

Article

협조적 게임이론을 이용한 국가 간 수산자원관리에 관한 연구

최종두¹ · 조정희^{2*}¹한국디지털대학교 디지털경영학과

(110-800) 서울시 종로구 계동 1-21

²한국해양수산개발원 수산·어촌연구본부

(121-270) 서울시 마포구 상암동 1652

A Study on the Management of International Fishery Resources
using Cooperative Game TheoryJong Du Choi¹ and Jung-Hee Cho^{2*}¹Digital Business Administration

Korea Digital University, Seoul 110-800, Korea

²Fisheries and Fishing Community Research Department, KMI

Seoul 121-270, Korea

Abstract : This study demonstrates that cooperative management can provide more benefits than non-cooperative management for Korea and Japan fishery. We have studied one management strategy, namely, fishing under joint maximization of net benefits in coastal waters of two countries, using a cooperative game theory. The present net return under non-cooperation amounts to 420,255 million won. However, if two countries cooperate one with another, this figure can get to 2,636,565 million won. We consider this to be an important conclusion as close management relationships have developed between the two countries since the establishment of the EEZ in 1996. The results of the study can also help balance resource conservation and the appropriate catch quota in each country.

Key words : joint maximization, cooperative game theory, present value of net benefit

1. 서 론

국제사회에서 특정 자원을 사이에 두고 국가 간 이해관계가 다양한 형태로 나타나는 것을 볼 수 있다. 특히, 경계왕래성(transboundary) 수산자원과 관련된 이해당사국들 사이의 관계를 살펴보면, 해당 수산자원을 어획하는 한 국가의 행동이 다른 국가들의 어업 기회에 영향을 미치게 됨으로써 각국에 서로 다른 이익의 차이를 발생시키는 상황을 접하는 경우가 있다. 따라서 경계왕래성 수산자원을 효

율적으로 이용하기 위한 당사국들의 전략적 대안들이 요구되며, 이러한 문제들은 게임이론에 의하여 그 해결책을 도출해 볼 수 있다.

게임 이론은 각 이해 상충의 상황에 적합한 모형을 개발하게 되는 데, 이 모형의 구분은 해당 관련인의 숫자에 따라 1인 게임, 2인 게임, n인 게임(3인 이상 게임)으로 분류된다. 이 과정에서 각 게임은 해법을 도출하는 데 있어 서로 협상이 가능한 협조적 게임(cooperative game)과 협상이 불가능한 비협조적 게임(non-cooperative game)이 발생하게 된다. 또한 게임이 끝난 후 경기자들이 받게 되는 보수의 합계에 따라 영합게임(zero sum

*Corresponding author. E-mail : jcho5901@kmi.re.kr

game)¹⁾과 비영합게임(non-zero sum game)²⁾으로 구별해 볼 수 있다.

Mirman(1979)과 Levhari and Mirman(1980) 등은 공유어장을 둘러싼 두 국가 사이의 어획 문제를 로그효용함수(logarithmic utility)와 지수성장함수(exponential growth function)를 이용하여 비협조균형(non-cooperative equilibrium)이 협조적인 경우의 해법보다도 작은 정상상태(steady-state)의 수산자원을 산출함을 보여주었다. Benhabib and Radner(1992)는 유인전략들을 자원어획모델에 접목시켰으며, Dutta and Sundaram (1993)은 보다 일반화된 함수 형태들을 이용하여 동태적인 공유 재산권 게임의 특징들을 보여주었다. Fisher and Mirman (1992, 1996)은 다른 두 종류의 어종들 사이의 상호 작용에 관해 연구하였으며, McKelvey *et al.*(2003)는 시뮬레이션 방법을 이용하여 자원량 정보의 구조가 전략적 어획에 미치는 영향들을 보여주었다. 이상 일련의 선행 연구들이 보여주는 공통적인 결론은 협조적 관계에서의 균형이 비협조적 관계에서의 균형보다 더 많은 이득을 각 국가에게 제공한다는 것이다.

한반도를 둘러싼 한국과 일본 두 국가 사이에 존재하는 경계왕래성 어종에 대한 지속가능한 어업을 위한 자원관리문제도 이러한 게임 이론을 이용하여 해결책에 접근해 볼 수 있다. 본 연구에서는 양국 간 경계왕래성 어종 중 고등어 자원을 둘러싼 두 국가 사이의 공동 자원관리 문제를 해결할 수 있는 이론적 접근과 응용방법을 도출해 보고자 한다. 즉, 한·일 양국 간의 분석을 통하여 고등어 자원관리를 보다 효율적으로 운영함으로써 각국의 이익 증대를 효과적으로 달성할 수 있는 정책 방안을 제안하는데 목적이 있다.

2. 이론적 접근과 분석모형

게임 이론을 실질적으로 한국과 일본 간의 공동 자원관리와 접목시켜 보기 위해서는 수산 자원에 대한 이해와 게임 이론의 적용 가능성을 살펴 보아야 한다. 다양한 분석 방법 중 본 연구에서는 협조적 게임을 이용하여 한·일 양국 간의 효율적인 공동 자원관리를 도출할 수 있는 이론적 근거와 해결책을 제시한다. 이론적 접근을 위하여 소유권이 한 사람에게 국한(sole owner)되어 있는 모델을 먼저 살펴본 다음, 결합소유권(joint owner)을 지니고 있는 경우로 확대시켜 분석하고자 한다.

