

원자력시설의 잠재적 위험이 한빛원전 인근지역 토지가격에 미치는 영향

The Effect of Nuclear Power Plant Facilities on Land Prices in Near HNPP

신정훈* · 이춘원**

Shin, Jeong-Hoon · Lee, Choon-Won

Abstract

This study used data from the standard land price provided by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport and the Korea Real Estate Board to analyze the impact of the potential risks of nuclear facilities on land prices near Hanbit Nuclear Power Plant. To explain the impact of potential risks on land prices, the following conclusions were drawn using the Difference In Difference method of standard land price in other regions (Treated Groups) with no nuclear facilities near Hanbit Nuclear Power Plant (Control Groups) and similar to Hanbit Nuclear Power Plant. First, the difference in the standard land price between the Treated Group before and after the Fukushima nuclear disaster occurred is insignificant, but the difference in the standard land price increase rate between the Treated Group and the Control Group is 7.0% to 10.1%. These results confirmed that the potential risk of nuclear facilities affects the change in the standard land price in the area near the Hanbit Nuclear Power Plant. Second, economic actors, governments, and related relationships participating in the land transaction market interpreted that the risk avoidance of external information revealed by the Fukushima nuclear disaster was reflected in the asset value change of relative land price decline. Third, the standard land price between HNPP neighborhood and external area, which has potential risks of nuclear facilities after the Fukushima nuclear accident, is on the rise through change analysis, but the results of Difference In Difference method suggest that social costs have occurred. These results generally confirmed that the benefits of nuclear power plants are fairly distributed to the entire country, but social costs arise in the nearby area where the facilities are located, causing disadvantages to local residents.

주 제 어: 잠재적 위험, 이중차분법, 표준지공시지가, 원자력시설

Keyword: Hazard, Difference-in-Differences, Land Prices, Nuclear Power Plant Facilities

* 광운대학교 일반대학원 부동산법무학과 박사과정(주저자: hoon6433@naver.com)

** 광운대학교 법학부 교수, 법학박사(교신저자: lcw@kw.ac.kr)

I. 서론

2020년 9월 말 기준, 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency, IAEA)의 발전용원자로 정보시스템(Power Reactor Information System, PRIS)에 의하면 전 세계에서 가동 중인 원전은 442기, 건설 중 원전은 54기이며, 총 35개의 국가가 원전을 보유하고 있는 것으로 보고된다. 이중 우리나라는 전 세계 가동 중인 원전 수 대비 약 5.4%인 24기의 원전을 보유하고 있으며, 건설 중 원전의 경우 전 세계 약 7.4%인 4기를 건설 중으로 전체 원전 점유율은 약 5.7%(6위) 수준에 해당한다.¹⁾ 또한, 한국전력공사에서 발표한 연도별 한국전력통계에 따르면, 2021년 국내 에너지원별 발전량 비중은 석탄 34.3%, 가스 29.2%, 원자력 27.4%, 신재생 7.5% 등으로 나타나 원자력 발전소 및 관련 시설이 대한민국 국토에서 차지하는 비중이 높음을 알 수 있다.

원자력 발전소에서 발생하는 중대사고는 발생확률은 낮지만, 일단 발생하면 장기적·광역적 피해가 발생할 수 있다.²⁾ 2011년 3월 발생한 일본의 후쿠시마 원전사고는 국내 원전 시설물 주변에 거주하고 있던 우리나라 지역 주민에게 직·간접적으로 방사능 물질 노출 가능성 우려와 두려움을 주었다.³⁾ 에너지경제연구원이 발표한 2011년 원전에 대한 국민의식 조사에 따르면, ‘거주하는 도시(지역)에 원자력발전소가 건설된다면 어떻게 하시겠습니까?’에 반대한다는 의견이 70.5%, ‘원자력발전소 주변에 살면 질병에 걸릴 가능성이 높다’에 동의하는 의견이 62.8%로 나타났다.⁴⁾ 또한, 한국원자력문화재단이 발표한 2015년 원자력 국민 인식조사 결과에 따르면, ‘원자력발전소는 사고가 나지 않더라도 주변 환경에 방사능 오염을 일으킨다’에 동의하는 비율이 62%, ‘원자력발전소 주변에 살면 암과 같은 질병에 걸릴 가능성이 상대적으로 높다’에 동의하는 비율이 78%로 나타났다.⁵⁾

이처럼 2011년, 2015년 도출된 자료를 토대로 원자력발전소 및 관련 시설에 대한 대중 인식이 상당한 수준의 위험으로 인지하고 있음을 볼 수 있다. 이러한 원자력 시설에 대한 부정적 인식은 원자력시설 주변의 토지가격에 부정적인 영향을 끼칠 것으로 추측할 수 있다.⁶⁾

따라서 본 연구는 원자력 시설이 갖는 잠재적 위험과 토지가격의 관계를 규명하고자 한다. 연구대상 및 분석방법으로는 국내 원자력 발전소 중 유일하게 서해 바다와 인접한 곳에 위치한 한빛원자력발전소(Hanbit Nuclear Power Plant, HNPP) 주변 지역 중 10km 이내 위치한 전라북도 고창군 상하면, 공음면, 해리면 그리고 전라남도 영광군 홍농읍, 범성면과 충청북도 영동군, 강원도 홍천군의 토지가격 변화를 후쿠시마 원전사고 이전과 이후를 아우르는 21년간(2002년-2022년)의

- 1) 한국원자력안전재단, 2021. 2020년 주요국 원자력안전규제 동향 보고서, 성남: 한국원자력안전재단.
- 2) Gamble, H.B, R.H. Dowling, 1982. "Effects of nuclear power plant on residential property values", *Journal of Regional Science*, 22(4): 457-478.
- 3) 서미숙·조홍중, 2018. "원자력발전소의 잠재적 위험성이 국내 주택가격에 미치는 영향: 후쿠시마 원전사고를 이용하여", 『에너지경제연구』 17(1): 317-346.
- 4) 이근대, 2011. 원전에 대한 국민의식 조사, 울산: 에너지경제연구원.
- 5) 한국원자력문화재단, 2015. 2015년 원자력국민인식조사, 서울: 한국에너지정보문화재단.
- 6) Nelson, J.P, 1981. "Three mile island and residential property values: empirical analysis and policy implications", *Land Economics*, 57(3): 363-372.

토지 표준지공시지가를 비교 분석하였다. 분석방법으로는 이중차분법(Difference-in-Difference)을 활용하여 처치를 받은 그룹(실험군)으로 한빛원자력발전소(Hanbit Nuclear Power Plant, HNPP) 주변 지역 중 10km 이내 위치한 지역을 선정하고, 처치를 받지 않은 그룹(대조군)으로 충청북도 영동군, 강원도 홍천군을 선정하여 두 집단 간의 특징 차이(중단면)를 제거하고, 시점에 따른 결과 변수의 변화(횡단면)가 얼마나 다르게 일어나는지 비교하고자 한다.

