

# 가로림만 조력발전 사업관련 수산부문 수익사업 도출과 편익 분석

이광남\* · 정진호  
(\*한국수산회 수산정책연구소)

## Benefit Analysis and Profit Business of Fishery Sector about Tidal Power Plant in Garolim Bay

Kwang-Nam LEE · Jin-Ho JUNG<sup>†</sup>  
(Korea Fisheries Association Fisheries Policy Institute)

### Abstract

While promoting a variety of projects by using sea space, there has been a lot of social controversy among the stakeholders based on the results of the analysis. In particular, the benefits of fisheries sector were over-estimated and occurred a lot of opposition from fishermen and environment groups. In order to this solve, we have been studied focussed such as excavation of new projects, the method and result of the estimated benefits for fisheries sector.

With regard to the tidal power plant of Garolim, we came up with five kinds of problems such as doing not reflect of the cost of the initial investment, over unit production, over unit price, excessive selection of breed, issues of cost of production in benefits study of fisheries sector derived previously. In order to these problems, we have derived new profitable projects based on the initial materials such as improvement of raising breed, discharge project of fingerlings and a small sea ranch project. As a result, previous study was analyzed in 30.2 billion won(1993), 54.8billion won(2009), but this study was estimated to 26.4 billion won and differences of benefits amount were occurred. In a previous study was calculated benefits by simple method, but this study came up with new projects for fisheries sector and because we estimated benefits considering new project. The method for benefits calculations for fisheries sector was not attempted in previous studies and in this study, we approached for the first time

Also, in this study suggested new method to increase incomes fishermen such as development of suitable ranch breeding for the marine environment, ranch license(limited license), development of fisheries resources and the operation of fisheries facility. In the future, we hope to be helpful for the same field of study

**Key words** : Power Plant of Garolim, New Profitable Projects, Benefits Study of Fisheries Sector, Marine Environment, Fisheries Facility

### I. 서론

바다를 이용한 여러 가지 사업추진 시에 경제

성 분석결과에 대한 사회적 논란이 많이 있어 왔고, 특히, 수산부문에서는 편익의 과대추정에 따라 실질적으로 경제적 타당성을 가지지 못한 사

<sup>†</sup> Corresponding author : 02-589-0627, lkn6530@chol.com

업에 있어서도 경제성이 있는 것으로 나타나 해당지역의 어업인 및 환경단체의 반발을 야기하고 있는 경우가 있다. 그 이유는 수산부문에서 상대적으로 사업 시 경제적 편익이 크면, 사업추진에 도움이 되기 때문이다.

본 연구의 목적은 이러한 문제를 해결하기 위해 가로림 조력발전사업을 중심으로 수산부문에 대한 편익추정의 방법 및 새로운 수산부문 신규 사업 발굴 등에 대한 연구를 수행하였으며, 이를 통해 동 사업 및 유사사업 수행 시 수산부문에 대한 경제성 분석의 기초자료를 제공하는 것에 있다.

이를 위해 선행연구 검토<sup>1)</sup>, 수산 증양식 부문 수익증가 사업 도출, 도출된 사업 편익 추정 등을 하였다. 먼저, 국내외 수산부문의 편익추정 선행연구들을 조사하였고, 일본의 공공사업에 따른 수산부문의 경제성 분석방법 등을 참고하였다.

다음으로 동 사업관련 수산부문의 수익증가 사업을 도출하였다. 가로림만내 수산업 실태를 유형별로 파악하였고 수산업 여건을 조사하여, 그 결과를 토대로 효과적인 수익증가 사업을 제시하였다. 분석방법은 Delphi Brainstorming Method, AHP Analytic Hierarchy Process 기법을 이용하여 사업방안 중요요인 및 중요도 도출하였으며, 우선순위를 판단하고자 집단별로 T. Saaty 상대척도를 이용한 전문가 설문조사를 실시하였다. 또한, Delphi technique(전문가 집단)과 Focus group(관심 집단)을 대상으로 한 종합적인 의견과 사업의 운영 전략에 대한 시사점을 도출하여 사업별 운영 전략을 제시하였다.

마지막으로, 수산부문의 사업별 편익 비용을 추정하였으며, 사업별 시나리오 설정하여, 단기 및 중장기 사업진행에 따른 편익을 추정하였다.

1) Korea Electric Power Corporation, Garolim tidal power feasibility study, Korea Ocean Research & Development Institute (1993)

## II. 현황 및 선행연구와의 비교

### 1. 수산업 현황

#### 가. 어촌계 현황

가로림 조력발전소 건설사업에 영향을 받는 어촌계는 총 17개정도로 추정되며, 가느실, 가로림, 고과도, 노룡, 당산, 대로, 도성, 사창, 삼동, 어도, 오지, 왕산, 웅도, 중왕, 청산, 팔봉, 활곡이다. 2008년에서 2010년간 어촌계의 현황을 살펴보면 어가는 약 1,706가구로 2008년 대비 약 22%가 증가한 것으로 조사되었으며, 어업인구는 약 2,756명으로 약 20%가 증가한 것으로 나타났다. 또한, 어선세력은 533척으로 약 4.5%가 감소하였고, 수산물 생산실적은 2010년 기준 4,650톤, 약 190억 원 수준으로 조사되었다(<Table 1>).