독점 어획권과 결합어획권

어획한 어종을 시장에 판매한다고 가정하자. 생산 함수는 투입물인 생산 요소와 그 결과로 만들어진 생산물량 간의 투입-산출 관계를 말한다. 어획(생산)을 하기 위해 필요한 생산 요소는 자본과 노동으로 구분해 볼 수 있는데, 구체적으로는 선박, 그물, 기타 어구 등은 자본이 되며, 선박에 승선하는 선원은 노동이 된다. 일반적으로 자본과 노동의 생산 요소를 통틀어 어획 노력(fishing effort)이라 하며, 어획 노력의 단위는 어선의 척수, 톤수 또는 마력 수, 선원 1인당 어로일 수, 어선 척당 출어 일수 등으로 나타낼 수 있다(Anderson 1986). 어획량(생산량)은 어획 노력 이외에도 해당 수산 자원의 어군(stock)의 크기에 의해서도 영향을 받는 데, 동일한 양의 어획 노력을 투입해도 어군의 크기가 클수록 많은 양을 어획할 수 있다.

' t ' 시점에서의 어군을 ' X_t '라 하고, 어군의 자연성장함수를 ' $F(X_t)$ '라고 하면, 어군과 어군의 성장 사이에는 다음과 같은 관계가 존재한다.

$$F(X_t) = rX_t \left(1 - \frac{X_t}{K}\right) \quad (1)$$

위 식에서 ' K '는 해당 수산자원 스톡의 크기가 최대로 될 수 있는 수용능력(carrying capacity)의 한계점에서의 최대 자원량을 뜻하며, ' r '은 자원량 X_t 가 '0'에 가까울 때의 고유 성장률(intrinsic growth rate)을 의미한다. 어군은 시간이 지남에 따라 변화되므로 다음과 같이 표현할 수 있다(Schaefer 1954).

$$\frac{dX}{dt} = F(X_t) - H_t \quad (2)$$

위 식에서 ' H_t '는 특정 수산자원의 어획생산함수(어획함수)로 다음과 같이 표현할 수 있다(Clark 1976).

$$H_t = qE_t X_t \quad (3)$$

즉, t 기간 동안의 어획량(H_t)은 같은 기간의 어획 노력(E_t)과 어군 즉, 자원 스톡의 크기(X_t)와 자원의 밀도를 의미하는 어획능력계수(q)에 달려 있다는 것이다.

목적 함수를 수산물 순수소득의 현재가치라고 가정하면 다음과 같이 표현할 수 있다(Munro 1979).

$$PV_i = \pi_i = \int_0^{\infty} e^{-\delta t} \alpha [P_i - C_i(X)] h(t) dt, \quad i = A, B \quad (4)$$

일반적으로 의사 결정문제는 생물학적 제약 조건인 식

¹⁾영합(zero sum)이란 합이 제로라는 의미로 플러스(+)가 마이너스(-)를 상쇄함으로써 '0'이 되는 현상으로 누군가 얻는 양만큼 반드시 누군가는 그만큼 잃게 된다는 의미이다.

²⁾비영합(non-zero sum)이란 제삼자가 이득의 일부를 가져가거나 손실의 일부를 부담하기 때문에 승자의 이득(gain)이 패자의 손실(loss)과 일치하지 않는다는 의미로 타협의 여지가 있는 상황을 말한다.

(2)와 조건 ' $0 \leq H_t \leq H_{max}$ ' 및 조건 ' $X_t \geq 0$ '을 만족시키는 범위 내에서 현재 가치를 극대화하는 것이다. 파라메타 ' α '는 각국 간의 어획할당량을 의미하며, ' δ '는 사회적 할인율을 뜻하고, P는 톤당 수산물가격, H_{max} 는 최대 어획가능량, $C(X)$ 는 어획 비용을 가리킨다. 식 (3)의 Schaefer 어획 함수를 이용하고, 어획 노력당 비용인 c 가 일정하다고 가정하면, 어획 비용은 다음과 같이 표현할 수 있다:

$$C(X) = \frac{c}{qX} \tag{5}$$

생물경제학적(bioeconomic) 균형상태를 분석해 보면, 최적균형 어군인 X^* 와 최적균형 어획물인 H^* 를 결정할 수 있으며, X^* 는 다음과 같이 도출된다. 즉,

$$F'(X^*) - [C'(X^*)(X^*) / (P - C(X^*))] = \delta \tag{6}$$

식 (6)은 최적 어군수준이라는 것은 자원의 자체 이자율과 사회적 할인율이 동일해야 한다는 의미를 보여주고 있다. 즉, 균형어획정책은 다음과 같이 표현할 수 있는 것이다.

$$H_t^* = F(X^*) \tag{7}$$

위 방정식은 수산자원 한 단위를 더 어획해서 얻는 총수입의 증가가 이로 인해서 감소되는 스톡 기회비용의 현재 가치와 같게 될 때까지 어획하고 그 어획량을 지속적으로 유지할 수 있는 스톡 수준을 유지할 때 t 시점에서의 수산 자원은 최적 이용된다는 의미로도 해석할 수 있다.

