J. Fish. Bus. Adm., 46(1), 063-074. 2015
DOI:http://dx.doi.org/10.12939/FBA.2015.46.1.063

pISSN 1225-1011 KSFBA
eISSN 2288-1727 www.fima.or.kr

육상양식용 지하해수 개발효과 분석†

이 광 남*
한국수산회 수산정책연구소

Effect Analysis about Inland Fish Farm for Development of Underground Seawater

Kwang-Nam Lee*
Korea Fisheries Association, Fisheries Policy Institute Samho Center B/D 275-1, Yangjae-Dong, Seocho-Gu, Seoul, 137-940, Korea

Abstract

Due to red tide and abnormal currents that take place every year, the damage of inland fish farms that takes sea water is increasing frequently. Also, the households of inland fish farm due to the increase in the cost of fuel and electricity are struggling many hardships economically. In relation to underground seawater for it's farm analyzed economic effect based on the actual conditions for 1,700 inland fish farms, from this I have deduced policy implications for direction this project to be pursued from now on.

The saving rate of costs of the fuel and electricity through the development of an underground seawater were approximately analyzed to decline about 3.4～9.7%, if utilizing only about 5% of the undeveloped farms, it was estimated effect of about 61 billion won, if 10%, it was estimated effect of about 122 billion won. Consideration in selecting the developer of underground seawater will be selected an character of farm method. It is expected this study will be helpful for business analysis related government in the fisheries.

Keywords : Red tide, Damage of inland fish farms, Underground seawater, Economic effect, Business analysis

Ⅰ. 서 론

연간 발생하는 이상 해류로 인해 해수를 직접 취수하는 육상양식장의 피해가 빈발하고 있으며, 동 · 하절기 일정 온도 유지를 위한 유류비, 전기료 등 양식비용 증가로 인해 양식 어가들이

Received 1 November 2014 / Received in revised form 3 April 2015/ Accepted 7 April 2015
† 본 논문은 육상양식장 실태조사 및 지하해수 활용 효과 분석(농어촌공사, 2011.10)연구 내용을 수정 · 보완한 것임.
* Corresponding author : 02-589-0627, lkn6530@chol.com

ⓒ 2015 The Korean Society of Fisheries Business Administration

경영에 어려움을 겪고 있는 것이 현실이다.

특히, 연안 지역의 적조는 주기적으로 발생하고 있고, 그 피해 역시 높아 양식어가 및 연안지역에 큰 영향을 미치고 있다. 1995년도에는 764억, 2003년 215억의 적조로 인한 피해가 나타났으며, 2013년도의 경우 경상남도는 약 239억 원의 피해가 발생하였다. 최근 적조의 경우 7～10월까지 지속되며, 동해안까지 광범위하게 나타나고 있어 여수 및 통영 지역의 남해안을 포함한 주요 육상수조식 양식어장이 적조 위험 지대에 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 해양수산부 및 농어촌공사에서는 해안 · 도서지역에서 지하해수 탐사 및 시추를 통해 개발 가능 적지를 조사 · 개발하여 양식업자들이 이를 이용할 수 있도록 노력하고 있다.

동 사업은 해안도서지역에서 수온 · 수질이 일정한 지하해수를 찾아내 육상양식장을 개발하고 양식장 에너지 비용을 절감할 목적으로 해양수산부가 주관하고 농어촌공사가 위탁을 맡아 지난 2010년부터 추진해 오고 있다.

농어촌공사는 전남 63곳 등 전국 125곳을 선정하고 2013년까지 30억 원을 들여 전남 14곳을 포함 총 32곳에 대한 조사를 마쳤다. 2014년 12억, 2015년 이후 81억을 투입하여 지속적인 조사를 할 계획인 것으로 파악되었다[1].

양식어업인들은 개발된 지하해수를 양식장 용수로 활용할 경우 수온 조절을 위한 유류비와 전기사용량 절감 효과로 인한 생산성 향상을 기대하고 있으며, 어촌지역 소득증대와 양식어업 활성화를 위한 지하해수 개발사업이 필요하다는 입장이다.

동 연구에서는 육상양식장용 지하해수 개발 효과 추정과 관련하여 약 1,700개소 육상양식장에 대한 실태조사를 하였으며, 이론적 근거 하에 실태조사 자료와 모형을 이용하여 지하해수 개발에 따른 양식업의 경제적 효과를 분석하였다.

육상양식장용 지하해수 개발의 실태 및 지역별 해역별 양식방법 및 어종, 모형을 이용한 효과측정 등의 내용은 육상양식장용 지하해수 개발과 추진방향의 기초자료로 활용이 가능하며, 지방자치단체 주관으로 추진하고 있는 지하해수 개발을 활용한 친환경 양식산업 활성화 및 유사한 사업 추진에 많은 도움을 줄 것으로 기대된다.

