

도시동태모형을 이용한 도시성장관리정책의 평가¹⁾

Evaluation of Urban Growth Management Policy using Urban Dynamics Model

문 태 훈

(중앙대학교 도시및지역계획학과 교수)

Abstract

This paper evaluate and compare effectiveness of urban growth management measures in Korea using system dynamics model. Simple urban dynamics model was used to compare urban growth management measures. Since the late 1960s, Korean government has been implementing various urban growth management measures without much success. In the 1960s, factories, universities, and public agencies were strongly encouraged to move out to local areas. During the 1970s, regulations on greenbelt area was adopted to prevent urban sprawl. Besides, regulations to prevent location of population inducing facilities, and promoting dislocation of those facilities were implemented simultaneously. During the 1990, regulations on total number of factories in the metropolitan area, development fees were adopted. These various method of urban management were compared. Simulation results shows that promoting decentralization of population, preventing population immigration, expanding greenbelt area are effectiveness ones compared to controlling total number of population inducing facilities, and preventing construction of new industries. Some implications of the findings were discussed.

1) 본 연구는 중앙대학교 연구기자재 구입지원프로그램의 도움을 받아 수행한 결과임.

I. 서론

모든 도시는 성장-전이-쇠퇴의 세가지 큰 단계를 거치며 성장하고 쇠퇴한다. 미국의 경우 1790년-1990년대 사이 맨하탄, 디트로이트, 세인트루이스, 시카고, 보스턴, 뉴욕 등의 도시들을 살펴보면 예외없이 인구규모의 성장-정체-쇠퇴라는 주기를 보이면서 도시는 성장하고 쇠퇴하는 것으로 나타나고 있다(Richardson, 1982). 도시의 성장-정체-쇠퇴라는 도시생명주기에서 도시의 성장은 초기단계에는 적정 인프라와 서비스가 공급되고 규모의 경제를 달성하면서 생산성을 향상시키고 시민의 편의를 증진시킨다. 그러나 성장단계에 들어간 도시는 통상적으로 적정규모 이상으로 팽창하는 경향을 지니게 된다. 도시성장은 인구, 자연환경, 기술발전, 사회조직의 확대 등 상호연관된 요소들간의 상호작용의 결과인데 성장을 시작한 도시는 이러한 연관된 요소들간의 상호 상승작용으로 인구를 급속히 유입하면서 공간적으로 팽창해나가기 때문이다. 인구의 유입과 공간적인 확산은 적절히 관리되지 않을 때 인구의 과다한 유입과 무질서한 공간적인 팽창을 낳게되면서 각종 도시문제를 발생시킨다. 인구를 흡입하면서 성장을 유인한 도시의 매력도가 경제적, 사회적, 환경적인 측면에서 급속히 감소하면서 도시의 성장이 정체되고 결국 도시의 쇠퇴로 이어지게 되는 것이다.

도시성장관리는 이러한 도시문제에 대응하기 위한 정책이라 할 수 있다. 따라서 도시성장관리는 주로 도시의 급속한 팽창단계에서 무질서한 공간적 확산과 과다한 인구의 유입을 적절히 관리하여 도시의 활력과 매력도를 지속적으로 유지하기 위한 정책이라 할 수 있다. 이러한 도시성장관리정책은 결국 도시개발의 위치, 시기, 속도, 특성 등을 규제하는 제도 및 과정으로 통상적으로 귀결되는데(Levy, 1991:218) 개발의 양적 측면보다 질적측면을 강조하면서 도시민의 삶의 질을 향상시키기 위한 것이 그 주된 동기가 된다.

우리나라에서 도시성장관리정책은 대도시의 인구분산을 근간으로 하는 수도권정책이 중심이 되어 1964년 대도시 인구집중방지시책을 시작으로 현재의 수도권정비정책에 이르기까지 각종 시책이 끊임없이 추진되어 왔다. 1960년대 말부터 수도권 인구집중에 대응하여 추진하기 시작한 제조·교육·공공기관의 지방이전, 1970년대의 개발제한구역의 지정, 수도권입지 억제, 공장이전의 촉진과 공장신설의 억제, 교육기관의 신증설 억제, 인구유입의 억제를 위한 주민세의 부과, 1980년대 수도권정비계획법에 의한 인구집중시설에 대한 억제, 대학중원의 억제, 1990년대의 과밀부담금제도, 총량규제 등은 그간 추진되어온 도시성장관리의 대표적인 정책들로 대별할 수 있다.

그러나 이러한 수도권정책에도 불구하고 그간 수도권의 인구는 지속적으로 성장하여 왔으며 도시성장관리를 위한 정책수단들의 효과성에 대한 많은 논란이 거듭되어 왔다. 특히 무분별한 난개발로 인한 도시의 무질서한 외연적 팽창에 대한 사회적 여론이 비등하면서

2001년에는 기존의 국토이용체계를 대폭 개편하는 국토계획및이용에 관한 법이 새로이 제정되어 2003년부터 시행을 눈앞에 두고 있다.

이러한 맥락하에 이 연구는 그간 우리나라에서 채택되었던 도시성장관리 정책수단들의 효과를 평가하고 비교하여 도시성장관리정책에 대한 정책적 함의를 찾는 것이 목적이다. 이를 위하여 본 논문은 시스템다이내믹스 모델인 Alfeld와 & Graham의 도시동태모형(Alfeld, Louis Edward & Alan K. Graham., 1976)을 이용하여 도시성장관리의 여러 정책수단을 정책실험을 통하여 비교·평가하고 그 정책적 함의를 모색하였다.

II. 도시성장관리에 관한 선행연구 검토

성장관리라는 용어는 1960년대 말에 등장한 복합적인 의미를 지닌 개념이다. 초기 성장관리는 크게 세가지의 의미를 복합적으로 지니고 있었다. 첫째, 관리(management)의 필요성을 강조하는 개념, 성장에 대한 규제 또는 통제(growth control)가 강조되는 개념, 셋째, 성장을 정지할 의도를 지니는 무성장(no growth)의 개념을 복합적으로 지니고 있었다. 그러나 시간이 경과됨에 따라 성장관리의 개념은 실질적으로는 성장통제나 무성장의 의미로 통상적으로 수용되게 된다. 따라서 성장관리는 오래된 중심도시에서는 일반화된 개념이 아닌 데 이는 중심도시의 문제는 무분별한 성장보다는 위축과 침체에 있을 가능성이 많은 까닭이다. 따라서 성장관리정책이라 하면 보통 교외지역이나 성장잠재력이 풍부한 중심도시에서 이루어지는 것이 보통이다. 이렇게 보면 도시성장관리란 도시의 과도한 인구집중과 무분별한 공간적 팽창을 조절하기 위하여 도시발전의 위치, 강도 그리고 시기를 규제하는 정책으로 개발의 양적 측면보다 질적측면을 향상시키려는 시도라 할 수 있다(Levy, 1991:218; 하성규의 2002).