또한, 최초의 시점에서 자원 스톡의 크기가 최적 이 아닌 상태에 있을 때 어떻게 하는 것이 자원의 최적 이용인가를 살펴볼 필요가 있다. 만약 최초의 시점 '0'에서의 어군을 X_0 라고 한다면 식 (8)과 같은 뱅뱅 현상(bang-bang)이 발생하게 된다.

$$\begin{aligned} H_t^* &= H_{max} & \text{when } X_t > X^* \\ H_t^* &= 0 & \text{when } X_t < X^* \end{aligned} \tag{8}$$

즉, 자원스톡(X_0)의 크기가 최적 스톡수준(X^*)보다 크다면, 가능한 어획량을 극대화하여 빨리 최적 스톡인 X^* 에 이르도록 스톡의 크기를 줄이도록 해야 한다. 반면, 최초의 시점에서 자원스톡의 크기가 최적 스톡수준보다 작다면, 어획을 중지하여야 한다. 어획을 금지하여 빠른 시일 내에 스톡의 크기가 적정수준인 X^* 에 도달하도록 한 다음 최적 스톡사이즈인 X^* 가 지속적으로 재생산해 낼 수 있는 성장률($F(X^*)$)과 같은 수준의 어획량(H^*)을 어획하는 것이 자원을 최적으로 이용하는 방법이 될 것이다.

두 국가가 함께 자원을 소유하고 있는 경우(결합어획권)는 각국이 서로 협조하여 문제를 해결하는 방법이 있다. 협조를 통한 해결 방안은 각국의 관리 전략과 어획 할

당량에 관련한 일련의 협상으로 이루어진다. A 국가의 어획 할당량을 ' α '라고 하고, 상대국 B 국가의 어획할당량을 ' $(1-\alpha)$ '라고 하자($0 \leq \alpha \leq 1$). A 국가의 목적함수(objective function)를 PV_A 라 하고, B 국가의 목적함수를 PV_B 라 할 때, 각국의 순수익의 현재가치는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$PV_A = \int_0^\infty e^{-\delta t} \alpha [P_A - C_A(X)] H_t dt \tag{9}$$

$$PV_B = \int_0^\infty e^{-\delta t} (1-\alpha) [P_B - C_B(X)] H_t dt \tag{10}$$

어획할당량과 최적관리전략

일반적으로 어느 한 자원의 정상상태에서 생물경제학적 상황들을 보면 Fig. 1과 같이 나타낼 수 있다. 산출량 곡선(yield curve)은 다양한 수준의 어획노력(E)에 따른 지속적인 수익을 나타내고, 포물선 형태(dome-shaped)의 총수입 곡선(TR)은 각각의 어획 노력 수준에서의 총 수입을 나타내는 데, 이는 산출량에 가격(P)을 곱하여 계산된다. 선형의 모습을 띠는 총비용곡선(TC)은 각 어획노력들 수준에서의 총비용을 뜻한다. 재생 가능한 자원의 지속성(sustainability)은 어획량(Y)이 수산자원의 순성장율 $F(X)$ 보다 클 경우 붕괴된다. 자연성장률이 지속 가능한 어획량과 일치하는 한 안정 상태의 자원량 수준을 유지할 수 있다.

Fig. 1에서 볼 수 있듯이 개방어장(open access)에서 선원들은 총수입과 총비용이 동일할 때까지 어획을 할 것이며($TR=TC$), 총어획노력은 지대가 모두 사라지는 E_{OA} 에서 균형 상태에 도달하게 된다. 어획량 극대화 혹은 지대(rent) 극대화를 위해서는 총어획노력이 지속적 최대생산량(maximum sustainable yield: MSY) 혹은 경제적 최대생산량(maximum economic yield: MEY)이 되어야 한다. MSY의 개념은 어획물의 가격(P)이 불변이고 어로비용이

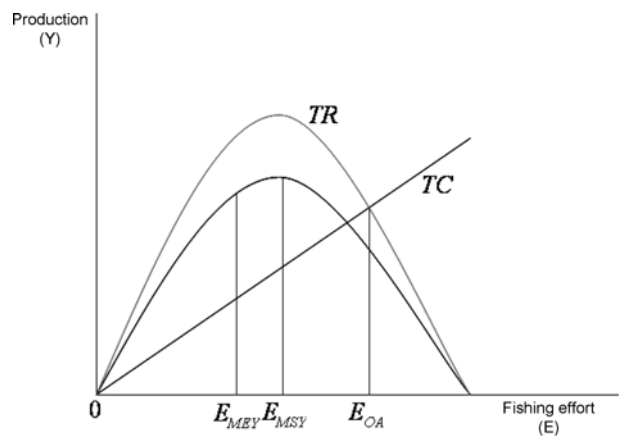


Fig. 1. Maximum Sustainable Yield (MSY) and Maximum Economic Yield (MEY).

