

도시동태모델을 이용한 경주 지역사회변화 예측

이 영 찬*

Forecasting a Gyeongju's Local Society Change Using Urban Dynamics Model

Young-Chan Lee*

■ Abstract ■

This study analyzes the changes of Gyeongju local society because of setting up low and intermediate level radioactive waste disposal site by using urban dynamics model. Specifically, after examining 'Gyeongju Long-Term Development Plan' announced in 2007, I establish the number of industries, population, gross local product, residents' income, and the long term employment condition as essential change-causing factors in Gyeongju local society based on the Big3 government project, and forecast it by using 'Gyeongju Long-Term Development Plan' and all sorts of statistical data. In this stage, I assume 3 scenarios(basic, optimistic, and pessimistic view) to estimate the changes of local society more exquisitely, and scenarios are composed through mediation about variables of a growth rate and an inflow or outflow rate. The result shows that Gyeongju local society would have growing changes by 2020. The essential change-causing factors are as follows. The case of population is estimated that it starts going down at the level of approximately 270 thousand by 2009, starts going up continuously after 2009, the year of completion of low and intermediate level radioactive waste disposal site, and increases from the level of about 300 thousand as minimum to 340 thousand as maximum in 2020. The estimates of other cases are made that the number of industries has about 10 thousand increases, gross local product has almost 6 trillion increases, nominal gross national income doubles, as well as residences have approximately 280 thousand increases, and also made that employment condition also improves continuously, and diffusion ratio of house starts going up but the amount of supplies is a little bit insufficient in the long view.

Keywords : System Dynamics, Urban Dynamics, Nuclear Waste Disposal Site

1. 서론

지난 19년 동안 갈등과 반목으로 많은 사회적 비용을 감수해야 했던 중·저준위 방사성 폐기물 처분시설인 '월성 원자력환경관리센터'가 2007년 11월 9일 착공식을 가졌다. 2005년 11월 2일 주민 투표에 의해 경북 경주로 부지가 정해진 지 2년 만에 이루어진 것이다. 원자력환경관리센터는 경북 경주시 양북면 봉길리에 213만104m²(64만 평) 넓이, 모두 80만 드럼 저장규모로 들어서며, 우선 1단계 10만 드럼 규모의 시설이 동굴처분방식으로 건설된다. 7월부터 부지정지 공사를 시작한 한국수력원자력(주)은 오는 2009년 12월에 원자력환경관리센터의 1단계 시설을 완공할 예정이다. 이 1단계 사업에는 모두 1조 5000억 원이 투입되며, 운영단계에 들어가면 반입되는 폐기물 양에 따른 수수료도 연평균 85억 원에 이를 것으로 추산되고 있다. 이와 함께 경주시에 지급된 특별지원금 3천억 원을 비롯해 유치지역 지원사업(48건 3조 2천 95억 원의 예산 명시), 한국수력원자력(주) 본사 이전, 양성자 가속기 사업 등 각종 인센티브 사업이 진행되고 있어 유치 효과에 대한 기대가 상당히 크다.

그럼에도 불구하고 경주 지역사회에서는 중·저준위 방사성 폐기물 처분장 유치로 인한 경제적 파급효과에 대해 논란이 많은데, 이는 환경오염 및 활성단층에 대한 불안감, 한국수력원자력(주) 본사 이전 규모 및 관련 기업의 동반 이전 불투명, 양성자 가속기 사업을 위한 재원마련 등 여러 가지 문제가 해결되지 않고 있기 때문이다.

사실 이러한 논란은 도시의 성장 동태성에 대한 오해에서 비롯되었다고 볼 수 있다. 모든 도시는 성장-정체-쇠퇴의 세 가지 단계의 라이프 사이클을 가지는데, 경주의 경우 경제적, 사회적 측면에서의 도시 매력도가 감소하면서 인구감소율이 경북권에서 가장 높은 쇠퇴기에 있는 도시라고 할 수 있다. 따라서 각종 인센티브 사업이 시행된다 하더라도 그 경제적 파급효과는 기대수준보다 낮을 수도 있다.

본 연구는 이러한 인식을 바탕으로 원자력환경관리센터 유치로 인한 경제적 파급효과를 도시동태모형(urban dynamics)을 이용하여 분석하였다. 구체적으로, 각종 인센티브 사업 진행에 따른 경주 지역사회의 주요 변화인자로 산업체수, 인구, 지역총생산, 주민소득, 장기 고용여건 등을 설정하고 경주시 장기종합발전계획 및 각종 통계자료를 이용하여 예측하였다. 이 과정에서 지역사회변화를 보다 정교하게 예측하기 위해 3가지 시나리오(기본, 낙관, 비관)를 가정하였는데, 시나리오는 2007년도에 발간된 경주시 장기종합발전계획을 참고하여 성장률, 유입/유출비율 등의 변수에 대한 조정을 통해 이루어졌다.

2. 이론적 배경

2.1 도시동태모델

시스템 다이내믹스의 창시자인 Forrester(1969)는 Urban Dynamics에서 도시 시스템의 상호관련성과 동태성을 분석하고자 시스템 이론을 적용하여 도시동태모델(urban dynamics model)의 원형을 만들었다. 그는 도시를 인구, 고용, 주택, 토지 이용, 산업 등의 다양한 부분으로 구성된 하나의 체계로 규정하고, 도시의 외형적 형상은 이들 구성부분간의 상호 작용에 의해 나타나는 결과로서 인식하였다. 그는 도시동태모델을 적용하여 다수의 도시 관리 프로그램들이 도시 기능의 개선이라는 본래의 의도와는 달리 오히려 도시의 사회·경제적인 조건들을 악화시켰다고 분석하였다. 즉, 도시 정책에 대한 직관적이고 단편적인 예측이 도시 시스템의 문제를 악화시키는 주요인이라는 것이다. 그의 연구는 후세대 연구의 바탕이 되어 도시의 성장과 발전 그리고 쇠퇴를 연구하는 학자들의 귀중한 연구 자료로서 활용되었다.

오영민·유재국(2006)은 방사성 폐기물 처분장을 유치한 경주 지역사회의 변화를 예측하기 위해 도시동태모델을 기반으로 한 시스템 다이내믹스

모형을 구축한 후 처분장 입지에 따른 지역의 동태적인 변화과정과 경향을 추정하고, 예정되어 있는 각종 지원사업이 충분한지, 이외에 다른 정책적 지원이 필요한지를 파악하기 위한 기초분석을 수행한 바 있다.

이만형·최남희(2004)는 대안적 도시동태 모델을 통해서 도시정책이 도시 시스템에 미치는 영향을 인과순환적 피드백 구조를 통해 분석하였다. 실증적으로 서울시를 연구 대상으로 하여 그린벨트의 대폭적인 해제·조정 정책 및 개발행위 제한의 완화가 장기적으로 서울시 인구를 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라, 교통체증도 유발될 수 있음을 보여주고 있다. 결국 서울시의 도시 시스템 상태가 균형수준이 아니며, 그린벨트 해제 정책은 도시의 발전보다 문제를 야기할 수 있다고 지적하고 있다.

전유신·문태훈(2003)은 지속가능한 개발(sustainable development)을 위하여 필요한 도시의 적정개발밀도를 산정하는데 있어서 도시동태 모델을 활용하였다. 그는 도시동태 모델을 이용하여 실증적으로 특정 도시(안양)의 공간구조를 유형별로 구분하고 도시성장과정을 모니터링 함으로써 개발밀도를 조절함과 아울러 도시 내 지역별 여건과 특성에 따라 차별적으로 관리되어야 함을 정책적 의미로 지적하고 있다.

문태훈(2002)은 우리나라에서 채택되었던 도시성장관리 정책수단들의 효과를 평가하고 비교하여 도시성장관리정책에 대한 정책적 함의를 찾기 위해 Alfeld and Graham(1976)의 도시동태모형을 이용하여 도시성장관리의 여러 정책수단을 정책실험을 통하여 비교·평가하고 그 정책적 함의를 모색하였다.

