과 복지증진을 위한 재원으로 활용된다. 시·도 수준의 지방소득세를 투입 요소로 모형에 고려하는 경우, 동일한 광역자치체(시·도)내 읍면동은 같은 양의 투입 요소값을 가지게 된다. 이는 같은 투입량을 공유하는(즉, 유사한 조건을 갖는) 시·도내에 위치하는 다수 읍면동 간의 활력 비교를 중점적으로 하기 위함이다. 또한, 유사한 조건을 갖는 동일 시·도 내에 벤치마킹이 용이한 다른 읍면동을 사례로 비교하거나 모범사례로 설정하기에 용이한 접근법이다. 특히, 원도심의 쇠퇴와 신규 개발지로의 활력 집중 등 동일한 광역 자치체 내에서 발생하는 읍면동 간 활력의 격차를 효과적으로 비교할 수 있는 장점이 있다.

### 3.2 인구, 산업, 소비 지표별 세부 변수

본 연구는 인구, 생산, 소비 세 가지 측면에서 세부 변수를 선정하였다. 먼저, 자연적 인구증감뿐만 아니라 사회적 인구가동의 영향을 반영할 수 있도록 인구 부분의 변수를 구성하였다. 또한, 사회적 인구 유입을 유발하는 주요 요인으로서 산업구조, 소득 수준, 정주 여건 등의 지역 특성을 고려하여 생산 및

인구 관련 변수를 선정하였다. 아울러, 최근 도시 공간의 활력과 지역 경제의 지속 가능성을 평가하는데 있어 소비 활동이 중요한 역할을 한다는 점을 반영하여 소비 부분의 변수를 추가하였다.

또한, 지역소멸 현상을 단일시점이 아닌 연속적인 시간 흐름 속에서 보다 정확하게 파악하기 위해, 지역 경제의 현황과 동태적인 변화를 동시에 반영하고자 하였다. 이를 위해 추세(Trend)변수와 현재 시점의 총량 변수를 결합하여 총 31개의 세부 변수를 선정하였다(Table 1).

추세변수 측정을 위해 고려한 시간적 범위는 2012년부터 2022년까지이다. 10년 이상의 시계열 데이터가 존재하는 경우, 시공간 패턴 핫스팟 분석(Emerging Hotspot Analysis)<sup>2)</sup>을 활용하여 변동패턴을 수치화하였다. 반면, 10년 이상의 시계열 데이터가 존재하지 않는 경우, 연평균 증가율(Compound Annual Growth Rate, CAGR)을 사용하였다.

#### 3.2.1 인가지표 세부 변수

자연적 요인과 사회적 요인에 따른 지역 인구구조의 변화를 분석하기 위해, ‘순 이동률’, ‘경제활동 인구’, ‘청년인구 비율’, ‘노령화 지수’의 총량 변수와 추세변수를 동시에 활용하여 인구 구조의 변화추세와 현재 상태를 종합적으로 고려한다.

지역 인구 구조는 지역 활력을 평가하는데 중요한 기준으로 활용되지만, 주거, 교육 수준, 문화·여가 등의 정주 여건에 의한 지역 간 인구가동을 평가하는데 한계가 있다(허용호 외, 2024). 이에 ‘노후주택 비율’과 ‘아파트 비율’의 변화량 변수를 추가하여 지역의 정주 여건 및 발전 수준의 격차를 반영한다.

2) 시공간 패턴 핫스팟 분석은 ArcGIS의 지리분석 도구로, 시간적 흐름에 따라 개별 공간을 설명하는 인구, 생산, 소비 변수의 변화양상을 파악할 수 있다. 개별 공간인 읍면동의 변수는 1년(시간단위) 마다 주변 지역을 반영하여 계산되고, 관찰기간 동안 특정 시점의 값이 이전 시점보다 증가하면 +1, 감소하면 -1, 변화가 없으면 0으로 기록한다. 경제 변수의 변동을 기록한 값을 모두 더하고, 이를 표준화한 ‘trend z-score’를 계산하여 읍면동의 시간적 추세를 평가한다. 본 연구에서는 시공간 패턴 핫스팟 분석에서 도출한 trend z-score를 읍면동을 평가하는 추세변수로 사용한다.

**Table 1.** Specification and Calculation Method of Population, Production and Consumption Indicator

Sector	Indicator	Calculation Method	Year	Data Source
Population	Trend in Net Migration Rate	(Total In-Migrant Pop - Total Out-Migrant Pop) / Total Pop	2012-2022	MDIS (2024b) (in Korean)
	Trend in Economically Active Pop.	Number of Population Aged 15-64		KOSIS (2024c) (in Korean)
	Trend in Youth Population Ratio	Pop Aged 19-34 / Total Pop		
	Trend in Aging Index	(Pop Aged 65 and Over) / (Pop Under 15) × 100		
	Net Migration Rate	(Total In-Migrant Pop - Total Out-Migrant Pop) / Total Pop	2022	MDIS (2024b) (in Korean)
	Economically Active Pop.	Number of Population Aged 15-64		KOSIS (2024c) (in Korean)
	Youth Population Ratio	Pop. Aged 19-34 / Total Pop.		
	Aging Index	(Pop Aged 65 and Over) / (Pop Under 15) × 100		
	Increase in the Proportion of Old Housing	(Number of Houses Over 20 Years Old / Total Number of Houses) × 100	2017, 2020	MDIS (2024c) (in Korean)
	Increase in the Proportion of Apt	(Number of Apartments / Total Number of Houses)	2015, 2020	KOSIS (2024b) (in Korean)
Production	Trend in Number of Employees by Industry	High-Tech	2010-2021	MDIS (2024d) (in Korean)
		Medium-High		
		Medium-Low		
		Low Tech		
		Knowledge Service		
	Number of Employees by Industry	Advanced Service		
		High-Tech		
		Medium-High		
		Medium-Low		
		Low Tech		
Consumption	Trend in Night Time Light Brightness	Knowledge Service	2012-2022	Earth Observation Group (2024)
		Advanced Service		
		High-Tech		
		Medium-High		
		Medium-Low		
	Trend in Electric Power Consumption	Low Tech		
		Knowledge Service		
		Advanced Service		
		High-Tech		
		Medium-High		
Consumption	Actual Economic Activity Rate	(Total Number of Employees) / (Economically Active Pop)	2021	MDIS (2024d) (in Korean)
	GRDP Growth Rate	Annual Average Growth Rate in 2020 compared to 2015	2015, 2020	KOSIS (2024a) (in Korean)
	Annual Average GRDP	Annual Average Sales for 2015, 2020		
	Trend in Night Time Light Brightness	(Total Brightness of Pixels in Region) / (Number of Pixels in Region)	2012-2022	Earth Observation Group (2024)
	Trend in Electric Power Consumption	Electric Power Consumption of Tertiary Industry by Region (KWh)	2013-2021	KEPCO (2024) (in Korean)
	Night Time Light Brightness	(Total Sum of Pixel Brightness within the Region) / (Number of Pixels within the Region)	2022	Earth Observation Group (2024)
	Electric Power Consumption	Electric Power Consumption of Tertiary Industry by Region (KWh)	2021	KEPCO (2024) (in Korean)
	Sales Growth Rate	Annual Average Growth Rate in 2020 compared to 2015	2015-2020	MDIS (2024a) (in Korean)
	Annual Average Sales	Annual Average Sales for 2015, 2020		

Note: Including the detailed industries (Standard Industrial Classification) used in the study by Jung et al. (2017) (in Korean), the detailed indicators for the Classification of Industry Types by Technology Level were selected.

### 3.2.2 생산지표 세부 변수

고부가가치 산업의 일자리와 높은 소득 수준은 가장 강력한 인구 흡인요인으로 꼽힌다. 이에 지역 소득 수준과 경제활동 강도를 확인할 수 있는 ‘실제 경제활동인구 비율’, ‘GRDP 성장률’, ‘연평균 GRDP’를 지표로 선정하였다. 또한, 지역 산업 구조의 고부가가치화를 평가하기 위해 기술 수준별로 산업군을 6개(첨단기술산업, 고기술산업, 중기술산업, 저기술산업, 지식서비스 산업, 고차 서비스업)로 분류하고 각 산업군에 해당하는 고용자 수의 총량 및 추세변수를 산출하였다.

### 3.2.3 소비지표 세부 변수

읍면동 단위의 소비 영역을 정확히 파악하기 위해서는 개별 점포의 매출액, 개·폐업률,接客 인원 등의 구체적인 정보가 필요하다(이영주 외, 2022). 그러나 서울시와 수도권을 제외한 대부분의 지역에서는 상권 데이터가 부족하며, 민간 데이터 확보에도 어려움이 따른다.

이에 본 연구에서는 특정 변수에 의존하지 않고, 지역 상업 및 서비스업의 활력에 관련된 다양한 대리변수를 활용하여 데이터의 편향을 최소화하고 분석의 객관성을 확보하고자 하였다. 구체적으로, 도시 내 야간활동을 반영하는 ‘야간조명 데이터’(김정아·천상현, 2020), 생활밀접업종<sup>4)</sup>(한만혁, 2023)의 재화 생산 및 서비스 제공 활성화 정도를 나타내는 ‘전력사용량’(유재국, 2021), 그리고 기업 및 사업체의 경제활동을 측정하는 ‘경제총조사 매출액 데이터’를 활용하여 다양한 측면에서 소비활동을 측정하고자 하였다.

## 4. 인구, 생산, 소비 지표 산출 결과

인구, 소비, 생산 활력이 모두 높은 수도권과 세종시와 달리, 비수도권 지역은 생산 활력만 두드러진다. 이러한 불균형은 1960년대 지역 경제 활성화와 자원 배분의 효율성을 목표로 조성된 일반, 국가산업단지의 설제 방식에서 비롯되었다. 이들 산업단지는 직주분리와 산업 중심의 토지 이용 구조를 기반으로 조성되었으며(홍진기, 2017), 그 결과 주거와 소비공간의 활력을 충분히 높이지 못하여 나온 결과로 분석된다.

### 4.1 인구지표

경기도 남·동부, 세종특별자치시, 그리고 제주특별자치도는 인구지표 상위 10%에 해당하는 지역(60.9 이상)으로 확인된다. 수도권의 경우, 서울시 내부보다 경기도 남부 지역(화성, 평택)과 동부 지역(성남, 용인, 남양주)에서 더 높은 지표를 보였으며, 이들과 인접한 천안, 아산, 청주, 원주 등도 인구 경쟁력이 상대적으로 높은 것으로 판단된다(Fig. 3(a)).

6개의 광역시는 모두 평균 이상의 지푹값(40.4 이상)을 나타냈으며, 특히 제주특별자치도와 세종특별자치시는 다른 광역시보다 높은 지푹값을 기록했다. 이 두 지역은 2014~2024년 주민등록인구 증가율에서 각각 1위와 2위를 차지한 지역이며, 특히 세종특별자치시는 2022년 기준 전국 시도 중 가장 높은 인구 순이동률(1.2)을 기록한 점이 이러한 결과에 영향을 미친 것으로 보인다.

3) 정승용·임종빈·정선양(2017), “중소기업의 기술수준과 R&D 투자역량에 따른 정부 보조금 지원효과 분석”, 「산업혁신연구」, 33(1): 65~85.

4) 생활밀접업종이란 주로 소매, 음식, 숙박, 서비스에 속하는 업종 중에서 최종 소비자를 대상으로 우리 생활에 밀접한 품목을 판매 및 취급하는 업종을 말한다.

Source: KICOX (2024)

광역시, 광양만권에 이르는 지역은 평균 이상(45.5 이상)의 산업 지표를 갖는다(Fig. 3(c), (d) 참조). 이 중 남동·반월 산업단지와 첨단산업단지가 위치한

58 | Land and Housing Review Vol. 16, No. 2



지역(송도, 화성, 평택 등)과 창원·여수·녹산 국가산업단지가 위치한 지역은 생산 부문에서 상위 10%(56.8 이상)를 차지한다.

산업단지 밀도가 낮지만 생산 부문 지표가 높은 지역은 서울특별시, 세종특별자치시, 그리고 대전광역시이다. 서울특별시는 종로, 여의도, 강남, 가산 등 기업이 밀집한 주요 행정동에서 산업 지표가 특히 높게 나타난다.

세종특별자치시는 국가 행정기관과 연구기관 이전 정책으로 지식서비스 산업 노동자가 대거 유입되면서 산업 지표 상승에 기여했다. 대전광역시의 높은 산업 지표는 대덕연구개발특구를 중심으로 첨단 연구개발산업과 관련된 기업과 기관의 밀집이 영향인 것으로 보인다.

#### 4.3 소비지표

Fig. 3(a), (b)에서 볼 수 있듯이, 인구지표와 소비지표의 지역 분포는 유사한 경향을 보이며, 이는 소비 활동이 활발해지기 위해 일정 수준 이상의 배후 인구가 필요하다는 점을 시사한다. 하지만, 인구, 생산지표 수준과 차별화되는 소비지표 수준을 가지는 지역도 파악할 수 있었다.

서울시 내부, 수도권 남부, 부산, 울산광역시 내부의 도심지역은 상위 10%(58.5 이상)의 소비지표를 갖는다. 서울시의 경우, 광화문-시청-명동, 여의도, 강남, 홍대 일대 등 기존의 대표 상업지역뿐만 아니라, 최근 떠오르는 마곡지구, 한강로동, 잠실 일대에서도 높은 지표값을 보였다. 수도권에서는 운정, 송도, 판교, 동탄 신도시의 중심 지역에서 높은 소비지표가 확인되었다.

전라북도 전주시는 소비지표가 인구 및 생산지표보다 높은 것으로 나타난다. 전주는 문화재와 전통이 잘 보존된 관광도시로, 2023년 기준 1,500만 명의 관광객이 방문했으며, 매년 최대 인원 기록을 경신하는 행태를 반영한 결과(김정엽, 2024)로 보인다.

## 5. 지역활력/소멸지수 분석 결과

### 5.1 지역활력/소멸지수 I

지역활력/소멸지수 I (Fig. 4)는 수도권, 특히 첨단 제조업 중심의 산업단지가 밀집한 경기도 남부(분당, 판교, 동탄, 평택 등) 지역이 전국에서 가장 활력이 높은 곳으로 나타났다. 이에 반해, 도서 산간 지역은 낮은 활력을 보이며, 그 중 영양군, 함안군, 정선군이 지방소멸에 가장 취약한 지역으로 확인됐다. 경기도 남부지역 내 동탄 신도시(화성시 동탄 1·5·6·7동, 향남읍, 반월동), 평택시 비전1동, 고덕동 등은 경제활력이 상위 10위에 해당하는 행정동으로, 대기업 중심의 산업클러스터를 기반으로 산업, 주거, 상업이 유기적으로 연결되어서 발전한 결과로 분석된다.

새롭게 추가한 소비 지표를 포함할 때 지역의 활력 변화를 확인하기 위해, 인구 및 생산지표만을 활용한 산술평균 지수와 지역활력/소멸지수 I를 서울시를 대상으로 비교 분석하였다. 분석 결과, Fig. 5와 같이 인구 및 생산지표만을 활용한 지수에서는 지수값이 상대적으로 낮은 가양1동, 한강로동, 서교동, 잠

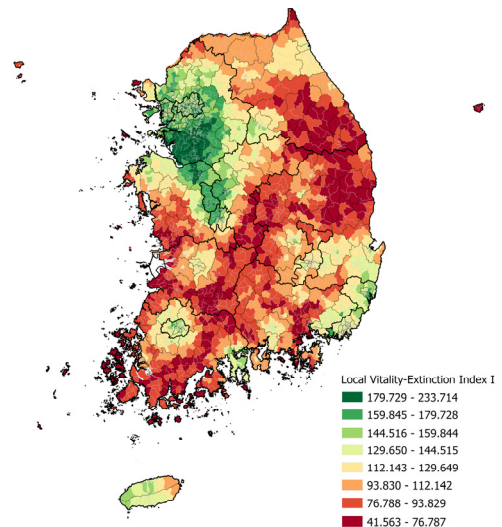
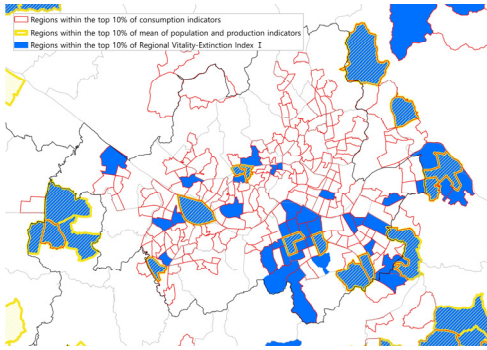


Fig. 4. Local Vitality-Extinction Index I



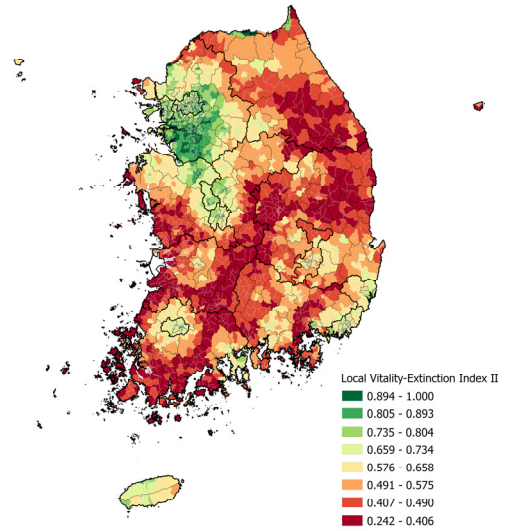
**Fig. 5.** Comparison of Local Vitality-Extinction Index I with Population-Production based Index

실 6동 등의 행정동이 지역활력/소멸지수 I에서는 상위지역으로 확인됐다. 이 지역들은 각각 마곡지구, 삼각지(용리단길), 홍대, 롯데월드타워 등 서울시를 대표하는 상권 지역이다. 이러한 결과는 소비경제가 활성화된 지역의 활력을 정확하게 측정할 수 있음을 시사한다.

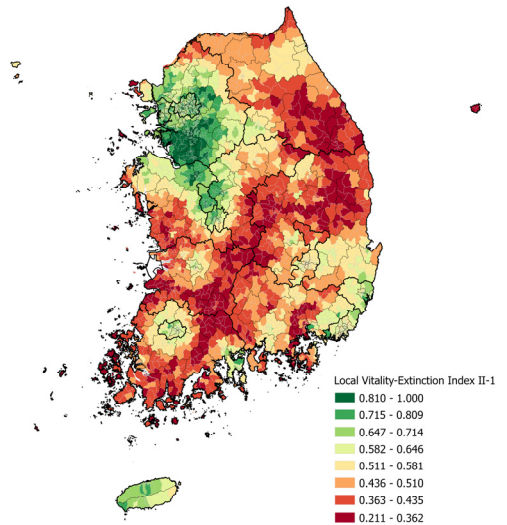
## 5.2 지역활력/소멸지수 II

Fig. 6을 통해 확인할 수 있는 지역활력/소멸지수 II의 읍면동별 분포를 살펴보면, 1) 관광, 상업이 활발한 서울시 중구, 강남구, 강동구, 부산시 남포동 일대, 2) 산업단지와 상업중심지가 위치한 경기도 남서부 지역, 3) 정부 기관이 밀집된 세종시 내 행정동(어진동, 고운동, 아름동, 도담동 등, Fig. 8(c))에서 높은 활력이 나타난다.

하지만, 면적 크기로 인한 지역활력의 과대 추정을 고려하지 않은 지역활력/소멸지수 II-1을 살펴보면 (Fig. 7), 최근 노인 인구의 급증, 고용과 도시 인프라의 취약성 등으로 인해 인구 경쟁력이 약한 경기도 연천군, 포천군, 가평군, 여주시의 지수가 높은 것으로 나타난다(진현권, 2024). 이는 실제로 해당 지역들의 활력이 증가한 것이라기보다는, 단순히 지리적 범위의 확장이 높은 지역활력/소멸지수 값이 산출되는 데 영향을 미친 것으로 보인다.



**Fig. 6.** Local Vitality-Extinction Index II



**Fig. 7.** Local Vitality-Extinction Index II-1

특히, Fig. 8(a), (b)를 살펴보면, 부산광역시 남포동 일대, 서울시 중구, 경기도 안양시, 인천광역시 부평구, 미추홀구는 면적 왜곡 보정 지수(지역활력/소멸지수 II)에서는 상위 500위 안에 머물렀으나, 지역활력/소멸지수 II-1에서는 500위 밖으로 밀려난 것으로 확인된다. 이 지역들은 고밀도 개발 지역으로 면적이 좁고, 주거 및 상업활동이 활발하게 이루어



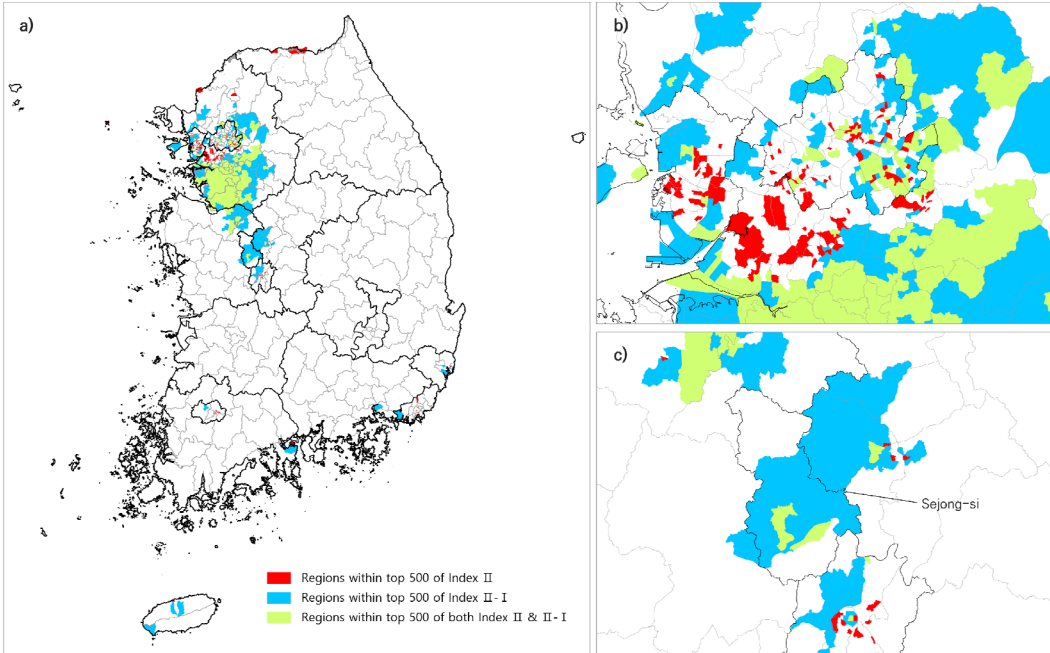


Fig. 8. Local Vitality-Extinction Index II, II-1: Top 500 of Administrative Districts (Eup, Myeon, Dong)

지지만, 지역활력/소멸지수Ⅱ-1에서는 과소 평가되는 경향을 보인다. 이는 투입 요소(면적) 대비 인구, 생산, 소비의 효율성을 측정하지 않는 경우, 고밀도로 개발되는 복합단지나 역세권 등의 특징을 지닌 지역들의 경제활력을 제대로 평가하지 못할 가능성을 시사한다.

### 5.3 지역활력/소멸지수Ⅲ

지역활력/소멸지수Ⅲ의 개별 시·도의 분포를 살펴본 결과, 신도시와 신시가지의 활력이 구도심보다 전반적으로 높은 경향을 보인다. 이는 도시의 급격한 성장으로 신도시와 신시가지로 공공기관, 상권, 사업체 등이 이동하면서 구도심의 인구 유출이 심화되고, 기존의 도심기능이 분산되어 활력이 감소한 결과(정철모·고선하, 2002)로 해석된다. 서울시의 경우, 고급 상업시설과 업무지구가 집중된 동부지역은 서부지역보다 상대적으로 높은 지역 활력을 보인다(Fig. 9(a)). 서부지역에서는 서울의 금융 중심지

인 여의도(0.938), 서부 개발 핵심 지역인 마곡지구의 진관동(0.762)이 높은 활력을 보인다. 동부지역에서는 강남-삼성 일대(0.867), 롯데타워와 송리단길 부근의 방이동(0.843), 하남시 배후 인구를 통한 상업적 활력이 증가한 강일·고덕동 일대(0.780)가 상대적으로 높은 활력을 나타낸다.

제2의 수도이자 동남권 경제 중심지로서 중요한 항구도시인 부산은 도시 개발과 지역적 특성에 따라 경제 활력에서 뚜렷한 차이를 보인다(Fig. 9(c)). 우선, 녹산 산업단지가 위치한 녹산동, 부산항 및 항만 터미널이 위치한 초량3동, 감만1동, 용당동 일대는 물류와 산업의 중심지로 높은 활력도를 보인다. 반면, 부산의 원도심인 중구, 서구, 영동구 내 행정동(0.638)은 신도심인 부전동, 전포동 일대(0.708)와 명지국제신도시(0.703)에 비해 상대적으로 낮은 활력도를 보였다. 이는 신도시 개발과 그에 따른 원도심 쇠퇴 현상을 반영하는 결과로 해석된다. 또한, 상업지역 간 비교에서도 이러한 차이는 나타난다. 해

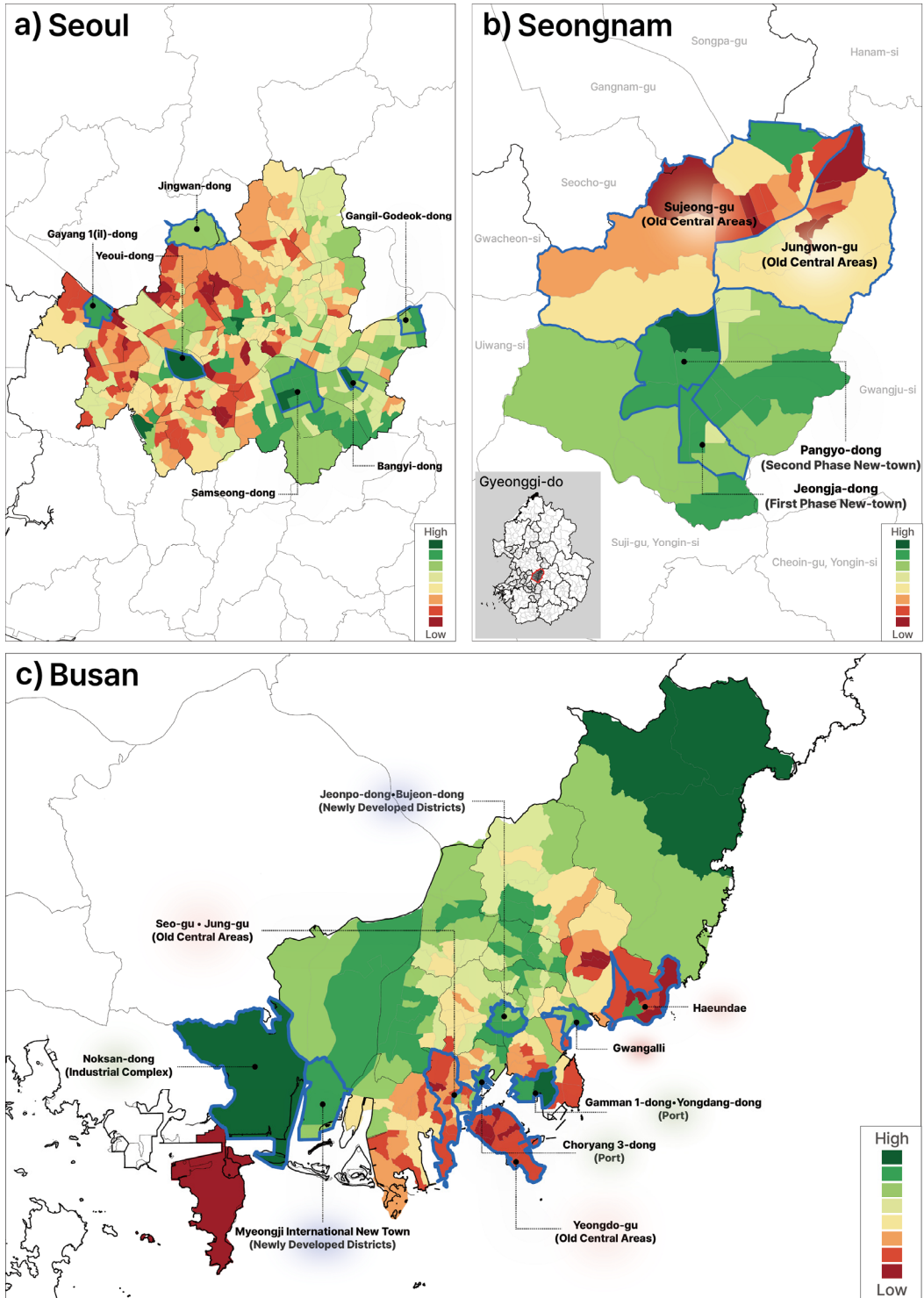


Fig. 9. Local Vitality-Extinction Index III (Seoul, Seongnam, Busan)

운대 상업지역(0.634)은 광안리 상업지역(0.687)보다 낮은 활력을 보였으며, 이는 광안대교의 조망과 독특한 상권 형성으로 인해 젊은 층의 선호도가 높아진 데 따른 결과로 해석된다(김민욱, 2024).

성남시는 원도심, 1기 신도시, 2기 신도시가 모두 포함된 도시로, 각 지역의 개발 목적과 특성에 따라 지역별 경제 활력이 뚜렷한 차이를 보였다. Fig. 9(b)를 살펴보면, 2기 신도시인 판교신도시가 위치한 판교동은 0.9로 가장 높은 활력 지수를 기록했으며, 이는 IT산업과 첨단산업 중심의 복합 개발 결과로 보인다. 1기 신도시인 분당신도시가 위치한 정자동 일대는 0.804의 지역활력/소멸지수를 나타냈고, 이는 서울 인구 과밀 해소와 수도권 외곽 주거지 마련을 위한 주거 중심 개발의 성과로 해석된다. 원도심인 수정구와 중원구는 0.677로 상대적으로 낮은 활력을 기록했으며, 이는 인프라의 노후화와 개발 우선순위에서 밀린 점이 주요 요인으로 분석된다(성남시사편찬위원회, 2014).

## 6. 결론 및 시사점

본 연구는 지역소멸위험을 측정하기 위해, 인구의 자연적 증감뿐만 아니라 인구 유출입에 영향을 미치는 지역의 경제적, 사회적, 문화적 특징과 그 변화 추세를 고려한다. 이를 위해 지역의 특징을 인구, 생산, 소비 세 가지 부문을 중심으로 평가하고, 이를 수치화한 지역활력/소멸지수를 개발하였다.

지역활력/소멸지수는 행정동 개발지 순면적, 시·도 지방소득세, 그리고 '1'(즉, 모든 행정동이 동일한 개발지 순면적을 갖는다고 가정)로 표현된 투입 요소와 인구, 생산, 소비 지표로 구성된 산출 요소를 갖는 DEA 분석을 적용하여 산출하였다. 지수값은 가장 효율적으로 투입 요소를 활용하여 최상의 산출 요소를 도출하는 지역, 즉, 프론티어로부터 얼마나 떨어져 있는지에 따라 평가된다. 이를 통해 각 읍면

동이 인구, 생산, 소비 중 어느 부문에 초점을 맞추어 활력을 유지하고 있는지, 또는 어느 부분에서 위험성이 더 가중되고 있는지를 상대적으로 평가할 수 있다. 이는 기존 산술평균 기반의 지방소멸 지수에서 간과되었던 지역별 특성과 일반화의 한계를 보완하는 데 의의가 있다.

연구 결과, 수도권과 첨단 제조업 중심의 산업단지가 밀집한 지역은 높은 경제 활력을 보였으나, 도서 산간지역은 활력이 낮게 나타났다. 특히, 기존 지방소멸지표에서는 보이지 않았던 상권 활성화 지역들이 높은 활력을 갖는 것으로 나타나, 이는 지역 경제의 기반을 이루는 소비경제의 활력 및 침체를 보다 명확하게 진단할 수 있음을 시사한다. 또한, 광역 지방자치단체 내 읍면동 간 지역활력/소멸정도를 비교하는 지수Ⅲ을 통해, 신도시와 신시가지가 구도심에 비해 전반적으로 높은 활력을 갖음을 확인하였다. 특히, 상업, 산업, 주거가 유기적으로 연결된 지역에서 활력이 두드러졌으며, 지역별 개발 목적에 따라 활력 차이가 나타났다.

정부는 2022년부터 10년간 지방소멸대응 사업을 추진하고 있다. 이 사업은 지역이 자체적으로 전략과 투자계획을 수립하는 상향식 지원 방식으로 운영되며, 각 지역은 인구 감소를 면밀히 분석하고 특화 자원을 활용한 차별화된 계획을 수립해야 한다(대한민국 정책브리핑, 2022). 그러나 정책이 급하게 도입되면서 지자체가 차별화된 사업계획을 수립하는 데 어려움을 겪고 있으며(박성남 외, 2023; 류영아, 2022), 지역의 공간적 특색을 충분히 반영하지 못해 인구 유입 성과도 미흡한 실정이다(이원도 외, 2023; 임태경, 2024).

이에 본 연구는 미시적 공간 단위에서 지역 내 경제 불균형을 진단하고, 읍면동 및 시군구의 특성과 상황에 적합한 대응 방안을 마련할 수 있을 것이다. 또한, 정책 목표에 맞춰 적절한 투입 요소를 선택해 지방소멸 위기에 대응하는 전략과 투자계획을 수립

할 수 있고, 벤치마킹이 가능한 타 지자체를 확인하는 데 유용한 기초자료가 될 것으로 기대된다.

본 연구는 ‘소비’ 부문을 포함한 지역활력/소멸지수를 제시하였으나, 민간 데이터 확보의 어려움과 전국적 상권 데이터 부족으로 인해 ‘야간 조명강도’, ‘경제총조사 매출액 데이터’, ‘전력데이터’를 대리변수로 사용하여 소비 부문의 활력을 측정하였다. 향후 연구에서는 본 논문에서 사용되는 대리변수 외에도 유동인구, 관광객 데이터를 추가하여 실제 소비 활동을 더욱 정확하게 반영할 계획이다. 또한, 지역의 공간적 매력도를 평가할 수 있는 ‘지역 생활 어메티지 지수’를 추가한 지역활력/소멸지수를 제시함으로써, 공간적 매력도 변화에 따른 지역 발전을 수치화할 수 있을 것이다. 마지막으로, 본 연구에서 산출한 지역활력/소멸지수 I는 인구, 생산, 소비 지표를 동일한 가중치로 합산하여 계산하였으나, 이에 대한 합리적 근거를 제시하지 못하였다. 따라서 향후 연구에서는 지표의 산술평균방식으로 지역의 활력을 평가할 때, 구성지표의 가중치를 보다 합리적으로 설정하기 위한 충분한 논의가 필요할 것으로 보인다.

## 참고문헌

- 고문익·김결(2021a), “한국의 지방소멸위험에 대한 설명인자 연구”, 『한국도시지리학회지』, 24(1): 17~27.
- 고문익·김결(2021b), “한국 지방소멸위험의 공간분포 변화분석”, 『한국지도학회지』, 21(1): 65~74.
- 김민욱(2024.6.25), “MZ 핫플 광안리 상권 임대료, 해운대 추월”, KNN.
- 김상근·강명길(2024), “인구감소 지역의 지방소멸 대응 전략 반응 연구”, 『대한부동산학회지』, 72: 261~277.
- 김정진·여옥경(2024), “농촌 군(읍·면)의 지방소멸 지표 비교분석을 통한 소멸지역 도출 연구”, 『도시재생』, 10(1): 98~111.
- 김정아·천상현(2020), “야간 조명 인공위성 데이터를 활용한 북한의 개발현황과 변화 고찰”, 『국토계획』, 55(6): 99~109.
- 김정엽(2024.3.4), “작년에 1500만명 왔다. 전주 한옥마을 관광객 역대 최대”, 조선일보.
- 김태웅(2000), “DEA모형을 이용한 공공기관 효율성 분석에 관한 사례연구: 일선우체국을 중심으로”, 『재무관리논총』, 6(1): 47~65.
- 대한민국 정책브리핑(2022.2.8), “연 1조원 지방소멸 대응기금, 인구감소 지역에 10년간 집중 투자”, 세종: 행정안전부.
- 류영아(2022), “지방소멸대응기금의 도입 현황 및 향후 발전방안”, 『지방세논집』, 9(2): 1~23.
- 민보경·박민진(2018), “신도시의 세대별 주거이동 패턴 분석: 분당과 일산을 중심으로”, 『GRI 연구논총』, 20(4): 47~68.
- 민보경·변미리(2017), “서울인구 어떻게 이동하고 있는가?: 전출입이동의 공간 분석과 유형화”, 『서울도시연구』, 18(4): 85~102.
- 박동선·이영은·김호창(2018), “LH형 도시재생사업 진단 지표 및 체크리스트 개발”, 『LHI Journal』, 9(2): 1~7.
- 박만희(2008), 『효율성과 생산성 분석, 경기』, 파주: 한국학술정보.
- 박성남·류수연·최가운(2023), “인구감소지역 군집분석에 따른 군집별 대응방향”, 『도시설계』, 24(4): 39~52.
- 박순봉(2022.11.13), “지방소멸에서 지역소멸로 전국 59곳 위기, 수도권도 예외 아니다”, 경향신문.
- 배세영(2021), “자료포락분석(DEA)을 이용한 우리나라 서비스산업의 효율성과 결정요인 분석”, 『디지털융복합연구』, 19(10): 339~348.
- 성남시사편찬위원회(2014), 『성남시사 40년사 보급판: 성남의 역사와 문화』, 성남: 성남시사편찬위원회.
- 송미령·성주인·심재현·민경찬·김민석·손경민·유서영·이진(2022), “2022 지역발전지수(RDI)”, 『KREI 농정포커스』, 212: 1~25.
- 유재국(2021), 『코로나19 유행기의 국내 업종별 전기사용량 현황과 시사점』, 서울: 국회입법조사처.
- 유한별·탁근주·문정승(2021), “한국 지방소멸 요인과 극복 방안에 관한 연구: 머신러닝 방법을 통한 탐색”, 『지방정부연구』, 24(4): 443~476.

22. 이동수·조택희·김연준(2024), “지역소멸지수에 대한 고찰: 지역소멸지수는 지역공동화 현상을 설명하는가?», 「지방정부연구」, 28(3): 75~97.
23. 이동엽·천상현·성현곤(2020), “복합 엔터테인먼트 쇼핑센터 출점이 인접한 소매상권에 어떠한 영향을 주는가?: 고용시 원마운트와 스타필드를 중심으로”, 「국토계획」, 55(5): 70~82.
24. 이민주·김슬기·김의준(2023), “지방소멸 위기지역 유형화와 특성 분석”, 「도시연구」, 23: 93~137.
25. 이보경·이영주·홍사흠·박미선·오창화(2021), “주택 공급에 따른 인구이동 분석모형 개발 및 활용방안 연구», 세종: 국토연구원.
26. 이상호(2016), “한국의 지방소멸에 관한 7가지 분석”, 「지역고용동향심층분석: 지역고용동향브리프」, 1~17.
27. 이영주·임은선·정우성(2022), “지역 경제 모니터링을 위한 활력 지수 개발», 세종: 국토연구원.
28. 이원도·유수동·김영룡(2023), “인구감소 위기 대응을 위한 지역활력의 시계열 변동성 분석”, 「지방행정연구」, 37(1): 251~279.
29. 이정은·박윤미·김민주(2023), “한국형 축소도시의 정의와 진단: 축소도시, 쇠퇴도시, 지방소멸 관련 문헌 고찰을 중심으로”, 「국토연구」, 119: 3~29.
30. 임재빈·정기성(2021), “지역별 수도권으로의 인구 유출에 영향을 미치는 요인 연구: 부산시 사례를 중심으로”, 「LHI Journal」, 12(2): 47~59.
31. 임태경(2024), “인구감소지역내 생활인구 유입에 영향을 미치는 요인에 관한 연구: 지방소멸대응기금 재정지출 효과를 중심으로”, 「지방정부연구」, 28(2): 87~109.
32. 장문현(2022), “지방소멸에 대응한 농촌지역 재생 진단 모델의 탐색적 연구», 「한국지역지리학회지」, 28(1): 11~23.
33. 장문현(2023), “지방소멸 위기에 따른 인구감소지역의 유형화 연구», 「국토지리학회지」, 57(1): 11~22.
34. 정성호(2019), “지방소멸론에 대한 비판적 검토», 「지역사회학」, 20(3): 5~28.
35. 정승용·임종빈·정선양(2017), “중소기업의 기술수준과 R&D 투자역량에 따른 정부 보조금 지원효과 분석», 「산업혁신연구」, 33(1): 65~85.
- Jung, S., J. Im, and S. Chung (2017), “Analysis of the Effects of Government R&D Subsidies Depending on SME Technology Level and R&D Investment Capability”, *Journal of Industrial Innovation*, 33(1): 65~85. (in Korean)
36. 정철모·고선하(2002), “지방도시의 구도심 활성화 정책 개선방안에 관한 연구», 「지역사회발전학회논문집」, 27(2): 23~36.
37. 주희선·이경민·정창무(2014), “DEA를 활용한 도시 공공서비스 효율성 분석: 서울시 공공도서관을 중심으로», 「서울도시연구」, 15(2): 131~149.
38. 진현권(2024.1.29), “연천·가평·양평·여주·동두천·포천 인구 소멸 위험, 노인 비중», 뉴스1.
39. 채지민·임승빈(2023), “지방소멸 위기에 빠진 기초 지방정부의 지방소생지수 지표개발과 정책대안에 관한 연구», 「국토지리학회지」, 57(3): 255~276.
40. 최막중·박혜민·손새나(2012), “엔터테인먼트형 복합 상업시설이 광역적·국지적 상권 구조에 미치는 영향», 「도시설계」, 13(3): 93~107.
41. 최예술(2021), “지방 중소도시의 유출인구 직종 특성 분석», 「국토연구」, 108: 3~18.
42. 통계청(2023), “KOSTAT 통계플러스 2023년 봄호», 대전.  
Statistics Korea (2023), “KOSTAT Statistics Plus Vol. 21 2023.3. Spring”, Daejeon.
43. 한만혁(2023.10.4), “예비창업자를 위한 생활업종 통계 지역별·업종별 정보 한눈에», 동아닷컴.
44. 허문구(2022), “K-지방소멸지수 개발과 정책과제: 지역경제 선순환 메커니즘을 중심으로», 「월간 KIET 산업경제」, 289: 42~57.
45. 허용호·이창수·김찬수(2024), “지방소멸위험에 따른 도시 유형화 및 유형별 특성 분석», 「국토연구」, 121: 73~90.
46. 홍진기(2017), “제4차 산업혁명과 노후 산업단지의 혁신역량 강화», 「논단: 제4차 산업혁명과 산업단지의 대응」, 66: 12~20.
47. Park, Y. M. and Kwan, M. P. (2018), “Beyond Residential Segregation: A Spatiotemporal Approach to Examining Multi-Contextual Segregation”, *Computers, Environment and Urban System*, 71: 98~108.
48. 전력데이터 개방 포털시스템, “산업분류-법정동별 전력사용량», 2024.2.23 읽음. <https://bigdata.kepco.co.kr/cmsmain.do>.  
KEPCO, “Power Consumption by Industry Classification and Legal-Dong”, Accessed February 23,



2024. <https://bigdata.kepcoco.kr/cmsmain.do>. (in Korean)
49. 통계청(2019), “소상공인현황”. [https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?id\\_x\\_cd=1198](https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?id_x_cd=1198).
  50. KOSIS, “시군단위 지역 내 총 생산”, 2024.2.23a 읽음. [https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?sso=ok&returnurl=https%3A%2F%2Fkosis.kr%3A443%2FstatHtml%2FstatHtml.do%3FtblId%3DDT\\_GRDP002%26orgId%3D210%26](https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?sso=ok&returnurl=https%3A%2F%2Fkosis.kr%3A443%2FstatHtml%2FstatHtml.do%3FtblId%3DDT_GRDP002%26orgId%3D210%26).  
KOSIS, “GRDP”, Accessed February 23, 2024a. [https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?sso=ok&returnurl=https%3A%2F%2Fkosis.kr%3A443%2FstatHtml%2FstatHtml.do%3FtblId%3DDT\\_GRDP002%26orgId%3D210%26](https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?sso=ok&returnurl=https%3A%2F%2Fkosis.kr%3A443%2FstatHtml%2FstatHtml.do%3FtblId%3DDT_GRDP002%26orgId%3D210%26). (in Korean)
  51. KOSIS, “인구총조사 거처의 종류별 가구”, 2024.2.23b 읽음. [https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?sso=ok&returnurl=https%3A%2F%2Fkosis.kr%3A443%2FstatHtml%2FstatHtml.do%3Flist\\_id%3DA12\\_2015\\_1\\_10\\_10%26obj\\_var\\_id%3D%26seqNo%3D%26query%3D%EC%9D%BC%EB%B0%98%EA%B0%80%EA%B5%AC%26tblId%3DDT\\_1JC1502%26vw\\_cd%3DMT\\_ZTITITLE%26language%3Dkor%26orgId%3D101%26conn\\_path%3DMT\\_ZTITITLE%26itm\\_id%3D%26lang\\_mode%3Dko%26](https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?sso=ok&returnurl=https%3A%2F%2Fkosis.kr%3A443%2FstatHtml%2FstatHtml.do%3Flist_id%3DA12_2015_1_10_10%26obj_var_id%3D%26seqNo%3D%26query%3D%EC%9D%BC%EB%B0%98%EA%B0%80%EA%B5%AC%26tblId%3DDT_1JC1502%26vw_cd%3DMT_ZTITITLE%26language%3Dkor%26orgId%3D101%26conn_path%3DMT_ZTITITLE%26itm_id%3D%26lang_mode%3Dko%26).  
KOSIS, “Population Census\_Households by Type of Occupancy”, Accessed February 23, 2024b. [https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?sso=ok&returnurl=https%3A%2F%2Fkosis.kr%3A443%2FstatHtml%2FstatHtml.do%3Flist\\_id%3DA12\\_2015\\_1\\_10\\_10%26obj\\_var\\_id%3D%26seqNo%3D%26query%3D%EC%9D%BC%EB%B0%98%EA%B0%80%EA%B5%AC%26tblId%3DDT\\_1JC1502%26vw\\_cd%3DMT\\_ZTITITLE%26language%3Dkor%26orgId%3D101%26conn\\_path%3DMT\\_ZTITITLE%26itm\\_id%3D%26lang\\_mode%3Dko%26](https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?sso=ok&returnurl=https%3A%2F%2Fkosis.kr%3A443%2FstatHtml%2FstatHtml.do%3Flist_id%3DA12_2015_1_10_10%26obj_var_id%3D%26seqNo%3D%26query%3D%EC%9D%BC%EB%B0%98%EA%B0%80%EA%B5%AC%26tblId%3DDT_1JC1502%26vw_cd%3DMT_ZTITITLE%26language%3Dkor%26orgId%3D101%26conn_path%3DMT_ZTITITLE%26itm_id%3D%26lang_mode%3Dko%26). (in Korean)
  52. KOSIS, “행정구역(읍면동)별/5세별 주민등록인구”, 2024.2.23c 읽음. [https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?sso=ok&returnurl=https%3A%2F%2Fkosis.kr%3A443%2FstatHtml%2FstatHtml.do%3Fconn\\_path%3DI2%26tblId%3DDT\\_1B04005N%26orgId%3D101%26](https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?sso=ok&returnurl=https%3A%2F%2Fkosis.kr%3A443%2FstatHtml%2FstatHtml.do%3Fconn_path%3DI2%26tblId%3DDT_1B04005N%26orgId%3D101%26).  
KOSIS, “Resident Registration Population by Administrative District (Eup/Myeon/Dong) and 5-Year Age Group”, Accessed February 23, 2024c. [https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?sso=ok&returnurl=https%3A%2F%2Fkosis.kr%3A443%2FstatHtml%2FstatHtml.do%3Fconn\\_path%3DI2%26tblId%3DDT\\_1B04005N%26orgId%3D101%26](https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?sso=ok&returnurl=https%3A%2F%2Fkosis.kr%3A443%2FstatHtml%2FstatHtml.do%3Fconn_path%3DI2%26tblId%3DDT_1B04005N%26orgId%3D101%26). (in Korean)
  53. MDIS, “경제총조사”, 2024.2.23a 읽음. [https://mdis.kostat.go.kr/dwnlSvc/ofrSurvSearch.do?curMenuNo=UI\\_POR\\_P9240#](https://mdis.kostat.go.kr/dwnlSvc/ofrSurvSearch.do?curMenuNo=UI_POR_P9240#).  
MDIS, “Economic Census”, Accessed February 23, 2024a. [https://mdis.kostat.go.kr/dwnlSvc/ofrSurvSearch.do?curMenuNo=UI\\_POR\\_P9240#](https://mdis.kostat.go.kr/dwnlSvc/ofrSurvSearch.do?curMenuNo=UI_POR_P9240#). (in Korean)
  54. MDIS, “국내인구통계”, 2024.2.23b 읽음. [https://mdis.kostat.go.kr/dwnlSvc/ofrSurvSearch.do?curMenuNo=UI\\_POR\\_P9240#](https://mdis.kostat.go.kr/dwnlSvc/ofrSurvSearch.do?curMenuNo=UI_POR_P9240#).  
MDIS, “Domestic Migration Statistics”, Accessed February 23, 2024b. [https://mdis.kostat.go.kr/dwnlSvc/ofrSurvSearch.do?curMenuNo=UI\\_POR\\_P9240#](https://mdis.kostat.go.kr/dwnlSvc/ofrSurvSearch.do?curMenuNo=UI_POR_P9240#). (in Korean)
  55. MDIS, “인구주택총조사\_패널데이터”, 2024.2.23c 읽음. [https://mdis.kostat.go.kr/dwnlSvc/ofrSurvSearch.do?curMenuNo=UI\\_POR\\_P9240#](https://mdis.kostat.go.kr/dwnlSvc/ofrSurvSearch.do?curMenuNo=UI_POR_P9240#).  
MDIS, “Population and Housing Census”, Accessed February 23, 2024c. [https://mdis.kostat.go.kr/dwnlSvc/ofrSurvSearch.do?curMenuNo=UI\\_POR\\_P9240#](https://mdis.kostat.go.kr/dwnlSvc/ofrSurvSearch.do?curMenuNo=UI_POR_P9240#). (in Korean)
  56. MDIS, “전국사업체조사”, 2024.2.23d 읽음. [https://mdis.kostat.go.kr/dwnlSvc/ofrSurvSearch.do?curMenuNo=UI\\_POR\\_P9240#](https://mdis.kostat.go.kr/dwnlSvc/ofrSurvSearch.do?curMenuNo=UI_POR_P9240#).  
MDIS, “National Business Establishment Survey”, Accessed February 23, 2024d. [https://mdis.kostat.go.kr/dwnlSvc/ofrSurvSearch.do?curMenuNo=UI\\_POR\\_P9240#](https://mdis.kostat.go.kr/dwnlSvc/ofrSurvSearch.do?curMenuNo=UI_POR_P9240#). (in Korean)
  57. Earth Observation Group, “VIIRS (Annual VNL V2)”, Accessed February 23, 2024. [https://eogdata.mines.edu/products/vnl/#annual\\_v2](https://eogdata.mines.edu/products/vnl/#annual_v2).
  58. KICOX, “National And Regional Map of Industrial Complex”, Accessed January 6, 2024. <https://www.kicox.or.kr/home/mwrc/mwrcSigtc/policyRsrch/fdrmpblict/fdrmpblict04.jsp>.



## 요 약

국내 지방소멸 현상은 수도권과 비수도권 간 경제적 격차에서 비롯되었으나, 최근에는 수도권 내부에서도 인구 및 산업의 불균형이 심화되며 지역소멸 현상으로 확장되고 있다. 이는 지방소멸이 단순히 권역 간 격차에 국한된 문제가 아니라, 광역권 내부, 나아가 지역 내 구도심과 신도심 간 등 다층적인 공간 단위에서 발생하고 있음을 보여준다. 따라서 지역소멸은 단일한 공간경제학적 현상이라기보다, 다차원적 공간 구조에서 나타나는 현상으로 이해할 필요가 있다. 본 연구는 인구, 생산, 소비 부문의 장기적 변화를 반영하여 지역의 소멸 위험을 조기에 진단할 수 있는 지역활력지수(Local Vitality Index)를 개발하였다. 이 지수는 미시적 수준에서 지역 간 활력 격차를 파악하고, 자료 포락분석을 활용해 토지 면적, 세수 등 투입 요소에 대비한 산출 요소의 상대적 효율성을 분석함으로써, 지역 간 상대적 위험 수준을 평가한다. 특히, 지수 구성에 지역 내 소비 패턴을 반영함으로써 지역경제 활력 요소를 포착하고자 하였다. 또한 지방소득세와 토지 면적을 투입 요소로 활용하여 동일 권역 내 기초지자체 간의 구조적 격차를 정밀하게 측정함으로써, 활력 수준의 과대·과소 평가 문제를 보완하였다. 이러한 분석은 지방소멸 위험 진단의 정확성을 높이는 동시에, 각 지역의 특성과 여건을 반영한 맞춤형 정책 설계를 위한 기초자료로 활용될 수 있다.

**주제어:** 지역소멸, 인구소멸, 지역활력, 구도심 쇠퇴, 자료포락분석



## 아파트 역전세가 전세보증사고에 미치는 영향에 관한 연구

## A Study on the Impact of Apartment Reverse Chonsei on Chonsei Guarantee Accidents

김성찬\* · 성주한\*\*

Sung-Chan Kim\* · Joo-Han Sung\*\*

## Abstract

Chonsei prices peaked in 2021 and have steadily declined, reaching a low point in 2023. This triggered a reverse chonsei phenomenon, where landlords were unable to return deposits to tenants, resulting in a surge of chonseideposit defaults. This study examines how the recent reverse chonsei phenomenon in the apartment market affects the defaults of chonsei deposit. For empirical analysis, we employ panel data from 100 local administrative units (si/gun/gu), spanning 17 months from August 2022 to December 2023. We first conduct the Hausman test to determine whether the fixed effects or random effects model is more appropriate for the analysis. Seven regions within the metropolitan area with frequent chonsei guarantee accidents were selected, and empirical analysis was conducted using the Hausman-Taylor estimator. We find that reverse chonsei leads to an increase in the amount, number, and ratio of chonsei guarantee accidents, driven by a rise in leasehold right registration orders. In particular, the following areas exhibit high sensitivity to chonsei guarantee accidents: Gwangju-si, Gyeonggi-do, Michuhol-gu, Incheon; Namdong-gu, Incheon; and Bupyeong-gu, Incheon. The sharp decline in chonsei prices in 2023 led to a reverse chonsei phenomenon, resulting in widespread cases of tenants being unable to recover their chonsei deposits. Accordingly, this study provides policy implications for preventing and mitigating chonsei guarantee accidents by analyzing the impact of apartment reverse chonsei on their occurrence.

**Keywords:** Reverse Chonsei, Chonsei Guarantee Accidents, Fixed Effect Model, Hausman Taylor Estimator Method

## 1. 서론

## 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 전세가격의 급격한 하락으로 인하여 역전세가 발생하여 전세보증금을 돌려받지 못하는 임차인이 대거 발생하고 있다. 2024년 3월 18일 매일경제신문 기사(김유신, 2024)에 따르면 집주인으로부터

보증금을 계약만기 시점에 돌려받지 못하여 주택도시보증공사(HUG)에 신고된 전세보증사고액이 두 달 만에 1조 원에 달하는 것으로 나타났다. 이러한 전세보증사고액이 2023년 기준 누적 4조 원이 넘는 가운데 2024년에는 사고 발생 속도가 갈수록 빨라지고 있는 것으로 파악되었다. 이로 인해 주택도시보증공사(HUG)의 보증 여력이 소진될 우려가 나오는

\*건국대학교 대학원 부동산학과 석사과정(주저자: ksc95350793@gmail.com)

\*\*창신대학교 부동산경영학과 조교수(교신저자: didier09@cs.ac.kr)

것이 현 실정이다. 최근 경기침체로 인해 전세가격이 하락하게 되면서 역전세 현상이 발생하였고, 이로 인해 임대인이 전세보증금을 갚지 못하는 전세보증사고가 발생하는 것으로 보인다.

성주한(2024)의 연구에 의하면, 서울과 경기, 인천을 포함한 수도권에서 코로나 팬데믹(COVID-19)이 발생한 2020년에는 통화량의 증가와 저금리 정책으로 인해 전세가격이 상승하면서 역전세가 나타난 지역이 줄어들기 시작하였다. 특히 2020년 상반기 기준을 역전세가 나타난 지역은 27개였으나, 2020년 하반기에 전월세상한제·계약갱신청구권제·전월세신고제를 바탕으로 하는 임대차 3법이 적용되었고, 아파트 전세가격이 크게 증가하면서 역전세가 발생한 지역이 7개 지역으로 크게 감소하였다. 이후 2021년에는 아파트 전세가격이 더 상승하게 되면서 역전세가 발생한 지역이 거의 없는 것으로 판단되었다. 이는 아파트 전세가격이 2021년에 들어서 정점에 도달한 것이 반영된 것이라 할 수 있다. 이후 2022년부터 우크라이나 러시아 전쟁이 발생하면서 고물가·고금리의 시대가 도래하여 아파트 전세가격이 점차 하락하게 되었고, 이로 인하여 역전세가 발생한 지역이 7개의 지역으로 파악되었다. 2022년 우크라이나 러시아 전쟁의 영향으로 인한 높은 원자재 가격과 지속적인 경기의 침체로 인해 아파트 전세가격이 크게 감소하였던 2023년에는 수도권 58개의 지역에서 역전세가 발생한 것으로 나타났다. 이는 서울, 경기, 인천지역과는 상관없이 거의 모두 발생한 것으로 파악되었다.

이에 본 연구는 임대인이 아파트의 역전세로 인해 임차인에게 전세보증금을 갚지 못해 나타나는 전세보증사고에 어떠한 영향을 미치는지에 대해서 살펴보고, 이를 통해 전세보증사고율 감소와 전세보증사고 예방을 위한 토대를 마련하고자 한다.

## 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 시간적 범위로 2022년 8월부터 2023년 12월까지 17개의 월별 시계열 자료와 공간적 범위로서 100개의 시군구 자료를 통하여 아파트의 역전세가 전세보증사고에 미치는 영향에 관한 연구를 진행하였다.

본 연구의 분석을 위하여 사용한 자료로는 횡단면 데이터와 시계열 데이터 모두가 결합된 균형 패널 데이터(Balanced panel data)를 이용하여, 3단계 방법론을 적용하였다. 1단계에서는 하우스만 검정(Hausman test)을 실시하여 고정효과모형 또는 확률효과모형 두 개의 모형에 대한 체계적 차이를 살펴보았다. 2단계에서는 1단계의 결과를 바탕으로 고정효과모형 또는 확률효과모형 중에서 가장 적합한 모형 하나를 하우스만 검정을 통해 선택하였다. 마지막으로 3단계에서는 본 연구의 실증분석 결과로 선택된 고정효과모형을 통해 패널회귀모형을 제시하였다.

고정효과모형은 시간불변(고정) 회귀변수가 추정 불가능하지만, 내생성 문제를 완화하는데 반해, 확률효과모형은 시간불변(고정) 회귀변수가 추정 가능하다. 따라서 고정효과모형을 사용함으로써 추정하지 못했던 시간불변(고정) 회귀변수에 대해 하우스만 테일러를 사용하여 역전세가 많이 발생한 지역에 대해서 추가적으로 분석을 진행하였다. 여기서 하우스만 테일러 모형은 시간불변(고정) 회귀변수와 시간가변(무작위) 회귀변수가 모두 있는 경우 패널회귀모형의 내생성 문제를 해결하기 위해 계량경제학에서 사용되는 방법으로서 패널데이터에 대한 표준 도구변수(IV) 접근방식의 확장이다.

