



쓰레기소각장 개선사업이 인근 아파트 가격에 미치는 영향 분석 - 개입시계열분석*

Newly Improved Incineration Plant's Impacts on Nearby Apartment Sale Prices with Interrupted Time Series Analysis

오민경** · 조주현***

Oh, Min-Kyung · Cho, Joo-Hyun

Abstract

This study aims to test the impacts of revamping an existing incinerator on sale prices of nearby apartments by an interrupted time series analysis. Even though a step-by step analysis covering long life cycle is required in the study of so-called 'NIMBY(Not-in-my-backyard)' facilities, there have not been enough studies with intervening time series analysis. With two intervention events, which are Global Financial Crisis in 2008 and the completion of revamping Goyangsi Incineration plant in 2010, a Box-Tiao's intervention ARIMA model is used to identify types and duration of the impacts. The completion of plant's improvement shows a negative pulse-type impact in the neighboring treatment area, which showed a spike at the moment of intervention and decaying over time. Also, speeds of decay after pulse among different sized apartments were not the same. Relatively, the impacts on bigger-sized apartments were decaying much faster. Compared to the limited impacts of the plant improvement project, the Global Financial Crisis gave geographically broader negative impacts on apartment sales prices, including treatment area and two comparative areas.

키 워 드 ■ 혐오시설, 쓰레기소각장, 개입시계열분석

Keywords ■ Disamenities, Incineration Plant, Interrupted Time Series Analysis

I. 서 론

혐오시설이 인근 부동산 가격에 미치는 영향을 분석함에 있어 기존의 국내연구들은 횡단면적 자료를 이용한 다중회귀분석에 그치는 경우가 많았다. 혐오시설은 입지가 한 번 정해지고 나면 수년, 수십 년간 그 장소에 고정적으로 존재하는데 혐오시설이 미치는 효과가 생애주기 동안 동일하지 여부에 대하여는 횡단면 분석만으로 판단하기 어렵다.

과거부터 현재까지의 데이터를 이용한 시계열분석은 특히 외부적 충격이 해당 시장에 어떠한 영향을 주었고 그 영향의 변화를 추적하는데 유용하며, 향후 미래에 대한 예측을 가능하게 하여 정책입안자 입장에서 의사결정을 할 때 도움을 줄 수 있다.

본 연구의 목적은 쓰레기소각장의 가동기간 중 발생한 개선공사의 준공을 인근 아파트가격에 부정적 영향을 미치는 개입요소로 보고 개입시계열분석(Interrupted Time Series Analysis)을 이용하여 어

* 이 논문은 오민경의 박사학위논문의 일부를 정리 보완한 것임.

** Certified Appraiser, Ph. D. in Real Estate Science, Pacific Appraisal Company

*** Dept. of Real Estate Science, Konkuk University (Corresponding Author j3586@hotmail.com)

땡게 영향을 미쳤고 그 영향은 어느 정도 지속되는가를 판단하고자 한다. 이러한 연구는 향후 쓰레기 소각장의 운영과 관련한 합리적인 의사결정과 정책 수행의 정당성 확보에 도움을 줄 수 있다고 본다.

이후에는 쓰레기소각장이 인근 부동산가격에 미치는 영향을 시계열적으로 접근한 선행연구 등을 소개하고 본 연구에 활용된 개입시계열분석에 대한 이론적 고찰과 실증분석결과를 기술하였다.

II. 선행연구

혐오시설이 인근 부동산가격에 미치는 영향을 횡단면적 분석에 그치지 않고 시간의 변화를 고려하여 분석한 선행연구들은 다음과 같다.

윤의영(1997)은 노원구 쓰레기 소각장 시설의 건설결정 발표, 장소의 확정, 소각장 건설공사 착공 등의 시점별 중요상황이 인근 아파트가격에 미치는 영향을 개입 시계열분석을 통해 규명하였다. 그 부정적 영향이 일시적이지 않고 지속되는 단계는 소각장의 입지 발표가 아니라 실질적인 정책의 집행에 해당하는 시설공사의 착공임을 실증분석으로 보여주었다. 이에, 소각장 시설의 착공은 100m 이내의 아파트들에게 스텝(STEP) 함수의 형태로 아파트 면적 3.3m²당 약13만원의 하락이 지속되게 한다는 결론을 얻게 되었다. 본 연구는 혐오시설의 입지 각 단계별로 인근 아파트 가격에 미치는 영향이 다르다는 것을 규명한 시계열분석에 해당하지만 정작 노원 쓰레기 소각장이 운영이 되는 시기는 분석하지 못한 한계를 가지고 있다.

신종태(2008)는 목동, 상계, 그리고 평촌지역에 소재하는 쓰레기 소각장의 입지가 주거용 부동산에 미치는 영향을 회귀분석을 이용한 횡단면 분석과 동태적분석을 함께 시도하였고 시기별로 영향의 변화추이를 도출하였다. 쓰레기 소각장으로부터 거리

가 100m 멀어질 때마다 보이는 아파트 매매가격의 상승률을 나타내는 상대거리경사계수¹⁾를 통해 각 시기별로 그 영향력이 변화하고 있는 것을 실증분석 하였다. 쓰레기 소각장이 미치는 부정적 영향은 시간의 경과에 관계없이 지속되며 아파트 규모에 따라 거래가격이 커지면 그 영향력은 가속된다는 결론을 얻게 되었다. 이러한 결론은 혐오시설의 입지에 대해 지역주민들이 인식이 시간이 지나면 둔감해지고 그 부정적 영향력이 감소할 것으로 예상 하던 것과 반대되는 결론을 도출한 것이며 기존 윤의영(1997) 연구결과인 부정적 영향력이 STEP형태로 지속된다는 것을 지지하는 것이라 하겠다. 이때, 횡단면분석과 동태적 분석을 같이 시도하여 횡단면 분석의 한계를 보완하려고 하였지만 한국감정원 아파트시세를 이용하여 발생하는 실거래가격과의 괴리문제를 극복하지 못했다는 한계를 갖고 있다.

Kiel and McClain(1995)은 입지에 대한 소문이 있기 전, 소문이 무성한 때, 공사기간, 가동시작, 안정적 가동기간으로 각각 나누어 각 시기별 회귀분석을 통하여 쓰레기 소각장의 생애주기별 영향력을 도출하였다. 소문에 대한 불확실성이 존재하는 시기에는 통계적으로 유의한 영향력이 없다가 그 불확실성이 종식되는 건립공사의 착공이 되는 시기가 되어서야 부정적 영향이 발견되었다. 공사착공시기에는 거리가 1% 멀어질수록 7.1%가 상승, 가동시작 시기에는 12.2%, 그리고 가동이 안정화되는 시기에는 그 보다는 다소 낮아진 10.7%의 효과를 보였다. Kiel and McClain(1995) 연구는 쓰레기소각장이 안정화되기 전에는 더 높은 부정적 효과를 보이는 등 생애주기별로 서로 다른 영향을 주고 있음을 나타내었던 유명한 선행연구에 해당된다. 하지만 본 연구에서도 각 년도 별로 다중회귀분석을 시도하거나 전체 데이터를 Pool로 회귀분석을 시도하여 시계열적인 변화의 반영에 다소 한계가 있다고 볼 수 있다.