오세웅·여기태·이철형(2001)은 항만과 항만배후 도시의 경제적 상호관계를 시스템 다이내믹스 모델을 통해 실증적으로 분석하였다. 장기적으로 항만을 움직이고 있는 원동력으로서 화물량의 증가는 항만관련사업의 발전을 시킴으로써 배후지역인 부산의 성장에 중요한 기여를 하고 있음을 역설하였다.

유광의 외(2005)는 공항과 공항 배후 도시를 하나의 시스템으로 보아 공항의 지속가능성(sustainability) 평가모형을 시스템 다이내믹스 기법을 사용하여 개발하였다. 분석 결과, 연구의 대상이 된 인천국제공항과 그 배후지역인 인천광역시는 공항의 활동으로 인해 경제적으로는 지속성이 있지만 사회, 환경적으로는 지속가능하지 않은 것으로 나타났다. 따라서 사회적, 환경적 차원에서도 지속가능하도록 공항개발이 이루어져야 한다고 주장하였다.

2.2 시스템 다이내믹스

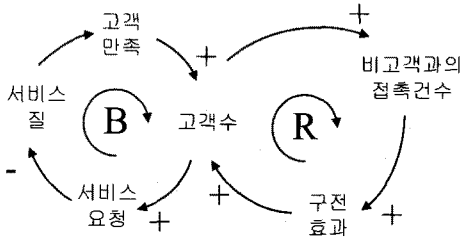
시스템 다이내믹스(system dynamics)는 피드백의 원리와 동적 역학, 그리고 시뮬레이션을 이용하여 시스템과 조직 전체의 관점에서 조직의 문제를 다루는 분야로서 동적인 행위가 일어나거나 시스템의 반응에 피드백이 중요한 영향을 미치는 복잡한 문제들을 해결하는데 유용한 방법론이다(Sterman, 2000). 본 연구에서 시스템 다이내믹스는 지식경영 구성요소들 간의 관계를 구조화하여 지식경영의 영향요인이 기업성공에 미치는 영향을 동태적으로 분석하는 역할을 한다.

시스템 다이내믹스는 기본적으로 시스템(system), 피드백(feedback), 수준(level), 그리고 변화율(rate)이라는 네 가지 개념으로 구성되어 있다(Kirwood, 1998).

첫째, 시스템이란 “특정 목표를 공유하는 상호작용하는 요소들의 집합”으로 정의되는데, 시스템의 가장 큰 특징은 시스템 내의 요소들이 서로 밀접하게 연결되어 있고, 그 요소들이 시간의 흐름에 따라 동적으로 변화한다는 것으로 시스템 구성 요소들은 공동 그리고 개별적 목표를 수행하기 위해서 서로 교류하며, 이러한 요소들과 그들 간의 교류관계가 시스템 구조를 형성한다. 따라서 시스템을 개념화하기 위해서는 시스템을 구성하는 요소들과 그들 간의 교류관계를 분석하고 모델링해야 하며, 피드백 개념을 도입하여 요소들 간의 양(+) 또는

음(-)의 피드백 관계를 파악할 수 있어야 한다.

둘째, 피드백이란 한 요소의 변화가 다른 관련된 요소에 미치는 영향을 의미한다. 시스템 내부의 피드백 관계를 모형화하기 위해서는 인과지도(causal-loop diagram : CLD)를 활용할 수 있는데, 인과관계 다이어그램은 개인 또는 팀의 인지 모델(mental model)을 추출하고 요소들 간의 동적인 전제(dynamic hypothesis)를 표현하기 위해 사용되어온 도구이다. 시스템 내부의 관련된 요소들 간의 피드백 관계를 표현하기 위해서는 인과관계의 극성(+, -)을 인과관계 다이어그램에 추가로 표시하는데, 양의 관계일 경우에는 '+'를, 음의 관계일 경우에는 '-'를 피드백 화살표 위에 표시한다. <그림 2-1>은 이러한 피드백 관계를 나타내는 피드백 고리(loop)의 예로서, 시스템의 동적인 움직임을 보여주고 있다.

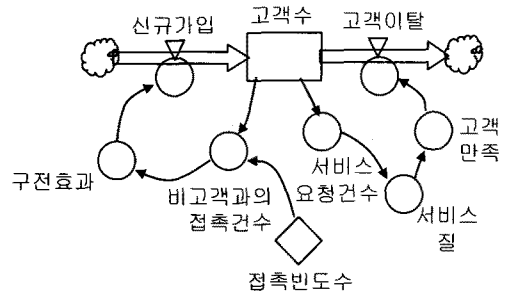


<그림 2-1> 인과관계 다이어그램

셋째, 인과지도는 그 단순성으로 인해 사용자들 간의 의사소통 및 이해에 유용한 반면, 대상 시스템을 테스트하기 위한 모든 요소들을 반영하지 못하는 한계가 있다. 따라서 피드백 루프 내의 요소들을 시뮬레이션 테스트 모델로 표현하기 위해서는 수준과 변화율이라는 두 종류의 변수가 필요하다. 여기서 수준이란 특정 시간에서 시스템의 상황을 나타내주는 요소로서 2007년도 판매량, 2008년도 6월 재고량, 현재 직원 수 등을 예로 들 수 있으며, 변화율이란 시스템의 활동을 반영하는 것으로 일일 생산량, 시간당 판매량 등이 그 예가 된다. 수준은 그 단위가 금액, 재고량, 수 등 시간이 반영되

지 않은 단위인 반면 변화율은 단위시간 당 양의 변화로 정의된다.

수준과 변화율을 바탕으로 한 시뮬레이션 테스트 모델링은 <그림 2-2>와 같은 수준-변화율 지도(stock-flow diagram)를 통해 수행할 수 있는데, 수준은 사각형으로 표시되며, 변화율은 사각형의 좌우에 연결된 화살표 상의 변수로 표시된다.



<그림 2-2> 수준-변화율 지도

시스템 다이내믹스를 구성하는 수준과 변화율 변수의 수학적 알고리즘을 기술하면 다음과 같다.

$$\text{함수} : L_t = f(L_{t-1}, a, b, \text{Rate}(IR, OR))$$

수준과 변화율 변수 :

$$L(t) = L(0) + \left(\int IR(t)dt - \int OR(t)dt \right)$$

여기서, L은 수준변수, Rate는 변화율 변수(비율 변수), IR은 유입, OR은 유출, t는 시간(t 시점), 그리고 0은 초기시간을 의미한다.

위의 적분 식을 시간 t에 대해 미분하면, 시간 t에서의 수준변수의 값 L(t)는 식 (1)과 같이 구해질 수 있다.

$$\frac{dL(t)}{dt} = dt * (IR(t) - OR(t))$$

$$IR(t) = a * L(t)$$

$$OR(t) = b * L(t)$$

$$L(t) = L(t-dt) + (IR - OR) \tag{1}$$

다음으로 이러한 시스템 다이내믹스의 구성 개념을 이용하여 실제 문제에 적용하는 과정은 크게 개념화, 공식화, 테스트, 제안 등의 네 단계로 구분된다.

첫째, 개념화 단계는 해결하고자 하는 문제의 설정부터 시작된다. 이를 바탕으로 시스템 영역이 선정되면 시스템 구성요소들과 그들 간의 관계, 그리고 동적 전제를 설정하게 된다. 이 동적 전제는 피드백 루프로 그 관계를 표현할 수 있는데, 이를 위해 인과관계 다이어그램을 사용한다.

둘째, 공식화 단계에서는 개념화 단계에서 설정한 인과지도를 바탕으로 시뮬레이션이 가능하도록 수준-변화율 지도를 작성하게 된다. 이때 추가적으로 필요한 변수들을 지도에 반영하며, 시뮬레이션에 필요한 기본 자료들을 수집한다.

셋째, 테스트 단계는 개발된 수준-변화율 지도가 대상 시스템을 제대로 반영했는지를 확인하는 단계이다. 이 단계에서는 먼저 개념화 단계에서 고려했던 동적 전제들이 제대로 모형화 되었는지 확인해야 하며, 모형 자체에 대한 타당성 검증도 이루어져야 한다.

넷째, 제안 단계에서는 검증된 모형을 바탕으로 의사결정대안들에 대한 비교 테스트를 수행하거나 과학적 기법을 이용하여 선택된 의사결정변수들의 최적값을 도출하기도 한다. 그리고 도출된 최적값이 현실적으로 적용 가능한지에 대한 판단을 내린 후 최종적인 의사결정대안을 선택한다.