## 2. 이론적 근거 및 선행연구 검토

### 2.1 이론적 근거

#### 2.1.1 역전세와 전세보증사고

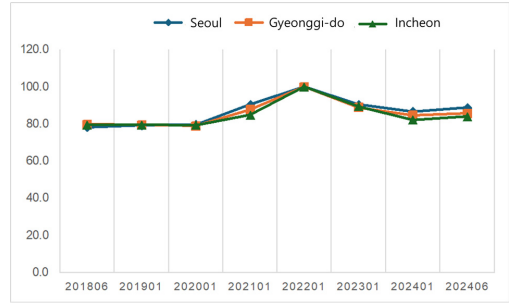
기획재정부(2024)의 시사경제용어사전에 따르

면 역전세는 전세계약 체결시점의 전세가격보다 전세계약 만기시점의 전세가격이 떨어진 상태에서 거래되는 것을 역전세라고 정의하고 있다. 역전세가 발생하게 되면 기존의 세입자에게 반환해야 할 보증금이 새로운 세입자가 들어오더라도 모두 마련되지 않게 되면서 부족한 보증금만큼 임대인에게 부담으로 다가오게 된다.

최근 역전세가 많이 발생하게 된 것에는 다양한 이유가 작용한 것으로 판단된다. 이성원·신승우(2022)의 연구에 따르면 2020년 시행되었던 임대차 3법으로 인해 전세 공급량이 감소하게 되면서 전세가격이 증가하였고, 이러한 현상은 2021년 말까지 지속되었다. 2022년 러시아-우크라이나 전쟁 발발로 인한 물가의 상승과 급격한 기준금리의 인상이 더해져 과거 높게 형성된 전세가격이 하락하게 되면서, 2023년부터 본격적인 역전세 현상이 발생하였다. 성주한(2024)의 연구에서도 수도권 경우 2023년도에 집증적으로 역전세 현상이 발생하였는데, 이는 2021년도에 전세가격이 크게 증가하였던데 있다.

다음 Fig. 1은 수도권 아파트 전세가격지수 추이를 나타낸 것이다. Fig. 1에서 살펴본 바와 같이, 2020년부터 상승하여 높게 형성된 아파트 전세가격이 2022년 이후 지속적으로 하락하게 되면서 2023년부터 역전세 현상이 대거 발생함에 따라 임차인이 보증금을 돌려받지 못하는 전세보증사고가 발생하게 되었다.

전세보증사고는 단순히 개별 임대인의 지급불능 문제를 넘어서, 청년층의 주거 불안정성과 구조적 취약성과도 밀접하게 연관되어 있다. 이현정·남상준(2023)은 전세로 거주하는 청년 부부가구를 대상으로, 수도권과 비수도권 간의 거주환경 수준과 주거비 부담에 현저한 격차가 존재함을 실증적으로 밝혔다. 특히 수도권에서는 높은 주거비 부담에도 불구하고 교통 및 생활 인프라와 같은 거주환경 요인이 청년층의 주거 선택을 유도하고 있으며, 이는 높



**Fig. 1.** Trends in the Metropolitan Area Apartment Chonseil Price Index

Source: KB Real Estate (2024) (in Korean)

**Table 1.** Definition of Chonseil Guarantee Accident

Definition of Chonseil Guarantee Accident	When, during the chonseil contract period, the chonseil property is subject to auction or public sale, and the tenant fails to receive the chonseil deposit after distribution.
	When the tenant (guarantee claimant) does not receive the chonseil deposit without a valid reason within 1 month after the end of the chonseil contract period.

Source: Housing and Urban Guarantee Corporation (2024) (in Korean)

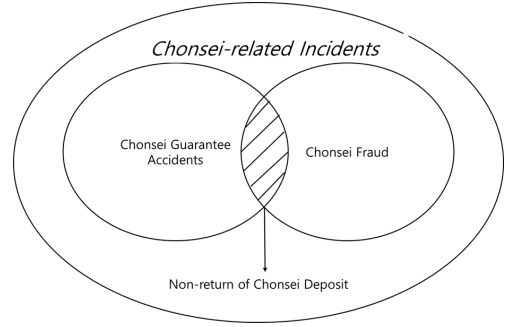
은 전세가의 지속과 더불어 주거비 과부담 현상을 초래하고 있다. 이러한 구조적 부담은 역전세 상황에서 보증사고로 이어질 가능성을 높이는 간접 요인으로 해석될 수 있다.

전세보증사고의 발생은 다음과 같은 상황에 의해 존재한다. 첫째, 전세계약 해지 또는 종료 후 1개월 이내에 정당한 사유 없이 전세보증금을 반환받지 못하는 경우가 있다. 둘째, 전세계약 기간 중 전세물건에 대하여 경매나 공매가 실시되면서 배당 후 전세보증금을 임차인이 반환받지 못한 경우가 이에 해당된다. Table 1에서 전세보증사고의 정의는 주택도시보증공사(HUG)에서 제시한 것이다.

전세보증사고는 부동산 시장의 침체기에서 많이 발생하는 현상으로, 부동산 경기가 침체됨에 따라

계약 체결시의 전세보증금보다 계약 만료시의 전세보증금이 더 떨어지게 될 경우 역전세 현상이 발생하게 된다. 이때 전세보증금을 돌려줄 수 있는 자금이 마련되지 않게 되면서 전세보증금 반환에 어려움이 발생한다. 임차권등기명령은 전세보증금 반환에 어려움이 발생하는 세입자의 우선변제권과 대항력을 지켜주는 제도이다. 임차인에게 전세보증금이 매매가격을 넘어서지 않을 경우 100% 원금회수가 가능하기 때문에 임차권등기명령을 통해 임차권등기를 하게 되고, 이로 인해 강제집행을 통해 전세보증금을 확보할 수 있다. 하지만, 임차인에게 전세보증금이 매매가격을 넘어설 경우 깡통전세에 해당하므로 임차권등기명령을 통해서도 100% 원금회수가 불가능한 상태가 된다.

이러한 전세보증사고는 전세사기와는 극명한 차이가 존재한다고 볼 수 있다. 첫째로, 의도가 어떠한가에 따라 달라질 것이다. 전세보증사고는 역전세로 인해 임대인이 임차인에게 전세보증금을 돌려주지 못하는 데 반해, 전세사기는 임대인이 전세보증금을 돌려줄 수 있음에도 불구하고 임차인에게 악의적으로 돌려주지 못하는 경우가 이에 해당한다. 전세사기의 판단 근거로 국토교통부의 전세사기피해자 지원관리시스템에서는 전세사기피해자등 결정요건으로 임대인이 임차보증금 반환 채무를 이행하지 아니할 의도가 있다고 의심할만한 상당한 이유가 있는 경우를 전세사기로 판단하고 있다. 둘째로, 매매가격과 전세가격 간의 갭(Gap)을 통해 자기자본을 들이지 않고 부동산에 투자하는 겹투자의 경우 부동산 경기가 호황일 경우에는 부동산의 가치가 하락하지 않기 때문에 임대인이 임차인에게 전세보증금을 반환하는 데에 문제가 없지만, 하락하는 시기에는 전세보증금 반환에 문제가 발생하게 된다. 하지만 처음부터 보증금을 돌려주지 못할 리스크를 인지하고 의도적으로 무자본 겹투자를 한 경우가 아니면, 이는 전세사기가 아닌 투자 실패로 귀결되면서 사기죄



**Fig. 2.** The Relationship between the Chonsei Guarantee Accident and the Lease Fraud

Source: Kim (2022) (in Korean)

가 성립하지 않게 된다. 김진유(2022)의 연구에서는 전세사고에는 전세보증사고와 전세사기로 구분되는데, 전세보증사고와 전세사기의 공통점은 전세보증금 미반환이고, 차이점은 전세보증사고는 임대인이 임차인에게 전세보증금을 반환하는데 고의가 개입되지 않는데 반해, 전세사기는 임대인이 임차인에게 전세보증금을 반환하는데 고의가 개입되어 있는 경우를 Fig. 2를 통해 설명하였다.

이러한 한국의 전세보증사고에 대해 세계은행에서도 강하게 지적한 바 있는데, 우리나라에서 전세제도가 발달한 이유는 공식적인 주택금융인 모기지 부재에서 비롯된 것으로, 민간금융으로서 전세보증금이 수요자와 공급자에게 모두 이득이 될 수 있었기 때문이다. 즉, 수요자인 임차인에게는 월세를 내지 않고 한 번의 전세보증금으로 안전성 있게 점유할 수 있는 상황을 만들어 준다는데 의미가 있고, 공급자인 임대인에게는 임차인에게 전세보증금을 받아 목돈을 마련함으로써 다른 투자처로 투자할 수 있는 자금을 마련해준다는데 의미가 있다. 하지만 이와 같은 전세제도는 전세가격이 지속적으로 상승되어야 유지될 수 있는 제도이며, 전세가격이 지속적으로 상승되지 않는 경우에는 근본적으로 보증금을 반환받지 못하는 위험(Default risk)이 존재하는 제도라고 평가하였다(World Bank, 1986).



### 2.1.2 전세보증사고로 인한 보증금반환 방법

전세보증사고는 임대인과 임차인의 임대차계약에 기초한 임대보증금을 계약만료시 임대인이 전세보증금 지급을 임차인에게 이행하지 않는 것을 말한다. 앞에서 설명한 바와 같이, 전세보증사고는 역전세 현상에 의해서 나타난다고 언급하였다.

이러한 전세보증사고 발생에 따른 보증금반환을 위한 방법은 두 가지가 있다. 첫 번째, 전세보증금반환 보증보험에 가입하지 않은 경우 개인적인 임차권 등기명령을 통한 보증금 반환 방법이 있다. 두 번째, 공공기관에서 전세보증보험제도를 이용한 보증금 반환 방법이 있다. 임차인이 공공기관의 전세보증금 반환 보증보험에 가입한 경우 임차권등기명령을 마친 후 이행청구하는 경우가 있다. 임차권등기명령을 마친 후 전세보증금반환에 대한 이행청구는 임차인이 주택임차권등기명령 결정문<sup>1)</sup>을 공공기관(서울보증보험(SGI)과 주택도시보증공사(HUG), 한국주택금융공사(HF))에 제출하는 경우에 임차인의 이행청구와 공공기관의 심사가 가능하며, 등기가 보증금 수령 이전까지 완료되어야 한다. 다만, 전세계약 기간 중 전세물건에 대하여 경매나 공매가 실시되면서 배당 후 전세보증금을 임차인이 반환받지 못할 때, 배당표 등 전세보증금 미수령액을 증명하는 서류의 제출을 통해 이행청구를 하여야 한다.

임차권등기명령은 전세보증금반환 보증보험의 가입조건에 해당되지 않거나 가입조건에 해당된다 하더라도 가입하지 않은 경우, 보험금 지급을 받지 못하는 임차인들이 행할 수 있는 기본적인 행위라고 할 수 있다. 하지만, 임차권등기명령은 점유를 하고 있는 상태에서 임차권등기명령 신청을 할 수 있기 때문에 전세보증금을 받지 못한 상태에서 이전 임대

차계약 만료 전 이사하는 주택의 임대인과 임대차계약을 할 경우 새로 계약한 임대차계약에서 전세보증금에 대한 잔금을 주지 못하고 계약금을 날리는 경우가 비일비재하고 있다. 이로 인해 전세보증금반환 보증보험이 전세보증사고의 피해를 줄여주는데 매우 큰 도움을 주고 있다. 그 이유는 전세보증금반환 보증보험을 통해서 임대인에 대한 임차인의 전세보증금 채권에 대한 리스크를 해결해줄 수 있기 때문이다. 이러한 전세보증금반환 보증보험은 서울보증보험(SGI)과 주택도시보증공사(HUG), 한국주택금융공사(HF)에서 신청이 가능하다. 하지만, 이들 기관에서 전세보증금반환 보증보험의 가입대상과 보증금액, 보증한도, 보증료, 신청기한에서 다르게 나타남에 따라 주의를 할 필요가 있다. Table 2는 서울보증보험(SGI)과 주택도시보증공사(HUG), 한국주택금융공사(HF)의 전세보증금반환 보증보험을 비교한 것이다. 특히, 본 연구를 위한 전세보증사고에 대한 통계 수치는 임차인이 임차권등기명령을 신청하고, 공공기관이 전세보증보험을 임차인에게 반환해줄 때 확인이 가능한 것이다.

## 2.2 선행연구 검토 및 선행연구와의 차별성

### 2.2.1 선행연구 검토

본 연구는 아파트 역전세가 전세보증사고에 미치는 영향에 관한 연구로 선행연구로는 다음과 같다.

오주한·최열(2017)은 전세자금대출 사고발생의 종속변수에 양(+)의 영향을 주는 독립변수는 실업률, 주택전세가격지수, 부도율로 나타났다. 주택전세가격이 전월 대비 증가할때 전세자금대출 사고발생이 증가하였으며, 부도율과 실업률이 증가할 경우에는 가구별 가처분소득이 감소하게 되면서 사고발

1) 주택임차권등기명령 결정문이란 임대차계약에 따라 적법하게 주거를 점유하고 있음을 공적으로 증명해주는 것으로, 임차인의 신청에 따라 법원이 임차권을 등기부에 기재하도록 명령하는 문서를 의미한다. 주택임차권등기명령 결정문은 임대차계약이 종료되었음에도 불구하고 임대인이 전세보증금을 반환하지 않는 경우, 임차인의 임대차에 대한 권리의 법적 보호와 임대인과의 분쟁을 예방하기 위해 사용된다. 따라서 주택임차권등기명령 결정문은 임차인의 권리를 보호하고 주거 안정성을 높인다.

**Table 2.** Comparison of Deposit Return Guarantee Insurance

Category	SGI Chonsei Guarantee	HUG Chonsei Guarantee	HF Chonsei Guarantee
Eligible Properties	Apartments and houses	Detached houses, multiplex, row houses, senior housing, officetels, apartments	Apartments and houses priced under 1.2 billion KRW
Guarantee Limit	Unlimited for apartments; under 1 billion KRW for other homes	Up to 700 million KRW in the capital area; up to 500 million KRW in other regions	Up to 700 million KRW in Seoul/Gyeonggi/Incheon; up to 500 million KRW elsewhere
Guarantee Coverage	Full chonsei deposit listed in lease contract - first-priority collateral	90% of appraised home value - first-priority collateral	90% of home value - first-priority collateral
Premium Rate	0.183% per year for apartments 0.208% per year for other housing types	0.115%-0.154% per year depending on housing type, deposit, and debt ratio	0.02%-0.04% per year depending on household income bracket
Application Period	Before half of the chonsei contract period has elapsed		

Source: Housing and Urban Guarantee Corporation (2024), SGI Seoul Guarantee (2024), Korea Housing Finance Corporation (2024) (in Korean)

생도 증가하는 것으로 나타났다.

김은미·김시연(2019)은 VECM 분석을 거시경제 변수가 전세보증사고에 어떤 영향을 미치는지 분석하였는데, 분석 결과 장기적으로 소비자물가지수가 전세보증금반환 보증사고 건수에 대해 가장 큰 영향을 미치며, 단기에는 전세보증금반환보증 사고 건수의 자체적인 변화와 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다. 소비자물가지수의 상승은 실질소득이 감소하는 것을 의미하며, 실질소득 감소로 인해 이자에 대한 부담이 증가하게 된다. 또한 정부의 공급증가 및 부동산 안정화 정책, 경제불황 등으로 인하여 부동산가격이 하락하게 되면서 임대인의 경제적부담이 심리적으로 가중되면 임대인이 계약만료시점에 전세보증금을 임차인에게 반환하지 못하는 사고가 발생하게 되는 것으로 나타났다.

김진유(2022)는 서울시의 실거래를 바탕으로 전세보증사고를 분석하였으며, 분석결과 서울 외곽 지역의 전세가율이 높은 것으로 나타났으며, 전세가율이 높은 고위험 전세가 많을수록 전세보증금 미반환

사고가 발생할 가능성이 높은 것으로 나타났다. 이러한 전세사고는 특정지역에 집중되는 경향을 보이는데, 강서 지역의 일부 구에서는 오피스텔의 전세가율이 상대적으로 낮음에도 불구하고 보증금 미반환 사고가 발생한 반면에 강남, 마포, 송파의 경우 전세가율이 90%를 초과하는 고위험 전세가 있음에도 불구하고 사고율이 낮은 것으로 나타났다.

김성우·정전섭(2023)은 매매가격의 상승하게 될 경우 역전세 발생 가능성을 하락시키는 것으로 나타났으며, 또한 연평균을 웃도는 아파트의 경우 입주하는 역전세를 유발하는 요인으로 분석되었다. 한편, 아파트 미분양이 지역별로 과거의 평균값 이상으로 증가 될 경우에는 역전세가 발생할 확률이 낮아지는 경향을 보였다. 한편 실물경기기의 상태를 나타내는 경기순환 변동치의 경우에는 역전세 발생과 부(-)의 관계를 보여 경제침체기에 역전세 발생될 확률이 증가한 것으로, 시장금리가 인상될 경우 역전세 발생 가능성을 증가되는 것으로 분석되었다.

박진백 외(2023)는 겹투자의 보증금 미반환 위험

에 대하여 분석하였는데, 2020~2021년 저금리 시기 주택가격 상승 기대에 따라 전세보증금을 레버리지로 활용한 갭투자가 전세가격 하락이 시작하고 계약 만기가 도래함에 따라 보증금을 반환하지 못하는 현상을 예측하였다.

박진백(2023)은 매매가격 대비 전세가격의 비율인 전세가율이 높을수록 전세보증사고가 발생 누적 확률이 높아지는 것으로 나타났다. 또한 역전세 발생의 증가로 인하여 임차권등기명령 건수가 증가하는 것으로 나타났다. 이는 즉, 전세가격이 하락하여 역전세가 발생할 경우 계약이 끝나는 시점에서 보증금을 못 돌려받을 가능성이 높아지며, 임차인은 대항력 유지를 위해서 임차권등기명령 신청을 하는 사례가 늘어나는 것으로 분석되었다.

오창섭·서정렬(2023)은 조이혼율, 조혼인율, 1세대 가구수 비율, 다문화 혼인비율, 전라남도 변수가 유의하게 분석되었다. 실증분석에서는 이혼으로 인해 채무불이행과 전세보증사고의 발생 가능성이 높아지고, 혼인을 하면 사고 발생 가능성이 낮아진다고 분석하였으며, 1세대 가구인 부부가구가 이혼하거나 가구가 해체될 경우에는 전세보증사고가 발생할 가능성이 높아지며, 사고율에는 지역 간 차이가 존재한다고 해석하였다.

성주한(2024)은 역전세에 미치는 요인에 관하여 실증분석을 하였는데, 2020년 임대차 3법의 시행으로 전세가격이 상승하여 역전세 현상에 부(-)의 영향을 미쳤으나, 2023년부터 상승하였던 전세가격으로 인하여 역전세 현상이 발생한 것으로 나타났다.

하현주·서성수(2025)의 연구에서는 서울과 경기, 그리고 6대 광역시의 매매가격 대비 전세가격 비율이 높은 고 전세가율 단지 비율과 평균 전세가율이 주택도시보증공사(HUG)의 전세반환보증보험 사고율에 미치는 영향을 회귀분석으로 실증분석하였다. 분석결과 전세가율 단지 비율은 전세보증사고율에 정(+)의 영향을 미치고, 평균 전세가율도 전세

보증사고율에 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

## 2.2.2 선행연구와의 차별성

이에 본 연구와 선행연구와의 차별성은 두 가지로 나누어 볼 수 있다.

첫째, 최근 문제가 되고 있는 아파트 역전세가 전세보증사고에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구로서 부동산특성, 거시경제특성, 역전세특성 세 가지의 특성으로 나누어 살펴볼 수 있다. 우선, 부동산 특성은 그 지역에만 나타나는 특성이고, 거시경제특성은 일반적으로 모든 지역에 영향을 미치는 특성이며, 그리고 다른 지역과 달리 나타나는 역전세특성이 전세보증사고에 미치는 영향을 파악하고자 하는 것이다.

둘째, 전세보증사고가 많이 발생하는 시간불변 외생변수인 수도권 7개 시군구 지역이 전세보증사고에 미치는 영향이 어떠한지를 하우스만-테일러 추정법(Hausman-Taylor estimator method)을 통해 근거를 제시하였다.

## 3. 연구가설과 연구모형

### 3.1 연구가설

본 연구는 아파트 역전세가 전세보증사고에 미치는 영향에 관한 연구로서, Table 3 연구가설과 같이, 부동산특성과 거시경제특성, 역전세특성이 전세보증사고 금액과 전세보증사고 건수, 전세보증사고 비율에 대하여 어떠한 영향을 미치는지에 대하여 살펴보고자 한다.

본 연구의 실증분석에서 역전세 특성으로 사용된 핵심 변수로 아파트 전세가격 2년시차변화율과 임차권등기명령을 사용하였다. 아파트전세가격 2년시차 변화율은 오주환·최열(2017), 박진백(2023)의 연구에서 역전세가 발생할 때 2년전 전세가격대비 현시점

Table 3. Research Hypothesis

Category	Factor (Variable)	Effect	Direction	Prior Studies
Real Estate	Apartment Sale Price (2-Year Lagged Change Rate)	An increase in apartment sale price compared to the time of contract leads to a decrease in guarantee accidents (amount, cases, rate).	Negative (-)	Kim and Chung (2023) (in Korean)
	Chonsei Rate (2-Year Lagged Change Rate)	An increase in the chonsei rate at contract time compared to maturity increases guarantee accidents.	Positive (+)	Kim (2022), Kang and Kim (2024) (in Korean)
	Number of Unsold Apartments	An increase in unsold apartments at maturity increases guarantee accidents.	Positive (+)	Kim and Chung (2023) (in Korean)
Macroeconomic	Corporate Bond Yield	Higher yields at maturity increase guarantee accidents.	Positive (+)	Kim and Kim (2019) (in Korean)
	M2 (Money Supply)	An increase in M2 at maturity reduces guarantee accidents.	Negative (-)	Hypothetical/ Assumed
	Consumer Price Index (CPI)	An increase in CPI at maturity reduces guarantee accidents.	Negative (-)	Kim and Kim (2019) (in Korean)
Reverse Jeonse	Chonsei Price (2-Year Lagged Change Rate)	A rise in chonsei price compared to maturity reduces guarantee accidents.	Negative (-)	Oh and Choi (2017), Park (2023) (in Korean)
	Tenant's Right Registration Orders	An increase in registrations increases guarantee accidents.	Positive (+)	Kang and Kim (2024) (in Korean)

의 전세가격의 변화율이 음수인 경우 역전세가 다수 발생한 것으로 나타났다. 이는 2년전 전세가격이 현 시점 전세가격보다 높을 경우 음(-)의 변화율을 가지는데, 전세가격이 2년전보다 상대적으로 낮다는 것이고 역전세가 발생할 가능성이 높은 것으로 판단하였다. 이를 근거로 2년시차변화율을 제시하여 역전세에 따른 전세보증사고를 살펴보고자 하였다. 임차권등기명령은 본 연구의 종속변수인 전세보증사고에 대한 임차권등기명령이 진행되고, 임차권등기명령이 집행되고 보증이행이 진행되면서 전세보증사고로 인정되기 때문에 임차권등기명령이 증가하게 되면 전세보증사고가 증가하는 것을 가설로 설정하였다.

다음 Table 3에서 연구가설은 각 특성의 요인이 종속변수인 전세보증사고에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 부호와 선행연구자를 보여준다.

3.2 연구모형

본 연구의 모형은 아파트의 역전세가 전세보증사고에 미치는 영향에 관한 연구로서, 부동산특성과 거시경제특성, 역전세특성과 전세보증사고 간의 영향을 살펴본 연구이다. 연구모형은 다음 Fig. 3과 같다.

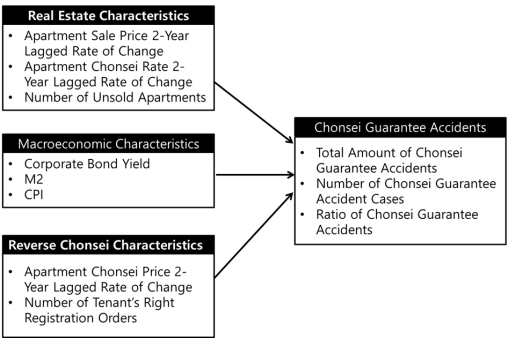


Fig. 3. Research Model

## 4. 실증연구

### 4.1 변수의 정의

본 연구의 분석에 사용된 자료는 전국의 100개 시군구(광역시급, 제주도)를 대상으로 횡단면 자료를 구축하였다. 그리고 시간적 범위로는 2022년 8월부터 2023년 12월까지 17개의 시계열 자료를 구축하여, 이들 모두를 합쳐 패널데이터를 구축해 아파트의 역전세가 전세보증사고에 미치는 영향에 대하여 파악하고자 하였다.<sup>2)</sup> 최종 분석에 사용된 변수로 종속변수는 전세보증사고 금액, 건수, 비율을 제시하였고, 독립변수는 부동산특성으로 아파트 매매가격 2년시차변화율, 아파트전세가격 2년시차변화율, 아파트 미분양수를 제시하였고, 거시경제특성으로 회사채수익률과 통화량(M2), 소비자물가지수를 제시하였으며, 역전세특성으로 아파트 전세가율 2년시차변화율과 임차권등기명령을 변수로 이용하였다. 변수의 정의는 Table 4에서 살펴보면 다음과 같다.

### 4.2 기술통계분석

본 연구에서는 전세보증사고 금액, 전세보증사고 건수, 전세보증사고 비율 각 세 개의 종속변수에 대한 모형을 제시하였고, 사용된 변수들을 바탕으로 기술통계분석을 하였다. 기술통계분석 결과, 전세보증사고 금액의 평균은 28억 7500만원으로 나타났고, 전세보증사고 건수의 평균은 12.796건인 것으로 나타났다. 또한 전세보증사고 비율의 경우 5.610%로 나타났고, 전세보증사고가 발생하지 않은 경우도 존재하여 전세보증사고 변수들의 최솟값이 0으로 나타났다. 이외에 변수들의 기술통계분석은 Table 5를 통해 살펴볼 수 있다.

## 4.3 실증분석 결과

### 4.3.1 실증분석의 흐름도

본 연구에 대한 Fig. 4 실증분석의 흐름도는 하우스만 검증을 통해 고정효과모형과 확률효과모형 두 개의 모형 중 적합한 모형을 선택하는 것이다. 본 연구에서는 하우스만 검정 결과  $\chi^2 = (b - B)'[(V_b - V_B)^{-1}](b - B)$ 에서  $p$ 값이 유의수준 0.05보다 적게 나올 경우 귀무가설 기각으로 고정효과모형을 적용하고,  $p$ 값이 유의수준 0.05보다 크게 나올 경우 귀무가설 채택으로 확률효과모형을 적용하게 된다. 고정효과모형에서는 시간불변 회귀변수 추정이 불가능한 단점이 있지만, 회귀변수의 내생성 문제를 완화할 수 있는 장점이 있다. 반면, 확률효과모형에서는 시간불변 회귀변수를 추정할 수 있는 장점이 있다.

본 연구에서는  $\chi^2$ 통계량 값에 따른  $p$ 값이 유의수준 0.05보다 적게 나오에 따라 고정효과모형을 적용하였다. 하지만, 이러한 고정효과모형은 회귀변수의 내생성 문제를 완화하지만, 시간불변 회귀변수 추정이 불가함에 따라 시간불변 회귀변수를 추정하는 하우스만-테일러 추정을 적용하고자 한다. 하우스만-테일러 추정은 시간불변 회귀변수와 시간가변 회귀변수가 모두 있는 경우 패널데이터 모델의 회귀변수 내생성 문제를 해결하기 위해 사용되는 방법으로, 이는 패널데이터에 대한 도구변수(IV) 접근 방식의 확장이다.

### 4.3.2 하우스만 검정

본 연구의 실증분석은 균형 패널데이터를 통해 3단계의 단계적인 접근법을 적용하여 적합한 모형을 제시하였다. 1단계에서는 고정효과모형과 확률효과모형 두 모형의 체계적 차이를 하우스만 검정

2) 시기를 2022년 8월부터 2023년 12월까지 17개의 시계열 자료를 구축한 이유는 한국부동산원의 사이렌에서 제공하는 전세보증사고(금액, 건수, 비율) 데이터가 2022년 8월부터 제공되었기 때문이다.

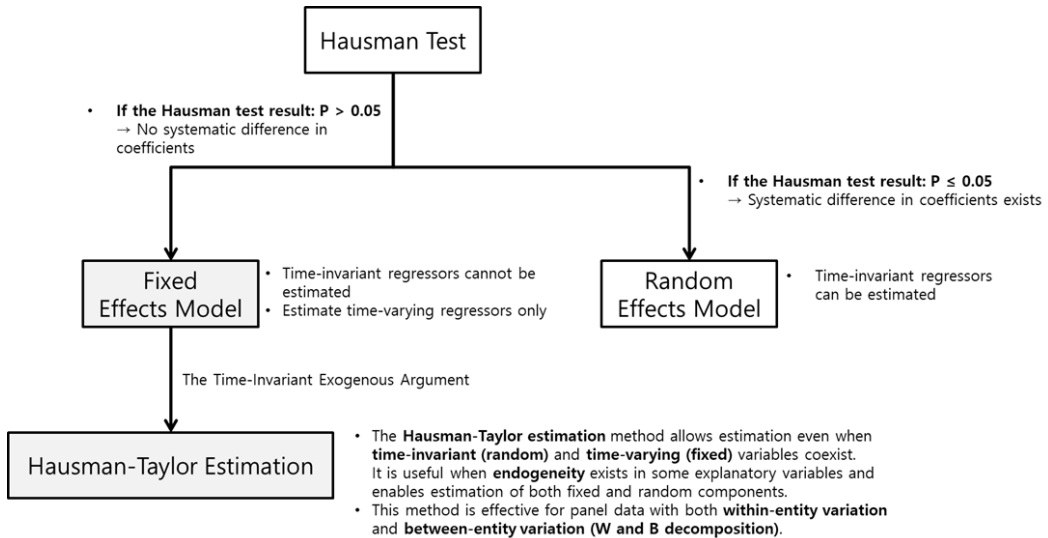
Table 4. Research Hypothesis

Category	Variable Name	Description	Unit	Measurement Method	Source
Dependent Variable	Chonsei Guarantee Accident Amount	Total amount of unpaid chonsei deposits under guarantee accidents	100 million KRW	Unreturned chonsei deposit amount at maturity	Real Estate Board of Korea (2024) (in Korean)
	Chonsei Guarantee Accident Cases	Number of chonsei guarantee accidents	cases	Number of unpaid chonsei guarantee cases at maturity	Real Estate Board of Korea (2024) (in Korean)
	Chonsei Guarantee Accident Rate	Accident amount / total guaranteed amount at maturity (%)	%	Ratio of accident amount to total guaranteed amount at the time of maturity	Real Estate Board of Korea (2024) (in Korean)
Real Estate	Apartment Sale Price Change (2-Year Lag)	2-year lagged rate of change in apartment sale prices	%	Calculated as change from 2 years prior (base index 100 in Jan 2022)	KB Real Estate (2024) (in Korean)
	Chonsei Rate Change (2-Year Lag)	2-year lagged change in apartment chonsei rate	%	Change in chonsei rate based on Jan 2022 data	KB Real Estate (2024) (in Korean)
	Number of Unsold Apartments	Total number of unsold apartment units	cases	Number of unsold apartments	Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2024) (in Korean)
Macro-economic	Corporate Bond Yield (3-Year AA)	Yield on 3-year AA-grade corporate bonds	%	Corporate bond yield	Bank of Korea (2024) (in Korean)
	M2	Broad money supply (M2)	Trillion KRW	Money supply (M2)	Bank of Korea (2024) (in Korean)
	Consumer Price Index (CPI)	Consumer Price Index	%	Based on index (Jan 2022 = 100)	Bank of Korea (2024) (in Korean)
Reverse Jeonse	Chonsei Price Change (2-Year Lag)	2-year lagged change in apartment chonsei prices	%	Change based on Jan 2022 index (base 100)	KB Real Estate (2024) (in Korean)
	Number of Tenant Right Registrations	Number of tenant right registration orders	cases	Tenant right registration order count	Korean Courts (2024) (in Korean)



**Table 5.** Descriptive Statistical Analysis

Variable	Obs	Mean	Std. dev.	Min	Max
Chonsei Guarantee Accident Amount	1,700	2875.378	5941.215	0	52908.13
Chonsei Guarantee Accident Cases	1,700	12.796	28.014	0	224
Chonsei Guarantee Accident Rate	1,700	5.610	7.285	0	62.700
Apartment Sale Price Change (2-Year Lag)	1,700	3.241	12.776	-26.872	34.270
Chonsei Rate Change (2-Year Lag)	1,700	-2.461	4.315	-17.208	14.261
Number of Unsold Apartments	1,700	45.970	103.155	0	1059
Corporate Bond Yield	1,700	4.594	0.448	4.072	5.487
M2	1,700	3814725	43488.120	3749205	3916685
Consumer Price Index (CPI)	1,700	110.821	1.486	108.630	113.260
Chonsei Price Change (2-Year Lag)	1,700	-2.820	12.834	-38.948	27.918
Number of Tenant Right Registrations	1,700	33.947	62.342	0.000	643

**Fig. 4.** Flowchart of Empirical Analysis**Table 6.** Hausman Test

Chonsei Guarantee Accident Model	Hausman test		
	B = inconsistent under $H_a$ , efficient under $H_0$ ; obtained from xtreg b = consistent under $H_0$ and $H_a$ ; obtained from xtreg Test: $H_0$ : difference in coefficients not systematic $x^2 = (b - B)'[(V_b - V_B)^{-1}](b - B)$		
Model 1: Chonsei Guarantee Amount	chi2(5) = 58.03	Prob > chi2 = 0.000	FE
Model 2: Chonsei Guarantee Cases	chi2(5) = 29.52	Prob > chi2 = 0.000	FE
Model 3: Chonsei Guarantee Ratio	chi2(5) = 67.00	Prob > chi2 = 0.000	FE

(Hausman test)을 통하여 살펴보았다. 2단계에서는 하우스만 검정을 통해 고정효과모형 또는 확률효과모형 둘 중에서 더 적합한 모형 하나를 선택하였으며, 마지막 3단계는 모형1 보증사고 금액 모형과 모형2 전세보증사고 건수 모형, 모형3 전세보증사고 비율 모형에 하우스만 검정에서 나온 결과를 바탕으로 고정효과모형(FE)으로 실증분석하였다.

Table 6 하우스만 검정 결과에서는 모형1 전세보

증사고금액 모형과 모형2 전세보증사고 건수모형, 모형3 전세보증사고 비율 모형 모두 유의확률(Prob >chi2)이 유의수준 1%보다 적은 귀무가설 기각으로 고정효과모형(FE)이 적절하다고 판단되었다. 따라서 모형1 전세보증사고 금액 모형과 모형2 전세보증사고 건수 모형, 모형3 전세보증사고 비율 모형 모두 고정효과모형(FE)으로 결정됨에 따라 이를 통해 실증분석 하고자 한다.

Table 7. Results of Empirical Analysis of the Fixed Effects Model

Variable Name		Model 1: Chonsei Guarantee Accident Amount (FE)		Model 2: Chonsei Guarantee Accident Cases (FE)		Model 3: Chonsei Guarantee Accident Ratio (FE)	
		Coef.		Coef.		Coef.	
Real Estate	Apartment Sale Price Change (2-Year Lag)	-16.074		-0.086		0.047	
	Chonsei Rate Change (2-Year Lag)	38.030		0.233 *		0.054	
	Number of Unsold Apartments	2.072	*	0.014	***	0.005	**
Macroeconomic	Corporate Bond Yield	602.214	***	2.870	***	0.953	***
	M2	-0.008	***	-0.000	***	-0.000	***
	Consumer Price Index (CPI)	-55.280		-0.182		-0.439	
Reverse Chonsei	Chonsei Price Change (2-Year Lag)	-50.548	**	-0.190	*	-0.134	**
	Number of Tenant Right Registrations	61.745	***	0.283	***	0.041	***
Constant		34691.530	***	149.263	***	-4.607	
Sigma_u		2497.162		12.899		4.680	
Sigma_e		1855.492		8.655		4.001	
Rho		0.644		0.690		0.578	
Observations		1700.000		1700.000		1700.000	
Group		100.000		100.000		100.000	
R <sup>2</sup>	Within	0.567		0.553		0.212	
	Between	0.860		0.819		0.414	
	Overall	0.780		0.749		0.328	
F		18.830		24.550		18.270	
Prob > F		0.000		0.000		0.000	

Note: \*, \*\*, and \*\*\* indicate significance at the 10%, 5%, and 1% levels, respectively.

#### 4.3.3 고정효과 모형 분석 결과

Table 6 하우스만 검정 결과를 토대로 모형1 전세보증사고 금액 모형, 모형2 전세보증사고 건수 모형, 모형3 전세보증사고 비율 모형의 고정효과모형 분석결과를 살펴보면 다음 Table 7과 같다.

우선, 부동산특성에서 2년시차의 아파트 전세가율의 증가는 전세보증사고 금액과 전세보증사고 비율에는 유의한 영향을 미치지 않았지만, 전세보증사고 건수는 증가시키는 것으로 나타났는데, 이는 전세계약 시보다 전세계약 만료시 전세가율의 증가는 보증금반환 위험이 증가하는 것으로 전세보증사고 건수는 증가하는 것으로 판단되었다. 이러한 연구결과는 김진유(2022)의 연구에 의해서 지지를 받는 것으로 판단되었다. 김진유(2022)는 전세가율이 높은 고위험 전세가 많을수록 전세보증금 미반환 사고가 일어날 가능성이 높다고 하였다. 또한 아파트 전세계약 만료시 아파트 미분양수의 증가는 전세보증사고 금액과 건수, 비율 모두 통계적으로 유의한 것으로 정(+ )의 영향을 미치는 것으로 파악되었다. 이러한 아파트 미분양수의 증가는 시장에 공급이 증가하는 것으로 신호를 보냄으로서 전세가격 하락이 나타날 가능성이 매우 높고, 전세보증사고가 증가하는 것으로 판단된다. 이러한 연구결과는 김성우·정건섭(2023)의 연구결과와 맥락을 같이하는 것으로 판단되었다.

거시경제특성에서는 금리로 사용되어진 회사채 수익률은 전세보증사고 금액과 건수, 비율에 99% 신뢰수준에서 귀무가설 기각으로 통계적으로 유의한 것으로 정(+ )의 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 이는 금리의 상승으로 인해서 전세가격의 하락으로 인해 역전세 현상이 발생하는 것으로, 예전 전세가격으로 신규임차인이 임차로 들어오지 않아 임대인들이 전세금을 반환하는데 부담이 커지게 되면서 전세보증사고 금액, 건수, 비율 모두 증가하는 것으로 판단되었다. 이에 대한 연구결과는 김은미·김

시언(2019)의 연구결과와 같은 것으로 판단되었다. 또한 통화량(M2)은 전세보증사고 금액과 건수, 비율에 99% 신뢰수준에서 통계적으로 유의한 것으로 부(-)의 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 이러한 통화량이 증가하게 되면 돈이 부동산으로 유입됨에 따라 매매가격은 물론 전세가격도 상승하여 전세보증사고의 위험에서 벗어날 가능성이 높다. 그리고 소비자물가지수는 전세보증사고 금액과 건수는 통계적으로 유의하지 않았지만, 전세보증사고 비율에는 95% 신뢰수준에서 통계적으로 유의한 것으로 부(-)의 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 이러한 결과는 소비자물가지수가 증가하게 되면 전세가격을 상승시키기 때문에 전세보증사고 비율은 감소하는 것으로 판단되었다. 이에 대한 연구결과는 김은미·김시언(2019)의 연구결과와 함께하는 것으로 판단되었다.

역전세 특성으로는 아파트 전세가격 2년시차변화율이 증가할 경우 전세보증사고 금액과 건수, 비율 모두 통계적으로 유의한 것으로 부(-)의 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 이는 계약체결시의 전세가격보다 계약만료시의 전세가격이 더 낮을 경우 역전세 현상이 발생하게 되면서 전세보증사고가 발생할 가능성이 높게 되어 전세보증사고의 금액, 건수, 비율 모두 증가하는 것으로 판단된다. 이에 대한 연구결과는 오주한·최열(2017)과 박진백(2023)의 연구결과와 맥락을 함께하는 것으로, 강한 지지를 하는 것으로 판단되었다. 특히, 박진백(2023)의 연구에서는 2021년부터 2022년까지의 역전세가 전세보증사고를 발생시킨다고 주장하였다. 임차권등기 명령은 전세보증사고 금액과 건수, 비율에 통계적으로 99% 신뢰수준에서 통계적으로 유의한 것으로 정(+ )의 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 이는 보증회사에 전세보증금반환 신청을 할 경우 법원에 임차권등기명령을 신청하고, 법원에서 명령이 떨어져야 보증금을 보증회사로부터 받을 수 있기 때문에 전세

보증사고 금액과 건수, 비율은 증가한다. 이에 대한 연구결과는 강응환·김재환(2024)의 연구와 같은 결과가 나타난 것으로 판단되었다.

#### 4.3.4 하우스만-테일러 추정치의 분석결과

패널데이터 분석에서는 관찰되지 않은 오차항의 이질성을 설명하기 위해 고정효과모형과 확률효과 모형 중 하우스만 검정을 통해 두 모형 중에서 보다 적절한 모형을 선정하게 된다. 부동산 변수의 경우 종속변수와 상관관계를 가지게 되면서 회귀변수의 내생성이 발생하게 되며 이는 실제 미치는 영향보다 과대 또는 과소추정 될 수 있는 한계를 가지게 된다. 또한 고정효과모형으로 추정하게 될 경우 시간불변 변수(Time Invariant Exogenous Variable)가 추정되지 않는다는 단점이 존재한다. 따라서 시간불변 변수가 중요한 변수일 경우에는 고정효과 모형을 선택하여 추정하는 것이 적절하지 않을 수 있다. 이러한 한계점을 하우스만-테일러 추정(Hausman-Taylor estimator)에서 도구변수(Instrumental Variable)를 사용하여 확률효과모형으로 추정하여 변수의 인과관계를 추정한다.

본 연구에서 사용 되어진 변수로 크게 종속변수와 독립변수로 나누고, 독립변수에서는 크게 세 가지인 TVexogenous(시간변화 외생변수)와 TVendogenous(시간변화 내생변수), 그리고 TIexogenous(시간불변 외생변수)로 나누어 분석을 진행하고자 한다.

종속변수는 앞서 고정효과모형을 통해 추정한 전세보증사고 금액과 전세보증사고 건수, 전세보증사고 비율이고, 독립변수로는 시간에 따라 변화하는 외생변수인 TVexogenous(시간변화 외생변수)로 거시경제 변수인 회사채수익률, M2, 소비자물가지수, 임차권등기명령을 선정하였다. 또한 시간변화에 따른 내생변수인 TVendogenous(시간변화 내생변수)로는 부동산변수로 아파트 매매가격 2년시차변화율, 아파트 전세가격 2년시차변화율, 아파트 미분

양수, 아파트 2년시차변화율을 선정하였고, 고정효과모형에서 추정하지 못하였던 시간에 따라 불변 외생변수인 TIexogenous(시간불변 외생변수)로 최근 전세보증사고 건수가 많았던 7개의 지역으로 강서구, 고양시, 경기도 광주시, 인천의 미추홀구, 남동구, 부평구, 서구를 더미변수로 두어 분석을 진행하였다.

본 연구에서 시간불변 외생변수로 설정한 7개 시군구는 전세보증사고 고위험지역으로 판단된 지역들이다. 이들 지역은 전세보증사고 통계(2022.8~2023.12 기준)에서 월평균 전세보증사고 금액이 전국 평균 대비 2배 이상 초과한 지역을 기준으로 선정하였다. 또한, 임차권등기명령 건수와의 상관성도 높아, 실질적으로 역전세로 인한 보증금반환 위험이 구조화된 지역이라 할 수 있다. 따라서 해당 지역을 시간불변 외생변수로 설정하고 하우스만-테일러 추정법을 적용함으로써, 이질적인 지역 간 효과를 보다 세밀하게 분석하고자 하였다. Table 8은 하우스만-테일러 추정을 분석하기 위한 변수를 정의한 것이다.

하우스만-테일러 추정의 실증분석 결과는 다음과 같다. 시간에 따라 변화하는 외생변수인 TVexogenous(시간변화 외생변수)에서 금리인 회사채수익률은 전세보증사고 금액과 건수, 비율에 99% 신뢰수준에서 귀무가설 기각으로 통계적으로 유의한 것으로 정(+)의 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 통화량(M2)은 전세보증사고 금액과 건수, 비율에 99% 신뢰수준에서 통계적으로 유의한 것으로 부(-)의 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 소비자물가지수는 전세보증사고 금액과 건수는 통계적으로 유의하지 않았지만, 전세보증사고 비율에는 95% 신뢰수준에서 통계적으로 유의한 것으로 부(-)의 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 임차권등기명령은 전세보증사고 금액과 건수, 비율에 통계적으로 99% 신뢰수준에서 통계적으로 유의한 것으로 정(+)의 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 본 TVexogenous(시간변화 외

**Table 8.** Hausman-Taylor Estimator Variable Definition

Type	Variable	Obs Type
Dependent	Chonsei Guarantee Accident Amount	Endogenous Variable
Dependent	Chonsei Guarantee Accident Cases	Endogenous Variable
Dependent	Chonsei Guarantee Accident Ratio	Endogenous Variable
Independent	Corporate Bond Yield	Time-varying Exogenous
Independent	M2 (Money Supply)	Time-varying Exogenous
Independent	Consumer Price Index (CPI)	Time-varying Exogenous
Independent	Tenant Right Registration Orders	Time-varying Exogenous
Independent	Apartment Sale Price Change (2-Year Lag)	Time-varying Endogenous
Independent	Chonsei Rate Change (2-Year Lag)	Time-varying Endogenous
Independent	Number of Unsold Apartments	Time-varying Endogenous
Independent	Chonsei Price Change (2-Year Lag)	Time-varying Endogenous
Independent	Regional Dummy Variable	Time-invariant Exogenous

생변수)들인 회사채수익률과 통화량(M2), 그리고 소비자물가지수, 임차권등기명령은 위에서 살펴본 고정효과모형의 실증분석 결과와 같은 결과가 나온 것으로 파악되었다.

다음으로 시간변화에 따른 내생변수인 TVendogenous(시간변화 내생변수)에서 2년시차 아파트 전세가율의 증가는 전세보증사고 금액과 전세보증사고 비율에는 유의한 영향을 미치지지는 않았지만, 전세보증사고 건수는 증가시키는 것으로 나타났는데, 이는 전세계약 체결시보다 전세계약 만료시 전세가율의 증가는 보증금반환 위험이 증가하는 것으로 전세보증사고 건수는 증가하는 것으로 판단되었다. 또한 전세계약 만료시 아파트 미분양수의 증가는 전세보증사고 건수와 비율의 경우에만 통계적으로 유의한 것으로 정(+)의 영향을 미치는 것으로, 이는 아파트 미분양수의 증가는 시장에 공급이 증가하는 것으로 전세가율 하락이 나타날 가능성이 매우 높으므로, 전세보증사고가 증가하는 것으로 판단된다. 아파트 전세가율 2년시차변화율이 증가할 경우 전세보증사고 금액과 비율이 통계적으로 유의한 것으로 부(-)의 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 이

는 전세계약 체결시의 전세가율보다 전세계약 만료시의 전세가율이 더 낮을 경우 역전세 현상이 발생하게 되면서 전세보증사고가 발생할 가능성이 높게 되어 전세보증사고의 금액, 건수, 비율 모두 증가하는 것으로 판단되었다.

TVendogenous(시간변화 내생변수)들인 아파트 매매가격 2년시차변화율과 아파트 전세가율 2년시차변화율, 아파트 미분양수, 아파트 전세가율 2년시차변화율은 위에서 살펴본 고정효과모형의 실증분석 결과와 미미한 차이가 있으나, 방향성 측면에서 거의 비슷한 결과가 나온 것으로 판단되었다.

마지막으로 고정효과모형에서 추정하지 못하였던 시간에 따라 불변 외생변수인 Tlexogenous(시간불변 외생변수)로는 강서구, 고양시, 경기도 광주시, 인천 미추홀구, 인천 남동구, 인천 부평구, 인천 서구 7개의 전세보증사고가 많이 발생하는 시군구를 대상으로 하였는데, 전세보증사고 금액 모형과 전세보증사고 건수 모형의 경우 모두 99% 신뢰수준에서 통계적으로 정(+)의 영향을 미치는 것으로 파악되었다. 하지만, 전세보증사고 비율 모형에서는 99% 신뢰수준에서 경기도 광주시, 인천 미추홀구, 인천

Table 9. Results of the Hausman-Taylor Estimation

Variable Name		Model 1: Chonsei Guarantee Accident Amount (HT)		Model 2: Chonsei Guarantee Accident Cases (HT)		Model 3: Chonsei Guarantee Accident Ratio (HT)	
		Coef.		Coef.		Coef.	
TVexogenous	Corporate Bond Yield	604.912	***	2.881	***	0.956	***
	M2	-0.008	***	-0.000	***	-0.000	***
	CPI	-54.118		-0.177		-0.440	**
	Tenant Right Registration Orders	64.514	***	0.294	***	0.044	***
TVendogenous	Apt. Sale Price Change (2-Year Lag)	-13.226		-0.075		0.050	
	Chonsei Rate Change (2-Year Lag)	36.301		0.226	*	0.053	
	Unsold Apartment Units	1.924		0.014	**	0.005	*
	Chonsei Price Change (2-Year Lag)	-49.496	**	-0.186		-0.132	**
Tlexogenous	Gangseo-gu	7701.996	***	24.272	***	-1.894	
	Goyang-si	10068.360	***	28.816	***	-0.593	
	Gwangju, Gyeonggi-do	4662.738	***	20.365	***	12.468	***
	Michuhol-gu, Incheon	6908.551	***	52.357	***	24.442	***
	Namdong-gu, Incheon	6300.708	***	44.031	***	10.157	***
	Bupyeong-gu, Incheon	12191.360	***	68.446	***	15.571	***
	Seo-gu, Incheon	7396.620	***	51.951	***	1.809	
Constant		33070.740	***	142.058	***	-6.388	
Sigma_u		1083.221		4.696		3.110	
Sigma_e		1850.848		8.633		3.991	
Rho		0.255		0.228		0.378	
Observations		1700		1700		1700	
Group		100		100		100	
$x^2$		4015.65		4258.89		655.56	
Prob > $x^2$		0.000		0.000		0.000	

Note: \*, \*\*, and \*\*\* indicate significance at the 10%, 5%, and 1% levels, respectively.

남동구, 인천 부평구의 경우에만 통계적으로 정(+)의 영향을 미치는 것으로 결과가 산출되었다. 이러한 결과에서 유추해 볼 수 있는 것은 경기도 광주시와 인천 미추홀구, 인천 남동구, 인천 부평구는 전세

보증사고 금액과 건수, 그리고 비율에 모두 통계적으로 유의하므로, 전세보증사고에 민감한 지역이라고 볼 수 있다. 이러한 결과는 Table 9에서 살펴볼 수 있다.



## 5. 결 론

### 5.1 연구의 요약

본 연구는 전세가격이 2021년에 정점을 찍은 이후 계속 하락하여 2023년에 저점을 기록하면서 역전세 현상이 발생하여 임대인이 임차인에게 전세보증금을 주지 못하게 되면서 전세보증사고가 크게 발생하게 되었다. 최근 전세가격의 급격한 하락으로 인해 발생한 아파트 역전세가 전세보증사고에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보고자 하였다.

본 연구의 실증분석은 2022년 8월부터 2023년 12월까지의 17개월의 시계열 자료와 100개의 시군구 자료를 결합하여 패널분석을 진행하였다. 실증분석에서 하우스만 검정을 통해 고정효과모형과 확률효과모형 중 적합한 모형을 선택하여 분석하였고, 전세보증사고가 빈번하게 발생하는 수도권 7지역을 선정하여 하우스만 테일러 추정법을 사용하여 실증분석을 하였다.

본 실증분석을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 부동산특성에서는 아파트 전세가격이 증가할수록 위험이 증가하게 되므로 전세보증사고 건수가 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 아파트 미분양수의 증가는 주변의 경기가 좋지 않아 공급이 수요를 초과하는 상태이므로, 전세보증사고 금액과 건수, 비율 모두 증가하는 것으로 확인되었다.

둘째, 거시경제특성에서는 회사채수익률의 상승은 금리인상으로 인해 전세보증사고 금액과 건수, 비율 모두 증가하였고, 통화량(M2)의 증가는 돈이 부동산으로 유입됨에 따라 매매가격은 물론 아파트 전세가격도 상승하여 전세보증사고의 위험을 감소시키는 것으로 나타났다. 소비자물가지수가 증가하게 되면 아파트 전세가격을 상승시키기 때문에 전세보증사고 비율은 줄어드는 것으로 확인되었다.

셋째, 역전세 특성으로는 역전세가 발생하게 되면 임차권등기명령이 증가하기 때문에 전세보증사고

금액과 건수, 그리고 비율 모두 증가하는 것으로 나타났다.

넷째, 고정효과모형에서 모두 생략된 시간불변 외생변수(Tlexogenous)에서 강서구, 고양시, 경기도 광주시, 인천 미추홀구, 인천 남동구, 인천 부평구, 인천 서구 7개의 전세보증사고가 많이 발생하는 시군구는 전세보증사고 금액모형과 전세보증사고 건수가 증가하였지만, 경기도 광주시, 인천 미추홀구, 인천 남동구, 인천 부평구의 경우에는 전세보증사고 비율이 증가하는 것으로 나타나, 이 두 경우의 공통분모인 경기도 광주시와 인천 미추홀구, 인천 남동구, 인천 부평구는 전세보증사고에 민감한 지역이라고 볼 수 있다.

### 5.2 연구의 시사점

본 연구의 결과는 다음과 같은 시사점을 가지고 있다.

첫째, 본 연구는 최근 급변하는 부동산 시장 상황을 반영하여 아파트 역전세가 전세보증사고에 미치는 영향을 분석한 시기적절하고 중요한 연구라고 할 수 있다. 특히, 최근 몇 년간 전세가격의 급격한 변동과 그로 인한 역전세 현상은 전세보증사고의 주된 원인으로 지목되고 있다. 이러한 상황에서 본 연구는 시장의 실질적인 문제를 다루며, 현시점에서 매우 필요한 연구라 할 수 있다. 아파트 역전세 현상은 전세보증금의 회수가 불확실해지는 문제를 야기하며, 이는 임차인들에게 심각한 경제적 타격을 줄 수 있다. 따라서 이러한 역전세에 따른 전세보증사고의 문제를 심층적으로 탐구함으로써 정책적 대응책의 마련이 필요할 것이다.

둘째, 임차권등기명령은 전세보증사고 발생에 정(+)의 영향을 미치는 것으로, 임차인이 보증금 반환이 어려운 것으로 판단되고, 전세보증사고로 인정받기 위한 법적 대응 수단으로 임차권등기명령을 신청한다는 현실을 반영하는 결과로 해석된다. 이러한

임차권등기명령은 전세보증사고가 발생하기 이전에 선제적으로 나타나는 지표로서, 전세보증사고 발생 가능성을 조기에 감지할 수 있는 선행지표로 활용될 수 있다. 따라서 주택도시보증공사(HUG) 및 지방정부 등 관련 기관은 임차권등기명령 건수가 급증하는 지역을 위험관리 우선지역(Risk-Monitoring Zone)으로 지정하고, 보증금반환 지원 또는 보증보험 가입 안내 등의 선제적 대응이 필요하다.

또한 본 연구에서 새롭게 가설로 설정된 통화량(M2) 변수는 전세보증사고 금액 및 비율과 유의한 부(-)의 관계를 보였다. 이는 시장 내 유동성이 확대될 경우 임대인의 자금 회전 가능성이 높아져 전세보증금 반환 이행이 원활하게 이루어질 가능성을 시사한다. 이와 같은 결과는 전세보증사고와 거시경제의 통화 흐름 간의 연계 가능성을 보여주며, 향후 전세보증사고를 완화하기 위한 정책 수립 시 통화정책과의 연계성에 대한 고려가 필요함을 시사한다.

셋째, 2023년도 전세가격의 급락은 2년 전에 전세 계약을 체결한 임차인의 경우 2년 후인 2023년 전세 계약 만료시 역전세 현상을 경험하게 되었고, 이에 따라 임차인들이 전세보증금을 반환받지 못하는 문제가 대두되었다. 특히, 2024년 초 두 달 동안 전세보증사고액이 1조 원에 육박할 정도로 사고 발생 빈도가 증가하였다. 이에 본 연구는 아파트 역전세가 전세보증사고에 미치는 영향을 분석함으로써 전세보증사고를 예방하고 감소시키기 위한 정책적 토대를 마련하고자 하였다.

넷째, 본 연구에서는 전세보증사고가 집중적으로 발생하는 지역적 특성을 분석하여, 수도권 내 7개 시군구 지역이 특히 전세보증사고가 많이 발생하는 곳임을 확인하였다. 이러한 지역적 분석은 전세보증사고의 발생 원인과 패턴을 보다 명확히 이해하는 데 중요한 자료를 제공하며, 향후 정책적 대응에서 해당 지역에 대한 집중적인 관리와 예방 조치가 필요함을 시사한다. 수도권 지역의 특정 시군구에서 전

세보증사고가 빈번하게 발생하는 이유를 파악하고, 이를 바탕으로 맞춤형 정책을 개발함으로써 전세보증사고의 발생을 효과적으로 줄일 수 있을 것이다.

이를 종합하면, 본 연구는 전세보증사고의 주요 원인 중 하나로 지목되는 아파트 역전세 현상을 통해 전세보증사고를 분석함으로써, 이와 관련된 정책적 대응 방안을 마련하고자 하는 의의를 가진다. 특히, 지역별 특성과 최근의 시장 동향을 반영한 본 연구는 향후 전세보증사고를 예방하고 임차인의 권익을 보호하는 데 중요한 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

### 5.3 연구의 한계 및 향후 연구과제

이러한 연구결과를 나타냄에도 불구하고 본 연구의 경우에는 다음과 같은 한계점을 지니고 있다.

첫째, 본 연구는 전국의 100개 시군구(광역시, 제주도)를 대상으로 횡단면 자료를 구축하였다. 그 리고 시기로는 2022년 8월부터 2023년 12월까지 17개의 시계열 자료를 통해 실증분석을 하였지만, 구축되어진 전세보증사고의 시계열 데이터가 부족한 한계점이 존재한다. 때문에 본 연구결과와 일반화를 갖기 위해선 보다 심층적인 분석이 필요하다.

둘째, 본 연구는 전세보증사고에 대한 미시적인 요인들이 반영되지 않았기 때문에 지역별로 발생하는 전세보증사고에 개별적인 요인이 반영되지 않아 모든 전세보증사고에 대해 일반화하는 것에는 한계가 존재한다. 지역별 역전세가 발생하는 요인과 임대인의 특성이 반영될 수 있는 미시 데이터를 구축한 전세보증사고에 대한 분석이 필요하다.

셋째, 아파트를 한정하여 실증분석을 진행하였기 때문에 다른 유형의 주택에서 발생하는 전세보증사고에 대해서는 다루지 못하였다. 전세보증사고에 아파트보다 상대적으로 취약한 비아파트의 데이터를 기반으로 한 연구가 필요할 것이며, 주택의 유형별 실증분석이 병행되어 보다 다양한 관점에서의 분석

이 진행되어야 할 것이다.

따라서 향후 연구에서는 지역특성과 주택 유형별 특성이 반영된 연구가 진행되어야 하며, 보다 많은 시계열 데이터의 구축을 하여 시기별로 더 많은 패널데이터를 구축하여 정확한 진단을 내리고자 노력해야 할 것이다.

또한 유형별 발생할 수 있는 전세보증사고에 대한 연구가 진행되어야 하며, 특히 임차인이 선순위를 정확하게 파악하지 못하여 전세보증사고가 발생할 확률이 높은 다가구 주택에 대한 데이터와 실증분석이 필요하다.

