

혼합정수계획 모형을 활용한 원양산업의 최적 감척 일정계획 수립에 관한 연구

김 재 희*

A Study on Scheduling of Scrap Disposal for Deap-sea Fishing Industry Using a Mixed Integer Programming Model

Jaehee Kim*

■ Abstract ■

In Korea, deap-sea fishing industry plays an important role in a food industry. However, it is in a difficult situation because of the more competitive business environment. Therefore, there is a need to restructure the deap-sea fishing industry by scraping superannuated ships. This paper is designed to present scrap programs for deap-sea fishing industry of Korea. We performed ratio analysis to evaluate financial performance of fishing companies and then applied a mixed integer programming (MIP) model to identify optimal schedule for scraping. The results of the financial ratio analysis indicates that it is legible to provide governmental aid to Atlantic trawl, Northern Pacific trawl, and Indian ocean trawl with minimum required rate of return (MRR) of 3%, and the Atlantic strip fishing industry is qualified to receive the governmental aid with MRR value of 5%. Furthermore, by applying the MIP model to develop scrap planning, we demonstrate how our model can be used to restructure the deap-sea fishing industry of Korea.

Keywords : Scrap Disposal Program, Mixed Integer Programming, Financial Ratio Analysis, Deap-sea Fishing Industry

1. 서 론

국내 수산업은 한 때 세계 상위권 수준의 생산량

을 보였으나 연근해의 생산량 감소와 최근의 국제 해양질서 변화에 따라 침체에 빠져있다. 특히 해외 자원개발이라는 중요한 의미를 갖는 원양어업은 연

근해어업의 하락세로 인하여 상대적인 기대를 받고 있음에도 불구하고 전 세계적인 어족자원보호와 연안국의 규제강화, 그리고 최근의 유가상승으로 인해 그 경쟁력이 오히려 약화되고 있다. 그 결과 양적인 규모면에서 1990년 810척 이었던 것이 2007년 기준 406척으로 감소하였고, 남아있는 어선의 대부분도 16년 이상의 노후선박에 해당되는 실정이다.

앞서 살펴본 바와 같은 외부 환경 변화에 따라 원양산업 부문에서 구조조정의 필요성이 제기된 지는 오래다. 그러나 어느 산업을 불문하고 해당 업종에 대한 구조조정은 여러 당사자들의 상충되는 이해관계로 인해 그 해결책을 찾는 것이 매우 어려운 일이다. 따라서 원양산업의 구조조정을 위해 원양어선들에 대한 합리적인 감척 방법을 논의하고 계획할 필요성이 대두되고 있다.

원양산업을 포함한 수산업 분야를 망라해서 선단의 구조조정 계획을 다룬 연구는 많지 않다. 특히 수리적인 방법을 통한 사례는 찾아볼 수 없다. 국외의 경우 어류 자원의 세력 분포를 고려한 최적 생산규모를 결정하는 문제[14], 조업인원의 최적 투입계획 문제[9], 또는 선단의 조업 능력에 대한 투자계획 문제[10] 등에 선형계획, 비선형계획, 혼합정수계획 모형 등을 적용한 사례가 있으나, 선단 규모를 감축하는 형태의 문제에는 적용 사례를 찾아볼 수 없다[8, 9, 13].

국내의 경우를 보더라도 수리적 접근의 사례는 없으며, 그나마 가까운 연구로 해양수산부[5]를 들 수 있다. 이 연구에서는 원양어업에 대한 SWOT 분석이나 간단한 재무비율분석을 토대로 구조조정의 개략적인 방향을 설정하는 데 그칠 뿐, 구조조정에 대한 구체적이고 정량적인 계획을 제시하지는 못하였다. 한편, 원양어업을 다루지는 않았지만 해양수산부[4]의 연구에서는 연근해 어업에 대한 구조조정 시나리오의 계획을 수립한 바 있다. 그러나 그 연구에서는 임의로 감척 물량을 할당하는 방식을 취함으로써 구조조정에 관한 체계적인 절차를 제시하는 데는 미흡한 편이었다. 그리고 최근

김재희[1]는 원양수산 기업의 생산성 평가를 위해 자료포락분석(Data Envelopment Analysis)과 교차효율분석(Cross Efficiency Analysis), 그리고 정준상관분석(Canonical Correlation Analysis)을 적용하여 그 결과를 비교 분석하기도 하였으나, 원양어업의 감척 계획 수립 문제를 직접 다루지는 않은 연구였다.

이에 본 연구에서는 비율분석을 통한 경영성과 분석 결과를 토대로 감척 대상 업종을 선별한 후, 업종별 감척 물량을 할당할 수 있는 수리계획 모형을 적용하여 업종별 감척 시나리오를 도출해 보았다. 여기서 사용된 수리계획 모형은 예산제약 하에서 업종별 감척 우선순위를 고려할 수 있으며, 한번 감척이 착수된 이후에는 중단과 재개를 반복하지 않도록 하는 등, 다양한 현실 제약을 고려할 수 있도록 설계되었다.

다음의 제 2장에서는 원양어업의 현황 및 감척의 정책적 특징을 살펴보기로 한다. 다음 제 3장에서는 수익성 분석을 위한 표본구성 방법과 업종별 수익성 분석 방법, 그리고 감척 대상 업종의 선정 방법을 소개한다. 그리고 제 4장에서는 감척 계획을 수립하기 위한 수리계획 모형과 그 결과를 수록하고 제 5장에는 결론을 제시하였다.

2. 원양업종의 현황

국내 원양어업은 국내외적인 경영 환경의 변화에 따라서 많은 어려움에 봉착하고 있다. 그리고 그 결과는 어선 수의 변화에서 쉽게 감지될 수 있는데, 실제 2001년도에 505척 이던 것이 지속적으로 감소하여 2006년 410척, 2007년도에는 402척까지 떨어져 2001년 대비 약 20% 정도 감소한 상태에 있다. 이러한 추세는 북양트를 업종 생산의 어려움으로 연안국과 합작선이 증가한 북양트(합작)를 제외하고는 공통적인 현상에 해당된다.