따라서 본 연구에서 선정한 연구대상 및 진행한 분석방법의 결과는 원자력시설의 잠재적 위험 인지가 원자력시설 주변의 토지가격에 영향을 미치는 정도를 도출할 수 있을 것으로 예상하며, 원자력시설이 갖는 잠재적 위험과 토지가격의 관계를 규명할 수 있을 것으로 기대한다.

II. 이론적 고찰

1. 개념 및 정의

본 연구에서는 원자력시설의 잠재적 위험이 토지가격에 미치는 영향을 연구 진행하고자 하였으며, 그 중에서도 한빛원전이 위치한 전라북도 고창군 및 전라남도 영광군 토지의 표준지공시지가를 기준으로 진행하였다. 또한, 본 연구에서는 원자력시설에 대한 지칭으로 사고 발생 가능성이 높다고 판단되는 원자력발전소로 한정하여 진행하였다.

1) 잠재적 위험

위험이란 생명손실, 부상, 자산파괴, 사회·경제학적 혼란 및 환경악화를 일으킬 수 있는 잠재적 파괴력을 가진 물리적 사건, 현상 및 인간활동이다. 이러한 사건은 특정 기간 내에 특정 지역에서 발생확률을 가지고 있으며, 강도를 가지고 있다.⁷⁾ 특히 위험은 확률로서 표현되는데 어떤 사고가 미래에 발생할 수 있는 가능성이다.

따라서 본 연구에서 잠재적 위험이란, 원자력 발전소가 위치함에 따라 발생할 수 있는 생명 및 재산의 손실이나 파괴를 일으킬 수 있는 사고가 발생할 수 있는 가능성이다.

2) 원자력 시설 및 원자력 사고

원자력 시설에는 원자력 발전소 및 연료를 취급하는 관련 시설이 포함되며, 방사성 물질을 생성·방출 및 안전과 관련한 시설도 포함한다. 원자력발전소(Nuclear Power Plant, NPP)란 원자력을 이용하여 전기를 생산하는 발전소이다. 원자핵이 붕괴하거나 핵반응을 일으킬 때 방출되는 에너지를 이용, 발전기를 돌려 전력을 생산하는 시설을 갖춘 곳이다.

원자력 사고란 원자력 손해를 일으켰거나 일으킬 수 있는 중대하고도 긴박한 위험이 있는 사건을 말하며, 발생확률은 낮지만 일단 발생하면 장기적·광역적 피해가 발생할 수 있다.

7) 윤홍식·조재명·최하정·황진상, 2015. 재난리스크 평가론, 서울: 문운당.

3) 표준지공시지가

표준지공시지가의 조사 및 평가의 목적으로는, 매년 1월 1일 기준의 토지에 대한 적정가격을 평가·공시하여 토지에 대한 감정평가의 기준과 개별공시지가 등 각종 행정목적에 위한 지가 산정의 기능으로 적용하기 위함이다.

부동산공시법 제3조 제1항에 따르면 국토교통부장관은 토지이용상황이나 주변 환경 기타 자연적·사회적 조건이 일반적으로 유사하다고 인정되는 일단의 토지 중에서 선정한 표준지에 대하여 매년 공시기준을 현재의 적정가격을 조사·평가하고, 중앙부동산가격공시위원회의 심의를 거쳐 이를 공시하는 평가의 근거가 있다.

표준지공시지가의 개념으로는, 「부동산 가격공시에 관한 법률」의 규정에 의한 절차에 따라 국토교통부장관이 조사·평가하여 공시한 표준지의 단위면적당(㎡) 적정가격을 말한다.

4) 이중차분법

이중차분법(Difference-in-Difference, DID)은 특정 집단에서만 변화가 반영되고, 다른 집단에서는 변화가 반영되지 않을 때 순수 효과를 파악할 수 있는 모형이다.⁸⁾ 이중차분법의 중요한 가정은 그림 1과 같이 평행 트렌드 가정(Parallel Trend Assumption)을 나타내는 것이다.⁹⁾ 즉, 처치를 받은 그룹(Treated Group, 실험군)이 만약 처치를 받지 않았다면 나타났을 결과 변수의 트렌드 변화는, 처치를 받지 않은 그룹(Control Group, 대조군)의 결과 변수의 트렌드 변화와 같다는 가정이다. 결과적으로 이중차분법은 인과 효과를 추론하기 위해 처치 시점 전·후로 처치를 받은 그룹과 처치를 받지 않은 그룹의 트렌드 변화가 얼마나 다르게 나타나는지를 측정한다.¹⁰⁾

일반적으로 이중차분법은 아래 수식(1)과 같은 모형으로 나타낼 수 있다.

$$Y = \alpha + \beta t + \gamma G + \delta Z + \epsilon \quad (1)$$

위 수식에서 Y는 반응 변수를 나타내며, t는 특정 정책이나 사건 이전이면 0의 값을, 이후면 1의 값을 갖도록 입력한다. G는 실험군에 해당하면 0, 아니면 1의 값을 가진다. Z는 t와 G의 곱으로, 특정 정책이나 사건 이후의 실험군에 해당하는 경우만 1의 값을 가진다. 나머지 알파, 베타, 감마, 델타는 최소제곱법을 통해 추정해야 하는 모수이다. 이처럼 이중차분법은 선형모형으로 표현되며, 0 혹은 1의 값을 갖는 두 변수의 교호작용을 고려한 회귀모형과 동일하다.

이중차분법에서 δ 값을 해당 정책이나 사건의 인과 효과로 다루는데, 이를 통계적 의미에서 식별(Identification)하려면 평행추세가정(Parallel Trend Assumption)이 관측되어야 한다. 평행추세 가정은 특정 사건이나 정책이 발생하기 이전에 반응 변수의 변화가 실험군과 대조군 사이에 비슷하게 유지되어야 한다는 가정이다. 평행추세 가정은 반응 변수의 변화를 시각적으로 확인하며 서로 간의

8) Khandker, Shahidur;Koolwal, Gayatri B.;Samad, Hussain, 2010. Handbook on Impact Evaluation : Quantitative Methods and Practices, Washington, D.C: The World Bank.

9) <https://www.aptech.com/blog/introduction-to-difference-indifferences-estimation/> / APTECH

10) 김자은, 2021. “방재지구의 지정 및 해제가 토지가격에 미치는 영향 비교 연구”, 부산대학교 대학원 박사학위논문.

변동에 큰 차이가 없는지를 확인하는 과정이 필요하다.