<Table 1> Fisheries of Garolim Bay in relation to tidal Power

(Unit : Person, Ton, Million Won)

Classification		2008	2009	2010
House hold	Total	3,256	3,080	3,045
	Fishery Household	1,399	1,526	1,706
Popula tion	Total	7,845	6,982	6,884
	Fishery	2,303	2,590	2,756
Memb er	Regular	1,434	1,802	1,411
	Irregular	0	12	9
Vessel		558	527	533
Fishery Produc tion	Production	771	4,453	4,650
	Amount	13,330	18,130	19,200

Source: National Federation of Fisheries Cooperatives,(2008, 2009, 2010)

#### 나. 어업 현황 분석

조력발전소 건설사업 인근에 위치하는 마을어업의 건수는 서산지역 6건, 태안지역 17건이며 생산되는 수산물의 종류로는 굴·가무락·바지락·전복·해삼 등이다. 패류양식어업 경우 서산지역 92건, 태안지역 42건으로 총 134건으로 분석되었으며, 양식생물종별 건수는 굴 73건(서산시 46건·태안군 27건), 바지락 44건(서산시 34건·

태안군 10건), 가무락 14건(서산시 9건 · 태안군 5건), 전복 2건(서산시 2건), 홍합 1건(서산시 1건)으로 나타났다.

또한, 해조류양식어업의 건수는 총 5건(서산 4건, 태안 1건)으로 양식생물종은 미역이다. 복합양식어업은 태안지역 4건뿐이며 양식면허 생물종은 전복 · 미역 · 다시마 · 톳 · 김 · 바지락으로 조사되었다. 마지막으로 어류등양식어업은 서산지역 9건, 태안지역 4건 등 총 13건이며, 양식어업의 종류별 조사건수는 가두리식 5건(서산시 5건), 축제식 8건(서산시 4건, 태안군 4건)으로 집계되었다.

## 2. 선행연구 검토

### 가. 편익 추정 사례

일본은 수산청에서 수산관계공공사업(수산기반 정비사업 및 해안사업)에 대해 사업선정 전부터 사업완료 후에 이르기까지 사업의 실시과정 투명성과 객관성을 확보하면서 보다 효율적인 사업의 집행을 도모하기 위해 사전평가, 기간 중의 평가 그리고 완료 후의 평가로 이루어지는 사업 평가 제도를 도입하고 있다(수산관계공공사업의 사업평가실시요령 평성 2011년 8월 13일 수산청장관 통달). 즉, 일본의 경우 사업 채택시점을 시작으로 하여 각 단계별로 사업의 필요성, 유효성 등에 대해 종합적인 평가를 실시하고 있다.

사전 평가에서는 어항어장정비의 추진에 관한 기본방침 및 어항어장정비 장기계획에서 정하는 정책 과제에 맞는 효과를 기대가능성 등에 대하여 「A, B, C, D, -」의 5단계로 평가하는 다단계 평가 수법에 의한 판정도 함께 실시하고 있다. 투자효과에 대해서는 수산관계공공사업의 사업평가 실시요령에 근거해 (적정한 실시에 이바지하는 관점으로부터) 비용대효과분석을 이용해 적절히 평가한다. 또한, 화폐화가 가능한 효과에 대해서는, 객관적인 평가를 내리기 위하여 비용편익 분석을 이용해 평가하는 것으로 하고 있다.

유승훈 외의 「가로림만의 환경가치평가 연구」<sup>2)</sup>는 가로림조력발전소 건설사업의 경제성을 재평가하였다. 특히, 이 연구는 기존 경제성 평가에서 고려하지 못했던 사업시행의 환경비용을 반영하여 경제성평가를 시도했다는 것이다. 즉, 조력발전소 건설로 인해 훼손될 수 있는 가로림만 일대의 갯벌과 해안의 생태계에 대한 경제적 가치를 사업의 환경비용으로 포함시켜 사업의 타당성을 재평가하였다.<sup>3)</sup> 이는 단순한 공학적 원가개념이 아닌 경제이론에 근거하여 가로림만의 환경가치를 정량적으로 추정하여 본 사업의 환경비용으로 산정하였다.

한반도 조력자원 개발 타당성 검토 연구에서는<sup>4)</sup> 새만금에 소용량 창조발전(만경수역 개발안)에 대한 경제성 검토를 실시하여 향후 만경수역의 수질기준 확보가 가능할 수 있는 방안을 구상하였다. 경제성 평가 시 중요한 요인 중 하나인 할인율을 바탕으로 본 조사에서는 기준할인율을 7.0%로 선정하고, 민감도 분석에서 5.0%, 6.0%, 7.0%, 8.0%인 경우에 대한 분석을 실시하였으며, 경제성 검토는 조력발전소의 내용 년수의 55년(양수발전의 설계치와 동일한 내용 년수로 가정)을 기준으로 하여 실시한다.

### 나. 기존 연구와의 비교

기 수행된<sup>5)</sup> 수산부문 연구에서는 5가지 문제점을 가지고 있다. 첫째, 초기투자비용 미반영이다. 이는 신규 양식 대상 중에 대하여 양식방법

2) Yoo, Seung-Hoon · Lee, Joo-Suk, Assessment of Environmental Value of Garorim Gulf, Kyung Je Hak Yon Gu.(2008)

3) 2007년에 발표된 가로림 조력발전소 건설에 대한 환경영향 평가서에 따르면 조력발전소가 건설될 경우, 가로림만의 갯벌면적은 최대조간대에 30.3%, 최소조간대에 69.8%가 감소하는 것으로 나타났으며 해수교환율은 현재 62.24%에서 43.26%로 감소할 것으로 나타났다.

