

# 방사성 폐기물 처분장 입지 후 지역 변화 모델 구축

오영민(육군3사관학교)

유재국(아주대학교)

---

## 초 록

본 연구는 방사성폐기물 처분시설(radioactive waste repository)의 입지를 가정하여, 처분시설이 경상북도 경주시에 발생시키는 경제적, 사회적 효과를 분석하는데 목적이 있다. 정부는 처분장 유치의 유인책(incentives)으로서 경주 지역주민들을 위하여 다양한 정책적 수단을 마련하였다. 처분시설 입지에 따른 특별지원금 3,000억원 지원, 수거물 반입 수수료 지원(년당 50-100억원), 한국수력원자력(주) 본사이전, 양성자가속기 사업 추진 등이 그것이다. 이들 지원사업들이 가져오는 변화를 시스템 다이내믹스(System Dynamics) 기법을 적용하여 지역사회의 인구, 산업, 토지, SOC, 지방재정 등이 어떻게 변화하는지 추적해 봄으로써 도시체계의 동태성(urban system dynamics)을 이해하고 처분장 시설이 지역에 입지했을 때, 미래에 발생 가능한 문제점이 없는지 밝혀내고자한다.

이를 위하여 시뮬레이션 모델링에 입지 지역의 특성과 현황을 반영하여 처분장 입지에 따른 지역의 동태적인 변화과정과 경향을 추정해 보고, 현재 예정되어 있는 지원사업이 충분한지, 이외에 다른 정책적 지원이 필요한지를 알아본다. 본 연구의 의미는 이처럼 경주지역 주민들이 처분장의 지역입지를 만족스럽게 행각하고 소외감 없이 생활을 영위할 수 있도록 정책적 지원 프로그램을 작성하는데 기초가 되는 연구라는 점에 있다고 하겠다.

## I. 서론

2005년 11월 2일, 20년을 끌어온 방사성폐기물처분장 입지선정이 주민투표를 통해 경주로 결정되면서 정부의 부지 찾기는 일단락되었다. 주지하다시피, 경주시 주민들이 처분장의 입지를 찬성한 것은 정부가 제시한 유인책(incentives)에 따른 지역발전에 대한 기대감 때문이었다. 처분시설 특별지원금 3,000억원 지원, 수거물 반입 수수료 지자체 귀속(년당 85억원), 한국수력원자력(주) 본사이전, 양성자가속기 사업 추진 등이 그것이다. 이러한 약속을 명문화하기 위해 국회 또한 '중·저준위 원전수거물 처분시설 유치지역에 관한 특별법'을 제정하고 2005년 3월에 법제화하였다. 이러한 제도적·재정적 지원사업은 낙후된 경주 지역 발전에 긍정적인 영향을 미칠 가능성이 높다.

그러나 이러한 지원사업에 대한 맹목적인 홍보 이면에는 의구심의 목소리도 존재한다. 왜냐하면 정부는 재원의 크기와 추진방법, 법적 책임성에 대해서만 홍보하고 있지 그 누구도 처분시설의 입지에 따른 지역사회의 파급효과와 장기적 영향 그리고 막대한 지원사업의 실시에 따른 경제적, 사회적 결과에 대해서는 말하고 있지 않기 때문이다.

방사성폐기물처분시설과 한수원 본사의 경주 이전 그리고 양성자가속기 사업의 실시는 지역의 인구와 산업, 토지, SOC와 지방행정체제 그리고 환경 등 주민의 삶의 질(quality of life)에 막대한 영향을 미친다. 그 영향은 긍정적인 것일 수도 있고 부정적인 것일 수도 있다. 그러므로 우리에게 주어진 과제는 처분장 입지에 따른 지역사회 변화를 예측하고 문제점을 사전에 대비하여 적절한 해결책을 마련함으로써 경주 지역의 발전과 삶의 질 향상을 체계적으로 추진하고 시설입지에 따른 부정적 결과를 최소한으로 줄이는데 있는 것이다. 지역의 성장과 장기적인 발전을 기대하며 방사성폐기물 처분시설을 받아들였던 경주시 주민들에게 실망과 고통을 안겨 주어서는 안되며, 과거 원자력 발전소와 같이 지역발전이 배제된 채 사업이 시행되는 우를 범해서도 안 될 것이다.

본 연구는 이러한 인식을 바탕으로 방사성폐기물처분장의 입지를 가정한 후 경주 지역의 경제, 사회 구조의 변화 모습을 예측하려고 한다. 이를 위해서 컴퓨터 시뮬레이션 기법인 시스템 다이내믹스(System Dynamics) 기법<sup>1)</sup>을 적용하여 지역사회의 인구, 산업, 토지, SOC, 지방재정 등의 변화 모습을 추적하여 미래에 발생할 수 있는 문제점이 없는지 밝혀내고자 한다. 본 연구를 통해 시뮬레이션 모델링에 입지 지역의 특성과 현황을 반영하여 처분장 입지에 따른 지역의 동태적인 변화과정과 경향을 추정해 보고, 현재 예정되어 있는 지원사업이 충분한지, 이외에 다른 정책적 지원이 필요한지를 알아보는 일차적인 준비를 하고자 한다.

본 연구의 의미는 바로 이처럼 경주지역 주민들이 처분장의 유치를 만족스럽게

1) 시스템 다이내믹스 기법은 동태적이고 순환적인 인과관계의 시각(dynamic feedback perspective)으로 현상을 이해하고 설명함으로써 이러한 이해에 기초한 컴퓨터 모델을 구축하고 복잡한 인과관계로 구성된 현상이 어떻게 동태적으로 변화해 나가는지 컴퓨터상에서 실험을 해보는 방법론이자 현상을 바라보는 시각이다(문태훈, 2002 : 63-64).

생각하고 소외감없이 생활을 영위할 수 있도록 정책적 지원 프로그램을 작성하는데 기초가 되는 연구라는 점에 있다고 하겠다.

## II. 이론 검토, 경주시 현황 그리고 처분장 건설 프로그램

### 1. 선행 연구의 검토 및 정리

시스템 다이내믹스의 창시자인 J. Forrester(1969)는 Urban Dynamics에서 도시 시스템의 상호관련성과 동태성을 분석하고자 시스템 이론을 적용하여 도시동태 모델을(urban dynamics model)의 원형(archetype)을 만들었다. 그는 도시를 인구, 고용, 주택, 토지이용, 산업 등의 다양한 부분으로 구성된 하나의 체계로 규정하고, 도시의 외형적 형상은 이들 구성부문간의 상호 작용에 의해 나타나는 결과로서 인식하였다. 그는 UD 모델을 적용하여 다수의 도시 관리 프로그램들이 도시 기능의 개선이라는 본래의 의도와는 달리 오히려 도시의 사회·경제적인 조건들을 악화시켰다고 분석하였다. 즉, 도시정책에 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.

Mass 등(1974)은 Forrester가 UD 모델에서 제시하고 있는 관점과 철학을 받아들 이면서 Forrester의 모델은 도시시스템의 동태성을 이해하는 첫걸음이므로 많은 이론적 개선과 실증적인 적용이 필요함을 역설하였다. 그 결과, 개념적 이슈들(conceptual issues)에 대한 비평과 함께 논쟁이 되고 있는 도시 시스템의 하위 체제들에 대해서 분석함으로써 도시 시스템 모델링의 새로운 방식을 찾으려고 노력하였다. 또한 도시 동태모델을 Massachusetts 주의 Lowell 시를 대상으로 실증적으로 적용하여 UD 모델의 우수성을 증명하였다.

Gerrit(2001)은 도시성장 관리방안을 마련하기 위해서 기반시설의 효율적인 활용에 초점을 둔 동태적인 도시성장모델을 제시하였다. 그는 학교, 교통망, 공공재활 시스템, 폐기물처리공장과 같은 사회기반시설의 활용을 극대화함으로써 도시성장을 기할 수 있으며, 도시 기반비설에 대한 투자가 지속적으로 확장될 때 도시성장이 가능하다는 주장을 하였다.

이만형·최남희(2004)는 대안적 도시 동태모델을 통해서 도시정책이 도시시스템에 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(2003)은 지속가능한 개발(sustainable development)을 위하여 필요한 도시의 적정개발밀도 산정하는데 있어서 UD 모델을 활용하였다. 그는 도시 동태 모델

을 이용하여 실증적으로 특정 도시(안양)의 공간구조를 유형별로 구분하고 도시성장 과정을 모니터링 함으로써 개발밀도를 조절함과 아울러 도시 내 지역별 여건과 특성에 따라 차별적으로 관리되어야 함을 정책적 의미로 지적하고 있다.

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

김미경(2004)은 공항과 공항 배후 도시를 하나의 시스템으로 보아 공항의 지속가능성(sustainability) 평가모형을 SD 기법을 사용하여 개발하였다. 분석 결과, 연구의 대상이 된 인천국제공항과 그 배후지역인 인천광역시도 공항의 활동으로 인해 경제적으로는 지속성이 있지만 사회, 환경적으로는 지속가능하지 않은 것으로 나타났다. 따라서 사회적, 환경적 차원에서 지속가능하도록 공항개발이 이루어져야 한다고 주장한다.

이처럼 다양한 연구에서 보듯이 본 연구의 지역적 테두리인 경주시와 같이 다수의 복잡한 하위 시스템을 갖고 있는 도시시스템을 분석하는데 있어서 시스템 다이내믹스는 방법론적 고유영역을 갖고 있다고 할 수 있다.

## 2. 경주 지역 특성과 방사성폐기물처분장 지원사업

### (1) 경주 지역의 특성

경주는 신라천년의 수도로서 오랫동안의 고대문명이 축적된 우리나라의 대표적 역사 도시로서 우리 전통문화의 주체성과 민족적 우수성을 세계에 충분히 드러낼 수 있는 역사적 요람이기도 하다. 위치상으로 경상북도 동남부에 위치하고 있으며 동측으로 동해와 접하며, 서측으로는 영천시와 청도군과 접하고 있으며, 북측으로는 포항시, 남측으로는 울산광역시와 위치하고 있다. 대구광역시와 부산광역시와는 지리적으로 60km권에 위치한다. 또한 경부고속도로가 시가지 서측을, 중앙선 및 동해 남부선 철도가 시가지 중앙부를 관통하여, 경부 고속철도가 시가지 서측에 입지할 예정이다.

### 가. 인구(population)

2003년 현재 경주시의 인구는 28만 2천여명으로 경상북도 시급 도시 중 3위에 해당된다. 이러한 인구 비중은 전국대비 0.65%, 경북 시계 대비 13.4%이다. 주거지 인구 밀도는 평방 킬로미터당 18,000명으로 1996년에 비해 200여명이 높아 졌다. 최근 5년간의 인구 증가율을 살펴보면, 전국이 1.0% 증가하는 동안 경북시계는 0.45%, 경주시는 0.21% 증가에 그쳐 매우 낮은 증가율을 보이고 있다. 2000년 기준으로 전년 대비 인구 증가율이 증가추세를 보인 포항시(0.53%), 구미시(0.75%), 경산시(0.92%) 등 지역산업을 확보한 도시들과 비교해 볼 때, 경주시의 인구감소 추세를 반전시키기 위해서는 인구 유입 매력 요인들의 확보가 필요하다.