임창호 외(2002)는 목동 쓰레기 소각장의 입지가 인근 아파트 가격에 미치는 부정적인 영향력을 각 년도 별로 헤도닉분석모형을 통하여 규명하였고 추 가적으로 쓰레기소각장의 운영강도가 달라지는 확 장공사가 어떤 충격을 주었는지를 분석하였다. 분석 결과, 소각장의 증설로 인해 인근 아파트에 미치는 부정적 영향은 약 1.5배 증가시켰으며 증가된 외 부효과가 낮아진 주택가격으로 자본화되었음을 보 여주었다. 이에, 혐오시설의 입지와 운영에 따른 부정적 효과의 영향권이 시간에 따라 변화할 수 있으므로 이를 고려한 협상 및 보상정책이 이뤄져 야 한다고 언급하였다. 하지만 본 연구는 아파트 단지별·평형별 시세자료를 활용하였다는 점과 소 각장과 거리의 단지중심의 거리로 분석되었다는 점에서 일부 한계를 가지고 있다.

전제열(2011)은 강남구 생활쓰레기 소각장에서 저조한 소각가동률을 제고하기 위해 추진된 광역 화작업이 아파트실거래가격에 미치는 영향을 분석 하였다. 이때 시설주변 아파트실거래가격을 기준으 로 헤도닉 가격모형을 활용하여 2006년부터 2009 년까지 반기별로 모형을 추정하였고 쓰레기소각장 과의 직선거리 계수값의 추이를 통해 영향의 정도 를 파악하였다. 본 연구의 분석결과 시설의 광역 화의 사건이 발생되었음에도 불구하고 그 계수값 은 오히려 하락하는 현상을 보여 기존 선행연구의 방향과는 반대되는 결과가 도출되었다. 이는 강남 구 생활쓰레기 소각장의 광역화와 관련된 정보의 공유 및 경제적 보상 등의 다양한 방법을 통한 합 의 도출로 부정적 외부효과가 상쇄되었다는 점을 실증분석으로 밝혀내었다. 다만 사용될 실거래가 격의 데이터의 부족으로 강남구 쓰레기소각장의 생 애주기별 다양한 기간 내의 영향력을 파악하지 못 한 한계가 존재한다.

본 연구는 혐오시설의 최초 입지이후 운영강도가 높아지거나 그 영향의 범위가 넓어지는 등의 변화

가 있을 경우 인근 아파트 가격에 미치는 영향의 변화를 분석한 임창호 외(2002)와 전제열(2011)의 연구에 착안하고 윤의영(1997)의 개입시계열분석기 법을 적용하여 진행되었다. 즉 고양환경에너지시설 의 개선사업이 인근 아파트가격에 미치는 영향을 분석하기 위해 기존의 횡단면 분석이 아닌 시계열 데이터를 이용하여 보다 혐오시설의 생애주기적 영 향의 변화를 더 효율적으로 반영하도록 하였다. 본 연구는 기존 위치에서 혐오시설의 업그레이드 작업 등의 개선사업이 미치는 부정적 영향이 어느 정도 인가에 그치지 않고 개입시계열 분석을 통해 어떠 한 형태로 어느 정도의 기간 동안 영향을 미치게 되었는지를 파악할 수 있어 기존 선행연구와 차별 이 된다.

III. 이론적 고찰

1. 개입시계열분석

시계열적인 분석은 시계열 데이터와 인과관계가 있는 여러 변수들을 통하지 않고 자신의 과거와 현 재 값들을 가지고 그 데이터의 특성을 분석하는 방 법을 의미한다. 이때 일련의 시계열 데이터에 변형 을 야기하는 충격이 발생하면 그러한 개입은 시계 열 데이터를 개입 전(pre-intervention) 시계열과 개입 후(post-intervention) 시계열로 나누게 한다. 그러므로 서로 다른 양상을 보이는 시계열을 동일 하게 판단하고 분석 하는 것은 적절하지 않다.

개입시계열분석은 개입사건으로 인해 시계열에 변화가 있을 경우 Box-Tiao(1975)가 제안한 외부 충격의 유형에 따라 적용할 수 있는 개입 ARIMA 모형을 선택해 분석하는 것이다. 이러한 개입 ARIMA 모형을 통해 개입사건이 미치는 영향의 형 태, 영향의 정도, 그리고 영향의 지속정도를 효과적

으로 파악할 수 있게 된다.

이때, 기존의 일반적인 최소자승법(OLS)에 의한 경우 문제가 발생할 수 있는데, 시계열 데이터처럼 자기상관 오차항의 존재로 오차항의 독립성이 인정되지 않을 때에 OLS에 의한 모수 추정은 편의(biased)되고 그 값이 과다하게 도출될 가능성이 존재하기 때문이다(김수용, 2011).

따라서, 개입을 반영한 모형은 White Noise 상태의 시계열 a_t 에 외부의 충격(I_t , Intervention, 개입)이 가법적인 형태로 영향을 미친다고 가정할 때 다음과 같은 구조의 시계열 모형을 가진다고 할 수 있다.

$$Y_t = f(I_t) + N_t$$

$$(1-B)^d \phi_p(B) N_t = \theta_0 + \theta_q(B) a_t$$

여기에서 Y_t 는 개입이 반영된 시계열을, $\phi_p(B)$ 는 비계절형 AR(AutoRegressive) 다항식($\phi(B)=1-\phi_1(B)_1-\phi_2(B)_2 \dots -\phi_p(B)_p$)을, $\theta_q(B)$ 는 MA(Moving Average) 다항식($\theta(B)=1-\theta_1(B)_1-\theta_2(B)_2 \dots -\theta_q(B)_q$)을 의미한다. 그리고 $f(I_t)$ 는 개입에 따른 함수를 의미하고 a_t 는 백색잡음을 나타낸다.

개입요소들로는 시계열에 영향을 줄 수 있는 정책(제도)의 변화(대출 LTV 비율의 변경), 특정 사건(미국 911 테러), 혹은 SARS 와 같은 질병의 발생 등이 포함될 수 있다.

1) 개입함수 형태

개입함수의 형태는 스텝형태(STEP)와 펄스형태(PULSE)로 나뉜다. 스텝함수(혹은 계단함수)는 개입으로 인한 시계열 데이터의 하락 혹은 상승효과가 발생시점 이후에도 지속되는 경우를 의미한다. 개입이 발생하는 t 시점 이전에는 $S_t = 0$ 이고, t 시점을 포함한 그 이후에는 $S_t = 1$ 이 된다. 한편, 펄스함수는 시계열 데이터에 일시적으로 영향을 주는 것으로서 개입시점에만 충격이 발생하고 일정

시간이 경과한 이후에는 원시계열로 복귀되는 형태이다. 개입이 발생하는 t 시점 이전에는 $P_t = 0$ 이고, t 시점에는 $P_t = 1$, 그리고 그 이후에는 $P_t = 0$ 이 된다.

$$S_t^{(T)} = \begin{cases} 0, & t < T \\ 1, & t \geq T \end{cases} \quad P_t^{(T)} = \begin{cases} 0, & t \neq T \\ 1, & t = T \end{cases}$$

