



용적률 규제와 효율성*

Regulation of Floor Area Ratios and Its Efficiency

유상균** · 이혁주*** · 정창무**** · 민혁기*****

Yu, Sanggyun · Rhee, Hyok-Joo · Jung, Chang-Mu · Min, Hyuk-Ki

Abstract

Seoul adopted a restrictive zoning in 2003 where floor area ratios (FARs) were cut back by 28.5% in residential areas. We construct a spatial equilibrium model and measure the second-best efficiency of the FAR regulation and the efficiency loss caused by that massive down-zoning. As a second-best instrument, the FAR regulation achieves at most 4.1% of the welfare gain that the first-best policy mix could achieve over and above the free market city. On the other hand, the down-zoning has reduced the welfare by 2.6% of the average household income. This welfare loss amounts to 4.7 trillion KRW (4.0 billion US dollars) per year and, equivalently, 1.4% of the gross regional product of Seoul. In fact, the welfare loss mostly comes from the sharp increase in housing prices. In specific, the cost of housing shortage is shown to be six times larger than the benefits from improved amenities of lower density residential areas and almost seven times larger than the benefits from relieved congestion of road and non-road infrastructure.

키 워 드 ■ 용적률 규제, 효율성, 주택속성시장, 유출효과, 규제 준수비용

Keywords ■ Floor Area Ratio Regulations, Efficiency, Housing Attribute Market, Spillovers, Compliance Cost

I. 서론

본 연구는 토지이용규제의 대표적 규제수단인 용적률 규제가 사회적 효용 변화에 미치는 영향력을 측정하고, 이를 통해 용적률 규제의 사회적 정당성을 고찰해 보도록 한다. 도시계획 분야에서 토지이용규제는 필수적 계획수단이지만, 규제 시행방식에 대한 관심에 비하여 ‘토지이용규제가 과연 효율적이었는가?’에 대한 근본적 질문은 상대적으로 소홀하게 취급되어 왔다.

토지이용규제는 혼잡 완화, 쾌적성 증진, 경관비

용 감소 등 긍정적 외부효과를 초래하는 것으로 평가된다. 하지만 토지이용규제가 주택시장을 왜곡시켜 후생손실이 초래될 것이라는 주장 또한 존재한다(이혁주, 2015). 따라서 토지이용규제의 본질적 기능과 영향력에 대한 명료한 이해가 필요하고, 이를 토대로 규제의 시행여부와 강도는 신중하게 결정되어야 한다.

서울시는 주거지역 종세분화를 통해 일반주거지역 용적률 상한 400%를 250%(3종 기준)까지 강화하였다. 서울시가 규정한 종별 일반주거지역 용적률 상한기준은 국토계획법 시행령 속 용적률 규제 범위의 중간수준이고, 최대 상한기준에 비하여 일

*이 논문은 2016년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2016S1A5A2A03926800).

** Daejin University

*** Seoul National University of Science and Technology

**** Seoul National University

***** Incheon Development Institute (Corresponding author: hkmin@idi.re.kr)

괄적으로 50%p가 낮다. 비록 종세분화가 지역적, 자연적 특성이 무시된 고밀개발을 계획적으로 제어하기 위해 제안된 제도임에도 불구하고 성장관리상의 각종 부작용과 한계 또한 다양하게 나타나고 있다. 즉 종세분화가 주거지역의 용도 상향을 효과적으로 억제하지 못하고 있고(윤혜림·남진, 2013), 수도권 주택유형을 고밀 아파트로 획일화하는 원인이 되고 있으며(장운배 등, 2008), 서울시 용도지역제 운영상 각종 문제를 동시에 야기하고 있고(정희운 등, 2013), 기성시가지 건축밀도의 하향조정으로 수도권 시가지의 확산을 촉진하고 있는 것으로 파악된다(이혁주, 2015).

본 연구는 밀도규제에 대해 記述的 측면과 제도적 측면에서 연구한 기존연구에서 탈피하여, 그 효과를 효율성 측면에서 평가하고 이를 통해 규제의 사회·경제적 정당성 여부에 대해 판단한다. 이 연구 목적을 달성하기 위해 서울시 대도시권에 대한 일반균형 도시공간모형을 구축하고, 구축된 모형을 이용해 용적률 규제가 사회적 순편익의 증가 혹은 감소에 얼마나 영향을 미쳤는지 측정한다. 본 연구에서 도시공간모형을 구축하고 규제의 효율성을 평가하는 방법론은 용적률 규제에 대한 이혁주(2015)의 이론을 응용하였고, 모의실험의 기술적 과정은 밀도규제로 인한 소득계층 간 형평성 변화가 관심대상인 민혁기(2016)의 전개과정을 활용하였다. 그리고 효율성 평가에 이용한 수치해석모형은 Hirte and Rhee(2016)의 모형을 활용하였다.

II. 이론

선행연구(최막중, 2001; 윤정중·유완 2001; 김창석·김주영, 2002; 차경은·김호연, 2013)들은 용적률이 증가할수록 주택가격은 하락하고, 하락의 주요 원인을 주거환경의 질 저하로 풀이하고 있

다. 본 장에서는 용적률 규제와 주택가격간의 관계 그리고 용적률 규제 변화와 사회적 후생 변화를 이론적으로 설명한다. 이를 위해 1절에서는 건폐율 규제의 효과가 관심대상인 이혁주(2016)의 도식적 풀이과정을 기반으로 규제수단을 용적률 규제로 변환하여 풀이하고, 제2절에서는 Hirte and Rhee(2016)의 수식적 풀이과정을 요약하여 설명하도록 한다.

1. 유출효과가 없는 경우

유출효과란 아파트 단지의 건축밀도가 아파트 단지 밖에 미치는 외부효과(교통혼잡, 일조, 경관 등)를 말한다. 유출효과가 없는 경우, 어떤 아파트 단지의 용적률을 f , 이 단지를 개발하여 공급하는 사업자의 이윤을 π 라고 하자. 용적률이 f 인 아파트 단지 공급자에게 이윤 π 혹은 그 이상을 보장하는 주택가격들 가운데 가장 낮은 주택가격을 $\phi(f, \pi)$ 라고 쓰고 이를 주택공급자(주택건설업자)의 제시가격(offer price)이라고 부르자. 한편 아파트의 용적률이 f 인 어떤 단지에서 일정 효용수준 u 를 보장하면서 단위 주택면적 당 대표가구가 지불할 의사가 있는 최대 금액을 주택구매자의 $\theta(f, u)$ 라고 쓰고 주택소비자(주택구매자)의 입찰가격(bid price)이라고 부르자.

개발가능한 아파트 단지의 대지면적이 일정한 크기로 고정되어 있을 때, 공급주택의 수를 증가시킬수록 아파트 한 호당 생산원가는 줄어들게 된다. 즉 제시가격 $\phi(f, \pi)$ 는 용적률 f 의 감소함수($\partial\phi/\partial f < 0$)이다. 그러나 아파트 단지 내 주택 호수가 증가하면서 단지 내 쾌적성(일조, 경관, 녹지)은 낮아지게 되므로 주택소비자인 대표가구가 이 단지 내 주택 한 호에 대해 지불할 의사가 있는 금액 $\theta(f, u)$ 은 용적률 f 에 대해 역시 감소함수($\partial\theta/\partial f < 0$)이다.

Figure 1은 이 두 곡선을 f 의 감소함수로 표현하고 있다.¹ 주택공급자간 경쟁은 주택공급자의 사업이윤 π 를 0으로 만든다. 이때 제시가격은 $\phi(f, \pi=0)$ 가 되고 이를 간단히 $\phi(f)$ 라고 표현하자. 그런데 일단 주택공급자의 제시가격 곡선이 $\phi(f)$ 에 '고정'되면 대표가구는 입찰가격 곡선 $\theta(f, u)$ 를 최대한 하향조정함으로써 자신의 효용을 극대화할 수 있다. 왜냐하면 Figure 1과 같이 제시가격 곡선과 입찰가격 곡선이 볼록렌즈와 같은 영역이 생기도록 겹칠 때 가구의 효용과 기업의 이윤 모두 극대화되지 않기 때문이다. 볼록렌즈처럼 생긴 영역이 존재하는 한 대표가구는 입찰가격 $\theta(f)$ 을 낮추어 효용수준 u 를 높일 수 있고, 주택공급자 $\phi(f)$ 는 주택가격을 높게 불러 수입과 이윤을 증가시킬 수 있고, 따라서 Figure 1과 같은 상황은 시장균형 상태가 아니다. 따라서 Figure 1 점A와 같이 제시가격 $\phi(f)$ 과 입찰가격 $\theta(f, u)$ 은 일치하고, 두 곡선이 서로 접할 때 주택속성시장은 균형을 이루고, 일치된 공통의 가격이 시장균형가격 $p(f_E)$ 가 되며 균형 용적률은 f_E 가 된다($\theta(f_E) = \phi(f_E) \equiv p(f_E)$). 모형에서 시장참여자는 주택공급자(주택건설)와 주택소비자(주택구매), 주택속성은 주택 연면적과 용적률 등 두 가지

이다. 주택공급자의 이윤은 경쟁으로 항상 0이 달성되므로 사회적 후생은 주택소비자 효용 한 가지 지표를 이용해 간단하게 파악할 수 있다. 그런데 균형 용적률 f_E 로 결정된 점A에서 주택소비자 효용이 극대화되므로 시장균형인 점A는 사회적 최적이다.

이제 Figure 1에서 상한규제가 f_E 보다 낮은 \bar{f} 로 주어졌다고 하자(용적률 상한규제가 강화된 상황). 주택공급자의 제시가격 곡선은 점B 왼쪽 위에 위치한 부분만 시장에서 공급가능하고, 이때 이러한 제약 하에서 입찰가격 곡선이 점B를 지날 때 주택소비자의 효용은 극대화된다. 그런데 동일한 속성 \bar{f} 에 대해 종전보다 더 많은 주택가격 $p(\bar{f})$ 을 지불해야 하므로 주택소비자의 효용은 감소하고, 변화된 주택가격 차이 $\Delta p = p(\bar{f}) - p(f_E)$ 는 규제 준수비용²에 해당한다.

아파트 단지의 쾌적성은 여러 가지 요인이 작용해 결정되고, 용적률 f 는 이들 속성 중 하나일 뿐이다. 이제부터 주택속성이 용적률뿐만 아니라 a 라고 하는 또 다른 속성이 있다고 하자. 이 속성 역시 대표가구의 효용수준에 영향을 미치는 변수로서 이제 대표가구의 입찰가격을 $\theta(f, a, u)$ 라고 쓰자. 대표가구는 속성 a 가 a_1 일 때보다 a_2 일 때

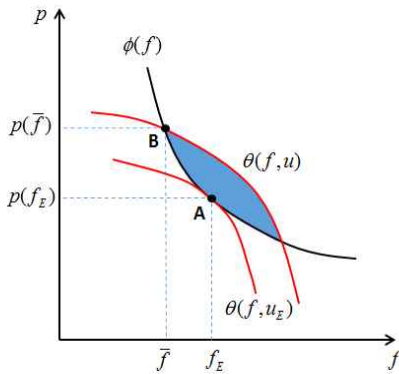


Figure 1. Inefficiency of binding FAR regulation

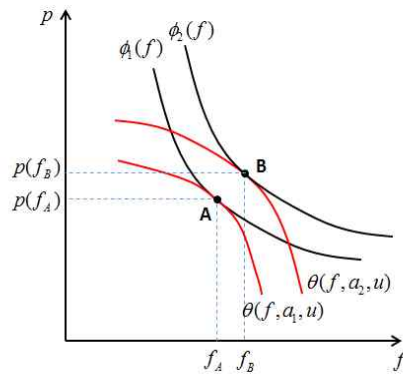


Figure 2. Inefficiency of binding FAR regulation

를 더 좋아한다고 하자($a_1 < a_2$). 여기서 입찰가격 곡선 $\theta(f, a, u)$ 은 u 를 고정했을 때 동일 효용 수준 u 를 보장하는 f, a, p 간 조합을 보여주는 무차별곡선이다. 사람들은 a_1 보다 a_2 를 선호하므로 선호하는 속성 a_2 을 갖춘 주택에 대해 더 많이 지불할 의사가 있다. 즉 동일 f, u 에 대해 $\theta(f, a_2, u) > \theta(f, a_1, u)$ 인 관계가 성립한다. Figure 2는 이 관계를 보여준다. 그런데 $\theta(f, a_2, u)$ 가 $\theta(f, a_1, u)$ 보다 위에 있게 되므로, 주택공급자는 더 높은 가격을 제시하는 a_2 에 맞추어 주택을 공급하는 것이 더 유리하고 이 때 시장균형은 점B에서 달성된다. 주택시장의 경쟁은 주택공급자의 이윤을 0으로 만들기 때문에, 주어진 제시가격 곡선 하에서 a_1 일 때 점A와 a_2 일 때 점B에서의 효용 u 은 동일하다.