Ⅱ. 육상양식장 운영 및 지하해수 개발 현황

1. 육상양식장 운영 현황

2011년 기준 해수를 이용한 육상양식장[2]의 실태를 조사한 결과, 조사대상 2,148개소 중 정상운영은 78.4%(1,683개소)로 나타났다. 정상운영 양식장 중에서 육상종묘양식장이 62.4%를 차지하였고, 해수를 활용한 시설 관련은 산소공급과 해수여과시설을 가장 많이 이용하는 것으로 파악되었다.

다음으로 해수의 물 순환방식으로는 순환여과식이 가장 많은 것으로 조사되었으며, 동 양식방법의 1개소당 해수수요량은 15,316m^{3}로 파악되었고, 냉온+가온형태가 가장 많은 것으로 분석되었다(Table 1 참조).

지하해수를 이용한 양식장의 어종 및 종자생산은 동해안권에서는 강도다리, 넙치 등의 생산이 많으며, 서해안권의 경우는 조피볼락, 넙치, 새우 등이고, 남해안권은 조피볼락, 넙치, 돌돔 등인 것으로 조사되었다.

연안지역에 분포하고 있는 지하해수를 활용한 육상양식장은 서남해안에 가장 많이 분포해 있고, 그 다음으로 동남해안 순으로 나타나 해수를 이용한 육상양식장의 대부분이 남해안에 위

1) 해양수산부, 해양수산사업 시행지침서, 2014, 337～344.
2) 본 연구는 해수를 이용한 육상양식장이 조사대상이며, 지하해수 개발의 공간적 범위가 연안지역임 (제주지역 제외).

 http://dx.doi.org/10.12939/FBA.2015.46.1.063

Table 1. Management of Inland Fish Farm

(unit : places, %)

Classification	Content	Remark
Operation	Survey: 2,148 Operation: 1,683(78.4%) Non-Operation: 465(21.6%)	–
Farm type	Inland Farm : 632(37.6 %) Inland Seeding: 1,051 (62.4%)	Data on 1,638 Normal Operating
Facilities	Oxygen Supply: 1,488 Liquefied Oxygen Supply: 941 Water Filtration: 1,051 Save Water: 683 Underground Seawater Availability: 67	
Water Circulation System	Pond Culture System: 481 (28.9%) Race Culture System: 509 (30.5%) Water Recirculation System: 604(36.2%)	

Source : Korea Rural Community Corporation. "Analysis on the Development and Usage of Underground Seawater for Inland Fish Farm," 2011, 335－340.

Note 1 : Numbers of Water Cycles from the Seawater Requirements is the Average Value per One Day.

Note 2 : Seawater Requirements in Estimated Seawater Requirements: Water Tank Volume × Height × Tanks=Seawater Requirements.

Note 3 : Raceway Culture System in Cold or Warm Facilities does not Need Separate Facilities for Cold, Warm and Added Heating Facilities.

치해 있는 것으로 파악되었다.

다음으로 지하해수를 이용하고 있는 양식장의 양식업 규모를 살펴보면 수조부피가 작은 양식장에서는 육상종묘를 주로 생산하고 있는 것으로 나타났다.

2. 지하해수 개발 현황

정상가동을 하고 있는 육상양식장 1,667개소에 대한 실태조사를 실시한 결과, 지하해수를 사용하고 있는 양식장은 67개소로 나타나 전체 양식장 중에서 4%인 것으로 파악되었다. 운영되고 있는 총 육상양식장 중에서 지하해수 개발을 시도한 비율은 11.4%[3]인 것으로 조사되었으며, 개발이 시도된 양식장 중에서 지하해수 개발이 성공한 곳은 32개소로 16.8%[4]를 차지한 것으로 나타났다(Table 2).

수조부피(m^3)를 기준으로 각 규모별로 분포를 조사한 결과, 수조부피가 250～500m^3가 318개소로 가장 많았고, 3,000m^3보다 큰 양식장은 많이 없는 것으로 파악되었으며, 지하해수 개발의 경우 1,000～2,000m^3(51개소)의 수조 부피에서 가장 많이 시도된 것으로 나타났다. 그러나 개발률 관점에서 보면 수조부피 8,000m^3 이상의 대규모 양식장에서는 지하해수 개발에 대한 노력이 높은 것으로 조사되었다.

규모별 개발이 시도된 10개소 이상의 양식장을 대상으로[5] 지하해수 개발에 대한 성공률을 살펴보면, 500～750m^3가 35%로 가장 높고, 250m^3 이하와 750～1,000m^3에서 24%로 나타났으며, 전체적으로 볼 때 수조크기가 작을수록 성공률이 높은 것으로 나타났다(Table 3).