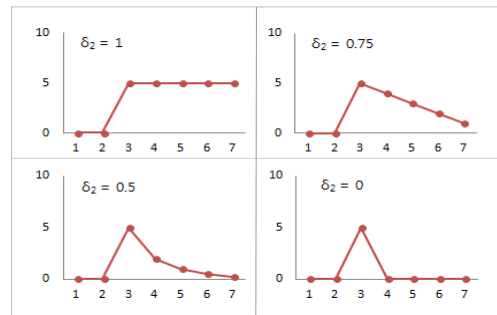
스텝함수 펄스함수

2) 개입의 형태에 따른 반응 유형

개입시계열분석에서 개입 형태별로 원시계열에 어떻게 반응이 되는지 그 반응형태도 서로 다르게 된다. 일반적으로 사용되는 개입함수 $f(I_t)$ 의 형태는 다음과 같다(McDowell et al. 1980).

$$f(I_t) = \frac{\omega(B)}{\delta(B)} B^b I_t \quad I_t = P_t^{(T)} \text{ or } S_t^{(T)}$$

여기에서 $\omega(B)(= \omega_0 - \omega_1 B_1 - \dots - \omega_s(B)_s)$ 는 개입 초기의 기대효과를 의미하고, $\delta(B)(= \delta_0 - \delta_1 B_1 - \dots - \delta_r(B)_r)$ 는 개입의 영향이 지속되는 정도를 나타낸다. 그리고 b 는 개입의 효과가 시계열 데이터에 영향을 미치게 되는 시점의 지연(이연) 시차를 의미한다. B 는 후행연산자로서 $BX_t = X_{t-1}$ 을 의미한다. 예를 들어, 개입함수가 $\frac{\omega_0}{1-\delta B} B^b P_t^{(T)}$ ($0 < \delta < 1$)일 경우, 개입은 펄스함수로서 $T+b$ 시점에 ω_0 의 영향정도로 시작해서 그 영향은 δ 의 속도로 줄어들게(decaying) 됨을 의미한다.



주: McDowell et al.(1980) 참고

Figure 1. δ values and decaying patterns

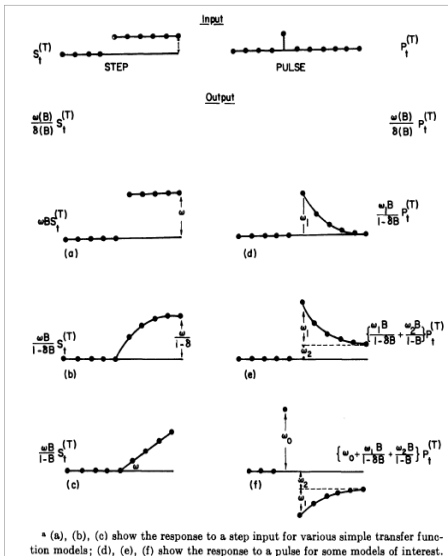


Figure 2. Responses to Step & Pulse Input (Box and Tiao, 1975)

개입함수의 δ 의 수준에 따라서 반응충격이 사라지는 속도가 달라짐을 알 수 있다. $\delta=1$ 이면 그 충격이 사라지지 않는 스텝형태와 동일하며 $\delta=0$ 이면 개입시점에 발생한 충격은 그때만 존재하고 바로 원상태로 복귀하면서 사라지는 것을 펄스형태를 의미한다.

2. ARIMA 모형구축 전략

Box·Jenkins (1976)는 적절한 ARIMA 시계열 모형을 구축하기 위해서 3단계 절차를 소개하였다. 첫째, 시계열 모형의 식별(Identification)이다. 이 단계에서는 ADF(Augmented Dickey Fuller)검정을 이용해 시계열 데이터의 안정성여부를 판단한다. 만약 시계열 데이터가 안정적이지 않을 경우에는 차분이나 로그형태를 취해 안정화과정을 거쳐 안정적인 시계열 데이터로 만들어야 한다. 그리고 ACF(자기상관함수)와 PACF(편자기상관함수)의 형

태에 근거해 AR 혹은 MA의 차수를 결정한다. 둘째, 시계열 모형 모수의 추정(Estimation) 단계이다. 이 단계에서는 적절한 통계 패키지를 이용해 모형의 모수를 추정한다. 추정된 모수는 통계적으로 유의해야 하며 정상성조건(bounds of stationarity)과 가역성조건(bounds of invertability)을 만족시켜야 한다. 셋째, 시계열 모형의 검정(Diagnosis) 단계이다. 검증단계에서는 상기 잠정적인 모형의 통계적 적절성여부를 판단하고 최종적인 모형을 결정하는 단계이다. 이 단계에서는 모형의 적절성 검증을 위해 ACF의 잔차가 0인지 여부를 판단해 백색잡음(white noise)에 해당되는지 결정한다. 그리고 Ljung-Box의 Q 통계량을 이용해 잔차들 간에 자기상관이 없다는 것을 판단한다. 각 단계에서 여러 조건을 만족시키지 못할 경우에는 첫 단계인 모형의 식별단계부터 다시 시작해야 하며 이러한 3단계를 만족시킬 경우에 최종모형을 결정하게 된다.

IV. 모형의 구성

1. 데이터의 공간적 범위

본 연구에서는 효율적인 시계열적인 분석을 위해 경기도 고양시 일산동구지역내 소재하는 고양환경에너지시설²⁾을 중심으로 2km³⁾ 반경에 위치하는 일산동구내 처치구역(Treatment Area : 그림3의 빨간색부분)과 그 분석결과를 보다 명확히 비교해 줄 수 있는 비교집단 1(보라색부분)과 비교집단 2(연두색 부분)로 구분해서 분석하였다.

먼저 처치구역은 고양환경에너지시설로부터 2km 반경 내에 속하는 아파트 단지들로 구성되어 있다. 처치구역은 고양환경에너지시설 개선사업의 준공으로 인한 부정적인 영향을 가장 직접적으로 받은 구역을 의미한다. 이 구역에는 경기도 고양시 일산동구내의 백석동, 마두동, 장항동이 해당된다. 이때,

고양환경에너지시설의 남서쪽 방향은 고양시 덕양구와 인접하고 있으나 2km 반경 내에 소재하는 아파트단지들이 없어서 본 연구에서 고양시 덕양구는 연구에서 제외하였다.

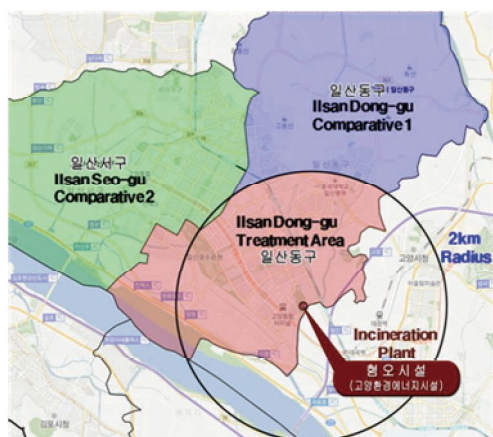


Figure 3. Study Area

비교집단 1에는 고양환경에너지시설로부터 반경 2km를 초과하는 일산동구내 풍동, 성석동, 식사동, 사리현동, 중산동에 소재하는 아파트 단지들이 포함된다. 특히 비교집단 2는 처치구역과 유사한 교통환경, 주변 환경을 가지고 있지만 고양환경에너지시설로부터 원거리(3km 이상)에 위치하고 있는 일산서구 내에 소재하는 아파트단지들이 해당된다. 이러한 비교집단 1, 2의 설정은 고양환경에너지시설 개선사업의 준공에 따른 부정적 영향의 유효 거리를 제시해 줄 수 있다. 또한 고양환경에너지시설로부터 근거리에 위치하고 있는 처치구역 내 아파트 가격의 변동률과 비교집단과의 차이 여부를 통해 당해 개입요소들의 영향이 일반적으로 모든 집단에서 나타나는 현상이라 볼 수 있는 주택경기 따른 가격 변동인지 여부의 판단이 가능할 수 있다.

