

# 어획노력량 정량화 및 어구의 적정규모 설정에 관한 연구

2003. 12



해 양 수 산 부

MINISTRY OF MARITIME AFFAIRS & FISHERIES

# 어획노력량 정량화 및 어구의 적정규모 설정에 관한 연구

Research on the Standardization of Fishing Effort  
and the Appropriate Scale of Fishing Gear

제 1과제 : 어획노력량 개념 정립 및 TAC제 적용 방안

제 2과제 : 어구 · 어법 조사 · 분석 · 평가를 통한 어획  
노력량 정량화 및 사용어구 적정규모 설정

부경대학교 · 국립수산과학원



해 양 수 산 부

MINISTRY OF MARITIME AFFAIRS & FISHERIES

# 제 출 문

해양수산부 장관 귀하

본 보고서를 “어획노력량 정량화 및 어구의 적정규모 설정에 관한 연구”과제의 최종보고서로 제출합니다.

2003년 12월

- 주관연구기관 : 부경대학교
- 협동연구기관 : 국립수산과학원
- 총괄연구책임자 : 이춘우
- 제1과제 책임자 : 장창익  
연구원 : 서영일, 이선길, 이만우,  
이성일, 박겸준, 윤상철,  
박종화, 이재봉
- 제2과제 책임자 : 이춘우  
연구원 : 이주희, 김형석, 권병국,  
이지훈, 김성훈, 김부영,  
이미경, 윤홍근,  
안희춘, 배봉성, 김현영,  
김인옥, 차봉진,

# 요 약 문

## I. 연구개발의 목적 및 중요성

우리나라는 다양한 수산생물이 분포하는 생산성이 높은 어장을 갖고 있으며, 오래전부터 여러 종류의 어구·어법을 이용하여 다양한 크기와 종류의 수산생물을 어획하는 복잡한 생산구조를 갖고 있다. 감소하는 수산자원을 보존하고, 계속 증가하는 어획노력량을 감축하기 위해서는 현재의 수산자원과 어업실태에 대한 과학적이고 체계적인 조사·분석을 통해 종합적인 어업자원관리시스템의 마련이 필요하다.

현재 자원관리의 대표적 수단인 TAC제를 과학적·효율적으로 추진하기 위해서는 정확한 자원평가가 필수요건으로, 이를 위해서는 자원조사와 함께 과거와 현재의 어선성능 등을 보정하여 CPUE를 표준화하는 어획노력량 표준화 작업이 필요하다. 이를 통해서 업종간 어획노력량 분석, 자원량 평가, 어업별 공정한 TAC 배분도 가능하게 될 것이다.

전통적으로 사용되어온 어획노력량의 범위에는 조업일수, 양망횟수 등 단순 요소만 반영되어 있는데, 객관적이고 합리적인 어획노력량 산정을 위해서는 어구어법별 특성을 반영한 어획노력량의 재설정이 필요하다. 따라서 현재 사용되고 있는 어구어법의 조사·분석을 통해 어업별 어획노력량 요소가 설정되면, 어구간의 어획노력량 비교·분석이 가능하게 되고, 이를 바탕으로 어업구조개편, 어선감축, 어구어법의 표준화, 어업별 어획노력량 제한, 어업생산계획 수립, 국가어획능력 산정 등 유용한 자료를 생산하는데 활용할 수 있을 것이다.

이러한 연구결과는 우리나라 어업자원관리 뿐만 아니라 한·중·일 3국이 동북아 수산자원을 공동으로 관리하는 데에도 활용될 수 있다. 즉, 이러한 과학적인 어획노력량 자료를 기초로 하여 우리나라의 자원관리정책을 수립한다면 향후 우리나라가 동북아 수역의 자원관리에 있어 주도적인 역할을 수행하는 데도 기여할 것으로 예상된다.

따라서 본 연구의 목적은 어획노력량 정량화에 대한 이론적 근거를 토대로 하여 우리나라 연근해 주요어업의 어구별, 어업별 어획노력량을 조사·분석하고, 어획노력량에 대한 통일된 기준을 제시함으로써 과학적이고 효율적인 어업관리의 기본 자료를 제시하는데 있다.

## II. 연구개발 내용 및 범위

연구수행 방법은 전체 연구 분야를 크게 어획노력량 정량화 방안 연구 및 어획노력량의 TAC제 적용방안 연구로 구분하여 실시하였다.

이번 연구에서는 어획노력량 및 표준화의 개념 정립, TAC제 활용 방안 제시, 우리나라 주요 어구·어법의 조사분석을 통한 어획노력량 산정, 현재 수산자원량을 고려한 어구의 적정사용량 산정 등을 제시하였다.

제 1과제에서는 “어획노력량 개념 정립 및 TAC제 적용방안”이라는 주제를 가지고 연구가 이루어졌으며, 어획노력량의 이론적 개념의 비교, 대형 선망어업의 어획성능 분석, 어업 및 어종간 관계를 고려한 어획노력량의 표준화에 대해 연구하였고, 다어구 및 다종 어업에 대한 합리적인 자원평가 방법 등을 제시하였다. 주요 연구내용은 어획노력량의 개념, 어획노력량 표준화의 필요성 및 기대효과, 외국의 사례, 어획노력량 표준화 범위, 요소 설정 및 근거, 표준화 방법, 어업별 어획노력량 표준화, 어업별 어획노력량의 TAC제 적용방안, 정책적 활용방안 등에 대한 연구가 이루어졌다.

제 2과제에서는 “어구·어법 조사·분석·평가를 통한 어획노력량 정량화 및 사용어구 적정규모 설정(표준화)”라는 주제로 연구가 이루어졌다. 제 2과제에서는 과제의 성격상 어구를 크게 소극적 어법과 적극적 어법으로 나누어 연구가 이루어졌으며, 소극적 어법의 어업으로서는 안강망어업, 자망어업, 통발어업 및 연승어업에 대해서 조사와 연구가 이루어졌고, 적극적 어법의 어업으로서는 저인망어업, 트롤어업, 선망어업 및 선인망어업에 대해서 조사와 연구가 이루어졌다. 어구·어법의 조사·분석을 통해 현재의 자원량을 고려하여 어구의 적정 규모를 설정·제시하였다.

연구 목표의 충실한 달성을 위해 연구원을 학계와 연구기관의 관련 전공자로 구성하였고, 전공분야도 어구어법 분야와 자원분야의 전문가로 구성하여 상호 유기적인 공조 연구가 가능하도록 하고, 학계, 연구계, 관계 및 업계의 전문가간 협의회를 수시로 개최하였다.

### Ⅲ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

본 연구의 제 1과제에서는 우리나라의 복잡한 어업구조에서 어획되고 있는 다양한 어종에 대한 자원평가에 적합한 자원평가 방법 및 어획노력량의 TAC제 활용방안에 대해 제시하였다. 어획노력량 표준화 개념으로는 어구 또는 어획성능별, 조업형태별 그리고 어종간 단위노력당 어획량의 표준화를 설명하였다. 표준화의 예로 고등어 선망어업을 분석하였으며, 고등어 선망어업에서 표준어선을 지정하여 톤수, 마력수, 소나, 레이더 및 어군 탐지기 보유수, 그리고 선령에 대해 각 요소들의 어획성능을 표준화하였고, 선망어업에서 어획되는 어종별 어획량 자료를 토대로 어종간 단위노력당 어획량을 표준화하였다. 이러한 자료를 사용하여 잉여생산량 모델에 적용하여 최대지속적 생산량을 추정하였으며, 표준화 되지 않은 자료를 사용한 추정치와 비교하였다. 각 어업의 어업비용과 순이익을 고려한 분석을 통하여 어업별 총허용어획량(TAC)을 할당하는 방법을 제시하였으며, 마지막으로 표준화된 어획노력량을 사용하여 생물학적 허용어획량(ABC)을 추정하였다. 본 연구는

다어구 및 다종어업에서 어획되는 어종의 자원평가에 적절하며, 향후 TAC 대상어종을 확대 적용할 시 기초자료로 사용할 수 있을 것이다.

제 2과제에서는 어획노력량의 정량화라는 관점에서 각종 어구의 어획노력량을 보다 절대적인 개념에서 나타내고자 하였다. 현재 우리가 사용하는 단위노력당 어획량인 CPUE는 소극적 어구에서는 어구의 개수를, 적극적 어구에서는 어구의 사용시간이나 횟수를 노력량으로 간주하고 있어서 어구의 규모가 반영되지 않는 문제점을 가지고 있다. 본 연구에서는 어구가 수피에서 작동하는 범위를 나타내는 여과용적을 어획노력량으로 간주하고, 어구별 어획노력량을 조업조건, 어구 규모 등에 따라 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 구하였다. 본 연구에서 제안하는 여과용적은 어구의 규모와 어법적인 측면도 고려되므로 어법이 다른 어구 간에도 어획노력량의 비교가 가능하다. 본 연구 결과 물리적으로 계산된 어획노력량은 쌍끌이가 가장 크고, 다음은 대형트롤과 기선권현망, 대형선망의 순서였다.

척당의 어획량의 자료를 살펴보면 선망의 경우가 가장 많고, 다음이 트롤이고 쌍끌이는 비교적 적은 편이다. 또한 업종별 단위노력당 어획량도 선망이 가장 높고 다음이 트롤, 쌍끌이의 순이었다. 이것은 선망의 어획성능이 쌍끌이나 트롤의 어획성능에 비해서 높다는 것을 나타낸다. 즉 선망을 조우한 어류는 어획될 확률이 매우 높으나, 쌍끌이나 트롤을 조우한 어류는 어획될 확률이 낮다는 것을 의미한다. 따라서 어획노력량의 업종간 비교는 어획성능과 어법적인 측면을 고려하여 수행하여야 하고, 각 어구별로 주요 대상 어종에 대해서 어획될 확률, 즉 어획성능을 정확하게 알아내는 연구가 향후 계속 되어야 할 것이다.

어구의 적정 규모 설정 문제는 어획노력량과 자원의 관계, 어업경영적인 측면 등 종합적인 사항이 고려되어야 한다. 그러나 각 어업별 어획노력량과 자원상태 및 어획강도를 고려한다면 소극적 어법의 어구에서는 0~60% 정도의 어구 사용 개수를 줄여야 하고, 적극적 어법의 어구에서는 21~46% 정도의 어획노력량의 감축이 필요한 것으로 나타났다.

본 연구에서 제안하는 어획노력량은 어선이나 어구의 종류 및 규모가 다르고 조업조건이 상이하여도 적용할 수 있는 개념이므로 한·중·일 3국간의 어획노력량 투입을 기초로 한 어업관리에 적용시킬 수 있고, 일정한 어장 내의 다어종·다어구에 대한 어업관리에 적용시킬 수 있다.

# Summary

## **I. Title : Research on the Standardization of Fishing Effort and the Appropriate Scale of Fishing Gear**

### **II. Purpose of the research and the importance**

There are not any dominant catch species in Korea fisheries production. The existing methods of fisheries management have limitation for applying and low efficiency because there are various commercial species fished by various fishing gear. So it is necessary to develop the methods of multi species management as soon as possible. To establish the species management policy reflecting the national complex fishing structure, followings should be done; first of all, consistent policies should be presented through standardizing the fishing effort with complicated classification. According to these policies, the appropriate stock assessments and the management of fishing effort input should be processed.

This study aims to analyze the fishing effort according to the kind of fisheries and fishing gears based on theoretical grounds about the standardization of the fishing effort, and to present basic data of scientific and efficient fisheries management through a unified standard of the fishing effort.

### **III. Contents and range of the research**

The total area of this study is divided into the study of the fishing effort standardization method and the application of TAC resources management.

The subject of the first research is the concept of the fishing effort and the application methods of TAC. We conducted studies on the comparison of theoretical concepts for fishing efforts, the analysis of fishing powers for large purse seine fisheries, and the standardization of fishing efforts by fisheries and by species for major fisheries resources. And we also carried out studies on the methods of stock assessment for multi-species and multi-gears. The main contents were the concept of fishing efforts, the necessity and the expected effect of standardized fishing effort, the case study of other countries, the standardization methods of fishing efforts by fisheries, and TAC-based fisheries management by using the standardization of fishing efforts. And finally, we suggested the fisheries policy to manage effectively fisheries resources through these studies.

The subject of the second research is the standardization of the fishing effort through the

investigation, analysis and assessment of the fishing gears and methods, and standardization of appropriate scale of fishing gears using. On the subject of the second research, the fishing gears are divided into the passive and active fishing methods. Passive methods including stow net, gill net, pot and long line fishing were studied and researched, and active methods consisting of Large Otter Trawl (midwater trawl), Trawl Large (two boat, midwater), Eastern Sea Trawl (midwater trawl), Large Purse Seine and Anchovy Drag Net were done.

For the purpose of achieving the aims of this study, members consisted of persons majored at the academic world and research organization. Major field was organized into the fishing gear and method and the fisheries resources so that it would be possible to study mutually and systematically. Conferences with academic world, research organization and related industry have been held several times.

#### **IV. Results of the study and proposals for applying**

In the first study, we suggested appropriate stock assessment methods for multi-species catch by complicated fishing structure and applying program for TAC system of fishing effort in Korean waters.

The concept of fishing effort was analyzed by explaining nominal fishing effort, real fishing effort, the relationship between the nominal fishing effort and the real fishing effort, and the relationship between the efficiency of fishing ability and the real fishing effort. The standardization of catch per unit effort was carried out by considering factors of fishing gears, efficiency of fishing ability, and species. We chose chub mackerel and large purse seines as an example for the standardization. We estimated fishing power indices of each factor, such as tonnage, horsepower, sonar, radar, fish finder, and vessel age, and standardized the efficiency of fishing ability and CPUE. We estimated the maximum sustainable yield by applying the standardized data to a surplus production model, and compared the estimates with those by the unstandardized data. We suggested a method for the allocation of the TAC (total allowable catch) quota by fishery from the economic analysis considering the fishery cost and net profit. We finally estimated the ABC (acceptable biological catch) using the standardized fishing effort.

The result of this study will be appropriate in the multi-species assessment by multi-gear, and can be used for information for extending TAC target species in the future.

In the second study, with a viewpoint of the fishing effort standardization, the fishing effort was presented on an absolute concept. CPUE, catch per unit effort, has a problem that doesn't reflect the scale of fishing gear, because the passive fishing gears regards the number of

fishing gear as the fishing effort and the active fishing gears regards the time or the frequency as the one. In this study, the filtering volume, the range of the fishing gear's movement in the water, is considered as the fishing effort. The fishing effort for the fishing gear is calculated through a computer simulation according to the fishing condition and the size of fishing gear. Because both the size of fishing gear and the fishing methods are considered in calculating the filtering volume, the comparison of the fishing effort between different kinds of fishing gear is possible. In conclusion, the physically calculated fishing effort is high in Trawl Large (two boat), Large Otter Trawl (midwater trawl), Anchovy Drag Net and Large Purse Seine in order.

The catching amounts for each boat is the highest in the Large Purse Seine, the next highest is in the Large Otter Trawl, and the lowest is in the Trawl Large (two boat). Moreover, catch per unit effort to the fisheries is the highest in the Large Purse Seine and the next highest is in the Large Otter Trawl and the lowest is in the Trawl Large (two boat). These mean that the fishing efficiency of the Large Purse Seine is higher than that of a Large Otter Trawl and Trawl Large (two boat) in other words, the fish encountered the Large Purse Seine have a high catch rate, but the fish did the Trawl Large (two boat) or Large Otter Trawl have a low catch rate. Therefore, the comparison of the fishing effort between fisheries should be conducted with considering the catching efficiency and methods. And the study on the catch rate of main target fish to the fishing gear that is catching efficiency should be continued in the future.

Establishment of the appropriate scale of the fishing gear should have considerations about the relationship between the fishing effort and the resources, and fisheries business synthetically. However, when considering the fishing effort of the fisheries, the resources state and fishing intensity, the quantity of fishing gear should be reduced by up to 0~60% in the passive fishing methods and the fishing effort should be reduced by up to 21~46% in the active ones.

The fishing effort proposed in this study can be applied to the management of the fishing activities of Korea, China, and Japan based on the fishing effort although the kinds or size of the boat and the fishing gear are diverse and the fishing conditions are different. It can also be applied to the fisheries management of various kinds of fish and fishing gears in a specific fishing ground.

# 목 차

서 론 .....	39
제 1절 연구배경 .....	39
제 2절 어획노력량과 어획성능의 개념 .....	40
제 3절 현황 및 문제점 .....	40
제 4절 지금까지의 연구 동향 .....	41
1. 국내 연구동향 .....	41
2. 국외 연구동향 .....	42
제 5절 연구개발 목표 및 방법 .....	42
 본 론 .....	 44
제 1과제 어획노력량 개념 정립 및 TAC제 적용 방안 .....	44
제 1장 서 론 .....	44
제 1절 어획노력량의 개념 .....	44
1. 어획노력량의 해석 .....	44
가. 명목상 어획노력량 ( $f$ ) .....	44
나. 실질적 어획노력량 ( $F$ ) .....	45
(1) 사망계수의 개념 .....	45
(2) 순간어획사망계수 ( $F$ )의 해석 .....	46
다. 명목상 어획노력량 ( $f$ )과 실질적 어획노력량 ( $F$ )의 관계 .....	49
라. 어획성능과 어획노력량 $f$ 및 $F$ 와의 관계 .....	51
2. 어획노력량 표준화의 개념 .....	52
가. 어구 (어획성능)의 표준화 .....	52
나. 어업 (조업형태)별 어획노력량의 표준화 .....	55
다. 어종(CPUE)별 표준화 .....	55
라. 어획노력량 표준화를 통한 자원관리 연구체계 .....	55
제 2절 어획노력량 표준화의 필요성 및 기대효과 .....	59
제 3절 외국의 사례 .....	63
제 4절 보고서의 구성 .....	64
제 2장 자료 및 방법 .....	65
제 1절 어구·어업별, 어종별 표준화 범위 설정 .....	65
제 2절 표준화 요소 설정 및 근거 .....	65
1. 어선의 어획성능에 미치는 영향 .....	65
2. 어종간의 생물학적인 영향 .....	66
제 3절 어획노력량 표준화 이론 .....	68
1. 표준 어선을 기초로 한 어획성능의 표준화 .....	68

가. 자료 .....	68
나. 방법 .....	68
2. GLM을 이용한 어획노력량의 표준화 .....	69
가. 자료 .....	69
나. 방법 .....	69
제 3장 결과 및 고찰 .....	70
제 1절 주요 어업별 어획노력량 표준화 .....	70
1. 단일 어업의 어획노력량 표준화 .....	70
가. 선망어업의 어획성능 표준화 .....	70
(1) 선망어업의 어선현황 .....	70
(2) 대형선망어업의 표준어선 .....	70
(3) 연도별 어획성능지수(FPI) .....	76
(4) GLM을 이용한 어획노력량의 표준화 .....	76
나. 어종간의 어획노력량 표준화 .....	77
2. 업종간 어획노력량 표준화 및 할당량 배분 .....	80
가. 고등어 대상어업 : 2개 어업 .....	80
(1) 고등어 대상어업의 분석에 이용된 모델 및 자료 .....	80
(가) 다 어구 어업의 자원평가 모델 .....	80
(나) 입력자료 .....	86
(다) 어획노력량의 표준화 .....	86
(라) 최대지속적생산량 및 최대경제적생산량의 추정 .....	88
1) 최대지속적생산량 (MSY) .....	88
2) 최대경제적생산량 (MEY) .....	88
(마) 경제성 분석에 의한 상호작용 .....	88
1) 각 어업의 총이익 .....	88
2) 각 어업의 순이익 .....	89
3) 두 어업의 노력량비에 따른 순이익의 변동 .....	89
(2) 초대지속적 및 최대경제적 생산량 .....	89
(가) 최대지속적생산량 (MSY) 및 MSY시 어획노력량 ( $f_{MSY}$ ) .....	89
(나) 최대경제적생산량 (MEY) 및 MEY시 어획노력량 ( $f_{MEY}$ ) .....	90
나. 갈치대상어업 : 3개 어업 .....	90
(1) 분석모델 및 자료 .....	90
(가) 다 어구 어업의 자원평가 모델 .....	90
(나) 입력자료 .....	90
(다) 어획노력량의 표준화 .....	90
(2) 초대지속적 및 최대경제적 생산량 .....	96
(가) 최대지속적생산량 (MSY) 및 MSY시 어획노력량 ( $f_{MSY}$ )의 추정 .....	96

(나) 최대경제적생산량 (MEY) 및 MEY시 어획노력량 ( $f_{MEY}$ )	96
제 2절 어업별 어획노력량의 TAC제 적용 방안	100
1. 수산자원관리와 어획노력량 표준화와의 관계	100
가. 어획노력량을 이용한 수산자원 평가 및 관리	100
나. 어획노력량을 이용한 자원생태학적 특성치 추정	100
(1) Beverton and Holt 방법	104
(2) Paloheimo 방법	105
(3) 성장계수, 체장 및 노력량 이용방법	105
(4) Zhang 방법	105
다. 어획노력량을 이용한 자원량 추정	107
(1) 단위노력당 어획량 모델	107
(가) Lesile 모델	107
(나) DeLury 모델	108
(2) 단위노력량 어획량 모델의 장점	108
(3) 적용예	109
라. 어획노력량을 이용한 자원평가	109
(1) 잉여생산량 모델	109
(가) Graham-Schaefer 모델	112
(나) Pella and Tomlinson 모델	114
(다) Fox 모델	114
(라) Schnute 모델	115
(마) Zhang 모델	116
(바) 잉여생산량 모델의 장점	117
(사) 잉여생산량 모델의 적용예	117
(2) 지연차분 개체군 평가 모델	117
(가) Deriso 모델	117
(나) Schnute 모델	117
2. 어획노력량을 이용한 한 어업별 TAC제 실시 방안	118
가. TAC 실시를 위한 생물학적 허용어획량 (ABC) 추정 시스템	118
나. 경제성 분석을 통한 어업별 어획량 배분	124
(1) 고등어 대상어업 : 2개 어업	124
(2) 갈치 대상어업 : 3개 어업	127
제 3절 정책적 활용 방안	130
1. 업종간 TAC 할당량 배정 기준	130
가. 자원관리의 일반적인 현황	130
나. 업종간 TAC 배정 기준	131
다. 어획노력량 산정의 문제점 및 개선 방향	132
2. ABC 추정시스템의 실질화를 통한 TAC 확대 적용 방안	135

가. ABC 추정시스템의 실질화 .....	135
나. TAC제 확대 적용 방안 .....	136
제 2과제 어구·어법 조사·분석·평가를 통한 어획노력량 정량화 및 사용 어구 적정규모 설정(표준화) .....	138
제 1편 소극적 어법의 어구 .....	138
제 1장 어업별 실태 조사 .....	138
제 1절 조사 대상 어업 .....	138
제 2절 어업별 실태 조사 지역 및 방법 .....	139
1. 어업별 실태 조사 지역 .....	139
2. 어업별 실태 조사 방법 .....	139
제 3절 업종별 실태 .....	140
1. 안강망어업 .....	140
가. 안강망 .....	140
(1) 어구 어법 .....	140
(2) 조사 기간 및 조사 지역 .....	144
(3) 어구규모 .....	144
(4) 어구 사용량 .....	144
(5) 어선의 규모, 성능 .....	144
(6) 조업인원 .....	144
2. 자망어업 .....	144
가. 대게자망 .....	144
(1) 어구어법 .....	144
(2) 조사 기간 및 조사 지역 .....	148
(3) 어구규모 .....	148
(4) 어구 사용량 .....	149
(5) 침지시간 .....	150
(6) 연중조업일수 .....	151
(7) 망목 크기 .....	151
(8) 어선의 규모, 성능 .....	152
(9) 조업인원 .....	153
나. 꽃게자망 .....	153
(1) 어구어법 .....	153
(2) 조사 기간 및 조사 지역 .....	158
(3) 어구규모 .....	158
(4) 어구 사용량 .....	159
(5) 침지시간 .....	161
(6) 연중조업일수 .....	161

(7) 망목 크기 .....	163
(8) 어선의 규모, 성능 .....	163
(9) 조업인원 .....	164
3. 통발어업 .....	166
가. 붉은대게통발 .....	166
(1) 어구어법 .....	166
(2) 조사 기간 및 조사 지역 .....	170
(3) 어구규모 .....	170
(4) 어구 사용량 .....	171
(5) 침지시간 .....	172
(6) 연중조업일수 .....	172
(7) 망목 크기 .....	173
(8) 어선의 규모 .....	174
(9) 조업인원 .....	174
나. 붕장어통발 .....	175
(1) 어구어법 .....	175
(2) 조사 기간 및 조사 지역 .....	178
(3) 어구규모 및 통발간격 .....	178
(4) 어구 사용량 .....	178
(5) 침지시간 .....	178
(6) 연중조업일수 .....	178
(7) 어선의 규모 .....	178
(8) 조업인원 .....	178
4. 연승어업 .....	179
가. 복어연승 .....	179
(1) 어구어법 .....	179
(2) 조사 기간 및 조사 지역 .....	181
(3) 어구 사용량 .....	181
(4) 침지시간 .....	182
(5) 연중조업일수 .....	182
(6) 낚시간격 .....	183
(7) 어선의 규모 .....	183
(8) 조업인원 .....	184
나. 갈치연승 .....	184
(1) 어구어법 .....	184
(2) 조사 기간 및 조사 지역 .....	186
(3) 어구 사용량 .....	186
(4) 낚시규격 .....	186

(5) 침지시간 .....	186
(6) 연중조업일수 .....	186
(7) 낚시간격 .....	187
(8) 어선의 규모 .....	187
(9) 조업인원 .....	187
제 4절 실태조사를 통한 어획노력량 분석 .....	188
1. 안강망 어업 .....	188
2. 자망어업 .....	188
가. 대게자망 .....	188
(1) 어획량 조사 분석 .....	188
나. 꽃게자망 .....	192
(1) 꽃게 고정자망 어획량 조사 분석 .....	192
(2) 꽃게 유자망 어획량 조사 분석 .....	196
3. 통발어업 .....	200
가. 붉은대게통발 .....	200
(1) 어획량 조사 분석 .....	200
4. 연승어업 .....	204
가. 복어연승 .....	204
(1) 어획량 조사 분석 .....	204
나. 갈치연승 .....	207
(1) 어획량 조사 분석 .....	207
제 2장 어획노력량 분석 .....	210
제 1절 어획노력량의 이론적 산정 방법 .....	210
1. 안강망 .....	210
2. 자망 .....	212
3. 통발 .....	214
4. 연승 .....	216
제 3장 적정 어구 규모 및 어획노력량 .....	217
제 1절 어구의 적정 규모 설정 방법 .....	217
1. 어구의 다양성 .....	217
2. 어구의 적정 규모 설정의 접근 방법 .....	217
제 2절 어업별 적정 어구 규모 및 어획노력량 산정 .....	218
1. 안강망의 적정 어구 규모 및 어획노력량 .....	218
가. 어구의 적정 규모 설정 .....	218
나. 적정 어획노력량 .....	219
2. 자망의 적정 어구 규모 및 어획노력량 .....	221
가. 어구의 적정 규모 설정 .....	221
(1) 대게 자망 .....	221

(2) 꽃게 자망 .....	223
나. 적정 어획노력량 .....	224
(1) 대게 자망 .....	224
(2) 꽃게 자망 .....	224
3. 통발의 적정 어구 규모 및 어획노력량 .....	225
가. 어구의 적정 규모 설정 .....	225
(1) 붉은대게 통발 .....	226
(2) 붕장어 통발 .....	227
나. 적정 어획노력량 .....	228
(1) 붉은대게 통발 .....	228
(2) 붕장어 통발 .....	229
4. 연승의 적정 어구 규모 및 어획노력량 .....	230
가. 어구의 적정 규모 설정 .....	230
(1) 복어 연승 .....	231
(2) 갈치 연승 .....	231
나. 적정 어획노력량 .....	232
(1) 복어 연승 .....	232
(2) 갈치 연승 .....	233
제 2편 적극적 어법의 어구 .....	235
제 1장 어업별 실태 조사 .....	235
제 1절 조사 대상 어업 .....	235
제 2절 어업별 실태 조사 지역 및 방법 .....	236
1. 어업별 실태 조사 지역 .....	236
2. 어업별 실태 조사 방법 .....	236
제 3절 어업별 실태 .....	236
1. 기선저인망 .....	236
가. 대형 기선 저인망 .....	236
(1) 쌍끌이 대형 기선저인망 .....	236
(2) 대형 외끌이 기선저인망 .....	240
나. 중형 기선저인망 .....	243
(1) 중형 기선저인망(울산지역) .....	243
(2) 중형 기선저인망(여수지역) .....	245
2. 트롤 어업 .....	247
가. 대형 트롤 어업 .....	247
나. 동해구 트롤 어업 .....	250
3. 선망 어업 .....	253
가. 대형 선망 어업 .....	253
나. 소형 선망 어업 .....	258

4. 선인망 어업 .....	259
가. 기선권현망 .....	259
제 2장 어구의 규모 컴퓨터 시뮬레이션 .....	262
제 1절 어구시스템의 시뮬레이션 모델 .....	262
1. 어구의 수치계산 모델 .....	262
2. 내력 .....	264
3. 외력 .....	265
제 2절 수치해석 .....	267
1. 수치계산 방법 .....	267
2. 강성에 따른 시간간격(step size) 결정 .....	269
제 3절 어구의 규모 시뮬레이션 .....	270
1. 대형 트롤 어구의 규모 .....	270
가. 시뮬레이션 어구의 선정 .....	270
나. 어구규모 컴퓨터 시뮬레이션 .....	271
2. 동해구 트롤 어구의 규모 .....	273
가. 시뮬레이션 어구의 선정 .....	273
나. 어구규모 컴퓨터 시뮬레이션 .....	274
3. 저층 트롤 어구의 규모 .....	276
가. 시뮬레이션 어구의 선정 .....	276
나. 어구규모 컴퓨터 시뮬레이션 .....	277
4. 쌍끌이 어구의 규모 .....	279
가. 시뮬레이션 어구의 선정 .....	279
나. 어구규모 컴퓨터 시뮬레이션 .....	280
5. 대형 선망 어구의 규모 .....	283
가. 시뮬레이션 어구의 선정 .....	283
나. 어구형상 컴퓨터 시뮬레이션 .....	283
6. 기선권현망의 규모 .....	287
가. 시뮬레이션 어구의 선정 .....	287
나. 어구규모 컴퓨터 시뮬레이션 .....	288
제 3장 어획노력량 분석 및 어구의 적정 규모 .....	291
제 1절 어획노력량 정량적 평가 방법 .....	291
1. 적극적 어구의 어획노력량 개념 .....	291
2. 어구의 규모를 고려한 어획노력량 산출기준 .....	291
제 2절 어업간 어획노력량 비교 분석 .....	292
1. 어구별 어획노력량 정량적 산출 .....	292
가. 중층 끌어구류 .....	292
나. 저층트롤어구 .....	295
다. 선망어구 .....	297

2. 어업간 어획노력량 비교 .....	298
가. 1일당 어획노력량 .....	298
나. 연간 어획노력량 .....	299
다. 업종간 어획노력량 .....	302
3. 업종간 어획노력량 분석 .....	303
제 3절 어구의 적정규모 .....	303
제 3편 국외의 사례 및 환경친화형 어업 .....	305
제 1장 노르웨이 어업과 관리 .....	305
제 1절 노르웨이 어업의 일반적인 설명 .....	305
1. 면허제도 .....	309
2. TAC제도 .....	309
3. 기술적인 방법 .....	309
제 2절 트롤어업의 관리 .....	313
1. 바렌해(Barents Sea)의 트롤어업 .....	313
2. 새우트롤 어업 .....	313
제 3절 선망어업 .....	314
제 2장 일본의 어업관리와 어업 실태 .....	316
제 1절 일본의 어업 관리제도 .....	316
1. 일본의 어업관리제도 .....	316
가. 어업관리제도의 성립과정과 개요 .....	316
나. 어업권(면허)제도 .....	316
다. 허가어업제도 .....	317
라. 기술적관리제도 .....	318
마. 생산량관리제도 .....	318
바. 자율관리어업 .....	318
2. 제 2절 북해도 트롤 어업 조사 .....	319
제 3장 혼획방지를 통한 치어자원 보호방안 .....	327
제 1절 환경친화형 어업의 개념 .....	327
제 2절 그물어구의 선택성과 선택장치 .....	327
제 3절 낚시어구의 선택성 .....	330
종합 고찰 및 제언 .....	331
제 1장 어획노력량 개념 정립 및 TAC제 적용 방안 .....	331
제 1절 어획노력량 및 표준화의 개념 .....	331
제 2절 어획노력량 표준화의 필요성 .....	332
제 3절 어획노력량의 TAC제 활용방안 .....	332
제 2장 소극적 어법의 어구 .....	334
제 1절 어업별 실태 조사 및 방법 .....	334

제 2절 실태 조사를 통한 어획노력량 조사 분석 .....	336
제 3절 어획노력량의 이론적 산정 방법 .....	337
제 4절 어업별 적정 어구 규모 및 적정 어획노력량 .....	337
제 3장 적극적 어법의 어구 .....	338
제 1절 어구의 규모 변화와 어획노력량 산정의 문제점 .....	338
제 2절 어획노력량의 정량화와 어업별 비교 .....	339
제 3절 어획노력량의 업종간 비교 .....	341
제 4절 어구의 적정 규모 설정 .....	341
제 4장 향후 연구과제 및 제언 .....	342
참고 문헌 .....	344

# 표 목 차

## 제 1 과제 어획노력량 개념 정립 및 TAC제 적용 방안

표 1-2-1 선망어업의 어획성능의 변화 .....	60
표 1-2-2 한국 연근해 주요 어종의 어업별 어획비율 (1993~2002) .....	60
표 2-1-1 세 어종간의 서식처 중복 비율 .....	67
표 3-1-1 대형선망어업의 어종별 어획비율 .....	73
표 3-1-2 대형선망어업의 어선현황 .....	74
표 3-1-3 대형선망어업 표준어선의 표준 어획성능 .....	76
표 3-1-4 GLM을 이용한 어획성능별 어획노력량의 표준화 및 추정치 .....	78
표 3-1-5 고등어 어획 지역 (area 1)과 혼획 지역 (area 2)의 비교 .....	82
표 3-1-6 GLM 모델 적용 자료 및 CPUE 추정치 .....	83
표 3-1-7 선망어업의 표준화 이전과 이후의 어획노력량 및 CPUE 비교 .....	84
표 3-1-8 고등어의 어업별 평균어획량 및 어획비율 .....	85
표 3-1-9 고등어 대형선망어업과 근해자망어업의 경제성 분석자료, 1993~2002 .....	86
표 3-1-10 고등어 대상어업의 GLM 적용자료와 단위노력당(CPUE) 어획량 추정치 .....	87
표 3-1-11 갈치의 어업별 평균어획량 및 어획비율 .....	94
표 3-1-12 갈치의 근해안강망어업과 대형기선저인망쌍끌이어업 및 대형트롤어업의 경제성 분석자료, 1988~1997 .....	95
표 3-1-13 갈치 대상어업의 GLM 적용자료와 단위노력당 어획량 추정치 .....	97
표 3-2-1 표준화된 노력량과 표준화하지 않은 노력량 자료의 추정치 비교 .....	103
표 3-2-2 Lesile 모델 및 DeLury 모델에 적용한 서해안 키조개의 자료와 계산과정 .....	111
표 3-2-3 한국의 생물학적 TAC 추정을 위한 이용가능 정보수준 .....	120
표 3-2-4 저어자원용 ABC 추정시스템 .....	122
표 3-2-5 부어자원용 ABC 추정시스템 .....	123
표 3-2-6 고등어와 갈치의 ABC 추정치 .....	125
표 3-1-7 적정어획수준에 대한 어획량 배분 기준 .....	133

제 2과제 1편 소극적 어법의 어구

표 1-1-1 조사 대상 업종과 해당 수협 .....	138
표 1-3-1 조사기간별 조사지역 .....	144
표 1-3-2 조사기간별 조사지역 .....	148
표 1-3-3 조사기간별 조사지역 .....	158
표 1-3-4 조사기간별 조사지역 .....	170
표 1-3-5 조사기간별 조사지역 .....	178
표 1-3-6 조사기간별 조사지역 .....	181
표 3-2-1 근해안강망어업의 허가 척수 및 어획량 .....	220
표 3-2-2 자망어업 및 대게 자망어업의 어획량 .....	224
표 3-2-3 자망어업 및 꽃게 자망어업의 어획량 .....	225
표 3-2-4 통발어업 및 붉은대게 통발어업의 어획량 .....	229
표 3-2-5 통발어업 및 붕장어 통발어업의 어획량 .....	230
표 3-2-6 연승어업 및 복어 연승어업의 어획량 .....	233
표 3-2-7 연승어업 및 갈치 연승어업의 어획량 .....	234

제 2과제 2편 적극적 어법의 어구

표 1-1-1 조사 대상 업종과 해당 수협 .....	235
표 3-2-1 어구별 1일당 어획노력량 .....	298
표 3-2-2 업종별 조업일수 및 예망 시간 .....	300
표 3-2-3 업종별 척(통)당 연간 어획노력량 .....	301
표 3-2-4 업종별 연간 총 어획노력량 .....	302
표 3-3-1 연근해 어업별 적정어획강도 평가 .....	304

제 2과제 3편 국외의 사례 및 환경친화형 어업

표 1-1-1 노르웨이의 어획노력량 통계(1999-2002) .....	315
-----------------------------------------	-----

종합 고찰 및 제언

표 3-1-1 어구의 규모변화 .....	339
표 3-2-1 업종별 어획량 .....	340

# 그 립 목 차

## 제 1과제 어획노력량 개념 정립 및 TAC제 적용 방안

그림 1-1-1. 명목상 어획노력량 ( $f$ )과 실질적 어획노력량 ( $F$ )의 다양한 관계. ....	50
그림 1-1-2. 어획노력량 표준화 단계. ....	53
그림 1-1-3. 어구 또는 어획성능의 표준화 절차. ....	54
그림 1-1-4. 어업 또는 조업형태별 어획노력량의 표준화 절차. ....	56
그림 1-1-5. 고등어, 전갱이 및 정어리의 어종간 CPUE 표준화. ....	57
그림 1-1-6. 어획노력량 표준화를 통한 자원관리 연구체계. ....	58
그림 1-2-1. 대형선망어업의 고등어 어장 분포 (1993). 빨간색은 전갱이, 분홍색은 정어리, 오렌지색은 두 어종이 함께 혼획되는 지역. ....	61
그림 3-1-1. 대형선망어업의 어획량 변화. ....	71
그림 3-1-2. 대형선망어업의 어종별 어획비율. ....	72
그림 3-1-3. 대형선망어업의 요소별 빈도분포. ....	75
그림 3-1-4. 대형선망어업의 연도별 어획성능 지수 (FPI). ....	77
그림 3-1-5. 연도별 대형 선망어업의 고등어 어장 및 혼획 지역. ....	79
그림 3-1-6. Fox (1970)모델을 이용한 고등어 대형선망어업과 근해자망어업의 평형 생산량 곡선. ....	91
그림 3-1-7. 고등어의 총이익 (TB <sub>c</sub> )과 순이익 (NP <sub>c</sub> ) 및 총비용 (TC)의 관계. ....	92
그림 3-1-8. 한국 근해 갈치의 어획량 및 어획비율 변화. 숫자는 2002년 어획비율. ....	93
그림 3-1-9. Fox (1970)모델을 이용한 갈치의 근해안강망어업과 대형기선저인망 쌍끌이어업 및 대형트롤어업의 평형생산량 곡선. ....	98
그림 3-1-10. 갈치의 총이익 (TB <sub>H</sub> )과 순이익 (NP <sub>H</sub> ) 및 총비용 (TC)의 관계. ....	99
그림 3-2-1. 표준화된 어획노력량과 표준화되지 않은 어획노력량 자료를 이용한 Graham-Schaefer 모델의 적용. ....	101
그림 3-2-2. 표준화된 어획노력량과 표준화되지 않은 어획노력량 자료를 이용한 Fox 모델의 적용. ....	102
그림 3-2-3. 서해안 키조개의 월별 단위노력당 어획량 (CPUE)의 변동. ....	110
그림 3-2-4. 잉여생산량 모델의 개념. ....	113
그림 3-2-5. 대형선망어업과 근해자망어업의 등순이익곡선: X는 두 어업의 적정 어획노력량을 나타냄. ....	126

그림 3-2-6. 근해안강망어업, 대형기선저인망쌍끌이어업 및 대형트롤어업의 등순이의 곡선 I: 근해안강망어업의 어획노력량이 증가할 경우. ....	128
그림 3-2-7. 근해안강망어업, 대형기선저인망쌍끌이어업 및 대형트롤어업의 등순이의 곡선 II: 근해안강망어업의 어획노력량을 고정할 경우. ....	129

제 2과제 1편 소극적 어법의 어구

그림 1-2-1. 업종별 실태 조사 지역. ....	139
그림 1-3-1. 안강망 조업모식도. ....	141
그림 1-3-2(a). 안강망 어구 설계도. ....	142
그림 1-3-2(b). 안강망 어구 설계도. ....	143
그림 1-3-3. 대게자망 어구 설계도(홀자망). ....	146
그림 1-3-4. 대게자망 어구 설계도(삼중자망). ....	147
그림 1-3-5. 한폭 길이에 따른 사용척수. ....	149
그림 1-3-6. 한폭 섶에 따른 사용척수. ....	149
그림 1-3-7. 1일 사용폭수에 따른 사용척수. ....	150
그림 1-3-8. 침지시간에 따른 사용척수. ....	150
그림 1-3-9. 연중 조업일수에 따른 사용척수. ....	151
그림 1-3-10. 망목크기에 따른 사용척수. ....	152
그림 1-3-11. 어선규모에 따른 사용척수. ....	152
그림 1-3-12. 조업인원수에 따른 사용척수. ....	153
그림 1-3-13. 저층 자망의 조업모식도. ....	155
그림 1-3-14(a). 꽃게 자망의 어구설계도(고정자망). ....	156
그림 1-3-14(b). 꽃게 자망의 어구설계도(유자망). ....	157
그림 1-3-15. 한폭 길이에 따른 사용척수. ....	159
그림 1-3-16. 한폭 섶에 따른 사용척수. ....	159
그림 1-3-17. 1일 사용폭수에 따른 사용척수(고정자망). ....	160
그림 1-3-18. 1일 사용폭수에 따른 사용척수(유자망). ....	160
그림 1-3-19. 침지시간에 따른 사용척수(유자망). ....	161
그림 1-3-20. 연중 조업일수에 따른 사용척수(꽃게 고정자망). ....	162
그림 1-3-21. 연중 조업일수에 따른 사용척수(유자망). ....	162
그림 1-3-22. 망목크기에 따른 사용척수(유자망). ....	163
그림 1-3-23. 어선규모에 따른 사용척수(고정자망). ....	164
그림 1-3-24. 어선규모에 따른 사용척수(유자망). ....	164

그림 1-3-25. 조업인원수에 따른 사용척수(고정자망). .....	165
그림 1-3-26. 조업인원수에 따른 사용척수(유자망). .....	165
그림 1-3-27. 통발 어업의 조업모식도. ....	167
그림 1-3-28. 붉은대게 통발(70톤급이상) 어구설계도. ....	168
그림 1-3-29. 붉은대게 통발(10톤 내외급) 어구설계도. ....	169
그림 1-3-30. 통발간격에 따른 사용척수. ....	171
그림 1-3-31. 통발 사용 수에 따른 사용척수. ....	171
그림 1-3-32. 침지시간에 따른 사용척수. ....	172
그림 1-3-33. 조업일수에 따른 사용척수. ....	173
그림 1-3-34. 망목크기에 따른 사용척수. ....	173
그림 1-3-35. 어선규모에 따른 사용척수. ....	174
그림 1-3-36. 조업인원수에 따른 사용척수. ....	174
그림 1-3-37. 봉장어통발 조업 모식도. ....	176
그림 1-3-38. 봉장어 통발(70톤급 이상) 어구설계도. ....	177
그림 1-3-39. 연승 어업의 조업모식도. ....	179
그림 1-3-40. 복어 연승 어업의 어구 설계도. ....	180
그림 1-3-41. 낚시수에 따른 사용척수. ....	182
그림 1-3-42. 조업일수에 따른 사용척수. ....	182
그림 1-3-43. 낚시간격에 따른 사용척수. ....	183
그림 1-3-44. 어선규모에 따른 사용척수. ....	183
그림 1-3-45. 조업인원에 따른 사용척수. ....	184
그림 1-3-46. 갈치연승의 어구설계도. ....	185
그림 1-3-47. 조업일수에 따른 사용척수. ....	186
그림 1-3-48. 어선규모에 따른 사용척수. ....	187
그림 1-4-1. 망목크기에 따른 어획량. ....	189
그림 1-4-2. 자망 1폭의 면적에 따른 어획량. ....	189
그림 1-4-3. 사용폭수에 따른 어획량. ....	190
그림 1-4-4. 침지시간에 따른 어획량. ....	190
그림 1-4-5. 자망 사용면적에 따른 어획량. ....	191
그림 1-4-6. 어선마력별 어획량. ....	191
그림 1-4-7. 어선톤수별 어획량. ....	192
그림 1-4-8. 망목크기에 따른 어획량. ....	193
그림 1-4-9. 자망 1폭의 면적에 따른 어획량. ....	193
그림 1-4-10. 사용폭수에 따른 어획량. ....	194

그림 1-4-11. 침지시간에 따른 어획량. ....	194
그림 1-4-12. 자망 사용면적에 따른 어획량. ....	195
그림 1-4-13. 어선마력별 어획량. ....	195
그림 1-4-14. 어선톤수별 어획량. ....	196
그림 1-4-15. 망목크기에 따른 어획량. ....	197
그림 1-4-16. 자망 1폭의 면적에 따른 어획량. ....	197
그림 1-4-17. 사용폭수에 따른 어획량. ....	198
그림 1-4-18. 침지시간에 따른 어획량. ....	198
그림 1-4-19. 자망사용면적에 따른 어획량. ....	199
그림 1-4-20. 어선마력별 어획량. ....	199
그림 1-4-21. 어선톤수별 어획량. ....	200
그림 1-4-22. 망목크기에 따른 어획량. ....	201
그림 1-4-23. 통발간격별 어획량. ....	201
그림 1-4-24. 통발수에 따른 어획량. ....	202
그림 1-4-25. 침지시간에 따른 어획량. ....	202
그림 1-4-26. 조업일수에 따른 어획량. ....	203
그림 1-4-27. 어선마력별 어획량. ....	203
그림 1-4-28. 어선톤수별 어획량. ....	204
그림 1-4-29. 낚시수에 따른 어획량. ....	205
그림 1-4-30. 낚시간격에 따른 어획량. ....	205
그림 1-4-31. 연중 조업일수에 따른 어획량. ....	206
그림 1-4-32. 어선마력별 어획량. ....	206
그림 1-4-33. 어선톤수별 어획량. ....	207
그림 1-4-34. 낚시수에 따른 어획량. ....	207
그림 1-4-35. 낚시간격에 따른 어획량. ....	208
그림 1-4-36. 연중 조업일수에 따른 어획량. ....	208
그림 1-4-37. 어선마력별 어획량. ....	209
그림 1-4-38. 어선톤수별 어획량. ....	209
그림 2-1-1. 안강망의 어획노력량 개념도. ....	211
그림 2-1-2. 자망의 어획노력량 개념도. ....	212
그림 2-1-3. 통발의 어획노력량 개념도. ....	214
그림 2-1-4. 연승의 어획노력량 개념도. ....	216
그림 3-2-1. 근해안강망어업의 적정 어구규모. ....	219
그림 3-2-2. 대계 자망어업의 적정 어구규모. ....	222

그림 3-2-3. 꽃게 자망어업의 적정 어구규모. ....	223
그림 3-2-4. 붉은대게 통발어업의 적정 어구규모. ....	227
그림 3-2-5. 봉장어 통발어업의 적정 어구규모. ....	228
그림 3-2-6. 복어 연승어업의 적정 어구규모. ....	231
그림 3-2-7. 갈치 연승어업의 적정 어구규모. ....	232

제 2과 제 2편 적극적 어법의 어구

그림 1-3-1. 쌍끌이 기선저인망의 조업도. ....	238
그림 1-3-2. 대형 쌍끌이 기선저인망 어선. ....	238
그림 1-3-3. 대형 쌍끌이 기선저인망 어구설계도. ....	239
그림 1-3-4. 대형 외끌이 기선저인망의 조업 모식도. ....	241
그림 1-3-5. 외끌이 기선저인망 어구 설계도. ....	242
그림 1-3-6. 중형기선저인망의 어구설계도. ....	244
그림 1-3-7. 여수지역 중형 기선저인망 어선. ....	245
그림 1-3-8. 여수지역 중형 기선저인망의 설계도. ....	246
그림 1-3-9. 대형 트롤 어업의 조업 모식도. ....	248
그림 1-3-10. 대형 트롤 어선. ....	248
그림 1-3-11. 대형 트롤 어구설계도. ....	249
그림 1-3-12. 동해구 트롤의 조업 모식도. ....	250
그림 1-3-13. 동해구 트롤 어구의 설계도(저층). ....	251
그림 1-3-14. 동해구 트롤 어구의 설계도(중층). ....	252
그림 1-3-15. 선망의 조업 모식도. ....	255
그림 1-3-16. 선망의 망선 및 적재되어 있는 어망. ....	256
그림 1-3-17. 대형 선망어구 설계도. ....	257
그림 1-3-18. 소형 선망의 설계도. ....	258
그림 1-3-19. 멸치기선권현망의 조업 모식도. ....	260
그림 1-3-20. 기선권현망 선단. ....	260
그림 1-3-21. 기선권현망의 설계도. ....	261
그림 2-1-1. 망지의 수학적 모델링. ....	263
그림 2-1-2. 로프와 큰 그물코에 대한 모델링 방법. ....	263
그림 2-1-3. 작은 그물코에 대한 모델링. ....	264
그림 2-1-4. 어구에 작용하는 항력( $R_x$ )과 양력( $R_y$ ). ....	266
그림 2-1-5. 영각에 다른 항력 계수( $C_d$ )와 양력 계수( $C_l$ ). ....	266

그림 2-3-6. 컴퓨터로 작성된 트롤 어구의 설계도. ....	270
그림 2-3-7. 시뮬레이션을 위한 어구 조립도. ....	271
그림 2-3-8. 예망속도 3.5노트에서의 망구형상. ....	272
그림 2-3-9. 예망속도에 따른 망구 전개면적. ....	272
그림 2-3-10. 컴퓨터로 작성된 동해구 트롤 어구의 설계도. ....	273
그림 2-3-11. 시뮬레이션을 위한 어구 조립도. ....	274
그림 2-3-12. 예망속도 2.5노트일 때의 망구형상. ....	275
그림 2-3-13. 예망속도에 따른 망구면적. ....	275
그림 2-3-14. 컴퓨터로 작성된 저층 트롤 어구의 설계도. ....	276
그림 2-3-15. 시뮬레이션을 위한 어구 조립도. ....	277
그림 2-3-16. 예망속도3.5노트일 때의 다른 망구형상. ....	278
그림 2-3-17. 예망속도에 따른 망구면적. ....	278
그림 2-3-18. 컴퓨터로 작성된 쌍끌이 트롤 어구의 설계도. ....	279
그림 2-3-19. 시뮬레이션을 위한 어구 조립도. ....	280
그림 2-3-20. 예망속도 3.5노트 일 때의 망구형상. ....	281
그림 2-3-21. 예망속도에 따른 망구면적. ....	281
그림 2-3-22. 양선 간격이 350m일 때의 망구형상. ....	282
그림 2-3-23. 양선 간격에 따른 망구면적. ....	282
그림 2-3-24. 설계 프로그램을 이용한 설계도(대형 선망). ....	283
그림 2-3-25. 경과 시간에 따른 뜰줄의 포위면적. ....	284
그림 2-3-26. 선망 조업과정 시뮬레이션. ....	286
그림 2-3-27. 컴퓨터로 작성된 권현망 어구의 설계도. ....	287
그림 2-3-28. 시뮬레이션을 위한 어구 조립도. ....	288
그림 2-3-29. 예망속도 1노트일 때의 망구형상. ....	289
그림 2-3-30. 예망속도에 따른 망구면적. ....	289
그림 2-3-31. 양선간격 550m에서의 망구형상. ....	290
그림 2-3-32. 양선 간격에 따른 망구면적. ....	290
그림 3-2-1. 3.5노트 예망 속도에서의 대형 트롤의 망구 형상. ....	293
그림 3-2-2. 예망 속도 3.5노트에서의 대형 쌍끌이 기선저인망의 망구 형상. ....	293
그림 3-2-3. 대형 트롤의 망구의 전개면적. ....	294
그림 3-2-4. 대형 쌍끌이 기선저인망의 망구의 전개면적. ....	294
그림 3-2-5. 트롤 어구의 어획능력량. ....	295
그림 3-2-6. 저층트롤 시뮬레이션. ....	296
그림 3-2-7. 저층트롤의 망구면적. ....	296

그림 3-2-8. 선망의 어획노력량. ....	297
그림 3-2-9. 업종별 1일당 어획노력량. ....	299
그림 3-2-10. 업종별 척(통)당 연간 어획노력량. ....	301
그림 3-2-11. 업종별 연간 총 어획노력량. ....	302

제 2과 제 3편 국외의 사례 및 환경친화형 어업

그림 1-1-1. 노르웨이 주변 수역의 어장도. ....	306
그림 1-1-2. 대표적인 노르웨이 어선. ....	308
그림 1-1-3. 트롤의 그리드. ....	311
그림 1-1-4. 트롤에 사용되는 그리드. ....	311
그림 1-1-5. 어류트롤에서 선택적 크기를 향상시키기 위해 사용되는 사각망지 끝자 루 그물. ....	312
그림 2-2-1. 북해도트롤의 조업 구역 및 어획비율. ....	320
그림 2-2-2. 트롤 그물 설계도(평탄한 저질). ....	322
그림 2-2-3. 트롤 그물 설계도(거친 저질). ....	323
그림 2-2-4. JM형 트롤망(개량1형)의 설계도. ....	324
그림 2-2-5. JM형 트롤그물의 카이트. ....	325
그림 2-2-6. JM형 트롤망(개량 2형)의 설계도. ....	326
그림 3-2-1. 힘에 따른 그물코의 모양 변화. ....	327
그림 3-2-2. 그리드를 이용한 소형어와 대형어 선택 장치. ....	328
그림 3-2-3. 사각망지를 이용한 소형어와 대형어의 선택 장치. ....	328
그림 3-2-4. 선망의 소형어 탈출 장치. ....	329
그림 3-2-5. 새우트롤에서 새우와 어류의 분리장치. ....	329

# List of Table

The first subject : Standardization of the concept of fishing effort and the methods for applying TAC

Table 1-2-1 Change of fishing power of Korean large purse seine fishery	60
Table 1-2-2 Catch proportions of major species by fisheries in Korean waters, 1993~2002	60
Table 2-1-1 Proportions of habitat overlap among three species	67
Table 3-1-1 Catch compositions by catch species in Korean large purse seine fishery, 1993~2002	73
Table 3-1-2 Status of fishing vessel by year in Korean large purse sein fishery	74
Table 3-1-3 Standard fishing powers of standard fishing vessel in Korean large purse seine fishery, 1993~2002	76
Table 3-1-4 Estimates and standardization of fishing effort by fishing powers using GLM	78
Table 3-1-5 Comparison of fishing area for chub mackerel and bycatch area	82
Table 3-1-6 Fitting data to GLM model and estimate of CPUE	83
Table 3-1-7 Comparisons with fishing efforts and CPUE of before and after standardization in between in Korean large purse seine fishery, 1993~2002	84
Table 3-1-8 Average catch and catch proportion of chub mackerel by each fisheries	85
Table 3-1-9 Data for the economic analysis of chub mackerel in Korean large purse seine fishery and the offshore gill net fishery, 1993~2002	86
Table 3-1-10 Fitting data to GLM model and estimates of CPUE of chub mackerel fisheries	87
Table 3-1-11 Average catch and catch proportions of hairtail by each fisheries	94
Table 3-1-12 Data for the economic analysis of hairtail in the offshore stow net, the large pair trawl and the large trawl fisheries, 1988~1997	95

Table 3-1-13 Fitting data to GLM model and estimate of CPUE of hairtail fisheries .....	97
Table 3-2-1 Comparison of estimate between standardized fishing effort and non-standardized fishing effort .....	103
Table 3-2-2 Fitting data and calculation process to Lesile and DeLury models of Penschell in the coastal of Yellow Sea .....	111
Table 3-2-3 Information level available for biological TAC estimation in Korea .....	120
Table 3-2-4 System to determine ABC for demersal stocks .....	122
Table 3-2-5 System to determine ABC for pelagic stocks .....	123
Table 3-2-6 ABC estimates of chub mackerel and hairtail .....	125
Table 3-1-7 Standard level of catch division by optimum fishing level .....	133

The second subject - the first section : Fishing gear for passive methods

Table 1-1-1 Investigated type of target fishery and Fisheries Cooperatives ..	138
Table 1-3-1 Investigated area classified by date .....	144
Table 1-3-2 Investigated area classified by date .....	148
Table 1-3-3 Investigated area classified by date .....	158
Table 1-3-4 Investigated area classified by date .....	170
Table 1-3-5 Investigated area classified by date .....	178
Table 1-3-6 Investigated area classified by date .....	181
Table 3-2-1 The number of fisheries permission and the catch of stow net in offshore fisheries .....	220
Table 3-2-2 The catch of gill net, and king crab gill net fishery .....	224
Table 3-2-3 The catch of gill net, and blue crab gill net fishery .....	225
Table 3-2-4 The catch of pot, and red tanner crab pot fishery .....	229
Table 3-2-5 The catch of pot, and sea eel pot fishery .....	230
Table 3-2-6 The catch of long line, and puffer long line fishery .....	233
Table 3-2-7 The catch of long line, and hairtail long line fishery .....	234

The second subject - the second section : Fishing gear for active methods

Table 1-1-1 Investigated type of target fishery and concerned Suhy .....	235
--------------------------------------------------------------------------	-----

Table 3-2-1 Fishing effort by type of fishing methods per one day .....	298
Table 3-2-2 The number of operated days and towing time by type of fishery .....	300
Table 3-2-3 Yearly fishing effort by type of fishery per each vessel .....	301
Table 3-2-4 Yearly total fishing effort by type of fishery .....	302
Table 3-3-1 Assessment of the appropriate fishing efforts on each coastal and offshore fishery .....	304

The second subject - the third section : Internal and external cases and  
environmentally-friendly fisheries

Table 1-1-1 Landing statistics - Norwegian catches 1999-2002 .....	315
--------------------------------------------------------------------	-----

Total discussion and proposals

Table 3-1-1 The scale change of fishing gears .....	339
Table 3-2-1 The catch for each fishery .....	340

# List of Figures

The first subject : Standardization of the concept of fishing effort and the methods for applying TAC

Fig.1-1-1. Various relationship between nominal fishing effort ( $f$ ) and real fishing effort ( $F$ ). .....	50
Fig.1-1-2. Standardization stages of fishing effort. ....	53
Fig.1-1-3. Standardization proceedings of fishing gear or fishing power. ....	54
Fig.1-1-4. Standardization proceedings by the fishery or fishing condition. ....	56
Fig.1-1-5. Standardization of CPUE among the speceis of chub mackerel, horse mackerel and Pacific sardine. ....	57
Fig.1-1-6. Research system of stock management through standardization fishery. ....	58
Fig.1-2-1. Distribution of fishing ground for chub mackerel in Korean large purse seine fishery (1993). red color is bycatch area of horse mackerel, pink color is bycatch area of Pacific sardine, and orange color is mixed area of two species). ....	61
Fig.3-1-1. Variations of catch of Korean large purse seine fishery. ....	71
Fig.3-1-2. Catch proportions by catch species in Korean large purse seine fishery, 1993~2002. ....	72
Fig.3-1-3. Distribution of frequencies by factors in Korean large purse seine fishery. ....	75
Fig.3-1-4. Fishing power index (FPI) of Korean large purse seine fishery. ....	77
Fig.3-1-5. Distribution of fishing ground and bycatch area for chub mackerel in 1993~2002. ....	79
Fig.3-1-6. Equilibrium yield curve for chub mackerel in Korean large purse seine and offshore gill net fisheries using the Fox (1970) model. ....	91
Fig.3-1-7. Relationship among total benefit (T <sub>Bc</sub> ), net profit (NP <sub>c</sub> ) and total cost (TC) for chub mackerel in Korean waters. ....	92
Fig.3-1-8. Variations in catches and catch proportions of hairtail in Korean waters. Numbers denote catch proportion in 2002. ....	93
Fig.3-1-9. Equilibrium yield curve for chub mackerel in the Korean large purse seine and offshore gill net fisheries using the Fox (1970) model. ....	98

Fig.3-1-10. Relationship among total benefit (TBH), net profit (NPH) and total cost (TC) for chub mackerel in Korean waters. ....	99
Fig.3-2-1. Fitting data to Graham-Schaefer model using standardized fishing effort (SFE) and non-standardized fishing effort (NSFE). ....	101
Fig.3-2-2. Fitting data to Fox model using standardized fishing effort (SFE) and non-standardized fishing effort (NSFE). ....	102
Fig.3-2-3. Variations in CPUE by month of Penshell in the coastal of Yellow Sea. ....	110
Fig.3-2-4. Concept of surplus production model. ....	113
Fig.3-2-5. Net profit isopleths of Korean large purse seine (LPS) and offshore gill net (OGN) fisheries: X represents the optimum fishing effort in two fisheries. ....	126
Fig.3-2-6. Net profit isopleths of Korean offshore stow net, large pair trawl and large trawl fisheries I: the case for increasing fishing effort in offshore stow net. ....	128
Fig.3-2-7. Net profit isopleths of Korean offshore stow net, large pair trawl and large trawl fisheries I: the case for fixing fishing effort in offshore stow net. ....	129

The second subject - the first section : Fishing gear for passive methods

Fig.1-2-1. The boundary of area on researching into the actual condition of fisheries. ....	139
Fig.1-3-1. Operating schematic diagram of stow net. ....	141
Fig.1-3-2(a). Design plan of stow net. ....	142
Fig.1-3-2(b). Design plan of stow net. ....	143
Fig.1-3-3. Design plan of king crab gill net(single gill net). ....	146
Fig.1-3-4. Design plan of king crab gill net(trammel net). ....	147
Fig.1-3-5. The number of used vessels according to the length of one net panel. ....	149
Fig.1-3-6. The number of used vessels according to the depth of net panel. ....	149
Fig.1-3-7. The number of used vessels according to the number of used panel per a day. ....	150
Fig.1-3-8. The number of used vessels according to the time of immersion. ....	150

Fig.1-3-9. The number of used vessels according to operating days in a year. .....	151
Fig.1-3-10. The number of used vessels according to mesh size. ....	152
Fig.1-3-11. The number of used vessels according to vessel scale. ....	152
Fig.1-3-12. The number of used vessels according to the number of seamen. .....	153
Fig.1-3-13. Operating schematic diagram of bottom gill net. ....	155
Fig.1-3-14(a). Design plan of blue crab gill net(using the anchor). ....	156
Fig.1-3-14(b). Design plan of blue crab gill net(bottom gill net). ....	157
Fig.1-3-15. The number of used vessels according to the length of one net panel. ....	159
Fig.1-3-16. The number of used vessels according to the depth of net panel. .....	159
Fig.1-3-17. The number of used vessels according to the number of used panel per a day(using the anchor). ....	160
Fig.1-3-18. The number of used vessels according to the number of used panel per a day(bottom gill net). ....	160
Fig.1-3-19. The number of used vessels according to the time of immersion (bottom gill net). ....	161
Fig.1-3-20. The number of used vessels according to operating days in a year (using the anchor). ....	162
Fig.1-3-21. The number of used vessels according to operating days in a year (bottom gill net). ....	162
Fig.1-3-22. The number of used vessels according to mesh size (bottom gill net). ....	163
Fig.1-3-23. The number of used vessels according to vessel scale (using the anchor). ....	164
Fig.1-3-24. The number of used vessels according to vessel scale (bottom gill net). ....	164
Fig.1-3-25. The number of used vessels according to the number of seamen (using the anchor). ....	165
Fig.1-3-26. The number of used vessels according to the number of seamen (bottom gill net). ....	165
Fig.1-3-27. Operating schematic diagram of fish pot fishery. ....	167

Fig.1-3-28. Design plan of red tanner crab fish pot(over 70ton). .....	168
Fig.1-3-29. Design plan of red tanner crab fish pot(10ton or so). .....	169
Fig.1-3-30. The number of used vessels according to the distance of fish pot. .....	171
Fig.1-3-31. The number of used vessels according to the number of fish pot. .....	171
Fig.1-3-32. The number of used vessels according to time of immersion. ....	172
Fig.1-3-33. The number of used vessels according to operating days. ....	173
Fig.1-3-34. The number of used vessels according to mesh size. ....	173
Fig.1-3-35. The number of used vessels according to vessel scale. ....	174
Fig.1-3-36. The number of used vessels according to the number of seamen. .....	174
Fig.1-3-37. Operating schematic diagram of sea eel pot. ....	176
Fig.1-3-38. Design plan of sea eel pot(over 70ton). ....	177
Fig.1-3-39. Operating schematic diagram of long line fishery. ....	179
Fig.1-3-40. Design plan of puffer long line fishery. ....	180
Fig.1-3-41. The number of used vessels according to the number of hooks. .....	182
Fig.1-3-42. The number of used vessels according to operating days. ....	182
Fig.1-3-43. The number of used vessels according to the distance of hook. ·	183
Fig.1-3-44. The number of used vessels according to vessel scale. ....	183
Fig.1-3-45. The number of used vessels according to the number of seamen. .....	184
Fig.1-3-46. Design plan of hairtail long line. ....	185
Fig.1-3-47. The number of used vessels according to operating days. ....	186
Fig.1-3-48. The number of used vessels according to vessel scale. ....	187
Fig.1-4-1. Catch according to mesh size. ....	189
Fig.1-4-2. Catch according to the area of one net panel. ....	189
Fig.1-4-3. Catch according to the number of used panels. ....	190
Fig.1-4-4. Catch according to the time of immersion. ....	190
Fig.1-4-5. Catch according to the total area of used gill net. ....	191
Fig.1-4-6. Catch according to vessel's power. ....	191
Fig.1-4-7. Catch according to vessel's tonnage. ....	192
Fig.1-4-8. Catch according to mesh size. ....	193

Fig.1-4-9. Catch according to the area of one net panel. ....	193
Fig.1-4-10. Catch according to the number of used panels. ....	194
Fig.1-4-11. Catch according to the time of immersion. ....	194
Fig.1-4-12. Catch according to the total area of used gill net. ....	195
Fig.1-4-13. Catch according to of vessel's power. ....	195
Fig.1-4-14. Catch according to of vessel's tonnage. ....	196
Fig.1-4-15. Catch according to mesh size. ....	197
Fig.1-4-16. Catch according to the area of one net panel. ....	197
Fig.1-4-17. Catch according to the number of used panels. ....	198
Fig.1-4-18. Catch according to the time of immersion. ....	198
Fig.1-4-19. Catch according to the total area of used gill net. ....	199
Fig.1-4-20. Catch according to of vessel's power. ....	199
Fig.1-4-21. Catch according to vessel's tonnage. ....	200
Fig.1-4-22. Catch according to mesh size. ....	201
Fig.1-4-23. Catch by the distance of fish pot. ....	201
Fig.1-4-24. Catch according to the number of fish pots. ....	202
Fig.1-4-25. Catch according to the time of immersion. ....	202
Fig.1-4-26. Catch according to operating days. ....	203
Fig.1-4-27. Catch according to vessel's power. ....	203
Fig.1-4-28. Catch according to vessel's tonnage. ....	204
Fig.1-4-29. Catch according to the number of hooks. ....	205
Fig.1-4-30. Catch according to the distance of hook. ....	205
Fig.1-4-31. The catch according to operating days in a year. ....	206
Fig.1-4-32. Catch according to of vessel's power. ....	206
Fig.1-4-33. Catch according to vessel's tonnage. ....	207
Fig.1-4-34. Catch according to the number of hooks. ....	207
Fig.1-4-35. Catch according to the distance of hook. ....	208
Fig.1-4-36. The catch according to operating days in a year. ....	208
Fig.1-4-37. Catch according to vessel's power. ....	209
Fig.1-4-38. Catch according to vessel's tonnage. ....	209
Fig.2-1-1. The general idea plan of fishing effort in stow net. ....	211
Fig.2-1-2. The general idea plan of fishing effort in gill net. ....	212
Fig.2-1-3. The general idea plan of fishing effort in fish pot. ....	214
Fig.2-1-4. The general idea plan of fishing effort in long line. ....	216

Fig.3-2-1. The reasonable scale of stow net in offshore fisheries. ....	219
Fig.3-2-2. The reasonable scale of king crab gill net fishery. ....	222
Fig.3-2-3. The reasonable scale of blue crab gill net fishery. ....	223
Fig.3-2-4. The reasonable scale of red tanner crab pot fishery. ....	227
Fig.3-2-5. The reasonable scale of sea eel pot fishery. ....	228
Fig.3-2-6. The reasonable scale of puffer long line fishery. ....	231
Fig.3-2-7. The reasonable scale of hairtail long line fishery. ....	232

The second subject - the second section : Fishing gear for active methods

Fig.1-3-1. Operating drawing of pair trawl. ....	238
Fig.1-3-2. Fishing vessel of the large size pair trawl. ....	238
Fig.1-3-3. Net design plan for the large size pair trawl. ....	239
Fig.1-3-4. Schematic operation diagram of large size Danish seine. ....	241
Fig.1-3-5. Net design plan for the Danish seine. ....	242
Fig.1-3-6. Net design plan for the medium size Danish seine. ....	244
Fig.1-3-7. Medium size Danish seine vessel in Yeosu. ....	245
Fig.1-3-8. Net design plan for the medium size Danish seine in Yeosu. ....	246
Fig.1-3-9. Schematic operation diagram of large scale trawl. ....	248
Fig.1-3-10. Vessel of large size trawl. ....	248
Fig.1-3-11. Net design plan for the large size trawl. ....	249
Fig.1-3-12. Schematic operation diagram of Eastern Sea trawl. ....	250
Fig.1-3-13. Net design plan for the Eastern Sea trawl (bottom trawl). ....	251
Fig.1-3-14. Net design plan for the Eastern Sea trawl (mid-water trawl). ....	252
Fig.1-3-15. Schematic operation diagram of the large size purse seine. ....	255
Fig.1-3-16. Purse seiner and net stacked on deck. ....	256
Fig.1-3-17. Net design plan for the large size purse seine. ....	257
Fig.1-3-18. Net design plan for the small size purse seine. ....	258
Fig.1-3-19. Schematic operation diagram of the anchovy drag net. ....	260
Fig.1-3-20. Fleet of the anchovy drag net. ....	260
Fig.1-3-21. Net design plan for the anchovy drag net. ....	261
Fig.2-1-1. Modeling for a fishing net. ....	263
Fig.2-1-2. Modeling for factors with large mesh or rope. ....	263
Fig.2-1-3. Modeling for netting with small mesh. ....	264

Fig.2-1-4. Hydrodynamic force depending on netting orientation. ....	266
Fig.2-1-5. The drag and lift coefficient( $C_d$ , $C_l$ ) for plane netting as a function of angle of attack. ....	266
Fig.2-3-6. Design plan of the trawl gear using a computer. ....	270
Fig.2-3-7. Gear assembling drawing of the trawl gear for simulation. ....	271
Fig.2-3-8. Shape of net mouth with the towing speed of 3.5knot. ....	272
Fig.2-3-9. Developed area of net mouth according to the towing speeds. ....	272
Fig.2-3-10. Design plan of the Eastern Sea trawl gear using a computer. ....	273
Fig.2-3-11. Gear assembling drawing of the Eastern Sea trawl gear for simulation. ....	274
Fig.2-3-12. Shape of net mouth with the towing speed of 2.5knot. ....	275
Fig.2-3-13. Developed area of net mouth according to the towing speeds. ....	275
Fig.2-3-14. Design plan of the bottom trawl gear using a computer. ....	279
Fig.2-3-15. Gear assembling drawing of the bottom trawl gear for simulation. ....	277
Fig.2-3-16. Shape of net mouth with the towing speed of 3.5knot. ....	278
Fig.2-3-17. Developed area of net mouth according to the towing speeds. ....	278
Fig.2-3-18. Design plan of the pair trawl gear using a computer. ....	279
Fig.2-3-19. Gear assembling drawing of the pair trawl gear for simulation. ....	280
Fig.2-3-20. Shape of net mouth with the towing speed of 3.5knot. ....	281
Fig.2-3-21. Developed area of net mouth according to the towing speeds. ....	281
Fig.2-3-22. Shape of net mouth with a distance between the vessel of 350m. ....	282
Fig.2-3-23. Developed area of net mouth according to a distance between the vessels. ....	282
Fig.2-3-24. Design plan of the large size purse seine using a design program. ....	283
Fig.2-3-25. Encircling area of float line according to a elapse time. ....	284
Fig.2-3-26. Simulation of operation process for purse seine. ....	286
Fig.2-3-27. Design plan of the anchovy drag net using a computer. ....	287
Fig.2-3-28. Gear assembling drawing of the anchovy drag net for simulation. ....	288
Fig.2-3-29. Shape of net mouth with the towing speed of 1knot. ....	289
Fig.2-3-30. Developed area of net mouth according to the towing speeds. ....	289

Fig.2-3-31. Shape of net mouth with the distance between vessels of 550m. .....	290
Fig.2-3-32. Developed area of net mouth according to distance between vessels. ....	290
Fig.3-2-1. Shape of net mouth of large size trawl gear with a towing speed of 3.5knot. ....	293
Fig.3-2-2. Shape of net mouth of large size pair trawl with a towing speed of 3.5knot. ....	293
Fig.3-2-3. Developed area of net mouth of the large size trawl net. ....	294
Fig.3-2-4. Developed area of net mouth of large size pair trawl net. ....	294
Fig.3-2-5. Fishing effort of trawl gear. ....	295
Fig.3-2-6. Simulation of bottom trawl. ....	296
Fig.3-2-7. Net mouth area of the bottom trawl gear. ....	296
Fig.3-2-8. Fishing effort of the purse seine. ....	297
Fig.3-2-9. Fishing effort by type of fishery per one day. ....	299
Fig.3-3-10. Yearly fishing effort by type of fishery per each vessel. ....	301
Fig.3-2-11. Yearly total fishing effort by type of fishery. ....	302

The second subject - the third section : Internal and external cases and environmentally-friendly fisheries

Fig.1-1-1. Norwegian Zones and international waters (I) and catching areas for mackerel. ....	306
Fig.1-1-2. Typical Norwegian fishing vessels. ....	308
Fig.1-1-3. Nordmøre sorting grid to avoid capture of fish when targeting shrimp. ....	311
Fig.1-1-4. Size selector grid used in fish trawls. ....	311
Fig.1-1-5. Square mesh codend used to improve size selectivity in fish trawls. .....	312
Fig.2-2-1. Hokkaido Trawl's fishing area and catching rate. ....	320
Fig.2-2-2. Trawl net design(flat ground). ....	322
Fig.2-2-3. Trawl net design(rough ground). ....	323
Fig.2-2-4. JM type trawl net (developed 1st) design. ....	324
Fig.2-2-5. JM type trawl net's kite. ....	325

Fig.2-2-6. JM type trawl net (developed 2nd) design. .... 326

Fig.3-2-1. The shape change of the mesh according to the force. .... 327

Fig.3-2-2. A selectivity device on small fish and large fish using the grid.  
..... 328

Fig.3-2-3. A selectivity device on small fish and large fish using the square  
net. .... 328

Fig.3-2-4. An escaping device of the purse seine for small fish. .... 329

Fig.3-2-5. A sorting device for shrimp and fish in the shrimp trawl fishery.  
..... 329

# 서 론

## 제 1 절 연구배경

우리나라는 높은 생산성을 갖는 어장을 배타적경제수역의 안팎으로 가지고 있고, 여기에는 다양한 어종이 분포하고 있다. 우리나라 주변어장에서 사용되는 어구어법은 생태계의 다양성이 그대로 반영되어 여러 종류의 어구에 의해 다양한 어종과 크기의 어류가 혼획되는 복잡한 어업구조를 가지고 있다.

또한, 한중일 3국이라는 세계 최대의 수산물 생산 및 소비시장을 가지고 있어서 어업에 대한 과도한 투자와 개발이 지속되어 왔고, 복잡한 어업구조로 인하여 어업관리의 기술적인 접근을 어렵게 하여, 결국 어획노력량의 과다투입으로 인한 자원의 급격한 감소를 초래하였다. 우리나라 연근해 자원은 1980년대를 정점으로 감소하고 있거나 일부 어종에 있어서는 고갈위기에 처해있어서 어업생산기반이 무너질 위기에 있다. 따라서 자원을 회복시키고 수산업을 지속가능한 산업으로 발전시키기 위해서는 과학적이고 실행 가능한 자원관리 시스템이 요구되고 있다.

수산자원관리를 위해서는 가장 우선적으로 자원에 대한 정확한 평가가 이루어져야 하고 이를 위해서는 과학적인 자원조사와 자원역학적 해석이 있어야 하나 아직까지 우리나라는 미흡한 실정이다. 특히, TAC 어업관리를 하기 위해서는 무엇보다 우리나라의 현실에 맞는 자원평가 모델이 있어야 하며, 이런 모델이 구체적으로 적용되려면 어획량, 노력량 등 정확한 입력 자료가 절실히 요구되나 이러한 기초 자료의 생산과 처리체계가 확립되어있지 않은 실정이다. 또한, 우리나라와 같이 복잡한 어업구조에서 적절한 자원평가를 위해서는 이용되는 기초 자료의 신뢰성을 높여야 하며, 이러한 복잡한 구조로 인해 발생하는 문제점을 최소화하기 위해 어획능력의 변화에 따른 어획노력에 대한 표준화가 절실히 필요하다.

지금까지 우리나라의 어업관리는 기술적 방법과 어획노력량 통제를 주된 관리 수단으로 시행하고 있으면서도 어구의 어획노력량을 정량적으로 평가하고, 이러한 평가를 토대로 어획노력량의 합리적인 투입관리에 대해서는 거의 연구된 바가 없다. 또한, 최근의 어업기술은 어획노력량의 증대를 목표로 어구 설계 기술이 크게 진보되어 어획성능이 높은 어구가 출현하고 있으나, 어구의 어획노력량 평가방법은 과거의 구태를 답습하고 있을 뿐으로 어획노력량을 정량적으로 평가할 수 있는 방법이 정립되어 있지 않다. 특히 어획량 결정의 가장 중요한 요소인 어구의 어획노력량은 어구의 종류, 규모, 형상 및 조업 조건에 따라 달라지나 지금까지는 이러한 조건에 관계없이 일정한 것으로 간주하고 계산하였다.

따라서 다양한 종류의 어구에 대해서 조업조건을 충분히 반영하여 어구의 어획노력량

을 정량적으로 산출할 수 있는 컴퓨터 계산기술을 기반으로 한 어구시스템의 해석기술과 이러한 기술을 적용하여 어획노력량을 업종 간에 비교하거나 어업관리에 활용할 수 있는 시스템의 개발이 필요하다.

## 제 2 절 어획노력량과 어획성능의 개념

어획노력량은 어획에 투입된 노력량으로 어구어법에 따라 다른 기준을 사용하고 있다. 연승, 통발, 자망 등의 소극적 어법의 어구에서는 어구의 사용량으로 나타내어 연승이나 통발은 낚시나 통발의 개수로 나타내고, 자망의 경우는 사용한 폭의 수로 나타낸다. 따라서 단위 노력당 어획량(CPUE)은 어획량/어구의 수의 형태로 나타낼 수 있는데, 이 경우 문제가 되는 것은 어구의 사용시간(또는 침지 시간)이 고려되지 않는다는 점이다.

트롤이나 선망 등과 같은 적극적 어법의 어구의 경우는 여러 개의 어구를 사용하는 것이 아니고 하나의 어구로 반복하여 조업을 하므로 주로 어구의 사용(끌어구의 경우 예망 시간 등)시간이나 횡수로 나타내는 것이 일반적이다. 따라서 단위 노력당 어획량(CPUE)은 어획량/조업시간(또는 횡수)으로 나타내게 되는데, 이 경우에 문제가 되는 것은 어구의 규모가 고려되지 않는다는 것이다. 즉 같은 시간동안 조업을 했어도 어구의 규모가 2배인 경우에는 어획노력량도 2배로 되어야하나 이러한 고려가 현재의 방법에서는 불가능하다는 점이다. 결국 우리가 사용하는 단위 노력당 어획량은 소극적 어구이든 적극적 어구이든 간에 완벽한 기준이 될 수 없다는 점이다.

본질적인 의미에서 어획노력량은 어구의 작용이 해양 수괴의 어느 범위(용적)까지 미쳤는가를 나타내는 지표로 볼 수 있고, 어구의 어획성능은 어구가 작용된 수괴의 범위 안에서 분포하는 어류 중 몇 퍼센트가 어획되었는가 하는 것이다. 즉 어획노력량은 적극적 어구의 경우 어구가 소해하는 면적 또는 여과하는 용적을 의미하며, 소극적 어구의 경우는 어구의 설치 영역의 크기에 해양환경의 작용이 가해지는 범위(연승이나 통발의 경우 유집의 범위)로 물리적인 개념으로 접근할 수 있다. 그러나 어획성능은 어구를 조우한 어류 중에서 어느 정도가 어획되는가를 나타내는 지표로, 이것은 어구의 종류, 형상, 구조, 조업시간 등의 어구물리적인 요인과 어구에 대한 생물의 반응인 어군행동에 따라 달라지는 복잡한 문제이다.

## 제 3 절 현황 및 문제점

연근해 어업생산의 70%를 차지하고 있는 근해어업의 대부분 어장은 한·중·일 3국이 공동 이용하는 주인이 없는 어장이었기 때문에 동 수역에 대한 과학적인 자원평가와 자원관리 정책은 사실상 없었다. 결과 대부분의 어업자원은 남획되어 어업생산기반이 무너지고 있으며, 어업경영상태 또한 날로 악화되어 경쟁력을 잃어가고 있을 뿐만 아니라 체계적이고 일관된 정책수행이 어려워 국가예산의 낭비를 초래하고 있다.

어업관리의 실패로 인한 자원관리의 실패는 어업생산성의 저하로 어업을 영위하는 기업체의 도산과 생물자원의 붕괴로 인한 환경적 손실이라는 양면적인 피해를 가져온다. 특히 근해어업은 비교적 중 규모의 어업으로 어업생산에 기여하는 바가 크며, 생산과 가공 유통을 포함하면 많은 수의 일자리를 창출하는 기능을 가지고 있고, 관련 산업인 어구 산업이나 선박 및 기계 산업을 발전시키는 등 많은 부가가치를 가지고 있으나 자원관리 정책의 실패는 관련 산업에 막대한 피해를 주게 된다.

우리나라는 어획 어종이 다양하고 지배적인 어종이 없어 기존 어업관리 방법으로는 적용이 제한되고 실효성도 떨어지기 때문에 다종어업관리 방안의 개발이 시급하다. 즉 우리나라의 복잡한 어업구조를 반영한 자원관리 정책의 수립을 위해서는 무엇보다 여러 가지로 복잡하게 분류되어 있는 어획노력량을 정량화하여 일관된 지침을 제시하여야 하며, 이에 따른 적절한 자원평가와 어획노력량의 투입관리가 이루어져야 한다.

우리나라 어업기술은 어획노력량을 증대시키는 방향으로 발전되어 와서 어구를 대형화하고 어선의 마력수와 크기를 증대시키는 것이 어업의 발전이라고 인식하고 있다. 어획노력량 증대 경쟁은 어업에 과도한 투자를 유도하였고 결국 생물자원에 대한 어획압력을 증대시켜 자원감소를 초래하였으며 이러한 자원 감소에 의한 생산성 저하를 어획노력량 증대로 해결하려는 욕구가 더욱 커지는 악순환의 함정에 빠져 있다.

## 제 4 절 지금까지의 연구 동향

### 1. 국내 연구동향

우리나라 어획노력량 정량화에 관한 연구는 국립수산과학원의 기선저인망어업 어획노력량 표준화에 관한 연구를 비롯하여 몇 편의 연구가 있으나, 대부분 특정 어구의 어획노력량 표준화에 국한되어 이를 이용한 자원관리 방안이 구체적으로 제시되지 않았으며, 또한 TAC 자원관리 체제로의 접근은 거의 전무한 상태이다.

어획노력량 표준화에 대한 국내의 연구로는 한국측 기선저인망어업과 일본측 기선저인망어업에 대한 어획노력량 표준화 (황, 1971, 1973), 기선저인망어업과 새우트롤의 어획노력량 표준화에 대한 연구 (김, 1978), 연근해 대형기선저인망 쌍끌이어업의 어획노력량 표준화 (황과 백, 1982), 한국, 일본, 소련, 폴란드, 서독의 베링해 트롤어업의 노력량 표준화 (이, 1985), 베링해 한국 트롤어업의 어획노력량 표준화 (공 등, 1990), 기선저인망어업과 동해구 트롤어업 노력량 표준화 (이, 1991), 참조기어업에 대한 노력량 표준화 (서와장, 2001ab) 등이 있다.

그러나 아직 연근해 어업의 어획노력량 정량화 단계에 있어 어획성능에 영향을 주는 요인에 대해 많은 부분이 고려되지 않았고, 정량화 작업의 편의상 어선의 크기 및 마력수만으로 어획성능지수를 측정하는 것이 일반적인 연구 형태였다. 주로 어업 형태가 비슷한

어구에 대한 노력량 표준화가 이루어졌을 뿐 트롤어업과 유자망어업, 또는 통발어업과 같이 어업 형태가 전혀 다른 어구들 간의 어획노력량 표준화에 대한 시도는 없었으므로 한 어종이 여러 어구에서 어획되는 다종어업 관리방안에 대한 연구가 미진한 실정이다.

한편, 어획노력량의 정량적 계산방법에 대한 연구는 최근에 연구되기 시작한 분야로 수중 어구시스템의 거동을 해석하고 설계하는 기술을 기반으로 어구 설계 기술 개발(이등, 1998), 트롤 어구의 어획성능과 어구개량에 대한 연구(이등, 1998, 이등 2001), 트롤어구의 망구 형상에 대한 연구(김과 이, 1999) 등이 있다. 개별 어구의 어획성능에 대해서는 어구 설계 기술과 관련한 연구가 대부분이고, 어획노력량의 정량화 및 표준화의 관점에서는 거의 연구된 바가 없고, 적정어구의 규모를 산정하기 위한 연구도 거의 수행된 바가 없다.

## 2. 국외 연구동향

어업관리시스템 기술 개발에 관하여 미국, 영국, 캐나다 등 외국의 선진 수산국에서는 단위종 수준에서의 TAC 관리기술이 이미 확립되어 있는 실정이며, 복수어구에 의한 어획노력량을 이용하는 어업과 다종을 목표로 하여 어획노력량을 투입하는 어업을 대상으로 한 수준에서도 현재 종합적인 자원평가와 관리시스템의 개발을 추진하고 있다.

서구 수산선진국의 어업형태는 우리나라와 같이 복잡한 구조가 아닌 단순한 형태의 어업구조를 가지고 있으므로, 어획노력량의 정량화에 의한 어업관리가 비교적 높은 수준에 있으며, 최근의 연구는 이러한 기초적인 문제 해결을 통해 TAC 관리제도를 효율적으로 운영할 수 있는 연구가 주로 행해지고 있다.

어구의 어획성능에 대한 연구는 어구설계 및 자원의 샘플링과 관련하여 비교적 많은 연구가 수행되었으나, 어획노력량의 정량화 및 어구 적정규모 설정이라는 관점에서의 연구는 많지 않다.

## 제 5 절 연구개발 목표 및 방법

본 연구의 최종목표는 어획노력량 정량화에 대한 이론적 근거를 토대로 하여 우리나라 연근해 주요어업의 어구별, 어업별 어획노력량을 조사·분석·평가 및 정량화함으로써 과학적이고 효율적인 자원평가를 수행하여 TAC 어업관리의 구체적인 방안을 마련하는 것이다.

즉, TAC 어업관리를 효율적으로 달성하기 위해서는 어획노력량 정량화를 통한 어업별 어획능력 산출, 어업간 어획능력 비교·분석을 통하여 어업 및 업종간 공평하고 합리적인 TAC 할당 및 TAC 체계를 정립하고, 최종적으로는 TAC 어업관리제도의 올바른 실현을 위한 기초 자료인 어획노력량의 정량화를 위해 어업구조 분석, 노력량 조사 및 분석을 통하여 수산자원과 어구·어법 분야를 유기적으로 결합함으로써 과학적·합리적인 어업생산 및 수산자원관리 정책 자료의 확보 및 제공에 목표를 두었다.

또한, 중요한 근해어업의 어구어법에 대한 현장조사 및 대표적인 어구 설계도에 대한 이론적인 분석과 수치계산을 통하여 어구의 어획노력량을 정량적으로 분석할 수 있는 기법을 정립하고, 어구별 조업횟수, 시간 및 조업조건 등을 고려하여 어획노력량 산출기준을 제시하고 CPUE의 산출기준을 제시하였다. 어업별로 어구의 규모, 사용량을 토대로 조업횟수 및 시간을 고려한 어획노력량을 산출하고 어구어법적인 특성을 고려한 어획능력을 평가하고, 어업별로 어구어법을 제도적(행정적)으로 분석하여 어구별 현행제도의 적정성과 국제 질서와의 상충 관계를 분석하였다.

연구수행 방법은 전체 연구 분야를 크게 어획노력량 정량화 방안 연구 및 어획노력량의 TAC 수산자원관리에의 적용 방안연구로 구분하여 실시하였다. 연구추진체계는 현행 국내외 어획노력량 정량화에 대한 이론적 근거수립, 주요 어업별 어획노력량 정량화, TAC제 적용방안, 정책활용 방안 모색으로 단계적으로 추진하였다. 연구 목표의 충실한 달성을 위해 연구원을 학계와 연구기관의 관련 전공자로 구성하였고, 전공분야도 어구어법 분야와 자원분야의 전문가로 구성하여 상호 유기적인 공조 연구가 가능하도록 하고, 학계, 연구계, 관계 및 업계의 전문가간 협의회를 수시로 개최하였다.

# 본 론

## 제 1 과제 어획노력량 개념 정립 및 TAC제 적용 방안

### 제 1 장 서 론

#### 제 1 절 어획노력량의 개념

##### 1. 어획노력량의 해석

###### 가. 명목상 어획노력량 (nominal fishing effort : $f$ )

어획노력량의 이해는 수산자원의 평가 및 관리의 기초이며, 어획노력량을 잘못 해석하였을 경우 자원평가에서 발생하는 오차는 증가할 것이다. 또한, 자원의 효율적인 관리를 위해서는 자원의 어획시기에 투입되었던 직접 또는 간접적인 어획노력량의 양이 매우 중요한 인자로 사용되므로 이런 어획노력량의 일관된 관측값이 필수적이다. 어류 자원량을 추정하는 방법 중 가장 쉽고 일반적으로 이용하고 있는 방법은 간접 자원량 지수로 이용되고 있는 단위노력당 어획량을 사용하는 것이다. 그러나 어획량 통계는 상대적으로 수집이 쉬운 반면 어획노력량을 수집하고 추정하는 것은 훨씬 더 복잡하다. 이처럼 어획량 통계가 아무리 잘 수집되고 정리되어도 그 어획에 투입된 어획노력량에 관한 통계 자료가 없다면 자원해석이 어렵게 된다. 어획노력량의 정확한 추정은 단위노력당 어획량 지수를 통하여 자원량의 변화를 알 수 있을 뿐만 아니라 자원평가 모델에 적용하여 자원상태를 파악하는데도 사용된다. 이러한 어획노력량은 일반적으로 어떤 의미에서 어획량과 같이 적절하게 조절 가능한 제어가능 변수이므로 자연 상태의 어획노력량을 이해한다는 것은 수산자원을 연구하는 과학자들에게 매우 중요하며, 정책 결정자들은 어업 관련 결정을 하는데 매우 중요하다.

어획노력량은 일반적인 의미에서 수산자원을 어획하기 위해 투입된 어로행위의 양을 말한다. 이동성 어구인 트롤어업이나 저인망어업 및 선망어업에서는 어선척수, 마력수, 항해횟수, 조업일수, 어구사용일수, 예망횟수, 예망시간 등이 되며, 유자망 어업의 경우는 투망된 그물폭 수, 통발어업의 경우는 투입된 어구 수 등이 사용된다. 어획노력량은 어장에서 자원을 어획할 때 실질적으로 생물을 슈아내는 비율을 결정하는 성질을 잘 내포하는 항목일수록 좋다. 그런 면에서 항해일수 보다는 조업일수가, 예망횟수보다는 예망시간이 어획노력량 자료로서 더 가치가 높다고 할 수 있다. 이와 같이 정량적으로 측정가능한 양

을 나타내는 일반적인 개념의 어획노력량을 명목상의 어획노력량 (nominal fishing effort :  $f$ )으로 정의되는 어획노력량이다. 이 외에 어군을 찾기 위해 투입된 시간, 선단의 팀웍, 해양조건, 어황조건 등도 어획노력량의 중요한 요소이다. 어로 행위에 투입된 양을 나타내는 개념의 어획노력량을 명목상 어획노력량은 어업의 경제적인 측면에서 어업비용을 고려하고자 할 때에는 유용한 개념이지만, 어획노력량을 계산할 때 사용된 요소에 따라 그 양이 달라지며, 이 때의 노력량은 대상자원에 대해 일정한 값으로 나타낼 수는 없다. 따라서, 수산자원에 대해 투입된 어획노력량을 어획대상 자원에 대한 일정한 값으로 나타내하고자 할 때, 어획에 의해 사망하는 어획사망의 개념을 사용하여 실질적 어획노력량 (real fishing effort :  $F$ )으로 정의되는 어획노력량을 사용하여야 한다.

## 나. 실질적 어획노력량 (real fishing effort : $F$ )

### (1) 사망계수의 개념

실질적 어획노력량 ( $F$ )은 수산자원학에서 순간어획사망계수와 같다. 수산자원을 합리적으로 관리하기 위해서는 수산자원 생물의 개체군역학에 관한 지식이 필요하다. 즉, 시간에 따르는 수산자원의 개체군 변화를 알아야만 절대적인 생산 수준을 결정할 수 있다. 개체군의 변화를 가장 기본적으로 설명해 주는 Russell (1931)의 방정식에서 알 수 있듯이 개체의 성장과 가입, 그리고 사망과정을 밝혀야 개체군의 변화를 알 수 있는 것이다. 여기에서 사망이란 한 연급군이 태어나서 시간이 지남에 따라 감소되는 현상을 나타내는데, 총 사망을 나타내는 순간전사망계수 ( $Z$ )를 사용하여 다음과 같이 나타낸다.

$$N_t = N_0 e^{-Zt} \quad (1)$$

여기서,  $N_0$ 는 시간이 0일때의 개체수,  $N_t$ 는 시간  $t$ 에서의 개체수,  $Z$ 는 순간전사망계수이다. 이 순간전사망계수는 다시 순간자연사망계수 ( $M$ )와 순간어획사망계수로 나뉘지며,  $Z = M + F$ 로 나타낼 수 있다. 사망률은 어떤 기간에 대한 값이며, 수산생물학에서는 특별한 경우가 아니면 1년을 단위로 한 값을 사용한다.

여기서 어류의 사망은 자연사망과 어획에 의한 사망으로 대별된다. 자연사망은 주로 다른 생물의 포식이나 질병에 의한 것으로, 순간자연사망계수를  $M$  (instantaneous coefficient of natural mortality)으로 나타내고, 인간의 어획 (fishing)에 의한 순간어획사망계수는  $F$  (instantaneous coefficient of fishing mortality)로 나타낸다.

순간전사망계수 ( $Z$ )의 추정은 생산율과 관련하여 추정이 가능하다. 하나의 동일 발생집단인 연급군은 발생이후 시간에 따라 보통 다음과 같이 감소를 하게 된다.

$$\frac{dN_t}{dt} = -ZNt \quad (2)$$

즉, 개체군의 순간감소율은 그 당시의 개체군의 크기에 비례한다. 이 미분방정식을 변수 분리하여 풀면,

$$N_t = Ce^{-Zt} \quad (\text{여기서 } C \text{는 적분상수}) \quad (3)$$

가 되고, 초기 조건으로 시간  $t=0$ 시 개체군  $N_t = N_0$ 라 하면, 식 (1)과 같은 방정식이 유도된다. 또  $Z=M+F$ 이므로,  $N_t = N_0e^{-Zt} = N_0e^{-(M+F)t}$ 이다.

여기서, 생존율 (survival rate : S)이란, 임의 시간에서의 어류 개체수에 대한 일정 시간 (주로 1년) 후의 어류 개체수의 비율을 일컫으며, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$S = \frac{N_{t+1}}{N_t} \quad (4)$$

식 (1)과 식 (4)에서  $N_{t+1} = N_0e^{-Z(t+1)}$ ,  $N_t = N_0e^{-Zt}$ 이므로,

$$S = \frac{N_{t+1}}{N_t} = \frac{N_0e^{-Z(t+1)}}{N_0e^{-Zt}} = e^{-Z}, \quad Z = -\ln S \quad (5)$$

앞에서 사망률 (mortality rate)이란, 임의 시간에서의 어류 개체수에 대하여 일정 시간 동안 사망한 어류 개체수의 비율을 일컫으며, A로 나타낸다. 따라서,

$$A = \frac{N_t - N_{t+1}}{N_t} = 1 - \frac{N_{t+1}}{N_t} = 1 - S = 1 - e^{-Z} \quad (6)$$

수산생물학자들은 사망률과 관련하여 두 가지의 주된 과제를 가지고 있다. 첫째로는 전 사망계수를 구하는 문제이고, 두 번째는 이 전사망계수를 자연사망계수와 어획사망계수로 분리시켜 추정하는 과제이다. 이 부분에 대해서는 3장에서 다시 설명하였다.

## (2) 순간어획사망계수 (F)의 해석

실질적 어획노력량 또는 순간어획사망계수 (F, 이하 F)의 해석은 여러 가지 표현으로

나타내며 다양한 방법으로 해석되지만, 이런 해석은 모두 전통적인 지수모델로부터 유도되었다. 가장 간단한 것은 어획은 개체군 크기에 비례하는 어획 비율에 초점을 맞추는 것이다.

$$\frac{dY}{dt} \propto N \quad (7)$$

여기서는 시간에 따른 어획개체수와 개체군 크기  $N$ 을 참고하여 유도하였다. 만약  $F$ 를 일정한 비율로 놓는다면,

$$\frac{dY}{dt} = FN \quad (8)$$

이 식은 가입, 자연사망, 어획사망과 가입연령을 어획 개체수와 관련하여 표현할 수 있다. 위와 같은 지수 함수로부터 상수  $F$ 를 유도하고, 다음과 같은 식으로 많이 사용된다.

$$F = \frac{Y}{N} \quad (9)$$

여기서  $F$ 는 간단하게 어획에 의해 취해지는 평균 개체수의 비를 나타낸다. 이것은 어획이 증가하면  $F$ 도 증가하는 것과 같이 고정된 평균개체군에 대해 명확하게 정의되어진다. 이것은 어떤 어구를 사용했는가 또는 어떻게 어구를 배치, 전개하였는가는 문제가 되지 않는다. 일정한  $F$ 는 어구의 성질 또는 어획 방법의 발달과는 독립적이다.  $F$ 는 간단하게 평균 개체군 크기의 비이며 어획을 말한다.

$F$ 는 또한 확률적인 모델로 고려될 수 있다. 확률적 모델의 유도는 어류는 세 가지 중 어떤 하나에 영향을 받는 것에 의해 시작된다. 여기서  $S$ 는 어류의 생존이고,  $M$ 은 자연상태에서 사망, 그리고  $F$ 는 어획에 의한 사망이다. 어류의 일생은 불연속적인 시간 간격  $T$ 로 나누어진다. 초기 시간에서 어류는 항상 생존 ( $S$ )상태에서 시작한다. 그 후에 각 연속적인 단계에서 어류는 여러 가지 자연 법칙 또는 환경에 따라 생존의 상태가 바뀌게 된다. 만약 생존 ( $S$ )상태가 그대로 유지될 확률은  $p_{SS}$ 이다. 만약 생존 ( $S$ )상태에서 자연사망 ( $M$ ) 또는 어획사망 ( $F$ )할 확률은 각각  $p_{SM}$  또는  $p_{SF}$ 이다. 여기서 사망이 일어난 후 다시 생존한다거나 또는 어획으로 인해 사망한 경우, 자연 사망 또는 질병으로 두 번 사망한다는 가정은 불가능하다. 따라서 이런 확률  $p_{MS}$ ,  $p_{FS}$ ,  $p_{MF}$ ,  $p_{FM}$ 은 모두 일어날 수 없는 가정이므로 0과 같다. 또한 사망이 한번 일어나면 다시 생존하지 않으므로 사망과 생존이 지속되는 확률  $p_{MM}$ ,  $p_{SS}$ 는 모두 1과 같다. 이것은 확률 변환 행렬의 형태로 다

음과 같이 정리된다.

$$\begin{bmatrix} p_{SS} & p_{SM} & p_{SF} \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

위의 행렬식으로부터 연간 어획으로 인해 사망할 확률을 추론할 수 있다.

$$p_{SF} = 1 - (1 - p_{SF})^T \quad (11)$$

이것은 인위적인 다른 요인 없이 어획에 의해 사망할 확률이다. 여기서 식 (11)로부터 순간어획사망계수를 얻기 위해 어획 연도를 T간격으로 나눈다. 그러므로 이런 각각의 간격은  $T^{-1}$ 의 길이이며, 어획으로부터 어떠한 시간에서 사망할 확률  $p_{SF}$ 는 시간 간격의 길이와 비례한다.

$$p_{SF} \propto T^{-1} \quad (12)$$

만약 F를 확률 변수로 나타내면

$$p_{SF} = FT^{-1} \quad (13)$$

따라서, 이런 정의를 이용하여, 식 (10)으로부터 연속된 시간에서 어류가 어획에 의해 사망할 확률은

$$\lim_{T \rightarrow \infty} p_{SF} = p^*_{SF} = \lim_{T \rightarrow \infty} [1 - (1 - \frac{F}{T})^T] = 1 - e^{-F} \quad (14)$$

이며, 다른 표현으로

$$F = -\log(1 - p^*_{SF}) \quad (15)$$

와 같이 나타낼 수 있다. 위의 식을 이용하여 시간 간격에 대해 연평균으로부터 얻을 수 있는 어류의 비는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Q_2^* = \frac{F}{F+M}(1 - e^{-(F+M)}) \quad (16)$$

즉, 이것은 Baranov's의 어획방정식과 같은 개념이다. 이와 같은 확률론적인 개념을 이용하여 어획에 의해 미치는 개체군의 사망을 순간어획사망계수의 개념으로 나타낼 수 있다.

#### 다. 명목상 어획노력량 ( $f$ )과 실질적 어획노력량 ( $F$ )의 관계

앞에서 실질적 어획노력량으로 정의되는  $F$ 와 명목상 어획노력량으로 정의되는  $f$ 의 크게 두 종류의 개념으로 정의하였다.  $F$ 는 추상적인 개념이지만 일반적으로 고려되는 어획노력량의 종류와 매우 밀접한 관계를 가지고 있다.

가장 일반적인  $f$ 와  $F$ 의 관계는  $F$ 는  $f$ 에 비례하고  $q$ 를 비례상수로 놓으면 다음과 같은 식으로 정의된다.

$$F = qf \quad (17)$$

여기서 비례상수  $q$ 는 일반적으로 어획능률 계수를 나타낸다.  $q$ 는 명목상 어획노력량에 의해 개체군에 가해지는 어획사망의 양이다. 식 (17)에서 보통  $f$ 와  $F$ 는 기울기  $q$ 인 직선 관계로 해석되지만, 이런 관계는 여러 가지 어업상황 하에서 항상 만족하지는 못한다. 이런 가정으로부터  $f$ 와  $F$ 의 관계를 명확하게 정의하지 못하면, 명목상 어획노력량으로부터 얻어진 단위노력당 어획량 자료를 사용하여 자원평가를 수행할 때 잘못된 자원평가를 야기하거나 자원 풍도를 부적절하게 평가하게 된다. 그러므로 식 (17)의 가정을 좀 더 일반적인 경우로 해석할 필요가 있으며, 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$F = \phi(f, t, N) \quad (18)$$

여기서  $t$ 는 시간이고  $N$ 은 개체군의 크기이다. 이식은 단지 식 (17)은 식 (18)의 특별한 하나의 경우를 강조한 식이다. 식 (18)의 일반적인 예는 그림 1-1-1에서 보여준다. 그림 1-1-1의 그림 (a)는  $f$ 와  $F$ 의 단순한 일반적인 관계를 나타낸 것이며, 그림 (b)는 그림 (a)에서 나타난  $f$ 와  $F$ 의 단순한 관계보다 실제 해양환경에서 일어날 수 있는 좀더 현실적인 형태를 설명한 것이다. 중요한 것은, 실제 상황에서  $f$ 와  $F$ 의 관계를 가장 이상적으로 잘 설명된 형태가 그림 (a)의 형태이기도 하다. 이것을 설명하기 위해 그림 (b)에서 세 개의 곡선을 그렸다. 그림 (b)에서 제일 아래쪽의 직선 형태는 넓은 범위의  $f$ 에 대해 가장 잘 나타냈고, 다른 두 개는 단지  $f$ 값이 작은 때에 해당된다. 그림 (c)의 형태는  $f$ 의 값이 낮을 때는  $F$ 가  $f$ 의 값과 비례하지만, 더 많은  $f$ 가 투입될 경우 어획사망계수  $F$ 는

갑자기 증가하는 형태를 나타낸 것이며, 다양한 조사 과정에서 일어날 수 있는 현상이다. 비슷한 개념으로, 그림 (d)는 어구에 이미 많은 어류가 포획되었을 때 어구의 포화 효과로 인해 어획사망은 더 이상 일어나지 않는 경우를 나타낸 것이고, 그림 (e)는 그림 (a)의 관계 유도시 나타나는 치우침 (bias)의 영향을 설명하였다. 상수비로부터 얻은  $F$ 의 추정치는 낮은  $f$ 의 값에 대해 양의 방향으로 치우치고 높은  $f$ 의 값에 대해 음의 방향으로 치우친다. 마지막으로 그림 (f)는 많은 어업에서 발생하는 매우 미묘한 문제의 하나를 보여주는데,  $F$ 와  $f$ 가 두 시간간격  $\tau_1$ 과  $\tau_2$ 에서 일어날 때 발생한다. 시간의 차이에 따라 같은 어획노력량이라 할지라도 어획사망은 더 커질 수 있음을 나타낸 것이다.

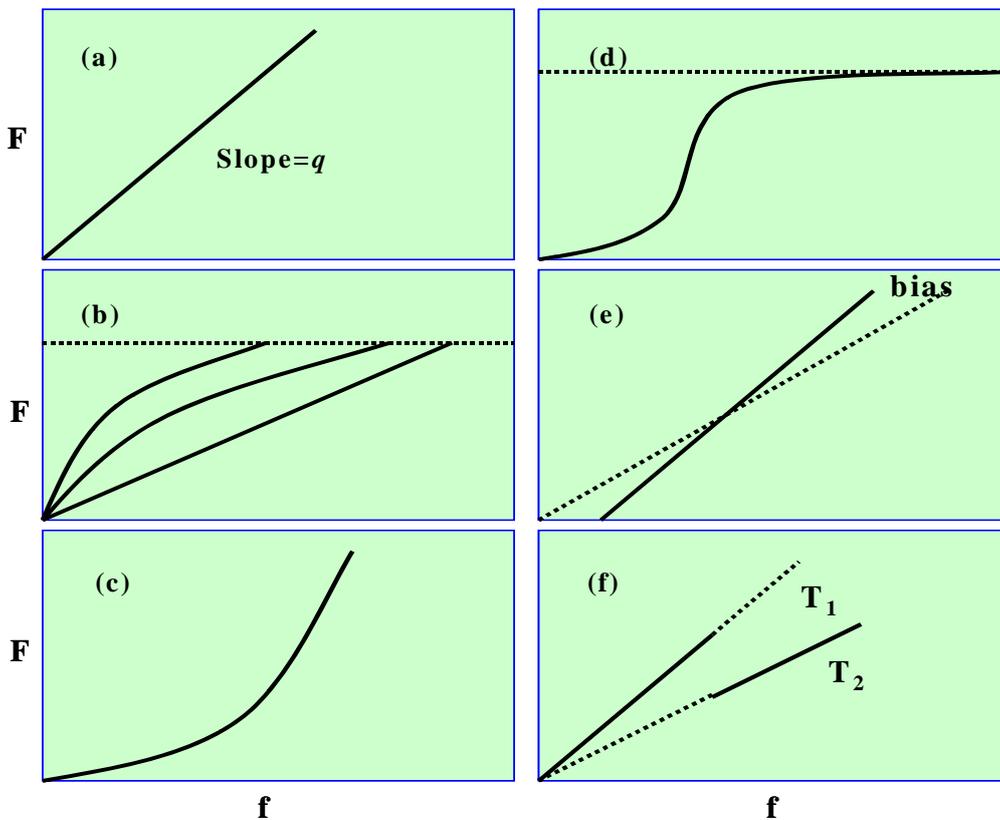


그림 1-1-1. 명목상 어획노력량( $f$ )과 실질적 어획노력량( $F$ )의 다양한 관계.  
 Fig. 1-1-1. Various relationship between nominal fishing effort ( $f$ ) and real fishing effort ( $F$ ).

## 라. 어획성능과 어획노력량 $f$ 및 $F$ 와의 관계

명목상 어획노력량의 변화만으로는 실제 어획에 투입된 어획노력량의 변화를 반영하지 못하며, 다양한 조건에서의 어업의 특성을 잘 식별하지 못하면 자원량 변화의 해석이 잘못될 수 있다. 그러나 몇 가지 측면에서는 명목상 어획노력량의 변화 또한 어획 사망의 변화를 반영한다는 것은 이미 잘 알려져 있다. 예를 들어 어업에서 다른 모든 요인이 같다고 가정하고 큰 엔진을 가진 트롤 업자들은 작은 엔진을 가진 트롤 업자보다 항상 더 많은 어획을 할 것이다. 이것은 달리 큰 엔진을 사용하는 트롤어선은 작은 엔진을 사용하는 트롤어선보다 더 큰 어획성능을 가진다고 말할 수 있다. 따라서, 서로 다른 크기의 엔진을 사용하는 트롤어선 사이에 어획 성능의 양적인 이해는 어획노력량의 표준 단위를 조정하는 것으로부터 자원량 지수의 변화와 관련하여 추론할 수 있다.

여기서, Gulland (1969)는 어획성능을 두 가지 요소를 고려하여 나타내었다.

먼저, 어구의 확장과 관련된 소해 면적 또는 물의 용적을  $a$ 라 하고 (단, 이 면적 내의 어류는 어획대상이다), 둘째, 이 소해 면적 내의 어류 중 어획된 어류의 비를  $p$ 라고 정의하였다. 만약 어류 또는 어획이 무작위로 배분되어 이루어진다고 가정한다면, 이 면적 내에서 총 자원의 비율은  $\frac{a}{A}$ 가 되고 어획량  $Y = p \cdot \frac{a}{A} \cdot N$ 가 된다. 또한, 여기서 계산된  $p \cdot \frac{a}{A}$ 는 직접적인 어획 사망을 측정할 값이 된다 ( $A$ 는 자원이 서식하고 있는 총 면적이고  $N$ 은 평균 자원량을 나타낸다).

일반적으로 나타내는 어획능률  $q$ 는  $a \cdot p$ 가 되며, 따라서, 어획량을 나타내는  $\frac{q}{A} \cdot N$ 과 식 (9)의 기본식에서 유도된  $Y = \frac{F}{N}$ 은 비슷한 식이란 것을 금방 알 수 있다. 위에서 언급했듯이, 어획 성능의 개념은 일반적으로 표준화된 노력량 단위로 발전시키는데 그 기초를 두고 있다. 예를 들어 어획성능 ( $p$ )이 0.03인 소형 트롤어선과 0.06인 중형 트롤어선에 대해 가정해보자. 만약 소형 트롤어선의 어획성능을 1로 놓으면, 중형 트롤어선의 어획성능은 2가 된다. 따라서, 모든 CPUE가 보정이 가능하다면 소형 트롤어선의 어획량은 대형 트롤의 어획량을 2로 나누면 된다. 이것은 어획성능  $p$ 를 추정하는 전통적인 방법으로 소형과 중형 트롤어선의 어획량을 비교한 것이다. 위와 같이 크기가 다른 두 어선의 어획성능을 비교할 때에는  $A$ 와  $N$ 이 동일한 조건하에서 어획이 이루어져야 한다. 만약 그렇지 않다면, 이것은 자연상태에서의 자원량의 변화를 해석하기가 매우 어렵고, 또한 어획 성능의 계산 방법에서 타당성이 없어진다. 또한, 같은 조건 (보통  $a$ ,  $N$ ,  $A$ )하에서 어획성능의 계산이 이루어졌다 할지라도 서로 다른 시간일 때 계산된 어획성능에 대해서는 어획성능 비교시 많은 문제점을 가지게 된다. 예를 들면 어떤 한 달의 소형트롤어선의 어획량과 다음 달의 대형 트롤어선의 어획량을 비교할 때가 이런 경우에 해당된

다. 전통적인 관점에서 이런 어획 성능의 차이는 어구의 물리적인 차이로부터 생긴 결과라고 말하지만, 어획 성능을 결정짓는 중요한 요소는 선장의 능력에 의한 결과로 표현할 수 있다. 이러한 관점은 또한 개체군 크기에 따라서도 어획 성능에 변화를 주는 것까지 포함해야 하는 것으로 확대되므로 해석이 훨씬 더 복잡해진다.

어획 성능 문제 해결의 올바른 인식은 각 어선들의 어획성능을 비교함으로써 가장 잘 설명할 수 있으며, 이러한 연구의 일반적인 분석들은 선단의 평균 어획성능을 비교하는 방향으로 많은 연구가 이루어지고 있다.