지하해수를 사용하고 있는 양식장의 지역별 분포를 살펴보면, 지하해수를 이용하고 있는 육상양식장 총 67개소 중에서 남해안이 53개소

3) 190(개발이 시도된 양식장 수)÷1,667(전체조사대상 양식장 수)＝11.4%

4) 32(개발성공 양식장 수)÷190(개발이 시도된 양식장 수)＝11.4%

5) Table. 3의 수치 중 10개소 이상을 의미함.

Table 2. Analysis on the Development and Usage of Underground Seawater for Inland Fish Farm

Classification			Number
Total Numbers(A)			1,667
Development Status	Development	Sucess(B)	32
		Failure(C)	158
		Total(D)	190
	Undeveloped(E)		1,477
Status of Use	Use(F)		67
	Unused(G)		1,600
Development Rate(H)(H=D/A)			11.4%
Success Rate(I)(I=B/D)			16.8%
Use Rate(J)(J=F/A)			4.0%

Table 3. Development Status by the Scale of Underground Seawater for Inland Fish Farm

(unit : m^3, number, %)

Volume(m^3)	Development(Number)			Success (D)(%)	Development (E)(%)	Undeveloped (F)	Total (G)
	Success(A)	Failure(B)	Total(c)				
Less than 250	4	13	17	24	6	278	295
250～500	2	18	20	10	6	298	318
500～750	8	15	23	35	10	216	239
750～1,000	5	16	21	24	12	153	174
1,000～2,000	7	44	51	14	19	216	267
2,000～3,000	0	17	17	–	13	113	130
3,000～4,000	0	14	14	–	18	64	78
4,000～5,000	2	4	6	33	13	39	45
5,000～6,000	0	5	5	–	13	34	39
6,000～7,000	1	1	2	50	13	14	16
7,000～8,000	0	2	2	–	13	14	16
8,000～9,000	0	3	3	–	33	6	9
9,000～10,000	2	0	2	100	25	6	8
10,000 이상	1	6	7	14	21	26	33
Total	32	158	190	17	11	1,477	1,667

Note 1 : D＝A÷C, Note 2 : E＝G ÷ C.

(79.1%)로 가장 많으며, 다음으로는 서해안이 13개소(19.4%), 동해안의 경우는 거의 없는 것으로 파악되었다(Table 4 참조).

육상양식장용 지하해수 개발의 현황을 살펴보면, 서해의 북서해역에서 가장 높은 개발률(36.4%)이 나타났으며, 다음으로는 서해안의 남서해역(21.8%)인 것으로 파악되었다. 지하해수 개발 성공률을 보면, 동해의 북동해역이 40%로 가장 높았으며 서해의 남서부해역이 26.3%인 것으로 분석되었다(Table 5 참조).

 http://dx.doi.org/10.12939/FBA.2015.46.1.063

Table 4. Underground Seawater Utilization by the Sea Area for Inland Fish Farm

(unit : number, %)

Classification		Using Underground Seawater		Unused Underground Seawater		Total	
		Number	Rate(%)	Number	Rate(%)	Number	Rate(%)
East Coast	Northeast	1	1.5	42	2.6	43	2.6
	Southeast	0	0.0	95	5.9	95	5.7
	Sum	1	1.5	137	8.6	138	8.3
West Coast	Northwest	5	7.5	50	3.1	55	3.3
	Southwest	8	11.9	79	4.9	87	5.2
	Sum	13	19.4	129	8.1	142	8.5
South Coast	Southeast	3	4.5	350	21.9	353	21.2
	Southwest	50	74.6	984	61.5	1,034	62.0
	Sum	53	79.1	1,334	83.4	1,387	83.2
Total		67	100.0	1,600	100.0	1,667	100.0

Table 5. Development of Underground Seawater for the Farm by the Sea Area

(unit : number, %)

Classification	Responses	Rate(%)
Reduction in Production Costs	1,426	68.0
Increase in Production Costs	258	12.3
Reduction of Disease Damage	287	13.7
Other Effects	127	6.0
Total	2,098	100

Source : Korea Rural Community Cooperation, Inside Data, (2011).

Ⅲ. 지하해수 개발효과 분석이론

1. 효과 인식도 조사

육상양식장에 있어서 지하해수의 개발은 생산증가, 가격상승, 비용감소 등의 효과가 있을 것으로 판단된다. 지하해수 개발의 기대효과 인식을 살펴보면, 설문조사 결과 전체 응답자(1,667개소, 복수응답)의 68%가 생산비 절감효과 가장 클 것이라고 응답하였으며, 그 다음으로 질병피해감소, 생산량 증대 순으로 조사되었다 (Table 6. 참조).

Table 6. Awareness of Farmers Due to Underground Seawater Development

Classification	Responses	Rate(%)
Reduction in Production Costs	1,426	68.0
Increase in Production Costs	258	12.3
Reduction of Disease Damage	287	13.7
Other Effects	127	6.0
Total	2,098	100

Note : Answers Were Calculated the Total 2,098 Cases Including Multiple Response of 1,667.

