

복수어업에 있어서의 어업관리수단 평가를 위한 생물경제학적 연구

- 미국 멕시코만의 red grouper와 yellowedge grouper 복수어업을 사례로 -

김 도 훈*

A Bioeconomic Analysis on the Evaluation of Alternative Management Policies in the Multispecies Fishery

Kim, Do-Hoon

〈 목 차 〉

I. 서론	III. 복수어종 생물경제학 모델
II. 멕시코만의 red grouper와 yellowedge grouper 어업	IV. 모델 분석 결과
	V. 요약 및 결론

I. 서 론

지금까지의 과도한 어획으로 인한 어업자원의 감소에 따라 세계 각국에서는 어업자원회복을 위한 각종 어업관리정책이 수립되어지고 있다. 최근에는 특히 보다 실질적인 어업관리정책 목표달성을 위하여 자원회복계획(rebuilding plan)을 바탕으로 한 어업관리정책이 이루어지고 있다. 이 계획은 목표 자원량 수준을 정해놓고 현재 자원량 수준에서 어업관리수단을 이용해 정해진 자원회복기간 동안 목표 자원량 수준을 달성하기 위한 것이다. 이 계획 하에서는 우선 자원량 추정이 과학적으로 이루어져야 하고, 목표 자원량 수준 및 자원회복기간이 결정되어야 한다. 그리고 무엇보다 중요한 것은 정해진 자원회복기간 동안 목표 자원량 수준을 달성할 수 있는 어업관리수단을 선택하는 것인데, 이를 위해서 생물학적·경제학적 효과에 대한 사전분석을 통해 가장 효과적인 관리수단이 선택되도록 하고 있다.

미국 어업법(Magnuson - Stevens Fishery Conservation and Management Act)에서는 자원량 조사 결과 어업자원이 남획되었다고 평가되어지면 해당지역의 어업관리위원회가 1년 이내에 남획을 중단하고 최대 지속적 생산량을 유지할 수 있는 자원량 수준으로 회복시키는 어업관리수단을 선택하여 수산국(NMFS : National Marine Fosjheroes Service)에 보고하도록 하고 있다¹⁾. 어업관리수단을 선택할 때는 미국 연방 예산법에 따라 관리수단의 사전평가를 의무화하고 있는데, 관리수단의 생물적·경제적 효과를 분석하여 목표 자원량 달성을 정도, 소득효과를 고려하여 가장 효과적인 수단이 선택되도록 하고 있다. 또한 최근에는 연안 생태계 중심 관리원칙에 따른 복수어종간의 영향 분석이 중요하기 때문에 한 어종의 자원회복 목표를 위해 어업관리수단의 선택 시 다른 어종에 대한 영향 효과도 사전분석에서 반드시 행하도록 법제화하고 있다(NMFS, 2002).

미국 멕시코만의 red grouper²⁾는 멕시코 만에서 어획되는 전체 grouper류 어획량의 60% 이상을 차지하는 중요한 어종으로서 자원량이 감소하고 있다는 우려에 따라 지역 NMFS가 2002년 9월 자원상태조사를 해 본 결과 친어 자원량 수준이 최대 지속적 생산가능한 자원량 수준의 80%보다 작아 자원평가 기준상 남획상태에 있는 것으로 평가되었다(NMFS, 2002). 이에 따라 멕시코만 어업관리위원회는 어업법에서 규정하는 대로 red grouper 자원을 10년간의 자원회복기간 동안 목표 자원량 수준으로 회복시키는 자원회복계획을 수립해야 하고, 목표 자원량 달성이 가능한 어업관리수단을 선택해야 한다³⁾.

자원회복기간 동안 목표 자원량 수준을 달성을 할 수 있을 것으로 기대되어 어업관리위원회에 의해서 제시된 어업관리수단은 총허용어획량(TAC) 정책, 5개월간 금어기정책, 1800 파운드 출어당 허용어획량 정책, 그리고 50페덤 이내에서의 연승어선 조업금지 정책으로, 각 관리수단에 대한 생물학적·경제학적 효과를 분석하여 가장 합리적인 수단을 선택하고자 하였다. 어업관리위원회 고민 중의 또 다른 하나는 각 관리수단의 타어종에 대한 영향 분석이었다. 특히 red grouper를 어획하는 연승어선은 천해 grouper인 red grouper를 어획함과 동시에 심해 grouper류도 동시에 어획하고 있기 때문에 red grouper에 대한 규제강화로 어선들이 어획노력량을 심해 grouper로 대

1) 미국에는 현재 지역별로 8개의 어업관리위원회가 있는데, 각 위원회는 관할지역의 어업에 대한 관리를 책임지고 있다. 각 주의 대표, 어업자 대표들이 함께 참여하여 지역 어업관리를 위한 어업관리수단의 분석 및 선택을 통해 자원회복계획서를 만들고 이를 해양대기청의 수산국에 보고하도록 되어 있다.

2) 우리나라의 참돔과 유사한 어종임.

3) 자원회복기간(rebuilding period)을 너무 단기적으로 설정하면 어업을 둘러싼 사회경제적 피해가 커질 수 있다. 이에 따라 미국 어업법에서는 가급적 빨리 자원회복이 이루어질 수 있기를 권고하면서 최대 10년이 넘지 않도록 규정하고 있다(Magnuson - Stevens Fishery Conservation and Management Act 304(e), (3) and (4)).

복수어업에 있어서의 어업관리수단 평가를 위한 생물경제학적 연구

체함으로써 이들 자원에 대해 부정적인 영향을 끼칠 것으로 판단되었다(GMFMC, 2002).

이러한 배경으로 본 연구에서는 생물경제학 모델링(bioeconomic modelling) 방법을 이용하여 멕시코만 어업관리위원회에 의해 제시된 어업관리수단의 생물학적·경제학적 효과를 다른 어종에 대한 영향까지 포함하여 분석해 보았다. red grouper 외의 다른 어종으로는 심해 grouper류 어종의 하나인 yellowedge grouper⁴⁾를 연구대상으로 하였다. 이는 yellwoedge grouper가 어획량으로나 금액 면에서 심해 grouper류 전체에서 약 70%를 차지하는 주요 어종이고, 자원상태 평가를 위한 생물학적 자료가 활용 가능하였기 때문이다.

생물경제학 모델링 방법은 생물학적 자원평가모델과 어업자의 어업활동모델을 동시에 고려하기 때문에 관리수단으로부터의 어획사망계수에 따른 자원량의 동태적 변화뿐만 아니라 어업자에 대한 경제적인 효과를 동시에 예측할 수 있다. 따라서, 각 관리수단에 대한 분석을 행함으로써 목표 자원량 달성기간 내의 목표 자원량 달성여부, 소득효과 등을 중심으로 가장 합리적인 수단을 선택할 수 있도록 한다. 이러한 유용성으로 인하여 최근 국제적으로 어업관리수단 평가에서 널리 활용되어지고 있다 (Danielsson, et al, 1997; Thunberg, Helser, and Mayo, 1998; Lee, Larkin, and Adams, 2000 등).

Ⅱ. 멕시코만의 red grouper와 yellowedge grouper 어업

1. red grouper 어업

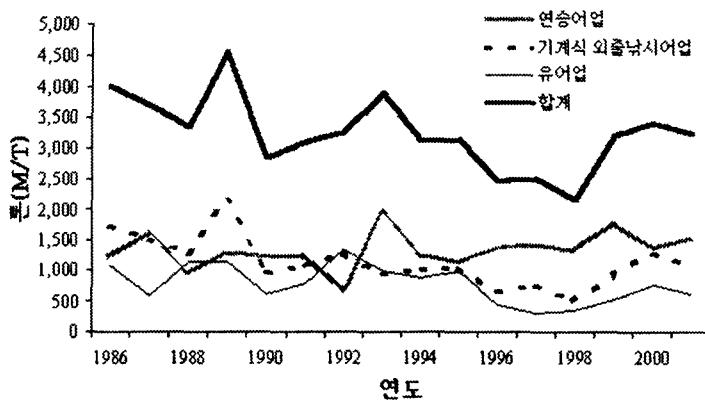
Red grouper(*Epinephelus morio*)는 미국 멕시코만에서 gag, black grouper와 더불어 상업적 어업(commercial fishing) 및 유어업(recreatioanl fishing)으로 어획되는 천해 grouper류의 대표적인 어종으로서 전체 grouper 어획량 중 약 60%정도 차지하고 있으며, 1986년 이후 매년 15백만 달러의 생산고를 올리고 있다.