## 참고문헌

- 강용환·김재환(2024), “전세 사건의 원인 및 대책 방안”, 『아시아태평양융합연구교류논문지』, 10(10): 177~192.  
Kang, E. and J. Kim (2024), “Causes and Countermeasures of Chonse Deposit Scandals”, *Asia-Pacific Journal of Convergence Research and Exchange*, 10(10): 177~192. (in Korean)
- 김성우·정건섭(2023), “패널로짓모형을 통한 아파트 전세시장 역전세 연구”, 『한국비교정부학보』, 27(1): 119~132.  
Kim, S. and K. Chung (2023), “A Study on Reverse Chonse in the Apartment Chonse Market Using a Panel Logit Model”, *Korean Journal of Comparative Government*, 27(1): 119~132. (in Korean)
- 김유신(2024.3.18), “우리 보증금 어떡하지... 전세보증사고 두달새 1조육박, 건수·액수 모두 최대, 매일 경제.
- 김은미·김시연(2019), “거시경제변수가 보증사고에 미치는 영향 분석”, 『주택도시금융연구』, 4(1): 51~81.  
Kim, E. and S. Kim (2019), “An Analysis of the Effects of Macroeconomic Variables on Chonse Guarantee Accidents”, *Housing and Urban Finance Review*, 4(1): 51~81. (in Korean)
- 김진유(2022), “고위험 전세와 전세보증금 미반환 위험의 상관관계 분석: 서울시 전세보증사고를 중심으로”, 『부동산학연구』, 28(4): 55~69.  
Kim, J. (2022), “Analysis of the Correlation between High-Risk Chonse and the Risk of Chonse Deposit Non-return: Focusing on Chonse Guarantee Accidents in Seoul”, *Journal of Real Estate Studies*, 28(4): 55~69. (in Korean)
- 박진백(2023), “역전세 발생 추이와 보증금 미반환 위험 연구”, 『국토연구원 워킹페이퍼』, WP 23-06.  
Park, J. (2023), “A Study on the Trends of Reverse Chonse and the Risk of Chonse Deposit Non-return”, *Korea Research Institute for Human Settlements Working Paper*, WP23-06. (in Korean)
- 박진백·김지혜·권건우(2023), “전세 레버리지(갭투자)리스크 추정과 정책대응 방안 연구”, 『국토정책 Brief』, 904.
- 성주한(2024), “아파트의 역전세에 영향을 미치는 요인에 관한 연구”, 『부동산·도시연구』, 16(2): 83~108.
- 오주한·최열(2017), “전세자금대출 사고발생 결정요인에 관한 연구”, 『부동산학보』, 69: 204~217.  
Oh, J. and Y. Choi (2017), “A Study on the Determinants of Chonse Loan Accident Occurrence”, *Journal of the Korean Real Estate Society*, 69: 204~217. (in Korean)
- 오창섭·서정렬(2023), “전세보증사고 발생 특성에 관한 연구: 지역 및 가구 특성을 중심으로”, 『부동산학연구』, 29(2): 99~99.
- 이성원·신승우(2022), “주택임대차보호법이 임대차 공급기간에 미치는 영향 분석: 서울 임대차 아파트를 중심으로”, 『부동산학연구』, 28(3): 81~93.
- 이현정·남상준(2023), “전세 거주 청년 부부가구의 지역 간 거주환경과 주거비 차이”, 『LHI Journal』, 14(3): 17~36.
- 하현주·서성수(2025), “전세가율이 전세반환보증보험 사고율에 미치는 영향에 관한 연구”, 『아시아태평양융합연구교류논문지』, 11(1): 193~208.
- World Bank (1986), *Korea Housing Finance System*, Washington, D.C.: World Bank.
- 국토교통부, “국토통계누리”, 2024.9.10 읽음. <https://stat.molit.go.kr/portal/main/portalMain.do>.  
Ministry of Land, Infrastructure and Transport, “National Land Statistics Nuri”, Accessed September 10, 2024. <https://stat.molit.go.kr/portal/main/portalMain.do>. (in Korean)
- 기획재정부, “시사경제용어사전”, 2024.9.10 읽음.

- <https://www.moef.go.kr/sisa/dictionary/detail?idx=3224>.
17. 대한민국법원 “등기정보광장”, 2024.9.10 읽음. <https://data.iros.go.kr/cr/rs/openRgsCs.do>.  
Korean Courts, “Register Information Plaza”, Accessed September 10, 2024. <https://data.iros.go.kr/cr/rs/openRgsCs.do>. (in Korean)
  18. 부동산원 “부동산테크”, 2024.9.10 읽음. <https://rtech.or.kr/board/rentRateView.do>.  
Real Estate Board of Korea, “Real Estate Tech”, Accessed September 10, 2024. <https://rtech.or.kr/board/rentRateView.do>. (in Korean)
  19. 주택도시보증공사, “전세보증금반환보증”, 2024.9.10 읽음. <https://www.khug.or.kr/hug/web/ge/er/geer001100.jsp>.  
Housing and Urban Guarantee Corporation, “Jeonse Deposit Return Guarantee”, Accessed September 10, 2024. <https://www.khug.or.kr/hug/web/ge/er/geer001100.jsp>. (in Korean)
  20. 한국은행, “경제통계시스템”, 2024.9.10 읽음. <https://ecos.bok.or.kr/#/>.  
Bank of Korea, “Economic Statistics System (ECOS)”, Accessed September 10, 2024. <https://ecos.bok.or.kr/#/>. (in Korean)
  21. 한국주택금융공사, “전세보증금반환보증”, 2024.9.10 읽음. [https://www.hf.go.kr/ko/sub02/sub02\\_05\\_01.do](https://www.hf.go.kr/ko/sub02/sub02_05_01.do).  
Korea Housing Finance Corporation, “Jeonse Deposit Return Guarantee”, Accessed September 10, 2024. [https://www.hf.go.kr/ko/sub02/sub02\\_05\\_01.do](https://www.hf.go.kr/ko/sub02/sub02_05_01.do). (in Korean)
  22. KB부동산, “KB통계”, 2024.9.10 읽음. <https://kbland.kr/benefit?xy=37.5205559,126.9265729,17>.  
KB Real Estate, “KB Statistics”, Accessed September 10, 2024. <https://kbland.kr/benefit?xy=37.5205559,126.9265729,17>. (in Korean)
  23. SGI서울보증, “전세보증금반환보증보험”, 2024.9.10 읽음. <https://www.sgic.co.kr/biz/ccp/index.html?p=CCPPRD040301F01>.  
SGI Seoul Guarantee, “Jeonse Deposit Return Guarantee Insurance”, Accessed September 10, 2024. <https://www.sgic.co.kr/biz/ccp/index.html?p=CCPPRD040301F01>. (in Korean)

## 요 약

본 연구는 전세가격이 2021년에 정점을 찍은 이후 계속 하락하여 2023년에 저점을 기록하면서 역전세 현상이 발생하여 임대인이 임차인에게 전세보증금을 주지 못하게 되면서 전세보증사고가 크게 발생하게 되었다. 최근 전세가격의 급격한 하락으로 인해 발생한 아파트 역전세가 전세보증사고에 어떠한 영향을 미치는지에 대해서 살펴보고자 하였다. 본 연구의 실증분석은 2022년 8월부터 2023년 12월까지의 17개월의 시계열 자료와 100개의 시군구 자료를 결합하여 패널분석을 진행하였다. 하우스만 검정을 통해 고정효과모형과 확률효과모형 중 적합한 모형을 선택하여 분석하였고, 전세보증사고가 빈번하게 발생하는 수도권 지역 7개 지역을 선정하여 하우스만 테일러 추정법을 사용하여 실증분석을 하였다. 실증분석 결과, 역전세가 발생하게 되면 임차권등기명령이 증가하기 때문에 전세보증사고 금액, 건수, 비율 모두 전세보증사고가 증가하는 것으로 나타났다. 또한 경기도 광주시와 인천 미추홀구, 인천 남동구, 인천 부평구는 전세보증사고에 민감한 지역이라고 볼 수 있다. 2023년도 전세가격의 급락을 통해 역전세 현상을 경험하게 되었고, 이에 따라 임차인들이 전세보증금을 반환받지 못하는 문제가 대두되었다. 이에 본 연구의 시사점으로는 아파트 역전세가 전세보증사고에 미치는 영향을 분석함으로써 전세보증사고를 예방하고 감소시키기 위한 정책적 토대를 마련하고자 하였다.

**주제어:** 역전세, 전세보증사고, 고정효과모형, 하우스만 테일러 추정법

# 서울권과 인접권역 주택시장의 연쇄적 가격 전이효과 : 패널 VECM의 적용\*

## Sequential Spillover Effect between Greater Seoul and Adjacent Regional Housing Markets

### : Application of the Panel VECM

서원석\*\*

Wonseok Seo\*\*

#### Abstract

This study empirically analyzed the sequential spillovers in greater Seoul (Seoul, Gyeonggi, Incheon) and adjacent regional housing markets including Gangwon and Chungcheong regions. Specifically, a panel VECM and panel Granger causality analysis were employed to examine whether housing price spillovers from Seoul extend to the surrounding metropolitan areas (Gyeonggi and Incheon), whether secondary spillover effects reach adjacent outskirt regions, and whether direct spillovers occur between Seoul and these outskirt regions. The main results are as follows. First, the Seoul housing market exhibited Granger causality with the surrounding metropolitan areas in the short term. Second, however, Seoul and the metropolitan areas appear to form distinct housing markets with their own status in the long run. Third, fluctuations in the Gyeonggi housing market were found to increase instability in the Incheon housing market. Fourth, the impact of the Seoul housing market appeared to be more significant in the Gangwon region compared to the Chungcheong areas. Fifth, housing market dynamics in Greater Seoul followed a sequential pattern, spreading from Seoul to Gyeonggi and then from Gyeonggi to Incheon. Finally, the analysis confirmed a sequential spillover effect from Seoul and the metropolitan area to the Gangwon and Chungcheong regions. These results suggested that continued policy efforts are necessary to stabilize housing prices in Seoul. In the process, policymakers should develop detailed measures with the recognition that housing policy spillover effects can extend beyond the metropolitan areas to the Gangwon and Chungcheong regions.

**Keywords:** Housing Price, Housing Market, Spillover Effect, Panel VAR, VECM, Granger Causality

## 1. 서론

2022년 11월 기준 서울권(서울, 경기, 인천)은 우리나라 인구의 절반이 넘게 집중되어 있으며, 경제,

문화, 교통, 행정, 정치 등 제 분야의 중심지 기능을 수행하고 있다. 이처럼 인구와 기능의 중심성이 서울권에 있다는 것은 주택시장의 핵심도 바로 이 권역에 있음을 의미한다.

\*이 논문은 2022년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 인문사회분야 중견연구지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2022S1A5A2A01045739).

\*\*중앙대학교 도시계획·부동산학과 교수(wseo@cau.ac.kr)



중심성이 있는 주택시장은 당연히 선호되며, 주택 가격은 높게 형성된다. 2022년 하반기 실거래 평균 주택(아파트) 매매가격을 살펴보면, 서울이 1m<sup>2</sup>당 약 1,300여만 원, 수도권(경기, 인천) 663여만 원, 강원도 252여만 원, 충청북도 239여만 원, 충청남도 241여만 원<sup>1)</sup>으로 서울권 주택가격이 인접한 권역에 비해 압도적으로 높게 나타났다.

최근 들어 나타나고 있는 주택경기 침체에도 불구하고 서울 주택시장은 가격하락이 방어되는 양상이 보인다<sup>2)</sup>. 즉, 서울 주택시장의 수요가 꾸준하다는 것이다. 하지만 인구이동 추세를 보면 다른 측면을 파악할 수 있는데, 2023년 통계청 자료에 따르면 매 월 3,000~4,000명의 인구가 감소하는 등 서울 순 진출이 지속되고 있다. Seo and Kim(2020)은 이러한 현상을 비자발적 주거이동으로 설명한 바 있다. 서울과 경기도를 대상으로 한 주택시장과 인구이동의 관계 실증분석을 통해 서울의 높은 주택가격에 대한 부담으로 인해 수도권(특히 경기도)으로 비자발적인 주거 이동을 한다는 것이다.

인구변화와 주택가격 간 비동조화 현상이 나타나 는 서울 주택시장은 이러한 측면에서 주변 지역 주택시장에 큰 영향을 미칠 수 있다. 특히 이러한 현상은 연쇄적 주거 이동을 일으키게 되고, 주택가격의 연쇄적 전이효과를 동반할 가능성이 크다.

기존 연구들이 서울권과 인접한 지역 주택시장의 관계(서승환, 2007; 김현학, 2017; 강임호, 2019; Seo and Kim, 2020; 전해정, 2020; Kim and Seo, 2021; 김리영, 2021; 정준호, 2022)를 파악한 바 있다. 하지만 이러한 관계가 서울권과 직접적으로 인접하지 않지만, 공간적으로 연속된 지역에 가격 연쇄효과를 일으키는지를 파악한 연구는 상대적으로 부족했다.

우리나라에서 가장 중심적인 역할을 하는 서울의

주택시장 변화는 국가의 경제 변동성을 높이는 원인이 된다(Kim and Seo, 2021). 동시에 지역 주택시장에 대한 외부효과를 높여, 해당 주택시장의 불안정성도 가중시킨다. 물론 이와 같은 전이효과는 서울 주택시장을 어느 정도 대체할 수 있는 수도권과 지방 대도시권을 중심으로 나타나는 것이 일반적이다(이향용·이진, 2014; 김현학, 2017). 하지만 이 효과가 인접권역에 대한 공간적 연쇄성을 가지게 된다면 주택시장 불안정성은 국지적 특성이 아닌 전역적 특성을 가지게 되므로 기존과는 다른 측면에서 주택정책을 펼칠 필요가 있다.

본 연구는 이러한 관점에서 서울권(서울, 경기, 인천)과 인접권역(강원, 충남, 충북)에 대한 연쇄적 가격 전이효과를 실증 분석함으로써 우리나라 주택시장 변동의 원인을 미시적으로 고찰한다. 구체적으로 서울 매매가격의 1차 전이효과가 수도권(경기, 인천)에 나타나는지, 1차 전이효과가 나타난 권역과 인접한 외곽 권역에 연쇄적 전이효과가 있는지를 중심으로 지역(권역)패널 자료를 이용한 패널자기회귀모형(Panel Vector Autoregression Model; 패널 VAR)과 패널그랜저인과분석(Panel Granger Causality Analysis)을 이용해 검토하고, 이를 바탕으로 우리나라 주택정책에 주는 시사점을 살펴본다.

## 2. 선행연구 검토

본 연구의 핵심 주제인 우리나라 주택시장의 가격 연쇄효과는 주거 및 인구이동(김리영·서원석, 2017; 이호준 외, 2018), 전이효과(전해정, 2020; Seo and Kim, 2020; Kim and Seo, 2021), 물결효과(서승환, 2007), 동조화(장한익, 2019), 확산효과(김현학, 2017; 정준호, 2022) 측면에서 연구가 진행되었다.

이를 최근 연구를 중심으로 살펴보면, 먼저 김리

1) 통계청 “6~10월 아파트 매매 실거래 평균가격” 참조.

2) “주택시장 온기, 강남권→서울 전체 퍼졌다”(이예슬, 2023) 기사 참조.



영·서원석(2017)은 수원시를 중심으로 인구 규모가 유사한 성남시, 용인시를 대상으로 도시 간 인구 이동과 주택시장 변동성 관계를 파악하였다. 그 결과 물리적으로 연담화 되어 있는 도시 간에는 상호 주택시장 영향이 나타나며, 특히 전세가격 영향이 크다는 결론을 도출하였다. 반면 서승환(2007)은 서울 강남지역의 전세가격은 주변 지역의 매매 및 전세가격 변화에 별다른 영향을 주지 못한다고 하였는데, 시기적으로 10여 년의 차이가 있고, 우리나라에서 평균 전세가격이 가장 높은 강남지역을 중심으로 하였다는 점에서 다른 결과가 나타난 것으로 보인다.

장한익(2019)은 전국 47개 지역을 대상으로 네트워크 분석을 이용해 주택가격의 동조화 현상을 분석하였다. 그 결과 수도권과 지방은 상호 간의 동조화가 아닌 그룹(수도권, 지방) 내 동조화가 발생한다는 점을 확인하였다. 또한 수도권 도시 주택시장 간 나타나는 강한 동조성은 지방에 대한 동조성 약화를 초래한다는 사실을 밝혔다. 강임호(2019) 역시 수도권과 비수도권 주택시장 관계 비교를 통해 두 지역 간 안정적인 관계가 형성되지 않는다고 하였다.

다음으로 Seo and Kim(2020)은 서울과 경기도 간 주택시장 물결효과를 아파트 매매와 전세를 구분해 파악하였다. 서울과 경기도의 주택시장은 밀접한 관계가 있었는데, 서울의 전세가격과 경기도의 매매 가격이 핵심 역할을 하는 것으로 나타났다. 이와 함께 경기도 주택매매 시장이 서울 주택시장에 종속되어 있어 서울의 주택가격 변화가 경기도 주택가격에 빠르게 전가될 수 있다는 결론도 얻었다. Kim and Seo(2021)는 구체적으로 서울 서북권과 경기도 경의권 주택시장의 공간적 전이현상을 매매가격과 전세가격을 중심으로 검토하였다. 그 결과 전세가격은 인접한 주변 지역의 영향을 더 크게 받는다는 점을 알 수 있었지만, 매매가격은 인접 지역 영향보다는 가격이 가장 높은 수위도시의 영향이 더 크다는 사

실을 밝혔다.

김리영(2021)은 세종시 건설 이후 서울과 수도권, 세종, 대전, 충청권 주택시장의 지역 간 전이현상을 미시적으로 고찰하였다. 연구 결과 서울과 세종시는 전이현상이 크게 나타나지 않았으나, 세종, 대전을 포함한 충청권은 상호 가격변동의 영향이 크게 나타나고 있음을 확인하였다.

정준호(2022)는 서울, 경기, 인천을 포함하는 수도권 70개 시군구를 대상으로 아파트 매매가격 확산 효과를 가격변동기를 구분해 분석하였다. 도출된 결과를 살펴보면, 가격급등기 이전에는 강남의 수도권 아파트시장에 대한 영향이 실재하는 것으로 드러났다. 김현학(2017), 고희운·강상훈(2023) 역시 유사하게 강남 주택시장의 타 주택시장에 대한 전이효과가 크다는 결과를 얻었다. 하지만 정준호(2022)의 연구에 따르면 가격급등기에는 서울의 수요를 대체하거나 보완할 수 있는 수도권 일부 지역이 강남효과를 대체하는 것으로 나타났다.

이상에서 살펴본 최근 연구를 통해 서울과 수도권, 서울과 비수도권, 비수도권과 비수도권 간 주택시장 관계가 밀도 있게 검토되었음을 확인하였다. 인접해 있는 지역을 중심으로 상호 유의한 관계를 형성하는 사례가 많았으며, 서울이 대체로 가격변동의 중심 역할을 하고 있었다. 하지만 이러한 결과에도 불구하고 우리나라 주택시장의 증추 역할을 하는 서울 주택시장, 인접해 있는 수도권(경기, 인천) 주택시장, 그리고 그 외곽에 위치한 인접권역(강원, 충청) 주택시장이 어떻게 연쇄적으로 상호 인과 및 영향 관계를 보이고 있는지에 대해 심도 있게 파악한 연구는 미비하였다.

주택시장의 가격변화는 인접한 지역(권역)에만 영향을 미치는 것이 아니고 연쇄적·순차적 변화를 일으킬 수밖에 없다. 이러한 측면에서 본 연구는 우리나라 주택시장의 증추 역할을 하는 서울권(서울과 수도권), 강원권, 충청권 매매가격의 연쇄적 전이

효과를 시계열적으로 살펴봄으로써 기존 연구의 한계를 개선하고자 한다. 그리고 이를 바탕으로 주택 정책에 주는 시사점을 제시한다.

### 3. 분석의 틀

#### 3.1 연구대상 범위 및 자료

본 연구는 가격 전이효과가 연쇄적으로 나타날 수 있다는 점에서 미시적으로 우리나라 수도도시(종주도시, Primate City)인 서울의 주택시장이 인접한 수도권(경기, 인천)에 1차 전이효과(1st Effect)를 일으키는지, 수도권 외곽의 강원권, 충청권(충청남도, 충청북도)에 연쇄적 전이효과(2nd Effect)를 일으키는지, 서울·수도권·외곽권이 상호 전이효과를 가지는지를 다각도로 실증분석 하였다(Fig. 1 참조).

연구대상 범위는 Fig. 2와 같이 서울특별시(SEOUL), 수도권(경기도(GG), 인천광역시(IC)), 강원도(GW), 충청남도(CN), 충청북도(CB) 권역으로 설정하였다. 그리고 타 권역 주택시장 변동이 주는 권역별 충격 추세 및 영향 정도를 시계열 모형을 이용해 검토하였다.

실증분석을 위한 기초자료는 주택법(제88조 및 89조), 동법 시행령(제91조)에 따라 한국부동산원이 2006년 이후 작성하고 있는 공동주택실거래가격지수 항목 중 아파트 실거래가를 바탕으로 하였다.

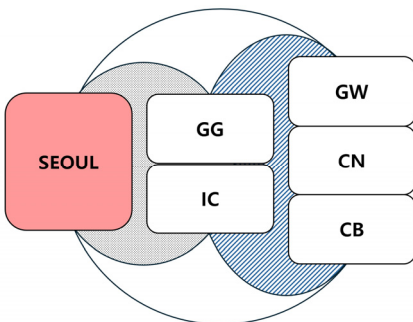


Fig. 1. Flow of Sequential Spillover Effect among Regions

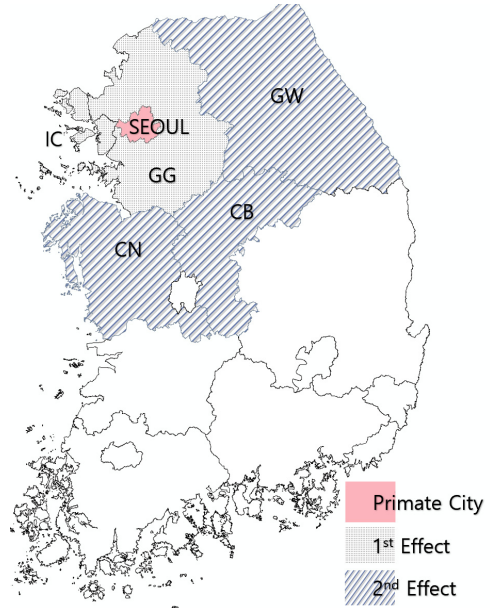


Fig. 2. Research Target

이 자료는 부동산 거래신고 등에 관한 법률에 의거 매매계약을 체결한 후 신고한 아파트 거래가격을 대상으로 하고 있다.

본 연구는 우리나라의 가장 보편적 주택 유형임과 동시에 거래 사례가 가장 많은 아파트를 대상으로 자료가 제공되는 최초 시점인 2006년 1월부터 최근 시점인 2024년 5월까지 총 222개월의 월간 지역별 평균 매매가격(시도별)을 추출해 활용하였다.

#### 3.2 분석방법

아파트 가격의 권역별 연쇄효과를 분석하기 위해 지역(권역)패널 자료를 이용한 시계열 분석인 패널 VAR 모형을 적용하였다. 이 방법은 변수의 내생성을 구분하지 않고 모두 내생화해 적용할 수 있는 다변량 시계열모형으로, 변동량 설명시 모형에 사용하는 타 변수의 시차까지 고려할 수 있다(김진수, 2020). 패널자료를 이용했다는 점에서 패널모형도 사용이 가능하나 변수 간 상호인과성으로 인해 내생성 문제(이현미·전해정, 2020)가 발생할 수 있다. 또

한 패널 VAR 모형은 일반 시계열자료가 아닌 패널자료를 이용하기 때문에 통계적 유의성이 우수(이재석 외, 2021)하다고 인정된다.

VAR 모형의 기본 함수식은 다음 식 (1)과 같은데,  $y_t$ 와  $x_t$ 는 각각 내생변수와 외생변수,  $\alpha, \beta$ 는 회귀계수,  $t, p$ 는 시간과 시차,  $\epsilon$ 는 오차항을 각각 의미한다(김리영·서원석, 2014; 이영수·이완석, 2018).

$$y_t = \alpha_1 y_{t-1} + \dots + \alpha_q y_{t-q} + \beta x_t + \epsilon_t \quad (1)$$

이때 VAR 모형에서 사용된 변수들 사이에 공적분 관계가 존재하면 장기적인 균형관계를 고려해야 하는데, 장기적인 균형관계에서 이탈되는 부분을 단기적 조정과정을 통해 수정할 필요가 있다. 이럴 때 오차수정모형을 VAR 형태로 확장한 벡터오차수정모형(Vector Error Correction Model; VECM)을 사용해 변수의 문제를 해결한다.

또한 지역 패널자료를 이용한 그랜저인과분석(패널그랜저인과분석)을 사용해 아파트 가격의 권역 간 인과관계를 확인하였다. 이 방법은 패널자료를 이용해 자기 공간(권역)변수와 타 공간(권역)변수의 시차를 모형에 적용함으로써 변수 간 인과관계를 통계적으로 검정한다는 특징이 있다(Granger, 1969; 최명섭·김준형, 2016). 이때 자기 및 타 공간 변수는 식 (2) 및 식 (3)과 같은 기본 형태를 가진다(최명섭·김준형, 2016; 이영수·이완석, 2018; 서원석, 2019; 김리영·서원석, 2020).

$$\Delta Y_{it} = \sum_{f=1}^F \alpha_j^{(f)} X_{jt-f} + \sum_{f=1}^F \beta_i^{(f)} Y_{it-f} + \epsilon_{it} \quad (2)$$

$$\Delta X_{jt} = \sum_{f=1}^F \gamma_j^{(f)} X_{jt-f} + \sum_{f=1}^F \theta_i^{(f)} Y_{it-f} + \delta_{jt} \quad (3)$$

여기서  $Y_{it}, X_{jt}$ 는 자기 및 타권역  $t$ 시점의 주택가격

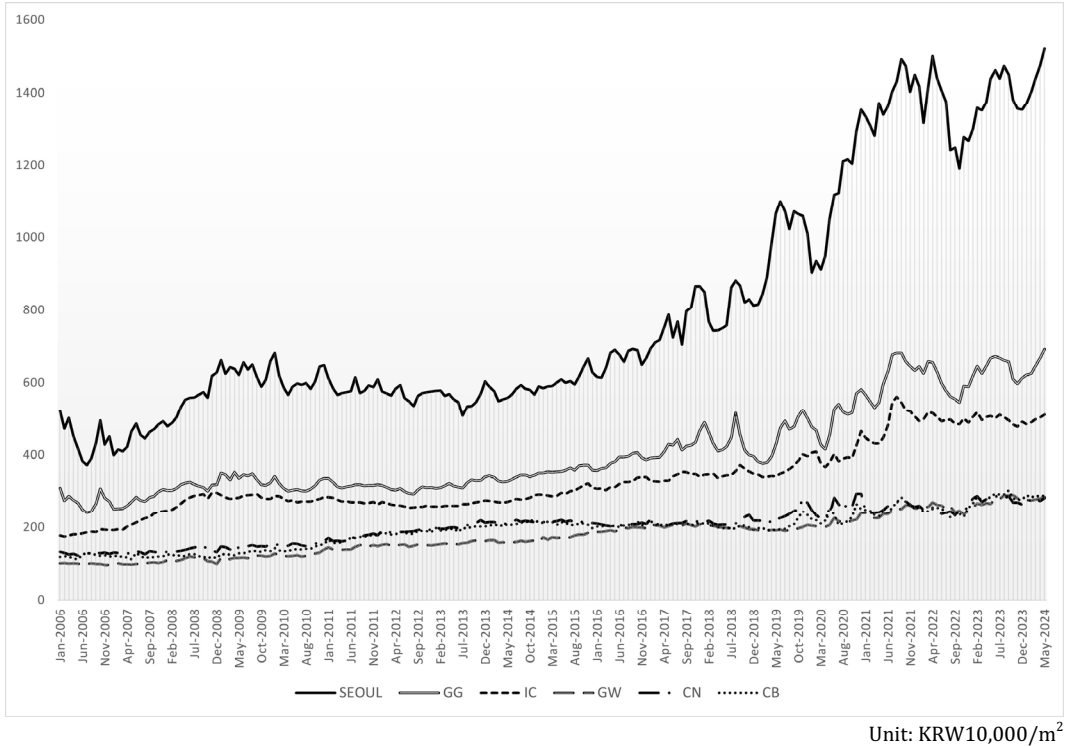
지수,  $\alpha, \beta, \gamma, \theta$ 는  $Y$ 의 과거변수가  $X$ 의 그랜저원인 인지를 파악하는 회귀계수,  $f$ 는 시차,  $\epsilon, \delta$ 는 오차항을 각각 의미하며, 1차효과에서 타 공간(권역)은 2차효과에서는 자기 공간(권역)으로 간주된다.

그랜저인과관계 검정을 위한 기본적인 귀무가설은 (1) 서울의 아파트가격 변화는 수도권(경기, 인천) 아파트가격 변화에 영향을 주지 않는다(서울 $\neq$ 수도권), (2) 수도권의 아파트가격 변화는 인접한 강원 및 충청권 아파트가격 변화에 영향을 주지 않는다(수도권 $\neq$ 강원·충청권) 그리고 (3) 서울의 아파트가격 변화는 강원 및 충청권 아파트가격 변화에 영향을 주지 않는다(서울 $\neq$ 강원·충청권)로 설정하였다. 이때  $X$ 는  $Y$ 의 그랜저원인(Granger Causality)이 될 수 없다는 가설을 기각한다면,  $X$ 와  $Y$ 는 그랜저원인 관계가 있음을 확인할 수 있다.

## 4. 실증분석

### 4.1 기초통계 및 자료검정

본 연구는 한국부동산원이 실제 거래되어 신고된 공동주택 가격정보를 이용해 작성한 공동주택실거래가격지수(한국부동산원, 2024a) 중 제공된 지역별 아파트 평균 매매가격(만 원/m<sup>2</sup>) 222개월(2006년 1월부터 2024년 5월)의 월간 자료(서울, 경기, 인천, 강원, 충남, 충북)를 실증분석에 사용하였다. 일반적으로 실증분석을 위한 가격자료는 가격지수와 원자료 평균값을 사용하게 된다. 가격지수는 변화의 폭을 기준으로 한다는 점에서 지역 내 가격변동률을 산정하고 이를 토대로 한 분석에 주로 사용된다. 반면 원자료 평균값은 추세를 관찰하기 위해 사용되며, 당월의 지역 간 가격수준 비교를 위해 주로 활용된다. 본 연구는 월 평균 실거래가격이 지역 간 가격 전이효과의 경향성을 파악하기 더 쉽고, 가격지수의 경우 기준시점을 바탕으로 지수가 조절된다는 점에서 실거래 평균가격을 이용하였다.



**Fig. 3.** Trends of Apartment Average Sales Price in Research Targets

권역별 아파트가격 변동추세를 살펴보면, 자료가 제공된 기간인 222개월 동안 서울의 주택가격 변동이 521.3만 원(2006년 1월)에서 1521.6만 원(2024년 5월)으로 가장 크게 나타났다. 수도권 지역인 경기와 인천 역시 기타 권역(강원, 충남, 충북)과 비교해 2010년대 후반 이후 높은 가격 상승이 이루어졌다(Fig. 3 참조).

기초통계 결과를 좀 더 구체적으로 보면, 222개월간 서울의 평균 실거래 매매가격은 m<sup>2</sup>당 795.39만 원으로 가장 높았으며, 경기(406.03만 원), 인천(330.06만 원) 순으로 나타났다. 비수도권 중에는 충남이 201만 원을 넘었으나 충북과 강원은 전 기간 평균 200만 원을 넘지 않았다(Table 1 참조). 다만 2024년 5월 기준 평균 실거래 가격은 강원 284.2만 원, 충남 281.1만 원, 충북 288.2만 원으로 편차는 크지 않았다. 이를 토대로 연구 대상 권역은 서울, 수도

권(경기, 인천) 그리고 수도권 인접권 또는 외곽권(강원, 충남, 충북)이 아파트가격 측면에서 각각 유사 수준의 주택시장을 형성하고 있음을 확인하였다.

실증분석에 앞서 패널자료에 대한 안정성 및 정상성을 파악해야만 하는데, 불안정한 시계열로 확인된다면 자료의 차분(Difference)을 통해 불안정성을

**Table 1.** Variables and Descriptive Statistics

Region	Average	Min	Max	St.Dev
SEOUL	795.39	372.3	1521.6	330.27
GG	406.03	240.1	691.4	123.05
IC	330.06	174.1	560.7	94.28
GW	175.41	95.7	289.2	53.83
CN	201.40	121.7	293.7	47.19
CB	192.63	111.8	302.7	49.54

Note: St.Dev denotes standard deviation

Unit: KRW10,000/m<sup>2</sup>

**Table 2.** Results of Unit Root Test

Region	ADF			P-P		
	Lag Length	Level	1st Order Difference	Lag Length	Level	1st Order Difference
SEOUL	1	-0.1358	-14.6501***	1	0.2734	-15.5469***
GG	1	-0.2213	-11.0007***	1	0.4605	-15.6593***
IC	1	-1.4115	-11.7056***	1	-1.2413	-11.4697***
GW	1	-0.4000	-17.5845***	1	-0.3035	-18.6352***
CN	1	-1.1783	-16.1340***	1	-0.7873	-21.2787***
CB	1	-1.0742	-16.3232***	1	-0.7516	-18.8016***

Note: \*\*\* p&lt;0.01

제거해야 한다. 이 과정은 추세로 인한 불안정성 완화와 더불어 계절성을 제거하는 효과도 얻을 수 있다(이상경 외, 2009; 김리영·서원석, 2020; 정진오·정재호, 2023). 본 연구는 ADF(Augmented Dickey-Fuller) 검정과 함께 계열상관과 이분산 조정이 가능한 P-P(Phillips-Perron) 검정을 동시에 시행해 로그 변환 수준(Level) 자료의 단위근(Unit Root) 여부를 확인하였다.

ADF 및 P-P 검정 결과 모든 권역 수준자료가 단위근이 존재하였고, 1차 차분을 통해 확인한 결과 검정 통계량의 절대값이 1% 유의수준에서 단위근이 존재한다는 귀무가설을 기각하는 것으로 나타났다(Table 2 참조).

시계열모형은 기본적으로 시간의 흐름에 따라 시계열 평균값 및 상관계수가 변하지 않는다는 가정을 하고 있다. 그러나 비정상 시계열 자료를 사용하면 관련 없는 변수임에도 불구하고 유의한 것처럼 보이는 가성회귀 문제를 가지는 경우가 많다. 하지만 변수들이 장기 균형 관계를 맺고 있다면 앞서 언급한 바와 같이 오차수정모형을 VAR 형태로 확장한 VECM모형을 사용해 문제를 해결할 수 있다(서원석, 2019; 전해정, 2020). 본 연구는 요한슨공적분검정(Johansens's Cointegration Test)을 이용해 변수간 장기 균형 관계를 확인하였다. 검정 결과 Trace와

Max-eigenvalue 통계량 값 모두 5% 유의수준에서 각각 2개와 3개의 공적분이 있는 것으로 나타났다(Table 3 참조). 따라서 패널 VECM을 실증분석에 적용하였으며, 공적분 관계가 있을 때 수준자료를 차분하지 않고 분석에 적용할 수 있다는 점에서 단위근과는 관계없이 로그 변환한 수준자료를 사용하였다.

분석모형의 적정시차는 대체로 FPE, AIC, SC, HQ 정보기준을 활용하는데, 분석 결과 FPE, AIC, HQ는 시차 2를, SC는 시차 1로 나타났다(Table 4 참조). 이에 각각의 정보기준 값이 다르다는 점에서 본 연구는 동일한 결과 빈도가 가장 높은 시차 2를 적정시차로 판단하였다. 하지만 본 연구의 목적이 주택시장의 연쇄적 가격 전이효과를 살펴본다는 점에서 단일 시차가 아닌 다중 시차(단기, 중기, 장기)를 적용해 그랜저인과관계분석, 충격반응분석(Impulse Response Analysis), 그리고 출레스키분산분해분석(Cholesky Decomposition Analysis)을 실시하였다.

## 4.2 패널그랜저인과관계 분석결과

서울 및 수도권 주택(아파트) 가격의 연쇄적 상호인과관계를 파악하기 위해 단기(Lag 1), 중기(Lag 6), 장기1(Lag 12), 장기2(Lag 24)로 시차를 구분해

**Table 3.** Result of Johansens's Cointegration Test

Trace Test				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.
None *	0.206	129.648	95.754	0.000
At most 1 *	0.146	79.141	69.818	0.008
At most 2	0.128	44.661	47.856	0.097
At most 3	0.052	14.551	29.797	0.808
At most 4	0.011	2.750	15.495	0.977
At most 5	0.002	0.395	3.841	0.529

Note: Trace test indicates 2 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

Max-Eigenvalue Test				
Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.
None *	0.206	50.507	40.078	0.002
At most 1 *	0.146	34.479	33.877	0.042
At most 2 *	0.128	30.109	27.584	0.023
At most 3	0.052	11.801	21.133	0.567
At most 4	0.011	2.355	14.265	0.980
At most 5	0.002	0.395	3.841	0.529

Note: Max-eigenvalue test indicates 3 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

**Table 4.** Result of VAR Lag Order Selection

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	1322.788	NA	1.72e-13	-12.36420	-12.26952	-12.32594
1	2746.077	2753.029	3.79e-19	-25.39040	-24.72761*	-25.12254
2	2809.464	119.036	2.93e-19*	-25.64755*	-24.41665	-25.15010*
3	2827.511	32.874	3.48e-19	-25.47897	-23.67997	-24.75194
4	2858.296	54.344	3.66e-19	-25.43001	-23.06290	-24.47338
5	2899.169	69.849	3.52e-19	-25.47576	-22.54055	-24.28955
6	2948.488	81.504	3.13e-19	-25.60083	-22.09751	-24.18502
7	2978.126	47.310	3.37e-19	-25.54109	-21.46966	-23.89569
8	3012.611	53.104*	3.47e-19	-25.52687	-20.88734	-23.65188

Note: \* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion



그랜저인과관계분석을 실시하였다(Table 5 참조).

분석 결과를 살펴보면, 서울 주택시장의 가격변화는 단기적으로 인접한 수도권(경기, 인천)에 직접적인 인과관계를 보였다. 이후에도 중·장기에 걸쳐 지속적인 관계를 형성하고 있었다. 하지만 서울의 주택가격 변화에 대한 영향이 어느 정도 안정화 단계에 이르렀다고 판단되는 장기 이후부터 서울과 수도권 주택시장은 상호 인과관계의 유의성이 나타나지 않았다. 이를 통해 수도권은 장기적으로 독자

적 위상을 가진 하위시장을 구축하고 있음을 알 수 있다.

서울과 인접해 있지 않은 강원권, 충남권, 충북권은 단기적으로는 서울 주택시장과의 인과성은 나타나지 않았다. 중기 이후에는 각각 서울과 차별적인 인과성을 보였는데, 강원권과 충남권은 비로소 서울의 영향범위에 들었으나 충북권의 경우 서울과의 인과관계는 유의하지 않았다.

이러한 결과를 통해 서울과 물리적으로 인접한 권

**Table 5.** Result of Panel Granger Causality Analysis

Null Hypothesis	Lag 1		Lag 6		Lag 12		Lag 24	
	F	Prob.	F	Prob.	F	Prob.	F	Prob.
SEOUL↗GG	14.967	.000***	2.240	.041**	1.694	.071	1.279	.187
GG↗SEOUL	0.762	.384	0.465	.834	0.761	.689	0.879	.629
SEOUL↗IC	8.012	.005***	2.263	.039**	1.873	.040**	1.152	.296
IC↗SEOUL	10.019	.002***	0.534	.782	0.979	.469	0.611	.921
SEOUL↗GW	3.813	.052	3.690	.002***	2.735	.002***	1.995	.007***
GW↗SEOUL	1.651	.200	1.209	.303	0.891	.557	1.063	.393
SEOUL↗CN	2.335	.128	1.490	.183	2.417	.006***	1.974	.008***
CN↗SEOUL	1.281	.259	0.519	.794	0.988	.462	0.708	.837
SEOUL↗CB	2.859	.092	0.811	.562	1.231	.265	1.496	.077
CB↗SEOUL	0.551	.459	1.298	.259	1.221	.271	0.866	.646
GG↗IC	11.909	.000***	3.489	.003***	2.533	.004***	2.344	.001***
IC↗GG	6.797	.009***	0.645	.694	1.025	.428	0.819	.708
GG↗GW	3.820	.052	3.479	.003***	2.360	.008***	1.475	.084
GW↗GG	2.554	.112	1.695	.124	1.103	.359	0.951	.534
GG↗CN	0.802	.371	1.931	.078	1.753	.059	1.759	.022**
CN↗GG	1.902	.169	1.622	.143	1.215	.276	1.537	.064
GG↗CB	1.937	.165	1.768	.108	1.541	.113	2.926	4.E-05***
CB↗GG	1.948	.164	1.496	.181	0.822	.628	1.539	.063
IC↗GW	4.078	.045**	2.235	.041**	1.545	.111	1.350	.142
GW↗IC	0.004	.949	0.868	.519	0.756	.695	0.764	.776
IC↗CN	1.592	.208	0.654	.687	1.215	.276	1.095	.356
CN↗IC	0.089	.766	2.505	.023**	2.183	.014**	2.029	.006***
IC↗CB	2.062	.153	0.701	.649	2.020	.025**	1.615	.045**
CB↗IC	0.004	.459	0.965	.000***	2.826	.001***	1.983	.007***

Note: \*\*\*p<0.01, \*\*p<0.05

역은 단기적인 영향을, 인접하지 않는 권역은 장기적인 영향을 크게 받는다는 것을 확인할 수 있다. 그 이유를 유추해 보면, 주택시장은 결국 수요자에 의해 영향을 받는다는 점에서 주택가격 변화에 따라 주거이동을 하게 된다면 현재의 생활권과 멀지 않은 권역을 우선적으로 고려할 수밖에 없어 이러한 결과가 도출된 것으로 보인다. 이는 곧 서울 주택시장 가격변화에 따른 1차 전이효과는 인접한 권역을 중심으로 빠르게 나타남을 시사한다.

다음으로 서울을 제외한 수도권 주택가격 변화에 따른 외곽 권역과의 관계를 살펴보면, 단기적으로 수도권의 영향은 거의 없었다. 하지만 강원권은 충청권에 비해 수도권과 복합적인 인과관계를 형성하고 있었는데 단기에는 인천의 영향을, 중장기에는 경기의 영향을 받는 것으로 나타났다.

이 결과를 앞서 설명한 서울과의 인과관계를 포함해 살펴보면, 강원권 주택시장은 단기적으로는 인천에 의해, 장기적으로는 서울과 경기도에 의해 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 흥미롭게도 충청권 주택시장은 단기적으로 수도권의 영향은 크지 않았으나, 중기 이후에는 인천과 상호 간에 역동적인 인과관계를 형성하는 것으로 나타났다. 반면 경기의 영향은 장기적인 관점에서 유효한 것으로 드러났다. 이 결과는 서울 주택시장이 단기적으로 수도권에 1차 영향을 미친 후 수도권 주택시장이 인접한 강원권과 충청권으로 연쇄적인 전이효과가 나타날 수 있음을 의미한다.

물리적으로 인접해 있지 않은 인천과 충청권의 주택시장에서 발생하는 상호 전이효과는 평균 주택가격<sup>3)</sup>이 경기보다 낮은 인천에서 주택시장 변화가 일어날 때 인접해 있지 않지만 가장 가까운 하위시장인 강원권(단기적) 또는 충청권(장기적)으로 주거이동이 일어날 가능성이 크다는 측면에서 이해할 수

있다. 충청권에서 수도권으로의 진입 역시 가격 수용성이 높은 인천이 우선순위가 될 가능성이 크다는 점에서 이들 지역 주택시장의 상호 인과성이 중기 이후 명확하게 나타난 것으로 보인다.

### 4.3 충격반응 분석결과

서울의 주택시장 변동이 수도권에, 수도권의 주택시장 변동이 인접한 강원·충청권에 주는 충격을 시간의 흐름에 따라 살펴보기 위해 충격반응분석을 실시하였다. 충격 기간은 앞선 패널그랜저인과분석 기간과 동일하게 24기로 설정하였다(Fig. 4 참조).

먼저 서울 주택시장의 수도권에 대한 영향을 살펴보면, 경기는 초기 영향력이 급증하다가 점진적으로 감소하고 중기 이후 그 영향력이 꾸준히 유지되었다. 인천은 중기까지 서울 주택시장 변동 충격이 급증하다가 이후 꾸준히 해당 수준이 유지되었다. 결론적으로 전체적인 충격량은 경기가 컸으나 충격 행태는 다르게 나타났는데 인천이 증가한 주택시장 충격 수준이 지속해서 유지되었다면, 경기는 중기가 가까워지면서 충격량이 어느 정도 상쇄되는 것으로 나왔다. 이는 경기의 경우 초기에 가해진 주택시장 변동 충격이 중기 이후 인접한 강원권, 충청권으로 분산되면서 나타난 결과라고 할 수 있다. 반면 인천의 경우 패널그랜저인과분석을 통해 확인된 것처럼 충청권과의 상호작용으로 인해 서울의 충격 상쇄가 쉽지 않아 이러한 추세가 유지되는 것으로 판단된다.

경기와 인천은 상호 영향을 미치고 있지만, 인천의 충격이 상당히 크게 나타났는데, 이를 통해 경기 주택시장 변동이 인천 주택시장의 불안정성을 가중시킬 수 있음을 유추할 수 있다. 충청권은 경기와 유사하게 초기 주택시장 변동이 컸으나, 이후 안정을 찾아가는 것으로 파악되었다. 하지만 강원권은 상대적

3) 한국부동산원(2024b)의 전국주택가격동향조사에 따르면 2022년 12월 기준 아파트 평균 매매가격은 서울 1,067,590천 원, 경기도 543,585천 원, 인천광역시 377,266천 원으로 나타남.

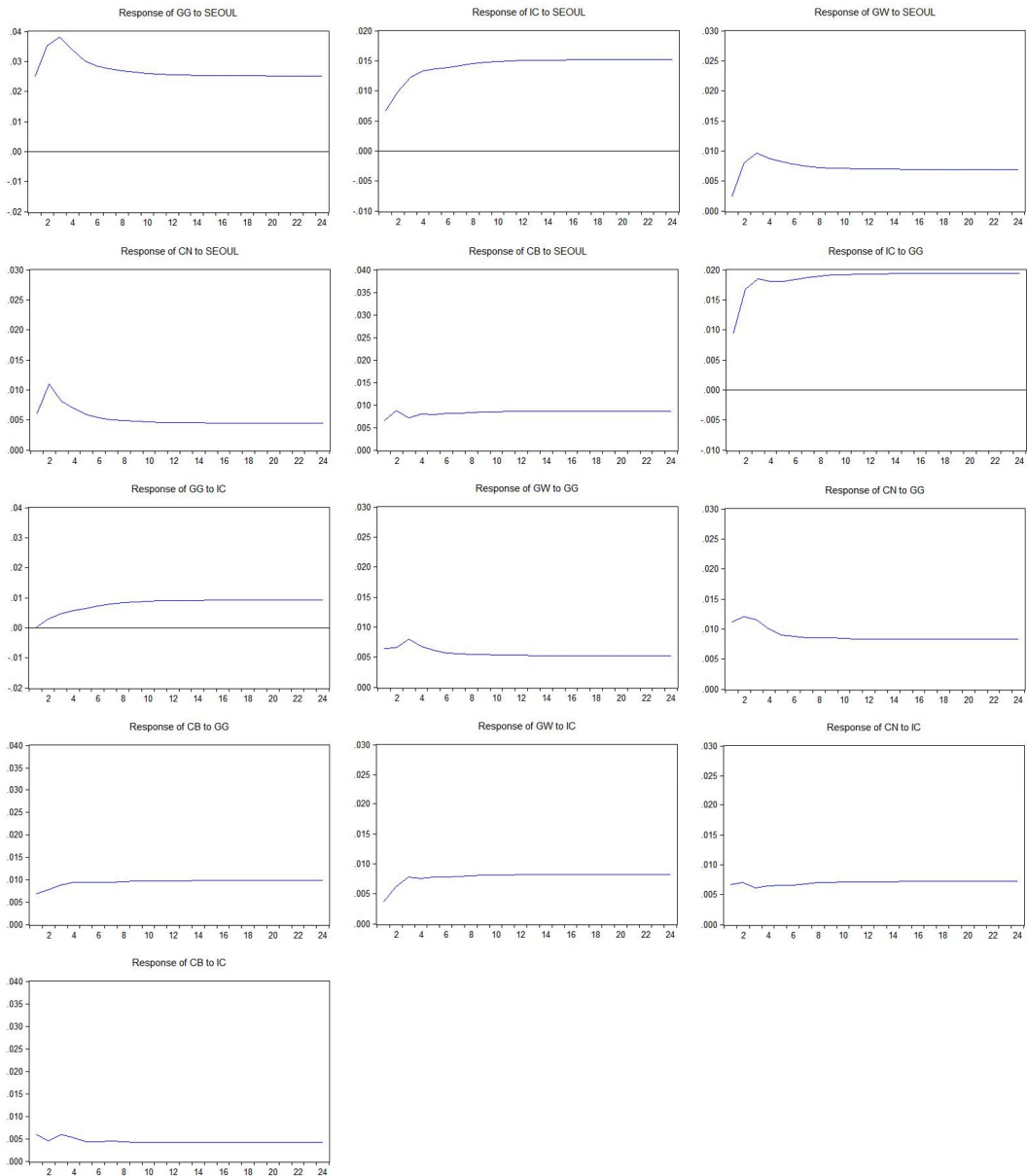


Fig. 4. Result of Impulse Response Analysis

으로 서울 주택시장 변동의 충격이 크게 나타나 서울에 대한 종속성이 충청권보다는 크다는 사실을 확인하였다.

다음으로 수도권 주택시장의 강원권 및 충청권에 대한 영향을 살펴보면, 수도권 주택시장 변동 초기

충격은 있었으나 이후 대체로 안정세를 찾아가는 것으로 나타났다. 다만 국지적인 추세는 차이가 있었는데 경기는 충청권의 주택시장 변동에 지속적인 충격을, 인천은 강원권 주택시장 변동에 지속적인 충격을 주는 것으로 드러났다.

#### 4.4 출레스키분산분해 분석결과

본 연구에서 사용한 개별 권역 주택시장에 대한 타 권역 주택시장의 상대적인 중요성을 출레스키분산

분해분석을 통해 확인하였다. 충격반응분석과 동일하게 분산분해 기간은 24기로 설정하였다(Table 6 참조).

**Table 6.** Result of Cholesky Decomposition Analysis

Unit: %

SEOUL							
Period	S.E.	SEOUL	GG	IC	GW	CN	CB
1	0.046	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.113	98.286	0.681	0.169	0.701	0.044	0.119
12	0.158	98.033	0.862	0.181	0.748	0.026	0.149
24	0.223	97.892	0.964	0.187	0.773	0.0167	0.167
GG							
Period	S.E.	SEOUL	GG	IC	GW	CN	CB
1	0.038	47.860	52.139	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.101	66.328	27.898	0.269	0.262	1.091	4.152
12	0.136	67.957	21.113	0.393	0.329	2.574	7.635
24	0.185	68.657	16.675	0.477	0.369	3.687	10.135
IC							
Period	S.E.	SEOUL	GG	IC	GW	CN	CB
1	0.022	6.974	21.131	71.895	0.000	0.000	0.000
6	0.071	13.520	40.322	45.441	0.353	0.061	0.303
12	0.104	14.876	42.416	42.062	0.363	0.106	0.176
24	0.150	15.511	43.419	40.456	0.368	0.132	0.115
GW							
Period	S.E.	SEOUL	GG	IC	GW	CN	CB
1	0.025	1.147	5.971	1.552	91.330	0.000	0.000
6	0.056	9.509	7.636	5.974	71.709	0.466	4.705
12	0.078	9.699	6.645	6.566	70.850	0.270	5.970
24	0.109	9.701	5.999	6.896	70.509	0.159	6.733
CN							
Period	S.E.	SEOUL	GG	IC	GW	CN	CB
1	0.033	2.904	10.266	4.672	7.195	74.963	0.000
6	0.074	8.907	7.233	6.749	4.027	59.039	14.046
12	0.101	8.483	5.234	7.429	3.928	57.026	17.901
24	0.139	8.113	3.977	7.856	3.892	55.777	20.385
CB							
Period	S.E.	SEOUL	GG	IC	GW	CN	CB
1	0.038	2.677	3.602	2.182	8.123	11.353	72.063
6	0.083	7.255	7.912	1.411	5.647	10.256	67.519
12	0.116	8.815	10.355	1.268	5.357	11.254	62.950
24	0.164	9.733	11.817	1.189	5.194	11.860	60.207

서울 주택시장은 예상과 같이 대부분의 주택시장 변동은 자체 충격으로 인해 발생하였는데, 24기에도 97.90%가 설명되었다. 경기 주택시장은 변동 초기 47.86%에 그치던 서울 주택시장 충격이 장기에는 68.66%까지 높아지는 것으로 나타났다. 흥미롭게도 경기 주택시장은 인천보다 충청권의 영향이 더 컸는데, 특히 장기적으로 충북권은 10% 이상의 비중을 차지하는 것으로 확인되었다. 인천 주택시장은 경기와는 다르게 자체 충격에 의한 변동이 70%가 넘었으며 서울보다는 경기에 의해 변동이 커짐을 알 수 있었다. 반면 타 권역의 영향은 미미했다. 이를 통해 수도권 주택시장은 서울이 경기와 인천 주택시장에 직접적인 영향을 주고 있음과 동시에 서울에서 경기로, 경기에서 인천으로 그 영향이 전이되는 양상이 나타날 수 있음을 예상해 볼 수 있다.

강원권은 서울을 제외하고 자체적인 변동이 가장 큰 곳으로 나타났는데, 단기적으로는 90% 이상의 비중을 보였다. 장기적으로도 70% 이상의 영향이 있었다. 반면 타 권역의 영향은 단기적으로는 경기 주택시장이, 장기적으로는 서울과 인천 주택시장이 더 큰 것으로 파악되었다.

충청권은 중부권에 위치한 입지 조건으로 인해 상호 간의 영향이 장기적으로 70%를 넘겼다. 타 권역의 영향을 보면 충남권은 단기적으로는 경기 주택시장의, 장기적으로는 서울과 인천 주택시장의 영향이 8~10% 정도로 나타났다. 반면 충북권은 단기적으로는 강원권의 충격이 컸으나, 장기적으로는 서울과 경기 주택시장의 영향이 더 커진 것으로 확인되었다.

이러한 결과는 수도권과 인접한 비수도권 주택시장에서 수도권의 영향이 적지 않은데, 전국적으로 영향을 미치는 서울 외 인접한 경기 주택시장 충격이 장단기적으로 전이될 수 있음을 시사한다.

## 5. 결론 및 시사점

본 연구는 우리나라 수위도시 주택시장인 서울과 인접권역에 대한 매매가격의 연쇄적 전이효과를 실증 분석하였다. 구체적으로 서울 주택시장의 가격 전이효과가 수도권에 나타나는지, 이후 수도권과 인접한 외곽지역에 연쇄적 전이효과가 나타나는지, 서울의 외곽지역에 대한 상호적이고 연쇄적인 전이효과가 나타나는지를 패널 VECM과 패널그랜저인과 분석을 이용해 검토하였다.

주요 분석 결과는 다음과 같다. 첫째, 서울 주택시장은 단기적으로 인접한 수도권(경기, 인천)에 직접적 인과관계를 가지는 것으로 나타났다. 둘째, 서울과 수도권은 장기적으로 독자적 위상을 가진 개별 하위시장을 구축하고 있었다. 셋째, 서울 주택시장 가격변화에 따른 1차 전이효과는 인접한 권역을 중심으로 빠르게 나타났다. 넷째, 경기 주택시장 변동은 인천 주택시장의 불안정성을 가중시키는 것으로 나타났다. 다섯째, 서울 주택시장에 대한 종속성은 강원권이 충청권보다 큰 것으로 나타났다. 여섯째, 서울권 주택시장은 서울에서 경기로, 경기에서 인천으로 연쇄적으로 전이되는 양상이 있음을 확인하였다. 일곱째, 수도권 주택시장은 인접한 외곽 주택시장에 유의한 전이효과가 있는 것으로 나타났다.

실증분석을 통해 본 연구는 서울에서 경기, 인천의 방향으로 주택가격 전이효과가 일어나는 것을 확인하였다. 또한 서울과 수도권에서 강원권, 충청권으로의 2차 전이효과(연쇄적 전이효과) 역시 존재한다는 것도 확인하였다. 이는 실질적으로 서울 주택시장의 가격 불안정성 심화가 연쇄적으로 수도권, 강원권, 충청권까지 확대될 수 있으며, 수도권 불안정성은 외곽 권역의 불안정성을 더욱 높일 수 있음을 시사한다.

이와 같은 문제는 정책적 대처가 필요하다는 점을 시사하는데, 특히 서울의 주택가격 안정을 위한 지

속적인 정책이 필요하다. 이 과정에서 해당 주택정책 파급효과가 수도권을 넘어 강원, 충청권까지 미칠 수 있다는 점을 염두에 두고 세밀한 정책을 추진할 필요가 있다. 또한 강원권, 충청권의 주거안정을 위해서는 수도권과 연계된 정책이 필요하다는 것 또한 본 연구가 파악한 중요한 시사점이다.

이러한 성과에도 불구하고 본 연구는 몇 가지 추진과제를 제안한다. 먼저 서울은 우리나라 전체 주택시장에 영향을 줄 수 있다는 점에서 모든 지역을 대상으로 공간적 연쇄효과를 파악할 필요가 있다. 특히, 공간적 연쇄효과는 권역뿐만 아니라 시군구 단위로도 나타날 수 있다는 점에서 미시적인 연구 대상 설정이 중요하다. 둘째, 주택시장 전이효과는 매매가격과 전세, 월세를 포함하는 임차시장 전이효과를 함께 파악하는 것도 중요하다. 셋째, 주택시장 전이효과는 혁신도시, 기업도시, 행정중심복합도시 등 정부의 공간정책에 의해 발생할 수 있다는 점에서 이의 정책효과 분석이 이루어질 필요가 있다. 마지막으로 주택시장의 전이효과에 영향을 줄 수 있는 요인은 인구, 지역경제, 수요와 공급 등 다양한 측면이 있다. 이들 요인이 주효과와 더불어 통제효과 측면에서도 유의할 수 있으므로 향후 이에 대한 고려가 필요하다. 이러한 추가적인 연구를 통해 주택시장의 공간적 연쇄효과가 더욱 명확히 규명되기를 기대한다.

