

원자력발전소의 잠재적 위험성이 국내 주택가격에 미치는 영향: 후쿠시마 원전사고를 이용하여*

서미숙** · 조홍종***

요 약

본 연구는 국내 주택 시장에서 후쿠시마의 원전 사고 영향을 조사하기 위해 국토교통부가 제공하는 아파트 매매 실거래가 데이터를 사용했다. 후쿠시마 원전 사고 전후의 아파트 주택 가격 변화를 설명하기 위해, 부산 고리 원전 시설에서 가까운 '인근' 지역(처치그룹)과 '원근' 지역(통제그룹)의 주택 가격을 DID 추정법을 사용해 다음과 같은 결론을 도출했다. 첫째, 후쿠시마 원전 사고 발생은 아파트 주택 시장에 부정적인 영향을 미쳤다. 둘째, 2011년 4월부터 6월까지 3개월 동안 아파트 가격 하락이 단기적으로 나타났다. 특히, 2010년 4월(5월, 6월) 아파트 평균 가격을 기준으로 했을 때, 고리 원전에서 10km 이내에 위치한 아파트는 2011년 4월(5월, 6월) 동안의 아파트 가격이 통제그룹보다 평균 10%(11%, 12%) 정도 더 감소했다. 이러한 결과는 주택 시장에 참가하는 경제 주체들은 후쿠시마 원전 사고 외부 정보에 대한 위험 회피 행위를 자산 가치 변화로 실현했음을 보여준다.

주요 단어 : 주택가격, 원자력발전소, 위험인지
 경제학문헌목록 주제분류 : Q51, Q54

* 이 논문은 2016년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다 (NRF-2016S1A5B5A07919951). 또한 이 연구는 2017년도 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었습니다.

** 성신여자대학교 경제학과 외래강사(주저자). misukseo@sungshin.ac.kr

*** 단국대학교 경제학과 부교수(교신저자). hongcho@dankook.ac.kr

I. 서 론

한국원자력문화재단이 발표한 2015년 원자력 국민 인식조사에 따르면, ‘원자력발전소는 사고가 나지 않더라도 주변 환경에 방사능 오염을 일으킨다’에 동의한다는 비율이 62%, ‘원자력발전소 주변에 살면 암과 같은 질병에 걸릴 가능성이 상대적으로 높다’에 동의한다는 비율이 78%로 나타났다.¹⁾ 원자력발전소(이하 ‘원전’)에 대한 대중적 인식이 상당한 수준의 위험을 인지하고 있음을 알 수 있다. 따라서 원전에 대한 이러한 부정적인 이미지나 유해성은 국내 원전 주변의 주택가격에 부정적인 영향을 줄 것으로 추측할 수 있다. 그러나 아직 국내의 실증적인 연구가 이루어지지 않고 있으므로, 본 연구를 통해 원전사고가 갖는 잠재적 위험성과 주택가치의 관계를 규명하고자 한다. 이에 본 연구는 부산 고리 원자력발전소(Kori Nuclear Power Plants, KNPP)와의 거리(distance)에 따른 주택 가격의 변화를 확인하기 위해서 후쿠시마 원전사고 이전과 이후를 비교한다.

지난 2011년 3월에 방사성 물질이 누출되는 일본의 후쿠시마 원전사고가 발생했다. 방사능 공포는 먹거리 불안뿐 아니라 후쿠시마현 신축 아파트 실내에서는 고방사선이 측정되어 주거마저 위험에 노출되었다. 이러한 후쿠시마 원전사고는 일본 국민들에게 부정적 영향을 주었을 뿐 아니라 우리나라 국민들, 특히 그 당시 국내 원전 시설물 주변에 거주하고 있던 지역 주민에게는 직·간접적으로 방사능 위험 물질에 노출될 가능성 우려와 두려움이 매우 커졌다. 개인이 원전에 내재한 환경오염사고 위험성을 충분히 인식하고 있다면, 이와 같은 기피시설에 근접하여 거주할수록 위험 인식이 높아 주택 가치는

1) 이근대(2011)의 보고서에 따르면, 원전의 효용에 대해 응답자들은 60% 이상 동의하는 반면에, 88.8%가 국내에서도 후쿠시마 사고와 같은 원전사고가 일어날 수 있다는 것에 동의했다.

원자력발전소의 잠재적 위험성이 국내 주택가격에 미치는 영향: 후쿠시마 원전사고를 이용하여

낮아질 것으로 예상할 수 있다. 그러나 원전 시설에 대한 잠재적 위험성을 정확히 인지하지 못했다면, 후쿠시마 원전 사고를 계기로 원전에 대한 주관적 위험인지(subjective risk perception)를 조정할 것이고, 원전과 같은 유해시설에 대한 부정적인 주변 환경질을 국내 주택거래 가격으로 반응을 보일 것이다. 그러나 후쿠시마 원전사고가 발생했음에도 원전 주변의 주택거래 가격에 영향을 미치지 못했다면, 거주자들은 이미 후쿠시마 원전사고 이전에 원전 시설의 잠재적 위험성을 정확히 예측하여 주택가격에 이미 반영했다고 판단할 수 있다. 실증적으로 원전에 내재한 환경오염사고 위험성을 정확히 산출하기는 어렵기 때문에 현재 주택 가치에 위험요소가 적절히 반영되었는지를 판단하기가 쉽지 않다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 본 연구에서는 ‘후쿠시마 원전사고’를 외생적 충격으로 간주하여 사용한다.

본 연구는 기존 연구와 비교하여 다음과 같은 차별성이 있다. 첫째, 쓰리마일 섬(Three Mile Island, TMI)과 체르노빌(Chernobyl) 원전 위기는 원전사고가 발생한 해당 국가의 지역을 대상으로 주택 시장을 분석했다면, 본 연구는 일본 후쿠시마 원전 사고가 우리나라 국민의 원전 위험 인식을 변화시켜 국내 주택 가치에 어떤 영향을 주는지 분석했다. 일반적으로 주택 가격은 직·간접적 경제적 손실과 인지된 위험을 분리할 수 없지만, 본 연구는 외부 정보에 의해 변화된 위험 인식을 주택가격 변화를 통해 분석했다. 둘째, ‘후쿠시마 원전 사고’라는 외생적 충격이 갖는 장점이다. 원전 사고 전후의 주택 가치 변화를 평가하기 위해 중요한 핵심은 ‘처치변수의 내생성(endogeneity)을 어떻게 통제할 것인가?’이다. 전통적인 방법은 최대한 많은 정보를 취합해 회귀분석의 설명변수에 포함시켜 처치변수와 모형의 오차항 간에 독립성이 발생한다는 강한 외생성(exogeneity) 가정으로 이러한 문제를 해결하고자 하지만, ‘외생성’ 가정을 만족시키는 경우는 많지 않다. 그러나 예상치 못한 후쿠시마 원전 사고 발생은 자연실험(natural experiments)에서와 같이 관측대상이 무작위로 배정되어 내생성 문제에서 자유로운 처치의 인과효과를 기대할 수 있다.

본 연구 구성은 다음과 같다. 다음 장에서는 원전 사고가 주택가격에 미치는 효과를 분석한 선행연구를 검토하고, 제Ⅲ장은 분석에 사용된 ‘주택실거래가’ 자료 특징과 변수를 설명한다. 제Ⅳ장은 실증분석으로 본 연구에 사용한 헤도닉 가격모형을 이용한 이중차분모형과 추정 결과를 제시하고, 마지막 제Ⅴ장은 요약과 결론을 제시한다.

Ⅱ. 선행연구

원전 이슈와 관련한 국내 연구는 의학 분야에서 방사성 물질과 건강 및 인체 관계 규명에 집중되어 있거나(이상영 외, 2011; 심상섭·홍지연, 2011), 원전 주변 지역 지원정책 문제(최성두, 2009; 최한수·홍우형, 2017), 원전 건설 주민 수용성 문제(박재묵, 1998; 원두환, 2009; 원두환 2010) 중심으로 연구가 이루어져 왔다. 원전에 내재한 환경오염사고 위험성에 대한 연구로 배정환(2013)은 선택실험법에 의해 방사능 위험도가 고용 보장성이나 근무 강도, 회사 입지보다 더 중요한 요인임을 밝히고, 방사선 피폭 가능성 감소에 대한 연간 지불용의 금액을 추정했다. 그러나 원전 사고가 개인의 원전 위험 인식을 변화시켜 주택 가치에 미치는 영향을 분석한 국내 연구는 없다. 원전은 국가적·지역적으로 필수불가결한 시설이지만 부정적 외부효과 때문에 핵폐기물처리장, 송전탑과 더불어 지역 주민이 원전 입지를 반대하는 비선호 기피시설 중 하나이다. 그러므로 원전과 지역 주민의 거주지까지의 거리가 가까울수록 주택 가격에 부정적인 영향을 줄 것임을 쉽게 추측할 수 있지만, 지금까지의 기존 해외 연구 분석 결과를 살펴보면 일치된 결과를 보여주지 못하고 있다.