4) Lee, Kwang-Soo, The Pre-Feasibility Study of Korea Tidal Power Development, Korea Institute of Science and Technology.(2006)

5) Korea Electric Power Corporation, Garolim tidal power feasibility study, Korea Ocean Research & Development Institute (1993)

<Table 2> Comparison with Previous Studies of the Fisheries Sector Benefits

(Unit : ha, ton/ha, won/kg, Million won)

Year	Spices	Area	Unit Production	Price	Cost of Production	Pure Benefit
1993	Sea Tangle	83	20	595	119	790
	Flounder	10	150	15,340	8440	10,350
	Scallop	86	45	7,120	3400	14,396
	Abalone	10	30	34,440	18940	4,650
	Total	189	7,330			30,186
1999	Benefits Recalculated by Applying the Inflation Rate in 1993					54,800
Study	Sea Tangle	83	20	499	100	663
	Flounder	10	150	9,247	5,088	6,239
	Scallop	86	45	7,260	3,467	14,679
	Abalone	10	30	35,942	19,766	4,853
	Total	189	7,330			26,434

별 생산성의 추정에 있어서 신규 양식장을 건설 하는데 투자되는 초기비용을 포함하지 않아 실질적 편익을 과대 추정하였다. 둘째, 단위생산량의 과대이다. 이로 인해 양식 대상종별 단위생산량의 추정은 중국 상구만에서의 사례를 들어 비단 가리비는 ha당 45톤, 어류는 ha당 150톤이 생산 가능한 것으로 가정하여 대조구로 사용하였지만, 이는 중국과 우리나라의 양식제도 및 환경의 차이로 인하여 가정 자체가 무리가 있을 것으로 판단된다. 동 연구에서는 가로림만 지역의 품종별 단위생산량 자료<sup>6)</sup>를 이용 비교분석을 실시하였다.<sup>7)</sup> 셋째, 단위가격 문제이다. 단위가격의 산정은 단위생산량과 더불어 연간 편익을 추정하는데 있어서 중요한 요인이라 할 수 있으나, 1993년에 실시된 사업타당성 분석 시점과 현재의 시점에서 가격의 변화가 있기 때문에 재추정이 필요하다.

넷째, 품종 선택의 문제이다. 양식대상물이 과거에는 고가어종이었으나 현재는 고가가 아닐 수도 있으며, 해양환경을 고려할 때 걱정하지 못한 품종 등에 대한 고려가 필요하다. 마지막으로 생산원가의 문제이다. 이 경우, 환경악화, 기술적

변화 등의 이유로 1993년과의 차이를 가질 수 있으며, 양식품종별 사업의 지역 생산원가를 조사하여 비교분석한 결과 전복의 경우를 제외하고는 기존연구에서 생산원가비용이 낮은 것으로 분석되었다.

이를 통한 가로림만 수산부문의 편익은 1993년도는 약 302억원, 1999년도에는 물가상승률을 고려하여 단순 계산한 편익이 548억원, 본 연구에서 재 산정한 편익은 264억원으로 산정되었으며, 기존연구에서 수산부문의 편익추정이 상대적으로 높게 나타난 것으로 분석되었다(<Table 2>).

### Ⅲ. 수산부문 수익증가 사업 도출

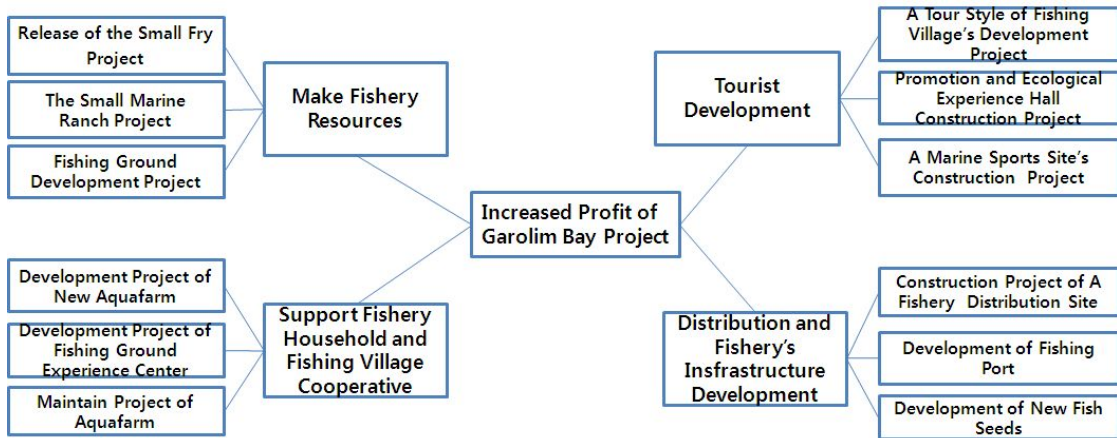
#### 1. 사업도출의 이론적 배경

AHP<sup>8)</sup>는 다수의 대안에 대하여 다면적인 평가 기준과 다수 주체에 의한 의사결정을 위하여 설계된 방법으로서, 의사결정자의 직관적이고, 합리적인 또는 비합리적인 판단까지도 동시에 고려하여 정량적인 요인은 물론 정성적인 요인을 동시

6) '가로림조력발전소 건설 및 운영에 따른 어업 피해영향 조사' 보고서의 품종별 단위생산가격 기준

7) 다시마 및 어류는 "가로림조력발전소 건설 및 운영에 따른 어업 피해영향 조사" 보고서의 품종별 단위생산량이 기준이며, 비단가리비는 생산이 없어 지역 단위생산량을 추정하기 어려워 패류의 평균 단위생산량을 적용

8) 1970대 초반 T. Saaty에 의하여 개발된 계층 분석적 의사결정방법(Analytic Hierarchy Process : AHP)은 의사결정의 계층구조를 구성하고 있는 요소간의 쌍대비교(pairwise comparison)에 의한 판단을 통하여 평가자의 지식, 경험 및 직관을 포착하고자 하는 하나의 새로운 의사결정방법론이다.



[Fig. 1] Classify as Increased Profit of Project for AHP analysis

에 고려함으로써 의사결정문제의 해결을 위한 포괄적인 틀을 제공하는 분석 기법이다.

