

Article

기후변화로 인한 수온상승이 굴양식 본양성 생산방식의
경제성에 미치는 영향분석

최종두¹ · 최영준^{2*}

¹고려사이버대학교 경영학부 경영학과
(110-800) 서울특별시 종로구 북촌로 106

²경희대학교 정경대학 무역학과
(130-701) 서울특별시 동대문구 경희대로 26

The Economic Feasibility Analysis of Grow out Phase Production of
Oyster Farming by Rising Water Temperature

Jong Du Choi^{1*} and Young Jun Choi²

¹Department of Business Administration, School of Business Administration, Cyber University of Korea
Seoul 110-800, Korea

²Department of International Business and Trade Administration, College of Politics and Economics
Kyung Hee University, Seoul 130-701, Korea

Abstract : This study analysed the economic feasibility per hectare of grow out phase production of Oyster farming by rising water temperature in Ocean. Elevated Water temperature by climate change had a bad influence for oyster production and economic feasibility. In the case of production units, the total output of oyster decreases from 213,840 to 205,594 units. Using cost-benefit analysis with discounting rates (5.5%), we estimated the net present value (NPV) and benefit cost ratio (BCR) until 2100 years. The model results showed that the NPV without water temperature rise was 1,565,619,893 won and the NPV with water temperature rise was 1,540,493,059 won. Also, BCR estimated that the former was 2.095 better than the latter was 2.077. To summarise, the economic effect per hectare of water temperature rise in ocean did the damage to the economic loss about 25,126,834 won.

Key words : climate change, water temperature rise, net present value (NPV), benefit cost ratio (BCR), grow out phase production

1. 서 론

세계적으로 기후변화와 관련된 환경문제에 능동적으로 대응하기 위하여 구성된 '정부간 기후변화 협의체 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)'의

4차 보고서(2007)와 5차 보고서(2013)에 의하면 산업혁명 이후 현대에 이르는 동안 온실기체배출증가로 인하여 지구 온난화가 가속화되고 있는 것으로 나타나고 있다.

IPCC 5차 보고서에서는 21세기 말에 지구의 기온은 3.7°C 증가하고 해수면은 63 cm 상승할 것이라고 전망하고 있으며, 지구 온난화가 인간의 활동에 원인일 가능성이 95% 이상이라고 제시하였다. 한국의 경우도 현재 온실

*Corresponding author. E-mail : yjchoi@khu.ac.kr

가스 배출 추세가 전세계적으로 유지된다는 가정 하에 2050년까지 기온은 3.2°C 상승하고 해수면은 27 cm 높아질 것으로 전망된다.

강 등 (2012)은 현재 기후변화는 강화되고 있으며, 해양 생물군집조성과 생태계 기능을 변화시켜 생물다양성 보전과 어업에 피해를 미친다고 하였다. 특히, 기후변화로 인한 해양수온상승은 일차생산량 변화를 유도하고 해양생태계 먹이망(food web)에 영향을 주고 있다(Brown et al. 2010). 국내 해역에서도 지구 온난화에 따른 해수온 상승과 열대의래생물종 유입이 심각하게 진행되고 있음이 확인되고 있다(주와 김 2012).

기후변화는 해양의 수온상승을 유도하고 식물플랑크톤과 같은 일차생산량에 변화를 주어 먹이망 구성의 상위 포식자들의 자원량(biomass)의 증감에도 관련되어 있으며, 궁극적으로 어로행위를 통하여 수익을 창출하는 수산업의 경제성에도 영향을 미치게 된다.

수산업 중에서도 갯벌참굴(수평망식)의 양식업은 종패에서부터 양성기간을 거쳐 최종 생산품에 이르기까지 양식 환경 요인과 생물적인 여러 가지 요인이 생산량의 변화에 영향을 미칠 수 있다. 구체적으로 천해양식의 형태로 생산되는 굴은 해양의 영양성분과 해양환경상태에 따라서 생산량이 변동하는 데, 일반적으로 가뭄, 이상 수온, 장마, 태풍 해적생물 등의 자연 및 환경적 요인의 변화가 굴 작황 및 생산량에 영향을 줄 수 있다(한국농촌경제연구원 1988).

