

최 중
연구보고서

돋돋 수정란확보를 위한 친어확보기술개발

Development of insure technique for broodstock and
fertile egg of striped jewfish, *Stereolepis doederleini*

2009. 2

주관연구기관 국립수산과학원 통영수산사무소
협동연구기관 경상대학교 해양과학대학

농림수산식품부

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “뚝뚝 수정란확보를 위한 친어확보기술개발”과제의 최종
보고서로 제출합니다.

2009년 2월

주관연구기관명	국립수산과학원 통영수산사무소
주관연구책임자	김 금 조
세부연구책임자	김 효 근
연 구 원	박 정 희 황 평 길 전 병 석 오 태 기 김 영 수 명 정 인 (신 우 철) (정 운 현)
참 여 기 업	세 보 수 산
협동연구기관명	경 상 대 학 교 해 양 과 학 대 학
협동연구책임자	곽 우 석
연 구 원	최 병 언 주 형 운

요 약 문

I. 제 목

돛돔 수정란 확보를 위한 친어확보기술개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

국내 어류양식산업은 사료비와 인건비 상승에 따른 대내적인 경영 압박과 경기 침체에 따른 판매둔화현상 그리고 무역자유화에 따른 활어 수입량 증가 등 대외적인 압박 등으로 총체적인 어려움을 겪고 있다. 특히, 단일 품종의 과잉생산 및 홍수출하로 어가하락은 물론 경쟁력 저하를 매년 초래하고 있어, 조피볼락 및 참돔을 대체 할 수 있는 새로운 양식품종개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

최근 들어서는 연안어장 재편에 따라 외해가두리 어장개발에 대한 관심이 높아지고 있으나 기존 해상가두리 양식품종과 차별화할 수 있는 외해가두리의 적합 품종을 찾지 못해 이에 대한 해답은 불확실한 실정이다. 새로운 양식품종으로 제시하고자 하는 돛돔은 농어목 반딧불게르치과(Acropomatidae)에 속하는 어류로 우리나라 남·동해안은 물론 일본 전 연안에 서식하는 대형종이며 외관상 농어목 바리과 어류와 유사하게 생겼다. 성어는 수심 400m 이심 암초부에 서식하는 것으로 알려져 있으며, 산란기에 연안으로 올라와 산란하며 정치망 또는 낚시로 간혹 채포되는 전장 2m 내외의 대형어로 일반인은 물론 낚시인들에게 대물로 인식될 만큼 신비의 어류로 알려져 있다. 특히, 돛돔은 성장이 빠르고 심해 서식이 가능하여 이러한 생태, 생리적인 특징을 이용한다면 동해안의 심층 해상가두리는 물론 금후 개발 보급될 외양성 해상가두리의 양식 품종으로 가능할 것으로 기대되며, 수입 품종과 차별화할 수 있는 신품종으로 적합할 것으로 기대된다.

이에 돛돔(*Stereolepis doederleini* Lindberg & Krasnyukova, 1969) 자원의 국내 어획 실태 및 분포도를 파악하여, 친어자원의 확보 가능성을 타진하고, 돛돔 기초생태 및 생리기능을 조사하여 돛돔 수정란의 원활한 확보를 위한 기초기술개발을 확립하고자 한다.

Ⅲ. 연구개발의 목표 및 내용

1. 돛돔 어획실태조사 및 자원확보

가. 돛돔 자원확보를 위한 홍보물 발간 배포 및 네트워크 강화

국내에서 돛돔 자원은 귀한 어류라는 인식을 가지고 있음에도 불구하고 접할 수 있는 기회가 적어 그 생김새에 대한 인식은 부족한 실정이다. 이에 자원확보를 위한 홍보용 리후렛 및 팜프렛을 제작하여 우리나라 전 연안 어촌계장과 수산업 협동조합(위판장 포함) 그리고 돛돔을 주로 어획하는 동해안 정치망 어업인, 근해 유자망 어업인 그리고 기선저인망 어업인을 대상으로 2,200개소에 배포하여 돛돔 자원의 중요성과 확보에 대한 홍보를 강화하였다. 또한, 방송용 다큐멘터리 2편 제작에 협조하여, 희귀해져 가고 있는 국내 자연산 어류인 돛돔의 중요성과 자원 확보에 대한 사업내용을 중점 홍보하였다.

나. 돛돔 어획현황 및 자원구입

돛돔 홍보용 리후렛 및 팜프렛을 배포하여 자원수집 네트워크를 강화한 후, 돛돔 어획 어업인과 수협 위판장을 통해 위판된 돛돔 자원에 대한 어획좌표(해구도), 어획 방법, 어획수심, 어획개체의 체장 및 체중 등에 대한 어획실태조사를 실시하였다.

다. 돛돔 어획실태 설문조사

국내에서 어획되는 돛돔의 어획실태를 조사하기 위하여 돛돔의 주 어획방법인 기선저인망어업, 유자망어업 그리고 정치망어업 122명 어업인을 대상으로 돛돔 어획경험, 어획해역, 어획어 내역, 어획량 등 어획실태 설문조사를 실시하였다.

2. 돛돔 기초생태 및 생리학적 연구

가. 돛돔 기초생태조사

국내에서 어획되어 위판된 돛돔 11개체를 대상으로 전장, 체장, 두장, 체고, 안경, 체중을 측정하였으며 분류학적 연구를 위해 기조수, 연조수, 척추골수, 새파수를 계수하였으며 연령사정의 적합형질을 찾기 위해 척추골, 비늘, 이석을 이용하였다.

나. 돛돔 분류학적 연구

돛돔의 분류학적 위치를 알아보기 위해 같은 농어목에 속하는 농어, 참돔, 돌돔, 게르치, 눈볼대, 붉바리, 능성어 등을 이용하여 미토콘드리아 DNA의 CO I (Cytochrome oxidase I) 유전자와 16S rDNA를 이용하여 유전적 유연도를 조사하였다.

다. 돛돔 조직 및 생리학적 연구

국내에서 어획, 위판된 돛돔 8개체를 대상으로 아가미, 간, 비장, 신장, 심장, 생식소를 대상으로 조직학적 연구를 수행하였으며, 산란기 추정을 위해 개체별 간 체중지수(LSI)와 생식소지수(GSI)를 조사하였다. 아울러 성숙된 암컷 돛돔을 대상으로 난경 및 포란수를 조사하였다.

라. 돛돔 산소소비량 조사

해수(33 psu)로 사육중인 돛돔(체장: 23.4cm, 체중: 321.3g) 1미를 사용하여 암기와 명기시의 20℃ 산소소비경향과 10℃부터 30℃까지 온도변화에 따른 산소소비 경향을 조사하였다.

마. 돛돔 해상가두리 사육시험

돛돔의 해상가두리 사육조건을 알아보기 위해 생존한 돛돔 자원을 참여기업인 세보수산 해상가두리에 수용, 관리하여서 2007년 1월부터 12월까지 1년간 해양환경조사를 실시하였다.

3. 돛돔 선상 채란 및 채정시험

가. 돛돔 자원확보를 위한 조업실시

돛돔은 어획 인망시 장시간의 물리적 자극과 급격한 수압차이로 어획 후 생존율은 극히 낮은 편이다. 또한, 어획량이 너무 적을 뿐 아니라, 어획 후 생존하더라도 장시간 수송에 따른 관리상의 어려움으로 대부분 폐사되어 선어상태로 위판되는 경우가 많다. 따라서, 살아있는 자원을 확보하기 위해서는 직접적인 조업이 불가피한 실정이며, 이에 돛돔 어획전문가의 어획현황을 바탕으로 연안자망어업, 근해유자망어업, 새우조망 그리고 외줄낚시어업을 이용하여 돛돔 조업을 실시하였다.

나. 돛돔 선상채란 및 채정시험

신선한 정자 및 난자를 얻기 위해서는 돛돔 조업현장에서 바로 채란 및 채정 작업이 이루어져야 효과적일 것으로 판단됨에 따라, 최근 2년간 돛돔이 가장 많이 어획된 해역인 전남 여수 거문도 남부해역을 대상으로 근해자망을 이용한 선상 채란 및 채정시험을 실시하여 수정란 확보 가능성을 타진하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. 돛돔 어획실태조사 및 자원확보

2007년부터 2008년까지 2년간 우리나라 연근해에서 어획된 돛돔은 65미로 연간 어획량은 30미 내외로 추산되었다. 월별 어획현황을 조사한 결과,当年생 치어로 유추되는 1kg 미만 어류는 9월부터 12월까지 우리나라 동해해역을 중심으로 수심 50m 이내의 정치망 또는 통발어업을 통해 어획되는 경향이 있었다.

이에 반해 1~20kg 크기의 돛돔은 3월에서 5월 사이에 남해안을 중심으로 50m 이심의 수심에서 어획되는 경향이 있는 것으로 조사되었으며, 20kg 이상 큰 돛돔의 경우에는 기선저인망 및 근해유자망 어업을 통해 수심 100m 내외의 깊은 수심에서 5월과 6월 사이에 집중 어획되는 경향이 있었다.

돛돔 어획실태 설문조사결과, 조업방법별 돛돔 조업빈도는 외끌이어업이 42%로 가장 높았으며, 쌍끌이어업(16%)과 함께 설문응답자의 58%가 기선저인망어업을 통해 어획한 것으로 조사되었다. 정치망 또한 응답자의 26%를 차지하여 조업빈도가 높은 것으로 조사되었다. 어획해역의 경우에는 남해서부해역(해구도 199 ~244)에서 응답자의 42%가 조업하여 어획 효율면에서는 남해서부해역을 대상으로 한 기선저인망어업이 가장 높은 것으로 분석되었다. 1회 어획당 어획량은 83%가 1~2미로 답하여 어획량(어획효율)은 상당히 적은 것으로 조사되었다.

돛돔 어획실태 설문조사 결과분석에서도 남해동부해역(해구도 97~114)과 남해서부해역(해구도 199~244)에서 수심 100m를 기준하여 비교적 큰 개체가 어획되었으며, 동해북부해역(해구도 48~74)에서는 수심 50m 이내에서 평균체장 60cm이하의 개체가 많이 어획된 것으로 조사되었다.

2. 돛돔 기초생태 및 생리학적 연구

어류의 분류형질로 이용되는 지느러미의 기초수 계수결과 조사에 사용된 돛돔 11개체의 경우 등지느러미는 11개의 극조와 10~11개의 연조를 가지고 있으며(D. XI, 10~11), 뒷지느러미는 3개 극조와 7~11개의 연조(A. III, 7~11)를 가지고 있는 것으로 조사되었다.

어류의 연령사정에 이용되는 형질로는 비늘, 척추골, 이석 등이 있으나, 연구결과 비늘과 척추골 보다는 이석이 연령사정에 적합한 것으로 조사되었다. 또한, 이석 연마시 이석을 전면 연마하기 보다는 절단 후 연마하는 것이 적합하며 이석 절단 시에도 횡으로 절단하기 보다는 종으로 절단하여 연마하는 것이 보다 명확한 결과를 얻을 수 있었다. 연령조사결과 3.3kg 돛돔은 3개의 윤문(비늘 및 척추골)을 가지고 있으며 7.3~7.4kg 돛돔은 4~5개의 윤문(이석, 비늘 및 척추골)을 형성하고 있고 13.5kg 돛돔은 5개의 윤문(이석, 비늘 및 척추골)을 형성하고 있어, 3kg 미만의 작은 크기일 경우에는 1년간 1kg 미만의 성장도를 보이다가 3kg 이상에서는 연간 3~4kg 성장이 가능할 것으로 추정되었다.

돛돔의 유전학적 분류 위치를 조사하기 위해서 미토콘드리아 DNA CO I 유전자와 16S rDNA 유전자를 조사한 결과, 반딧불게르치과의 눈불대와 게르치과의 게르치와 유전적 유연도가 가까운 것으로 조사되었다.

생식주기를 엿볼 수 있는 생식소지수(GSI)의 경우 4월과 6월에 채집된 20kg 이상 돛돔에서 4.18~9.91로 조사됨에 따라 동 시기가 돛돔의 산란기임을 추정할 수 있었으며, 조직학적 연구결과에서도 20kg 이상 어류에서 정소세관내 정자와 정모세포가 확인됨에 따라 성숙초기(4월) 그리고 성숙시기(6월)임을 알 수 있었으며, 산란가능연령 또한 20kg 이상임을 확인할 수 있었다.

이에 반해 2월과 3월에 조사된 4.6~7.4kg 암컷에서는 비교적 작은 크기의 난모세포가 확인됨에 따라 미성숙 또는 산란초기단계에 있는 것으로 조사되었고, 생식소지수 또한 육안확인이 어려울 만큼 작은(0.13~1.54) 것으로 조사되었다. 따라서 암컷의 산란시기는 5~6월 이후에 이루어질 것으로 추정되며, 산란가능크기 또한 더 클 것으로 조사되었다. 성숙한 암컷 돛돔(6월 채집, 체중 30kg, 체장 119cm)의 난경은 750 μ m로 조사되었으며, 난소(1,530g) 포란수는 4,200천개로 조사되었다.

돛돔 산소 소비량조사에서는 암기가 명기보다 다소 높고 일정한 패턴의 산소 소비량을 가지는 것으로 조사되어 야행성 어류의 특징을 가지고 있음을 알 수 있으며, 수온변화 시험에서는 23℃ 이하에서는 일정한 산소 소비량을 가진 반면 23℃ 이상시 급격한 산소 소비의 증가를 보여 저수온을 선호하는 것으로 추정되었다.

또한 돛돔의 해상가두리 사육시 수온 10.4~23.5℃, 용존산소 3.6~7.9mg/L 범위 내에서 별다른 이상 증상이 발견되지 않아 남해안 해역의 연간 수온분포변화에는 큰 문제점이 없는 것으로 보인다.

3. 돛돔 선상 채란 및 채정시험

돛돔 전문조업인 면담결과 우리나라 해역의 돛돔 주 어획해역은 해구도 110-4 해역과 224-3 해역으로 전남 여수 거문도 남측해역인 남해동부해역과 남해서부해역의 경계지역으로 조사되었다. 동 해역은 그물코에 따라 어획어의 크기는 다소 차이가 있으나, 5kg부터 70kg에 이르기까지 다양한 크기의 자원이 어획되는 해역이다. 조업시기에 따라 11월 부터 3월 사이에는 20kg 미만의 작은 크기의 돛돔이 주로 어획되며, 20kg 이상 크기의 돛돔을 조업하기에는 6월이 효과적인 것으로 조사되었다.

또한, 조직학적 조사결과에서도 6월과 7월 시료에서 성숙기 상태의 생식소가 확인됨에 따라 선상에서 바로 채란 및 채정작업을 하기 위해서는 6~7월 전후 110-4 해역과 224-3 해역을 대상으로 근해유자망 조업을 실시하는 것이 효과적인 것으로 판단되며, 치자어의 살아있는 돛돔을 확보하기 위해서 11월부터 이듬해 3월까지 동해북부와 동해남부해역을 통한 정치망을 통해 확보하는 것이 효과적인 것으로 판단되었다.

SUMMARY

I . Title

Development of insure technique for broodstock and fertile egg of striped jewfish, *Stereolepis doederleini*

II. Objective and Necessity

Domestic fish farming industry has been suffered from high cost of feed and labor power, decline of sales and increase of import owing to trade liberalization. Especially, overproduction in a species and unplanned landing season has been resulted in crash in price and competitiveness of the industry, therefor, there are growing demand for new species to substitute the overproduced species. Recently, being also growing interest for off-shore farming, it is still in doubt for its profitability because of lack of the proper species. Our suggestion, for substitute species, Striped jewfish is classified in Acropomatidae and characterized similar morphology with Seven-band grouper and habituated most coast in Korea and Japan. Adult fish are mainly habituated around deep sea reef (>400m) and migrated to coastal area for spawning of which capture are mostly achieved during this season. The huge size (over 2m) of these fish give us a special concern for several possibility.

In particular, Striped jewfish is well-known for its ecological feature of deep sea fish and high growth rate, which can be applicable for the cultural species of submerge net farming in East sea as well as off shore farming in South sea. Striped jewfish can also be raised as a high competitiveness species in the era of global trade liberalization.

In this study, we has been studied fishing status, capturing distribution and ecological and physiological features of striped jewfish in order to achieve a

primary data to measure the possibility of cultural species. For this, we tried to secure the fertilized egg for artificial hatchery.

III. Objective and Content

1. Survey for fishing status and resources secure

1) Public relations and network reinforcement

A striped jewfish is a rare species for ordinary people, therefore nearly no body knows about its morphology in Korea. For the public attention, so, we designed a special leaflet and distributed to 2,200 distribution points including people in fishing village, fisheries cooperatives, set-net fisherman, and fisherman for bottom trawl net. In addition, we also collaborated for making two documentaries of striped jewfish to give a publicity about commercial possibility and our programs.

2) Fishing status and stock resources

Through the network from the publicity program, we also tried to get the data for coordinates of fishing point, fishing method, depth and morphological features of the fish such as total length and body weight.

3) Question for fishing status

We surveyed for fishing status such as fishing experience, fishing area, fishing history and fishing amount etc. from 122 fisherman including bottom trawl net, drift gill net, and set net fisheries.

2. Ecological and physiological study

1) Ecological study

Morphometric characteristics of striped jewfish such as total length, standard length, head length, body length, eye diameter and body weight have been

measured. In addition, the number of fin ray, soft ray and gill raker have been counted for taxonomic study and age determination have been conducted using vertebrae, scale and otolith of striped jewfish.

2) Taxonomic study

In order to investigate taxonomic status of striped jewfish, the sea bass, red seabream, rock bream, japanese bluefish, blackthroat seaperch, red spotted grouper, seven-banded grouper belong to Order Perciformes have been analyzed for genetic relation using the Cytochrome oxidase I of mitochondria DNA and the 16S rDNA.

3) Histological and physiological study

Histological research have been investigated gill, liver, spleen, kidney, heart, germ plasm. In addition, LSI and GSI were measured up the spawning season.

4) Oxygen consumption

Oxygen consumption of the striped jewfish during the dark and light on 20°C and the temperature fluctuation from 10°C to 30°C.

5) Culture in net-cage aquafarm

For the evaluation of farming condition, investigation was carried out on temperature, salinity, dissolved oxygen and nutrients($\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{PO}_4\text{-P}$) in net-cage aquafarm water during the 1 year.

3. On-site egg and sperm collection

1) Operation for fishing

Striped jewfish showed extremely low survival rate because of physical stress and high pressure difference when it captured. Furthermore, being alive, long-term transportation stress can obstruct a trade in live, therefore, mostly

striped jewfish have been trade in fresh fish. For the adult fish to secure fertilized eggs, it is inevitable to operate a exclusive teams including gill net, drift gill net, shrimp capture net and sing-line hook.

2) On-site egg and sperm collection

For the fresh egg and sperm, on-site collection was carried out, using off shore gill net, around Geomun Island waters where showed the highest capture in recent 2 years.

IV. Results and Discussion

1. Survey for fishing status and resources secure

Total capture was estimated at 65 fish in 2007 and 2008, annually about 30 fish. According to monthly size distribution of captured fish, young-of-the-year fish (< 1kg) was mostly captured from September to December in East sea in somewhat less than 50 meters by set net or trap net.

Intermediately sized fish (1~20kg) were captured from March to May in South sea in deeper than 50 meters, however, larger sized fish, over 20kg, was from May to June in more than 100 meters by bottom trawl and drift gill net..

According to survey result of fisheries status for striped jewfish, bottom trawl was the most favorable fishing way sing-beam trawl (42%) including sing-beam trawl (42%) as well as double-beam trawl (16%). In addition set net was followed for fishing way by 26%.

For the most productive fishing ground, 42% of fishing activity was carried out in western south waters(No. 199~244). Catch per unit effort (CPUE) was as relatively low as 1 or 2 fish by 83%. Fish size was highly related with captured waters. Most larger fish (above 60 cm in total length) was captured at depth of 100 m in eastern South Sea (No. 97~114) and western South Sea(No. 199-244), while relatively smaller fish (below 60 cm in total length) at

depth of 50 m in northern East Sea (No. 48~74).

2. Ecological and physiological study

The results of both dorsal and anal fin counts were as follows : D.XI.10~11 A.III.7~11. For age determination otolith was proven as a superior material than scale and vertebrae of striped jewfish. For better results, it may be advantageous to polish the otolith after cutting and cut it vertically. The results of age determination are as follows: the specimen of 3.3kg, 3 year rings on scale and vertebrae ; the specimen of 7.3~7.4kg, 4~5 year rings on otolith, scale and vertebrae, the specimen of 13.5kg, 5year rings on otolith, scale and vertebrae.

The results of taxonomic status using the genetic investigation were striped jewfish was kin to Acropomatidae *Doederleinia berycoides* (blackthroat seaperch) and Pomatomidae *Scombrops boops* (japanese bluefish).

The results of GSI were as follows: the specimen of 20kg in April and June was 4.18~9.91, consequently the times were spawning season. In addition, sperm and spermatocyte was found in histological specimen over 20kg, the results suggest spawning age of striped jewfish. On the contrary, the GSI of 4.6~7.4kg specimen in February and March was 0.13~1.54, histological specimen was found out the small size oocyte.

Oxygen consumption was a high and regular pattern during the dark and below 23°C, and therefor the striped jewfish was a nocturnal fish and prefer low temperature.

3. On-site egg and sperm collection

For the on-site collection of egg and sperm, we tried to secure the adult fish in southern waters at Geomun Island, within the boundary of No. 110-4 and

No. 224-3 sectors. Size of captured fish was varied with size of net loop in the range of 5 to 70kg in body weight. The size of fish was also closely related with capture season. From November to March, body weight of captured fish was mostly below 20kg while above 20kg in June. This season was histological proved to be a optimal season to collect live egg and sperm. Therefore, the best way for on-site egg and sperm collection should be done for striped jewfish at No. 110-4 and No. 224-3 waters by drift gill net during June and July. In addition, capture of live fry, for fish farming, would be most effective by set-net from November to March.

