

기본연구 2001-15

생물경제모델을 이용한 고등어자원의 최적어획량 추정  
에 관한 연구(Optimal Exploitation of Mackerel Stocks  
in Korea: An Application of Bioeconomic Model)

2001. 12

조정희·홍성걸·오순택·정명생·이상민

## □ 보고서 집필 내역

### 연구책임자

- 조정희: 제1장~제6장

### ◆ 연 구 진

- 홍성걸: 제1장, 제5장
- 오순택: 제2장, 제6장
- 정명생: 제3장
- 이상민: 제4장

## □ 산·학·연·정 연구자문위원

- ◆ 고재모 (협성대학교 국제통상학과 교수 )
- ◆ 김상규 (해양수산부 어업정책과 사무관)
- ◆ 이상규 (경희대학교 국제경영학부 교수)

## 머 리 말

현재 우리 수산업은 매우 어려운 상황에 처해 있다. 우리 주변수역의 어업자원이 과잉어획에 의해 남획되고 있고 일본·중국과의 새로운 어업협정체결로 어장이 축소됨에 따라 연안어업과 근해어업 간의 갈등도 심화되고 있다. 또한 저가의 수산물 수입이 늘어남에 따라 국내 수산물 시장이 잠식당하고 있는 실정이다. 대외적으로는 WTO 제 4차 각료회의에서 채택된 선언문을 토대로 수산보조금감축을 위한 협상이 2002년부터 시작된다.

이와 같은 대내외적인 여건변화에 적절하게 대응하여 우리 어업의 경쟁력을 향상시키고 자원을 지속가능한 상태로 유지·발전시키기 위하여는 어업관리정책도 자원보호 측면만을 고려한 정책에서 시장원리를 포함한 정책으로의 전환이 필요하다. 본 연구에서는 이러한 필요에 부응하기 위하여 우리나라의 가장 중요한 대중성 어종 중 하나인 고등어 자원을 대상으로 지속 가능한 자원수준을 유지하면서 경제적인 효율성을 최대로 할 수 있는 적정어획량과 적정어획노력량을 추정하였다. 이러한 연구는 국내 수산부문에서는 시도된 적이 없는 연구로서 모델로부터 도출되는 결과들이 고등어에 대한 중장기적인 어업정책에 도움을 줄 수 있을 것이다. 그러나 고등어는 한·중·일 3국의 경계 왕래어종으로서 이들 3국이 모두 어획하고 있어 일본과 중국의 어획자료를 포함하여 분석하는 것이 바람직하나 어업비용 등에 대한 자료획득 및 분석에 어려움이 있어 고려하지 못하였다. 향후 더 깊은 연구와 정교한 모델이 있기를 기대한다.

이 보고서는 우리 원의 조정희 책임연구원을 연구 책임자로 하여 홍성걸 연구위원, 오순택 연구위원, 정명생·이상민 책임연구원의 공동연구로 이루어졌다. 연구진은 이 연구의 수행과정에서 자문에 응하여 주신 협성대학교 고제모 교수, 해양수산부 김상규 사무관, 경희대학교 이상규 교수, 우리 원의 진형인 선임연구위원, 표희동 부연구위원께 깊은 감사를 표하고 있다.

이 보고서의 내용은 전적으로 연구진들의 개인적 의견이며  
한국해양수산개발원의 공식적인 견해가 아님을 밝혀둔다.

2001 년 12 월

韓國海洋水產開發院  
院 長 李 廷 旭

# 목 차

|                              |    |
|------------------------------|----|
| <요 약> .....                  | 1  |
| 제1장 서 론 .....                | 11 |
| 1. 연구의 필요성 .....             | 11 |
| 2. 연구의 범위와 목적 .....          | 14 |
| 제2장 고등어 어업 .....             | 15 |
| 1. 고등어의 생태 .....             | 15 |
| 2. 세계 고등어 생산량과 시장 .....      | 19 |
| 3. 한국의 고등어 어업 .....          | 24 |
| 제3장 최적제어 이론 및 생물경제모델 .....   | 42 |
| 1. 문헌 조사 .....               | 42 |
| 2. 최적제어 이론과 기본 생물경제 모델 ..... | 46 |
| 제4장 고등어 자원에 대한 생물경제모델 .....  | 57 |
| 1. 비용 및 어업수입 함수 .....        | 57 |
| 2. 어획함수 .....                | 58 |
| 3. 어선변화 함수 .....             | 59 |
| 4. 어족자원변화 함수 .....           | 60 |
| 5. 생존함수 .....                | 61 |
| 6. 목적함수 .....                | 63 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 제5장 데이터 및 분석 .....              | 65  |
| 1. 비용 데이터 및 분석 .....            | 65  |
| 2. 가격분석 .....                   | 70  |
| 3. 어획능력 .....                   | 74  |
| 4. 고등어 생물경제모델링 분석 및 결과 .....    | 75  |
| 제6장 결론과 정책적함의 .....             | 84  |
| 참고 문헌.....                      | 87  |
| 부록 .....                        | 91  |
| 부록 1. 고등어자원에 대한 GAMS 프로그램 ..... | 92  |
| 부록 2. 비용조사 설문지 .....            | 96  |
| 부록 3. FAO 어획능력에 관한 국제행동계획 ..... | 103 |

## 표 목차

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| <표 2-1> 고등어의 다른 이름들 .....                                         | 20 |
| <표 2-2> 주요국가별 냉동 고등어 수입실적 .....                                   | 29 |
| <표 2-3> 선망어업 통수 변화 .....                                          | 32 |
| <표 2-4> 2001년 톤급별 어선규모 .....                                      | 32 |
| <표 2-5> 2001년 마력수(HP)별 선망어선 현황 .....                              | 33 |
| <표 2-6> 대형선망어선의 연도별 어선세력 .....                                    | 34 |
| <표 2-7> 대형선망어업의 어획물 조성 변동추이 .....                                 | 36 |
| <표 2-8> 어업자원관리 수단의 종류 .....                                       | 39 |
| <표 4-1> $F_{INSTANTANEOUS}$ 와 $F_{ANNUAL \% REMOVAL}$ 변환 관계 ..... | 62 |
| <표 5-1> 대형선망어업 비용 .....                                           | 67 |

## 그림 목차

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| <그림 2-1> 고등어 어장 .....                           | 15 |
| <그림 2-2> 고등어 회유도.....                           | 16 |
| <그림 2-3> 고등어의 성장 곡선 .....                       | 18 |
| <그림 2-4> 고등어의 세계 총생산량과 국가별 생산량 .....            | 22 |
| <그림 2-5> 고등어 어획량.....                           | 25 |
| <그림 2-6> 어업별 고등어 어획비율 .....                     | 26 |
| <그림 2-7> 고등어 수입량.....                           | 28 |
| <그림 2-8> 국내 고등어 소비량에서 수입량이 차지하는 비율 ..           | 28 |
| <그림 2-9> 대형선망어업 조업도.....                        | 31 |
| <그림 2-10> 1999년도 대형선망어업의 어획물 조성 .....           | 35 |
| <그림 2-11> 대형선망어업에 의한 고등어 생산량 .....              | 37 |
| <그림 3-1> 자유입어하의 SY, TC, 및 PEC.....              | 48 |
| <그림 3-2> 자원의 붕괴 가능성이 없는 경우의 최적 자원량 ..           | 52 |
| <그림 3-3> 자원의 붕괴 가능성이 없을 경우 최적 어획량의 추<br>이 ..... | 53 |
| <그림 3-4> 자원붕괴 가능성이 있을 경우의 최적자원량과 어획<br>노력량..... | 56 |
| <그림 4-1> 가입와 성어와의 관계.....                       | 60 |
| <그림 5-1> 고등어 어획량의 로렌츠곡선.....                    | 66 |
| <그림 5-2> 임금, 연료비 및 수리비 변화 추이 .....              | 68 |
| <그림 5-3> 대형선망어업의 총어획고와 총비용간의 관계 .....           | 70 |
| <그림 5-4> 최근 10년간 월별 고등어 실질 생산자 가격동향..           | 71 |

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| <그림 5-5> 분기별 실질생산자 가격 .....                             | 72 |
| <그림 5-6> 대형선망어업에 의해 어획 되는 고등어,정어리, 전갱<br>이 위판금액 변화..... | 73 |
| <그림 5-7> 최적 어획량 .....                                   | 78 |
| <그림 5-8> 최적 통수 변화 추이 .....                              | 79 |
| <그림 5-9> 고등어 자원의 페이스 다이어그램 .....                        | 80 |
| <그림 5-10> 시나리오별 최적통수 변화 추이 .....                        | 81 |
| <그림 5-11> 시나리오별 페이스 다이어그램.....                          | 82 |

## <요 약>

### 제1장 서론

#### 1. 연구의 필요성

- 세계적으로 1950년대에는 어획기술의 발달 및 어획노력량의 증가에도 불구하고 어업자원은 무한히 이용할 수 있는 공유자원으로 고갈되지 않을 것이라고 믿어졌음
- 그러나 1970년대 이후 어업자원이 현저하게 감소됨에 따라 어획노력량 조정을 통해 어업자원을 지속 가능한 수준으로 회복시키는 것이 시급한 과제로 대두됨
- 우리나라의 경우 과잉어획노력량 투입으로 자원 고갈이 심화되어 채산성이 악화되고 있으며 EEZ체제 정착으로 어장이 축소되어 연안어업과 근해 어업간의 갈등이 심화되고 있음
- 또한 수산물 수입이 급격히 증가됨에 따라 어업관리 정책도 종전의 어업자원 보호만을 고려한 정책에서 시장원리를 고려한 정책으로의 전환이 요구되고 있음
- 따라서 지속 가능한 자원을 유지하면서 동시에 어업자원 획득에 따른 경제적 효율성을 최대로 할 수 있는 최적어획량과 최적어획노력량 추정에 관한 연구가 필요함

#### 2. 연구의 범위와 목적

- 고등어는 대중성 어종으로서 다른 어종에 비해 경제적 가치가 크고 대형선망이 국내 고등어 생산량의 약 90% 정도를 어획하고 있어 경제적 분석에 필요한 데이터 구하기가 용이하여 본 연구의 범위를 고등어 자원으로 한정하였음
- 또한 본 연구의 목적은 동태적 비선형 최적화 모형구조를 가지는 생물경제모델(Bioeconomic Model)을 우리나라 고등어 어업에 적용하여 최적어획량과 최적어획노력량을 추정함에 있음

## 제2장 고등어 어업

### 1. 고등어의 생태

- 한국, 중국, 일본의 전연안과 동중국해를 비롯해 전세계적으로 분포되어 있고 회유범위도 매우 넓음
- 주서식지는 250m 이내의 얕은 수역에서 서식하고 성숙체장은 27cm정도임
- 갑각류, 어류, 연체동물의 유생체 등이 주요 먹이임
- 주광성 및 군집특성(Schooling)이 강하여 어획노력에 쉽게 영향을 받을 수 있고 환경변화에도 매우 민감하여 자원량 변동이 심함

### 2. 세계 생산량과 시장

- 1978년 2.85백만M/T이 어획 되기도 하였으나 1992년에는 약 66%가 감소된 0.96백만M/T밖에 어획 되지 못하는 등 생산량 변동이 매우 심함
- 이와 같은 생산량 감소는 생물학적·경제적인 면을 고려하지 않은 과잉어획에 따른 어업자원감소가 주 원인임
- 주요 어획국은 칠레, 중국, 에콰도르, 일본, 페루, 우크라이나 등이나, 아시아지역 국가들이 전세계 고등어 어획량의 60% 이상을 차지함
  - 아시아지역 생산량 중 일본이 어획량의 58%를 차지하고, 중국(28%)과 한국(11%)이 그 다음을 차지하고 있음
  - 일본의 경우 자원의 관리 미흡 등으로 인하여 연간어획량의 변화가 심하게 나타나고 있고 생산량이 감소 추세임
  - 중국의 경우 어획량의 변동이 크지 않고 안정화에 들어선 추세로 볼 때 어획량 증가는 없을 것으로 예상할 수 있음
- 고등어는 가격이 낮아 개발도상국에서는 주요 단백질 공급원으로 소비되고 있으며 칠레와 페루의 경우에는 사료나 fish oil 등의 원료로 사용되고 있음

### 3. 한국의 고등어 어업

#### 3.1 고등 어획량 및 수입량

- 고등어는 대중성 어종으로 생산량은 1996년 415천M/T을 정점으로 하여 계속 감소추세를 보이고 있으며 2000년도에는 145천 M/T이 어획 되었음
- 주 조업어장은 제주도를 중심으로 한 반경 약 60 마일 이내의 중심 80~120m의 해역임
- 지역별 양륙비율을 보면 전체 생산량의 약 90%가 부산에 양륙되고 있고 경남지역에 약 6% 그리고 전남지역에 약 5%가 양륙되고 있음. 대형선망어업의 어획물이 부산에 집중적으로 양륙되는 이유는
  - 거문도, 제주도 및 대마도 근해 등 비교적 가까운 위치에서 어장이 형성되고 있음
  - 대량의 양륙물을 유통 시킬 수 있는 시설과 유통자본이 부산에 집중되어 있음
- 고등어를 어획하는 어업으로는 대형선망, 유자망, 정치망, 소형선망 등이 있음
- 국내 고등어 어획감소로 고등어 수입이 계속 증가 하고 있으며 2001년도 국내 고등어 소비량 중 수입고등어가 차지하는 비율은 18%로 예측 되고 있음
- 따라서 수입고등어의 가격이 국내 시장가격에 미치는 영향은 높아질 것임

#### 3.2 대형선망어업

- 20세기초반부터 시작된 선망어업은 평균 6척의 어선으로 선단을 구성하고 있고, 선단의 기본 단위를 “통”이라고 부름
- 현재 허가 통수는 35통이나 2통은 조업중단 상태임
- 척당통수는 1990년대에 들어서면서 거의 일정 수준을 유지하고 있으나 평균마력수는 계속 증가 추세임
- 1980년대에는 말쥐치, 정어리가 어획물의 50%를 차지 하기도 하였으나, 1990년대 이후 말쥐치 및 정어리 자원의 감소로 고등

어 어획비율이 80 - 90%로 높아지고 있음

### 3.3 고등어 자원관리제도

- 고등어 자원의 관리는 전통적 어업관리제도인 통수제한, 어선규모 제한, 그물코제한 등에 의존하고 있었으나 이러한 간접적인 자원 관리 방식으로는 자원감소를 막을 수 없어 어획량규제수단인 TAC제도를 도입, 1999년부터 시범 실시중에 있음
- 국제적 동향을 보면 어획노력량 규제수단 보다는 어획량 규제수단이 보다 효과적인 수단으로 인식되고 있음
- 한·중·일 3국이 동일 자원을 이용하고 있어 효율적인 고등어 자원 관리를 위해서는 이들 3국의 적극적인 협력이 요구되고 있음

## 제3장 최적 제어 이론 및 생물경제 모델

### 1. 문헌조사

- 고등어자원은 자원의 불확실성을 갖고 있음
- 자원의 불확실성을 최적화 모델에 고려할 수 있는 방법은,
  - 첫째, 어장환경이 외부적인 요인에 의해 악화되기 전에 어획 노력량을 증가시켜 어획량을 늘리는 방법
  - 둘째, 일정량의 자원(Escapement or safe minimum stock) 보호를 통하여 어장환경 악화시 자원의 회복기간을 줄이고, 어족자원의 고갈상태를 약화시키는 방법이 있음
- 첫번째 방법은 시간의 흐름에 따라 자원이 붕괴되는 확률을 알아야 기대되는 이윤을 추정할 수 있음. 그러나 각 시기의 붕괴 확률을 추정하기는 어려움
- 후자의 방법이 현실적인 접근방법이며 동시에 최소량의 자원에 대한 기회비용도 추정할 수 있음. 따라서 두 번째 방법을 이용하여 자원의 불확실성을 최적화 모델에 고려 했음
- 생물경제모델에서 가장 대표적인 것이 고든 - 쉘퍼 모형이고 이 모델에서 생물학적인 성장모델은 로지스틱 성장함수를 기초로 하고 있음

- 정태적인 경우에는 어업자원의 적정이용에 있어서 시간의 흐름에 따른 어업인의 선택과 생물학적인 동태를 고려하지 않음. 그러나 어업자원 한 단위의 어획을 다음 시기로 미루게 되면, 이에 따른 편익과 비용이 발생하게 됨
  - 편익의 경우 어획을 다음 시기로 미루게 됨에 따라 어업자원의 자연성장에 따른 자원량의 증가로 인해 자원지대가 늘어남
  - 비용의 경우에는 어획으로 인한 어업수익을 다음시기로 미룸으로써 늘어나는 비용임으로 투입노력량에 대한 이자와 같은 손실이 발생하게 됨
- 동태적 분석에서는 이와 같이 자원의 시간적 배분에 따른 편익과 비용을 고려하여 각 시기의 어획량을 결정함. 즉 동태적 어업자원의 효율성은 각시기에 어업에서 얻어지는 경제지대에 대한 현재가치의 합이 극대화됨으로 이룸

## 2. 최적제어 이론과 기본 생물경제 모델

- 자원붕괴 가능성이 없는 자원에 대한 동태적 생물경제모델의 목적함수의 필요조건은

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial H^{cv}}{\partial h} &= U'(h) - m = 0 \\
 \Rightarrow U'(h) &= m \\
 \dot{m} &= -\frac{\partial H^{cv}}{\partial X} + \delta m \rightarrow \text{adjoint equation} \\
 &= -mG'(X) + \delta m \\
 \Rightarrow G'(X) &= \delta \text{ --- Equation 3.1}
 \end{aligned}$$

- 불확실성을 고려하기 위해 자원의 붕괴가 일어나지않을 확률  $\phi$  을  $q$ 로 정하고, 자원붕괴가 되지않을 확률을 고려한 기대목적함수의 필요조건은

$$\frac{\partial H^{NCV}}{\partial h} = q(t)U'(h) - q(t)\phi = 0$$

$$\Rightarrow q(t)U'(h) = q(t)\phi$$

$$\frac{\partial(q(t)\phi(t))}{\partial t} = -\frac{\partial H^{NCV}}{\partial X} + \delta q(t)\phi(t) \rightarrow \text{adjoint equation}$$

$$\Rightarrow \dot{\phi} q(t) = \phi[\delta q(t) - \dot{q} - q(t)G'(X)]$$

$$\Rightarrow \dot{\phi} = \phi[\delta - \frac{\dot{q}}{q} - G'(X)]$$

$$\Rightarrow G'(X) = \delta - \frac{\dot{q}}{q} \rightarrow \text{Equation 3.2}$$

- 첫번째와 두번째의 해밀토니안의 필요조건을 비교해보면 식3.1에 있는  $G'(X)$ 가 식3.2에 있는  $G'(X)$ 보다 작음을 알수 있음. 따라서 후자의 경우 최적 어획량은 전자의 경우에 비해 많음. 이러한 결과는 이자율의 증가가 어획량에 미치는 효과와 같음
- 이러한 결과는 미래에 일어날 수 있는 자원의 붕괴가 어업자원에 대한 세도우가격(Shadow Price)을 감소시키기 때문이고, 세도우가격은 어획에 대한 사회한계비용의 일부분이 됨. 즉, 불확실성은 현재의 어획에 대한 사회비용을 감소 시킴

## 제4장 고등어자원에 대한 생물경제모델

### 1. 비용 및 어업수입함수

- 총비용은 어획노력당 단위비용 곱하기 총어획 노력량임
- 어업수입은 고등어의 평균가격에 어획량을 곱하면 구할 수 있음
- 고등어의 가격이 일정 불변이고 어획노력량의 한계 및 평균비용이 일정 불변이라 가정할 때 어획노력량을 투입하여 얻을 수 있

는 어획량에 따른 지속적인 경제지대는,  $\pi(t) = \text{어업수입} - \text{총비용}$   
 임

## 2. 어획함수

- 주로 콧 - 더글라스함수가 어획함수로서 사용되어 지고 있으나 본 연구에서는 콧 - 더글라스 함수를 사용하는데 있어 파라미터 값들을 구하기가 현재로는 불가능하므로 대체 방법으로 바라노브 어획함수를 사용하였음

## 3. 어선변화 함수

- 어획노력량과 직접적인 함수관계에 있는 어선변화를 고려하였음

## 4. 어족자원변화 함수

- 어족자원을 증가시키는 요인으로서 가입과 자연성장이 있음. 반대로 감소시키는 요인으로서 어획사망율과 자연사망율이 있음
- 리쿠르트되는 미성어는 바로 전기간에 산란할 수 있는 성어들과의 함수관계에 있으나 자원량과 가입사이의 관계를 본 연구에서는 자세히 고려하지 않았음

## 5. 생존함수

- 총사망률로부터 생존하는 어족의 양은 음수지수관계를 가지고 있음
- 에스케이프먼트 비율을 제한식에 포함했음. 따라서  $\text{escape} = \exp(-Z)$ 임

## 6. 목적함수

- 본 연구의 목적함수는 고등어 업계의 이윤을 최대화하면서 고등어자원을 지속가능한 수준으로 유지시키는 것임

$$\text{Max NB} = \int_0^{\infty} e^{-\delta t} (\text{Revenue} - H \text{ cost}) dt$$

Subject to

$$DY_t = X_t * (1 - e^{-F_t})$$

$$X_{t+1} = X_t + (DXT_t - DY_t)$$

$$DXT_t = r * X_t * (1 - \frac{X_t}{K})$$

$$\text{EXP}(-Z_t) \geq \text{escape}$$

$$NV_t = (1 - \text{decavy}) * NV_{t-1} + Nzero_{t-1} + \text{Acquire}_{t-1} - \text{Salvage}_{t-1}$$

$$H \text{ cost}_t = Vop \text{ cost}_t * EInyr_t$$

$$\text{Revenue}_t = \text{Ev}p * DY_t$$

$$X_t = Szero_{t-1} + Xcum_{t-1}$$

## 제5장 데이터 및 분석

### 1. 비용 데이터 및 분석

- 자료의 신뢰도를 높이기 위해 대형선망수산업협동조합의 협조를 얻어 직접 조사했음
- 모집단은 현재 어업중인 33통의 2000년도 고등어 위판량을 이용하여 Lorenz curve를 그려본 결과 생산량의 분포가 비교적 잘 이루어져 있어 이를 3개의 그룹으로 나눈 후 각 그룹에서 2통씩, 총 6통의 비용을 조사하였음
- 총비용 중 인건비(30%)가 가장 많은 비율을 차지하고, 임금이 어업비용증가를 주도해왔음

## 2. 가격 분석

- 1991년부터 1997년까지 Kg당 1230원과 287원 사이를 등락하고 있음
- 1998년 이후 가격은 증가 추세임. 그 원인은 어획량 감소와 단백질 공급원으로서의 역할 증가 때문인 것으로 추정됨
- 시기별 가격등락 추세는 실질가격이 낮은 수준을 보이고 있는 1991년부터 1996년까지는 3분기에 최고가격을 나타내고 있음. 그러나 이러한 분기별 가격 변화의 경향은 1997년 기점으로 최근으로 오면서 2분기 가격의 강세가 두드러진 현상으로 나타나고 있음. 수요의 증가를 예측한 수입물량의 증가가 3분기가격 하락의 주된 원인으로 작용한 것으로 보여짐.
- 본 연구에서는 2000년도 고등어 위판가격을 주어진 것으로 (=Price Taker) 가정하고 분석 했음

## 3. 고등어 생물경제모델링 분석 및 결과

- 최적화모델은 주어진 제약요인의 범위 내에서 대형선망어업의 이윤극대화를 만들 수 있는 투입요소의 적정(Optimal)조합을 반복적인 과정을 통하여 알아내는 것임
- 최적해는 외생적으로 주어지는 파라미터값의 적정성에 영향을 받게 됨으로 파라미터의 값들에 대한 적정성을 고려했음
- GAMS/CONOPT2를 사용하여 모델링 했음
- 모델링을 통하여 얻어낸 결과를 이용하여 페이스 다이어그램을 그려보면, 시간이 지남에 따라 총어획노력량과 어족 자원량이 변화하면서 균형점에 이르는 궤적을 보여줌
  - 약 12년후 어족 자원량과 총어획량은 지속 가능한 균형상태에 이름
  - 현재 어업중인 33통에서 최적 통수와 최적 어획량은 각각 13통, 70천M/T. 따라서 통당 최적 평균어획량은 5천M/T으로 나타났음

## V. 결론과 정책적 함의

- 본 연구를 통하여 얻어진 결과를 토대로 고등어 어업에 대한 중장기 계획 수립시 고려해야 할 점은 다음과 같음
  - 경제적인 이윤을 고려한 적정 어선수에 대한 연구가 없어 그간 정책 결정시 애로가 있었으나 본 연구결과를 정책결정의 기초 자료로 사용할 수 있음
  - 감척 사업계획을 조기에 수립시행하면 할수록 경제적 효과는 최대화 됨
  - 한정된 감척예산하에서 업종별 감척예산 배분시, 감척으로 인한 경제적 효과를 최대화 할 수 있는 어업을 우선적으로 배분해야 함
  - 감척사업에 대한 재원을 주로 국가가 부담하고 있으나 감척사업에 따른 자원증대효과를 기존 고등어업계가 얻을 수 있으므로 형평성 등을 고려하여 감척사업의 가시적인 효과가 나오는 일정시점 이후에는 업계가 얻는 이익의 일부분을 감척사업의 기금으로 사용하는 방안도 검토가 필요함
  - 현재 대형선망의 6척선단체제 조업이 경쟁력을 약화시키고 있으므로 감척사업과 더불어 선단조직의 축소도 필요함
  - 우리나라 주변수역에서 한·중·일 3국이 동일 자원을 이용하고 있어 이들 3국의 독자적인 TAC실시로는 실효를 거둘 수 없으므로 한·중·일 3국이 협의에 의해 적정어획량을 추정하여 어획량을 배분하고, 모니터링을 통하여 고등어자원을 관리하는 것이 최선의 방법임

## 제 1 장 서 론

### 1. 연구의 필요성

해양자원, 특히 어업자원은 전통적으로 모든 사람이 무한히 이용할 수 있고 누구나 자유로이 이용할 수 있는 공유자원으로 여겨져 왔다. 1950년대에는 어업자원에 큰 영향을 미치는 어획기술의 발달 및 어획노력량의 증가에도 불구하고 어업자원은 고갈 되지 않을 것이라고 믿어져 왔다.<sup>1</sup> 그러나 1970년대 이후 어획기술의 발달, 어선수의 증가, 부적절한 어업관리 등으로 인해 어업자원들은 현저하게 감소하게 되었고, 따라서 자원의 지속적인 이용이 위협 받고 있는 실정이다. 지난 30여년 동안 전세계 수산물 총생산량이 10년 단위로 약 38%씩 증가되어 왔다는 사실이 이를 반증하고 있다.<sup>2</sup> 불행하게도 이러한 생산 증가는 자원이 지속가능한 수준을 유지하면서 어획 되는 것이 아니라, 최대지속생산량(Maximum Sustainable Yield, MSY)을 초과하는 수준에서 과잉어획과 자원 남획이 일어나고 있기 때문에 결과적으로 어업자원의 고갈은 더욱 심화 될 것으로 예상된다.<sup>3</sup> 따라서 인류의 미래를 위해 국제사회가 추구하는 지속가능한 어업 실현을 위해서는 어획노력

---

<sup>1</sup> 1950년대에 대부분 사람들은 어업자원이 공유자원으로서 지속적이용이 가능하다고 믿고 있었으나, 고든(Gorden)은 어업자원에 대한 인간의 최적이용문제는 사회과학의 한 분야인 경제학적 관점에서 접근해야 한다고 전제하고 자원의 남획은 강력한 경제력에 기인하며 이는 근본적으로 어업자원을 원하는 사람은 누구나 이용할수 있는 공유재산 즉, 사회적으로는 희소재이나 개인적으로는 자유재이기 때문이라고 주장 하였다(Gorden, H. S., "An Economic Approach to the Optimum Utilization of Resources", *Journal of Fisheries Research Board of Canada*, Vol.10(7), 1953, pp.442 - 450; Gorden, H. S., "The Economic Theory of a Common Property Resource: the Fishery", *The Journal of Political Economy*, Vol.62(2), 1954, p.136.)

<sup>2</sup> FAO, *The State of World Fisheries and Aquaculture*, 1995, p.112.

<sup>3</sup> 피터슨(Perterson)은 "고기가 충분히 성장할 때까지 어획을 유보하고, 어업자원이 재생산하는 만큼만 어획한다면, 더 많은 지속적인 이익을 얻을 수 있다는 것은 의문의 여지가 없다" 라고 주장했다. 이 논리는 어업자원과 어법관리를 위한 기본 개념인 최대지속생산량과 어업자원의 현재 가치가 아닌 어업자원의 자연 성장에 따른 기대이익을 고려 해야 함을 나타내고 있다.

량 조정을 통하여 과잉어획<sup>4</sup>을 줄이고 어업자원을 지속가능한 수준으로 회복시키는 것이 시급한 과제이다.<sup>5</sup>

최근 우리나라의 연·근해 어업동향을 보면, 주요 어업자원의 1/3정도가 적정수준보다 50%이상 높은 어획노력량이 투입되고 있는 것으로 평가되고 있다. 이에 따라 자원 고갈이 심화되고 있을 뿐만 아니라 자원구조에 있어 연급군<sup>6</sup>(Cohort)이 단순해지고 소형어의 비율이 현저히 증가하고 있는 실정이며<sup>7</sup> 이로 인해 채산성이 크게 악화되고 있다.

또한 동북아 수역의 배타적 경제수역(Exclusive Economic Zone, EEZ)체제 정착으로 어장이 축소 되어 연안어업과 근해 어업간의 갈등도 심화되고 있는 실정이다. 그리고 국내 수산물 소비량 중 수입수산물이 차지하는 비중이 점차 높아져 2005년도에는 국내 수산물 소비량 중 약 50%가 수입 수산물로 충당될 전망이다.<sup>8</sup> 따라서 어업관리정책도 종전의 어업자원보호만을 고려한 정책에서 시장원리를 고려한 정책으로의 전환이 필요하다.<sup>9</sup>

대외적으로는 WTO 제4차 각료회의에서 채택된 선언문을 토대로 2002년부터 수산보조금에 대한 협상이 시작된다. 이에 따라 면세유

<sup>4</sup> 과잉어획은 어업자원의 생물학적 및 경제학적면을 고려하지 않은 행위이다. 즉, 생물학적으로는 어업자원의 성장율이 어획사망율(Fishing Mortality)보다 적을 경우, 과잉어획으로 인해 어업자원의 고갈은 심화되고, 또한 경제학적으로는 어업자원의 자연 성장에 따른 장기적인 이윤보다는 과잉어획으로 단기적인 이윤만을 취함으로 전체 후생이 감소된다.

<sup>5</sup> 국제사회에서 과잉 어획노력량에 대한 관심이 고조됨에 따라 FAO는 수산부문에 있어 과잉 어획노력량에 대한 논의를 시작하였다. 참조; FAO, *International Plan of Action for the Management of Fishing Capacity*, 1999.

<sup>6</sup> 연급군이란 같은 해에 산란된 어류군을 말한다 (A year-class, or cohort, of fish is defined as a group of fish that were spawned in the same year. Quinn II, T. and R. Deriso, *Quantitative Fish Dynamics*, Oxford University Press, 1999, p.542). 예를 들면 2000년에 산란된 어류군은 나이가 0이고 2001년에는 나이가 1이 된다.

<sup>7</sup> 박차수, 「21세기 국제어업 환경과 어업자원연구 방향」, 수산탐구 창간호, 국립수산진흥원, 2000, pp.12 - 15.