없고 동시에 동태적으로는 할인율(discount rate)이 0일 때만 타당한 개념이며, MEY는 어획을 통한 순수익 흐름의 현재가치화 과정을 통해 경제적 분석을 가능하게 해준다.

그러나 MSY는 비용 측면을 고려하지 않은 비현실적인 개념이 포함되어 있다. 따라서 어획물의 가격과 어로비용 조건, 할인율 등을 고려한 MEY에서 지속적인 경제적 지대의 극대화가 발생한다. 그러므로 관리를 위해서라도 E_{OA} 에서 E_{MSY} 혹은 E_{MEY} 로 옮기기 위한 관리상의 개입(intervention)이 필요하게 된다. 그러나 관리규제와 높은 감독 비용으로 인한 집행의 어려움 때문에 경제적 유인(economic incentive)들은 수산물 관리 계획에서 아주 중요한 역할을 담당한다.

두 국가가 서로 공유하고 있는 자원에 대해서는 각국이 서로 다른 경제적 여건을 지니고 있고, 국가별 할인율이 서로 다르며, 어획 기술이나 가공의 기술 수준도 다양하여 국가별 어업 비용 및 소비자 기호가 다르다는 문제점이 존재하게 된다. 따라서 어획량 할당에 주안점을 두는 것보다는 순경제적수익(net economic benefit)의 분배에 초점을 맞추는 것이 분쟁을 해결하는 데 보다 나은 방법이 될 수 있을 것이다.

두 국가에 의해서 공유되는 어장에 게임 이론을 적용해 본 결과 어느 한 국가의 경제적 이득이 다른 국가의 어업 활동으로 영향을 받을 때, 비협조적인 국가는 보다 열등한 경제적 이득을 누린다는 사실이 발견되었으며, 비록 한 국가가 좋은 관리수단을 지니고 있다 하더라도 상호 협조적이지 못하면 재생 가능한 자원은 고갈되고 말 것이다(Munro 1979).

따라서 협조적 게임이론(cooperative game theory)은 수산자원에 대한 두 국가의 공동관리(joint management)를 분석하는 데, 유용하게 이용될 수 있다. 이는 양국이 합리적이고 서로 비협조적인 입장을 고수하지 않는다면, 두 국가의 공동 운영 방식은 합리적인 결과를 가져다줄 수 있음을 암시하는 것이다.

3. 실증분석

실증 모델

수산 자원에 협조적 게임 이론을 적용하기 위해서는 몇 가지 가정들이 필요하다. 첫째, 각 국가는 순수익(net benefit)을 극대화하려고 한다. 둘째, 관리자들은 효과적으로 대화한다. 셋째, 관리자들은 수산자원의 개발과 관련한 구속적인 협의들(binding agreements)을 할 수 있어야 한다. 넷째, 정치적인 이유로 인한 금전적 보상(side payment)은 바람직하지 않다. 다섯째, 두 국가 사이에는 오로지 당사국인 두 국가만 존재한다. 여섯째, 두 당사국 간에는 오로지 어느 한 어종만이 존재한다. 일곱째, 각 국

가는 비음수(non-negative)의 최소이익점(threat point)을 가진다.

위의 가정들을 기반으로 2단계 협상 과정이 가능하다. 1단계는 어획 할당량에 대한 합의를 도출하는 것이고, 2단계는 최적 경영(관리)전략에 대한 합의를 도출하는 것이다.

A를 한국, B를 일본이라고 가정하자. 한·일 양국에 대한 목적함수는 각각 π_A , π_B 로 표현할 수 있다. 즉, 각국 순수익의 현재가치를 나타내는 목적함수를 표현하면 다음과 같다.

$$\pi_A = \int_0^{\infty} e^{-\delta t} \alpha [P_A - C_A(X)] H_t dt \quad (11)$$

$$\pi_B = \int_0^{\infty} e^{-\delta t} (1 - \alpha) [P_B - C_B(X)] H_t dt \quad (12)$$

두 국가의 최적경영(관리)전략에 대한 합의를 도출하기 위해서는 각국의 순수익들의 가중합계(weighted sum)를 극대화하는 것이다. 양국 공유어종의 어획을 통한 순수익의 총현재가치(π_S)는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\text{Max } \pi_S = \beta \pi_A + (1 - \beta) \pi_B, \quad 0 \leq \beta \leq 1, \quad i = A, B \quad (13)$$

위 식에서 β 는 협상력(bargaining power)을 뜻한다($0 \leq \beta \leq 1$). 만일 ' $\beta = 1$ '이면, 한 국가가 협상시 절대적으로 유리한 입장에 있는 것이 되고, ' $\beta = 0$ '이면, 다른 국가가 협상시 절대적으로 유리한 입장에 있고, ' $\beta = 0.5$ '이면 각 국가는 동일한 협상력을 가지고 있다고 가정한다.

만약 식 (13)에서 순수익의 가중치 합계가 0과 1사이에 있는 각 β 에 대해 최대에 이른다면, 해결책들의 결과조합들은 파레토 최적선상(pareto efficient frontier)에 위치하게 된다. 파레토 최적선상에 위치한 모든 조합은 각 국가의 경영(관리) 목적 간의 교환 혹은 상충 관계(trade off)에 있다고 할 수 있다.

