

기획연구  
2009-13

지역개발사업의 지속 가능성  
진단을 위한 환경-사회-경제  
통합체계 동태모형의 개발과  
현장 적용  
- 금강 참계 목장화 사업을 중심으로 -

정희성 · 전대욱 · 김정연 · 김혜인 · 박상철



기획연구  
2009-13

지역개발사업의 지속 가능성 진단을 위한 환경-사회-경제 통합체계 동태모형의 개발과 현장 적용

2009 · 12

충남발전연구원

기획연구 2009-13

# 지역개발 사업의 지속가능성 진단을 위한 환경-사회-경제 통합체계 동태모형의 개발과 현장 적용

- 금강 참계 목장화 사업을 중심으로 -

정회성 · 전대욱 · 김정연 · 김혜인 · 박상철



## 발 간 사

최근 10여 년간 우리나라의 많은 공공기관과 자치단체에서 지역 농어민의 소득증대에 기여하는 사업의 일환으로 연안 및 내수면을 대상으로 한 어류의 방류활동을 수행하여 왔다. 충청남도에서도 각 시·군과 수산연구 관련기관 등에서, 넙치, 꽃게, 대하, 조피볼락, 황복, 감성돔 등 인공부화의 기술을 활용하여 매년 수십만 마리를 무상으로 방류한 바 있다. 이와 같은 방류활동은 인간의 활동영역 확대와 환경오염 등으로 사라져가는 생태적 자원을 복원하고 확충함으로써 환경보전 뿐만 아니라 관련 자원을 활용한 전통적 특산품과 지역 고유의 문화유지 및 소득증대, 관련시장에서의 가격안정 등에 기여하는 바가 매우 크다고 할 수 있다.

이러한 방류활동의 일환으로 최근 관심을 받고 있는 어종의 하나는 참게이다. 참게의 경우 급격한 산업화를 경험하였던 지난 80~90년대를 거치면서 주산지라고 할 수 있는 금강과 임진강 등에서 자취를 감추게 되었고, 결과적으로 전국적으로 명성이 높았던 지역 고유의 브랜드 ‘금강참게’가 멸종위기에 봉착하였다. 충청남도에서는 지난 1996년부터 현재까지 금강 및 하천, 저수지, 호소 등에 어린 금강참게 2백여만 마리를 방류하여 사라져가는 참게 자원을 확충하고 참게를 활용한 전통문화의 복원과 지역소득 증대를 꾀한 바 있다.

그러나 금강에서의 참게 방류활동은 금강하구연 공사로 어도(魚道)가 차단됨에 따라 바닷물과 민물이 합류되는 기수지역에서 산란·부화한 어린 참게가 금강으로 올라올 수 없어 자연적인 번식이 불가능하다는 어려움을 가지고 있다. 금강에서도 지난 몇 년간 방류활동을 일시적으로 중지한 결과 참게는 다시 자취를 감추고 말았다. 그러나 최근 금강의 일부이긴 하나 청양군과 부여군을 지나는 금강의 중상류 지천에서 ‘참게 목장화 사업’이라는 새로운 방류활동이 시작되었다. 이는 금강하구연이 자연번식을 어렵게 하였지만, 동시에 금강하구연으로 인해 금강 전체를 참게의 양식장으로 활용할 수 있다는 가능성을 인식한 결과였다.

본 연구는 전술한 ‘참게 목장화 사업’에 대해 기존의 부문적인 시각에서 탈피하여 보다 포괄적인 관점으로 지역발전 전체에 대한 파급효과를 분석하기 위한 접근방법을 제시한다는 측면에서 시작되었다. 이와 같은 방류활동이 지역의 생태적 복원과 소득증대는 물론이며, 장기

적으로 지역사회의 발전에 어떠한 영향을 미치는지를 종합적으로 판단하기 위하여, 환경-경제-사회라는 세 개의 축을 통합적으로 고찰하는 지속가능발전 모델링을 제시하고 이에 기반하여 시스템 다이내믹스 분석을 활용한 다양한 시뮬레이션 결과와 정책제언 등을 제시하고 있다.

본 연구는 방류활동과 같은 지역의 내발적 발전계획의 통합적 효과를 측정하는 시론적인 모델로서, 추후 지역고유의 생태문화적 자본을 활용한 지역발전 전략의 지속가능성을 측정하는 데에 매우 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 아울러 본 모델링과 분석결과는 참계농법 등 지역경제와 환경관리의 통합가능성과 금강수계의 비점오염원 관리에 있어서 많은 시사점을 주고 있으므로, 아무쪼록 이 연구에서 제시한 주요 결과와 정책제안 등이 향후 금강의 생태적 자원에 기반한 지역개발과 수계관리 등의 후속연구와 실제적 정책수립에 많이 활용되어야 할 것이며 또 그렇게 될 것으로 기대하고 있다.

마지막으로 이 연구를 수행한 한국환경정책평가연구원의 전 원장이신 현재 (사)환경과문명 이사장으로 계신 정희성 박사, 한국지방행정연구원 전대욱 박사, 김정연 선임연구위원, 박상철 연구원, 그리고 (사)환경과문명 김혜인 초빙연구원의 노고에 감사드린다. 더불어 연구수행과정에 귀한 자문과 도움을 주신 정종관 연구위원, 조영재 책임연구위원, 임형빈 책임연구위원, 그리고 청양군과 부여군의 관계자들에게 특별한 감사의 말씀을 드린다.

2009년 12월 31일

충남발전연구원장 김 용 응

# 연구요약

## I. 서론: 연구의 필요성 및 목적

수산자원을 대상으로 하는 목장화 사업은 자연조건을 활용하여 울타리 없는 양식사업을 의미하며, 내수면 및 해면어업의 양식기술 발달과 함께 10여년 전부터 제기되어 왔다. 이와 같은 목장화 사업은 지역의 생태적 자원의 확충과 이를 통한 소득증대를 꾀하는 사업으로서 녹색성장의 취지에 부합하는 지역발전 전략으로 인식되고 있으며, 기후변화와 식량위기가 현실화되고 있는 현 시점에서 그 중요성이 매우 크다고 할 수 있다.

지난 2007년 이후로 401km의 금강 수계에서는 청양군과 부여군 일대의 지천 36km수계에서 참게를 대상으로 목장화 사업을 추진하고 있다. 금강의 경우 하구언과 댐, 많은 보가 설치되어 있으므로 민물종이나 산란시 기수지역으로 이동하는 회유종인 참게의 자연번식이 힘들고, 따라서 지천에서의 참게 목장화 사업은 방류 2년 후 전량 수확을 전제로 한다. 지천에서의 목장화 사업은 이와 같이 전량 수확을 전제로 생태적 복원효과를 논하기에는 다소 무리가 있으나 장기적인 관점에서 생태적 복원가능성과 경제적 효과, 사회적 통합효과 등에 대한 지역사회의 기대가 큰 사업이다.

따라서 본 연구에서는 금강 지천의 참게 목장화 사업을 대상으로, 참게 방류 및 수확활동에 대해 지속가능성 제고효과 - 즉 생태적, 경제적, 사회적 파급효과를 진단하는 것을 그 목적으로 한다. 단일 연구에서 이 세 가지 측면의 파급효과를 깊이 있게 진단하는 것은 매우 어려우므로 본 연구에서는 이러한 학제간 접근을 가능하게 하는 시스템 다이내믹스 방법론을 활용하여 시론적인 지속가능발전 모델링을 시도하며, 이를 지천의 목장화 사업에 적용하여 경제성과 다양한 파급효과를 측정하고자 한다.

## II. 참게 목장화 사업의 생태-경제 모델링

본 보고서의 2장부터 3장에 걸쳐 이론 및 선행연구의 검토를 통해 본 연구의 우선적인 과제

인 환경-경제-사회 통합모델링에 대해서 논하고 있다. 우선 2장의 1절에서는 참게의 생태적 특징과 인공부화 및 방류기술, 지천에서의 참게 목장화 사업에 대한 설명을 통해 모델링의 대상이 되는 참게 생태계와 관련 활동들에 대한 주요 특징들을 제시하였다. 아울러 2절에서는 이론적인 모델을 도출하였다.

구체적으로, 본 연구의 관심대상인 참게의 경우 생물자원으로서, 이러한 자원을 대상으로 생태적 구조와 경제적 최적화를 다루는 기존의 환경자원경제 혹은 생물경제·생물수학적 이론 모델을 리뷰하였고, 그 결과 금강 참게의 생태계 및 목장화 사업을 설명할 수 있는 이론적 수리모델을 도출하였다. 구체적으로, 참게의 방류 및 수확을 감안한 2단계 코호트 모델이 채택되었고, 참게의 서식용량을 감안한 밀도제약과 공식행태(cannibalistic behavior)에 대한 이론적 모델링을 수행하였다. 아울러 참게 목장화 사업을 수행하는 지역공동체의 참게 자산가치를 측정하기 위해 참게시장의 가격변화를 감안한 최적화 모델을 제안하였다. 이렇게 제안된 모델은 본문에서 생태계 모델인 식 5)와 생태-경제 통합모델인 식 7)로 제시되었다.

### III. 참게 목장화 사업과 사회변화에 대한 논의와 모델링

3장에서는 사회변화에 관련된 모델링이 시도되었다. 우선 1절에서는 참게 목장화 사업과 같은 지역개발 사업이 사회변화를 어떻게 야기시키는지 그 개괄적인 이론으로서 농촌지역의 내발적 활성화와 사회자본에 관한 논의가 제시되었다. 아울러 2절에서는 참게 목장화 사업과 같은 내발적 지역개발 전략이 지역의 사회자본 축적에 미치는 효과를 모델링하기 위해, 우선 사회자본의 다양한 정의와 측정방법에 대하여 논하였고, 3절에서는 기존 사회자본 이론이 갖는 개념적 모호함과 적용의 난점 등을 논하면서 내발적 지역개발을 설명하기 위한 사회자본 개념의 재구성의 시도와 아울러 동태적인 측면에 대한 중요성을 역설하였다. 이상과 같은 논의를 통해 참게 목장화 사업과 같은 분석을 위해서는 기존의 사회연결망외에 호혜성 및 신뢰의 동태적 축적과정이 모델링이 필요함을 제시하였다.

마지막으로 4절에서는 전술한 사회자본에 대한 이론적 논의를 기초로 참게 목장화 사업이 장기적으로 지역 공동체의 사회자본 축적과 지속가능성을 제고시키는 과정을 설명하는 인과구조 모형을 제안하였다. 기존의 사회자본에 관한 실증적인 선행연구들이 대부분 사회연결망과 전통적 규범 및 신뢰 등에 초점을 맞추고 있는 것에 반하여 본 연구에서는 상호 이익을 우선하는 탈전통적 사회의 호혜성과 이해관계의 보전에 관한 신뢰를 중심으로 사회자본의 축

적과정을 설명하였다. 아울러 이러한 사회자본의 개념을 바탕으로 금강 지천에서의 참계 목장화 사업이 사회구성원의 소통과 연대, 상호 교류와 신뢰, 나아가 공동체적 정체성을 회복하는 유용한 수단이 될 수 있음을 밝힌 바 있으며, 이로부터 환경보호와 소득증대, 사회발전이 동시에 가능한 지속가능발전 구조모델을 <그림 3-2>와 같이 제시하였다.

#### IV. 참계 목장화 사업에 대한 통합모델의 적용과 분석

##### 1) 참계 생태계 모델의 금강 지천으로의 적용

4장에서는 2·3장을 통해 도출된 환경-경제-사회 통합모델을 활용하여 금강 지천의 참계 목장화 사업에 관한 실제적인 분석을 수행하였다. 우선 지천 참계 생태계에 대한 제한된 정보로부터 동적 균형상태에 대한 이론적인 논의를 기초로 지천의 생태계를 묘사하는 다양한 파라미터와 입력값을 추정하였다. 이와 같은 입력값에 대해 동적 균형상태를 중심으로 시스템의 기본적인 퍼포먼스를 테스트하였고 그 결과 모델과 예측결과의 타당성을 확인하면서 생태적 복원활동에 관한 시스템의 특성에 대해 더 깊은 이해를 가능하게 하였다.

##### 2) 목장화 사업의 경제적 효과

2절에서는 금강 지천의 참계 생태계 특성에 맞는 시뮬레이션 모형을 기반으로 목장화 사업의 경제적 효과를 측정하고 사업의 경제성을 종합적으로 판단하는 분석을 제시하였다. 우선 전 절에서의 생태적 모델에, 기존의 참계 시장가격의 변동에 관한 자료로부터 추정된 가격 신축성 함수를 바탕으로 시뮬레이션을 위한 가격 변화함수를 통합한 생태-경제 모델을 구축하였다. 이렇게 구축된 생태경제 통합모델을 중심으로 지천에서의 목장화 사업에 대한 각종 정책 변수를 입력하여 본 사업에 대한 연간 순이익의 변화와 영구적으로 본 사업을 지속시키는 경우 본 사업으로 인한 참계자원의 자산가치를 현재의 시장 이자율 하에서 분석하였다.

금강에서 성계의 최대수확량 770.6천마리를 모두 수확한다는 가정 하에, 분석결과 연간 8.25억원의 방류비용으로 약 2년 후부터 약 7.08억원의 순이익을 가져올 수 있음을 알 수 있었고, 본 사업을 영구적으로 지속하는 경우 지천의 참계라는 자산은 현재의 시장이자율(3·5%) 하에서 대략 3~500억원의 자산가치를 지닌 것으로 제시되었다(자세한 것은 본문의 <표 4·3> 참조). 본 사업의 B/C Ratio는 대략 1.86으로서 경제성이 매우 높다고 할 수 있고, 아울러 경제성 평

가에서 화폐단위로 환산되지 못한 다양한 편익을 포함한다면 본 사업의 경제성은 더욱 높아질 수 있을 것이다.

### 3) 기후온난화와 하천환경 변화를 가정한 분석 : 기회 및 위협요인 분석

3절에서는 현재 금강의 환경이 변화하는 경우를 전제로 사업의 기회요인과 위협요인의 효과에 대한 분석을 수행하였다. 우선 위협요인으로서 지구온난화에 따른 수온변화가 공식물의 증가를 야기시킨다는 사실에 기반하여, 참게의 공식물이 현재보다 2배 감소하는 경우부터 2배 증가하는 경우까지의 민감도를 실험하였다. 실험 결과 공식물이 현재보다 0.5~2배로 변화하는 경우, 치게의 개체수 감소를 통해 대략 2년 후 성게의 개체수는 대략 +20 ~ -30% 정도 변동하는 것으로 관찰되었으며 결과적으로 연간 목장화 사업의 순이익이 대략 +30 ~ -40% 정도 변화하는 것으로 나타났다. 요컨대 수온상승은 공식물의 증가를 통해 연간 순이익을 감소시키는 피해가 예측되었다.

아울러 금강 하구언의 어도(fishway) 설치를 통해 하구언으로 인해 자연적 복원이 힘든 현재의 상황이 개선되는 경우를 가정하여 기회요인에 대한 실험을 수행하였다. 본 분석 역시 마찬가지로 자연상태의 복원기능을 0%~100%까지 회복하는 가정에 따른 민감도를 측정하였다. 결론적으로 어도의 설치 등으로 자연상태의 생태적 기능을 회복하는 경우, 예컨대 자연상태의 번식률이 50% 증가되는 경우 방류비용의 절감을 통한 최소 연간 4억원 이상의 소득효과와 영구적으로 100억원 정도의 자산가치가 존재하는 것으로 나타났다. 이상과 같은 기회-위협요인의 분석은 기온변화가 공식물에 미치는 영향과 어도개설이 생태복원에 미치는 정도 등에 대한 과학적 지식이 뒷받침된다면 행태적 예측 외에 정량적으로도 의미있는 결과가 될 것이다.

### 4) 장기적 사회발전을 가정한 분석

4절에서는 참게 목장화 사업이 사회발전을 야기시킬 수 있다는 이론적, 실제적 토대 하에 사회자본의 축적에 의한 수질보전 활동이 이루어지는 경우를 가정하여 시스템이 장기적으로 어떠한 방향으로 진화하는지를 실험예(numerical example)를 통해 살펴보았다. 우선 수질보전의 효과는 유생 생존률의 증가를 통해 개체수가 증가되는 효과를 보이고 있고, 수확량의 증가를 통해 전체적인 농가소득을 더욱 증가시키는 방향으로 변화함을 발견하였다. 이러한 분석 역시 정량적인 분석이라기보다는 상황변화를 가정한 행태적 예측으로서의 의의가 있다.

## V. 결론: 연구결과의 요약 및 의의, 정책제언 및 추후 연구과제

이상과 같이 참계 목장화사업은 지천을 중심으로 생태적 용량의 확충과 소득증대, 사회적 통합과 지역정체성의 제고라는 지역의 지속가능성을 한층 높일 수 있다는 분석 결과를 제시하였다. 본 연구는 이러한 분석을 수행함에 있어 선행연구들이 단순한 계산식에 근거한 효과분석을 수행한 것에 비해, 보다 이론적으로 정교한 생태계 모델과 사회경제적 정보들을 활용하여 통합적 시스템 다이내믹스 모델을 제시하였고, 아울러 이러한 모델을 기초로 사업이 포함하는 생태, 사회경제 및 환경적 변화들에 대한 다양한 이해를 가능하게 하였다.

이상과 같은 연구를 통해 다음과 같은 정책제언을 제시하였다. 첫째, 금강 지천의 참계 생태계에 대한 복원과 유지는 내발적 지역발전 정책으로서의 의미가 매우 크므로, 4대강 정비사업의 시행에 있어서 참계 목장화 사업과 같은 내발적 발전을 이끌 수 있는 사업을 포괄하여 병행시키는 것이 바람직하다. 둘째, 환경보전의 측면에서 참계의 목장화 사업은 기존의 농약과 비료에 의한 농법을 친환경적으로 개선시키는 비점오염원 관리의 효과를 가져옴으로, 자치단체는 참계 목장화 사업을 추진함에 있어 지역 주민들을 위한 홍보와 교육 프로그램을 운영하고 공동의 노력으로 수질을 관리할 수 있도록 유도해야 한다. 셋째, 중상류 지역의 주민들에게 본 사업을 시행함으로써 수계관리나 지역사회의 시각을 금강 전체로 확산시키는 노력을 통해 금강수계 관리의 중요성에 대한 주민인식 제고를 확산시킨다. 넷째, 참계 목장화 사업의 성공을 위해서는 장기적으로 증산되는 만큼의 수요창출에 힘써야 한다. 이를 위해 자치단체 차원에서 가공식품이나 새로운 활용방안을 강구해야 할 것이다.



# 차 례

제1장 서론 .....	
1. 연구의 배경 .....	1
2. 연구의 목적과 범위 .....	3
제2장 참계 목장화 사업의 생태-경제 통합 모델링 .....	
1. 참계의 생태적 특징과 인공부화 및 방류기술 .....	5
1) 참계의 생태적 특징 .....	5
2) 인공부화 및 방류기술 .....	6
3) 금강 지천에서의 참계 목장화 사업 .....	7
2. 생물자원 성장곡선과 이론 모델 .....	9
1) 생물자원의 성장곡선에 기초한 생태경제 이론모델 .....	9
2) 성숙 및 미성숙 자원을 구분한 생태적 코호트 모델 .....	10
3. 참계 목장화 사업을 위한 본 연구모델의 도출 .....	12
1) 참계 목장화 사업의 이론적 모델 .....	12
2) 수확과 어가자산가치 모델링 .....	13
3) 참계 목장화 사업의 시스템 모델링 .....	15
제3장 참계 목장화 사업과 사회변화에 대한 논의와 모델링 .....	
1. 참계 목장화 사업과 사회변화 : 농촌지역의 내발적 활성화와 사회자본 .....	18
2. 사회자본의 이론적 검토 .....	20
1) 사회자본의 개념 .....	20
2) 사회자본의 측정지표 .....	23
3. 사회자본 개념의 재구성 .....	25
1) 사회자본론에 대한 비판 .....	26

2) 사회자본 인식의 한계 .....	25
3) 신뢰-호혜성의 재검토 .....	29
4) 사회자본의 동태성 .....	33
4. 참계 목장화 사업의 생태경제와 사회변화 모델링 .....	34
1) 사회자본을 도입한 시스템 다이내믹스 선행연구 .....	34
2) 참계 목장화 사업의 생태-경제-사회 통합모델 .....	37

## 제4장 참계 목장화 사업에 대한 통합모델의 적용과 분석 .....

1. 참계 생태계 모델의 금강 지천으로의 적용 .....	40
1) 참계 생태계 모델의 동적 균형분석 .....	40
2) 동적 균형조건을 가정한 금강 지천의 참계 생태계 파라미터 추정 .....	43
3) 금강 지천 참계 생태계의 실험모형과 동적 안정상태 .....	49
4) 목장화 사업의 지천 참계생태계 복원효과 .....	53
2. 목장화 사업의 경제적 효과 .....	55
1) 참계의 가격 신축성 함수 추정 .....	55
2) 지천에서의 참계 목장화 사업의 경제성 .....	58
3. 기후온난화와 하천환경 변화를 가정한 분석 .....	62
1) 기후온난화에 의한 수온상승의 효과 : 위협요인 .....	62
2) 금강 하구언의 어도개설 효과 : 기회요인 .....	65
4. 장기적 사회발전을 가정한 분석 .....	68
1) 금강 지천유역의 사회자본 축적에 관한 사전 조사 .....	68
2) 목장화 사업의 장기적 사회발전의 효과 분석 .....	72

## 제5장 결 론 .....

1. 모델링과 분석결과의 요약 및 정책제언 .....	78
1) 모델링 및 분석결과의 요약 .....	78
2) 정책제언 .....	80
2. 연구의 의의와 추후 연구방향 .....	82

## 참고문헌 .....

## 표 차 례

<표 2-1> 목장화 사업의 경제성 .....	7
<표 3-1> 사회자본의 개념정의 .....	21
<표 3-2> 사회자본 개념에 대한 입장차이 .....	22
<표 3-3> 사회자본의 정의, 구성요소 및 측정구조 .....	24
<표 3-4> 사회자본의 유형 .....	30
<표 4-1> 금강 지천의 참계 생태계 실험을 위한 파라미터의 추정과 설정 .....	48
<표 4-2> 임진강의 참계 생산량과 마리당 가격변동 추이 .....	56
<표 4-3> 참계 목장화 사업의 경제성 분석 결과 .....	60
<표 4-4> 참계 목장화 사업의 가격변화에 대한 경제성의 민감도 .....	61

# 그림 차례

<그림 1-1> 본 연구의 흐름과 보고서의 구성 .....	4
<그림 2-1> 참계 목장화 사업의 생태경제 인과지도 .....	16
<그림 3-1> 도미니카 지속가능발전 모델의 사회자본에 관한 인과지도 .....	35
<그림 3-2> 사회자본이 도입된 참계 목장화 사업의 통합 인과지도 .....	39
<그림 4-1> 참계 생태계의 시물레이션 모델(Stock-flow Diagram) .....	49
<그림 4-2> 초기 동적 균형의 가정에 대한 유지 실험 .....	51
<그림 4-3> 동적 균형수준의 일시적 충격에 대한 균형회복 실험 .....	51
<그림 4-4> 동적 균형수준의 영구적 변화로 인한 새로운 균형값의 형성 .....	52
<그림 4-5> 2010년부터 지천 참계 목장화 사업 시행시 개체수 변동 .....	54
<그림 4-6> 방류량을 계획량보다 20%씩 5번 줄였을 때의 민감도 .....	54
<그림 4-7> 참계의 가격신축성 함수 .....	57
<그림 4-8> 목장화 사업의 경제성 평가를 위한 시물레이션 모델 .....	59
<그림 4-9> 참계 목장화 사업의 수확량(1), 가격변화(2), 연간 순이익(3) .....	60
<그림 4-10> 수온상승으로 인한 공식률 증가의 효과 : 치계 개체수 .....	63
<그림 4-11> 수온상승으로 인한 공식률 증가의 효과 : 성계 개체수 .....	63
<그림 4-12> 수온상승으로 인한 공식률 증가의 효과 : 가격 .....	64
<그림 4-13> 수온상승으로 인한 공식률 증가의 효과 : 연간 순이익 .....	64
<그림 4-14> 어도개설에 따른 방류량의 절감 : 성계 개체수의 동적 균형 유지 .....	65
<그림 4-15> 어도개설에 따른 방류량의 절감 : 연간 순이익의 감소 .....	66
<그림 4-16> 충청남도 청양군 읍면 현황 .....	69
<그림 4-17> 참계 어업 신고자 현황 (연도별) .....	70
<그림 4-18> 지역별 어업 신고자 현황 (지역별) .....	70
<그림 4-16> 사회변화 효과의 실험례 : 소득과 사회자본의 증가 .....	74
<그림 4-17> 사회변화 효과의 실험례 : 유생생존률의 변화(수질개선) .....	75

<그림 4-18> 사회변화 효과의 실험례 : 치계 개체수의 증가 .....	75
<그림 4-19> 사회변화 효과의 실험례: 성계 개체수의 증가 .....	76
<그림 4-20> 사회변화 효과의 실험례 : 목장화 사업 연간이윤의 증가 .....	76
<그림 4-21> 사회변화 효과의 실험례 : 참계 가격변화 .....	77

# 수식차례

식 1) Schaefer(1954, 1957)의 원형 로지스틱 모델 .....	9
식 2) 고전적 생물자산 극대화 모델 .....	9
식 3) Jing & Ke (2004)의 2단계 코호트 밀도제약 모델 .....	10
식 4) Armstrong & Sumaila (2000)의 2단계 코호트 공식-상보호과 모델 .....	11
식 5) 본 연구의 생태계 수식모델 .....	12
식 6) 본 연구의 참게 목장화사업 모델1 (가격고정) .....	13
식 7) 본 연구의 참게 목장화사업 모델2 (가격변화) .....	14
식 8) 본 연구의 생태계 수식모델 (치계 밀도제약 완화) .....	40
식 9) 동적 균형의 정의에 의한 균형조건 .....	41
식 10) 치계의 동적 균형조건 .....	41
식 11) 동적 균형점에 대한 2차방정식 .....	42
식 12) 동적 균형점에 대한 2차방정식의 해 .....	42
식 13) 동적 균형해의 비음조건1 .....	43
식 14) 동적 균형해의 비음조건2 .....	43
식 15) 본 연구의 생태계 수식모델 (파라미터의 단순화) .....	44
식 16) 성계의 단순화된 동적 균형조건 .....	45
식 17) 치계소멸률의 동적 균형조건 .....	46
식 18) 치계의 단순화된 동적 균형조건 .....	46
식 19) 동식물의 동적 균형조건 .....	46
식 20) 치계의 동적 균형점 근사치 .....	46
식 21) 원시 자연상태의 치계 동적 균형조건 (방류 대신 자연재생 추가) .....	47
식 22) 추정된 참게의 가격 신축성 함수 .....	58

# 제1장 서론

## 1. 연구의 배경

수산자원을 대상으로 하는 목장화 사업은 내수면 및 해면어업의 양식기술 발달과 함께 10여 년 전부터 제기되어 왔다. 오염 등으로 인한 환경변화나 과도한 수확활동에 의해 개체수가 급감하여 상품가치가 높아진 일부 수산자원들을 대상으로 방류를 통해 자원량을 확충하고 이를 다시 수확하여 소득증대를 꾀하는 일련의 활동들을 지칭한 것이 목장화 사업이라고 할 수 있다<sup>1)</sup>. 상품가치가 높은 선별된 수산자원을 대상으로 하는 방류 활동은 이미 금강을 비롯한 섬진강, 임진강 등 전국의 주요하천과 연안에서 이루어지고 있으며, 방류와 함께 연안에서는 인공어초를 설치하고 하천에서는 댐이나 보의 어도를 설치하는 등 수산자원을 보호하고 소득원을 지속시킬 수 있는 일련의 활동들이 병행되고 있다.

이처럼 양식기술과 서식환경 개선 노력에 의해 안정적인 소득원을 창출하는 것은 지속가능발전과 녹색성장의 취지와 매우 부합한다. 하천 혹은 연안과 이를 중심으로 서식하는 공공자원에 대해 소득창출이 가능하다면, 지역사회 구성원은 수산자원이라는 공유자원에 대해 공동체적인 보전노력을 통해 그 소득원을 보호할 것이다. 따라서 이러한 사업은 사회구성원의 협력과 학습을 증대시키고, 나아가 사회적 통합과 지역의 정체성을 제고시킬 수 있다. 이것은 장기적으로 자연환경을 활용한 소득증가가 지역사회의 통합과 발전에 매우 긍정적인 영향을 줄 수 있음을 의미한다.

또한 수산자원을 대상으로 하는 목장화 사업은 금강이라는 자원의 활용이라는 측면에서 중요한 의미를 담고 있다. 수산자원이란 기후변화와 식량위기가 현실화되고 있는 현 시점에서 미래의 식량 및 에너지원으로서 무한한 가능성을 내포하고 있어 그 중요성이 크다고 할 수

---

1) 국가기록원 수산업·어촌종합대책(<http://contents.archives.go.kr/next/content/listSubjectDescription.do?id=002307>)의 바다목장화 사업에 대한 설명에서는 “과학적으로 순치된 우량 수산종묘를 방류하여 해양환경을 자동적으로 조사하면서 지속적이고 안정적인 수산물 생산을 도모하기 위하여 울타리 없는 새로운 양식방법”으로 바다에서의 목장화 사업을 정의하며, 아울러 “자연생태계의 조성을 포함하여 자원의 방류로부터 어획에 이르기까지 인위적으로 통제하고 관리하는 어업생산시스템”으로 설명하기도 한다.

있다. 이미 토지자원의 공급은 한계에 부딪혀 식량증산을 위한 새로운 토지의 개발은 온실가스의 추가배출을 야기시키며, 아울러 기후변화라는 환경적 위기 하에서 작물의 생육조건이 변동하고 육지의 식량자원들이 대체 에너지원으로 활용되면서 가격이 폭등하는 등 미래의 식량사정이 불투명하다고 할 수 있다. 이러한 상황에서 화석연료를 대체하는 새로운 에너지원이나 식량자원의 원천으로서 수산자원의 가치는 매우 크다고 볼 수 있다(정희성, 2009, 230-251).

또한 수산자원을 활용한 지역발전 정책은 생태적 복원이라는 의미에서도 중요한 사업이라고 할 수 있다. 목장화 사업과 같이 연안 혹은 하천의 생물자원의 개체수를 일정수준으로 유지시키는 정책은 생물종의 다양성을 유지시키는 생태적 복원의 의미는 물론, 생물자원들에 의한 물질순환과 수질정화라는 순기능을 갖는다. 우리나라의 대부분의 하천에서 많은 보와 하구언이 설치되어 있어 많은 어류와 하천, 갯벌의 생명체들을 감소시키고 이것이 다시 하천과 갯벌의 정화작용과 물질순환을 더디게 해 오염이 가속화되는 악순환이 되풀이되고 있다. 따라서 하류를 중심으로 한 하천의 정비는 그 필요성을 누구나 인정할 수 있으나, 4대강 정비와 같은 사업에서는 그 효과와 추진방향에 대해서 많은 논쟁이 진행되고 있으므로 추후 정책을 추진함에 있어 생물자원의 풍부함을 중요한 정책적 관점의 하나로 취하는 것도 중요하다.

금강의 경우도 마찬가지로 하구언과 댐, 많은 보가 설치되어 있고, 그 결과로 전통적인 특산품으로 볼 수 있는 수산자원, 예컨대 참게와 같은 어종이 멸종되었던 경험을 지니고 있다. 아울러 현재는 농어촌사회의 지속가능성을 제고시키고 녹색성장을 견인할 수 있는 효율적인 지역사회의 개발사업이 필요한 시점이다. 금강 목장화 사업의 필요성은 이러한 배경 하에서 최근 설득력을 높여나가고 있다. 금강의 경우 대청댐과 하구언이 존재함으로 인해 상류와 지천을 중심으로 한 중하류, 그리고 기수지역이 단절되어 있는 상황(신현옥·김현우, 2007)이므로 오히려 단절된 중하류 지역을 대상으로 목장화 사업을 추진하는 것이 기회가 될 수도 있을 것이다. 또한 금강 목장화 사업의 주요 대상자원으로 논의되고 있는 참게의 경우 서식환경이 강 인근의 논을 포함하고 있으므로 참게 유기농법의 확산과 병행하는 것도 가능하다.

이와 같이 금강 목장화 사업이 필요하다는 직관적 판단이 확산되고 있는 현 시점에서 본 사업이 지역사회의 환경, 경제, 사회적으로 어떠한 영향을 미치며 장기적으로 이러한 사업이 지역사회를 어떻게 바꿀 것인가에 대한 체계적인 검토가 요구되고 있다.

## 2. 연구의 목적과 범위

따라서 본 연구는 금강 목장화 사업, 구체적으로 지천을 중심으로 하는 중하류 지역의 참계 방류 및 수확활동에 대해 그 파급효과를 진단하는 것을 연구목적으로 한다. 여기서의 파급효과란 지역의 지속가능성을 전제로 하므로, 금강 목장화 사업이 갖는 생태적 기능, 경제적 목적, 그리고 사회적 변화 등을 포괄한 효과를 의미한다. 금강수계는 총 401km(충남 서천 ~ 전북 장수까지 충남, 대전, 충북, 전북을 포함)로 광활하나 본 연구에서는 금강수계 중 지천의 36km(청양군 청양읍 ~ 부여군 규암면)로 제한하여 참계 목장화사업의 생태-경제-사회적 효과를 진단하고자 한다.