## 2. 어획노력량 표준화의 개념

어획노력량의 표준화란 어획에 투입된 노력량이 가지고 있는 서로 다른 성질의 요인들을 하나의 동일한 개념으로 표준화하는 것을 말한다. 본 연구에서는 표준화 단계를 3단계로 나누어 설명하였다. 먼저 어획에 사용된 어선의 성능, 보유장비 등의 차이에서 나타나는 어획성능의 차이, 두 번째, 어떤 한 종을 대상으로 하는 다양한 어업간에 발생하는 어획노력량의 차이, 그리고 마지막으로 목표 어종외에 다른 어종이 어획되는 경우에 발생하는 단위노력당 어획량 (CPUE)의 차이에 대한 표준화가 있다(그림 1-1-2).

### 가. 어구 (어획성능)의 표준화

모든 어업은 사용되는 어선의 차이에 따라 어획노력량이 다르다. 어선마다 보유하고 있는 제각기 다른 다양한 어업특성에서 오는 어구 또는 어획성능의 표준화는 우리나라에서 널리 행해지고 있는 트롤어업, 저인망어업, 선망어업의 예를 들어 살펴보았다 (그림 1-1-3). 각 어업은 여러 가지 형태의 어구를 가지고 조업을 행하고 있으며, 각각의 형태의 어구는 어획성능이 서로 다르다. 그림 1-1-3에서 트롤어구와 저인망어구 및 선망어구의 어획성능을 비교하기 위하여 먼저 각 어구의 망목, 망고, 망폭, 어구길이, 어선의 제원, 장비보유현황 등 어획성능에 미치는 영향을 고려하여 트롤, 저인망 및 선망의 표준어구를 지정한다. 표준어구가 설정되었을 경우 여과 용적, 어획성능지수 등을 추정하여 표준어구별 어획성능을 비교하게 된다. 이와 같이 어구 또는 어획성능의 표준화는 다양한 형태의 어구를 하나의 표준어구로 표준화 한 후 다른 어업의 표준어구와 어획성능을 비교하는 것이다. 이 단계에서는 단일 어구 및 다어구 간의 어획성능의 비교가 가능하지만, 조업조건이나 어업별 목표어종에 대한 어장위치 등 어업자의 주관적인 요소는 포함되지 않았다 (그림 1-1-3).

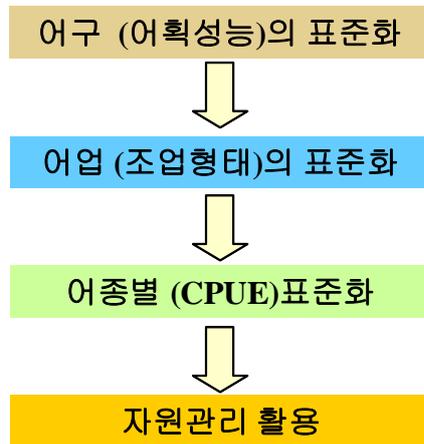


그림 1-1-2. 어획노력량 표준화 단계.

Fig. 1-1-2. Standardization stages of fishing effort.

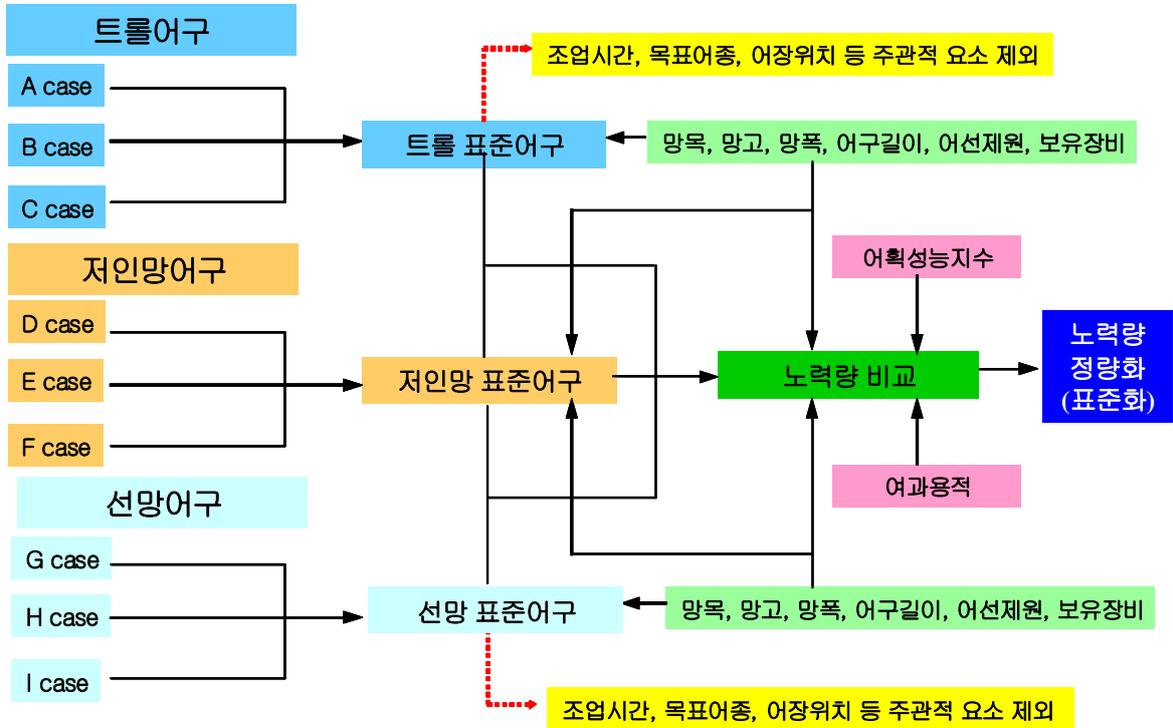


그림 1-1-3. 어구 또는 어획성능의 표준화 절차.

Fig. 1-1-3. Standardization proceedings of fishing gear or fishing power.

#### 나. 어업 (조업형태)별 어획노력량의 표준화

어획성능 표준화를 통해 어업별 표준어구 또는 표준어선이 설정되었다 할지라도, 어업 조건에 따라 어획노력량은 다르게 측정된다. 그림 1-1-4에서 보는 바와 같이 트롤 표준어선의 경우인 1case는 어획성능의 표준화 작업을 통해 3개의 트롤 표준어구가 설정된 상태이다. 그러나 같은 표준어구를 사용할지라도 어장에서의 조업조건 즉, 어장위치, 조업 시간, 조업수심 등에 따라 1회의 조업횟수는 어획량으로서 서로 다른 의미를 가진다. 2와 3case는 각각의 표준어구이지만 어업형태가 다르므로 조업조건은 물론 어업간의 어획노력량 단위에 대한 표준화 작업도 이루어져야 한다.

#### 다. 어종 (CPUE)별 표준화

어획성능이 같은 표준어선이 동일한 지역에서 동일한 조업조건으로 조업하였다고 할지라도, 목표어종에 대한 어획량은 다르다. 다시 말하면, 목표어종의 풍도 외에 다른 어종의 어획량이 많을 시엔 어구포화, 어업자의 선택 등에 따라 목표어종의 어획이 영향을 받을 것이다. 대형선망어업의 경우 고등어가 주 대상 어종이지만 전갱이와 정어리가 많이 혼획되므로 (그림 1-1-5), 이런 문제에서 비롯되는 어획량의 차이는 분명히 고려해야 할 부분이다. 이런 접근은 어종 서로간에 서식처 및 분포지역이 중복되고, 또한 이들 어종간에는 서로 상호작용이 있다는 가정이 선행되어야 한다.

동일한 어획노력량을 투입하더라도 어획량이 서로 달라지는 경우이므로, 어획노력량의 표준화보다는 단위노력당 어획량의 표준화 개념이라고 해야 더 옳은 개념이라 할 것이다.

#### 라. 어획노력량 표준화를 통한 자원관리 연구체계

다양한 어업의 형태에서는 다양한 종류의 어획노력량이 투입되기 마련이다. 그림 1-1-6과 같이 A, B, C, D의 4개 어업의 어획노력량을 투입하여 얻은 어종별 어획량 자료가 있을 경우, 이들 4개 어업의 어획노력량은 표준화 작업을 거친 후 자원량 추정 및 자원평가에 이용해야한다. 자원량 추정 및 평가가 이루어지면 다음 단계로 그 자원의 ABC를 추정하고, 이 값을 기초로 TAC를 설정한다. TAC가 정해지면 목표 어종에 투입된 4개 어업의 어획노력량 중 각각의 어업이 차지하는 어획노력량 비를 어획량에 적용시켜 각 어업별 TAC를 추정하게 된다. 우리나라와 같이 다종어업 또는 다어구 어업이 주를 이루는 어업조건에서 자원평가 및 어업관리를 하기 위해서는 어종 생물학적인 특성이나 어업의 특성을 정확하게 파악하는 것이 매우 중요하다.



그림 1-1-4. 어업 또는 조업형태별 어획노력량의 표준화 절차.

Fig. 1-1-4. Standardization proceedings by the fishery or fishing condition.

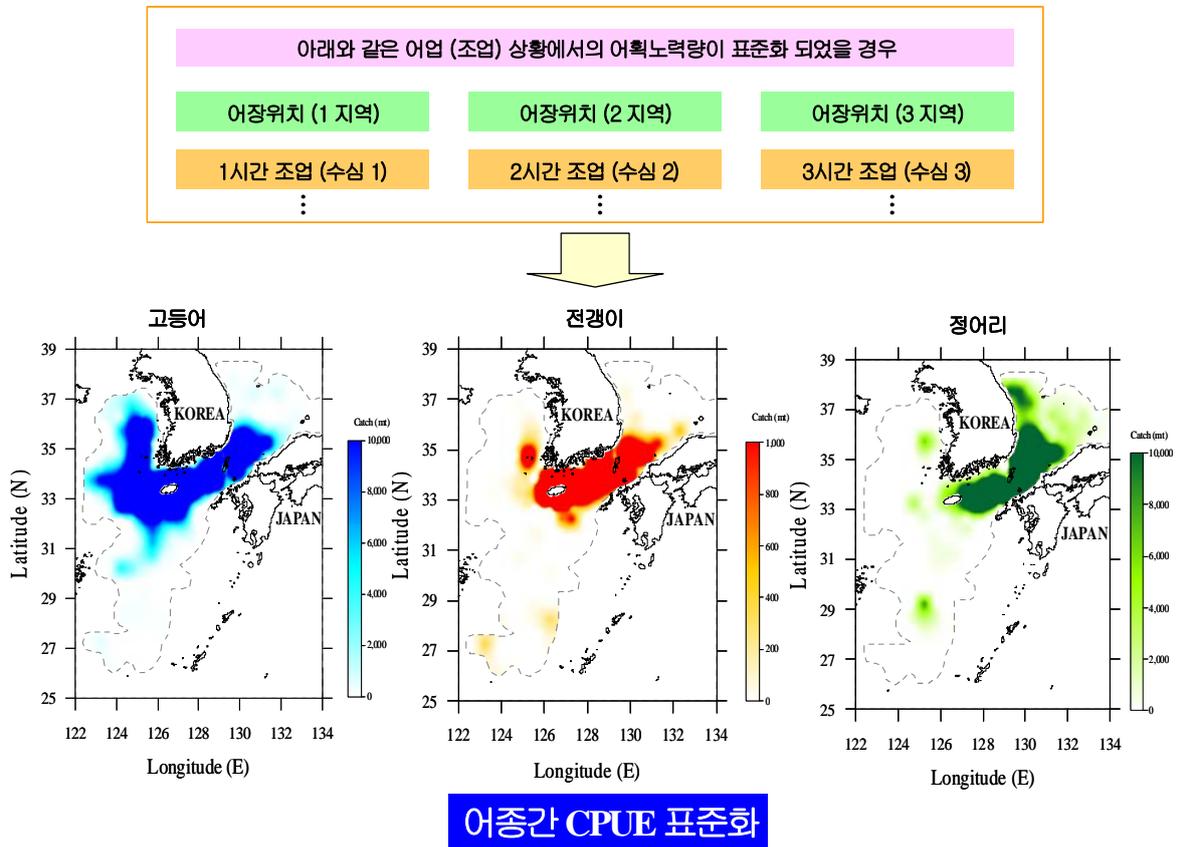


그림 1-1-5. 고등어, 전갱이 및 정어리의 어종간 CPUE 표준화.

Fig. 1-1-5. Standardization of CPUE among the speceis of chub mackerel, horse mackerel and Pacific sardine.

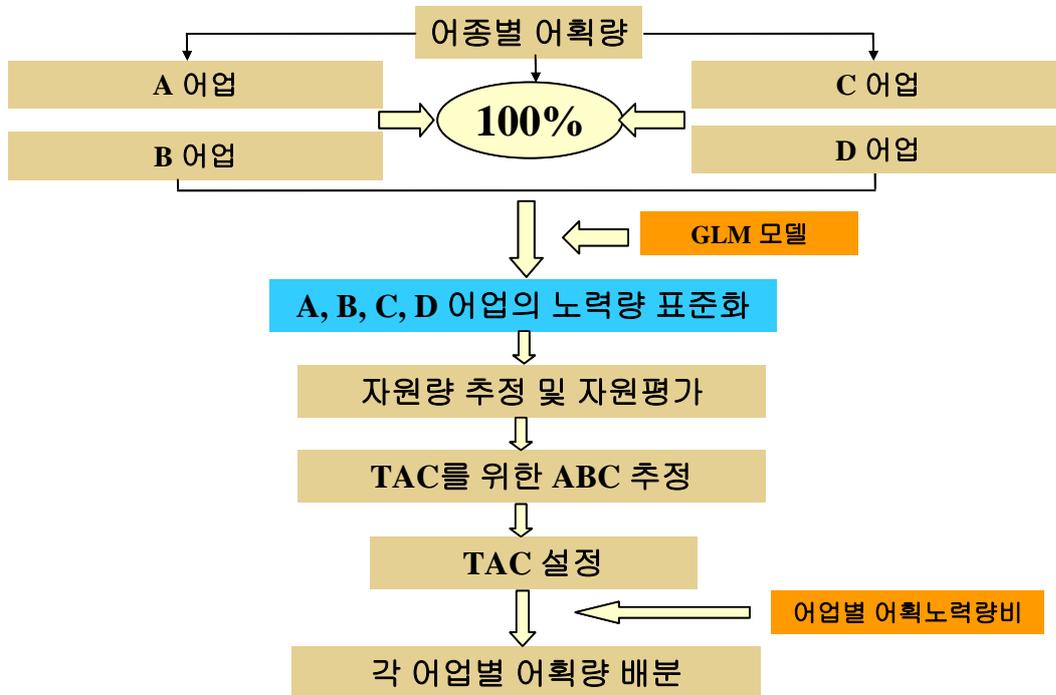


그림 1-1-6. 어획노력량 표준화를 통한 자원관리 연구체계.

Fig. 1-1-6. Research system of stock management through standardization fishery.

## 제 2 절 어획노력량 표준화의 필요성 및 기대효과

어획노력량 분석과 관련된 중요한 문제점은 여러 가지 방법으로 수집된 어획노력량을 별로 대수롭지 않게 이용하고 있다는 것이다. 수산업에서 어획노력량은 종종 길으로 쉽게 이해 가능한 어떤 강도를 암시하는 명백한 표현으로 정의되거나 어민이 어획을 올리는데 사용한 어민의 행동 또는 어구, 장비 등을 말한다. 일반적으로 어획노력량  $f$ 로 표현하며, 이런 표현의 예로는 boat-day, 낚시수, 유자망의 폭수, 투망 횟수 등이다. 그러나 이런 형태로 어획노력량을 표현하는 것도 매우 중요하지만 개체군으로부터 어획에 의해 제거되는 어류의 수나 양을 나타내는 데는 그 의미가 제대로 반영될 수 없다. 예를 들면, 10폭짜리 그물을 사용하는 자망어업의 어획량 또는 어획강도는 다른 지역에서 5폭짜리를 사용하는 자망어업보다 어획강도가 반드시 2배는 아니다. 더 중요한 문제는 일반적으로 어업에 있어 시간 개념이 적용되기 때문에 다른 연도에서 같은 10폭짜리 그물이라도 어획에 미치는 효과는 매우 다르다.

이와 같이 어획강도는 어획성능 또는 연도의 변화에 따라 서로 다르게 나타난다. 우리나라 고등어 선망어업의 경우에도 마찬가지로 어획강도에 영향을 줄 것으로 생각되는 평균 척당 평균 톤수는 1983년에 113톤에서 1993년에 122톤, 2002년엔 127톤으로 증가하였다. 평균 척당 평균 마력수 역시 1983년에 988마력, 1993년에 1,477마력, 2002년엔 1,756마력으로 증가하였으며, 이에 따른 어획강도 역시 다를 것이다 (표 1-2-1). 또한 한 어종이 여러 어업에서 어획됨으로써 어업간의 경쟁에 의해 다르게 측정되는 고등어의 어획노력량은 어획노력량 표준화를 필요하게 하는 중요한 요인이다. 우리나라의 경우 고등어뿐만 아니라 오징어, 갈치, 정어리, 전갱이 등 상업적으로 중요한 어종들은 대부분 여러 어업에서 어획되고 있다 (표 1-2-2). 따라서 각각의 어업에서 대상 어종을 어획하기 위한 어획노력량은 서로 다르게 측정된다. 여기서 서로 다르게 측정된 어획노력량을 표준화 하지 않으면 그 어종의 전체 자원량에 대한 자원량 추정 및 평가가 제대로 이루어지지 못하며, 그 자원의 상태를 잘못 파악할 우려가 있다.

또한, 한 어업이 주 대상어종을 어획하더라도 그 어업엔 다른 여러 종들이 부수적으로 혼획된다. 예를 들면 고등어 선망어업의 경우, 주로 우리나라 남해와 동지나해에서 고등어를 대상으로 조업하지만, 선망어업에 어획되는 어종은 고등어외 전갱이, 정어리가 많이 혼획되고 있다. 또한 이들 어종의 어획량 분포가 매우 비슷하게 분포됨으로써 선망어업에서 고등어를 어획할 시 혼획되는 전갱이와 정어리의 어획량은 고등어의 단위노력당 어획량에 많은 영향을 미칠 것이다 (그림 1-2-1).

표 1-2-1. 선망어업의 어획성능의 변화

Table 1-2-1. Change of fishing power of Korean large purse seine fishery

구 분	1983	1993	2002
평균 척당 톤수	113	122	127
평균 척당 마력수	988	1,477	1,756
평균 척당 마력/톤	9.85	13.08	13.86

표 1-2-2. 한국 연근해 주요 어종의 어업별 어획비율 (1993~2002)

Table 1-2-2. Catch proportions of major species by fisheries in Korean waters, 1993~2002

\* 는 2002년 TAC 대상어종

어 종	어획량 순 위	어획량 비율 (%)						
		대형선망	대형트롤	근해안강망	쌍끌이	채낚기	근해자망	기타
고등어*	2	87.8	1.5	0.8	2.8	-	1.1	6.3
오징어	3	-	34.7	0.5	1.2	45.7	0.5	17.4
갈 치	5	6.5	17.7	30.7	23.8	7.4	0.9	23.0
정어리*	8	88.5	-	-	-	-	0.1	21.4
전갱이*	10	72.7	3.0	0.2	3.3	-	0.2	20.6

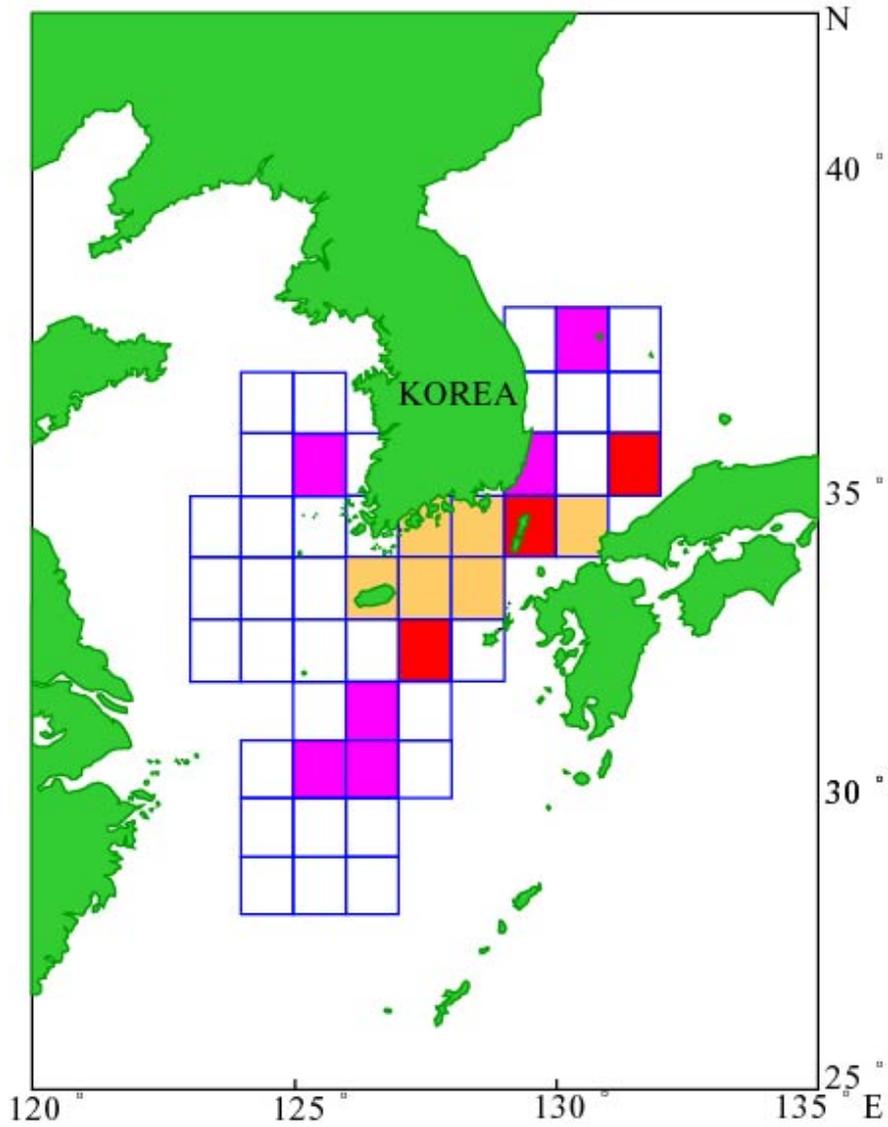


그림 1-2-1. 대형선망어업의 고등어 어장 분포 (1993). 빨간색은 전갱이, 분홍색은 정어리, 오렌지색은 두 어종이 함께 혼획되는 지역.

Fig. 1-2-1. Distribution of fishing ground for chub mackerel in Korean large purse seine fishery (1993). red color is bycatch area of horse mackerel, pink color is bycatch area of Pacific sardine, and orange color is mixed area of two species.

실제로 어종간에 영향을 미치지 않더라도, 선망 업자는 어업을 행할 시에 고등어외에 전갱이와 정어리의 자원풍도에 영향을 받을 것으로 생각된다.

어획노력량은 어구의 구성 또는 방식이 발달된 것에 대하여 고려 없이 측정되고 있으므로, 개체군에 미치는 어획노력량의 일정한 양 또는 효과를 측정하는 것은 반드시 필요하다. 현장에서 이러한 사항들을 고려한 어획노력량 자료가 수집된다면 어느 정도 개체군에 미치는 영향을 파악하는데 용이하겠지만, 현실적으로 그렇지 못한 실정이다. 그러므로 현재 가용한 자료들을 사용하여 서로 다른 어획노력량을 하나의 일정한 값으로 표준화하여 어획에 미치는 일정한 영향을 파악하는 작업은 반드시 이루어져야 한다.

### 제 3 절 외국의 사례

수산업에서는 일반적으로 어획노력량이나 어획능률 등이 일정하다는 가정하에 많은 연구가 이루어졌다. 하지만 각 어업에 대해 서로 다른 어획의 차이를 노력량의 표준화로 서로 비교하는 연구가 필요하다. 수산업에서는 일반적으로 어획노력량이나 어획능률 등이 일정하다는 가정하에 많은 연구가 이루어졌다. 하지만 각 어업에 대해 서로 다른 어획의 차이를 노력량의 표준화로 서로 비교하는 연구가 필요하다. 수산업에서 어획노력량의 표준화에 GLM을 이용한 분석은 Gavaris (1980)에 의해 이루어졌다. Gavaris (1980)는 표준화 요소로 국가, 어구형태, 어선톤급, 어획지역 등을 고려하여 단위노력당 어획량을 표준화하였다. 이후, 비슷한 방법으로 Gulland (1983), Beverton and Holt (1957), Kimura (1981, 1988)와 Hilborn and Walter (1992), Murphy and Elliott (1954), Pella and Psaropoulos (1975)의 연구가 있으며, Allen and Punsley (1984), Punsley and Deriso (1991)과 Punsley and Nakano (1992)가 다랑어 어업에 대해 GLM을 이용한 CPUE 표준화 연구를 발전시켰다.

어업별 어획노력량 표준화 연구로는 트롤어업에서 어선의 톤수, 망목의 크기, 현대식 전자장비 등을 주요 표준화 요소로 사용한 연구가 있으며 (Gulland, 1983; Hilborn and Walters, 1992), Olsen and Laevastu (1983)은 연승어업에서 침강속도, 낚시 간격, 낚시 크기, 아릿줄의 깊이, 미끼, 어구의 차이 등 32개의 요소를 이용하여 각각의 요소가 연승어업에 미치는 영향을 모델로 정립하여 설명하였다. Baelde (1991)는 새우어업에 대해 기초적인 표준화 기술과 GLM을 이용하여 자원풍도를 예측하였고, Quinn은 짧은 기간 동안의 어획능력의 변화를 표준화 요소로 고려하였다. 또한 Hilborn and Ledbetter (1985)와 Hilborn (1985)는 각각의 어선 형태와 이들의 효과에 대해 GLM을 이용하여 어획성능을 표준화하였고, Tsou and Yeh (1991)은 CPUE 표준화에 월별, 지역별, 연도별 변화에 초점을 맞춰 분석한 예가 있다. 선망어업에서는 Allen and Punsley (1984)에 의해 다랑어 선망어업에서의 CPUE에 대한 표준화 연구가 있다. 이 연구에서는 선망어업에 영향을 미치는 요인으로 어선의 크기 및 속도, 헬기의 유무, 의사소통, 레이더의 성능을 중요한 요인으로 결정하였고, 다랑어의 경우 고래와 같은 다른 어종의 분포에 영향을 받는다고 가정하여 CPUE를 표준화 하였다.

최근에는 Marchal *et. al.* (2001, 2002)은 GLM모델을 사용하여 어획사망과 어획노력량, CPUE와 어선의 관계, 자원풍도 등을 고려하여 노르웨이 부어어업의 어획성능을 표준화하였고, Marchal and Horwood (1998)은 비용함수를 이용하여 어업활동을 제어하는 방법으로 어획노력량의 변화, 어획량의 변화, 목표어종에 대한 어획노력량의 추정 등을 이용한 사례가 있다.

## 제 4 절 보고서의 구성

본 연구에서는 서론 부분에서는 어획노력량의 개념과 어획노력량 표준화의 개념을 설명하였고, 자료 및 방법에서는 고등어 선망어업의 어획량 및 어획노력량 자료 등을 이용하여 표준화 방법 및 절차, 표준화 예제에 관한 내용을 포함하였으며, 결과에서는 표준화된 어획노력량을 사용하여 자원평가 및 관리의 방향을 제시하였다.

## 제 2 장 자료 및 방법

### 제 1 절 어구·어업별, 어종별 표준화 범위 설정

본 연구에서는 어획성능, 어업 및 어종별 표준화 범위를 한국 연근해에서 가장 정확한 어획노력량 자료가 수집되는 것으로 판단되는 고등어 선망어업을 지정하여 3단계의 절차에 따라 분석하였다. 두 개 어업 또는 세 개어업에 대한 어획량 배분은 고등어 대상어업과 갈치 대상어업을 분석하였다. 한 어종이 서로 다른 어업에서 어획되는 경우인 어업별 표준화 단계는 고등어를 대상으로 하는 선망어업과 같은 단일 어종이 많이 어획되는 경우 이외의 경우는 갈치를 대상으로 하는 어업인 대형기선저인망 쌍끌이 어업, 근해 안강망어업 및 대형트롤어업에 대해 분석하였다.

### 제 2 절 표준화 요소 설정 및 근거

#### 1. 어선의 어획성능에 미치는 영향

일반적으로 어획노력량의 측정시 일반적으로 어업이 이루어지는 상황을 너무 쉽게 간과하려는 문제점이 있다. 선망어업의 분석에서 어획노력량은 표준 노력량 단위로 취해야 하며, 이것은 목표 어종에 대해 가해지는 일정한 사망률을 나타내는 순간어획사망계수( $F$ )는 명목상 어획노력량( $f$ )과 비례한다는 가정과도 관련이 있다. 다시 말하면, 고등어의 사망률은 어업자 또는 어선, 어구에 따라 달라지는 것이 아니라 일정하게 측정되어야 한다는 것이다. 이러한 관점에서, Rothschild (1977)는 선망어업에서 어획에 영향을 미치는 몇 가지 요소를 다음과 같이 정의하였다. 그 요소로는

- ① 첫 번째 어군을 만난 시간 변수
- ② 어군과 사이의 시간 변수
- ③ 어군 또는 어체의 크기 변수
- ④ 어구 설치와 다루는데 걸리는 시간 변수
- ⑤ 효율적인 조사 단계
- ⑥ 해양 조건
- ⑦ 새나 고래류에 의한 어군의 식별 관계
- ⑧ 관측자의 기술 변화와 해면으로부터 관측자의 신장
- ⑨ 전자 장비를 사용함에 있어 운용상의 기술 차이

등이다. 물론 각 어업은 그들만의 특별하고 개별적인 문제를 가지고 있다. Rothschild (1975)는 선망어업의 어획노력량에 미치는 영향으로 어업상황에서의 확률적인 변수들을 예로 들었으며, 크게 해·어황 조건 (①~④)과 어업 기술적인 측면 (⑤~⑨)을 강조하였

다. 또한, Allen 과 Punsly (1984)는 선망어업의 어획에 미치는 영향을 북태평양 참치선망어업의 예를 들어 위의 조건보다는 좀 더 세부적으로 기술하였으며, 그 요인으로는,

- ① 어선의 속력 (vessel speed)
- ② 어선의 크기 (vessel size)
- ③ 선령 (Age of vessel)
- ④ 헬기 유무 (presence of helicopters)
- ⑤ 장비 성능 (radar, sonar, fish finder)
- ⑥ 구성원의 팀웍 (communication groups)
- ⑦ 선장의 능력 (expertise of vessel's skipper)
- ⑧ 해양환경 조건 (marine environment condition)
- ⑨ 어획량에 미치는 어종간의 생물학적인 영향 (혼획)

등을 제시하였다. 이와 같이 Allen 과 Punsly (1984)는 어선과 장비의 성능 (①~④)을 보다 더 구체적으로 설명하였고, 어선 운용상의 어업 기술적인 측면 (⑤~⑥)에서 선장과 선원들의 능력을 무엇보다 중요하다고 강조하였고, 어획에 있어 해양환경 조건과 다른 어종의 부수적인 어획 또한 목표 어종의 어획량에 영향을 미친다고 설명하였다.

위에서 설명한 것 이외에도 선망어업에 영향을 미치는 요소로는 집어등의 효과, 어탐시간, 해양환경의 변화, 어업자의 생활고와 관련된 사회·경제적인 측면 등 여러 가지가 있다.

## 2. 어종간의 생물학적인 영향

서로 다른 어종이라 할지라도 서식처 또는 산란장 분포가 비슷할 경우가 많다. 본 연구에서 주로 다루는 선망어업에서 어획되는 고등어의 경우도 앞에서 언급한 것과 같이 어획량 분포가 중복되는 경향을 나타내는데, 이것은 고등어가 전갱이 및 정어리의 서식처와 중복되는 특성을 지니고 있기 때문이다 (표 2-1-1). 이와 같은 경우엔 어느 어종을 목표 어종으로 지정하느냐에 따라 그 어업은 다른 어종의 어획량에 영향을 받을 것이다. 따라서 선망어업에 어획되는 세 종간의 생물학적인 부분도 표준화 요소로 간주하였다.

표 2-1-1. 세 어종간의 서식처 중복 비율

Table 2-1-1. Proportions of habitat overlap among three species

비율 (%) 고등어만 분포 전갱이와 중복 정어리와 중복 두 어종 중복 계					
고등어	32.6	28.6	3.1	35.7	100.0
비율 (%) 고등어와 중복 전갱이만 분포 정어리와 중복 두 어종 중복 계					
전갱이	63.4	0.0	0.0	36.6	100.0
비율 (%) 고등어와 중복 전갱이와 중복 정어리만 분포 두 어종 중복 계					
정어리	38.9	0.0	8.2	52.9	100.0

### 제 3 절 어획노력량 표준화 이론

#### 1. 표준 어선을 기초로 한 어획성능의 표준화

##### 가. 자료

대형선망어업에서 나타나는 여러 가지 어획성능의 공통된 특징을 내포한 표준어선을 지정하여 이것을 기초로 어획성능을 표준화하는 방법이다. 본 연구에서는 위에서 나열된 여러 가지 요소중, 현재 이용 가능한 자료만을 선정하여 분석하였다. 고등어 선망어업의 어획성능을 표준화하기 위한 요소로서는 연도, 어선의 톤수, 어선의 마력수, 어구의 크기를 보정하기 위한 톤당 마력수, 장비의 성능을 나타내는 변수로 장비 보유 현황 (소나, 어군탐지기, 레이다), 그리고 선령을 선택하였다.

고등어 선망어업의 어획성능을 알아보기 위해 조업에 이용되었던 어선의 정보를 수집하였으며, 이 자료는 대형선망수산업협동조합의 대형선망어선명부 (1993~2002)를 이용하여 총 397개의 표본에 대해 조사하였다. 만약, 대형선망어업의 어구에 관한 자료가 있다면, 표준어선 및 표준 어구를 지정하여 분석이 가능하지만 각 어선의 어구현황과 연도별 변화에 대한 자료가 미흡하여 분석에 이용하지는 못하였다.

##### 나. 방법

표준 어선을 기초로 한 표준화 방법은 같은 지역에서 행해지는 어업에 대해 모든 어선을 표준어선의 형태로 맞추어 각 어선의 어획성능을 표준어선의 성능과 비교하는 형태이다. 여기서는, 각 연도에서 각 어선의 어획성능을 어획에 영향을 미치는 각각의 요소별로 어획성능지수를 구하여 나타내었다.

연도  $i$ 에 대한 어획에 영향을 미치는 요소  $k$ 의 어획성능지수 (Fishing Power Index)는 다음 식과 같이 추정하였다.

$$FPI_{ik} = \frac{\sum V_{ijk} / SV_k}{n_{ik}} \quad (19)$$

여기서,  $V$ 는 표본 어선,  $SV$ 는 표준어선,  $n$ 은 표본수,  $j$ 는  $j$ 번째 어선,  $V_{ijk}$ 는  $k$  요소에 대한  $i$ 년도  $j$ 번째 어선의 정보,  $SV_k$ 는  $k$  요소에 대한 표준어선,  $n_{ik}$ 는  $i$ 년도  $k$  요소에 대한 표본의 수이다.

## 2. GLM을 이용한 어획노력량의 표준화

### 가. 자료

각각 서로 다른 어선이 가지고 있는 어획성능을 표준어선을 사용하여 표준화한 후, 여기서 추정된 어획성능의 변화가 대형선망어업의 어획노력량에 미치는 영향을 분석하는 방법으로, 위에서 추정된 어획성능지수를 이용하였다.

어업 및 어종별 어획노력량의 표준화에 필요한 대형선망어업의 어획량 자료는 해양수산통계연보 (1993~2002)의 자료를 이용하였으며, 해구별 어획량 및 노력량 자료는 국립수산물과학원 (1993~2002)의 자료를 이용하여 84개 해구에 대해 분석하였다. 해구별 어획량 및 노력량 자료는 다시 4개의 해구를 하나로 묶어 총 46개의 새로운 고등어 어획 지역으로 나누어 계산되었다 (그림 1-2-1). 각각의 해구에 대해 고등어 및 전갱이, 정어리의 어획량 분포를 분석하였으며, 전체 고등어 어장 중 대형선망어업에서 전갱이와 정어리의 10년간 평균 어획량 보다 많은 지역을 전갱이와 정어리의 혼획 지역으로 표시하였다.

### 나. 방법

본 연구에서는 일반선형모델 분석방법을 사용하여 어획노력량에 미치는 여러 가지 요소들의 효과를 분류하여 적용하였다. 연도별 어업 또는 조업형태, 어종간의 상호 작용에 의해 발생하는 서로 다른 어획노력량 단위를 표준화하는 방법이다. 여기서는 독립변수에 분류형 변수 (연도, 어획에 영향을 미치는 요소  $k$ )가 포함된 경우이므로 dummy 변수가 포함된 회귀모형인 일반화된 선형 모델 (General Linear Model : GLM)을 사용하여 표준화하였으며 (Quinn and Deriso, 1999), 다음과 같은 식을 사용하였다.

$$f_s = \beta_{0k} + \sum_k \beta_k X_k + \varepsilon_k \quad (20)$$

여기서,  $f_s$ 는 표준화된 어획노력량,  $\beta_{0k}$ ,  $\beta_k$ 는 추정 파라미터,  $X_k$ 는 어업에 영향을 미치는  $k$ 번째 요소의 값이며,  $\varepsilon_k$ 는 오차이다.

어획성능의 표준화의 경우 7개의 어획성능 요소가 대형선망어업의 어획노력량에 미치는 영향을 분석하였으며, 여기서 계산된 어획노력량 추정치를 대형선망어업의 해구별 어획노력량비로 나누어 46개의 지역에 대해 각 지역별 어획노력량을 계산하였다. 고등어의 어획량에 대한 전갱이와 정어리의 혼획의 영향을 반영하기 위해 혼획지역과 그렇지 않은 지역으로 구분하여 단위노력당 어획노력량을 표준화하였다.

# 제 3 장 결과 및 고찰

## 제 1 절 주요 어업별 어획노력량 표준화

### 1. 단일 어업의 어획노력량 표준화

#### 가. 선망어업의 어획성능 표준화

선망어업은 우리나라 연근해 전체 어획량의 약 20%를 차지하며 우리나라 남해 및 동지나해에서 주로 행해진다 (그림 3-1-1). 주 대상 어종은 고등어, 전갱이, 정어리이며 지난 10년 (1993~2002)간 평균 어획량은 고등어가 69.7%로 가장 많고 전갱이가 6.8%, 정어리가 4.4%이다. 2000년 이후 최근까지 정어리의 어획량은 감소한 반면 오징어의 어획량이 예전에 비해 증가한 현상을 볼 수 있다 (그림 3-1-2, 표 3-1-1).

#### (1) 선망어업 어선 현황

대형선망수산업협동조합의 대형선망 어선명부를 이용하여 총 397척에 대해 분석한 대형선망어선의 현황을 나타냈다. 선망어업의 어선세력은 1993년에 48개의 선단이 어업에 종사하였으며, 어선의 성능은 증가한 반면 선단 수는 감소하여 2002년 현재 31개의 선단이 어업에 참가하고 있다 (표 3-1-2). 표준어선을 선정하기 위해 각 요소별 빈도 분포를 나타낸 결과, 대형선망 어선의 톤수 분포는 80톤급이 17척, 90톤급이 3척, 100톤급이 47척, 110톤급이 31척, 120톤급이 61척, 130톤급이 231척으로 나타났으며, 130톤급이 가장 많았다. 대형선망 어선의 마력수는 1,200마력급이 52척, 1,300마력급이 21척, 1,400마력급이 29척, 1,600마력급이 91척, 2,400마력급이 60척으로 나타났으며, 1,600마력급이 가장 많았다. 대형선망 어선의 선령은 5년 계급으로 나누어 계산하였으며, 선령 10년급이 14척, 15년급이 71척, 20년급이 103척, 25년급이 126척, 30년급이 22척, 35년급이 47척, 40년급이 14척으로 나타났으며, 25년급이 가장 많았다. 대형선망 어선의 수나 보유현황은 1개가 3척, 2개가 279척, 3개가 115척이었다. 어군탐지기 보유현황은 1개가 22척, 2개가 49척, 3개가 213척, 4개가 89척, 5개가 24척이었다. 레이더의 보유현황은 1개가 42척, 2개가 354척이었다 (그림 3-1-3).

#### (2) 대형선망어업의 표준어선

대형선망어업의 전체 표본에 대한 각 요소별 빈도 분포 결과를 토대로 각 요소별 최빈값을 대형선망어업의 표준어선으로 선정하였다. 대형선망어업의 표준어선은 톤수 129톤, 마력수 1,600마력, 톤당 마력수 12마력/톤, 소나 2개, 어군탐지기 3개, 레이더 2개를 보유한 어선으로 정하였다(표 3-1-3). 선망 어선의 성능을 연도에 따라 어획성능지수로 나타낸 결과 그 값이 증가하는 경향을 보였다. 표준어선의 각 요소별 값은 연도별 어선별 어획성능의 표준화에 필요하며, 표준어선에 대한 각 연도별 어획성능지수를 추정하였다.

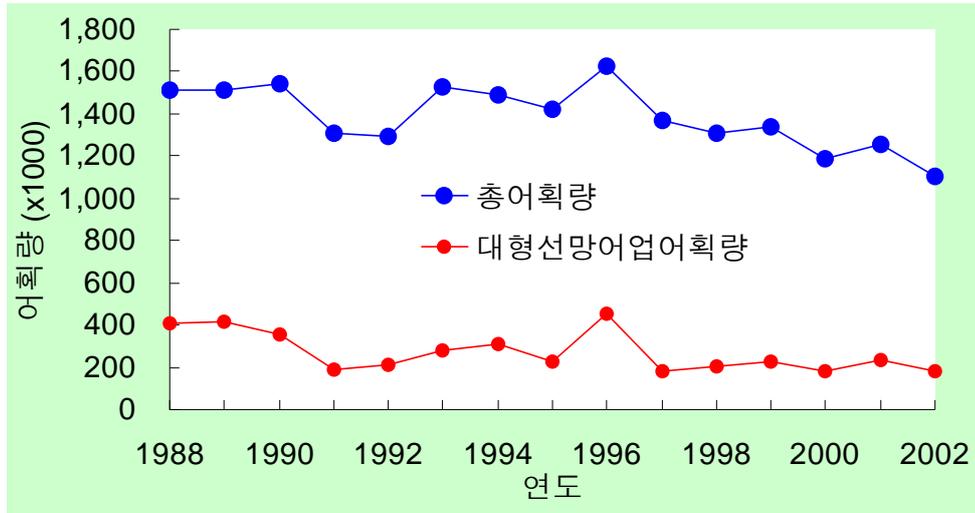


그림 3-1-1. 대형선망어업의 어획량 변화.

Fig. 3-1-1. Variations of catch of Korean large purse seine fishery.

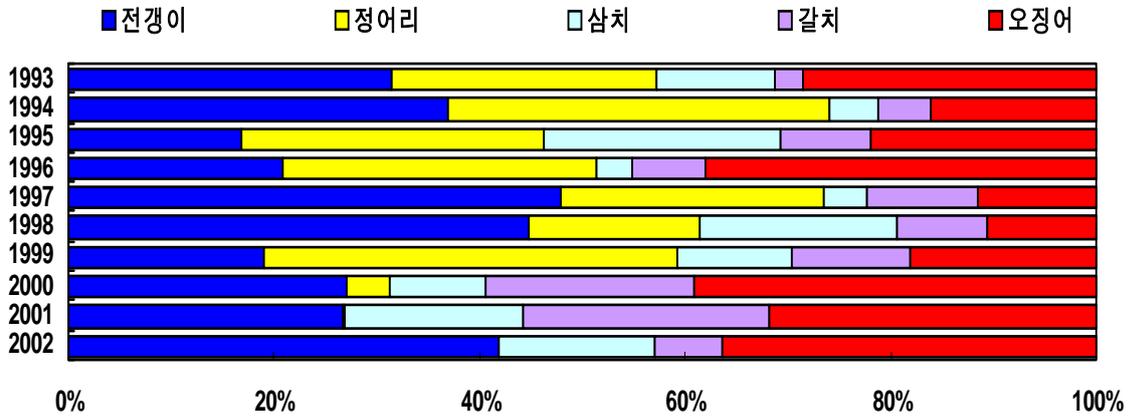


그림 3-1-2. 대형선망어업의 어종별 어획비율.

Fig. 3-1-2. Catch proportions by catch species in Korean large purse seine fishery, 1993~2002.

표 3-1-1. 대형선망어업의 어종별 어획비율

Table 3-1-1. Catch compositions by catch species in Korean large purse seine fishery, 1993~2002

	대형선망	고등어	전갱이	정어리	삼치	갈치	오징어	기타
1993	100	55.2	10.6	8.7	3.9	1.0	9.6	11.0
1994	100	63.6	11.3	11.4	1.4	1.6	4.9	5.8
1995	100	70.1	3.3	5.7	4.5	1.7	4.3	10.4
1996	100	85.3	2.4	3.5	0.4	0.8	4.3	3.2
1997	100	75.4	7.0	3.7	0.6	1.6	1.7	10.1
1998	100	72.6	7.5	2.8	3.2	1.5	1.8	10.8
1999	100	67.7	3.4	7.3	2.0	2.1	3.3	14.1
2000	100	60.6	7.9	1.2	2.7	5.9	11.5	10.1
2001	100	76.8	4.6	0.1	3.0	4.2	5.5	5.9
2002	100	69.6	10.4	0.0	3.8	1.6	9.1	5.5
AVG	100	69.7	6.8	4.4	2.6	2.2	5.6	8.7

표 3-1-2. 대형선망어업의 어선현황

Table 3-1-2. Status of fishing vessel by year in Korean large purse seine fishery

연 도	선단수	평균 톤수	평균 마력수
1993	48	122.28	1,476.63
1994	49	121.58	1,457.71
1995	47	123.72	1,513.26
1996	42	123.42	1,589.12
1997	42	123.42	1,589.12
1998	36	126.84	1,704.25
1999	36	126.74	1,736.75
2000	35	124.96	1,701.26
2001	31	126.52	1,747.23
2002	31	126.52	1,755.94

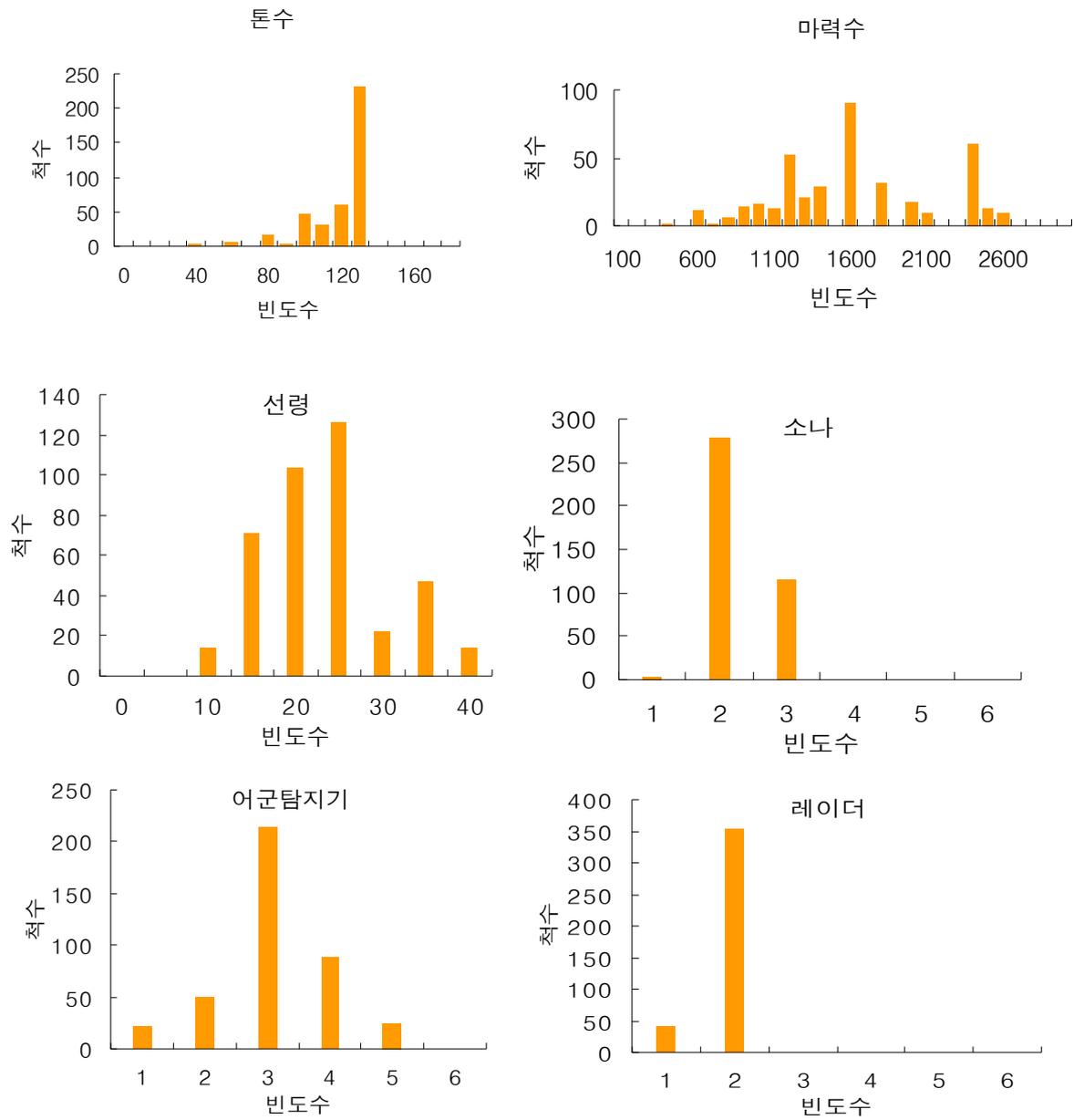


그림 3-1-3. 대형선망어업의 요소별 빈도분포.

Fig. 3-1-3. Distribution of frequencies by factors in Korean large purse seine fishery.

표 3-1-3. 대형선망어업 표준어선의 표준 어획성능

Table 3-1-3. Standard fishing powers of standard fishing vessel in Korean large purse seine fishery, 1993~2002

구 분	어획 성능을 나타내는 요소						
	톤수	마력수	마력/톤	선령	소나	어군탐지기	레이더
표준 값	129	1,600	12	2	3	2	25

### (3) 연도별 어획성능 지수 (FPI)

대형선망어업의 연도별 어획성능지수를 각 요소별로 식 (20)에 의해 추정하였다. 어획성능지수는 표본어선을 기준으로 한 값이므로, 그 해의 어획성능 요소의 평균값이 표준어선과 동일하면 어획성능지수는 1이 된다. 하지만, 표준어선을 분석 기간동안 가동되었던 모든 어선을 기준으로 한 것이므로, 각 년도의 어획성능 요소의 어획성능지수가 1보다 적을 수도 있다. 전 기간에서 톤수와 레이더 보유수와 같이 어획성능지수가 1보다 적은 것은 표준어선과 같은 급의 어선들이 전 기간에 걸쳐 고루 분포되었음을 의미하므로 어획성능의 차이가 많이 나지 않음을 뜻한다. 반대로 소나와 같이 어획성능지수가 1보다 큰 것은 표준어선의 소나 보유수인 2개보다 더 많은 3개를 장착한 어선이 많은데서 비롯된다. 소나의 경우 최빈값은 2개를 보유한 어선이 279척으로 나타났지만, 3개를 보유한 어선도 113척으로 매우 많았다. 나머지 요소들은 최근 연도에 어획성능이 표준어선보다 높음을 알 수 있다.

각 요소별 어획성능지수의 변화를 살펴보면, 톤수는 1993년 0.86에서 0.98로, 마력수는 0.92에서 1.10으로, 톤당 마력수는 1.05에서 1.12로, 소나는 1.10에서 1.19로, 어군탐지기는 0.99에서 1.12로 증가하였고, 선령은 1.03에서 0.77로 감소하였다 (그림 3-1-4). 선령을 제외하고 모든 요소에서 어획성능지수는 증가하였으며, 이것은 어획성능이 증가하였음을 의미한다. 또한, 선령 부분에서 어획성능지수가 감소하였다는 것은 선박의 연령이 감소하였음을 의미하므로 어획성능은 증가하였다고 볼 수 있다.

### (4) GLM을 이용한 어획노력량의 표준화

한국 근해 대형선망어업의 어획성능은 해구별로 수집된 대형선망어업의 어획노력량자료와 위에서 추정된 대형선망어업의 각 요소별 어획성능지수를 고려하여 일반선형모델 (GLM)에 적용, 대형선망어업의 어획노력량에 미치는 각 요소의 어획성능을 반영하여 표준화하였으며, 추정치는 표 3-1-4에 나타내었다.

## 나. 어종간의 어획노력량 표준화

표준화된 어획노력량을 이용하여 해구별 CPUE를 추정한 후 전갱이와 정어리의 혼획 지역에 대해 CPUE를 표준화하였다. 고등어 어장에서의 혼획이 일어나지 않은 지역 (area 1)과 전갱이와 정어리의 혼획 지역 (area 2)은 그림 3-1-5에 나타났다. 전체 46개 지역 중 1993년도엔 15개 지역, 1994년엔 20개 지역, 1995년엔 16개 지역, 1996년엔 17개 지역, 1997년엔 15개 지역, 1998년엔 12개 지역, 1999년엔 18개 지역, 2000년엔 12개 지역, 2001년엔 3개 지역, 2002년엔 16개 지역이 혼획 지역으로 나타났으며, 두 지역에서의 연도별 어획량 및 CPUE는 표 3-1-5와 같다. 따라서, 순수하게 고등어만 어획된 지역의 고등어 CPUE와 전갱이와 정어리가 혼획된 지역의 고등어 CPUE는 서로 다르므로 GLM을 이용하여 표준화하였으며 (표 3-1-6), 표준화된 어획노력량과 CPUE는 표 3-1-7에 나타났다.

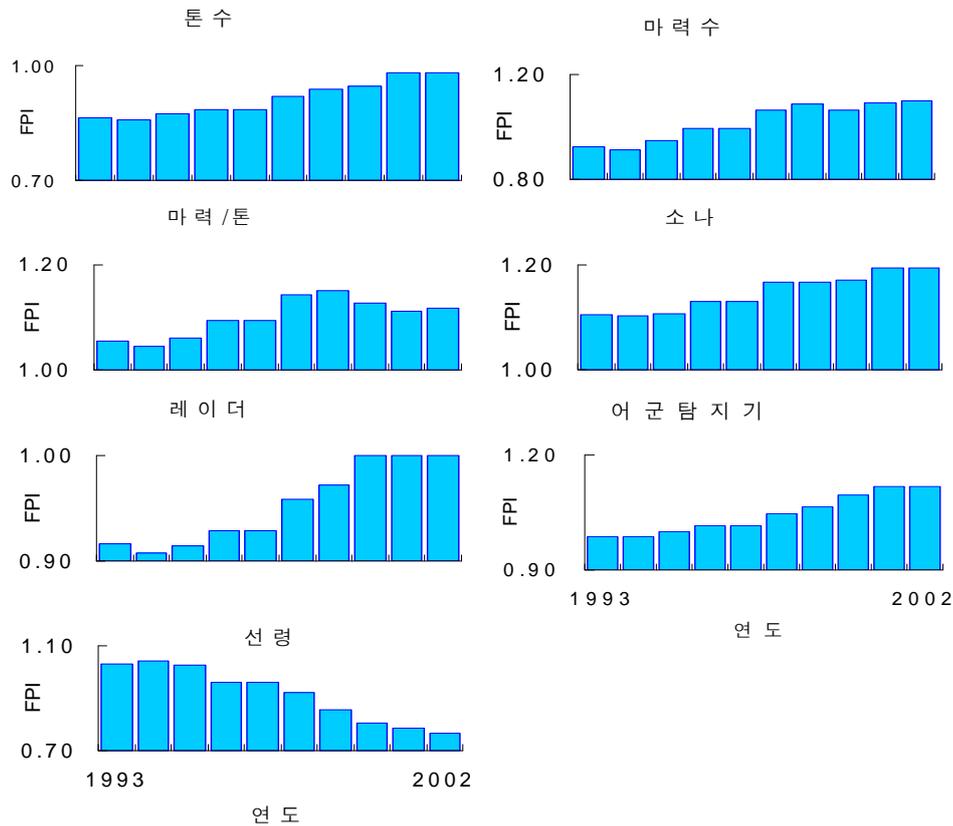


그림 3-1-4. 대형선망어업의 연도별 어획성능 지수 (FPI).

Fig. 3-1-4. Fishing power index (FPI) of Korean large purse seine fishery.

표 3-1-4. GLM을 이용한 어획성능별 어획노력량의 표준화 및 추정치

Table 3-1-4. Estimates and standardization of fishing effort by fishing powers using GLM

더미 변수 1									
94	95	96	97	98	99	00	01	02	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

연도	관측치	톤수	마력수	마력/톤	소나	어군탐지기	레이더	선령	추정치
1993	8,879	0.86	0.92	1.05	1.10	0.99	0.92	1.03	8,882
1994	11,084	0.86	0.91	1.04	1.10	0.99	0.91	1.04	11,076
1995	12,093	0.88	0.95	1.06	1.11	1.00	0.91	1.03	12,104
1996	10,078	0.89	0.99	1.10	1.13	1.02	0.93	0.96	8,648
1997	7,224	0.89	0.99	1.10	1.13	1.02	0.93	0.96	8,648
1998	7,421	0.92	1.07	1.14	1.17	1.05	0.96	0.92	7,432
1999	7,693	0.94	1.09	1.15	1.17	1.06	0.97	0.86	7,679
2000	7,655	0.95	1.06	1.13	1.17	1.10	1.00	0.81	7,657
2001	7,900	0.98	1.09	1.11	1.19	1.12	1.00	0.79	7,870
2002	7,379	0.98	1.10	1.12	1.19	1.12	1.00	0.77	7,410

더미변수 2							
톤수	마력수	마력/톤	소나	어군탐지기	레이더	선령	
1	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	1

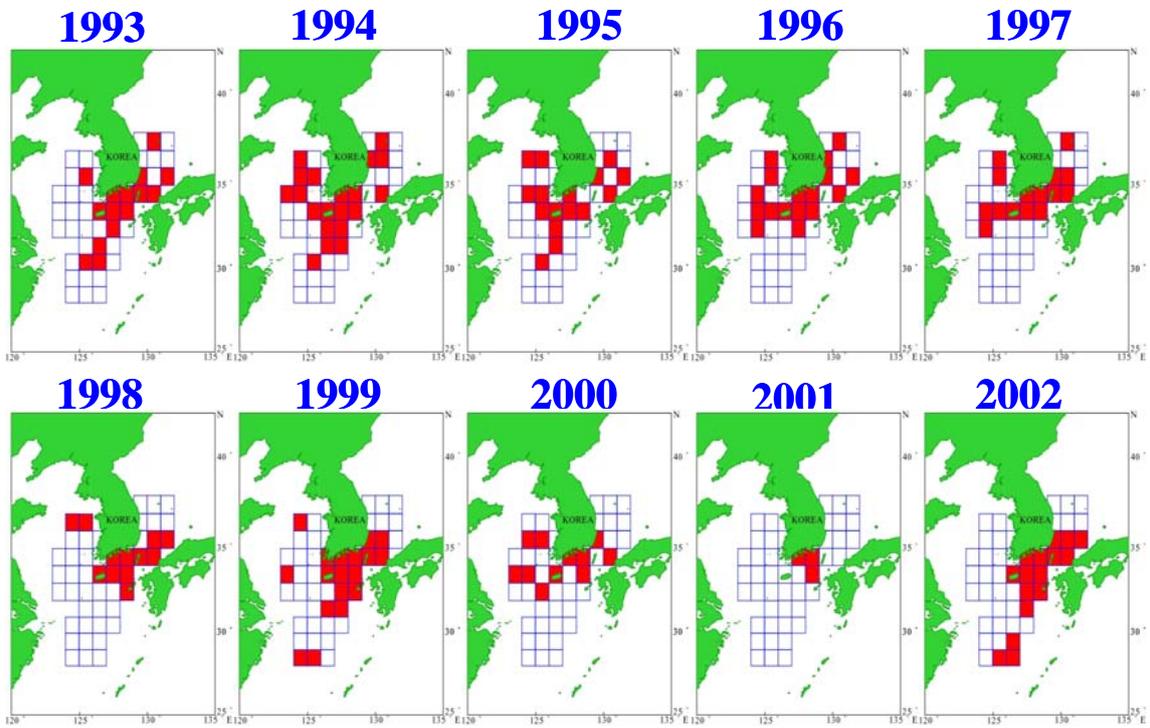


그림 3-1-5. 연도별 대형 선망어업의 고등어 어장 및 혼획 지역.

Fig. 3-1-5. Distribution of fishing ground and bycatch area for chub mackerel in 1993~2002.

## 2. 업종간 어획노력량 표준화 및 할당량 배분

### 가. 고등어 대상어업 : 2개 어업

지금까지는 대형선망어업을 대상으로 표준어선 지정, 어획성능, 어획노력량 및 CPUE 표준화에 대해 알아보았다. 여기서는 대형선망어업 뿐만 아니라 고등어를 대상으로 하는 모든 어업에서 고등어의 자원평가 및 TAC는 어떻게 추정되고, 할당량을 어떻게 배분할 것인지에 대해 나타냈다.

고등어는 대형선망어업에서 주로 80~90% 이상이 어획되지만, 다른 어업에서도 10~20%가 어획된다 (표 3-1-8). 어업별 어획노력량의 표준화를 위해서 고등어를 대상으로 하는 어업 중 모든 어업을 대상으로 하기엔 노력량 자료의 취약점이 있으므로 이용 가능한 자료인 대형선망어업자료와 근해 자망어업의 자료를 이용하여 두 어업을 대상으로 하여 분석하였다.

#### (1) 고등어 대상어업의 분석에 이용된 모델 및 자료

##### (가) 다 어구 어업의 자원평가 모델

고등어의 지속가능한 생산량을 추정하기 위하여 잉여생산량모델을 적용하였다. 적절한 모델을 선정하기 위하여 상기의 두 어업에 의한 참조기 자원의 연도별 노력량과 CPUE의 관계를 나타내 본 결과 노력량의 증가에 따른 CPUE의 감소가 지수 함수적인 경향을 보였기 때문에 Fox 모델을 선정하였으며, 그 모델식은 다음과 같다.

$$Y_t = U_{\infty} \exp\left(-\frac{q}{r} f_t\right) \cdot f_t \quad (21)$$

여기서  $Y_t$ 는 연간평형생산량,  $U_{\infty}$ 는 평형 단위노력당 어획량을 나타내는 매개변수이며,  $q$ 는 어획능률계수,  $r$ 은 자원의 내적 증가율,  $f_t$ 는 어획수준을 나타내는 어획노력량이다.

대형선망어업과 근해자망어업에 의한 고등어의 지속적 생산량과 이 생산량을 유지하기 위한 어획노력량을 Fox 모델에 의거 추정하였다. 어업별 각각의 어획노력량 수준에서 어느 한 어업의 지속적 생산량은 이들 두 어업에서 추정하고자 하는 어업의 노력량이 차지하는 비율에 의거 배분된다. 즉,

$$Y_t = Y_p + Y_g, \quad f_t = f_p + f_g \quad (22)$$

여기서,  $Y_t$  : 두 어업의 최대지속적 생산량

$Y_p, Y_g$  : 각 어업의 최대지속적 생산량

$f_b, f_g$  : 각 어업의 어획노력량

위 식에서  $Y_b, Y_g$ 를 추정하기 위하여 두 어업의 노력량에서 각 어업의 노력량이 차지하는 비율을 곱하였다. 즉,

$$Y_b = Y_t \left( \frac{f_b}{f_b + f_g} \right), \quad Y_g = Y_t \left( \frac{f_g}{f_b + f_g} \right) \quad (23)$$

여기서,  $\frac{f_b}{f_b + f_g}$   $\frac{f_g}{f_b + f_g}$ 는 각 어업의 노력량비이다. 따라서 위 식에 의거 대형선망어업과 근해자망어업에서 고등어의 지속적 생산량과 노력량을 추정하였다.

표 3-1-5. 고등어 어획 지역 (area 1)과 혼획 지역 (area 2)의 비교

Table 3-1-5. Comparison of fishing area for chub mackerel and bycatch area

연 도	어획량 (톤)		어획노력량 (인망수)		단위노력당어획량 (톤/인망수)	
	고등어어획 지역	혼획지역	고등어어획 지역	혼획지역	고등어어획 지역	혼획지역
1993	63,226	68,691	2,346	6,536	26.95	10.51
1994	82,587	101,501	3,335	7,741	24.77	13.11
1995	80,133	64,780	4,571	7,533	17.53	8.60
1996	96,704	220,405	2,144	6,503	45.10	33.89
1997	49,485	64,073	2,149	6,499	23.03	9.86
1998	79,187	50,298	3,145	4,288	25.18	11.73
1999	88,576	34,844	3,102	4,577	28.55	7.61
2000	44,689	45,047	3,260	4,397	13.71	10.24
2001	109,001	17,794	5,895	1,975	18.49	9.01
2002	64,303	33,828	2,371	5,039	27.12	6.71

표 3-1-6. GLM 모델 적용 자료 및 CPUE 추정치

Table 3-1-6. Fitting data to GLM model and estimate of CPUE

연도	지역	U	ln(U)	더미변수										ln( $\hat{U}$ )	$\hat{U}$
				94	95	96	97	98	99	00	01	02	지역2		
1993	1	26.95	3.29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.22	25.00
1994	1	24.77	3.21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.29	26.77
1995	1	17.53	2.86	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2.90	18.24
1996	1	45.10	3.81	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4.06	58.08
1997	1	23.03	3.14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3.11	22.39
1998	1	25.18	3.23	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3.24	22.53
1999	1	28.55	3.35	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3.09	21.90
2000	1	13.71	2.62	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2.87	17.60
2001	1	18.49	2.92	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2.95	19.17
2002	1	27.12	3.30	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3.00	20.04
1993	2	10.51	2.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.43	11.33
1994	2	13.11	2.57	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.50	12.13
1995	2	8.60	2.15	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2.11	8.26
1996	2	33.89	3.52	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	3.27	26.32
1997	2	9.86	2.29	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2.32	10.14
1998	2	11.73	2.46	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2.45	11.57
1999	2	7.61	2.03	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2.29	9.92
2000	2	10.24	2.33	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2.08	7.98
2001	2	9.01	2.20	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2.16	8.69
2002	2	6.71	1.90	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2.21	9.08

\* U : 단위노력당어획량 (CPUE).

\*  $\hat{U}$  : CPUE 추정치

표 3-1-7. 선망어업의 표준화 이전과 이후의 어획노력량 및 CPUE 비교

Table 3-1-7. Comparisons with fishing efforts and CPUE of before and after standardization in between in Korean large purse seine fishery, 1993~2002

연 도	표준화 이전		표준화 이후	
	어획노력량	단위노력당어획량	어획노력량	단위노력당어획량
1993	8,879	17.63	8,619	18.17
1994	11,084	17.84	10,167	19.45
1995	12,093	13.22	12,059	13.25
1996	10,078	31.47	7,515	42.20
1997	7,224	19.28	8,564	16.26
1998	7,421	20.06	8,026	18.55
1999	7,693	20.24	9,786	15.91
2000	7,655	14.24	8,524	12.79
2001	7,900	22.52	12,773	13.93
2002	7,379	17.15	8,687	14.56

표 3-1-8. 고등어의 어업별 평균어획량 및 어획비율

Table 3-1-8. Average catch and catch proportion of chub mackerel by each fisheries

어업	평균어획량 (톤)	어획비율 (%)
대형선망	175,842	87.8
정치망	5,978	3.0
대형기선저인망쌍끌이	5,570	2.8
소형선망	3,456	1.7
대형트롤	3,080	1.5
근해자망	2,299	1.1
근해안강망	1,516	0.8
연안자망	608	0.3
기타	1,942	1.0
총 어획량	200,289	100.0

(나) 입력자료

어획량은 농림수산통계연보 및 국립수산물과학원의 1993~2002년까지 해구별 어획량자료를 사용하였다. 경제성 분석에 필요한 고등어의 연도별 판매단가 (원/kg)는 1993~2002년간 수산업협동조합을 통하여 판매된 수산물 계통판매고 통계연보의 자료를 사용하였으며, 어업비용은 1993~2002년간 수산업협동조합의 어업경영조사보고의 자료를 사용하였다. 1인(양)망당 어업비용은 출어 일수와 1일 평균 인(양)망 횟수를 추정하여 해당 연평균 인(양)망 횟수를 계산한 후, 이 값으로 해당 총 어업비용을 나누어 구하였다. 생산액비율은 두 어업의 총생산액에서 고등어가 차지하는 생산액의 비율이다 (표 3-1-9).

(다) 어획노력량의 표준화

고등어를 어획하는데 투입하는 대형선망어업과 근해자망어업의 어획노력량은 그 단위가 같지 않다. 고등어에 대한 최대지속적생산량과 최대경제적생산량을 추정하여 적정어획량을 결정하고, 경제성 분석을 통하여 두 어업에 대한 적정어획량을 배분하기 위해서는 각 어업별 어획노력량을 하나의 노력량 단위로 표준화하여야 하며, GLM 모델을 이용하여 근해자망어업의 노력량 단위를 대형선망어업의 노력량 단위로 표준화하였다 (표 3-1-10). 표준화하여 추정된 어획노력량의 비는 대형선망어업이 0.93이었고 근해자망어업이 0.07이었다.

표 3-1-9. 고등어 대형선망어업과 근해자망어업의 경제성 분석자료, 1993~2002

Table 3-1-9. Data for the economic analysis of chub mackerel in Korean large purse seine fishery and the offshore gill net fishery, 1993~2002

어업	어업비용 (천원/척)	어획노력량 (인망수/척)	판매단가 (원/kg)	1인망당 비용 (원/인망수)	생산량 비율
대형 선망	4,781,197	1,172	844	4,109,361	0.70
근해안강망	113,377	66	1,341	840,773	0.05
평균	2,447,287	-	1,093	2,475,047	0.375

\* 수산업협동조합. 1993~2002. 어업경영조사보고, 수산물위탁판매고 통계연보

표 3-1-10. 고등어 대상어업의 GLM 적용자료와 단위노력당(CPUE) 어획량 추정치

Table 3-1-10. Fitting data to GLM model and estimates of CPUE of chub mackerel fisheries

연도	어구	U	ln(U)	더미변수										ln( $\hat{U}$ )	$\hat{U}$
				94	95	96	97	98	99	00	01	02	어구G		
1993	P	26.95	3.29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.31	27.45
1994	P	24.77	3.21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.80	16.36
1995	P	17.53	2.86	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3.53	33.98
1996	P	45.10	3.81	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3.49	32.77
1997	P	23.03	3.14	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2.32	10.21
1998	P	25.18	3.23	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3.87	47.95
1999	P	28.55	3.35	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3.30	27.01
2000	P	13.71	2.62	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2.47	11.78
2001	P	18.49	2.92	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3.31	27.25
2002	P	27.12	3.30	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3.34	28.30
1993	G	5.03	1.61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.60	4.94
1994	G	1.94	0.66	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.08	2.94
1995	G	11.84	2.47	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1.81	6.11
1996	G	4.28	1.45	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1.77	5.89
1997	G	0.81	-0.21	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.61	1.84
1998	G	16.42	2.80	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2.15	8.62
1999	G	4.59	1.52	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1.58	4.86
2000	G	1.82	0.60	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.75	2.12
2001	G	7.22	1.98	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1.59	4.90
2002	G	5.31	1.67	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1.63	5.09

\* U : 단위노력당어획량 (CPUE).

\*  $\hat{U}$  : CPUE 추정치

\* P : 대형선망어업, G : 근해자망어업)

(라) 최대지속적생산량 및 최대경제적생산량의 추정

1) 최대지속적생산량 (MSY)

고등어의 최대지속적생산량은 위의 식 (21)을 이용하여 추정하였다. 식 (21)을  $f$ 에 관해서 미분하여 최대치를 구하기 위하여 0으로 놓고, 그때의 노력량과 연간평균생산량을 구하면,  $f = \frac{r}{q}$ ,  $Y = \frac{U_{\infty}r}{eq}$  이 되며, 이때의  $Y$ 가 MSY이고,  $f$ 가  $f_{MSY}$ 이다. 이 식에 대한 자세한 설명은 다음절에 자세히 설명하였다.

2) 최대경제적생산량 (MEY)

최대지속적생산량에 연평균 판매단가를 곱하여 생산되는 이익을 추정하고, 각 어업의 이익으로부터 어업비용을 공제하여 총순이익을 추정하였다.

$$Q = P [U_{\infty} \exp(-\frac{q}{r} f) \cdot f] - C = P [U_{\infty} \exp(-\frac{q}{r} f) \cdot f] - \alpha R f \quad (24)$$

여기서  $Q$ 는 총이익,  $P$ 는 평균판매단가 (원/kg),  $C$ 는 어업비용,  $\alpha$ 는 가중 평균한 1 인망당 비용이고  $R$ 은 각 어업에 있어서 고등어의 생산액비율이다. 위 식을  $f$ 에 대해 미분하여 0으로 놓고 이때의 노력량을 추정하였다. 여기서 추정된 노력량  $f$ 가  $f_{MEY}$ 이고 MEY는 아래와 같이 계산할 수 있다.

$$\frac{dQ}{df} = 0 = P[-\frac{q}{r} U_{\infty} \exp(-\frac{q}{r} f) \cdot f + U_{\infty} \exp(-\frac{q}{r} f)] - \alpha R \quad (25)$$

$$\ln(f_{MEY}) - 2(\frac{q}{r})f_{MEY} = \ln(\frac{\alpha r R}{U_{\infty} q P}) \quad (26)$$

$$MEY = P[(U_{\infty} \exp(-\frac{q}{r} f_{MEY}) \cdot f_{MEY}) - \alpha R f_{MEY}] \quad (27)$$

(마) 경제성 분석에 의한 상호작용

1) 각 어업의 총이익

대형선망어업과 근해자망어업의 고등어 어획량으로부터 어업이익은 위 식에 의해 어업별로 추정된 최대지속적생산량에 평균단가를 곱하여 계산하였다. 대형선망어업 (P)의 고등어 어획량으로부터 총이익은  $Y_p$ 의 식을 이용하여,

$$TB_p = P_p \cdot Y_t \cdot \frac{f_p}{f_p + f_g} \quad (28)$$

여기서  $TB_p$ 는 P어업의 총이익,  $P_p$ 는 P어업의 고등어 평균판매단가이다. 근해자망어업(G)에 대한 총이익 ( $TB_g$ )은 위 식에서 판매단가 ( $P_g$ )와 근해자망어업의 노력량비를 대치시켜 구하였다.

## 2) 각 어업의 순이익

대형선망어업과 근해자망어업으로부터 어획되는 고등어의 순이익은 어업이익에 관한 식에서 어업별 고등어의 어업비용을 제함으로써 계산하였다. 어업비용은 표 3-1-9의 값을 사용하였으며 고등어의 어획에 드는 비용은 각 어업에서 소요되는 전체 어업비용에 각 어업에서 생산되는 고등어의 판매액비율을 곱함으로써 고등어에 대한 어업비용을 산출하였다.

두 어업의 순이익 곡선식  $NP_p, NP_g$ 는

$$NP_p = P_p Y_p - C_p, \quad NP_g = P_g Y_g - C_g \quad (29)$$

여기서  $C_p, C_g$ 는 두 어업의 조업척수에 따라 소요되는 어업비용이고 고등어에 대한 비용만을 나타낸다.

대형선망어업과 근해자망어업의 순이익곡선으로부터 두 어업의 적정어획노력량 수준을 추정하기 위하여 대형선망어업의 어획노력량을 증가시키면 근해자망어업의 노력량은 감소시키고 또는 반대로 대형선망어업의 어획노력량을 감소시키면 근해자망어업의 어획노력량을 증가시키는 과정을 통하여 고등어에 대한 두 어업의 순이익을 등순이익곡선으로 나타내었다.

## 3) 두 어업의 노력량비에 따른 순이익의 변동

식 (21)에 의해 계산된 고등어의 최대지속적생산량 ( $MSY = Y_t$ )은 식 (23)에 의해 두 어업의 어획량인  $Y_p, Y_g$ 로 나뉜다. 노력량비에 의해 나뉜 어획량은 식 (29)에 대입하여 두 어업의 순이익의 계산에 사용된다. 따라서 어획량을 배분하는 기준인 각 어업의 노력량비에 따른 두 어업의 순이익 변동을 살펴보았다.

### (2) 최대지속적 및 최대경제적 생산량

#### (가) 최대지속적생산량 (MSY) 및 MSY시 어획노력량 ( $f_{MSY}$ )

표 3-1-10의 한국 근해 고등어에 대한 1993~2002년의 표준화된 인망당 어획량 자료와 어획량자료를 사용하여 Fox 모델에 적용시킨 결과 ( $R^2 = 0.643$ ), 5% 유의수준에서 유의

한 회귀관계 ( $p < 0.005$ )를 나타냈으며, 추정된 MSY는 180,021톤, MSY시 어획노력량  $f_{MSY}$ 는 9,200 인망수였다 (그림 3-1-6).

#### (나) 최대경제적생산량 (MEY) 및 MEY시 어획노력량 ( $f_{MEY}$ )

우리나라 근해 고등어의 대형선망어업과 근해자망어업의 총 어업이익과 어업활동에 소요되는 비용관계식으로부터 추정된 최대순이익은 약 1,883억원 이었으며 (그림 3-1-7) 이 순이익을 가져올 수 있는 생산량 (MEY)은 179,896톤, 이때의 어획노력량  $f_{MEY}$ 는 8,819 인망수였다. 이들 두 어업에서 추정된 고등어의 최대지속적생산량 (MSY) 및 최대경제적 생산량 (MEY)과 이 때의 어획노력량을 비교 분석해보면 MEY는 MSY의 99.9%수준으로 큰 차이가 없었고,  $f_{MEY}$ 는  $f_{MSY}$ 의 95.7%수준으로 조금 낮았다.

### 나. 갈치대상어업 : 3개 어업

한국 연근해에서 어획되는 갈치자원도 고등어와 마찬가지로 여러 어업에서 어획된다. 고등어가 주로 대형선망어업에서 대부분이 어획되고 나머지 어업은 소량으로 어획되는 특징을 보였다. 갈치는 근해안강망어업 (49.9%), 대형기선저인망쌍끌이어업 (16.7%), 그리고 대형트롤어업 (11.6%)등 세 어업에서 주로 어획되며 대형선망어업 (5.8%), 근해연승 (3.9%), 연안채낚기 (3.3%), 근해채낚기어업 (3.2%), 연안연승어업 (1.5%)등에서도 어획된다 (그림 3-1-8, 표 3-1-11).

두 어업에 대한 어획노력량 표준화 및 경제성 분석으로 고등어 대상어업의 예를 들어 적용하였다. 갈치대상어업의 업종간 어획노력량 표준화 및 어획 할당량에 관한 분석은 위 세 가지 어업인 근해안강망어업, 대형기선저인망쌍끌이어업, 대형트롤어업을 대상으로 하였다.

#### (1) 분석모델 및 자료

##### (가) 다 어구 어업의 자원평가 모델

고등어 대상어업에서 분석하였던 모델과 같다. 단, 어업의 수가 고등어 대상어업은 2개 어업을 고려한 반면, 갈치대상어업은 3개 어업을 대상으로 분석하였다.

##### (나) 입력자료

어획량 및 어획노력량은 농림수산통계연보 및 국립수산물과학원의 1988~1997년까지 자료를 사용하였다. 경제성 분석에 필요한 자료는 표 3-1-12과 같다.

##### (다) 어획노력량의 표준화

GLM 모델을 이용하여 대형기선저인망쌍끌이어업과 대형트롤어업의 노력량 단위를 근해안강망어업의 노력량 단위로 표준화하였다 (표 3-1-13). 표준화하여 추정된 어획노력량의 비는 근해안강망어업이 0.69이었고, 대형기선저인망쌍끌이어업이 0.23, 대형트롤어업이 0.09였다.

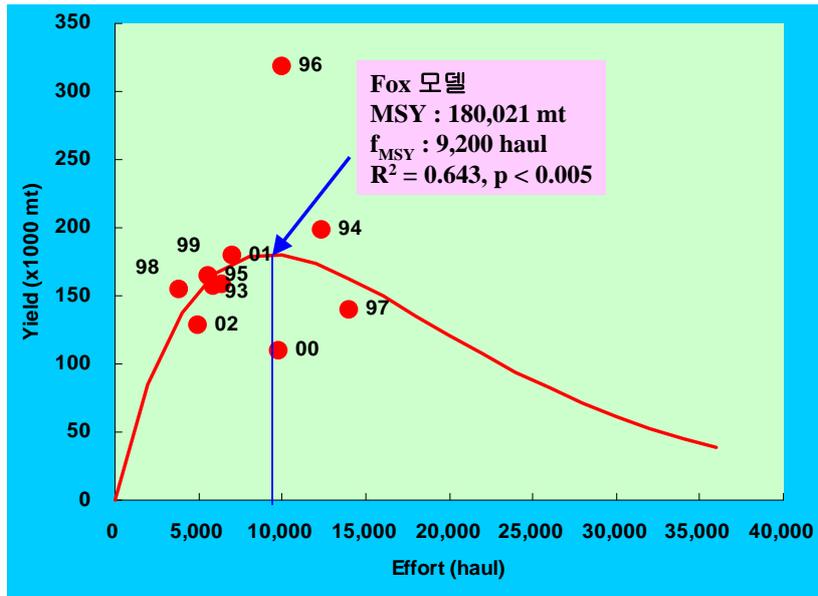
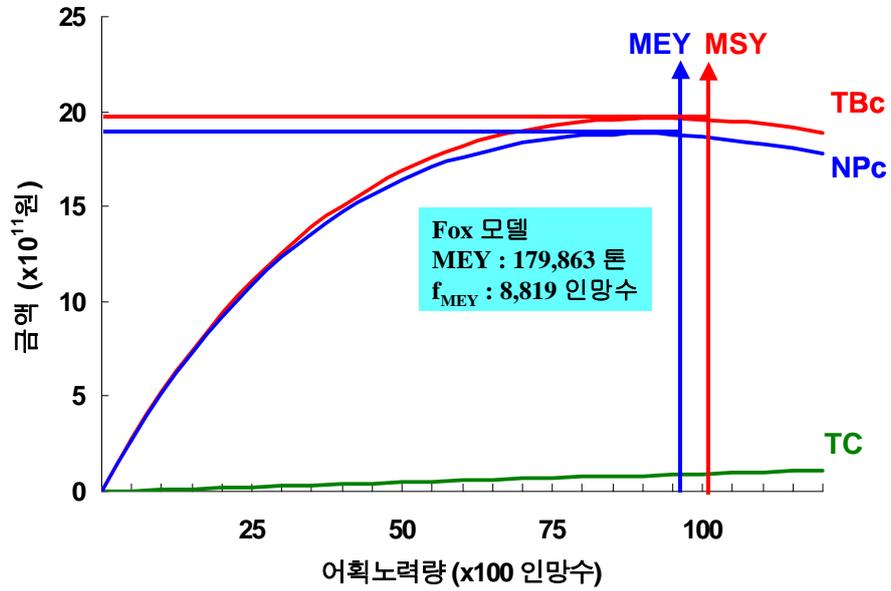


그림 3-1-6. Fox (1970)모델을 이용한 고등어 대형선망어업과 근해자망어업의 평형생산량 곡선.

Fig. 3-1-6. Equilibrium yield curve for chub mackerel in Korean large purse seine and offshore gill net fisheries using the Fox (1970) model.



TBc : 고등어 총이익, NPc : 순이익, TC : 총비용

그림 3-1-7. 고등어의 총이익 (TBc)과 순이익 (NPc) 및 총비용 (TC)의 관계.  
 Fig. 3-1-7. Relationship among total benefit (TBc), net profit (NPc) and total cost (TC) for chub mackerel in Korean waters.

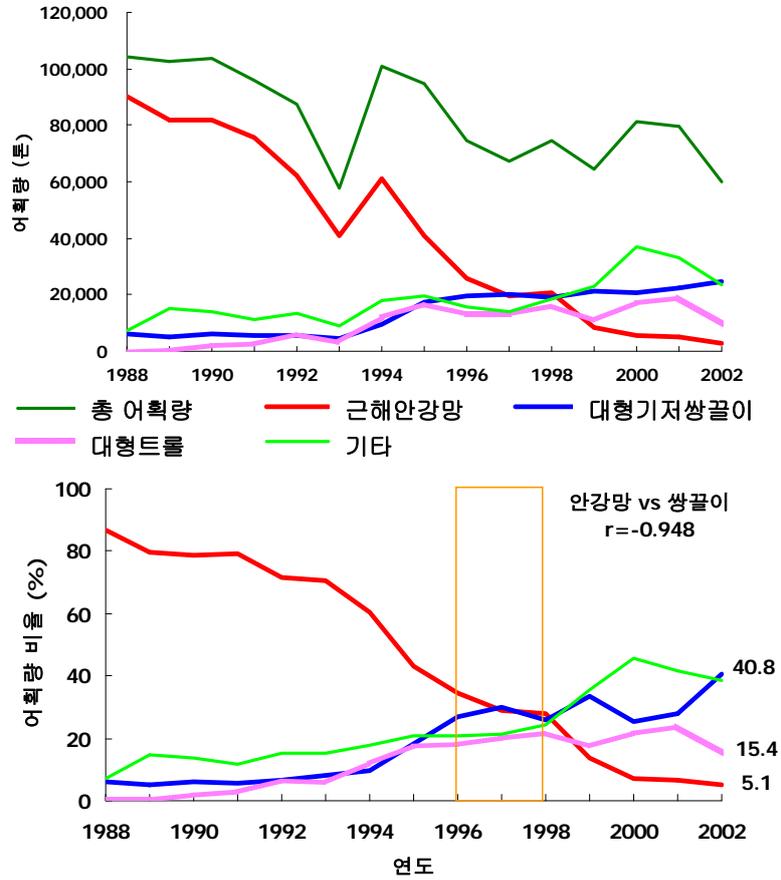


그림 3-1-8. 한국 근해 갈치의 어획량 및 어획비율 변화. 숫자는 2002년 어획비율  
 Fig. 3-1-8. Variations in catches and catch proportions of hairtail in Korean waters. Numbers denote catch proportion in 2002.

표 3-1-11. 갈치의 어업별 평균어획량 및 어획비율

Table 3-1-11. Average catch and catch proportions of hairtail by each fisheries

어업	평균어획량 (톤)	어획비율 (%)
근해안강망	41,580	49.9
대형기선저인망쌍끌이	13,890	16.7
대형트롤	9,687	11.6
대형선망	4,804	5.8
근해연승	3,252	3.9
연안채낚기	2,750	3.3
근해채낚기	2,636	3.2
연안연승	1,291	1.5
소형선망	685	0.8
정치망	599	0.7
근해자망	584	0.7
기선저인망외끌이	248	0.3
연안개량망	189	0.2
연안자망	122	0.1
기타	974	1.2
총 어획량	83,291	100.0

표 3-1-12. 갈치의 근해안강망어업과 대형기선저인망쌍끌이어업 및 대형트롤어업의  
경제성 분석자료, 1988~1997

Table 3-1-12. Data for the economic analysis of hairtail in the offshore  
stow net, the large pair trawl and the large trawl fisheries,  
1988~1997

어업	어업비용 (천원/척)	어획노력량 (인망수/척)	판매단가 (원/kg)	1인망당 비용 (원/인망수)	생산량 비율
대형 선망	4,781,197	1,172	844	4,109,361	0.70
근해안강망	113,377	66	1,341	840,773	0.05
평균	2,447,287	-	1,093	2,475,047	0.375

\* 수산업협동조합. 1988~1997. 어업경영조사보고, 수산물위탁판매고 통계연보

## (2) 최대지속적 및 최대경제적 생산량

### (가) 최대지속적생산량 (MSY) 및 MSY시 어획노력량 ( $f_{MSY}$ )의 추정

표 3-1-12의 한국 근해 갈치에 대한 1993~1997년의 표준화된 양망당 어획량 자료와 어획량자료를 사용하여 Fox 모델에 적용시킨 결과 ( $R^2 = 0.853$ ), 5% 유의수준에서 유의한 회귀관계 ( $p < 0.005$ )를 나타냈으며, 추정된 MSY는 146,615톤, MSY시 어획노력량  $f_{MSY}$ 는 1,471,181 양망수였다 (그림 3-1-9).

### (나) 최대경제적생산량 (MEY) 및 MEY시 어획노력량 ( $f_{MEY}$ )

우리나라 근해 갈치의 근해안강망어업, 대형쌍끌이기선저인망어업 및 대형트롤어업의 총 어업 이익과 어업활동에 소요되는 비용관계식으로부터 추정된 최대 순이익은 약 551억원이었으며 (그림 3-1-10), 이 순이익을 가져올 수 있는 생산량 (MEY)은 103,367톤, 이때의 어획노력량  $f_{MEY}$ 는 557,300 양망수였다. 이들 두 어업에서 추정된 갈치의 최대지속적 생산량 (MSY) 및 최대경제적 생산량 (MEY)과 이때의 어획노력량을 비교해보면 MEY는 MSY의 70.5%,  $f_{MEY}$ 는  $f_{MSY}$ 의 37.9%수준으로 매우 낮았다. 이는 갈치어업이 많은 어업비용을 투입하고 있음을 알 수 있다.

표 3-1-13. 갈치 대상어업의 GLM 적용자료와 단위노력당 어획량 추정치

Table 3-1-13. Fitting data to GLM model and estimate of CPUE of hairtail fisheries

연도	어구	U	ln(U)	더미변수										ln( $\hat{U}$ )	$\hat{U}$	
				94	95	96	97	98	99	00	01	02	어구OS			어구LP
1988	OS	14.8	2.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.4	11.3
1989	OS	87.7	4.5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.5	34.5
1990	OS	98.8	4.6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.6	35.7
1991	OS	93.3	4.5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4.1	62.5
1992	OS	95.7	4.6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4.3	76.6
1993	OS	65.2	4.2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4.0	55.0
1994	OS	102.7	4.6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4.8	124.1
1995	OS	66.3	4.2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4.9	127.9
1996	OS	39.5	3.7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4.4	81.0
1997	OS	34.1	34.1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4.6	104.1
1988	LP	23.4	3.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.9	6.4
1989	LP	22.4	3.1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3.0	19.4
1990	LP	24.3	3.2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3.0	20.1
1991	LP	24.1	3.2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3.6	35.1
1992	LP	23.7	3.2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	3.8	43.0
1993	LP	19.1	3.0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	3.4	30.9
1994	LP	50.6	3.9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	4.2	69.8
1995	LP	75.9	4.3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	4.3	71.9
1996	LP	38.8	3.7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3.8	45.6
1997	LP	105.7	4.7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	4.1	58.5
1988	LT	2.4	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2.5	11.7
1989	LT	12.1	2.5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3.6	35.7
1990	LT	30.3	3.4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3.6	36.9
1991	LT	62.9	4.1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	4.2	64.6
1992	LT	115.8	4.8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	4.4	79.1
1993	LT	77.7	4.4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	4.0	56.9
1994	LT	214.8	5.4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	4.9	128.3
1995	LT	243.2	5.5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	4.9	132.2
1996	LT	200.8	5.3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	4.4	83.8
1997	LT	180.8	5.2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	4.7	107.6

\*  $\hat{U}$  : CPUE 추정치 \* U : 단위노력당어획량 (CPUE)

\* OS : 근해안강망어업, LP : 대형기선저인망쌍끌이어업, LT : 대형트롤어업

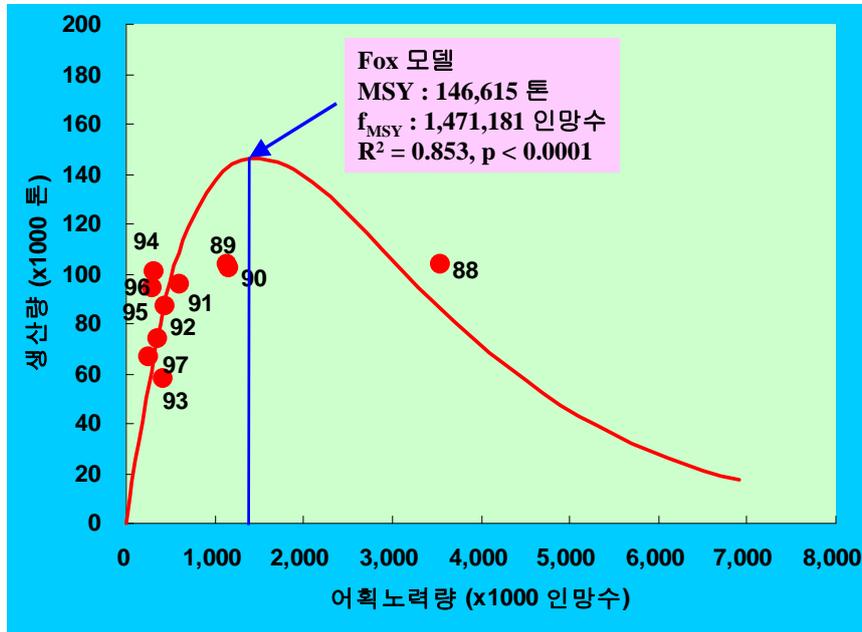
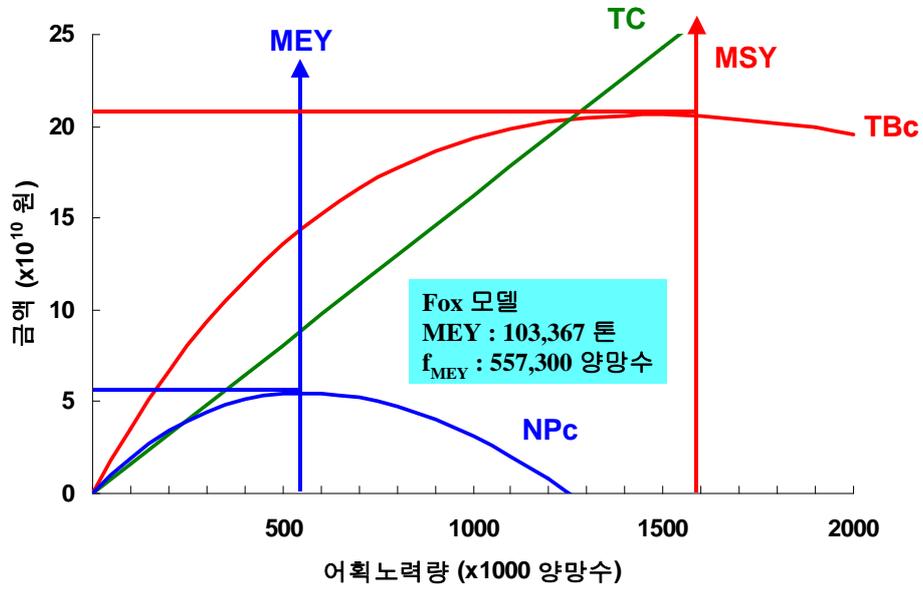


그림 3-1-9. Fox (1970)모델을 이용한 갈치의 근해안강망어업과 대형기선저인망 쌍끌이어업 및 대형트롤어업의 평형생산량 곡선.

Fig. 3-1-9. Equilibrium yield curve for chub mackerel in the Korean large purse seine and offshore gill net fisheries using the Fox (1970) model.



TBc : 갈치 총이익, NPc : 순이익, TC : 총비용

그림 3-1-10. 갈치의 총이익 (TB<sub>H</sub>)과 순이익 (NP<sub>H</sub>)및 총비용 (TC)의 관계.

Fig. 3-1-10. Relationship among total benefit (TB<sub>H</sub>), net profit (NP<sub>H</sub>) and total cost (TC) for chub mackerel in Korean waters.

## 제 2 절 어업별 어획노력량의 TAC제 적용 방안

### 1. 수산자원관리와 어획노력량 표준화와의 관계

#### 가. 어획노력량을 이용한 수산자원 평가 및 관리

어획노력량은 비교적 다른 자료보다 쉽게 얻을 수 있는 장점이 있어 수산자원학에서 매우 유용하게 이용되는 자료이다. 어획노력량 자료를 이용하여 추정할 수 있는 매개변수로는 순간어획사망계수 및 순간자연사망계수, 어획능력 계수 등이 있으며, 코호트 분석법 또는 단위노력당 어획량 모델을 이용한 자원량 추정에도 사용된다. 또한 자원평가지에 많이 사용되는 잉여생산량 모델과 자연차분 개체군 평가모델 등에도 어획노력량을 이용하며, 단위노력당 어획량을 이용하여 ABC의 추정도 가능하다. 하지만 우리나라와 같이 어업상황이 매우 다양하고 복잡한 환경에서는 이러한 어획노력량의 잘못된 적용이 자원평가 및 관리에 오차를 초래할 수 있다. 정확하게 추정된 어획노력량 자료와 어업간, 어종간 어획노력량의 표준화가 이루어진다면, 자원평가지 더 효율적이고 신뢰성 있는 추정치를 도출해 낼 수 있다. 고등어 선망어업의 어획노력량을 표준화하여 두가지 잉여생산량 모델 (Schaefer 와 Fox 모델)에 적용하여 최대지속적 생산량 ( $MSY$ )과  $MSY$ 시의 어획노력량  $f_{MSY}$ 을 비교하였다. 표준화한 값을 사용한 경우 그렇지 않은 값보다 모델 적용시 더 나은 추정치를 얻었다.  $MSY$ 는 두 자료에서 큰 차이를 나타내지 않았지만  $f_{MSY}$ 는 표준화 값과 그렇지 않은 값간에 20%의 오차가 나타났다(그림 3-2-1, 3-2-2와 표 3-2-1). 이는 어획성능이 과거보다 더 발달하였기 때문에 그 값에 대한 차이를 나타내는 것과 같은 의미로, 표준화 이전의 자료는 어획성능의 증가요인을 반영하지 않았으므로 노력량의 추정치가 더 높게 나타난 것으로 생각된다. 따라서, 표준화 이전의 자료에 의한 분석 결과를 토대로 했을 때 어획노력량을 어군에 가해지는 어획강도로 해석한다면, 고등어 선망어업에 대해 과잉 노력량 (척수 또는 조업횟수) 투입이 가능하다는 오류를 범할 수 있을 것이다.

#### 나. 어획노력량을 이용한 자원생태학적 특성치 추정

1장에서 사망률 및 순간전사망계수 ( $Z$ )에 대해 설명하였다. 순간전사망계수 ( $Z$ )의 추정치는 개체군의 동태에 대하여 어느 정도까지는 설명이 가능하지만, 어느정도가 어획에 의한 것이고, 어느 정도가 자연적인 요소에 의한 것인지 알 수 없으므로 어획의 효과에 대하여 별로 설명을 해주지 못한다. 그러므로 두 계수를 분리시키는 일은 어획효과의 측정에 상당히 중요하다. 다음에 설명될 모델들은 어획노력량을 이용한 어획사망계수 및 자연사망계수를 추정하는 방법들이다.

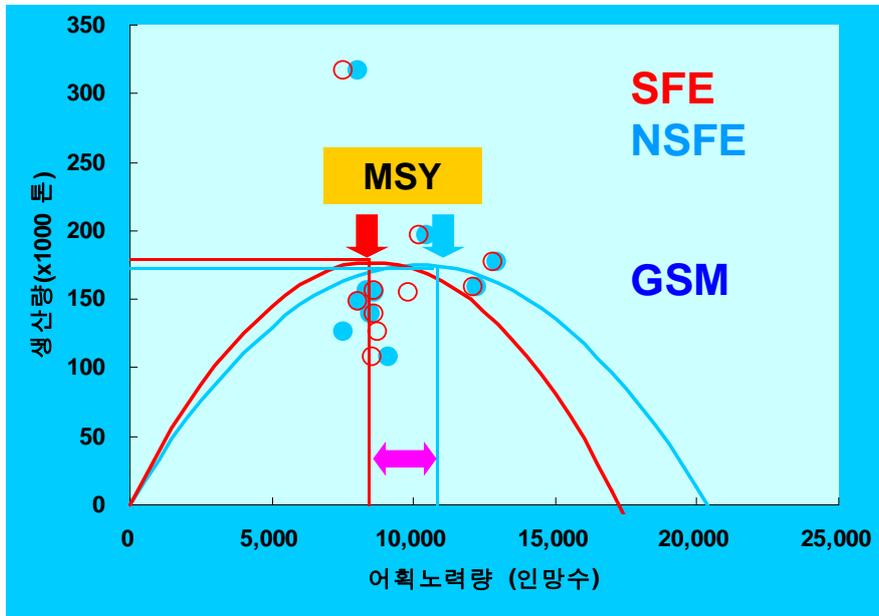


그림 3-2-1. 표준화된 어획노력량과 표준화되지 않은 어획노력량 자료를 이용한 Graham-Schaefer 모델의 적용.

Fig. 3-2-1. Fitting data to Graham-Schaefer model using standardized fishing effort (SFE) and non-standardized fishing effort (NSFE).

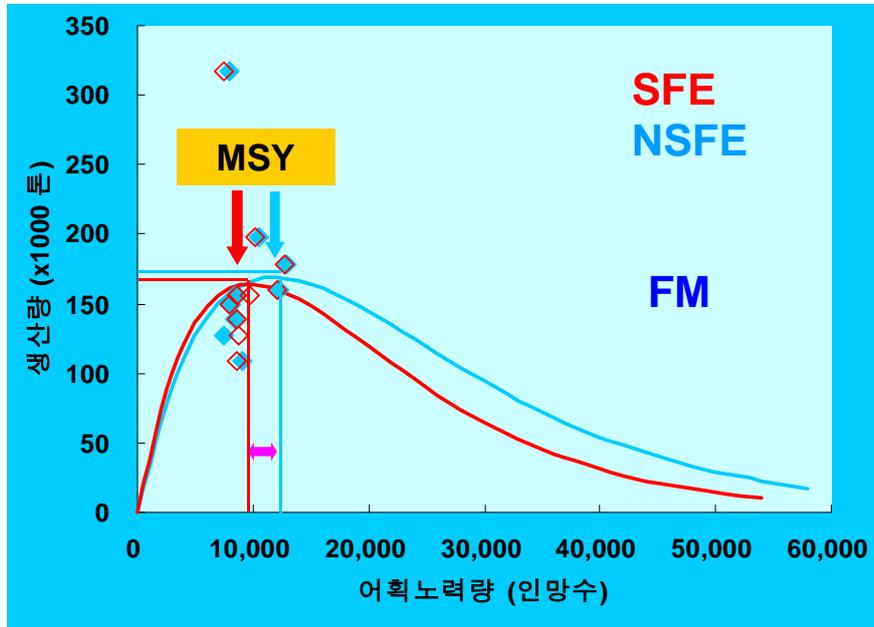


그림 3-2-2. 표준화된 어획노력량과 표준화되지 않은 어획노력량 자료를 이용한 Fox 모델의 적용.

Fig. 3-2-2. Fitting data to Fox model using standardized fishing effort (SFE) and non-standardized fishing effort (NSFE).

표 3-2-1. 표준화된 노력량과 표준화하지 않은 노력량 자료의 추정치 비교

Table 3-2-1. Comparison of estimate between standardized fishing effort and non-standardized fishing effort

구 분	추정치	Schaefer 모델	Fox 모델
표준화된 어획노력량 (SFE)	MSY	176,970 톤	164,396 톤
	$f_{MSY}$	8,636 인망수	9,842 인망수
	$R^2$	0.227	0.263
	$p$	< 0.05	< 0.05
표준화되지 않은 어획노력량 (NSFE)	MSY	175,326 톤	169,230 톤
	$f_{MSY}$	10,185 인망수	11,957 인망수
	$R^2$	0.167	0.228
	$p$	< 0.05	< 0.05
차 이 (% : NSFE/SFE)	MSY	99.1	102.9
	$f_{MSY}$	117.9	121.5

(1) Beverton and Holt 방법

하나의 연급군에서의 자원 개체수  $N_t$ 는 1년 뒤에는  $N_t \cdot S$  ( $S$ =생잔율)로 감소한다. 이때, 평균 개체수  $\bar{N}$ 는

$$\bar{N} = \int_0^1 N_t dt = \int_0^1 N_0 e^{-Zt} dt = \frac{N_0(1-e^{-Z})}{Z} \quad (30)$$

가 된다. 또 1년간의 총 사망 개체수는  $N_0 A = N_0(1-S) = N_0(1-e^{-Z})$ 이므로, 자연사망만에 의한 사망 개체수는  $\frac{M}{F+M} \cdot N_0(1-e^{-Z}) = M \frac{N_0(1-e^{-Z})}{Z} = M\bar{N}$ 이고 어획사망 개체수는  $C = F\bar{N}$ 로 나타낸다.

여기서,  $C = F\bar{N} = \frac{FN_0}{Z}(1-e^{-Z})$ 를 특히 Baranov의 어획방정식이라 한다. Baranov의 어획방정식에  $F = qf$  (여기서,  $q$ 는 어획능률이며,  $f$ 는 노력량)를 대입하여 다시 쓰면,

$$C_{it} = qf_{it} \frac{N_{it}(1-e^{-Z_{it}})}{Z_{it}} \quad (\text{여기서, } i \text{는 연령, } t \text{는 연도}) \quad (31)$$

위 식을 다시 연령과 연도  $i, t$ 와  $i+1, t+1$ 에 대해 정리하면,  $N_{it} = \frac{C_{it}}{qf_{it}} \cdot \frac{Z_{it}}{1-e^{-Z_{it}}}$ 와

$N_{i+1,t+1} = \frac{C_{i+1,t+1}}{qf_{i+1,t+1}} \cdot \frac{Z_{i+1,t+1}}{1-e^{-Z_{i+1,t+1}}} \cdot e^{Z_{it}}$ 가 된다. 첫 번째 식을 두 번째 식으로 나누면,

$$1 = \frac{C_{it}/qf_{it}}{C_{i+1,t+1}/qf_{i+1,t+1}} \cdot \frac{Z_{it}/(1-e^{-Z_{it}})}{Z_{i+1,t+1}/(1-e^{-Z_{i+1,t+1}})} e^{-Z_{it}} \quad (32)$$

위 식의 양변에 대수를 취하고,  $Z_{it} = qf_{it} + M$ 으로 대치하면,

$$qf_{it} + M = \ln \left( \frac{C_{it}/f_{it}}{C_{i+1,t+1}/f_{i+1,t+1}} \right) + \ln \left( \frac{(qf_{i+1,t+1} + M)(1-e^{-(qf_{i+1,t+1} + M)})}{(qf_{i+1,t+1} + M)(1-e^{-(qf_{it} + M)})} \right) \quad (33)$$

식 (33)은  $qf_{it} + M = Z'(C_{it}, C_{i+1,t+1}, f_{it}, f_{i+1,t+1}, q, M)$ 로서,  $q$ 와  $M$ 을 어획량

( $C_t$ )과 노력량 ( $f_t$ ) 자료로부터 구하기 위하여 반복적 방법 (iterative procedure)을 사용할 수 있다.  $q$ 와  $M$ 의 반복적 시행을 위한 최초값은 연구자의 추측에 의하거나, 혹은

$$\ln\left(\frac{C_t/f_t}{C_{t+1}/f_{t+1}}\right) = M + q\bar{f}_t \text{에서 얻은 } q \text{와 } M \text{을 사용한다.}$$

## (2) Paloheimo 방법

Paloheimo (1961)는 앞의 Beverton and Holt 방법에 의해 추정하는 비선형식을 선형화하여 용이하게 추정 가능한 방법을 제시하였다. 위 식 (33)의 우변 두 번째항을  $e^{-Z}$ 에 대해 Taylor 급수 전개를 사용하면,

$$\ln\left(\frac{1-e^{-Z}}{Z}\right) = \ln\left(\frac{Z\left(1-\frac{Z}{2!}+\frac{Z^2}{3!}\cdots\right)}{Z}\right) = -\frac{Z}{2} \quad (34)$$

로 나타낼 수 있지만, 추정과정에서 오차가 발생한다. 따라서,  $\ln\left(\frac{1-e^{-Z}}{Z}\right) = -aZ$ 로 가정하고  $Z$ 를 수산자원에서 일반적으로 사용하는 범위인  $0.01 < Z < 1.00$ 을 사용하여 다시 유도하면,  $a$ 는 0.47로 유도되고 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\ln\left(\frac{C_{i,t}/f_{i,t}}{C_{i+1,t+1}/f_{i+1,t+1}}\right) = M + q(0.53f_{i,t} + 0.47f_{i+1,t+1}) \quad (35)$$

이고, 이는  $Y = a + bX$  ( $a = M$ ,  $b = q$ ) 형태의 직선식이 되므로 직선회귀시켜  $M$ 과  $q$ 를 추정한다.  $F$  값은  $F_t = qf_t$ 로 부터 구할 수 있다.

## (3) 성장계수, 체장 및 노력량 이용방법

Beverton and Holt의 순간전사망계수 ( $Z$ )를 구하는 방법 중 성장계수 ( $K, L_\infty$ ), 가입체장 ( $l_c$ ), 평균체장 ( $\bar{l}$ )을 사용하는 방법으로부터 구한 매년의  $Z$ 값 추정치와 매년의 노력량 자료를 사용하여 순간자연사망계수 ( $M$ )와 어획능력 계수 ( $q$ )를 추정하는 방법이다. 즉,

$$\frac{K(L_\infty - \bar{l}_t)}{\bar{l}_t - l_c} = M + qf_t \quad (36)$$

이므로 자료를 직선회귀시켜  $M$ 과  $q$ 를 추정한다.

## (4) Zhang 방법

어획방정식은 한 해 동안의 어류성장을 지수함수적인 체중성장으로 가정하는 경우 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\frac{dC}{dt} = FB, \text{ 여기서, } B_t = N_t W_t = N_0 e^{-Zt} W_0 e^{Gt} = B_0 e^{(G-Z)t} \quad (37)$$

따라서, 한 해 동안의 한 연급군에 대한  $i$ 세,  $t$ 년의 어획량과 자원량은

$$C_{it} = \frac{qf_{it}B_{it}}{Z_{it}-G_{it}}(1-e^{G_{it}-Z_{it}}), \quad B_{it} = \frac{C_{it}}{qf_{it}} \cdot \frac{Z_{it}-G_{it}}{1-e^{G_{it}-Z_{it}}}$$

여기서,  $i$ 세,  $t$ 년의 자원량  $B_{it}$ 에  $i+1$ 세,  $t+1$ 년의 값을 대입한 후 두 식을 나누어 정리한다. 이 값에  $Z_{it} = qf_{it} + M$ 을 대치하여  $q$ 와  $M$ 을 추정할 수 있는데, 여기서도 어획량 ( $C_{it}$ )과 노력량 ( $f_{it}$ ), 성장률 ( $G_{it}$ ) 자료를 이용하여 앞에서의 Beverton and Holt 방법에서와 같이 반복적 방식으로 푼다.

위 식을 다시 선형화 하여 나타낼 수 있는데, 단위노력당 어획중량  $\frac{C}{f}$ 를 이용하여 정리하여 요약하면,

$$\ln\left(\frac{CPUE_{it}}{CPUE_{i+1,t+1}}\right) + \bar{G}_{it} = M + qf_{it} \quad (38)$$

여기서,

$$\bar{G}_{it} = \frac{G_{it} + G_{i+1,t+1}}{2}, \quad \bar{f}_{it} = \frac{f_{it} + f_{i+1,t+1}}{2} \quad (39)$$

이 식은 Paloheimo 방법에서와 같은 선형식이므로  $q$ 와  $M$ 을 직선회귀법에 의하여 추정할 수 있다.

이 방법의 장점은 첫째로 개체군 매개변수 중 가장 잘 알 수 있고, 얻기에 용이한 성장률을 모델에 포함시킴으로써 개체군 변동뿐 아니라 개체중량의 변화를 고려한 자연사망계수 및 어획능력계수, 어획사망계수의 추정이 가능하다. 둘째, 일반적으로 얻어지는 기초자료 (raw data)는 어획개체수가 아니라, 어획중량이므로 이 중량을 평균개체 체중으로 나누어서 어획 개체수를 구하여 자료로 사용해야 하는 Paloheimo나 Beverton and Holt

방법에서의 한 과정을 줄일 수 있다. 이 방법에서는 Paloheimo 방법에서 사용하는 개략치보다 이 방법에서의 개략치가 실측치에 더 가깝다.

즉,  $\ln\left(\frac{1-e^{-Z}}{Z}\right) \approx -\frac{Z}{2}$  에서 Paloheimo 방법에서는  $Z_p = qf + M$ 이고, 이 방법에서는  $Z_z = qf + M - G$ 이므로, 대부분  $Z_p > Z_z$ 이다. 따라서,  $Z$ 값이 작을수록  $\ln\left(\frac{1-e^{-Z}}{Z}\right)$ 의 근사치가 실측치에 더 가깝기 때문이다.

이 방법에서도  $\ln\left(\frac{1-e^{-Z}}{2}\right) = -aZ$ 로 쓰면,

$$\ln\left(\frac{CPUE_{it}}{CPUE_{i+1,t+1}}\right) = M - G_{it}(1-a) - aG_{i+1,t+1} + q\{(1-a)f_{it} + af_{i+1,t+1}\}$$

이 된다.

앞에서 설명한 모델들을 이용하여 어획사망계수 및 자연사망계수를 추정하기 위해 우리나라 고등어, 참조기, 갈치를 대상으로 모델에 적용하였다. 이 모델들에서 사용되는 어획노력량 및 단위노력당 어획량 자료는 연도별 연령별 어획노력량이므로 연도별 노력량에 의해 어획된 어획물의 연령조성을 전체 노력량에 곱하여 연도별 연령별 어획노력량으로 환산하여 적용하였다. 그러나 위의 모델들은 측정된 어획노력량이 어류의 사망을 잘 반영하는 요소로 측정되었을 경우에 적용이 가능하다. 우리나라와 같이 단순한 인망횟수를 어획노력량 단위로 사용하는 경우엔 원하는 결과치를 얻지 못할 수도 있다. 본 연구에서도 적용하였던 어종에 대한 결과치가 기대에 미치지 못하므로 결과엔 포함하지 않았다.