<sup>8</sup> 홍성걸 외, 「수산물 유통개혁을 위한 실천방안 연구」, 해양수산부, 1999, p.620.

<sup>9</sup> 예를 들면 고등어의 수입량은 앞으로 계속 증가 할 전망이다. 따라서 고등어의 수급과 가격은 고등어를 수출하는 나라들의 생산량에 의해 간접적으로 영향을 받게 된다. 즉, 국내어가가 국내 어획량과 수요량으로 결정되는 것이 아니라 수입수산물의 가격과 양에 따라 영향을 받게 된다.

가 보조금 감축 및 철폐 대상에 포함 되어질 경우 대형선망어업과 같이 연료비 비중이 상대적으로 높은 어업의 경우 존폐 문제와도 직결될 수 있다. 따라서 이에 따른 피해를 최소화 하기 위해서는 지속가능한 자원수준을 유지하면서 업계의 이윤을 최대화 할 수 있는 적정 어선수의 유지가 필요한 실정이다.

이와 같이 우리나라 수산업은 자원감소라는 생물학적인 문제점 뿐만 아니라 시장점유율의 축소라는 경제적인 측면에서도 매우 어려운 상황에 처해 있는 것이 사실이다. 이와 같은 상황 하에서 지속가능한 어업자원수준을 유지하면서 수산업계의 경제적 이윤을 고려한 동태적 최적어획량(Optimal Exploitation Rate)추정에 대한 연구는 앞으로 어업정책 결정의 기초자료를 위해 매우 필요할 것으로 보여진다. 특히, 과잉 어획노력량을 줄이기 위해 정부가 시행하고 있는 감척사업이 지속가능한 어업자원의 유지와 이윤최대화를 동시에 달성할 수 있는 최적감척량(Optimal Buy-back Vessel)에 대한 분석이 이루어 지지않은 상태에서 시행되고 있다. 즉, 생물학적측면에서 어업자원 보호를 중심으로 한 적정어획량 추정에 관한 연구<sup>10</sup>는 있었으나, 자원 감소로 인하여 경영상태가 악화되고 있는 수산업계의 현실과 수요-공급을 중심으로 하는 시장원리를 고려하지는 못하였다. 따라서 앞으로의 감척사업은 감척으로 인하여 지속가능한 자원을 유지하면서 경제적인 효율성을 최대로 할 수 있는 적정 어선수 유지를 위한 감척이 필요하다.

결론적으로 현재와 같이 한정된 어업자원에 대한 과잉어획노력량 투입으로 인해 어업자원이 고갈어가는 상황에서 어업관리 목적이 과거 처럼 자원량의 증대에만 초점을 맞출 수는 없는 것이다. 이러한 상황 하에서 어업자원 정책은 지속가능한 자원을 유지하면서 동시에 수산업계의 이윤을 최대화 할 수 있는 방법의 모색이 필요한 실정이다. 따라서 어업자원을 지속가능한 수준으로 유지하면서 업계의 “경제적 이윤”을 고려한 최적 어획량과 최적 어획노력량(Optimal Fishing Effort) 추정에 관한 연구가 절실히 필요하다 할 수 있다.

---

<sup>10</sup> 신영태 · 이형기, 「우리나라의 어획능력관리를 위한 행동계획수립 연구」, 한국해양수산개발원, 2000, p.92.

## 2. 연구의 범위와 목적

본 연구는 고등어자원을 중심으로 분석하고 있는데, 그 이유는 고등어의 경우 대중성 어종으로 다른 어종에 비해 경제적 가치가 크기 때문이다. 또한 대형선망어업이 국내 고등어 생산량의 약 90%정도를 어획하고 있어 경제적 분석에 필요한 데이터 구하기가 다른 어종에 비해 상대적으로 용이하고 대형선망수산업협동조합의 협조를 얻을 경우 신뢰성 있는 자료를 획득할 수 있기 때문이다. 다만 우리나라의 주변 수역에서 한·중·일 3국이 모두 고등어를 어획하고 있고 이들 3국의 경제를 왕래하는 고등어의 회유 특성을 고려해 볼 때, 일본과 중국의 고등어 어업에 대한 자료도 포함하여 분석하는 것이 바람직하다. 그러나 사회이자율(Social Discount Rate), 어획방법, 어업비용, 고등어의 산지가격, 소비형태 등의 차이로 인해 자료획득 및 분석에 어려움이 있어 분석대상에서 제외시켰다.<sup>11</sup>

또한 본 연구의 목적은 동태적 비선형 최적화 모형구조를 가지는 생물경제모델(Bioeconomic Model)을 우리나라의 고등어 어업에 적용하여, 최적 어획량과 최적 어획노력량을 추정함에 있다. 이는 국내 수산분야에서는 시도 된 적이 없는 연구로서 모델로부터 도출되는 결과들의 현실성을 검정하여 고등어에 대한 중·장기적인 어업정책 수립에 도움을 주고, 감척사업시 적정감척량을 결정하는데 필요한 기초자료를 제공함에 있다.

---

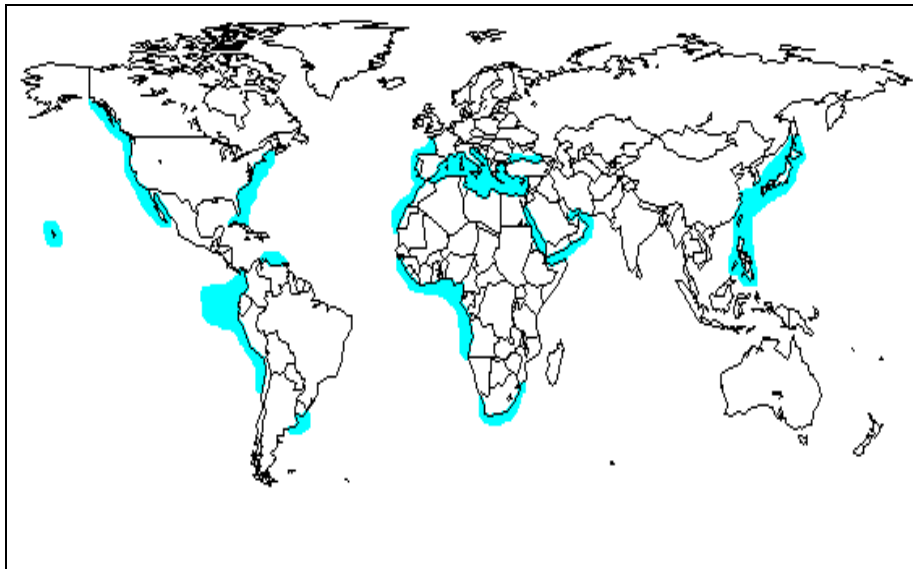
<sup>11</sup> 사회이자율의 예를 들면, 이론적으로 볼 때 낮은 이자율을 갖고 있는 나라는 높은 이자율을 갖고 있는 나라보다 어업자원에 대해 더욱 보존적인 정책 (Conservative Harvesting Policy)을 취할 것이고 이와 반대로 높은 이자율을 갖고 있는 나라는 반대의 경우를 취할 것이다.

## 제 2 장 고등어 어업

### 1. 고등어의 생태<sup>12</sup>

부어(Pelagic Fish)류에<sup>13</sup> 속하는 고등어는 한국, 중국, 일본의 전연안과 동중국해를 비롯해 전세계적으로 서식하고 있다 (<그림 2-1> 참조). 주서식지는 수심 250 미터 이내의 수역이며 주간에는 70~150m 부근에서 주로 활동하고 야간에는 좀 더 표층으로 올라와 약 20~50m 층에 서식하고 있다.

<그림 2-1> 고등어 어장



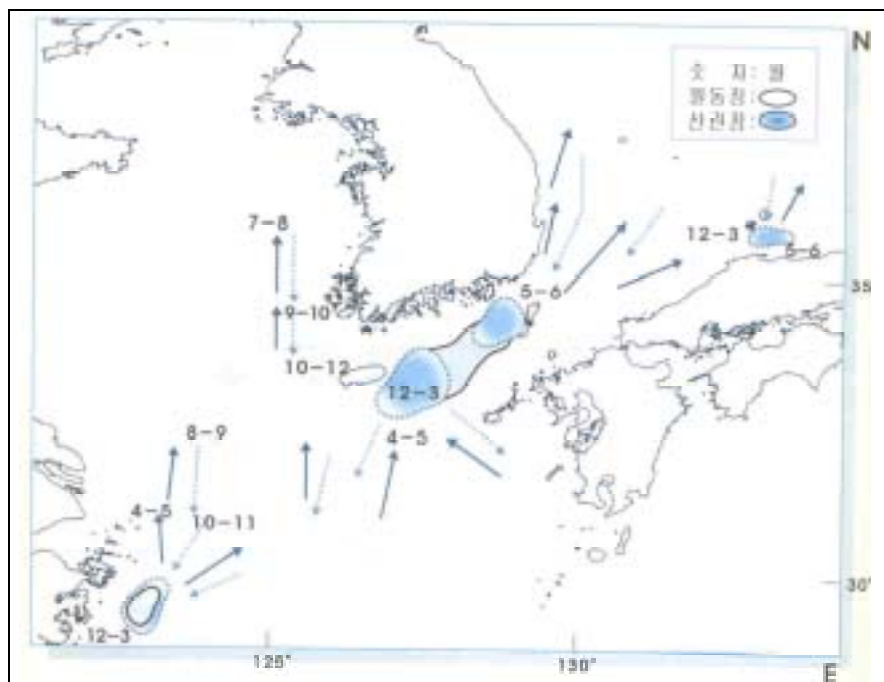
자료: www.fao.org

<sup>12</sup> 본 절은 다음 자료를 참조 하였다. Hansen, B., "World Trade in Mackerel and Horse Mackerel", *Glofish Research Programme*, Vol. 64, FAO, 2000, p.98.; 강연실 외, 「한국 수산물 명산품 총람」, 수협중앙회, 2000, p.461.; 이장욱 외, 「배타적 경제수역(EEZ) 주요어업의 생태와 어장」, 국립수산진흥원, 2000, p.317.

<sup>13</sup> 부어라 함은 바다의 표층 또는 중층에 사는 어류의 총칭으로 고등어, 전갱이, 멸치, 참치류 등이 이에 속한다.

계절에 따른 회유범위가 다른 어종에 비해 넓어 북반구(Northern Hemisphere)에 서식하는 고등어의 경우 여름철에는 수온이 상승함에 따라 북쪽으로 이동하고, 겨울에는 남쪽으로 이동하여 산란을 한다. 남반구(Southern Hemisphere)에 살고 있는 고등어는 이와 반대되는 회유형태를 나타내고 있다. <그림 2-2>는 우리나라 근해에 서식하고 있는 고등어 회류경로와 월동장 및 산란장을 보여주고 있다. 대체로 여름에는 겨울에 비해 서식지가 북쪽으로 이동하는 것을 볼 수 있다.

<그림 2-2> 고등어 회유도



자료 : 이장욱 외, 「배타적 경제수역(EEZ) 주요어업의 생태와 어장」, 국립수산진흥원, 2000, p.317.

한국 근해에서 어획되는 고등어는 동중국해 등 쓰시마난류의 영향을 받는 해역에 널리 분포하며, 서식 가능한 수온범위는 7~25°C이나, 서식하기에 가장 알맞은 수온은 15~19°C이다. 또한 월동장의 수온은 11~17°C의 범위인데 15cm 내외의 미성어는 환경에 대한 적응성이 매우 커서 서식수온의 폭이 6~30°C에 달한다.

고등어의 먹이는 갑각류·어류·연체동물의 유생체 등 서식해역에 흔한 동물성 부유생물(Plankton)이다. 그러나 먹이습성은 성장단계에 따라 달라져서 치어기에는 소형 갑각류의 알과 유생 등 극히 미세한 부유물이 먹이가 되나, 성장함에 따라 강화된 유영력을 이용하여 연안 표층성의 갑각류, 야광충 등을 주요먹이로 하고 있다. 성체가 되어서는 동물성 부유생물과 치어 등 계절적으로 많이 나는 먹이를 주로 먹는다. 즉 4~6월에는 부유성 갑각류를, 7~10월에는 멸치, 정어리, 전갱이 등을 먹이로 한다. 특히 겨울과 봄 사이에는 규조류 등 식물성 부유생물이 주요 먹이가 된다.

고등어<sup>14</sup>의 성장과 나이(Lengh-Age)의 관계를 “LVB(Ludwig von Bertalanffy)” 성장모델을 이용하여 나타내면<sup>15</sup> 다음과 같다.

$$L(t) = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

파라미터<sup>16</sup> L은 고등어의 길이를 나타내고  $L_{\infty}$  (401.8mm)은 고등어의 최대 길이를 나타낸다. t는 연령,  $t_0$  (0.718)는 위치파라미터(Location Parameter)로서 곡선의 X-절편을 나타낸다. K (0.403)는 만곡파라미터(Curvature Parameter)로서 고등어의 최대 성장에 다다른 속도를 조절하는데 영향을 준다. 모델의 결과는 <그림 2-3>에서 보여

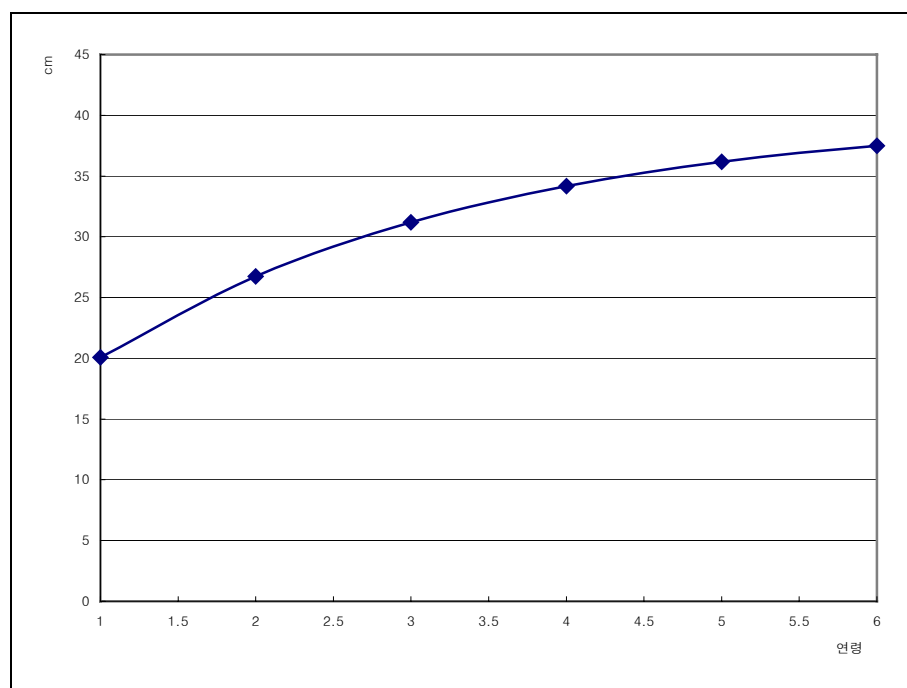
<sup>14</sup> 여러 종류의 고등어가 전 세계해역에 분포되어 있다. 본 연구에서는 우리나라에서 어획되고 있는 Chub Mackerel를 연구대상으로 하였다. 자세한 설명은 제2장 2절에 있다

<sup>15</sup> LVB 성장모델은 인간의 성장모델로서 Ludwig von Bertalanffy에 의해 처음으로 개발되었다. 참조; von Bertalanffy, L. “A Quantitative Theory of Organic Growth (Inquiries on growth laws II)”. *Human Biology*, Vol.10, 1983. pp.181 - 213.; Quinn II, T and R. Deriso. *Quantitative Fish Dynamaics*, Oxford University, 1999, p.542.

<sup>16</sup> 파라미터 값들은 “이장욱 외, 「배타적 경제수역(EEZ) 주요어업의 생태와 어장」, 국립수산진흥원, 2000, p.317.”에서 인용하였다

주고 있다. 대체적으로 나이가 증가함에 따라 성장은 완만하게 이루어지고 있음을 알 수 있고, 산란 후 6년이 되면 최대성장에 도달하게 된다.

<그림 2-3> 고등어의 성장 곡선



주: 파라미터 값들은 “이장욱 외, 「배타적 경제수역(EEZ) 주요어업의 생태와 어장」, 국립수산진흥원, 2000, p.317.” 에서 인용하여 성장곡선을 만들었음

고등어 어업에서 고려되는 가장 중요한 생물학적 특성으로는 군집(Schooling) 특성을 들 수 있다. 고등어는 약 3cm 정도로 자라면 크기별로 무리를 지어 이동하는 특성을 가지며, 특히 성어들의 군집은 매우 촘촘하게 구성되어져 있다. 번식과 먹이를 위하여 특정지역에 밀집하는 고등어의 자원은 군집 특성으로 인하여 어획노력에 의해서 쉽게 영향을 받을 수가 있고, 환경 변화에 매우 민감하다. 또한 고등어

는 다른 고기에 비하여 공포심이 강하고 장애물에 부딪치면 아래로 도피하는 성질이 있어 자망(Gill Net)<sup>17</sup>으로 잡는 경우, 그물을 어군의 깊이에 비하여 깊게 부설하여도 항상 그물의 아래쪽에 많이 걸리는 경향이 있다. 또한 낮보다 야간에 행동하고 주광성이 강하여 불빛을 이용하여 집어하는 대형선망어업의 주 어획대상이 되고 있다.

## 2. 세계 고등어 생산량과 시장

고등어 생산량과 시장 현황을 살펴보기 전에 “Mackerel”에 대한 다양한 해석의 차이로 인하여 초래되는 혼동을 방지하고 이해를 돕기 위해 대표적인 세가지 종류의 고등어에 대하여 먼저 간단하게 살펴보면 <표 2 - 1>과 같다. Atlantic Mackerel와 Chub Mackerel는 *Scomber*과에 속하며 여러 가지 다른 이름으로 불려지고 있다. 예를 들면 본 연구의 대상인 Chub Mackerel(이하 ”고등어”)은 세계적으로 Common Mackerel, Spanish - mackerel, Pacific Mackerel 등으로 불려지고 있으며 우리나라의 경우에도 지방에 따라 고등어, 고망어, 고도리, 열소고도리, 소고도리, 고도어 등의 다양한 이름으로 불려지고 있다.<sup>18</sup>

<sup>17</sup> 자망 어업이란 “기다린 사각형 그물을 고정하거나 물의 흐름에 따라 흘러가도록 하면서 대상물이 그물코에 걸리거나 꽂히도록 하여 잡는 어업”을 말한다 (해양수산부, 「해양수산 용어 해설집」, 1997, p.213.)

<sup>18</sup> 강연실 외, 「한국 수산물 명산품 총람」, 수협중앙회, 2000, p.461.

&lt;표 2-1&gt; 고등어의 다른 이름들

| 표준 이름                           | 현재 통용되는<br>자세한 이름 | 다른 이름                                 |
|---------------------------------|-------------------|---------------------------------------|
| <b>그룹1 - Atlantic mackerel</b>  |                   |                                       |
| Atlantic mackerel               | Scomber scombrus  | Mackerel                              |
| <b>그룹2 - Chub mackerel</b>      |                   |                                       |
| Chub mackerel                   | S.japonicus       | Spanish -mackerel<br>Pacific mackerel |
| Spotted chub mackerel           | S.australasicus   | Slimy mackerel<br>Blue mackerel       |
| <b>그룹3 - Horse mackerel</b>     |                   |                                       |
| Chilean horse mackerel          | T.murphyi         | Chilean jack<br>mackerel              |
| Cape horse mackerel             | T.capensis        |                                       |
| Cunene horse mackerel           | T.trecae          |                                       |
| Atlantic horse mackerel         | T.trachurus       | Horse mackerel                        |
| Pacific horse mackerel          | T.symmetricus     | Pacific jack<br>mackerel              |
| Japanese horse mackerel         | T.japonicus       | Japanese jack<br>mackerel             |
| Mediterranean horse<br>mackerel | T.mediterraneus   |                                       |
| Blue horse mackerel             | T.picturatus      | Blue jack mackerel                    |
| Green horse mackerel            | T.declivis        |                                       |

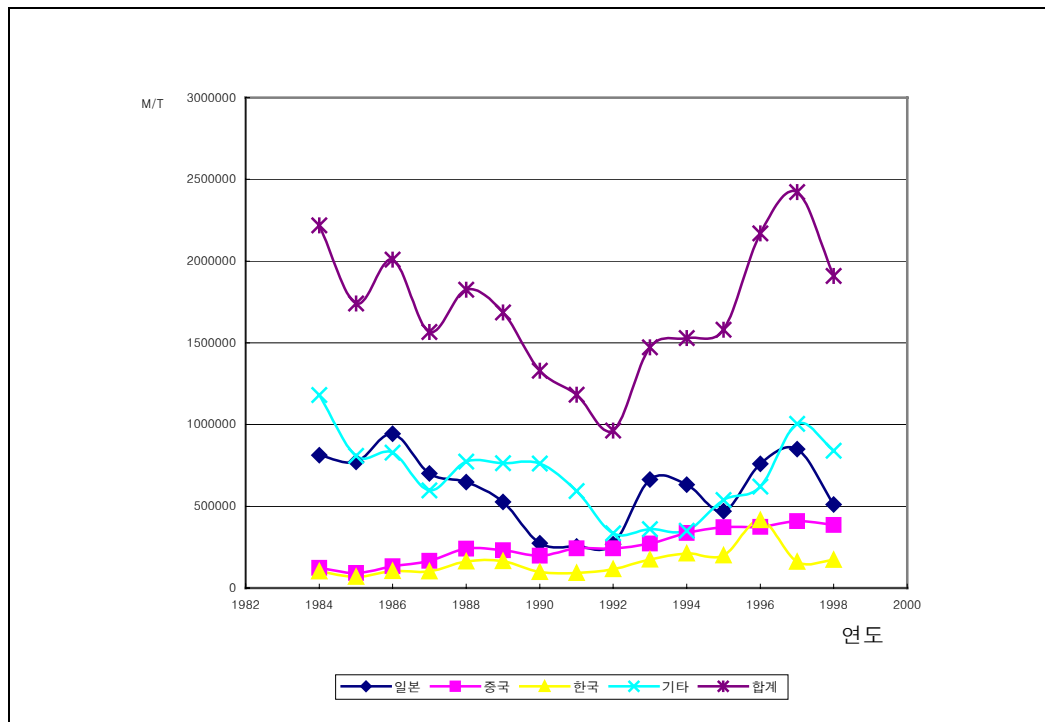
자료; OECD, *Multilingual Dictionary of Fish and Fish Products*, Fourth edition;  
European Commission, *Multilingual Illustrated Dictionary of Aquatic Animal and  
Plants*, Second Edition.

고등어의 세계적인 생산동향을 보면 1978년에는 2.85백만M/T이 어획 되었으나 1992년에는 66%가 감소한 0.96백만M/T밖에 어획되지 못하였다. 1백만M/T에서 2.9백만M/T 사이를 오르내리고 있다 (<그림 2-4> 참조). 이와 같이 1992년에 최저 어획량 수준을 기록한 후 다시 지속적인 증가를 보여 1997년에는 1.4백만M/T이 증가된 2.4백만M/T이 어획 되기도 하였으나 1998년부터 다시 감소 추세를 나타내고 있다. 1992년 이후 나타난 증가추세는 북서태평양과 남동태평양에서의 어획량 증가에 따른 것이라 볼 수 있으며 1998년의 어획량 감소는 주로 중국과 일본연안에서의 과도한 어획으로 인한 고등어 자원의 감소와 페루와 칠레 연안의 엘리뇨(El Nino)현상에 기인한 것이라 할 수 있다.

주요 고등어 어획국으로는 칠레, 중국, 에콰도르, 일본, 페루, 우크라이나 등을 들 수 있으나, 아시아지역 국가들의 지속적인 어획량 증가로 인하여 1997년에는 전세계 고등어 어획량의 60% 이상을 아시아 국가들이 차지 하였으며 북서태평양 수역을 주요 어장으로 사용하고 있다. 아시아 국가들 중 고등어를 가장 많이 생산하는 국가는 일본으로 전체어획량의 58%를 차지하고 있으며, 중국(28%)과 한국(11%)이 그 다음을 차지하고 있다. 1980년대 후반까지는 구소련이 이 지역의 주요 어획국이었으나 각 연안국의 EEZ설정과 구소련의 붕괴로 인하여 고등어 어획량이 현저하게 감소하였다.

국가별 고등어 어획량을 보면 일본의 어획량은, 1990년과 1997년 사이에 어획량이 세배로 늘어나 0.85백만M/T을 기록하였다. 그러나 그 후 어업자원의 관리미흡 등으로 인하여 연간어획량의 변화가 심하게 나타나고 있다. 이러한 현상은 1997년 이후에도 계속되어 1998년에는 전년 대비 40%의 어획량감소를 보여주고 있다 (<그림 2-4> 참조). 어획량의 감소뿐만 아니라 일본 어선에 의해 어획 되는 고등어는 Atlantic Mackerel에 비하여 크기도 작아졌다.

&lt;그림 2-4&gt; 고등어의 세계 총생산량과 국가별 생산량



자료 : Hansen, B., "World Trade in Mackerel and Horse Mackerel", *Glofish Research Programme*, Vol. 64, FAO, 2000, p.98

중국의 경우에는 1998년 총어획량이 15백만M/T에 달하지만 절반에 가까운 양이 작은 크기의 부유성(Small Pelagic) 어종들로 이루어져 있다. 1997년 고등어의 어획량은 1990년에 비해 두 배정도 늘어난 0.4백만 M/T에 달하였다. 그러나 어획량의 변동이 크지 않고 안정화에 들어선 추세로 볼 때 단기간의 어획량 증가는 없을 것으로 예상할 수 있다.

결론적으로 한국<sup>19</sup>과 일본의 경우 고등어 어획량이 감소추세에 있고 중국의 경우에는 어획량의 변화가 거의 없어 아시아 지역 전체로

<sup>19</sup> 한국의 고등어 어획량에 대한 분석은 다음절에 설명되어 있다

불 때 고등어 어획량은 감소추세에 있다. 어획량이 감소되는 이유는 여러 가지가 있을 수 있으나 생물학적, 경제적인 면을 고려하지 않은 과잉 어획에 따른 어업자원의 감소 때문인 것으로 보여진다.

전세계적으로 다양한 이름을 가진 고등어는 대부분의 해역에서 어획 되고 있을 뿐만 아니라 시장가격이 낮아 많은 사람들이 쉽게 구입할 수 있는 장점을 가지고 있다. 이러한 특징으로 인하여 고등어는 세계적으로 중요한 동물성 단백질의 공급원으로 자리잡고 있음을 알 수 있다. 고등어 생산의 주요국인 일본과 중국은 국내에서 주로 식용으로 이용하며, 칠레와 페루의 경우에는 사료와 기름 원료로 사용되고 있다.

아시아 어획량 가운데 가장 많은 부분을 차지하는 일본의 소비 추세를 보면, 최근 몇 년 동안 안정세를 보이고 있다. 그 이유는 고등어를 소비하는 전통에 기인한다고 할 수 있다. 또한 고등어는 크기에 따라 다양한 용도로 사용된다. 예를 들면, 무게가 600g 이상 되는 신선한 고등어는 수산시장에서 식당으로 직접 공급되어 초밥의 일종인 “shimesaba”의 원료로 사용되고, 400g에서 600g 미만의 고등어는 냉동상태로 일반 가공공장에 판매되어 소매시장에서 판매되는 “shimbasaba”의 재료로 이용되거나 소금에 저민 혹은 말린 조각으로 판매된다. 일반적으로 냉동식품은 통조림재료로 사용하지 않지만, 400g 이하의 고등어는 냉동된 상태로 통조림 공장으로 보내어지기도 한다. 200g이 되지않는 고등어는 식용으로 사용되지 못하고 고기밥이나 미끼로 사용되고 있다. 그러나 이러한 전통적인 소비경향도 생선요리에 대한 지식이 적은 젊은 세대를 중심으로 한 일반적인 음식선호도가 육류쪽으로 흘러가고 있어 고등어에 대한 수요가 서서히 감소될 전망이다.

고등어 국제무역 동향을 살펴보면, 세계적으로 고등어(Chub Mackerel)의 어획량이 Atlantic Mackerel 보다 많음에도 불구하고 국제적인 무역량은 Atlantic Mackerel 이 더 많다. 주된 이유는 서유럽을 제외한 대부분의 국가에서 어획되는 고등어는 대부분이 식용으로 사용되거나 사료와 기름 생산을 위하여 국내에서 소비되기 때문에 무역량이 미미하고, 서유럽에서 생산되는 고등어는 과잉공급으로 인하여

많은 양을 동유럽(주로 러시아와 폴란드), 아시아(한국과 일본), 아프리카(이집트와 나이지리아), 그리고 카리비안(쿠바) 등으로 수출하고 있다.

### 3. 한국의 고등어 어업

#### 3.1 고등어 어획량 및 수입량

##### **어획량**

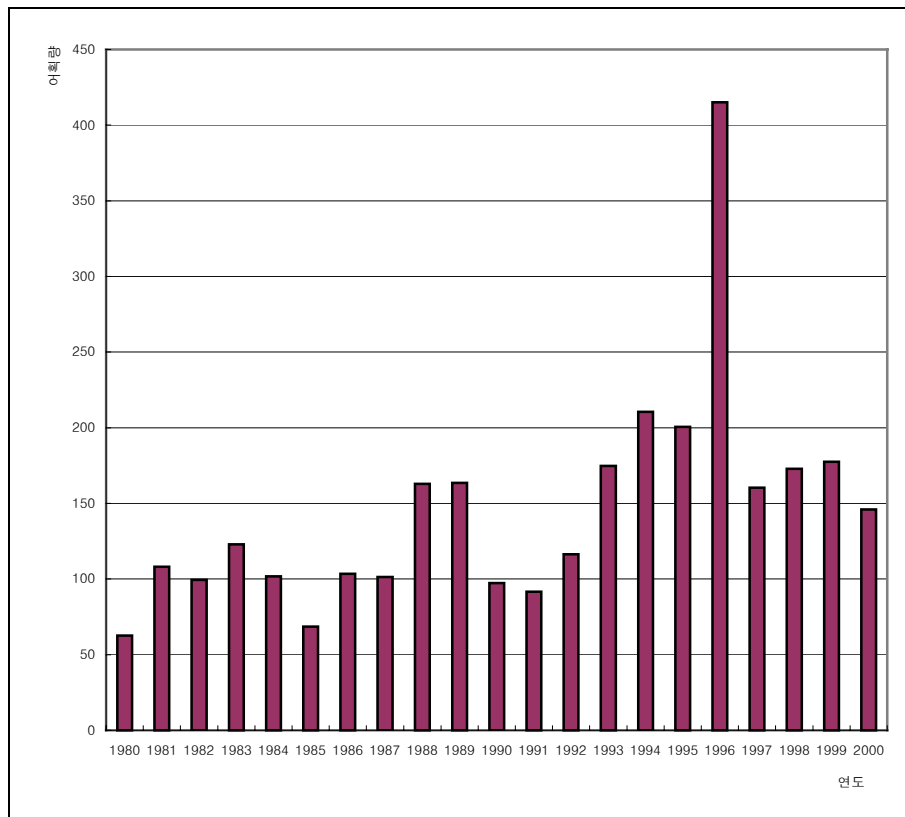
고등어는 멸치, 갈치, 오징어와 더불어 우리나라 연근해어업에서 가장 많이 생산되고 있는 대중성 어종 중 하나이다.<sup>20</sup> 1920년대에는 어획량이 6~9만M/T 수준이었으나, 1932년에 일시적으로 급격히 증가하여 25만M/T의 어획량을 기록하였고 1930년대 후반에는 다시 1920년대의 어획수준에 머물렀다. 그 후 사회적 혼란기인 1950년대에도 3만M/T까지 어획 되었으나 1960년대에 들어서면서 생산량이 더욱 감소하여 1만M/T 미만에 불과하기도 하였다. 그러다가 1968년도 이후 고등어 어획량이 본격적으로 증가하기 시작하여 1970년대 중반에는 8만M/T, 후반에는 12만M/T, 1980년대에 들어서도 10만M/T 내외의 어획을 유지하였다. 그러나 1990년대 초반부터 증가하기 시작한 고등어 어획은 1993년도에는 17만M/T, 1994년도 21만M/T, 1996년도에는 41만M/T으로 급격히 증가 하였으나 이후 점차 감소하여 2000년도에는 14만M/T을 어획하였다 (<그림 2 - 5> 참조).