CONTENTS

Chapter 1. Necessity of research	17
Section 1. Necessity of research	17
1. Technical points	17
2. Economic and industrial points	18
3. Social and cultural points	18
Section 2. Status and problems on the research	19
Section 3. Future prospect	19
Chapter 2. Objective and contents of research	20
Section 1. Final objective	20
Section 2. Theme objective	20
1. Survey for fishing status and resources secure	20
2. Ecological and physiological study	21
3. On-site egg and sperm collection	21
Chapter 3. Material and Method	22
Section 1. Survey for fishing status and resources secure	22
1. Public relations and network reinforcement	22
2. Fishing status and stock resources	22
3. Question for fishing status	26
Section 2. Ecological and physiological study	33
1. Ecological study	33
2. Specimen prepare of age determination	33
3. Taxonomic study	40
4. Histological and physiological study	40
5. Oxygen consumption	43
6. Culture in net-cage aquafarm	46

Section 3. On-site egg and sperm collection	48
1. Operation for fishing	48
2. On-site egg and sperm collection	48
Chapter 4. Result	52
Section 1. Survey for fishing status and resources secure	52
1. Fishing status and stock resources	52
2. Question for fishing status	67
3. Analysis of result	78
Section 2. Ecological and physiological study	88
1. Ecological study	88
2. Taxonomic study	97
3. Histological and physiological study	100
4. Oxygen consumption	106
5. Culture in net-cage aquafarm	112
Section 3. On-site egg and sperm collection	118
1. Operation for fishing	118
Chapter 5. Discussion	128
Chapter 6. Reference	133

목 차

제1장 연구개발의 필요성	17
제1절 연구개발의 필요성	17
1. 기술적 측면	17
2. 경제·산업적 측면	18
3. 사회·문화적 측면	18
제2절 국내외 관련연구의 현황과 문제점	19
제3절 앞으로의 전망	19
 제2장 연구개발의 목표 및 내용	 20
제1절 최종목표	20
제2절 세부과제별 목표	20
1. 돛돔 어획실태조사 및 자원확보	20
2. 돛돔 기초생태 및 생리학적 연구	21
3. 돛돔 선상채란 및 채정시험	21
 제3장 재료 및 방법	 22
제1절 돛돔 어획실태조사 및 자원확보	22
1. 돛돔 자원확보를 위한 홍보물 발간 배포 및 네트워크 강화	22
2. 돛돔 어획현황 및 자원구입	22
3. 돛돔 어획실태 설문조사	26
제2절 돛돔 기초생태 및 생리학적 연구	33
1. 돛돔 기초생태조사	33
2. 연령사정을 위한 시료준비	33
3. 돛돔 분류학적 연구	40
4. 돛돔 조직 및 생리학적 연구	40
5. 돛돔 산소소비량 조사	43
6. 돛돔 해상가두리 사육시험	46

제3절 돛돔 선상채란 및 채정시험	48
1. 돛돔 자원확보를 위한 조업실시	48
2. 돛돔 선상채란 및 채정시험	48
제4장 결과	52
제1절 돛돔 어획실태조사 및 자원확보	52
1. 돛돔 어획현황 및 자원구입	52
2. 돛돔 어획실태 설문조사	67
3. 돛돔 어획실태 설문조사 결과분석	78
제2절 돛돔 기초생태 및 생리학적 연구	88
1. 돛돔 기초생태조사	88
2. 돛돔 분류학적 위치	97
3. 돛돔 조직 및 생리학적 연구	100
4. 돛돔 산소소비량 조사	106
5. 돛돔 해상가두리 사육시험	112
제3절 돛돔 선상채란 및 채정시험	118
1. 돛돔 자원확보를 위한 조업실시	118
제5장 고찰	128
제6장 참고문헌	133

제 1 장. 연구개발의 필요성

제 1 절. 연구개발의 필요성

1. 기술적 측면

우리나라 어류양식산업은 전국적으로 약 1,854.82ha(2008년 8월 현재)가 면허되어 연간 97,644톤이 생산되고 있다. 이는 우리나라 양식 총생산량(1,385천톤)의 7%에 해당하는 수준으로 이중 해상가두리 어류양식은 약 1,174ha(438건)가 면허되어 어류양식 총 면적의 63%를 차지하고 있다. 현재 해상가두리 양식어종은 대부분 조피볼락(63%)과 돔류(20%)에 편중되어 양식되고 있고, 이로 인해 단일 품종의 과잉생산과 홍수출하로 어가하락은 물론 국내외적으로 어류양식산업의 경쟁력 저하를 초래하여, 조피볼락 및 참돔을 대체할 수 있는 새로운 양식품종개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

또한, 연안어장의 환경오염으로 해면양식 생산량이 매년 감소하고 있으며 양식 경쟁력 또한 저하되고 있어 최근 들어서는 외해가두리 어장개발에 대한 관심이 높아지고 있는 실정이다. 그러나, 현재에는 외해가두리의 시설 구조에 대한 검토만 이루어진 채 외해가두리 양식 품종 개발 등에 대한 다각적인 검토와 개발은 이루어지지 않고 있다. 최근 일부 지자체를 중심으로 외해가두리양식 품종 개발을 목적으로 참다랑어 및 고등어 양식에 대한 가능성은 제기되고 있으나 아직 기초적 수준에 머물러 있어 기존 해상가두리 양식품종과 차별화할 수 있는 외해가두리 적합 품종에 대한 해답은 불확실한 실정이다. 뿐만 아니라, 1986년부터 지자체 주관으로 어업인 소득증대는 물론 수산자원조성을 목적으로 연안 정착성 및 부가가치가 높은 수산종묘를 연안 해역에 방류하는 수산종묘매입방류사업을 지속적으로 추진하고 있다. 이러한 수산자원조성사업 또한 조피볼락과 참돔에 편중된 인공종묘생산으로 방류 품종 또한 조피볼락과 돔류에 국한되어 이루어지고 있어, 레저산업의 기호와 어족 자원의 다양화를 충족시키지 못하고 있는 실정이다. 이러한 연유로 국내 각 연구기관 및 민간단체에서 다양한 수산종묘 생산기술을 개발, 보급하고 있으나 그 성과는 아직 미미한 실정이다.

2. 경제·산업적 측면

국내 양식산업은 물가(사료, 자재비) 및 인건비 상승에 따른 대내적인 경영압박과 경기침체에 따른 판매둔화현상 그리고 무역자유화에 따른 활어 수입량 증가 등 대외적인 가격압박 등으로 총체적인 어려움을 겪고 있다. 세계 수산물 시장의 자유화로 활어 교역량은 매년 증가하고 있으며, 활어 수출액은 2001년 73,490천달러에서 2004년 91,572천달러로 18,082천달러 증가한 반면 활어 수입액은 2001년 132,325천달러에서 2004년 201,175천달러로 68,850천달러 증가하여 수입증가액이 수출증가액의 4배 가까운 수치를 보여 수출대비 수입량이 크게 증가하고 있는 실정이다. 특히 수입물량의 약 90%를 중국이 차지하고 있고 수입어종 또한 주로 민어, 농어, 뱀장어, 돔류 등 국내 양식품종과 중복되어 수입품종과 차별화할 수 있는 새로운 품종 개발이 시급한 실정이다.

돛돔은 농어목 반돛불게르치과(Acropomatidae)에 속하는 어류로 우리나라 남·동해안은 물론 일본 전 연안에 서식하는 대형종으로 외관상 농어목 바리과 어류와 유사하게 생겼다. 성어는 수심 400m이심 암초부에 서식하는 것으로 알려져 있으며, 산란기에 연안으로 올라와 산란하며, 정치망 또는 낚시로 간혹 채포되는 전장 2m 내외의 대형어로 낚시인은 물론 일반인들에게 대물로 인식될 만큼 신비의 어류로 알려져 있다. 특히, 돛돔은 성장이 빠르고 심해 서식이 가능한 대형종으로 이러한 생태, 생리적인 특징을 이용한다면 동해안의 심층 해상가두리는 물론 금후 개발 보급될 외양성 해상가두리의 양식 품종으로 기대되며, 또한 수입품종과 차별화할 수 있는 신품종으로 적합할 것으로 기대된다.

3. 사회·문화적 측면

신비의 어류로 알려져 있는 돛돔은 과거 정치망과 낚시로 간혹 어획된 바 있다. 그러나, 최근 들어서는 어획량이 급격히 떨어지고 있어 날로 희귀해져 가는 품종으로 인식될 만큼 자원량이 부족한 실정이다. 따라서, 차후 품종개발에 의한 자원 회복측면에서 보급효과가 클 것으로 기대되며, 최근 레저 문화의 확대로 낚시인구가 600만명에 달하고 있어 방류품종으로 개발시 수산자원 및 레저자원 보급측면에서도 긍정적으로 평가된다.

제 2 절. 국내 · 외 관련연구의 현황과 문제점

돛돔은 우리나라 남·동해안은 물론 일본 전 연안에 서식하는 종으로 외관상 농어목 바리과 어류와 유사하게 생겼다. 국내에서는 1m이상의 대형어가 어획됨으로서 이슈화되어 간혹 보도되는 경우는 있으나, 돛돔 관련 연구자료는 전무한 실정이며 어류도감에 돛돔 분류에 대한 내용이 일부 수록되어 있는 수준이다.

국외는 과거 일본에서 간혹 어획되어 식용으로 유통됨에 따라 돛돔 간장의 비타민 A 중독증상에 대한 보고가 일부 있으며, 일본 나가사키현의 야나기하마만내 돛돔 자어의 출현 및 생태에 대한 자료(乃一 哲久, 1990)만 있을 뿐, 이외 돛돔 생리생태에 대한 자료는 전무한 실정이다. 따라서, 전 세계적으로 돛돔을 대상으로 수행된 양식 또는 자원관련 연구성과 및 연구보고는 전무한 실정이라 할 수 있다.

제 3 절. 앞으로의 전망

어려움을 겪고 있는 어류양식 산업의 새로운 품종으로 제시하고자 하는 돛돔은 성장기 빠를 뿐 아니라, 예로부터 귀한 품종이라는 공감대가 형성되어 있어, 새로운 양식 품종으로의 가치는 긍정적으로 평가된다.

본 사업에서는 돛돔 수정란 및 친어 자원 확보를 목적으로 돛돔(친어) 자원의 어획실태를 조사하여 주 어획시기 및 해역에 근거한 친어 및 유어자원의 확보 가능성을 타진하여, 이를 근간으로 차후 종묘생산 가능시 새로운 품종개발에 따른 양식 대상종의 다변화를 모색하고 안정적인 어류양식 생산기반 조성과 위해 해상 가두리양식에 적합한 대형어종 개발을 도모하고자 한다.

또한, 국내 양식환경에 적합한 고품질, 고성장 품종개발로 어업인 소득증대에 기여함은 물론 남해안 특산어종으로 보급함은 물론 브랜드화에 의한 국제 경쟁력을 갖춘 수출 전략품종으로 육성, 개발 가능할 것으로 평가된다.

제 2 장. 연구개발의 목표 및 내용

제 1 절. 최종목표

돛돔(*Stereolepis doederleini* Lindberg & Krasnyukova, 1969)자원의 국내 어획실태 및 분포도를 파악하여, 친어자원의 확보 가능성을 타진하고, 돛돔 기초생태 및 생리 기능을 조사하여 돛돔 수정란의 원활한 확보를 위한 기초기술 개발을 확립하고자 한다.

제 2 절. 세부과제별 목표

1. 돛돔 어획실태조사 및 자원확보

돛돔은 심해성 어류로 주서식지는 수심 400~500m의 암초지역이며, 산란기인 5~7월경에는 서식처에서 나와 수심 60~70m로 이동하며, 산란된 자어는 얕은 수역에서 서식하다 치어기를 거치면서 주서식지인 심해로 이동하는 것으로 알려져 있다.

국내에서 돛돔은 대부분 근해유자망어업, 기선저인망어업(쌍끌이어업 및 외끌이어업) 그리고 정치망어업으로 어획된다. 이렇듯 근해유자망어업과 기선저인망어업으로 어획된 돛돔은 장시간의 그물작업에 의한 물리적 자극과 100m내외의 심해로부터 표층 수면까지 끌어 올리는 수압 차이에 의해 대부분 폐사하기 때문에 친어는 물론 치어 확보가 매우 어려운 생태적 특징을 가지고 있다. 또한, 귀한 어종이라는 평가와 함께 자주 접하지 못한다는 이유로 돛돔 생김새에 대한 정보가 부족하여 어업인들 또한 어획자원이 돛돔인지 몰라 대부분 폐기하거나 잡어로 취급하는 경우가 많으며, 이로 인해 보다 많은 양의 돛돔 자원이 어획될 것으로 예상된다. 아직까지 정확한 어획실태조사는 물론 자원관리가 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 따라서, 본 과제에서는 국내에서 어획되는 돛돔의 어획해역, 어획량, 어획시기, 어획방법 등 어획실태를 조사함으로써 국내 돛돔 자원 확보를 위한 기초적 자료를 구축하고자 한다.

2. 돛돔 기초생태 및 생리학적 연구

돛돔은 1989년 일본 문헌에 의거 큰입돛돔(*Stereolepis doederleini*, オオクチイツナギ)과 작은입돛돔(*Stereolepis ishinagi*, コクチイツナギ) 두 종류의 돛돔이 있는 것으로 알려져 있다. 그러나, 현재에는 돛돔(*Stereolepis doederleini*) 이라는 명칭이 일반적으로 사용되고 있으며, *Stereolepis ishinagi*와 동의어로 사용되고 있다.

돛돔 생김새는 자바리, 다금바리 및 능성어 등을 포함하는 바리과와 비슷하나, 분류학적으로는 눈볼대 및 눈통바리 등과 같이 농어목 반딧불게르치과에 속하고 있다.

이렇듯 분류학적 위치 외에는 돛돔의 기타 생태 및 생리학적 연구 자료는 전무한 실정으로 어획되어 폐사된 돛돔을 중심으로 돛돔의 분류학적 연구, 체장에 대한 체중비율, 이석 등에 의한 연령사정 그리고 조직 및 생리학적 연구 등을 수행함으로써 돛돔의 기초 생태 및 생리학적 연구를 수행하고자 한다.

3. 돛돔 선상 채란 및 채정시험

근해유자망어업, 기선저인망어업 그리고 정치망어업으로 주로 어획되는 돛돔은 장시간의 그물작업에 의한 물리적 자극과 100m내외에 가까운 심해로부터 수면까지 끌어 올리는 급격한 수압차이에 의해 어획 후 생존율은 극히 낮은 편이다. 또한, 어획량이 너무 적을 뿐 아니라, 어획 후 생존하더라도 관리 부주의 또는 어업인들의 자원 인식 부족으로 대부분 폐기되는 경우가 많아 살아 있는 돛돔 자원을 확보하기란 매우 힘든 실정이다.

이에 양질의 수정란을 확보하기 위해서는 어획현장에서 바로 어획되는 돛돔 자원을 대상으로 선상 채란 및 채정 작업이 이루어져야 하며, 이를 통해 수정란을 확보하는 것이 최상의 방법이라 사료된다. 이에 1년차 사업기간 중 국내 돛돔 친어 자원의 주 어획해역과 시기를 검토하고, 2년차 사업기간에는 돛돔 친어 주어획 해역을 대상으로 선상 채란 및 채정시험을 통한 수정란 확보 가능성을 타진해 보고자 한다.

제 3 장. 재료 및 방법

제 1절. 돛돔 어획실태조사 및 자원확보

1. 돛돔 자원확보를 위한 홍보물 발간 배포 및 네트워크 강화

국내에서 돛돔 자원은 일반인, 낚시인들은 물론 어업인들에게 귀한 어류라는 인식을 가지고 있음에도 불구하고 어류를 접할 수 있는 기회가 적어 그 생김새에 대한 인식은 부족한 실정이다. 이에 자원확보를 위한 홍보용 리후렛과 팜프렛을 제작(그림 1, 그림 2), 배포함으로써 어업인들에게 돛돔 자원의 중요성과 확보에 대한 홍보를 강화하였다.

홍보물 배포는 우리나라 전연안의 어촌계장과 수산업협동조합(위원장 포함) 그리고 돛돔을 주로 어획하는 동해안 정치망 어업인과 근해유자망 어업인, 그리고 기선저인망 어업인들을 대상으로 약 2,200개소에 배포하였다. 또한, 중앙전문지와 중앙전문신문 그리고 지방신문에 게재함으로써 홍보를 중점 강화하였다.

또한 가능한 많은 양의 돛돔 자원을 확보하기 위해 동해안 정치망협회는 물론 경남 삼천포 수협, 선어 및 활어 위원장 그리고 부산공동어시장 및 기선저인망 수협 등을 집중 관리함으로써 적극적인 자원수집활동을 강화하였다.

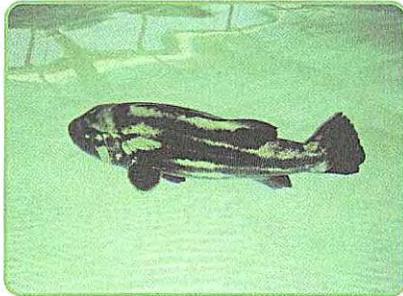
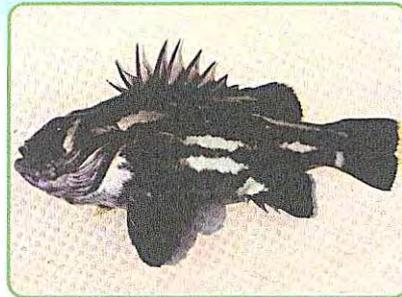
이와 아울러, 다큐멘터리 2편 제작에 협조하여, 희귀해져 가고 있는 국내 자연산 어류중 하나인 돛돔의 중요성(MBC “자연산” 다큐멘터리)과 전설의 물고기로 알려져 있는 돛돔의 중요성 및 돛돔자원확보 등에 대한 사업내용(KBS “수요기획”)을 중점 홍보하였다(그림 3).

2. 돛돔 어획현황 및 자원구입

돛돔 홍보용 리후렛 및 팜프렛을 배포하여 자원수집 네트워크를 강화한 후, 돛돔 어획 어업인과 수협 위원장을 통해 위판된 돛돔 자원에 대한 어획좌표(해구도), 어획방법, 어획수심, 개체의 체장 및 체중 등에 대한 어획실태조사를 실시하였다.

아울러, 어획 후 생존한 돛돔은 참여기업인 세보수산 해상가두리(통영시 산양읍 중화리 연명지선)에 9m 내외의 수심을 유지하면서 수용, 관리하였다.

전설속의 어류 “돛돔”을 찾고 있습니다



수산특정연구개발사업인 "돛돔 인공종묘생산을 위한 기초기술개발" 사업을 위해 돛돔 어미(친어)를 수집하고 있습니다.
 돛돔을 보관중이거나 어획하신 어업인들께서는 아래 연락처로 연락하여 주시면 필히 후사하겠습니다.



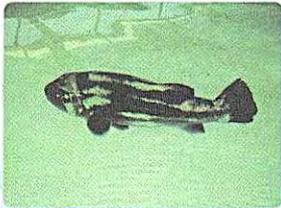
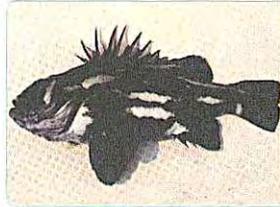
마산지방해양수산청 통영해양수산사무소

경남 통영시 광도면 죽림리 280-31
 TEL : 055-649-0622~3 / FAX : 055-649-0621
 책임연구원 : 소장 김금조 / 담당자 : 김호근(011-870-2641), 박정희(011-9328-7010)

본 사업은 수산특정연구개발사업인 "돛돔 인공종묘생산을 위한 기초기술개발"사업의 일환으로 통영해양수산사무소에서 추진하고 있으며 해양수산부에서 지원하고 있습니다.

그림 1. 돛돔자원홍보용 팸플렛

전설속의 어류 “돛돔”을 찾고 있습니다



돛돔의 생태

- 어체는 타원형이며, 조금 측면되어 있고 몸의 색채는 전체적으로 검은 색을 많이 띤 갈색이며, 배쪽은 흰 편이다.
- 어릴적에는 윤곽이 뚜렷하지 않은 흰색의 세로 무늬를 몸 옆에 가지고 있지만 성장함에 따라 이 무늬가 없어진다.
- 보통 수심 400~500m의 깊은 곳에 서식하며,
- 봄부터 초여름사이(5~6월)에 산란하기 위하여 연안으로 이동
- 우리나라 동해, 남해안과 일본 전연안에 분포하고 있으며
- 식성은 작은 고기, 문어, 오징어, 새우, 게 등을 먹는 육식성인.

돛돔의 특징

- 돛돔의 등지느러미를 피면 돛돔배의 돛과 같음.

본 사업은 수산특징연구과제로
“돛돔 인공종교생산을 위한 기초기술개발” 사업의
일환으로 통영해양수산사무소에서 추진하고
있으며, 해양수산부에서 지원하고 있습니다.



마산지방해양수산청
통영해양수산사무소

경남 통영시 평도면 죽림리 280-31
TEL : 055-649-0622-3
FAX : 055-649-0621

- 책임연구원 : 소장 김 금 조
- 담당자 : 김효근(011-870-2641)
박정희(011-9328-7010)

전설속의 어류 “돛돔”을 찾고 있습니다

마산지방해양수산청 통영해양수산사무소에서
수산특징연구과제로
“돛돔 인공종교생산을 위한 기초기술개발” 사업을 추진중에 있으며
어미(친어) 확보를 위하여 돛돔을 수집하고 있습니다.
돛돔을 보강종이거나 어획하신 어민원들께서는
통영해양수산사무소에 연락하여 주시기 바랍니다.



