J. Fish. Bus. Adm., 46(3), 073-082. 2015
DOI:http://dx.doi.org/10.12939/FBA.2015.46.3.073

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

정수선형계획법을 이용한 금어기 제도의 효과 분석†

천성훈 · 서영상[1] · 김도훈*
*부경대학교 해양수산경영학과, [1]국립수산과학원 기후변화연구과

Analyzing the Effectiveness of Closed Season Policy Using an Integer Linear Programming

Seong-Hoon Cheon, Young-Sang Suh[1] and Do-Hoon Kim*
*Department of Marine Business and Economics, Pukyong National University, Busan, 48513, Korea
[1]Oceanic Climate and Ecology Research Division, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 46083, Korea

Abstract

This study aimed to evaluate the effectiveness of closed season policy using an integer linear programming, targeting the large purse seine fishery in Korea. In the analysis, based on Cheng and Townsend(1993), fishing effort (fishing days by month) was assumed to be distributed for profit maximization of vessels and catch of immature fish was estimated.

The analytical results showed that the effects of closed season policy would vary in accordance with the monthly closures in terms of fishing profits and catch of immature fish. A closed season policy by month had different effects on fishing profits and catch of immature fish by species. It implies the importance of considering seasonal changes of fish species when limiting fishing efforts with the closed season policy.

Keywords : Closed season, Integer linear programming, Large pure seine fishery, Chub mackerel, Fisheries policy

Ⅰ. 서 론

어업자원의 회복과 관리를 위해서는 어획량 및 어획노력량을 줄이거나 어업자원의 보호 및 조성 여건을 만들어 주어야 한다. 어업관리수단의 유형 중 기술적 규제에 있어 어업자원의 보호

Received 2 November 2015 / Received in revised form 30 November 2015/ Accepted 2 December 2015
† 본 논문은 2015년도 국립수산과학원 수산과학연구사업(R2015054)의 지원으로 수행된 연구이며, 연구비 지원에 감사드립니다.
*Corresponding author : 051-629-5954, delaware310@pknu.ac.kr

및 회복을 위한 대표적인 수단 중의 하나가 금어기를 설정하는 것이다. 금어기는 어업자원의 산란기나 치어기에 어획을 제한함으로써 산란자원의 원활한 번식을 유도하고, 치어 및 미성어를 보호하여 향후 어업자원을 증가시키는 효과가 있다.

최근 우리나라에도 연근해 어업생산량 감소에 따른 어업자원의 회복 필요성에서 대중성 어종에 대한 금어기를 신설 · 조정하는 수산자원관리법 시행령을 개정하려고 하고 있다. 예를 들어, 개정 방안에서는 갈치의 경우 7.1～7.31일 간 그리고 고등어에 대해서는 5.1～5.31일 간의 금어기를 신설하였다. 이 외에도 참조기에 대해서는 현행 근해유자망의 4.22～8.10일 간 금어기에 안강망, 저인망, 트롤의 업종을 추가하여 7.1～7.31일 간 금어기를 조정하였다(MOF, 2015).

하지만 금어기 제도는 몇 가지 문제점을 지닐 수 있는데, 우선 금어기를 통한 어획 제한은 어업자원이 회복되기 전까지는 일정 기간 대상어종의 어획량을 감소시켜 어업소득의 감소를 야기할 수 있다. 또한 복수어종어업(multi-species fisheries)의 경우 금어기 설정 시 보호하고자 하는 대상 외의 다른 어종에 대한 어획이 함께 제한됨에 따라 추가적인 어업손실이 발생할 수 있다. 뿐만 아니라, 특정 어종에 대한 금어기 규제는 금어기 기간 동안 어획대상 다른 어종에 대한 어획노력량 증가를 유발하여 다른 어종의 자원에 부정적인 영향을 초래할 수도 있다(Seo et al., 2014).

이에 따라 금어기 설정을 통해 어획을 제한하고자 할 경우에는 금어기 적용에 따른 부작용을 최소화하기 위한 사전 검토가 필수적이다. 이 경우 특히 금어기 제도의 성공적 운용을 위해 어업의 계절성(seasonality)은 반드시 고려되어야 할 중요한 요인 중 하나이다. 계절성은 어업자원의 생활사(life cycle) 및 회유(migration) 등과 관련된 것으로, 연중 시기별로 어업자원의 분포와 성숙도가 다르게 나타나는 것을 통해 계절성을 관찰할 수 있다(Oliveira et al., 2014). 계절성으로 인한 어종별 어획량의 변화는 어업소득에도 계절성을 띄게 하는 등의 영향이 있으므로 금어기 도입 또는 조정 시 이러한 계절적인 변동요인을 충분히 고려할 필요가 있다. 특히 복수어종어업에 있어 어종별 어획량의 비율이나 어획물의 크기가 계절적으로 변동하는 이유는 조업시기에 따라 어종별로 가해지는 어획압력의 크기가 다르게 나타나며, 어종별 자원의 성숙도 또한 차이를 보이기 때문이다. 따라서 조업시기에 따라 어종별 미성어 비율이 다르게 나타날 수 있으며, 이는 금어기 설정 시기에 따라 어종별 미성어 어획량이 달라질 수 있음을 의미한다.