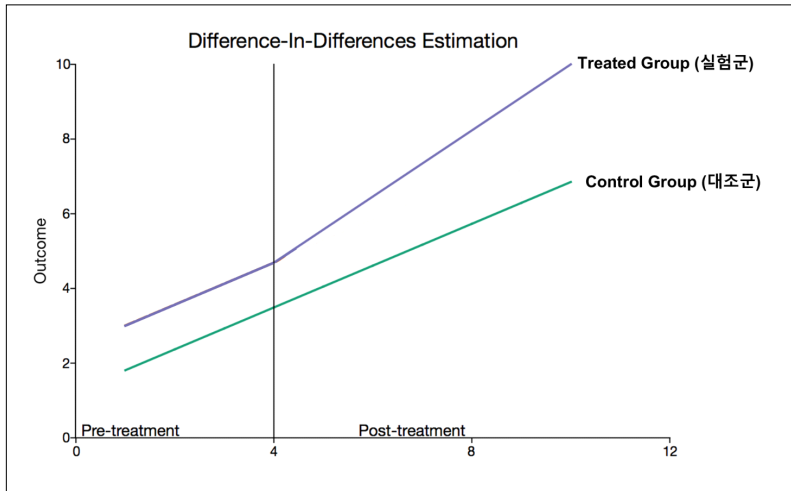


그림 1. 이중차분법, Difference-In-Differences Estimation

2. 선행연구 고찰

본 연구에서는 연구의 차별성 확보 및 잠재적 위험과 토지가격의 영향변수를 파악하기 위하여 잠재적 위험과 주택가격 관련 연구와 한빛원전 인접 지역 농산물의 가치 피해 관련 연구 등을 고찰하였다.

잠재적 위험과 주택가격 관련 연구는 본 연구의 차별성 확보를 위하여 고찰하였으며, 주요 선행연구 내용은 다음과 같다.

서미숙·조홍중(2018)은 원자력발전소의 잠재적 위험성이 국내 주택가격에 미치는 영향에 대한 연구를 통해 국내 주택 시장에서 후쿠시마 원전 사고 영향을 조사 및 분석하여 후쿠시마 원전 사고 발생은 아파트 주택 시장에 부정적인 영향을 미쳤으며, 주택 시장에 참가하는 경제 주체들은 후쿠시마 원전 사고 외부 정보에 대한 위험 회피 행위를 자산가치 변화로 실현했음을 보여주었다.

배정환(2013)은 선택실험설문에 의한 방사능 피폭 가능성에 대한 원자력 기술개발 종사자의 지불용의액 추정 연구를 통해 원전에 내재한 환경오염사고 위험성 분석을 진행하였고, 그 결과 선택실험법에 의해 방사능 위험도가 고용 보장성이나 근무 강도, 회사 입지보다 더 중요한 요인임을 밝히고, 방사선 피폭 가능성 감소에 대한 연간 지불용의 금액을 추정했다.

서정석·오지훈·김정섭(2020)은 재난위험 정보공개가 주택가격에 미치는 영향에 대한 연구를 통해 침수위험은 주택가격에 부정적인 영향을 미치고 있지만, 침수위험 정보공개 자체가 위험지역 내의 주택가격을 추가적으로 하락시키지 않는 것을 보여주었다.

원전 인접 지역 농산물의 가치 피해 관련 연구는 원자력발전소와 인접하여 소재하는 지역 중

하나인 전남 영광군에서 생산되는 주요 농산물의 가치가 소비자 측면에서 얼마나 저평가되는지를 파악하기 위하여 고찰하였으며, 주요 선행연구 내용은 다음과 같다.

김상태·김동훈·지인배(2020)은 한빛원전이 위치한 영광군에서 생산된 농산물에 대해 소비자의 지불의사금액 계측을 통해 피해 규모를 산정하는 연구를 진행하였다. 연구를 위해 영광군 출신 여부와 한빛원전의 영광군 내 위치에 대한 인지 여부 등을 고려하여 지불의사금액이 어떻게 달라지는지 분석하였으며, 이를 통해 한빛원전으로 인한 영광군 농산물 가치 피해 규모를 산정하였다. 그 결과 국가경제발전을 위해 지역에 건설된 원자력발전소의 외부효과로 인한 경제적 피해를 국가 또는 한빛원전 차원에서 어떻게 얼마나 보상해야 할 것인가에 대한 고민을 실증분석 결과로 도출하였다.

3. 본 연구의 차별성

잠재적 위험과 주택가격 관련 연구 및 원전 인접 지역 농산물의 가치 피해 관련 선행연구를 고찰한 결과 본 연구는 2가지 차별성을 가지고 연구를 진행할 수 있을 것으로 판단하였다.

첫째는 연구대상에 대한 차별성이다. 본 연구는 원자력시설의 잠재적 위험이 해당 시설이 위치한 인근지역 토지가격에 미치는 영향을 인식하고, 국내 원자력 발전소가 존재하는 지역 중 유일하게 서쪽 지방에 위치하고, 편서풍의 영향을 받아 상대적으로 피해 면적이 클 것이라고 예상 가능한 한빛원전 인근지역을 대상으로 연구를 진행하고자 하였다. 주택가격에 미치는 영향을 분석하는 연구가 있었으나, 원자력발전소 주변에는 다량의 주거시설이 위치하기 힘들다는 점을 고려하면 그 영향에 대한 연구결과를 활용하기 힘들다. 따라서 본 연구는 주택가격보다 영향이 광대한 직접적인 토지가격 분석을 시도하는 연구로 본 연구가 갖는 의미는 상당히 크다고 할 수 있다.

둘째는 연구대상 데이터에 대한 차별성이다. 본 연구는 원자력시설의 잠재적 위험이 해당 시설이 위치한 인근지역 토지가격으로 표준지공시지가를 활용하여 연구를 진행하고자 하였다. 부동산 및 토지가격은 각자의 개별적 특성을 나타내며, 다양한 특성 및 외부 요인으로 인하여 그 가치평가가 상이하다.¹¹⁾ 이러한 특성을 고려하여 토지에 대한 적정가격을 평가·공시하는 토지 표준지공시지가를 활용하여 객관성을 확보하고자 하였다. 따라서 본 연구는 상대적 객관성을 확보한 자료를 바탕으로 분석이 시도하는 연구로 본 연구가 갖는 의미는 상당히 크다고 할 수 있다.

11) 서진형, 2018. 최신 부동산학의 이해, 서울: 부연사.

Ⅲ. 연구방법

1. 연구설계

본 논문에서는 원자력시설의 잠재적 위험이 한빛원전 인근지역 토지가격에 미치는 영향을 알아보기 위하여 그림 2와 같은 연구흐름도 모형을 구성하여 연구를 진행하였다.

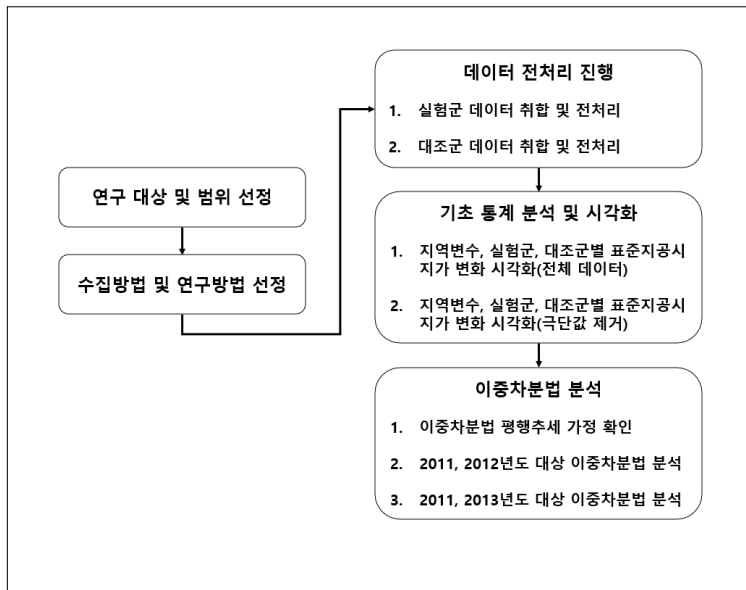


그림 2. 연구흐름도

본 논문에서 사용한 이중차분법 모형은 아래 수식(2)과 같이 구성하였다.