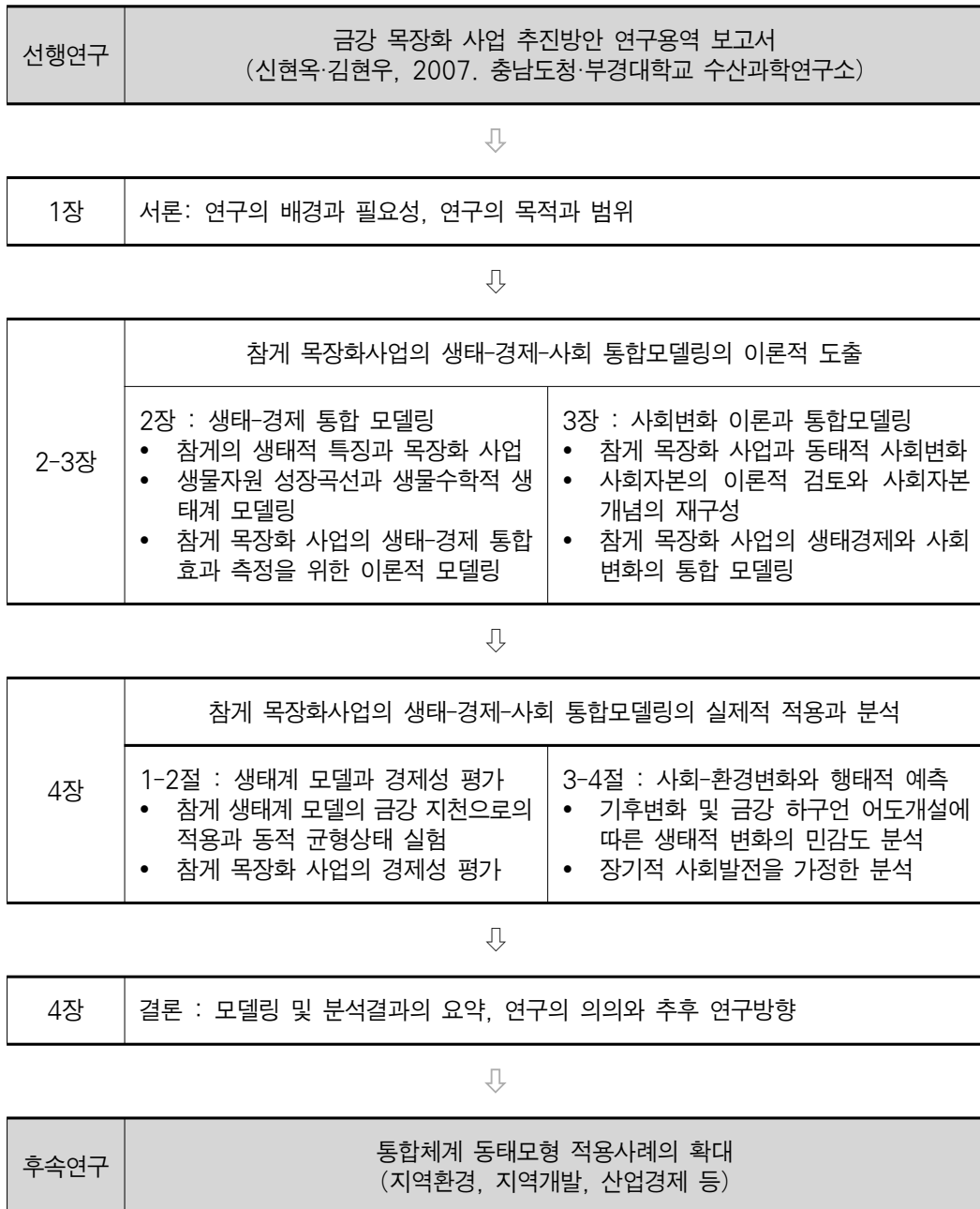
또한 단일 연구에서 이 세 가지 측면의 파급효과를 깊이 있게 진단하는 것은 매우 어려우므로 본 연구에서는 이러한 학제간 접근을 가능하게 하는 시론적인 지속가능발전 모델링을 시도한다. 환경-경제-사회간 상호작용을 묘사한 선행연구들을 바탕으로 학제간 연구에서 빈번하게 적용되고 있는 시스템 다이내믹스 모델링을 시도하며, 금강 참계 목장화 사업에 이를 적용한 분석들을 제시하고자 한다.

따라서 본 연구의 구성은 다음과 같다. 우선 2장에서는 금강 참계 목장화 사업을 분석하기 위한 생태-경제-사회 통합모델의 도출을 시도한다. 수산자원의 생물경제학 혹은 생물수학적 모델링을 기초로 방류 및 수확활동이 포함된 참계 생태계 모델링이 제시되고, 이를 기초로 시장부문과 어가의 참계사업의 자산가치를 분석하기 위한 모델을 도출한다. 아울러 공유자원으로 인한 소득증가가 장기적으로 사회적 유대와 신뢰형성에 기여하는 과정에 대한 간단한 사회자본의 모델링이 제시된다.

3장에서는 도출된 생태-경제-사회 통합모델을 지천유역의 농수산 공동체에 적용하여 시뮬레이션을 활용한 분석이 제시된다. 우선 시뮬레이션을 위한 각종 파라미터와 입력자료에 대한 추정과 설정이 논의되고, 이를 통해 생태적 최적방류량과 경제적 최적수확량 등의 논의가 이어진다. 추후 기후변화나 어로의 확충 등으로 인한 환경변화를 가정한 추가적인 분석과 장기적인 사회변화가 야기시키는 영향 등에 대한 분석도 간략히 제시함으로써 금강 참계 목장화사업의 궁극적인 효과에 대해 시론적인 진단과 정책적 시사점을 제시한다.

마지막으로 4장에서는 모델과 분석을 정리하고, 연구의 결론을 제시한다. 아울러 연구의 한계 및 추후 연구방향을 제시함으로써 본 연구가 갖는 의의를 설명하고 앞으로 금강 참계 목장화 사업과 관련된 연구의 추진방향 등에 대해 논한다.

〈그림 1-1〉 본 연구의 흐름과 보고서의 구성



## 제2장 참게 목장화 사업의 생태-경제 통합 모델링

### 1. 참게의 생태적 특징과 인공부화 및 방류기술

#### 1) 참게의 생태적 특징

우리나라에 분포하는 참게류는 총 4종으로, 갑장이 5~6cm이며 갑폭이 6~7cm 정도로 비교적 대형종에 속한다. 만경강 이남에 서식하는 동남참게(*E. japonicus*)와 함께 널리 식용되고 있는 참게(*E. sinensis*)는 만경강 이북의 한강, 금강, 임진강 등 서해안으로 흐르는 하천 일대에 서식한다.

참게는 하천의 담수역과 바다의 해수역간을 이동하는 회유종으로서 담수역에서 성장하여 성숙한 참게는 바다로 내려가 교미와 산란을 하는데, 일반적으로 암게 한 마리가 대략 40~50 만개의 알을 포란한다. 다음해 4~5월경 바다에서 부화한 참게의 유생은 강줄기를 타고 상류로 이동하며, 조에아기를 거쳐 탈피를 거듭하면서 메갈로파와 치게(어린 게)로 성장한다. 치게는 수차에 걸쳐 탈피를 거듭하면서 최소 2년 후 성게로 성장한다. 성게는 일반적으로 2년 정도의 수명을 갖고, 생식기가 성숙한 참게는 월동을 하지 못하고 8월 중순 이후 하천의 수온하강과 함께 11월까지 바다쪽으로 산란회유를 하고 산란 후 폐사한다. 금강 지천에서의 참게는 대략 20%의 개체가 성숙이 일어나지 않고 월동을 하는 것으로 보고된 바 있다(신현옥·김현우, 2007).

성게는 3급수 정도의 수질에도 생존 가능하며, 강과 하천의 물고기 사체, 수초, 뼕 속의 생물 등을 섭식하는 잡식성으로서, 동족간 서로 잡아먹는 공식행태(cannibalistic behavior)를 보이기도 하는데 이러한 공식은 특히 취약한 탈피단계에서, 그리고 수온과 먹이환경의 변화 등 서식환경의 불안정성이 클 때 더 많이 관찰된다. 참게는 생태학적으로 강, 하천, 호수, 늪의 기슭이나 논, 습지가 많은 곳을 좋아하며 금강지역의 넓은 논과 하천에 넓게 분포할 수 있다. 금

강의 지천의 참게는 성별에 있어서 크기의 차이는 뚜렷하지 않으나 하류로 갈수록 크기가 더 큰 참게가 채집되는 것으로 알려져 있다(신현옥·김현우, 2007).

## 2) 인공부화 및 방류기술

참게는 1980년대 초 무렵까지만 해도 대량 포획되던 어종이었으나, 농약의 과다한 사용과 도시화, 각종 건설사업 등으로 하천의 변형과 수질오염 등이 진행된 1980~1990년대에 이르러서는 거의 멸종단계에 이르렀다. 임진강에서는 1980년대 폐수 방류사고 이후로 자취를 감추었으며, 금강에서도 하구언의 건설로 생태통로가 확보되지 못하여 참게의 자취가 사라지게 되었다.

그러나 참게의 복원사업은 1990년대 중반 이후 인공부화 및 방류기술의 개발과 함께 민간차원에서 제기되었고, 그 결과 1996년에 임진강과 금강을 대상으로 최초의 방류사업이 시작되었다. 이 기술은 포란한 성게(성숙한 게)의 알을 인공부화한 후 오염에 취약한 유생 등의 단계를 거치는 40~60일간 사육조에서 육성함으로서, 적응 및 보호능력이 완성되어 자연상태에서 생존률이 높아진 치게 단계까지 성숙시킨 후 5~6월경 방류하는 기술을 의미한다(정희성·강만옥·임현정, 2002).

1996년에 처음으로 참게가 방류될 당시 민간업자<sup>2)</sup>에 의해 도입된 이 기술은 경제성이 높은 획기적인 기술이었다. 치게 1마리당 300원 정도의 가격으로 방류가 가능하였고, 방류 2년 후 성게의 포획가능량이 방류량의 대략 28%임<sup>3)</sup>을 감안하면 성게 1마리를 수확하는데 대략 1,000원의 비용이 들며, 이는 당시 성게 마리당 시장가격이 대략 17,000~25,000원 정도인 것에 비하면 가격대비 비용은 1/10 에도 미치지 못하는 수준이었다. 이후 임진강과 금강, 한강에서의 참게 어획량이 증가하면서 국내 유통량 2,000톤 중에 국내산이 차지하는 비율이 대략 25%까지 증가하였으며, 참게의 가격도 최근에는 마리당 2천원대(마리당 100g 기준)로 하락하게 되었다(자세한 것은 <표 2-1> 참조).

2) 현재 방류사업을 하고 있는 주체는 내수면연구소 등의 공공업체와 충청수산(충남 청양군 소재, T. 041-943-0008) 등의 민간업자로 구분된다.

3) 이는 금강, 특히 그 중류부근의 지천을 중심으로 한 수치이며, 임진강의 경우 임진강 참게 어촌계에 따르면 대략 20%로 알려져 있다.

〈표 2-1〉 목장화 사업의 경제성 (이자율은 고려하지 않음)

	수치	자료원 및 비교
치계 마리당 방류비용(A)	₩300~500	내수면개발사업소(충남넷)
치계 방류부터 성계 수확까지의 성공률(B)	28%	신현옥·김현우(2007: 53-54)
성계 마리당 수확비용(C)	₩1,071~1,786	$C=A/B$
최초 방류 당시(90년대) 성계 마리당 시장가격(D)	₩17,000~25,000	동아일보, 중앙일보, 연합뉴스 등 매년 참계 내수면어업 관련 신문기사
최근 5년간 성계의 마리당 시장가격(E)	₩2,500~4,500	
마리당 시장가격 하한(F)	₩1,000~1,800	F 이하로 가격이 형성되는 경우 목장화 사업의 유인이 없음

자료 : 신현옥·김현우(2007) 및 하기 사이트 등의 정보로부터 재구성

[http://www.chungnam.net/content/native/kind/kind\\_001\\_read.jsp?hyangto\\_seq=270](http://www.chungnam.net/content/native/kind/kind_001_read.jsp?hyangto_seq=270)

### 3) 금강 지천에서의 참계 목장화 사업

이후 참계, 황복 등의 수산자원 방류가 내수면 양식어업의 화두로 떠오르면서 2000년대 들어서 자치단체를 중심으로 활발하게 방류활동이 전개되었고, 이러한 활동들은 수산양식 기술을 활용하여 내수면이나 인근 해수면에 경제성이 높은 어종을 방류하여 대량생산을 꾀하는 ‘목장화 사업’으로 불리워지기 시작하였다. 참계는 논이나 하천 등 습지에서 수초와 각종 유기물을 섭생하므로 참계를 이용한 유기농법의 개발과 함께 새로운 농가소득원으로 각광받게 되었고, 아울러 방류활동과 지역축제 등의 문화관광 자원으로서도 주목받게 되면서 현재 금강을 중심으로 참계 방류를 통한 목장화 사업이 추진되고 있다.

금강에서 현재 추진되고 있는 목장화 사업은 401km에 달하는 금강수계의 작은 지류인 36km의 지천(충남 청양군 및 부여군 일대)을 대상으로 하고 있으며, 금강수계 전체로까지 확장된 계획이 제안되고 있다. 금강 지천을 중심으로 하는 현재의 사업은, 금강 지천의 서식환경을 고려하여 서식 및 수확가능한 최대량을 감안한 안에 따른다. 구체적으로 이 안은, 지천수계

에서 논을 포함하여 최대 770.6천마리 (77.1톤, 1마리당 100g 적용)의 성계가 수확가능하므로, 2,753 천마리의 치계를 매년 방류하여 최초 방류 2년 후부터 수확을 한다는 것을 원안으로 제시하였다. 이에 관한 생태적 타당성 조사인 부경대 수산과학연구소의 연구에 따르면, 금강 수계 전체로 확대하는 경우 대략 위의 지천 규모의 15배 정도로 방류 및 수확이 가능하다는 것을 명시하고 있다(신현옥·김현우, 2007, 53-54).

<표 2-1>은 금강 지천에서의 참계 목장화 사업과 관련된 경제적 정보를 취합한 것이다. 이 표에서 보는 바와 같이 앞서 설명한 바와 같이 성계 1마리를 수확하기 위해서는, 1마당 300~500원의 가격으로 치계 3.57 마리 ( $= 1 \div 2\text{년후 방류대비 수확성공률 } 28\%$ )를 방류해야 하므로 성계 1마리의 수확을 위한 비용은 대략 1,000~1,800원이라고 할 수 있다. 실제로 참계 조업의 형태가 통발설치에 의한 것이라면 비용이 크게 들지 않는다는 가정 하에, 참계 목장화 사업은 참계의 시장가격이 1천원 이하로 떨어져서는 경제성을 확보하기 힘들다. 따라서 참계의 마리당 가격 1천원이 본 사업을 시행할 수 있는 최저가격이 될 것이다.

부경대 수산과학연구소의 자료(신현옥·김현우, 2007, 53-54)에서 볼 때 참계의 국내 유통량 2,000톤 중의 약 1/4인 500톤 정도가 국내산이며 나머지는 수입산이므로, 참계 목장화 사업은 수입대체 효과를 일으킬 것이라고 주장하고 있다. 현재 지천구역의 사업은 대략 77톤의 최대 수확량을 목표로 시행되고 있으므로, 국내유통량의 대략 3.8% 수준이라고 볼 수 있어 가격변화에 심각한 영향을 미칠만한 수준이라고는 보기 어렵다. 다만 금강 전체로 확대할 경우, 전체적인 목장화 사업의 수확규모가 상당할 수 있으므로 추후 수확된 참계의 수요를 늘릴 수 있는 보다 근본적인 대책이 본 사업과 함께 요구된다고 할 수 있다<sup>4)</sup>.

---

4) 민간업체들(충청수산 등)은 참계를 활용한 과자류 및 참계 맛살 등의 가공식품의 개발을 포함하여 다양한 의견을 이에 대한 대안으로 제시하고 있다.

## 2. 생물자원 성장곡선과 이론 모델

### 1) 생물자원의 성장곡선에 기초한 생태경제 이론모델

생물자원과 관련된 이론모형은 전형적인 생태학적 개체수 성장모델에 가격 파라미터와 경제적 의사결정 구조를 첨가한 Schaefer(1954, 1957)의 원형모델로부터 파생된 일련의 생태수학 혹은 생태경제학적 모델에 근거한다. 전형적인 개체수 성장모형은 특정 생태자원(생물종)의 개체수를  $P$ 라고 할 때 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\dot{P} \equiv \frac{d}{dt}P = r \cdot P \cdot \left(1 - \frac{P}{K}\right) - c \cdot P \quad \dots\dots\dots 1)$$

$$\text{혹은 단순히 } \dot{P} = r \cdot P - k \cdot P^2 - c \cdot P \quad (\text{단 } k=r/K)$$

여기서, 파라미터  $r$ 과  $c$ 는 각각 로지스틱 성장률과 수확률을,  $K$ 는 최대허용개체수(환경용량)을 의미한다. 이러한 개체수 제약은 위 식의 괄호 안을 풀었을 때 나타나는 2차항으로 표현되며, 이를 간단히 밀도제약식으로 칭하기도 한다. 이 때 밀도제약을 나타내는 계수  $k$  ( $=r/K$ )를 간단히 밀도제약 계수로 나타내기도 한다.

또한 식 1)에서 시간에 따른 가치할인을  $\delta$  및 가격 파라미터  $v$ , 비용함수  $u$ 에 대해 동태적 이윤극대화식은 다음과 같이 표현할 수 있다(Pearce & Turner, 1990, 240-261).

$$\max_c \int_0^{\infty} e^{-\delta t} [v - u(P)] \cdot c \cdot P \cdot dt \quad \text{s.t.} \quad \dot{P} = r \cdot P \cdot \left(1 - \frac{P}{K}\right) - c \cdot P \quad \dots\dots\dots 2)$$

그러나 식 1) 혹은 2)와 같은 교과서적이며 단순화된 모형은 참계 목장화 사업을 표현하기에는 무리가 있다. 참계 목장화 사업을 표현하기 위해서는 첫째, 치계 단계에서의 방류와 성계 단계에서의 수확 활동을 표현해야 하며, 둘째, 방류 후 수확 성공률과 관계된 공식행태와 같은

생태적 특성에 대한 모델링이 수반되어야 한다. 우선 성계와 치계를 구분하여 개체수 성장곡선을 도출해야 하며, 아울러 새롭게 방류활동에 관한 수식이 추가되어야 한다. 특히 공식의 효과를 논하기 위해서는 이와 같은 간단한 형태의 밀도제약으로는 무리가 있다. 왜냐하면 성계 혹은 큰 치계가 어린 치계를 잡아먹는다는 것은 제한된 환경에서 종 전체의 생존을 위한 영양분의 효율적인 축적을 의미하며, 이는 곧 공식행태 자체가 주어진 환경용량 혹은 개체수 밀도제약을 의미하기 때문이다.

## 2) 성숙 및 미성숙 자원을 구분한 생태적 코호트 모델

본 연구에서는 개체수 밀도제약에 대한 보다 폭넓은 논의를 포함한 일련의 이론적 모델을 고찰하였다. Zaghrout & Attalah (1996) 및 Murray (1989) 등으로부터 출발된 일반화된 2단계 코호트 모델(cohort model)은 Jing & Ke (2004)의 논의를 거쳐 우선 성숙자원과 미성숙 자원의 구분된 2단계 수확활동 생태체계 모델로 정착한 바 있다. 이 모델은 식 3)으로 표현된 바와 같은데, 식의 연립미분방정식체계에서  $b_1$  은 미성숙자원( $i = 1$ )의 출생률을,  $b_2$  는 미성숙자원에서 성숙자원( $i = 2$ )으로의 성숙률을,  $d_1$  및  $d_2$  는 미성숙 및 성숙 각 단계에서의 생존률을, 그리고  $c_1$  및  $c_2$  는 미성숙 및 성숙자원의 수확률을 의미한다. 또한 식에서  $k_1$  과  $k_2$  는 각 단계에서 밀도제약 파라미터를 의미한다.

$$\begin{aligned}\dot{P}_1 &= b_1 \cdot P_2 - k_1 \cdot P_1^2 - d_1 \cdot P_1 - c_1 \cdot P_1 \\ \dot{P}_2 &= b_2 \cdot P_1 - k_2 \cdot P_2^2 - d_2 \cdot P_2 - c_2 \cdot P_2\end{aligned}\tag{3}$$

식 1)의 단일 개체수 모형을 식 3)와 같이 2단계 코호트 모형으로 재구성할 때, 출생은 각각 다른 단계에서 형성되며 밀도제약은 각 단계별로 이루어짐을 의미한다. 즉, 미성숙 자원의 출생량  $b_1 P_2$  는 성숙된 개체수  $P_2$  에 비례하며, 성숙된 자원으로서의 유입량  $b_2 P_1$  은 미성숙된 개체수  $P_1$  에 비례한다. 한편 밀도제약은 각 단계의 개체수에 대해 영향을 받는 것으로 구성되어 있다.

이러한 2단계 코호트 모델에서 공식행태를 추가시킨 이론모형은 Armstrong & Sumaila

(2000)에서 제시된 바 있다. 이 모델 역시 2단계 코호트 모델에 기초하였고, 성숙개체가 미성숙 개체를 잡아먹는 과정을 공식률(cannibalistic interaction parameter)  $e$ 와 공식량에 관한 항  $(-e \cdot P_1 \cdot P_2)$  을 이용하여 다음과 같이 표현하였다.

$$\begin{aligned}\dot{P}_1 &= b_1 \cdot P_1 \cdot \left(1 - k_1 \frac{P_1}{P_2}\right) - e \cdot P_1 \cdot P_2 - c_1 \cdot P_1 \\ \dot{P}_2 &= b_2 \cdot P_2 \cdot \left(1 - k_2 \frac{P_2}{P_1}\right) - c_2 \cdot P_2\end{aligned}\tag{4}$$

식 5)의 밀도제약은 미성숙 단계에서 잡아먹히는 공식에 관한 밀도제약 외에, 공식행태의 반대급부라고 할 수 있는 성숙 및 미성숙 단계의 상보효과(recruitment relationship between mature and immature)를 표현하고 있다. 상보작용에 의한 생태·경제적 통합효과는 이미 Waker(1999)에서 제시된 바와 같이, 괄호 안의 두 번째 항의 분모에 각기 다른 단계의 개체수를 삽입하는 것으로 표현되었다. 식 3)에는 출생량이 다른 단계의 개체수에 비례하고 밀도제약이 해당 단계의 개체수가 많을수록 증가하는 것에 비해, 식 4)에서는 출생량이 해당 단계의 개체수에 의해 결정되나 밀도제약의 경우 두 단계 모두의 개체수에 대해 음과 양의 영향관계를 모두 포함하고 있다는 차이를 보인다.

### 3. 참계 목장화 사업을 위한 본 연구모델의 도출

#### 1) 참계 목장화 사업의 이론적 모델

본 연구의 분석대상인 참계의 경우 공식행태는 존재하며, 그 반대급부로서 상보효과 등이 존재할 수 있다. 그러나 공식물에 대한 정확한 정보가 존재하지 않고 현 시점에서 공식물이 그다지 높지 않은 수준(정희성·전대욱, 2006)으로 예측되며, 상보효과와 성계의 치계를 보호한다던지 혹은 공식된 치계의 희생으로 인해 성계의 개체수 증가는 더욱 정보가 없을뿐더러 무시할만한 수준으로 판단되므로 본 연구모형에서는 공식행태만 반영하고 상보효과는 반영하지 않기로 한다.

식 5)로 표현된 본 연구의 이론모형은 식 3)의 기본적인 2단계 개체수 모형을 근간으로 성계의 수확만을 고려하였으며, 치계의 경우 방류활동을 포함시켰다. 아울러 식 4)의 공식행태에 관한 항을 추가로 고려하였다. 이러한 이론모형은 공식행태의 추가로 인하여 비선형성이 더욱 확대되었고, 따라서 Jing & Ke (2004)나 정희성·전대욱(2005)에서 시도한 바와 같은 안정상태(steady state)의 해석적 도출(analytical approach)은 어려워졌으며, 생태적 균형이라고 할 수 있는 동적 안정상태의 분기현상(bifurcation)과 같은 현상이 발생할 여지도 존재한다(정희성·전대욱, 2006).

$$\begin{aligned}\dot{P}_1 &= b_1 \cdot P_2 - k_1 \cdot P_1^2 - d_1 \cdot P_1 - e \cdot P_1 \cdot P_2 + \alpha \cdot c \cdot P_2 \\ \dot{P}_2 &= b_2 \cdot P_1 - k_2 \cdot P_2^2 - d_2 \cdot P_2 - c \cdot P_2\end{aligned}\tag{5}$$

식 5)를 다시 정리하자면 P1 및 P2 는 각각 어린 치계 및 성숙한 성계의 개체수를 의미하는 내생변수(stock variable)이며, 나머지 소문자로 표현된 것들은 모두 외생변수(parameter)이다. 구체적으로, b 는 각 단계의 출생률을, k 는 밀도제한 파라미터를, d 는 사망률(단, d1 의 경우 사망률과 성숙률을 합한 P1 의 소멸률을 의미)을, e 는 공식물, c 는 수확물, a 는 수확량 c·P2 을 기준으로 한 방류율을 의미한다.

방류활동의 경우 실제적으로는 자치단체의 계획된 방류량에 기반하므로 수확량에 무관하

게 상수로 설정할 수도 있으나, 단기적으로 방류량은 예상수확량에 근거하며, 장기적인 관점에서는 수확량과 관련된 의사결정에 근거한다고 볼 수 있다. 따라서 이론적인 상황에서는 수확률에 비례한 방류율을 설정하는 것도 가능하며, 이 경우 이론경제학적인 함의를 음미할 수도 있다.

예컨대 정희성·전대욱(2005)의 선행연구에서 이 방류율은 음의 수확률로 해석할 수 있음을 지적하는데, 자연상태에서 멸종과 같은 위기상황을 초래한 세 가지 원인인 수질오염, 서식환경 파괴, 아울러 과도한 수확(공유자원의 비극)이 해소되지 않은 단기적 상황에서 위기를 극복하는 수단으로서의 복원활동이 논의되었다. 아울러 김혜인·전대욱(2009)의 선행연구에서는 이러한 비극 하에서 단기적인 복원활동으로 인한 소득증가가 장기적으로 이러한 비극을 해소할 수 있는 사회적인 변화의 원천이 될 수 있다는 가능성도 제기하고 있다.

방류활동이라는 기술혁신에 기반한 사업은 단기적으로는 지역소득의 안정적 확보를 가능하게 할 뿐만 아니라 이렇게 위기와 비극의 상황을 장기적으로 개선시킬 수 있는 사회적인 동력이 될 수 있다는 가능성에서 녹색성장과 지속가능발전의 취지에 매우 부합하는 사업이라는 것은 이러한 이론모형을 통해서도 충분히 가늠할 수 있다.

## 2) 수확과 어가자산가치 모델링

식 1)의 개체수 성장모형을 제약식으로 삽입하여 식 2)와 같이 수확이윤 극대화 모형을 만든 것과 같이, 본 연구에서도 식 5)의 2단계 개체수 모형을 제약식으로 삽입하여 식 6)과 같이 참게 목장화 사업의 자산가치 극대화 모델링을 할 수 있다.

$$\begin{aligned} \max_c \int_0^{\infty} e^{-\delta t} [v - u_1 \alpha - u_2] \cdot c \cdot P_2 \cdot dt \\ \text{s. t.} \quad \begin{aligned} \dot{P}_1 &= b_1 \cdot P_2 - k_1 \cdot P_1^2 - d_1 \cdot P_1 - e \cdot P_1 \cdot P_2 + \alpha \cdot c \cdot P_2 \\ \dot{P}_2 &= b_2 \cdot P_1 - k_2 \cdot P_2^2 - d_2 \cdot P_2 - c \cdot P_2 \end{aligned} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots 6)$$

식 1)과 마찬가지로 시간에 따른 가치할인율을  $\delta$  로, 수확한 성숙 참게의 가격을  $v$  로 놓았

다. 식 1)에서 비용함수  $u$  는 수확활동에 소요되는 수확비용이며 일반적으로 수확하는 자원량의 함수로 설정하는데, 본 연구에서는 방류활동이 포함되므로 방류비용  $u_1$  및 수확비용  $u_2$  로 구분하고, 방류비용의 경우 치계 마리당 고정비로 상수로 놓고, 수확비용의 경우 참게의 조업방식인 통발 설치 등으로  $u_2$  를 상수 혹은 0로 설정하여도 무방하다.

다만 식 6)과 같은 모델링에 있어서 가격  $v$  를 파라미터로 놓지 않고 수확량  $c \cdot P_2$  에 따라 가격변화 함수 혹은 가격신축성 함수의 형태로 설정한 일련의 연구(Moxnes, 2005; Hanson & Ryan, 1998)를 발견할 수 있다. 실제로 참게 시장의 경우 매우 제한적이며 다른 농수산물의 경우와 마찬가지로 가격 변화에 대한 소비의 탄력성이 크다고 볼 수 없으므로, 역으로 공급물량의 변화에 따른 가격의 변화가 매우 크다고 볼 수 있다.

따라서 참게 목장화 사업을 추진함에 있어서 수확량이 가격변화에 미치는 형태를 내생화시켜 외생변수인 가격  $v$  의 변화방정식을 추가할 수 있다. 본 연구에서는 Moxnes (2005) 및 김명환 외(2000)의 일부 품목에서 시도하는 것과 같은 간단한 형태의 가격변화식을 가정하여 식 7)과 같은 모델을 제시한다. 이러한 가격변화식은 가장 간단한 형태의 자연대수를 취한 선형 가격신축성 함수 혹은 지수함수 형태의 가격신축성 함수를 의미한다. 식 7)에서 가격  $V$  는 내생화시켰으므로 대문자로 표현하였고, 가격변화는 현재의 가격수준과 공급물량의 변화의 함수로 표현하였다.

$$\begin{aligned} \max_c \int_0^{\infty} e^{-\delta t} [V - u_1 \alpha - u_2] \cdot c \cdot P_2 \cdot dt \\ \dot{P}_1 = b_1 \cdot P_2 - k_1 \cdot P_1^2 - d_1 \cdot P_1 - e \cdot P_1 \cdot P_2 + \alpha \cdot c \cdot P_2 \\ \text{s. t. } \dot{P}_2 = b_2 \cdot P_1 - k_2 \cdot P_2^2 - d_2 \cdot P_2 - c \cdot P_2 \\ \dot{V} = f(V, c \dot{P}_2) \end{aligned} \quad \dots\dots\dots 7)$$

아울러 식 7)에서의 가격변화는 다른 농수산물의 경우와 마찬가지로 대체재나 보완재 등의 유사시장에 따른 가격변화 혹은 소득에 따른 수요변화 등을 고려해야 하나, 국내산 민물참게의 주 수요처가 참게장과 참게 매운탕 등으로 특화되어 있으므로 분석의 편의를 위해 이러한

유사시장에 대한 모델링은 생략하기로 한다. 다만 참계 방류기술의 경제성을 설명한 <표 2-1>에서 제시한 바와 같이, 방류 후 수확을 전제로 하는 참계 목장화 사업에서는 방류비용 이하로 수익이 발생하는 경우 사업의 유인이 존재하지 않는다. 따라서 가격변화의 경우에 하한선이 존재하는 것으로 모델링하는 것도 가능하다.

### 3) 참계 목장화 사업의 시스템 모델링

이상과 같은 논의를 요약한 것이 <그림 2-1>에 제시되어 있다. 그림은 함수관계로 표현된 식 7)의 시스템적 특징을 인과관계로 단순화시켜 전체 시스템의 인과관계와 피드백을 한 눈에 파악할 수 있도록 표현한 인과지도(causal loop diagram)로서, 동태적 인과관계와 인과관계의 피드백 고리(feedback loop)를 중심으로 표현한 것이 특징이다.

그림에서 개별 화살표의 극성(polarity)은 한 인자가 증감할 때 영향을 받는 인자가 증감하는 방향이 같은지(+) 혹은 다른지(-)를 나타내고 있다. 또한 개별 피드백 고리에 표현된 기호 역시 개별인자의 증감방향이 동태적으로 증감을 강화시키는 방향으로 피드백이 된다는 것을 R 고리(혹은 강화고리, R: Reinforcing loops)라 칭하며, 반대로 개별인자의 증감이 가속화되지 않고 줄어드는 방향으로 피드백 된다는 것을 B 고리(혹은 조절고리, B: Balancing loops)로 표현하고 있다. 인과지도에 대한 보다 자세한 설명은 Sternman(2000) 혹은 국내외 시스템 다이내믹스 문헌을 참고하기 바란다.

참계 목장화 사업에 관한 그림의 생태경제 통합시스템에서는 근본적으로 생태계의 균형과 시장계의 균형을 유지시키기 위한 조절고리들로 구성된 시스템에 출생, 방류 등이 개체수의 성장을 견인하는 구조로 형성되어 있다. 만약 개별인자가 한 시점에 증가하고 이러한 움직임이 시스템 구조를 통해 다시 스스로의 증가를 강화시킨다면 그 인자는 시간이 흐르면서 계속 증가를 거듭할 것이다. 반대로 개별인자가 한 시점에 증가하고 이러한 움직임이 구조적으로 스스로의 증가를 조절한다면 증가되었던 움직임이 서서히 둔화되면서 시스템은 안정적인 구조를 찾아갈 것이다.

따라서 생태계에서도 개체수가 일시적으로 증가하거나 감소하는 작용이 구조적으로 그 작용을 조절한다면 다시 개체수가 안정되는 힘이 작용하며, 시장계에서도 물량의 변동과 같은 순간적인 가격변화 요인에 대해 가격의 변화를 통해 물량의 조절이 이루어져 다시 안정적인



우, 강화 피드백으로 작용하는 R 고리는 가장 바깥쪽의 고리에 해당하는 자연적인 출생에 관련된 피드백과 인공적인 방류에 해당하는 피드백 두 개로 표현되어 있다. 물론 금강의 경우 하구둑으로 자연번식이 힘들기 때문에 그림에서 자연번식에 해당하는 성계스톡이 출생량에 미치는 영향관계를 점선으로 표현하였고, 아울러 방류량 역시 단기적으로는 정책적으로 결정되므로 수확량에 의해 영향을 받는다는 장기적인 관계에 대해서는 점선으로 표시하였다. 따라서 금강 지천의 경우 단기적인 상황을 놓고 볼 때에는 R 고리가 존재하지 않는 것으로 판단할 수 있고 (대신 정책적으로 이 R 고리에 해당하는 외부투입이 존재함), 장기적으로는 두 개의 R 고리가 형성되는 것으로 생각할 수 있다.