2. 수입증가 및 비용감소 효과

육상양식장에서 지하해수를 개발하여 양식장에 활용할 경우 발생하는 효과 측정 방법은 직접적인 효과를 중심으로 접근하였다.

주요 효과로는 먼저, 양식 생산물 증가 및 품질개선에 따른 수입증가 효과이다. 지하해수를 사용하여 적정수온의 유지를 통하여 일반 육상양식장에서 주로 나타나는 고수온기의 폐사율

Table 7. Effect of Underground Seawater Development for Inland Fish Farm

Classification	Contents
Increase in Income	- Mortality Rate Reduction(High Temperature, Etc.) - Improvement of Fish Weigh Increase and Growth Rate - Quality Improvement of Farm Products
Reduction of Costs	Savings in Fuel and Electricity Costs, Reduction of Drug Use
Consumer Surplus	Safe Consumption of Farm Products

감소, 고수온기에 질식하지 않음으로 인한 어체중 증가, 약품사용의 감소로 인한 생산물 품질개선 효과 등이 있는 것으로 파악되었다.

다음으로 양식비용의 절감효과로는 양식비용이며, 종묘비, 사료비, 인건비, 전력비가 큰 비중을 차지한다. 마지막으로 안전한 수산물의 공급에 따른 양식 생산물 소비자의 효용증대 효과라 할 수 있다(Table 7 참조).

3. 지하해수 개발효과 추정 이론

지하해수 개발의 효과는 이론적 측면에서는 육상양식장 양식어업인의 생산자잉여증가라 할 수 있다. 생산자잉여증가효과는 생산량증가에 의한 어업 순소득상승효과와 생산성증가에 따른 어업비용감소효과, 지하해수사용에 따른 전력비절감, 약품비용절감 등에 따른 어업비용감소효과로 구분할 수 있다.

생산자잉여증가효과를 추정하기 위한 생산비용함수는 생산함수를 근거로 하여 도출되는 파생적 함수(derived function)이다. 생산비용함수는 여러 가지 수준의 생산량을 효율적으로 생산하는 최소비용함수라 할 수 있으며, 단기공급곡선은 평균가변비용의 최저점 이상의 한계비용(marginal cost)곡선으로 비용함수를 생산량에 의해 미분한 함수를 말한다. 이와 같은 공급함수는 기술수준, 생산요소의 가격, 해당재화의 가격, 다른 재화의 가격 및 공급자의 예측들의 함수인데, 이상의 여러 가지 요인 중에서 해당재화의 가격은 공급량의 변동(changes in quantity supplied)에 영향을 주고, 나머지 다른 요인들은 공급의 변동(changes in supply)에 영향을 주어 공급곡선 자체를 이동(shift)시킨다.

지하해수 개발은 기술수준의 개선이라 할 수 있으며, 생산요소인 양식비용 감소효과와 수입증가에 의한 순소득 상승효과로 구분할 수 있다. 일반양식장의 공급곡선과 비교할 때 지하해수를 이용하는 고수온기의 폐사율 감소, 고수온기에 질식하지 않음으로 인한 어체중 증가, 성장시기 단축 등의 효과를 통해서 공급곡선이 오른쪽으로 이동하게 되며, 지하해수 개발에 따른 편익을 수식으로 나타내면 다음 식 (1)과 같다.

지하해수 개발 시나리오에 전체 양식장의 5~10%가 개발되는 것으로 가정하였으며, 전국 시장에 대한 소비에 미치는 영향은 완전경쟁시장의 개별기업처럼 미미할 것으로 판단되고, 지하해수 개발 양식장과 미개발 양식장의 생산물 가격에는 변함이 없다는 가정하에서 생산자잉여증가효과에 대해서 추정하였다.

$$
\begin{aligned}
&=\sum_{i=1}^{n} NB_{ti}^{w} - NB_{ti}^{wo} = \sum_{i=1}^{n} (TR_{ti}^{w} - TC_{ti}^{w}) - (TR_{ti}^{wo} - TC_{ti}^{wo}) \\
&=\sum_{i=1}^{n} (PQ_{ti}^{w} - FC - v_{ti}^{w} Q_{ti}^{w}) - (PQ_{ti}^{wo} - FC - v_{ti}^{wo} Q_{ti}^{wo}) \\
&=\sum_{i=1}^{n} \{P(Q_{ti}^{w} - Q_{ti}^{wo}) - v_{ti}^{w}(Q_{ti}^{wo} - Q_{ti}^{wo})\} + \sum_{i=1}^{n} (v_{ti}^{wo} - v_{ti}^{w}) Q_{ti}^{wo} \\
&=\sum_{i=1}^{n} (P_i - v_{ti}^{w})(Q_{ti}^{w} - Q_{ti}^{wo}) + \sum_{i=1}^{n} (v_{ti}^{wo} - v_{ti}^{w}) Q_{ti}^{wo}
\end{aligned}
\tag{1}
$$