금어기와 관련된 기존 연구는 국외에서 다수 행해졌는데, 조업시기(주로 월별)에 따른 어종별 어획량 및 생산금액, 그리고 혼획률 변화 등의 계절적 변동을 고려하여 금어기의 효과를 추정하였다. 예를 들어, Gaither(1980)는 어선 및 어구의 능력, 날씨 제약, 생물학적 요인, 시장의 수용능력, 가공능력, 그리고 자원 가입(recruitment) 등과 같은 조건을 고려하여 알래스카 연안 게 어업의 조업계획(조업의 시기 및 길이, 출어일수, 금어기 등의 조정)을 제시하였다. Cheng and Townsend (1993)는 금어기 설정에 따른 연간 생산량의 월별 재분배를 가정하여 미국 바닷가재 어업의 금어기에 대한 잠재적 영향에 대해서 연구하였다. 그리고 Somers and Wang (1997)은 새우종의 시기별 생물학적 자료 및 어획노력량, 어획량, 가격, 그리고 비용자료 등을 이용해 호주 북부 새우어업의 금어기 제도 효과를 평가하였다.

본 연구에서는 효과적인 금어기 제도의 운용을 위해 대형선망어업을 대상으로 고등어에 대한 금어기 제도의 효과를 분석해 보고자 한다. 이는 고등어가 우리나라 가장 대표적인 어종 중의 하나이고, 고등어는 대부분 대형선망의 단일

어업에 의해 어획되고 있어 금어기 제도의 효과를 가장 용이하게 분석할 수 있기 때문이다. 분석에 있어서는 Cheng and Townsend(1993)의 분석방법을 참고하여 금어기 설정에 따라 연간 어업이익을 최대화할 수 있는 어획노력량의 월별 재분배를 가정하고, 대형선망어업의 월별 어획량, 단가, 그리고 출어비와 같은 출어이익에 관련된 요인과 미성어 어획량을 고려하여 금어기의 효과(미성어 어획 및 출어이익 변화 효과)를 평가하고자 한다. 그리고 고등어 금어기 제도에 따른 어획대상 다른 관련 어종의 영향을 함께 고려해 보기 위해 전갱이를 포함한 금어기 제도의 효과도 함께 분석해 보고자 한다.

Ⅱ. 대형선망어업 현황

대형선망어업은 여러 척의 어선이 선단을 구성하여 조업하는 대규모 어업으로, 1개의 선단은 본선(그물배) 1척, 등선(불배) 2척, 운반선 3척 등의 총 6척으로 구성되는 것이 일반적이다. 고등어, 전갱이 등의 주로 밀집성이 있는 어종을 대상으로 어획하며, 어군을 발견하고 그물을 이

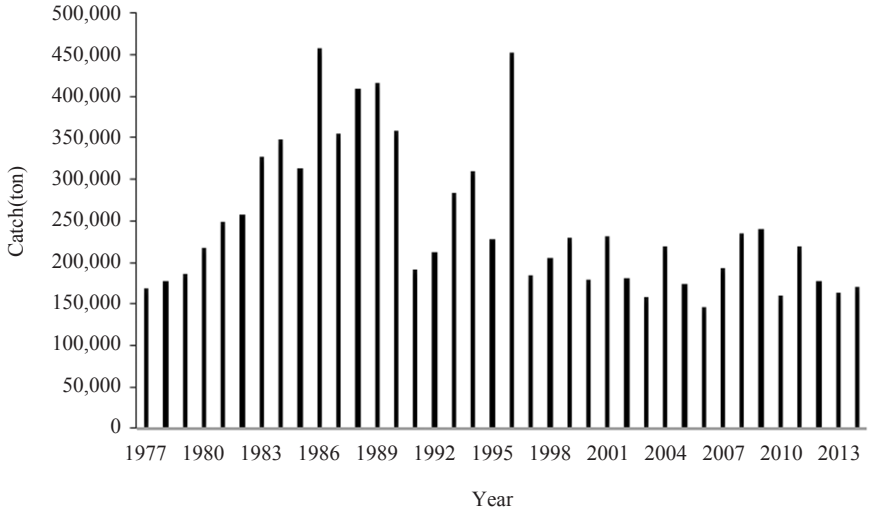

Fig. 1. Changes in Annual Catch of Large Purse Seine Fishery.