$$y_{ijt} = \alpha + \beta t + \gamma G_{ij} + \delta Z_{ijt} + \mu_r + \epsilon_{ijt} \quad (2)$$

여기서 μ_r 는 지역고정 효과로, 각 지역에 대한 더미 변수를 의미한다. y_{ijt} 는 t 시점에서 j 지역에 위치한 i번째 관측치의 표준지공시지가에 로그를 취한 값이다. 반응 변수에 로그를 씌운 회귀모형이기 때문에, 기존 가법(Additive) 형태의 해석이 아닌, 승법(Multiplicative) 형태 해석으로 진행하였다.

2. 분석 방법

본 연구를 위해 수집된 자료의 통계처리는 통계프로그램 R 4.1.1과 R4.1.2를 이용하여 분석하였다. 데이터 전처리를 위한 작업으로 통계프로그램 R Studio를 활용한 패키지로 dplyr과 tidyr을 사용하였고, 시각화를 위한 패키지로 ggplot2을 사용하였다. 더불어 이중차분법에서 공변량을 포함하는 경우와 아닌 경우를 표로 정리할 수 있도록 stargazer 패키지를 사용하였는데, 이는 계량경제학 분야에서 모형의 로버스트함을 보여주기 위해 일반적으로 많이 사용하는 패키지이다.

따라서 본 논문에서는 이중차분법(Difference-in-Difference, DID)을 활용하여 실험군과 대조군 두 집단 간의 특정 차이를 제거하고, 시점에 따른 결과 변수의 변화가 얼마나 다르게 일어나는지 비교하여, 원자력시설의 잠재적 위험이 주변 토지가격에 미치는 영향을 도출하였다.

3. 자료수집 및 기초 통계 분석

1) 연구범위 설정 및 자료수집

본 논문에서 사용하는 토지가격 관련 데이터는 국토교통부장관이 조사·평가한 표준지의 단위면적당(m^2) 적정가격을 공시하는 표준지공시지가이다.¹²⁾ 국토교통부장관은 매년 1월 1일 기준의 토지에 대한 적정가격을 평가·공시하여 토지에 대한 감정평가의 기준과 개별공시지가 등 각종 행정 목적을 위한 지가 산정의 기능으로 표준지공시지가를 제공하고 있다. 이러한 표준지공시지가를 사용한 이유는 표준지에 대하여 매년 공시기준일 현재의 적정가격을 조사·평가하고, 중앙부동산가격 공시위원회의 심의를 거쳐 이를 공시하기 때문에 원자력시설의 잠재적 위험이 토지가격에 미치는 영향을 확인할 수 있을 것을 기대하기 때문이다.

본 논문의 분석 기간 및 대상 지역은 다음과 같다. 분석기간은 후쿠시마 원전사고 이전과 이후로 구분하였다.¹³⁾ 따라서 총 시간적 분석 범위는 2002년부터 2022년까지이고, 공간적 분석 범위 중 처치를 받은 그룹(Treated Group, 실험군)으로는 한빛원전 HNPP에서 10km 이내 인접한 지역인 전라북도 고창군 공음면, 상하면, 해리면 그리고 전라남도 영광군 법성면, 홍농읍 지역을 대상으로 하고, 처치를 받지 않은 그룹(Control Group, 대조군)으로는 충청북도 영동군 매곡면, 강원도 홍천군 영귀미면을 대상으로 한다. 또한, 본 논문에서 사용한 데이터는 시간 범위 내 매 시점마다 동일한 관측 대상의 유효한 데이터만 선택하였다.

2) 기초 통계 분석

본 논문에서 설명 변수는 시간 변수를 제외, 범주형 변수로 구성하였다. 지역 변수의 경우

12) 부동산 가격공시에 관한 법률 제3조 제1항

13) 김주영, 2019. "도시재생사업이 사업지구 내 주택가격에 미치는 영향: 종로구 도시재생선도지역을 중심으로", 「도시재생」 5(1): 5-18.

A(전라북도 고창군), B(전라남도 영광군), C(충청북도 영동군), D(강원도 홍천군) 4개의 범주로 구성하였고, 실험군과 대조군 유무 변수는 실험군(A, B)과 대조군(C, D)으로 구성하였다. 시간 변수는 2002년에서 2022년까지 연간 단위로 구성하였다. 지역 변수는 각 관측값의 지역명으로 총 71개의 지역(리 단위)으로 구성하였다. 반응 변수는 토지가격인 표준지공시지가이며, 연속형 변수이다. 지역 변수별 관측값은 표 1에서 서술하였다.

표 1. 지역 변수 범주별 관측값 수

지역 변수		관측값 수	
실험군	A(전라북도 고창군)	327	536
	B(전라남도 영광군)	209	
대조군	C(충청북도 영동군)	75	139
	D(강원도 홍천군)	64	

본 논문에서의 처치 변수인 후쿠시마 원전사고는 2011년 3월 발생한 재난이다. 따라서 이중차분법에서 중점적으로 다루고자 하는 시간 범위는 2011년부터 2013년까지 3개년이고, 실험군 및 대조군 별 표준지공시지가 기초 통계는 표 2로 정리하였다. 또한, 실험군 및 대조군 별 평균 표준지공시지가 변화는 그림 3과 같이 정리하였다.

표 2. 실험군, 대조군 별 표준지공시지가 기초 통계량

구분	실험군(A, B) 평균 표준지공시지가			대조군(C, D) 평균 표준지공시지가		
	2011년 (원/㎡)	2012년 (원/㎡)	2013년 (원/㎡)	2011년 (원/㎡)	2012년 (원/㎡)	2013년 (원/㎡)
최솟값	330	340	370	280	310	330
1사분위수	4000	4100	4200	4850	5250	5550
중위수	4900	5000	5200	9100	10000	10500
평균	11031	10991	11162	11841	13277	13930
3사분위수	5800	6000	6200	13500	14750	15750
최댓값	340000	340000	339000	88000	88000	90000

표 2 및 그림 3을 분석하면, 실험군 및 대조군 별 평균 표준지공시지가 변화 모두 흐르는 시간에 따라 모두 증가하는 결과를 확인할 수 있다. 다만, 일본에서 발생한 원자력 재난인 후쿠시마 원전사고가 발생한 전후인 2011년과 2012년 표준지공시지가 평균 변화를 살펴보면, 실험군은 2011년 대비 평균값이 감소한 것에 반해, 대조군은 상승한 것을 확인할 수 있다.