반면 조절작용을 하는 피드백 고리인 B 고리는 그림에서 많이 관찰된다. 우선 미성숙 치계스톡의 경우 오른쪽에 공식과 관련된 두 개의 B 고리가 형성되는 것을 관찰할 수 있고, 아울러 치계와 성계 모두 왼쪽에는 밀도제약 등에 의한 자연적 소멸에 관련된 B 고리들이 형성된 구조인 것을 알 수 있다. 따라서 이 시스템은 일부 R 고리에 성장의 패턴이 가속화될 수 있으나, 생태계의 균형에 관련된 B 고리들에 의해 일정 수준에서 개체수가 안정적으로 균형수준에 이르게 된다는 것을 구조적인 역학관계로부터 확인할 수 있다.

이러한 동적 균형상태는, 참게의 생태적 개체수는 방류활동이 없는 자연상태에서 생존하지 못하고 죽거나 잡아 먹히는 양과 재생산되는 양이 일치될 때 다다르게 된다. 해석적으로 식 5)로 표현된 미분방정식 체계의 동적균형은 좌변의 변화율을 0으로 설정한 후 연립방정식에 의해 풀 수 있으며, 그 해는 시스템을 구성하는 파라미터의 함수로 결정된다.

특정 파라미터 하에서는 이러한 동적 균형상태가 0에서 형성될 수도 있는데, 이 경우 멸종을 의미한다. 예컨대 오염 및 서식환경 파괴 등으로 생존률이 지나치게 낮던가 혹은 과다 수확과 같은 문제로 수확률이 재생산률 보다 높으면 그림의 구조로부터 B 고리의 역학적 힘이 R 고리들을 상회하며 시스템에 지배적으로 작용(loop dominance)할 수 있으며, 그 결과 동적 균형점이 0 혹은 음수(-)가 된다.

이러한 멸종 상태라도, 그림에서와 같이 인공방류라는 새로운 피드백이 형성되어 재생산률을 증가시켜 동적 균형점을 0보다 크게 올리는 것이 가능하다. 참게 목장화 사업은 이러한 점에서 생태적 복원활동의 의미를 지니고 있고, 자원보호와 소득증대를 동시에 달성할 수 있는 사업임을 시스템의 구조를 통해 진단할 수 있다. 시스템의 동적 균형점에 대한 보다 자세한 논의는 4장에서 다시 논하기로 한다.

# 제3장 참계 목장화 사업과 사회변화에 대한 논의와 모델링

## 1. 참계 목장화 사업과 사회변화 : 농촌지역의 내발적 활성화와 사회자본

우리나라의 농촌사회는 고도 산업화 과정을 겪으면서 농업·농촌인구가 급격히 유출된 결과 인구 과소화와 고령화가 빠르게 진행되고 있다. 이러한 결과 사회적인 참여와 내발적인 활성화를 가져 올 수 있는 역동성이 감소하게 되었다는 진단이 일반적이다. 내발적 발전이란 외래형 개발이 안고 있는 인구유출, 자연생태계 파괴, 지역 공동체 붕괴, 지역문화 훼손 등 다양한 문제에 대응하여 지역주민이 스스로 위기 인식을 공유하여, 지역내의 자원·문화 등을 다양한 각도에서 활용함으로써 농촌지역의 활성화를 도모하는 것을 말한다. 인구 과소화와 고령화라는 인적 자본의 부재 속에서 내발적 발전의 한계에 대한 우려와 지적이 거듭되고 있음에도 불구하고 끈끈한 지역사회내의 연대에 기반한 참여를 통한 농촌개발의 성과가 광범위하게 나타나고 있다는 점에서 지역개발 사업에 있어 사회자본 부문의 고려는 매우 필요한 작업이라고 할 수 있다.

사회자본에 관한 연구의 최근 동향은 거시적인 차원에서의 그 중요성이 부각되면서 사회자본이라는 개념적·이론적 관심으로부터 실제적으로 사회자본을 측정하는 시도로 연결되고 있다. 국내의 경우에는 2000년대 초반 이후로 관심을 받기 시작하여 아직은 초기 단계로서, 거시적인 차원에서의 사회자본 측정에 대한 연구는 신뢰와 연결망의 강도의 총합을 사회자본으로 설명하는 경우나 상대적으로 측정이 용이한 소규모 집단을 대상으로 한 개인적, 미시적인 사회자본 측정이 주류를 이룬다(이재열, 1998; 박희봉·김명환, 2001; 정기환·심재만, 2004; 정병은·장미혜, 2005; 김기홍, 2006).

한편 세계은행, 아시아 개발은행, UN 등 국제기구에서는 개발도상국의 빈곤퇴치와 관련하여 사회자본의 개념이 중요하게 활용되고 있으며, 사회자본의 유용성 검증과 실제로 사회자본을 거시적인 차원에서 측정하기 위한 시도가 진행되고 있다(World Bank, 2003). 사회자본은

생산과정에서의 최소율의 법칙과 같이 물적자본과 인적자본이 충족된다고 해도 사회자본이 결여되면 소기의 생산성을 기대하기 어렵다는 속성을 지닌다. 따라서 국제기구들은 개발도상국에 대한 개발 프로젝트를 수행함에 있어 사회자본의 축적여부가 프로젝트의 성공적 수행에 영향을 준다고 평가한다.

이러한 결과들은 사회적 연결망과 규범 등 기존에 자본으로 인식하지 않았던 사회적 관계들을 새롭게 자본으로 인식하고 있기 때문에 가능하다. 즉, 자본을 어떠한 대가를 기대하고 투자된 자원으로 정의할 때, 자본은 행위의 목적으로서 이윤을 추구하기 위하여 투자되고 동원되며 이를 통해 비로소 자원으로 인식된다. 사회자본은 신뢰와 호혜성의 규범, 그리고 연결망의 형성을 통해서 현대사회의 각종 병리현상을 극복 할 수 있으며, 그러한 관계맺음의 특성 자체가 개인이나 조직의 차원에서 생산적인 ‘자본’으로 기능할 수 있음에 주목한다.

## 2. 사회자본의 이론적 검토

### 1) 사회자본의 개념

일반적으로 사회자본이란 사람들이 서로 연결되어 있음으로 인해서 유·무형의 혜택을 얻을 수 있다는 것을 의미한다(유석춘·장미혜, 2003; Lin, 2001; Sandefur & Laumann, 1998; Portes, 1998; Woolcock, 1998; Bourdieu 1986). 사회자본은 집단에 소속되어 있거나 참여하는 것이 개인과 공동체에 긍정적인 효과를 가져온다는 연대에 대한 초기 사회학자들의 이론적인 통찰을 재포장시킨 것에 불과하다는 평가를 받기도 한다(Woolcock et al., 2000). 그럼에도 불구하고 행위자를 네트워크 속의 존재로 이해하며, 익명적이고 제도적인 시스템에 의해서 운행되는 근대 사회안에서 사회적 관계를 통해 현대사회가 직면하고 있는 다양한 현안들을 해결할 수 있는 개념으로 간주되고 있기도 하며, 무엇보다도 누적적인 사회관계의 역량을 양화될 수 있는 형태로 개념화한다는 데서 분석적인 이익을 가져 올 수 있다. 그러나 여기서 우리가 주의해야 하는 점은 이런 식으로 정의된 사회자본은 경제자본과는 달리 그것에 투자한 행위자가 그것의 모든 수익을 전유 할 수 없으며, 기본적으로 행위자들간의 협동적 행위를 전제하며, 그것의 수익은 매우 불확실하다는 점이다. 이러한 사회자본의 성격은 사회자본의 부정적인 효과역시 내포하게 된다는 점이다.

사회자본의 개념은 연구의 범위와 대상에 따라 다양하게 정의된다. 사회자본이란 용어가 직접적으로 처음 사용된 것은 1916년 Hnifan에 의해서다. 그는 민주주의와 개발에 있어 지역사회의 관여(involvement)가 중요하다고 주장하며 이웃다움(neighborliness)에 대해 언급하였다. 이후 사회자본에 대한 개념을 본격적으로 활용한 것은 부르디외(Bourdieu, 1995)와 콜만(Coleman, 1998)이다.

콜만은 인간의 사회적 행위에 있어서 사회학적 시각과 경제학적 시각을 통합하기 위해 사회자본이라는 개념을 통해 개인의 사회자본이 학력, 즉 인적자본을 어떻게 형성하는지에 대한 경험적 연구를 수행하였다. 이를 통해 그는 사회자본(Socail capital)을 ‘한 개인에게는 없지만 그 개인이 참여하고 있는 사회적 관계를 통하여 다른 사람들이 가지고 있는 자원을 동원할 수 있는 능력’ 혹은 ‘사람들이 서로에 대해 가지는 의무와 기대, 정보의 유통, 규범과 효과적인 제재’라고 정의 하였다(Coleman, 1998).

〈표 3-1〉 사회자본의 개념정의

구분	연구자	사회자본의 개념정의
사회적 지원관계를 통해 이용 가능한 자원	Jacob(1961); Loury(1977)	사회적 공동체 조직 내에 속한 구성원들이 개인들의 발전을 위해 이용가능한 관계적 자원
	Coleman(1988)	사회적 구조의 관계에 존재하며 행위자의 행위를 촉진하는 사회적 속성을 가진 자본
	Bakcer(1990)	개인들의 직업적 능력과 기업의 사업능력을 촉진시키는 생산적 자원
	Tasi & Ghoshal(1998)	사회적 환경 속에 있는 개인들의 행동을 촉진하는 가치시스템과 신뢰관계, 사회적 결속과 같은 사회적 배경을 포함하는 개념
	Nahapiet & Ghoshal(1998)	개인 또는 사회적 단위가 소유한 관계의 네트워크로부터 끌어내어 이용할 수 있는 실제적·잠재적 자원의 합
	Sandefer & Laumann(1998)	대인관계의 상호작용으로부터 이용할 수 있는 자원의 일종
사회적 관계가 제공하는 기회와 이익의 총합	Granovetter (1985)	이해관계를 추구하는 행위자들이 생산적으로 이용할 수 있는 사회적 구조 내에 축적된 자원
	Bourdieu(1986)	상호인지적 관계가 제도화되거나 지속적 연결망이 형성되어 개인이나 집단이 실제적·가상적 이익이나 기회의 총합
	Ussem & Karabel(1986)	계층 결합에 의한 사람들의 네트워크에 의하여 개인의 지위 향상에 중대한 영향력을 행사
	Belliveau 외(1996)	개인의 지위 강화를 위해 개인이 활용할 수 있는 사회적 네트워크 속에 존재하는 이용 가능한 사회적 자원
공동체 유지를 위한 기제	Putnam(1993)	조화로운 행동의 촉진에 의해 사회적 유효성을 증진시킬 수 있는 네트워크 구축능력
	Callahan(1996)	개인, 집단, 공동체 간의 신뢰 또는 상호의무에 의해서 사람들의 행동을 보다 효과적으로 촉진시켜주는 자산
	Fukuyama(1996)	공동체 연대와 결속을 유지하는 고신뢰사회의 핵심 가치

사회자본에 대한 개념정의가 다양한 이유는 사회자본의 개념에는 서로 상이한 유형이나 차원이 존재하기 때문이다. 예컨대 Bourdieu(1986), Coleman(1998), Burt(1991)와 같이 개인의 연결망의 특성에 초점을 두는 미시적인 사회자본은 집단이나 연결망 속에 있는 자원을 동원할 수 있는 능력을 의미한다. 이들은 왜 특정 개인이나 집단이 다른 사람이나 집단에 비해 유리하거나 불리한 위치를 차지하는가를 설명하기 위해 사회자본의 개념을 도입한다. 반면 Putnam(2000), Fukuyama(1995)와 같이 사회자본을 문화적, 조직적 특성으로 파악하는 경우에 분석 대상은 사회가 되며, 그 사회의 문화적 전통이 어떻게, 얼마나 시민적 참여를 강조하는가, 그럼으로써 사람들이 서로 신뢰하고 협력할 수 있도록 하고, 공공성에 적극적인 관심을 갖게 하는가에 주된 관심을 가진다. 즉 사회자본이 작동하는 원리나 세계에 대한 인식과 지향점 자체에 차이가 존재한다<sup>5)</sup>.

〈표 3-2〉 사회자본 개념에 대한 입장차이 (최종렬, 2004)

	경제사회학 진영	발전사회학 진영
사회자본의 핵심	신뢰	일반화된 호혜성
사회적 연결망의 특성	개방적 네트워크	폐쇄적 공동체
분석 계기	1997년 IMF 외환위기	유교 자본주의론의 정교화
이론적 모체	고도로 발달한 자본주의사회 (과거와의 단절)	전통⇨현대 (누적)
한국사회의 특성	사적신뢰의 과잉, 공적신뢰의 과소	일반화된 호혜성에 기반한 연고주의의 편만
한국사회의 나아갈 방향	공적불신의 제도화; 연결망사회건설	유교적 발전국가, 연고집단의 활성화

이러한 경향은 국내의 사회자본 연구에서도 마찬가지로 경향을 보인다. 국내의 사회자본에 관한 논의는 사회자본으로서의 신뢰와 사회적 연결망에 관심을 집중시켜온 사회경제학적 논의

5) 이는 고전사회학자 뒤르케임의 사회적인 연대에 대한 구분을 고찰하는 것으로 이해의 수준을 높일 수 있을 것이다. 사회적인 결속을 가져오는 방식에 있어 열광과 집단 기억 등의 정서적인 맥락이 강조되는 기계적인 연대와 합리성과 유기성이 강조되는 유기적 연대가 바로 그것인데, 현대 사회는 합리성만으로는 설명될 수 없는 비합리적이고 전근대적인 요소도 분명히 작동하고 있기 때문이다.

와 한국사회 발전의 독특성을 비추어주는 새로운 이론적 자원으로서의 사회자본의 개념, 특히 일반화된 호혜성과 폐쇄적 공동체에 집중하는 발전사회학적 논의로 대별된다(최종렬, 2004). 국내 사회자본 연구의 이론적 불일치에 대해 최종렬은 <표 3-2>와 같이 정리하고 있다.

특히 이들의 시각차이는 한국의 사회적 연결망 중에서 가장 큰 영향력을 가지고 있는 연고집단에 대한 평가에서 두드러진다. 사회경제학적입장은 연고집단은 사회발전을 저해하는 폐쇄적인 연결망이며, 오히려 '사회적 반자본(social anti-capital)'이라고 부정적인 평가(김용학, 1999; 김용학·손재석, 1998; 이재열, 1998, 이재혁, 2006)를 내리는 반면 발전사회론은 연고집단의 폐쇄적인 연결망이야말로 시장이 제공하지 못하는 신뢰를 제공하는 원천이라는 긍정적인 평가(유석춘·장미혜 외, 2002)를 내리며, 자본주의와 개인주의의 폐단을 극복할 수 있는 가능성을 연고집단이 가진 사회자본의 특성을 통해 찾고 있다.

이러한 입장의 차이는 사회자본의 효과를 계급내, 지역단위의 내적차원 혹은 자본주의 내에서의 개인주의의 한계를 넘어서는 무엇으로 사회자본의 가능성을 분석의 초점에 두느냐 아니면 보다 큰 '국가' 단위에서 사회자본의 효과를 살피거나 포괄적인 의미에서의 합리적인 기능주의적 조직에 가치를 두느냐는 입장의 차이라고도 해석될 수 있다.

즉 사회자본을 둘러싸고 경제사회학 진영과 발전사회학 진영이 보이는 대립의 핵심은 사회자본의 핵심을 (공적)신뢰와 호혜성 중 어느 것으로 특화할 것이냐에 대한 입장차이다. 사회자본이 진정으로 문제가 되는 것은 소위 공적영역이라고 하는 국가(정치)와 시장(경제)이 이념형적으로는 법적·합리적 정당성과 효율성이라는 보편적이고 익명적인 규칙에 의해 운영되지만 실제 그 안에 국지적이고 개인적인 연결망이 작동하기 때문이다(최종렬, 2009). 고도로 세속화되었다는 현대사회에서도 보다 근원적인 상징적 차원의 합법화가 반드시 필요한 것이다. 문제적 상황에서 사람들이 상호작용하는 '방법'만 공유해서는 긍정적인 합법화를 성취할 수 없다. 따라서 현실적으로 사회자본의 개념을 통한 효과적인 분석을 위해서는 사회자본의 이러한 다면적인 유형과 작동방식을 고려하여야 한다.

## 2) 사회자본의 측정지표

사회자본에 주목하는 국제기관으로 세계은행(World Bank)이 가장 독보적이다. 세계은행은 1993년부터 사회자본에 대한 논의를 시작했고, '세계개발보고(2000, 2001)'에서 개발에 있어 사

회자본의 중요성을 지적하였다. 사회자본 양성을 위한 사업(사회적 자본의 정의, 계측, 육성 방안에 관한 연구 등)을 방글라데시, 인도 등의 개발도상국을 중심으로 착수하면서 사회자본을 통한 빈곤퇴치에 깊은 관심을 가지고 있다. 세계은행의 이러한 시도는 지역개발에 있어 그 지역의 사회자본이 매우 중요하다는 인식을 증대시키는 계기가 되었다.

세계은행 사회자본 연구에서의 사회자본에 대한 정의를 살펴보면 공통적으로 관계성, 규범, 네트워크, 신뢰를 통해 다양한 수준의 집합체가 공유된 공동목표를 달성하고자 하는 집합적 행동을 실천하도록 하는 역량이라는 것으로 수렴되는 것을 볼 수 있다.

〈표 3-3〉 사회자본의 정의, 구성요소 및 측정구조

구분	사회자본의 정의 및 구성요소	측정구조
Knack (2000)	집합적 행동이 요구될 때 협력을 요청하는 강력한 시민규준과 일반적인 신뢰의 형태 안에서 발생	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상호민음</li> <li>• 건전한 시민태도와 협력을 나타내는 인구센서스 조사에 대한 응답</li> <li>• 자발적 활동에 참여한 사람의 비율</li> </ul>
Grootaert (2001)	미시, 중시, 거시 수준으로 구분 미시·중시에서는 네트워크와 규범을 의미하며 거시 수준에서는 공공제도를 포함함	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 적극적으로 참여하는 집단의 수</li> <li>• 3개 중요 집단의 내부 다양성 여부 (8가지 기준으로 평가)</li> <li>• 지난 3달간 참석한 모임 수</li> <li>• 3개 중요집단의 의사결정 참여정도</li> <li>• 3개 중요집단 회원이 되기 위해 지불한 회비</li> <li>• 3개 중요집단 회원으로서 기여한 날짜의 수</li> <li>• 회원가입 집단 중 지역사회 주도인 집단 비율</li> </ul>
Bain 외 (2002)	신뢰성과 단결성을 기초로 집합적 행동을 가능하게 하는 네트워크, 결합, 가치와 규범	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공식조직에의 참여</li> <li>• 즉각적인 집단적 행동형성에 참여</li> <li>• 위기시기 집단적 행동</li> <li>• 평상시 집단적 행동</li> <li>• 신뢰와 포용</li> </ul>
Ibanez 외 (2002)	공유된 이익을 위해 집합적 행동을 촉진하는 네트워크, 규범, 신뢰로 구성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 조직의 참여</li> <li>• 집단적 행동에 참여</li> <li>• 신뢰</li> </ul>

World Bank (2002)	시민참여, 상호신뢰, 공공기관의 자신감	<ul style="list-style-type: none"> <li>지역단위에서 상호신뢰의 변화정도</li> <li>공공서비스와 지역단위 기관에 대한 시민평가</li> <li>시민과 지역단위 기관간의 관계</li> <li>지역단위의 공공서비스와 관련된 집합적 행동의 형성</li> <li>공식적 자발적 집단참여</li> </ul>
Grootaert (2004)	인간관계를 통해 획득할 수 있는 자원 및 관계의 본질과 범위	<ul style="list-style-type: none"> <li>집단과 네트워크</li> <li>신뢰와 유대</li> <li>집합적 행동과 협동</li> <li>정보와 의사소통</li> <li>사회적 결속과 포용</li> <li>권한 위임과 정치적 행동</li> </ul>
Watterberg (2004)	친근감이나 상호인지적 관계가 내면화된 관계의 지속적인 네트워크 소유와 연결되어 나타난 현재 혹은 미래 자원의 총합	<ul style="list-style-type: none"> <li>참여한 집단의 공식적 수준(Networks: 비공식적 연결, Organization: 비교적 항구적 소속감을 갖는 집단, 정부주도기관: 지역마다 공식적으로 소속되어 있는 관 주도의 집단 중심)</li> <li>외적 연결성 지수(이웃 외에 멀리있는 사람들과 함께하는 소속된 집단의 수)</li> </ul>
Chase & Holmemo (2005)	지역사회를 조직화할 수 있는 능력으로 집단 구성원간 신뢰, 포용, 네트워크, 집합적 행동, 정보와 의사소통 영역을 포함	<ul style="list-style-type: none"> <li>지역사회조직 참여율</li> <li>집합적 행동</li> <li>지방공무원에 대한 신뢰</li> <li>거버넌스 참여</li> </ul>

이러한 사회자본에 World Bank의 작업은 퍼트남의 이탈리아의 지방자치 공과를 분석한 퍼트남의 연구방법론과 시각에 경도된 경향이 있다. 퍼트남의 사회자본에 대한 연구는 전술한 바와 같이 콜만의 이론적인 작업을 실제 적용한 것이다. 그는 콜만의 사회자본 논의가 사회자본이 무엇인가가 아니라 ‘어떤’ 사회자본을 말하는 것인지 정확히 지적하지 못했기 때문에 발생한 문제로 감지하고 이러한 문제를 극복하기 위해 사회자본의 구성요인인 신뢰와 네트워크를 각각 구체적(balanced, specific)/포괄적(generalized, diffuse), 수직적/수평적인 것으로 나눔으로써, 사회자본의 성격이 복합적임을 지적한다. 구체적으로 규정하고 있는 것은 아니지만 포괄적 신뢰와 수평적 네트워크의 선택적 결합에 의해 콜만이 주장하는 사회자본이 형성되는 것으로 볼 수 있다. 그러나 레비와 포르테스가 비판하듯이 구체적 신뢰와 수직적 네트워크역시 호혜성과 협동을 낳으며 특정집단의 효율적이고 ‘합리적인’ 작동과 친화성을 가질 수 있다(Levi, 1996; Portes, 1998).

따라서 사회자본이 측정을 위한 척도는 일반화된 수준보다는 훨씬 분화된 수준에서 정밀하게 재고안될 필요가 있으며, 측정대상과 측정하고자하는 사회자본의 유형을 충분히 고려하여야 할 것이다.

### 3. 사회자본 개념의 재구성

#### 1) 사회자본론에 대한 비판

기존의 사회자본론에 대한 비판은 다음의 4가지로 압축해 볼 수 있다.

첫째, 목적 지향적이라는 점이다. 즉 결과에 맞춰 끼워 맞추기 식으로 논리를 전개하고 있다는 지적에서 자유롭지 못하다. 앞서 언급한 푸트남의 남부 이탈리아 사회에 대한 설명과 후쿠야마의 논의는 각 사회의 문화적 전통과 공동체적 성격이 유지되는 구조를 보지 않고 결과론적 해석에 치우쳐 서구 중심주의라는 비판과 결정론적 오류를 피할 수 없게 되었다.

둘째, 기능적 편향성을 띠고 있다는 점이다. 무엇이 사회자본인가 하는 정의를 내릴 때나 사회자본이 어떤 역할을 하는지 물을 때 그 기능 위주로 분석하고 있다. 즉 경제적인 사고방식의 연장선에서 사회자본을 투자-회수(investment-return)의 관점에서 분석하기 때문에 빚는 오류로 볼 수 있다. 신뢰·규범·네트워크 등 사회의 어떤 속성들이 생산성에 기여한 측면들이 있고, 이러한 긍정적이고 생산적인 기능을 뭉뚱그려 모호하게 언급한 것이다. 더구나 관계적 특성이 강한 사회자본의 경우 회수를 예상하고 투자할 수 없다는 지적이 많다.

이는 Calhoun(1993)의 부르디외적 ‘자본’개념의 비판이나 김상준(2004)의 ‘자기 이해의 단일 동기론’이 지적하는 바와 같이 현실의 복합적이고 풍부한 사회적 관계 행위와 그 행위의 동기의 다원성을 경제적 이해 한가지로 빈곤화 시킨다는 결정적인 약점을 가진다.

이와 더불어 이분법적 분석도식이 기존 사회자본 논의에 고착화됐다는 지적도 있다. 즉 기능적이나 역기능적이나, 저 신뢰냐 고 신뢰냐, 연결망이나 연결망이나 등의 이항대립적 관점을 취하고 있어 사회자본이 맥락에 따라 다양한 양상을 띠고 있음을 포착하지 못하게 된다는 문제점을 가진다는 것이다.

마지막으로 기존의 사회자본 논의가 지나치게 정태적인 분석을 하고 있다는 점이다. 즉 사회자본이 주어진 환경이나 제도의 변화 등으로 인해 생성·변화·재구조화의 과정을 밟고 있음에도 불구하고 현상만을 분석하고 있다는 것이다. Woolcock(1998)은 통합적이면서 동시에 동적인 분석의 필요성을 강조한다.

## 2) 사회자본 인식의 한계

앞서 살펴본 바와 같이 사회자본이 연구자의 숫자만큼이나 다양하게 정의되고 있다는 점과 그에 따라 사회자본의 경제발전이나 정치발전에 미치는 효과에 대한 상이한 해석과 입장이 존재함을 살펴보았다. 이는 다분히 사회관계를 자본이라는 양화된 개념으로 전환하는 과정에서 자본화 될 수 있는 관계를 단일하고 일반화된 형태로 보려는 것과 관련이 있다. 사회자본의 대표적인 이론가인 콜만은 사회자본이 원초적인 연대에 기반하는 것과 합리적 선택을 통해 이루어지는 일종의 게임룰을 습득하는 두 차원이 공존하고 있음을 암시한다. 이는 콜만의 관심이 사회학의 주요 관심사의 하나인 규범이 형성되는 과정을 사회자본을 통해 규명하고자 했던 것과 관련이 있다. 그는 사회자본이라는 개념이 행위자가 합리적 선택이라는 행위 동력을 가지고 일정한 규범을 구성하고 합의하는 과정을 잘 설명해 줄 것으로 기대하고 사회자본이 가족가치나 준법질서 그리고 공동체 정신을 회복하는 데 핵심고리 역할을 하는 개념이 될 수 있을 것으로 보았다. 콜만은 사회자본을 특정한 목적을 달성하도록 해주는 사회관계나 사회구조, 즉 생산적인 사회적 관계망(productive social network)으로 인식하는데, 이는 효용의 최대화를 목적으로 하는 행위와 관계의 생산성에 주목하는 합리적 선택이론에 일관된 것이다. 이러한 사회자본의 주요 구성요소는 신뢰다. 그는 신뢰를 “위험 조건에서 효용 극대화”로 규정하며, 이는  $p/(1-p) > L/G$  ( $p$ =이득을 획득할 확률,  $G$ =기대이득,  $L$ =기대손실)로 요약된다 (Coleman, 1990:99-104).

결국 콜만의 신뢰개념은 득실 계산에 근거한 것으로 경제적 투자의 비유를 신뢰일반에 확장 적용시킨 것이다. 그러나 신뢰에 대한 보다 일반적인 철학적, 사회학적 정의는 콜만의 계산 성과는 동떨어져 있다. 일반적으로 신뢰란 타자와의 관계에서 잠재적 위험의 조건이 존재함에도 불구하고 투사하는 믿음을 의미한다(Luhmann, 1979, 1988:98, 1995; Held, 1968; Lewis & Weigert, 1985; Giddens, 1990). 따라서 콜만의 사회적 자본, 신뢰, 네트워크의 개념은 경제적인 의미의 합리적 선택에 일방적으로 경도되어 있어, 사회자본이 포괄하는 전 영역을 설명하는데 분명한 한계를 가진다.

반면 포르테스는 사회자본을 사회성(sociability)이 갖는 긍정적 효과와 관련지어 ‘사회성을 바탕으로 갖게 되는 사회적 네트워크 혹은 사회구조의 성원이 됨으로써 확보할 수 있는 혜택’으로 정의한다. 이와 같은 사회자본은 상호간의 기대와 의무에 기반한 것으로 무엇보다 구성

원들 간의 연대감이 형성될 때 그 효과가 발휘된다는 것이다. 이같은 사회자본은 프롤레타리아의 계급의식과 같이 자발적이고 완성적인 동기에 근거한 것에서부터 군대 지원 등 제한적 연대, 사회통합과 집단의례에 기초한 제재의 두려움 등에 근거를 두고 있다는 점을 지적하면서 사회자본의 다양한 유형을 제시하고 있다(Portes, 1998). 포르테스의 사회자본 논의 중 가장 주목해 보아야 할 것은 사회자본이 항상 긍정적인 형태로만 작용하는 것은 아니라는 것을 지적한 데에 있다. 그는 개인이나 집단에 의해 사회자본이 전유될 때는 바람직하지 않는 결과로 이어질 수 있음을 주장한다. 신참자에 대한 배타성이 강할 경우, 구성원에 대한 지나친 의무나 요구를 할 경우, 개인 자유에 대해 지나친 제한 등의 방식으로 작용할 경우 개인은 물론 집단의 자원을 소진시킬 뿐 아니라 성장·확대 자체를 가로막아 결국 개인과 집단의 하향평준화라는 의도하지 않은 결과를 초래 할 수 있다고 주장한다(Portes, 1998).

푸트남은 사회자본이 단순히 개인의 이익을 도모하는데 쓰이는 사적 재산이 아니라고 주장함으로써 사회자본 개념을 가장 모호하게 만든다. 그는 사회자본을 “상호간의 이익을 위한 협력과 협동을 촉진시키는 네트워크·규범·신뢰와 같은 사회조직의 특성”이라고 정의 한다. 이는 시민의 자발적 참여와 가족주의와 같은 문화적 전통이 곧 사회자본이 된다는 것이다. 이러한 입장에서 푸트남은 미국사회가 자원적인 결사의 구성과 참여 시민사회의 쇠퇴로 인해 오늘날 민주주의의 위기를 맞고 있다고 설명하면서 구성원의 자발적 참여와 네트워크에 기초한 사회의 하부조직을 공공정책과 결합시켜 사회자본을 축적하는 것이야말로 위기의 미국 민주주의를 개선하는 해법이라고 주장한다(Putnam, 1993). 사회자본 개념이 대중화에 기여한 그의 Making Democracy Work은 정치와 경제의 성공과 실패를 사회자본의 존재와 부재로 명쾌하게 설명하고 있다. 그러나 그가 총체적인 실패의 사례로 든 이태리 남부의 인적 연결망 역시 부르디외와 콜만의 정의에 의하면 ‘사회자본’이다. 결국 포르테스식으로 해석하면 이태리 남부는 사회자본의 부재가 아니라 사회자본의 과잉으로 실패 했다고도 볼 수 있다.

후쿠야마는 신뢰수준에 따라 저 신뢰사회와 고 신뢰사회로 구분한다. 파벌형성이나 족벌체제가 유지되는 사적 신뢰구조를 저 신뢰사회로 자발적 사회성이라는 공동체 구성원들의 보편적인 규범이 존재할 경우 고 신뢰사회로 규정한다. 따라서 한국·스페인·프랑스·이탈리아·중국 등은 저 신뢰사회로, 일본·미국·독일 등은 고 신뢰사회라고 주장한다(Fukuyama, 1995).

### 3) 신뢰-호혜성의 재검토

지금까지 경험적 연구에서는 사회자본의 측정요소로 신뢰와 연결망이 중심이 되어 왔다. 신뢰가 개인, 조직, 사회에 미치는 영향을 분석하거나, 개인들 간의 신뢰가 소속집단의 연결망적 특성에 따라서 어떻게 달라지는지가 주로 탐구되어 왔다(이재혁, 1996; 박찬웅, 1999; 김왕배·이경용, 2002; 유석춘·장미혜 외, 2002).

그러나 여기서 사용된 신뢰는 앞서 검토한 콜만식의 합리성에 기반한 신뢰의 정의를 따르고 있으며, 철학과 사회학에서 오랫동안 다뤄온 신뢰의 개념과는 다소 차이가 있다. 또한 신뢰에 대한 이러한 정의는 고전적인 신뢰의 개념에 밀접한 관련이 있는 호혜성의 규범에 대해서는 거의 다루지 않고 있는데, 이는 시장경제의 원리에 따라 구성되는 현대사회가 발전할수록 호혜성에 기반한 공동체는 약화되고 합리적 개인의 연결망으로 대체될 것이라는 논리가 깔려 있다고 할 수 있다.

그러나 실제로 인간세계는 최근 부상하고 있는 재주술화의 논의들에서 보듯이 비합리성이 여전히 공존하고 있다. 시장경제의 고도화와 개인주의의 팽배라는 탈주술화되고 합리화된 이면에 여전히 근원적으로 합리적인 계산과 이해로 환원될 수 없는 기계적인 연대와 감정적 몰입이라는 호혜적인 규범의 중요성은 여전히 유효하고 그러한 의미에서 사회가 유지되기 위해서는 여전히 도덕적 의무감을 핵심으로 하는 호혜성의 규범은 중요하다. 사회적 연결망과 신뢰가 인지적인 것이라면, 호혜성의 규범은 인간의 마음을 움직이는 감성적인 것이기 때문이다.

신뢰가 어떻게 생성·지속되며 일반화 되는가를 고찰하면, 신뢰와 호혜성이 어떤 주요한 관련이 있는가에 주목하게 된다. 신뢰의 생성 및 작동은 다음과 같은 원리를 통해 설명된다. 호혜성의 원리(reciprocity principle)는 신뢰의 생성과정을 보여준다. 호혜성은 이익과 손해라는 경제적 이해계산 개념이 생기기 훨씬 이전부터 인류의 일반화된 행위양식중의 하나로 알려져 있다. 문화인류학자인 말리노브스키(Malinowski, 1932)에 따르면 ‘일반화된 호혜성’이라는 개념은 사람들이 서로 빚지고 있다는 의무감을 가지고 있기 때문에 가능해 진다. 또한 모스는 호혜성이 있기 때문에 사람들은 받은 선물의 가치를 즉각적이든 나중이든 상대방에게 되돌려 주어야 한다는 도덕적 의무를 수반하게 된다고 주장한다(Mauss, 1990). 폴라니는 더 나아가 ‘호혜성’을 ‘재분배’와 ‘시장교환’과 함께 경제적 통합형식의 하나로 간주한다(Polanyi, 1945).