동 기법은 의사결정 대안의 수가 9개 이하인 경우의 상대측정방법과 10개 이상인 경우의 절대측정방법으로 구분할 수 있다. AHP는 의사결정자의 오랜 경험이나 직관을 중시하기 때문에 계량적인 정보뿐만 아니라 의사결정에서 다루기 곤란하면서도 반드시 고려해야만 되는 질적인 정보를 비교적 쉽게 처리할 수 있는 장점이 있다.

## 2 수익증가 사업선정 및 우선순위

가로림조력발전소 건설사업과 병행하여 실시가 가능한 수산부문 수익증가사업의 사업 특성과 개별사업들을 전문가 회의 및 Delphi Brainstorming Method를 이용하여 도출하였다. 9)

AHP분석을 위해 각 사업의 특성을 대변할 수 있는 상위계층에 대하여 4개의 성격적 분류를 실시하였다. 이 상위계층에 따라 가로림조력발전소 건설사업과 병행하여 실시될 주요사업을 12개의 하위계층으로 사용하였다.

즉, 상위계층은 사업에 대한 선정고려 요인이

며, 하위계층은 선정요인에 대한 각 사업이 포함되는 2단계 구조를 가지게 된다. 선정된 상위계층 및 하위계층의 총 12개 수익증대 사업을 세부적으로 살펴보면 [Fig. 1]과 같다.

첫째, 상위계층은 수익증가사업의 방향 및 특성을 나타내며, 수산자원 조성 측면, 어가 및 어촌계 지원 측면, 관광개발 측면, 유통 및 수산기반 개발측면의 4개로 분류 하였다.

둘째, 하위계층은 수산자원 조성 측면에서 치어방류사업, 소규모바다목장조성사업, 어항환경개선사업 등이며, 어가 및 어촌계 지원측면에는 신규양식장개발사업, 체험어장조성사업, 양식장 정비사업이 포함된다. 관광개발 측면에는 관광형어촌계개발사업, 홍보관 및 생태체험관 운영사업, 해양스포츠 단지건설 사업 등이 포함되며, 유통 및 수산기반 개발 측면에는 수산물유통단지건설사업, 어항개발사업, 신규품종 개발사업 등이다.

우선순위를 판단하고자 집단별로 T. Saaty 상대척도를 이용한 전문가 설문조사를 실시하였다.10)

AHP 분석결과 상위계층 4개 사업특성에 대한 일관성 비율(Consistency ratio)은 0.0498로 0.1미만

9) 가로림만 인근 지역어업인 6명, 수산부문 학계 및 연구원 6명, 관련공무원 및 수협 관계자 4명으로 구성된 전문가 그룹에서 사업 도출

10) 설문조사는 학계 및 연구자집단 12명, 어업인집단 9명, 공무원 등 기타집단 7명으로 총 28개 중 일관성이 없는 2개를 제외한 26개의 표본이 AHP분석에 사용되었음

<Table 3> Order of Priority by the Main Project

Relative Important Degree added by Fishery Resources's Aspect(0.2992)		Relative Important Degree Added by Fishing Village Resource Aspect(0.3221)		Relative Important Degree Added by Tour Development Aspect(0.2291)		Relative Important Degree add by Distribution and Fishery development Site(0.1495)	
Release of the Small Fry Project	0.1421	Development Project of New Aquafarm	0.1240	Tour Style of Fishing Villiage's Development Project	0.0609	Construction Project of Fishery Distribution Site	0.0186
Small Marine Ranch Project	0.0936	Development Project of Fishing Ground Experience Center	0.0916	Promotion and Ecological Experience Hall Construction Project	0.0796	Development of Fishing Port	0.0769
Fishing Ground Development Project	0.0636	Maintain Project of Aquafarm	0.1064	Marine Sports Site's Construction Project	0.0886	Development of New Fry	0.0539
Consistency ratio 0.0001		Consistency ratio 0.0128		Consistency ratio 0.0020		Consistency ratio 0.0315	

으로 나타나 응답의 일관성이 있는 것으로 나타났다으며, 하위계층에서도 모두 일관성 비율이 0.1 이하로 분석되었다.11) 상위계층의 강도에 대한 가중된 상대적 중요도를 살펴보면 아래 <Table 3>과 같이 나타 낼 수 있다.

수익증대사업의 사업별 선정 및 우선순위를 산정하기 위한 각 상위계층 고려측면 4개에 대한 중요도의 가중치와 상위계층에 대한 하위계층(각 사업)의 중요도 가중치결과를 이용하여 가중된 하위계층 주요사업에 대한 중요도를 도출할 수 있다.

이와 같은 분석의 결과는 향후 사업의 추진에 있어서 참고기준으로 중요한 의미를 가진다. 특히 우선순위가 높은 사업들을 위주로 추진이 되어야 하며, 중요도가 낮은 대상집단은 배제하였다.

본 연구에서는 AHP분석 결과에서 도출된 중요도가 높은 상위사업으로 치어방류사업, 신규 양

식장 개발사업, 소규모바다목장 조성사업 등에 대하여 수산부문 편익분석에서 사업실시에 따른 편익을 추정하였다. 양식장정비사업의 경우에는 개별 양식장에 대한 지원측면임을 고려하여 추정에서 제외하였다.

주요사업별 우선순위 결과는 치어방류사업(0.142), 신규 양식장개발 사업(0.124), 양식장정비사업(0.106), 소규모 바다목장 조성사업(0.094), 체험어장 조성사업(0.092) 등으로 나타났다.