국내 갯벌참굴 양식산업은 2007년 12월 허베이스피리트(Hebei Spirit)호의 갯벌 기름유출 피해에 따른 어장복원 및 고부가가치 청정갯벌의 친환경적 활용을 통한 어장회복과 어업인 소득향상을 위하여 충남 태안군 이원지구에 2011년부터 실시되었다. 특히, 수평망식으로 생산되는 갯벌 참굴의 부가가치는 연승수하식으로 생산되는 굴에 비하여 가격이 약 8~10배 가량 높아 고부가가치 양식산업의 가능성이 내재되어 있다(한국수산증양식기술회사협회 2012).

본 연구의 목적은 기후변화로 인하여 발생하는 수온상승으로 인한 갯벌 참굴 양식산업의 일차생산량의 변화가 경제성에 미치는 영향을 추정하고자 한다. 구체적인 분석을 위하여 갯벌 참굴 수평망식 양식산업의 본양성(Grow-out) 생산방식에 투입된 경제적 자료와 생물학적 자료를 바탕으로 분석하였다. 논문의 구성은 경제성을 추정하기 위한 이론적 검토 후, 실증모형수립과 자료를 이용한 실증 분석을 실시하였으며, 분석결과를 정리하였다.

2. 분석모형

갯벌어장의 양식 산업은 어장환경을 개선시키고 나아가

해양연안 생태계의 회복을 유도할 수 있다. 이는 공공사업의 사용가치로 볼 수 있으며, 관련 사업에 대한 비용·편익 분석(Cost-Benefit Analysis)을 통하여 경제성을 판단할 수 있다.

일반적으로 경제성 평가를 위해 화폐의 시간가치를 고려한 순현재가(Net Present Value, NPV)와 편익비용비율(Benefit and Cost Ratio, BCR)을 이용하여 분석할 수 있다(강 2013; 최 2013).

순현재가(NPV)는 현금유입(CI)의 현재가와 현금유출(CO)의 현재가의 차이를 의미하며, 다음 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CI_t}{(1+R)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{CO_t}{(1+R)^t} \quad (1)$$

위 식에서 R 은 할인율 또는 자본의 기회비용을 의미하며, n 은 투자안의 내용년수를 뜻한다.

편익비용비율(BCR)은 투자로 인하여 발생하는 현금유입의 현재가를 현금유출의 현재가로 나눈 값으로 수익성지수라고도 불리우며, 편익비용은 투자안의 경제적 공헌을 금액으로 나타내는 순현재가와 달리 투자규모가 다른 투자안의 상대적 투자효율성을 나타낸다. 편익비용비율은 식 (2)와 같이 계산한다.

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CI_t}{(1+R)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{CO_t}{(1+R)^t}} \quad (2)$$

3. 분석자료

분석자료의 구성

분석에 필요한 생물학적 자료는 (사)한국수산증양식기술회사에서 충남 태안군 이원지구에서 실시한 내용을 이용하였다. 갯벌 참굴의 양성기간 동안 입식종패의 크기와 입식밀도에 따른 최종생산량을 추정하기 위해서 2회에 걸쳐 입식종패를 무작위 선정하여 분석하였다. 구체적으로 1 ha 기준 양성망당 입식마리수와 총중량, 각고, 각장, 각폭, 육중량, 비만도, 상품율, 상품 등의 등급(기형패), 폐사 개체 등을 입식 후 약 6~7개월이 경과된 상품 크기를 기준으로 하였다.