결과적으로 소비자가 선호하는 속성을 갖춘 아파트를, 이윤극대화를 추구하는 주택공급자에 맡겨 공급해도 사회적으로 최적인 아파트 단지를 조성해 공급할 수 있고 이때 사회적 효용 최적상태는 변하지 않는다. 따라서 유출효과가 없을 때 아파트 단지와 같은 공동주택지에 대한 밀도규제는 비효율적이다. 또한 단지 내부에서 발생하는 '외부효과 문제'는 원래 존재하지 않기 때문에 단지 내 비효율적 자원배분 역시 문제가 되지 않는다.

2. 유출효과가 있는 경우

아파트 단지가 주변지역에 부정적 외부효과를 미칠 때 공공의 개입이 요구된다. 하지만 문제는 과연 이러한 개입이 바람직한 방향으로 이루어지고 있는가이다. Hirte and Rhee(2016) 식(14)와 식(26)~(28)을 요약하여 풀이하면, 구속적인 용적률 상한규제가 완화되었을 때 사회적 후생변화량은 다음과 같은 방향으로 구성된다.

$$\begin{aligned}
 &\text{후생변화 } \Delta W \\
 &= \text{주거지 쾌적성 악화(외부효과)} \quad \text{MC1} \\
 &+ \text{자신이 거주하는 아파트단지의} \\
 &\quad \text{쾌적성 악화} \quad \text{MC2} \\
 &+ \text{교통혼잡 개선/악화} \quad \text{MB/MC} \quad (1) \\
 &+ \text{주택가격 하락으로 인한 후생증진 효과} \\
 &\quad \text{(규제 준수비용 관련)} \quad \text{MB1}
 \end{aligned}$$

용적률 상한규제가 완화되면서 규제 준수비용이 감소하게 되는데 이때 식(1)의 우변 넷째 항은 양수가 된다(MB1). 그러나 용적률 상한이 올라가면서 주거용지와 상업용지 내 옥외환경의 질은 하락한다. 식(1)의 우변 첫째 항(MC1)과 둘째 항(MC2)은 음으로 나타날 것이다. 셋째 항(MB/MC)의 부호는 다소 복잡하다. 단핵심도시 부분균형 모형일 때 도심 쪽으로 갈수록 시장 용적률은 높게 형성되는 데, 이 경우 밀도규제의 완화는 도시활동의 집중화로 원거리 통행을 줄이고 이로써 교통혼잡이 완화되기 때문에 밀도완화는 한계편익(MB)이 된다. 따라서 밀도규제 완화로 도시활동이 전반적으로 집중화되고 원거리 통행이 줄며 직주근접이 강화되는 긍정적 효과가 발생한다('규제완화의 편익'). 하지만 다핵심도시 일반균형 분석환경에서 밀도규제를 완화하면, 도시경제의 생산성 증가와 함께 통근 및 화물·여가통행량이 함께 증가해 밀도규제 완화로 오히려 교통량이 증가하는 현상이 발생한다('규제완화의 비용'). 따라서 '규제완화의 비용'과 '규제완화의 편익'간 상대적 크기에 따라 식(1)의 셋째 항은 한계편익으로 분류되기도 하고 한계비용으로 분류되기도 한다(즉 효과가 불확실).

서울대도시권의 용적률 규제 강화기조에 비추어 볼 때, 서울대도시권의 계획자들은 용적률 규제 완화로 인한 비용은 과대평가하고 편익은 과소평

가할 가능성이 존재한다. 그 이유는 다음과 같다. 첫째, 용적률 규제가 야기한 규제 준수비용(식(1)의 네 번째 항)을 측정하는 일은 계획가의 전문영역과 거리가 있고 그 결과 이 항이 갖는 후생경제학적 악영향은 과소평가될 가능성이 있다. 둘째, 서울시 경계 내부지역의 용적률 규제가 완화되면 서울시 경계 외곽지역의 개발이 억제되고 그 결과 교외지역의 혼잡이 감소하여 서울대도시권 전체의 혼잡은 감소될 수 있다. 뿐만 아니라 기성 중심시가지의 고밀개발로 교외개발이 억제되는 순기능까지 고려하면 식(1)의 여러 항은 다시 수정·평가되어야 한다. 그러나 대도시권 중심도시는 자신의 계획행위가 행정구역 밖에 미치는 부작용을 고려해 계획할 이유는 없다. 대도시권의 계획환경과 재정설계가 이러한 역유인을 제어하도록 마련되어 있지 않을 때 서울시계 기성시가지의 밀도는 과도하게 규제될 것이다. 이때 식(1)의 셋째 항 및 마지막 항의 긍정적 효과는 과소평가되고, 첫째 항의 악영향은 과대평가된다. 셋째, 계획가는 물리적 환경의 통제와 관련된 업무를 계획가 고유의 직역으로 인식하고 그 충실한 역할 수행을 본업으로 받아들이는 전문가 집단이다. 이때 물리적 수단을 통해 주거환경의 쾌적성을 확보하는 일이 계획가에게 중요한 사명으로 간주되고, 그러한 전문가적 직업윤리(professionalism)에 비례하여 MC1과 MC2 항을 실제보다 과장해 평가할 가능성이 존재한다. 이러한 직업적 편향은 앞서 지적한 제도적 편향으로 더욱 증폭될 것이다.

다음 장에서는 식(1)을 수치해석적으로 평가할 수 있는 비단핵 도시모형을 구축하고 그 수학적 구조에 대해 설명한다.

III. 모형의 구축

1. 모형의 개요

연구모형은 Hirte and Rhee(2016)와 민혁기(2016)의 도시공간모형을 기반으로 본 연구의 연구목적에 맞게 변형하여 구축한다. IV장의 모의실험은 개발제한구역이 설정된 인천시와 경기도 내 기초자치단체를 포괄하는 서울대도시권(이하 ‘도시’)을 대상으로 수행된다. 도시는 도시경계 너머로 인구유출입이 발생하지 않는 폐쇄된 도시이며, 도시공간구조는 Figure 3와 같이 좌우대칭인 5개의 구역으로 구분된다. Figure 3에서 중앙에 위치한 구역3($i=3$)은 서울 도심, 구역2와 4($i=2,4$)

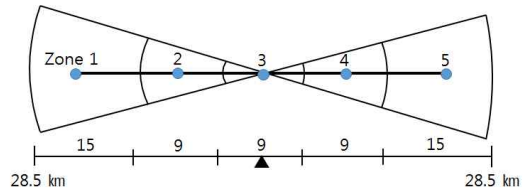


Figure 3. Physical shapes of the city

는 서울 시계내 나머지 지역, 구역1과 5($i=1,5$)는 개발제한구역(*GB*)이 설치된 경기도와 인천시 기초자치단체에 해당되는 서울시계 밖 지역이다. 구역 i 의 토지는 주거용, 생산용, 도로용 등 3가지 용도로 이용되고, 모형 내 활동주체는 가구(복합재 및 주택 소비자), 기업(복합재 생산자), 주택 건설업자(주택공급자), 오피스(또는 생산시설) 공급자로 구성된다. 본 모형에서 개별시장(토지, 노동, 주택, 오피스, 복합재 소비와 생산)은 Figure 4와 같이 상호 연계되며, 가구는 주거지와 직장 위치(주거지-직장 쌍 (i,j))를 개별 가구의 선호 특이성(taste heterogeneity)에 따라 자유롭게 선택할 수 있다 (가구는 모든 구역을 대상으로 주거지-직장 쌍

$\{i, j\}$ 를 자유롭게 선택한다). 이로 인해 모형에서 혼합된 토지이용(주거용지와 생산용지), 구역 내 통행, 그리고 구역 간 통행은 구현된다. 모형에서 아래첨자 i, j, k, n 은 구역명칭, 위첨자 H 과 B 는 주택과 오피스를 의미한다.

2. 생산자

1) 건물(B_i 또는 H_i) 공급자

구역 i 의 오피스 건물 공급자는 생산용지 Q_i^B 와 오피스 건설용 자본재(복합재 또는 건축자재) X_i^B 를 활용하는 오피스 B_i 를 건축한다. 따라서 구역 i 에서 오피스를 건축하는 건설업자의 생산함수(오피스 건축연면적)는 $B_i = B(Q_i^B, X_i^B)$ 이고, 생산기술

은 규모에 대한 수확불변(constant return to scale)이다. 여기서 X_i^B 는 복합재 생산자가 생산한 X_i 의 일부로 오피스 건설에서 사용되는 복합재(또는 건축용 자본재 및 자재)이다(‘4.시장균형’ 참고). 용적률 상한제 (또는 용적률 하한제 f_i^B)가 시행되는 경우, 구역 i 에서 건설업자가 생산할 수 있는 오피스의 건축연면적은 각 구역 i 에서 용적률 상한 f_i^B 이하로 건설되어야 하고, 오피스 공급규모는 각 구역에서 $B_i \leq f_i^B Q_i^B$ 으로 주어진다. 오피스 건설업자는 생산용지 지대 r_i^B 와 자본재(복합재) 단위가격 p_i^X 을 지불하고 B_i 를 생산하는 바, 용적률 상한규제가 구속적인 경우 건설업자의 비용극대화 문제의 라그랑지안(Lagrangian)은 식(2)로 구성된다.

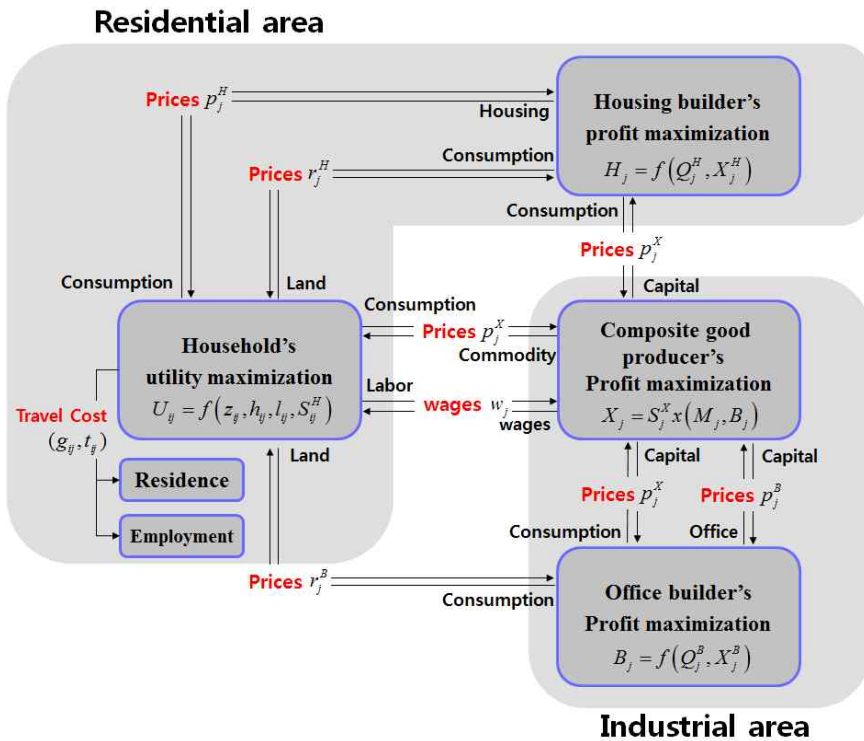


Figure 4. The structure of spatial model

$$L = r_i^B Q_i^B + p_i^B X_i^B \quad (2)$$

$$+ \mu_i^B (B_i - B(Q_i^B, X_i^B)) + \bar{\lambda}_i^B (B_i - \bar{f}_i^B Q_i^B)$$

이 식에서 μ_i^B 은 용적률 상한이 구속적이지 않은 경우($\bar{\lambda}_i^B = 0$) 한계비용과 일치하는 승수이고, $\bar{\lambda}_i^B$ 는 용적률 상한이 구속적인 경우($\mu_i^B = 0$) 규제 준수비용으로 용적률 상한이 한 단위 강화(용적률 상한이 한 단위 낮아지면)되면 규제 준수비용은 증가하고, 완화되면 규제 준수비용은 감소한다. 용적률 하한제의 경우, 식(2)의 마지막 항이 $\lambda_i^B (f_i^B Q_i^B - B_i)$ 으로 교체되고, 용적률 하한 기준이 강화(용적률 하한이 한 단위 높아지면)되면 규제 준수비용은 증가하고, 감소하면 규제 준수비용은 감소한다.