도시성장관리에 대한 접근은 그러나 산업화가 빨랐던 유럽과 미국 양대륙에서 서로 다른 양상을 띠며 발전한다. 2차대전 후 서부유럽과 미국은 일찍이 경험해보지 못한 급속한 인구의 증가와 이동, 그리고 번영을 경험하게 된다. 자연히 도시공간과 도시 기반시설에 대한 수요가 급증하였으며 그 결과 대규모 개발압력이 도시와 자연공간에 가해지게 되었다. 그러나 이에 대한 대응은 대서양을 사이에 두고 유럽과 미국은 상당한 차이를 보이게 된다. 정도의 차이는 있겠으나 유럽은 급속히 팽창하는 도시인구로 인한 도시공간과 도시기반시설에 대한 수요 증가를 국가의 적극적인 개입과 계획에 의하여 해결하고자 하였다. 반면 미국은 분권화와 자유방임적인 대응을 하였다. 이러한 미국의 대응은 미국을 “세계에서 토지이용에 대한 규제가 가장 약한 전통을 지닌 나라”라는 평가를 받게까지 하였다. 그러

나 미국에서의 이러한 경향도 1970년대에 들어서서는 바뀌기 시작한다. 1980년대에는 성장관리정책이 미국에서 도입되기 시작하며 미국의 몇 개 주에서는 성장관리를 위한 입법조치가 행해지게 된다. 법안들은 주로 도시의 성장으로 인한 부정적인 폐해를 경감시키는 것을 주목적으로 하고 있었다. 소위 성장관리정책인 “도시발전의 위치, 강도 그리고 시기를 규제하는 정책”으로 각 주에서 시행되기 시작한 것이다. 그러나 미국의 성장관리정책은 유럽의 성장관리정책과 그 이념적인 면에서부터 시작하여 여러차원에서 그 궤도를 달리한다. 유럽은 미국에 비교할 때 전통적으로 계획에 더 많이 의존해 왔다. 그리고 토지는 정부의 강한 규제하에 두어지는 것으로 생각되었는데 이는 전통 봉건시대의 영향이기도 하다. 특히 유럽의 도시계획은 그 규모에 있어서 미국을 압도한다. 유럽의 대도시들의 계획은 미국에서처럼 개개의 도시에 대하여 행해지는 것이 아니라 대규모의 도시들을 연결하는 광역적인 도시계획의 모습을 보여주고 있다(Evers, Ben-Zadok, Faludi, 2000; Heidenheimer, Hecllo, Adams, 1990).

성장관리에 대한 선행연구를 정리하면 크게 두가지 두드러진 특성이 발견되는데 (Niebanck, 1986) 첫째, 성장통제의 집행에 관심을 두고 기술적인 문제에 관심을 둔 연구들이다. 여기서는 어떤 수단과 도구가 이용되며 이들을 어떻게 적용할 것이며 이 절차가 유효한가에 대한 법정공방들에 관심을 두고 있다. 둘째, 성장관리정책의 효과에 관한 연구들로 성장관리정책이 커뮤니티에 긍정적인지, 부정적인지, 효율적인지, 비효율적인지를 분석하는 데 관심을 둔 연구들이다. 이러한 부류의 연구들은 주로 성장관리정책에 대한 지지 혹은 긍정적인 면, 그리고 부정적인 면과 문제점에 관한 다양한 주제들이 논의되고 있다 (Connerly, 1986; 하성규외, 2002). 도시성장관리에 관한 국내의 연구는 활발하지 않은 편이나 성장관리정책에 대한 소개, 비교, 필요성에 대한 연구(황명찬, 1998; 조철주, 1999, 국토연구원, 2000; 전명진, 2001)와, 수도권정책과 관련된 성장관리정책의 평가에 대한 연구(노기성외, 1998; 서울시정개발연구원, 1998; 손재영, 1998) 등이 주류를 이루고 있다. 이러한 연구들은 그간 수도권정책에서 채택되었던 다양한 수단들 -인구집중방지책, 인구유발시설의 지방분산 시책, 과밀부담금제도, 총량규제제도, 개발제한구역, 신도시개발정책 등- 이 인구의 분산이나 공간의 무분별한 팽창을 억제한다는 측면에서 그 효과가 대체로 미진했다는 점들을 비교적 공통적으로 지적하고 있다.

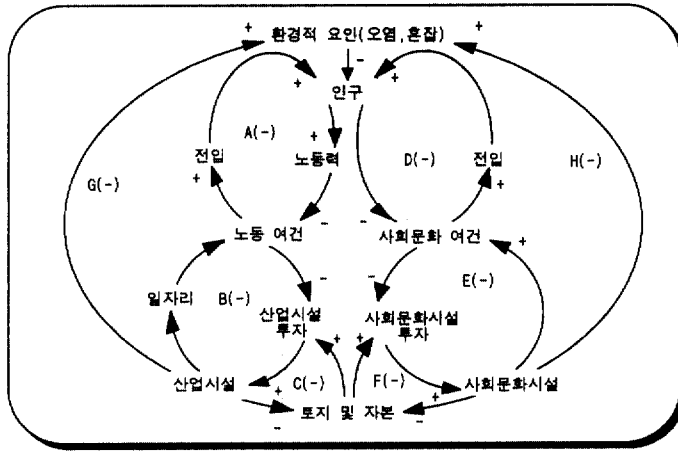
Ⅲ. 도시동태모델개관

도시성장은 인구 자연환경 기술발전 사회조직의 확대 등 상호연관된 요소들간의 상호작용의 결과이다. 즉 도시의 성장과 쇠퇴는 경제적요인, 사회 문화적 요인, 환경적 요인의 상호작용에 의하여 이루어지는 것이다. 도시동태모델(Urban Dynamics Model)은 도시를 산업, 주택, 인구, 토지 등의 하위시스템으로 구분하고 이들 시스템간의 동태적인 역학관계에 의하여 도시의 성장과 전이, 쇠퇴를 분석하는 시스템다이내믹스 접근 방법을 이용한 컴퓨터 시뮬레이션 모델이다(Alfeld, Louis Edward & Alan K. Graham., 1976).

시스템다이내믹스는 동태적이고 순환적 인과관계의 시각으로 (dynamic feedback perspective) 현상을 이해하고 설명하며, 이러한 이해에 기초한 컴퓨터 모델을 구축하여 복잡한 인과관계로 구성된 현상이 어떻게 동태적으로 변해 나가는지를 컴퓨터상에서 실험해 보는 방법론이자 현상을 바라보는 시각이며 준거틀(framework) 이다. 이 동태적 체계이론은 1961년 MIT의 J. Forrester 교수가 산업체 在庫量의 불안정한 변화, 노동력의 불안정한 변화, 그리고 시장점유율의 감소 문제를 다루기 위하여 공학의 제어이론(Control Theory)에 바탕을 둔 컴퓨터 모의실험 결과를 다양한 각도로 분석한 Industrial Dynamics 『산업 동태론』을 저술한 것이 방법론적인 효시가 된다. 이후, 시스템다이내믹스는 거시적인 차원에서는 도시 및 산업문제, 지탱가능한 발전문제들을 포함한 다양한 사회 및 경제문제에 대한 이해나 해결책을 모색하기 위하여, 그리고 미시적인 차원에서는 기업의 경영문제, 인간의 의사결정행위에 대한 이해를 증진시키기 위한 방법으로 광범위하게 응용되어 왔다 (김도훈, 문태훈, 김동환, 1999; Choucri, 1995; Radzicki et.al, 1995; Forrester, 1961, 1969, 1971; Hamilton, et. al., 1969; Mass, 1974; Sterman, 1987; Darling and Richardson, 1990). 이 접근 방법의 특징은 모든 현상을 원형의 환류체계(Circular Feedback System)의 관점에서 이해한다는 것과, 파라미터의 정확한 측정보다는 연구하고자하는 특정변수가 시간의 변화에 따라 어떻게 동태적으로 변화해 나가는가에 기본적인 관심을 둔다는 것이다. (Richardson,1982: 1-2; Meadows,1980: 30-36).

본 논문에서는 도시의 성장과 쇠퇴를 도시동태모델로 재현하고 도시성장관리를 위하여 그간 우리나라에서 채택되었던 성장관리정책들을 비교 분석한다. 모델의 개념도는 다음과 같다.

