

# 지역의 생태지향적 발전전략 평가를 위한 체계동태모형의 정립과 적용

## -담양군 대나무 신산업 육성전략의 파급효과 분석-

### An Application of System Dynamics Modeling to the Measurement of the effectiveness of Local/Regional Sustainable Development Strategies: A Case of the Revival of Bamboo Industry in Damyang, JeollaNamdo

정희성\* · 전대욱\*\*

Jeong, Hoi-Seong\* · Jeon, Dae Uk\*\*

#### Abstract

With the purpose of long-range planning toward local/regional sustainable development, it is desired to avoid unconditional industrialization and expansion and to build an eco-oriented development strategy considering site-specific characteristics of the environment. This paper thus aims at the elaboration of a system dynamics model of a locality/region so as to understand inherent dynamics of sustainable development and to assess the effectiveness of such an eco-oriented strategy. The model thus consists of several positive and negative feedback loops that accelerate or restrict local/regional economic growth within a system boundary incorporating the environment, economy, and society. The model is moreover applied to the assessment of the effectiveness of the development plan recently established in Damyang in JeollaNamdo, Korea. It is regarded in this case to be effective for population immigration and economic prosperity to give priority to restore the bamboo ecosystem and nourish a series of eco-friendly industries based on the bamboo items developed recently. It is also to be positive to sustainable development since it enables to maintain high quality of the environment from the outset of their development steps.

**Keywords:** 지역개발, 지속가능 발전전략, 시스템 다이내믹스 모형, 지역 특화산업, 생태 및 환경자원  
(Regional/local development, sustainable development strategy,  
System Dynamics modeling, regionally/locally specialized  
Industry, ecological/environmental resources)

\* KEI 연구위원 (제1저자, hsjeong@kei.re.kr)

\*\* KEI 연구원 (dujeon@kei.re.kr)

## I. 문제의 제기

1990년대 중반 지방자치제도를 도입한 이후 우리나라의 정치 경제적 상황은 크게 변하였다. 지방자치는 선출직인 자치단체의 장이나 지방의회 의원들로 하여금 가시적인 성과를 요구하고 있기 때문에 각 지방자치단체는 보다 적극적으로 지역발전전략을 모색하고 있다. 그러나 대부분의 지방자치단체는 경제주의적인 물적 시설위주의 지역개발전략에 치중하여 우리 국토의 많은 부분이 난개발과 과잉개발로 신음을 하고 있다는 비판이 적지 않다.

이 같은 개발위주의 분위기 속에서도 적지 않은 지방자치단체는 자기 지역의 환경용량의 보전과 확충에 관심을 가지고 지속가능한 발전, 즉 지역의 생태용량을 고려한 지역개발 전략에 관심을 보이고 있기도 하다. 어떤 면에서 지역발전 전략에 있어서 지역의 환경적 특수성과 생태자원의 개발의 활용은 환경적으로도 건전하고 사회·경제적으로도 바람직한 방법일 것이다. 단지 경제적인 성장만을 위해 산업화를 추구하는 것 보다는, 지역의 사회문화적 특성에 맞는 산업적, 경제적 발전전략의 수립이 요구되며 이러한 사회문화적 특징은 지역의 지리적, 환경적 특수성에 기인하는 경우가 많다. 이는 자연환경과 지리적 특수성에 기인한 전통산업과 관련된 지식, 기술, 문화스톡이 사장되는 현재 우리나라의 상황에 있어서 지역특화산업과 지역관광산업의 연계에 있어서도 매우 중요하다.

그러나 이 같은 생태발전전략을 택하고 있는 자치단체가 지역 주민들에게 생태발전의 장기적인 효과를 계량적으로 보여주면서 지속가능발전의 비전을 제시하는 것은 말과 같이 쉽지 않다. 즉 지역개발 전략으로 지속가능한 발전전략을 택한다고 하더라도 그 성과를 지역 주민들에 가시적으로 제시하여 설득할 수 있는 방법론은 극히 부족한 실정이다. 때문에 논리적으로 지역의 환경용량을 보전하여 지속가능한 사회를 지향하는 것이 장기적으로 바람직하다고 주장하거나, 외국에서 그러한 발전전략을 택하기 때문에 또는 미래세대를 위한 도덕적인 책무 때문에 등의 추상적인 논거만을 제시하고 있다.

이에 본 연구에서는 체계동태분석 기법을 이용하여 지속가능한 지역발전전략을 평가하는 시론적인 모형을 제시하고 이를 실제적으로 적용하여 응용가능성을 검증하고자 한다. 지역발전전략으로서의 생태자원의 활용에 대한 지속가능성 평가모델의 구축과 적용이 본 연구의 주요 목적이다. 이를 위해 본 연구는 우선 지속가능한 지역발전목표를 가지고 생태발전 전략을 택하였을 때의 사회-경제-환경적 효과를 평가해 볼 수 있는 체계 분석적인 모형을 구축하는 접근방법을 제시한다. 이어 이러한 방법론을 토대로 담양군의 대나무 신산업 육성 전략에 적용할 수 있는 모형으로 발전시켜 동 전략의 중장기적인 지역발전 파급효과를 측정해 보려는 시도이다. 이러한 분석을 통해서 향후 이러한 접근방법이 지역의 다양한 생태발전전략을 평가하는 기법으로 활용될 수 있는 방안을 모색하여 제시하도록 한다.

## II. 지속가능한 지역발전 전략의 체계분석적 접근

### 1. 지속가능한 지역발전과 체계분석

1992년의 리우회의 이래 지속가능한 발전이라는 단어는 범세계적인 유행어가 되고 있다. 그러나 “지속가능한”이라는 단어는 논자에 따라서 매우 다양한 의미로 사용하고 있어 통일된 정의를 찾기는 쉽지 않다(정회성, 1993). 지속가능한 발전의 개념을 이해하기 위해서는 우선 지속가능성의 개념을 먼저 살펴보아야 한다. 그런데 지속가능성의 개념을 이해하려면 자본의 개념에 대한 이해가 선행되어야 한다.

경제학적인 측면에서 지속가능성이란 쉽게 표현하면 원금의 감소가 없는 이자만의 사용을 의미한다(Hartwick, 1998). 예를 들어 별다른 소득이 없이 은행에 예금되어 있는 정기예금으로 생활하는 가계를 상정하면, 매년 예치된 원금에 대한 이자의 범위내에서 생활하는 가계는 기존의 원금을 손상시킴이 없이 꾸준히 유지할 수 있을 것이다. 만일 이 가계가 이자의 범위를 넘어서는 소비를 하게 되면 언젠 가에는 그 원금이 고갈될 것이며 중국에는 소득원을 모두 잃게 될 것이다. 그러므로 이자의 범위 내에서의 생활 즉 원금의 감소를 초래하지 않는 소비활동을 견지한다면 이 가계는 지속가능할 것이다.

자본(capital)이라고 하면 유용한 재화나 용역의 유량(또는 흐름, flow)을 생산하는 어떤 것들의 저장(stock)으로 파악할 수 있다. 전통적으로 자본이라 함은 생산된 생산수단으로 이해되어 왔다. 그러나 인간이 만들지 않는 자연의 산물인 자연자원도 유용한 재화와 용역의 유량을 생산하는 저장과 같은 기능을 한다. 이러한 관점을 환경문제에 적용하면 지속가능성이란 환경자원의 재생산을 또는 자정능력(즉 자원이 제공하는 이자)을 넘지 않는 환경이용행위를 지속가능하다고 할 것이다(Daly, 1991). 즉 지속가능성 기준이란 저량이 보전되는 환경자원이용행위를 의미한다.

본질적으로 지속가능한 개발이란 자원의 저량이 감소되지 않는 개발을 의미한다. 그런데 자원의 저량을 감소시키지 않고 유량만을 활용하기 위해서는 우리는 자원을 효율적으로 이용할 수 있는 경제체제와 주어진 자원으로 사회구성원의 기초적인 욕구를 충족시켜줄 수 있는 사회체제를 지녀야 한다(Pops, 1997). 즉 효율적인 경제와 정의로운 사회를 요구한다는 것이다. 그런데 지구자원의 이용자에는 우리 후손들도 포함되는 바 우리 후손의 후생을 저하시키거나 생존에 위협을 주는 자원개발이나 이용은 윤리적으로 용납될 수 없다. 때문에 자원이용은 세대간의 자원배분상의 형평성도 보장되어야 하는 것이다.

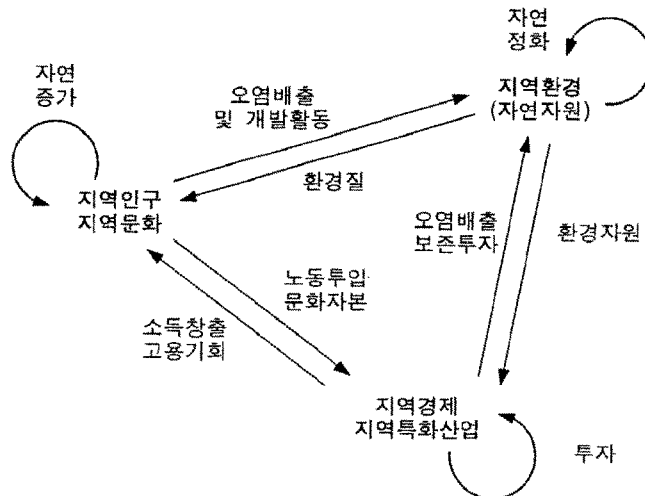
우리가 지속 가능한 지역발전이라고 한다면 이 같은 조건들이 충족되는 지역개발을 의미한다. 지역의 부존자원이 지니는 용량을 최대한 보전 또는 확충하면서 지역 주민들에게

자원의 혜택이 고루 가도록 효율적으로 해당자원을 활용하는 것이라고 할 것이다. 즉 생태자원을 중심으로 한 자원의 저량 보전을 핵심 축으로 하여 환경-경제-사회의 3대 추가 통합적으로 고려되는 지역발전전략을 의미하게 되는 것이다(Munasinghe & McNeely, 1995). 때문에 지속 가능한 지역발전을 논하려면 장기적인 환경-사회-경제의 상호작용과 발전관계를 염두에 두어야 한다.