Table 1. Catch of Large Purse Seine Fishery(2012～2014)

(unit : ton, %)

Species	2012	2013	2014	average	portion
Total	177,051	163,856	171,050	170,652	100.0
Chub mackerel	117,486	96,020	119,866	111,124	65.1
Jack mackerel	25,819	7,833	14,682	16,111	9.4
Yellow tail	5,765	9,498	6,295	7,186	4.2
Blue mackerel	3,324	12,653	2,445	6,141	3.6
Spanish mackerel	7,096	7,198	3,570	5,955	3.5
Squid	5,626	3,762	6,493	5,294	3.1
Hair tail	2,831	5,225	4,982	4,346	2.5
etc.	9,104	21,667	12,717	14,496	8.5

Source: MOF, Fisheries Information Portal (www.fips.go.kr)

용해 이를 포위하여 퇴로를 차단함으로써 어획이 이루어진다(Seo et al., 2014).

우리나라 대형선망어업의 어획량은 1970년대부터 증가하면서 1986년에는 사상 최고인 약 46만 톤을 기록하였다. 하지만 이후 감소추세로 돌아섰으며, 1996년도의 45만 톤을 기록한 이후 다소 불규칙적이지만 전반적으로는 감소추세를 보이고 있다(Fig. 1). 대형선망어업의 최근 3년 간(2012～2014년)의 주요 어획어종을 구체적으로 살펴보면, 고등어, 전갱이, 방어, 삼치, 오징어, 갈치 등으로, 이들 어종들이 대형선망어업의 전체 생산량의 90% 이상을 차지하고 있다(Table 1). 대형선망어업의 대상어종 중 고등어, 전갱이, 오징어는 총허용어획량(TAC) 제도에 의해 연간 어획량이 제한되고 있으며, 최근 5년 간의 이들 어종들의 TAC 할당량 변화는 Table 2에서 보는 바와 같다.

2011～2015년 기간 동안 어종별 TAC 변화를 구체적으로 살펴보면, 고등어 TAC는 2011년 160,000톤에서 2015년 122,000톤으로 감소하고 있고, 전갱이 TAC 또한 같은 기간 21,000톤에서 16,600톤으로 감소하였다. 오징어의 경우 연간 TAC 물량은 큰 변화 없이 180,000~190,000톤 수준에서 유지되고 있다. TAC 변화를 통해 어종별 자원상태를 간접적으로 파악할 수 있는데, 2015년도 자원평가 결과보고서에 따르면 고등어와 전갱이의 자원상태가 '낮음' 으로 평가되어 어업자원이 감소하고 있음을 알 수 있다(NFRDI, 2014).

특히 고등어와 전갱이에 대한 미성어 어획비율이 크게 증가되는 등 남획의 우려가 커짐에 따라 향후 대상어종의 자원량 감소가 우려되고 있다. 현재 대형선망어업에서 어획되는 고등어 중 미성어의 비율은 약 40% 수준으로, 고등어에 대한 포획금지 기간이나 체장이 설정되어 있지 않아 산란기 어미고기 및 성숙되지 않은 어린고기가 남획되는 악순환이 지속되고 있다. 이에 정부에서는 수산자원관리법시행령을 개정하여 11개 어종에 대한 금어기의 신설 및 조정을 제시하였는데, 고등어에 대한 포획금지기간으로는 5월 1일～5월 31일을 제안하였다(MOF, 2015).

Ⅲ. 분석모형 및 자료

1. 분석모형

본 논문에서는 대형선망어업의 금어기 제도 효과를 분석하기 위해 정수선형계획법(integer linear programming)을 이용하였다. 이는 대형선망어업의 월별 금어기 설정에 따라 연간 어업이익을 최대화할 수 있는 월별 최적 어획노력량(출어일수) 수준을 도출하고, 어종별 월별 금어기 제약조건에 따른 연간 출어이익 최대화를 위한 목적함수를 설정하는데 정수선형계획법이 가장 용이하기 때문이다.