1980년 초 연승(bottom longline)어구⁵⁾가 도입되기 전에는 대부분 기계식 외줄낚시(bandit)어구⁶⁾에 의해 약 2천7백 톤의 생산량을 유지했지만, 연승어구가 도입이 된 후부터는 생산량이 급증하여 1982년에는 5천7백 톤을 기록했다. 하지만 <그림 1>에

4) 우리나라의 황돔과 유사한 어종임.

5) 440야드 정도 되는 긴 줄에 낚시바늘이 매달려 있는 어구로서 바다 속에 수평적으로 쳐져 지나가는 어류를 포획하게 된다. 인망할 때는 전기 롤러를 사용하여 잡아올리게 된다. 기계식 외줄낚시어구보다는 훨씬 어획강도가 강하고, 산호초의 파괴 등 해양환경에 큰 손상을 주기도 한다.

6) 기계식 외줄낚시 어구(bandit gear)는 낚시바늘과 줄의 기어가 달린 낚싯대 여러 개를 배에 부착하여 어업을 행하는 어구로서 보통 한 줄에 두 개 이상의 낚시바늘을 걸게 되며, 기계식 릴을 사용하여 줄을 잡아올린다.



〈그림 1〉 각 어업별 red grouper 어획량 변화(1986~2001년)

서 보는 것처럼, 1986~1998년 동안 총생산량은 4천 톤에서 2천5백 톤으로 격감했고, 1999년 이후에는 매년 약 3천2백 톤 대를 유지해 오고 있다. 어업별 평균으로 보면, 연승어업에서 약 42%, 기계식 외출낚시어업에서 34%, 그리고 유어업에서 21% 정도를 어획하고 있다(GMFMC, 2002).

Red grouper에 대한 어업규제는 1985년 7월 플로리다 주가 유어업에 있어서 grouper류에 대한 18인치 체장규제를 취한 것이 최초였다. 그 이후로 하루 5마리 이상의 포획금지(bag - limit of 5 fish/day), 20인치 체장규제가 1986년과 1990년에 각각 이루어졌다. 상업적 어업에 대해서는 1990년 4월에 멕시코만 어업관리위원회가 처음으로 어획량 할당제를 시행했는데, 총어획량 할당량은 5천 톤으로 이 중 4천2백 톤은 천해 grouper류로 그리고 나머지 8백 톤은 심해 grouper류로 할당되었다. 그 후로 지금까지 17차례의 개정이 이루어졌지만, red grouper는 단일어종으로서 관리되지 않고 천해 grouper 전체 할당량에 의해서만 규제되어 왔다.

자원량 감소에 따른 우려로 지역 NMFS에 의해 2002년 9월 red grouper에 대한 자원평가가 이루어졌다. 그 결과는 〈표 1〉에서 보는 바와 같이, 현재의 친어 자원량 수준은 최대 지속적 생산가능한 친어 자원량 수준(SS_{MSY})의 80%보다 작아 남획된 상태에 있고, 어획사망계수 비율(F_{2001}/F_{MSY})은 1보다 커서 현재 남획이 계속 진행 중인 것으로 판명되었다(NMFS, 2002). 이에 따라 멕시코만 어업관리위원회는 어업법에서 규정하는 대로 red grouper 자원량을 10년 기간 동안 목표 자원량 수준으로 회복시키기 위해 총허용어획량(TAC) 정책, 5개월 금어기 정책, 1800 파운드 출어당 허용어획량 정책, 그리고 50페덤 이내에서의 연승어선 조업금지 정책수단을 제시하고 다른 대체어종에 대한 영향을 포함하여 각 수단에 대한 효과를 평가하고자 하였다.

복수어업에 있어서의 어업관리수단 평가를 위한 생물경제학적 연구

〈 표 1 〉 red grouper의 자원평가 결과

최대 지속적 생산량(MSY)	1,380(MT)
MSY수준의 어획사망계수(F_{MSY})	0.270
2001년도의 어획사망계수(F_{2001})	0.302
F_{2001}/F_{MSY}	1.117(overfishing)
최대 지속적 생산가능한 친어자원량 수준(SS_{MSY})	350.7
2001년도의 친어자원량 수준(SS_{2001})	246.3
SS_{2001}/SS_{MSY}	0.702(overfished)

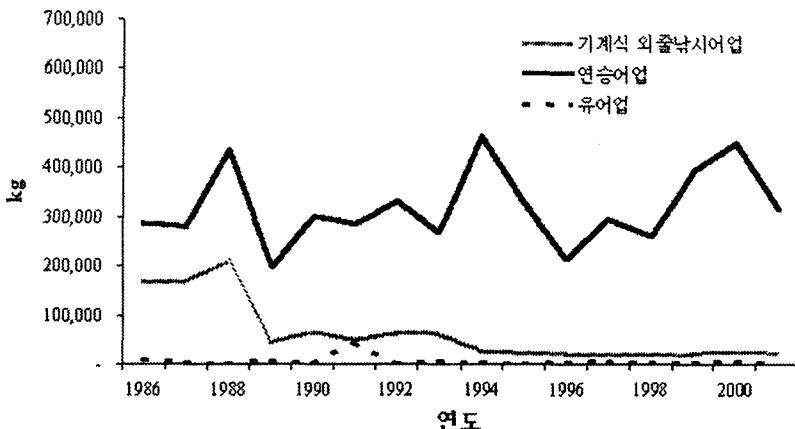
2. yellowedge grouper 어업

Yellowedge grouper(*Epinephelus Flavolimbatus*)는 미국 동부해안 노스캐롤라이나에서부터 멕시코만, 쿠바, 그리고 브라질에 걸쳐 수심이 깊은 곳에 서식하는 어종이다(Poffenberger, 2000). 멕시코만에 있어서의 yellowedge grouper는 멕시코만 어업 관리위원회에 의해 관리되는 심해 grouper류의 대표적 어종으로서 전체 심해 grouper류 생산량의 약 70%를 차지하고 있다.

〈 그림 2 〉에서 보는 바와 같이, yellowedge grouper의 1986~2001년 동안 상업적 어업의 평균 어획량은 381톤이고, 같은 기간 유어업 어획량은 겨우 6톤이다. 이처럼 유어업의 어획량이 적은 이유는 yellowedge grouper 어종이 먼바다 심해에서 서식하기 때문에 유어업자들이 어획하기에는 곤란하기 때문이다. 특히 눈에 띄는 점은 연승 어업에 의한 어획량이 크게 증가한 것으로 1994년 이전에는 평균적으로 연간 297톤 생산되었지만, 그 이후에는 매년 전체 어획량의 약 95% 수준인 340톤 수준을 유지하고 있다. 이에 반해 기계식 외줄낚시어업에 의한 어획은 현저히 감소하여, 1994년 이후에는 평균 30톤 수준도 못 미치고 있다. 이는 앞서 설명한 바와 같이 yellowedge grouper가 먼바다 심해에 서식하기 때문에 기계식 외줄낚시어업의 경우 출어비용이 많이 소요될 뿐만 아니라 연승어선의 조업경쟁력 강화에 따라 yellowedge grouper 어획에 대한 기대수입이 현저히 감소하였기 때문으로 분석된다.

Yellowedge grouper는 지금까지 개별어종으로서 관리되지 않았으며, 1990년 이후에 심해 grouper류 전체에 대한 총허용어획량(Aggregate TAC)제도에 의해서만 규제되어왔다. 2003년 현재 심해 grouper류에 대해서 612,355kg의 총허용어획량이 설정되어 있다.