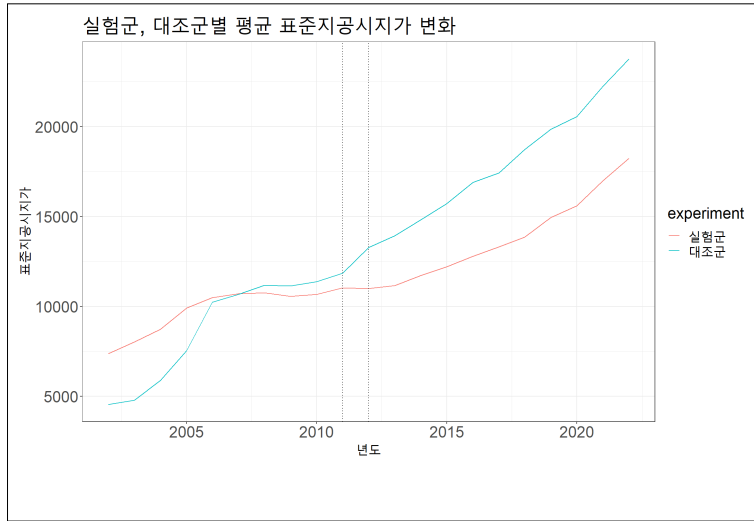


그림 3. 실험군 및 대조군 별 평균 표준지공시지가 변화

3) 극단값 제거 기초 통계 분석

앞서 기초 통계 분석에서는 지역 변수 범주 중 A, B, C에 극단값이 존재함을 알 수 있다. 극단값의 존재 및 해당 데이터를 포함한 분석은 왜곡된 통계 분석을 도출할 위험이 있다.¹⁴⁾ 따라서 본 논문에서는 극단값을 제거한 기초 통계 분석을 표 3 및 그림 4로 정리하였다.

표 3. 극단값 제거한 실험군, 대조군 별 표준지공시지가 기초 통계량

구분	실험군(A, B) 평균 표준지공시지가			대조군(C, D) 평균 표준지공시지가		
	2011년 (원/㎡)	2012년 (원/㎡)	2013년 (원/㎡)	2011년 (원/㎡)	2012년 (원/㎡)	2013년 (원/㎡)
최솟값	330	340	370	280	310	330
1사분위수	4000	4100	4200	4525	4975	5200
중위수	4800	5000	5100	8800	9500	9800
평균	5434	5654	5887	10110	11405	11987
3사분위수	5600	5800	6075	12000	13500	14000
최댓값	45000	45000	45500	35000	40000	43000

표 3 및 그림 4를 분석하면, 극단값을 제거한 경우 제거하지 않은 경우 대비 일본에서 발생한 원자력 재난인 후쿠시마 원전사고가 발생한 전후인 2011년과 2012년 실험군 및 대조군의 표준지공시지가 평균 변화 모두 증가하고 있으나, 증가율은 대조군이 실험군보다 큰 것을 확인할 수 있다.

14) 서병덕 · 홍동현, 2006. 경영분석, 서울: 대진.

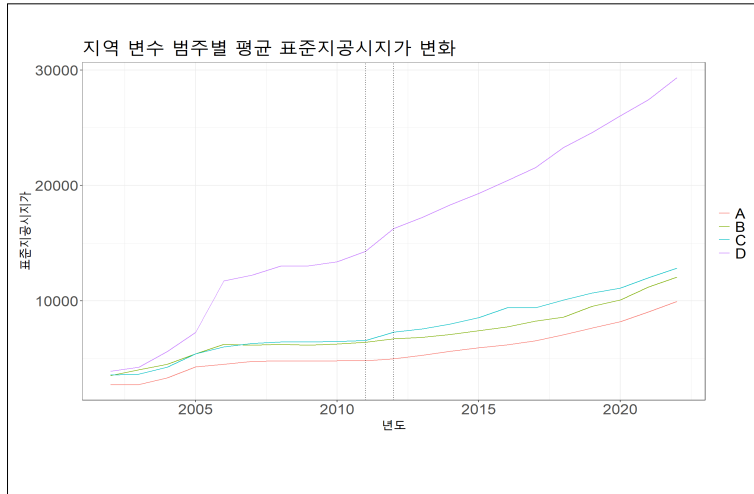


그림 4. 극단값 제거한 실험군 및 대조군 별 평균 표준지공시지가 변화

IV. 분석 결과

본 논문에서는 표 4와 같은 상황을 고려하여 분석을 진행하였다. 시간 선정의 이유로는 2011년 발생한 후쿠시마 원전 사고의 영향이 2012년 혹은 2013년에 미치는 영향을 파악하기 위함이다. 다만 2013년에 대한 효과에서는 다른 요인들이 개입할 수 있다. 따라서 2012년에 대한 효과를 보는 것이 중심이며, 2013년에 대한 효과는 2012년의 효과가 일관적이지 나타나는지를 파악하는 보조적인 도구로 진행하였다.

표 4. 실험군 및 대조군 별 시간에 따른 비교·분석

구분	실험군간 분석					
	AB-CD	A-B	A-C	A-D	B-C	B-D
2011년 & 2012년 비교	AB-CD	A-B	A-C	A-D	B-C	B-D
2011년 & 2013년 비교	AB-CD	A-B	A-C	A-D	B-C	B-D

실험군 별 비교에 있어, AB(실험군) - CD(대조군)에서는 전체적인 실험군과 비교군 별의 비교 및 분석을 나타내며, 델타값의 추정치를 통하여 실험군 표준지공시지가의 차이로 설명하고자 하였다.

지역 변수의 경우 많은 변수가 포함되어 있어, 이중 임의로 선정한 지역을 기준으로 분석을 진행하였다. 해당 분석 과정에서 수정결정계수(Adjusted R2) 값을 통하여 모형의 적합성을 나타내었다.

1. 2011년 & 2012년 비교 · 분석

1) AB(실험군) - CD(대조군) 이중차분법 분석 결과

표 5에 정리한 지역 변수를 더미 변수로 포함한 모형과, 포함하지 않은 모형에 대한 이중차분법 분석결과 모두 적합하였다.

또한, 지역 변수를 더미 변수로 포함하지 않은 모형의 델타값은 0.070으로 도출되었으며, 이는 AB(실험군) 대비 CD(대조군)가 2012년 표준지공시지가가 7.0% 더 상승했음을 의미한다. 지역 변수를 더미 변수로 포함한 모형의 결과는 지역 변수를 더미 변수로 포함하지 않은 모형보다 효과 추정에서 더 작은 표준오차를 도출하였으나, 유의한 수준은 아니다.