여기서, NB = 지하해수 개발에 따른 순양식편익
TR = 총양식수입
TC = 총양식비용
FC = 총고정비
P = 양식물의 판매가격
Q = 양식물 판매량
v = 평균양식변동비용
w = 사업수행의 경우
wo = 사업미수행의 경우
t = 발생시점

 http://dx.doi.org/10.12939/FBA.2015.46.1.063

i=양식물

식 (1)에서 생산량증가에 따른 순소득상승효과와 양식비용감소효과를 분리하여 수식으로 나타내면 식 (2), (3)과 같다.

$$\text{순소득상승효과}=\sum_{i=1}^{n}(P_i-v_{ti}^{w})(Q_{ti}^{w}-Q_{ti}^{wo}) \quad (2)$$

$$\text{양식비용감소효과}=\sum_{i=1}^{n}(v_{ti}^{wo}-v_{ti}^{w})Q_{ti}^{wo} \quad (3)$$

양식비용 감소효과에 대한 이론적 근거를 보다 구체적으로 살펴보면 Fig. 1에 나타난 바와 같다. 생산성 향상에 의한 양식비용 절감효과는 기술변화에 따른 비용절감효과 ΔC_1과 A에서 B로 양식 생산량이 증가함에 따라 발생하는 생산량 변화효과 ΔC_2로 구분할 수 있다. 여기서 ΔC_2는 평균비용곡선이 수평이 아니고 우하향하여 규모의 경제인 상태에서 생산량이 늘어남으로써 발생한 생산성 변화이다.

효과를 측정하기 위해 1단계로 현재 지하해수를 사용하고 있는 양식장을 규모별로 구분하여 경영분석을 실시하였으며, 2단계는 지하해수 개발을 하지 않은 대조구 양식장에 대한 경영분석을 통하여 비교 · 분석하였다[6]. 이를 통해, 유사한 규모와 동일한 양식방법을 가진 두 양식장을 비교함으로써 지하해수 개발에 따른 효과 도출이 가능하다(Fig. 2).

수입증대효과는 총수입의 차이의 비율을 근거로 수입증가율을 추정하였으며, 비용감소효과는 전력 · 유류비 비중의 차이를 통하여 비용

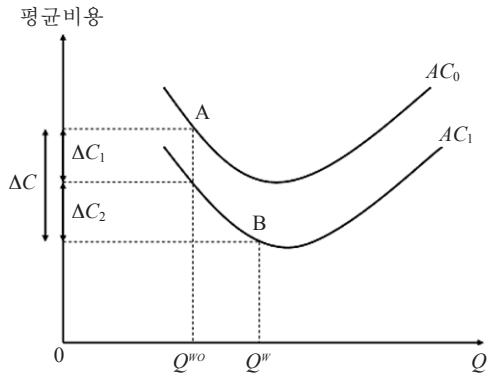

Fig. 1. Cost-Cutting Effect of Inland Fish Farm.

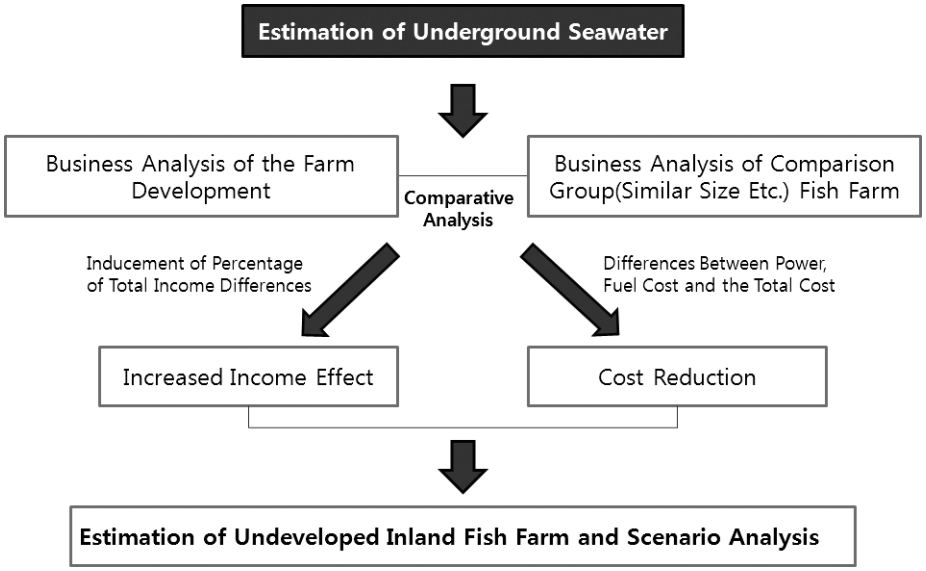

Fig. 2. Flow Chart of Effect Estimation.