[표 1] 경주지역의 인구변화추세

(단위 : 명)

연도 Year	세대 Number of households	인 구 Population	인구밀도 Population density (명/km <sup>2</sup> )	면적(km <sup>2</sup> ) Area
1999	96,664	292,480	221	1,323.80
2000	97,715	291,409	220	1,323.69
2001	98,386	288,915	218	1,323.84
2002	99,383	285,900	216	1,323.85
2003	100,514	282,955	214	1,323.87

자료 : 경주시 통계연보(2004)

나. 토지 이용(land using)

오늘날의 경주는 1952년 경주읍 시절 최초로 도시계획이 입안된 후, 1955년 시로 승격하여 35년이 경과하고 있지만 도시기능으로의 발전은 타 도시에 비하여 왕성하지 못하였다. 1970년대에 들어서면서부터 근대적인 관광도시로의 탈바꿈과 함께 주변도시의 공업화에 따른 급격한 산업화로 현대적 의미의 도시화를 촉진시켰고, 이 도시화는 당연히 역사경관의 보존과 마찰을 가져오게 되었다. 1969년에 계획 수립에 착수하여 1971년에 확정된 경주관광개발종합계획은 1972년 공사를 착수하여 1981년까지 10년에 걸쳐 추진하였다. 그러나 당시에 추진된 보문관광지구 개발, 사적지구 정비 및 관광 기반 시설 사업은 시 외곽지 개발에만 치중되었고 도심부는 각종 규제로 장기간 제한되어 기형적인 도시 성장이 이루어졌다.

경주는 지형 여건상 주변의 포항과 울산 등 임해도시에 비해 입지 조건이 불리하여 공업 기반을 구축하지 못하였지만, 주변 자연 환경을 국립공원으로 지정하여 엄정 보존하였기 때문에 쾌적한 도시 환경을 유지할 수가 있었다. 그러나 풍부한 문화 유적은 경주를 문화 도시로 이미지를 형성 시켜 인접 공업도시와의 차별성을 갖게 하였다.

한편 경주의 도시 발전의 제약 요인은 크게 지형적 요인과 문화 유적 보존에 관련된 문제로 집약할 수 있다. 경주시의 지형은 고도 100m 이상의 고지대가 60.1%이며, 경사 15%이상의 급경사지가 59%를 차지하고 있는 구릉·산악형 지형으로 형성되어 있다. 따라서 개발 가능한 평지는 협소하고 시 외곽의 임야는 약 10%가 국립공원 지역으로 엄정 보존하도록 되어 있다. 더욱이 문화재 보호 구역이 204개 지구, 보전녹지 구역이 21개 지구로 농업 전흥지역까지 마음대로 개발할 수 있는 지역은 전체 면적의 약 20%에 불과한 실정이다.

도시내 토지 이용은 주거 지역이 4.43%인 16.21km<sup>2</sup>이며, 상업지역이 0.68%, 공업 지역이 3.49%, 녹지 지역이 91.34%로 대부분을 차지하고 있다. 경주시의 용도지구 지정 면적은 총 25,060,000m<sup>2</sup>로 미관지구, 고도지구, 방화지구, 보존지구, 시설보호지구, 자연취락지구 등이 지정되어 있다. 전체 용도지구 중 보존지구가 49%를 차지하고 있고, 고도지구가 28.45%, 미관지구가 20.03%로 지정되어 있다. 특히, 미관 지

구의 경우에는 경북시계에 지정된 지구의 73.63%가 경주시에 지정되어 있으며, 고도지구는 71.16%, 보존지구는 66.87%를 차지한다. 이러한 지정현황은 경주시에 갖는 역사, 문화적 환경에 기인하며, 많은 지구지정에 의해 도시개발의 어려움과 시민 재산권행사의 어려움 등으로 인한 민원이 제기되고 있다.

특히 구도심 지역은 고분군의 양각을 고려하여 건축물의 높이를 제한하고 있는 고도제한 규제가 심하여 용적률이 높은 건물의 신축이 불가능하다. 한옥 보존지구는 경주의 역사경관 형성에 중요한 역할을 담당하고 있으나, 시의 재정적 뒷받침이 없이 건축 규제만 까다롭게 되어 있어 시민들이 건물의 신축을 기피하고 있다. 오래된 건물은 제때 보수가 이루어지지 못하고 그대로 방치되어 문화적 가치마저 상실된 채 슬럼화 현상을 보이고 있다. 따라서 부동산 가치의 상대적 하락으로 재산권 침해라는 주민들의 반발이 심하며 도시재개발 사업 추진 등 도시발전에 장애 요인이 되고 있기도 하다. 그러나 이와 같은 제약 요인은 한편으로 도시 발전에 있어 잠재력이기도 하다.

다. 산업(industry)

경주시의 산업별 구성을 살펴보면, 사업체를 기준으로 할 때 3차 산업의 구성비가 91.05%로 가장 높으나 종사자를 기준으로 볼 때는 2차 산업의 구성비가 65.69%로 3차 산업 34.09%의 약 2배의 구성비를 보이고 있다. 사업체 구성비는 전국 및 경북시계와 그 비율이 비슷하나 종사자 구성비는 2차 산업이 매우 높게 나타나고 있다.

이는 2차 산업 사업체의 규모가 경주시 외곽에 위치한 산업단지로 인해 타도시에 비해 크기 때문이며, 3차 산업의 경우 영세한 산업이 주류를 이루고 있다. 경주시의 2000년 총관광객 수는 800만명으로 1990년에 비해 43%의 증가를 보이는데 대부분 내국인(94%)으로 추산되며 관광수입은 2,300억원으로 추산되며 이는 제조업생산액 1조 4천억원의 16%에 해당한다.

라. 재정(local government finance)

경주시의 재정규모는 계속적으로 증가하고 있고, 1998-1999년만 부(-)의 성장을 보였을 뿐 나머지 연도는 정(+)의 성장을 보이고 있다. 경주시의 재정자립도는 2000년 결산총계기준으로 49.0%로 전국 54.6%에 비하여 상대적으로 열악한 상황이다.

[표 2] 경주시 지방재정 규모 추이

(단위: 백만원)

구분	재정규모			
	합계	증감율(%)	일반회계(구성비)	특별회계(구성비)
1995	277,805	-	229,045(82.4)	48,760(17.6)
1996	324,585	16.8	269,854(83.1)	54,731(16.9)
1997	377,157	16.2	303,936(80.6)	73,221(19.4)
1998	368,486	-2.3	307,621(83.5)	60,865(16.5)
1999	348,258	-5.5	285,002(81.8)	63,256(18.2)
2000	412,666	18.5	314,723(76.3)	97,943(23.7)

자료: 경주시 통계연보(1996-2001)

(2) 방사성폐기물처분장 지원사업

방사성폐기물처분장 지역발전 지원 계획의 주요 내용은 크게 ①3,000억원 이상의 지역 지원금 지급 및 사용용도의 지자체 결정, ②유치 지역에 한국 수력 원자력 본사의 이전 ③처분장 관리시설 사업과 양성자가속기 사업의 연계추진, 그리고 ④각 부처별 지역지원사업 발굴 및 지역숙원사업 적극 해결 등이다.

특히, 중·저준위 방사성 폐기물 처분장설치 정부특별지원금 3,000억원은 2006년 상반기 중 도지사가 참여하는 유치지역지원위원회(위원장: 국무총리) 및 지역대표가 참여하는 유치지역지원실무위원회(위원장: 산자부 차관)구성과 특별지원금 운영방법 등을 경주시 조례로 제정하여 지원횟수, 지원시기 등을 정하여 산업자원부에 특별지원금 신청을 하게 된다.

그리고 특별지원금 신청을 받은 산업자원부장관은 경주시와 특별지원금 지급에 관한 제반 절차를 완료한 후 사업자인 한국수력원자력(주)에 특별지원금 지급 명령을 하게 되며, 한국수력원자력(주)은 지급명령을 받은 날로부터 30일 이내에 특별지원금을 지급하게 된다.

[표 3] 지역 지원사업

구분	사업내용	투자규모
①지자체 지원금	- 3,000억원의 지역개발지원사업(지자체장이 사용용도 결정) - 연간 평균 약 85억원의 수거물 반입수수료를 시설운영기간 중 지원	3,000억원 이상
②법정부적 지원체계	- 지자체장과 협의하여 지원계획 수립·시행 - 국·공유재산의 대부 등 조건완화, 국고보조금의 인상, 지역의무 공동입찰제 인정, 지역주민의 우선 고용 등 근거마련 - 특별지원금 및 수수료 귀속금액을 재원으로 조성 - 지자체장이 관리·운영하며 필요사항은 조례로 규정(지원사업의 투명성·독립성·자율성 확보)	

[표 4] 처분장 등 건설사업

구분	사업내용	투자 규모
①원전수거물 관리시설 사업	-준공목표: 2008년말 (1단계) -처분방식: 부지여건에 따라 천 층처분 또는 동굴처분 방식 선택 -시설규모: 1단계는 10만드럼 규 모로 건설하며, 단계적 증설(총 80만 드럼규모)	-중·저준위원전수거물 처분시설(구조물): 약 56,000평(천층처 분시) -부대시설(건축물): 약 13,700평 -건설공사비: 약 9,600억원(동굴처분 기준, 80만 드럼 규모) ◎ 1단계(10만드럼): 약 4,700억원 중·저준위원전수거물 처분시설 및 관련공용시설: 약 4,000억원 부대시설: 약 700억원 ◎ 2단계(70만드럼): 약 4,900억원 중·저준위원전수거물 처분시설: 약 4,900억원
②양성자 가속기 사업	-양성자가속기 시설 및 연구개발 -사업기간: 2012년	-1,600억원(정부·지자체·민간 총투자)
③한수원(주) 본사이전	-본사 신규사옥 건설 -이전시기: 지자체와 별도협의	-본사 이전 인원: 약 900명 -사업규모: 1200억원 -사옥규모: 연면적 약 9,000평(대지 20,000평)/약 330억원 -사택 및 부속 설비: 연면적: 약 21,000평(대지 110,000평)/소 요예산: 약 870억원 -지방재정수입: 연 42억원 · 주민세(법인세할): 약 35억원 · 주민세(소득세할): 약 5억원 · 사업소세(종업원할): 약 2억원 -고용창출: · 건설기간 및 운영 중 지역주민 우선고용 · 건설시공 계약시 지역건설업체 활용 및 현지주민 고용 · 한수원(주)직원 채용시 주변지역 주민의 가산점 부여로 채 용 기회 확대

본 연구에서는 처분장 시설 등의 건설과 지역발전 프로그램의 도입으로 야기되는 효과를 중심으로 분석을 실시한다. 크게 보면, 위의 두 프로그램이 직접적으로 지역 사회에 미치는 영향은 ①시설의 건설효과, ②소득효과, ③고용효과가 될 것이다. 2차적으로 파생되는 간접적인 효과는 인구의 유출입, 산업의 활성화, SOC 총량의 증감, 주택 수의 증감, 토지 이용의 증감, 지방정부 재정의 증감 등이 될 것이다. 이러한 효과를 추정하는 과정은 다음 인과지도 작성과 유량-저량 그래프의 작성 과정에서 구체화 될 것이다.