분석에 이용된 갯벌 참굴 수평망식 양식은 1 ha에 양성망(규격: 50 cm(폭) × 107 cm(길이))이 약 3,240망이 기준이 되었다. 또한, 각고 1~3 cm 미만의 종묘를 1 ha에 망당 165개체씩 총 534,600개체(=3,240망 × 165개체)를 최초 입식하여, 13개월 동안 양성하면 320,760개체(60%)를 생

Table 1. Revenue of grow-out production

Type	Components
Spat	534,600 unit
Output	320,760 unit
Sales volume	213,840 unit
Sales unit price	700 won
Sales value	149,688,000 won

source : Korea fishery aquaculture engineers association, 2012

Table 2. Cost of grow-out production

Type	Components (unit : 1,000 won)
Labor	21,700
Spat	32,076
Material	1,950
Rent	2,250
Management	3,900
Sale charge	4,490
Sum	66,366

Table 3. Output estimation by rising water temperature

No	Year	Output	No	Year	Output	No	Year	Output
1	2012	213,840	31	2042	211,029	61	2072	208,218
2	2013	213,746	32	2043	210,935	62	2073	208,124
3	2014	213,653	33	2044	210,841	63	2074	208,030
4	2015	213,559	34	2045	210,748	64	2075	207,937
5	2016	213,465	35	2046	210,654	65	2076	207,843
6	2017	213,371	36	2047	210,560	66	2077	207,749
7	2018	213,278	37	2048	210,467	67	2078	207,655
8	2019	213,184	38	2049	210,373	68	2079	207,562
9	2020	213,090	39	2050	210,279	69	2080	207,468
10	2021	212,997	40	2051	210,185	70	2081	207,374
11	2022	212,903	41	2052	210,092	71	2082	207,281
12	2023	212,809	42	2053	209,998	72	2083	207,187
13	2024	212,716	43	2054	209,904	73	2084	207,093
14	2025	212,622	44	2055	209,811	74	2085	207,000
15	2026	212,528	45	2056	209,717	75	2086	206,906
16	2027	212,434	46	2057	209,623	76	2087	206,812
17	2028	212,341	47	2058	209,530	77	2088	206,718
18	2029	212,247	48	2059	209,436	78	2089	206,625
19	2030	212,153	49	2060	209,342	79	2090	206,531
20	2031	212,060	50	2061	209,248	80	2091	206,437
21	2032	211,966	51	2062	209,155	81	2092	206,344
22	2033	211,872	52	2063	209,061	82	2093	206,250
23	2034	211,778	53	2064	208,967	83	2094	206,156
24	2035	211,685	54	2065	208,874	84	2095	206,062
25	2036	211,591	55	2066	208,780	85	2096	205,969
26	2037	211,497	56	2067	208,686	86	2097	205,875
27	2038	211,404	57	2068	208,593	87	2098	205,781
28	2039	211,310	58	2069	208,499	88	2099	205,688
29	2040	211,216	59	2070	208,405	89	2100	205,594
30	2041	211,123	60	2071	208,311			

산하고 이 중 상품가치가 있는 생산량은 213,840개체 (40%)가 되었다.

어업수익은 갯벌 참굴 수평망식 양식 시설설치로 인한 어업생산량에 따라 발생하며, 어업생산량(수확물량)에 평균어가를 곱하여 계산하였다. 갯벌 참굴의 성패 판매가격은 중량별 가격기준으로 700원으로 산정하였다(한국수산증양식기술사협회 2012). 수익상황을 살펴보면, 1 ha당 약 1억 4,969만원으로 분석되었다(Table 1).

갯벌 참굴을 생산하기 위한 수평망식 본양성에 지출되는 비용은 ‘어업비용’과 양식장 시설 설치에 따른 ‘양식시설비용’으로 구분해 볼 수 있다. 1 ha당 양식시설비용은 양식장 생산시설 설치에 소요되는 비용으로 201,999,960 원이며, 15년간 유지된다고 가정하였다. 어업비용은 종묘 구입비, 인건비, 기타 비용(소모성자재, 임차료, 관리운영비, 판매수수료) 등으로 구성되었다. 1 ha당 어업비용은 66,366천원으로 분석되었다(Table 2).