2002년 9월 처음으로 해양대기청 수산국은 연령구조모델(Age - Structured Model)을 사용하여 yellowedge grouper에 대한 자원조사평가를 하였다. 하지만, 단지 12~15년의 짧은 기간의 어획량 및 생물학적 자료한계로 인하여 연령구조모델의 결과가 상당히 불안정한 것으로 나타났는데, 모델 예러가 발생했을 뿐만 아니라 친어 자원량



〈그림 2〉 각 어업별 Yellowedge Grouper 어획량 변화 (1986~2001년)

에 따른 가입량 관계식에서의 기울기 등 투입변수의 변화에 따라서 자원량 분석 결과가 완전히 상반되게 평가되었다(Cass - Calay and Bahnick, 2002). 따라서 본 연구에서는 주어진 활용 가능한 적은 자료로 자원량 평가가 가능한 잉여생산량 모델을 사용하여 yellowedge grouper 자원량을 재추정 하였다⁷⁾.

잉여생산량 모델 중 본 연구에서는 ASPIC 모델을 이용하여 yellowedge grouper 자원량을 평가하였다. 이 모델은 비균형 쉐페(Schaefer) 잉여생산량 모델로 어획량(혹은 단위노력당 어획량)과 어획노력량 자료를 이용하여 최대 자원량(carrying capacity : K)과 자원의 본원적 성장률(intrinsic growth rate : r) 변수를 조절함으로써 자원량 수준을 평가하고, 식 (2.1)~(2.3)과 같은 변수를 추정하게 된다⁸⁾.

$$MSY = K \cdot r/4 \quad \text{식 (2.1)}$$

$$X_{MSY} = K/2 \quad \text{식 (2.2)}$$

$$F_{MSY} = r/2 \quad \text{식 (2.3)}$$

여기서, MSY는 최대 지속적 생산량(maximum sustainable yield), X_{MSY} 는 최대 지

7) 잉여생산량 모델은 연령구조모델과 같이 각 연령군의 세부적인 속성을 고려하지 않고, 전체적인 가입량, 성장량, 그리고 사망량으로부터 자원군의 크기 변화만을 고려한다. 혼히 연령구조모델에 의한 평가가 잉여생산량 모델에 의한 것보다 자원량 추정이 보다 정확하다고 인식되어 있지만, 실제 행해진 다양한 어종들의 자원량 평가 결과 잉여생산량 모델에서 보다 정확하게 자원량 추정이 이루어진 사례도 많다. 그리고 무엇보다도 활용 가능한 적은 자료로 자원량을 추정할 수 있다는 장점이 있기 때문에 자원량 평가를 위해 널리 사용되어지고 있다(Haddon, 2001).

8) 전통적 잉여생산량 모델은 어획노력량 수준변화에 따라 바로 균형 자원량 수준이 이루어진다고 가정하여 어획노력량 수준변화에 따른 동태적 자원량 변화를 설명하지 못했다. 하지만 ASPIC 잉여생산량 모델에서는 어획능률계수, 자원의 본원적 성장률, 그리고 최대 자원량 변수에 불확실성 변수를 더해 bootstrapping함으로써 모델로부터 추정된 어획량이 실제 어획량과 일치하도록 하고, 이로부터 추정된 변수를 이용하여 동태적인 자원량 변화를 평가할 수 있다(Prager, 1995).

복수어업에 있어서의 어업관리수단 평가를 위한 생물경제학적 연구

〈 표 2 〉 ASPIC 잉여생산량 모델 분석 결과

Parameter	Estimate	50% Lower CL	50% Upper CL
K	1.800E + 07	1.200E + 07	2.557E + 07
r	5.652E - 02	3.930E - 02	9.715E - 02
MSY	2.543E + 05	1.624E + 05	3.178E + 05
X _{MSY}	8.998E + 06	6.001E + 06	1.279E + 07
F _{MSY}	2.826E - 02	1.965E - 02	4.858E - 02
X/X _{MSY}	7.788E - 01	6.773E - 01	1.780E + 00
F/F _{MSY}	1.678E + 00	8.030E - 01	2.060E + 00

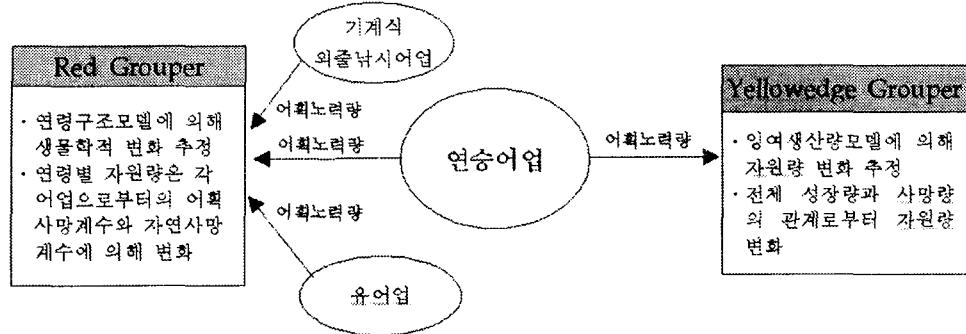
속적 생산가능한 자원량 수준, 그리고 F_{MSY}는 최대 지속적 생산가능한 어획사망계수 수준을 의미한다. 본 연구에서는 2002년 yellowedge grouper 자원평가보고서에 나와 있는 어획량과 단위노력당 어획량을 이용하여 ASPIC 잉여생산량 모델에 의한 자원량 평가를 하였다.

잉여생산량 모델 분석 결과 추정된 어획량과 실제 어획량이 일치하였고, CPUE 분석에서도 R²=0.794로 모델의 적합성이 높은 것으로 나타났다. 모델 결과로부터 yellowedge grouper 어업자원의 최대 자원량 수준(K)은 18,000,000톤, 자원의 본원적 성장률(r)은 0.05652로 평가되었다(〈 표 2 〉).

최대 지속적 생산가능한 자원량 수준(X_{MSY})에 대한 현재 자원량 수준은 약 78%로 자원평가 기준상 남획상태에 있는 것으로 나타났고, 어획사망계수 비율 또한 1보다 커서 남획이 계속 진행 중인 것으로 평가되었다.

Ⅲ. 복수어종 생물경제학 모델

제2장에서 살펴본 바와 같이, red grouper의 생물학적 자원량 변화는 연령구조모델에 의해 추정되었고, yellowedge grouper는 잉여생산량 모델에 의해 이루어졌다. 본 연구에서는 이 두 모델을 통합하여 복수어종 생물경제학 모델(Multispecies Bioeconomic Model)을 만들었다(〈 그림 3 〉). 생물학적으로 어업자원은 산란을 하여 치어가 어획대상자원으로 가입하게 되고, 성장을 하여 총자원량 수준은 증가하게 된다. 그러나 자연사망에 의해 자원량은 감소하고, 여기에 더해 어업자들이 어획을 함으로써(어획노력량 수준의 증가=어획사망계수의 증가) 자원량 감소율은 더욱 커지게 된다. 생물경제학 모델에서 생물학적 분석은 이러한 어획사망계수의 변화에 따른 자원량 및 어획량 변화를 고려하는 것이다. 경제학적 분석에서는 어획사망계수 수준의 변화에 따른 어획량의 변화로부터 어업수입과 어업비용을 고려하여 어업자들의 경제적 효과를 추정하게 된다. 어업관리수단에 의해서는 어획사망계수의 수준이 제한되기 때



〈그림 3〉 복수어종 생물경제학 모델 구조도

문에 시간의 흐름에 따라 자원량 수준이 변하고, 이에 따라 어획량 수준이 바뀌게 되어 어업자들의 경제적 효과도 달라진다.

Red grouper는 연승어업(42%), 기계식 외줄낚시어업(34%), 그리고 유어업(21%)에 의해 대부분 어획되고 있기 때문에 모델에서 red grouper는 이 세 가지 어업에 의해 어획되는 것으로 하였다. 그리고 1994년 이후 연승어업에서 yellowedge grouper 총 어획량의 95% 이상을 어획해 오고 있기 때문에 연승어업만이 yellowedge grouper를 어획한다고 가정하였다.