### Ⅲ. 도시 동태 모델의 구성 및 시뮬레이션 결과

#### 1. 인과지도(Causal Loop Diagram)의 작성

본 연구의 목적은 처분장 시설이 경주시에 입지하면 도시에 어떠한 변화가 일어나는지를 컴퓨터 시뮬레이션을 통해서 알아보려는 것이다. 이를 위한 초기 단계로서 도시를 구성하고 있는 요소들 사이의 인과관계를 살펴보고 그것을 그림으로 그



려보는 것이 필요하다. 이 밑그림이 바로 아래의 인과지도(Causal Loop Diagram, 이하 CLD)이며, 이를 통해 연구의 초점과 범위 그리고 인과관계의 전반적인 흐름을 알 수 있다.

위의 그림에서 보듯이 경주시 처분장 모델은 구성요인간의 상호관계가 복잡하게 나타나는 사회시스템(complex social system)이다. 크게 보면 7개의 강화루프(reinforcing loop)와 3개의 균형루프(balancing loop)로 구성되어 있음을 알 수 있다.

우선 CLD의 좌측에는 방사성폐기물처분장, 한수원, 양성자가속기의 건설이라고 되어 있다. 이 부분은 정부가 제시한 정책프로그램을 의미하며 외부변수(exogenous variables)로 나타내어 있다. 즉, 원래 하나의 완전한 시스템으로서 경주시를 가정할 후 외부적 충격으로서 처분장 시설의 건설을 상정한 것이다. 물론 차후에 저장-유량 모델링(stock-flow diagram)의 과정에서 구체화되겠지만 정책 프로그램 자체도 상당히 복잡한 시스템을 내재하고 있다.

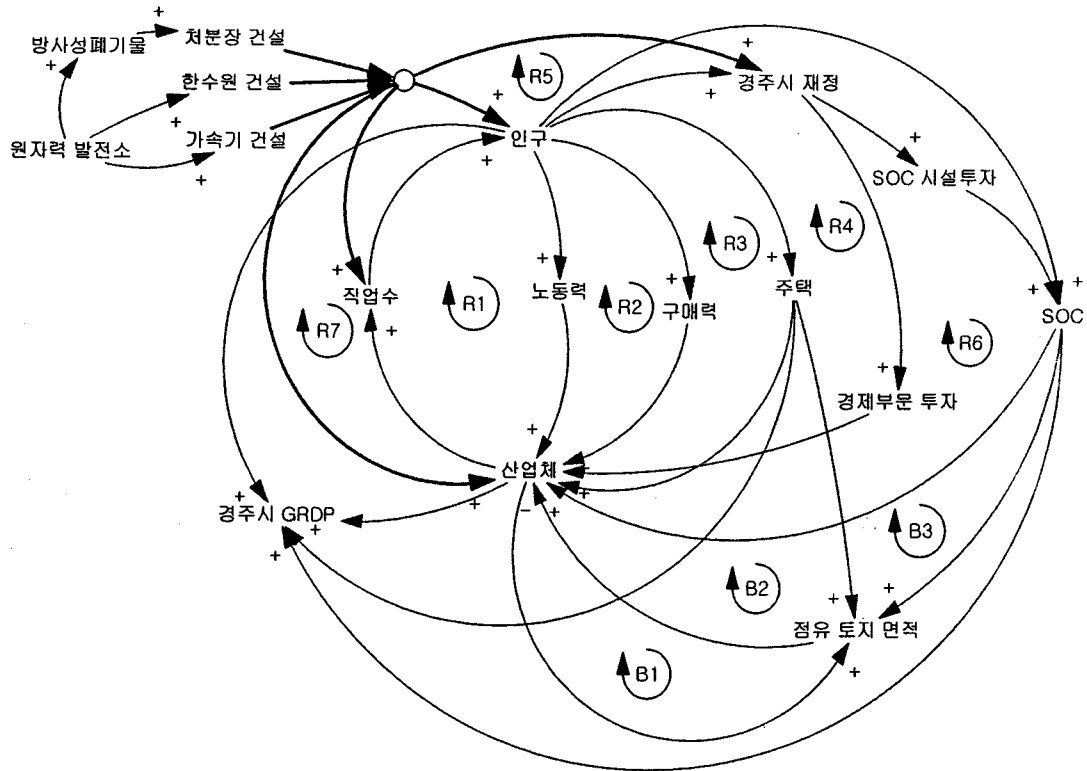
각각의 루프를 구체적으로 설명하면, 우선 강화루프 R1은 인구-노동력-산업체-직업수로 연결된 루프이다. 즉, 인구를 증가시키면 노동력이 증가하고, 노동력이 증가함에 따라 산업체를 증가시키며, 증가된 산업체 수는 다시 직업수를 증가시킨다. 결국 늘어난 직업으로 인해 외부에서 인구가 유입되게 됨으로써 인구는 증가하게 된다.

예를 들어, 처분장 시설들은 인구를 증가시킨다. 몇 년에 걸친 건설기간에는 경상도 지역의 건설인력들이 경주 지역으로 유입되게 되고 그들 중 일부분은 경주시에 거주하며 경주시의 인구가 된다. 또한 처분장 시설들이 완공되면 그 시설들을 운영할 운영인력들이 경주시로 유입되게 된다. 이들은 장기적으로 머물면서 경주시에 거주하는 주민이 된다. 따라서 처분장 건설인력과 운영인력들의 증가는 노동력-산업체-직업수를 연쇄적으로 증가시키게 될 것이다.

둘째, 강화루프 R2는 인구-구매력-산업체-직업수-인구의 구조를 나타내고 있다. 일반적으로 인구가 늘어나면 산업이 발달한다. 그 이유는 인구가 많아질수록 소비가 증가하기 때문이다. 경주에 처분시설이 들어오면 인구가 증가하면서 동시에 지역사회에서 생산하는 산출물에 대한 소비가 증가할 것이며 그에 따라 산업체의 수도 증가할 것이다.

셋째, 강화루프 R3는 인구-주택-산업체-직업수-인구의 구조를 갖고 있다. 인구가 증가하면 그에 따라 필수적으로 거주할 주택이 증가해야 한다. 그렇지 않으면 지역사회로 유입되는 인구가 제대로 정착하지 못하고 다시 지역 외로 유출될 것이기 때문이다. 그러므로 인구 증가에 따른 주택수요를 뒷받침하기 위해 건설산업을 중심으로 산업체가 발달할 것이다.

2) 강화루프는 계속 증가하거나 계속 감소하는 관계를 형성하며 균형루프는 시스템의 균형점으로 수렴시키려는 성격을 갖는다. 양자의 구별은 루프에서 마이너스 기호(-)의 수로 구별하는데 마이너스 기호(-)가 홀수이면 균형루프이며 짝수이면 강화루프가 된다.



[그림 1] 경주시 처분장 모델의 CLD

넷째, 강화루프 R4는 인구-경주시 재정-경제부문 투자-산업체-직업수-인구의 인과고리를 나타내고 있다. 처분장의 유치로 인해 인구가 증가하면 경주시 재정이 증가하고 증가된 재정은 경제부문 즉, 산업체의 투자자금으로 유입된다. 자금이 유입되면 기업체의 수가 증가하게 됨으로써 인구가 재유입되는 구조를 가지게 되는 것이다.

다섯째, 강화루프 R5는 처분장 시설에서 직접적으로 경주시 재정으로 유입되는 인과고리를 나타내고 있는데, 처분장 시설 건설은 특별지원금과 반입수수료, 지방세 등 경주시 재정으로 유입되는 많은 금액은 복합적인 정책 패키지(policy package)이다. 그 결과 유입되는 재정은 산업 투자를 증가시켜 지역 산업체를 확대시킨다.

여섯째, 강화루프 R6는 경주시 재정이 증가하면 SOC 시설투자를 증가시키고 산업체를 활성화하는 인과고리를 보여주고 있다.

일곱째, 강화루프 R7은 처분장 시설의 건설 자금이 유입되면서 지역 산업체의 증가를 유도하는 효과를 나타낸다. 그 결과 직업수가 늘어나고 인구유입을 가속화시킨다.

여덟째, 균형루프 B1은 산업체가 증가하면 점유 토지 면적을 증가시키지만 점유 토지 면적이 증가하면 타 부문과의 경합관계로 인해 산업체는 일정한 균형을 형성하게 된다. 아홉째, 균형루프 B2는 인구-주택-점유 토지 면적-산업체-직업수-인구로 연결되는 루프를 나타내는데, 주택이 증가하면 경주시 점유 토지 면적이 증가하지

만 B1과 같이 토지 면적이 증가할수록 산업체는 증가하지 않고 일정한 균형점에 도달하게 된다.

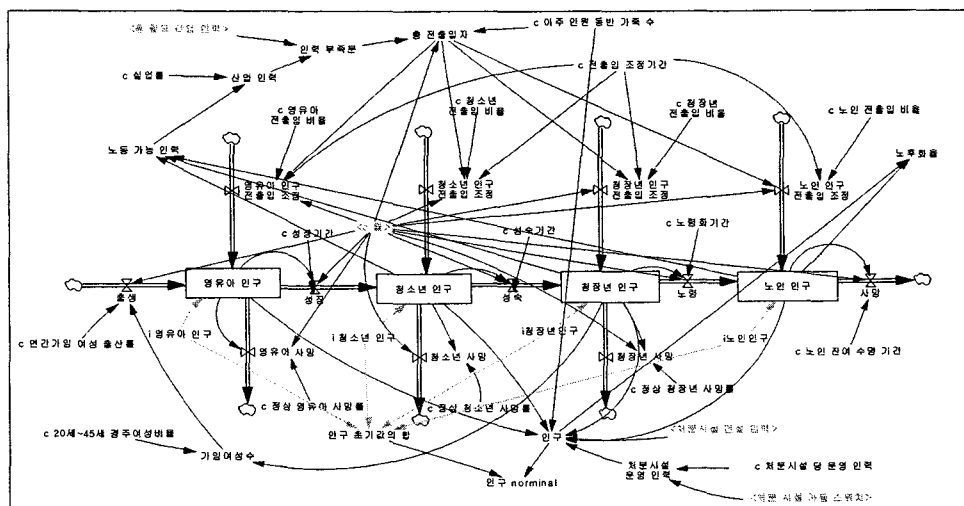
열제, 균형루프 B3은 SOC가 증가하면 그에 따라 점유 토지 면적도 증가하지만 점유토지 면적과 산업체의 관계가 부(-)의 극성을 갖고 있기 때문에 SOC가 증가하더라도 토지면적 이내에서 산업체의 수는 균형을 갖게된다.

이처럼 경주시는 많은 수의 변수들이 인과고리를 형성함으로써 선형적인 사고방식으로는 생각하기 어려운 다중 피드백 루프(multiple feedback loop)의 전형적인 모습을 갖고 있다고 할 수 있다. 시스템 다이내믹스의 장점중의 하나는 이처럼 복잡한 구조의 모델을 비교적 객관적인 모델로 구성할 수 있다는 것이라고 하겠다.