최소이익점(threat point)은 협조가 없는 상태에서의 순수익을 나타내기 때문에 개방 어장에서의 해결책이 되며, '0'에 접근하려는 경향이 있다. 이 과정에서 한국과 일본 두 국가는 경제적 이윤(economic rent)이 소진될 때까지 어획을 하게 될 것이다($X_0 > X^\infty$). X^∞ 는 개방 어장의 어군 수준을 나타낸다. 즉, 이윤은 ' $(P - C(X^\infty)) = 0$ '에 도달하는 수준이 된다. 이러한 협조게임에서 유일한 해결책은 Fig. 2와 식 (14)와 같이 표현할 수 있다.

$$\text{Max } [(\pi_A^* - \pi_A^0)(\pi_B^* - \pi_B^0)] \quad (14)$$

식 (14)에서 π_A^* 는 협조관계 시 한국의 순수익이며, π_A^0 는 최소이익점에서의 한국의 순수익을 뜻한다.

π_B^* 는 협조관계하에 있는 일본의 순수익이며, π_B^0 는 최소이익점에서의 일본의 순수익을 말한다. 이러한 구조적

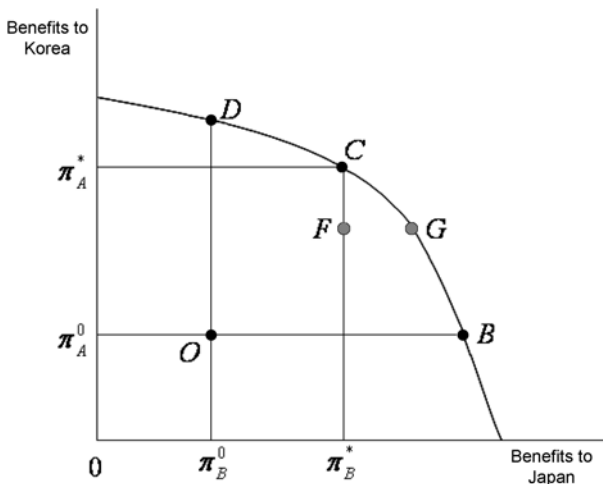


Fig. 2. The Nash solution on the Pareto-efficient frontier.

관계에서 각 국가는 협조 없이도 최소이익점을 도출할 수 있다. 한국의 최소이익점 가치(π_A^0)는 식 (15)에 의하여 계산할 수 있으며, 일본의 최소이익점의 가치(π_B^0)는 식 (16)에 의하여 도출된다.

$$\pi_A^0 = [P_A - C_A(X_0)](X_0 - X_A^\infty)\alpha \tag{15}$$

$$\pi_B^0 = [P_B - C_B(X_0)](X_0 - X_B^\infty)(1 - \alpha) \tag{16}$$

위 식들을 기준으로 살펴보면 비용이 오를수록 스톡 수준은 감소한다는 것을 알 수 있다. 만일 두 국가 중에 한 국가가 $X_0 > X^\infty$ 이면, 해당 국가에 대한 최소이익점에서의 소득은 '0'이 될 것이다. 따라서 협조전략을 위한 적절한 결합조합들은 성과 (π_A^0, π_B^0)로 이루어진 'O'와 이 지점의 북동쪽과 BGCD로 둘러싸인 경계선상이 되어야 한다. 이 경계선상 안에 있는 점 F도 파레토 최적에 해당되지 못한다. 왜냐하면, 상대국에게 피해를 주지 않고 단독으로 더 많은 이익을 얻을 수 있는 다른 조합들이 존재하기 때문이다. 예를 들어, F에서 G로의 이동은 한국의 수익은 불변인 반면에 일본의 수익은 증가한다. C와 G 사이의 파레토 최적선상으로의 이동은 한국과 일본 모두의 이익을 증가시켜 준다.

그러나 파레토 최적선상에서의 이동은 한 국가의 부를 증가시켜주는 반면에 다른 국가의 부는 감소하게 된다. 따라서 어떠한 점이 선택될지는 두 국가의 협상력과 최소이익점에 달려 있다. 하지만, 불행하게도 각국 정부들은 기업들이 자신들의 권리라고 여기는 것들을 보호하기 위한 목적의 일환으로 행하는 충고에 좌우되는 경향이 강하다. 따라서 최소이익점을 선택하는 것은 매우 중요한 일로써 협상자들은 어느 한쪽에 치우치지 않는 정보를 갖출 필요가 있다.

이러한 논리적인 접근을 비협조적 게임에 임하는 정부

의 접근방법과 비교해 보자. 비협조적 게임을 선호하는 정부는 수산업분야의 정치적 압력에 의하여 설득당하여 현실적으로 실현 불가능한 최소이익점을 설정하게 된다. 예를 들면, 수익의 측정수단으로 순수입(net revenue)을 이용하기보다는 총수입(gross revenue)을 이용하는 것은 F와 같은 점을 최적으로 도출시킨다. 각 국가의 정보가 실현 불가능한 목표를 추구하면 자원은 파괴될 것이며, 원래 목표나 최소이익점에서 더욱 벗어나게 된다. 실제로 Fig. 2에서 포물선이 원점을 향하게 되는 것이다.