1. 복수어종 생물학적 모델

1) red grouper의 생물학적 모델

(1) 친어 자원량 - 가입량 관계(Stock - Recruitment Relationship)

가입량(recruitment)은 매년 어획될 수 있는 자원량으로 가입되는 양을 말한다. red grouper 자원평가보고서에 의하면, 친어 자원량과 가입량과의 관계를 베벌튼 - 홀트함수식(Beverton - Holt recruitment function)을 이용하여 식 (3.1)과 같이 추정하였다.

$$N_1(t) = \frac{\alpha \times SS(t-1)}{\beta + SS(t-1)} \quad \text{식 (3.1)}$$

여기서, SS는 친어 자원량(spawning stock)으로 연령별 자원량에 평균 산란량(fecundity)를 곱하여 12세 연령 모두의 합으로써 구해졌다. α 와 β 는 가입량을 구하기 위한 결정계수로써 $\alpha=6,729,860$ 그리고 $\beta=150,428,000$ 으로 조사되었다.

(2) 자원동태분석

각 연령별 초기 자원량 수준은 연령별(a) 순간자연사망계수(Ma)와 어업기간동안의

복수어업에 있어서의 어업관리수단 평가를 위한 생물경제학적 연구

어업별 어선(i)에 의한 순간어획사망계수($F_{a,i}$)에 의해 감소하게 된다. t년과 t+1년 사이의 연령별 자원량 수준의 변화식은 식 (3.2)와 같다.

$$N_{a+1,t+1} = N_{a,t} \cdot e^{-(M + \sum_{i=1}^3 F_{a,i})} \quad \text{식 (3.2)}$$

앞서 설명한 바와 같이, red grouper는 연승어업(42%), 기계식 외줄낚시어업(34%), 그리고 유어업(24%)에 의해 대부분 어획되고 있기 때문에 이 세 가지가 모델에서 주된 어업($i=1, 2, 3$)으로 가정되었다.

(3) 어획량

연령별 자원량 수준의 변화식으로부터 t년과 t+1년 사이의 연령별(a) 자원량의 감소는 식 (3.3)과 같이 구할 수 있다.

$$N_{a,t} - N_{a+1,t+1} = N_{a,t} - N_{a,t} \cdot e^{-(M + \sum_{i=1}^3 F_{a,i})} = N_{a,t} \cdot (1 - e^{-(M + \sum_{i=1}^3 F_{a,i})}) \quad \text{식 (3.3)}$$

따라서, t년도의 연령별(a) 어획($C_{a,t}$)은 식 (3.4)에서와 같이 연령별 총자원량 감소 중 어획으로 인한 비율로써 구할 수 있다.

$$C_{a,t} = \frac{\sum_{i=1}^3 F_{a,i}}{\left(\sum_{i=1}^3 F_{a,i} + M\right)} \cdot N_{a,t} \cdot (1 - e^{-(\sum_{i=1}^3 F_{a,i} + M)}) \quad \text{식 (3.4)}$$

그리고 t년도에 있어서 연령별 어획량($WC_{a,t}$)은 단순히 연령별 어획($C_{a,t}$)에 연령별 체중(w_a)을 곱해주면 된다. 따라서 t년도의 총어획량(WC_t)은 식 (3.5)와 같이 연령별 어획량의 합으로써 구해진다.

$$WC_t = \sum_{a=1}^{12} N_{a,t} \frac{\sum_{i=1}^3 F_{a,i}}{\left(\sum_{i=1}^3 F_{a,i} + M\right)} \cdot (1 - e^{-(\sum_{i=1}^3 F_{a,i} + M)}) \cdot w_a \quad \text{식 (3.5)}$$

2) yellowedge grouper의 생물학적 모델

(1) 성장량 함수(growth function)

yellowedge grouper의 성장량 함수 [$G(X)$]는 ASPIC 잉여생산량 모델에서 추정된 생물학적 변수를 바탕으로 식 (3.6)과 같이 일반적으로 가정되어지는 쉐퍼 함수형태를 이용하였다.

$$G(X_t) = r \cdot X_t \cdot \left(1 - \frac{X_t}{K}\right) \quad \text{식 (3.6)}$$

여기서, r 은 자원의 본원적 성장률, K 는 최대 자원량 수준, 그리고 X 는 자원량 수준을 나타낸다. 식으로부터 $X = K/2$ 일 때 성장량이 최대로 되고, 자원량 수준이 그 이후로 증가하게 되면 성장량은 감소하게 된다.

(2) 어획량 함수(harvest function)

어획량 함수는 식 (3.7)과 같이 자원량 수준(X)과 어획노력량 수준(E)에 대해 선형적으로 비례하는 형태로 가정하였다.

$$H_t = q \cdot E \cdot X_t \quad \text{식 (3.7)}$$

여기서, q 는 어획능률계수(catchability coefficient), E 는 어획노력량 수준을 의미한다.

(3) 자원동태함수(stock dynamics)

잉여생산량 모델을 사용한 자원동태함수는 일반적으로 다음의 식 (3.8)과 같은 형태를 가지게 되는데,

$$X_{t+1} = X_t + G(X_t) - H_t \quad \text{식 (3.8)}$$

여기서 X_{t+1} 은 $t+1$ 년도의 자원량, X_t 는 t 년도의 자원량을 의미하고, $G(X_t)$ 는 t 년도의 성장량, 그리고 H_t 는 t 년도의 어획량을 의미한다. 식 (3.6)과 (3.7)에서 가정된 성장량 함수와 어획량 함수를 고려하면 식 (3.8)은 다음과 같은 식 (3.9)의 형태로 바뀔 수 있다.

$$X_{t+1} = X_t + r \cdot X_t \cdot \left(1 - \frac{X_t}{K}\right) - q \cdot E \cdot X_t \quad \text{식 (3.9)}$$

식으로부터 성장량 수준이 어획량 수준보다 크면 자원량은 증가하게 되고, 반대로 어획량 수준이 성장량 수준보다 높게 되면 자원량은 감소하게 된다.

2. 복수어종 경제학적 모델

1) 총어업수입

t 년의 총어업수입(TR_t)은 식 (3.10)과 같이 각 어종별 생물학적 모델로부터 구해진 총어획량(H_t , WC_t)에 각 어종의 단위당 시장가격(p)을 곱함으로써 구했다.

$$TR_t = WC_t(\text{혹은 } H_t) \cdot p \quad \text{식 (3.10)}$$

red grouper와 yellowedge grouper의 단위당 시장가격(p)은 해양대기청 수산국의

복수어업에 있어서의 어업관리수단 평가를 위한 생물경제학적 연구

가격조사 자료의 1999~2001년간 평균으로부터 구해졌는데, 단위당 평균가격은 각각 \$5/kg과 \$6/kg이었다.

2) 총어업비용

t년도의 총어업비용(TC_t)은 식 (3.11)과 같이 각 어업별의 총변동비용($TVC_{i,t}$)과 총고정비용($TFC_{i,t}$)의 합으로써 구해졌다.

$$TC_t = \sum_{i=1}^3 (TFC_i + TVC_{i,t}) \quad \text{식 (3.11)}$$

여기서, t년도의 어업별 총변동비용($TVC_{i,t}$)은 식 (3.12)와 같이, 각 어업별 어선의 출어횟수($Trips_{i,t}$)와 출어비용(TTC_i)의 함수로써 구해졌다. 그리고 각 어업별 어선의 출어비용은 고정적인 것으로 가정되었다.

$$TVC_{i,t} = TTC_i \cdot Trips_{i,t} \quad \text{식 (3.12)}$$

어업별 어선의 출어비용은 1996년에 전체 멕시코 만에서 행해졌던 어선별 출어경비조사보고서의 자료를 이용하였다(Waters, 1996). 하지만, 보고서에서는 각 어업별로 어선을 소형어선과 대형어선으로 나누어 각각의 출어비용을 조사하였기 때문에 본 연구에서는 모델의 적합성을 위해 가중평균을 이용해서 동일한 어선의 출어비용으로 가정하였다. 모델에 사용된 각 어업별 출어비용과 고정비용은 아래의 〈표 3〉에 요약되어 있다.