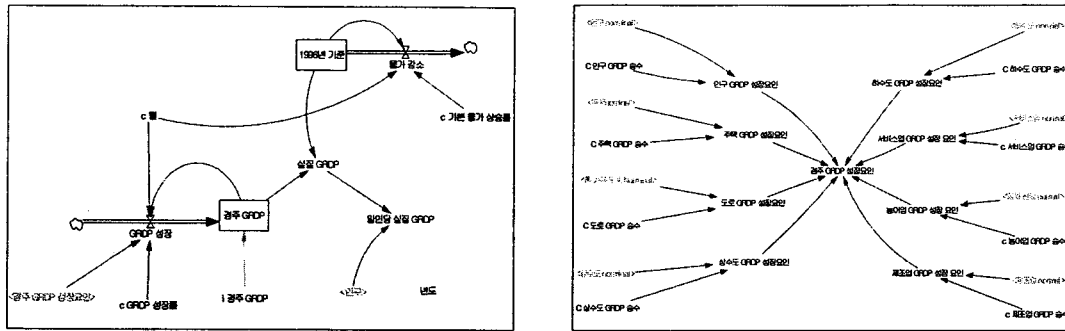
## 2. 저장-유량 그래프(Stock Flow Diagram)의 작성

장기적인 관점에서 처분장 시설이 입지했을 때 경주시의 미래를 예상해보는 것이 본 연구의 목적이다. 이를 위해서 경주시 모델에 대한 개념적인 구성을 실시하고 변수를 선정한 다음 인과지도를 작성하였다. 그러나 실제로 인과지도는 그 다음 단계인 저장-유량 그래프(Stock-flow diagram)를 염두 해두고 작성하는 경우가 많다.

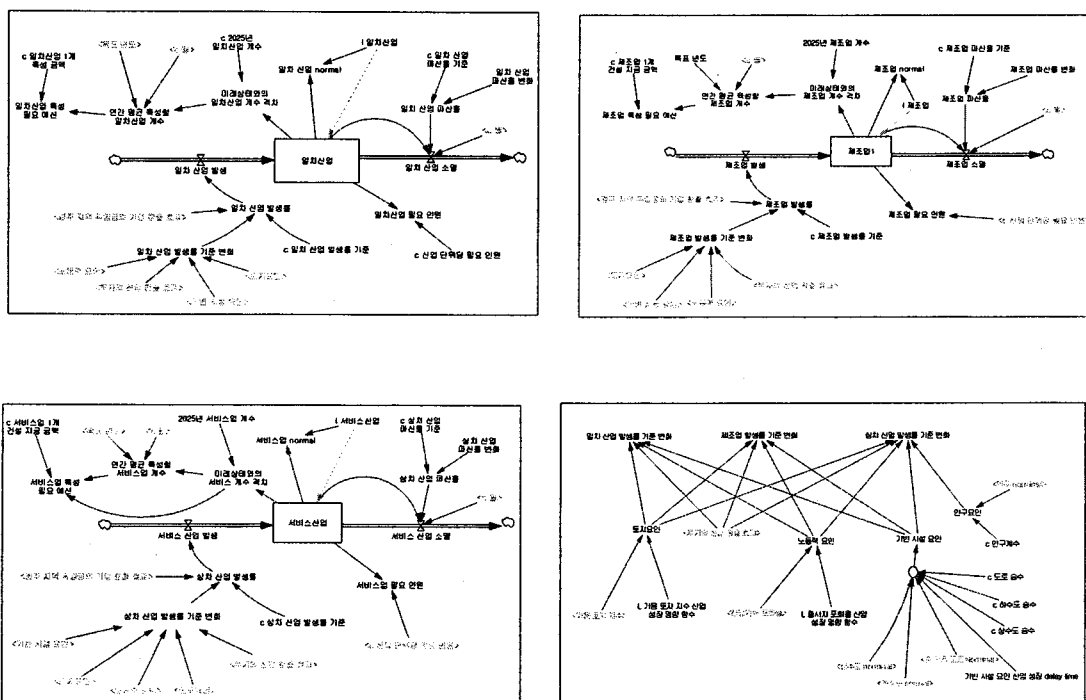
사실 인과지도는 시스템에 내재되어 있는 동태성(dynamics)을 파악하는데는 용이하지만 정량적인 자료를 입력하거나 분석을 하기에는 어려움이 크다. 따라서 CLD를 컴퓨터 시뮬레이터로 변환하는 과정이 필요하다. 그것이 바로 SFD이며 이를 통해서 장래 20년 동안의 경주시 모습을 분석할 수 있었다. 본 연구에서는 이를 위해 20여개의 SFD를 작성하였다. 그 중 대표적인 모델링으로서 인구, 주택, 도로, 상하수도, 토지, 지방정부 재정, 산업투자, 처분장 건설, 산업인력 등이며, 구체적인 모델은 아래 그림과 같다. 모델이 많고 복잡하므로 세부적인 설명은 생략한다.



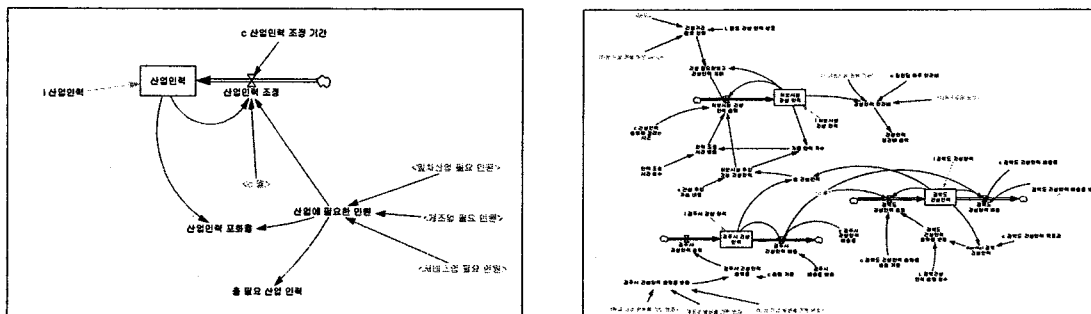
[그림 2] 인구(population) 모델링



[그림 3] 경주 지역총생산(GRDP)과 성장요인 모델링

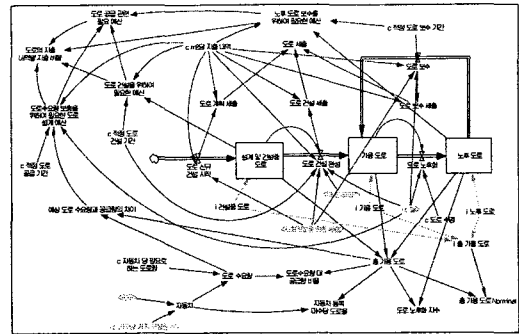
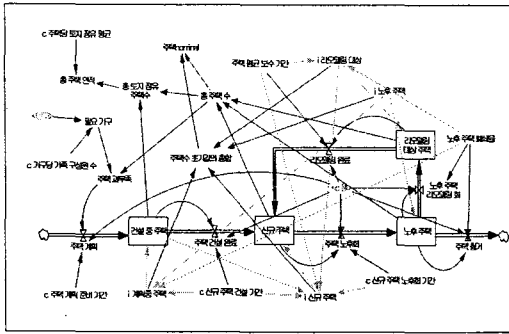


[그림 4] 산업체(industry)와 산업체 발생 요인 모델링

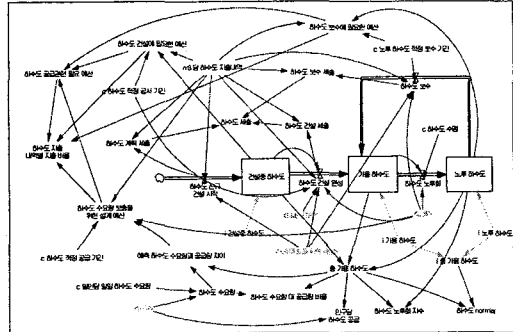
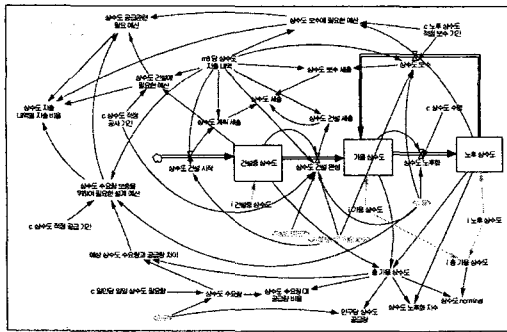


[그림 5] 산업체 인력 및 처분장 건설 인력 모델링

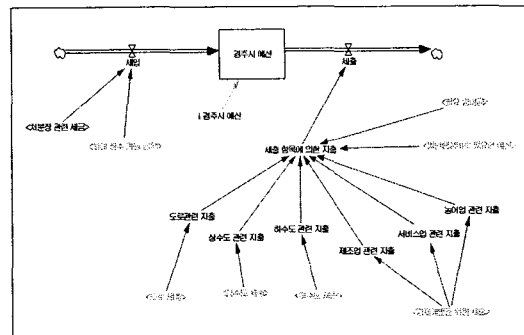
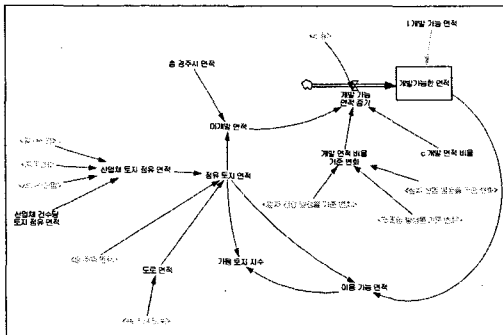
[방사성 폐기물처분장 입지 후 지역 변화 모델 구축]



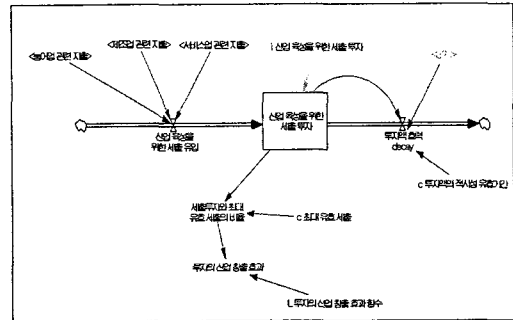
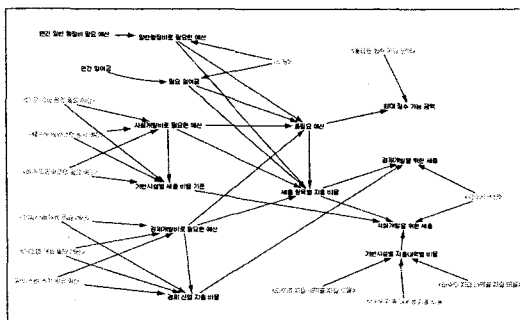
[그림 6] 주택 및 도로 모델링