구역 i 에서 주거용지 Q_i^H 와 주택 건설용 자본재 X_i^H 를 이용하는 주택 건설업자의 생산함수(주택의 건축연면적), $H_i = H(Q_i^H, X_i^H)$ 은 오피스 건설업자의 생산함수와 유사하고 비용극소화 문제풀이 역시 유사하다(위첨자 B 를 H 로 교체).

2) 복합재(X_i) 공급자

복합재(X_i)는 오피스 건설용 자본재 X_i^B , 주택 건설용 자본재 X_i^H , 도시기반시설용 자본재 X_i^I , 주거지-직장 쌍 $\{i, j\}$ 가구의 소비용 복합재 z_{ij} 로 구성된다(4시장균형 참고). 본 모형에서 구역 i 에 입지한 복합재 공급자는 복합재 X_i 의 공급자임과 동시에 오피스 건물 B_i 와 가구가 제공하는 노동력 M_i 를 소비한다. 구역 i 복합재 생산자의 생산함수는 $X_i = S_i^X x(B_i, M_i)$ 이고 S_i^X 는 생산량 x 에 비례적으로 영향을 미치는 규모모수(Scale parameter)로서 도로를 제외한 도시기반시설 X_i^I (상수도, 전력, 가스, 통신망 등의 서비스 질(또는 혼잡)을 나타내는 지표

이다. 따라서 도시기반시설의 혼잡이 낮을수록 커지는 $S_i^X = S^X(H_i, B_i, X_i^I)$ 은 주택 H_i 또는 오피스 B_i 공급이 증가할 경우 감소($\partial S_i^X / \partial H_i < 0$, $\partial S_i^X / \partial B_i < 0$)하고, 도시기반시설이 증가할 경우 향상($\partial S_i^X / \partial X_i^I > 0$) 된다³.

X_i^I 는 자족성 원리(이혁주, 2014)에 따라 오피스 공급변화에 따른 도시기반시설 혼잡의 한계비용과 동일한 비주거용 재산세 τ_i^B 와 주택 공급변화에 따른 도시기반시설 혼잡의 한계비용과 동일한 주거용 재산세 τ_i^H 를 징수하여 수집된 전체 세금수입을 복합재의 가격으로 나누면 산정된다($X_i^I = (\tau_i^H p_i^H H_i + \tau_i^B p_i^B B_i) / p_i^X$). 여기서 p_i^H , p_i^B , p_i^X 는 생산주체별 이윤극대화과 0이윤조건을 통해 얻어진 주택 단위면적 당 가격, 오피스 단위면적 당 가격, 그리고 단위 복합재 가격을 각각 의미한다.

3. 소비자

본 모형에서 주거지-직장 쌍 (i, j) 를 선택한 가구인 소비자는 복합재 z_{ij} , 주택 h_{ij} , 그리고 여가 시간 l_{ij} 를 p_i^X , p_i^H , 그리고 단위시간당 임금 w_j 를 각각 주고 소비한다⁴. 주거용 재산세 τ_i^H 가 부과되는 경우, 가구가 지불해야하는 실질 주택 단위면적 가격은 $(1 + \tau_i^H) p_i^H$ 이다. 가구의 총 수입 Ω_{ij} 은 월간 총 가용시간 $Hour$ 에 임금 w_j 를 곱한 경제학적 임금수입에서 노동 외 소득 R 을 더하고, 교통비용을 제외한 것이다. 교통비용은 통행시간 g_{ij} 에 w_j 를 곱한 통행비용과 혼잡통행료 t_{ij} (혼잡통행료가 징수되지 않는 경우 $t_{ij} = 0$)로 구성되고, 월간 평균 근무일수 d 와 왕복통행을 가정함에 따라 2가 곱해진다.

$$p_i^X z_{ij} + (1 + \tau_i^H) p_i^H h_{ij} + w_j l_{ij} \quad (3)$$

$$= w_j (H - 2dg_{ij}) - 2dt_{ij} + R = \Omega_{ij}$$

모형에서 토지는 총 N 가구가 동일한 공유지분을 소유하고, 도시정부는 추정된 전체 세금 수입 중 일부를 도로와 도시기반시설 재원에 활용한 후 나머지는 개별 가구에게 동일하게 환급해 준다. 따라서 가구의 노동 외 소득 R 은 지대수입, 혼잡통행료 환급금, 그리고 재산세 환급금으로 구성된다. 식(4)에서 우변 첫 번째 항은 지대수입, 두 번째 항은 교통부문, 세 번째 항은 도시기반시설 부문이다. 지대수입 부문(첫 번째 괄호)은 도시 지역 지대수입(괄호 안 첫 번째 항)과 비도시지역(농업용) 지대수입(괄호 안 두 번째 항)으로 구성된다. 본 모형에서 용도지역제 아래 도시지역 내 지대는 주거용지 지대 r_i^H 와 생산용지 지대 r_i^B 으로 구분된다. 도시지역 총 지대수입은 용도지역별 지대를 용도지역별 면적비율(주거용지 비율 s_i)에 곱하여 산정된 평균 지대 r_i ($= (s_i r_i^H + (1 - s_i) r_i^B)$)을 A_i 에 곱하여 산정된다. 농업용 지대수입은 개발제한구역 GB 의 지대수입으로 농업지대 r_A 와 GB 면적 GB_i 의 곱으로 산정되며, 표시변수 δ_i^{GB} 는 GB 가 설치된 구역은 1, 그렇지 않은 경우 0이다. 지대수입 부문에서 GB 면적이 증가하는 경우, GB_i 는 A_i 을 감소시키기 때문에 도시전체의 지대수입($r_i > r_A$)은 감소한다.

$$R = \frac{1}{N} \sum_i (r_i A_i + r_A \delta_i^{GB} GB_i) \quad (4)$$

$$+ \frac{1}{N} \sum_i (dt_i F_i - r_i Road_i)$$

$$+ \frac{1}{N} \sum_i (\tau_i^H p_i^H H_i + \tau_i^B p_i^B H_i - p_i^X X_i^f)$$

교통부문(두 번째 괄호)은 혼잡통행료 수입(괄호 안 첫 번째 항)과 도로비용(괄호 안 두 번째

항)으로 구성되고 혼잡통행료 수입은 구역별 혼잡통행료 t_i 와 통행량 F_i 의 곱으로 결정된다. 도시기반시설 부문(세 번째 괄호)은 재산세 수입(괄호 안 첫 번째와 두 번째 항)과 도시기반시설 운영재원(괄호 안 세 번째항)으로 구분된다.

이혁주(2014)의 자족성 원리에 따라 교통부문 내 도로비용은 혼잡통행료 수입과 동일하고 도시기반시설 부문 내 재산세 수입과 도시기반시설 재원이 동일한 경우 사회적 후생은 극대화된다. 본 모형에서 혼잡통행료 t_{ij} 와 건물분 재산세 $\{\tau_i^H, \tau_i^B\}$ 의 징수는 최선의 정책수단 시행을 통해 최선도시(First-Best city)를 구현한다. 최선의 도시 구현목적은 차선의 정책수단(개발제한구역 규제, 용적률 규제 등)이 시행되는 차선도시(Second-best city)의 상대적 효율성을 측정하기 위함이다. 따라서 용적률 상한규제 \bar{f}_i 가 시행되는 용적률 규제도시에서는 혼잡통행료와 건물분 재산세는 부과되지 않는다.

구역 i 에 거주하는 가구는 복합재 생산자 S_i^X 와 동일한 도시기반시설 서비스 $S_i^H = S^H(H, B_i, X_i^f)$ 에 영향을 받는다. 결국 주거지-직장 쌍 (i, j) 가구의 효용극대화 문제는 다음 같이 구성된다(식(9)참고).

$$\max_{z_{ij}, h_{ij}, l_{ij}} u(z_{ij}, h_{ij}, l_{ij}, S_i^H) + \epsilon_{ij} \quad (5)$$

제약조건 식(3)-(4)

식(5)의 ϵ_{ij} 는 가구의 주거지-직장 쌍 $\{i, j\}$ 선택시 영향을 주는 가구의 특이성(Idiosyncratic taste)을 의미한다. 본 모형에서 가구는 각자의 특이성 선호에 따라 총 25개(=5×5)의 주거지-직장 선택 쌍 $\{i, j\}$ 을 비교하여 자유롭게 선택한다. 여기서 임의 효용항(random utility term) ϵ_{ij} 는 가구의 주거지-직장 쌍 $\{i, j\}$ 에 대한 선택확률로서

평균값(mean)은 0이고 분산모수(dispersion parameter) λ 는 굽벨분포(Gumbel distribution)를 따른다(Hirte and Rhee, 2016). 주거지-직장 쌍 $\{i, j\}$ 가구의 선택확률 P_{ij} 은 식(5)의 극대화 문제 풀이를 통해 도출된 간접효용함수 V_{ij} 를 이용하여, $\exp \lambda V_{ij} / \sum_{i,j} \exp \lambda V_{i,j'}$ 으로 계산된다($\sum_{i,j} P_{ij} = 1$). 대표가구(代表家口)의 효용수준 W 는 기대가능한 최대의 효용수준 $W = E[\max_{i,j} (V_{ij} + \epsilon_{ij})]$ 으로 측정된다(이혁주, 2012). 이때 굽벨분포의 특성에 따라 ϵ_{ij} 이 굽벨분포이면 $V_{ij} + \epsilon_{ij}$ 굽벨분포이고, $\max_{i,j} (V_{ij} + \epsilon_{ij})$ 도 굽벨분포이기 때문에 확률변수 $\max_{i,j} (V_{ij} + \epsilon_{ij})$ 의 기대치는 식(6)으로 주어진다(이혁주, 2012; Ben-Akiva and Lerman, 1985).

$$W = E[\max_{i,j} (V_{ij} + \epsilon_{ij})] = \lambda^{-1} \ln \sum_{i,j} \exp \lambda V_{ij} \quad (6)$$

주거지-직장 쌍($\{i, j\}$) 가구가 1개월 동안 통행하는 통행량은 $F_{ij} = NdP_{ij}$ 이다. 또한 구역 i 를 통행하는 통행수요 F_i 는 구역 내 통행 F_{ij} , 구역 간 통행 $\sum_{j \neq i} (F_{ij} + F_{ji})$, 그리고 통과통행 $2 \sum_{n=1}^{i-1} \sum_{m=i+1}^{\max(i)}$ ($F_{mn} + F_{nm}$)의 합으로 구성된다. BPR 함수로 정의되는 구역 i 의 통행자들이 소비하는 통행시간 $g_i = a[1 + b(F_i/K_i)]^c$ 이다. 여기서 $1/a$ 는 자유류 상태의 통행속도(km/h)이고 b 와 c 는 마찰계수이고, K_i 는 구역 i 의 교통처리용량을 의미한다. 구역 간 통행시간 g_{ij} 는 통행시간 g_i 에 구역 i 의 통행거리 Δ_i 를 곱하여 식(7)로 계산된다. 식(7)의 표시변수 δ_{kZ_i} 는 $k \in Z_i$ 인 경우 1이고, 그렇지 않으면 0이다.

$$(i = j) \quad g_{ii} = \frac{\Delta_i g_i}{2} \quad (7)$$

$$(i \neq j) \quad g_{ij} = \frac{\Delta_i g_i + \Delta_j g_j}{2} + \sum_k \delta_{kZ_i} \Delta_k g_k$$

본 모형에서 혼잡의 외부효과는 통행자가 도로를 사용함으로 인해 다른 통행자가 부과하게 되는 사회적 한계비용에서 사적 통행비용을 차감한 것으로, 피구 혼잡세(Pigouvian toll) t_i 와 동일하다. 구역 i 통행자들의 평균임금 \bar{w}_i 을 시간의 기회비용으로 적용하면, t_i 는 식(8)로 산정되고, 구역 간 혼잡통행료 t_{ij} 는 g_{ij} 와 동일하게 t_i 에 구역 i 의 통행거리 Δ_i 를 곱하여 산정된다.