또한, 양국의 협조에 의한 결합관리의 문제에 대한 최적해결책은 두 국가의 상반되는 이자율에 의해 발생하는 서로 다른 사회적 할인율과 어획비용, 수산물가격에 의해서 결정될 것이다. 보다 구체적이 분석을 위하여 협조게임이론과 생물학적, 경제학적, 제도적 개념들을 통합한 동태비선형생물경제모델(dynamic nonlinear bioeconomic model)을 이용하였다.

분석자료

한·일간의 공동관리가 필요한 대상 어종은 경계왕래성, 현실적합성, 자원남획수준 등을 고려하여 선택하여야 한다. 또한 각국의 최대 어획 어종과 어획량을 기준으로 볼 때는 공통적으로 포함되어 있는 어종과 어획량이 어느 정도 큰 몫을 차지하는 어종을 선정하여야 한다. 자료 수집 가능성을 토대로 하여 본 연구에서는 한·일 간 공동관리가 필요한 대상 어종으로 고등어류에 국한하여 분석하였다.

한·일 양국 사이에 공동 관리가 필요한 어종으로 선정된 고등어는 경계왕래성의 특징을 가지고 있다. 즉, 해당 어종들은 양국의 해양에서 동시다발적으로 발견되고 있다. 수산자원이 경계왕래성이 있을 때, 한 국가의 어획 노력은 다른 국가의 수산업의 특징과 가용성에 중요한 효과를 나타낼 수 있으며, 나아가 두 국가의 복지에 중요한 영향을 미칠 뿐만 아니라, 수산 경영자들은 그들의 수산관리 정책에 해당 상황들을 감안시켜야만 하는 현실에 직면하게 된다.

한·일 어장에서의 고등어자원에 대한 분석을 위해서 Table 1에 표시한 파라미터와 상수들이 이용되었다. 2004년 기준 국립수산과학원의 자료를 바탕으로 생물학적 변수를 살펴보았으며, 경제적 데이터는 해양수산부의 어업생산통계와 수산업협동조합의 어업경영조사보고(2004)로부터 수집하였다. 일본관련 자료들은 일본농림수산성 통계정보부의 수산물유통계연보를 기초로 하였다.

생물학적 자료

식 (1)의 성장함수식을 이용하여 국립수산과학원에서 추정된 고등어자원의 생물학적 계수들을 이용하였고, 고

Table 1. Parameters and constants for the Korean and Japanese Mackerel industries

Variable	Parameters and constants	Values	
Biological	Carrying capacity(K)	4,570 thousand tons	
	Intrinsic growth rate(r)	0.39	
	Fraction of the shared stock		
	Kora(α)*	67%	
	Japan($1-\alpha$)*	33%	
	Stock size at open access(X_0)	400 thousand tons	
	Korea	Catchability coefficient(q)	0.009094
		Fishing effort(E)	293 fishing per year
		Harvest(H)	170 thousand tons
	Japan	Catchability coefficient(q)	0.009094
Fishing effort(E)		270 fishing per year	
Harvest(H)		85 thousand tons	
Socioeconomic	Korea	Market price(p)	₩1,290,000 per ton
		Interest rate(ρ)	6%
		Per unit cost(c)	735,970 thousand won
	Japan	Market price(p)**	₩1,500,000 per ton
		Interest rate(ρ)	3%
		Per unit cost(c)**	355,420 thousand won

*Total production of Mackerel in two countries are 259,000M/T in 2004. Korea caught 174,000M/T(67%) and Japan harvested 85,000M/T(33%), respectively.
 **¥100 = ₩980.

등어 자원에 대한 수용능력(K)은 약 457만 톤으로 추정되었으며, 수용능력은 많고 적음에 따라 해당 국가들이 얻게 되는 순수익의 규모에 큰 영향을 미치게 된다. 성장률(r)은 0.39로 분석되었으며, 2004년을 기준시점으로 할 때 고등어 자원량은 40만 톤으로 가정하고, 어획능률 계수(q)는 0.009094로 분석되었다.

고등어 어획을 위하여 한국은 연간 293일, 일본은 270일의 출어일수를 보여주었다. 2004년 기준 한·일 어장에서의 총 고등어 어획량은 25.9만 톤으로 이중 한국의 고등어 어획량은 17.4만 톤으로 전체 어획량의 67%를 차지하였으며, 일본은 8.5만 톤으로 전체 어획량의 33%를 차지하였다.

경제학적 자료

한·일의 고등어 어획은 대부분 대형 선망에 의존하고 있으며, 경제학적 자료들은 2004년을 기준으로 수집되었다. 한국의 경우, 해당연도의 시장금리를 기준으로 사회적 할인율(δ)은 6%로 가정하였고, 어획노력당 비용(cost per unit of effort, c)은 재료비, 노무비, 경비, 관리판매비, 어업 외 비용 등으로 구성되어 있으며, 약 7억 3,597만 원으로 나타났다. 고등어의 가격(p)은 톤당 약 129만 원으로 조사되었다. 일본의 경우는 2004년 기준 대일본 환율을

‘100엔=980원’을 기준으로 하였으며, 사회적 할인율(δ)은 3%, 어획노력당 비용(c)은 3억 5,542만 원, 고등어의 도매가격(p)은 톤당 150만 원으로 조사되었다.