마산지방해양수산청 통영해양수산사무소

그림 2. 돛돔자원홍보용 리후렛

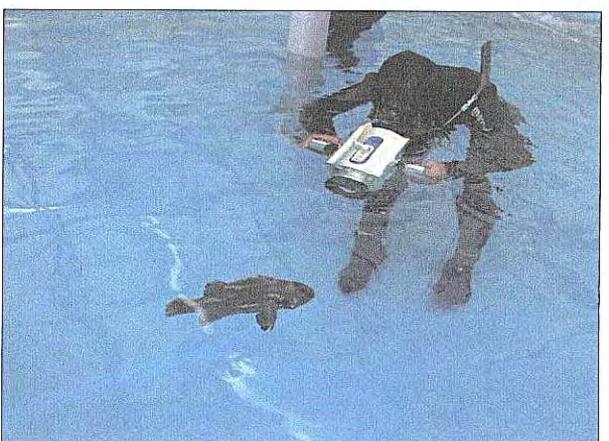
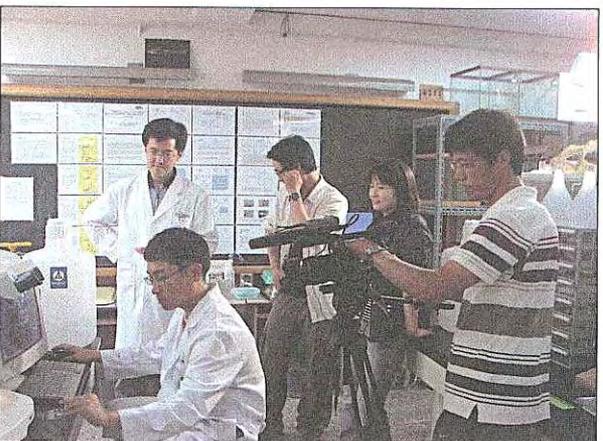


그림 3. 자원수집홍보(상) 및 방송취재협조광경(중·하)

3. 돛돔 어획실태 설문조사

국내에서 어획되는 돛돔의 어획실태를 조사하기 위하여 돛돔의 주 어획방법인 기선저인망어업, 유자망어업 그리고 정치망어업의 어업인 122명을 대상으로 어획실태설문조사를 실시하였다.

조사에 사용된 설문조사서는 표 1과 같으며, 돛돔 어획경험 유무, 어획해역, 어획어 내역, 어획량 등을 조사하였다. 조사결과에 대한 통계적인 유의성은 SPSS 13.0 system을 이용하였고 Duncan's multiple range test로 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다.

기선저인망어업인의 경우 대형기선저인망수협이 협조를 받아 외끌이 어업인 49명과 쌍끌이 어업인 26명을 대상으로 조사하였으며, 유자망어업인은 삼천포수협의 협조를 받아 돛돔 어획 및 위판실적이 있는 6명을 대상으로 조사하였다. 정치망어업인은 강원도정치망협회 및 동해안 정치망어업인 35명을 대상으로 조사하였으며, 기타 돛돔 어획경험이 있는 어업인 6명을 대상으로 어획실태 설문조사를 실시하였다.

표 1. 돛돔 어획실태 설문조사서

어업인 여러분 안녕하십니까?

저희 통영수산사무소에서는 2006년 12월부터 수산특정연구개발과제로 “돛돔 수정란 확보를 위한 친어확보기술개발”사업을 추진 중에 있습니다.

본 사업은 우리나라 어류양식어업의 품종 다변화를 모색하고 이와 아울러 방류사업에 의한 돛돔의 자원회복을 목적으로 연구 과제를 수행하고 있습니다.

이와 관련하여 연구과제 기초단계로 우리나라에서 어획되었거나 어획되고 있는 돛돔 자원의 조업실태를 파악하고자 어획시기, 어획해역, 어획어에 대한 자료 등을 조사하고자 합니다.

본 설문조사는 동 과제수행을 위한 참고자료로만 활용되며, 다른 용도로 사용되지 않음을 약속드리며, 개인에 관한 사항은 절대 비밀을 보장하겠습니다.

바쁘시더라도 돛돔 자원 조업실태에 대한 정확한 조사가 이루어질 수 있도록 어업인 여러분의 적극적인 참여를 부탁드립니다. 기재하신 설문서는 동봉한 우편 봉투에 넣어서 저희 사무소로 보내주시면 됩니다. 감사합니다.

국립수산과학원 통영수산사무소장

문의처 : 국립수산과학원 통영수산사무소 (경남 통영시 서호동 316번지)
(Tel. 055-649-0623)

돛돔자원 조업실태 설문조사서

1. 귀하가 운영하고 있는 어업 종류는?

- ① 근해유자망어업 ② 자망어업 ③ 주낙어업
④ 쌍끌이어업 ⑤ 외끌이어업 ⑥ 정치망어업
⑦ 기타 ()

2. 귀하는 돛돔을 어획하신 경험이 있습니까?

- ① 있다
② 없다

3. 귀하께서 돛돔을 어획하셨다면, 지금까지 총 몇 마리를 어획하셨습니다?

(총 마리)

4. 어획당시 어구는 무엇을 사용하셨습니다?

- ① 근해유자망어업 ② 자망어업 ③ 주낙어업
④ 쌍끌이어업 ⑤ 외끌이어업 ⑥ 정치망어업
⑦ 기타 ()

5. 조업당시 어구의 수심(어획수심)은 몇 미터 정도였습니까?

(m)

6. 만약, (4번 항목에 답한) 어구를 사용하셨다면 조업시간 및 그물길이는 몇 미터였습니까?

(시간 / m / 개)

예) 유자망 어업 : 조업시간 (시간), 그물길이 (m)

 주낙어업 : 조업시간 (시간), 바늘 수 (개)

7. 돛돔의 어획당시 주 대상 어획 어종은 무엇입니까?

- ① 고등어 ② 오징어 ③ 멸치 ④ 참돔(돔류) ⑤ 불락(열기)
⑥ 기타()

8. 어획된 돛돔의 판매는 주로 어디로 하였습니까?

- ① 자가소비 ② 계통판매(수협) ③ 비계통판매(사매, 횃집 등)

9. 귀하께서 돛돔을 어획하셨다면, 어획시기와 어획어에 대한 정보를 모두 기재하여 주십시오. 특히, 어획해역에 대한 자료는 같이 첨부한 해구도를 참고하여 기재하여 주십시오.

구분	연도	월	미수	크기(cm)	어획방법	어선세력 어구	어획장소(해역)
(예)	2005	5	1	45	정치망	2통	강원도 주문진해역 해구번호 63-5
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

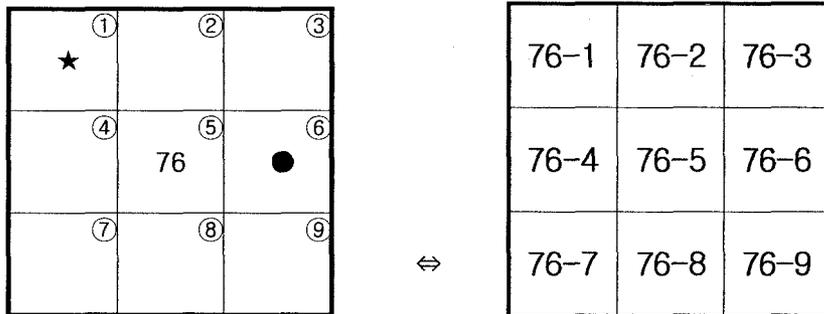
주소 :

성명 및 전화번호 :

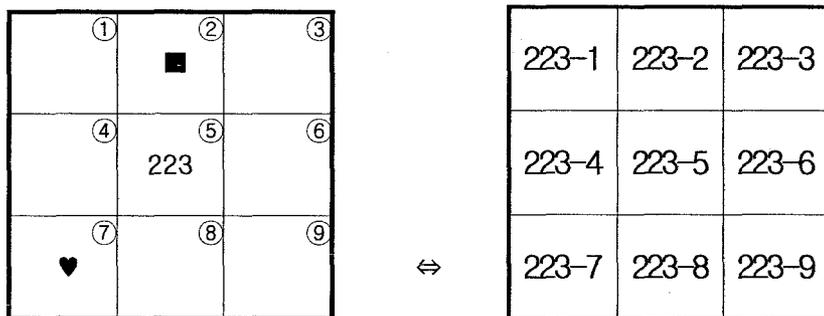
수고하셨습니다. 설문에 성실히 답변하여 주신 점 감사드리며,
귀하의 소중한 자료가 사업 성공의 밑거름이 될 수 있도록 노력 하겠습니다.

※ 해구도 보는 방법

- 1) 경북 후포 우측 76번 해역을 예로 들면, 9칸의 중앙부분에 해당 해구의 번호가 적혀 있습니다. 이를 다시 1~9번까지 나눠 세부 번호를 매길 수 있습니다. 기재 방법은 예를 들어 좌측 그림에서 ★해역에서 돛돔을 잡았다면 76-1 번으로 기재하시고, 만약, ●해역에서 돛돔을 잡았다면 76-6 번으로 기재하시면 됩니다.



- 2) 제주 북측 223번 해역을 예로 들면, 9칸의 중앙부분에 해당 해구의 번호가 적혀 있습니다. 이를 다시 1~9번까지 나눠 세부 번호를 매길 수 있습니다. 기재 방법은 예를 들어 좌측 그림에서 ■해역에서 돛돔을 잡았다면 223-2 번으로 기재하시고, 만약, ♥해역에서 돛돔을 잡았다면 223-7 번으로 기재하시면 됩니다.



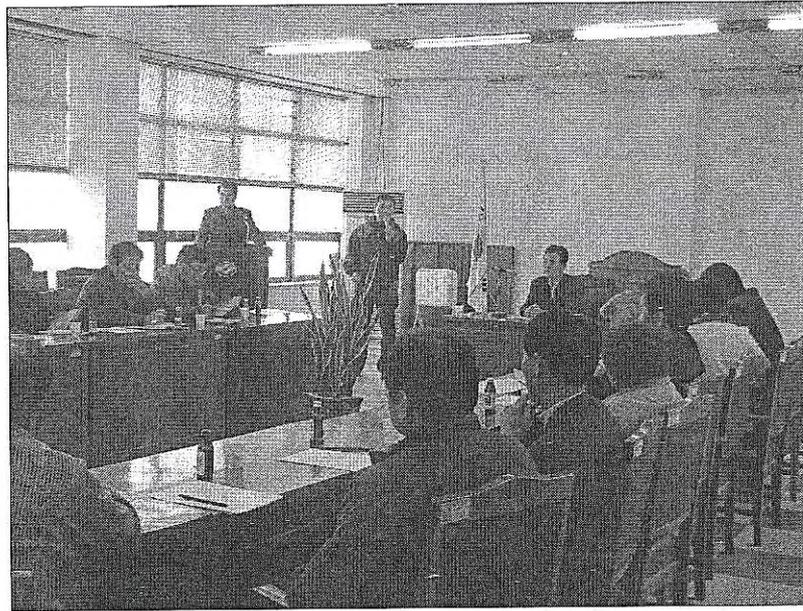


그림 5. 뚝뚝어획실태 설문조사광경
(상 ; 강원도정치망협회, 하 ; 부산대형기선저인망수협)

제 2절. 돛돔 기초생태 및 생리학적 연구

1. 돛돔 기초생태조사

국내에서 어획, 위판된 돛돔 총 11개체를 대상으로 전장, 체장, 두장, 체고, 안경(1.0cm까지 측정), 체중(0.1g)을 측정하였으며 분류학적 연구를 위해 기초수, 연조수, 척추골수, 새파수를 계수하였다(그림 6). 또한 연령사정에 적합한 형질을 찾기 위해 척추골, 비늘, 이석을 추출하였으며(그림 7). 비늘은 돛돔 어체 중 등지러미, 배지느러미 및 아가미뚜껑 부위 3곳에서 채취하여 보존하였다(그림 8).

2. 연령사정을 위한 시료 준비

가. 시료 추출

채집한 돛돔 11개체 중 7개체에 대해 척추골, 비늘, 이석 모두를 추출하였고, 나머지 4개 시료에 대해서는 이석만 추출하였다. 이석은 눈을 기준으로 두부를 만졌을 때 딱딱한 부분을 절개하여 좌, 우에 위치한 이석 한 쌍을 추출하였다(그림 7, b & d). 2개의 이석을 각 어체에서 추출한 후, 표면에 붙어있는 이물질은 증류수로 제거하였다. 그 후 이석 연마에 있어서 적절한 방법을 찾기 위하여 좌측에서 채집된 이석은 종단면으로, 우측에서 채집된 이석은 횡단면으로 일관된 방법으로 절단하여 연마하였다.

나. 몰딩 작업(이석)

몰딩틀에 이석을 고정하기 위해 매니큐어로 부착시키고, Castolite Resin과 Castolite Hardener(Buehler)를 섞어 부은 후 2~3일 정도 고정하였다(그림 9, a).

다. 절단하기(이석, 척추골)

몰딩된 이석은 절편기(Low speed saw, Isomet)를 이용하여 몰딩된 면의 통일성을 주기 위해 종단면으로 2~3mm정도 두께가 되도록 절편하였다(그림 9, b). 척추골의 경우 줄톱을 이용하여 3등분으로 절단하였다.

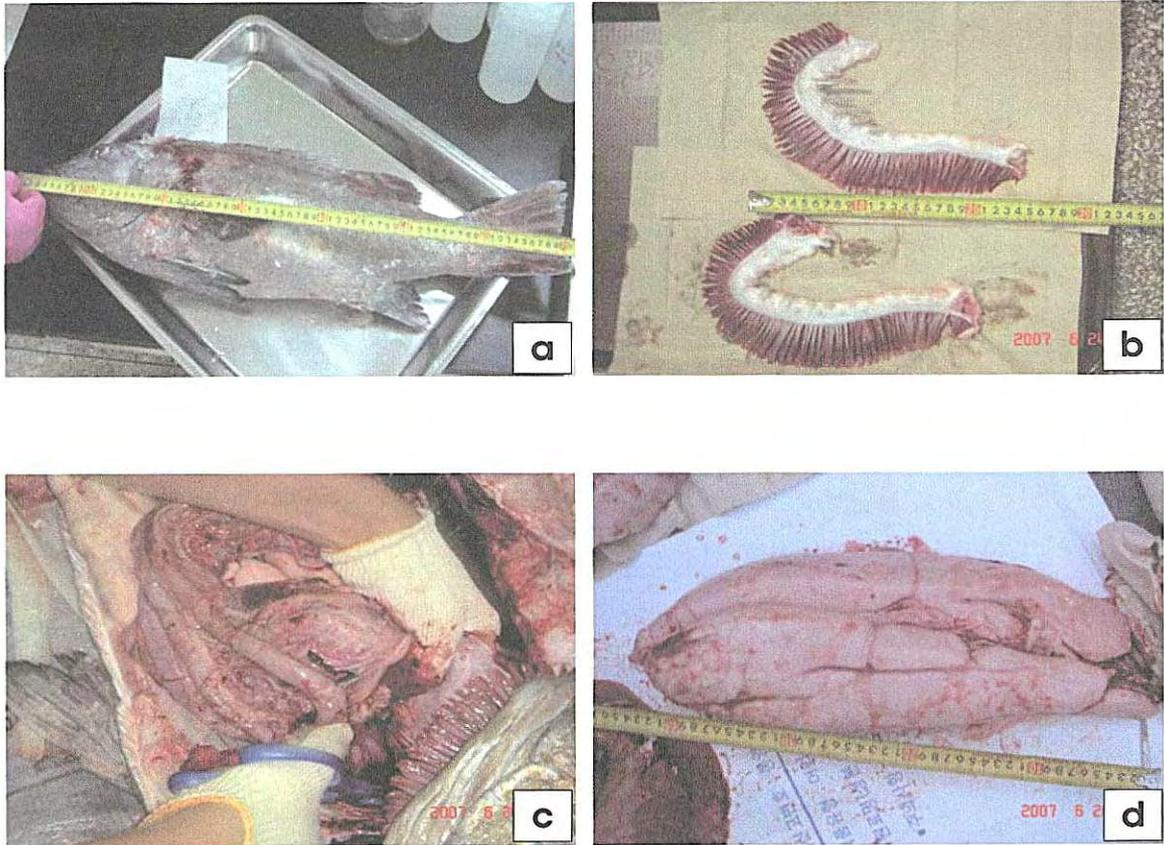


그림 6. 돛돔 전장 측정(a), 세파수 계수(b), 위 내용물(c) 및 생식소 관찰(d)



그림 7. 뚝뚝 연령사정을 위한 척추골(a), 비늘(c), 이석(b & d) 채취

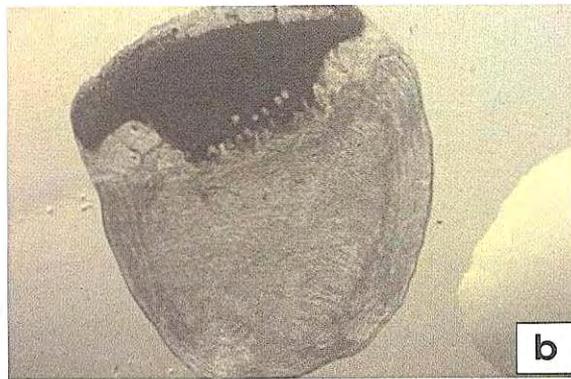
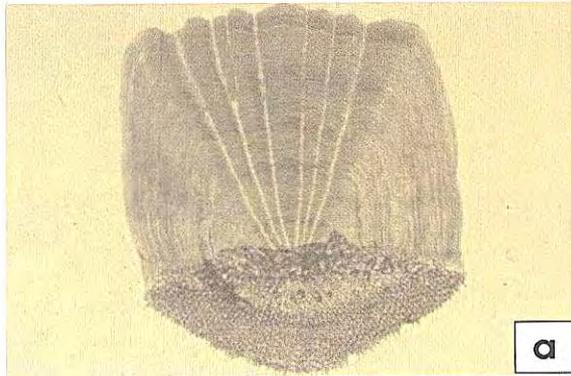


그림 8. 돛돔 연령사정을 위해 채취된 등지느러미(a), 배지느러미(b), 아가미뚜껑(c) 부위의 비늘

라. 연마하기(이석)

이석 박편을 만들기 위해 3종류의 연마 종이(Grit 400, 800, 2400)를 이용하여 단계별로 연마하였으며, 마지막으로 이석의 윤이 선명하게 나타나도록 연마기 (Ecomet 4000, Buehler)에 polishing clean paper(Buehler)로 마무리하였다(그림 9, c).

마. 연령 사정(이석, 비늘, 척추골)

이석에는 투명대와 불투명대가 교대로 나타나는데 일반적으로 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계가 명확할 경우 그 경계를 윤문으로 간주하여 연령사정 경계로 표시하였다(그림 10, c & d). 또한 이석 연마에 있어서 적합한 방법을 찾기 위하여 추출된 이석에 대해 커팅 연마와 전면 연마를 시도하였다.

이석관찰은 현미경(Olympus SZX2-ILLB, Japan)을 이용하였고 이석의 윤경(윤문까지의 거리) 관찰에는 Image Analyzer를 이용하였다. 연령사정에 이용한 11개체의 돛돔 중 성어 7개체를 분석한 결과 이석이 연령 사정에 적합한 것으로 판정되어 유어 4개체는 이석만을 사용하여 연령사정을 수행하였다. 이석은 모든 시료에 있어서 중심부의 초점에서 연변까지 최장축을 측정기준선으로 설정하여 이석경과 윤경을 측정하였다. 한편 돛돔 비늘과 척추골도 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계를 표시하였고(그림 10, a & b), 비늘의 경우 등지느러미, 배지느러미, 아가미 뚜껑 부분을 사용하여 관찰한 결과 등지느러미 부분의 윤문이 관찰에 가장 적합한 것으로 판단되어 등지느러미 부분의 비늘을 연령사정에 이용하였다.

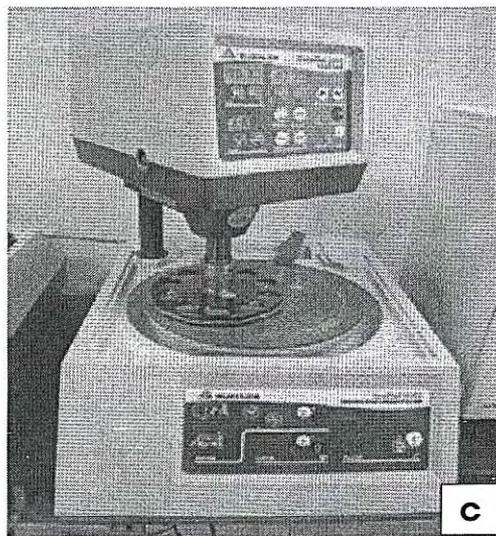
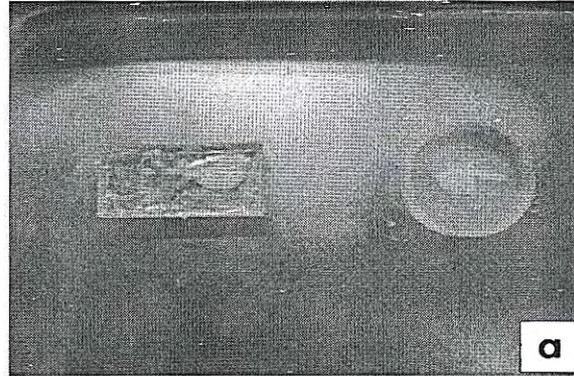


그림 9. 연마를 위해 몰딩된 돛돔 이석(a), 절편기(b), 연마기(c)

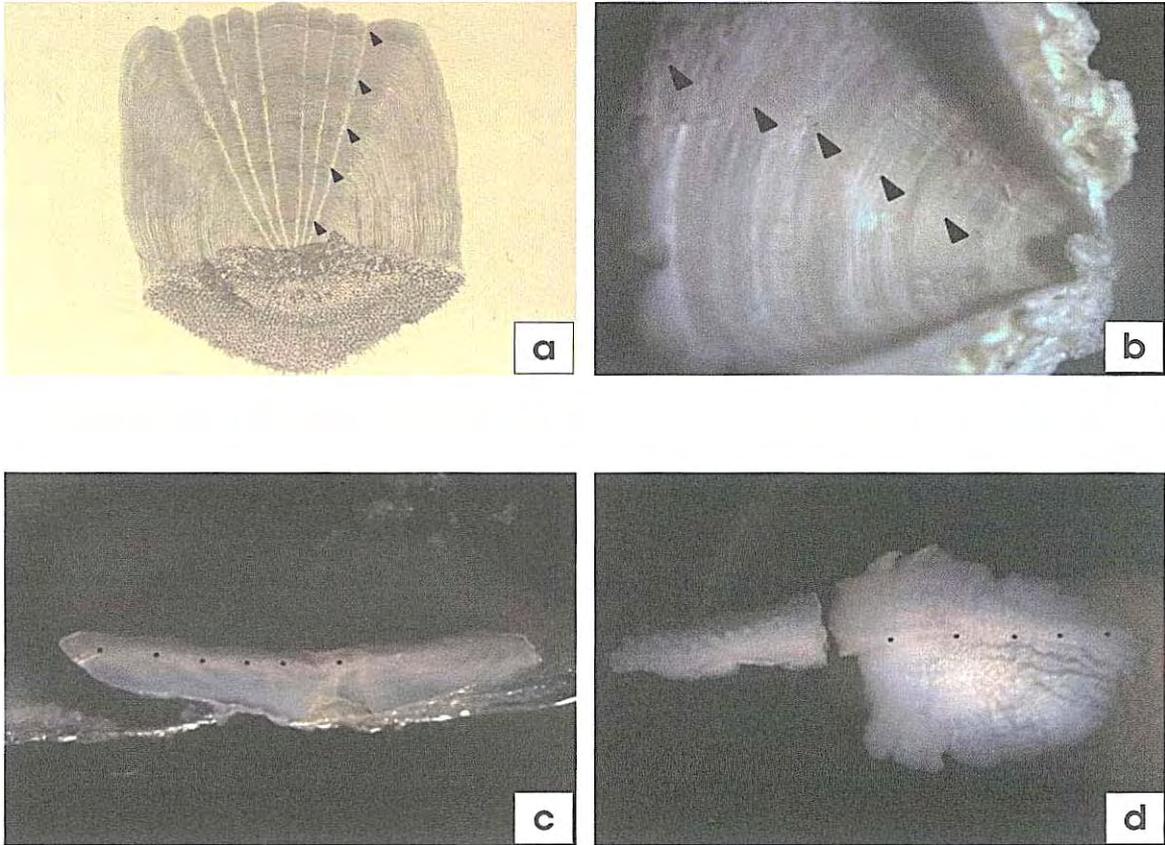


그림 10. 돛돔 연령사정에 이용된 비늘(a), 척추골(b), 이석(c: 컷팅 연마, d: 전면 연마).
 화살표와 점은 각 형질의 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계.