3) 총어업이익

t년도에 있어서의 총어업이익(TP_t)은 식 (3.13)과 같이, 총어업수입(TR_t)에서 총어업비용(TC_t)을 차감함으로써 구해졌다.

$$TP_t = TR_t - TC_t \quad \text{식 (3.13)}$$

그리고 m기간 동안에 발생하는 어업의 할인된 총이익(NPV : Net Present Value of Returns)은 식 (3.14)와 같이, 각 기간에 발생하는 이익을 사회적 할인율(r)로 할인하고 m기간 동안의 합으로써 구해졌다.

$$NPV = \sum_{t=1}^m \frac{TP_t}{(1+r)^t} \quad \text{식 (3.14)}$$

3. 어획노력량(fishing effort)

각 어업별 어선의 어획노력량(총조업일수)은 해양대기청 수산국의 멕시코만 어업항해일지 1999~2001년 동안의 자료로부터 분석하였다. 매년 1,000 파운드 이상 어획

〈 표 3 〉 각 어업별 어종별 어선척수, 출어횟수, 출어당 조업일수, 그리고 어업비용

	red grouper		yellowedge grouper
	연승어선	기계식 외줄낚시어선	연승어선
어선척수	105	200	105
연간 출어횟수	10.15	18	4
출어당 조업일수	12	7	12
출어비용	\$2,200	\$650	\$2,200
고정비용	\$29,139	\$16,662	\$29,139

하는 어선을 대상으로 어선척수, 출어횟수, 출어당 조업일수를 조사하였다(〈 표 3 〉).

유어업의 경우는 자료부족으로 인하여 유어업의 총어획노력량 수준을 파악하는 것이 불가능하였다. 실제적으로 유어업 모델은 자원특성의 변화, 즉 일일 어획량 변화나 평균 어체 크기 등에 따라 파악된 유어업자들의 출어횟수가 변하도록 설정되어야 하는데, 이러한 모델을 위한 자료가 전무하였다. 따라서 본 연구에서는 유어업자의 수를 고정하고, 이들의 조업행동은 자원특성에 의해 변하지 않고 단지 자원량의 증가에 따라 조업일수가 증가하는 것으로 가정하였다.

4. 모델의 조정과 적용

모델의 적합성을 위해 2001년도 실제 어획량에 맞도록 복수어종 생물경제학 모델이 조정되었다. red grouper와 yellowedge grouper의 상업적 어업의 어획능률계수 (catchability coefficient)를 조정하여 2001년 실제 상업적 어업에 의한 어획량과 일치하도록 조정되었다. 그리고 유어업에서는 추정된 어획량이 2001년 실제 어획량과 일치되도록 유어업자의 수를 조정하였다. 모델 조정 후 정밀도를 추정해 본 결과 전체적으로 실제 어획량과 3% 정도의 오차가 발생하였는데, 상업적 어업의 경우에는 실제 어획량과 100% 일치하였고, 유어업에 있어서는 5% 정도의 오차가 발생하였다. 하지만, 이 정도의 오차는 총어획량의 1% 미만인 수준으로 모델에 의해 추정된 어획량과는 큰 차이가 없는 것으로 분석되었다.

1) 연승어선의 50패덤 이내에서의 조업금지 수단 분석을 위한 모델 조정

어업관리위원회에 의해 제시된 어업관리수단 중 연승어선의 50패덤 이내에서의 조업금지 수단을 분석하기 위해서는 모델을 다소 수정하는 것이 필요하였다. 이 수단은 연승어선을 50패덤(약 93m)이내에서 조업을 금지시키는 것으로 최근 해양대기청 수산국의 플로리다 출어자료에 의하면, 1998~2000년 동안 연승어선은 50패덤 이내에서 대략 82~99%의 red grouper를 어획하고 있고, 이 중 46~70%는 30패덤 이내에

복수어업에 있어서의 어업관리수단 평가를 위한 생물경제학적 연구

< 표 4 > 연승어선의 50패덤 조업금지 수단 하에서의 어업별 어획노력량/어업비용

어선척수	연간 출어 횟수		출어당 조업일수	출어비용	고정비용
	red grouper	yellowedge grouper			
전환된 기계식 외줄낚시어선 (70% 연승어선)	72	12	4	12	\$1,500
연승어선 (30% 연승어선)	34	-	14	12	\$2,200
기계식 외줄낚시어선	200	18	-	7	\$650
					\$16,662

서 어획되어지고 있다. 또한 연승어구가 치어의 산란장 파괴 등 해양환경에 대해 악영향을 주고 있기 때문에 연승어선을 50패덤 밖으로 축출한다면 red grouper 자원량 증가에 큰 효과가 있을 거라는 기대로 이 수단이 제시되어졌다. 따라서 이 관리수단이 선택되면 연승어선은 실질적으로 red grouper를 거의 어획하지 못하게 된다.

하지만 장비교체의 용이성, 장비교체에 따른 규제의 미비 등으로 연승어선이 기계식 외줄낚시어선으로 전환하게 될 가능성이 제기되었다. 2002년 5월 멕시코만 어업관리위원회 주체로 열린 워크샵에서 전문가들은 설문조사결과를 근거로 연승어선 50패덤 정책수단이 채택될 경우 70%의 연승어선들이 기계식 외줄낚시어선으로 전환될 것이라고 전망하였다. 이에 따라 본 연구에서도 이 수단 하에서는 70%의 연승어선이 기계식 외줄낚시어선으로 전환한다고 가정하고, 그들의 어획능률계수를 기계식 외줄낚시어선의 어획능률계수와 동일하게 가정하였다. 나머지 30% 연승어선들은 모두 yellowedge grouper를 어획하는 것으로 가정하였고, 어선의 특성상 기계식 외줄낚시어선으로 전환한 70%의 연승어선은 계속적으로 yellowedge grouper도 어획하는 것으로 하였다. 즉, 기계식 외줄낚시어선으로 전환된 연승어선은 red grouper 어획을 위해 연 12회 출어하고, yellowedge grouper 어획을 위해서는 연 4회 출어하는 것으로 가정하였다(< 표 4 >).

2) 연승어선의 어획대상어종 대체조업행동

복수어종 분석에 있어 중요한 요인으로는 어선의 어획대상자원 대체활동이다. 어획대상자원의 자원량 변화에 따른 어획량 변화 등에 따라 어선은 복수어종간 어획을 대체하려고 할 것이다. 본 연구에 있어서는 구체적인 어선들의 조업활동에 대한 자료 부족으로 인하여 연승어선이 어떻게 어획대상어종을 대체하고 출어할 것인지에 대해 분석하는 것이 상당히 어려웠다. 하지만, 1998~2001년까지의 연승어선 출어보고서 분석 결과 출어당 이익에 따라 연승어선이 어획대상어종을 대체하고 있음을 알 수 있었다.

즉, red grouper와 yellowedge grouper에 있어서의 평균 출어이익 비율(TP_{RG}/TP_{YE})

이 2.24일 때 현재 상황과 같이 red grouper와 yellowedge grouper에 대한 출어를 각각 10회, 4회씩 행하고 있었다⁹⁾.

따라서 본 연구에서도 출어이익의 변화에 따라 연승어선이 각 어종에 대한 출어횟수를 바꾸는 것으로 가정하였고, red grouper에 대한 연승어선의 출어횟수는 다음의 식 (3.15)에 의해 결정되는 것으로 하였다.

연승어선의 red grouper 어획을 위한 출어횟수 =

$$10.15(\text{회}) \times (\text{변화된 출어이익비율}/2.24) \quad \text{식 (3.15)}$$

그리고 yellowedge grouper 어획을 위한 출어횟수는 =

연간 연승어선의 최대 출어횟수 - red grouper 어획을 위한 출어횟수

여기서, 연간 연승어선의 최대 출어횟수는 연승어선이 연간 최대 출어 가능한 횟수로, 모델에서는 14.15회(10.15회 + 4회)로 가정되었다.