즉 재분배는 집단의 추장이나 지도자가 곡물이나 사냥감을 안전한 창고에 모아 저장했다가 공동의 축제를 여는 동안 성원들에게 나눠주는 방식으로 이루어지고, 시장교환은 가격에 따라 생산량과 분배방식을 결정하는 것을 말한다.

호혜성에 대한 체계적인 고찰은 살린스(Sahlins, 1972)에 의해 이루어 졌다. 살린스는 도덕적 의무감을 핵심으로 하는 호혜성의 개념을 이해관계, 예상된 보답의 즉각성, 예상된 보답의 등가성이라는 세 차원을 통해 일반화된(generalized) 호혜성, 균형잡힌(balanced) 호혜성, 부정적(negative) 호혜성으로 정교화 하였다. 일반화된 호혜성은 시간이나 양·질이 정해져 있는 것은 아니지만 제공받은 자원에 대해서 가능한 빨리 보다 나은 보상의 형태로 되돌려 주고자 하는 상태를 의미한다. 균형 잡힌 호혜성은 가능한 빨리 제공받은 자원과 거의 비슷한 수준의 보상을 제공하는 것을 의미하고, 부정적인 호혜성은 자신의 이익을 우선 고려하여 부등가 교환이 이루어지면서 교환관계가 끝나게 되는 상황을 말한다. 여기서 중요한 것은 무엇보다 나의 권리를 상대방이 자신의 의무로 받아들이고 그것을 수행할 것이라는 ‘기대’로 받아들이는 상호 인식이 도덕적 의무감이 될 때 호혜성이 작동한다는 점이다.

〈표 3-4〉 사회자본의 유형 (최종렬, 2004)

		일반화된 호혜성/ 배경적 기대에 의한 신뢰	균형잡힌 호혜성/ 구성적 기대에 의한 신뢰	부정적 호혜성/ 불신
사회적 연결망	강한유대	필로스 관계	계	홉스의 자연상태
	약한유대	연고집단	교락집단	죄수의 딜레마

이와 관련하여 최종렬(2004)은 기존의 국내 사회자본 논의를 비판적으로 검토하고 그 한계를 지적하면서, 신뢰와 호혜성의 규범을 연결시킨 사회자본의 개념구성을 시도했다. 위험의 계산에 기반한 경제사회학적 신뢰개념과 함께 공감각적 상호주관성을 강조하는 현상학적 신뢰의 개념을 도입함으로써 누락되었던 호혜성의 개념을 포착할 수 있게 되었다. 합리성의 증대에 따른 신뢰에 기반한 사회자본의 유형과 공동체의 연대의 개념에 기반한 신뢰의 개념을 사회자본의 측정요소로 포함 시켜 ‘사회적 연결망’과 신뢰와 호혜성을 통합한 ‘정서적 연결망’을 두 축으로 하여 사회자본의 유형을 이념형적으로 분류하여 <표 3-4>와 같은 6가지 유형을

도출해 냈다. 이러한 시도는 사회자본 개념의 모호성을 극복하고 사회관계의 실제상을 다면적으로 분석할 수 있는 준거를 만들었다는 점에서 의미가 있다.

사회적 연결망은 상호작용의 빈도, 관계의 역사 등에 따라서 상대방으로부터 최대한의 자원을 받고 상대방에게 최소한의 자원을 제공하여 상대방을 통제하려는 도구적 성격을 갖는다. 정서적 연결망은 정서적 강도, 친밀성, 애정 등 연결망의 정서적 측면을 말하며, 사회적 연결망은 정서적 연결망과 결합되면서 사회자본으로 기능할 수 있다.

연결망은 개인들과 그들을 묶어주는 관계들의 집합인데, 연결망이 사회자본에 있어 중요한 이유는 개인이 연결망을 통해서 다양한 자원을 교환하기 때문이다. 개인이 주고받는 자원은 연결망에 각인되어 있으며 이러한 관계들과 연관되어 있는 사람들은 모두 유대가 있다고 할 수 있다. Granovetter(1973, 1985)에 따르면 유대는 교환의 빈도와 주기, 교환의 다층성, 교환자원의 중복성 등에 따라 강한유대(strong tie)와 약한유대(weak tie)로 구분 할 수 있다.

Zucker(1986)는 신뢰의 형성요소를 배경적 기대(background expectation)와 구성적 기대(constitutive expectation)로 구분하여 설명한다. 배경적 기대는 사회적인 배경이 같기 때문에 상대방에 대한 신뢰가 당연하게 여겨지는 것을 말한다. 이는 기계적인 연대에서의 집합의식과 같이 한 공동체의 구성원으로서 상징과 해석들을 공유하고 있기 때문이다. 반면 구성적 기대는 맥락 또는 상황을 정의하고 여러 가지 대안적인 규칙들을 구성해 간다는 측면에서 배경적 기대에 비해서 구체적이다. 이는 영역, 교환, 상호작용 등에 한정되어 있는데, 기본적인 규칙 이외에도 일련의 대안적인 규칙들을 적용할 수 있다.

이러한 배경적 기대에 의한 신뢰는 일반화된 호혜성과 짝을 이룬다. 호혜성의 규범이란 상대방에게 빚을 지고 있다, 또는 의무감을 가지고 있다는 '도덕적 의무'에 바탕을 두고 교환이 이루어지는 것을 말한다. 따라서 교환의 성공여부는 상대방의 호혜적인 행위에 달려있고, 서로에 대한 신뢰를 생성하는데 있어서 기본적인 원리가 된다. Putnam(2000), Newton(1997)은 일반화된 호혜성에서는 다른 사람들을 지원할 때 상대방으로부터의 보상이 신속하고 분명하게 자동적으로 되돌아오리라고 확신할 수 있는 계산을 의미하지 않는다고 설명한다. 보상의 순간이 불확실하고 언제 받을 수 있다는 일정이 존재하지도 않으며, 다만 미래의 불특정한 시기에 되돌아 올 수 있다고 여길 뿐이다. 균형잡힌 호혜성(balanced reciprocity)은 직접적인 교환으로 예상된 보답의 즉각성과 등가성이 높고, 이해관계에 있어 서로 공평하게 고려하는 것으로서, 두 사람 사이를 지배하는 원칙은 '주는 만큼 준다'는 경제논리이다.

이렇게 사회자본을 연결망, 신뢰, 호혜성의 요소로 구성되는 것으로 본다면, 개인이나 집단이 특정한 개인들 또는 집단과 연결되어 있고, 그들을 상호 신뢰하며, 서로 도움을 주고받는 호혜적인 교환이 이루어질 때 비로소 그것이 사회에 기능적이 된다고 할 수 있다. 실제로 사람들은 사회자본에 의해서 얻을 수 있는 다양한 혜택 때문에 지속적으로 사회자본에 투자하는데, 당위적으로는 연고집단, 지역주의를 비난하면서도 실제로는 이로부터 별로 자유롭지 못한 이유도 여기에 있다.

사회자본의 주요 혜택에는 정보, 영향력·통제, 사회적 결속 등이 지목되는데, 이들은 개인간 관계의 내용 및 구조와 연관되어 있다. 먼저 연결망의 내용과 구조적 형태는 정보의 질을 조절하는데, 정보의 다양한 원천에 대한 접근은 한 개인이 다른 사람들과의 경쟁속에서 보다 효율적이고 유리한 기회를 차지하게 해준다. 예컨대 Granovetter(1973, 1985)는 다양한 정보들이 거대한 사회적인 인맥을 통해서 제공될 수 있으며, 노동시장에서의 성공에 유용한 도구가 될 수 있음을 보여주고 있다. 즉 '강한 유대'에 의존하는 개인들은 자신과 같은 사람들 속에서 비슷한 정보를 얻는 반면에 '약한 유대'는 자신의 집단을 넘어서 이질적인 사람들과 연계됨으로써 중복되지 않는 정보를 획득하여 유리한 기회를 포착할 수 있다는 것이다. Burt(1992, 2001)는 서로 강하게 연결되지 않는 중복되지 않은 연결망 속에 존재하는 구조적 구멍은 개인으로 하여금 규범의 압력과 통제로부터 자유로울 수 있는 잠재력을 보여준다고 주장한다.

반면 강한 유대에 기반한 닫혀진 연결망은 보다 정확하고 상호신뢰 할 만한 정보에 쉽게 접근할 수 있게 한다. Coleman(1998)의 설명과 같이 자녀들끼리 잘 아는 사이일 뿐만 아니라 부모들끼리도 잘 아는 경우에 그렇지 않는 경우보다 자녀들의 행동을 더 잘 파악하고 효과적으로 통제할 수 있다. 이러한 형태의 연결망 안에서는 어떻게 행동해야 한다는 어떠한 수준의 규범이 존재하며, 개인의 행위에 상당한 영향력을 행사 할 수 있다. 이러한 효과적인 규범이나 문화적 가치에 의해서 개인들은 상호신뢰와 헌신을 통해서 결속 할 수 있게 된다. 즉 사회자본은 인적자본을 형성하는 사회적 토대로 파악될 수 있다.

사회적 결속은 일반화된 호혜성의 상황에서도 존재하는데, '이전에 받은 어느 특정한 이익에 대한 보답으로서가 아니라 사회적 교환관계 그 자체를 위해서 도움이 되는 행위가 이루어졌을 때(Emerson, 1981; Sandefur & Lauman, 1998)' 존재하게 된다. 이처럼 지역 내의 폐쇄적이고 높은 밀도의 연결망 내에서 상호 신뢰하는 관계가 만들어 진다면 원하는 목표를 달성하기 위해 더욱 효과적이고 효율적으로 개인의 에너지를 사용할 수 있는 주요한 자원이 된다.

#### 4) 사회자본의 동태성

이러한 사회자본의 유형화를 통해 보다 정교하게 한 사회에 작동하는 사회자본의 기능적 효과들을 살펴 볼 수 있을 것이다. 여기서 유의해야 하는 점은 사회자본의 이러한 특정유형은 고정된 것이 아니라 그러한 사회자본의 유형을 배태시킨 사회관계가 변화되면 역시 변화될 수 있는 것이라는 것이다. 특정시점에서 한 유형의 사회자본을 이루는 기반이 붕괴되어 '불신'과 같은 기능적이지 못한 상황이 오더라도 이것은 영원히 지속되는 것이 아니라 연결망을 이루는 개인들의 학습과 선택을 통해 다른 국면으로 변화될 수 있는 동태적인 것이다. 사회관계를 구성하는 성원들이 재조직화되거나 외부의 제도적인 지원 등을 통해 다양한 양상으로 변화될 수 있는 체계임을 염두해 두어야 한다.

## 4. 참계 목장화 사업의 생태경제와 사회변화 모델링

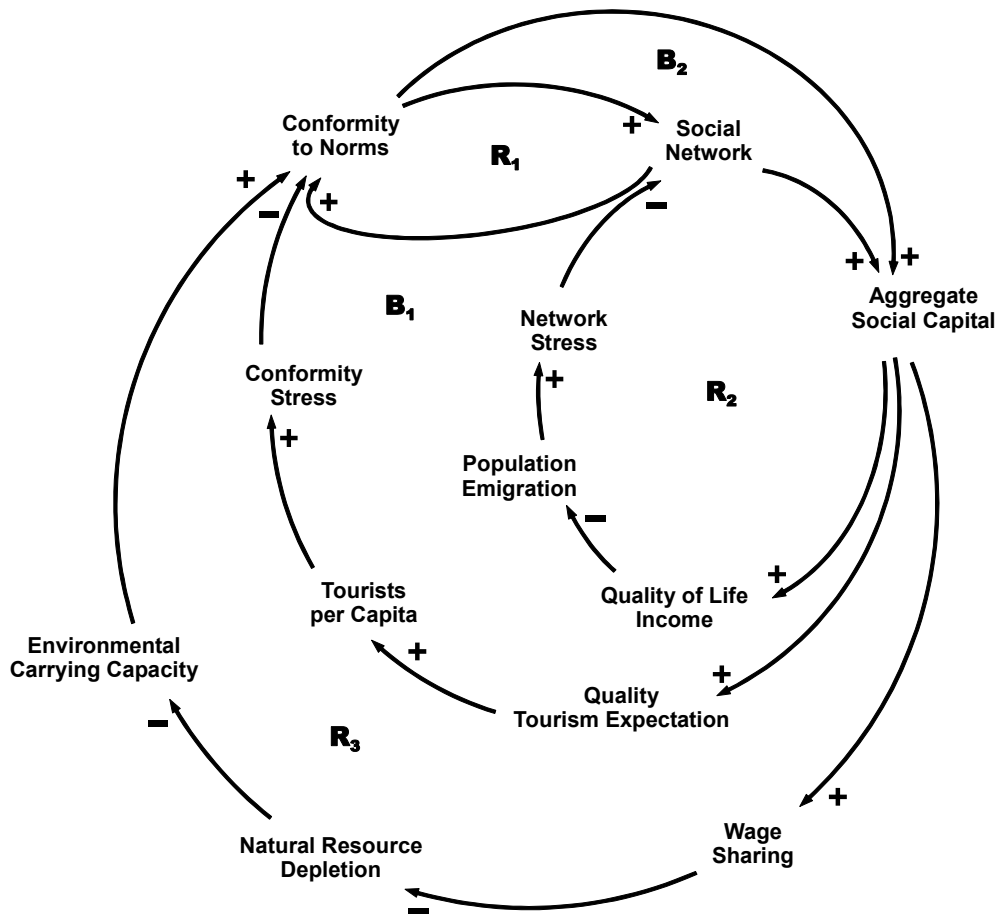
### 1) 사회자본을 도입한 시스템 다이내믹스 선행연구

지속가능발전 모델링에 있어서 사회자본의 도입이 구체화된 것은 Patterson et al.(2004)의 도미니카 공화국 모델이다. 본 모델은 ‘환경-사회-경제 체계의 통합모델링과 도미니카의 관광에 관한 동태모델’이라는 제목의 논문에서 제시된 바 있는데, 인구 7만의 섬지역인 도미니카의 국가 경제 및 사회를 대상으로 하였다. 도미니카는 자연자원에 의존한 관광산업이 주요 소득원으로서, 서아프리카의 모계적 전통(matrilineal tradition)을 따르는 가족제도에 근간함으로써 사회가 잘 연결되어 있고 그 강도도 매우 강한 것으로 묘사된다. 이러한 배경 하에 본 모델은 기존의 환경-경제 통합모델에 명시적으로 사회자본을 도입한 첫 번째 시스템 다이내믹스 모델로서의 의의를 가지고 있으나 그만큼 제한적인 모델이기도 하다.

본 모델에서의 사회자본은 보다 앞서 Boumans et al.(2002)의 글로벌 지속가능발전 모델인 GUMBO 모델에서 최초로 도입된 추상적인 사회자본 스톡에 대한 구체화와 피드백의 정교화를 통해 제시된다. 본 논문에서 사회자본은 ‘사회연결망(social network)’과 ‘사회규범에 대한 순응(confirmity to norm)’이라는 두 개의 사회자본 스톡을 설정한다. 여기서 사회연결망의 경우 연결망의 범위라는 양적인 측면과 연결망의 강도라는 질적인 측면을 모두 포함하는 개념으로 정의되고 있으며, 규범순응도를 의미하는 스톡의 경우 관광객 등 섬 외부 사람과는 구분된 주민의 공유된 정체성(common identity)을 반영한다.

규범순응도를 스톡, 즉 저장변수로 표현한 것이 본 논문에서 보이는 첫 번째 시도인데, 이는 외래관광객 및 외래규범(globally dominant norm)과의 접촉에 기인한 가족귀착(family ties)의 약화와 전통문화의 희생(host culture due)을 주장하는 사회학자들의 선행연구 결과와 일맥상통하도록 설정한 것이다. 여기서, 소규모 섬주민의 사회연결망은 전통적인 가족제도에 기반하며 사회연결망의 강도와 규범순응도는 상호 정(+)의 동태적 상관관계를 갖는다. 연결망이 강할수록 규범순응도는 높아지고, 반대로 규범순응도가 높아질수록 연결망이 강화된다는 가정 하에 동태적으로 상호 강화작용하의 두 스톡의 합이 안정적인 구조를 보일 것으로 기대하며, 이러한 점이 ‘총합된 사회자본(aggregate social capital)’을 두 사회자본 스톡의 합으로 설정한 이유로 제시되고 있다.

〈그림 3-1〉 도미니카 지속가능발전 모델의 사회자본에 관한 인과지도



이러한 사회자본들은 기존의 경제 및 환경계에 존재하는 다른 인자들과 상호작용하는데, 이러한 것을 요약한 것이 <그림 3-1>에 제시되어 있다. 그림은 본 연구진이 해당 모델을 분석한 후 사회자본과 피드백을 주고 받는 저량변수들을 중심으로 간략하게 인과지도(causal loop diagram)로 재구성한 것이다. 그림에서, 각 사회자본은 사회자본에 영향을 미치는 스트레스에 의해 잠식된다는 동태적 가설로 표현되는데, 구체적으로 사회자본의 증가는 삶의 질을 높여 인구이탈을 막음으로써 연결망을 강화시켜 사회자본을 강화[R1]시키기도 하고, 아울러 분배의 형평성을 제고시키며 환경자원의 소모나 이로부터 발생하는 갈등요인의 발생유인을 차단시켜 결과적으로 사회자본을 강화[R2]시키는 방향으로 작용하기도 하지만, 한편 사회자본의 증가는

지역사회를 강화시켜 (문화적 활기 등을 통해) 관광객을 증가시키고 그 만큼 외래가치에 노출 빈도가 높아짐에 따라 규범순응도를 약화시켜 사회자본을 약화[B1]시키기도 하는 역학관계를 보이기도 한다.

그러나 이 모델은 상당히 흥미있는 시도를 하고 있지만 대단히 제한적일 수 밖에 없다. 우선 본 모델은 도미니카라는 전통적인 문화에 기반한 사회를 대상으로 하고 있으므로 상당히 인류학적인 개념으로부터 사회자본을 차용하고 있다는 한계를 벗어나지 못한다. 앞서 사회자본의 이론적 검토와 재구성에 관한 논의를 바탕으로 이를 논한다면, 아마도 여기서의 사회는 ‘균형잡힌 호혜성과 구성적 기대에 의한 신뢰’에 기반하는 사회라기보다는 ‘일반화된 호혜성과 배경적 기대에 의한 신뢰’에 기반한 사회라고 볼 수 있다. 즉, 복잡한 산업사회 혹은 탈산업사회 이전의 전통적 가치에 기반한 사회적 특성을 염두에 두고 규범순응도를 정의하였으므로 섬주민 간에 공유된 가치와 이에 대한 순응이라는 것은 시간이 지나면서 외래가치에 노출될수록 고갈될 수 밖에 없다는 점에서 ‘제한적’이며, ‘기계적 연대’의 상황만을 묘사한다.

실제로 도미니카 사회에서 규범순응성이라는 사회자본의 진화방향은 외부의 가치들에 노출되면서 ‘일반화된 호혜성’은 필연적으로 줄어들게 되지만 반대로 보다 근대 혹은 탈근대적인 차원에서 ‘균형잡힌 호혜성’은 증가하게 되고 점차로 전통문화를 상실하지 않으려는 노력과 함께 ‘자본추구 행위를 위한 유기성’은 증가된다. 사회적인 가치과 규범, 그리고 순응의 방식은 이러한 진화방향을 갖게 되는데, 이러한 진술이 실제로도 관찰된다면 본 모델의 설명력은 대단히 단기적인 수준에 머무를 수 밖에 없다. 새로운 진화를 설명하기 위해서 호혜성, 특히 균형잡힌 호혜성에 대한 모델링이 시도되지 않는다면 모델의 구조적 타당성(structural validity)은 위협을 받게 된다.

따라서, 도미니카 모델에 사회자본을 도입하는 것은 다음과 같은 아쉬움이 남게 된다. 첫째, 규범순응성을 사회연결망과 함께 사회자본으로 모델링하였지만 이를 더 구체화(operationalization)시켜야 할 필요가 있다. 사회연결망은 범위와 강도가 혼용되고 있고, 규범순응성은 사회자본의 재구성 논의에서와 같이 ‘호혜성’으로 모델링되는 것이 더 바람직하다. 둘째, 전통사회의 변화를 설명하기 위해서는 호혜성에 대한 모델링 역시 ‘배경적 기대에 의한 신뢰와 일반화된 호혜성’과 ‘구성적 기대에 의한 신뢰와 균형잡힌 호혜성’에 대한 구분이 필요하다. 이 경우 보다 증가되는 ‘유기성’을 표현함으로써 탈전통적인 사회변동과 지속가능성을 논하는 것이 가능할 것이다.

## 2) 참계 목장화 사업의 생태-경제-사회 통합모델

이상과 같은 선행연구 분석을 통해 참계 목장화 사업의 사회변화를 설명하기 위한 모델링을 시도하고자 대상으로 한다. 앞서 생태경제 통합모델은 참계 방류활동의 효과분석을 위해 참계 생태계와 관련 경제계를 중심으로 도출되었는데, 이러한 모델을 기반으로 본 장에서는 이 참계 목장화 사업의 모델에 내재되어 있는 사회적 진보에 관하여 사회자본을 도입하여 모델의 구조를 확장하는 것에 대해 논의하고자 한다.

우선 본 모델은 앞서 살펴본 도미니카 모델과 달리 ‘일반화된 호혜성과 배경적 기대에 의한 신뢰’에 기반한 사회라기보다는 반대로 ‘자본추구 행위를 위한 유기성’이 발달된 ‘균형잡힌 호혜성과 구성적 기대에 의한 신뢰’에 기반하는 사회로 볼 수 있다. 즉 이미 지역사회에서는 ‘도덕적 의무’에 바탕을 두고 호혜성이 발현된다기 보다는 ‘경제적 이해’에 바탕을 둔 교환으로서, 참계 복원사업을 통해 증가되는 지역사회의 수익을 보전하는 행위는 ‘균형잡힌 호혜성’에 근거하고 이러한 행위들이 ‘구성적 기대에 의한 신뢰’를 공고화시키면서 사회자본이 축적된다.

이러한 상황이라면, 오히려 앞서의 도미니카 모델에서와 같이 간단히 ‘사회연결망’(보다 자세히 말하자면 인구변동을 크게 감안할 필요가 없으므로 ‘사회연결망의 강도’로 정의할 수 있음)과 ‘균형잡힌 호혜성과 구성적 기대에 의한 신뢰’를 표현하는 두 개의 스톡을 도입함으로써, 간단히 사회자본의 축적과정과 이러한 사회자본이 자연자원과 소득증대와 일으키는 상생적 역학관계를 충분히 표현할 수 있다. <그림 3-1>의 도미니카 모델이 너무 간략히 모호한 개념의 사회자본을 도입하였기 때문에 ‘유기성의 증가’와 이로 인한 탈전통적 사회변화를 포착하지 못했지만, 오히려 본 모델에서는 이러한 변화를 역으로 의식할 필요가 있다.

구체적으로 역의 사회진화를 생각할 때 또 다른 중요한 사회자본의 형태에 대한 가능성을 엿볼 수 있다. 그것은 참계복원으로부터 수익이 발생하는 초기의 ‘약한 연대’가 참계 생태계가 복원되면서 수익이 점차로 증대되고, 그 결과로 관계성이 강화면서 점차로 ‘강한 연대’로 진화한다는 사실에 기반한다. 이러한 사실은 앞서의 도미니카 모델과는 사뭇 다른데, 도미니카 모델은 환경자원이 잘 보전된 전통적 사회로부터 관광산업과 외래가치의 범람이 주어진 환경에 대한 착취와 이에 기인한 상호불신의 과정이 사회적 변화의 방향이었다.

그러나 참계 목장화 사업에서의 변화방향은 그 반대라고 할 수 있다. 초기 환경파괴로 인한 ‘공유지의 비극(tragedy of the commons : Hardin, 1986)’과 같이 수자원을 상호 착취할 때의

‘불신’이 팽배한 상태에서, 참게라는 생태적 복원작업의 결과 약간의 수익이 생기면서 ‘구성적 기대에 의한 약한 신뢰’가 싹트고, 여기서 다시 본격적인 수익이 창출되고 조합의 형태로 상호 유기적인 생산방식을 유지하면서 수익을 공고화하는 ‘배경적 기대에 의한 강한 신뢰’로 변화한다는 것이다. 이와 같은 현상은 이미 정희성·전대욱(2006)의 선행연구에서 임진강 모델의 수 원보호 노력과 일맥상통한다.

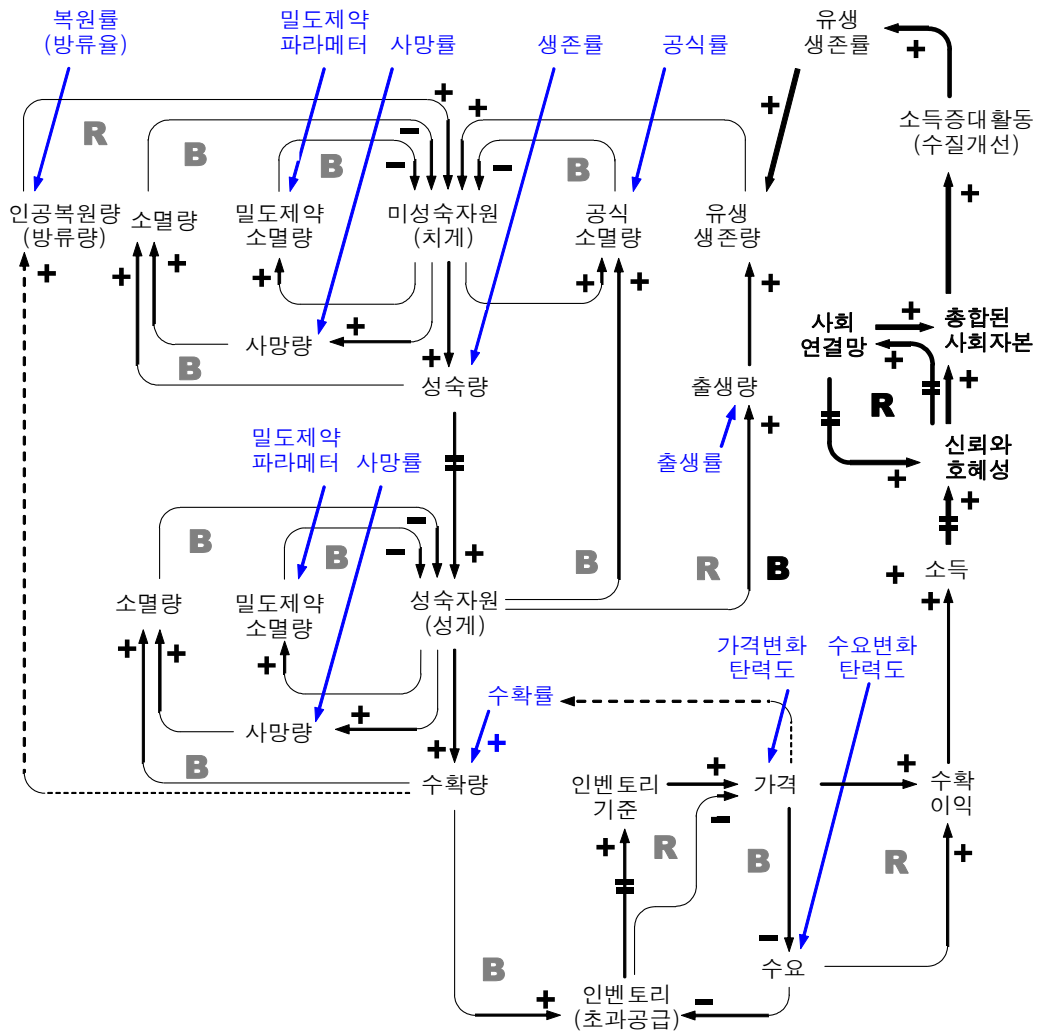
실제로 이러한 변화는 매우 개연성이 크고, 아울러 이것은 많은 연구자들이 지역발전을 논하면서 최근 강하게 강조해왔던 ‘지역사회의 통합’을 의미한다. 참게 목장화 사업이라는 현실 시장경제 상황에서, 다소의 위험을 포함한 사업을 성공적으로 수행하는 과정을 통해서 만들어지는 정서적 일치감과 상호작용의 증가를 통해 ‘지역 자부심’이라는 정체성을 형성하게 된다. 궁극적으로 이러한 과정은 ‘합리적인 선택의 결과로 만들어지는 연결망적인 특성 - 균형잡힌 호혜성’과 ‘정서적인 기반에 의거한 공동체적인 연대의 차원 - 일반화된 호혜성’이 공존하는 사회자본의 가능성을 열어둔다고 하겠다.

따라서 참게 목장화 사업에 관한 생태경제 모델에 사회자본을 도입하는 논의는 이러한 가능성을 염두에 두고 ‘사회연결망’, ‘호혜성과 신뢰’라는 두 개념을 통해 사회자본을 모델링하는 것이 적절하다. 인구변동을 크게 가정하지 않은 상태에서의 사회연결망은 그 강도를 중심으로 모델링되어야 하며, 호혜성과 신뢰 역시 불신에서 점차 신뢰를 형성하는 과정으로 간단히 묘사함으로써 참게 복원과정의 지속가능성을 논하기에 충분하다.

<그림 4-2>는 이와 같이 두 사회자본을 도입한 인과지도를 묘사하고 있다. <그림 4-2>는 <그림 3-1>의 참게 목장화 사업의 생태경제 통합모델에 여태까지의 논의를 종합하여 소득증가가 사회자본의 증대를 통해 소득원인 참게의 서식환경을 개선하는 피드백을 포함하고 있다. 이는 앞서 논의한 도미니카 모델(Patterson et al., 2004)에서와 같이 사회연결망과 신뢰 및 호혜성의 두 사회자본이 상보적 관계를 가지고 상호 정(+)의 인과관계를 보이고 있으며, 따라서 동적으로 안정된 총합된 사회자본에 의해 소득증대 활동이 이루어지는 구조를 보이고 있다.

그러나 이러한 과정은 생태경제적 영향에 비해 장기적인 관점에서 이해되어야 한다. 그림에서 사회자본의 증가와 수질개선 활동은 개별 화살표에 두 줄을 그음으로써 시간지연 효과(time delay effect)로 표현되어 있고, 유생의 생존률은 더 이상 외생변수가 아닌 피드백에 의한 내생변수화 되어 있다. 이러한 피드백은 시스템 전체적으로 개체수의 증가, 소득 증가, 사회자본의 증가라는 장기적인 선순환 구조를 새롭게 형성하면서 참게 목장화 사업이 지역사회에 어떠한 기여가 가능한지를 보여주고 있다.