## 다. 어획노력량을 이용한 자원량 추정

### (1) 단위노력당 어획량 모델

자원량 추정에 있어 어획노력량을 이용하는 방법으로는 단위노력당 어획량모델이 있다. 이 방법은 한 자원의 상당한 부분이 어획이 되므로 인해 그의 단위노력당어획량 (CPUE)의 감소 경향이 현저하게 나타나는 자원에 적용되는 방법인데, 이 경우 CPUE는 자원량에 비례하는 것으로 간주한다.

#### (가) Leslie 모델

이 방법은 어획되고 있는 자원의 초기 자원량과 어획능률을 구하는데 그 목적이 있다. 필요한 자료로는 일련의 시간 간격들에 대한 어획량과 단위노력당어획량 (CPUE)이다. 이 모델은 어떤 시간 간격  $t$ 동안의 단위노력당어획량은 그 시간 간격 동안 존재한 평균 자원량을 어획능률로 곱한 것과 같다고 정의하면,

$$\frac{C_t}{f_t} = qN_t \quad (40)$$

여기서,  $C_t$ 는  $t$ 시간 간격 동안의 어획량,  $f_t$ 는  $t$ 시간 간격 동안의 어획노력량,  $q$ 는  $t$ 시간 간격 동안의 어획능률,  $N_t$ 는  $t$ 시간 간격 동안의 평균 자원량이다.  $K_t$ 만큼이 어획되었을 때의 자원량  $N_t$ 는 초기 자원량 ( $N_0$ )에서  $K_t$ 를 뺀 수와 같게 된다.

$$N_t = N_0 - K_t \quad (41)$$

여기서,  $K_t$ 는  $t$ 시간 간격 시작시까지의 누적어획량이므로,  $K_t = \sum_{i=1}^{t-1} C_i$ 가 된다. 식 (40)과 식 (41)에서

$$\frac{C_t}{f_t} = qN_0 - qK_t \quad (42)$$

이라는 직선식을 얻을 수 있다. 이 직선식의 기울기가 어획능률을 나타내고,  $Y$ 축 절편은 이 어획능률과 초기 자원량의 곱이므로, 여기서 초기 자원량도 간단히 계산할 수 있다.

#### (나) DeLury 모델

이 방법의 목적과 필요한 자료는 Lesile 모델에서와 동일하다. 이 방법에서도 Lesile 모델에서와 같이 CPUE는 그 시간 간격 동안 존재한 평균 자원량을 어획능률로 곱한 것과 같다고 정의하여 식 (40)과 같이 나타낸다. 여기서, 다만 어획능률  $q$ 값이 작은 경우를 다음과 같이 표현하였다.

$$N_t = N_0 \exp(-qE_t) \quad (43)$$

여기서,  $E_t$ 는  $t$ 시간 시작까지의 누적 노력량으로, Lesile의 방법에서  $E_t = \sum_{i=1}^{t-1} f_i$ 로 나타낼 수 있다. 식 (40)과 식 (43)으로부터

$$\frac{C_t}{f_t} = qN_0 \exp(-q \sum_{i=1}^{t-1} f_i) \quad \text{또는} \quad \ln\left(\frac{C_t}{f_t}\right) = \ln(qN_0) - qE_t \quad (44)$$

과 같다. 이 모델은 어획노력량 자료를 사용하므로 인해 어획량을 사용하는 Lesile 모델

보다는 정확도가 낮다.

## (2) 단위노력당어획량 모델의 장점

이 모델의 장점은 가입량이나 자연사망계수 등을 모르더라도 어획능률과 초기 자원량을 구할 수 있으며, 단지 시간 간격별 어획량과 노력량에 관한 자료만으로도 자원량 추정이 가능하다. 또한 연령을 알 수 없는 자원에 유용하고, 자료가 많이 요구되지 않으므로 자원평가의 비용이 적게 든다.

## (3) 적용예

단위노력당 어획량 모델은 비교적 짧은 기간의 어떤 시간 간격동안 CPUE가 감소하는 경향을 나타내는 종에 유용한 모델로서, 서해안 키조개의 월별 CPUE 자료 (미수/척)를 사용하였다. (그림 3-2-3). 2000년 9월에서 2001년 4월까지 8개월간 수집된 CPUE 자료는 Lesile 모델과 DeLury 모델에 적용하여 분석하였고, 그 자료와 계산과정은 표 3-2-2에 나타났다. Lesile 모델에서 추정된 어획능률 초기자원량  $N_0$ 는 9,710,386미, 어획능률  $q$ 는 0.00039이었다. DeLury 모델에서는 초기자원량  $N_0$ 는 8,939,896미, 어획능률  $q$ 는 0.00044로 Lesile 모델의 추정치와 약간의 차이는 있으나, 비슷한 경향을 보였다.

## 라. 어획노력량을 이용한 자원평가

### (1) 잉여생산량 모델

잉여생산량 모델은 자원량의 재생산을 추적하여 자원을 평가하는 모델이다. 생물체의 생체량의 크기는 환경 요인과 생물 그 자체간의 상호작용에 의해 조절된다. 자연상태 하에서 하나의 자원개체군은 생체량이 증가하거나 감소하지 않는 상태에 놓일 수 있는데, 이는 개체의 성장률과 가입률이 자연사망률과 같게 되는 상태로 이를 평형상태 (equilibrium state)라 한다. 한 개체군에 속하는 개체간의 상호작용은 흔히 밀도 종속적 (density-dependent) 과정이라고 부른다. 이 과정에서는 생체량이 증가함에 따라 성장률이나 생산율, 혹은 가입률이 감소하게 되며, 따라서 하나의 평형점에 도달하게 된다. 어획이 가해지면 생체량이 감소하고, 이로 인해 자원의 성장률이나 생산율, 혹은 가입률은 증가하며, 마침내는 잉여량을 생산하게 된다. 즉, 어업은 자원의 일정량을 수확함으로써, 그 자원 자체가 유지되면서 생기는 생산물을 얻는 것이다. 잉여생산량 모델은 자원군 크기의 변화만 다루고 자원군의 연령 분포와 같은 세부적인 속성은 고려하지 않는다. 이 모델의 목표는 자원군의 크기와 그 자원군이 생산하는 잉여생산량과의 관계를 규명하는 것이다 (그림 3-2-4).

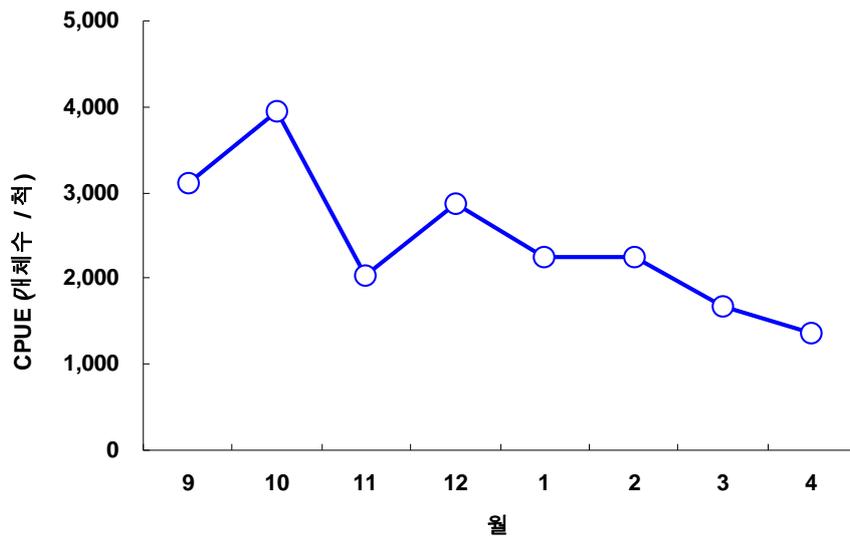


그림 3-2-3. 서해안 키조개의 월별 단위노력당 어획량 (CPUE)의 변동.  
 Fig. 3-2-3. Variations in CPUE by month of Penshell in the coastal of Yellow Sea.

표 3-2-2. Lesile 모델 및 DeLury 모델에 적용한 서해안 키조개의 자료와 계산과정

Table 3-2-2. Fitting data and calculation process to Lesile and DeLury models of Penschell in the coastal of Yellow Sea

(a) Leslie 모델

t	$C_t$	$C_t/2$	$K_t$	$f_t$	$C_t$
1	1,317,696	658,848	658,848	424	3,108
2	1,160,167	580,084	1,897,780	294	3,946
3	619,094	309,547	2,787,410	303	2,043
4	937,117	468,559	3,565,516	327	2,866
5	502,275	251,138	4,285,212	224	2,242
6	534,010	267,005	4,803,354	238	2,244
7	110,536	55,268	5,125,627	66	1,675
8	55,589	27,795	5,208,690	41	1,356

(b) DeLury 모델

t	$C_t$	$f_t$	$E_t$	$C_t/f_t$	$\ln(C_t/f_t)$
1	1,317,696	424	212	3,108	8.042
2	1,160,167	294	571	3,946	8.280
3	619,094	303	870	2,043	7.622
4	937,117	327	1,185	2,866	7.961
5	502,275	224	1,460	2,242	7.715
6	534,010	238	1,691	2,244	7.716
7	110,536	66	1,843	1,675	7.423
8	55,589	41	1,897	1,356	7.212

그림 3-2-4는 잉여생산량모델의 간단한 개념을 나타내는 것이다. 자연상태에서 개체군은 로지스틱 성장곡선의 변화를 따른다고 하자. 개체군의 수는 일정한 시간이 지나면 환경수용력에 의해 더 이상 증가하지 않게 된다. 이때 어획으로 인해 적정량을 뛰어넘게 되면 자원은 다시 자연증가에 의해 환경수용력에 다다를 것이다. 이 때 적정어획은 로지스틱 개체군 성장곡선에서 개체수의 증가속도가 가장 빠른 지점, 즉, 자원의 증가율이 가장 높은 수준으로 이루어져야 하며 그 수준이 우리가 말하는 최대지속적생산량인 MSY 이다. MSY 수준보다 더 높은 수준으로 어획이 가해지면 자연 증가속도가 길어지며, 이런 상태에서 어획이 계속 행해지게 되면 남획상태가 지속될 것이고 결국 자원은 고갈되고 말 것이다. 그러므로 이런 추정치를 기초로 자원의 남획 여부나 자원상태를 판단하게 된다.

잉여생산량 모델은 Verhulst (1838)에 의해 처음으로 제시된 이후 Pearl and Reed (1920)에 의해 재발견된 로지스틱 (logistic) 개체군 성장 모델에 근거를 두고 있다.

Graham (1935)은 개체수로 표현되는 원래의 로지스틱 성장 모델을 개체수 대신에 생체량으로 표현해서 어업자원에 처음으로 응용하였다. Schaefer (1954, 1957)는 Graham의 모델을 좀 더 체계화하여 어획량과 노력량 자료만을 가지고 쉽게 이용될 수 있는 모델로 발전시켰으며, 이후 여러 가지 변형된 모델들이 계속 개발되었다 (Pella and Tomlinson, 1969 ; Fox, 1970 ; Schnute, 1977).

잉여생산량 모델에서 지금까지는 어획량과 어획노력량 자료만을 사용해서 추정치를 구하는 모델이 개발되어 왔으나, Csirke and Caddy (1983)는 어획노력량은 어획사망계수에 직접 비례한다는 가정이 틀린다고 가정하고, 어획노력량을 사용하는 대신 순간전사망계수나 순간어획사망계수를 사용하는 모델을 개발하였다.

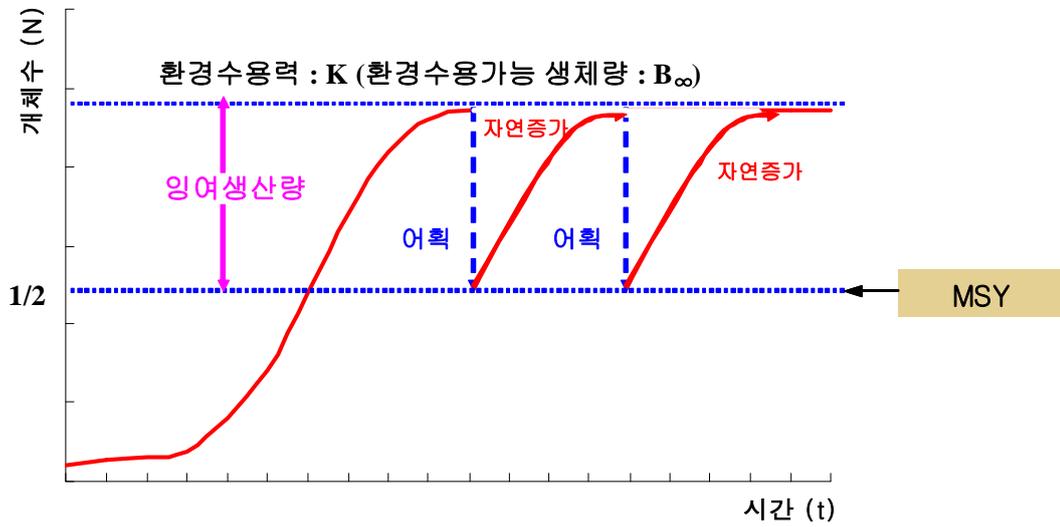
### (가) Graham-Schaefer 모델

이 모델의 목적은 개체군의 크기와 그 자원군이 생산하는 잉여생산량간의 관계를 규명하는 것이다. 따라서, 모델의 추정치는 최대지속적생산량 ( $MSY$ )과  $MSY$ 시의 어획사망계수 ( $F_{MSY}$ )나 어획노력량 ( $f_{MSY}$ )이다.

주로 Schaefer 모델이라고 하는데, 이 모델에서는 어획량 ( $Y$ )을 어획노력량 ( $f$ )으로 나눈 단위노력당어획량 ( $U = \frac{Y}{f}$ )이 어획노력량과는 반비례의 관계에 있다는 가정에서 출발한다. 그러므로,

$$U = U_{\infty} - (U_{\infty} \cdot \frac{q}{f}) \cdot f \quad (45)$$

여기서  $U_{\infty}$ 는 이론적 최대단위노력당어획량,  $q$ 는 어획능률계수,  $r$ 은 개체군 성장률이다.



### 로지스틱 개체군 성장 곡선

그림 3-2-4. 잉여생산량 모델의 개념.

Fig. 3-2-4. Concept of surplus production model.

매년의 어획노력량과 단위노력당어획량 자료를 이용하여 모델의 파라미터를 추정 한 후, 최대지속적생산량 ( $MSY$ )과 이 때의 어획노력량 ( $f_{MSY}$ )을 구하기 위하여 위 식을 다음과 같이 2차식으로 변형시킨다. 즉,  $U = \frac{Y}{f}$  이므로

$$Y = U_{\infty} \cdot f - [U_{\infty} \cdot (\frac{q}{r})] \cdot f^2 \quad (46)$$

가 된다.

이 위로 볼록한 포물선 식의 꼭지점이  $MSY$ 와  $f_{MSY}$ 이므로 포물선 식을 미분해서 0으로 놓고  $MSY (= \frac{U_{\infty} \cdot r}{4q})$ 와  $f_{MSY} (= \frac{r}{2q})$ 를 추정한다. 여기서 어획노력량  $f$ 는 최대지속적생산량을 유지하기 위한 어획노력량이다.

#### (나) Pella and Tomlinson 모델

이 모델은 Graham-Schaefer 모델에서 사용한 로지스틱 개체군 증가식을  $m$ 이라는 상수를 사용하여 일반화 시킨 것이다.

$$\frac{dB}{dt} = -rB^m - (qf - rB_{\infty}^{m-1})B \quad (47)$$

여기서,  $-r = H$ ,  $-rB_{\infty}^{m-1} = K$ 로 놓고, 위의 미분방정식을 풀면

$$B_t = \left\{ \frac{H}{K+qf} - \left( \frac{H}{K+qf} - B_0^{1-m} \right) \exp \{ -(K+qf)(1-m)t \} \right\}^{\frac{1}{1-m}} \quad (48)$$

이다. 여기서  $MSY$ 를 생산하는 어획노력량 ( $f_{MSY}$ )은  $f_{MSY} = \frac{K(1-m)}{mq}$  이고,  $MSY$ 시의 자원량인 적정 자원량 ( $B_{MSY}$ )은  $B_{MSY} = \left( \frac{K}{mH} \right)^{\frac{1}{m-1}}$ 이며, 이때의 최대지속적생산량 ( $MSY$ )는  $MSY = H \left( \frac{K}{mH} \right)^{\frac{m}{m-1}} - K \left( \frac{K}{mH} \right)^{\frac{1}{m-1}}$ 가 된다. 이 식에서  $m=2$ 인 경우는 logistic 함수를 이용한 Graham-Schaefer 모델이 되고,  $m=1$ 일 때는 Fox 모델이 된다.

#### (다) Fox 모델

이 모델은 생체량의 변화율을 Gompertz 성장식으로 나타내는 모델로서, 다음의 미분방정식을 기초로 하고 있다.

$$Y = rB(\ln B_{\infty} - \ln B) \quad (49)$$

위의 식을  $B$ 에 대하여 미분함으로써 생체량이 최대생체량의  $\frac{1}{3}$  정도의 수준에 있을 때, 최대평형생산량 (또는 최대지속적생산량 :  $MSY$ )이 초래된다. 그러나 관리자에게 더 유효한 정보는 이러한 값보다는 어떠한 어획률로 최대의 생산량을 얻을 수 있을까 하는 문제이므로,  $Y = q \cdot f \cdot B$ 에서  $B = \frac{Y}{qf} = \frac{U}{q}$  (여기서,  $U$ 는 평형 CPUE)를 위의 식 (49)에 대입함으로써 어획노력량과 단위노력당어획량 (CPUE)의 관계식을 다음과 같이 만들 수 있다.

$$U = U_{\infty} \exp\left(-\frac{qf}{r}\right) \text{ or } Y = U_{\infty} \exp\left(-\frac{qf}{r}\right) f \quad (50)$$

위의 식을 어획노력량  $f$ 에 대하여 미분해서 최대치를 구하기 위해 0으로 놓고 풀면  $f = \frac{r}{q}$ 가 되고,  $Y = \frac{U_{\infty} \cdot r}{e \cdot q}$ 이 되는데, 이 때의  $Y$ 가 최대지속적생산량 ( $MSY$ )이고,  $f$ 가  $MSY$ 시의 어획노력량  $f_{MSY}$ 이다.

#### (라) Schnute 모델

이 모델은 Schaefer 모델에서 사용하는 로지스틱 성장 모델을 기초로 하고 있는데, 그 전개과정을 약간 변형시켜 중회귀직선을 만들어서 매개변수를 추정하는 방법이다. 로지스틱 성장모델을 사용하여 추정한 단위노력당어획량과 어획노력량과의 관계는

$$\ln\left(\frac{U_{t+1}}{U_t}\right) = r - \frac{r}{qB_{\infty}} \bar{U}_t - q\bar{f}_t \quad (51)$$

여기서,  $\bar{U}_t$ 와  $\bar{f}_t$ 에 관한 자료는 일반적으로 얻을 수 있는 것이지만,  $\ln\left(\frac{U_{t+1}}{U_t}\right)$ 는 매년 초의 순간적인 값이므로 보통 알 수 없는 값이다. 왜냐하면, 어업에 관한 자료는 이와 같이 순간적으로 짧은 시간에 대해 얻기가 힘들기 때문이다. 이 경우 순간값이  $U_t$ 의 개략치로서,  $t$ 년 초의 CPUE는  $t$ 년 직전 및 직후 평균 CPUE의 평균치와 같다고 할 수 있다.

$$\ln\left(\frac{\bar{U}_{t+1} + \bar{U}_t}{\bar{U}_t + \bar{U}_{t-1}}\right) = r - \frac{r}{qB_{\infty}} \bar{U}_t - q\bar{f}_t \quad (52)$$

이 식은 중회귀식으로 연도별  $\bar{U}_t$ 와  $\bar{f}_t$ 자료를 사용하여 세 개의 매개변수인  $r, B_\infty, q$ 를 추정할 수 있다. 하지만 식 (52)은  $\bar{f}_{t+1}$ 을 모르지만  $\bar{U}_{t+1}$ 을 예측할 수 있다는 가정을 내포하고 있는데, 실제로는 다음해의 예상되는 노력량을 모르고서 다음 해의 CPUE를 예측 가능하다는 가정은 어떤 의미에서는 모순된다고 볼 수 있다. 그러므로 좀더 현실적인 식을 얻기 위하여  $t$ 년에 대한 식 (52)에 대해  $t+1$ 년에 대한 식 (52)을 더해서 2로 나누면,

$$\ln\left(\frac{\bar{U}_{t+1}}{\bar{U}_t}\right) = r - \frac{r}{qB_\infty} \left(\frac{\bar{U}_t + \bar{U}_{t+1}}{2}\right) - q \left(\frac{\bar{f}_t + \bar{f}_{t+1}}{2}\right) \quad (53)$$

최대지속적생산량 ( $MSY$ )을 구하기 위해서  $f$ 에 대하여 미분한 후, 0으로 놓으면,  $f_{MSY}$ 는  $f_{MSY} = \frac{r}{2q}$ , 이 때의 최대지속적 생산량은  $MSY = \frac{r \cdot B_\infty}{4}$ 가 된다.  $MSY$ 시의 자원량 ( $B_{MSY}$ )은  $B_{MSY} = \frac{B_\infty}{2}$ 가 된다.  $MSY$ 시의 CPUE ( $U_{MSY}$ )는  $U_{MSY} = \frac{q \cdot B_\infty}{2}$ 가 된다.

#### (마) Zhang 모델

Zhang (1987)모델의 목적은 자원군 크기와 그 자원군이 생산하는 잉여생산량 간의 관계를 규명하는 것으로서, 모델의 추정치는 최대지속적생산량 ( $MSY$ )과  $MSY$ 시의 순간어획사망계수 ( $F_{MSY}$ )이다. 이 모델에 사용되는 자료는 수년 간의 어획량 (또는 어획사망계수) 및 생체량 자료이다. Zhang 모델에서는 생체량 ( $B_t$ )과 순간어획사망계수 ( $F_t$ )를 다음의 관계식으로 나타내었다.

$$B_{t+1} = B_t \exp\left(r - \frac{r}{B_\infty^{m-1}} \bar{B}_t^{m-1} - F_t\right) \quad (54)$$

여기서  $m$ 은 상수이다. 위 식을 선형화하여 매년의 생체량과 순간어획사망계수를 이용해서 모델의 파라미터를 추정한다.  $MSY$ 와  $F_{MSY}$ 를 구하기 위해서 우선 평형시의 생체량 ( $B_{t+1} = B_t = B^*$ )에서 얻을 수 있는 평형생산량 ( $Y$ )을 위 식으로부터 구한다.  $y = F \cdot B^*$ 이므로,

$$Y = F \left(\frac{r - F}{r}\right)^{\frac{1}{m-1}} B_\infty \quad (55)$$

$MSY$ 와  $F_{MSY}$ 는 평형생산량 ( $Y$ )을  $F$ 에 대하여 미분해서 0으로 놓으면 다음과 같이 구할 수 있다.  $MSY = r(m-1) m^{\frac{-m}{1-m}} B_\infty$ ,  $F_{MSY} = \frac{r(m-1)}{m}$  이다.

## (바) 잉여생산량 모델의 장점

잉여생산량 모델은 5가지의 장점을 가지고 있다. 첫째, 어획능률을 모르더라도 최대지속적생산량 ( $MSY$ )과 적정어획률은 평형생산량에 대한 노력량의 관계로 직접 추정이 가능하고, 둘째, 이 모델은 단지 연도별 어획량 및 노력량에 관한 자료만 필요로 하며, 표준화된 노력량을 사용할 경우 더 정확한 추정값을 유추할 수 있다. 셋째, 이 모델은 개념이 단순하여  $MSY$ 의 계산이 용이하며, 그 개념은 간단하고 쉽게 이해가 가능하다. 넷째, 이 모델은 연령을 알 수 없는 자원에도 유용하게 사용될 수 있으며, 마지막으로 자료가 많이 요구되지 않으므로 자원평가의 비용이 적게 든다.

## (사) 잉여생산량 모델의 적용예

잉여생산량 모델의 적용예는 업종간 어획노력량의 표준화 부분에서 두 어업 및 세어업간의 표준화된 어획노력량을 사용하여 적용한 예를 제시하였으며 (그림 3-1-6, 3-1-9), 표준화되지 않은 어획노력량과 표준화된 어획노력량의 비교에도 사용되었다 (그림 3-2-1, 3-2-3). 이와 같이 잉여생산량 모델은 자원평가에 많이 이용되고 있다. 잉여생산량 모델중 본 연구에서 예제로 사용된 개체군의 로지스틱 성장을 가정한 Graham-Schaefer 모델과 지수함수적 성장을 가정한 Fox 모델이 가장 많이 사용된다. 일반적으로 모델의 선택은 개체군의 변동경향, 자료의 종류 및 특성, 통계적 유의성을 고려하여 적절한 모델이 결정된다.

## (2) 지연차분 개체군 평가 모델

### (가) Deriso 모델

이 모델은 수산자원 평가에 사용되는 연령구조 모델과 가입 모델을 수학적으로 복합시켜서 도출한 지연차분 방정식을 사용하여 자원의 역학적 구조를 해석함으로써 수확의 방안을 제시하는데 목적이 있다. 모델에 사용되는 자료는 수년 간에 걸친 어획량 및 노력량 자료인데, 때때로 더 정확한 추정을 위해서 알고 있는 Brody의 성장계수나 순간자연사망계수 ( $M$ )로부터 알 수 있는 연간생잔율, 산란자원량-가입량 관계식의 계수들을 입력자료로서 추가로 사용할 수도 있다 (유도식 : 장, 1991 참조).

Deriso (1980) 모델은 잉여생산량 모델과 가입당생산량 모델의 특징들을 합친 시뮬레이션 모델이다. 비록 이 모델은 가입과 자연사망계수, 어획사망계수, 연령구조 및 성장에 관한 부분들을 포함하지만, 잉여생산량 모델에서와 같이 단지 어획량과 노력량 자료만으로 매개변수를 추정할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

### (나) Schnute 모델

Schnute 모델은 Deriso 모델과 거의 같으나, 다만 사용되는 성장식과 산란자원량-가입량 관계식에 차이가 있다. 즉, 가입 직전 연령의 체중 ( $W_{k-1}$ )을 0으로 가정한 Deriso 모

델의 단점을 보완하고, 산란자원량-가입량 관계를 중량단위가 아니라 개체수로서 나타냈다 (유도식 : 장, 1991 참조). Schnute (1985)는 Deriso에 비하여 가입에 관련되는 사항을 제외하고 더욱 일반화된 모델을 제시하였다. 특히 어업과 관련 시켜서는 모든 경우에 대하여 언급하였으며, Deriso 모델에서의 미비점을 보완하고 일반화시킨 것이다.

## 2. 어획노력량을 이용한 한 어업별 TAC제 실시 방안

### 가. TAC 실시를 위한 생물학적 허용어획량 (ABC) 추정 시스템

현재까지 한국에서 조사되고 분석된 어획자료와 생물학적 정보의 수준에 의하여 생물학적 허용어획량을 추정하기 위한 자원평가 모델을 분류해 보면 표 3-2-3과 같다. 표 3-2-3은 이용 가능한 정보수준에 따라 자원평가 모델을 차례대로 나열하였으며, 각 모델에 사용되는 자료나 정보, 모델의 추정치, 모델을 사용하여 자원평가가 가능한 대상종들을 보여 준다 (해양수산부, 2000).

표 3-2-3의 자료를 기초로 하여 한국의 생물학적 TAC (ABC)를 추정하기 위한 방법을 이용 가능한 정보수준에 따라서 저어와 부어를 구분하여 각각 표 3-2-4과 표 3-2-5와 같이 5단계로 나누어서 제시하였다. 즉, 가장 정보가 많은 1단계 수준부터 단지 어획량 정보만을 사용 가능한 5단계 수준으로 나누었다. 정보수준이 가장 높은 1단계에서는 해당 연도의 자원량 ( $B$ )과 최대지속적 생산량(MSY)을 얻을 수 있는 자원량 ( $B_{MSY}$ ) 및 순간어획사망계수 ( $F_{MSY}$ ), 처녀산란자원량의 40%를 유지시키기 위한 순간어획사망계수 ( $F_{40\%}$ )에 관한 정보가 이용 가능한 경우인데, 이 경우는 다시 현재 자원량이  $B_{MSY}$ 보다 큰 경우 ( $B/B_{MSY} > 1$ )와 작지만 어떠한 임계 수준보다는 큰 경우 ( $\alpha < B/B_{MSY} \leq 1$ ), 이 임계수준보다도 작은 경우 ( $B/B_{MSY} \leq \alpha$ )의 3경우로 나누어서 생물학적 허용어획량 수준의 순간어획사망계수 ( $F_{MSY}$ )를 추정한다. 생물학적 TAC (ABC)는 현재 자원량에 생물학적 허용어획량 수준의 순간어획사망계수 ( $F_{ABC}$ )를 곱해서 계산한다.

연도별 어획량과 어획노력량을 이용하는 4단계 정보수준에서는 CPUE를 이용하여 ABC를 추정한다. 먼저, MSY시의 CPUE ( $CPUE_{MSY}$ ) 추정하고, 최근 년도의 CPUE값을 추정한다.  $CPUE/CPUE_{MSY}$ 가 1보다 크면 ( $CPUE/CPUE_{MSY} > 1$ ) 자원상태는 4a)로서 그때의 ABC는  $ABC \leq MSY$ 가 된다.  $CPUE/CPUE_{MSY}$ 가  $\alpha$ 보다 크고 1보다 작으면 ( $\alpha < CPUE/CPUE_{MSY} < 1$ ) 자원상태는 4b)로서 자원은 보통수준에 있는 상태며 그때의 ABC는  $ABC \leq MSY \times (CPUE/CPUE_{MSY} - \alpha) / (1 - \alpha)$ 가 된다.  $CPUE/CPUE_{MSY}$ 가  $\alpha$ 보다 작으면 ( $CPUE/CPUE_{MSY} \leq \alpha$ ) 자원상태는 4c)로서 자원이 매우 낮은 상태이며, 이 때의 ABC는 0과 같다. 즉, 자원풍도가 매우 낮으므로 더 이상 어획을 할 수 없는 상태를 말한

다. 정보수준이 가장 낮은 5단계에서는 다만 연도별 어획량 정보만 있는 경우로 이 때의 ABC는 적정기간에 대한 연간 평균어획량의 75%로 한다. 평균어획량을 계산하기 위한 적정기간은 다음의 요인을 고려하여 결정한다. 첫째, 어획량에 큰 변화가 없었던 기간, 둘째, 어획노력량에 큰 변화가 없었던 기간, 셋째, 어획관리방법 (어획할당량 등)에 큰 변화가 없었던 기간, 넷째, 해당어종의 어획가입연령 이후부터 수명까지의 연수 (어획대상 연급군수)보다 긴 기간 등이다.

표 3-2-3. 한국의 생물학적 TAC 추정을 위한 이용가능 정보수준

Table 3-2-3. Information level available for biological TAC estimation in Korea

---

1) 비평형생산량 모델

- 자료 : 연도별 자원량과 순간어획사망계수
- 추정치 :  $MSY$ ,  $B_{MSY}$ ,  $F_{MSY}$ , 미래자원량 예측치
- 대상종 : 없음

2) 가입당산란자원량 모델

- 자료 :  $M$ ,  $W_{\infty}$ ,  $K$ ,  $t_0$ ,  $t_L$ ,  $t_r$ , current  $F$  &  $t_c$
- 추정치 :  $F_{35\%}$ ,  $F_{40\%}$
- 대상종 : 갈치, 갯장어

3) 가입당생산량 모델

- 자료 :  $M$ ,  $W_{\infty}$ ,  $K$ ,  $t_0$ ,  $t_L$ ,  $t_r$ , current  $F$  &  $t_c$
- 추정치 :  $F_{max}$ ,  $F_{0.1}$ , optimal  $t_c$
- 대상종 : 갈치, 갯장어, 보구치, 고등어, 참조기, 전갱이, 말쥐치, 명태, 임연수어, 황아귀, 꽃게

4) 재생산 모델

- 자료 : 연도별 자원량, 가입량
- 추정치 :  $MSY$ ,  $R_{MSY}$ ,  $F_{LOW}$ ,  $F_{MED}$
- 대상종 : 갈치, 갯장어, 보구치, 참조기

5) 지연차분개체군평가 모델

- 자료 : 연도별 어획량 및 노력량(성장, 사망, 가입계수 등 부수자료도 사용가능)
- 추정치 :  $MSY$ ,  $f_{MSY}$
- 대상종 : 갈치, 갯장어, 보구치, 고등어, 참조기, 전갱이, 말쥐치, 명태, 임연수어, 황아귀, 꽃게

6) 자원경제학적 모델

- 자료 : 연도별 어획량 및 노력량, 경제학적 자료
  - 추정치 :  $MEY$ ,  $f_{MEY}$
  - 대상종 : 없음
-

표 3-2-3. 계속

Table 3-2-3. continued

---

7) 평형생산량 모델

- 자료 : 연도별 어획량 및 노력량

- 추정치 :  $MSY$ ,  $f_{MSY}$

- 대상종 : 갈치, 갯장어, 보구치, 고등어, 참조기, 전갱이, 말쥐치, 명태, 임연수어, 쾡치, 황아귀, 꽃게, 삼치, 강달이, 가자미류, 병어류, 가오리류, 홍어, 민어, 부세, 서대류, 참돔, 눈볼대, 청어, 도루묵, 대구, 상어류, 옥돔, 복어류, 붕장어, 골뱅이, 갑오징어, 대하(정어리, 오징어, 붉은대게는 자료가 모델에 맞지 않음)

8) 처녀자원량 모델

- 자료 : 처녀자원량 추정치,  $M$

- 추정치 :  $MSY$

- 대상종 : 갈치, 갯장어, 보구치

9) 경험론적 모델

- 자료 : 어획량,  $M$

- 추정치 :  $F_{MSY}$  (즉,  $F_{MSY} = tM$ )

- 대상종 : 갈치, 갯장어, 보구치, 고등어, 참조기, 전갱이, 말쥐치, 명태, 임연수어, 쾡치, 황아귀, 꽃게, 삼치, 물가자미, 병어, 홍어, 민어, 부세, 참돔, 눈볼대, 청어, 도루묵, 대구, 옥돔, 자주복, 붕장어, 갑오징어, 대하, 정어리, 오징어(가오리, 강달이, 상어류, 서대류, 골뱅이, 붉은대게는  $M$  추정 불가능)

---

표 3-2-4. 저어자원용 ABC 추정시스템

Table 3-2-4. System to determine ABC for demersal stocks

\* 1단계 정보수준 : 연도별 B와 F,  $B_{MSY}$ ,  $F_{MSY}$ ,  $F_{X\%}$ , M

1a) 자원상태 :  $B/B_{MSY} > 1$

$$F_{ABC} \leq F_{MSY}$$

1b) 자원상태 :  $\alpha < B/B_{MSY} \leq 1$

$$F_{ABC} \leq F_{MSY} \times (B/B_{MSY} - \alpha) / (1 - \alpha)$$

1c) 자원상태 :  $B/B_{MSY} < \alpha$ :  $F_{ABC} = 0$

\* 2단계 정보수준 : 최근 년도 B,  $B_{35\%}$ ,  $F_{35\%}$ , M

2a) 자원상태 :  $B/B_{35\%} > 1$

$$F_{ABC} \leq F_{35\%}$$

2b) 자원상태 :  $\alpha < B/B_{35\%} \leq 1$

$$F_{ABC} \leq F_{35\%} \times (B/B_{35\%} - \alpha) / (1 - \alpha)$$

2c) 자원상태 :  $B/B_{35\%} \leq \alpha$ :  $F_{ABC} = 0$

\* 3단계 정보수준 : 최근 년도 B,  $F_{0.1}$ , M

$$F_{ABC} \leq F_{0.1}$$

\* 4단계 정보수준 : 연도별 Y와  $f(CPUE)$

4a) 자원상태 :  $CPUE/CPUE_{MSY} > 1$

$$ABC \leq MSY$$

4b) 자원상태 :  $\alpha < CPUE/CPUE_{MSY} \leq 1$

$$ABC \leq MSY \times (CPUE/CPUE_{MSY} - \alpha) / (1 - \alpha)$$

4c) 자원상태 :  $CPUE/CPUE_{MSY} \leq \alpha$ ;  $ABC = 0$

\* 5단계 정보수준 : 연도별 Y

$$ABC \leq p \times Y_{AM}(\text{적정기간 어획량 산술평균치})$$

1) 1단계 ~ 3단계의 ABC 계산식 :

$$ABC = \frac{BF_{ABC}}{M + F_{ABC}} (1 - e^{-(M + F_{ABC})})$$

단, B : 어기초 어획대상 자원량, M : 순간자연사망계수,

$F_{ABC}$  : 정보수준과 자원상태에 따라 결정되는 순간어획사망계수

2) 1, 2, 4단계의  $\alpha = 0.05$

3) 5단계의 p는 어획량 추세를 고려하여 0.5~1.0범위에서 결정되는 상수임.

표 3-2-5. 부어자원용 ABC 추정시스템

Table 3-2-5. System to determine ABC for pelagic stocks

\* 1단계 정보수준 : 연도별 연령별 B와 F,  $B_{MSY}$ ,  $F_{MSY}$ ,  $F_{X\%}$ , M, 환경자료

1a) 자원상태 :  $B/B_{MSY} > 1$

$$F_{ABC} \leq F_{MSY}$$

1b) 자원상태 :  $\alpha < B/B_{MSY} \leq 1$

$$F_{ABC} \leq F_{MSY} \times (B/B_{MSY} - \alpha) / (1 - \alpha)$$

1c) 자원상태 :  $B/B_{MSY} < \alpha$  :  $F_{ABC} = 0$

\* 2단계 정보수준 : 최근 년도 연령별 B,  $B_{X\%}$ ,  $F_{X\%}$ , M, 환경자료

2a) 자원상태 :  $B/B_{30\%} > 1$

$$F_{ABC} \leq F_{30\%}$$

2b) 자원상태 :  $\alpha < B/B_{30\%} \leq 1$

$$F_{ABC} \leq F_{30\%} \times (B/B_{30\%} - \alpha) / (1 - \alpha)$$

2c) 자원상태 :  $B/B_{30\%} \leq \alpha$  :  $F_{ABC} = 0$

\* 3단계 정보수준 : 최근년도 연령별 B,  $F_{0.1}$ , M, 환경자료

$$F_{ABC} \leq F_{0.1}$$

\* 4단계 정보수준 : 연도별 Y와  $f(\text{CPUE})$

4a) 자원상태 :  $\text{CPUE}/\text{CPUE}_{MSY} > 1$

$$ABC \leq MSY$$

4b) 자원상태 :  $\alpha < \text{CPUE}/\text{CPUE}_{MSY} \leq 1$

$$ABC \leq MSY \times (\text{CPUE}/\text{CPUE}_{MSY} - \alpha) / (1 - \alpha)$$

4b) 자원상태 :  $\text{CPUE}/\text{CPUE}_{MSY} \leq \alpha$  :  $ABC = 0$

\* 5단계 정보수준 : 연도별 Y

$$ABC \leq p \times Y_{AM} (\text{적정기간 어획량 산술평균치})$$

1) 1단계~3단계의 ABC 계산식 :

$$ABC = ABC_r + \sum_{i=r+1}^t \frac{B_i F_{ABC}}{M + F_{ABC}} (1 - e^{-(M + F_{ABC})}),$$

$$ABC_r = \frac{\bar{R} F_r}{M + F_r} (1 - e^{-(M + F_r)}), \quad \bar{R} = f(SB, E_j)$$

단,  $B_i$  : i세초 어획대상 자원량, M : 순간자연사망계수,

$F_{ABC}$  및  $F_r$  : 정보수준과 자원상태에 따라 결정되는 순간어획사망계수

2) 만약 1단계부터 3단계까지의 정보가운데 환경자료가 없는 경우 저어자원 계산식 적용

3) 1, 2, 4단계의  $\alpha = 0.05$

4) 5단계의 p는 어획량 추세를 고려하여 0.5~1.0범위에서 결정되는 상수임.

본 연구에서는 고등어 대상어업과 갈치 대상어업의 어획량과 어획노력량 자료를 이용하여 고등어와 갈치의 ABC를 추정하였다 (표 3-2-6). 먼저 고등어의 가장 최근 년도인 2002년의 CPUE는 14.56mt/haul 이었고  $MSY$ 는 176,970mt,  $f_{MSY}$ 는 8,636 haul이었다.  $CPUE_{MSY}$ 는  $MSY$ 를  $f_{MSY}$ 로 나눈 값으로 20.49mt/haul 이었으며, 이 값들을 이용하여 자원상태를 추정해보면  $0.05 < CPUE/CPUE_{MSY} = 0.711 < 1$ 이므로 자원상태는 4b)에 해당한다. 그러므로 한국 근해 고등어의 선망어업과 근해자망어업에서의 어획 가능한 생물학적허용어획량인 ABC는  $ABC \leq MSY \times (CPUE/CPUE_{MSY} - 0.05)/(0.95)$ 에 의해 계산된 값인 123,044mt 으로 추정되었다. 따라서 고등어의 ABC는 123,044mt보다 작거나 같아야된다. 갈치의 경우 가장 최근 년인 1997년의 CPUE는 0.27mt/tow 였으며,  $MSY$ 는 146,615mt,  $f_{MSY}$ 는 1,471,181tow 였다.  $CPUE_{MSY}$ 는  $MSY$ 를  $f_{MSY}$ 로 나눈 값으로 0.1mt/tow 였으며, 고등어와 마찬가지로 이 값들을 이용하여 자원상태를 추정해보면  $1 < CPUE/CPUE_{MSY} = 2.710$ 로서 자원상태는 4a)에 해당한다. 따라서, 갈치를 대상으로 하는 근해안강망어업, 대형기선저인망 쌍끌이 어업 및 대형 트롤 어업에서 갈치를 어획할 수 있는 ABC는  $MSY$ 와 같은 수준인 146,615mt 으로 추정되었다.

## 나. 경제성 분석을 통한 어업별 어획량 배분

### (1) 고등어 대상어업 : 2개 어업

두 어업에 의해 생산될 수 있는 지속적생산량을 추정한 후 이들 두 어업의 총이익과 비용과의 관계를 나타냈다. 순이익곡선식에 의거 지속적생산량을 이들 어업의 각각의 어업별 어획노력량 비율에 따라 분배하고 두 어업의 총이익에서 각각의 어업비용을 공제하여 순이익을 추정했다. 이들 어업의 순이익에 대한 등순이익곡선의 분석으로 두 어업간의 적정어획노력량 수준을 추정하였다(그림 3-2-5).

대형선망어업과 근해자망어업의 등순이익곡선에서 최적 노력량 수준은 대형선망어업의 노력량이 8,370 인망수일 때 근해자망어업의 노력량은 630 인망수의 수준이었다. 근해자망어업의 순이익곡선에서 대형선망어업의 최적어획량 수준을 나타내는 꼭지점을 이은 AB선상에서 대형선망어업의 어획노력량 B점 (약 8,370 인망수)에서 고정시키고 근해자망어업의 노력량을 증가시키면 대형선망어업의 순이익은 계속 감소하고 근해자망어업은 처음엔 순이익이 증가하나 이후 계속 감소한다(BG). 이와 반대로 근해자망어업의 순이익곡선에서 어획노력량을 D점 (약 630 인망수)에 고정시키고 대형선망어업의 어획노력량을 E점까지 증가시키면 근해자망어업의 순이익은 계속 감소하나 대형선망어업의 순이익은 어느 정도 증가한다. 그러나 E점에서 대형선망어업의 어획노력량을 고정시키고 근해자망어업의 어획노력량을 증가시키면 두 어업의 순이익은 모두 감소한다(DE, EF).

표 3-2-6. 고등어와 갈치의 ABC 추정치

Table 3-2-6. ABC estimates of chub mackerel and hairtail

구 분	고등어	갈 치
대상어업	대형선망, 근해자망어업	근해안강망, 대형기선저인망쌍끌이, 대형트롤 어업
CPUE (최근 년도)	14.56 mt/haul (2002)	0.27 mt/tow (1997)
MSY	180,021 mt	146,615 mt
$f_{MSY}$	9,200 haul	1,471,181 tow
	=MSY/ $f_{MSY}$	= MSY/ $f_{MSY}$
$CPUE_{MSY}$	=180,021 mt / 9,200 haul =19.57 mt/haul	=146,615 mt / 1,471,181 tow =0.1 mt/tow
$CPUE/CPUE_{MSY}$	0.745	2.710
자원상태	4b)	4a)
ABC	131,527 mt	146,615 mt

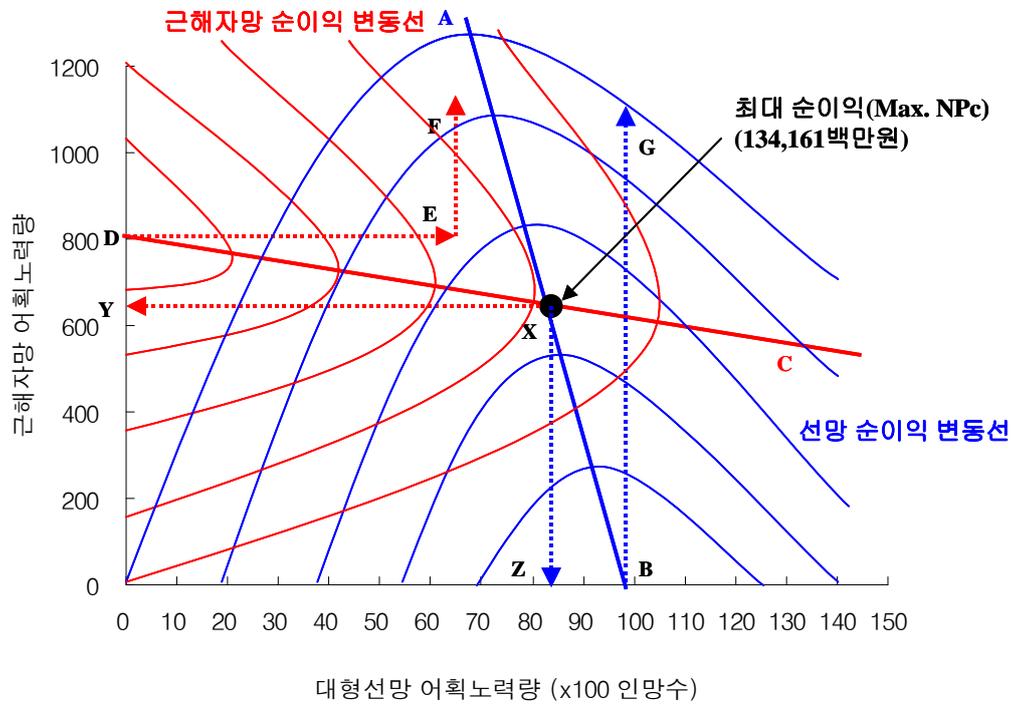


그림 3-2-5. 대형선망어업과 근해자망어업의 등순이익곡선: X는 두 어업의 적정 어획노력량을 나타냄.

Fig. 3-2-5. Net profit isopleths of Korean large purse seine (LPS) and offshore gill net (OGN) fisheries: X represents the optimum fishing effort in two fisheries.

이런 방법으로 한국 근해 고등어의 약 89%를 어획하고 있는 대형선망어업과 근해자망어업의 경제성분석을 통한 어업간 상호관계로부터 이들 두 어업의 최적어획노력량 수준은 이 두 어업의 등순이익곡선 (그림 3-2-5)의 꼭지점을 잇는 두선 AB와 CD가 만나는 점이다. 이때의 순이익은 대형선망어업이 약 1,172억원, 근해자망어업이 약 168억이었으며, 적정어획노력량은 대형선망어업이 약 8,370 인망수, 근해자망어업이 약 630 인망수였다. 위에서 추정된 값은 대형선망어업과 근해자망어업의 노력량비가 현재의 수준인 0.93과 0.07일 때의 값이다. 따라서, 각 어업에 대한 어획량의 배분은 등순이익곡선식에 의한 분석에서 순이익이 가장 높은 수준일때의 어획량으로 결정할 수 있다. 고등어 어업의 경우 대형선망어업은 167,380톤, 근해자망어업은 12,598톤이 적정 어획량이다.

## (2) 갈치 대상어업 : 3개 어업

갈치를 대상으로 하는 세 어업의 어업별 어획량 배분은 두 어업에 비해 좀 더 복잡한 구조를 가진다. 세 어업에 대한 등생산곡선의 분석으로 각 어업의 적정어획노력량을 추정하였으며 어획노력량의 증감에 따라 순이익의 변동을 나타냈다 (그림 3-2-6, 3-2-7). 두 어업의 등순이익곡선의 분석에서와 마찬가지로 각 어업의 순이익곡선의 꼭지점이 만나는 지점이 적정어획노력량 수준이 된다. 그림 3-2-6은 대형기선저인망쌍끌이어업과 대형트롤어업의 어획노력량을 A와 D의 일정 수준에서 고정시키고, 근해안강망어업의 어획노력량을 B와 E까지 증가시키면 두 어업의 순이익은 감소하지만 (최대순이익 : G점) 근해안강망어업의 순이익은 어느 정도 증가하게 된다. 그러나 B와 E점에서 근해안강망어업의 어획노력량을 고정시키고 대형기선저인망 쌍끌이 어업과 대형 트롤 어업의 어획노력량을 증가시키면 두 어업의 순이익은 모두 감소한다(AB, BC 또는 DE, EF).

다른 방법으로 그림 3-2-7에서 보는바와 같이 A지점에서 근해안강망어업의 어획노력량을 고정시키고 나머지 두 어업의 어획노력량을 B와 D지점으로 증가시키면 근해안강망어업의 순이익은 감소하지만 대형기선저인망 쌍끌이 어업과 대형 트롤 어업의 순이익은 증가한다(AB, AD). 이때 두 어업의 순이익 변동선이 만나는 점을 F로 나타냈다. 이것은 어느 일정 수준까지는 대형기선저인망 쌍끌이 어업과 대형트롤어업의 어획노력량이 증가하면 순이익도 증가하여 적점 지점에 도달하게 되지만 (F') 일정 수준을 넘어서게 되면 오히려 두 어업의 순이익 역시 감소하는 것을 나타낸다 (F''). 또한, 어느 일정 수준에서 다시 근해안강망어업의 어획노력량을 증가시키면 (BC, DE) 세 어업 모두 순이익이 감소하게 된다. 이와 같은 방법으로 순이익곡선에서 한국 근해 갈치의 약 80%를 어획하고 있는 이들 세 어업의 경제성 분석을 통한 어업간 상호관계로부터 이들 세 어업의 최적 노력량 수준은 근해 안강망어업의 노력량은 414,000 양망수, 대형쌍끌이기선저인망어업은 138,000 인망수, 대형트롤어업의 노력량은 54,000 인망수의 수준이었다. 이때의 최적 어획노력량 수준은 각 어업이 최대 순이익을 기록하는 수준에서 결정되었다. 각 어업의 순이익은 근해 안강망어업이 약 380억원, 대형기선저인망어업이 약 127억원, 대형트롤어업이

약 44억원이었으며, 이때의 어획량은 근해안강망어업이 73,853톤, 대형기선저인망 쌍끌이 어업이 24,618톤, 대형 트롤 어업이 9,633톤이었다.

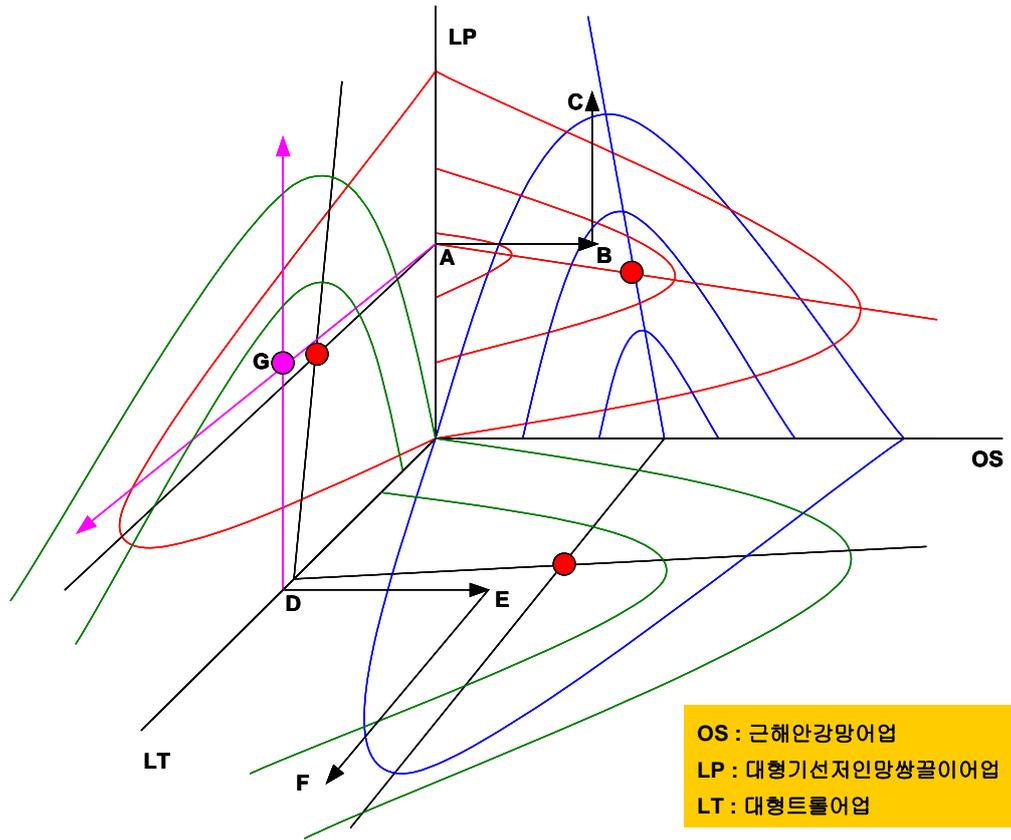


그림 3-2-6. 근해안강망어업, 대형기선저인망쌍끌이어업 및 대형트롤어업의 등순이익 곡선 I : 근해안강망어업의 어획노력량이 증가할 경우.

Fig. 3-2-6. Net profit isopleths of Korean offshore stow net, large pair trawl and large trawl fisheries I : the case for increasing fishing effort in offshore stow net.

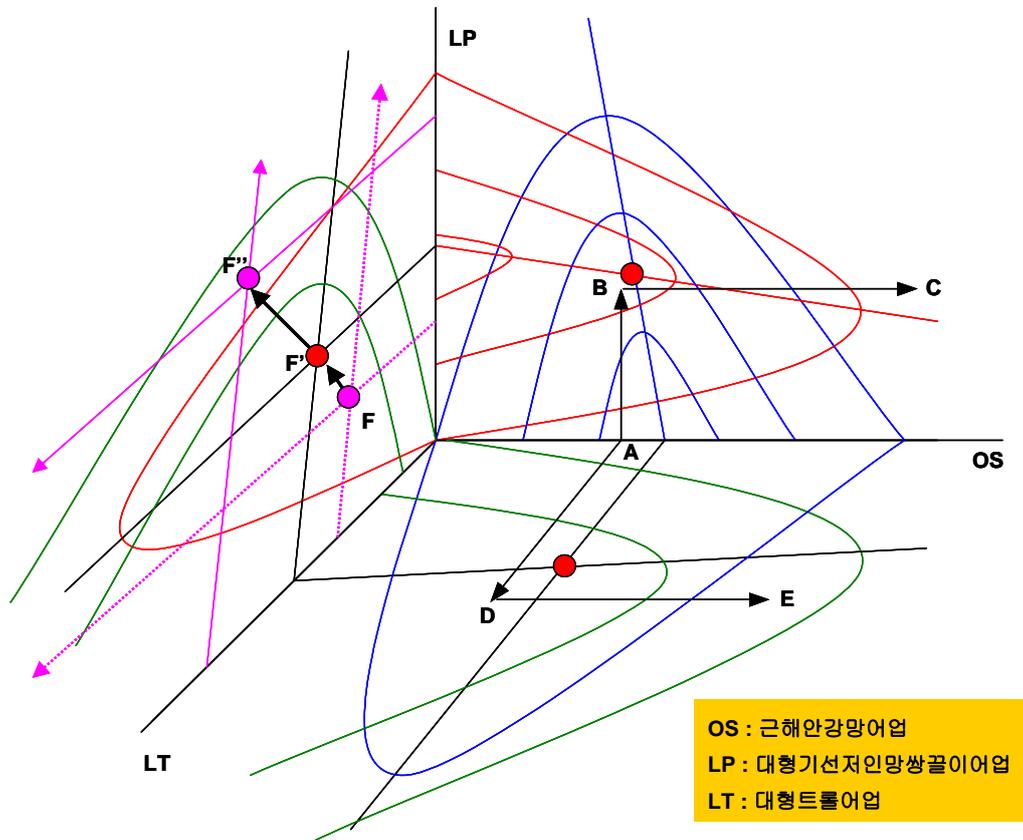


그림 3-2-7. 근해안강망어업, 대형기선저인망쌍끌이어업 및 대형트롤어업의 등순이익 곡선 II: 근해안강망어업의 어획노력량을 고정할 경우.

Fig. 3-2-7. Net profit isopleths of Korean offshore stow net, large pair trawl and large trawl fisheries I: the case for fixing fishing effort in offshore stow net.

### 제 3 절 정책적 활용 방안

#### 1. 업종간 TAC 할당량 배정 기준

##### 가. 자원관리의 일반적인 현황

일반적으로 어업자원관리의 목표로서 MSY, MEY 및 OSY가 있는데 일단 설정된 어업관리기준 또는 목표를 달성하기 위하여 이용하는 어업관리수단에는 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 그 하나가 투입어업노력의 제한 (input control)에 의한 어업자원관리이고 다른 하나가 어업산출량 즉 어획량 제한 (output control)에 의한 어업관리이다.

이들 모두는 어업자원이 지니는 공유재산적 사회경제적 성격에 기인하는 어업자원의 남획이나 고갈을 방지하고 어업자원의 합리적 이용과 어업의 지속성을 유지하는데 그 목적을 두고 있다. 그러나 어획량의 제한은 그 제한을 통하여 단순히 어업자원의 남획이나 고갈의 방지 외에 어업자원이 지니는 경제적 효과의 극대화 뿐만 아니라 어업의 지속적인 발전을 위한 제도모색을 꾀할 수 있다는 점을 내포하고 있다.

우리나라의 수산자원 관리는 어업권의 면허 혹은 허가에 의해 일정기간 어획노력량을 제한하는 방법과 동시에 중요 종의 산란기 동안 포획·채취 금지 및 금지 체장 제한을 두는 질적인 규제방법을 법으로 설정하여 시행되어 왔다. 최근에는 200해리 EEZ 시대에 맞는 새로운 수산업법의 개정 (1996. 8. 8, 법률 제5153호)으로 우리 나라 수산자원 보존 및 관리를 위한 총허용어획량 (TAC)의 설정 (제54조 2항)을 제도화하였다. 개정된 수산업법에 따라 수산자원 보호령 (1996. 12. 31, 대통령령 제15242호)에 명시된 중요 제한 사항은 포획·채취 금지 기간 및 포획 금지 체장 등의 기술적 관리방법 (technical measures)과 노력량 통제 (input control), 어획량 통제 (output control) 및 총허용어획량 제도의 운영 등에 관한 사항이다.

TAC 제도가 어업관리수단으로 채택되는 일반적인 이유는 무엇보다도 어업자원의 관리가 용이하기 때문이라 할 수 있다. 즉, 일정기간 동안의 TAC가 결정되어 어업이 개시된 후 양륙되는 어획량이 TAC에 도달되면 어업은 자동적으로 전면 금지된다. 따라서, 넓은 어장에 대한 자원관리가 일체성을 떨 수 있기 때문에 행정적인 자원관리비용이 절감되고 어업에 대한 관리규제가 용이해 질 수 있다. 또한, 우리나라는 어업허가제도를 근간으로 하면서 TAC 제도를 도입하고 있기 때문에 다른 자원관리 규제제도와의 접목이 용이하다. 즉 기술적 규제수단이나 어획노력량 규제수단과 효과적으로 접목시켜 운용할 수 있다는 장점이 있다.

우리나라 TAC 제도는 매년 TAC를 산정하고 이를 배분하며 관리하기 때문에 TAC 제도를 운영하기 위해서는 TAC 결정체계, 배분체계, 보고체계 그리고 감시감독체계 등 다양한 운용체계가 종합적으로 운용되어야 한다. 또한, TAC의 결정, 배분, 관리 등 모든 체계는 기본적으로 과학적인 자원평가를 전제로 이루어지고 있으며, TAC 제도 운용체계

는 기본적으로 생물적, 사회적, 경제적 및 행정적 제반 요인이 결합된 통합관리적 성격을 가지고 있다. 이는 TAC 제도가 생물적 지속성, 경제성, 사회적 안정성 및 행정적 효율성을 주된 목표로 하고 있기 때문이다.

#### 나. 업종간 TAC 배정 기준

어획에 투입된 어획노력량을 이용하여 그 어업에 대한 어업비용과 순이익을 계산할 수 있다. 이러한 경제성 분석을 기초로 하여 TAC 대상어종에 대한 각 어업별 어획량을 할당하고 배분할 수 있고, 또한 어획노력량비에 의해 각 어업에 대한 어선척수도 산정할 수 있다면, 두 어업간의 어획량을 둘러싼 분쟁을 해소하는데 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 경쟁적 조업으로 인한 과도한 어획노력량의 투입을 방지하고 경제적 손실을 줄이기 위해서는 이와 같은 경제성 분석결과를 자원관리에 활용할 수 있을 것으로 생각된다. 하지만 어느 한 어업자원을 이용하고 있는 여러 어업간의 어업조정 문제는 어업경영자간의 이익에 직접 관련되므로 매우 어려운 문제이다. 여러 어업에서 여러 어종이 어획되는 다종, 다어구의 형태이므로 두 어업간의 경제성 분석으로 두 어업의 적정어획노력량을 추정하는 것도 매우 복잡하다. 정확한 어획노력량 조사만 이루어진다면 이러한 문제를 어느 정도 해결할 수 있다.

본 연구에서는 고등어 대상어업과 갈치 대상어업을 예를 들어 두 어업 및 세 어업의 최대지속적생산량, 이 때의 어획노력량, 경제성 분석에 의한 최대경제적생산량, 이때의 어획노력량, 순이익 변동 등을 추정하였다. 앞에서 설명하였듯이 TAC의 산정은 많은 과학적인 자료들에 근거하여 추정된다. 하지만, 고등어의 경우 대형선망어업에서 거의 80~90%이상이 어획되므로 TAC제를 실시하기가 다른 어종보다 용이하다. 단일어업에 거의 가까우므로 자원평가 및 TAC 배분문제가 다른 다어구 어업에서 어획되는 어종보다 쉽기 때문이다. 또한 어획량 배분의 기준이 정립되어 있지 않았으므로 현재의 어획량 비율에 근거하고 있다.

어획노력량 표준화에 의한 어획량 배분 기준은 목표 어종 (예: 고등어)에 투입된 어획노력량을 어업비용으로 환산하므로써, 가장 적은 비용을 들여 많은 어획량을 할 수 있는 기준을 제시하는 것이다. 이것은 먼저 서로 다른 어획노력량의 값을 표준화를 통해 표준화된 하나의 어획노력량 지표를 가지고 출발하게 된다. 표준화된 어획노력량 중 각 어업이 차지하는 어획노력량의 비를 가지고, 전체 어업에 대한 최대지속적 생산량 및 최대 경제적 생산량 중 각 어업이 차지하는 양을 추정할 수 있다. 이 때, 각 어업의 순이익은 어획노력량의 조절에 의해 어업비용이 가장 적게 지출되는 지점이 된다. 따라서, 이러한 어획노력량 조절에 의한 순이익의 변동을 가지고, 각 어업의 적정 어획량 또는 적정어획노력량 수준을 결정하게 된다. 고등어를 예로 들어 본 연구의 결과와 2003년 TAC 산정을 위한 2002년 수산자원 평가보고서의 내용을 표 3-2-7에서 비교하였다. 본 연구에서는 표

에서 보는 바와 같이 소량을 어획하는 어업일지라도 신뢰성있는 어획량과 어획노력량 자료만 수집된다면 근해자망어업에서 고등어를 얼마를 어획해야 하는지를 구체적으로 제시할 수 있다. 하지만, 현재의 상황을 고려한다면, 고등어의 경우 기타어업에서 어획되는 어획량이 적으므로 굳이 복잡한 과정을 거쳐 경제성분석에 의한 어획량 배분을 하지 않고, 어획량 비율만으로도 TAC 산정 및 배분에 큰 문제는 없을 것이다. 그러나, 고등어가 대형선망어업이외에 다른 어업에서 많이 어획되거나 또는 갈치, 참조기, 병어 등과 같이 여러어업에서 많은 비율로 혼획되는 어종의 경우엔 고등어에서 나타낸 것과 같은 방법으로 자원상태를 평가하고, 어획량을 배분한다면 보다 더 효율적인 TAC 제를 운영할 수 있을 것이다.

또한, 적정어획노력량이 정해지면, 이 값을 근거로 적정 어선척수의 산정도 가능하다. 경제성 분석자료로서 사용된 자료 (표 3-1-12) 중에서 척당 어획노력량 (인·양망수/척)의 자료는 척당 연간 총 인·양망수를 나타낸 값으로, 어획노력량 표준화를 통하여 표준화된 세 어업의 총 양망수를 사용하면 된다. 갈치 대상어업을 예로 들어 설명하면, 갈치를 대상으로 하는 세 어업에 대한 적정 어획노력량을 경제성 분석을 통해 추정된 최대경제적 생산량시의 어획노력량 ( $f_{MEY}$ )인 557,300 양망수라고 가정하였을 때, 세 어업의 표준화된 연간 총 양망횟수인 1,214 양망수로 나누어 전체 조업척수를 환산하면 총 459척이 된다. 여기에 세 어업의 어획노력량비인 0.69, 0.23, 0.09를 곱하여 세 어업의 조업척수로 나타낼 수 있다. 따라서 위와 같은 방법으로 세 어업이 갈치를 대상으로 조업할 경우의 조업척수는 근해안강망 어업이 316척, 대형쌍끌이기선저인망어업이 105척, 대형트롤 어업이 41척으로 계산할 수 있다. 위의 결과라면 이 값은 목표어종을 갈치로 정했을 경우에 나타나는 결과이다. 하지만 근해안강망어업을 비롯하여 다른 두 어업은 갈치만을 대상으로 하는 것이 아니기 때문에 참조기와 같은 다른 어종의 경우를 고려해야 할 것이다. 따라서 이러한 추정값들을 실제 어업관리에 이용하기 위해서는 대상 어업과 어종의 상호연관성에 대한 전반적인 분석이 필요하다.

이와 같이 각 어업에 대한 표준화된 어획노력량은 수산자원의 생태학적 특성치 추정, 자원량 추정, 자원평가 뿐만 아니라 어획량 배분의 기준으로도 사용될 수 있다. 이러한 어획노력량의 이용은 먼저 정확한 자료의 수집이 이루어져야만 가능하다.

#### 다. 어획노력량 산정의 문제점 및 개선방향

어획량 및 어획노력량은 수산자원을 평가하고 관리하는데 매우 중요한 요소로서, 얼마만큼의 어획강도가 가해지며 어느 정도가 어획에 의해 사망하는지를 제대로 알지 못하면 그 자원의 자원상태는 물론 효율적인 관리방안을 마련하기도 쉽지 않다. 현재 우리나라 TAC 어종의 어획량 보고체계만 보더라도 어업자가 양육시 양육판매자에게 보고하고,

표 3-1-7. 적정어획수준에 대한 어획량 배분 기준

Table 3-1-7 Standard level of catch division by optimum fishing level

본 연구				2002년 수산자원 평가서		
기준점	적정어 획수준	대형선망 어획량	배분기준	적정어획수준	대형선망어획량	배분기준
		근해자망 어획량			기타어업 어획량	
MSY	180,021	167,419	어획노력량비	150,000~190,000	125,000~158,000	어획비율로 산출
		12,602				
MEY	179,896	167,303	어업비용 판매단가 순이익 어획노력량비			
		12,593				
ABC	131,527	122,320	어획노력량비		25,000~32,000	
		9,207				

\* 대형선망어업과 근해안강망어업의 어획노력량비는 각각 0.93과 0.07이다.

양육판매자는 그 내용을 TAC 할당자에게 보고하는 단일 보고체계이다. 이러한 단일 보고체계로 인하여 어업자의 보고내용이 정확한지를 확인할 수가 없는 실정이며, TAC 대상어종이 아닌 어종은 해상에서 폐기되는 양, 사매매량 등에 의해 정확한 어획량을 파악하기가 더욱 어렵다. 어획노력량 또한 양육항으로 입항하는 어선 중 표본어선을 선정하여 양육항 읍저버 또는 관련 공무원이 구두로 확인하는 수준에 그치고 있다. 어획노력량의 개념을 단순한 인망횟수만으로 본다고 할지라도 그 신뢰도는 매우 낮고 검증할 수 있는 방법 또한 없다. 만약, 항정, 조업상황, 어장환경 등 어업현장의 여러 요인을 어획노력량으로 고려한다면 조사된 자료는 어획노력량으로서의 의미를 상실한 것이라 볼 수 있다. 이러한 통계조사의 문제점은 읍저버제도와 어선 모니터링 시스템 (Vessel Monitoring System : VMS), 어획량 및 어획노력량 보고의 정보화 시스템 등 세 가지의 방법으로 해결할 수 있다. 각각의 방법의 장점을 소개하면 다음과 같다.

첫째, 읍저버 제도는 아직 법적으로 완전한 근거가 마련되어 있지 않지만, TAC 관리를 효율적으로 하기 위하여 1993년 3월에 양육항 읍저버제도 운용을 위한 기본계획을 수립하였고, 2000년 6월에 양육항 읍저버 운영방안을 수립하여 배치하고 있으나, 현재의 통계조사 문제점을 해결하기엔 인원의 부족 및 효율적인 운영체계가 갖춰지지 않은 실정으므로 양육항 읍저버제도의 활성화 및 승선 읍저버의 운영이 시급하다. 이러한 읍저버 제도를 이용한다면 표집된 어선에서의 어획량과 더불어 정확한 어획노력량 자료를 확보할 수 있다. 읍저버가 수집하는 어획노력량 자료는 주로 예망시간, 투망횟수, 양망시 그물상태 뿐만 아니라 일반적으로 잘 알지 못하는 항정, 조업상황, 어장환경에 대한 정보까지도 얻을 수 있으며, 이런 세밀한 자료는 읍저버에 의하지 않고는 확보하기 힘들다.

둘째, 실시간으로 어선의 정보를 수집하는 어선 모니터링 시스템이다. 이 시스템은 최근 국제적인 환경보호운동의 상승 등을 배경으로 국제적으로 어업규제가 강화됨에 따라 확대되어 가고 있는 시스템으로, 우리나라에서도 조업의 투명성 확보 및 조업질서를 유지, 자료 수집의 한 방법으로 인식되고 있다. 이 제도는 주로 가다랭이, 다랑어 어업 및 원양 저예망어업에 종사하는 어선의 위치, 어획, 조업정보 등을 INMARSAT 위성회선을 이용해 실시간으로 집계, 해석하기 위한 체제의 준비를 도모하고, 이것으로부터 국가간 원양어업에 알맞은 어업관리를 실시하는 것을 목적으로 사용하고 있다. 이러한 제도의 응용은 우리나라 연근해에서 어획통계량을 산출의 문제점을 해결 할 수 있다. 어획량 보고의 문제점으로 지적되는 자료의 신뢰성 부족, 신속성 결여, 인력 부족 등을 소형 컴퓨터 등을 이용하여 실시간으로 조업어선에서 바로 확인하는 방법이다. 컴퓨터의 전송시스템을 통하여 실시간으로 어선의 상태를 감시하고, 어획량과 조업어장, 조업시간 등의 정보를 중앙관리시스템으로 전송하여 중앙에서 각 해역에서 올라오는 데이터를 즉시 집계, 처리하여 보다 정확한 자료를 수집하는 제도이다. 이것은 정확한 자료 수집 및 실시간 정보 공유의 장점이 있지만 운영상의 비용 문제와 어업인의 적극적인 동참이 무엇보다 요구된다.

마지막으로, 어획량 및 어획노력량 데이터의 정보화 시스템 구축이다. 일본에서도 1997년 1월부터 TAC제도를 실시하고 있으며, TAC제도의 운영에는 어획량의 신속·정확한 파악이 불가결한 요소라고 인식하여 1996~1997년에 걸쳐 전국 TAC 관계 현에 국가-현-수산시험소-주요 어협·시장의 컴퓨터 네트워크를 구축하였다. 이 네트워크 시스템은 TAC 관리단체에서 어획데이터를 컴퓨터 네트워크 시스템을 이용하여 일본 수산정보 서비스 센터 (JAFIC)에 송신하게 되며, 최종적으로 JAFIC에서는 각종 데이터를 집계해 그 결과를 수산청에 정기적으로 보고하거나, 각 관리 단체에 집계결과를 환원하고 있다. 이것은 TAC 어종에 한정하지 않고 모든 어종의 어획량을 파악하는데도 사용하고 있으며, 관찰 현내의 모든 어획량을 2~3일내에 파악할 수 있도록 하였다. 이러한 컴퓨터 정보화 시스템만 구축된다면 현재보다 어선수가 늘거나 TAC 대상어종이 확대되더라도 국가 차원에서 어획량 및 자원관리를 효율적으로 수행할 수 있다.

## 2. ABC 추정시스템의 실질화를 통한 TAC 확대 적용 방안

### 가. ABC 추정시스템의 실질화

ABC 추정시스템은 여러 보고서 및 문헌 등을 통하여 이미 많이 보고되었다. 목표어종에 대해 특별히 정해진 ABC 추정방법은 없으며, 어종마다 정보의 수준에 따라 적절한 평가모형을 사용하는 것이 일반적인 방법이다. 가장 실질적인 ABC의 추정방법은 표 3-2-4와 3-2-5에서 나타난 방법 중 정보 수준이 가장 높은 1단계의 방법으로 추정하는 것이다. 1단계에서는 해당연도의 자원량 ( $B$ ), 최대지속적생산량 ( $MSY$ )을 얻을 수 있는 자원량 ( $B_{MSY}$ ), 이 때의 순간어획사망계수 ( $F_{MSY}$ )의 정보가 필요하다. 정보수준이 높은 단계일수록 목표 어종에 대한 기초 자료의 정확성이 요구된다. 즉, 정확하게 수집된 기초 자료가 없으면, 위에서 요구하는 값들을 추정할 수 없으므로 1단계의 추정시스템을 이용할 수 없게 된다. 이런 문제의 해결은 어획량 및 어획노력량 자료뿐만 아니라, 체장 조성, 연령조성 등 자원생물들의 생물학적 자료의 신뢰도를 높여야만 한다. 하지만, 예산과 인력의 부족 및 자료수집 방법상 한계로 여러 가지 생태학적 매개변수에 대한 정확한 정보 수집이 어려울 경우 어획량 및 어획노력량의 자료만으로도 제 4단계의 ABC 추정시스템을 이용하면 된다. 제 4단계의 ABC 추정시스템은 어획노력량과 어획량의 관계를 이용한 단위노력당 어획량을 자원상태의 파악에 이용하는 것으로 제 1단계의 방법보다 매우 간단하며, 요구되는 자료도 많지 않아 적은 비용을 들여 많은 어종에 대해 ABC 추정이 가능하다. 이 방법 역시 정확한 자료에 의해 실질적인 ABC 추정이 가능하므로 무엇보다 신뢰성 높은 자료수집이 관건이다.

## 나. TAC제 확대 적용 방안

TAC 대상종은 경제적 중요성, 자원의 남획상태, 감시 및 관리의 용이도, 자료 및 정보 수집 수준 등의 요인에 의해 결정된다. 우리나라는 1999년 TAC 시범실시가 시작된 이래 최근까지 점차적으로 대상종을 늘려가고 있지만 여러 가지 어업 여건상의 문제로 한계를 가지고 있다. 2003년을 예로 든다면 우리나라 주요 상업적 어종 중 갑각류나 패류를 제외하고는 단 3종 (고등어, 전갱이, 정어리)만이 TAC 대상종으로 선정되어 있다. 이것은 200여종 이상이 어획되는 우리나라의 어업상황에서 매우 적은 수이며, 참조기, 갈치, 명태 등과 같이 경제적으로 매우 중요하지만 최근 자원의 남획으로 어획이 거의 이루어지지 않고 있는 어종들도 있다. 하지만 이러한 종들은 서로 다른 어업과의 경쟁관계에 있기 때문에 남획 및 자원고갈의 우려가 있고, 현재의 어획량도 매우 낮은 수준에 있는 종들이다.

이와 같이 TAC 실시 대상종이 몇몇 종에 국한되어 있는 이유로는 여러 가지가 있겠지만, 과학적인 자료 및 정보가 부족하여 자원평가가 어렵거나 다어구 어업에 의해서 어획되므로 어획량 배분 및 관리 등의 문제가 있을 것이다. 따라서 어획노력량을 이용한 TAC 확대 적용방안을 크게 두 가지로 나타냈다.

첫째, 표준화된 어획노력량은 복잡한 어업에서 어획되는 어종의 자원평가 및 어획량 배분에 매우 용이하다. 2004년 시범 실시예정인 갈치의 경우 앞에서 설명하였듯이 여러 어업에 의해서 어획되므로, 이러한 어업의 어획노력량을 이용한 갈치의 자원평가는 고등어, 전갱이, 정어리와 같이 단일어업에서 거의 대부분이 어획되는 어종에 비해 쉽지 않다. 이러한 어업의 어획노력량 표준화는 자원평가에 중요한 역할을 할 수 있다. 또한, 현재 실시되고 있는 대게 어업의 경우에서와 같이 어획량 비율이 통발어업과 근해자망어업에서 약 80%와 20%가 어획되지만 TAC제에 의한 자원관리가 잘 이루어지고 있다. 다만, 두 어업의 어획량 배분에 있어 적용 가능한 적절한 기준을 찾지 못하고 있다. 대게 어획량의 어획물 조성을 살펴보면 자망어업에서 어획되는 대게가 어체가 크며 판매단가도 통발어업에서 어획된 것 보다 훨씬 높은 것으로 보고되고 있다. 어업비용도 통발어업보다 자망어업이 훨씬 낮은 것으로 나타났다. 이와 같은 경우 두 어업의 어획노력량을 표준화하여 위에서 나타냈던 두 어업을 대상으로 하는 경제성 분석에 적용한다면 각 어업의 적정 어획노력량과 어획량을 추정하고 두 가지 어업에서 어업비용은 적게 들고 최대 순이익을 얻을 수 있는 수준에서 어획량을 배분할 수 있을 것이다. 대게가 상업적으로 가치가 있고, 앞으로 TAC에 의해 지속적인 관리가 필요한 대상어종이므로, 통발어업과 자망어업의 경우 경제성분석에 적용한 어업관리가 필요할 것으로 판단된다. 이 외에도 우리나라 대부분의 어업이 두 개 어업이상에서 어획되고 있는 실정이므로, 어획노력량의 표준화를 통하여 경제성 분석이 이 어업관리에 매우 유용할 것이다. 따라서, 어획노력량의 이용은 표준화를 통한 다어구 어업의 자원평가에 유용하게 이용되고, 어획노력량의 비를 통한 어획량 배분에도 적절한 기준을 제시할 수 있다.

둘째, 어획노력량의 정량화에 의해 적정 어구 규모의 설정을 통한 투입량 규제와 TAC 제의 조화이다. 여기서 어획노력량의 정량화는 어업별 어획강도의 정량화를 의미하는 것으로 어업별 어획강도를 비교할 수 있는 척도가 된다. 이것은 TAC로 대표되는 어획량 제한의 output 규제와 이와 상충되는 면허·허가제로 대표되는 어획노력량의 규제라는 input 규제의 상호 조화를 의미한다. 복잡한 어업에서 어획되는 어종의 TAC가 산정되었을 경우, 어획량 배분뿐만 아니라 어획량을 관리하는데도 여러 가지 애로사항이 발생할 수 있다. 이것은 일반적으로 순수한 어획량 할당제가 자본과 노동의 과잉 투입으로 그 의미를 상실할 수 있는 반면, 투입량 규제, 즉 면허·허가제도는 과잉 투입 자체를 사전에 차단하여 어선 또는 어구규모를 적절하게 조정 가능한 경우에는 이러한 상황을 보완할 수 있다. 다시 말하면, 어획기술면에서 어구·어선을 제한할 경우 어업의 생산성을 제한하는 것으로 어획노력량을 조정하는 방법이며, 이것은 TAC와의 조합으로 TAC의 문제점으로 발생할 수 있는 어획경쟁의 심화를 완화시키는 작용을 할 수 있다. 더구나 이 방법 자체는 어획노력량에 초점을 맞춘 방법이기 때문에 그에 의하여 경영효율의 개선 등 TAC만의 정책으로 불가능한 부분을 보충할 수 있다. 따라서 각 제도의 장점은 내세우면서 각 제도의 효과가 미치지 않는 부분을 새로이 보완할 수 있는 가능성이 있는 조합이라고 할 수 있다. 또한 input 규제는 단순히 어획노력량만을 규제하는 것이 아니고, 이 방법을 통하여 대상어업이나 사회경제 상황 등을 고려한 어업관리의 정책 수단으로도 효과를 발휘할 수 있다. 이것은 TAC가 설정된 상태에서 어업간 경쟁을 줄이고 경제적 손실을 막기 위해 어선수를 몇 척으로 하면 순이익이 최대로 될 것인지, 또는 TAC제 시행을 위한 적정 어선형을 도입하는 데는 어느 정도의 기준이 적절한지를 고려하는 경제적인 개념도 포함할 수 있다. 어획노력량 정량화를 통해 어업별 어획강도의 비교가 가능하다면, 어느 어업에 어느 만큼 우선적으로 배분할 것인가에 대한 기준도 될 수 있다.

2003년 현재 실시되고 있는 TAC의 대상어종의 선정 기준은 어획량이 많고 산업적 비중이 큰 대중어종으로 고등어, 전갱이, 정어리를 선정하였고, 자원감소가 현저하여 보호가 필요한 정착성어종으로 붉은대게, 키조개, 개조개를 선정하였으며, 어장 및 어구분쟁으로 어업조정이 필요한 어종으로 대게를, 자원보호 및 조업경쟁완화가 필요한 어종으로 꽃게를, 시도지사가 자원보호가 필요하다고 인정하여 신청한 어종인 소라를 선정하여 실시하고 있다. 위에서 나열한 9개 어종은 대부분 비교적 기본적인 자원평가를 할 수 있는 자원생물학적인 정보를 가지고 있으며 자원평가 및 관리가 쉬운 단일 어업에서 주로 어획되는 어종들이다. 하지만, 다종 및 다어구 형태의 복잡한 어획형태를 가지는 저어자원에 대해서도 노력량 표준화를 통한 TAC 확대 적용 및 집중 관리가 요구된다.

# 제 2과제 어구·어법 조사·분석·평가를 통한 어획노력량 정량화 및 사용어구 적 정규모 설정(표준화)

## 제 1 편 소극적 어법의 어구

### 제 1 장 어업별 실태 조사

#### 제 1 절 조사 대상 어업

본 연구의 조사 대상 어업은 연·근해의 중소형 어업으로서 소극적 어법으로 분류되는 안강망 어업, 자망 어업, 통발 어업 그리고 연승 어업으로 하였고, 이들 어업에 대해서 각각 표본선을 선정하여 조사하였다(표 1-1-1).

표 1-1-1. 조사 대상 업종과 해당 수협

Table 1-1-1. Investigated type of target fishery and Fisheries Cooperatives

어업 구분	업종	법령상 톤수(톤)	조사 대상 표본 분류(톤)	해당 수협
안강망 어업	안강망	8-90	8-20	근해안강망수협
			20-50	
			50-90	
자망 어업	대게자망 꽃게자망	8-70	8-20	근해유자망수협
			20-50	
			50-70	
통발 어업	붕장어통발 붉은대게통발	8-70	8-20	근해통발수협
			20-50	
			50-70	
연승 어업	복어연승 갈치연승	8-70	8-40	수협중앙회 (제주수협, 삼천포수협)
			40-70	

## 제 2 절 어업별 실태 조사 지역 및 방법

### 1. 어업별 실태 조사 지역

안강망 어업은 여수지역, 대게 자망과 붉은 대게 통발은 동해안 일대에서 조사가 이루어졌으며, 꽃게 자망은 경기도 서해안 지역, 복어 연승은 동해안과 제주도에서, 갈치 연승도 제주도에서, 붕장어 통발은 남해안에서 각각 조사하였다.

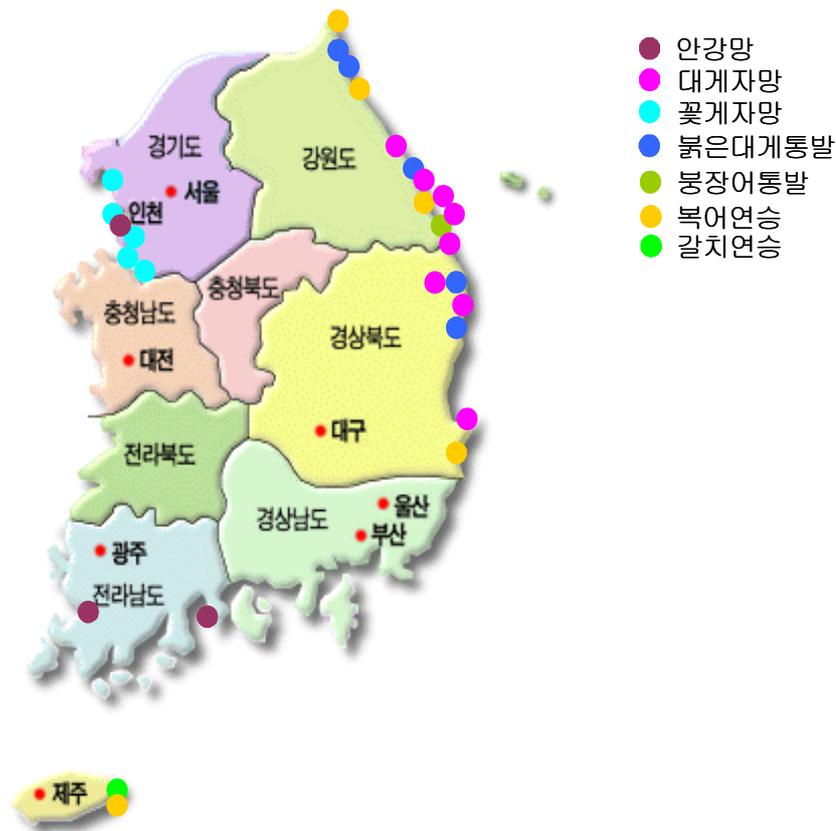


그림 1-2-1. 업종별 실태 조사 지역.

Fig. 1-2-1. The area on researching into the actual condition of fisheries.

### 2. 어업별 실태 조사 방법

조사 방법은 해당 단위 수협에서 선정해준 어선을 기준으로 현장에서 직접 어선과 어업 종사자를 대상으로 조업 실태를 조사하였고, 해당 수협에서 필요한 자료들을 얻었다. 주요 조사 내용은 어업별 어구 어법과 대상 어종, 어구 설계도, 어획량 그리고 조업 조건 등 각 어업별로 어획노력량 및 어구를 분석하는데 필요한 사항들에 대해서 조사되었다.

## 제 3 절 업종별 실태

### 1. 안강망 어업

#### 가. 안강망

##### (1) 어구 어법

조류의 방향이 180도로 바로 바뀌지 않는 동중국해, 서해안, 제주도 근해에서 주로 조업하며 현재는 범포를 이용한 전개장치를 사용하고 있다.

이것은 그물입구의 상부에는 뜸을, 하부에는 발들을 달아 상하로 전개되도록 하고, 양 옆에는 가름대와 목줄이 부착된 범포를 달아서 조류를 받으면 유체저항에 의해 좌우로 전개되도록 한 것이다.

따라서 목줄의 각도를 조정함으로써 대상 어군의 분포상태에 따라 자루그물 입구의 전개상태 즉, 망고 또는 망폭을 크게 조정할 수 있다.

그물의 형태는 4장의 그물을 길이 방향으로 항을 쳐 자루모양으로 만들며 그 규모는 어선의 규모에 따라 약간의 차이는 있으나, 대체로 범포의 길이가 48m, 51m, 54m인 3종류를 사용하고 있다. 규모별 윗판과 밑판의 그물 콧수 및 범포의 폭은 48m인 경우 440코에 2m, 51m인 경우 460코에 2.2m, 54m인 경우 470코에 2.2m 내외이며, 옆판은 윗판과 같게 하거나 10~20코 정도 더 작게 한다.

그리고 범포가 조류를 받았을 때 활처럼 휘어 전개력이 떨어지는 것을 방지하기 위하여 뜸줄 부분에는 부력을 아주 약하게 하고, 양측 최상부의 가름대에 직경 360mm인 뜸 18~20개를 그물로 싼 다음 각각 부착하여 이곳에 집중적으로 부력이 작용하도록 하며, 최하부의 가름대는 약 150kg 내외의 철봉을 사용하여 침강력이 집중적으로 작용하도록 한다. 특히 발줄의 경우, 바닥에서 다소 떨어져 서식하는 어종을 대상으로 할 때는 발줄의 양측에만 체인을 달아 가볍게 하여 사용하고, 바닥에 거의 붙어서 서식하는 어종을 대상으로 할 때는 발주에 고무보빈과 체인을 달아 다소 무겁게 하여 사용한다.

투망은 정조 시를 전후하여 조류가 약하게 흐를 때 우현에서 닳을 투하하고 배잡이줄로 배를 조류방향에 대해 가로로 세운다. 연이어 반대 현 즉, 좌현에서 조류를 따라 자루그물과 전개장치인 범포를 투하하고 전개상태를 확인하면서 걸이줄, 고팡줄, 돈옴줄을 투하한다. 투망이 완료되면 부표를 띄우고 배는 닳으로부터 분리되어 다음 어구를 투망한다. 투망하기 전에 조류의 강약에 따라 즉, 조류가 강할 때는 범포의 목줄 중 짧은 줄인 앞줄을 약간 줄여 조류를 적게 받도록 하고, 조류가 약할 때는 반대로 늘려주어 조류를 많이 받도록 함으로써 그물입구의 전개상태를 조정할 수 있다.

투망이 모두 완료되면 다음 정조시까지 닳을 놓고 어구를 감시하면서 대기하였다가 양망을 한다. 양망은 투망의 반대 순으로 즉, 부표를 잡아 배잡이줄을 잡고 배를 조류방향에 대해 가로로 세운 다음 캡스턴과 사이드드럼으로 돈옴줄과 조임줄을 차례로 감아 범

포가 접히면서 올라오면 갈로우스에 고정하고 그물을 차례로 당겨 양망한다.

조류의 방향이 바뀔 때에도 어구는 조류를 따라 자동으로 회전하므로 어장을 이동할 경우를 제외하고는 한 곳에 그대로 부설하여 놓고 자루그물만 1일 2~4회 양망한다.

어구 1통당 투망 소요시간은 20분 내외, 양망 소요시간은 30분 내외이며, 조류를 이용하여 조업하므로 음력을 기준으로 매월 4~5일경 어장에 나가서 11~12일경까지 약 7~9일간 조업한 다음 귀항하였다가 19~20일경 다시 어장에 나가서 26~27일경까지 조업한다.

어기는 연중 조업하며, 6~3월에 어획이 양호하다. 주요 어장은 서해 및 동중국해의 수심 60~80m, 저질은 펄 또는 사니질이다. 주로 어획되는 어종은 시기에 따라 차이는 있지만 평균적으로 강달이류 약 25%, 갈치 약 15%, 참조기 약 5%, 아귀, 병어류, 고등어, 갑오징어, 말쥐치 등 기타 약 55%를 차지한다. 어선은 강선 70~80톤급, 500마력 내외에 10~12명이 승선 조업하고 있다.

안강망 어업은 그물코의 규격이 35mm이하의 것을 사용하도록 수산자원보호령에 명시되어 있다.(수산자원보호령 제6조 1항 8호) 또한 낭망부분에는 2중이상의 어망을 설치하지 못하도록 규정하고 있다.(수산자원보호령 제6조 2항)

근해안강망 어업은 2003년 7월 1일부터는 15통 이내의 어구(어구용 닻을 포함)를, 2004년 7월 1일부터는 10통 이내의 어구를 그리고 2005년 7월 1일부터는 5통 이내의 어구를 각각 사용하거나 실어야 한다고 규정하고 있다.(어업허가 및 신고등에 관한 규칙 [별표 9])

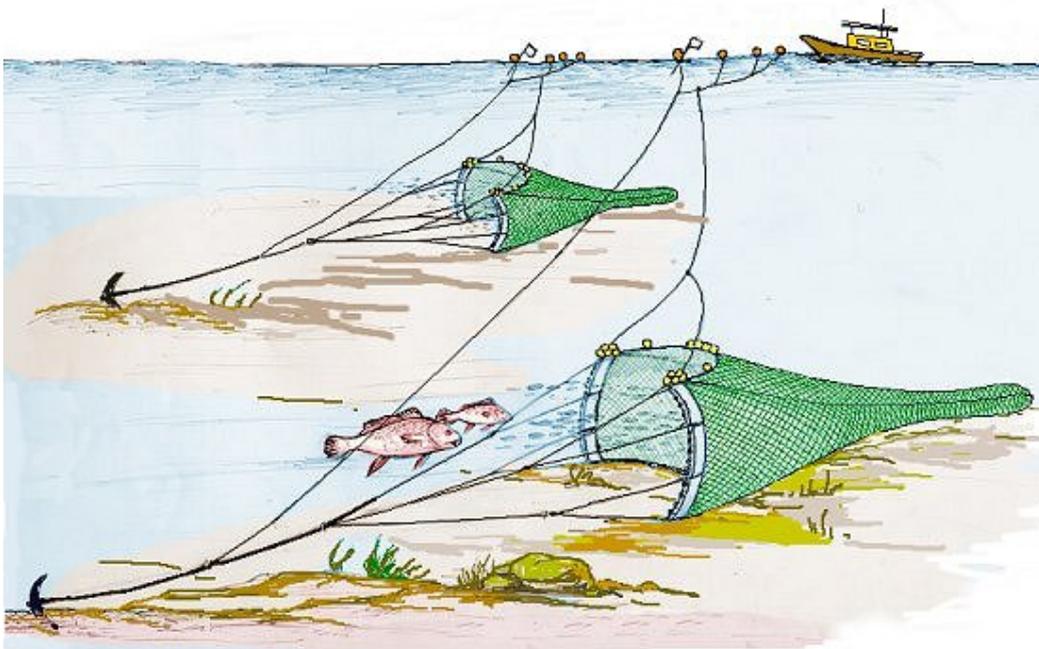


그림 1-3-1. 안강망 조업모식도.

Fig. 1-3-1. Operating schematic diagram of stow net.

(a)

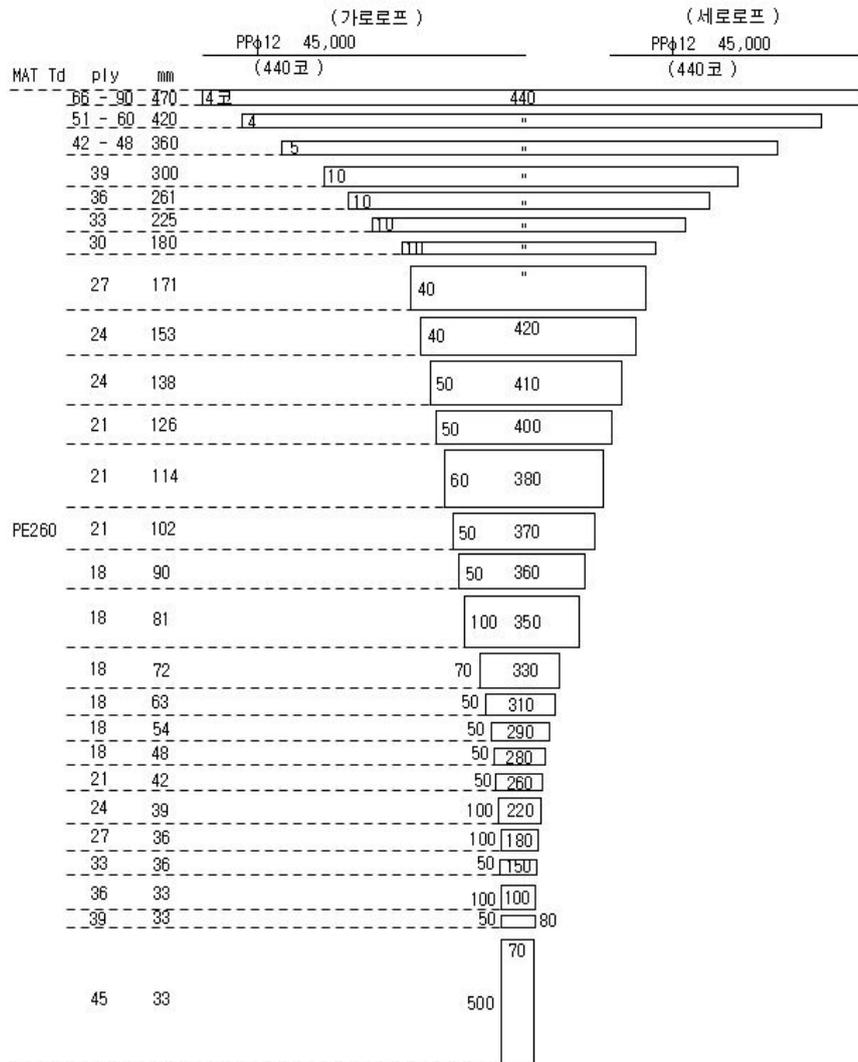


그림 1-3-2(a). 안강망 어구 설계도.

Fig. 1-3-2(a). Design plan of stow net.

(b)

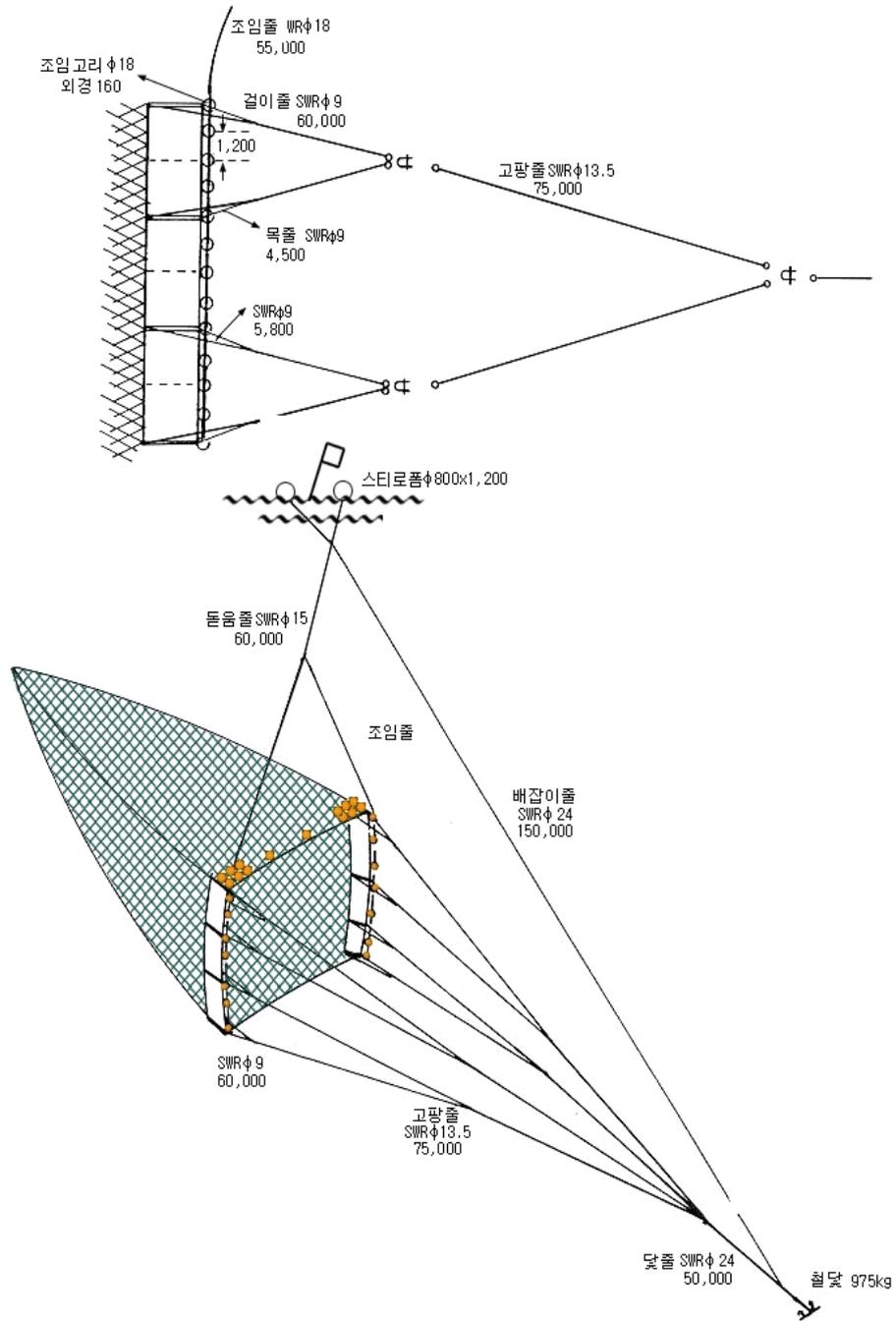


그림 1-3-2(b). 안강망 어구 설계도.

Fig. 1-3-2(b). Design plan of stow net.

## (2) 조사 기간 및 조사 지역

안강망 어업의 실태조사는 3회 실시하였다. 그 결과 어구와 어법은 모두 유사하였으며, 그 중 어획자료를 가장 잘 확보할 수 있었던, 여수지역의 수협을 통해 801항차(약 53척)의 2002년 어획량자료를 입수하였다.

표 1-3-1은 조사기간별 조사지역을 나타낸 것이다.

표 1-3-1. 조사기간별 조사지역

Table 1-3-1. Investigated area classified by date

조사기간	조사지역
2003년 5월 28일부터 6월 1일	남해안 주요 항구
2003년 10월 27일부터 10월 30일	경기도 주요 항구
2003년 11월 17일부터 20일	전남 목포

## (3) 어구규모

어구의 크기는 망고가 45m, 망폭이 45m 그리고 길이가 100~120m였다.

## (4) 어구 사용량

사용어구는 약 9~10통이고, 예비어구로 4~5통을 준비하고 있다.

## (5) 어선의 규모, 성능

어선은 신통수 69~77톤급이며 69톤급이 약 80%를 차지하였다. 평균톤수는 약 71톤 정도였다.

## (6) 조업인원

조업 인원은 8~10명 정도였다.

## 2. 자망어업

### 가. 대계자망

#### (1) 어구어법

그물감은 NY 경심 3호, 망목 120~180mm 내외를 주로 사용하며, 뜯줄의 성형률은 약 33%, 발줄의 성형률은 약 38%로 주름을 많이 주어 대상 생물이 잘 얽히도록 한 어구를 바닥에 고정시켜 조업한다.

어장에 약 23폭(15~30폭)을 1조로 하여 5~6조(120~150폭)의 어구를 분산하여 투망해 놓은 다음 하루에 1조씩 양망한다. 어구 한폭 간의 연결은 뜰줄과 밧줄만 서로 연결한다.

보통 오전 4~6시경 출항하여 어장에 도착하면 전일 투망한 어구를 양망한 다음 미리 준비한 어구를 투망하고 귀항한다. 투망은 좌현 선수에서 행하며 양망은 그물 전체를 좌현 선수 쪽에 있는 가이드롤러 위에 얹혀 놓고 우현 쪽 사이드드럼으로 감아올린다. 양망 소요시간은 약 1시간~1시간30분, 투망 소요시간은 약 20~30분이다.

소형어선은 연안 20마일 이내에서 조업하지만 중·대형선은 연안에서 100마일까지도 출어한다.

어구 부설 수심에 따라 어획되는 계의 종류가 조금씩 다르다. 즉, 수심 200~400m까지는 대계, 수심 200~600m까지는 청계(일명 너도대계), 수심 200~800m까지는 붉은대계(일명 홍계) 등이 주로 어획된다. 가자미 유자망과 유사하여 가자미가 많이 혼획된다. 어획물은 양망시에 떼어내지 않고 그물과 함께 양망하였다가 부둣가에서 그물 정리를 하면서 떼어낸다.

어기는 11월에서 이듬해 5월까지 어획이 양호하며, 어장은 강원도로부터 경북연안까지의 수심 약 100~400m로 저질은 암초 또는 사니질이다. 주요 어획어종은 대계가 약 60%, 붉은대계, 청계, 가자미 등 기타어종이 40%를 차지한다. 어선은 3~7톤급, 50~200마력 내외에 2~5명이 승선 조업하는 것이 대부분이다. 그림 1-3-4 및 1-3-5는 대계자망 어구의 설계도를 나타낸 것이다.

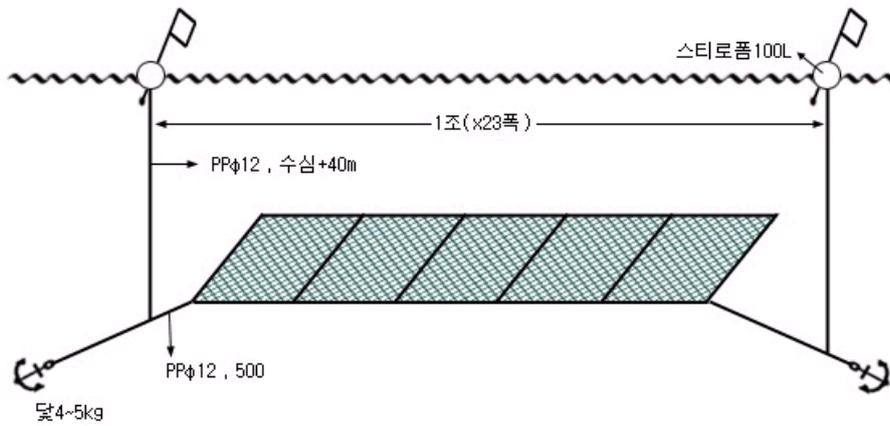
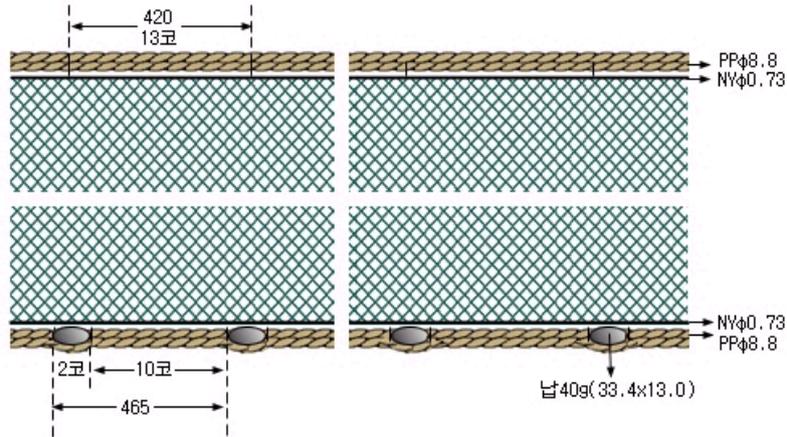


그림 1-3-3. 대게자망 어구 설계도(홀자망).

Fig. 1-3-3. Design plan of king crab gill net(single gill net).

PPφ7.0 80,000

1코	NY Td210 6합사 망목180mm	
16코	경심3호 망목180mm	3,000코
1코	NY Td210 6합사 망목180mm	

PPφ5.0 100,000

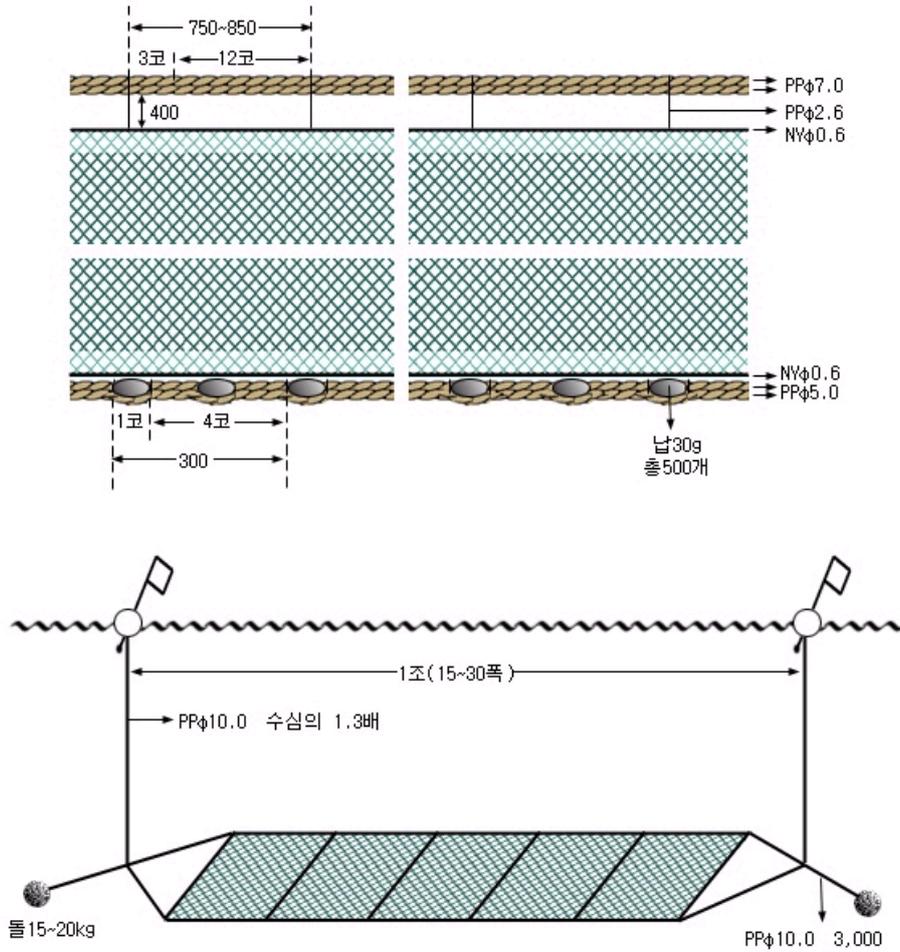


그림 1-3-4. 대게자망 어구 설계도(삼중자망).

Fig. 1-3-4. Design plan of king crab gill net(trammel net).

**(2) 조사 기간 및 조사 지역**

대게자망 어구의 실태조사는 4번 실시되었으며, 주요 항구에서 직접 어구를 조사하고 어업인과 만나 청취조사를 하였다. 어획량 자료는 각 수협이 위판자료(2002년)를 입수하여 조사된 어선에 대한 어획량을 조사하였다.

표 1-3-2는 조사기간별 조사지역을 나타낸 것이다.

**표 1-3-2. 조사기간별 조사지역**

**Table 1-3-2. Investigated area classified by date**

조사기간	조사지역
2002년 12월 29일부터 31일	경북 포항시 구룡포 및 경주 감포
2003년 3월 10일부터 14일	동해안 주요 항구
2003년 8월 20일부터 22일	동해안 주요 항구
2003년 8월 26일부터 30일	동해안 북부 주요 항구

실태조사지역은 8개 항구이며 각각 강구 2건, 구룡포 9건, 울진 6건, 임원 5건, 장호 8건, 정라 11건, 죽변 4건 및 후포 9건으로 총 54건을 조사하였다.

**(3) 어구규모**

실태조사에 의해 파악된 현재 사용하고 있는 대게자망의 어구 규모를 그림 1-3-5와 그림 1-3-6에 나타내었다.

먼저 그림 1-3-5는 현재 사용 중인 대게자망 어구의 한쪽 길이를 나타내는 것이다. 한쪽의 길이는 40m에서부터 180m까지 다양하게 사용하고 있었지만, 대부분 90m 이상을 사용하는 것으로 나타났다. 또한 한쪽 섯의 길이는 2m에서 6.6m까지 조사되었으며, 2m~3m인 것을 가장 많이 사용하는 것으로 나타났다.

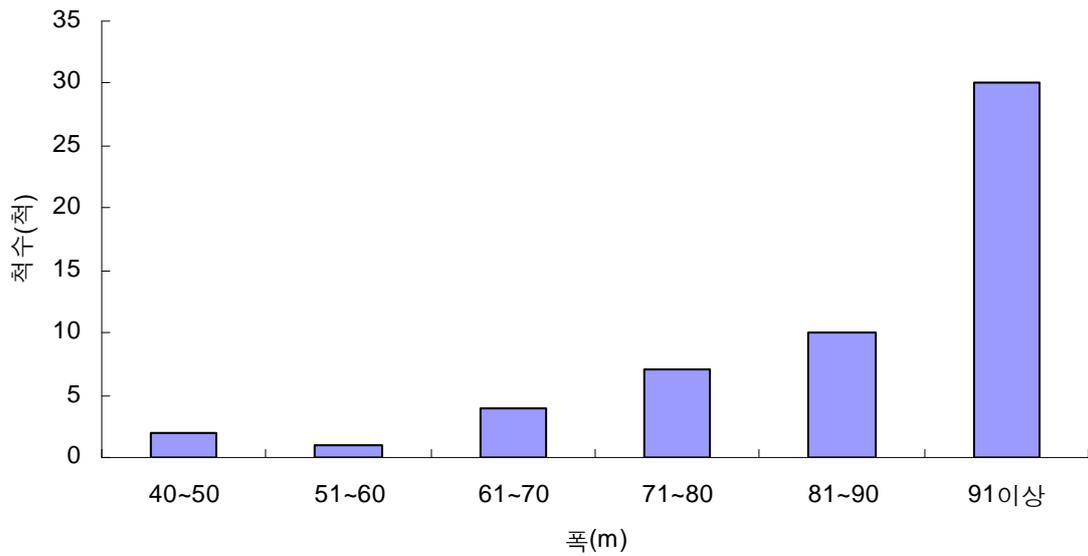


그림 1-3-5. 한쪽 길이에 따른 사용척수.