그런데 환경과 경제 그리고 사회는 상호간에 에너지, 물질, 정보가 교환되면서 함께 진화하는 체계로서의 특징을 지니고 있다(정희성, 2002). 체계란 상호 작용하는 구성요소의 집합으로 파악되고 있는바 생태계, 경제계, 사회계는 상호 작용하는 복잡체계라고 파악할 수 있다. 그러므로 어떤 지역이 지속 가능한 방향으로 발전하고 있는지를 평가해 보려면 체계 분석적인 관점에서 장기적인 지역발전방향을 분석 평가해 보려는 노력이 있어야 한다.

## 2. 지속 가능한 지역발전체계의 영역 설정

체계분석적인 관점에서 지속가능한 지역발전을 평가하려면 지속가능 지역발전체계를 파악하여야 한다. 지속가능 지역발전 체계는 분석의 목적이나 취지 그리고 분석자의 관점에 따라 다양한 방법으로 정의해 볼 수 있을 것이다. 그러나 본 논문에서는 지속가능한 지역발전 체계를 <그림 1>과 같이 환경-경제-사회가 상호 작용하는 체계로 단순하게 파악하도록 한다.



[그림 1] 체계영역도(system boundary diagram): 환경-경제-사회의 상호작용

우선 환경·생태계는 지역주민의 경제활동에 필요한 자원을 제공하면서 또한 지역주민의 삶의 질 향상에 필수적인 높은 환경질을 제공하는 역할을 한다. 환경계는 경제활동의 결과로 배출되는 폐기물을 처리하는 기능도 수행한다. 환경계를 구성하는 핵심인자는 지역 성장에 따른 개발면적 변화, 농지량의 변화 등 토지자원, 에너지·광물·수자원 등의 자연자원과 어획, 농업, 축림, 산림 등의 생태자원으로 구분된다. 또한 인구와 산업에서 배출되는 환경오염물질은 환경자원의 질을 저하시키는 요인이다.

경제계는 환경으로부터 추출된 자원을 이용하여 인간의 활동에 필요로 하는 재화와 서비스를 생산하는 체계이다. 지역주민에게 고용기회를 주며 소득을 창출하여 지역주민의 복지증진에 기여한다. 지역의 경제발전을 위해서는 전통산업과 새로운 지역특화산업에 의한 소득창출이 중요하며 노동, 자본, 기술, 자연·생태자원 등 지역특화산업의 성장을 위한 인프라도 강조된다. 그리고 지역특화산업에 대한 역내의 수요변화와 제품의 질적 측면을 반영하는 제품의 이미지도 중요한 역할을 할 것이다.<sup>1)</sup>

사회계는 해당지역의 발전을 위한 소프트웨어적인 성격을 지닌다. 양적으로는 인구의 증감 즉 자연적 및 사회적 요인에 의한 인구규모의 변화가 우선 고려된다. 그러나 중요한 것은 인구스톡 및 새로운 지역특화산업에 대한 노동력의 양과 질이라고 할 것이다. 특히 환경적(환경질), 경제적(소득), 사회적(지역이미지) 등이 포괄적으로 아우러져 결정되는 공동체의 질 또는 지역의 이미지는 지역의 무형자산으로 지역의 산업발전과 성장에 긍정적으로 기여한다고 할 것이다.<sup>2)</sup>

### 3. 지속가능발전체계 분석을 위한 기본구조

지속 가능한 지역발전체계를 분석하기 위해서는 체계 전제로서의 동태성을 파악할 수 있는 몇 가지의 현실적인 가설을 필요로 한다. 이러한 가설은 환경-경제-사회 등 개별 체계의 동태적 변화를 나타내는 것은 물론 이들 체계간의 상호작용관계를 표현해주는 기능을 한다. 본 논문에서는 다음과 같은 6개의 동태적 가설(dynamic hypotheses)을 기초로 지속 가능한 체계분석을 위한 이론적인 구조를 작성하도록 한다.

- 
- 1) 본 논문에서의 제품이미지는 브랜드이미지를 포함한 특화산업 제품군의 질적 경쟁력을 의미함으로써, 일반적인 기업 혹은 산업성장 모형에서의 상표인지도(전재호, 2003)와 유사한 개념으로 인식되나 지역 특화산업의 적용에 있어서는 생산비용의 절감에 따른 가격경쟁력에 관한 내용보다는 시장지배력에 가깝다고 볼 수 있다.
  - 2) 이와 유사한 개념으로 지역 관광산업의 지속가능성과 관련된 문화자본에 관한 시스템 다이내믹스 모델은 Patterson et al.(2004)을 참조

가설S1: 환경의 질은 오염배출과 환경용량에 의해 결정되며, 환경용량은 생태자원 등과 관련된 자정용량과 총 수용체용량이라고 할 수 있는 총매질량(문태훈, 1999)에 의해 결정된다. 즉 다음과 같다.

$$\text{환경 질} = \frac{\text{오염배출량} - \text{자연정화량}}{\text{오염수용체용량}} = \frac{\text{오염배출량} - f(\text{자정용량})}{\text{총매질량}} ;$$

$$\text{자정용량} = g(\text{비개발토지량, 생태자원량})$$

가설S2: 지역소득은 지역 내 일반산업과 지역 특화산업의 수익에 의해 결정된다. 지역 특화산업은 지역고유의 생태자원을 기반으로 한 농림수산업과 생태자원과 관련된 제조업 및 서비스업으로 대별된다.

가설S3: 각 산업생산은 노동, 자본, (지식 혹은) 기술, 자연자원 혹은 생태자원의 4 요소와 규모수익불변을 가정한 경제학의 전형적인 Cobb-Douglas 형태의 생산함수<sup>3)</sup>를 따르되, 제품이미지에 의해 창출되는 수요에 의해 제약된다.

$$\text{생태자원기반 제조업/서비스업생산} = (\text{지식기술} \times \text{노동})^\alpha (\text{자본})^\beta (\text{생태자원})^\gamma$$

$$\text{생태농업생산} = (\text{지식기술} \times \text{노동})^\alpha (\text{자본})^\beta (\text{농지})^\gamma \quad (\text{단, } \alpha + \beta + \gamma = 1)$$

$$\text{제조업/서비스업수익} = f(\text{제품이미지}) \times \text{제조업/서비스업생산}$$

$$\text{생태농업수익} = f(\text{제품이미지}) \times \text{생태농업생산} \quad (\text{단, } f > 0, f' < 0)$$

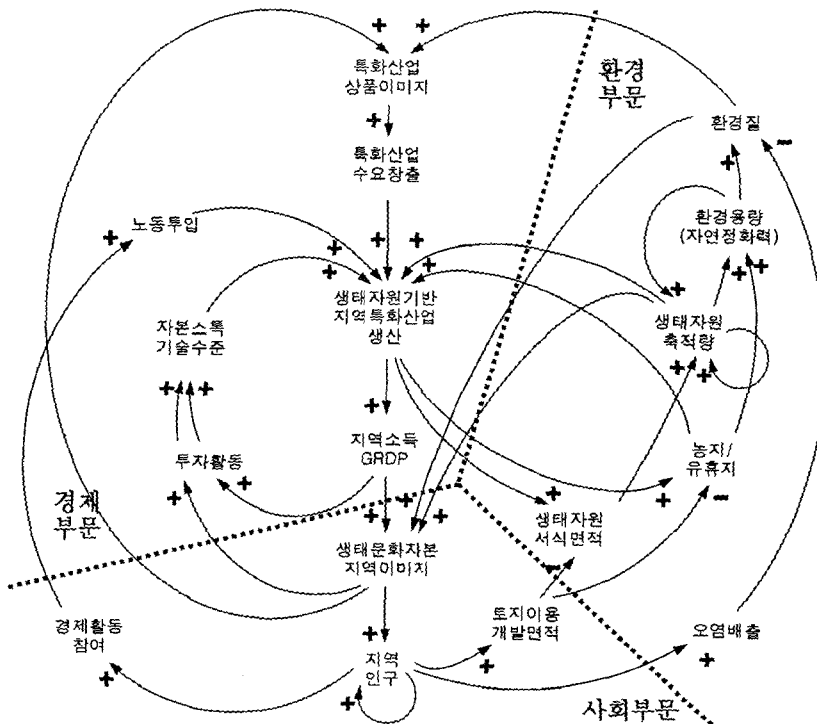
가설S4: 인구유입은 내생적 유입(순출생)과 외생적 유입(역외이주)으로 구분된다. 또한 외생적 유입요인은 경제적 측면(지역소득)과 사회·환경적 측면(지역 이미지)이며, 유입량은 이 각각의 요인에 비례한다. 인구의 순출생에 의한 자연증가는 매 시점 출생에서 사망을 제한 순출생량은 순출생률에 비례한다. 순출생률은 외생적으로 결정된다.

3) 경제성장론의 내생적 성장이론(Endogenous Growth Theory)에 의한 기술수준의 모델링에 대해서는 전대욱 외(2003)를 참조

가설S5: 생태문화자본·지역이미지의 재고요인은 경제적 측면(지역소득)과 환경적 측면(환경질, 자연자원의 풍부함)으로 구분되며, 이미지 재고량은 이 각각의 요인에 비례한다.

가설S6: 특화산업 제품질과 시장지배력을 포괄하는 제품이미지 재고요인은 사회경제적 측면(생태문화자본·지역이미지)과 환경적 측면(환경질)으로 구분되며, 이미지 재고량은 이 각각의 요인에 비례한다.