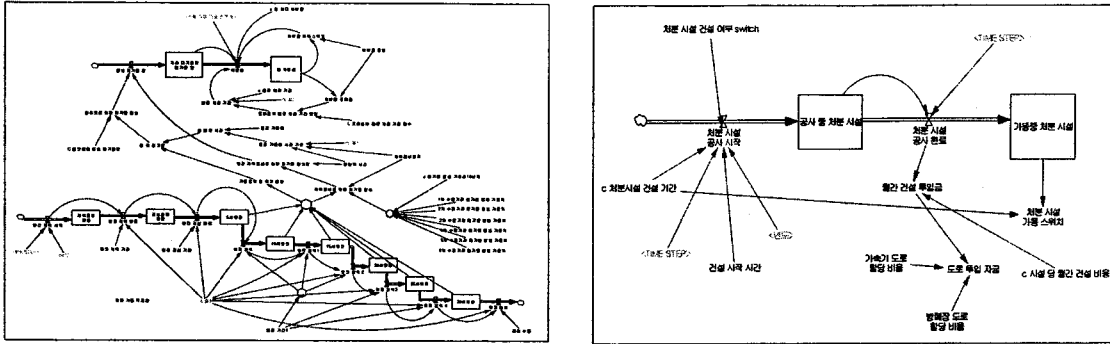
[그림 7] 상하수도 모델링



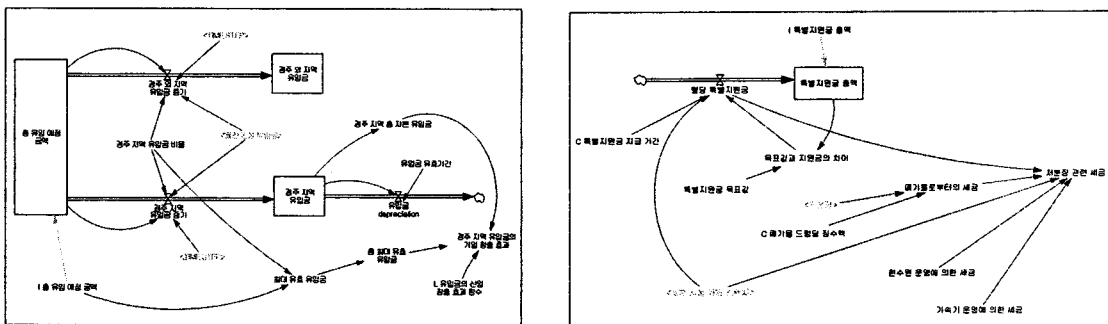
[그림 8] 토지 및 경주시 예산



[그림 9] 예산의 배분 및 산업육성 투자



[그림 10] 폐기물 발생 및 처분장 건설

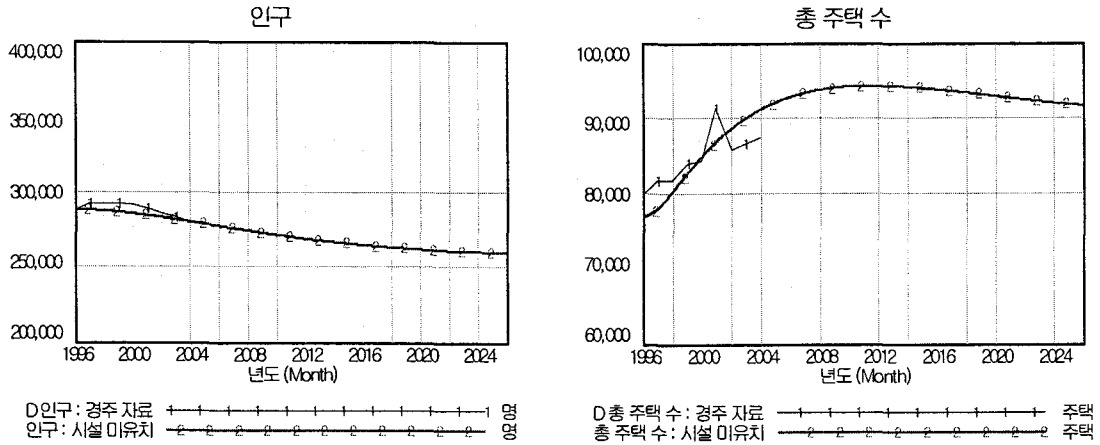


[그림 11] 처분장 건설자금과 지원금

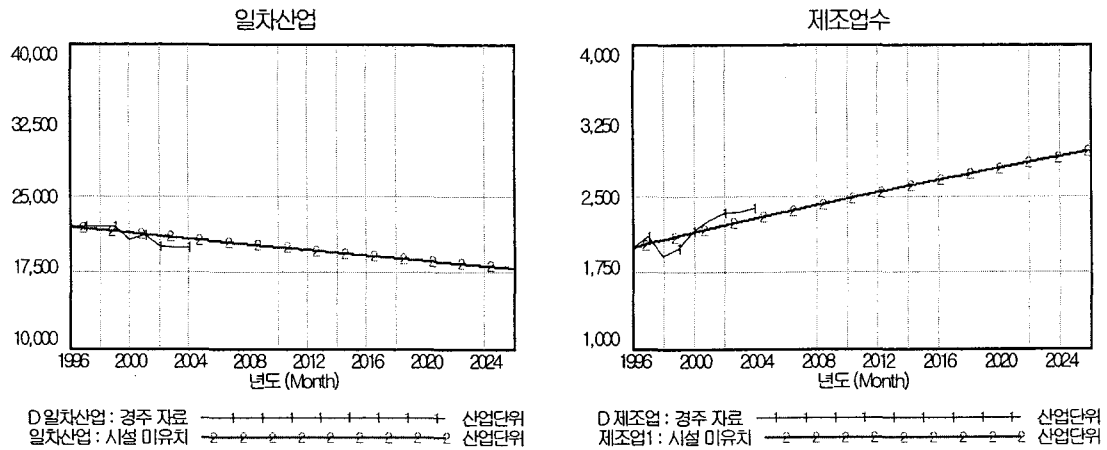
### 3. 모델의 검증

모델을 구축한 후 모델이 타당하게 작성되었는지 확인하는 과정이 반드시 필요하다. 모델의 타당성(validity)을 검토하는 과정인데, 이 과정은 다양한 방법으로 이루어질 수 있다. 본 연구에서는 상향식(bottom-up approach) 접근방법과 하향식(top-down approach) 접근방식을 사용하여 작성된 모델의 타당성을 검증하였다<sup>3)</sup>.

3) 일반적으로 사용되는 계량적 모델과는 달리 시스템 다이내믹스 모델의 타당성 평가는 어렵다. 그 이유는 시스템을 구성하는 다수의 요인들이 서로 상호작용하기 때문이다. 그로 인해 시스템 다이내믹스를 주장하는 사람들과 계량 경제학자들간에는 뿌리 깊은 불신이 자리 잡은 듯하다. 그러나 모델의 타당성을 상대적인 개념으로 파악하여 역사적 데이터의 정밀한 일치보다는 시간에 따른 행태의 일치성 여부를 모델의 상대적 타당성으로 이해하는 것이 바람직하다.



[그림 12] 경주 자료와 시뮬레이션 데이터 비교(인구와 주택)

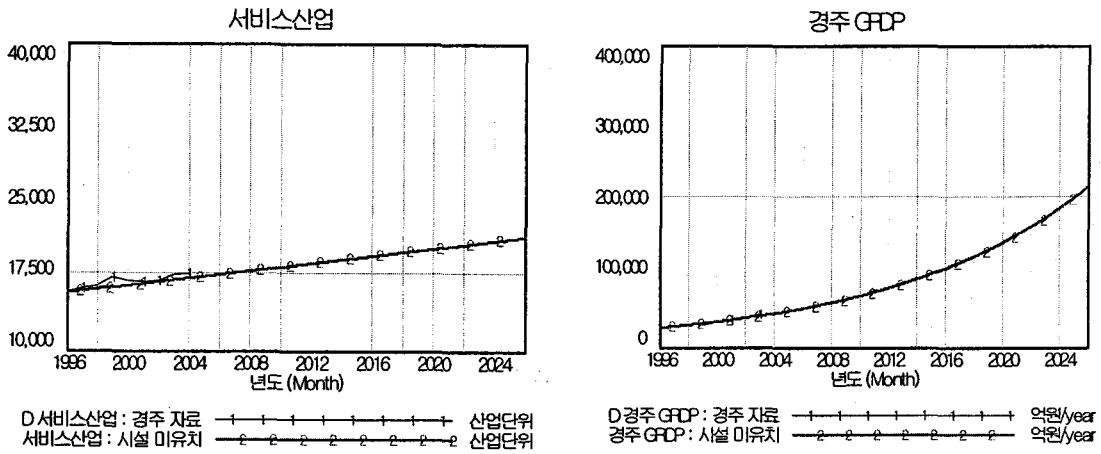


[그림 13] 경주 자료와 시뮬레이션 데이터 비교(일차산업과 제조업 수)

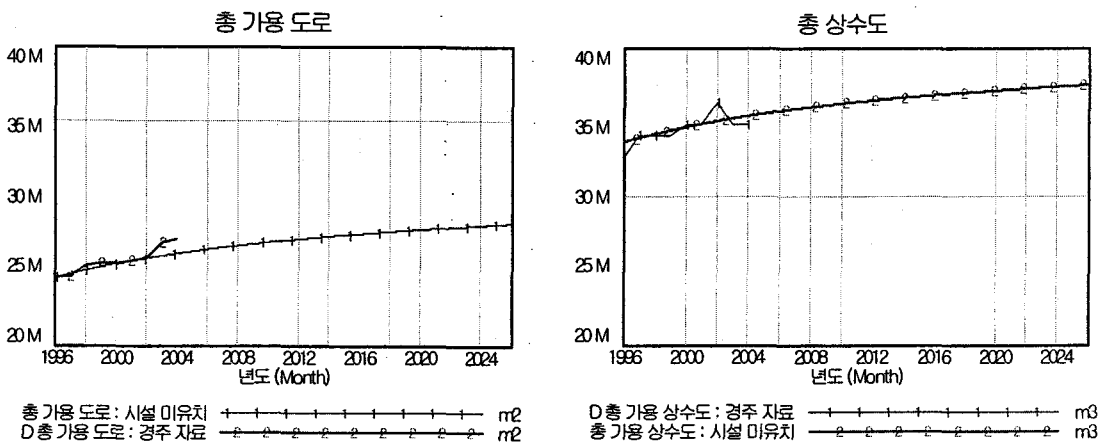
상향식 접근은 시스템내의 구성원들이 다른 누구보다도 시스템의 구조(structure)와 행태(behavior)를 잘 알고 있으므로 이들의 아이디어를 모델의 타당성 검증에 활용하는 것이다. 즉, 시스템의 구성원들이 경험적 자료와 시뮬레이션 결과 자료를 비교함으로써 이를 수용가능하다면 모델을 받아들일 수 있을 것이고, 받아들이지 못할 경우에는 모델이 잘못된 것인지 아니면 구성원들의 사고에 결점이 있는 것인지를 살펴보는 것이다. 이를 통해서 모델의 교정이 이루어지고 교정된 모델로부터의 결과를 다시 구성원들의 경험과 비교하는 과정을 거치면서 모델의 타당성이 높아지게 된다. 본 연구에서는 경주시 공무원들과의 인터뷰를 통해서 모델의 구조와 행태가 타당함을 인정받게 되었다.

하향식 접근은 객관적인 자료를 사용하여 타당성을 검증하는 방법으로서 기존의 자료와 시뮬레이션 결과를 비교하는 방식이다. 이 접근법은 역사적 데이터를 준거 모드(reference mode)로 하여 최적화(optimization) 과정을 통해 방정식들과 계수들을 확정하였다. 아래의 그림에서와 보는 바와 같이 경주시의 10년간의 자료들과

시뮬레이션의 행태가 상당 부분 일치하고 있으므로 본 연구에서 작성된 모델이 타당함을 알 수 있었다.