Fig. 1-3-5. The number of used vessels according to the length of one net panel.

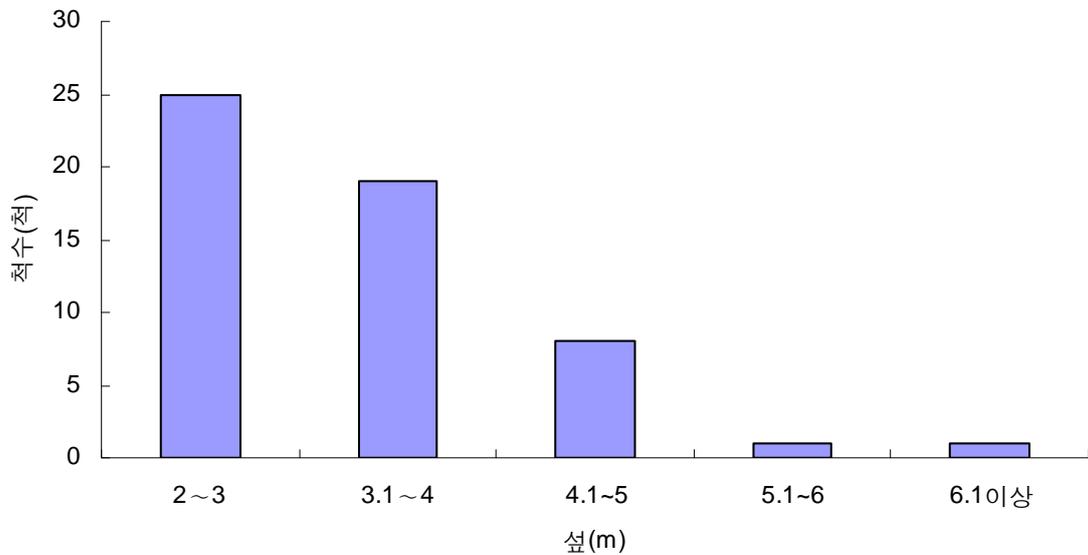


그림 1-3-6. 한쪽 깊이에 따른 사용척수.

Fig. 1-3-6. The number of used vessels according to the depth of net panel.

#### (4) 어구 사용량

어구의 사용량을 조사하기 위해서 어선 한척이 조업에 사용하는 하루 어구의 사용폭수를 조사하여 그림 1-3-7에 나타내었다. 사용폭수는 13폭에서 200폭까지로 조사되었으며, 10폭에서 30폭을 사용하는 것이 가장 많이 나타났다.

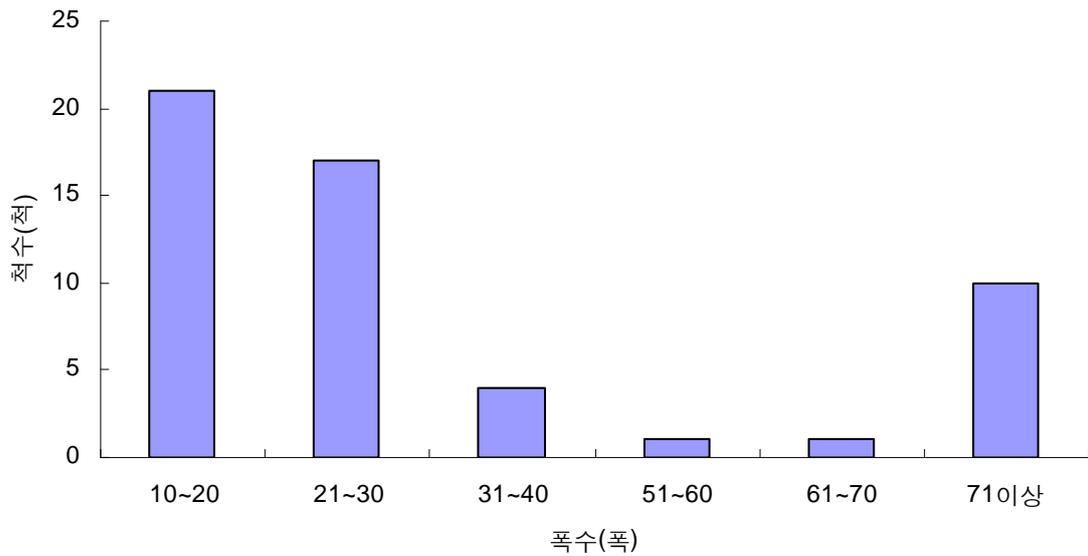


그림 1-3-7. 1일 사용폭수에 따른 사용척수.

Fig. 1-3-7. The number of used vessels according to the number of used panel per a day.

#### (5) 침지시간

침지 시간은 10시간에서 720시간으로 다양하게 나타났으며, 170시간 이상 침지하는 것이 대부분을 차지하였다.

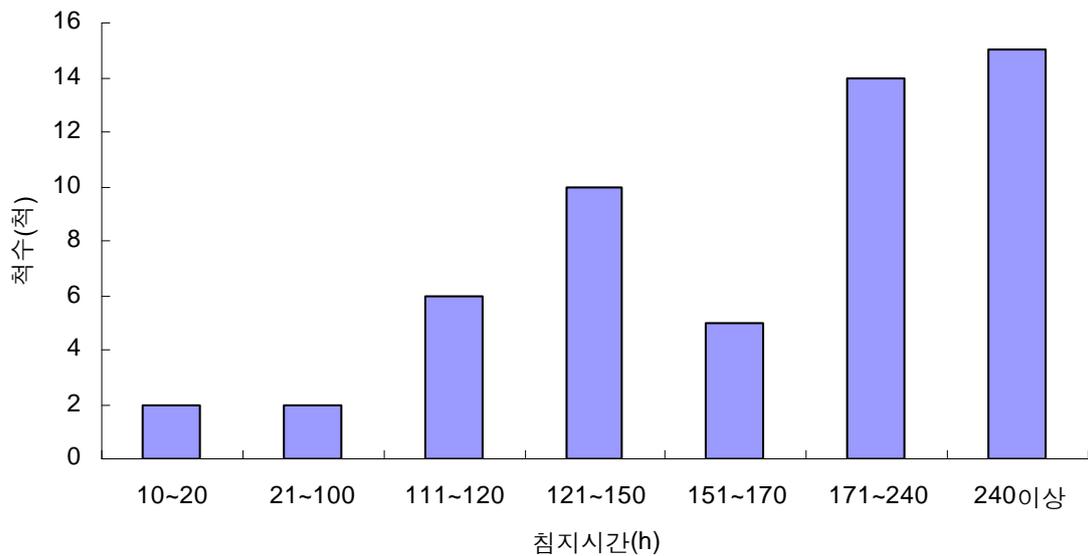


그림 1-3-8. 침지시간에 따른 사용척수.

Fig. 1-3-8. The number of used vessels according to the time of immersion.

### (6) 연중조업일수

연중 조업을 하는 조업일수는 50일에서 210일까지로 조사되었으며, 101일에서 130일 조업하는 것이 가장 많았다.

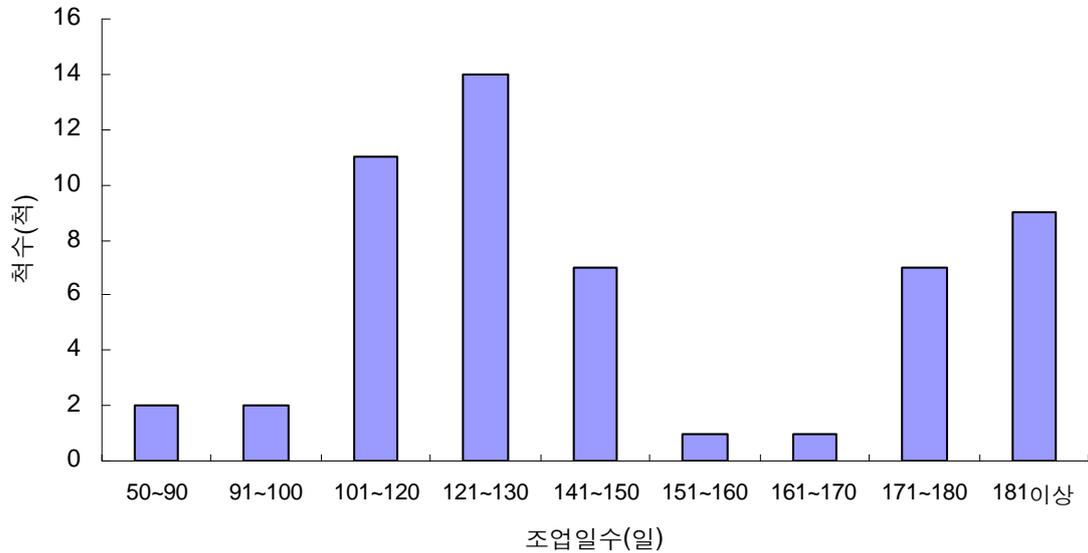


그림 1-3-9. 연중 조업일수에 따른 사용척수.

Fig. 1-3-9. The number of used vessels according to operating days in a year.

### (7) 망목 크기

현재 사용되고 있는 그물의 망목 크기는 그림 1-3-10에 나타난 것과 같이 150mm에서부터 330mm까지 사용하고 있었고, 241mm에서 250mm 사이인 242mm의 망목을 가장 많이 사용하는 것으로 조사되었다.

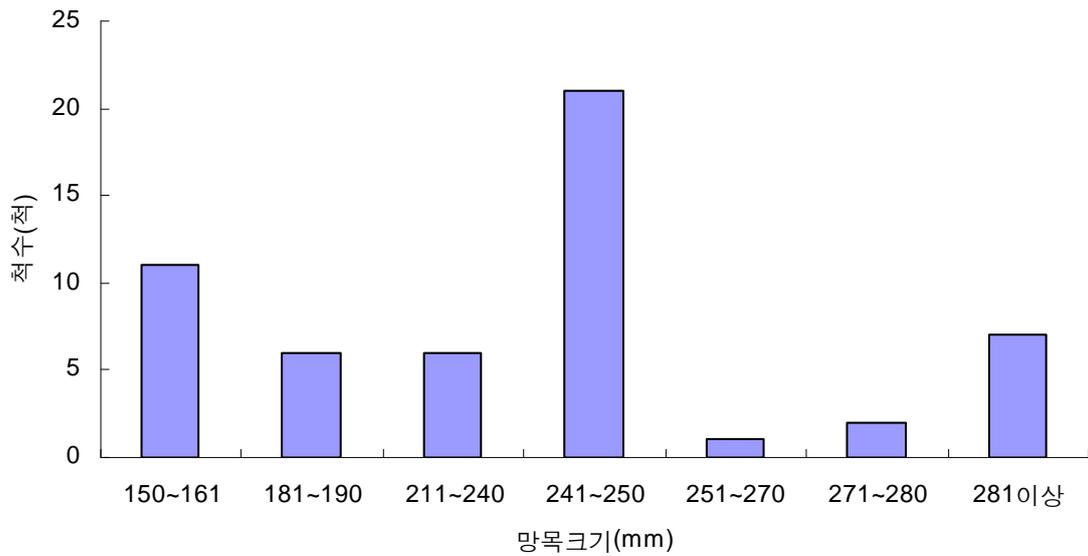


그림 1-3-10. 망목크기에 따른 사용척수.

Fig. 1-3-10. The number of used vessels according to mesh size.

(8) 어선의 규모, 성능

어선의 규모는 그림 1-3-11에서 보는 것과 같이 8톤이하의 어선이 29척으로 가장 많이 조사되었다.

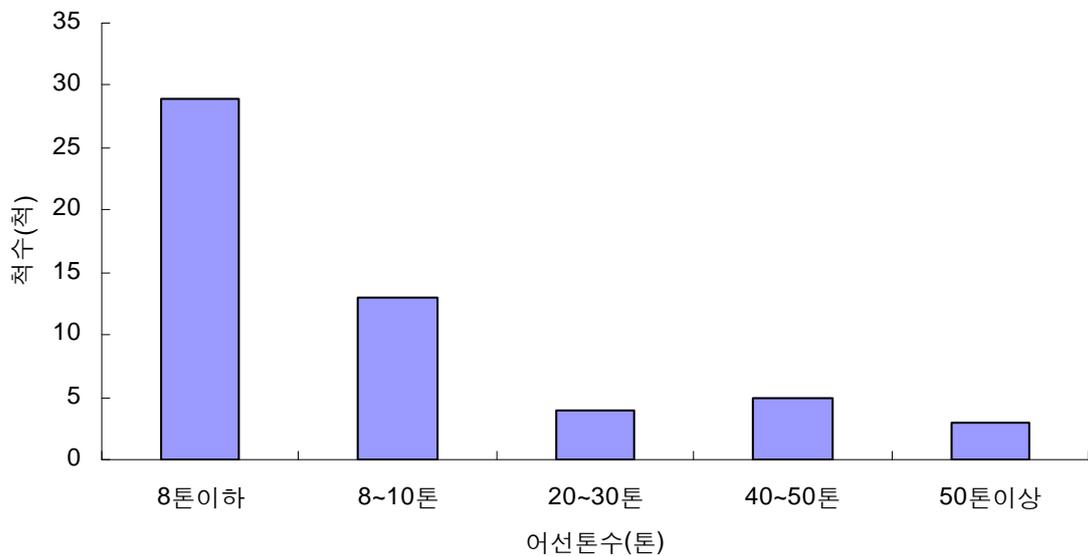


그림 1-3-11. 어선규모에 따른 사용척수.

Fig. 1-3-11. The number of used vessels according to vessel scale.

### (9) 조업인원

조업인원은 1명에서 9명까지 다양했으며 2명이 승선하여 조업하는 것이 17척, 1명이 조업하는 것이 11척, 9명이 조업하는 것이 10척으로 나타났다.

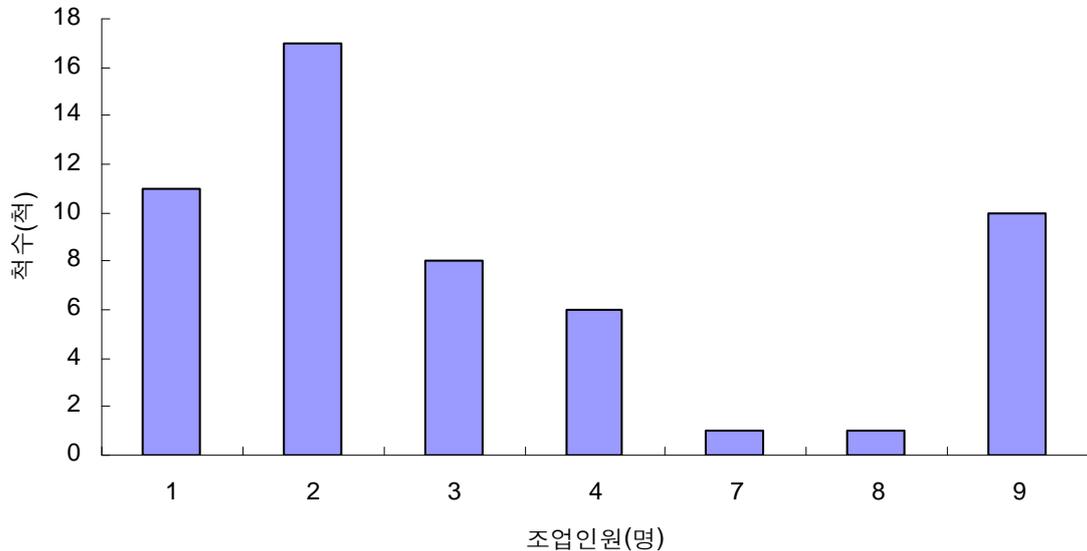


그림 1-3-12. 조업인원수에 따른 사용척수.

Fig. 1-3-12. The number of used vessels according to the number of seamen.

### 나. 꽃게자망

#### (1) 어구어법

꽃게 고정자망(무거운 닻을 사용하여 어구가 움직이지 않도록 하므로 어구어법상 저층 고정자망이라 할 수 있으며 이하 고정자망이라 일컫는다.)의 경우, 꽃게 삼중주머니업에 그물이라고도 하며, 원살 그물은 NY Td210 4합사 망목 151.5mm 내외를, 바깥살 그물은 NY Td210 12~60합사 망목 500~636.3mm 내외를 주로 사용하며, 그물감 상·하부에는 뜸과 발돌 없이 단순히 와이어로프(A) 또는 PP로프(B)만 부착하고, 길이 방향으로는 일정한 간격을 두어 뺨침대를 부착한다. 이때 성형률을 상하 와이어로프에는 원살 그물이 약 33%, 바깥살 그물이 약 47%, 뺨침대에는 약 55~57%로 하여 해·조류를 받으면 뺨침대와 뺨침대 사이에 약간 오목한 주머니가 형성되도록 한다.

투망은 조류가 강한 해역에서 정조시를 전후하여 조류 방향을 가로질러 닻으로 고정하면서 부설한다. 이때 뺨침대마다 뜸줄을 내고 뜸줄 끝에 대형 뜸을 달아 어구가 수직으로 전개되도록 하여 조류를 따라 회유하던 꽃게가 그물에 얽히거나 주머니에 갇히도록 한다. 또한, 꽃게의 회유 수층에 따라 뜸줄 길이를 조정하여 어구의 부설수층을 조정하는 경우도 있으나 일반적으로 저층에 부설한다.

양망은 간조나 만조 즉, 정조 약 1시간 전에 시작하며, 어획 상황을 고려하여 그 자리에 재투망하거나 어장을 이동하여 재투망한다.

어선 1척이 일반적으로 그물 4폭을 1조로 하여 4조의 어구를 투망하여 놓고 정조시마다 1~2조씩 양망한 다음 재투망한다.

어구 1조를 양망하여 재투망하는데 소요되는 시간은 약 1시간30분~2시간이다.

주요 어기는 3~7월에 주로 조업하며, 5월에 어획이 양호한 편이다. 어장은 경기도 연안 섬 주변으로 수심 약 20~30m, 저질은 펄 또는 사니질이다. 어종은 꽃게가 약 95%, 농어, 병어, 가오리 등 기타 약 5%이다. 어선은 목선 5~7톤급, 150~250마력 내외에 2~5명이 승선 조업한다.

한편 꽃게 유자망(가벼운 닻을 사용하여 어구가 조금씩 움직이도록 하므로 어구어법상 저층유자망이라 할 수 있으며 이하 유자망이라 일컫는다.)은, 그물감은 NY Td210 6합사 망목 150mm 내외를 주로 사용하며, 뜬줄의 성형률은 약 36%, 발줄의 성형률은 약 32%로 뜬줄의 길이가 발줄의 길이보다 약 12% 더 길다.

어선 1척당 약 40~60폭의 어구를 준비하여 1일 20~30폭씩 교대로 사용한다. 즉, 20~30폭중 약 10폭을 1조로 하여 2~3 곳에 분산 투망하였다가 다음날 양망하고 나머지 20~30폭을 같은 방법으로 투망 후 귀항한다.

오전 5~6시경 출항하여 전일 투망하였던 어구를 양망하여 어획상황을 파악한 다음 어장을 결정하여 전일 양망하였던 어구를 해·조류 방향에 대해 가로질러 투망하며, 투·양망 모두 가급적 정조시를 전후하여 실시한다.

어구 1조당 투망 소요시간은 약 40~50분, 양망 소요시간은 약 2~3시간이다.

어기는 4~5월이며, 어장은 충남 연안 수심 약 20~25m, 저질은 펄이다. 어종은 꽃게 약 100%, 어선은 목선 1톤급, 15마력 내외에 1~2명이 승선 조업한다.

자망어업 중 2중 이상의 자망을 사용하는 것은 허가를 받은 자에 한하며(수산자원보호령 제 5조 1항 및 2항) 2중 이상의 자망 중 내망의 그물코의 규격은 40mm이하의 것을 사용하도록 제한하고 있다.(수산자원보호령 제 6조)

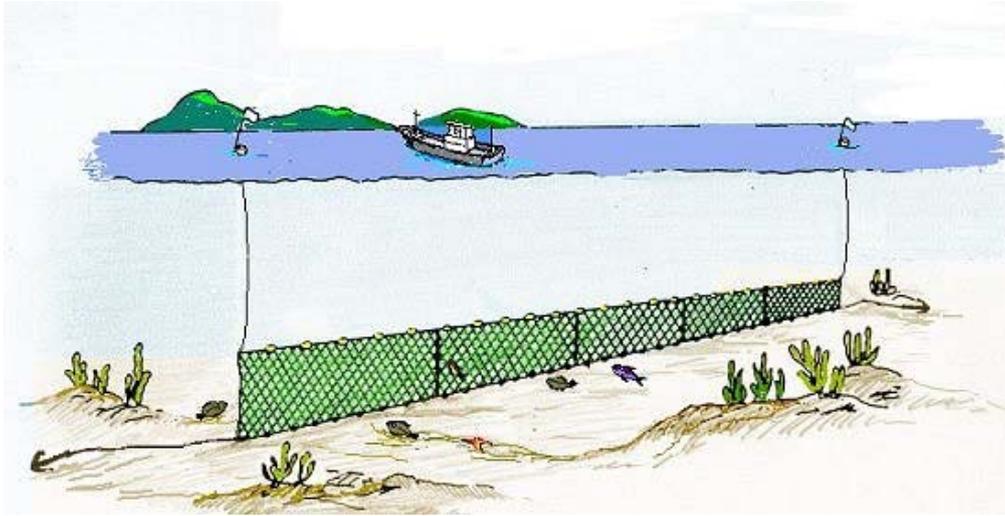


그림 1-3-13. 저층 자망의 조업모식도.

Fig. 1-3-13. Operating schematic diagram of bottom gill net.

(a)

SWRφ 16 303,000		
9코	NY Td210 18~24합사 망목 660 mm	530,000
45코	NY Td210 4합사 망목151.5mm	750,000
9코	NY Td210 18~24합사 망목 660 mm	530,000
SWRφ 16 303,000		

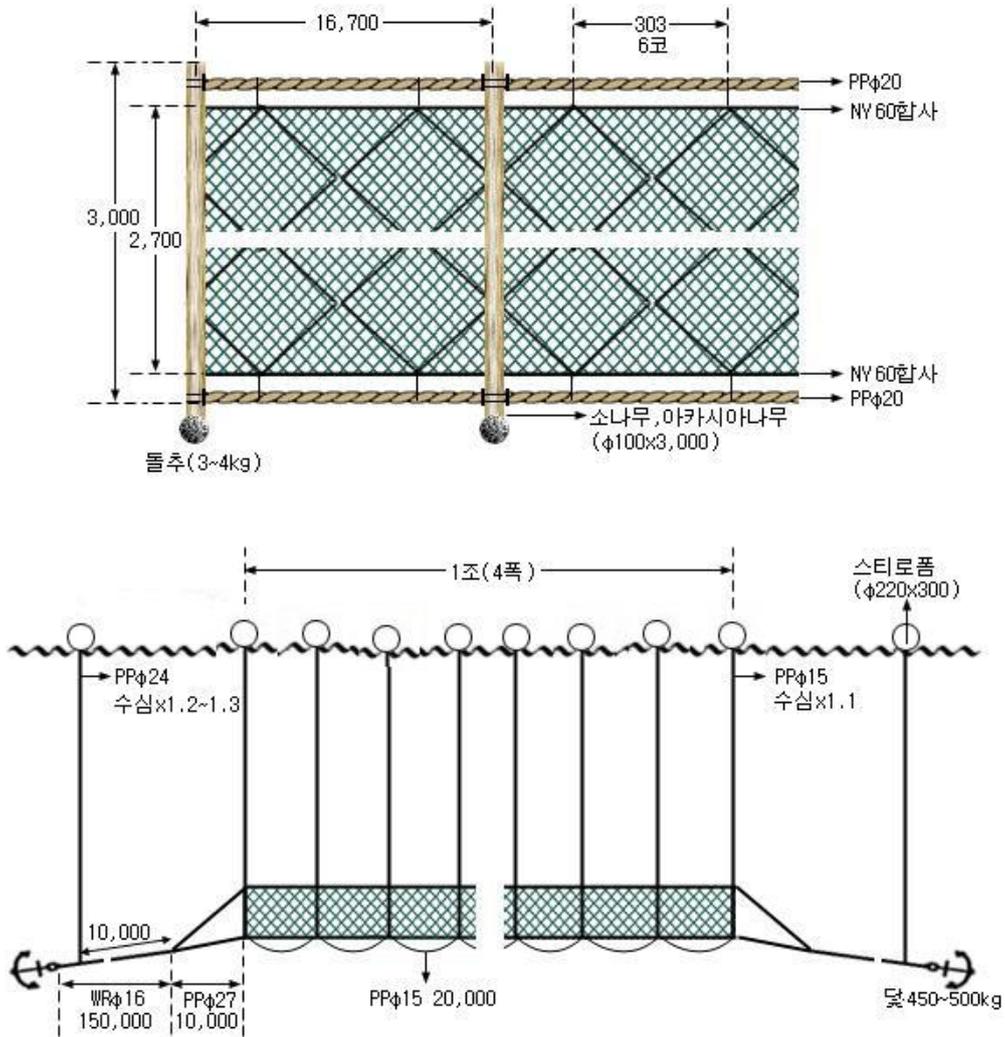


그림 1-3-14(a). 꽃게 자망의 어구설계도(고정자망).

Fig. 1-3-14(a). Design plan of blue crab gill net(using the anchor).

(b)

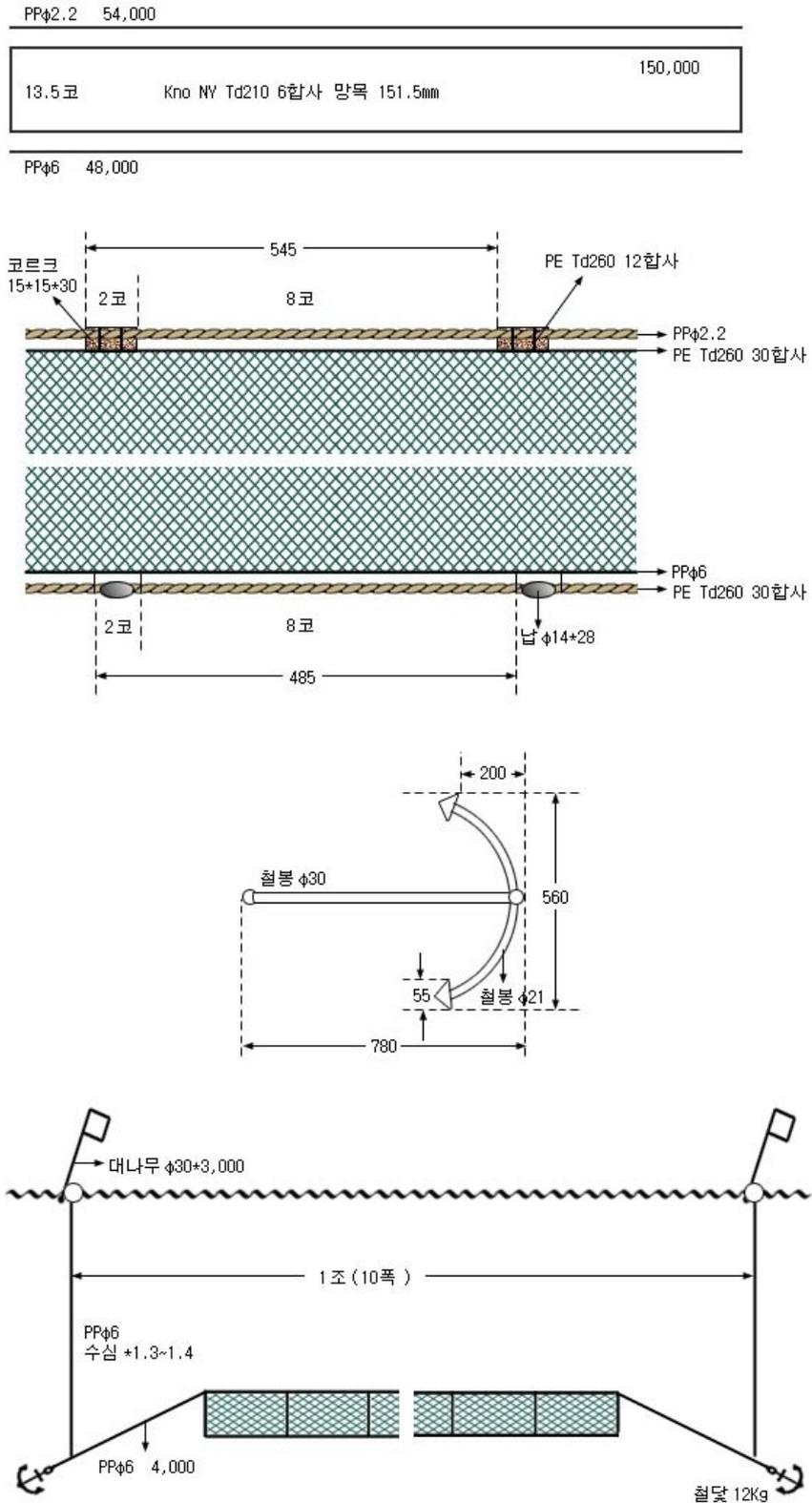


그림 1-3-14(b). 꽃게 자망의 어구설계도(유자망).

Fig. 1-3-14(b). Design plan of blue crab gill net(drift gill net).

## (2) 조사 기간 및 조사 지역

꽃게자망 어구의 실태조사는 3회 실시하였으며, 주요 항구에서 어구를 조사하였고, 어획량 자료는 각 수협이 위판자료를 입수하였다.

실태조사지역은 5개지역으로 인천의 고정자망은 45건, 꽃게유자망은 각각 안산 5건, 시흥 3건, 화성 3건 및 김포 3건을 조사하였다.

표 1-3-3은 조사기간별 조사지역을 나타낸 것이다.

표 1-3-3. 조사기간별 조사지역

Table 1-3-3. Investigated area classified by date

조사기간	조사지역
2003년 10월 27일부터 30일	인천 및 인근해역
2003년 11월 5일부터 8일	경기도 및 서해안
2003년 12월 2일부터 5일	서해안

## (3) 어구규모

어구의 규모를 조사하기 위해 자망 한쪽의 길이와 섯의 길이를 조사하였다. 꽃게고정자망의 경우는 조사된 45척 모두 한쪽 길이 100m, 한쪽 섯의 길이는 4.8m인 어구를 사용하고 있었다.

유자망의 경우는 그림 1-3-15과 같이 먼저 한쪽의 길이는 45m에서 100m 사이가 가장 많은 것으로 조사되었다. 또한 한쪽 섯의 길이는 1.2m에서 3m의 어구를 사용하고 있었고, 2m의 경우가 가장 많은 것으로 조사되었다.

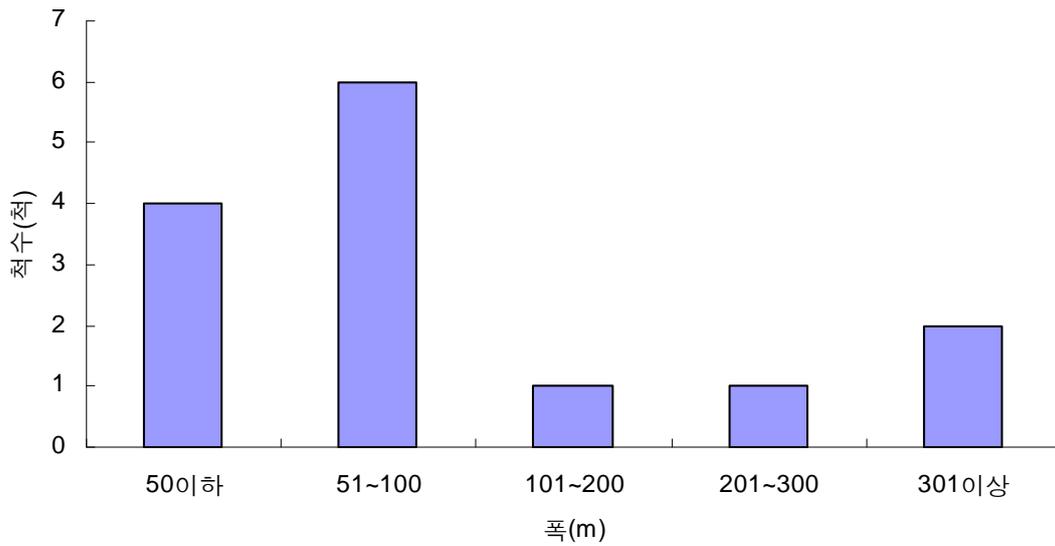


그림 1-3-15. 한쪽 길이에 따른 사용척수.

Fig. 1-3-15. The number of used vessels according to the length of one net panel.

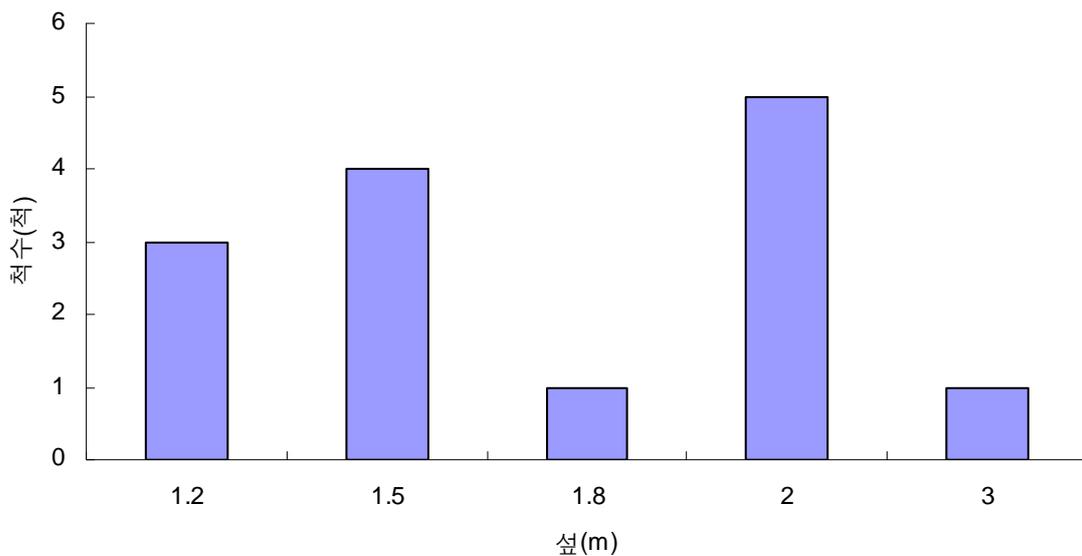


그림 1-3-16. 한쪽 깊이에 따른 사용척수.

Fig. 1-3-16. The number of used vessels according to the depth of net panel.

#### (4) 어구 사용량

어구의 사용량을 조사하기 위해 어선 한척이 1일 사용하는 폭수를 조사하였다. 먼저 고정자망의 경우 폭수는 6폭에서 150폭까지로 조사되었고, 80폭에서 120폭 사이가 가장 많은 것으로 조사되었다. 또한 유자망의 경우는 4폭에서 700폭까지로 조사되었으며 10폭이하가 가장 많은 것으로 조사되었다.

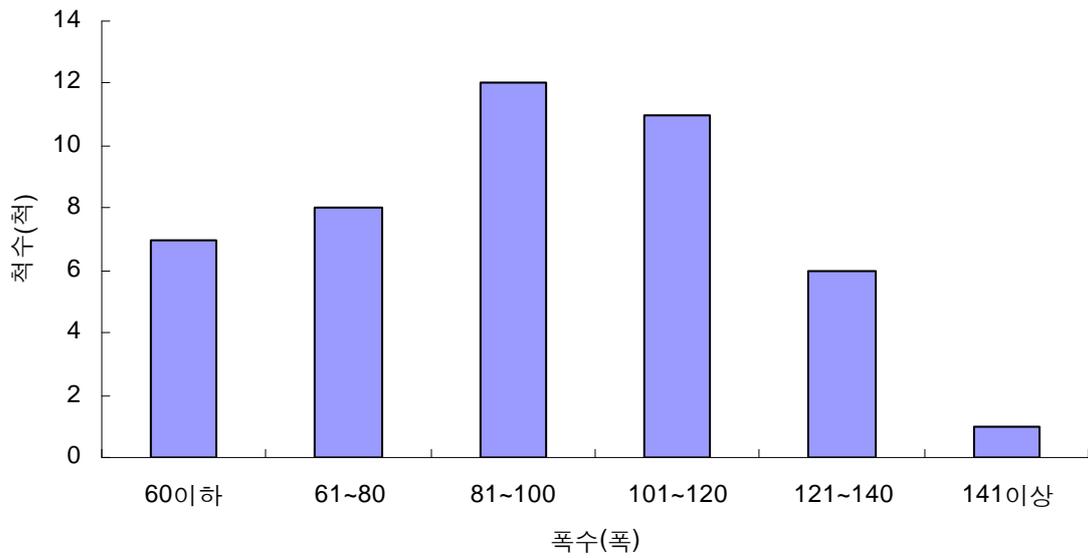


그림 1-3-17. 1일 사용폭수에 따른 사용척수(고정자망).

Fig. 1-3-17. The number of used vessels according to the number of used panel per a day(using the anchor).

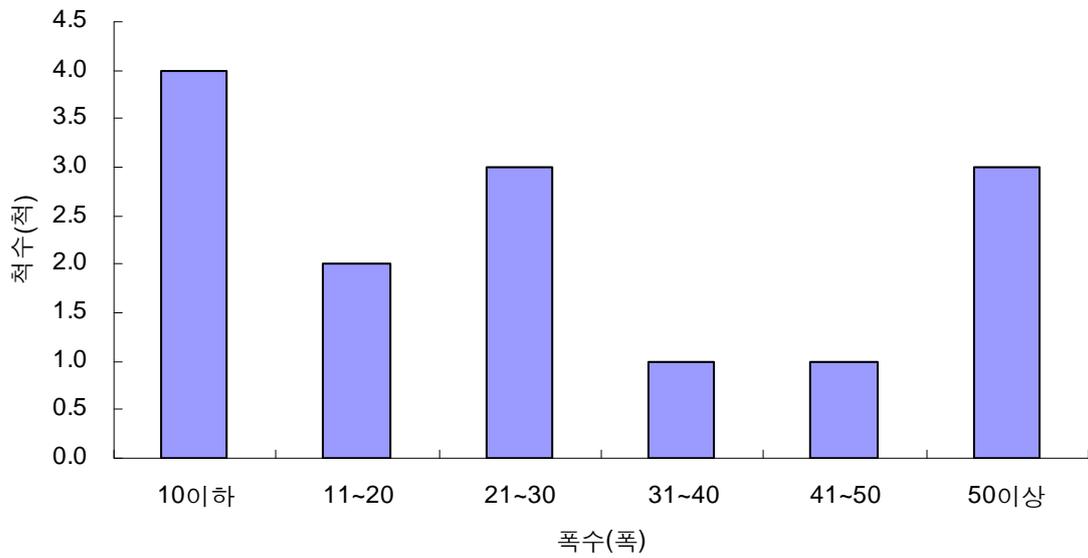


그림 1-3-18. 1일 사용폭수에 따른 사용척수(유자망).

Fig. 1-3-18. The number of used vessels according to the number of used panel per a day(drift gill net).

### (5) 침지시간

꽃게고정자망의 경우 침지시간은 22시간으로 조사되었고, 유자망의 경우는 24시간에서 120시간까지로 조사되었으며, 그 중 72시간이 가장 많은 것으로 조사되었다.

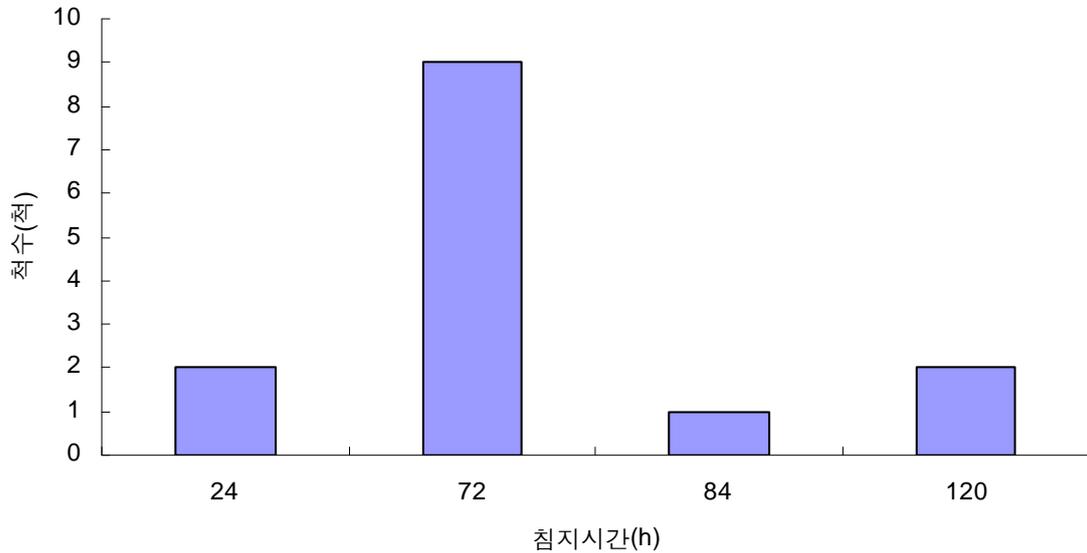


그림 1-3-19. 침지시간에 따른 사용척수(유자망).

Fig. 1-3-19. The number of used vessels according to the time of immersion (drift gill net).

### (6) 연중조업일수

연중 조업을 하는 일수는 고정자망의 경우 29일에서 70일까지로 조사되었다. 그중 41일에서 60일정도 조업을 하는 어선이 대부분을 차지하였다.

또한 유자망의 경우는 36일에서 240일까지로 조사되었으며, 120일이 4척으로 가장 많은 것으로 조사되었다.

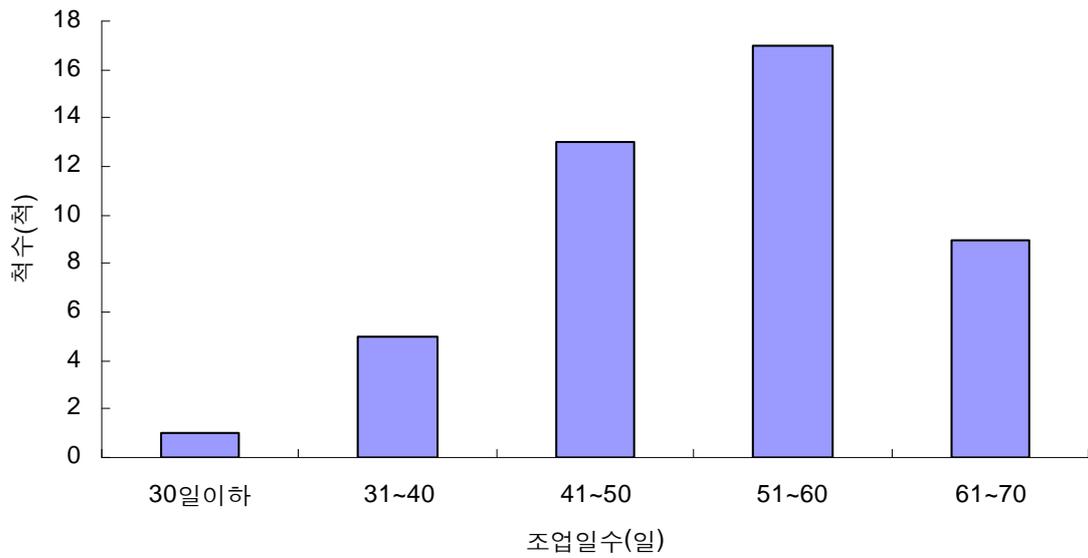


그림 1-3-20. 연중 조업일수에 따른 사용척수(꽃게고정자망).

Fig. 1-3-20. The number of used vessels according to operating days in a year (using the anchor).

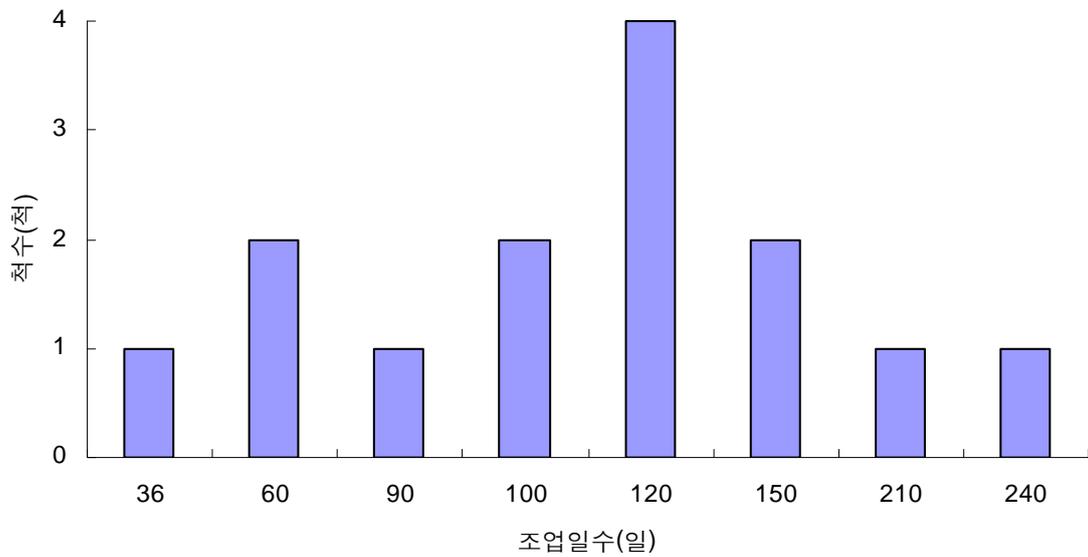


그림 1-3-21. 연중 조업일수에 따른 사용척수(유자망).

Fig. 1-3-21. The number of used vessels according to operating days in a year (drift gill net).

### (7) 망목 크기

조사된 꽃게고정자망의 망목크기는 45척 모두 127mm의 어구를 사용하고 있었으며 유자망의 경우는 그림 1-3-22와 같이 30mm에서부터 300mm까지로 조사되었다. 그중 100mm, 150mm가 10척으로 대부분을 차지하였다.

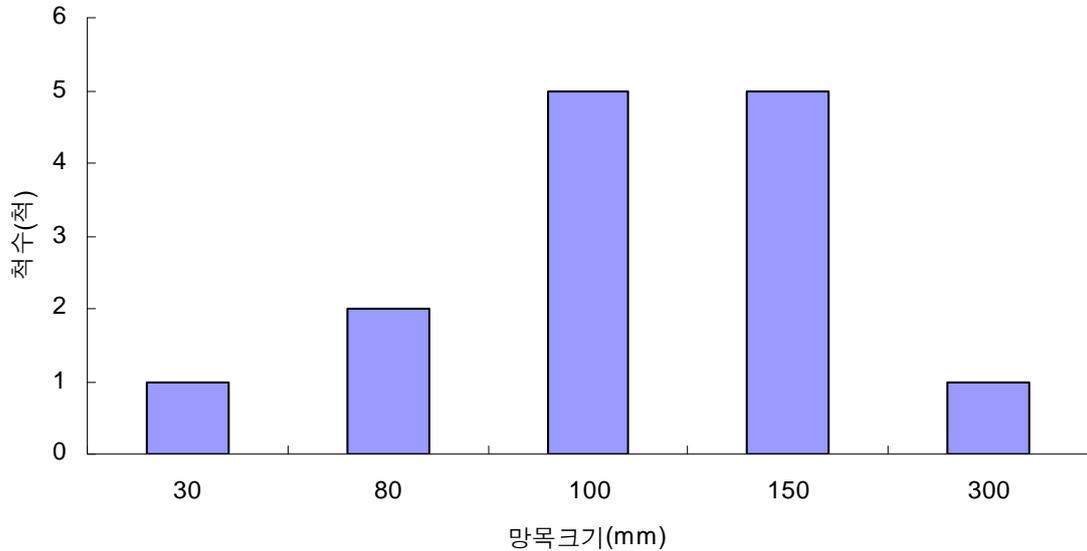


그림 1-3-22. 망목크기에 따른 사용척수(유자망).

Fig. 1-3-22. The number of used vessels according to mesh size(bottom gill net).

### (8) 어선의 규모, 성능

꽃게 고정자망 어선의 규모는 8톤에서 80톤까지 조사되었고, 그중 61톤에서 70톤 사이가 가장 많은 것으로 조사되었다. 또한 유자망은 8톤에서 30톤까지의 어선이 조사되었고, 그 중 11톤에서 20톤 사이의 어선이 가장 많이 조사되었다.

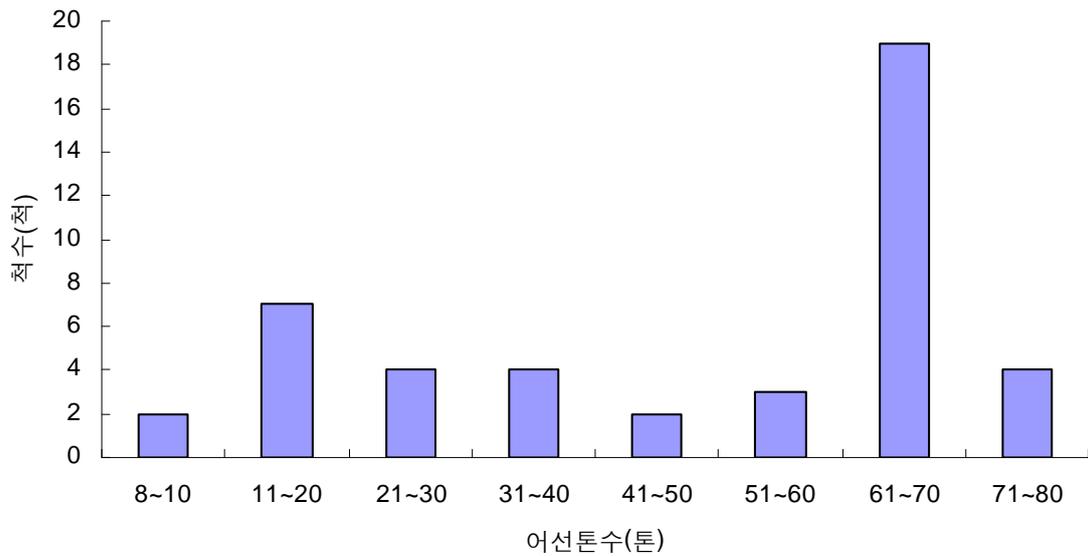


그림 1-3-23. 어선규모에 따른 사용척수(고정자망).

Fig. 1-3-23. The number of used vessels according to vessel scale(using the anchor).

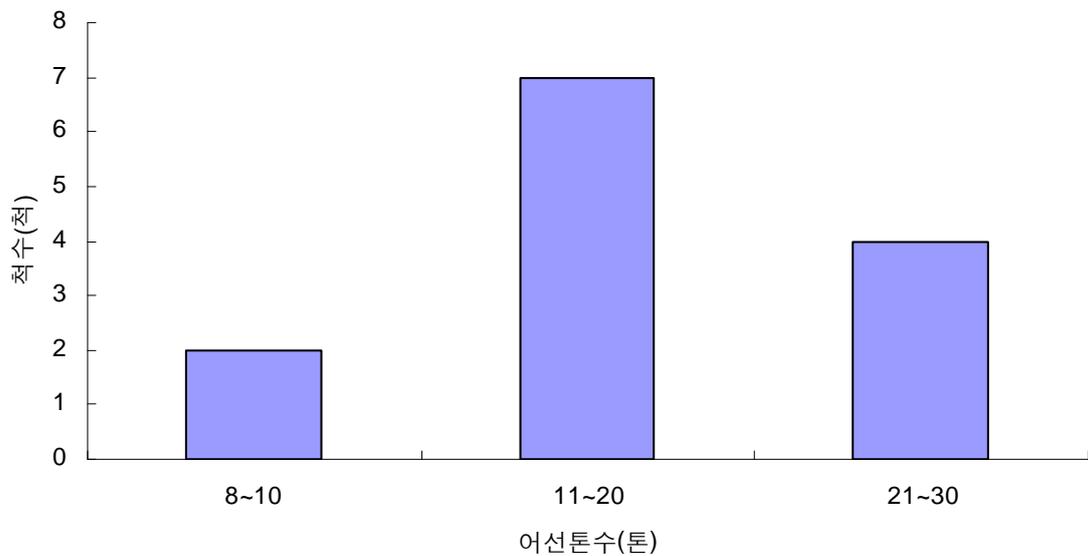


그림 1-3-24. 어선규모에 따른 사용척수(유자망).

Fig. 1-3-24. The number of used vessels according to vessel scale(drift gill net).

#### (9) 조업인원

조업인원은 꽃게 고정자망의 경우 6명에서 14명까지 조사되었고 그 중 8명, 11명, 12명이 각각 9척으로 가장 많은 것으로 나타났다. 유자망의 경우는 1명에서 5명까지 조사되었으며 그중 2명이 조업하는 것이 가장 많은 것으로 나타났다.

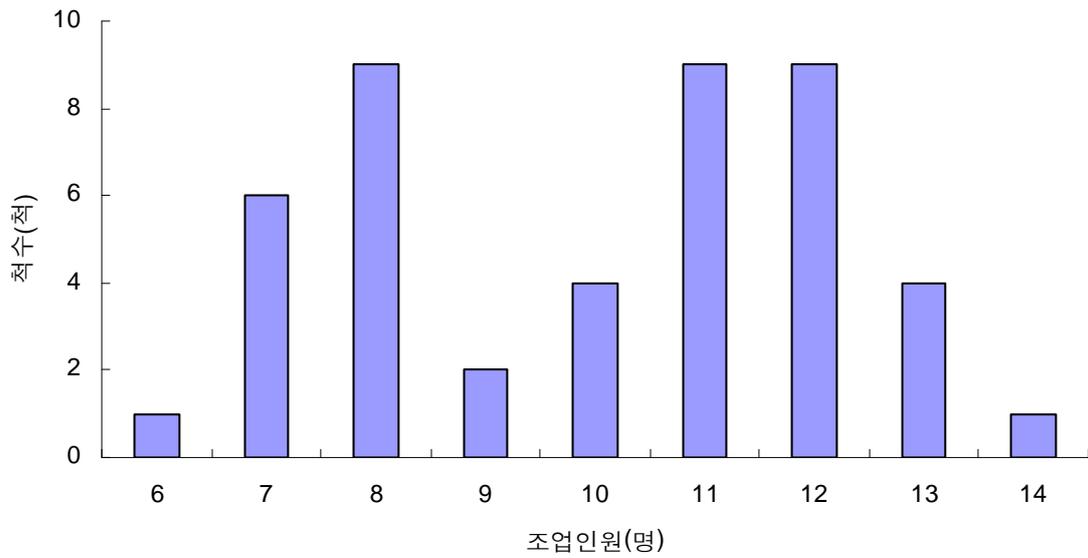


그림 1-3-25. 조업인원수에 따른 사용척수(고정자망).

Fig. 1-3-25. The number of used vessels according to the number of seamen(using the anchor).

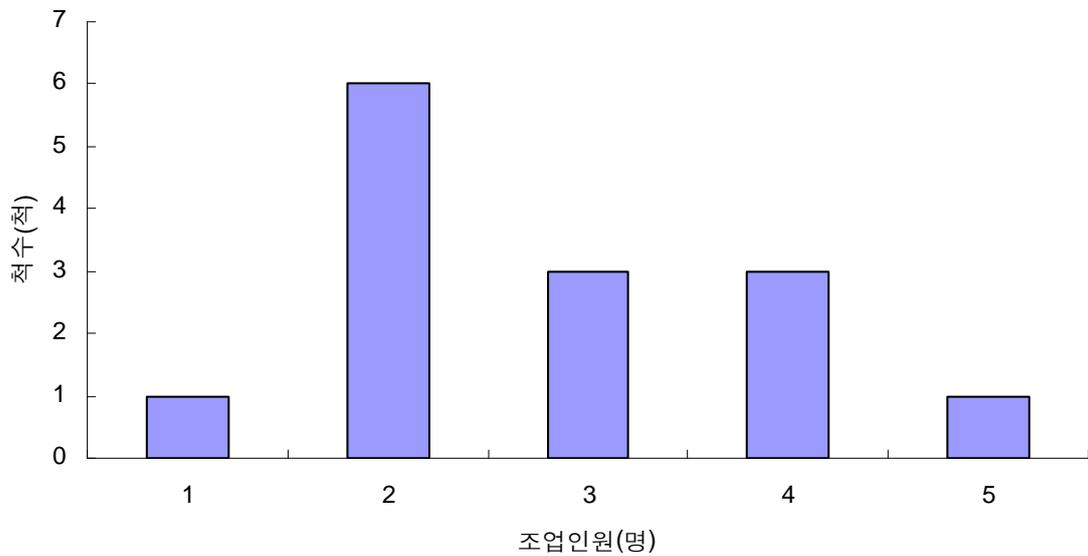


그림 1-3-26. 조업인원수에 따른 사용척수(유자망).

Fig. 1-3-26. The number of used vessels according to the number of seamen(drift gill net).

### 3. 통발 어업

#### 가. 붉은대게통발

##### (1) 어구어법

직경 12~16mm인 철사로 된 원통형 틀에 PE Td260 66합사 망목 40~47mm 내외인 그물감을 씌워 위쪽에 아크릴이나 플라스틱으로 된 입구 1개를 만든 통발에 미끼를 넣어 대상 생물을 유인하여 잡는 것이다.

어장에 도착하면 배를 미속으로 전진하면서 이전 항차 때 부설한 통발을 먼저 양승하는데 모릿줄은 선수 우현에 있는 안내 물러를 통해 좌현에 있는 유압 양승기로 감아 올린다. 양승한 통발은 어획물 처리, 미끼 갈아 끼우기, 파손 부분 보수 등을 거쳐 선미로 운반하고 모릿줄은 수송관을 통해 선미로 보내 재투승함으로 어장 이동은 거의 하지 않는다.

붉은대게 통발은 주로 근해어선이 많으며, 근해어선의 경우, 양승을 마치면 어선 1척당 통발 240~250개를 1조로 구성하여 18~20조, 즉 총 4,500~5,000개의 통발을 해저 계곡을 따라 전속으로 전진하면서 선미에서 투승한다. 투승된 통발이 다음 항차에서 양승될 때까지의 침지기간은 5~6일이 소요된다.

1일 중 조업은 24시간 계속되며 양·투승을 반복하므로 선원들은 하루 수면시간 5~6시간을 제외하고는 계속 교대로 작업을 한다. 1일간 양·투승하는 어구수는 약 4조 정도이며, 통발 1조에 대한 투승 소요시간은 약 1시간, 양승 소요시간은 약 5~6시간이다.

어획물은 선내에서 삶아 냉동시키고, 어획 상황에 따라 차이는 있으나 일반적으로 1항차에 1개월 내외가 소요되며 작업일수는 15일 정도이다.

10톤 내외 소형선박의 경우는 총 8조의 어구를 사용하고 하루 2조씩 투·양망한다. 1조의 어구를 투양망하는 데 걸리는 시간은 전자의 경우와 비슷하다.

어기는 근해어선의 경우, 연중 조업하며 3~5월에 어획이 양호하며, 음력으로 보름 전 후에는 조업을 하지 않는 경우도 있다. 또한 연안어선의 경우 10월에서 이듬해 4월까지가 주요 어기이다.

주요 어장은 감포에서 속초에 이르는 800~2,000m의 해저 계곡이며, 저질은 펄이다. 대상 어종은 붉은대게가 약 95%이며, 기타어종은 약 5%에 지나지 않는다. 어선은 10톤급, 350마력 내외에 6~8명이, 강선 70톤급, 600마력 내외에 12명이, 강선 200~300톤급, 800~1500마력 내외에 18~22명이 승선 조업한다.

미끼는 명태를 주로 사용하며, 통발 1개당 약 2미를 지름 2mm 내외의 와이어로프에 끼워 사용하거나 미끼주머니에 넣어서 사용한다.

수산자원보호령에는 붉은 대게 통발의 경우 통발의 그물코의 규격은 35mm이하의 것을 사용하여야 하며(수산자원보호령 제6조 1항 11호), 울산광역시와 경상북도의 경계와 해안선과의 교점에서 방위각 107도선 이북의 동해에 한해서는 그물코의 규격이 120mm이하의 것을 사용하도록 명시하고 있다(수산자원보호령 제6조 1항 10호).

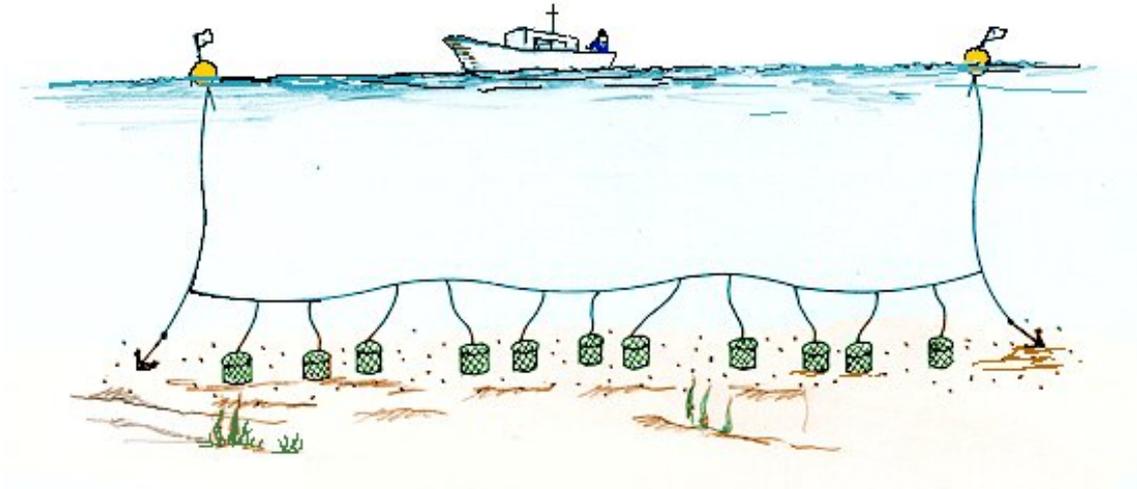


그림 1-3-27. 통발 어업의 조업모식도.

Fig. 1-3-27. Operating schematic diagram of fish pot fishery.

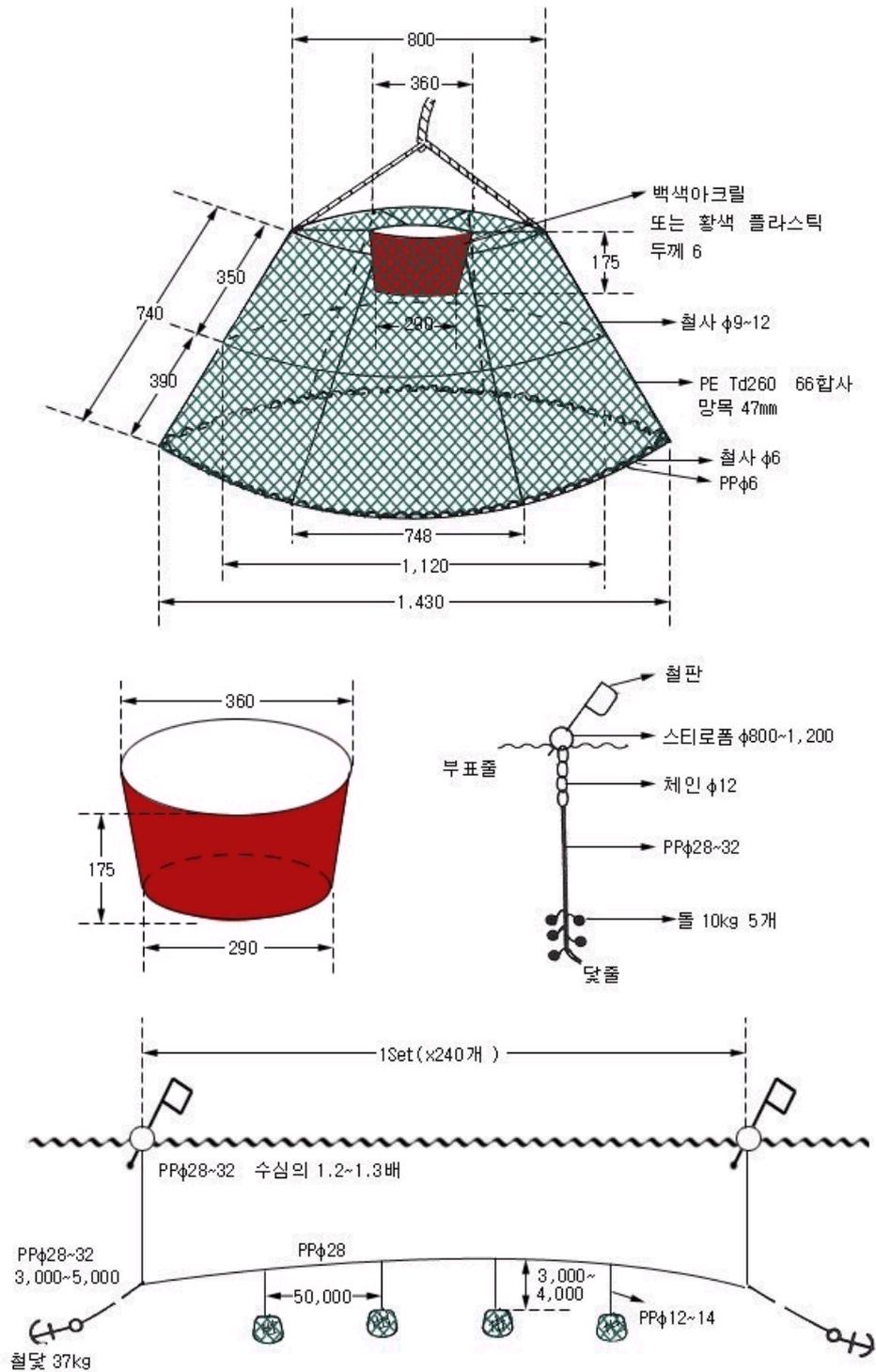


그림 1-3-28. 붉은대게 통발(70톤급이상) 어구설계도.

Fig. 1-3-28. Design plan of red tanner crab fish pot(over 70ton).

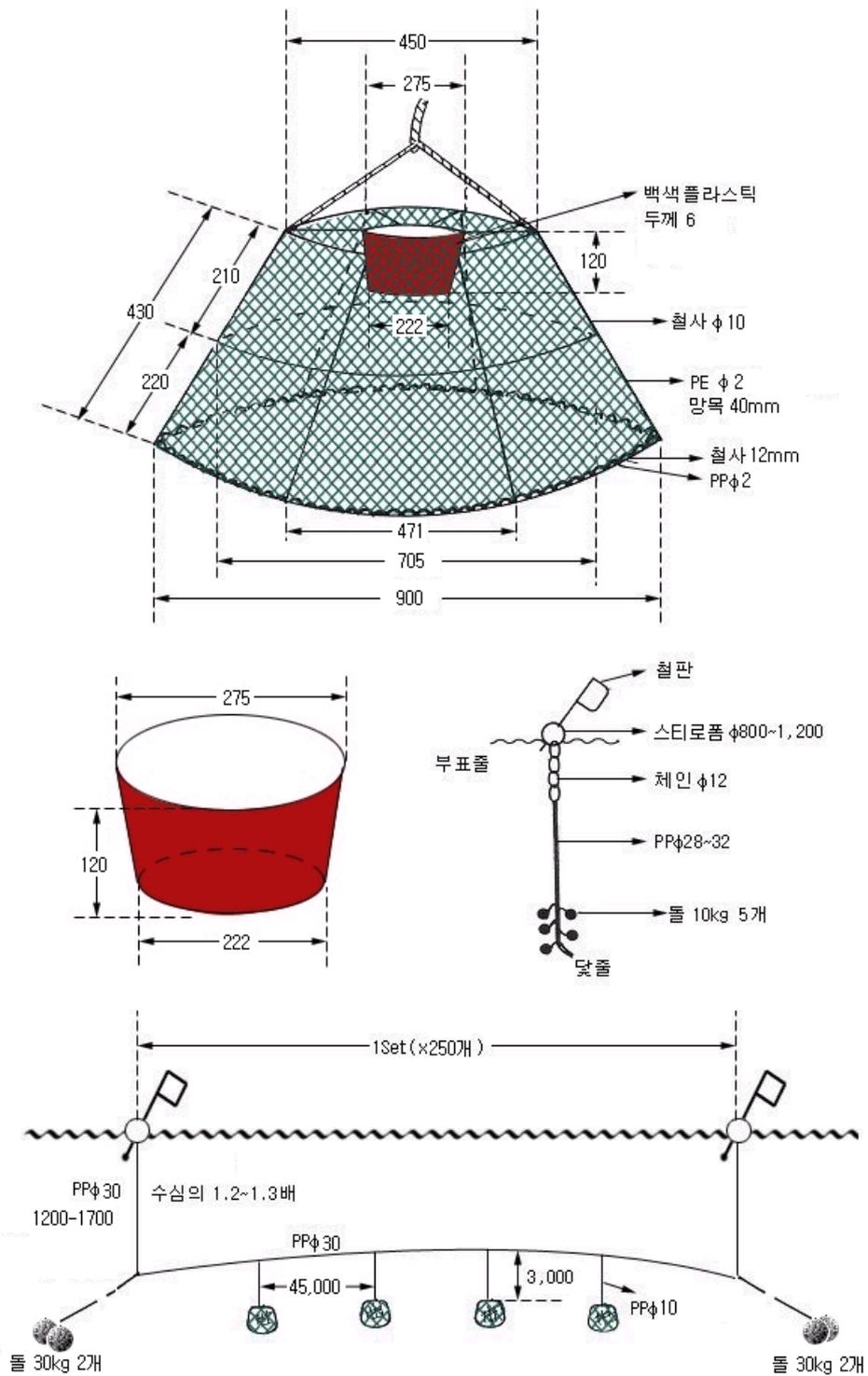


그림 1-3-29. 붉은대게 통발(10톤 내외급) 어구설계도.

Fig. 1-3-29. Design plan of red tanner crab fish pot(10ton or so).

## (2) 조사 기간 및 조사 지역

붉은대게통발 어업의 실태조사는 4회에 걸쳐 실시되었으며, 주요 항구에서 직접 어구를 조사하고, 어업인에게서 청취조사를 통해 어구규모 등을 알 수 있었다. 어획량 자료는 각 수협 의 위판자료(2002년자료)를 입수하여 조사된 어선에 대한 어획량 자료를 분석하였다.

표 1-3-4. 조사기간별 조사지역

Table 1-3-4. Investigated area classified by date

조사기간	조사지역
2002년 12월 29일부터 31일	경북 포항시 구룡포 및 경주 감포
2003년 3월 10일부터 14일	동해안 주요 항구
2003년 8월 20일부터 22일	동해안 주요 항구
2003년 8월 26일부터 30일	동해안 북부 주요 항구

실태조사지역은 4개항구이며 각각 강구 5건, 거진 1건, 속초 16건 및 후포 8건으로 총 30건을 조사하였다.

## (3) 어구규모

붉은대게통발 어구의 통발크기는 900mm×450mm×430mm, 1300mm×720mm×720mm, 및 1500mm×800mm×1000mm(아래지름, 윗지름, 옆길이)의 세 종류를 주로 사용하였으며 그중 1500mm×800mm×1000mm크기의 통발이 26건 중 23건으로 가장 많은 것으로 조사되었다. 또한 통발의 간격은 그림 1-3-30에서 보는 것과 같이 40m가 15척으로 가장 많은 것으로 조사되었다.

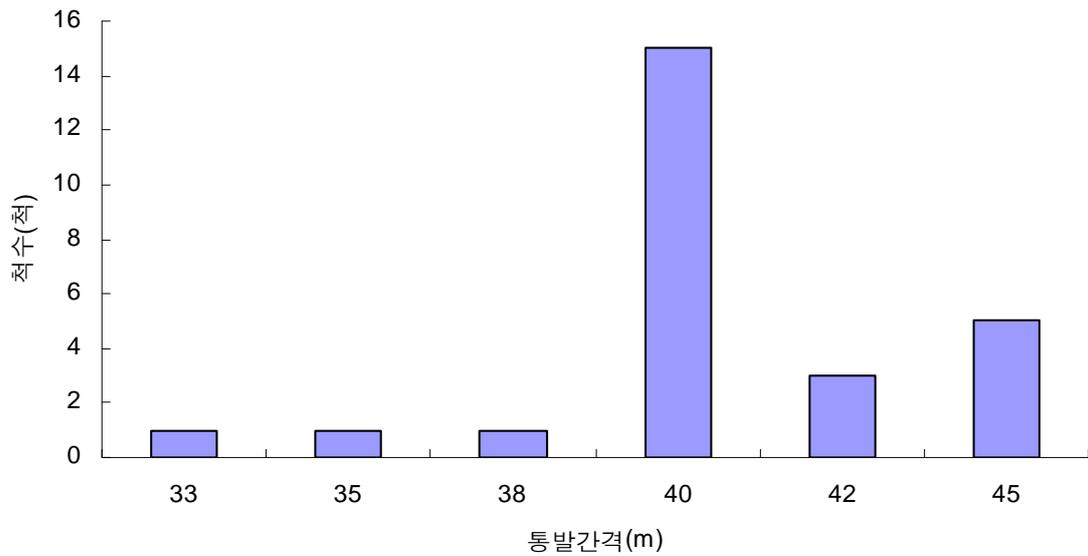


그림 1-3-30. 통발간격에 따른 사용척수.

Fig. 1-3-30. The number of used vessels according to the distance of fish pot.

#### (4) 어구 사용량

어구의 사용량을 조사하기 위해 어선 한 척이 조업에 사용하는 통발 수를 조사하였다. 그림 1-3-31에서 보는 바와 같이 500개에서부터 9500개에 이르렀다. 그 중 4000개에서 6000개 정도의 통발을 사용하는 경우가 가장 많았다.

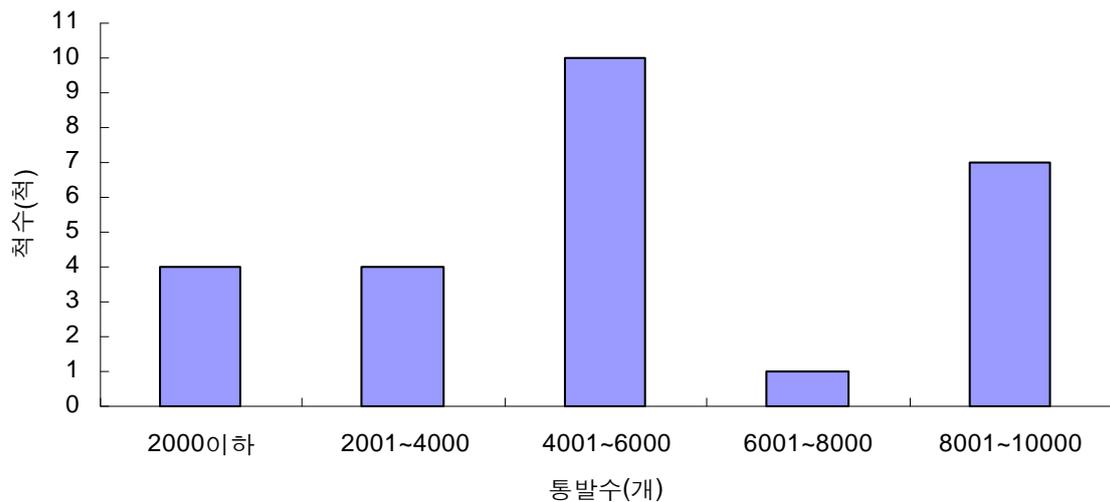


그림 1-3-31. 통발 사용 수에 따른 사용척수.

Fig. 1-3-31. The number of used vessels according to the number of fish pot.

### (5) 침지시간

침지시간은 132시간에서 240시간까지로 조사되었으며 그림 1-3-32에서 보는 바와 같이 168시간이 9척으로 가장 높은 것으로 조사되었다.

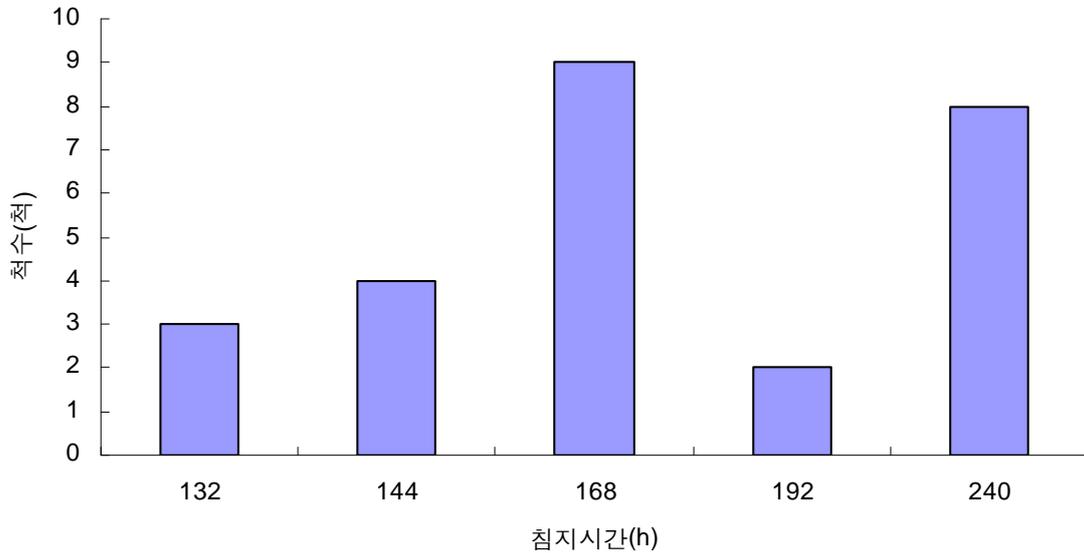


그림 1-3-32. 침지시간에 따른 사용척수.

Fig. 1-3-32. The number of used vessels according to time of immersion.

### (6) 연중조업일수

연중 조업을 하는 조업일수는 96일에서 300일로 조사되었으며 그림 1-3-33에서 보는 바와 같이 100일이상 200일이하인 어선이 가장 많은 것으로 나타났다.

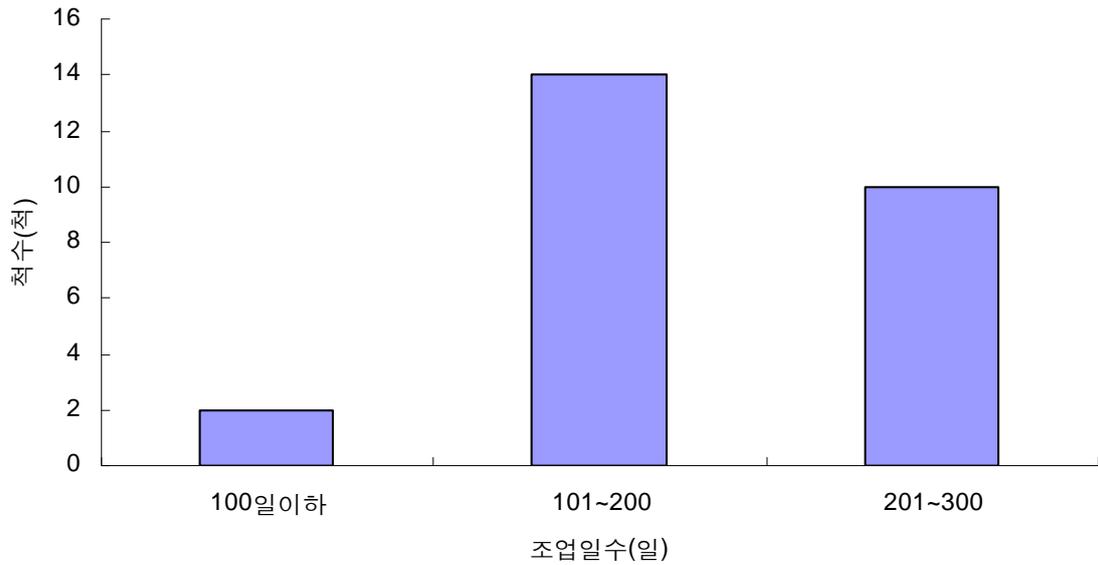


그림 1-3-33. 조업일수에 따른 사용척수.

Fig. 1-3-33. The number of used vessels according to operating days.

(7) 망목 크기

현재 사용되고 있는 통발의 망목의 크기는 40mm에서 130mm까지로 조사되었고 그 중 120mm를 가장 많이 사용하고 있는 것으로 나타났다.

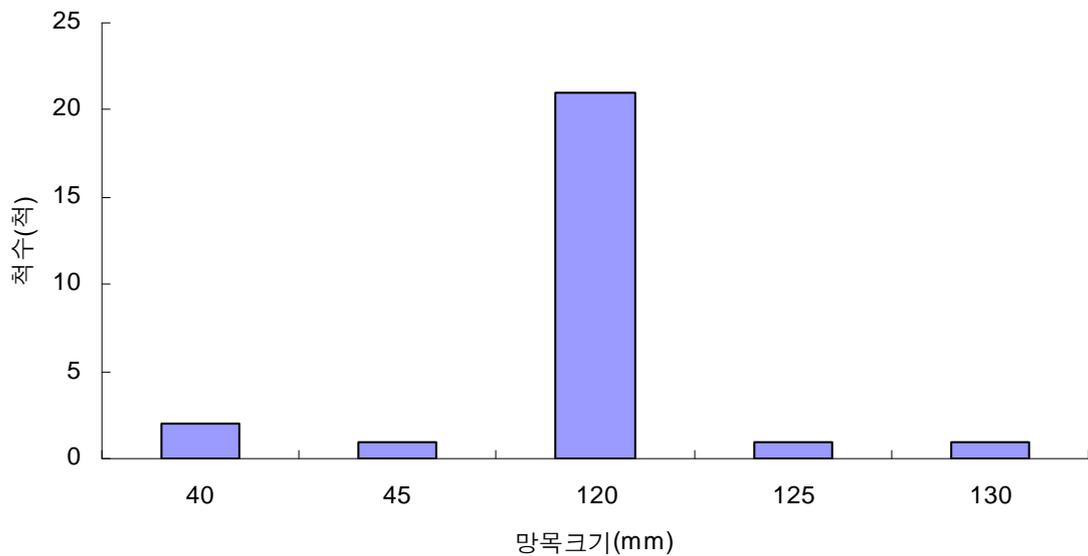


그림 1-3-34. 망목크기에 따른 사용척수.

Fig. 1-3-34. The number of used vessels according to mesh size.

### (8) 어선의 규모

어선의 규모는 그림 1-3-35에서 보는 바와 같이 60톤에서 100톤 정도의 어선이 가장 많이 조사되었다.

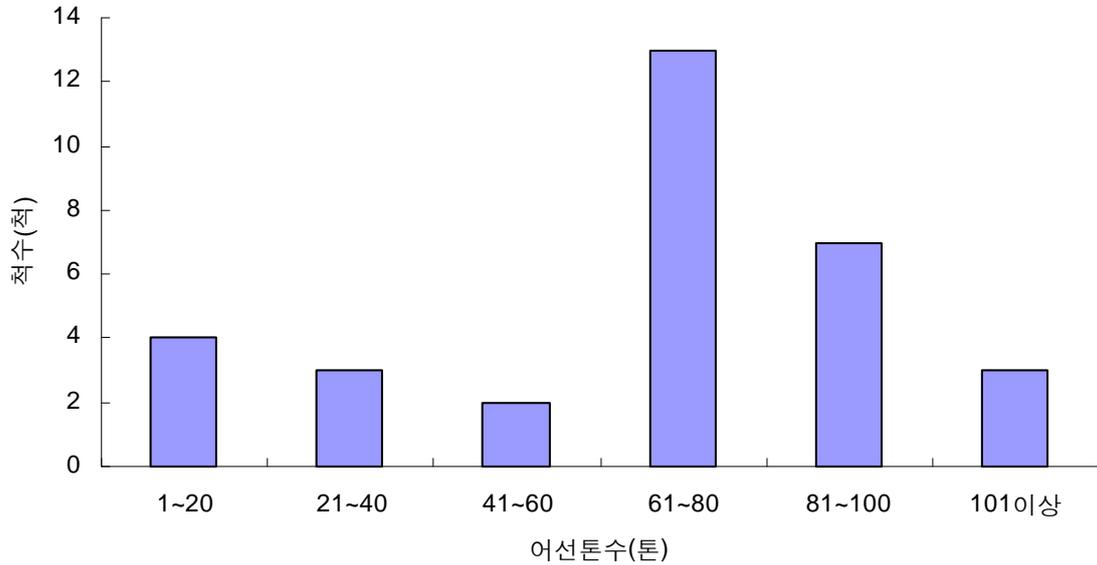


그림 1-3-35. 어선규모에 따른 사용척수.

Fig. 1-3-35. The number of used vessels according to vessel scale.

### (9) 조업인원

조업인원은 7명에서 12명 사이이며 10명과 12명이 많은 비율을 차지했다.

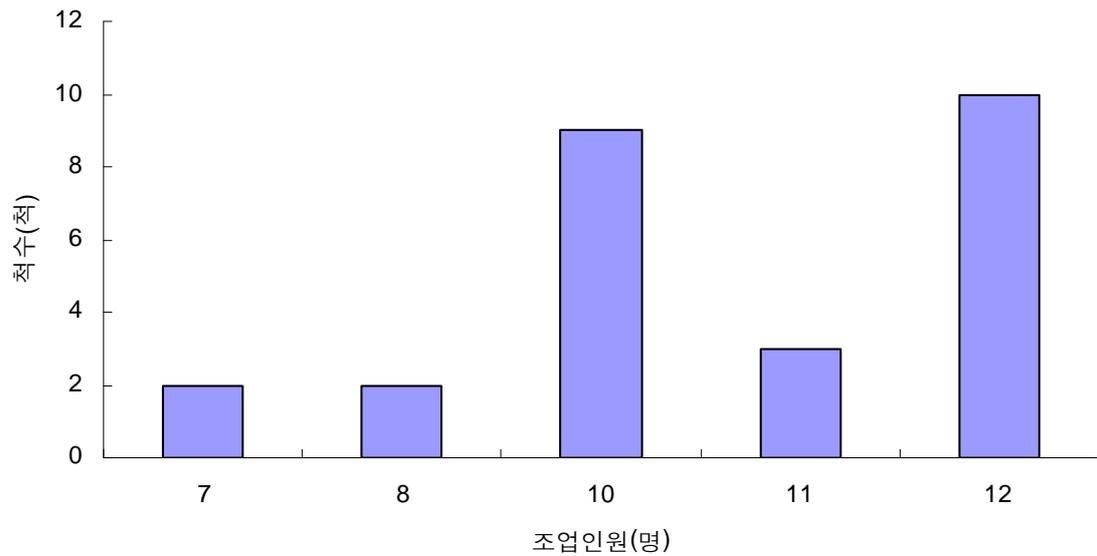


그림 1-3-36. 조업인원수에 따른 사용척수.

Fig. 1-3-36. The number of used vessels according to the number of seamen.

## 나. 붕장어통발

### (1) 어구어법

플라스틱으로 된 길다란 원통에 한쪽은 막고 다른 한쪽은 깔때기 모양의 입구를 만든 통발 안에 미끼를 넣어 대상 생물을 통발 속으로 유인하여 잡는 것이다.

오후 4~5시경 등심선 특히, 해저 계곡을 따라 미속으로 전진하면서 통발 속에 미끼를 넣어 투승한다. 연안에서는 투승이 완료되면 귀항하였다가, 근해에서는 투승이 완료되면 어장에서 묘박하였다가 다음날 오전 6~7시경 사이드드럼이나 양승기로 양승한다. 연안측의 물이 탁한 해역에서 1일 2회 조업할 경우도 있다.

연안에서 소형선으로 조업하는 경우에는 척당 통발 약 300~1,000개를, 근해에서 대형선으로 조업하는 경우에는 척당 통발 약 1,000~1,500개를 사용한다. 어장에 따라 통발의 간격이 약간 다르지만 일반적으로 약 10m이며, 100~200개의 통발을 1조로 하여 여러 곳에 분산 투승하기도 한다.

통발 약 1000개에 대한 투승 소요시간은 약 1시간30분, 양승 소요시간은 약 2시간이다.

어기는 연중 조업하며, 연안측에서는 5~6월에, 근해측에서는 3~10월에 어획이 양호하다. 연안통발의 경우 어장은 경북~충남에 이르는 연안과 제주도 연안의 수심 20m 내외, 저질은 사니질인 해역이며, 근해통발의 어장은 동중국해의 수심 40~100m, 특히 해저 계곡으로 저질은 사니질이다.

어획되는 주요 어종은 붕장어 약 95%, 갯장어, 다묵장어 등 기타 약 5%이다. 어선은 연안통발은 FRP선 5톤급 150마력 내외에 2~5명이 승선 조업하여, 근해통발은 목선 30~50톤급 300~450마력 내외에 7~8명이 승선 조업하며, 양승기 사용시에는 5~6명이 승선 조업한다.

미끼는 주로 정어리, 멸치, 고등어의 머리 부분을 주로 사용하며, 통발 1개당 정어리의 경우 1~2미, 멸치의 경우 7~10미, 고등어 머리의 경우 1~2개 사용하는 것이 보통이다.



그림 1-3-37. 붕장어통발 조업 모식도.

Fig. 1-3-37. Operating schematic diagram of sea eel pot.

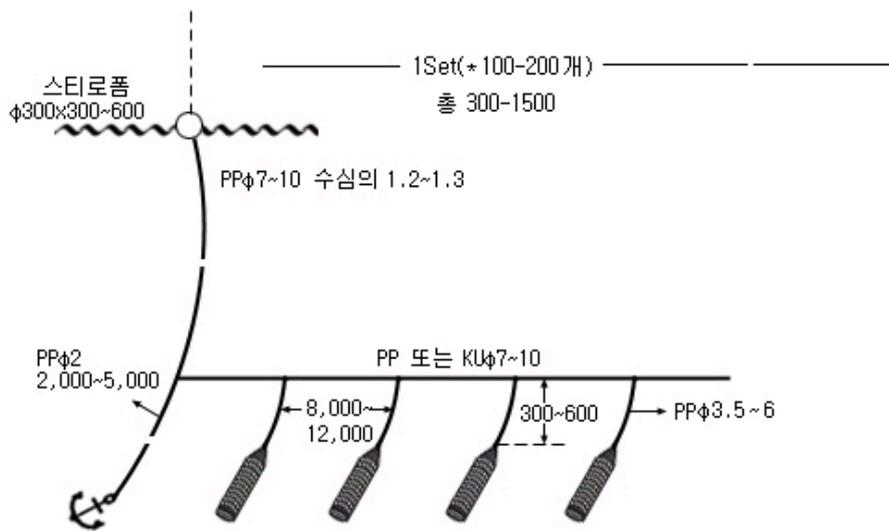
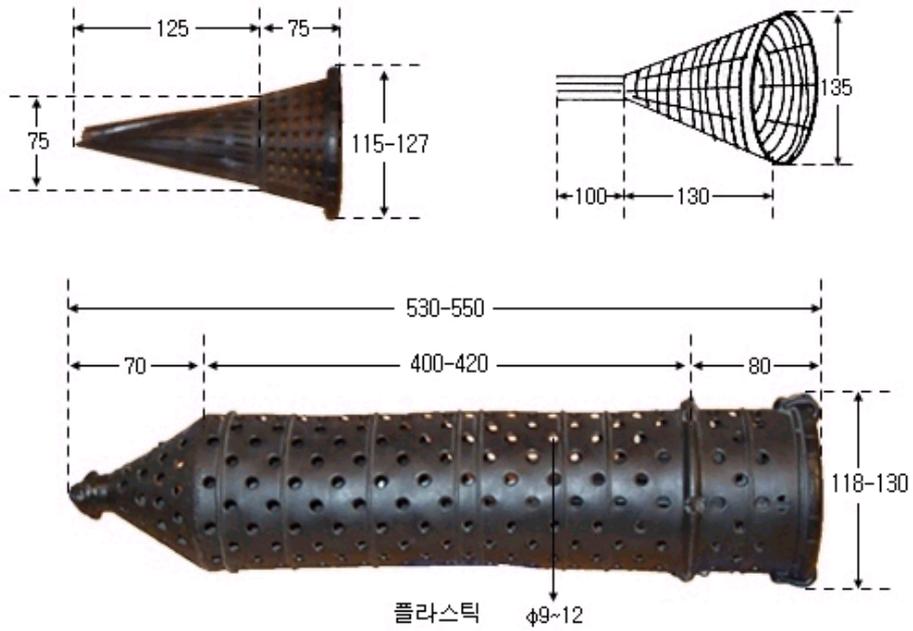


그림 1-3-38. 봉장어 통발(70톤급 이상) 어구설계도.  
 Fig. 1-3-38. Design plan of sea eel pot(over 70ton).

## (2) 조사 기간 및 조사 지역

붕장어통발 어업의 실태조사는 표 1-3-5와 같이 4회에 걸쳐 실시하였으나, 현재 붕장어통발을 이용하여 붕장어를 어획하는 지역이 거의 없었다.

표 1-3-5. 조사기간별 조사지역

Table 1-3-5. Investigated area classified by date

조사기간	조사지역
2003년 3월 10일부터 14일	동해안 주요 항구
2003년 5월 28일부터 6월 1일	남해안 주요 항구
2003년 8월 20일부터 22일	동해안 주요 항구
2003년 8월 26일부터 30일	동해안 북부 주요 항구

따라서 원덕지역에서 3건, 남해안의 수협 통계자료를 이용한 조사가 이루어졌다.

## (3) 어구규모 및 통발간격

어구는 원덕지역에서 조사한 연안어선의 경우, 통발길이 540mm에 지름 125mm의 어구를 사용하고 있었다. 통발의 간격 또한 연안어선의 경우 12m로 조사되었다.

## (4) 어구 사용량

하루 사용하는 통발의 개수는 연안에서는 평균 130개 정도의 어구를 사용하고 있었고, 수협 통계자료를 이용한 근해어선의 경우에는 11,000개 정도를 사용하였다.

## (5) 침지시간

통발의 침지시간은 연안에서는 평균 12시간 정도였고, 근해어선의 경우에는 4시간 정도였다.

## (6) 연중조업일수

연중조업일수는 연안 어선의 경우는 평균 123일, 근해어선의 경우는 135일로 조사되었다.

## (7) 어선의 규모

어선의 규모는 연안어선의 경우 평균 2.5톤 정도였고, 근해어선의 경우는 평균 79톤으로 조사되었다.

## (8) 조업인원

조업인원은 연안어선의 경우 1명에서 2명 정도로 조사되었다.

## 4. 연승 어업

### 가. 복어연승

#### (1) 어구어법

모릿줄은 KU  $\phi 3\text{mm}$  내외, 아릿줄은 wire  $\phi 1\sim 1.2\text{mm}$  내외를 사용하고 있으며, 아릿줄의 간격은 약 3~5m이다. 복어은 이빨이 매우 날카로우므로 조획시 모릿줄을 절단하지 못하도록 모릿줄의 중간 중간에 아릿줄이 연결되는 부분을 철사  $\phi 1\sim 1.2\text{mm}$ 로 만든다.

오전 4~5시경 출항하여 어군탐지기로 어군을 탐색한 다음 해·조류의 방향에 따라 전속으로 전진하면서 닻, 부표, 낚시줄의 순으로 투승한다. 어선 1척이 약 20~50바스켓을 거의 일직선으로 투승을 하며, 해·조류에 의해 낚시가 날리는 것을 방지하기 위하여 낚시 약 20~25개마다 모릿줄에 소형 돌을 1개씩 달아주고, 약 3~4바스켓마다 부표와 소형 돌을 달아준다.

투승이 완료되면 약 30분~1시간 동안 대기하였다가 투승이 완료된 쪽부터 인력으로 양승한다.

1일 1회 조업하며 1회 투승 소요시간은 약 1시간, 양승 소요시간은 약 4~5시간이다.

어기는 10월에서 이듬해 2월까지이며, 어장은 주로 동해연안 및 제주도연안지역이다. 어종은 참복, 밀복, 자주복, 까치복 등이며, 어선은 6~7톤급, 300마력 내외에 2~5명이 승선 조업한다. 미끼는 대부분 정어리(냉동)를 3등분하여 사용하고 있다.

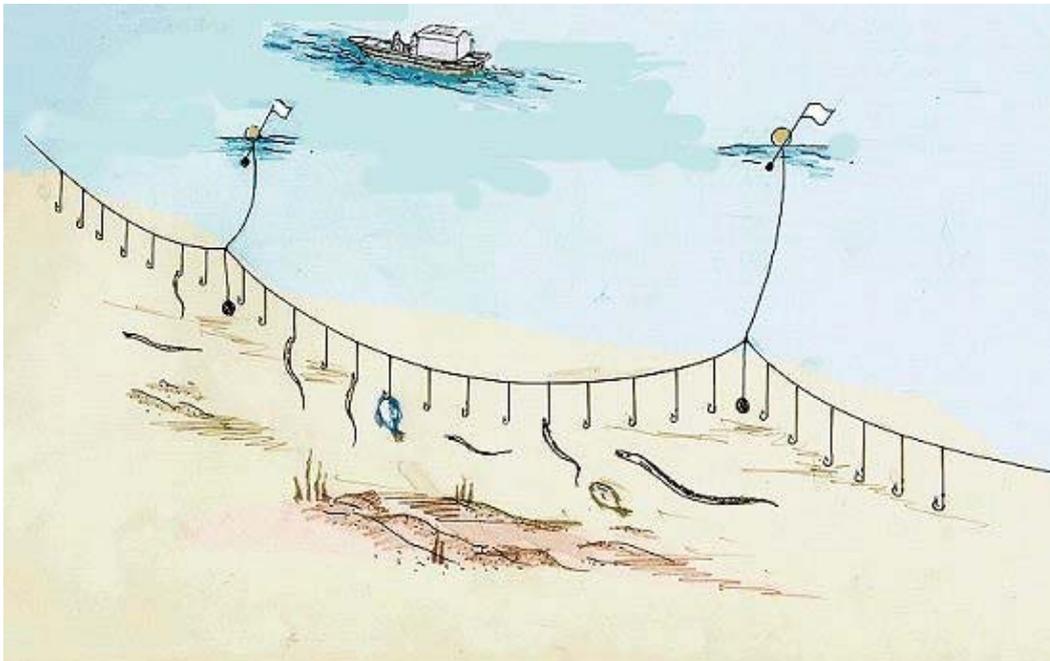


그림 1-3-39. 연승 어업의 조업모식도.

Fig. 1-3-39. Operating schematic diagram of long line fishery.

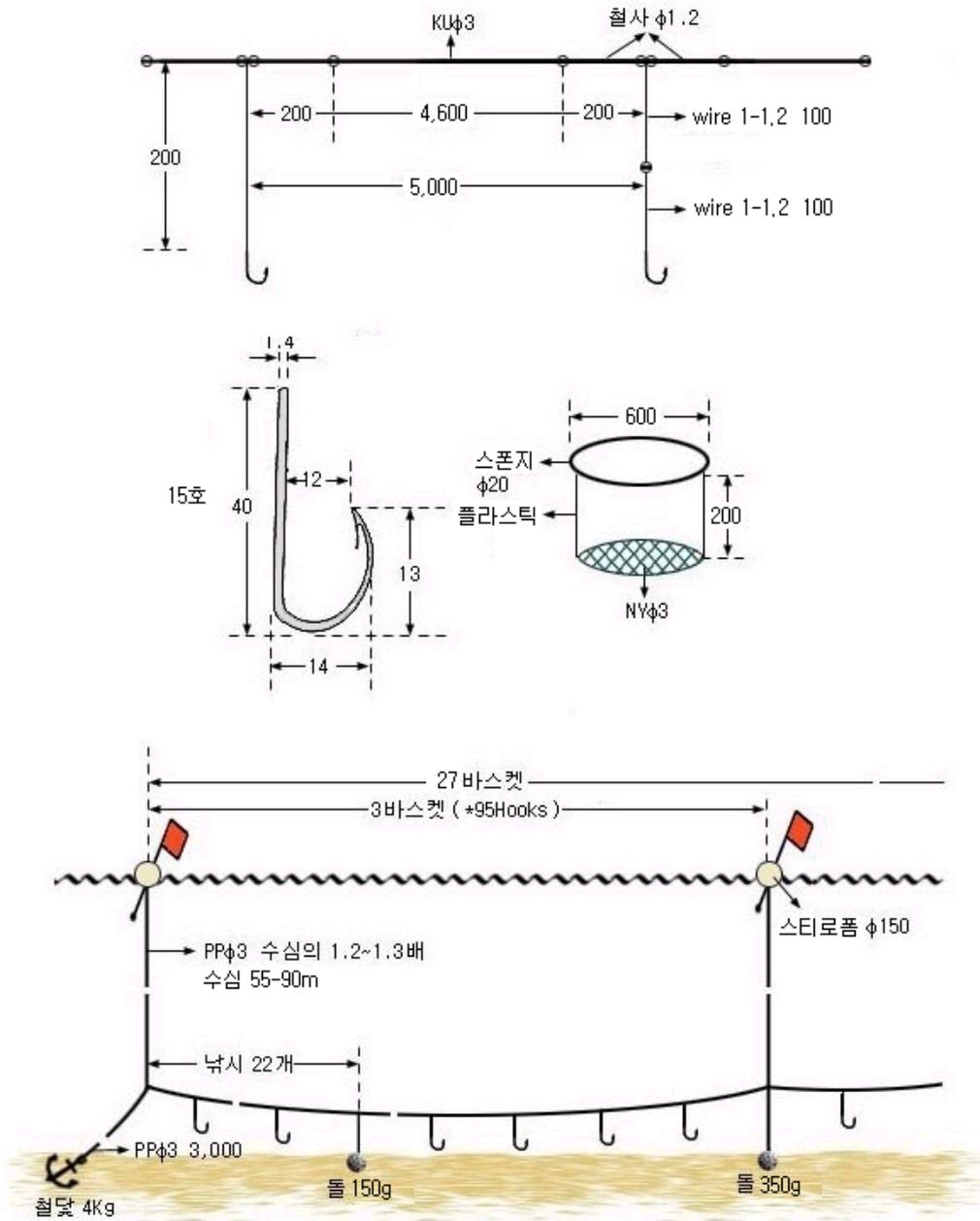


그림 1-3-40. 복어연승 어업의 어구설계도.

Fig. 1-3-40. Design plan of puffer long line fishery.

## (2) 조사 기간 및 조사 지역

복어연승 어업의 실태조사는 5회 실시되었으며, 주요 항구에서 어구조사를 하였고, 어획량은 각 수협을 통하여 위관자료를 입수하여 조사된 어선에 대한 어획량을 조사하였다.

표 1-3-6. 조사기간별 조사지역

Table 1-3-6. Investigated area classified by date

조사기간	조사지역
2002년 12월 29일부터 31일	경북 포항시 구룡포 및 경주 감포
2003년 3월 10일부터 14일	동해안 주요 항구
2003년 5월 28일부터 6월 1일	남해안 주요 항구
2003년 8월 20일부터 22일	동해안 주요 항구
2003년 8월 26일부터 30일	동해안 북부 주요 항구

실태조사지역은 5개항구이며, 각각 감포 2건, 성산 3건, 아야진 1건, 장호 1건 및 주문진 4건으로 총 11건을 조사하였다.

## (3) 어구 사용량

조사결과 그림 1-3-41에서 나타나듯이 3,000개에서 7,000개의 낚시를 사용하는 것으로 조사되었다.

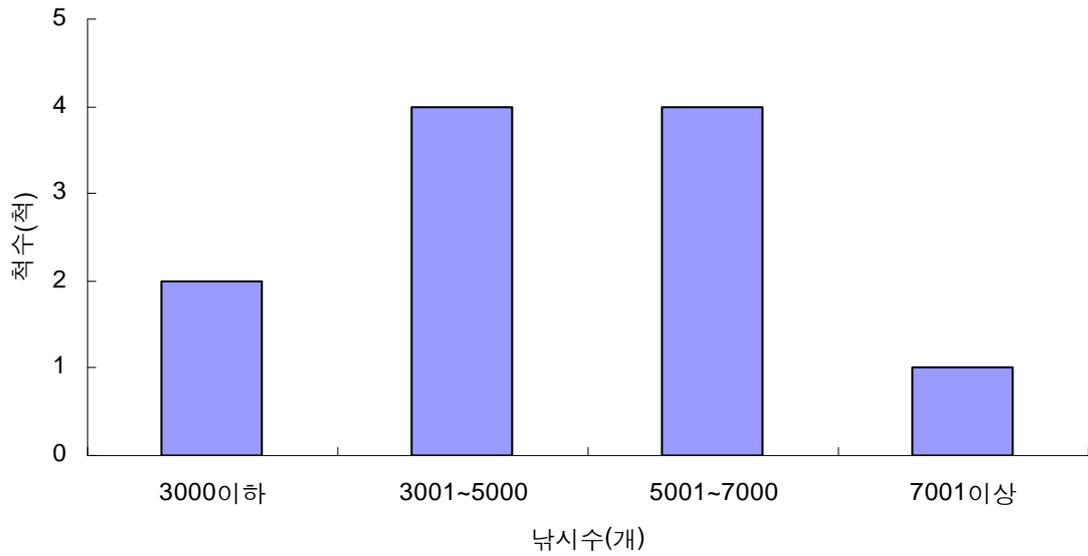


그림 1-3-41. 낚시수에 따른 사용척수.

Fig. 1-3-41. The number of used vessels according to the number of hooks.

(4) 침지시간

침지시간은 대부분 2시간내외였다.

(5) 연중조업일수

연중 조업일수는 50일에서 125일 사이로 나타났으며 51일에서 100일사이가 가장 높은 것으로 나타났다.

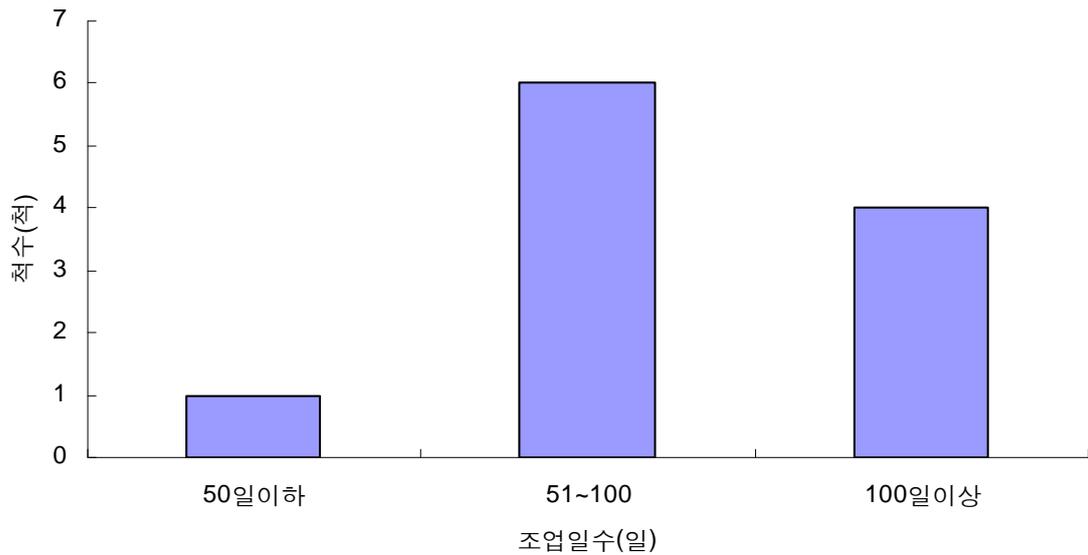


그림 1-3-42. 조업일수에 따른 사용척수.

Fig. 1-3-42. The number of used vessels according to operating days.

### (6) 낚시간격

낚시간격은 그림 1-3-43에서 나타나듯이 4~6m였으며 그중 5m가 가장 많았다.

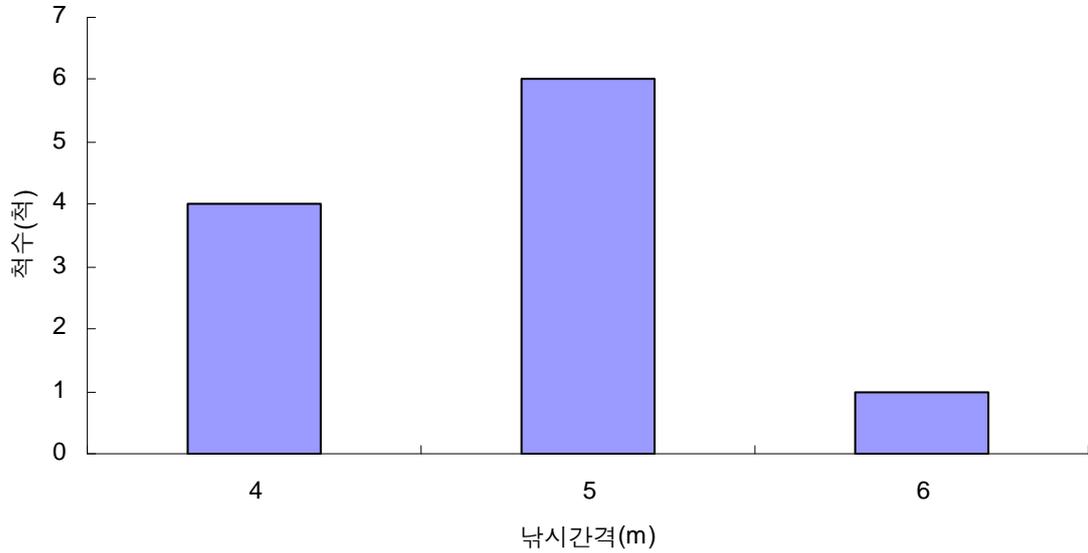


그림 1-3-43. 낚시간격에 따른 사용척수.

Fig. 1-3-43. The number of used vessels according to the distance of hook.

### (7) 어선의 규모

어선의 규모는 6톤에서 7톤, 9톤에서 10톤의 어선이 많은 경향을 보였다.

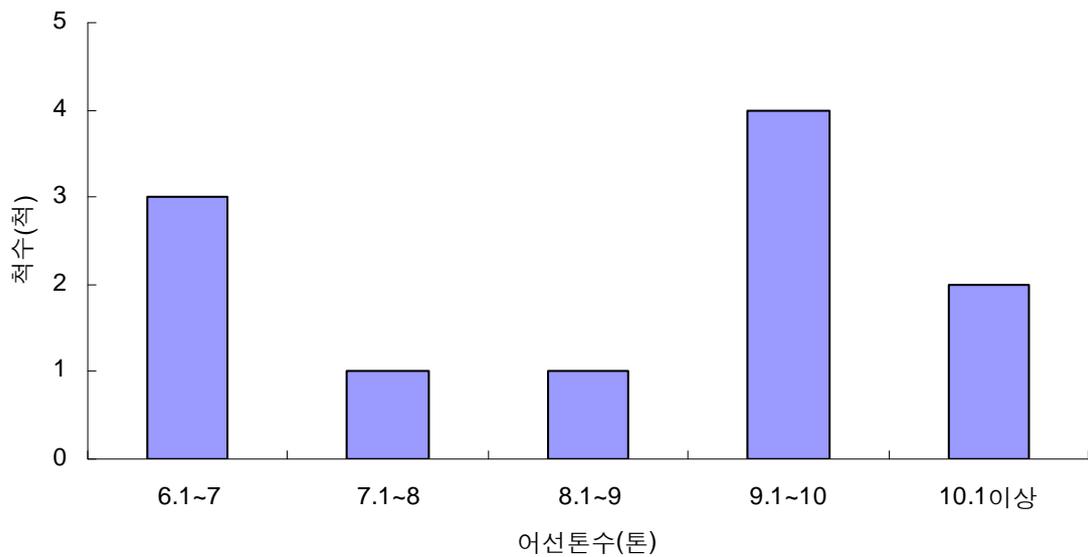


그림 1-3-44. 어선규모에 따른 사용척수.

Fig. 1-3-44. The number of used vessels according to vessel scale.

### (8) 조업인원

조업인원은 3명에서 7명까지로 조사되었고, 3명이 가장 많았다.

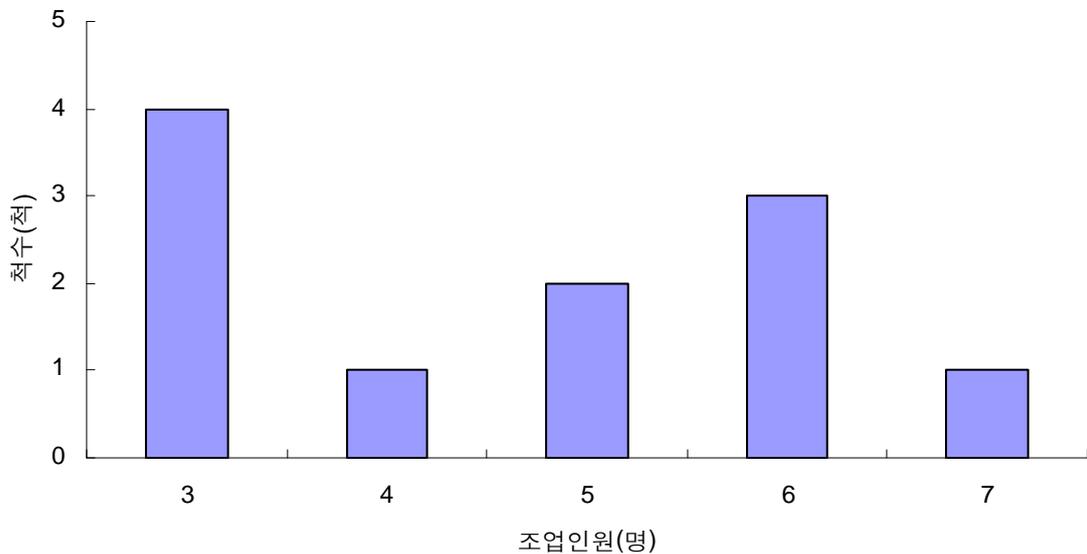


그림 1-3-45. 조업인원에 따른 사용척수.