2. 데이터의 시간적 범위

본 연구에 활용된 데이터는 아파트 실거래가격을 기반으로 구축된 부동산 R114의 데이터베이스 REPS(Real Estate Power Solution)에서의 아파트 매매가격 월별 변동률(2000.01~2016.12, 120건)이다. 해당 변동률은 일산동구내의 32개 아파트단지와 일산서구의 64개 아파트단지들의 매매가격으로 구해진 것이다.

월별 매매가격 변동률의 그래프를 보면 2000년부터 2006년 하반기까지는 가격 변동폭이 심하였으며 특히 평당 매매가격이 지속적으로 상승세를 보이고 있어서 특정 개입(intervention)에 따른 시계열의 변화를 도출하기가 어렵다. 이에 본 연구에서는 개입요소가 인근 아파트 가격 변동률에 미치는 영향의 정도를 보다 적절하게 파악하기 위해 변동률이 비교적 안정적이고 본 연구의 분석의 중심인 고양환경에너지시설 개선사업의 준공시점이 포함되어 있는 2007년 이후를 선택하였다.

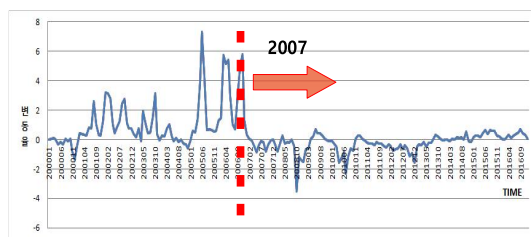


Figure 4. Monthly fluctuation rates in Ilsandong-gu (year 2000 ~ 2016)

3. 개입요소

본 연구는 고양환경에너지시설의 개선사업이 인근 아파트가격에 미치는 영향을 분석하는 것으로 가장 중요한 개입요소는 2010년 6월에 준공된 고양환경에너지시설 개선사업이다. 모형에는 개입요소가 주는 영향이 스텝형태인지 펄스형태인지 알 수

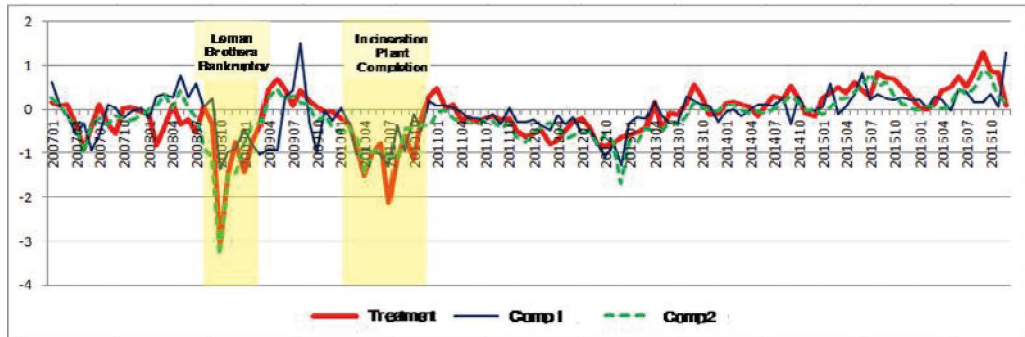


Figure 5. Intervention events and Fluctuation rates in Study area

없이 두 형태를 모두 투입시켜 모형을 구축하였다.

〈고양환경에너지시설 개선사업의 준공〉

$$P_C = \begin{cases} 0, & t \neq i \\ 1, & t = i \end{cases} \quad i = 2010\text{년 } 6\text{월} \sim 8\text{월}$$

$$S_C = \begin{cases} 0, & t < i \\ 1, & t \geq i \end{cases} \quad i = 2010\text{년 } 6\text{월}$$

한편 2008년 리만 브라더스 파산사건으로 시작된 미국발 금융위기는 전 세계적으로 영향을 미쳤으며 국내 부동산시장에도 예외는 아니었다. 본 연구의 분석기간 내에 간과할 수 없는 외부충격에 해당하므로 고양환경에너지시설 개선사업의 준공 외에 또 다른 개입요소로 리만 브라더스 파산사건을 모형에 추가시켰다.

〈리만 브라더스 파산〉

$$P_L = \begin{cases} 0, & t \neq i \\ 1, & t = i \end{cases} \quad i = 2008\text{년 } 9\text{월} \sim 11\text{월}$$

$$S_L = \begin{cases} 0, & t < i \\ 1, & t \geq i \end{cases} \quad i = 2008\text{년 } 9\text{월}$$

V. 실증분석

1. 개요

ARIMA 모형의 구축은 위해 모형의 식별, 모형

의 추정, 그리고 모형의 검정 3단계로 이뤄진다. 실증분석은 2가지 개입요소들이 1) 처치구역과 비교집단1, 비교집단 2에 각각 어떠한 영향을 미치는지를 분석하고, 2) 가장 근거리의 처치구역 내 서로 다른 면적의 아파트들에 미치는 영향의 차이를 분석하는 2가지로 구분하여 이뤄졌다.

2. 처치구역과 비교집단1,2의 영향 비교분석

1) 개입 ARIMA 모형 식별

모형의 식별은 ARIMA(p, d, q)의 차수를 결정하는 단계이다. 시계열자료가 안정적인지 여부를 확인하기 위해 원시계열의 그림과 표본상관도표를 통해 판단을 하며 ADF (Augmented Dickey Fuller) 검정을 통해서 이뤄진다.

Table 1. ADF Test Results (Unit Root Test)

Data	Constant, Time Trend	Constant only	No Constant, trend
Treatment	-5.3558***	-4.4967***	-4.3867***
Comparative 1	-5.8996***	-3.6883***	-3.5825***
Comparative 2	-4.5392***	-3.9731***	-3.6556***

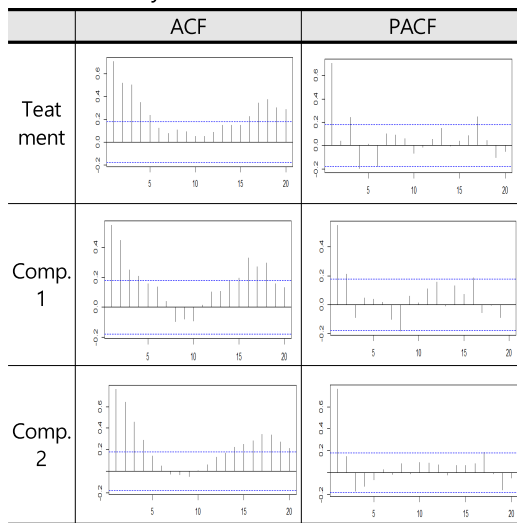
주: 유의수준 10%, **: 유의수준 5%, *** : 유의수준 1%

원시계열의 안정성을 검정하기 위해서 ADF 검정을 한 결과 유의수준 1%에서 단위근이 있다는

귀무가설을 모두 기각하고 있는바, 원시계열은 안정적인 것이라 판단할 수 있다.