#### IV. 수산부문 수익증가사업 편익 추정

##### 1. 편익 추정 방법

가로림조력발전소의 건립으로 인한 수산부문의 편익을 추정하기 위해서는 시행 이후에 변화하게 될 환경이 중요하다. 우선 가로림조력발전소의 건립시 환경변화는 크게 유속, 해수교환율, 수위, 갯벌면적, 수질 등 수산동식물의 생태환경 등의 변화가 생긴다. 이는 수산자원의 재생산을 위한 기능이 일부 소실될 것으로 예상된다.12)

11) AHP는 응답자의 경험과 지식을 바탕으로 주관적인 판단에 의해 다수의 평가요소를 쌍대비교로 작성되므로 일관성 여부의 판단이 중요하며, 이는 일관성 지수 또는 일관성 비율로 판단이 가능하며, 일관성 비율이 0.1미만이면 일관성이 있는 것으로 판정됨



[Fig.2] Marine Environment Influence by Construction of Tidal Power Plant in Garolim Bay

가로림만 조성사업에 따른 수산부문의 직접편익은 양식어업 또는 어선어업의 생산량 증가에 따른 편익이라 할 수 있다. 그러나 앞서 가로림 조력발전소 건립에 따른 영향에서 살펴본 바와 같이 유속감소, 해수교환율감소, 갯벌면적 감소, 적조 현상 발생 증가, 해수흐름 변화 등은 가로림만 내의 수산자원량을 감소시키는 요인으로 이는 생산량 감소를 초래할 것으로 예상된다. 반면, 수위 차 감소 및 투명성 증대, 유속감소 등은 기초 생산량의 증가로 인해 과거에 생산하지 못하는 품종의 생산 및 신규사업을 가능하게 하는 요인이 될 수 있다.

일반적으로 어업인 및 환경보호주의자들은 조력발전소 건설로 인해 수산자원의 절대량이 감소할 것이라 주장하고 있다. 그러나 조력발전 사업으로 인해 수산자원의 절대량은 감소하지만 일부 부분적으로 신규 사업으로 인하여 수산자원이 증가하여 생산량이 증가할 수 있다. 예를 들어 조력발전소 건립을 하지 않을 경우의 생산량이 150톤이라고 가정하고, 사업을 할 경우 해수교환율 감소, 자정능력 저하, 갯벌면적 감소, 부영양화 발생, 적조발생, 해수흐름 변화, 유속감소 등의 요인으로 인한 생산량의 감소가 70톤, 신규 사업 및 생산량 증가요인에 따른 생산량 증가가 20톤 일 때, 사업을 실시하였을 때의 생산량은 100톤

(150톤-70톤+20톤)이 된다. 사업을 통한 수산부문의 편익은 -50이 된다. 즉, 편익의 발생은 없으며, 비용으로 50이 발생하는 것이다.

그러나 환경 악화 요인에 따른 생산량 감소부분을 보상-배상 등으로 인하여 타 부분에서 감안한다면 이는 매몰비용(sunk cost)으로 간주 할 수 있다. 이 경우에는 환경 개선 요인에 따른 생산량 증가 부분인 20톤이 수산부문의 편익으로 포함 시킬 수 있다.

<Table 4> Marine Environment Influence by Construction of Tidal Power Plant in Garolim Bay

Classification	without the project	with the project	Change by Project
Production	150ton	100ton	Decrease of 50ton
Output Changed by Environmental Worse(Sunk Cost Aspect : Reflection for Fishery Compensation )			Decrease of 70ton
Output Changed by Environmental Improvement(Benefit Aspect)			Increase of 20ton

사업의 편익은 결국 사업을 하였을 경우의 생산량과 사업을 하지 않았을 경우의 생산량의 차이가 순수 사업에 대한 생산량 증가효과라 할 수 있으며, 이를 식으로 나타내면 아래와 같다.

수산부문의 편익(생산량 증가)

12) Lee Hee, Sun · Shin Kyung, Hee · Joo, Ji, Hye, The Environment-friendly Construction Plan of Tidal Power Plant for Improving Public Acceptability, Korea Environment Institute,(2010)

<Table 5> New Object Species and Aquaculture Area

(Unit : ha, %, ha)

Species	Aquaculture Method	Aquaculture Area	Facility of Percentage Provision	Pure Facility Area
Jacopever	Cage Culture	10	5%~20%	2
Sea Cucumber	Pond	30	20%	6
Giant Pacific Oyster	Off-bottom Culture	30	5%~10%	3
Scallop	Long Line Hanging	36	5%~10%	3.5
Sea Tangle	Long Line Hanging	83	5%~10%	8

$$= \sum_{i=0}^n (P_i - v_{ti}^w)(Q_{ti}^w - Q_{ti}^{w_0}) \quad (2)$$

- $P$  = 수산물 판매가격
- $Q$  = 어종의 양식 or 어획량
- $v$  = 평균어업변동비용
- $w$  = 사업수행의 경우
- $w_0$  = 사업미수행의 경우
- $t$  = 발생시점
- $i$  = 어종

결국 사업을 하였을 경우에 발생하는 각종 해양환경 악화 요인으로 인해 생산량이 감소한다면, 사업에 대한 효과는 마이너스로 환경비용이 발생한다고 할 수 있다. 사업으로 인하여 전체적인 생산량이 감소하는 것으로 인식되고 있는 현실에서 수산부문에 긍정적인 편익이 발생한다고 주장하는 것은 문제가 있을 것으로 판단된다.

그러나 본 연구에서는 가로림조력발전소 건립으로 발생하는 생산량 감소 요인에 대한 비용은 어업보상 등에 반영이 되어 매몰되는 비용(sunk cost)이라고 가정을 하였다. 생태계의 생산성 증대 및 해수의 투명성 증대로 인하여 신규로 발생하는 양식어업 및 신규 사업들에 대한 편익을 추정하였다. 이 경우에는 자연자원의 보존차원에서 어족자원의 산란 및 성육장에 끼치는 간접적 영향, 저서생물의 감소 영향 등에 대하여 면밀하게 조사를 통한 보상이 이루어지는 것을 전제로 한다.