선형계획법은 몇 가지 가정을 전제로 한 일반적인 수리모형의 한 종류로서 최대화 또는 최소화를 목표로 하는 선형의 목적함수식과 일련의 제약조건을 바탕으로 모형을 구성하여 최적의 의사결정방안을 도출하는 방법이다(Dantzig and Thapa, 1997; Rodrigues, 1990; Seo et al., 2014). 정수선형계획법은 선형계획법에서 의사결정변수에 대한 제약조건을 정수로 제한한 것을 말하며,

Table 2. Changes of TAC for Target Species(2011～2015)

(unit : ton)

	2011	2012	2013	2014	2015
Chub mackerel	160,000	135,000	135,000	135,000	122,000
Jack mackerel	21,000	21,000	14,700	18,000	16,600
Squid	188,100	189,000	191,000	191,000	186,000

Source : MOF(2014)

본 모형에서는 대형선망어업의 월별 출어일수가 의사결정변수로서 정수로 제한되었다. 설정된 분석모형의 목적함수와 제약조건식은 아래와 같다.

$$\text{Maximize } \sum_{t=1}^{12} P_t = \sum_{t=1}^{12} \sum_{i=1}^{N} \{(p_{ti} - c) \times Q_{ti}\}$$

$$\text{s.t.} \quad d_t \le D_t \quad (d_t \text{ 및 } D_t\text{는 정수})$$

$$\sum_{t=1}^{12} Q_{ti} \le T_t \quad (i=1, 2, 3\text{일때})$$

t : 어획 시기, 월(t=1, ...12 ; t=1, 1월 ; t=2, 2월;…; t=12, 12월)

i : 어종 (i=1, 2,....., N)

p_{ti} : t월의 i어종의 톤당 가격

c : 어획량 톤당 출어비

D_t : t월의 대형선망어업의 최대 출어일수(d_t=정수)

d_t : t월의 대형선망어업의 출어일수($d_t \le D_t$, d_t=정수)

q_{ti} : t월의 어종의 출어일당 어획량

γ_{ti} : t월의 어종의 미성어 어획비율

T_i : i어종의 연간 총허용어획량

Q_{ti} : t월의 i어종의 어획량($Q_{ti} = d_t \times q_{ti}$, $\sum_{t=1}^{12} Q_{ti} \le T_t$)

P_t : t월의 대형선망어업의 출어이익($P_t = \sum_{i=1}^{N} (p_{ti} - c) \times Q_{ti}$)

본 모형에서는 월별 출어일수를 통제가능변수로 설정하였으므로 위의 식 중 조절이 가능한 변수는 각 월별 어종별 어획량을 나타내는 Q_{ti}이다. Q_{ti}는 해당하는 월의 출어일수 d_t와 각 어종별 어획량인 q_{ti}의 곱으로 나타낼 수 있으므로 모형에서 출어이익은 각 월별 출어일수의 증감에 의해 변화한다. 분석에 따른 월별 출어일수 d_t는 정수로 제한하였고, 최대 출어일수(D_t)를 넘지 않도록 제한하였다.

2. 분석자료

분석대상 어종은 대형선망어업의 주요 대상어종 중 TAC 대상어종(고등어, 전갱이, 오징어)과 자원회복 대상어종(갈치, 삼치)으로 선정하였으며, 나머지는 기타로 분류하였다. 어획 시기는 1월부터 12월까지 월별로 구분하였고, 각 월별 출어일당 어종별 어획량, 톤당 가격, 미성어 어획비율 등은 2012년부터 2014년까지 각 월별 자료의 3년간의 평균치를 이용하였다. 또한 TAC는 2015년도 총허용어획량의 설정 및 관리에 관한 시행계획(MOF, 2014)을 토대로 설정하였다.

월별 최대 출어일수는 수협중앙회 홈페이지의 업종별 톤급별 출어선 현황 자료와 어업경영조사보고(NFFC, 2015)의 대형선망어업의 연간 출어일수를 바탕으로 추정하였다. 실질적인 대형선망어선의 월별 출어일수를 추정하기 위해 우선 출어선 현황에 있어 톤급별 선망어선 중 50톤급 이상 어선의 조업정보를 대형선망의 것으로 간주하여 자료를 분석하였다. 이를 바탕으로 월별 선망어업 출어선의 척수를 총 출어선 척수로 나누어 그 비중을 구하고, 이를 다시 연간 출어일수에 곱하여 각 월별 출어일수를 추정하였다. 추정된 출어일수는 조업이 불가능한 날을 제외하고 최대한 출어한 결과로 보고 모형에서는 각 월별 3년간의 평균치를 반올림하여 최대 출어일수로 설정하였다. 예를 들어, Table 3에서 보는 바와 같이, 연도별 대형선망어선의 1월 출어일수는 50톤 이상 어선의 출어척수와 총 어선 출어척수의 비중을 구하고, 이를 연간 출어일수에 곱하여 구할 수 있다. 2012～2014년 3년 기간 동안 대형선망어선의 1월 출어일수를 평균하면 27.7일로 나타나 대형선망어선의 1월 최대 출어일수는 28일로 가정하였다. 이 외에 자율 휴어기(음력 3.14~4.14)로 인해 출어일수가 다른 달에 비해 적게 추정된 4월과 5월의 경우에는 나머지 달의 평균 출어일수를 대신 사용하였다.