Nelson(1981)과 Gamble & Downing(1982)은 미국의 쓰리마일 섬 원전 사고로 해당 지역의 주택시장에 악영향을 끼쳤다고 주장하는 미국 Governor's Commission(1980) 보고서와 상반된 분석을 내놓았다. 이들은 헤도닉 가격 모

원자력발전소의 잠재적 위험성이 국내 주택가격에 미치는 영향: 후쿠시마 원전사고를 이용하여

형을 이용하여 원전 안에 근접한 집단과 통제 집단을 설정하여 이 두 집단 간의 주택매매가격이 통계적으로 유의한 차이가 없음을 보였다. 그러나 Gamble & Downing(1982)은 원전에서 10마일 안에 있는 주택가격은 급격히 하락하였으나 8주 이내에 회복됨을 보였다. 이 두 논문은 원전사고 이후 실증 분석에 사용된 기간이 각각 8~9개월로 매우 짧다는 한계점이 있고 주택시장에 미치는 장기적인 영향을 간과하고 있다. Metz et al.(1997)은 5년간 주택매매 자료를 이용하여 캘리포니아에 있는 두 개의 원전에 근접한 주택일수록 가격이 오히려 상승함을 보였다. 원전이 이야기하는 시각적·청각적 불쾌감과 방사능 위험성으로 시민의 삶의 질 하락을 가져오지만, 전기 생산을 통한 일자리와 세수를 제공하는 원자력발전의 장점은 이러한 불편함을 상쇄하거나 압도한 것으로 해석할 수 있다. Gawande & Jenkins-Smith(2001)는 사용된 핵연료 운송 경로에 위치하는 South Carolina 지역의 9,400개 주택거래 자료를 이용하여 방사능 오염 위험 가능성이 주택가격에 미치는 효과를 추정하였다. 분석에 따르면 핵물질 관리에 경험이 많고 낮은 위험 인지도가 형성된 지역에서는 이러한 핵연료 선적은 주택가격에 아무런 영향을 주지 못했지만, 인구가 밀집된 지역에서는 주택 가격이 상당히 낮아지는 것으로 나타났다. 이와 다르게 후쿠시마 원전 반경 30km 이내 인구는 17만 명, 같은 반경의 KNPP는 약 380만 명으로 후쿠시마 원전보다 20배 많은 인구가 밀집되어 있고 원전 밀집도 역시 높다. 반경 3km 안의 원전 밀집도는 신고리 5·6호기가 추가로 건설되면 한 부지에 가동 원전은 9기로 사고 발생 시 피해 규모가 상당히 커질 위험을 내포하고 있다. 이러한 부산의 KNPP 지리적 특이성은 주택시장에 영향을 미칠 수 있다.

원전의 위험성과 주택시장의 관계를 분석하는 연구가 드문 이유는 원전의 경우 다른 위험에 비해 직·간접적으로 경험하기 쉽지 않기 때문이다. Bauer et al.(2013), Hongjia Zhu et al.(2015), Coulomb et al.(2016), 그리고 Tanaka et al.(2018)의 연구는 원전사고가 부동산에 미치는 효과를 평가했지만, 원전사고 당사국이거나 발생 지역은 아니다. Bauer et al.(2013)은 독일 최대의 부동산

산 인터넷 플랫폼 데이터를 사용하여 재난 발생 후 후쿠시마 재해 당시 가동 중인 원전 근처의 집값이 거의 6% 하락함을 보였고, Hongjia Zhu et al.(2015)은 중국의 토지 거래에 대한 포괄적인 데이터를 사용하여 후쿠시마 사고로부터 1개월 후에 반경 40km 이내의 토지 가격이 평균 18% 정도 감소함을 밝혔다. Coulomb et al.(2016)은 영국과 웨일즈의 개별 주택 거래 등록 자료를 사용하여 후쿠시마 사건에 대한 반응으로 약 3.5% 정도 가격 악화를 발견했다. Tanaka et al.(2018)은 개인 회사인 CoreLogic에서 구입한 단독 주택 판매 자료를 이용하여 미국 원전 주변의 주택 가격 감소가 일어나지만 1년 후에는 후쿠시마 사고 이전과 비슷한 추세로 회복함을 보였다. 이들의 논문은 원전 사고가 해당 국가(독일, 중국, 영국, 미국)에서 발생하지는 않았지만 해당 국가 원전 시설이 근접한 주택시장에 부정적 영향을 미쳤음을 보였다.

Ⅲ. 자료와 기술 통계

1. 주택 실거래가 자료

본 연구에서 사용하는 주택가격 관련 데이터는 국토교통부가 제공하는 ‘주택 실거래가’ 아파트 거래 매매 자료이다. 국토교통부는 부동산 거래 신고 및 주택거래신고를 한 아파트를 대상으로 지난 2006년 1월부터 현재까지 아파트를 비롯하여 단독/다가구, 연립/다세대의 주택 거래 자료를 제공하고 있다. 이러한 주택 매매 정보 중에서도 아파트 매매 자료를 사용한 이유는 일반 주택은 주거환경에 따른 가치의 편차가 아파트에 비해 크다고 할 수 있고, 일반 주택과는 달리 아파트는 상대적으로 유동성이 더 크기 때문에 아파트 주택시장 효과가 더 크게 나타날 것을 기대하기 때문이다(서미숙, 2013). 이 자료는 매매 실거래가인 거래금액을 비롯하여 아파트 단지 또는 건물 이름, 주소, 면적,

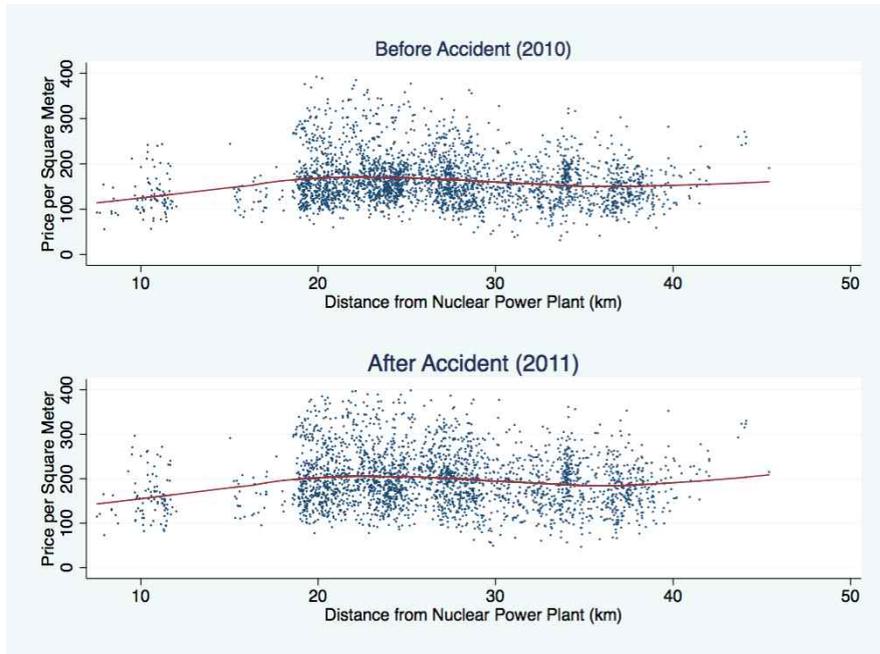
원자력발전소의 잠재적 위험성이 국내 주택가격에 미치는 영향: 후쿠시마 원전사고를 이용하여

계약일, 건축 연도, 층수 등을 제공한다.