표 5. 2011년 & 2012년 AB - CD 이중차분법(DID) 분석 결과

Dependent variable: log(price)		
구분	지역변수 미포함 DID 분석	지역변수 포함 DID 분석
	AB - CD	AB - CD
Time (SE)	0.037 (0.057)	0.037 (0.042)
Group (SE)	0.366*** (0.088)	0.213 (0.284)
지역변수 (SE)	-	0.558*** (0.214)
time*group (SE)	0.070 (0.125)	0.070 (0.092)
Constant (SE)	8.579*** (0.040)	8.451*** (0.142)
Observations	1,350	1,350
Adjusted R2	0.029	0.467

주1: (본 논문에서 사용한 이중차분법 모형 수식) $y_{ijt} = \alpha + \beta t + \gamma G_{ij} + \delta Z_{ijt} + \mu_r + \epsilon_{ijt}$

주2: β = Time; γ = Group; μ_γ = 지역변수; δ = time*group; α = Constant

주3: SE(Standard Error, 표준오차) = 표본평균의 표준표차

주4: *p<0.1 **p<0.05 ***p<0.01

2) A - B, C, D 이중차분법 분석 결과

표 6에 정리한 지역 변수를 더미 변수로 포함한 모형과, 포함하지 않은 모형에 대한 이중차분법 분석결과 모두 적합하였다.

A - B 모형의 델타값은 0.022로 도출되었으며, 이는 A(실험군) 대비 B(실험군)가 2012년 표준지공시지가가 2.2% 더 상승했음을 의미한다.

A - C 모형의 델타값은 0.071로 도출되었으며, 이는 A(실험군) 대비 C(대조군)가 2012년 표준지공시지가가 7.1% 더 상승했음을 의미한다.

A - D 모형의 델타값은 0.088로 도출되었으며, 이는 A(실험군) 대비 D(대조군)가 2012년 표준지공시지가가 8.8% 더 상승했음을 의미한다. 여러 비교 속에서 부호가 일관적으로 도출되었으며, 실험군 대비 대조군의 표준지공시지가 평균값이 더 높다는 결과를 확인하였다.

표 6. 2011년 & 2012년 A - B, C, D 이중차분법(DID) 분석 결과

Dependent variable: log(price)						
구분	지역변수 미포함 DID 분석			지역변수 포함 DID 분석		
	A - B	A - C	A - D	A - B	A - C	A - D
Time (SE)	0.028 (0.068)	0.028 (0.065)	0.028 (0.067)	0.028 (0.048)	0.028 (0.049)	0.028 (0.050)
Group (SE)	0.169** (0.077)	0.139 (0.106)	0.776*** (0.117)	-0.480** (0.193)	-0.142 (0.217)	0.320 (0.215)
지역변수 (SE)	-	-	-	-0.509** (0.197)	-0.509** (0.204)	-0.509** (0.206)
time*group (SE)	0.022 (0.109)	0.071 (0.150)	0.088 (0.166)	0.022 (0.076)	0.071 (0.114)	0.088 (0.123)
Constant (SE)	8.513*** (0.048)	8.513*** (0.046)	8.513*** (0.048)	8.924*** (0.145)	8.924*** (0.150)	8.924*** (0.152)
Observations	1072	804	782	1072	804	782
Adjusted R2	0.008	0.004	0.109	0.520	0.428	0.513

주1: (본 논문에서 사용한 이중차분법 모형 수식) $y_{ijt} = \alpha + \beta t + \gamma G_{ij} + \delta Z_{ijt} + \mu_r + \epsilon_{ijt}$

주2: β = Time; γ = Group; μ_r = 지역변수; δ = time*group; α = Constant

주3: SE(Standard Error, 표준오차) = 표본평균의 표준표차

주4: *p<0.1 **p<0.05 ***p<0.01

3) B - C, B - D 이중차분법 분석 결과

표 7에 정리한 지역 변수를 더미 변수로 포함한 모형과, 포함하지 않은 모형에 대한 이중차분법 분석결과 모두 적합하였다.

B - C 모형의 델타값은 0.048로 도출되었으며, 이는 B(실험군) 대비 C(대조군)가 2012년 표준지공시지가가 4.8% 더 상승했음을 의미한다. B - D 모형의 델타값은 0.065로 도출되었으며, 이는 B(실험군) 대비 D(대조군)가 2012년 표준지공시지가가 6.5% 더 상승했음을 의미한다. 여러 비교 속에서 부호가 일관적으로 도출되었으며, 실험군 대비 대조군의 표준지공시지가 평균값이 더 높다는 결과를 확인하였다.

표 7. 2011년 & 2012년 B - C, B - D 이중차분법(DID) 분석 결과

Dependent variable: log(price)				
구분	지역변수 미포함 DID 분석		지역변수 포함 DID 분석	
	B - C	B - D	B - C	B - D
Time (SE)	0.051 (0.096)	0.051 (0.100)	0.051 (0.074)	0.051 (0.075)
Group (SE)	-0.031 (0.132)	0.606*** (0.147)	-0.460 (0.316)	0.215 (0.323)
지역변수 (SE)	-	-	0.283 (0.266)	0.283 (0.271)
time*group (SE)	0.048 (0.187)	0.065 (0.207)	0.048 (0.143)	0.065 (0.155)
Constant (SE)	8.683*** (0.068)	8.683*** (0.071)	8.444*** (0.158)	8.444*** (0.161)
Observations	568	546	568	546
Adjusted R2	-0.004	0.061	0.411	0.475

주1: (본 논문에서 사용한 이중차분법 모형 수식) $y_{ijt} = \alpha + \beta t + \gamma G_{ij} + \delta Z_{ijt} + \mu_r + \epsilon_{ijt}$

주2: β = Time; γ = Group; μ_r = 지역변수; δ = time*group; α = Constant

주3: SE(Standard Error, 표준오차) = 표본평균의 표준표차

주4: *p<0.1 **p<0.05 ***p<0.01

2. 2011년 & 2013년 비교 · 분석

1) AB(실험군) - CD(대조군) 이중차분법 분석 결과

표 8에 정리한 지역 변수를 더미 변수로 포함한 모형과, 포함하지 않은 모형에 대한 이중차분법 분석결과 모두 적합하였다.

또한, 지역 변수를 더미 변수로 포함하지 않은 모형의 델타값은 0.085로 도출되었으며, 이는 AB(실험군) 대비 CD(대조군)가 2013년 표준지공시지가가 8.5% 더 상승했음을 의미한다. 지역 변수를 더미 변수로 포함한 모형의 결과는 지역 변수를 더미 변수로 포함하지 않은 모형보다 효과 추정에서 더 작은 표준오차를 도출하였으나, 유의한 수준은 아니다.

그리고 2011년과 2013년간의 분석 결과는 다른 외부 요인이 개입되었을 가능성을 배제할 수 없으나, 2011년과 2012년간의 분석 결과 증가세가 유지되고 있다는 점에서 유의미하다.

표 8. 2011년 & 2013년 AB - CD 이중차분법(DID) 분석 결과

Dependent variable: log(price)		
구분	지역변수 미포함 DID 분석	지역변수 포함 DID 분석
	AB - CD	AB - CD
Time (SE)	0.068 (0.056)	0.068 (0.042)
Group (SE)	0.366*** (0.088)	0.212 (0.284)
지역변수 (SE)	-	0.557*** (0.214)
time*group (SE)	0.085 (0.124)	0.085 (0.092)
Constant (SE)	8.579*** (0.040)	8.445*** (0.142)
Observations	1,350	1,350
Adjusted R2	0.031	0.468

주1: (본 논문에서 사용한 이중차분법 모형 수식) $y_{ijt} = \alpha + \beta t + \gamma G_{ij} + \delta Z_{ijt} + \mu_r + \epsilon_{ijt}$

주2: β = Time; γ = Group; μ_r = 지역변수; δ = time*group; α = Constant

주3: SE(Standard Error, 표준오차) = 표본평균의 표준표차

주4: *p<0.1 **p<0.05 ***p<0.01

2) A - B, C, D 이중차분법 분석 결과

표 9에 정리한 지역 변수를 더미 변수로 포함한 모형과, 포함하지 않은 모형에 대한 이중차분법 분석결과 모두 적합하였다.