그런데, 무엇보다 큰 문제는 그 동안의 어선 수 감소에도 불구하고 어선 한 척당 생산성이 개선되지 않고 있다는 점이다. 그리고 그 원인으로는 어

자원의 지속적인 감소, 유류비 상승 등에 따른 어업경비의 증가, 인력난 등을 꼽을 수 있다. 그러나 무엇보다 큰 문제는 한미 FTA 체결에 따른 가격 경쟁력 약화와 어자원에 비하여 여전히 과도한 어선세력 규모에 있으며, 이를 해결하지 않으면 원양어업의 경쟁력은 한계에 봉착할 것으로 보인다[2, 7].

이에 따라 FTA 체결에 따른 관세 축소 또는 철폐시기 이전에 원양업에 대한 구조조정을 완료할 필요성이 강력히 대두되고 있다. 그리고 이 과정에서 중요한 것은 어느 업종의 감척이 보다 더 시급한 상황에 있는지를 파악하는 데 있다. 이에 본 연구에서는 재무비율분석을 통한 경영평가를 통해 감척 대상 업종을 선정한 후, 업종별 감척 계획을 수립하고자 하였다.

3. 감척 대상 업종의 선정

3.1 수익성 분석을 위한 표본 구성

현재 원양어선 모집단에 대한 사전정보, 예컨대 최근 상황을 반영한 전체 어선들에 대한 수익규모에 대한 개략적인 통계치(평균)를 알 수 없는 상황이다. 따라서 원양회원사를 통한 설문 조사 후의 수익성 분석을 통해 조사된 샘플의 수가 충분한지 사후 검증하였다. 즉, 어선별 수익규모가 업종별로 비슷한 특성을 가질 수 있으므로, 기타업종을 제외한 13개의 업종별, 그리고 모집단 전체에 대해 설문조사에서 확보한 자료를 통해 개략적인 통계치를 우선 추정하였다. 그리고 이들 통계치를 근거로 확률적 추출법에서 권장하는 샘플 크기를 구한 후, 실제 회수된 샘플의 수가 필요한 샘플 크기를 상회할 경우 설문 결과에 통계적 타당성이 있다고 판단하고, 그렇지 않을 경우는 권장되는 샘플 크기를 확보하기 위한 추가 설문을 실시하였다.

이때 회수된 샘플이 충분한지의 검증은 다음과 같은 확률적 추출법의 방식을 따랐다. 가령, 모집단의 크기가 N 인 경우를 상정해 보자. 여기서 연평균 수익에 대한 표준편차의 추정치(σ)가 $\hat{\sigma}$ 이고

이 값의 허용오차범위가 d 라면, 신뢰수준 α 아래에서 통계적으로 유의한 결과를 내기 위한 표본의 크기, n 을 아래의 식 (1)에 의해 계산할 수 있다. 그리고 만약 분석에 필요한 표본 크기 n 이 유한모집단 크기(N)의 5%를 초과한다면 n 은 식 (2)의 조정계수(f_{cf})값을 곱한 값으로 완화될 수 있다.

$$n = Z_{\alpha}^2 \frac{\hat{\sigma}^2}{d^2} \tag{1}$$

$$f_{cf} = \frac{N-n}{N} \tag{2}$$

식 (1)을 기준으로 할 때 응답표본 수의 충분여부는 허용오차 범위에 의해 크게 좌우됨을 알 수 있는데, 최대 허용오차는 연평균 수익에 대한 표준편차 값을 초과하지 않도록 설정하였다. <표 1>은 신뢰수준을 5%로, 허용오차 범위를 표준편차 이하로 설정한 후, 표본 수의 적정 여부를 검토한 것이다. 이 표를 보면 북양트롤은 전체 5척 중 5척의 자료가 회수되어 100%의 응답률을 보였고, 다음으로 대구저연승이 총 3척 중 2척이 회수되어 67%, 콩치붕수망이 총 20척(오징어 겸업 포함) 중 12척이 회수되어 60%, 기지트롤(대서양)은 전체 53척 중 32척이 회수되어 60%의 회수율로 타 업종에 비해 비교적 높은 응답률을 보였다. 그 다음으로는 모선식 외줄낚시(4척, 44%), 포클랜드 트롤(6척, 43%), 인도네시아 트롤(11척, 41%), 기지트롤(인도양)(6척, 60%) 순서의 응답률을 보였다. 여기서 회수된 169척의 설문결과는 총 421개의 모집단 중 약 42%에 해당하였다. 그 결과 기지트롤(뉴질랜드)과 대구저연승 업종을 제외한 전 업종에서 적정크기 이상의 표본을 확보하였으며, 다수의 업종에서 최대 허용오차를 표준편차 이하로 작게 설정한 경우에도 필요한 수의 표본을 확보했음을 확인할 수 있었다. 기지트롤(뉴질랜드)과 대구저연승의 경우 필요한 크기의 표본을 확보하지 못했는데, 뒤에서 설명하는 <표 5>의 결과에서 이들 업종이 한미 FTA 이후에도 수익성이 매우 높다는 점을 감안하였다.