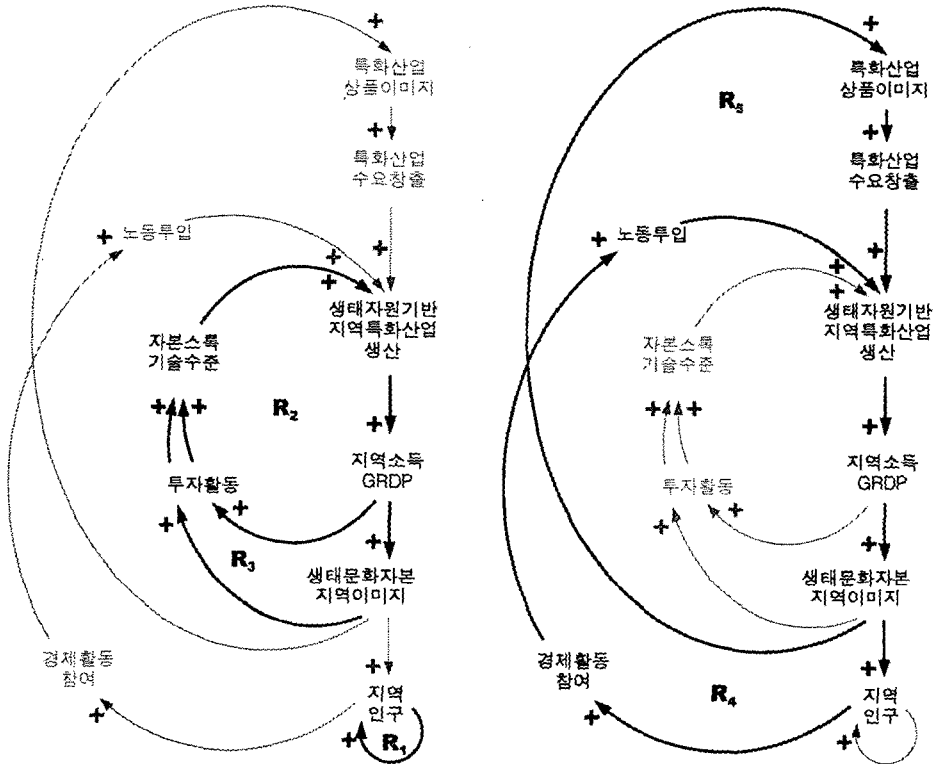
이 같은 가설을 토대로 체계분석을 위한 인과관계의 고리들을 도출해 보면 <그림 2>와 같을 것이다. 여기서의 인과지도는 포괄적인 지역발전을 평가하기 보다는 지역의 특정 생태자원을 이용하여 지역발전전략을 모색하였을 경우의 인과관계를 묘사한 것이다. 즉 특정지역이 지역 고유의 생태자원을 육성하여 환경질을 보전하면서 지역발전을 모색할 경우 일어날 수 있는 상황을 일반적인 모형형태로 제시한 것이다. 여기에서 제시하는 인과관계 구도를 특정지역에 적용하고자 할 때는 그 지역에 맞도록 약간 변형하여 활용할 수 있을 것이다.



[그림 2] 지속 가능한 지역발전체계분석을 위한 인과지도

### Ⅲ. 지속가능 지역발전 체계분석 동태모형의 상호작용 구조와 기설

#### 1. 사회-경제부문의 상호작용



[그림 3] 사회-경제부문의 상호작용에 관한 피드백 고리

경제와 사회간의 상호작용 고리는 두 가지의 강화고리를 가질 것이다. 지역특화산업의 육성을 위한 투자가 가져오는 효과와 투자에 의해 촉발된 경제성장이 초래하는 효과가 상승작용을 할 것이다.

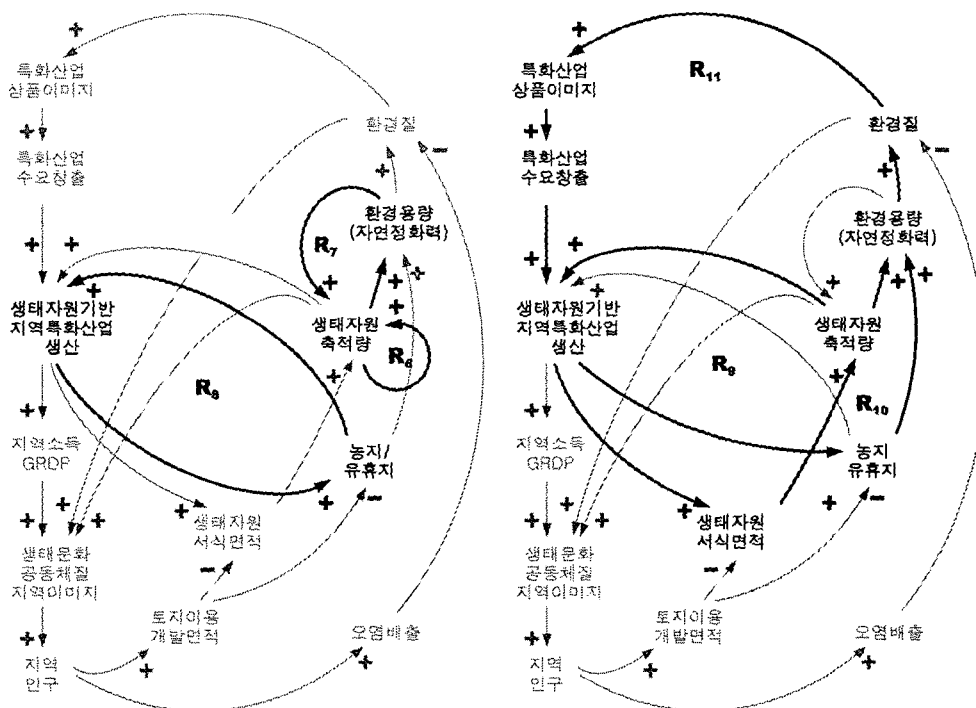
첫째는 “투자의 가속도원리”(Arif & Saeed, 1989)에 의한 강화고리들(R2, R3)이다. 지역특화산업의 발달은 지역소득의 증가를 가져오며 소득의 증가는 지역내부(R2) 또는 지역의 부에서의 투자(R3)를 유도할 것이다. 투자의 증대는 자본스톡의 증가와 함께 기술수준의 증가를 초래하여 특화산업의 추가적인 발달을 초래하는 강화고리를 형성할 것이다. 그런데 지역내부에서의 투자증가는 소득증가(지역의 저축)의 함수로 볼 수 있으나 지역외부에서의 투자증가는 외부에서의 해당지역에 대한 인식 — 공동체의 통합성 또는 환경질 등 — 에 의존하게 될 것이다. 즉 지역 내에서의 자본 및 기술투자량은 소득에 비례한다고 볼 수 있



나 역외로부터의 자본 및 기술투자량은 생태문화자본/지역이미지에 비례한다고 할 수 있을 것이다.

둘째는 “경제성장의 승수효과”(Parayno & Saeed, 1993)에 관한 강화고리들(R4, R5)이다. 지역특화산업의 발달은 소득증가와 함께 지역의 생태문화자본을 확충하게 되어 타 지역에 살기 좋은 곳이라는 이미지를 주게 된다. 지역의 이미지 향상은 지역으로의 인구유입을 초래하여 경제활동을 위한 노동투입을 증가시킬 뿐만 아니라 지역특화산업의 상품에 대한 인식도 제고하여 수요의 창출에 도움을 줄 것이다. 경제활동은 인구에 비례하며, 노동투입은 경제활동에 비례하며 특화산업의 수요량은 상품이미지에 비례한다고 할 수 있기 때문이다. 그리하여 한 편으로는 노동투입의 증가에 따른 특화산업의 생산증가(R4)와 수요창출에 따른 특화산업의 생산증가(R5)라는 강화고리를 형성하게 될 것이다.

## 2. 경제-환경부문의 상호작용



[그림 4] 경제-환경부문의 상호작용에 관한 피드백 고리

환경과 경제부문의 상호작용에 관한 관계에서는 다음과 같은 두 분류의 강화고리를 찾

아 볼 수 있다. 지역적으로 특화된 생태산업(농림수산업 및 생태자원기반의 제조업과 서비스업)의 발달은 지역의 자원·생태자원의 성장은 물론 환경질의 개선에 도움을 줄 것이다.

첫째는 “생태산업의 성장과 자연자원(토지 및 생태자원)의 성장간의 상생”에 관한 두 개의 강화고리들(R8, R9)이다. 지역특화산업의 생산증가는 지속적 생산을 위한 농지확보 노력으로 이어져 생태자원의 재배면적(예를 들어 농지 투입량)을 증가시키고 특화산업(생태농업)의 생산도 증가시킬 것이다(R8). 생태자원의 서식면적 즉 농지 등의 증가는 생태자원량을 증가시켜서 생태자원에 기반한 특화산업(특히 제조업 및 서비스업)의 생산증가를 보다 원활하게 해 줄 것이다(R9). 즉 생태자원기반 산업의 성장은 생태자원의 서식면적의 증가는 물론 그 생태자원의 질 즉 생태자원의 축적량도 증가시켜 생태자원의 양적 질적 향상을 초래할 가능성이 높다.

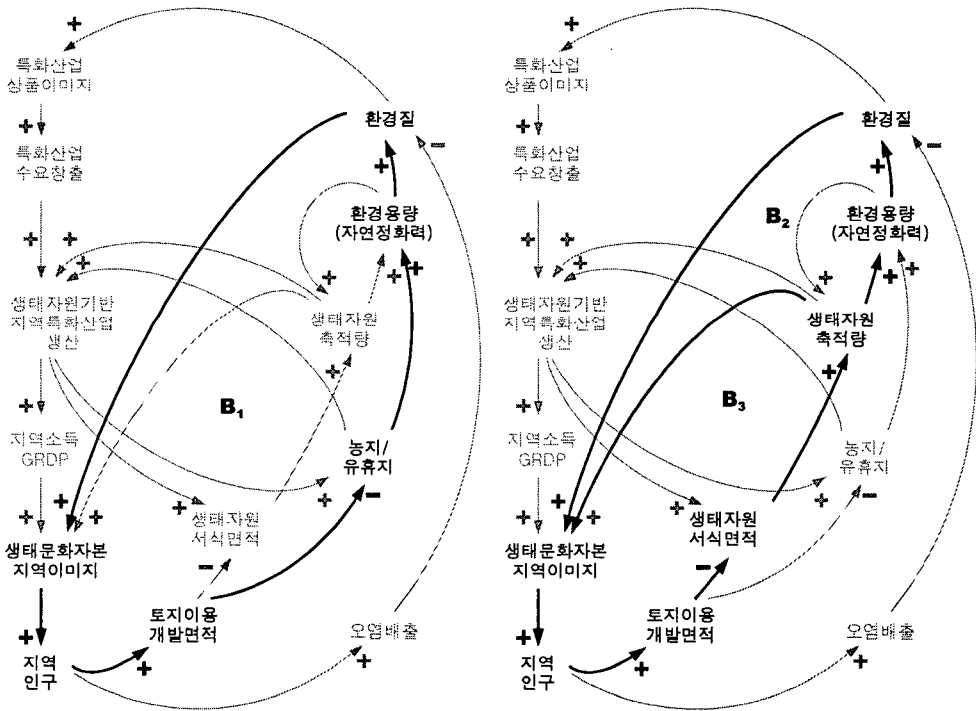
둘째 “생태산업의 발달은 환경질과 상생관계”(R10, R11)를 지닌다. 우선 생태농림수산업은 환경질과 시너지효과를 지닐 것으로 보이는데, 생태농림수산업의 생산증가는 농지 등 자연자원을 증가시켜 환경용량을 높이고 환경질을 개선하여 줄 것이다. 해당지역의 좋은 환경을 지닌다고 알려지면 지역의 특화산업의 제품이미지가 크게 개선되어 수요창출에 도움이 되며 결과적으로 생태농림수산업의 생산량을 증가(R10)시킬 것이다. 그리고 생태자원기반의 제조업 및 서비스업의 생산증가는 생태자원의 서식면적과 서식량 증가로 이어져 지역의 환경용량의 확충과 환경질의 개선에 도움이 되고, 동 지역의 생태도시로서의 이미지와 함께 지역상품의 이미지도 높여 수요창출을 지원(R11)할 것이다.