이 연구의 분석 기간 및 대상 지역은 다음과 같다. 시간적 연구 범위는 2008년부터 2014년까지이고 공간적 연구 범위는 부산광역시 기장군에 위치한 KNPP에 인접한 지역을 대상으로 한다. 그러므로 본 연구에서 사용한 데이터는 통합 횡단면 자료(pooled cross-sectional data)로, 시간에 따라 횡단면 데이터를 나열한 데이터지만 매 시점마다 관측 대상이 동일하지는 않다. 그러나 ‘후쿠시마 원전 사고’라는 외생적 조건은 후쿠시마 사고로부터 영향을 받을 것으로 예상되는 처치집단과 영향을 받지 않을 것으로 예상되는 통제집단으로 나누어 두 그룹으로 구성할 수 있다. 이에 이중차분모형 추정법을 사용해 개별 주택에 대한 가격 예측이 아니라 처치집단과 통제집단 간의 가격 차이를 설명할 수 있다. KNPP 시설을 선정한 이유는 다음과 같다. (1) 우리나라는 고리, 월성, 한울, 그리고 한빛 원전이 있으며 총 24개의 발전기가 가동 중이고, 이 중 신 고리 5·6호기가 추가로 건설되면 한 부지에 가동 원전은 9기가 된다. 우리나라 최초 원전은 1978년 고리 1호기(폐쇄)이며 총 24호기 중 경북 월성 원전 1호기를 제외한다면 고리 원전 2~4호기 모두 최고 수명을 지낸다. (2) 또한 지난 2007년 고리 1호기에 대한 10년 수명 연장 후 2011년 오작동으로 발생한 사고와 연이은 고리 원전 부품 납품 비리로 고리 원전 인근 주민의 동요가 큰 것으로 알려져 있다.²⁾ 따라서 어느 지역 주민보다도 KNPP에 인접하여 거주하고 있는 지역 주민은 이러한 일련의 사건·사고를 통해 방사능에 직·간접적으로 노출될 가능성을 경험하고 있다. (3) 그러므로 부산 지역 주민은 우리 국민 중 누구보다도 원전에 대한 부정적인 이미지나 유해성을 충분히 인지하고 주택 시장에 참가했을 것이라 가정한다.

2) (사)환경과자치연구소가 부산시민을 조사대상으로 한 설문조사 결과를 보면 61.5%는 고리 원전이 지진으로부터 안전하지 않다고 응답했고 42.8%는 고리 1호기 폐쇄에 동의했다. 지난 2017년에 6월에 고리 1호기는 영구 정지가 최종 확정됐다.

[그림 1] 원자력 발전소와의 거리에 따른 평형 가격



주) 추세선은 국지적 가중 회귀(local weighted regress)선을 나타내며, 추정에는 Epanechnikov 커널과 0.8 대역폭(bandwidth)가 사용되었다.

[그림 1]은 원자력 발전소와의 거리에 따른 아파트 평형 가격을 보여준다. 이는 KNPP까지의 거리와 아파트 단지별 연간 평균 주택 가격의 관계를 나타낸다. 2010년에는 2,838개와 2011년에는 2,606개의 아파트 단지별 관측치가 사용되었다. 변동성이 있지만 KNPP 근처에서 주택 가격은 더 낮고, 관측치가 원전과의 거리가 약 20km 근방에서 많아졌다. 여기서 y 축은 아파트 매매 가격을 전용면적으로 나눈 값이고, x 축은 KNPP 시설과 아파트와의 거리이다.

원자력발전소의 잠재적 위험성이 국내 주택가격에 미치는 영향: 후쿠시마 원전사고를 이용하여

[그림 2] 후쿠시마 원전 사고 이전과 이후의 아파트 가격 추이
(2008년~2014년)



주) 기준선 이전과 이후의 추세선은 Epanechnikov 커널을 사용하여 개별적으로 추정되었으며 사용된 관측치는 각각 1,883개와 10,593개이다.

[그림 2]는 2008년부터 2014년까지 시간에 따른 평균 주택 가격 변화를 보여준다. 기준선은 후쿠시마 원전 사고가 발생한 2011년 3월 초순을 의미하며, 시간 간격은 매월 초순(1~10일), 중순(11~20일), 하순(21~31일)을 의미한다. 그림에 표시된 각 점은 단위 기간에서의 평방미터 당 평균 주택가격을 나타낸다. 전반적으로 주택 가격은 상승 추세를 보이지만 후쿠시마 사고 발생 직후 주택 가격이 다소 하락하는 경향을 보인다. KNPP에서 20~25km 이내의 가격 하락은 작고 시간이 지남에 따라 일정하다. 주택 가격의 감소는 일시적으로 이루어졌고 일정 기간 후에는 이전 주택 가격과 동등한 수준과 추세로 회귀하고 있다. 여기서 y 축은 아파트 매매 가격을 전용면적으로 나누고 로그를 취한 값이고, x 축은 10일 간격의 시간이다.

2. 기술 통계

아파트 주택 시장에서 후쿠시마 원전 사고 효과를 분석하기 위해 표본을 후쿠시마 사고 이전과 이후로 구성했다. <표 1>은 추정에 이용되는 변수에 대한 설명이고, <표 2>는 연구 목적에 따라 표본을 구성해서 평균과 표준편차를 제시하고 있다. 주택 자산 가치 변화를 나타내는 아파트 매매 실거래 가격(변수 Price)을 주요 종속변수로 사용하고, 분석에서는 로그를 취한 값으로 사용한다. 이와 별도로 변수 아파트 거래 건수(변수 NumTrans)를 또 다른 종속변수로 분석에 사용한다. 아파트 거래량 정보는 경제주체의 원전 위험 인식 변화를 자산 가치 변화로 직접 나타낼 수는 없지만 아파트 주택시장에 부정적인 영향을 미쳤는지는 알 수 있다.

〈표 1〉 변수 정의

변 수	설 명	Mean	SD	Min	Max
Price(만원)	아파트 매매 실거래 가격	21868.44	15487.01	1700	404530
APrice(만원)	실거래 가격을 전용면적으로 나눈 값으로 평형 가격	250.62	97.18	37.67	1838.82
NumTrans	아파트 단지별 월 총 거래건수	3.15	5.24	1	297
Dist(km)	고리 원전 시설로부터 모든 개별 아파트 주택 위치까지의 거리	20.67	4.19	7.41	25.00
Area(m ²)	전용면적	83.50	31.18	15.20	269.66
YearBuilt(년)	건축 연도	1999	9.14	1975	2014
Floor(층)	층수	10.15	8.14	1	80

자료: 국토교통부 아파트 매매 주택 실거래가 자료.

주: 2008년부터 2014년까지의 자료를 사용했으며, 완충 지역인 15~20km 사이에 있는 자료는 제외했다.

원자력발전소의 잠재적 위험성이 국내 주택가격에 미치는 영향: 후쿠시마 원전사고를 이용하여

〈표 2〉 기술통계

평균 (표준편차)	Before 후쿠시마 사고			After 후쿠시마 사고		
	처치그룹		통제그룹	처치그룹		통제그룹
	0~10km	0~15km	20~25km	0~10km	0~15km	20~25km
Price(만원)	10950.9 (4998.60)	17299.2 (9625.10)	18959.6 (12503.50)	16419.9 (5803.80)	18586.6 (7232.30)	26197.1 (18695.40)
APrice(만원)	144.7 (53.76)	181.6 (54.00)	219.9 (82.36)	220.6 (57.56)	227.7 (52.64)	297.6 (101.70)
Dist(km)	9.41 (0.54)	10.66 (0.65)	22.22 (1.45)	9.36 (0.46)	10.7 (0.97)	22.27 (1.43)
Area(m ²)	73.97 (13.60)	89.57 (30.44)	82.25 (29.87)	73.79 (15.46)	80.9 (24.54)	84.3 (33.40)
YearBulit(년)	1999.1 (7.64)	2003.1 (6.24)	1997.7 (8.66)	2004.2 (8.52)	2005 (7.97)	1998.8 (9.62)
Floor(층)	7.26 (4.54)	7.98 (5.11)	10.15 (7.77)	8.05 (5.15)	7.89 (5.30)	10.87 (9.10)
Obs.	807	6,324	43,064	1,489	6,824	40,788
NumTrans(건)	2.91 (5.41)	5.12 (10.58)	3.20 (5.26)	3.27 (4.55)	3.80 (6.52)	2.85 (4.21)
Obs.	277	1235	13450	456	1797	14301

주) 분석 모형에는 ln(면적), 층, 경과년수, 경과년수 상승, 시간추세, 시간추세의 상승과 세계금융, 월/연도/지역고정효과 등을 사용했다.