Fig. 1-3-45. The number of used vessels according to the number of seamen.

### 나. 갈치연승

#### (1) 어구어법

모릿줄은 경심 70~80호 내외를, 아릿줄은 경심 12~14호 내외를 주로 사용하며, 아릿줄의 간격은 약 3m이다.

오후 2~3시경에 어장에 도착하여 자정까지 낚시에 미끼를 끼우는 등 조업 준비를 한다. 새벽 3시부터 낚시 10개마다 모릿줄에 소형 뜰과 100g 정도의 돌을 달고 바스켓마다 뜰줄을 연결하면서 낚시 약 100개짜리 50바스켓을 투승한다.

투승이 완료되면 1~2시간 대기하였다가 처음 투승한 위치로 되돌아와서 유압 양승기로 양승을 시작하며 한번 사용한 어구는 육상에서 정렬하여 다시 사용한다.

1일 1회 조업을 하며 1회 투승 소요시간은 약 2시간, 양승 소요시간은 약 4시간이다.

어기는 9~12월이며, 어장은 주로 남해 연안으로부터 약 3마일 내외의 수심 100m 내외이며, 저질은 펄이다. 어종은 갈치가 약 100% 어획된다. 또한 어선은 6~7톤급, 300마력 내외에 6~7명이 승선 조업하고 있다. 미끼는 콩치를 사용한다.

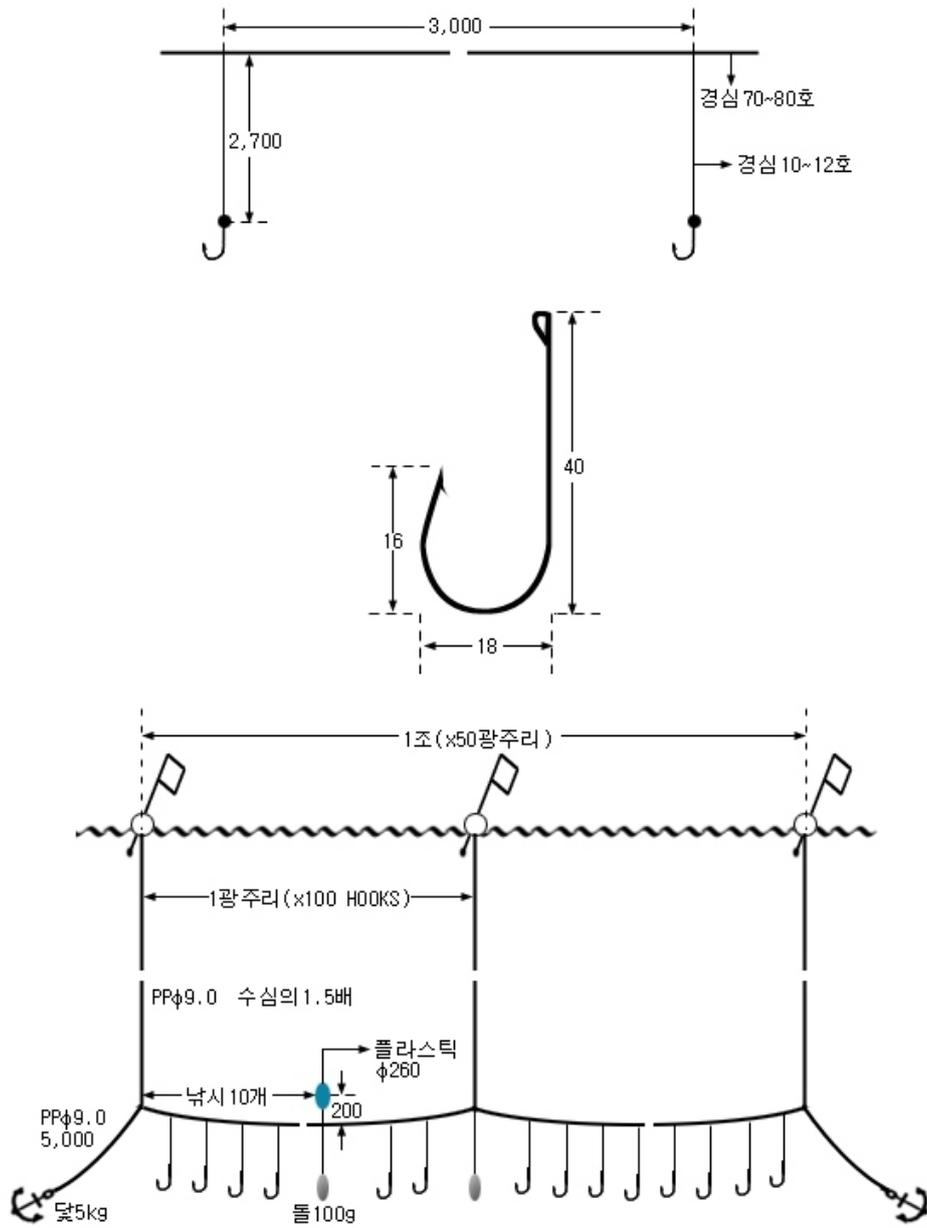


그림 1-3-46. 갈치연승의 어구설계도.

Fig. 1-3-46. Design plan of hairtail long line.

## (2) 조사 기간 및 조사 지역

갈치연승 어업의 실태조사는 현재 갈치연승 어업의 대부분을 차지하는 제주도 성산포 지역의 성산 수협을 통해 24척의 위판실적을 조사하였으며, 각 어선별 선주들로부터 청취 조사를 실시하였다.

## (3) 어구 사용량

갈치연승의 경우 1일 사용하는 낚시수는 11,200개로, 모두 동일한 것으로 조사되었다.

## (4) 낚시규격

갈치연승의 경우 낚시규격은 17호를 동일하게 사용하는 것으로 조사되었다.

## (5) 침지시간

갈치연승의 경우 침지시간은 1~2시간으로 조사되었다.

## (6) 연중조업일수

갈치연승의 경우 연중조업일수는 그림 1-3-47과 같이 나타났으며 낚시규격은 17호를 동일하게 사용하는 것으로 조사되었다. 그림에서도 나타나듯이 250일이 가장 높은 빈도수를 나타내었다.

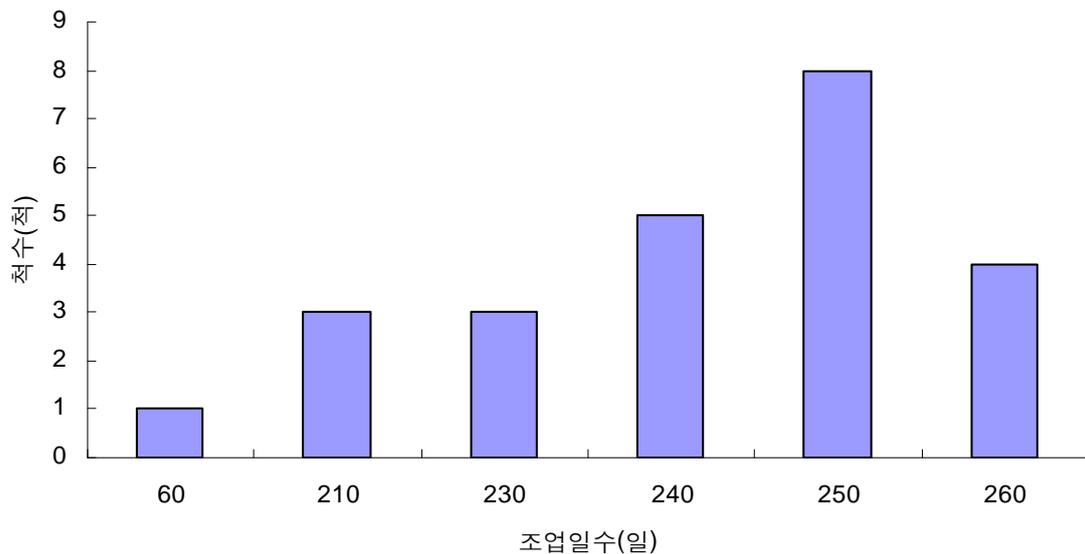


그림 1-3-47. 조업일수에 따른 사용척수.

Fig. 1-3-47. The number of used vessels according to operating days.

(7) 낚시간격

낚시간격은 4m로 조사되었다.

(8) 어선의 규모

어선의 규모는 21톤에서부터 29톤까지였으며, 29톤이 24척 중 20척으로 가장 많았다.

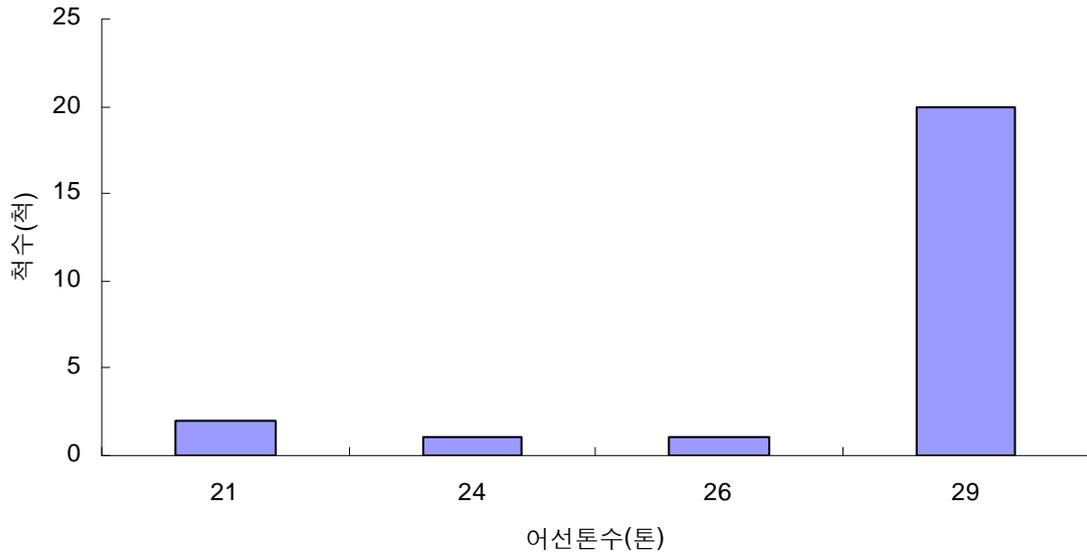


그림 1-3-48. 어선규모에 따른 사용척수.

Fig. 1-3-48. The number of used vessels according to vessel scale.

(9) 조업인원

조업인원은 8명으로 조사되었다.

## 제 4 절 실태조사를 통한 어획노력량 분석

실태조사를 통해 어획노력량을 조사하기 위해서 각 어업별 어획노력량의 파라미터와 어획량과의 관계를 분석하였다. 입구일정어구인 안강망 어업은 자루그물의 입구의 크기, 연중 조업일수 등이 어획노력량으로 조사될 수 있으며, 자망, 통발, 연승어업의 경우 어구 및 침지시간 등 조업 중 어획노력량을 조사하였다.

### 1. 안강망 어업

안강망 어업의 실태조사 결과 망구는 가로 45m, 세로 45m이고 길이 110m인 어구를 사용하고 있으며, 평균 연중 15항차 조업을 하고, 조업인원은 9명이었다. 조업시 사용하는 어구는 9~10통의 어구를 사용하는 것으로 조사되었다. 연간 어획량은 척당 39만톤이며, 1항차당 평균 어획량은 26톤이었다.

### 2. 자망어업

#### 가. 대게자망

##### (1) 어획량 조사 분석

어구 및 어선의 규모, 침지시간 등 어획에 영향을 미칠 수 있는 파라미터들을 이용하여 어획량과의 관계를 분석하였다.

그림 1-4-1은 어구의 특성 중 사용되고 있는 망목크기에 따른 어획량의 관계를 그림으로 나타낸 것이다. 여기서 망목의 크기가 작다고 하여 어획량이 큰 것은 아니며, 망목의 크기가 어획량과는 그다지 큰 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 1폭의 길이와 한폭 섬의 길이를 곱하여 자망 1폭의 망지면적으로 계산하고, 이와 어획량 관계를 그림 1-4-2에 나타내었다. 여기서 자망 한 폭의 면적보다도 자원이 많은 조업구역이 영향이 큰 것으로 판단된다.

또한 한번 조업시 사용하는 그물량을 조사하여 그림 1-4-3에 어획량과의 관계를 그림으로 나타내었으며, 그림 1-4-4의 그림을 보면 침지시간이 길수록 어획량은 점점 증가하는 것을 볼 수 있지만 큰 상관관계를 갖는 것은 아닌 것으로 보여진다.

그물의 총 투입면적을 1일 사용폭수와 망지의 면적과의 곱으로 계산하여 어획량과의 관계를 나타낸 것이 그림 1-4-5이다. 본 그림에서 알 수 있듯이 자망의 총사용면적과 어획량과의 관계가 가장 상관관계가 높은 것으로 나타났다.

그림 1-4-6과 1-4-7은 어선의 성능에 따른 어획량의 상관관계를 나타낸 그림이다. 그림에서 나타났듯이 어선의 규모가 어획량에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

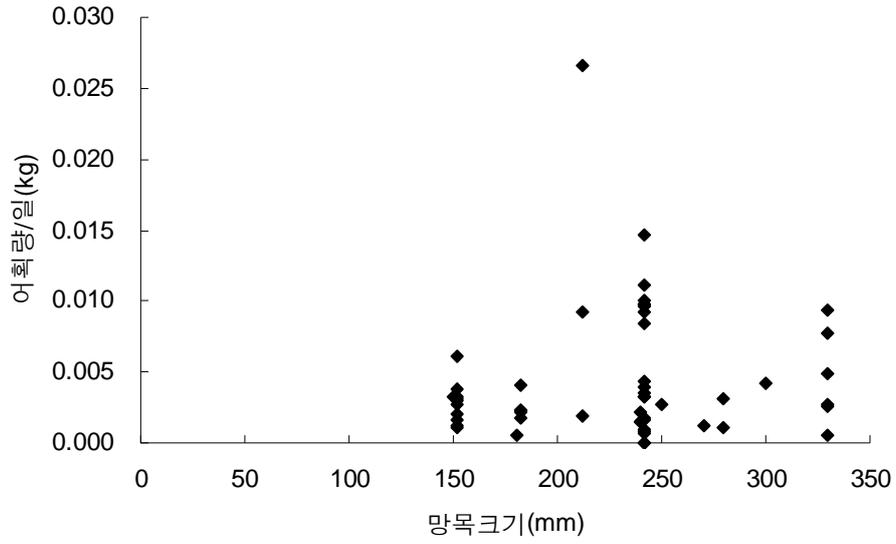


그림 1-4-1. 망목크기에 따른 어획량.

Fig. 1-4-1. Catch according to mesh size.

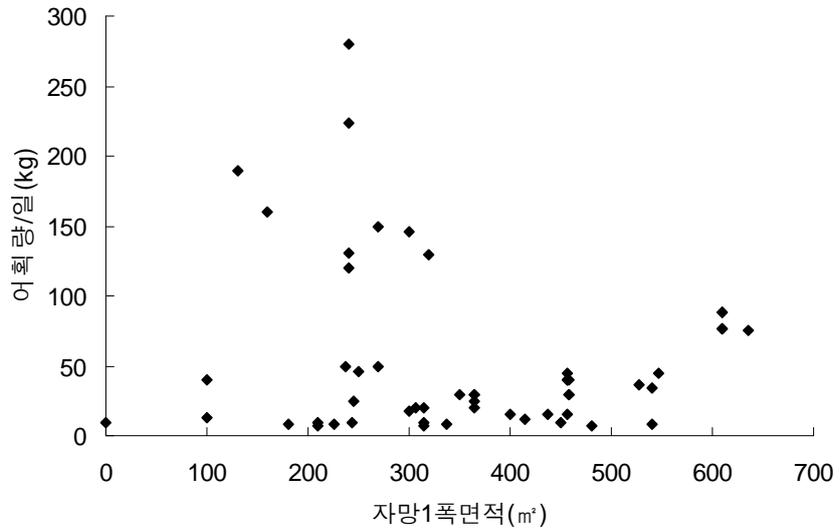


그림 1-4-2. 자망 1쪽의 면적에 따른 어획량.

Fig. 1-4-2. Catch according to the area of one net panel.

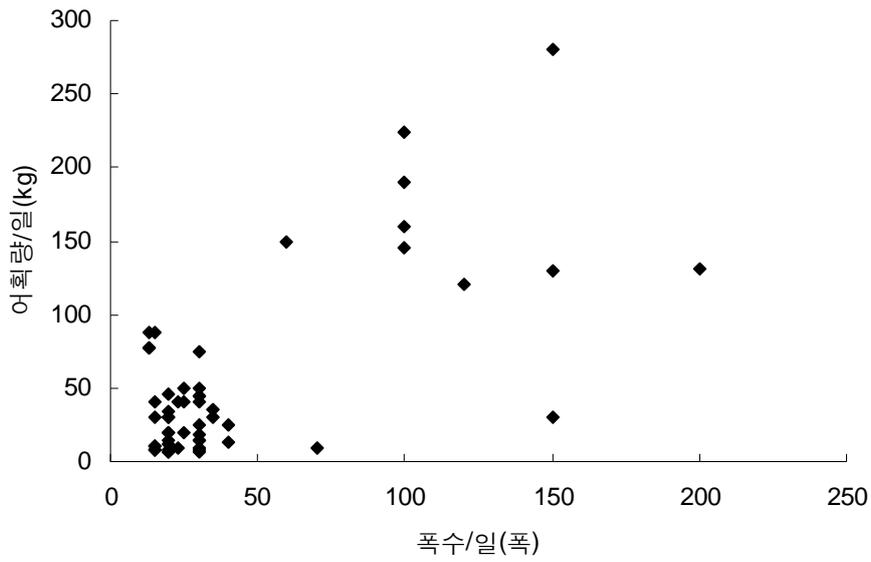


그림 1-4-3. 사용폭수에 따른 어획량.

Fig. 1-4-3. Catch according to the number of used panels.

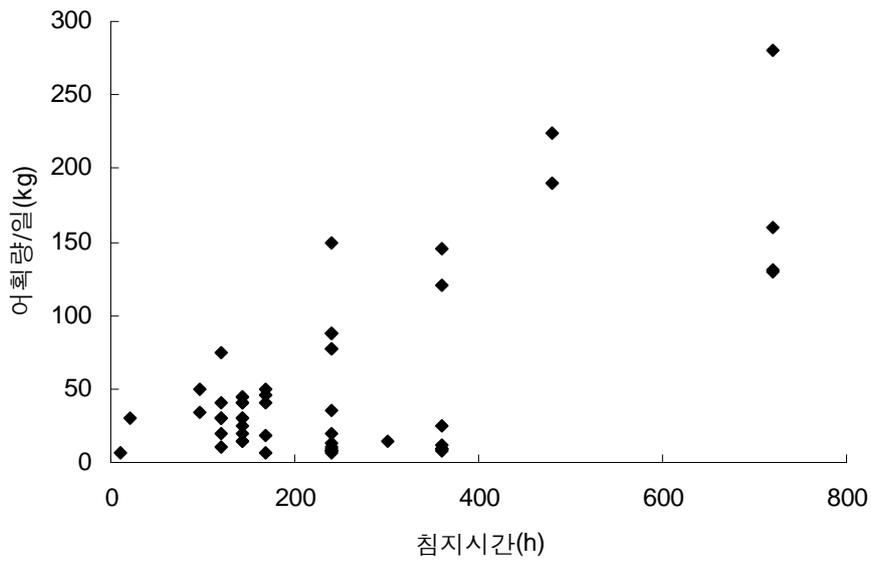


그림 1-4-4. 침지시간에 따른 어획량.

Fig. 1-4-4. Catch according to the time of immersion.

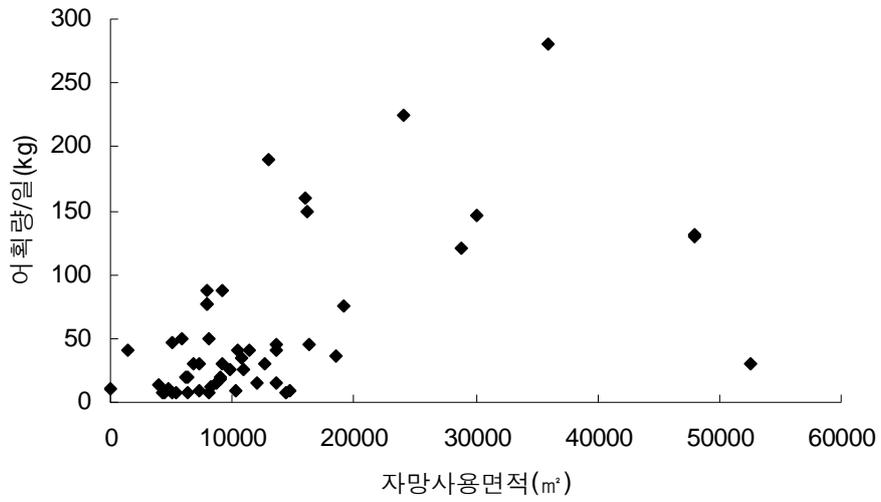


그림 1-4-5. 자망 사용면적에 따른 어획량.

Fig. 1-4-5. Catch according to the total area of used gill net.

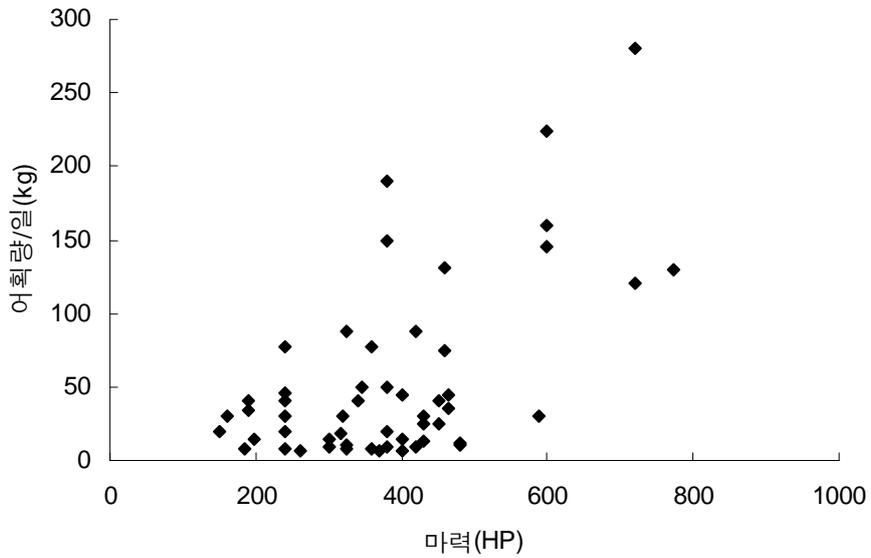


그림 1-4-6. 어선마력별 어획량.

Fig. 1-4-6. Catch according to vessel's power.

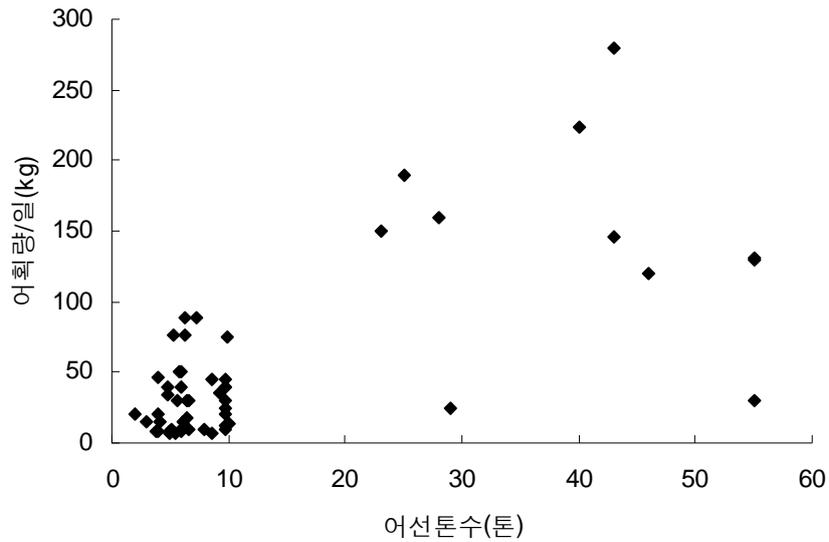


그림 1-4-7. 어선톤수별 어획량.

Fig. 1-4-7. Catch according to vessel's tonnage.

#### 나. 꽃게자망

##### (1) 꽃게고정자망 어획량 조사 분석

고정자망의 경우, 거의 같은 어구를 사용하고 있어 망목크기(그림 1-4-8)나 한쪽의 길이와 옆의 길이의 곱으로 자망의 면적(그림 1-4-9)을 구한 값도 같았으며, 침지시간(그림 1-4-11)도 거의 동일하게 조사되었다.

1일 사용하는 자망의 폭수(그림 1-4-10)와 그에 따른 자망의 1일 사용 면적(그림 1-4-12)에 따라 어획량과의 상관관계가 큰 것으로 조사되었다. 그림 1-4-10, 12, 13과 14로 보아 어선 마력과 톤수 등 어선의 규모보다는 어구의 면적, 사용량 등이 어획량과 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

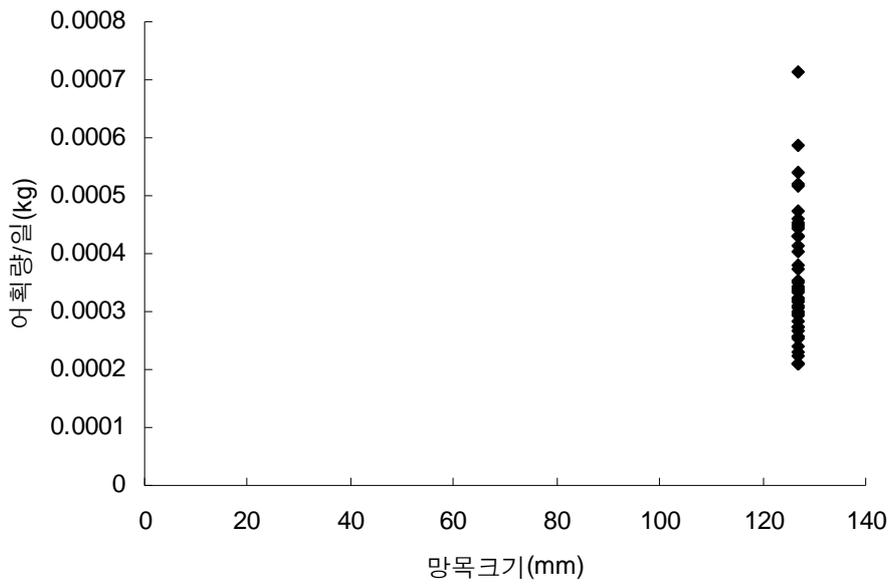


그림 1-4-8. 망목크기에 따른 어획량.

Fig. 1-4-8. Catch according to mesh size.

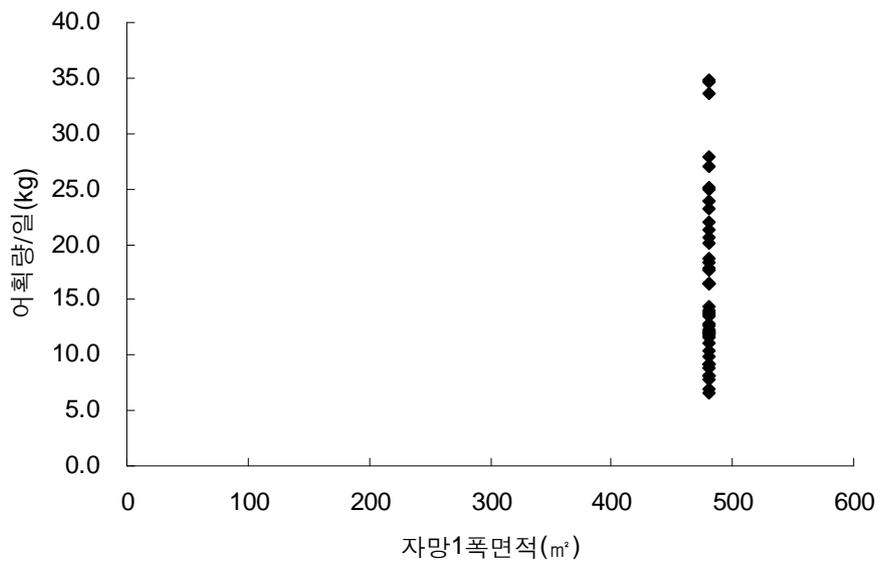


그림 1-4-9. 자망 1쪽의 면적에 따른 어획량.

Fig. 1-4-9. Catch according to the area of one net panel.

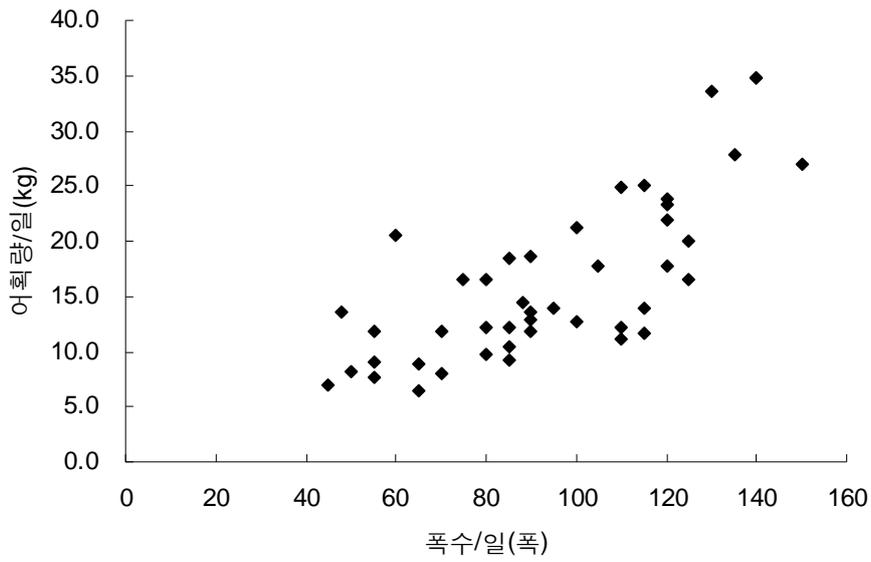


그림 1-4-10. 사용폭수에 따른 어획량.

Fig. 1-4-10. Catch according to the number of used panels.

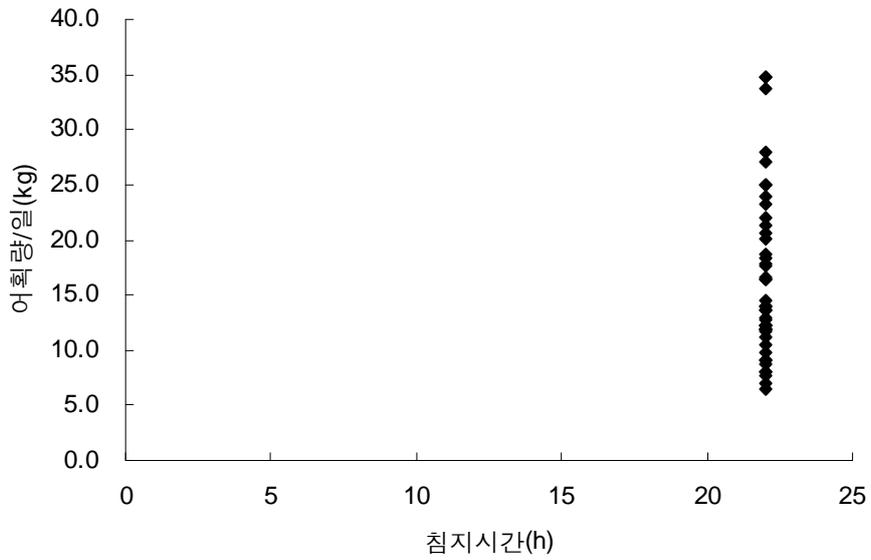


그림 1-4-11. 침지시간에 따른 어획량.

Fig. 1-4-11. Catch according to the time of immersion.

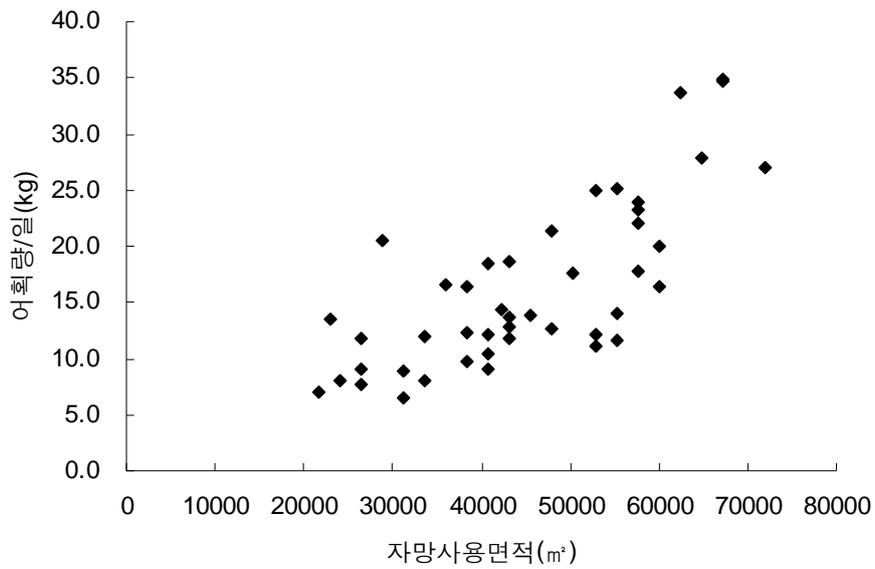


그림 1-4-12. 자망 사용면적에 따른 어획량.

Fig. 1-4-12. Catch according to the total area of used gill net.

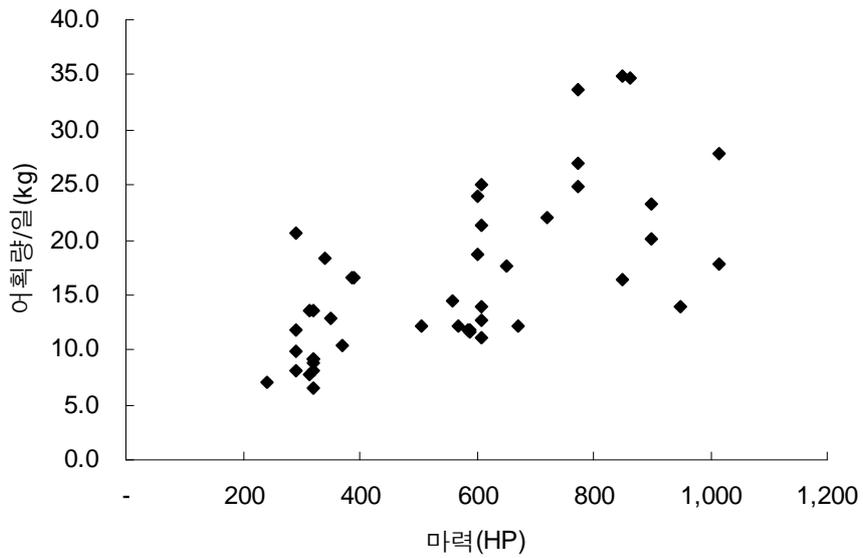


그림 1-4-13. 어선마력별 어획량.

Fig. 1-4-13. Catch according to of vessel's power.

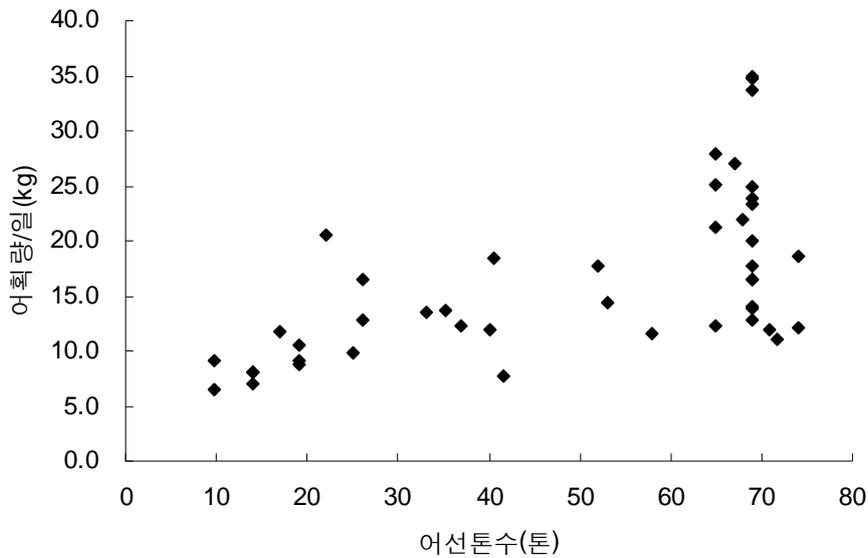


그림 1-4-14. 어선톤수별 어획량.

Fig. 1-4-14. Catch according to of vessel's tonnage.

## (2) 꽃게유자망 어획량 조사 분석

유자망의 경우는 현장 실태조사 결과에 의한 망목의 크기(그림 1-4-15), 1폭의 면적(그림 1-4-16), 1일 사용폭수(그림 1-4-17), 침지시간(그림 1-4-18) 및 자망의 사용면적(그림 1-4-19) 등 다양한 파라미터에 대한 어획량과의 상관관계가 거의 없는 것으로 조사되었다. 또한 어획량은 어선의 규모를 나타내는 어선마력(그림 1-4-20), 어선톤수(그림 1-4-21) 등에도 그다지 큰 영향을 받지 않는 것으로 조사되었다.

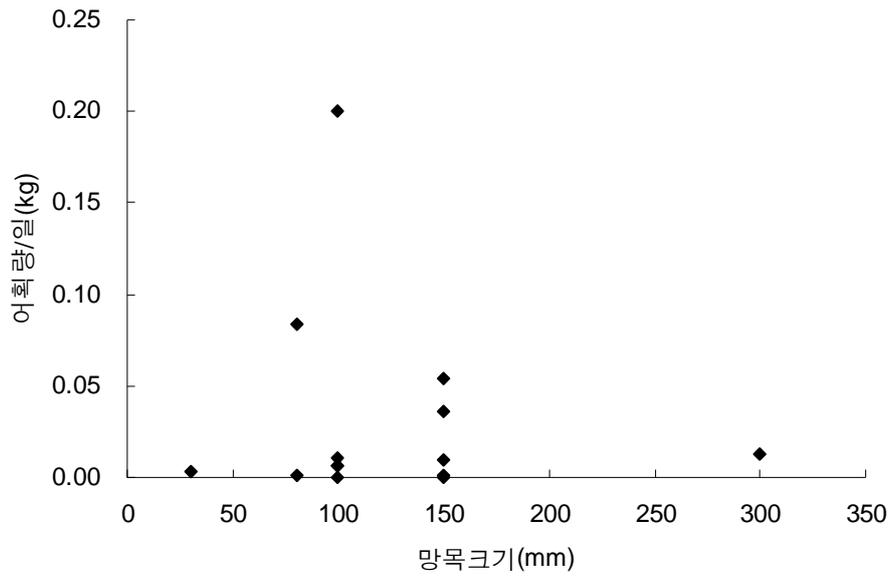


그림 1-4-15. 망목크기에 따른 어획량.

Fig. 1-4-15. Catch according to mesh size.

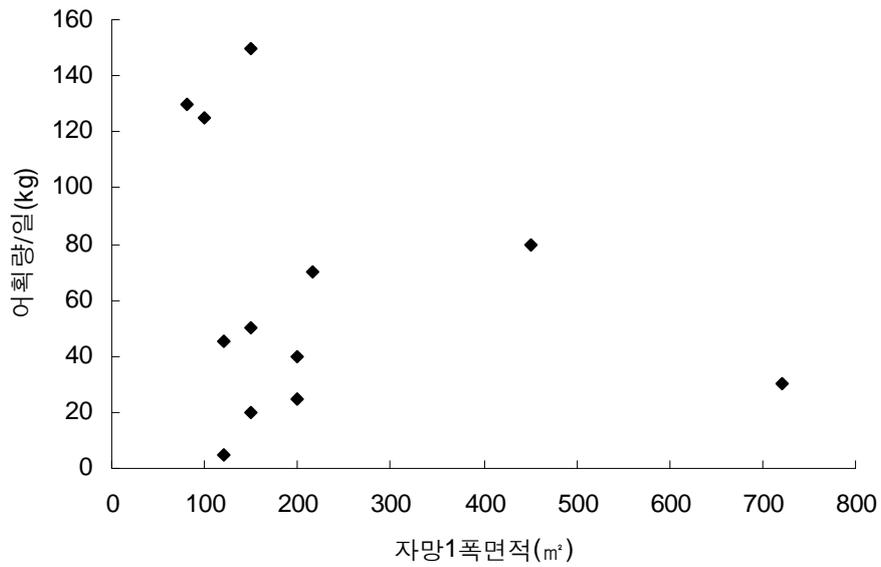


그림 1-4-16. 자망 1폭의 면적에 따른 어획량.

Fig. 1-4-16. Catch according to the area of one net panel.

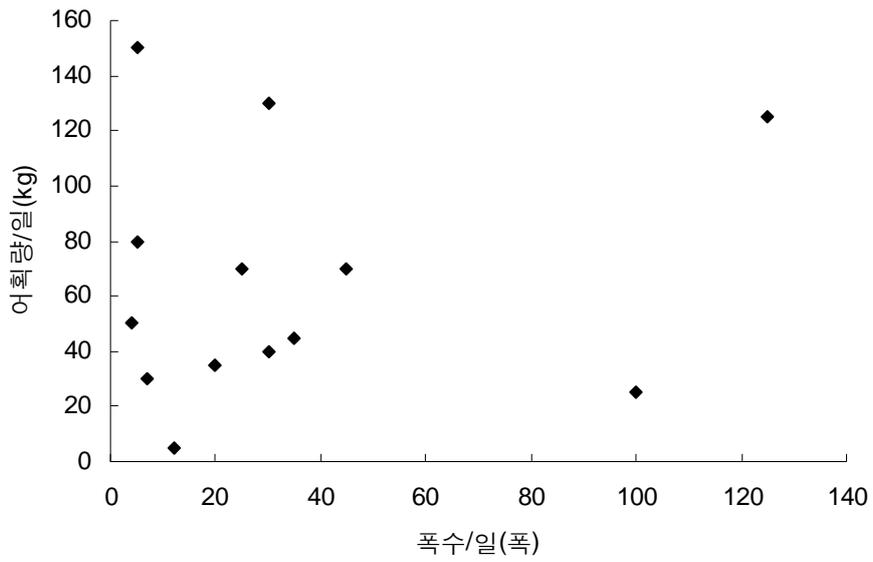


그림 1-4-17. 사용폭수에 따른 어획량.

Fig. 1-4-17. Catch according to the number of used panels.

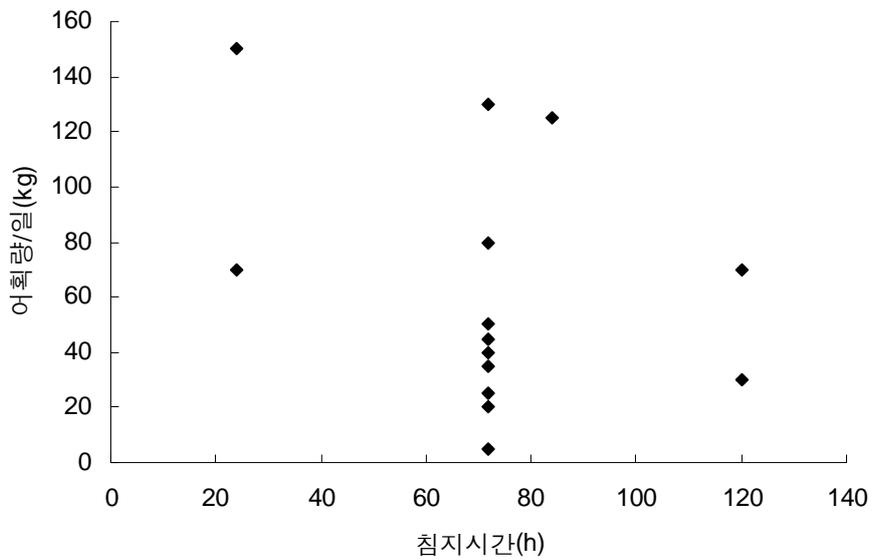


그림 1-4-18. 침지시간에 따른 어획량.

Fig. 1-4-18. Catch according to the time of immersion.

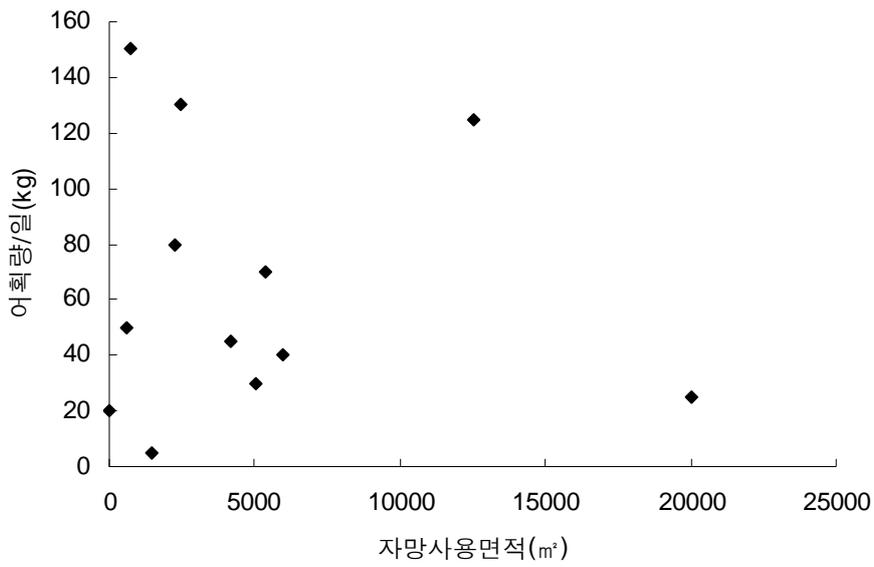


그림 1-4-19. 자망사용면적에 따른 어획량.

Fig. 1-4-19. Catch according to the total area of used gill net.

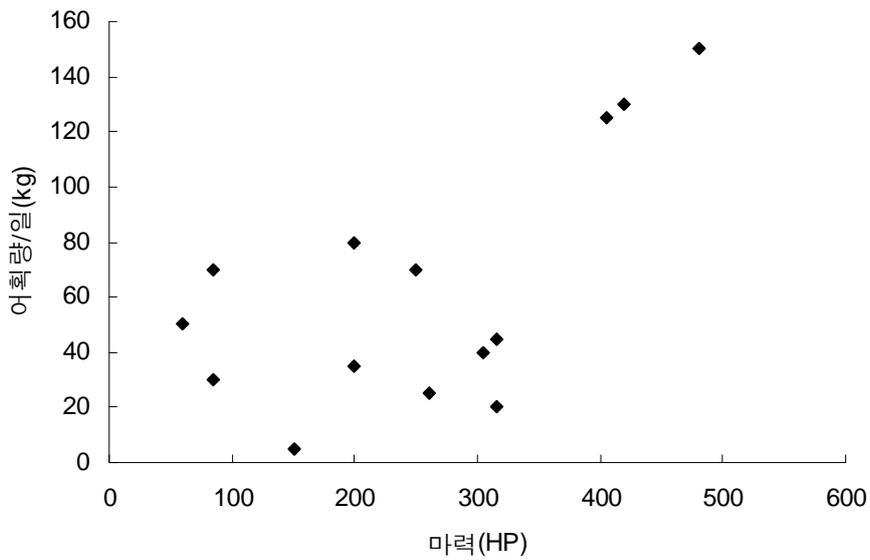


그림 1-4-20. 어선마력별 어획량.

Fig. 1-4-20. Catch according to of vessel's power.

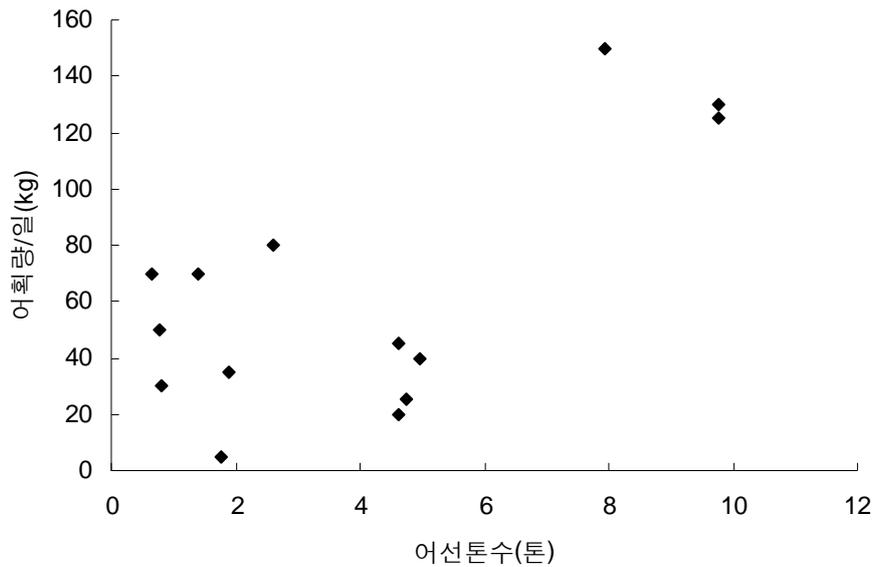


그림 1-4-21. 어선톤수별 어획량.

Fig. 1-4-21. Catch according to vessel's tonnage.

### 3. 통발어업

#### 가. 붉은대게통발

##### (1) 어획량 조사 분석

붉은 대게통발의 크기는 거의 대부분 같은 어구를 사용하고 있었고, 망목의 크기도 대부분 120mm를 사용하고 있었다. 따라서 망목의 크기별 어획량과는 그림 1-4-22에서 보는 바와 같이 상관관계를 확인할 수 없었다. 통발 간격도 40m의 간격이 거의 주를 이루고 있었다(그림 1-4-23). 또한 1일 사용하는 통발의 수에 따른 어획량과의 상관관계도 그림 1-4-24에서 알 수 있듯이 거의 없는 것으로 나타났다. 침지시간(그림 1-4-25) 및 조업일수(그림 1-4-26)에 따른 어획량도 거의 관계없는 것으로 조사되었으며, 어선의 규모를 나타내는 어선 마력(그림 1-4-27)과 어선톤수(그림 1-4-28) 역시 어획량과는 큰 상관관계가 없는 것으로 조사되었다.

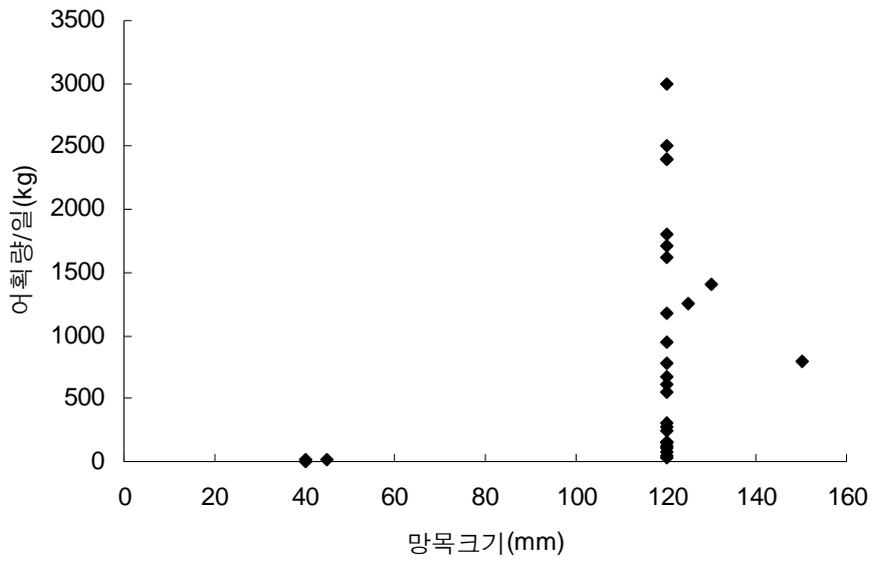


그림 1-4-22. 망목크기에 따른 어획량.

Fig. 1-4-22. Catch according to mesh size.

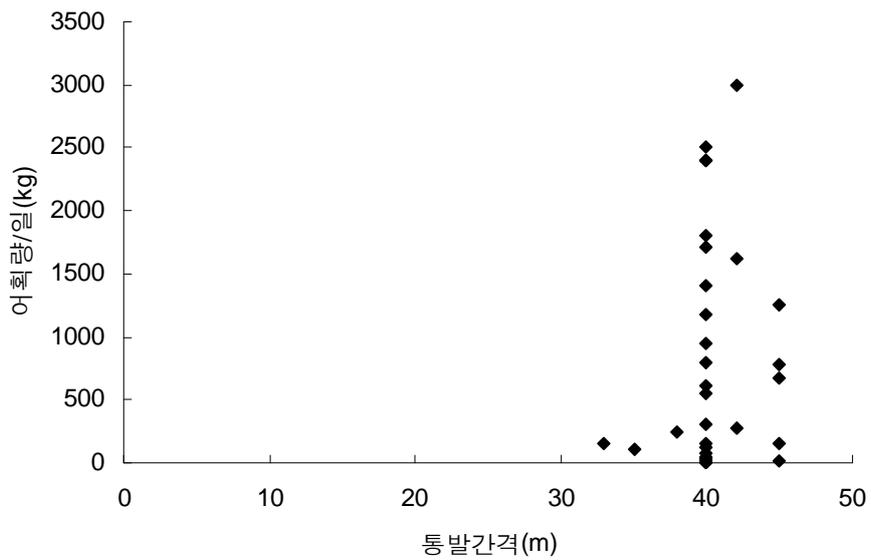


그림 1-4-23. 통발간격별 어획량.

Fig. 1-4-23. Catch by the distance of fish pot.

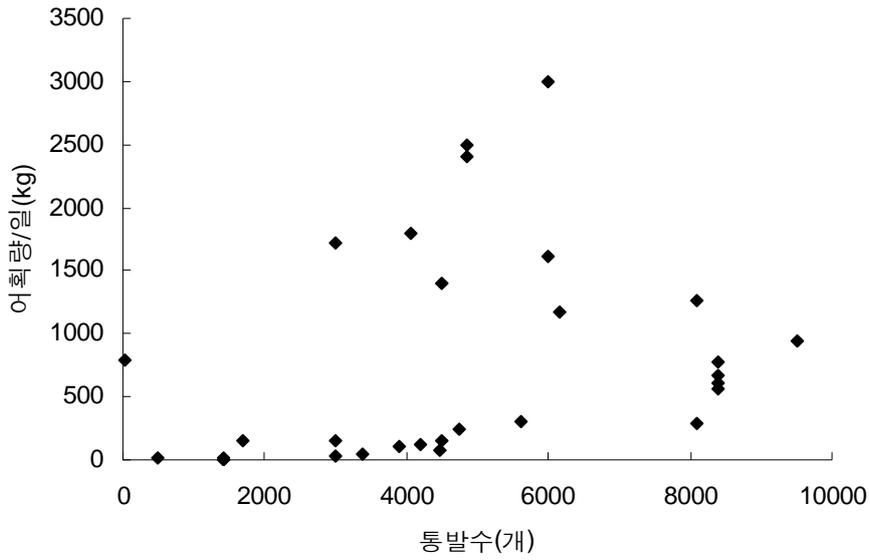


그림 1-4-24. 통발수에 따른 어획량.

Fig. 1-4-24. Catch according to the number of fish pots.

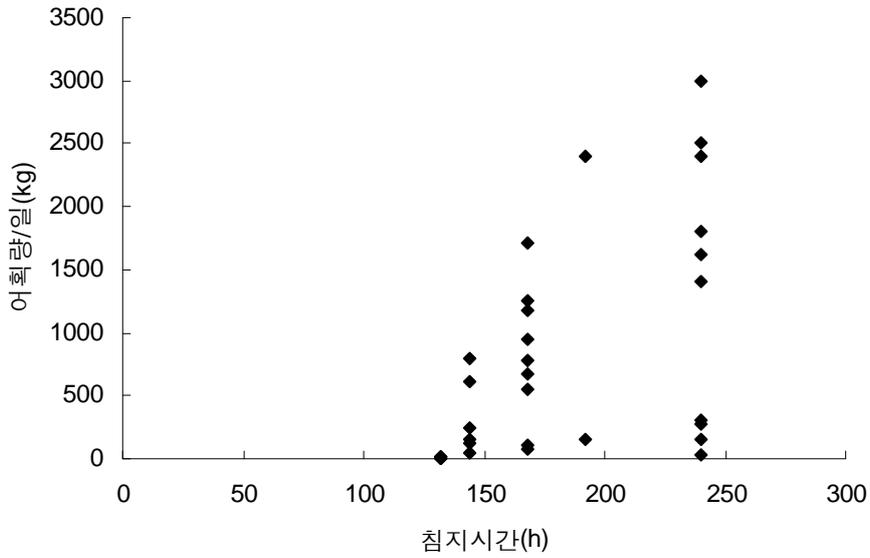


그림 1-4-25. 침지시간에 따른 어획량.

Fig. 1-4-25. Catch according to the time of immersion.

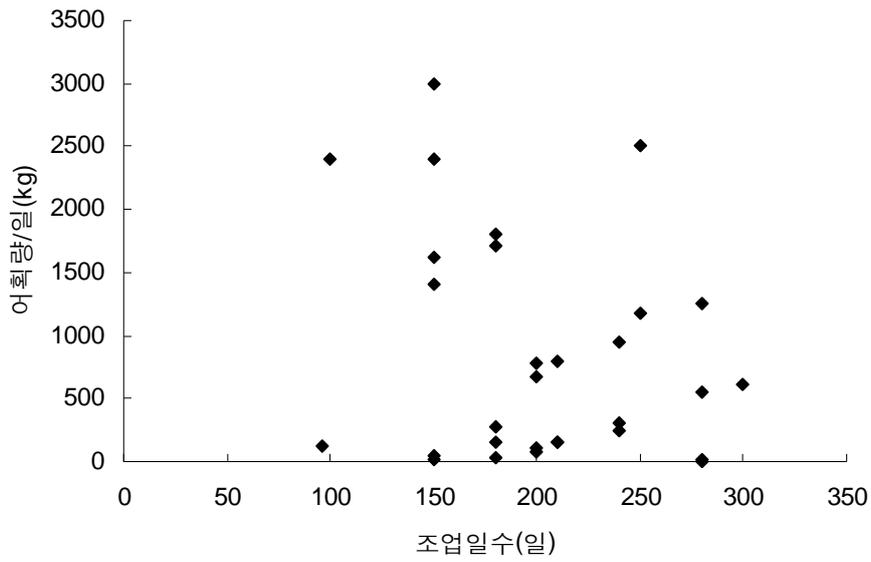


그림 1-4-26. 조업일수에 따른 어획량.

Fig. 1-4-26. Catch according to operating days.

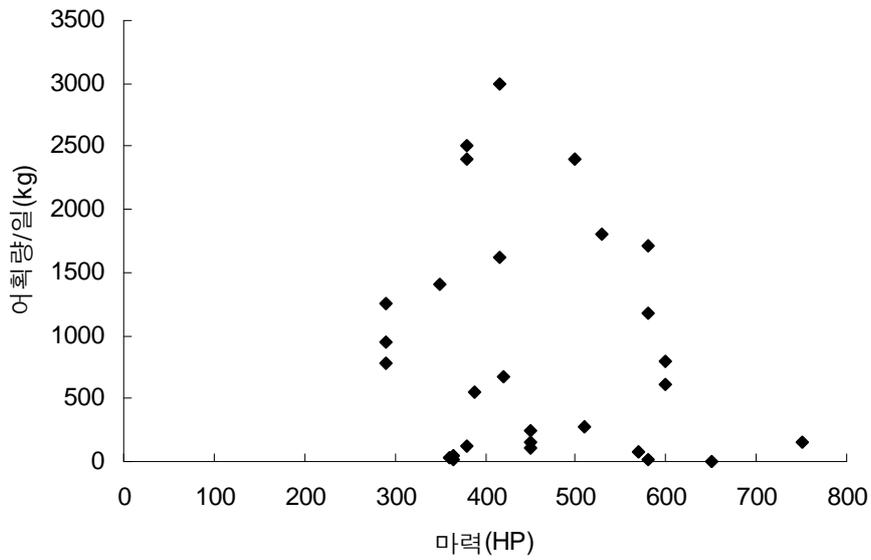


그림 1-4-27. 어선마력별 어획량.

Fig. 1-4-27. Catch according to vessel's power.

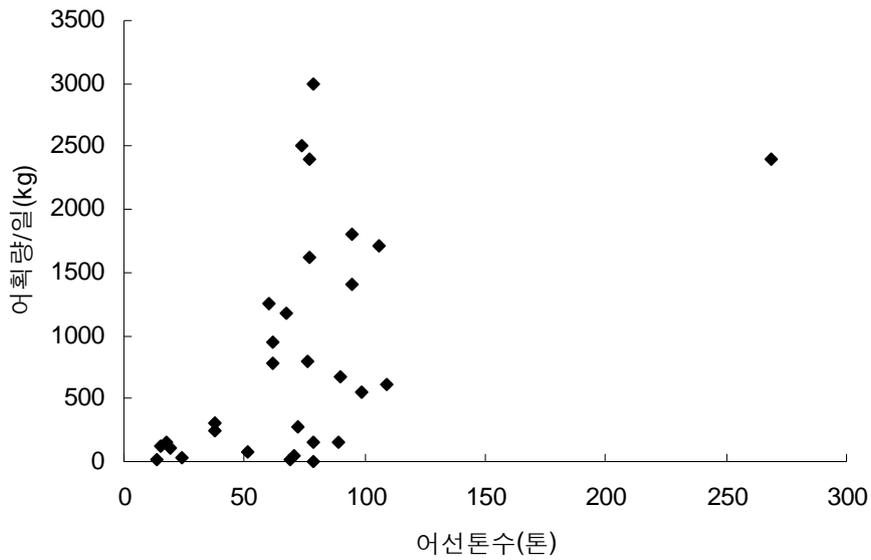


그림 1-4-28. 어선톤수별 어획량.

Fig. 1-4-28. Catch according to vessel's tonnage.

#### 4. 연승어업

##### 가. 복어연승

##### (1) 어획량 조사 분석

복어연승은 어구의 사용량의 측면에서 볼 때 낚시수(그림 1-4-29), 낚시 간격(그림 1-4-30)이나 연중 조업일수(그림 1-4-31)에 의한 어획량의 변화가 클 것으로 생각되었으나, 실태조사결과 그다지 큰 상관관계를 보이지 않았다. 또한 어선의 마력(그림 1-4-32)이나 어선톤수(그림 1-4-33) 역시 어획량과 상관관계가 크지 않는 것으로 조사되었다.

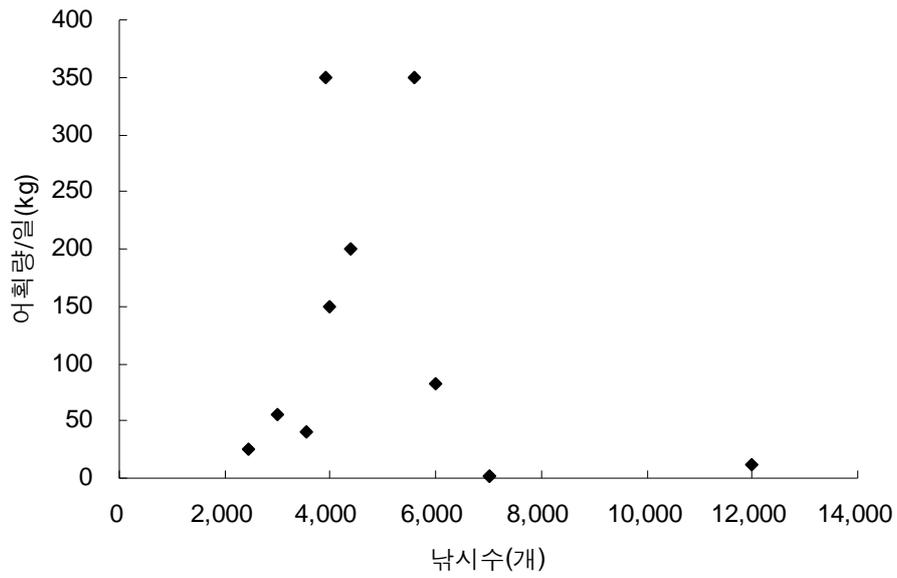


그림 1-4-29. 낚시수에 따른 어획량.

Fig. 1-4-29. Catch according to the number of hooks.

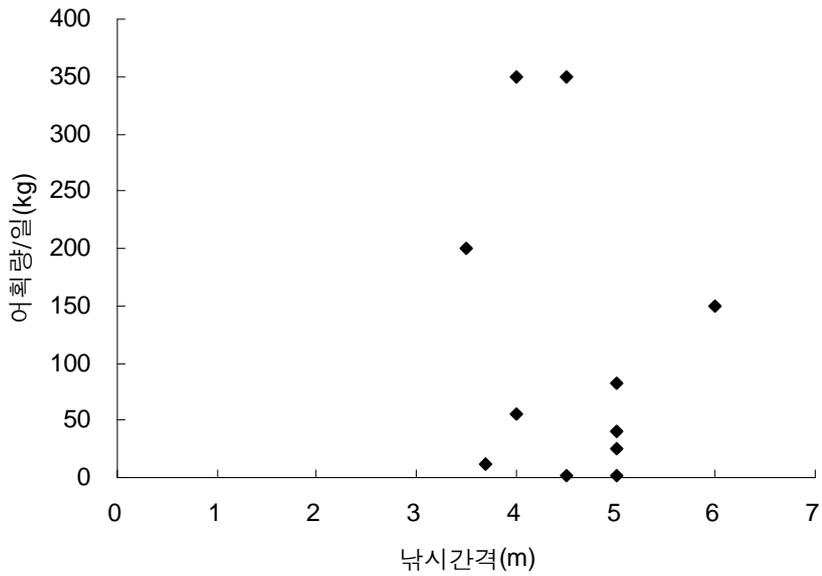


그림 1-4-30. 낚시간격에 따른 어획량.

Fig. 1-4-30. Catch according to the distance of hook.

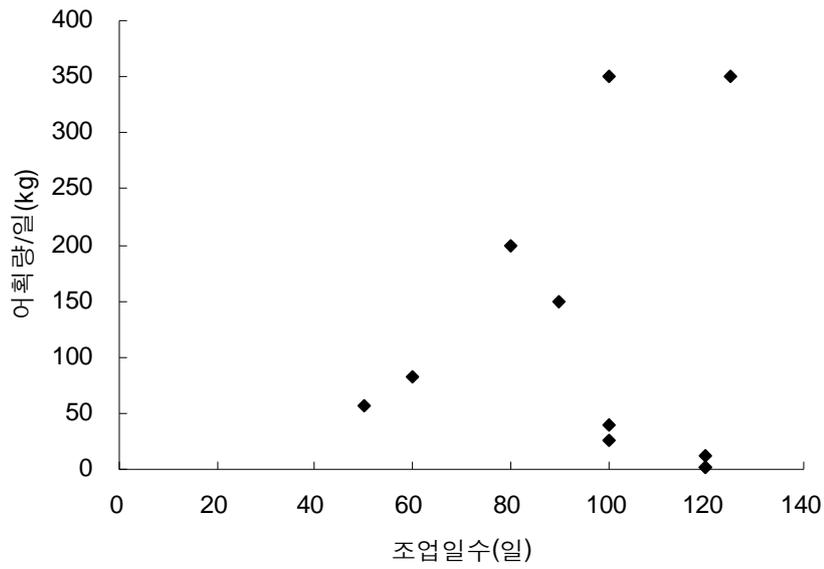


그림 1-4-31. 연중 조업일수에 따른 어획량.

Fig. 1-4-31. The catch according to operating days in a year.

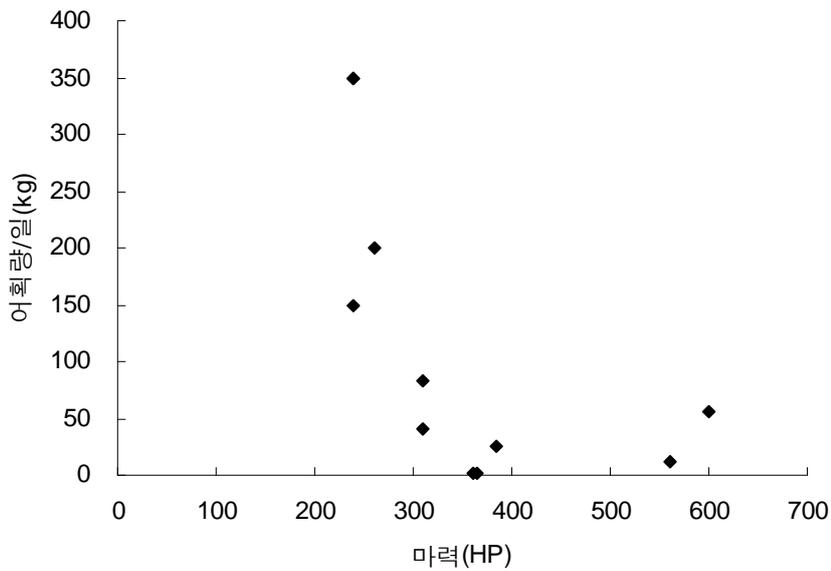


그림 1-4-32. 어선마력별 어획량.

Fig. 1-4-32. Catch according to of vessel's power.

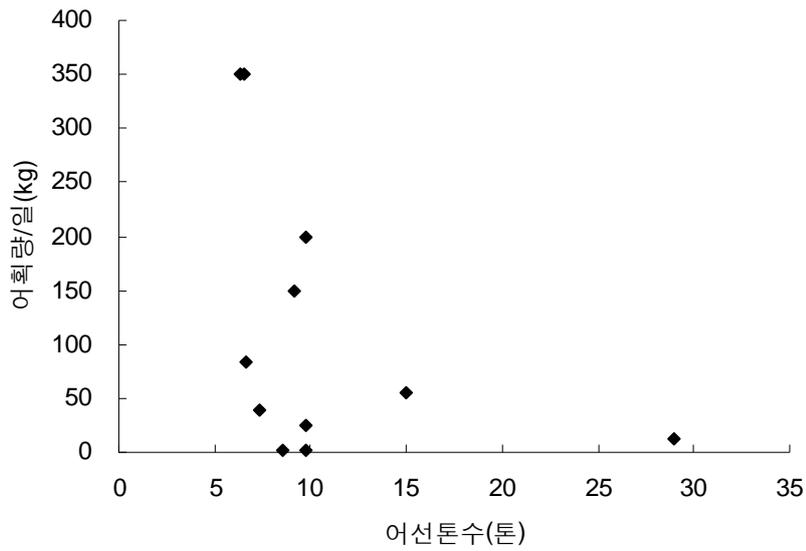


그림 1-4-33. 어선톤수별 어획량.

Fig. 1-4-33. Catch according to vessel's tonnage.

나. 갈치연승

(1) 어획량 조사 분석

갈치연승의 실태조사 결과 낚시수(그림 1-4-34)나 낚시간격(그림 1-4-35)은 모두 동일하게 조사되었다. 연중조업일수(그림 1-4-36)와 어획량의 관계가 있는 것으로 나타났다. 어선의 규모(그림 1-4-37, 38)는 어획량에 그다지 영향을 주지 않는 것으로 조사되었다.

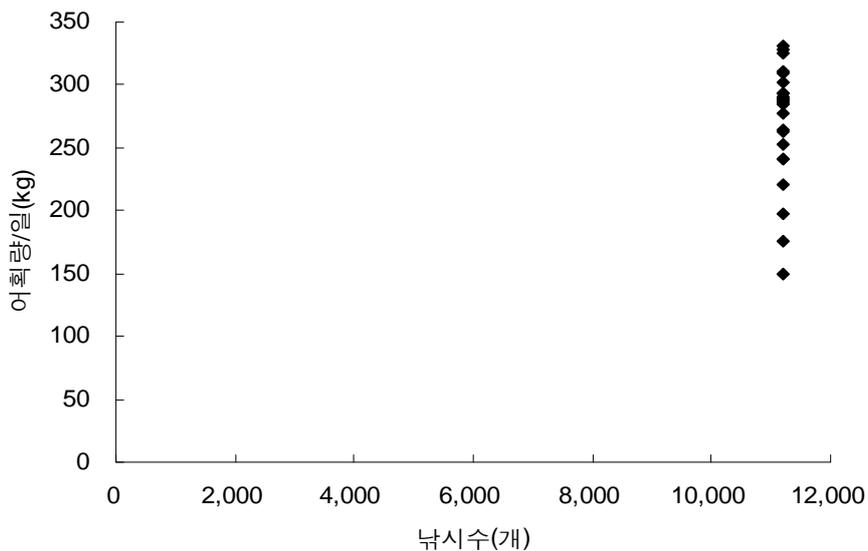


그림 1-4-34. 낚시수에 따른 어획량.

Fig. 1-4-34. Catch according to the number of hooks.

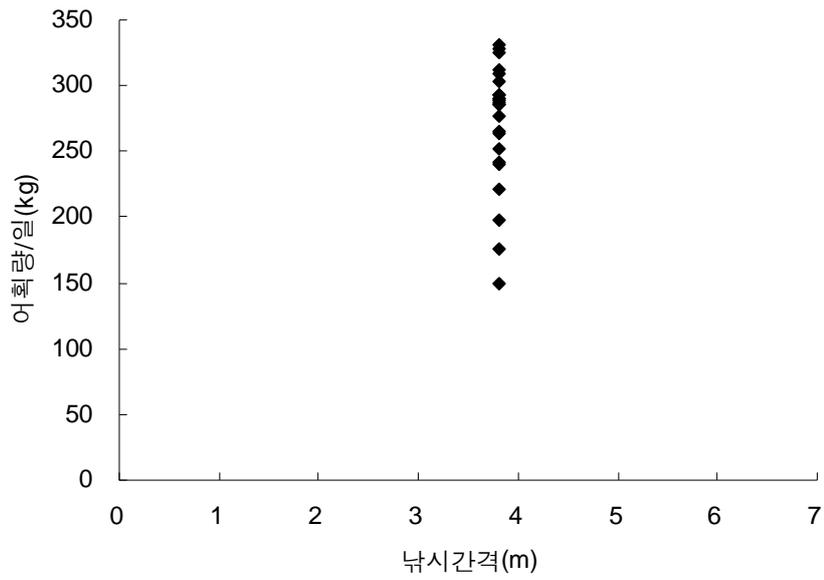


그림 1-4-35. 낚시간격에 따른 어획량.

Fig. 1-4-35. Catch according to the distance of hook.

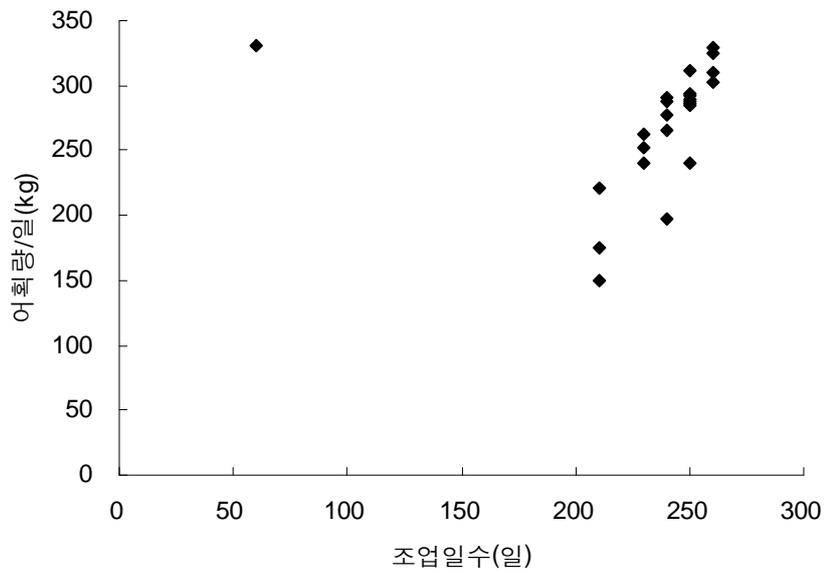


그림 1-4-36. 연중 조업일수에 따른 어획량.

Fig. 1-4-36. The catch according to operating days in a year.

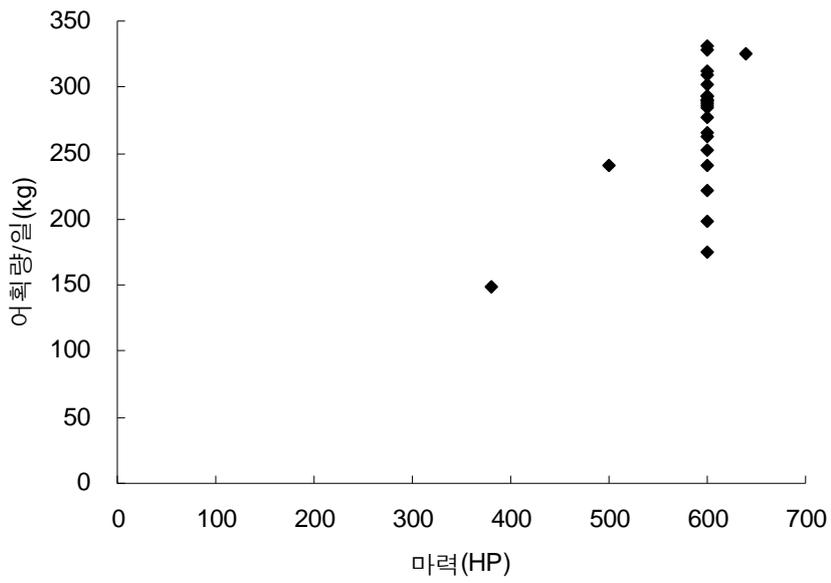


그림 1-4-37. 어선마력별 어획량.

Fig. 1-4-37. Catch according to vessel's power.

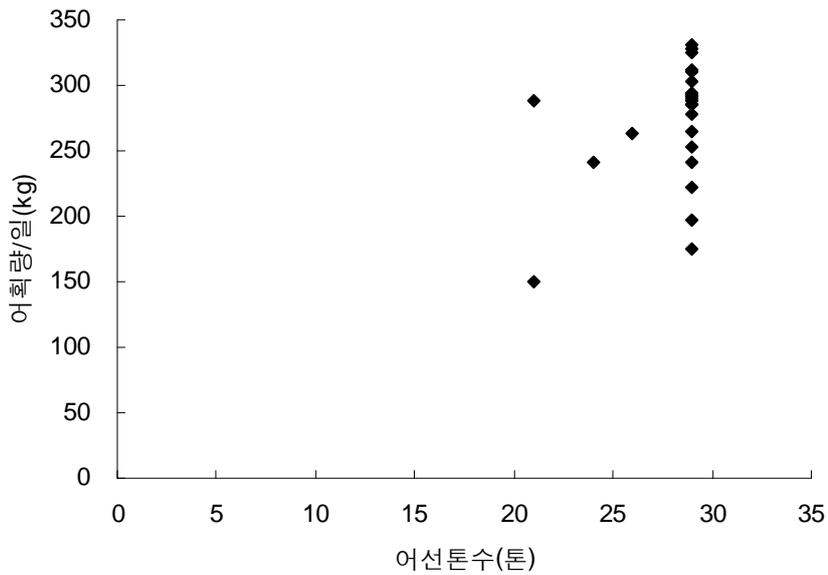


그림 1-4-38. 어선톤수별 어획량.

Fig. 1-4-38. Catch according to vessel's tonnage.

## 제 2 장 어획노력량 분석

### 제 1 절 어획노력량의 이론적 산정 방법

본 장에서는 소극적 어법에 속하는 안강망, 자망, 통발 및 연승어업에 있어서 실질적으로 어구가 어획 대상 생물에 미치는 어획노력량을 산술적으로 비교 계산하는 방법을 기술하기로 한다.

소극적 어구어법의 어획 과정에는 안강망, 자망과 같이 미끼를 사용하지 않는 경우와 통발, 연승과 같이 주로 미끼를 사용하는 경우로 크게 나눌 수 있다. 미끼를 사용하지 않는 경우에 있어서, 안강망과 같이 조류가 어획물을 그물 속으로 강제 유도하는 경우가 있고 대게 자망과 같이 대게의 이동이 자망과 조우하는 경우, 또 꽃게 자망과 같이 꽃게의 이동이 조류와 복합적으로 작용하면서 자망 어구에 조우하는 경우도 있다. 아울러, 미끼를 사용하는 통발, 연승은 대상 생물의 이동과 미끼의 유집이 복합적으로 작용하여 어구와 조우하게 된다.

각 어업(어구어법)별로 실질적으로 어구가 어획 대상 생물에 미치는 어획노력량을 산술적으로 비교 계산한 값을  $E$ 라 정하고 이 값을 각 어업별로 과학적으로 산출하는 방법을 구할 수 있다면 그 결과는 큰 의미를 가지게 된다. 즉, 각 어업별 어획노력량  $E$  값을 이용하여 어업간 어획강도를 비교하는 것이 가능해 질 수 있다. 어업자원보호 및 지속가능한 어업을 유지하기 위해 정책적으로 많이 사용하는 TAC할당이나 어업구조조정(감척사업 등) 사업을 실시함에 있어서 경영상태 및 사회적 문화적 요소만 감안하면 업종간의 적정배분이 가능해 질 수 있다는 것을 의미한다.

한편, 각 어업별로 어획노력량을 서로 비교하기 위해서는 어획노력량  $E$  값을 같은 의미의 값으로 지정하고 각 어업의 어구어법 및 어획구조에 맞게  $E$  값을 이론적으로 산정해야 할 것이다. 예를 들면, 자망의 망목선택성이나 통발, 연승의 미끼 유집효과, 어구에 대한 대상 생물의 행동, 어군의 형태 등에 관한 여러 가지 연구가 선행되어야 하며, 어획노력량 산정을 위해서는 그 결과를 종합하여야만 가능하다. 따라서 본 보고서에서는 이론적 산정방법과 향후 필요한 연구를 제시하여 이러한 연구의 결과와 정확한 어획자료가 확보되었을 때, 각 어업별로 어구측면에서의 어획노력량을 산정하고 어업간에 비교할 수 있는 기초를 만들고자 한다.

#### 1. 안강망

안강망은 긴 자루형의 그물 입구에 전개장치를 부착한 어구를 조류가 강한 해역의 해저에 맞으로 고정시켜 놓고 조류에 의해 물고기가 그물 안으로 들어가게 하여 어획하는 어법이다. 따라서, 안강망 어구의 크기, 조류의 세기 그리고 침지시간 등이 어획노력량에 미치는 중요한 요소가 된다.

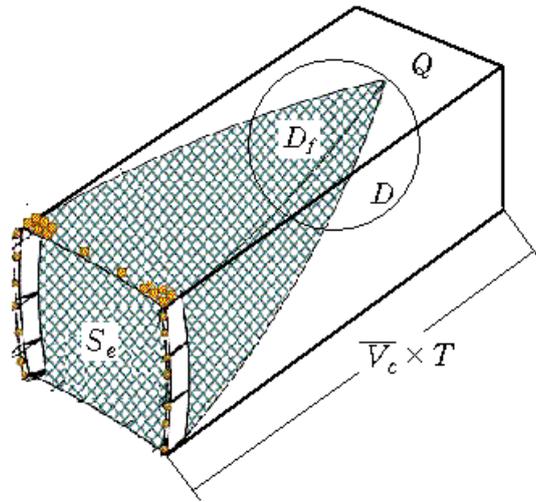


그림 2-1-1. 안강망의 어획노력량 개념도.

Fig. 2-1-1. The general idea plan of fishing effort in stow net.

어획노력량( $E$ )은 어구가 해수와 조우하는 소해체적( $Q$ )과 자원밀도( $D$ )의 곱으로 나타낼 수 있다.

$$E = Q \times D \text{ ————— (1)}$$

여기서, 자원밀도는 조업해역의 단위 체적당 어업자원의 중량으로 표시할 수 있는데, 자원밀도는 시기와 장소에 따라 변하는 값이므로 변수로 다루어야 한다. 또, 소해체적은 조류의 평균유속( $\overline{V_c}$ ), 안강망의 입구면적( $S_e$ )과 침지시간( $T$ )의 곱으로 나타낼 수 있다.

$$Q = \overline{V_c} \times S_e \times T \text{ ————— (2)}$$

한편, 조류는 방향이 바뀌면서 그 속도가 변화하게 되는데, 느린 조류에서는 물고기가 헤엄쳐서 어구를 회피할 경우도 있을 것이다 또, 자루그물 속으로 물고기가 들어갔다 하더라도 그물코보다 작은 고기는 빠져나갈 수도 있다. 따라서 소해체적 내에 있는 물고기 중 얼마가 어획되는냐 하는 값을 어획비율( $R$ )로 생각하고 실제로 어획되는 어획량을 어획자원밀도( $D_f$ )로 생각하면,

$$D_f = D \times R \text{ ————— (3)}$$

이 되고 식 (1)은 다음과 같이 다시 쓸 수 있다.

$$E = Q \times D_f \text{ ————— (4)}$$

결국, 식 (2), (3), (4)를 종합하면, 다음과 같은 식이 된다.

$$\therefore E = \overline{V_c} \times S_e \times T \times D \times R \text{ ————— (5)}$$

여기서, 어획자원밀도를 산출하기 위해서는 어업자원 연구분야에서 많은 선행연구가 필요하며, 어획비율을 산출하기 위해서는 시기, 장소, 자원의 조성을 감안한 반복적 어획조사 및 망목선택성 연구가 꼭 필요하다.

## 2. 자망

자망 어구는 어획구조에 따라 그물코에 아가미가 끼워져 잡히는 것과 몸의 일부 또는 전체에 엉켜서 잡히는 것 두 가지로 크게 나눌 수 있는데, 본 연구의 대상이 되는 대게 자망과 꽃게 자망은 그물의 그물살에 몸에 엉켜서 잡히는 것이다. 따라서 어구 측면의 어획노력량 요소라 할 수 있는 자망의 사용 폭수, 자망 한 폭의 크기, 그물코의 크기 외에도 성형률이 얼마나 하는 것도 매우 중요할 수 있다. 또, 어구가 조류에 의하여 이동하는 경우, 이동속도도 하나의 요소가 될 수 있다.

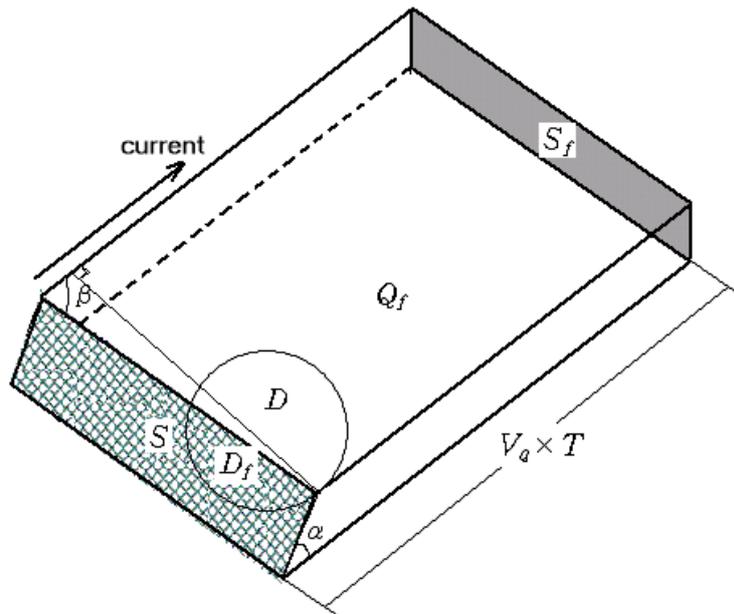


그림 2-1-2. 자망의 어획노력량 개념도.

Fig. 2-1-2. The general idea plan of fishing effort in gill net.

안강망과 마찬가지로 어획노력량( $E$ )은 어구가 해수와 조우하는 소해체적( $Q$ )과 어획자원밀도( $D_f$ )의 곱으로 나타낼 수 있다.

$$E = Q \times D_f \text{ ————— (4)}$$

여기서, 소해체적은 안강망의 경우와는 다른 분석을 하여야 한다. 안강망의 경우 어구가 해저에 닿으로 고정되어 있기 때문에 조류의 평균속도가 소해체적의 중요한 요소가 되었으며, 그 체적 속에 있는 대상 생물이 어획되는 것이다. 그러나 자망의 경우, 고정자망과 유자망이 있으며, 물고기가 물 속을 헤엄치며, 어구와 조우할 수도 있고 어구가 물고기가 있는 곳을 지나갈 수도 있다. 즉, 조류의 속도와 어구의 속도, 물고기의 속도가 복합적으로 가감되어 어구와 물고기가 조우하는 것이다. 일단, 물고기가 움직이지 않는다고 가정하면 해저에서 떨어져 물 위에 있는 대상 생물은 어구의 물에 대한 대수속도가 어획에 중요한 요소가 되며, 해저에 붙어 있는 대상 생물은 어구의 지면에 대한 대지속도가 어획에 중요한 요소가 될 것이다. 결국 어구는 조류에 의하여 움직이므로 어구의 속도는 조류의 속도보다 작다. 따라서 조류의 속도(  $V_c$  )에서 어구의 이동속도(  $V_g$  )를 뺀 값이 어구의 대수속도 또는 대지속도가 되며, 대상 생물이 어구에 접근하는 속도를  $+V_f$  라 하면, 어구와 대상생물이 조우할 가능성과 관련된 어획가능속도(  $V_q$  )는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_q = |(V_c - V_g) - V_f| \quad (6)$$

또, 자망의 면적을  $S$ , 자망과 지면의 사이 각도를  $\alpha$ , 자망과 조류의 사이 각도를  $\beta$ 라 하면 어획가능면적  $S_f$ 는 다음과 같이 된다.

$$S_f = S \times \sin\alpha \times \sin\beta \quad (7)$$

따라서, 어획가능소해체적(  $Q_f$  )은 어획가능속도(  $V_q$  ), 자망의 어획가능면적(  $S_f$  )과 침지 시간(  $T$  )의 곱으로 나타낼 수 있다.

$$Q_f = V_q \times S_f \times T \quad (8)$$

곧, 식 (4)는 다음과 같이 다시 쓸 수 있다.

$$E = Q_f \times D_f \quad (9)$$

한편, 물고기가 어구와 조우하여도 헤엄쳐서 어구를 회피하거나 그물코보다 작아서 빠져 나가거나 해서 어구와 조우한 물고기 중 얼마가 어획되는냐 하는 값을 어획비율(  $R$  )로 생각하면, 결국 식 (9)로부터 다음과 같은 식이 된다.

$$\therefore E = V_q \times S_f \times T \times D \times R \quad (10)$$

여기서도, 어획비율을 산출하기 위해서는 어종, 망목크기, 자원의 조성을 감안한 반복적 어획시험조사 연구와 물고기의 이동에 관한 행동 연구가 꼭 필요하다.

### 3. 통발

통발 어구의 어획구조는 대부분 통발 속에 들어 있는 미끼의 냄새로 물고기를 유집하고 통발 속으로 들어온 고기가 쉽게 빠져나가지 못하도록 하여 잡는 것이다. 따라서 통발 어업에서 어구 측면의 어획노력량 요소라 할 수 있는 것으로는 통발의 구조, 통발의 수, 미끼의 유집 효과 그리고 침지시간 등이 있다.

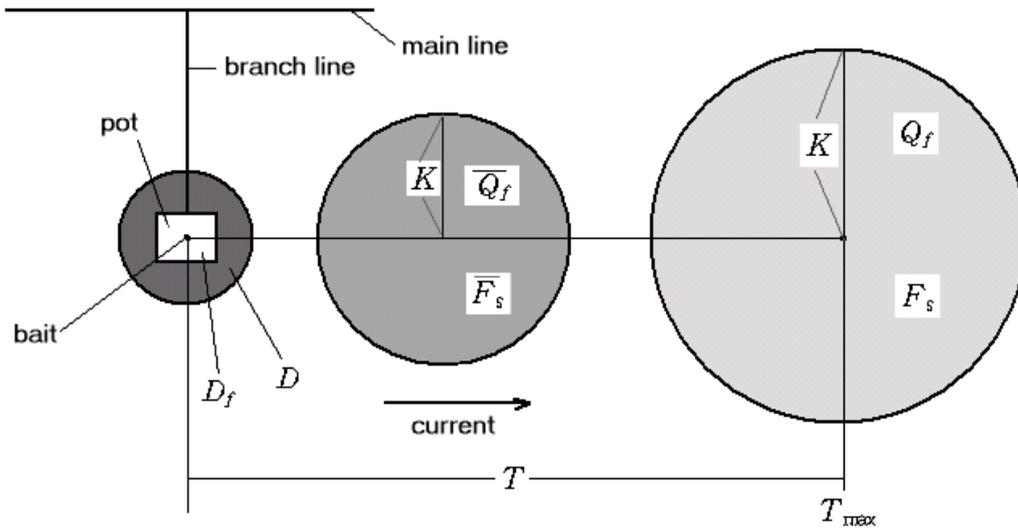


그림 2-1-3. 통발의 어획노력량 개념도.

Fig. 2-1-3. The general idea plan of fishing effort in fish pot.

통발은 거의 해저에 고정 설치되므로 이동이 많이 없다고 가정하면 미끼의 냄새가 확산되는 범위가 어획가능소해체적( $Q_f$ )이 될 것이다. 또, 물고기가 운동하여 어획가능소해체적 내에 들어오고 그 중 통발로 이동하여 최종 어획되는 비율과 자원밀도의 곱을 어획자원밀도  $D_f$ 의 개념으로 생각하면 통발도 자망과 마찬가지로 식 (9)가 사용되어질 수 있으며, 통발 한 개의 어획노력량은 다음과 같다.

$$E = Q_f \times D_f \quad (9)$$

여기서 조류의 속도는 생각할 필요가 없다. 조류가 한 방향으로 이동하면 같은 방향으로 미끼의 냄새가 전달되겠지만 반대 방향으로 미끼의 냄새가 전달되지 않을 것이며, 조류의 움직임으로 미끼의 확산범위가 크질 수는 있으나 그 만큼 농도가 떨어지기 때문이다.

그리고, 어획가능소해체적( $Q_f$ )은 시간에 따라 변화하는데 처음에는 최소값 0에서 양망 시간  $T_{max}$ 에서 최대값을 가진다. 그런데 시간이 지남에 따라  $Q_f$ 속의 미끼의 냄새강도( $F_s$ )는 작아지므로 실제로 작용하는 어획노력량은  $Q_f$ 와  $F_s$ 의 곱의 개념이 될 것임

로 식 (9)는 다음과 같이 다시 쓸 수 있다.

$$E = Q_f \times F_s \times D_f \quad (11)$$

한편, 어획가능소해체적( $Q_f$ )은 확산거리( $K$ )의 3차 함수  $f$  이고 확산거리( $K$ )는 침지시간( $T$ )의 일차함수  $g$  이다. 즉, 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$Q_f = f(K) \quad (12)$$

$$K = g(T) \quad (13)$$

$$Q_f = f(g(T)) = (f \circ g)(T) \quad (14)$$

결국  $Q_f$ 는 침지시간  $T$ 의 합성함수  $f \circ g$ 로 나타낼 수 있으며, 침지시간에 따른 평균 어획가능소해체적( $Q_f$ )는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\overline{Q_f} = \frac{\int_0^{T_{\max}} (f \circ g)(T) dT}{T_{\max}} \quad (15)$$

또, 냄새강도( $F_s$ )는 확산거리( $K$ )의 3차 역함수  $g$  이다. 즉, 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$F_s = h(K) \quad (16)$$

$$F_s = h(g(T)) = (h \circ g)(T) \quad (17)$$

$$\overline{F_s} = \frac{\int_0^{T_{\max}} (h \circ g)(T) dT}{T_{\max}} \quad (18)$$

따라서, 어획노력량( $E$ )는 식 (11), (15), (18)로부터 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\therefore E = \frac{\int_0^{T_{\max}} (f \circ g)(T) \times (h \circ g)(T) \times D_f dT}{T_{\max}} \quad (19)$$

$$E = \int_0^{T_{\max}} (f \circ g)(T) \times (h \circ g)(T) dT \times \frac{D_f}{T_{\max}} \quad (19)'$$

도출된 식을 활용하기 위해서는 통발 어구의 망목선택성 연구, 미끼의 확산속도 및 물고기에 미치는 냄새강도에 관한 연구 등이 꼭 필요하다.

#### 4. 연승

연승 어구의 어획구조는 대부분 낚시바늘에 끼워져 있는 미끼의 냄새로 대상 어종을 유집하고 미끼를 먹다가 낚시에 걸린 고기를 잡는 것이다. 따라서 연승어업에서 어구 측면의 어획노력량 요소라 할 수 있는 것으로는 낚시바늘의 크기, 낚시의 수, 미끼의 유집 효과, 침지시간 등이 있다.

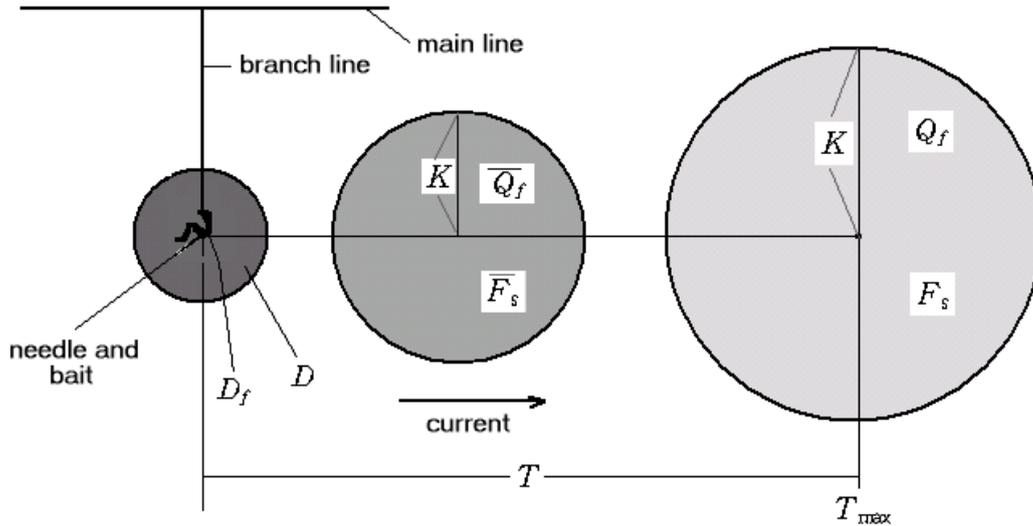


그림 2-1-4. 연승의 어획노력량 개념도.

Fig. 2-1-4. The general idea plan of fishing effort in long line.

연승은 통발과 같이 미끼의 냄새가 확산되는 범위가 어획가능소해체적( $Q_f$ )이 될 것이다. 연승은 고정시켜 놓는 경우와 조류에 따라 흘러가도록 하는 경우가 있는데, 두 가지 경우 모두 식 (11)의 개념은 통발과 같다. 왜냐하면 연승이 고정되어 있지 않고 조류의 이동 속도와 같은 속도로 움직이는 경우는 어구가 고정되고 조류가 없는 경우와 어획가능소해체적은 마찬가지로이기 때문이다.

따라서, 통발에서 통발구조나 그물의 망목선택성에 의하여 어획자원밀도  $D_f$ 가 달라지듯이 연승어업에 있어서는 낚시바늘의 모양이나 크기에 따라  $D_f$ 가 달라지는 차이 이외에는 어획노력에 있어서 두 어구어법 모두 식 (19)의 개념으로 설명할 수 있다.

$$\therefore E = \frac{\int_0^{T_{\max}} (f \circ g)(T) \times (h \circ g)(T) \times D_f dT}{T_{\max}} \quad (19)$$

연승어업에 있어서 위의 식을 사용하기 위해서는 낚시바늘의 형태과 크기에 따른 선택성 연구, 미끼의 확산속도 및 물고기에 미치는 냄새강도에 관한 연구 등이 꼭 필요하다.

# 제 3 장 적정 어구 규모 및 어획노력량

## 제 1 절 어구의 적정 규모 설정 방법

### 1. 어구의 다양성

우리나라에서는 어업허가 및 신고 등에 관한 규칙에 법률로서 정의된 어업의 종류로서 모든 어업을 대별하고 있으나, 실제로 어구와 어법의 다양성은 무궁무진하며, 변화무상하다고 할 수 있다. 이러한 이유로 우리나라 수산업법에서는 어구에 대한 상세한 정의를 내리고 있지 않고 있으며, 일반적인 통념에 따라 해석해 온 것이 사실이다. 실제로 수산자원보호령에서 수산자원의 보호를 위해서 그물코 규격의 제한, 이중망 이상의 자망 사용금지 등과 어업허가 및 신고 등에 관한 규칙에서 안강망 어구의 사용량 제한 등 몇몇 제한 규정을 제외하고는 어구에 대한 언급이 없다. 예를 들어 안강망어업의 허가에는 안강망어구를 사용한다라고 되어 있으나 안강망어구란 어떠한 것이라란 정의는 없는 것이다.

이와 같이, 어구란 정형화되어 있지 않으며, 한국어구도감(2002년, 국립수산물과학원)에 분류된 어구만 해도 275종에 이르는 등, 대상어종, 조업해역의 환경 특성, 어구제작의 여건, 어선사양, 개인적 취향, 관습 등 많은 이유로 해서 어구를 다양하게 사용하고 있다. 최근 들어 모든 분야와 마찬가지로 정보와 교통의 발달로 경험적으로 가장 효율적인 어구를 어업인들이 선택하여 사용함으로써 과거보다는 어구의 재료나 구성방법 등이 점점 통일성 있게 되어 가고 있다.

어구의 적정규모를 설정하고 표준화하는 것은 불법어구의 확산을 막고 최근 강조되는 자원관리를 위한 수산행정의 효율적 수행을 위해서는 바람직할 것이다. 그러나 만약 어구를 표준화하고 표준화된 어구의 사용을 강요한다면, 새로운 어구의 개발이 무뎠지는 원인이 될 수 있으며, 수요자인 어업인들의 입장에서는 정해진 어구만 사용할 경우, 지역에 따른 어업여건의 차이와 어선, 인력 등 조업조건 및 개인적인 오랜 경험과 취향에 따라 선호하는 어구를 사용하지 못하는 데서 오는 어려움이 있을 것이다.

따라서, 본 보고서에서 제시하는 어구의 적정규모 설정(표준화)은 연구자가 조사한 일부 표본에서 일반적인 관점으로 해석한 것으로서 향후, 수산정책에 이를 사용할 경우는 좀더 면밀한 조사와 분석이 필요할 것이다.

### 2. 어구의 적정 규모 설정의 접근 방법

현재 어업인이 사용하고 있는 어구는 오랜 경험을 토대로 그 지역의 현실에 맞게 정형화된 것이라 할 수 있다. 예를 들면, 안강망어구의 크기나 사용통수, 자망어구의 길이나 섹, 통발어구의 크기나 간격, 연승어구의 낚시크기나 간격 등이 어업인 입장에서 가장 높은 수입을 얻을 수 있는 방향으로 어업인이 어구를 선택하여 사용한다는 것이다. 여기서

이렇게 선택하여 사용하는 어구는 어업인의 수입입장에서 가장 효율적 어구라고는 할 수 있지만, 수산자원관리나 장기적인 고수익을 보장하는 어구라고는 할 수 없다. 본 연구에서 몇몇 대표 어업에 대하여 어구와 어구사용량과 어획량에 대한 표본조사를 실시하였는데, 어구의 규모와 어구사용량에 대한 어획량이 이론적으로는 비례하여야 할 것이나 정확하게 일치하는 않았다. 즉 어느 정도의 상관도는 있으나 어구의 측면에서 본 어획노력량을 지나치게 많이 투입할 필요가 없다는 것을 알 수 있었다.

따라서, 본 보고서에서 제시하고자 하는 각 어구의 적정규모는 표본조사의 자료를 통하여 사용어선의 규모, 조업 중 투입되는 노동력, 조업시간, 어획량 등을 감안하여 가장 효율적인 어구의 규모를 설정하고자 하였다.

## 제 2 절 어업별 적정 어구 규모 및 어획노력량 산정

### 1. 안강망의 적정 어구 규모 및 어획노력량

#### 가. 어구의 적정 규모 설정

안강망 어구는 과거 60년대에는 대나무와 참나무를 이용하여 전개장치로서 수해와 암해를 사용하였다. 길고 굵으며 곧은 나무가 흔하지 않았고 강도도 약했기 때문에 어구의 규모는 이것에 의하여 제한되었다. 또한, 어선도 그다지 크지 않아 더욱 그랬다. 70년대에 들어 이것을 대체하여 철재 파이프를 이용한 안강망을 사용하였는데 강도가 커져서 어구를 좀더 크도록 할 수는 있었으나 무게가 무거워 다루기 힘들었으며, 조업중 인명사고도 잇달았다. 80년에 들어, 전개장치로 암해와 수해를 없애고 범포를 사용하게 되면서 오늘날과 같이 어구가 획기적으로 커지게 되었다.

안강망어업에 사용되는 어선은 신톤수 69~77톤급이며 69톤급이 약 80%를 차지하며, 승선인원은 8~10명 정도이다. 여기서 안강망어업의 어로과정을 감안 할 때, 승선인원의 최소는 8명이므로 여유 인력 1~2명을 초과하여 승선하여도 생산성이 증가되지는 않으며, 더 큰 선박을 사용하여도 더 많은 생산은 할 수 없다고 보아야 할 것이다. 왜냐하면, 최대한으로 어구를 크게 할 수 있는 만큼 크게 제작한 어구의 규모와 수량에 맞게 어선의 규모와 승선 인원의 수가 정해졌다고 보아야 될 것이다. 또는 그 반대로 어선의 제한톤수에 따라 선박의 길이가 정해지고 그 길이에 따라 어구의 크기가 정해졌을 수도 있다. 그러나 근해안강망 제한 톤수는 8~90톤이므로, 전자의 경우가 더 설득이 있다고 보아야 될 것이다.

본 조사에서는 근해 안강망의 경우 선박의 크기가 69톤급이 가장 많았는데, 이 선박에서 사용되는 어구는 선박의 크기에 맞추어 대체로 망고가 45m, 망폭이 45m, 길이가 100~120m인 것을 많이 사용한다. 이것은 어장수심이나 조업의 편의성이 허락하는 범위에서 가장 어구를 크게 사용하기 때문인 것이다. 또, 배 한 척 당 사용어구는 약 9~10통인

데 이것은 조업시간의 제약에 따른 것으로 판단된다. 아마도 더 많은 어구를 짧은 시간에 투양망 할 수 있다면 더 많은 어구를 사용하였을 것이다.

여기서 어구의 적정 규모는 기준을 어디에 두느냐에 따라서 달라질 수 있다. 어선의 크기에 맞는 규모가 적정하다고는 할 수 없다. 결국 적정 규모는 지속적으로 동일한 생산량을 유지할 수 있는 것이 되어야 하기 때문이다. 현재 본 보고서에서 자원학적으로 근해안강망 어업의 적정 어획강도(MSY 기준)는 현 수준의 84%이며, 여유를 두어 ½값인 58%가 가장 적절하다고 보고 있다. 그러나 이 결과를 이용하여 안강망 어구의 크기를 기존 어구의 입구 면적의 58%가 되도록 하는 것이 적정하다고는 볼 수 없다. 그것은 이미 갖추어진 어선의 크기나 조업시스템을 감안할 때, 어업경영상 아주 어려운 문제가 발생할 것이기 때문이다. 따라서 어선 및 승선인력의 효율성을 생각할 때, 가장 효율적인 적정어구는 현용 어구가 가장 적정 어구라 할 것이며, 어획강도 58% 수준의 접근은 어구사용통수를 줄이는 것이 타당할 것이다. 즉, 현재 어업상황에서 근해안강망 어구의 적정 어구규모는 어구의 입구 크기가 가로 세로 모두 약 45m 전후인 것으로 제시하고자 한다. 그러나 장기적으로는 선박과 어구의 크기를 점차 줄일 수도 있으며, 어구의 어획노력량을 줄이는 두 가지 방법이 동시에 선택되어 질 수도 있다.

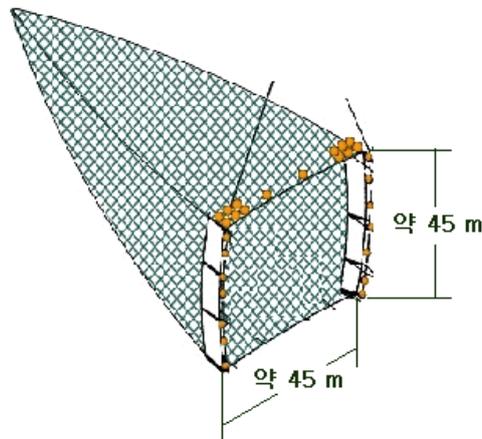


그림 3-2-1. 근해안강망어업의 적정 어구규모.

Fig. 3-2-1. The reasonable scale of stow net in offshore fisheries.

#### 나. 적정 어획노력량

근해안강망 어업의 어획강도는 MSY 기준자료(국립수산과학원, 2000~2002년 자료)를 이용한다면 현재 어획강도의 58%가 적정할 것으로 판단할 수 있다. 어획강도를 줄이는 방법으로는 크게 어선 수를 줄이는 것, 사용 어구 수를 줄이는 것, 어구의 규모를 줄이는 것, 조업일수를 줄이는 것 등이 있다. 이것은 서로 상대적인 요소들이다. 서로 복합적으로 비율을 정해서 적용할 수도 있고 한가지만을 선택할 수도 있다. 이것은 정책의 편의성,

실효성 그리고 업계의 경영형편을 모두 생각하여야 하므로 아주 복잡한 것이 사실이다. 그러나 어떤 방법을 사용하든 어구 측면에서의 어획노력량은 산정이 가능하며, 어업자원의 상태에 따라 선택하면 되는 것이다.

따라서 본 보고서에서는 근해안강망어업의 1998~2001년 허가척수와 어획량의 관계를 토대로 단순히 어구사용량의 측면에서 분석하여 적정 어획노력량을 제시하고자 하였다. 근해안강망어업의 1998~2001년 허가척수와 어획량을 표 3-1-1에 나타내었다.

표 3-2-1. 근해안강망어업의 허가 척수 및 어획량

Table 3-2-1. The number of fisheries permission and the catch of stow net in offshore fisheries

연도	허가 척수	어획량(M/T)							
		계	갈치	강달이류	고등어류	참조기	젓새우	병어류	기타
1998	707	118,960	20,809	27,030	1,344	6,162	6,948	3,854	52,813
1999	666	94,146	8,687	22,708	3,513	4,981	3,247	3,829	47,181
2000	601	65,128	5,848	12,681	343	5,144	45	1,560	39,507
2001	517	66,951	5,315	15,084	1,027	1,351	0	983	43,191

근해안강망어업의 주 대상 어종은 갈치, 강달이류, 고등어류, 참조기, 젓새우, 병어류 등이었다. 실제로는 분석에 사용할 각 어종의 적정 생물학적허용어획량(ABC)을 토대로 안강망어업에서 어획되는 비율을 계산하여 아래의 식과 같이 적정 어획량을 감안하여 적정 어획노력량을 산정하는 것이 좋을 것이다.

$$C_s = \sum_{i=1}^n \left( \frac{(ABC)_i}{C_i} \times R_i \times C_f \right) \dots \dots (5)$$

$C_s$  : 적정 어획량,  $i$  : 어종,  $(ABC)_i$  :  $i$  어종의 ABC,  $C_i$  :  $i$  어종의 총어획량,

$R_i$  :  $i$  어종이 해당어업에서 차지하는 비율,  $C_f$  : 해당 어업의 총어획량

하지만, 위 대상어종 중 현재 TAC 대상어종은 갈치와 고등어 2종에 불과하고 ABC는 고등어에 대해서만 결과 자료가 있어 위의 식으로 분석할 수는 없으며 그 방법만 제시하고자한다.

앞에서도 언급하였듯이 어획강도를 58% 수준으로 줄이는 것은 어선 수를 줄이는 것, 사용 어구 수를 줄이는 것, 어구의 규모를 줄이는 것 그리고 조업일수를 줄이는 것 등이 있다. 여기서 정책으로 가장 사용하기 쉬운 방법은 어선수를 줄이는 것이다. 어구 수를

줄이는 것, 어구의 규모를 줄이는 것과 조업일수를 줄이는 것은 이미 70톤 전후의 선박으로 갖추어진 상황에서는 비효율적이다. 하지만 장기적으로는 가능할 것이다. 특히, 어구의 사용 수를 줄이는 것은 현실적으로 제재가 어렵기 때문에 접근하기 어려운 방법이라 할 수 있다. 다만, 4년간 안강망 어업 허가의 평균 감소비율 10%를 감안한다면, 현재 보다 32%의 어구사용량을 줄여야 한다. 즉, 근해안강망 어업에 있어서 어구사용량 측면에서의 적정 어획노력량은 현재 투입되는 어구사용량을 32%를 줄이는 수준이 될 것이다.

따라서, 2002년 기준으로 현재 9통 정도 사용하는 어구 수를 6통으로 줄이거나 추가로 약 30%의 어선허가를 줄여야 한다는 결론에 이르게 된다.

## 2. 자망의 적정 어구 규모 및 어획노력량

### 가. 어구의 적정 규모 설정

자망 어구는 어획구조에 따라 그물코에 아가미가 끼워져 잡히는 것과 몸의 일부 또는 전체에 엉켜서 잡히는 것 두 가지로 크게 나눌 수 있는데, 본 연구의 대상이 되는 대게 자망과 꽃게 자망은 그물실에 고기가 엉켜서 잡히는 것이다. 따라서 어구 측면의 어획노력량 요소라 할 수 있는 자망의 사용 폭수, 자망 한 폭의 크기, 그물코의 크기 이외에도 성형률이 얼마나 하는 것도 매우 중요할 수 있다. 그러나 두 가지 어업에 사용되는 어구 모두 성형률 요소는 생각하지 않기로 하였다. 왜냐하면 성형률은 너무 많이 또는 적게 주면 어획이 떨어지기 때문에 가장 효율적인 성형률은 어업인의 오랜 경험에 의하여 정착된 것이라 할 수 있기 때문이다. 또한, 어구의 노력량에 있어서 성형률까지 계산에 넣는다면 너무 복잡해질 우려가 있다.