〈그림 3-2〉 사회자본이 도입된 참게 목장화 사업의 통합 인과지도



## 제4장 참게 목장화 사업에 대한 통합모델의 적용과 분석

### 1. 참게 생태계 모델의 금강 지천으로의 적용

#### 1) 참게 생태계 모델의 동적 균형분석

$$\begin{aligned}\dot{P}_1 &= b_1 \cdot P_2 - k_1 \cdot P_1^2 - d_1 \cdot P_1 - e \cdot P_1 \cdot P_2 + \alpha \cdot c \cdot P_2 \\ \dot{P}_2 &= b_2 \cdot P_1 - k_2 \cdot P_2^2 - d_2 \cdot P_2 - c \cdot P_2\end{aligned} \quad \dots\dots\dots 5)$$

식 5)로 표현된 본 연구의 생태계 모델에서 치게  $P_1$ 의 공식소멸(cannibalistic sacrifice)은 밀도제약에 의한 소멸과 실제적으로 같은 의미로 해석할 수 있다(정희성·전대옥, 2006). 본 연구의 3장에서 제시한 이론 모델에서는 이러한 공식과 밀도제약을 모두 포함하는 모델링을 제시하였으나, 실제로  $K_1$ 으로 명명된 치게의 최대개체수는 성계의 최대개체수만큼 중요한 변수가 아닐뿐더러 방류량만 해도 백만단위의 큰 숫자이므로 실제로는  $k_1 (= b_1 / K_1)$ 이 거의 0으로 생각할 수 있다. 따라서 이와 같은 기능적 중복과 실제적 무의미성 등의 이유로 식 5)의 치게의 밀도제약을 생략하여 다음과 같은 식 8)을 제시한다.

$$\begin{aligned}\dot{P}_1 &= b_1 \cdot P_2 - e \cdot P_1 \cdot P_2 - d_1 \cdot P_1 + \alpha \cdot c \cdot P_2 \\ \dot{P}_2 &= b_2 \cdot P_1 - k_2 \cdot P_2^2 - d_2 \cdot P_2 - c \cdot P_2\end{aligned} \quad \dots\dots\dots 8)$$

식 8)의 모델에서 일단 모든 파라미터는 비음(non-negative)임을 가정하고, 두 저장변수  $P_i$ ,  $i=1,2$  의 변화가 없는 동적 균형상태를  $\bar{P}_i$  라고 한다면, 이는 식 8)의 두 좌변을 동시에 0으로 놓고,  $P_i$  대신  $\bar{P}_i$  를 대입하여 구할 수 있다. 즉,

$$\begin{aligned}\dot{\bar{P}}_1 = 0 : \quad 0 &= (b_1 + \alpha \cdot c) \bar{P}_2 - (e \bar{P}_2 + d_1) \bar{P}_1 \\ \dot{\bar{P}}_2 = 0 : \quad 0 &= b_2 \bar{P}_1 - k_2 \bar{P}_2^2 - (d_2 + c) \bar{P}_2\end{aligned}\tag{9}$$

여기서, 식 9)의 두 번째 식은 다음과 같이 변형할 수 있는데, 복잡함을 회피하기 위해 생태적 소멸률  $d_2$  와 경제적 소멸률인 수확률  $c$  를 합친  $(d_2 + c)$  를 생태경제적 소멸률  $d_2'$  로 치환한다면 다음과 같다.

$$\bar{P}_1 = \frac{1}{b_2} \cdot \bar{P}_2 \cdot (k_2 \bar{P}_2 + d_2')\tag{10}$$

이 식 10)을,  $P_1$  을 소거하기 위해 식 9)의 첫 번째 식에 대입하면,

$$0 = (b_1 + \alpha \cdot c) \bar{P}_2 - (e \bar{P}_2 + d_1) \cdot \left[ \frac{1}{b_2} \bar{P}_2 (k_2 \bar{P}_2 + d_2') \right]$$

을 얻게 된다. 혼잡을 피하기 위해 마찬가지로 생태적 증가율인 출생률  $b_1$  과 인위적 증가율인 방류율  $\alpha \cdot c$  를 합한 것을 생태경제적 증가율  $b_1'$  로 치환하여 이 식을 정리하면, 다음과 같은 3차 방정식을 얻는다.

$$0 = \bar{P}_2 \left[ b_1' - \frac{(e\bar{P}_2 + d_1)(k_2\bar{P}_2 + d_2')}{b_2} \right]$$

그 중  $\bar{P}_2 = 0$  은 자명해(trivial solution)이므로 논의에서 제외하기 위해 양변을  $\bar{P}_2$  로 나누고 괄호를 풀어 정리하면 다음의 식 11)과 같다.

$$0 = \bar{P}_2^2 + \left( \frac{d_1}{e} + \frac{d_2'}{k_2} \right) \bar{P}_2 - \left( \frac{b_1'}{e} \frac{b_2}{k_2} - \frac{d_1}{e} \frac{d_2'}{k_2} \right) \quad \dots\dots\dots 11)$$

식 11)로 표현된 2차 방정식의 해는 근의 공식으로부터 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \bar{P}_2 &= -\frac{1}{2} \left( \frac{d_1}{e} + \frac{d_2'}{k_2} \right) \pm \frac{1}{2} \sqrt{\left( \frac{d_1}{e} + \frac{d_2'}{k_2} \right)^2 + 4 \left( \frac{b_1'}{e} \frac{b_2}{k_2} - \frac{d_1}{e} \frac{d_2'}{k_2} \right)} \\ &= -\frac{1}{2} \left( \frac{d_1}{e} + \frac{d_2'}{k_2} \right) \pm \frac{1}{2} \sqrt{\left( \frac{d_1}{e} - \frac{d_2'}{k_2} \right)^2 + 4 \frac{b_1'}{e} \frac{b_2}{k_2}} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots 12)$$

여기서 모델의 모든 파라미터가 비음이 되도록 모델링하였으므로, 루트 안은 언제나 0 보다 크고 두 개의 실근이 존재한다. 다만 하나의 실근은 음수임이 확실하나 개체수가 음수가 되는 것은 의미가 없으므로, 성계의 동적 균형이 존재하려면 나머지 한 근이 반드시 양수가 되어야 한다. 즉,

$$\bar{P}_2 = -\frac{1}{2}\left(\frac{d_1}{e} + \frac{d_2'}{k_2}\right) + \frac{1}{2}\sqrt{\left(\frac{d_1}{e} - \frac{d_2'}{k_2}\right)^2 + 4\frac{b_1'}{e}\frac{b_2}{k_2}} > 0 \quad \dots\dots\dots 13)$$

$$\Rightarrow \left(\frac{d_1}{e} + \frac{d_2'}{k_2}\right) < \sqrt{\left(\frac{d_1}{e} - \frac{d_2'}{k_2}\right)^2 + 4\frac{b_1'}{e}\frac{b_2}{k_2}}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{d_1}{e} + \frac{d_2'}{k_2}\right) < \sqrt{\left(\frac{d_1}{e} + \frac{d_2'}{k_2}\right)^2 + 4\left(\frac{b_1'}{e}\frac{b_2}{k_2} - \frac{d_1}{e}\frac{d_2'}{k_2}\right)}$$

$$\therefore b_1' b_2 > d_1 d_2' \quad \text{or} \quad (b_1 + \alpha \cdot c) \cdot b_2 > d_1 \cdot (d_2 + c) \quad \dots\dots\dots 14)$$

요컨대 도출된 성계의 동적 균형개체수  $\bar{P}_2$ 는 치계 및 성계 각 단계의 생태경제적 파라메터의 함수이며 이 동적 균형이 존재하려면, 각 단계의 생태경제적 생성물의 곱이 각 단계의 생태경제적 소멸률의 곱보다 커야만 한다. 도출된  $\bar{P}_2$ 를 식 10)에 대입하면 마찬가지로 치계의 동적 균형개체수인  $\bar{P}_1$ 을 얻을 수 있다. 이 과정을 포함하여, 일반적으로 미분방정식론에서 수행하는 도출된 균형점의 안정성(stability)에 관한 선형근사적 접근 등은 생략한다.

## 2) 동적 균형조건을 가정한 금강 지천의 참게 생태계 파라메터 추정

파라메터를 추정하기 위한 자료로서 금강 지천의 참게 생태계에 관한 정보는 대단히 제한적 이므로, 동적 균형상태에 대한 정보를 최대한 활용하여 추정해야 하는 것이 본 연구의 중요한 특징 중의 하나였다. 우선 파라메터를 추정하기 위해 알려져 있는 금강 지천의 참게 관련 정보는 몇 가지 외에는 알려져 있지 않았고, 현재 수준에서 추가적인 조사와 실험이 수반되지 않는다면 알 수 없는 상태였다. 알려진 몇 가지의 정보는 다음과 같다.

정보 1) 2년이 지나 다 자란 성계 중 생식기가 성숙하지 못해 하류로 이동하지 않고 동면하는 성계의 비율은 20%로 알려져 있다.

정보 2) 논과 하천 등 지천의 서식면적을 고려한 수확량의 총량은 770.6천마리이다.

정보 3) 수확량 770.6천마리를 수확하기 위해서는 수확 2년 전 2753.0 천마리의 치계를 방류해야 한다.

이상의 세 가지 정보만을 가지고 파라미터를 추정하기 위해 우선 금강의 상황에 맞게 식 2)를 다음과 같이 단순화시켰다.

전제 1) 금강 하구언으로 인해 번식이 불가능하므로 치계의 생태적 출생률  $b_1 = 0$  으로 설정하였고,

전제 2) 방류는 목장화 사업을 시행을 가정하여 매년 최대량인 2753.0천마리를 정량 방류하는 것, 즉  $\alpha \cdot cP_2$  대신 정량방류량  $\alpha = 2753$ 로 치환하였다.

전제 3) 치계의 소멸은 공식에 의한 밀도제약 외에는 없는 것으로 가정, 즉 치계는 밀도제약에 의해 희생당하거나 혹은 모두 성장하여 성계가 된다는 가정 하에  $b_2 = d_1$  으로 설정하여 큰 의미가 없는 추정대상 파라미터의 수를 제한한다.

이렇게 단순화된 모형은 식 15)에 제시된 바와 같다.

$$\begin{aligned} \dot{P}_1 &= \alpha - eP_1P_2 - d_1P_1 \\ \dot{P}_2 &= d_1P_1 - \frac{d_1}{K_2}P_2^2 - d_2'P_2 \end{aligned} \quad \dots\dots\dots 15)$$

금강에서는 이동한 성계들이 하구둑으로 인해 포란하지 못하고 하류쪽에서 모두 죽음을 맞이할 것이므로 이들을 전량 수확해도 무방하며, 오히려 수확하지 않는 것이 손해일 수 있다. 따라서 금강의 하구둑 특성상 식 14) 혹은 식 15)에서의  $d_2'$  와 같이, 이를 식 8)의  $(d_2 + c)$ 와 같이 자연사망률과 수확률을 굳이 나눌 필요 없이 일치시키는 것이 바람직하다. 따라서 전량 수확을 전제 하에 별도의 수확률을 따로 생각하지 않을 때, 추정해야 할 파라미터는  $e$  ,  $d_1$  ,  $K_2$  ,  $d_2'$  이다. 이 네 개의 파라미터의 추정은 다음과 같다.

추정 1) 위의 정보 1)에 의하면 성계의 개체수의 20%가 성계로 잔류하므로, 나머지 80%는 포란을 위해 하류로 이동하는 개체이다. 따라서 성계스톡  $P_2$  의 소멸률은 80% 이다. 즉  $d_2' = 0.8$  이다.

추정 2) 위의 정보 2)에 의하면 성계  $P_2$  의 최대수확량은 770.6천마리인데, 이는 성계  $P_2$  의 80%로서 성계스톡에 잔류·동면하는 나머지 20%의 성계들은 192.7천마리이다. 따라서 770.6천마리와 192.7천마리를 합한 성계  $P_2$  의 총 개체수는 963.3천마리이다. 이 수치는 최대개체수  $K_2$  인 동시에 이 사업을 매년 반복해서 이 수치가 유지되다는 것을 가정해 보면, 성계의 동적 균형개체수  $\bar{P}_2$  가 된다.  
즉,  $\bar{P}_2 = K_2 = 963.3$ 천마리이다.

이제 나머지 두 파라미터 치계소멸률  $d_1$  및 공식률  $e$  는 나머지 하나의 정보, 즉 정보 3)인 성계 770.6천마리를 수확하기 위해 필요한 치계방류량이 2735.0천마리라는 사실을 활용해야 한다. 우선 치계소멸률  $d_1$  이란 성계로의 성숙률 (=성계생성률  $b_2$  )을 의미한다. 동적 균형상태를 가정하면, 성계스톡  $P_2$  의 유일한 유입량(inflow)인 다 자란 신규 성계들의 편입량  $d_1 \cdot P_1$  과, 두 종류의 유출량(outflow) - 밀도제약으로 희생되는 성계들  $(d_1/K_2) \cdot P_2^2$  및 교미·포란을 위해 하류로 이동하여 죽음을 맞이하는 성계들  $d_2' \cdot P_2$  - 의 합이 일치해야 한다. 즉 다음과 같다.

$$\dot{P}_2 = 0: \quad 0 = d_1 \cdot \bar{P}_1 - \frac{d_1}{K_2} \cdot \bar{P}_2^2 - d_2' \cdot \bar{P}_2 \quad (\text{단, } d_2' = d_2 + c) \quad \text{----- 16)}$$

여기서  $d_2' \cdot P_2$  는 770.6천마리라고 알고 있으나, 밀도제약으로 희생되는 성계들의 경우 추정 2)의 결과를 대입해도 여전히  $d_1 \cdot (963.3\text{천마리})$  로서  $d_1$  에 의존하며 편입량  $d_1 \cdot P_1$  도  $d_1$  에 의존한다. 다만, 이것으로부터 식 16)과 같이  $d_1$  에 대한 정보 -  $d_1$  은 치계의 동적 균형수준인  $\bar{P}_1$  의 함수임을 알 수 있다.

$$0 = d_1 \cdot \bar{P}_1 - \frac{d_1}{(963.3)} \cdot (963.3)^2 - 770.6 \quad \therefore d_1 = \frac{770.6}{\bar{P}_1 - 963.3} \quad \text{..... 17)}$$

마찬가지로 공식을 e 역시 동적 균형상태를 가정하여 이러한 관계를 도출할 수 있다.

$$\dot{P}_1 = 0: \quad 0 = \alpha - d_1 \cdot \bar{P}_1 - e \cdot \bar{P}_1 \cdot \bar{P}_2 \quad \text{..... 18)}$$

식 18)을 식 16)과 합하여,  $d_1 \cdot \bar{P}_1$  를 소거하면 식 19)의 결과를 얻는다. 식에서 공식을 e 역시  $d_1$  및 치계의 동적 균형수준인  $\bar{P}_1$  의 함수임을 알 수 있다.

$$0 = 2753.0 - e \cdot \bar{P}_1 \cdot (963.3) - \frac{d_1}{(963.3)} \cdot (963.3)^2 - 770.6$$

$$\therefore e = \frac{1}{\bar{P}_1} \left( \frac{2753.0 - 770.6}{963.3} - d_1 \right) \quad \text{..... 19)}$$

따라서 치계의 동적 균형수준  $\bar{P}_1$  을 알 수 있다면 치계소멸률  $d_1$  및 공식을 e 를 추정하는 것이 가능하다. 상식적으로 치계의 소멸률  $d_1$  은, 참계의 전체 평균수명이 2년 혹은 그 이상으로 알려져 있으므로, 치계가 성숙해서 성계까지 걸리는 시간지연 파라미터의 역수라고 볼 수 있다. 즉  $d_1$  은 대략 0.5 근방의 0.5보다 약간 더 작은 수준의 수치가 될 것이라는 점이다. 이를 이용하여 식 17)을 다시 쓰면,

$$0.5 \cong \frac{770.6}{\bar{P}_1 - 963.3} \quad \Rightarrow \quad \bar{P}_1 \cong 2504.5 \quad \text{..... 20)}$$

식 20)에서  $d_1$  이 0.5 일 때 치계의 동적 균형개체가 대략 2,500천마리 정도임을 알 수 있다.

전제 4) 본 연구에서는 실제로  $d_1$  이 0.5 근방의 보다 작은 값을 고려할 때 더 이상의 정

보를 취할 수 없어, 이와 유사한 수치인 정보 3)의 방류량 2753.0천마리를 치계의 동적 균형개체수  $\bar{P}_1$  으로 인식한다. 실제로 참계의 자연번식률이 0인 상태에서 매년 2753.0천마리를 방류할 때, 강에 서식하는 치계가 2753.0천마리라고 말하는 것은 매우 상식적으로 받아들일 수 있다.

추정 4) 위 전제 4)의 치계의 동적 균형개체수  $\bar{P}_1 = 2753.0$ 천마리를 식 17)에 대입하면  $d_1 = 0.4306$  을 얻는다.

추정 5) 위 전제 4) 및 추정 4)의 추정 치계의 동적 균형개체수  $\bar{P}_1 = 2753.0$  천마리 및  $d_1 = 0.4306$  을 식 19)에 대입하면  $e = 5.911 \times 10^{-4}$  (즉 0.0005911) 을 얻는다.

마지막으로, 앞서 전제 1) 및 전제 2)를 통해 금강 하구둑의 존재로  $b_1 = 0$  임을 밝힌 바 있다. 그러나, 지금이 하구둑이 없는 원시 균형상태임을 가정하면 어떨까? 치계의 동적 균형수준 2753.0천마리와 성계의 동적 균형수준 963.3 천마리, 포란·교미 후 폐사하는 성계의 개체수 770.6천마리를 유지하기 위해서는 이 인위적인 방류량만큼 자연적인 재생산이 이루어져야 한다. 즉 식 15)의 첫 번째 식에서 인위적 방류량  $\alpha$  대신  $b_1 \cdot P_2$  를 대입하면,

$$\dot{P}_1 = 0 : \quad 0 = b_1 \bar{P}_2 - e \bar{P}_1 \bar{P}_2 - d_1 \bar{P}_1 \quad \dots\dots\dots 21)$$

식 21)을 얻게 된다. 이 식에 앞서 추정한 동적 균형수준과 각 파라미터를 대입하면 자연출생률  $b_1$  을 구할 수 있다.

추정 6) 식 21)에  $\bar{P}_1 = 2753.0$ ,  $\bar{P}_2 = 963.3$ ,  $e = 0.0005911$ ,  $d_1 = 0.4306$  등을 대입하면  $b_1 = 2.8579$  를 얻는다.

즉, 암수 한쌍이 약 40~50만개의 포란을 하는데, 성계 마리당 2.8579 의 치계를 생산하므로, 포란부터 부화, 유생의 단계를 거쳐 강을 거슬러 올라오면서 치계로 성장하기까지 대부분의 유생들이 희생됨을 알 수 있다. 참고로 이 생존률이 상당히 높아진다면, 정희성·전대욱(2006)

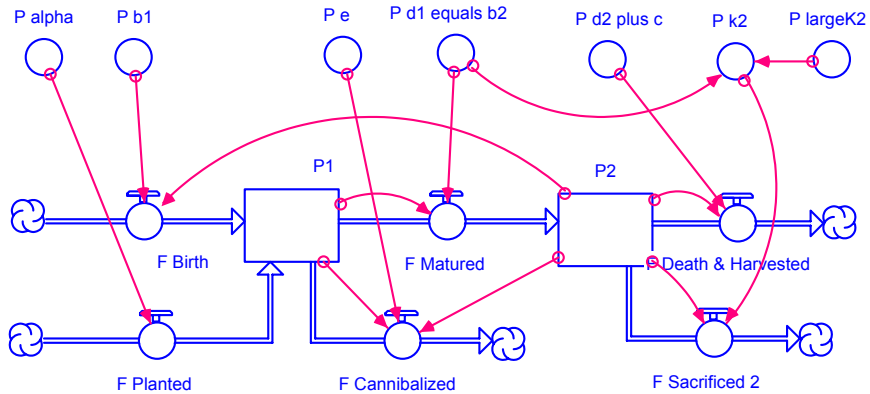
에서 지적인 바와 같이 치계의 비선형 성장곡선은 분기현상(bifurcation), 즉 복수의 동적 균형 수준을 가지면서 카오스적 시스템 행태를 가질 수 있을 것이다. 시뮬레이션 분석을 위해 이상과 같은 기지의 파라미터와 동적 안정조건에 의한 생태계 주요 파라미터 입력치를 정리한 것은 <표 4-1>에 제시되어 있다.

〈표 4-1〉 금강 지천의 참게 생태계 실험을 위한 파라미터의 추정과 설정

	수리 모델	실험 모델	추정값	추정 순서	비고
치계 밀도제약률	$k_1$	$P_{k1}$	0	가정	$k_1 = b_1 / K_1$ 일 때, $b_1$ 에 비해 $K_1$ 의 숫자가 커 0에 가깝고, 공식제약과 의미상 중복되므로 0으로 가정
방류율	$\alpha$	$P_{\alpha}$	2753.0	0	방류율 대신 현실적인 고정방류량 수치를 활용
성계소멸률	$d_2$	$P_{d2}$	0.8000	0	신현옥·김현우(2007: 20)의 성계의 미성숙 동면률 20%를 제외한 성계 가임성숙률 80%
수확률	$c$	$P_c$			
성계 최대개체수 및 동적 안정개체수	$K_2,$ $-$ $P_2$		963.3	1	지천 성계최대수확량 770.6천마리(신현옥·김현우, 2007: 53-54)로부터 추정, 성계 소멸률 및 수확률의 합이 80% 임을 감안, 성계 최대 개체수는 100%인 963.3 천마리로 추정
치계 동적 안정개체수	$-$ $P_1$		2753.0	2	신현옥·김현우(2007: 53-54) ( $K_2$ 의 추정논리와 같음)
치계성숙률	$b_2$	치계소멸률 $d_1$ 혹은 $P_{d1}$ 과 동일			
치계소멸률	$d_1$	$P_{d1}$	0.4306	3	알려진 성계 및 치계의 동적 안정개체수와 ( $d_2 + c$ )를 성계의 동적 균형조건식(식17)에 대입해 도출
성계 밀도제약률	$k_2$	$P_{k2}$	$\frac{0.4306}{963.3}$	4	성계의 최대개체수와 $d_1$ 을 대입
공식률	$e$	$P_e$	$5.911 \times 10^{-4}$	5	알려진 두 동적안정개체수와 $d_1$ 을 치계의 동적 균형조건식(식19)에 대입해 도출
치계출생률 (혹은 유생생존률)	$b_1$	$P_{b1}$	2.857	6	하구언이 없는 자연상태 가정: 치계의 동적 균형조건(식 15)에 정량방류량 대신 $b_1 \cdot P_2$ 를 대입(식 21)하여 도출

### 3) 금강 지천 참게 생태계의 실험모형과 동적 안정상태

〈그림 4-1〉 참게 생태계의 시뮬레이션 모델(Stock-flow Diagram)



$$\begin{aligned}
 P1(t) &= P1(t - dt) + (F\_Birth + F\_Planted - F\_Matured - F\_Cannibalized) * dt \\
 \text{INIT } P1 &= (1/P\_d1\_equals\_b2)*P2*(P\_k2*P2+P\_d2\_plus\_c) \\
 \text{INFLOWS:} \quad &F\_Birth = P\_b1*P2 \\
 &F\_Planted = P\_alpha \\
 \text{OUTFLOWS:} \quad &F\_Matured = P\_d1\_equals\_b2*P1 \\
 &F\_Cannibalized = P\_e*P1*P2 \\
 P2(t) &= P2(t - dt) + (F\_Matured - F\_Death\&Harvested - F\_Sacrificed\_2) * dt \\
 \text{INIT } P2 &= 0.5*((P\_d1\_equals\_b2/P\_e)-(P\_d2\_plus\_c/P\_k2))^2+ \\
 &\quad 4*(P\_b1/P\_e)*(P\_d1\_equals\_b2/P\_k2))^{0.5} \\
 &\quad -0.5*(P\_d1\_equals\_b2/P\_e+P\_d2\_plus\_c/P\_k2) \\
 \text{INFLOWS:} \quad &F\_Matured = P\_d1\_equals\_b2*P1 \\
 \text{OUTFLOWS:} \quad &F\_Death\&Harvested = P\_d2\_plus\_c*P2 \\
 &F\_Sacrificed\_2 = P\_k2*(P2^2)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P\_alpha &= \text{경우 1)} \quad 2753.0 \quad ; \quad \text{경우 2)} \quad 0 \\
 P\_b1 &= \text{경우 1)} \quad 0 \quad ; \quad \text{경우 2)} \quad 2.8579 \\
 P\_d1\_equals\_b2 &= 0.4306 \quad ; \quad P\_d2\_plus\_c = 0.8 \quad ; \quad P\_e = 0.0005911 \\
 P\_k2 &= P\_d1\_equals\_b2/P\_largeK2 \quad ; \quad P\_largeK2 = 963.3
 \end{aligned}$$

앞서 제시한 수리모델과 시뮬레이션 분석을 위한 추정값들에 기초하여 시뮬레이션 분석을 수행하였다. 시뮬레이션 분석은 연립미분방정식의 선형근사를 위한 시스템 다이내믹스 전용 분석 소프트웨어인 Stella 7.0.3 패키지를 이용하였고, 근사해법에 의한 시뮬레이션의 단위시간  $DT = 0.01$ 년으로 실험을 수행하였다. 실험모델은 <그림 4-1>에 제시된 바와 같다.

우선 가정했던 초기 동적 안정상태의 계산결과가 정확하고 이 상태가 유지되는지를 관찰하기 위해 두 개체수의 초기값(INIT P1, INIT P2)을 각각 식 10) 및 식 12)에 제시된 동적 균형값(파라미터의 함수)로 설정하고 실험을 수행하였다. 아울러 방류량  $P_{\alpha}$  (이론모델의  $\alpha$ ) 및 자연재생률  $P_{b1}$  (이론모델의  $b_1$ ) 은 다음과 같은 두 가지를 가정하고 있다.

경우 1) 하구둑이 존재 및 방류활동 가정: 자연재생률  $b_1 = 0$  및 방류량  $\alpha = 2753.0$

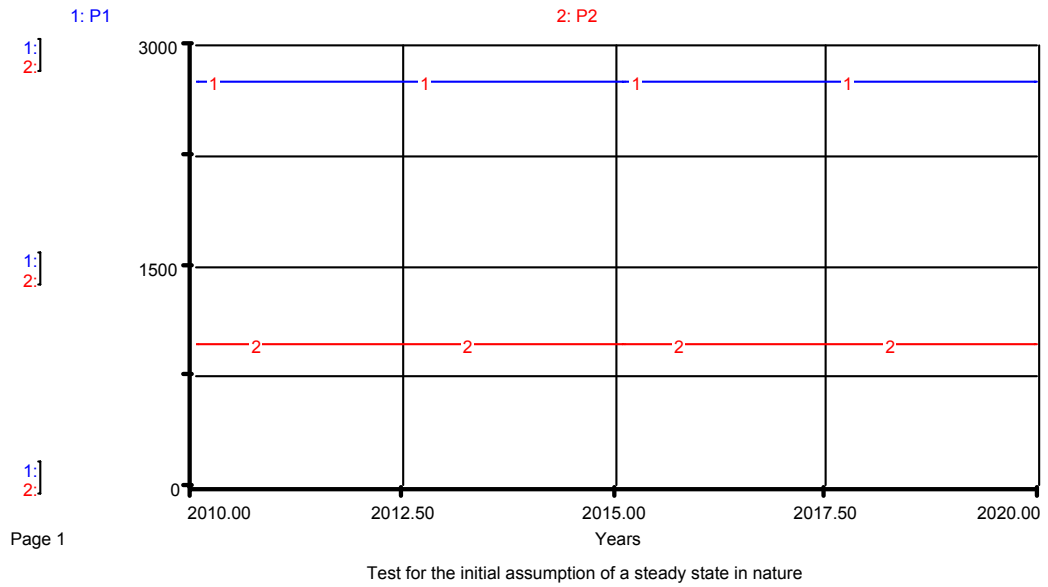
경우 2) 원시적 자연 균형상태 가정 : 자연재생률  $b_1 = 2.8579$  및 방류량  $\alpha = 0$

경우 1)은 하구둑이 존재하여 자연번식이 힘든 상황에서 목장화 사업으로 방류활동이 일어난다는 현재와 같은 상황을 전제로 한 것이고, 경우 2)는 하구둑이 존재하지 않고 인간의 방류활동도 존재하지 않는 원시적 자연 균형상태를 가정한 것이다. 이 두 가지 경우의 동적 안정상태는 본질적으로 같은 결과이나, 자연재생률이 없는 현재와 같은 상태에서는 원시적 자연균형 상태에서의 자연재생량 만큼을 방류해야 동적 균형이 유지된다.

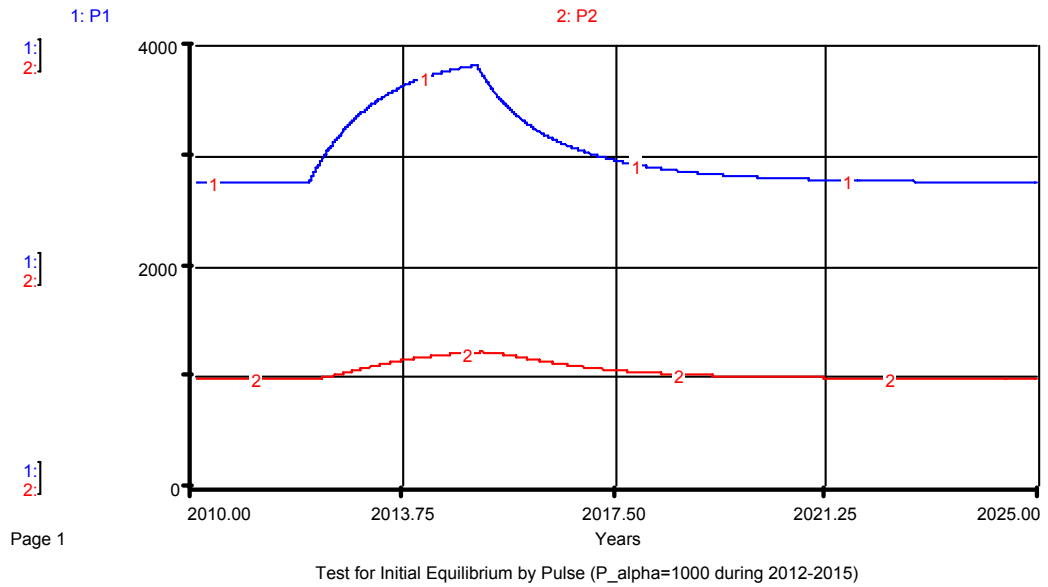
이 두 경우 모두 결과적으로는 같은 동적 균형을 의미하므로, 실험결과는 <그림 4-2>와 같이 초기 동적 균형점(fixed point)으로 도출하였던 치계 2753.0천마리, 성계 963.3천마리가 주어진 변화방정식과 파라미터 하에서 유지되는 것을 볼 수 있다. 이러한 결과는 초기 동적 안정상태를 가정한 파라미터의 추정이 내적 타당성(structural validity)를 가지고 있음을 알 수 있다.

또한 <그림 4-3>은 일시적인 외생충격이 가해졌을 때 시스템의 동적 균형회복에 관한 실험이다. 시스템에서 2012-2015년 3년간 치계 1,000천마리를 방류하고 이후 중단하는 경우를 전제로 하여 실험을 수행한 결과가 그림에 제시되어 있다. 그림에서 보는 바와 같이, 일시적인 충격에도 불구하고 동적 균형수준을 회복하는 항상성(homeostasis)를 보이고 있다.

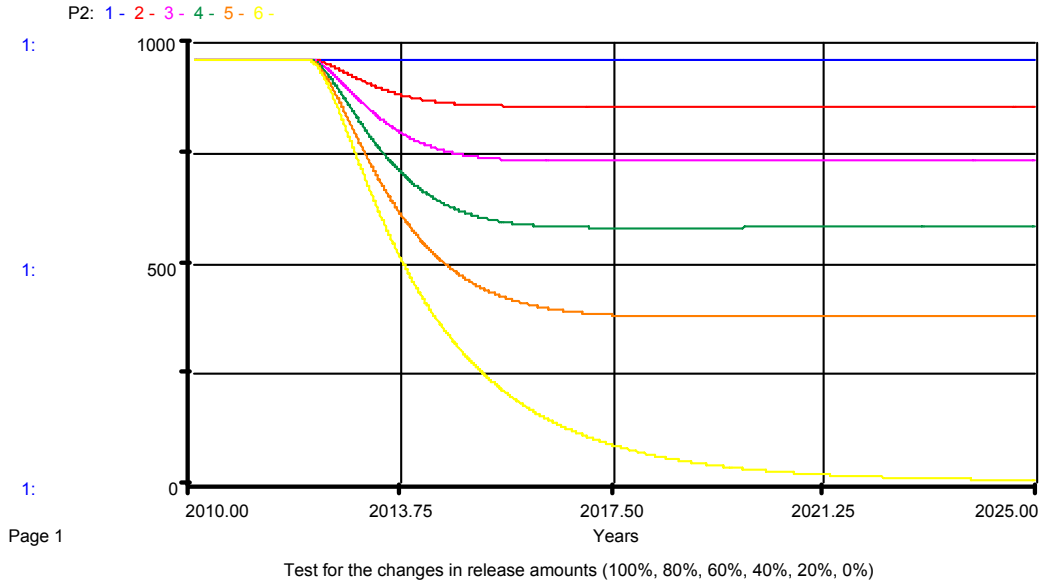
〈그림 4-2〉 초기 동적 균형의 가정에 대한 유지 실험



〈그림 4-3〉 동적 균형수준의 일시적 충격에 대한 균형회복 실험



〈그림 4-4〉 동적 균형수준의 영구적 변화로 인한 새로운 균형값의 형성



또한 <그림 4-4>는 파라미터의 함수로 이루어진 동적 균형조건은, 그 파라미터 값이 영구적으로 변했을 때 기존의 동적 균형값이 새로운 수준으로 변화한다는 사실을 확인해 주는 실험 결과이다. 실험의 실제적 의미는, 현재와 같이 금강 하구둑이 존재하여 방류를 해야 하는 경우 2012년부터 방류량을 계획된 2753.0천마리/년 수준의 100%, 80%, 60%, 40%, 20%, 0%로 낮추면 동적 균형점이 어떠한 수준에서 결정되는가를 보는 것이다. 만약 원시 자연상태인 경우에는, 2012년 오염 등 갑작스러운 사건이 발생하여 자연변식률  $b_1$ 이 현재수준에서 위와 같이 낮아지고 그에 따라 동적 균형점이 어떻게 변화하는가로 해석될 것이다. 그림에서의 실험 결과는 성계의 동적 균형수준의 80%에 해당하는 (포란·교미를 위해 이동하는) 포획대상 성계 개체수의 변화를 보여주고 있다.

이상과 같은 초기 동적 균형상태를 가정한 실험결과로부터 본 연구에서 모델이 얼마만큼의 구조적 타당성과 행태적 타당성(Deaton et al., 2000: 74-77; Ford, 1999: 283-288; Barlas, 1996)을 갖는가를 확인할 수 있었다. 분석자는 모델과 분석결과와의 타당성 제고를 위해 분석이 끝나는 순간까지 긴장감을 늦출 수 없겠지만, 본 연구에서는 모델 인프라구조(인과구조 및 실험모

델, 측정 및 실험단위와 가정 등)에 대한 타당성을 제고하기 위해 기존의 이론적 모델링 및 실제적 자료들을 충분히 활용하여 논의를 전개하였고, 이와 같이 제한된 정보 내에서 기존의 연구들과 일관성을 유지할 수 있도록 모델링 및 파라미터 추정을 수행함으로써 모델의 구조적 타당성(structural validity)을 제고시키기 위한 노력을 아끼지 않았다.

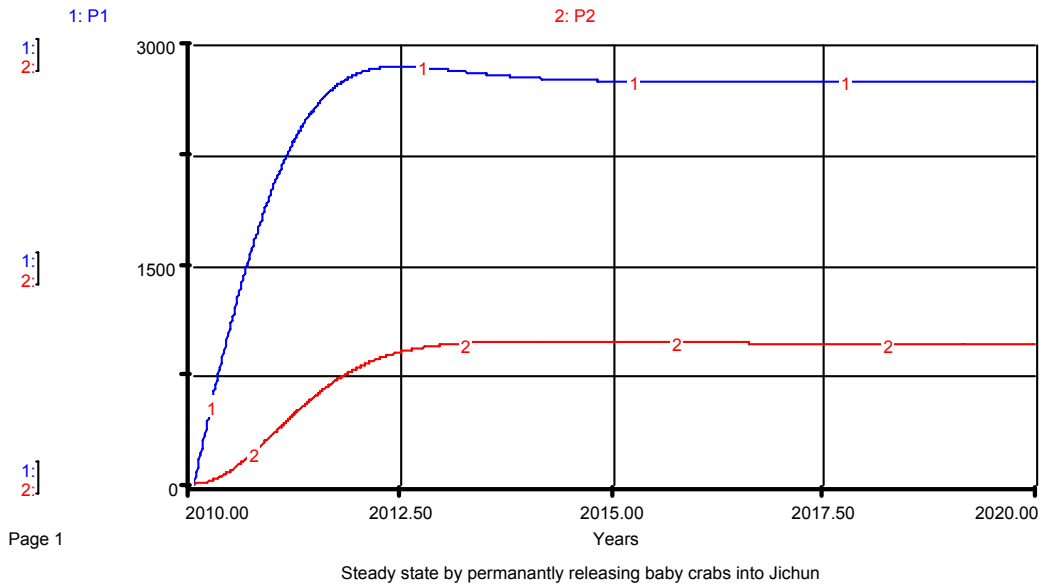
또한 본 절에서 수행한 동적 균형상태 분석결과 및 일련의 극단값 테스트를 통해 본 연구의 모델이 예측적 타당성(predictive validity)을 일정 수준이상 확보하고 있다는 것을 알 수 있다. 본 실험모델의 행태적·정량적 예측치들이 이론적으로 제시한 모델과 동태적 인과구조와 일관된 결과를 보이며, 아울러 실제적이며 이론적인 정보들과 합치된 결과를 보인다는 사실로부터 모델의 실험값들에 대한 타당성을 인정된다고 할 수 있다.