## 2. 편익추정 결과

수산부문 편익 추정을 세 가지로 나누어 볼 수 있다. 첫째, 신규 양식 도입은 1993년의 분석에서

사용되었던 수산증양식편익과 유사한 성격을 가진다. 편익의 추정에 있어서는 연구의 연속성을 위하여 기존연구에서 추정되었던 189ha만을 신규 품종 양식단지로 이용가능하다는 가정하에 운영할 경우의 편익을 추정하였다.<sup>13)</sup>

신규양식에 적용되는 품종은 부가가치가 높아 경제성을 가지고 있어야 하며, 서식수온의 범위가 적정하여 양식에 적합한 품종이어야 한다. 이를 고려하여 자연과학자 및 관련 전문가의 자문을 통하여 조피볼락, 해삼, 참굴, 가리비, 전복 등으로 도출하였다. 또한, 어류 가두리 양식의 경우는 최소 수심이 10m 이상이 되어야 하며 이를 고려하였을 때는 가능면적은 약 10ha 정도이며, 수심이 3~10m 사이는 가리비, 참굴, 해삼 등이 가능할 것으로 판단된다.

어종별 초기투자비용을 추정하면 <Table 5>와 같이 나타나며 총 41억원 정도가 필요한 것으로 분석된다.

5개 어종에 대한 단위 생산량 및 가격, 생산비용가 비율을 통하여 추정하였으며, 연간 편익은 4,149,582 천원으로 분석되었다(<Table 7>).<sup>14)</sup>

신규양식 도입 시 비용 및 편익의 흐름은 시설비용은 10년에 1번씩 발생을 하며, 운영비 및 양

13) 주요 생산 품종을 마을어업 및 패류양식에서 굴, 가무락, 바지락, 전복, 해삼, 홍합 등이 생산되며, 해조류는 미역, 김, 다시마, 톳 등, 어류는 조피볼락 및 송어 등이다. 또한, 가로림만의 경우 흰배도라치, 까나리의 성육장이며, 송어, 전어, 가자미류의 중요한 산란 및 섭이를 위한 회유장이다.

14) 단위생산량은 인근지역 유사양식장의 ha당 생산량을 적용하였으며, 가격은 해양수산부 어업생산통계의 kg당 가격 및 인근지역 수협 위판 금액의 평균치를 사용하였다.



식비용은 편익을 계산하는데 있어서 반영이 되어 있기 때문에 세부 계산을 실시하지 않았다.

둘째, 소규모 바다목장 사업은 소규모 예산을 투자해 연안 해역의 자원회복을 통한 수산자원의 지속적 생산 및 어업인의 실질적 소득증대를 도모할 수 있을 것으로 판단된다.

<Table 6> Estimation of Initial Investment Cost  
(Unit : ha, Thousand Won)

Species	Culture Method	Pure Facility Area	Initial Facility Cost
Rockfish	Cage	2	2,942,340
Sea Cucumber	Pond	6	231,012
Giant Pacific Oyster	Off-bottom	3	810,000
Scallop	Long Line Hanging	3.5	65,081
kelp	Long Line Hanging	8	101,588
Total			4,150,021

Source: Disaster restoration expense of Aquaculture Facility(2011), Ministry Oceans and Fisheries

정부에서 제시하고 있는 ‘연안바다목장 사업추진 매뉴얼’에 따르면 사업의 목적으로 첫째, 연안 해역의 수산생물의 산란 및 서식장 조성과 종묘 방류 등을 통해 자원증대를 도모하고, 둘째, 합리적인 이용관리체제를 적용하여 새로운 어업생산시스템의 확립이다. 이를 참조하여 가로림만 소규모 바다목장은 ‘내만형+갯벌체험형’으로 조성이 가능하며, 인공어초 투하, 패류복합 생산단지(바지락+갯벌참굴) 조성을 추진하고, 조피볼락, 넙치, 해삼, 전복, 비단가리비 등에 대한 자원조성 사업을 병행하는 것으로 가정하였다.

<Table 7> B/C of Flow in according to New Aquaculture (Unit : Thousand Won)

Business Year	Cost	Benefit
0	4,150,021	0
1	0	2,074,791
2	0	4,149,582
3	0	4,149,582
∴	∴	∴
10	0	4,149,582
11	4,150,021	4,149,582
12	0	4,149,582
13	0	4,149,582
∴	∴	∴

다음으로 수산자원조성에 효과는 첫째, 수산자원 증대, 자원증대에 따른 관련 서비스 활동 증가로 어업 및 어업외 소득 증대 효과, 둘째, 어패류 산란 및 서식지 제공, 생물다양성 증가 등 해양생태계 회복 및 개선 효과 등이 있다.

본 연구에서는 가로림만 소규모 바다목장 사업에 대한 편익을 추정하기 위하여 서해안지역의 연안바다목장사업을 근거하여 비용 및 편익을 산정하였다. 사업의 투자비용은 다목적 인공어초 3

<Table 8> Investment Cost of the Garolim Bay's Small Marine Ranch

(Unit : Million Won, Site, Ea, Ten Thousand unit)

Classification	Total	Stage of Development Small Ranch			Stage of Provide the best follow-up Service		
		1	2	3	4	5	
Make a Fishery Ground	Drop of the Artificial Fish-reef	Amount	1,028	650	378		
		Quantity	3	2	1		
	Construct of Shellfish Habitant	Amount	300	300			
		Quantity	1,187	1,187			
Make Resources	Release of Fry	Amount	2,216	250	1122	266	178
		Quantity	318	50.0	81.0	61.5	35.6
Total			3,544	1,200	1,500	266	178

기 및 패조류 서식장 조성, 자원방류 등에 따라 약 3,544 백만원이 투입될 것으로 예상된다(<Table 8>).