자망어업은 보통 조업방법상 하루에 거두어들이는 어구의 양과 다시 투입하는 양이 거의 일정하게 정해져 있다. 이것은 사용 폭 수라는 말로 정량화할 수 있는데 문제는 자망마다 한 폭의 크기가 일정하지 않고 그물코의 크기도 다르다는 것이다. 따라서 자망 어구의 적정 규모의 설정이란 자망 한 폭의 가로크기, 세로크기(섉), 그물코의 크기를 설정하는 것으로 요약할 수 있다. 물론 어구의 침지시간도 같이 생각해 주어야 하지만, 어구의 침지시간이란 그 어업에서 노동과 경비에 비하여 가장 어획량이 많도록 하는 시간이라 할 수 있기 때문에 어구의 사용량이란 의미는 하루에 투·양망하는 어구의 수만 생각하는 것이 적정하다고 생각된다.

#### (1) 대게 자망

대게 자망의 경우, 현재 어획물의 크기에 따라, 그물코 규격이 연안에서는 240mm, 그보다 먼 근해에서는 300mm를 많이 사용하고 있다. 그림 1-4-1에서 살펴보면 그물코의 크기를 240mm로 하는 것이 가장 어획량이 좋았다. 물론 그물코의 크기에 따른 어획물

크기 조성을 조사하여 상품으로서의 가치와 자원관리 차원에서도 판단해 보아야겠지만, 이러한 연구는 타 연구에서 이미 수행되었거나 수행중이고, 어업인이 사용하는 여러 가지 그물코 규격 중 가장 많이 사용하고 있는 규격이며, 그물코 규격 범위의 중심에 있는 것으로 보아, 상품성이나 자원관리 측면에서도 만족되는 것으로 분석된다. 따라서 대게 어업에서의 그물코 크기를 표준화한다면 240mm가 적정 크기라 할 수 있을 것이다. 그러나 어업자원관리 측면에서 정해지는 어획금지체장에 따라 선택성 연구가 선행되어야 하고 그 결과에 따라 그물코의 크기를 표준화하여야 할 것이다. 예를 들면, 최근 연구된 결과를 인용하면 그물코 크기가 255mm 이상이 적정하다고 제안하고 있다.

그림 1-4-2에서 살펴보면 자망 1폭의 면적에 따른 어획량은 거의 차이가 없어 보이는 것에 반하여 그림 1-4-5에서와 같이 자망 전체 사용면적과 어획량은 상관도가 어느 정도 있는 것으로 보아 자망의 섶의 길이는 어느 정도 이상이 넘어서면 어획과 밀접한 관계가 없으며 어구의 총 사용 길이가 어획노력에 영향을 끼친다고 분석할 수 있다. 실제로 양망시 어구의 발줄 가까운 부분에 어획이 많이 되는 것이 이것을 증명해 준다. 따라서 어구의 길이가 어획량과 밀접한 관계가 있으며, 섶의 길이는 3m 전후가 가장 효율적이다 할 수 있겠다. 그러면 어구 한 폭의 길이는 어느 정도가 적정한 것인지가 문제이다. 그러나 적정한 어구 한 폭의 길이는 어쩌면 큰 의미가 없다. 왜냐하면 길이 50m되는 자망 어구 2폭은 100m되는 자망 어구 1폭과 같기 때문이다. 따라서 위에서 언급하였듯이 투입된 어구의 총 길이가 어획노력량의 중요한 요소이다. 한편, 그림 1-3-5에서와 같이 본 조사의 결과로 보면, 한폭이 90~100m인 어구를 가장 많이 사용하고 있다. 이것은 어구구성상 길이가 300m(200장대)가 되는 망지를 자르지 않고 90~100m의 뜸·발줄에 부착하는 것이 대게 어획에 적합한 성형률(30%)이 되기 때문이다.

따라서, 대게 어업에 사용되는 적정 어구의 규모는 그물코 240~300mm, 한 폭의 가로 길이는 90m, 섶은 3m라 할 수 있다.

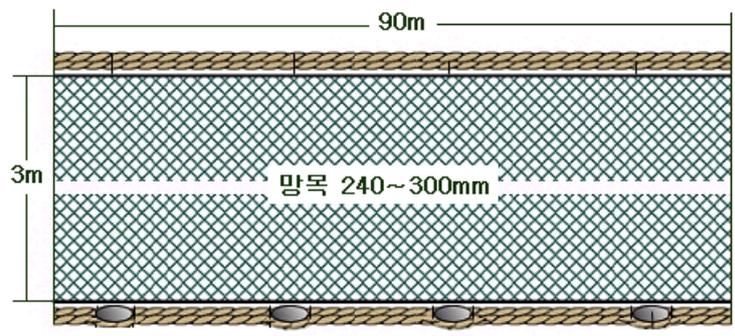


그림 3-2-2. 대게 자망어업의 적정 어구규모.

Fig. 3-2-2. The reasonable scale of king crab gill net fishery.

## (2) 꽃게 자망

꽃게 자망의 경우, 그림 1-4-8에서와 같이 꽃게 고정자망의 조사대상 표본에서는 그물코 크기를 모두 127mm로 똑 같이 사용하고 있다. 물론 이것도 그물코의 크기에 따른 어획물 크기 조성을 조사하여 적정 그물코 크기를 분석해 보아야 하지만 현재 절대다수 어업인이 사용하는 그물코 규격이며 해당지역에서 다른 자료를 수집할 수 없을 정도로 동일한 규격을 사용하고 있었다. 또한, 그림 1-4-15에서와 같이 꽃게 유자망에서도 127m 정도가 가장 무난한 값을 보여 주고 있다. 따라서 꽃게 어업에서의 그물코 크기를 표준화 한다면 127mm 내외가 적정 크기라 할 수 있을 것이다.

그림 1-4-10과 그림 1-4-12에서 살펴보면 꽃게 고정자망의 사용 폭수 및 면적에 따른 어획량은 매우 긴밀한 관계가 있는 듯하다. 이것은 대게의 경우, 섶의 길이가 다양했지만 꽃게의 경우는 섶의 길이가 모두 같기 때문에 어구 사용 폭수와 어획량이 거의 비례하는 것이다. 그러나 그림 1-4-16과 그림 1-4-17에서 살펴보면 꽃게 유자망의 사용 면적 및 폭수에 따른 어획량은 크게 관계가 없는 듯하다. 이것은 침지시간과의 관계 또는 자료의 부족으로 해석할 수밖에 없는 경우로 분석된다. 이러한 오류를 제외한다면 어구 사용 폭수와 어획량은 거의 비례하는 것이 정설이라 보아야 할 것이다.

그림 1-3-15에서 살펴보면, 어구 한 폭의 길이 50m 이하, 50~100m가 가장 많은 것으로 분석되었다. 이것도 대게 자망과 마찬가지로 어구구성상 150m 또는 300m 망지를 약 50m, 약 100m에 부착한 것으로 보여진다. 또한, 그림 1-3-16에서 살펴보면 섶의 길이는 1.5m와 2m가 가장 많았다.

따라서, 꽃게 어업에 사용되는 적정 어구의 규모는 그물코 127mm 내외, 한 폭의 가로 길이는 100m, 섶은 2m로 제안할 수 있다.

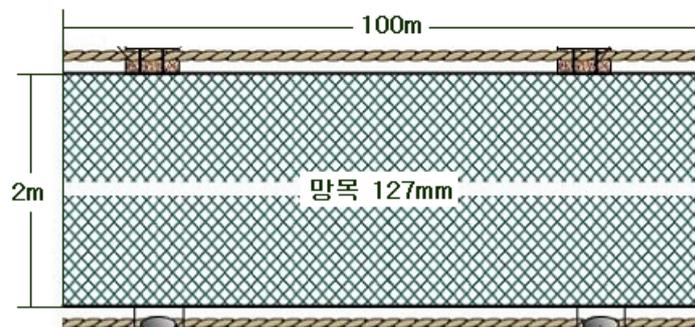


그림 3-2-3. 꽃게 자망어업의 적정 어구규모.

Fig. 3-2-3. The reasonable scale of blue crab gill net fishery.

## 나. 적정 어획노력량

### (1) 대게 자망

근해자망 어업의 어획강도는 MSY 기준자료(국립수산과학원, 2000~2002년 자료)를 이용한다면 현재 어획강도의 76%를 제시하고 예방적 접근으로 ⅓ 수준인 53%가 적정할 것으로 판단할 수 있다. 하지만 이 자료를 토대로 대게 자망 전체에 적용하는 것은 매우 부적합하다. 왜냐하면, 표 3-2-2에서와 같이 자망어업 전체의 생산량 중에서 대게가 차지하는 비율은 연근해를 모두 합하여 0.5% 안팎이기 때문이다.

따라서 본 보고서에서는 국립수산과학원에서 제시한 우리나라 대게 자원의 2003년, 2004년 ABC(Acceptable Biological Catch)가 약 900톤인 점을 기준으로 하여 어구사용량의 측면에서 적정 어획노력량을 제시하고자 하였다. 즉, 2001년 대게 자망에서의 대게 어획량이 845톤인 것으로 보아 대게의 주어획 어구는 90%이상이 자망으로 판단되며, 우리나라의 대게 생산량이 2002년에는 896톤, 2003년에는 1,344톤임을 감안하고 2년간 ABC가 900톤인 것을 생각하면, 비교적 자원관리에 노력을 해온 대게 자망어업에 있어서는 현재의 어획강도를 유지하여도 무방할 것으로 보여지며, 만약 타 어업과 같은 비율로 어획노력량을 줄여야 한다면 어구 투입량을 33% 줄여야 적정한 것으로 판단된다.

표 3-2-2. 자망어업 및 대게 자망어업의 어획량

Table 3-2-2. The catch of gill net, and king crab gill net fishery

구분	연안 자망 생산량(M/T)		근해 자망 생산량(M/T)	
	전체	대게	전체	대게
1998년	92,190	415	43,528	0
1999년	107,672	754	47,856	262
2000년	90,556	610	51,647	98
2001년	89,501	361	50,809	484
계	379,919	2,140 (0.56%)	193,840	844 (0.43%)

### (2) 꽃게 자망

위에서 언급한 바와 같이 근해자망 어업의 어획강도는 MSY 기준자료(국립수산과학원, 2000~2002년 자료)를 이용한다면 현재 어획강도의 76%를 제시하고 예방적 접근으로 ⅓ 수준인 53%가 적정할 것으로 판단할 수 있다. 하지만 이 자료를 토대로 꽃게 자망 전체에 적용하는 것은 매우 부적합하다. 왜냐하면, 표 3-2-3에서와 같이 자망어업 전체의 생산량 중에서 꽃게가 차지하는 비율은 연근해를 모두 합하여 6.4% 안팎이기 때문이다.

따라서 본 보고서에서는 국립수산과학원에서 제시한 우리나라 꽃게 자원의 2004년

ABC가 13,800톤인 점을 기준으로 하여 어구사용량의 측면에서 적정 어획노력량을 제시하고자 하였다. 그 결과, 1998~2001년 동안 꽃게 자망의 꽃게 어획량이 평균 7,931톤인 것으로 보아 꽃게의 주어획 어구는 60%이상이 자망으로 판단되며, 4년간 꽃게 어획량이 7,700~8,100톤으로 큰 변동이 없는 것과 2004년도 ABC가 13,800톤 임을 감안하면 어획노력량을 일정하게 유지해도 무방할 것으로 보여진다. 그러나 최근 우리나라의 꽃게 생산량이 2002년에는 18,659톤, 2003년에는 8,988톤으로 급속하게 감소하고 있는 원인중 가장 큰 부분이 남획(중국 조업선의 남획으로 추정)으로 인한 서해안 꽃게자원의 급감임을 감안한다면 적정 어획강도를 정하는 것은 현 단계에서는 어려움이 있으나, 전체 꽃게 어획량으로만 생각한다면 현 어구투입량의 약 50%가 적정한 것으로 판단되며, 이 비율에 따라 어획노력량도 제한되어야 할 것이다.

표 3-2-3. 자망어업 및 꽃게 자망어업의 어획량

Table 3-2-3. The catch of gill net, and blue crab gill net fishery

구분	연안 자망 생산량(M/T)		근해 자망 생산량(M/T)	
	전체	꽃게	전체	꽃게
1998년	92,190	2,171	43,528	5,616
1999년	107,672	3,711	47,856	4,181
2000년	90,556	3,502	51,647	4,293
2001년	89,501	5,670	50,809	2,582
계	379,919	15,054 (4%)	193,840	16,672 (8.6%)

### 3. 통발의 적정 어구 규모 및 어획노력량

#### 가. 어구의 적정 규모 설정

통발 어구의 어획구조는 대부분 통발 속에 들어 있는 미끼의 냄새로 대상 어종을 유집하고 통발 속으로 들어온 고기가 쉽게 빠져나가지 못하도록 하여 잡는 것이다. 따라서 통발어업에서 어구 측면의 어획노력량 요소라 할 수 있는 것으로는 통발의 크기, 통발 사이의 간격, 미끼의 유집 효과 등이 있다. 이 중에 미끼의 성능은 실제로 통발어구의 어획성능에 중요한 역할을 하는 것이 사실이다. 그러나 어획노력량 평가에서 미끼의 양을 제어한다는 것은 제도적으로 어렵고 그 분석 또한 난해하다. 또한, 통발간의 간격은 미끼의 효과가 확산하는 크기와 거의 일치할지도 모르기 때문에 제도적으로 제어할 필요는 없다고 생각된다. 왜냐하면 어업인들은 오랜 경험을 통하여 어획의 효과가 떨어지지 않는 범위에서 통발의 간격을 가장 작게 사용하였을 가능성이 크다. 물론 여기에는 양승기의 속도와 통발 속에서 어획물을 집어내고 통발을 정리하는 작업속도를 감안하여 필요한 통발

간격을 정하였을 지도 모른다. 여하튼 이 두 가지 요인으로 통발의 간격은 일정하게 정해졌다고 보아도 무방할 것이다.

통발어업도 자망처럼 침지시간에 관계없이 보통 조업방법상 하루에 거두어들이는 어구의 양과 다시 투입하는 양이 거의 일정하게 정해져 있다. 선박의 크기와 조업규모에 따라 통발의 크기가 차이는 있지만 통발의 크기는 어획량과 크게 차이가 없으며, 통발어업에서 통발의 크기를 제한하지 않아도 무한정 통발의 크기가 크게 되지는 않는다. 현행 법률 하에서도 지금보다 더 큰 통발을 사용할 수 있으나 현재 사용하고 있는 크기를 일정하게 통일되었다. 이것은 작업의 편리성이나 미끼가 유집 할 수 있는 범위의 대상 어종을 포획하였을 경우, 어획물이 머물기 적당한 크기로 통일되었다고 보아야 할 것이다. 만약 대상 자원이 좁은 수역에 엄청나게 많다면 아주 큰 통발에 큰 미끼를 사용하는 것이 효과적이었을 것이다.

결과적으로 통발어업의 어구 및 정책적 측면에서의 어획노력량은 현행 가장 많이 사용하고 있는 통발의 규모에 그 수를 곱한 것으로 생각하는 것이 타당하다고 판단된다.

### (1) 붉은대게 통발

붉은대게 통발 어구는 대부분을 차지하는 근해어선의 경우 약 250개의 어구를 1조로 하여 20조(5,000개)의 어구를 사용하는데, 침지시간은 약 5일 정도이다. 따라서 하루에 4조(1,000개)의 어구를 투·양망하고 1조 250개의 어구를 양승하는 시간은 5시간, 투승하는 시간은 1시간으로서 24시간을 교대로 계속적으로 조업한다. 따라서 현재 붉은대게 통발어업의 어구사용량은 조업시스템상 사용할 수 있는 최대량을 사용하고 있다고 보아야 할 것이다. 어업을 경영하는 입장에서 보면 한 척의 선박으로 가장 많은 조업효과를 올리는 시스템인 것으로 어업경쟁력 제고의 입장에서 바람직한 시스템이라 볼 수 있다.

통발어구의 간격은 40~50m 정도이고 40m인 것이 가장 많았는데, 양승 속도나 미끼의 유집 범위와 관련성이 있으나 그림 1-4-23으로 보아 어획노력량과는 큰 관련성이 없는 것으로 판단된다. 그물코 크기는 그림 1-3-34에서와 같이 40~130mm까지 사용하고 있으나 거의 120mm로 통일되게 사용하고 있다. 수산자원보호령에서 35mm를 제한하고 있는 것에 비하면 매우 큰 그물코를 사용하는 것으로 보아, 일정 크기 이상의 붉은대게를 어획하기 위하여 경험적으로 맞추어진 그물코 크기인 것으로 보인다. 따라서 본 연구에서는 120mm를 적정 그물코로 제안하고자 한다. 그러나 장기적으로는 어획금지체장의 변화에 따라 적정 그물코 크기를 도출하기 위해서는 그물코 크기에 따른 어획선택성 연구가 필요하므로, 수산자원관리상 가장 적정한 그물코 크기가 얼마다라고 현 단계에서 언급할 수 없다.

통발의 크기는 아래지름 크기로 900, 1300, 1500mm의 3종이 조사되었으나 선박의 크기에 따라 적재공간이나 작업효율을 감안하여 크기 차이가 있는 것으로서, 과거에 1300mm를 많이 사용하였음을 감안할 때, 어구의 크기가 계속 크지는 것은 바람직하지 않으므로

적정어구의 크기는 1300mm로 두고 그 이하를 사용하더라도 어획노력량은 같은 것으로 감안하는 것이 좋을 듯 하다.

따라서, 붉은대게 통발어업에 사용되는 적정 어구의 규모는 그물코 120mm, 통발의 크기는 가로가 1300mm이하(1300mm×720mm×720mm)로 하는 것이 바람직하다고 생각된다.

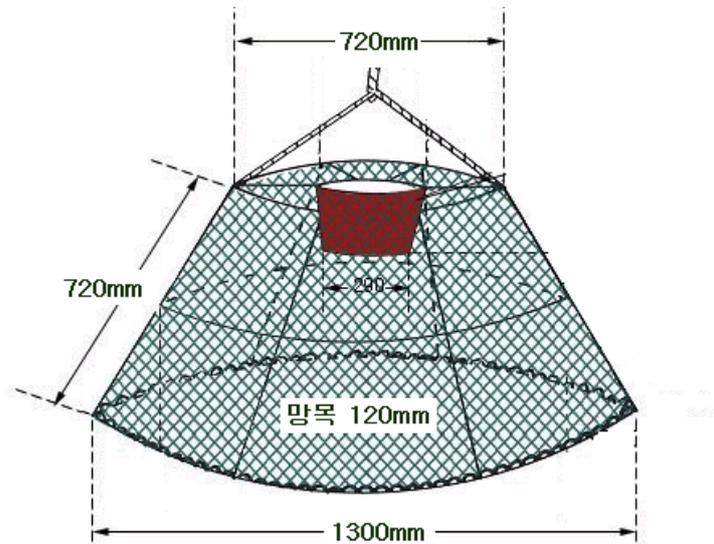


그림 3-2-4. 붉은대게 통발어업의 적정 어구규모.

Fig. 3-2-4. The reasonable scale of red tanner crab pot fishery.

## (2) 붕장어 통발

붕장어 통발은 보통 하루 한번 조업하며, 연안어선에서는 300~1,000개, 근해어선에서는 1,000~1,500개를 사용한다. 통발 1,000개를 투·양승하는 시간은 3~4시간으로서 조사자료와 관계없이 해상에 며칠동안 머무는 근해어선의 경우는 어선의 크기만 허락하면 실제로 3,000~5,000개 정도의 어구를 사용하고 있을 것으로 추측된다.

통발의 간격은 8~12m로 다양하다. 자원이 많거나 양승 속도가 느린 경우는 통발 간격이 짧고, 자원이 적거나 양승 속도가 빠른 경우는 통발 간격이 길지만, 어획강도에 통발의 간격이 미치는 영향은 미미하다고 할 것이다. 수산자원보호령에 길이 35cm 이상의 붕장어를 어획할 수 있으므로 통수공의 크기는 이에 대한 선택성 연구 결과를 바탕으로 정해야 하므로 현 단계에서 언급할 수 없다.

붕장어 통발의 크기는 통발이 공장에서 비슷한 몇몇 규격으로 대량 생산되기 때문에 그 크기가 거의 유사하며, 지나치게 크면 조업상 불편하고 협소한 곳을 좋아하는 붕장어의 특징상 오히려 미끼의 효과를 떨어뜨려 어획이 낮을 수도 있다. 따라서 어업인의 오랜 경험으로 정해진 현 사용통발의 크기가 적정하다고 볼 수 있다.

따라서, 붕장어 통발어업에 사용되는 적정 어구의 규모는 통수공의 크기는 35cm 붕장

어가 빠져나가는 크기로 하고, 통발간격은 정하지 않으며 통발의 크기는 길이 600mm이하, 지름 150mm이하로 하는 것이 바람직하다고 생각된다.

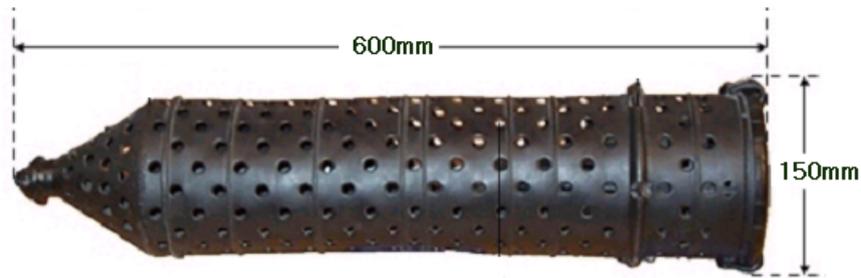


그림 3-2-5. 봉장어 통발어업의 적정 어구규모.

Fig. 3-2-5. The reasonable scale of sea eel pot fishery.

## 나. 적정 어획노력량

### (1) 붉은대게 통발

근해통발 어업의 어획강도는 MSY 기준자료(국립수산과학원, 2000~2002년 자료)를 이용한다면 현재 어획강도의 84%를 제시하고 예방적 접근으로 ⅓ 수준인 56%가 적정하며, 연안통발 어업의 경우는 현재 어획강도의 73%를 제시하고 예방적 접근으로 ⅓ 수준인 49%가 적정할 것으로 판단할 수 있다. 하지만 이 자료를 토대로 붉은대게 통발 전체에 적용하는 것은 매우 부적합하다. 왜냐하면, 표 3-2-4에서와 같이 연안통발어업 전체 생산량 중에서 붉은대게가 차지하는 비율은 0.5% 안팎이기 때문이다. 그러나 근해 붉은대게 통발은 생산량이 근해 통발어업 전체 생산량의 43%를 차지하는 중요한 어업이다.

따라서 본 보고서에서는 국립수산과학원에서 제시한 우리나라 붉은대게 자원의 2004년 ABC가 14,000~21,000톤인 점을 기준으로 하여 어구사용량의 측면에서 적정 어획노력량을 제시하고자 하였다. 표에서와 같이 근해 붉은대게 통발어업의 어획량은 매년 감소하고 있으며, 우리나라의 붉은대게 생산량이 2002년에는 9,166톤, 2003년에는 16,597톤임을 감안한다면 대게를 어획하는 전체 어업의 어획강도는 현행대로 유지되거나 더 커져도 무방하다는 결론에 이르게 된다. 그러나 여기서 중요한 것은 현 자원량 추정 방법은 어획량 자료에 근거하고 있기 때문에 어획노력이 많이 투입되어 많은 어획이 되었을 경우, 자원이 증가하고 있는 것으로 잘못된 결론을 내릴 수 있는 단점을 가지고 있다. 여기에서도 전체 붉은대게 생산량은 증가를 보이고 붉은대게의 주 어획방법인 통발어업의 붉은대게 생산량은 감소를 보임으로서 붉은대게의 자원은 분명 남획되고 있는 것이 분명하다.

따라서, 붉은대게 통발어업의 어획노력량은 현 수준을 유지해도 무방할 것으로 보이며, 붉은대게를 어획하는 타 어업의 어획노력량을 44% 줄이는 것이 붉은대게 자원의 관리에 더 효과적이라고 판단된다.

표 3-2-4. 통발어업 및 붉은대게 통발어업의 어획량

Table 3-2-4. The catch of pot, and red tanner crab pot fishery

구분	연안 통발 생산량(M/T)		근해 통발 생산량(M/T)	
	전체	붉은대게	전체	붉은대게
1998년	19,760	0	60,980	33,133
1999년	22,559	313	50,882	22,003
2000년	22,751	99	43,792	16,161
2001년	21,714	18	40,124	12,761
계	86,784	430 (0.5%)	195,778	84,058 (42.9%)

(2) 붕장어 통발

위에서 언급한 바와 같이 근해통발 어업의 어획강도는 MSY 기준자료(국립수산과학원, 2000~2002년 자료)를 이용한다면 현재 어획강도의 84%를 제시하고 예방적 접근으로 ⅔ 수준인 56%가 적정하며, 연안통발 어업의 경우는 현재 어획강도의 73%를 제시하고 예방적 접근으로 ⅔ 수준인 49%가 적정할 것으로 판단할 수 있다. 또, 근해 장어통발의 경우, 92%를 제시하고 ⅔ 수준은 61%가 적정하다고 보고 있다. 하지만 표 3-2-4에서와 같이 이 자료를 토대로 붕장어 통발 전체에 적용하는 것은 부적합 할 것으로 보인다. 왜냐하면, 붕장어 통발의 생산량은 연안의 경우 12.2%, 근해의 경우 4.9%를 차지하기 때문이다. 그러나 근해 장어통발의 경우는 어획량의 대부분이 붕장어이므로 충분한 분석자료가 된다고 판단된다.

한편, 붕장어는 아직 TAC 대상 어종이 아니기 때문에 ABC에 대한 자료가 없어 위에서 언급한 MSY 값을 기준으로 어획노력량을 산정할 수 밖에 없다. 표에서와 같이 붕장어 어획량은 연안의 경우 4년간 변화가 거의 없지만, 근해어업의 경우는 4년간 약 50% 수준으로 떨어졌다. 물론 어업협정 체결과 배타적 경제수역 선포로 조업구역이 줄고 어장이 바뀐 이유도 있겠지만, 예방적 접근 수준 MSY 값인 61% 수준이 적정할 것으로 판단된다.

표 3-2-5. 통발어업 및 붕장어 통발어업의 어획량

Table 3-2-5. The catch of pot, and sea eel pot fishery

구분	연안 통발 생산량(M/T)		근해 통발 생산량(M/T)	
	전체	붕장어	전체	붕장어
1998년	19,760	2,816	60,980	3,209
1999년	22,559	2,654	50,882	2,842
2000년	22,751	2,413	43,792	1,832
2001년	21,714	2,693	40,124	1,659
계	86,784	10,576 (12.2%)	195,778	9,542 (4.87%)

#### 4. 연승의 적정 어구 규모 및 어획노력량

##### 가. 어구의 적정 규모 설정

연승 어구의 어획구조는 대부분 낚시바늘에 끼워져 있는 미끼의 냄새로 대상 어종을 유집하고 미끼를 먹다가 낚시에 걸린 고기를 잡는 것이다. 따라서 연승어업에서 어구 측면의 어획노력량 요소라 할 수 있는 것으로는 낚시바늘의 크기, 낚시의 사이의 간격, 미끼의 유집 효과 등이 있다. 이 중에 미끼의 성능은 실제로 연승 어구의 어획성능에 중요한 역할을 하는 것이 사실이다. 그러나 통발에서와 마찬가지로 어획노력량 평가에서 미끼의 양을 제어한다는 것은 제도적으로 어렵고 그 분석 또한 어렵다. 또한, 통발간의 간격은 미끼의 효과가 확산하는 크기와 거의 일치할지도 모르기 때문에 제도적으로 제어할 필요는 없다고 생각된다. 왜냐하면 어업인들은 오랜 경험을 통하여 어획의 효과가 떨어지지 않는 범위에서 낚시바늘의 간격을 가장 작게 사용하였을 가능성이 크다. 물론 여기에서도 통발어업과 마찬가지로 양승기의 속도와 낚시바늘에서 어획물의 떼어내고 어구를 정리하는 작업속도를 감안하여 필요한 낚시 간격을 정하였을 지도 모르지만, 이 두 가지 요인으로 낚시의 간격은 일정하게 정해졌다고 보아도 무방할 것이다.

연승어업도 자망, 통발처럼 침지시간에 관계없이 보통 조업방법상 하루에 거두어들이는 어구의 양과 다시 투입하는 양이 거의 일정하게 정해져 있다. 조업규모에 따라 낚시바늘의 크기에는 차이는 있지만 대상 어종이 가장 잘 어획되는 일정한 크기와 모양을 갖추고 있으므로 연승어업에서 낚시바늘의 크기를 제한하지 않아도 될 것이다. 왜냐하면, 어업인이 대상 어종이 잘 어획되는 낚시바늘의 형태를 선택하여 사용하는 것이 당연한 일이며, 타 어업과 달리 낚시바늘의 크기에 따라 어획되는 어종의 크기가 매우 관련성이 높기 때문에 상품성이 떨어지는 작은 고기를 어업인 스스로 어획하는 것은 연승어업에서는 거의 찾아볼 수 없는 현상이다.

결과적으로 연승어업의 어구 및 정책적 측면에서의 어획노력량은 낚시바늘의 크기나 미끼 등은 제외하고 낚시수만 생각하는 것이 타당하다고 판단된다.

### (1) 복어 연승

복어 연승은 보통 하루 한번 조업하며, 어선의 크기는 6톤 이상부터 10톤 전후로서 인근해 어선을 구별하여 생각할 필요가 없다. 그림 1-4-32, 1-4-33에서와 같이 어선의 톤수와 마력과는 어획량 차이가 별로 없다. 낚시간격은 4~5m를 사용하는데 양승 속도나 자원의 상태, 미끼의 효과에 따라 어업인의 경험에 따라 정형화 된 것으로 어획강도에 낚시의 간격이 미치는 영향은 미미하다고 할 것이다. 낚시어업에서 중요한 것으로 낚시바늘의 크기와 모양이 있지만 어획노력량 산정에서 이것은 논하기에는 무리가 있으며, 이것도 또한 어업인의 경험에 의존하는 것이 바람직 할 것이다.

사용 낚시수는 하루에 보통 3,000~7,000개를 사용하는데 그림 1-4-29와 같이 낚시 사용수와 어획량이 그다지 관련성이 없어 보인다. 연승어업은 손이 많이 가는 작업이 필요한 어업이다. 어획물을 낚시에서 떼어내고 어구를 정리하는 등 일정한 작업시간 내에 양승 작업을 마치려면 지나치게 많은 낚시를 사용할 수 없다. 오히려 많은 낚시를 사용할 경우는 조획률이 저조할 경우 이므로 낚시를 많이 사용하여도 양승시간이 많이 걸리지 않을 때 일 것이다. 그래서 사용낚시수와 어획량이 별로 관계가 없는 것처럼 보이는 것이다. 그러나 어업자원량이 동일하다면 당연히 사용 낚시수에 따라 어획량은 비례할 것이다. 따라서 본 연구에서는 어업인의 노동강도와 양승시간을 고려하여 평균적인 사용 낚시수인 5,000개가 복어 연승어업의 적정 일일 사용량으로 보는 것이 좋을 것으로 판단하였다.

즉, 복어 연승어업의 적정 어구규모는 낚시의 간격 4m, 낚시의 규격은 15호(40×14mm), 하루 투·양승할 수 있는 낚시수는 5,000개 이내로 제시하고자 한다.



그림 3-2-6. 복어 연승어업의 적정 어구규모.

Fig. 3-2-6. The reasonable scale of puffer long line fishery.

### (2) 갈치 연승

갈치 연승은 제주도 근해에서 보통 하루 한번 조업한다. 어선의 크기는 29톤 선박이 대부분이었다. 낚시간격은 4m로서 통일되게 사용하고 있다. 갈치 연승어업도 어획강도에 미치는 낚시 간격의 영향은 미미하다고 할 것이다. 낚시바늘의 크기와 모양도 복어 연승

의 경우처럼 어업인의 경험에 의존하는 것이 바람직 할 것이다.

사용 낚시수는 통일되게 11,200개를 사용하는데 일일 조업에서 사용할 수 있는 최대 사용량으로 판단된다. 복어 연승어업의 평균 승선인원이 4명인데 반해, 갈치 연승어업의 평균 승선인원은 8명으로 두 배가되기 때문이다.

따라서, 갈치 연승어업의 적정 어구규모는 낚시의 간격 4m, 낚시의 규격은 17호 (40×18mm), 하루 투·양승할 수 있는 낚시수는 10,000개 이내로 제시하고자 한다.



그림 3-2-7. 갈치 연승어업의 적정 어구규모.

Fig. 3-2-7. The reasonable scale of hairtail long line fishery.

## 나. 적정 어획노력량

### (1) 복어 연승

근해연승 어업의 어획강도는 MSY 기준자료(국립수산과학원, 2000~2002년 자료)를 이용한다면 현재 어획강도의 60%를 제시하고 예방적 접근으로 ⅔ 수준인 41%가 적정할 것으로 판단할 수 있다. 하지만 이 자료를 토대로 복어 연승 전체에 적용하는 것은 부적합하다. 왜냐하면, 표 3-2-6에서와 같이 연승어업 전체의 생산량 중에서 복어가 차지하는 비율은 연안이 0.35%, 근해가 2.77%로 매우 적기 때문이다. 한편, 복어도 아직 TAC 대상 어종이 아니기 때문에 ABC에 대한 자료가 없어 위에서 언급한 MSY 값을 기준으로 어획노력량을 산정할 수밖에 없다. 표에서와 같이 복어 어획량은 연안의 경우 4년간 150톤에서 7톤으로 격감하였고 근해어업의 경우는 약 46%가 감소되었다. 분명한 것은 연안에서 고급어종인 복어의 어획이 급격히 줄었다는 것이 복어자원의 감소를 의미한다는 것이다.

따라서, 예방적 접근 수준 MSY 값을 기준으로 어획노력량을 59% 줄여야 한다고 판단되었다.

표 3-2-6. 연승어업 및 복어 연승어업의 어획량

Table 3-2-6. The catch of long line, and puffer long line fishery

구분	연안 연승 생산량(M/T)		근해 연승 생산량(M/T)	
	전체	복어	전체	복어
1998년	21,858	150	12,464	377
1999년	21,255	75	11,806	550
2000년	25,374	65	12,202	306
2001년	16,963	7	15,180	201
계	85,450	297 (0.35%)	51,652	1,434 (2.77%)

(2) 갈치 연승

위에서 언급한 바와 같이, 근해연승 어업의 어획강도는 MSY 기준자료(국립수산과학원, 2000~2002년 자료)으로 현재 어획강도의 60%를 제시하고 예방적 접근으로 ⅓ 수준인 41%가 적정할 것으로 판단할 수 있다. 그런데 표 3-2-7에서와 같이 갈치 연승어업은 연승어업 전체의 생산량 중에서 갈치가 차지하는 비율은 연안인 경우에는 0.16%로 미미하지만 근해의 경우 43%로 매우 중요한 어업이기 때문에 본 분석의 자료로 사용될 수 있다.

따라서 본 보고서에서는 국립수산과학원에서 제시한 우리나라 갈치 자원의 2004년 ABC가 84,000톤인 점을 기준으로 하여 어구사용량의 측면에서 적정 어획노력량을 제시하고자 하였다.

한편, 1998~2001년 동안 갈치 연승의 갈치 어획량이 점점 늘고 있는 점과 우리나라 전체 갈치 어획량이 2002년에는 60,172톤, 2003년에는 48,260톤으로 감소하고 있는 점을 분석하면 갈치 어획량의 약 10%를 차지하는 연승어업의 어획량은 증가하고 전체 갈치 어획량은 줄었다는 사실을 알 수 있다. 여기서 갈치는 안강망이나 저인망, 트롤에서 어획된 것에 비하여 채낚기나 연승에서 어획된 것이 고가이므로 전체 갈치 생산량이 줄었음에도 불구하고 연승어업의 갈치 생산량이 늘어난 것은 바람직한 현상으로 보여 진다.

따라서, 선택적 어법이 어느 정도 가능한 갈치 연승어업의 어획노력량을 줄이는 것 보다 타 어업에서의 어획노력량을 줄이는 것이 갈치 자원의 관리에 더 효과적 일 수 있다고 판단된다. 즉, 갈치 연승어업의 어획강도는 현행대로 유지되어도 무방할 것으로 판단된다.

표 3-2-7. 연승어업 및 갈치 연승어업의 어획량

Table 3-2-7. The catch of long line, and hairtail long line fishery

구분	연안 연승 생산량(M/T)		근해 연승 생산량(M/T)	
	전체	갈치	전체	갈치
1998년	21,858	55	12,464	3,939
1999년	21,255	54	11,806	3,591
2000년	25,374	10	12,202	5,991
2001년	16,963	15	15,180	8,833
계	85,450	134 (0.16%)	51,652	22,354 (43%)

# 제 2편 적극적 어법의 어구

## 제 1 장 어업별 실태 조사

### 제 1 절 조사 대상 어업

본 연구의 조사 대상 어업은 근해의 중대형 어업으로서 적극적 어법으로 분류되는 저인망 어업, 트롤 어업, 선망 어업, 선인망 어업으로 하였고, 이들 어업에 대해서 각각 조사 대상을 선정하여 조사하였다(Table 1-1-1).

표 1-1-1. 조사 대상 업종과 해당 수협

Table 1-1-1. Investigated type of target fishery and concerned Suhy

어업 구분	업종	법령상 톤수(톤)	조사 대상 표본 분류(톤)	해당 수협
저인망 어업	대형 기선 저인망	60-140	60-100 100-140	대형기저수협, 서남구기저수협
	중형 기선 저인망	20-60	20-40 40-60	대형기저수협, 서남구기저수협
트롤 어업	대형 트롤	70-140	70-100 100-140	대형기저수협
	동해구 트롤	20-60	20-40 40-60	동해구기저수협
선망 어업	대형 선망	50-130	50-90 90-130	대형선망수협
	소형 선망	8-20	20미만	수협중앙회 (포항수협, 삼천포수협, 여수수협)
선인망 어업	기선권현망	40	20미만 20-40	기선권현망수협

## 제 2 절 어업별 실태 조사 지역 및 방법

### 1. 어업별 실태 조사 지역

대형 선망, 대형 트롤, 대형 기선저인망은 부산항 일대에서 조사가 실시되었으며, 중형 기선저인망은 울산, 삼천포, 여수 및 인천 지역에서 마지막으로 기선권현망은 통영 지역에서 각각 조사가 이루어졌다.

### 2. 어업별 실태 조사 방법

조사 방법은 해당 단위 수협에서 선정해준 어선을 기준으로 현장에서 직접 어선과 어업 종사자를 대상으로 조업 실태를 조사 하였고, 해당 수협에서 필요한 자료들을 얻었다. 주요 조사 내용은 어업별 어구 어법과 대상 어종, 어구 설계도, 어획량과 조업 조건 등 각 어업별로 어획노력량 분석 및 어구 형상 시뮬레이션에 필요한 사항들에 대해서 조사 하였다.

## 제 3 절 어업별 실태

### 1. 기선저인망

#### 가. 대형 기선 저인망

##### (1) 쌍끌이 대형 기선저인망

쌍끌이 기선저인망은 하나의 그물을 두 척의 배가 끌어서 잡는 어업이다. 대형 기선저인망 소속의 쌍끌이는 총 50통이 조업하고 있다. 이중에서 35통이 규모가 큰 어업으로 어선 톤수 130~139톤, 기관마력 1300마력에 대형의 중층 어구를 사용하고, 부산을 기지로 두고 있고, 나머지 15통은 어선톤수 99톤, 기관마력 450~650마력으로 재래식의 저층 그물로 주로 조업하고 여수와 인천을 기지로 조업하고 있다. 본 연구에서 주요 분석 대상은 대형의 중층 어구를 사용하는 쌍끌이다.

조업방법은 어선 2척의 업무분담에 따라 여러 가지가 있으나, 일반적으로 그물과 한쪽 후릿줄 및 끌줄을 투·양망하는 그물배 즉, 주선과 다른 한쪽 후릿줄 및 끌줄을 투·양망하는 보조선 즉, 종선으로 구분하여 조업하며 업무를 교대로 수행하기도 한다. 어구 규모는 어선의 예망력과 밀접한 관계가 있으며, 가급적 그물코가 크고 실의 굵기가 가는 것을 사용하여 유체저항을 줄임으로써 어구의 규모를 크게 하고 있다. 그물은 자루 입구뿐만 아니라 자루그물 전체가 길이 방향에 수직인 단면이 정사각형이고, 따라서 등판·밑판 및 양 옆판의 대응하는 부분의 코의 크기와 구조가 거의 같다.

투망은 주선이 바람이나 해·조류를 가급적 선미에서 받으면서 등심선을 따라 자루그물, 날개그물 순으로 투망한 다음, 그물목줄 끝에 있는 갯대를 스톱퍼로 걸어 미속으로 전진하면서 그물의 전개상태를 확인한다. 이때 종선은 주선의 우현에 접근하여 자기 배에 있는 한쪽 후릿줄의 끝을 주선에 넘겨주어 갯대에 연결하도록 한다. 후릿줄 연결이 끝나면 주선과 종선은 V또는 U자형으로 전속으로 전진하면서 후릿줄과 끌줄을 투망하며, 투망이 완료되면 일정한 거리를 유지하는데, 거리는 평균 300~400m정도이다. 끌줄의 길이는 옛날의 경우에는 끌줄의 길이가 700m에 컴파운드의 길이가 300m였지만, 현재는 컴파운드 부분을 사용하지 않으며, 조업하는 수심이 80m를 기준으로, 끌줄의 길이는 350m, 조업 수심이 100m일 경우에는 끌줄의 길이를 420m~430m를 사용하고 있다. 조업 중 배의 예망 속도는 3~4노트 이며, 평균 예망 속도는 3.5노트이고, 1회 예망 시간은 평균 3시간 정도이다.

예망이 완료되면 양선은 다시 접근하기 시작하여 두 배가 거의 접근이 되면 그물을 빨리 오므리고, 자루그물에 들어간 어군이 되돌아 나오지 못하도록 하기 위하여 약 5~10분 동안 전속으로 예망한 다음 종선에서 끌줄 끝에 연락줄을 연결하여 주선으로 넘겨준다. 연락줄을 넘겨받은 주선은 윈치나 사이드드럼으로 끌줄, 후릿줄을 감아올리며, 갯대가 윈치까지 올라오면 스톱퍼로 그물을 고정시키고 양망줄을 걸어 자루그물을 갑판으로 끌어 올린다. 이때 종선은 다음 투망을 위하여 어군탐색 활동을 하고 주선은 투망준비를 한다.

조업은 여기에 따라 다소 차이는 있지만 일반적으로 밤낮으로 1일 평균 4회 조업하며, 1항차 소요일수는 3개월 정도이다. 여기는 연중 10개월 조업하며, 조업은 6월부터 다음해 4월, 5월까지 이루어진다. 주어장은 동지나해이며, 주 대상어종은 조기, 갈치, 병어, 삼치, 기타 잡어의 순이다. 어선은 주선, 종선 모두 139ton, 1300hp이며, 양선에 27명이 승선하여 조업을 한다.

수산자원보호령 제 6조 1항에서는 대형기선저인망과 대형트롤어망의 그물코의 규격이 54밀리미터이하의 어망을 사용하지 못한다라고 나타내고 있으며, 제2항에서는 제1항 각호의 어망중 연안조망·연안개량안강망·중형기선저인망·대형기선저인망·대형트롤어망·동해구트롤어망 및 근해안강망의 낭망부분에는 2중이상의 어망을 설치하여서는 안된다고 한다.

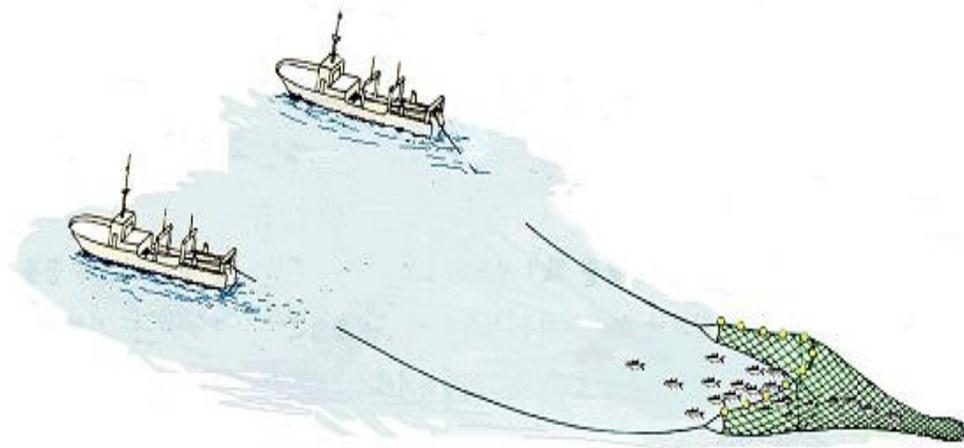


그림 1-3-1. 쌍끌이 기선저인망의 조업도.  
Fig. 1-3-1. Operating drawing of pair trawl.



그림 1-3-2. 대형 쌍끌이 기선저인망 어선.  
Fig. 1-3-2. Fishing vessel of the large size pair trawl.

다 층 망 어 망 (12800m/m) 128-3A

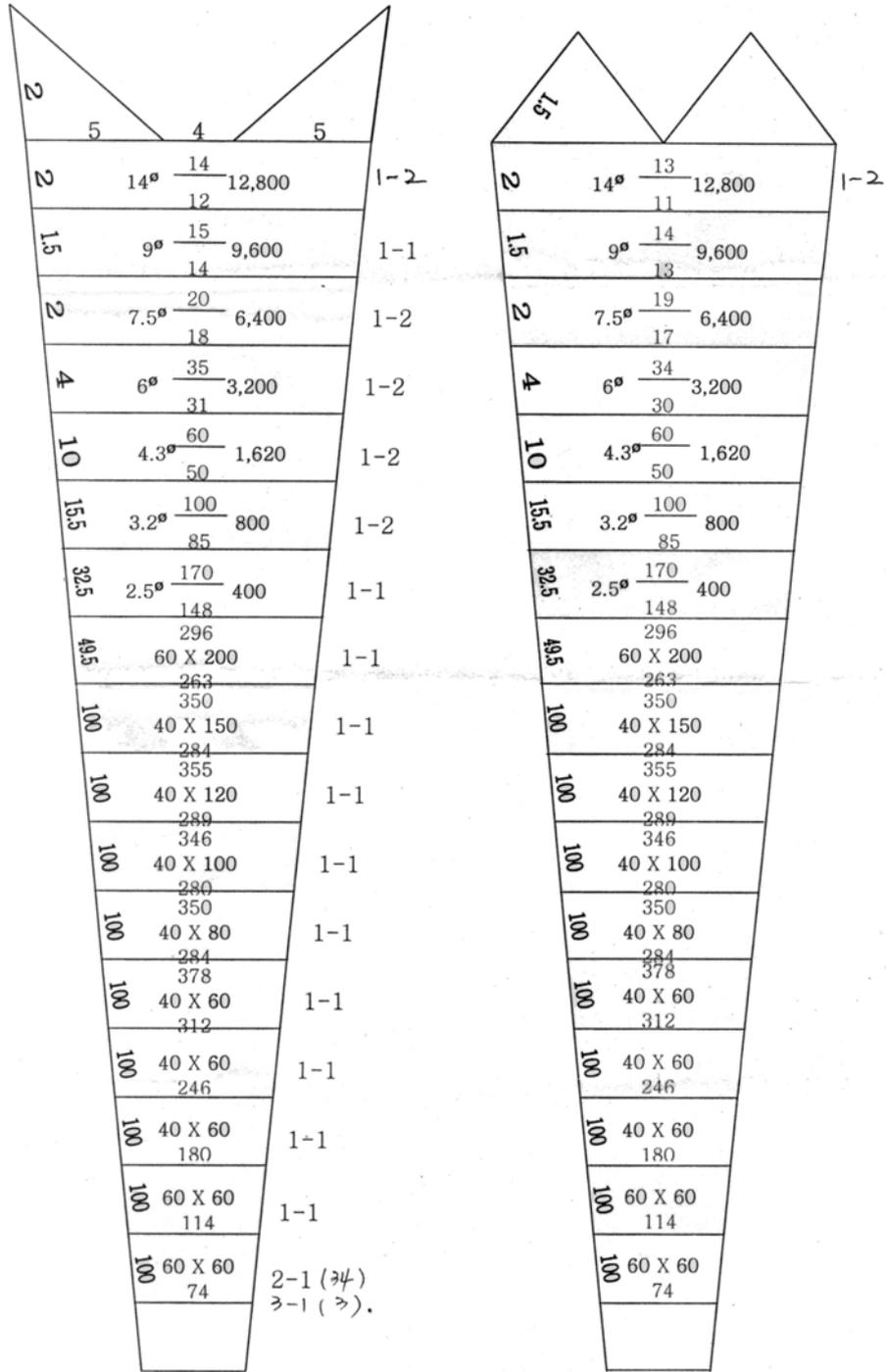


그림 1-3-3. 대형 쌍끌이 기선저인망 어구설계도.

Fig. 1-3-3. Net design plan for the large size pair trawl.

## (2) 대형 외끌이 기선저인망

대형 외끌이 기선저인망은 대형 기선저인망 수협 소속의 48척이 조업 중에 있다. 외끌이 기선저인망은 어선 1척이 양측에 날개그물이 달린 자루그물을 투망한 다음 후릿줄로 대상 생물을 그물 속에 몰아넣어 잡는 어업이다. 어구의 형태는 저층트롤망과 유사하지만 어획방법이 다르다. 외끌이 기선저인망의 어획 방법은 투망 시 후릿줄과 끌줄을 삼각형 또는 마른모꼴로 투하한 다음 끌줄을 끌어 끌줄과 후릿줄이 오므라들면서 어군을 그물 속으로 몰아넣도록 하는 것으로서 그물은 거의 이동하지 않으며, 끌줄과 후릿줄에 의해 포위된 어군만 어획이 가능하다.

따라서 끌줄과 후릿줄이 어획에 미치는 영향은 매우 크며, 어군의 포위면적을 크게 하기 위하여 쌍끌이 기선저인망이나 저층트롤보다 훨씬 길게 사용한다. 또한 어군을 효과적으로 그물 속으로 몰아넣기 위하여 끌줄과 후릿줄이 어군보다 빨리 오므라들지 않도록 후릿줄에 작은 체인을, 후릿줄과 끌줄 사이에 큰 체인을 달아 사용하며, 갑판에 잘 사려지는 굵은 섬유로프나 컴파운드 로프를 주로 사용한다.

투망 전에 그물을 좌현 갑판에 이동시켜 정리하고, 좌현 끌줄과 후릿줄은 끌줄 끝이 위로 오도록 하여 좌현 갑판에, 우현 끌줄과 후릿줄은 그물에 연결된 후릿줄 끝이 위로 오도록 우현 갑판에 각각 정리한다.

투망준비가 완료되면 예망 예정 방향에 대해 좌현 쪽으로 약 150도 정도의 방향으로 배를 전속 전진하면서 좌현 끌줄 끝에 있는 부표부터 투하한다. 좌현 끌줄이 모두 나가고 후릿줄과 연결된 부분에서 큰 체인이 나오면 선수를 우현 쪽으로 약 90도 정도 돌려 후릿줄을 투하한다. 후릿줄이 거의 투하되면 기관을 정지시키고 타력으로 전진하면서 좌현 날개그물, 자루그물, 우현 날개그물의 순으로 투망한 다음 다시 선수를 우현 쪽으로 약 30도 정도 돌려 우현 후릿줄을 투하한다. 우현 쪽 큰 체인이 투하되면 선수를 우현 쪽으로 약 90도 정도 돌려 처음 투하한 부표를 향하여 우현 끌줄을 투하한다. 투망이 모두 끝나면 좌우 끌줄의 끝을 선미 비트에 걸고 그물이 완전히 바닥에 가라앉을 때까지 잠시 대기하였다가 예망을 한다. 투망하는데 소요되는 시간은 약 13~14분 정도이며, 예망 시간은 평균 50~60분정도이다. 예망 속도는 평균 2.5노트 이다. 이 때 사용되는 양쪽 후릿줄의 길이는 2000m정도를 사용한다.

예망 중 좌우 끌줄이 거의 나란해지면 약 10~15분간 전속으로 예망하여 자루그물 입구측에 있는 어군을 끝자루로 몰아넣음과 동시에 입구가 거의 오므라들도록 한다.

양망은 선수가 그물 쪽을 향하도록 180도로 배를 돌리면서 끌줄 끝을 선수 양쪽 롤러를 통과시켜 양망 드럼으로 가져 온 다음 끌줄과 후릿줄을 차례로 감아올린다. 날개그물 앞에 있는 갯대가 선수 롤러에 오면 배를 우현 쪽으로 돌리면서 그물을 좌현 쪽으로 가져와 데릭으로 달아 올린다. 양망하는데 소요되는 시간은 18~20분 정도이다. 하루 조업 횟수는 평균 6회정도를 조업하며, 1항차의 조업 일수는 10~13일 정도이다. 대형 외끌이

기선저인망 그물의 끝자루 그물의 법적 망목 크기는 54mm이지만, 현장에서 사용하고 있는 끝자루 그물의 망목 크기는 37mm를 사용하고 있다.

어기는 연중 10개월 정도이며, 조업 기간은 9월부터 다음해 6월까지 조업을 한다. 1년에 평균 180일을 조업한다. 주어장은 제주도 근해인 242, 243해구와 동해구역인 92, 93, 94해구이며, 주 대상어종은 참조기, 보구치, 가자미 등이다. 어선은 강선 60~70ton급, 300~400hp급이며, 7~8명이 승선하여 조업한다.

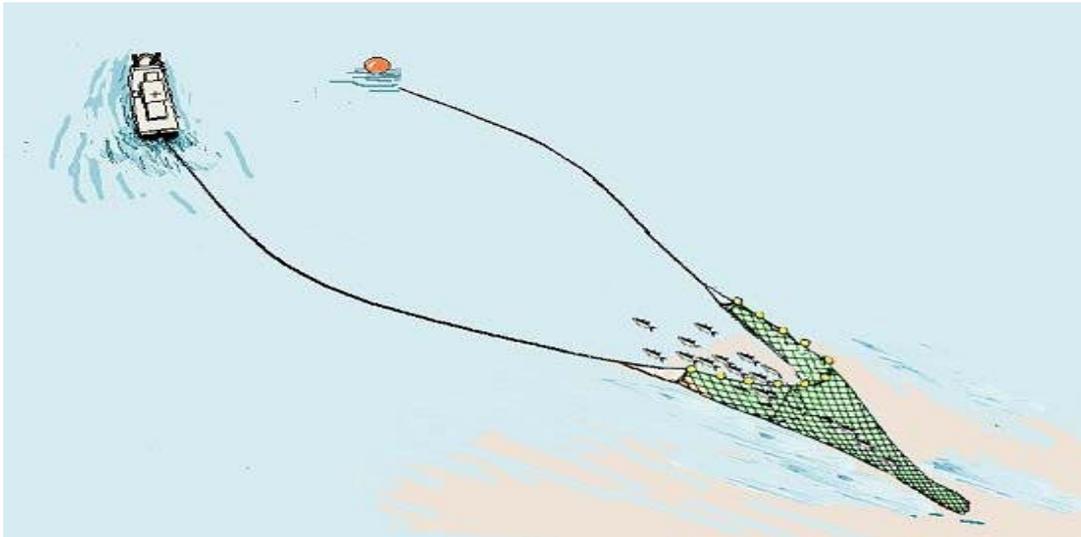


그림 1-3-4. 대형 외끌이 기선저인망의 조업 모식도.

Fig. 1-3-4. Schematic operation diagram of large size Danish seine.

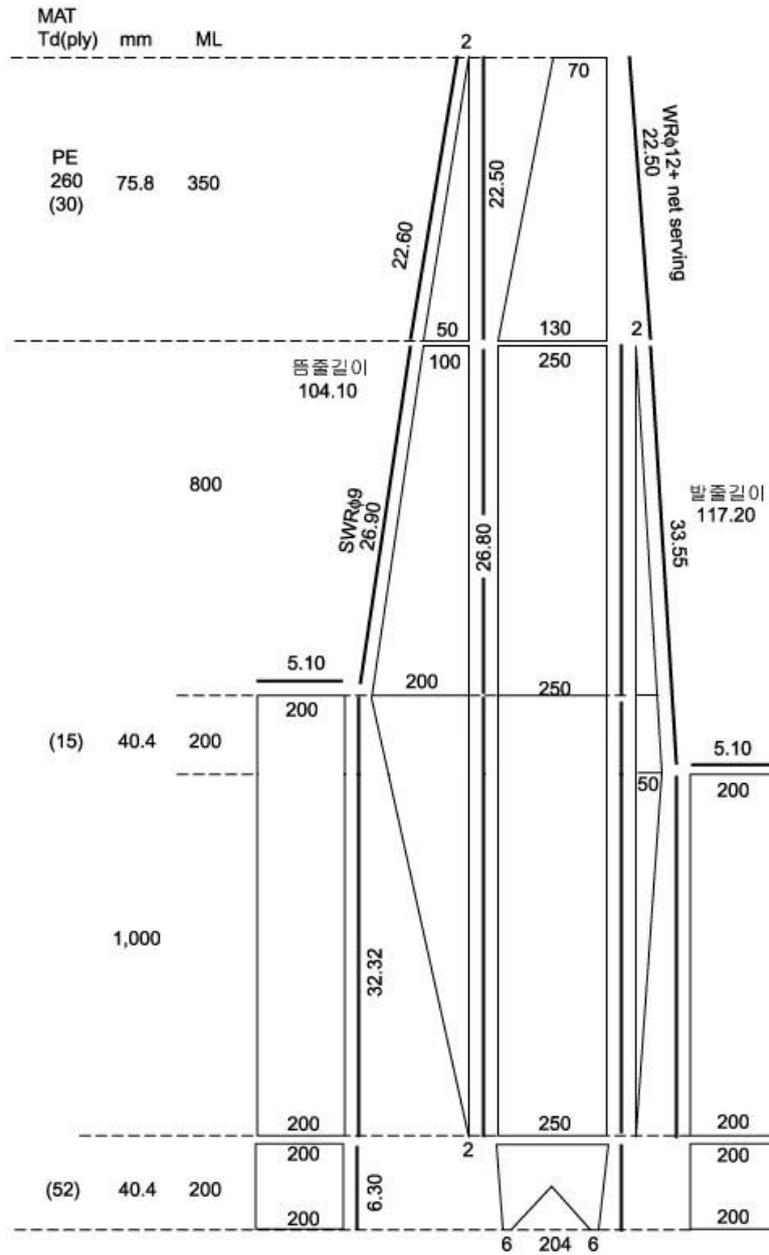


그림 1-3-5. 외끌이 기선저인망 어구 설계도.

Fig. 1-3-5. Net design plan for the Danish seine.

## 나. 중형 기선저인망

근해 중형 기선저인망 어업은 동해구(경상북도와 경상남도의 도계와 해안선과의 교점에서 107도선 이북의 해역)에서 조업하는 어선이 42척(허가정수는 42건)이고, 모두 외끌이 기선저인망으로 조업을 하고 있다. 서남해구(경상북도와 경상남도의 도계와 해안선과의 교점에서 107도선 이남과 이서의 해역)에서 조업하는 어선이 쌍끌이는 11통이 조업을 하고 있으며, 외끌이는 45척(총 허가정수는 65건)이 현재 조업을 하고 있다.

수산자원보호령 제 6조 1항에서는 중형기선저인망의 그물코의 규격이 33밀리미터이하의 어망을 사용하지 못한다라고 나타내고 있으며, 제2항에서는 제1항 각호의 어망중 연안조망·연안개량안강망·중형기선저인망·대형기선저인망·대형트롤어망·동해구트롤어망 및 근해안강망의 낭망부분에는 2중이상의 어망을 설치하여서는 안된다고 나와있다.

### (1) 중형 기선저인망(울산지역)

울산 지역의 중형 외끌이 기선저인망은 대형 외끌이 기선저인망과 같은 형태의 어업을 하고 있다. 조업 방법은 1척의 어선이 양측에 날개 그물이 달린 자루그물을 투망한 다음 후릿줄로 대상 생물을 그물 속에 몰아 넣어 잡는 방법이다. 울산 지역의 외끌이 중형 기선저인망도 끌줄과 후릿줄에 의해 포위된 어군만 어획이 가능하므로, 끌줄과 후릿줄이 어획에 미치는 영향이 매우 크다. 조업중 사용되는 후릿줄의 길이는 대형 기선저인망 보다는 다소 짧은 1200~1300m를 사용하고 있다. 조업 중 예망 속도는 평균 1.5~2노트며, 그물의 예망 시간은 1시간정도이다. 하루 조업 횟수는 5~8회정도 이루어지고 있지만, 평균 5~7회 조업을 한다. 1항차의 조업 일수는 5~6일 조업을 한다. 외끌이 중형 기선저인망의 끝자루 망목의 크기는 32mm를 사용하고 있다.

어기는 9월부터 다음해 5월까지 조업이 이루어지며, 6월,7월,8월은 선박의 수리등으로 휴어기에 해당한다. 주어장은 93-3해구, 94-2해구, 94-3해구에서 조업이 이루어지며, 6월~8월을 제외하고 일본의 EEZ에서 조업을 하고 있다. 조업 수심의 범위는 120~170m까지이며, 평균 조업 수심은 140m이다. 주대상 어종은 가자미류, 도루묵, 낚지, 문어, 물메기 등을 대상으로 하고 있다. 어선은 강선 20~59ton급, 450~550hp급이며, 7~9명이 승선하여 조업한다.



## (2) 중형 기선저인망(여수지역)

여수 지역의 외끌이 중형 기선저인망은 트롤과 같은 어업의 형태를 나타내고 있다. 조업 방법은 1척의 어선이 그물의 양쪽 날개 끝에 전개관을 부착하고 그물을 예망하는 형태의 어업을 하고 있다. 어장의 축소, 선박과 어구의 대형화와 어업 전문 인력의 부족이 전개관 사용의 주된 이유였다. 여수 지역의 중형 기선저인망의 조업 중 예망 속도는 평균 3노트였으며, 조업 방향은 조류가 흐르는 방향으로 예망을 하였는데, 그 이유는 어구의 규모에 비해 어선의 마력수가 작아서 조류를 거슬러서 조업을 하지 못하기 때문이었다. 정상적이 저질에서는 평균 5시간이며, 양망 시간은 1시간 정도였다. 하루 조업 횟수는 3~6회였으며, 평균 4회였다. 1항차의 조업 일수는 냉장선의 경우는 7~10일이었으며, 냉동선의 경우는 20~40일이었다. 끝자루 그물코의 크기는 33mm의 규제를 받고 있었다.

여기는 연간 10개월 정도 조업을 하는데, 조업 기간은 8월부터 다음해 5월까지 조업이 이루어지며, 6월,7월은 선박 수리 등으로 휴어기에 해당한다. 냉장선은 제주도 근해인 231해구, 233해구, 234해구, 241해구, 242해구이며, 냉동선의 경우는 231해구, 242해구에서 조업을 하고 있다. 주대상어종은 민어, 서대, 새우, 낙지등이고, 어선은 선질은 FRP이며, 20~59ton급, 450~550hp급이며, 7~8명이 승선하여 조업한다.



그림 1-3-7. 여수지역 중형 기선저인망 어선.

Fig. 1-3-7. Medium size Danish seine vessel in Yeosu.

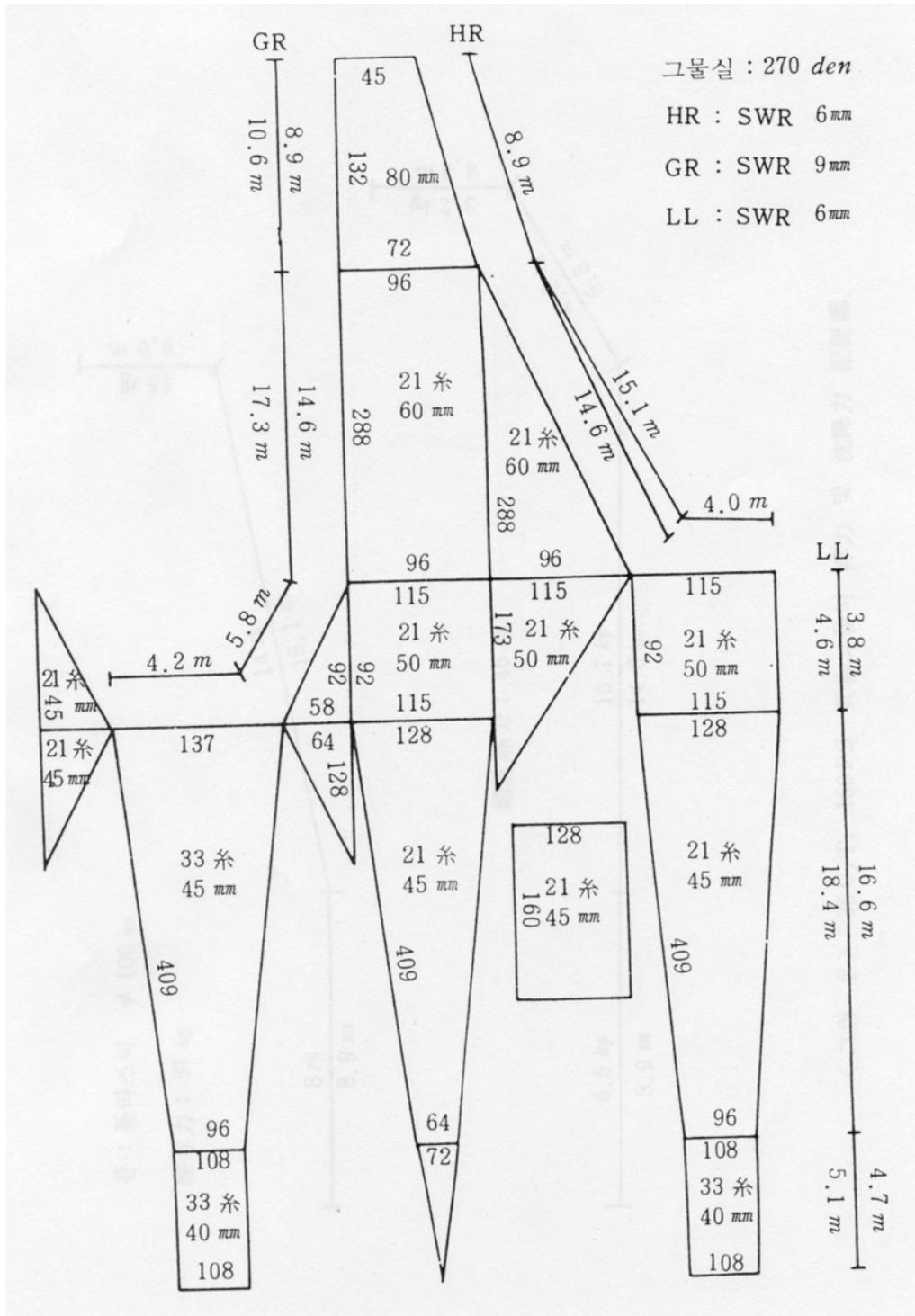


그림 1-3-8. 여수지역 중형 기선저인망의 설계도.

Fig. 1-3-8. Net design plan for the medium size Danish seine in Yeosu.

## 2. 트롤 어업

### 가. 대형 트롤 어업

대형 트롤은 전국 근해(조업금지구역 제외)를 조업 구역으로 하며 현재 50척이 조업(허가정수는 60척)하고 있다. 과거에는 현측식 조업이 이루어졌지만, 최근에는 어선 및 어로장비의 현대화로 주로 선미식 조업이 이루어지고 있다. 투망은 바람이나 해·조류를 가급적 선미에서 받으면서 배를 미속으로 전진시켜 놓고, 선미 슬립웨이를 통하여 자루그물, 날개그물, 후릿줄을 투하한다. 후릿줄까지 투하가 완료되면, 기관을 정지시키고 타력에 의해 전진하면서 선미 깰로우스에 있는 전개판을 연결해 투하한다. 전개판 투하가 완료되면 다시 미속으로 전진하면서 어구의 전개상태를 확인한 다음 전진하면서 끌줄을 풀어준다. 예망 중 수심이 50m일 경우에는 끌줄의 길이는 200m정도를 주며, 후릿줄은 기본적으로 100~200m를 사용한다. 수심이 80m인 경우는 끌줄의 길이는 300m 정도이고, 90m일 경우에는 350m를 사용하고 있다.

조업중 예망 속도는 3~4 노트며, 1회 예망 시간은 낮에는 평균 3시간 정도이며, 밤에 조업을 할 때에는 5~6시간정도를 예망한다. 어기 및 대상 어종에 따라 조업 시간이 다르지만, 일반적으로 1일 투·양망 횟수는 평균 3회 정도이며, 1항차당 조업 일수는 계절에 따라 다소 차이를 보이고 있지만, 평균 5~10일이다.

어기는 한·일 어업협정 이전에는 연중 10개월 정도였지만, 한·일 어업 협정 이후에는 연중 7개월 정도 조업이 이루어지고 있다. 조업은 8월부터 다음해 2월까지 대부분 이루어지고 있으며, 3월~7월까지는 거의 휴어기에 해당한다. 주 어장은 계절별로 차이를 보이지만, 7월~9월까지는 493해구이며, 10월부터 다음해 1월까지는 대부분 89해구에서 이루어진다. 그러나 어업자들은 한·일 어업협정 이후 어장의 축소정도가 거의 50%라고 생각하고 있다. 대상 어종도 또한 계절별로 차이를 보이고 있지만, 10월부터 다음해 1월까지는 오징어를 주로하며, 나머지 달에는 갈치 및 기타 잡어 등이 대상이 된다.

어선은 강선이며, 139ton, 1300hp이며, 평균 15명이 승선하여 조업을 한다.

수산자원보호령 제 6조 1항에서는 대형트롤의 그물코의 규격이 54밀리미터이하의 어망을 사용하지 못한다라고 나타내고 있으며, 제2항에서는 제1항 각호의 어망중 연안조망·연안개량안강망·중형기선저인망·대형기선저인망·대형트롤어망·동해구트롤어망 및 근해안강망의 낭망부분에는 2중이상의 어망을 설치하여서는 아니된다고 한다.

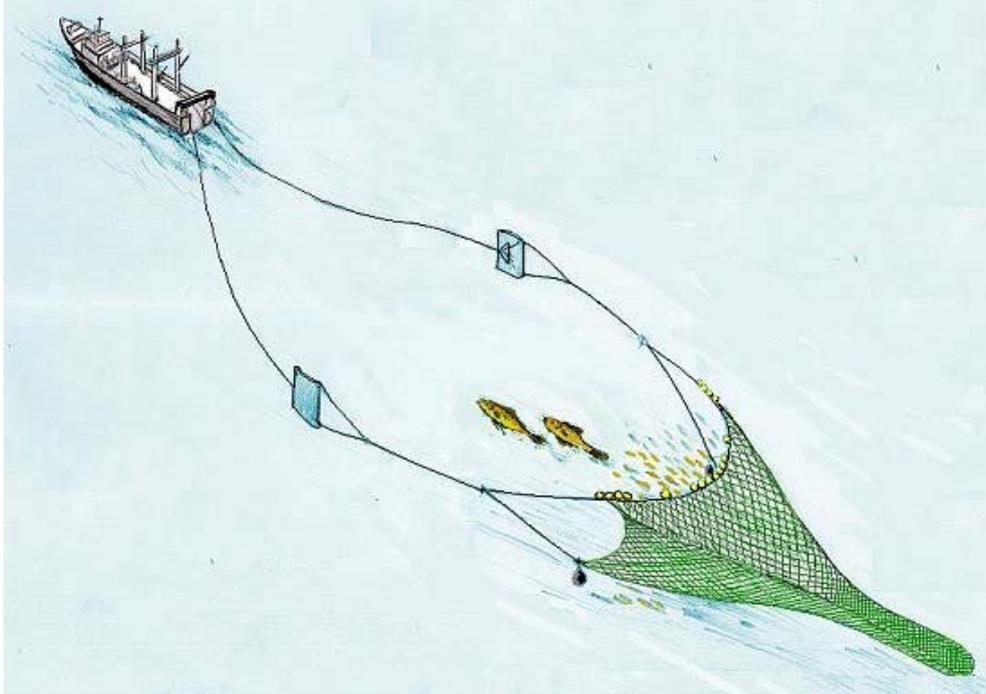


그림 1-3-9. 대형 트롤 어업의 조업 모식도.

Fig. 1-3-9. Schematic operation diagram of large scale trawl.



그림 1-3-10. 대형 트롤 어선.

Fig. 1-3-10. Vessel of large size trawl.

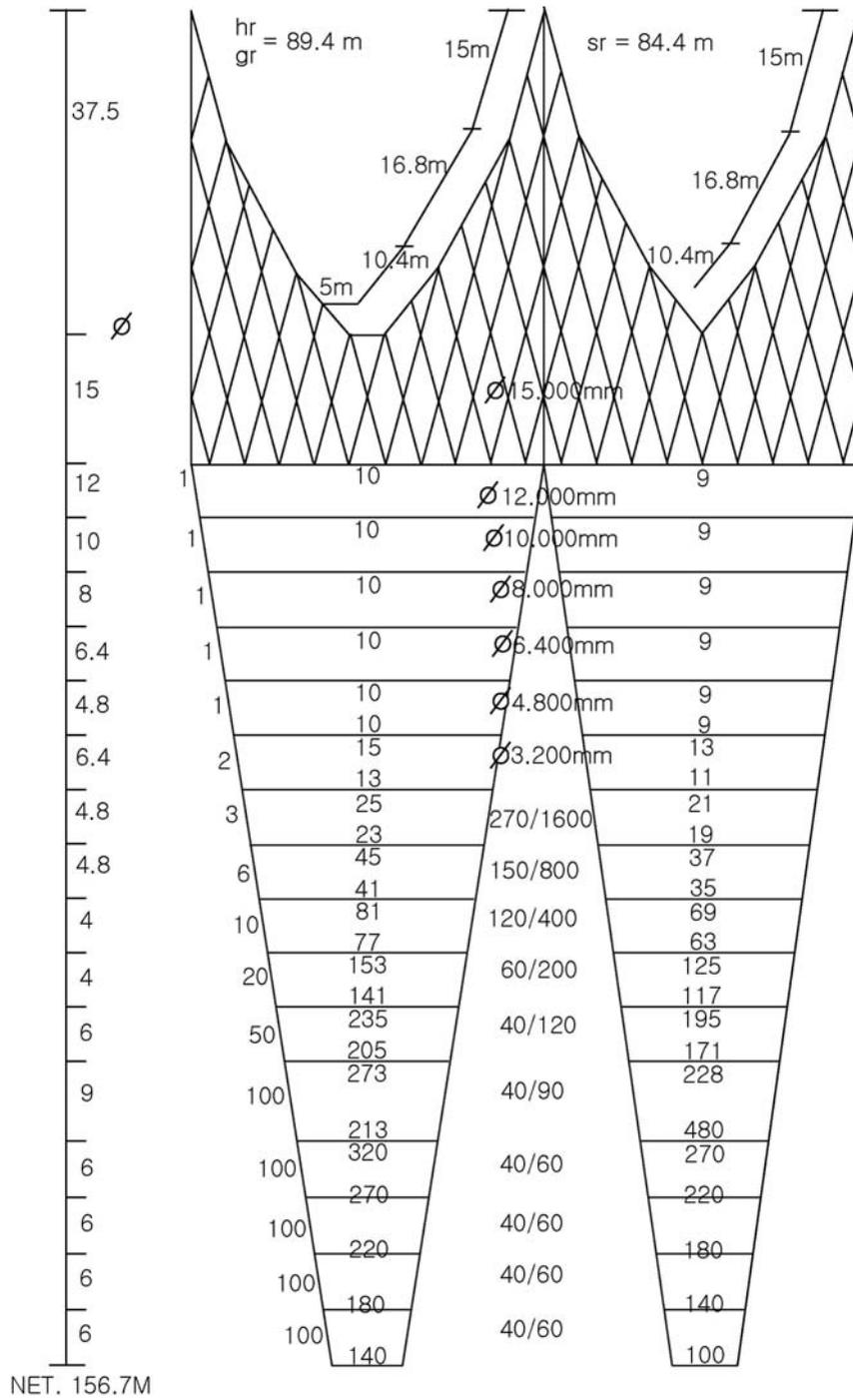


그림 1-3-11. 대형 트롤 어구설계도.

Fig. 1-3-11. Net design plan for the large size trawl.

## 나. 동해구 트롤 어업

동해구 트롤은 43척이 조업하고 있고, 어법적으로 크게 저층 트롤과 중층 트롤로 나누어진다. 중층 트롤은 14척정도가 조업하고 있고, 나머지 어선은 저층트롤 어법으로 조업한다. 본 연구에서 주로 분석대상이 된 어법은 어획노력량이 큰 중층 트롤 어법이다. 중층트롤은 주대상어가 오징어와 청어등이고, 저층 트롤의 주 대상은 명태, 새우, 도루묵, 가자미 등의 저서어를 주 대상으로 하고 있다. 어선에서의 조업 방법도 과거에는 현층식으로 조업하였으나, 현재는 선미식으로 전환하는 어선이 늘고 있다.

조업 중 예망 속도는 평균 2~3노트며, 1회 예망 시간은 평균 3.1시간 정도이고, 1일 투·양망은 4.2회 이루어지고 있다. 보통 1일 조업 후 귀항하는 경우가 많으며, 어황에 따라 2~3일 조업 후 귀항하기도 한다. 연중 조업 일수는 평균 200일 정도이다.

어기는 연중 조업이며, 어장은 강원~경북 연안이며, 대상 어종은 가자미, 게류, 청어 등이다. 어선은 20~60ton, 300~500hp, 조업 인원은 10~12명이다.

수산자원보호령 제 6조 1항에서는 동해구트롤어망의 그물코의 규격이 43밀리미터이하의 어망을 사용하지 못한다라고 나타내고 있으며, 제2항에서는 제1항 각호의 어망중 연안조망·연안개량안강망·중형기선저인망·대형기선저인망·대형트롤어망·동해구트롤어망 및 근해안강망의 낭망부분에는 2중이상의 어망을 설치하여서는 아니된다고 한다.

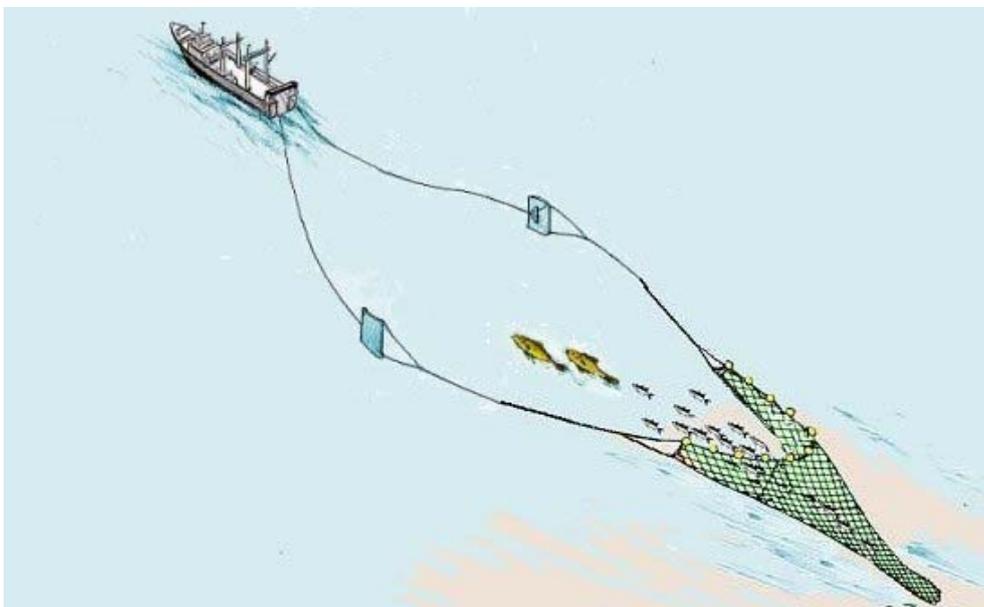


그림 1-3-12. 동해구 트롤의 조업 모식도.

Fig. 1-3-12. Schematic operation diagram of Eastern Sea trawl.

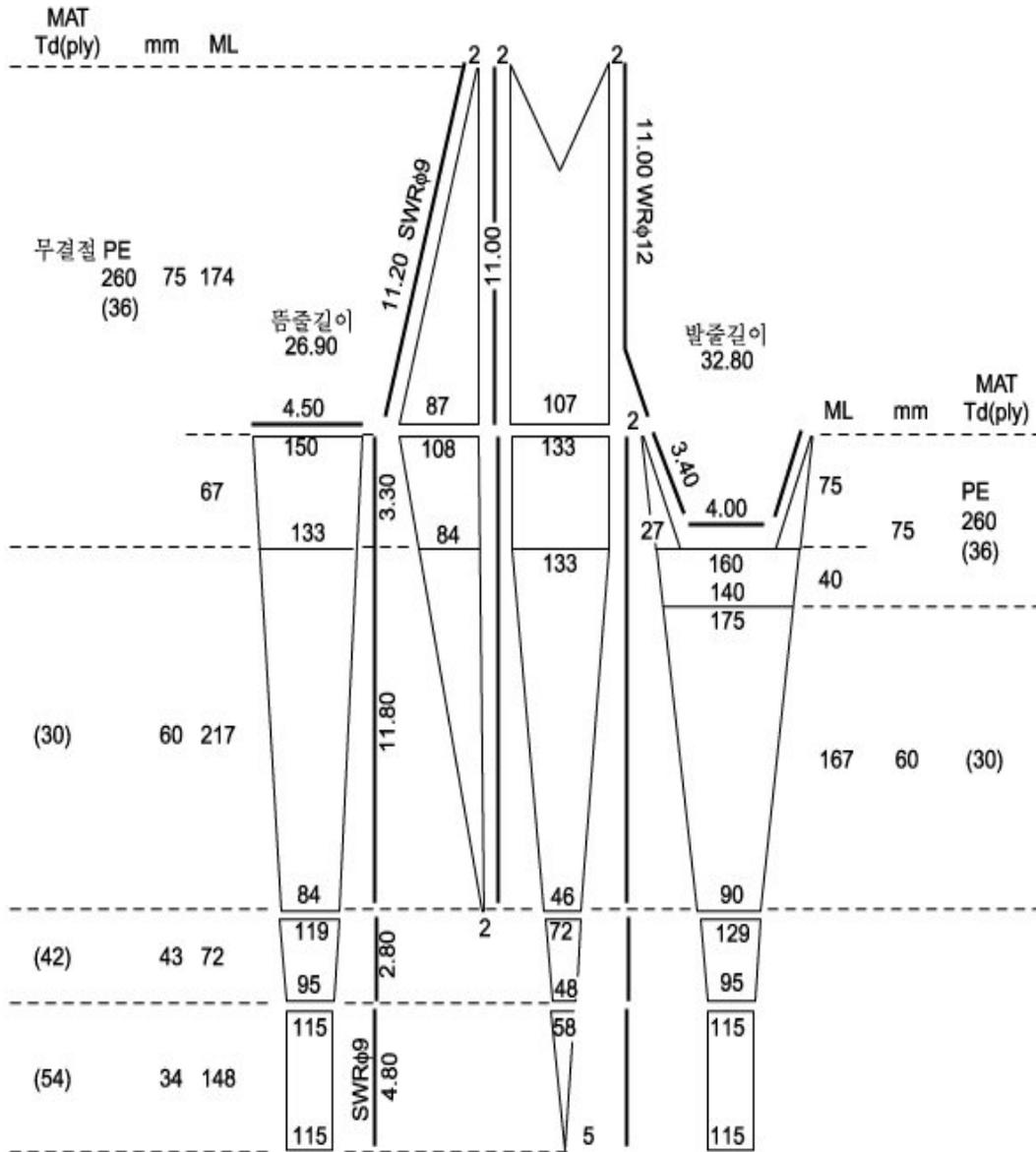


그림 1-3-13. 동해구 트롤 어구의 설계도(저층).

Fig. 1-3-13. Net design plan for the Eastern Sea trawl (bottom trawl).

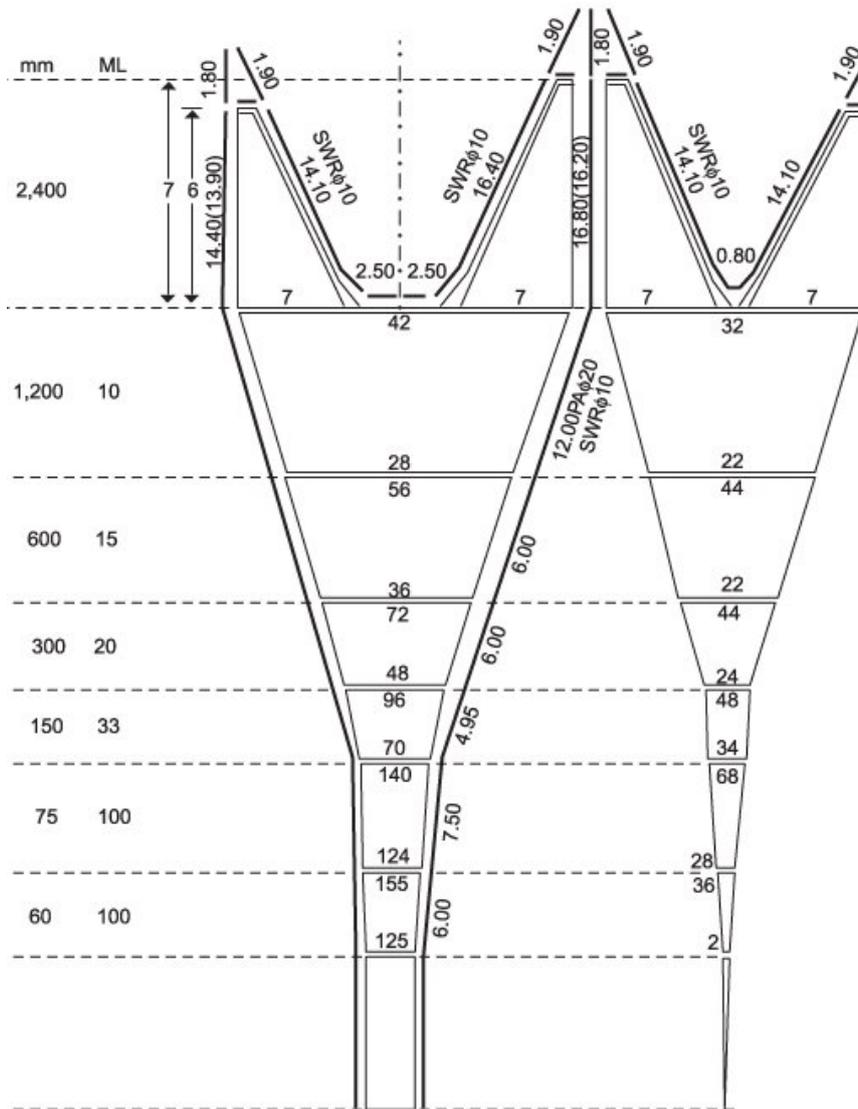


그림 1-3-14. 동해구 트롤 어구의 설계도(중층).

Fig. 1-3-14. Net design plan for the Eastern Sea trawl (mid-water trawl).

### 3. 선망 어업

우리나라의 선망 어업은 주로 제주도 근해에서 고등어, 전갱이 등을 대상으로 조업하는 대형 선망과 연안에서 멸치, 전어 등을 대상으로 하는 소형선망이 있다. 조업 방법으로는 표층 또는 표층 부근에 군을 형성하여 회유하는 어류를 주 대상으로 긴 네모꼴의 그물을 둘러쳐 포위한 다음 어군이 그물 아래쪽과 옆쪽으로 도피하는 것을 방지하면서 점차 범위를 좁혀 잡는 어업을 말한다.

대상 어종은 군집성이 큰 것이 좋으며, 대상 생물 스스로 밀집된 어군을 대상으로 조업하는 경우와 집어등을 이용하여 인위적으로 밀집시켜 조업하는 경우가 있다.

#### 가. 대형 선망 어업

대형 선망은 30통이 조업하고 있다. 그물감은 NY Td210 15~72합사 또는 폴리에스터, 망목 30.3~60.6mm를 사용하며, 뜰줄에 72% 내외, 발줄에 76% 내외, 옆줄에 50% 내외의 성형률을 준다. 이 중 그물코의 크기는 과거 고등어, 전갱이만을 주 대상으로 할 때는 37.9~43.3mm를 주로 사용하였으나 현재는 고등어, 전갱이뿐만 아니라 정어리도 어획할 수 있도록 30.3mm를 주로 사용한다. 망지는 무결절 망지의 사용이 늘고 있는 추세로 그물전체를 무결절망지로 사용하는 선망도 있다.

어선의 크기와 어로장비 성능에 따라 어구규모가 다소 다르지만 우리나라에서 이루어지고 있는 외두리 건착망의 경우, 최근의 어망도는 옛날과는 다르게 세로 콧수를 meter 단위로 나타낸다. 선망의 하나의 판넬을 1마치라고 하며, 보통 선망의 그물은 1마치부터 48마치까지 구성되어 있다. 1마치는 19장대 1/2로 이루어져 있으며, 이것을 미터 단위로 나타내며 29.25m이다. 1장대는 1.5m이다. 평균 48마치로 이루어진 그물의 뜰줄 길이는 1500m이다.

조업은 그물배 1척, 어탐선 2척, 운반선 2~3척이 선단을 이루어 하며 1개 선단이 그물 1통으로 조업하므로 일반적으로 선단을 「통」이라고 부른다. 이 중 그물배는 투·양망이 주 임무이므로 선내에 각종 어로장비를 갖추고 있다. 즉, 투망이 완료된 후 조임줄을 감기 위하여 선수 갑판에 설치한 조임줄 윈치(Pursing winch), 그물을 감아 올리기 위하여 선미 현에 설치한 양망기(Net hauler), 양망기를 도와 그물을 감아 올림과 동시에 양망된 그물을 정리하기 위하여 선미 데릭뿔 끝에 설치한 파워블록(Power block), 고기받이를 끌어 올리기 위하여 양망 현에 길게 설치한 파워롤러(Power roller) 등이 있다.

어탐선은 어군탐지기, 소나 등 탐색장비와 집어등을 갖추고 있으며, 일반적으로 어군탐지기는 50kHz 이하의 저주파수 1대, 200kHz 이상의 고주파수 1대를 설치하여 수심이 깊은 곳에서는 저주파수 어군탐지기를, 수심이 얇은 곳에서는 고주파수 어군탐지기를 주로 사용한다. 또한 수평으로 어군을 탐색하기 위한 스캐닝 소나 1대와 어군 탐색장비나 육안으로 탐색된 어군을 어획하기 좋은 상태로 집어시키기 위한 수상등과 수중등이 설치돼 있다.

이중 수상등은 일반적으로 2kw 내외의 백열등 약 10여개를 선체 중앙의 갑판으로부터 약 2.5~3m 높이에 2줄로 시설하며, 수중등은 2~5kw의 백열등 1개씩 총 6~10개를 사용한다.

어장에 도착하면 그물배는 선미 갑판에 뜬줄이 좌현으로, 밧줄이 우현으로 오도록 그물을 정리함과 동시에 조임고리를 그물에 연결시키고 조임줄을 끼워 투망준비를 하며, 어탐선은 어군을 탐색하여 어획하기 좋은 상태로 부상시켜 밀집시킨다.

투망준비가 완료되면 그물배는 어탐선 중 1척에게 고기받이 쪽 고삐줄과 조임줄의 끝을 넘겨 준 다음 어탐선을 끌고 투망 위치로 간다. 투망 위치는 일반적으로 어군 진행방향의 우측에서 시작하며, 해·조류나 바람이 강할 때는 해·조류 또는 바람 아래에서 시작하기도 한다. 이때 고삐줄과 조임줄을 잡고 있는 어탐선을 앞잡이배라고 부르며, 그물배와 앞잡이배가 투망 위치에 도착하면, 앞잡이배는 그물배로부터 분리되어 고삐줄과 조임줄을 잡고 그 자리에서 있고, 그물배는 전속으로 전진하면서 투망한다.

투망은 어군의 진행 방향 앞을 가로질러 뜬줄 길이의 약 3분의 1정도 되는 직경을 가진 원을 그리면서 앞잡이배로 되돌아와 앞잡이배가 잡고 있는 고삐줄과 조임줄을 넘겨 받는다.

투망이 완료되면 고기받이 쪽 고삐줄은 선미에서, 날개그물 쪽 고삐줄은 선수에서 캡스턴으로 감아 그물의 양 끝이 선수와 선미까지 오도록 한 다음, 선수에 있는 조임줄 원치로 조임줄을 감는다. 이때 그물이 충분히 가라앉았는지 확인한 다음 조임줄을 감아야 하며, 어구의 형상에 따라 조임줄을 감는 속도를 조정하여야 한다.

조임줄이 밧줄과 함께 갑판에 올라오면 조임고리를 3등분하여 각각 꾸러미로 묶은 다음 배 중앙에 있는 데릭으로 달아 올려 그 옆에 장치된 큰 고리에 걸고 그물로부터 조임고리를 분리시킨다. 또한 조임줄 원치의 드럼에 감긴 조임줄을 다른 드럼에 옮겨 감으면서 조임고리로부터 조임줄을 빼낸다.

조임고리와 조임줄 분리가 완료되면 날개그물 옆줄 쪽에 있는 조임줄을 당겨 날개그물 끝이 한데 뭉치도록 한 다음 날개그물 끝부터 양망기로 양망한다. 양망된 그물은 다시 파워블록을 통해 선미 갑판에 정리한다.

날개그물과 몸그물이 모두 올라오고 고기받이만 양망 현 즉, 우현측 물 속에 남으면 밧줄측 그물을 파워롤러로 당겨 어군을 한 곳에 모은다. 그물배가 어군을 한 곳에 모으는 동안 운반선은 고기받이 건너편에 접근하여 그물배와 머릿줄로 연결한 다음 뜬줄을 끌어 올린다. 운반선에서 뜬줄을 모두 올리고 나면 죽대나 반두그물을 이용하여 어획물을 운반선에 퍼 올린다.

양망 중 조임줄을 당길 때부터 양망이 완료될 때까지 그물배가 그물 쪽으로 팔려 들어가지 않도록 하기 위하여 어탐선 1척은 그물배의 양망 현 반대쪽에서 그물배를 당겨 주며, 다른 어탐선 1척은 뜬줄이 서로 엉키지 않도록 뜬줄을 잡아 당겨 준다.

낮에 밀집된 어군을 발견하여 조업하는 경우도 있으나 대부분 밤에 집어등으로 어군을 유집시켜 조업하며, 한달에 평균 25일은 조업하고, 달이 밝은 보름을 전후하여 약 4~5일 간은 조업을 하지 않는다.

1일 조업횟수는 어군의 양에 따라 다르지만 일반적으로 3~5회 조업하고, 평균적으로 1항차에 50여회 투·양망을 하며, 배의 투망 속도는 10~12노트 정도이다.

어기는 연중 조업이며, 한달에 25일 조업하고, 5일은 배의 수리등으로 휴식을 취한다. 주 어장은 제주도 근해이며, 주 대상 어종은 고등어, 삼치, 전갱이 등이다. 어선은 강선 약 100~150ton, 1,000~1,500hp이며, 27명이 승선하여 조업을 하고 있다.

수산자원보호령 제6조의 그물코의 규격의 제한에서는 근해선망어구의 그물코의 규격이 30밀리미터이하의 것, 다만, 사용중인 어구의 그물코의 규격의 경우에는 10퍼센트의 오차 범위를 허용 한다고 한다. 또한 제7조 제10항 제2호에서는 다음 각호1에 해당하는 구역 안에서는 선망중 불빛을 이용한 선망을 사용하여서는 아니된다고 한다.

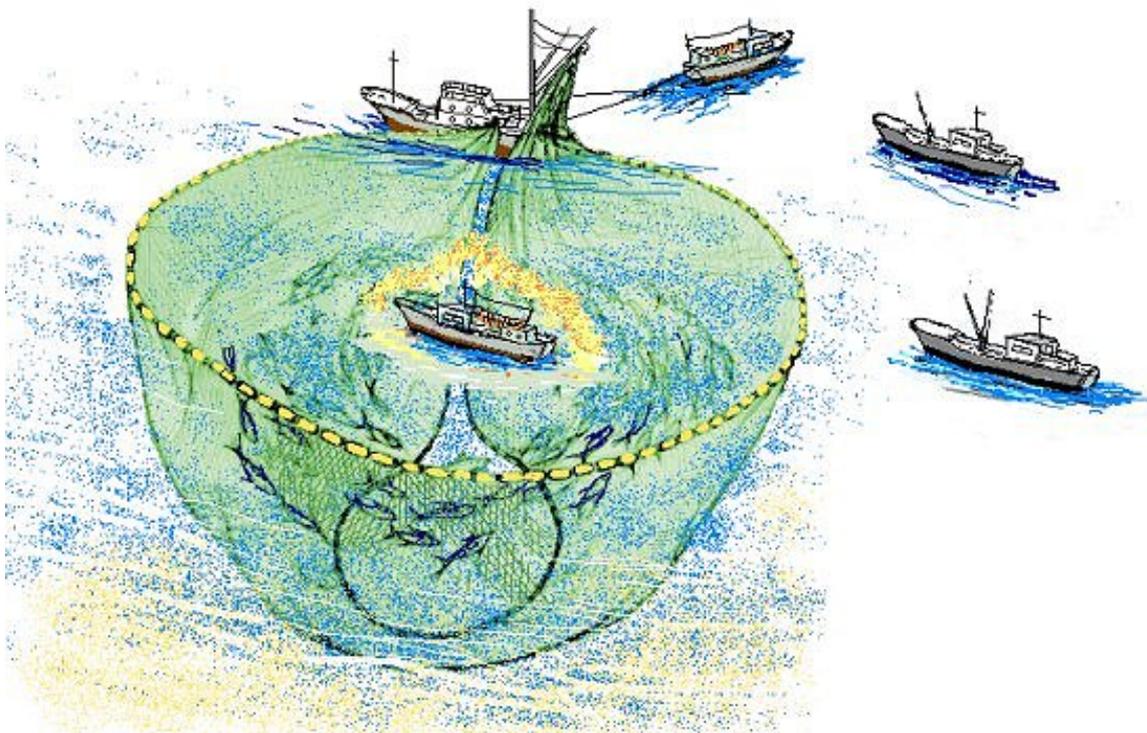


그림 1-3-15. 선망의 조업 모식도.

Fig. 1-3-15. Schematic operation diagram of the large size purse seine.



그림 1-3-16. 선망의 망선 및 적재되어 있는 어망.  
Fig. 1-3-16. Purse seiner and net stacked on deck.



## 나. 소형 선망 어업

소형 건착망은 투망은 배 1척이 하고, 양망은 배 2척이 하는 외두리식과 쌍두리식의 중간 형태로 조업하고 있다.

보통 1일을 1항차로 하여 낮에 조업하지만 10~11월에는 야간에도 조업한다. 어장에 도착하면 육안으로 어군을 탐색하고 어군을 발견하면 어군 주위를 그물로 둘러친 다음, 조임줄을 이용하여 아래쪽으로 어군이 도망가는 것을 막는 한편, 조임줄이 완전히 조여질 때까지 어군의 도피를 방지하기 위하여 돌을 던지거나 뱃전을 두드리기도 한다. 어군의 도피로가 차단되면 사이드롤러를 이용하여 로프를 감아 들이고 양망 크레인으로 그물을 양망한다. 어군이 어포부에 모이면 족대로 퍼내며 어획물은 전량 활어 상태로 어창에 수납한다. 1일에 약 4회 조업하며 투망 소요시간은 5분, 양망 소요시간은 2시간이다.

어기는 4월~11월에 주로 조업하며 8월~9월이 성어기이며, 어장은 남해 연안 강진만, 사천만, 광양만, 고성만 일대이다. 주 대상 어종은 전어이고, 어선은 FRP선 8톤급, 260마력 내외에 8명이 승선하여 조업한다.

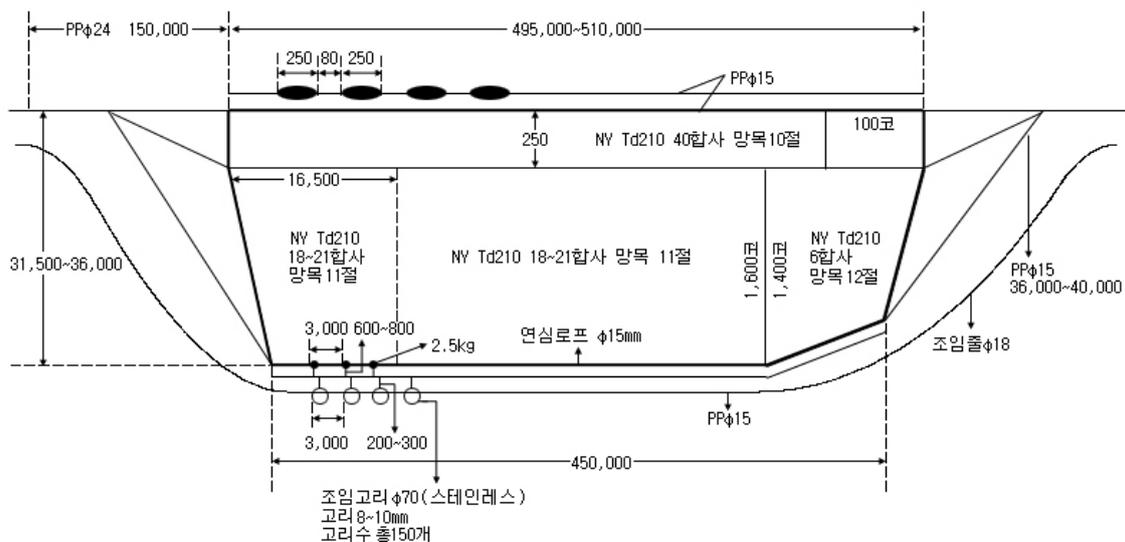


그림 1-3-18. 소형 선망의 설계도.

Fig. 1-3-18. Net design plan for the small size purse seine.

## 4. 선인망 어업

### 가. 기선권현망

기선권현망의 허가 정수는 84통이며, 기선권현망 수협에 등록된 조합원은 58명이며, 비조합원은 26명이다. 조합원 중에서 실제 조업을 하고 있는 조합원은 57명이다. 비조합원은 조업의 여부를 확인하기가 어려운 상태이다.

멸치는 연안성 어족으로 표·중층에 군집을 이루어 서식하며, 외부의 자극에 대해 매우 민감한 반응을 보인다. 이러한 습성을 이용하여 자루그물 앞에 긴 날개그물이 달린 어구 1통을 배 2척이 끌어 잡는 것이다.

그물은 크게 오비기, 수비, 자루그물로 되어 있으며, 이중 날개그물인 오비기와 수비는 어군을 위협하여 자루그물 속으로 몰아넣는 역할을 하므로 그물코가 매우 큰 것을 사용하는 반면 자루그물은 멸치가 빠져나가지 못할 정도의 매우 작은 그물코로 된 여자망을 주로 사용한다. 특히 멸치는 위협을 느끼면 밑으로 도피하는 습성이 있으므로 자루그물 입구의 밑판이 등판보다 앞으로 나와 있으며, 자루그물에 들어간 멸치가 되돌아 나올 수 없도록 허그물을 사용한다.

또한 멸치는 육질이 약하여 빨리 상하므로 수비에 주름을 많이 주고, 자루그물도 뒤쪽으로 갈수록 오히려 크게 하여 멸치가 그물 내에서 어느 정도 활동이 가능하도록 한다.

한 때에는 자루그물 입구의 전개를 좋게 하여 멸치가 그물살에 치이지 않고 자루그물 속에 잘 들어 갈 수 있도록 수비와 자루그물 사이에 앞장, 호장, 삼각망, 앞치마를 붙인 개량식 권현망이 개발되었으나 어구 제작상 복잡성으로 인해 아직 많이 사용되지 않고 있다. 투망은 2척의 그물배가 그물을 반씩 나누어 싣고 나란히 붙어서 항해하다가 어탐선이 어군을 발견하면 어로장의 지시에 따라 자루그물부터 투망을 한다. 자루그물이 모두 투망되면 양 배는 서로 거리를 벌리면서 수비와 오비기를 투망한다.

투망이 완료되면 양 배는 각기 끌줄 1가닥씩을 선미측에 고정하고 양 배의 간격을 약 500~700m 정도 유지하면서 예망하기 시작한다. 예망 속도를 1노트 내외로 하여 약 30~40분 정도 예망한 다음 차차 양 배의 간격을 좁혀 날개그물이 나란해 질 때까지 계속 예망한다.

양망이 완료되면 그물배는 다음 투망 준비를 하고 어탐선이 어군을 발견할 때까지 대기하며, 가공선은 어획물을 삶아 1차 건조한 다음 운반선에 넘겨주어 기지로 운반하도록 한다. 주로 낮에 조업을 하며, 1일 평균 4~5회 투망한다.

어기는 7월~다음해 3월까지 조업이 이루어진다. 주 어장은 월별로 차이를 보이는데, 7월~11월초까지는 남해안에서 조업, 11월 말~2월까지는 울산근해에서 조업이 이루어진다. 대상 어종은 멸치가 대부분 어획된다. 어선은 강선 50~70톤, 500~800마력 내외 2척이 조업, 척당 10~15명이 조업한다.

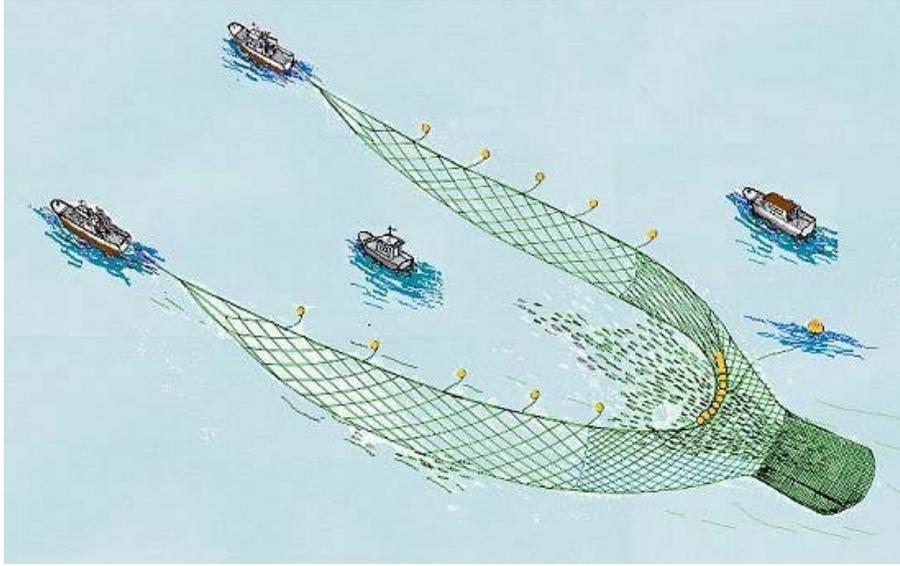


그림 1-3-19. 멸치기선권현망의 조업 모식도.

Fig. 1-3-19. Schematic operation diagram of the anchovy drag net.



그림 1-3-20. 기선권현망 선단.

Fig. 1-3-20. Fleet of the anchovy drag net.

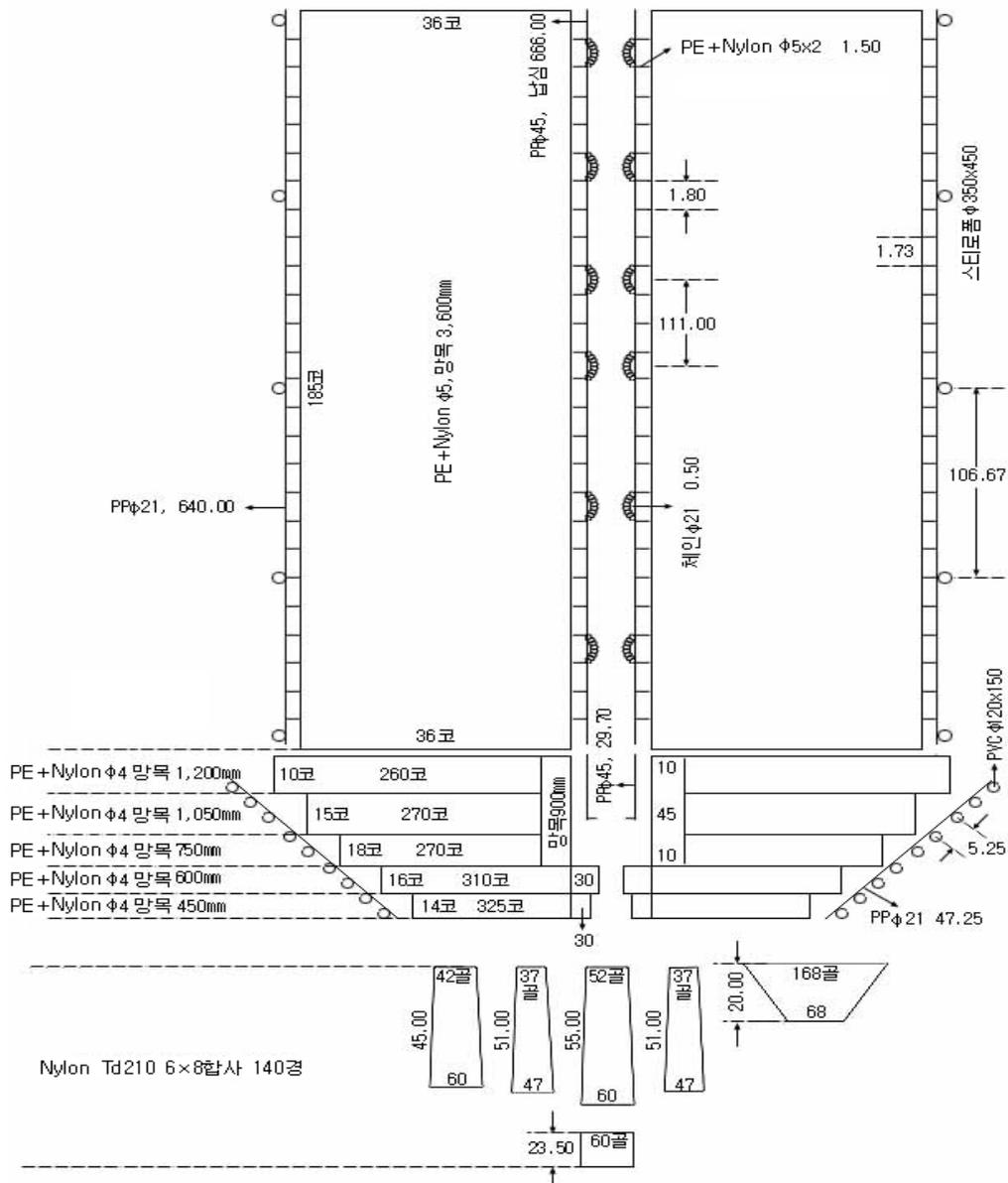


그림 1-3-21. 기선권현망의 설계도.

Fig. 1-3-21. Net design plan for the anchovy drag net.

## 제 2 장 어구의 규모 컴퓨터 시뮬레이션

### 제 1 절 어구시스템의 시뮬레이션 모델

#### 1. 어구의 수치계산 모델

어구는 다양한 종류의 망지, 로프 및 속구 등으로 구성되어 있으며, 유연한 구조물과 강체가 서로 결합된 시스템이다. 본 연구에서는 이러한 시스템을 모델링하기 위해 구조물을 구성하는 여러 요소를 유한개의 질점으로 분해한 후 이들 질점들이 탄성이 있는 줄로서 연결되어 있는 물리 시스템이라고 간주하고 기술한다.

위의 방법을 어구를 구성하는 요소 중 가장 많은 부분을 차지하는 망지에 적용시키면 망지의 매듭(knot)은 질점으로, 밧(bar)은 이들 질점을 연결하는 스프링으로 간주된다. 여기서, 망지에 작용하는 항력 및 양력, 침강력 그리고 부력 등의 모든 외력은 질점에만 집중되어 작용된다. 그리고 이들 질점을 연결하는 스프링은 질량, 부피 그리고 면적이 모두 스프링의 끝에 있는 질점에 집중되어 있는 것으로 간주되므로 스프링에는 외력이 전혀 작용하지 않으며, 단지 질점 사이에서 탄성력에 의한 내력만 작용하는 것으로 간주한다. 또한, 구조물에 포함된 각종 속구인 침자 부자들도 하나의 질점으로 간주한다. 그림 2-1-1은 수중 유연 구조물의 기본 요소가 되는 그물코에 대한 모델링 방법을 보여준다.

이 방법은 여러 종류의 어구와 그 구성 요소를 모델링 할 수 있게 해준다. 즉, 길이가 긴 그물코(mesh)나 로프 부분을 모델링 하거나 세밀한 시뮬레이션을 위해서는 그물밭이나 로프를 여러 개의 질점으로 분리하여 질점들을 배치할 수 있다(그림 2-1-2).

이와 반대 경우인 그림 2-1-3과 같이 망지를 구성하는 그물밭의 길이가 짧고 망지에 매듭이 많아서 모든 매듭을 질점으로 간주하여 시뮬레이션 하는 것이 현실적으로 불가능한 경우는 여러 개의 그물코를 하나의 그물코로 근사하여 모델링 함으로써 계산의 부하를 줄여 망지 전체의 거동을 빠르게 시뮬레이션 할 수 있다.