A - B 모형의 델타값은 0.002로 도출되었으며, 이는 A(실험군) 대비 B(실험군)가 2013년 표준지공시지가가 0.2% 더 상승했음을 의미하며, 이는 사실상 동일하다고 볼 수 있다.

A - C 모형의 델타값은 0.072로 도출되었으며, 이는 A(실험군)대비 C(대조군)가 2013년 표준지공시지가가 7.2% 더 상승했음을 의미한다.

A - D 모형의 델타값은 0.101로 도출되었으며, 이는 A(실험군)대비 D(대조군)가 2013년 표준지공시지가가 10.1% 더 상승했음을 의미한다. 여러 비교 속에서 부호가 일관적으로 도출되었으며, 실험군 대비 대조군의 표준지공시지가 평균값이 더 높다는 결과를 확인하였다. 또한, 2011년과 2012년간의 분석 결과 증가세가 유지되고 있다는 점에서 유의미하다.

표 9. 2011년 & 2013년 A - B, C, D 이중차분법(DID) 분석 결과

Dependent variable: log(price)						
구분	지역변수 미포함 DID 분석			지역변수 포함 DID 분석		
	A - B	A - C	A - D	A - B	A - C	A - D
Time (SE)	0.067 (0.068)	0.067 (0.064)	0.067 (0.067)	0.067 (0.047)	0.067 (0.049)	0.067 (0.050)
Group (SE)	0.169** (0.077)	0.139 (0.105)	0.776*** (0.117)	-0.479** (0.193)	-0.140 (0.216)	0.319 (0.215)
지역변수 (SE)	-	-	-	-0.509** (0.197)	-0.509** (0.203)	-0.509** (0.206)
time*group (SE)	0.002 (0.109)	0.072 (0.149)	0.101 (0.166)	0.002 (0.076)	0.072 (0.113)	0.101 (0.122)
Constant (SE)	8.513*** (0.048)	8.513*** (0.046)	8.513*** (0.047)	8.924*** (0.145)	8.924*** (0.149)	8.924*** (0.151)
Observations	1,072	804	782	1,072	804	782
Adjusted R2	0.008	0.006	0.112	0.519	0.428	0.514

주1: (본 논문에서 사용한 이중차분법 모형 수식) $y_{ijt} = \alpha + \beta t + \gamma G_{ij} + \delta Z_{ijt} + \mu_r + \epsilon_{ijt}$

주2: β = Time; γ = Group; μ_γ = 지역변수; δ = time*group; α = Constant

주3: SE(Standard Error, 표준오차) = 표본평균의 표준표차

주4: *p<0.1 **p<0.05 ***p<0.01

3) B - C, B - D 이중차분법 분석 결과

표 10에 정리한 지역 변수를 더미 변수로 포함한 모형과, 포함하지 않은 모형에 대한 이중차분법 분석결과 모두 적합하였다.

B - C 모형의 델타값은 0.070으로 도출되었으며, 이는 B(실험군) 대비 C(대조군)가 2013년 표준지공시지가가 7.0% 더 상승했음을 의미한다. B - D 모형의 델타값은 0.099로 도출되었으며, 이는 B(실험군) 대비 D(대조군)가 2013년 표준지공시지가가 9.9% 더 상승했음을 의미한다. 여러 비교 속에서 부호가 일관적으로 도출되었으며, 실험군 대비 대조군의 표준지공시지가 평균값이 더 높다는 결과를 확인하였다.

표 10. 2011년 & 2013년 B - C, B - D 이중차분법(DID) 분석 결과

Dependent variable: log(price)				
구분	지역변수 미포함 DID 분석		지역변수 포함 DID 분석	
	B - C	B - D	B - C	B - D
Time (SE)	0.069 (0.096)	0.069 (0.101)	0.069 (0.074)	0.069 (0.075)
Group (SE)	-0.031 (0.132)	0.606*** (0.147)	0.606*** (0.147)	0.204 (0.323)
지역변수 (SE)	-	-	0.283 (0.266)	0.283 (0.272)
time*group (SE)	0.070 (0.187)	0.099 (0.208)	0.070 (0.143)	0.099 (0.155)
Constant (SE)	8.683*** (0.068)	8.683*** (0.071)	8.445*** (0.158)	8.445*** (0.161)
Observations	568	546	568	546
Adjusted R2	-0.003	0.066	0.412	0.477

주1: (본 논문에서 사용한 이중차분법 모형 수식) $y_{ijt} = \alpha + \beta t + \gamma G_{ij} + \delta Z_{ijt} + \mu_r + \epsilon_{ijt}$

주2: β = Time; γ = Group; μ_r = 지역변수; δ = time*group; α = Constant

주3: SE(Standard Error, 표준오차) = 표본평균의 표준표차

주4: *p<0.1 **p<0.05 ***p<0.01

V. 결론

본 논문에서는 이중차분법(Difference-in-Difference, DID)을 활용하여 실험군과 대조군 두 집단 간의 특정 차이를 제거하고, 시점에 따른 결과 변수의 변화가 얼마나 다르게 일어나는지 비교하여 원자력시설의 잠재적 위험이 주변 토지가격에 미치는 영향을 도출하였다.

본 논문에서는 설명 변수로 시간 변수를 제외, 범주형 변수로 구성하였다. 지역 변수의 경우 A(전라북도 고창군), B(전라남도 영광군), C(충청북도 영동군), D(강원도 홍천군) 4개의 범주로 구성하였고, 실험군과 대조군 유무 변수는 실험군(A, B)과 대조군(C, D)으로 구성하였다. 시간 변수는 2011년과 2012년, 2011년과 2013년으로 연간 단위로 구성하였고, 여러 지역적 특성마다 차이를 살펴보기 위해 (1) AB-CD, (2) A-B, (3) A-C, (4) A-D, (5) B-C, (6) B-D를 대상으로 비교·분석을 진행하였다. 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 실험군 A(전라북도 고창군), B(전라남도 영광군)와 대조군 C(충청북도 영동군), D(강원도 홍천군) 간의 이중차분법 분석 결과 2011년 대비 2012년 표준지공시지가가 7.0%, 2013년 표준지공시지가가 8.5% 더 상승했음을 알 수 있었다. 또한, 2012년·2013년 분석 결과 증가세가 유지되고 있다는 점에서 유의미하다.

둘째, 실험군 A(전라북도 고창군)와 대조군 C(충청북도 영동군), D(강원도 홍천군) 간의 이중차분법 분석 결과 2011년 대비 2012년 표준지공시지가가 7.1%(C), 8.8%(D), 2013년 표준지공시지가가 7.2%(C), 10.1%(D) 더 상승했음을 알 수 있었다. 마찬가지로, 2012년·2013년 분석 결과 증가세가 유지되고 있다는 점에서 유의미하다.