[그림 14] 경주 자료와 시뮬레이션 데이터 비교(서비스산업과 경주 GRDP)



[그림 15] 경주 자료와 시뮬레이션 데이터 비교(총 가용 도로와 상수도)

#### 4. 시뮬레이션(simulation) 결과

본격적인 시뮬레이션은 처분장 시설이 유치되지 않았을 때(시설 미유치)의 경주시의 모습이 어떻게 변화하고 있는지에 대해서 살펴보고, 그 결과가 정상적으로 거동하고 있다고 판단되면, 그 이후에 처분장 시설이 유치를 가정하여 경주시 도시 시스템의 요소들이 어떻게 변화하는지에 대해서 살펴본다. 본 연구에서는 처분장 시설의 도입 자체가 정책적 충격이므로 처분장의 유치여부, 두 가지에 대해서만 시뮬레이션을 실시하였다. 차후 연구에서는 다양한 정책변화를 도입하여 시뮬레이션을

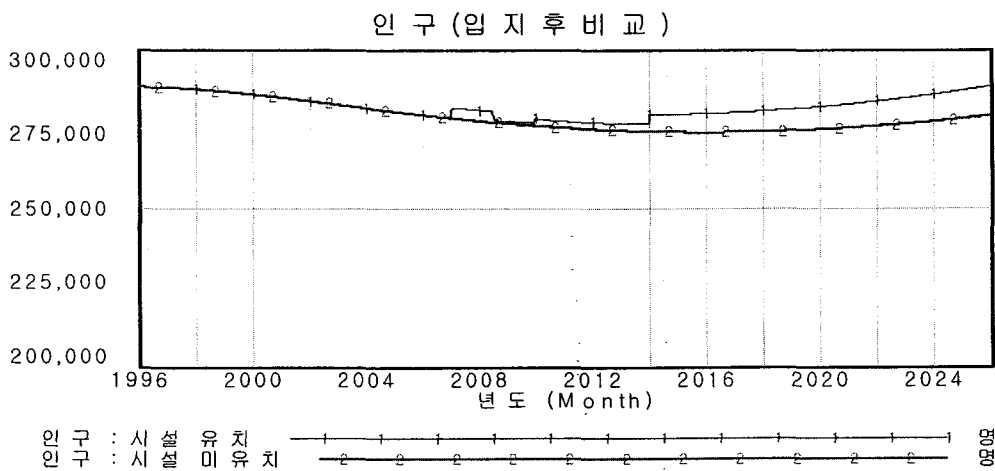
4) 1996-2006년 현재까지의 자료만 사용한 것은 경주시가 1996년에 경주군과 경주시가 통합되어 형성된 행정구역이기 때문이다. 그 결과 이전의 통계자료는 자료로서 활용하기가 어려웠음을 미리 밝혀둔다.



실행해 볼 수 있을 것이다.

(1) 인구의 변화

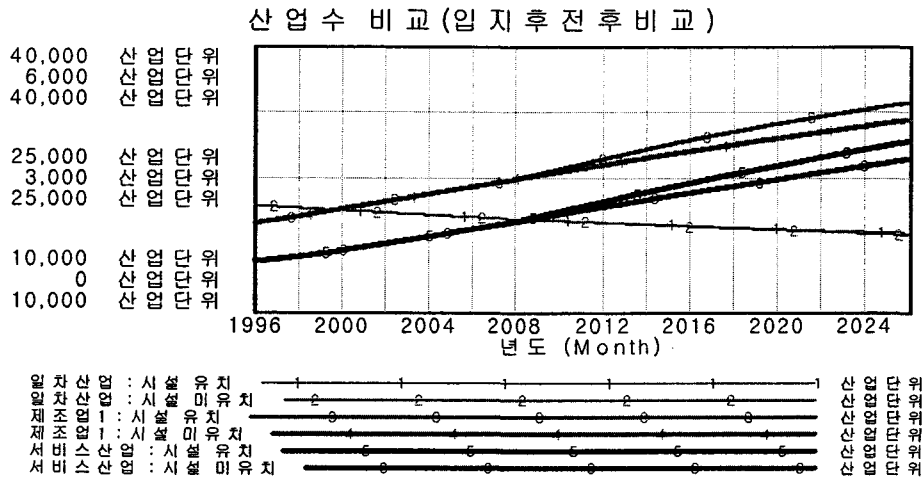
아래의 [그림 16]은 처분시설의 입지여부에 따라서 변화하는 인구의 행태를 보여주고 있다. 현재 경주시는 인구가 감소하고 있는 실정이며 처분장이 미입지 할 경우, 2015년에 273,954명까지 인구감소가 예상되고 있다. 한편 처분장이 입지하게 되는 경우에는 비교적 인구 감소폭이 줄어들게 된다. 처분장 시설의 입지여부에 따라 2026년에 이르러서 그 차이가 점차 커져서 경주시 인구는 각각 289,069(시설 입지)명과 279,131(시설 미입지)명으로 9,938명의 차이를 갖게 된다. 따라서 처분장 시설의 유치는 인구증가에 있어서 긍정적인 효과를 가져온다고 볼 수 있다.



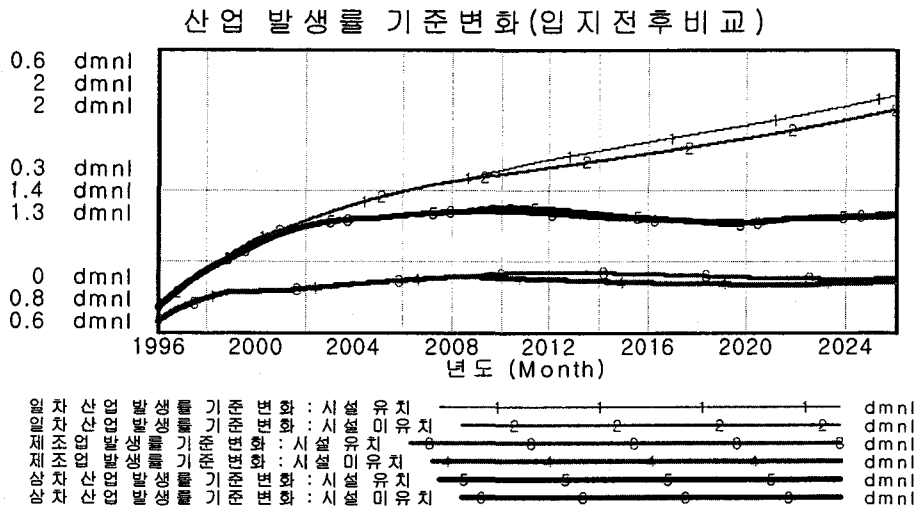
[그림 16] 경주 인구의 변화(시설입지 여부 비교)

(2) 산업의 변화와 산업인력

처분장 시설이 입지하면 경주의 경제시스템은 어떻게 반응할까? 자못 흥미로운 예상이라고 할 수 있는데, 시뮬레이션 결과는 1차 산업인 농어업의 경우는 처분장 시설이 들어온다고 하더라도 그다지 큰 변화를 갖지 못하고 감소하고 있다. 반면에 2차 산업과 서비스업의 주류인 3차 산업은 기존의 증가하는 추세에 더불어 처분장 시설의 유치로 인해 산업의 활성화가 기대된다.



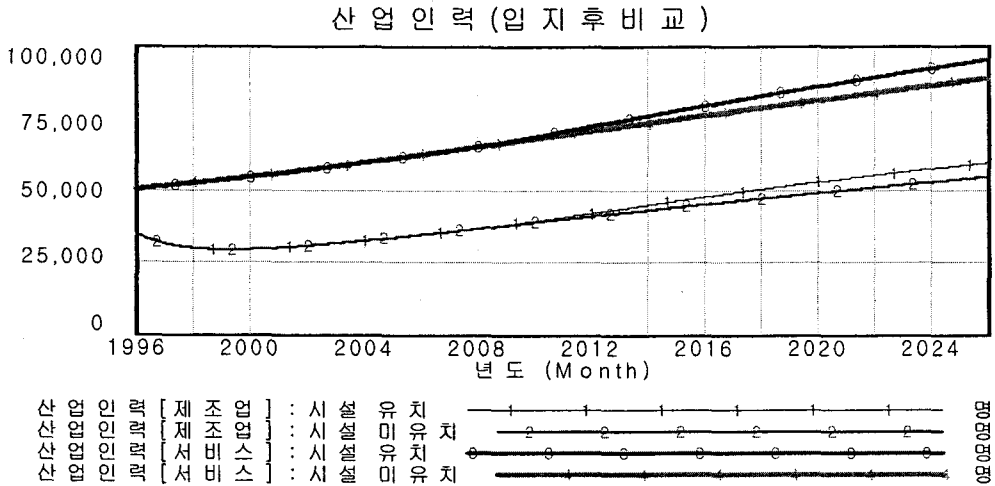
[그림 17] 경주 산업의 변화(시설입지 여부 비교)



[그림 18] 경주 산업발생률 기준변화(시설입지 여부 비교)

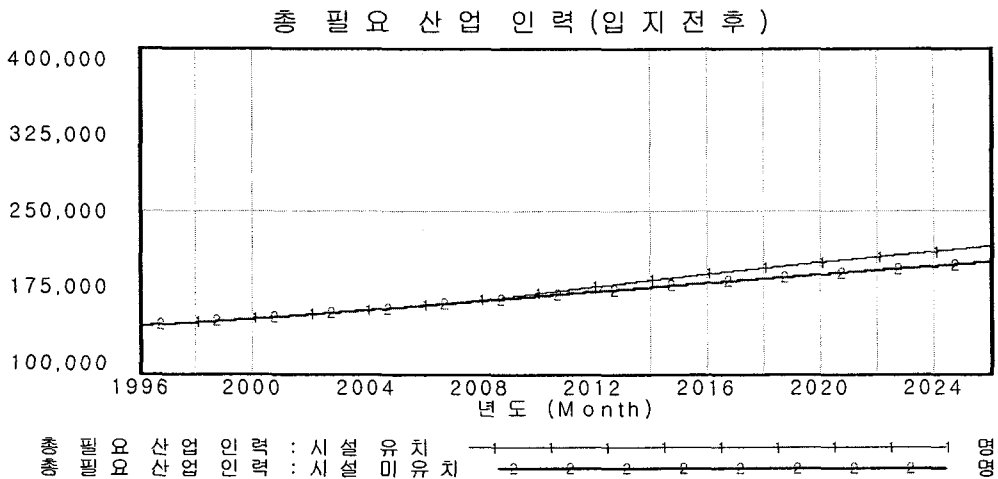
제조업의 경우 2026년에 각각 4,843(시설 입지)개와 4,332(시설 미입지)개로 511개의 기업수 차이를 갖게 된다. 따라서 처분장 시설의 유치는 제조업 수 증가에 있어서 긍정적인 효과를 가져온다고 할 수 있다. 비슷하게 서비스업도 2026년에 각각 29,368(시설 입지)개와 27,242(시설 미입지)개로 시설입지에 따라 1944개의 차이를 보인다. 즉, 서비스업도 처분장 시설의 입지가 양적 증가가 있어서 긍정적인 효과를 갖는다고 하겠다. 이러한 결과는 [그림 18]의 산업 발생률 기준변화에서도 알 수 있는데, 처분시설이 입지하면 더 많은 산업시설을 발생하게 됨을 알 수 있다.