〈그림 1〉 도시성장의 순환적 인과관계 피드백구조

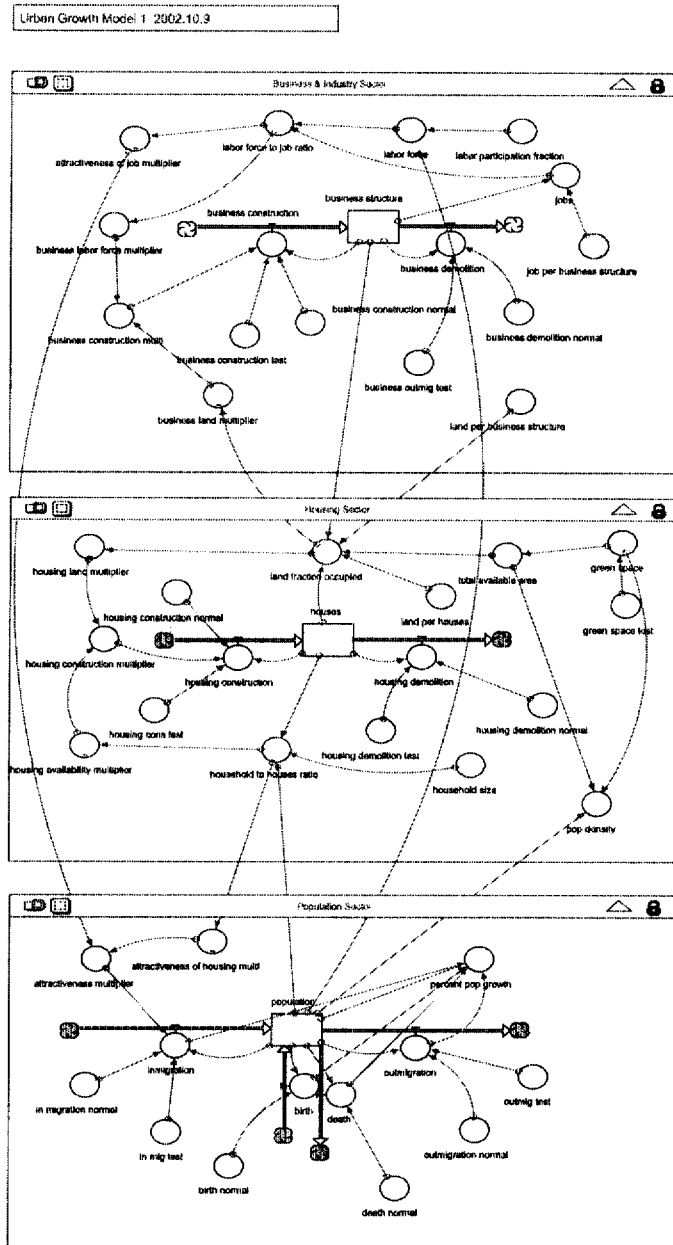


출처: 김도훈 문태훈 김동환. 1999. 「시스템다이내믹스」 대영문화사.

이 피드백 구조에 입각한 도시의 성장-전이-쇠퇴는 도시를 구성하는 경제적, 사회적, 토지와 자본, 환경적 요인 등의 동태적 상호작용의 결과로 설명된다. 도시성장은 초기에는 주로 경제적 요인에 의하여 이루어진다. 경제적 기회가 밀집해 있는 도시로 인구가 유입되면서 도시는 성장하기 시작하는 것이다. 그러나 이러한 성장은 도시체제가 최대한 지탱할 수 있는 수준을 넘어서면서 서서히 한계에 직면한다. 이용가능한 토지가 한계에 도달하여 가용토지량이 줄어들기 시작하면 토지부족과 지가의 상승으로 새로운 산업시설에 대한 투자나 기존산업의 확장이 어렵게 되기 시작한다. 사정이 더 심해지면 도시에 입지하고 있던 산업체들은 조건이 유리한 타 지역으로 이전하기 시작하는 것이다. 이러한 산업의 이전은 일자리를 감소시키고 도시로의 인구유입을 억제하기 시작하며 도시인구를 감소시킨다. 도시인구의 감소는 산업체 노동력의 부족과 주택을 비롯한 사회문화적 여건에 대한 수요를 감소시키면서 산업체의 순환적인 이전과 사회문화적 여건의 쇠퇴를 가져오는 악순환으로 이어진다. 이러한 과정을 거치며 도시는 점차 쇠퇴하게 되는 것이다.

이러한 쇠퇴를 막기 위하여 토지의 한계를 넓히는 도시광역화를 진행시키면 산업시설과 사회 문화시설, 인구는 그만큼 증가하게 된다. 그러나 이러한 현상이 오랜기간 지속되지는 못한다. 도시의 광역화는 결국은 도시혼잡과 환경오염을 가중시키고(그림에서 G와 H의 순환관계) 도시매력도(Urban Attractiveness)를 저하시켜 인구 유입을 감소시키면서 침체로 이어지는 순환적인 과정을 거치게 되는 것이다. 여기서 도시의 매력도란 고소득층, 중간소득층, 저소득층의 인구를 주변지역으로부터 끌어들이고 유입된 계층별 인구를 지탱할 수 있는 사회 및 경제적 인 힘을 말한다.

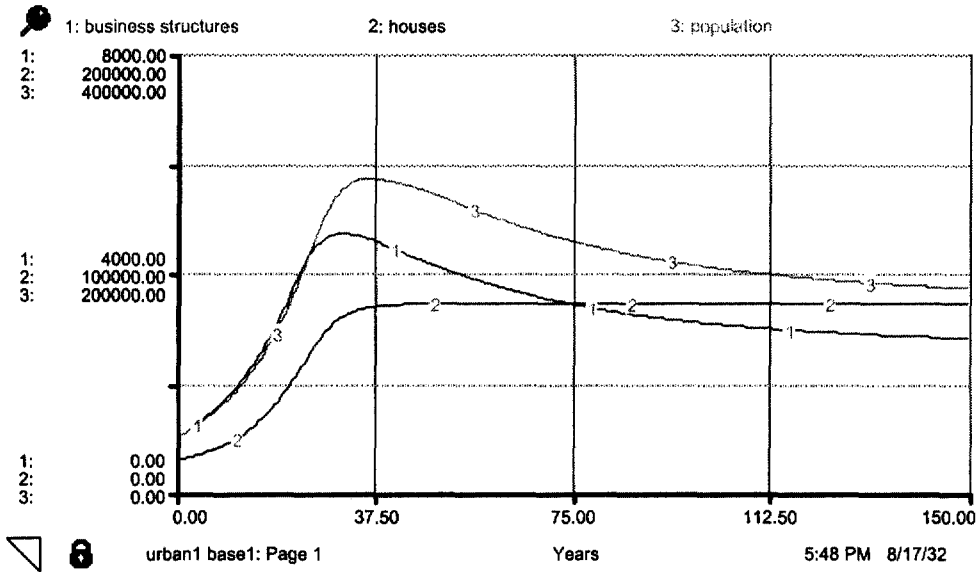
도시동태모형은 이상과 같이 도시를 하위체계간의 밀접한 순환적인 인과관계의 상호작용으로 구성된 동태적인 시스템으로 이해한다. <그림 1>의 도시성장의 순환적 인과관계 피드백구조를 시뮬레이션이 가능한 플로우다이아그램으로 나타내면 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 도시동태모형의 플로우다이아그램(Flow Diagram)

이상 도시동태모델의 시물레이션 결과가 나타내는 도시인구, 산업체, 주택규모들은 전형적으로 다음과 같은 행태를 보이며 변화한다.