3. 돛돔 분류학적 연구

돛돔의 분류학적 위치를 알아보기 위해 유전자 분석에 의한 유전적 유연도를 조사하였다. 조사에 사용된 돛돔은 체장 17~20cm 내외 3개체로, 연관성을 알아보기 위해 같은 농어목에 속하는 농어, 참돔, 돌돔, 게르치, 눈볼래, 붉바리, 능성어 등을 함께 조사하였다. 조사방법은 각 어종별 미토콘드리아 DNA의 CO I (Cytochrome oxidase I) 유전자와 16S rDNA를 이용하여 조사하였다.

4. 돛돔 조직 및 생리학적 연구

돛돔의 조직학적 관찰을 위해 국내에서 어획되거나 위판된 돛돔 8개체를 대상으로 아가미, 간, 비장, 신장, 심장, 생식소 등을 Bouin 고정액에 고정시킨 후 상법에 따라 파라핀으로 포매한 후 5 μ m 두께로 연속절편하고 Hematoxylin-eosin으로 대비 염색하여 광학현미경으로 관찰하였다(그림 11).

또한, 산란기 추정을 위해 개체별 간체중지수(LSI)와 생식소지수(GSI)를 함께 조사하였으며, 성숙된 암컷 돛돔을 대상으로 난경 및 포란수를 조사하였다. 난경은 현미경(Olympus SZX2-ILLB, Japan)을 이용하여 조사하였고, 포란수는 전체 중량과 1g 기준으로 난수를 3반복 계수하여 평균치를 산정하였다(그림 12).

혈액학적 조사는 미부정맥과 아가미혈관에서 일회용 주사기로 약 1ml 정도 채혈하여 Hematocrit(Hct)와 혈액생화학 성분인 총단백질(TP), 총글로블린(TG) 및 총콜레스테롤(TCHO)를 조사하였다. Hematocrit 수치는 Hematocrit centrifuge (ALC 4203, Italy) 12,000rpm에서 5분간 원심분리 후 Hawksley reader(Catalogue No. 01502)로 측정하였으며 생화학성분은 건식혈액분석방법인 FUGI DRI-CHEM 3000 (FUJI PHOTO FILM Co., Japan)을 사용하여 전혈을 이용하여 측정하였다.

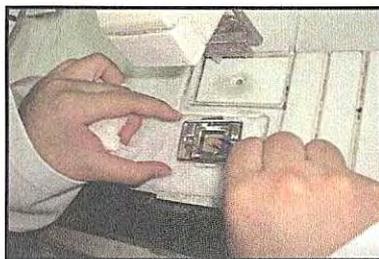


그림 11. 조직처리과정

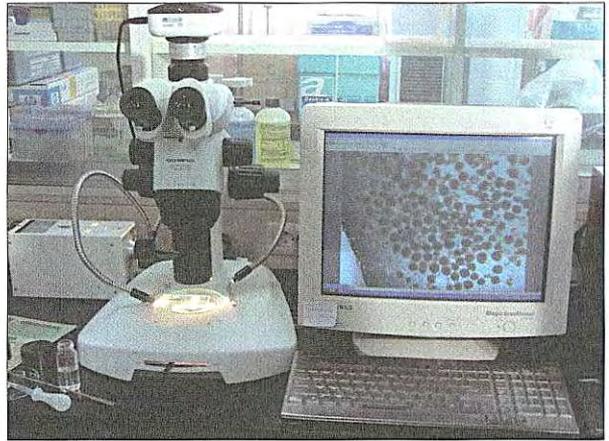


그림 12. 난경 및 포란수 측정과정

5. 돛돔 산소소비량 조사

가. 실험어 및 실험조건

부경대학교 수산과학연구소내 원형수조에서 해수(33psu)로 사육중인 돛돔(체장 23.4 cm, 체중 321.3 g) 1미를 사용하였다. 돛돔은 실험개시 직전까지 3주간 생사료(오징어, 새우)를 주었다.

실험은 20℃에서의 산소소비경향과 20℃에서 시간당 1℃씩 하강시켜 10℃까지의 산소소비경향 그리고 20℃에서 시간당 1℃씩 상승시켜 30℃까지의 산소소비경향을 3반복으로 조사하였으며, 광주기는 명기와 암기 각각 12시간씩 주었다.

암기시에는 차광막을 사용하여 빛을 완전히 차단하였으며, 유량은 실험어에 충분한 산소를 공급하기 위해 분당 1000~1100mL로 하였다.

나. 산소소비 실험장치

돛돔의 산소소비를 측정하기 위하여 사용한 주요 장치는 호흡실과 유입·유출 수실, 집수탱크 I·II, 컴퓨터, 온도조절 순환수조(JS-WBP-170RP, Johnsam Co., Korea)로 구성되어 있다(그림 13 & 14).

다. 산소소비 측정

돛돔의 산소소비량을 조사하여 단위체중당 산소소비 일주리듬을 파악하였으며, 산소소비량은 유입수와 유출수의 용존산소량이 각각의 용존산소센서를 거쳐 OxyGuard(Denmark)로 10분마다 자동 측정되어 컴퓨터에 입력되도록 하여 분석하였다. 각 실험결과로부터 얻어진 자료 값 사이의 유의차 유무는 SPSS-통계 패키지(version 10.1)에 의한 Turkey's test 및 T-test로 검정하였다.

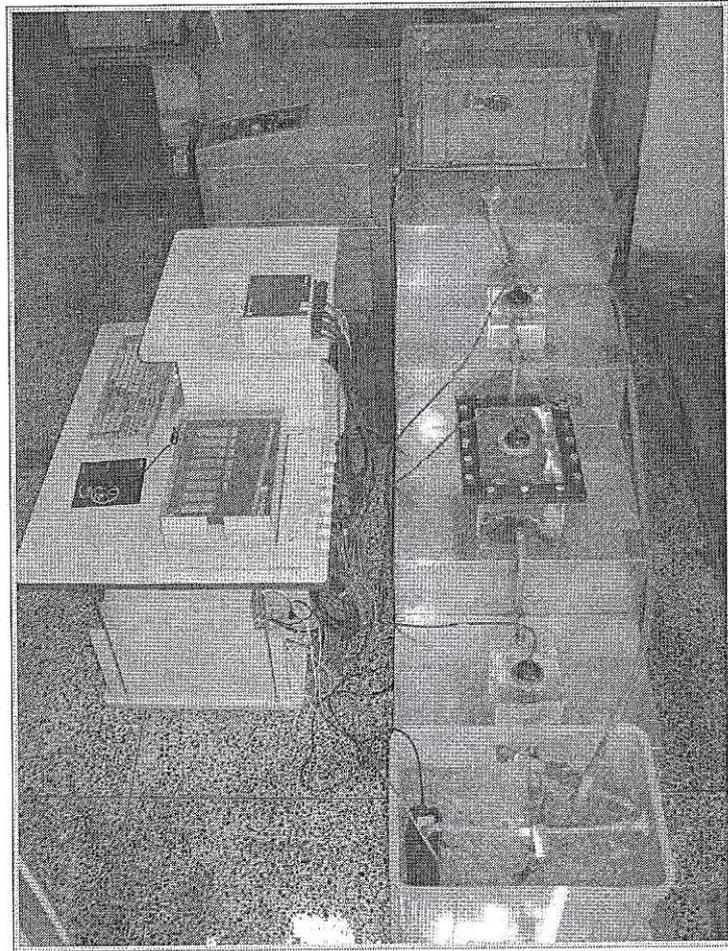
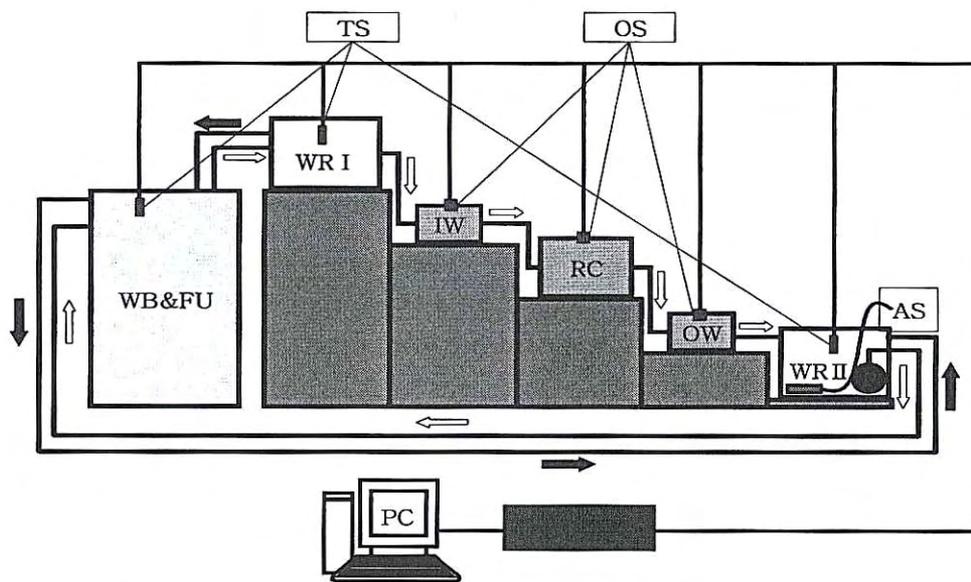


그림 13. 산소소비측정장치



AS, air supply; FU, filtering unit; IW, inlet water; OS, oxygen sensor; OW, outlet water; P, pump; PC, personal computer; RC, respiratory chamber; TS, temperature sensor; WB, water bath; WR I and II, water reservoirs I and II, respectively.

그림 14. 산소소비측정장치 모식도

6. 돛돔 해상가두리 사육시험

돛돔 어획 어업인과 수협 위판장을 통해 구입한 돛돔 자원 중 생존한 돛돔은 참여기업인 세보수산 해상가두리(통영시 산양읍 중화리 연명지선)에 9m 내외의 수심을 유지하여 수용 관리하였다(그림 15).

돛돔의 해상가두리 사육조건을 알아보기 위해 2007년 1월부터 12월까지 1년간 돛돔이 수용된 해상가두리 해역에 대해 환경조사를 실시하였다. 조사항목은 수온, 염분, 용존산소, 수질의 영양염류(암모니아성질소, 아질산성질소, 질산성질소, 인산염), 화학적산소요구량(COD)이며 월 2회 측정하였다.

수온, 염분 및 용존산소량은 다항목 수질측정기(YSI, 600XL)를 이용하여 현장에서 직접 측정하였고, 영양염류($\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$)와 화학적산소요구량(COD)은 해양환경공정시험방법(해양수산부, 2002)에 따라 측정하였다.

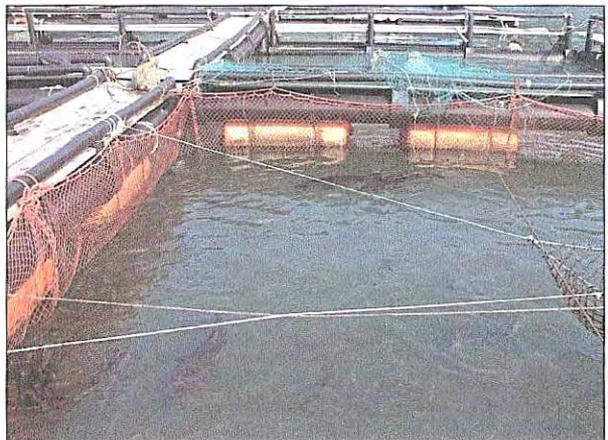


그림 15. 해상가두리 수용중인 돛돔

제 3절. 돛돔 선상 채란 및 채정시험

1. 돛돔 자원확보를 위한 조업실시

가. 돛돔 어획전문가 면담 및 어획현황 조사

근해유자망어업, 기선저인망어업 그리고 정치망어업으로 주로 어획되는 돛돔은 장시간의 물리적 자극과 급격한 수압차이로 어획 후 생존율은 극히 낮은 편이다. 또한, 어획량이 너무 적을 뿐 아니라, 어획 후 생존하더라도 장시간 수송에 따른 관리상의 어려움과 부주의로 대부분 폐사되어 선어상태로 위판되는 경우가 많다. 따라서, 살아있는 자원을 확보하기 위해서는 직접적인 조업이 불가피한 실정이며, 이에 자원확보를 위한 돛돔 조업을 실시하기 위해 전국 연안 수협 협조를 받아, 돛돔 어획전문가 4명을 대상으로 돛돔의 주 어획시기와 해역 그리고 조업방법 등에 대한 어획현황을 조사하였다.

나. 돛돔 자원확보를 위한 조업실시

상기 돛돔 어획전문가의 어획현황을 바탕으로 예산과 인력지원이 가능한 범위 내에서 대규모 선단이 필요하지 않은 연안자망어업, 근해유자망어업, 새우조망 그리고 외출낚시어업을 대상으로 조업을 실시하였다. 조업 대상해역(그림 16 & 17), 조업일시 및 조업방법은 표 2와 같다.

2. 돛돔 선상채란 및 채정시험

건강한 정자 및 난자를 얻기 위해서는 돛돔 조업현장에서 바로 채란 및 채정 작업이 이루어져야 효과적일 것으로 판단됨에 따라, 최근 2년간 돛돔이 가장 많이 어획된 해역이라 판단되는 전남 여수 거문도 남부해역을 대상으로 근해자망을 이용한 선상 채란 및 채정시험을 실시하였다.

아울러, 돛돔 암수가 같이 어획되지 않았을 경우 정자냉동보존에 의한 장기보관을 목적으로 일반적으로 정자냉동보관에 사용되는 인공정장 4종류 ASP I, ASP II, SS(Stein's solution), MFR(해산어류용 생리식염수)와 동해방지제 DMSO(dimethyl sulfoxide) 10%, EG(ethylene glycol) 10%, glycerol 15%, methanol 10%을 준비하여 채란 및 채정조업을 준비하였다.

표 2. 돛돔 자원확보를 위한 조업실시내역

대상해역	해구도	조업일시	조업방법	비 고
통영시 육지면 국도해역	98-9	2007. 6. 5~9	연안자망	그림 16 a
통영시 육지면 국도해역	98-9	2007. 6. 20~24	외줄낚시	그림 16 a
통영시 한산면 소매물도해역	98-9	2007. 6. 20~24	외줄낚시 연안자망	그림 16 b
거제시 남부면 대병대도해역	99-7	2007. 6. 21~22	새우조망	그림 16 c
제주도 서귀포~ 여수시거문도	110-4	2007. 7. 12	근해유자망	그림 17 a
제주도 서귀포~ 여수시거문도	110-4	2008. 5. 19~30	근해자망	그림 17 a

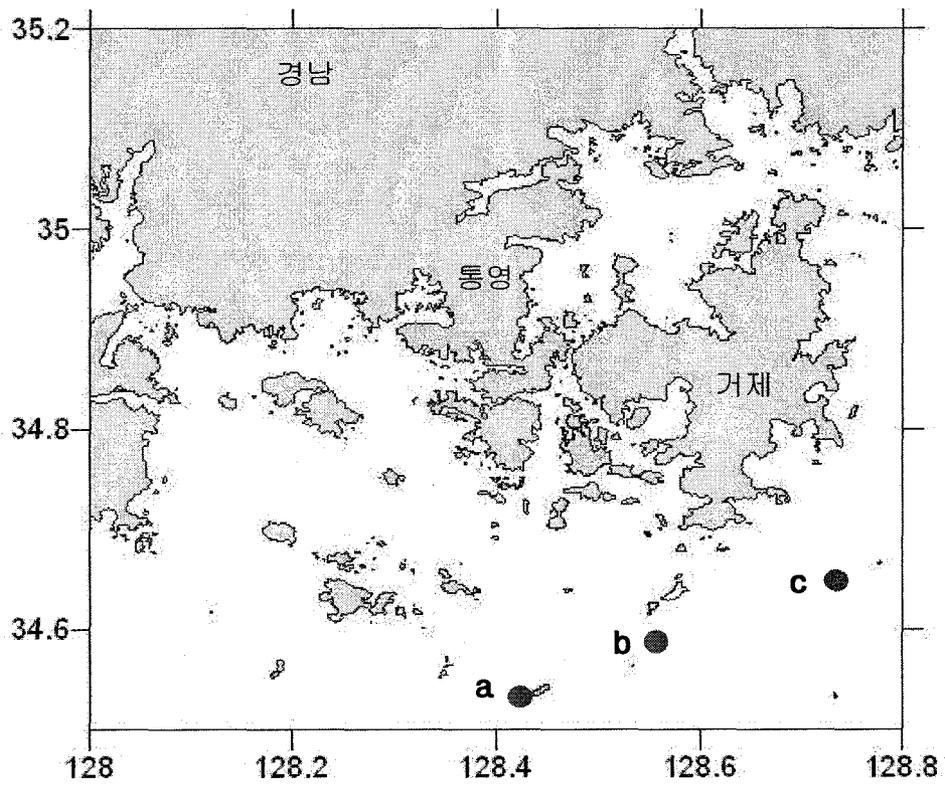


그림 16. 돛돔조업해역 (경남 통영시~거제시해역)

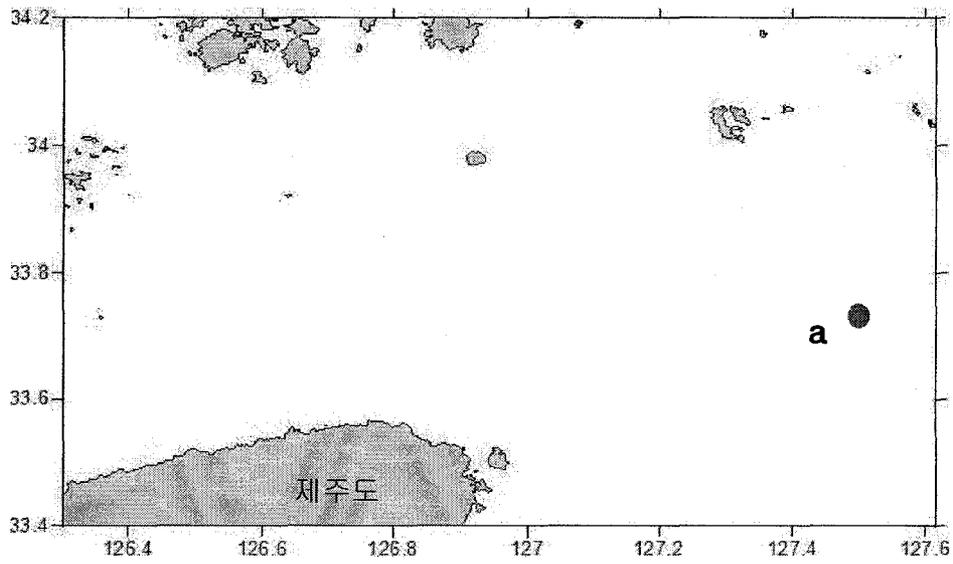


그림 17. 돛돔조업해역 (제주도 서귀포~여수시 거문도해역)

제 4 장. 결과

제 1절. 돛돔 어획실태조사 및 자원확보

1. 돛돔 어획현황 및 자원구입

돛돔 홍보용 리후렛 및 팜프렛을 전국 각 수협과 어업인들에게 배포하여 네트워크를 강화한 후 돛돔 어획 어업인과 수협 위판장을 통해 위판된 돛돔을 대상으로 어획좌표(해구도), 어획방법, 어획수심, 어획개체의 체장 및 체중 등 어획실태 조사를 실시하였다. 어획실태조사결과, 연간 돛돔 어획량은 30미 내외로 추산되며, 2007년과 2008년 2년간 어획된 돛돔은 총 65미로, 이중 80%에 해당하는 52미를 통영사무소에서 확보하였으며, 어획어 65미를 대상으로 어획실태조사를 실시하였다.