연간 어획량이 1만M/T 미만에 불과하던 1960년대의 우리나라 고등어 어장은 제주도를 중심으로 한 거문도~소흑산도 근해로 한정되어 있었다. 그러나 1970년대에 들어서면서 어로장비의 현대화와 적극적인 어장개척에 힘입어 어장이 대마도 주변, 동해안 및 동중국해 등으로 확장되었다.

<sup>20</sup> 1999년도의 어종별 생산량 순위는 오징어, 멸치, 고등어, 갈치 순이다 (해양수산부, 「해양수산통계연보」, 2000, p.1422.),

&lt;그림 2-5&gt; 고등어 어획량

단위: 천M/T



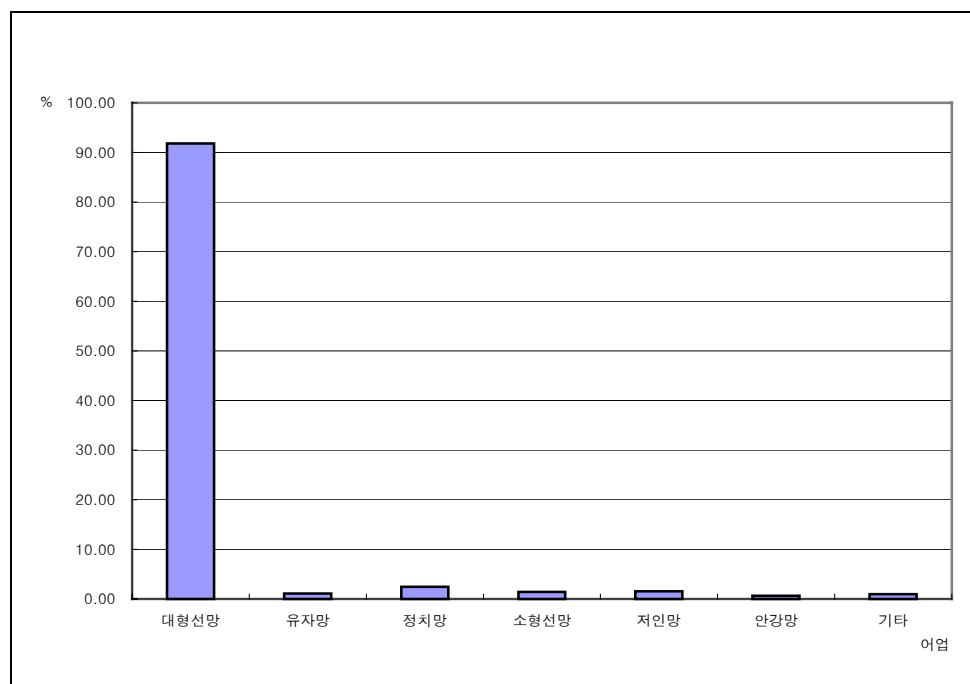
자료: 해양수산부, 해양수산물통계연보, 각년도.

지역별 양륙비율을 보면 대형선망어업의 본거지인 부산에 전체 생산량의 약 90%가 양륙되고 있고 경남이 약 6% 그리고 전남이 약 5%의 양륙비율을 차지하고 있다. 대형선망어업 어획물이 부산에 집중적으로 양륙되는 이유는 첫째, 주어장인 거문도와 제주도 및 대마도를 연결하는 근해에서 어획이 이루어지므로 어장이 가까운 위치에 있고, 둘째, 공동어시장이라는 대규모 양륙시설을 갖추고 있어 시장형성이 잘 되 가격에도 유리한 위치에 있고, 셋째, 대량의 양륙물을 유통 시

킬 수 있는 시설과 유통자본이 부산에 집중되어 있기 때문이다.

어업별 어획량을 살펴보면 연도별로 약간의 차이는 있으나 대형 선망어업(Large Purse-seine Fishery)이 고등어 어획량의 약 90%를 차지하고 있다 (<그림 2-6> 참조).

<그림 2-6> 어업별 고등어 어획비율



자료: 해양수산부, 해양수산물통계연보, 각호

주: 유자망: 근해+연안유자망, 정치망:대형+소형정치망, 저인망:대형쌍끌이+대형외끌이+중형쌍끌이+중형외끌이, 소형선망:소형+범선선망, 안강망:근해+연안안강망.; 1980년부터 1999년까지의 평균치임.

최근에는 어구어법의 발달로 인해 대형트롤, 유자망 등 다른 어업에서의 고등어 어획량이 점차 늘어나고 있는 추세이나 대형선망어업이 고등어 생산량에서 절대적인 위치에 있어 대형선망어업의 어황에 따라 국내 고등어 생산량이 좌우되고 있음을 알 수 있다. 그 외에 기

선저인망(Bottom Trawl)<sup>21</sup>, 안강망(Stow Nets on Anchor)<sup>22</sup>, 근해 및 연안유자망(Drift Gill Net)<sup>23</sup>, 대형 및 소형정치망, 소형선망 등에서도 고등어를 어획하고 있다.

### 수입량

고등어 수입량을 살펴보면 1990년대 중반까지는 매년 1,500~2,500 M/T정도 수입되었으나 1999년도부터는 수입물량이 급격히 증가하여 1999년에 22,415M/T, 2000년에는 24,267M/T이 수입되었다 (<그림 2 - 7> 참조).

2001년도에 들어서도 이러한 증기추세는 계속되어 9월말 현재 39,555M/T이 수입 되었으며 이는 전년대비 156%나 증가한 수치이다.<sup>24</sup> 이와 같이 고등어 수입량이 증가하므로 인해 국내 고등어 소비량 중에서 수입산 고등어가 차지하는 비율도 1998년에 3.15%, 1999년에 14.5%, 그리고 2000년에는 16.5%로 계속 증가 추세이고 2001년도에는 18%가 될 것이라고 예측하고 있다 (<그림 2 - 8> 참조). 이와 같이 수입증가가 계속될 경우 수입고등어가 국내시장가격 형성에 미치는 영향은 한층 더 높아질 것으로 예상된다.

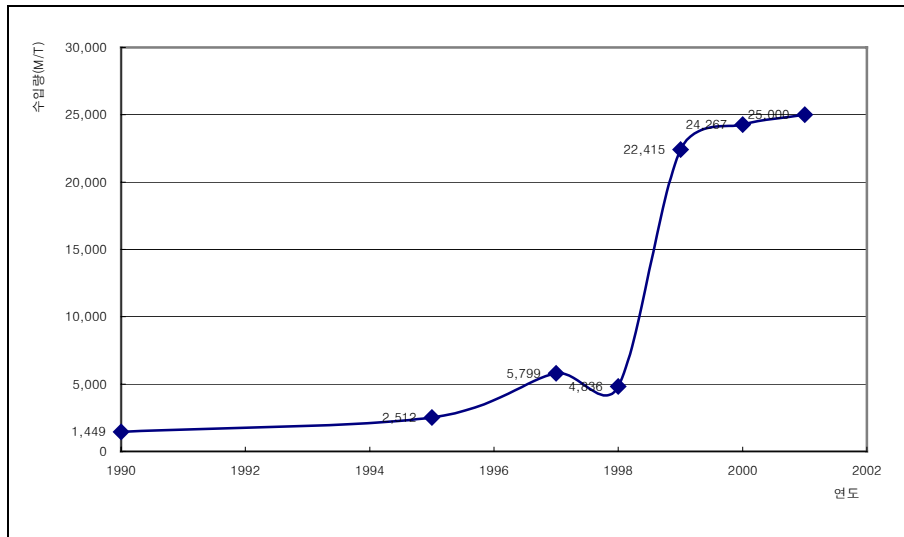
<sup>21</sup> 기선저인망 어업이란 동력선을 사용하여 날개가 달린 자루모양의 그물을 어구의 아래깃이 해저에 닿도록 하여 끌줄을 오므리거나 해저를 끌어 대상물을 잡는 어업을 말한다( 해양수산부, 「해양수산 용어 해설집」, 1997, p.213).

<sup>22</sup> 안강망이란 조류가 빠른 해역의 입구에 전개장치를 부착한 자루모양의 그물을 닻으로 일시적으로 고정시켜 놓고 조류에 밀려 그물안에 들어온 대상물을 잡는 어업을 말한다(*Ibid.*).

<sup>23</sup> 유자망어업이란 기다란 사각형 그물을 물의 흐름에 따라 흘러가도록 하면서 대상물이 그물코에 걸리거나 꽃히도록 하여 잡는 어업을 말한다(*Ibid.*).

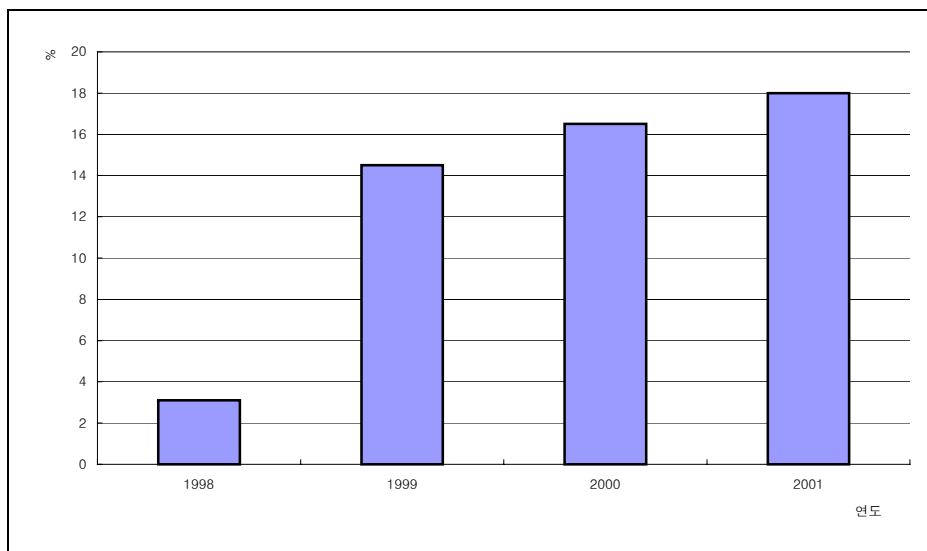
<sup>24</sup> 해양수산부, 「2001년도 9월 수산물 수출입 동향」, 해양수산부 내부자료, 2001, p.10.

&lt;그림 2-7&gt; 고등어 수입량



자료; 해양수산부, 수산물 수급 및 가격 편람, 2001.  
 주; 2001년은 추정치임

&lt;그림 2-8&gt; 국내 고등어 소비량에서 수입량이 차지하는 비율



자료; 해양수산부, 수산물 수급 및 가격 편람, 2001.  
 주; 2001년도는 예측치임

수입 고등어의 대부분은 냉동 고등어인데, 주요수입국은 전세계적으로 약 20개국이 있다. 그 중 상위6개국의 국별 수입실적을 보면, 대만이 총 수입물량의 60%를 차지하고 있고, 노르웨이와 중국이 각각 10%씩 차지하고 있다(<표 2 - 2> 참조). 주요수입국 6개국중 3개국이 북유럽에 위치하고 있는 나라들임을 고려할 때, 북유럽산 고등어의 수입량이 증가하고 있는 추세임을 알 수 있다.

**<표 2-2> 주요국가별 냉동 고등어 수입실적**

| 국가   | 수입량(M/T) | 비율(%) |
|------|----------|-------|
| 대만   | 14,068   | 60    |
| 노르웨이 | 2,381    | 10    |
| 중국   | 2,353    | 10    |
| 아일랜드 | 995      | 4     |
| 미국   | 862      | 4     |
| 영국   | 546      | 2     |

자료; 해양수산부, 수산물 수급 및 가격 편람, 2001.

주; 1999년과 2000년도의 수입량 평균을 이용하여 작성되었음.

## 3.2 대형선망어업

### 선망어업의 발달<sup>25</sup>

선망어업은 20세기 초반부터 일본인들에 의해 시작되었다. 1909년 거제도 장승포를 기지로 하여 일본인들이 범선으로 고등어 쌍두리 선망어업을 시작한 것이 우리나라의 선망어업의 시초이다. 그 후 1918년 일본의 야마구찌현 수산시험장이 경남 울산 앞바다에서 기선에 의한 고등어 선망이 성공함으로써 1922년부터 기선선망이 본격화 되었다. 1923년부터는 정어리가 대량어획 됨에 따라 선망어선이 크게 늘어 났고, 해방 후에는 한국인에 의해 선망업계가 재편성되어 출어를 시작 하였으나 자본과 기술 등의 부족으로 출어가 제한되었다. 예를 들면, 1946년의 경우 쌍두리 14통 외두리 1통만 출어 하였다.<sup>26</sup> 그러나 시간이 흐름에 따라 자본과 기술의 축적으로 통수가 점진적으로 늘어나 1955년도에는 35통이 되었다. 그러나 자원고갈로 선망업계가 다시 쇠퇴하기 시작하여 1968년에는 13통 까지 줄어들었다. 그 후 고등어자원의 회복과 쥐치, 부세 등 새로운 어종의 등장으로 통수가 점차 증가하여 1979년에는 49통에 이르렀고, 현재에는 35통(2통은 미조업)에 이르고 있다.

어법은 초기에는 배2척이 투양망하는 쌍두리가 주축이었으나 어장이 외해로 확장됨에 따라 쌍두리어법의 결함이 발견되면서부터 점차 배1척이 투·양망하는 외두리어법으로 교체되었다. 따라서 1965년부터 쌍두리어선이 없어졌고 현재 대형선망의 조업형태는 외두리로 이루어져 있다. 또한 대형선망어업은 수척의 어선이 한 조업단위를 형성하므로 많은 노력량을 필요로 하는 노동집약적 어업형태를 갖고 있다.

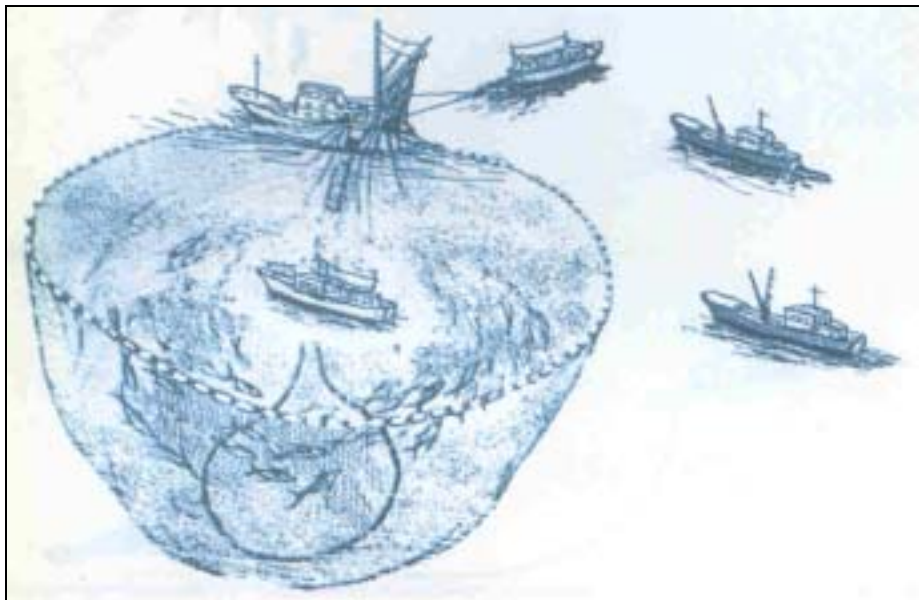
조업방법에 대하여 알아보면 그물의 모양은 대부분 날개그물, 뿔그물, 고기받이로 구성된 긴 네모꼴이다. 상부에는 뜰을, 하부에는

<sup>25</sup> 참조; 신영태 외, 「대형선망어업 경쟁력 강화방안」, 한국해양수산개발원, 1998, p.161.

<sup>26</sup> 선단 기본단위를 “통”이라 부른다.

발돌을 달아 수직으로 전개토록하고 발줄에는 조임고리와 조임줄을 장치하여 어군이 발견 되면 그 주위를 포위하여 조임줄로 그물하부를 조이면서 어군이 아래로 도피하지 못하도록 한다. 그리고 나서 그물의 포위범위를 점점 좁혀 어획을 한다 (<그림2-9> 참조).

### <그림 2-9> 대형선망어업 조업도



자료 : 이장욱 외, 「배타적 경제수역(EEZ) 주요어업의 생태와 어장」, 국립수산물  
진흥원, 2000, p.317:

### 어선현황

대형선망어업은 평균 6척의 어선으로 이루어진 선단을 구성하고 있는데. 대형선망어업에서는 선단의 기본단위를 “통”이라 부르고 있다. 통의 구성은 본선, 운반선, 등선(Lights Vessels)으로 이루어져 있고, 선원은 본선 25~27명, 등선 14~15명, 운반선 28~30명 등 총 70여명에 이르고 있다. 선망어업의 어선현황을 보면, 1994년에는 총 허가 통수가 48통이었으나 그간 감척(8통)과 허가반납(5통)으로 13

통이 줄어들어 2001년말 현재 허가통수는 35통이다 (<표 2-3> 참조).

<표 2-3> 선망어업 통수 변화

단위;통

| 구분   | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 총허가  | 48   | 47   | 44   | 42   | 37   | 36   | 35   | 35   |
| 감척   | -    | 1    | 2    |      | 4    | 1    | -    | -    |
| 허가반납 | -    | -    | 1    | 2    | 1    | -    | -    | -    |

자료: 대형선망수산업협동조합

어선의 규모를 살펴보면 대부분의 본선은 100~150G/T사이의 범위에 놓여있으며, 등선은 이보다 적은 30~100G/T 사이에 분포되어 있다(<표 2-4> 참조). 마력수의 분포 현황을 보면, 본선은 1,400~1,600마력미만 사이에 가장 많이 분포되어 있고, 다음으로 1,000~1,200마력미만 사이에 분포되어 있다(<표 2-5> 참조).

<표 2-4> 2001년 톤급별 어선규모

단위;척

| 구분          | 본선 | 등선 | 운반선 | 합계  |
|-------------|----|----|-----|-----|
| 30~50G/T 미만 | -  | 36 | -   | 36  |
| 50~100G/T   | 2  | 34 | 3   | 39  |
| 100~150G/T  | 33 | -  | 25  | 58  |
| 150~200G/T  | -  | -  | 52  | 52  |
| 200~250G/T  | -  | -  | 17  | 17  |
| 250~300G/T  | -  | -  | 2   | 2   |
| 합계          | 35 | 70 | 99  | 204 |

자료: 대형선망수산업협동조합

&lt;표 2-5&gt; 2001년 마력수(HP)별 선망어선 현황

단위:척

| 구분          | 본선 | 등선 | 운반선 | 합계  |
|-------------|----|----|-----|-----|
| 400미만       | -  | 1  | -   | 1   |
| 400~600미만   | -  | 3  | 2   | 5   |
| 600~800     | 1  | 15 | 21  | 37  |
| 800~1,000   |    | 17 | 18  | 35  |
| 1,000~1,200 | 7  | 3  | 17  | 27  |
| 1,200~1,400 | 4  | 11 | 21  | 36  |
| 1,400~1,600 | 8  | 5  | 15  | 28  |
| 1,600~1,800 | 2  | 15 | 5   | 22  |
| 1,800~2,000 | 2  | -  | -   | 2   |
| 2,000~2,200 | 2  | -  | -   | 2   |
| 2,200~2,400 | 5  | -  | -   | 5   |
| 2,400이상     | 4  | -  | -   | 4   |
| 합계          | 35 | 70 | 99  | 204 |

자료: 대형선망수산업협동조합

대형선망어업의 어획능력에 가장 크게 영향을 미치는 요소는 척당 톤수와 마력수 인데, 척당 평균 톤수는 1990년대에 들어 거의 일정 수준을 유지하고 있으나 평균 마력수는 지속적인 증가 추세를 보여주고 있다(<표 2-6> 참조). 예를 들면 1990년도에 척당 평균 톤수와 마력수는 각각 128G/T, 784 HP 였으나 1999년도에는 각각 134 G/T, 1,077 HP를 나타내고 있다. 척당 톤수는 4.6%가 증가한데 비해 척당 마력수는 31%나 증가 하였다. 이러한 추세를 보이는 이유는 톤수제한과 통수제한 등과 같은 고등어 자원에 대한 규제수단하에서 어획노력량을 증대 시킬 수 있는 방법으로 마력수를 증가 시키기 때문이다.

선령분포를 보면 21년 이상된 어선이 29.8%로 가장 많고 그 다음으로 11~15년 이하의 어선이 23.9%, 16~20년 이하의 어선은

22.0%을 차지하고 있어 다른 어업에 비해 상당히 노후화 되어 있다.<sup>27</sup>

<표 2-6> 대형선망어선의 연도별 어선세력

| 구분      | 1990   | 1995   | 1997   | 1999   |
|---------|--------|--------|--------|--------|
| 척수      | 367    | 318    | 280    | 238    |
| 톤수      | 47228  | 41650  | 37048  | 32060  |
| 마력수     | 287983 | 290567 | 279551 | 256415 |
| 척당평균톤수  | 128.7  | 131.0  | 132.3  | 134.7  |
| 척당평균마력수 | 784.7  | 913.7  | 998.4  | 1077.4 |

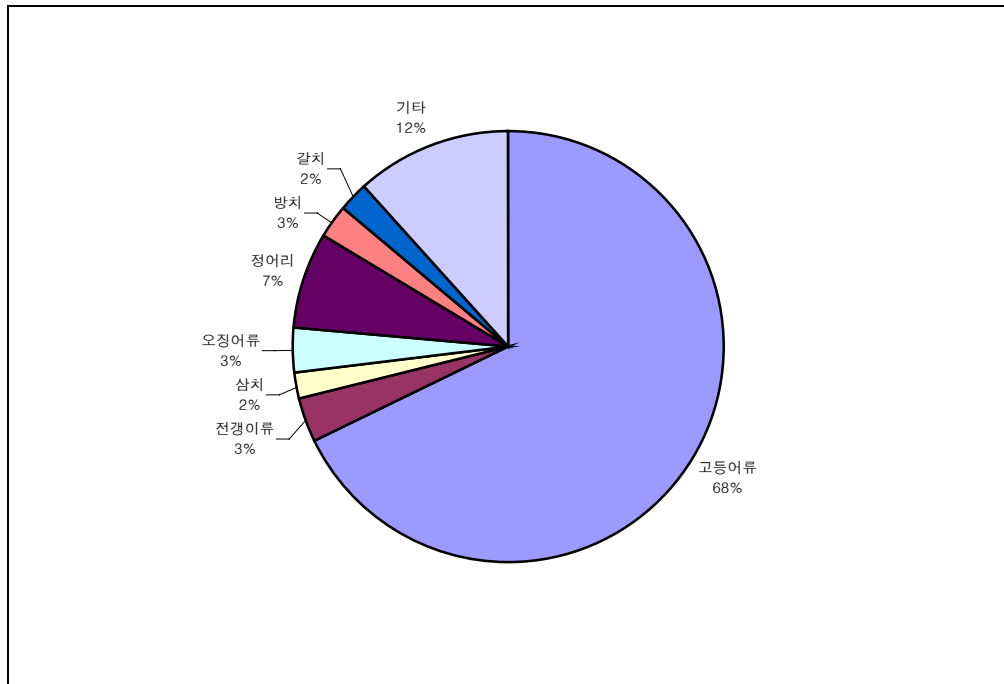
자료 : 해양수산부, 해양수산물통계연보, 각년도

### 생산량 및 단위어획노력당 생산량

국내 고등어 총 생산량의 약 90%를 차지하고 있는 대형선망어업은 고등어 외에 전갱이, 정어리 등 다른 어종도 어획하고 있으나 타 어업에 비하여 대상어종이 비교적 단순한 편이다. 1999년도 선망어업의 어획물 구성을 보면 주요어획 어종인 고등어가 전체어획량의 68%를 차지하였고, 정어리(7%), 전갱이류(3%), 오징어(3%)의 순으로 어획이 이루어 졌다 (<그림 2 - 10> 참조). 연도별 어획물 조성의 변동 추이를 보면 1970년대에는 고등어가 전체어획물의 94%을 차지하였으나 1980년대에 들어 말쥐치와 정어리의 어획 증대로 고등어 어획비율이 50%이하로 떨어지기도 하였으나 1990년대 중반부터 말쥐치 및 정어리 자원의 감소로 고등어 어획비율이 다시 70~80%정도를 유지하고 있다(<표 2 - 7> 참조). 따라서, 현재 대형선망어업의 총 어획량 변동은 고등어 단일 어종에 의해 좌우된다고 할 수 있다.

<sup>27</sup> 신영태 외, 「대형선망어업 경쟁력 강화방안」, 한국해양수산개발원, 1998, p.161.

<그림 2-10> 1999년도 대형선망어업의 어획물 조성



자료:수산업협동조합중앙회, 「어업경영조사보고」, 2000, p.199.

&lt;표 2-7&gt; 대형선망어업의 어획물 조성 변동추이

단위; %

| 어종  | 1970 | 1980 | 1990 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 고등어 | 94.1 | 27.7 | 25.8 | 63.6 | 70.1 | 85.3 | 75.4 | 72.6 | 67.7 |
| 정어리 | -    | 15.0 | 35.4 | 11.4 | 5.7  | 3.5  | 3.7  | 2.8  | 7.3  |
| 전갱이 | 2.0  | 0.1  | 3.5  | 11.3 | 3.3  | 2.4  | 7.0  | 7.5  | 3.4  |
| 오징어 | -    | 0.0  | 0.2  | 4.9  | 4.3  | 4.3  | 1.7  | 1.8  | 3.3  |
| 갈치  | 0.1  | 0.5  | 1.5  | 1.6  | 1.7  | 0.8  | 1.6  | 1.5  | 2.1  |
| 삼치  | 2.0  | 5.4  | 2.8  | 1.4  | 4.5  | 0.4  | 0.6  | 3.2  | 2.0  |
| 말쥐치 | -    | 40.4 | 19.6 | 0.1  | 0.0  | 0.0  | 0.4  | 0.3  | 0.0  |
| 기타  | 1.8  | 11.0 | 11.1 | 5.7  | 10.4 | 3.2  | 9.7  | 10.5 | 14.1 |

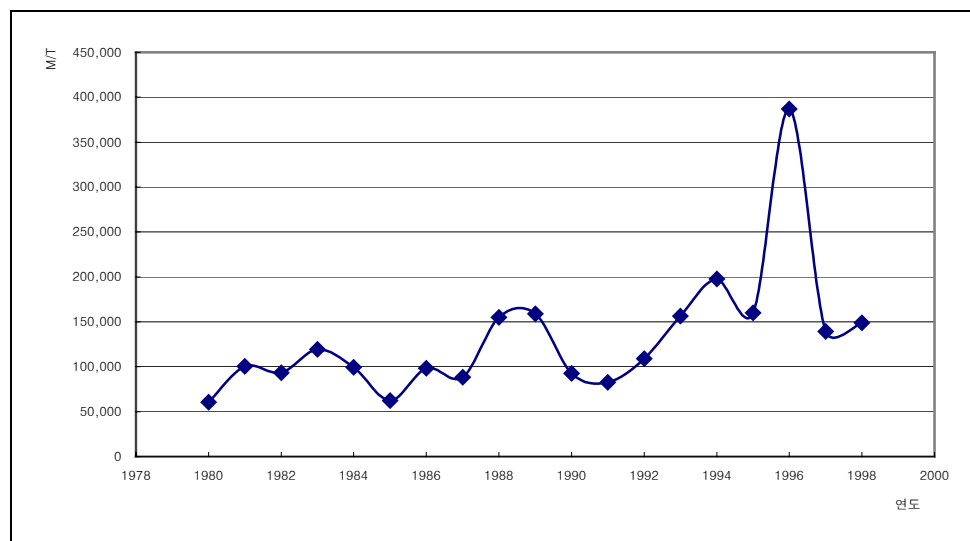
자료: 해양수산부, 해양수산물통계연보, 각년도

대형선망어업에 의한 고등어 생산량은 1996년의 39만M/T를 정점으로 하여 1997년도에는 14만M/T으로 전년도에 비해 무려 64%나 감소하였다.<sup>28</sup> 그 후 생산량이 증가하여, 1999년도에는 16만천M/T이 어획 되었다 (<그림 2 - 11> 참조). 이와 같이 변동하는 어획량만으로 어장의 생산성을 판단하기에는 부족하다. 그러므로 대형선망어업의 어장 생산성을 판단하기 위한 방법으로 대표적 인 것이 단위어획노력당 생산량(Catch per Unit Effort, CPUE)을 추정하여 분석하는 것이다. 단위어획노력당생산량을 추정함에 있어 단위어획노력량을 무엇으

<sup>28</sup> 생태계내의 환경변화에 따라 자원량의 변동이 심하게 일어나고 있음을 보여주고 있다.

로 볼 것인가 하는 문제가 대두되는데 일반적으로 어선척수, 톤수, 마력수, 조업일수 등 여러 가지가 있을 수 있으나 각각 장단점이 있다. 본 연구에서는 어선 마력수를 단위어획노력량으로 정 하였다. 마력수와 생산량을 이용하여 단위어획노력당 생산량을 산정한 결과, 1990년 0.3M/T에서 1995년 0.6M/T으로 100%증가한 후 1999년까지 0.5~0.6M/T 사이에서 반복하고 있다. 이는 1995년 이후 단위노력당 어획량이 감소내지 정체 추세에 있음을 나타내는 것이다. 또한 척당 마력수가 증가되고 있는 상황에서 단위어획노력당 생산량이 감소내지 정체 추세에 있는 것은 간접적으로 고등어 자원이 남획 상태에 있다는 것을 추측할 수 있다.

<그림 2-11> 대형선망어업에 의한 고등어 생산량



자료:해양수산부, 해양수산통계연보, 각년도

### 3.3 고등어 자원 관리 제도

자유입어하에서 어업자원은 무주물로서 어획활동에 의해 비로소 소유가 결정되기 때문에 언제나 선취경쟁이 일어나 과도한 어획노력 경쟁으로 인한 자원고갈이 쉽게 일어나게 된다. 그 결과 어업자원 감소는 어업경영수지 악화를 초래하게 되며, 이를 보전하기 위해 어업인들은 더욱 어획노력량 증강에 힘쓰게 되고, 이는 어업자원을 더욱 감소시키게 되는 악순환을 되풀이하게 된다.