6) 지역수산사무소 및 자자체 조사자료를 활용하여 분석함.

감소율을 도출하였다. 도출된 수입증가율과 비용감소율을 이용하여 전체 미개발 육상양식장에 적용하여 총 지하해수 개발 효과를 추정하였다(Fig. 2).

Ⅳ. 지하해수 개발효과 추정결과

1. 수입증가 효과

수입증가 효과 분석에 있어서, 수조부피를 사용한 이유로는 해수의 소요량은 수조부피와 양의 상관관계를 가지기 때문이다. 이들에 대한 상관관계를 살펴보면, 총수입은 수조부피와 양의 상관관계를 가지고 수입과 수조부피 간의 상관관계는 0.457[7]인 것으로 나타났다.

규모 분류에 있어서 2,000m^3 이상 규모의 경우 표본수가 너무 작아 분석의 오차가 생길 확률이 높아 분석에서 고려되지 않았다. 생산량 증가 및 품질향상에 따른 가격상승 등 복합적

Table 8. Estimation of Increased Income Effect of Inland Fish Farm due to Development and Use of Underground Seawater

(unit : m^3, thousand won)

Classification			Less than250	250～500	500～750	750～1,000	1,000～2,000
Underground Seawater Development	Sum	Total Income	114,500	156,625	203,214	268,800	348,182
		Income	37,800	69,125	98,214	111,800	169,091
		The Average Volume	142	391	606	866	1,373
		Number	10	8	14	10	11
	Inland Fish Farm	Total Income	135,000	136,667	212,000	304,667	312,000
		Income	35,000	76,000	100,000	114,667	138,000
		The Average Volume	144	441	607	870	1,348
		Number	2	3	5	6	5
	Inland Seeding	Total Income	109,375	168,600	198,333	215,000	378,333
		Income	38,500	65,000	97,222	107,500	195,000
		The Average Volume	142	361	605	859	1,394
		Number	8	5	9	4	6
Undeveloped	Sum	Total Income	89,095	153,812	192,827	237,183	286,517
		Income	31,801	55,682	53,588	72,472	88,568
		The Average Volume	151	367	611	858	1,395
		Number	285	310	225	164	256
	Inland Fish Farm	Total Income	102,639	142,587	183,839	222,534	279,064
		Income	28,917	52,441	31,821	59,259	81,355
		The Average Volume	144	361	639	855	1,427
		Number	36	72	56	58	110
	Inland Seeding	Total Income	87,137	157,208	195,805	245,198	292,132
		Income	32,219	56,663	60,801	79,702	94,004
		The Average Volume	152	369	602	859	1,371
		Number	249	238	169	106	146
The Average Growth Rate of the Production Amount			28.5	1.8	5.4	13.3	21.5

Note : Ground Water Development : With the Project, Undeveloped : Without the Project

7) 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의한 것으로 나타남(수조부피 – 전체소요량(Pearson 상관계수 0.79), 전체소요량 – 총수입(Pearson 상관계수 0.41)).

 http://dx.doi.org/10.12939/FBA.2015.46.1.063

수입증가효과를 고려한 증가율을 추정하면, 250m² 이하에서 28.5%의 수입증가 효과가 나타났으며, 그 다음으로는 1,000～2,000m²에서 21.5%인 것으로 분석되었다. 전체적으로 약 1.8～28.5% 정도 수입이 증가할 것으로 분석되었다(Table 8).

2. 비용감소 효과

지하해수 개발을 통해 이를 이용한 육상양식장의 비용절감 효과를 추정한 결과, 양식장의 면적별로 상이하나 250～500㎥에서 －9.74%로 가장 많은 비용감소 효과가 분석되었으며, 그 다음으로는 500～750m³에서 －6.0%인 것으로 파악되었다.

전체적으로 살펴보면, 전력비 및 유류비의 절감비율은 약 3.4～9.74% 정도 감소할 것으로 분석되어 지하해수 개발은 육상양식장의 경영에 큰 도움이 되는 것으로 나타났다(Table 9).

3. 시나리오별 효과 추정

지하해수 개발을 통한 효과에 대해 금액으로

Table 9. Measuring of the Reducing Cost Effect According to the Development and Use of Underground Water

(unit : m³, million won)