어업이익은 어업수익에서 어업비용, 시설투자비 등을

차감하여 분석하지만, 경제성분석 부분에서 시설투자비 전체에 대한 분석이 이루어지므로 이익분석에서는 어업비용만을 고려한 경우의 편익을 추정하였다. 분석결과 1ha를 기준으로 한 수평망식 본 양식 양식장에서 생산되는 갯벌참굴의 어업이익은 8,332만원으로 나타났다.

기후변화와 생산량변화

기후변화와 어업생산성의 상관관계에 대해 살펴보면 기후변화로 인한 수온상승이 해양생태계의 먹이망에 영향을 미치며(Brown et al. 2010), 국내 수산업에서도 기후 및 해양 요인들(특히 햇빛, 수온, 강우량 등)이 김양식업의 생산량에 영향을 미치는 중요한 요인이라고 분석하였다(김 2013). 특히, 강 등 (2012)은 영양흐름모형(EwE model)을 통하여 수온상승이 어자원의 일차생산량 감소에 영향을 미친다는 것을 분석하였다.

기후변화로 인한 수온상승에 따른 일차생산량의 변화는 이매패류(bivalvia)의 경우 IPCC가 제출한 특별보고서의 A1B안을 기준으로 추정할 경우 2020년 대비 2100년에 약 3.9% 생체량 감소를 보였다(강 등 2012). 해당 연구결과를 적용할 경우, 2100년의 갯벌 참굴의 생산량은 약 205,594개체(생체량 감소 3.9% 적용)로 분석되는데, 수온상승으로 인한 이매패류의 일차생산량의 변화가 2012년부터 점진적으로 발생한다는 가정하에 추정하였다(Table 3). 추정된 연도별 생산량(일차생산량) 변화는 비용·편익 분석에 반영되어 경제성 분석에 이용되었다.

4. 분석결과

경제성분석 가정

갯벌 참굴의 수평망식 본양식 양식시설에 대한 경제적 타당성을 분석하기 위하여 기본 가정이 필요하다. 본 연구에서는 양식장 시설의 기본 규격은 양성망의 경우 ‘50 cm(폭) × 107 cm(길이)’이며, 1ha당 3,240망이 사용되며, 1망 당 165개체가 입식이 된다(Table 3).

또한, 경제성분석을 위하여 편익과 어업비용, 시설투자비 등이 분석에 이용되었으며, 분석기간은 IPCC A1B안

을 토대로 수평망식 양식장 설치 후 89년 후인 2100년까지를 기준으로 정하였다. 할인율은 5.5%로 한국개발연구원(KDI)에서 공공투자사업의 경제성 분석에 주로 이용되는 값을 적용하였다.

구체적인 경제성 분석은 갯벌 참굴의 어업이익(= 어업수익 - 어업비용)을 이용하여 수평망식 양식장 설치 후 15년마다 교체하는 것으로 가정하여 항목별 현재가치와 누계를 분석한 후, 시설투자비와 관련 비용을 적용하여 결과를 도출하였다.

상품으로 출하되는 성패가격(어가)은 2011~12년 기준 평균가격을 이용하였다. 2013년부터는 실질가격상승률을 적용하여 편익을 추정하였으며, 인건비는 실질인건비증감률을 적용하여 분석하였다. 실질가격상승률은 “(1 + 가격상승률) ÷ (1 + 생산자물가증감률) - 1”로 계산하여 분석하였으며, 가격상승률은 5%(한국은행 농림수산물 생산자물가지수, 2011년 1월~2012년 11월 평균), 생산자물가증감률은 4.4%(2011년 기준), 인건비는 어업경영조사보고(수협)의 추이를 이용하였는데, 실질인건비 증감율은 4.8%를 사용하였으며, 실질기타비용 증감율은 실질 인건비 증감율과 동일한 비율로 적용하였다.

분석결과

기후변화로 인한 수온상승의 영향을 반영하지 않은 경우와 반영한 경우에 대해서 할인율 5.5%를 적용하여 2100년까지 분석하였다. 먼저 수온상승을 감안하지 않은 경우의 순현재가(NPV) 누계는 1ha 당 약 15억 6,562만원으로 나타났으며, 수온상승을 감안한 경우에는 순현재가(NPV) 누계가 1ha 당 약 15억 4,049만원이 도출되어 모두 경제성이 있는 것으로 분석되었다(Table 5, 6).