월별 미성어 어획비율은 최근 3년(2012～2014년) 기간 동안 표본 조사된 부어체장 자료를 바탕으로 산출하였으며, Table 4에서 나타낸 바와 같이, 고등어는 28cm 미만, 전갱이는 20cm 미만

Table 3. Example of estimating maximum fishing days of January

	Number of operating vessels over 50 tons (A)	Total number of operating vessels (B)	Fishing days per year(C)	(A/B)×C
2012년	2012년	32,806	259	23.9
2013년	2013년	34,748	270	29.0
2014년	2014년	31,386	286	30.2
3-year average of fishing days				27.7
Assumed maximum fishing days				28

Table 4. Ratio of immature fish of Chub mackerel and Jack mackerel

(unit : %)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Chub mackerel	24.3	33.5	42.3	32.9	9.8	5.4	4.8	17.9	6.0	4.3	13.5	33.0
Jack mackerel	63.0	63.6	68.2	72.9	43.2	37.3	15.6	8.8	3.4	3.0	13.4	38.6

Source : NFRDI(2014)

을 미성어로 분류하였다(NFRDI, 2014). 또한 어획량 톤당 출어비용은 수협중앙회 어업경영조사보고서의 2012～2014년 기간 동안의 평균치를 사용하였다. 또한 현행 TAC 대상어종에 대해서는 연간 어획량에 대한 제약조건을 설정하였으며, 여기에는 각 어종별 2015년도 TAC 할당량을 사용하였다(Table 2).

Ⅳ. 분석 결과

1. 현 상태(Status Quo) 분석 결과

월별 금어기 시나리오 분석에 앞서 현행과 같이 자율휴어기 실시 하에서의 월별 출어일수 및 출어이익, 그리고 미성어 어획량 등을 우선 추정하였다. 정수선행계획 모형식을 이용하여 월별 금어기 설정에 따른 월별 출어일수를 산출하였고, 제약조건식에서 어종별 어획량 제한은 앞서 언급한 2015년의 TAC와 동일하게 적용하였다. 분석 결과, 연간 총 출어일수는 271일, 출어이익은 약 1천 7백억 원, 그리고 약 21.7천 톤의 고등어 미성어와 7.8천 톤의 전갱이 미성어가 어획되는 것으로 추정되었다.

구체적으로 월별 출어일수, 출어비용, 생산금액과 출어이익을 살펴보면, 출어비용과 생산금액이 가장 많은 달은 12월이었으나, 출어이익은 11월에 가장 높았다. 12월의 생산금액은 496억 원, 출어이익은 153억 원, 그리고 11월의 생산금액은 481억 원, 출어이익은 276억 원 수준으로 분석되었다.

주로 가을과 겨울 기간 동안의 출어이익이 상대적으로 높게 나타났는데, 특히 1월과 8～12월까지의 월별 생산금액이 260억 이상으로 다른 월에 비해 높았고, 출어일수는 23일에서 28일까지로 분석되었다. 같은 기간(1월, 8～2월) 동안 어획된 고등어 미성어는 총 18,605톤으로, 전체 고등어 미성어 어획량 21,673톤의 85.8%를 차지하였다. 12월 한 달 동안의 미성어 어획량이 8,712톤으로, 연간 고등어 미성어 전체 어획량의 40.2% 정도를 차지하는 것으로 분석되었다.

전갱이의 경우 1～4월까지 기간 동안의 미성어의 어획량이 가장 많은 것으로 나타났다. 이 기간 동안의 전갱이 미성어 어획량은 총 6,154톤으로 연간 전갱이 미성어 전체 어획량의 79.1%를 차지하고 있다. 특히 3월 한 달 동안의 미성어 어획량이 2,409톤으로, 전체 전갱이 미성어 어획량의 31%를 차지하는 것으로 분석되었다.