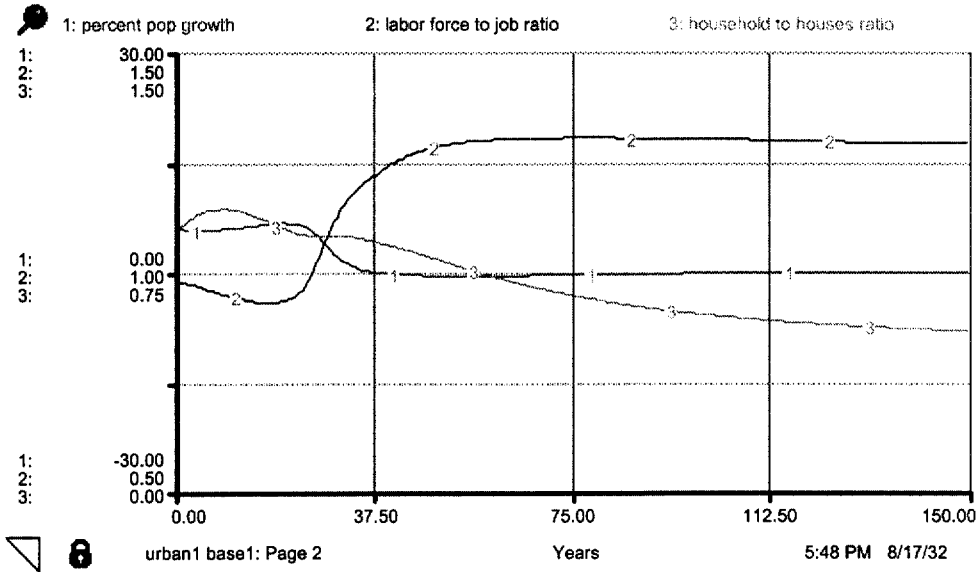
<그림 3> 도시내 산업구조, 주택, 인구규모의 역동성



<그림 3>은 도시공간 내에서 일어나는 산업구조, 주택, 인구의 역동성을 나타내고 있다. 도시성장의 초기단계에서는 산업구조가 성장함에 따라 도시로 인구유입이 급격히 일어나게 된다. 초기 약 25년간은 직장과 주택사정이 양호하여 도시로 인구가 급속히 유입되고 있는데 이것은 이 기간중 노동-직장비율과 세대-주택비율이 대체로 1 이하의 비율을 유지하고 있어 직장사정과 주택사정이 비교적 양호한 것으로 아래 <그림 4>에 나타나고 있다. 그러나 토지점유율이 점차 커지면서 가용토지가 부족해지기 시작하여 새로운 산업구조의 건설과 주택의 건설은 압박을 받기 시작하고 37년경 이후부터는 산업구조는 대체로 쇠퇴기에 들어가게 된다. 인구규모는 감소되기 시작하고 주택은 증가를 멈추고 정체상태에 도달하게 되는 모습이 나타나고 있다. <그림 4>는 균형상태에 들어간 도시의 여러상태들을 나타내 주고 있다. 우선 세대수-주택비율은 0.75보다 훨씬 낮은 상태에서 균형값을 유지해 나가고 있으며 노동-직업비율은 1.3부근에서 균형값을 형성하고 있다. 그리고 인구 성장률은 거의 0에 달하여 인구의 증감이 거의 없는 상태에 도달하고 있음을 보여주고 있다. 세대수-주택비율이 1보다 낮다는 것은 주택수요자보다 주택공급이 많아 도시의 인구를 수용하고도 남는 집들이 많이 생겨나고 있음을 뜻한다. 주택의 노후화가 따라서 가속화되고 집값은 낮아져 주택비용이 매우 저렴해지면서 폐가들이 생겨나는 상태로 볼 수 있다. 다른

한편으로 노동-직업비율이 1보다 높다는 것은 고용사정이 좋지 않음을 뜻한다. 일자리가 부족하여 실직한 노동자들이 다수 존재하며 낡고 노후한 주택에서 거주하는 사람들이 많아진 노후한 도시로 변한 것이다.

〈그림 4〉 인구성장, 노동-직업비율, 주택-세대수 비율의 역동성



도시동태모형에 입각한 도시성장관리모형은 이러한 도시 하위체제들간의 역동적인 상호작용을 컴퓨터 정책실험 모델로 재현하여 도시성장관리를 위한 각종 도시정책들에 대한 정책실험을 시행하고 각 수단들의 효과성을 평가한다. 정책실험은 도시성장관리수단으로 그간 한국에서 채택되었던 수도권 산업체의 지방이전에 대한 경제적 유인책의 부여, 수도권 전입에 대한 부담금의 부여, 개발제한구역의 설정, 공장총량제도의 시행, 과밀부담금제도 등의 도입을 대상으로 실시한다. 이와 아울러 산업체건설, 주택개발, 고밀도 도시개발과 저밀도 도시개발이 가져올 도시성장관리효과에 대하여도 정책실험을 진행한다.

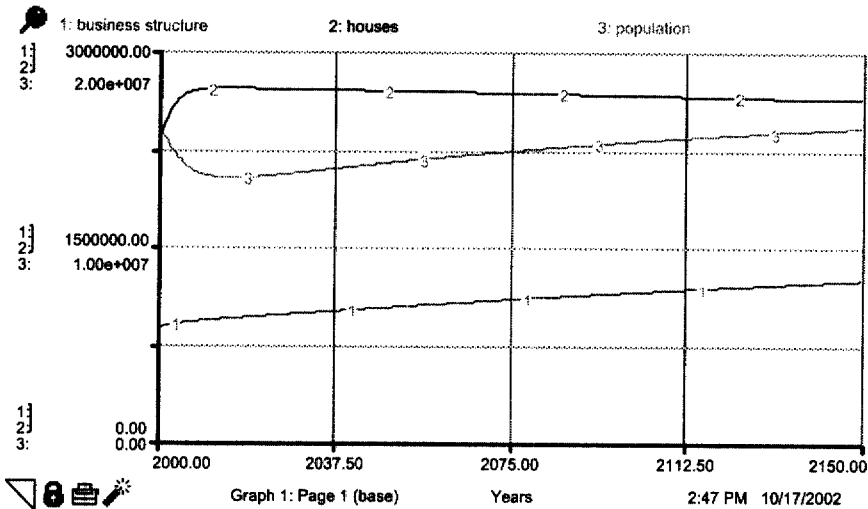
도시성장관리는 항상 최선의 정책이라고 판단되는 대안만을 시행할 수는 없다. 어차피 최고 정책결정자들은 선거에 의하여 선출되기 때문에 도시성장관리는 정책결정자와 시민들간의 적절한 선에서 타협된 정책들을 선택하게 된다. 그럼에도 불구하고 도시동태모형을 이용한 도시성장관리에 대한 각종 정책실험은 각종 도시성장관리정책의 효과를 평가하고 도시의 장기적인 비전을 제시하고 이를 실현시키기 위한 전략들을 제시하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

IV. 한국 도시성장관리정책 수단에 대한 정책실험 평가

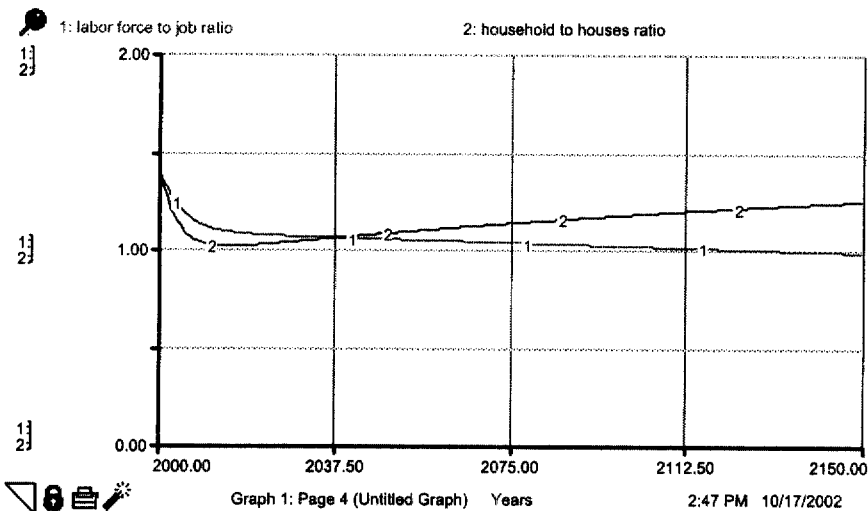
앞에서 살펴보았듯이 그간 우리나라의 도시성장관리정책은 1960년대 말부터 수도권 인구집중에 대응하여 추진하기 시작한 제조·교육·공공기관의 지방이전, 1970년대의 개발제한구역의 지정, 수도권입지 억제, 공장이전의 촉진과 공장신설의 억제, 교육기관의 신증설 억제, 인구유입의 억제를 위한 주민세의 부과, 1980년대 수도권정비계획법에 의한 인구집중시설에 대한 억제, 대학증원의 억제, 1990년대의 과밀부담금제도, 총량규제 등으로 대별해 볼 수 있다. 이러한 도시성장관리정책의 수단들은 크게 보면 결국 서울로의 인구유입 억제, 인구분산, 개발제한구역의 설정, 공장을 비롯한 각종 인구집중시설의 신증설 억제와 인구유발시설의 지방이전으로 압축된다. 그러나 그간 수도권정책은 성장관리의 측면에서 일관적이지 않았다. 정부와 서울시가 1960년대부터 추진했던 주택증설은 서울시의 생활환경의 정비와 주택난에 대응하여 강력히 추진해온 정책으로 다른 도시성장관리의 수단들과는 상반된 효과를 나타낼 수 있는 정책이다. 주택의 증설이 얼마나 인구유입의 효과를 가지는지, 그리고 주택의 증설을 억제하는 것은 얼마나 인구유입을 억제하는 효과를 지니는지 등을 시뮬레이션을 통하여 비교 평가한다.