Classification			Less than250	250～500	500～750	750～1,000	1,000～2,000
Underground Seawater Development	Sum	Total Cost	77	88	105	157	179
		Percentage Ratio of the Fuel	38	34	37	41	37
		The Average Volume	142	391	606	866	1,373
		Number	10	8	14	10	11
	Inland Fish Farm	Total Cost	100	61	112	190	174
		Percentage Ratio of the Fuel	34	32	36	44	35
		The Average Volume	144	441	607	870	1,348
		Number	2	3	5	6	5
	Inland Seeding	Total Cost	71	104	101	108	183
		Percentage Ratio of the Fuel	40	35	38	38	40
		The Average Volume	142	361	605	859	1,394
		Number	8	5	9	4	6
Undeveloped	Sum	Total Cost	57	98	139	165	198
		Percentage Ratio of the Fuel	44	44	43	45	41
		The Average Volume	151	367	611	858	1,395
		Number	285	310	225	164	256
	Inland Fish Farm	Total Cost	74	90	152	163	198
		Percentage Ratio of the Fuel	40	43	42	44	42
		The Average Volume	144	361	639	855	1,427
		Number	36	72	56	58	110
	Inland Seeding	Total Cost	55	101	135	165	198
		Percentage Ratio of the Fuel	44	44	44	45	40
		The Average Volume	152	369	602	859	1,371
		Number	249	238	169	106	146
Percentage Change in Production Costs			－5.14	－9.74	－6.00	－3.43	－3.80

Note : Ground Water Development : With the Project, Undeveloped : Without the Project

추정한 결과, 미개발 양식장 중에서[8] 약 5%만 개발하여 활용한다면 생산증가 효과는 363억 원, 비용절감 효과는 247억 원으로 나타나 총 610억 원의 효과가 있는 것으로 추정되었다. 다음으로 미개발양식장의 10% 개발 시 생산증가 효과는 727억 원, 비용절감 효과는 494억 원으로 총 약 1,221억원의 효과가 있는 것으로 분석되었다 (Table 10).

Ⅴ. 결 론

신에너지 및 재생개발 · 이용 · 보급촉진법 제4조(시책과 장려 등), 농어촌 정비법 제15조(농어촌용수 이용 합리화 계획) 및 지하해수법 제5조(지하해수개발) 등의 법적근거 하에 2010～2018년까지 육상양식장용 지하해수 개발 사업을 추진하고 있다. 동 사업의 목적은 해안 · 도서지역에서 양식장용수용 지하해수 탐사 및 시추조사를 통해 개발가능 적지 등 개발 · 이용방안을 제시하는 데 있다.

실태조사 결과, 조사대상 1,677개소 중에서 지하해수를 사용하고 있는 양식장은 62개소로 나타났고, 육상양식장 양식어가들의 약 80%가 지하해수 개발을 원하는 것으로 조사되었다. 따라서 육상양식장용 지하해수 개발은 매우 필요하며, 개발에 따른 효과 분석을 측정한 결과 전력비 및 유류비의 절감비교과는 총 양식경영비 중 약 3.4～9.74% 정도 감소할 것으로 분석되었다.

또한 미개발 양식장 중에서 약 5%만 개발하여 활용한다면 약 610억 원의 효과가 있는 것으로 추정되었고, 미개발양식장의 10% 개발 시 약 1,220억 원 정도의 효과가 있는 것으로 나타나 개발에 따른 긍정적인 효과가 있는 것으로 파악되었다.

동 연구에서의 효과분석은 지하해수 개발이 성공적으로 이루어진 양식장과 지하해수를 사용하지 않는 양식장의 규모별 양식어가의 수입과 비용의 비교를 통해 추정되었다. 본 연구의 한계로는 양식장에서 생산되는 품종과 종자생산과 성어생산의 구분이 분석에 고려되지 못하였다는 점과 지하해수 개발비용에 대한 기회비용적 측면이 미포함되었다는 점이다. 지하해수 개발에 따른 규모별 비교를 통해 양식장에서 지하해수를 사용할 경우 수입증가와 비용감소를 계량적으로 추정하여 지하해수 개발 관련 분야에 기초자료를 제공하였다는 점에서 의의를 가질 것으로 판단된다.

육상양식장용 지하해수 개발의 기본방향은 시 · 도지사가 요청한 후보지를 대상으로 요청사유, 우선순위의 적정성, 이미 조사된 지구와의 중복여부, 타사업 · 타법과의 저촉여부 등을 면밀히 검토하여 사업지구 선정한다. 우선순위는

Table 10. Estimation of the Effect Amount by Scenario

(unit : million won)

Classification	Content	Estimation Amount	
Scenario 1	Approximately 5% of Undeveloped Farm	Effect of Increased Production	36,343
		Effect of the Cost Reduction	24,700
		Total	61,043
Scenario 2	Approximately 10% of Undeveloped Farm	Effect of Increased Production	72,685
		Effect of the Cost Reduction	49,400
		Total	122,085

8) 2012년 전국단위 실태조사 결과, 1,667개소(가동 중인 양식장수)－32개소(지하해수 개발된 양식장수)＝1,635개소.

 http://dx.doi.org/10.12939/FBA.2015.46.1.063

육상양식(종묘) 생산시설 밀집지역(읍 · 면 단위별 직경 5km 이내 양식시설 최소 5개소 이상)[9] 중에서 선택하도록 되어 있다.