〈표 1〉 설문회수 결과의 업종 분포

업종	조업 어선 수	설문 응답 수	표본 집단의 표준편차	허용오차 범위 (천원/톤)	필요한 설문수
북양트롤	5	5	138	10	-
북양트롤 (합작)	16	8	64	50	4
기지트롤 ¹⁾ (대서양)	53	32	22	10	12
기지트롤 (포클랜드)	14	6	32	20	3
기지트롤 (인도양)	10	6	18	18	2
기지트롤 (인도네시아)	27	11	125	60	6
기지트롤 (뉴질랜드)	12	0	N/A	-	N/A
참치연승	165	48	21	10	15
참치선망	28	16	45	20	6
오징어 채낚기	49	13	17	10	9
대구저연승	3	2	14	14	3
꽂치붕수망 (오징어겸업)	1(19)	1(11)	7	7	3
모선식 외줄낚시 ²⁾	9	4	26	20	2
기타	10	6	17	17	2
계	402 (421) ³⁾	158 (169) ⁴⁾	62	10	97

즉, 감척 대상 업종에 한정된 감척 계획 수립이라는 본 연구의 목적을 고려할 때 기지트롤(뉴질랜드)과 대구저연승의 표본 확보 여부가 중요하지 않으며, 확보된 표본으로 이후 분석을 수행해도 무방함을 확인할 수 있었다.

3.2 업종별 수익성 분석

기업의 수익성을 조사하는 방법은 여러 가지가 있을 수 있겠으나, 통상의 경영분석 방법의 하나인 재무비율을 활용하였다. 재무비율은 일반적으로 정보이용자의 이용목적에 따라 유동성비율, 레버리지비율, 수익성비율, 활동성비율, 성장성비율, 생산성

비율, 시장가치비율 등이 가능하지만, 본 연구에서는 수익성 비율을 활용하였다.

수익성비율은 기업의 총괄적인 경영 성과와 이익창출능력을 나타내준다. 그리고 기업이 주주와 채권자로부터 조달한 자본을 이용하여 어느 정도의 영업성과를 올렸는지, 또 기업이 생산·판매·자금조달 등의 활동을 얼마나 효율적으로 수행하였는지를 측정하는 지표가 된다. 그리고 이 기준은 통상 기업의 경영자, 채권자, 주주, 종업원, 세무당국 등 주요 이해관계자들이 가장 중요하게 여기는 재무비율 중의 하나이다. 경영자는 사업 확장이나 신규 사업 참여시의 판단기준으로, 채권자는 장기적 안정성의 판단기준으로, 주주는 주식선택의 기준으로, 종업원은 채금고섭의 기준으로, 세무당국은 담세능력가치의 기준으로 수익성비율을 활용하고 있다[12].

이 수익성 분석을 위해서는 총자산순이익률, 자기자본순이익률, 매출액순이익률 등이 그 기준이 될 수 있다. 각각의 계산과정은 아래의 식을 따랐다.

$$\text{총자산순이익률} = \frac{\text{세후총이익}}{\text{총자산}}$$

$$\text{자기자본순이익률} = \frac{\text{세후순이익}}{\text{자기자본}}$$

$$\text{매출액영업이익률} = \frac{\text{영업이익}}{\text{매출액}}$$

$$\text{매출액경상이익률} = \frac{\text{경상이익}}{\text{매출액}}$$

$$\text{매출액순이익률} = \frac{\text{세후순이익}}{\text{매출액}}$$

〈표 2〉는 설문을 통해 조사된 169척의 자료를

- 1) 트롤어업은 바다 밑바닥으로 끌고 다니면서 깊은 바다의 물고기를 잡는 방식으로 대부분 주요 생산기지를 중심으로 활동하는 관계로 기지트롤로 불림.
- 2) 대서양에서 생산을 하는 관계로 대서양 외줄낚시로 불리기도 하며, 여러 척의 어선으로 조업할 때 커다란 공선(factory ship)을 중심으로 작업하는 낚시형태의 어업임.
- 3), 4) 꽂치붕수망 업종 중 오징어채 낚기를 겸업하는 어선울 양 업종에 중복 계산할 경우의 표본크기임.

<표 2> 업종별 수익성 비율

업종	총자산 순이익률	자본 순이익률	매출액 영업이익률	매출액 경상이익률	매출액 순이익률
북양트롤	2.55%	12.52%	4.80%	2.27%	1.74%
기지트롤(대서양)	1.45%	8.66%	0.78%	1.16%	1.04%
기지트롤(포클랜드)	2.79%	10.23%	-1.02%	1.58%	1.48%
기지트롤(인도양)	2.80%	11.29%	1.07%	1.09%	1.18%
기지트롤(인도네시아)	10.83%	10.48%	8.78%	8.88%	8.00%
기지트롤(뉴질랜드) ⁵⁾	4.28%	8.55%	5.07%	2.78%	2.11%
참치연승	0.65%	1.97%	0.87%	0.66%	0.68%
참치선망	6.48%	12.16%	7.89%	10.10%	7.23%
오징어채낚기	3.12%	18.47%	2.67%	3.41%	3.40%
대구저연승	6.97%	20.03%	2.56%	3.03%	3.98%
꽂치붕수망(오징어잡업)	5.09%	9.96%	3.15%	4.77%	3.57%
모선식 외출낚시	4.89%	9.00%	3.11%	3.29%	2.91%

토대로 한 원양 업종별 수익성 비율분석의 결과를 요약한 것이다. 북양트롤(합작)의 경우는 국내 자본만 투입된 것이 아니라서 다른 업종과 전혀 다른 조건을 갖고 있어 계산결과를 수록하지 않았다. 특히 제 3.3절에서 논의되지만 감척 지원사업의 지원 대상이 될 여지가 없기 때문에 분석에서 제외하였다. 분석 결과를 보면, 총자산을 얼마나 효율적으로 이용하여 영업성과를 올렸는가를 총괄적으로 나타내는 총자산수익률은 모든 업종에 걸쳐 그리 양호하지 못한 것으로 나타남을 볼 수 있으며, 기업소유주가 공급한 자본의 수익성을 나타내는 자본순이익률은 총자산수익률에 비하면 그나마 나은 편임을 볼 수 있다. 나머지 매출액영업이익률, 매출액경상이익률 및 매출액순이익률 측면에서 보더라도 원양 어업계의 경영성과는 매우 저조함을 확인할 수 있다. 즉, 어족자원의 고갈로 단위당 어획획득물은 과거에 비하여 감소하고, 연료가격의 급등과 같은 조업경비의 증가로 인하여 기율인 노력에 비하여 미미한 성과를 거두고 있는 것으로 요약된다.