1. Base Run

도시성장관리의 수단들이 얼마나 효과적이었으며 의도된 정책목표를 달성했는가에 대해서는 여러 연구가 있다. 그러나 여기서는 그간 도시성장관리정책 수단으로 채용되었던 각종 시책들의 효과를 도시동태모형을 이용하여 비교, 평가한다. 이를 위하여 Alfeld와 & Graham의 도시동태모형(Alfeld, Louis Edward & Alan K. Graham., 1976)의 파라미터들을 서울시의 각종 통계치를 사용하여 조정하고 각종 실험변수들을 도입하여 정책실험이 가능하도록 하였다. 조정된 서울시의 사업체, 주택, 인구의 변화모습은 다음 그림과 같이 시뮬레이션 되었다.



〈그림 5〉 서울시의 사업체, 주택, 인구의 변화



〈그림 6〉 노동-직업비율과 세대수-주택의 비율

위 그림에서 보면 서울시는 2000년 이후 인구가 1030만명에서 감소하다가 2015년경부터는 다시 지속적으로 인구증가를 유발하여 시물레이션 말기에는 인구 약 1050만명으로 증가하는 것으로 시물레이션 되었다. 인구밀도도 초반기 17060명/km²에 비교하여 17309명/km²로 증가하여 서울로의 인구집중은 더 심화되고 있는 것으로 나타나고 있다. 시물레이션 말기에 도시의 상황은 노동-직업의 비율²⁾이 약 0.98로 비교적 경제사정은 좋아서 구직의 기회가 좋으나 세대수-주택의 비율³⁾은 1.24로 주택이 부족한 모습을 나타내고 있다.

2. 도시성장관리정책 수단의 효과에 대한 비교평가의 방법

도시성장관리 수단들의 효과에 대한 평가는 이상의 상황을 준거점으로(base run) 하고 시작하였다. 위에서 살펴본 도시성장관리정책의 수단을 대별하면 첫째, 인구유발시설의 수도권 입지 억제, 둘째, 인구유발시설의 지방이전 촉진, 셋째, 주택의 공급, 넷째, 인구유입의 억제 다섯째, 인구의 지방이전의 촉진, 여섯째, 개발제한구역의 설정 등으로 볼 수 있다.

첫째, 인구유발시설의 수도권 입지역제나 과밀부담금의 부과 등은 기본적으로 같은 유형의 정책수단으로 서울시 인구유발시설의 입지를 억제하여 서울로의 인구유입을 간접적으로 억제하고자 하는 정책수단이다. 이러한 정책수단은 도시동태모형에서 사업체의 건설률(business construction)을 억제하는 것과 동일한 정책수단으로 볼 수 있다. 사업체의 건설률을 매년 10%씩 감소시킨다고 보았을 때 서울시의 인구, 노동-직업비율, 세대수-주택비율, 인구밀도 등을 다른 정책수단과 비교하였다. 둘째, 제조업, 교육시설, 공공기관 등 인구유발시설의 지방이전 촉진, 공장이전촉진세의 부과 등은 서울에 입지하고 있는 인구유발시설들을 지방으로 이전시켜 서울로의 인구집중을 완화하고자 하는 정책수단이다. 이러한 정책수단은 도시동태모형에서 사업체의 폐쇄율을 촉진시키는 것과 동일한 효과를 지니는 정책수단들이다. 즉, 서울시에 입지하고 있는 인구유발시설들을 지방으로 이전하여 서울의 인구를 분산시키고 동시에 인구유입 유인을 차단하려는 정책인 것이다. 여기서는 사업체의 폐쇄율을 매년 10%씩 증가시키는 경우 서울시의 인구, 노동-직업비율, 세대수-주택비율, 인구밀도 등을 다른 정책수단과 비교하였다. 셋째, 도시성장관리의 수단으로는 볼 수 없으나 서울시를 비롯한 대도시가 1960년대와 1970년대부터 지속적으로 직면한 문제는 주택부족문제였다. 도시지역의 주택문제를 해결하기 위하여 정부는 지속적으로 주택공급을 확대해 왔다. 이러한 주택의 지속적인 공급의 증가가 도시성장관리에 어떤 영향을 미치는지를 살펴보기 위하여 도시동태모델에서 주택의 공급률을 매년 10%씩 증가시키는 경우 서울시의 인구, 노동-직업비율, 세대수-주택비율, 인구밀도 등을 다른 정책수단과 비교하였다. 넷째, 도시성장관리의 궁극적인 목표는 도시의 적정인구를 유지하여 도시민의 삶의 질을 향상시키는 것이라 볼 수 있다. 이를 위해서는 도시로의 인구집중을 억제하여야 하는데 이를 위한 가장 직접적인 방법은 세금의 부과를 통하여 도시로의 전입을 억제하는 것이라 볼 수 있다. 주민세와 같은 세금의 부과를 통하여 얼마만큼의 인구유입 억제효과가 달성되는지는

2) $\frac{\text{laborforce}}{\text{job}}$

3) $\frac{\text{population}}{\text{houses} \times \text{householdsize}}$

경험적인 연구결과가 필요한 부분이겠으나 적어도 인구유입을 직접적으로 억제하는 이러한 도시성장관리의 수단이 도시의 성장에 어떤 효과를 미칠지는 실험을 통하여 추론해 볼 수 있다. 본 연구에서는 도시로의 인구유입이 매년 10%씩 억제되는 경우 서울시의 인구, 노동-직업비율, 세대수-주택비율, 인구밀도에 어떤 영향을 미치는지를 다른 정책수단과 비교하였다. 다섯째, 도시로의 인구유입을 직접적으로 억제하는 것과 타지역으로 인구의 유출을 촉진하는 것은 피상적으로 보기에는 동일한 정책수단인 것으로 간주될 수 있겠으나 도시의 역동적인 상호작용은 이 두가지 형태의 성장관리 수단이 다른 결과를 초래하게 할 수도 있다. 예를 들어 신도시의 건설 등을 통하여 도시 인구의 유출이 매년 10%씩 촉진되는 경우 도시인구, 노동-직업비율, 세대수-주택비율, 인구밀도에 어떤 영향을 미치는지를 시뮬레이션을 통하여 다른 정책수단, 특히 인구유입을 억제하는 정책수단의 효과와 비교하였다. 여섯째, 개발제한구역의 지정은 1970년대 도시의 무분별한 성장을 억제하기 위하여 도입된 제도이다. 이 제도의 효과여부에 대해서는 그간 많은 논의가 있었으나 도시동태모형에서는 개발제한구역의 증감이 도시의 인구와 노동-직업비율, 세대수-주택비율, 인구밀도에 어떤 영향을 미치는지를 다른 정책수단과 비교하였다. 개발제한구역의 증감은 개발제한구역에 대한 규제의 완화와 강화로 초래되는 것인데 이는 결국 도시의 가용토지면적에 직접적인 영향을 미침으로써 사업체와 주택 입지에 영향을 미치면서 인구의 증감을 조절하는 효과를 가져오게 된다. 본 연구에서는 개발제한구역이 매년 10%씩 증가되는 경우와 감소되는 경우, 그리고 개발제한구역이 완전히 해제되는 경우 도시에 미치는 영향을 시뮬레이션 하였다.