우리나라의 어업도 자유입어하에서 일어나는 악순환의 결과들이 그대로 나타나고 있다. 전통적으로 생산에 역점을 두어 온 우리나라의 어업정책은 연안 및 근해 어업자원의 남획을 초래하였다. 어획량의 극대화과 과도한 시설투자의 보상을 위하여 어획노력량은 계속해서 증가하였으며 어업자원의 지속적인 유지를 위한 보존 및 관리노력은 미흡하였다.<sup>29</sup> 현재의 어업정책은 어업자원관리 강화를 위한 비용은 증가되고 있으나 그에 따른 효과는 상대적으로 적어 비효율적이다. 또한 자유입어가 어족자원에 미치는 영향과 시장 메커니즘(Mechanism)을 통한 어업자원 가치의 과소 평가는 시장실패(Market Failure)의 실질적인 예가 되었으며 정책적인 실패(Policy-induced Failure)를 초래하였다.<sup>30</sup>

<sup>29</sup> 이러한 경향은 세계적인 추세이다. 제2차 세계대전 이후 유럽의 국가들 사이에는 수산자원의 과도한 착취에 대한 인식이 널리 퍼져 있었으나 수산업계와 정책결정자에 의해 산업확장 정책을 추구하였다. 그러나 최근에 들어 한국정부는 1) 연안 수산자원의 보존과 재배, 2) 근접수역의 어획노력량 감소를 위한 수산업 구조개선, 3) 어촌개발과 기본적인 어업시설 확충, 4) 어업기술, 판매 및 가공기술 개선과 강화 등을 강조한 새로운 수산정책을 펼치고 있다. 이러한 정책적인 변화는 과도하게 개발된 어업자원의 회복과 효과적인 관리체제 개발, 어업기술 및 판매개선, 그리고 어민들의 소득증대를 기하기 위한 것이다.

<sup>30</sup> 이러한 실패를 피하기 위하여 우리는 무절제한 어업자원개발의 결과를 심각하게 받아들여야 한다. 예를 들면, 1976년 미국은 수산업 및 수자원규제를 위하여 200 마일 경제수역(EEZ)을 제정하였다. 경제수역 선포이후 미국해역에서 외국 어선들의 수는 점차적으로 감소하였다. 한편 국내 어선단 증가를 위하여 국회는 National Marine Fisheries Service에 어업인들에게 저금리의 융자를 지원하도록 하였다. 그러나 자국 어선단의 점진적인 어획능력증가와 효율성으로 인하여 상당수의 어족자원 감소의 결과를 가져와 1990년에는 최악의 어업자원상태를 초래하였다 (Fogarty, M. and S.

어업자원관리 수단을 크게 나누어 보면 질적인 규제와 양적인 규제로 분류 할 수 있다. 대표적인 양적규제의 수단으로는 어획량 그 자체를 제한하는 어획량 규제(Output Control)수단을 들 수 있고, 질적 규제로는 면허·허가 등을 통한 어업자의 수, 어구·어법, 어선규모 등을 제한하는 어획노력량 규제(Input Control)수단과 어획물의 체장, 조업기간·구역 등을 제한하는 기술적 수단(Technical Measures)을 들 수 있다 (<표 2-8> 참조). 일반적으로 어업자원관리의 효율성을 높이기 위하여 이들 수단이 단독, 혹은 병행하여 사용되고 있다.

**<표 2-8> 어업자원관리 수단의 종류**

| 구 분     | 양 적 규 제                                                                                                           | 질 적 규 제                                                                                                                |                                                                                                                             |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         | 어획량 규제수단                                                                                                          | 어획노력량 규제수단                                                                                                             | 기술적 수단                                                                                                                      |
| 관 리 수 단 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 총허용어획량(TAC)</li> <li>- 개별어획할당량(IQ)</li> <li>- 양도성개별어획할당량(ITQ)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 허가 및 면허제도</li> <li>- 개별노력할당제도</li> <li>- 어구 및 어선의 제한</li> <li>- 기타</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 체장 및 성별의 제한</li> <li>- 어기의 제한(금어기)</li> <li>- 어장의 제한(금어구)</li> <li>- 기타</li> </ul> |

최근의 어업관리수단의 국제동향을 보면 어획노력량 규제수단은 시행에 있어 어획노력량 자체의 통일적인 기준을 마련한다는 것이 대단히 어려울 뿐만 아니라 과잉어획노력량에 따른 자원고갈이 쉽게 일어난다는 문제점이 대두됨에 따라 어획노력량 규제수단 보다는 어획량 규제수단이 보다 효과적인 수단으로 인식되고 있는 실정이다. 또한 유

---

Murawski, "Large-scale Disturbance and the Structure of Marine Systems: Fishery Impacts on George Bank", *Ecological Applications*, Vol.8(1), 1998, pp.S6 - S22). 그러나 그 당시에는 어업자원을 대상으로 한 어획노력량 증가에 대한 잠재적 영향분석 연구가 전혀 없었다 (McGoodwin, J., *Crisis in the Worlds fisheries*, Berkely, CA: Stanford University Press, 1990, p.231). 따라서 어선단의 증가(과도한 어획노력량)를 줄이기 위하여 미국정부는 Buy-back Vessel Program 운영을 위하여 막대한 자금을 투자하게 되었다 (Holland, D., E. Gundmunsson and J. Gates, "Do Fishing Vessel Buyback Programs Work: A Survey of Evidence, *Marine Policy*, Vol.23(1), 1999, pp.47 - 69).

엔해양법에서도 총허용어획량(Total Allowable Catch, TAC)제도<sup>31</sup>가 어업자원관리 수단으로 채택되어졌기 때문에 종래의 어획노력량 규제 수단을 근간으로 어업자원관리를 하고 있는 국가에서는 어업자원관리 제도의 전환이 필요하게 되었다.<sup>32</sup>

우리나라는 고등어자원에 대하여 전통적인 어업관리제도인 허가 제한, 톤수제한 및 그물코제한(Mesh Size, 3cm) 등과 같은 어획노력량 규제수단을 이용하여 관리하고 있다. 그러나 이러한 관리제도는 불법어업과 남획 등을 막는데 한계가 있고, 과다하게 어획된 어업자원을 회복시키기에는 미흡한 것으로 인식 되고 있다. 또한 어업인들에게 어획노력량 감축을 위한 경제적인 유인(Incentive)이 없어 결과적으로 고등어자원의 고갈현상이 가속화되고 있다. 따라서 고등어 자원을 효율적으로 관리하기 위해 총허용어획량을 통한 어업자원관리제도가 1999년에 도입되어 현재 시범실시 중에 있다. 이러한 변화는 어획노력량 규제수단에서 어획량 규제수단으로 관리방법이 변화되고 있음을 의미한다.

한국의 EEZ와 일반수역(Common Fishing Area)에서의 2001년도 고등어 TAC는 연간 165천M/T으로 설정되어있다.<sup>33</sup> 그러나 TAC 실시에 따른 문제점은 우리나라의 경우 대상어종과 어업이 매우 다양하고 어종별 선택적 어획이 어렵다. 또한 근해 어업에 있어서는 중국, 일본 등 주변국과 어장이 중복됨으로 인해 경쟁적으로 조업이 이루어지고 있어 어느 한나라만의 TAC실시로는 고등어 자원을 지속 가능한 수준으로 회복하기가 매우 어렵다.<sup>34</sup> 따라서 효율적인 어업자

<sup>31</sup> TAC제도란 개별어종(단일어종)에 대한 연간 총허용어획량을 정하여 그 한도내에서만 어획을 허용하여 자원을 관리하는 제도를 말한다.

<sup>32</sup> UN해양법협약 제61조와 62조에 의하면, “연안국은 배타적경제수역(EEZ)내에서 TAC를 결정하고 자국 어획능력을 초과하는 잉여량에 대해서는 다른 국가의 입어를 허용해야 한다”라고 명시되어 있다.

<sup>33</sup> TAC산정시 유의 할 점은 1) 어업자원에 대한 과학적인 조사결과와 사회적·경제적 요인 및 어업여건을 감안하여 현실성 있게 산정, 2) TAC 산정절차에 어업인 참여 기회 적극적 부여, 3) 위원회 심의절차의 효율적·탄력적 운용방안 추진, 4) 신속적인 TAC 조정제도 마련을 통한 자원 동향 및 어업 현실 반영 - 대상어종의 자원량, 조업 상황, 해어황 변화, 할당량 소진량 추이, 어업경영 상태 등을 종합적으로 고려한 TAC 산정, 5) TAC 조정절차 간소화 등이 있다 (해양수산부 내부자료)

<sup>34</sup> 정부 또한 인식을 같이하여 TAC제도 시행 계획의 기본방향을 첫째, TAC제도의

원관리를 위해서는 3국의 협력이 절실히 필요하고 이러한 협력을 통하여 풍부한 잠재력을 가지고 있는 동북아 수역에서의 수산자원 보호 및 관리 체계를 정비하여 지속적 생산을 도모하고 수산물 수급의 안정화를 공동으로 추구해야 한다.

---

본격적인 시행시기는 한·중·일 3국의 어업협력체제가 구축되는 시기로 조정하고, 둘째, TAC제도의 본격적인 시행 전까지는 현행의 자원관리제도와 병행하며 동 제도의 성공적인 정착을 위한 제반여건조성 추진으로 잡고 있다 (해양수산부 내부자료, 「총허용어획량(TAC)제도 기본운영계획 및 2001년도 시행계획」, 2000, p.22).

## 제 3 장 최적제어 이론 및 생물경제모델

### 1. 문헌 조사

고등어 자원은 다른 어종에 비해 자원의 변동량이 심하게 일어나고 있다. 따라서 자원의 불확실성하에서 고등어 자원이 급격하게 증가했을 경우 일반적으로 다음과 같은 방법으로 대처할 수 있다. 첫째, 현재의 어획노력량을 최대로 증가 시켜 단기간에 증가된 자원을 어획하는 방법이다. 그러나 증가된 어업 자원량이 현재의 최대 어획노력량으로 잡을 수 있는 한계보다 많을 경우 경제적 손실이 있을 수 있다. 둘째, 새로운 어선을 건조하는 방법이다. 이 방법 또한 어선건조에 드는 비용이 너무 많이 소요되고 시간이 오래 걸리는 단점과 함께, 자원이 다시 감소되었을 경우 경제적 피해 또한 매우 크다. 셋째, 새로운 어선을 건조하는 대신에 다른 어업을 고등어 어업으로 전환하는 방법 등이 있을 수 있다.

또한 경제적인 효율성 측면에서 보면, 예측 불가능한 주기(Unpredictable Cycles)가 존재할 때 최적 어획량은 자원 수준이 높을 때 어획량을 증가 시켜야 함을 의미한다. 그러나 이러한 결론은 다음과 같은 가정이 필요하다. 어업자원이 변화함에 따라 어획노력량의 요소인 마력수, 어선수 등을 거의 영(Zero)에 가까운 거래비용(Transaction Cost)으로 증가 혹은 감소 시킬 수 있어야 한다. 그러나 현실에 있어서는 어획노력량 요소를 쉽게 그리고 거래비용 없이 변화 시키는 것은 불가능하다. 선행 연구를 보면 북해(North Sea)의 청어(Herring)어업의 경우, 선단의 동적인 조정(Dynamic Adjustment)은 현재의 어업에서 얻고 있는 이윤과 대체어업의 이윤에 의해 결정되어지는 기회비용에 따라 변한다고 하였다.<sup>35</sup>

---

<sup>35</sup> Bjorndal, T and J. Conrad., "The Dynamics of an Open Access Fishery", *Canadian Journal of Economics*, Vol. 20, 1987, pp. 74 - 85.

불확실성을 고려하는 대체적인 방법(Alternative Ways)들에 대한 비용 및 편익을 추정하는 것은 매우 유용한 일이다. 예를 들면, 수출시장에서 어느 한 어종에 대한 수요가 갑자기 늘어날 경우 어업자원을 고갈시키면서 어획량을 늘이는 것은 자원의 비시장 가치(Non - Market Value)를 고려하지 않고 경제적인 측면만을 고려한다면 합리적인 방법이다. 그러나 어업자원의 특성상 생태적인 면을 고려하지 않는 것은 옳은 선택이라고는 할 수 없다. 따라서 변동하는 시장 혹은 자원에 따른 어업자원의 과잉어획은 외부비용(External cost) 혹은 외부성(Externalities)을 초래할 수 있다.<sup>36</sup> 그러므로 자원의 변동이 심한 어업자원에 대하여 최적어획량을 결정할 때 자원의 비시장가치를 고려한 경제적인 면과 생태계 내에서 차지하고 있는 역할 등에 대한 고려가 필요하다.<sup>37</sup>

자원의 불확실성을 최적화 모델에 고려 할 수 있는 방법은 다음과 같다. 첫째, 어장환경이 외부요인에 의해 악화되어 자원의 감소를 초래하기 전에 자원에 대한 어획노력량을 증가시켜 어획량을 늘리는 방법이다. 그 결과 어업자원의 양은 줄어들지만 경제적인 이윤은 증가한다. 다만, 이와 같은 방법으로 불확실성을 모델에 고려하기 위해서는 시간의 흐름에 따라 자원이 붕괴(Collapse)되는 확률을 알아야 기대되는 이윤을 추정할 수 있다.<sup>38</sup> 그러나 현실적으로 각 시간에 대한 붕괴 확률을 추정하기는 매우 어려운 일이다.

<sup>36</sup> 경제이론에서 외부효과 혹은 외부성이란 어떤 경제 주체의 소비나 생산행위가 시장을 통하지 않고 무상으로 다른 경제 주체에게 혜택을 주거나 손해를 입히는 효과로 정의 된다. 예를 들면, 고등어는 다른 어류의 주요 먹이가 될 수 있으므로 갑자기 고등어 수요증가가 시장에서 일어날 경우 이를 대처하기 위해 공급량을 어획량 증가를 통해 늘린 경우 지속적인 먹이로서의 고등어량이 줄어들음에 따라 생태계내에서 균형이 깨질 수도 있다. 이러한 불균형은 새로운 외부비용을 초래 할 수 있다.

<sup>37</sup> 일반적으로 자연자원의 개방적 이용에 많이 적용하는 상충모델(Conflict Model)은 자연환경이나 어업경제의 불균형적 어업의 해결책에 대한 분석이론을 제공 한다. 그러나 모델의 현실 적용에 있어서 자원의 변동이나 생태환경에 대한 정확한 데이터와 정보가 필요하다. (이상고·장창익, 「해양환경어업론」, 대우학술총서:아르케, 2000, p.436).

<sup>38</sup> 여러 논문에서 보듯이 자원의 붕괴(Collapse)에 대한 확실한 정의를 하고 있지 않다. 예를 들면, 자원의 1% 혹은 99%의 붕괴 등도 있을 수 있다.

둘째, 일종의 예방적 접근(Precautionary Approach) 방법으로 최소량의 자원(Escapement or Safe Minimum Stock)유지를 통하여 어장환경 악화시 자원회복 기간을 줄이고 어족자원의 고갈상태를 약화시키는 방법이다. 이 방법은 전자에 비해 보다 현실적인 접근 방법이며 동시에 최소량의 자원에 대한 기회비용도 추정 할 수 있다. 본 연구에서는 두 번째 방법을 이용하여 자원의 불확실성을 최적어획량 추정하는 모델에 고려 하였다.<sup>39</sup>

불확실성에 대한 선행 연구를 알아보면 다음과 같다. 리드(Reed)는 확률적인 성장(Stochastic Growth), 고정가격 및 비용을 가진 모델을 분석함에 있어서 최적어획전략은 어업으로부터 일정하게 산란할 수 있는 어족자원을 유지하는 것이라고 하였다.<sup>40</sup> 또한 다른 연구에 의하면 자원의 붕괴 위험이 있는 상황에서는 보존적인 관리 혹은 어획량을 줄이는 것이 변동하는 어업자원을 위해서는 최적 전략이라는 것이다.<sup>41</sup>

그러나 이와 다른 연구 결과도 있다. 예를 들면, 길에트(Gleit)는 성장율의 변화 폭이 증가하면 할수록 최적어획량은 성장율의 변화

<sup>39</sup> 대서양 청어의 경우 일정량의 성어자원 산란을 위하여 높은 어획사망률로부터 보호함으로써 해양생태계의 환경이 변함에 따라 단기적인 자원 감소의 효과를 줄일 수가 있다. (Bailey, R. S. "The Global Pelagic Fish Resource and its Biological Potential". In Burt, Hardy and Whittle (Eds.), Pelagic Fish, The Resource and its Exploitation. Fishing News Books, 1992). 확률개념을 포함하여 수학적으로 표현하면 다음과 같다.

$$Pr_t = prob(collapse|X_t, Z_t)$$

$$1 - Pr_t = \alpha = prob(no\ collapse|X_t, Z_t)$$

여기서 Z는 어획사망율과 자연사망율을 합한 총사망률을 나타내고,  $X_t$ 와  $Z_t$ 는 각각 상태(State)와 조정(Control) 변수를 나타낸다.

$$\frac{\partial Pr_t}{\partial X_t} < 0 < \frac{\partial Pr_t}{\partial Z_t}$$

$Pr_t$ 의 값이 적을수록 자원에 미치는 영향이 적은 것이다.

<sup>40</sup> Reed, W.J. "Optimal Escapement Levels in Stochastic and Deterministic Harvesting Model", *Journal of Environmental Economic Management*, 6, 1979, pp. 350 - 363.

<sup>41</sup> Smith, J.B., *An Analysis of Optimal Replenishable Resource Management under Uncertainty*. Ph.D. thesis, University of Western Ontario, 1978.

폭과 같이 증가시켜야 한다고 주장한다.<sup>42</sup> 슈티넨(Sutinen)은 엘니뇨(El Nino)에 의한 자원의 붕괴 확률은 이자율이 증가하는 것과 비슷한 효과를 가지고 있고 하였다. 부연 설명에 의하면, 자원붕괴가 일어날 수 있는 확률의 증가는 더욱더 많은 어획을 해야 하고 결과적으로 최적자원의 수준은 감소된다. 그러나 이러한 결론은 자원 붕괴이후에 일어나는 편익과 자원수준은 자원붕괴 이전의 자원수준과는 연관이 없음을 가정하고 있다.<sup>43</sup>

또한 존스톤(Johnston)의 논문을 보면, 기존의 해양생태계에서 서식하고 있는 어종이 외부적 환경 요인에 의해 붕괴될 경우, 붕괴된 어종의 생태계내의 위치(Nitch)를 새로운 어종(Replacement Species)이 차지하게 된다. 따라서 최초 어종에 대한 최적 어획량 결정은 환경적인 변화에 의해 생체량(Biomass)의 전이(Shift)가 있을 경우 최초어종에 대한 어획량은 증가된다. 그러나 최초어종의 어획과 새로운 어종에 대한 기대수확편익(Expected Harvest Benefit)은 상관이 없으므로 새로운 어종은 최초 어종의 최적어획량 변화에는 영향을 끼치지 못한다고 하고 있다.<sup>44</sup>

아문센(Amundsen)은 잠재적으로 자원의 붕괴가 일어날 확률이 있는 상황에서 회복효과(Recovery Effect)를 고려한 최적어획에 대하여, 실증적으로 북해에 있는 청어어업에 응용하여 연구하였다. 모델의 목적함수는 붕괴 전후의 순수이윤(Net Profit)을 최대화 하는 것인데, 연구결과는 첫째, 자원이 붕괴 가능한 상황 하에서 최적어획량을 결정하는 것은 매우 어렵고 간단한 규칙이 존재하는 것은 아니며, 둘째, 최적전략은 예상되는 자원의 붕괴에 대한 확률과 확률에 대한 실패율(Failure rate)에 따라 다르게 나타난다.<sup>45</sup> 루위그(Ludwig)는 확률적

<sup>42</sup> Gleit, A., "Optimal Harvesting in Continuous Time with Stochastic Growth", *Mathematical Bio - science*, Vol.41, 1978, pp.111 - 123.

<sup>43</sup> Sutinen, J.G. "Optimal Extraction of a Renewable Resource under Uncertainty: the Case of Stock Collapse in the Fishery", Staff paper series, University of Rhode Island, 1981.

<sup>44</sup> Johnston, R. and J. Sutinen, "Uncertain Biomass Shift and Collapse: Implications for Harvest Policy in the Fishery", *Land Economics*, Vol.72(4), 1996, pp. 500 - 518.

<sup>45</sup> Amundsen, E. S. and T. Bjørndal, "Optimal Exploitation of a Biomass

으로 변동하는 자원의 상태에 있어서 자원의 단위가격에 어획에 대한 단위비용을 뺀 값이 자원의 한계기대가치(Marginal Expected Value)와 같은 점에서 자원의 수준을 유지시키도록 해야 함을 보여주고 있다.<sup>46</sup>

결론적으로 어업관리의 목적은 정치적, 사회적, 경제적 요인들에 의해 변할 수 있다. 그러나 경제적 효율성 측면에서 보면 어업관리의 목적은 지속가능한 어업자원을 유지하면서 어획으로 인한 기대 순편익을 현재가치로 계산할 때 최대로 하는 것이다. 또한 동적인 상황 하에서의 최적관리는 각 시기에서 기대한계순편익(Expected Marginal Net Benefit)이 자원 이용비용의 현재가치와 같아야 한다.<sup>47</sup>

## 2. 최적제어 이론과 기본 생물경제 모델

자원의 불확실성이 존재하는 경우와 존재 하지 않을 경우의 최적어획량을 비교하기 위하여, 먼저 자유입어 하에서의 기본적인 생물경제 모델을 설명하고자 한다. 직관적으로 보아도 자원이 붕괴된 후 어종이 멸종 된다면 자원의 불확실성하에서 최적어획량은 자원의 붕괴 가능성이 없을 때보다 커야 한다는 것을 알 수 있다.<sup>48</sup>

생물경제모델에서 가장 대표적인 것이 고든 - 쉐퍼(Gorden - Shafer) 모형이다.<sup>49</sup> 이 모델에서 생물학적인 성장모델은 로지스틱 성

Confronted with the Threat of Collapse”, *Land Economics*, Vol.75(2),1999, pp.300 - 308.

<sup>46</sup> Ludwig, D., “Optimal Harvesting of a Randomly Fluctuating Resource: Application of Perturbation Methods”, *SIAM journal of Applied Mathematics*, Vol.37(1), 1979, pp.166 - 184.

<sup>47</sup> 자원이용에 따른 비용이라 함은 현재에 한계단위자원(Marginal Units of Resource)을 사용함에 따라 없어지는 미래 편익을 말한다.

<sup>48</sup> 멸종이란 단어를 문자적으로 받아들이 필요는 없다. 예를 들면 자원의 회복기간이 길다고 하면 이것 또한 전체적인 멸종이 의미하는 것과 같은 것이다.

<sup>49</sup> 경제학자 Gorden 과 해양생물학자 Shafer의 이름을 따서 명명하였다. 1952년 쉐퍼는 어획노력량의 증가에 따라 어업자원량(Stocks)은 균형상태의 자원량에서 감소하게 되며, 그 감소량은 어업자원의 성장속도와 관련이 있다고 주장하였다. 이어

장함수(Logistic Growth Function)를 기초로 하고 있는데, 어업자원의 증가는 주어진 환경부하량(Environmental Carrying Capacity,  $K$ ) 하에서 어업자원량( $X$ )과 고유성장율(Intrinsic Growth Rate,  $r$ )에 의해 결정되어진다. 식으로 표현하면,

$$G(X) = rX(1 - \frac{X}{K})$$

자원량( $X$ )이  $X_{MSY}$  보다 클 경우에는  $G'(X)$ 는 0보다 작고, 자원량이  $X_{MSY}$  보다 작거나 같으면  $G'(X)$ 는 0보다 크거나 같다. 식으로 표현하면  $\frac{\partial G}{\partial X} \geq 0$  for  $X \leq X_{MSY}$  이고  $\frac{\partial G}{\partial X} < 0$  for  $X > X_{MSY}$  이다.

앞에서 언급했듯이 어업자원은 재생자원(Renewable Resource)이기 때문에 만약에 어획량( $H$ )이 자원의 순성장율(Net Growth Rate)보다 클 경우 지속가능한 어업은 유지될 수 없다. 따라서 지속가능한 어업은 자원의 성장률에 의해 제한되므로 자원의 성장율과 어획율을 같게 놓으면 안정된 자원수준을 유지하면서 지속적으로 어획을 할 수 있을 것이다. 수식으로 표현하면, 아래와 같은 식이 지속가능한 어업을 위한 제한식이 된다.

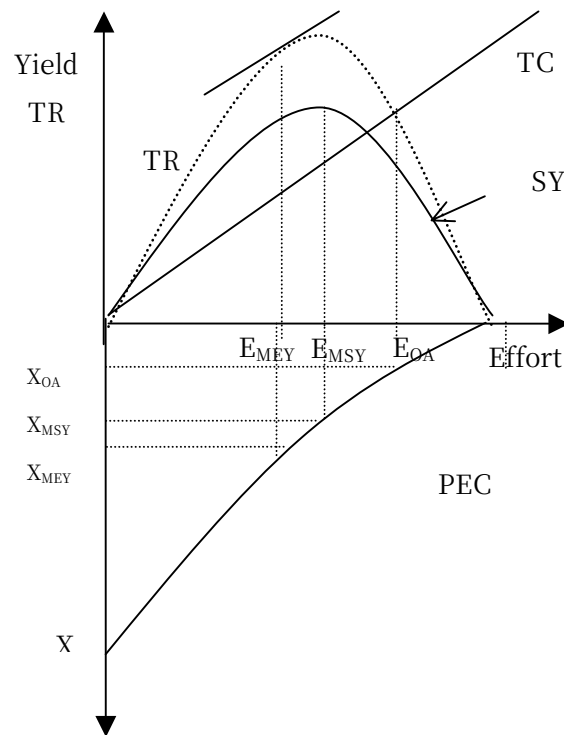
$$\dot{X} = G(X) - h$$

고든 - 쉘퍼 모델을 이용하여 자유입어에 대한 설명을 그림에나 타내면,  $X_t$ 는 자원량을 나타내고, SY(Sustainable Yield)는 지속가능한 생산량,  $E_t$ 는 총어획노력량, 그리고 TR은 각 어획노력량 수준에서 총어업수입을 나타내고 있다( <그림 3-1> 참조). TR곡선은 어종의 일정한 평균 가격에 SY를 곱하면 구할 수 있다. 만약에 가격이 1이라고 가정하면 SY곡선은 TR곡선과 일치된다. TC는 선형함수로서 각 총어획노력량에 대한 총비용을 표시하고 있다.

---

1953년 고든은 쉘퍼의 성장곡선을 이용하여 새로운 어업자원의 최적 이용수준을 제시하였다. 즉, 종래의 어업자원의 최적이용수준이 생물학적 측면에 관점을 둔 MSY(Maximum Sustainable Yield)였으나, 비용과 수입 등의 경제적 변수를 고려한 MEY(Maximum Economic Yield)가 최적이용수준이 되어야 한다고 주장하였다.

<그림 3-1> 자유입어하의 SY, TC, 및 PEC<sup>50</sup>



<sup>50</sup> SY(Sustainable Yield)은 지속가능 생산곡선; TC(Total Cost)는 총 비용곡선; TR(Total Revenue)은 총이윤곡선; PEC(Production Equilibrium Curve)는 생산균형 곡선으로 총어획노력량에 해당하는 자원의 균형수준을 나타내고 있다

총어획노력량은 TR곡선과 TC직선이 만나는 점, 즉  $E_{OA}$ 에서 균형을 이룬다. 만약에 어업인들이  $E_{OA}$ 보다 더 많은 어획노력량을 증가 시켰을 경우 총비용이 총이윤보다 커져 순이윤이 음수가 되므로 총어획노력량을 늘리지 않는다. 반대로  $E_{OA}$ 보다 적게 했을 경우에는 총수입이 총비용보다 많아 총어획노력량을 감소 하지 않고  $E_{OA}$ 까지 증가 시킨다. 경제 지대 개념을 이용하여 부연설명하면, 어업자원은 공유 재산적 성격을 가지고 있기 때문에 어획노력량의 투입은 수입과 비용이 일치하여 경제지대가 과잉자본(Excessive Capitalization)의 형태로 완전히 소멸되는 수준까지 증가한다. 따라서  $E_{OA}$ 에서 정태적 균형을 이룬다. 만약 어획노력량이  $E_{OA}$ 보다 적으면 어업으로 인해 발생하는 경제지대가 0보다 크므로 새로운 어획노력량이 투입된다. 그러나 어획노력량이  $E_{OA}$ 보다 크면 경제지대는 0보다 적게 되어 어업손실이 발생되고 결국 어업을 포기하는 한계 어업인으로 인해 어획노력량은 줄어든다. 수학적으로 표현하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_{t+1} - E_t = \eta [Ph(X_t, E_t) - cE_t]$$

여기서  $E_t$ 와  $E_{t+1}$ 은 시간에 따른 어획노력량을 나타낸다.  $\eta$ 는 양수로서 어업의 이윤에 따라 어획노력량의 변화율을 나타내는 조정파라미터 (Adjustment Parameter)이고,  $c$ 는 단위어획노력량의 비용이다. 만약에 순이윤(Net Profit), 즉  $Ph(X, E) - cE$ 가 양수이면, 총어획노력량은 조정파라미터 비율에 따라 증가될 것이다.

최대지속생산을 할 수 있는 어획노력량인  $E_{MSY}$ 와 경제적이윤을 최대로 할 수 있는  $E_{MEY}$ 을 비교하면,  $E_{MEY}$ 에서의 경제지대는  $E_{MSY}$ 의 경제지대보다 크기 때문에 경제적으로 효율적인 어업자원 이용을 할 수 있다. 단지  $c$ 가 0이 되는 경우에 한하여 생물학자들이 주장하는 MSY도 경제적으로도 효율적인 어획량의 기준이 될 수 있다. 그러나 어업 단위당 비용은 항상 0보다 크기 때문에 경제적으로 효율적인 어획노력량은  $E_{MEY}$ 가 되고 거기에 따른 자원량은  $X_{MEY}$ 가 된다.

결론적으로 자유입어하에서는 자원의 효율적인 이용과 어획에 대한 생산요소가 과다하게 투입되고 있으므로 총어획노력량을 어업관

리의 목적에 따라  $E_{OA}$  에서  $E_{MSY}$ , 혹은  $E_{MEY}$  로 이동 시키기 위해서는 어획노력량에 대한 관리가 필요하다.

정태분석의 경우에는 어업자원의 적정이용에 있어서 시간의 흐름에 따른 어업인의 선택과 생물학적인 동태(Dynamics)를 고려하지 않는다. 어업자원 한 단위의 어획을 다음 시기로 미루게 되면, 이에 따른 편익과 비용이 발생하게 된다. 예를 들면, 편익의 경우 어획을 다음 시기로 미루게 됨에 따라 어업자원의 자연성장애 따른 자원량의 증가로 인해 자원지대가 늘어난다. 비용의 경우에는 어획으로 인한 어업수익을 다음시기로 미룸으로써 늘어나는 비용이다. 예를 들면 투입노력량에 대한 이자와 같은 손실이 발생하게 된다.

어업의 동태적 분석에서는 이와 같이 자원의 시간적 배분에 따른 편익과 비용의 발생을 고려하여 각 시기의 어획량을 결정 한다. 즉, 동태적 어업자원의 효율성은 각시기에 어업에서 얻어지는 경제지대에 대한 현재가치의 합이 극대화됨으로써 이루어진다.

자원의 붕괴 가능성이 없는 자원에 대한 동태적 생물경제모델을 세워보면 다음과 같다. 목적함수는 현재가치로서 순사회적편익(Net Social Benefit)을 최대화 하는 것이다. 식으로 표현한 목적함수는<sup>51</sup>:

$$\text{Max.NB} = \int_0^{\infty} e^{-\delta t} U(h) dt$$

Subject to

$$\dot{X} = G(X) - h$$

여기서  $U$ 는 순사회적 편익을 나타내고,  $\delta$ 는 이자율을 나타내고 있다. 모델을 단순화 하기 위해서 자원에 대한 외부성은 고려하지 않았다. 목적함수를 해밀토니안(Hamiltonian)함수로 표현하면 아래의 식과 같다.<sup>52</sup>

<sup>51</sup> Plourde, C. G., "A Simple model of Replenishable Natural Resource Exploitation", *American Economic Review*, Vol.49, 1970, pp. 1762 - 1769..