2007년부터 2008년까지 2년간 어획된 돛돔 내역을 살펴보면 매년 3월부터 12월 까지 연중 어획되는 경향이 있었다(표 3). 월별 어획현황을 살펴보면 당년생 치어로 유추되는 1kg미만 어류는 전장 14~20cm(70~200g) 내외의 크기로 9월부터 12월 까지 어획되는 경향이 있고, 친어가 되기 전인 1~20kg 크기의 어류는 3월에서 7월 사이에 어획되는 경향이 있으며, 친어로 유추되는 20kg이상 크기의 돛돔은 4월에서 7월 사이에 어획되는 양상을 보이고 있었다(표 4).

어획해역은 강원도 속초시부터 전남 홍도해역에 이르기까지 우리나라 남·동해안을 걸쳐 어획되고 있었다. 월별 어획현황은 그림 19와 같으며 4월부터 6월까지 그리고 9월부터 12월까지 다수 어획되는 것을 볼 수 있었다. 돛돔 크기별 어획 분포도를 살펴보면, 당년어로 유추되는 1kg미만 어류는 강원도 속초시부터 경남 통영시 연안까지 남해안 동측해역과 동해안 연안을 따라 어획되고 있으며, 어획량 분포는 각 지점에 걸쳐 연간 2미 이상씩 어획되는 양상을 보이고 있었다(그림 20). 이에 반해 1~20kg 크기의 어류는 다소 남측으로 치우쳐 전남 홍도해역부터 강원도 삼척시까지 광범위하게 걸쳐 어획되었으며, 주로 제주도와 거문도 사이 해역에서 다수 어획되는 양상을 보이고 있었다(그림 21). 또한, 친어로 추정되는 20kg 이상 크기의 어류는 제주도와 거문도 사이해역 그리고 부산외해에서 다수 어획되는 양상을 보이고 있었다(그림 22).

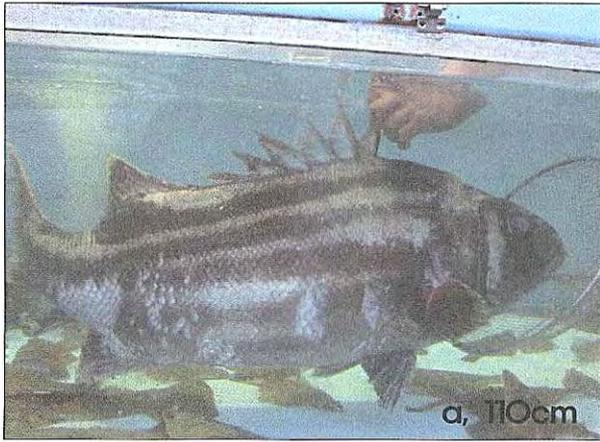
표 3. 돛돔 어획현황(2007년~2008년)

어획일	어획해역	해구도	어획방법	어획수심	어체크기		사진 ^b
					전장(cm)	체중(kg)	
2007. 4.10	강원도 속초시	48-7	정치망	50~60	110	23	a
2007. 4.24	통영시 한산면	99-7	채낚기	33~40	43	1	b
2007. 5. 3	포항시 남구지선	87-1	자망	10~15	15	350g	c
2007. 5. 4	거제시 장승포	99-2	정치망	25	60	6.8	d
2007. 5. 8	전남 소흑산도	210-7	쌍끌이	100~110	60	7	-
2007. 5.22	부산시 외해	100-1	쌍끌이	90	150~160	60(7미) ^a	-
2007. 6.23	경주시 감포읍	87-1	정치망	34	144	50	e
2007. 6.25	제주도~거문도	110-7	유자망	85~95	164	70	f
2007. 7.12	제주도~거문도	110-7	유자망	91	145	50	g
2007. 9. 3	부산시 기장군	87-7	연안통발	15~25	10	3.5g(6미) ^a	h
2007.11. 3	통영시 한산면	99-7	새우조망	80	50	2.8	i
2008. 3. 7	제주도~거문도	110-4	유자망	90~100	72	7.4	j
2008. 3. 7	제주도~거문도	110-4	유자망	90~100	70	6.3(4미) ^a	-
2008. 3.12	강원도 삼척시	69-2	정치망	40~45	38	1.2	-
2008. 4. 4	제주도~거문도	110-4	유자망	90~100	65	6.6	k
2008. 4. 4	제주도~거문도	110-4	유자망	90~100	56	5.7	-
2008. 4. 4	제주도~거문도	110-4	유자망	90~100	50	5.0	-
2008. 4. 4	제주도~거문도	110-4	유자망	90~100	50	5.0	-
2008. 4. 4	제주도~거문도	110-4	유자망	90~100	45	4.0	-

어획일	어획해역	해구도	어획방법	어획수심	어체크기		사진
					전장(cm)	체중(kg)	
2008. 4. 7	거문도 백도외해	224-2	소형기선 저인망	90	70	5.0	-
2008. 4.18	거제시 지세포	99-4	정치망	30	60	7.0	-
2008. 5. 7	거제시 지세포	99-5	대구호망	30	61	4.3	l
2008. 6. 2	제주도 동측	224-7	외끌이	110	119	30	-
2008. 6.20	통영시 산양읍	98-5	주복	20	75	11	-
2008. 6.24	통영시 두미도	98-5	주복	40	90	14	m
2008. 6.24	강원도 양양시	55-8	정치망	40	27	440g	n
2008. 7.11	경주시 감포읍	87-1	정치망	34	56	3.3	o
2008.10.14	경북 포항시	82-7	정치망	35	20	250g	p
2008.10.22	거제시 지심도	99-8	통발	30	17	115g	q
2008.11.10	통영시 매물도	99-7	새우조망	50	17	120g	r
2008.11.25	강원도 삼척시	69-2	정치망	36	19	150g(3미) ^a	s
2008.11.26	강원도 속초시	47-9	정치망	38	19	150g(5미) ^a	t
2008.12. 2	전남 강진군	214-8	정치망	50	45	5.0	u
2008.12. 4	강원도 속초시	47-9	정치망	38	14~20	70~150g ^a (12미)	v

주) a : 같이 어획된 돛돔 어획량

b : 구입한 돛돔 사진(그림 18 참조)



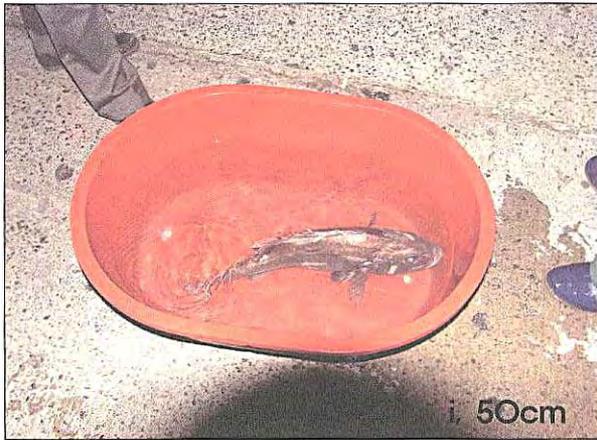
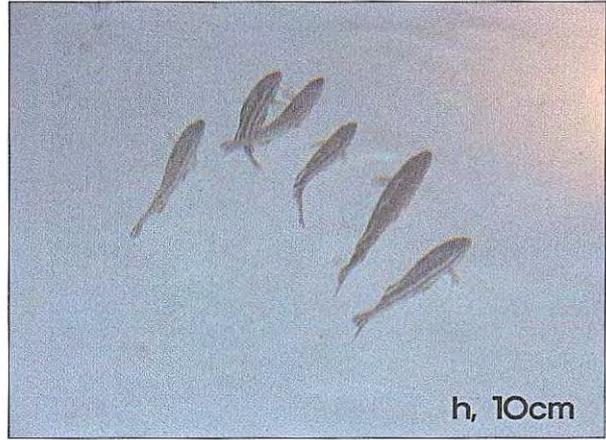






표 4. 월별어획현황(2007년~2008년)

월별 크기	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<1kg	-	-	-	1	1	1	-	-	6	2	9	12
1~20kg	-	-	6	7	3	2	1	-	-	-	1	1
> 20kg	-	-	-	1	7	3	1	-	-	-	-	-

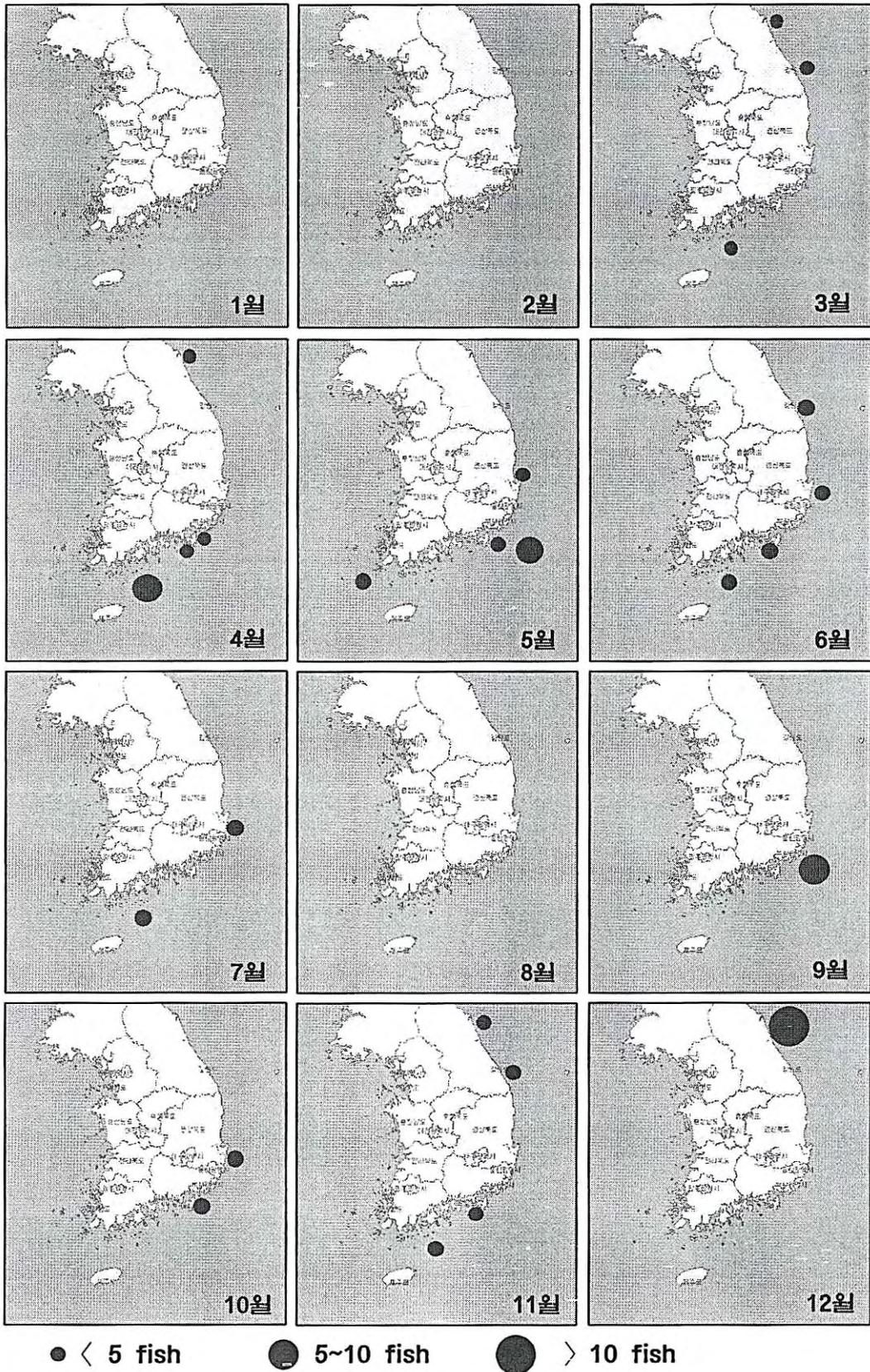


그림 19. 월별어획현황(2007년~2008년)

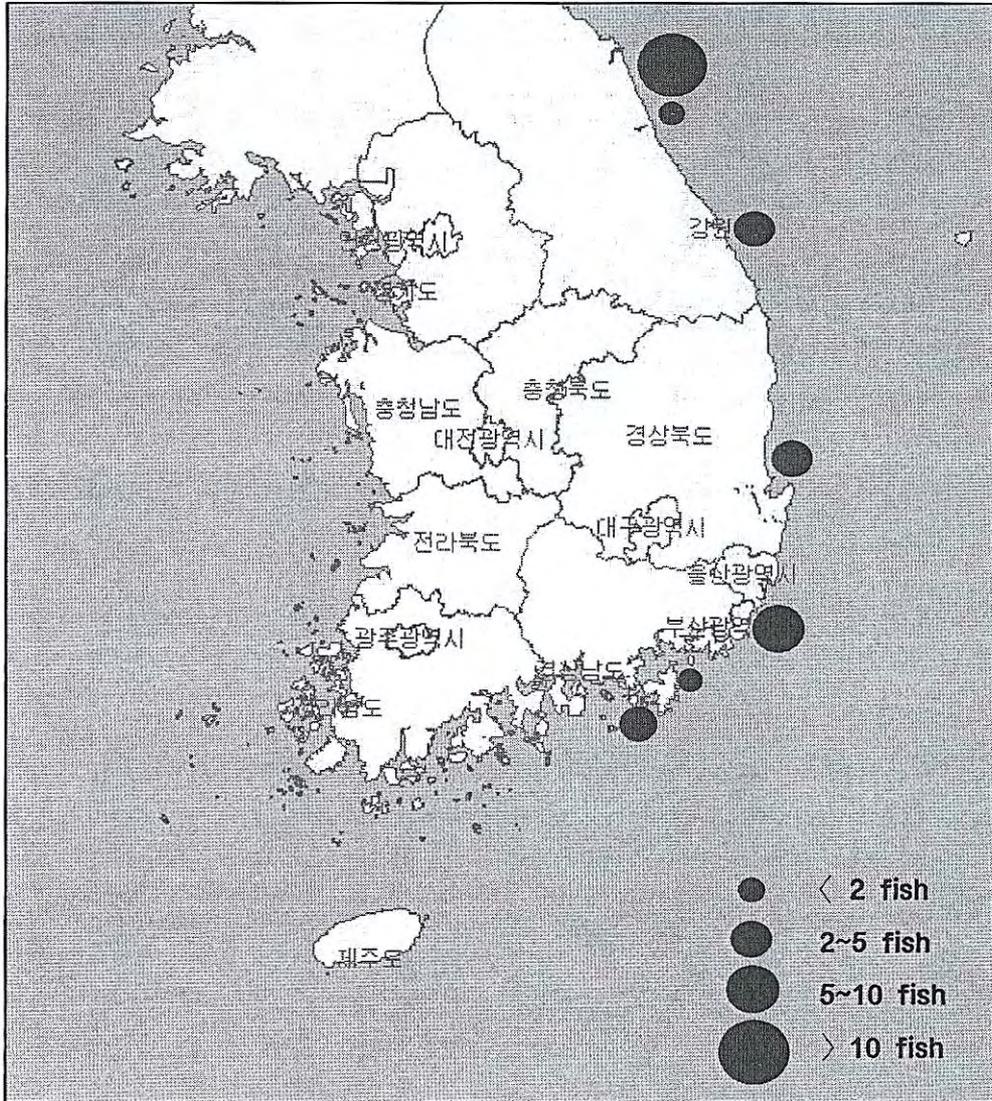


그림 20. 돛돔 크기별 어획분포도 (<1kg)

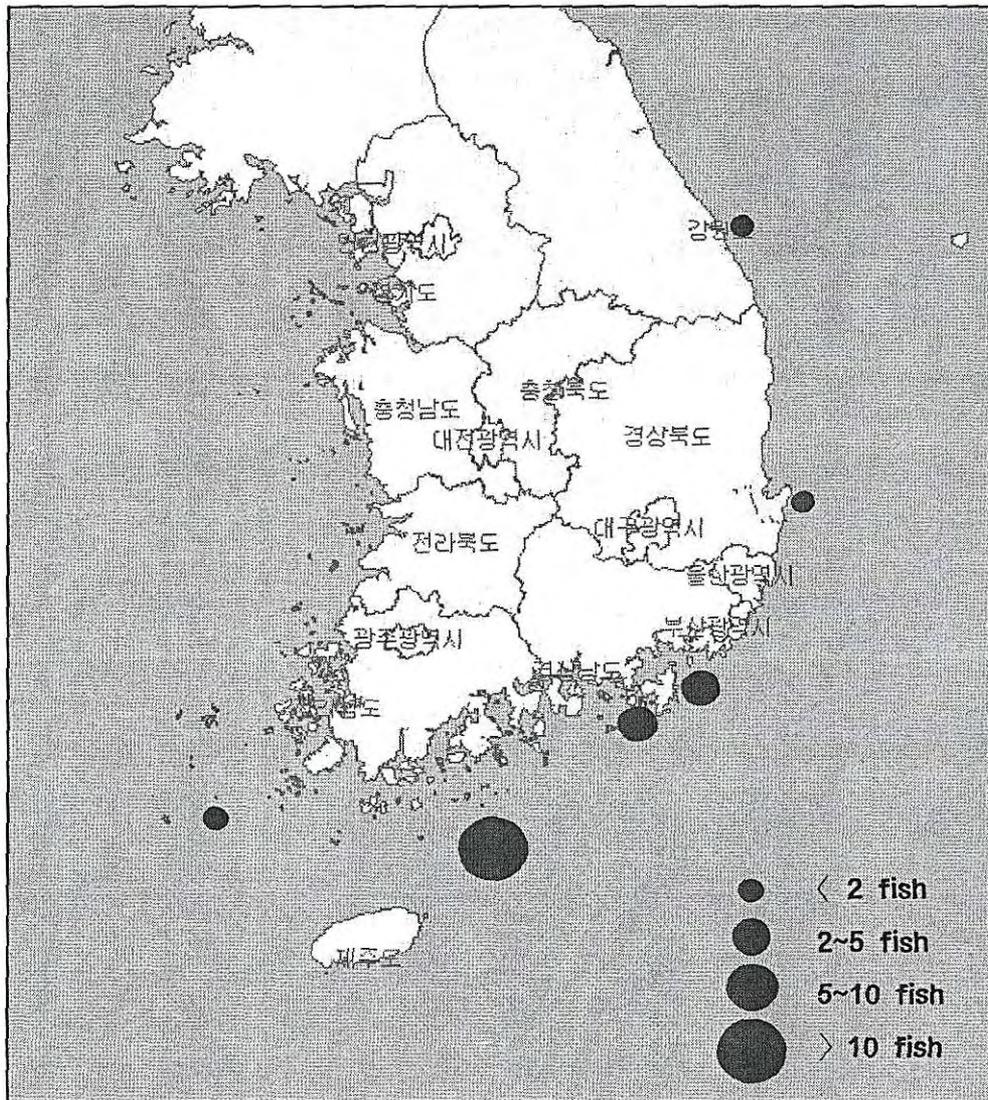


그림 21. 돛돔 크기별 어획분포도(1~20kg)

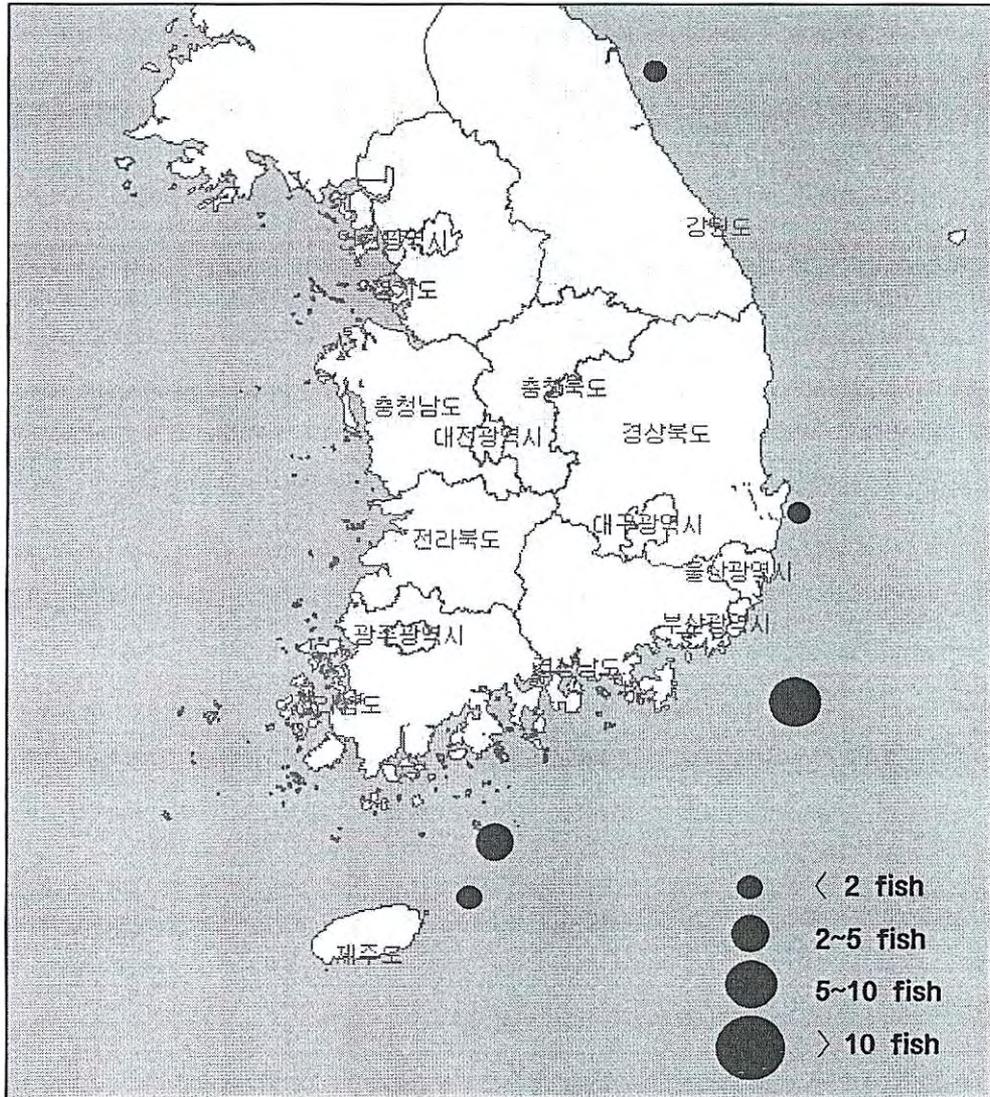


그림 22. 돛돔 크기별 어획분포도(> 20kg)