편익비용비율(BCR)은 기후변화로 인한 수온상승의 영향을 반영하지 않은 경우에는 2.095로 나타났으며, 수온상승의 영향을 반영한 경우에는 2.077로 분석되어 모두 경제성이 있는 것으로 나타났다(Table 7).

특히, 수온상승을 반영할 때와 반영하지 않을 때의 순현재가치 차액이 1ha당 약 2,513만원이 발생하였다. 이러한 결과는 기후변화로 인한 수온상승이 해당 산업에 미치는 경제적 손실을 의미한다.

5. 결 론

본 연구는 기후변화로 인한 수온상승이 수산업에 미치는 영향을 분석하기 위하여 갯벌 참굴 수평망식 본양식 생산방식을 선정하고 이에 대해 경제성 분석을 실시하였다. 실증연구결과를 도출하기 위하여 비용·편익분석(Cost-Benefit Analysis)을 이용하였으며, 구체적으로 순현재가치(NPV), 편익·비용비율(BCR) 기법들이 사용되었다.

Table 4. Assumptions of economic feasibility for grow-out production

Type	Components
Scale	total 3,240 nets (165 units per net), 1 net = 50 cm (width) × 107 cm (length)
Early equipment cost	201,999,960 won
Period	89 years
Discount rate	5.5%
Analysis method	NPV, BCR, IRR

Table 5. Results of the NPV analysis without water temperature rise

Year	Revenue (a)	Cost (b)	Profit (c = a - b)	NPV (won)	Aggregated NPV (won)
2012	149,688,000	66,366,000	83,322,000	78,978,199	78,978,199
2013	150,548,276	66,615,784	83,932,492	75,409,350	154,387,549
2014	151,413,496	66,866,752	84,546,744	72,001,162	226,388,712
2015	152,283,688	67,118,911	85,164,778	68,746,435	295,135,146
2016	153,158,882	67,372,266	85,786,616	65,638,287	360,773,433
2017	154,039,105	67,626,826	86,412,280	62,670,146	423,443,579
2018	154,924,388	67,882,595	87,041,793	59,835,732	483,279,311
2019	155,814,758	68,139,580	87,675,178	57,129,047	540,408,358
2020	156,710,245	68,397,788	88,312,456	54,544,357	594,952,715
2021	157,610,878	68,657,226	88,953,652	52,076,188	647,028,903
2022	158,516,688	68,917,899	89,598,789	49,719,309	696,748,212
2023	159,427,703	69,179,816	90,247,888	47,468,721	744,216,933
2024	160,343,955	69,442,981	90,900,974	45,319,651	789,536,585
2025	161,265,472	69,707,402	91,558,069	43,267,539	832,804,123
2026	162,192,285	69,973,086	92,219,198	41,308,027	874,112,150
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2095	240,855,972	91,781,163	149,074,809	1,660,342	1,558,389,567
2096	242,240,202	92,154,442	150,085,759	1,584,457	1,559,974,024
2097	243,632,387	92,529,573	151,102,814	1,512,032	1,561,486,056
2098	245,032,573	92,906,564	152,126,009	1,442,911	1,562,928,967
2099	246,440,806	93,285,427	153,155,379	1,376,943	1,564,305,909
2100	247,857,133	93,666,171	154,190,962	1,313,984	1,565,619,893