3. 정책실험의 결과

이상 제시된 각종 도시성장관리를 위해 도입되었던 정책수단들이 도시의 성장에 어떤 영향을 미치는지를 시뮬레이션 하였다. 그 결과는 다음 표와 같다.

〈표 1〉 도시성장관리 수단별 도시성장에 미치는 영향

정책수단	사업체수 BS	주택수 HS	인구 POP	세대수-주 택비율 HHR	노동자-직 장비율 LJR	토지 점유율 LFO	인구밀도 POPDEN
base (2000)	720000	1968054	10321496	1.37	1.37	0.82	17060
base (2150)	1028182	2194142	10472152	1.24	0.98	0.95	17309
사업체증설억제1	993943	2207614	10293520	1.21	0.99	0.95	17014
사업체이전촉진2	1017576	2198341	10419346	1.23	0.98	0.95	17222
주택건설감소3	1060485	2165945	10594718	1.27	0.96	0.95	17511
주택건설촉진4	1000875	2217970	10355725	1.22	0.99	0.95	17116
주택철거촉진5	1056532	2168786	10578809	1.27	0.96	0.95	17485
인구유입억제6	1025715	2188907	10066319	1.2	0.94	0.95	16638
인구유출촉진7	1025534	2188332	10035468	1.19	0.94	0.95	16587
개발제한구역감소8	1054664	2282782	10802366	1.23	0.98	0.95	17855
개발제한구역확대9	1002118	2105280	10142030	1.25	0.97	0.95	16763
사업체증설억제, 사업체이전촉진10	983622	2211511	10236551	1.21	1	0.95	16919
주택건설억제, 주택철거촉진11	1090868	2138709	10693606	1.3	0.94	0.94	17675
개발제한구역의 철폐12	1310699	3069326	13812568	1.17	1.01	0.95	22830

1) -10% bc rate 2) +10% bs outmig 3)-10% hc rate 4) +10% hc rate 5) +10% hd rate 6) -10% in mig rate 7) +10% out mig rate 8)-10% green space 9)+10% green space 10) -10% bcr, +10% bor 11)-10% hcr, +10% hdr 12) no green space

위 표에서 base run은 도시성장관리정책의 수단을 적용하지 않았을 때 시뮬레이션 초기 값과 말기의 결과치를 나타내고 있다.

1) 인구유발시설의 신증설억제와 이전촉진 수단간의 비교

공장이나 교육기관의 수도권 신설과 증설을 억제하는 “사업체증설억제”의 결과는 시뮬레이션 말기 서울시 인구가 1029만명에 이를 것으로 추정되고, 제조업체, 교육기관, 공공기관의 지방이전을 대변하는 “사업체의 이전”의 정책수단은 시뮬레이션 말기 서울시 인구가 1041만명에 이를 것으로 추정되었다. 두가지 수단만을 놓고 비교한다면 서울시의 성장관리정책의 효과는 인구의 성장이라는 측면에서 사업체의 증설억제를 위한 수단이 사업체의 이전을 위한 정책수단보다 더 효과적이라는 점을 시사한다. 두가지 수단에서 모두 base run의

결과치인 1047만명보다 적은 인구가 추정되고 있어 두유형의 정책수단이 모두 효과를 나타내기는 하지만 인구유발시설의 지방이전 축진이 인구성장의 억제에 미치는 효과는 미미하며 인구유발시설의 신증설 억제조치가 더 효과적이라는 것이다. 이러한 결과는 도시의 토지, 사업체, 주택, 인구부문들이 서로 밀접하게 관계를 지니고 있는 도시시스템의 역동적인 상호관계에 기인한다. 서울시에 입지하고 있던 기존의 사업체가 지방으로 이전해 나가면 점유토지비율(LFO)이 줄어들게 되고 가용토지량을 늘리게 된다. 가용토지량의 확대는 사업체의 증설을 촉진시키며 이전적지에 새로운 업체가 진입하게 되는데 신규업체가 새로운 일자리를 창출하면서 인구유입의 촉진요인으로 작용하게 되는 것이다. 보통 새로이 이전하게 되는 사업체는 기존의 사업체 보다 더 최신의 기술을 사용하면서 고용효과가 높은 업체인 경우가 일반적이는데 이것 역시 인구유입의 추가적인 촉진요인으로 작용할 수 있다. 결국 인구과밀을 억제하기 위해서는 인구유발시설의 지방이전과 분산시책보다는 인구유발시설의 신증설을 억제하는 직접적인 시책이 더 효과적이라는 의미이다.

2) 주택건설의 축진과 감소

주택건설을 축진하는 수단과 억제하는 수단은 상식적인 예상과는 반대의 결과를 나타내고 있다. 즉, 주택건설을 억제하는 것이 오히려 주택건설을 축진하는 것 보다 도시인구의 유입을 더 크게 한다는 것이다. 주택건설을 축진하는 경우 시물레이션 말기의 인구규모는 1035만명인 반면, 주택건설을 감소시키는 경우 인구규모는 1059만명으로 오히려 base run의 1047만명을 상회하고 있다. 이러한 현상 역시 도시시스템의 동태적 상호작용에 기인한다고 볼 수 있다. 주택건설의 억제는 도시의 가용토지용량을 증대시키는데 가용토지용량의 증대는 주택의 입지보다 사업체의 입지를 더 빨리 촉진시킨다. 사업체의 입지는 더 많은 직업을 창출하게 되고 증가된 구직매력도가 도시로의 인구유입을 촉진시키면서 궁극적으로 더 많은 인구유입을 초래하게 되는 것이다. 그러나 이러한 도시정책은 노동자-직업 비율을 낮추면서 구직의 기회는 증가시키지만 비교적 빠른 인구유입을 초래하면서 심한 주택난에 직면하게 한다. 그러나 주택건설을 축진시키는 경우 가용토지가 주택에 먼저 소비되면서 사업체의 입지를 억제하게 되는데 주택사정은 호전되겠지만(세대수-주택비율이 1.22) 이는 결국 노동자-직업비율을 상승시켜 주택건설을 억제하는 경우에 비교하여 직업사정은 나빠지게 되며 이는 도시로의 인구유입을 억제하는 효과를 가져오게 되는 것이다.

3) 인구유입의 억제와 인구유출의 축진

인구유출입을 직접적으로 억제하는 정책은 다른 정책수단에 비교하여 가장 강력한 효과

를 가진다. 인구유입을 직접적으로 억제하는 경우 인구규모는 1006만, 인구유출을 촉진하는 경우 인구규모는 1003만명으로 다른 정책수단과 비교할 때 가장 큰 인구집중 억제효과를 보이고 있다. 세대수-주택비율도 1.2로 다른 정책수단에 비교하여 주택문제가 비교적 완화되고 있고, 노동자-직장비율은 0.94로 다른 정책수단에 비교하여 직업사정이 나은 것으로 시뮬레이션 되고 있다. 이것은 주민세를 높게 부과하거나 서울시 주변에 신도시를 건설하여 서울로의 인구가전을 직접적으로 억제하거나 서울시의 인구유출을 촉진하는 것이 인구집중억제에 가장 효과적이라는 것이다. 두 정책수단이 거의 유사한 결과를 보이고 있어 어느 정책수단이 인구집중의 억제에 더 효과적이라고 할 수는 없으나 인구유출을 촉진하는 것이 근소하나마 더 효과적인 정책이 될 수 있음을 보여주고 있다. 그러나 이러한 정책은 서울시의 입장에서만 본다면 인구집중의 억제책이 될 수 있겠으나 경기도를 포괄하는 전체 수도권권의 입장에서 볼 때 신도시의 증설로 서울시의 인구가 유입될 뿐 아니라 신도시로의 추가적인 인구유입을 촉발시켜 수도권 전체의 인구가 지속적으로 증가될 수 있다는 문제를 지닌다. 정부와 서울시의 도시정책이 경기도와 밀접한 연계속에서 이루어져야 함을 시사하는 대목이라 할 수 있다.