## 참고문헌

- 강임호(2019), “한국과 일본 부동산시장에서의 수도권과 비수도권의 관계비교”, 『한국사회과학연구』, 38(3): 39~71.
- 고희운·강상훈(2023), “한국주택시장에서의 전이효과 분석: 분위별 전이지수 방법 활용”, 『주택금융연구』, 7(1): 131~152.
- 김리영(2021), “세종시 출범 이후 수도권과 충청권 주택 가격변동의 연계성 분석”, 『부동산분석』, 7(3): 79~98.
- 김리영·서원석(2014), “VECM을 이용한 외환 및 금융위기 경제여건 변화가 대도시 주택시장에 미치는 영향 비교”, 『부동산학보』, 56: 322~336.
- 김리영·서원석(2017), “수도권 연담도시 간 인구이동과 주택시장의 변동성 분석”, 『부동산학보』, 71: 159~172.
- 김리영·서원석(2020), “벡터오차수정모형을 이용한 하위시장별 주택 미분양 영향요인 분석: 경기도와 경상남도의 분양 및 재고시장을 중심으로”, 『감정평가학논집』, 19(1): 75~100.
- 김진수(2020), “패널 VAR 모형을 이용한 글로벌 금융위기 전·후 주택시장 예측요인 분석: 서울특별시 25개 자치구 주택매매가격을 중심으로”, 『제도과경제』, 14(2): 99~120.
- 김현학(2017), “아파트 가격의 시공간 확산 효과 분석”, 『한국경제의 분석』, 23(2): 89~135.
- 서승환(2007), “주택가격 변화의 지역연관성에 관한 연구: 강남구 물결효과를 중심으로”, 『서울도시연구』, 8(4): 1~13.
- 서원석(2019), “서울 주택소비심리와 대도시권 주택시장의 동태적 관계분석”, 『주택도시연구』, 9(2): 31~47.
- 이상경·이현석·손정락·최지희(2009), “시계열 분석을 이용한 오피스 임대료 모형 구축”, 『부동산학연구』, 15(3): 5~17.
- 이영수·이완석(2018), “표본외 검정을 통한 주택 매매가와 전세가의 그랜저 인과관계 분석”, 『주택도시금융연구』, 3(1): 125~144.
- 이예슬(2023.7.18), “주택시장 온기, 강남권→서울 전체 퍼졌다”, 뉴시스
- 이재석·이근대·유복근(2021), “광역시·도별 자료를 이용한 에너지, 경제성장, 온실가스 배출 간의 관계 분석”, 『자원환경경제연구』, 30(3): 503~533.
- 이항용·이진(2014), “아파트 매매가격의 지역 간 전이효과: 일반화 예측오차 분산분해를 이용한 7개 대도시를 중심으로”, 『국토연구』, 82: 3~15.
- 이현미·전해정(2020), “패널 VAR 모형을 이용한 서울시 주택매매시장의 동태적 특성”, 『주거환경』, 18(2): 27~42.
- 이호준·이수기·박선주(2018), “세종시 개발이 주변 지역 및 수도권 인구이동에 미치는 영향 분석: 인구가



- 동(2006~2016) 자료를 활용한 변이할당 분석을 중심으로”, 「국토계획」, 53(2): 85~105.
18. 장한익(2019), “수도권과 지방 주택매매가격의 동조화 변화분석”, 「LHI 저널」, 35: 9~18.
  19. 전해정(2020), “주택경기지수 전이효과에 대한 연구”, 「인문사회21」, 11(2): 785~799.
  20. 정준호(2022), “수도권 아파트 매매가격 변동의 확산효과”, 「한국경제지리학회지」, 25(1): 147~170.
  21. 정진오·정재호(2023), “부동산정책이 부동산가격에 미치는 영향에 관한 연구: 조세정책과 금융정책 중심으로”, 「LHI Journal」, 14(3): 55~75.
  22. 최명섭·김준형(2016), ““Korea Flight”은 존재하는가?: 패널 그래저 인과관계 검정과 한국노동패널자료 분석을 중심으로”, 「감정평가학논집」, 15(1): 84~98.
  23. Granger, C. W. J. (1969), “Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods”, *Econometrica*, 37(3): 424~438.
  24. Kim, L. Y. and W. Seo (2021), “Micro-Analysis of Price Spillover Effect among Regional Housing Submarkets in Korea: Evidence from the Seoul Metropolitan Area”, *Land*, 10: 879.
  25. Seo, W. and L. Y. Kim (2020), “Investigating the Ripple Effect through the Relationship between Housing Market and Residential Migration in Seoul, South Korea”, *Sustainability*, 12: 1225.
  26. 한국부동산원, “공동주택실거래가격지수”, 2024.9.30a 읽음. <https://www.reb.or.kr/r-one/portal/stat/easyStatPage.do?cateId=700006>.
  27. 한국부동산원, “전국주택가격동향조사”, 2024.9.30b 읽음. <https://www.reb.or.kr/r-one/portal/stat/easyStatPage.do?cateId=700006>.

## 요 약

본 연구는 서울과 인접권역에 대한 주택 매매가격의 연쇄적 전이효과를 실증 분석하였다. 구체적으로 서울 주택시장의 가격 전이효과가 수도권에 나타나는지, 이후 수도권과 인접한 외곽지역에 연쇄적 전이효과가 나타나는지, 서울의 외곽지역에 대한 상호적이고 연쇄적인 전이효과가 나타나는지를 패널 VECM과 패널그래저인과분석을 이용해 검토하였다. 주요 분석 결과는 다음과 같다. 첫째, 서울 주택시장은 단기적으로 수도권과 인과관계를 가지는 것으로 나타났다. 둘째, 하지만 서울과 수도권은 장기적으로 독자적 위상을 가진 개별 하위시장을 구축하고 있었다. 셋째, 경기 주택시장 변동은 인천 주택시장의 불안정성을 가중시키는 것을 확인하였다. 넷째, 서울 주택시장의 영향은 강원권에서 충청권보다 더 뚜렷하게 나타났다. 다섯째, 서울권 주택시장은 서울에서 경기도, 경기에서 인천으로 연쇄적으로 전이되는 양상이 있는 것으로 나타났다. 마지막으로 서울과 수도권에서 강원권, 충청권으로의 2차 전이효과(연쇄적 전이효과) 역시 존재한다는 것도 확인하였다. 이 결과를 바탕으로 본 연구는 서울의 주택가격 안정을 위한 지속적인 정책이 필요하며, 이 과정에서 해당 주택정책 파급효과가 수도권을 넘어 강원, 충청권까지 미칠 수 있다는 점을 염두에 두고 세밀한 정책을 추진할 필요가 있다는 시사점을 제시하였다.

**주제어:** 주택가격, 주택시장, 연쇄효과, 패널 VAR, VECM, 그래저인과분석



# 서울시 지하층 주택 밀집지역 분포와 공간적 상관관계 연구 : 침수위기지역과 취약가구 거주지역을 중심으로

## A Study on the Distribution and Spatial Correlation of Densely Populated Underground Housing Areas in Seoul : Focusing on Flood Risk Areas and Vulnerable Household Residential Areas

임재빈\* · 정기성\*\*

Jaebin Lim\* · Kiseong Jeong\*\*

### Abstract

This study investigates the spatial distribution of basement housing in Seoul and its spatial correlation with socially vulnerable groups (elderly individuals and basic livelihood security recipients) as well as flood-prone areas. The issue of basement and semi-basement housing in Seoul has remained a persistent concern, due to the deteriorating living conditions of housing-vulnerable populations and the growing risk of flood damage driven by climate change. However, there has been a lack of empirical research on the spatial relationship between basement housing and socio-economic factors. Therefore, this study employs spatial statistical techniques (Global Moran's I, Local Moran's I, and Bivariate Moran's I) to examine the relationship between densely concentrated basement housing, socially vulnerable populations, and flood-prone areas within Seoul. The findings indicate a significant positive correlation between areas with a high concentration of basement housing and those with large populations of elderly individuals and basic livelihood security recipients. In contrast, there is no distinct spatial autocorrelation between basement housing clusters and flood-prone areas. This suggests that the spatial distribution of basement housing is shaped more by socioeconomic factors than by the location of flood-prone areas. On the other hand, more proactive policy interventions should be considered in regions such as the southwestern and northern outskirts of Seoul, where basement housing clusters coincide with flood-prone areas. This study provides empirical evidence for policy development on basement and semi-basement housing and housing welfare in Seoul.

**Keywords:** Seoul Metropolitan City, Underground Housing, Flood Risk Areas, Elderly Population, Basic Livelihood Security Recipients

### 1. 서론

전 세계적으로 기후변화의 영향으로 여름철 집중

호우로 인한 침수피해는 반복되고 있으며, 기후변화로 인해 그 정도와 피해가 커지고 있는 상황이다(강호선 외, 2023; Kim et al., 2023; Liu et al., 2015).

\*충남대학교 국가정책대학원 부교수(주저자: jb.lim@cnu.ac.kr)

\*\*LH 토지주택연구원 수석연구원(교신저자: jkseong@lh.or.kr)

Received: February 2, 2025 / Accepted: April 5, 2025

2022년 여름 기록적인 집중호우가 내리면서 기상 관측 이래 최고치를 기록했으며, 이로 인해 많은 재산 및 인명 피해가 발생했다(박인숙, 2023; 김민준·강전영, 2022). 특히 인명 피해의 대부분이 지하층(반지하) 주택 거주민에게 집중되었고, 이는 지하층 주택의 재해 취약성을 다시 조명하는 계기가 되었다. 최근의 연구에 따르면, 전국에 재해 취약한 지하층 거주주택이 총 18만 5,518동이 있으며, 이 중 92.2%가 서울, 경기, 인천 등 수도권에 집중되어 있는 것으로 나타났다(안의순·박종훈, 2023). 특히 2022년 기준 서울시 지하층 주택은 전체의 48.3%(10만 7,266동)를 차지하고 있으며(안의순·박종훈, 2023), 이는 서울시 지하층 주택 문제의 심각성을 나타낸다.

지하·반지하 주택은 1970년대부터 건설되었으며, 현재까지 많은 지하층 주택들이 건축된 지 30년을 넘어 노후화가 심각한 상태이다. 이러한 노후 주택들은 침수와 화재 등 재난에 매우 취약한 특성을 가진다(박인숙, 2023; 성진욱·정기성, 2021). 지하 주택은 주택의 용적률에 포함되지 않기 때문에 주변 도로와 하수관 등의 기반시설에 과부하를 유발할 수 있으며, 이는 호우 시 침수가 발생하는 악순환을 초래할 수 있다. 게다가 반지하 주택의 열악한 환경과 상대적으로 저렴한 임차료로 인해 고령자, 기초생활수급자 등 사회적 취약계층이 주로 거주하게 된다(박한나·송재민, 2014). 이들은 경제적 여건과 사회적 제약으로 인해 재해에 취약하고 열악한 주거환경에 내몰리며, 이는 이들의 건강과 안전에 악영향을 미칠 가능성이 크다.

2022년 힌남노 폭우 사태 이후, 지하층 주택에 대한 사회적 관심이 크게 증가하였고, 이를 둘러싼 다양한 연구들이 진행되고 있다(강호선 외, 2023; 박인숙, 2023; 안의순·박종훈, 2023). 그러나 지하층 주택의 공간적 분포와 침수위험지역, 취약계층 거주 지역 간의 공간적 상관관계를 구체적으로 분석한 연구는 여전히 부족한 실정이다. 이러한 배경에서 본

연구의 목적은 서울시 지하층 주택의 공간적 분포와 밀집 지역을 공간 통계 기법을 통해 분석하고, 침수 위기 지역 및 취약계층(고령자, 기초생활수급자) 거주 지역과의 공간적 자기상관성을 분석함으로써, 이들 지역 간의 연계성과 주요 관리 지역을 도출하고자 한다. 이를 바탕으로 정책적 대응 방안을 마련하는데 중요한 기초자료를 제공하고자 한다.

이를 위한 본 연구의 가설은 다음과 같이 정의한다.

- H1: 서울시 지하층 주택 밀집지역은 수해위험 밀집 지역과 통계적으로 유의미한 정(+)의 공간적 자기상관성을 가질 것이다.
- H2: 서울시 지하층 주택 밀집지역은 고령인구 거주 밀집지역과 통계적으로 유의미한 정(+)의 공간적 자기상관성을 가질 것이다.
- H3: 서울시 지하층 주택 밀집지역은 기초생활수급자 거주 밀집지역과 통계적으로 유의미한 정(+)의 공간적 자기상관성을 가질 것이다.

## 2. 이론적 논의 및 선행연구 검토

### 2.1 지하층 주택의 역사와 제도

한국에서 지하주택의 개념은 1962년 건축법에서 시작되었으며, 초기에는 군사적 긴장 상황에서 폭탄 대피소로 사용되기 위해 설계되었다. 1980년대에는 주택 부족 문제로 인해 이러한 공간을 주거 용도로 사용하는 것이 합법화되었다(하민정, 2022). 1984년 건축법 개정으로 지하층 관련 규정이 완화되고, 1988년 주택 200만 호 건설계획의 일환으로 1990년 다세대 및 다가구 주택이 도입되면서 지하 및 반지하 주택의 수가 급격히 증가하였다.

지하 주택의 재해 취약성 문제는 계속해서 제기되어 왔으며, 이에 따라 정부와 지자체는 다양한 제도 개선을 통해 대응하고 있다. 예를 들어, 2020년 7월에 개정된 ‘주거취약계층 주거지원 업무처리 지침’

은 침수 우려가 있거나 최저 주거기준에 미달하는 지하층 거주가구를 대상으로 지원 범위를 확대하였다. 이 지침은 공공임대주택으로의 이주와 보증금, 이사비 지원을 포함하고 있다(국토교통부, 2020). 또한 2022년 8월 발표된 ‘국민 주거안정 실현방안’은 재해 취약 주택 및 거주자에 대한 실태 조사를 실시하고, 지하층 주택의 신축을 원칙적으로 금지하며, 지하층 주택의 비율이 50% 이상인 경우 정비구역으로 지정할 수 있도록 하였다(국토교통부, 2022). 경기도와 인천광역시 등 수도권 지자체도 각각 도시 및 주거환경정비 조례를 개정하여 지하 주택 문제 해결을 위한 제도적 기반을 마련하였다(안의순·박중훈, 2023).

앞으로 지하층 주택은 신축이 금지되고 점진적으로 정비되면서 그 수가 줄어들 것으로 보인다. 2022년 침수 피해 이후 나온 2023년 2월 국토교통부 대응정책에 따르면, 지하 주택의 신축을 원칙적으로 불허하고 단계적으로 감축하는 방안에 대한 내용이 담겼다(국토교통부, 2023).

한국의 지하 주택 대부분은 서울 수도권에 집중되어 있으며, 전체 지하 주택의 96%가 수도권에 위치하고 있다(안의순·박중훈, 2023). 특히 서울은 지하 주택이 가장 많이 분포하는 도시로, 서울시는 지하층 주택 거주민들의 주거 환경을 개선하기 위해 ‘주거취약계층 주거상향사업’을 추진하고 있다. 이 사업은 이주 지원을 위한 주택 바우처(6년 간 매월 20만원), 전세자금 대출 지원 및 반지하주택 매입 정책을 포함한다(서울주택도시공사, 2025). 서울시는 점진적으로 지하층 주택을 소멸시키는 방향으로 정책을 수행하고 있다.

## 2.2 지하층 주택의 거주 취약성

지하 주택은 인구가 밀집된 도시 지역에서 경제적 이점과 보안상의 이점을 제공하지만, 환경적 위험, 특히 홍수에 상당히 취약하다(Peacock et al., 2022).

지하 주택의 고유한 설계는 자연광 부족, 환기 불량, 높은 습도 등을 포함하여 곰팡이 및 습기와 같은 문제를 악화시켜 심각한 건강 위험을 초래한다. 또한, 지하 주택은 지하수와 가깝고 종종 오래된 배수 시스템을 가지고 있어 극한 기상 상황에서 홍수 피해에 매우 취약하다(Liu et al., 2015; Macuha, 2023).

서울시의 경우 대부분의 지하 및 반지하 주택이 1980년대 후반과 1990년대 초반에 집중적으로 건설되어 현재는 노후화된 상태이다(신상영 외, 2023). 이러한 노후된 지하 주택은 열악한 환경에도 불구하고 경제적으로 취약한 계층에게 중요한 주거 선택지로 남아있다. 모든 지하 주택을 금지하거나 철거하는 것이 현실적이지 않기 때문에, 정책적 노력은 특히 반복적인 홍수 피해를 입은 주택의 구체적인 취약성을 파악하고 해결하는 데 초점을 맞춰야 한다. 이러한 주택의 물리적 조건을 개선하고 거주자들에게 맞춤형 지원을 제공하는 것이 빈번한 기후 관련 재난에 대한 저항력을 높이는 데 중요하다.

최근 연구는 특히 기후 변화로 인한 극한 기상 현상으로 인해 지하 주택의 홍수 취약성이 증가하고 있음을 강조하고 있다(IPCC, 2023; 강호선 외, 2023; Kim et al., 2023; 안의순·박중훈, 2023). 이러한 주거지의 거주자는 사회경제적 취약성과 열악한 주거 조건으로 인해 더 높은 위험에 직면해 있다(Chen et al., 2021). 부적절한 인프라, 열악한 생활 조건, 거주자의 사회경제적 지위의 결합은 이러한 가구에 대한 홍수의 영향을 크게 증가시킨다(Hatzikyriakou and Lin, 2018; Lee and Han, 2024). 이전 연구를 종합해 보면, 지하 주택의 물리적 및 사회경제적 문제는 홍수 위험을 높여 포괄적인 완화 전략이 필요함을 알 수 있다.

이 문헌 검토는 특히 사회경제적 및 환경적 문제점이 겹치는 서울과 같은 도시 지역에서 지하 주택의 홍수 취약성을 완화하기 위한 목표 지향적 정책 개입과 인프라 개선의 긴급한 필요성을 강조한다.

Table 1. Variables

Variables		Content	Period	Source	Range
Underground Housing		Number of housing units with underground floors: Refers to the number of housing units that include underground floors, specifically targeting multi-household houses, multi-family houses, row houses, and multiplex houses.	2022	Seumter National Statistics (2025) (in Korean)	
Flood-Prone Areas		Area of flood-risk zones (m <sup>2</sup> ): Based on the spatial data of Seoul's "Flood Trace Map," this indicates the total area (m <sup>2</sup> ) of flood-prone regions within each administrative district (Dong).	2023	Data Seoul (2025b) (in Korean)	Administrative district (Dong)
Vulnerable Class	Old Population	Number of elderly population: Represents the total number of elderly individuals residing in a given area.	2023	KOSIS (2025) (in Korean)	
	Basic Livelihood Security Recipients	Number of Basic Livelihood Security Recipients: Refers to the total number of individuals receiving benefits under the National Basic Livelihood Security System in a specific area.	2023	Data Seoul (2025a) (in Korean)	

3. 연구 설계

3.1 범위 및 방법

서울시 지하주택의 공간적 특성과 수해위험 및 취약계층 상관분석을 위하여 서울시 424개 동단위 지역을 연구의 공간적 범위로 설정하였으며, 연구의 시간적 범위는 데이터 구축 시기에 따라 2022년부터 2023년까지의 범위를 기본으로 하였다.

본 논문에서는 정의하는 ‘지하주택’의 의미는 단독주택인 다중주택, 다가구주택과 다중주택 중 연립주택, 다세대주택의 범위에서 해당 건축물의 용도 중 지하층을 포함하는 주택을 의미한다.

본 연구의 방법으로 먼저, 서울시 지하주택의 공간적 분포를 확인하고 공간적자기상관성을 확인하기 위해 전역적 Moran’s I 분석과 국지적 Local Moran’s I LISA 분석을 진행하였다. 그리고 수해위험지역, 취약계층(고령자, 기초생활수급자) 변수와 지하주

택 간의 이변량 공간적 자기상관성 분석(Bivariate Local Moran’s I)을 수행하여 지하주택과 취약변수 간의 상관관계와 공간적 밀집도를 분석하였다.

3.2 변수의 구성

본 연구의 핵심 변수인 지하·반지하 주택 데이터 구축은 민간개방 건축행정 데이터인 ‘세움터 건축물 대장’ 데이터를 기본으로 하였다. 2022년을 기준으로 아파트를 제외한 단독·공동주택의 범위 내에서 지하·반지하 주택이 존재할 수 있는 다중주택, 다가구주택, 연립주택, 다세대주택을 대상으로 지하 거주 조건에 맞는 서울시 내 총 158,586 지하 주택을 추출하였다(Table 1).

서울시 침수위험지역 변수는 ‘서울시 열린데이터 광장’에서 2022년 기준 ‘서울시 침수흔적도’ 공간데이터를 기반으로 하였다. 재해지도 작성 기준 등에 관한 지침에 따른 침수흔적도의 정의는 “태풍, 호우,



해일 등 풍수해로 인해 침수피해가 발생한 지역에 대한 침수흔적조사를 통해 침수심 등을 표시한 재해지도"이며, 침수심(파고 높이에서 해당 지역 해발고도를 뺀 값)을 6단계로 표현하고 있다. 본 연구에서는 반지하 특성상 단계의 구분없이 모든 침수흔적영역을 동일하게 위험지역으로 간주하였으며, 해당 동지역 내에 침수위험지역의 면적( $m^2$ )을 변수로 사용하였다.

서울시 내 취약계층 변수로 고령자 인구수와 국민기초생활보장수급자 수를 사용하였다. 서울시 동지역별 65세 이상 고령자 인구수는 통계청 '인구총조사' 2023년 데이터를 사용하였으며, 서울시 동단위 국민기초생활보장수급자 수 데이터는 '서울시 열린데이터광장' 2023년 데이터를 사용하였다. 고령자 인구 변수는 대표적인 사회취약계층 변수이며, 특히 반지하 주택의 거주하는 고령자의 경우 폭우 및 재해 상황에서 상대적으로 대응 대처가 어려운 특성을 가지고 있다(김민준 외, 2023). 국민기초생활보장수급자는 「국민 기초생활보장법」에 따른 저소득층으로 정부의 공적 부조를 받는 사회적 취약성과 빈곤 계층이다. 소득 인정액이 중위소득 30~50% 이하의 대상으로 지역의 쇠퇴 및 열악한 주거지역의 분포를 측정하는 데 매우 중요한 변수라고 할 수 있다(김길, 2017; 박윤환, 2013; 조준혁 외, 2014). 이에 본 논문에서는 고령자 인구수와 국민기초생활보장수급자를 주거열악을 경험하는 사회취약계층으로 정의하고 주요 변수로 활용하였다.

### 3.3 분석 모형

본 연구는 지하주택의 홍수 취약성을 분석하기 위해 전역적 모란 I(Global Moran's I)과 국지적 모란 I(Local Moran's I), 그리고 이변량 국지적 모란 I(Bivariate Local Moran's I) 공간 분석모형을 사용하였다.

전역적 모란 I는 공간 자기상관(spatial auto-

correlation)의 측정 도구로, 패턴이 군집된(cluttered), 분산된(dispersed), 또는 무작위(random)인지 평가한다. 이 기법은 지하 주택과 홍수 위험이 공간적으로 자기상관되는지를 파악하여 전반적인 공간 패턴을 식별할 수 있다. 전역적 모란 I의 공식은 식 (1)과 같다:

$$I = \frac{N \sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 \sum_j w_{ij}} \quad (1)$$

여기서  $N$ 은 공간 단위의 개수이며,  $x_i$ 와  $x_j$ 는 위치  $i$ 와  $j$ 에서 변수  $x$ 의 값,  $\bar{x}$ 는 변수  $x$ 의 평균,  $w_{ij}$ 는 위치  $i$ 와  $j$ 사이의 공간가중치, 그리고  $W$ 는 모든 공간가중치  $w_{ij}$ 의 합을 나타낸다.

국지적 모란 I 지수(Local Moran's I)는 지역 클러스터와 공간적 이상치(spatial outliers)를 식별하는데 사용된다. 이는 지하 주택과 홍수 위험이 집중된 지역을 탐지하는 데 도움이 되며 국지적 모란의 I의 공식은 식 (2)과 같다:

$$I_i = \frac{(x_i - \bar{x}) \sum_j w_{ij} (x_j - \bar{x})}{S^2} \quad (2)$$

여기서  $x_i$ 는 위치  $i$ 에서 변수  $x$ 의 값이며,  $\bar{x}$ 는 변수  $x$ 의 평균,  $w_{ij}$ 는 위치  $i$ 와  $j$ 사이의 공간가중치, 그리고  $S^2$ 은 변수  $x$ 의 분산을 나타낸다.

이변량 국지적 모란 I(Bivariate Local Moran's I) 지수는 두 개의 다른 변수 간의 공간적 상관관계를 분석하는 공간분석기법이다. 이 방법은 지하주택의 밀집 지역의 분포와 홍수 위험 지역, 취약계층 밀집 지역 간 공간적 관계를 분석하는 데 사용되었다. 이 변량 국지적 모란 I의 산식은 식 (3)과 같다:

$$I_i = \frac{(x_i - \bar{x}) \sum_j w_{ij} (y_j - \bar{y})}{S_x^2} \quad (3)$$

여기서  $x_i$ 와  $y_j$ 는 각각 위치  $i$ 와  $j$ 에서 변수  $x$ 와  $y$ 의 값이며,  $\bar{x}$ 와  $\bar{y}$ 는 해당 변수들의 평균을 나타낸다.  $w_{ij}$ 는 위치  $i$ 와  $j$ 사이의 공간 가중치이며,  $S_x$ 는 변수  $x$ 의 표준편차이다. 이 통계치는 두 개의 서로 다른 변수 간의 국지적 공간적 관계를 이해하는 데 도움을 준다.

## 4. 실증분석

### 4.1 기초통계량

본 연구에서 사용한 주요 변수들의 기초통계량은 Table 2와 같다. 2022년 기준 본 연구에서 산출한 서울시 지하주거공간을 포함하는 주택의 수는 158,586 동이었다. 서울시 법정동 단위 424개 지역으로 구분하였을 때, 평균 355개 동으로 나타났으며, 최대 한 지역 내 1,564 동의 지하주택이 존재하는 것으로 확인하였다. 행정안전부가 제공하는 침수흔적도의 서울시 내 면적으로 확인하였을 때, 총 59,128,693m<sup>2</sup>였으며, 지역별로 평균 139,454m<sup>2</sup> 침수흔적을 보이는 수해 위험지역을 나타내었고 가장 많은 면적을 가진 지역은 1,256,369m<sup>2</sup>로 확인되었다. 65세 이상 고령자 인구수의 경우 서울시 내 103,051명이 있는 것으로 확인된 가운데, 지역 평균 244명, 최대 1,070명으로 확인되었다. 기초생활수급자의 경우 서울시 내 총 383,985명이 있는 것으로 확인된 가운데, 지역 평균 906명, 최대 5,548명, 최소 1명이 있는 것으로 확인되었다.

### 4.2 공간적 분포 및 공간적자기상관 밀집도 분석

먼저 본 연구의 핵심 변수별로 서울시 내 공간적 분포를 확인하고 Moran's I 지수를 활용한 공간적자기상관 분석을 통해 통계적으로 유의미한 밀집지역을 도출하고자 한다.

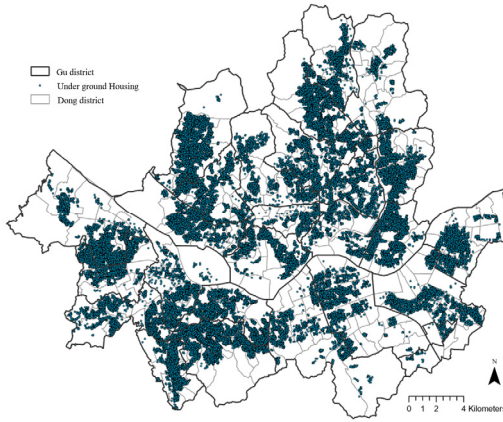
#### 4.2.1 지하주택

서울시 내 지하, 반지하 주택의 분포를 나타낸 지도는 Fig. 1과 같다. Fig. 1(a)는 주소지를 기반으로 한 산포도를 나타낸 것이며, (b)는 424개 법정동을 기반으로 한 지하주택 수에 따른 단계구분도이다. 지역을 기반으로 볼 때, 강남에서는 관악구, 금천구, 양천구 등 서울 서남권 지역에서 지하주택 분포가 상대적으로 높게 나타났으며, 강북에서는 은평구, 서대문구, 강북구, 광진구, 중랑구 지역에서 지하주택이 상대적으로 많이 분포하는 것으로 확인되었다.

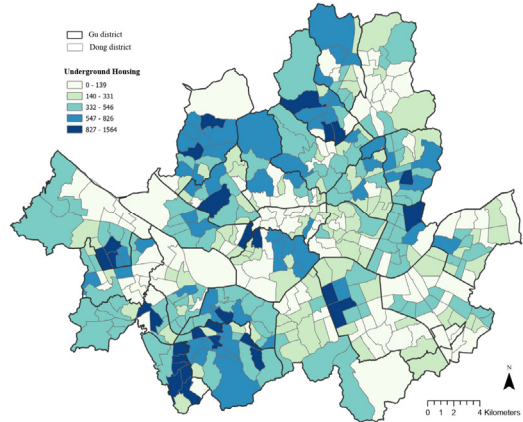
이러한 지하주택의 분포가 통계적으로 유의미한 분포패턴을 가지는지 확인하기 위하여 공간적자기상관 분석(Moran's I)을 진행하였다(Fig. 1). 먼저 전역적 분석(Global Moran's I)분석 결과 Moran's I 값은 0.272로 정(+)적인 공간적자기상관성의 패턴을 보였다. 통계적으로도 유의확률 <0.001 수준에서 Z-score 값이 13.276으로 나타나 공간적으로 높은 수준의 밀집성을 나타내는 것으로 해석할 수 있다. 서울시 전체적으로 지하주택 분포가 통계적으로 밀집되었다는 결과를 확인한 뒤, 국지적으로 어떤 지역이 유의미하게 밀집되어 있는지 확인하기 위해

Table 2. Basic Statistics

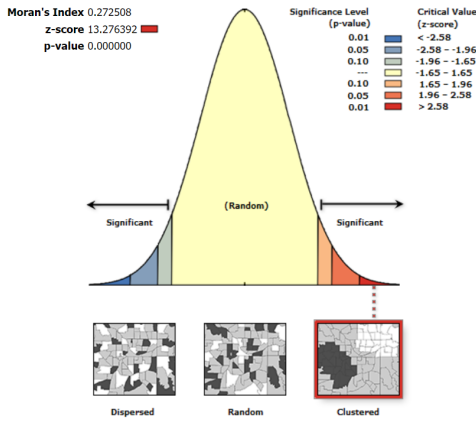
Variables	Min	Max	Avr	STD
UnderH (unit)	0	1,564	355.15	282.860
Flooding (m <sup>2</sup> )	0	1,256,369	139,454	282.860
OldP (Num. of people)	0	1,070	243.04	189.085
Vulnerables (Num. of people)	1	5,548	905.63	700.338
Num	424			



(a) Scatter Plot of Underground Housing

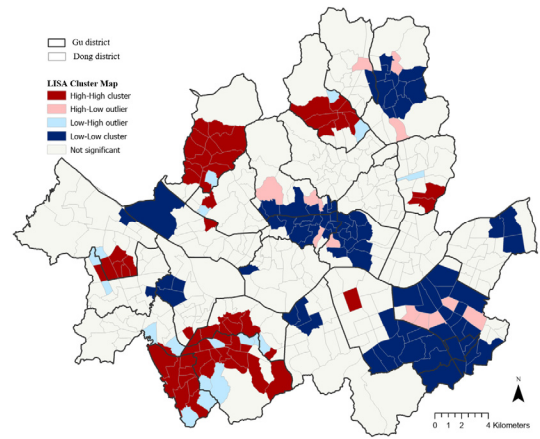


(b) Choropleth Map of Underground Housing



Given the z-score of 13.276392, there is a less than 1% likelihood that this clustered pattern could be the result of random chance.

(c) Global Moran's I\_Underground Housing



(d) LISA Cluster Map\_Underground Housing

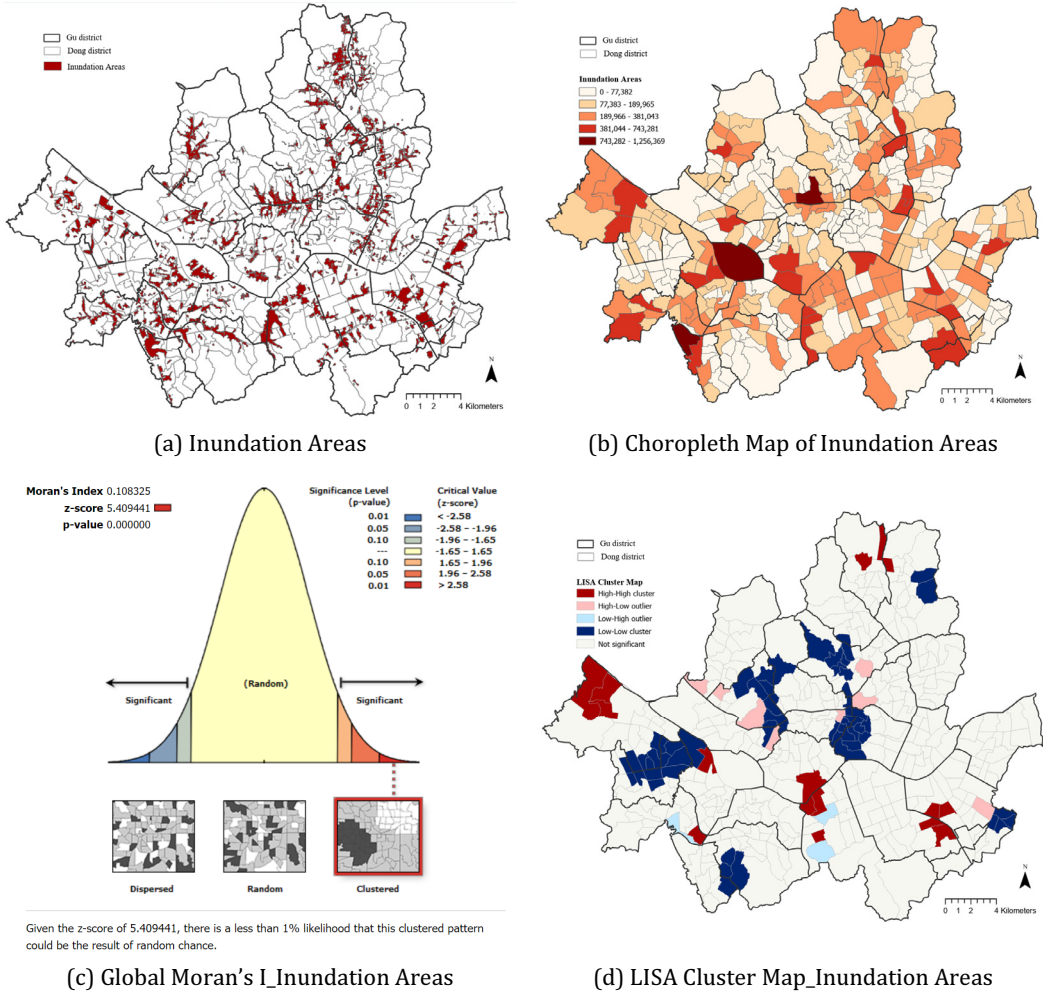
**Fig. 1.** Results of Underground Housing Distribution, Spatial Autocorrelation (Moran's I) & LISA Analysis in Seoul

Local Moran's I 방법인 LISA(Local Indicator of Spatial Association)분석을 실시하였다. 결과는 Fig. 1(d)와 같다. 밀집도가 높은 지역들의 통계적 군집 패턴을 나타내는 HH 지역들은 관악구, 동작구, 노랑진동, 금천구 등 서울 서남권 지역에 가장 넓게 분포되어 있으며, 강서구와 양천구 일부지역, 강남구 일부지역에서 HH 지역이 확인되었다. 강북에서는 은평구, 강북구, 중랑구에서 HH 지역을 확인할 수 있었다.

#### 4.2.2 수해위험지역

다음으로 서울시 내 태풍, 호우, 해일 등 침수피해가 발생한 지역을 나타내는 침수흔적도는 Fig. 2와 같다.

Fig. 2(a)의 경우 침수흔적 6단계를 동일 level로 둔 실제 수해피해면적을 polygon으로 나타낸 이미지이다. 그리고 (b) 이미지는 각 행정동에서 침수흔적 면적( $m^2$ )을 단계구분도로 나타낸 것이다. 본 연구에서는 침수흔적 지역을 지하주택 수해위험 지역으로 설정하였으며, 지역별로 살펴보면 영등포구 여의도 지역, 금천구, 동작구, 구로구, 강서구 등 서



**Fig. 2.** Results of Flood Trace Map, Spatial Autocorrelation (Moran's I) & LISA Analysis in Seoul

을 서남권 지역과 서초, 강남, 송파 등 동남권 일부 지역에서 상대적으로 높은 침수흔적 면적을 나타내는 것을 확인하였다. 강북지역보다 한강 이남 지역에서 수해위기지역의 면적이 상대적으로 높게 나타나는 가운데, 강북 종로구, 성북구, 동대문구, 은평구 지역에서 수해흔적 면적이 상대적으로 높게 나타났다.

수해위험지역의 공간적 분포가 통계적으로 유의미한 패턴을 가지는지 확인하기 위해 Moran's I 분석을 진행하였다(Fig. 2). 먼저 전역적 분석(Global

Moran's I)분석 결과 Moran's I 값은 0.108로 정(+)적인 공간적자기상관성의 패턴을 보였다. 통계적으로도 유의확률 <0.001 수준에서 Z-score 값이 5.409으로 나타나 공간적으로 높은 수준의 밀집성을 나타내는 것으로 해석할 수 있다. 서울시 전체적으로 지하주택 침수위기 지역들이 통계적으로 밀집되었다는 결과를 확인한뒤, 국지적으로 어떤 지역이 유의미하게 밀집되어 있는지 확인하기 위해 Local Moran's I 방법인 LISA(Local Indicator of Spatial Association)분석을 실시하였다. 한강 이남지역에



서 HH 지역이 주로 나타났으며, 강서구, 영등포구, 구로구 일부 지역에서 HH 지역이 나타났다. 송파, 강남, 서초 등 소위 강남 3구라고 불리는 서울 동남권 지역에서도 수해위험 지역의 공간적 밀집 패턴을 확인할 수 있었다. 강북에서는 용산구의 한강변 지역과 도봉, 노원구 일부지역에서 HH 지역이 확인되었다.

#### 4.2.3 취약계층

다음으로 취약계층을 대변하는 고령인구와 기초생활수급자 분포는 다음과 같다(Fig. 3). 서울시 고령인구는 전체 인구 대비 16.3%로 초고령사회로 이미 진입되었다고 볼 수 있다(서울연구원, 2022) 주로 한강 이북지역들인 강북구, 중구, 종로구에서 고령인구 비율이 상대적으로 높게 나타나나 본 연구에서는 절대적 인구수를 확인한 것으로 강서구, 구로구, 강남구, 송파구 일부지역에서 상대적으로 높은 고령 인구수를 확인할 수 있었다. 강북지역에서는 은평구, 도봉구, 노원구 등 서울 외곽 지역에서 상대적으로 높은 고령인구의 분포를 확인할 수 있었다. 기초생활수급자의 분포 패턴은 Fig. 3(b)에서 확인할 수 있듯이 서울 서남권 지역과 강북 외곽 지역으로 분포하는 경향을 보이고 있다. 이러한 취약계층의 분포가 통계적으로 유의미한 분포패턴을 가지는지 확인하기 위하여 공간적자기상관 분석(Moran's I)을 진행하였다(Fig. 3). 먼저 전역적 분석(Global Moran's I)분석 결과 Moran's I 값은 각각 0.081, 0.293으로 정(+)적인 공간적자기상관성의 패턴을 나타내었다. 통계적으로도 유의확률 <0.001 수준에서 Z-score 값이 각각 4.071, 14.383으로 나타나 공간적으로 높은 수준의 밀집성을 나타내는 것을 확인할 수 있다. LISA(Local Indicator of Spatial Association)분석 결과는 Fig. 3(c), (d)와 같다. 고령인구의 밀집도가 높은 HH 지역들은 서남권의 강서구와 양천구 연접지역, 금천구와 관악구 지역으로

분포되어 있으며, 동남권에서는 송파구와 강동구로 이어지는 지역에 분포되어 있다. 서울 도심권 지역은 오히려 고령 인구수가 낮은 지역이 밀집되어 있는 LL지역들이 분포되어 있고, 은평구와 노원구 등 외곽 일부 지역으로 고령인구가 밀집되어 있는 HH 지역이 위치하고 있는 것으로 확인되었다.

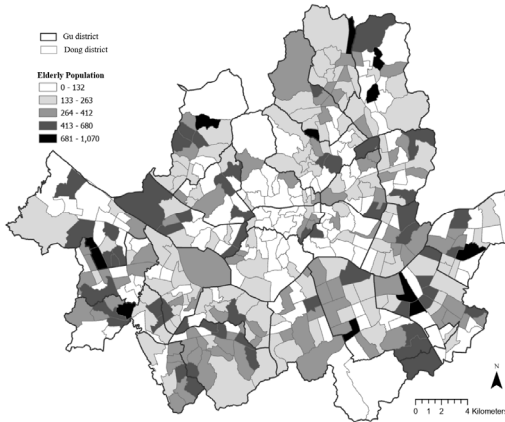
기초생활수급자들의 밀집 패턴은 강북 외곽지역으로 뚜렷한 HH 지역들이 나타난 모습을 가지고 있어, 서울시 내 경제 사회계층의 양극화가 강하게 나타나는 패턴을 확인할 수 있었다.

#### 4.3 지하주택과 이변량 공간적 자기상관 분석

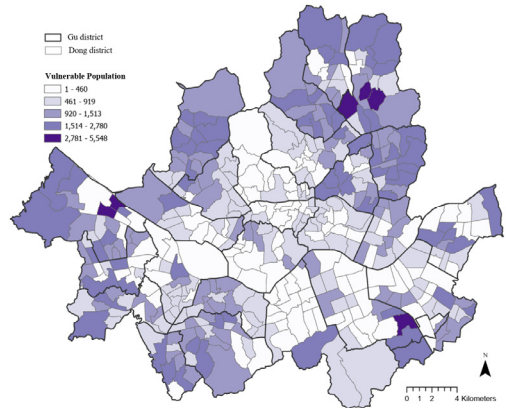
다음으로 변수 간 상관관계 분석을 진행하였다. 분석 결과는 Table 3과 같다. 분석 결과, 지하 주택 수(UnderH)는 고령자 수(OldP)와 기초생활수급자 수(Vulnerable)와 각각 0.219( $p < 0.001$ )와 0.333( $p < 0.001$ )의 양의 상관관계를 보인다. 특히 기초생활수급자 수와 더 강한 상관관계를 나타냈다( $p < 0.001$ ). 이는 서울시 지하·반지하 주택에 고령자와 기초생활수급자가 상대적으로 많이 거주할 가능성이 있음을 시사한다. 반면, 침수 위기 지역 면적은 지하 주택 수, 고령자 수, 기초생활수급자 수와 유의미한 상관관계가 없었다. 한편, 고령자 수와 기초생활수급자 수 사이에는 0.208의 양의 상관관계가 있었다( $p < 0.001$ ). 결과적으로 지하 주택의 거주자 주로 사회적 취약 계층임을 나타내며, 침수 위험지역과 지하 주택 밀집지역과는 직접적인 상관관계가 없음을 보여준다.

다음으로 지하주택과 주요 변수 간 구체적인 공간적 상관관계를 규명하기 위하여 이변량 공간적자기상관분석(Bivariate LiSA Analysis)을 진행하였다(Table 4).

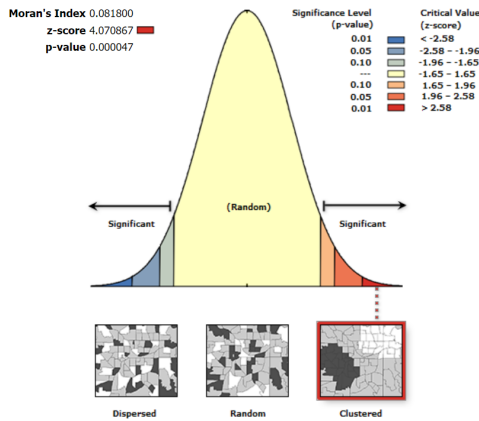
먼저, 지하 주택 수와 침수 위기 지역 면적의 Moran's I 값은 -0.050으로 음의 상관관계를 나타내지만, z-score가 -1.630이고 p-value 값이 0.030으



(a) Choropleth Map of Elderly Population

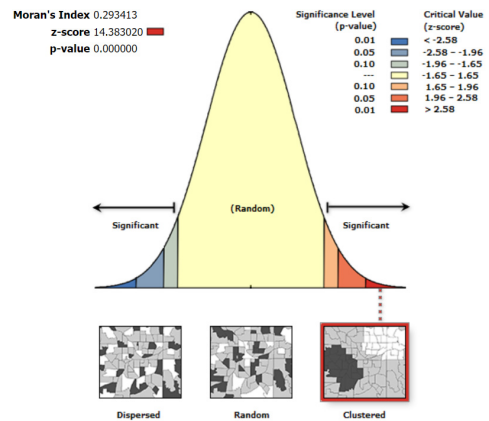


(b) Choropleth Map of Vulnerable Population



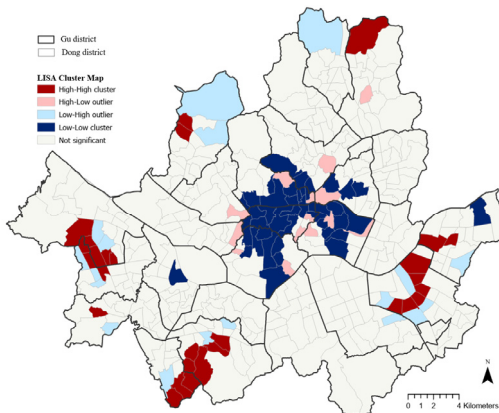
Given the z-score of 4.070867, there is a less than 1% likelihood that this clustered pattern could be the result of random chance.

(c) Global Moran's I\_Elderly Population

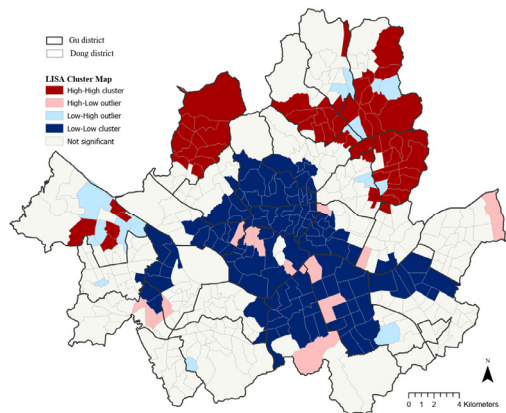


Given the z-score of 14.38302, there is a less than 1% likelihood that this clustered pattern could be the result of random chance.

(d) Global Moran's I\_Vulnerable Population



(e) LISA Cluster Map\_Elderly Population



(f) LISA Cluster Map\_Vulnerable Population

**Fig. 3.** Results of Vulnerable Population Distribution, Moran's I & LISA Analysis in Seoul



**Table 3.** The Result of Correlation Analysis

Variables	UnderH	Flooding	OldP	Vulnerable
UnderH	1			
Flooding	-.035	1		
OldP	.219***	.075	1	
Vulnerable	.333***	.040	.208***	1

\*p<0.1, \*\*p<0.05, \*\*\*p<0.01

**Table 4.** The Result of Bivariate Moran's I Statistics

Types	UnderH-Flooding	UnderH-OldP	UnderH-Vulnerable
Moran's I	-0.050	0.110	0.104
z-score	-1.630	3.883	2.883
p-value	0.030	0.010	0.030

로 유의미하게 나타난다. 지하 주택 수와 고령자 수의 Moran's I 값은 0.110이며, z-score 3.883, p-value 값 0.010으로 강한 양의 상관관계가 유의미하게 나타났다. 이는 고령자가 많은 지역에 지하 주택이 밀집해 있을 가능성을 의미한다. 또한, 지하 주택 수와 기초생활수급자 수의 Moran's I 값은 0.104, z-score 2.883, p-value 값이 0.030으로, 양의 상관관계가 유의미하게 나타나 기초생활수급자가 많은 지역에서도 지하 주택이 밀집해 있음을 의미한다. 이러한 결과는 지하 주택이 고령자 및 기초생활수급자와 같은 사회적 취약 계층이 많이 거주하는 지역에 집중되어 있음을 보여주며, 침수 위험 지역과는 직접적인 공간적 군집패턴과 상관관계가 약함을 시사한다.

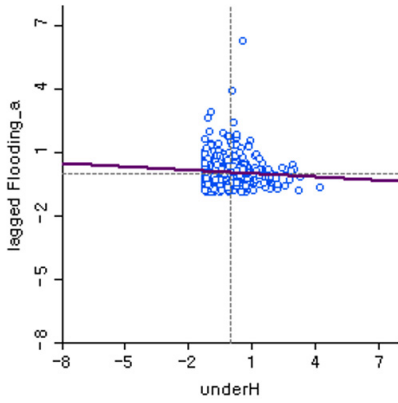
이러한 지하주택과 주요변수 간 공간적자기상관성을 지역 분포로 파악하기 위해 이변량 국지적 공간자기상관성을 나타내는 Bivariate Moran's I LISA 분석을 실행하였다. 분석결과는 Fig. 4과 같다. 먼저 지하주택과 침수위험지역이 유의미하게 연관되어 밀집된 HH지역으로 강서구, 영등포구, 동작구 등 서울시 서남권 지역에 주로 분포되어 있다. 강북에서는 도봉구, 은평구, 종로구 일부 지역에 HH 지역이

분포하는 것으로 확인되었다. 다음으로 지하주택과 고령인구가 유의미하게 연관되어 밀집된 HH 지역으로 금천구, 구로구, 양천구 등 서남권 외곽지역, 송파구, 강동구 일부 지역 등지에 분포되어 있다. 강북에서는 은평구, 도봉구, 노원구 일부 지역으로 서울 외곽지역에 HH지역들이 산재되어 있는 패턴을 확인할 수 있었다. 마지막으로 지하주택과 기초생활수급자가 유의미하게 연관되어 밀집된 HH지역 패턴은 은평구, 노원, 도봉구, 강북구, 중랑구 등 강북 외곽지역으로 뚜렷한 분포 패턴이 확인되었다.

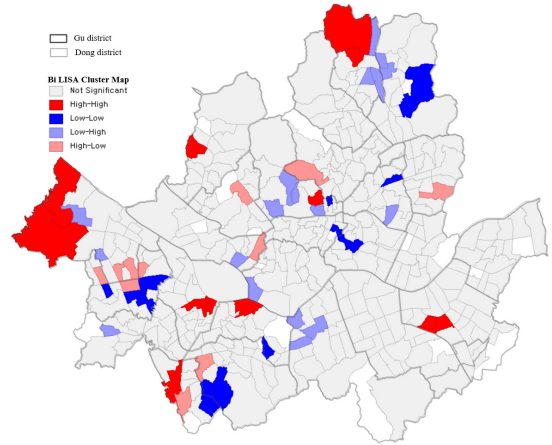
공간분석 결과를 종합하면, 사회적 취약계층(고령자 및 기초생활수급자)과 지하주택의 공간적 분포 간 유의미한 양(+)의 상관관계가 존재함을 확인했지만, 침수위험 지역과 지하주택 밀집지역 간에는 예상했던 정(+)의 상관관계가 나타나지 않았다.

결과적으로 가설 H1(지하층 주택 밀집지역과 침수위험 밀집지역 간 정(+)의 공간적 자기상관성)은 기각(-) 되었으며, 가설 H2(지하층 주택 밀집지역과 고령인구 밀집지역 간 정(+)의 공간적 자기상관성)과 가설 H3(지하층 주택 밀집지역과 기초생활수급자 밀집지역 간 정(+)의 공간적 자기상관성)은 지지(+)하는 것으로 나타났다(Table 5).

Moran's I: -0,050 (isolates in weights are removed)

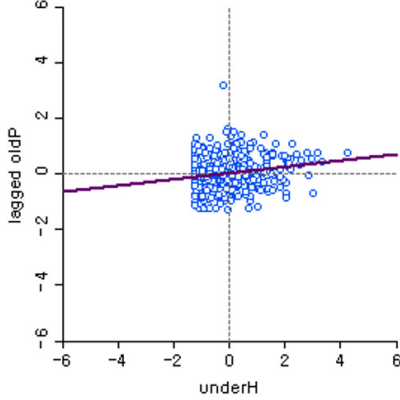


(a) Bivariate Moran's I\_UnderH&Flooding

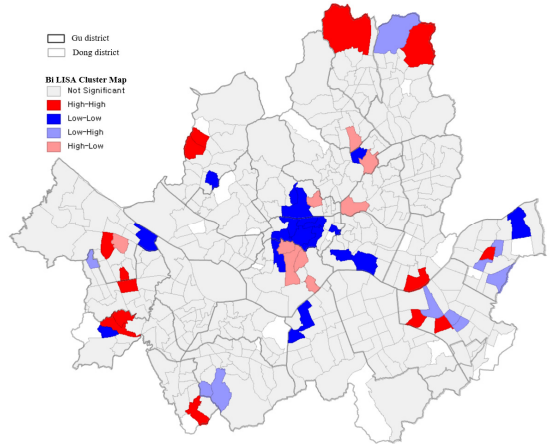


(b) Bi LISA Cluster Map\_UnderH&Flooding

Moran's I: 0,110 (isolates in weights are removed)

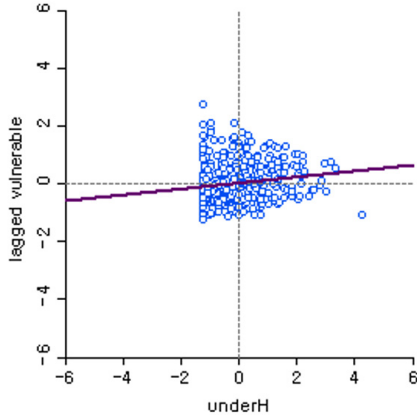


(c) Bivariate Moran's I\_UnderH&OldP

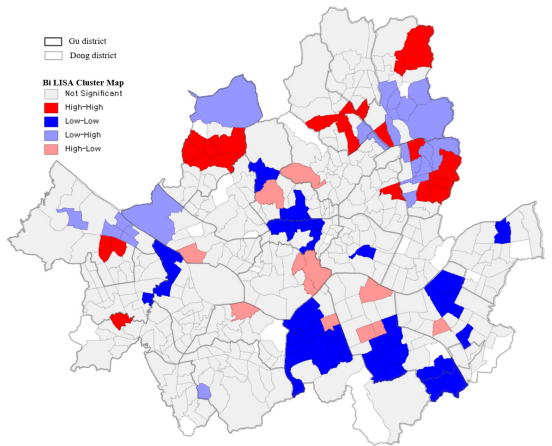


(d) Bi LISA Cluster Map\_UnderH&OldP

Moran's I: 0,104 (isolates in weights are removed)



(e) Bivariate Moran's I\_UnderH&Vulnerable



(f) Bi LISA Cluster Map\_UnderH&Vulnerable

**Fig. 4.** Results of Bivariate Moran's I Analysis between Underground Housing in Seoul and Key Variables

**Table 5.** Hypothesis Verification Results

Hypothesis	Result	Evidence
H1	×Support	Moran's I=-0.050, p=0.030
H2	Reject	Moran's I=0.110, p=0.010
H3	Reject	Moran's I=0.104, p=0.030

## 5. 결론 및 시사점

본 연구는 서울시 지하주택의 공간적 분포와 침수 위험 지역 및 사회적 취약계층(고령자, 기초생활수급자) 거주 지역 간의 공간적 상관관계를 분석하였다. 주요 연구 결과, 지하주택 밀집지역은 고령인과 기초생활수급자가 밀집한 지역과 유의미한 양(+)의 상관관계를 보였으며, 특히 서울 서남권 및 강북 외곽 지역에서 밀집도가 높게 나타났다. 반면, 지하주택과 침수위험 지역 간의 공간적 자기상관성은 뚜렷하게 나타나지 않았으며, 이는 지하주택의 밀집 분포 패턴이 침수위험지역의 지리적 위치보다는 경제적·사회적 요인에 의해 더 큰 영향을 받고 있음을 시사한다. 즉, 서울시 지하·반지하 주택에는 고령자와 기초생활수급자가 상대적으로 많이 거주할 가능성이 높다는 것을 의미한다. 그리고 국지적으로 이러한 지하주택이 밀집한 수해위험지역에는 더욱 적극적인 정책적 개입이 필요하다는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 연구 결과는 서울시의 주거취약계층 지원 정책 수립에 중요한 기초자료를 제공할 수 있다.

이러한 연구 결과가 도출된 배경에는 여러 요인이 작용했을 가능성이 있다. 우선, 서울시는 지난 수십년간 도시 정비 사업, 재건축 재개발 사업을 통해 침수위험이 상대적으로 높은 강남 지역에서 지하주택을 포함한 노후 주택을 점진적으로 철거하고 신규주택을 공급해 왔다. 이에 따라 침수위험이 높은 지역에서는 상대적으로 지하주택의 밀집도가 낮아졌을 가능성이 있다. 또한, 지하주택의 분포는 지가(地價)

와 임대료 수준, 그리고 저소득층의 주거 선택과 밀접한 관련이 있으며, 이는 침수위험보다는 경제적 요인이 지하주택의 입지에 더 중요한 영향을 미쳤음을 제기한 선행연구(Peacock et al., 2022)와도 그 결을 같이한다. 마지막으로, 기존 지하주택 거주자의 상당수가 경제적 이유로 인해 주거지를 이동하기 어려운 상황이므로, 기존 취약계층이 밀집된 지역에서 계속해서 지하주택이 유지되고 있을 가능성이 높다(홍희정·홍성현, 2023).

본 연구의 또 하나의 중요한 점은 주거복지 정책을 우선적으로 대응해야 할 지역 도출을 가늠할 수 있다는 것이다. 국지적 공간적 자기상관 분석과 이변량 공간분석을 통해 서울시내 지하주택, 수해위험, 그리고 취약계층 밀집 지역을 법정동 단위에서 확인하였다. HH 지역으로 나타난 서울시 서남권 지역(강서구, 동작구 등)과 강북권 외곽지역(은평구, 도봉구 등)에 우선순위를 두고 주거상향 사업 등 주거복지 정책을 시행할 것을 고려할 수 있다.

서울시는 매년 반복되는 여름철 수해 및 침수 피해를 막고 미리 예방하는 측면에서 본 연구 결과를 활용할 수 있을 것이다. 이미 서울시와 국토교통부, LH에서는 지하·반지하 주택 관련한 정책과 사업들을 진행하고 있다. 주거취약계층 주거상향지원사업이나 반지하 주택 정비를 위한 자율주택정비사업, 반지하 주택의 신축을 제한하고, 기존 반지하 주택을 공공이 매입하여 임대주택이나 커뮤니티 시설로 활용하는 등 반지하 주거 개선 프로젝트를 추진하고 있다(서울주거포털, 2025; 한국토지주택공사, 2025). 정책과 사업수행의 효율성을 높이고 취약 계층의 주

거 환경 개선과 수해피해에 안전한 주거 공간을 제공하기 위하여 본 연구의 주요 결과들은 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

본 연구는 기존 연구들과 차별되는 몇 가지 기여점을 가진다. 첫째, 기존 연구들이 특정 지역에 국한되거나 정성적 분석에 의존한 반면, 본 연구는 서울시 전역을 대상으로 공간 통계 기법(Global Moran's I, Local Moran's I, Bivariate Moran's I 등)을 활용한 실증적 분석을 수행하였다. 둘째, 기존 연구들은 주로 지하주택의 침수 취약성을 강조하였으나, 본 연구는 침수위험 지역과의 관계뿐만 아니라 사회적 취약계층과의 관계를 다층적으로 분석하였다는 점에서 차별성이 있다. 셋째, 본 연구의 결과는 현재 서울시, 국토부, LH 및 SH에서 추진 중인 주거복지 정책 및 주거환경 개선 사업과 연계될 수 있으며, 특히 지하주택 거주 취약계층의 이주 지원 정책을 보완하는데 기초 자료로 활용될 수 있다.

그럼에도 불구하고 본 연구는 몇 가지 한계를 가진다. 첫째, 분석에 사용된 데이터는 단기간(2022~2023년)의 횡단면적 자료로서, 장기적인 시계열적 변화 양상을 반영하지 못할 수 있다. 둘째, 지하주택의 개별적인 물리적 특성(주거환경, 건축 연도, 배수 시설 등)을 고려하지 못했다는 점에서 한계가 있다. 셋째, 본 연구는 거시적 수준에서 공간적 상관성을 분석하였으므로, 개별 가구의 거주 만족도나 주거 이동 경향을 분석하는 데에는 한계가 있을 수 있다. 마지막으로 중첩된 HH지역으로 나타난 서울시 내 취약지역별로 차별화된 정책방안을 구체적으로 제안하지 못한 한계가 있다. 향후 연구에서는 장기 시계열 데이터를 활용하여 보다 심층적인 분석을 수행하고 실증분석을 바탕으로 한 서울시 내 구체적인 지역별 정책적 시사점을 제시하고자 한다.