$$t_i = \bar{w}_i abc (F_i/K_i)^c \quad (8)$$

4. 시장균형

일반균형 조건을 충족하는 도시에서 부문별 시장(토지시장, 주택시장, 오피스 시장, 복합재 시장, 노동시장)의 수요량과 공급량은 각각 동일하고, 공급자의 수입과 비용 역시 각각 일치해야 한다. 본 연구는 모든 구역 i 를 대상으로 아래와 같이 부문별 시장균형 조건의 충족여부를 확인하기 위해 수요량과 공급량 간 차이를 계산하고, 0이윤조건 충족여부를 확인하기 위해 공급자(주택, 오피스, 복합재 등)의 수입과 비용 간 차이를 각각 계산한다. 본 연구에서는 시장균형 조건과 0이윤조건에 대한 허용오차의 상한선을 $10^{-7}\%$ 제한하였는 바, 상한선 미만인 경우 시장균형 조건과 0이윤조건이 충족하는 것으로 규정하였다(부록. 참고).

$$\text{토지: } Q_i^H + Q_i^B + Road_i = A_i$$

$$\text{(주거용지: } Q_i^H = s_i (A_i - Road_i),$$

$$\text{생산용지: } Q_i^B = (1 - s_i)(A_i - Road_i))$$

주택: $\sum_j NP_{ij} h_{ij} = H_i$

오피스: 복합재 기업의 투입요소 = B_i

복합재: $\sum_j NP_{ij} z_{ij} + X_i^H + X_i^B + X_i^I = X_i$

노동: $M_i = \sum_j NP_{ji} (Hour - 2dg_{ij} - l_{ij})$

0 이윤조건: 주택 건설업자, 오피스 건설업자, 그리고 복합재 생산자

$$u_{ij} = \alpha \ln[(1 - \alpha_U) z_{ij}^{\rho_U} + \alpha_U h_{ij}^{\rho_U}]^{1/\rho_U} + \beta \ln l_{ij} + \ln S_i^H \tag{9}$$

본 모형에서 분석을 위해 구현된 도시는 특정 정책수단 적용 여부에 따라 구분된 총 5개 유형의 도시이며, Table 2와 같이 분류된다. Base city는 어떠한 규제수단도 시행되지 않은 ‘자유경제’ 도시로서 규제수단이 시행되는 모든 도시의 비교기준이 된다. 쉽게 풀이하면, 각 유형에 속하는 도시는 Base city에 특정 규제수단이 적용된 도시로서, 규제의 효율성은 Base city에 비해 규제가 적용된 도시의 후생수준이 향상했는지의 여부로 판단한다. 따라서 모의실험 결과 측정될 효율성 지표는 비교기준이 되는 Base city와 비교대상 도시인 용적률 규제 도시를 어떻게 설정하느냐에 따라 크게 영향

IV. 모의실험

1. 실험 개요

본 모형에서 구현된 도시는 서울시와 개발제한구역이 설정된 경기도 및 인천시 기초자치단체들의 행정구역을 포괄하는 도시지역으로서 인구밀도는 7,759인/km²이고, 면적은 42.5km²이다. 도시 형태는 Figure 3과 같이 선형도시로서 좌우가 대칭인 방사형 도시의 모양을 한다. Figure 3의 축약된 도시를 동심원 도시로 확장할 경우, 약 2,000만명 인구가 2,552km²에 거주하는 도시로 확장된다.7. 참고로 수도권 내 지자체로서 개발제한구역이 설치된 지자체의 인구는 2015년 기준 2,099만 명이다.

본 모형에서 복합재 생산자는 콥-더글라스(Cobb-Douglas) 생산함수 $X_i = S_i^X M_i^\mu B_i^{1-\mu}$ 에 따라 생산하고, 주택 건설업자는 요소대체탄력성이 일정한 CES 생산함수 식(8)에 의해 구역별 주택 H_i 를 생산해 공급한다. 오피스 건설업자 역시 주택 건설업자와 동일한 생산기술을 사용하는데, 식(8)의 첨자 H 를 B 로 변경하여 완성된다. $z_{ij}, h_{ij}, l_{ij}, S_i^H$ 소비를 통해 효용을 증진시키는 가구의 후생함수 u_{ij} 는 식(9)와 같다.

$$H_i = [\alpha_H (Q_i^H)^{\rho_H} + (1 - \alpha_H) (X_i^H)^{\rho_H}]^{1/\rho_H} \tag{8}$$

Table 1. Reference parameters

1. Geography and Population	
Unit section radians:	3° in each direction
Radius of the city:	28.5km
Total area:	42.5km ² or 2,552km ² in circular city
Residential land share:	$s_i=0.8$
Road land share:	{Zone 3, 4, 5}={0.7, 0.4, 0.1}
N :	132,000 persons (Household or Workers)
Population:	330,000 persons (2.5 dependent/HH)
Pop. density:	7,759 persons/km ²
2. Production	
X-good producers:	$\mu=0.8$ (labor cost share) $1-\mu=0.2$ (land cost share)
Builders:	$\rho_H = \rho_B = -0.923$ (elasticity of factor substitution=0.52) $\alpha_H=0.875, \alpha_B=0.915$
3. Household-workers	
Household income =	50million KRW/year
Housing expenditure =	less than 25% of Household income
Utility function:	$\alpha=0.4, \beta=1-\alpha,$ $\rho_U=-0.786, \alpha_U=0.450$
Time endowment:	$hour=500$ hours/month,
Number of workers:	$d=hour/24$
λ :	6 (dipersion parameter)
4. Traffic	
$a=1/60$ (Free flow speed	60km/hr), $b=0.03, c=3$
Speed(km/hr) in Base city:	Avg=30, Zone 3=14.9

을 받는다.

이에 본 연구에서는 선행연구를 기반으로 Base city가 혼합한 서울대도시권의 모습을 가지며, 동시에 아래 주요 지표들로 요약되는 주택시장의 특징을 갖도록 모수를 조정하였다(Table 1 참고).

첫째, Base city는 비토지비용 대비 주택가격 비율($= p^H/p^X X^H$)이 약 1.4($\approx 1.0/0.7$)이 되도록 설정하였다. 일반적으로 자유경제도시 속 주택가격은 대략 토지비 30%와 비토지비(건설비) 70%로 구성되는 것으로 평가되고 있다. 밀도규제가 구속적인 서울시 25개 자치구를 대상으로, 최근 5년간(2017년 9월 기준) 한국감정원이 집계한 아파트, 연립·다세대 주택, 토지(일반주거지역 기준) 실거래가를 분석하면 단위면적 당 비토지비용 대비 주택가격 비율은 평균 3.0인 것으로 계산된다(최대치 강남구 6.08, 최소치 도봉구 1.96)

둘째, 주택수요의 가격탄력성이 -0.67 이 되도록 설정하였다. Polinsky and Ellwood(1979)는 가격탄력성을 $-0.67 \sim -0.72$ 이며, 윤주현·김혜승(2000)은 수도권외의 경우 $-0.32 \sim -0.41$ 인 것으로 추정하고 있다. 이에 본 연구는 Polinsky and Ellwood(1979)가 추정한 범위에서 가장 높은 값

(-0.67)을 사용하였다.

셋째, 가구 소득 대비 주거비(임대료) 비중이 25%미만이 되도록 설정하였다. 국토교통부(2014)에 따르면 월소득 대비 임대료 비율(RIR)은 2014년 수도권 기준 평균 27.4%, 전국 중소득계층 기준 23.1%이다.

FB city는 자유경제도시인 Base city에 계획적 개입을 통해 사회적 최적상태를 실현한 도시이다. FB city는 혼합통행료 t_i 와 재산세(τ_i^H, τ_i^B)의 징수를 통해 최적상태에 도달하고, FB city에서 결정된 도로율과 도시기반시설 재원은 나머지 도시에도 동일하게 적용된다.

이상 두 가지 유형의 도시를 제외한 나머지 유형의 도시들은 모두 개발제한구역과 용적률의 적절한 설정을 통해 사회적 후생의 최대화를 도모하는 도시들이다. GB City는 도시외곽에 개발제한구역이 지정된 도시, FARH city는 주거용지에만 용적률 규제가 시행되는 도시, FARA city는 주거용지와 생산용지 모두에 용적률 규제가 시행되는 도시이다. 용적률 규제가 시행되는 도시에서 최적 용적률이란 각 구역에서 용적률 상한제 또는 하한제 시행을 통해 사회적 후생 증진을 최대화시킨

Table 2. City Type

City type	Tolls	Prop. tax	Greenbelt	FAR in housing	FAR in Office
Base city	No	No	No	No	No
FB city	Endogenous		No	No	No
GB city	No	No	Opt. GB	No	No
FARH city	No	No	No	Optimal FARH	No
FARA city	No	No	No	Optimal FARH	Opt. FARB

Table 3. Welfare performance of the first- and second-best cities

City type	ΔW (1,000 KRW/HH/yr)	Rel. eff.	Δ Avg. speed(km/h)	FAR of residences (%p)			FAR of office buildings (%p)		
				Zone3	Zone4	Zone5	Zone3	Zone4	Zone5
FB City	452.5	100.0%	5.7	0.7	2.6	0.5	0.0	0.9	-0.2
GB City	7.6	1.7%	0.0	0.7	0.8	5.6	0.1	0.1	4.4
FARH City	15.7	3.5%	0.0	21.4	4.3	-6.0	1.3	0.5	-1.6
FARA City	16.7	3.7%	0.0	21.3	4.2	-6.0	6.2	1.6	-6.4

Note: Δ Average speed = Avg. speed (km/h) - Avg. speed (km/h) in Base city
 Δ FAR = FAR (%) in Non-Base city - FAR (%) in Base city

용적률을 의미한다. 즉 계획가는 각 구역에서 용적률 상한제 또는 하한제 중 하나를 선택하고 후생증진의 최고점에 도달할 때까지 용적률 규제를 강화 또는 약화시킨다. 물론 이들 세 가지 유형의 도시는 모두 차선의 도시이기 때문에 이들 도시에서 달성할 수 있는 최대의 후생 개선치는 FB city 보다 적다.

2. Base city와 효율성의 측정

계획적 개입을 통해 도로 등 기반시설에 존재하는 시장실패를 교정할 때 사회적 후생이 최대 얼마나 개선되는지 알아본다. 사회적 최적은 피구조세(Pigou 租稅)인 $(t_i, \tau_i^H, \tau_i^B)$ 의 적절한 선택을 통해 달성된다. Table 3에서 이러한 피구조세를 통해 식(6)에서 정의한 사회적 후생 W 값이 Base city에 비해 얼마나 증가하는지 수식 $\Delta W = 12 \times (W_1 - W_0) / \text{MUI}$ (단위 : 원/년/가구)을 이용해 측정할 수 있다. 여기서 W_0 , W_1 , MUI 는 정책시행 전 도시인 Base city의 W , 정책시행 후 도시의 W , 그리고 가구소득의 한계효용을 각각 의미한다. 상대적 효율성(relative efficiency)은 FB city가 Base city에 비해 증가시킨 후생개선치의 몇 %까지 비교대상 도시가 달성할 수 있는지를 보여주는 지표로서, $(W_1 - W_0) / (W_{FB} - W_0) \times 100$ 로 측정된다. 이 식에서 W_{FB} , W_0 는 식(6)으로 측정한 FB city와 Base city의 사회적 후생수준을 말한다.

위 식에서 알 수 있듯이 효율성의 크기는 비교의 기준이 되는 Base city(일명 기준도시)를 어떻게 설정하느냐에 따라 달리 측정된다는 점이다. 문제는 현실 도시에서는 각종 규제가 적용되는바 어떤 규제도 없는 Base city의 '특징'을 추정해 가상 도시로서 Base city를 설정해야 한다는 점이다.

국외 문헌에 따르면 토지비용이 주택 총생산비에서 차지하는 비중으로서 0.2~0.3라고 한다. 주택 시장이 경쟁적일 때 주택 총생산비는 주택의 가격 총액과 일치하는데, 이때 토지비용이 주택가격에서 차지하는 비중이 0.2~0.3이라는 말이다. 따라서 주택가격-비토지비용 비율은 약 $1/(1-0.3)=1.4$ 이다. Base city에서는 이 비율값 1.4에 준해 모형을 보정한다⁸.