4) 개발제한구역의 증가와 감소

개발제한구역에 대한 규제완화는 실질적으로 개발제한구역을 축소시켜 서울시의 토지공급량을 늘리게 된다. 이는 결국 서울시의 가용토지량을 증대시켜 사업체와 주택의 입지를 촉진하게 되고 급속한 인구의 유입을 가져오게 된다. 이러한 결과가 시뮬레이션에서 나타나고 있다. 서울시의 개발제한구역에 대한 규제가 완화되어 개발제한구역의 면적이 10% 감소된다고 했을 때, 서울시의 인구규모는 1080만명으로 증가하고 반대로 개발제한구역의 면적이 10% 증가될 때 서울시의 인구규모는 1010만명으로 줄어드는 결과를 보여주고 있다. 개발제한구역이 완전히 철폐되었을 경우 서울시의 인구규모는 1381만명으로 급속히 증가하는 것으로 시뮬레이션 되었다. 이것은 개발제한구역에 대한 규제의 강화가 서울시의 가용토지량을 축소시켜 인구유입의 강력한 억제도로 활용될 수 있음을 보여주는 결과라 할 수 있다. 토지사용에 대한 적절한 정책수단이 도시성장관리를 위하여 대단히 효과적인 정책수단이 될 수 있음을 보여주는 결과라고 할 수 있다.

V. 소결론 - 남은 과제

지금까지 도시성장관리의 수단으로 사용되어온 인구유발시설의 신증설 억제, 인구유발시설의 지방이전 촉진, 인구유입의 억제, 인구유출의 촉진, 주택건설의 촉진과 억제, 개발제한구역의 정책적 효과를 비교하였다. 서울시로의 인구집중을 억제하여 과밀을 완화하고 삶의 질을 향상시키는 것이 도시성장관리의 주된 목표라면 가장 효과적인 정책수단은 정책실험 결과에 의하면 도시민의 인구유출의 촉진, 인구유입의 억제, 개발제한구역의 확대, 사업체증설의 억제, 주택건설의 촉진, 그리고 사업체이전의 촉진 순으로 나타나고 있다.

인구유출의 촉진이 서울시의 과밀을 해소하기 위한 가장 효과적인 방법이라면 세금이나 주변 신도시의 증설을 통한 인구유입의 억제와 유출의 촉진은 매우 효과적인 수단이 될 수 있다. 그러나 서울시를 비롯한 수도권 전체의 입장에서 보면 결국 신도시의 증설은 같은 논리로 서울시를 비롯한 수도권의 주택사정을 호전시켜 수도권 전체의 인구집중을 유발시킬 가능성이 크다는 문제를 지니고 있다. 또, 인구의 유입을 억제하는 것 역시 매우 효과적인 성장관리의 수단이 되겠으나 기본적으로 이것은 거주이전의 자유를 제약하는 것이므로 이러한 정책의 광범위한 적용에는 한계가 있다.

한가지 주목할 사실은 주택건설을 촉진하는 것이 주택건설을 억제하는 것보다 도시로의 인구유입을 더 효과적으로 억제하는 결과를 나타내고 있다는 점이다. 이는 이미 설명하였듯이 주택용지의 추가적인 확보가 가용토지량을 줄이고 이것이 사업체의 증설을 억제함으로써 간접적으로 도시인구유입을 억제하는 효과를 나타내기 때문이다. 그러나 주택건설의 촉진은 세대수-주택비율을 낮추어 주택부족문제를 완화시키는 반면 다른 한편으로는 가용토지량을 줄이기 때문에 사업체의 입지를 어렵게 하고 이는 직업 창출의 기회를 감소시킴으로 구직기회를 점차 악화시키게 된다. 주택사정과 직장 사정을 동시에 만족시키면 바람직하겠으나 상호연관된 도시시스템에서 두가지를 동시에 지속적으로 충족시키기는 힘든 것으로 보인다. 사업체증설의 억제나 개발제한구역의 확대 역시 유사한 문제를 야기한다. 사업체의 증설의억제는 도시로의 인구유입은 비교적 효과적으로 차단시키겠지만 구직의 어려움을 증가시키고, 개발제한구역의 확대 역시 인구유입을 효과적으로 차단시키고 도시의 어메니티를 증가시키는 반면 가용토지량을 축소시켜 토지나 주택, 또는 건물가격의 더 빨리 상승시키는 문제를 야기한다.

이렇게 보면 도시성장관리수단으로 도시의 모든 문제를 동시에 만족스럽게 해결할 수는 없는 것으로 보여진다. 물론 이 연구에서 사용된 도시모형과 시뮬레이션은 실제상황을 그대로 재현한 것이라고 볼 수 없으며 많은 가정에 입각해 있으며, 구체적인 개별변수가 아니라 여러 의미가 통합된 집적변수를 사용하고 있다는 점에서 많은 한계를 지니고 있다.

앞으로 이 모델은 도시성장관리에 대한 정교한 모의실험이 가능해지도록 더 발전되어야 할 것이다. 그럼에도 불구하고 이러한 정책실험은 결국 도시성장관리로 채택되는 여러 정책수단들이 도시를 구성하는 여러 하위체계간의 순환적인 상호작용으로 인하여 일반적인 예상과 다른 결과를 가져올 수도 있으며, 도시성장관리정책이 도시의 문제를 다같이 동시에 만족시켜 줄 수 있는 것이 아니라 수단간의 상쇄효과(trade-off)가 있음을 보여주고 있다는 데서 그 의미를 찾을 수 있다. 결국 도시성장관리가 도시의 어떤 문제를 해결하는데 중점을 둘 것인가 하는 것은 이러한 정책분석에 의해서가 아니라 도시민의 정치적인 선택에 의하여 그 우선순위가 결정될 수 밖에 없다. 도시의 복잡한 시스템이 야기하는 역동적인 관계가 도시성장관리에 대하여 가지는 함의를 시민과 정책결정자에게 전달하고 합리적인 선택을 위한 기반을 제공한다는 데 연구의 의의가 있을 것이다.

[참고문헌]

- 국토연구원. 2000. “도시성장관리정책의 비교와 개발제한구역제도 개선방향” 「도시성장관리정책의 국제비교연구 -한국 미국 일본사례를 중심으로」, pp.1-31.
- 김도훈 · 문태훈 · 김동환. 1999. 「시스템다이내믹스」, 대영문화사.
- 노기성 · 김호연 · 장준경. 1998. 「수도권정책의 평가와 기본방향」, 한국개발연구원.
- 서울시정개발연구원, 1998, 「21세기를 향한 수도권 성장 관리정책」.
- 손재영. 1998. 「무한경쟁시대와 수도권의 역할. 21세기를 향한 수도권성장관리정책」, 서울시정개발연구원 인천발전연구원 경기개발연구원.
- 전명진, 2001, “도시성장관리제도 도입의 필요성과 도입방안”, 「토지기술개발」.
- 조철주, “성장관리의 개념, 이슈 및 정책수단 : 미국 성장관리 제도의 검토를 통한 정책적 함의 도출”, 「한국지역개발학회지」 제11권 제2호, 1999, pp.95-108.
- 하성규 · 김재익 · 전명진 · 문태훈, 2002. 「도시성장관리론」, 근간.
- 황명찬, 1998, “21세기를 향한 새로운 수도권성장관리정책의 모색”, 「21세기를 향한 수도권 성장관리정책」 세미나자료집(www. moct. go. kr).
- Alfeld, Louis Edward & Alan K. Graham. (1976) Introduction to Urban Dynamics. MA: Wright-Allen Press, Inc.
- Connerly, C. E. 1986, “Impact fees as social policy: What should be done?” In A. C. Nelson(Ed.). Development impact fees(pp.362-372), Chicago, American Planning Association.
- Darling, Thomas A. and George P. Richardson. (1990) "A Behavioral Simulation Model of Single and Iterative Negotiations." Prodeedings of the 1990 International System Dynamics Conference.
- Evers, David, Efraim Ben-Zadok & Andreas Faludi. 2000. “The Netherlands and Florida: Two Growth Management Strategies” International Planning Studies. Vol.5. No.1. pp.7-23.
- Forrester, Jay W. (1961) Industrial Dynamics. Cambridge, The MIT Press.
- Forrester, Jay W. (1969) Urban Dynamics. Cambridge, The MIT Press.
- Forrester, Jay W. (1971) World Dynamics. Cambridge, Wright-Allen Press.
- Forrester, Jay W. (1980) "System Dynamics - Future Opportunities." TIMS Studies in the Management Science 14. North-Holland Publishing Company.