주요 핵심변수는 거리 정보(변수 Dist)로 KNPP 부지에서 개별 아파트가 위치한 거리다. 본 연구에서 사용하고 있는 데이터는 원전과의 거리는 최소 7.41km, 최대 25km이다. 변수 'Dist'를 이용해서 IV의 식(1) 모형에 사용할 처치 그룹(treatment group)과 통제그룹(control group)을 생성했고, 처치그룹은 원전 '인근' 지역으로 처치 효과 이질성을 보기 위해 두 집단별로 표본을 구분하고 그 집단에 대해서 각각 평균 처치효과를 추정했다. 두 처치 집단은 KNPP와의 거리가 10km 이내와 15km 이내에서 발생한 아파트 거래이고, 통제그룹은 원전 '원근' 지역으로 KNPP와의 거리가 20~25km 사이에 위치한 아파트 거래로 구성했다. 처치그룹과 통제그룹 표본은 50,195개와 49,101개로 관측치가 충분

히 커서 국내 지역 주택 가격을 분석하기에 적합하다(Bauer et al., 2013). 전체 표본은 2008년부터 2014년 사이에 매매가 성사된 개별 아파트 주택으로 구성되어 있다. 다음 장에서 이중차분 추정법을 사용하여 분석하겠지만 앞서 간단히 <표 2>를 살펴보면, ‘인근’ 지역 처치그룹과 ‘원근’ 지역 통제그룹은 서로 주거 환경이 상이한 두 지역으로서 후쿠시마 원전 사고 발생 이전부터 두 지역 간 주택 가격 차이가 존재함을 알 수 있다.³⁾ 따라서 원전 사고 이후의 두 지역 간 주택 가격의 차이만으로 후쿠시마 사고로 인한 주택 가격 하락폭으로 해석할 수 없다. 후쿠시마 원전 사고의 인과효과는 사고 이후에 관측된 처치그룹과 통제그룹 지역 간 평균 가격의 차이에서 사고 이전에 관측된 두 지역 간 평균 가격의 차이를 한 번 더 차감해 계산할 수 있다. 그러므로 <표 2>에 의하면, 후쿠시마 원전 사고로 인한 진정한 가격 하락폭은 1768.5만원(-9777.2만원과 -8008.7만원의 차이)과 5950.만원(-7610.5만원과 -1660.4만원의 차이)이다.⁴⁾

3) 원전에 대한 지역 반발을 고려하여 발전소로부터 일정거리 이내는 인구 밀집지역이 아닌 곳을 선택하기 때문에 원전이 입지하는 지역은 주변 지역에 비해 이미 경제발전의 측면에서 낙후된 지역일 가능성이 높다(최한수·홍우형, 2017).

4) <표 2>에 제시된 ‘Price’ 값을 이용해 간단한 이중차분 추정치를 구한 값이다.

〈지역별/시점별 주택 평균가격〉

(단위: 만원)

	처치그룹		통제그룹	A-C	B-C
	A(0~10km)	B(0~15km)	C(20~25km)		
(1) Before 후쿠시마	10950.9	17299.2	18959.6	-8008.7	-1660.4
(2) After 후쿠시마	16419.9	18586.6	26197.1	-9777.2	-7610.5
(2)-(1)	5469.0	1287.4	7.237.5	-1768.5	-5950.1

IV. 실증분석

1. 분석방법

일본 후쿠시마 원전 사고가 사람들의 원전 위험 인식을 변화시켜 주택 가치에 영향을 미쳤는지를 분석하기 위해 다음을 규명하고자 한다. 첫째, ‘후쿠시마 원전 사고’라는 외생적 정보가 주어질 때, 주택 시장에 참가하는 경제 주체들이 원전 위험 인식을 변화시켜 주택 시장에서 자산 가치 변화로 실현했는지를 분석한다. 둘째, 원전의 위험성 때문에 원전 시설과 상대적으로 근접해서 거주하고 있는 사람들이 후쿠시마 사건에 대한 반응이 더 크게 나타날 것으로 기대한다. 이에 후쿠시마 원전 사고 전·후의 주택 가격 변화를 비교하기 위해, 국내 KNPP 시설에서 가까운 ‘인근’ 지역을 처치그룹으로 구성하고 상대적으로 멀리 떨어져 있는 ‘원근’ 지역을 통제그룹으로 구성한다. 이러한 효과를 확인하기 위해 계량 모형은 Rosen(1974)의 헤도닉 가격모형(Hedonic Price Model, HPM)을 이용한 DID (difference in difference) 이중차분모형을 적용한다.

$$y_{ijt} = \alpha + \delta Accident_t + \gamma Treatment_{ij} + \theta (Accident_t \times Treatment_{ij} \times D_t) + X_i\beta + \mu_m + \mu_y + \mu_r + \varepsilon_{ijt} \quad (1)$$

여기서 종속변수 y_{ijt} 는 t 거래일 당시 j 지역에 위치한 아파트 i 로 (1) 로그를 취한 아파트 가격(LogPrice)과 (2) 아파트 거래 건수(NumTrans)이다. $Accident_t$ 는 후쿠시마 사고 더미변수로 후쿠시마 사고 이전은 0, 사고 이후는 1로 표시한다. 이 변수는 후쿠시마 사고 발생일 전·후의 아파트 가격 변화를

설명할 수 있다. $Treatment_{ij}$ 는 처치그룹 변수로 j 지역에 위치한 아파트 i 주택과 KNPP 시설까지의 거리를 나타내고 있다. 이 거리 변수를 사용하기 위해 국토교통부에서 제공하는 지번 주소와 도로명 주소를 이용하여 개별 아파트 위도(latitude)와 경도(longitude)를 구한 뒤 KNPP와의 거리를 계산했다. X_i 는 아파트 주택 변수 벡터로 주택 특성에 대해 이산 변수(아파트 단지)와 연속 변수들(전용면적, 계약일, 건축년도, 층수)로 구성되어 관측 가능한 주택 특성을 통제한다. 건축년도 변수는 경과연수(계약년도-건축년도)로 대체해서 사용한다. μ_m 는 월별고정효과, μ_y 는 연간고정효과, μ_r 는 지역고정효과, 그리고 ε_{ijt} 는 오차항이다.

본 연구의 주요 관심은 DID 추정법을 이용하여 θ 계수를 추정하는 것이다. 여기서 θ 는 후쿠시마 사고 여부가 KNPP 시설과의 거리 정도가 아파트 주택 시장(가격과 거래량)에 영향을 미쳤는지 포착한다. 제Ⅲ장에서 언급했지만, 후쿠시마 사고 이후에 측정된 ‘인근’ 지역 처치그룹과 ‘원근’ 지역 통제그룹 간 주택 가격의 차이는 (i) 후쿠시마 원전 사고의 효과와 (ii) 후쿠시마 원전 사고 이전에 관측된 두 그룹 간 주택 가격의 차이가 결합되어 있다. 그러므로 후쿠시마 원전 사고의 처치효과 θ 는 사고 이후에 관측된 처치그룹과 통제그룹 간 평균 가격의 차이에서 사고 이전에 관측된 두 그룹 간 평균 가격의 차이를 한 번 더 차감해 계산한다. θ 는 (1) $Accident_t \times Treatment_{ij}$, (2) $Accident_t \times Treatment_{ij} \times D_t$ 등과 같이 상호 교차시켜 추정값을 구할 수 있다. 여기서 변수 D_t 는 $Accident_t$ 와 결합하여 후쿠시마 사건 이후의 월(month)과 연도(year)를 나타낸다. 이에 $Accident_t \times Treatment_{ij} \times D_t$ 를 이용해 처치효과의 단기적 효과와 장기적 효과를 설명할 수 있다. 이러한 분석을 위해 우리는 ‘Dist’ 변수를 이용해서 처치그룹과 통제그룹을 생성했다. 처치그룹은 원전 ‘인근’ 지역으로 처치 효과 이질성을 보기 위해 두 집단별로 표본을 구분하고 그 집단에 대해서 각각 평균 처치효과를 추정했다. 두 처치 집단은 KNPP와의 거리가 10km 이내와 15km 이내에서 발생한 아파트 거래이다.