한편 중세분화 직후 조사된 서울시 소재 저층과 고층을 포함한 공동주택 신규건축허가 현황 용적률은 제도 시행 전과 비교해 22.9% 낮다(고덕균·전상훈, 2005). 그런데 국토교통부 실거래가 자료를 이용해 최근 5년간 주택가격-비토지비용 비율을 추정하면 서울시 공동주택(저층 및 고층)의 경우 이 비율이 3.0으로 나타난다. 뒤에서 보겠지만 Base city 주택가격-비토지비용 비율을 1.4로 설정하고 용적률을 28.5% 하향조정하면 용적률 규제 도시에서 주택가격-비토지비용 비율이 3.0으로 주어진다. 따라서 비록 Base city가 가상의 도시로서 주택가격-비토지비용 비율이 1.4가 되도록 가상구축된 도시이지만 나름의 현실성을 가진다는 점을 시사한다.

3. 용적률 규제도시의 효율성

Table 3에서 볼 수 있듯이, 밀도규제와 같은 물리적 수단은 최선의 정책수단인 가격설정 수단(pricing instrument)에 비해 후생증가 규모가 연간 가구당 1만 6,700원으로 그 크기가 매우 작고(Table 3, 둘째 열), 상대적 효율성 측면에서도 최선정책 수단이 달성하는 후생개선치의 3.7% 밖에 달성하지 못한다(Table 3, 셋째 열). 이러한 결과는 도시성장경계 규제, 획지구제, 토지이용규제 등 밀도규제에 대한 선행연구들과 맥락을 같이 한다

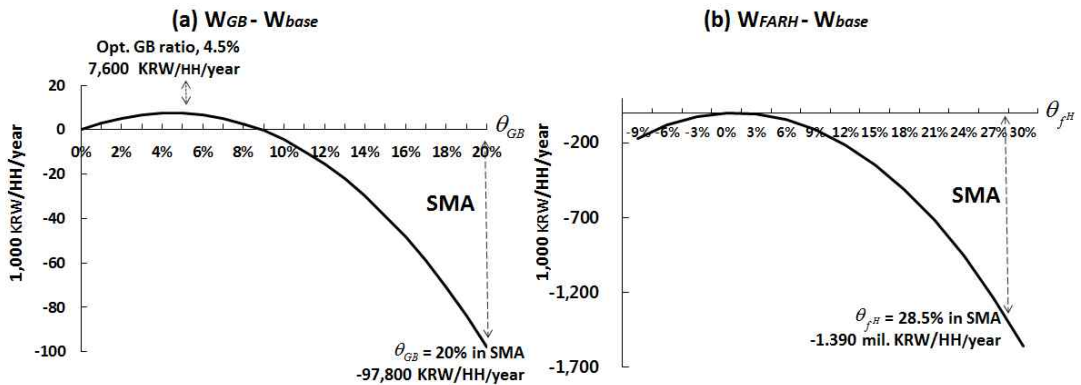
(Brueckner 2007; Pines and Kono, 2012; Anas and Rhee, 2006; Rhee et al., 2014 등). 그 이유는 혼잡을 줄이려면 혼잡을 유발하는 경제행위의 비용증가를 통해 해당 활동에 대한 수요를 억제해야 하는데, 밀도규제는 그 비용에 거의 영향을 미치지 못하기 때문이다. 그리고 뒤에서 곧 알아 보겠지만 건축물 밀도와 총량 규제는 그 자체가 상당한 규제 준수비용을 수반하기 때문에 발생한 실험결과이다.

용적률 규제가 시행된 2개 유형의 도시 모두에서 도시 외곽구역(경기도 소재 구역)의 용적률은 낮아지고, 도심과 도심 외곽구역(서울시계 안 소재 구역)의 용적률은 상승하는 것으로 관찰된다. GB city에서는 개발제한구역이 지정되는 도시 외곽구역의 용적률만 상승한다. 하지만 아쉽게도 모든 도시에서 통행속도는 증가하지 않는다. 이러한 현상을 종합해 보면, 용적률 규제는 도시를 도심방향으로 압축시키고, 개발제한구역의 지정은 도시 외곽구역의 밀도만 증가시켜 사회적 후생증진을 도모하지만, 결과적으로 교통부문의 외부효과를 감소시키지 못해 후생증진 효과는 용적률 규제도시에서 크게 나타나지 않는다.

이제부터는 실제로 서울대도시권에 적용된 밀도

규제(개발제한구역, 용적률 상한규제)가 초래한 후생손실을 측정해보기로 한다. 서울대도시권 내 개발제한구역은 도시 외곽구역에 산재되어 있고, 개발제한구역 중 해제가능지역(환경평가 3~5등급지)만이 규제의 영향을 받고 있는 것으로 판단되는 바, Figure 5(a)에서 도시 외곽구역 전체면적의 20%(즉 $\theta_{GB}=20\%$)를 개발제한구역으로 규제토록 한다. Figure 5(a)에서 고려 대상인 서울대도시권 내 도시 외곽구역 전체면적에서 최적 개발제한구역이 차지하는 면적의 비율은 $\theta_{GB}=4.5\%$ 이고 이런 비율로 개발제한구역이 재조정되었을 때 사회적 후생은 Table 3의 둘째 열과 마찬가지로 가구당 연간 7,600원 증가에 불과하다. 그러나 개발제한구역의 면적을 현 서울대도시권 개발제한구역 면적과 동일하게 $\theta_{GB}=20\%$ 로 지정하는 경우, 과다 지정으로 인해 사회적 후생 손실은 연간 가구당 약 9.8만원 발생한다.

Base city 주거지역의 균형 용적률을 28.5% 감소시킬 경우 주택가격-비토지비용 비율은 기준값 1.4에서 3.0으로 상승한다. Figure 5(b)는 이 비율이 3.0이 되도록 용적률 상한규제를 강화할 경우 Base city 대비 용적률 규제도시의 후생 증감을 보여준다.



Note: In panel (a), GB in edge zones = $\theta_{GB}A_{i=\{1,5\}}^0$, $A_{i=\{1,5\}}^0$ is the area of edge zones in base city
 (b), $f_i^H = (1 - \theta_{f^H})f_i^{HO}$, f_i^{HO} is FARs of residential area in base city

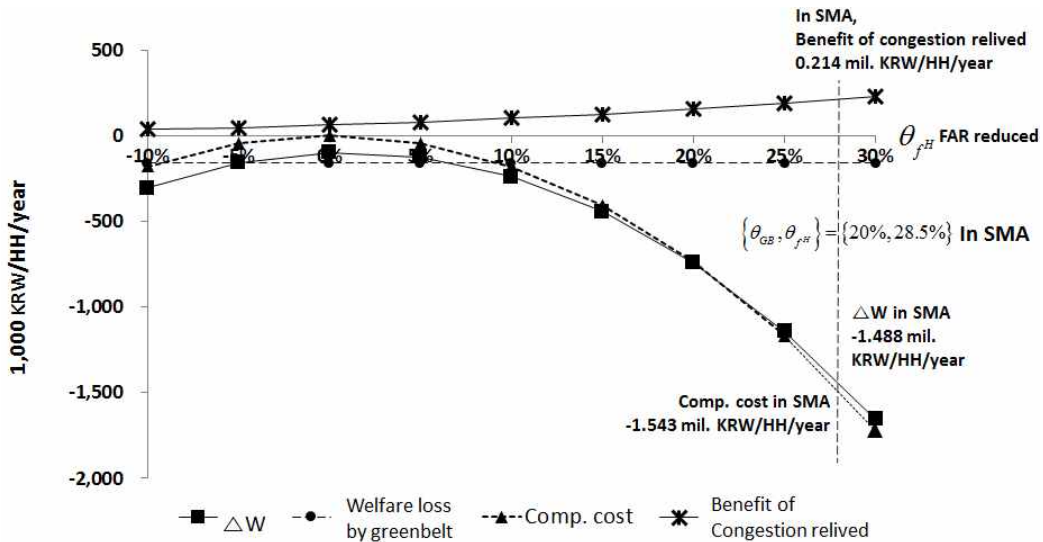
Figure 5. Welfare gain in the GB and FARH cities

Figure 5(a)와 (b) 모두에서 밀도규제는 후생 손실을 초래하며, (b)에서 확인할 수 있듯이 용적률 상한규제가 강화될수록 후생손실 규모는 급격하게 증가하여 용적률 상한이 종전에 비하여 28.5%까지 하향 조정되었을 때 연간 가구당 139.0만원의 후생손실이 발생한다. 또한 (b)에서는 Base city의 균형 용적률을 높이기 위해 용적률 하한규제를 적용할 경우($\theta_{fH} < 0$)도 역시 식(2)를 통한 이론적 설명과 같이 후생 손실이 발생함을 확인할 수 있다.

밀도규제의 효과를 좀 더 사실적으로 분석하기 위해 현재 서울대도시권에서 시행중인 개발제한구역과 용적률 상한규제를 전제로 이들 개발규제의 후생감소 효과를 측정한다. Figure 6은 도시 외곽 구역에 개발제한구역을 설정하고, Base City 주거용지 용적률을 28.5%까지 하향조정하는 경우, 사회적 후생 손실의 총규모와 그 구성요소를 보여준다. 사회적 후생 손실(=총규모, ΔW)는 Figure 5(a)와 (b)의 사회적 후생 손실의 합(가구당 148.8만원/년=9.8만원/년+139만원/년)으로서 상당한 규

모이다. 그 구성내용을 좀 더 자세히 알아보면, 사회적 후생 손실 ΔW 의 대부분은 용적률 상한규제로 인한 규제 준수비용(식(1)과 (2)의 오른쪽 마지막 항)이 차지하고, 다음은 개발제한구역의 지정으로 인한 사회적 비용(식(4)의 첫째 항 관련)이 차지한다. 이에 반하여 밀도규제 본래의 기대효과로서 도시기반시설의 혼잡개선효과 등은 가구당 21.4만원/년으로 미미하고, 그 결과 전체적으로 서울대도시권의 현행 밀도규제는 상당한 규모의 후생 손실을 야기하는 것으로 측정된다.

Figure 6은 몇 가지 점에서 흥미롭다. 우선 용적률 상한의 하향조정으로 후생이 감소하는데 이 후생감소분의 크기가 규제 준수비용(가구당 154.3만원/년)과 대략 일치한다. 이는 기반시설의 혼잡개선효과가 규제 준수비용에 비해 별로 크지 않기 때문에 발생하는 현상이다. 그런데 이 규제 준수비용은 규제강화로 인한 주택가격 상승 때문에 발생하는 비용으로서 Figure 6에서 보듯이 그 크기가 클 뿐 아니라 밀도규제의 강도가 증가하면서



Note: $\Delta W = W_{(GB, FARH)} - W_{BC}$
 = Welfare loss by greenbelt + Comp. cost + Benefit of congestion relieved

Figure 6. Welfare loss of GB and FARH

지속적으로 증가한다. 주택수요의 가격탄력성이 대체로 0.5라고 한다면, 주택공급의 28.5% 감소는 주택가격의 57% 증가를 의미한다. 물론 이 계산은 대략적인 계산이지만 주택공급의 감소가 가져오는 충격이 얼마나 큰지 짐작할 수 있게 하는 예이다. 이때 규제 준수비용의 급격한 증가는 관찰 가능하다. 또 하나 흥미로운 점은 개발제한구역 설치로 인한 후생손실 연간 가구당 9.8만원에 비하여 기성시가지 밀도규제인 용적률 규제의 후생손실은 이 값의 약 14.2배인 연간 가구당 139만원, 서울시 전체로 확장해 보면 139만×368만 가구(2014년, 서울시 일반가구 기준)=5조 1,172억원/년에 이르는 금액이다. 결국 용적률 규제로 인한 후생비용은 개발제한구역 지정에 따른 후생비용과 비교하여 막대한 규제비용으로서 일반 주민의 복리와 도시 및 지역경제에 미치는 영향은 심대한 것으로 관찰된다.

현행 서울대도시권 밀도규제의 후생손실로 측정된 연간 가구당 148.8만원은 연간 가구소득 5,000만원 대비 3.0%에 해당하는 규모이다. 그런데 현 모형에서 용적률 상한규제의 하향조정은 주거지의 쾌적성을 개선시키는 데, 이상경 등(2001)에 따르면 그 크기는 연간 가구당 약 20만원 발생하는 것으로 측정하고 있다⁹. 따라서 이 개선효과를 고려해 용적률 규제의 후생손실을 다시 계산하면 148.8-20=128.8만원에 이르고, 이 수치는 가구소득 대비 약 2.6%의 후생손실에 해당하는 규모이다. 따라서 용적률 규제의 두 가지 혼합개선 효과 모두를 고려해도 현행 용적률 규제는 효율성 측면에서 정당화되기 어렵다. 그런데 이 규모의 후생악화는 Table 2 FB city의 후생개선치 45.2만원의 2.9배에 달하는 규모이다. 이 FB city의 후생개선치는 토지이용-교통모형을 이용해 측정한 다른 연구에서도 어렵지 않게 찾을 수 있는 수치로서 (Anas and Rhee, 2007; Anas and Rhee, 2006),

토지이용규제의 피해가 얼마나 큰지를 보여준다.