IV. 모델 분석 결과

앞서 설명한 복수어종 생물경제학 모델을 이용하여 어업관리위원회에 의해 제시된 각 어업관리수단에 대한 분석을 행하였다. 생물학적 분석 결과에서는 red grouper의 친어자원량 수준의 변화, 특히 자원회복 10년 기간동안의 목표 자원량 달성을 여부를 평가의 중심으로 하였다. 멕시코만 어업관리위원회는 최대 지속적 생산량을 유지할 수 있는 자원량 수준(X_{MSY})을 목표 자원량 수준으로 정했는데, 모델에서는 생물학자들의 권고에 따라 친어자원량을 자원량의 대리변수로 하여 목표 친어자원량 수준(SS_{MSY})을 목표 자원량 수준으로 간주하였다. 따라서 분석 결과에서는 각 관리수단별의 10년 기간 후의 SS_{MSY} 에 대한 퍼센트로 나타내어 목표 자원량 수준과 비교하였다. 그리고 각 red grouper 어업관리수단으로부터의 yellowedge grouper 자원량 변화를 고려하였다. 경제학적 분석 결과에서는 각 관리수단에 따른 어업별 어업이익의 변화를 파악하였다. 여기서 어업별 어업이익은 7%의 사회적 할인율을 사용하여 향후 25년 동안 발생할 어업이익을 현재가치로 할인하여 더함으로써 구했다¹⁰⁾.

9) 출어이익 비율에서 red grouper를 어획할 때의 이익이 훨씬 높은 것으로 나타났다. 그러나 연승어선은 yellowedge grouper를 어획할 때 shark, gag, black, scam, mutton snapper, snowy grouper, yellowfin grouper 등을 함께 어획하고 있기 때문에 실제적인 yellowedge grouper 어획으로부터의 출어이익은 red grouper 어획으로부터의 출어이익과 비슷하였다.

10) 사회적 이자율은 미국 연방정책의 비용편의분석 평가를 위한 가이드(2000)의 권고에 따라 7%로 가정하였다. 모델 분석 결과에 대해 사회적 이자율 변화를 통한 민감도 분석 결과, 어업별 및 총어업이익의 액수는 변했지만, 현 상태 유지 하로부터의 각 관리수단별 어업 및 총어업이익의 변화율은 거의 동일하여 모델 분석 결과 해석에 있어 아무런 차이가 없었다.

Red grouper 어획량 중 유어업이 약 21%를 차지하고 있기 때문에 이에 대한 관리통제가 철저하게 이루어지지 않는다면 목표 자원량 수준 달성이 어려운 것으로 분석되었다. 따라서 모든 어업관리수단 효과분석에 있어서 유어업은 red grouper 총허용어획량 중 유어업의 평균 어획량에 해당하는 21%를 유어업에 대한 총허용어획량으로 설정하여 상업적 어업에 대한 각 관리수단의 효과를 분석하였다.

1. 현 상태 유지정책(status quo policy)

현 상태 유지정책은 현재 정책 하에서의 생물학적·경제학적 효과를 살펴봄과 동시에 다른 어업관리수단의 효과를 비교하기 위한 하나의 기준정책으로서 분석되었다. 현재의 어획강도가 계속 유지된다면 10년 후에는 red grouper 친어자원량 수준이 더욱 감소하여 목표 자원량 수준의 73%에 이르는 것으로 분석되었고, yellowedge grouper도 잉여생산량 모델 결과처럼 더욱 감소하여 25년 후에는 5.7천 톤으로 최대 지속적 생산가능한 자원량 수준(X_{MSY})의 63%에 이르는 것으로 추정되었다.

연승어업의 총경제적인 효과는 79.6백만 달러로, red grouper 어획으로부터 68.6백만 달러 그리고 yellowedge grouper 어획으로부터 11.0백만 달러로 각각 분석되었다. 기계식 외줄낚시어업은 red grouper 어획으로부터 36.2백만 달러를 거둠으로써 향후 25년 동안 현 상태 유지정책 하에서 발생할 총어업이익은 115.8백만 달러로 나타났다(〈표 5〉).

2. 총허용어획량(TAC) 관리수단¹¹⁾

Red grouper 어획량이 쿼터에 의해서 제한되기 때문에 조업일수가 줄어들게 되므로 연승어선 및 기계식 외줄낚시어선의 출어횟수는 감소하게 된다. 그 결과 연승어선의 경우는 yellowedge grouper 어획을 위한 출어횟수를 증가하게 된다.

연간 TAC 할당량이 자원회복기간 이후 목표 자원량 수준을 달성할 수 있도록 정해졌기 때문에 red grouper의 목표 자원량 수준은 달성되었다. 하지만, 출어횟수 증대로 인한 어획노력량 수준 증가로 yellowedge grouper 자원량은 크게 감소하는 것으로 나타났는데, 25년 후에는 3,100 톤(목표 자원량 수준의 약 34% 수준)으로 현 상태 유지정책 하에서보다 크게 감소하였다(〈표 5〉).

자원회복기간 초기에는 조업일수 감소로 인한 red grouper 어획량 감소로 어업이익도 줄어들었지만, 자원량 회복에 따른 어획량 증가로 점차 어업이익이 증가하여 향후

11) 10년간의 자원회복기간 동안 목표 자원량 수준을 달성할 수 있는 연간 TAC 물량이 고정어획량 방법(constant catch strategy)으로 설정되었는데, 10년 기간동안은 2,183 톤 그리고 그 이후에는 MSY 수준인 3,189 톤으로 할당되었다.

김 도 훈

〈 표 5 〉 복수어종 생물경제학적 모델 분석 결과

	Red Grouper		25년 후의 Yellowedge Grouper 자원량 ^c	연승어업의 어업이익 ^d			기계식 외줄낚시어업의 어업이익	어업 전체 총어업이익
	10년 후의 SS ^a	25년 후의 SS ^b		RG ^e	YE ^f	총이익		
(1) 현 상태 유지정책	73%	584	5.7	68.6	11.0	79.6	36.2	115.8
(2) TAC 관리정책	101%	924	3.1	81.1	10.9	92.0	36.9	128.8
				(18%)	(- 1%)	(16%)	(2%)	(11%)
(3) 5개월 금어기 정책	94%	779	3.4	87.2	11.4	98.6	38.4	137.0
				(27%)	(3%)	(24%)	(6%)	(18%)
(4) 1800 파운드 출어당 어획량 정책	106%	878	4.3	19.6	11.2	30.8	70.2	101.1
				(- 71%)	(2%)	(- 61%)	(94%)	(- 13%)
(5) 50페덤 이내에서의 연승어선 금지 정책	102%	858	4.0				〈 표 6 〉 참조	

주) 팔호안의 숫자는 현 상태 유지정책으로부터의 변화율을 의미함.

a : 목표 친어 자원량 수준(SS_{MSY})에 대한 10년 후의 친어 자원량 수준의 퍼센트를 나타냄.

b : 단위는 백만 마리임.

c : 단위는 천 톤임.

d : 단위는 백만 달러이고 현재가치 환산에 사용된 할인율은 7%임.

e, f : RG와 YE는 각각 Red Grouper와 Yellowedge Grouper를 의미 함.

25년 동안 발생할 red grouper 어획으로부터의 어업이익은 연승어업, 기계식 외줄낚시어업 모두에 있어서 현 상태 유지 정책 하에서보다 18%, 2%씩 각각 증가한 것으로 나타났다. 그러나 연승어업의 yellowedge grouper 어획으로부터의 어업이익은 자원량 감소에 따라 현 상태 유지정책 하에서보다 낮아졌다.