4. 분석결과

주어진 자료와 동태비선형생물경제모델(dynamic non-linear bioeconomic model)을 분석한 결과 각국의 최소 이

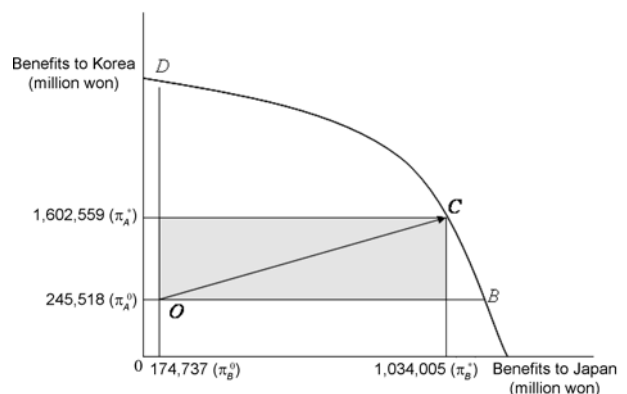


Fig. 3. Total net present benefit in cooperative management and threat points between Korea and Japan.

익점, 파레토 최적에서의 현재가치를 도출하였다 또한 한·일 양국이 서로 비협조적인 관계를 유지할 경우와 협조체제를 모색하는 경우의 순수익 현재가치를 분석하였다 (Fig. 3). 구체적인 내용은 다음과 같다.

최소이익점(threat point)과 파레토최적

최소이익점은 협조가 없는 상태에서의 순수익을 나타내기 때문에 한·일 개방 어장에서 해결책에 중요한 기준이 된다. 이 과정에서 한국, 일본은 경제적 이윤(economic rent)이 소진될 때까지 어획을 하게 되므로 자원의 고갈을 유발할 여지가 많게 된다. 각국의 최소이익점을 보면, 한국(A)은 2,455억 원으로 분석되었고, 일본(B)은 1,747억 원으로 나타났다. 즉,

$$\pi_A^0 = [P_A - C_A(X_A^0)](X_A^0 - X_A^\infty)\alpha$$

$$\pi_A^0 = 2,455\text{억 원}$$

$$\pi_B^0 = [P_B - C_B(X_B^0)](X_B^0 - X_B^\infty)(1 - \alpha)$$

$$\pi_B^0 = 1,747\text{억 원}$$

한·일 양국이 서로 공유하고 있는 자원에 대해서는 각국이 서로 다른 경제적 요인과 어획 기술, 가공 등 기술적인 면을 지니고 있고, 소비형태 등도 다양하기 때문에 어획량 할당에 주안점을 두는 것보다는 순경제적수익(net economic benefit)의 분배에 초점을 맞추는 것이 분쟁을 해결하는 데 보다 나은 방법이 될 것이다. 이러한 경제적 접근을 현실화하기 위한 방법이 파레토 최적을 도출하는 것이다. 구체적으로 각 국가가 파레토 최적을 이루었을 때의 수익규모를 보면, 한국(A)의 경우 1조 6,026억 원으로 분석되었고, 일본(B)은 1조 340억 원으로 나타났다. 즉,

$$\pi_A^* = [P_A - C_A(X_A^*)](X_A^* - X_A^\infty)\alpha$$

$$\pi_A^* = 1\text{조}6,026\text{억 원}$$

$$\pi_B^* = [P_B - C_B(X_B^*)](X_B^* - X_B^\infty)(1 - \alpha)$$

$$\pi_B^* = 1\text{조}340\text{억 원}$$

국가 간 협조관계

한·일 양국이 서로 비협조적인 상태에서 고등어를 지속적으로 어획하는 경우와 서로 협조관계를 유지하면서 수익을 창출하는 데는 큰 차이를 보여주고 있다. 양국이 서로 비협조적인 상태에서 어획한다면 전체 순수익의 현재가치는 4,202억 원으로 분석되었다. 즉,

$$(\pi_A^0, \pi_B^0) = (2,455\text{억 원}, 1,747\text{억 원})$$

반면, 한·일 양국이 서로 협력과 이해를 통하여 협조할 경우, 전체 순수익의 현재가치는 2조 6,366억 원으로 비협조적인 경우의 순수익(4,202억 원)보다 6.3배 높게 나

타났다. 이 시점에서의 한국의 최적어획량은 약 44만 톤이며, 일본의 최적어획량은 44.5만 톤이 된다. 즉,

$$(\pi_A^*, \pi_B^*) = (1\text{조}6,206\text{억 원}, 1\text{조}340\text{억 원})$$

위의 결과는 분석을 위해 주어진 실증 파라미터들에 의해 도출된 값이다. 만일, 주어진 파라미터에 변화가 발생한다면 해당 결과도 그에 따라 다양하게 나타날 것이다. 즉, 한국과 일본간의 협조체제의 편익은 해당 파라미터들의 변동에 의해 좌우될 수 있으며, 이로 인한 다양한 시나리오를 작성할 수 있어 국가 간 정책수립에 활용할 수 있을 것이다.