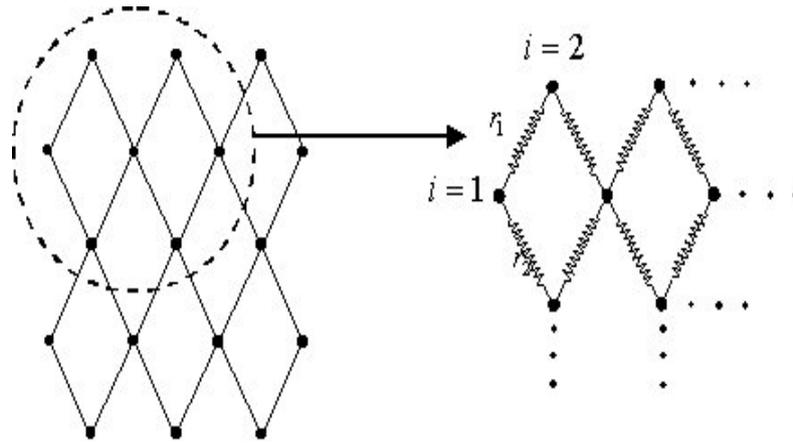


그림 2-1-1. 망지의 수학적 모델링.

Fig. 2-1-1. Modeling for a fishing net.

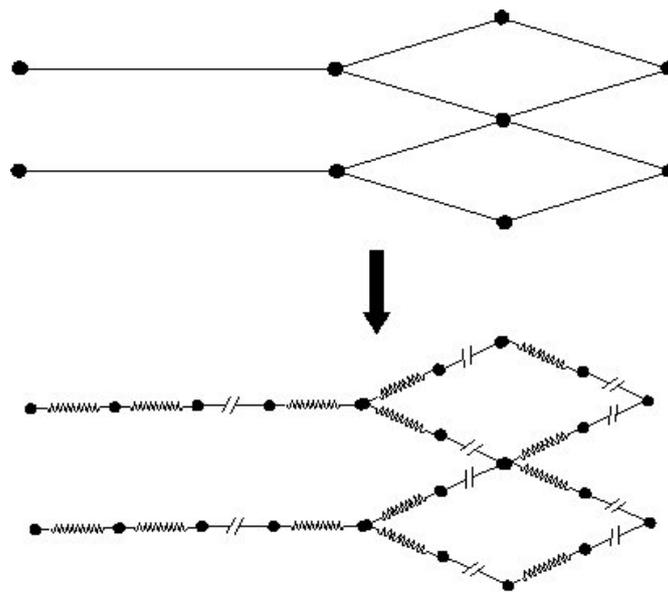


그림 2-1-2. 로프와 큰 그물코에 대한 모델링 방법.

Fig. 2-1-2. Modeling for factors with large mesh or rope.

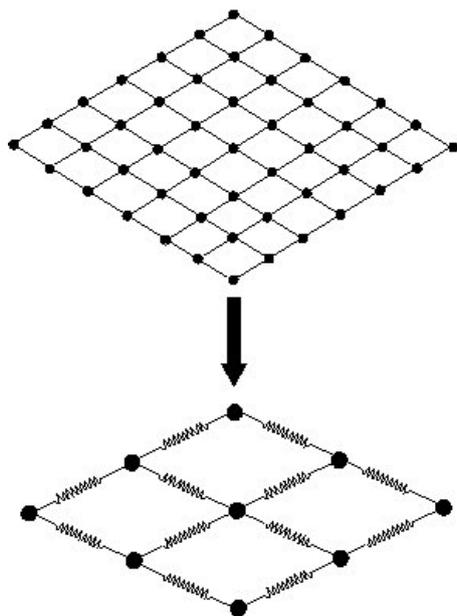


그림 2-1-3. 작은 그물코에 대한 모델링.

Fig. 2-1-3. Modeling for netting with small mesh.

이러한 질점계를 정식화하여 운동방정식으로 나타내면 다음과 같다.

$$m \ddot{\mathbf{q}}_i = \mathbf{f}_k \quad (1)$$

여기서,  $m$ 은 질량,  $\ddot{\mathbf{q}}_i$ 은 미지의 가속도 벡터,  $\mathbf{f}_k$ 는 힘 벡터로 내력과 외력으로 구성된다.

내력은 질점을 연결하는 줄의 탄성에 의해 야기되는 힘이고, 외력은 각 질점에 작용하는 중력, 부력, 항력 및 양력 등의 힘을 나타낸다.

본 모델은 각 질점들을 연결하는 줄의 탄성에 대한 고려 여부에 따라 모델이 크게 달라진다. 탄성을 고려하지 않으면 이론 모델에 포함된 힘은 중력, 항력, 양력 및 부력 등의 외력만을 고려하면 되므로 정식화하는 것은 비교적 간단하고 계산도 쉽지만 정확한 시물레이션은 어렵다.

탄성을 고려하면 강성방정식(stiff equation)의 형태로 정식화되어 방정식이 복잡해지고 계산에도 어려움이 있으나, 거동의 해석과 시물레이션에 정확성을 높일 수 있고, 보다 현실감 있는 시물레이션이 가능하다. 이렇게 줄의 탄성을 고려하여 정식화하면 결국 물리학에서 말하는 질량-스프링모델(Mass-Spring Model)이 된다(Provot, 1995; 박 등, 2001).

## 2. 내력

질량-스프링모델에서 내력은 질점 간에 작용하는 힘을 지칭하는 것으로, 근사된 질점

인 어구의 각 부속구 및 망지의 매듭을 서로 연결하는 각종 줄 또는 그물발에 작용하는 힘이다. 이때, 각종 줄과 그물실(twine)은 일종의 스프링으로써 그 스프링에 작용하는 힘은 변형량에 비례하는 것으로 간주한다. 각 질점에 작용하는 내력은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$f_i = -\sum k_i \frac{r_i}{\|r_i\|} (\|r_i\| - l) \quad (2)$$

여기서,  $k_i$ 는 어구를 구성하는 각종 줄 또는 그물발의 탄성계수이며,  $r_i$ 은 질점  $i$ 의 위치벡터,  $\|r_i\|$ 은 위치벡터의 크기,  $l$ 는 질점간의 원래 길이 즉, 그물발 또는 줄의 원래 길이이다.

### 3. 외력

외력은 각 질점에 외부로부터 작용되는 힘이다. 어구에 작용하는 힘은 부력, 침강력, 항력 및 양력 등이다. 수중 유연 구조물을 구성하는 요소 중 망지와 로프를 제외한 속구들은 대부분 그 모양이 변하지 않는 강체이므로 예망 중에 속구들에 작용하는 항력 및 양력계수와 수중 무게 등 물리적 파라메타는 변하지 않는 상수로 볼 수 있다. 그러나 망지와 로프의 경우 강체의 속구들과는 달리 형상이 정해져 있지 않고 외력에 의해 쉽게 바뀌는 유연체로 만들어져 있기 때문에 운동 중 작용하는 힘에 의해 그 형상이 쉽게 변하게 되며, 항력과 양력도 형상에 따라 달라진다.

망지와 유체의 흐름 방향이 이루는 각을 영각( $\alpha$ )이라하면 항력( $R_x$ ) 과 양력( $R_y$ )은 다음 식으로 나타낼 수 있다(그림 2-1-4).

$$R_x = \frac{1}{2} C_d \rho_w S v^2 \quad (3)$$

$$R_y = \frac{1}{2} C_l \rho_w S v^2 \quad (4)$$

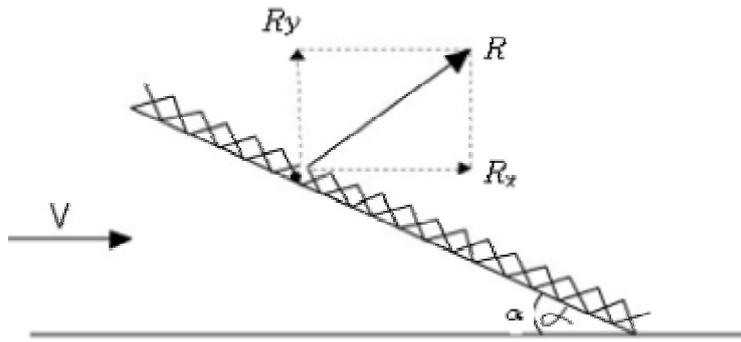


그림 2-1-4. 어구에 작용하는 항력( $R_x$ )과 양력( $R_y$ ).

Fig. 2-1-4. Hydrodynamic force depending on netting orientation.

여기서  $\rho_w$  는 해수의 밀도,  $S$ 는 망사의 면적,  $v$ 는 흐름의 속도이다.  $C_d$ 와  $C_l$ 은 각각 항력계수와 양력계수로 영각, 속도, 공극율, 매듭의 형태, 성형을 등 다양한 물리적 요소와 그물의 구조적 요소에 의해 결정된다.

항력계수와 양력계수에 관해서는 실로 많은 실험과 해석이 반복(누적)되었지만 앞에서 언급한 바와 같이 영향을 주는 요소가 다양하여 일반화(표준화)된 계수가 정해져있다고 볼 수는 없는 실정이다. 본 연구에서는 본 연구진이 수행한 트롤 시스템에 대한 실물실험과 모형 그물을 이용한 수조실험, 시뮬레이션에 의한 이론적 해석 및 타 연구자의 수조실험과 풍동실험에 관한 연구를 종합하여 항력계수와 양력계수를 구하였다. Fig. 5는 구해진 자료를 나타내며, 이를 수식으로 나타내면 각각 다음과 같다.

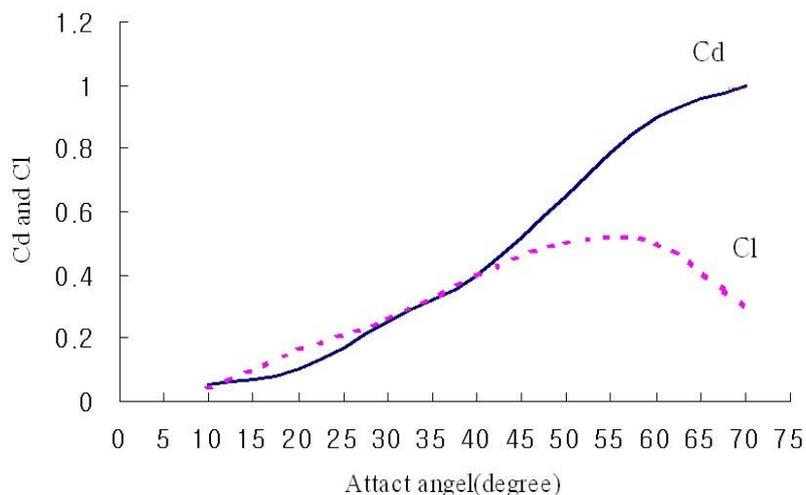


그림 2-1-5. 영각에 다른 항력 계수( $C_d$ )와 양력 계수( $C_l$ ).

Fig. 2-1-5. The drag and lift coefficient( $C_d$ ,  $C_l$ ) for plane netting as a function of angle of attack.

$$Cd = -0.000007a^3 + 0.0009a^2 - 0.0202a + 0.1714 \quad (R^2 = 0.9965) \quad (5)$$

$$Cl = -0.000009a^3 + 0.0008a^2 - 0.0099a + 0.0766 \quad (R^2 = 0.9917) \quad (6)$$

여기서  $a$ 는 영각이다.

망지의 부력 또는 침강력  $F_b$ 는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$F_b = (\rho_i - \rho_w) V_i g \quad (7)$$

여기서  $\rho_i$ 는 재료의 밀도,  $V_i$ 는 재료의 부피,  $\rho_w$ 는 해수의 밀도,  $g$ 는 중력가속도이다.

망지의 부가질량은 해수를 비압축성으로 보고, 망지를 원기둥의 집합체로 가정하여 다음과 같이 구하였다.

$$m' = \rho_w V_N \quad (8)$$

여기서  $\rho_w$ 는 해수의 밀도,  $V_N$ 은 망사(twine)의 부피이다.

망사의 부피  $V_N$ 은 그물 한발의 길이를  $l$ , 직경을  $d$ , 그물 전체의 그물발의 수를  $N_b$  그리고 망지(netting)에 존재하는 매듭의 수를  $N_k$ 라고하면 다음식과 같이 된다.

$$V_N = \frac{1}{4} \pi N_b l d^2 + 3 N_k \pi d^2 \quad (9)$$

그러므로 망지의 단위길이 당 가상질량  $M$ 은 아래의 식과 같이 근사된다.

$$M = m + \frac{1}{4} N_b \rho_w \pi l d^2 + 3 N_k \rho_w \pi d^2 \quad (10)$$

## 제 2 절 수치해석

### 1. 수치계산 방법

수중 유연 구조물의 운동을 지배하는 운동방정식은 식(1)에 내력과 외력을 대입하여 정리하면 다음과 같이 시간  $t$ 에 대한 2차의 상미분 방정식의 형태로 기술된다.

$$m\ddot{q}(t) + c\dot{q}(t)^2 + kq(t) = F(t) \quad (11)$$

이때,  $q$ 는  $t$ 시간에 대한 질점의 위치,  $\dot{q}$ 는 속도,  $\ddot{q}$ 는 가속도,  $m$ 은 질량,  $c$ 는 감쇠계수 그리고  $k$ 는 스프링의 탄성계수이다.

식 (11)과 같이 정식화된 상미분 방정식은 초기치 문제(Initial value problem)로 풀이가 가능하다(이·박, 2001). 초기치 문제를 푸는 방법은 크게 양해법(explicit method)과 음해법(implicit Method)으로 나누어진다.

정식화된 어구시스템의 운동방정식은 시간함수에 매우 민감한 강성방정식이다. 이러한 강성방정식을 양해법을 이용하여 수치해석 하는 경우 계산 시간의 간격을 매우 작게 해야 하며 계산 시간의 간격을 충분히 작게 하는 경우에도 결과 값의 발산, 진동 등으로 안정된 계산을 할 수 없는 경우가 많다(박 등, 2001; 이·박, 2001).

이러한 경우에 사용되는 방법이 음해법이다. 음해법은 강성방정식을 수치해석 할 때, 양해법에 비해 안정적이므로 계산시간의 간격을 비교적 크게해서 계산할 수 있다(Geradin, 1997; 이·박, 2001; 박 등, 2001). 대표적인 음해법으로서는 후향오일러법(Backward Euler Method; 박 등, 2001; 이·박, 2001)과 뉴마크-베타법(Newmark- $\beta$  Method; Newmark, 1959)이 있다.

본 논문에서 비선형 2차 상미분 방정식의 형태로 정식화된 트롤시스템을 풀기 위해서 뉴마크-베타법을 사용하였다. 이 방법은 정확성과 안정성을 보장하면서도 계산해야 할 식의 수가 상대적으로 적어 계산 시간이 적게 드는 방법이다(Michael and Zienkiewicz, 1985; Wood et al, 1997; 노 등, 1997).

식(11)과 같이 표현되는 일반적인 2차 상미분 방정식을 뉴마크-베타법으로 풀이하면 다음 식에 의해 위치( $q$ )와 속도( $\dot{q}$ )를 구할 수 있다.

$$q(t + \Delta t) = q(t) + \dot{q}(t)\Delta t + \left[\left(\frac{1}{2} - \beta\right)\ddot{q}(t) + \beta\tilde{\ddot{q}}(t + \Delta t)\right]\Delta t^2 \quad (12)$$

$$\dot{q}(t + \Delta t) = \dot{q}(t) + \frac{1}{2}[\ddot{q}(t) + \tilde{\ddot{q}}(t + \Delta t)]\Delta t \quad (13)$$

식(12)에 포함된 가속도  $\ddot{q}$  는 식(11)을 이용해서 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\ddot{q}(t + \Delta t) = m^{-1}[F(t + \Delta t) - C\dot{q}(t + \Delta t) - kq(t + \Delta t)] \quad (14)$$

또한, 식(12)과 (13)의  $\tilde{\ddot{q}}(t + \Delta t)$ 는 가속도의 가정치로서, 가정치와 식(14)에 의한 계산 값이 일치하면 계산을 종료하고  $\Delta t$ 가 진행된 다음 단계의 계산을 수행한다. 그러나 가

정치와 계산치가 일치하지 않을 경우에는 아래식과 같이 상대적인 오차  $\varepsilon$ 을 계산하여 오차가  $\varepsilon$ 보다 작으면 다음단계의 계산을 수행하고,  $\varepsilon$ 보다 크면 반복계산을 수행한다. (Geradin and Rinxen, 1997). 반복 계산시에는 가속도의 가정치에 가속도의 계산치를 대입하여 놓고 계산하는 것이 일반적이다.

$$\left| \frac{\tilde{q}(t+\Delta t) - \ddot{q}(t+\Delta t)}{\tilde{q}(t+\Delta t)} \right| \leq \varepsilon \quad (15)$$

## 2. 강성에 따른 시간간격(step size) 결정

만족한 수치해를 얻기 위해서는 시간간격  $\Delta t$ 를 임계 시간간격  $\Delta t_{cri}$  보다 작게 잡아야 한다. 이 경우 수치해석방법을 조건적 안정(conditionally stable)이라고 한다. 임계 시간간격은  $\Delta t_{cri} = T_n/3.14$  로 주어진다. 여기서  $T_n$ 은 시스템의 고유주기로 다자유도계의 경우는 가장 작은 고유주기를 나타낸다. 여기서  $T_n = \pi/\omega_n$  으로 구해지며  $\omega_n$  은 고유진동수로  $(k/m)^{1/2}$ 이다. 그러나 보다 정확한 계산을 위해서는 시간간격은  $\Delta t \leq T_n/4$ 의 범위에서 선택하는 것이 실용적인 것으로 알려져 있다.

따라서 계산 시간간격의 선택은 결국  $(k/m)^{1/2}$ 의 값 즉 고유 주파수에 의해서 결정된다. 수중의 유연 구조물의 경우는 합성 섬유로프에서 와이어로프까지 다양한 강성의 재료가 사용되므로 전체 시스템의 수치 계산 시간간격은 강성이 가장 큰 와이어로프의 강성을 기준으로 결정되어야 한다. 합성섬유의 강성은 수백에서 수천정도이고, 와이어로프의 강성은 수만에서 수십만에 이르므로 시스템 전체를 수치해석하는데에 와이어로프의 강성을 기준으로 할 경우 시간간격을 매우 작게 해야하고, 수치계산에는 막대한 시간이 걸린다. 특히 대다수의 질점이 작은 강성의 합성섬유로부터 만들어졌고, 극소수의 질점만이 와이어로프로 만들어진 높은 강성일 경우 계산시간의 불합리한 손실은 더욱 심각하다.

본 연구에서는 이러한 수중 유연 구조물의 특성을 고려하여 계산시간의 손실을 최소화하고 빠른 계산을 위해서 시스템의 강성에 따라 시간간격이 자동으로 조절되는 계산방법을 사용하였다. 본 연구에서 사용한 가변시간 간격 계산 알고리즘은 작은 강성의 대다수 질점에 적합한 시간간격을 먼저 정하고, 그보다 큰 강성의 질점에 대해서는  $1/(k/m)^{1/2}$  배 만큼 작은 시간간격으로 계산하도록 하였다.

## 제 3 절 어구의 규모 시뮬레이션

### 1. 대형 트롤 어구의 규모

#### 가. 시뮬레이션 어구의 선정

시뮬레이션에 사용한 어구는 현장 실태조사를 통하여 얻어진 어구들 중 가장 보편적인 구조에 크기가 평균인 것으로 하였다. 실태조사 결과 대부분의 어구가 대형망목 어구를 사용하였고, 어구의 규모에서 뜰줄의 길이는 85~105m, 망주의 크기 345~400m, 그물의 길이는 150~200m였다. 이러한 어구의 규모를 바탕으로 시뮬레이션에서 사용할 모델어구를 선정하였다.

그림 2-3-6은 시뮬레이션에 사용한 어구의 설계도를 컴퓨터로 작성한 예이고, 시뮬레이션을 위한 어구조립도를 그림 2-3-7에 나타내었다.

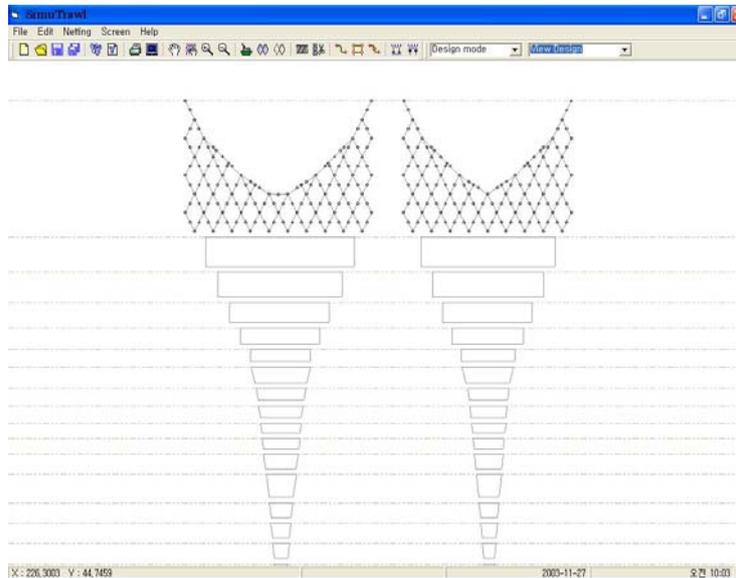


그림 2-3-6. 컴퓨터로 작성된 트롤 어구의 설계도.

Fig. 2-3-6. Design plan of the trawl gear using a computer.

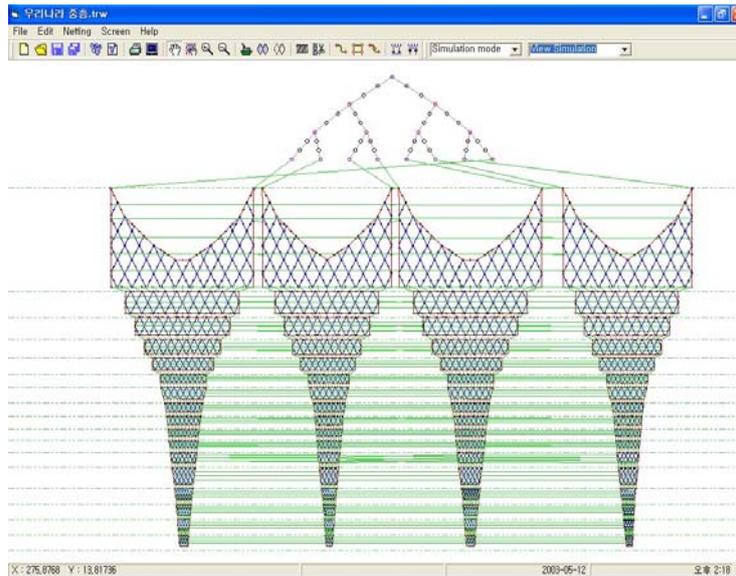


그림 2-3-7. 시뮬레이션을 위한 어구 조립도.

Fig. 2-3-7. Gear assembling drawing of the trawl gear for simulation.

#### 나. 어구규모 컴퓨터 시뮬레이션

트롤 어구는 같은 어구라 할지라도 조업조건 즉 예망속도, 끌줄의 길이 등에 따라 어구의 형상이 달라진다. 본 연구에서는 현장에서 주로 조업하는 예망 속도인 3.5노트(1.75m/s)를 기준으로 2노트에서 5노트까지 다양한 예망 속도에 대한 시뮬레이션을 수행하였다.

그림 2-3-8은 예망속도가 3.5노트 일 때의 망구형상을 나타낸 그림이다. 망구의 면적은 예망속도가 3.5에서 4노트 일 때 가장 크게 나타났고, 그보다 속도가 증가하거나 감소하면 작아지는 경향을 나타내었다(그림 2-3-9).

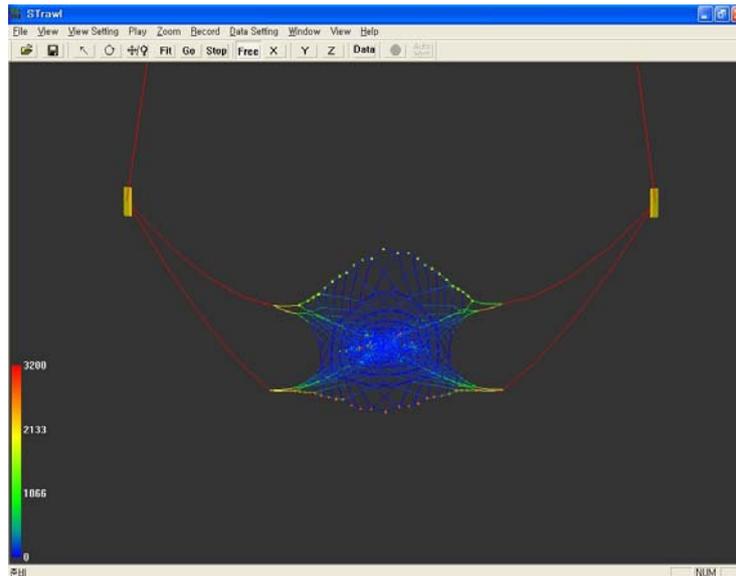


그림 2-3-8. 예망속도 3.5노트에서의 망구형상.

Fig. 2-3-8. Shape of net mouth with the towing speed of 3.5knot.

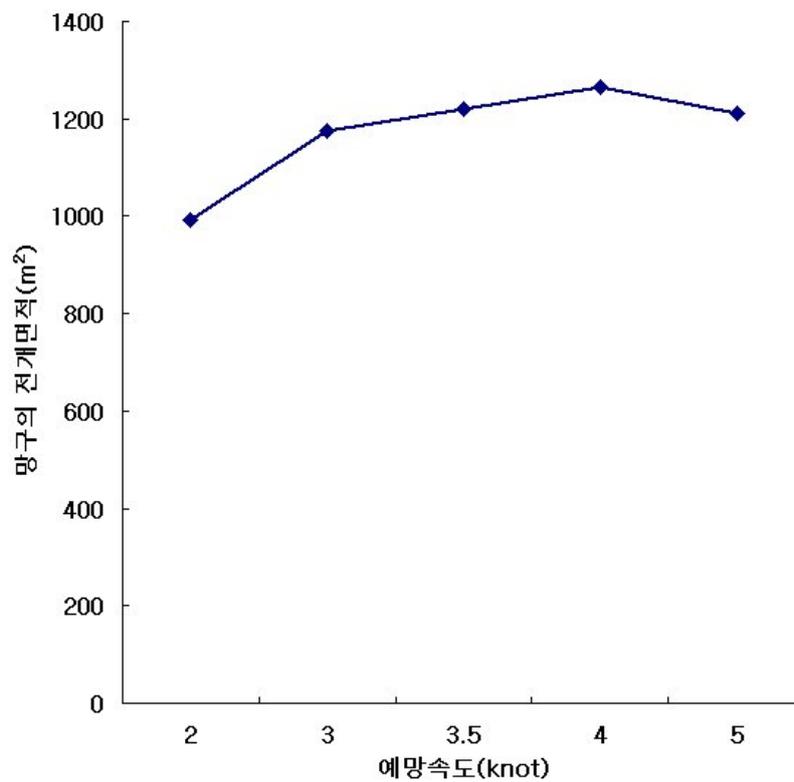


그림 2-3-9. 예망속도에 따른 망구 전개면적.

Fig. 2-3-9. Developed area of net mouth according to the towing speeds.

## 2. 동해구 트롤 어구의 규모

### 가. 시뮬레이션 어구의 선정

실태조사 결과 중층트롤 어구와 저층트롤 어구를 모두 사용하고 있었으나, 어획노력량이 큰 중층 트롤 어구를 시뮬레이션 어구로 선정하였다. 중층 트롤 어구는 대부분이 대형 망목 어구를 사용하였고, 어구의 규모에서 뜰줄의 길이는 30-35m, 망주의 크기 125 ~ 135m, 그물의 길이는 65~70m였다. 이러한 어구의 규모를 바탕으로 시뮬레이션에서 사용할 모델어구를 선정하였다.

그림 2-3-10은 시뮬레이션에 사용한 어구의 설계도를 컴퓨터로 작성한 예이고, 시뮬레이션을 위한 어구조립도를 그림 2-3-11에 나타내었다.

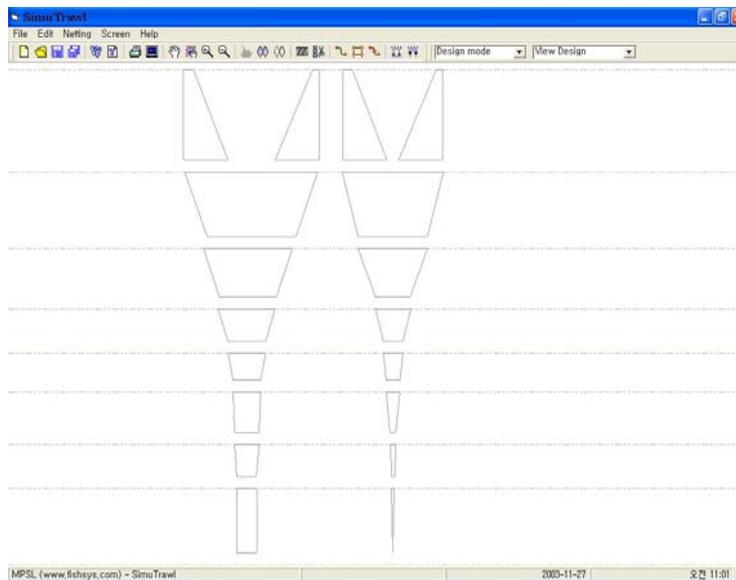


그림 2-3-10. 컴퓨터로 작성된 동해구 트롤 어구의 설계도.

Fig. 2-3-10. Design plan of the Eastern Sea trawl gear using a computer.

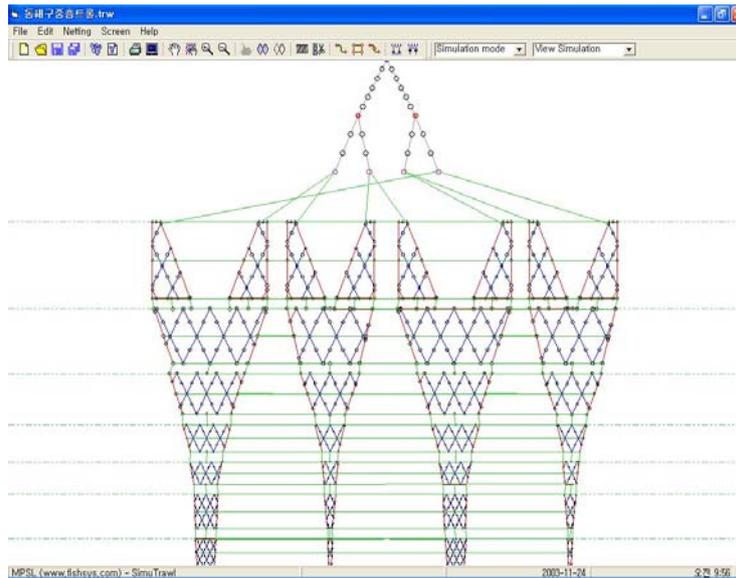


그림 2-3-11. 시물레이션을 위한 어구 조립도.

Fig. 2-3-11. Gear assembling drawing of the Eastern Sea trawl gear for simulation.

#### 나. 어구규모 컴퓨터 시물레이션

트롤 어구는 같은 어구라 할지라도 조업조건 즉 예망속도, 끌줄의 길이 등에 따라 어구의 형상이 달라진다. 동해구 트롤은 현장에서 주로 조업하는 예망 속도인 2.5노트(1.25m/s)를 기준으로 1노트에서 3노트까지 다양한 예망 속도에 대한 시물레이션을 수행하였다.

그림 2-3-12는 예망속도가 2.5노트 일 때의 망구형상을 나타낸 그림이다. 망구의 면적은 예망속도가 2노트일 때 가장 크게 나타났고, 그보다 속도가 증가하거나 감소하면 작아지는 경향을 나타내었다(그림 2-3-13).

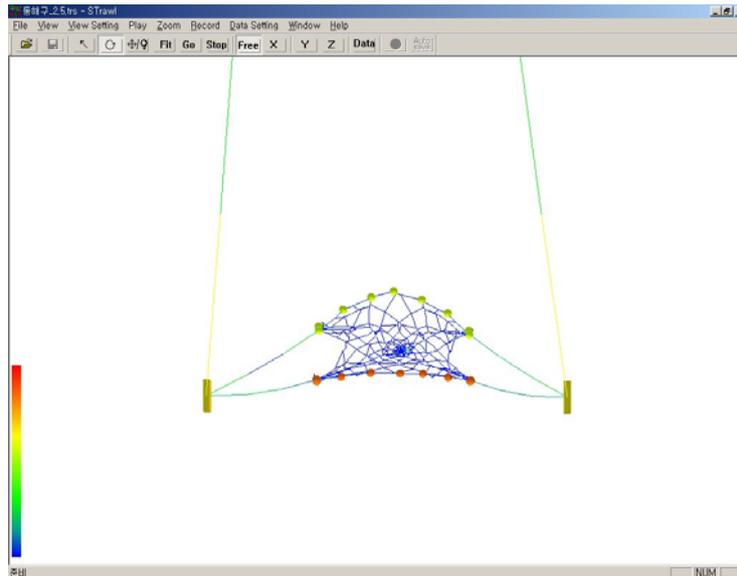


그림 2-3-12. 예망속도 2.5노트일 때의 망구형상.

Fig. 2-3-12. Shape of net mouth with the towing speed of 2.5knot.

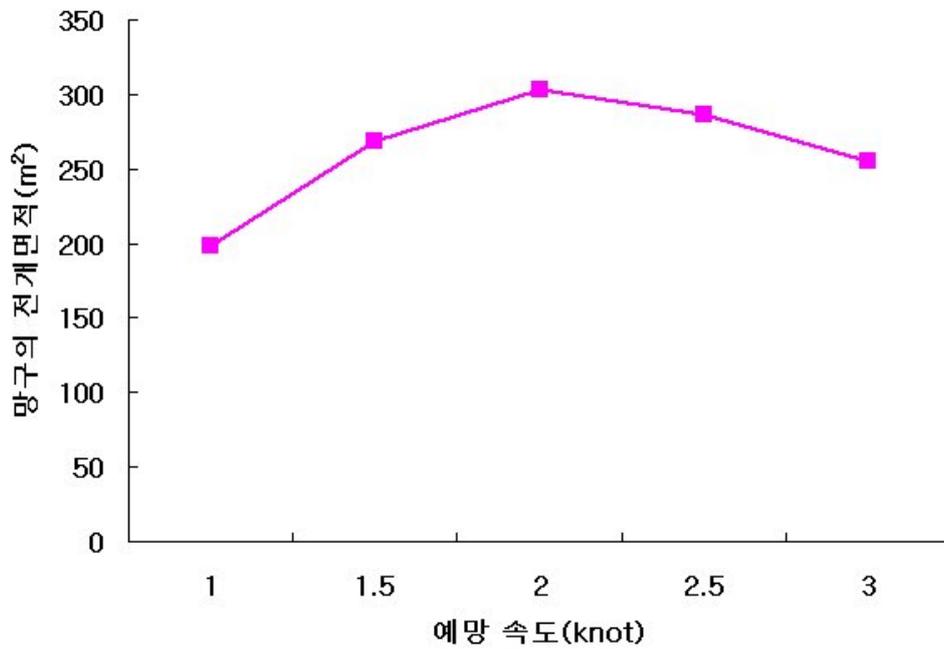


그림 2-3-13. 예망속도에 따른 망구면적.

Fig. 2-3-13. Developed area of net mouth according to the towing speeds.

### 3. 저층 트롤 어구의 규모

#### 가. 시뮬레이션 어구의 선정

저층트롤의 시뮬레이션에 사용한 어구는 현장 실태조사를 통하여 얻어진 어구들 중 가장 보편적인 구조에 평균적인 크기의 것으로 하였다. 실태조사 결과 대부분의 어구가 대형망목 어구를 사용하였고, 어구의 규모에서 뜰줄의 길이는 25~35m, 망주의 크기 55~60m, 그물의 길이는 55~65m 였다. 이러한 어구의 규모를 바탕으로 시뮬레이션에서 사용할 모델어구를 선정하였다.

그림 2-3-14는 시뮬레이션에 사용한 어구의 설계도를 컴퓨터로 작성한 예이고, 시뮬레이션을 위한 어구조립도를 그림 2-3-15에 나타내었다.

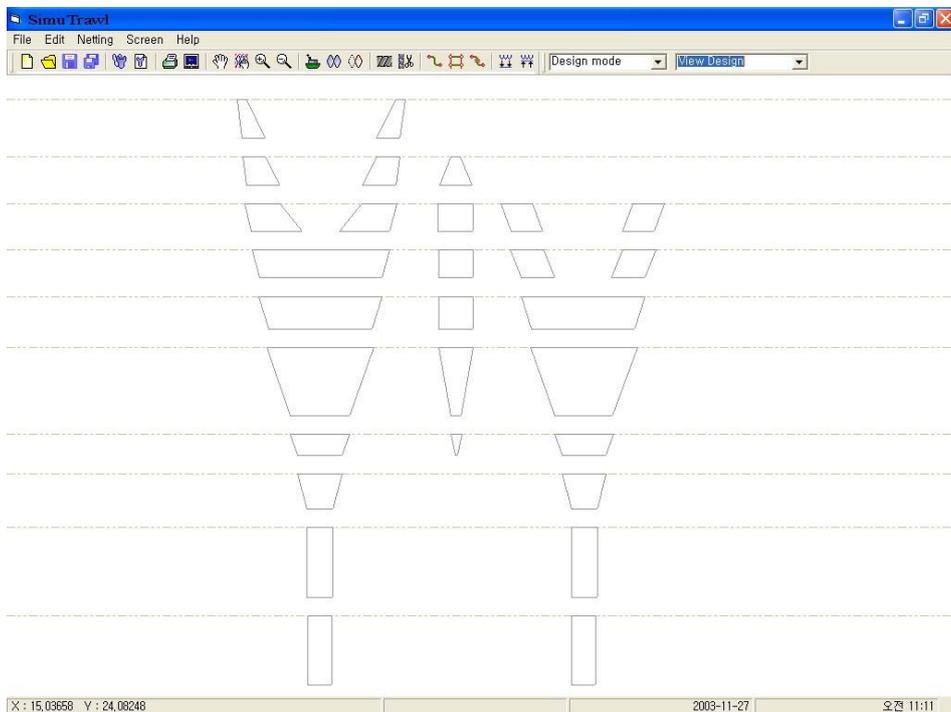


그림 2-3-14. 컴퓨터로 작성된 저층 트롤 어구의 설계도.

Fig. 2-3-14. Design plan of the bottom trawl gear using a computer.

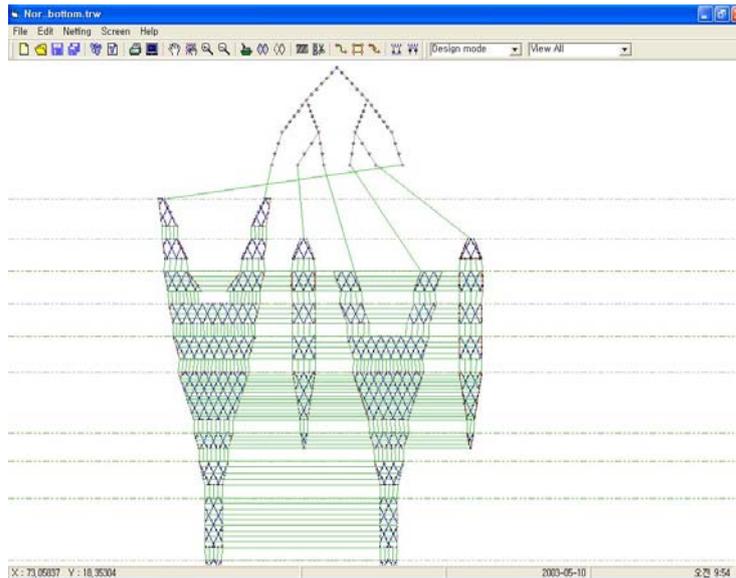


그림 2-3-15. 시물레이션을 위한 어구 조립도.

Fig. 2-3-15. Gear assembling drawing of the bottom trawl gear for simulation.

#### 나. 어구규모 컴퓨터 시물레이션

저층 트롤 어구는 같은 어구라 할지라도 조업조건 즉 예망속도, 끌줄의 길이 등에 따라 어구의 형상이 달라진다. 본 연구에서는 현장에서 주로 조업하는 예망 속도인 3.5노트 (1.75m/s)를 기준으로 2.5노트에서 5노트까지 다양한 예망 속도에 대한 시물레이션을 수행하였다.

그림 2-3-16은 예망속도가 3.5노트 일 때의 망구형상을 나타낸 그림이다. 망구의 면적은 예망속도가 4노트 일 때 가장 크게 나타났고, 그보다 속도가 감소하면 작아지는 경향을 나타내었다.(그림 2-3-17) 중층 트롤과 달리 예망속도가 빠를수록 망구면적이 커지는 원인은 예망속도가 빨라질수록 전개판의 전개력이 증대되므로 전개판의 간격이 커지는 때문으로 판단된다.

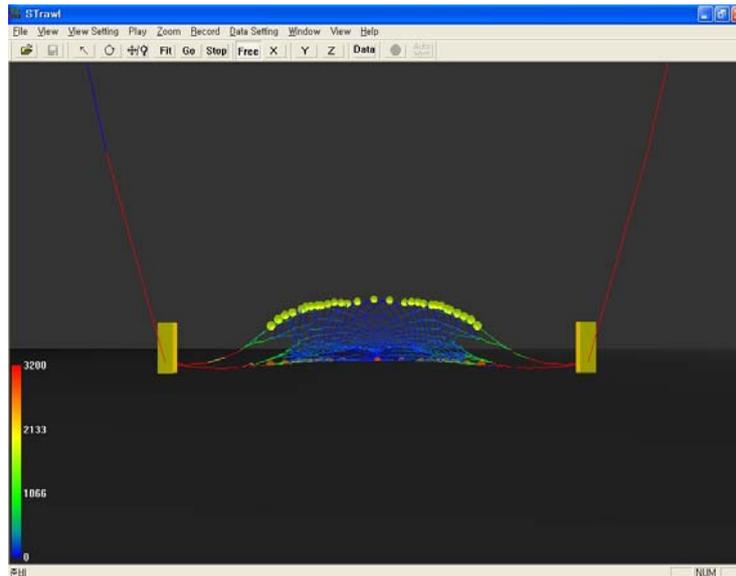


그림 2-3-16. 예망속도3.5노트일 때의 따른 망구형상.

Fig. 2-3-16. Shape of net mouth with the towing speed of 3.5knot.

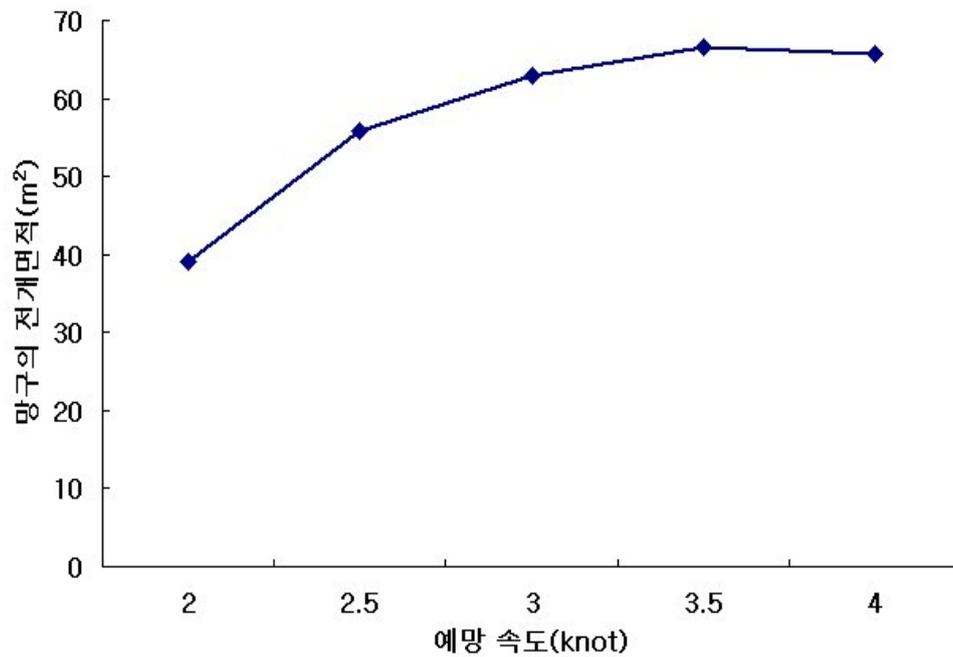


그림 2-3-17. 예망속도에 따른 망구면적.

Fig. 2-3-17. Developed area of net mouth according to the towing speeds.

#### 4. 쌍끌이 어구의 규모

##### 가. 시뮬레이션 어구의 선정

시뮬레이션에 사용한 어구는 현장 실태조사를 통하여 얻어진 어구들 중 가장 보편적으로 사용되며 어구의 크기가 평균적인 것으로 하였다. 실태조사 결과 대부분의 어구가 대형망목의 중층어구를 사용하였고, 어구의 규모에서 뜰줄의 길이는 130~170m, 망주의 크기 1000~1200m, 그물의 길이는 200~230m 였다. 이러한 어구의 규모를 바탕으로 시뮬레이션에서 사용할 모델어구를 선정하였다.

그림 2-3-18은 시뮬레이션에 사용한 어구의 설계도를 컴퓨터로 작성한 예이고, 시뮬레이션을 위한 어구조립도를 그림 2-3-19에 나타내었다.

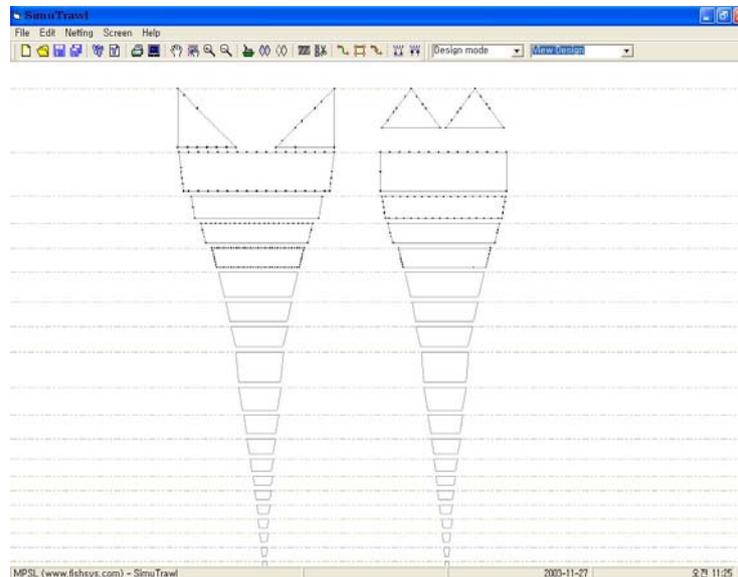


그림 2-3-18. 컴퓨터로 작성된 쌍끌이 트롤 어구의 설계도.

Fig. 2-3-18. Design plan of the pair trawl gear using a computer.

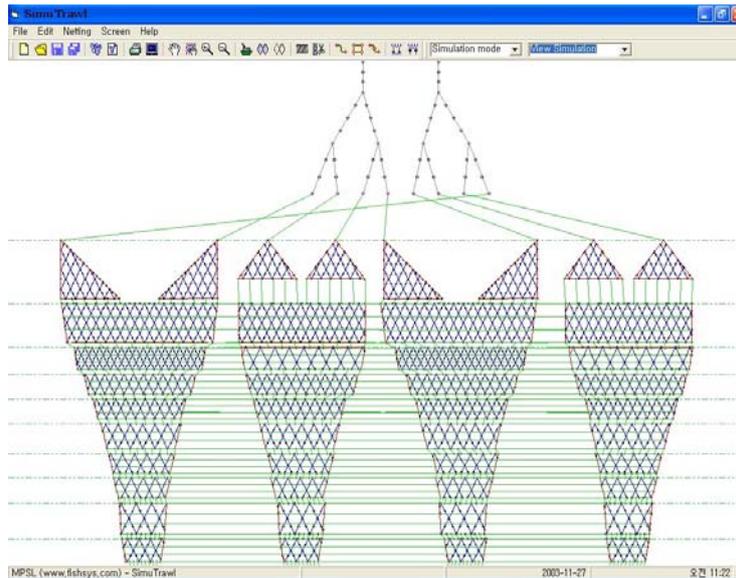


그림 2-3-19. 시뮬레이션을 위한 어구 조립도.

Fig. 2-3-19. Gear assembling drawing of the pair trawl gear for simulation.

#### 나. 어구규모 컴퓨터 시뮬레이션

쌍끌이 어구는 같은 어구라 할지라도 조업조건 즉 양선간의 간격과 예망속도, 끌줄의 길이 등에 따라 어구의 형상이 달라진다. 본 연구에서는 현장에서 주로 조업하는 양선 간격 350m와 평균 예망속도 3.5노트(1.75m/s)를 기준으로 양선간의 간격은 200m에서 500m까지, 예망속도는 2.5노트에서 4.5노트까지 다양한 예망 속도에 대한 시뮬레이션을 수행하였다.

그림 2-3-20은 양선 간격이 350m 일 때 예망속도가 3.5노트 일 때의 망구형상을 나타낸 그림이다. 망구의 면적은 예망속도가 낮을수록 크고 예망속도가 빨라질수록 감소하는 경향을 보였다(그림 2-3-21). 양선 간격에 따른 망구 면적은 간격이 커질수록 커졌다(그림 2-3-22, 그림 2-3-23).

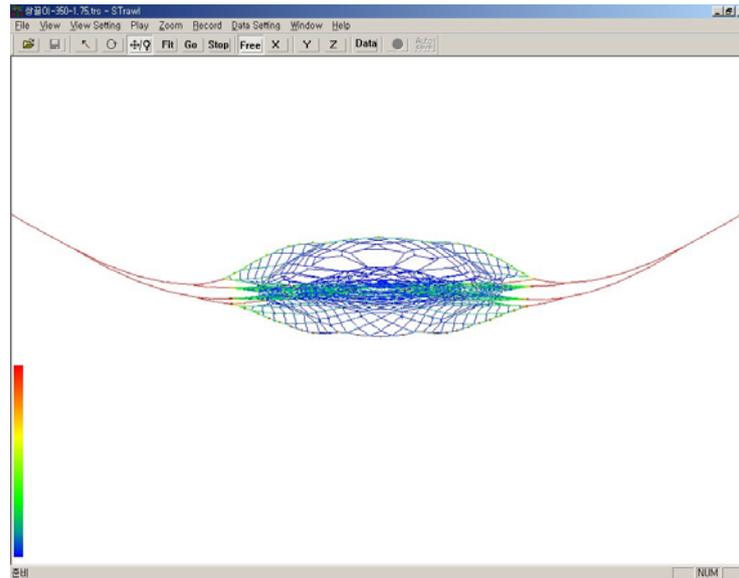


그림 2-3-20. 예망속도 3.5노트 일 때의 망구형상.

Fig. 2-3-20. Shape of net mouth with the towing speed of 3.5knot.

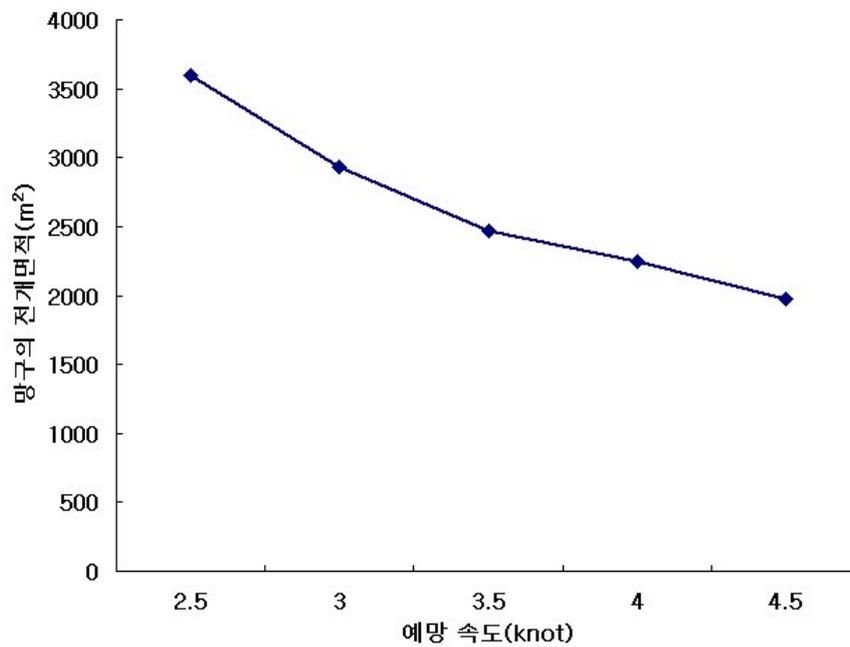


그림 2-3-21. 예망속도에 따른 망구면적.

Fig. 2-3-21. Developed area of net mouth according to the towing speeds.

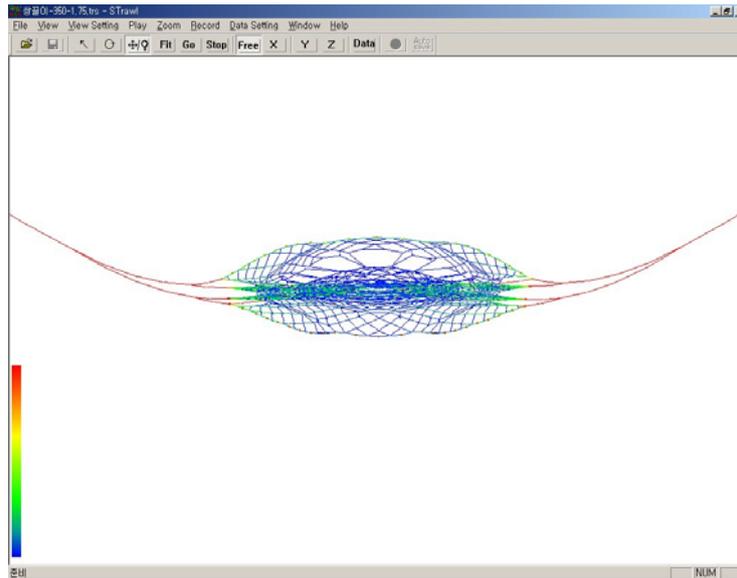


그림 2-3-22. 양선 간격이 350m일 때의 망구형상.

Fig. 2-3-22. Shape of net mouth with a distance between the vessels of 350m.

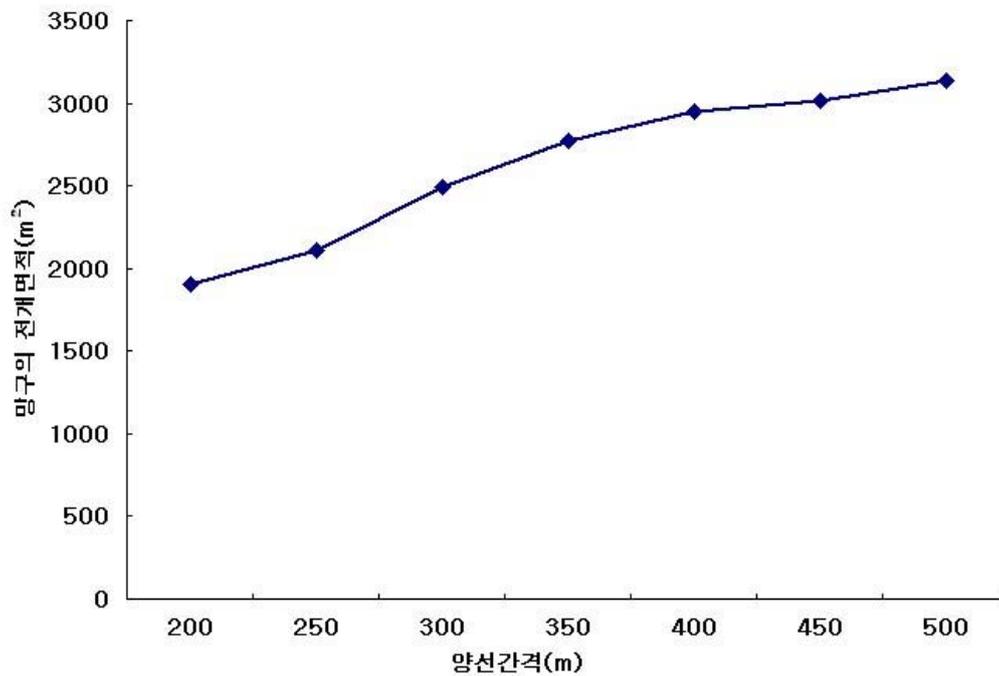


그림 2-3-23. 양선 간격에 따른 망구면적.

Fig. 2-3-23. Developed area of net mouth according to the distance between the vessels.

## 5. 대형 선망 어구의 규모

### 가. 시뮬레이션 어구의 선정

시뮬레이션에 사용한 어구는 현장 실태조사를 통하여 얻어진 어구들 중 가장 보편적으로 사용되며 어구의 크기가 평균적인 것으로 하였다. 실태조사 결과 대부분의 어구규모가 뜰줄의 길이는 1000~1500m, 망의 깊이 200~300m 범위였다. 이러한 어구의 규모를 바탕으로 시뮬레이션에서 사용할 모델어구를 선정하였다.

그림 2-3-24는 시뮬레이션에 사용한 어구의 설계도를 컴퓨터로 작성한 예이다.

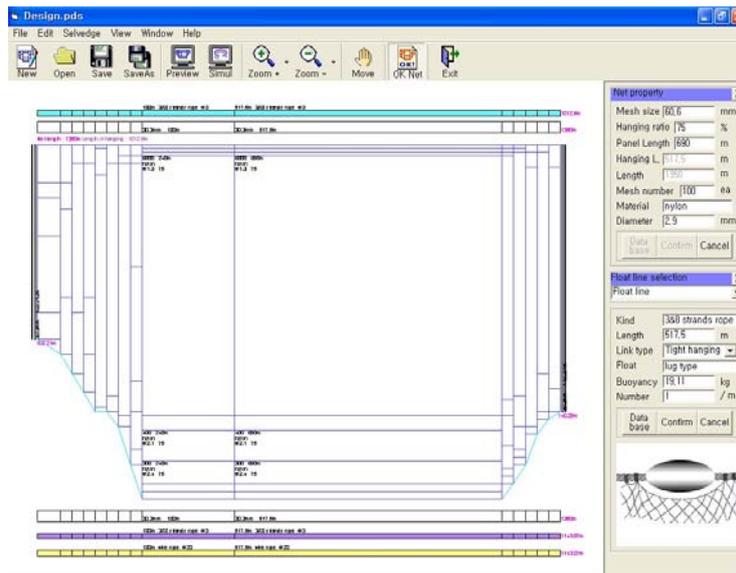


그림 2-3-24. 설계 프로그램을 이용한 설계도(대형 선망).

Fig. 2-3-24. Design plan of the large size puse seine using a design program.

### 나. 어구형상 컴퓨터 시뮬레이션

선망 어구는 규모에 약간의 차이와 망지재료를 결절망지를 사용하는가 또는 무결절 망지를 사용하는가에 따라 또는 투망속도에 따라 어구의 형상이 달라질 수 있으나 조업특성상 큰 차이가 없으므로 표준적으로 조업하는 어선과 어구를 모델로 하여 시뮬레이션을 수행하였다.

그림 2-3-26은 투망을 시작하여 조임이 완료될 때까지의 어구형상을 나타낸 그림이다. 뜰줄로 둘러싸이는 면적은 투망 초기에 가장 컸다가 어구가 침강하고 조임이 진행됨에 따라 줄어들게 된다.

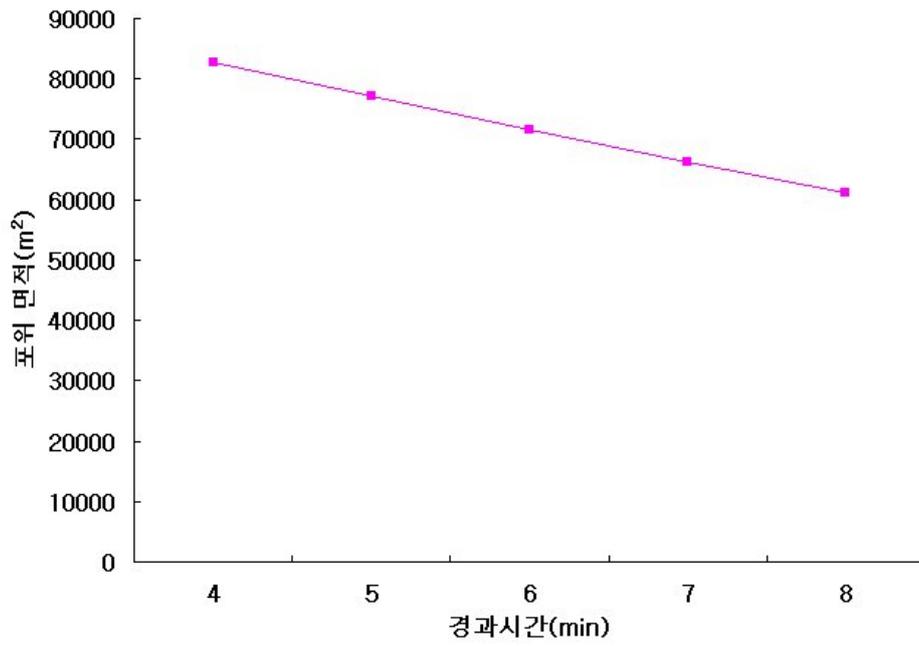
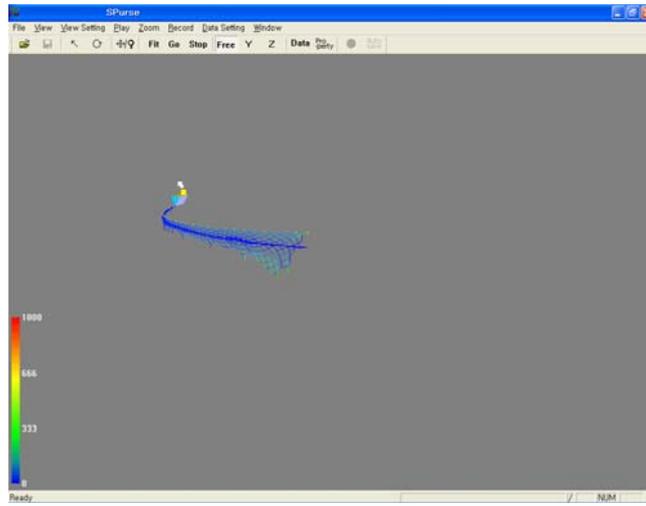


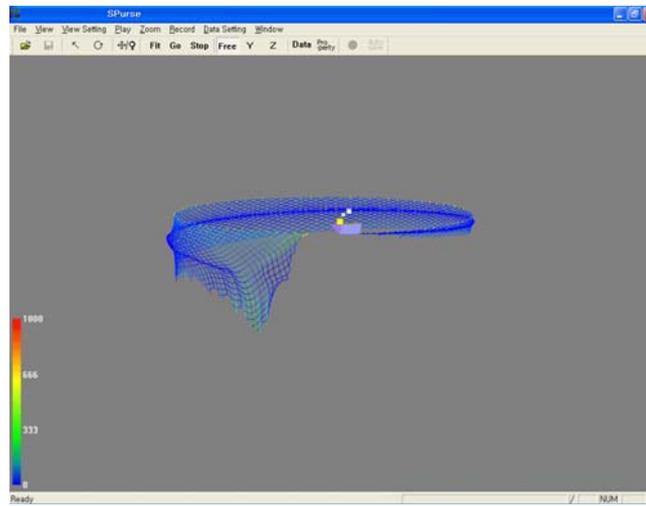
그림 2-3-25. 경과 시간에 따른 뜬줄의 포위면적.

Fig. 2-3-25. Encircling area of float line according to the elapse time.

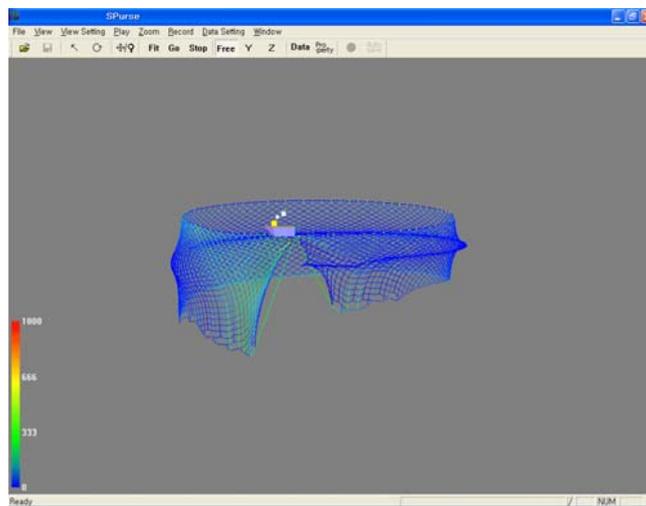
(a)



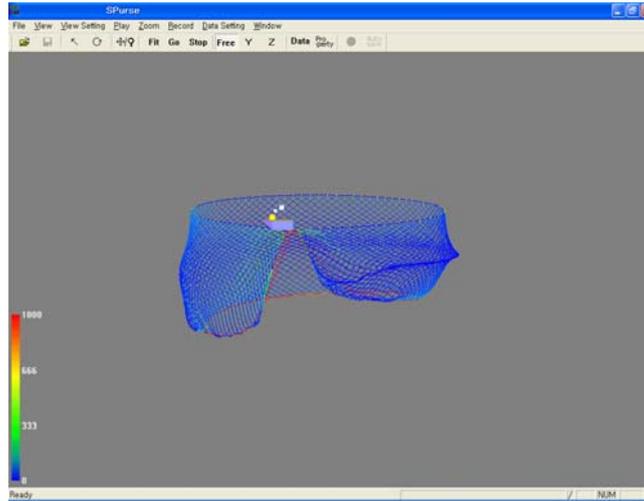
(b)



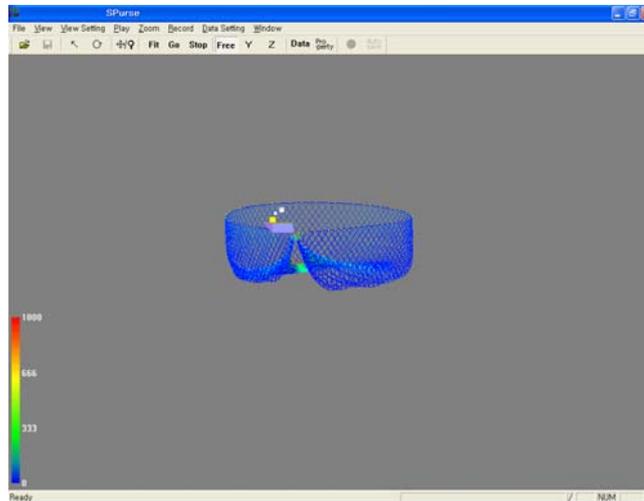
(c)



(d)



(e)



(f)

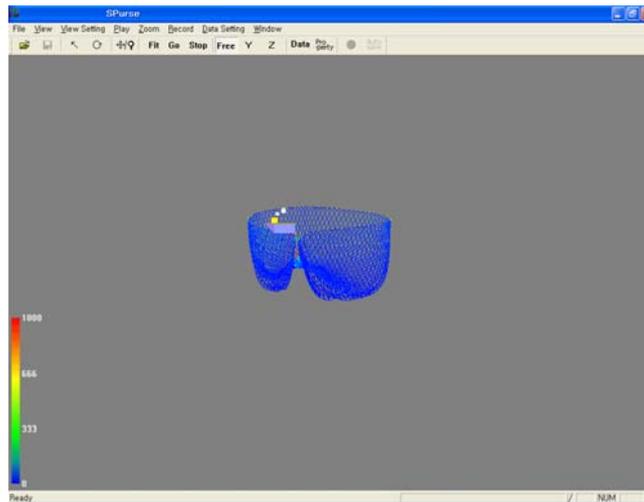


그림 2-3-26. 선망 조업과정 시뮬레이션,  
(a) 1분, (b) 3분, (c) 5분, (d) 6분, (e) 9분, (f) 13분  
Fig. 2-3-26. Simulation of operation process for purse seine.

## 6. 기선권현망의 규모

### 가. 시뮬레이션 어구의 선정

시뮬레이션에 사용한 어구는 현장 실태조사를 통하여 얻어진 어구들 중 가장 보편적으로 사용되며 어구의 크기가 평균적인 것으로 하였다. 실태조사 결과 수비와 오비기 부분은 대형망목 어구를 사용하였고, 어구의 규모에서 전체 길이가 650m~700m였다. 이러한 어구의 규모를 바탕으로 시뮬레이션에서 사용할 모델어구를 선정하였다.

그림 2-3-27은 시뮬레이션에 사용한 어구의 설계도를 컴퓨터로 작성한 예이고, 시뮬레이션을 위한 어구설계도를 그림 2-3-28에 나타내었다.

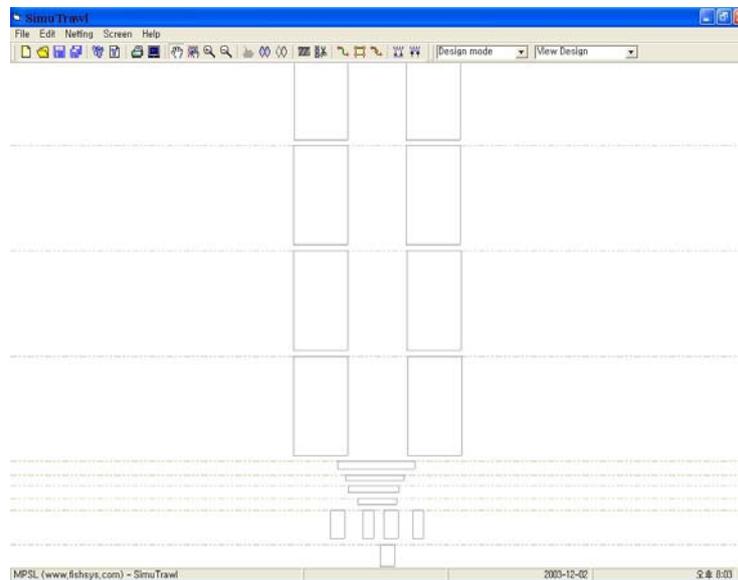


그림 2-3-27. 컴퓨터로 작성된 권현망 어구의 설계도.

Fig. 2-3-27. Design plan of the anchovy drag net using a computer.

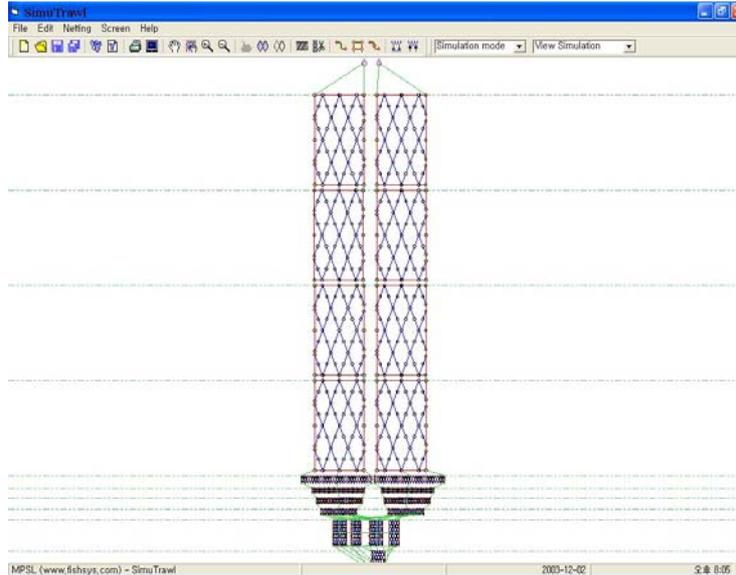


그림 2-3-28. 시뮬레이션을 위한 어구 조립도.

Fig. 2-3-28. Gear assembling drawing of the anchovy drag net for simulation.

#### 나. 어구규모 컴퓨터 시뮬레이션

기선권현망 어구는 쌍끌이 어구와 같이 조업조건 즉 양선간의 간격과 예망속도, 끌줄의 길이 등에 따라 어구의 형상이 달라진다. 본 연구에서는 현장에서 주로 조업하는 양선 간격 550m와 평균 예망 속도 1노트(0.5m/s)를 기준으로 양선간의 간격은 450m에서 650m 까지, 예망속도는 0.5노트에서 1.25노트까지 다양한 예망 속도에 대한 시뮬레이션을 수행하였다.

그림 2-3-29는 양선 간격이 550m 일 때, 예망 속도가 1노트 일 때의 망구형상을 나타낸 그림이다. 망구의 면적은 예망속도가 낮을수록 크고, 예망속도가 빨라질수록 감소하는 경향을 보였다(그림 2-3-30). 양선 간격에 따른 망구 면적은 간격이 550m까지는 증가하지만, 이후에는 감소하였다(그림 2-3-31, 그림 2-3-32).

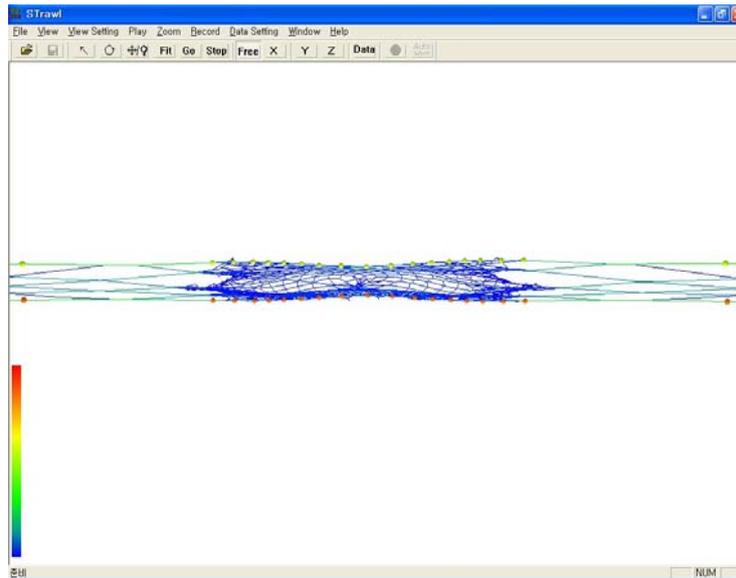


그림 2-3-29. 예망속도 1노트일 때의 망구형상.

Fig. 2-3-29. Shape of net mouth with the towing speed of 1knot.

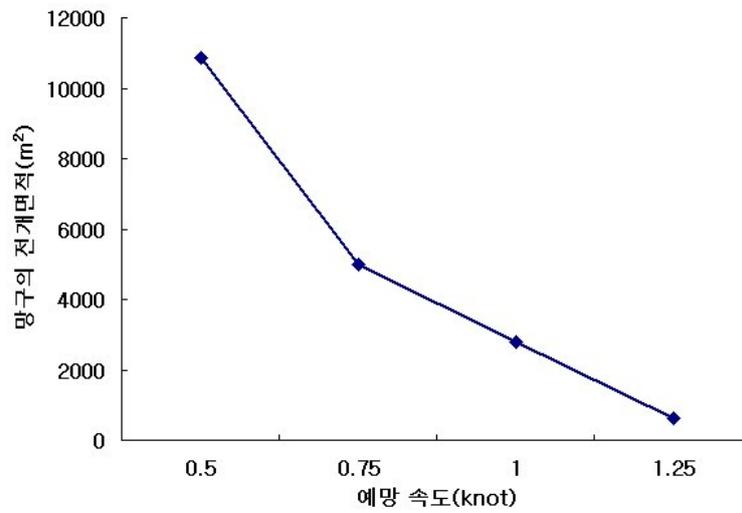


그림 2-3-30. 예망속도에 따른 망구면적.

Fig. 2-3-30. Developed area of net mouth according to the towing speeds.

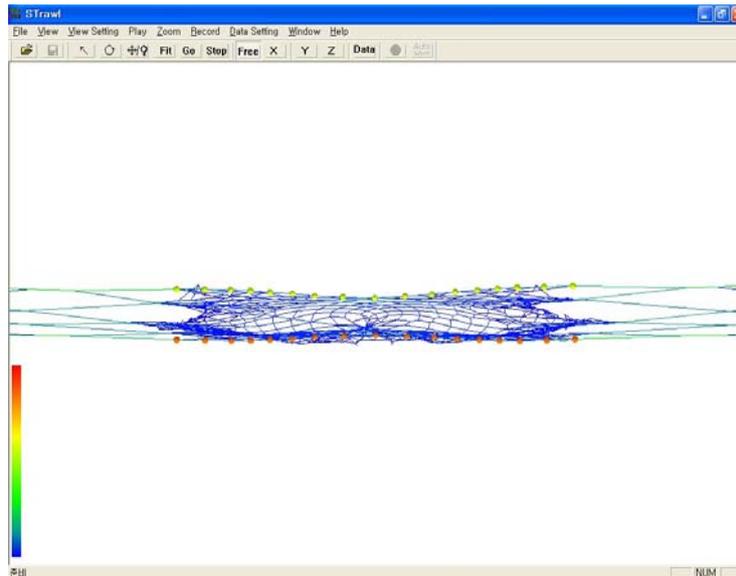


그림 2-3-31. 양선간격 550m에서의 망구형상.

Fig. 2-3-31. Shape of net mouth with the distance between the vessels of 550m.

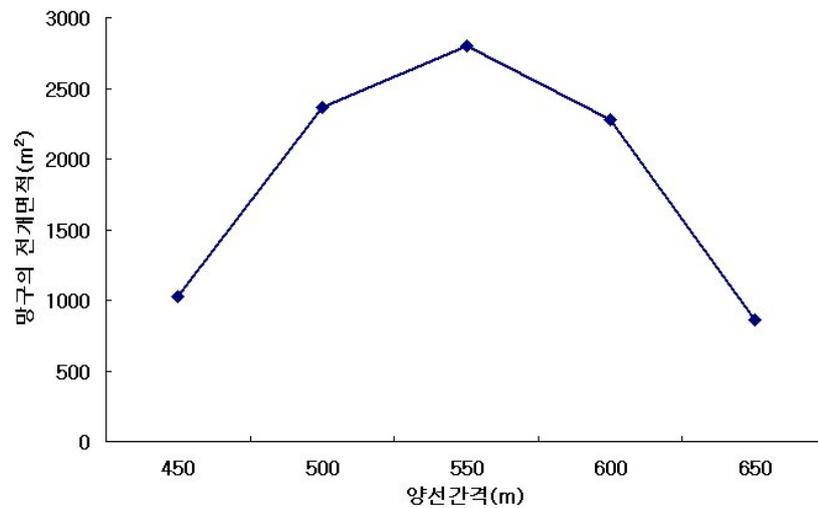


그림 2-3-32. 양선 간격에 따른 망구면적.

Fig. 2-3-32. Developed area of net mouth according to distance between vessels.

# 제 3 장 어획노력량 분석 및 어구의 적정 규모

## 제 1 절 어획노력량 정량적 평가 방법

### 1. 적극적 어구의 어획노력량 개념

어획노력량은 어업에 투입되는 노력량을 의미하는 개념으로 어업관리에 있어서 기술적 규제수단의 기준이 되기도 하고 자원량을 추정하는 데에도 활용되는 지표이다. 지금까지 우리가 일반적으로 사용했던 어획노력량은 예망어구의 경우 투망횟수 또는 예망시간, 선망의 경우 투망 횟수 등이 기준이 되어, 단위노력당 생산량(CPUE)은 어획량(kg 또는 ton)/투망횟수(또는 예망시간)로 나타내고 있다.

그러나 이러한 단위노력당 어획량의 계산 방법은 어구의 특성이 전혀 고려되지 않은 개념으로 다음과 같은 문제점을 가지고 있다. 즉 같은 업종의 트롤어구로 같은 시간을 조업했어도 어구의 규모가 2배인 어구로 조업한 경우에는 어획노력량도 2배로 되어야 하나 지금의 방법에서는 이러한 어구 규모의 차이가 고려되지 않는다는 점이다. 이러한 예의 하나로 과거 70년대에 사용한 어구보다 2000년대에 사용한 어구는 업종에 따른 차이는 있지만 규모면에서 3~5배 커졌으나 우리는 똑같은 지표를 이용하여 단위노력당 어획량을 계산하고 있다. 이렇게 계산되는 단위노력당 어획량은 기준이 되는 어구의 규모가 달라진 것을 반영하지 않은 지표이므로 잘못된 어업관리의 의사결정을 할 가능성이 있고, 자원평가에도 잘못된 결과를 유도할 수 있다.

따라서 어획노력량의 산출기준을 어구의 규모와 어법적인 측면까지 고려하여 보다 절대적인 개념을 어구별로 도입해야만 정확한 단위노력당 어획량을 계산할 수 있다. 이러한 표준화된 개념을 도출 해야만 이업종간의 어획노력량의 비교도 가능해지고 이러한 지표를 통하여 합리적인 어업관리를 실현할 수 있다.

### 2. 어구의 규모를 고려한 어획노력량 산출기준

예망어구의 어획노력량은 어구가 소해하는 면적을 기준으로 하는 방법과 면적에 소해 높이(망고)를 고려하여 여과 용적을 기준으로 하는 방법을 생각할 수 있다. 과거 어구가 소형이고, 저층트롤이 주를 이루던 시대에는 소해면적으로도 적절한 어구의 크기가 고려된 어획노력량으로 볼 수 있었으나, 최근과 같이 중층트롤이 주를 이루고 어구의 규모도 대형화된 시점에서는 여과 용적으로 어획노력량을 잡는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

여과 용적은 어구의 전개 면적에 이동거리를 곱하여 구할 수 있으나, 여기서 어구의 전개 면적을 어디까지로 볼 것인가 하는 문제가 있다. 이것은 어구의 구집 능력과 밀접한 관계가 있는 것으로 어구 물리적인 요소만 가지고 간단히 생각할 문제가 아니고, 대상어종의 생물학적 특징과 행동 특성, 조업 시간, 어구의 형태와 구조 등이 관여된 복잡한 문제이다.

저층트롤은 전개판과 후릿줄에 의한 구집도 어획 성능에 큰 영향을 주는 것으로 알려져 있어서 수평 전개간격은 양쪽 전개판 사이의 간격으로 보는 것이 일반적이다. 따라서 전개 면적은 양쪽 전개판과 그물의 뜰줄과 침자줄이 만드는 다각형으로 볼 수 있다.

중층트롤이나 대형 쌍끌이 그물과 같이 대형망목으로 어구를 구성하는 규모가 큰 예망 어구의 경우는 그물코 하나의 크기가 수십 미터에서 크게는 백여 미터에 이르는 대형이여서 이와 같이 넓은 공간에 듬성듬성하게 분포하는 어구요소에 의한 구집은 저층 트롤 보다는 상당히 떨어질 것으로 판단된다. 그러나 이러한 어구의 구집 효과를 정량적으로 분석한 연구 예가 거의 없고, 이러한 효과를 정량적으로 도출하는 것이 손쉬운 연구 대상도 아니다. 따라서 어획성능에 대한 정량적인 분석 및 정성적인 해석은 다음에 다루기로 하고, 여기서는 대형망목 어구의 전개면적을 망구와 망폭으로 둘러싸인 면적으로 하였다.

선망어구는 투망을 완료하고 어구가 침강하면 조임줄을 조여서 어군을 그물안에 가두게 되는데, 여과 용적은 투망시 뜰줄로 둘러싸인 면적과 그물의 침강 심도를 곱하여 여과 용적 또는 포위 용적으로 할 수 있다.

## 제 2 절 어업간 어획노력량 비교 분석

### 1. 어구별 어획노력량 정량적 산출

#### 가. 중층 끌어구류

중층 트롤, 쌍끌이 및 기선권현망 등의 대형 망목의 예망어구도 어구의 구성방법과 조업조건에 따라 망구면적이 달라진다. 현장 실태조사 결과 어구의 구성방법과 조업조건이 같은 업종의 비슷한 규모의 어선에서는 대개 유사하였으므로 정량적 분석 대상이 될 표본 어구는 평균적인 규모의 것을 선택하였다. 망구 형상에 큰 영향을 주는 예망속도는 중층트롤과 쌍끌이 모두 평균 3.5노트였다. 쌍끌이의 경우 양선간의 간격이 350m일 때 어획노력량을 계산하였고, 기선권현망은 양선간격이 550m일 때를 기준으로 계산하였다.

이러한 어구와 조업조건을 토대로 어구의 거동을 시뮬레이션하면 중층트롤의 경우 그림 3-2-1, 쌍끌이의 경우 그림 3-2-2과 같이 망구의 전개면적을 각각 추정할 수 있다. 전개면적은 앞에서도 언급한 바와 같이 뜰줄과 발줄로 이루어지는 형상으로부터 사다리꼴 적분공식을 이용하여 구하였다(그림 3-2-3, 그림 3-2-4).

망구 면적이 구해지면 면적에 예망거리를 곱하여 여과용적을 구하였다(그림 3-2-5). 트롤 등의 예망 어구의 어획노력량을 식으로 나타내면 (1)식과 같다.

$$V_T = S_T \times d \dots\dots\dots (1)$$

여기서  $S_T$ 는 망구의 면적을 나타내며,  $d$ 는 이동한 거리를 나타낸다.

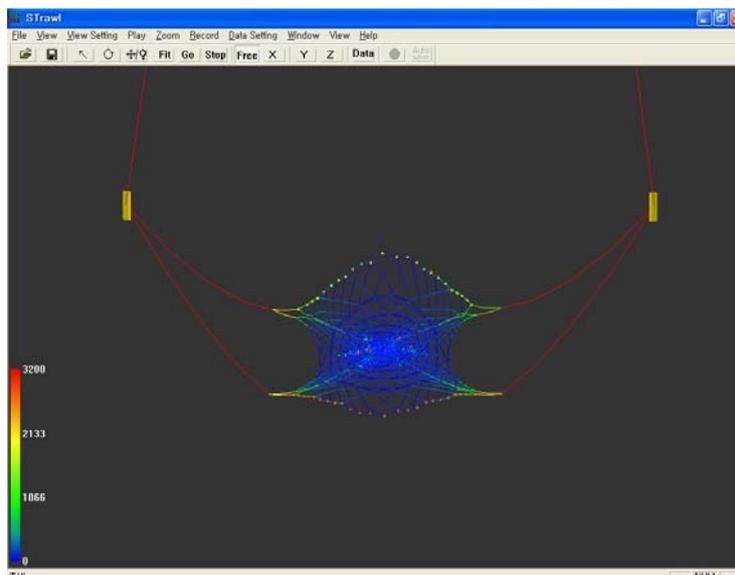


그림 3-2-1. 3.5노트 예망 속도에서의 대형 트롤의 망구 형상.

Fig. 3-2-1. Shape of net mouth of large size trawl gear with a towing speed of 3.5knot.

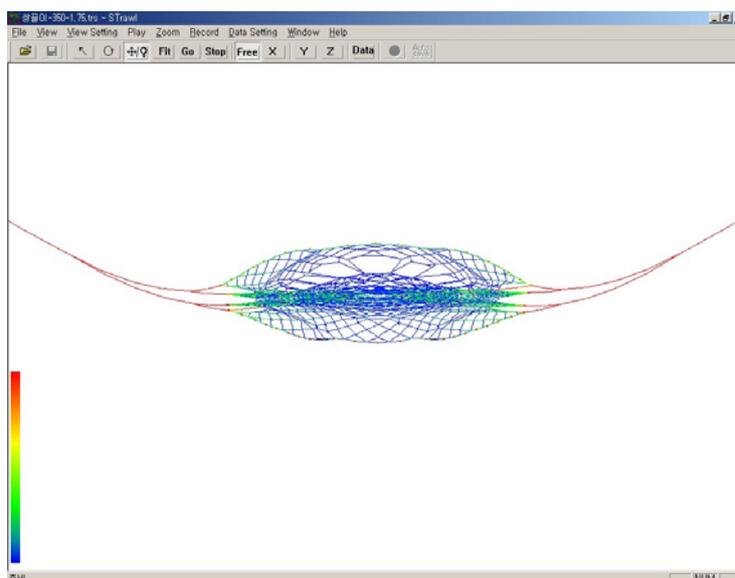


그림 3-2-2. 예망 속도 3.5노트에서의 대형 쌍끌이 기선저인망의 망구 형상.

Fig. 3-2-2. Shape of net mouth of large size pair trawl with a towing speed of 3.5knot.

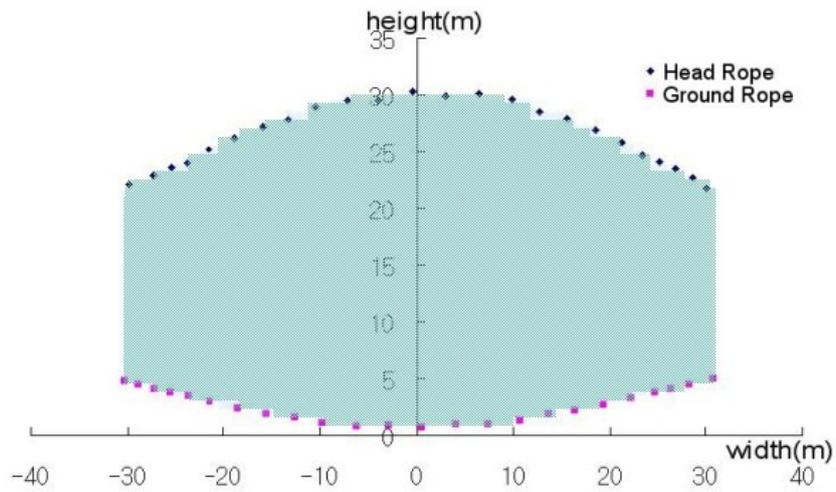


그림 3-2-3. 대형 트롤의 망구의 전개면적.

Fig. 3-2-3. Developed area of net mouth of the large size trawl net.

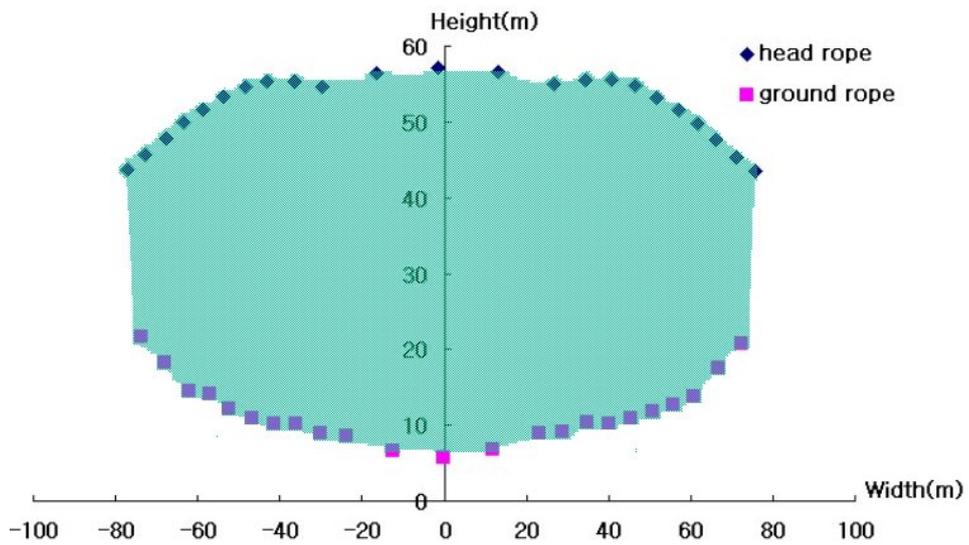


그림 3-2-4. 대형 쌍끌이 기선저인망의 망구의 전개면적.

Fig. 3-2-4. Developed area of net mouth of large size pair trawl net.

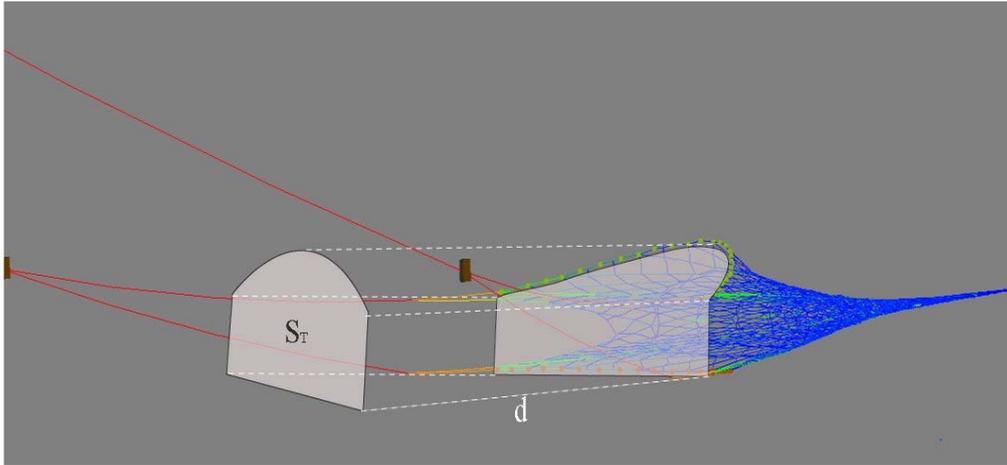


그림 3-2-5. 트롤 어구의 어획노력량.

Fig. 3-2-5. Fishing effort of trawl gear.

#### 나. 저층트롤어구

예망어구의 전개면적은 어구의 구성방법과 조업조건에 따라 달라진다. 현장 실태조사 결과 어구의 구성방법은 같은 업종의 비슷한 규모의 어선에서는 대개 유사하였고, 평균적인 예망속도는 3노트로 볼 수 있었다.

이러한 어구와 조업조건을 토대로 어구의 거동을 시뮬레이션하면 그림 3-2-6과 같고, 전개면적은 전개판과 뜰줄 및 발줄의 위치좌표를 이용하여 구할 수 있다(그림 3-2-7). 저층 트롤의 망구면적은 앞에서도 언급한 바와 같이 양 전개판과 뜰줄이 이루는 삼각형 모양으로 추정할 수 있으나, 본 연구에서는 보다 정확한 면적을 계산하기 위해서 전개판, 후릿줄, 뜰줄 및 발줄이 이루는 다각형이 가지는 면적을 사다리꼴 적분공식을 이용하여 구하였다. 면적이 구해지면 예망거리를 곱하여 여과용적을 구하였다(그림 3-2-5).

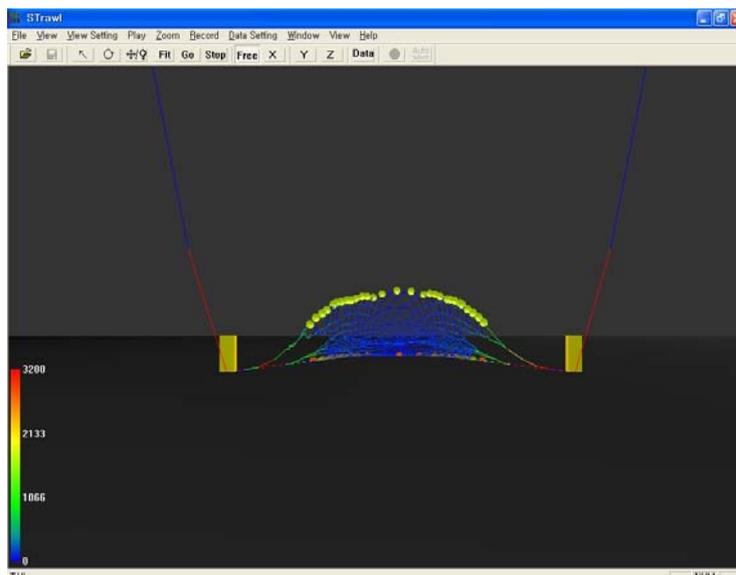


그림 3-2-6. 저층트롤 시뮬레이션.

Fig. 3-2-6. Simulation of bottom trawl.

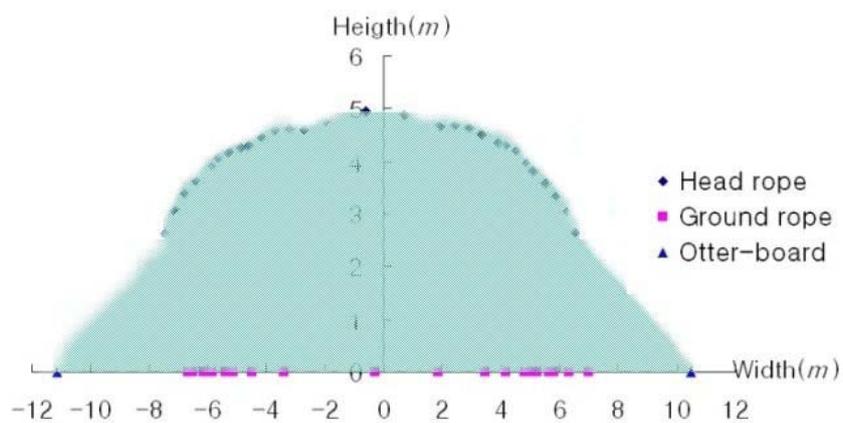


그림 3-2-7. 저층트롤의 망구면적.

Fig. 3-2-7. Net mouth area of the bottom trawl gear.

**다. 선망어구**

선망어구의 포위용적은 선망어구를 완전히 투망했을 때 만들어지는 원의 면적에 그물의 침강 깊이를 곱하여 구할 수 있다. 원의 면적은 뜬줄의 길이에 의해서 결정되므로 업계에서 사용하는 어구의 규모로부터 쉽게 추정될 수 있다. 그러나 침강 깊이는 투망 후 경과 시간에 따라, 그물의 위치 즉 먼저 투망된 부분인가 나중에 투망된 부분인가에 따라 달라지므로 어느 시점의 어느 부분을 기준으로 할 것인가 하는 문제가 있다.

본 연구에서는 투망 후 약 6분 정도가 경과된 후에 조임을 시작하는 것이 일반적이며 이때의 침자줄 수심이 100m 정도에 달하여 한국근해의 어장 수심을 고려하면 침자줄이 거의 저층에 닿는 시간이므로, 이 시간대를 포위용적을 계산하는 기준 시간으로 하였고, 침자줄에서의 기준 위치는 그물의 중앙부로 하였다.(그림 3-2-8) 선망 어구의 어획노력량인 포위용적을 식으로 나타내면 다음 식과 같다.

$$R = \frac{L}{2\pi} \dots\dots\dots( 2 )$$

$$V_P = \pi R^2 \times h \dots\dots\dots( 3 )$$

여기서  $L$ 은 뜬줄의 길이,  $R$ 은 투망 후의 뜬줄이 이루는 원의 반지름을 나타내며,  $h$ 는 그물의 침강 수심을 나타낸다.

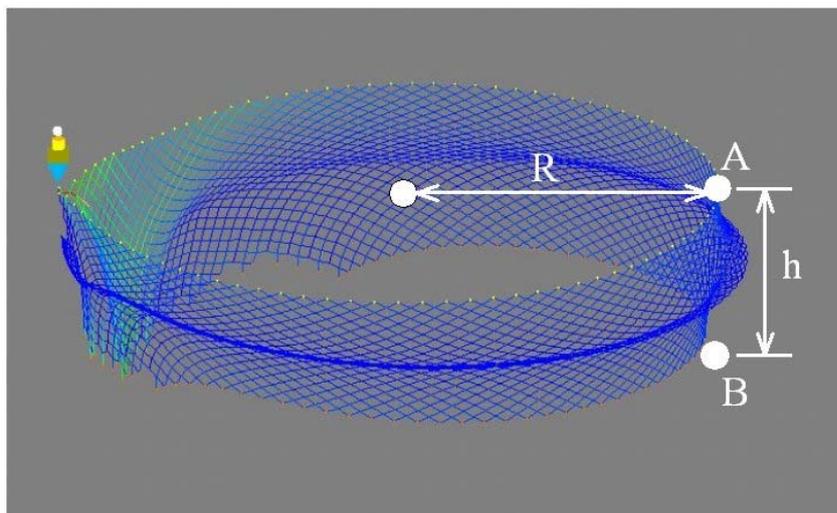


그림 3-2-8. 선망의 어획노력량.

Fig. 3-2-8. Fishing effort of the purse seine.

## 2. 어업간 어획노력량 비교

### 가. 1일당 어획노력량

예망 어구류에 대하여 앞에서 구해진 어구별 단위 시간당 여과용적에 1일간의 조업시간을 곱하면 1일당의 어획노력량을 구할 수 있다. 또한 선망어구에 대해서도 단위 조업당 포위용적에 1일간의 조업횟수를 곱하면 1일당의 어획노력량을 구할 수 있다. 실태조사 결과를 토대로 예망 어구류인 중층트롤, 쌍끌이, 동해구 트롤, 기선권현망 및 대형 선망의 1일당 어획노력량을 계산하면 표 3-2-1과 같고, 그림으로 나타내면 그림 3-2-9와 같다.

여기서 예망 속도, 투·양망 횟수, 평균 예망 시간을 실태 조사 결과와 다른 연구조사 결과를 참고하여 도출 하였고, 여과 면적은 앞의 시뮬레이션에서 구해진 것을 사용하였다.

어획 실태 조사에서도 외끌이 기선저인망은 조사되었으나 어법상 어획노력량이 조임 방법에 따라 달라지고, 어획노력량 자체도 크지 않으므로 분석의 대상에서 제외하였고, 동해구 트롤의 경우는 중층 조업을 하는 어선 15척만 대상으로 하였다.

표 3-2-1. 어구별 1일당 어획노력량

Table 3-2-1. Fishing effort by type of fishing methods per one day

어구	여과면적 (m <sup>2</sup> )	예망 속도 (knot)	단위시간 (조업)당			1일 평균 예망시간 (조업횟수)	1일당 어획노력량 (m <sup>3</sup> )
			여과 용적(m <sup>3</sup> )	투·양 망횟수	평균예 망시간		
대형 트롤 (중층)	1,219.9	3.5	7,685,370	3	2.5	7.5	5,764.0×10 <sup>4</sup>
동해구트롤 (중층)	285.9	2.5	1,286,550	4.2	3.1	13.02	1,676.0×10 <sup>4</sup>
쌍끌이	2,473.3	3.5	15,581,790	3.5	2.8	9.8	15,270.1×10 <sup>4</sup>
기선권현망	2,796.7	1	5,033,970	4.1	0.9	3.69	1,857.5×10 <sup>4</sup>
선망	71,621.3	105*	7,520,237			2.8	2,265.0×10 <sup>4</sup>

\* 어구의 침강 수심

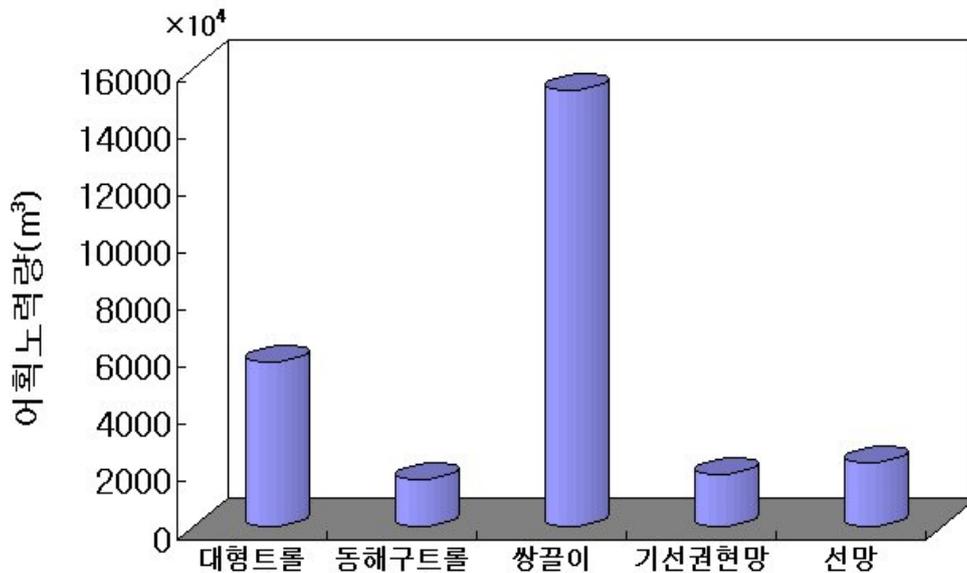


그림 3-2-9. 업종별 1일당 어획노력량.

Fig. 3-2-9. Fishing effort by type of fishery per one day.

#### 나. 연간 어획노력량

연간 어획노력량을 구하기 위해서는 각 업종별로 연간 조업일수를 알아야한다. 여기서 말하는 조업일수는 항구로부터 출항하여 바다에 나가있는 일수가 아니고 어장에 도착하여 실제로 조업을 하는 일수이다. 조업일수에 영향을 주는 요소로는 어기, 기상조건, 어장 이동 거리 및 업종별 특성 등을 들 수 있다. 따라서 실제로 조업 일수는 어기(허가된 어기 또는 관행적인 어기)에서 기상 불량 또는 기타 사회적 요인으로 인한 조업 불가일수와 어장까지 이동에 소요되는 일수 및 어장에서 귀항하는데 소요되는 일수 등을 제외해야한다.

그러나 어기는 업종에 따라 다르고, 기상조건에 의한 조업 불가 일수도 어선의 크기나 조업방법에 따라 다르다. 어장 또한 업종별로 다르고 같은 업종이라 할지라도 계절에 따라 또는 선장의 선호도에 따라 달라지므로 각 업종별로 실제 조업일수를 정확히 조사하는 것은 대단히 어려운 일이다.

본 연구에서는 현장 실태조사 및 지금까지 연구된 타 연구자의 결과를 고려하여 각 업종별로 조업 가능 일수를 도출하였다(표 3-2-2). 여기서 얻어진 업종별 조업 일수에 앞에서 얻어진 1일당 어획노력량을 곱하면 연간 어획노력량이 얻어진다(표 3-2-3, 그림 3-2-10).

표 3-2-2. 업종별 조업일수 및 예망 시간

Table 3-2-2. The number of operated days and towing time by type of fishery

업종	어기	조업 월수	조업 불가 일수/월		
			기상조건	월명기 및 기타	어장이동
대형 트롤	7월~익년 3월	10개월	5	5.7	2
동해구 트롤	연중 조업	10개월	8		2
대형 쌍끌이 기선 저인망	6월~익년 4월,5월	10개월	6	4	2
기선권현망	7월~익년 4월	10개월	6	5	당일 입·출항
대형 선망	연중 조업	12개월	5	5	2
대형 외끌이 기선 저인망	9월~익년 6월	10개월	6	4	2
중형 외끌이 기선 저인망	9월~익년 5월,6월	10개월	6		2
	8월~익년 5월	10개월	6		2
중형 쌍끌이 기선 저인망	연중 조업	10개월	6	4	2

표 3-2-3. 업종별 척(통)당 연간 어획노력량

Table 3-2-3. Yearly fishing effort by type of fishery per each vessel

어구	1일당 어획노력량(m <sup>3</sup> )	연간 조업 일수	연간 어획노력량(m <sup>3</sup> )
대형 트롤	5,764.0×10 <sup>4</sup>	173	9,971.7×10 <sup>6</sup>
동해구 트롤	1,676.0×10 <sup>4</sup>	200	3,350.1×10 <sup>6</sup>
쌍끌이	15,270.1×10 <sup>4</sup>	180	27,486.2×10 <sup>6</sup>
기선권현망	1,857.5×10 <sup>4</sup>	190	3,529.3×10 <sup>6</sup>
선망	2,265.0×10 <sup>4</sup>	216	4,873.1×10 <sup>6</sup>

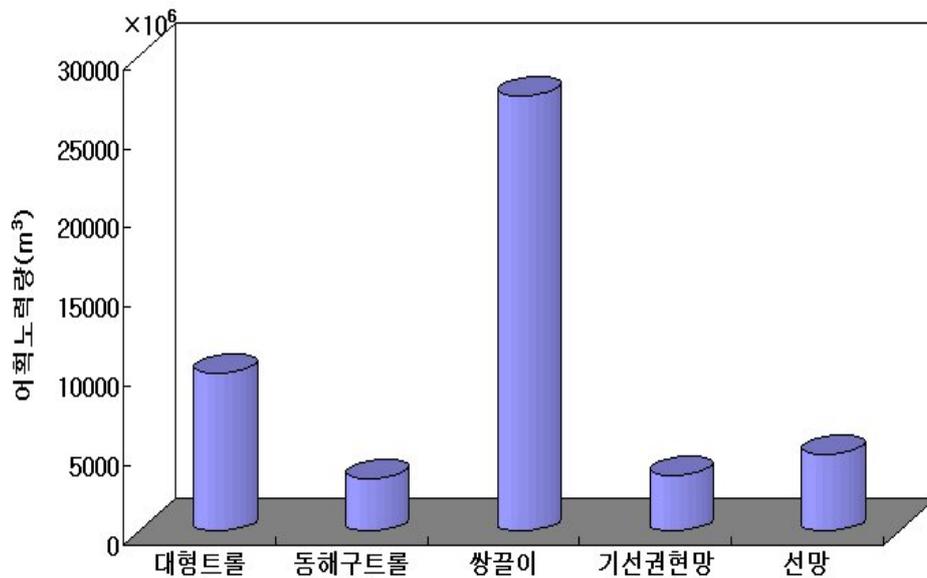


그림 3-2-10. 업종별 척(통)당 연간 어획노력량.

Fig. 3-3-10. Yearly fishing effort by type of fishery per each vessel.

다. 업종간 어획노력량

어선 1척 또는 1조업단위(통)당 연간 어획노력량이 앞에서와 같이 구해지므로 여기에 해당업종별로 조업하는 어선의 수(또는 허가수)를 곱하면 업종이 가지는 총 어획노력량이 된다. 표 3-2-4에서는 업종별 조업어선 수 및 연간 업종이 가지는 총 어획노력량을 나타내었다.

표 3-2-4. 업종별 연간 총 어획노력량

Table 3-2-4. Yearly total fishing effort by type of fishery

어구	업종별 허가수	실제 조업 어선수	척당 어획노력량	총 어획노력량
중층 트롤	60	50	$9,971.7 \times 10^6$	$498,588.3 \times 10^6$
동해구	43	14*	$3,350.1 \times 10^6$	$46,902.4 \times 10^6$
쌍끌이	45	35	$27,486.2 \times 10^6$	$962,019.7 \times 10^6$
기선 권현망	84	67	$3,529.3 \times 10^6$	$236,464.2 \times 10^6$
선망	35	30	$4,873.1 \times 10^6$	$146,193.3 \times 10^6$

\* 동해구 트롤 중 중층어구를 사용하는 어선수가 14척임

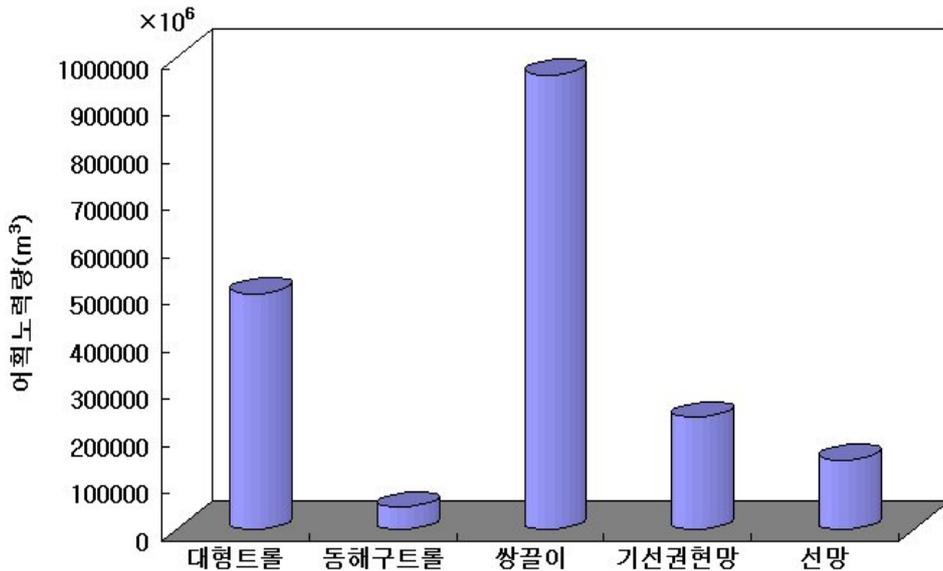


그림 3-2-11. 업종별 연간 총 어획노력량.

Fig. 3-2-11. Yearly total fishing effort by type of fishery.

### 3. 업종간 어획노력량 분석

어획노력량의 분석결과 1일당 어획노력량은 쌍끌이와 대형트롤등 망목이 큰 중층 어구를 사용하는 어업에서 높게 나왔고, 선망의 경우는 어구의 규모에 비해서는 작게 나왔다. 이러한 원인은 최근 중층 어구가 대형화 되면서 망목의 크기가 가장 큰 날개그물 부근에서는 15~20m에 달하여 망구 면적이 커졌기 때문이다.

쌍끌이나 트롤의 어획노력량이 선망의 수십배에 달한다고 하여 어획압력도 수십배에 달한다고 볼 수는 없다. 이것은 쌍끌이나 트롤의 여과용적에 포함되었던 어류가 모두 어획된 것으로는 볼 수 없기 때문이다.

이것은 선망의 경우도 마찬가지로 선망의 포위 용적안에 갇힌 물고기가 모두 어획되는 것은 아니다. 그러나 선망의 망목은 30mm에 불과하고 밀집된 어군에 대해서 집어등을 이용하여 조업하므로, 어구의 포위용적 안에 있던 고기의 어획 확률은 다른 어떤 어구보다도 높다고 볼 수 있다.

쌍끌이나 트롤은 망목이 가장 큰 곳에서 수십 미터이고, 가장 작은 끝자루 그물에서 48mm이므로 이들 어구의 여과용적 안에 있던 어류는 복잡한 선택과정을 거치면서 대부분은 빠져나가고 그중의 일부가 어획되는 것으로 볼 수 있다.