## 참고문헌

1. 강호선·이한승·문혜진·조재웅(2023), "도시침수 상 황관리 지원을 위한 RAINSYS 개발", 「한국산학기술 학회 논문지」, 24(11): 461~469.
2. 국토교통부(2020), "주거취약계층 주거지원 업무처리 지침", 세종.
3. 국토교통부(2022), "국민 주거안정 실현방안 발표", 세종.
4. 국토교통부(2023), "기후변화에 따른 도시·주택 재 해대응력 강화 방안", 세종.
5. 김결(2017), "서울시 빈곤층의 공간분포패턴 변화분석", 「한국도시지리학회지」, 20(1): 61~71.
6. 김민준·강전영(2022), "서울시의 도시홍수 관련 임시대피시설의 공간적 분포 탐색", 「국토지리학회지」, 56(3): 235~244.
7. 김민준·이창규·이상원·강전영·최진무(2023), "인구 감소와 고령화에 따른 노인 자연재난 위험지역 탐지 및 재난대응력 측정", 「대한공간정보학회지」, 31(2): 25~34.
8. 박윤희(2013), "빈곤층 거주지의 공간적 집중에 대한 연구: 기초생활수급인구를 중심으로", 「도시행정학보」, 26(4): 489~510.
9. 박인숙(2023), "반지하주택의 침수 예방을 위한 개선 과제", 「이슈와 논점」, 2132: 1~4.
10. 박한나·송재민(2014), "침수 취약성 지표와 사회적 취약계층 비율 간의 상관관계 분석을 통한 환경정의 실증 연구", 「국토계획」, 49(7): 169~186.
11. 서울연구원(2022), 「서울의 주목할만한 현주소」, 서울.
12. 성진욱·정기성(2021), "신경망분석을 활용한 비주택 고령자 1인 가구의 공유주택 거주 의향에 미치는 중요 요인 분석", 「LHI Journal」, 12(1): 57~68.
13. 신상영·김성은·남현정·김상균(2023), 「서울시 반지하주택 유형과 침수위험 해소방안」, 서울: 서울연구원.
14. 안익순·박중훈(2023), 「건축행정 데이터 기반 재해취약 지하층 주택 현황 분석」, 서울: 건축공간연구원.
15. 조준혁·이영성·정해영·곽태우(2014), "쇠퇴한 지역에 사는 사람들은 건강도 쇠퇴할까?", 「국토계획」, 49(6): 109~125.
16. 하민정(2022), "주거취약계층의 주거권 보장을 위한 법·제도적 고찰: 침수위험 반지하 거주가구 등 주거

- 취약계층에 대한 주거지원 대책을 중심으로”, 「일감 부동산법학」, 25: 183~233.
17. 홍희정·홍성현(2023), “거주유형별 주거취약계층의 특성 분석”, 「SH Urban Research & Insight」, 13(2): 113~146.
18. Chen, Y., T. Liu, Y. Ge, S. Xia, Y. Yuan, W. Li, and H. Xu, (2021), Examining Social Vulnerability to Flood of Affordable Housing Communities in Nan-jing, China: Building Long-Term Disaster Resilience of Low-Income Communities, *Sustainable Cities and Society*, 71: 102939, doi: 10.1016/j.scs.2021.102939.
19. Hatzikyriakou, A. and N. Lin (2018), “Assessing the Vulnerability of Structures and Residential Communities to Storm Surge: An Analysis of Flood Impact during Hurricane Sandy”, *Frontiers in Built Environment*, 4(4): 1~13.
20. IPCC (2023), *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Geneva.
21. Kim, S., G. Kim, and K. E. Lee (2023), “Rainfall Peak Prediction Using Deep Learning”, *The Korean Data & Information Science Society*, 34(4): 607~617.
22. Lee, Y. and S. Han (2024), “Exploring Urban Housing Disadvantages and Economic Struggles in Seoul, South Korea”, *Urban Sustainability*, 4(1): 21.
23. Liu, J., T. W. Hertel, N. S. Diffenbaugh, M. S. Delgado, and M. Ashfaq (2015), “Future Property Damage from Flooding: Sensitivities to Economy and Climate Change”, *Climatic Change*, 132: 741~749.
24. Macuha, R. (2023), “Evaluating the Physical Vulnerability of Public School Buildings Against Flooding in Metro Manila, Philippines”, *ASEAN Engineering Journal*, 13(2): 101~106.
25. Peacock, W. G., S. V. Zandt, Y. Zhang, and W. Highfield (2022), “Inequities in Long-Term Housing Recovery after Disasters”, in *The Affordable Housing Reader (2nd ed.)*, London: Routledge, 19.
26. 서울열린데이터광장, “기초생활수급자”, 2025.1.5a 읽음. <https://data.seoul.go.kr/>. Data Seoul, “Basic Livelihood Security Recipient”, Accessed January 5, 2025a. <https://data.seoul.go.kr/>. (in Korean)
27. 서울열린데이터광장, “서울시 침수흔적도”, 2025.1.5b 읽음. <https://data.seoul.go.kr/>. Data Seoul, “Seoul Flood Trace Map”, Accessed January 5, 2025b. <https://data.seoul.go.kr/>. (in Korean)
28. 서울주거포털, “주거정책”, 2025.1.5 읽음. <https://housing.seoul.go.kr/>.
29. 서울주택도시공사, “주거복지사업소개”, 2025.4.5 읽음. <https://www.i-sh.co.kr/main/index.do>.
30. 세움터, “건축물대장데이터”, 2025.1.1 읽음. <https://www.eais.go.kr/>. Seumter National Statistics, “Building Register Data”, Accessed January 1, 2025. <https://www.eais.go.kr/>. (in Korean)
31. 통계청, “인구주택총조사”, 2025.1.1 읽음. <https://www.kostat.go.kr/ansk/>. KOSIS, “Population and Housing Census”, Accessed January 1, 2025. <https://www.kostat.go.kr/ansk/>. (in Korean)
32. 한국토지주택공사(LH), “주거환경개선사업”, 2025.1.5 읽음. <https://www.lh.or.kr/>.

## 요약

본 연구는 서울시 지하층 주택의 공간적 분포와 사회적 취약계층(고령자, 기초생활수급자) 및 침수위험 지역 간의 공간적 상관관계를 분석하였다. 서울시의 지하·반지하 주택 문제는 주거 취약계층의 삶의 질 저하와 기후 변화에 따른 침수 피해 증가로 인해 지속적으로 논의되고 있으나, 지하층 주택과 사회경제적 요인 간의 공간적 관계에 대한 실증적 연구는 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 공간 통계 기법(Global Moran's I, Local Moran's I, Bivariate Moran's I)을 활용하여 서울시 내 지하층 주택 밀집 지역과 취약계층 및 침수위험 지역 간의 관계를 분석하였다. 연구 결과, 지하주택 밀집 지역은 고령 인구 및 기초생활수급자 밀집 지역과 높은 유의미한 양(+)의 상관관계를 보였다. 반면, 지하주택 밀집지역과 침수위험 밀집지역 간의 공간적 자기상관성은 뚜렷하지 않았다. 이는 지하주택의 밀집 분포 패턴이 침수위험지역의 지리적 위치보다는 경제적·사회적 요인에 의해 더 큰 영향을 받고 있음을 시사한다. 또한 국지적으로 지하주택이 밀집한 수해위험지역인 서남권 지역과 강북 외곽지역에는 더욱 적극적인 정책적 개입이 고려될 수 있다. 본 연구는 서울시의 반지하 주택 및 주거복지 정책 수립에 기초 자료를 제공할 수 있으며, 향후 연구에서는 장기적인 시계열 분석과 개별 가구 수준에서의 거주 만족도 조사 등을 추가적으로 수행할 필요가 있다.

**주제어:** 서울시, 지하층 주택, 침수위험지역, 고령인구, 기초생활수급자



# 수평형 태양전지 일체형 창호 적용에 따른 업무시설의 에너지 성능 분석\*

## Energy Performance Analysis of Horizontal Solar Cell integrated Windows in Office Building

김아영\*\* · 박보랑\*\*\* · 정용기\*\*\*\* · 문진우\*\*\*\*\*

A Young Kim\*\* · Bo Rang Park\*\*\* · Yong Gi Jung\*\*\*\* · Jin Woo Moon\*\*\*\*\*

### Abstract

Recently, window-integrated building-integrated photovoltaics (BIPV) have garnered increasing attention as a strategy for realizing zero energy buildings (ZEB). However, conventional window-integrated BIPV systems often employ dark-colored solar cells to enhance power generation efficiency, which in turn reduces solar heat gain and increases overall energy consumption. To address this issue, horizontal solar cell-integrated windows (HSC\_W) have been developed. HSC\_W is a novel window-integrated BIPV system in which solar cells are cut to specific dimensions and arranged horizontally within the window cavity. This study aims to analyze the building energy performance of HSC\_W by balancing both visibility and electricity generation and to evaluate its applicability as an exterior building material. Low-emissivity (low-e) glass was used as the baseline model, and simulations were conducted using DesignBuilder and EnergyPlus to assess heating/cooling loads, lighting energy demand, and power generation. The results showed that while total energy consumption increased by approximately 3.4% compared to the baseline model, the high power generation efficiency led to an annual energy surplus of 4,070 kWh. These findings suggest that HSC\_W can make a meaningful contribution to achieving ZEB goals as an effective building envelope component. This study provides foundational data for enhancing HSC\_W performance and expanding its practical application.

**Keywords:** Zero Energy Building, Building Integrated Photovoltaic, Building Energy Consumption, Power Generation, Surplus Energy

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 기후변화는 온실가스 배출 증가로 인하여 심

화되고 있다(WMO, 2022). 건물부문이 전체 온실 가스 배출의 약 38%를 차지하면서 '에너지 전환'의 중요성이 강조되고 있다(IEA, 2021). 이에 따라, 한국 정부는 건물부문의 온실가스 감축을 위해 2017

\*이 논문은 2021년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원(No. 20213091010020)과 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2023-00217322).

\*\*중앙대학교 건축학과 박사과정(주저자: dkdud8936@cau.ac.kr)

\*\*\*중앙대학교 건축학과 연구전담교수

\*\*\*\*중앙대학교 건축학과 박사과정

\*\*\*\*\*중앙대학교 건축학과 교수(교신저자: gilerbert73@cau.ac.kr)

년부터 신축 건물을 대상으로 Zero Energy Building (ZEB) 인증제도를 도입하였으며, 2020년도부터는 공공건물에 대하여 의무화하고 있다. ZEB 인증은 에너지자립률에 따라 1~5등급을 부여하고 있으며, 이를 달성하기 위해서는 에너지소비량 절감뿐만 아니라, 신재생에너지 적용률을 높여 건물 내 전기공급의 탈탄소화가 필요하다(국토교통부, 2021a). 현재 적용 가능한 신재생에너지 기술 중 태양광 기술이 성능 및 경제성 측면에서 가장 각광받고 있다(박승준 외, 2021).

그러나, 일반적으로 모듈화되어 있는 Photovoltaic (PV)로는 건물 옥상에 설치할 수 있는 면적이 제한적이기 때문에 높은 등급의 ZEB 구현에 한계가 존재한다. 이를 해결하기 위해 Building Integrated Photovoltaic(BIPV)이 에너지자립률 향상을 위한 핵심기술로 주목받고 있다(Park et al., 2023). BIPV는 기존 건축물 옥상에 설치했던 PV 시스템을 건물 외장재로 대신함으로써 별도의 설치부지가 필요 없으며, 전력생산뿐만 아니라 경제적, 미적측면의 이중효과를 거둘 수 있다. 이러한 장점으로 옥상, 지붕, 입면, 창, 차양 등 다양하게 적용되고 있다. 특히, 업무시설 건물은 창면적비(Window-to-Wall Ratio, WWR)가 극대화된 커튼월 구조가 증가함에 따라 창호 부분에 반투명 BIPV를 적용할 경우 에너지 생산에 매우 유리하다(박보량 외, 2022).

일반적인 PV 모듈은 발전효율을 최대화하기 위해 어두운 색상으로 제작된다. 이를 그대로 창호에 적용할 경우 일사확득 감소로 인하여 내부조도 감소, 조명 에너지사용 증가 등 건물의 에너지소비 증가를 유발하는 단점이 있다(권혁주 외, 2017).

이러한 단점을 보완하기 위하여 수평형 태양전지 일체형 창호(Horizontal Solar Cell integrated Window, HSC\_W)가 개발되었다. HSC\_W는 R&D 연구과제로 주관연구기관 및 참여기관의 협업으로 개발된 시스템이다. HSC\_W의 구조는 유리 사이 중공층에 고효

율 PV Module을 일정크기로 절단하여 수평으로 배치한 형태로 가시성과 발전량을 동시에 만족할 수 있는 신개념 창호형 BIPV이다. 현재 HSC\_W의 소재 및 제작 관련 연구는 활발한 편이나, 건물 외장재로써의 에너지 성능 평가 및 검증에 관한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 가시성과 높은 발전효율을 동시에 만족하는 HSC\_W 적용 시 에너지 성능 분석을 통해 건물 외장재로써의 적용가능성을 확인하는 것이다. 이를 위해 업무시설을 대상으로 HSC\_W 적용 시 건물 냉·난방, 조명 에너지소비량 및 전력발전량을 컴퓨터 시뮬레이션을 활용하여 평가하였다. HSC\_W의 적용가능성을 판단하기 위하여 기존에 일반적으로 적용되는 Low-e 창호를 비교군으로 설정하여 분석하였다. 또한, 열·광학적 성능에 따른 조명 에너지소비량에 미치는 영향을 반영하기 위하여 Dimming Control을 적용하여 에너지 성능 분석을 진행하였다.

본 연구의 결과는 신개념 창호형 BIPV인 HSC\_W의 적용방안 및 에너지절감형 외장재로써의 가능성을 확인하는 것에 의미가 있다. 향후 ZEB 구현을 위한 에너지자립률 향상 기술 개발 및 적용에 대한 사결정을 돕는 기초자료로써 활용성을 기대할 수 있다.

## 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 HSC\_W 건물 외장재로써의 적용가능성을 확인하기 위해 컴퓨터 시뮬레이션을 활용하여 냉·난방, 조명 에너지소비량과 HSC\_W의 전력발전량을 통합하여 최종 에너지소비량을 분석하였다. HSC\_W 적용 대상 건물은 대한민국 서울특별시에 위치한 업무시설로 설정하였다. 시뮬레이션 프로그램은 LEED와 ASHRAE 90.1 기준을 포함하고 있는 DesignBuilder(Ver. 7.0.2.003)와 EnergyPlus(Ver. 9.2.0)를 사용하였다. 3D Modelling이 용이한

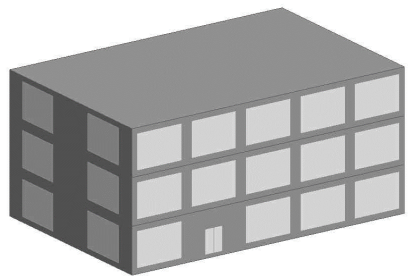
DesignBuilder를 활용하여 건물 모델링 및 에너지소비량 분석을 수행하였으며, HSC\_W의 전력발전량 산출은 PV Module 별 정밀분석을 위하여 EnergyPlus 프로그램과 연동하여 시뮬레이션을 수행하였다.

2. 시뮬레이션 모델 구축

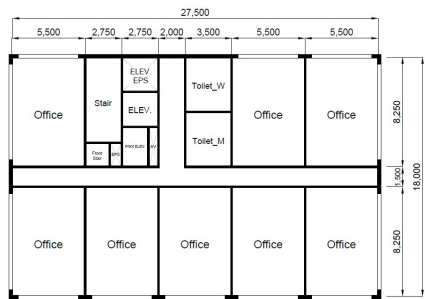
2.1 대상건물 모델링

컴퓨터 시뮬레이션 대상건물은 현재 ZEB 의무기준과 선행연구 및 통계자료를 바탕으로 Fig. 1과 같이 구성하였다(이경재·방재성, 2020; 한국에너지공단, 2022). 대상건물은 남향이며, 장단변비는 약 1.5:1이다. 한 층에 8개의 업무공간(8.25m× 5.50m)이 있으며, 가로 4.50m, 세로 3.06m 크기의 창이 설치되어 있다.

대상건물의 상세 물성값은 Table 1에서 확인할 수 있다. 재실 스케줄은 일반적인 업무시설 출·퇴근 시



(a) Target Office Building



(b) Typical Floor Plan

Fig. 1. Simulation Model Image

간인 오전 9시부터 오후 5시 평일 근무로 설정하였다. 외벽, 지붕, 바닥의 단열성능은 현재 중부 2지역 비주거용도의 법적 열관류율을 적용하였다(국토교통부, 2024). 시뮬레이션에 적용되는 Weather File은 International Weather for Energy Calculation

Table 1. Simulation Model Information

Item	Values
Location	Korea, Seoul
Building Type	Office
Total Floor Area	1,485 m <sup>2</sup>
Number of Floors	3F
Floor to Floor	5 m
Floors Heights	4 m
WWR	44%
Window Area	481.95 m <sup>2</sup>
Lighting Power Density	Office: 400 W/ m <sup>2</sup> Core: 200 W/ m <sup>2</sup>
Occupancy Density	0.111 person/ m <sup>2</sup>
Occupancy Hour	08:00 to 17:00 (Weekdays only)
Equipment Density	11.77 W/ m <sup>2</sup>
Airtightness	1.5 ACH
U-value	Roof 0.150 W/m <sup>2</sup> K
	External Walls 0.240 W/m <sup>2</sup> K
	Ground Floors 0.290 W/m <sup>2</sup> K
	Window 1.500 W/m <sup>2</sup> K
Heating / Cooling System Type	Fan Coil Unit (4-Pipe)
Heating / Cooling Fuel	Electricity for grid
Heating / Cooling COP	4.0 / 4.2
Heating / Cooling Setpoint Temp.	20.0°C / 26.0°C
Heating / Cooling Setback Temp.	15.5°C / 29.4°C
Heating Period	January to April October to December
Cooling Period	May to September

(IWEC)에서 제공하는 대한민국, 서울 지역의 TMY3 기상파일을 사용하였다(ASHRAE, 2024). 냉난방 열원장치는 중소규모 업무시설에 많이 사용되는 Fan Coil Unit(4-Pipe)의 개별 EHP(Electric Heat Pump)를 적용하였으며, COP는 선행연구를 참고하여 에너지소비효율등급 1등급으로 적용하였다(김지혜 외, 2020). 실내조도는 업무시설 기준인 Office 400lux, Core 200lux로 설정하였다. 창호 유형에 따른 자연채광성능 분석을 위해 업무시설 작업 높이인 0.75m에 조도센서를 설치하여 실내 기준조도에 따라 조명 출력값을 조절할 수 있도록 Dimming Control을 실시하였다. 선행연구를 참고하여 DesignBuilder에 내제되어 있는 방식 중 가장 효과적인 Linear off 방식을 적용하였다(김남현 외, 2021).

2.2 창호유형 설정

HSC\_W 적용을 통한 에너지 성능 평가를 위해 일반적으로 적용되고 있는 Low-e 창호를 Base model로 설정하였다. Low-e 창호는 현재 상용화된 제품 중 일반적으로 많이 사용되는 유형으로 설정하였다(KCC, 2024). HSC\_W 시편의 열·광학적 성능 시험을 위해 한국건설생활환경시험연구원(Korea Conformity Laboratories, KCL)의 KS L 2514, KS L 2525, NFRC 300:2017 시험방법을 통해 Table 2와 같이 13가지의 각종 특성을 취득하였다. 창호의 물리적 특성은 KCL에서 취득한 값을 활용하여 국제 유리 데이터베이스(International Glazing Database, IGDB) 및 WINDOW6 프로그램이 반영된 DesignBuilder의

Table 2. Thermal and Optical Properties of HSC Specimens

Type	Values
Thickness [mm]	24.0
U-Value [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]	3.83
Visible Transmittance [%]	90.0
Inside/Outside Visible Transmittance [%]	8.0/7.9
Solar Transmittance [%]	73.3
Inside/Outside Solar Reflectance [%]	7.1/7.0
Infrared Transmittance [%]	56.9
Inside/Outside Infrared Reflectance [%]	6.2/6.1
Solar Heat Gain Coefficient	0.80
Shading Coefficient	0.91
Emissivity [%]	0.84
Efficiency Value [%]	20.52

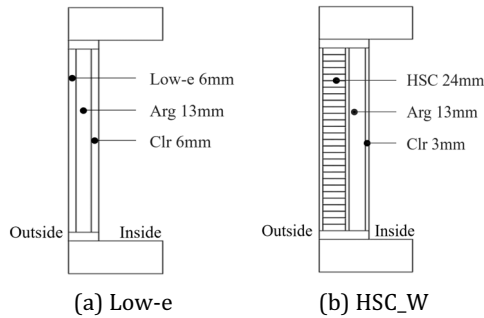


Fig. 2. Low-e and HSC\_W Detailed Sections

Glass data를 이용하여 SHGC, VLT, U-value 산출하였다(Table 3).

HSC\_W의 구조는 1개의 Module 안에 155mm×10mm 크기로 절단된 PV Cell 10개가 수평으로 배치되어 있는 형태이다(Fig. 2). 따라서 창면적보다 넓은

Table 3. Composition and Physical Properties of Windows

Window Type	Glazing Layer [No. Thickness]	U-Value [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]	SHGC*	VLT** [%]	Eff*** [%]
Base	Low-e 6+Arg 13+Clr 6	1.493	0.568	74.5	-
HSC_W	HSC 24+Arg 13+Clr 3	1.542	0.732	81.4	20.52

Note: \* Solar Heat Gain Coefficient, \*\* Visible Transmittance, and \*\*\* PV Generation Efficiency.

**Table 4.** Installation Area Details When Applying HSC\_W

Orientation	Number of windows (EA)	Window Area (m <sup>2</sup> )	PV Cell Area (m <sup>2</sup> )
South	14	192.8	195.3
East	6	82.6	83.7
West	6	82.6	83.7
North	9	123.9	125.6

표면적에 PV Cell을 설치 가능한 이점이 있다. HSC\_W의 Module 크기는 180mm×85mm이며, Module 1개당 PV Cell이 설치되는 면적은 0.0155m<sup>2</sup>이다. 대상건물에 HSC\_W 창호를 적용할 경우 방위별 설치되는 면적은 Table 4와 같다. HSC\_W의 발전효율은 개발기관인 ‘K’ 대학교에서 2023년 3월 15일 청천공 기준으로 10~17시 동안 옥외에서 측정한 실험값 중 피크효율 값을 활용하였다.

### 3. 대상건물 신뢰도 분석

#### 3.1 표본 업무시설 선정 범위 및 방법

컴퓨터 시뮬레이션의 대상건물은 ASHRAE, 국내 건축물 에너지절약설계기준, 선행연구, 통계자료 등에 기반하여 설정된 모델이다. 본 연구에서는 대상건물의 신뢰도 검증을 하기 위해 준공시기, 건물 용도, 연면적을 기준으로 시뮬레이션 대상건물과 유사한 건물의 실제 전기사용량과 비교하여 평가하였다.

실제 건물의 전기사용량 데이터는 국토교통부에서 운영하는 건축 HUB 포털(2024)을 참고하였다. 건축 HUB 포털은 지역, 준공년도, 건물 구조, 건물 용도, 층수에 따른 필터링이 가능하며, 건축물의 상세정보, 주용도, 층별 현황, 월별 전기사용량을 제공한다.

표본 업무시설의 선정 기준은 서울시에 위치하며,

주용도가 업무시설이 아니더라도 실제로 사용되고 있는 건물 용도가 업무시설인 경우 포함하였다. 본 연구에서는 표본 업무시설 선정 시 통계적으로 의미가 있는 표본을 선정하기 위하여 연면적, 준공시기를 고려하였다. 연면적에 따라 열원방식 및 주요 설비 시스템 차이를 고려하여 중규모에 속하는 500~3,000m<sup>2</sup> 범위로 설정하였다. 준공시기의 경우 단열설계 기준이 강화되는 시기를 고려하여 현재 단열성능 기준과 동일한 2017년 이후로 한정하였다. 실제 건물의 경우 구조, 재실인원, 창면적비, 방위 등 특성이 다양하기 때문에 평가지표로 EUI(Energy Use Intensity, kWh/m<sup>2</sup>)를 사용하였다. EUI는 식 (1)과 같이 연간 에너지소비량을 바닥면적으로 나눈 값이다. 여기서, 연간 에너지소비량은 최종에너지로 계산하였다.

$$EUI = \frac{\text{Energy Consumption (kWh)}}{\text{Floor Area (m}^2\text{)}} \quad (1)$$

#### 3.2 신뢰도 분석 결과

위에서 언급한 표본 업무시설 선정 조건에 부합하더라도 전력사용량이 큰 전산센터, PC방, 식당가는 표본건물 선정 시 제외하였다. 따라서 조건에 부합하는 표본 수는 총 61개로 도출되었다. 표본 업무시설의 EUI는 최소 34.3kWh/m<sup>2</sup>·yr, 최대 127.4 kWh/m<sup>2</sup>·yr이며, 평균 83.2kWh/m<sup>2</sup>·yr, 중간 85.6 kWh/m<sup>2</sup>·yr로 산출되었다.

대상건물의 연면적은 1,485m<sup>2</sup>, 3개 층으로 구성되어 있으며, 에너지소비량 산출 시 Low-e 창호를 적용하였다. 그 결과, 74.7kWh/m<sup>2</sup>·yr으로 표본 업무시설의 평균 EUI 보다 약 10.2% 낮은 수치로 나타났다. 표본모델과 시뮬레이션의 대상건물의 신뢰도 분석을 위해 Fig. 3과 같이 Box Plot으로 나타내었다. Box의 최상단은 25~75%에 속하는 전체 데이터를 나타내며, Box 내부에 있는 x는 평균값을 의미한다.

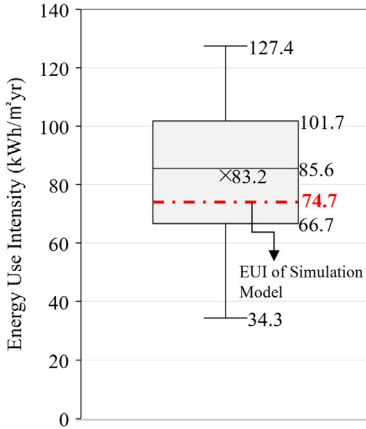


Fig. 3. Box Plot of Sample Office EUI

데이터 이상치 경계를 확인하기 위해 25%, 75% 지점에서 1.5 IQR(Inter Quartile Range)를 설정하였다. 그 결과 대상건물은 74.7kWh/m²·yr로 표본 업무시설의 IQR 이내에 존재하는 것을 확인하였다. 이에 따라 본 연구의 시뮬레이션 모델은 타당한 것으로 판단된다. 오차에 대해서는 표본모델의 전기사용량은 실제 건물에서 사용되는 승강기 및 기저부하 등이 포함되어 대상건물 보다 높게 나타난 것으로 사료된다.

## 4. 컴퓨터 시뮬레이션 결과 분석

### 4.1 창호 유형별 건물 에너지소비량

Base model 및 HSC\_W 적용에 따른 건물 에너지 소비량과 전력발전량 분석을 실시하였다. 현재 ZEB 인증제도에서는 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 에너지를 평가하고 있다. 국토교통부(2021b), 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙의 [별표 1의 6]에 따르면, 업무시설 연면적 3,000m² 미만으로 환기에너지는 제외하였다. 급탕 에너지의 경우 재실자의 건물 사용 스케줄에 따라 결정되기 때문에 창호 유형 변화와 관련 없이 동일하다. 따라서 난방, 냉방, 조명 에너지를 대상으로 분석하였다.

건물 총 에너지소비량은 Fig. 4, Table 5와 같이 HSC\_W 적용 시 Base model 보다 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 총 건물 에너지소비량은 HSC\_W 적용 시 42,109.8kWh로 Base model 대비 1,235.9kWh (3.4%) 증가하였다. 난방 및 조명 에너지의 경우 모든 기간에서 HSC\_W 적용 시 Base model 대비 적은 에너지소비량을 소비하였다. 반대로 냉방 에너지의 경우 Base model 대비 더 많은 에너지를 소비하였다.

난방 에너지소비량은 Base, HSC\_W 각각 11,923.7 kWh, 14,171.6kWh로 산출되어 Base model 대비 15.9% 감소하였다. 반면, 냉방 에너지소비량은 Base, HSC\_W 각각 15,143.7kWh, 18,721.1kWh로 산출되어 Base model 대비 23.6% 증가하였다. 조명 에너지소비량은 가시광선 투과율(Visible Lighting Transmittance, VLT)의 영향으로 Base model 대비 HSC\_W 적용 시 1.3% 적게 소비되는 것으로 나타났다. 이는 Base model 대비 높은 SHGC(28.9%), VLT (9.3%)로 HSC\_W 적용 시 실내로 유입되는 일사량이 많기 때문이다. 일사획득은 외기 조건뿐만 아니라 창호의 SHGC, VLT에 많은 영향을 받는다.

이러한 이유로 Base model 대비 HSC\_W 적용 시 난방 및 조명 에너지소비량은 감소하였으며, 냉방 에너지소비량은 증가하는 것을 확인하였다. 따라서

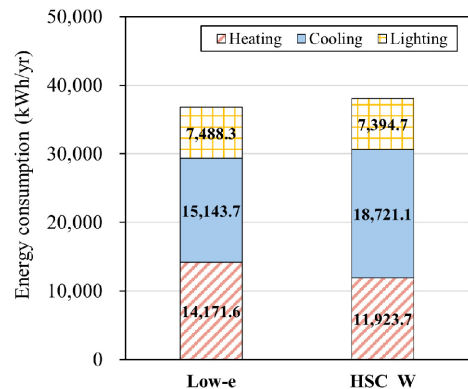


Fig. 4. Building Energy Consumption by Heating, Cooling and Lighting



업무시설과 같은 냉방부하가 높은 특징을 갖는 건물에 적용 시 일사 영향을 고려하여 여름철 냉방 에너지소비량 절감이 선행된 후 전력발전량을 반영할 수 있어야 할 것으로 사료된다.

#### 4.2 HSC\_W 전력발전량 및 순 에너지소비량

본 장에서는 HSC\_W의 전력발전량이 반영된 순 에너지소비량을 분석하였다. 순 에너지소비량은 총 에너지소비량에서 신재생에너지를 통해 생산된 전기에너지 차이를 의미한다.

본 연구에서는 PV Module 별 상세 전력발전량 분석을 위해 EnergyPlus 프로그램을 사용하였다. 이

는 PV 효율, 태양 복사량을 기반으로 계산되며, 패널의 온도 및 설치 각도, 기상 조건, 방향 등을 고려하여 전력발전량을 산출한다.

대상건물의 창은 모든 방위에 위치하며, 창 크기는 4.50m×3.06m로 모두 동일하나, 방위별 창 개수는 차이가 존재한다. 방위별 HSC\_W 적용되는 상세면적 및 전력발전량은 Table 6과 같다. Module 1개당 발전량은 남향, 동향, 서향, 북향순으로 나타났다. 북향의 경우 동·서향의 비해 넓은 창면적을 가짐에도 불구하고 단위면적당 전력발전량이 가장 적게 생산되는 것을 확인할 수 있다.

업무시설에 HSC\_W 적용 시 큰 창면적비와 높은

**Table 5.** Building Energy Consumption by Window Type

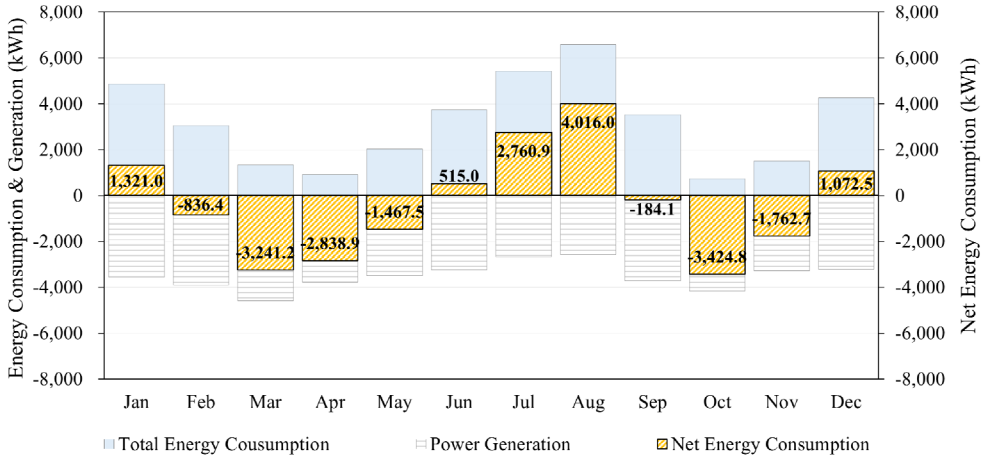
(Unit: kWh)

Month	Heating Energy Consumption		Cooling Energy Consumption		Lighting Energy Consumption	
	Low-e	HSC_W	Low-e	HSC_W	Low-e	HSC_W
Jan	4,635.8	4,038.4	0.0	0.0	843.4	835.0
Feb	2,916.1	2,439.7	0.0	0.0	622.3	612.0
Mar	1,126.9	847.7	0.0	0.0	495.3	490.6
Apr	532.4	377.9	0.0	0.0	561.7	551.8
May	0.0	0.0	966.0	1,478.3	556.1	550.2
Jun	0.0	0.0	2,577.6	3,297.1	455.1	453.3
Jul	0.0	0.0	4,102.5	4,876.4	562.4	555.5
Aug	0.0	0.0	5,288.5	6,046.9	554.3	544.4
Sep	0.0	0.0	2,209.1	3,022.5	517.1	509.9
Oct	28.6	18.7	0.0	0.0	728.5	718.5
Nov	955.7	769.4	0.0	0.0	745.3	735.3
Dec	3,976.1	3,431.8	0.0	0.0	846.7	838.2

**Table 6.** Detailed Information on Power Generation by Direction When HSC\_W Is Applied

Orientation	Number of Windows (EA)	Window Area* (m <sup>2</sup> )	Number of Modules (EA)	Power Generation per Module** (kWh/m <sup>2</sup> )	Generation (kWh/yr)
South	14	192.8	12,600	1,865.2	26,113.3
East	6	82.6	5,400	1,151.1	6,906.4
West	6	82.6	5,400	1,049.8	6,298.5
North	9	123.9	8,100	310.2	2,791.6

Note: \*4.50 m×3.06 m, \*\*180 mm×85 mm



**Fig. 5.** Monthly Net Energy Consumption According to Power Generation When HSC\_W Is Applied

발전효율로 연간 42,109.8kWh/yr의 전기를 생산함으로써 냉·난방 및 조명 에너지소비량을 모두 상쇄 가능하며, 연간 4,070.3kWh/yr의 잉여에너지가 발생한다.

Fig. 5는 HSC\_W의 월별 에너지소비량과 전력발전량 그리고 순 에너지소비량을 반영한 것이다. 2~5월, 9~11월의 경우 전체 에너지소비량을 발전된 전력량 100% 상쇄 가능하며 최소 4.5%, 최대 84.1%의 잉여에너지가 발생한다. 잉여에너지는 요금상계제도(Net Metering)를 통하여 전력을 판매할 경우 수익을 예상할 수 있다. 반면, 6~8월, 12~1월의 경우 생산된 발전량에 에너지소비량이 평균 47.6% 높아 해당 기간은 ZEB 달성이 어려운 것으로 확인하였다. 하지만, HSC\_W 적용함으로써 Base model 대비 111.1%의 에너지 저감이 가능하다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 HSC\_W의 건물 외장재로서의 적용 가능성을 확인하기 위하여 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램を活用하여 건물 에너지 성능 분석 및 전력발전량을 반영한 Net Energy Consumption을 산출하였다. 그 결과, HSC\_W의 열·광학적 특성으로 인한

여 업무시설에 HSC\_W 적용 시 Base model 대비 냉방부하 증가로 인해 연간 총 에너지소비량은 약 3.4% 증가하였다. 9~11월의 경우 HSC\_W의 높은 발전변환으로 인하여 추가 에너지소비 없이 자체 운영이 가능하며, 평균 48.3%의 잉여에너지가 생산되는 것을 확인하였다.

본 연구의 결과를 토대로 업무시설에 HSC\_W 적용 시 Base Model 대비 에너지절약 및 ZEB 달성에 유리한 것을 확인하였다. 즉, 가시성과 발전량을 동시에 충족시킴으로써 건물 에너지 저감을 위한 핵심 기술로 활용될 수 있다.

본 연구결과를 기반으로 Mock-up 실험을 진행 중에 있으며, 향후 건물 용도와 다양한 기후대, 창면적비 등 다양한 변수로 설정하여 후속연구를 수행할 예정이다.

## 참고문헌

1. 국토교통부(2021a), “2050년 탄소중립 달성을 위한 녹색건축 활성화 방안 발표”, 세종.
2. 국토교통부(2021b), “건축물의 설비기준 등에 관한 규칙”, “기계환기설비를 설치해야 하는 다중이용시설 및 각 시설의 필요 환기량” 제11조제4항.

3. 국토교통부(2024), “건축물의 에너지절약설계기준”, 국토교통부고시 제2024-1026호.
4. 권혁주·이금호·이광호(2017), “건물에너지 저감을 위한 항별 슬랫형 블라인드의 최적각도 제어 알고리즘 산출”, 「KIEAE Journal」, 17(3): 99~106.
5. 김남현·현지연·박보람·최은지·문진우(2021), “조명 제어방식에 따른 DSSC BIPV 창호 적용 건물 에너지 성능 분석”, 「한국생태환경건축학회 논문집」, 41(2): 119~124.
6. 김지혜·성재은·김해기·박덕준·김선숙(2020), “건축물의 에너지절약설계기준 강화에 따른 업무용 건물의 에너지성능 개선효과”, 「한국건축환경설비학회 논문집」, 14(1): 101~111.
7. 박보람·최영재·김아영·문진우(2022), “기후대별 솔라사이니지 반투명 태양전지 창호 적용 사무용 건물의 에너지 성능분석”, 「KIEAE Journal」, 22(2): 33~46.
8. 박승준·전현우·이승준·오충현(2021), “제로에너지 건축물 확산을 위한 건물 일체형 태양광 적용방안 연구”, 「디지털융복합연구」, 19(9): 189~199.
9. 이경재·방재성(2020), 「숫자로 보는 공공건축」, 세종: 건축공간연구원.
10. 한국에너지공단(2022), “제로에너지건축물 인증 기술요소 참고서”, 서울.
11. Park, B. R., T. W. Kim, J. Y. Hyun, and J. W. Moon (2023), “Climate-Zone-Dependent Applicability of Semi-Transparent Cadmium-Telluride-Type Solar Cells as a Building Material with Display Characteristics”, *Energy & Buildings*, 287: 112977.
12. 건축 HUB 포털, “건축 HUB 건축서비스산업 정보체계”, 2024. 8. 6 읽음. <https://www.hub.go.kr/portal/gis/bld/idx-bld-list.do>
13. ASHRAE, “IWEC2 Weather Files for International Location”, Accessed July 15, 2024. <https://www.ashrae.org/>.
14. International Energy Agency (IEA) (2021), “Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector”, <https://www.iea.org/>.
15. KCC, “KCC Coated Glass”, Accessed August 20, 2024. <https://www.kccglass.co.kr/eng/main.do/>.
16. World Meteorological Organization (WMO) (2022), “A Multi-Organization High-Level Compilation of the Most Recent Science Related to Climate Change”, <https://www.undrr.org/publication/united-science-2022-multi-organization-high-level-compilation-latest-climate-science>

## 요약

최근, 제로에너지건물 구현을 위해 창문 일체형 BIPV(Building Integrated Photovoltaics)가 주목받고 있다. 하지만, 기존의 창문 일체형 BIPV 시스템은 발전성능을 높이기 위해 어두운 색상을 적용하고 있다. 이로 인해 일사확득 및 실내조도 감소로 에너지소비가 증가한다. 이를 해결하기 위해 수평형 태양전지 일체형 창문(Horizontal Solar Cell integrated Windows, HSC\_W)이 개발되었다. HSC\_W는 태양전지를 일정 크기로 절단하여 중공층에 수평으로 적용한 형태로 신개념 창호형 BIPV이다. 본 연구의 목적은 가시성과 발전량을 동시에 만족하는 HSC\_W를 적용하여 건물 에너지 성능 분석을 통해 건물 외장재로서의 적용가능성을 확인하는 것이다. 본 연구에서는 Low-e 유리를 Base Model로 설정하고 DesignBuilder와 EnergyPlus 프로그램을 사용하여 건물 냉·난방에너지, 조명에너지, 발전량을 분석하였다. 그 결과, Base Model 대비 총 에너지소비량이 약 3.4% 증가한 것으로 나타났으나, 높은 발전효율로 연간 4,070kWh의 잉여전력량을 확인하였다. 이는 HSC\_W가 건물 외장재로서 ZEB 달성에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 본 연구는 건물 외장재로서의 HSC\_W의 성능을 개선하고 적용 범위를 확대하기 위한 기초자료로 활용될 수 있다.

**주제어:** 제로에너지건축물, 건물일체형태양광발전시스템, 건물에너지, 전력발전량, 잉여에너지



# 제로에너지 건축물 계획을 위한 태양광 시스템의 디자인·성능 통합 평가 프로세스\*

## Integrated Design Process for Performance and Aesthetic Evaluation of PV System in Zero-Energy Building Plans

김이레\*\* · 박준환\*\*\* · 백승호\*\*\*\*

I-Re Kim\*\* · Jun-Hwan Park\*\*\* · Seung-Hyo Baek\*\*\*\*

### Abstract

With the implementation of Zero-Energy Building (ZEB) certification, the installation of photovoltaic (PV) systems in buildings has become virtually mandatory. Consequently, planning for ZEBs must consider both the performance and integration of PV systems. Moreover, since the aesthetic impact of PV panels on architectural design must also be addressed, this study proposes an integrated evaluation process that simultaneously considers both the design and performance of PV systems in ZEB planning. The proposed process enables early-stage feasibility assessments of achieving target energy independence rates during the massing study phase, while also evaluating system performance and visualizing PV panel layouts. The accuracy of the core function- the performance evaluation module- was validated using the System Advisor Model (SAM), yielding a maximum CV(RMSE) of only 3.68% across various test cases, indicating high computational precision. Finally, case studies were conducted to verify the practical applicability of the process, with all three participants successfully developing design schemes that met the target energy independence rate.

**Keywords:** Zero-Energy Building, Photovoltaic, Target Energy Independence Rate, Integrated Evaluation Process for Both the Design and Performance

### 1. 서론

건축분야에서 탄소 중립 목표를 효과적으로 달성하기 위해 제로에너지 건축물 인증제도가 시행되고 있다. 연면적 1,000m<sup>2</sup> 이상 공공건축물을 시작으로 적용 범위가 점차 확대되고 있으며 2030년 이후에는 사실상 국내 대부분의 신축 건물이 제로에너지

건축물로 구현되어야 할 것으로 예상된다. 지금까지는 단열 기준 강화, 기밀 시공, 창호 시스템 개선 등을 통하여 건물 에너지 소비 절감에 정책이 집중되었으나, 앞으로는 에너지 자립을 위한 신재생 에너지 시스템의 계획 및 설치가 더욱 중요해질 것으로 보인다. 정민희(2024)의 연구에서도 탄소중립 건물의 달성을 위해 다양한 신재생에너지원의 적용 필요성

\*이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2022R1F1A1062895).

\*\*목원대학교 일반대학원 건축학과 석사과정(주저자: dlfpdlfp82@mokwon.ac.kr)

\*\*\*목원대학교 일반대학원 건축학과 석사과정

\*\*\*\*목원대학교 건축학부 조교수(교신저자: shbaek@mokwon.ac.kr)

을 언급하였다.

이를 위해서는, 기존의 건축 계획 과정에 신재생 에너지 시스템의 계획이 더 긴밀하게 연계될 필요가 있다. 한정된 기계실 면적으로도 설치가 충분한 기존의 설비 시스템과 달리 신재생 에너지 시스템은 건물의 외피 및 대지에 설치되고, 설치면적에 따라서 용량이 달라진다. 즉, 설치면적이 충분하지 않을 경우, 제로에너지 건축물 인증을 위한 목표 에너지 자립률의 달성이 불가능할 수 있다. 이러한 설치면적은 건축가가 결정하는 건물의 형태에 따라서 달라지므로, 건축 매스 계획 단계에서부터 신재생 에너지 시스템의 설치 가능 면적과 이에 따른 달성 가능한 에너지 자립률의 산정 또한 필요할 것으로 예상할 수 있다.

다양한 신재생 에너지 시스템 중에서도 태양광 발전 시스템은 건물의 외피에 설치된다는 점에서, 건축 매스 계획 단계에서 에너지 성능에 대한 평가뿐만 아니라 디자인에 대한 검토도 필요하다. 정민희(2020)의 연구에서 확인할 수 있듯이, 창호형 BIPV와 같은 기술 개발로 과거에 비하여 건물 외피와 태양광 발전 시스템 간의 미적인 측면에서의 조화가 잘 이루어지는 편이지만, 여전히 태양광 발전 시스템은 건물의 디자인을 훼손한다는 인식이 강하게 존재한다. 제로에너지 건축물 구현을 위하여 태양광 발전 시스템의 설치가 사실상 필수적인 상황임을 고려한다면, 건물의 형태 및 입면 디자인과 최대한 조화를 줄 수 있는 태양광 발전 시스템의 디자인 또한 매우 중요하다.

태양광 발전 시스템의 성능과 디자인에 대한 평가 및 계획을 위하여 기존의 태양광 발전 시스템 계획 툴의 활용이 가능하다. 하지만 기존의 툴은 태양광 발전 시스템에 관련된 성능 정보와 배치, 개수, 각도와 같은 설치정보에 따른 에너지 생산량 계산에 기능이 집중되어 있다. 즉, 기존 툴의 활용 시 태양광 시스템의 디자인 측면에서의 검토가 어렵다고 볼 수

있다. 또한, 건축가가 매스 계획 단계에서 설계안을 변경할 때마다 태양광 시스템에 대한 계획과 성능 평가를 새롭게 해야 한다는 번거로움이 존재한다. 최근에 발표된 Revit의 Solar Analysis는 Revit 내에서 태양광 패널을 시각적으로 모델링하고, 모델링된 정보를 바탕으로 즉각적으로 에너지 생산량을 계산함으로써, 태양광 발전 시스템의 디자인, 성능 평가를 모두 가능하게 한다. Salimzadeh et al.(2020)의 연구에서는 BIM 기반 태양광 시스템 디자인 플랫폼을 개발하여 민감도 분석 결과에 따른 태양광 패널 최적 배치안을 제공하도록 하였다. 하지만, 제로에너지 건축물 계획을 위해서는 목표 에너지 자립률을 달성할 수 있는 태양광 발전 시스템의 계획을 사용자가 개별적으로 수행해야 한다.

종합하면, 건축가에 의해 주로 수행되는 매스 계획 단계에서 목표 에너지 자립률 달성 여부를 판단할 수 있는 성능 관점에서의 사전 검토와 태양광 발전 시스템 배치에 따른 디자인 검토가 모두 수행될 수 있는 새로운 태양광 발전 시스템 디자인 프로세스와 이를 구현하기 위한 툴의 개발이 필요하다. 이러한 프로세스의 활용 측면에서 별도의 디자인 툴의 개발이 아닌 건축가가 주로 활용하는 설계 툴과의 통합 또한 필요하다. 이에, 본 연구에서는 제로에너지 건축물 계획을 위한 태양광 시스템의 디자인·성능 통합 평가 프로세스의 제안을 목표로 한다. 또한, 제안된 프로세스를 일반적인 건축 설계 툴인 SketchUp에서 구현될 수 있도록 플러그인 형태로 개발을 수행하였다.

이를 위하여 우선 제로에너지 건축물 계획 관점에서 태양광 발전 시스템의 디자인·성능 통합 평가 프로세스를 제안하였다. 다음 단계로 프로그래밍 언어 중 하나인 Ruby를 이용하여 제안된 프로세스를 스케치업의 플러그인을 통하여 구현하였다. 디자인·성능 통합 프로세스의 태양광 발전 시스템 에너지 성능 계산 파트의 정확도를 평가하기 위하여 신재생



에너지 시스템 계획 및 평가 프로그램인 SAM을 이용하였으며, 마지막으로 실제 사용자가 본 프로세스에 따라서 목표에너지 자립률 달성을 위한 건축 매스터디를 수행함으로써, 제안된 프로세스의 유용성을 확인하였다.

## 2. 태양광 발전 시스템의 디자인·성능 통합 평가 프로세스 제안 및 구현

### 2.1 태양광 발전 시스템의 디자인·성능 통합 평가 프로세스 수립

SAM, Homer, PVsyst와 같은 기존의 태양광 발전 시스템 전용 평가툴과 달리 Revit에 탑재된 Solar Analysis는 건축 모델링 과정에서 즉각적으로 태양광 패널의 배치, 성능 평가를 가능하게 한다. 건축 디자인 톨과 결합이 되지 않은 기존 전용 톨에 비하여 Revit의 Solar Analysis는 건축가가 활용할 수 있는 설계 톨에 PV 성능 평가가 탑재되어 있다는 점에서 건축 설계 과정과 태양광 발전 시스템 성능 평가의 통합을 가능하게 한다. 하지만 이러한 개선에도 불구하고 여전히 제로에너지 건물 구현을 위한 태양광 발전 시스템 계획 측면에서 건축가 및 엔지니어는 어려움을 겪을 수 있다. 목표 에너지 자립률 달성을 위한 태양광 발전 시스템 계획을 위해서는 반복적으로 태양광 패널의 배치를 변경해가며 에너지 생산량 계산을 수행해야하기 때문이다.

본 연구에서는 이러한 어려움을 해결하기 위하여 기존의 건축 매스 계획 단계에 제로에너지 건축물 구현 관련 사전 검토 프로세스를 결합하였다. 즉, 사용자가 계획한 건축안에 대하여 최대 태양광 패널을 설치할 때 달성 가능한 에너지 자립률을 제시함으로써, 사용자가 제로에너지 건축물 달성 여부를 판단할 수 있게 한다. 건축가 또는 엔지니어에게 설계안에서 달성 가능한 최대 에너지 자립률을 알려줌으로써, 제로에너지 건축물 달성 여부와 제로에너지

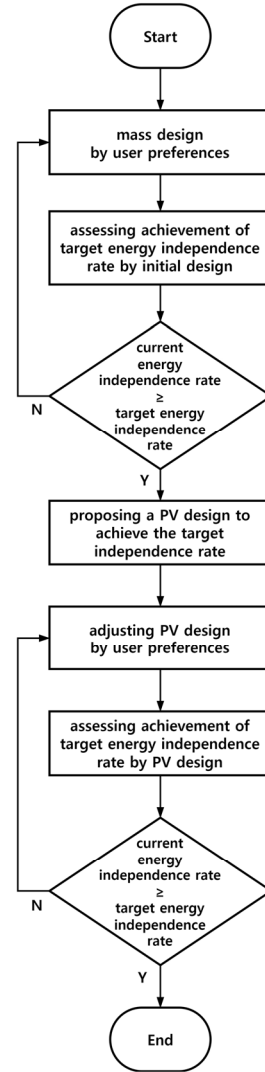


Fig. 1. Integrated Design Process for Performance and Aesthetic Evaluation of PV

건축물 달성을 위해 필요한 대략적인 PV의 규모를 확인할 수 있는 사전 검토 기능의 역할을 수행할 수 있다. 또한, 해당 단계에서 태양광 배치안을 시각화하여 사용자에게 보여줌으로써, 태양광 패널이 건축물에 배치되었을 때의 디자인에 대한 검토까지 사용자가 할 수 있도록 하였다.

이를 위해서는, 건물에 최대 설치가능한 태양광 패널의 개수 산정이 필요하다. 이는 각 면의 표면적

과 태양광 패널 한 장의 크기를 이용하여 산정할 수 있다. 태양광 패널을 옥상에 설치하는 경우에는 에너지 생산량을 최대화하기 위하여 후면 통풍형으로 설치하는 것이 유리하다. 이때, 인접 PV 모듈에 의한 음영으로 에너지 생산이 저하될 수 있으므로 각 모듈의 최소 이격거리를 설정하여 PV 모듈의 설치 가능개수를 산정하였다. 그리고 PV의 각도와 방위, 설치 방식은 에너지 생산량을 최대화할 수 있는 유형으로 가정한다.

다음으로 건축가의 선호도에 따라서 자유롭게 태양광 패널을 모델링할 수 있는 단계 또한 제안하였다. 사전 검토 단계에서 제시된 태양광 발전 시스템의 설치 개수를 참고하여 사용자는 자유롭게 목표 에너지 자립률을 달성할 수 있는 태양광 패널의 배치를 수행한다. 다음 단계로 배치안에 대한 에너지 생산량 계산을 수행함으로써, 목표 에너지 자립률 달성 여부를 사용자에게 알려준다. 사용자는 이를 참고하여 태양광 발전 시스템의 계획안을 수정하거나, 건물의 형태를 조정하여 다시 성능 평가를 수행하여 최종적으로 사용자가 만족할 수 있는 태양광 발전 시스템 계획안을 도출하도록 하였다. 제안하는 프로세스를 정리하면 Fig. 1과 같다.

## 2.2 에너지 자립률 계산 알고리즘 수립

에너지 자립률은 식 (1)과 같이 건물의 에너지 소비량에 대한 신재생 에너지 시스템에서의 에너지 생산량의 비율로 계산된다.

건물 에너지 소비량의 산정을 위하여 동적 건물 에너지 시뮬레이션의 활용이 가능하다. 하지만, 매스 계획이 이루어지는 초기 설계 단계에서는 다양한 건축적 정보(건물 형태, 창 면적, 단열 정도 등)가 불확실하므로 에너지 시뮬레이션을 위한 정확한 모델링이 어렵다고 볼 수 있다. 이에, 건물 에너지 소비량 측정 데이터를 이용한 에너지 소비량 산정이 좀 더 타당한 것으로 판단된다. 본 연구에서는 하수연(2020)

**Table 1.** The Annual Energy Consumption per Unit Area for Office Buildings

Total Floor Area Range	Annual Energy Consumption per Unit Area (kWh/m <sup>2</sup> ·yr)
Office Buildings (Less than 3,000 m <sup>2</sup> )	115.3
Office Buildings (3,000 m <sup>2</sup> ~9,999 m <sup>2</sup> )	126.4
Office Buildings (10,000 m <sup>2</sup> or More)	171.9

Source: Ha (2020) (in Korean)

의 연구에서 제시한 연면적에 따른 업무시설의 단위 면적당 연간 에너지 소비량 데이터를 활용하였다. 해당 데이터는 Table 1과 같다.

태양광 시스템의 에너지 생산량 계산은 Gilman et al.(2018)에서 제시한 이론을 이용하였다. 해당 이론은 미국 국립재생에너지 연구소(NREL, National Renewable Energy Laboratory)에서 검증된 이론으로 대표적인 신재생 에너지 평가 프로그램인 System Advisor Model(이하, SAM)에도 적용된 이론이다. 태양광 시스템 에너지 생산량은 식 (2)와 같이 계산되며, 계산을 위하여 셀 온도에 따른 태양광 모듈의 발전 효율, 태양광 모듈에 입사되는 일사량, 발전 과정에서 손실이 필요하다. 셀 온도에 따른 태양광 모듈의 발전 효율은 Evans(1981)이 제시한 이론을 이용하였으며, 식 (3)과 같다. 태양광 셀의 온도는 King et al.(2004)에서 제시한 이론을 이용하였으며 계산식은 식 (4)와 같다. 태양광 모듈의 후면 온도는 모듈의 설치 방식에 따라 크게 달라진다. 즉, 후면이 외기에 면할 경우에는 자연적으로 냉각되어 효율의 상승을 기대할 수 있지만, 후면이 건물에 밀착될 경우에는 냉각 효과가 저감되어 효율이 저감될 수 있다. 식 (5)는 태양광 모듈의 설치 방식에 따른 영향을 반영할 수 있도록 온도 계수를 이용하고 있으며, 해당 계수는 Table 2와 같다.

**Table 2.**  $a$ ,  $b$ , and  $\Delta T$  According to the Structure and Mounting of Solar Panels

PV Type	Structure and Mounting	$a$	$b$	$\Delta T$
Mono & Poly	Glass/Cell/Glass - Open Rack	-3.47	-0.0594	3
	Glass/Cell/Glass - Close Roof Mount	-2.98	-0.0471	1
Thin-Film	Polymer/Thin Film/Steel - Open Rack	-3.58	-0.1130	3
	Polymer/Thin Film/Steel - Close Roof Mount	-	-	-

Note: The values for thin-film close roof mount are not available. Therefore, the same values as the open rack are applied.

태양광 패널의 에너지 생산에 가장 큰 영향을 미치는 일사량의 경우, 신재생에너지 데이터센터에서 제공하는 국내 11개 지역의 기상 데이터를 이용하였다. 기상 데이터에 포함되어 있는 법선면 직달일사량과 수평면 산란일사량을 기반으로 태양광 패널 표면에 입사되는 전일사량을 계산하였다. 또한, 태양광 패널에서의 전력 생산부터 공급까지의 손실을 고려하였으며, 이에 대한 계산식은 식 (6)과 같다.

$$EIR = \frac{E_g}{E_c} \times 100 \quad (1)$$

여기서,

$EIR$ : 건물의 에너지 자립률(%)

$E_g$ : 신재생 에너지 시스템의 에너지 생산량  
( $\text{kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$ )

$E_c$ : 건물의 에너지 소비량( $\text{kWh/m}^2 \cdot \text{yr}$ )

$$P_{DC} = \frac{\eta_p}{100} \cdot A_m \cdot I \cdot \left(1 - \frac{L_{DC}}{100}\right) \quad (2)$$

여기서,

$A_m$ : 태양광 패널의 면적( $\text{m}^2$ )

$\eta_p$ : 셀 온도에 따른 태양광 패널의 발전 효율(%)

$I$ : 태양광 패널의 표면 일사량( $\text{W/m}^2$ )

$L_{DC}$ : 태양광 패널의 직류 발전과정에서 손실률(%)

$P_{DC}$ : 태양광 패널의 직류 전력( $\text{Wh}$ )

$$\eta_p = \eta_r [1 - \beta_p (T_c - T_r)] \quad (3)$$

여기서,

$T_c$ : 태양광 셀의 온도( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_r$ : 기준 온도(STC,  $25^{\circ}\text{C}$ )

$\beta_p$ : 태양광 패널의 온도 계수( $\%/^{\circ}\text{C}$ )

$\eta_r$ : 태양광 패널의 공칭 효율(%)

$\eta_p$ : 셀 온도에 따른 태양광 패널의 발전 효율(%)

$$T_c = T_m + \frac{I}{1000} \Delta T \quad (4)$$

여기서,

$I$ : 태양광 패널의 표면 일사량( $\text{W/m}^2$ )

$T_m$ : 태양광 패널의 후면 온도( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_c$ : 태양광 셀의 온도( $^{\circ}\text{C}$ )

$$T_m = I \cdot e^{a+bV_w} + T_a \quad (5)$$

여기서,

$a, b, \Delta T$ : 태양광 패널의 종류 및 설치 방식에 따른 온도 계수

$T_a$ : 외기 온도( $^{\circ}\text{C}$ )

$I$ : 태양광 패널의 표면 일사량( $\text{W/m}^2$ )

$V_w$ : 풍속( $\text{m/s}$ )

$T_m$ : 태양광 패널의 후면 온도( $^{\circ}\text{C}$ )

$$P_{AC} = P_{DC} \cdot \frac{\eta_i}{100} \cdot \left(1 - \frac{L_{AC}}{100}\right) \quad (6)$$

여기서,

$P_{DC}$ : 태양광 패널의 직류 전력(Wh)

$\eta_i$ : 인버터의 변환 효율(%)

$L_{AC}$ : 인버터 교류 변환 효율 외 손실률(%)

$P_{AC}$ : 건물에 공급되는 교류 전력(Wh)

## 2.3 스케치업 플러그인 개발

본 연구에서 제안한 알고리즘의 구현을 위하여, 스케치업에서 사용할 수 있는 별도의 플러그인을 개발하였다. Visual studio 개발환경 내의 Ruby언어를 이용하였으며, 최대 에너지 자립률 평가 기능, 태양광 발전 시스템 에너지 성능 평가 기능을 각각 개발하였다. 사용자가 최대 에너지 자립률 평가 기능을 실행하면, Fig. 2과 같이 건물 외피에 최대 태양광 패널을 설치했을 때의 결과를 시각화하여 보여주고, 이와 더불어 연간 에너지 생산량, 에너지 자립률과 같은 에너지 성능 데이터와 태양광 패널 설치 각도, 방위, 개수와 같은 설치와 관련되는 정보를 제공한다.