3. 5개월 금어기 관리수단

5개월 금어기 수단의 효과는 TAC 관리수단 효과와 비슷하였는데, 5개월간 금어기 간으로 출어횟수가 크게 줄어들었다. 즉, 자원회복기간 초기 연승어선의 red grouper 어획을 위한 출어횟수는 10회에서 6회로, 기계식 외줄낚시어선의 경우는 18회에서 11회로 각각 감소하였다. 연승어선의 red grouper 어획을 위한 출어횟수의 감소로 인하여 yellowedge grouper의 출어횟수는 4회에서 8회로 크게 증가하였다. 하지만 각 어종의 자원량 수준 변화에 따른 출어이익의 변화에 따라 연승어선의 각 어종에 대한 출어횟수는 변하였다.

Red grouper의 목표 자원량 수준은 자원회복기간(10년) 이후 달성되지 못하는 것으로 나타났는데, 이는 yellowedge grouper 자원량 감소에 따른 출어이익의 감소로 조업허용기간 중 red grouper에 대한 출어를 최대한 증가시켰기 때문이다. 그리고 자원회복기간 초기 몇 년 동안 증가된 어획노력량 수준으로 인하여 yellowedge grouper

자원량 수준은 현 상태 유지정책 하에서보다 더욱 감소한 것으로 나타났는데, 25년 후의 자원량은 목표 자원량 수준의 약 38% 정도로 감소하는 것으로 분석되었다.

초기 출어횟수 감소로 인한 어획량 수준 저하로 red grouper 어획으로부터의 어업이익은 감소하였지만, 시간이 지남에 따른 자원량 증가에 따라 어획량이 증대되어 어업이익은 연승어선 및 기계식 외줄낚시어업 모두에서 증가한 것으로 나타났다. 또한 자원회복기간 초기 몇 년 동안 연승어선의 어획량 증가로 인하여 yellowedge grouper 어획으로부터의 어업이익도 현 상태 유지정책 하에서보다는 다소 증가되는 것으로 추정되었다.

4. 1800 파운드 출어당 허용어획량(Trip Limit) 관리수단

1800 파운드 출어당 어획량 수단은 red grouper 어획으로부터의 출어이익을 감소시켜 연승어선들이 yellowedge grouper를 더욱 어획할 것으로 예상되었다. 실제로 자원회복기간 초기에는 연승어선의 yellowedge grouper 어획을 위한 출어횟수가 크게 증가하고, red grouper의 출어횟수가 크게 감소하는 것으로 분석되었다. 하지만, 일정기간 이후에는 출어횟수 변화에 따른 yellowedge grouper 자원량 감소와 red grouper 자원량 증가에 따라 출어이익이 바뀌게 되어 red grouper 어획을 위한 출어가 증가하고, yellowedge grouper 어획을 위한 출어는 감소하였다.

자원회복기간 초기 동안의 red grouper 어획 감소로 인하여 10년 기간의 목표 자원량 달성을 쉽게 이루어졌는데, 특히 red grouper 자원량 증가율이 다른 어업관리수단 하에서보다 큰 것으로 분석되었다. 그러나 초기 어획량 증가에 따라 yellowedge grouper 자원량은 현 상태 유지정책 하에서보다 감소하였는데, 특히 하게도 다른 어업관리수단 하에서보다 가장 적은 감소율을 나타내었다.

Red grouper 자원량 증가에도 불구하고 정해진 쿼터량으로 인하여 연승어업의 red grouper 어획으로부터 어업이익은 현 상태 유지정책 하에서보다 크게 감소하는 것으로 나타났다. 비록 yellowedge grouper 어획 증가로 인하여 어업이익이 현 상태 유지정책 하에서보다는 다소 증가하는 것으로 나타났지만, 연승어업의 총어업이익은 61%나 감소하였다. 기계식 외줄낚시어선의 출어당 어획량은 1800 파운드가 넘지 않기 때문에 자원량 증가에 따라 어획량이 증대되었다¹²⁾.

12) 출어당 어획량 통제수단의 특징 중의 하나는 대체적으로 소규모 어업자들이 이 규제수단을 더 선호한다는 것이다(Steinback and Thunberg, 2000). Red grouper 어업에 있어서도 1999~2000년 동안의 어업별 평균 출어당 어획량을 보면 연승어선이 평균 1,956~3,532 파운드를 어획하고 있는 반면, 기계식 외줄낚시어선의 경우 대략 620 파운드만을 어획하고 있다. 따라서 1800 파운드 출어당 어획량 통제수단은 연승어선의 조업에 큰 영향을 미치게 되어 연승어선의 어획량이 크게 줄어들었다. 이와 반대로, 기계식 외줄낚시어선은 어업자원 이용의 상대적 경쟁력 강화로 인해 어획량이 증가하였다.

이에 따라 red grouper 어획으로부터의 기계식 외줄낚시어업의 어업이익은 크게 증가하였는데, 현 상태 유지정책 하에서보다 무려 94% 증가되었다. 하지만 이러한 기계식 외줄낚시어업의 총어업이익 증가가 연승어업의 총어업이익 감소분보다 적어서 어업 전체 총어업이익은 현 상태 유지정책 하에서보다 적은 것으로 분석되었다.

5. 50패덤 이내에서의 연승어선 조업금지 수단

이 어업관리수단 하에서는 연승어선의 red grouper 어획이 크게 제한되기 때문에 자원회복기간 이후 목표 자원량 수준은 달성되었다. 하지만, 기계식 외줄낚시어선으로 전환하지 않은 연승어선과 전환된 연승어선의 조업증대로 인하여 yellowedge grouper 자원량 수준은 현 상태 유지정책 하에서보다 감소하였다. 기계식 외줄낚시어선으로 전환된 연승어선의 경우 red grouper 자원량 증대와 yellowedge grouper 자원량 감소에 따라 red grouper 어획을 위한 출어를 증가시키고, yellowedge grouper 어획을 위한 출어는 시간이 흐름에 따라 감소시키는 것으로 나타났다.

어업간 경제적 효과는 크게 상이한 것으로 분석되었는데, 기계식 외줄낚시어업의 경우 red grouper 어획을 위한 조업상 경쟁력 강화로 인하여 어업이익이 크게 증가된 것으로 나타났다. 그러나 전환된 연승어업의 총어업이익은 red grouper 어획량 저하로 인하여 총어업이익이 37% 감소하였고, 전환되지 않은 연승어선의 경우에는

〈표 6〉 50패덤 이내에서의 연승어선 조업금지수단 분석 결과

	현 상태 유지정책	50패덤 이내에서의 연승어선 조업금지 정책
기계식 외줄낚시어선으로 전환된 연승어선	Red Grouper	48.0 (- 35%)
	Yellowedge Grouper	7.7 (- 44%)
	Total	55.7 (- 37%)
전환되지 않은 연승어선	Red Grouper	20.6 (- 100%)
	Yellowedge Grouper	3.3 (157%)
	Total	23.9 (- 65%)
기계식 외줄낚시어선	36.2	66.1 (83%)
어업 전체 총어업이익	115.8	109.9 (- 5%)

yellowedge grouper 자원량 감소에 따른 어획량 감소로부터 어업이익이 65% 감소하는 것으로 분석되었다(〈표 6〉).

V. 요약 및 결론

지금까지 red grouper 자원량 회복을 위해 멕시코만 어업관리위원회에 의해 제시된 어업관리수단들에 대한 생물학적·경제학적 효과를 타어종에 대한 영향까지도 고려하여 분석해 보았다. 이상의 어업관리수단에 대한 복수어종 생물경제학 모델 분석 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 전체적인 복수어종 생물경제학 모델 분석 결과는 red grouper 자원량 회복을 위한 어업관리수단이 타어종인 yellowedge grouper에 대한 특별한 규제가 이루어지지 않을 경우 자원량 수준에 부정적인 영향을 끼친다는 것이었다. 이것은 red grouper의 어업규제에 따라 어선들이 yellowedge grouper 어획을 위해 어획노력량을 재배분하기 때문이었다.