요약하면 시스템 다이내믹스의 기본적인 시각은 사회의 모든 현상을 피드백 시스템의 관점에서 이해한다는 것으로, 어떤 변수의 동적인 변화를 다른 변수와의 복잡한 인과관계의 연결고리 속에서 야기되는 역동적인 쌍방향의 상호작용 또는 피드백(two-way causation 또는 feedback)에 의하여 일어나는 것으로 파악한다는 점이다. 즉, 시스템 다이내믹스의 핵심은 어떤 현상의 복잡한 구조에 감추어져 있는 일관된 움직임들을 포착하고 이를 유형화하는데 있으며, 시스템 이론은 시간에 따른 전체적인 관계성을 모형화 하고, 연구하고, 통합하는

방법을 제공한다. 따라서 시스템 이론은 상이한 현상들을 서로 분리시켜서 보는 것이 아니라 어떻게 상이한 현상들이 상호 연결되어 있는가를 인지하고 이해할 수 있게 하고, 그 변화와 유형의 과정들을 시각화하여 볼 수 있게 도와준다(Richmond, 2001).

3. 지역사회 변화 예측

3.1 도시동태모델의 구축

3.1.1 원자력환경관리센터 유치지역 지원사업

월성 원자력환경관리센터(중·저준위 방사성폐기물처분장) 유치지역 지원사업은 크게 ① 3,000억원의 지역지원금 지급 및 사용용도의 지자체 결정, ② 유치 지역에 한국수력원자력(주) 본사 이전, ③ 원자력환경관리센터 관리시설 사업과 양성자가속기 사업의 연계추진, 그리고 ④ 각 부처별 유치지역 지원사업 발굴 및 지역숙원사업 해결 등이 있는데, 이를 정리하면 <표 3-1>과 같다.

이외에 한옥마을 조성 등 문화재 복원, 관광 활성화 등을 위한 역사문화관광 기반 조성에 22개 사업, 국도 31호선(양북 대종교~감포 전촌) 확장·포장 등 산업단지 조성과 도로교통망 확충 등 지역 혁신 기반구축에 10개 사업, 생활쓰레기 소각장 설치 등 친환경 산업벨트 구축과 청정 생활환경 개선 등 친환경도시 사업에 23개 사업 등 55개의 '유치지역지원계획' 지원사업(사업비 명시 48건 32,095억원)이 확정되었다.

본 연구에서는 원자력환경관리센터 건설과 유치지역지원계획 지원사업이 지역사회에 미치는 경제적 효과를 중심으로 분석을 실시하고자 한다. 먼저 직접적인 효과로는 건설효과, 소득효과, 고용효과 등을 들 수 있으며, 간접적으로는 인구증감, 산업활성화, 사회간접자본(SOC) 증감, 주택수 증감, 토지이용 증감, 지방정부 재정 증감 등이 될 것으로 예상된다. 이러한 효과를 추정하기 위해 본 연구에서는 앞서 이론적 배경에서 설명한 바 있는 도시동

〈표 3-1〉 유치지역 지원사업(단위 : 억 원)

지원사업명	지원기간	연간지원액	총지원액	비고
방폐장건설 사업비	1단계(10만) (기간 2007. 10~2009. 12)	-	12,429	
	2단계(70만)		6,901	
한수원 본사 이전	2006~2010.10	-	5,622	◦ 건설비 : 3,305 ◦ 용지비 : 2,317
본사 이전 지방세	2011~2068	42	2,436	
특별 지원금	2006. 5. 9	-	3,000	◦ 실시계획승인시 ◦ 사업운영개시시 각각 1/2씩 인출 : 현재 1,500억 원 인출 가능
특별 지원금 이자	2007~2008	129	258	◦ 연리 4.3%
반입 수수료	2009~2068	85	5,100	◦ 60년간 총 80만 드럼 (연간 약 13,300드럼) ◦ 단가 : 637,500원/200ℓ 드럼
양성자 가속기 사업	2006~2012	-	1,286	◦ 부지, 기반구축비 등 (1,604억 원)은 경주시가 별도부담
합 계	7개 분야		37,032	

자료 : 산업자원부 내부검토자료, 2007. 09.

태모델에 기반한 시스템 다이내믹스 기법을 활용하며, 인과지도 및 수준-변화를 작성을 통해 구체화하고자 한다.

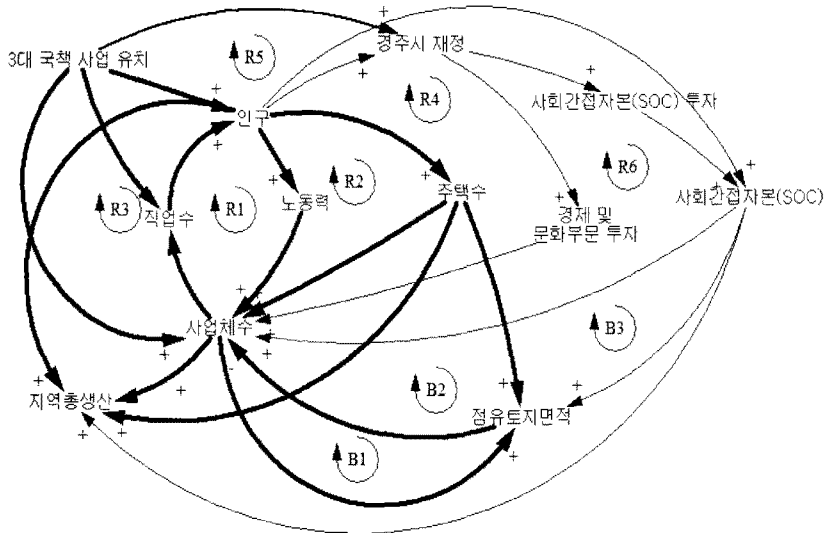
3.1.2 인과지도의 작성

본 연구의 목적은 원자력환경관리센터가 경주에 유치됨으로서 도시(지역사회)에 어떠한 변화가 일어나는지를 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 분석하는 것이다. 이를 위한 초기 단계로서 도시동태모델에 기초한 주요 변화유발인자들 간의 인과관계를 살펴보고 그것을 도식화하는 작업이 수행되어야 한다.

<그림 3-1>은 국책사업유치로 인한 지역사회의 변화유발인자들 간의 인과지도를 나타낸 것이며, 이를 통해 연구의 초점과 범위 그리고 인과관계의 전반적인 흐름을 알 수 있다. 구체적으로, 인과지

도는 6개의 강화고리(reinforcing loop)와 3개의 균형고리(balancing loop)로 구성되어 있다. <그림 3-1>에서 보는 바와 같이 원자력환경관리센터, 한국수력원자력(주) 본사 이전, 양성자 가속기 사업의 3대 국책사업은 외생요인으로서 경주라는 도시(지역사회)의 동태적 변화를 가져오는 외부 요인으로 작용할 것으로 예상된다. 각각의 인과고리를 동적전제 관점에서 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

- 강화고리 R1 : 인구-노동력-사업체수-직업수로 연결된 고리임. 인구가 증가하면 노동력이 증가하고, 노동력이 증가함에 따라 사업체가 증가하며, 증가된 사업체는 다시 직업수를 증가시킴. 결국 늘어난 직업으로 인해 외부에서 인구가 유입되게 됨으로써 인구는 증가하게 됨.



〈그림 3-1〉 경주 지역사회의 동태적 변화에 대한 인과지도1)

- 강화고리 R2 : 인구-주택수-사업체수-직업수-인구의 구조를 나타냄. 인구가 증가하면 그에 따라 필수적으로 거주할 주택이 증가해야 함. 그렇지 않으면 지역사회로 유입되는 인구가 제대로 정착하지 못하고 다시 지역 외로 유출될 것이기 때문. 그러므로 인구 증가에 따른 주택수요를 뒷받침하기 위해 건설산업을 중심으로 사업체가 발달할 것임. 사업체가 발달함에 따라 직업수가 증가하고 이는 다시 인구유입으로 이어짐.
- 강화고리 R3 : 산업체-직업수-인구의 구조를 나타냄. 원자력환경관리센터의 건설자금 유입되면서 지역산업체가 증가하며, 그 결과 직업수가 늘어나고 인구유입을 가속화시킴.
- 강화고리 R4 : 인구-경주시 재정-경제 및 문화부문 투자-사업체수-직업수-인구의 구조를 나타냄. 원자력환경관리센터의 유치로 인해 인

구가 증가하면 경주시 재정이 증가하고 증가된 재정은 경제부문, 즉 산업에 대한 투자자금으로 유입됨. 자금이 유입되면 사업체수가 증가하게 됨으로써 다시 인구유입으로 이어짐.