3.3 감척 대상 업종 선정

3.3.1 감척 대상 업종 선정의 절차

<표 2>의 분석결과를 통해 원양 업계의 경영상태가 좋지 않음을 확인할 수 있었다. 여기에 한미 FTA가 체결되면 그 동안 관세를 통하여 보호되던 부분마저 경쟁력을 잃게 되어 경영여건은 더욱 악화될 것이다[6]. 이 때문에 정부는 한미 FTA의 피해를 최소화하기 위한 대책을 강구하는 한편, FTA로 직접 피해를 입게 되는 수산업에 대한 지원을 검토하고 있다. 그러나 한정된 예산 하에서 피해가 심한 업종에 그 지원을 집중하는 것이 불가피할 것으로 보인다.

이에 본 연구에서는 한미 FTA로 인한 정부의 피해보상 지원이 FTA에 따른 생산 감소로 직접적인 피해를 받는 경영체를 대상으로 한다는 가정 하에서 어느 업종이 어느 정도 피해를 입게 되는가를 파악해 보았다. 그리고 업종별 피해 상황을 토대로 감척 대상 업종을 사전에 선별하고자 하였다. 즉, 한미 FTA 이전 흑자 상태를 유지하다가 FTA 이후의 수익률이 최저기대수익율(Minimum Required Rate of Return, MRR) 미만으로 감소한 업종만을 지원 대상으로 한정하였다. 이것은 한미 FTA와 무관하

5) 설문조사를 통한 자료 확보가 불가능하여 한국선용평가사의 자료를 분석하여 작성됨.

게 애초부터 사업성이 없는 업종을 한미 FTA의 피해 보상사업으로 지원하는 것이 적절하지 않고, 또 한미 FTA 이후에도 사업성이 확보되는 업종을 감척하는 것이 국가 경제적으로 바람직하지 않기 때문이다.

즉, 다음과 같은 절차를 거쳐서 감척 대상 업종을 선정하고자 하였다.

- ① 한미 FTA 이전의 업종별 자본순이익률 산정
- ② 한미 FTA로 인한 업종별 피해규모 산정
- ③ 피해액을 차감한 한미 FTA 후의 업종별 자본순이익률 산정

감척 지원 대상 업종을 선정하기 위하여서는 우선 한미 FTA 이전과 이후의 자본순이익률, 그리고 MRR 기준을 필요로 한다. 업종별 자본순이익률은 <표 2>에서 보는 바와 같고, MRR은 어느 수익률을 기준으로 정하느냐에 대한 여러 가지 견해가 있을 수 있으나 일반적으로 많이 사용되고 있는 3년 만기 국고채 수익률을 기준으로 사용할 수 있으며, 그 개략치로 3%와 5%를 검토하였다.

3.3.2 한미 FTA로 인한 수익성 감소율 추정

한미 FTA로 인한 업종별 피해규모 자료는 발표된 바가 없다. 그러나 한국해양수산개발원[3]에서 산정한 어종별 피해추정 자료를 활용하면 원양 업종별 피해 규모를 추정할 수 있다. 즉, 원양 업종이 각 어종생산량에서 차지하는 비율을 고려하여 원양산업에 국한된 어종별 피해규모를 산정한 후, 각 어종이 어떤 어업 방식으로 획득되는 지를 고려하여 종합하면 된다[3]. <표 3>의 세 번째 열은 그 결과에 해당되며, 어종이 아닌 업종별로 분석된 한미 FTA에 인한 피해규모가 된다.

한편, 감척 대상 업종의 가장 중요한 선정기준은 한미 FTA 시행 전후의 수익률 변화가 타당하다. 이에 따라 FTA 이전에 이미 적자상태인 업종은 지원 대상에서 우선적으로 배제하고, 한미 FTA로 인해 흑자상태인 업종에 한해 지원을 한다는 원칙하에 한미 FTA 이후의 추정 수익률이

사전에 정한 기준수익률, 즉 MRR을 밑도는 업종을 감척 지원 적용 대상으로 선정해 보았다. 아울러 북양합작은 국내선이 아니므로 한미 FTA 영향과 관계없이 감척 지원 대상에서 제외해도 될 것으로 판단하였다.

<표 3> 한미 FTA로 인한 수익률 변화

주 업종	자기자본 순이익율	FTA로 인한 평균 피해액	조정 피해액 ⁶⁾	FTA 후 추정 순이익율	감척 지원 여부
북양트롤	12.52%	37억	34.9억	1.68%	◎
기지트롤 (대서양)	8.66%	68억	28.3억	-26.4%	◎
기지트롤 (포클랜드)	10.23%	2억	1.8억	9.97%	
기지트롤 (인도양)	11.29%	2억	1.1억	2.61%	◎
기지트롤 (인니)	10.48%	9억	0.6억	7.15%	
기지트롤 (뉴질랜드)	8.55%	1억	0.25억	8.24%	
참치연승	1.97%	-	-	1.97%	
참치선망	12.16%	-	-	12.60%	
오징어 채낚기	18.47%	1억	0.02억	17.79%	
대구 저연승	20.03%	16억	16억	17.06%	
꽂치 봉수망	9.96%	4억	1.03억	9.76%	
모선식 외줄낚시	9.00%	10억	10억	4.78%	○

다음 단계에서는 <표 2>에서 조사된 업종별 수익률이 한미 FTA로 인해 어느 정도 영향을 받을지 분석하였다. 즉 한미 FTA의 피해액을 차감한 한미 FTA 이후의 자본순이익률을 추정하고, 이 수치를 MRR과 비교하여 대상 업종을 선정하였다. 이상의 계산 결과를 집계해 놓은 것이 <표 3>인

6) FTA로 인한 피해액에 “자본수익률 산정에 활용된 선박규모합계/원양산업협회 등록된 선박규모합계”의 비율을 곱한 값.