### 3. 사회-환경부문의 상호작용

환경과 사회부문간의 상호작용 고리는 경제성장과 환경자원의 성장에 대한 조절고리 역할을 한다. 한정된 공간에서 동일한 생태자원이나 환경질을 유지하면서 인구가 무한정하게 증가할 수는 없다. 즉 특정지역에서의 인구증가를 억제해주는 토지 및 생태자원의 한계를 고려해야 하는 것이다.

본 논문에서는 “인구증가와 환경파괴”에 관한 세 개의 조절루프(B1-B3)를 제시하고 있는데, 그 첫째는 토지제약에 의한 인구성장의 한계(B1)이다. 즉 인구증가는 토지이용의 증가로 나타나며 인간 정주지의 증가는 결국 제한된 토지자원에서 농지 또는 산지 등 유휴지 감소로 나타나 환경용량 및 환경질의 악화로 나타날 것이다. 해당지역의 환경질 악화는 해당지역의 공동체질 또는 지역이미지에 악영향을 주어 인구유입을 감소시켜 인구증가를 조절해 줄 것이다. 여기에서 우리는 개발면적의 수요는 인구량에 비례하며 농지 및 유휴지 등 비개발면적의 감소는 개발면적의 증가에 비례한다고 단순화 한다.

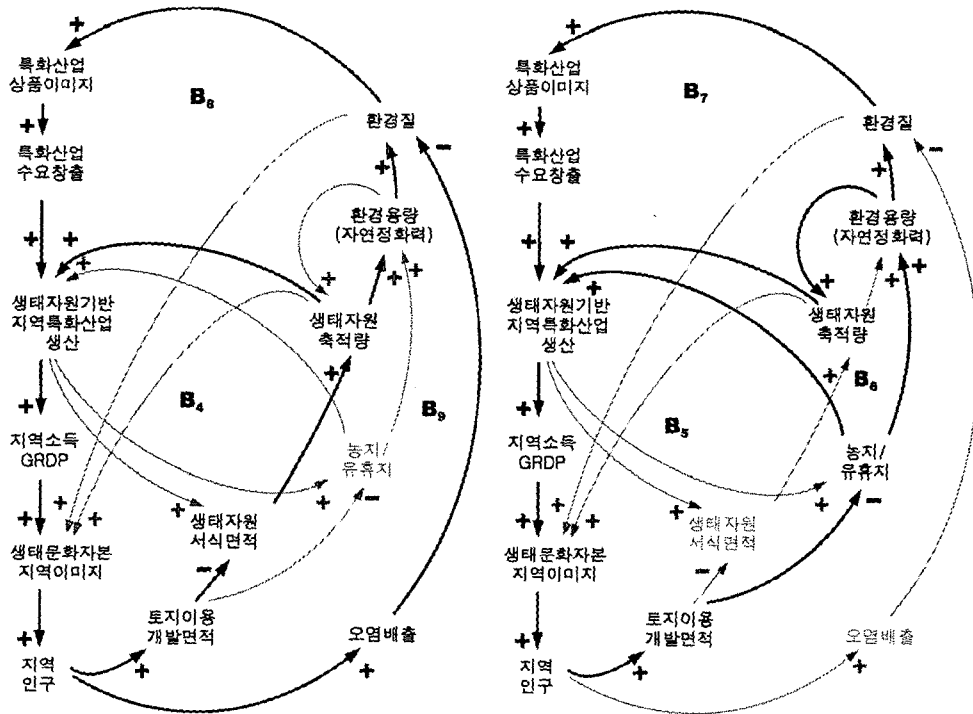
인구증가는 다른 한편으로는 지역의 생태자원 서식면적 또는 서식량의 감소를 초래하여 인구성장을 억제할 것이다. 즉 인구증가로 토지이용이 증가하면 생태자원 서식면적 및 서식량이 감소할 것이다. 생태자원량의 감소는 환경용량 및 환경질의 악화를 의미하며 공동체 질과 지역이미지 저하로 인구유입을 감소시켜 지역의 인구증가를 조절(B2)할 것이다. 서식면적의 감소는 개발면적의 증가에 비례할 것이기 때문이다. 그리고 생태자원량의 감소는 지역의 생태문화의 위축으로 지역의 환경친화이미지를 악화(B3)시킬 것이다.



[그림 5] 사회-환경부문의 상호작용에 관한 피드백 고리

#### 4. 환경-경제-사회부문의 상호작용

조금 더 포괄적으로 환경-경제-사회 부문간의 상호작용관계를 살펴 보도록 한다. 환경-경제-사회는 상호간에 열키고 설킨 관계로 영향을 주고 받으면서 서로 상승작용을 하기도 하지만 상호성장을 조절하기도 한다.



[그림 6] 환경-경제-사회부문의 상호작용에 관한 피드백 고리

첫째는 “환경파괴로 인한 지역특화산업의 생산제약”에 관한 조절루프들(B4-B6)을 생각해 볼 수 있다. 생태교란이나 토지제약에 따른 경제성장의 한계를 나타내는 것인데 그 관계는 다음과 같다. 특화산업의 생산증가는 지역소득을 증가시키고 지역이미지 개선과 함께 인구증가를 촉진시킨다. 그런데 인구증가는 개발면적을 증가시키고 다시 생태자원의 서식면적 및 서식량의 감소를 초래하여 특화산업의 생산을 위축(B4)시킬 것이다. 개발면적의 증가는 다른 한편으로는 농지 및 유흥지 등의 비개발면적의 감소를 의미하며 환경용량 및 생태 자원량의 감소로 생태농업의 생산감소(B5, B6)를 초래하게 될 것이다.

둘째 “환경파괴로 인한 지역특화산업의 성장제약”에 관한 조절루프들(B7-B9)을 생각해 볼 수 있다. 즉 위와 마찬가지로 토지제약, 생태교란, 오염물질 배출 등에 의한 특화산업의 성장한계를 말한다. 토지제약에 의한 특화산업의 성장한계구조(B7)는 특화산업의 생산이 증가하며 소득이 증가하고 인구유입으로 개발이 촉진되는 상황에서 이해할 수 있다. 개발면적의 증가는 농지 및 유흥지 감소, 생태자원 서식면적 및 서식량 감소, 환경용량 및 환경 질 저하 등으로 특화산업의 상품이미지 및 수요를 감소시켜 특화산업의 생산감소를 야기할 것이다. 생태교란과 오염배출에 의한 특화산업의 성장한계 고리 역시 마찬가지로의 인과경로를 따른다. 하지만 생태교란에 의한 특화산업 성장한계의 조절고리(B8)는 환경용량으로 피

드백 되는 과정에서 농지 및 유휴지를 거치지 않고 서식면적의 감소를 통한다는 점이 다르며, 오염배출에 의한 특화산업 성장한계의 조절고리(B9)는 인구증가가 오염배출의 증가를 통해 환경용량으로 피드백 된다는 점에서 차이를 보이고 있다.

#### IV. 지속 가능한 지역발전전략 평가모형의 적용과 해석 :

##### 전남 담양군의 대나무 신산업 육성전략의 생태-경제 파급효과 평가

##### 1. 담양군 대나무 신산업 육성 전략과 참조동태(reference mode)

전라남도 담양군은 전국에서 가장 풍부하고 양질의 죽림을 보유하고 있는 우리나라 대나무의 주산지로서 1950년대부터 1980년대 초반까지 죽제품 관련산업으로 호황을 누린 바 있다. 그러나 1980년대 중반 이후 플라스틱 제품의 범람과 값싼 중국산 죽제품의 수입 등의 이유로 대나무 관련산업은 쇠락하기 시작하였고 그 결과 대나무 서식면적, 주민소득, 인구 등 사회, 경제, 환경적인 쇠퇴를 초래하게 되었다.

그러나 1990년대 중반부터 시작된 대나무를 이용한 신상품의 연구개발과 함께, 민선3기 군정이 시작되는 2002년을 기점으로 주요 시책으로서 대나무자원을 활용한 생태도시 육성 전략이 시작되었다. 생태도시 육성전략은 대나무를 이용한 주요 지역특화산업을 육성하는 것으로, 단순가공의 죽제품예를 뛰어 넘어 대나무와 관련된 최근의 지식·기술적 성과를 접목시켜 이를 토대로 새로운 신산업을 부흥시키고 지역경제의 안정적인 성장동력으로 육성하고자 하는 지역 발전전략이다.

이와 같은 생태도시 육성전략을 추진하기 위해 담양군은 ‘대나무신산업 지역혁신체계(RIS: Regional Innovation System)’의 구축을 목표로 행정 및 산학협력 체계를 정비하였다. 그 결과로 2003년 대나무신산업추진 연구위원회, 다산바이오사업단, 대나무자원연구소, 대나무박물관, 죽녹원 등이 신설되면서 대나무자원을 활용한 특화산업의 육성에 주력하였다. 또한 담양군은 대나무신산업, 생태농업, 생태관광산업을 지역특화산업으로 지정하고 이를 적극적으로 육성하기 시작하였다.