- 강화고리 R5 : 경주시 재정-경제 및 문화부문 투자-사업체수의 구조를 나타냄. 원자력환경관리센터의 유치로 인해 특별지원금과 반입수수료, 지방세 등 경주시 재정으로 유입되는 금액은 산업투자를 증가시켜 사업체수를 증가시킴.
- 강화고리 R6 : 경주시 재정-사회간접자본(SOC)-사업체수의 구조를 나타냄. 원자력환경관리센터의 유치로 인해 특별지원금과 반입수수료, 지방세 등 경주시 재정으로 유입되는 금액은 사회간접자본(SOC) 투자를 증가시키고, 늘어난 사회간접자본으로 사업체수가 증가하게 됨.
- 균형고리 B1 : 사업체수-점유토지면적-사업체수의 구조를 나타냄. 사업체수가 증가하면 점유토지면적을 증가시키지만 점유토지면적이 증가하면 택지 등 타 부문과의 경합으로 인해

1) 본 연구에서는 오영민·유재국(2006 : p.126)이 제시한 인과지도를 참고하였다. 단, 선행연구와 달리 본 연구에서는 굵은 선으로 표시한 영역만을 분석 대상으로 하였으며, 수준-변화를 지도는 Alfeld and Graham(1976)의 도시동태모델을 기초로 하여 작성하였음을 밝힌다.

산업개발용지가 부족해지므로 사업체수는 일정한 균형을 형성하게 됨.

- 균형고리 B2 : 인구-주택-점유 토지 면적-산업체-직업수-인구로 연결되는 구조를 나타냄. 인구가 증가하여 주택이 증가하면 점유토지면적이 증가하지만 B1과 같은 이유로 점유토지면적이 증가할수록 사업체수는 증가하지 않고 일정한 균형점에 도달하게 됨.
- 균형고리 B3 : 경주시 재정-사회간접자본(SOC)-점유토지면적-사업체수로 연결되는 구조를 나타냄. 경주시 재정이 증가하면 사회간접자본(SOC)에 대한 투자가 증가하고, 사회간접자본의 점유토지면적이 증가하지만 B1과 같은 이유로 점유토지면적이 증가할수록 사업체수는 증가하지 않고 일정한 균형점에 도달하게 됨.

이상의 강화고리 및 균형고리 중 본 연구에서는 지역사회 변화 중 가장 많은 관심을 받고 있는 변수, 자료수집이 가능한 변수, 동태적 분석이 의미를 가지는 변수로서 인구, 사업체수, 지역총생산, 주택수(세대수 대비), 직업수(노동력 대비) 등을 선정하고 이에 대한 수준-변화율 지도를 작성하였다. 즉, 본 연구에서는 강화고리 R1, R2, R3와 균형고리 B1, B2에 대한 수준-변화율 지도를 작성하고 이에 대한 시뮬레이션 분석을 수행하였다.

3.1.3 수준-변화율 지도의 작성

앞서 기술한대로 본 연구에서는 인구, 사업체, 지역총생산, 주택 부문의 수준-변화율 지도의 작성을 통해 원자력환경관리센터 유치 이후인 2005년부터 2025년까지 5년 단위로 경주 지역사회의 변화를 예측하였다. 수준-변화율 지도를 작성하기 위한 기초자료는 경주시 장기종합발전계획(2007), 통계청 홈페이지, 경상북도와 경주시 통계연보 등을 활용하였으며, 경주시에 대한 자료수집이 불가능한 경우 경상북도의 통계자료를 근거로 연구자가 조정하였다. 보다 정교한 예측을 위해 본 연구에서는 3가지 시나리오(기본, 낙관, 비관) 가정하였으며, 시나리오의 구분은 수준-변화율 지도에 사용된 각종 변수의 성장률, 유입/유출비율 등에 대한 조정을 통해 이루어졌다.

(1) 인구 부문

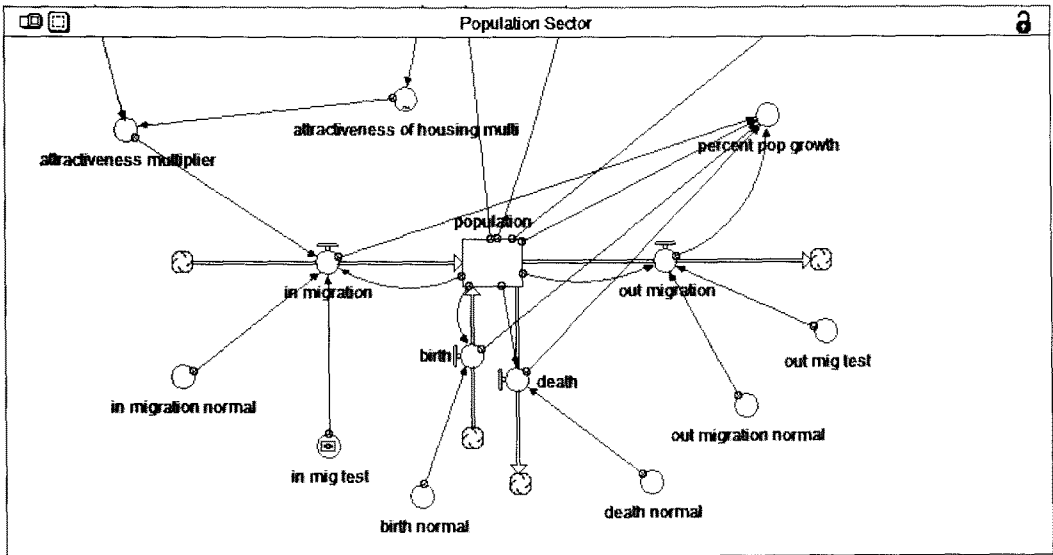
경주시의 인구는 2005년 현재 277,764명으로 경상북도 인구비중 10.2%, 전국 인구비중 0.6%로 나타났다으며, 경주시의 인구증가율은 -0.95%로서 경상북도 인구증가율 -0.73%에 비해 감소율이 더 큰 편이다. 본 연구에서는 통계청의 경상북도 자료를 근거로 경주시 출생률을 1.28%, 사망률은 0.36%로 가정하였다.

원자력환경관리센터 및 각종 유치지역 지원사업으로 인해 도시의 매력도가 증가하면서 인구유출

〈표 3-2〉 전국 및 경상북도 대비 경주시 인구변화 추이(단위 : 명, %)

구 분	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	증가율
전 국	47,976,730	48,289,173	48,517,837	48,823,837	49,052,988	49,267,751	0.53
경상북도	2,813,511	2,802,598	2,775,890	2,742,123	2,718,613	2,711,900	-0.73
경 주 시	291,479	288,915	285,900	282,955	280,092	277,764	-0.95
읍	79,791	78,498	76,256	74,577	73,008	72,065	-2.02
면	55,139	54,279	53,437	52,226	52,456	52,536	-0.96
동	156,479	156,138	156,207	156,152	154,628	153,163	-0.43

자료 : 경상북도, 「주민등록 인구통계」, 2005, 12, 경주시 「경주통계연보」, 2006, 12.



〈그림 3-2〉 인구 수준-변화율 지도

보다는 인구유입이 늘 것으로 예상되나 경주시의 통계자료가 없어 통계청의 경상북도 자료(2000년 기준)를 근거로 인구유입비율은 5.3%, 인구유출비율은 4.5%로 가정하였다.