4. 민감도 분석

앞 절 Base city에서 주택가격-비토지비용 비율을 1.4(=주택가격÷비토지비용=1÷0.7)로 놓고 이 비율이 2017년 기준 서울시 평균 3.0이 되도록 용적률 상한을 하향 조정한 후 그 후생변화를 측정했다. 용적률 상한을 내리면 주택공급이 억제되어 주택가격이 오르고 주택가격-비토지비용 비율은 상승하게 된다. 본 절에서는 이 비율이 앞 절에서 사용한 1.4와 다를 때 용적률 규제의 후생감소가 얼마나 영향을 받는지 검토한다.

Base city의 주택가격-비토지비용 비율은 주택생산함수 식(8) 토지투입비율 α_H 를 조정함으로써 변화시킬 수 있다. Figure 7은 이 민감도분석의 결과를 보여준다. 그림에서 횡축은 용적률 규제가 적용될 Base city의 주택가격-비토지비용 비율을, 왼쪽 종축은 주택가격-비토지비용 비율이 3.0이 될 때까지 Base city의 용적률을 낮출 때 발생하는 후생손실(=용적률 규제도시의 후생수준-Base city의 후생수준)을 보여준다. 오른쪽 종축은 주택가격-비토지비용 비율이 3.0이 되기 위해 낮추어야 할 Base city 용적률의 변화율(%)을 보여준다.

이렇게 하면 주택가격-비토지비용 비율이 1.4인 Base city에서 용적률을 하향 조정해 이 비율을 3.0으로 만들었을 때 용적률 규제도시는 Base city에 비해 후생수준이 연간 가구당 약 150만원(점A) 낮은 수준이고 이때 Base city의 용적률은 서울시 전역에 걸쳐 약 30%(점B) 하향조정된다. 한편 Base city의 주택가격-비토지비용 비율을 1.6으로 설정하고 이 비율을 3.0까지 높였을 때, 후생은 연간 가구당 약 90만원(점C) 감소하고 용적률은 서울시 전역에서 약 22%(점D) 하향조정되어야 한다.

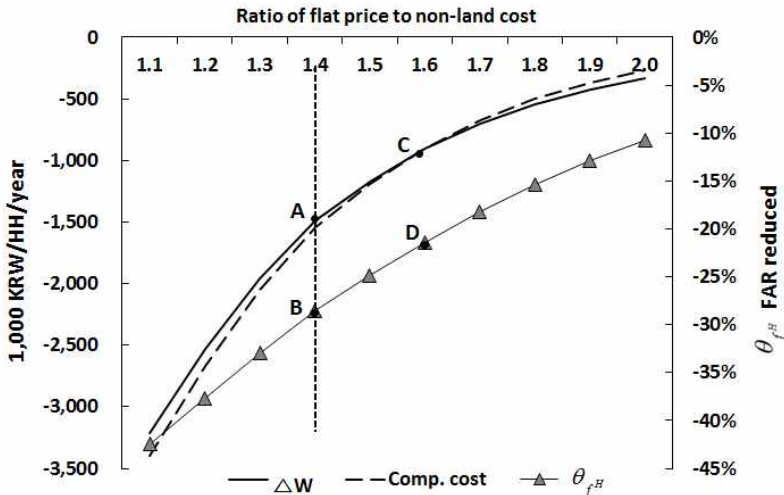
또한 그림에 따르면 후생손실의 크기 ΔW 와 규제 준수비용의 크기는 거의 비슷하다.

용적률 규제가 완화되면서 아파트 단지의 쾌적성과 단지 밖 도시경관이 훼손된다. 용적률 규제 완화로 서울시계 내 도시경관이 훼손될 것으로 예상되지만, 동시에 서울시계 밖 시가지 개발이 억제되는 긍정적 효과 또한 발생한다. 이 두 비용과 편익이 상쇄한다고 본다면, 용적률 규제완화로 인한 경관 및 주거지 쾌적성 악화와 관련된 후생비용은 연간 가구당 20만원 정도 발생한다고 말할 수 있다(이상경 등, 2011). 그림에 따르면 Base city의 주택가격-비토지비용 비율이 2.3을 상회하지 않는 한 현행 밀도규제는 비효율적이다¹⁰.

이러한 결론은 인구의 고령화, 고밀주거지의 증가와 같은 용도상향 움직임, 가구 세분화의 진전 등 추가 요인을 고려해 재평가해도 대체로 같은 결론에 도달한다. 우선 매년 주택재고의 1~2%가 멸실에 따른 교체수요로서, 인구 고령화에 따른 주택수요 감소는 주택재고의 자연감소 요인으로 충분히 상쇄되는 크기이다. 이 경우 인구 고령화

를 고려해 밀도규제 완화를 통한 주택공급 확대가 현명한 선택이 아닐 것이라는 주장은 설득력이 약하다.

한편 서울시 주거지역의 현황 용적률은 종세분화 전후로 2002년 151%에서 2011년 171%로 증가했다(윤혜림·남진, 2013: Table 1). 이 점은 종세분화의 계획의도와 달리 주거지 건축밀도가 오히려 증가했다는 것을 말한다. 이러한 증가는 공동주택지의 용도상향 때문에 발생한 현상인데, 주택서비스가 정상재라는 점, 가구 세분화로 가구수가 증가하고 있다는 점 등 주택수요 증가에 따른 시장의 적응결과로 풀이된다. 즉 현황 용적률이 오히려 높다는 것은 역으로 주택시장에 가해진 수요 압력이 더욱 증가했다는 것으로서, 현황 용적률이 종전보다 높아졌으니 현 용적률 상한을 상향 조정할 필요가 없다는 논리 또한 타당하지 않다. 앞으로 가구 세분화와 가구 소득의 증가는 현 주택시장에 대한 초과수요 상황을 더욱 악화시키고 주거지역의 고밀화는 당분간 계속될 가능성이 높다.



Note: In panel (a), X-axis = housing price ÷ non-land cost
 (b), $f_i^H = (1 + \theta_{f^H})f_i^{H0}$, f_i^{H0} is FARs of residential area in base city

Figure 7. Welfare loss and compliance cost

소득수준의 향상으로 고품질 주택에 대한 수요가 점차 증가하면 주택가격 가운데 비토지비용의 비중이 현재보다 더욱 증가할 것이다. 이때 Base city 주택가격-비토지비용 비율로 사용한 1.4보다 더 낮은 비율을 기준도시인 Base city에서 사용해 밀도규제의 효과를 측정해야 한다는 의미이다. 이때 용적률 규제의 사회적 순손실은 Figure 7 점A보다 왼쪽 아래로 주어지게 된다. 다만 윤희림·남진(2013)에서 보듯이 주거지의 용도상향으로 인해 초과수요의 일부가 시장에서 해소되어 품질 고급화가 유발하는 후생손실 효과를 용도상향으로 인한 주택공급의 확대 효과가 일부 상쇄할 것이다. 전체적으로 Figure 7 점A로써 서울대도시권 주택 시장에서 발생하는 용적률 규제의 후생손실을 측정해도 큰 무리는 없어 보인다.

V. 결론

현행 밀도규제로 인한 후생손실은 연간 가구당 149만원이다. 밀도규제로 인해 주거단지의 쾌적성이 연간 가구당 20만원 증가하는 점을 고려해도 밀도규제는 연간 가구당 129만원에 이른다. 결국 우리사회는 과밀로 인한 피해를 억제하기 위하여 종세분화를 시행했지만 그로 인해 막대한 사회적 순비용을 치르고 있는 셈이다. 일부 연구자들은 지구단위계획을 통한 종 상향과 용적률 인센티브 제도가 용적률 규제로 인한 피해를 이미 완화시키고 있다고 설명하고 있다. 하지만 이들 규제 완화제도는 일부지역에 대하여 용적률 규제를 상한 용적률 범위 내에서 완화시켜 주는 것으로서, 주택공급 확대 그 자체라기보다는 공공이 주택공급자가 지불해야 할 부담금(impact fee)을 규제완화를 통해 주택공급자에게 지원하는 방식이라 풀이할 수 있다. 본 연구의 논점은 일부지역이 아닌,

도시 전역에서 관찰 가능한 밀도규제로 인한 막대한 사회적 비용의 발생이다.

더욱이 규제의 정당성은 효율성 문제에 국한되지 않기 때문에 규제의 폐해는 실험을 통해 측정된 규모보다 훨씬 심각할 것으로 추정된다. 우선 밀도규제로 인해 주거비용이 상승하고 임차인 계층의 주거비 부담은 늘어난다. 이때 임차인 계층이 밀도규제 때문에 추가 지출해야 하는 임대료의 크기는 후생손실의 크기보다 큰 데(이혁주, 2016: 식(15)), 가구당 연간 후생손실이 129만원이라는 것은 서울시 전체에서 최소 129만원×368만 가구(일반가구, 2014년 기준)×전체 가구 중 임차인 가구 비중 40%=1조 9,000억원의 소득이 매년 임차인 계층에서 임대인 계층으로 추가 지불된다는 의미이다. 이 금액은 임대인 계층의 입장에서 보았을 때 규제 때문에 발생한 일종의 불로소득으로서, 그 크기는 서울시 한해 예산의 최소 7.2%(2017년 기준)¹¹에 달할 뿐만 아니라 도시재생 및 공공주택 건설을 위한 주택사업 특별회계보다 더 큰 규모이다. 형평성 문제가 규제의 비효율성 문제 이상으로 심각한 이유가 바로 이 때문이라 할 수 있다.

향후 연구에서는 밀도규제의 형평성 문제를 우선적으로 다룰 필요가 있다. 또한 막대한 비효율에도 불구하고 밀도규제가 시행되는 현실적 이유에 대한 실증분석도 뒤따라야 할 것이다. 만약 후생손실이 연간 수 조원 규모에 이르는 것이라면 마찬가지로 밀도규제가 지역총생산에 미치는 악영향 역시 천문학적 규모에 이를 것으로 추정된다. 이에 대한 연구도 필요하다.

주1. 입찰가격 곡선, $\theta(f, u)$ 의 오목성과 제시가격 곡선, $\phi(f)$ 의 볼록성은 이혁주(2016)에서 자세히 설명하고 있다.

주2. 규제 준수비용은 용적률 규제가 초래한 왜곡된 주

- 택가격으로 발생하는 규제비용을 의미한다(이혁주, 2015).
- 주3. 본 모의실험에서는 건축물이 야기하는 외부효과(식(1)의 유출효과) 가운데 기반시설에서 발생하는 혼잡만 고려해 실험을 수행한다. 따라서 도시경관 및 주거지 쾌적성 악화와 같은 효과는 실험에서 고려하지 않았다.
- 주4. 본 모형에서는 주택소유 또는 소득계층을 구분하고 있지 않은 바, 모든 가구는 토지 소유자임과 동시에 주택 임차인이다. 따라서 가구는 지대수입을 얻게 되며, 주택서비스 사용료를 지불한다(Figure 4 참고). 'V. 결론'에서는 주택보급률 가정이 포함되거나 주택소유 계층 구분을 기반으로 한 연구는 향후 연구과제로 제안하고 있다.
- 주5. 수도권 내 개발가능 도시지역 내 인구밀도는 7,982.8 인/km² (2015년 기준)
- 주6. 수도권 내 개발가능 도시지역 면적 2,629 km² = 수도권 내 개발제한구역 보유 지자체 도시지역 면적 2,211 km² + 지자체 개발제한구역 중 해제가 가능면적(환경평가 3~5등급지) 418km² (개발제한구역 면적 중 30% 적용); 이창호(2015)는 전국 개발제한구역 중 환경평가 3~5등급지를 21%로 평가하였으며, 조현재(2001)은 수도권 개발제한구역 중 3~5등급지를 55%로 추정하였다.
- 주7. 확장된 동심원 도시와 축약된 방사형 도시의 연구 결과는 동일하다.
- 주8. O'Sullivan(2015), p.321. 참고
- 주9. 연평균 가구소득을 고려하여, 이상경 등(2001)의 수치를 변환하여 적용하였다. 이상경 등(2001)의 수치를 일반균형 도시모형에 반영시킬 경우, 환경재에 대한 대체효과가 발생하여 환경재의 평가가치는 기존보다 감소할 것으로 판단된다. 이에 본 연구에서는 이상경 등(2001)의 추정치를 보수적 관점에서 활용한 것으로 이해될 수 있다.
- 주10. 이때 비토지비용은 주택생산비의 57%, 토지비용은 43%
- 주11. 2017년 서울시 예산은 26조 3,017억원(순계 기준)을 활용한 수치이다(서울시, 한눈에 보는 서울시 예산(2017), 서울시 홈페이지).