지금까지 분석한 결과를 토대로 동 사업과 관련된 정책대안을 제시하면 다음과 같다. 첫째, 지하해수 개발 시 적정수온이 필요하다. 예를 들면, 넙치는 일반적으로 육상양식장에서 양식하고 있는 어종으로 성장이 빠르고 먹이 효율이 높으며, 넙치 양성 시 성장 적정수온은 15～26°C이지만 성장과 생존율을 고려하면 21°C 전후가 적합한 것으로 조사되었다. 이와 같이 지하해수 개발을 통한 육상수조식 양식의 경우는 양식하는 어종의 적정생육 온도를 고려하여 개발을 하여야 한다. 지하해수 개발을 경험한 양식어업인들도 수온이 맞지 않아 개발을 포기한 사례가 있으므로 이러한 점은 지하해수 개발에서 매우 중요한 것으로 사료된다.

둘째는 지하해수 개발 시 해역별, 지역별 특성이 고려하여 추진될 필요가 있다. 전국 육상양식장의 분포는 전라남도 및 남해안 지역에 양식장이 편중해 있는 것으로 보아 우선순위 선정 시 지역에 따른 적지선정이 필요하다. 특히 경상남도 지역은 수조의 증발된 용수만 채워서 운영하는 지수식 양식법을 이용하는 곳이 많이 차지하고 있으므로 지하해수 개발 시 이러한 점들을 고려하여 지역분배가 필요할 것으로 판단된다.

셋째, 육상양식장 중에서 육상종묘장이 약 62%의 비율로 종묘양식을 운영하는 양식장이 많은 관계로 인하여 지하해수 개발 시 종묘양식장을 우선적으로 선정할 필요가 있다.

넷째 양식방법과 해수소요량이 고려되어야 한다. 양식방법과 물 순환 방식에 따라 지하해수 필요량 편차가 크다. 순환여과식은 전남과 충남, 지수식은 경기도, 경남과 전북, 유수식은 강원도, 경북과 부산에서 많이 하고 있으므로 이러한 특성이 반영되어야 한다. 더불어 육상양식장에서 필요로 하는 해수소요량 문제가 존재한다. 이는 양식장 1개소 기준으로 평균 물 순환 횟수는 7.6회이며, 평균 수조 부피는 1,782m^3, 해수 소요량 12,472m^{3}이기 때문에, 이러한 해수소요량을 고려하여 개발할 필요가 있다.

REFERENCES

Cha, C. P., Lee, K. N., and Kim, M. J. (2009), "A Study on a Legislation Plan for Introduction of Offshore Aquaculture Fisheries Regime," *Journal of Fisheries and Marine Science Education*, 21 (3), 335－346.

Cho, K. D., Lee, C. I., Kim, D. S. and Yang, Y. J. (2002), "Oceanographic Environment Characteristics in Waters Adjacent to Fish Farm on Land," *Journal of Environmental Science International*, 11 (4), 297－308.

Eh, Y. Y. (2012), "An Environmental Effect on Productivity of Flounder Culture Farms," *The Journal Fisheries Business Administration*, 42 (3), 79－93.

_____ (2014), "Productivity of Aquaculture Facility Utilization," *The Journal Fisheries Business Administration*, 45 (2), 85－94 .

Kang, S. K. (2013), "The Estimation and Economic Evaluation of Fisheries Benefit in Jeju Trial Sea Farm Project," *The Journal Fisheries Business Administration*, 44 (3), 29－46.

Kim, S. S., Kim, D. K., Son, P. W,, Lee, C. H. and Ha, D. S. (2003), "Temporal and Spatial Variations of water Quality of the Coastal Saline Groundwaters in Jeju Island," *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 16 (1), 15－23.

Korea Rural Community Cooperation (2011), Analysis on the Development and Usage of Underground Seawater for Inland Fish Farm.

9) 개발의 우선순위는 ① 적조 및 이상해류로 인한 양식어가의 피해가 빈발한 지역, ② 정부 정책 수행, 지자체별 육상 해수양식(종묘생산)과 관련하여 양식단지 및 연구 · 기술개발 등의 시설 조성 계획이 있거나 추진 중인 지역 등임.

Korea Rural Community Cooperation(2011), Inside Data.

Kwon, Y. D. (2011), "The Underground Seawater Investigating Business," *Rural and Environmental Engineering Journal*, 108, 113－122.

Jung, S. J. and Jin, S. D. (1997), "A Study on the Improvement of Profitability in the Marine Fish Culture Business," *The Journal Fisheries Business Administration*, 28 (2), 39－66.

Park, C. H. (2012), "The Study on the Comparative Analysis of the Aquaculture Production Efficiency Regarding Methods and Species," *The Journal Fisheries Business Administration*, 43 (2), 79－94.

 http://dx.doi.org/10.12939/FBA.2015.46.1.063