#### 4) 목장화 사업의 지천 참게생태계 복원효과

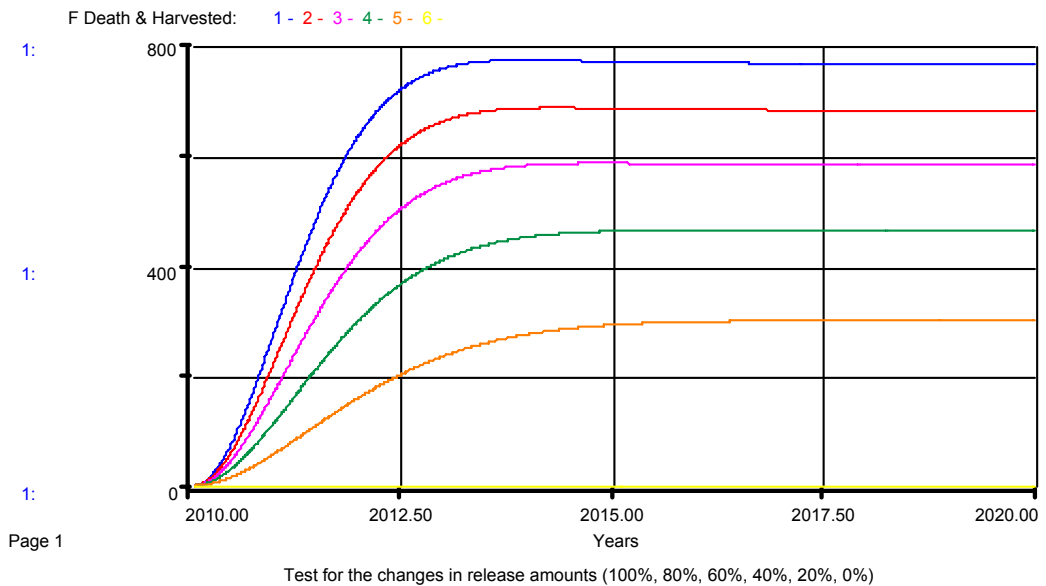
현재와 같이 하구언의 존재 등으로 인해 참게가 없는 금강에서 2010년부터 목장화 사업을 시행하여 참게를 복원하는 과정이 <그림 4-5>에 제시되어 있다. 지천 참게 목장화 사업의 원안과 같이 개체수가 0인 초기년도부터 매년 고정적으로 치게 2753.0천마리를 방류하면, 그림에 나타난 바와 같이 개체수는 방류 약 3-5년 후 동적 균형수준으로 회복되며, 이 동적 균형 개체수는 방류활동을 중단하지 않은 이상 유지되는 것을 볼 수 있다. 이 때 성게의 개체수는 앞서 밝힌 바와 같은 동적 균형값 963.3천마리이며, 이 개체들 중 포란·교미가 가능할 정도로 성숙한 성게는 전체 성게 개체수의 80%인 770.6천마리로서, 이들은 전량 수확대상이며 이들을 전량 수확할 경우 신현옥·김현우(2007: 53-54)의 결과와 일치한다.

<그림 4-6>은 현재 계획된 방류량 2753.0천마리를 100%, 80%, 60%, 40%, 20%, 0%의 단계별로 줄였을 때의 새로운 수확가능량을 보여주고 있다. 현재 77톤(=770천마리, 마리당 100g 가정)을 수확가능하다면, 방류량을 단계적으로 20%씩 줄였을 때 수확가능량은 각각 68톤, 58톤, 46톤, 30톤, 0톤으로 변화하게 된다.

〈그림 4-5〉 2010년부터 지천 참게 목장화 사업 시행시 개체수 변동



〈그림 4-6〉 방류량을 계획량보다 20%씩 5번 줄였을 때의 민감도



## 2. 목장화 사업의 경제적 효과

### 1) 참게의 가격 신축성 함수 추정

일반적으로 농수산물의 생산조건은 불안정한 반면 수요조건은 거의 비탄력적인 특성으로 인해 농수산물의 가격은 약간의 공급물량 변동에도 매우 민감하게 작용하는 것으로 알려져 있다. 따라서 풍년이 드는 경우 오히려 도매가격의 폭락으로 농가소득이 오히려 감소하는 경우도 발생한다. 참게의 가격 역시 도매시장의 공급물량 변화에 따라 가격이 민감하게 반응하는 품목의 하나로 파악되는데, 이러한 이유는 지난 8, 90년대의 참게 멸종시 가격폭등이 관찰되었기 때문이다.

이러한 이유로 본 연구에서는 지천의 참게 목장화 사업의 경제성을 진단하기 위해 공급물량의 변동에 관한 가격신축성 함수를 추정하고자 한다. 일반적으로, 가격신축성 함수는 특정 품목의 당해년도 가격변동을 종속변수로 놓고, 이를 설명하기 위한 독립변수로 당해년도 공급량 변동, 소득, 전기의 가격, 대체재 등을 고려하여 추정한다(김명환 외, 2000). 그러나 본 연구에서는 참게의 주요 소비가 참게장 및 매운탕에 특화된 수요임을 감안해 볼 때, 소득이나 대체재 등을 고려하는 것이 큰 의미가 없으므로 당기의 공급량만을 고려한 가장 단순한 형태의 가격신축성 함수를 추정하기로 한다.

신현옥·김현우(2007: 53-54)의 보고서에 의하면, 우리나라의 전국적인 참게 유통량은 대략 2,000톤으로서, 이 중 500톤이 국내산(임진강, 한강, 섬진강)이며 나머지 1,500톤은 수입산으로 알려져 있다. 아울러 지천에서의 생산량은 약 9.6톤으로 이 비중은 가격변동에 미치는 영향이 크지는 않으나, 본 연구에서 다루고 있는 목장화 사업을 하는 경우 최대 77톤까지 생산이 가능하므로 가격변동을 고려하지 않을 수 없다. 이러한 이유로 동 보고서 및 관련자의 인터뷰 결과 이렇게 추가로 생산되는 참게에 대해서 수입대체 효과와 새로운 수요창출(참게장 산업화, 생태관광 사업, 참게를 이용한 과자류 등의 가공식품화 등)이 목장화 사업의 후속적인 고려사항으로 다루어져야 할 것이다.

본 연구에서는 이러한 점을 감안하여 가격의 하한선을 고려하였다. 가격의 하한선은 첫째, 물가상승률이 추후 0보다 클 것이며, 둘째, 가격하락에 대비한 새로운 수요의 창출 가능성, 셋째, 목장화 사업의 방류비용을 고려했을 때 수확한 성게 마리당 최소 1,000원 이상을 받아야만

방류비용이 회수된다는 점 등을 감안하여 결정하였다. 이 하한가격은 참게의 방류비용이 치게 1개체당 300~500원의 비용을 가정하였을 때 치게 방류량 대비 성게 수확비용이 28% 임을 감안한다면 성게 1마리를 수확하기 위하여 드는 방류비용이 1,000~1,800 정도로 추산된 것에 근거한다.

〈표 4-2〉 임진강의 참게 생산량과 마리당 가격변동 추이

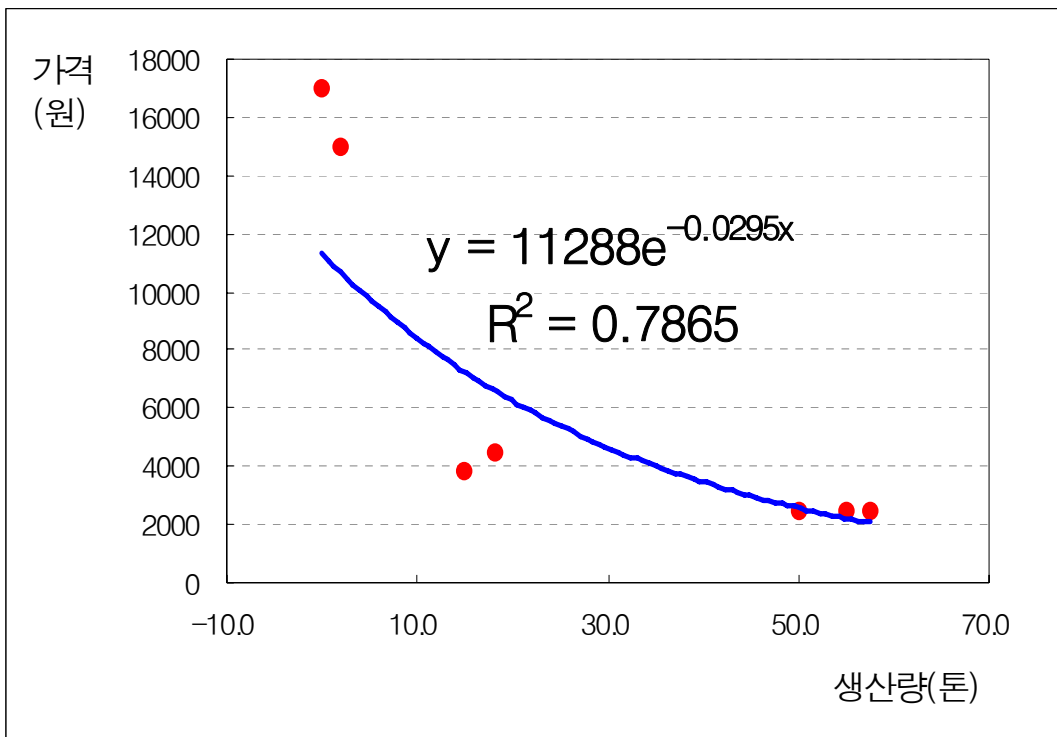
	생산량 (톤)	마리당 가격 (원)	출처
1934	41.4	-	환경운동연합 천자칼럼 "임진강 참게" 2001-02-02
1990	0.0	25,000	조선일보 김성윤·유창우 2005-10-20
1998	0.0	17,000	조선일보 김건수 객원 2008-05-06
2002	2.0	15,000	생산량은 임진강 및 곡릉천에 한함: 서울신문 한준규 2004-10-28 조선일보 김건수 객원 2008-05-06
2004	18.1	4,500	문화일보 오명근 2004-10-19 동아일보 이동영 2006-09-15
2006	55.0	2,500	근래 최대 풍어: 예년의 3배수준 어획 동아일보 이동영 2006-09-15 경기신문 박상돈·김장선 2008-10-15
2007	57.5	2,500	다음 두 자료의 생산량 평균치 적용: 중앙일보 전익진 2008-09-08 경기신문 박상돈·김장선 2008-10-15
2008	50.0	2,500	연합뉴스 우영식 2009-10-13 조선일보 김건수 객원 2008-05-06
2009	15.0	3,800	생산량은 황강댐 방류로 예년 1/3 수준: 연합뉴스 우영식 2009-10-13

이상과 같은 고려사항을 기초로, 기존의 참게 공급량 및 시장가격의 변화에 관한 실제 자료를 모았다. 국가 승인통계로 제공되는 농수산물 관련 통계에서는 내수면 어업 중 참게에 관한 자료가 존재하지 않고, 아울러 농수산물 도매시장 등의 가격정보에도 참게의 소비자 가격에

대한 체계적 정보가 존재하지 않는 어려움이 존재하였다. 따라서 본 연구에서는 신뢰성이 공식통계보다 다소 떨어지더라도 비교적 현실을 잘 반영하고 있다고 보여지는 임진강 참계 특산품에 관한 최근 10년간의 모든 신문 기사를 검색하여 <표 4-2>와 같은 자료를 모았다. 물론 이와 같은 자료는 임진강 참계 어촌계의 인터뷰를 토대로 구성하였으므로 참계 어가의 입장에서 편의(bias)가 존재할 수 있으며 대략적인 수치이나, 현재로서는 추정할 수 있는 유일한 단서이며 참계 시장의 특성상 금강에서 생산된 참계로 환원하여도 큰 무리가 없을 것으로 판단하였다.

이상과 같은 자료를 토대로, 가장 단순한 형태의 가격 신축성 함수를 추정하였고 그 결과는 <그림 4-5>에 제시되어 있다. 그림에서는 가격신축성 함수의 가장 보편적인 형태인 1계 지수함수를 활용하였고 이 지수함수에 자연대수(natural log)를 취하여 양변을 미분하면 공급량변화율에 대한 가격변화율을 결정하는 가격 신축성 계수(price flexibility coefficient)를 취할 수 있다.

〈그림 4-7〉 참계의 가격신축성 함수



본 연구에서는 물량 변동에 따른 모델링을 위한 것이므로 가격신축성 함수의 양변을 미분하여 2장의 식 7)에서 제시한 본 연구모델의 가격변화 함수를 식 22)와 같이 도출하였다. 단, 식에서의 가격  $V$ 의 하한은 전술한 바와 같이 1,000원으로 설정하였다.

$$V = 11288 \cdot e^{-0.0295 \cdot (CP_2)}$$

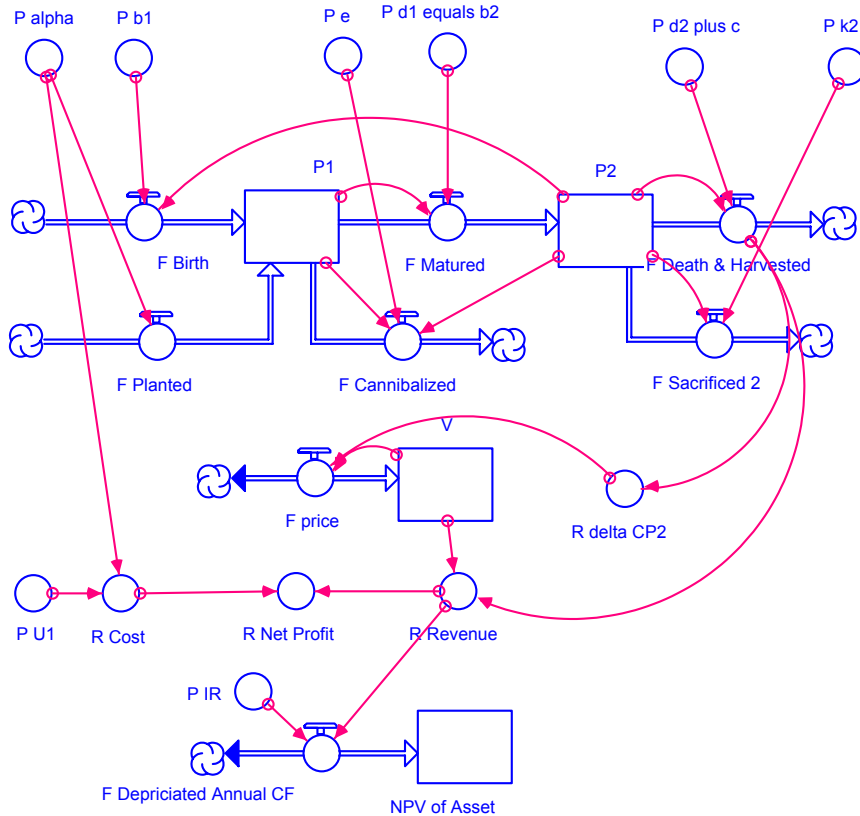
$$\Rightarrow \frac{d}{dt}V \equiv \dot{V} = (-0.0295) \cdot \frac{d(CP_2)}{dt} \cdot V \quad \dots\dots\dots 22)$$

## 2) 지천에서의 참게 목장화 사업의 경제성

이와 같은 가격 신축성함수를 도입하여 참게 목장화 사업의 수익을 계산해 보았다. 우선 가격 신축성함수가 도입된 실험모형은 <그림 4-8>에 제시된 바와 같다. 참게 목장화 사업의 경제성을 파악하기 위해 매년 순현금흐름(net profit)과 사업을 영구적으로 지속시켰을 때의 어가의 자산가치를 이자율 4%로 할인한 현재가치를 구하기 위한 모델이다. 실험모형에서 가격의 초기값은 현재의 평균 시장가격인 2,500원/마리로 설정하였고, 수확량은 신현옥·김현우(2007: 53-54)에 제시된 바와 같이, 포란과 교미를 위해 하루로 이동하는 전체 성계의 개체수인 770.6천마리를 모두 수확하는 것으로 가정하였다.

<그림 4-9>은 지천에서 참게 목장화 사업을 추진함에 따른 경제적 변화에 관한 실험 결과이다. 매년 2753.0천마리의 치계를 방류했을 때, 안정상태에서 매년 마리당 방류비용을 300원 하에서 총 비용은 825,900천원, 가격은 대략 마리당 2천원 선(1991.4원/마리)에서 형성되어 총 수익은 1,534,659천원으로 추정된다. 따라서 안정상태에서 연간 708,759천원의 수익이 발생하며, 영구적으로 이 사업을 추진하는 경우 이자율 4% 하에서 37,375,000천원의 순이익의 현재가치, 즉 본 사업의 영구적인 자산가치가 도출되었다. 이를 표로 정리한 것이 <표 4-3>에 제시된 바와 같다.

〈그림 4-8〉 목장화 사업의 경제성 평가를 위한 시뮬레이션 모델  
(Stock-flow Diagram)



$$V(t) = V(t - dt) + (F\_price) * dt$$

$$INIT V = 2500$$

$$INFLOWS: F\_price = IF(V-0.0295*R\_delta\_CP2*V<1000) \\ THEN(1000-V)ELSE(-0.0295*R\_delta\_CP2*V)$$

$$NPV\_of\_Asset(t) = NPV\_of\_Asset(t - dt) + (F\_Depreciated\_Annual\_CF) * dt$$

$$INIT NPV\_of\_Asset = 0$$

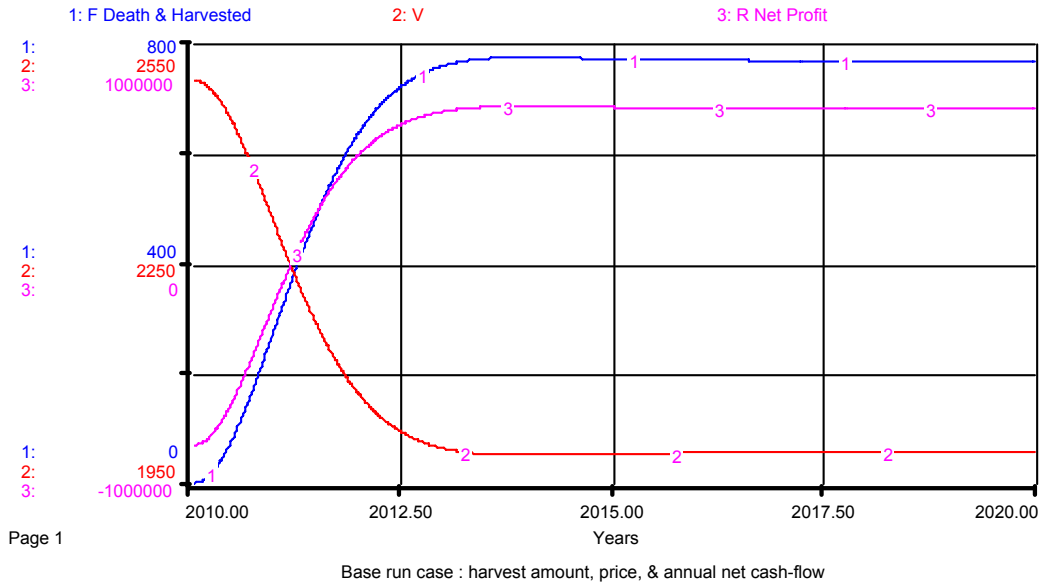
$$INFLOWS: F\_Depreciated\_Annual\_CF = R\_Revenue/((1+P\_IR)^(TIME-2010))$$

$$R\_delta\_CP2 = DERIVN(F\_Death\&Harvested,1)*DT$$

$$P\_IR = 0.04 ; P\_U1 = 300 ; R\_Net\_Profit = R\_Revenue - R\_Cost$$

$$R\_Cost = P\_alpha * P\_U1 ; R\_Revenue = V * F\_Death\&Harvested$$

〈그림 4-9〉 참게 목장화 사업의 수확량(1), 가격변화(2), 연간 순이익(3)



〈표 4-3〉 참게 목장화 사업의 경제성 분석 결과 (단위: 천원)

이자율	동적균형 상태에서의 연간비용	동적균형 상태에서의 연간수익	동적균형 상태에서의 연간순이익	영구적인 사업진행시 총 자산가치
3.0%	825,900	1,534,659	708,759	50,145,000
3.5%				42,849,000
4.0%				37,375,000
4.5%				33,117,000
5.0%				29,713,000

결과적으로 지천을 대상으로 한 참게 목장화 사업의 효과는, 참게 가격 2,000원 정도에서 연간 77톤의 참게를 생산하며 연간 7억 정도의 순이익을 내는 사업이며, 이 사업을 영구적으로 진행했을 때 자산가치는 대략 3~400억원의 자산가치를 지니는 사업으로 분석되었다. 이러한 경제성 분석의 결과는 참게 목장화 사업이 상당히 경제성이 높은 사업임을 드러내고 있으며, 투입 대비 경제적인 효과가 매우 우수한 사업이라고 볼 수 있다. 아울러 본 사업의 결과로, 본 연구에서 화폐단위로 포함시키지 못한 다양한 편익이 존재할 수 있다. 예컨대, 생태적 복원에 의한 편익 등이 그것이다. 이러한 보이지 않는 편익(intangible benefit)들을 포함한다면 본 사업의 경제성은 더욱 높아질 것이다.

〈표 4-4〉 참게 목장화 사업의 가격변화에 대한 경제성의 민감도

가격변화량	120%	110%	100% (Baserun)	90%	80%
균형가격 (원/마리)	1902.8	1946.6	1991.4	2037.2	2084.1
연간 목장화사업손익 (천원)	640,474	674,230	708,759	744,080	780,210
영구진행시 자산가치 (백만원)	35,738	36,547	37,375	38,220	39,085

아울러 이상과 같은 경제성 분석에서 가격변화가 추정된 경제성 평가수치들에 얼마나 민감한지를 테스트하였다. <표 4-4>은 가격변화량을 현재보다 20%, 10%, 현재수준 유지, -10%, -20% 씩 더 변화시켰을 때의 각종 경제성 평가항목들의 변화정도를 본 것이다. 가격변화가 현재 예상한 것 보다 더 심한 경우 균형가격의 변동폭이 더 커지면서 손익이나 자산가치를 낮추고, 가격변화가 덜 심한 경우 균형가격의 변동폭이 작아지면서 손익과 자산가치를 증대시키는 것을 알 수 있다. 그러나 전반적으로 표에서 드러나듯이 가격변화의 정도에 따라 경제성의 결과는 크게 달라지지 않는다.

### 3. 기후온난화와 하천환경 변화를 가정한 분석

#### 1) 기후온난화에 의한 수온상승의 효과 : 위협요인

기후온난화에 의한 수온상승은 참게의 서식환경 변화와 불안정성을 야기시켜 참게의 공식률을 높이는 결과를 가져온다. 이러한 사실은 지천에서의 참게 목장화 사업에 대한 위협요인이 되며, 이러한 사업의 리스크에 대한 측정이 필요하다. 그러나 이러한 측정을 위해서는 보다 구체적으로 수온이 1도 상승하였을 때 공식률이 얼마나 증가하는지에 대한 사전 지식이 필요하나 현재 단계에서는 이러한 과학적 지식은 아직 부족하다<sup>6)</sup>.

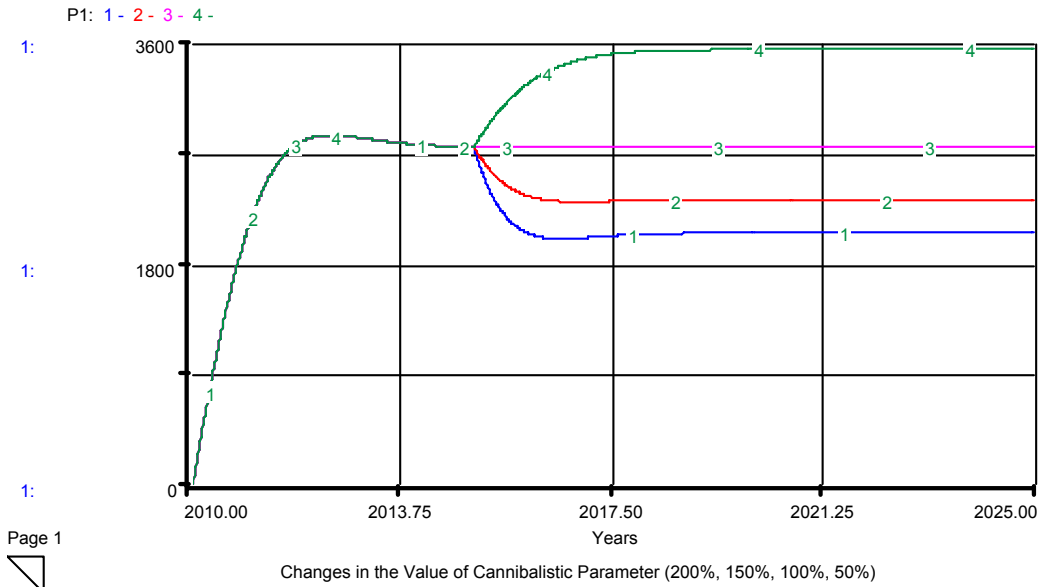
따라서 본 연구에서는, 구체적인 리스크의 측정보다는 간단히 현재 수준이 지속되다가 2015년경 참게의 공식률을 현재수준보다 200% (그림에서 1번선), 150%(2번), 100%(3번), 50%(4번)로 변화시켰을 때 나타나는 생태경제적 효과를 민감도 분석하여 제시하고, 이로부터 추후의 상황변화에 대한 시스템의 행태적 변화를 예측해 보기로 한다.

<그림 4-10>과 <그림 4-11>는 이와 같은 상황에서 각각 치계 및 성계 개체수의 변화를 나타내고 있다. <그림 4-10>에서는, 2015년경 급작스러운 수온변화로 현재 수준보다 공식률이 더 커지는 경우를 가정할 때 그 만큼 치계의 개체수가 급격히 줄어드는 것을 보여주고 있다. 치계의 개체수 감소는 약 2년 정도 후에 <그림 4-11>에서 성계의 개체수의 감소를 야기시키는 결과를 보여주고 있다. 이와 같은 공식행태 증가로 인한 치계의 개체수 감소가 일정 시차 후의 성계의 개체수 감소라는 결과를 보이면서 <그림 4-12>에서 나타나듯이 성계의 가격이 상승하나, 전체적인 수익은 <그림 4-13>에서 보이듯이 감소하는 행태를 보인다.

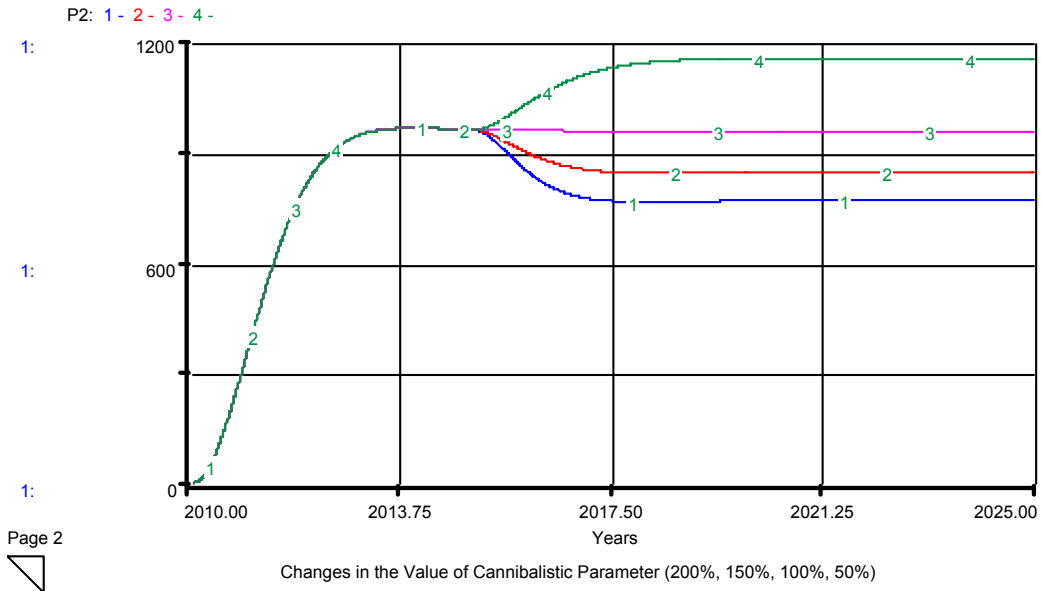
결론적으로 온난화에 의한 수온의 상승으로 현재보다 공식률이 약 2배 정도 증가하는 경우 개체수의 감소와 가격 상승, 수익의 감소 등이 관찰된다. 그러나 이와 같은 변화의 방향, 즉 행태적인 예측 외에 그래프에서 보여주는 수치적인 결과들은 수온상승과 공식률의 증가관계에 대한 보다 구체적인 정보가 존재해야만 유효할 것이다. 따라서 본 연구에서는 구체적인 수치보다는 이러한 변화의 방향만을 유효한 연구결과로 제시하고자 한다.

6) 참게 종묘배양을 하는 민간업자 등에 의하면 참게전문가들에 의하면 수온이 현재보다 1도 정도만 상승해도 공식률이 현재보다 2배 이상 증가할 수 있다고 한다.

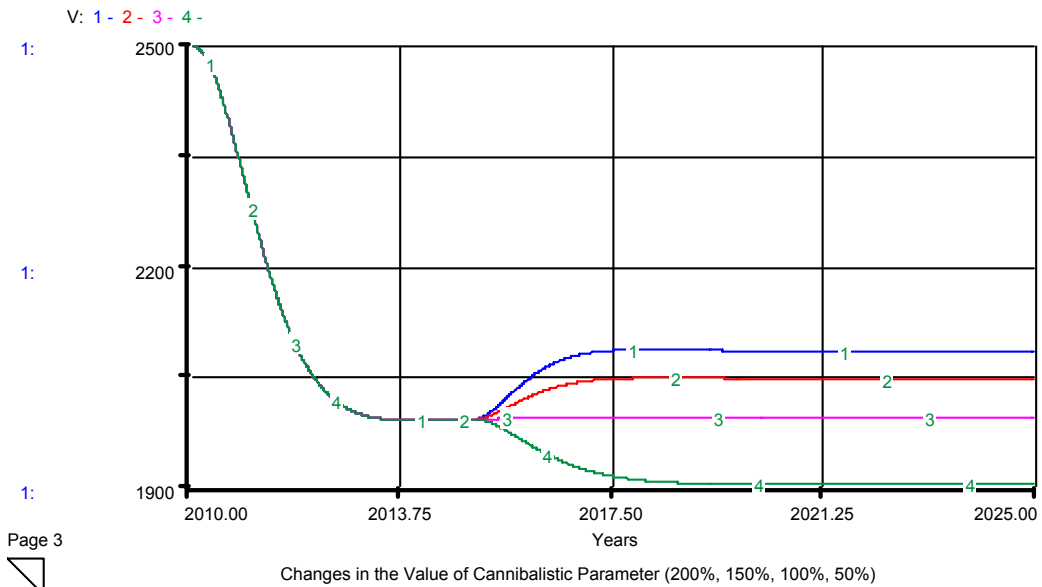
〈그림 4-10〉 수온상승으로 인한 공식을 증가의 효과 : 치계 개체수  
(1번: 현재보다 공식을 100% 증가, 2번: 50% 증가, 3번: 현재수준, 4번: 50% 감소)



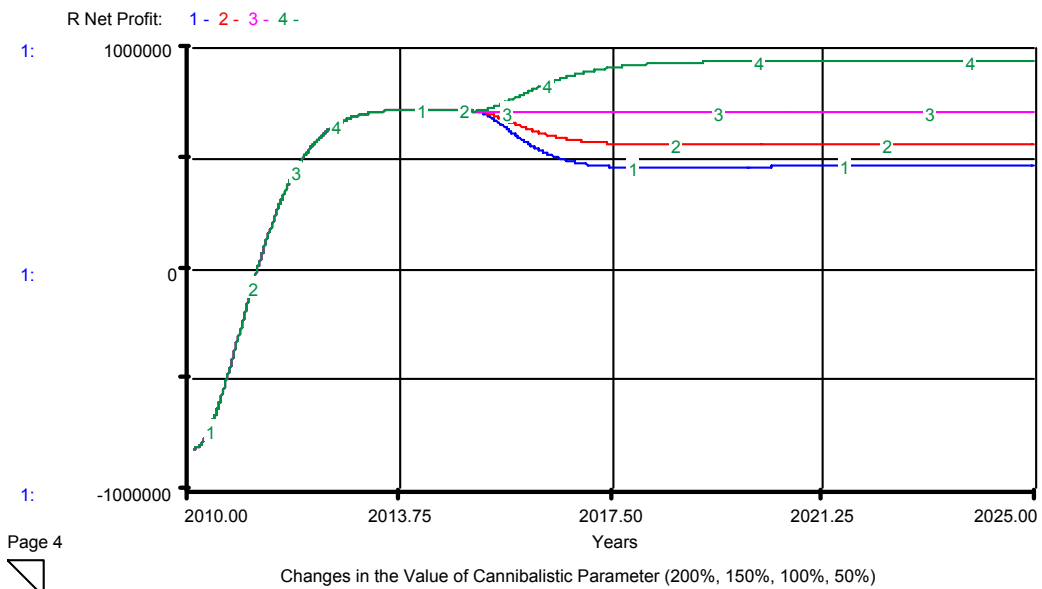
〈그림 4-11〉 수온상승으로 인한 공식을 증가의 효과 : 성계 개체수  
(1번: 현재보다 공식을 100% 증가, 2번: 50% 증가, 3번: 현재수준, 4번: 50% 감소)



〈그림 4-12〉 수온상승으로 인한 공식률 증가의 효과 : 가격  
(1번: 현재보다 공식률 100% 증가, 2번: 50% 증가, 3번: 현재수준, 4번: 50% 감소)



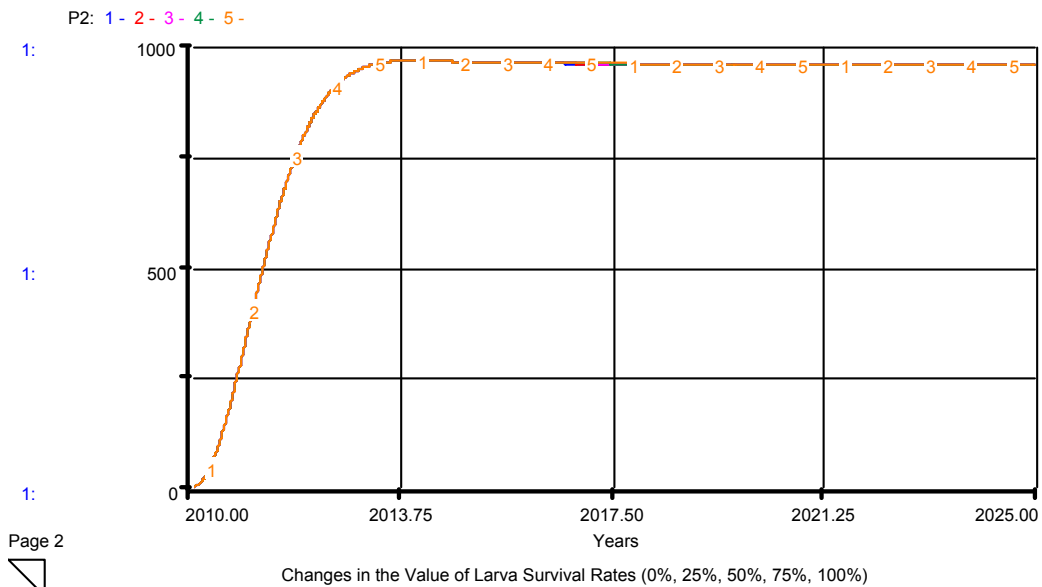
〈그림 4-13〉 수온상승으로 인한 공식률 증가의 효과 : 연간 순이익  
(1번: 현재보다 공식률 100% 증가, 2번: 50% 증가, 3번: 현재수준, 4번: 50% 감소)



## 2) 금강 하구언의 어도개설 효과 : 기회요인

전술한 위협요인과 상반되는 기회요인으로서 금강 하구언에 어도(fishway)를 개설하여 자연적인 번식을 부분적으로나마 가능하도록 하는 환경변화를 들 수 있다. 어도를 개설하는 경우 자연적 번식률을 하구둑이 없는 원시상태만큼 끌어올릴 수 있다는 기대는 힘들다 하더라도, 자연적 번식률의 일정 수준까지를 회복한다는 가정은 가능하다. 이러한 환경변화가 기회요인이 될 수 있는 이유는 자연적 번식량만큼 방류량을 줄임으로써 사업의 비용절감 효과가 발생하기 때문이다.