인구지표는 지역성장과 발전정도를 나타내는 종합적인 측정지표로서 중요한 의미를 지닌다. 그리고 인구지표는 토지이용, 생활권계획, 관광·공원 녹지계획, 사회복지계획, 생활환경계획, 주택, 교통·통신계획, 상·하수도계획 등의 양적 개발지표 설정과 서비스 수준을 결정하는 근거가 된다.

사회적 인구증가는 택지개발이나 산업단지 개발과 같은 개발사업으로 인한 인구의 증가를 말한다. 장기적으로 경주시의 사회적 인구증가는 원자력환경관리센터, 한국수력원자력(주) 본사이전, 양성자가속기센터 건립, 천북, 외동 등 지방산업단지, 감포관광단지, 건천·화천역세권개발, 국가산업단지 개발 등 주요 개발사업에 따른 유입인구가 클 것으로 추정된다.

(2) 사업체 부문

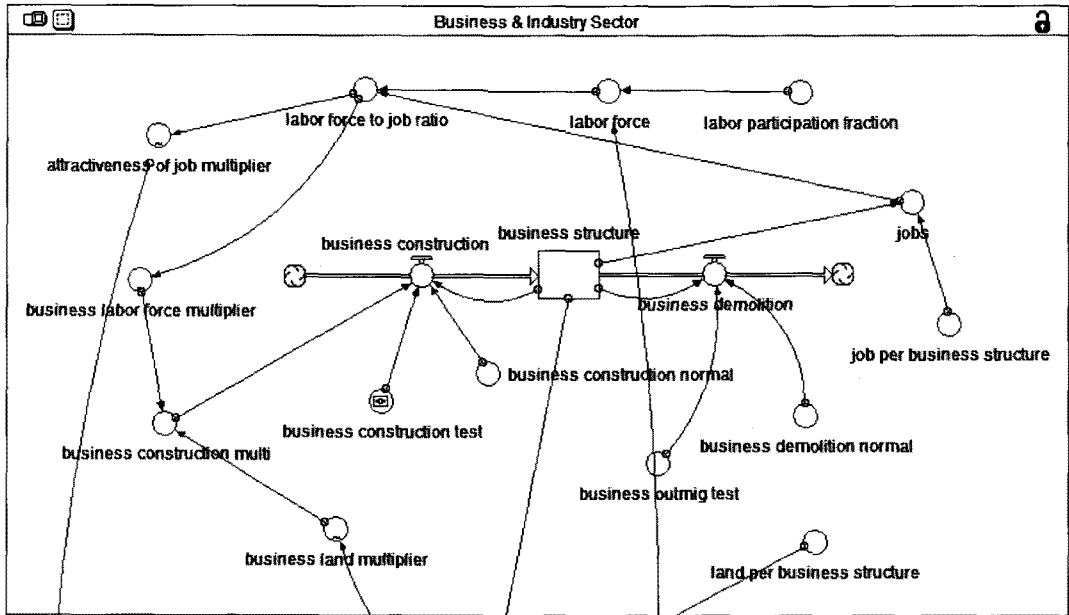
경주시 장기종합발전계획(2007)에 따르면, 경제

활동참가율은 2005년에 62.7%, 2010년에 63.0%, 2020년에 65.0%로 증가될 것으로 전망된다. 이에 따라 경주시의 경제활동인구는 2005년 143,062명에서 2010년에 176,287명, 2020년에 215,280명으로 점차 증가할 것으로 예상되며, 또한 경주지역의 취업인구 역시 2010년에는 16만 9,760명, 2015년에 19만 3,420명, 2020년에 20만 8,820명으로 증가할 것으로 예상된다.

한편, 2005년 현재 전체 업종의 사업체수는 경주시 통계연보에 근거할 때 19,907개이며(종사자수는 88,752명임), 구체적으로, 농업/임업은 11개, 광업은 18개 제조업은 1,973개, 그리고 이를 제외한 업종의 사업체수는 17,905개이다.

사업체수(변수명 : business structure)는 경주시 전체 업종의 사업체수를 의미하는데, 본 연구에서는 2005년도 현재 사업체수를 계산의 편의상 20,000개로 가정하였다. 그리고 문태훈(2002)의 연구를 참조하여 사업체 증가율은 2%, 사업체 감소율은 0.1%로 가정하였다.

한편, 한 사업체당 고용가능인원은 5.5명으로 가정하였고(경주시 장기종합발전계획, 2007), 인구 1



〈그림 3-3〉 사업체 수준-변화를 지도

인당 경제활동 참여율 역시 경주시 자료를 근거로 62.7%로 가정하였다.

(3) 지역총생산 부문

경상북도 도청에서 발간한 통계자료에 따르면, 2003년 경주시 지역총생산은 4조 2,389억 원인데, 2010년까지의 증가율은 약 6.2%, 2010년에서 2020년까지의 증가율은 5.3% 정도 될 것으로 예측하고 있다. 이에 근거할 때 경주의 지역총생산은 2010년에 6조 9,670억 원, 2020년에 11조 6,760억 원으로 증가될 것으로 예상된다.

본 연구에서 2005년도 지역총생산(변수명 : GRDP)은 5조 1570.72억 원으로 가정하였으며(2003년도 지역총생산 자료에 연평균 증가율을 5.5%로 가정한 후 추정된 금액임), 지역총생산의 연평균 증가율은 경주시 장기종합발전계획을 근거로 5.5%로 가정하였다. 한편, 지역총생산(GRDP)은 다음과 같은 Cobb-Douglas 생산함수를 응용한 산식에 의하여 계산된다.

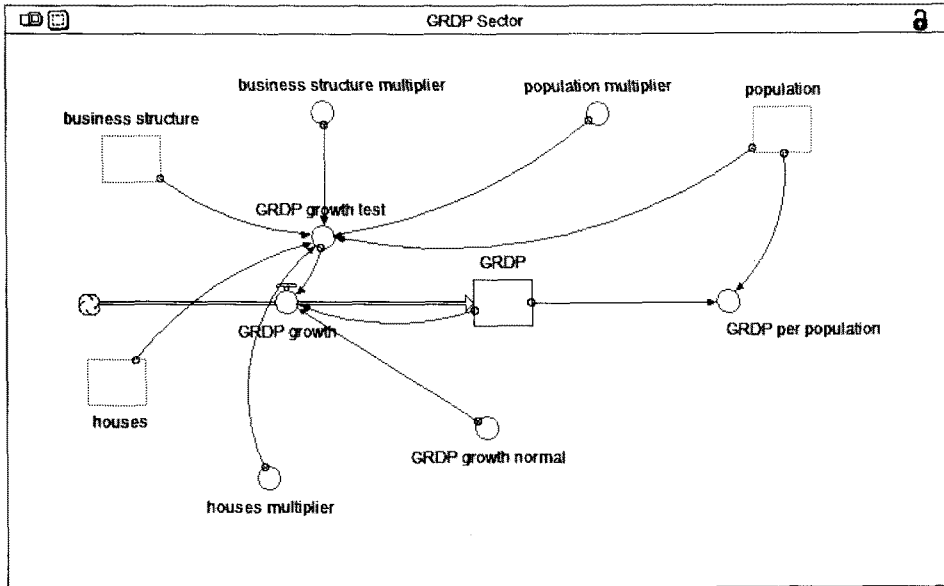
$$\text{지역총생산} = \text{GRDP증가율} \times (\text{사업체수})^{\text{승수1}} \times (\text{주택수})^{\text{승수2}} \times (\text{인구수})^{\text{승수3}}$$

〈표 3-3〉 경주 지역총생산(GRDP)(단위 : 명, 세대, 명/세대)

구 분	2003년	2004년	2010년	2015년	2020년	연평균 증가율	
						2005~2010년	2010~2020년
경북 지역총생산	49,578.5	56,466	80,098	102,228	130,471	6.0	5.0
경주 지역총생산	4,238.9	4,856	6,967	9,019	11,676	6.2	5.3

주) 경상가격 기준임.

자료 : 경상북도, 「2003년 시·군단위 지역내총생산」, 2006, 2.