## 제 3 절 어구의 적정규모

어구의 적정규모는 대상 자원의 종류 및 상태, 어선의 크기 및 마력수, 조업인력의 양과 질, 어구의 제작비용, 법적인 규제, 어획물의 가격 등 사회경제적인 요소가 종합적으로 고려되어야 추정될 수 있다. 또한, 어구의 적정 규모는 이러한 사회 경제적 요인에 의해서 부단히 변하므로 절대적인 적정 규모를 설정한다는 것이 큰 의미가 있는 일도 아니다. 그러나 여러 요인 중에서 대상 생물자원의 보호와 유지를 목적으로 한다면 경제적인 요소를 제외하고 어획노력량과 어획강도 등을 고려하여 적정어구의 규모를 추정할 수 있다. 여기서 어구의 규모는 어획노력량으로 대체하여 생각하는 것이 합리적이다. 생물자원의 증감에 직접적으로 주는 것은 어획노력량이기 때문이다. 즉 같은 규모의 어구라 할지라도 사용시간이나 조업횟수가 증가되면 더 많은 생물자원을 슈아내는 기능을 하기 때문에 어구의 적정 규모라는 개념보다는 어획노력량의 적정수준이라는 개념으로 이해하는 것이 보다 합리적이다.

적정 어획노력량은 현재의 자원 수준에서 평가된 어획강도 또는 어획압력을 토대로 결정될 수 있다. 최근에 조사된 어업별 어획 강도는 표 3-3-1에 나타난 바와 같이, 쌍끌이, 기선권현망, 대형 트롤 등에서  $f_{MSY}$ 를 기준으로 하든  $2/3f_{MSY}$ 를 기준으로 하든 어획강도가 큰 것으로 나타났고, 대형선망에서는 비교적 적은 것으로 나타났다. 자원의 보호를 위한 예방적 접근(Precautionary Approach)의 목표 기준점인  $2/3f_{MSY}$ 를 기준으로 하면,

선망은 11%의 어획노력량을 줄여야하고, 대형트롤은 28%, 기선권현망과 쌍끌이는 각각 46%, 동해구트롤은 23%, 서남구 외끌이는 38%, 소형선망은 28%, 대형 외끌이 42%, 동해구 기선저인망은 37%, 서남구쌍끌이는 45%를 줄여야하는 것으로 나타났다. 특히, 이 중에서 어획 비율이 높으면서 어획강도가 과도한 대형 기저 쌍끌이, 기선권현망, 대형트롤, 대형선망 등은 어획노력량의 감축이 시급한 업종이다.

이러한 적정 어획노력량을 실현할 수 있는 노력량의 감축 수단으로서 어구의 규모를 줄이는 방법, 어구의 사용시간이나 횡수를 줄이는 방법, 어선 세력을 줄이는 방법이 있을 수 있다. 어구의 규모를 줄이는 방법은 어구의 규모를 법적으로 정하는 것이 어려우며, 규모가 정해지더라도 대형의 어구를 현장에서 계측하는 것이 불가능하므로 어업규제방법으로서 현실적인 실현가능성이 낮은 방법이다. 어구의 사용(예망)시간 또는 사용횡수를 줄이는 방법 또한 어업활동의 투명성이 전제되어야 가능한 방법이나 현재의 감시체계에서는 불가능한 방법이다. 따라서 현실적인 가능성이 가장 높은 방법은 어선세력을 줄이는 방법이나, 여기에는 재정적인 부담이 따른다.

표 3-3-1. 연근해 어업별 적정어획강도 평가

Table 3-3-1. Assessment of the appropriate fishing efforts on each coastal and offshore fishery

대상 어업	어획비율 (’00-’02 평균)	적정어획강도수준	
		$2/3f_{MSY}/f_{cur}$	$f_{MSY}/f_{cur}$
대형 선망	16.8	79	97
대형 트롤	10.9	72	92
기선권현망	7.4	54	81
대형기선저인망(쌍끌이)	7.4	54	77
동해구트롤	1.4	77	98
서남해구기선망(외끌이)	0.9	62	88
소형선망	0.9	72	93
대형기선저인망(외끌이)	0.9	58	82
동해구기선저인망	0.4	63	90
서남해구기선망(쌍끌이)	0.1	55	79

# 제 3편 국외의 사례 및 환경친화형 어업

## 제 1 장 노르웨이 어업과 관리

### 제 1 절 노르웨이 어업의 일반적인 설명

노르웨이 어업은 어선과 사용되는 어법이 다양하다. 어획된 종의 수는 (표 1-1-1) 부어류 5종(capelin, Blue Whiting, sandeel, Atlantic mackerel and herring)이 2002년 연간 어획량의 74%를 차지하는 반면 중요한 저서어류 3종(cod, haddock and saithe)은 연간 어획량의 18%를 차지하였다. 그러나 가장 중요하고 가치있는 대구는 생산고의 25%를 차지하고 있다. 다른 고가 어종 새우는 어획고에서는 4위를 기록하였으나 어획량에 있어서는 8위를 기록하였다. 노르웨이의 연간 어획량은 2.3~3 백만톤 사이로 세계에서 10번째 어업국이다.

노르웨이 대부분의 어업은 노르웨이의 배타적 경제수역(EEZ) 내에서 이루어지며 그 크기는 2.2 백만km<sup>2</sup> 정도이다. (그림 1-1-1) 노르웨이 EEZ 경계선에 어류자원과 어업이 행해지는 공해 두 곳을 그림1 지도에서 보여준다. 노르웨이의 어선은 길이 15m 이상의 1090척과 40m 이상의 225척으로 구성되어 있다. 예로 대표적인 노르웨이 어선을 그림 1-1-2에서 보여준다.

노르웨이에서 어획되고 있는 일부 어류는 공해뿐만 아니라 인근한 나라의 EEZ로 이동한다. 따라서 이 같은 자원의 관리는 과학적 지역 단체인 ICES로부터 조언을 기초로 한 지역적 어업 관리 단체를 통하여 서로 관련된 국가간의 협력으로 이루어진다.

노르웨이 어선은 기본자원을 넘는 어획능력을 가지고 있다. 따라서 대부분의 어업은 엄격한 규제를 받고 있다. 관리 시스템은 면허, TAC, 기술적 방법에 기초하고 있다. 다음은 중요한 연근해어업에 대한 관리 방법을 좀더 자세하게 설명한다.

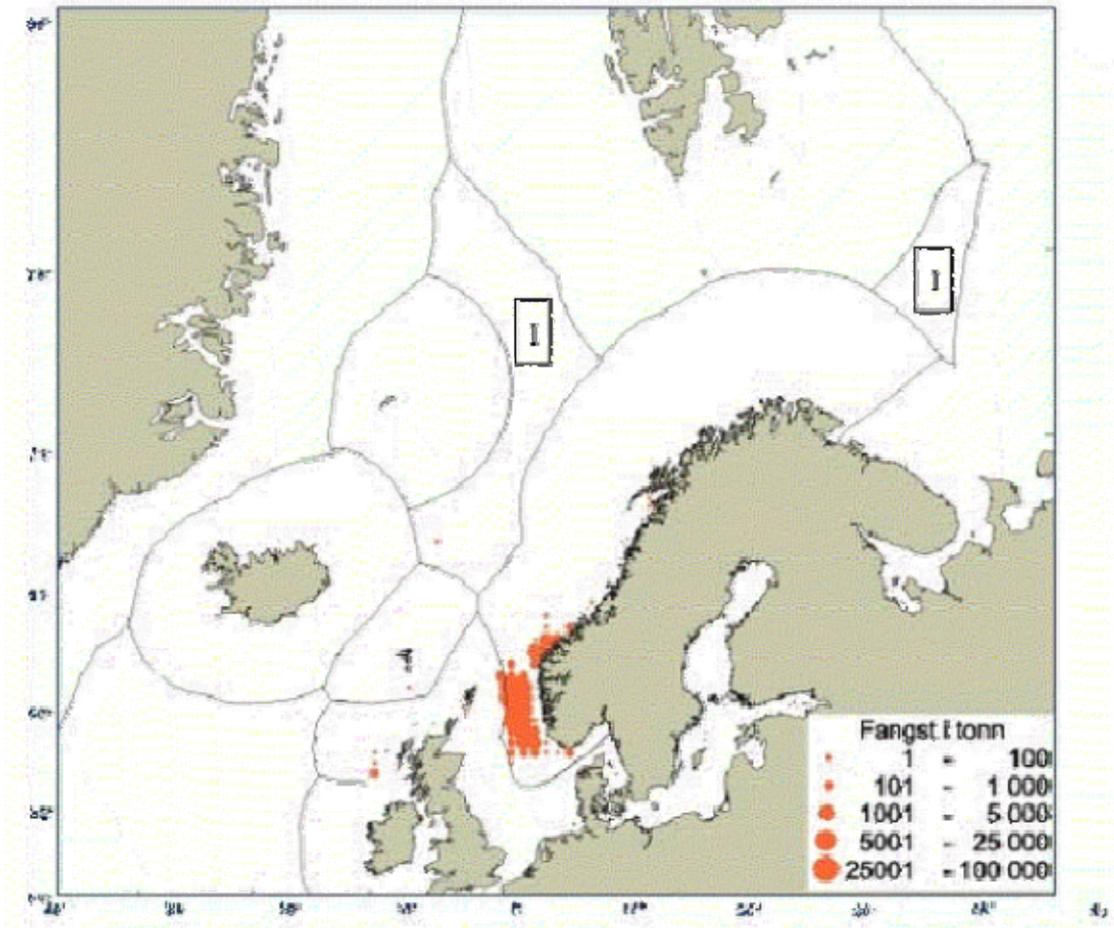


그림 1-1-1. 노르웨이 주변 수역의 어장도.

Fig. 1-1-1. Norwegian Zones and international waters (I) and catching areas for mackerel.

(a)



(b)



(c)



(d)



그림 1-1-2. 대표적인 노르웨이 어선.

(a)저연승(자동연승), (b)선망어선, (c)새우트롤선, (d)트롤선

Fig. 1-1-2. Typical Norwegian fishing vessels.

(a)Demersal longliner (Autoline), (b)Purse Seiner, (c)Shrimp trawler, (d)Factory fish trawler

## 1. 면허제도

이 관리 방법은 노르웨이 해역에서 해양 자원을 이용하거나 원양 해역에서 할당량을 받으려는 사람은 어업 면허가 필요하다는 것이다. 어업 면허는 노르웨이가 소유하고 있는 어선과 연계 되어있으며 배의 오너는 수산업에 관심과 경험이 있어야 한다. 이 면허 제도의 주 목적은 다음과 같다

- 이용할 수 있는 자원과 어선의 어획 능력의 균형을 맞추고 해양 자원을 합리적으로 계속 사용할 수 있게 유지하기 위해서이다.
- 수산업의 경제적 수입과 부가가치를 증가시키고 연근해를 깨끗하게 유지하기 위해서이다.

## 2. TAC제도

주요 어업 자원의 대부분은 할당량으로 규제하고 있다. 이와 같은 TAC는 ICES의 과학적인 조연에 기초하여 어획 수준을 책정하는데 일부 어류 자원은 인근 국가와 공유하고 어떤 경우에는 자원이 공해로 이동하기도 한다. 따라서 총 허용 어획량(TAC)은 지역적 관리 단체나 두 국가간의 협약에 따라 협의한다.

TAC의 복잡한 지역 사이 배분은 종종 각국의 전년도 어획량에 기초를 둔다. 이러한 방법은 바렌해 자원에 대한 노르웨이와 러시아, 북해의 노르웨이와 유럽공동체에서 적용되고 있다. NEAFC는 노르웨이 EEZ와 공해의 경계선에서 청어에 대한 할당량 결정을 위한 지역적 관리 단체이다.

국가적 수준에서 허용된 할당량은 각 어선에 따라 배분된다

중요한 대구자원에 대해서는 할당량의 약30%를 트롤에 주고 반면 남은 할당량은 자망, 연승, 지인망, 채낚기 등 여러 연근해 어선에 배분된다. 일반적으로 각 어선은 각각의 할당량을 허용 받는데 2003년 제일 큰 트롤은 636톤을 할당 받았다. 다른 어선들은 주로 어선의 크기에 따라 연간 할당량을 받는다. 한정된 몇 종의 할당량은 자유경쟁으로 소진된다.

## 3. 기술적인 방법

해양자원의 합리적이고 지속적인 이용을 가능하게하기 위해 노르웨이 관리 체제에서는 다양한 기술적인 방법을 다음과 같이 사용하고 있다.

- 정기적이고 지역적인 금어기
- 최소 어획 크기
- 그물코 크기 규제
- 선택적 도구의 사용

- 혼획의 제한
- 어획 보고
- 어선 관측 시스템

1) 금어는 공인된 상업적 어선에 탑승한 감시관과 어장의 감시 시스템이 조합된 적극적인 방법이다. 어장의 금어는 유어나 미성숙어의 포획 위험이 높은 곳의 어업을 막기 위해 주로 사용한다. 어떤 어장은 트롤같은 특정 어업을 금지하기도 하나 소극적이고 전통적인 어법에도 가끔 적용한다. 어떤 어장은 산란장에 집약적인 어업을 줄이기 위해 정기적인 금어기를 가진다.

2) 최소 어획 크기는 노르웨이 어업에서 중요한 관리 방법으로 미성숙어의 포획 감소와 자원량을 최대로 활용하는 것을 목표로 하고 있다. 최소 어획 크기(MCS)는 최소 양륙 크기(MLS)와 다르다. MCS는 폐기되는 것도 포함한다. MLS가 합법적일 경우 상당한 양이 폐기된다. 북해에서 이 두 체계가 시행되고 있는데 이에 따른 노르웨이와 유럽연합이 두 지역사이에 이해관계가 상충되고 있다. 노르웨이 규정은 어민들 또한 규정을 위반했을 시에는 어장을 개선시킬 의무가 있다.

3) 그물코 크기 규제는 저인망과 트롤 어획물의 크기 조성을 결정한다. 따라서 이 같은 어업에서 최소 그물코 크기는 법으로 정해져 있다. 바렌해에서 대구에 대한 트롤 어업의 최소 그물코 크기는 135mm이며 북해에서 광범위하게 어획되는 종의 최소 그물코 크기는 120mm이다. 새우어업은 최소 그물코 크기가 35mm에 불과해 미성숙어가 있는 어장에서 새우어업이 행해질 때는 작은 고기가 어획 되는 문제에 대해 고려해야 한다. 다음의 설명은 노르웨이의 새우 어업에서 새우트롤의 치어 포획을 줄이기 위한 기술적인 해결책이 개발되고 널리 이행되고 있는 것을 보여준다.

4) 노르웨이 어업 관리에 있어서 기존의 그물보다는 선택적 장치가 개발되고 널리 사용되었다. 대부분의 선택적 장치들은 그리드를 사용한 분리에 기초한다. 새우트롤에서 어류는 트롤 밖으로 유도되는 반면 새우는 그리드를 통과하여 어획된다.(그림 1-1-3) 다른 방법으로 개선한 그리드와 유사한 장치는 다양한 어종에 대한 선택적 크기를 개선시키기 위한 방법으로 트롤에서도 효과적으로 쓰인다(그림1-1-4). 선택적 크기를 향상시키는 또 다른 방법으로는 그림 1-1-5에 설명된 것처럼 사각망지를 끝자루 그물과 판넬에 사용하는 것이다.

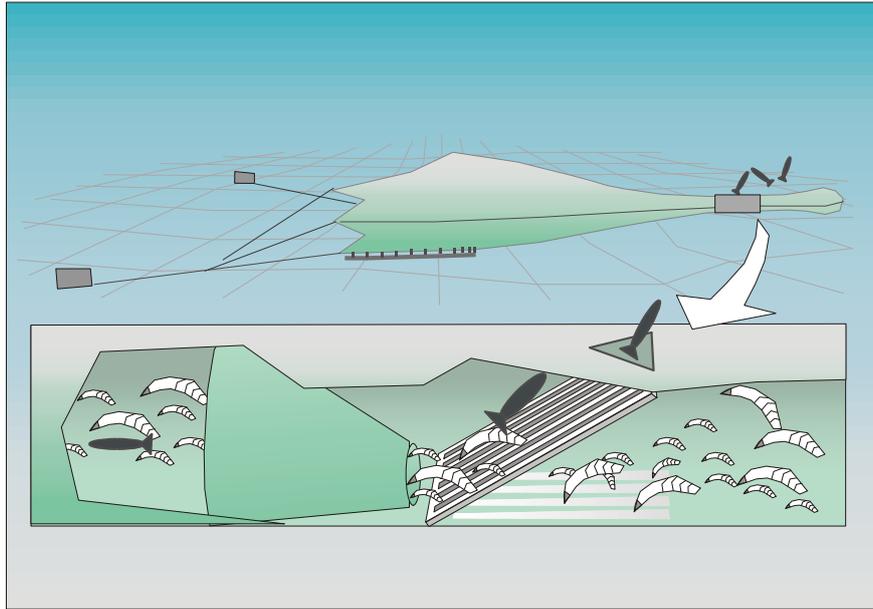


그림 1-1-3. 트롤의 그리드.

Fig. 1-1-3. Nordmøre sorting grid to avoid capture of fish when targeting shrimp.

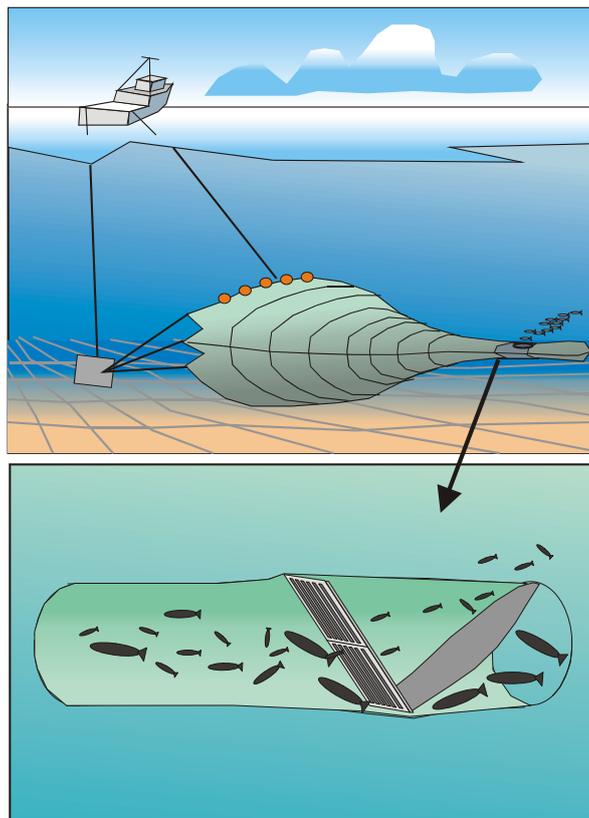


그림 1-1-4. 트롤에 사용되는 그리드.

Fig. 1-1-4. Size selector grid used in fish trawls.

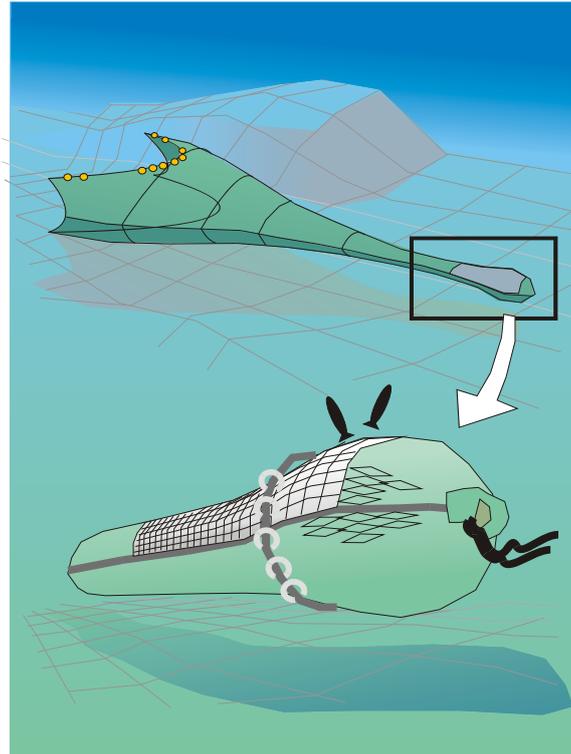


그림 1-1-5. 어류트롤에서 선택적 크기를 향상시키기 위해 사용되는 사각망지 끝자루 그물.

Fig. 1-1-5. Square mesh codend used to improve size selectivity in fish trawls.

몇몇 노르웨이 어업은 혼획을 허용한 규정이 있다. 여기서 말하는 혼획이란 할당량이 초과한 곳에서 불법적인 크기의 어류과 어종이다. 실질적으로 허용 혼획량이 초과하였을 때는 그 어장에서의 어업이 금지된다.

5) 어획 보고는 각 어업에 대해 다르게 행해진다. 모든 어업에 있어서 어획이 일어난 곳에 대한 양륙 기초 보고(land based reporting)는 오랫동안 행해져왔다. 어업이 몇 주간 이루어지는 곳에서, 어획에 대한 일반적인 보고는 가끔씩 행해왔다. 연근해 트롤, 선망, 저층 연승 역시 일지에 있는 각각의 어획량을 보고해야 한다. 그리고 이것은 연안감시청의 감독자에게 있어 중요한 관리 수단이며 해상에 있는 어선을 통제할 수도 있다. 노르웨이 수산청에서는 현재 위성을 이용한 항해정보의 온라인 전송 체계를 시험중이다. 노르웨이 수산청에서의 또 다른 어획 보고 체계로는, 노르웨이 해역에서 어업을 행하는 외국어선에 대한 검문소 제어방법이다.

노르웨이 어업관리에서 최근에 소개되고 있는 관리 도구는 어선 관측 시스템(VMS)을 사용해 어선의 위치를 자동으로 기록하는 것이다. 25m 이상의 어선에서는 VMS의 설치를 필요로 한다.

## 제 2절 트롤어업의 관리

중요하고 규모가 큰 어업에 있어 관리 도구의 포괄적인 설명을 위해 두 가지 주요 트롤어업을 소개한다.

### 1. 바렌해(Barents Sea)의 트롤어업

96척의 배가 바렌해에서 대구를 어획할 수 있는 면허를 받았고, 이미 언급한 바와 같이 저착성 어류에 대한 트롤어업은 면허가 필요하다. 각 어선과 어종에 대한 어획 할당량은 2003년 가장 큰 배에 대해 대구는 636톤, haddock는 252톤으로 분배되었다. 이 외에도 이 어선들은 다른 어류들도 어획할 수 있다. 총 할당량이 다 채워지면 그 종에 대한 트롤어업은 종료하게 된다.

모든 트롤어선들은 일지에 어획량을 기록해야 하고 양륙된 것은 남은 허용 할당량에서 제외하기 위해 체크되고 기록된다. 노르웨이는 어업 지도선과 폭넓은 감시 프로그램으로 사전예고 없이 어장을 순찰한다. 이런 감독에서 중요한 일은 어획 기록을 체크하는 일 뿐만 아니라 책임감 있는 자세로 자원의 이용을 관리하는 것이다.

중요한 과학적 방법은 작은 대구와 haddock의 포획을 방지하는 것이다. 이 종들의 최소 어획 체장은 47cm와 44cm이다. 작은 고기의 어획을 줄이기 위해서는 최소 끝자루 그물의 그물코 크기를 135mm로 한다. 최근 northern의 트롤어업에서는 55mm 분리 그리드의 사용이 의무화 되었다. 또한 최소 어획 크기 이하의 어류를 포함한 각 9종의 폐기가 금지되었다.

### 2. 새우트롤 어업

105척의 배들이 새우를 잡을 수 있는 면허가 있다. 노르웨이의 새우어업은 coldwater 새우와 *Pandalus borealis*를 대상으로 한다. 새우 트롤 어업은 작은 그물코의 끝자루 그물(35mm)로 이루어지고 새우가 분포하고 있는 어장에는 다른 상업적인 어종도 분포하고 있다. 이 어업에서 유어와 작은 크기의 고기가 혼획되는 것은 중요한 문제점으로 대두되고 있다. 1990년대쯤 NordmØre 그리드라는 분리 장치가 노르웨이 새우 어업에 소개되어 개발되었다. 이 장치는 트롤 밑판 바로 뒷부분에 삽입된 19mm 간격의 강체 그리드에 기초 하였다. 대상어종인 새우는 그리드를 통과하여 끝 그물로 들어가는 반면 어류는 그리드 앞에서 트롤밖으로 유도된다. (Isaksen et al 1992). 북대서양의 모든 새우 어업에서는 그리드는 필수이다.

새우트롤은 최근 멀티 트롤의 도입으로 어획 효과에 있어서 상당한 발전의 시기를 지나고 있다. 몇 년 전에는 심해의 새우트롤 어업은 하나의 트롤로 예망하였다. 두개의 전개판사이에 동일한 트롤을 나란히 하여 예망하는 어법은 70~90%의 효율을 올렸다. 가장

최근에 새우 트롤 어업에서 개발한 것은 three parallel trawls로 이것은 상당한 어획 효율을 올렸다.

노르웨이의 새우 어업은 할당량 규제를 하고 있지 않지만 걱정수준 이상으로 어획량이 증가하면서 어획량 규제를 검토하고 있다. 어획과 효과적인 장치에 대한 지식은 트롤 기술의 급속한 발전 때문에 문제가 되고 있다.

### 제 3절 선망어업

노르웨이에서 선망은 생산적이며 연안 어업에서 경제적으로 발전가능성이 있는 어업중의 하나이다. 95척의 배가 선망어업의 면허를 가지고 있으며 어선의 면허는 크기에 따라 좌우된다. 따라서 각 종에 대한 연간 할당량은 면허를 소지한 어선에 의해 어획된다.

2003년 고등어에 대한 연간 할당량은 140,000톤으로 책정되었다. 이 할당량은 각 어선에 분배되어 약 100,000톤이 전장 27.5m(94척) 이상의 대형 선망에 허용되었다. 이 할당량은 어선의 수용력과 이익을 극대화 시키기 위해 두 기간으로 나누어 졌다.

선망으로 원양자원을 잡기 위한 면허는 노르웨이 어업에서는 높은 가치의 자산으로 간주되며 면허와 배를 팔 때는 그 가치는 배 가치의 몇 배가 넘고 있다.

표 1-1-1. 노르웨이의 어획노력량 통계(1999-2002)

Table 1. Landing statistics – Norwegian catches 1999-2002

Catches landed from Norwegian vessels in Norway and abroad

Fish species	Catch				Value			
	1999 <sup>1)</sup>	2000 <sup>*1)</sup>	2001 <sup>*1)</sup>	2002 <sup>*1)</sup>	1999 <sup>1)</sup>	2000 <sup>*1)</sup>	2001 <sup>*1)</sup>	2002 <sup>*1)</sup>
Capelin	91 813	373 986	482 800	531 600	190 881	368 473	535 200	649 700
Norway pout <sup>2)</sup>	51 124	52 912	27 100	26 000	27 922	31 311	18 700	23 000
Blue whiting <sup>2)</sup>	534 570	553 478	573 700	558 100	288 870	323 803	400 900	551 500
Sandeel	187 589	119 015	187 500	176 000	103 339	72 972	147	162 600
Atlantic horse mackerel	46 657	2 084	8 000	36 700	106 723	4 859	45 400	97 600
Atlantic mackerel	161 046	174 226	180 800	184 200	865 529	984 924	1 338 800	1 361 200
Herring	829 007	799 946	581 300	569 800	1 202 500	1 435 641	2 246 100	2 027 800
Sprat	22 214	6 425	12 500	2 600	32 300	20 725	23 600	11 900
Other pelagic species	2 971	-	-	-	1 333	-	-	-
<b>Total of capelin,mackerel,herring etc.</b>	<b>1 926 991</b>	<b>2 082 072</b>	<b>2 053 700</b>	<b>2 085 000</b>	<b>2 819 397</b>	<b>3 242 709</b>	<b>4 755 700</b>	<b>4 885 300</b>
Atlantic cod <sup>3)</sup>	256 554	219 193	208 900	227 600	3 324 833	2 931 910	2 904 900	2 863 100
Haddock <sup>3)</sup>	53 243	45 935	51 600	54 900	591 078	533 722	616 500	553 700
Saithe	198 387	169 748	169 500	202 300	1 012 460	739 507	822 100	931 300
Tusk	23 274	21 915	18 800	18 100	191 344	178 309	178 100	154 200
Ling/ Blue ling	19 761	17 733	14 600	16 100	228 231	224 469	233 800	209 500
European hake/Pollack/Whiting	3 680	4 224	3 800	4 100	37 499	41 417	39 500	37 800
<b>Total of cod etc.</b>	<b>554 899</b>	<b>478 747</b>	<b>467 200</b>	<b>523 100</b>	<b>5 385 445</b>	<b>4 649 333</b>	<b>4 794 900</b>	<b>4 749 600</b>
Greenland halibut	19 704	13 019	15 200	11 500	284 852	239 862	272 500	172 900
Other flatfishes	3 274	3 579	4 200	4 100	66 277	86 427	89 000	75 400
Atlantic redfishes	30 856	25 632	28 700	16 300	201 066	175 831	201 800	109 600
Argentines	7 823	6 107	14 700	7 200	24 040	18 448	62 300	23 900
Other demersal species	12 143	14 356	24 900	15 100	135 353	182 914	241 400	147 400
<b>Total of flatfishes and demersal</b>	<b>73 801</b>	<b>62 693</b>	<b>87 700</b>	<b>54 200</b>	<b>711 588</b>	<b>703 482</b>	<b>867 000</b>	<b>529 200</b>
Various deep-sea species	2 375	2 855	2 900	1 800	14 091	16 163	17 600	11 000
Other species n.e.i.	4 341	4 320	3 807	3 400	41 796	19 891	27 300	19 300
Edible crab	2 836	2 890	3 500	4 350	20 046	20 901	27 300	34 200
King crab <sup>4)</sup>	202	211	430	410	9 704	22 803	33 900	31 200
European lobster	59	52	40	40	9 490	9 287	7 900	8 100
Norway lobster	383	346	280	270	23 971	22 411	19 500	18 800
Northern prawn	63 538	66 501	65 800	66 600	902 867	1 031 342	875 600	791 700
Scallops	445	639	740	700	8 484	11 607	13 900	12 900
Other molluscs	118	5	2	0	676	59	22	1
<b>Total of crustaceans etc.</b>	<b>67 582</b>	<b>70 644</b>	<b>70 792</b>	<b>72 370</b>	<b>975 238</b>	<b>1 118 409</b>	<b>978 122</b>	<b>896 901</b>
<b>Total</b>	<b>2 629 989</b>	<b>2 701 331</b>	<b>2 686 099</b>	<b>2 739 870</b>	<b>9 947 555</b>	<b>9 749 987</b>	<b>11 440 622</b>	<b>11 091 301</b>
Kelp and wrack	178 542	192 426	175 200	182 600	28 423	35 788	32 500	33 400
<b>Total(incl. Kelp and wrack)</b>	<b>2 808 531</b>	<b>2 893 757</b>	<b>2 861 299</b>	<b>2 922 470</b>	<b>9 975 978</b>	<b>9 785 775</b>	<b>11 473 122</b>	<b>11 124 701</b>

<sup>1)</sup> Preliminary figures (Some value-figures for 2002 are estimates. Joint venture is not included in the figures for 2002.)

<sup>2)</sup> The figures includes Norwegian catches for scientific purposes where the catch is sold. Greenland halibut for 1999 includes catches for scientific purposes made by a Norwegian vessel on Russian commission.

<sup>3)</sup> Price agreement art. (i.e.the catch is registered as the species which represent at least 50 % of the delivery to reduction.)

<sup>4)</sup> Norwegian catches on quotas purchased from Russia are included in the figures.

<sup>5)</sup> Commercial catches of king crab from 2002, in 1991 - 2001 catches only for scientific purposes.

# 제 2 장 일본의 어업관리와 어업 실태

## 제 1 절 일본의 어업 관리제도

### 1. 일본의 어업관리제도

#### 가. 어업관리제도의 성립과정과 개요

일본은 1901년에 최초로 어업법을 제정하였다. 동 법은 현행 어업관리제도의 기초를 확립시킨 법률이다. 그러나 이 어업법에서는 어업권의 관습적인 이용을 존중하는 한편 신규면허는 선원주의를 원칙으로 하였고 면허 기간은 무려 20년의 장기에 이르기 때문에 어업의 민주화와 어장 이용의 효율성을 저해하는 경우가 많이 발생하였다. 이러한 어업관리제도의 문제점을 개선하기 위하여, 1949년 12월 15일에 근대적인 어업법을 제정하였다.

일본의 어업관리제도는 어업법과 수산자원보호법 등에서 규정하고 있는데, 협의의 연안 어장에 대하여서는 어업권제도, 연안 어업, 근해 및 원양 어업에 대하여서는 허가제도에 의하여 관리하는 것을 원칙으로 하고 있다. 그리고 기술적 관리제도인 금어 구역, 금어기간, 어구·어법 제한 등도 동시에 실시하고 있다. 그러나 가장 중요한 관리제도는 자율관리로 이것은 일본사회의 전통적인 토론과 합의문화를 어업에 적용시킨 예로 모든 어업의 관리제도에 포함되어있고, 강력한 규제수단으로 작용하고 있다.

일본의 어업권 제도와 허가제도를 병행한 이유는 연안 역에서는 영세한 다수의 소생산자가 어업의 중심을 이루고 있고 근해 및 원양 어업에서는 중소 자본이 주가 되며 국제적 관계를 가진 분야에서는 대자본 어업도 존재하는 등 다층적 구조를 가지고 있기 때문이다.

#### 나. 어업권(면허)제도

어업권은 어업자에게 어장의 일정 구역에 대한 배타적인 권리를 부여하여 독점적인 사용권을 부여하는 제도인데, 우리나라의 면허어업제도와 기본적으로 같다. 어업권에는 정치어업권, 구획어업권 및 공동어업권이 있다.

어업권의 취득에 관한 규정은 우리나라의 수산업법상 어업권의 취득에 관한 규정과 유사하다. 다른 점은 일본에서는 당해 수면에 어업권을 설정할 필요가 있을 때에만 어장이 용개발계획을 수립하는데 비하여 우리나라에서는 어업권의 설정 여부와 관계없이 어장이 용개발계획을 수립한다. 그리고 일본에서는 경영자 면허 어업권인 정치 어업권, 구획 어업권, 조합관리어업권인 공동 어업권 및 특정 구획 어업권을 구별하여 어업 면허의 적격성 여부를 정하고 있으나, 우리나라에서는 어업권의 종류에 관계없이 적격성 여부를 정하고 있는 점이다. 어업 면허의 우선순위는 정치어업, 구획어업, 특정구획어업 및 진주양식 어업에 따라 다르다.

어업권의 공법적 성질과 수면의 종합적 이용, 자영자 경영의 원칙 등에 의하여 많은 제

한이 가해지고 있다. 즉 어업권의 이전, 분할 또는 변경은 원칙상 허용되지 않는다. 그리고 어업권의 유효 기간은 한정되어 있고 어업권에 대하여 제한 또는 조건을 부가할 수도 있을 뿐만 아니라 일정한 경우에는 어업권을 소멸시키기도 한다. 신어업법에서는 어업권의 유효기간을 5~10년으로 대폭 축소하였을 뿐만 아니라 유효기간의 갱신도 허용하지 않는다.

#### 다. 허가어업제도

어업권이 설정되는 어장 이외의 수역에서 어업을 영위하기 위하여서는 어업허가를 받아야 한다. 허가어업에는 농수산대신이 허가하는 지정어업과 지사가 허가하는 지사허가어업이 있다. 지사허가어업 중에서 국제적 수역에서 어업활동을 하거나 전국적으로 통일적인 관리가 필요한 어업은 법정 지사허가어업으로 정하여 어업법에서 규정하고 있고, 그 외의 허가 어업은 어업조정규칙에서 규정하고 있다.

지정어업은 어업 중에서 어업자원의 보존 및 보호와 어업 조정을 위하여 어업자 및 선박에 대하여 특별히 제한 조치를 강구하여야 할 필요가 있는 것, 정부간의 협정, 어장의 위치 그 외의 여러 가지 점에서 어업 활동에 관한 관리조치를 통일하여야 할 필요가 있는 어업이다. 지정 어업은 우리나라의 원양 어업과 어업자원에 영향을 많이 미치는 어업을 사용하는 일부 근해어업을 포함하는 개념이다. 원칙적으로 지정어업은 공시를 통하여 허가하여야 한다.

허가를 신청한 어선 척수가 공시한 어선 척수를 상회할 경우에 허가 신청자 중에서 기존허가자가 있을 경우에는 그 자에게 우선하여 허가하고 기존허가자가 허가를 신청하지 않을 경우에만 신청자별 어선 척수, 당해 지정 어업의 어업 활동 상황, 각 신청자의 당해 지정 어업에 대한 의존 정도 등을 고려하여 허가 기준을 정하고 그 기준에 따라 허가한다. 지정어업 허가의 유효 기간은 원칙적으로 5년이다.

지사허가어업은 어업법에 의하여 전국적으로 통일적으로 규제하는 법정 지사허가어업과 각 지역의 어업 특성에 따라 都道府縣 어업조정규칙에 의하여 규제하는 지사허가어업으로 분류한다.

법정 지사허가어업의 종류는 어업법 제66조 제1항 및 제2항에서 명시하고 있다. 법정 지사허가어업에 대하여 주무대신이 어업조정을 위하여 필요하다고 인정할 때에는 도도부현별로 허가 선박의 최대 척수, 합계 총톤수 또는 합계 마력수의 최대 한도를 정하거나, 해역별로 허가할 수 있는 선박 총톤수 또는 마력수의 최대 한도를 정할 수 있다.

어업의 금지기간에는 수산 동식물의 채포를 금지할 뿐만 아니라 불법행위로 채포한 어획물의 소지 또는 판매도 금지한다. 그리고 불법 어획물의 소지와 판매의 금지에 관한 규정은 어업 활동을 하는 본인 자신은 물론이고 제3자에 대하여서도 적용한다.

## 라. 기술적관리제도

일본의 어업제도에도 어구, 어기, 어장 및 어획물의 종류와 크기 등을 제한하는 기술적 관리제도도 어업허가에 포함되어 시행되고 있다. 포획체장의 적정성 여부는 각 지역과 어종에 따라 다르기 때문에 어업법에서 통일적으로 규제하지 않고 都道府縣의 규칙으로 규제하고 있다.

어업의 금지구역을 설정하여 수산 동물의 산란장이나 생육장인 해역 또는 다른 어업과 특별히 경쟁이 심한 어업 등에 대하여, 수산 자원의 보호 배양이나 어업 조정을 행한다. 어업의 금지구역은 일괄적으로 모든 어종과 모든 어업에 대하여 매년 금지하는 것과 필요에 따라서 어종, 어업 종류 및 기간 중 하나만을 금지하는 방법이 있다. 그리고 특정 어장에서만 어업 활동을 할 것을 조건으로 하여 어업 허가를 하기도 한다.

어업금지에는 수산 자원의 보호배양 및 어업조정을 위하여 특정 어업을 전면적으로 금지하는 것을 말하는데, 각 지역의 실정에 따라 都道府縣 지사가 대상 지역을 정하고 규제를 실시한다. 즉 전기 어법, 폭발물이나 독극물을 사용하는 어법 등은 전면적으로 금지된다. 어구의 제한은 대상 어종과 어구에 따라 사용할 수 있는 그물코의 규격을 제한하거나, 어구의 최대 크기를 제한하는 방법을 주로 사용하고 있다.

## 마. 생산량관리제도

일본은 1977년에 이미 “어업 수역 및 어업 수역 잠정 조치법”을 제정하여, 영해 기선에서 200해리까지의 수역의 어업자원에 대한 배타적 관할을 선언하였다. 그리고 1996년에 해양법협약을 비준함에 따라 “해양 생물 자원의 보존과 관리에 관한 법률”을 제정하였다. 동 법은 배타적 경제 수역 뿐만 아니라 영해 및 내수면에 대하여도 일괄적으로 적용하지만 미국 등과는 달리 어업법 또는 수산자원보호법에 의한 어업관리제도는 그대로 시행하고 있다. 가장 중요한 내용은 총허용 어획량제도이다.

총허용 어획량은 최대 지속적 생산의 실현을 목표로 하면서, 자원동향, 식이관계 등 해양 생물의 상호 관계, 해양 환경, 생물 특성 등의 과학적 자료뿐만 아니라 특정 해양 생물에 대한 어업의 경영, 지역사회, 국민 생활에 대한 영향 등을 고려하여 결정한다. 1997년 1월부터 총허용 어획량제도를 시행하고 있는데 설정 어종은 우선 쾡치, 명태, 정어리, 전갱이, 고등어류, 바다참게 등 6종류로 한정하고 있다. 농림수산대신은 기본계획만 수립하고, 구체적인 관리체계는 지사가 기본계획에 의거하여 작성한 시행계획에서 규정하고 있다.

## 바. 자율관리어업

자율관리어업은 일본 전통의 토론과 합의 문화를 어업관리에 적용한 제도로 모든 어업(연근해)을 영위하는 어업자는 자기 업종에 속한 협의체에 반드시 가입하여야하고, 협의체에서 결정한 규칙을 지키도록 규정하고 있다. 일본의 어업허가장에는 협의체의 구성을

법으로 명시하고 있고, 어업허가는 협의체에 가입을 전제로 발부된다. 협의체에서는 어업허가에서 허용된 사항과 지역적으로 또는 업종에서 필요한 사항을 토의하여 규칙으로 제정하게 된다. 가령 법적으로 규율하기 어려운 계절에 따른 망목의 크기, 금어기와 금어구역의 설정, 어구의 사용량의 조절, 조업시기의 어선별 조정, 어장의 이용방법 등 다양한 사항을 결정하고 이들의 준수를 명령한다.

어업자는 자기가 속한 협의체에서 규정한 사항을 반드시 지켜야하며, 규칙의 준수 여부에 대한 감독은 어업자가 상호간의 감시와 견제를 통하여 행해진다. 이러한 어업자간의 상호 감시로 인하여 일본에서는 어업허가장에 사용 어구의 수나 어구의 규모가 명시되어 있고, 이러한 어획노력량의 제한이 잘 지켜지고 있다. 협의체에서는 업종간의 어장이용을 둘러싼 갈등과 분쟁의 방지와 그 해결을 위해서 타 업종의 협의체와도 많은 대화의 협의의 통로를 가지고 있다. 일본에서의 자율관리어업은 모든 일본의 어업관리제도와 밀접한 관계를 가지고 있고, 어떤 어업 규제보다도 상위에 위치하고 있다.

따라서 정부주도의 일방적인 규제에 일관하여 행정력이 미치지 않는 곳에서는 불법어업이 성행하거나, 지나친 경쟁어업을 조장하여 어업자원을 감소시키고 어업의 경제성도 떨어지는 경직된 어업규제보다는 어업자 상호간의 협력과 이해를 통한 자율적인 어업관리제도의 도입을 추진할 필요가 있다. 이 제도의 도입에 핵심적인 요소는 이해 당사자간의 협의체 설립과 가입을 법제화 하는데서 출발할 것이다.

## 제 2 절 북해도 트롤 어업 조사

일본의 북해도 지역의 트롤 어업에 대한 조사는 북해도 트롤 협회의 도움으로 2003년 8월 30일에 실시하였다. 일본 북해도에서 현재 조업하고 있는 트롤선은 총 55척이며, 트롤이 16척으로, 160톤급, 2000마력급 저층 트롤이며, 외끌이는 39척으로 160톤급, 2000마력의 저층 트롤이었다.

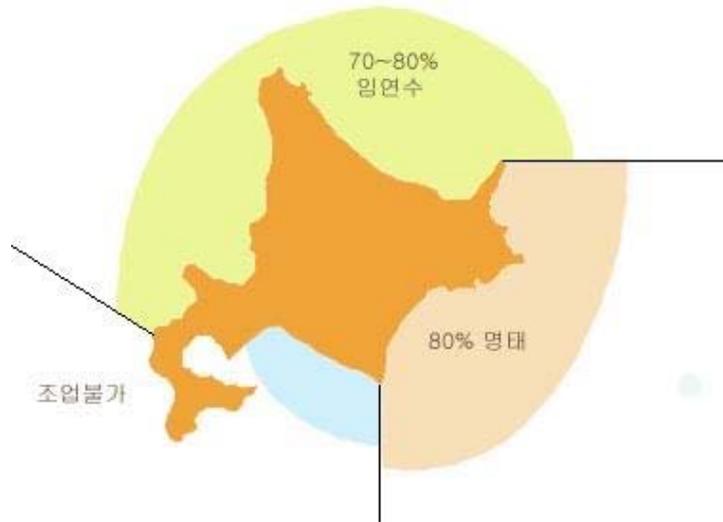


그림 2-2-1. 북해도트롤의 조업 구역 및 어획비율.

Fig. 2-2-1. Hokkaido Trawl's fishing area and catching rate.

북해도의 조업 허가 구역은 나누어져 있으며, 지역별로 경영을 고려한 어선세력 조정을 장기간 하여왔기 때문에 대부분 가까운 거리에서 조업을 하고 있다. 조업 일수는 밤에 출항하면 다음날 밤에 들어오며, 일출부터 일몰까지 조업을 한다. 트롤의 조업 횟수는 평균 3~4회 정도이며, 외끌이는 7~8회 조업이 이루어지고 있다. 조업 인원은 트롤은 13~15명이 외해에서 조업을 하며, 어획물은 빙장처리를 하며, 명태, 임연수와 같은 단일 어종이 많다. 외끌이는 17~18명이 조업을 하며, 연안에서 조업이 이루어진다. 도루묵, 넙치등 어획 어종이 복잡하지만, 선별 인원이 적다는 문제점이 있다.

연간 조업 일수는 150~180일이며, 1척당 연간 어획량은 4000~6000톤이며, 1일당 50~60톤을 어획하고 있다. 어획물은 빙장처리하며, 현재 명태 가격은 60엔/kg정도이다. 어획비율을 살펴보면 명태가 40%였으며, 나머지 60%는 임연수와 오징어였다. 북해도 트롤의 연간 어획고는 3억 5천만엔이며, 트롤은 6, 7, 8월은 금어기에 해당한다.

북해도 트롤 어업은 TAC 양을 달성하면 자율적으로 규제를 하는데, TAC가 중간에 한번 수정될 수 있으므로, TAC로 인하여 어업이 중지된 예는 없다. 분배는 전년도의 어획량을 기준으로 분배가 이루어진다.

감척 비용의 부담은 옛날의 경우에는 국가에서 전부 부담을 하였지만, 현재는 국가가 4/9를 부담하고, 나머지는 북해도에서 2/9 그리고 3/9는 남아 있는 어업자들이 공동 부담하는 형태이다.

트롤 어업은 연안 어구인 자망, 연승, 통발 어업과 마찰을 피하기 위해 주간 조업만 실시하고(어구 발견의 용이성 때문) 있으며, 업종간에 규칙을 정하여 지역별, 수심별, 위치별로 조업구역을 정하여 서로 지키고 있다. 규칙은 매년 합의에 의해서 이루어지고 있다.

업자들이 속한 협의회에서 대화를 통해서 합의에 이르도록 하며, 합의에는 국가가 관여하지 않는다. 또한, 업종간에 여러 가지 사항 연락을 할 수 있는 통신 통로가 있어서, 트롤 조업시 사전 통보를 하면 연안 어업자는 그 지역을 피해서 조업을 한다.

저층트롤 어구의 전개판의 크기가 정해져 있고, 외끌이의 후릿줄 길이도 정해져 있다. 어구의 제작은 트롤의 경우는 수리는 자신이 하며, 제작은 어구공장으로부터 1년에 3000~5000만엔의 어구비를 투자하여 가자미용, 명태용의 2종류 어구를 구입하여 사용한다. 외끌이의 경우 어구 수리는 자신하며, 어구 제작은 어구공장으로부터 하며, 보통 어구 1통에 5000~6000만엔정도이다(그림 2-2-2~그림 2-2-6).



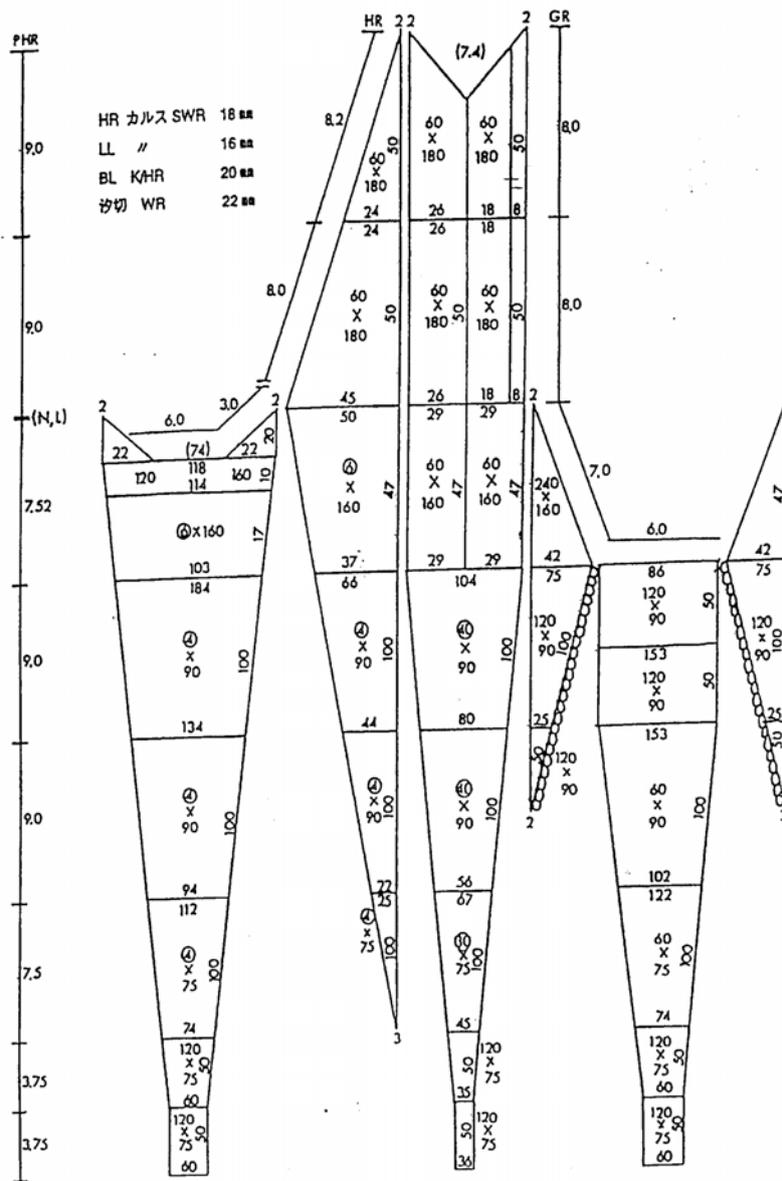


그림 2-2-3. 트롤 그물 설계도(거친 저질).

Fig. 2-2-3. Trawl net design(rough ground).

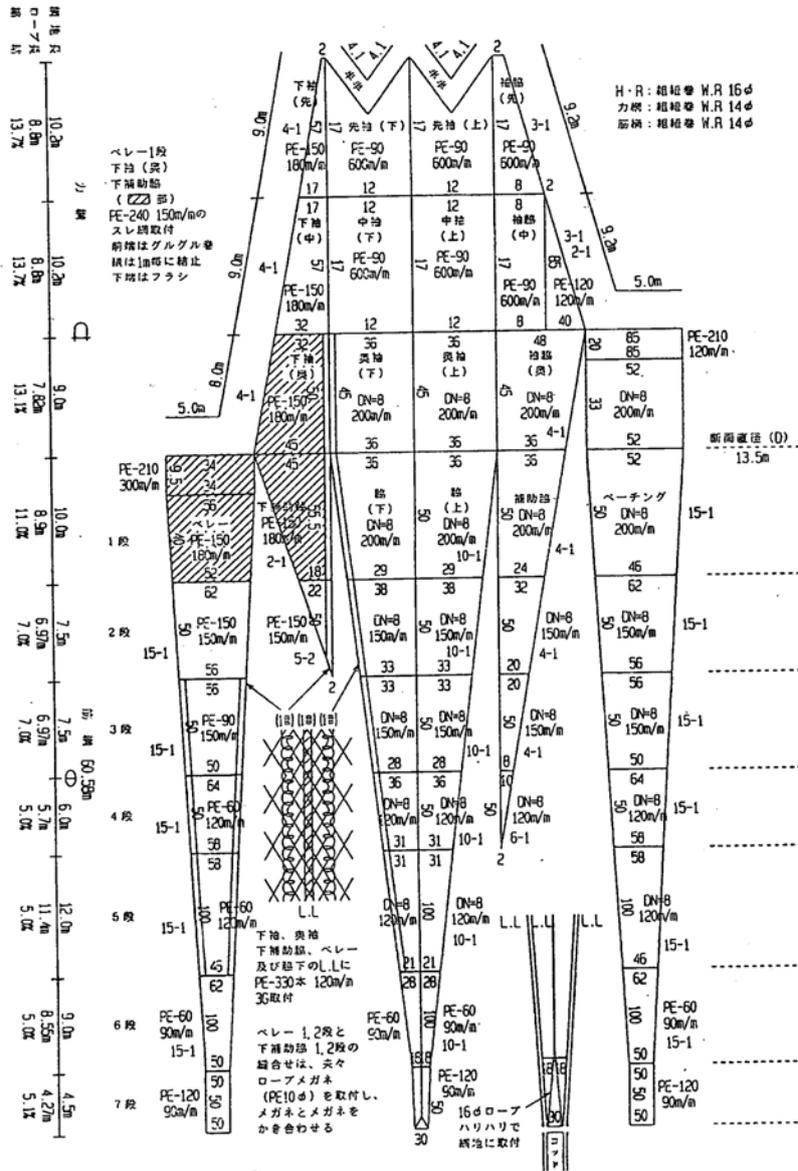


그림 2-2-4. JM형 트롤망(개발1형)의 설계도.

Fig. 2-2-4. JM type trawl net (developed 1st) design.





# 제 3 장 혼획방지를 통한 치어자원 보호방안

## 제 1 절 환경친화형 어업의 개념

환경친화적인 어업은 어획과정에 혼획과 비목적어나 치어의 투기를 줄일 수 있는 어구를 이용한 어업으로 보다 선택성이 높고, 조업 중 어구에 의한 환경파괴가 적으며, 어구가 분실되거나 유실되어도 환경피해가 비교적 적은 어구를 이용한 어업을 말한다. 지금까지 다양한 어구에 대해서 선택적 어업기술이 개발되어왔고, 해양생태계 파괴가 적은 어구의 형태나 조업방법 또는 유실된 어구에 의한 환경피해를 줄이기 위한 어구의 구성방법 등 많은 연구가 국내외적으로 수행되었다. 여기서는 혼획을 줄이고 치어의 탈출이 용이한 어구구성 중 핵심적인 부분을 차지하는 선택적 어업기술을 그물어구와 낚시어구로 나누어 제시한다.

## 제 2 절 그물어구의 선택성과 선택장치

그물어구에 대한 선택성 장치로는 대상어종 중 소형어를 탈출시키고 대형어만을 어획하기 위한 선택장치와 어종을 분리하여 목적인 어종만을 어획하기 위한 선택장치로 나눌 수 있다. 소형어를 탈출시키기 위한 어구로는 먼저 그물코의 기능을 활용한 것을 들 수 있다. 그물어구는 그 자체의 코 크기에 따라 선택성을 가지고 있다. 작은 코의 그물은 작은 고기까지 잡고, 큰 그물코의 어구는 큰 고기를 잡는 선택성이 있다.

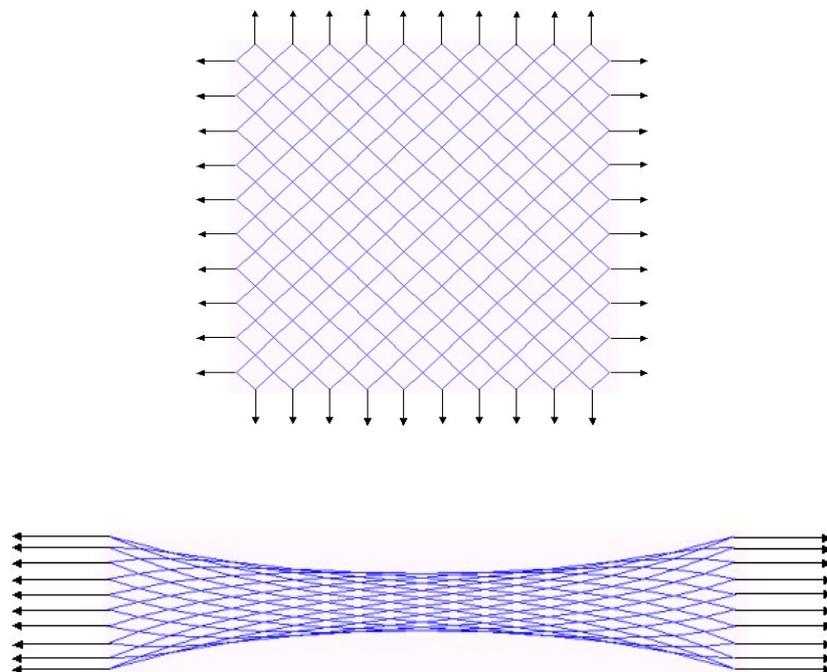


그림 3-2-1. 힘에 따른 그물코의 모양 변화.

Fig. 3-2-1. The shape change of the mesh according to the force.

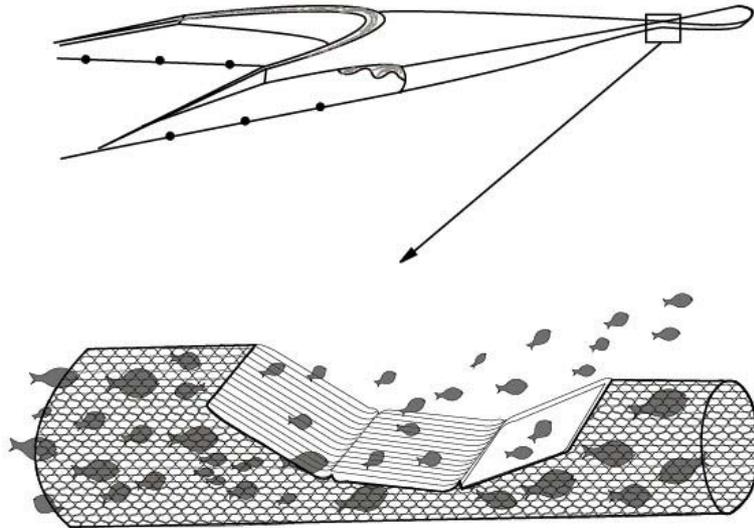


그림 3-2-2. 그리드를 이용한 소형어와 대형어 선택 장치.

Fig. 3-2-2. A selectivity device on small fish and large fish using the grid.

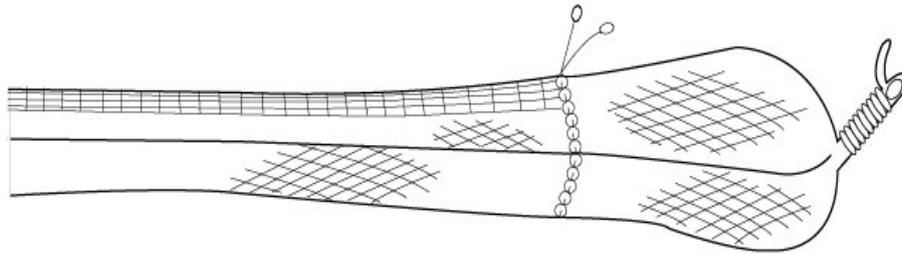


그림 3-2-3. 사각망을 이용한 소형어와 대형어의 선택 장치.

Fig. 3-2-3. A selectivity device on small fish and large fish using the square net.

그러나 그물코는 모양이 망지에 작용하는 힘에 따라 오므라지기도 하고 벌어지기도 하므로 단순히 그물코의 크기만으로는 선택성을 충분히 발휘할 수 없다(그림 3-2-1). 선택성을 높이기 위해서는 작은 고기는 언제든지 빠져나올 수 있는 공간을 항상 확보하는 것이 필요하므로 그물어구에 대한 선택성은 일정한 공간을 어구의 한부분에는 유지시키도록 하는 구조의 개량으로 연구가 진행되었다.

소형어를 탈출시키기 위한 선택성 어구의 예로는 끌그물 종류의 끝자루 그물 입구에 강체로 된 그리드 망을 설치하여 작은 고기를 탈출시키는 방법이라든가 사각형망지를 배치하여 소형어를 탈출시키는 방법이 많이 사용되고 있다. 그림 3-2-2는 트롤 그물의 끝자루 그물 앞에 그리드 장치를 설치한 어구구조로, 작은 고기는 그리드 사이로 빠져나가게 하고, 큰 고기는 끝자루 그물로 유도되어 어획된다. 그림 3-2-3은 자루그물의 천장망쪽에 사각망지를 배치하여 작은고기를 탈출시키는 어구 구성의 예이다.

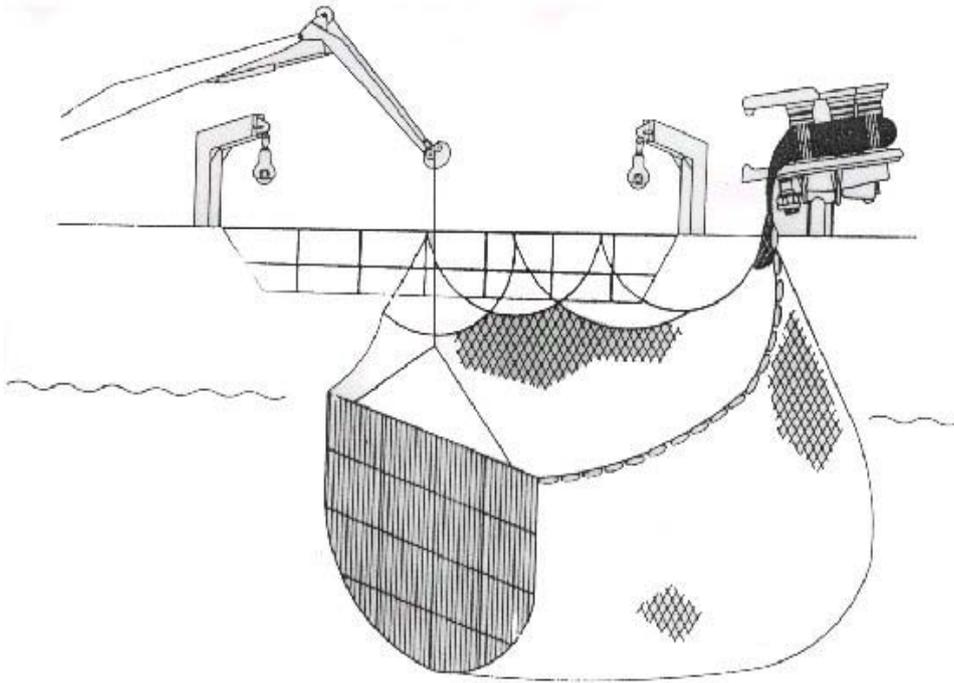


그림 3-2-4. 선망의 소형어 탈출 장치.

Fig. 3-2-4. An escaping device of the purse seine for small fish.

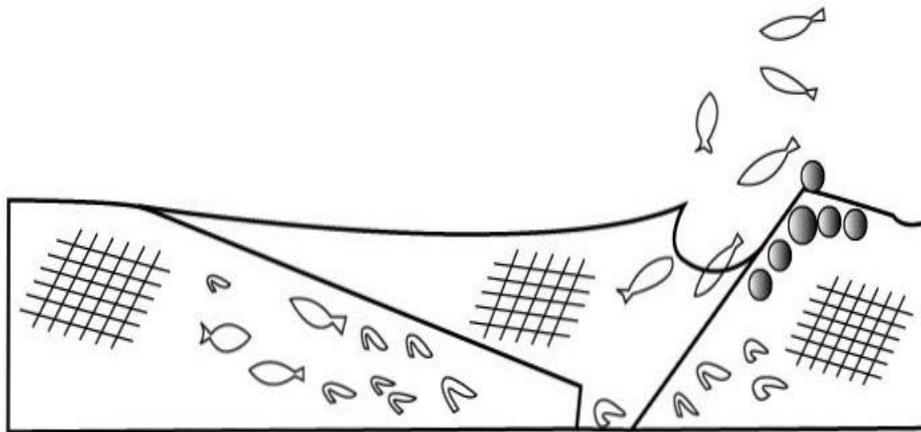


그림 3-2-5. 새우트롤에서 새우와 어류의 분리장치.

Fig. 3-2-5. A sorting device for shrimp and fish in the shrimp trawl fishery.

그림 3-2-4는 선망의 선택장치 예로서 어포부의 한변에 그리드를 설치하여 작은 고기를 탈출시킨 후 나머지 큰 고기를 어획한다.

다음으로는 어종을 분리하여 목적어종을 어획하고 비목적어를 탈출시키기 위한 선택장치의 예이다. 이 경우는 대상어종의 유영력이나 행동특성을 활용한 선택장치가 응용되고 있다. 새우트롤에서 유영력이 좋은 어류는 탈출시키고 유영력이 떨어지는 새우를 어획하

는 선택 그리드가 전형적인 예인데, 끝자루 그물의 앞부분에 그리드망을 설치하여 천정부분을 열어둠으로서 유영력이 있는 어류는 그리드에 부딪힌 후 천정 부분으로 도피하고, 소형의 새우는 그리드 사이로 빠져 들어가 어획된다(그림 3-2-5).

어류를 대상으로 한 어종선택장치로는 끝자루 그물을 2층으로 만들어서 가자미나 넙치류는 하층의 자루그물로 유도하고, 유영력이 좋은 대구류는 상층으로 유도하여 각각에 적합한 선택장치를 하는 방법도 있다.

### 제 3 절 낚시어구의 선택성

낚시어구는 본질적으로 높은 선택성을 갖고 있다. 즉 어구의 부설 수심이 중층인가 저층인가에 따라 대상어종의 서식수층의 선택성을 들 수 있고, 또한 낚시 크기와 종류, 미끼의 종류와 크기, 조업시간대에 따라 높은 선택성을 발휘할 수 있다.

낚시의 크기는 대상어의 크기를 선택하는 성질이 있다. 일반적으로 큰 낚시에는 큰 고기가 어획되며 작은 낚시에는 작은 고기와 큰 고기가 모두 어획되므로 조획율만 고려한다면 작은 낚시가 유리하나 큰 개체의 고기를 어획하기 위해서는 큰 낚시가 유리하다. 낚시형상도 어종선택성에 중요한 영향을 준다. 이것은 낚시어구에 대한 어군행동의 분석으로부터 알려져 시작하였다. 또한 전통적으로 사용되는 낚시들은 각각 대상어종에 따라 다른 형상의 낚시를 사용하고 있는 것으로부터도 알 수 있다. 옥돔을 어획하는 낚시는 채가 짧고 끝이 안으로 굽어있는 원형낚시를 사용하나, 갈치를 낚는 낚시는 채가 비교적 길고, 낚시 끝도 채와 거의 평행인 낚시를 사용하고 있다.

미끼도 어종과 크기 선택 기능이 있다. 낚시미끼는 대상어종에 따라 선호하는 미끼를 사용하므로 미끼종류에 따른 선택성이 있는데, 예를 들면 옥돔의 경우는 오징어나 멸치를 미끼로 쓰며, 갈치는 콩치를, 돔에는 새우를, 명태에는 양미리 등 어종에 따라 선호하는 미끼가 뚜렷이 있다.

미끼의 크기는 대상어종의 크기 선택성이 있다. 일반적으로 미끼의 크기가 클수록 큰 고기의 어획비율이 높고, 작은 미끼에서는 작은 고기도 많이 어획되어 낚시의 크기 선택성과 유사한 결과를 나타낸다.

그 밖에 통발어구의 선택성은 그물코의 크기, 통발의 구조, 미끼의 종류에 따라 결정되며, 자망어구는 그물의 코 크기에 따라 결정된다.

# 종합 고찰 및 제언

## 제 1 장 어획노력량 개념 정립 및 TAC 적용 방안

### 제 1 절 어획노력량 및 표준화의 개념

어획노력량의 개념은 크게 명목상 어획노력량( $f$ )과 실질적 어획노력량인 어획사망계수( $F$ )로 나타낼 수 있다. 어획노력량은 일반적인 의미에서 수산자원을 어획하기 위해 투입된 어로행위의 양을 말하는 명목상 어획량을 뜻한다. 이동성 어구인 트롤어업이나 저인망어업 및 선망어업에서는 어선척수, 마력수, 항해횟수, 조업일수, 어구사용일수, 예망횟수, 예망시간 등이 되며, 유자망 어업의 경우는 투망된 그물폭수, 통발어업의 경우는 투입된 어구수 등이 사용된다. 어획사망계수는 수산자원의 사망 중 인간의 어획에 의해 사망한량을 계수로 나타낸 값이며, 명목상 어획노력량과는  $F= qf$ 의 관계를 가지며, 여기서  $q$ 는 어획성능계수이다. 어획노력량은 어업에 따라서 그 표현 방법이 달라지며, 어업의 특성을 가장 잘 나타내는 값을 주로 사용한다.

어획노력량의 표준화란 이러한 서로 다른 단위의 어획노력량 값을 하나의 단위로 보정해주는 것을 의미하며, 정량화의 개념을 포함한다. 제 2 과제에서 나타내는 어획노력량 정량화의 개념은 어획노력량을 어구의 용적으로 간주하여 어업간의 어획노력량을 하나의 일정한 값으로 나타내는 것으로 어업간의 어획노력량, 즉 어획성능을 비교시 기초자료를 제공한다. 어획성능은 어획노력량의 작은 범위로 해석할 수 있으며, 일반적인 의미에서 어획노력량은 어구의 어획성능뿐만 아니라 조업시간, 어장환경, 선장의 능력 등 포괄적인 의미를 담고 있다. 따라서 어업관리에서 어획노력량의 제한은 인망횟수의 제한 등으로 조업을 하지 못하게 하는 것이나 어선 또는 어구규모를 축소하는 것이나 어획에 가해지는 어획강도의 투입량을 제한한다는 관점에서 같은 의미를 가진다고 할 수 있다.

또한, 수산자원학적인 측면에서의 어획노력량의 표준화는 각 어선의 특성을 고려한 어획성능의 표준화, 어업간의 조업상황의 표준화, 어종간의 생물학적인 영향을 고려한 표준화로 정의할 수 있다. 이러한 어획노력량 표준화 또는 정량화를 통한 자원관리체계의 가장 기초 단계는 일정한 표준어구 또는 어선의 지정으로부터 시작되므로 어구 규모의 정량화에 관한 연구가 먼저 선행된 후엔 제 1과제에서 설명한 어획성능의 표준화 단계는 생략이 가능하므로 조업형태 및 어종간의 생물학적인 요인을 고려한 표준화가 이루어져야 할 것이다 (단, 시대적 어획성능의 변화의 영향이 반영되지 않을 경우엔 시대에 따른 어획성능의 표준화가 행해져야 한다). 어업별 적정 어구규모 (표준어구)가 설정되고 여과

용적을 통하여 이들 어구의 어획성능의 정량화가 이루어진다면 동일업종의 어획성능은 물론 서로 다른 업종간의 어획성능의 비교가 가능해지므로 어획성능의 차이에서 오는 어획노력량의 오차는 없을 것이다. 수산자원학적인 측면에서 어획노력량의 표준화는 TAC 실시를 위한 ABC 추정에 필요한 자원평가에 매우 중요한 역할을 하기 때문에 필수적인 요인이라고 할 수 있다. 어획노력량의 표준화는 자원평가의 신뢰성을 높여줄 뿐만 아니라 표준화된 어획노력량을 통하여 순이익, 어업비용 등을 계산할 수 있으므로 경제성 분석을 통한 어획량 할당에도 유용하게 이용될 수 있다.

## 제 2 절 어획노력량 표준화의 필요성

어획강도는 어획성능 또는 연도의 변화에 따라 서로 다르게 나타난다. 우리나라 고등어 선망어업의 경우, 어획강도에 영향을 줄 것으로 생각되는 평균 척당 톤수는 1983년에 113톤에서 1993년에 122톤, 2002년엔 127톤으로 증가하였다. 평균 척당 마력수 역시 1983년에 988마력, 1993년에 1,477마력, 2002년엔 1,756마력으로 증가하였으며, 이에 따른 어획강도 역시 다를 것이다. 또한 한 어종이 여러 어업에서 어획됨으로써 어업간의 경쟁에 의해 다르게 측정되는 고등어의 어획노력량은 어획노력량 표준화를 필요하게 하는 중요한 요인이다. 우리나라의 경우 고등어뿐만 아니라 오징어, 갈치, 정어리, 전갱이 등 상업적으로 중요한 어종들은 대부분 여러 어업에서 어획되고 있다. 따라서 각각의 어업에서 대상 어종을 어획하기 위한 어획노력량은 서로 다르게 측정된다. 여기서 서로 다르게 측정된 어획노력량을 표준화하지 않으면 그 어종의 전체 자원량에 대한 자원량 추정 및 평가가 제대로 이루어지지 못하며, 그 자원의 상태를 잘못 파악할 우려가 있다.

또한, 한 어업이 주 대상어종을 어획하더라도 그 어업엔 다른 여러종들이 부수적으로 혼획된다. 예를 들면 고등어 선망어업의 경우, 주로 우리나라 남해와 동지나해에서 고등어를 대상으로 조업하지만, 선망어업에 어획되는 어종은 고등어외 전갱이, 정어리가 많이 혼획되고 있다. 또한 이들 어종의 어획량 분포가 매우 비슷하게 분포됨으로써 선망어업에서 고등어 어획시 혼획되는 전갱이와 정어리의 어획량은 고등어의 단위노력당 어획량에 많은 영향을 미칠 것이다.

## 제 3 절 어획노력량의 TAC제 활용방안

우리나라는 1999년 TAC 시범실시가 시작된 이래 최근까지 점차적으로 대상종을 늘려가고 있지만 여러 가지 어업 여건상의 문제로 한계를 가지고 있다. 2003년을 예로 든다면 우리나라 주요 상업적 어종 중 갑각류나 패류를 제외하고는 단 3종 (고등어, 전갱이, 정어리)만이 TAC 대상종으로 선정되어 있다. 이것은 200여종 이상이 어획되는 우리나라의 어업상황에서 매우 적은 수이며, 참조기, 갈치, 명태 등과 같이 경제적으로 매우 중요하지

만 최근 자원의 남획으로 어획이 거의 이루어지지 않고 있는 어종들이 있다. 하지만 이러한 종들은 서로 다른 어업과의 경쟁관계에 있기 때문에 남획 및 자원고갈의 우려가 있고, 현재의 어획량도 매우 낮은 수준에 있는 종들이다.

이와 같이 TAC 실시 대상종이 몇몇 종에 국한되어 있는 이유로는 여러 가지가 있겠지만, 과학적인 자료 및 정보가 부족하여 자원평가가 어렵거나 다어구 어업에 의해서 어획되므로 어획량 배분 및 관리 등의 문제가 있을 것이다. 따라서, 어획노력량의 TAC 활용방안은 크게 두 가지로 나타났다.

첫째, 표준화된 어획노력량은 복잡한 어업에서 어획되는 어종의 자원평가 및 어획량 배분에 매우 용이하다. 2004년 시범 실시예정인 갈치의 경우 앞에서 설명하였듯이 여러 어업에 의해서 어획되므로, 이러한 어업의 어획노력량을 이용한 갈치의 자원평가는 고등어, 전갱이, 정어리와 같이 단일어업에서 거의 대부분이 어획되는 어종에 비해 쉽지 않다. 이러한 어업의 어획노력량 표준화는 자원평가에 중요한 역할을 할 수 있다. 또한, 현재 실시되고 있는 대게 어업의 경우에서와 같이 어획량 비율이 통발어업과 근해자망어업에서 약 80%와 20%가 어획되지만 TAC제에 의한 자원관리가 잘 이루어지고 있다. 다만, 두 어업의 어획량 배분에 있어 적용 가능한 적절한 기준을 찾지 못하고 있다. 대게 어획량의 어획물 조성을 살펴보면 자망어업에서 어획되는 대게가 어체가 크며 판매단가도 통발어업에서 어획된 것 보다 훨씬 높은 것으로 보고되고 있다. 어업비용도 통발어업보다 자망어업이 훨씬 낮은 것으로 나타났다. 이와 같은 경우 두 어업의 어획노력량을 표준화하여 위에서 나타냈던 두 어업을 대상으로 하는 경제성 분석에 적용한다면 각 어업의 적정 어획노력량과 어획량을 추정하고 두 가지 어업에서 어업비용은 적게 들고 최대 순이익을 얻을 수 있는 수준에서 어획량을 배분할 수 있을 것이다. 따라서 어획노력량의 이용은 표준화를 통한 다어구 어업의 자원평가에 유용하게 이용되고, 어획노력량의 비를 통한 어획량 배분에도 적절한 기준을 제시할 수 있다.

둘째, 어획노력량의 정량화에 의해 적정어구규모의 설정을 통한 투입량 규제와 TAC제의 조화이다. 여기서 어획노력량의 정량화는 어업별 어획강도의 정량화를 의미하는 것으로 어업별 어획강도를 비교할 수 있는 척도가 된다. 이것은 TAC로 대표되는 어획량 제한의 output 규제와 이와 상충되는 면허·허가제로 대표되는 어획노력량의 규제라는 input 규제의 상호 조화를 의미한다. 복잡한 어업에서 어획되는 어종의 TAC가 산정되었을 경우, 어획량 배분뿐만 아니라 어획량을 관리하는데도 여러 가지 애로사항이 발생할 수 있다. 이것은 일반적으로 순수한 어획량 할당제가 자본과 노동의 과잉 투입으로 그 의미를 상실할 수 있는 반면, 투입량 규제, 즉 면허·허가제도는 과잉 투입 자체를 사전에 차단하여 어선 또는 어구규모를 적절하게 조정 가능한 경우에는 이러한 상황을 보완할 수 있다. 다시 말하면, 어획기술면에서 어구·어선을 제한할 경우 어업의 생산성을 제한하는 것으로 어획노력량을 조정하는 방법이며, 이것은 TAC와의 조합으로 TAC의 문제

점으로 발생할 수 있는 어획경쟁의 심화를 완화시키는 작용을 할 수 있다. 더구나 이 방법 자체는 어획노력량에 초점을 맞춘 방법이기 때문에 그에 의하여 경영효율의 개선 등 TAC만의 정책으로 불가능한 부분을 보충할 수 있다. 따라서 각 제도의 장점은 내세우면서 각 제도의 효과가 미치지 않는 부분을 새로이 보완할 수 있는 가능성이 있는 조합이라고 할 수 있다. 또한 input 규제는 단순히 어획노력량만을 규제하는 것이 아니고, 이 방법을 통하여 대상어업이나 사회경제 상황 등을 고려한 어업관리의 정책 수단으로도 효과를 발휘할 수 있다. 이것은 TAC가 설정된 상태에서 어업간 경쟁을 줄이고 경제적 손실을 막기 위해 어선수를 몇 척으로 하면 순이익이 최대로 될 것인지, 또는 TAC제 시행을 위한 적정어선형을 도입하는데는 어느 정도의 기준이 적절한지를 고려하는 경제적인 개념도 포함할 수 있다. 어획노력량 정량화를 통해 어업별 어획강도의 비교가 가능하다면, 어느 어업에 어느 만큼 우선적으로 배분할 것인가에 대한 기준도 될 수 있다.

2003년 현재 실시되고 있는 TAC의 대상어종의 선정 기준은 어획량이 많고 산업적 비중이 큰 대중어종으로 고등어, 전갱이, 정어리를 선정하였고, 자원감소가 현저하여 보호가 필요한 정착성어종으로 붉은대게, 키조개, 개조개를 선정하였으며, 어장 및 어구분쟁으로 어업조정이 필요한 어종으로 대게를, 자원보호 및 조업경쟁완화가 필요한 어종으로 꽃게를, 시도지사가 자원보호가 필요하다고 인정하여 신청한 어종인 소라를 선정하여 실시하고 있다. 위에서 나열한 9개 어종은 대부분 비교적 기본적인 자원평가를 할 수 있는 자원생물학적인 정보를 가지고 있으며 자원평가 및 관리가 쉬운 단일 어업에서 주로 어획되는 어종들이다. 하지만, 다종 및 다어구 형태의 복잡한 어획형태를 가지는 저어자원에 대해서도 노력량 표준화를 통한 TAC 확대 적용 및 집중 관리가 요구된다.

## 제 2 장 소극적 어법의 어구

### 제 1 절 어업별 실태조사 및 방법

본 연구의 조사 대상 어업은 연·근해의 중소형 어업으로서 소극적 어법으로 분류되는 안강망 어업, 자망 어업, 통발 어업, 연승 어업으로 하였고, 이들 어업이 성행하는 대상 지역을 선정하여 필요한 자료를 조사하였다.

안강망 어업은 여수지역, 대게 자망과 붉은 대게 통발은 동해안 일대에서 조사가 이루어졌으며, 꽃게 자망은 경기도의 서해안 지역, 복어 연승은 동해안과 제주도에서, 갈치 연승도 제주도에서 봉장어 통발은 남해안 일대에서 조사하였다.

조사 방법은 해당 단위 수협에서 선정해준 어선을 기준으로 현장에서 직접 어선과 어업종사자를 대상으로 조업 실태를 조사하였고, 해당 수협에서 필요한 자료들을 수집하였다. 주요 조사 내용은 어업별 어구 어법과 대상 어종, 어구 설계도, 어획량과 조업 조건 등 각 어업별로 어획노력량 분석 및 어구를 분석하는데 필요한 사항들에 대해서 조사하였다.

안강망 어업의 실태조사 결과, 어선은 69톤급이 약 80%를 차지하였으며, 조업 인원은 8~10명 정도였다. 어구는 망고가 45m, 망폭이 45m, 길이가 100~120m였으며 약 9~10통의 어구를 사용하였고, 예비어구로 4~5통을 준비하고 있었다.

대게자망 어업의 실태조사 결과, 어구 한쪽의 길이는 90m 이상을 사용하는 것으로 나타났다. 또한 한쪽 센의 길이는 2m~3m인 것을 가장 많이 사용하는 것으로 나타났다. 대게 자망의 어구 사용량은 어선 한 척이 10쪽에서 30쪽의 어구를 사용하는 것으로 조사되었으며, 170시간 이상 침지하는 것으로 조사되었다. 연중 조업일수는 100일에서 130일 조업하는 것이 가장 많았다. 현재 사용되고 있는 그물 망목의 크기는 242mm의 망목을 가장 많이 사용하는 것으로 조사되었다.

꽃게자망 어업의 실태조사 결과, 꽃게 고정자망의 경우는 자망 한쪽 길이가 100m, 한쪽 센 길이가 4.8m인 어구를 사용하고 있었다. 유자망의 경우는 한쪽의 길이가 45m에서 100m 사이가 대부분이었다. 또한 한쪽 센 길이는 2m의 경우가 가장 많은 것으로 조사되었다. 또한 어선 한 척이 1일 사용하는 폭수는 고정자망의 경우 80쪽에서 120쪽 사이가 가장 많은 것으로 조사되었으며, 유자망의 경우는 10쪽 이하가 많은 것으로 조사되었다. 꽃게 고정자망의 경우 22시간을 침지시키는 것으로 조사되었고, 유자망의 경우는 72시간이 가장 많은 것으로 조사되었다. 연중 조업을 하는 일수는 고정자망의 경우 41일에서 60일 정도의 조업을 하는 어선이 대부분을 차지하였다. 또한 유자망의 경우는 120일이 가장 많은 것으로 조사되었다. 조사된 꽃게 고정자망의 망목 크기는 127mm의 어구를 사용하고 있었으며, 유자망의 경우는 100mm, 150mm가 대부분을 차지하였다. 꽃게 고정자망의 어선의 규모는 61톤에서 70톤 사이가 가장 많은 것으로 조사되었다. 또한 유자망은 11톤에서 20톤 사이의 어선이 가장 많이 조사되었다.

붉은대게통발 어업의 실태조사 결과, 통발크기는 1500mm×800mm×1000mm(아래지름, 윗지름, 옆길이)크기의 통발이 가장 많은 것으로 조사되었다. 또한 통발의 간격은 40m가 가장 많은 것으로 조사되었다. 어구의 사용량은 4,000개에서 6,000개 정도의 통발을 사용하는 경우가 가장 많았다. 침지시간은 168시간이 가장 높은 것으로 조사되었다. 연중 조업을 하는 조업일수는 100~200일인 어선이 가장 많은 것으로 나타났다. 현재 사용되고 있는 통발의 망목 크기는 120mm를 가장 많이 사용하고 있는 것으로 나타났다. 어선의 규모는 60톤에서 100톤 정도의 어선이 가장 많이 조사되었다. 조업인원은 10명과 12명이 많은 비율을 차지했다.

붕장어통발 어업의 실태조사 결과, 어구는 연안어선의 경우, 통발길이 540mm에 지름 125mm의 어구를 사용하고 있었다. 통발의 간격은 12m로 조사되었다. 하루 사용하는 통발의 개수는 연안에서는 평균 130개 정도의 어구를 사용하고 있었고, 수협 통계자료를 이용한 근해어선의 경우에는 11,000개 정도를 사용하였다. 통발의 침지시간은 연안에서는 평균 12시간 정도였고, 근해어선의 경우에는 4시간 정도였다. 연중 조업일수는 연안 어선

의 경우는 평균 123일, 근해어선의 경우는 135일로 조사되었다. 어선의 규모는 연안어선의 경우 평균 2.5톤 정도였고, 근해어선의 경우는 평균 79톤으로 조사되었다. 조업인원은 연안어선의 경우 1명에서 2명 정도로 조사되었다.

복어연승 어업의 실태조사 결과, 3,000개에서 7,000개의 낚시를 사용하는 것으로 조사되었다. 침지시간은 대부분 2시간내외였다. 연중 조업일수는 50일에서 100일 사이가 가장 높은 것으로 나타났다. 낚시간격은 5m가 가장 많았다. 어선의 규모는 6톤에서 7톤, 9톤에서 10톤의 어선이 많은 경향을 보였다. 조업인원은 3명이 가장 많았다.

갈치연승 어업의 실태조사 결과, 1일 사용하는 낚시수는 11,200개였으며, 낚시규격은 17호 사용하였다. 침지시간은 1~2시간으로 조사되었으며, 연중조업일수는 250일이 가장 높은 빈도수를 나타내었다. 또한 낚시간격은 4m로 조사되었다. 어선의 규모는 29톤이 24척 중 20척으로 가장 많았으며, 8명이 조업하는 것으로 조사되었다.

실태조사를 통해 어획노력량을 조사하기 위해서 각 어업별 어획노력량의 파라미터와 어획량과의 관계를 조사·분석하였다. 먼저 입구일정어구인 안강망 어업은 자루그물의 입구의 크기, 연중 조업일수 등이 어획노력량으로, 자망, 통발, 연승어업의 경우 어구 및 침지시간 등이 어획노력량이 되기 때문이 이러한 현황을 조사하였다.

## 제 2 절 실태조사를 통한 어획노력량 조사 분석

안강망 어업의 연간 어획량은 척당 39만톤이며, 1항차당 평균 어획량은 26톤이었다.

대게자망 어업은 망목의 크기가 어획량과는 그다지 큰 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 또한 자망 한 폭의 면적보다도 어장의 상태가 어획에 주는 영향이 큰 것으로 판단되며, 침지시간이 길수록 어획량은 점점 증가하는 것을 볼 수 있었다. 그 중 자망의 총사용 길이가 어획량과 가장 상관관계가 높은 것으로 나타났다.

꽃게 고정자망의 경우, 거의 같은 어구어법을 사용하고 있어 망목 크기나 자망의 면적 및 침지시간도 동일하게 조사되었으며, 자망 1일 사용 면적이 어획량과 상관관계가 큰 것으로 조사되었다. 하지만 유자망의 경우는 망목의 크기, 1폭의 면적, 1일 사용폭수, 침지시간 및 자망의 사용면적 등 대부분의 파라미터에 대해 어획량과 상관관계가 거의 없는 것으로 조사되었으나 이것은 자료의 정도와 양이 부족한 결과로 분석하였다.

붉은대게 통발은 어구 크기는 거의 대부분 같은 어구를 사용하고 있었고, 망목의 크기 도 대부분 120mm를 사용하고 있었다. 따라서 망목의 크기별 어획량과는 상관관계를 확인할 수 없었다. 통발 간격도 40m의 간격이 거의 주를 이루고 있었다.

복어연승은 어구의 사용량의 측면에서 볼 때 낚시수, 낚시 간격이나 연중 조업일수에 의한 어획량의 변화가 클 것으로 생각되었으나, 실태조사결과 그다지 큰 상관관계를 보이지 않았다(어장이 다르기 때문). 또한 어선의 마력이나 어선톤수 역시 어획량과 상관관계가 크지 않는 것으로 조사되었다.

갈치연승의 실태조사 결과 낚시수나 낚시간격은 모두 동일하게 조사되어, 연중 조업일수가 어획량에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 조사되었다.

### 제 3 절 어획노력량의 이론적 산정 방법

소극적 어법에 속하는 각 어구어법에 대하여 실질적으로 어구가 어획 대상 생물에 미치는 어획노력량을 산술적으로 비교 계산하는 방법을 제시하였다.

안강망은 긴 자루형의 그물 입구에 전개장치를 부착한 어구를 조류가 강한 해역의 해저에 맞으로 고정시켜 놓고 조류에 의해 물고기가 그물 안으로 들어가게 하여 어획하는 어법이다. 따라서, 안강망 어구의 크기, 조류의 세기, 침지시간 등이 어획노력량에 미치는 중요한 요소로 분석되었다.

자망 어구 중 본 연구의 대상이 되는 대게 자망과 꽃게 자망은 그물의 그물살에 몸에 영켜서 잡히는 것이다. 따라서, 자망의 사용 폭수, 자망 한 폭의 크기, 그물코의 크기, 성형률, 조류의 세기 등이 어획노력량에 미치는 중요한 요소로 분석되었다.

통발 어구의 어획구조는 대부분 통발 속에 들어 있는 미끼의 냄새로 물고기를 유집하고 통발 속으로 들어온 고기가 쉽게 빠져나가지 못하도록 하여 잡는 것이다. 따라서 통발의 구조, 통발의 수, 미끼의 유집 효과, 침지시간 등이 어획노력량에 미치는 중요한 요소로 분석되었다.

연승 어구의 어획구조도 대부분 낚시바늘에 끼워져 있는 미끼의 냄새로 대상 어종을 유집하고 미끼를 먹다가 낚시에 걸린 고기를 잡는 것이다. 따라서 낚시바늘의 크기, 낚시의 수, 미끼의 유집 효과, 침지시간 등이 어획노력량에 미치는 중요한 요소로 분석되었다.

### 제 4 절 어업별 적정 어구 규모 및 적정 어획노력량

근해 안강망 어업에 있어서, 현용 어선 및 승선인력의 효율성을 생각할 때, 가장 효율적인 적정어구는 현용 어구가 가장 적정 어구라 생각된다. 즉, 현재 어업상황에서 적정 어구규모는 어구의 입구 크기가 가로 세로 모두 약 45m 전후인 것으로 제시하였다. 그러나 장기적으로는 선박과 어구의 크기를 점차 줄이는 것은 가능할 것으로 판단된다. 또, 적정 어획노력량은 MSY 기준자료와 4년간 안강망 어업 허가의 감소율을 감안하여 현재보다 어구사용량을 32% 줄여야 한다.

대게 자망 어업의 적정 어구규모는 그물 제작 시 사용되는 재료나 어업 여건을 감안하여 그물코 240~300mm, 한 폭의 가로 길이는 90m, 섀은 3m라 할 수 있으며, 비교적 자원관리에 노력을 해온 대게 자망 어업의 적정 어획노력량은 현재의 어획강도를 유지하여도 무방할 것으로 보여지며, 만약 타 자망어업과 같은 비율로 줄여야 한다면 어구 투입량을 33% 줄여야 적정한 것으로 판단된다.

꽃게자망 어업의 적정 어구규모는 그물코 127mm 내외, 한 폭의 가로 길이는 100m, 섀은 2m로 제안할 수 있으며, 적정 어획노력량은 최근 우리나라의 꽃게 생산량이 급속하게 감소하고 서해안 꽃게자원의 급감을 감안하여 현 단계에서 적정 어획강도를 정하는 것은 어려움이 있으나, 전체 꽃게 어획량으로만 생각한다면 현 어구투입량의 약 50%가 적정한 것으로 판단된다.

붉은대게 통발 어업의 적정 어구규모는 어업의 여건에 따라, 그물코 120mm, 통발의 크기는 가로가 1300mm이하(1300mm×720mm×720mm)로 하는 것이 바람직하다고 생각되며, 적정 어획노력량은 현 수준을 유지해도 무방할 것으로 보이고 붉은대게를 어획하는 타 어업의 어획노력량을 44% 줄이는 것이 붉은대게 자원의 관리에 더 효과적이라고 판단된다.

붕장어 통발 어업의 적정 어구규모는, 통수공의 크기는 35cm 붕장어가 빠져나가는 크기로 하고 통발의 크기는 길이 600mm이하, 지름 150mm이하로 하는 것이 바람직하다고 생각되며, 적정 어획노력량은 근해어업의 경우에 어획량이 4년간 약 50% 수준으로 떨어졌으므로 예방적 접근 수준 MSY 값인 61% 수준이 적정할 것으로 판단된다.

복어 연승 어업의 적정 어구규모는 낚시의 간격 4m, 낚시의 규격은 15호(40×14mm), 하루에 투·양승할 수 있는 낚시수는 5,000개 이내로 제시하였으며, 적정 어획노력량은 예방적 접근 수준 MSY 값을 기준으로 59% 줄여야 한다고 판단되었다.

갈치 연승 어업의 적정 어구규모는 낚시의 간격 4m, 낚시의 규격은 17호(40×18mm), 하루에 투·양승할 수 있는 낚시수는 10,000개 이내로 제시하였으며, 적정 어획노력량은 현행대로 유지되어도 무방할 것으로 판단된다.

## 제 3 장 적극적 어법의 어구

### 제 1 절 어구의 규모 변화와 어획노력량 산정의 문제점

우리나라 어구의 규모가 시대에 따라 어떻게 변화 했는가를 대표적인 어구 쌍끌이, 트롤 및 선망에 대해서 나타내면 표 3-1-1과 같다. 어구설계기술과 운용기술의 발달로 어구의 규모 또는 사용량은 지난 30여년간에 걸쳐서 크게 증가하였다. 1970년대에 사용하던 어구는 트롤의 경우 대부분 저층트롤로 평균 예망마력이 130~150마력인 반면, 2000년대에는 1500마력으로 10배가량 증가하였고, 어구의 규모도 대부분 3~5배 증가하였다. 선망과 쌍끌이에 있어서도 마력수는 3~5배 증가하였고, 어구의 규모는 쌍끌이의 경우 3~5배 증가하였고, 선망의 경우 1.5배정도가 증가하였다. 따라서 어획노력량에 어구의 규모를 반영하지 않는다면, 예망 시간이나 투망 횟수에는 큰 차이가 없으므로 어획노력량은 지난 30여년간에 걸쳐서 비슷한 것으로 계산되나, 어구의 규모 변화를 반영한다면, 어획노력량은 어구의 규모에 비례하므로 3~5배가 증가된 것으로 계산된다.

표 3-1-1. 어구의 규모변화

Table 3-1-1. The scale change of fishing gears

		1970년대	1980년대	2000년대
트롤	마력수(hp)	130 ~ 150	600 ~ 1,000	1,500
	망주 길이(m)	85 ~ 95	110 ~ 140	345 ~ 400
	그물 길이(m)	40 ~ 45	75 ~ 95	150 ~ 200
쌍끌이	마력수(hp)	250 ~ 400	450 ~ 850	1,300
	망주 길이(m)	150 ~ 170	150 ~ 200	400 ~ 450
	그물 길이(m)	55 ~ 60	85 ~ 100	200 ~ 230
선망	마력수(hp)	500 ~ 800	1,000 ~ 1,500	1,700
	뜸줄 길이(m)	900 ~ 1,000	1,000 ~ 1,300	1,000 ~ 1,500
	폭 길이(m)	150 ~ 200	250 ~ 280	200 ~ 300

CPUE를 나타낼 때 단위 노력을 나타내는 기준에 대한 불합리한점을 알고 있으면서도 새로운 개념의 여과 용적을 노력량으로 하는 방법을 사용할 수 없었던 이유는 여과용적의 계산이 어렵기 때문이다. 여과 용적을 정확히 계산하기 위해서는 어구의 수중형상을 계측하거나 계산할 수 있어야 하나, 어구의 형상은 어구의 구조, 설계방법, 및 조업조건에 따라 달라진다. 다양한 어구에 대해서 어구의 수중형상을 정확하게 계측하는 것은 현재의 수중센서기술로서는 아직도 어려운 일이고, 어느 특정한 조업조건에서 어구의 일부분을 계측해서 전체의 형상을 추정할 수밖에 없다. 또한, 유연구조물인 어구는 해양환경과 조업조건에 따라 그 형상이 달라지므로 어구의 형상을 계산하는 일도 쉬운 일이 아니다. 그러나 최근 어구의 수중형상을 시뮬레이션 할 수 있는 모델링 방법과 계산 알고리즘이 개발되면서 다양한 조업조건에 따라 어구형상을 계산할 수 있게 되었다.

본 연구에서는 어구의 수중형상을 다양한 조업조건에 따라 계산할 수 있는 컴퓨터화된 도구의 개발과 병행하여 어획노력량의 계산이 추진되었다. 컴퓨터화된 계산도구의 이용을 통하여 본 연구에서는 실태조사결과 입수된 어구설계도로부터 조업조건을 고려하여 정확한 어구 형상에 대한 시뮬레이션을 수행하여 어구형상을 추정하였고, 여기에 조업시간을 고려하여 어획노력량을 계산하였다.

## 제 2 절 어획노력량의 정량화와 어업별 비교

본 연구에서는 어획노력량의 정량화라는 관점에서 각종어구의 어획노력량을 보다 절대적인 개념에서 나타내고자 하였다. 과거의 CPUE의 척도로서 예망시간이나 투망횟수로는

어구의 규모가 반영되지 않으므로 업종간의 어획노력량을 비교할 수 없으나, 본 연구에서 제안하는 여과용적은 어구의 규모와 어법적인 측면도 고려되므로 어법이 다른 어구 간에도 어획노력량의 비교가 가능하다. 본 연구 결과 물리적으로 계산된 어획노력량은 쌍끌이가 가장 크고, 다음은 대형트롤과 대형선망의 순서였다.

그러나 앞에서 언급한 쌍끌이, 트롤 및 선망은 어획성능이 어구별로 다르기 때문에 본 연구에서 계산된 어획노력량을 그대로 비교하여 어느 어업이 어획노력량이 과도하므로 자원에 어획압력을 크게 주는 어구이고, 어떤 어구는 어획노력량이 과소하므로 어획압력을 작게 주는 어구라고 판단할 수 는 없다. 즉 여기에는 어획성능의 고려되어야 하기 때문이다. 어획성능은 어구마다 다르고, 같은 어구라 할지라도 어종에 따라서 달라진다.

척당의 어획량의 자료를 살펴보면 표 3-2-1에 나타낸 바와 같이 선망의 경우가 가장 많고, 다음이 트롤이고 쌍끌이는 비교적 적은 편이다. 또한 업종별 단위노력당 어획량도 선망이 가장 높고 다음이 트롤 쌍끌이의 순이다. 이것은 쌍끌이나 트롤의 어획성능이 선망에 비해서 떨어진다는 것을 나타낸다. 즉 선망을 조우한 어류는 어획될 확률이 매우 높으나, 쌍끌이나 트롤을 조우한 어류는 어획될 확률이 낮다는 것을 의미하기도하며, 한편으로는 트롤과 쌍끌이 어구는 선택성이 높고, 선망은 선택성이 낮다는 것을 의미하기도 한다.

본 연구에서 어획노력량의 분석이 중점적으로 행해진 대형트롤, 대형선망 및 쌍끌이, 동해구트롤, 기선권현망어업에서 얻어진 어획노력량을 어획강도와 비교하면 어획노력량이 가장 큰 쌍끌이와 기선권현망, 대형 트롤이  $f_{msy}$  수준과  $2/3f_{msy}$  수준에서 모두 적정어획강도를 가장 많이 초과한 어획노력량이 투입되는 어업으로 나타났고, 다음은 선망, 동해구트롤(중층트롤)의 순이다. 따라서 쌍끌이, 기선권현망, 대형트롤, 선망 등의 어업은 어획노력량의 감축이 시급히 필요한 업종이다.

**표 3-2-1. 업종별 어획량**

Table 3-2-1. The catch for each fishery

업 종	총어획량(ton)	어선수(척)	척당 어획량 (ton/척)	어획노력량 ( $m^3$ )	단위노력량 어획량 ( $kg/m^3$ )
쌍 끌 이	88,752	35	2,535.77	$27,486.2 \times 10^6$	$9.23 \times 10^{-5}$
대형 트롤	138,690	50	2,773.8	$9,971.7 \times 10^6$	$28.82 \times 10^{-5}$
대형 선망	177,425	35	5,914.17	$4,873.1 \times 10^6$	$121.36 \times 10^{-5}$

### 제 3 절 어획노력량의 업종간 비교

어획노력량의 비교는 업종간의 어업관리와 분쟁의 조정에 기본 자료가 될 수 있으므로 유용한 수단이나 어업의 특성을 고려하여 신중히 비교하여야한다. 먼저 적극적 어구와 소극적 어구간의 노력량 비교는 어획기구에서 큰 차이가 있으므로 직접적인 비교는 어렵다. 그러나 적극적 어법의 어구 또는 소극적 어법의 어구들끼리는 어구의 형태와 어법을 고려하면 비교할 수 있다.

만약 이들 업종이 같은 어장에서 같은 대상어를 목적으로 비슷한 수심에서 조업하고 있다면 상대적인 어획성능을 어획의 결과로부터 추정할 수 있을 것이다. 이들 업종은 대부분 다른 어장에서 다른 어종을 대상으로 조업하고 있고, 어법적으로도 선망은 밀집된 어군을 대상으로 주로 표층과 중층에서 어구가 작용하나, 트롤과 쌍끌이는 비교적 분산된 어군을 대상으로 중층과 저층에서 주로 조업하는 특징이 있다.

따라서 어획노력량의 업종간 비교는 어획성능과 어법적인 측면을 고려하여 비교할 수 있고, 본 연구에서는 그 비교의 일부 지표를 도출한 것이다. 결국 각 어구별로 주요 대상 어종에 대해서 어획될 확률 즉 어획성능을 정확하게 알아내는 연구가 향후 계속 되어야 할 것이다. 그러나 조업조건이 비슷한 쌍끌이와 트롤 등의 예망어구에 대해서는 어구의 구조가 유사하고 대상 어종과 어장도 유사하므로 어구의 어획성능도 유사한 것으로 전체한다면 어획노력량을 비교할 수 있다.

### 제 4 절 어구의 적정 규모 설정

어구의 적정 규모 설정 문제는 어획노력량과 자원의 관계, 어업경영적인 측면 등을 고려하여야 한다. 어획노력량은 조업실태를 통하여 물리적으로 계산되는 양이므로 자원에 대한 정확한 진단이 선결의 문제이다. 자원에 대한 진단시 CPUE 자료를 활용한다면 앞에서 언급된 어구의 규모가 반영되는 것이 중요하다. 또한, 어구의 규모 보다는 어획노력량이 기준 지표로 활용되는 것이 합리적이다. 왜냐하면 어획노력량이 자원을 속아내는 보다 직접적인 지표이기 때문이다. 따라서 적정어구의 규모보다는 적정 어획노력량의 투입 관리를 통해 어업을 관리 할 수 있다. 어획노력량의 조절은 여러 가지 수단으로 가능한데 어구의 사용량 또는 규모를 증감하는 방법, 조업시간을 증감하는 방법, 어선세력이나 마력수를 증감하는 방법이 있다. 그러나 조업시간의 조절은 어업활동을 방해하는 측면도 있고, 실질적인 통제가 불가능하므로 결국 어구의 규모나 어선 세력의 조절이 어획노력량 조절수단이다.

적극적어법의 어구에서 어획노력량의 감축은 어선세력을 줄이는 방법이 바람직하다. 어구의 규모를 줄이는 방법은 법적인 근거를 제시하기가 어렵고, 기술의 발달을 억제하는 역기능도 있을 뿐만 아니라 현장에서 어구의 크기를 계측하는 일이 거의 불가능하므로

현실적이지 못하며, 사용시간을 줄이는 문제는 모든 어선의 조업활동이 투명하게 관리되고 읍저버가 승선하여야 가능한 방법이다. 따라서 적극적어법의 어구는 어선세력을 줄이는 것에 의해 어획노력량을 감축하는 것이 현실적이나, 재정적인 부담을 누가 얼마만큼 할 것인가가 문제로 된다.

본 연구에서 적극적 어구의 어획노력량은 예방적 접근의 MSY를 고려할 경우 쌍끝이는 46%, 대형트롤은 28%, 기선권현망은 46%, 선망은 11%의 어획노력량을 감축하는 것이 바람직할 것으로 제시되었다. 이와 같이 감축된 어획노력량을 투입할 수 있는 어구의 규모가 현재의 자원수준을 고려한다면 적정어구의 규모로 볼 수 있다.

## 제 4 장 향후 연구과제 및 제언

합리적인 어업관리를 위해서는 어떤 어업에서 얼마만큼의 어획노력량이 투입되는지에 대한 지속적인 조사가 자원조사와 병행하여 실시되어야 한다. 특히, 현재의 읍저버 제도는 어획량과 배정된 쿼타의 소진을 감시하는 것이 주 임무로 되어있으나, 앞으로는 조업실태에 대한 조사를 추가하여 어업별로 어획노력량이 어느 정도 투입이 되었는지를 정량적으로 계산할 수 있는 상세한 조업실태 자료를 보고하도록 해야 한다. 지금까지는 읍저버에 의한 정보수집의 대상이 어획정보와 생물학적 정보를 주 대상으로 하고 있으나 앞으로는 어선이 투입하는 어획노력량을 정확히 계산할 수 있도록 어구에 대한 상세도면, 조업 방법, 조업시간, 조업횟수, 사용한 어구의 수 등 상세한 조업자료가 조사되어 이를 기초로 어획노력량을 계산할 수 있어야 한다. 또한, 읍저버에 의한 현장조사와 아울러 정기적인 어획노력량에 대한 체계적이고 지속적인 조사체계도 확립하여 우리나라의 어업의 업종별 어획노력량 자료를 확보하는 것이 우선적인 과제이다.

또한 어획노력량으로부터 직접적으로 자원량을 추정할 수 있는 연구를 수행해야 한다. 어획노력량과 자원량을 관계 지을 수 있고 변수가 어구의 어획성능이다. 어획성능은 어구의 작동 영역안에서 어구를 조우한 어류중 어느 정도가 어획되었는가를 나타내는 지표로 어구에 따라 달라지며, 같은 어구라도 대상어종과 어장 환경등 많은 요소의 영향을 받는다. 따라서 중요한 어구에 대해서 어획과정에 대한 직·간접적인 관찰과 어구의 기능에 대한 생물의 반응 행동을 고려한 어획성능을 추정하는 연구가 계속되어야 한다.

어구의 규모 또는 사용량을 고려한 어획노력량의 정량화와 그의 투입 관리는 서로 다른 어구 또는 크기가 다른 어구로 한 어장에서 같은 어종을 대상으로 조업하는 어업의 관리에 매우 유용하다. 이러한 어업의 형태는 우리나라 주변의 한중일 3국의 어업에서 흔히 볼 수 있다. 대부분의 어업대상어종은 경계왕래어종이며, 이들 어종의 회유경로를 따라 어장이 이동되므로 경우에 따라서는 상대국에 입어하기도하고 경우에 따라서는 상대국의 어선을 입어시키기도 한다. 현재 이와 같은 상호 입어시 문제가 되는 것이 어획노력

량의 기준이 어구별로 다른 점과 같은 어구를 사용하더라도 국가별로 어구의 규모가 다르므로 어획노력량 투입의 형평성을 추구하기가 어렵다는 점이다. 그러나 본 연구에서 제안하는 어획노력량의 산정방법을 활용하면 크기가 다른 어구 또는 다른 종류의 어구를 사용할 경우에도 정량화된 어획노력량을 산정할 수 있으므로 국제 어업관리에 적용할 수 있고, 적용시에는 우리 주변 해역에서의 어업관리에 주도적인 역할을 수행할 수 있다.

## 참고문헌

국립수산과학원. 1993~2002. 해구별어업별어획량 및 노력량.

대형선망수산업협동조합. 1993~2002. 대형선망어선명부.

수산업협동조합. 1988~2002. 수산물계통판매통계연보.

수산업협동조합. 1988~2002. 어업경영조사보고.

장창익. 1991. 수산자원생태학. 우성문화사. 서울.

해양수산부. 2000. EEZ 체제하에서의 TAC 어업자원 관리기법 및 공동이용자원에 쿼터시스템에 개발에 관한 연구. 542p.

해양수산부. 1988~2002. 해양수산통계연보.

Allen, R., and R. Punsly. 1984. Catch rates as indices of abundance of yellowfin tuna *Thunnus albacares* in the eastern Pacific Ocean. Int.-Amer. Trop. Tuna Comm. bull. 18: 301-379.

Baelde, P. 1991. Assessment of the Australian deep-water royal red prawn stock using commercial catch and effort data. Fisheries Res. 12: 243-258.

Beverton, R. J. H., and S. J. Holt. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Chapman and Hall, London. Facsimile reprint, 1993.

Gavaris, S. 1980. Use of a multiplicative model to estimate catch rate and effort from commercial data. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 2272-2275.

Gulland, J. A. 1983. Fish stock assessment. Wiley, Chichester, UK.

Hilborn, R. 1985. Fleet dynamics and individual variation: why some people catch

more fish than others. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42: 2-13.

Hilborn, R., and M. Ledbetter. 1985. Determinants of catching power in the British Columbia salmon purse seine fleet. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42: 51-56.

Hilborn, R., and C. J. Waters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment: Choice, Dynamics, & Uncertainty. Chapman and Hall, New York.

Kimura, D. K. 1981. Standardized measures of relative abundance based on modeling log (CPUE) and their application to Pacific ocean perch (*Sebastes alutus*). *J. Cons. Int. Explor. Mer* 39: 211-218.

Kimura, D. K. 1988a. Analyzing relative abundance indices with log-linear models. *N. Amer. J. Fish. Manage.* 8: 175-180.

Marchal, P. and J. Horwood. 1998. Increasing fisheries management options with a flexible cost function. *ICES J. Mar. Sci.* 55: 213-227.

Marchal, P., J. R. Nielsen, H. Hovgard, and H. Lassen. 2001. Time changes in fishing power in the Danish cod fisheries of the Baltic Sea. *ICES J. Mar. Sci.* 58: 298-310.

Marchal, P., C. Ulrich, K. Korsbrekke, M. Pastoors, B. Rackham. 2002. A compariso of three indices of fishing power on some demersal fisheries of the North Sea. *ICES J. Mar. Sci.* 59: 604-623.

Murphy, G. I., and K. C. Elliott. 1954. Variability of longline catches of yellowfin tuna. U. S. F. W. S., Spec. Sci. Rep., Fisheries, No. 119.

Olsen, S., and T. Laevastu. 1983. Factors affecting catch of longlines, evaluated by a simulation model of longline fishing. Draft manuscript for ICES Fish Capture Comm. 13pp.

Pella, J. J., and C. T. Psaropoulos. 1975. Measures of tuna abundance from purse-seine operations in the eastern Pacific Ocean adjusted for fleet-wide evolution of increased fishing power, 1960-1971. *Int.-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull.* 16:

283-400.

Punsly, R. G., and R. B. Deriso. 1991. Estimation of the abundance of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, by age groups and regions within the eastern Pacific Ocean. Int. Amer. Trop. Tuna. Comm. Bull. 20: 99-131.

Punsly, R. G., and H. Nakano. 1992. Analysis of variances and standardization of longline hook rates of bigeye (*Thunnus obesus*) and yellowfin (*Thunnus albacares*) tunas in the eastern Pacific Ocean during 1975-1987. Int. Amer. Trop. Tuna Comm. Bull. 20 : 167-184.

Quin, T, J., II. 1987. Standardization of catch per unit effort for trends in catchability. Nat. Resource Model. 1: 279-296.

Quin, T, J., II. and R. B. Deriso. 1999. Quantitative fish dynamics. Oxford University, New York.

Tsou, T. S., and S. Y. Yeh. 1991. Studies on selection of standard years and abundance trends of the South Atlantic albacore based on 1967-1988 Taiwanese longline fishery data. ICCAT, Coll. Vol. Sci. Papers Vol. 34, SCRS/90/48: 123-127.

Rothschild, B. J. 1977. Fishing effort. In *Fish Population Dynamics*, edited by Gulland. John Wiley & Sons, Ltd. 96-115.

이춘우. 1998. 컴퓨터를 이용한 트롤 어구 설계 및 예망 자동화 시스템 개발. 해양수산부 연구보고.

김인진, 이춘우. 1999. 중층 트롤 어구의 망구 형상 해석. 한국어업기술학회지. 35(2). 118-128

Chun-Woo Lee and Ju-Hee Lee. 2000. Modeling of a midwater trawl system with respect to the vertical movements. Fisheries Science. 66(5). 851-857

권병국, 이주희, 이춘우, 김형석, 김용식, 안영일, 김정문. 2001. 동해구 트롤 어구어법의

개량. 한국어업기술학회지. 37(2). 106-116

차봉진, 이춘우, 이주희, 김현영. 2002. 중층 트롤 어구 시스템 운동의 유체역학적 시뮬레이션. 한국어업기술학회지. 38(2). 164-171

해양수산부. 2004. 연근해 어선 감척 사업 투자 효과 분석.

해양수산부. 2004. 수산자원 평가 보고 제 3호 : 한국 근해 2003년도 TAC 대상어종에 대한 어획 동향 분석 및 자원 상태 평가.

Newmark N. M. and ASCE, F. A. 1959. Method of Computation for Structural Dynamics, Journal of the ENGINEERING MECHANICS DIVISION, 67~94.

Chun-Woo Lee, Ju-Hee Lee, Bong-Jin Cha. 2001. Calculation model to describe the fishing gear behavior, Contributions on the Theory of Fishing Gears and Related Marine Systems, 2, 15~20

Chun-Woo LEE. 2002 Dynamic Analysis and Control Technology in a Fishing gear system, Fisheries Science, 68, 1835-1840

Bong-Jin CHA, Chun-Woo LEE. 2002. Dynamic Simulation of a Midwater Trawl System's Behavior, Fisheries Science, 68, 1865-1868