<sup>52</sup> Johnston, R. and J. Sutinen, "Uncertain Biomass Shift and Collapse:

$$H = e^{-\alpha}U(h) + \lambda[G(X) - h]$$

$$H^{cv} = U(h) + m[G(X) - h]$$

여기서  $H^{cv}$ 는 현재 가치를 나타내고,  $m$ 은  $\lambda e^{\alpha}$ 와 같다.  
필요조건은,

$$\frac{\partial H^{cv}}{\partial h} = U'(h) - m = 0$$

$$\Rightarrow U'(h) = m$$

$$\dot{m} = -\frac{\partial H^{cv}}{\partial X} + \delta m \rightarrow \text{adjoint equation}$$

$$= -mG'(X) + \delta m$$

$$\Rightarrow G'(X) = \delta \text{ --- Equation 3.1}$$

식 3.1은 이자율과 어업자원의 성장의 변화율이 일치하는 곳에서 이윤의 극대화가 이루어진다는 것을 보여준다.

<그림 3 - 2>는 안정상태(Steady - state,  $\dot{X} = 0, \dot{m} = 0$ )하에서의 최적자원량( $X^*$ )을 보여준다. 최적 자원량은 식 3.1에서 보듯이 이자율과 어업자원의 성장률, 즉 성장곡선,  $G(X)$ ,의 기울기와 만나는 점에 해당하는 자원량이다. <그림 3 - 3>은 최적어획량( $h^*$ )의 추이를 현재의 자원량이 최적자원량보다 많은 경우( $X > X^*$ )와 현재의 자원량이 최적자원량보다 적은 경우( $X < X^*$ )로 나누어 보여주고 있다. 최적자원량( $X^*$ )의 경우, 자원경제학에서 “황금률(Golden Rule)”이라 부르는 식<sup>53</sup>,  $G'(X) - \frac{c'(X)G(X)}{p - c(X)} = \delta$ ,을 이용하여  $X^*$ 을 다른 식으로 표현하면, 다음과 같다.

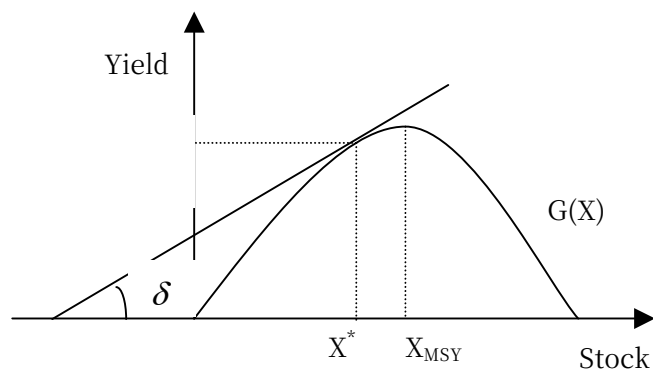
---

Implications for Harvest Policy in the Fishery”, *Land Economics*, Vol.72(4), 1996, pp. 500 - 518.

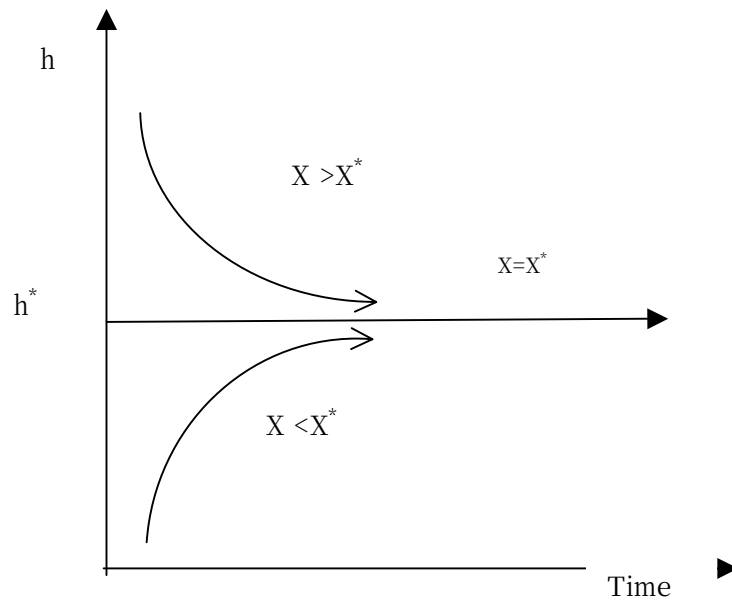
<sup>53</sup> Clark, C., *Mathematical Bioeconomics*. John Wiley & Sons, 1990, p.386.

$$X^* = 0.25 \left[ \frac{c}{pq} + K \left( 1 - \frac{\delta}{r} \right) + \left[ \frac{c}{pq} + K \left( 1 - \frac{\delta}{r} \right) \right]^2 + 8K \left[ \frac{c\delta}{pqr} \right] \right]$$

<그림 3-2> 자원의 붕괴 가능성이 없는 경우의 최적 자원량



<그림 3-3> 자원의 붕괴 가능성이 없을 경우 최적 어획량의 추  
이



외부환경의 변화에 따라 자원의 붕괴가 일어날 가능성이 있는 상황 하에서는 첫번째의 생물경제모델은 자원에 대한 환경적인 효과를 고려하기 위해 수정 되어야만 한다. 불확실성을 고려하기 위해 자원의 붕괴가 일어 나지않을 확률을  $q$ 로 정하였다. 어업이 확률적으로 자원의 붕괴되는 시간( $T$ )을 가지고 있고, 자원의 붕괴가 일어나지 않을 시간( $t$ )이 있을 경우 자원의 붕괴가 일어나지 않을 시간에 대한 확률은 다음과 같이 표시할 수 있다.<sup>54</sup>

$$q(t) = \text{Probability}\{t < T\}$$

여기서  $t$ 가 0인 경우  $q(0)$ 는 1이 되고  $t$ 가 무한대인 경우  $q(\infty)$ 는 0이 된다.

따라서 자원붕괴 되지 않을 확률을 고려한 기대목적함수 (Expected Objective Function)는 아래와 같다.

$$\begin{aligned} \text{Max NB} &= \int_0^{\infty} e^{-\delta t} [q(t)U(h) + (1-q(t))U(h)]dt \\ \text{S.t.} \\ \dot{X} &= G(X) - h \end{aligned}$$

그러나 자원 붕괴 이후, 자원의 가치를 고려하지 않는다고 가정하면 목적 함수식에서 두 번째 항은 0이 된다. 즉, 자원붕괴 이후의 자원에 대한 사회적 편익이 없기 때문이다. 또한 첫번째 모델과 마찬가지로 단순화하기 위해 자원의 외부성과 자원붕괴에 따른 비용을 고려하지 않았다. 해밀토니안 함수는 아래와 같다.

$$H^{NCV} = q(t)U(h) + q(t)\phi[G(X) - h]$$

여기서  $\phi = \lambda e^{\delta t}$ .

---

<sup>54</sup> Ibid..

필요조건은,

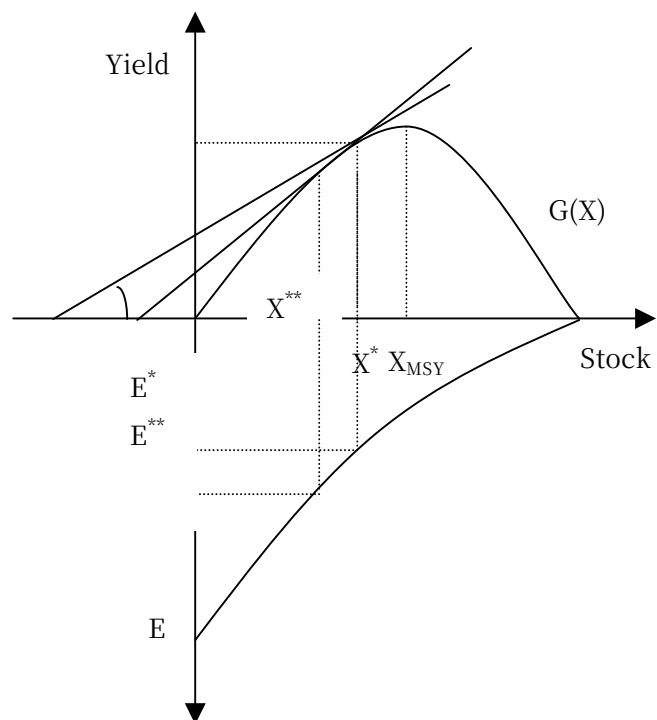
$$\begin{aligned}
 \frac{\partial H^{NCV}}{\partial h} &= q(t)U'(h) - q(t)\phi = 0 \\
 \Rightarrow q(t)U'(h) &= q(t)\phi \\
 \frac{\partial(q(t)\phi(t))}{\partial t} &= -\frac{\partial H^{NCV}}{\partial X} + \delta q(t)\phi(t) \rightarrow \text{adjoint equation} \\
 \Rightarrow \dot{\phi} q(t) &= \phi[\delta q(t) - \dot{q} - q(t)G'(X)] \\
 \Rightarrow \dot{\phi} &= \phi[\delta - \frac{\dot{q}}{q} - G'(X)] \\
 \Rightarrow G'(X) &= \delta - \frac{\dot{q}}{q} \rightarrow \text{Equation 3.2}
 \end{aligned}$$

첫번째와 두번째 해밀토니안 함수의 필요조건을 비교해보면 식 3.1에 있는  $G'(X)$ 가 식 3.2에 있는  $G'(X)$ 보다 작음을 알 수 있다.

왜냐하면  $\frac{\dot{q}}{q}$ 가 음수이기 때문이다. 따라서 후자의 경우 최적 자원량 ( $X^{**}$ )은 전자의 경우에 비해 적다 (<그림 3-4> 참조). 이러한 결과는 이자율의 증가가 최적 자원량에 미치는 효과와 같다.

결론적으로 안정균형(Steady - state)상태에서 최적자원량( $X^{**}$ )과 최적어획노력량( $E^{**}$ )은 <그림 3-4>에서 보여주고 있다. 자원붕괴 가능성이 없는 환경에서의 최적 자원량( $X^*$ )은 자원붕괴 가능성이 있는 경우의 최적 자원량( $X^{**}$ )보다 크다. 또한 최적어획노력량 경우 자원붕괴 가능성이 있는 경우의 최적어획노력량( $E^{**}$ )은 자원붕괴 가능성이 없는 환경에서의 최적어획노력량( $E^*$ )보다 크다. 이러한 결과는 미래에 일어날 수 있는 자원의 붕괴가 어업자원에 대한 세도우가격(Shadow Price)을 감소시키기 때문이고, 세도우가격은 어획에 대한 사회한계비용(Social Marginal Cost)의 일부분이 된다. 즉, 불확실성은 현재의 어획에 대한 사회비용(Social Cost)을 감소 시킨다.

<그림 3-4> 자원붕괴 가능성이 있을 경우의 최적자원량과 어획  
노력량



## 제 4 장 고등어 자원에 대한 생물경제모델

### 1. 비용 및 어업수입 함수

어업모델에 있어 비용함수(Cost Function)를 나타내기 위해서는 다음과 같은 가정이 필요하다. 어획노력당 단위비용,  $c$ , 를 어획노력량을 조업일수로 정의 했을 경우 어업을 하고 있는 어선들에 대해 표준이 되는 어선이 하루 동안 조업을 하는데 있어 드는 비용을 말한다. 일반적으로, 자원량이 감소함에 따라 어획에 드는 비용은 증가한다. 예를 들면, 어획을 하기위해 어군을 탐색하는 비용은 자원이 감소됨에 따라 증가할 것이다. 그러나 고등어와 같이 군집 특성이 있는 어종의 어획노력당 단위비용은 자원량의 밀도(Stock Density)와 상관없이 일정하다.<sup>55</sup> 따라서 어획노력량( $EInyr$ )<sup>56</sup>에 따른 어업비용 함수는 다음과 같다.

$$VC=c*EInyr$$

그러나 위의 비용함수는 오직 가변비용(Variable Cost,  $vc$ )만을 포함하고 있다. 어업비용은 가변비용과 고정비용(Fixed Cost,  $fc$ )으로 나눌 수 있는데 가변비용은 연료, 소모품 및 선원급여 등을 포함하고 고정비용은 조업활동과 상관없이 지출되는 비용을 말한다.

<sup>55</sup> Bjørndal, T., "The Optimal Management of North Sea Herring", *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.15, 1988, pp. 9 - 21.

<sup>56</sup> 제4장에서 설명되는 함수식은 모델을 보다 잘 이해하기 위해 부록에 있는 프로그램에 쓰여진 표시(Notation)와 똑같이 사용하였다. 따라서 제3장에서 설명된 파라미터 표시와 다를 수 있다. 예를 들면 제3장에서는 어획노력량을 "E"로 표시하였으나 제4장에서는 "EInyr"로 표시하였다. 왜냐하면, 모델 프로그램은 이론적 설명과 달리 좀더 세밀하게 표현해야 하고, 한 종류의 파라미터를 상황 혹은 동태적분석인 경우 시간의 개념을 포함하여야 하므로 다르게 표현 하였다.

예를 들면, 어선의 보험료, 어선의 최초가격 및 사무실 운영비 등이 포함된다. 따라서 고정비용을 포함한 총비용함수는 다음과 같다.

$$TC = fc + c * E_{Inyr}$$

다음으로 어업수입은 고등어의 평균가격( $E_{vp}$ )에 어획량( $DY$ )을 곱하면 구할 수 있다. 따라서 수입함수(Revenue)는 다음과 같이 나타낸다.

$$Revenue = E_{vp} * DY(E_{Inyr})$$

또한 고등어의 가격이 일정 불변이고, 어획노력량의 한계 및 평균비용이 일정 불변이라 가정 할 때, 어획노력량을 투입하여 얻을 수 있는 어획량에 따른 지속 경제지대(Sustainable Economic Rent)는 다음과 같다.

$$\pi(t) = Revenue - TC = \{EVP * DY(E_{Inyr})\} - (fc + c * E_{Inyr})$$

## 2. 어획함수

어획함수(Harvest Function)는 생산요소의 투입에 따른 생산물의 양을 결정한다. 일반적으로 어획함수는 자원량과 어획노력량의 함수인데, 주로 콥 - 더글라스함수(Cobb - Douglas Function)가 어획함수로서 사용되어 지고 있다. 어업에서 흔히 사용되는 콥 - 더글라스 함수 형태는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$h_t = Q * X_t^\beta E_t^\tau$$

여기서  $h$  는 어획량을 나타내고,  $E$  는 어획노력량,  $X$  는 고등어의 자원량을 나타낸다. 파라미터로서  $Q$  는 어획가능계수(Catchability Coefficient)을 나타내는데, 어획가능계수는 단위어획노력량에 의해 어획되는 양을 자원량의 비율(%)로 나타낸다.  $\beta$ 는 자원량에 따른 탄력성(Stock - output Elasticity),  $\gamma$ 은 어획노력량에 따른 탄력성(Effort - output Elasticity),을 나타내는데, 이들 파라미터의 값은 일정하고 양의 값을 갖고 있다. 본 연구에서는 콥 - 더글라스 함수를 사용하는데 있어 파라미터 값들을 구하기가 현재로는 불가능하므로 대체 방법으로 바라노브(Baranov) 어획함수를 사용하였다.<sup>57</sup>

$$DY_t = N_t \frac{F_t}{Z_t} (1 - e^{-F_t})$$

여기서  $DY$ 는 어획량을 나타내고,  $F_t$ 는 어획사망율을 나타내며  $EInyr_t$ 의 함수이다, i.e.  $F_t = f(EInyr)$ .  $N_t$ 은 어종의 수, 그리고  $Z_t$ 는 어획사망율과 자연사망율을 합한 총사망률을 나타낸다.

### 3. 어선변화 함수

본 모델은 어획노력량과 직접적인 함수관계에 있는 어선변화를 고려하였다. 이를 위해 아래와 같은 함수로 표현 할 수 있다.

$$NV_{t+1} = (1 - decavy)NV_t + Nzero_{t+1} + ACQUIRE_t - SALVAGE_t$$

여기서  $NV_t$ 는  $t$ 년도의 통수를 나타내고,  $decavy$ 는 자본의 감가상각과 비슷한 개념인 어선이 시간이 지남에 따라 어획능력이 감소되는 비율을 나타낸다.  $Nzero$ 는 초기년도의 통수 즉 현재 대형선망어

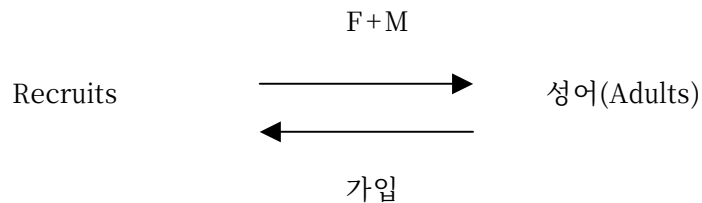
<sup>57</sup> Quinn II, T and R. Deriso. *Quantitative Fish Dynamaics*, Oxford University, 1999, p.542.

업에서 조업하고 있는 통수를 말한다.  $ACQUIRE_t$  는 어업에 새로 진입 되는 통수를 나타내고  $SALVAGE_t$ 는 감척되는 통수 혹은 폐기되는 통수를 말한다.

#### 4. 어족자원변화 함수

어족자원을 증가시키는 요인으로서는 가입(Recruitment)과 자연성장을 들 수 있고, 반대로 감소시키는 요인으로서는 어획사망율(F)과 자연사망율(M)이 있다.<sup>58</sup> 이와 같은 관계를 그림으로 나타내면 다음과 같다.

<그림 4-1> 가입과 성어와의 관계



가입은 산란 후 미성어가 성장함에 따라 산란 할 수 있는 연급 군에 속하는 것을 말하며, 또한 어획활동에 영향을 받기 시작하는 단계를 말한다. <그림 4 - 1>에서 보듯이 리쿠르트(Recruit)는 어획사망율과 자연사망율에 영향을 받기 쉽다. 또한 리쿠르트되는 미성어는 바로 전기간에 산란할 수 있는 성어들과의 함수관계에 있으나 자원량과

<sup>58</sup> 어업의 입장에서 본 자원생물은 어획대상이 되는 크기의 계층과 아직 어획대상이 되지 못하는 소형의 계층으로 나눌 수 있다. 어획의 대상이 되는 생물학적 계층을 통틀어서 ‘자원’이라고 한다면 일정한 시기, 일정한 장소에 분포하는 대상어류의 총중량을 ‘자원량(Stocks)’이라고 한다. 이런 관점에서 본다면 자원은 어느 일정한 연령에 이른 뒤 어획대상계층으로 들어가는 가입(Recruitment)과 이미 가입하여 어획이 되고 있는 계층의 성장(Growth)에 의해 자원량은 증대하고 어획대상계층의 자연적 사망량에 의해 감소한다(국립수산진흥원, 연근해 어업대상자원의 진단과 평가, p.5)

가입사이의 관계를 본 연구에서는 자세히 고려하지 않았다.<sup>59</sup>

이러한 언급된 요인들이 어족자원 변화함수의 구성요소가 되는데, 아래의 함수가 어족자원의 변화를 나타내고 있다.

$$X_{t+1} = X_t + [DXT_t - DY_t]$$

where

$$DXT_t = r * X_t * (1 - \frac{X_t}{K})$$

$$DY_t = X_t(1 - e^{-F_t})$$

각 파라미터를 설명하면,  $X_t$ 는 고등어 자원량을 나타내고,  $DXT_t$ 는 로지스틱 성장함수,  $DY_t$ 는 어획량,  $r$ 은 고유 성장 비율,  $K$ 는 환경부하용량 그리고  $F$ 는 어획사망율을 나타낸다. 모델에 있어 어획은 기간이 끝나는 시점에 일어나고 있다고 가정한다.

## 5. 생존함수

총사망률로부터 생존하는 어족의 양은 음수지수(Negative Exponential)관계를 가지고 있다. 즉 연령이 0일때 연급군에 있는 어종의 양을  $N_0$ 라 하고  $Z$ 를 총사망율이라 할 때, 산란 후 1년이 지나면 연급군에 남아 있는 어족의 수는 다음과 같은 식을 가진다.

---

<sup>59</sup> 일반적으로 어족자원에 있어 가입과 자원과의 관계는 베버튼 - 홀트(Berveton - Holt)곡선에 의해 설명되어 지는데 함수식은 다음과 같다.

$$R = 1(\alpha + \frac{\beta}{S})$$

여기서  $R$ 은 리쿠르트 되는 수를 나타내고,  $S$ 는 어족자원의 수를 나타낸다.  $\alpha$ 와  $\beta$ 는 상수로서 각각 원점에서의 기울기와 곡선의 모양을 나타낸다. (Quinn II, T and R. Deriso. *Quantitative Fish Dynamaics*, Oxford University, 1999, p.542).

$$N_1 = N_0 * \exp(-Z)$$

본 모델에서는 고등어 자원에 대한 불확실성을 고려하기 위해 위의 식을 이용하여 에스케이프먼트(Escapement)비율(escape)을 제한식에 포함했다. 따라서 1년후 생존비율은 각 년도 연급균양의 비율과 같다.

$$escape = \frac{N_1}{N_0}$$

따라서  $escape = \exp(-Z)$ 라고 나타낼 수 있다.

자연사망율은 어종의 나이, 환경 등에 따라 변하지만 본 모델에서는 대부분의 어업에 관한 모델에서 주로 사용하는 자연 사망률 치수인 0.2를 사용하였다. 또한 어획사망률의 경우 주로 순간비율(Instantaneous Rate)로 나타내는데 다른 방법으로 연간 어획 되는 양을 %로 나타낼 수 있다. 어획사망율의 변환을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

<표 4-1>  $F_{\text{Instantaneous}}$ 와  $F_{\text{Annual \% removal}}$  변환 관계

| $F_{\text{Instantaneous}}$ | $F_{\text{Annual \% removal}}$ |
|----------------------------|--------------------------------|
| 0.05                       | 5                              |
| 0.1                        | 10                             |
| 0.5                        | 40                             |
| 1.0                        | 64                             |
| 1.5                        | 78                             |
| 2.0                        | 87                             |
| 2.5                        | 92                             |

자료: DeAlteris, J., *Fish Stock Assessment and Fishery Management*, Working Paper, URI, 1998, p.31.

## 6. 목적함수

본 연구의 목적함수는 고등어 업계의 이윤을 최대화하면서 고등어자원을 지속가능한 수준으로 유지시키는 것이다. 지금까지 설명된 여러 가지 함수 식들은 목적함수를 구성하는 개별 함수들 이다. 목적함수와 제한식을 정리하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{Max NB} = \int_0^{\infty} e^{-\alpha t} (\text{Revenue} - H \text{ cost}) dt$$

Subject to

$$0 \leq DY_t \leq DY_{\max}$$

$$DY_t = X_t * (1 - e^{-F_t})$$

$$X_{t+1} = X_t + (DXT_t - DY_t)$$

$$DXT_t = r * X_t * (1 - \frac{X_t}{K})$$

$$X_t \leq K$$

$$\text{EXP}(-Z_t) \geq \text{escape}$$

$$NV_t = (1 - \text{decavy}) * NV_{t-1} + N\text{zero}_{t-1} + \text{Acquire}_{t-1} - \text{Salvage}_{t-1}$$

$$H \text{ cost}_t = V\text{opcost}_t * E\text{Inyr}_t$$

$$\text{Revenue}_t = E\text{vp} * DY_t$$

$$X_t = S\text{zero}_{t-1} + X\text{cum}_{t-1}$$

$$NV_t \leq NV_{\max}$$

여기서 EVP(Ex - vessel Price)는 산지가격 혹은 위판가격,  $DY_t$  는 어획량,  $c$ 는 단위어획노력당 비용,  $E\text{Inyr}_t$ 는 어획노력량,  $X_t$ 는 자원량,  $r$ 은 고유성장율,  $K$ 는 환경부하 용량,  $NV_t$ 는 통수,  $\text{decavy}$ 는 어선의 감가상가비율,  $N\text{zero}_{t-1}$ 는 초기년도의 통수,  $\text{Acquire}_t$ 는 어업에 새로

진입하는 통수,  $Salvage_t$ 는 감척되는 통수,  $Hcost_t$ 는 어획비용,  $Z$ 는 사망률,  $DXT_t$ 는 로지스틱성장곡선,  $escape$ 는 최소 에스케이프먼트 비율 등을 의미하고 있다.

## 제 5 장 데이터 및 분석

### 1. 비용 데이터 및 분석

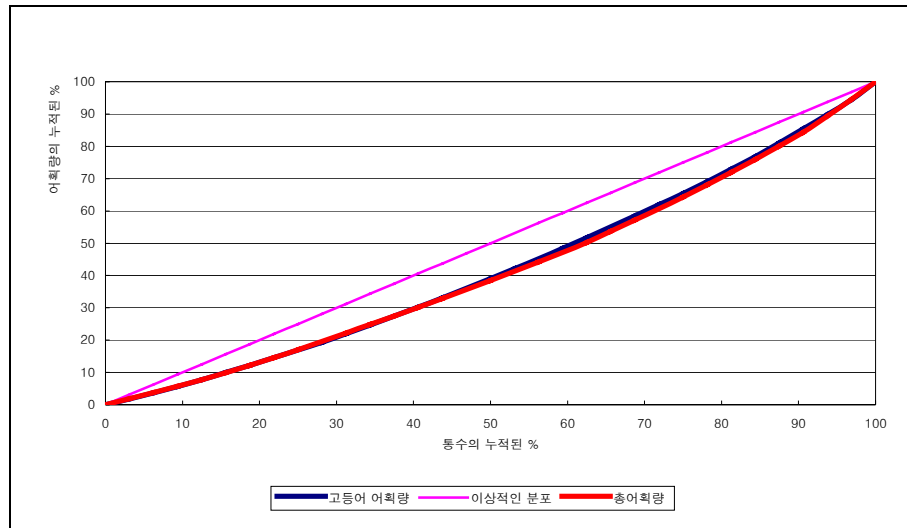
비용에 관한 자료는 어업에 있어 경제적이윤의 변화를 이해하기 위해서는 꼭 필요한 자료이다. 그러나 상대적으로 어업별 비용 데이터는 다양하게 축적되어 있지 않다. 현재 어업비용에 대한 데이터는 수산업협동조합에서 발간되는 “어가경영조사보고”에 있으나 경제적인 분석에 사용하기에는 미흡함이 있다.<sup>60</sup> 따라서 자료의 신뢰도를 높이기 위해 대형선망수산업협동조합의 협조를 얻어 직접 조사를 실시하였다.

비용조사의 모집단은 현재 어업중인 33통의 2000년도 고등어 위판량을 이용하여 로렌즈곡선(Lorenz Curve)을 그려보았다 (<그림 5-1> 참조). 원래의 로렌즈곡선은 한 사회의 구성원을 소득이 낮은 사람으로부터 높아지는 순서에 따라 차례로 배열한다고 할 때, 일정 비율의 사람들이 차지하는 소득을 전체소득 중의 비율로 나타내는 점들을 모아 놓은 곡선이다. 이러한 로렌즈곡선의 특성을 이용하여 고등어 어획량 분포를 알아보았다. <그림 5-1>을 보면 수평축에는 통수의 비율이 %로 표시되어 있고, 수직축에는 전체 어획량중의 점유비율이 역시 %로 표시되어 있다. 그리고 수평축상에 표시되고 있는 통수의 비율은 가장 낮은 어획을 하는 통부터 순서대로 배열했을 때의 비율을 뜻한다. 예를 들면, 수평축상의 20이란 숫자는 낮은 어획을 하는 20%의 통수를 의미한다. 만약에 총어획량이 모든 통들에게 균등하게 분포되어 있다면, 45°의 직선을 그리게 된다. 다른 어종들을 포함한 총어획량 분포도 거의 고등어 어획량 분포와 비슷하게 나타나고 있다. <그림 5-1>을 보면 생산량의 분포가 비교적 잘 이루어져 있다. 따라서

<sup>60</sup> 부록에 첨부된 비용조사는 미국의 뉴잉글랜드(New England)지역에서 사용된 비용조사 설문지이다. 본 비용조사는 “A Cooperative Proposal for Surveying and Monitoring the Economic Status of Northeast Fishing Vessels”이라는 연구프로젝트로 수행되었다. 구성은 두 부분으로 나누어 졌는데, 첫째부분에는 어선과 어구에 대한 정보 그리고 어업에 따른 가변비용(Variable Cost)에 대한 질문들이 있다. 둘째부분에는 어선의 고정비용(Fixed Cost)에 대한 질문들이 있다.

전체를 3개의 그룹으로 나눈 후 각 그룹에서 2통씩, 총 6통의 비용을 조사하였다.

<그림 5-1> 고등어 어획량의 로렌츠곡선



<표 5 - 1>은 비용조사의 결과를 보여주고 있는데 총비용중 가장 많은 비율을 차지하는 것은 인건비(30%)이다. 대형선망어업의 임금은 고정급병용보합제 형태로 고정급에 총어획고에 따라 일정한 비율로 배분한 생산 장려수당을 가산한 임금형태를 갖고 있다.<sup>61</sup> 두 번째로는 연료비가 18.7%를 차지하고 있다. 세 번째로는 선박수리비가 8.9%를 차지하고, 그 이외의 지출 항목들은 거의 2%와 6%사이에 놓여있다. 통당 평균 어업비용은 약 57억원 이다. 그러므로 통당 평균 조업일수가 연간 255일 이므로, 1일 조업비용은 약 2천 2백만원 정도가 소요된다.

<sup>61</sup> 어업에서 임금형태는 고정급제, 보합제, 고정급병용보합제로 나눌 수 있다. 여기서 보합제라 함은 총어획고에서 항해 중에 발생하는 비용을 제외한 어획고를 선주와 선원이 단체 협약서에 정한 비율로 나누고 난 후 선원들의 몫을 선원간에 일정한 비율로 나누는 제도를 말한다. 일명 짓가람제 라고도 한다.