때, 여기서 ‘조정피해액’은 ‘FTA로 인한 피해액’에 이번 연구에서 조사된 선박규모의 전체규모 대비 비율을 적용하여 구한 추정액이다. 그리고 자본 등의 다른 여건은 변화가 없다고 가정하고 오직 이익 규모만 한미 FTA로 영향 받는다고 보고 조정피해액을 차감하여 자본순이익률을 산정한 것이 ‘FTA 후 추정 순이익률’이다.

<표 3>의 결과를 보면 한미 FTA 이전 모든 업종이 흑자 상태였으나 한미 FTA가 시행될 경우 수익성이 악화되어 기지트롤(대서양), 북양트롤, 그리고 기지트롤(인도양)의 수익률이 3% 이하로, 그리고 모선식의줄남시의 수익률이 5% 이하로 떨어질 것으로 추정되었다. 이 결과를 통해 앞서의 3개 업종(MRR 3% 기준)에 1개 업종(MRR 5% 기준)을 더한 총 4개 업종을 감척 지원 대상 업종으로 선정할 수 있었다.

4. 수리계획 모형을 활용한 원양 어업 업종별 감척 물량 결정

본 절에서는 앞서 제 3장에서 선정된 감척 대상 업종에 대해 최적의 연도별 감척 물량을 배분할 수 있는 혼합정수계획(Mixed Integer Programming) 모형을 소개한다.

4.1 감척 물량 결정의 개요

감척 물량 계획을 모형화하기 위해 우선 감척 사업의 현실 조건을 살펴보고자 한다. 감척 사업에 있어 가장 중요한 특징은 사업의 추진 주체에 의한 일방적 감척이 아니라 입찰 방식을 따르고 있다는 점이다. 즉, 업종별 입찰기초가를 먼저 결정한 후 연도별로 개략적인 감척 물량을 계획한 후 후 업종별 입찰 공고를 하면, 개별 사업자들이 입찰에 응하여 낙찰 받는 형태를 따르고 있다. 따라서 실제 어떤 어선이 감척에 응할 지 정확히 예단할 수 없는 현실에서 어떤 어선을 언제 감척한다는 식의 감척 계획을 수립하는 것은 상황에 맞지 않는 일이

다. 이에 본 연구에서는 다음과 같은 원칙하에 모형을 수립하였다.

4.1.1 예산의 고려

연도별 감척 사업의 예산을 고려한다. <표 4>은 한미 FTA 관련 수산부문의 재정지원계획 중 일부로, 감척 지원 보조금의 예산 내역⁷⁾이다. 본 연구에서는 이상의 예산 제약 하에서 감척 사업의 전체 효과가 최대화 되도록 예산을 배분할 수 있도록 하였다.

<표 4> 감척 지원 예산 계획

(단위 : 억 원)

연도	2008	2009	2010	2011	2012	합계
예산	80	90	100	130	134	534

4.1.2 어선별 보상액

어선별 보상액은 과거 3년 간의 수익액과 어선 및 어구의 잔존가치로 산정한다. 이 수치는 제 3.2 절의 수익성 분석을 위한 설문조사를 토대로 산정되었다. 한편, 최적화 모형에서 적용하는 감척 보상가는 업종별로 동일하게 적용되는 것으로 가정하였다. 같은 맥락으로 어선의 톤수 역시 업종별 평균값을 적용하였는데, 이것은 동 업종 내에서 실제 어느 어선이 감척 대상이 될지 알 수 없는 점을 감안한 것이다. 다음의 <표 5>은 업종별 3년 간 평균수익과 평균 톤수를 계산한 것으로 평균 수익은 정확한 수치대신 기지트롤(대서양)에 대한 상대적 비율로 표기하였다.

<표 5> 업종별 수익 및 톤급 규모

	평균 수익	평균 톤수
기지트롤(대서양)	p	313
북양트롤	1.3p	3,114
기지트롤(인도양)	0.7p	458
모선식 외줄남시	4.6p	404

7) 국토해양부 내부 자료 인용.

4.1.3 기타 정책적 고려사항

앞서 살펴본 사항 이외에 다음과 같은 정책적 사항을 고려하였다.

첫째, 감척 대상 업종으로 선정된 모든 업종은 반드시 감척 사업에 참여토록 한다. 즉, 1척 이상은 감척함으로써 사업 참여 실적을 확보할 수 있도록 한다.

둘째, FTA 이후의 추정 수익률이 낮은 순서대로 감척을 착수한다. 즉, 감척의 우선순위가 낮은 업종이 높은 업종보다 먼저 착수하지 않아야 한다.

셋째, 업종별로 감척 연한을 가정한다. 이것은 기본적으로 본 연구에서 다룬 감척 사업이 5년 간의 정부 예산 집행에 전제로 하고 있음을 고려한 것으로, 기지트롤(대서양)과 기지트롤(인도양)의 경우 감척 연한을 5년으로 설정하였다. 다만, 나머지 2개 업종은 예외로 하였는데, 어선수가 5척에 불과한 북양트롤의 경우 감척을 5년 간 지속할 경우 해당 업종이 완전 폐업되기 때문에 현실적으로 적절하지 않다고 판단하였다. 그리고 한미 FTA 이후에도 타 업종에 비해 수익성이 양호하여 MRR를 5%로 가정할 경우에만 지원 대상에 포함되는 모선식 외줄낚시의 경우는 정부의 지원규모를 줄일 필요가 있다고 판단하여 예산집행의 연한을 최대 3년으로 설정하였다.

넷째, 어느 업종이 감척에 착수하면 중도에 중단되는 일이 없도록 한다. 즉, 감척 착수 후 중도에 중단된 후 다시 재시행하지는 않는다. 이것은 정책의 일관성과 집행과정의 편의를 위한 것이다.

다섯째, 모든 업종은 각각의 감척률이 일정상한을 초과하지 않아야 한다. 즉, 감척 사업 후에도 현재 어선 수의 일부는 남겨둬야 함을 의미한다.