〈그림 3-4〉 지역총생산 수준-변화율 지도

〈표 3-4〉 주택변화 추이

구 분	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년
주택수(호)	84,225	91,244	85,827	86,647	87,451	87,997
주택보급률(%)	94.8	92.7	95.0	95.4	95.8	95.9

(4) 주택 부문

경주시 주택수는 2005년 현재 87,997호, 가구수는 91,741가구로서 주택보급률은 95.9%이며, 개발가능지(가용지 및 비가용지)는 1,323.69 제곱킬로미터, 비가용지(개발불능지 및 개발억제지)는 1,134.68 제곱킬로미터이고, 가구당 인구수는 2.7명이다.

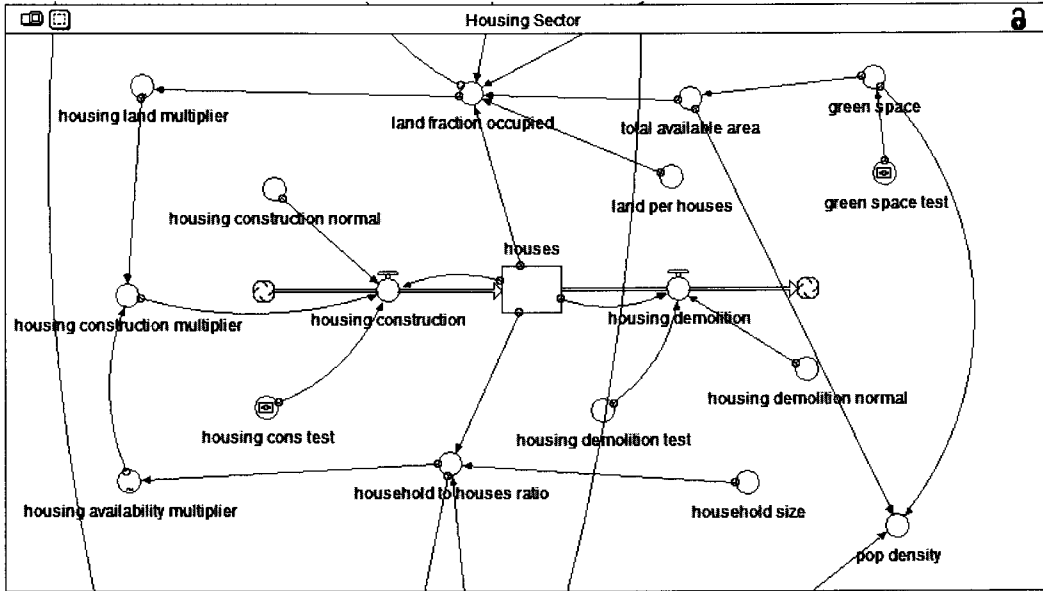
본 연구에서는 문태훈(2002)의 연구를 참조하여 신규주택건립비율은 4.69%, 노후 주택비율은 1.7%로 가정하였다.

3.2 시뮬레이션 결과

본 연구에서는 원자력환경관리센터, 한국수력원자력(주) 본사 이전, 양성자가속기 사업 등 3대 국책사업이 계획대로 수행된다는 가정 하에 이러한 외

생요인이 향후 경주의 인구, 사업체수, 지역총생산, 주택수 등 도시의 변화유발인자에 어떠한 영향을 미칠 것인가를 분석하였다. 이 과정에서 모든 사업들이 계획대로 수행되는 경우를 기본(base) 시나리오로 간주하되, 인구유입/유출, GRDP 성장률 등과 같은 각종 정책변수들은 가능한 보수적인 관점에서 설정하고자 하였다.²⁾ 그리고 이러한 기본 시나

2) 본 연구에서는 인구, 사업체수, 지역총생산, 주택수 등의 도시의 변화유발인자(수준 변수)에 영향을 미치는 주요 정책변수(변화율 변수)로 인구유입/유출 비율, GRDP 성장률, 1인당 경제활동참여율, 사업체 증가율/감소율, 주택보급률, 신규주택건립비율, 노후주택비율 등을 선정하고 이에 대한 민감도 분석을 수행하였다. 분석결과 변화유발인자는 인구유입 및 유출비율과 GRDP 성장률에 매우 민감하게 반응하는 것으로 나타났으며, 이 결과를 토대로 기본,



〈그림 3-5〉 주택 수준-변화율 지도

리오에 비해 각종 인센티브 사업이 원활하게 수행되지 못하는 경우와 원활하게 수행되는 경우를 각각 비관(pessimistic) 및 낙관(optimistic) 시나리오로 정하고, 각종 비율들을 이에 따라 조정하였다.³⁾

3.2.1 인구의 변화

먼저 인구변화를 살펴보면 <표 3-5> 및 <그림 3-6>과 같다. 경주시는 2000년 이후 인구가 계속 감소하고 있는 실정이며, 경상북도 평균치보다도 감소율이 높다. 따라서 2008년 까지는 3대 국책사업 유치에도 불구하고 인구는 감소할 것으로 예상되나 원자력환경관리센터가 완공되는 2009년 부터

는 인구가 증가할 것으로 예상된다.

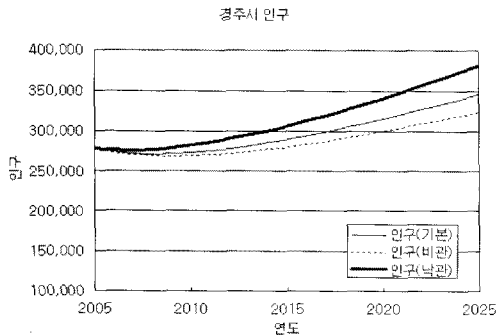
〈표 3-5〉 시나리오별 인구변화(단위 : 명)

연 도	인구 (기본)	인구 (비관)	인구 (낙관)	경주시 계획인구
2005	277,764	277,764	277,764	277,764
2010	273,054	268,950	281,839	340,000
2015	289,613	280,402	306,369	380,000
2020	314,922	299,951	340,461	400,000
2025	345,365	324,043	381,568	

경주시 장기종합발전계획에 따르면 신경주 역세권 개발에 따른 인구유입, 천북 및 신규 지방산업단지 개발에 따른 인구유입, 국가 지방산업단지 조성에 따른 인구유입, 원자력환경관리센터에 따른 인구유입, 한국수력원자력(주) 본사 이전에 따른 인구유입, 감포항 관광단지 개발에 따른 인구유입, 기타 역사문화도시 조성에 따른 인구유입 등 사회적 인구증가 요인이 있기 때문에 이를 감안하면 향후 2020년에는 인구가 400,000명이 될 것으로

비관, 그리고 낙관의 3가지 시나리오를 설정하였다.
 3) 먼저 기본 시나리오의 경우 인구유입비율은 5.3%, 유출비율은 4.5%, 그리고 GRDP 성장률은 5.5%로 설정하였다. 다음으로 비관 시나리오의 경우 인구유입비율은 5.0%, 유출비율은 4.5%, 그리고 GRDP 성장률은 4.5%로 설정하였다. 마지막으로 낙관 시나리오의 경우 인구유입비율은 5.3%, 유출비율은 4.0%, 그리고 GRDP 성장률은 6.2%로 설정하였다. 한편, 시나리오 설정은 현실성과 객관성의 두 가지 기준에 근거하여 작성되었음을 밝힌다.

예측된다.



<그림 3-6> 인구변화

본 연구에서는 사회적 증가요인 중 3대 국책사업에 따른 사회적 인구유입 효과만을 고려하였기 때문에 <표 3-5> 및 <그림 3-6>에서 보는 바와 같이 향후 2015년까지 인구는 약 12,000명 정도 증가할 것으로 예상되며, 2025년에는 약 67,000명 정도 증가할 것으로 예상된다.

3.2.2 사업체수의 변화

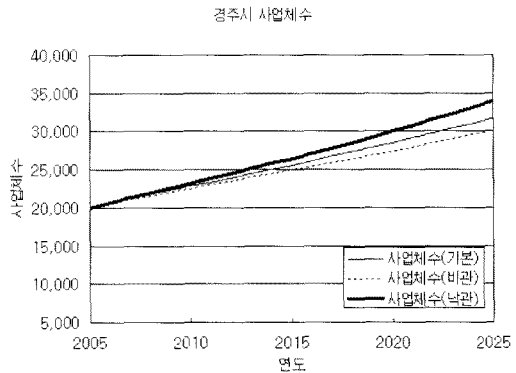
다음으로 사업체수 변화를 살펴보면 <표 3-6> 및 <그림 3-7>과 같다. 본 연구에서는 3대 국책사업 유치에 따른 전 산업에서의 사업체수 변화를 예측하였다.