인용문헌

References

- 다른 건축허가 특성분석”, 「도시행정학보」, 18(1): 3-22.
- Ko, Duk Kyun and Jeon, Sanghun, 2005. "Impact Analysis of the Sub-Classification of General Residential Zone on Building Permits", *Journal of the Korean Urban Management Association*, 18(1): 3-22.
3. 권영덕, 2011. 「재개발·재건축에 의한 일반주거지역 세분화 관리방안」, 서울 : 서울연구원.
- Kwon, Young-Duk, 2011. *Policy Guidelines on Density Managements of Housing Redevelopment Areas after the Classification of Residential Zone*, Seoul: Seoul Institute.
4. 김창석·김주영, 2002. “아파트 용적률이 주택가격에 미치는 영향에 관한 연구”, 「국토계획」 37(4): 123-132.
- Kim, Chang-suk·Kim, Ju-Young, 2002. "Effects of Floor Area Ratio on the Apartment Prices of Urban Renewal Project", *Journal of Korea Planning Association*, 37(4): 123-132.
5. 민혁기, 2016. “토지이용규제의 효율성과 형평성”, 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
- Min, Hyuk-ki. 2016. "The Effects of Land Use Regulations on Efficiency and Equity", Ph. D. Dissertation, Seoul National University.
6. 유상균·이혁주, 2011. “수치해석적 공간균형모형의 후생함수에 대한 연구와 시사”, 「국토계획」, 46(4): 199-208.
- Yu, Sanggyun and Rhee, Hyok-Joo, 2011. "A Study on the Welfare Function of a Spatial Equilibrium Model and the Implications", *Journal of Korea Planning Association*, 46(4): 199-208.
7. 윤정중·유완, 2001. “도시경관의 조망특성이 주택가격에 미치는 영향”. 「국토계획」 36(7): 67-83.
- Yoon, Jeong-Joong·Yu, Wann, 2001. "The Influence of Landscape Outlook Characteristics", *Journal of Korea Planning*
1. 국토교통부, 2014. 「2014년도 주거실태조사: 요약 보고서」, 세종.
Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2014. *2014 Korea Housing Survey: Summary Book*, Sejong.
2. 고덕균·전상훈, 2005. “일반주거지역 종세분화에

- Association*, 36(7): 67-83.
8. 윤주현·김혜승, 2000. “주택수요구조분석 및 전망에 관한 연구”, 「국토연구」, 29: 51-65.
Yoon, Juhyun and Kim, Hye Seung, 2011. "Empirical Analysis of Tenure Choice and Housing Demand in Korea", *The Korea Spatial Planning Review*, 29: 51-65.
 9. 윤혁경, 2004.02.18. “건축법령의 변천과정을 통해 본 주택의 형태변화”, 윤혁경의 건축법해설 블로그, <http://archilaw.tistory.com/entry/>
Youn, Heak-Kyung, 2004.02.18. "The Change in Housing Type through the Transition process of the building standard law", <http://archilaw.tistory.com/entry/>.
 10. 윤혜림·남진, 2013. “서울시 개발밀도에 영향을 미치는 요소의 변화에 관한 연구”, 「국토계획」, 48(3): 165-180.
Yoon, Hue-Rim and Nam, Jin. 2013. "A Study on the Change of the Factors Affecting a Development Density in Seoul", *Journal of Korea Planning Association*, 48(3): 49-63.
 11. 이상경·배정환·신영철, 2011. “서울시 용적률 규제강화에 따른 도심 및 주거환경 개선 편익 추정”, 「국토계획」, 36(5): 89-99.
Lee, Sang-Kyeong, Bae, Jeong-Hwan, Shin, Young-Chul, 2001. "Estimating the Value of Improvements of Built Environments", *Journal of Korea Planning Association*, 48(3): 89-99.
 12. 이창호, 2015. “개발제한구역 제도의 규제 완화와 향후 과제”, 「이슈와 논점」, 1020.
Lee, Chang-Ho, 2015. "The Relaxation of Regulation and Future Issues in the Green Belt", *Issues and point*, 1020.
 13. 이혁주, 2012. “토지이용·교통 일반균형모형의 후생함수와 혼잡통행료”, 「국토계획」, 47(4): 183-192.
Rhee, Hyok-Joo, 2012. "Welfare Function of Theory-Based Spatial Equilibrium Models and Congestion Tolls", *Journal of Korea Planning Association*, 47(4): 183-192.
 14. 이혁주, 2014. “혼잡통행료, 교통시설의 규모 및 자원조달: 토지이용·교통모형을 이용한 일반균형 분석”, 「국토계획」, 49(1): 193-202.
Rhee, Hyok-Joo, 2014. "Congestion Tolls, Transport Capacity, and Financing: A General Equilibrium Approach", *Journal of Korea Planning Association*, 49(1): 194-202.
 15. 이혁주, 2015. “용적률 규제의 미시경제학과 규제 준수비용의 측정”, 「국토계획」, 50(2): 5-16.
Rhee, Hyok-Joo, 2015. "A Microeconomics of Land Use Regulations and the Measurement of Regulatory Compliance Cost", *Journal of Korea Planning Association*, 50(2): 5-16.
 16. 이혁주, 2015. “토지이용규제 시각에서 본 주택 문제, 용도지역제 및 대도시권 성장관리체제”. 2015.11.5. 대한국토·도시계획학회 부동산연구회 발표자료. <http://kpa1959.or.kr/?menuno=2625> (학회 정책토론편).
 17. 이혁주, 2016. “주택속성으로서 건폐율과 규제의 효과”, 「국토계획」, 51(4): 49-63.
Rhee, Hyok-Joo, 2016. "Building Coverage Ratios as an Housing Attribute and the Effects of the Regulation", *Journal of Korea Planning Association*, 51(4): 49-63.
 18. 장윤배 등, 2008. 「주택유형별 거주환경 평가를 통한 주택유형의 다양화 방안 연구」, 수원시: 경기연구원.
Chang, Yoonbae et al., 2008. *A Study on Diversification of Housing Type by Evaluation of Residential Environment*. Suwon City: Kyeonggi Research Institute.
 19. 정희윤 등, 2013. 「기성시가지에 적합한 용도지역제 대안모색에 관한 연구」, 서울: 서울연구원.
Jung, Hee-Yun et al., 2013. *Searching for Alternative Zoning Systems for Built-up Areas in Seoul*. Seoul: Seoul Institute.
 20. 조현재, 2001. “수도권 개발제한구역 조정기준에 관한 연구”, 한양대학교 대학원 석사학위 논문.
Cho, Hyun-Jae, 2001. "A Study on Reforming

- Criteria of the Green Belt in the Capital Region, Korea", Master's Degree Dissertation, Hanyang University.
21. 차경은·김호연, 2013. "주거지역의 최적 개발 밀도 분석". 『한국경제연구』, 31(2): 161-185.
Cha, Kyungeun and Kim, Ho Yeon, 2013, "Optimal Development Density for the Residential Zone", *Journal of Korean Economics Studies*, 31(2): 161-185.
 22. 최막중. 2001. "용적률 및 개발용도 규제의 변화가 주택가격과 지가에 미치는 영향에 관한 이론적 분석". 『국토계획』, 36(3): 87-99.
Choi, Mack-Joong. 2001. "A Theoretical Analysis of the Effects of Land Classification and Density Regulations on Housing and Land Prices". *Journal of Korea Planning Association*, 36(3): 87-99.
 23. Anas, Alex and Kim, Ikki. 1996. "General Equilibrium Models of Polycentric Urban Land-use with Endogenous Congestion and Job Agglomeration", *Journal of Urban Economics*, 40: 232-256.
 24. Anas, Alex and Rhee, Hyok-Joo. 2006. "Curbing Excess Sprawl with Congestion Toll and Urban Growth Boundaries", *Regional Science and Urban Economics*, 61: 263-286.
 25. Anas, Alex and Rhee, Hyok-Joo. 2007. "When Are Urban Growth Boundaries Not Second-best Policies to Congestion Tolls?", *Journal of Urban Economics*, 61: 263-286.
 26. Ben-Akiva, Moshe and Lerman, Steven. 1985. *Discrete Choice Analysis*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
 27. Brueckner, 2007. "Urban Growth Boundaries: an Effective Second-Best Remedy for Unpriced Traffic Congestion?" *Journal of Housing Economics*, 16: 263-273.
 28. O'Sullivan, Arthur. 2015. 『오설리반의 도시경제학』. 제8판. 이번송 외 역, 서울: 박영사
O'Sullivan, Arthur. 2015. *Urban Economics*. Boston, 8th edition, Translated by Lee, Bun-Song et al., Seoul: Pakyoungsa
 29. Pines, David and Kono, Tatsuhito. 2012. "FAR Regulations and Unpriced Traffic Congestion", *Regional Science and Urban Economics*, 42: 931-937.
 30. Polinsky, A. Mitchell and David T. Ellwood. 1979. "An Empirical Reconciliation of Micro and Grouped Estimates of the Demand for Housing", *Review of Economics and Statistics*, 61: 199-205.
 31. Hirte, Georg and Rhee, Hyok-Joo, 2016. "Regulation versus Taxation: Efficiency of Zoning and Tax Instruments as Anti-Congestion Policies", *CEPIE Working paper*, 16(5). TU Dresden.
 32. Rhee, Hyok-Joo, Yu, Sanggyun and Hirte, Georg, 2014. "Efficiency of Zoning in Cities with Transportation Externalities and Agglomeration Economies", *Regional Science and Urban Economics*, 44: 82-93.

[부록: GAMS 프로그램]

본 프로그램은 분량관계 상 Base city GAMS Code의 시장균형조건 Error Check만을 담고 있음
전체 프로그램에서는 모든 내생변수에 대한 Error Check(허용오차 10e-7% 이하)를 수행함

```

set i zones /1*5/;
alias (i,j,k,n,m,s);
parameters area(i),deli(i),delij(i,j),BB(i),HH(i),Fij(i,j),Fi(i),income(i,j),income_std,
    gjj(i,j),gi(i),Ki(i),zeta(i),omega(i),Road(i),rentA(i),rentB(i),rentH(i),
    FrentH(i),dfrentH(i),FrentB(i),dfrentB(i),Fwage(i),dfwage(i),w(i),uij(i,j),pij(i,j),
    pH(i),pB(i),pX(i),QB(i),XB(i),QH(i),XH(i),MM(i),X(i),
    zij(i,j),hij(i,j),lij(i,j),share(i),aX(i),aH(i),deltaX,deltaH,SX(i),SH(i),XI(i),
    deltaijk(i,j,k),Total_Wage_Income,Total_Dividend,temp,temp_1,
    com_Slack(i),dividendprime,lab_Slack(i),land_Slack(i),House_slack(i)
    eCom,eHouse,elab,eland,maxError,rentBprime(i),rentHprime(i);
scalars alpha,alpha0,beta,alphaH,alphaB,a,b,c,cr,cw,d,degree,dividend,Ebb,Ehh,
    Hour,iter,lambada,mu,NN,pi/3.14159265358979/,household_members,pop,
    radius,rhoB,rhoH,rhoU,sigma_U,sigma_H,sigma_B,
    convex_H,convex_X,convex_rent,convex_MM,welfare_BC;
***Reference parameters*****
degree=6.0; lambda=6; a=1/60; b=0.03; c=3; cr=0.3; cw=0.3;
alpha=0.4; beta=1-alpha; mu=0.8; Hour=500; d=Hour/24; NN=132000;
household_members=2.5; pop=household_members*NN;
convex_H=0.5; convex_X=0.5; convex_MM=0.8; convex_rent=0.001;
*****
*****
deltaijk(i,j,k)=0;
loop((i,j),
    loop(k,
        deltaijk(i,j,k)$ (ord(i) eq ord(k))=1; deltaijk(j,i,k)$ (ord(i) eq ord(k))=1;
        deltaijk(i,j,k)$ (ord(i)<ord(k) and ord(k)<ord(j))=2;
        deltaijk(j,i,k)$ (ord(j)>ord(k) and ord(k)>ord(i))=2;
    ));
loop((i,j)$ (ord(i)=ord(j)),
    deltaijk(i,j,k)$ (ord(k)=ord(i))=1; );
*****
*** Distance *****
deli('3')=9; deli('4')=9; deli('5')=15; deli('2')=deli('4'); deli('1')=deli('5');
delij(i,j)=sum(k,deltaijk(i,j,k)*deli(k)/2);
*****
*** Area *****
Area('3')=(degree/360*pi*(deli('3')/2)**2)*1e3**2;
Area('2')=(0.5*degree/360*pi*(deli('3')/2+deli('2'))**2)*1e3**2-0.5*Area('3');
Area('1')=(0.5*degree/360*pi*(deli('3')/2+deli('2')+deli('1'))**2)*1e3**2
    -0.5*Area('3')-Area('2');
Area('4')=Area('2'); Area('5')=Area('1');
*****
**** Congested travel time(hr/km) *****
gi(i)=1/60; gjj(i,j)=sum(k,deltaijk(i,j,k)*gi(k)*deli(k)/2);
*****