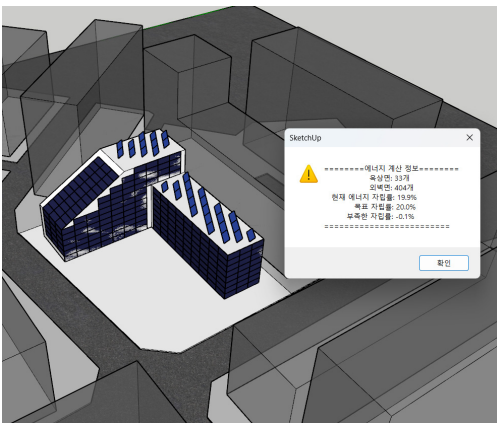


Fig. 2. Evaluating the Rate of Maximum Energy Independence by the Tool

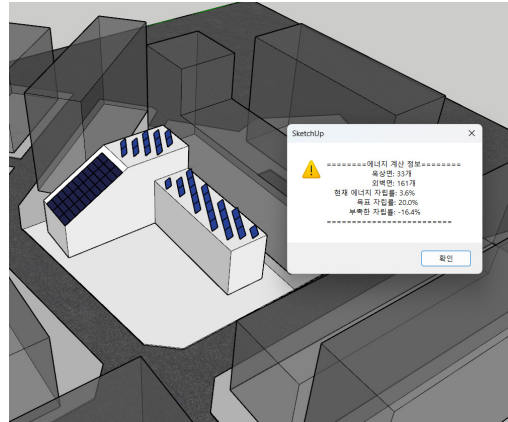


Fig. 3. Evaluating the Energy Performance of a PV System by the Tool

태양광 발전 시스템 에너지 성능 평가 기능을 실행했을 때에도 Fig. 3과 같이, 계획안에 대한 에너지 성능 데이터와 태양광 패널 설치 정보를 사용자에게 제공하여 변경된 설계안에 대한 성능을 평가할 수 있도록 하였다.

## 3. 태양광 발전 시스템 에너지 성능 평가 모듈 검증

### 3.1 검증 조건

태양광 발전 시스템의 디자인·성능 통합 평가 프로세스의 활용성을 확인하기 위해 앞서 태양광 발전 시스템의 에너지 성능 평가 모듈 정확성을 우선적으로 검증하였다. 국내 주요 도시와 태양광 발전 시스템의 설치 방식에 따른 연간 에너지 생산량을 계산하였고, 동일한 조건을 대표적인 신재생 에너지 시스템 평가 프로그램인 SAM에 모델링하여 그 결과를 비교하였다. 대상 지역은 서울, 부산, 대구, 대전, 광주 5개 도시이며, 태양광 패널 설치를 위해 스케치업 상에 가로 12m, 세로 12m, 높이 8m 크기의 건물을 모델링하였다. 태양광 패널의 설치 방식은 옥상에 설치하는 옥상 후면 통풍형, 옥상 부착형, 벽면 부착

**Table 3.** Detailed Items of Loss Factors Applied to the Energy Production of Solar Panels

Name	Description	Value (%)
AC Wiring	AC wiring losses of Inverter	1.0
PV Mismatch	Connection losses between PV modules	0.5
Diodes and Connections	Connection losses between bypass diodes	2.0
DC Wiring	DC wiring losses of PV modules	2.0
Soiling	Average annual soiling loss	5.0

형 3가지를 가정하였다. 후면 통풍형의 경우, 김진철·김경남(2018)에서 제시하는 태양광 패널 최적 설치 각도인 33°로 가정하였고, 정남, 정동, 정서 세 방향의 설치에 대해서도 평가하였다.

건물에 설치되는 태양광 패널 12개를 하나의 어레이로 구성하였으며, 패널의 종류는 2m<sup>2</sup> 크기의 단결정 모듈이다. 해당 패널의 효율은 19.0%로 설정하였으며, 이때의 온도 계수는 -0.4%/°C이다. 태양광 모듈의 에너지 생산량에 적용되는 손실률은 10.5%로 이에 대한 세부 항목은 Table 3과 같다.

### 3.2 검증 결과

각 지역, 설치 방식별 태양광 발전 시스템의 연간 에너지 생산량을 정리하면 Table 4와 같다. SAM과 성능 평가 모듈 간의 오차를 비교하기 위하여 각 방식 별로 오차율을 CV(RMSE)로 정리하여 표에 기입하였다. 결과에 따르면, 가장 오차율이 낮은 경우는 대구에 옥상 후면 통풍으로 정남 설치를 한 경우로 CV(RMSE)는 0.59%이며, 가장 오차율이 큰 경우 역시 지역이 대구인 경우로 벽 부착 방식으로 정동을 향하는 경우이다. 이 때의 CV(RMSE)는 3.68%이며 연간 에너지 생산량의 차가 22.9kWh/yr에 불과하다. 설치방식 별 오차율의 패턴을 분석하여 보면, 옥상 후면통풍, 옥상 부착, 벽 부착의 순으로 오차가 크게 나타난다. 이는, 태양광 패널 후면의 온도에 따른 효율 계산이 SAM의 경우 Gilman et al.(2018)에서 제시한 Simple Efficiency Module Model을 사용하

며, PV design tool의 경우 Evans(1981)에서 제시한 이론을 사용하기 때문인 것으로 판단된다. 하지만, 가장 일반적인 설치 방식인 옥상 후면 통풍 또는 옥상 부착의 경우 평균 CV(RMSE)가 각 1.1%, 1.36%로 SAM과 성능 평가 모듈의 계산 결과가 거의 일치하는 것을 확인할 수 있다.

## 4. 케이스 스터디

### 4.1 케이스 스터디 수행 조건

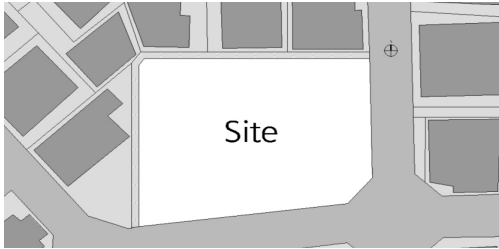
본 연구에서 제안하는 태양광 발전 시스템의 디자인·성능 통합 평가 프로세스의 유용성을 확인하기 위하여 3명의 참가자를 대상으로 케이스 스터디를 수행하였다. 참가자는 모두 관련 전공 학생들로 구성되어 있다. 대상 학생들은 실무 경험이 전무하나 초기 설계 단계에서의 매스 스터디를 대상으로 한다는 측면에서, 학생들을 대상으로 케이스 스터디를 수행하는 데 있어 큰 어려움이 없다고 판단하였다. 케이스 스터디를 통하여 사용자가 목표 에너지 자립률을 달성할 수 있는 태양광 발전 시스템의 계획을 수행할 수 있는지 여부를 확인하고자 하였다.

이를 위하여, 각 참가자에게 동일한 대지 조건을 제공하고 해당 대지에 대하여 사용자의 선호에 따라서 자유롭게 매스 스터디를 진행하도록 하였다. 제로에너지 빌딩 구현 측면에서 사전 검토 기능의 유용성을 확인하기 위하여 매스 스터디가 완료된 사용자에게 최대 에너지 자립률 평가 기능을 실행하여

**Table 4.** Comparison of Energy Production Calculation Results by Region between SAM and Energy Performance Evaluation Module

	Mounting	Azimuth	SAM (kWh/yr)	Performance Evaluation Module (kWh/yr)	CV(RMSE) (%)
Seoul	Roof - Open Rack	East	5,733.8	5,727.8	1.52
		South	6,867.7	6,877.8	0.63
		West	5,565.1	5,557.9	1.33
	Close Wall Mount	East	3,491.7	3,514.5	2.99
		South	4,916.7	4,965.1	3.27
		West	3,296.9	3,318.5	2.47
	Close Roof Mount	-	6,093.3	6,072.3	1.46
Busan	Roof - Open Rack	East	5,810.4	5,804.0	1.19
		South	7,033.0	7,044.3	0.60
		West	5,840.1	5,834.7	1.21
	Close Wall Mount	East	3,415.3	3,436.1	1.63
		South	4,868.9	4,918.5	2.47
		West	3,423.5	3,445.4	1.83
	Close Roof Mount	-	6,346.8	6,327.7	1.31
Daejeon	Roof - Open Rack	East	5,769.5	5,764.6	1.66
		South	6,878.2	6,889.4	0.69
		West	5,669.2	5,663.6	1.27
	Close Wall Mount	East	3,459.6	3,482.5	3.68
		South	4,878.1	4,927.2	2.57
		West	3,334.4	3,355.7	1.62
	Close Roof Mount	-	6,174.7	6,155.8	1.38
Daegu	Roof - Open Rack	East	5,867.5	5,861.3	1.21
		South	7,086.9	7,097.9	0.59
		West	5,827.0	5,821.7	1.25
	Close Wall Mount	East	3,511.4	3,532.2	1.82
		South	5,005.0	5,053.4	2.38
		West	3,436.5	3,458.3	1.78
	Close Roof Mount	-	6,346.2	6,326.2	1.35
Gwangju	Roof - Open Rack	East	5,868.2	5,861.6	1.49
		South	6,906.8	6,916.5	0.64
		West	5,833.1	5,826.2	1.22
	Close Wall Mount	East	3,593.8	3,613.2	3.10
		South	4,908.1	4,956.7	2.50
		West	3,543.2	3,561.7	1.49
	Close Roof Mount	-	6,242.8	6,225.2	1.31





**Fig. 4.** Site of the Case Studies

최대로 태양광 패널이 설치되었을 때의 에너지 자립률을 확인할 수 있도록 하였다. 그 이후에는 사용자가 자유롭게 태양광 패널의 계획을 변경하고 태양광 발전 시스템 에너지 성능 평가 기능을 이용하여 즉각적으로 목표 에너지 자립률 달성 여부를 확인할 수 있도록 하였다. 케이스 스터디 수행을 위한 대지의 형태는 Fig. 4과 같다. 대지면적은 767.3m<sup>2</sup>이며 건폐율 60%, 용적률 200%의 업무시설을 기준으로 하여 설계를 수행하였다. 또한 지역은 서울로 가정하였다.

#### 4.2 케이스 스터디 수행 결과

각 참가자 별로 목표 에너지 자립률을 달성하는 설계안을 도출하는 과정을 정리하여 Table 5에 나타내었다. Table 5에서 보는 바와 같이 각기 다른 초기 매스디자인이 결정되었고, 초기 매스디자인으로부터

목표 에너지 자립률 달성 여부의 판단, 태양광 모듈 배치에 따른 성능 평가, 매스 수정의 과정을 반복하면서 최종적인 설계안을 도출해내는 것을 알 수 있다. 본 연구에서 제시한 디자인·성능 통합 평가 프로세스에 따라서 설계안이 도출되는 것 역시 확인할 수 있다.

하지만, 각 참가자 별로 설계안의 도출하는 데 있어 접근법 역시 다름을 알 수 있다. 1번 참가자는 초기 매스 디자인을 최대한 고수하면서 태양광을 건물 형태에 맞추고, 주로 옥상에 태양광을 배치하여 매스 디자인에 태양광이 미치는 영향을 최소화함으로써 목표 에너지 자립률을 달성하였다. 2번 참가자는 최대 에너지 자립률 평가 기능을 통해 디자인한 매스에 태양광 패널이 최대 설치되었을 때의 에너지 자립률을 확인하고, 이를 바탕으로 매스 디자인에 따라 결정되는 태양광 설치 가능 면적의 관계를 파악하였다. 이후 매스 디자인을 변경하고, 변경된 매스 디자인에 적합한 태양광 배치를 계획하여 목표 에너지 자립률을 달성하였다. 3번 참가자는 목표 에너지 자립률을 달성하기 위해 초기 매스 디자인을 대폭 수정하여 태양광 설치 면적을 최대한 확보하였다. 또한 건물 형태보다는 에너지 생산을 우선적으로 고려하여 태양광 계획을 수행함으로써 목표 에너지 자립률을 달성하였다.

**Table 5.** Test Results by Participant

Participant	Process							
	Initial Mass Design	Preliminary Review	PV Placement	Mass Modification	PV Placement	Mass Modification	PV Placement	Achieving the Target Independence Rate
No. 1								
No. 2							Pass →	
No. 3								

이러한 결과를 종합하여 볼 때, 디자인·성능 통합 평가 프로세스에 따른 설계 결과가 일차적으로 목표 에너지 자립률을 달성할 수 있는 태양광 시스템 계획을 도출할 수 있음을 알 수 있다. 또한, 그와 별개로 건물의 형태를 결정하는 데도 태양광 패널의 배치를 고려하여 결정하였다. 실무 경험이 전무한 학생들도 목표 에너지 자립률을 달성할 수 있는 건물 매스와 태양광 패널에 대한 계획을 무리없이 하는데에서 본 설계 프로세스의 유용성이 충분히 입증되었다고 판단된다.

## 5. 결 론

제로에너지 건축물 구현을 위해서는 기존의 건축 설계 프로세스에 신재생 에너지 시스템의 계획이 더 긴밀하게 연계되어야 한다. 특히, 태양광 발전 시스템은 건물의 외피에 설치된다는 점에서 에너지 성능 뿐만 아니라 디자인에 대한 검토가 제로에너지 건축물 계획 단계에서 반드시 수행되어야 할 것이다. 본 연구는 이를 위하여, 태양광 발전 시스템의 디자인·성능 통합 평가 프로세스를 제안하고 대표적인 건축 설계물인 스케치업의 플러그인 형태로 제안하는 프로세스를 구현하였다. 본 연구의 주요 결론은 다음과 같다.

성능 검토 차원에서 단순히 태양광 발전 시스템 계획안의 성능 평가를 수행하는 것이 아니라, 건축 설계안에 대하여 제로에너지 건축물 달성 여부를 판단할 수 있는 사전 검토 프로세스를 태양광 발전 시스템의 디자인·성능 통합 평가 프로세스에 결합하였다. 이를 통하여 제로에너지 건축물 달성에 필요한 태양광 시스템의 용량을 사용자가 파악함으로써, 제로에너지 건축물 계획이 더 효과적으로 수행될 수 있도록 하였다.

디자인·성능 통합 평가 프로세스의 핵심 기능인 성능 평가 모듈의 정확도를 검증하기 위하여 대표적

인 신재생 에너지 시스템 평가 프로그램인 SAM을 이용하였다. 국내 5개 지역에 대하여 옥상 후면 통풍, 벽 부착, 옥상 부착 세 가지 설치 방식에 대하여 성능 계산 결과를 비교하였고, 가장 오차율이 낮은 경우의 CV(RMSE)는 0.59%이며, 가장 오차율이 큰 경우에도 CV(RMSE)가 3.68%로 계산 정확도가 높다고 볼 수 있다.

디자인·성능 통합 평가 프로세스의 활용성을 확인하기 위하여 세 명의 참가자를 대상으로 케이스 스터디를 수행하였다. 주어진 대지에 대하여 목표 에너지 자립률을 달성하는 관점에서의 매스 스터디를 진행하였고, 세 참가자 모두 목표 에너지 자립률을 만족하는 설계안을 도출할 수 있음을 확인하였다.

하지만, 건물의 형태에 따라서 일사의 유입량, 관류 열손실 정도가 달라져 에너지 소비량이 달라지나, 본 연구에서는 이러한 특성을 반영하지 못하였다. 추후에는 스케치업의 오픈 스튜디오 등의 플러그인을 활용하여 건물 형태에 따른 에너지 소비량 평가를 더 정확하게 하는 점이 보완되어야 할 것이다. 다만, 건물 에너지 소비량에 영향을 미치는 다양한 요인들이 초기 설계 단계에서는 여전히 불확실한 경향이 있으므로, 이에 대한 특성도 적절하게 반영을 할 필요가 있다.

본 연구에서 제안한 태양광 발전 성능 평가 알고리즘에는 음영에 의한 영향을 반영하지 않았다. 추후에는 인접 태양광 패널, 건물 형상, 인접 건물에 의한 음영 발생 및 이에 따른 발전 성능 저하에 대한 평가 까지도 이루어져야 할 것이다.

## 참고문헌

1. 김진철·김경남(2018), “태양광 시스템의 지역별 최적 방향 및 각도 연구”, 『신·재생에너지』, 14(2): 9~20.
2. 정민희(2020), “반투과형 태양전지를 이용한 창호형 BIPV 건물의 환경성능 분석”, 『LHI Journal』, 11(1): 87~94.

3. 정민희(2024), “탄소중립 건물의 기술적 정의와 사례 분석을 통한 탄소중립 달성 잠재성 분석”, 『LHI Journal』, 15(2): 19~28.
4. 하수연(2020), “제측데이터 기반 표본 업무시설에서의 용도별 에너지사용량 원단위 통계값 도출 및 분석”, 석사학위논문, 이화여자대학교.  
Ha, S. Y. (2020), “Statistical Analysis of Energy Use Intensity by End Use in Sample Office Buildings Based on Measurement Data”, Master’s Thesis, Ewha Womans University. (in Korean)
5. Evans, D. L. (1981), “Simplified Method for Predicting Photovoltaic Array Output”, *Solar Energy*, 27(6): 555~560.
6. Gilman, P., A. Dobos, N. Diorio, J. Freeman, S. Janzou, and D. Ryberg (2018), *SAM Photovoltaic Model Technical Reference Update*, Golden: NREL.
7. King, D. L., W. E. Boyson, and J. A. Kratochvil (2004), *Photovoltaic Array Performance Model*, Albuquerque: Sandia National Laboratories.
8. Salimzadeh, N., F. Vahdatikhaki, and A. Hammad (2020), “Parametric Modeling and Surface-Specific Sensitivity Analysis of PV Module Layout on Building Skin Using BIM”, *Energy and Buildings*, 216: 109953.

## 요 약

제로 에너지 건축물(ZEB) 인증제 시행에 따라 건물에 태양광(PV) 시스템의 설치가 의무화되고 있는 추세이다. 이에 따라, PV 시스템의 발전 성능을 고려한 계획이 수행되어야 한다. 또한, PV 패널이 건축 디자인에 미치는 미적 영향도 고려해야 하므로, 본 연구에서는 ZEB 계획에서 PV 시스템의 디자인과 성능을 동시에 평가할 수 있는 디자인·성능 통합 평가 프로세스를 제안하고자 한다. 이 프로세스는 매스 스터디 단계에서 목표 자립률 달성 가능성을 초기에 평가할 수 있도록 하며, PV 패널 계획을 기반으로 성능을 평가하고 배치를 시각화한다. SAM을 사용하여 핵심 기능인 성능 평가 모듈의 정확도를 검증하였으며, 다양한 케이스 중 최대 CV(RMSE)는 3.68%로 계산 정확도가 높게 나타났다. 마지막으로, 케이스 스터디를 통해 이 프로세스의 실제 적용 가능성을 확인한 결과, 세 명의 참가자가 모두 목표 자립률을 만족하는 설계안을 도출할 수 있음을 확인하였다.

**주제어:** 제로에너지 건축물, 태양광, 목표 에너지 자립률, 디자인·성능 통합 평가 프로세스



## 활동량 산출 모델 적용 실내환경 제어의 열환경 및 에너지 성능평가\*

## Thermal Environment and Energy Performance Evaluation of Indoor Environment Control Using Metabolic Rate Estimation Model

윤지영\*\* · 최은지\*\*\* · 이혜원\*\*\*\* · 문진우\*\*\*\*\*

Ji-Young Yun\*\* · Eun-Ji Choi\*\*\* · Hae-Won Lee\*\*\*\* · Jin-Woo Moon\*\*\*\*\*

## Abstract

As people spend 80~90% of their time indoors, the importance of indoor environments on health, well-being, and productivity is increasingly emphasized, with the thermal environment being particularly significant. Metabolic rate, which varies with occupant activities, significantly impacts thermal comfort. To measure and apply this information in building control, computer vision technologies have been developed, including methods that estimate metabolic rate by recognizing human joint coordinates and objects. However, previous studies have been limited to experiments conducted during the heating season. This study used simulations to evaluate the thermal and energy effects of indoor environment control during both heating and cooling seasons by integrating pose classification with object detection. Indoor environment control using an object detection-integrated model improved thermal comfort by adjusting indoor temperature according to metabolic rate while showing an increase or decrease in energy consumption. Compared to a pose-based model without object detection, it reduced PMV by 0.02~0.69, bringing it closer to 0, and decreased energy consumption by 7.7~55.8%, depending on metabolic rate. These results confirm that integrating accurate metabolic rate estimation into indoor environmental control can enhance thermal comfort while minimizing unnecessary energy consumption.

**Keywords:** Occupant Centric Control, Metabolic Rate, Thermal Comfort, Energy Consumption, Energyplus

## 1. 서 론

## 1.1 연구의 배경 및 목적

현대에는 하루 80~90% 이상의 많은 시간을 실내에서 보내는 사람이 증가하고 있다(Frontczak and Wargocki, 2011). 이로 인해 재실자의 건강, 웰빙 등

삶의 질에 영향을 미치는 실내환경에 대한 중요성이 강조되고 있다(양영권·박진철, 2019). 이 중 열환경은 재실자의 건강 및 생산성에 종합적으로 영향을 미쳐 중요하게 다뤄지고 있으며, 쾌적한 실내 열환경을 유지하기 위한 많은 노력이 이루어지고 있다(Zhang et al., 2024; Jouhara and Yang, 2018).

\*이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2023-00217322 and 2024-00354306).

\*\*중앙대학교 건축학과 박사과정(주저자: yjy5350@cau.ac.kr)

\*\*\*중앙대학교 건축학과 연구교수, 건축학박사

\*\*\*\*중앙대학교 건축학과 석사과정

\*\*\*\*\*중앙대학교 건축학과 교수, 공학박사(교신저자: gilerbert73@cau.ac.kr)

기존의 냉난방 시스템은 고정된 온도로 제어되어 다양한 재실자의 정보를 실시간으로 고려하지 않는다. 이는 불쾌한 열환경을 제공할 뿐만 아니라 건물 에너지 효율에도 한계를 보였다. 이러한 한계를 토대로 재실자의 정보를 반영한 실내환경 제어의 중요성이 강조되고 있으며, 이를 위해 다양한 연구가 진행되고 있다(Ogundiran et al., 2024). 최근에는 재실자의 유무, 인원수, 착의량(clothing insulation, CLO), 활동량(metabolic rate, MET) 등의 재실자 정보를 반영한 재실자 중심 제어(occupant-centric control, OCC)가 주목받고 있다(Peng et al., 2019; 최영재 외, 2022).

OCC는 재실자의 편안함을 고려하여 건물 실내환경을 최적화함과 동시에 건물 운영 및 유지관리의 생산성과 효율성을 증가시킬 수 있는 핵심 전략으로 간주된다. 기존의 OCC는 주로 재실자의 유무, 수, 행동을 직접 또는 간접적으로 추정하여 실내온도 조절에 반영함으로써 쾌적함과 에너지 효율 향상을 동시에 달성하는 것을 목표로 하였다(Naylor et al., 2018; Yang et al., 2022).

특히 최근에는 예상평균온열감(predicted mean vote, PMV)를 기반으로 한 재실자 열쾌적 제어가 다수 연구되고 있다(성남철·윤동원, 2010; Huo et al., 2023). PMV는 사람이 특정 환경 조건에서 느끼는 평균적인 쾌적을 예측하는 데 사용되는 지표이다. PMV는 건축 및 실내환경 분야에서 널리 사용되며, 실내온도( $T_a$ ), 상대습도(RH), 평균복사온도( $T_r$ ), 기류속도( $V_a$ )의 환경 변수와 착의량, 활동량의 개인 변수를 고려하여 특정 환경 조건의 편안함을 수치화한다(ASHRAE Standard 55, 2020). PMV는 다수를 대표하는 쾌적 정보를 제공하므로 현재 전 세계적으로 실내환경 설계 및 운영과 쾌적 제어 연구에 활용되고 있다. 정확한 PMV를 적용한 실내 열환경 제어 시, 재실자의 열쾌적을 향상시킬 수 있다(Kosonen and Tan, 2004; Huo et al., 2023).

이 중 활동량(metabolic rate)은 개인의 대사활동에 의해 화학 에너지가 열 및 기계 에너지로 변환되는 양을 말한다(ISO 8996, 2004). 재실자의 활동에 따라 변화하는 활동량은 열쾌적에 큰 영향을 끼치기 때문에, 이를 측정하고 건물 제어에 반영하기 위한 많은 노력이 있었다(Luo et al., 2018; Yang et al., 2020).

여러 장치 및 기기를 활용한 활동량 측정 방법들이 개발되었지만, 재실자의 직접적인 개입을 요구하기 때문에 실내환경 제어에 반영하기 어려웠다. 실제 건물 제어에 반영하기 위해서는 간접적이며 객관적인 측정 방법이 제시되어야 한다. 따라서, 최근에는 현장 적용 가능성 및 정확성을 고려해 인공지능 기술 중 하나인 컴퓨터 비전(computer vision) 방법을 활용해 이미지 또는 영상에서 활동량을 산출하여 기계학습, 사물인터넷 등과 함께 사용되는 추세이다(Na et al., 2019; Gu et al., 2021).

Choi et al.(2024)은 영상이나 이미지를 통해 사람의 신체 관절 위치를 추정하는 human pose estimation 기술 중 하나인 OpenPose 라이브러리와 심층신경망(deep neural network)을 활용한 활동량 산출 방법을 제안하였다. 실내 이미지에서 재실자의 관절을 인식하고 그 좌표를 기반으로 앉기, 서기, 걷기의 3가지 활동을 산출할 수 있다. 위 논문에서 개발한 활동량 산출 모델은 ‘포즈 기반 활동량 산출 모델’로 정의한다.

Yun et al.(2025)은 앞서 Choi et al.(2024)에서 개발된 기술을 바탕으로, 재실자가 사용하는 사물까지 동시에 인식하여 활동량을 산출할 수 있는 방법을 개발하였다. 이를 통해 앉기, 걷기, 서기 3가지 활동뿐만 아니라 타자치기, 요리하기, 청소하기의 활동을 산출할 수 있음을 보였으며, 포즈기반 활동량 산출 모델과 해당 모델의 활동량 값은 ASHRAE Standard 55(2020)를 기반으로 한다. 위 논문에서 개발한 활동량 산출 모델은 ‘사물인식 통합 활동량 산출 모델’



로 정의한다.

두 논문 모두 개발한 활동량 산출 기술을 실내환경 제어에 적용하고 실험 기반 성능평가를 진행하여 실내 열환경 개선 및 불필요한 건물 에너지 감소의 효과를 보였다. Choi et al.(2024)와 Yun et al.(2025)는 난방 기간만의 실험 성능평가를 진행하여, 열환경 개선 및 불필요한 건물 에너지 감소의 효과를 확인하였다.

## 1.2 연구의 범위 및 방법

본 논문은 활동량 산출 모델을 적용한 실내환경 제어의 냉·난방 기간 전반에 걸친 열환경 및 에너지 성능을 분석하고 평가하는 것을 목표로 한다. 특히, 포즈 기반 활동량 산출 모델과 사물인식 통합 활동량 산출모델의 성능을 비교 분석하며, 이를 위해 시뮬레이션을 진행하였다. 성능평가는 열환경 및 에너지 소비량을 중심으로 분석하였으며, 그 내용적 범위는 냉·난방 기간동안의 실내 열쾌적과 에너지 소비량을 포함한다.

앞서 Choi et al.(2024)와 Yun et al.(2025)에서 산출할 수 있는 활동 6가지(앉기, 서기, 걷기, 타자치기, 요리하기, 청소하기) 모두 진행된다고 가정할 수 있는 주거용 건물을 모사하였다. 시뮬레이션 프로그램은 PMV 기반 제어의 구현이 가능하며, 실내 열쾌적 및 건물에너지 소비량 분석이 가능한 EnergyPlus를 활용하였다. EnergyPlus는 미국 에너지부(department of energy, 이하 DOE)에서 개발한 건물 에너지 시뮬레이션 프로그램으로 건축물의 에너지 효율성을 평가하고 분석하는데 사용된다.

## 2. 건물 모델링

2.1장에서는 시뮬레이션을 진행하기 위한 기준 건물(base model)에 대하여 서술한다. 2.2장에서는 활동량 산출 방법에 따른 열환경 및 에너지 측면의 효

과 및 비교를 분석하기 위해 설정한 제어 방식과 시뮬레이션 Case를 설명한다. 2.3장에서는 시뮬레이션을 진행할 때 기본으로 설정한 스케줄에 대하여 설명하였다.

### 2.1 기준 건물

Choi et al.(2024)와 Yun et al.(2025)에서 개발한 활동량 산출 모델에서 산출 가능한 활동 모두가 진행된다고 가정할 수 있는 주거용 건물을 모사하였다. 실내 열환경 및 건물 에너지 효율성 검증이 가능하도록 DOE에서 설계한 주거용 prototype building을 기준 건물로 활용하였다. 기준 건물의 이미지는 Fig. 1, 기본 정보는 Table 1에 나타났다. 기준 건물은 3명으로 구성된 한 가족이 거주하는 단독 주택이며, 기후대는 한국과 유사한 4A의 미국 뉴욕 기상 파일을 사용하였다. Heating, Cooling system은 heat pump, Foundation type은 slab 타입으로 설정하였다. 건물 연면적 311.23m<sup>2</sup> 중 공조 면적은 220.82m<sup>2</sup>이고, 창면적비는 14.12%이며 분석 대상 공간은 벽 또는 파티션이 없는 단일 공간으로 구성되어있다.

### 2.2 제어방법 및 Case 설정

활동량 산출 모델에 따라 A,B 제어로 분류하였다 (Table 2). “A 제어(control A)”는 Choi et al.(2024)에서 실내환경 제어에 적용된 모델로 인체의 관절 좌표 즉, 포즈를 기반으로 활동량을 산출하는 모델 (이하 포즈 기반 활동량 산출 모델)을 적용한 실내환

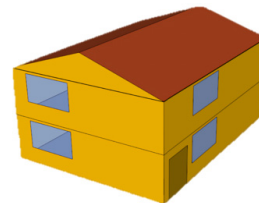


Fig. 1. Modeling Result of the Base Model

**Table 1.** Base Model Information

Category		Information
Prototype		Single-family detached house
Climate Zone		4A (Mixed-humid)
Heating, Cooling System Type		Heat pump
COP	Heating	3.69
	Cooling	4.07
Foundation Type		Slab
Total Floor Area		311.23 m <sup>2</sup>
Conditioned Area		220.82 m <sup>2</sup> (living)
Unconditioned Area		110.41 m <sup>2</sup> (attic)
Construction	Wall	0.271 W/m <sup>2</sup>
	Window	1.704 W/m <sup>2</sup>
AFN Infiltration		0.245 [ach]
Occupants		3
Interior Lighting (Living)		1.531 W/m <sup>2</sup>
Electric Load (Living)		7.041 W/m <sup>2</sup>

경 제어이다. “B 제어(control B)”는 Yun et al.(2025)에서 개발된 제어 방법으로, 포즈를 기반으로 한 활동 분류뿐만이 아니라, 재실자가 사용하는 사물을 인식하여 종합적으로 활동량을 산출하는 모델(이하 사물인식 통합 활동량 산출 모델)을 적용한 실내환경 제어를 의미한다.

A, B 제어 모두 PMV를 제어 변수로 하며, 환경 변수( $T_a$ ,  $RH$ ,  $T_r$ ,  $V_a$ )와 개인 변수(CLO, MET)를 고려한 제어이다. 실내에서 각 변수값을 취득하여 setpoint에 맞는 실내온도( $T_a$ )를 찾아 제어 온도로 보낸다. CLO 값은 주거환경에서의 일반적인 실내 옷차림을 참고하여 긴소매 잠옷 상·하의, 속옷, 양말, 신발 조합의 0.63clo 고정값을 사용하였다.

A, B 제어마다 앉기(sitting), 타자치기(typing), 서기(standing), 요리하기(cooking), 걷기(walking), 청소하기(cleaning)의 6가지 활동을 각각 수행하는 총 12가지의 Case의 시뮬레이션을 수행하였다(Table

**Table 2.** Control Information

Control Name		Control A	Control B
Control Variable		PMV	
Measurement Variable	Environmental Variable ( $T_a$ , $RH$ , $T_r$ , $V_a$ )	Environmental sensor acquisition	
	Clothing Insulation	0.63 clo (fixed value)	
	Metabolic Rate	Pose-based model	Object detection integrated model

**Table 3.** Case Information

MET	met*	Control name	
		Control A	Control B
Sitting	1.0	Case A-1	Case B-1
Typing	1.1	Case A-2	Case B-2
Standing	1.2	Case A-3	Case B-3
Cooking	1.6	Case A-4	Case B-4
Walking	2.0	Case A-5	Case B-5
Cleaning	2.6	Case A-6	Case B-6

\*The unit representing metabolic rate, 1 met, is expressed as 58.2 W/m<sup>2</sup> per square meter of skin surface area.

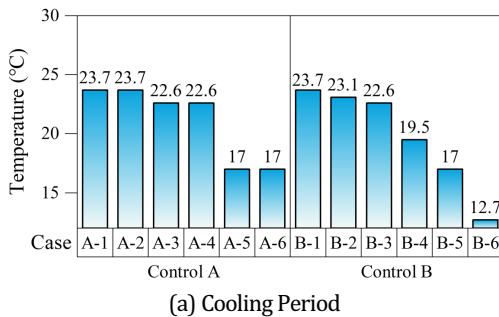
3). 이후 성능평가 및 효과의 분석은 주로 제어 및 Case 별로 진행하였다.

## 2.3 제어 스케줄

본 시뮬레이션은 활동량 산출 모델에 따른 열환경 및 냉·난방 에너지 소비량을 비교 분석하는 것을 목적으로 하였기에 일부 항목은 가정하여 설정하였다. 시뮬레이션에 사용된 스케줄 설정값은 Table 4에 설명하였다. 4A 지역의 난방 기간은 1~3월, 11월, 12월이며, 냉방 기간은 5~9월이다. 4월과 10월은 냉난방 전환 기간으로 정확한 분석을 위해 평가 기간에서 제외하였다. 이후 열환경 및 에너지 소비량 분석은 냉방 기간과 난방 기간으로 구분하여 진행하였다. A, B 제어의 PMV setpoint는 모두 쾌적을 뜻하는 0으로 설정하였으며, 기류속도( $V_0$ )는 ASHRAE Standard 55(2020)를 참고하여 0.1m/s로 설정하였다. 건물에 사람이 재실하는 동안은 각 Case에 해당하는 1가지 활동을 수행한다고 가정하였다.

**Table 4.** Setting Information

Category	Information
Heating Period	1/1~3/31, 11/1~12/31
Cooling Period	5/1~9/30
PMV Setpoint	0
Clothing Insulation	0.63 clo
Air Velocity	0.1 m/s



## 3. 실내 열환경 및 에너지 소비량 분석

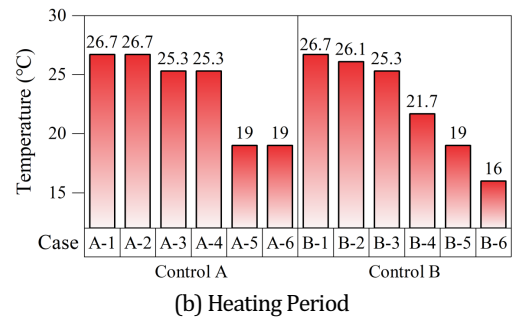
### 3.1 실내 열환경

실내 열환경 분석을 위해 냉·난방 기간을 나누어 Case별 실내온도를 확인하였다(Fig. 2). A 제어는 산출된 활동에 따라 다른 냉·난방 온도가 설정되었으나, 포즈 기반의 활동량 값을 적용하기 때문에 typing은 sitting, cooking은 standing, cleaning은 walking과 각각 같은 실내온도로 나타났다. 포즈 기반의 활동량 산출 모델은 사물을 인식하지 않기 때문에, 사람이 같은 포즈로 다른 활동을 하더라도 같은 활동량으로 인식한다(Yun et al., 2025).

반면에 B 제어는 사물인식 통합 활동량 산출 모델을 적용한 제어로서, 6가지의 활동의 활동량이 모두 다르게 산출된다. 따라서, Case B-1~B-6는 각각 다른 활동량이 제어에 적용되어 냉·난방 기간 모두 실내온도가 다르게 조정되었으며, 활동량이 높아질수록 낮은 실내온도를 나타냈다.

다음으로는 A, B 제어의 Case 별 PMV를 분석하였으며, Case 별로 시간당 1개씩 냉·난방 전환 기간을 제외한 10개월간 7,296개의 PMV 데이터 분포를 box plot으로 나타내었다(Fig. 3).

A 제어는 Case A-4, A-6을 제외하고 쾌적 범위를 만족하였다. Case A-4와 Case A-6는 PMV 값이 0.5 이상으로 나타났다. 이는 Case A-4의 활동에 해당하는 cooking(1.6 met)이 standing(1.2 met)으로, Case



**Fig. 2.** Indoor Temperature during Cooling and Heating Period

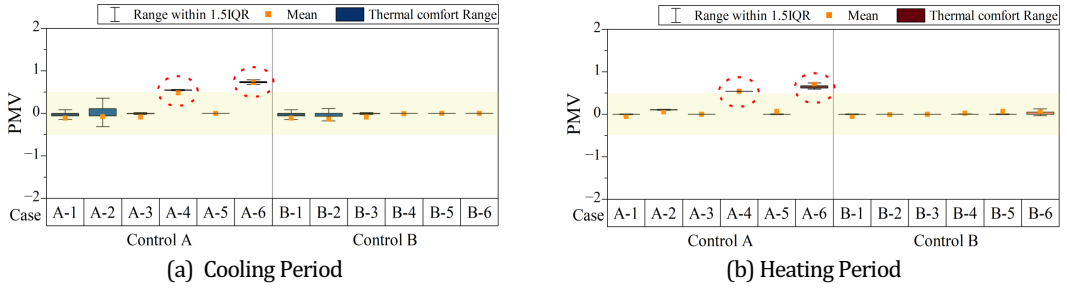


Fig. 3. PMV during Cooling and Heating Period

A-6에 해당하는 활동인 cleaning(2.6 met)이 walking(2.0 met)으로 실제 활동보다 낮은 활동량이 반영되어 실내온도가 높게 제어되었기 때문이다. Case A-2의 활동인 typing(1.1 met) 역시 실제 활동량보다 낮은 sitting(1.0 met)으로 적용되었지만, 활동량 차이가 0.1 met으로 상대적으로 차이가 크지 않아, 설정 온도 변화가 적어 쾌적 범위를 만족함을 보였다.

B 제어는 6가지 Case 모두 쾌적 범위 내에서 제어되었다. 사물인식에 따라 활동량이 다르게 산출될 수 있는 typing(Case B-2), cooking(Case B-4), cleaning(Case B-6)은 A 제어의 동일한 활동에 비해 PMV 분산이 적어졌으며, PMV가 최소 0.02, 최대 0.69만큼 감소되어 0에 가까워짐으로써 열쾌적 개선 효과를 보였다.

### 3.2 에너지 소비량

Case 별 연간 냉·난방 에너지 소비량을 Fig. 4에 나타냈으며, 냉방 및 난방 에너지 측면으로 나누어 분석하였다. 제어 별로 비교하여 상대적인 효과를 보고자 제어 및 Case 별 에너지 소비량의 변화 및 사용 패턴을 분석하였다. 동일한 조건에서의 비교를 위해, 재실자는 설정된 스케줄에 맞게 재실하는 동안 각 Case에 해당하는 하나의 활동을 수행한다고 가정하였다.

냉방 에너지는 제어 온도가 낮을수록 에너지 소비량이 증가한다. A 제어는 포즈 기반으로 활동을 분류

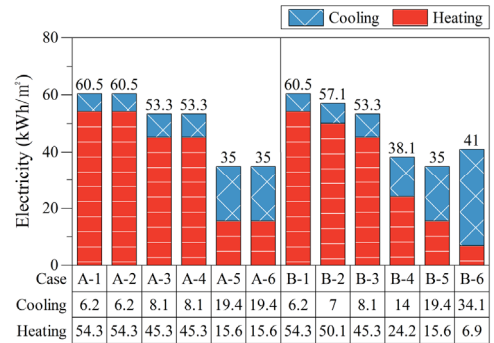


Fig. 4. Energy Consumption during Cooling and Heating Period

하여, Case A-1과 Case A-2, Case A-3과 Case A-4, Case A-5와 Case A-6은 같은 활동으로 인식되어 냉방 에너지 소비량이 동일하게 나타났다. 반면에, B 제어는 6가지 Case의 활동량이 다르게 적용되어 모두 다른 냉방 에너지 소비량을 보였으며, 활동량이 증가할수록 실내온도가 낮게 구성되어 냉방 에너지 소비량이 증가하였다.

난방 에너지는 제어 온도가 높을수록 에너지 소비량이 증가한다. A 제어는 냉방 에너지와 동일하게 Case A-1과 Case A-2, Case A-3과 Case A-4, Case A-5와 Case A-6은 같은 활동으로 인식되어 난방 에너지 소비량이 동일하게 나타났다. B 제어 역시 냉방 에너지와 동일하게 Case 마다 다른 소비량을 보였으며, 활동량이 증가함에 따라 난방 에너지가 감소하였다.

사물인식에 따른 활동량 산출 결과에 차이를 보이는 typing(Case A-2, B-2), cooking(Case A-4, B-4), cleaning(Case A-6, B-6)의 활동은 A 제어 대비 B 제어에서 냉방 에너지는 증가하였지만, 난방 에너지는 각 7.7%, 46.6%, 55.8%의 에너지 소비량이 저감됨을 보였다. 특히 Case B-1(1.0 met)에 비해 Case B-6(2.6 met)의 난방 에너지 소비량은 약 8배 감소하였다.

이와 같이 포즈 기반의 활동량 산출뿐만 아니라, 재실자의 사물을 인식하여 활동량을 정확하게 산출하여 제어에 반영한다면, 활동에 따른 적절한 실내 온도를 조성하여 재실자의 열쾌적성을 향상시키면서, 난방 에너지를 저감할 수 있음을 확인하였다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 재실자의 포즈와 사용하는 사물을 인식하여 활동량을 산출하고 이를 반영한 제어를 수행했을 때, 냉·난방 기간의 효과를 알아보고자 시뮬레이션을 진행하였다. 그 결과를 실내 열환경 및 냉·난방 에너지 소비량 측면으로 분석하였다. 사물인식 통합 활동량 산출 모델을 적용한 실내환경 제어는 포즈 기반 활동량 산출 모델을 적용한 실내환경 제어에 비해 재실자의 열쾌적성을 향상시키면서 불필요한 에너지를 감소시킬 수 있음을 보였다. 주요 결과를 종합한 결론은 다음과 같다.

- (1) 포즈 기반 활동량 산출 모델은 sitting과 typing, standing과 cooking, walking과 cleaning을 동일한 활동량으로 산출하는 반면에 사물인식 통합 활동량 산출 모델은 sitting, typing, standing, cooking, walking, cleaning을 각각 다른 활동량으로 산출하여 실내 제어에 반영한다.
- (2) 따라서, 포즈 기반 활동량 산출 모델을 적용한 제어는 일부 활동(cooking, cleaning)에서 PMV 쾌

적 범위를 만족하지 못했지만, 사물인식 통합 활동량 산출 모델을 반영한 제어는 6가지 활동 모두 쾌적 범위를 만족했다.

- (3) 포즈 기반 활동량 산출 모델을 적용한 제어 대비 사물인식 통합 활동량 산출 모델을 적용한 제어는 PMV 값이 최소 0.02에서 최대 0.69만큼 감소되어 0에 더 가까워짐으로서 열쾌적 개선 효과를 보였으며, 난방 에너지는 최소 7.7%(sitting)에서 최대 55.8%(cleaning)의 에너지 소비량이 저감됨을 보였다.

포즈 기반 활동량 산출 모델을 적용한 실내환경 제어 대비 사물인식 통합 활동량 산출 모델 적용 실내환경 제어를 수행했을 때, 재실자의 열환경이 개선됨을 확인하였다. 반면에, 에너지 소비량은 냉·난방 기간 및 활동의 종류에 따라 에너지 증감이 다양하게 나타났다.

따라서, 사물인식을 통합하여 정확한 활동량을 산출하여 반영했을 때, 열쾌적성을 향상시키면서 불필요한 에너지를 감소할 수 있음을 확인하였다. 그러나 본 논문은 활동량 산출 모델과 활동 종류에 따라 효과를 분석하기 위해, 재실 스케줄 동안 한가지 활동만을 한다고 가정하였기에 해당 결과를 일반화하기에는 한계가 있다. 실제 건물에서는 다양한 활동이 발생하기 때문에 제어 주기 동안 산출된 활동량을 기반으로 최빈값, 가중산출 평균값 등을 활용하여 제어에 반영할 수 있다. 따라서, 추후에는 다양한 건물 유형과 그에 따른 활동량 스케줄을 반영하여 효과를 분석할 필요가 있다.

실시간으로 재실자의 활동량을 산출하여 실내환경에 반영하는 제어 기술은 건물의 HVAC 시스템, CCTV, IoT 및 BEMS와 통합하여 재실자의 열쾌적성을 위한 정보를 제공할 수 있다. 또한, 재실자의 열쾌적성을 향상시켜 건강, 업무 생산성 등 삶의 질이 향상할 것으로 기대된다.

최근에는 탄소중립(carbon neutrality), 지속가능 발전 목표(sustainable development goals, SDGs)와 같은 글로벌 과제가 제시되고 있다(Chen et al., 2022). 이는 건강과 복지의 증진, 온실가스 배출 감소를 통한 에너지 저감을 주요 목표로 삼고 있다. 본 연구에서 성능평가를 진행한 사물인식 통합 활동량 산출 모델 적용 제어는 재실자의 정보를 활용함으로써, 쾌적한 환경을 조성하는 동시에 불필요한 에너지 소비를 줄이는 것이 가능하다. 이러한 건축 최적화 방법들은 이러한 목표들을 지원하는 데 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 기대한다.

## 참고문헌

- 성남철·윤동원(2010), "PMV지표를 이용한 공동주택의 난방제어에 따른 온열환경 및 에너지소비량 시뮬레이션", 『LHI Journal』, 1(1): 19~25.
- 양영권·박진철(2019), "실내 미세먼지 저감을 위한 창호형 환기시스템 성능평가", 『LHI Journal』, 10(3): 1~7.
- 최영재·김태원·변재운·문진우(2022), "재실자 중심 최적 제어를 위한 재실 패턴 예측모델 개발", 『대한설비공학회 학술발표대회논문집』, 624~627.
- ASHRAE Standard 55 (2020), *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*, Atlanta, Ga, USA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers.
- Chen, L., G. Msigwa, M., A. I. Osman, S. Fawzy, D. W. Rooney, and P. S. Yap (2022), "Strategies to Achieve a Carbon Neutral Society: A Review", *Environmental Chemistry Letters*, 20(4): 2277~2310.
- Choi, E. J., J. Y. Yun, Y. J. Choi, M. C. Seo, and J. W. Moon (2024), "Impact of Thermal Control by Real-Time PMV Using Estimated Occupants Personal Factors of Metabolic Rate and Clothing Insulation", *Energy and Buildings*, 307: 113976.
- Frontczak, M., and P. Wargocki (2011), "Literature Survey on How Different Factors Influence Human Comfort in Indoor Environments", *Building and Environment*, 46(4): 922~937.
- Gu, F., M. H. Chung, M. Chignell, S. Valaee, B. Zhou, and X. Liu (2021), "A Survey on Deep Learning for Human Activity Recognition", *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 54(8): 1~34.
- Huo, W., Y. Cheng, Y. Jia, and C. Guo (2023), "Research on the Thermal Comfort of Passenger Compartment Based on the PMV/PPD", *International Journal of Thermal Sciences*, 184: 107876.
- ISO 8996 (2004), *Ergonomics of the Thermal Environment: Determination of Metabolic Rate*, Switzerland: International Organization for Standardization.
- Jouhara, H. and J. Yang (2018), "Energy Efficient HVAC Systems", *Energy and Buildings*, 179: 83~85.
- Kosonen, R., and F. Tan (2004), "Assessment of Productivity Loss in Air-Conditioned Buildings Using PMV Index", *Energy and Buildings*, 36(10): 987~993.
- Luo, M., Z. Wang, K. Ke, B. Cao, Y. Zhai, and X. Zhou (2018), "Human Metabolic Rate and Thermal Comfort in Buildings: The Problem and Challenge", *Building and Environment*, 131: 44~52.
- Na, H., J. H. Choi, H. Kim, and T. Kim (2019), "Development of a Human Metabolic Rate Prediction Model Based on the Use of Kinect-Camera Generated Visual Data-Driven Approaches", *Building and Environment*, 160: 106216.
- Naylor, S., M. Gillott, and T. Lau (2018), "A Review of Occupant-Centric Building Control Strategies to Reduce Building Energy Use", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 96: 1~10.
- Ogundiran, J., E. Asadi, and M. Gameiro da Silva (2024), "A Systematic Review on the Use of AI for Energy Efficiency and Indoor Environmental Quality in Buildings", *Sustainability*, 16(9): 3627.
- Peng, Y., Z. Nagy, and A. Schlüter (2019), "Temperature-Preference Learning with Neural Networks for Occupant-Centric Building Indoor Climate Controls", *Building and Environment*, 154: 296~308.
- Yang, B., X. Li, Y. Hou, A. Meier, X. Cheng, J. H. Choi, and H. Li (2020), "Non-Invasive (Non-Contact) Measurements of Human Thermal Physiology Signals and Thermal Comfort/Discomfort Poses: A Review", *Energy and Buildings*, 224: 110261.



19. Yang, T., A. Bandyopadhyay, Z. O'Neill, J. Wen, and B. Dong (2022), "From Occupants to Occupants: A Review of the Occupant Information Understanding for Building HVAC Occupant-Centric Control", *In Building Simulation*, 15 (6): 913~932
20. Yun, J. Y., E. J. Choi, M. H. Chung, T. W. Kim, and J. W. Moon, (2025), "Development and Performance Evaluation of an Indoor Thermal Environment Control Algorithm Incorporating MET Estimation Model with Object Detection", *Building and Environment*, 267: 112217.
21. Zhang, Z., L. Zhang, J. Xu, X. He, B. Yuan, C. Chen, and H. Yang (2024), "A Novel Dual-Functional Flexible Dimming Film for Smart Window Applications: Energy Saving and Self-Cleaning Performance", *Chemical Engineering Journal*, 488, 150601.

## 요 약

현대에는 하루 80~90%의 많은 시간을 실내에서 보내는 사람이 증가하면서, 재실자의 건강, 웰빙 및 삶의 질에 영향을 미치는 실내환경에 대한 중요성이 강조되고 있다. 특히 이 중 열환경은 재실자의 건강 및 생산성에 종합적으로 영향을 미쳐 중요하게 다뤄지고 있다. 따라서, 재실자의 정보를 반영하여 실내 열쾌적성을 향상하기 위한 다양한 노력들이 이루어지고 있다. 재실자의 정보 중 재실자의 활동에 따라 변화하는 활동량은 열쾌적성에 큰 영향을 끼치기 때문에, 이를 측정하고 건물 제어에 반영하기 위한 컴퓨터 비전의 기술들이 개발되고 있다. 최근에는 사람의 관절 좌표와 사물을 인식하여 활동량을 산출하고 이를 실내환경 제어에 적용하는 연구가 진행되었으나, 이는 난방 기간에만 실험이 진행된 한계가 있다. 따라서, 본 연구는 사물인식 통합 활동량 산출 모델을 적용한 실내환경 제어의 냉·난방 전체 기간에서 열환경 및 에너지 측면의 효과를 시뮬레이션을 통해 확인하였다. 사물인식 통합 활동량 산출 모델을 적용할 경우, 활동에 따라 다양한 실내온도로 제어되며, 이에 따라 에너지 소비량은 변화하지만 열쾌적성은 향상됨을 확인하였다. 특히, 사물인식이 없는 포즈 기반의 활동량 산출 모델 대비 사물인식 통합 활동량 산출 모델을 적용한 제어는 PMV가 최소 0.02, 최대 0.69만큼 감소되어 0에 가까워졌다. 에너지 소비량은 활동량에 따라 증감현상을 보였으며, 최소 7.7%, 최대 55.8%의 에너지 소비량 저감 효과를 보였다. 이와 같이 정확한 활동량을 산출하여 실내환경에 제어할 경우, 열쾌적성을 향상시키면서 불필요한 에너지를 저감할 수 있음을 확인하였다.

**주제어:** 재실자 중심 제어, 활동량, 열쾌적, 에너지 소비량, EnergyPlus



# 원심모형실험을 통한 수평 및 경사지반에 관입된 말뚝지지 구조물의 동적 거동 특성 분석\*

## Dynamic Behaviour Characteristics of Pile-Supported Structure Installed in Horizontal and Inclined Ground through Centrifuge Model Tests

윤정원\*\*

Jungwon Yun\*\*

### Abstract

This study conducted centrifuge model tests to investigate the behavior of pile-supported structures in both horizontal and inclined sand ground. Sinusoidal and artificial seismic waves were applied with varying acceleration amplitudes from 0.04 g to 0.25 g. The study analyzed ground acceleration and pile moment responses based on ground inclination and input motion characteristics. Results showed that inclined ground models with shorter natural periods (0.5-0.59 s) exhibited larger responses under short-period seismic waves (0.15-0.5 s). Conversely, horizontal ground models with longer natural periods (0.55-0.64 s) had larger responses under long-period sinusoidal waves (1 s). The structural response was amplified when the ground response period matched the structure's natural period, highlighting the need for design methods that consider both ground response and structural natural periods.

**Keywords:** Pile-Supported Structure, Centrifuge Model Test, Earthquake, Horizontal Ground, Inclined Ground

## 1. 서 론

### 1.1 연구 배경 및 목적

말뚝지지 구조물은 상부 구조물의 하중을 지반으로 직접 전달하는 형식의 말뚝 구조물로서, 하중 전달 방식에 따라 마찰말뚝 및 선단지지 말뚝으로 구분된다. 먼저, 마찰말뚝은 지반 내 암반층이 깊어 말뚝을 도달시킬 수 없을 때 말뚝의 주면 마찰력을 통해 지지력을 발생시키는 형태이며, 선단지지말뚝은 말뚝 선단을 암반층까지 정착시키는 형태이다. 국내

지형의 경우 대부분 산지로 구성되어 있어 20-30m 이내 암반층이 존재하므로 주로 선단지지 말뚝을 사용하고 있다.

일반적으로, 말뚝지지 구조물의 경우 작게는 수 m에서 크게는 수십 m에 이르므로, 축소모형실험을 통해 말뚝의 성능을 평가하고 있다. 그러나, 일반 축소모형 실험의 경우 모델의 크기가 감소함에 따라 지반의 구속압이 감소하게 되고, 이로 인해 실제 말뚝의 응답 특성을 적절히 모사하기 어렵다. 이러한 한계를 극복하기 위해 지반의 구속압을 적절히 고려할

\*이 논문은 2021년 박사학위 논문(원심모형실험을 통한 잔교식 구조물의 내진성능 평가 및 응답스펙트럼해석법 개선사항 도출) 중 일부 데이터를 활용하여 작성하였음.

\*\*LH 토지주택연구원 책임연구원(yunjungwon@lh.or.kr)

수 있는 축소모형실험 방법인 원심모형실험이 널리 활용되고 있다.

박용부 외(2014) 및 김상연 외(2014)는 각각 사질토 및 점성토 지반에 근입된 비정형 말뚝 기초에 대한 원심모형실험을 수행하였으며, 지반 및 기초판의 응답스펙트럼을 비교하였다. 결과적으로, 실험에서 측정된 스펙트럼 가속도를 설계에 적용할 경우 표준설계스펙트럼을 적용할 때보다 경제적인 설계가 가능한 것으로 나타났다. 또한 Tran et al.(2021)은 수평지반에 관입된 말뚝지지 구조물의 원심모형실험을 수행하였으며, 수치해석을 통해 지반-말뚝의 인터페이스 물성치를 적절히 도출할 수 있는 방법을 제안하였다. 윤정원 외(2022)는 잔교식 말뚝 구조물의 원심모형실험을 수행하였으며, 응답스펙트럼해석 시 지진하중을 고려한 지반 스프링 모델을 제안하였다. 위 연구들의 경우 수평지반에 관입된 말뚝 기초에 대한 내진성능 평가 결과를 다루고 있다.

Tran et al.(2022)은 경사지반에 관입된 단말뚝 및 군말뚝의 원심모형실험을 수행하였으며, 지반 운동학적 힘 및 구조물의 관성력 변위 위상을 바탕으로 두 힘의 상호작용을 분석하는 연구를 수행하였다. 또한 Yoo et al.(2023)은 경사지반에 관입된 군말뚝에 대한 원심모형실험을 수행하였으며, 액상화 발생 시 유발되는 사면의 수평력이 말뚝에 미치는 영향을 분석하였다. 유사하게, Yun and Han(2024)은 경사지반에 관입된 말뚝지지 안벽에 대한 원심모형실험을 수행하였으며, 액상화 유무에 따른 사면 및 말뚝의 동적 상호작용에 관한 연구를 수행하였다. 위 연구들의 경우, 경사지반에 관입된 말뚝 기초에 대한 실험 결과를 다루었으며, 사면 운동학적 힘에 의한 영향을 중점적으로 분석하였다.

일반적으로 말뚝지지 구조물의 경우 수평 및 경사지반 조건에 따라 구조물의 고유주기 특성이 달라질 수 있으며, 이로 인해 구조물의 동적 거동 특성 또한

차이가 발생할 수 있다. 그러나, 앞서 설명한 연구들의 경우, 수평 혹은 경사지반에 관입된 말뚝 기초에 대한 연구 결과들을 개별적으로 다루고 있으며, 현재까지 지표면 형상에 따른 말뚝의 동적 거동 특성을 원심모형실험을 통해 분석한 연구는 부족한 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 수평 및 경사지반에 관입된 말뚝지지 구조물의 동적 거동 특성을 분석하기 위해 원심모형실험을 수행하였다.

## 1.2 연구 방법

원심모형실험은 말뚝 지지 상사비( $N$ ) 만큼 원심 가속도를  $N$ 배 가하여 지반의 구속압을 유사하게 모사할 수 있는 실험방법이다. 본 연구에서는 5m 회전반경을 가지는 KAIST 지오센터리푸지 실험센터 원심모형실험기를 활용하여 실험을 수행하였다(Kim et al., 2013). 실험을 위해 길이, 폭, 높이가 각각 49cm, 49cm, 63cm인 정사각형 등가 전단 토조(equivalent shear beam box)를 사용하였다(Lee et al., 2013). 위 토조는 강성판 사이에 고무를 적층하여 제작한 토조로서, 지반과 유사한 횡방향 변위를 허용하여 벽체의 반사파로 인해 발생하는 교란을 감소시킬 수 있다.

## 2. 원심모형실험 수행

### 2.1 실험 모델 및 지반 조성

본 연구에서는 3열 3행의 9개 강관 말뚝으로 콘크리트 상판을 지지하는 형태의 단면을 선정하여 원심모형실험을 수행하였다. 실험 지반의 경우 단일 사질토로 단순화하였으며, 수평 및 경사지반으로 조성하였다.

각 모델은 1/48의 축소모형으로 제작되었으며, Table 1에 원형(prototype) 및 모형 구조물의 상사비를 보여주고 있다(Schofield, 1981). 실험에 사용

**Table 1.** Properties of Centrifuge Model and Prototype (Scale Factor=48)

	Prototype	Diameter (mm)	Length (mm)	Thickness (mm)	Density (kN·m <sup>-3</sup> )	Flexural Rigidity (kN·m <sup>2</sup> )
Pile	Prototype	914	24,000	14	78.5	$7.81 \times 10^5$
	Model	19	500	1	26.4	0.147
Deck	Prototype	-	-	1000	24.5	-
	Model	-	-	20	26.4	-

된 말뚝은 알루미늄 강관 말뚝을 사용하였으며, 원형 구조물의 두께를 1/48로 축소하기 어려우므로 말뚝의 휨강성을 고려하여 모형 말뚝 제원을 산정하였다. 또한 대한민국 지반에 적합한 선단지지 말뚝을 모사하기 위해 말뚝을 하부 기초판에 고정하였다. 실험 모델의 지반 조성을 위해 규사(silica sand)를 활용하였으며, 낙사법(air-pluviation)을 통해 지반의 상대 밀도를 조절하였다. 상대 밀도는 낙사 장비의 낙사 고도, 낙사 장비, 이동 속도, 입경 크기를 통하여 결정되었다. 지반 상대밀도의 경우 수평지반 및 경사지반 모델에서 각각 45%, 40%로 조성되었으며, 각 상대밀도의 경우 지반의 밀도가  $1.4\text{t/m}^3$  및

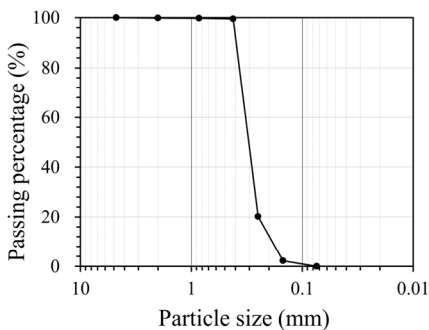
$1.38\text{t/m}^3$ 으로 큰 차이가 발생하지 않는 것으로 나타났다.