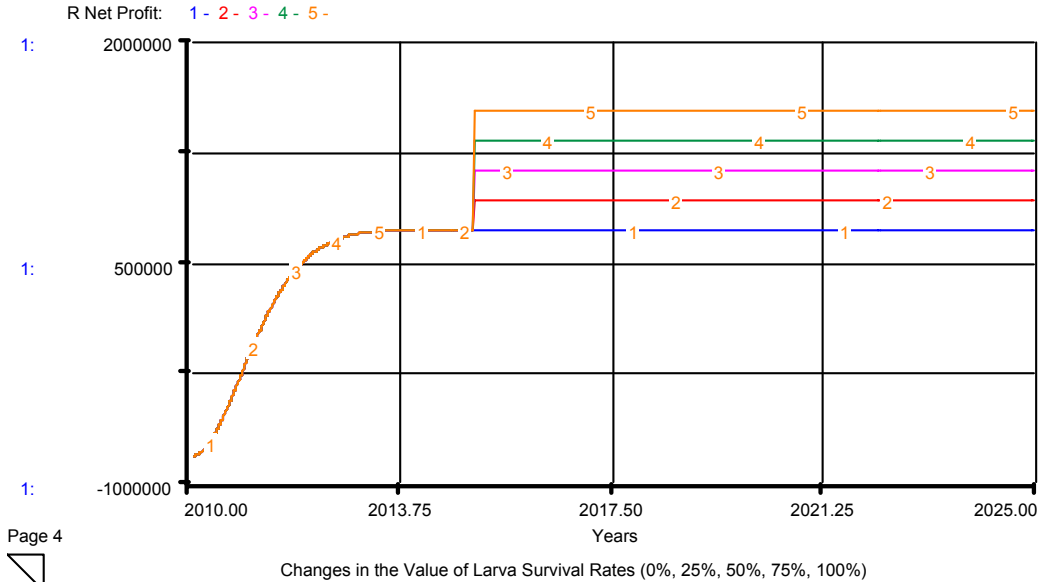
〈그림 4-14〉 어도개설에 따른 방류량의 절감 : 성체 개체수의 동적 균형 유지  
(1번: 현재수준, 2번: '15년 어도개설로 자연번식 25% 회복 및 방류량 절감,  
3번: 50% 회복/방류량 절감, 4번: 75% 회복/방류량 절감, 5번: 100% 회복/방류량 절감)



본 연구에서는 이러한 상황변화를 전제하고, 2015년 하구언에 어도를 설치하여 유생의 생존률을 높아지는 만큼 방류량을 줄이는 경우에 대한 실험을 수행하였다. 유생의 생존률이 현재 0%에서 25%씩 증가하여 자연 균형상태인 100%까지 단계적으로 5번 증가(0%, 25%, 50%, 75%, 100%)하고 증가된 양만큼 방류량을 줄인 실험의 결과가 <그림 4-14> 및 <그림 4-15>로 제시되어 있다.

〈그림 4-15〉 어도개설에 따른 방류량의 절감 : 연간 순이익의 감소

(1번: 현재수준, 2번: '15년 어도개설로 자연번식 25% 회복 및 방류량 절감, 3번: 50% 회복/방류량 절감, 4번: 75% 회복/방류량 절감, 5번: 100% 회복/방류량 절감)



<그림 4-14>는 어도가 개설되어 유생의 생존률이 자연상태의 25%부터 100%까지 회복되면서 회복량 만큼 방류량을 줄임으로써 치계의 개체수가 동적 균형을 유지시키는 과정을 묘사하고 있고, <그림 4-15>의 연간 순이익은 방류를 줄이는 2015년부터 방류비용 만큼이 비용이 절감되어 순이익이 개선되는 현상을 나타내고 있다. <그림 4-14>에서는 동적 균형이 유지되나, 기존의 동적 균형을 유지하던 원인이 방류량에 기인한 것과는 달리, 어도 확보를 통한 자연번식으로 방류량을 대체하는 과정이 묘사되고 있고, 그 결과 <그림 4-15>에서 비용절감에 의한 순이익 개선효과가 나타난다.

이러한 어도개설의 효과는 단적으로 생태적 복원을 의미한다. 어도가 개설되어 자연재생률  $b_1$  이 일정부분이나마 회복된다면 동적 균형상태가 0보다 크게 형성될 수 있음을 의미한다. 어도가 생기는 경우, 금강 지천에서의 참게 목장화 사업은 그 만큼의 치계의 새로운 균형개체수 만큼을 덜 방류하고 그 만큼 연간 방류비용을 절약할 수 있음을 의미한다. 예컨대 어도가 개설되어 치계의 최대 동적 균형개체수인 2753.0 천마리의 50% 수준에서 새로운 균형이 회복되는 경우 전체 방류비용의 50%를 줄일 수 있음을 의미한다.

전 절의 경제성 분석에서 자산가치는 이러한 어도의 개설에 따른 경제적 편익의 추정치와 일맥상통한다. 앞서 예에서 방류량의 50%를 줄일 수 있다면, 생산량이 고정되어 있으므로 가격이나 수익 측면에서는 변화가 없고 방류비용에서만 절감이 이루어지므로 이에 따른 순이익의 증가가 자산가치를 상승시킨다. 예컨대 연간 비용의 연간 비용의 50%인 4.13 억원이 절약되어 이러한 이윤이 매년 추가된다면, 자산가치가  $(4.13 \text{ 억원} / 4\%) = 103 \text{ 억원}$ 만큼 증대된다고 할 수 있고 위 모델에 근거한 실험에서도 마찬가지로의 결과를 보인다.

앞서의 기후변화에 따른 공식물 증가의 위협요인에 대한 분석에서와 마찬가지로, 본 기회요인의 분석 역시 어도설치에 따른 자연재생률 혹은 자연번식률의 회복정도에 대한 더 구체적인 정보를 필요로 한다. 위 문단의 예에서는 단지 50% 회복이라는 전제 하의 수치예(numerical example)를 제시한 것에 불과하며, 어도설치가 얼마만큼 자연번식률을 회복할지에 대한 구체적인 정보가 더 확보된다면 이와 같은 분석결과를 정량적으로 설명하는 것이 가능하다. 따라서 위협요인의 분석에서와 같이 본 분석도 행태적 예측치를 중심으로 변화의 방향을 예측하는데에 의의가 있다.

## 4. 장기적 사회발전을 가정한 분석

### 1) 금강 지천유역의 사회자본 축적에 관한 사전 조사

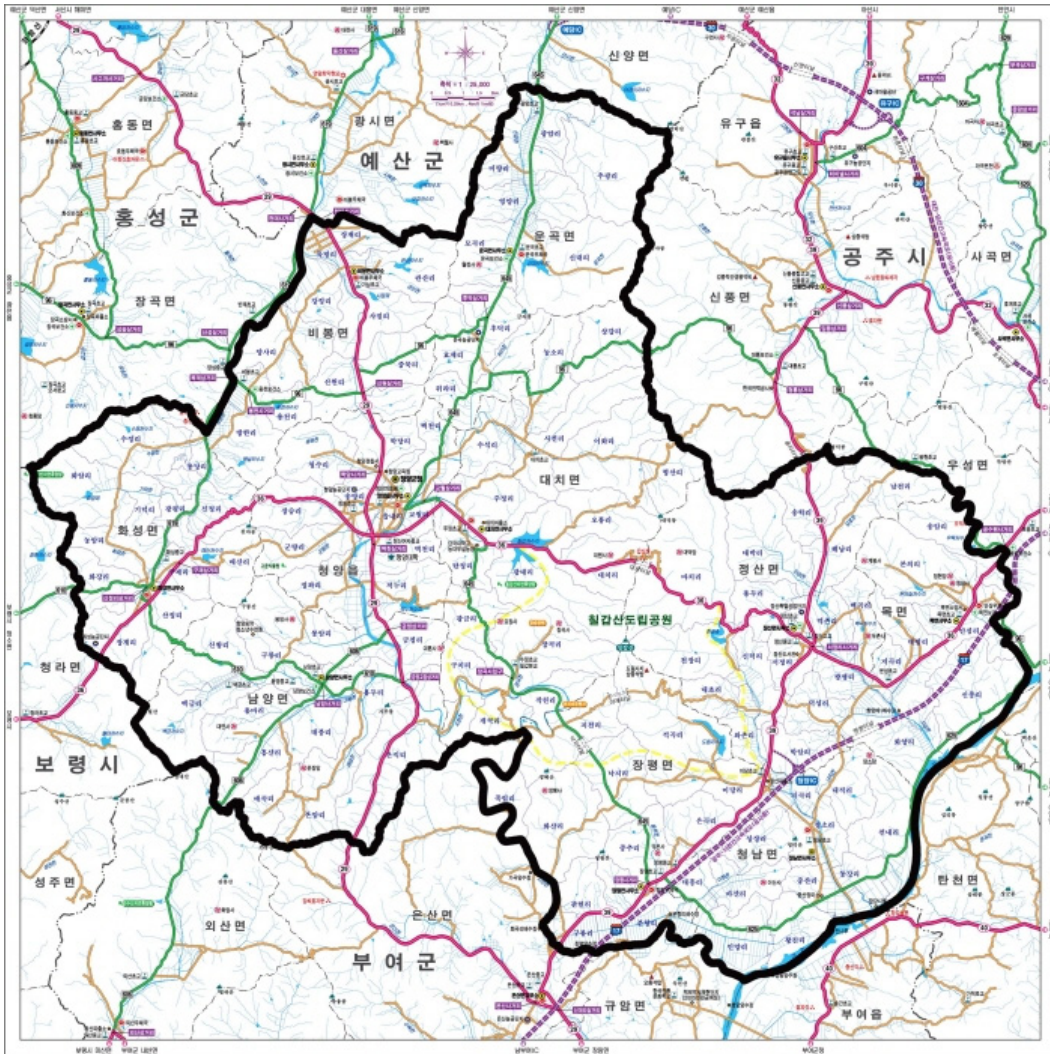
금강 참게 목장화 사업의 장기적 사회발전 효과를 분석하기 위하여 관련 이해 관계당사자들의 사회자본의 축적에 대한 청취조사를 수행하였다. 금강의 지천유역을 중심으로 참게 어로사업 승인 허가를 받은 청양군의 40인을 중심으로 2009년 10월부터 11월까지 두 달간의 대면 및 전화 인터뷰를 실시하였다.

내수면어업개발촉진법에서는 허가어업의 하나로서 내수면에서 형망(桁網) 즉, 자루모양의 그물 입구에 조개틀과 같은 틀을 부착한 그물 등의 어구를 이용하여 패류 또는 기타 정착성동물물을 채포하는 어업으로 내수면 어업을 규정하고 있으며, 참게 등 내수면에 서식하는 어족을 그물을 사용하여 채집하는 행위를 하기 위해서는 관청에 신고하여 사전에 허가를 받아야만 한다. 따라서 우선적으로 참게 목장화 사업과 관련하여 경제, 사회적인 이해관계를 가진 조사대상자를 선정하는데 있어 이들 내수면 어업신고자를 중심으로 하였다. 사회자본의 형태는 연결망, 신뢰, 호혜성의 세 가지 요소를 중심으로 파악하였다.

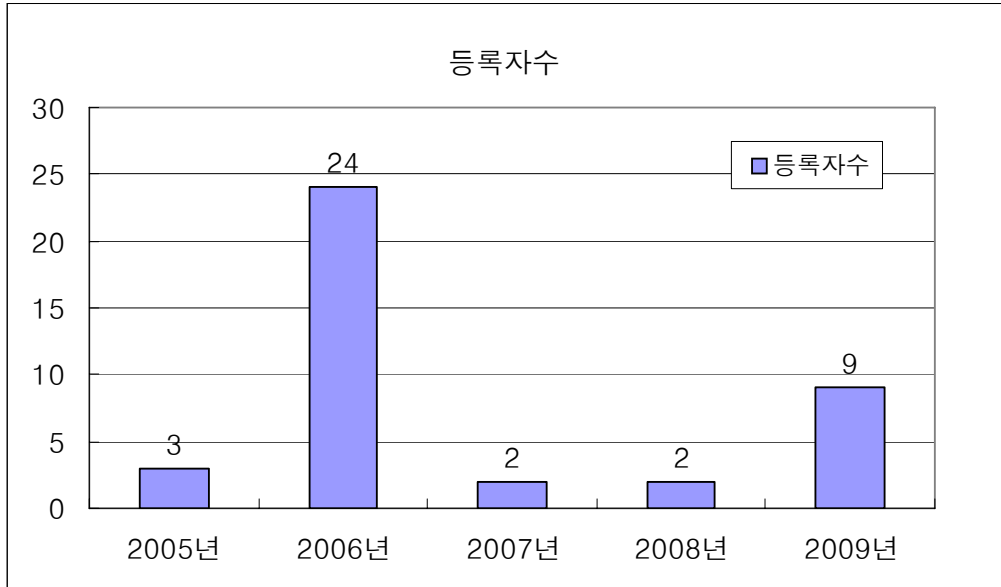
2005년 금강 지천을 중심으로 참게 방류사업이 시행된 이후 청양군 금강 지천변 남양면, 청양읍, 대치면, 장평면 등 5개 면의 주민을 중심으로 내수면 어업신고자가 증가하여 현 40인에 이르고 있으며, 연도별 지역별 현황은 <그림 4-17> 및 <그림 4-18>과 같다.

2006년 농산물 개방의 여파로 쌀 가격 하락과 함께 쌀농사 이외의 농가 소득 향상을 위한 방안을 모색하는 와중에 참게 방류사업에 대한 관심이 모아지면서 가장 많은 숫자가 참게 어업 신고를 한 것으로 나타났다. 이 중에서 직접적으로 참게를 잡아서 식당을 운영하고 있는 경우는 4인 정도였으며, 나머지의 경우에는 인근 식당에 잡은 게를 납품하거나 개별적으로 소비 하는 것으로 나타나서 참게 어획을 통한 직접적인 경제적인 효과는 주목 할 만큼 크지는 않은 것으로 나타났다.

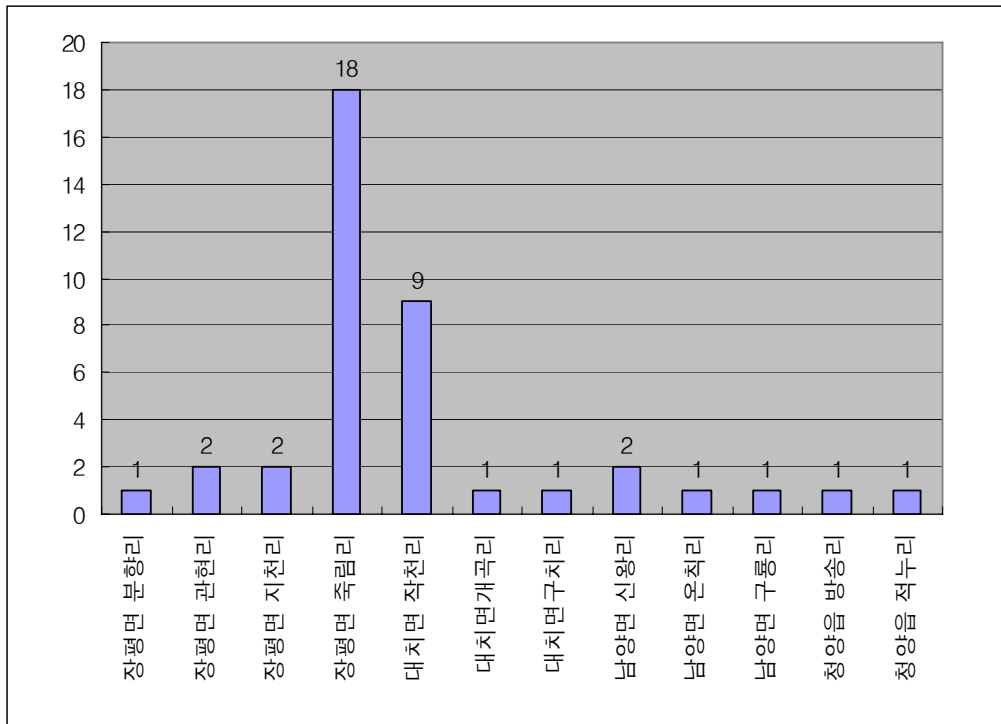
〈그림 4-16〉 충청남도 청양군 읍면 현황



〈그림 4-17〉 참게 어업 신고자 현황 (연도별)



〈그림 4-18〉 지역별 어업 신고자 현황 (지역별)



그럼에도 불구하고 참여기획작업을 통한 사회자본의 형성은 매우 긍정적인 것으로 해석할만한 응답이 많았다. 우선 참여 어업허가를 신청한 사람들은 마을 단위의 네트워크를 통해서 참여 사업에 대한 정보를 획득한 경우가 대다수를 차지하고 있으며, 어로 작업을 하는 사람들을 경쟁자로 인식하기보다는 작업 동료로 인식하고 있었다. 단독 작업으로 개인적인 자원획득 작업을 하는 것 보다는 여가시간을 활용하여 마음 맞는 사람들과 함께 어획작업을 하고 일정 정도의 금액이 만들어 지면 함께 여가비용을 마련하거나 한다고 응답한 경우가 많았다.

또한 참여 어획을 통한 부수적인 수입이 생겨나면서 그 전에는 크게 관심을 가지지 않았던 금강 지천의 생태나 환경에 대해서 관심이 많아 졌다는 사례들이 많았으며, 지역민이 아닌 낯선 사람들이 어획을 하거나 쓰레기를 버리는 경우 자연스럽게 제지하거나 추후에 어획 참가자들이 낚을 잡아서 자발적으로 청소를 하고 있다고 응답하였다.

다른 지역개발 사업의 경우는 땅이 어디 있느냐에 따라 의견이 갈리는데, 우리처럼 농지 붙여 먹고 사는 사람들이야 뭐 여기 큰 시설 들어 와도 좋지 않아요. 맨 외지사람들 들어와서 돈 벌어가고 뭐 우리한테 뭐 떨어지는 것이 있나요? 그제 마을에 분란만 생기고 뭐 수십년 얼굴 보고 산 사람들 다 뿔뿔이 흩어지고 그렇지요.. 그냥 저냥 밥 먹고 사는데 조금 도움이나 되는 이런 소소한 것들이 좋은 거죠...

4대강 정비도 말이에요, 뭐 큰 운하고 뭐고 그런거 보다는 일단 치수사업이 잘 돼서 농사 안 망치면 그만이고 그나저나 저기 금강은 저 끝에 하구둑이 막혀서 뭐 대대적인 정화공사고 뭐고 해봐야 뭐 큰 성과가 있는 것도 아니고...아무튼 땅값 올라도 땅 팔고 떠나서 도시 가서 살 사람들에게나 중요한 문제지, 여기서 농사 짓고 그런 사람들에게는 그런 문제보다는 농사 저서 빛 안 생기고 강 먹고 살만하면 되는 거죠...

비록 큰 돈이 되지는 않지만 기존에 알고는 있었지만 서로 크게 교류할 일이 없었던 사람들이 참여잡이라는 집합적인 행위를 통해서 교류가 증가되고 지천을 마을의 자산으로 인식하게 되면서 자발적인 정화의 노력이나 이방인의 침입에 대해서 경계하는 네트워크가 형성되고 있음을 발견할 수 있었다.

기계 써서 농사 짓기 시작하면서 뭐 공동 작업이 많이 줄었지요. 그러니까 이제 뭐 누구네한테 작업 부탁하고 서로 상부상조하는 것도, 다 일당주고 고용해야 한다고 생각하니까 뭐 옛날 품앗이 같은 기분은 아니지요..

그리고 무슨 마을 행사라고 해도 이제 상이나 결혼이나 이런 거를 중심으로 사람들이 모이기나 하고.. 싫어도 인간관계가 없으면 썰렁하고 그래서 열심히 남의 집에 찾아가 보기도 하고 그랬는데, 뭐 이제는 상례도 다 장례식장에서 돈주고 하면 되고, 결혼식도 다 도시에 있는 애들 중심으로 이루어지니까 과거만큼 교류가 없지요...

청년회다 부녀회가 다 있어도 이게 상당히 정치적으로다가 변질된 감이 있어서 선거때나 주로 움직이고, 이상하게 거리감이 있어서 어려서 같이 부락사람들이 그렇게 가족같이 봐주고 뭐 그런 것은 줄었죠..

이와 같이 농촌사회의 응집성을 높이고 사회자본을 유지하는데 능동적인 역할을 하고 있던 공동노동을 통한 네트워크인 품앗이와 두레와 같은 전통들은 농업의 기계화를 통해 약화되고 있는 것으로 볼 수 있다. 또한 상계서비스업 등의 세속화된 서비스의 증가는 공동체내의 구성원들이 동질화되는 의례로써의 장례의 기능을 약화시키고 있으며, 당사자들 역시 이러한 현실을 인식하고 있었다. 이에, 참계사업과 같은 소일거리형 사업을 통해 마을구성원들이 함께할 수 있는 경험이 이웃간의 교류를 증가시키고 지역의 자연을 삶의 터전으로 인식케 하는 데서 기인한 호혜성의 증가에도 긍정적인 작용을 하는 것으로 나타났다.

## 2) 목장화 사업의 장기적 사회발전의 효과 분석

이상의 청취조사를 통해 목장화 사업이 지역사회의 교류 및 소통 증대, 거의 소멸되다시피 한 품앗이와 같은 공동작업의 증가, 자발적인 생활 및 생산환경의 개선이라는 긍정적인 효과를 유발할 수 있다는 사실을 확인할 수 있었다. 다만 이와 같은 사회자본의 축적속도나 그 정도를 파악하기에는 제한된 청취조사만으로는 명백한 한계가 존재하며, 정량적인 분석이 가능할 만큼 사회자본의 보다 정교한 측정을 위해서는 심도있고 추가적인 조사가 필요할 것이다.

따라서 본 분석에서는 이러한 사회자본의 축적에 관한 일련의 가정을 통해 분석을 진행하

고, 직전 절에서의 정보가 제한적인 기후 및 환경변화에 대한 분석과 마찬가지로 구체적인 수치의 측정을 제시하기 보다는 장기적인 효과가 시스템의 행태에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 행태적 분석을 중심으로 진행하였다.

이러한 분석을 위하여 우선 기존의 모델에 '신뢰와 호혜성' 및 '사회연결망의 강도'라는 두 종류의 사회자본에 관한 수준변수를 도입하였다. 수준변수의 단위는 현재수준(초기값)을 1로 설정하고 현재보다 얼마나 더 증가했느냐의 비율변수로 설정하였다. 아울러 사회자본에 대해서는 함수형태나 파라미터 등에 대해서 거의 연구된 바가 없으므로 Boumans et al (2002) 및 Patterson et al (2004) 등에서와 같이 간단한 함수형태를 가정하고 분석을 진행하였다. 이와 같은 가정 하에, 연구자의 실험 예, 즉 이러한 사회발전이 전체 시스템에 미치는 행태의 한 예는 <그림 4-16>부터 <그림 4-21>에 제시된 바와 같다.

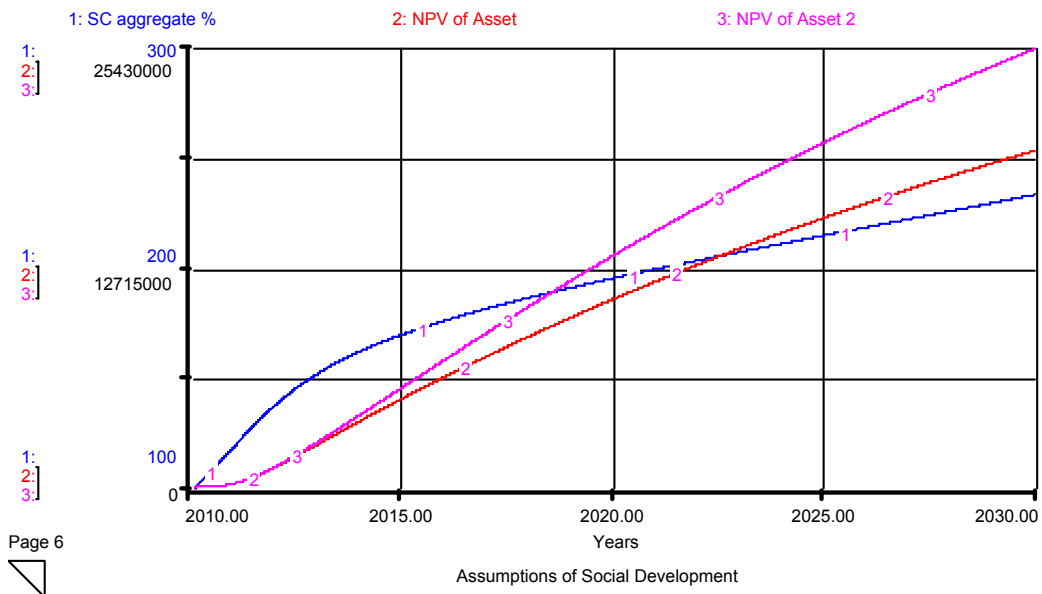
<그림 4-16>은 소득증가가 사회자본의 축적을 야기시키는 행태적 예를 나타내고 있다. 그림에서 시간이 지나면서 사업의 효과로 소득이 증가하여 총합적 사회자본(1번선)이 증가하는 것을 관찰할 수 있고, 다시 결과적으로 사회자본의 변화는 소득을 더욱 향상시킨다. 사회변화를 가정한 본 분석에서의 소득(3번선)이 사회변화를 가정하지 않은 앞의 분석에서 제시한 소득(2번선)을 상회하는 것으로 나타난다.

소득의 증가가 사회자본의 증가를 통해 다시 소득의 증가로 피드백되는 과정은, 사회자본의 증가로 인한 수질보호 노력으로 유생 생존률이 증가하면서 개체수와 수확량이 증가하기 때문이다. <그림 4-17>은 사회자본의 축적에 따라 소득원을 보호하려는 수질 보전 노력으로 유생 생존률(자연번식률)이 증가(2번선)하는 행태를 보여주고 있다. 사회변화를 가정하지 않은 경우의 유생생존률(1번선)은 0으로 고정되어 있다. 또한 <그림 4-18> 및 <그림 4-19>는 사회자본의 축적과 유생생존률의 개선으로 치계 및 성계의 개체수가 증가하는 것을 보여주고 있다. 여기서도 마찬가지로 사회변화를 가정하지 않은 경우(1번선)에 비해 사회변화에 따른 개체수(2번선)의 변화가 두드러진다. 과거 인간의 활동이 생태적 용량을 제한하였다면, 사회자본의 축적과 사회발전은 이러한 과거의 오류를 수정하면서 생태적 용량을 다시 확충시킬 수 있다는 가능성을 제시한다.

한편, 늘어난 수확량은 물론 <그림 4-21>에서 보는 것과 같이 가격 하락을 야기시킬 수 있으나, 전반적인 수확이윤은 <그림 4-20>에서 나타나는 바와 같이 상승하는 행태를 보이고 있다. 사회변화를 가정하지 않은 경우(1번선)에 비해 사회변화에 따른 연간 사업의 이윤(2번선) 증가가 관찰된다.

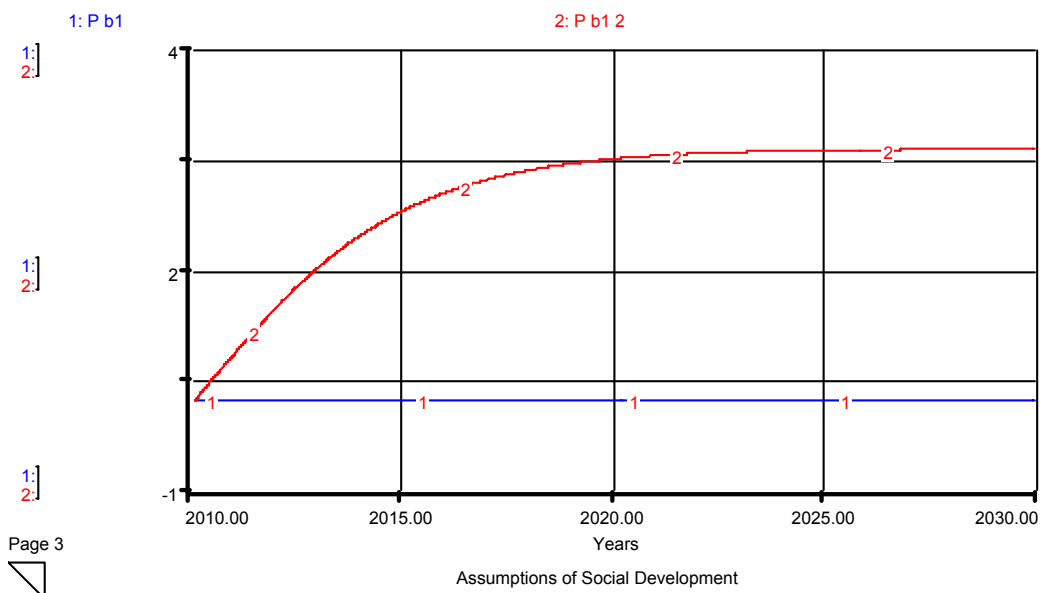
<그림 4-16>부터 <그림 4-21>까지의 그림들은 사회자본의 축적과 사회발전의 가능성을 염두에 두고 연구자의 임의의 설정에 의해 실험된 하나의 예에 불과하다. 실제로는 참계 목장화 사업의 추진에 따른 사회발전의 가능성이 매우 큼에도 불구하고 사회자본과 사회발전에 대한 측정도구와 여러 가지 제약에 의해 이에 대한 정확한 측정은 후속 연구로 남기고자 한다.