어업편익은 바다목장 사업으로 인한 자원방류 및 인공어초 투하 등의 자원조성 활동에 따른 어종별 자원량 증가량을 추정함으로써 보다 실질적인 어업편익 산정이 가능하다. 그러나 현재로서는 어종별 자원량 추정 및 어종별 상호 연관성까지 고려한 자원증가량을 명시적으로 산출해내는 것이 현실적으로 어렵다.

따라서, 서해안지역 연안바다목장 자원량 증가와 어획량 증가를 자연과학적 조사 결과와 자연과학자의 의견, 선행 소규모바다목장의 사례를 참고하여 자원량 증가패턴과 가용자료를 근거로 자원량 증가분, 어획량, 소득증가금액을 추정하였다. 또한, 소규모 바다목장의 주요 수산자원은 조피볼락, 넙치, 해삼, 전복, (비단)가리비, 굴 등이며, 사업의 편익은 소규모바다목장 조성이후 약 3년 이후부터 발생하는 것으로 가정하여 분석하였으며, 그 결과와 다음과 같다(<Table 9>).<sup>15)</sup>

<Table 9> B/C Flow of the Garolim Bay's Small Marine Ranch  
(Unit : Thousand Won, Ton, Thousand Won)

Business Year	Cost	Increased Resource	Benefit
0		186.0	0
1	1,200,000	246.6	0
2	1,500,000	277.6	0
3	266,000	304.1	0
4	178,000	329.9	13,508
5	400,000	355.0	50,775
6	0	379.4	85,902
7	0	402.8	118,731
∴	∴	∴	∴
10	0	465.3	202,898
∴	∴	∴	∴
33	0	572.1	392,759

15) 연안바다목장 사업 추진매뉴얼 및 선행연구(KMI,2009)에서도 3년 이후부터 효과가 발생하는 것으로 가정을 한 사례가 있다.

마지막으로 치어방류 사업을 통한 가로림만의 수산자원 증가효과는 기존 선행연구에서 추정된 서해안 방류사업 경제효과 결과를 이용하였다(<Table 10>, <Table 11>, <Table 12>).

<Table 10> Economic Effort of Released Seed Project on West Sea  
(Unit : kg, Thousand Won, Thousand of Seeds, times)

Species	Flounder
Production	886,793
Amount	8,354,478
Release	10,878
Cost of Release Project	3,198,115
Economic Effect of Release Project	2.61

<Table 11> Current State of Released Seed Project  
(Unit : Thousand of Seed, Million won)

Classification	Cost of Fry	Cost of Project
2003	126,302	6,343
2004	100,670	8,191
2005	92,294	8,988
2006	128,359	10,779
2007	84,728	16,946
2008	90,524	17,233

<Table 12> Amount of Released Seed Project  
(Unit :Thousand of Fry, Thousand Won)

Classification	Release Fry	Cost of Release Project
Scenario 1	5,000	850,000
Scenario 2	10,000	1,700,000
Scenario 3	20,000	3,500,000

방류효과는 방류이후 3년부터 3.165배가 나타나는 것으로 가정을 하였고 연구 결과에 따르면 방류사업의 경제효과는 약 2.5~3.5 배 정도인 것으로 나타났다.

지금까지 살펴본바와 같이, 신규 수산부문 사업에 대한 편익 부문만 추정하였으며, 그 세부적인 내용은 새로운 양식장에 대한 편익 추정(<Table

7>, 소규모 바다목장 편익 추정(<Table 9>), 치어 방류 사업에 대한 편익 추정(<Table 13>) 등이다. 만약 공사비만 계산된다면(비용부문), 수산부문에 대한 편익이 본 논문에서는 제시되어 있으므로 경제성분석(B/C 분석)이 가능할 것으로 사료된다.

<Table 13> B/C Flow by Released Seed Project  
(Unit : ten million Won)

Business Year	Scenario 1		Scenario 2		Scenario 3	
	Cost	Benefit	Cost	Benefit	Cost	Benefit
0	85	0	170	0	350	0
1	0	27	0	54	0	111
2	0	81	0	161	0	332
3	0	135	0	269	0	554
4	85	269	170	538	350	1,108
5	0	269	0	538	0	1,108
6	0	269	0	538	0	1,108
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴

## V. 결론

가로림 조력발전소 사업과 관련하여 과거 수행되었던 수산부문 연구<sup>16)</sup>에서는 초기투자비용 미반영, 단위생산량 과대, 단위가격, 품종 선택, 생산원가의 문제 등의 5가지 문제점이 있는 것으로 분석되었다.

기존연구에서는 연간편익 추정액이 302억원(1993)<sup>17)</sup>, 548억원(2009)<sup>18)</sup>으로 나타났으나 위의 문제점을 고려하여 가로림만 조력발전소 관련 수산증양식 부문의 편익에 대해 재추정한 결과 약

264억원으로 나타났으며, 기존의 연구보다 상대적으로 편익이 작은 것으로 추정되었다.

한편 본 연구에서는 기존연구의 문제점을 보완하여 기존어장과 더불어 신규수익사업을 도출하고 이에 기초하여 수산분야 편익을 추정하였다.

도출된 신규사업으로는 양식 품종개선과 치어 방류 사업, 소규모 바다목장사업 등 가로림 조력발전소 사업과 관련하여 신규로 가능한 수익사업 등이다.

기본적으로 경제성 분석에서 편익은 연간편익을 추정한다는 자체가 문제가 많이 있다. 그 이유는 경제성 분석기간이 20년 혹은 30년이나에 따라 편익금액이 바뀌거나 초기년도에는 편익이 발생되지 않기 때문이다.<sup>19)</sup> 따라서 수산부문의 편익은 <Table 7>, <Table 9>, <Table 13>와 같이 나타났다.