5. 결론 및 정책 함의

이상의 분석을 통하여 보면, 공동 수산자원을 이용하고 있는 국가들은 각국의 상호이익을 위한 정책의 일환으로 양국이 비협조체제를 유지하는 것보다는 상호 협조체제를 이루어 문제점들을 개선하는 노력을 기울여야 한다. 한·일 양국의 고등어자원의 실증분석을 통하여 알 수 있듯이 서로 협조체제를 이룬다면, 비협조체제보다 약 2조 2,164억 원이 더 많은 순수익을 창출함으로써 비협조체제를 유지하는 경우보다 약 6.3배 가량의 높은 이익을 얻게 되는 것이다. 따라서 수산자원의 남획(overexploitation)을 방지하고 보다 높은 수익(benefit) 창출과 이익(rent)들을 도출할 수 더욱 경제왕대성수산자원의 적절한 공동관리가 필요하다고 하겠다.

또한, 본 분석에 이용된 파라미터들은 생물학적 혹은 경제적 자료들에 의해 도출된 값이다. 만일, 주어진 파라미터에 변화가 발생한다면 해당 결과도 그에 따라 다양하게 나타날 것이다. 특히, 수용능력(K)의 규모에 따라 순수익의 차이가 생길 수 있는데, 수용능력에 대한 체계적이고 과학적인 조사가 이루어져야 할 것이다. 향후 한·일 양국은 더욱 긴밀한 협조와 공동연구를 통하여 주변환경 변화에 민감하게 대처함으로써 해당 어장에서 변화에 따라 어획량 조절과 자원량을 유지하는 데 협력하여야 할 것이다.

이울러, 본 연구에서는 한·일 양국이 서로 협조를 할 경우와 하지 않을 경우에 대한 경제적 이익을 추정하고, 이러한 이익을 달성하기 위한 각국의 최적어획량을 제시하였다. 또한, 본 연구에서 이용된 다양한 변수들은 2004년을 기준으로 분석되었으므로 연도별 자원변동에 따라 결과는 상이하게 도출될 수 있는 연구의 한계가 있다. 따라서 추후 논의되고 분석되어야 할 사항들은 날로 급변해가는 국제적 혹은 국가 간 환율과 이자율 등과 같은 경제적 외부 환경들의 변화와 자원변동에 따른 전략수립이 감안되어야 할 것이다. 이러한 노력들이 동반된다면 더욱 다

양한 시나리오 하에서 한국과 일본 양국 간의 협상에서 탄력적으로 적용할 수 있는 논리적이고 과학적인 결과를 제공함으로써 각국의 협조체제를 도출해 내는 데 큰 역할을 하게 될 것이다.

사 사

본 연구의 완성도를 위해 귀중한 의견을 주신 심사위원들과 논문게재과정에서 도움을 주신 편집위원회에 감사드립니다.

참고문헌

- 수산업협동조합. 2005. 어업경영조사보고. 197 p.
- 일본수산청. 수산물유통계연보. <<http://www.jfa.maff.go.jp/>> [2005-12-31].
- 해양수산부. 2005. 해양수산통계연보. 335 p.
- Anderson, L.G. 1986. The economics of fisheries management. Rev. and enl. ed. John Hopkins University Press, Baltimore. 296 p.
- Benhabib, J. and R. Radner. 1992. The joint exploitation of a productive asset: A game theoretic approach. *Econ. Theory*, **2**, 155-190.
- Clark, C.W. 1976. Mathematical bioeconomics: The optimal management of renewable resources. Wiley, New York. 352 p.
- Dutta, P.K. and P.K. Sundaram. 1993. The tragedy of commons? *Econ. Theory*, **3**, 413-426.
- Fisher, R.D. and L.J. Mirman. 1992. Strategic dynamic interaction: Fish wars. *J. Econ. Dyn. Control*, **16**, 267-287.
- Fisher, R.D. and L.J. Mirman. 1996. The complete fish wars: Biological and dynamic interactions. *J. Environ. Econ. Manage*, **30**, 34-42.
- Levhari, D. and L.J. Mirman. 1980. The great fish war: An example using a dynamic cournot-nash solution. *Bell J. Econ.*, **11**(1), 322-334.
- McKelvey, R., K. Miller, and P. Golubtsov. 2003. Fish wars revisited: A stochastic incomplete-information harvesting game. p. 93-112. In: *Risk and Uncertainty in Environmental and Natural Resource Economics*, ed. by J. Wesseler, H.-P. Weikard, and R.D. Weaver. Edward Elgar, Cheltenham.
- Mirman, L. 1979. Dynamic models of fishing: A heuristic approach. p. 39-73. In: *Control Theory in Mathematical Economics*, ed. by P.-T. Liu and J.G. Sutinen. M. Dekker, New York.
- Munro, GR. 1979. The optimal management of transboundary renewable resources. *Can. J. of Econ.*, **12**(3), 355-376.
- Schaefer, M.B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of some commercial marine fisheries. *Bull. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm.*, **1**, 26-56.

Received Apr. 24, 2008

Accepted Jun. 3, 2008