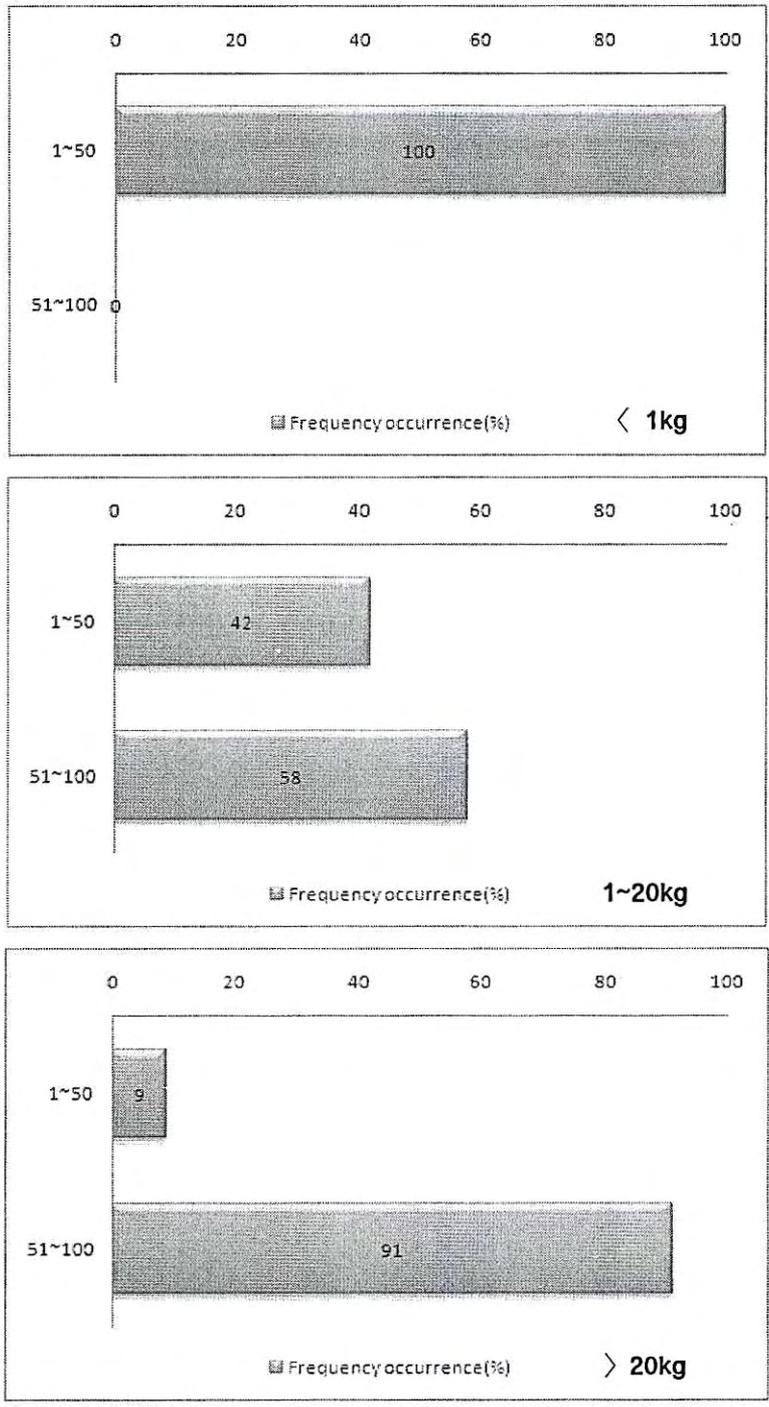


표 5. 어체크기에 따른 수심별 출현율

표 6. 돛돔어획해역 수온분포(2007년~2008년)

어획일	어획해역	해구도	어획방법	어획수심	체중(kg)	수온(°C) ^b
2007. 4.10	강원도 속초시	48-7	정치망	50~60	23	5.95~13.81
2007. 4.24	통영시 한산면	99-7	채낚기	33~40	1	12.14~14.63
2007. 5. 3	포항시 남구지선	87-1	자망	10~15	350g	14.17~15.33
2007. 5. 4	거제시 장승포	99-2	정치망	25	6.8	12.14~13.11
2007. 5. 8	전남 소흑산도	210-7	쌍끌이	100~110	7	9.58
2007. 5.22	부산시 외해	100-1	쌍끌이	90	60(7미) ^a	10.95
2007. 6.23	경주시 감포읍	87-1	정치망	34	50	15.75
2007. 6.25	제주도~거문도	110-7	유자망	85~95	70	15.41
2007. 7.12	제주도~거문도	110-7	유자망	91	50	15.41
2007. 9. 3	부산시 기장군	87-7	연안통발	15~25	3.5g(6미) ^a	17.01~18.01
2007.11. 3	통영시 한산면	99-7	새우조망	80	2.8	15.62
2008. 3. 7	제주도~거문도	110-4	유자망	90~100	7.4	9.5
2008. 3. 7	제주도~거문도	110-4	유자망	90~100	6.3(4미) ^a	9.5
2008. 3.12	강원도 삼척시	69-2	정치망	40~45	1.2	10.30~11.42
2008. 4. 4	제주도~거문도	110-4	유자망	90~100	6.6	12.71
2008. 4. 4	제주도~거문도	110-4	유자망	90~100	5.7	-
2008. 4. 4	제주도~거문도	110-4	유자망	90~100	5.0	-
2008. 4. 4	제주도~거문도	110-4	유자망	90~100	5.0	-
2008. 4. 4	제주도~거문도	110-4	유자망	90~100	4.0	-

어획일	어획해역	해구도	어획방법	어획수심	체중(kg)	수온(°C)
2008. 4. 7	거문도 백도외해	224-2	소형기선 저인망	90	5.0	13.93
2008. 4.18	거제시 지세포	99-4	정치망	30	7.0	13.58~14.71
2008. 5. 7	거제시 지세포	99-5	대구호망	30	4.3	12.14~13.58
2008. 6. 2	제주도 동측	224-7	외끌이	110	30	14.76~14.88
2008. 6.20	통영시 산양읍	98-5	주복	20	11	17.63~18.00
2008. 6.24	통영시 두미도	98-5	주복	40	14	15.77~17.44
2008. 6.24	강원도 양양시	55-8	정치망	40	440g	11.98~12.63
2008. 7.11	경주시 감포읍	87-1	정치망	34	3.3	13.90~16.63
2008.10.14	경북 포항시	82-7	정치망	35	250g	16.42~17.75
2008.10.22	거제시 지심도	99-8	통발	30	115g	17.48~20.51
2008.11.10	통영시 매물도	99-7	새우조망	50	120g	17.48~20.51
2008.11.25	강원도 삼척시	69-2	정치망	36	150g(3미) ^a	14.42~16.96
2008.11.26	강원도 속초시	47-9	정치망	38	150g(5미) ^a	11.44~13.63
2008.12. 2	전남 강진군	214-8	정치망	50	5.0	17.97~19.43
2008.12. 4	강원도 속초시	47-9	정치망	38	70~150g ^a (12미)	11.44~13.63

주) a : 같이 어획된 돛돔 어획량

b : 국립수산물과학원 한국해양자료센터 정선해양관측자료

어획방법은 주로 쌍끌이어업, 유자망어업 및 정치망어업으로 어획되었으며, 해역에 따라 어획방법은 다소 차이가 있어 동해안의 경우에는 정치망을 중심으로 20kg 이하의 어류가 주로 어획되는 양상을 보였으며, 남해안의 경우에는 유자망과 쌍끌이 어업을 중심으로 어획되는 양상을 보였다. 특히, 200g내외의 어류는 부산시 기장군 일광연안과 강원도 삼척시에서 속초시 연안을 따라 정치망 및 통발어업으로 어획되었다.

어체 크기별 주 어획수심은 1kg미만 어류는 주로 1~50m이하 수심에서 100% 어획되고 있었으며, 1~20kg 사이의 어류는 1~50m 수층에서 42%, 51~100m 수층에서 58% 어획되었으며, 20kg이상 어류는 1~50m 수층에서 9%, 51~100m 수층에서 91% 어획되는 양상을 보이고 있었다(표 5). 어획시기에 따른 어획해역의 수온분포는 표 6과 같으며, 대부분 10~20℃내외 수온을 형성하고 있는 것으로 조사되었다.

2. 돛돔 어획실태 설문조사

국내에서 어획되는 돛돔의 어획실태를 조사하기 위하여 돛돔의 주 어획방법인 기선저인망어업, 유자망어업 그리고 정치망어업 어업인 122명을 대상으로 어획실태 설문조사를 실시하였다.

설문 응답자의 구성비는 쌍끌이어업인이 26명으로 12%를 차지하며, 외끌이어업인이 49명으로 40%, 정치망어업인이 35명으로 29%, 유자망어업인이 6명으로 5%를 차지하고 있다(표 7). 이중 돛돔 조업경험이 있는 사람은 74명으로 총 응답자의 61%를 차지하였다(표 8).

돛돔 조업경험이 있는 어업인 74명의 어업방법 분포도를 살펴보면, 외끌이어업이 31명으로 42%를 차지하여 가장 큰 어획율을 나타내었으며, 쌍끌이어업은 12명으로 16%를 차지하고 있다. 유자망어업은 6명으로 조업경험자의 8%를 차지하며, 정치망어업은 19명으로 26%를 차지하여 어구별 어획율을 비교해 볼 때 외끌이어업이 가장 높은 것으로 평가되었다(표 9).

1회 어획당 돛돔 어획량을 살펴보면, 1~2미를 어획한 어업인은 61명으로 총 조업경험자 중 83%를 차지하여 1회 어획당 돛돔자원 어획량이 상당히 적은 것으로 평가되었다. 1회 어획시 3~4미 또는 5~6미를 어획한 자는 각각 8%와 6%로 조사

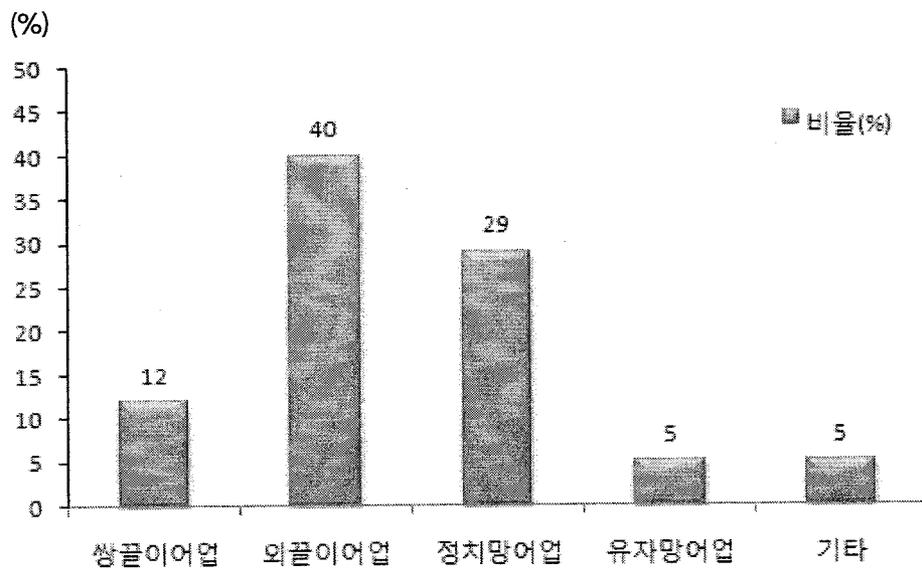


표 7. 조업방법별 설문조사 구성비

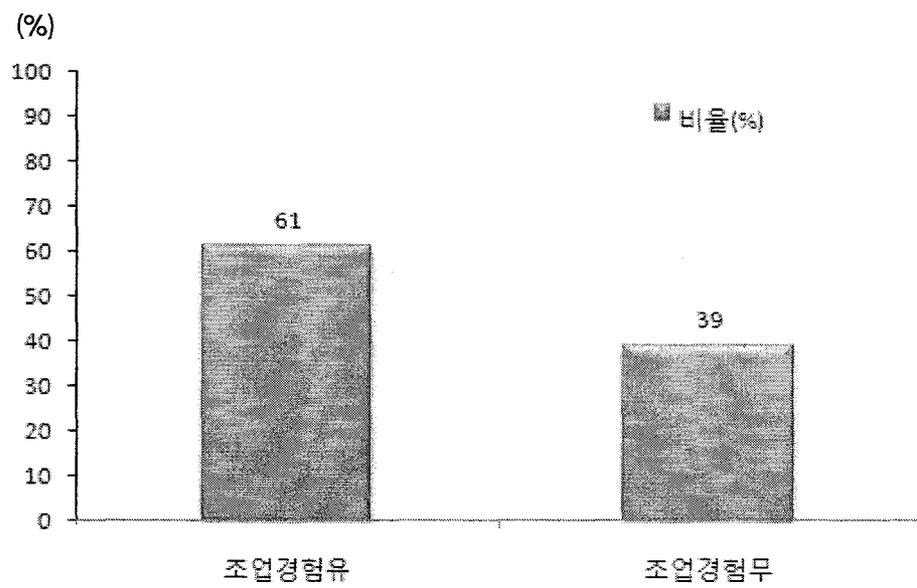


표 8. 돛돔조업빈도분석

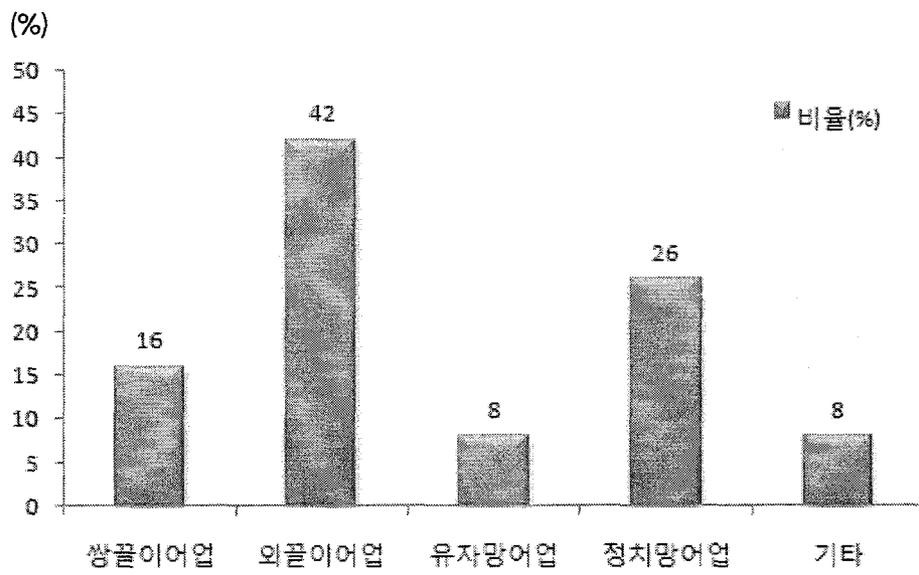


표 9. 조업방법별 돛돔조업빈도

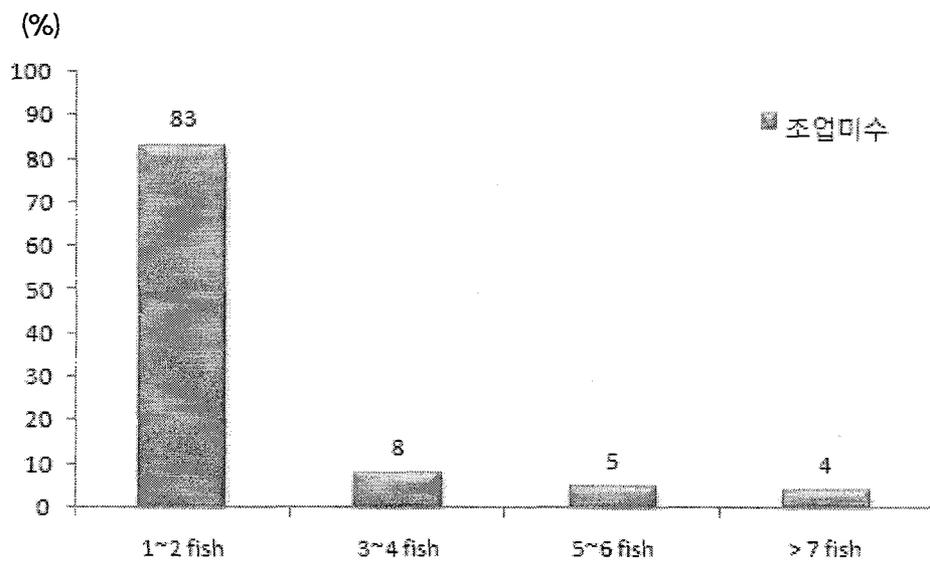


표 10. 어획당 돛돔 어획량

되었으며, 7m 이상 답한 어업인은 총 응답자의 4% 수준으로 조사되었다(표 10).

돛돔 주요 서식처 및 수심별 분포도를 살펴보면, 수심 1~50m 층에서 조업한 경험이 있는 자는 25명으로 응답자의 34%를 차지하였으며, 51~100m 수층은 30명으로 40%를 차지하였고, 101~150m 수층에서 조업한 자는 17명이 답하여 23% 수준을 나타내었다. 또한 150m 이심에서 어획한 자는 2명으로 3% 수준을 유지하여 51~100m 수심에서 어획한 자가 가장 큰 점유율을 가지고 있었다(표 11). 돛돔의 먹이 성향 및 서식(이동) 수온을 알아보기 위해 돛돔 어획당시의 주 조업 대상종을 조사한 결과, 돔류가 총 응답자의 19%를 차지하였으며, 오징어가 9%, 불락이 8%로 조사되어 돔류와 같이 어획되는 경우가 많은 것으로 조사되었다.

돛돔의 주요 어획해역 및 서식장을 알아보기 위해 우리나라 연안을 4등분하여 동해북부(해구도 48~74), 동해남부(해구도 76~96), 남해동부(해구도 97~114) 및 남해서부(해구도 199~244)로 분류하여 돛돔 주 어획해역을 조사하였다(그림 23). 그 결과, 남해서부해역에서 조업한 자가 31명으로 총 응답자의 42% 수준을 차지하여 가장 많이 어획한 해역으로 평가되었으며 그 다음이 남해동부해역으로 27명이 응답하여 36%, 동해북부해역이 11명으로 15%, 동해남부해역이 5명으로 7% 수준을 차지하였다(표 12).

월별 어획을 조사결과 1월에서 3월까지 어획한 자가 14명으로 총 응답자의 19%를 차지하였으며, 4월부터 6월까지 어획한 경험이 있는 자는 26명으로 35%를 차지하는 것으로 조사되었다. 7월부터 9월까지의 조업자는 8명으로 다소 낮은 11% 수준을 보이고 있으며, 10월부터 12월까지의 조업자는 26명으로 총 응답자의 35%를 차지하여(표 13), 4월부터 6월까지 그리고 10월부터 12월까지 어획한 자가 비교적 많아 2007년부터 2008년까지 어획한 자료를 조사한 돛돔 어획실태조사 결과와 유사한 결과를 보이고 있었다(그림 19).

돛돔 체장별 어획조사결과는 표 14와 같으며, 돛돔 크기 1~40cm(1kg 미만)의 어류를 어획한 자는 26명으로 총 응답자의 35%를 차지하며, 41~100cm(1~20kg) 크기의 어류를 어획한 자는 36명으로 총 응답자의 49%를 차지하며, 100cm 이상(20kg 이상) 크기를 어획한 자는 12명으로 16%를 차지하는 것으로 조사되었다.