원자력발전소의 잠재적 위험성이 국내 주택가격에 미치는 영향: 후쿠시마 원전사고를 이용하여

통제그룹은 원전 '원근' 지역으로 KNPP와의 거리가 20~25km 사이에 위치한 아파트 거래로 구성했다. 통제그룹의 원전과의 거리를 20km~25km 사이로 선택한 이유는 [그림 2]에서 보듯이, 관측치가 원전과의 거리 약 20km 근방에서 많아졌기 때문이다. 따라서 통제그룹은 완충 지역을 고려해서 아파트가 20~25km 안에 위치한 아파트를 선택했다. 그러므로 <표 3>과 <표 4>의 모형 (1)과 (2)의 처치그룹은 $Treatment_{ij} \leq 10\text{km}$ 로 정의되었고 모형 (3)과 (4)는 $Treatment_{ij} \leq 15\text{km}$ 로 정의되었다.

본 연구는 후쿠시마 원전 사고라는 외부 정보가 아파트 주택 시장에 참가하는 경제주체들의 원전에 대한 잠재적 위험성을 증가시켜 국내 아파트 주택 시장에 영향을 미치는지 분석하기 위해, KNPP로부터의 거리 근접성 정도에 따라 주택 시장 효과가 다를 것으로 가정한다. 다른 여타 조건이 불변이라면, 주택 거래자는 시설의 잠재적 위험성을 주택 가격에 반영해서 주택을 구매할 것이므로 원전과 근접할수록 주택가격이 더 낮을 것이다. 그러므로 추정 계수 θ 는 마이너스 부호를 보이고 원전과 매우 가깝게 인접한 첫 번째 처치그룹에서 효과가 더 분명하게 나타날 것으로 예상된다. 아파트 주택 가격은 근거리의 원전 입지 이외에도 아파트 가치를 반영해 줄 수 있는 특성적인 차이가 존재할 수 있다. 예를 들어, 원전의 입지에 따른 '재정적 지원 여부'는 아파트의 가격 변동과 거래량의 변화에 영향을 줄 수 있다. 지원 대상인 원전 주변 지역은 관련 법령 「전기사업법」 제49조(기금의 사용) 제9호(발전소주변지역 지원사업)에 따르면, 발전기로부터 반지름 5km 이내의 지역이 속하는 읍·면·동 지역으로 정의하고 있다(주변지역 정의, 법 제2조). 본 연구에서 사용하고 있는 데이터는 원전과의 최소 거리는 7.4km로 아파트 주택 시장에서 '재정적 지원금'은 발생하지 않은 것으로 가정한다. 그리고 아파트 특성 중 KNPP에 인접할수록 시설 근방의 아파트는 상대적으로 평형 단가가 낮고 건물 연수 또한 더 오래되었다. 이러한 아파트별 단지 클러스터링 특성을 반영하기 위해 추정에 제시된 표준오차는 개별 아파트 클러스터링 효과를 고려하여 클러스터 표준오차(clustered standard error)가 사용됐다.

2. 추정결과

<표 3>과 <표 4>의 결과는 종속변수 ‘아파트 가격’을 이용해 식(1)를 추정 한 결과이다.⁵⁾ 모형(1), (2)에서 사용된 처치집단은 원전에서 10km 이내에 위치한 아파트이고 모형(3), (4)에서는 15km 이내에 위치한 아파트이다. 각 모형에서 사용된 통제집단은 원전에서 20~25km 사이에 위치한 아파트이다. 처치집단과 통제집단 거리 사이의 아파트 거래는 완충 지역으로 제외했다. <표 3>에서 관측된 표본은 86,148개와 97,000개로 2008년부터 2014년까지 거래된 아파트 매매 가격을 사용하여 주택 시장에서의 장기적 효과를 살펴봤다. 모형(3)과 (4)의 *Accident* 추정 계수는 10% 유의수준에서 통계적 유의성을 보인다. 이러한 결과는 후쿠시마 사고 이전 2008년부터 2010년까지의 3년간의 평균 가격을 기준으로 했을 때, 사고 이후의 2011년부터 2014년까지의 아파트 가격이 평균 2.6% 정도 상승한 것이다. 모형 (1)과 (2)의 모형에서는 통계적 유의성은 나타나지 않았고 낮은 수치다. *Treatment* 추정 계수는 모든 모형에서 1% 유의수준에서 통계적 유의성을 보였다. 이는 2008년부터 2010년까지의 3년간의 평균 가격을 기준으로 했을 때, KNPP에서 10km 이내에 위치한 아파트는 2011년부터 2014년까지의 아파트 가격이 통제그룹 보다 평균 37% 정도 더 감소했고, 15km 이내에 위치한 아파트 가격은 통제그룹보다 24% 정도 감소했다. 원전에 조금 더 인접한 주택 시장에서 가격 효과가 더 크게 나타났다. ‘후쿠시마 원전 사고’의 진정한 처치효과를 알아보기 위해서는, $Treatment \times Accident$ 와 $Accident \times Treatment \times D$ 교차항 추정 계수를 살펴볼 필요가 있다. 이들의 추정값은 통계적으로 유의성이 없는 것으로 나타나, 후쿠시마 사고가 KNPP에 근접한 아파트 주택시장에 장기적 효과가 없음을

5) 논문의 가독성을 고려하여 주요 핵심 변수들만 본문 <표 3>~<표 5>으로 보여 주고, <표 4>에 대한 통제변수 추정값은 <부표 1>로 제시했다. 나머지 표에 대한 통제변수 결과값은 유사하기 때문에 생략했다.

원자력발전소의 잠재적 위험성이 국내 주택가격에 미치는 영향: 후쿠시마 원전사고를 이용하여

보였다. 여기서 D 는 연도 더미다. <표 3>을 요약하면, KNPP 시설과의 거리 정도 여부에 따른 효과는 보였지만 후쿠시마 사고 외부 정보가 아파트 주택 시장에 장기적 효과는 보이지 않았다.

<표 3> 이중차분모형 추정결과(2008년~2014년)

통제그룹:20~25km	처치그룹1(0~10km)		처치그룹2(0~15km)	
종속변수(LogPrice)	(1)	(2)	(3)	(4)
Treatment	-0.37*** (0.055)	-0.37*** (0.055)	-0.24*** (0.039)	-0.24*** (0.039)
Accident	0.011 (0.011)	0.014 (0.011)	0.026** (0.012)	0.025** (0.012)
Treatment*Accident	0.063 (0.051)		-0.047 (0.034)	
Treatment*Accident*Year2011		0.0061 (0.053)		-0.039 (0.036)
Treatment*Accident*Year2012		0.046 (0.039)		-0.025 (0.042)
Treatment*Accident*Year2013		0.098 (0.062)		-0.066 (0.058)
Treatment*Accident*Year2014		0.095 (0.058)		-0.047 (0.040)
Constant	5.31*** (0.189)	5.31*** (0.188)	5.18*** (0.204)	5.18*** (0.202)
r ²	.83	.83	.83	.83
N	86,148	86,148	97,000	97,000

주) 각 추정모형은 ln(면적), 층, 경과년수, 경과년수 자승, 시간추세, 시간추세의 자승과 세계공함, 월/연도/지역고정효과 등을 포함한다. 괄호 안은 클러스터 표준오차가 사용되었으며, 사용된 클러스터는 아파트 단지로서 클러스터 수는 각각 2,355개와 2,546개이다. *, **, ***은 10퍼센트, 5퍼센트, 1퍼센트 유의수준이다.

<표 4>에서 관측된 표본은 26,714개와 30,178개로 후쿠시마 사고의 전·후 2010년부터 2012년까지 거래된 아파트 매매 가격을 사용하여 주택 시장에서

의 단기적 효과를 살펴봤다. 모형 (1)과 (2)의 *Accident* 추정 계수는 10% 유의수준에서 통계적 유의성을 보인다. 이러한 결과는 후쿠시마 사고 이전 2010년 1년간의 아파트 평균 가격을 기준으로 했을 때, 사고 이후의 아파트 가격이 2011년 1년간 평균 3.7% 정도 하락함을 보였다. 모형 (3)과 (4)의 모형에서는 통계적 유의성은 나타나지 않았지만, 상대적으로 다소 낮은 하락세를 보였다. 모든 모형에서 *Treatment* 추정 계수는 1% 유의수준에서 통계적 유의성을 보였다. 2010년 1년간의 아파트 평균 가격을 기준으로 했을 때, KNPP에서 10km 이내에 위치한 아파트는 2011년 1년간의 아파트 가격이 통제그룹보다 평균 25% 정도 더 감소했고, 15km 이내에 위치한 아파트 가격은 통제그룹보다 19% 정도 감소했다. ‘후쿠시마 원전 사고’의 처치효과를 나타내는 $Treatment \times Accident$ 교차항 추정 계수는 모든 모형에서 통계적으로 유의성은 없으나 마이너스 부호를 보이고 있다. $Accident \times Treatment \times D$ 교차항 추정 계수는 3개월 동안 단기적으로 주택 가격 효과가 나타나고 있다.⁶⁾ 여기서 *D*는 월별 더미다. 구체적으로 살펴보면, 2010년 4월(5월, 6월) 아파트 평균 가격을 기준으로 했을 때, KNPP에서 10km 이내에 위치한 아파트는 2011년 4월(5월, 6월) 동안의 아파트 가격이 통제그룹보다 평균 10%(11%, 12%) 정도 더 감소했고, 15km 이내에 위치한 아파트 주택 시장에서는 평균 7%(12%, 12%) 정도로 비슷한 효과가 나타났다.