- Forrester, Jay W. (1987) "Lessons from System Dynamics Modeling." *System Dynamics Review*. Vol.3. No.2. Summer.
- Hamilton, H. R. et.al. (1969) *System Simulation for Regional Analysis*. Cambridge, The MIT Press.
- Heidenheimer, Arnold J., Hugh Hecllo, Carolyn Teich Adams. 1990. *Comparative Public Policy The Politics of Social Choice in America, Europe, and Japan*. NY:St. Martin's Press.
- High Performance. (1994) *Stella, An Introduction to System Thinking*. High Performance Systems Inc.:NH, USA.
- Legasto, Jr. Augusto A. and Joseph Maciariello. (1980) "System Dynamics: A Critical Review." *TIMS Studies in the Management Science* 14. North-Holland Publishing Company.
- Mass, Nathaniel J. and Peter M. Senge. (1980) "Alternative Tests for Selecting Model Variables" In Jorgen Randers. (ed.) 1980. *Elements of the System Dynamics Method*. Massachusetts, The MIT Press.
- Mass, Nathaniel (ed). (1974) *Readings in Urban Dynamics I*. MA, Wright-Allen Press Inc.
- Meadows, Donella H. (1980) "The Unavoidable A Priori." In Jorgen Randers. (ed.) 1980. *Elements of the System Dynamics Method*. Massachusetts, The MIT Press.
- Niebanck, P. L. 1986, "Dilemmas in Growth Management" *Journal of the American Planning Association*, Vol. 50, No. 4, 404-4,
- Peterson, David W. (1980) "Statistical Tools for System Dynamics." In Jorgen Randers. (ed.) 1980. *Elements of the System Dynamics Method*. Massachusetts, The MIT Press.
- Richardson, George P. & A.L. Pugh. (1981) *Introduction to System Dynamics Modeling with DYNAMO*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Richardson, George P. (1991) *Feedback Thought in Social Science and System Theory*. Philadelphia, University of Pennsylvania Press.
- Richardson, George P. (1999) "Reflections for the future of system dynamics" *Journal of the Operational Research Society*. Vol.50. pp.440-449.
- Sterman, John D. (1987) "Testing Behavioral Simulation Models by Direct Experiment." *Management Science*. Vol.33. No.12. December.

[부록: 도시동태모델]

□ Business & Industry Sector

$$\text{business_structure}(t) = \text{business_structure}(t - dt) + (\text{business_construction} - \text{business_demolition}) * dt$$

INIT business_structure = 720000

business_construction =

$$\text{business_structure} * \text{business_construction_multi} * \text{business_construction_normal} * \text{business_construction_test}$$

$$\text{business_demolition} = \text{business_structure} * \text{business_demolition_normal} * \text{business_outmig_test}$$

$$\text{business_construction_multi} = \text{business_labor_force_multiplier} * \text{business_land_multiplier}$$

business_construction_normal = .02

business_construction_test = 0.9

business_demolition_normal = .001

business_outmig_test = 1.1

$$\text{jobs} = \text{business_structure} * \text{job_per_business_structure}$$

job_per_business_structure = 5.1

$$\text{labor_force} = \text{population} * \text{labor_participation_fraction}$$

$$\text{labor_force_to_job_ratio} = \text{labor_force} / \text{jobs}$$

labor_participation_fraction = .489

land_per_business_structure = .0000787586

attractiveness_of_job_multiplier = GRAPH(labor_force_to_job_ratio)

(0.00, 2.00), (0.2, 1.95), (0.4, 1.80), (0.6, 1.60), (0.8, 1.35), (1.00, 1.00), (1.20, 0.5), (1.40, 0.3), (1.60, 0.2), (1.80, 0.15), (2.00, 0.1)

business_labor_force_multiplier = GRAPH(labor_force_to_job_ratio)

(0.00, 0.2), (0.2, 0.25), (0.4, 0.35), (0.6, 0.5), (0.8, 0.7), (1.00, 1.00), (1.20, 1.35), (1.40, 1.60), (1.60, 1.80), (1.80, 1.95), (2.00, 2.00)

business_land_multiplier = GRAPH(land_fraction_occupied)

(0.00, 1.00), (0.1, 1.15), (0.2, 1.30), (0.3, 1.40), (0.4, 1.45), (0.5, 1.40), (0.6, 1.30), (0.7, 0.9), (0.8, 0.5), (0.9, 0.25), (1, 0.00)

$$\text{houses}(t) = \text{houses}(t - dt) + (\text{housing_construction} - \text{housing_demolition}) * dt$$

□ Housing Sector

```

INIT houses = 1968054
housing_construction =
    houses*housing_construction_normal*housing_cons_test*housing_construction_multiplier
housing_demolition = houses*housing_demolition_normal*housing_demolition_test
green_space = 166.82*green_space_test
green_space_test = 1
household_size = 3.84
household_to_houses_ratio = population/(houses*household_size)
housing_construction_multiplier = housing_availability_multiplier*housing_land_multiplier
housing_construction_normal = .04691
housing_cons_test = 1
housing_demolition_normal = .017
housing_demolition_test = 1
land_fraction_occupied =
    (land_per_business_structure*business_structure+land_per_houses*houses)/total_available_area
land_per_houses = .000152653
pop_density = population/(total_available_area+green_space)
total_available_area = 605-green_space
housing_availability_multiplier = GRAPH(household_to_houses_ratio)
(0.00, 0.1), (0.2, 0.2), (0.4, 0.35), (0.6, 0.5), (0.8, 0.7), (1.00, 1.00), (1.20, 1.35), (1.40,
    1.60), (1.60, 1.80), (1.80, 1.95), (2.00, 2.00)
housing_land_multiplier = GRAPH(land_fraction_occupied)
(0.00, 0.4), (0.1, 0.7), (0.2, 1.00), (0.3, 1.25), (0.4, 1.45), (0.5, 1.50), (0.6, 1.50), (0.7, 1.40),
    (0.8, 1.00), (0.9, 0.5), (1, 0.00)
population(t) = population(t - dt) + (inmigration + birth - outmigration - death) * dt
    
```

□ Population Sector

```

INIT population = 10321496
inmigration = population*in_migration_normal*in_mig_test*attractiveness_multiplier
birth = population*birth_normal
outmigration = population*outmigration_normal*outmig_test
    
```

```
death = population*death_normal
attractiveness_multiplier = attractiveness_of_housing_multi*attractiveness_of_job_multiplier
birth_normal = .012837
death_normal = .003642
in_migration_normal = .052
in_mig_test = 1
outmigration_normal = .050
outmig_test = 1
percent_pop_growth = PCT((birth+inmigration-death-outmigration)/population)
attractiveness_of_housing_multi = GRAPH(household_to_houses_ratio)
(0.00, 1.40), (0.2, 1.40), (0.4, 1.35), (0.6, 1.30), (0.8, 1.15), (1.00, 1.00), (1.20, 0.8), (1.40,
0.65), (1.60, 0.5), (1.80, 0.45), (2.00, 0.4)
```