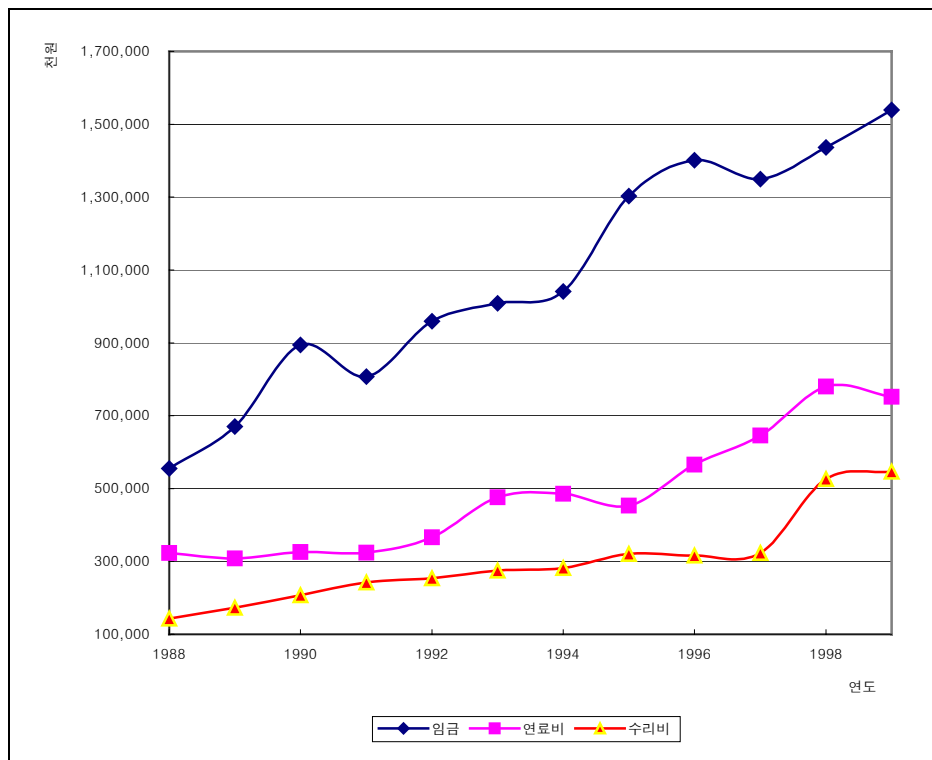
&lt;표 5-1&gt; 대형선망어업 비용

단위: 천원

| 과목           | 비용/년간     | 비율   |
|--------------|-----------|------|
| 인건비(어로장임금포함) | 1,708,941 | 29.9 |
| 선원급식비        | 131,120   | 2.3  |
| 복리후생비        | 120,624   | 2.1  |
| 공제료          | 230,023   | 4.0  |
| 감가상각비        | 260,833   | 4.6  |
| 판매비용         | 327,447   | 5.7  |
| 상자대금         | 204,366   | 3.6  |
| 빙대           | 293,857   | 5.1  |
| 연료비          | 1,069,136 | 18.7 |
| 선박수리비        | 508,485   | 8.9  |
| 어구수선비        | 187,992   | 3.3  |
| 선용품비         | 81,131    | 1.4  |
| 일반관리비        | 339,287   | 5.9  |
| 영업외 비용       | 256,333   | 4.5  |
| 합계           | 5,719,575 | 100  |

비용조사에서 보듯이 총어업비용중 임금, 연료비 및 어선어구 수리비가 차지하는 비율이 58%가 된다. 따라서 본 연구의 비용조사 내용에 포함되지 않았지만, 수산업협동조합에서 발간되는 “어업경영조사보고”에 있는 데이터를 이용하여 3개의 항목에 대한 변화 추이를 조사하였다 (<그림 5 - 2> 참조).

<그림 5-2> 임금, 연료비 및 수리비 변화 추이



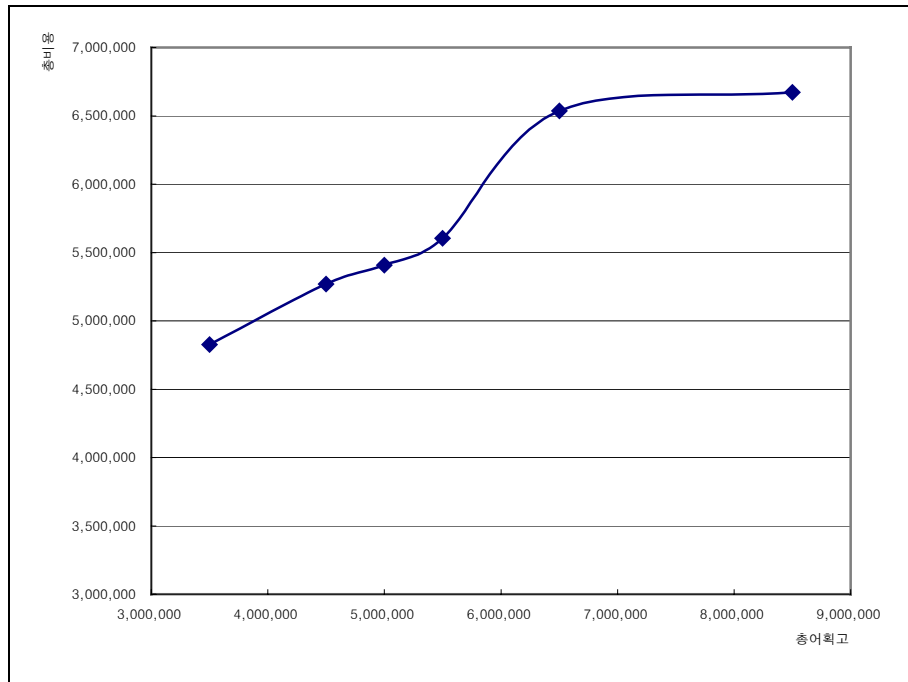
자료: 수산업협동조합중앙회, 어업경영조사보고, 2000, p.199.

대형선망어업의 경우 총어업비용에서 임금이 차지하는 비중이 클 뿐만 아니라 증가율도 가장 높아 임금이 어업비용증가를 주도해 왔음을 알 수 있다. 1997년도의 임금이 1996년도에 비해 약 3.9%가 감소하였으나, 그림에도 불구하고 전체적으로 임금은 상승하는 추세이고 1999년에는 전년에 비해 약 7.2%가 증가 하였다. 임금상승은 물가가 오름에 따라 타 산업의 경우와 같이 증가 될 수 있으나 문제는 어업자원의 감소로 인해 어업수입이 줄어든 반면 임금을 포함한 출어경비가 계속적으로 증가함으로써 대형선망어업의 경영수지가 악화되고 있다.

<그림 5-3>은 대형선망어업의 총어획고와 총비용간의 관계를 그래프로 보여주고 있다. 수평축에는 총어획노력량(Total Fishing Effort)으로 표시하는 것이 일반적이나 총어획고로 표시 하였다. 이유는 대형선망어업의 경우 고등어만을 어획하는 것이 아니라 여러 종류의 어류들이 동시에 어획 되므로 각 어종에 따른 평균가격 데이터를 구하기가 어렵기 때문이다. 만약 대형선망어업에 의해 어획 되는 어종에 대한 평균가격을 안다고 가정 할 경우 총어획고에 어종의 평균가격으로 나누어 난 후 어획량은 어획노력량의 함수이므로 역으로 계산하면 총어획고에 해당하는 총어획노력량을 추정할 수 있을 것이다. 그러나 이러한 추정은 본 연구의 목적과 일치하지 않으므로 본 연구에서는 생략하였다. 그러므로 여기에서는 총어획고를 총어획노력량을 대신하여 사용하였다. <그림 5-3>에서 의미하는 바는 다음과 같다. 총어획고의 범위가 35억원에서 65억원인 경우 총어획고를 올리기 위해 어획노력량을 증가할 경우 총비용은 거의 선형적으로 증가함을 보여주고 있다. 그러나 총어획고가 65억원 이상인 경우 총어획고를 높이기 위해 투입되는 어획노력량에 대한 총비용의 증가율은 거의 수평적이다. 즉, 첫번째의 경우 어획노력량 증가에 따른 한계비용(=곡선의 기울기)은 차츰 증가되고 있고, 두 번째의 경우 어획노력량의 증가에 따른 한계비용은 거의 일정하다고 할 수 있다.

<그림 5-3> 대형선망어업의 총어획고와 총비용간의 관계

단위;천원



## 2. 가격분석

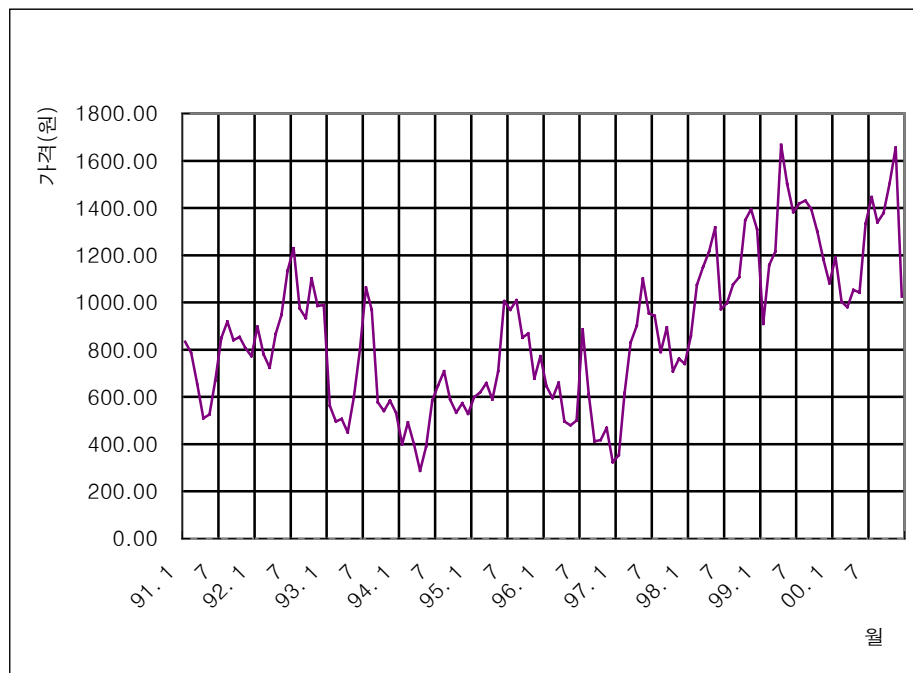
본 절에서는 이 연구에서 다루어지고 있는 생산자가격의 동향과 추세에 대한 분석을 다루고 있다.

최근 10년간 고등어의 월별 실질가격<sup>62</sup>을 살펴보면, '91년부터 '97년까지는 Kg당 최고 1230원과 287원 사이에서 등락을 하고 있으나 '98년 이후 점진적인 증가추세를 보이고 있으며 '99년 5월에는 1,600원까지 상승하였다 (<그림 5 - 4> 참조). 이러한 가격의 상승은 최근에 나타나고 있는 자원수준의 하락으로 인한 어획량의 감소와 단

<sup>62</sup> 실질가격은 물가상승과 인플레이션을 고려하여 계산되어진 가격을 가리키며, 계산 방법은 생산자가격에 생산자물가지수를 곱한 후 100으로 나누어 주었다.

백질 공급원으로서의 역할증가가 주된 원인으로 작용하고 있다고 추측할 수 있다.

<그림 5-4> 최근 10년간 월별 고등어 실질 생산자 가격동향

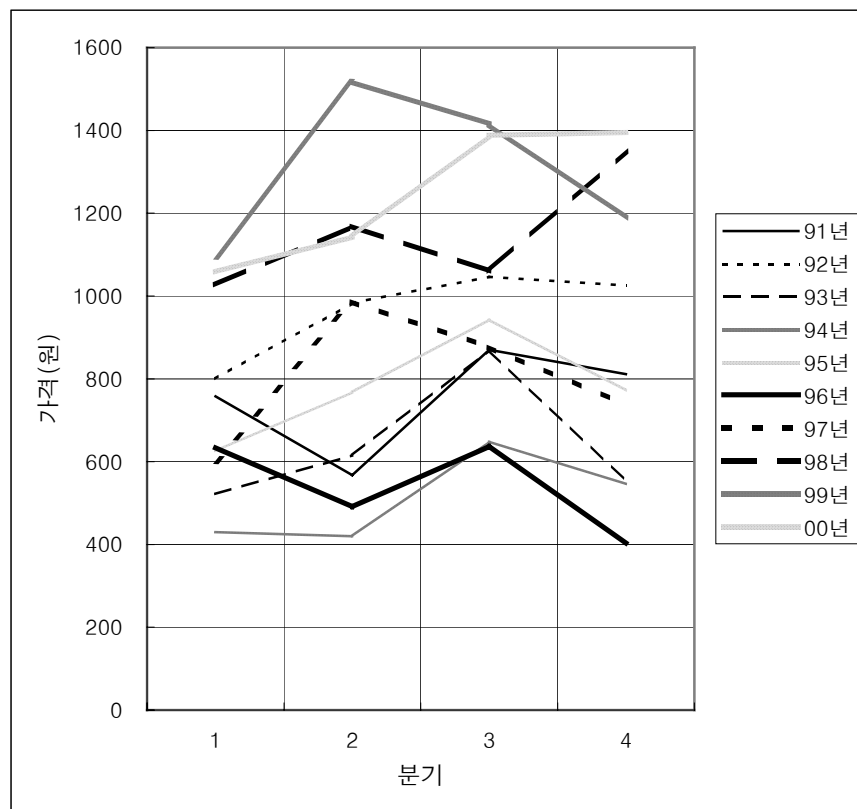


자료: 한국금융연구원, 품목별 생산자물가지수, 2000; 해양수산부, 수산물 수급 및 가격편람, 2001,9, p.248

가격등락의 분기별 추세를 살펴보기 위하여 분기별 평균가격을 계산한 후 그림으로 나타내어 보면, 실질가격이 낮은 수준을 보이고 있는 '91년부터 '96년까지는 3분기에 최고가격을 나타내고 있다. 그러나 이러한 분기별 가격 변화의 경향은 '97년 기점으로 최근으로 오면서 전혀 다른 양상을 보이고 있다. 이 기간 동안 가격변화는 2000년을 제외하고 나머지는 3분기가 가격이 하락추세를 보이고 있으며, 오히려 2분기 가격의 강세가 두드러진 현상으로 나타나고 있다 (<그림

5 - 5> 참조). 수요의 증가를 예측한 수입물량의 증가가 3분기가격 하락의 주된 원인으로 작용한 것으로 보여진다.

<그림 5-5> 분기별 실질생산자 가격

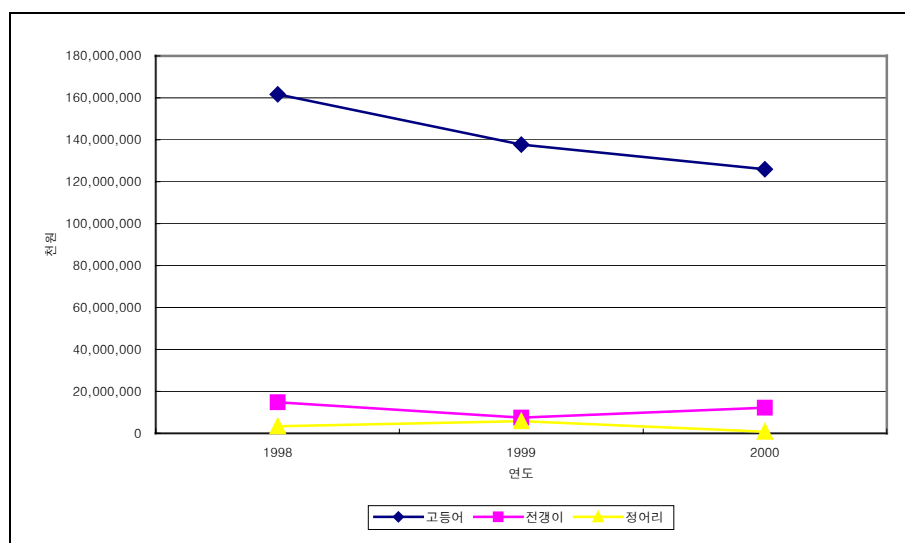


자료: 한국금융연구원, 품목별 생산자물가지수, 2000; 해양수산부, 수산물 수급 및 가격편람, 2001,9, p.248

대형선망어업의 주대상 어종인 고등어, 정어리 및 전갱이의 최근 3년간 위판금액의 변화를 <그림 5 - 6>에서 살펴보면, 비교적 안정적인 추세를 보이는 다른 어종에 비해 고등어의 위판금액은 지속적인 감소추세를 보이고 있고 감소율을 비교해 볼 때 정어리와 전갱이의 감소율보다 고등어의 감소율이 더 크다. 1999년도의 경우 1998년도에 비해 고등어 어획량이 5%나 증가 하였음에도 불구하고, 총 위판

된 금액은 15%나 감소하였다. 주요 이유는 고등어의 평균 위판가격이 킬로그램(Kg)당 1,060원에서 864원으로 하락하여 어획량 증가율(5%)보다 가격의 하락율(18%)이 크기 때문이다. 반대로 2000년도의 경우 1999년도에 비해 평균 위판 가격이 43%나 증가 하였으나 어획량의 감소(36%)로 인하여 총 위판 금액이 감소 하였다. 결론적으로 대형선망업계의 이윤에 영향을 미치는 요소는 어획량뿐만 아니라 시장에서 형성되는 가격에 의하여 많은 영향을 받는다는 것을 알 수 있다. 가격 등락에 따라 위판금액의 변화가 예상되나, 1999년 이후 나타나는 비교적 안정적인 추세와 수입추세를 고려해 볼 때, 본 연구는 2000년도 고등어 위판가격을 주어진 것으로 (Price Taker) 가정하고 분석 하였다.

**<그림 5-6> 대형선망어업에 의해 어획 되는 고등어, 정어리, 전갱이 위판금액 변화**



자료: 대형선망수산업협동조합

### 3. 어획능력<sup>63</sup>

대형선망어업의 1990년대 어획량 및 단위노력당 어획량은 1996년에 일시적으로 급증한 것을 제외하고는 그 이전에 비해 낮은 수준에 머물고 있다. 특히, 고등어는 군집특성이 있어 환경이나 어획 압력에 따라 자원변동이 심하기 때문에 높은 자원수준을 지속적으로 유지하기는 어려울 것이다. 또한 최근 어획되는 고등어의 체장 조성을 분석해보면 50~60%가 산란군에 가입하지 않은 미성어로 구성되어 있다. 이와 같은 결과로 볼 때 간접적으로나마 대형선망어업의 어획강도가 적정수준을 초과하고 있다고 추론할 수 있다.

선행연구에<sup>64</sup> 의하면 대형선망어업에서 어획 되는 고등어 및 8개 어종에 대한 적정 어획노력수준은 현 어획강도의 86%~95%인 것으로 추정되었다. 그러나 이러한 적정 어획노력량 추정은 경제적인 면을 고려하지 않고 오직 최대지속가능한 생산을 할 수 있는 어획사망율( $F_{msy}$ )과  $F_{msy}$ 의 2/3수준을 적정어획노력량의 수준으로 잡고 추정한 것이다.

어획노력량 추정을 위한 수단으로 여러 가지 생산요소가 고려될 수 있다. 대표적인 것으로 어선, 어구, 그리고 선원 등을 들 수 있는데 이러한 투입요소를 명목어업노력(Nominal Fishing Effort)이라 한다.<sup>65</sup> 그러나 최종적으로 어획노력은 생산 요소들의 결합에 의해 나타나는 것이므로 단 하나의 단위로는 표현하기가 매우 어렵다. 그러나 일반적인 어업노력에 대한 경제분석의 측정단위로 조업일수, 어선톤수, 마력수, 척수 등이 대표적으로 쓰여지고 있다. 본 연구에서도 일정기

<sup>63</sup> FAO의 어획능력에 대한 정의는 "주어진 자원량이나 어류의 연령구성 및 현재 기술수준에서 어선을 완전히 사용하여 일정기간에 생산 할 수 있는 최대생산량"이다.

<sup>64</sup> 신영태, 근해어업의 종합적 구조개선에 관한 연구, 해양수산부, 2001, p.492

<sup>65</sup> 어획노력량에는 명목어획노력량과 유효(실제)어획노력량(Effective Fishing Effort)이 있다. 명목어획노력량은 어업경제의 생산투입요소, 즉 어선, 선원, 어구 등이고 어선수, 톤수, 마력수, 출어일수, 조업일수 등과 같이 수량적으로 계산 할 수 있다. 유효어획노력량은 어획사망률로 나타내며 일반적으로 어획량은 평균어업자원의 생체량의 비율로 계산되며 음수의 자연대수값으로 나타낸다. 일반적으로 생물학적 분석에 많이 사용되어진다.

간 조업을 한 어선들의 조업일수(Fishing Days)를 어획 노력량으로 사용하였다.

#### 4. 고등어 생물경제모델링 분석 및 결과

##### *파라미터 및 고등어 생물경제모델링*

본 연구의 최적화 모델은 주어진 제약요인의 범위 내에서 대형선망어업의 이윤극대화를 만들 수 있는 투입요소의 최적(Optimal)조합을 반복적인 과정을 통하여 찾아내는 것이다.

최적해는 외생적으로 주어지는 파라미터값의 적정성에 의하여 영향을 받게 됨으로 파라미터 값들에 대한 적정성을 고려하기 위하여 비용데이터를 비롯한 파라미터값들은 고등어업계 및 관련 점무가들과 수차례 논의하였다. 파라미터에 대한 설명은 다음과 같다.

1. CAPT, Maximum Time /50/
  - 모델링의 최대 기간을 50년으로 했음
2. CAPTS, Maximum Time Step /5/
  - 1년을 다섯기간으로 나누었음
3. D, Annual Interest Rate /0.08/
  - 년이자를 8%로 하였음
4. decayv, Vessel Decay Factor /0.05/
  - 배의 가치를 기준으로 볼 때 5%의 감가상각을 적용함(대형선망수산업협동조합 자료)
5. Escape, Lower Bound on Escapement Fraction /0.1/
  - Escapement 비율을 0.1로 하였음
6. EVP, Ex - vessel Price of Mackerel /948/
  - 고등어의 가격은 2000년도 평균 위판가(1232원 /Kg)를 이용했음. 단위는 \$/톤임.

7. K, Environmental Carrying Capacity /550/
  - 환경한계용량은 일반적으로  $K=2*MSY$ 임. 그러나 1996년의 경우 수확량이 415천M/T이었으므로 K를 550천M/T으로 추정함. 단위 천M/T.
8. SZERO, Initial Stock Size /200/
  - 2000년도 고등어 자원량은 200천M/T으로 추정함 (장창익, 2000)
9. NZERO, Initial Fleet Number /33/
  - 현재 총 35통중 2통은 미조업중임
10. NV, Fleet size,
  - 통수
11. VOPCOST, Fleet Variable Cost /10.296/
  - 대형선망어업의 어획량중 고등어가 차지하는 비율은 70%정도임. 따라서 연간총비용중 고등어 어획에 들러간 비용을 70%로 가정할 수 있으므로 총비용의 70%를 평균조업일수로 나누면 조업일수당 평균비용을 구할 수 있음. 고정비용은 비용조사가 자세히 이루어지지 않았기 때문에 분류할 수 없으므로 전체비용에 포함 되었음. 단위 천\$/조업일수
12. EInyr, Effort in time - step
  - 어획노력량으로 단위는 조업일수를 사용했음
13. R, Growth Rate Coefficient, /0.41/
  - 고등어의 성장계수(장창익, 2000)
14. q, Catchability Coefficient, /1.24e - 02/
  - 어획가능계수
15. X, stock size
  - 고등어 자원량, 단위 천M/T.
16. DXT, Logistic growth function
  - 로지스틱 성장함수
17. DY, Harvest Quantity,
  - 어획량 함수

## 19. Z, Total Mortality

- 총 사망률은 어획사망율과 +자연사망율의 합임
- 자연사망율은 0.2임

## 20. Acquire, Fleet of vessels purchased

- 새로 진입되는 통수, 단위 통

## 21. Salvage, Number of sold (salvaged)

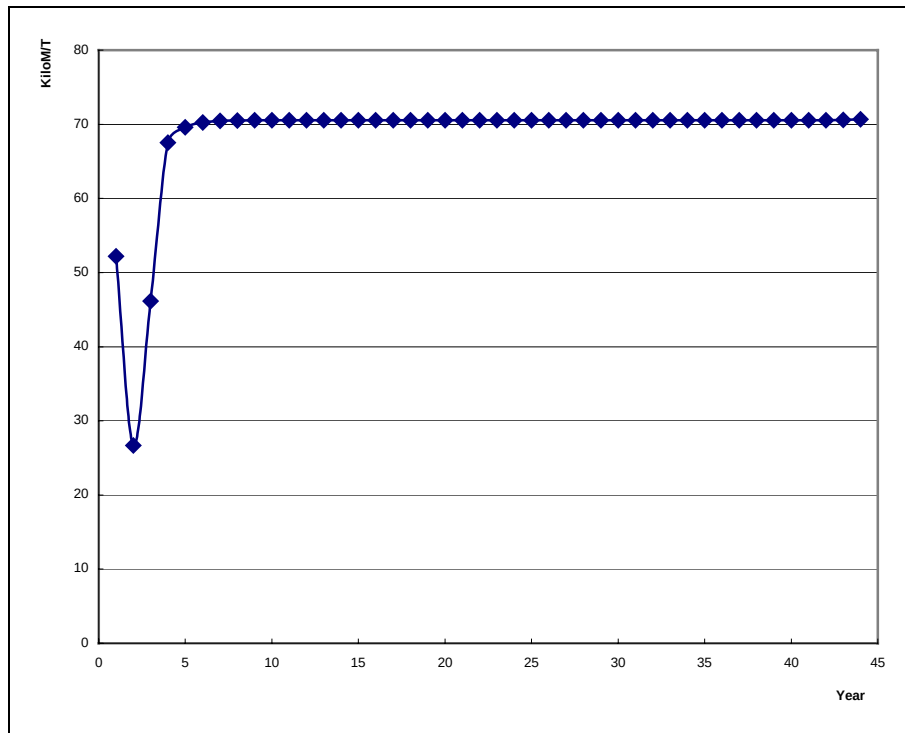
- 감척 혹은 폐업하는 통수, 단위 통

**분석 및 결과**

고등어자원에 대한 생물경제모델을 세우고 파라미터 값을 추정하기 위해 갬즈/미노(GAMS/MINO)를 사용하였다(부록 2 참조). 쿤-터커(Kuhu - Tucker)를 사용하는 것이 좀더 세밀하게 분석 할 수 있으나, 이론적분석에 대한 이해를 쉽게 하기 위하여 해밀토니안 함수를 사용하였다

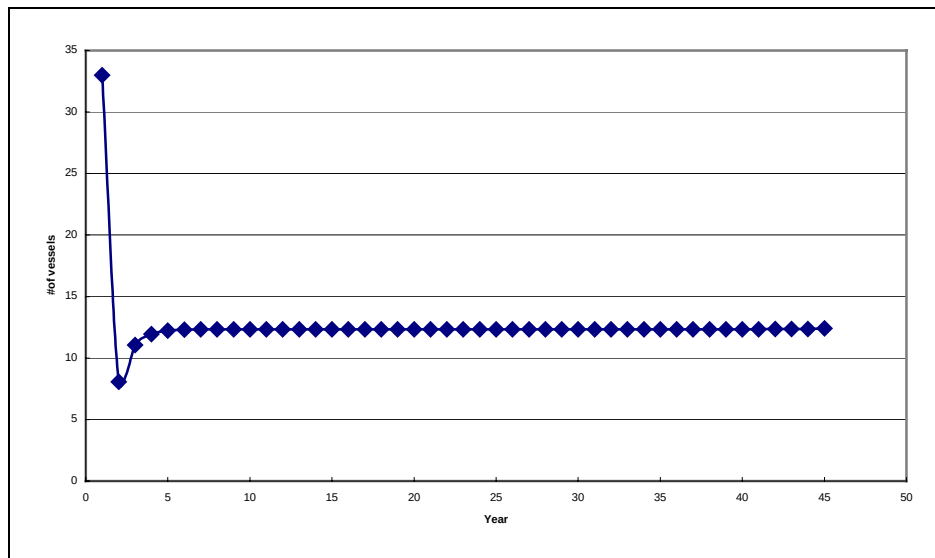
<그림 5 - 7>은 연도별 최적어획량을 보여주고 있다. 현재 고등어 자원량이 남획상태에 있다고 가정 했을 때 목적함수에 대한 지속가능한 자원유지를 위한 방정식인  $X_{t+1} = X_t + [DXT_t - DY_t]$ , 즉 각 년도의 자원변화량은 성장률에서 어획량을 뺀 양과 같아야 한다는 제한을 만족 하기위해서는 1차년도의 어획량이 상당히 감소한다. 따라서 <그림 5 - 7>에서 보듯이 52천M/T에서 27천M/T으로 최적 어획량이 급격히 줄어 들었다. 그 후 자원에 대한 자연적인 성장율이 증가하면서 적정 어획량도 점차 증가하는 것을 보여주고 있다. 약 12년 후 고등어 자원의 최적어획량은 균형점에 다다르게 된다.

&lt;그림 5-7&gt; 최적 어획량



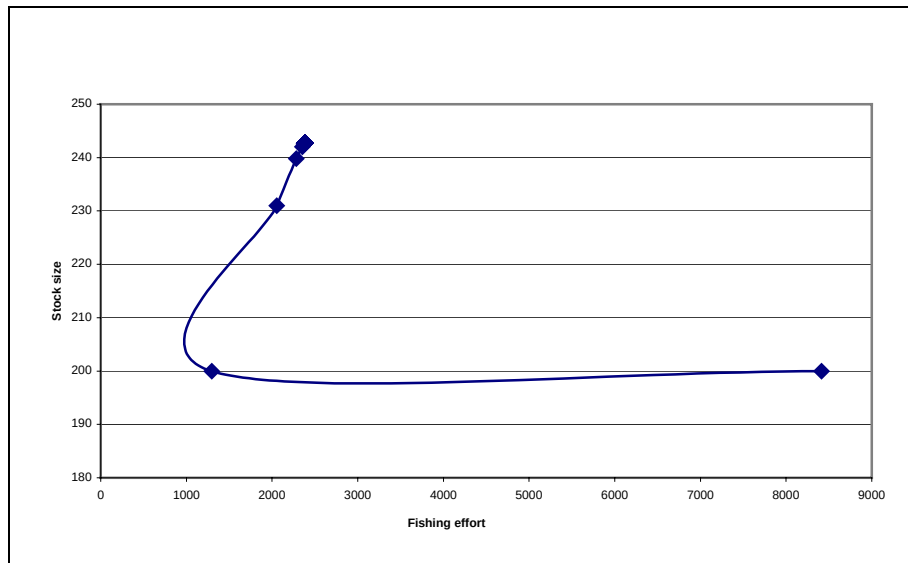
<그림 5-8>은 통수 변화 추이를 보여주고 있는데 <그림 5-7>의 설명에서 언급했듯이 지속적인 자원개발을 위한 제약식 때문에 1년에 걸쳐 통수가 급격히 감소 한다. 현재 33통에서 8통으로, 그리고 2차년 도에는 11통으로 다시 증가하다가 12년 후 균형통수(13통)에 도달하게 된다. 현실적으로 통수가 33통에서 줄었다가 다시 늘어나는 것은 매우 어려운 일이다. 그러나 모델에서는 이러한 통수변화에 따른 거래비용(Transaction Cost)을 고려하지 않았기 때문에 이러한 결과가 나올 수 있다. 그러나 현재 논의되고 있는 직불제를 수산업, 특히 1년이나 2년에 걸쳐 자원보호를 위해 조업을 중단하는 어선들에 대해 시행 할 경우 통수를 급감 시키는 것은 현실적으로 불가능한 것만은 아니다.

&lt;그림 5-8&gt; 최적 통수 변화 추이



<그림 5 - 9>는 페이스 다이어그램(Phase Diagram)으로서 수평축에는 조정변수(Control Variable)인 어획노력량이 표시되고 수직축에는 상태변수(State Variable)인 자원량이 위치하고 있다. 시간이 지남에 따라 어획노력량과 어족자원량이 변화하면서 균형점에 이르는 궤적을 보여주고 있다. 현재의 높은 어획노력량과 낮은 고등어 자원량 하에서 어획노력량은 감소하나 자원의 양은 증가 하지않고 있다. 왜냐하면, 현재의 고등어 자원상태가 과잉어획 혹은 남획상태에 있기 때문이다. 그러나 2차년도 이후 어획노력량이 줄어 듬에 따라 자원의 양이 증가하는 정상적인 현상이 일어나고, 약 12년후 어족 자원량과 총어획량은 지속가능한 균형상태에 이른다. 균형상태에서 최적 통수와 최적 어획량은 각각 13통, 70천M/T이다. 따라서 통당 최적 평균어획량은 5천M/T이다.