구체적으로 담양군은 대나무 서식면적의 확대, 연구활동에 의한 신상품의 개발, 친환경 농업 육성 5개년 계획, 특화산업에 대한 각종 산업정책 등을 단계적 추진하고 있다(담양군, 2005). 대나무 서식면적은 2003년 이후 2013년까지 매년 200ha 정도를 늘릴 계획 하에 투자를 진행하고 있으며, 군정차원에서 20여건의 연구개발활동에 약 10억원을 투입하고 있다. 생태농업의 경우 2004년부터 5개년 계획에 따라 단계적으로 친환경농업 인증면적을 확

대하고 있으며, 생태관광업의 경우 축제 개최, 리조트 및 친환경골프장의 유치 및 건설 등을 통해 2002년 이후 관광객이 약 40% 증가한 것으로 나타나고 있다.

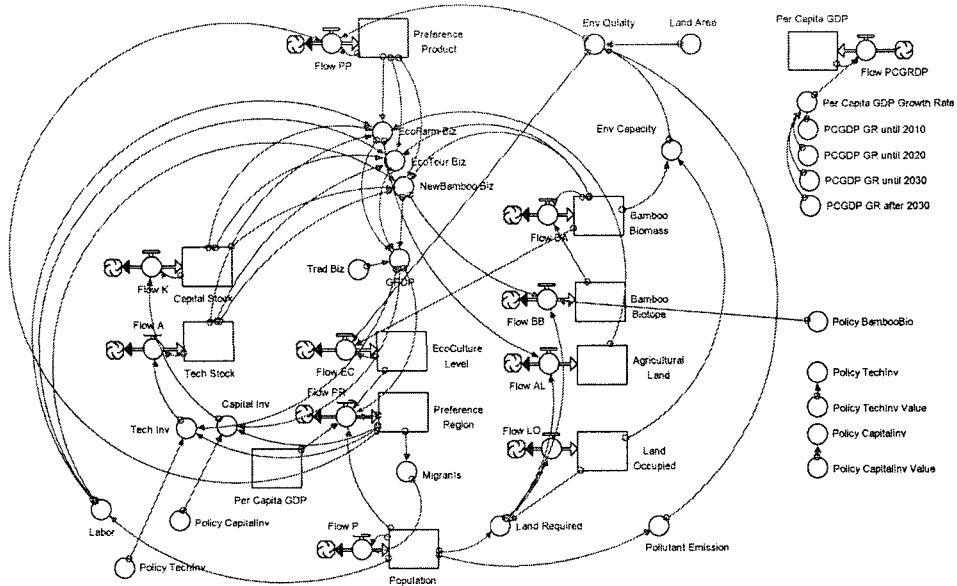
이와 같은 노력의 결과로 꾸준히 감소추세를 거듭했던 대나무 서식면적은 2004년 944ha로 증가추세로 전환하였으며, 2005년말 대나무 신상품에 관한 지적재산권 총 108건을 확보하였다. 또한 2004년 이후 본격적으로 시작된 10여개 신산업체에 의해 약 50억원의 매출이 달성되었고, 이 성장세는 향후 5년간 약 20%의 연평균 성장률을 보일 것으로 예측된다. 이와 같은 특화산업의 성장에 힘입어 담양군의 GRDP의 성장률은 향후 10여년간 대략 10%를 상회할 것으로 전망(조연상 외, 2005)되고 있어, 현재까지 이러한 지역 환경특성을 감안한 생태자원기반 발전전략은 매우 성공적인 것으로 평가되고 있다.

이러한 현상에 대한 시스템 사고의 활용은 <그림 2>에 나타난 인과지도를 담양군의 사례에 맞게 적용함으로써 이루어질 수 있다. <그림 2>에서 생태자원의 경우 대나무자원이 될 것이며, 지역 특화산업은 대나무신산업, 친환경농업, 생태관광업의 3개 산업으로 분류하여 생각할 수 있다. 전통적인 대나무 산업의 쇠퇴와 인구, 죽림면적의 감소로부터 특화산업 육성의 리더쉽에 의한 소득증가와 지역이미지 개선, 나아가 인구증가와 같은 참조동태(reference mode)를 재현하는 것은 다음에서 제시된다.

## 2. 시뮬레이션 모델과 추정 및 설정값

시뮬레이션을 위한 실험모형은 <그림 7>에 제시된 바와 같다. 실험모형의 수식들과 관련된 파라미터 및 스톡 및 수준변수의 초기값에 대한 추정 및 설정치는 <부록>에 제시된 바와 같다.

실험모형의 추정치를 위해서 1998년부터 2005년까지의 담양통계연보와 담양군청 및 대나무연구소 등의 내부자료를 활용하였으며, 자료가 존재하지 않은 일부 파라미터 등에 대해서는 적절한 가정에 의한 설정값을 부여하였다. 구체적으로 인구(인구, 자연증가율 및 역외인구유출입), 토지(농지, 유휴지, 개발면적 등), 대나무관련 서식면적 및 서식량, 오염배출(폐수방류량) 등은 담양 통계연보 및 통계청 KOSIS DB를 참조하여 각 년도의 평균 혹은 회귀분석 등에 의해 추정하였다.



[그림 7] 담양군 실험모형(Stock-Flow Diagram)의 구조

또한 GRDP의 경우 2002~2004년에 대해 추정된 관련연구(조연상 외, 2005)를 참조하였으며, 투자량은 담양군청의 내부자료를 활용하여 추정하였다. 자본 및 기술스톡의 경우 기초자치단체 수준의 연구가 전무하므로 초기값의 추정 등이 불가능하고, 따라서 관련 경제변수들의 시뮬레이션 초기값을 1로 설정하여 기준년도에 대한 상대적 변화에 의해 실험을 수행하였다. 상대값에 의한 수준변수의 변화량은 국부조사, 지역자산관련 통계, 지적재산권 확보 등의 관련 대리변수(proxy)의 변화량을 감안하여 결정하였다. 생산함수의 계수들의 경우 산업별로 추정이 불가능하여 실제적 및 이론적 관련전문가의 의견을 종합한 설정값을 부여하였다.

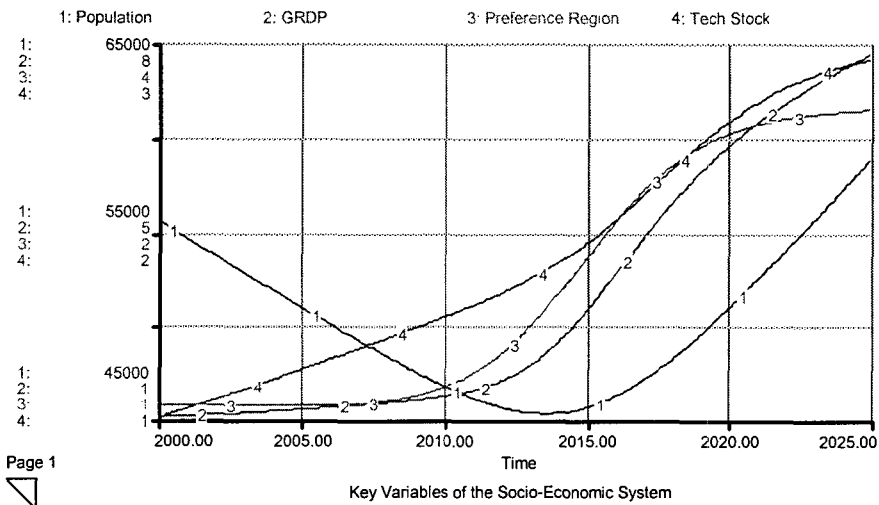
아울러 추정이 불가능한 사회 및 환경관련 변수들의 경우 마찬가지로 초기값을 1로 설정하고 변화량을 결정하는 파라미터들을 관련변수들을 통해 추론하였으며, 지역 및 제품이미지, 생태문화수준 등의 추상적인 변수들의 동적 행태는 로지스틱 함수행태를 가정하고 관련 파라미터를 설정하였다. 지역이미지의 경우 전국의 1인당 GRDP와 담양군의 1인당 GRDP의 현존하는 비율을 초기값으로 설정하였고, 각 로지스틱 함수의 밀도제약에 해당하는 한계용량(carrying capacity)의 경우 일괄적으로 현재수준의 300%로 설정하였다.

### 3. 생태도시 육성전략의 동적 행태

이와 같이 구성된 실험모형으로부터, iThink/Stella7 패키지의 통상적인 Euler Method에 의해 2000년부터 2025년까지 DT 0.1년의 년단위 시뮬레이션을 수행하였다. 수행결과를 토

대로 2000년부터 2005년까지 인구, 토지, 대나무자원 등의 현존하는 통계자료와 GRDP, 각 산업별 성장추세 등 2009년까지 주요 전망결과에 근접하도록 설정값들에 대한 교정(calibration)을 실시하여 초기실험값(base-run result)을 도출하였다.

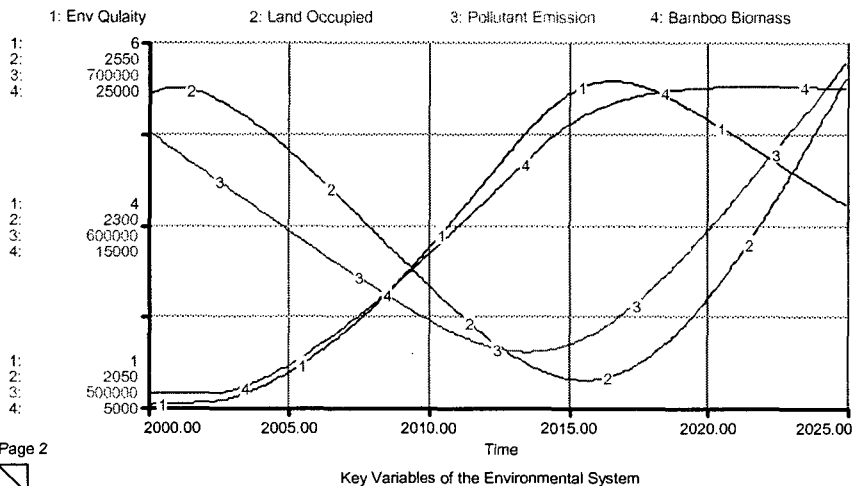
그 결과 생태도시 육성전략의 주요 변수들에 대한 동적 행태가 <그림 8>과 <그림 9>에 제시되어 있다. <그림 8>은 사회경제적 체계내의 주요 변수들로서 인구(1번 표시선), 소득(2), 지역이미지(3), 기술수준(4)이 제시되어 있고, <그림 9>는 환경 체계내의 주요 변수들로서 환경질(1), 개발면적(2), 오염배출량(3), 대나무자원량(4)이 제시되어 있다.