```

```

*** Base parameter values *****
aH(i)=0.875; aX(i)=0.915; deltaX=0.00121; deltaH=deltaX; Ehh=6.0; Ebb=8.0;
sigma_H=0.52; rhoH=1-1/sigma_H; alphaH=0.675;
sigma_B=0.52; rhoB=1-1/sigma_B; alphaB=0.915;
sigma_U=0.56; rhoU=1-1/sigma_U; alpha0=0.450;
*****
* Initialization *****
rentH(i)=12.0; rentB(i)=5.0; pH(i)=3; pH('3')=10; pB(i)=2; pB('3')=8;
X(i)=200000; X('3')=76000; MM(i)=200000; MM('3')=100000; w(i)=300;
BB('1')=160000; BB('2')=40000; BB('3')=10000; HH('1')=630000; HH('2')=220000; HH('3')=80000;
QH(i)=100000; QB(i)=10000; XH('1')=30000; XH('2')=16000; XH('3')=4000;
XB('1')=16000; XB('2')=5000; XB('3')=1000; XI('1')=25422.177; XI('2')=16662.494; XI('3')=8270.406;
share(i)=0.80; rentHprime(i)=0; rentBprime(i)=0;
**** Road Service level *****
zeta('1')=0.15; zeta('2')=0.23; zeta('3')=0.33;
road('1')=2571020.0; road('2')=1248671.0; road('3')=619581.4;
omega('1')=road('1')/deli('1'); omega('2')=road('2')/deli('2'); omega('3')=road('3')/deli('3');
Ki('1')=zeta('1')*omega('1'); Ki('2')=zeta('2')*omega('2'); Ki('3')=zeta('3')*omega('3');
*****

loop(j$(ord(j)<=3),
pH(i)$ (ord(i)+ord(j)=6)=pH(j); pB(i)$ (ord(i)+ord(j)=6)=pB(j);
X(i)$ (ord(i)+ord(j)=6)=X(j); MM(i)$ (ord(i)+ord(j)=6)=MM(j);
BB(i)$ (ord(i)+ord(j)=6)=BB(j); HH(i)$ (ord(i)+ord(j)=6)=HH(j);
QH(i)$ (ord(i)+ord(j)=6)=QH(j); QB(i)$ (ord(i)+ord(j)=6)=QB(j);
XH(i)$ (ord(i)+ord(j)=6)=XH(j); XB(i)$ (ord(i)+ord(j)=6)=XB(j);
XI(i)$ (ord(i)+ord(j)=6)=XI(j); area(i)$ (ord(i)+ord(j)=6)=area(j);
Ki(i)$ (ord(i)+ord(j)=6)=Ki(j); zeta(i)$ (ord(i)+ord(j)=6)=zeta(j);
road(i)$ (ord(i)+ord(j)=6)=road(j); omega(i)$ (ord(i)+ord(j)=6)=omega(j);
);
SX(i)=aX(i)*(XI(i)/(BB(i)+HH(i)))*deltaX; SH(i)=aH(i)*(XI(i)/(BB(i)+HH(i)))*deltaH;
*****
***** Base city *****
*****
iter=0;maxError=999;
while(maxError>1E-7,iter=iter+1;
SX(i)=aX(i)*(XI(i)/(BB(i)+HH(i)))*deltaX;
pX(i)=w(i)**mu*pB(i)**(1-mu)/(SX(i)*mu**mu*(1-mu)**(1-mu));
pH(i)=1/Ehh*(alphaH**(1/(1-rhoH))*rentH(i)**(rhoH/(rhoH-1))+(1-alphaH)**(1/(1-rhoH))*
pX(i)**(rhoH/(rhoH-1))** (1-1/rhoH);
pB(i)=1/Ebb*(alphaB**(1/(1-rhoB))*rentB(i)**(rhoB/(rhoB-1))+(1-alphaB)**(1/(1-rhoB))*
pX(i)**(rhoB/(rhoB-1))** (1-1/rhoB);
rentA(i)=share(i)*rentH(i)+(1-share(i))*rentB(i);
dividend=sum(i,rentA(i)*area(i)-pX(i)*XI(i)-rentA(i)*Road(i))/NN;
income(i,j)=w(j)*Hour-2*d*w(j)*gij(i,j)+dividend;
zij(i,j)=(1-alpha0)**(1/(1-rhoU))*pX(i)**(1/(rhoU-1))*alpha*income(i,j)
/(pX(i)**(rhoU/(rhoU-1))*(1-alpha0)**(1/(1-rhoU))
+pH(i)**(rhoU/(rhoU-1))*alpha0** (1/(1-rhoU)));
hij(i,j)=alpha0** (1/(1-rhoU))*pH(i)**(1/(rhoU-1))*alpha*income(i,j)
/(pX(i)**(rhoU/(rhoU-1))*(1-alpha0)**(1/(1-rhoU))
+pH(i)**(rhoU/(rhoU-1))*alpha0** (1/(1-rhoU)));
lij(i,j)=beta*income(i,j)/w(j);

```



```

SH(i)=aH(i)*(XI(i)/(BB(i)+HH(i)))**deltaH;
uij(i,j)=alpha/rhoU*log((1-alpha0)*zj(i,j)**rhoU+alpha0*hij(i,j)**rhoU)+beta*log(lj(i,j))+log(SH(i));
Pij(i,j)=exp(lambda*uij(i,j))/sum((m,n),exp(lambda*uij(m,n)));
Fij(i,j)=NN*Pij(i,j); Fi(i)=sum((j,k),deltaijk(j,k,i)*Fij(j,k));
gi(i)=a*(1+b*(Fi(i)/Ki(i)**c)); gjj(i,j)=sum(k,deltaijk(i,j,k)*deli(k)*gi(k)/2);
MM(i)=mu*pX(i)*X(i)/w(i);
MM(j)=convex_MM*NN*sum(i,Pij(i,j)*(Hour-2*d*gjj(i,j)-lij(i,j)))+(1-convex_MM)*MM(j);
BB(i)=(1-mu)*pX(i)*X(i)/pB(i);
QH(i)=alphaH**(1/(1-rhoH))*Ehh**(rhoH/(1-rhoH))*ph(i)**(1/(1-rhoH))/rentH(i)**(1/(1-rhoH))*HH(i);
XH(i)=(1-alphaH)**(1/(1-rhoH))*Ehh**(rhoH/(1-rhoH))*ph(i)**(1/(1-rhoH))/pX(i)**(1/(1-rhoH))*HH(i);
QB(i)=alphaB**(1/(1-rhoB))*Ebb**(rhoB/(1-rhoB))*pB(i)**(1/(1-rhoB))/rentB(i)**(1/(1-rhoB))*BB(i);
XB(i)=(1-alphaB)**(1/(1-rhoB))*Ebb**(rhoB/(1-rhoB))*pB(i)**(1/(1-rhoB))/pX(i)**(1/(1-rhoB))*BB(i);
X(i)=convex_X*(NN*sum(j,Pij(i,j)*Zj(i,j))+XH(i)+XB(i)+XI(i))+(1-convex_X)*SX(i)**MM(i)**mu*BB(i)**(1-mu);
HH(i)=convex_H*sum(j,NN*Pij(i,j)*hij(i,j))+(1-convex_H)*Ehh*(alphaH*QH(i)**rhoH+
(1-alphaH)*XH(i)**rhoH)**(1/rhoH);
MM(i)=mu*pX(i)*X(i)/w(i); BB(i)=(1-mu)*pX(i)*X(i)/pB(i);
QH(i)=alphaH**(1/(1-rhoH))*Ehh**(rhoH/(1-rhoH))*ph(i)**(1/(1-rhoH))/rentH(i)**(1/(1-rhoH))*HH(i);
XH(i)=(1-alphaH)**(1/(1-rhoH))*Ehh**(rhoH/(1-rhoH))*ph(i)**(1/(1-rhoH))/pX(i)**(1/(1-rhoH))*HH(i);
QB(i)=alphaB**(1/(1-rhoB))*Ebb**(rhoB/(1-rhoB))*pB(i)**(1/(1-rhoB))/rentB(i)**(1/(1-rhoB))*BB(i);
XB(i)=(1-alphaB)**(1/(1-rhoB))*Ebb**(rhoB/(1-rhoB))*pB(i)**(1/(1-rhoB))/pX(i)**(1/(1-rhoB))*BB(i);
convex_rent$(iter>10)=0.9;
FrentH(i)=share(i)*(Area(i)-Road(i))-QH(i); FrentB(i)=(1-share(i))*(Area(i)-Road(i))-QB(i);
dFrentH(i)=1/(1-rhoH)*QH(i)/rentH(i); dFrentB(i)=1/(1-rhoB)*QB(i)/rentB(i);
rentH(i)=rentH(i)-cr*FrentH(i)/dFrentH(i); rentB(i)=rentB(i)-cr*FrentB(i)/dFrentB(i);
rentH(i)=convex_rent*rentH(i)+(1-convex_rent)*rentHprime(i);
rentB(i)=convex_rent*rentB(i)+(1-convex_rent)*rentBprime(i);
rentHprime(i)=rentH(i);rentBprime(i)=rentB(i);
Fwage(j)=MM(j)-sum(i,NN*Pij(i,j)*(Hour-2*d*gjj(i,j)-lij(i,j)));
dfwage(j)=-mu*pX(j)*X(j)/w(j)**2-beta*sum(i,NN*Pij(i,j)*Dividend)/w(j)**2;
w(i)=w(i)-cw*Fwage(i)/dfwage(i);
*make annual disposable income= 50,000 Kwon per household*****
total_Wage_Income=12*sum((i,j),NN*Pij(i,j)*w(j)*(Hour-2*d*gjj(i,j)-lij(i,j)));
rentA(i)=share(i)*rentH(i)+(1-share(i))*rentB(i);
Total_Dividend=12*sum(i,rentA(i)*Area(i));
income_std=(Total_Wage_Income+total_dividend)/NN; temp_1=50000/income_std;
rentH(i)=temp_1*rentH(i); rentB(i)=temp_1*rentB(i);
pX(i)=temp_1*pX(i); w(i)=temp_1*w(i); ph(i)=temp_1*ph(i); pB(i)=temp_1*pB(i);
*****
*Check market equilibrium conditions
com_slack(i)=X(i)-NN*sum(j,Pij(i,j)*zj(i,j))-XH(i)-XB(i)-XI(i);
eCom=smax(i,abs(com_slack(i)/X(i)))*100;
lab_slack(j)=NN*sum(i,Pij(i,j)*(Hour-2*d*gjj(i,j)-lij(i,j)))-MM(j);
elab=smax(j,abs(lab_slack(j))/MM(j))*100;
land_slack(i)=Area(i)-QH(i)-QB(i)-Road(i); eland=smax(i,abs(land_slack(i)/Area(i)))*100;
House_slack(i)=sum(j,NN*Pij(i,j)*hij(i,j))-HH(i); eHouse=smax(i,abs(House_slack(i)/HH(i)))*100;
*Check error in market equilibrium conditions
maxError=max(ecom,elab,eland,eHouse);
);
welfare_BC=sum((i,j),Pij(i,j)*uij(i,j))-1/lambda*sum((i,j),Pij(i,j)*log(Pij(i,j)));
temp=1e8*welfare_BC; display temp;

```

Date Received 2017-03-27
Date Reviewed 2017-08-22
Date Accepted 2017-08-22
Date Revised 2017-10-13
Final Received 2017-10-13