6) 주택시장에서 전·월세 거래와는 달리 매매는 반응이 조금 늦게 나타날 가능성이 있다. 본 연구에서는 아파트 매매 실거래가 자료만 이용했지만, 향후 아파트 전·월세 실거래가 자료를 구축하여 주택 가격 효과 크기를 비교해 볼 수 있을 것이다. 국토교통부는 2011년 1월부터 읍·면·동·주민센터에서 확정일자를 부여받은 주택을 대상으로 전월세 거래 정보를 제공하고 있다. 후쿠시마 사고 이전 거래 정보는 제공되지 않아 사고 이전과 이후 거래를 비교하기는 어렵지만, 사고 이후의 처치그룹과 통제그룹 차이 비교는 가능할 것이다.

원자력발전소의 잠재적 위험성이 국내 주택가격에 미치는 영향: 후쿠시마 원전사고를 이용하여

〈표 4〉 이중차분모형 추정결과(2010년 3월~2012년 3월)

통제그룹:20~25km	처치그룹1(0~10km)		처치그룹2(0~15km)	
	(1)	(2)	(3)	(4)
종속변수(LogPrice)				
Treatment	-0.25*** (0.071)	-0.25*** (0.070)	-0.19*** (0.051)	-0.19*** (0.051)
Accident	-0.037* (0.020)	-0.036* (0.021)	-0.0096 (0.021)	-0.0082 (0.022)
Treatment*Accident	-0.069 (0.058)		-0.052 (0.032)	
Treatment*Accident*month3		-0.046 (0.065)		-0.043 (0.027)
Treatment*Accident*month4		-0.10** (0.050)		-0.077*** (0.025)
Treatment*Accident*month5		-0.11* (0.061)		-0.12*** (0.042)
Treatment*Accident*month6		-0.12** (0.060)		-0.12** (0.049)
Treatment*Accident*month7		-0.087 (0.076)		-0.054 (0.052)
Treatment*Accident*month8		-0.035 (0.065)		-0.026 (0.039)
Treatment*Accident*month9		0.010 (0.060)		0.0044 (0.038)
Treatment*Accident*month10		0.027 (0.057)		0.0082 (0.040)
Treatment*Accident*month11		-0.047 (0.071)		-0.019 (0.042)
Treatment*Accident*month12		-0.031 (0.057)		0.00013 (0.050)
Treatment*Accident*month1 ¹⁾		-0.043 (0.091)		-0.030 (0.048)
Constatnt	5.24*** (0.196)	5.24*** (0.197)	5.22*** (0.194)	5.23*** (0.194)
R2	0.82	0.82	0.83	0.83
N	26,714	26,714	30,178	30,178

주) <표 3>의 주 참조. 괄호 안은 클러스터 표준오차가 사용되었으며, 사용된 클러스터는 아파트 단지로서 클러스터 수는 각각 1,065개와 1,144개이다. *, **, ***은 10퍼센트, 5퍼센트, 1퍼센트 유의수준이다.

1) 이 추정 계수는 2012년 1월 효과를 의미한다.

<표 5>의 결과는 종속변수 ‘아파트 가격’을 이용해 식(1)를 추정한 결과이다. 거래 건수는 아파트 단지별 월간 총 거래 건수이고 아파트 총 단지 수는 2,546개이다. 모형 (1)~(4)에서 사용한 처치그룹은 KNPP까지 거리가 15km 이내에 있는 아파트 단지들이다. 통제그룹은 위에서 사용한 정의를 그대로 사용한다. 모형 (1)과 (2)는 아파트 주택 거래량의 단기적 효과를, 모형 (3)과 (4)는 장기적 효과를 설명한다. 모형 (3)과 (4)의 *Accident* 추정 계수는 1% 유의수준에서 통계적 유의성을 보인다. 이러한 결과는 후쿠시마 사고 이전 2008년부터 2010년까지의 3년간의 평균 거래 건수를 기준으로 했을 때, 사고 이후 2011년부터 2014년까지의 아파트 거래량은 평균 0.7건 정도 하락함을 보였다. 모든 모형에서 *Treatment* 추정 계수는 정의 부호를 보이고 5% 유의수준에서 통계적 유의성을 보였다. 모형 (1)과 (2)는 2010년 1년간의 평균 거래 건수를 기준으로 했을 때, KNPP에서 15km 이내에 위치한 아파트는 2011년 1년간의 아파트 거래량이 통제그룹보다 평균 2.37% 증가함을 보였다. 반면에 모형(3)과 (4)는 2008년부터 2010년까지의 3년간의 평균 거래 건수를 기준으로 했을 때, KNPP에서 15km 이내에 위치한 아파트는 2011년부터 2014년까지의 아파트 거래량은 통제그룹보다 평균 1.93건 증가함을 보였다. 이는 <표 3>과 <표 4>의 결과와 사뭇 다르다. 종속변수가 아파트 주택 가격일 경우 기준값과 비교했을 때, 처치그룹은 통제그룹보다 아파트 가격은 감소함을 보였지만, 아파트 거래량은 오히려 증가했다. KNPP 근방의 아파트 주택 소유자는 후쿠시마 사고 직후 원전의 위험성을 인지하고 회피 행위로 아파트를 급하게 팔았을 가능성도 있고, 원전 사고의 여파로 원전 인근 아파트 가격이 상대적으로 예전보다 낮아져 저렴한 가격에 주택을 사려는 구매자가 많아졌을 가능성도 있다. 또는 원전 사고 이후에 그 지역의 아파트 매매 건수가 증가했을 가능성도 있다. 그러므로 정확한 거래 건수 처치효과를 분석하기 위해서는, $Accident \times Treatment$ 의 상호교차항 추정 계수를 살펴봐야 한다. 2010년 아파트 평균 거래량을 기준으로 했을 때, KNPP에서 15km 이내에 위치한 아파트의 경우 2011년 아파트 거래량이 통제그룹보다 평균 1.68건 정도

원자력발전소의 잠재적 위험성이 국내 주택가격에 미치는 영향: 후쿠시마 원전사고를 이용하여

감소했다. $Accident \times Treatment \times D$ 의 상호교차항 추정 계수를 살펴보면, 주택 가격의 단기적 효과와는 다르게 주택 시장에서의 아파트 거래량 효과는 2010년 4월 아파트 평균 거래량을 기준으로 했을 때, KNPP에서 15km 이내에 위치한 아파트는 2011년 4월에 아파트 거래량이 통제그룹보다 평균 1.35건 정도 더 감소하기 시작했고, 이러한 거래량 감소 효과는 2012년 1월까지 꾸준히 지속됐다. 또한, 2008년부터 2010년까지의 3년간의 평균 거래 건수를 기준으로 했을 때, KNPP에서 15km 이내에 위치한 아파트는 2012년 1년간의 아파트 거래량은 통제그룹보다 평균 1.79건 감소했다. 이러한 아파트 거래량 감소 효과는 2013년까지 지속됐다. 여기서 D 는 월별 더미와 연간 더미다.