셋째, 실험군 B(전라남도 영광군)와 대조군 C(충청북도 영동군), D(강원도 홍천군) 간의 이중차분법 분석 결과 2011년 대비 2012년 표준지공시지가가 4.8%(C), 6.5%(D), 2013년 표준지공시지가가 7.0%(C), 9.9%(D) 더 상승했음을 알 수 있었다. 마찬가지로, 2012년·2013년 분석 결과 증가세가 유지되고 있다는 점에서 유의미하다.

넷째, 실험군 A(전라북도 고창군)와 실험군 B(전라남도 영광군) 간의 이중차분법 분석 결과 2011년 대비 2012년 표준지공시지가가 2.2%, 2013년 표준지공시지가가 0.2% 더 상승하여 차이가 존재하나, 차이가 미미함을 알 수 있었다.

따라서 본 논문의 결론으로 이중차분법 분석 결과를 통하여 실험군 A(전라북도 고창군)와 실험군 B(전라남도 영광군)간 표준지공시지가 차이는 미미하여 동일한 수준으로 확인하였지만, 실험군 A(전라북도 고창군), B(전라남도 영광군)와 대조군 C(충청북도 영동군), D(강원도 홍천군) 간의 그 수준이 다르므로 원자력시설의 잠재적 위험이 한빛원전 인근지역의 토지가격인 표준지공시지가 변화에 영향을 미친다고 볼 수 있다.

본 논문의 실증 분석 결과는 다음과 같은 점을 시사한다.

첫째, 토지 거래 시장에 참가하는 경제 주체와 정부 및 관련 전문가들은 후쿠시마 원전 사고로 드러난 외부 정보에 대한 위험 회피 행위 결과를 상대적 토지 가격 하락이라는 자산 가치 변화로 반영하였다고 해석할 수 있다. 즉, HNPP 시설 인근지역 토지를 거래한 경제 주체들은 원자력시설의 잠재적 위험을 후쿠시마 사고 발생 이후 인지하기 시작했고, 이는 원자력시설의 잠재적 위험이 적다고 판단되는 외부 지역과의 토지가격 간에 격차가 있음을 함축한다. 둘째, 후쿠시마 원전 사고 이후 원자력시설의 잠재적 위험이 존재하는 HNPP 인근지역과 외부지역 간의 표준지공시지가 변화 분석을 통하여 전체적으로 상승 추세이지만, 이중차분법 결과를 통해 상대적으로 적은 상승요인 분석 결과는 사회적 비용이 발생하였음을 암시하고 있다. 이러한 결과는 일반적으로 원전시설 활용으로 얻게 된 편익은 우리나라 전체에 공정하게 배분되지만, 시설이 위치한 인근지역에서 사회적 비용이 발생되어 지역 주민들에게 불이익을 안겨준다는 사실과 일치한다.¹⁵⁾

본 논문을 통해 원자력시설의 잠재적 위험으로부터 발생하는 위험 회피 행위가 상대적 토지가격 하락 및 가치 변화라는 사회적 비용으로 발생하는 HNPP 시설 인근지역 주민들의 불이익 문제 해결에 조금이나마 도움이 되기를 기대한다. 하지만 본 논문에서는 특정 원자력시설 인근지역에 한정하여 연구범위를 설정하였고, 연구대상 데이터로 토지가격의 표준지공시지가를 한정하여 분석한 것은 연구결과의 일반화에 다소 한계가 있다는 점을 인정한다. 연구범위의 확대와 연구대상 데이터 종류를 확대한다면 보다 자세한 연구결과가 나올 가능성이 있다. 따라서 앞으로 연구의 공간적 범위 확대와 토지의 지목, 이용 상황, 용도지역, 도로교통 등 데이터 종류의 확대를 통한, 원자력시설이 위치한 지역별 토지가격 변동 인과관계 규명을 목표로하여, 원자력시설이 위치한 인근지역 주민들에게 사회적 비용으로 발생하는 사회적 불이익 문제 해결에 도움이 될 수 있는 연구가 필요하다.

15) 전재완 · 최동원 · 김성진, 2014. 환경 · 에너지 시설의 입지문제 해결방안, 세종: 산업연구원.

인용문헌

- 김상태·김동훈·지인배, 2020. “한빛원전 인접 영광군 생산 주요 농산물의 가치 피해 추정 연구”, 「농업경영 정책연구」 47(4): 636-655.
- 김자은, 2021. “방재지구의 지정 및 해제가 토지가격에 미치는 영향 비교 연구”, 부산대학교 대학원 박사학위논문.
- 김주영, 2019. “도시재생사업이 사업지구 내 주택가격에 미치는 영향: 종로구 도시재생선도지역을 중심으로”, 「도시재생」 5(1): 5-18.
- 배정환, 2013. “선택실험설문에 의한 방사능 피폭 가능성에 대한 원자력 기술개발 종사자의 지불용의액 추정”, 「자원·환경경제연구」 22(3): 411-435.
- 서미숙·조홍중, 2018. “원자력발전소의 잠재적 위험성이 국내 주택가격에 미치는 영향: 후쿠시마 원전사고를 이용하여”, 「에너지경제연구」 17(1): 317-346.
- 서병덕·홍동현, 2006. 경영분석, 서울: 대진.
- 서정석·오지훈·김정섭, 2020. “재난위험 정보공개가 주택가격에 미치는 영향: 서울시 침수예상도 공개 사례를 중심으로”, 「감정평가학 논집」 19(1): 165-185.
- 서진형, 2018. 최신 부동산학의 이해, 서울: 부연사.
- 윤홍식·조재명·최하정·황진상, 2015. 재난리스크 평가론, 서울: 문운당.
- 이근대, 2011. 원전에 대한 국민의식 조사, 울산: 에너지경제연구원.
- 전재완·최동원·김성진, 2014. 환경·에너지 시설의 입지문제 해결방안, 세종: 산업연구원.
- 한국원자력문화재단, 2015. 2015년 원자력국민인식조사, 서울: 한국에너지정보문화재단.
- 한국원자력안전재단, 2021. 2020년 주요국 원자력안전규제 동향 보고서, 성남: 한국원자력안전재단.
- Gamble, H.B, R.H. Dowing, 1982. “Effects of nuclear power plant on residential property values”, *Journal of Regional Science*, 22(4): 457-478.
- Khandker, Shahidur;Koolwal, Gayatri B.;Samad, Hussain, 2010. *Handbook on Impact Evaluation : Quantitative Methods and Practices*, Washington, D.C: The World Bank.
- Nelson, J.P, 1981. “Three mile island and residential property values: empirical analysis and policy implications”, *Land Economics*, 57(3): 363-372.
- <https://cran.r-project.org/> / The Comprehensive R Archive Network
- <https://www.aptech.com/blog/introduction-to-difference-indifferences-estimation/> / APTECH
- <https://www.law.go.kr/> / 법제처