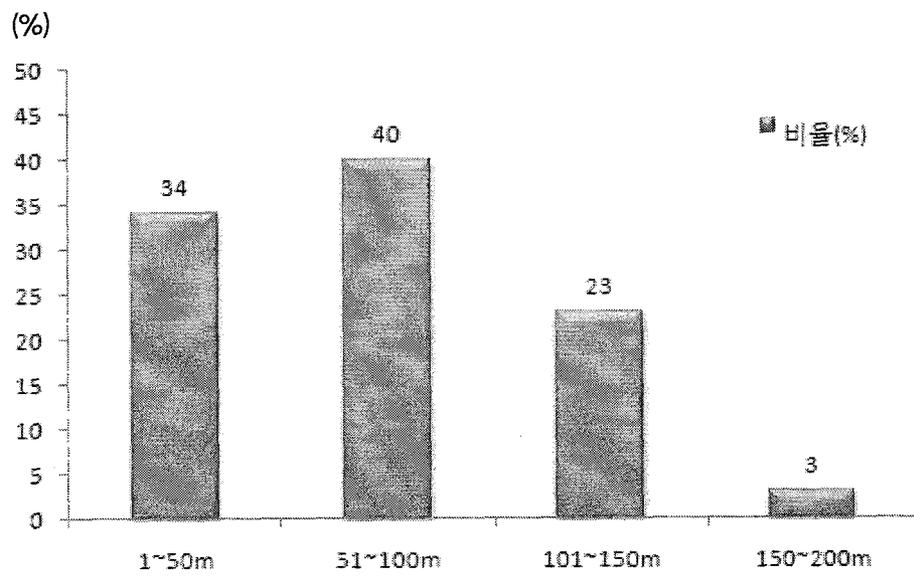


표 11. 수심별 어획율

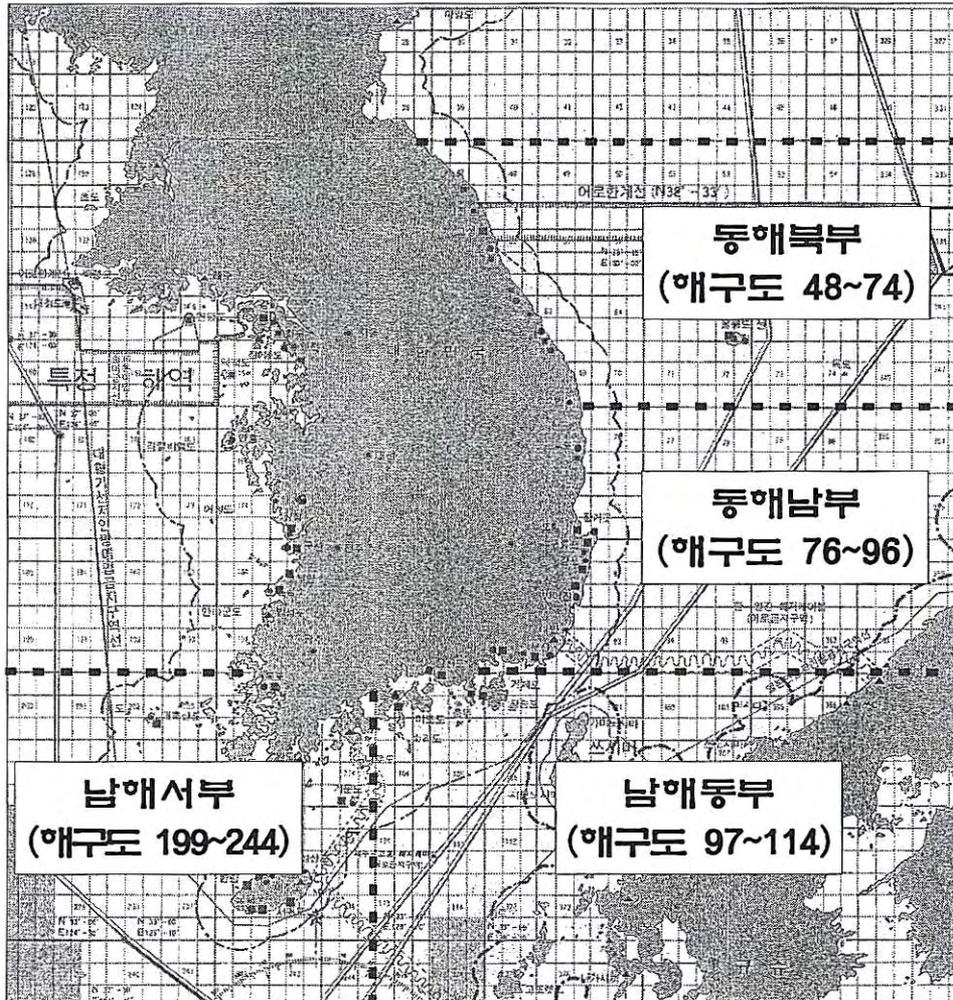


그림 23. 권역별 해구도

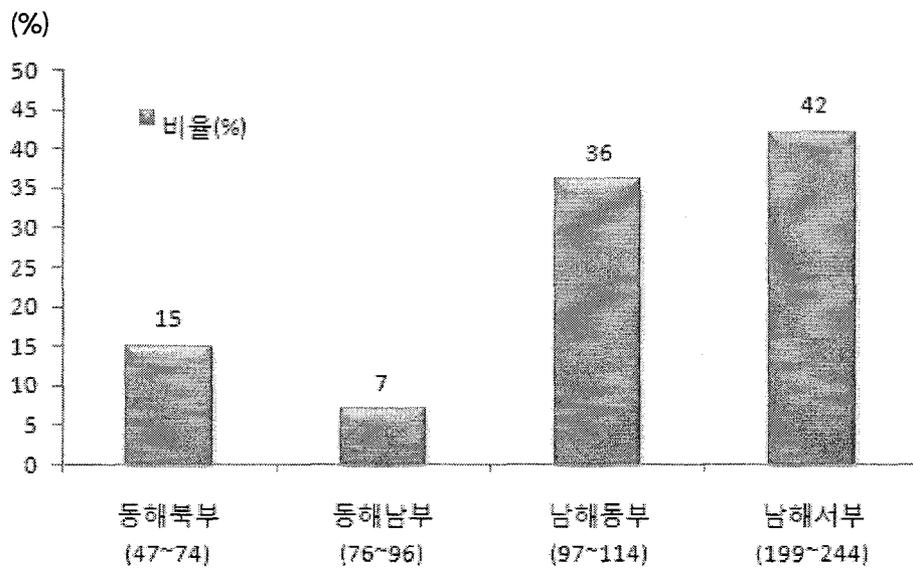


표 12. 해구별 어획분포현황

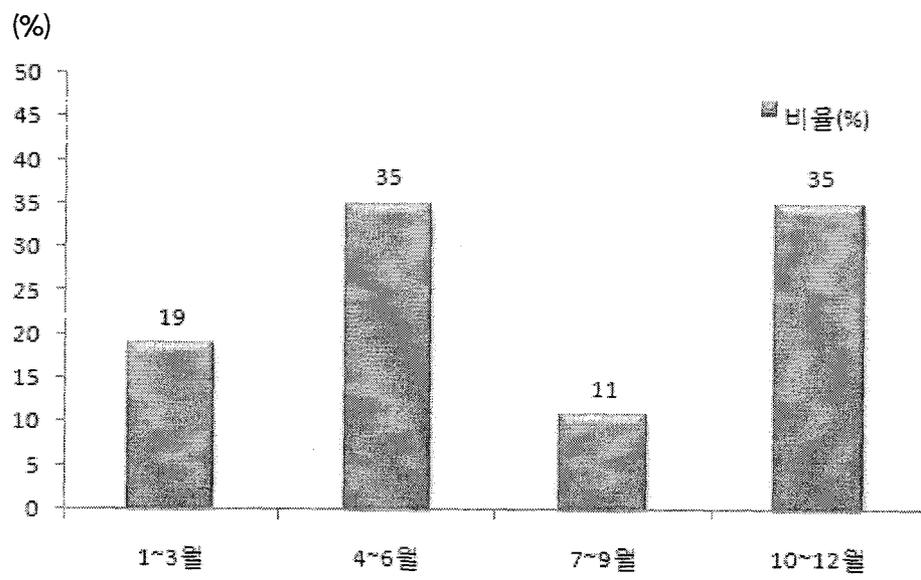


표 13. 월별 어획분포현황

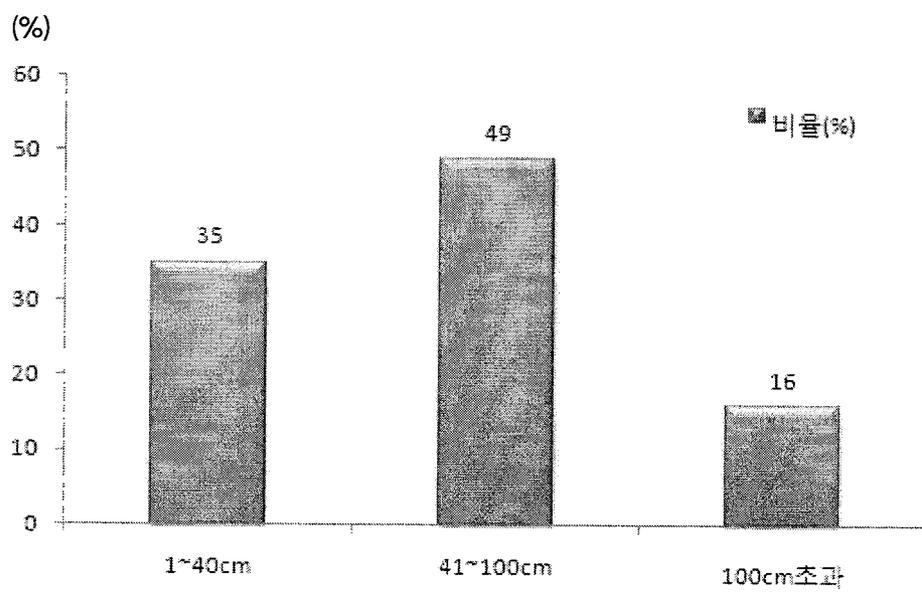


표 14. 체장크기별 어획분포현황

3. 돛돔 어획실태 설문조사 결과분석

돛돔의 생태학적 특징을 분석하기 위하여 돛돔 어획실태 설문조사결과를 활용하여 돛돔의 어획 개체수 및 체장 변화 등 각각의 변수들과의 관계를 분석하고자 하였다.

1차적으로 각 변수들과의 상관관계에 대한 유의성을 검정하는 분석단계를 통하여 각 변수들 간의 관련성을 분석하였다. 또한, 자료의 분석단계에서 변수들 간의 상관관계가 신뢰성이 없는 해당 변수들을 제거하여 상관계수를 추정하는 방법을 취하였다.

2차 단계로서는 유의성이 있는 변수들을 가지고, 종속변수와 독립변수와의 관계식을 구하여 독립변수의 값이 주어졌을 때 종속변수의 값을 예측하고, 종속변수에 대한 독립변수의 예측력(영향력)을 분석하는 방법을 취하였다. 분석단계에서는 모형설정, 모형추정, 모형진단의 단계를 거쳐 자료에 가장 적합한 모형을 선택하는 방법을 취하였다.

설문조사 분석결과 먼저 상관분석에서 각 변수들 간의 유의성은 발견할 수 없었다. 또한 많은 변수들의 종속변수가 되는 어획 개체수 또는 체장에 대한 독립변수들과의 관계 분석에서 종속변수를 설명해 줄 수 있는 변수를 찾을 수 없었으므로 모델이 될 수 있는 적합한 모형식은 설정할 수가 없었다. 따라서 회귀식 도출을 통한 모형설정이 어려우므로 아래와 같이 각 변수들간의 산점도 분석을 통하여 하나의 경향을 파악하고자 하였다.

가. 조업지점을 기준으로 한 조업수심과 체장과의 관계

먼저 조업수심 100m이내의 수심에서 돛돔의 어획 누적 퍼센트는 74.3%였으며, 평균수심 80~100m 사이에서 어획된 돛돔 퍼센트는 34%를 차지하여 가장 높은 분포를 나타내었다.

그중 남해동부해역(해구번호 97~114)과 남해서부해역(해구번호 199~244)에서는 평균 수심 100m를 기준하여 어획 체장이 비교적 큰 개체가 어획되었음을 알 수 있고 동해북부해역(해구번호 48~74)에서는 수심 50m 이내에서 평균 체장이 60cm 이하인 개체가 많이 어획되었음을 알 수 있었다(그림 24).

그림 24에서 표시된 2차 곡선의 점선은 조업해역을 기준으로 한 조업수심과 체장과의 관계를 설명하는 것으로 각각의 대응변수들을 산점도(scatter plot)로 표기하여, 대응변수들 간의 상관관계를 분석한 결과이다. 그리고 다른 관점에서는 조업수심별 체장과의 관계를 설명하고자 한 것으로써 평균수심 100m에서 어획된 돛돔의 평균 체장이 90cm임을 쉽게 표기한 것이다. 그러나 각 산점도로 표시된 각 변수들간의 설명 적합도는 12.9%(Total Population R^2) 밖에 설명하지 못함으로써 아주 낮은 적합도를 보이고 있었다.

나. 어업종류(어구)를 기준으로 한 조업수심과 체장과의 관계

어업종류별로 어획건수를 살펴보면 외끌이어업이 전체 74건 중 31건이 어획되어 41.9%를 차지하였으며 정치망어업은 19건으로 25.7%, 쌍끌이어업은 12건으로 16.2%를 차지하였다. 이 세 어법이 총 62건으로 전체 누적 퍼센트 83.7%를 차지하였다. 정치망어업의 경우, 평균수심 50m 이내에서 비교적 체장이 작은 개체수가 많이 어획되었으며, 외끌이 및 쌍끌이 어업에서는 평균수심 100m에서 체장이 60cm에서 150cm까지의 개체가 많이 어획되었음을 알 수 있다(그림 25).

다. 어업종류(어구)를 기준으로 한 조업지점과 조업수심과의 관계

어업종류별로 조업지점을 살펴보면 정치망어업은 동해북부해역(해구도 48~74)과 동해남부해역(해구도 76~96)을 중심으로 수심 50m이하에서 대부분 어획되었으며, 외끌이어업은 남해동부해역(해구도 97~114)과 남해서부해역(해구도 199~244)에서 평균수심 70~120m에서 많은 개체수가 어획되었다. 쌍끌이어업은 남해서부해역(해구도 119~244)에서 100m 이상의 수심에서 많은 개체수가 어획되었음을 알 수 있다(그림 26).

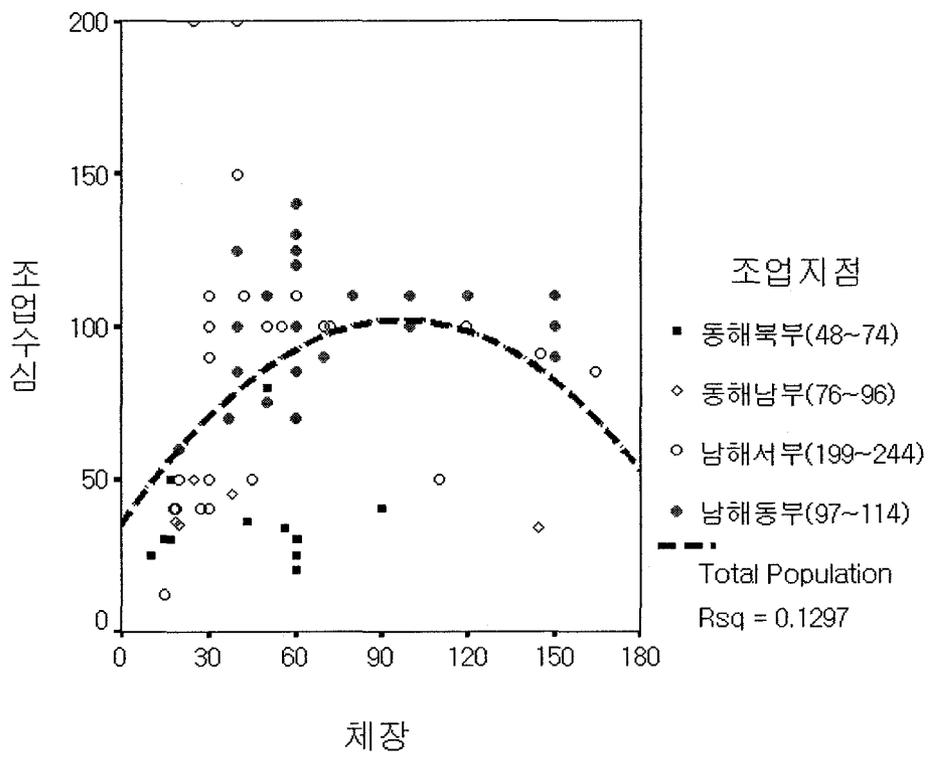


그림 24. 조업지점별 조업수심과 어획체장과의 관계

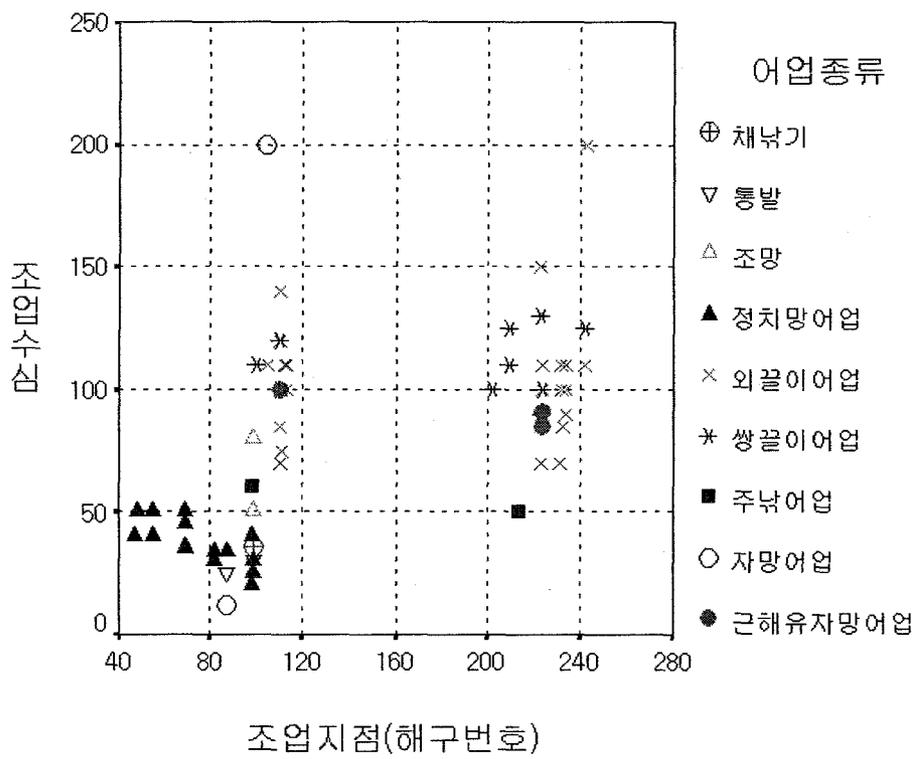


그림 26. 어업종류(어구)별 조업지점과 조업수심과의 관계

라. 어획월을 기준으로 한 조업수심과 체장과의 관계

어획월별 조업수심과 체장과의 관계분석은 월별 어획개체수의 분포를 통하여 돛돔의 생태적 특성과 개체군의 가입연령 및 회귀경로를 파악하기 위함이다.

가장 큰 특징은 10월에서 12월 사이에 어획된 돛돔의 누적 퍼센트가 35.1%를 차지하여 가장 높은 분포를 나타내었으며, 조업수심 100m 이하에서 체장이 60cm 미만의 개체가 비교적 많이 어획되었음을 알 수 있었다. 그 다음으로 1월에서 3월 사이 어획 개체수의 누적 퍼센트는 18.9%를 차지하여 이 기간 동안에도 비교적 체장이 60cm 이하인 작은 개체가 많이 어획되었음을 알 수 있었다. 이 결과를 종합하면 10월부터 이듬해 3월 사이의 돛돔 어획 수심은 비교적 낮은 해역에서 어획되며, 4월부터 9월까지는 비교적 수심이 깊은 곳에서 어획됨을 알 수 있었다(그림 27).

마. 어업종류(어구)를 기준으로 한 조업지점과 어획미수와의 관계

각 조업지점별 어획개체수의 분포를 파악하기 위하여 어업종류별 조업지점과 어획미수와의 관계를 알아보았다. 먼저 정치망어업은 동해북부해역에서 많은 개체가 어획되었으며, 외끌이어업은 남해동부해역과 남해서부해역에서 비교적 많은 개체가 어획되었음을 알 수 있었다(그림 28).

바. 조업수심별 어획개체수의 변화

조업수심별로 어획된 돛돔의 개체수를 살펴보면, 조업수심이 60m에서 100m로 깊어질수록 어획되는 개체수는 증가하는 경향을 보였으며, 수심 40m와 120m에서 가장 많은 개체가 어획되었음을 알 수 있었다. 어획된 전체 개체에 대한 평균 수심은 82m로 계산되었다(그림 29).

사. 어획개체수와 체장과의 관계

어획개체수와 체장과의 관계를 살펴보면 체장 55~65cm 범위의 돛돔이 가장 많이 어획되었으며, 전체 개체 중 체장이 60cm 이하인 돛돔이 75.5%를 차지하였다. 그리고 평균 체장은 58cm로 분석되었다(그림 30).