〈표 5〉 이중차분모형 추정결과(거래건수)

처치그룹: 0~15km 통제그룹: 20~25km	2010~2011년		2008~2014년	
	(1)	(2)	(3)	(4)
종속변수(NumTrans)				
Treatment	2.37** (1.135)	2.37** (1.135)	1.93** (0.938)	1.93** (0.938)
Accident	3.88 (2.709)	3.49 (2.763)	-0.70*** (0.211)	-0.68*** (0.203)
Treatment*Accident	-1.68* (0.901)		-0.98 (0.908)	
Treatment*Accident*month3		0.0071 (0.871)		
Treatment*Accident*month4		-1.35* (0.758)		
Treatment*Accident*month5		-0.70 (1.658)		
Treatment*Accident*month6		0.0053 (1.851)		
Treatment*Accident*month7		-1.86* (1.081)		
Treatment*Accident*month8		-2.79** (1.093)		
Treatment*Accident*month9		-2.09** (1.012)		

처리그룹: 0~15km 통제그룹: 20~25km	2010~2011년		2008~2014년	
	Treatment*Accident*month10		-1.98** (0.993)	
Treatment*Accident*month11		-2.28** (1.004)		
Treatment*Accident*month12		-2.31** (1.016)		
Treatment*Accident*month1 ¹⁾		-2.83*** (1.097)		
Treatment*Accident*Year2011				-1.12 (0.738)
Treatment*Accident*Year2012				-1.79** (0.870)
Treatment*Accident*Year2013				-1.83* (1.026)
Treatment*Accident*Year2014				0.34 (1.192)
Constatnt	3.31*** (0.418)	3.44*** (0.415)	2.03*** (0.231)	1.93*** (0.238)
R2	.026	.027	.014	.016
N	9,148	9,148	30,783	30,783

주) <표 3> 주 참조. 괄호 안은 클러스터 표준오차가 사용되었으며, 사용된 클러스터는 아파트 단지로서 클러스터 수는 각각 1,147개와 2,576개이다. *, **, ***은 10퍼센트, 5퍼센트, 1퍼센트 유의수준이다.

1) 이 추정 계수는 2012년 1월 효과를 의미한다.

V. 결 론

후쿠시마 원전 사고 외부 정보가 KNPP 근처의 아파트 주택 시장에 미치는 효과를 분석하기 위해서 본 연구는 첫째, 분석 기간을 2008~2014년과 2010~2012년으로 나누고, 둘째, 두 처치 그룹은 원전과의 거리가 '10km 이내'와 '15km 이내'에서 발생한 아파트 거래로 구성하고, 셋째, 종속 변수는 아파트 가격과 아파트 거래 건수를 사용했다. 주택 시장에서 나타나는 아파트 가격 효과는 다음과 같다. (i) 후쿠시마 사고 이전 2010년 1년간의 아파트 평균 가격을 기준으로 했을 때, 사고 이후의 아파트 가격이 2011년 1년간 평균 3.7% 정도 하락함을 보였다. (ii) 후쿠시마 원전 사고의 처치효과를 나타내는 월별 상호교차 추정값은 2010년 4월(5월, 6월) 아파트 평균 가격을 기준으로 했을 때, KNPP에서 10km 이내에 인접한 아파트는 2011년 4월(5월, 6월) 동안의 아파트 가격이 통제그룹보다 평균 10%(11%, 12%) 정도 더 감소했고, 15km 이내에 위치한 아파트 주택 시장에서는 평균 7%(12%, 12%) 정도로 효과가 나타났다. 요약하면, 후쿠시마 사고 발생 정보는 주택 시장에 부정적인 영향을 끼쳤고, 매우 단기간이기는 하지만 KNPP에서 보다 근접한 처치그룹의 주택 가격 4월 하락폭은 통제그룹과 비교해서 약 3%p 정도 더 감소했다. 또한, 후쿠시마 사고 외부 정보는 2011년 4월부터 2011년 6월까지 3개월 동안 주택 시장에서 아파트 가격 하락 효과가 단기적으로 나타났다.

주택 시장에서 아파트 거래량 효과는 다음과 같다. 후쿠시마 원전 사고에 대한 주택 시장에서의 아파트 거래량 처치효과는 다음과 같다. 첫째, 2010년 아파트 평균 거래량을 기준으로 했을 때, KNPP에서 15km 이내에 위치한 아파트의 경우 2011년 아파트 거래량이 통제그룹보다 평균 1.68건 정도 감소했다. 둘째, 주택 가격의 단기적 효과와는 다르게 주택 시장에서의 아파트 거래량

처치효과는 2010년 4월 아파트 평균 거래량을 기준으로 했을 때, KNPP에서 15km 이내에 위치한 아파트는 2011년 4월에 아파트 거래량이 통제그룹보다 평균 1.35건 정도 더 감소하기 시작했고, 이러한 거래량 감소 효과는 2012년 1월까지 꾸준히 지속됐다. 셋째, 2008년부터 2010년까지의 3년간의 평균 거래 건수를 기준으로 했을 때, KNPP에서 15km 이내에 위치한 아파트는 2012년 1년간의 아파트 거래량은 통제그룹 보다 평균 1.79건 감소했다. 이러한 아파트 거래량 감소 효과는 2013년까지 지속했다. 주택 시장에서 아파트 가격 효과는 장기적으로 통계적 유의성이 나타나지 않았지만 아파트 거래량은 통계적 유의성을 보임에 따라, 원전 사고 외부 정보 영향력은 아파트 주택 시장에서 아파트 가격보다 거래량이 더 뚜렷한 설명력을 보였다. 이러한 결과는 한국이 원전 사고 당사국이거나 발생 지역은 아니었지만 시설이 갖는 잠재적 위험성 때문에, 원전 주변 지역 주민들의 위험 인식을 변화 시켜 아파트 주택 시장에 부정적 영향을 미친다는 Coulomb et al.(2016)와 Tanaka et al.(2018)의 연구 결과와 유사한 것이다.

이 연구의 실증 분석 결과가 시사 하는바는 다음과 같다. 첫째, 아파트 주택 시장에 참가하는 경제 주체들은 후쿠시마 원전 사고 외부 정보에 대한 위험 회피 행위를 아파트 가격 하락이라는 자산 가치 변화로 실현했음을 보여 주고 있다. 즉, KNPP 시설 근처 입지 주민들은 원전 시설에 대한 잠재적 위험성을 후쿠시마 사고 발생 전에는 정확하게 인지하지 못했고, 이는 시설 주변 지역 주민들이 인지하는 비용과 실제 비용 간에 격차가 있음을 함축한다. 둘째, 후쿠시마 사고 이후 ‘원근’ 지역과 비교해서 ‘인근’ 지역에 입지한 주민들의 아파트 가치가 더 낮아짐을 3개월 동안 경험했다는 것은 단기적인 효과 이긴 하지만 사회적 비용이 특정 지역에 집중했음을 암시하고 있다. 이러한 결과는 일반적으로 원전시설의 편익은 전체 지역에 공평하게 배분되지만 비용은 시설이 입지한 지역에 집중해 시설 주변 주민들에게 불이익이 되어 공간적 불평등성 문제를 발생시킨다는 결과와 일치한다(전재완 외 2014; 서희석·김길웅 2011). 셋째, 일본 후쿠시마 원전 사고는 부산 고리 주민들의 원전

원자력발전소의 잠재적 위험성이 국내 주택가격에 미치는 영향: 후쿠시마 원전사고를 이용하여
에 대한 기존 위험 인식을 변화시켜 아파트 가치 하락으로 개별 위험 회피
행위를 보였다. 구체적으로 원전사고에 대한 개별 위험 회피 비용은 평균적으
로 대략 1천 9백만 원 발생했고, 3개월 동안 KNPP에서 15km 이내에 위치한
아파트 거래 건수는 705건으로 총 비용은 약 134억 원이다.⁷⁾

접수일(2017년 12월 20일), 수정일(2018년 2월 11일), 게재확정일(2018년 2월 14일)

7) <표 4>의 원전사고 이후 아파트 가격 처치효과를 나타내는 $Accident \times Treatment \times D$ 의 상호교차항 추정치를(평균 11%) 이용했다. 3개월 동안의 개별 위험 회피 비용(=1908.71만원)은 ‘아파트 거래 이전 평균값(=17,351.96만원)’과 ‘아파트 거래 평균값(=15,443.25만원)’의 차이로 도출할 수 있다.