산업인력 차원에서 1차 산업인 농어업수의 감소는 농어업 인력의 감소를 가져올 것으로 예상되나, 기존 농어업 인력에 대한 자료부족으로 검증하기 어려워 그래프에서 제외되었다. 반면에 제조업과 서비스업의 인력은 산업체의 증가에 따라 아래 [그림 19]와 같이 증가할 것으로 예상된다.



[그림 19] 경주 산업인력의 변화(시설입지 여부 비교)

제조업 인력의 경우 2026년에 각각 60,752(시설 입지)명과 54,520(시설 미입지)명으로 6,232명의 차이를 갖게 된다. 마찬가지로 서비스업 인력의 경우 2026년에는 각각 95,405(시설 입지)명과 88,624(시설 미입지)명으로 6,781명의 차이를 갖게 된다. 그러므로 처분장 시설의 유치는 산업인력의 증가에 있어서 긍정적인 효과를 가져온다. 이러한 처분장 유입의 효과는 아래의 [그림 20]에서 보듯이, 처분시설의 미입지보다 총 필요 산업 인력이 더 크다는데서도 알 수 있다.



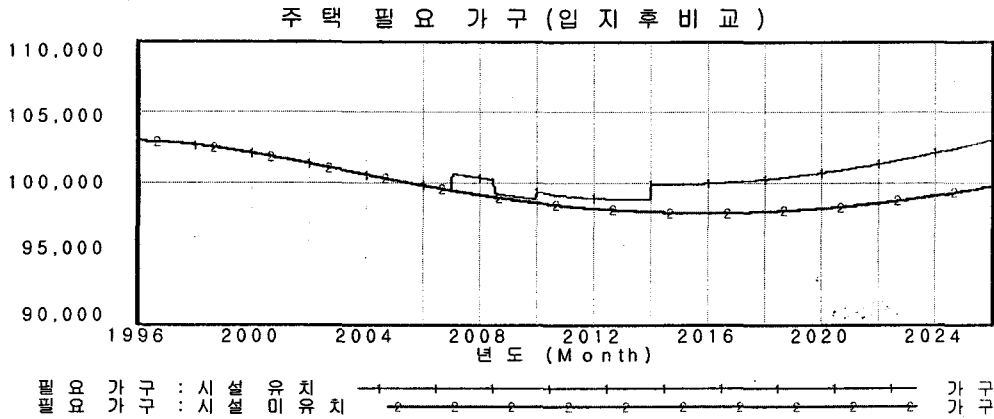
[그림 20] 총 필요 산업 인력의 변화(시설입지 여부 비교)

### (3) 주택의 변화

인구가 유출입되면 그 증감된 양만큼 주택이 필요하다. 인구의 변화에서도 설명하였지만 처분장 시설의 유치는 인구유입을 가져온다. 그 만큼 주택을 필요로 하는 가구(household)도 증가할 것은 자명하다. 다음 [그림 21]은 주택 필요 가구수의 시

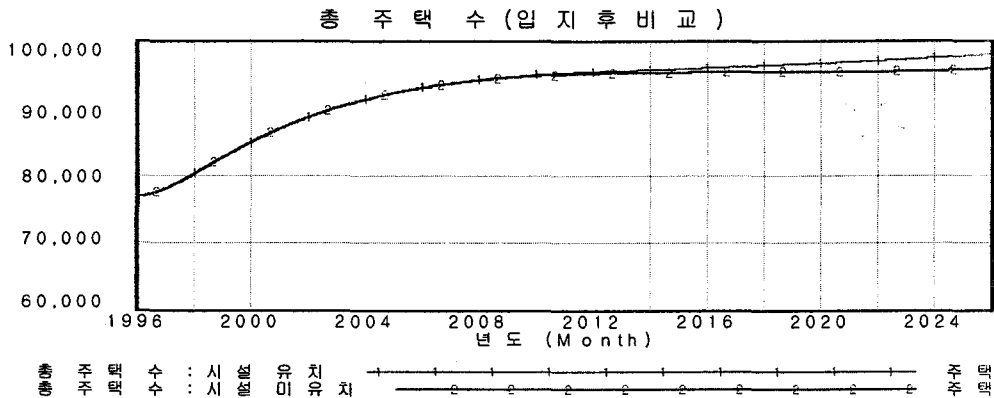
**[2006년 춘계 학술대회]**

물레이션 결과이다. 그래프에서 알 수 있듯이 인구가 유입되면서 주택 수도 비례해서 증가함을 알 수 있다. 2026년에는 주택 필요 가구가 각각 103,239(시설 입지)채와 99,689(시설 미입지)채로 3,550채의 차이를 갖게 된다.



[그림 21] 주택 필요 가구수의 변화(시설입지 여부 비교)

그러나 필요한 주택이 즉각적으로 공급되는 것은 아니다. 주택의 계획과 건설에는 시간이 걸리게 마련이고 그에 따라 주택의 수는 비교적 점진적으로 변화하게 된다. 즉, 처분장이 입지하게 되면 [그림 22]에서 보듯이 총 주택수는 처분장 입지후에 증가하게 되며 지역에 필요한 주택 수요를 담당하게 된다.

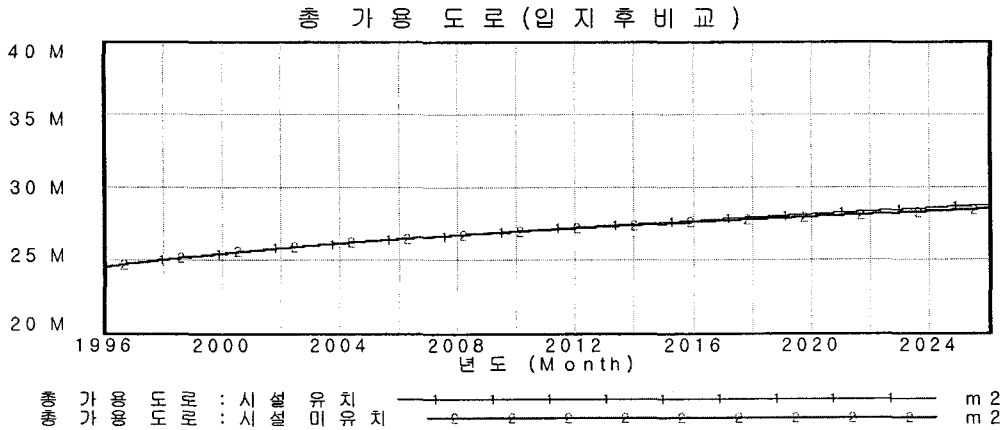


[그림 22] 총 주택 수의 변화(시설입지 여부 비교)

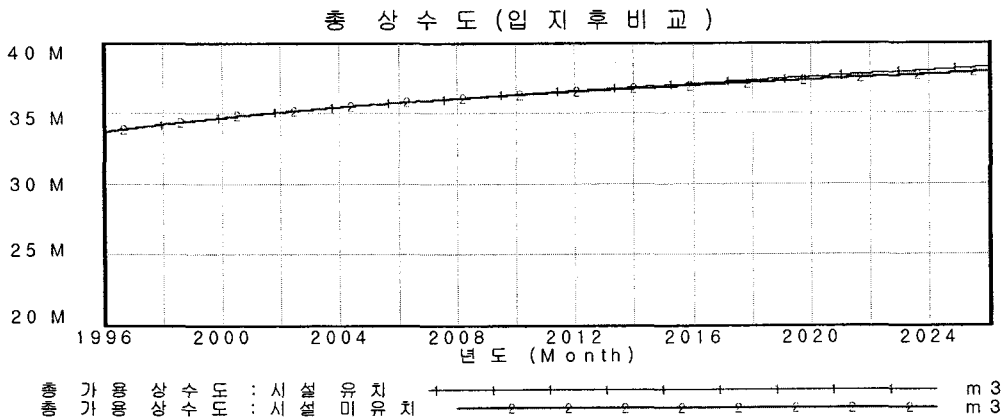
**(4) 사회간접자본(SOC)의 변화**

SOC에 대한 시물레이션은 도로, 상수도, 하수도 총량의 변화를 보여주고 있다. 분석 결과 SOC의 경우에는 처분장 시설이 입지하여도 시설 용량에 있어서 커다란 변화를 가져오지는 못하고 있다. 도로와 상수도가 2026년에 약간의 차이를 나타낼 뿐이며 하수도는 거의 변화하지 않고 있다.

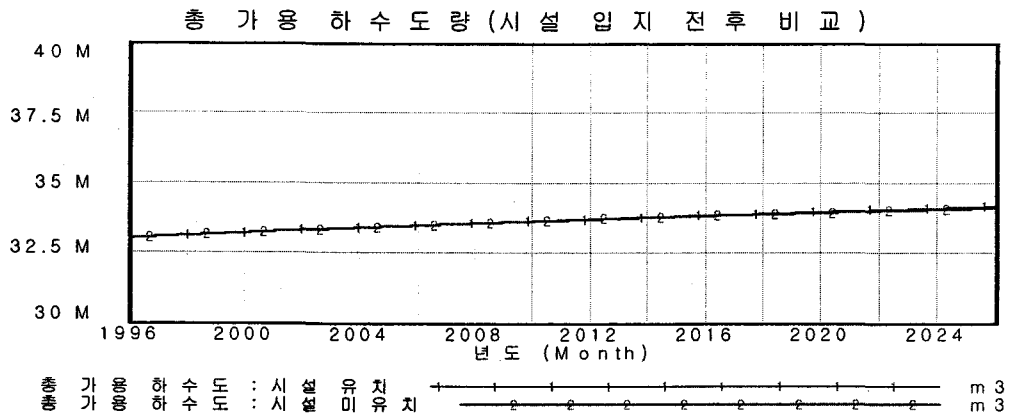
그 이유는 이들 SOC 시설들은 처분장 시설이 입지한다고 증가하는 것이 아니라, 기존의 경주시가 가지고 있는 내적 시스템, 특히 지방재정에 따라서 움직이고 있기 때문이다. 또한 SFD 모델의 작성에 있어서 이들 시설들은 수요와 공급의 격차를 줄이는 형태로 작성되었으며, 그 범위도 지방재정의 범주내에서 가능하도록 하였기 때문에 처분장 시설이 도입된다고 하더라도 그 영향력은 그다지 크지 않을 것이라고 예상할 수 있다.