원시계열데이터의 안정성이 검증된 상태에서 적절한 ARIMA(p,d,q) 차수의 결정을 위해 자기상관 함수(ACF: AutoCorrelation Fuction)와 편자기상관 함수(PACF: Partial AutoCorrelation Function)를 확인해 볼 필요가 있다.

Table 2. Study area ACFs and PACFs



ARIMA 모형의 차수를 결정하는 데 있어서 간결성(parsimony)의 원칙을 최대한 유지하는 최소의 추정 파라미터를 사용해 볼 때, 적용된 ARIMA 차수는 ① 처치구역은 ARIMA(1,0,0) ② 비교집단1 ARIMA(2,0,1) ③ 비교집단2 ARIMA(1,0,1)이다.

2) 개입 ARIMA 모형 추정

일산동구내 아파트 매매가격 변동률 시계열 데이터에 영향을 미치는 개입요소 2가지를 고려해서 최종적으로 결정된 모형은 다음과 같다. 이때, 절편(θ)은 유의수준 5%에서 유의하지 않아 포함시키지 않았다.

$$Y_t = \frac{\omega_1}{1 - \delta_1 B} P_{L,t} + \frac{\omega_2}{1 - \delta_2 B} S_{L,t} + \frac{\omega_3}{1 - \delta_3 B} P_{C,t} + \omega_4 S_{C,t} + \frac{(1 - \theta B)}{(1 - \phi B)} a_t$$

여기에서, Y_t 는 아파트매매가격 변동률 시계열데이터, ω 는 개입변수에 대한 계수값, δ 는 충격이 사라지는(decaying) 정도이다. P_L 과 S_L 은 리만 브라더스 파산사건에 대한 펄스함수와 스텝함수, P_C 와 S_C 는 고양환경에너지시설의 준공에 대한 펄스함수와 스텝함수이다.

〈표 3〉는 각 모형별로 추정된 모수의 결과 값을 보여주고 있다. 추정계수는 서로 다른 모형에서 추출되어 서로 직접적인 비교가 불가능하지만 각 구역별로 최소한의 비교를 위한 참고 정보제공을 위해 표준화된 z-value를 활용하여 가격의 방향성과 그 크기를 파악하였다.

고양환경에너지시설 개선사업의 준공이 처치구역내 아파트가격 변동률에 미치는 부정적 영향의 형태는 스텝함수가 아니라 펄스함수의 형태였으며 해당 개입요소는 비교집단 1, 2에 비유의한 계수값을 보여 부정적 영향을 미치지 않는 결과를 보였다. 즉 고양환경에너지시설 개선사업은 반경 2km 이내인 처치구역에만 펄스형태의 영향을 미쳤으며 일정 시간이 경과한 이후 다시 원래상태로 복귀하는 모습을 보였다.

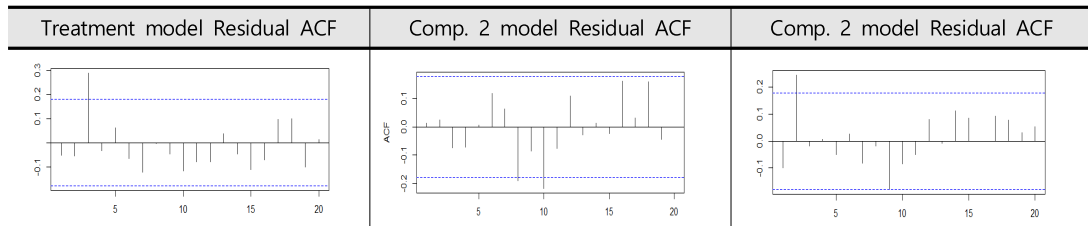
이와는 반대로 리만 브라더스 파산사건은 전 세계에 영향을 미친 만큼 본 연구의 범위인 처치구역과 비교집단 1,2에 모두에 펄스형태의 부정적 영향을 미쳤음을 알 수 있다. 즉 고양환경에너지시설의 개선사업의 준공이 국지적인 영향(국지적 충격)을 미친 반면 리만 브라더스 파산사건은 좀 더 광범위하게 영향(광역적 충격)을 주었음을 알 수 있다.

Table 3. Parameter Estimation Results

모형 모수	Treatment ARIMA(1,0,0)		Comp. 1 ARIMA(2,0,1)		Comp. 2 ARIMA(1,0,1)	
	Coef.	z-value	Coef.	z-value	Coef.	z-value
θ_1			0.4618*	1.8020	-0.4417***	-4.4431
φ_1	0.5424***	6.9169	-0.0764	-0.3029	0.8941***	15.9876
φ_2			0.3835**	3.0935		
Lehman Brothers Bankruptcy event						
ω_1	-0.9528***	-3.5844	-0.4951**	-3.1820	-0.9910***	-4.4769
δ_1	0.6066***	4.9103	0.9787***	73.7928	0.5325***	5.3799
ω_2	-0.0619	-0.2964	0.6596*	1.7783	-0.2630	-1.0650
Newly Improved Incineration Plant event						
ω_3	-0.4386***	-3.2628	-0.1150	-0.3787	-0.4426*	-1.7718
δ_2	0.9732***	72.2395	0.2584	0.2311	0.2571	0.5662
ω_4	0.5813*	1.6902	-0.2414	-0.7173	0.2700	0.9947

주: * : 유의수준 10%, ** : 유의수준 5%, *** : 유의수준 1%

Table 4. Residual ACFs of Estimated Models



3) 개입 ARIMA 모형 검정

다음으로 추정된 모형이 적절한지를 검정하기 위해 잔차항의 White Noise 여부 판정의 Ljung-Box의 Q통계량을 구해 보았다.

〈표 5〉 Ljung-Box 통계량의 p값들을 보면 신뢰수준 5%에서 통계적으로 유의하지 않음을 알 수 있다. 이는 잔차들 간에 자기상관이 없다는 귀무가설을 기각하지 못하여 추정된 모형은 적절하며 최종모형으로 결정할 수 있다는 것을 의미한다.

그리고 추정된 모형의 잔차 ACF 〈표 4〉에서 1~2개의 스파이크(spike)가 발견되기는 하지만 신뢰수준 내에 존재하고 있어서 백색잡음의 조건을 만족하고 있다고 볼 수 있다. 이에 상기에 추정된 모

형을 최종모형으로 결정할 수 있다.

Table 5. Ljung-Box Q-Statistics & Significant prob.

Model	Ljung-Box Q		
	Statistics	d.o.f	Sig. (p)
Treatment	25.3455	20	0.1885
Comp. 1	26.3878	20	0.1534
Comp. 2	21.8136	20	0.3507

3. 처치구역 내 아파트 면적별 영향 비교분석

다음에는 고양환경에너지시설 개선사업의 준공이 국지적으로 처치구역 내에만 필스형태의 영향을 미친 점에서 착안하여 서로 다른 아파트 면적별로 개

입 ARIMA 모형을 구축하여 2가지의 개입요소에 따른 영향을 살펴보았다. 모형의 식별, 추정, 검정은 상기의 방법과 동일하게 진행되었다.

1) 개입 ARIMA 모형 식별

처치구역 내 아파트 면적별 월별 매매가격 변동율의 단위근 검정에 의하면 모든 평형의 시계열데이터는 안정적인 것으로 판단되었다.