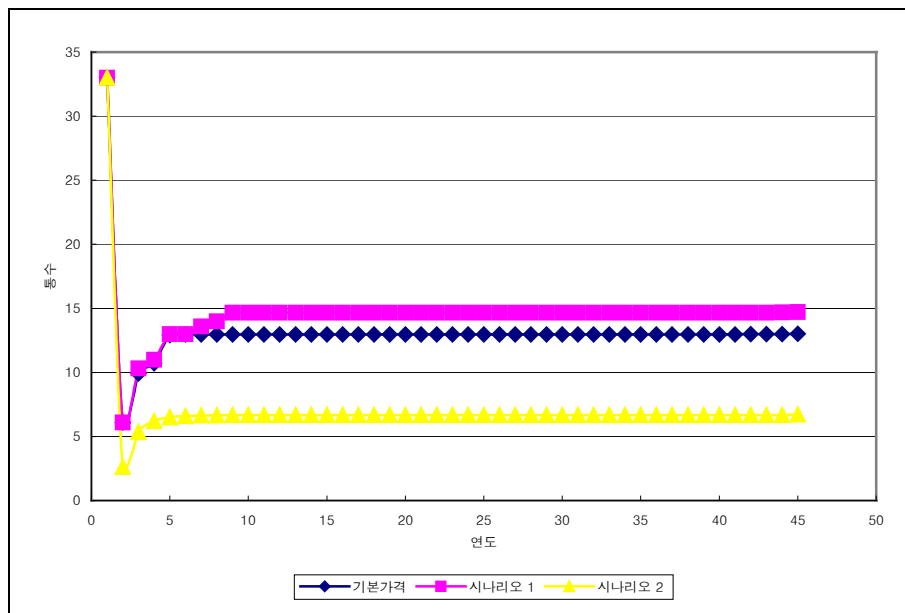
<그림 5-9> 고등어 자원의 페이스 다이어그램



### 민감도 분석(Sensitivity Analysis)

주어진 파라미터에 따른 결과의 변화정도를 측정하기 위하여 2000년도 평균위판가격을 기본가격으로 하여 고등어 가격에 대한 민감도분석을 하였다. 기본가격에서 50%인상된 가격(시나리오 1)과 50% 인하된 가격(시나리오 2)을 모델로 하여 각각 분석한 결과 시나리오 1에서는 어업에 종사하는 통수가 증가되고 통수의 증가는 어획 노력량 증가를 의미하므로 궁극적으로는 최적어획량이 기본가격의 경우보다 증가 되었다. 균형상태에서 최적통수는 13통에서 15통으로 증가 하였다(<그림 5 - 10> 참조). 시나리오 2의 경우에는 시나리오 1과 반대되는 결과를 보여주고 있다. 균형상태에서 최적통수는 13통에서 7통으로 감소 하였다 (<그림 5 - 10> 참조). 시나리오 1의 경우 약 2통이 증가한데 반해 시나리오2 에서는 6통씩이나 감소되었다.

&lt;그림 5-10&gt; 시나리오별 최적통수 변화 추이



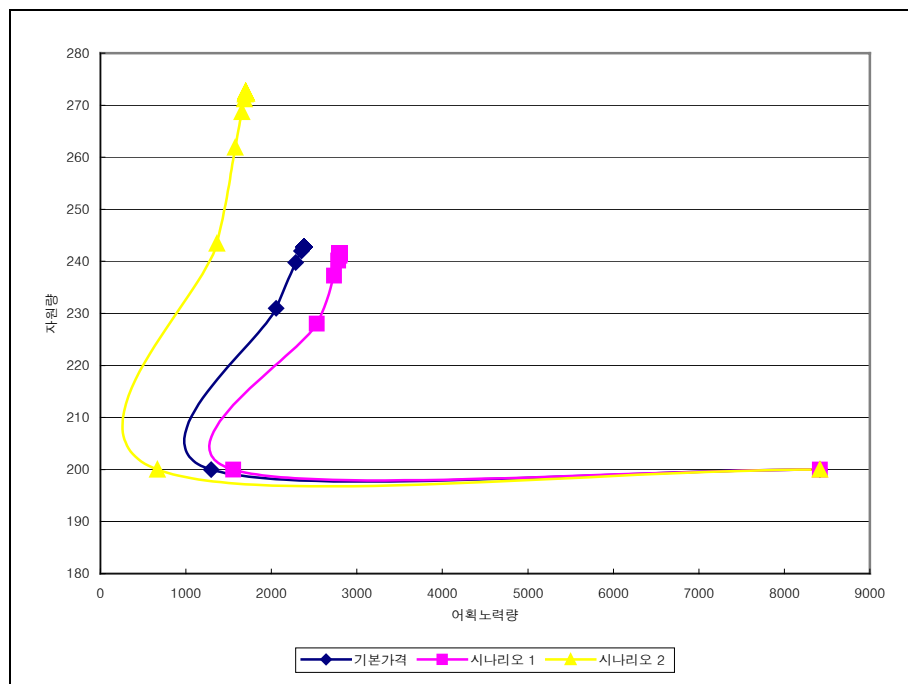
<그림 5 - 11>인 시나리오별 페이스 다이어그램을 보여주고 있는데, 가격인상으로 인하여 1차년도 어획노력량 감소 정도가 이전 결과 보다 낮아 졌으며 또한 최적 통수 감소량도 줄어 들었다. 그 결과 투입되는 최적 통수는 이전의 결과에 비하여 높아 졌으며 어획노력량도 늘어 났으나 최적자원량은 기본가격의 경우와 비슷한 수준에서 균형을 이루었다. 어획노력량과 통수의 증가는 인상된 가격수준에서 고등어 생산자들의 최대수익을 보장하여 주고 , 동시에 비슷한 수준의 자원을 유지 시켜주는 역할을 하였다.

고등어 가격의 하락은 이와 반대로 어획노력량과 통수의 감소를 촉진시키며 동시에 균형 자원량의 증가를 초래 하였다(<그림 5 - 11> 참조). 그러나 최적자원량의 증가 폭이 기준가격경우와 비교하면, 약 12%가 증가 하였다.

이상에서 나타난 민감도 분석은 다른 조건이 일정하다고 가정했

을 때 고등어의 위판가격이 자원량에 큰 영향을 미친다는 것을 보여주었다. 이러한 결과는 인위적인 가격정책을 통한 자원보호가 효과가 있음을 암시해 주고 있다.

<그림 5-11> 시나리오별 페이스 다이어그램



본 연구에서는 각선단의 최대 조업일수를 정한 상태에서 모델링을 했기 때문에 감척사업의 효과를 상쇄시키는 잠재노력량(Latent effort)의 효과는 미미할것이다. 현재 유자망 등 다른 어업에서도 고등어를 어획하고 있으므로 잠재노력량의 새로운 진입도 가능할 것이나 어획량이 매우 적어 그에 대한 효과도 역시 미미할 것으로 사료된다. 모델링을 통하여 추정해낸 수치는 기존의 연구결과와는 다르나, 선행연구에서는 업계의 고등어 어획을 통한 이윤 추구는 고려하지 않고, 오직 자원의 최대 지속적 생산량을 위한 어획강도만을 고려하였다. 또한 모

델링이라는 것은 파라미터값들의 변화에 따라 목적함수의 값이 예민하게 변화하는 특성이 있으므로 앞으로 더 깊은 연구와 다른 방법론을 이용한 연구도 필요할 것으로 보여진다.

## 제 6 장 결론과 정책적함의

현재 우리 수산업은 매우 어려운 상황에 있다. 과잉어획에 의해 자원이 남획되고 있고 일본·중국과의 새로운 어업협정에 따라 어장이 줄어들어 연안어업과 근해어업 간의 갈등이 심화되고 있다. 또한 저가의 수입수산물에 늘어남에 따라 국내 수산물 시장이 잠식당하고 있는 실정이다. 따라서 수산자원의 과잉어획을 방지하고 지속가능한 수준으로 유지하기 위한 방안의 필요성이 제기되고 있다.

이러한 상황 하에서 본 연구는 지속가능한 어업자원을 유지하면서 고등어 업계의 이윤을 최대화 할 수 있는 최적어획량과 어획노력량을 추정 하였다. 본 연구를 통하여 얻어진 결과에 의하면 대형선망의 최적통수는 13통이고 최적어획량은 70천M/T으로 추정 되었다. 최적통수의 경우, 현재의 33통에서 12년에 걸쳐 점차적으로 13통으로 줄여야만 고등어 업계가 최대의 이윤을 추구하면서 고등어자원을 지속가능하게 유지 시킬 수가 있을 것으로 보여진다.

그러나 모델링 결과에서 보듯이 일차 년도에 33통에서 7통으로 총 통수를 줄이고 난 후, 2차년도부터 차츰 13통으로 늘려 가는 것이 본 연구의 결과이나 이는 현실적으로 매우 어려운 일이다. 그러나 현재 논의되고 있는 직불제를 조업을 중단하는 어선들에 대해 시행할 경우 통수를 급감 시키는 것이 현실적으로 불가능한 일 만은 아니다.

본 연구를 통하여 얻어진 결과를 바탕으로 고등어어업에 대한 중장기 계획 수립시 고려 해야 할 점은 다음과 같다.

첫째, 감척사업계획을 조기에 수립·시행하면 할수록 경제적 효과는 최대화 할 수 있다.

둘째, 본 연구가 고등어 업계의 이윤최대화가 목적함수였듯이 한정된 감척예산속에서 업종별로 감척예산 배분시, 감척 효과를 최대화 할 수 있는 어업에 우선적으로 배분해야 한다. 즉 단순히 어선수만을 줄이려고 노력할 것이 아니라 감척이 자원에 미치는 영향을 고려해야 한다는 것이다. 대형선망의 경우 감척어선수에 대한 자원 회복의 긍정적인 효과는 다른 업종보다 클 것으로 예측 할 수 있다. 자세한 효과분석은 더 많은 연구가 필요하나 연간 총어획량을 평균감척액수로

나누어 보면 간단한 효과분석은 할 수 있다.

셋째, 부수적으로 현재 대형선망의 6척 선단체제 조업이 경쟁력을 약화시키고 있으므로 감척사업과 더불어 선단조직의 축소(슬림 화)도 필요하다. 노르웨이의 경우 1977년 이후 어획량격감으로 어업자체의 존폐 문제가 제기 되었으나 500여척의 선망어선을 100여척으로 줄이고 단선화하므로서 어업이 지속되고 있다.

넷째, 현 어업세력의 유지는 고등어 자원 상태를 악화시킬 수밖에 없는 실정이다. 또한 우리나라의 주변수역에서 한·중·일 3국이 모두 고등어를 어획하고 있고 고등어의 회유허성을 고려해볼 때 각국의 독자적인 TAC실시는 실질적 효과를 보기 어렵다고 예측 할 수 있다. 따라서 한·중·일 3국이 협의에 의해 적정어획량을 추정하여 어획량을 배분하고, 모니터링을 통하여 고등어자원을 관리하는 것이 최선의 방법이다.

다섯째, 감척사업에 대한 재원은 주로 국가가 부담하고 있으나 감척사업에 따른 자원증대효과를 기존 고등어업계가 얻을 수 있으므로 형평성 등을 고려하여 감척사업의 가시적인 효과가 나오는 일정시점 이후에는 위판금액의 일부분을 감척사업의 기금으로 사용하는 방안도 생각해 볼일이다.

여섯째, 고등어 어획량 분석에서 나타난 바와 같이 종전에는 고등어 어획량의 대부분을 선망어업이 차지 했으나 최근에는 어구어법의 발달로 인해 대형트롤, 유자망 등 다른 어업에서도 고등어 어획량이 점차 늘어나고 있다. 따라서 고등어 자원의 효율적인 관리 및 선망감척사업의 효율성제고를 위하여는 고등어를 어획하는 다른 어업도 포함하여 고등어 TAC를 실시하는 것이 바람직하다고 보여진다. 또한 TAC가 어업관리수단으로서 제 기능을 하기 위해서는 무엇보다도 자원량의 변동에 따라 탄력적으로 TAC를 조정 할 수 있는 체계를 갖추어야 하고 자원 변동 뿐만 아니라 시장과 소비상황을 포함하는 사회 경제적 정보도 TAC할당시 고려해야 한다.

본 연구가 국내 수산부문에서는 처음 시도되는 연구로서 여러 가지 제약된 상황하에서 이루어 졌으므로, 향후 더 깊은 연구, 특히 3국의 고등어업을 포함시키는 게임이론(Game Theory)을 이용한 정교한

모델이 필요함을 인정한다. 아울러 데이터의 보완 및 모델 수정이 필요함도 인정한다.

## 참고 문헌

- 강연실 외, 「한국 수산물 명산품 총람」, 수협중앙회, 2000.
- 국립수산진흥원, 「연근해 어업대상자원의 진단과 평가」.
- 장창익 외, 「EEZ체제하에서 TAC 어업자원 관리 기법 및 공동이용 자원에 대한 쿼터 시스템 개발에 관한 연구」, 해양수산부, 2000.
- 박차수, “21세기 국제어업 환경과 어업자원연구 방향”, 「수산탐구 창간호」, 국립수산진흥원, 2000.
- 신영태 · 이형기, 「우리나라의 어획능력관리를 위한 행동계획수립 연구」, 한국해양수산개발원, 2000.
- 신영태 외, 「대형선망어업 경쟁력 강화방안」, 한국해양수산개발원, 1998.
- 수산업협동조합중앙회, 「어업경영조사보고」, 각호.
- 이상고 · 장창익, 「해양환경어업론」, 대우학술총서:아르케, 2000.
- 이장욱 외, 「배타적 경제수역(EEZ) 주요어업의 생태와 어장」, 국립수산진흥원, 2000.
- 홍성걸 외, 「수산물 유통개혁을 위한 실천방안 연구」, 해양수산부, 1999.
- 한국금융연구원, 「품목별 생산자물가지수」, 2000.
- 해양수산부, 「해양수산통계연보」, 각호.
- , 「수산물 수급 및 가격 편람」, 2001.
- , 「총허용어획량(TAC)제도 기본운영계획 및 2001년도 시행계획」, 2000.
- , 「해양수산 용어 해설집」, 1997.
- Alverson, D.L., “Fisheries Management: A Perspective Overtime”, *Fisheries*, Vol.20(8), 1995.
- Amundsen, E. S. and T. Bjorndal, “Optimal Exploitation of a Biomass Confronted with the Threat of Collapse”, *Land Economics*, Vol.75(2), 1999.
- Bailey, R. S., *The Global Pelagic Fish Resource and its Biological Potential*. In Burt, Hardy and Whittle (Eds.), *Pelagic Fish, The Resource and its*

- Exploitation. Fishing News Books, 1992.
- Bjorndal, T and J. Conrad, "The Dynamics of an Open Access Fishery", *Canadian Journal of Economics*, Vol.20 (Feb.), 1987.
- Bjorndal, T., "The Optimal Management of North Sea Herring", *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.15, 1988.
- Bjorndal, T., "Optimal Harvest Time in Fishing Farming", *Marine Resource Economics*, Vol.5(2), 1998.
- Ciriacy-Wantup, S.V., *Resource Conservation: Economic and Policy*. The University of California, Berkley, Division of Agricultural Sciences, 1952.
- Clark, C., *Mathematical Bioeconomics*. John Wiley & Sons, Inc, 1990.
- Conrad, J. M., "A Bioeconomic Model of the Pacific Whiting", *Bulletin of Mathematical Biology*, 54(2/3), 1992.
- Diaby, S., "Economic Impact Analysis of the Ivorian Sardinella Fishery", *Marine Resource Economics*, Vol.11(1), 1996.
- DeAlteris, J., *Fish Stock Assessment and Fishery Management*, Working Paper, URI, 1998.
- European Commission, *Multilingual Illustrated Dictionary of Aquatic Animal and Plants*, Second Edition.
- FAO, *International Plan of Action for the Management of Fishing Capacity*, 1999.
- FAO, *The State of World Fisheries and Aquaculture*, 1995.
- FAO, *Fish and Fishery Products: World Apparent Consumption Statistics Based on Food Balance Sheets (1961-1995)*. FAO Fisheries Circular No. 821 Revision 4, 1998.
- FAO, *State of the World's Fisheries*, 1995.
- Fogarty, M. and S. Murawski, "Large-scale Disturbance and the Structure of Marine Systems: Fishery Impacts on George Bank", *Ecological Applications*, Vol.8(1), 1998.
- Gleit, A., "Optimal Harvesting in Continuous Time with Stochastic Growth", *Mathematical Bio-science*, 41, 1978.

- Gorden, H. S., "An Economic Approach to the Optimum Utilization of Resources", *Journal of Fisheries Research Board of Canada*, Vol.10(7), 1953.
- Gorden, H. S., "The Economic Theory of a Common Property Resource: the Fishery", *The Journal of Political Economy*, Vol.62(2), 1954.
- Hansen, B., "World trade in Mackerel and Horse Mackerel", *Glofish Research Programme*, Vol. 64. FAO, 2000.
- Heaps, T., "The Optimal Feeding of Farmed Fish", *Marine Resource Economics*, Vol.8(2), 1993.
- Holland, D., E. Gundmunsson and J. Gates, "Do Fishing Vessel Buyback Programs Work: A Survey of Evidence", *Marine Policy*, Vol.23(1), 1999.
- Johnston, R. and J. Sutinen, "Uncertain Biomass Shift and Collapse: Implications for Harvest Policy in the Fishery", *Land Economics*, 72(4), 1996.
- Ludwig, D., "Optimal Harvesting of a Randomly Fluctuating Resource. I: Application of Perturbation Methods", *SIAM journal of Applied Mathematics*, Vol.37(1), 1979.
- Lopes, J., P. Michel and G. Rotillon, "Bioeconomic Management of red Swamp Cratfish(*Procambrus clarkii*) in the Presence of Environmental Externalities", *Marine Resource Economics*, Vol.11(1), 1996.
- Martine, C., "The Collapse of the Northern Cod Stocks", *Fisheries*, Vol.29(5), 1998.
- McGoodwin, J., *Crisis in the Worlds Fisheries*. Berkely, CA: Stanford University Press.1990.
- OECD, *Multilingual Dictionary of Fish and Fish Products*, Fourth edition
- Pascoe, S., T. Battaglene and D. Campbell, *A Bioeconomic Model of the Southern Shark Fishery*, (ABARE Research Report 92.1), Canberra:AGPS.1992
- Pindyck, R., "Uncertainty in the Theory of Renewable Resource Markets. *Review of Economic Studies*, 1984.

- Plourde, C., “A Simple Model of Replenishable Natural Resource Exploitation”, *American Economic Review*, Vol.49, 1970.
- Quinn II, T. and R. Deriso, *Quantitative Fish Dynamics*, Oxford University Press, 1999.
- Reed, W.J., “Optimal Escapement Levels in Stochastic and Deterministic Harvesting Model”, *Journal of Environmental Economic Management*, 6, 1979.
- Smith, J.B., *An Analysis of Optimal Replenishable Resource Management under Uncertainty*. Ph.D. thesis, University of Western Ontario), 1978.
- Sparre, P.J. and R. Willmann, *BEAM 4: Analysis Bio-economic Simulation of Space-structured Multispecies and Multifleet Fisheries*, Rome:FAO, 1993.
- Sutinen, J.G., *Optimal Extraction of a Renewable Resource under Uncertainty: the Case of Stock Collapse in the Fishery*. Staff paper series, 1981.
- Von Bertalanffy, L. “A Quantitative Theory of Organic Growth (Inquiries on growth laws II)”. *Human Biology*, Vol.10, 1983.

Web sites - [www.fao.org](http://www.fao.org)

## 부록

부록 1. 고등어 자원에 대한 GAMS 프로그램

부록 2. 비용조사 설문지

부록 3. FAO 어획능력에 관한 국제행동계획

## 부록 1. 고등어자원에 대한 GAMS 프로그램

\$OFFSYMLIST OFFSYMREF  
\$TITLE Optimal Exploitation of Mackerel Stocks in Korea

### SETS

COUNT "counter for loop" /c1\*c5/  
T time /t1\*t50/  
TS time steps per year /ts1\*ts5/  
VTYPE vessel type /PURSE-SEINES/  
OOM orders of magnitude /M1\*M7/  
ALIAS(t,at);  
ALIAS(ts,ats);

### SETS

TSATS(ats,ts) yes if ats < ts  
ATSLAST(ats) last sub-period = yes if ord(ats) = card(ats)  
TFIRST(t) first period = yes if ord(t) = 1;  
TSATS(ats,ts)\$[ord(ats) LT ord(ts)] = yes;  
ATSLAST(ats)\$[ord(ats) EQ card(ats)] = yes;  
TFIRST(t)\$[ord(t) EQ 1] = yes;

\$ontext

\*SYMBOL TABLE FOR UNITS (in parentheses)  
\* These terms are useful for scaling parameters and equations to eliminate  
\* scaling problems\* such as variable exceeding machine tolerance or gradients  
\* less than tolerance  
\* kt kilotons = thousands of metric tons  
\* k\$ kilo dollars = thousands of dollars(\$1=1,300WON)  
\* mega\$ mega dollars = millions of dollars  
\* mt metric tons  
\* DAS days at sea  
\* x^y x\*\*y eg m^2 means "square meters"  
\* x^-y x\*\*(-y) e.g. kt^-1 means "per kt"  
\* Define Boolean sets used in equations below.  
\* LT=less then, EQ=equal to, GT=greater then.  
\* ord(ts) is the position or index within the set (ts).  
\* example: suppose a set(ts)= 12,16,21,53,  
\* then ord(ts) is the set 1,2,3,4.  
\* card(ts) is the maximum of ord(ts). In this example, card(ts) = 4.  
\* The dollar sign (\$) declares GAMS analogue of a logical IF statement or  
\* a GAMS command such as ontext/offtext. Logical IF statements can be  
\* used to pre-define complex subsets, unions and intersections to whose  
\* elements we can apply operators or functions.  
\$offtext

**SCALARS**

ASRATIO      aquisition:salvage prices for fleets      /0.3/  
 CAPT          max Time(T)      /50/  
 CAPTS        max time steps(ts)      /5/  
 D              annual interest rate (\$ (\$-year)<sup>-1</sup>)      /0.10/  
 decayv       vessel decay factor ( in (0-1) interval)      /0.05/  
 DENOM 1      denominator 1 defined below      /0/  
 DPV          maxi ann DAS for a vessel (DAS (vessel-year)<sup>-1</sup>)      /270/  
 deltat        time steps per year(time-steps year<sup>-1</sup>)      /0/  
 eaf            equivalent annuity factor (\$ year<sup>-1</sup> per \$)      /1/  
 escape        lower bound on escapement fraction      /0.1/  
 EVP          ex-vessel price of herring (\$ mt<sup>-1</sup>)      /948/  
 IP            period interest rate (\$ (\$-time step)<sup>-1</sup>)      /0.0/  
 ivs            marginal value of stocks-initial(\$ mt<sup>-1</sup>)      /38.3/  
 K              carrying capacity (kt)      /1375/  
 KINV         inverse of K(kt<sup>-1</sup>)      /0/  
 LQ            F - effort ratio coefficient(Z DAS<sup>-1</sup>)      /9.48e-04/  
 pyzero       artificial scalar to break even (mega\$)      /16/  
 Q              catchability coefficient      /9.48e-04/  
 R              growth rate coefficient (kt (kt-year)<sup>-1</sup>)      /0.8/  
 RHOT        terminal discount factor (# < 1)      /0/  
 SZERO        initial stock size (kt)      /1341/  
 tvs            marginal value of stocks-terminal(\$ mt<sup>-1</sup>)      /0.48/  
 YDOTEQR      growth rate equals D and solve for X      /0/;

CAPT = CARD(t);  
 CAPTS = CARD(ts);  
 DENOM1 = 1/(CAPT\*CAPTS);  
 IP        = -1 +(1+D)\*\*(1/CARD(ts));  
 KINV     = 1/K;  
 DELTAT   = 1/CARD(ts);  
 YDOTEQR = K\*(1-D/R);  
 eaf = d\*power(1 - POWER(1+d,-CARD(t)),-1);

PARAMETER O(OOM) SCALE UP FACTORS;

O(OOM) = POWER(10,ORD(OOM));

PARAMETER IO(OOM) SCALE DOWN FACTORS;

IO(OOM) = POWER(10,-ORD(OOM));

PARAMETER RHO(t) discount factors;

RHO(t) = (1+D)\*\*(-ORD(t));

RHOT    = SUM(t,RHO(t)\$ (ORD(t) EQ CARD(t)));

PARAMETER NZERO(vtype) initial fleet number

/PURSE-SEINES 33/

VCAPCOST(vtype) vessel capital costs (kilo\$ fleet <sup>-1</sup>)

/PURSE-SEINES 5384/

VOPCOST(vtype) Fleet variable costs (kilo \$ DAS<sup>-1</sup>)

/PURSE-SEINES      11/;

**VARIABLES**

|            |                                              |
|------------|----------------------------------------------|
| ANNUITY    | annualized profits                           |
| DXT(t,ts)  | stock growth (kt (time-step) <sup>-1</sup> ) |
| XCUM(t,ts) | annual growth (kt year <sup>-1</sup> )       |

**POSITIVE VARIABLES**

|                   |                                                                 |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------|
| ACQUIRE(vtype,t)  | new fleet investments (# fleets year <sup>-1</sup> )            |
| CPUE(t)           | catch per unit effort (kt DAS <sup>-1</sup> )                   |
| DH(t,ts)          | intra-year catches (kt (time-step) <sup>-1</sup> )              |
| EInyr(vtype,t,ts) | effort in time step (DAS (fleet-DAS (time-step) <sup>-1</sup> ) |
| Hcost(t)          | harvest costs (k\$ year <sup>-1</sup> )                         |
| NV(vtype,t)       | fleet size (# fleets)                                           |
| Revenue(t)        | revenue (k\$ year <sup>-1</sup> )                               |
| Salvage(vtype,t)  | old fleet disinvestments (# fleets year <sup>-1</sup> )         |
| X(t)              | stock size (kt)                                                 |
| XCUM(t,ts)        | annual growth (kt year <sup>-1</sup> )                          |
| F(t,ts)           | fishing mortality coefficient                                   |
| V(vtype,t)        | vessel transition equation (# fleets)                           |
| H(t)              | compounded annual harvest (kt year <sup>-1</sup> )              |

**FREE VARIABLES**

|      |                                           |
|------|-------------------------------------------|
| PVPY | Present value of profits in Harvest(k\$); |
|------|-------------------------------------------|

EInyr.L(vtype,t,ts)=150;  
 X.L(t) =1300;  
 XCUM.L(t,ts) =17;  
 DXT.L(t,ts) = 15;  
 H.L(t) = 1000;  
 CPUE.L(t) = io("m3")\*73;  
 Q = IO("M3")\*73/SZERO;  
 LQ = -LOG(1-Q);  
 X.UP(t) = K;  
 X.FX("t1") = SZERO;  
 X.LO(t) = 10;  
 XCUM.UP(t,ts) = K;  
 XCUM.FX("t1","ts1") = SZERO;  
 NV.FX(vtype,"t1") = NZERO(vtype);  
 NV.UP(vtype,t) = 35;  
 EInyr.LO(vtype,t,ts)=1;

**EQUATIONS**

|                    |                                                         |
|--------------------|---------------------------------------------------------|
| ROBJ               | annualized objective function (k\$ year <sup>-1</sup> ) |
| RPVPY              | present value of profits in mackerel harvest (k\$)      |
| RDXT(t,ts)         | logistic growth function (kt)                           |
| REINYR(vtype,t,ts) | intra period effort (DAS)                               |
| RESCAPE            | minimal escapement fraction (decimal)                   |
| RXCUM(t,ts)        | year growth accumulation (kt year <sup>-1</sup> )       |

```

RF(t,ts)                fishing mortality coefficient
RDH(vtype,t,ts)         intra-year catch (kt (time-step)^-1)
RH(t)                   annual catch equation (kt year^-1)
RX(t)                   transition equation for mackerel stocks (kt)
RV(vtype,t)             fleet transition equation (# fleets)
RREVENUE(t)             total Revenue (kilo$ year^-1)
RHCOST(t)               harvest costs (kilo$ year^-1);
*

ROBJ..                  ANNUITY =L= EAF*SUM(t,RHO(t)*(Revenue(t)-Hcost(t)));
RPVPY ..                PVPY =L= SUM(t,RHO(t)*(Revenue(t)-Hcost(t)));
RDXT(t,ts)..           DXT(t,ts) =E= (r*xcum(t,ts)*(1- kinv*xcum(t,ts)))*deltat;
REINYR(vtype,t,ts)..   EINYR(vtype,t,ts) =L= POWER(1-
                        decayv,ORD(ts))*DPV*Nv(vtype,t)*deltat;
RESCAPE..              EXP(-denom1*SUM((t,ts),F(t,ts))) =G= escape;
Rxcum(t,ts)..          XCUM(t,ts) =E= x(t) + (sum(tsats(ats,ts),(dxT(t,ats) - dh(t,ats))));
RF(t,ts)..             F(t,ts)=L=LQ*SUM(vtype,EXP(LOG(0.0001+EInyr(vtype,t,ts))));
Rdy(vtype,t,ts)..      DY(t,ts) =L= (XCUM(t,ts)$ord(t) + ord(ts) GT 2) +
                        SZERO$(ord(t)+ ord(ts) EQ 2 ))*(1-exp(-F(t,ts)));
RY(t)..                Y(t) =L= sum(ts,dh(t,ts));
RX(t)..                X(t) =E= (sum(ats,xcum(t-1,ats)$atslast(ats)))$(ord(t) GT 1)
                        + Szero$(tfirst(t));
RV(vtype,t)..          NV(vtype,t) =L= ((1-decayv)*Nv(vtype,T-1))$(ord(t) GT 1)
                        + Nzero(vtype)$tfirst(t)+ ACQUIRE(vtype,T-1)-
                        SALVAGE( vtype,T-1 );
Rrevenue(t)..          Revenue(t)=L=EVP*SUM(TS,POWER(1+IP,-ORD(ts))*DH(t,ts));
RHcost(t)..            Hcost(t) =G=(sum((vtype,ts),POWER(1+IP,-ORD(ts))
                        *vopcost(vtype)*EInyr(vtype,t,ts);

OPTION ITERLIM = 150000;
OPTION NLP = CONOPT2;
OPTION SOLPRINT = ON;
OPTION LIMROW = 8;
OPTION LIMCOL = 8;

MODEL MACKEREL
/ROBJ,RPVPY,RDXT,REINYR,RESCAPE,RXCUM,RF,RDY,RY,RX,RV,RREVENUE,
RHCOST/;
SOLVE MACKEREL USING NLP MAXIMIZING PVPY;

```

## 부록 2 비용조사 설문지

### Section I - Typical variable costs

1. Vessels USCG or State Hull Identification Number:
2. Vessel length:       ft
3. Gross registered tons:       tons
4. Main engine horsepower:       hp
5. Year vessel was built:
6. Hull construction material: Steel

We are interested in talking to you today about your involvement in the herring and/or mackerel fisheries. The gear types we would like to get cost information about are purse seine, mid-water trawl, mid-water pair trawl, and bottom trawl. I realize you may target other species and use other gears but this first section of the questionnaire is aimed at gathering information about the cost of catching herring or mackerel with these gears. The second section asks about annual costs incurred regardless of which species were targeted or gears used.