이와 같이 가로림조력발전소의 건설의 경제적 타당성을 판단하기 위해서는 수산부문의 편익에 대한 면밀한 접근방법이 필요할 것으로 사료된다.

조력발전소의 건설은 유속감소, 해수교환율감소, 갯벌면적 감소, 적조 현상 발생 증가, 해수흐름 변화 등은 가로림만 내의 수산자원량을 감소시키는 부정적 측면을 수반하게 된다.

그러나 만내수역(灣內水域)의 투명도증가 및 영양염의 풍부화, 수온의 상승 등 수산물 생산에 있어 기초생산력을 증가시키는 환경을 조성하게 되며, 수산물의 생산증대효과를 가져오는 긍정적인 측면도 있다.

따라서, 가로림 조력발전소 완공이후의 만내 양식사업의 기초생산력 증가효과를 최대한 이용할 수 있는 해양환경에 적합한 양식품종개발, 양식면허(한정면허) 및 수산사업개발, 수산시설물 운영 등을 제시하면서, 이를 고려하여 수산부문 편익계산을 하는 방법이 필요할 것으로 판단된다.

19) 예를 들어 수산양식업의 경우 초기에는 투지비만 발생되고 최소한 2-3년 이후(양식순기 고려) 편익이 발생되기 때문이다.

16) Korea Electric Power Corporation, Garolim tidal power feasibility study, Korea Ocean Research & Development Institute (1993)

17) Korea Electric Power Corporation, Garolim tidal power feasibility study, Korea Ocean Research & Development Institute (1993)에서는 단순히 양식품종별 면적을 산정하여 추정한 값이다.

18) 상동, 1993년 추정결과 값에 단순히 물가상승률 고려 추정하였다.

지금까지 살펴본 바와 같이 바다에서 대규모 건설사업이 이루어질 경우, 먼저 수산분야의 신규 사업을 발굴하고 이에 기초하여 편익을 추정하는 방법을 제안하며, 바다에서 이루어지는 사업의 경제성분석 연구에 참고가 될 것으로 사료된다.

## References

- Eh, Youn-Yang(2014), Mathematical Model of Aquaculture Facility Utilization, Journal of Fishier and Marin Educational Research, 26(2), 444~454.
- Hanley, N. · Spash, C. L.(1993), Cost-Benefit Analysis and the Environment, Edward Elgar, Aldershot.
- Hanley, N. · Wright, R. E. · Adamowicz, W.(1998), Using choice experiments to value the environment, Environmental and Resource Economics, 11, 413~428.
- Hellerstein, D. and R. Mendelsohn(1993), A Theoretical Foundation for Count Data Models, American J. of Agricultural Economics, 75, 604~611.
- J. P. Fraut(1993) Tidal energy : Promising projects-La Rance, A successful industrial-scale experimen, IEEE Trans. Energy Convert., 8(3), 552~558.
- Kim Jong-Hwa · Kim, Min-Suck(2009), A Study on the Select of Releasing Fishes for the Nourishment of Fisheries Resources around the Gunsan Coastal Seas, 21(4), 576~585
- Lee Hee, Sun · Shin Kyung, Hee · Joo, Ji, Hye(2010), The Environment-friendly Construction Plan of Tidal Power Plant for Improving Public Acceptability, Korea Enviroment Institute
- Lee, Joon-Heang · No, Yong-Hwan(2010), Economic Valuation of Tidal Power Plant Project in Incheon Bay : CVM and IO Approaches, Korean Energy Economic Review, 9(2), 43~82
- Lee, Joo-Suk · Yoo Seung-Hoon(2009), Measuring the environmental costs of tidal power plant construction : A choice experiment study, Energy Policy, 37, 5069~5074.
- Lee, Kwang-Nam · Jung, Jin-Ho(2011), Effectiveness analysis about Readjustment of Fishery Permit, The Journal of Fisheries Business Administration, 42(2), 97~112
- Lee, Kwang-Soo(2006), The Pre-Feasibility Study of Korea Tidal Power Development, Korea Institute of Science and Technology.
- Lee, Sang-Go · Shin Yong-Min(2008) An Economic Analysis on Fishing in the Cultivating Fishery by Embankment Journal of Fishier and Marin Educational Research, 20(1), 340~360.
- Nick Hanley & Robin Ruffell(1992), The Valuation of Forest Characteristics, Working Papers Series 92/10, University of Stirling, Division of Economics
- Park, Seong-Kwae(2005), A Political-Economic Study on Fisheries Resource Rent and Rent-Seeking Behaviors, Journal of Fishier and Marin Educational Research, 17(3), 340~360.
- Park. Myong-Sop · Lee, Kwang-Nam(2003), An Analysis of Economic Benefits derived from the Construction of One-Stop Seafood Export Complex - with reference to the case of GamCheon Port-, The Korean Research Institute of International Commerce and Law, 20, 181~212.
- Seo, Man-Seok · Kim Ji-Hyin(2003), A Study on the Stocked Effect of Fisheries Seeds at Whasung Sea area of Kyung Ki Province, Journal of Fishier and Marin Educational Research, 15(2), 135~144.
- Shin, Cheol-Oh · Jang, Jung-In(2008), A study on measures to include environmental values in economic validity analysis of public projects in the costal area, Korea Maritime Institute
- Yen S. T. · Adamowicz W. L.(1993), Statistical properties of welfare measures from count-data models of recreation demand, Review of Agricultural, Economics, 15(2), 203~215.
- Yoo, Seung-Hoon · Lee, Joo-Suk(2008), Assessment of Environmental Value of Garorim Gulf, Kyung Je Hak Yon Gu., 56(3), 5~25.

- 
- 논문접수일 : 2014년 11월 18일
  - 심사완료일 : 1차 - 2014년 12월 22일
  - 게재확정일 : 2014년 12월 31일