Table 6. Results of the NPV analysis with water temperature rise

Year	Revenue (a)	Cost (b)	Profit (c = a - b)	NPV (won)	Aggregated NPV (won)
2012	149,688,000	66,366,000	83,322,000	78,978,199	78,978,199
2013	150,482,305	66,615,784	83,866,522	75,350,079	154,328,278
2014	151,280,796	66,866,752	84,414,045	71,888,154	226,216,432
2015	152,083,495	67,118,911	84,964,585	68,584,835	294,801,267
2016	152,890,424	67,372,266	85,518,157	65,432,880	360,234,147
2017	153,701,604	67,626,826	86,074,778	62,425,374	422,659,521
2018	154,517,058	67,882,595	86,634,464	59,555,719	482,215,241
2019	155,336,809	68,139,580	87,197,229	56,817,616	539,032,856
2020	156,160,879	68,397,788	87,763,090	54,205,053	593,237,909
2021	156,989,289	68,657,226	88,332,063	51,712,291	644,950,200
2022	157,822,064	68,917,899	88,904,165	49,333,855	694,284,055
2023	158,659,226	69,179,816	89,479,410	47,064,516	741,348,571
2024	159,500,798	69,442,981	90,057,817	44,899,286	786,247,857
2025	160,346,802	69,707,402	90,639,400	42,833,404	829,081,261
2026	161,197,262	69,973,086	91,224,176	40,862,323	869,943,584
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2095	232,095,851	91,781,163	140,314,688	1,562,775	1,533,701,175
2096	233,323,585	92,154,442	141,169,142	1,490,324	1,535,191,499
2097	234,557,765	92,529,573	142,028,192	1,421,226	1,536,612,725
2098	235,798,424	92,906,564	142,891,860	1,355,325	1,537,968,050
2099	237,045,597	93,285,427	143,760,170	1,292,475	1,539,260,525
2100	238,299,316	93,666,171	144,633,145	1,232,534	1,540,493,059

Table 7. Results of the economic feasibility analysis per hectare

Item	NPV (won)	BCR
Without water temperature rises	1,565,619,893	2.095
With water temperature rises	1,540,493,059	2.077
Economic effect of water temperature rises (economic loss)	25,126,834	

분석에 이용된 생산면적은 1 ha 기준이며, 분석결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 기후변화에 의한 수온상승으로 인한 일차생산량의 변화와 관련되어 이매패류(bivalvia)인 갯벌 참굴의 생산량은 2100년 약 205,594개체로 분석되었다.

둘째, 할인을 5.5%를 적용하여 2100년까지 분석한 결과, 수온상승을 감안하지 않은 경우의 순현재가(NPV) 누계는 1 ha 당 약 15억 6,562만원으로 나타났으며, 수온상승을 감안한 경우에는 순현재가(NPV) 누계가 1 ha 당 약 15억 4,049만원이 도출되어 모두 경제성이 있는 것으로 분석되었다.

셋째, 편익비용비율(BCR)로 분석한 결과를 살펴보면, 기후변화로 인한 수온상승의 영향을 반영하지 않은 경우에는 2.095로 나타났으며, 수온상승의 영향을 반영한 경우에는 2.077로 분석되어 모두 경제성이 있는 것으로 나타났다.

요약하자면, 수온상승을 반영할 때와 반영하지 않을 때의 순현재가치 차액이 1 ha당 약 2,513만원이 발생하였는데, 이는 기후변화로 인한 수온상승이 그렇지 않은 경우에 비해 해당 산업에 경제적 손실을 미친다는 것을 뜻한다. 따라서, 기후변화로 인한 수온상승은 양식산업에도 직접적인 영향을 미친다는 것을 확인할 수 있으며, 기후변화에 대한 다양한 대응책이 필요할 것으로 사료된다.

또한, 본 연구의 결과는 주어진 자료들을 토대로 분석되었으며, 분석에 이용된 자료나 수온상승의 변화 등으로 인한 환경변화가 발생할 경우에는 결과에도 영향을 미치게 됨을 밝혀둔다.

사 사

본 논문은 2013년도 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원(NRF-2013S1A5B6043772)을 받아 수행된 연구입니다. 논문의 완성도를 위해 귀중한 의견을 주신 심사위원들과 논문게재과정에서 도움을 주신 편집위원회에 감사드립니다.