둘째, 총허용어획량(TAC) 관리수단 하에서 red grouper의 목표 자원량 수준은 달성되었지만, yellowedge grouper 자원량은 가장 크게 감소하는 것으로 나타났다. 이에 반해 1800 파운드 출어당 허용어획량 수단 하에서 red grouper의 목표 자원량 수준이 달성되면서 yellowedge grouper 자원량에 대해서는 가장 적은 영향이 있는 것으로 분석되었다. 이것은 red grouper와 yellowedge grouper의 어획량 수준 변화에 따른 출어이익의 변화에 따라서 연승어선이 어종별 출어횟수를 바꾸었기 때문이었다.

셋째, 5개월간 금어기 정책 하에서 가장 큰 어업별 어선들의 경제학적 효과가 발생하였지만, red grouper의 목표 자원량 수준은 달성되지 못했다. 이것은 자원회복기간 초기 증가된 어획량 수준 증대에 따라 yellwoedge grouper 자원량이 감소하였고, 그 결과 출어이익이 감소하여 조업허용기간 중 red grouper에 대한 출어를 최대한 증가시켰기 때문인 것으로 분석되었다.

넷째, 1800 파운드 출어당 어획량 통제수단과 50파운드 이내에서의 연승어선 조업금지수단 하에서는 어업 전체 총이익이 현 상태 유지정책 하에서보다 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 각 어업별로 보면 어업이익의 변화가 서로 상반되었는데, 기계식 외출낚시어업의 경우 연승어업의 규제강화에 따른 어업자원이용의 상대적 경쟁력 증가에 따라 어업이익이 크게 증가하였다. 특히 연승어업에 대한 규제가 상대적으로 가장 강하였던 1800 파운드 출어당 어획량 통제수단 하에서 가장 크게 기계식 외출낚시어업의 이익이 증가된 것으로 분석되었다.

다섯째, 유어업이 red grouper 어획량에서 많은 부분을 차지하고 있기 때문에 이에

김 도 훈

대한 규제가 이루어지지 않을 경우 상업적 어업부문에서 어떠한 통제가 이루어지더라도 red grouper의 목표 자원량 수준은 달성되지 못하였다. 따라서 red grouper의 목표 자원량 수준이 달성되기 위해서는 유어업에 대한 총허용어획량 규제가 필요하였다. 하지만, 이것은 반드시 유어업에 대한 총허용어획량 규제가 이루어져야 한다는 것은 아니며, TAC 수단에 의해 규제되는 어획량 만큼은 반드시 다른 수단에 의해서든 통제가 이루어져야 한다는 것을 의미한다.

이상의 분석으로부터 유어업의 어획량 통제가 이루어진다면 총허용어획량(TAC) 관리수단 하에서 목표 자원량 수준이 달성되고, 각 어업부문의 경제적 효과도 가장 큰 것으로 평가되었다. 그러나 대체어종인 yellowedge grouper 자원량은 가장 크게 감소하는 것으로 나타났다. 최종 관리수단은 이러한 타어종에 대한 영향, 어업자들의 어업 관리수단에 대한 선호도, 고용효과, 해양환경에 대한 영향, 그리고 지역어업여건 등을 고려하여 선택되어져야 할 것이다. 또한 yellowedge grouper 자원량 수준이 red grouper 어업관리수단에 의해 부정적인 피해를 받기 때문에 이 어종에 대한 구체적인 관리수단도 강구되어야 할 것이다.

지금까지 분석에 사용된 생물경제학 모델은 현재의 생물학적·경제학적 자료를 가지고 향후 어업에서 일어날 자원량 및 어업소득 변화를 추정한다는 점에서 불확실성의 문제를 가지고 있다. 그러나 필요한 자료수집과 생물경제학 모델의 적합성(정밀성) 향상을 위한 노력이 꾸준히 이루어진다면 생물경제학 모델을 통한 어업관리수단 평가는 어업관리정책의 집행에 있어 많은 시사점을 제공하여 어업관리정책의 실효성 제고에 크게 기여할 것이다. 우리나라에 있어서도 필요한 생물학적·경제학적 자료 수집체계가 강화되어 생물경제학적 분석을 통한 어업관리수단의 선택이 이루어진다면 어업관리운영의 효율성이 크게 증가될 수 있을 것이다.

참고문헌

- Cass - Calay, S.L. and M. Bahnick., *Status of the yellowedge grouper fishery in the Gulf of Mexico*, Sustainable Fisheries Division Contribution No. SFD - 02/03 - 172. NMFS, Southeast Fisheries Science Center, Miami, FL, 2002.
- Danielsson, A., F. Stefansson, and K. Thorarinsson., "Utilization of the Icelandic Cod Stock in a Multispecies Context," *Marine Resource Economics*, 12, 1997, pp. 329 - 344.
- Gulf of Mexico Fishery Management Council, *Report of the Socioeconomic Panel Meeting on Draft Secretarial Amendment to the Reef Fish Fishery Management Plan to set A 10 - year Rebuilding Plan for Red Grouper and Charter/Headboat Study*. Tampa, Florida, 2002.

복수어업에 있어서의 어업관리수단 평가를 위한 생물경제학적 연구

- Haddon, M., *Modelling and Quantitative Methods in Fisheries*, Champman & Hall/CRC, 2001.
- Lee, D., S. Larkin, and C. Adams., "A Bioeconomic Analysis of Management Alternatives for the U.S. North Atlantic Swordfish Fishery," *Marine Resource Economics*, Vol. 15, No 2, 2000, pp. 77 - 96.
- National Marine Fisheries Service., *Secretarial Amendment1 to the Reef Fish Fishery Management Plan for Red Grouper, with associated Impacts on Gag and Other Groupers and Draft supplemental Environmental Impact Statement*. National Oceanographic and Atmospheric Administration. U.S. Department of Commerce. Silver Spring, Maryland. 2002.
- Poffenberger, J., *Fishing Activity for Groupers in the Gulf of Mexico*, NMFS, Southeast Fisheries Science Center, Sustainable Fisheries Division, Miami, Florida, 2000.
- Prager, M.H., *Users manual for ASPIC : a stock - production model incorporating covariates*, SEFSC Miami Laboratory Document. MIA - 92/93 - 55, 1995.
- Steinback, S. R. and E.M. Thunberg., *A Method for Analyzing Trip Limits in Northeast Fisheries : A Case Study of the Spiny Dogfish Fishery*. Northeast Fisheries Science Center Reference Document 00 - 06, 2000.
- Thunberg, E., T. Helser., and R. Mayo., "Bioeconomic Analysis of Alternative Selection Patterns in the United States Atlantic Silver Hake Fishery," *Marine Resource Economics*, Vol. 13, No 1, 1998, pp. 51 - 74.
- Waters, J., *An Economic Survey of Commercial Reef Fish Vessels in the U.S. Gulf of Mexico*. U.S. Department of Commerce, NOAA, NMFS. Beaufort, North Carolina, 1996.

A Bioeconomic Analysis on the Evaluation of Alternative Management Policies in the Multispecies Fishery

Kim, Do-Hoon

Abstract

Since the red grouper stock was initially declared to be overfished by the NMFS in September 2002, the Gulf of Mexico Fishery Management Council must prepare for the red grouper rebuilding plan considering the following alternative management policies : Total Allowable Catch(TAC), 5 - month season closure, 1800 - pound trip limit, and 50 - fathom longline boundary.

The first concern the Council has is to evaluate the effects of recommended policies and the second is to analyze the impact of management policies on yellowedge grouper. This is because the fleets harvest red grouper also catch yellowedge grouper, the regulations on red grouper are likely to allow fishing effort to be distributed into yellowedge grouper.

Therefore, this study is aimed at evaluating the biological and economic effects of management policies considering simultaneously the impact of red grouper regulations on yellowedge grouper by developing a combined red grouper and yellowedge grouper bioeconomic model.

The overall results indicate that management policies for red grouper would adversely affect the yellowedge grouper stock if yellowedge grouper is not protected by its regulations. The TAC policy has the most serious impact on the yellowedge grouper stock, while the 1800 - pound trip limit policy minimizes the reduction in the yellowedge grouper stock. However, the target stock size of red grouper is achieved as well as the largest net present value of returns is gained in the TAC policy.

Key words : bioeconomic model, multispecies fishery, fisheries policy, total allowable catch(TAC), trip limit