4.2 감척 물량 결정을 위한 혼합정수계획 모형

4.2.1 기호정의

(1) 상수정의

- c_i : 업종 i 의 보상가(감척 지원비+잔존가치)
 m_i : 업종 i 의 평균 톤수

N_i : 업종 i 의 총 어선수

B_t : t 연도의 예산

TD_i : 업종 i 의 감척 연한

α : 감척 비율의 최대허용치

N : 전체 업종 수

T : 총 감척 계획연수

이때, 업종 번호 i 는 감척의 우선순위가 빠른 업종의 순서대로 부여

(2) 변수정의

x_i^t : 업종 i 의 t 연도의 감척 어선 수

y_i^t : 업종 i 의 t 연도의 감척 여부 $\in \{0, 1\}$

z_i^t : 업종 i 가 t 연도에 감척을 시작할 경우 반드시 1을 갖는 변수 $\in \{0, 1\}$

4.2.2 목적함수

원양어업의 경우 쿼터 제한 등의 영향으로 현재의 어선 규모에 비해 획득 가능한 자원이 부족한 편이다. 따라서 감척 규모를 늘려 남은 어선의 생산성을 개선할 필요가 있다. 이에 따라 목적함수식 (3)을 이용하여 감척 어선의 전체 톤수의 총합을 최대화하도록 하였다.

$$\text{Max} \sum_i \sum_t m_i x_i^t \quad (3)$$

4.2.3 제약식

(1) 예산 제약

아래의 식 (4)는 연도별 예산 배정액을 초과하지 않아야 한다는 것을 의미한다.

$$\sum_i c_i x_i^t \leq B_t \text{ for all } t \in \{1, 2, \dots, T\} \quad (4)$$

(2) 감척 대수의 제한

식 (5)와 식 (6)은 각 업종 및 연도별 실제 감척 물량이 감척 여부를 결정하는 이진정수 변수의 값에 의해 제한될 수 있음을 의미한다. 즉 감척 여부를 뜻하는 y_i^t 가 0을 가질 경우 감척 물량은 0, 그렇

지 않을 경우는 반드시 1척 이상 감척을 해야 함을 뜻한다. 그리고 이 식에서 M 은 다른 상수에 비해 월등히 큰 상수를 의미한다.

$$x_i^t \leq M y_i^t \text{ for all } i \in \{1, 2, \dots, N\}, \quad (5)$$

$$t \in \{1, 2, \dots, T\}$$

$$x_{i,k}^t \geq (1/M) y_i^t \text{ for all } i \in \{1, 2, \dots, N\}, \quad (6)$$

$$t \in \{1, 2, \dots, T\}$$

(3) 업종별 감척 참여의 의무화

식 (7)은 모든 업종이 각각 1척 이상 감척에 참여해야 함을 의미한다.

$$\sum_t x_i^t \geq 1 \text{ for all } i \in \{1, 2, \dots, N\} \quad (7)$$

(4) 감척 우선순위의 고려

식 (8)~식 (12)는 감척 우선순위가 높은 업종의 감척 착수 시기가 우선순위가 낮은 업종의 착수시기 보다 늦지 않아야 함을 나타내는 논리제약이다. 즉, 업종을 나타내는 $i \in \{1, 2, \dots, N\}$ 가 우선순위 순서대로 정렬되어 있다는 가정 하에서, 식 (8)에 의해서 감척이 시행되지 않는 경우 ($y_i^t = 0$)에는 $z_i^t = 0$ 이 되고, 감척이 착수된 경우 ($y_i^{t-1} = 0, y_i^t = 1$)는 식 (9)에 의해 $z_i^t = 1$ 이 강제된다. 따라서 감척을 하지 않는 연도는 $z_i^t = 0$, 감척이 착수되는 연도는 $z_i^t = 1$, 그리고 감척 착수 2년 차 이후 연도에는 z_i^t 이 0 또는 1의 값을 임의로 가질 수 있다. 그리고 식 (10)에 의해 감척 우선순위가 높은 업종이 우선순위 낮은 업종보다 늦게 착수되는 경우가 방지된다.

$$z_i^t \leq y_i^t \text{ for all } i \in \{1, 2, \dots, N\}, \quad (8)$$

$$t \in \{1, 2, \dots, T\}$$

$$z_i^t \geq y_i^t - y_i^{t-1} \text{ for all } i \in \{1, 2, \dots, N\}, \quad (9)$$

$$t \in \{1, 2, \dots, T\}$$

$$\sum_t 2^{T-t+1} z_i^t \geq \sum_t 2^{T-t+1} z_j^t \text{ for all } \quad (10)$$

$$i < j, i, j \in \{1, 2, \dots, N\}, t \in \{1, 2, \dots, T\}$$

$$y_i^0 = 0 \text{ for all } i \in \{1, 2, \dots, N\} \quad (11)$$

(5) 감척 소요 연수 제약

식 (12)는 감척 소요기간이 지나치게 길어지는 것을 막기 위한 제약이다.

$$\sum_t y_i^t \leq T D_i \text{ for all } i \in \{1, 2, \dots, N\} \quad (12)$$

(6) 감척 사업의 연속성

식 (13)은 감척이 착수될 경우 감척 종료 연도까지 연속적으로 감척이 시행되어야 함을 의미한다. 즉, 한 번 시작되면 중간에 중지되었다 다시 시작하는 일이 없어야 함을 의미한다. 이 식은 $y_i^{t_1}$ 과 $y_i^{t_2}$ 의 조합에 따른 y_i^t 값의 변화를 통해 이해될 수 있다. 즉, $t_1 < t < t_2$ 에서 $y_i^{t_1}$ 과 $y_i^{t_2}$ 가 모두 1일 때 y_i^t 를 1로 강제한다.