Table 5. Analytical Result : Status quo

Month	Fishing days (day)	Fishing revenue (million won)	Operating cost (million won)	Fishing profit (million won)	Catch of immature fish(ton)	
					Chub mackerel	Jack mackerel
Jan.	28	48,826	26,171	22,655	4,187	1,184
Feb.	20	22,321	8,514	13,808	1,094	1,680
Mar.	25	20,496	9,602	10,894	1,135	2,409
Apr.	12	9,184	3,185	5,998	397	881
May	14	5,964	2,117	3,846	71	350
Jun.	25	15,932	4,479	11,453	102	467
Jul.	26	21,367	8,330	13,038	270	290
Aug.	25	26,179	12,865	13,315	2,029	46
Sep.	24	31,564	15,365	16,198	749	18
Oct.	24	30,076	13,677	16,399	463	13
Nov.	25	48,144	20,515	27,630	2,466	90
Dec.	23	49,622	34,306	15,316	8,712	351
Total	271	329,674	159,126	170,548	21,673	7,780

Table 6. Analytical Results by Scenario

Time of closed season	Total fishing days per year(day)	Total catch (ton)	Fishing profit (million won)	Catch of immature fish(ton)	
				Chub mackerel	Jack mackerel
Status quo	271	170,837	170,548	21,673	7,780
Jan.	267	148,230	157,414	17,972	7,826
Feb.	271	166,538	165,162	21,045	7,231
Mar.	270	166,019	169,175	21,024	6,601
Apr.	270	169,204	167,572	21,331	7,174
May	268	171,444	172,329	21,942	8,192
Jun.	267	170,282	167,309	21,921	8,254
Jul.	269	167,385	167,031	21,889	8,720
Aug.	262	159,217	163,268	19,767	8,193
Sep.	263	156,533	160,385	21,047	8,222
Oct.	262	157,933	159,748	21,288	8,130
Nov.	263	151,417	149,389	19,376	8,246
Dec.	267	137,435	162,574	13,221	8,177

2. 시나리오별 분석 결과

시나리오별 분석에서는 월별 금어기를 가정하여 정수선형계획 모형식을 통한 출어일수의 변화와 이에 따른 어획량 및 어종별 미성어 변화 그리고 출어이익의 변화 등을 추정하였다. 구체적인 월별 금어기 분석 결과는 Table 6과 Fig. 2에서 나타난 바와 같다.

월별 금어기를 시행할 경우 연간 조업일수는 최소 262일에서 최대 271일 정도로 예측되었다. 월별 금어기 분석 결과를 현 상태(Status quo)와 비교해 구체적으로 살펴보면, 우선 시나리오 중 유일하게 5월 금어기의 경우에만 현 상태(Status quo)와 비교해 이익이 소폭(1.0%) 증가할 것으로 예측되었으며, 이 경우 고등어와 전갱이 미성

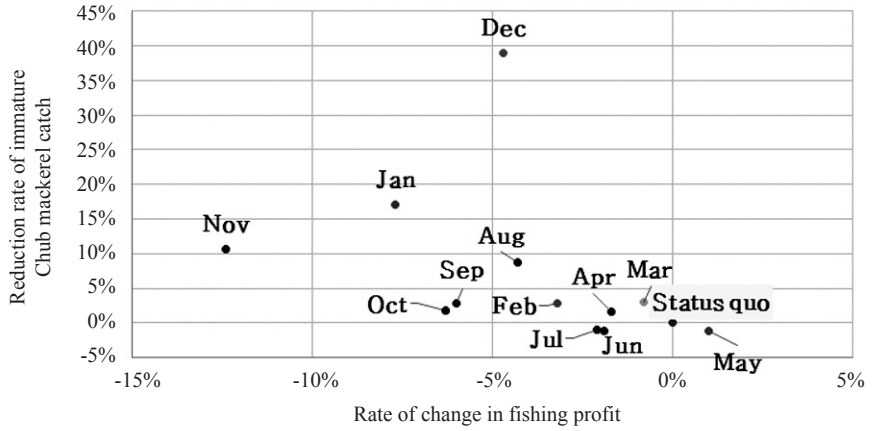

Fig. 2. Analytical Results by Scenario.

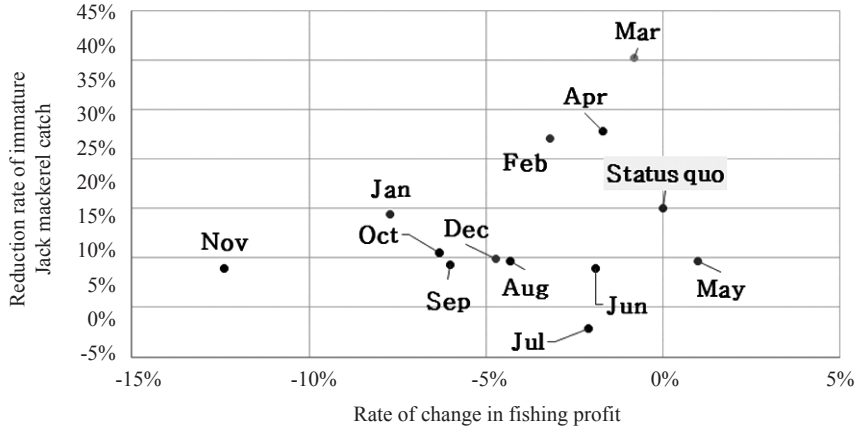

Fig. 3. Analytical Results by Scenario.