Page 1



[그림 8] 사회경제적 동적행태: 인구(line 1), 소득(2), 지역이미지(3), 기술수준(4)



Page 2



[그림 9] 환경적 동적행태: 환경질(1), 개발면적(2), 오염배출(3), 대나무자원량(4)



<그림 8>에서 2010년 이전에는 지역이미지(3)와 지역소득(2)이 완만하게 증가하고 그 이후에는 급격히 상승하는 것을 볼 수 있다. 여기서 2002년 근방에 관찰된 인구(1)와 전통 산업에 대한 감소추세를 극복하는 정책효과를 보기 위해서는 일련의 시간이 필요한 것을 알 수 있다. 감소추세의 극복은 산업기반의 확충과 시장확대 등이 이루어지는 2010년 이후로 예측된다. 2002년 이후 죽림면적의 확대정책과 기술 및 자본투자 등이 이루어질 때, 2010년 이전에는 기술수준(4) 등을 상승시키는 투자의 가속도고리(R2-3)와 대나무자원, 농지 등의 생태자원과 생산과의 시너지 효과(R9, R11)에 의해 성장이 주도된다. 또한 본격적인 상승세에 접어든 2020년 근방에서는 탄력을 받은 성장세가 전술한 다양한 강화고리들에 의해 가속화된다.

<그림 8>에서 무엇보다도 중요한 것은 인구증감의 반전이다. 2012~2014년경 인구감소의 추세가 변하는 것은 소득증가와 환경질의 제고에 의한 지역이미지(지역의 거주매력도)의 제고에 기인한다. 인구의 전환점 근방에서 담양군의 1인당 GRDP는 우리나라 전체의 1인당 GDP에 비해 대략 80~95% 정도로 예측된다. 2004년 현재 담양군의 1인당 GRDP 추정치는 전국 1인당 GDP의 약 60% 수준임을 감안할 때, 인구감소 추세를 반전하기 위해서는 담양군의 지역특화산업 성장에 의한 1인당 GRDP의 증가율이 전국 1인당 GDP의 증가율을 상회하며 이러한 추세를 지속시켜 그 차이를 최대한 줄일 때 가능하다는 사실을 확인할 수 있다.

<그림 9>에 나타난 환경질(1)의 동적 행태는 개선 후 정체 혹은 감소의 패턴을 보이고 있다. 개선행태는 2000년의 실험초기 년도에 비하여 2010년 및 2020년 근방에서는 환경질이 훨씬 더 좋은 수준인 것으로 나타나는 것이며, 정체 혹은 감소의 행태는 2015년 이후 인구의 증가추세가 두드러지기 시작하면서 관찰된다.

본 논문에서는, 환경질을 단위 오염수용체 용량당 오염부하량으로 정의한 문태훈(1999)의 연구에서와 유사하게 단위 오염수용체 용량당 순오염부하량(오염배출량 - 자연정화량)으로 정의하였으므로, 환경질의 개선효과는 배출량에 영향을 미치는 인구의 감소와 자연정화량에 영향을 미치는 생태자원량의 증가라는 두 가지 측면에서 이해할 수 있다. 초기의 환경질 개선효과는 배출량(3)의 감소와 생태자원량(4)의 증가에 기인하며, 지역특화산업의 성장과 시너지 효과를 창출하여 2010년 이후에는 개선효과가 급증하기 시작한다.

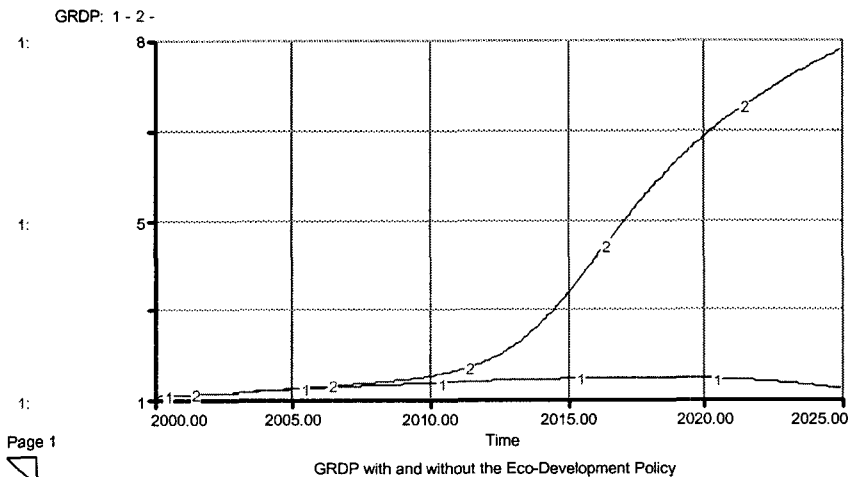
그러나 2015년 이후 인구증가는 토지수요(2)와 오염배출(3)의 확대를 야기시키면서 환경에 대한 부담을 가중시키고 환경질의 정체 혹은 감소를 야기시킨다. 2010년 이전을 생태도시의 도입기, 2020년까지를 성장기, 그 이후를 성숙기로 분류한다면 성숙기의 인구증가와 개발확대에 대한 지역관리 정책이 요구된다고 볼 수 있다. 전장에서 조절루프들(B1-B9)은 모두 인구와 개발·오염의 관계에 관한 것이므로 인구증가가 성장의 한계를 야기시킬 수 있음을 논한 바 있다. 분석결과 이러한 조절루프들에 의한 성장한계와 인구유입의 감소행태

는 당분간 관찰되지 않고 있으나, 성숙기 이후의 적절한 성장관리는 보다 장기적인 안목에서 지역의 지속가능 발전을 위해 필요할 것이다.

#### 4. 생태도시 육성전략의 효과분석과 시사점

이상과 같은 생태도시 육성전략에 대한 동태분석으로부터 담양군의 정책은 2010년 이후의 생태도시 성장기와 성숙기에 접어들면 중장기적으로 상당한 편익을 가져올 수 있음을 알 수 있다. 체계구조적으로 소득증가가 미진하고 인구가 감소 추세에 있을 경우 소득과 인구를 모두 반전시킬 수 있도록 적절한 정책투자를 진행하는 것이 효과적일 수 있음을 확인하였다. 이 투자를 통해 경제부문에서는 자본 및 기술투자와 소득의 상승작용이 창출되고, 환경부문에서는 죽림면적의 확대투자를 통해 생태자원과 생산의 시너지 효과가 창출된다. 이 상승작용은 결과적으로 투자의 가속도 루프를 통해 가속화되므로 구조적으로 효과적인 정책임은 자명하다.

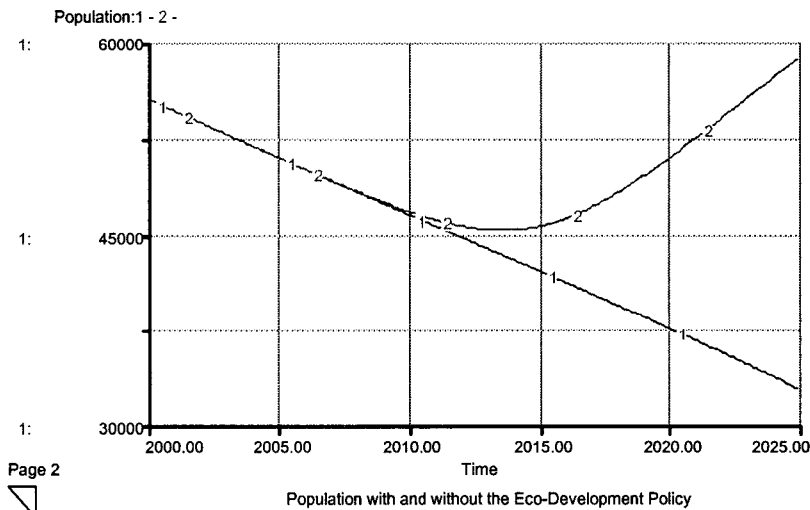
생태도시 정책의 효과를 구체적으로 측정하기 위하여 정책을 시행하지 않은 경우를 가정하였다. <그림 8>과 <그림 9>의 결과가 정책을 시행한 경우이며, 정책을 시행하지 않은 경우는 3개 지역특화산업군에 대한 기술 및 자본투자, 죽림투자 등을 생략하였다. 또한 정책이 시행되지 않았을 경우, 특화산업을 제외한 전통산업군의 성장은 전국의 1인당 GRDP 성장률을 적용하여 2000년 전국 GDP의 60% 수준을 유지하는 것으로 가정하였고, 아울러 각종 투자에 대한 자본비용은 발생하지 않은 것으로 보았다. 이러한 정책시행 여부에 대한 두 대안간의 비교를 행한 결과는 <그림 10>부터 <그림 12>과 같다.