참고문헌

강석규 (2013) 제주시범바다목장사업의 어업편익 추정과 경제성 평가. 수산경영론집 44(3):29-46

강윤호, 주세종, 박영규 (2012) 기후변화로 인한 신지도 근해 해양먹이망 변동예측. Ocean and Polar Res 34(2):239-251

김도훈 (2013) 기후 및 해양 요인과 김 생산량과의 관계에 관한 연구. 수산경영론집 44(3):77-84

송영출 (2002) 재무분석. 신영사, 서울, 485 p

오호성 (2002) 환경경제학. 법문사, 서울, 517 p

장창익, 윤상철 (2003) 남서부 동해에서 1970년대의 기후체제 전환이 생태계의 구조에 미친 영향. 한국수산과학회지 36(4):389-401

주세종, 김세주 (2012) 기후변화가 남해 해양생태계에 미치는 영향평가. Ocean and Polar Res 34(2):197-199

최종두 (2013) 태안시범바다목장해역내 인공어초사업의 경제적 효과에 대한 연구. 수산경영론집 44(3):103-109

한국농촌경제연구원 (1988) 수산재해에 따른 양식공제시험사업 설계: 굴 수하식양식을 중심으로. 한국농촌경제연구원, 연구보고 176, 125 p

Anderson LG (1975) Optimum economic yield on an internationally utilized common property resource. Fish B-Noaa 73:51-56

Brown CJ, Fulton EA, Hobday AJ, Matear RJ, Possingham HP, Bulman C, Christensen V (2010) Effects of climate driven primary production change on marine food webs: Implications for fisheries and conservation. Glob Change Biol 16:1194-1212

Chapman D (2000) Environmental Economics. Addison-Wesley Longman, Boston, 415 p

Clark CW (1985) Bioeconomic modeling and fisheries management. Wiley-Interscience Publication, Hoboken, NJ, 35 p

Conrad J (2010) Resource Economics. Cambridge University Press, 213 p

IPCC (2007) Climate Change 2007: Synthesis Report. In: Pachauri RK, Reisinger A (Eds) Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Geneva, Switzerland

IPCC (2013) Climate Change 2013: The Physical Science Basis. In: Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Geneva, Switzerland

Silberberg E (1990) The structure of economics: a mathematical

analysis, McGraw-Hill, 669 p

Walters C, Christensen V, Pauly D (1997) Structuring dynamics models of exploited ecosystems from trophic mass-balance assessments. *Rev Fish Biol Fish* 7:139-172

국문 참고자료의 영어 표기

English translation / Romanization of references originally written in Korean

Choi JD (2013) A study on the economic effectiveness of the artificial fish reef project in the Tae-an marine ranching. *J Fish Business Admin* 44(3):103-109 (in Korean)

Jang CI, Youn SC (2003) The effect of 1970's climate change on ecosystem in the southwest of East Sea. *Korean J Fish Aquat Sci* 36(4):389-401 (in Korean)

Ju SJ, Kim SJ (2012) Assessment of the impact of climate change on marine ecosystem in the South Sea of Korea. *Ocean and Polar Res* 34(2):197-199 (in Korean)

Kang YH, Ju SJ, Park YG (2013) Predicting impacts of

climate change on Sinjido Marine Food Web. *Ocean and Polar Res* 34(2):239-251 (in Korean)

Kang SK (2013) The estimation and economic evaluation of fisheries benefit in Jeju Trial Sea Farm Project. *J Fish Business Admin* 44(3):29-46 (in Korean)

Kim DH (2013) The relationship between climate and oceanographic factors and laver aquaculture production. *J Fish Business Admin* 44(3):77-84 (in Korean)

KREI (1988) Plan of Aquaculture Cooperative Project by Fishery Disaster. Korea Rural Economic Institute, KREI Research Report 176, 125 p (in Korean)

Oh HS (2002) Environmental Economics. Bob-mun-sa, Seoul, 517 p (in Korean)

Song YC (2002) Financial Analysis. Sin-young-sa, Seoul, 485 p (in Korean)

Received Apr. 28, 2014

Revised May 30, 2014

Accepted Jun 13, 2014