Table 6. ADF Test Results by APT Sizes

Data	Constant, Time Trend	Constant only	No Constant, trend
10-Pyung	-6.4027***	-6.4278***	-5.8336***
20-Pyung	-5.8643***	-5.3486***	-5.2518***
30-Pyung	-6.0107***	-5.1905***	-5.0028***
Over 40-Pyung	-5.7285***	-5.1276***	-2.4860**

각 시계열데이터의 ACF와 PACF를 확인하고 최종적으로 결정된 ARIMA모형의 차수는 ① 10평형대 ARIMA(1,0,0) ② 20평형대 ARIMA(1,0,0) ③ 30평형대 ARIMA(1,0,1) ④ 40평형대 이상 ARIMA(2,0,2) 으로 결정하였다.

2) 개입 ARIMA 모형 추정

처치구역 전체의 매매가격 변동율에서는 리만 브라더스 파산과 고양환경에너지시설 개선사업의 준공의 부정적 효과가 모두 펄스함수의 형태로써 통계적으로 유의하였다. 하지만 처치구역 내의 아파트 면적별로 검토하여 보면 그 결과는 달라진다.

먼저 소형평형을 검토하여 보면, 고양환경에너지시설 개선사업의 준공으로 인하여 직접적인 영향을 받은 평형대는 20평형대이며 10평형대는 통계적으로 유의한 계수값이 없고 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 20평형대는 해당시설의 준공으로 펄스형태의 부정적 영향을 보였다.

한편, 리만 브라더스의 파산사건은 10평형대와 20평형대 아파트 가격의 변동률에는 어떤 영향을 주지 않았다.

Table 7. Parameter Estimation Results (small size)

	10-pyung, ARIMA(1,0,0)		20-pyung ARIMA(1,0,0)	
	Coef.	z-value	Coef.	z-value
ϕ_1	0.5233***	6.4493	0.4717***	5.7563
lehman brothers bankruptcy event				
ω_1	0.6619	0.8445	-0.3123	-1.1268
δ_1	-0.4430	-0.8764	0.7112**	2.0222
ω_2	-0.1167	-0.2684	0.1418	0.5533
Newly Improved Incineration Plant event				
ω_3	-0.5907	-0.8426	-0.5172***	-3.8969
δ_2	0.3884	0.6599	0.9649***	46.7264
ω_4	0.5829	1.1921	0.5329	1.3863

주: * : 유의수준 10%, ** : 유의수준 5%, *** : 유의수준 1%

Table 8. Parameter Est. Results (over middle size)

	30-pyung, ARIMA(1,0,1)		over 40-pyung ARIMA(2,0,2)	
	Coef.	z-value	Coef.	z-value
θ_1	-0.5169***	-3.6378	0.2934***	4.0837
ϕ_1	0.8444***	9.3376	0.1709**	2.5458
θ_2			-0.7066***	-10.2323
ϕ_2			0.8177***	12.5371
lehman brothers bankruptcy event				
ω_1	-1.0709***	-3.9553	-1.9553***	-5.4395
δ_1	0.6817***	8.4778	0.5290***	5.7822
ω_2	-0.1690	-0.5523	0.9311	1.5380
Newly Improved Incineration Plant event				
ω_3	-0.5647**	-2.2196	-1.5142***	-4.0072
δ_2	0.7137***	5.0173	0.3723**	2.4896
ω_4	0.2777	0.8139	0.9989*	1.7763

주: * : 유의수준 10%, ** : 유의수준 5%, *** : 유의수준 1%

중대형 평형 이상의 아파트의 경우에는 소형평형에 비하여 개입요소들로부터 예민한 반응을 보였다. 고양환경에너지시설 개선사업의 준공은 30평형대, 40평형대 이상의 아파트들 모두에 펄스형태의 영향을 끼쳤으며 리만 브라더스 파산사건에 대하여도 중대형평형 이상의 아파트들은 부정적인 영향을 받았다.

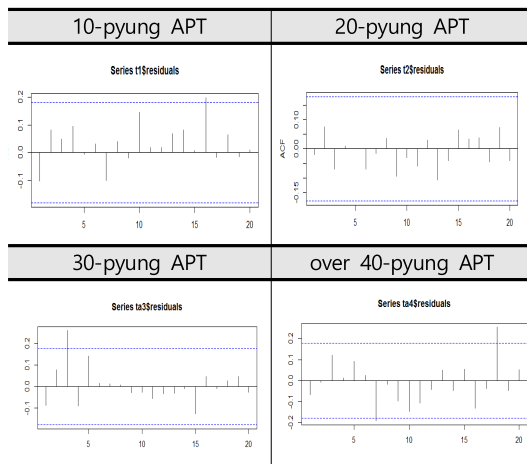
3) 개입 ARIMA 모형 검정

처치구역 내 아파트의 면적별 개입 ARIMA모형의 Ljung-Box Q통계량과 모형의 잔차 ACF를 확인하여 본 결과 자기상관이 발견되지 않아 상기 모형을 최종모형으로 결정하였다.

Table 9. Ljung-Box Q-Statistics & Significant prob.

Model	Ljung-Box Q		
	Statistics	d.o.f	Sig. (p)
10-Pyung	15.7331	20	0.7330
20-Pyung	8.1816	20	0.9906
30-Pyung	7.7438	20	0.9934
Over 40-Pyung	25.0902	20	0.1980

Table 10. Residual ACFs of Estimated Models



4) 개입의 영향 비교

〈표11〉에는 처치구역 내 아파트 면적별로 고양 환경에너지시설 개선사업의 준공과 리만 브라더스 파산사건 개입요소들이 인근 아파트가격 변동률에 미친 영향의 형태와 그 수준이 비교 정리되어있다. 이때, 10평형대 아파트들의 경우 두 개입요소들 모두에 통계적으로 비유의한 결과를 보여 제외하였다.

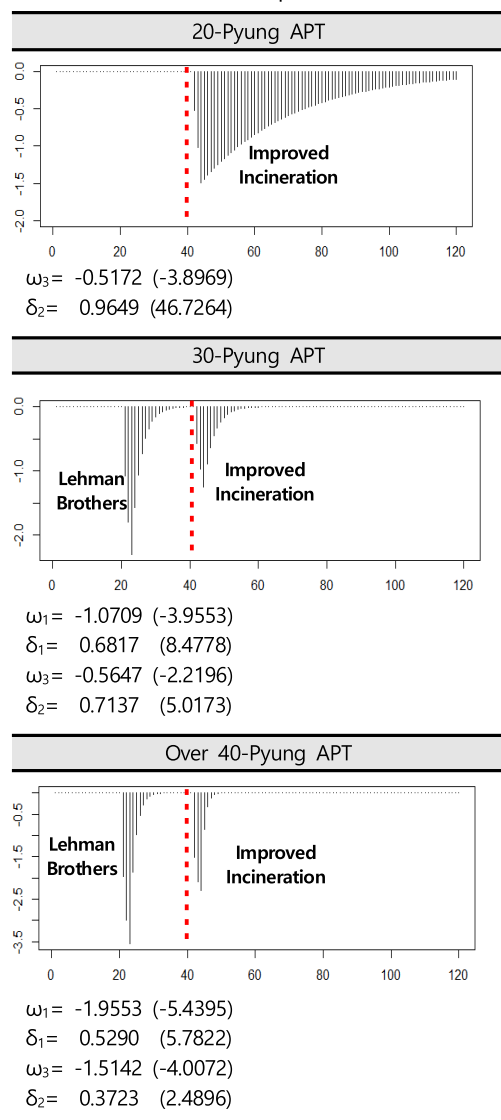
20평형대 아파트는 리만 브라더스 파산 개입에는 통계적으로 유의한 가격하락 영향을 보이지 않았지만 고양환경에너지시설 개선사업의 준공에는 가격하락의 반응을 보였다. 그 형태는 펄스로서 개입시점에 급격한 하락을 현상을 보인 후 서서히 원상태로 복귀하는 모습을 보였다.