또한 본 실험에서는 건조 상태의 단일 사질토 지반에서 실험을 수행하였으며, 규사의 기본 물성 정보를 Fig. 1 및 Table 2에 나타내었다.

## 2.2 입력 지진파 및 계측기

입력 지진파는 위상에 따른 구조물의 동적 거동을 분석하기 위한 정현파 및 대한민국 표준설계응답스펙트럼에 부합하는 인공지진파를 제작하였다(해양수산부, 2014). 정현파의 경우 1Hz 주파수 범위를 보이며, 인공지진파의 경우 KAIST 원심모형실험 장비의 허용 주파수 범위(40-300Hz, 모형 기준)의 지진파를 제작하였다. Fig. 2에는 기초판에 가진된 입력 지진파를 보여주고 있다. 지진파의 경우 진폭을 변화시키면서 단계별로 가진하였다. 수평지반 모델의 경우 0.09, 0.14, 0.15, 0.18, 0.23g를, 경사지반 모델의 경우 0.04, 0.12, 0.16, 0.18, 0.23g를 가진하였다.

Fig. 3은 모델 단면 및 계측기 위치를 보여주고 있으며, Fig. 4는 실험 사진을 보여준다. 본 실험에서는 5개의 레이저 변위계, 14개 혹은 18개의 가속도계, 그리고 42개의 말뚝 변형률계를 설치하였다.

**Fig. 1.** Grain Size Distribution Curve of Silica Sand**Table 2.** Properties of Silica Sand

USCS	Plastic Index (PI)	Coefficient of Curvature	Coefficient of Uniformity	Specific Gravity	Max. Dry Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Min. Dry Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )
SP	NP	1.16	1.96	2.63	16.5	12.4

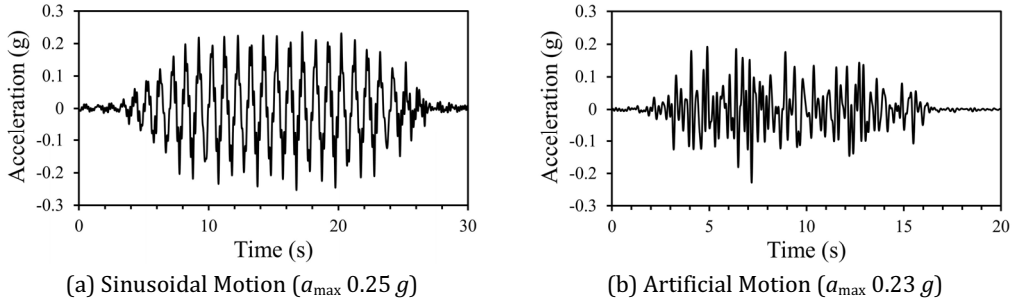


Fig. 2. Base Input Motion

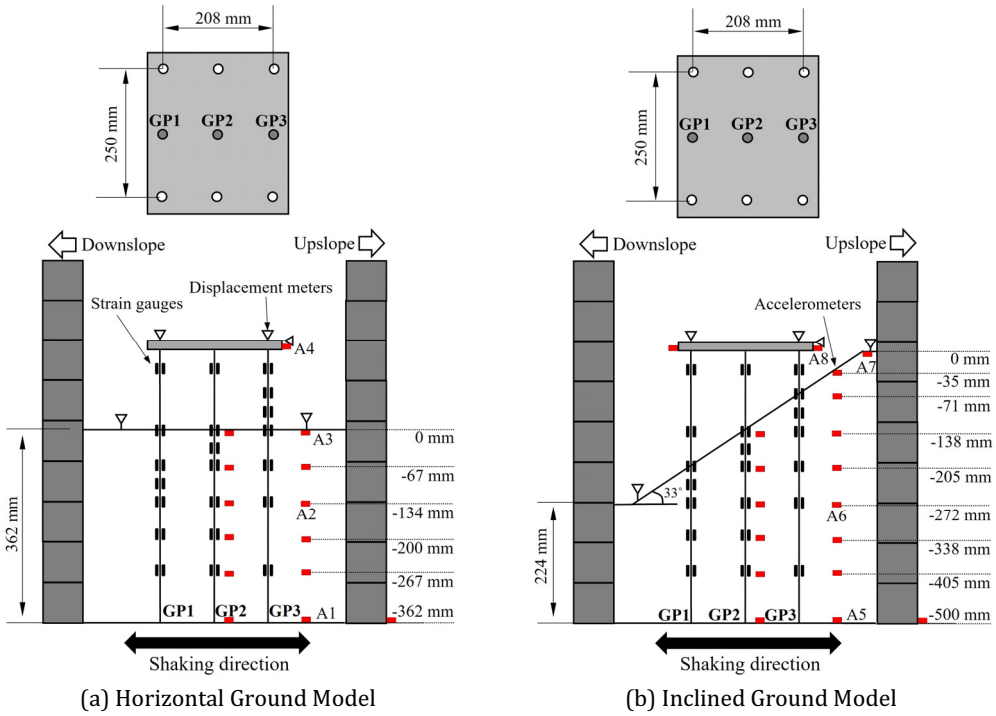


Fig. 3. Model Cross Section (In Model Scale)

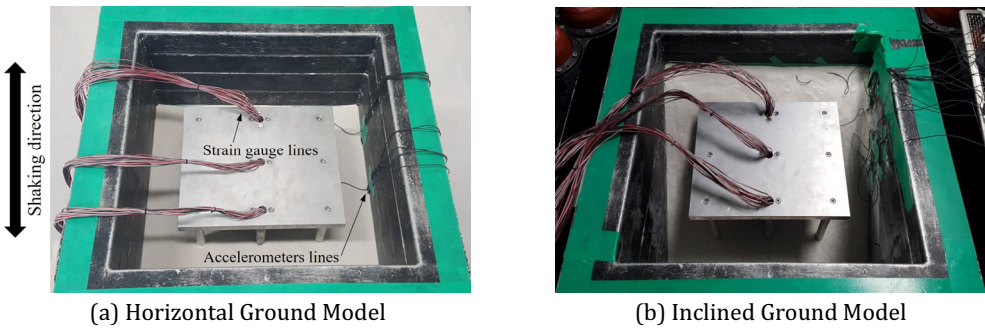


Fig. 4. Experimental Model



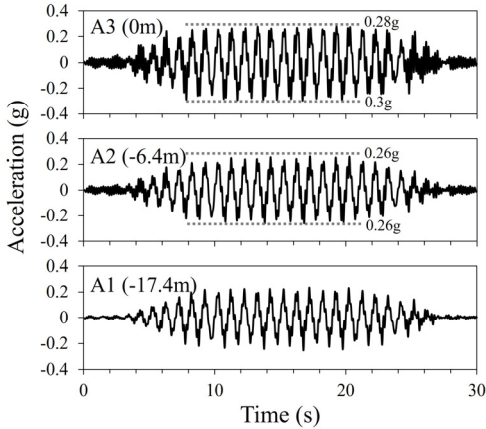


Fig. 5. Ground Acceleration Time History of Horizontal Ground Model (Sinusoidal Motion,  $a_{\max}$  0.25 g)

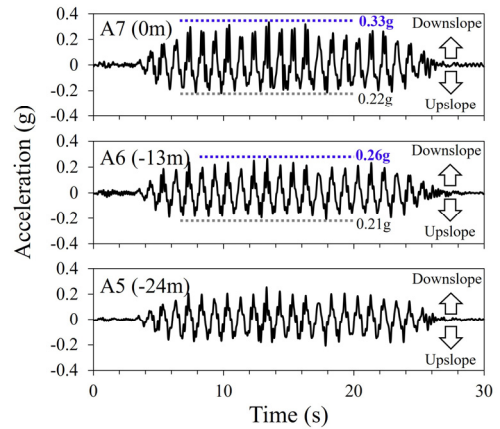


Fig. 6. Ground Acceleration Time History of Inclined Ground Model (Sinusoidal Motion,  $a_{\max}$  0.25 g)

### 3. 원심모형실험 결과 분석

#### 3.1 지반 응답 분석

본 절에서는 수평 및 경사지반에 따른 지반 가속도 운동 특성을 분석하였다. 분석을 위해 위상에 따른 지반의 시간 이력 특성을 판단하기 쉬운 정현파 결과( $a_{\max} = 0.25g$ )를 활용하였다.

Fig. 5 및 Fig. 6은 각각 수평 및 경사지반 모델의 깊이 따른 가속도 시간이력응답을 보여준다. 먼저, Fig. 5는 수평지반 모델의 기초판(A1), 지층 중간(A2), 지반상부(A3) 위치의 지반 응답을, Fig. 6은 경사지반 모델의 기초판(A5), 지층 중간(A6), 사면상부(A7) 위치의 지반 응답을 보여준다.

그림을 보면, 수평지반 및 경사지반 모델 모두 기초판에서 지표면 상부로 갈수록 가속도 응답이 증가한 것으로 나타났다. 이는 해당 지반이 느슨한 지반으로 조성되었으므로 지반 증폭현상이 발생한 것으로 판단된다. 또한, 수평지반 모델의 경우 모든 깊이에서 (+) 방향 및 (-) 방향 가속도가 유사하게 도출되었으나, 경사지반 모델의 경우 지층 중간(A6) 및 사면상부(A7) 위치에서 양(+) 방향 응답이 음(-) 방향 응답보다 크게 도출되었다. 이는 사면 하부(downslope)

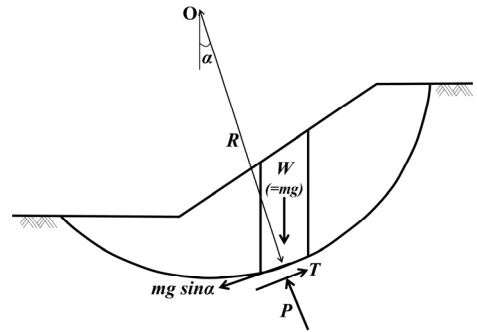


Fig. 7. Fellenius Slice Method

방향으로 발생하는 전단응력 때문으로 판단된다. 따라서 본 절에서는 Fellenius의 절편법 개념을 활용하여 사면에 발생하는 전단응력을 설명하고자 한다.

Fig. 7은 Fellenius의 절편법을 설명하고 있다. Fellenius의 절편법은 절편법 중 가장 단순한 방법으로, 복합토층사면을 분할하여 해당활동면의 전단응력을 도출할 수 있는 방법이다(서승남 외, 2004). 여기서,  $W(=mg)$ 는 절편 토층의 무게를 의미하며 절편 파괴면 하부 방향으로 발생하는 전단응력은  $mg \sin \alpha$ 로 나타낼 수 있다. 해당 그림에서,  $m$ 은 절편의 질량,  $g$ 는 중력가속도,  $P$ 는 절편 저면의 유효수직력,  $T$ 는 절편 저면의 전단력,  $O$ 는 가상회전 중

심점,  $R$ 은 파괴원호의 반지름,  $\alpha$ 는 수평면과 파괴면이 이루는 각을 의미한다.

결과적으로, 관성력의 관점에서 볼 때 질량( $m$ )을 제외한  $g \sin \alpha$  만큼의 가속도가 파괴면 하부 방향으로 작용되므로 Fig. 6에서 사면 하부(downslope) 방향의 가속도 응답이 사면 상부(upslope) 방향의 가속도 응답보다 크게 도출된 것으로 판단된다.

현재 실무에서 사용되고 있는 방법과 같이, 지진계 수 및 위험도계수를 통해 지진응답을 산정하거나 1차원 지반응답해석을 수행하는 경우 사면의 가속도 응답 특성을 반영하기 어렵다. 따라서 이를 적절히 도출하기 위해서는 사면 형상을 고려한 2차원 혹은 3차원 수치해석 기법을 사용하는 것이 요구된다.

### 3.2 구조물 응답 분석

말뚝의 부재 응력은 휨 응력과 축력을 조합하여 산정하며, 부재 응력이 허용응력을 초과하지 않도록 설계를 수행하여야 한다(해양수산부, 2014). 일반적으로 지진 하중이 발생하는 경우 횡방향 하중으로 인한 휨 응력이 주로 발생하므로, 본 절에서는 휨 응력을 발생시키는 말뚝의 휨 모멘트를 중점적으로 분석하였다.

Fig. 8 및 Fig. 9는 정현파( $a_{\max} = 0.25g$ )가 가진된 수평 및 경사지반 모델의 말뚝 별 휨 모멘트를 보여주고 있다. 휨 모멘트의 경우 말뚝에 부착된 변형률 응답으로부터 도출하였으며, 최대 모멘트가 발생한 시점의 깊이 별 모멘트를 보여주고 있다. 또한 경사지반 모델에서는 말뚝이 downslope 및 upslope 방향으로 이동할 때의 최대 모멘트를 보여준다. 수평지반 모델 말뚝의 경우 downslope 및 upslope 방향의 구분이 없으나, 편의를 위해 나타내었다. 또한 수평지반 모델의 경우 계측기의 손상으로 GP3의 응답을 도출하지 못하였다.

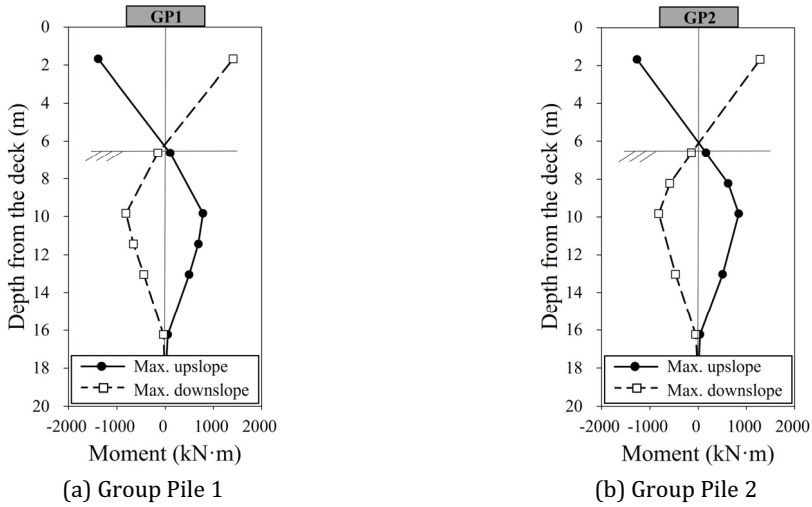
먼저, 수평지반 모델의 말뚝 모멘트 결과를 보면, 말뚝 두부에서 최대 혹은 최소 모멘트가 발생한 뒤

지반 내에서 반대 부호의 모멘트가 발생하고, 모멘트가 0으로 수렴하는 것으로 나타났다. 이는 말뚝 상단이 회전 구속되어 있으므로 최대 모멘트 반력이 발생하며, 이후 지반 반력의 영향으로 반대 방향 모멘트 반력이 발생하는 것으로 판단된다. 또한 수평지반 모델의 경우 말뚝 위치(GP1, GP2)에 따라 모멘트 차이가 거의 발생하지 않았고, 좌우 거동 방향에 따른 차이 또한 거의 발생하지 않았다.

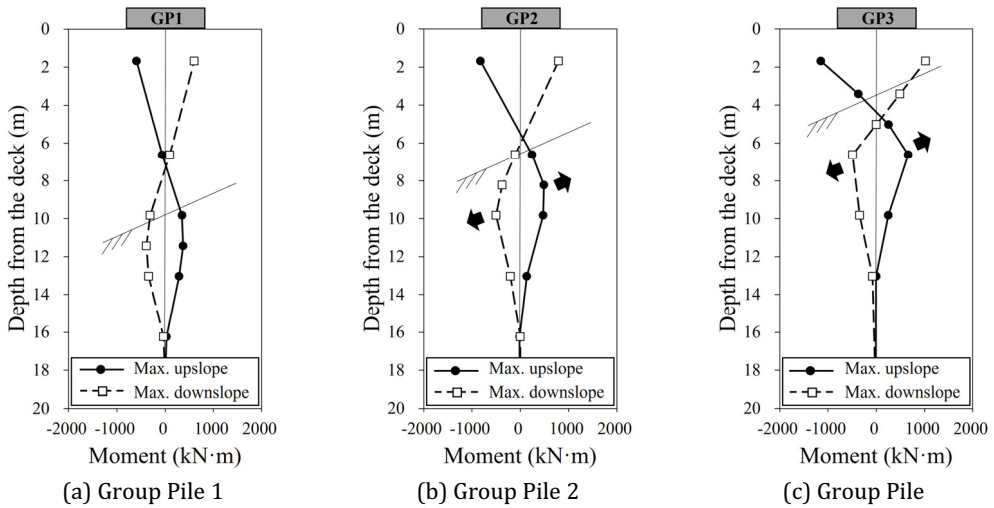
경사지반 모델의 말뚝 모멘트 결과를 보면, 수평지반과 마찬가지로 말뚝 두부에서 최대 혹은 최소 모멘트가 발생한 뒤 지반 내에서 반대 부호의 모멘트가 발생하고, 모멘트가 0으로 수렴하는 것으로 나타났다. 그러나, GP1에서 GP3로 갈수록 지반 내 최대 모멘트 발생 위치가 높아졌는데, 이는 지반의 높이가 높아지므로 지반 내 모멘트 반력이 발생하는 위치 또한 높아지기 때문이다. 또한 말뚝이 upslope 방향으로 이동하는 경우 downslope 방향으로 이동하는 경우에 비해 지반 내 모멘트 반력이 발생하는 위치가 높아졌는데, 이는 upslope 방향의 지반 위치가 downslope 방향에 비해 높으므로, 더 높은 위치에서 지반 반력이 발생하기 때문으로 판단된다.

Fig. 10은 입력가속도에 따른 상부 구조물(A4, A8) 최대 가속도 응답을 보여준다. 먼저, Fig. 10(a)는 인공지진파가 가진된 모델의 상부 구조물 최대 가속도를, Fig. 10(b)는 정현파가 가진된 모델의 상부 구조물 최대 가속도를 보여준다.

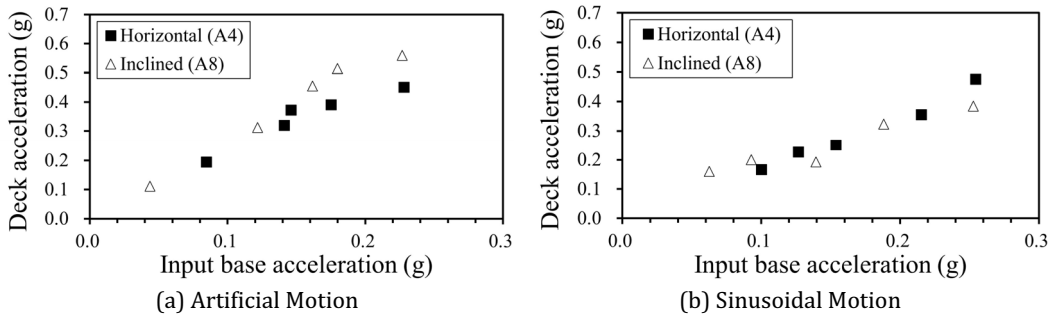
먼저, 인공지진파가 가진되는 경우, 입력가속도 0.15g까지는 가속도 차이가 크게 발생하지 않았다. 이는 입력가속도가 작은 경우, 상부 구조물에 가해지는 관성력이 크지 않으므로 지반 조건에 따른 구조물의 응답 차이 또한 크게 발생하지 않은 것으로 판단된다. 이후, 입력가속도가 증가함에 따라 경사지반에 관입된 구조물에서 수평지반에 관입된 구조물에 비해 큰 가속도 응답이 발생하는 것으로 나타났다. 특히, 입력가속도 0.23g가 가진되는 경우, 경사



**Fig. 8.** Pile Moment Depth Profile of Horizontal Ground Model (Sinusoidal Motion,  $a_{\max}$  0.25 g)



**Fig. 9.** Pile Moment Depth Profile of Inclined Ground Model (Sinusoidal Motion,  $a_{\max}$  0.25 g)



**Fig. 10.** Peak Deck Acceleration According to the Input Base Motion

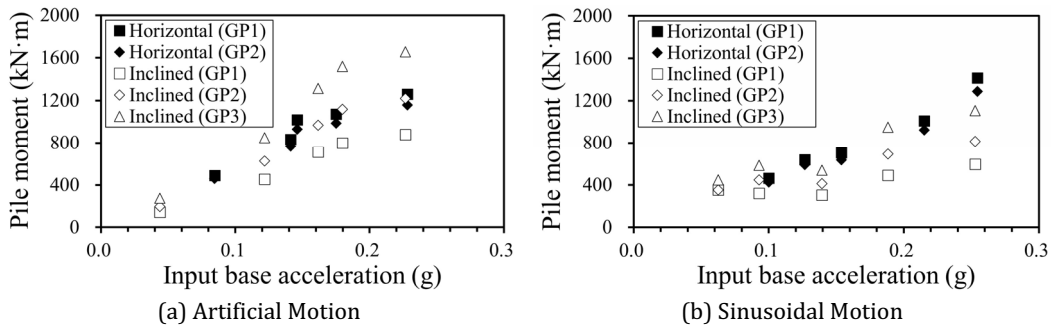


Fig. 11. Maximum Pile Moment According to the Input Base Motion

지반 모델(A8)에서 수평지반 모델(A4)에 비해 약 24% 큰 모멘트가 발생하였다.

반면, 정현파가 가진되는 경우, 수평지반에 관입된 구조물에서 경사지반에 관입된 구조물과 유사하거나 다소 큰 가속도 응답이 발생하는 것으로 나타났다. 특히, 입력가속도 0.25g가 가진되는 경우, 수평지반 모델(A4)에서 경사지반 모델(A8)에 비해 약 26% 큰 모멘트가 발생하였다.

위와 같이 입력 지진파 종류에 따라 반대의 결과를 보이는 현상은 말뚝의 모멘트 응답에서도 동일하게 발생하였다. Fig. 11은 입력가속도에 따른 말뚝(GP1, GP2, GP3) 별 최대 모멘트를 보여준다. 먼저, Fig. 11(a)는 인공지진파가 가진된 수평 및 경사지반 모델의 최대 모멘트를, Fig. 11(b)는 정현파가 가진된 최대 모멘트를 보여준다.

먼저, 경사지반 모델을 보면, 두 그림 모두 GP1에서 GP3로 갈수록 모멘트 응답이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 GP1에서 GP3으로 갈수록 지반에 관입된 말뚝 길이가 깊어짐에 따라 지반 구속력이 증가하므로 말뚝에서 모멘트 반력이 크게 발생하는 것으로 판단된다. 반면, 수평지반 모델의 경우 지반에 관입된 말뚝 길이가 모두 같으므로 동일한 모멘트가 도출된 것으로 보인다.

또한, Fig. 11(a) 인공지진파가 가진되는 경우, 경사지반에 관입된 말뚝(GP3)에서 수평지반에 관입

된 말뚝(GP1)에 비해 큰 모멘트 응답이 발생하는 것으로 나타났다. 반면, Fig. 11(b) 정현파가 가진되는 경우 수평지반에 관입된 말뚝(GP1)에서 경사지반에 관입된 말뚝(GP3)에 비해 더 큰 모멘트 응답이 발생하는 것으로 나타났다.

앞서 설명한 바와 같이, 인공지진파가 가진되는 경우 경사지반 모델의 모멘트 및 가속도 응답이, 정현파가 가진되는 경우 수평지반 모델의 모멘트 및 가속도 응답이 증가하는 현상이 발생하였다. 그러므로 본 절에서는 이에 대한 원인을 분석하기 위해 입력 지진의 진동수 및 구조물의 고유진동수 특성이 각 모델에 미치는 영향을 분석하였다.

Fig. 12는 수평 및 경사지반 상부의 지반 가속도 응답스펙트럼을 보여주고 있다. Fig. 12(a)는 0.23g의 인공지진파가 가진된 지반 응답을, Fig. 12(b)는 0.25g의 정현파가 가진된 지반 응답을 보여준다. 각 그림에서는 수평지반의 경우 A3 위치의 지반 응답을, 경사지반의 경우 A7 위치의 지반 응답을 대표로 보여주고 있다. 또한 각 그림에는 수평지반 및 경사지반에 관입된 구조물의 고유주기 범위를 함께 나타내고 있다. 고유 주기 범위의 경우 본 연구와 동일한 모델의 실험 및 해석 결과를 활용하였던 Yun and Han(2021b)의 연구를 참고하였다. 위 연구에서는 가속도 증폭 비(acceleration response spectrum ratio method)방법을 통해 고유주기를 도출하였으

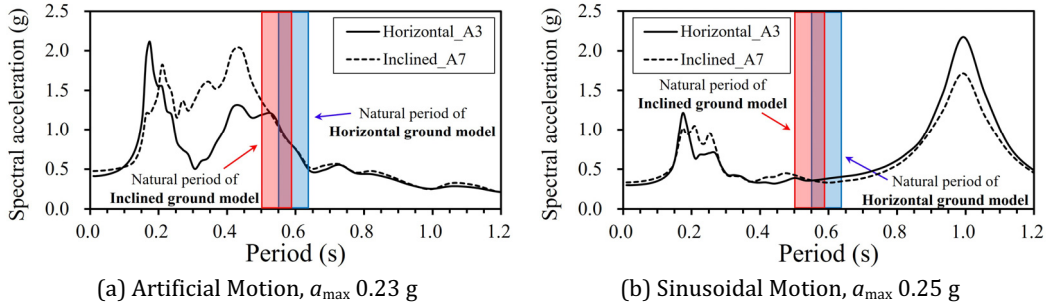


Fig. 12. Response Spectrum Curve and Natural Period of Model

며, 해당 방법은 구조물 하부(base) 및 상부(deck)의 가속도 응답스펙트럼의 비를 통해 최대 응답이 산정되는 주기 영역을 예측하는 방법이다. 수평지반 모델의 경우 0.55-0.64s, 경사지반 모델의 경우 0.5-0.59s로 구조물의 고유주기 범위가 도출되었다. 경사지반 모델에서 수평지반 모델에 비해 고유주기가 더 작게 도출된 이유는 지반 및 말뚝의 상호작용 특성 때문으로 판단된다. 수평지반 모델의 경우 모든 말뚝의 관입 깊이가 17.4m로 동일하게 관입되어 있다. 반면, 경사말뚝의 경우 GP1에서 GP3로 갈수록 말뚝의 관입 깊이가 증가하며, Pile 3의 경우 약 20.6m 관입되어 있다. 군말뚝 구조물의 경우 말뚝 두부가 서로 연결되어 영향을 받으므로, 큰 구속력을 받는 경사말뚝 모델에서 수평지반 모델에 비해 고유주기가 작게 도출된 것으로 판단된다.

Fig. 12(a) 인공 지진파의 가속도 응답을 보면, 약 0.15-0.5s 영역의 주기에서 높은 가속도 응답이 도출된 것으로 나타났다. 특히, 수평지반 응답의 경우 0.17s에서, 경사지반 응답의 경우 0.44s에서 최대 가속도 응답이 도출되었다. 이 때, 경사지반 모델의 경우 고유 진동수가 0.5-0.59s 영역에 있으므로 가속도 응답이 크게 발생하는 주기 영역(0.44s)에 가까운 것으로 보인다. 따라서, 경사지반에 관입된 구조물의 고유주기 영역에서 큰 응답 가속도가 발생하므로, 수평지반에 관입된 구조물에 비해 더 큰 구조적 응답이 발생한 것으로 판단된다.

Fig. 12(b) 정현파의 가속도 응답을 보면, 입력주기 범위인 1s 영역의 주기에서 큰 가속도 응답이 도출된 것으로 나타났다. 수평지반 모델의 경우 고유진동수가 0.55-0.64s로, 경사지반 모델에 비해 가속도 응답이 크게 발생하는 주기 영역(1s)에 가까운 것으로 보인다. 그러나, 고유주기에 따른 응답 가속도의 차이가 크지 않으므로, 수평지반 모델에서 경사지반 모델과 유사하거나, 다소 큰 구조적 응답이 발생한 것으로 판단된다.

결과적으로, 단주기 영역의 성분이 포함된 인공지진파(0.15-0.5s)가 가진되는 경우 고유주기가 작은 경사지반 모델에서 큰 응답이 도출되었으며, 장주기 영역의 성분이 포함된 정현파(1s)가 가진되는 경우 고유주기가 큰 수평지반 모델에서 유사하거나 다소 큰 응답이 도출되는 것으로 나타났다. 즉, 구조물의 응답은 지반 응답의 주기 성분과 구조물의 고유주기가 가까워지는 경우 크게 증가하므로, 향후 말뚝지지 구조물의 설계 시 지반 응답의 특성 및 구조물의 고유주기를 적절히 고려한 설계법의 도출이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 잔교식 구조물 및 교량과 같이 상부 구조물이 지표면에서 돌출된 형태의 말뚝 구조물에 대해 다루었으므로, 아파트 기초 등과 같이 기초판이 지반에 근입되어 있는 상황에서 본 연구 결과를 활용하기는 어렵다. 또한 경사지반 모델의 경우 사면 운동학적 힘이 말뚝에 미치는 영향을 분석하기



위해 사면 보강 처리를 수행하지 않았으므로, 보강된 지반 응답과 차이가 발생할 수 있는 것으로 판단된다(Yun and Han, 2021a).

#### 4. 결 론

본 연구에서는 원심모형실험을 통해 수평 및 경사 지반에 관입된 말뚝지지 구조물의 거동 특성을 분석하였다. 실험 지반의 경우 단일 사질토로 단순화하였으며, 수평 및 경사지반으로 조성하였다. 입력 지진파의 경우 정현파 및 인공지진파를 적용하였으며, 진폭을 0.04-0.25g로 변화시키면서 단계에 따라 지진파를 가진하였다.

1. 먼저, 수평 및 경사지반에 따른 지반 가속도 운동 특성을 분석하였다. 경사지반 모델의 경우, 지진 시 사면 하부(downslope) 방향 응답이 사면 상부(upslope) 응답보다 크게 도출되었다. 이는 중력 가속도( $g$ )의 영향으로 전단 파괴면 하부에 발생하는 가속도 응답이  $g \sin \alpha$  만큼 증가하므로, 사면 하부 방향의 가속도 응답이 사면 상부 방향의 가속도 응답보다 크게 도출된 것으로 판단된다.
2. 다음으로, 지반에 관입된 말뚝 모멘트 응답 특성을 분석하였다. 모멘트 결과를 보면, 말뚝 두부에서 최대 혹은 최소 모멘트가 발생한 뒤 지반 내에서 말뚝 두부와 반대 부호의 모멘트가 발생하고, 지반 하부에서 모멘트가 0으로 수렴하는 것으로 나타났다. 이는 말뚝 상단이 회전 구속되어 있으므로 최대 모멘트 반력이 발생하며, 이후 지반 반력의 영향으로 반대 방향 모멘트가 발생하는 것으로 판단된다.
3. 마지막으로, 입력가속도에 따른 구조물의 응답 특성을 분석하였다. 단주기 성분이 포함된 인공지진파(0.15-0.5s)가 가진되는 경우 고유주기가 비교적 작은 경사지반 모델(0.5-0.59s)에서 큰 응답이

도출되었으며, 장주기 성분이 포함된 정현파(1s)가 가진되는 경우 고유주기가 비교적 큰 수평지반 모델(0.55-0.64s)에서 큰 응답이 도출되는 것으로 나타났다.

4. 구조물의 응답은 지반 응답의 주기 성분과 구조물의 고유주기가 가까워지는 경우 공진현상에 의해 크게 증가할 수 있다. 그러므로 향후 말뚝 구조물의 설계 시 지반 응답의 특성 및 구조물의 고유주기를 적절히 고려한 설계법의 도출이 필요할 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. 김상연·박종배·박용부·김동수(2014), “동적 원심모형실험에 의한 점성토 지반에 근입된 말뚝지지 기초의 응답 스펙트럼 분석”, 『LHI Journal』, 5(2): 115~120.
2. 박용부·박종배·김상연·김동수(2014), “동적 원심모형실험에 의한 사질토에 근입된 말뚝지지 기초의 응답 스펙트럼 분석”, 『LHI Journal』, 5(1): 35~40.
3. 서승남·이용선·채광석(2004), “Fellenius 원호활동의 해석해”, 『대한토목학회논문집』, 24(6C): 367~374.
4. 윤정원(2021), “원심모형실험을 통한 잔교식 구조물의 내진성능 평가 및 응답스펙트럼해석법 개선사항 도출”, 박사학위논문, 과학기술연합대학원대학교.
5. 윤정원·김종관·이석형·한진태(2022), “잔교식 말뚝 구조물의 응답스펙트럼해석 시 지진하중을 고려한 지반 스프링 모델 제안”, 『한국지반공학학회논문집』, 38(9): 5~17.
6. 해양수산부(2014), 「항만 및 어항설계 기준 해설」, 세종.
7. Kim, D. S., N. R. Kim, Y. W. Choo, and, G. C. Cho (2013), “A Newly Developed State-of-the-Art Geotechnical Centrifuge in Korea”, 『KSCE Journal of Civil Engineering』, 17: 77~84.
8. Lee, S. H., Y. W. Choo, and D. S. Kim (2013), “Performance of An Equivalent Shear Beam (ESB) Model Container for Dynamic Geotechnical Centrifuge Tests”, 『Soil Dynamics and Earthquake Engineering』, 44: 102~114.



9. Schofield, A. N. (1981) "Dynamic and Earthquake Geotechnical Centrifuge Modelling", *Proceeding of the First International Conference on Recent Advanced in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamic*, St. Louis, MO.
10. Tran, N. X., T. Bong, and S. R. Kim (2022), "Kinematic and Inertial Interaction of Single and Group Piles in Slope by Displacement Phase Relation", *Journal of Earthquake Engineering*, 26(7): 3639~3659.
11. Tran, N. X., T. Bong, B. S. Yoo, and S. R. Kim (2021), "Evaluation of the Soil-Pile Interface Properties in the Lateral Direction for Seismic Analysis in Sand", *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 140: 106473.
12. Yoo, B. S., B. Y. Hwang, N. X. Tran, J. W. Yun, and S. R. Kim (2023), "Evaluation of Liquefaction-Induced Lateral Force on Pile in Slope by Centrifuge Tests", *KSCE Journal of Civil Engineering*, 27(3): 1033~1041.
13. Yun, J. W. and J. T. Han (2021a), "Dynamic Behavior of Pile-Supported Wharves by Slope Failure during Earthquake via Centrifuge Tests", *International Journal of Geo-Engineering*, 12(1), 33.
14. Yun, J. W. and J. T. Han (2021b), "Evaluation of Soil Spring Methods for Response Spectrum Analysis of Pile-Supported Structures via Dynamic Centrifuge Tests", *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 141: 106537.
15. Yun, J. and J. Han (2024), "Evaluation of Dynamic Interactions between Sloped Ground and Pile through Centrifuge Model Tests", *Journal of Earthquake Engineering*, 28(4): 1069~1092.

## 요 약

본 연구에서는 수평 및 경사지반에 관입된 말뚝지지 구조물의 거동 특성을 분석하기 위해 원심모형실험을 수행하였다. 실험 지반의 경우 단일 사질토로 단순화하여 수평 및 경사지반으로 조성하였다. 입력 지진파의 경우 정현파 및 인공지진파를 적용하였으며, 진폭을 0.04-0.25g로 변화시키면서 단계에 따라 지진파를 가진하였다. 본 연구에서는 실험 결과를 바탕으로 수평 및 경사지반에 따른 지반 가속도 및 말뚝 모멘트 응답 특성을 분석하였으며, 입력지진 및 지반 특성에 따른 구조물의 응답 특성을 분석하였다. 결과적으로, 단주기 성분이 포함된 인공지진파(0.15-0.5s)가 가진되는 경우 고유주기가 비교적 작은 경사지반 모델(0.5-0.59s)에서 큰 응답이 도출되었으며, 장주기 성분이 포함된 정현파(1s)가 가진되는 경우 고유주기가 비교적 큰 수평지반 모델(0.55-0.64s)에서 큰 응답이 도출되는 것으로 나타났다. 구조물의 응답은 지반 응답의 주기 성분과 구조물의 고유주기가 가까워지는 경우 크게 증가하므로, 향후 말뚝지지 구조물의 설계 시 지반 응답 특성 및 구조물의 고유주기를 적절히 고려한 설계법의 도출이 필요할 것으로 판단된다.

**주제어:** 말뚝지지 구조물, 원심모형실험, 지진, 수평지반, 경사지반



# 침하분석 곡선맞춤에서 설계자의 주관적 데이터 조정을 배제한 침하량 산정

## Settlement Estimation via Curve Fitting Excluding Designer's Subjective Data Adjustments

김동환\* · 문성우\*\*

Donghwan Kim\* · Sungwoo Moon\*\*

### Abstract

The preloading method, commonly used in soft ground improvement for road and site development, is critical in predicting settlement behavior under varying construction conditions. However, assessing soil properties and stratigraphy is challenging due to inherent uncertainties. In practice, as a result, engineers usually rely on settlement measurement data and trend analysis methods such as the hyperbolic method. While these methods use the same prediction theory, results can differ depending on how the analyst sets the regression analysis interval after axis transformation. Additionally, visually comparing measured and predicted settlements can be challenging in obtaining objective results. This study proposes a solution to these challenges by introducing a settlement prediction method that removes the subjective influence of the designer. The study compares and analyzes predicted and final settlement calculation methods using the "SOLVER" function in Excel. The results show that, while conventional methods are influenced by regression analysis interval choices and analyst bias, the proposed method provides more reliable and accurate predictions, reducing analysis time. This research enhances objectivity and reliability in soft ground settlement analysis, and further improvements are expected by incorporating additional field data and alternative methods, improving the accuracy of settlement prediction techniques.

**Keywords:** Hyperbolic Method, Soft Soils, Long-Term Settlement, Regression Analysis, Settlement Prediction

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

일반적으로 연약지반에서 도로, 단지 등을 조성하거나 구조물을 축조할 때, 배수재 및 선행 재하 공법을 이용하여 지반을 압밀 상태로 만들어 지반의 안전성을 확보하는 방법이 널리 사용되고 있다. 이러

한 선행 재하 공법을 적용함에 있어 연약지반의 침하 거동을 정확하게 이해하고 체계적으로 관리하는 것은 시공 중 발생할 수 있는 안전 문제를 미리 예방하는 데 매우 중요하다. 그러나 지반 조사의 한계성, 지반의 토질 정수, 지층 두께의 변화, 실제 현장 시공 조건의 차이 등 다양한 요인으로 인해 설계 단계에서 계획된 침하 거동과 실제 현장 거동 사이에 상당

\*부산대학교 사회환경시스템공학과 박사과정(주저자: soil33@naver.com)

\*\*부산대학교 사회환경시스템공학과 교수(교신저자: sungwmoon@pusan.ac.kr)

한 차이가 발생하는 경우가 많다. 이로 인해 지반의 지지력 부족으로 과도한 침하 및 전단파괴와 같은 심각한 문제가 빈번히 발생하고 있다.

따라서 이러한 문제를 사전에 예방하거나 최소화하기 위해 보다 정확하고 신뢰성 있는 침하 예측 방법에 대한 지속적인 연구가 절실히 요구된다.

본 연구의 필요성은 기존 침하 예측 방법인 쌍곡선법이 분석자의 주관적 판단에 따라 결과가 달라질 수 있어 신뢰성과 객관성이 부족하다는 문제점을 극복하는 데 있으며, 본 연구의 목적은 EXCEL 프로그램의 “SOLVER” 기능을 이용하여 설계자의 주관적 데이터 조정을 배제하고, 현장에서 측정한 객관적인 데이터를 기반으로 침하량을 정확하고 효율적으로 산정할 수 있는 최적의 방법을 도출한다는 점에 있다. 이를 위해 부산광역시 낙동강 인근의 연약지반 현장 계측 데이터를 활용하여 기존의 쌍곡선법과 새롭게 제안하는 SOLVER 기반 최적 방법의 비교평가를 수행하였으며, 이를 통해 현장에서의 침하 예측 정확도를 향상시키며 분석 소요 시간을 단축하여 실무적인 적용성 측면에서도 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

## 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 부산광역시 낙동강 인근의 연약지반 현장에서 계측된 지표 침하 데이터를 사용하여 침하량 예측 방법을 비교하고 분석하는 연구이며, 두 가지 주요 방법을 적용하였다.

첫 번째 방법은 기존에 많이 사용되는 쌍곡선법을 이용해 침하 예측을 수행하는 것이다.

두 번째 방법은 EXCEL의 “SOLVER” 기능을 활용하여 동일한 데이터를 바탕으로 예측을 실시하는 것이다. 그리고 각 방법의 예측 정확성을 평가하기 위해 RMSE(평균 제곱근 오차) 등을 사용하여 두 방법을 정량적으로 비교하고, 각 방법의 현장 적용 가능성도 논의하였다. 이를 통해 두 방법의 장단점을 비교하고, 실무에서 적용할 수 있는 보다 정확한 침하

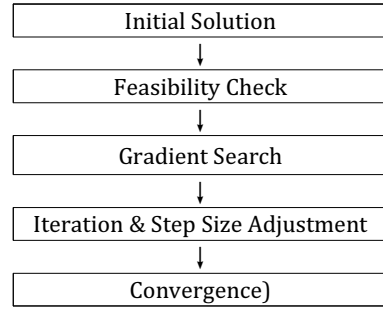


Fig. 1. Generalized Reduced Gradient Algorithm

예측 방법을 제시하는 것을 목표로 한다.

두 번째 방법인 EXCEL의 “SOLVER” 기능을 활용하는 것은 세부기능 중 GRG(Generalized Reduced Gradient, 일반화된 축소 경사법) 옵션을 적용하여 분석하였다. GRG 비선형 알고리즘은 비선형 최적화 문제를 해결하기 위한 기법이며, 비선형 연속 함수를 다룰 때 사용된다. GRG 알고리즘 동작 방식은 Fig. 1과 같다.

## 2. 선행연구 검토

대부분의 현장에서는 침하 계측 자료를 이용해 추세선 분석을 통해 지반의 압밀 침하 거동을 예측하고, 이를 바탕으로 최종 침하량을 산정한다. 이러한 예측 방법으로는 쌍곡선법(Tan, 1994), Hoshino 방법( $\sqrt{t}$ ),  $\sqrt{s}$  방법(정성교·최호광, 1998), Asaoka 방법(Asaoka, 1978), Monden 방법(Monden, 1963) 등과 같이 다양한 방법들이 제시되어 있으며, 그 중에서 현장에서는 쌍곡선법이 간편성과 많은 적용 사례로 인해 침하량 예측 시 가장 많이 사용되고 있다(추운식 외, 2010). 쌍곡선법은 연약지반에서 시간에 따른 압밀 침하 거동이 쌍곡선의 형태로 발생한다는 가정하에 계측된 침하 데이터를 이용하여 쌍곡선 형태의 침하곡선을 추정하고, 이를 바탕으로 향후 압밀 침하 거동을 예측하는 방법이다. 일반적으로 현장에서는 계측 자료로부터 근사도가 높은 쌍곡선식을 찾기 위해

시간에 따른 침하계측데이터를 축 변환 후 선형 회귀 분석을 수행하며, 이때 축 변환 이후는 침하계측 데이터가 선형성을 띄게 된다(Tan, 1994). 그러나 축 변환된 데이터에서 제외할 데이터의 정도에 따라 동일한 계측 데이터라도 회귀분석 결과가 달라질 수 있으며, 지반의 압밀 침하곡선이 실제 계측된 결과와 다르게 추정될 가능성도 있다(홍성호 외, 2024). 또한, 선형성이 떨어지는 데이터를 얼마만큼 제외해야 하는지에 대한 구체적인 기준과 방법이 제시되지 않은 상태이다. 따라서 해석을 진행할 때, 해석자의 주관적인 판단에 따라 일부 데이터가 임의로 제외되기 때문에, 동일한 쌍곡선법을 적용하더라도 분석자와 분석 시점에 따라 결과가 달라질 수 있다. 이와 관련하여, 데이터 제외 범위에 따른 해석 결과 변화에 대한 연구는 아직 부족한 실정이다. 윤명석 외(2011)는 Monden의 시산법을 활용하여 시간 경과에 따른 압밀도를 가정하고, 직선성을 평가하여 가장 높은 압밀도를 기준으로 최종 침하량을 예측하였다.

이러한 기존 예측 방법의 한계를 극복하고자 본 연구에서는 부산광역시 낙동강 인근 연약지반 현장을 대상으로 하여, 실제 지층 조건과 계측 데이터를 기반으로 침하 거동을 보다 정밀하게 분석하고자 한다. 본 연구 대상지인 부산광역시 낙동강 인근 지역의 연약지반은 지층 두께가 약 36m에 이르며, 지층 조건은 Fig. 2에 제시된 바와 같다.

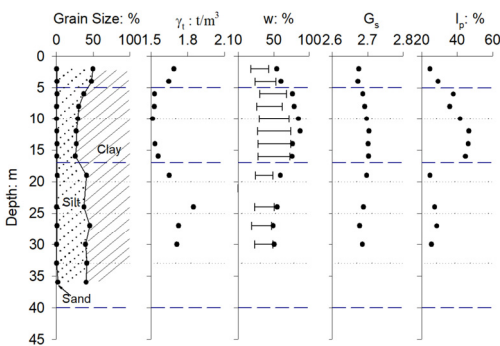


Fig. 2. Field Soil Conditions

### 3. 침하량 분석결과

#### 3.1 기존 침하량 산정방법 및 “SOLVER” 기능을 이용한 최종침하량 산정 방법

##### 3.1.1 쌍곡선법을 이용한 최종침하량 산정 방법

쌍곡선법을 이용한 침하량 예측방법은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 “성토에 의한 침하곡선이 시간과 함께 쌍곡선적으로 감소한다”는 가정하에 성토완료 후 일정한 하중상태가 된 시점 이후의 침하량과 초기침하량의 측정치로부터 장래의 침하량을 예측하는 방법으로 국내에서 가장 많이 사용되는 침하량 산정 방식이다(Tan, 1994).

침하량 기본식은 식 (1)과 같이 표현된다.

$$s = s_0 + \frac{t - t_0}{\alpha + \beta(t - t_0)} \quad (1)$$

여기서  $s$ 는 임의의 시간에서의 침하량,  $s_0$ 는 최종성토시 침하량,  $t_0$ 는 최종성토시의 시간,  $t$ 는 시간,  $\alpha$ 는  $y$ 축 절편,  $\beta$ 는 기울기를 의미한다.

식 (1)에서 최종 성토 이후의 시간을  $t_0$ , 최종 성토 이후의 침하량을  $s_0$ 으로 두면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

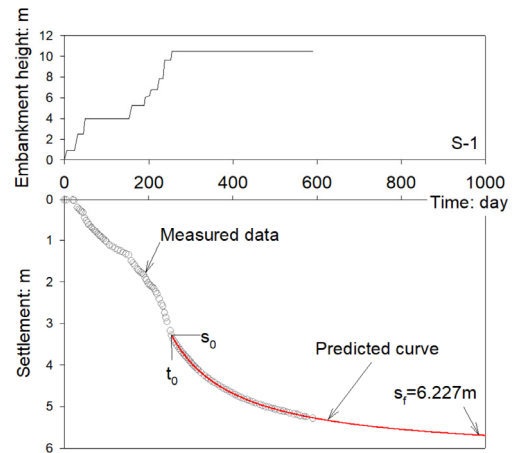
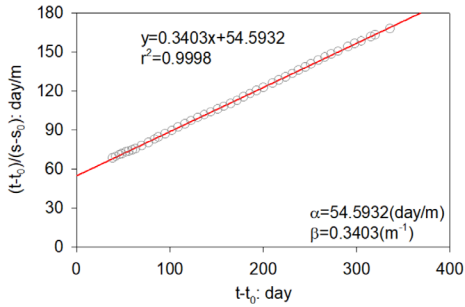


Fig. 3. Settlement Amount Based on Embankment History

$$\frac{t}{s} = \alpha + \beta \cdot t \quad (2)$$



**Fig. 4.** Preliminary Regression Results Following Axis Transformation Based on the Hyperbolic Method

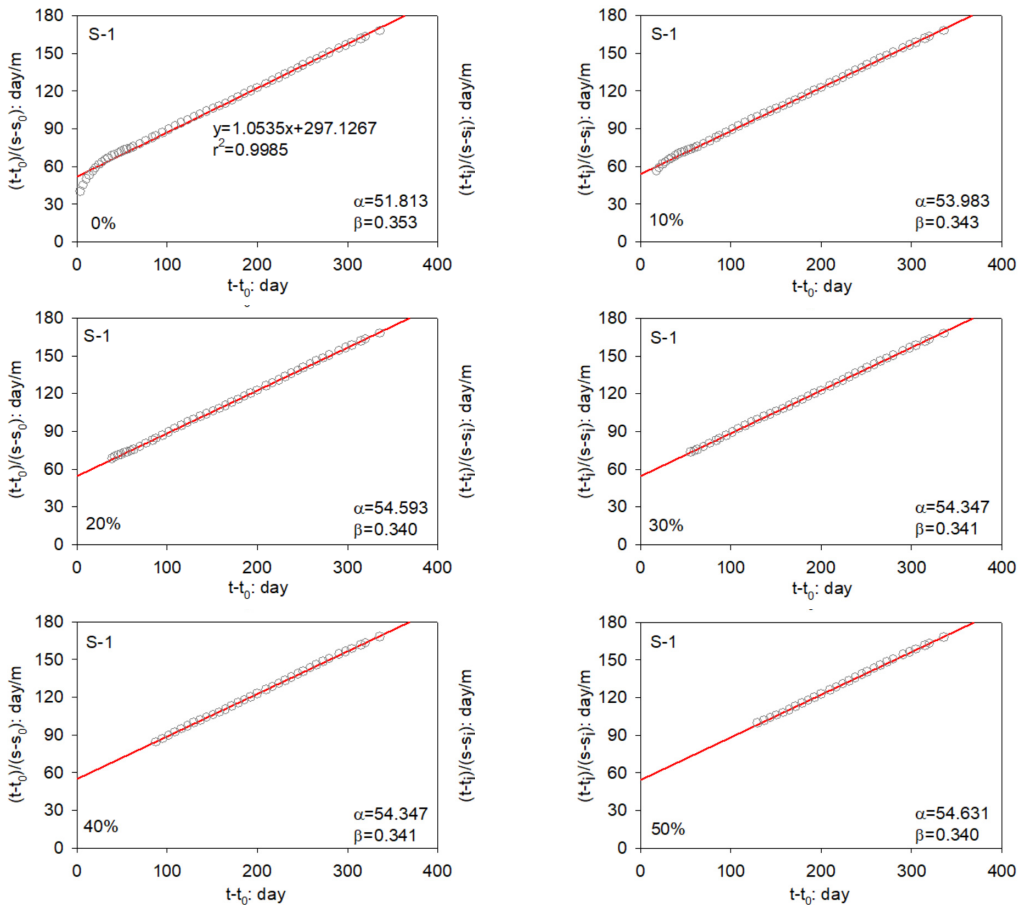
축변환 이후 회귀분석을 통해  $\alpha, \beta$ 를 산정할 수 있으며,  $t \rightarrow \infty$  일 때의 최종침하량( $s_f$ )는 식 (3)과 같이 표현된다.

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{\frac{\alpha}{t} + \beta} = \frac{1}{\beta} = s_f \quad (3)$$

여기서  $s_f$ : 최종 침하량을 의미한다.

Fig. 4와 같이 미지수  $\alpha, \beta$ 를 산정하기 위해서는 축변환 이후 선형회귀분석을 통해서  $y$ 축 절편( $\alpha$ )과 기울기( $\beta$ )를 각각 산정할 수 있다.

Fig. 5에서 보는 것과 같이 축 변환 후 회귀분석시



**Fig. 5.** Regression Analysis Results Based on the Selection of Regression Analysis Intervals



**Table 1.** Settlement Analysis Results According to Changes in Regression Analysis Intervals

Excluding Initial Data	Axis		RMSE	Final Settlement (m)
	Transformed Regression Analysis			
	$\alpha$	$\beta$		
Total	51.813	0.353	0.01565	2.832
10%	53.983	0.343	0.00997	2.915
20%	54.593	0.340	0.01021	2.939
30%	54.347	0.341	0.01000	2.929
40%	54.347	0.341	0.01000	2.929
50%	54.631	0.340	0.01025	2.939

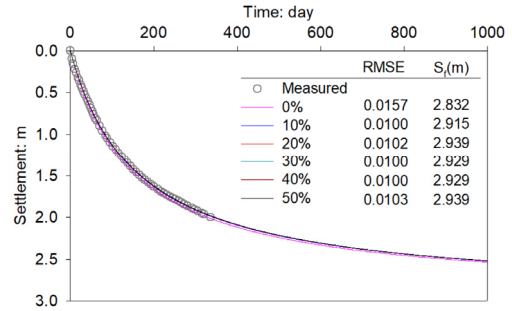
계측데이터의 초반부는 곡선 형태를 나타내기 때문에 초반부 데이터를 일부 제외하여 선형 회귀분석을 실시하여야 한다.

Fig. 5 및 Table 1은 S-1 구간의 계측데이터를 이용하여 회귀분석구간 변화에 따라 산정된  $\alpha$ ,  $\beta$  결과를 나타내었다. 회귀 분석시 최종 성토 이후의 계측 데이터 중 초반구간에 분산된 데이터를 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%로 각각 제외하면서 선형회귀 분석을 실시하였다. 결론적으로 선형회귀분석 구간 선정에 따라  $\alpha$ ,  $\beta$  값이 달라지면 최종침하량에도 영향을 미친다. 또한, 선형 회귀분석을 통해 산정된  $\alpha$ ,  $\beta$ 를 쌍곡선 식 (2)에 대입하여 예측 침하곡선을 구할 수 있으며 계측 데이터와 비교·검토할 수 있다.

본 연구에서는 예측 침하곡선과 계측 데이터와의 정량적으로 비교, 분석을 하기 위하여 평균제곱근편차(RMSE)를 이용하였다. 식 (4)는 RMSE의 일반적인 형태를 보여준다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (S_{measured} - S_{calculated})^2}{N}} \quad (4)$$

여기서  $S_{measured}$ 와  $S_{calculated}$ 는 임의의 시간에서 계측 침하량과 예측 침하량을 의미하며,  $N$ 은 총 데이터 개

**Fig. 6.** Final Settlement and RMSE Based on Changes in Regression Analysis Intervals

수(3단 성토 이후 분석에 사용된 데이터 개수)이다. 식 (4)에서 알 수 있듯이 계측침하량과 예측침하량에 대한 오차 제곱의 평균에 대한 제곱근이다. 따라서 RMSE값이 작을수록 예측값이 실제 계측값과 더 가깝고 데이터의 적합도가 높다는 것을 나타낸다.

회귀분석 결과, Fig. 6에서 보는 바와 같이 회귀분석 구간 변화에 따라 산정된  $\alpha$ ,  $\beta$ 값은 변화하며 이에 따라 최종침하량도 영향을 미친다. 회귀분석시 초반 곡선 구간의 데이터 제외량을 점차적으로 크게 변경하더라도 계측 침하량과 예측 침하량의 상관관계는 없는 것으로 분석되었다. 또한 최종 침하량도 경향성이 없는 것으로 확인되었다.

### 3.1.2 “SOLVER” 기능을 이용한 침하량 산정 방법

식 (2)에서 미지수는  $\alpha$ ,  $\beta$ 이며 이 미지수를 풀이 하기 위해 기존의 축변환 이후 선형회귀분석을 이용하지 않고 EXCEL 프로그램의 “SOLVER”기능을 이용하여 현장계측결과와 가장 유사한 예측곡선을 산출하기 위하여 RMSE를 최소로 하는 값을 자동으로 찾도록 수식을 적용하였다.

이와 같은 방법을 적용하면, 위에서 설명한 미지수를 효과적으로 해결할 수 있으며, 기존 방법에 비해 축 변환 이후 회귀분석 과정을 생략할 수 있어 계측 곡선과 예측 곡선을 육안으로 확인하는 반복적인 작업을 피할 수 있다. 또한, Fig. 7은 RMSE 값이

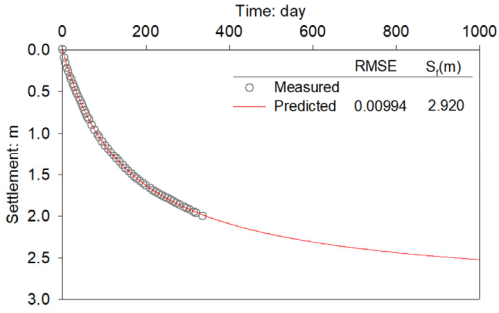


Fig. 7. Curve Fitting Using the 'SOLVER' Function

0.00994로 산정되어 기존 방법에 비해 더 낮은 값을 기록하였으며, 분석자 및 분석 시점에 따른 분석값의 변화가 거의 없어, 신뢰성, 정확성, 객관성 모두를 확보할 수 있다고 판단된다.

### 3.2 기존 침하량 산정방법 및 “SOLVER”기능을 이용한 침하량 분석결과 비교

#### 3.2.1 침하량 분석 대상

본 연구에서는 연약지반 침하분석 시 기존 쌍곡선 법과 분석자의 주관적인 영향을 배제한 침하 분석 방법을 비교, 분석하기 위하여 부산광역시 낙동강 인근 연약지반 현장(5개소)의 지표 침하판 계측 결과를 이용하였다. 분석 결과의 신뢰성을 확보하기 위하여 다양한 성토 높이, 계측 시간, 침하이력을 고려하여 분석 대상을 선정하였으며, 상세한 사항은

Table 2. Embankment and Settlement History Used in Settlement Analysis

Pt.	Final Embank. Height (m)	Total Monitoring Period (day)	Final Embank. Time (day)	Sett. At Final Embank. (m)	Total Sett. (m)
S-1	10.489	591	255	3.288	5.289
S-2	8.816	603	253	2.795	4.227
S-3	10.297	1010	642	2.605	3.908
S-4	10.338	615	254	2.659	4.160
S-5	7.287	798	434	1.999	3.197

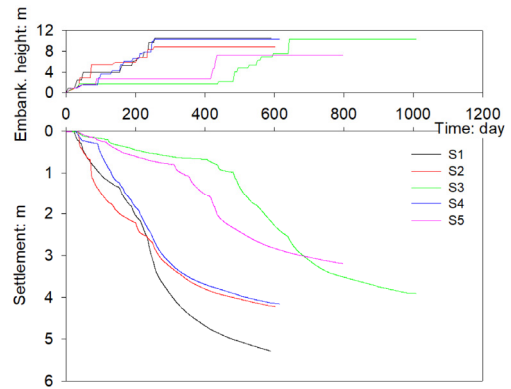


Fig. 8. Embankment and Settlement History Used in Settlement Analysis

Table 2 및 Fig. 8에 나타내었다.

침하량 분석에 사용된 계측데이터는 5개소(S-1~S-5)이며, 계측 기간은 591~1010일, 성토 높이는 7.287~10.489m로 확인되었으며, 최종 성토 완료 후 방치 기간은 336~368일로 충분한 해석 데이터를 적용할 수 있어 계측 결과 분석의 신뢰성도 확보하였다.

#### 3.2.2 분석 결과

서로 다른 구간(S-1~S-5)에서 설치된 계측자료를 이용하여 최종 성토 완료 이후 기존 침하량 산정 방법과 “SOLVER” 기능을 이용한 침하량 분석 결과를 Fig. 9에서 Fig. 13에 나타내었으며, 각각의 방법으로 분석한 예측 침하량은 계측 완료 시점까지는 일치성이 좋은 것을 확인할 수 있다. 그러나 계측 완료 시점 이후부터 침하량 예측 방법에 따라 최종 침하량이 상이하며, 시간이 증가함에 따라 그 차이가 점점 더 커지는 것을 알 수 있다. 계측 데이터와 예측 데이터의 일치성을 육안으로 판단하기 어려워, 앞서 설명한 RMSE를 산정하여 그림에 추가하였고, 최종 침하량도 함께 추가하였다.