◎ 참 고 문 헌 ◎

- 박재묵. 1998. “한국 반원전 주민운동의 전개과정” 사회과학연구 9: pp.1-20.
- 배정환. 2013. “선택실험설문에 의한 방사능 피폭 가능성에 대한 원자력 기술개발 종사자의 지불용의액 추정.” 자원·환경경제연구 22(3): pp.411-435.
- 심상섭·홍지연. 2011. “방사능 재해에 따른 환경 및 인체 영향 분석.” KEI Working Paper 2011-04. 한국환경정책평가연구원.
- 서미숙. 2013. “주택가격 변화에 따른 여성 출산율에 관한 연구.” 여성경제연구, 10(1): pp.63-79.
- 서희석·김길웅. 2011. “군사시설 입지갈등의 단계별 원인분석과 갈등관리 전략에 관한 연구: 제주해군기지 입지 갈등을 중심으로.” 한국자치행정학보, 25(3): pp.69-95.
- 이근대. 2011. 「원전에 대한 국민의식 조사」 에너지경제연구원.
- 이상영·김남순·김정선·신일식·하미나·이수형·오영인. 2011. 「일본 원전사고가 우리나라 국민의 건강에 미치는 영향과 대책」 한국보건사회연구원.
- 원두환. 2009. “원자력발전 온배수 이용에 대한 소비자 보상액 추정” 경제연구 27(1): pp.853-874.
- 원두환. 2010. “원자력 시설 수용 선호의 이질성에 관한 연구” 자원·환경경제연구 19(4): pp.189-209.
- 전재완·최동원·김성진. 2014. 「환경·에너지 시설의 입지문제 해결방안」 산업연구원.
한국원자력문화재단. 2015. 「2015년 원자력국민인식조사」, 한국원자력문화재단.
- 최성두. 2009. “원자력발전소 주변지역 지원정책의 문제점과 발전방향 모색: 고리원전 지역을 중심으로” 지방정부연구, 13(3): pp.223-244.
- 최한수·홍우형. 2017. “원전 주변지역 지원제도의 경제효과 분석” 재정학연구, 10(4): pp.71-104.
- Anselin, L. 1988. “Spatial Econometrics: Method and Models.” Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

원자력발전소의 잠재적 위험성이 국내 주택가격에 미치는 영향: 후쿠시마 원전사고를 이용하여

- Bauer, Thomas K.; Braun, Sebastian; Kvasnicka, Michael. 2013. "Distant Event, Local Effects? Fukushima and the German Housing Market." *Ruhr Economic Papers*, No. 433, ISBN 978-3-86788-489-1, <http://dx.doi.org/10.4419/86788489>.
- Commonwealth of Pennsylvania, 1980. "Report of the governor's commission on three mile island." Commonwealth of Pennsylvania, Harrisburg, PA.
- Coulomb, R. and Zylberberg Y. 2016. "Rare events and risk perception: evidence from the Fukushima accident." Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, Working Paper No. 229.
- Gamble, H.B. & R.H. Downing. 1982. "Effects of nuclear power plant on residential property values." *Journal of Regional Science*, Vol.22: pp.457-478.
- Gawande, K. and H. Jenkins-Smith, 2001. "Nuclear waste transport and residential property values: estimating the effects of perceived risks." *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.42: pp.207-233.
- Hongjia Zhu, Yongheng Deng, Rong Zhu, and Xiaobo He. 2015. "Fear of Nuclear Power? Evidence from Fukushima Nuclear Accident and Land Markets in China," IRES Working paper series, IRES2015-001
- Metz, W.C., T. Allison, and D.E. Clark. 1997. "Does utility spent nuclear fuel storage affect local property values?" *Radwaste Magazin*, Vol.4: pp.27-33.
- Nelson, J.P. 1981. "Three mile island and residential property values: empirical analysis and policy implications." *Land Economics*, Vol.57: pp.363-372
- Rosen, S. 1974. "Hedonic Prices and Implicit Market: Product Differentiation in Pure Competition." *Econometrica*, Vol.48: pp.34-55.
- Tanaka, S. and Zabel, J. 2018. "Valuing nuclear energy risk: Evidence from the impact of the Fukushima crisis on U.S. house prices." *Journal of Environmental Economics and Management*, forthcoming

〈부표 1〉 이중차분모형 추정결과(2010년 3월~2012년 3월)

통제그룹: 20~25km	처치그룹1(0~10km)		처치그룹2(0~15km)	
종속변수(LogPrice)	(1)	(2)	(3)	(4)
Treatment	-0.25*** (0.071)	-0.25*** (0.070)	-0.19*** (0.051)	-0.19*** (0.051)
Accident	-0.037* (0.020)	-0.036* (0.021)	-0.0096 (0.021)	-0.0082 (0.022)
Treatment*Accident	-0.069 (0.058)		-0.052 (0.032)	
Treatment*Accident*month3		-0.046 (0.065)		-0.043 (0.027)
Treatment*Accident*month4		-0.10** (0.050)		-0.077*** (0.025)
Treatment*Accident*month5		-0.11* (0.061)		-0.12*** (0.042)
Treatment*Accident*month6		-0.12** (0.060)		-0.12** (0.049)
Treatment*Accident*month7		-0.087 (0.076)		-0.054 (0.052)
Treatment*Accident*month8		-0.035 (0.065)		-0.026 (0.039)
Treatment*Accident*month9		0.010 (0.060)		0.0044 (0.038)
Treatment*Accident*month10		0.027 (0.057)		0.0082 (0.040)
Treatment*Accident*month11		-0.047 (0.071)		-0.019 (0.042)
Treatment*Accident*month12		-0.031 (0.057)		0.00013 (0.050)
Treatment*Accident*month1 ¹⁾		-0.043 (0.091)		-0.030 (0.048)
ln(면적)	1.07*** (0.028)	1.07*** (0.028)	1.07*** (0.028)	1.07*** (0.028)
총	0.013*** (0.001)	0.013*** (0.001)	0.012*** (0.001)	0.012*** (0.001)
경과년수	-0.035*** (0.005)	-0.036*** (0.005)	-0.037*** (0.005)	-0.037*** (0.005)
경과년수 상승	0.00064*** (0.000)	0.00064*** (0.000)	0.00068*** (0.000)	0.00068*** (0.000)

원자력발전소의 잠재적 위험성이 국내 주택가격에 미치는 영향: 후쿠시마 원전사고를 이용하여

통제그룹:20~25km	처치그룹1(0~10km)		처치그룹2(0~15km)	
시간추세	0.0057** (0.003)	0.0059** (0.003)	0.0046* (0.003)	0.0049* (0.003)
시간추세 상승	-0.000091*** (0.000)	-0.000094*** (0.000)	-0.000084*** (0.000)	-0.000093*** (0.000)
시간추세 세제공	-0.0000040*** (0.000)	-0.0000041*** (0.000)	-0.0000038*** (0.000)	-0.0000041*** (0.000)
월별고정효과	Yes	Yes	Yes	Yes
연간고정효과	Yes	Yes	Yes	Yes
지역고정효과	Yes	Yes	Yes	Yes
Constatnt	5.24*** (0.196)	5.24*** (0.197)	5.22*** (0.194)	5.23*** (0.194)
R2	0.82	0.82	0.83	0.83
N	26,714	26,714	30,178	30,178

주) <표 3> 표주 참조. 괄호 안은 클러스터 표준오차가 사용되었으며, 사용된 클러스터는 아파트 단지로서 클러스터 수는 각각 1,065개와 1,144개이다. *, **, ***은 10퍼센트, 5퍼센트, 1퍼센트 유의수준이다.

1) 이 추정 계수는 2012년 1월 효과를 의미한다.

ABSTRACT

The Effect of Nuclear Power Plants on Housing Values
in South Korea: Using Fukushima Nuclear Accident*

Misuk Seo** and Hong Chong Cho***

This study used data from real estate transactions provided by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport to investigate the effect of Fukushima on the domestic housing market. In order to explain the changes in apartment prices before and after the Fukushima nuclear accident, we used the DID estimation method to estimate the house prices of the 'near' area (treatment group) and 'far' area (control group). As a result, we concluded the following. First, accidents at the Fukushima nuclear power plant had a negative impact on the apartment market in Pusan, Korea. Second, apartment prices declined in the short term for three months. In particular, based on apartment prices in April 2010, apartments located within 10 km of the Kori Nuclear Power Plant fell by an average of 10% (11%, 12%) on average in April 2011 compared to the control group. These results show that the economic agents participating in the housing market realized real estate value change in the housing market through risk avoidance behavior based on external information of Fukushima nuclear accident.

Key Words : Housing Price, Nuclear Power Plant, Risk Perception.
JEL Codes : Q51, Q54

* This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2016S1A5B5A07919951), and the present research was conducted by the research fund of Dankook University in 2017.

** Adjunct Lecturer, Department of Economics, Sungshin University (main author).
misukseo@sungshin.ac.kr

*** Associate Professor, Department of Economics, Dankook University
(corresponding author). hongcho@dankook.ac.kr