[그림 23] 총 가 용 도 로 의 변 화 (시 설 입 지 여 부 비 교)



[그림 24] 총 상 수 도 의 변 화 (시 설 입 지 여 부 비 교)

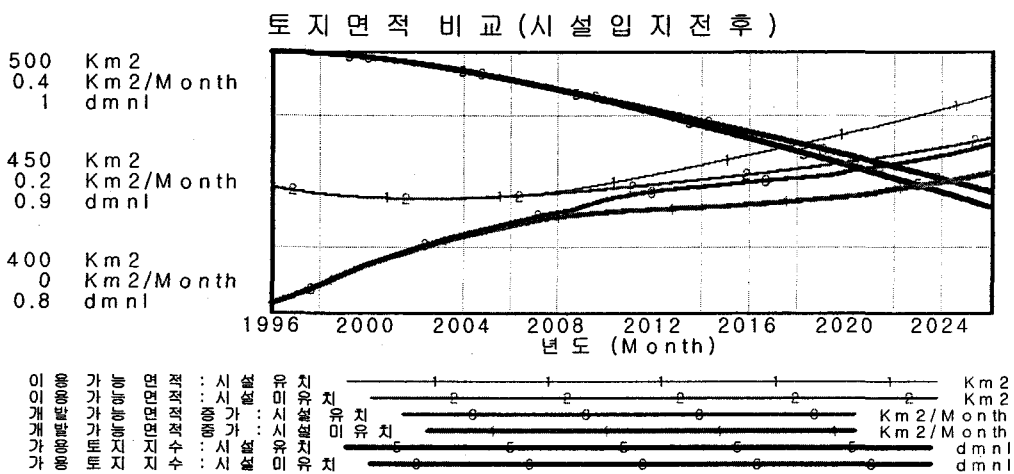


[그림 24] 총 가용 하수도의 변화(시설입지 여부 비교)

(5) 토지의 변화

토지는 도시시스템의 제약사항으로 작동한다. 예를 들어, 산업체가 발달하더라도 그 산업체가 입지할 수 있는 토지가 있어야 가능하다. 반면에 아무것도 없는 광야에서 산업이 발달하기란 또한 어려운 일이다. 이처럼 제약사항(시스템의 행태의 한계)으로서 토지는 본 모델에서 3가지의 파라미터(parameter)로 나타나 있다. 그것은 이용 가능 면적, 개발 가능 면적 증가, 가용토지 지수이다.

이용 가능 면적이라 함은 경주시의 현재 점유하고 있는 토지와 매년 개발로 인해 증가하고 있는 이용 가능한 토지를 합한 면적이다. 위의 [그림 25]에서 보듯이 이용 가능 면적이 처분장이 입지한 후에 증가하는 모습을 보여주고 있다. 물론 경주시 전체 면적인 1,324km<sup>2</sup>에 달하지는 않고 있어서 산업체의 증가에 제약으로 작동하고 있지는 않는다. 현재의 수준은 산업체의 증가에 있어서 중립적인(neutral) 수준에 있다고 할 수 있다.



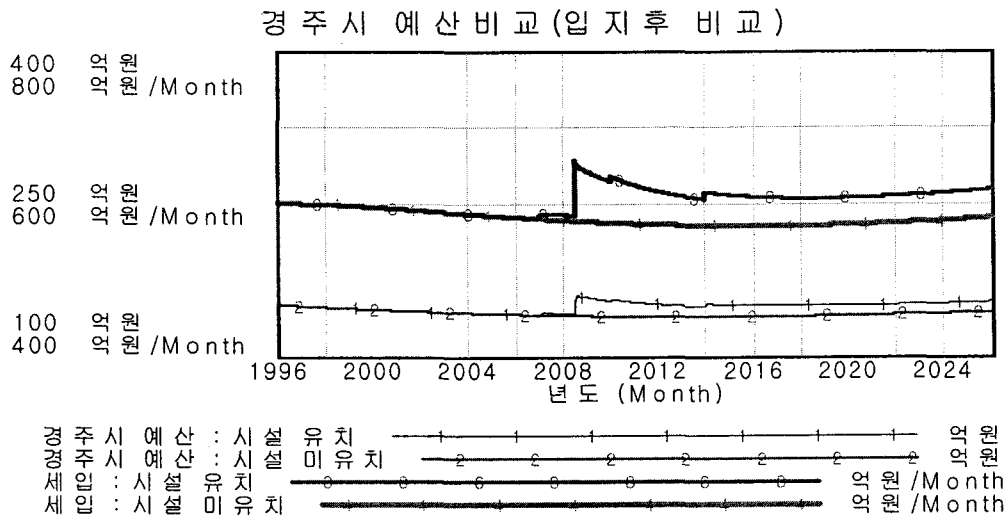
[그림 25] 토지면적의 변화(시설입지 여부 비교)

개발 가능 면적은 현재 활용하지 않고 있는 빈 땅이 매년 이용 가능한 토지로 변화하는 면적을 의미한다. 본 모델에서는 개발 가능 면적이 고정되어 있지 않고 산업체의 활성화 정도에 따라서 증감하도록 모델링 하였다. 그래프에서 보듯이 처분장 시설이 입지하면 산업이 활성화되기 때문에 토지의 개발도 가속화될 것이다.

가용 토지 지수는 '개발 가능 면적 증가' 파라미터의 다른 형태라고 할 수 있는데, 현재 시설들이 점유하고 있는 토지와 이용 가능한 면적의 비로서 그 수치가 작아질수록 개발 가능한 토지가 있다는 의미이다. 그래프에서 보듯이 처분장이 입지하면서 토지개발이 활성화되면서 가용 토지 지수가 하락하고 있다.

(6) 지방 재정의 변화

처분장과 한수원 그리고 양성자 가속기 시설이 건설되고, 건설이 완료된 후 운영되는 과정에서 이들 시설은 경제적인 효과를 발생시킨다. 그 형태나 방식이 어떠한지 간에 경주시 재정으로 귀속되는 모든 금액을 세입으로 파악했을 때 방사성폐기물처분장은 특별지원금 3,000억원(총액)과 연간 폐기물 반입금(약 85억원)의 수입을 얻을 수 있고, 한수원 본사의 경우 지방세로 매년 42억원을 경주시에 납부하게 된다. 뿐만 아니라 양성자 가속기 사업도 상응하는 세금을 내게 된다. 그 결과 아래 [그림 26]와 [그림 27]에서 보듯이 경주시 예산은 처분시설이 입지하는 2007년 이후부터, 더 많은 예산의 확보가 가능해지면서 지역주민을 위한 경제·사회적 프로그램을 실시할 수 있을 것으로 예상할 수 있다.



[그림 26]경주시 예산의 변화(시설입지 여부 비교)





## IV. 결 론

본 연구는 방사성폐기물처분장의 입지를 가정한 후 경주 지역의 경제, 사회 구조의 변화 모습을 예측하려는 목적으로 수행되었다. 도시의 생애주기(life-cycle)로 쇠퇴기에 접어든 경주시에 대규모 국책사업과 지원사업이 동시에 추진되는 것은 도시의 내·외형적인 측면에서 예상하기 어려운, 그것이 긍정적이든 부정적이든 분명 변화를 야기할 것이다. 따라서 그 변화의 원동력으로써 방사성폐기물처분장 건설과 다양한 정책 프로그램의 효과를 장기적인 관점에서 분석해보는 것은 처분장 입지가 결정된 후의 정책의 사후조치로서 중요한 의미를 가지고 있다고 할 수 있다.

그러나 복잡한 도시의 체제의 상호작용과 장기적인 관점에서의 접근은 기존의 단선적이고 정태적인 사고방식으로는 분석이 불가능하다. 그러므로 본 연구에서 방법론으로써 컴퓨터 시뮬레이션 기법인 시스템 다이내믹스(System Dynamics) 기법을 적용하여 처분장 입지에 따른 지역의 동태적인 변화과정과 경향을 지역사회의 인구, 산업, 토지, SOC, 지방재정 등의 변화 모습을 통해 분석하였다.

연구 결과, 처분장 건설 등의 프로그램은 경주시의 사회, 경제적인 부분들을 대체적으로 바람직하게 변화시키는 것으로 나타났다. 즉, 처분장의 유치는 경주시 인구나 산업을 증가시키고 토지이용을 가속화하며, 주택의 건설을 촉진한다. 그로 인해 지방의 재정은 풍족해지고 다시금 SOC와 지역경제에 투여되는 선순환 구조를 확인할 수 있었다. 처분장 시설의 유입은 지역사회를 긍정적으로 변화시켰다고 할 수 있다.

그럼에도 불구하고, 본 연구의 한계는 정책변수가 되는 처분장시설 프로그램이 세부적으로 확정되지 않은 상태에서 연구가 진행되었기 때문에 모델링에서 될 수 없는 부분들이 존재한다는 것이다. 차후 연구에서는 처분시설들의 계획이 확정된 후 도시 시스템 구조의 새로운 진단과 더불어 정확한 자료에 정밀한 시뮬레이션을 실시할 필요가 있다.

## 참고문헌

- 경상북도 전략산업기획단. (2005). 신에너지 산업 육성과 동해안 발전 전략 워크숍 자료.
- 경주시. (2004). 세입세출결산서. 경주: 경주시.
- 경주시. (2004). 2020 경주 도시기본 계획. 경주 : 경주시.
- 경주시. (2005). 경주통계연보. 경주: 경주시.
- 과학기술부 · 한국원자력안전기술원. (2003). 원자력 안전백서. 서울: 신진기획.
- 김도훈 · 문태훈 · 김동환. (1999). 시스템 다이내믹스. 서울: 대영문화사.
- 문태훈. (2002). 도시동태모형을 이용한 도시성장관리정책의 평가. 「한국 시스템다이내믹스 연구」 제3권 제2호 : 5-27.
- 산업자원부 · 한국수력원자력(주). (2004). 원자력 발전백서. 서울: 산업자원부. 한국수력원자력(주).
- 오세웅 · 여기태 · 이철영. (2001). 항만과 지역 경제간의 동태적 모델에 관한 연구. 「한국 시스템다이내믹스 연구」 제2권 제1호 : 29-50.
- 이만형 · 최남희. (2004). 그린벨트 해제와 도시 동태성 : 대안적 UD 모형을 이용한 그린벨트 정책 분석. 「한국 시스템다이내믹스학회 춘계학술대회 발표 논문」.
- 최연홍 · 정경상. (2003), 신행정수도의 도시계획, 「한국자치행정연구집」 제3호 : 83-115.
- 최연홍 (2006). 미국의 중·저준위 방사성 폐기물 처분장 소재, 「지방정부와 도시」 276호.
- Anderson, Virginia., Johnson Lauren. (1997). Systems Thinking Basic, MA: Pegasus Communication, Inc.
- Coyle, R. G. (1996), System Dynamics Modelling, Florida: Chapman & Hall/CRC.
- Ford, Andrew. (1999), Modeling the Environment, Washington D.C.: Island Press.
- Forrester, Jay W. (1990). Principles of System, MA: Pegasus Communication, Inc.
- Forrester, Jay W. (1969). Urban Dynamics, MA : The Colonial Press Inc.
- Forrester, Jay W. (1973). World Dynamics, MA : Wright-Allen Press, Inc.
- Gharajedaghi, Jamshid. (1999). System Thinking : Managing Chaos and Complexity, MA: Butterworth Heinemann.
- Mass, Nathaniel J. (1974). Readings in Urban Dynamics : Volume 1, MA: Wright-Allen Press, Inc.
- Richardson, George P. (1999). Feedback Thought, MA: Pegasus Communication, Inc.
- Ruth, Matthias., Hannon Bruce. (1997). Modeling Dynamics Economic System, New York: Springer.
- Steiss, Alan W. (1974). Urban Systems Dynamics, MA: Lexington Books.

- Sterman, John D. (2004). *Business Dynamics*, Singapore: McGraw Hill.
- Wolstenholme, Eric F. (1990), *System Enquiry*, New York: John Wiley & Sons, LTD.
- Warren, Kim. (2002). *Competitive Strategy Dynamics*, New York: John Wiley & Sons, LTD.