30평형대와 40평형대 이상의 아파트는 2가지 개입요소들 모두에 통계적으로 유의한 가격하락의 반응을 보였다. 그 형태는 펄스로서 개입시점에 급격한 하락을 보인 후 빠르게 원상태로 복귀하는 모습을 보였다.

고양환경에너지시설 개선사업의 준공과 리만 브라더스 파산사건 2가지 개입요소들의 영향은 특히 가격적인 부담이 큰 중대형아파트에 더 큰 타격을 주었고 소형아파트에는 영향을 주지 않았음을 보여 주었다. 이는 국내외 1~2인의 소형가구의 증가추세로 소형아파트에 대한 수요가 늘어나고 있는 상황에서 각 개입요소들의 충격에도 불구하고 상대적으로 영향을 덜 받은 것으로 판단된다.

이때 부정적 영향의 정도와 그 지속정도를 파악하기 위해서 ω_3 (펄스함수의 부정적 영향의 정도를 나타내는 계수)와 δ_2 (펄스의 충격이 사라지는 속도를 나타내는 계수) 계수값을 검토해 볼 수 있다. 하지만 각 추정계수들이 서로 다른 모형에서 추출되어 직접적인 비교가 불가능하므로 각 계수값(ω_3 , δ_2)들의 표준화된 z-value를 활용하여 가격의 방향성과 그 크기를 파악하여 보았다.

Table 11. Intervention Impacts in Treatment



고향환경에너지시설의 개선사업 준공으로 부정적 영향을 받은 20평형대의 ω_3 의 계수값은 -0.5172 (z-value: -3.8969)이고, 30평형대의 경우 -0.5647 (z-value: -2.2196), 40평형대 이상 아파트들의 경우에는 -1.5142 (z-value: -4.0072)이다. 이 계수값의 의미는 각각의 아파트 유형모두 펄스형태의 부정적 영향을 받았으며 그 개입시점에 가장 큰 충

격을 받은 것은 40평형대 이상의 아파트들이었다는 것이다. 이는 쓰레기 소각장이 규모가 크고 거래가격이 큰 아파트들에 더 많은 영향을 미친다는 신종태(2008)의 연구결과를 지지하는 것이라 할 수 있다.

그리고 상기의 부정적 영향이 사라지는 δ_2 의 계수값을 검토하여 보면 상황은 달라진다. 20평형대는 0.9649 (z-value: 46.7264)이고, 30평형대는 0.7137 (z-value: 5.0173), 그리고 40평형대 이상의 경우 0.3723 (z-value: 2.4896)이다. 이는 상대적으로 적은 수준의 부정적 영향을 미친 20평형대에는 그 영향이 사라지는 데 오랜 기간이 소요된다는 것이며 이와는 반대로 큰 충격을 받은 40평형대 이상의 아파트들에는 그 영향이 빠르게 사라진다는 것이다.

이러한 결론은 20평형대의 아파트들이 고향환경에너지시설 개선사업의 준공에 부정적 영향을 40평형대 이상의 아파트들에 비해 상대적으로 적게 받았지만 부정적 영향에 대한 인식은 오래 갖고 있다는 것을 의미한다. 만약 본 연구에 아파트 규모별로 입주인에 대한 특성정보인 소득수준, 교육수준, 세대주의 연령 등이 포함된다면 해당 결과에 대한 해석이 좀 더 풍부해 질 수 있을 것이라는 향후 연구의 방향을 제시해 주고 있다.

VI 결론

협오시설은 입지공공, 착공, 준공, 운영 등의 생애주기를 갖고 오랜 기간 한 지역에 입지하게 된다. 이에 기존의 횡단면 분석을 이용해서는 생애주기 동안 해당시설이 인근 부동산 가격에 미치는 영향을 지속적으로 관찰하고 파악하기 용이하지 않음에도 불구하고 선행연구에서 시계열적인 접근은 거의 없는 실정이다.

본 연구에서는 고양환경에너지시설이 입지해 있는 고양시 일산동구내 아파트들의 월별 매매가격 변동률을 이용해 개선사업을 거친 쓰레기 소각장의 준공을 개입요소로 파악하고 이것이 인근 아파트가 가격에 미치는 영향을 개입시계열모형을 이용하여 실증분석 하였다. 또한 전 세계적인 금융위기를 몰아왔던 2008년 9월에 발생한 리만 브라더스 파산선고도 개입요소로 추가하여 실증 분석하였다.

개입ARIMA 모형을 구축해서 분석해 본 결과 고양환경에너지시설 개선사업의 준공은 2km 권역내의 처치구역의 아파트들에게만 국지적으로 부정적 영향을 미쳤다. 그리고 처치구역 내 20평형대, 30평형대 그리고 40평형대 이상의 아파트들에 펄스함수 형태의 영향을 미쳐 개입의 순간에 급격한 가격하락 현상을 보인 후 그 영향이 점점 사라지면서 원상태로 복귀하는 모습을 보였다. 한편, 리만 브라더스 파산선고는 보다 광역적인 범위로 처치구역을 포함 비교집단 1,2에 모두 펄스함수의 형태의 음(-)의 영향을 미쳤다.

추정계수(δ_2)의 직접적인 비교는 불가능하여 표준화된 z-value를 참고하여 개입시점의 부정적 충격의 정도와 이 충격이 사라지는 정도를 파악하였다. 40평형대 이상의 아파트는 급격하게 하락된 가격수준이 회복되는 시간이 빠른 반면 20평형대 아파트는 그 충격이 다소 작기는 하지만 느리게 회복되는 것을 알 수 있었다.

본 연구에서는 최초의 입지를 위한 쓰레기 소각장 준공이 아닌 노후화된 설비를 개선하는 공사의 준공이라는 사건은 전자가 미치는 부정적 영향이 스텝함수의 형태였다는 연구결과(윤의영, 1997)와 대비하여 펄스함수의 형태로 일정시간이 경과한 후 원 상태로 복귀한다는 연구결과를 얻었다. 그리고 그 영향은 다소 국지적이며 영향을 미치는 일정 유효거리, 즉 처치구역 반경 2km 이었다는 결과를 얻게 되었다. 또한 쓰레기 소각장이 인근 아파트

매매가격 변동률에 미치는 영향의 정도와 그 충격의 지속정도는 아파트 면적별로 다르다는 것도 실증 분석되었다.