Fig. 14에서는 각각의 방법으로 산정한 최종 침하량을 SOLVER 기능을 이용하여 예측한 최종 침하량

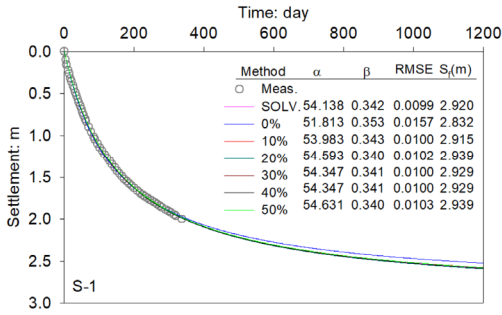


Fig. 9. S-1 Point Settlement Analysis Results

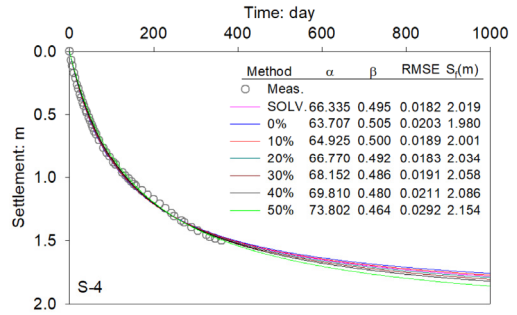


Fig. 12. S-4 Point Settlement Analysis Results

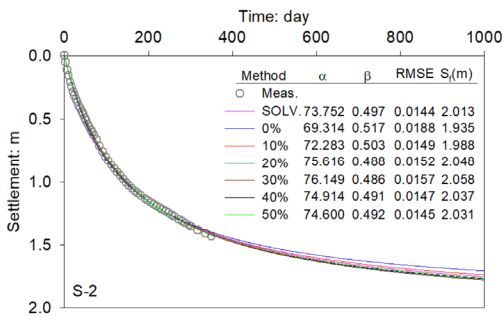


Fig. 10. S-2 Point Settlement Analysis Results

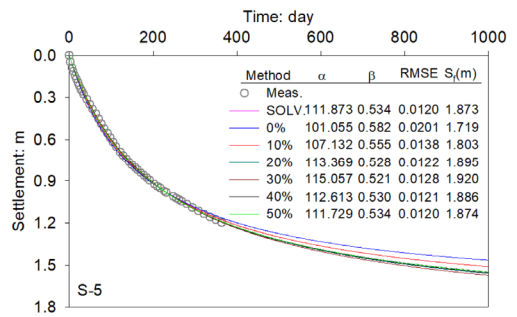


Fig. 13. S-5 Point Settlement Analysis Results

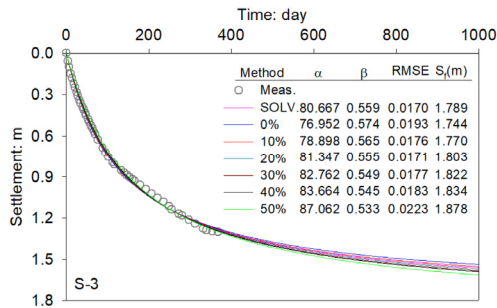


Fig. 11. S-3 Point Settlement Analysis Results

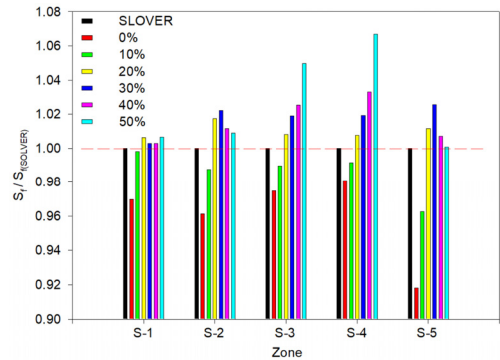
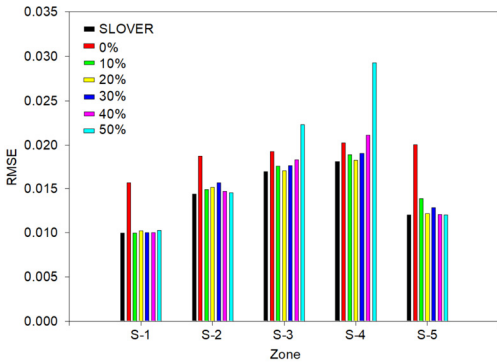


Fig. 14. Final Settlement Variation Based on Regression Analysis Intervals and Methods

과 비교하여 최종 침하량을 평가하였다. 그 결과, 분석 방법에 따라 침하량 비율이 0.91~1.07로 나타났다. 또한, 기존의 회귀분석 시 전체 데이터를 모두 사용한 분석 방법과 회귀분석 시 초기 비선형 구간의 50%를 배제하여 산정한 침하량 비율이 가장 큰 분산도를 나타내었다. 또한, 축 변환 이후 선형 회귀분석 시 어떤 비선형 구간 데이터를 제거할 것인가에

대한 문제는 최종 침하량 크기와 상관관계가 없는 것으로 확인되었다. 따라서, 이러한 결과를 고려할 때, 기존 방법은 객관적이고 신뢰성 있는 침하량 분석 방법에 한계가 있다고 판단된다.

Fig. 15은 각각의 방법으로 산정된 예측 곡선과 계



**Fig. 15.** RMSE Variation Based on Regression Analysis Intervals and Methods

측 곡선의 일치성을 확인하기 위해 사용된 RMSE 결과를 보여준다. 전체적으로 분석자의 주관적 영향을 배제한 방법이 가장 낮은 RMSE 값을 나타내며, 최종 침하량 분석 결과와 유사하게 회귀분석 구간을 적용한 방법과 초기 비선형 구간 50%를 제거한 분석 방법이 각 구간에서 가장 큰 RMSE 값을 나타내었다. 이처럼, 침하량 계측값과 예측값의 오차를 나타내는 RMSE는 기존 방식을 적용할 경우 축 변환 이후 선형 회귀분석을 어떻게 선정하느냐에 따라 RMSE 값이 달라지나, SOLVER 기능을 이용한 결과보다 낮게 평가되지 않았다. 즉, 계측 데이터가 실제 쌍곡선 형태와 잘 맞지 않으며, 축 변환 이후 선형 회귀분석 시 발생하는 비선형 구간의 영향 때문인 것으로 판단된다. 반대로, SOLVER 기능을 이용한 방법은 기존 방법과 비교하여 축 변환 후 선형 구간 회귀분석을 생략하고, 전체 계측 데이터를 모두 고려하여 RMSE를 최소화하도록 자동 계산되므로, RMSE가 더 낮게 산출되는 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 연약지반에서 기존의 침하량 추세 분석 방법과 EXCEL 프로그램의 “SOLVER” 기능을 이용한 침하량 분석 방법을 비교, 분석하였다. 기존

의 침하량 분석 방법을 적용할 때, 다양한 회귀 분석 구간을 적용하여 분석하였으며, 최종적으로 계측 데이터와 예측 데이터의 정확성을 판단 기준으로 RMSE를 이용하여 평가하였다. 해석 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

기존 방법으로 분석한 곡선은 선형 회귀분석을 통해 미지수를 풀어 예측 침하 곡선을 추정할 수 있다. 그러나 계측 데이터와 예측 데이터를 잘 일치시키기 위해서는 회귀분석 구간을 주관적으로 선정해야 하기 때문에, 동일한 계측 데이터를 적용하더라도 분석자마다 다른 결과를 얻을 수 있으며, 이는 최종 침하량 산정에 차이를 발생시킨다. 따라서 기존 방법은 신뢰성과 객관성이 결여 된다고 판단된다.

기존 해석 방법과 “SOLVER” 기능을 이용한 침하량 해석 결과, 모든 구간에서 “SOLVER” 기능을 이용한 침하량 예측 곡선에서 RMSE 값이 낮게 평가되었다. 따라서 “SOLVER” 기능을 이용한 침하량 곡선이 기존 방식에 비해 계측 데이터와 잘 일치하는 것으로 판단된다.

기존 방법으로 침하량을 분석할 때, 예측된 침하량 곡선과 실제 계측값의 근사도를 높이기 위해서는 축 변환 후 선형성이 떨어지는 일부 데이터를 제외해야 하며, 이를 위해 반복적인 시행착오법(trial and error method)을 적용해야 한다. 이와 같은 과정은 시간이 많이 소요되므로, Excel의 SOLVER 기능을 활용하여 침하량을 분석할 경우 시간을 단축시킬 수 있어 현장 적용성이 더욱 효율적인 것으로 판단된다.

본 연구는 부산광역시 낙동강 인근 지역의 현장에서 얻은 계측 데이터를 이용한 것으로, 추가적으로 다양한 현장 데이터 및 다른 침하량 해석 방법을 적용하여 동일한 분석을 실시한다면 해석 기법의 객관성과 신뢰도를 높일 수 있을 것이라 사료된다.

## 참고문헌

1. 윤명석·안동욱·박재만·김수삼(2011), “개별진공압 공법이 적용된 지반의 최적 단계진공압 산정 및 침하 예측”, 『LHI Journal』, 2(2): 151~170
2. 정성교·최호광(1998), “압밀해석을 위한  $\sqrt{s}$ -예측 기법”, 『한국지반공학학회논문집』, 14(2): 41~53.
3. 추윤식·김준현·황세환·정충기(2010), “쌍곡선법을 이용한 계측 기반 연약지반 침하 거동 예측의 최적화 방안”, 『한국지반공학학회논문집』, 26(7): 147~159.
4. 홍성호·곽태영·우상인·김성렬(2024), “연약지반 침하예측을 위한 답러닝 및 계측기반 기법의 예측 정확도 비교”, 『한국지반공학학회논문집』, 40(6): 67~78.
5. Asaoka, A. (1978), “Observational Precedure of Settlement Prediction”, *Soils and Foundations*, 18(4): 87~101.
6. Monden, H. (1963), “A New Time-Fitting Method for the Settlement Analysis of Foundation on Soft Clays”, *Memoir Faculty of Engrg. Hiroshima Univ.*, 2-1(21): 21~29.
7. Tan, S. A. (1994), “Hyperbolic Method for Settlement in Clays with Vertical Drains”, *Canadian Geotechnical Journal*, 31: 125~131.

## 요약

도로 및 단지 조성 등을 위한 연약지반 개량 공법 중 선행 재하 공법은 시공 조건에 따라 침하 거동을 예측하는 것이 매우 중요하다. 그러나 지반의 불확실성으로 인해 실제 지반의 토질 정수나 지층 조건을 정확히 평가하는 데 어려움이 있으며, 대부분의 현장에서 침하량 계측 데이터를 활용하여 침하량 추세 분석 방법을 사용하고 있다. 이 방법 중 쌍곡선법을 포함한 여러 가지 방법은 동일한 현장에 대해 같은 침하량 예측 이론을 적용하더라도 분석자가 축 변환된 데이터의 회귀 분석 구간을 어떻게 설정하느냐에 따라 침하량 예측 결과가 달라지며, 이를 육안으로 평가하는 데 어려움이 있어 객관적인 결과를 산정하기 힘든 한계가 있다. 따라서 본 연구는 설계자의 주관적 영향을 배제한 침하량 예측 방법을 제시하였다. EXCEL 프로그램의 “SOLVER” 기능을 이용하여 예측 침하량과 최종 침하량을 산정하는 방법을 비교 분석한 결과, 기존 방법은 회귀 분석 구간 설정에 따라 예측 결과가 달라지며, 분석자의 주관적 영향을 받는 반면, 본 연구에서 제시한 방법은 기존 방법보다 더 신뢰성 있고 정확하게 침하량을 예측할 수 있었으며, 분석 시간을 단축시킬 수 있었다. 본 연구는 연약지반 침하량 분석에서 객관성과 신뢰성을 높일 수 있는 방법을 제시하고 있으며, 향후 다양한 현장 데이터와 해석 방법을 추가하여 침하량 분석 기법의 정확도를 더욱 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

**주제어:** 쌍곡선법, 연약지반, 장기 침하, 회귀분석, 침하량 예측





# 「토지주택연구」 발간 및 편집규정

2010. 07. 23 제정  
2012. 02. 27 수정  
2016. 08. 01 개정  
2020. 01. 17 개정  
2020. 08. 04 개정  
2020. 12. 04 개정  
2021. 07. 22 개정  
2022. 03. 25 개정  
2022. 12. 28 개정  
2023. 03. 24 개정  
2023. 12. 22 개정  
2024. 01. 18 개정  
2024. 06. 30 개정  
2025. 03. 21 개정

## 제 1 장 투 고

### 제 1 조 (원고의 대상 및 종류)

1. 「토지주택연구」(영문명 「Land and Housing Review」)는 국토, 주택 및 도시관련 분야의 연구성과를 수록하는 전문 학술지로서, 논문을 게재하는 것을 원칙으로 한다. 논문은 창의적인 연구결과 및 일정한 주제에 관한 연구성과·동향·전망을 학술논문의 형식에 따라 기술한 것을 말한다.
2. 논문은 연구논문과 실용논문으로 구분한다. 연구논문은 일반적 학술논문이며, 실용논문은 실무현장의 다양한 문제점을 검토하고 실증을 통해 그 해결방안을 제시하는 제반 논문을 말한다.

### 제 2 조 (원고의 분량)

1. 논문의 분량은 그림 및 표를 포함하여 A4 용지 2단 편집 10매 내외로 한다.
2. 원고 분량이 본 규정보다 지나치게 초과 또는 미달하는 경우에는 본지 편집위원회가 투고자에게 조정을 요구할 수 있으며, 투고자는 이에 따라야 한다.

### 제 3 조 (원고의 작성)

1. 모든 원고는 본지의 원고작성 방법에 따라 작성하여야 한다.
2. 원고의 작성 언어는 국문 또는 영문을 원칙으로 한다.
3. 원고는 워드프로세서(흔글 또는 word)를 이용하여 A4용지에 작성함을 원칙으로 한다.
4. 원고는 키워드까지는 1단으로, 본문부터는 2단으로 편집한다.

### 제 4 조 (원고의 접수)

1. 원고는 논문투고시스템을 통해 수시로 접수하며, 원고가 접수된 일자를 원고접수 일자로 한다.
2. 논문 투고자는 논문투고시스템에 논문제목, 논문개요, 키워드, 저자, 참고문헌, 본문을 등록해야 한다.

3. 접수된 원고 중 투고규정 및 원고작성 방법에 의거해 작성하지 않은 원고는 본지 편집위원회에서 저자에게 수정 및 보완을 요구할 수 있고, 투고자는 이에 따라야 한다.

## 제 5 조 (투고 논문)

1. 투고자는 투고시 다음과 같은 사항이 포함된 경우 관련 정보 등을 제출하여야 한다.
  - 가. 저자 및 논문과 관련된 이해관계로 인하여 논문 결과 및 게재에 영향을 미칠 수 있는 이해상충 정보가 포함된 경우
  - 나. 공동저자로 특수관계인(연구자가 미성년자(만19세 이하인 자) 또는 가족(배우자, 자녀 등 4촌 이내))이 포함된 경우
2. 투고자는 인권, 생명윤리, 환경보호에 대한 보편성을 확보하도록 투고 원고를 기술해야 한다.
3. 투고자는 투고 원고가 젠더 혁신 정책에서 추천하는 가이드라인을 준수하도록 하고, 연구주제와 기술 방법, 결과 등을 점검하여야 한다.

## 제 2 장 원고작성 방법

### 제 6 조 (논문의 구성)

1. 국문논문의 구성
  - 가. 국문논문의 경우, 국문제목, 영문제목, 국문저자명, 영문저자명, 영문요약(Abstract), 영문주제어(Keywords), 본문(서론, 본론, 결론), 참고문헌, 국문요약, 국문주제어, 부록 등의 순서로 구성한다. 단, 부록은 필요한 경우에 한하여 작성한다.
  - 나. 저자의 소속 및 직위는 논문 첫 페이지의 하단에 각주로 작성하되, 국문으로 작성한다.
2. 영문논문의 구성
  - 가. 영문논문의 경우, 영문제목(Title), 영문저자명(Authors), 영문요약(Abstract), 영문 키워드(Keywords), 본문(Body), 참고문헌(References), 국문요약, 국문주제어, 부록(Appendix) 등의 순으로 구성한다.
  - 나. 저자의 소속 및 직위는 논문 첫 페이지의 하단에 각주로 작성하되, 영문으로 작성한다.

### 제 7 조 (논문제목의 표기)

1. 논문제목은 연구내용을 간결하고 명확하게 표현할 수 있도록 기재한다.
  - 가. 국문논문의 경우, 국문제목을 먼저 작성하고, 아래에 영문제목을 작성한다. 한자 또는 영어로 표기하지 않으면 의미 전달이 곤란한 경우에는 괄호 안에 한자 또는 영어를 병기한다.
  - 나. 영문논문의 경우, 영문제목(부제목 포함)의 첫 글자는 대문자로 시작한다. 제목 내의 단어는 전치사와 접속사, 관사를 제외하고는 첫 글자를 대문자로 시작한다.  
예: Schematic Layout Design Process for Apartment Dwelling
2. 논문에 부제목이 있는 경우, 국·영문 논문 공히 주제목 다음에 ‘:’을 표기하고 부제목을 기재한다.

### 제 8 조 (저자의 표기)

1. 논문 제목 아래에 저자명을 기재함을 원칙으로 한다.

- 가. 국문논문의 경우, 저자의 국문이름을 먼저 기재하고, 아래에 영문이름을 기재한다.
- 나. 영문논문의 경우, 저자의 영문이름을 기재한다.

## 2. 표기 방법

- 가. 영문저자명은 이름, 성의 순서로 기재한다. (예: Gildong Hong, Gil-Dong Hong)
- 나. 저자가 복수일 경우, 주 저자(main author)가 맨 앞에 오도록 한다. 저자명의 오른쪽 어깨에 \*, \*\*, \*\*\*, ... 을 표기하고, 저자와 저자 사이에 가운뎃점(·)을 넣어 구분한다.
- 3. 토지주택연구 심사규정 제6조 제3항에서 정하는 심사결과가 게재가 또는 수정후게재로 판정된 이후에는 저자를 추가하거나 삭제할 수 없으며, 저자의 유형도 변경할 수 없다.
- 4. 심사결과가 게재가 또는 수정후게재로 되기 전에 저자를 추가하거나 삭제 또는 유형 변경을 하고자 할 때에는 [별표 1]\*의 논문저자 수정요청서를 제출하여야 한다.

## 제 9 조 (저자의 소속 및 직위 표기)

- 1. 논문 첫 페이지 하단에 각주로 표기하며 \*, \*\*, \*\*\*, ... 을 표기하여 구분한다.
- 2. 모든 저자는 소속기관과 직위를 표기하고 주저자와 교신저자의 경우 연락처(E-mail주소)와 함께 표시한다.
- 3. 표기방법
  - 가. 국문
    - 1) 토지주택연구원 경영정책연구실 연구원(주저자: First Author@lh.or.kr)
    - 2) 토지주택대학교 공공정책학과 교수(교신저자: Corresponding@lh.or.kr)
    - 3) 토지주택연구원 건설환경연구실 연구위원
  - 나. 영문
    - 1) Research Fellow, Dept. of Administration & Policy Research, Land & Housing Institute (First Author: Main@lh.or.kr)
    - 2) Professor, Dept. of Public Policy, Land & Housing College (Corresponding Author: Correspond@lh.or.kr)
    - 3) Senior Research Fellow, Dept. of Civil & Environ. Research, Land & Housing Institute

## 제 10 조 (영문요약(Abstract) 및 국문요약 작성)

- 1. 영문요약(Abstract) 및 국문요약은 연구목적, 연구방법, 연구결과, 연구의 시사점, 향후 연구방향 등을 중심으로 작성한다.
- 2. 영문요약은 상단 좌측에 ‘Abstract’으로 기재하고 200단어 내외로 작성한다.
- 3. 국문요약은 상단 중앙에 ‘요약’으로 기재하고 700자 내외로 작성한다.

## 제 11 조 (주제어(Keywords) 표기)

- 1. 영문요약 하단에는 ‘Keywords’라고 기재하고 콜론(:)을 표기한 후 5개 내외의 영문주제어를 작성한다.
- 2. 국문요약 하단에는 ‘주제어’라고 기재하고 콜론(:)을 표기한 후 5개 내외의 국문주제어를 작성한다.

## 제 12 조 (본문 작성방법)

1. 본문은 학술논문의 통상적인 전개방식에 따라 작성한다.
2. 원고의 읽기와 교정이 용이하도록 용지의 상하좌우 및 행간에 여백을 두어야 한다.
3. 각주는 반드시 본문 해당면의 하단에 위치하도록 한다.
4. 본문의 단락 처음에는 들여쓰기(10pt)를 한다.

## 제 13 조 (표기 언어 및 표기 방법)

1. 국문원고의 경우, 의미전달 상 필요한 경우에 한하여 한자 및 외래어를 괄호 안에 표기할 수 있다.
2. 목차 및 본문의 장, 절, 항 등의 번호 전개는 1., 1.1, 1.1.1, 1), (1), ①의 순으로 한다.
3. 장 타이틀은 위와 아래 각각 1행씩을 비우고, 절 타이틀은 위만 1행을 띄우고, 항 타이틀은 행을 비우지 않는다.
4. 숫자는 아라비아 숫자를 사용하고, 모든 단위는 미터법을 사용한다.

## 제 14 조 (표 및 그림)

1. 표 및 그림의 제목과 내용은 영문으로 작성한다.
2. 표 번호는 Table 1, Table 2의 순으로 표 상단 좌측에 제목과 함께 명기한다.
3. 그림 또는 사진 번호는 Fig. 1, Fig. 2의 순으로 그림 하단의 중앙에 제목과 함께 명기한다.
4. 본문에 들어가는 도표 및 사진은 수정 없이 바로 인쇄할 수 있도록 작성하여 제출한다. 특별한 경우를 제외하고 컬러인쇄를 하지 않으므로 이에 유의하여 흑백으로 인쇄하여도 식별이 가능하도록 한다.
5. 인용한 도표 및 사진의 경우에는 자료의 출처를 영문으로 작성한다. 국문자료인 경우 영문으로 번역한 출처 마지막에 '(in Korean)'을 추가한다.
6. 국문논문은 참고문헌에 표, 그림 출처 문헌을 국문과 영문으로 각각 작성한다. 영문 전환 후 마지막에 '(in Korean)'을 추가한다. 영문논문은 영문만 작성한다.

## 제 15 조 (인용문헌, 각주 및 참고문헌 표기법)

### 1. 인용문헌

가. 본문 중에 인용문헌은 다음과 같이 저자와 발표년도를 기재한다. 단, 필요한 경우에는 인용한 쪽수 (page)를 밝힐 수 있다.

- ① 단독연구: 장병권(2000)에 의하면 ..., Smith(1992, 82~83)는 ..., 이들 연구(유승호, 1996; 임창호, 1998)에 의하면 ..., ... 라는 견해도 있다(황혜선, 1999: 25~27).
- ② 공동연구(2명인 경우): 김주찬·민병일(2003)에 의하면 ..., Getis and Ord(1992)는 ..., ... 라고 말하고 있다(Howe and Linaweaver, 1967; Weeks and McMahon, 1973).
- ③ 공동연구(3명 이상인 경우): 이동필 외(2001)는 ..., ... 라고 지적하였다(Maidment et al., 1985).

나. 국문 저자명은 성과 이름을 다 밝히고, 영문저자명은 성만 기재한다. 일본 저자명은 국문 저자명의 표기방법에 준한다.

### 2. 각주

가. 본문 중에 부연 설명을 필요로 하는 내용이 있을 경우, 해당 내용의 마지막 글자 오른쪽 어깨에 일련

번호(예: 1), 2), 3), …)를 붙이고, 해당 페이지 하단에 각주로 처리한다.

나. 각주에서 자료 출처를 밝힐 경우, 표기방법은 인용문헌 작성방법에 준한다.

### 3. 참고문헌

가. 본문에 인용된 문헌만 참고문헌 목록에 표기한다.

나. 참고문헌은 원어로 표기함을 원칙으로 하되, 영문문헌을 제외한 모든 문헌은 영문을 병기하여야 한다.

다. 국문 참고문헌을 가나다순으로 먼저 열거한 후 동양문헌을 기재한다. 그 다음 서양문헌을 알파벳순으로 나열한 후, 인터넷 사이트를 기재한다.

라. 논문의 경우, 저자, 출판년도, 제목, 학술지명 및 페이지를 밝히고, 논문 제목은 “ ”안에 넣는다. 학술지명은 「 」(국문 및 동양문헌) 또는 이탤릭체(서양문헌)로 표시한다.

마. 단행본의 경우, 저자, 출판년도, 서명, 출판지: 출판사의 순으로 기록하고, 서명은 「 」(국문 및 동양문헌) 또는 이탤릭체(서양문헌)로 표시한다.

바. 동일한 저자의 문헌은 연대순으로 나열하고, 동일한 연도의 문헌이 2개 이상 있을 경우에는 순서에 따라 연대 뒤에 a, b, c …를 기입한다.

사. 서양문헌의 첫 번째 저자는 성, 이름순으로 표기하며 두 번째 저자부터는 이름, 성순으로 표기한다.

아. 저자가 복수일 경우, 모든 저자를 다 밝힌다.

자. 영어논문에서 참고문헌 중 국문학술지명을 표기할 때 학술지 고유의 영어명으로 표기하는 것을 원칙으로 한다. 만일, 고유한 영어학술지명이 없는 경우에는 한글 학술지명을 소리나는 대로 적고 괄호속에 학술지명을 영어로 번역하여 표기한다.

차. 한글논문 또는 국문단행본을 영어논문에서 표기할 경우 논문명·단행본명을 영어로 번역한 후 말미에 (in Korean)을 추가하여 한글로 된 참고문헌임을 표기한다.

카. 이상 참고문헌 작성요령의 예시는 아래와 같다.

#### [단행본]

① 국문단행본: 저자(출판년도), 「도서명」, 출판지: 출판사.

- 노용희(1987), 「한국의 지방자치」, 서울: 녹원출판사.

② 영문단행본: 저자(출판년도), 도서명(이탤릭체), 출판지: 출판사.

- McShane, W. (1990), *Traffic Engineering*, Englewood Cliffs: Prentice Hall.

#### [공저에서 특정 저자의 글(챕터)]

③ 국문 단행본 챕터 인용: 저자(출판년도), “제목”, 「도서명」, 대표 편저자, 출판지: 출판사.

- 홍길동(2010), “지방화와 도시경쟁력”, 「지방자치단체 100년」, 박문수, 서울: 을지사.

④ 영문 단행본 챕터 인용: 저자(출판년도), “제목”, in 도서명(이탤릭체), (ed) 대표 편저자, 인용페이지, 출판지: 출판사.

- Kelly, J. D. (2010), “Seeing red: Mao Fetishism, Pax Americana, and the Moral Economy of War.” in *Anthropology and Global Counterinsurgency*, (ed) Beatrice, J., 67~83, Chicago: University of Chicago Press.

#### [학회지 등 정기간행물]

- ⑤ 국문논문: 저자(출판년도), “제목”, 「정기간행물명」, 권(호): 쪽 수.
  - 최상철(1992), “동북아 연안역의 환경 및 생태계 보존을 위한 협력”, 「환경논총」, 30: 35~106.
  - 박근석·박은규·권치홍·남원석(2011), “Social-mix 단지에서의 입주자참여 및 갈등이 주거만족에 미치는 영향에 대한 탐색적 연구”, 「토지주택연구」, 2(3): 239~247.
  - 조은진·정창무(2007), “생태 및 유비쿼터스 기술과 거주자 특성의 상관성에 관한 연구”, 「대한국토·도시계획학회 2007 추계학술대회 논문집」, 1,105~1,112.
- ⑥ 영문논문: 저자(출판년도), “제목”, 정기간행물명(이탈릭체), 권(호): 쪽 수.
  - Moss, M. L. (1987), “Telecommunications, World Cities, and Urban Policy”, *Urban Studies*, 24(6): 634~546.
  - Nam, Y. and R. Ooka (2011), “Development of Potential Map for Ground and Groundwater Heat Pump Systems and Application to Tokyo”, *Energy and Buildings*, 43: 677~685.
  - Sun, F. P., C. Liang and C. A. Rogers (1994), “Experimental Model Testing Using Piezoceramic Patches as Collocated Sensors - Actuators”, *Proceedings of the 1994 SEM Spring Conference and Exhibits*, Baltimore, MI.
- ⑦ 인쇄 중 또는 미발표 자료: 저자(출판년도), “제목”, 「정기간행물명」(영문은 이탈릭체), (인쇄 중; 영문 in press).
  - 김길동(2001), “역사환경 관련법이 농촌지역에 미친 영향”, 「국토계획」(인쇄 중).
  - Gerloff, R. (2002), “Rediscovering the Village”, *Urban Planning* (in press).
- ⑧ 영어논문에서 국문 참고문헌 표기: 저자명(출판년도), “제목”, 정기간행물명(이탈릭체), 권(호): 쪽수 (in Korean).
  - Hong, K. D. (2011), “A study on priorities~”, *Journal of Korea Planners Association*, 52: 3~14 (in Korean).

#### [학위논문]

- ⑨ 국문학위논문: 저자(취득년도), “논문제목”, 학위명, 취득학교명.
  - 홍길동(2011), “도시정비사업을 위한 주민참여적 거버넌스 구축에 관한 논문”, 박사학위논문, LH 토지주택대학.

#### [번역서]

- ⑩ 번역서: 역저자명(역)(출판년도), 「도서명」, 출판지: 출판사(원저자명(출판년도), 제목(이탈릭체), 에디션 번호, 출판지: 출판사).



- 송경현, 박용훈(역)(1994), 「교통과 도시계획」, 서울: 명보문화사(Blunden, W. R. and J. A. Black (1984), *The Land-use/Transport System*, 2nd ed., New York: Pergamon Press).

#### [정부, 기업 등의 간행물 및 보도자료, 법률 및 고시, 지침]

- ⑪ 정부 간행물: 기관명(발행년도), 「간행물명」, 출판지.
  - 서울특별시(1992), 「하수도 기본계획 재정비 보고서」, 서울.
- ⑫ 정부 보도자료: 보도기관명(연도), “기사명”, 출판지.
  - 국토교통부(2012), “행정중심복합도시 추진 계획”, 경기.
  - Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2012), “Multifunctional Administrative City”, Gyeonggi-Do.
- ⑬ 법률, 고시, 지침, 판결: 작성기관명(공시 년. 월. 일), “법률명”(부제목).
  - 국토교통부(2021. 5. 21), “공공임대주택 예비입주자 업무처리지침”.
  - 경찰청(2021. 5. 13), “도로교통법” 제2조8항.

#### [신문기사]

- ⑭ 신문기사: 기자명(기사 년, 월, 일), “기사명”, 매체명.
  - 고길동(2013. 5. 20), “박근혜 정부의 도시재생정책”, 동아일보.
  - Krugman, A. (2007, May 21), “Fear of Eating”, New York Times.

#### [인터넷 및 온라인 자료]

- ⑮ 인터넷 자료
  - 작성일자를 아는 경우: 저자명(기관명)(작성일자), “글제목”, (website이름,) URL.
    - 이길동(2013.7.22), “보행자 중심의 가로”, 한국도시계획가협회, [http://www.kiup.org/rg4\\_board](http://www.kiup.org/rg4_board)
    - Posner, R. (2010, Feb 21), “Double Exports in Five Years?”, The Becker-Posner Blog, <http://unchicagolaw.typepad.com/beckerposner/2010/02/double-exports-in-five-years-posner.html>.
  - 작성일자를 모르는 경우: 저자명(기관명), “글제목”, 읽은 날짜. (website이름,) URL.
    - 서울특별시, “2003년 서울시 통계연보”, 2014.8.1 읽음. <http://www.metro.seoul.kr/kor2003/main/index.html>.
    - McDonald's Corporation, “McDonald's Hapy Meal Toy Safety Facts”, Accessed July 19, 2009. <http://www.mcdonalds.com/corp/about/factsheets.html>.
- ⑯ 온라인 저널: 저자(발표년도), “제목”, 「정기간행물명」(영문은 이탤릭체), 권(호): 쪽수, DOI.
  - Kossinets, G. and D. J. Watts (2009), “Origins of Homophily in and Evolving Social Network”, *American Journal of Sociology*, 115: 405~450, doi: 10.1086/599247.

#### 제 16 조 (기타 등 표기)

1. 연구비의 출처와 사사(謝辭, acknowledgement)는 논문 첫 페이지의 각주에 기재하되, 저자의 소속과

직위 앞에 오도록 한다.

2. 편집위원회는 게재 확정된 논문의 저자명 다음에 원고접수일, 수정원고 접수일과 심사완료일을 기재한다.
3. 게재가 확정된 논문은 저자에게 요청하여 해당논문이 가지는 실무 및 정책적 시사점을 작성하여 결론 부분에 포함시킬 수 있도록 한다.

### 제 3 장 발간 및 기타

#### 제 17 조 (논문 교정)

1. 편집위원회는 심사자의 심사결과 및 수정 확인 결과 ‘게재가’로 최종 판정된 논문에 대해 최종 교정을 담당한다.
2. 편집위원회는 오타자, 비문(非文), 논리 전개의 오류, 논문의 편집 등을 교정하거나, 저자에게 수정을 요구할 수 있다.

#### 제 18 조 (논문의 게재순서)

1. 논문의 게재순서는 원칙적으로 편집분과별 구성의 순서를 따른다.

#### 제 19 조 (논문게재 편수 제한)

1. 동일한 호수의 논문집에 동일 투고자(주저자, 교신저자 및 공동저자)의 논문은 2편을 초과하여 게재할 수 없다.

#### 제 20 조 (심사료 및 투고료의 지급)

1. 「토지주택연구」에 투고하여 심사가 진행된 논문의 모든 심사자에게는 소정의 심사비를 지급하며, 심사비는 토지주택연구원 원장이 정하는 별도의 기준에 따른다. 단, 심사료는 해당 논문의 게재여부가 최종 확정된 뒤에 지급한다.
2. 주저자가 외부인으로 「토지주택연구」에 투고하여 게재된 논문에 한하여 소정의 투고료를 지급하며, 투고료는 토지주택연구원 원장이 정하는 별도의 기준에 따른다. 단, 투고료는 해당 논문이 최종 발간된 뒤에 지급한다.

#### 제 21 조 (발행 횟수와 시기)

1. 본지는 1년에 4회 발행하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 본지 편집위원회가 필요하다고 인정할 경우 발행횟수를 조정할 수 있다.
2. 본지 발행일은 3월 31일, 6월 30일, 9월 30일, 12월 31일로 한다. 다만, 발행횟수를 조정할 경우, 발행일은 본지 편집위원회에서 정한다.

#### 제 22 조 (발행 부수)

1. 본지의 발행부수와 인쇄의 질 등은 편집위원회에서 정한다.

제 23 조 (논문게재 요청 및 저작권 이양 동의)

1. 토지주택연구에 투고하는 논문의 대표저자는 토지주택연구 논문 저작권 이양 동의서에 서명하여 제출하여야 한다.

부 칙

제 1 조 (시행일)

이 규정은 2025년 3월 21일부터 시행한다.

[별표 1]

「토지주택연구」 투고논문 저자 수정 요청서 양식(안)

논문명	
수정요청 내용	(당초) (수정)
수정요청 사유	

「토지주택연구」 발간 및 편집규정 제8조제4항에 따라 위와 같이 논문저자 수정을 요청합니다.

년 월 일

저자 1	소속:
	직위:
	성명: (인)
저자 2	소속:
	직위:
	성명: (인)
저자 3	소속:
	직위:
	성명: (인)
저자 4	소속:
	직위:
	성명: (인)

\* 투고 당시의 모든 저자가 서명하여야 하며, 필요시 난을 추가하여 기입하십시오.

# 「토지주택연구」 심사규정

2010. 07. 23 제정  
2020. 01. 17 개정  
2020. 08. 04 개정  
2020. 12. 04 개정  
2021. 07. 22 개정  
2021. 12. 23 개정  
2022. 11. 10 개정  
2024. 01. 18 개정

## 제 1 조 (목적)

이 규정은 토지주택연구 편집위원회 규정 제4조에 규정된 「토지주택연구」 투고원고에 대한 심사기준 및 절차에 관한 지침을 정함을 목적으로 한다.

## 제 2 조 (원고모집 공고)

1. 편집위원회는 토지주택연구와 관련 학회의 학술지 및 홈페이지 등에 원고모집에 관한 사항을 게시한다.
2. 원고모집을 공고함에 있어서는 투고절차, 논문작성 및 문헌인용방법, 심사기준 및 절차에 관한 기본적인 사항을 고지하여야 한다.

## 제 3 조 (원고접수)

1. 편집위원회 간사(이하 편집간사)는 원고를 접수하고, 각 투고자에게 접수결과를 통보한다.
2. 편집간사는 투고자의 인적사항, 논문제목, 접수일자, 분량 등을 기재한 접수결과표를 작성하여 편집위원장에게 송부한다.
3. 편집위원장은 원고가 편집위원회에서 정한 발간 및 편집규정에 현저히 위배된다고 판단하는 경우에는 투고자에게 수정을 요구할 수 있다.

## 제 4 조 (심사위원의 선정 및 심사원고 송부)

1. 편집위원장은 각 투고원고에 대해 3인의 심사위원을 선정하고, 각 심사위원에게 심사기한을 정해주고 심사원고를 송부한다. 논문 심사기간은 원칙적으로 2주 이내로 한다.
2. 심사위원을 선정함에 있어서는 해당분야에 대한 심사위원의 전문성을 고려하고 심사의 공정성을 기할 수 있도록 유의한다. 투고자와 동일한 소속기관에 종사하는 자 등 심사의 공정성을 해칠 우려가 있는 심사자의 위촉은 원칙적으로 배제한다.
3. 심사원고에는 투고자의 인적사항이 기재되어서는 안 되며, 이미 기재되어 있거나 내용 가운데 인적 사항을 추론할 수 있는 부분은 삭제한다.

## 제 5 조 (투고원고에 대한 심사)

1. 심사위원은 투고원고를 심사 후 심사평가서(심사의견, 판정결과)를 작성하여 심사기간 내에 온라인 저널투고시스템에 제출토록 한다.
2. 심사위원은 투고원고를 심사함에 있어서 주제의 창의성, 연구방법의 적절성, 내용의 완결성, 논문작성

및 문헌인용방법의 정확성, 연구결과의 학문적 기여도 등을 심사기준으로 한다.

## 제 6 조 (투고원고에 대한 게재여부의 결정)

1. 편집위원장은 심사위원의 심사평가가 완료된 후 투고원고에 대한 게재여부의 결정을 위한 편집회의를 개최한다.
2. 편집위원장은 심사결과표를 작성하여 편집회의에 보고하고, 편집회의에서는 이를 토대로 게재여부를 결정한다. 다만 투고원고의 게재여부에 대한 최종결정이 있을 때까지 투고자 및 심사위원의 인적사항이 공개되지 않도록 유의하여야 한다.
3. 투고원고에 대한 게재여부 판정은 다음 심사기준표의 기준에 의해 게재가, 수정후게재, 수정후재심, 게재불가를 판정한다.

심사위원1	심사위원2	심사위원3	심사결과
게재가	게재가	게재가	게재가
게재가	게재가	수정후게재	수정후게재
게재가	게재가	수정후재심	수정후게재
게재가	게재가	게재불가	수정후게재
게재가	수정후게재	수정후게재	수정후게재
게재가	수정후게재	수정후재심	수정후게재
게재가	수정후게재	게재불가	수정후게재
게재가	수정후재심	수정후재심	수정후재심
게재가	수정후재심	게재불가	수정후재심
게재가	게재불가	게재불가	게재불가
수정후게재	수정후게재	수정후게재	수정후게재
수정후게재	수정후게재	수정후재심	수정후게재
수정후게재	수정후게재	게재불가	수정후게재
수정후게재	수정후재심	수정후재심	수정후재심
수정후게재	수정후재심	게재불가	수정후재심
수정후게재	게재불가	게재불가	게재불가
수정후재심	수정후재심	수정후재심	수정후재심
수정후재심	수정후재심	게재불가	수정후재심
수정후재심	게재불가	게재불가	게재불가
게재불가	게재불가	게재불가	게재불가

### ※ 심사판정 기준

- ① 게재가: 현재 상태로 논문을 그대로 토지주택연구에 게재해도 되는 경우
- ② 수정후게재: 경미한 수정을 한 후 추가 심사절차 없이 토지주택연구에 게재해도 되는 경우(다만, 수정후게재에 해당하는 판정에 대해서도 위원회에서 게재 전에 수정한 결과를 확인할 필요가 있을 경우 위원회에 알릴 수 있다.)
- ③ 수정후재심: 논문의 내용 및 방법론에 문제가 있으나, 수정이 가능하고 심사자가 수정결과를 확인



하고자 다시 심사를 해야 하는 경우

- ④ 게재불가: 논문의 내용 및 방법론에 결정적인 문제가 있어 수정이 불가능하다고 여겨지는 경우
4. 게재불가로 판정받은 논문을 재투고할 경우는 게재불가 사유로 지적된 내용을 반영하여 재투고할 수 있다.
5. 재투고 논문의 제목과 내용은 기존논문과 달라야 하며 재투고가능여부는 편집위원회에서 결정한다. 다만, 이 경우 다른 원고와 동일한 조건에서 심사과정을 거치게 된다.
6. 편집위원장은 게재가 확정된 논문에 한해 표절검사를 실시하고, 그 결과를 바탕으로 저자에게 수정을 요구할 수 있다.

#### 제 7 조 (심사결과 통보, 논문 수정기간 및 이의 신청)

1. 편집위원장은 편집회의 후 즉시 각 투고자에게 결정 결과 및 이유, 사후 절차를 내용으로 하는 공문을 발송한다.
2. 게재가 또는 수정후게재인 경우 투고자는 심사결과를 통보받은 후 6개월 이내에 최종본을 제출하여야 하며, 부득이한 경우 6개월을 연장할 수 있다.
3. 수정후재심인 경우 투고자는 심사결과를 통보받은 후 원칙적으로 3개월 이내에 수정논문을 제출하여야 하며, 그렇지 않은 경우 논문투고를 포기한 것으로 간주한다. 단, 수정논문을 3개월 이내에 제출할 수 없을 경우에는 사전에 사유서를 제출하여야 하고, 편집위원회가 사유를 인정하면 허용된다.
4. 게재불가 결정을 받은 투고자는 편집위원장에게 이의신청을 할 수 있으며, 편집위원장은 이의신청에 대해서 가결 또는 기각여부를 결정한다.
5. 편집위원장이 이의신청에 대해 가결을 결정한 때에는 심사위원을 다시 선정하고 심사를 의뢰하여 그 결과에 따라 게재가 또는 게재불가 결정을 한다.

#### 제 8 조 (최종원고의 제출, 교정 및 편집)

1. 게재가의 결정을 통보 받은 투고자는 정해진 기간 내에 최종원고를 작성하여 편집간사에게 제출한다.
2. 최종원고에 대한 교정 및 편집에 관한 사항은 편집위원장이 결정하며, 필요한 때에는 최종원고를 투고자에게 송부하여 교정을 볼 수 있게 할 수 있다.

#### 제 9 조 (논문게재예정증명서의 발급)

편집위원장은 학술지 발행 이전에 최종적으로 게재가 확정된 원고에 대하여 투고자의 신청이 있는 경우에는 ‘논문게재 예정증명서’를 발급한다.

#### 제 10 조 (게재논문의 전자출판)

게재가 확정된 논문은 전자출판을 원칙으로 한다.

## 부 칙

#### 제 1 조 (시행일)

이 규정은 2024년 01월 18일부터 시행한다.

# 「토지주택연구」 편집위원회 규정

2010. 07. 23 제정  
2016. 07. 29 개정  
2020. 01. 17 개정  
2020. 12. 04 개정  
2024. 02. 21 개정

## 제 1 조 (목적)

이 규정은 한국토지주택공사 토지주택연구원(이하 ‘LHRI’라 칭함)의 「토지·주택·도시와 관련된 정책·제도 및 건설·환경분야 학술지」(이하 ‘토지주택연구’ 이라 칭함) 발간을 위한 편집위원회의 구성과 운영에 관한 사항을 정함을 목적으로 한다.

## 제 2 조 (구성)

1. 편집위원의 구성은 LHRI 및 국내외의 국토·주택, 도시, 부동산, 건축, 토목 등 각 연구분야 전문가로 위촉하며 외부위원의 수가 전체 편집위원회의 과반수가 되도록 한다.
2. 편집위원장을 제외한 편집위원은 편집부위원장, 편집분과장, 내외부 편집위원으로 구성한다.
3. 「토지주택연구」의 국제화를 위하여 영문초록 등의 질을 제고할 수 있도록 Abstract Editing Committee를 구성한다.

## 제 3 조 (편집위원의 선임 및 임기)

1. 편집위원장은 LHRI 원장이 선임한다.
2. 편집부위원장, 편집분과장과 편집위원은 편집위원장이 추천하고 LHRI 원장이 선임한다.
3. LHRI 원장은 위원회의 업무를 효율적으로 지원하기 위하여 간사를 선임할 수 있다.
4. 편집위원의 임기는 2년으로 하며, 연임할 수 있다.

## 제 4 조 (편집위원장의 업무)

편집위원장의 주요업무는 다음과 같다.

1. 편집위원 추천과 편집분과장회의와 편집위원회 소집 및 운영
2. 학술지 편집에 관한 내용 기획 및 총괄
3. 투고된 원고의 심사를 위한 심사위원 선임, 심사의뢰 및 심사내용 통보
4. 윤리위원회 구성, 연구윤리위반 사항 발생시 윤리위원회에 심의 의뢰 및 윤리위원회의 결정을 당해 투고자에 통보
5. 기타 편집위원회 운영에 필요한 업무

## 제 5 조 (편집부위원장 및 편집분과장의 업무)

편집부위원장과 편집분과장의 주요업무는 다음과 같다.

1. 편집위원장 주관 편집분과장회의 참석
2. 편집부위원장은 편집위원장 유고시의 업무대행
3. 해당분과 편집위원 추천과 분과위원회 소집 및 운영
4. 해당분과 학술활동 기획 및 건의
5. 해당분과 투고논문 심사위원 추천
6. 편집위원장 판정 해당논문의 게재여부 판정에 대한 지원
7. 기타 편집위원장이 요청한 사항과 편집분과의 운영에 필요한 업무

## 제 6 조 (편집위원회의 업무)

이 위원회의 주요업무는 다음과 같다.

1. 학술지의 편집 및 출판, 원고의 모집 및 게재여부 판정 등 학술지 편집에 관한 제반업무를 관장
2. 투고 및 심사 등 편집위원회의 업무와 관련된 지침의 제·개정
3. 기타 편집위원장이 필요하다고 판단하는 업무

## 제 7 조 (운영)

1. (정기회의) 편집위원회는 학술지 발행과 맞추어 연 4회 개최한다.
2. (임시회의) 편집위원장이나 편집위원 과반수의 요구가 있는 경우 편집위원장이 소집할 수 있다.
3. 본 위원회의 의결은 편집위원 1/3 이상의 출석과 출석위원 과반수의 찬성에 의한다.
4. 다만, 사전에 위임한 자는 출석한 것으로 간주한다.

## 제 8 조 (편집위원 회의비)

편집위원이 편집위원회와 관련된 회의에 참석하는 경우, LHRI 원장이 정하는 별도의 기준에 따라 소정의 회의비가 지급된다.

# 부 칙

## 제 1 조 (시행일)

이 규정은 2024년 02월 21일부터 시행한다.

# 「토지주택연구」 윤리규정

2010. 07. 23 제정  
2020. 01. 17 개정  
2021. 05. 14 개정  
2021. 07. 22 개정  
2022. 07. 22 개정  
2024. 01. 18 개정

## 제 1 장 총 칙

### 제 1 조 (목적)

이 규정은 「토지주택연구」의 연구활동과 관련하여 연구윤리를 확립하고 연구부정행위를 사전에 예방하며, 연구부정행위 발생시 공정하고 체계적인 진실성 검증과 처리를 위한 편집위원회 산하 연구윤리위원회(이하 ‘윤리위원회’라 한다)의 운영에 관한 기본적인 사항과 연구윤리위반에 대한 조치, 그 절차 등 제반사항을 규정함을 목적으로 한다.

### 제 2 조 (연구윤리규정 서약)

「토지주택연구」에 투고한 저자는 연구윤리규정(이하 ‘윤리규정’이라 한다)에 서약한 것으로 간주한다.

### 제 3 조 (연구윤리규정 위반 행위 범위)

연구윤리규정 위반행위는 다음의 연구부정행위와 명예침해 행위를 포함한다.

1. 연구의 부정행위는 다음 각호와 같이 연구의 제안·수행 및 연구결과의 발표과정에서 위조·변조·표절·부당한 저자표시·자료의 중복사용 등으로 연구의 진실성을 해치는 행위를 말한다.
  - 가. ‘위조’라 함은 자료나 연구결과를 허위로 만들고 이를 기록하거나 보고하는 행위를 한다.
  - 나. ‘변조’라 함은 연구와 관련된 자료·과정·결과를 사실과 다르게 변경하거나 누락시켜 연구가 진실에 부합하지 않도록 하는 행위를 말한다.
  - 다. ‘표절’이라 함은 원저자의 아이디어·논리·고유한 용어·데이터·연구과정·분석체계·연구 결과 등을 출처를 밝히지 않고 임의로 활용하는 경우와 출처를 밝혔지만 인용부호 없이 타인의 저술이나 논문의 문구와 아이디어 등을 원문 그대로 옮기는 경우를 말한다.
  - 라. ‘부당한 저자 표시’는 연구내용 또는 결과에 대하여 학술적 공헌 또는 기여를 한 사람에게 정당한 이유 없이 저자자격을 부여하지 않거나, 학술적 공헌 또는 기여를 하지 않은 자에게 저자 자격을 부여하는 행위를 말한다.
2. 중복 게재와 관련된 사항은 다음을 따른다.
  - 가. 국내 한국연구재단 등재지, 등재후보지 또는 국외 학술지에 게재된 논문이나 이와 유사한 논문은 「토지주택연구」에 투고, 게재할 수 없다.

- 나. 교내학술지 등 한국연구재단 등재지나 등재후보지가 아닌 학술지에 게재된 논문은 수정·보완된 경우에 한하여 「토지주택연구」에 투고, 게재할 수 있으며, 이 경우 반드시 그 수정·보완 사실을 명시하여야 한다.
  - 다. 학술대회 등에서 발표된 논문이나 그 일부를 그대로 또는 수정·보완하여 「토지주택연구」에 투고하는 경우에는 반드시 그 사실을 명기하여야 한다.
  - 라. 연구보고서나 그 일부를 그대로 또는 수정·보완하여 「토지주택연구」에 투고하는 경우에는 반드시 그 사실을 명기하여야 한다.
3. 「토지주택연구」에 투고하는 논문은 국내 다른 한국연구재단 등재지, 등재후보지나 국외 학술지에 동시에 또는 선·후에 관계없이 중복 투고할 수 없으며, 그 대상은 심사과정 중에 있는 논문을 포함한다.
  4. 투고논문에 대한 심사를 의뢰 받은 심사자는 본 윤리규정을 준수하여 심사하여야 한다.
  5. 정당한 이유 없이 타인의 명예를 침해하는 표현을 사용하는 행위를 포함한다.
  6. 투고자는 이해상충, 특수관계인 정보제공, 생명윤리, 젠더혁신정책 등 윤리준수 사항을 준수하고, 편집위원회와 논문심사자는 공정한 심사를 위해 관련 규정을 준수하여야 한다.

#### 제 4 조 (연구윤리규정 위반행위 판정 및 벌칙)

1. 연구윤리규정 위반에 대한 제보가 있으면, 편집위원장은 검증조사를 위한 필요한 조치를 취한다.
  - 가. 편집위원장은 위반내용을 확인하고 연구윤리위원회 심의안건으로 상정한다.
  - 나. 연구윤리위원장은 필요시 조사위원회를 선임하여 검증절차를 진행한다.
  - 다. 편집위원장은 윤리위원회의 판정결과와 사유를 당해 투고자에게 통보한다.
  - 라. 피조사자가 이의신청을 한 경우 윤리위원장은 재판정을 위하여 윤리위원회를 개최하고 조사위원회와 제보자, 피조사자의 진술을 듣는다.
2. 조사결과 위반행위가 인정된 경우 다음의 조치를 취한다.
  - 가. 편집위원장은 홈페이지와 토지주택연구에 연구윤리규정 위반행위에 대해 공시한다.
  - 나. 당해 투고논문은 게재 취소되며, 이미 게재된 논문에 대해서는 토지주택연구 논문목록에서 삭제한다.
  - 다. 당해 투고자는 향후 3년 동안 토지주택연구에 투고하는 것을 금지한다.

## 제 2 장 연구윤리위원회

#### 제 5 조 (구성)

본 운영규정의 목적을 달성하기 위하여 연구윤리위원회를 설치하여 운영한다.

1. 제보 등으로 연구윤리위반의 의심이 드는 때에는 편집위원장이 윤리위원회를 구성한다.
2. 윤리위원회 위원은 편집위원회 위원장이 선임한다.
3. 윤리위원회는 편집위원장을 포함하여 7인 이내로 구성한다.

4. 윤리위원회 위원장은 편집위원이 아닌 위원 중에서 호선으로 한다.
5. 윤리위원회의 간사는 본 편집간사가 겸하며, 간사는 의결권을 가지지 아니한다.

#### 제 6 조 (기능)

위원회는 「토지주택연구」의 연구윤리 확립과 관련된 다음 각호의 사항을 심의·의결한다.

1. 연구부정행위의 조사에 관한 사항
2. 연구부정행위 조사결과의 처리 및 후속조치에 관한 사항
3. 기타 연구윤리의 확립과 관련하여 위원장이 부의하는 사항

#### 제 7 조 (심의 및 의결)

1. 위원회 회의는 위원 과반수의 출석과 출석위원 3분의 2이상의 찬성으로 의결한다.
2. 심의·의결의 공정을 기하기 어려운 사유가 있는 위원은 당해 심의·의결에 관여할 수 없다.
3. 연구윤리규정위반 심사대상자에게는 결정에 앞서 소명의 기회를 부여하여야 한다.
4. 필요한 경우 위원이 아닌 자를 회의에 참석시켜 의견을 들을 수 있다.
5. 회의는 비공개를 원칙으로 한다.
6. 기타 사항은 위원회에서 결정한다.

#### 제 8 조 (위원회 및 위원의 준수사항)

1. 위원회 및 위원은 본 연구윤리 규정에 의거하여 심의·의결하여야 한다.
2. 위원회 및 위원은 제보자의 신원 등 위원회 직무와 관련하여 취득한 사항에 대하여 비밀을 유지하여야 한다.

#### 제 9 조 (비밀유지의 의미 등)

1. 위원회는 제보자를 보호하고 피조사의 명예를 부당하게 침해하지 않도록 노력하여야 한다.
2. 제보·조사·심의·의결 및 건의 등과 관련된 일체의 사항은 비밀로 하되, 상당한 공개의 필요성이 있는 경우 위원회의에서 의결을 거쳐 공개할 수 있다.
3. 위원회에 참여한 위원은 심의·의결 등의 조사과정에서 취득한 정보를 누설해서는 안된다.

#### 제 10 조 (경비)

LHRI는 위원회의 운영에 필요한 경비가 발생할 경우 예산의 범위 내에서 지급할 수 있다.

### 부 칙

#### 제 1 조 (시행일)

이 규정은 2024년 01월 18일부터 시행한다.



## 「토지주택연구」 논문을 모집합니다

한국토지주택공사 토지주택연구원(LHRI)은 토지·주택·도시 분야에서 정책과 기술을 망라하는 학술교류의 장을 마련하기 위해 「토지주택연구(Land and Housing Review)」를 발간하고 있습니다. “토지·주택·도시와 관련된 정책·제도 및 건설·환경분야”의 논문을 수시로 모집하고 있사오니 관심있는 분들의 많은 투고를 바랍니다.

- 원고매수: A4 용지 2단 편집 10매 내외
- 논문분야: 토지·주택·도시와 관련된 정책·제도 및 건설·환경 기술 분야

인문·사회 (Humanities & Social Science)	국토(국토 및 지역계획, 도시행정, 해외 및 북한도시개발 등), 주택(주거복지, 주택관리, 주거학 등)
	도시(도시계획, 생태·환경계획, 조경·경관계획 교통계획, 공간정보 등)
	부동산(토지·부동산시장분석, 부동산금융, 부동산 개발, 주택경제 등)
공학·기술 (Engineering Science & Technology)	건축(건축계획 및 설계, 건축구조, 건축환경, 건축설비 및 에너지, 건축시공 등)
	토목(지반, 도로, 구조재료, 토목환경, 건설관리, 스마트건설, 수자원 등)

- 작성방법
  - 원고는 「토지주택연구」 논문작성 방법에 따라 작성해야 합니다.
  - 「토지주택연구」의 논문작성 방법 등 관련 양식 및 규정은 토지주택연구원 홈페이지 ‘논문투고’ 메뉴를 참조하시기 바랍니다.

- 논문접수: 수시모집
- 발간주기: 계간(3월 31일, 6월 30일, 9월 30일, 12월 31일)

- 제출처 및 문의
  - 제출처: 토지주택연구원 홈페이지(<https://lhri.lh.or.kr>) 메인화면 ‘논문투고’
  - 문 의: Tel) 042-866-8562, Fax) 042-866-8638, E-mail) [lhreview@lh.or.kr](mailto:lhreview@lh.or.kr)

※ 「토지주택연구」는 토지·주택·도시와 관련된 정책·제도 및 건설·환경기술 관련 연구를 장려하기 위해 투고료 및 심사료를 받지 않습니다.



- 1 Key Factors Analysis for Housing Characteristics and Housing Insecurity among Rooftop Housing Residents in Seoul, Korea  
Jung-Hi Ko · Mi-Hwa Lim · Duck-Rye Kim
- 19 Analyzing Housing Consumption Trends among the Young Generation: Focusing on the Impact of Marriage and Childbirth Plans  
Hyeontaek Park · Jinyhup Kim
- 35 Flood Risk Prediction Using the Grid-Based Machine Learning Models in Incheon  
Minju Jeong · Kichan Kim · Chang Kil Lee · Hyun Woo Kim
- 49 Development of Local Vitality-Extinction Indices Considering Local Production and Consumption Characteristics  
Soohyun Joo · Seonggu Kang · Seohyun Kim · Suhram Yoon · SangHyun Cheon
- 69 A Study on the Impact of Apartment Reverse Chonsei on Chonsei Guarantee Accidents  
Sung-Chan Kim · Joo-Han Sung
- 89 Sequential Spillover Effect between Greater Seoul and Adjacent Regional Housing Markets : Application of the Panel VECM  
Wonseok Seo
- 105 A Study on the Distribution and Spatial Correlation of Densely Populated Underground Housing Areas in Seoul: Focusing on Flood Risk Areas and Vulnerable Household Residential Areas  
Jaebin Lim · Kiseong Jeong
- 121 Energy Performance Analysis of Horizontal Solar Cell integrated Windows in Office Building  
A Young Kim · Bo Rang Park · Yong Gi Jung · Jin Woo Moon
- 131 Integrated Design Process for Performance and Aesthetic Evaluation of PV System in Zero-Energy Building Plans  
I-Re Kim · Jun-Hwan Park · Seung-Hyo Baek
- 143 Thermal Environment and Energy Performance Evaluation of Indoor Environment Control Using Metabolic Rate Estimation Model  
Ji-Young Yun · Eun-Ji Choi · Hae-Won Lee · Jin-Woo Moon
- 153 Dynamic Behaviour Characteristics of Pile-Supported Structure Installed in Horizontal and Inclined Ground through Centrifuge Model Tests  
Jungwon Yun
- 165 Settlement Estimation via Curve Fitting Excluding Designer's Subjective Data Adjustments  
Donghwan Kim · Sungwoo Moon