어 어획량이 각각 1.2%, 5.3% 증가하는 것으로 분석되었다.

현 상태(Status quo) 분석 결과에서 생산금액이 높았던 8월부터 이듬해 1월에 대해서는 금어기를 실시했을 경우 다른 시기를 제한했을 경우보다 출어이익의 감소폭(4.3～12.4%)이 훨씬 더 크게 나타났다. 이 시기에는 고등어 어획이 집중적으로 이루어지는 만큼 금어기에 의한 미성어 보호 효과도 크게 나타났는데, 특히 12월 금어기의 경우 출어이익의 감소(4.7%)에 비해 훨씬 큰 고등어 미성어 어획량 감소 효과(39.0%)를 기대할 수 있는 것으로 분석되었다. 나머지 시기의 월별 금어기 시행에서는 출어이익을 크게 감소되지 않았고, 마찬가지로 고등어 미성어 보호 효과(17.1～－1.2%)도 그리 크지 않은 것으로 추정되었다.

하지만 전갱이 미성어 보호에 있어서는 3월의 금어기 설정이 가장 효과적일 것으로 기대되었다. 이는 3월 금어기의 경우 출어이익은 0.8% 감소하는 반면, 전갱이 미성어의 어획량을 15.2%

감소시켰고, 고등어 미성어 어획량도 3% 감소시키는 것으로 분석되었기 때문이다.

Ⅴ. 결 론

어업은 어업자원을 어획함으로써 이윤을 창출하므로 어업자원의 보호와 어업소득 증대는 서로 상충관계에 있다. 어업을 제한하여 어업자원을 보호하고자 할 경우에는 어업자원의 회복기간 동안 어업소득의 하락을 감수해야 한다. 하지만 어업소득의 감소에도 불구하고 어업자원을 보호 · 회복하려는 이유는 보다 장기적인 관점에서의 자원증대와 이에 따르는 지속적 어업이익의 최대화에 있다. 특히 미성어 자원은 잠재적인 산란자원(spawning stock)으로 볼 수 있으므로 미성어 자원의 보호는 미래의 어업자원 회복과 어업소득 증대에 아주 중요하다.

본 연구에서는 대형선망어업을 대상으로 정수선형계획법을 이용하여 금어기 제도의 효과(미성어 보호 효과와 출어이익 증감 효과)를 분석하였다. 분석 결과, 현 상황(Status quo)과 비교하여 출어이익이 가장 높았던 금어기 시기는 5월로, 출어이익을 소폭(1.0%) 증가시킨 반면 나머지 월의 금어기는 출어이익을 0.8%에서 12.4%까지 감소시키는 것으로 추정되었다. 하지만 5월의 금어기는 고등어 미성어 어획량을 1.2%, 전갱이 미성어 어획량을 5.3% 증가시킬 것으로 기대되어 미성어 보호 효과는 현 상황(Status quo)과 비교하여 다소 떨어질 수 있는 것으로 분석되었다.

고등어 미성어 보호 효과는 12월의 금어기가 가장 높을 것으로 나타났고(39.0%), 특히 출어이익의 감소(4.7%)에 비해 효과가 뛰어날 것으로 추정되었다. 다음으로 1월(17.1%)과 11월(10.6%)의 순으로 고등어 미성어 보호 효과가 높은 것으로 분석되었다. 하지만 1월과 11월은 고등어 조업이 활발히 이루어지는 시기이므로 금어기를 실시하고자 할 경우 큰 폭의 출어이익 하락을 감수하여야 하는 것으로 평가되었다.

전갱이 미성어 보호 효과를 고등어 어획과 함께 고려하였을 경우에는 3월이 가장 효과적일 것으로 나타났으며, 이때의 전갱이 미성어는 15.2% 감소하는 반면 출어이익은 0.8% 정도 감소할 것으로 추정되었다. 다른 월을 대상으로 금어기를 시행할 경우 전갱이 미성어 보호 효과가 3월에 비해 떨어지며, 5월을 제외하고는 출어이익 역시 3월에 비해 떨어지는 것으로 분석되었다.