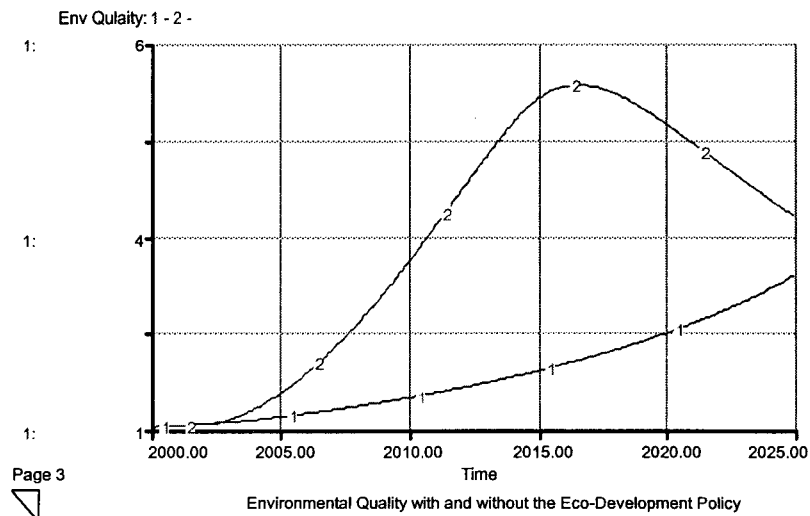
[그림 10] GRDP에 의한 대안비교: 생태도시 정책 시행(2) 및 미시행(1)

[표 1] 지역총생산의 측면에서 본 생태도시 육성전략의 파급효과

	GRDP 비율 (시행÷미시행)	1인당 GRDP 비율 (시행÷미시행)	소득 자산효과 (할인률 5%)	2002년 이후 연간 평균소득 증가효과	연간 평균소득 증가효과 (할인률 5%)
2010	1.11	1.11	1,455 억원	161 억원	177 억원
2015	2.24	2.07	13,972 억원	998 억원	1,219 억원
2020	4.54	3.35	59,412 억원	3,127 억원	4,247 억원
2025	6.83	3.80	118,832 억원	4,951 억원	7,439 억원



[그림 11] 인구증가에 의한 대안비교: 생태도시 정책 시행(2) 및 미시행(1)



[그림 12] 환경질에 의한 대안비교: 생태도시 정책 시행(2) 및 미시행(1)

[표 2] 지역인구 및 환경의 측면에서 본 생태도시 육성전략의 파급효과

	인구(미시행)	인구(시행)	인구비율 (시행÷미시행)	환경질비율 (시행÷미시행)	비고
2005	50,825 명	50,824 명	1.00	1.28	실제인구 50,844명
2010	46,386 명	46,640 명	1.01	2.30	
2015	41,979 명	45,497 명	1.08	3.05	
2020	37,473 명	50,854 명	1.36	2.23	
2025	32,651 명	58,752 명	1.80	1.27	

<그림 10>부터 <그림 12>은 담양군 생태도시 정책의 시행여부에 따른 정책효과를 경제적 측면(지역총생산), 사회적 측면(인구유입), 환경적 측면(환경질 개선효과) 등 각 부문별로 비교한 것이다. 그림에서 나타난 바와 같이 생태도시 정책을 수행한 경우와 수행하지 않은 경우에 대한 근본적인 동적 행태(dynamic mode)의 차이는 크게 발견되지 않지만, 전반적으로 큰 시차 혹은 결과값의 차이가 보인다는 점에서 생태도시 육성전략의 정책효과를 다시 확인할 수 있다.

<그림 10>에서 지역총생산은 육성전략을 시행하지 않은 경우 향후 10년 정도 후 성장의 한계를 볼 수 있지만 시행한 경우에는 같은 시기 본격적인 성숙기에 진입함을 볼 수 있다. <표 1>의 첫번째 및 두번째 열은 지역총생산과 소득지표로서의 1인당 지역총생산의 차이를 나타낸 것이다. 지역총생산의 차이는 2020년경 본 정책을 시행한 경우가 시행하지 않은 경우보다 약 4.5배로서 큰 차이를 보이지만, 이러한 큰 수치는 인구증가를 감안했을 때 동 시기 소득지표로서 1인당 지역총생산에서는 약 3.3배의 차이로 줄어든다. <표 1>의 마지막 열은 할인을 5%를 적용하여 연간등가로 환산한 1인당 지역총생산의 차이를 나타낸 것으로, 정책시행의 효과는 2010년 이전의 도입기에서는 연간 약 200억원 수준으로 그다지 크지 않지만, 2010년 이후의 성장기와 성숙기에 이르러서는 소득증대 효과가 연간 1,000억원을 상회하여 약 4,000억원 혹은 그 이상인 것으로 나타난다.

<그림 11>에서 2010년 이전 생태도시의 도입기에는 정책시행의 여부와 관계없이 인구가 큰 차이를 보이고 있지 않지만, 2010년 이후의 성장기에 이르러서는 큰 차이를 보이는 것을 확인할 수 있다. 특히 2015년 이후에는 인구증가와 인구감소의 행태로 양분되며 지역 성장과 퇴조의 상반된 모습을 보이고 있다. <표 2>에서 보는 바와 같이 2020년 근방에서 생태도시 육성전략은 약 40%의 인구증가 효과를 보이고 있다.

<그림 12>에서 생태도시 육성정책의 결과 2010년 이전의 도입기부터 환경질의 개선효과는 두드러짐을 알 수 있다. 또한 정책시행의 결과 2020년 이후의 성숙기에 이르러서는

인구증가로 환경질의 악화가 관찰되므로 그 차이는 조금 줄어든다. 초기부터 차이가 나는 이유는 죽림면적에 대한 확대정책의 결과로 지역환경이 크게 개선되는 데에 있고, 성숙기에서는 격차가 줄어드는 것 같지만 육성전략을 시행하지 않은 경우 인구가 감소하면서 토지수요와 오염배출이 감소되면서 환경질이 개선되므로 질적인 면에서는 시행여부에 따른 차이가 있다. <표 2>에서 2015년 근방의 성장기에서 환경질의 개선효과는 약 3배 정도로 나타나는데, 이는 환경질을 단위 오염수용체 용량당 순오염배출량으로 정의하였으므로 실제적인 의미는 오염도가 약 1/3로 개선됨을 의미한다.

## V. 결론 및 향후과제

지역발전 전략에 있어서 지속가능성의 제고를 위하여 지역 고유의 환경용량을 보전·확충하면서 자연·생태자원을 활용한 발전전략을 수립하는 것은 매우 중요하다. 이러한 중요성에 따라 본 논문에서는 자연·생태자원을 고려한 지역발전 전략을 평가하기 위하여 시스템적 사고와 체계역학 분석모형을 제시하였다.

이러한 모형은 사회, 경제, 환경의 각 하위체계간의 상호작용을 전제로 한 구조를 나타내고 있다. 사회-경제, 경제-환경, 환경-사회, 그리고 이 세 부문을 망라한 상호작용의 메카니즘을 중요한 몇 개의 강화고리와 조절고리를 통해 표현하였다. 강화고리들은 경제의 본원적 성장구조를 표현한 가속도원리와 승수효과 등으로 대별되며 이러한 작용들은 지역이미지의 제고를 통해 인구유입을 야기시키고 노동력을 공급함으로써 지역의 사회경제의 성장구조를 표현하고 있다. 한편 조절고리들은 환경과의 상호작용에 관한 것으로 인구와 경제의 성장이 오염배출, 자원제약, 그리고 토지이용에 의한 환경용량의 감소 등을 통해 인구와 경제의 성장에 대한 제약을 제공함으로써 고전적인 성장의 한계를 다시금 표현하고 있다.

본 논문에서는 이상과 같은 일반적인 모형을 실제적으로 적용하기 위하여, 최근 대나무자원을 이용하여 지역 특화산업을 육성하고 있는 전라남도 담양군의 사례를 선택하였다. 담양군은 죽림의 생장에 가장 유리한 환경적 특성을 지니고 있어 과거 관련산업에 의해 지역경제의 활황을 누렸으나, 죽세가공업이 쇠퇴하면서 인구와 죽림면적의 감소를 경험한 바 있다. 그러나 2002년 이후 군의 주요 시책으로 등장한 생태도시 전략은 이러한 쇠퇴를 반전하기 위하여 생태자원 및 경제적 투자 등을 집행하였고, 그 결과 경제적인 효과측정을 통해 친환경적 발전전략의 경제, 사회, 환경적 측면에서의 파급효과를 측정하는 것이 필요하였다. 따라서 본 논문은 대나무신산업, 친환경농업, 생태관광산업 육성전략의 동적 행태

분석과 경제적 효과측정을 위한 대안분석을 행하였고, 그 결과 육성전략으로 추진한 죽림면적 확대와 기술 및 자본투자 정책이 매우 효과적임이 드러났다. 구체적으로 생태도시 육성전략은 경제적으로 2010년까지 연간 200억원, 2020년까지 1천억에서 4천억원 정도의 파급효과를 가진 것으로 나타났으며, 인구유입 효과와 환경질의 개선 등 사회환경적으로도 매우 건전한 전략임이 입증되었다.

그러나 이러한 결과를 제시하는 데에 있어 일련의 한계가 존재함은 명백하다. 분석의 편의를 위해 주요 피드백고리를 탐색하는 과정에서 사회환경분야의 강화고리와 경제부문의 조절고리를 충분히 반영하지 못한 점은 매우 아쉬운 점이다. 특히 지역의 경제성장을 논하는 데에 있어서 국가경제와의 연관성, 개방경제에 대한 과정, 담양군과 같은 대도시 인근지역에 있어서의 위치효과와 대도시권과의 상호작용, 관광객의 증가에 따른 오염유발 효과 등에 대한 고려까지 본 모델에 반영하지 못한 것이 매우 아쉽다. 또한 사회, 경제, 환경의 넓은 영역에 관한 관련자료의 부족은 무엇보다도 명백한 한계라고 할 수 있다. 다양한 시나리오에 의한 풍부한 정책분석과 최적 정책을 찾기 위한 정책지렛대의 탐색 등을 본 논문에서 충분히 다루지 못한 점도 많은 아쉬움으로 남는다. 이상과 같이 모형의 구조개선과 분석의 풍부함, 그리고 정량적 엄밀성 등을 살리는 것 추후 연구과제로 남기고자 한다.