7. Which pelagic species do you target?  
     Herring ==> GO Q8                      Mackerel ==> GO Q9  
     Both ==> ASK Q8, Q9, AND Q10  
     Neither ==> END SURVEY
8. What do you consider to be your primary herring gear?  
     Purse Seine ==>SKIP Q8a  
     Mid-water trawl ==> SKIP Q8a  
     Bottom trawl ==> SKIP Q8a  
     Mid-water pair trawl ==> GO TO Q8a  
     Other (describe) \_\_\_\_\_ ==> SKIP Q8a
- 8a. Which vessel does your typically pair trawl with?  
     Vessel name \_\_\_\_\_  
     USCG or state hull identification number \_\_\_\_\_
9. What do you consider to be your primary mackerel       gear?  
     Purse Seine ==>SKIP Q9a,  
     Mid-water trawl ==> SKIP Q9a  
     Bottom trawl ==> SKIP Q9a  
     Mid-water pair trawl ==> GO TO Q9a  
     Other (describe) \_\_\_\_\_ ==> SKIP Q9a
- 9a. Which vessel does your typically pair trawl with?  
     Vessel name \_\_\_\_\_  
     USCG or state hull identification number \_\_\_\_\_
10. If you target both herring and mackerel and use different gears for each species (e.g., purse seine for herring and mid-water trawl for mackerel), I'd like to ask you this first set of questions about typical trip costs for each species/gear combination.

INDICATE WHICH SPECIES/GEAR COMBINATION THIS SECTION I REFERS TO:

---

THEN PLEASE FILL OUT ANOTHER SECTION I FOR THE OTHER SPECIES/GEAR COMBINATION. FILL IN THE PRE-CODED INFORMATION AND START WITH QUESTION 10.

11. Gear Characteristics (Handy conversion, 1 hogshead = 17.5 bushels = 1250 lbs. 2,205 lbs = 1 metric ton)
- 11a. For Purse Seine Vessel
- |                   |         |
|-------------------|---------|
| Float line Length | fathoms |
| Net depth         | fathoms |
| Mesh size         | inches  |
- 11b. For Mid-water trawls (including pair trawls)
- |                                     |        |
|-------------------------------------|--------|
| Circumference of the fishing circle | meters |
| Mesh size in the fishing circle     | inches |
| Mesh size in the cod end            | inches |
- 11c. Capacity of Refrigerated Sea Water (RSW) system
- |                                                    |            |
|----------------------------------------------------|------------|
| Number of RSW tanks                                |            |
| Combined size of all RSW tanks                     | cubic feet |
| Combined weight of fish that tanks can accommodate |            |
| metric tons                                        |            |
- 11d. Capacity of non-RSW flooded holds
12. How many days does a typical trip take? \_\_\_\_\_

Now I would like to ask you about the cost of operating this vessel during a typical [herring/mackerel] [purse seine/mid-water trawl/mid-water pair trawl/bottom trawl] trip. Please estimate how much these costs are for what you would consider to be a typical, or representative, trip. This next set of questions is about what it costs to operate the vessel regardless of who pays the expense. Questions about how the crew might pay some of the expenses are asked later.

PLEASE FILL OUT THE FOLLOWING TABLE

- | Typical quantity used per trip                                                                                                                                              | Typical unit cost |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 13. Fuel _____ gallons                                                                                                                                                      | \$ _____          |
| 14. Oil/lubrication _____ quarts                                                                                                                                            | \$ _____          |
| 15. Ice _____ tons                                                                                                                                                          | \$ _____          |
| 16. Water _____ gallons                                                                                                                                                     | \$ _____          |
| 17. How much are your typical costs per trip for food/groceries \$ _____                                                                                                    |                   |
| 18. Aside from crew share, what payment do you typically make per trip to grade, unload, sell, or otherwise handle your catch? \$ _____                                     |                   |
| 19. Excluding share, what payment do you typically make per trip to process fish onboard? This could include either additional labor costs or related supplies.<br>\$ _____ |                   |
| 20. How much is the typical cost to transport a trips catch to market or buyer?<br>\$ _____                                                                                 |                   |

21. What unit is transportation charge based on (e.g., per pound, percentage of value, per container - have R define container size)? \_\_\_\_\_
22. How much do you typically pay for onshore processing/holding costs such as cold storage rental, pounding/carrying fee, or costs of any onshore processing of catch before it is sold? \$ \_\_\_\_\_
23. Are there any crew members who get a share of the value of the catch?  
CIRCLE ONE: Yes      No ==> GO TO Q27
24. For crew members paid a share of catch value, what type of lay system is used?  
CIRCLE ONE: Clear lay      Broken lay
25. What percentage typically goes to the boat? \_\_\_\_\_%  
What percentage typically goes to the crew, including the captain? \_\_\_\_\_%
- 26a. What is the typical crew size including captain?
- 27 (If broken lay ask) What trip expenses are usually subtracted from gross receipts in calculating the payment to the crew?  
(If clear lay ask) what trip expenses are usually subtracted from the crew share calculating the payment to the crew?

PLEASE MARK ALL EXPENSES THAT ARE DEDUCTED, PROVIDE DESCRIPTION AND DOLLAR AMOUNTS FOR ALL OTHER EXPENSES

Fuel \_\_\_\_ Oil/lubrication \_\_\_\_ Bait \_\_\_\_ Ice \_\_\_\_ Water \_\_\_\_  
Food \_\_\_\_ Others \_\_\_\_\_

- 29 Are any of the people listed in question 28 usually given bonuses in addition to what may be reflected in question 28?  
CIRCLE ONE: Yes ==> FILL OUT THE FOLLOWING TABLE  
No ----> GO TO Q29

| Bonus calculation type | % or dollar amount |       |         |
|------------------------|--------------------|-------|---------|
| Q28 Row 1              | _____              | _____ | % or \$ |
| Q28 Row 2              | _____              | _____ | %       |
| Q28 Row 6              | _____              | _____ | %       |

IF THERE IS NOT A "2=PER UNIT CATCH" CIRCLED IN COLUMN 2 IN Q28, COLUMN 2 GO TO QUESTION 32. OTHERWISE, GOTO Q30.

- If some crew members get paid on a per unit basis, what is the unit of volume on which payment is based (choose one):  
Pound \_\_\_\_ Hundred pounds \_\_\_\_ Thousand pounds \_\_\_\_ Bushel/bucket/tote \_\_\_\_  
Per fish \_\_\_\_ Other \_\_\_\_ (describe here \_\_\_\_\_)
31. If you chose bushel/bucket/tote, how many pounds per unit? \_\_\_\_\_ lbs
32. If your lay system is different from any of the above, or if additional information is needed to understand the above, please describe it to me.
33. Regardless of the lay system, what was the total amount typically paid to the crew, including the captain, per trip? \$ \_\_\_\_\_
34. Please describe any other trip costs usually incurred on a trip and not accounted for above. Include supplies such as hooks, twine, chains, shackles, knives, etc:

SIMILAR ITEMS CAN BE GROUPED AND A TOTAL COST PROVIDED IF RESPONDENT IS HAVING DIFFICULTY BREAKING OUT INDIVIDUAL QUANTITIES AND PRICES

35. How much are the total trip related costs for a typical trip? \$

## Section II - FIXED COSTS

While the previous section asked questions about typical herring/mackerel purse seine/mid-water trawl/mid-water pair trawl trips, this section asks about costs annual costs incurred regardless of which gear was used or which species targeted.

1. The beginning of the fiscal year for which you will be providing answers to the following questions about certain yearly expenses is what date? \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
(Explain that all subsequent questions about fixed costs pertain to the fiscal year just recorded)
2. The total fishing business expenses for this fiscal year were \$ \_\_\_\_\_
3. Is your business incorporated?  
CIRCLE ONE: Yes                      No
4. What is the ownership type that best describes your business (Read all options before R responds. Mark R's choice with an X).  
Sole proprietorship \_\_\_\_\_ ==> GO TO Q6  
Partnership \_\_\_\_\_ ==> GO TO Q5  
Group/business ownership \_\_\_\_\_ ==> GO TO Q6
5. If a partnership, please choose a description of the partners relationship (Read all options before R responds. Mark R's choice with an X):  
Relative in household \_\_\_\_\_  
Non-relative in household \_\_\_\_\_  
Other relative \_\_\_\_\_  
Friend \_\_\_\_\_  
Business associate \_\_\_\_\_  
Other (describe) \_\_\_\_\_

Now I would like to ask you some information about your vessel

6. The year each of your propulsion engines was built was?  
engine 1: \_\_\_\_\_ engine 2: \_\_\_\_\_ engine 3: \_\_\_\_\_
7. The year each of your propulsion engines was last rebuilt was?  
engine 1: \_\_\_\_\_ engine 2: \_\_\_\_\_ engine 3: \_\_\_\_\_
8. Did you have this vessel built or did you purchase it from another owner?  
MARK ONE:

Had it built \_\_\_\_ ==>GO TO Q10

Purchased from other owner \_\_\_\_

9. The year the vessel was purchased from other owner was? \_\_\_\_
10. What was the purchase price or cost to you to build vessel, including rigging it for fishing? \$ \_\_\_\_
11. What would you estimate is the market value of your vessel? Estimate what you could reasonably expect to get for your vessel or what you might expect to pay for a vessel in similar condition, not what you would like to receive for your vessel. Please estimate its value if you were to sell the entire vessel with all its equipment, gear, permits, fishing history, etc. \$ \_\_\_\_
- 11a. What type of depreciation schedule do you use on your tax form for your vessel? If you depreciate components of your vessel please tell me the method used and the original cost for each component?
12. How much do you pay for vessel insurance, including hull, protection and indemnity (P&I), other property insurance, and mortgage insurance? Please, do not include vessel owner health insurance or health insurance paid for crew/employees. \$ \_\_\_\_
13. During this year how much, if any, was the cost of a vessel haul-out? \$ \_\_\_\_  
IF 0 GO TO Q16
14. Please describe what was done to the vessel during the haul-out.  
\_\_\_\_\_
15. What is the typical number of years between vessel haul-outs? \_\_\_\_ yrs
16. During this year how much, if any, was the cost of major vessel improvements? Some examples of vessel improvements are: a new or rebuilt engine, new processing equipment, new fishing gear, or new electronics. Please do not include routine maintenance expenses here. \$ \_\_\_\_ IF 0 GO TO Q18
17. Please describe this (these) improvements and how much each of them cost  
\_\_\_\_\_

#### FILL OUT THE FOLLOWING TABLE:

18. How much were other repair/maintenance costs not including the costs reported above for vessel haul-out/improvements? \$ \_\_\_\_
19. How much did you pay for mooring/dockage fees including vessel security costs? If you belong to a fishing cooperative and get money back for being a member and purchasing inputs, report this expense as you would on your tax return. That is, the cost less any adjustments for being a member of the cooperative. \$ \_\_\_\_
20. How much were your costs for providing benefits to crew/employees? For example: your share of payments to health plans provided for your crew/employees? \$ \_\_\_\_
21. How much were your costs for fishing related business taxes including income tax, business property tax, or other business related taxes? Please, do not include fuel tax. \$ \_\_\_\_
22. How much were your costs for fishing permit fees, including state and federal permits?

#### PLEASE FILL OUT FOLLOWING TABLE:

23. How much were your costs for other permit or license fees such as export/import

- permit fees, license renewals, documentation fees, registration fees, etc.? \$ \_\_\_\_\_
24. How much were your costs for the business use of vehicle and other travel costs?  
Please include cost to travel to fisheries management related meetings. \$ \_\_\_\_\_
25. What professional fees did you pay for such things as accounting, legal work, or bookkeeping?

ITEMS CAN BE GROUPED IF RESPONDENT IS HAVING DIFFICULTY  
BREAKING COSTS OUT BY TYPE OF SERVICE

26. What payments did you make to non-share crew or other onshore employees? For example, for cleaning services, shore captain, divers, grocery deliveries, office clerk, etc.? Please do not include baiting labor costs or fees for professional services.

ITEMS CAN BE GROUPED IF RESPONDENT IS HAVING DIFFICULTY  
BREAKING COSTS OUT BY TYPE OF PAYMENT

27. How much did you pay to belong business related organizations, cooperatives, fisheries organizations or the like. If you belong to a fishing cooperative and get money back for being a member, report this expense as you would on your tax return. That is, the cost less any adjustments for being a member of the cooperative. \$ \_\_\_\_\_
28. How much did you pay to rent or own (mortgage payment) onshore facilities related to your fishing activities? If you belong to a fishing cooperative and get money back for being a member, report this expense as you would on your tax return. That is, the cost less any adjustments for being a member of the cooperative.
29. Did you have any other annual costs including fishing related fines?
- | Description | Cost     |
|-------------|----------|
| _____       | \$ _____ |
30. Now I would like to ask you about how you finance your fishing business.
31. Do you belong to a fishermens cooperative where you get money back at the end of the year as a discount for purchasing inputs?  
CIRCLE ONE:      Yes      No
32. What percent of your household's annual income come from the fishing vs. non-fishing activities?
- |             |         |
|-------------|---------|
| fishing     | _____ % |
| non-fishing | _____ % |
33. What percentage of your fishing related income (not revenue) came from each of the fisheries in which you participated? Define fishery based on gear and Fishery Management Plan. Examples of fisheries might be: groundfish bottom trawl, groundfish hook, scallop dredge, herring purse seine, etc. If you receive income from other non-harvest fishing related activities, such as supplying fishing related products and services, fish processing, or being a fish dealer, please include that as fishing related income and tell me what percent of your total fishing related income it represents. Please do not include as income any money received from being a member of a fishing related cooperative where you purchase inputs.

]

PLEASE FILL IN THE FOLLOWING TABLE

| Fishery description                | Percent of fishing related income |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| _____                              | _____ %                           |
| _____                              | _____ %                           |
| Non-harvest fishing related income |                                   |
| _____                              | _____ %                           |
| _____                              | _____ %                           |

## 부록 3. FAO 어획능력에 관한 국제행동계획

### 서론

1. 책임있는 수산업규범과 이 규범의 전반적인 목적인 ‘지속 가능한 수산업’ 맥락에서 세계의 과잉어획능력 문제는 점차 높은 관심사로 대두되고 있다. 과잉어획능력은 그 무엇보다도 과잉어획, 해양수산자원의 악화, 잠재적 식량생산감소 및 심각한 경제적 낭비에 실질적으로 기여하는 문제이다.
2. 책임있는 수산업규범은 각국이 과잉어획능력을 예방하거나 제거할 조치를 취해야 하고, 어획능력수준이 지속가능한 수산자원 이용에 상응하도록 해야 한다고 규정하고 있다.
3. 1997년도의 마지막회기에서 수산위원회(COFI)는 FAO가 어획능력문제를 다루도록 요청하였다. FAO는 1998.4.15 18간 미국 라졸라(LaJolla)에서 어획능력관리에 관한 기술작업반회의를 개최하였다. 그 다음 FAO회의는 1998.7.22 24간 준비회의에 이어, 1998.10.26 30간 로마에서 개최되었다.

### 제1부 - 국제행동계획의 성격 및 범위

4. 국제행동계획은 자율적이다. 이것은 책임있는 수산업규범 제2조 d항에서 규정된 대로 책임있는 수산업규범 체제 내에서 작성되었다. 책임있는 수산업규범 제3조의 규정은 이 국제행동계획의 해석 및 적용과 이것의 기타 국제기구와의 관계에도 해당된다.
5. 이 규정은 책임있는 수산업규범을 이행해야 하는 모든 국가1의 책임의 연장선상에 있다. 국가 및 지역2수산기구는 이 문서를 국제법에 일치하게 그리고 관련 기구 각각의 권한범위 체계 안에서 적용해야 한다.
6. 이 국제행동계획은 수산자원보존 및 지속적 관리의 요소로 구성된다.

### 제2부 - 목적 및 원칙

7. 이 국제행동계획의 시급한 목적은 국가와 지역기구가 바람직스럽게는 2003년까지 늦어도 2005년까지는 효율적이고 공정하며 투명한 어획능력관리를 세계적으로 달성하려고 하는 것이다. 특히 과잉능력문제에 직면한 국가와 지역수산기구는 어획능력이 장기지속적 이용가능성의 달성을 저해하고 있다면, 우선 현재 수준에서 어획능력을 제한하고, 영향을 받는 어업에 투입되고 있는 어획능력을 점진적으로 줄이도록 노력해야 한다. 장기 지속적이용가능성이 달성된다면, 국가와

지역수산기구는 그럼에도 불구하고 장기 지속적 이용가능성 목적을 저해하는 어획능력의 증가를 피하기 위하여 주의해야 할 필요가 있다.

8. 위의 목적은 4가지 주요한 전략과 관련된 일련의 조치를 통하여 달성될 수 있다.

- (1) 국가적, 지역적, 세계적 수준에서의 어획능력 평가의 수행과 어획능력감시역량의 개선
- (2) 어획능력을 효과적으로 관리하는 국가 계획과 시급한 조치를 요하는 연안어업에 대한 긴급조치의 준비와 이행
- (3) 지역적, 세계적 수준에서 어획능력관리의 개선을 위해 지역수산기구와 관련 제도의 강화
- (4) 시급한 조치를 요하는 주요 경제왕래성어족, 고도회유성어족대상어업 및 공해상어업에 대한 긴급조치

이러한 전략은 본 국제행동계획의 이행증진을 위해서 인식구축 및 교육, 국제적수준에서의 기술협력, 그리고 조정 등의 보완적 제도를 통하여 시행될 수 있다.

9. 어획능력관리는 책임수산업규범에 근거를 두어야 하고 다음과 같은 주요원칙과 접근방법을 고려해야 한다.

- (5) 참여: 이 국제행동계획은 각국이 타국가와 협력하여 직접 또는 지역수산기구를 포함한 다른 적절한 정부간기구와 협력하여 FAO를 통해서 이행되어야 한다. 국가와 지역수산기구는 필요시 이 행동계획을 시행하고 이 행동계획을 이행하기 위해 채택된 조치를 FAO를 통보하도록 권고된다. FAO는 규칙적으로 이 계획의 이행에 관한 정보를 제공할 것이다.
- (6) 단계적 이행: 국가 및 지역계획에 근거한 어획능력관리는 다음의 3단계를 통하여 달성되어야 한다. 즉, 첫째, 평가 및 진단(2000년말까지 완료되어야 할 사전분석), 둘째, 관리조치의 채택(2002년말까지 채택되어야 할 사전조치), 셋째, 필요시 그런 평가와 진단에 따른 조치의 주기적 조정이다. 국가와 지역수산기구는 이러한 단계를 끝마쳐야 하고 2005년까지 이 국제행동계획에서 규정한 보완조치를 점진적으로 이행해야 한다.
- (7) 전체적 접근: 어획능력관리는 자국 및 국제수역에서 어획능력에 영향을 미치는 모든 요소를 고려해야 한다.
- (8) 보존: 어획능력관리는 우발포획, 쓰레기, 폐기물을 최소화해야 할 필요성 및 예방적 접근방법과 일치하는 해양환경의 보호와, 어족자원의 보존과 지속가능한 이용을 달성할 수 있도록 하고 선택적이고 환경적으로 안전한 어업관행, 해양환경에서 생물다양성보호, 서식지 특히 특별한 관심이 있는 서식지의 보호를 확실히 하도록 계획되어야 한다.
- (9) 우선순위: 우선순위는 이미 명백히 과잉어획이 존재하는 어업의 어획능력관리에 두어야 한다.
- (10) 신기술: 어획능력관리는 모든 체포어업분야에서의 환경적으로 건전하고 새로운 기술의 투입을 고려해야 한다.
- (11) 어선의 기동성: 어획능력관리는 어획능력의 효율적인 이용을

권장해야 하고 어선의 기동성이 지속적 이용 가능성에 부정적으로 영향을 미칠 때는 기동성을 억제해야 하며, 다른 어업에서의 사회경제적 영향을 적절히 고려해야 한다.

(12) 투명성: 이 국제행동계획은 책임수산업규범 제6조13항에 따라 투명한 방법으로 이행되어야 한다.

10. 이 국제행동계획의 이행은, 개도국의 능력강화와 관련하여, 개도국의 수산업을 발전시킬 뿐만 아니라 국제법하의 개도국의 법적권리 및 의무에 따라 공해어업을 할 권리를 포함하여 공해어업에 참여하도록 책임있는수산업규범 특히 제5조에 근거하여야 한다.

### 제3부 긴급조치

#### 제1편 어획능력감시 및 평가

##### 어획능력측정

11. 모든 국가는 어획능력감시와 측정에 관련된 문제의 근본적인 측면을 보다 더 잘 이해하도록 국가적, 지역적, 세계적 수준에서 조화로운 노력과 연구를 지원해야 한다.
12. 모든 국가는 “어획능력 정의 및 측정에 관한 기술회의” 결과가 국가적, 지역적, 세계적 수준에서 어획능력 및 과잉어획능력의 사전평가를 위한 특별한 지침을 제공해야 함을 주목하면서, FAO가 이 회의를 1999년안에 가능한 한 빨리 소집할 수 있도록 하고, 이회의 결과에 따라 “자료수집, 분석을 위한 기술지침” 이 마련되도록 지원해야 한다.

##### 긴급조치가 필요한 어업 및 어선의 식별 및 확인

13. 모든 국가는 2000년 말까지 주요어업의 모든 어선에 대하여 국가수준에서 이루어진 어획능력의 사전평가를 진행해야 하고 이 평가를 주기적으로 갱신하여야 한다.
14. 모든 국가는 2001년 말까지 긴급한 조치가 필요한 국내어업 및 어선단에 대하여 체계적인 확인작업을 진행하고 이러한 분석을 주기적으로 갱신해야 한다.
15. 모든 국가는 같은 기간안에 지역적 수준에서(관련지역수산기구내에서 또는 필요시 그들과 협력하여) 그리고 세계적 수준에서(FAO와 협력하여) 경계왕래성어족, 고도회유성어족어업 및 공해어업의 어획능력에 대한 유사한 사전평가를 계획하고, 긴급조치를 요하는 지역적 혹은 세계적 어업 및 어선을 확인하는 데 협력해야 한다.

## 어선기록제도의 확립

16. 모든 국가는 FAO가 적절하고 모순이 없는 어선기록의 표준을 개발하는데 지원해야 한다.
17. 모든 국가는 정보에 대한 이용조건을 보다 구체화하여 어선에 대한 적절하고 모순이 없는 국가기록을 개발하고 유지해야 한다.
18. 공해상어선의국제보존관리조치이행증진협정(이행협정)의 발효를 기다리는 동안, 모든 국가는 FAO가 이행협정에서 제시한 모델에 따라 2000년 말까지 공해상에서 조업하는 어선에 대한 국제기록을 수립하는 것을 지원하여야 한다.

## 제2부 : 국별계획의 준비 및 이행

### 국별계획 및 정책의 개발

19. 모든 국가는 특히 다른 자원관리체제의 어획능력에 대한 영향을 고려하면서 어획능력관리국별행동계획을 개발, 이행, 감시해야 한다.
20. 모든 국가는 어획능력을 체계적으로 정확하게 감시하고 이용가능한 수산자원 및 관리목적과의 불균형을 규칙적으로 평가할 수 있는 수단을 개발해야 한다.
21. 모든 국가는 2002년 말까지 어획능력관리국별행동계획을 수립, 채택, 공표해야 하고, 필요시 어획능력을 지속적 이용 가능한 상태로 이용가능자원과 균형되도록 어획능력을 줄여야 한다. 이들 계획들은 어족자원의 평가에 근거해야 하며, 심각히 남획된 것으로 인식된 어족의 어획능력에 대한 관리를 다루기 위하여 즉각적인 조치를 취하고 긴급한 조치가 필요한 사안에 특별한 관심을 두어야 한다.
22. 모든 국가는 국별계획의 수립에 있어서, 어획능력감축의 부담을 져야만 하는 어촌사회의 고용 및 생계의 대체원에 대한 고려를 포함한, 사회경제적 요구사항에 대하여 적절히 고려하여야 한다.
23. 어획능력을 관리하기 위한 국별계획이 불필요하다면, 모든 국가는 어획능력 문제가 수산업관리에 있어 현재의 방법으로 다루어 지고 있다는 것을 보장하여야 한다.
24. 적어도 4년마다, 모든 국가는 효과성증진을 위한 비용효과전략을 확인하기 위하여 어획능력을 관리하는 자국의 국별계획의 이행사항을 검토해야 한다.

### 보조금 및 경제적 유인책

25. 어획능력관리를 위한 자국의 국별계획을 수립할 때, 모든 국가는 보조금을 포함하여 과잉어획능력 및 지속이용불가능성에 기여하는 요소와 긍정적인 영향이 있거나 중립적인 요소를 구별하면서, 자국수산업의 지속이용가능한 관리에 관해서 과잉어획능력에

- 기여하는 보조금을 포함한 모든 요소의 가능한 영향을 평가해야 한다.
26. 모든 국가는 전통어업의 필요성에 관심을 가지면서 보조금과 경제적 유인책을 포함, 직·간접적으로 과잉어획능력의 구축으로 해양생물자원의 지속이용가능성을 해치는 데 기여하는 기타요소와 모든 요소를 감축하고 점진적으로 제거해야 한다.

### 지역적 고려사항

27. 모든 국가는 필요시 지역수산기구와 약정, 다른 형태의 협력을 통하여 어획능력을 확실히 효과적으로 관리하기 위하여 협력해야 한다.
28. 모든 국가는 FAO를 통하여 또는 지역적 약정을 통하여 연구, 훈련 및 효과적인 어획능력관리의 증진을 위한 정보와 교육자료의 생산에 있어서 협력하기 위해 노력해야 한다.

### 제3편 : 국제적 고려사항

29. 모든 국가는 어획능력관리와 관련된 국제적 협정 특히 이행협정(편의치적선금지협정)과 경계왕래성어족 및 고도회유성어족의보존 및 관리에 관한 1982.12.10의 유엔해양법협약의 규정이행협정(유엔공해어족보존협정)에의 동참을 고려해야 한다.
30. 모든 국가는 모든 지역수산기구사이에 그 기구들의 절차에 따라 정보교환과 협력을 지원해야 한다.
31. 모든 국가는 공해어업에 종사하는 자국 어선의 어획능력을 관리하는 조치를 취해야 하고, 필요시 남획되는 공해어족자원에 투입되는 어획능력의 감축에 있어서 다른 국가와 협력해야 한다.
32. 모든 국가는 필요시 지역수산기구를 통하여 FAO와 협력하여 공해 및 연안에서의 자국어선에 의한 어획량에 관한 자료수집을 발전시켜야 한다.
33. 모든 국가는 국제법하에서 기국으로서 자국어선에 대하여 책임을 다하지 않는 국가와, 특히 국제법의 관련규칙 및 국제보존관리조치를 위반하거나 해치는 방법으로 조업할 수 있는 자국의 어선에 대하여 자국의 관할권이나 통제를 효과적으로 행하지 않는 국가의 문제를 다룰 필요성을 인식해야 한다. 모든 국가는 또한 그런 기국이 어획능력을 관리하기 위한 지역적 노력에 확실히 기여하도록 다자간 협력을 지원해야 한다.
34. 모든 국가는 지역수산기구 또는 협정의 회원국이 되도록 권장되거나 그런 기구에 의해 확립된 보존관리조치 또는 협정을 자국의 어선에 적용하도록 합의해야 한다.
35. 모든 국가는 FAO의 도움을 받아 이행협정(편의치적선금지협정) 제6조의 규정에 맞게 지역수산기구 및 협정에 의해 채택된 보존관리조치와 협정을 준수하지 않는 어선의 어업활동에 관한

- 정보의 교환을 촉진해야 한다.
36. 이행협정이 발효되기를 기대하면서 모든 국가는 이 협정 제3조 규정을 이행하기 위해 노력해야 한다.
  37. 모든 국가는 어획능력의 다른국가의 관할 수역으로의 이전은 그 국가의 공식적 허가 및 동의 표명없이 이행되어서는 안된다.
  38. 모든 국가는 기국으로서의 자국의 의무에 따라 자국기를 게양하는 어선의 이전이 책임있는수산업규범의 책임있는 어업에 일치하지 않는 공해수역으로의 이전을 승인하는 것을 피해야 한다.

#### 제4편: 긴급조치를 요하는 주요 국제어업에 대한 즉각적인 조치

39. 모든 국가는 심각히 남획되고 있는 경계왕래어족 및 고도회유성어족, 공해어족을 어획하는 어업에 최우선순위를 두고, 긴급조치를 요하는 국제어업에 대한 어획능력관리를 다루는 즉각적인 조치를 취해야 한다.
40. 각자의 능력 범위안에서, 모든 국가는 필요시 개별적으로, 양자적으로 혹은 다자적으로 남획된 자원을 지속이용가능한 수준으로 회복하기 위한 관리전략의 일부로서 이러한 자원에 투입된 어선능력을 실질적으로<sup>3</sup> 감축하기 위하여 이 국제행동계획의 관련규정과 함께 다음사항을 고려하여 행동해야 한다.
  - (1) 과잉어획상태에 있는 어족자원을 어획하는 어선의 경제적 중요성과 이러한 어선을 자원의 지속이용가능성 및 경제적 이용가능성에 상응하는 수준으로 제한할 필요성
  - (2) 어족자원상태를 고려하면서 완전히 개발되었거나 과도개발된 어업에 과잉어획능력의 이전을 통제하는 적절한 조치의 활용

#### 제4부 이행증진체제

##### 인식구축 및 교육

41. 모든 국가는 어획능력관리 필요성과 어획능력조정으로부터 발생하는 비용편익에 관한 인식을 증가시키기 위해서 국가적, 지역적, 세계적 수준의 정보프로그램을 개발해야 한다.

##### 과학기술협력

42. 모든 국가는 어획능력관리와 관련된 문제에 관한 과학기술정보의 교류를 지원해야 하고, 기존의 지역적 세계적 회의체를 이용하여 이 정보의 세계적인 이용가능성을 증진시켜야 한다.
43. 모든 국가는 훈련 및 제도강화를 지원해야 하고, 어획능력관리에 관련된 문제에 관하여 개도국에 재정적, 기술적 및 기타 도움의 제공을 고려해야 한다.

## 보고

44. 모든 국가는 “책임있는수산업규범”에 대하여 FAO에 매2년마다의 보고의 일부로서 어획능력관리를 위한 자국계획의 평가, 수립, 이행에 관한 진전사항을 FAO에 보고해야 한다.

## FAO 역할

45. FAO는 총회에서 정해진 범위대로, 무엇보다도 투입 및 산출통제 부족, 지속이용불능한 수산관리방법과 과잉어획능력에 기여하는 보조금과 같은 과잉어획능력에 기여하는 요소를 확인하기 위한 심층분석의 기초로서 역할을 할 모든 관련정보와 자료를 수집한다.
46. FAO는 총회에서 정해진 범위대로, 그리고 정규프로그램 활동의 일부로서 어획능력관리를 위한 각국의 국별계획의 이행에 있어서 국가를 지원한다.
47. FAO는 총회에서 규정된 대로, 정규프로그램기금이 있는 특정 국내기술원조계획을 통하여 그리고 이 목적을 위해 식량농업기구가 이용가능한 예산이외의 기금을 사용하여, 어획능력관리를 위한 국별계획의 수립과 이행을 지원한다.
48. FAO는 수산위원회(COFI)를 통하여 이 국제행동계획의 이행에 있어서 진행상태를 매2년마다 보고한다.

- 
1. 이 규정에서, 용어 “국가”는 FAO의 회원국과 비회원국을 포함하고 또한 국가이외의 어업실체에도 준용한다.
  2. 이 규정에서, 용어 “지역적”은 필요시 소지역을 포함한다.
  3. 필요한 감축은 어업마다 다를 수 있다. 예를 들면 참치연승어선의 20 - 30% 감축이 언급되어졌다.(어획능력관리에 관한 기술작업반 회의, 1998. 4. 15 - 18, FAO 수산업 보고서 568권)