이러한 분석 결과를 바탕으로 현재 수산자원관리법시행령 개정방안(MOF, 2015)에서 제시한 대형선망어업의 고등어 5월의 금어기는 고등어의 주 산란기가 3월에서 6월인 점을 감안할 때 적절한 기간으로 판단된다. 분석 결과에서는 5월의 금어기를 시행할 경우 현 상태와 비교해 출어이익은 소폭 증가하는 반면, 미성어 어획량이 아주 약간 오히려 늘어날 수 있는 것으로 나타나 현재의 자율휴어기에 비해 특별히 효과적인 미성어 보호 효과를 기대하기는 어려울 것으로 판단된다.

다만 5월 금어기 신설을 통해 대형선망어업 전체에 대한 금어기 제도 운영을 강화하고 통제함으로써 고등어 미성어 보호와 이를 통한 향후 고등어 자원량 회복과 관리에 효과가 있을 것으로 기대된다. 향후 5월 금어기에 대한 효과를 지켜보면서 금어기 제도에 대한 보완을 행해나가는 것이 필요할 것이다. 또한 일시적인 고등어 자원의 급감과 같이 강도 높은 자원보호의 필요성에 대두될 경우에는 기존의 금어기와 함께 미성어를 크게 보호할 수 있는 12월 등에 대해서 추가적인 휴어제 등을 실시하는 방안도 고려할 수 있을 것이다.

이와 같이 금어기의 목적을 어떻게 설정하느냐에 따라 그 시기를 달리할 수 있으며 가능할 경우에는 각 월별 출어일수 제한이나 추가적인 금어기를 통해 자원보호의 효과성을 더 높일 수도 있을 것이다. 본 논문에서는 월별 금어기 제약조건 하에서 대형선망어업의 출어이익 최대

화를 목표로 하여 정수선형계획법을 이용해 금어기 제도의 미성어 보호 효과를 단순하게 분석하였다. 실제 조업이나 출어이익에 영향을 미칠 수 있는 다른 여러 가지 요인을 반영하지 않았다는 점에서 한계를 가진다. 특히 금어기 제도의 효과는 산란자원과 치어 · 미성어 보호를 통한 향후 자원량 및 어획량 증대에 있지만, 본 연구에서는 향후 자원량 변화를 예측하여 월별 금어기 제도의 효과를 분석하지는 못한 한계를 가진다.

하지만 이러한 한계점을 가짐에도 불구하고, 본 연구는 간단한 분석을 통해 현재 정책적으로 고려 중인 금어기 제도에 대해 여러 가지 시나리오별로 그 효과를 평가 · 비교할 수 있다는 점에서 의미를 가질 수 있을 것이다. 그리고 본 연구에서 사용한 방법론 등은 향후 다른 어업 혹은 다른 어종에 대한 금어기를 포함한 다양한 자원보호 정책들의 효과 분석이나, 관련 분야의 연구에 도움이 될 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

Cheng, H. and Townsend, R. (1993), "Potential impact of seasonal closures in the U.S. lobster fishery," *Marine resource economics*, 8, 101－117.

Dantzig G. and Thapa M. (1997), *Linear Programming 1: Introduction*, Springer.

Gaither, N. (1980), "A stochastic constrained optimization model for determining commercial fishing seasons," *Management science,* 26 (2), 143－154.

MOF(Ministry of Ocean and Fisheries) (2015), *Revising ways of Fishery Resource Management Enforcement Ordinance*, Ministry of Ocean and Fisheries.

MOF(Ministry of Ocean and Fisheries) (2014), *Implementation plan for setting and management of Total Allowable Catch for 2015*, Ministry of Ocean and Fisheries.

MOF, Fisheries Information Portal(www.fips.go.kr)

NFFC(National Federation of Fisheries Cooperatives) (2015), *Report of Fishing Business Survey*, National Federation of Fisheries Cooperatives.

NFRDI(National Fisheries Research & Development Institute) (2014), *Results of Stock Assessment for Target Fish Species for 2015*, National Fisheries Research & Development Institute.

NFRDI(National Fisheries Research & Development Institute) (2010), *Ecology and Fisheries of Major Coastal and Offshore Fish Species*, National Fisheries Research & Development Institute.

Oliveira, M., Camanho, A. and Gaspar, M. (2014), "Enhancing the performance of quota managed fisheries using seasonality information: the case of the Portuguese artisanal dredge fleet," *Marine Policy*, 45, 114－120.

Rodrigues, A. (1990), *Operations Research and Management in Fishing*, Kluwer Academic Publishers.

Seo Y., Cheon, S. and Kim, D. (2014), "A study on fisheries management of ecosystem-based TAC using a linear programming," *The journal of Fisheries Business Administration*, 45, 61－72.

Somers, I. and Wang, Y. (1997), "A simulation model for evaluating seasonal closures in Australia' s multi-species northern prawn fishery," *North American journal of fisheries management*, 17 (1), 114－130.