## [ 참고문헌 ]

- 담양군(2005). <대나무신산업화>, 전라남도 담양군청, 2005. 1.
- 문태훈(1999). “지속가능한 성장을 위한 환경용량의 산정과 환경지표 개발에 관한 연구”, <한국정책학회보>, 7권 1호, 123-148면.
- 전대욱 · 김지수(2003). “한국경제의 성장과정과 환경 및 지식스투에 관한 시스템 다이내믹스 모델링”, <2003 추계 한국경영과학회 학술대회 발표논문집> (온라인 논문, [http://korms.or.kr/korea/conference/2003pdf/B2\\_4.pdf](http://korms.or.kr/korea/conference/2003pdf/B2_4.pdf)) / 한국과학기술원 테크노경영대학원 Working Paper Series KGSM, PP.2003-123
- 전재호(2003). “정보보호 산업 육성정책의 상대적 효과 분석”, <한국시스템다이내믹스연구>, 4권 2호, 2003년 2월, 5-45면.
- 정희성(1993). “지탱 가능한 개발과 실천수단에 대한 고찰”, 한국환경기술개발원, <기술현황보고서(KETRI/1993/AR-08)>, 1993년 10월.
- \_\_\_\_\_ (2002). “환경정책에 대한 지속가능성 체계접근법과 구성요소”, <국토계획>, 37권 4호, 2002년 8월, 7-21면.
- 조연상 · 오병기 · 정종범 · 조항석(2005). <담양군 GRDP 추정과 우리군 발전방향>, 한국미래물류연구원, 2005. 11.
- Arif, M. and K. Saeed(1989). “Sustaining economic growth with a nonrenewable natural resource: the case of oil-dependent Indonesia,” *System Dynamics Review*, Vol. 5, pp.17-34.
- Daly, Herman E., (1991). "Elements of Environmental Macroeconomics", Robert Costanza(ed.). *Ecological Economics; The Science and Manage of Sustainability*. New York; Columbia University Press, pp.32-46.
- Hartwick, John M., (1998). “National wealth, constant consumption and sustainable development,” in *The international yearbook of environmental and resource economics 1997/1998: a survey of current issues*, Edward Elgar Publishing Limited, pp.55-81.
- Munasinghe, M. and J. McNeely, (1995). “Key Concepts and Terminology of Sustainable Development,” M. Munasinghe and W. Shearer(ed.), *Defining and Measuring Sustainability: The Biogeophysical Foundations*, the United Nations University and The World Bank. p. 25.
- Patterson T., T. Gulden, K. Cousins, E. Kraev, (2004). "Integrating environmental, social and economic systems: a dynamic model of tourism in Dominica," *Ecological Modelling*, 175,

pp.121-136.

Parayno P. and K. Saeed, 1993. "The Dynamics of Indebtedness in Developing Countries: The Case of Philippines," Socio-Economic Planning Science 27 (4), pp.239-255.

Pops, Gerald M., 1997. "Seeking Environmental Equity and Justice," Korea Environmental Technology Research Institute, Environmental Ethics for the 21st Century, March, 1997. pp.1-32.

부록: System Equations

$$\text{Agricultural\_Land}(t) = \text{Agricultural\_Land}(t - dt) + (\text{Flow\_AL}) * dt$$

$$\text{INIT Agricultural\_Land} = 10833$$

$$\text{Flow\_AL} = -0.1 * \text{Land\_Required} + 0.2 * (\text{EcoFarm\_Biz} - \text{SMTH1}(\text{EcoFarm\_Biz}, 1))$$

$$\text{Bamboo\_Biomass}(t) = \text{Bamboo\_Biomass}(t - dt) + (\text{Flow\_BA}) * dt$$

$$\text{INIT Bamboo\_Biomass} = 7 * \text{Bamboo\_Biotope}$$

$$\text{Flow\_BA} = 0.5 * \text{Bamboo\_Biomass} * (1 - \text{Bamboo\_Biomass} / (7 * \text{Bamboo\_Biotope}))$$

$$\text{Bamboo\_Biotope}(t) = \text{Bamboo\_Biotope}(t - dt) + (\text{Flow\_BB}) * dt$$

$$\text{INIT Bamboo\_Biotope} = 800$$

$$\begin{aligned} \text{Flow\_BB} &= \\ & -0.05 * \text{Land\_Required} + 0.1 * (\text{NewBamboo\_Biz} - \text{SMTH1}(\text{NewBamboo\_Biz}, 1)) + \text{Policy\_Bamboo} \\ & \text{Bio} \end{aligned}$$

$$\text{Capital\_Stock}(t) = \text{Capital\_Stock}(t - dt) + (\text{Flow\_K}) * dt$$

$$\text{INIT Capital\_Stock} = 1$$

$$\text{Flow\_K} = 1 * \text{Capital\_Inv} - 0.0500 * \text{Capital\_Stock}$$

$$\text{EcoCulture\_Level}(t) = \text{EcoCulture\_Level}(t - dt) + (\text{Flow\_EC}) * dt$$

$$\text{INIT EcoCulture\_Level} = 1$$

$$\begin{aligned} \text{Flow\_EC} &= \\ & 0.1 * ((\text{Bamboo\_Biomass} / \text{INIT}(\text{Bamboo\_Biomass}) - 1) * (\text{Env\_Quality} - 1)) * (1 - \text{EcoCulture\_Level} / 3) \end{aligned}$$

$$\text{Land\_Occupied}(t) = \text{Land\_Occupied}(t - dt) + (\text{Flow\_LO}) * dt$$

$$\text{INIT Land\_Occupied} = 2479$$

$$\text{Flow\_LO} = 0.4 * \text{Land\_Required}$$



$$\text{Per\_Capita\_GDP}(t) = \text{Per\_Capita\_GDP}(t - dt) + (\text{Flow\_PCGRDP}) * dt$$

$$\text{INIT Per\_Capita\_GDP} = 1$$

$$\text{Flow\_PCGRDP} = \text{Per\_Capita\_GDP} * \text{Per\_Capita\_GDP\_Growth\_Rate}$$

$$\text{Population}(t) = \text{Population}(t - dt) + (\text{Flow\_P}) * dt$$

$$\text{INIT Population} = 55459$$

$$\text{Flow\_P} = -0.0112 * \text{Population} + \text{Migrants}$$

$$\text{Preference\_Product}(t) = \text{Preference\_Product}(t - dt) + (\text{Flow\_PP}) * dt$$

$$\text{INIT Preference\_Product} = 1$$

$$\begin{aligned} \text{Flow\_PP} &= \\ &0.1 * ((\text{Preference\_Region} / \text{INIT}(\text{Preference\_Region}) - 1) * (\text{Env\_Qulaity} - 1)) * (1 - \text{Preference\_Product} / \\ &3) \end{aligned}$$

$$\text{Preference\_Region}(t) = \text{Preference\_Region}(t - dt) + (\text{Flow\_PR}) * dt$$

$$\text{INIT Preference\_Region} = 0.6$$

$$\begin{aligned} \text{Flow\_PR} &= \\ &0.3 * ((\text{GRDP} * \text{INIT}(\text{Population}) / \text{Population} / \text{Per\_Capita\_GDP} - 1) + (\text{EcoCulture\_Level} - 1)) * (1 - \text{Pre} \\ &\text{ference\_Region} / 3) \end{aligned}$$

$$\text{Tech\_Stock}(t) = \text{Tech\_Stock}(t - dt) + (\text{Flow\_A}) * dt$$

$$\text{INIT Tech\_Stock} = 1$$

$$\text{Flow\_A} = 0.7500 * \text{Tech\_Inv} * (1 - \text{Tech\_Stock} / 3)$$

$$\begin{aligned} \text{Capital\_Inv} &= \\ &(\text{GRDP} * (0.15 + \text{Policy\_CapitalInv})) * (0.8 + 0.2 * \text{Preference\_Region} / \text{INIT}(\text{Preference\_Region})) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EcoFarm\_Biz} &= \\ &0.43 * \text{Preference\_Product} * (\text{Tech\_Stock} \wedge 0.2) * (\text{Capital\_Stock} \wedge 0.2) * (\text{Labor} \wedge 0.3) * ((\text{Agricula} \\ &\text{r} \\ &\text{l\_Land} / \text{INIT}(\text{Agricultural\_Land})) \wedge 0.3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EcoTour\_Biz} &= \\ &0.42 * \text{Preference\_Product} * (\text{Tech\_Stock} \wedge 0.25) * (\text{Capital\_Stock} \wedge 0.25) * (\text{Labor} \wedge 0.25) * ((\text{Bambo} \\ &\text{o\_Biomass} / \text{INIT}(\text{Bamboo\_Biomass})) \wedge 0.25) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Env\_Capacity} &= \\ &(\text{Bamboo\_Biomass} / \text{INIT}(\text{Bamboo\_Biomass})) * (\text{INIT}(\text{Land\_Occupied}) / \text{Land\_Occupied}) \end{aligned}$$

$$\text{Env\_Qulaity} = ((11.71 * 55459 * \text{Env\_Capacity}) / \text{Pollutant\_Emission}) / \text{Land\_Area}$$

$$\text{GRDP} = \text{EcoFarm Biz} + \text{EcoTour Biz} + \text{NewBamboo Biz} + \text{Trad Biz}$$

```
Labor = Population/INIT(Population)
Land_Area = 1
Land_Required = 0.0455*Population-Land_Occupied
Migrants = -985.1+1094.6*Preference_Region
NewBamboo_Biz =
    0.025*Preference_Product*(Tech_Stock ^ 0.3)*(Capital_Stock ^ 0.3)*(Labor ^ 0.1)*((Bamboo
    Biomass/INIT(Bamboo_Biomass)) ^ 0.3)
PCGDP_GR_after_2030 = 0.0250
PCGDP_GR_until_2010 = 0.0450
PCGDP_GR_until_2020 = 0.0350
PCGDP_GR_until_2030 = 0.0300
Per_Capita_GDP_Growth_Rate = IF(TIME<2011)THEN(PCGDP_GR_until_2010)ELSE(
    IF(TIME<2021)THEN(PCGDP_GR_until_2020)ELSE(
        IF(TIME<2031)THEN(PCGDP_GR_after_2030)ELSE(
            PCGDP_GR_until_2030)))
Policy_BambooBio = IF((TIME>2002)AND(TIME<2014))THEN(200)ELSE(0)
Policy_CapitalInv = IF((TIME>2002)&(TIME<2014))THEN(Policy_CapitalInv_Value)ELSE(0)
Policy_CapitalInv_Value = 0.01
Policy_TechInv = IF((TIME>2002)&(TIME<2014))THEN(Policy_TechInv_Value)ELSE(0)
Policy_TechInv_Value = 0.01
```