$$y_i^t \geq (y_i^{t_1} + y_i^{t_2})/2 - 1/2$$

$$\text{with } t_1 < t < t_2 \quad (13)$$

$$\text{for all } i \in \{1, \dots, N\}, t, t_1, t_2 \in \{1, \dots, T\}$$

(7) 감척 허용 비율

식 (14)는 각 업종별로 현재 어선 수의 일정비율 이상은 존치해야 함을 의미한다. 이 식에서 α 는 업종별 허용 가능한 최대 감척 비율로서 0.7~1.0의 값을 적용하였다.

$$\sum_t x_i^t \leq \alpha N_i \text{ for all } i \in \{1, 2, \dots, N\} \quad (14)$$

(8) 기타 제약

이진변수 제약은 연도 별, 각 업종에 대한 감척 실시 여부를 나타내는 변수와 감척의 착수연도 여부를 나타내는 변수들이 0과 1중 한 가지 값만을 갖도록 하는 제약식이다. 그 밖에 비음조건도 추가 된다.

$$x_i^t \geq 0, y_i^t, z_i^t \in \{0, 1\} \quad (15)$$

for all $i \in \{1, 2, \dots, N\}, t \in \{1, 2, \dots, T\}$

4.3 모형 수행

4.3.1 모형 수행방법

앞서 수립된 모형은 ILOG의 OPL(Optimization Programming Language) Development Studio[11]로 모형화하였다. 여기서 OPL Development Studio는 수학 모형의 변수, 상수, 목적 함수 그리고 제약식 등을 자연스런 대수학 기수법을 통해 정의하는 기능을 갖고 있어 복잡한 수학식을 직관적으로 모형화할 수 있도록 한다. 또한 수학식을 Model과 Data 부분으로 나누어 표시함으로써, Model의 구조가 확정되면 데이터만 반복적으로 수정해서 적용하는 경우에 매우 적합하다고 할 수 있다.

4.3.2 모형 수행결과

모형 수행에 앞서 감척 허용비율(α)의 입력값에 대한 몇 가지 경우를 상정하였다. 이것은 감척 허용비율이 정책의지에 따라 얼마든지 바뀔 수 있기 때문에, 본 연구에서는 70%, 80%, 100%의 세 가지 경우를 고려하였다. <표 6>~<표 8>은 OPL Development Studio를 통해 도출된 최적화 결과이다. 먼저 <표 6>은 감척 허용비율을 70%로 설정한 경우($\alpha=0.7$)의 결과다. 이를 보면 1년차에는 기지트롤(대서양)만 감척하고, 2~4년차에는 모든 업종을 감척에 참여시키고, 마지막 5년차에는 비교적 어선수가 많은 기지트롤(대서양)만 감척하는 것이 적절한 것으로 분석되었다. 각 업종별 차원으로 보면 기지트롤(대서양)만 1년차부터 5년 연속 감척을 시행하고, 북양트롤, 기지트롤(인도양), 그리고 모

<표 6> 감척 물량 최적 배분 결과($\alpha=0.7$)

		1년	2년	3년	4년	5년
어선수 (척)	기지트롤(대서양)	5	2	2	3	9
	북양트롤	-	1	1	1	-
	기지트롤(인도양)	-	2	1	4	-
	모선식 외출납시	-	1	2	1	-
감척 비용 (백만 원)	기지트롤(대서양)	6,840	2,736	2,736	4,104	12,312
	북양트롤	-	1,431	1,431	1,431	-
	기지트롤(인도양)	-	2,628	1,314	5,256	-
	모선식 외출납시	-	2,067	4,134	2,067	-
	소계	6,840	8,862	9,615	12,858	12,312

<표 7> 감척 물량 최적 배분 결과($\alpha=0.8$)

		1년	2년	3년	4년	5년
어선수 (척)	기지트롤(대서양)	5	1	1	3	9
	북양트롤	-	2	1	1	-
	기지트롤(인도양)	-	2	2	4	-
	모선식 외출납시	-	1	2	1	-
감척 비용 (백만 원)	기지트롤(대서양)	6,840	1,368	1,368	4,104	12,312
	북양트롤	-	2,862	1,431	1,431	-
	기지트롤(인도양)	-	2,628	2,628	5,256	-
	모선식 외출납시	-	2,067	4,134	2,067	-
	소계	6,840	8,925	9,561	12,858	12,312

〈표 8〉 감척 물량 최적 배분 결과($\alpha=1.0$)

		1년	2년	3년	4년	5년
어선수 (척)	기지트롤(대서양)	5	2	1	5	4
	북양트롤	-	2	2	1	-
	기지트롤(인도양)	-	1	1	2	6
	모선식 외줄낚시	-	1	2	1	-
감척비용 (백만 원)	기지트롤(대서양)	6,840	2,736	1,368	6,840	5,472
	북양트롤	-	2,862	2,862	1,431	-
	기지트롤(인도양)	-	1,314	1,314	2,628	7,884
	모선식 외줄낚시	-	2,067	4,134	2,067	-
	소계	6,840	8,979	9,678	12,966	13,356

선식 외줄낚시는 2년차부터 3년간만 시행하는 것이 적절할 것으로 나타났다. 이상의 결과를 살펴보면 당초 모형 상에서 고려했던 모든 제약 조건 역시 만족되었음을 알 수 있다.