<표 3-6> 시나리오별 사업체수 변화(단위: 개소)

연 도	사업체수 (기본)	사업체수 (비관)	사업체수 (낙관)
2005	20,000	20,000	20,000
2010	22,856	22,543	23,222
2015	25,626	24,956	26,475
2020	28,560	27,462	30,019
2025	31,771	30,152	33,991

사업체수의 경우 경주시에서 예측자료를 발표한 바가 없어 예측치의 타당성을 검증하기는 힘든 상

황이다. 그러나 오영민·유재국(2006)의 연구결과에 따르면 2차 산업과 서비스업이 주류인 3차 산업은 기존의 증가하는 추세와 더불어 원자력환경관리센터의 유치로 인해 산업 활성화가 기대되는 것으로 나타나 본 연구결과와 일치하고 있다.



<그림 3-7> 사업체의 변화

<그림 3-7>에서 보는 바와 같이 시나리오별 사업체수의 차이는 점점 커질 것으로 예상되며, 3대 국책사업 유치 이외에도 천북, 외동 등 지방산업단지 육성, 국가산업단지 개발 등에 따라 사업체는 지속적으로 증가할 것이다.

3.2.3 지역총생산 및 1인당 총소득의 변화

경주시 지역총생산 변화를 살펴보면 <표 3-7> 및 <그림 3-8>과 같다. 본 연구에서는 연도별 지역총생산량을 산출하기 위해 연평균 증가율에 인구, 사업체수, 주택수의 생산효과를 감안한 Cobb-Douglas 생산함수 모형을 이용하여 3대 국책사업 유치에 따른 지역총생산(GRDP)을 산출하였다.

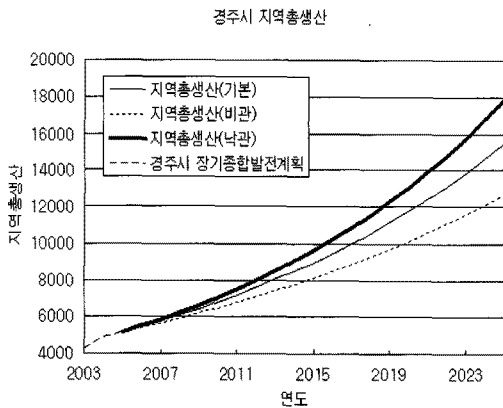
2003년도 경주시 지역총생산은 4조 2,389억 원이며, 경주시에서는 2010년까지 지역총생산 연평균 증가율이 약 6.2%, 2010년에서 2020년까지 연평균 증가율은 5.3%로 예측하고 있다. 이에 근거하면 <표 3-7>에서 보는 바와 같이 경주의 지역 총생산은 2010년도에 6조 9,670억 원, 2020년에 11조 6,760억 원으로 증가될 것으로 예상할 수 있다. 본 연구

<표 3-7> 시나리오별 지역총생산의 변화(단위 : 백만원)

연 도	지역총생산 (기본)	지역총생산 (비관)	지역총생산 (낙관)	경주시 장기종합발전계획
2003				4,238,900
2004				4,856,000
2005	5,157,072	5,157,072	5,157,072	5,157,072
2010	6,788,069	6,457,492	7,029,757	6,967,000
2015	8,940,646	8,089,475	9,590,978	9,019,000
2020	11,784,506	10,139,170	13,098,377	11,676,000
2025	15,545,144	12,715,256	17,907,420	

에서는 지역 총생산 자료가 정기적으로 산출되고, 정확성이 높은 경상북도 지역 총생산의 연평균 증가율 자료에 근거하여 2005년 이후 경주시의 지역 총생산 증가율을 5.5%로 예상하였다.

<표 3-7>의 경주시 지역 총생산 예측치를 10억 원 단위로 하여 그림으로 나타내면 <그림 3-8>과 같다.

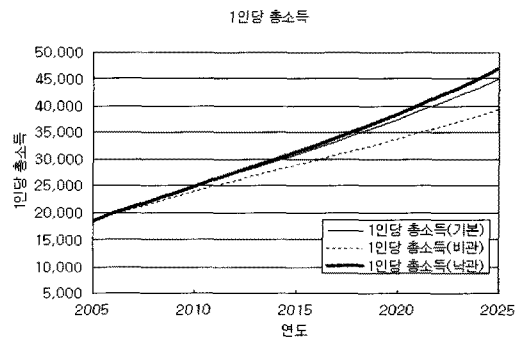


<그림 3-8> 지역총생산의 변화(단위 : 십억 원)

한편, 1인당 총소득 변화를 살펴보면 <표 3-8> 및 <그림 3-10>과 같다. 본 연구에서는 3대 국책 사업 유치에 따른 지역 총생산(GRDP)을 산출한 후 해당 연도에서의 예측 인구수로 나누어 1인당 총소득(총생산)을 산출하였다.4)

<표 3-8> 시나리오별 1인당 총소득의 변화 (단위 : 천원)

연 도	지역총생산 (기본)	지역총생산 (비관)	지역총생산 (낙관)
2005	18,566	18,566	18,566
2010	24,860	24,010	24,942
2015	30,871	28,850	31,305
2020	37,420	33,803	38,472
2025	45,011	39,239	46,931



<그림 3-9> 1인당 총소득의 변화(단위 : 천원)

<표 3-8> 및 <그림 3-9>에서 보는 바와 같이 1인당 총소득은 2015년 까지 기본과 낙관 시나리오

4) 순환흐름도(circular-flow diagram)에 의하면 국민 경제활동에서 총생산은 총소득과 일치함.

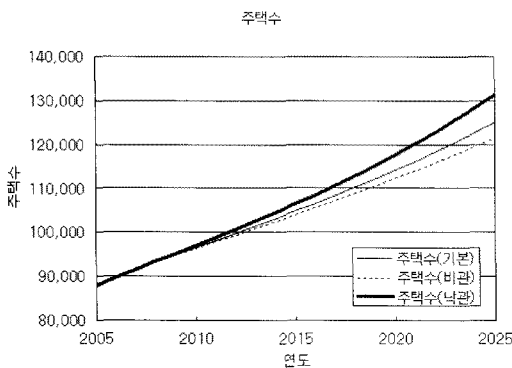
에서 거의 유사하게 나타났으며, 2015년 이후 부터는 약간 차이가 발생하는 것으로 나타났다. 그러나 비관 시나리오에서는 1인당 총소득이 다른 시나리오에 비해 상대적으로 낮게 나타나는 것으로 예상된다. 이러한 결과는 인구, 사업체수, 주택 부문의 상승이 예상하는 수준보다 약간만 낮아도 소득 부문에서의 효과는 기대하는 것보다 상당히 낮을 수도 있음을 의미한다. 따라서 도시동태모델 관점에서 지속적이고 체계적인 도시성장관리를 통해 소득상승 효과를 기대할 수 있을 것이다.

3.2.4 주택수의 변화

주택수의 변화를 살펴보면 <표 3-9> 및 <그림 3-10>과 같다. 본 연구에서는 주택보급율, 인구밀도, 세대당 인구수, 토지이용 등을 고려하여 3대 국책사업에 따른 주택수를 산출하였다.

<표 3-9> 시나리오별 주택수의 변화(단위 : 호)

연 도	주택수 (기본)	주택수 (비관)	주택수 (낙관)
2005	87,997	87,997	87,997
2010	96,549	96,369	96,980
2015	104,786	103,979	106,410
2020	114,109	112,217	117,658
2025	125,119	121,634	131,489

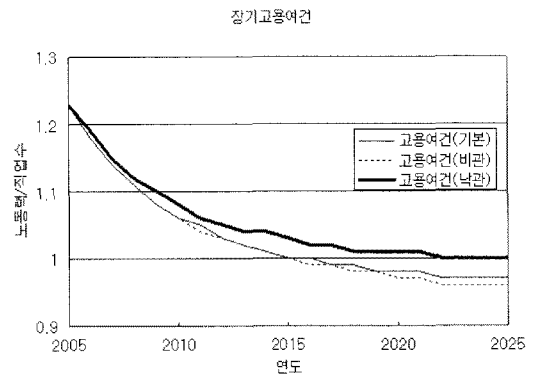


<그림 3-10> 주택수의 변화

<표 3-9> 및 <그림 3-10>에서 보는 바와 같이 향후 경주의 인구가 증가함에 따라 주택수도 크게 증가할 것으로 예상된다. 시나리오별로는 낙관 시나리오와 기본 및 비관 시나리오 결과의 차이가 큰데, 이는 본 연구에서 3대 국책사업 유치로 인해 향후 경주로 이주하는 세대 중 1인 단독 세대가 많을 것으로 예상했기 때문이다.