〈그림 4-16〉 사회변화 효과의 실험례 : 소득과 사회자본의 증가  
 사회자본의 축적(1번, 현재수준 100%), 사회변화의 가정이 없는 경우의 소득(2), 사회변화를 가정한 소득(3)

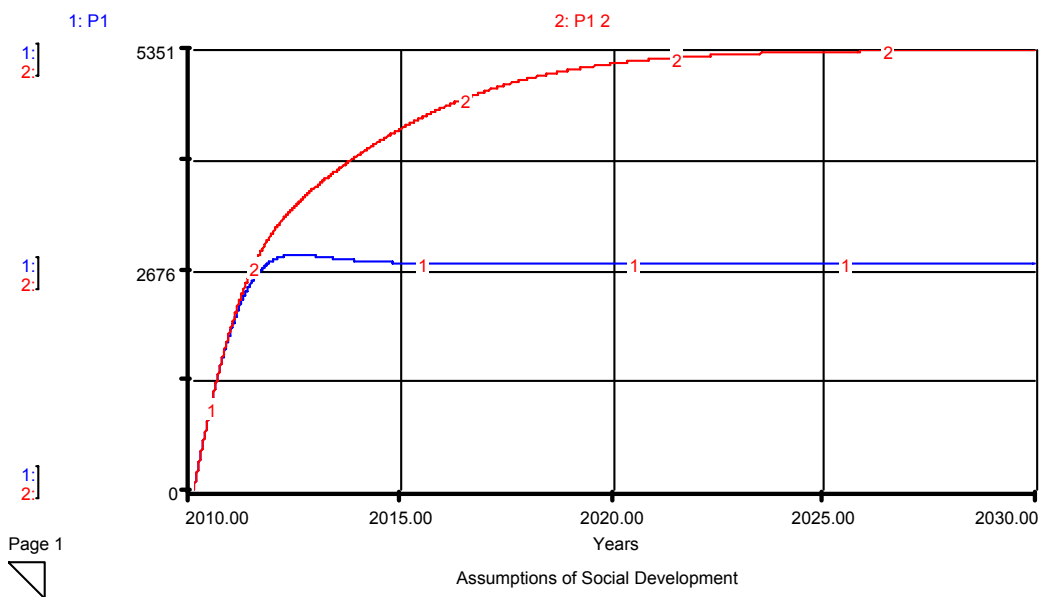


Page 6

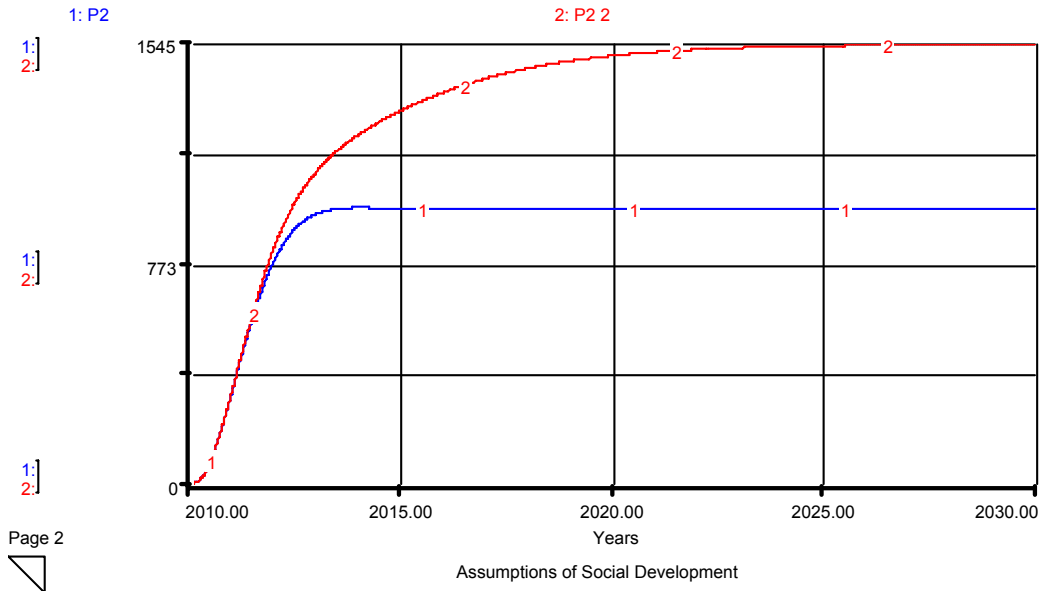
〈그림 4-17〉 사회변화 효과의 실험례 : 유생생존률의 변화(수질개선)  
변화가정 없음(1), 변화가정(2)



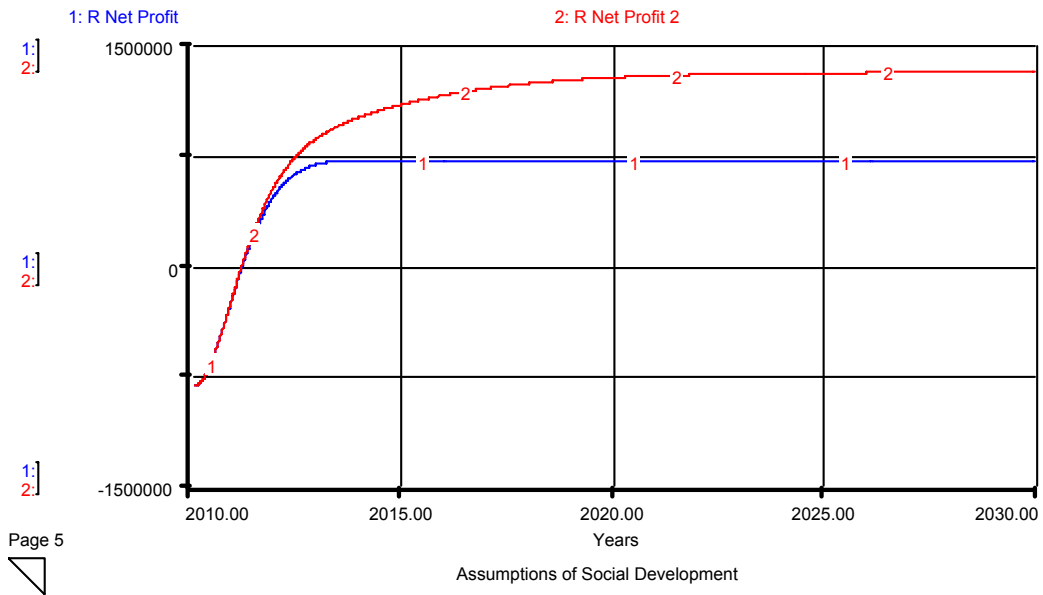
〈그림 4-18〉 사회변화 효과의 실험례 : 치계 개체수의 증가  
변화가정 없음(1), 변화가정(2)



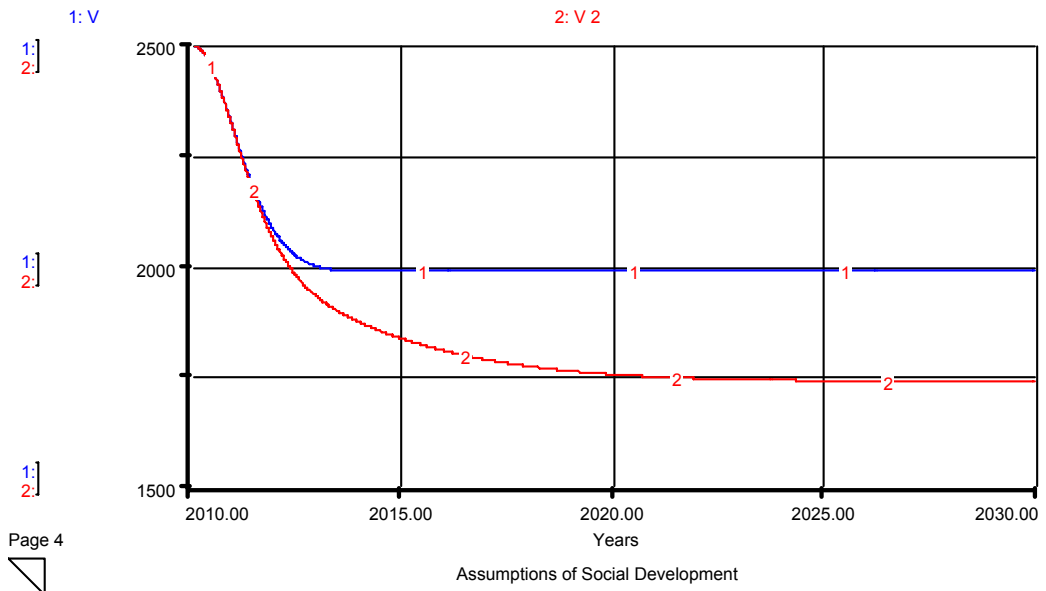
〈그림 4-19〉 사회변화 효과의 실험례: 성계 개체수의 증가  
변화가정 없음(1), 변화가정(2)



〈그림 4-20〉 사회변화 효과의 실험례 : 목장화 사업 연간이윤의 증가  
변화가정 없음(1), 변화가정(2)



〈그림 4-21〉 사회변화 효과의 실험례 : 참계 가격변화  
변화가정 없음(1), 변화가정(2)



## 제5장 결 론

### 1. 모델링과 분석결과의 요약 및 정책제언

#### 1) 모델링 및 분석결과의 요약

1장 서론에서의 문제제기와 연구의 필요성 및 의의 등이 제시된 이후로, 본 보고서는 2장부터 3장에 걸쳐 이론 및 선행연구의 검토를 통해 본 연구의 일차적인 과제인 환경-경제-사회 통합모델링에 대해서 논하였다. 이 논의를 토대로 2장과 3장에서는 금강 지천의 참게 목장화 사업의 분석을 위한 통합시스템 모델과 그 구조를 도출하였다. 아울러 4장에서는 이러한 모델에 근거하여 참게 목장화 사업의 생태적 효과와 경제성 평가를 수행하였고, 나아가 기후변화나 금강의 환경변화를 가정한 기화-위협요인의 분석과 사회발전을 가정한 시스템의 행태적 예측 등을 수행하였다.

우선 모델링의 주요 성과들은 다음과 같이 요약될 수 있다.

첫째, 본 연구의 관심대상인 참게의 경우 생물자원으로서, 이러한 자원을 대상으로 생태적 구조와 경제적 최적화를 다루는 기존의 환경자원경제 혹은 생물경제·생물수학적 이론모델을 리뷰하였고, 그 결과 금강 참게의 생태계 및 목장화 사업을 설명할 수 있는 이론적 수리모델을 도출하였다. 구체적으로, 참게의 방류 및 수확을 감안한 2단계 코호트 모델이 채택되었고, 참게의 서식용량을 감안한 밀도제약과 공식행태(cannibalistic behavior)에 대한 이론적 모델링을 수행하였다. 아울러 참게 목장화 사업을 수행하는 지역공동체의 참게 자산가치를 측정하기 위해 참게시장의 가격변화를 감안한 최적화 모델을 제안하였다.

둘째, 참게 목장화 사업과 같은, 환경자원과 관련된 지역경제 활동이 지역의 사회적 발전에 어떻게 기여할 수 있는지를 사회자본과 관련된 다양한 논의를 통해 정리하였고, 그 결과로 참

게 목장화 사업이 장기적으로 지역 공동체의 사회자본 축적과 지속가능성을 제고시키는 과정을 설명하는 인과구조 모형을 제안하였다. 구체적으로, 기존의 사회자본에 관한 실증적인 선행연구들이 대부분 사회연결망과 전통적 규범 및 신뢰 등에 초점을 맞추고 있는 것에 반하여 본 연구에서는 상호 이익을 우선하는 탈전통적 사회의 호혜성과 이해관계의 보전에 관한 신뢰를 중심으로 사회자본의 축적과정을 설명하였다. 아울러 이러한 사회자본의 개념을 바탕으로 금강 지천에서의 참게 목장화 사업이 사회구성원의 소통과 연대, 상호 교류와 신뢰, 나아가 공동체적 정체성을 회복하는 유용한 수단이 될 수 있음을 밝힌 바 있으며, 이로부터 환경보호와 소득증대, 사회발전이 동시에 가능한 지속가능발전 구조모형을 제시하였다.

또한 본 이러한 모델링에 기초하여 금강 지천의 참게 목장화 사업에 관한 실제적인 자료를 입력하여 다양한 시뮬레이션 분석을 수행하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 금강 지천의 참게 생태계 특성에 맞는 시뮬레이션 모형의 구축을 바탕으로 참게의 방류사업으로 인한 생태계의 복원과정과 그 경제적 효과를 설명하였다. 모델링에서 제시된 이론 모형의 동적 안정상태를 예측하여 시뮬레이션을 통한 검증을 수행하였고, 이러한 생태계 모형을 기초로 가격의 신축성함수 도출을 통해 가격변동을 감안한 지천 목장화 사업의 경제적 효과를 측정하였다.

분석결과, 금강에서 성게의 최대수확량 770.6천마리를 모두 수확한다는 가정 하에, 연간 8.25억원의 방류비용으로 약 2년 후부터 약 7.08억원의 순이익을 가져올 수 있음을 알 수 있었고, 본 사업을 영구적으로 지속하는 경우 지천의 참게라는 자산은 현재의 시장이자율 하에서 대략 3~400억원의 자산가치를 지닌 것으로 제시되었다. 아울러 경제성 평가에서 화폐단위로 환산되지 못한 다양한 편익을 포함한다면 본 사업의 경제성은 더욱 높아질 수 있을 것이다.

둘째, 현재 금강의 환경이 변화하는 경우를 전제로 사업의 기회요인과 위협요인의 효과에 대한 분석을 수행하였다. 우선 위협요인으로서 지구온난화에 따른 수온변화가 공식물의 증가를 야기시킨다는 사실에 기반하여, 참게의 공식물이 현재보다 2배 감소하는 경우부터 2배 증가하는 경우까지의 민감도를 실험하였다. 실험 결과 공식물이 현재보다 0.5~2배로 변화하는 경우, 성게의 개체수는 대략 +20 ~ -30% 정도 변동하는 것으로 관찰되었으며 결과적으로 연간 목장화 사업의 순이익이 대략 +30 ~ -40% 정도 변화하는 것으로 나타났다. 요컨대 수온상승은 공식물의 증가를 통해 연간 순이익을 감소시키는 피해가 예측되었다.

아울러 금강 하구언의 어도(fishway) 설치를 통해 하구언으로 인해 자연적 복원이 힘든 현재의 상황이 개선되는 경우를 가정하여 기회요인에 대한 실험을 수행하였다. 본 분석 역시 마찬가지로 자연상태의 복원기능을 0%~100%까지 회복하는 가정에 따른 민감도를 측정하였다. 결론적으로 어도의 설치 등으로 자연상태의 생태적 기능을 회복하는 경우, 예컨대 자연상태의 번식률이 50% 증가되는 경우 방류비용의 절감을 통한 최소 연간 4억원 이상의 소득효과와 영구적으로 100억원 정도의 자산가치가 존재하는 것으로 나타났다. 이상과 같은 기회-위협요인의 분석은 기온변화가 공식률에 미치는 영향과 어도개설이 생태복원에 미치는 정도 등에 대한 정확한 과학적 지식이 뒷받침된다면 행태적 예측 외에 정량적으로도 매우 의미있는 결과가 될 것이다.

셋째, 참게 목장화 사업이 사회발전을 야기시킬 수 있다는 이론적, 실제적 토대 하에 사회자본의 축적에 의한 수질보전 활동이 이루어지는 경우를 가정하여 시스템이 장기적으로 어떠한 방향으로 진화하는지를 실험례(numerical example)를 통해 살펴보았다. 우선 수질보전의 효과는 유생 생존률의 증가를 통해 개체수가 증가되는 효과를 보이고 있고, 수확량의 증가를 통해 전체적인 농가소득을 더욱 증가시키는 방향으로 변화함을 발견하였다. 이러한 분석 역시 정량적인 분석이라기 보다는 상황변화를 가정한 행태적 예측으로서의 의의가 있다.

## 2) 정책제언

이상과 같이 참게 목장화사업은 지천을 중심으로 생태적 용량의 확충과 소득증대, 사회적 통합과 지역정체성의 제고라는 지역의 지속가능성을 한층 높일 수 있는 좋은 정책이 될 수 있는 충분한 가능성을 음미할 수 있었다. 이상과 같은 분석결과를 토대로 참게 목장화 사업을 중심으로 한 다음과 같은 정책제언을 통해 연구결과를 마무리짓고자 한다.

첫째, 금강 지천의 참게 생태계에 대한 복원과 유지는 지역소득의 증대라는 일차적인 목적 외에 환경보전이나 사회발전을 야기시킬 수 있는 내발적 지역발전 정책으로서의 의미가 매우 크다. 따라서 지천을 중심으로 한 목장화 사업이나 혹은 추후 이를 확대하였을 경우, 지속가능발전의 이 세 가지 측면에서 다양한 효과들이 고루 평가되어야 할 것이다. 현재의 4대강 정비사업이 토건 중심의 외발적 발전계획으로 인식되는 경향이 존재하므로, 4대강 정비사업의 시

행에 있어서 참게 목장화 사업과 같은 내발적 발전을 이끌 수 있는 사업을 포괄하여 병행시키는 것이 바람직하다.

둘째, 환경보전의 측면에서 참게의 목장화 사업은 기존의 농약과 비료에 의한 농법을 친환경적으로 개선시키는 비점오염원 관리의 효과를 가져온다. 본 분석의 전제로서 현재 지천에서의 최대수확량은 참게의 서식환경으로서 논과 기타 습지를 포함한 결과이다. 참게로 인한 소득증대 효과는 단기적으로 참게를 활용한 친환경 농업의 확산을 통해 수질관리를 가능하게 하고, 장기적으로는 지역주민들의 수질환경에 대한 보전노력으로 이어지는 것이 가능하다.

따라서 자치단체는 참게 목장화 사업을 추진함에 있어, 농업이라는 비점오염원의 오염물질 배출저감을 동시적인 목표로 설정하여야 한다. 이를 위해, 참게의 방류와 수확에 국한된 사업의 추진보다는, 참게의 생태적 효과와 경제적 기회 등에 대해 지역 주민들이 스스로 인지할 수 있도록 홍보와 교육 프로그램을 운영하고, 농업부터 어업까지를 하나로 묶어 공동의 노력으로 수질을 관리할 수 있도록 전체적인 시각에서 정책을 추진함이 타당하다. 아울러 농업지도에 있어서도 친환경 참게농법의 적극적인 도입과 공동의 관리를 통해 전통적인 둠벙과 같은 습지를 확충하게 하고 생태적 풍부함을 유지시키도록 생산방식의 변화를 유도해야 한다.

셋째, 참게 목장화 사업 이전에는 금강 하구둑의 문제에 대해 큰 인식이 부족했던 지천과 같은 중상류 지역의 주민들에게 본 사업을 시행함으로써 수계관리나 지역사회의 시각을 금강 전체로 확산시키는 노력이 중요하다. 생태적인 문제는 경제적 문제와 분리되어 생각될 수 없으며, 아울러 금강 수계 나아가 연안관리를 포함하여 넓은 지역에 분포하는 주민들의 공동의 노력이 필요함을 인식시켜야 한다. 이와 같은 사업은 금강수계 관리의 중요성에 대한 주민인식 제고에 좋은 시발점이 될 수 있다.

넷째, 참게 목장화 사업은 장기적으로 참게의 공급물량의 확대와 가격의 하락을 야기하므로, 본 사업의 성공을 위해서는 장기적으로 증가되는 생산량을 처리할 수 있는 수요를 창출시키는 것이 중요하다. 현재에는 참게장이나 매운탕, 축제용 등이 주요 활용처라고 할 수 있으나, 민간업자들이 주장하는 바와 같이 자치단체 차원에서 가공식품이나 새로운 활용방안을 강구해야 할 것이다. 이와 같은 노력들은 장기적으로 지역경제의 활성화와 지역주민의 통합에 큰 도움이 될 수 있을 것이다.

## 2. 연구의 의의와 추후 연구방향

이상과 같은 분석결과를 통해 본 연구는 주요 관심대상인 금강 지천의 참게 목장화 사업의 총체적인 효과분석을 수행하였다. 본 연구는 이러한 분석을 수행함에 있어, 선행연구들이 단순한 계산식에 근거한 효과분석을 수행한 것에 반해 보다 이론적으로 정교한 생태계 모델과 사회경제적 정보들을 활용하여 분석의 정확성을 높였고 아울러 다양한 상황변화를 가정한 분석을 통해 본 사업의 포괄적인 리스크와 기회요인들을 점검할 수 있었다.

결론적으로 참게 목장화 사업은 금강 하구언의 설치 등으로 인해 현재 금강의 참게 서식환경이 열악함에도 불구하고 금강 유역의 참게 생산과 소득증대를 지속시킬 수 있는 좋은 시책으로 평가된다. 지천으로 한정된 사업의 규모는 대략 15억원의 소득을 올리는 정도로 큰 규모는 아니나, 지역사회에 연간 7억원 이상의 순이익을 가져올 수 있으며 장기적인 사회발전을 야기시켜 생태적으로나 사회적으로도 더욱 건전한 방향으로 지역사회를 유도할 수 있는 정책으로 평가된다.

다만 구체적으로 지구온난화나 사회통합의 효과는 정확한 측정에 근거하기보다는 행태적인 수준에서의 예측에 불과하다는 것이 본 연구의 한계라고 할 수 있다. 그 이유는 이론 및 실제적으로 정확한 정보의 측정이 용이하지 않았고 연구진의 시간과 자원, 역량의 제약 등으로 더 심도있는 연구를 수행할 수 없었다. 따라서 보다 장기적인 관점에서 기후변화의 영향이나 사회통합의 효과 등을 과학적인 정보에 입각하여 체계적으로 연구할 필요가 있다. 아울러 지천을 대상으로 한 연구에서 보다 진일보하여 금강 수계 전체를 대상으로 한 연구나 참게 이외의 다른 생물자원을 대상으로 한 연구로의 확장도 필요하다.

본 연구는 시론적인 모델링과 실제사례로의 적용이라는 의미에서 그 의의를 찾을 수 있을 것이며, 추후 지역환경, 지역개발, 산업경제 등 다양한 분야에서 지역사회의 지속가능성 제고 방안을 통합적으로 논하는 중요한 시발점이 될 것이다. 본 연구에서는 이와 같은 맥락에서 다음과 같은 후속연구를 제안하고자 한다.

첫째, 지천을 중심으로 한 참게 목장화 사업의 보다 엄밀한 분석을 위하여 비점오염원 관리에 의한 수질개선 효과와, 이러한 수질개선 효과가 생태-경제적으로 어떠한 편익을 가져오는지에 대한 실제적인 접근이 필요하다. 본 보고서에서는 참게 목장화 사업의 경제성을 중심으로 논의를 전개하였으나, 후속 연구에서는 이러한 사업을 통하여 농민들 스스로 농약을 저감

하는 행태와 같은 비점오염원 관리방식을 염두에 두고, 이러한 관리방식이 수질개선에 미치는 효과는 물론 관련된 경제적 파급효과에 대한 분석을 시도할 필요가 있다. 우리나라에서 비점 오염원은 수계로 유입되는 총 부하량의 대략 20-50%의 비중을 차지하는 사실을 감안해 볼 때, 비점오염원의 관리에 있어서 기술적인 대안만으로 이를 해결하기에는 많은 비용이 소요되며 따라서 선진국 등지에서는 주민들의 자발적 참여와 습지 및 생태적 복원을 통해 비점오염원의 관리를 시도하고 있다<sup>8)</sup>. 우리나라 역시 비점오염원의 관리에 있어서 생태적 자원을 활용한 관리기법을 발굴하고 발전시켜야 할 필요가 있으며 이러한 시도는 추후 환경관리에 중요한 의미를 줄 수 있다.

둘째, 본 분석에서는 사회통합과 공동체 발전에 대한 모델링이 시도된 바 있는데, 추후 연구에서는 지역주민들이 자발적으로 참여하는 비점오염원 관리시스템과 사회통합의 효과에 대한 연계된 연구가 필요할 것이다. 참계 목장화 사업과 같은 지역발전 전략이 주민들 스스로 공유자원을 관리하는 환경관리 방식이 될 수 있으므로, 첫 번째 후속연구의 제안과 같이 단순히 생태경제적인 파급효과만 분석하는 데에 그칠 것이 아니라 보다 사회발전의 효과까지도 통합하여 측정하는 보다 확장된 모델링과 분석이 가능하다. 이러한 시도들은 주민의 자발적인 참여에 의한 공유자원의 관리라는 새로운 시스템에 대한 귀중한 사례가 될 것이므로 환경관리의 이론적이며 실제적인 차원에서 공헌이 매우 클 것이라 판단된다.

---

7) 점오염부하량과 비점 오염 부하량을 비교해 보면 수계로 유입하는 총 오염원 중 비점오염원에서 유입되는 부하량이 SS가 54.7%, BOD가 16.1%, T-P가 26.2%, T-N가 50.4%를 차지하고 있는 것으로 나타났다(최지용, 2004).

8) [http://nonpoint.me.go.kr/people/peo4\\_2.jsp?menu=3&sub=4](http://nonpoint.me.go.kr/people/peo4_2.jsp?menu=3&sub=4)

## 참고문헌

- 강수택(2003), “사회적 신뢰에 관한 이론적 시각들과 한국사회”, 『사회와 이론』 제3호 pp.157-210.
- 김기홍(2006), 『한국 농촌마을 사회자본의 특징에 관한 연구: Trust & Network를 중심으로』, 고려대학교 대학원 사회학과 박사논문.
- 김명환·박재민·박준기·서대석·허주옥(2000), 『주요 채소·과일의 수급함수 추정』, 한국농촌경제연구원.
- 김왕배·이경용(2002), “사회자본으로서의 신뢰와 조직몰입”, 『한국사회학』 제36권 제3호 pp.1-23
- 김용학(2004), 『사회연결망 이론』, 박영사.-
- \_\_\_\_\_(1999), “경제위기의 충격과 신뢰위기: 위기 전후의 경험적 지표 비교분석”, 『사회발전연구』 제5호 pp.125-149
- 김용학·손재석(1998) “미시적 신뢰와 거시적 위험”, 『계간사상』 가을호 pp.115-132
- 김우식(2006), “연결망, 불평등, 위법행동”, 『한국사회학』 제40권 제5호 pp.29-60
- 김종엽(1998), 『연대와 열광』 창작과비평사.
- 김혜인·전대옥(2009), “지속가능발전 모델링에 있어서 사회자본의 도입 : 세 편의 시스템 다이내믹스 모델에 대한 제언”, 『한국시스템다이내믹스연구』 제10권 제3호 pp.25-45.
- 박희봉·김명환(2001), “우리나라 지역사회의 사회자본 증진에 관한 연구”, 『한국정치학회보』 제34권 제4호 pp.219-237
- 박찬웅(1999), “신뢰의 위기와 사회적 자본”, 『계간 사회비평』 제19권 제1호 pp. 33-64
- 소진광(2000), “사회적자본과 지역개발의 패러다임”, 『한국지역개발학회지』 제12권 제3호 pp.1-16
- 신현욱·김현우(2007), 『금강 목장화 사업 추진방안 연구용역 보고서』, 충남도청·부경대학교 수산과학연구소.

- 안성호(2002), "동네공동체, 사회자본, 시민거버넌스 : 대전 서구 동네공동체운동의 현실과 과제", 『대전·충청지역의 지역사회공동체운동과 지역갈등을 통해 본 지역정체성과 사회자본』 대전대학교 지역협력연구원 한국학술진흥재단 기초학문사업 사회자원연구팀 학술세미나 pp.95-109.
- 유석춘·장미혜·전상인·정병은·최우영·최종렬(2002), 『한국의 시민사회, 연고집단, 사회자본』 자유기업원.
- 유석춘·장미혜(2003), "사회자본과 한국사회", 유석춘 외 편, 『사회자본: 이론과 쟁점』 도서출판 그린. pp.15-57
- 이재열(1998), "민주주의, 사회적 신뢰, 사회적 자본", 『계간사상』 제10권 제2호 pp.65-93
- 이재혁(1996), "신뢰, 거래비용, 그리고 연결망", 『한국사회학』 제30권 제3호 pp.519-543.
- \_\_\_\_ (2006), "신뢰와 시민사회", 『한국사회학』 제40권 제5호 pp.61-98.
- 정기환·심재만(2004), 『사회자본 측정지표 개발: 농촌지역의 사회자본과 지역사회 발전에 관한 연구』 한국농촌경제연구원.
- 정병은·장미혜(2005), "현대 한국사회의 사회자본 실태와 특성", 유석춘 외 편, 『한국의 사회자본』 pp.199-246.
- 정희성·강만옥·임현정(2002), 『지속가능성 평가를 위한 지역생태-경제 모형개발 연구 I』 한국환경정책·평가연구원.
- 정희성·전대옥(2005), "생태계 복원사업의 생태·경제 통합체계 동태모형 분석 - 한국 주요 하천의 참개 복원사업을 중심으로", 『국토계획』 제40권 7호 pp.165-184.
- \_\_\_\_ (2006), "생태계 복원사업의 생태경제 통합체계 동태분석(2) -임진강 참개 복원사업의 확장모형", 『한국시스템다이내믹스연구』 제7권 제2호 pp.97-120
- 정희성(2009), 『전환기의 환경과 문명』, 도서출판 지모.
- 최종렬(2004), "신뢰와 호혜성의 통합의 관점에서 바라본 사회자본: 사회자본 개념의 이념형적 구성", 『한국사회학』 제38권 제6호, pp.97-132.
- \_\_\_\_ (2009), 『사회학의 문화적 전환』 도서출판 살림.
- 최지용(2004), "비점오염원 배출특성과 관리방안", 스페셜리포트 Part 2 - 전문가 의견, 『워터저널』 2004년 10월 4일 (<http://waterjournal.co.kr/news/read.php?idxno=257>)
- Armstrong, C., U. Sumaila(2000), "Cannibalism and the optimal sharing of the North-east Atlantic cod stock: a bioeconomic model", Journal of Bioeconomics

2: 99-115

- Beck, U.(1999), "Schone neue Arbeitswelt", (홍윤기 옮김, 『아름답고 새로운 노동의 세계』 생각의 나무.)
- Becker, G.(1974), "A Theory of Social Interactions", Journal of Political Economy 82(6): 1063-1093
- Boumans, R., R. Constanza, J. Farley, M. Wilson, R. Portela, J. Rotmans, F. Villa, M. Grasso(2002), "Modeling the dynamics of the integrated earth system and the value of global ecosystem services using the GUMBO model", Ecological Economics 41: 529-560
- Bourdieu, P.(1986), "In Richardson J. Eds, The Forms of Capital. Handbook of Theory and Research in the Sociology of Education", NY: Greenwald Press.
- Burt, R.(1992), "Structural Holes: The Social Structure of Competition", Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press.
- \_\_\_\_\_(2001), "Structural Holes versus Network Closure as Social Capital", In Lin, N., K. Cook., R. Burt Eds. Social capital : theory and research. New York : Aldine de Gruyter. 31-56.
- Coleman, J.(1988), "Social Capital in the Creation of Human Capital", American Journal of Sociology 94: 95-120.
- \_\_\_\_\_(1990), "Foundations of Social Theory", Cambridge, MA: The Bel knap Press of Harvard University Press.
- Emerson, R.(1981), "In M. Rosenberg, R., H. Turner Eds", Social Exchange Theory, NY: Basic Books, Inc. 30-65.
- Fukuyama, F.(1995), "Trust: The social virtues and the creation of prosperity", NY: Free Press.
- Granovetter, M.(1973), "The Strength Of Weak Ties", American Journal of Sociology 78: 1360-1380.
- Granovetter, M.(1985), "Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness", American Journal of Sociology 91: 481-510.
- Hanson, F., D. Ryan(1998), "Optimal harvesting with both population and price

- dynamics", *Mathematical Biosciences*, 148: 129-146.
- Hardin, G.(1998), "In Dryzek, J., D. Schlosberg Eds, *The Tragedy of the Commons*", *Debating the Earth: The Environmental Politics Reader*. Oxford University Press. 23-34.
  - Jing, W., W. Ke(2004), "The optimal harvesting problems of a stage-structured population", *Applied Mathematics and Computation* 148: 235-247.
  - Lin, N.(2001), "Social Capital: A Theory of Social Structure and Action", (김동윤·오소현 옮김, 『사회자본』 커뮤니케이션북스, 2008.)
  - Moxnes, E.(2005), "Policy sensitivity analysis: simple versus complex fishery models", *System Dynamics Review*. 21(2): 123-145.
  - Murray, J.(1989), "Mathematical Biology", Springer-Verlag, New York.
  - Newton, K.(1997), "Social Capital and Democracy", *American Behavioral Scientist* 40(5): 575-586
  - Portes, A.(1998), "Social Capital: Its Origins and Applications in Modern Sociology", *Annual Review of Sociology* 22: 1-24
  - Patterson T., T. Gulden, K. Cousins, E. Kraev(2004), "Integrating environmental, social and economic systems: a dynamic model of tourism in Dominica", *Ecological Modeling* 175: 121-136
  - Pearce, D., R. Turner(1990), "Economics of Natural Resources and the Environment", Maryland: Johns Hopkins University Press.
  - Putnam, R., R. Leonardi, R. Nannetti(1993), "Making Democracy Work: Civic Traditions in Modern Italy", Princeton University Press.
  - Putnam, R.(2000), "Bowling Alone: The Collapse and Revival of American Community", NY: Simon & Schuster.
  - Sahlins, M.(1972), "Stone-Age Economics", (김성례 옮김, 『문화와 실용논리』 도서출판 나남, 1991.)
  - Sandefur, R., E. Laumann(1998), "A Paradigm for Social Capital", *Rationality and Society* 10(4): 481-501
  - Schaefer, M. B.(1957), "A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in

the eastern tropical Pacific Ocean", *Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission* 2(6): 245-285.

- Schaefer, M. B.(1954), "Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries", *Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission* 1(2): 27-56.
- Sternman, J. D.(2000), "Business Dynamics", Boston: Irwin McGraw-Hill.
- Wacker, H.(1999), "Optimal harvesting of mutualistic ecological systems", *Resource and Energy Economics* 21: 89-102.
- Woolcock, M.(1998), "Social Capital and Economic Development: Toward a Theoretical Synthesis and Policy Framework", *Theory and Society* 27: 151-208
- Woolcock, M., D. Narayan(2000), "Social Capital: Implications for Development Theory", *The World Bank Research Observer* 15: 225-251
- World Bank(1998), "The Initiative on Defining, Monitoring and Measuring Social Capital", Overview and Program Description. Washington: Social Development Department, World Bank.
- \_\_\_\_\_(2003), "Integrated Questionnaire for the Measurement of Social Capital(SC-IQ)", Social Capital Thematic Group, World Bank.
- Zaghrout, A. and S. Attalah(1996), "Analysis of a model of stage-structured population dynamics growth with state dependent time delay", *Applied Mathematics and Computation* 77: 185-194.
- Zucker, L.(1986), "Production of Trust: Institutional Sources of Economic Structure, 1840-1920", *Research in Organizational Behavior* 8: 53-111

■ 집 필 자 ■

연구책임 · 정희성 (사)환경과문명 대표  
공동연구 · 전대욱 한국지방행정연구원 수석연구원  
김정연 충남발전연구원 선임연구위원  
김혜인 (사)환경과문명 연구원  
박상철 충남발전연구원 연구원

기획연구 2009-13 · 지역개발 사업의 지속가능성 진단을 위한 환경-사회-경제 통합체계  
동태모형의 개발과 현장적용 -금강 참계 목장화 사업을 중심으로-

글쓴이 · 정희성, 전대욱, 김정연, 김혜인, 박상철  
발행자 · 김용웅 / 발행처 · 충남발전연구원  
인쇄 · 2009년 12월 31일 / 발행 · 2009년 12월 31일  
주소 · 충청남도 공주시 금홍동 101번지 (314-140)  
전화 · 041-840-1130(직통), 041-840-1114(대표) / 팩스 · 041-840-1159  
ISBN · 978-89-6124-124-3 03350

<http://www.cdi.re.kr>

©2009. 충남발전연구원

- 이 책에 실린 내용은 출처를 명기하면 자유로이 인용할 수 있습니다.  
무단전재하거나 복사, 유통시키면 법에 저촉됩니다.
- 이 연구는 본 연구원의 공식 견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.