〈표 7〉는 감척 허용비율을 80%로 설정한 경우 ($\alpha=0.8$)의 결과로, 〈표 6〉과 크게 다르지는 않은 가운데 작은 차이를 보여주고 있다. 자세히 살펴보면, $\alpha=0.7$ 인 경우와 비교해서 기지트롤(대서양)의 감척 규모를 2척 줄이는 대신 북양트롤과 기지트롤(인도양)을 1척씩 늘린 것으로 나타났다. 즉, 감척 허용비율 α 가 0.7인 때에는 북양트롤과 기지트롤(인도양)의 감척 규모가 각각 3척과 7척으로 묶였으나(〈표 1〉의 전체 어선수 참조), $\alpha=0.8$ 으로 제약식을 완화할 경우 전체 어선수 대비 정확히 80%수준인 4척과 8척으로 감척 규모를 확대하는 것으로 나타났다. 이러한 차이의 원인은 〈표 5〉에 정리된 업종별 수익규모와 평균톤수의 관계를 통해 짐작해 볼 수 있다. 즉, 어선별 보상규모를 결정하는 톤당 이익 면에서 북양트롤과 기지트롤(인도양)은 평균 톤수가 상대적으로 크에도 불구하고 보상액(평균수익)은 상대적으로 높지 않았기 때문에, 결과적으로 이들 업종을 감척시키는 것이 전체적인 성과 면에서 유리하다. 그리고 이러한 경향은 감척 허용비율 α 를 1.0으로 완화했을 경우도 마찬가지였다. 즉, 〈표 8〉에서 알 수 있는 바와 같이 북양트롤과 기지트롤(인도양)의 감척 물량을 소폭 늘리는 것으로 나타났다.

한편, 본 연구의 분석에서는 업종별로 단일한 톤당수익과 평균 톤수가 적용된다고 가정하였으나, 톤급의 차이에 의해, 즉 소형선박이나 대형선박이나에 따라 톤당 수익규모의 수준이 달라질 여지가 있다. 따라서 업종별 구분에 더해서 톤급별로 구분할 수 있는 모형을 적용할 경우 보다 면밀한 분석이 가능할 것이다. 그러나 본 연구에서는 업종별 선박수가 많지 않은 상황에서 톤급별 구분까지 하는 것이 타당하지 않다는 판단 하에서 업종별 구분까지만 고려하였다. 추후 유사한 형태의 감척 계획을 수립하는 상황에서 감척 대상의 개체수가 많은 경우에 한 해 세분화한 구분방식을 적용해 볼 수 있을 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구는 원양산업의 경영여건 개선을 위한 정부의 감척 지원 과정의 의사결정지원을 목적으로 하였다. 이를 위해 비율분석을 통한 경영성과 분석 결과를 토대로 감척 대상 업종을 선별한 후, 업종별 감척 물량을 할당할 수 있는 수리계획 모형을 적용하여 업종별 감척 시나리오를 도출해 보았다. 여기서 사용된 수리계획 모형은 예산제약 하에서 업종별 감척 우선순위를 고려할 수 있으며, 한 번 감척이 착수된 이후에는 중단과 재개를 반복하지 않도록 하는 등, 다양한 현실 제약을 고려할 수 있도록 설계되었다.

본 연구에서 제시된 절차를 적용한 결과 기지트를(대서양), 북양트롤, 기지트를(인도양)이 감척의 1차적인 지원대상이 되고 추가적으로 모선식 외줄 낚시가 감척 대상이 될 수 있음을 확인하였다. 아울러 본 연구에서 수립된 수리계획모형을 적용한 결과 업종별 최적의 감척 계획을 찾아볼 수 있었다. 그 결과 기지트를(대서양)은 5년에 걸쳐 최대 17척, 북양트롤과 기지트를(인도양), 그리고 모선식 외줄 낚시 업종은 2년차부터 감척에 착수하여 각각 최대 5척, 10척, 4척까지 감척이 가능한 것으로 분석되었다. 본 연구에서 제시된 감척 계획과 소요예산은 실제 정책 실행과정의 입찰제 과정을 통해 다소 변경될 여지가 있다. 그러나 본 연구에서 제시된 감척 스케줄은 입찰제 하에서 감척의 바라직한 가이드라인에 해당되며 정책당국에서는 여기서 제시된 안을 토대로 업종별 입찰계획을 수립해 볼 수 있을 것이다. 아울러 본 연구에서 제시된 혼합정수 계획 모형은 유사한 형태의 감축정책 수립과정에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] 김재희, "생산성 평가를 위한 효율분석 모형의 비교 연구 : 원양수산 기업을 대상으로", 「한국생산관리학회지」, 제20권, 제2호(2009), pp. 113-139.
- [2] 농림수산물부, 「한미 FTA 체결에 따른 직접 피해 지원계획 수립 연구용역 보고서」, 2008.
- [3] 한국해양수산개발원, 「한미 FTA 수산분야 예상피해-주요품목 설명자료」, 2007, pp.1-21.
- [4] 해양수산부, 「근해어선감척 사업 제도개선에 관한 용역 보고서」, 2007.
- [5] 해양수산부, 「원양어업 경영실태조사에 관한 연구」, 2005.
- [6] 해양수산부, 「한미 FTA 협상결과 및 국내대책」, 2007.
- [7] 홍현표, 최성애, 이현동, 「수산업의 구조변화와 정책방안에 관한 연구」, 한국해양수산개발원, 2005.
- [8] Arnason, R., "Fisheries management and operations research," *European Journal of Operational Research*, Vol.193(2009), pp.741-751.
- [9] Bjorndal, T., D.E. Lane, A. Weintraub, "Operational research models and the management of fisheries and aquaculture : A review," *European Journal of Operational Research*, Vol.156(2004), pp.533-540.
- [10] Boyce, J.R., "Optimal capital accumulation in a fishery : A nonlinear irreversible investment model," *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.28(1995), pp. 324-339.
- [11] ILOG, *ILOG OPL Studio 3.7 Language Manual*, 2003.
- [12] Krishna, G., K.G. Palepu, P.M. Healy, and V. L. Bernard, *Business Analysis and Valuation : Using Financial Statements*, Thomson, 2008.
- [13] Millar, H.M. and E.A. Gunn, "Dispatching a fishing trawler fleet in the Canadian Atlantic groundfish industry," *European Journal of Operational Research*, Vol.55, No.2(1991), pp.148-164.
- [14] Reed, W.J., "Optimum escapement levels in stochastic and deterministic harvesting models," *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.6, No.4(1979), pp.350-363.