다만 본 연구는 경기도 고양시 일산동구 지역에 소재하는 하나의 쓰레기 소각장을 분석한 것으로서 이 분석결과를 일반화하여 적용하는 데는 다음과 같은 이유로 한계가 있다 하겠다. 첫째, 쓰레기 소각장인 고양환경에너지시설의 전체 생애주기 중에서 기존의 노후화된 시설에 대한 신규 공사가 진행될 수 있다는 이야기가 공론화 되는 시기, 실제 포스코 건설에 의해 공사가 착공되는 시기 등은 아파트 실거래가의 수집시기가 2006년 이후로 가능하기에 적용을 하지 못하였다. 둘째, 아파트의 가격 변동률에 충격을 주는 개입요소로서 거시적인 영향을 주었던 리만 브라더스 파산 사건과 본 연구의 중점 사항인 개선사업이 진행된 쓰레기소각장의 준공만을 검토되었다. 셋째, 실증분석 결과에 대한 해석에 대한 유추에 있어서 한계점이 발견된다. 아파트 입주민들에 대한 소득수준, 교육수준, 세대주의 연령 등의 특성정보가 포함되면 연구 결과의 해석이 명확해 졌을 것으로 본다.

이상으로 언급된 한계점을 보완하고 보다 장기적인 분석기간의 연구를 통해 쓰레기 소각장과 같은 혐오시설의 최초입지, 운영기간, 운영강도의 변화를 초래하는 개선사업 등과 같은 개입이 미치는 영향의 형태와 지속정도를 체계적으로 분석할 수 있을 것이다. 향후 본 연구가 혐오시설의 생애주기별로 동태적인 관점에서 분석하는 연구의 기초자료로서 활용되기를 희망해 본다.

주1. 상대거리경사계수는 쓰레기 소각장과 거리 가격에 미치는 영향력의 상대적인 변화를 나타내는 것으로 기준시점을 0으로 둘 때 거리변수의 계수값을 의미함.

주2. 고양환경에너지시설은 기존의 스킵식 소각방식

- 의 소각장을 허물고 열분해 용융방식의 새로운 소각방식으로 개선하여 2010년 하반기에 준공되어 가동을 시작한 쓰레기소각장임. 하지만 가동을 시작한 이후에 잦은 고장, 처리용량 부족문제, 시설운영능력 부족문제 그리고 환경오염물질 검출 등으로 가동 중단과 재가동을 반복해 옴⁴⁾⁵⁾. 해당 개선공사는 가동기간 중에 추진되어 쓰레기소각장의 최초입지계획발표, 시설공사의 착공 등의 시기에 인근 부동산 가격에 미치는 영향과는 다를 것으로 판단하였음.
- 주3. 임창호 외(2002)에서는 목동자원회수시설이 미치는 영향의 범위를 자위회수시설로부터 반경 2km 이내라 판단하였고 손철·신상영(2007)에서도 임창호의 논문을 참고하여 노원구자원회수시설로부터 2.1km를 연구대상으로 하였음. 이에 본 연구에서도 처치구역의 범위를 고양환경에너지시설로부터 2km 이내로 정하고 그 이상은 비교집단으로 구분하였으며 무엇보다도 반경 1km 이내에 속하는 아파트단지의 수가 현저히 작음.
- 주4. 유제원·김현수, “소각량 ‘미달’·다이옥신 ‘술술’... 고양 쓰레기 소각장 총체적 부실”, 경기일보, 2016.03.10
- 주5. 이정성, “한국환경공단 일산소각장 다이옥신기준 초과”, 에코저널, 2011.11.17
- in Urban Area on Residential Property”, *Real Estate Focus*, 4:22-34
4. 윤의영, 1997. “도시비선회수시설이 주택가격에 미치는 영향에 관한 연구 -서울시 상계동 소각장 사례의 개입시계열 분석”, 『한국정책학회보』, 6(1): 152-173.
- Yoon, E., 1997. “The Impacts of Waste Facilities on Property Values: an Interrupted Time Series Analysis of Waste Incineration Plant Siting in Seoul, Korea” *Journal of the Korea Association for Policy Studies*, 6(1): 152-173
5. 오민경, 2017. “혐오시설이 부동산 가격에 미치는 영향에 관한 세가지 에세이”, 건국대학교 대학원 부동산학과 박사학위 논문.
- Oh, M. K., 2017. “Three Essays on Property Impacts of Disamenities” Ph. D. Dissertation, KonKuk University.
6. 임창호·이창무·김정섭·이상영, 2002. “소각장 운영 강도차이가 주변 아파트가격에 미치는 영향”, 『국토계획』, 37(3):255-26.
- Yim, C., Lee, C., Kim, J., and Lee, S., 2002. “Differential Impact of Incinerator Operation Levels on Nearby Housing”, *Journal of Korea Planners Association*, 37(3):255-267.
7. 전제열, 2011. “강남구 생활쓰레기소각장의 광역화가 주변 아파트 실거래가에 미치는 영향분석”, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
- Chun, J., 2011. “The Effect of Enlargement of the Gangnam-Gu Incinerator on the Real Transaction Prices of Neighboring Apartments” Master Degree Dissertation, Seoul National University.
8. Box, George E. P. and George C. Tiao, 1975. “Intervention Analysis with Applications to Economic and Environmental Problems” *Journal of the American Statistical Association*, 70(349): 70-79.
9. Kiel, Katherine A. and Katherine T. McClain, 1995. “House Prices During Siting Decision Stages: The Case of an Incinerator from

인용문헌 References

1. 김수용, 2011, “개입모형을 이용한 한국의 입출국자 자료분석”, 중앙대학교 대학원 통계학과 석사학위논문.
Kim, S., 2011. “Analysis of Korea tourism data by using intervention model”, Master’s Degree Dissertation, Chungang University.
2. 손철·신상영, 2007. “자원회수시설이 공동주택가격에 미치는 영향의 공간적 범위에 대한 연구”, 『부동산학연구』, 13(3):117-127.
Son, C., and Shin, S., 2007, “A Study on the Spatial Extent of Area under the Negative Price Impact from an Urban Resource Recovery Facility in Seoul, Korea” *The Journal of Korea Real Estate Analysts Association*, 13(3): 117-127.
3. 신종태, 2008. “도시내 혐오시설 입지가 주거용 부동산 가격에 미치는 영향 -수도권 쓰레기소각장을 중심으로”, 『부동산포커스』, 4:22-34.
Shin, J., 2008. “The Impact of Disamenities

- Rumor through Operation”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 28(2): 241-255.
10. McDowall, David, Richard McCleary, Errol E. Meidinger, and Richard A. Hay, Jr, 1980. *Interrupted Times Series Analysis*, California: SAGE Publications.
 11. 유제원·김현수, 2016.03.10., “소각량 ‘미달’·다이옥신 ‘솔솔’... 고양 쓰레기 소각장 총체적 부실”, 경기일보.
Yoo, J., and Kim, H., 2016.03.10., “The Capability of Incinerating ‘Below’·Dioxin ‘Softly’... Bad Performing Goyang Incineration Plant”, Gyeonggi Ilbo.
 12. 이정성, 2011.11.17., “한국환경공단 일산소각장 다이옥신기준초과”, 에코저널.
Lee, J., 2011.11.17., “Korea Environment Corp., Goyang Incineration Plant, Dioxin Exceeding Emission”, Ecojournal.

Date Received	2017-12-19
Reviewed(1 st)	2018-01-30
Date Revised	2018-04-13
Reviewed(2 nd)	2018-04-25
Date Accepted	2018-04-25
Final Received	2018-05-03