3.2.5 장기고용여건의 변화

노동력 대비 일자리 수의 비율(장기고용여건)의 변화를 살펴보면 <그림 3-11>과 같다. 장기고용여건은 노동력 대비 일자리수의 비율이므로 1이하의 값을 가지는 것이 좋은데, 본 연구에서는 인구와 사업체수 변화에 따라 장기고용여건을 산출하였다.



<그림 3-11> 장기고용여건의 변화

<그림 3-11>에서 보는 바와 같이 3대 국책사업 유치로 인한 경주시의 장기고용여건은 시나리오에 따라 정도의 차이는 있으나 향후 지속적으로 개선될 것으로 예상되며, 특히 2015년 이후에는 실업률이 상당한 수준으로 감소할 것으로 예상된다.

시나리오별로 살펴보면 다른 시나리오에 비해 낙관 시나리오에서 장기고용여건이 상대적으로 좋지 않은데, 이는 3대 국책사업 유치로 인해 인구유입이나 사업체수 증가, 지역총생산 증가와 같은 긍정적인 효과도 있지만 인구유입이 사업체수 증가보다 빠르기 때문에 발생하는 현상으로 해석된다.

4. 결 론

도시동태모델을 이용한 경주 지역사회의 변화에 대한 시뮬레이션 분석결과는 예상과는 달리 상당히 긍정적인 것으로 나타났다. 결론적으로 3대 국책사업 유치에 따른 경주 지역사회는 향후 2025년까지 발전적으로 변화해 나갈 것으로 예측되었는데, 이를 구체적으로 정리하면 다음과 같다.

첫째, 인구의 경우 현재 277,764명에서 2009년까지는 감소하다가 원자력환경관리센터가 완공되는 2009년 이후부터 지속적으로 증가하여 2025년에 작게는 324,043명에서 많게는 381,568명 정도로 증가할 것으로 예측되었다.

둘째, 사업체 수는 약 1만개 증가(30,152개~33,991개), 지역총생산액은 약 10조원 증가(12조 7천억 원~17조 9천억 원), 1인당 소득은 2배 이상 증가(39,239천원~46,931천원), 주택은 약 4만호가 증가(121,634호~131,489호)할 것으로 예측되었다.

이러한 긍정적인 예측결과는 원자력환경관리센터, 한국수력원자력(주) 본사 이전, 양성자가속기 사업 등 3대 국책사업이 원만하게 진행된다는 가정하에 도출된 것이다. 그러나 실제로는 한국수력원자력(주) 본사 이전이 그 규모와 위치 문제로 난항을 겪고 있고, 양성자가속기 사업 역시 경주시가 부담해야 할 1천 6백억 원의 기반시설 사업비에 대한 구체적인 방안을 세우지 못하고 있는 상황이기 때문에 향후 방폐장 유치지역의 지원사업이 차질없이 진행될 수 있도록 하는데 지역사회가 많은 노력을 기울여야 할 것이다.

3대 국책사업 유치로 인한 지역사회의 발전적 변화를 가능하는 요인 중에 가장 중요한 것이 바로 지역주민의 소득 증대일 것이다. 그러나 시뮬레이션 분석결과 우리가 예상하고 있는 인구유입, 사업체수 증가, 그리고 주택보급이 원활하게 되지 않을 경우(비관적 시나리오) 지역 총생산이나 1인당 소득의 증대는 다른 시나리오에 비해 증가폭이 크지 않은 것으로 나타났다. 따라서 3대 국책사업 유치로 인한 인구유입, 초기 건설업을 중심으로 한 직

업수의 증가, 사업체수 증가가 선순환 고리를 이루어 지역총생산과 소득증대로 이어질 수 있도록 경주시는 체계적인 도시성장 정책을 펼칠 필요가 있다. 예를 들어, 3대 국책사업 유치로 인해 늘어나는 재정을 택지개발이나 산업단지 개발, 관광단지 개발과 같은 각종 개발 사업에 집행하여 사업체수를 늘리고, 일자리를 늘려 도시매력도를 증가시켜야 한다. 이는 지역총생산과 소득의 직접적 증대로 이어질 뿐만 아니라 지속적인 인구유입을 가져오므로써 간접적인 증대로 이어질 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 경상북도, 2003년 시·군단위 지역내 총생산, 2006.
- [2] 경상북도, 주민등록 인구통계, 2005.
- [3] 경주시, 2006~2020 경주시 장기종합발전계획, 2007.
- [4] 경주시, 경주통계연보, 2006.
- [5] 김도훈, 문태훈, 김동환, “시스템 다이내믹스”, 서울: 대영출판사, 2001.
- [6] 김희용, “시스템 다이내믹스를 이용한 지식 기반 의사결정”, 『대한산업공학회지』, 제13권, 제1호(2000), pp.17-28.
- [7] 문태훈, “도시동태모형을 이용한 도시성장관리정책의 평가”, 『한국 시스템 다이내믹스 연구』, 제3권, 제2호(2002), pp.5-27.
- [8] 안남성, 광상만, 유재국, “시스템 다이내믹스를 활용한 원전 조직 및 인적인자 평가”, 『한국 시스템 다이내믹스 연구』, 제3권, 제2호(2002), pp.49-68.
- [9] 오세웅, 여기태, 이철형, “항만과 지역 경제간의 동태적 모델에 관한 연구”, 『한국 시스템 다이내믹스 연구』, 제2권, 제1호(2001), pp.29-50.
- [10] 오영민, 유재국, “방사성 폐기물 처분장 입지 후 지역 변화 모델”, 『한국 시스템 다이내믹스 연구』, 제7권, 제1호(2006), pp.119-146.

- [11] 유광의, 김원규, 김병중, 김미경, “공항의 지속 가능성 평가모형의 개발”, 『대한교통학회지』, 제23권, 제2호(2005), pp.7-25.
- [12] 유재국, 박상만, “신·재생 에너지 시장 확장의 동태적 분석”, 한국 시스템 다이내믹스 연구, 제6권, 제2호(2005), pp.95-116.
- [13] 이만형, 최남희, “신행정수도의 건설과 도시동태성 분석”, 『한국 시스템 다이내믹스 연구』, 제4권, 제1호(2003), pp.69-91.
- [14] 이용석, “System Dynamics를 이용한 원자력 발전의 기술가치 평가”, 『한국 시스템 다이내믹스 연구』, 제7권, 제2호(2006), pp.57-80.
- [15] 전유신, 문태훈, “시스템 다이내믹스를 활용한 도시개발밀도의 적정성 평가 모델 구축 연구”, 『한국 시스템 다이내믹스 연구』, 제4권, 제2호(2003), pp.71-94.
- [16] 최영출, “시스템 다이내믹스를 이용한 지역개발사업의 파급효과분석”, 『한국 시스템 다이내믹스 연구』, 제6권, 제1호(2005), pp.147-176.
- [17] Alfeld, L.E. and A.K. Graham, *Introduction to Urban Dynamics*, MA : Wright-Allen Press, Inc., 1976.
- [18] Forrester, J.W., *Urban Dynamics*, Cambridge, MIT Press, 1969.
- [19] Kirkwood, C.W., *System Dynamics Methods : A Quick Introduction*, System Dynamics Resource Page, Arizona State University, 1998.
- [20] Richmond, B.M., *An Introduction to Systems Thinking*, High Performance Systems Inc., 2001.
- [20] Sterman, J.D., *Business Dynamics*, McGraw-Hill Irwin, 2000.