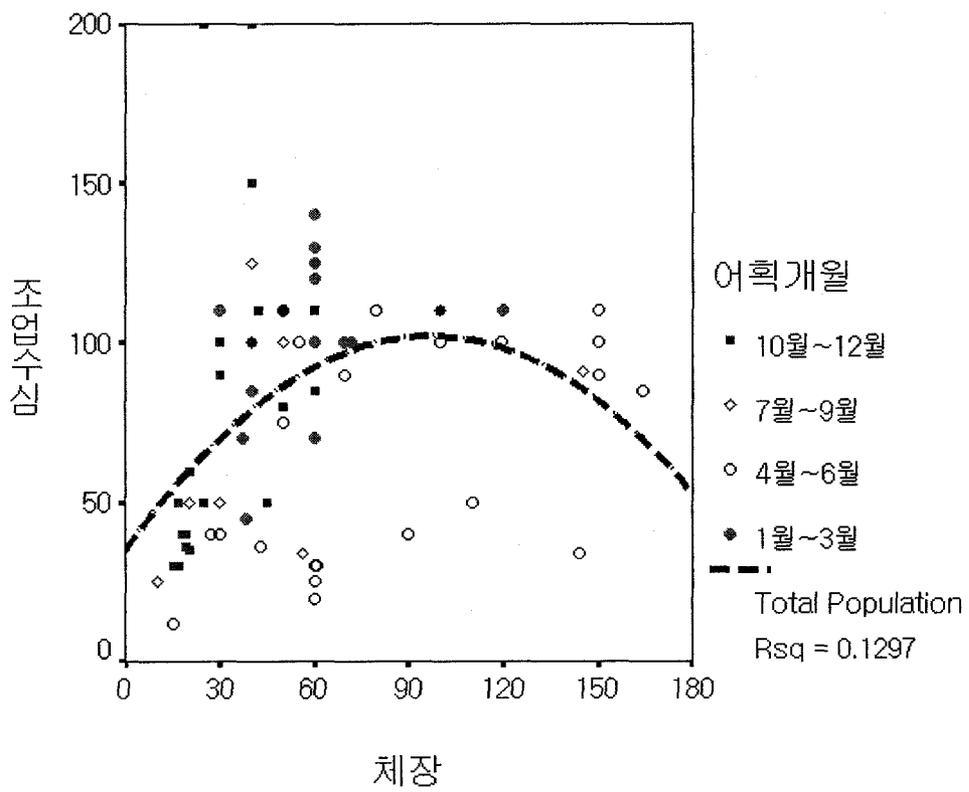


그림 27. 어획월별 조업수심과 체장과의 관계

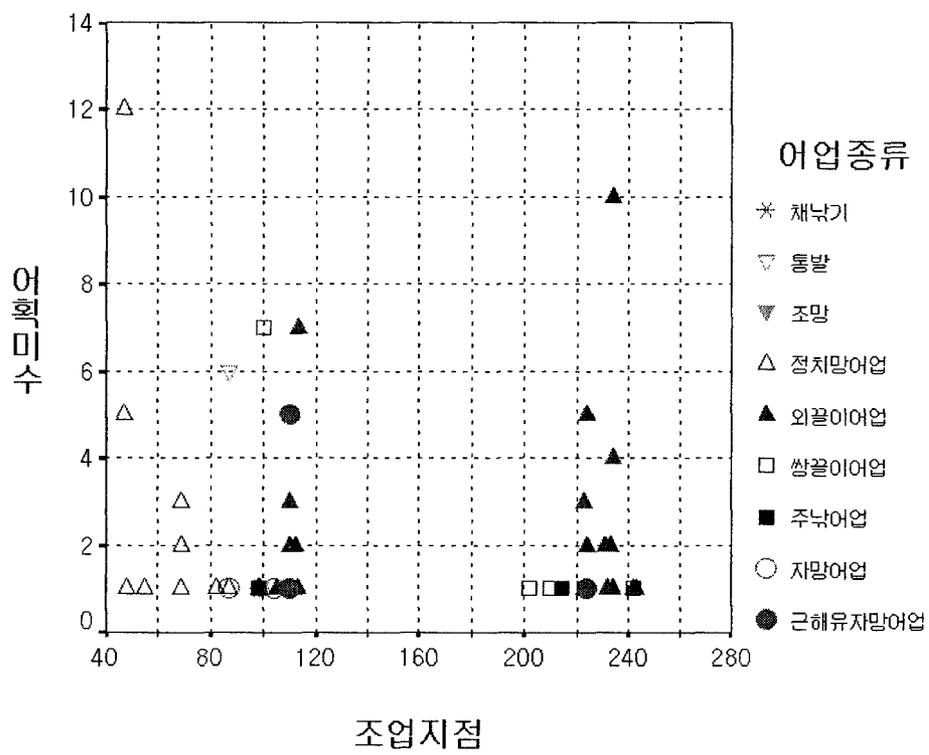


그림 28. 어업종류별 조업지점과 어획미수와의 관계

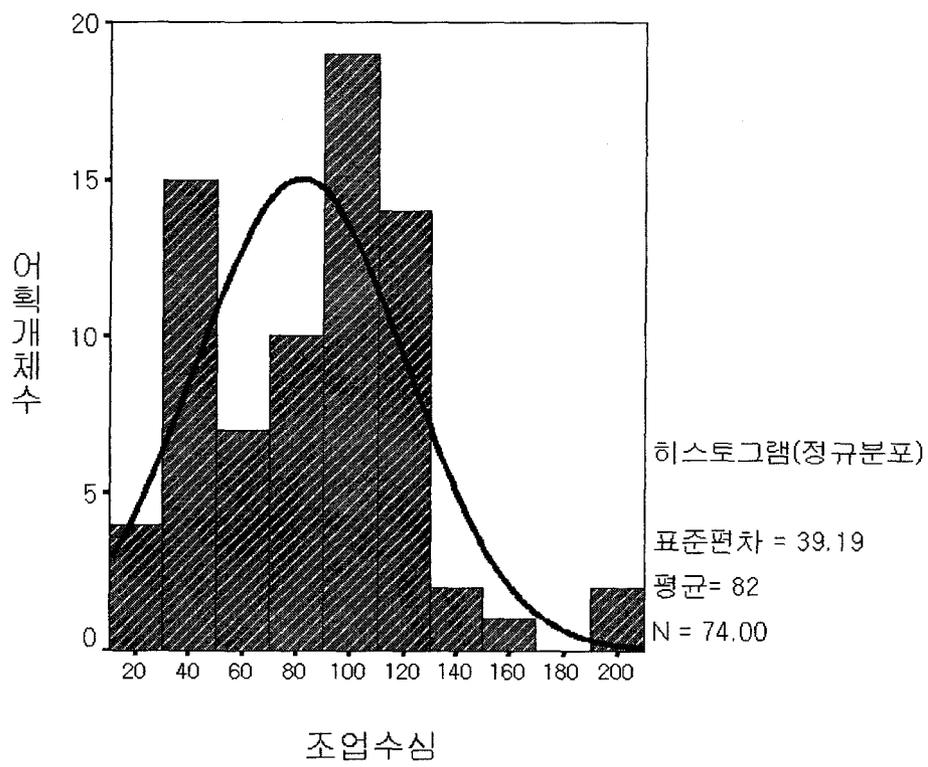


그림 29. 조업수심별 어획개체수의 변화

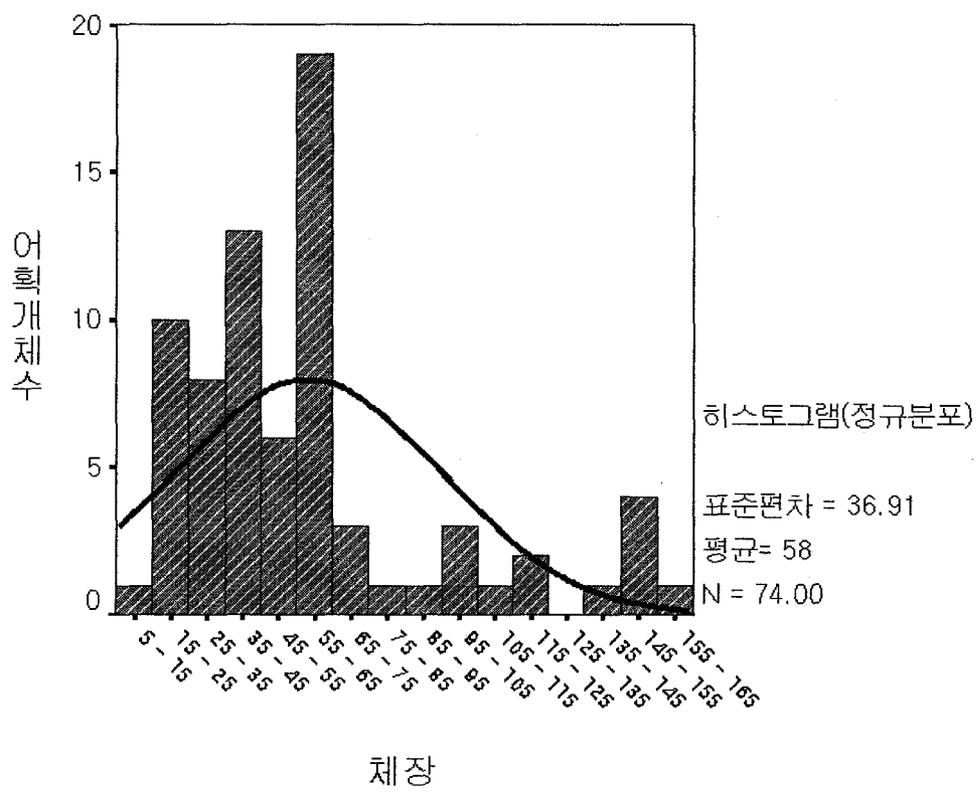


그림 30. 어획개체수와 체장

제 2절. 돛돔 기초생태 및 생리학적 연구

1. 돛돔 기초생태조사

본 연구에 이용된 돛돔 11개체의 어체 부위별 측정결과는 표 15와 같다. 돛돔 시료의 체장 범위는 14~143cm이고 체중은 120g~70kg으로 보통 어획되는 크기가 40~100cm이고 주로 60cm라고 보고한 Yamada *et al.*(2007)과 비교하면 대형어가 많이 채집되었다.

어류에 있어서 새파는 형태나 배열양식이 섭식행동과 관련 있고 미뢰가 분포하여 여과기관 뿐 아니라 미각기관으로 작용하는 것으로 알려져 있다. 또한 새파수와 형태는 어류의 분류형질로 중요하고 식성을 반영하는 것으로 알려져 있다. 돛돔의 경우에는 새파수가 17~18개로 그 수가 적어 육식성 어류임을 보여주고 있었다(그림 6, b).

어류의 분류형질로 많이 이용되는 지느러미의 기초수 계수 결과는 표 16와 같으며, 11개체 돛돔의 기초수 계수 결과 D. XI, 10~11, A. III, 7~11 범위로 조사되었다.

어류의 연령 사정에 이용되는 형질로는 비늘, 척추골, 이석 등이 있으나 일반적으로 이석이 외부 환경에 영향을 덜 받고 연륜을 가장 명확하게 나타내어 이석을 연령사정 형질로 많이 이용한다(Secor, 1995). 비늘은 채집 및 관찰의 편리성과 용이성 등을 이유로 연령사정에 이용되어 왔으나 개체의 성장과정 중 탈락 발생 가능성이 있어 실질적인 개체 연령형질의 문제점으로 지적되었다. 또한 한 개체의 비늘이라 하더라도 채집 부위에 따라 모양과 크기가 달라서 성장을 나타내는 데 많은 오차를 수반하는 것도 문제점으로 지적되었다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 개체의 생활사 동안 생물학적 요인과 환경적인 요인을 반영하는 이석을 연령사정 방법으로 이용하게 되었다.

본 연구에서도 성어 7개체를 대상으로 실험한 결과 비늘의 경우 등지느러미, 배지느러미, 아가미 뚜껑 부분에서 채집된 지느러미를 관찰한 결과 등지느러미 부분의 윤문이 관찰에 적합할 것으로 판단되어 연령사정을 위해 등지느러미 부분에서 채집된 비늘을 관찰하였다(그림 8, a).

표 15. 돛돔 어체 부위별 측정결과.

(단위: cm)

시료 번호	전장 (TL)	체장 (BL)	체고 (BH)	두장 (HL)	안경	중량 (kg)	제1등 자크리미	제2등 자크리미	뒷 자크리미
1	144	121	43	45	6.0	50.0	46	82	88
2	164	143	54	53	8.0	70.0	53	91	99
3	87	82	28	25	4.0	13.5	28	50	57
4	70	63	24	23	3.5	7.3	23	43	48
5	72	56	20	21	3.4	7.4	23	42	45
6	-	-	-	40	5.5	-	-	-	-
7	56	50	16	17	2.5	3.3	17	36	39
8	16	14	5.8	5.6	1.3	0.12	6.3	10.9	10.7
9	17	15	5.9	6.4	1.4	0.15	7.3	11.5	11.6
10	17	15	5.9	5.5	1.3	0.12	6.7	11.5	11
11	18	17	6	5.7	1.4	0.14	6.5	11.5	11.4

(- : 시료 없음)

표 16. 돛뚝의 각 지느러미 기초수 및 척추골수 계수결과.

시료번호	등 지느러미	뒷 지느러미	꼬리 지느러미	기슴 지느러미	배 지느러미	척추골수
1	D.XI,10	A.III,10	C.19	P1.18	P2. I ,5	V.26
2	D.XI,10	A.III,11	C.18	P1.18	P2. I ,5	-
3	D.XI,10	A.III,11	C.18	P1.17	P2. I ,6	V.26
4	D.XI,10	A.III,8	C.19	P1.15	P2. I ,5	V.26
5	D.XI,11	A.III,8	C.18	P1.16	P2. I ,5	V.25
6	D.XI,11	-	-	-	-	-
7	D.XI,10	A.III,10	C.17	P1.19	P2. I ,5	V.26
8	D.XI,10	A.III,7	C.18	P1.17	P2. I ,5	-
9	D.XI,10	A.III,10	C.19	P1.17	P2. I ,6	-
10	D.XI,10	A.III,8	C.17	P1.16	P2. I ,6	-
11	D.XI,10	A.III,10	C.18	P1.17	P2. I ,5	-

(- : 시료 없음)

그러나 비늘과 척추골 보다는 이석이 연령사정에 적합한 것으로 판정되어 유어 4개체를 포함한 모든 개체의 연령사정은 이석을 이용하여 시도하였다(표 17).

돛돔 이석의 경우는 다른 어종과 달리 좌, 우 이석낭이 분리되어 있었고, 척추골에 밀착되어 있어 추출하는데 어려움이 있었다. 돛돔의 이석에 나타난 윤문이 연륜으로 적합한가를 알아보기 위하여 각 연령별로 윤경 간의 관계를 검토하였다(표 18, 그림 31). 이석에 나타난 각 윤경은 인접한 윤경과 서로 중복되지 않고 분리가 잘 되어 있었으며 같은 수의 윤문을 가지는 경우에도 이석경이 커짐에 따라 윤경 또한 크게 나타났다. 따라서 이석경과 이석에 나타난 윤경 간의 대응이 잘 되어 있었다(그림 32).

그러나 일반적으로 어류의 이석은 어체 성장에 따라 윤문 간의 간격이 넓어지는데 돛돔의 경우는 일정한 간격을 나타내어 환경적 요인에 의해 이석 성장이 영향을 받지 않는 심해어의 특징을 나타내었다. 돛돔의 전장에 대한 두장의 오차구조를 알아보기 위해 11개체의 전장(TL)과 두장(HL)간의 그래프를 통해 알아본 결과, 독립변수인 전장이 커짐에 따라 종속변수인 두장 변이가 점점 증가하는 곱의 오차구조였다(그림 33).

표 17. 각 연령형질에 나타난 윤문 추정수.

시료번호	이석	비늘	척추골
1	*	14	13
2	*	-	-
3	5	5	5
4	4	4	4
5	4	5	5
6	-	-	-
7	-	3	3
8	2	-	-
9	-	-	-
10	2	-	-
11	2	-	-

(* : 윤문이 불명확하여 정확한 판독 불가능, - : 시료 없음)

표 18. 돛돔의 6 개체의 이석을 연령 사정후 각 운문별 운경 측정결과.

Ring group	R(mm)	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	No.
1	2.00	1.22	1.72					3
2	4.43	1.26	1.94	2.84	3.47	3.91		2
3	4.82	1.15	1.83	2.87	3.43	3.97	4.40	1
Sum								6

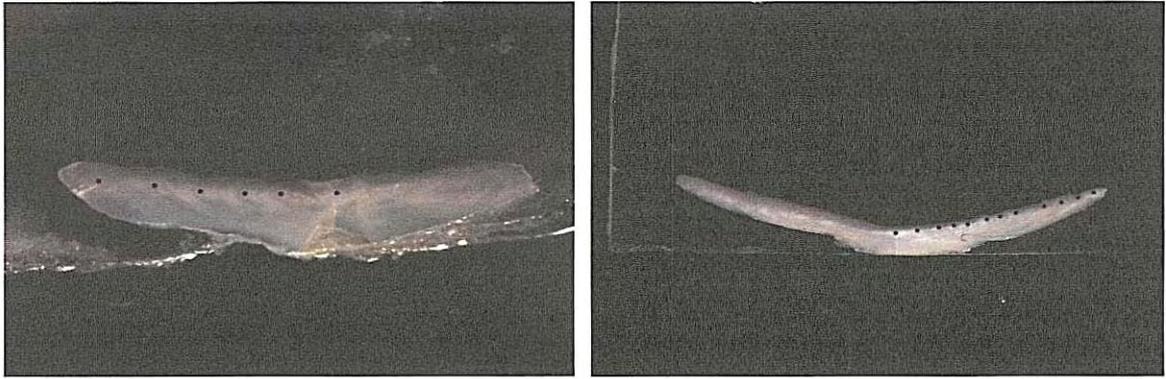


그림 31. 돛돔(전장 87cm) 이석의 종단면(a, x16)과 횡단면(b, x7).
점은 불투명대에서 투명대로의 경계를 나타냄

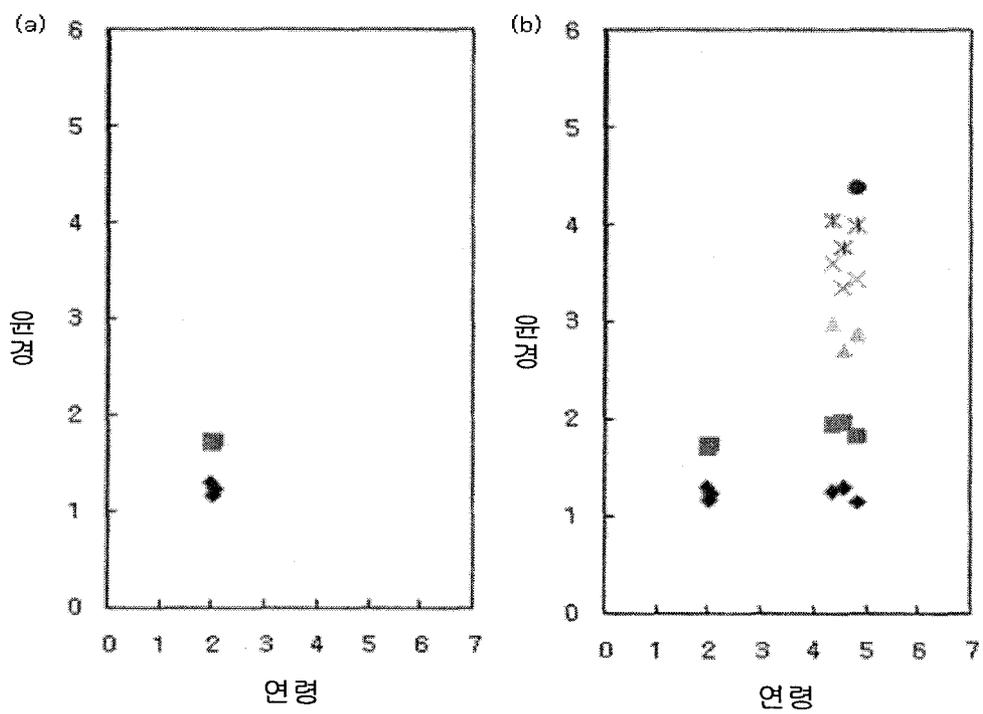


그림 32. 이석경과 연령 간의 관계(a; 유어, b; 유어와 성어)

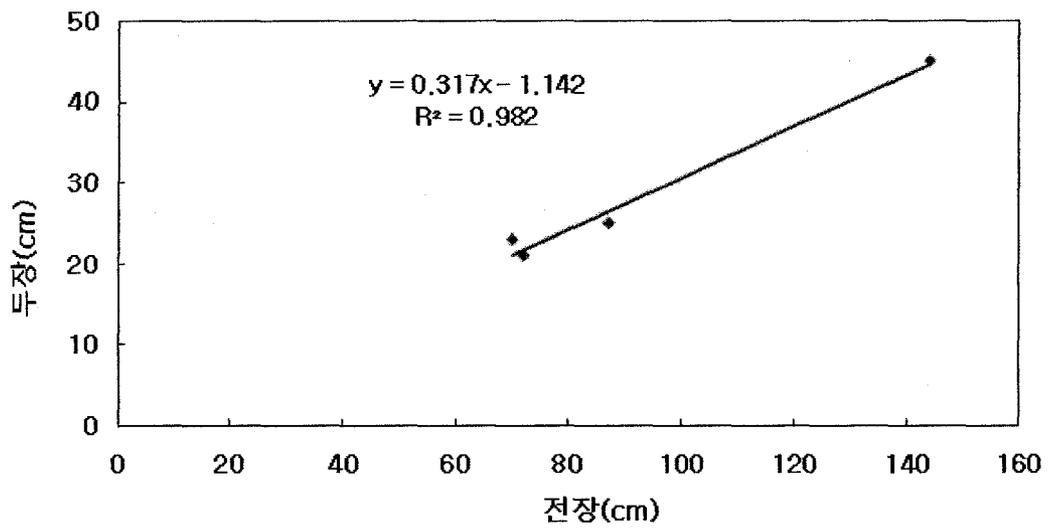


그림 33. 돛돔의 전장과 두장의 관계

2. 돛돔 분류학적 위치

돛돔의 유전학적 분류 위치를 파악하기 위하여 미토콘드리아 DNA CO I (Cytochrome oxidase I) 유전자와 16S rDNA를 이용하여 종간 유연도를 조사하였다.

미토콘드리아 DNA CO I 유전자를 이용하여 종간의 유전적 유연성을 표시하는 UPGMA(그룹 평균분석법)방법과 N-J(유사 유전자간의 연결법)방법을 동시에 분석한 결과, 돛돔은 농어목 반딧불게르치과의 눈볼대와 가장 가까운 것으로 분석되었다(그림 34).

반면, 돛돔의 유전학적 분류 위치를 재확인하기 위하여 16S rDNA를 이용하여 조사하였으며, UPGMA(그룹 평균분석법)방법과 N-J(유사 유전자간의 연결법)방법을 동시에 분석한 결과, CO I 결과와 달리 돛돔은 농어목 게르치과의 게르치와 가장 가까운 것으로 분석되었다(그림 35).

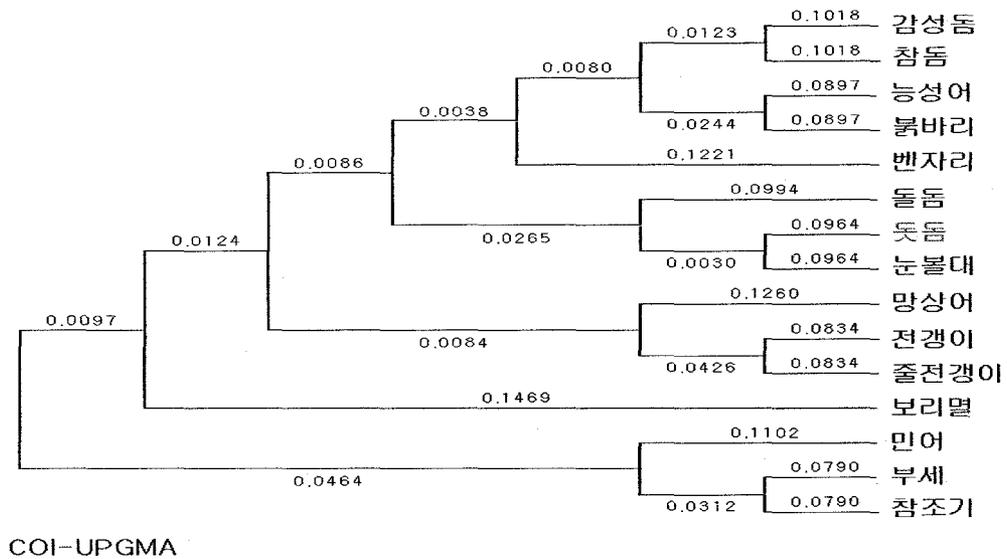
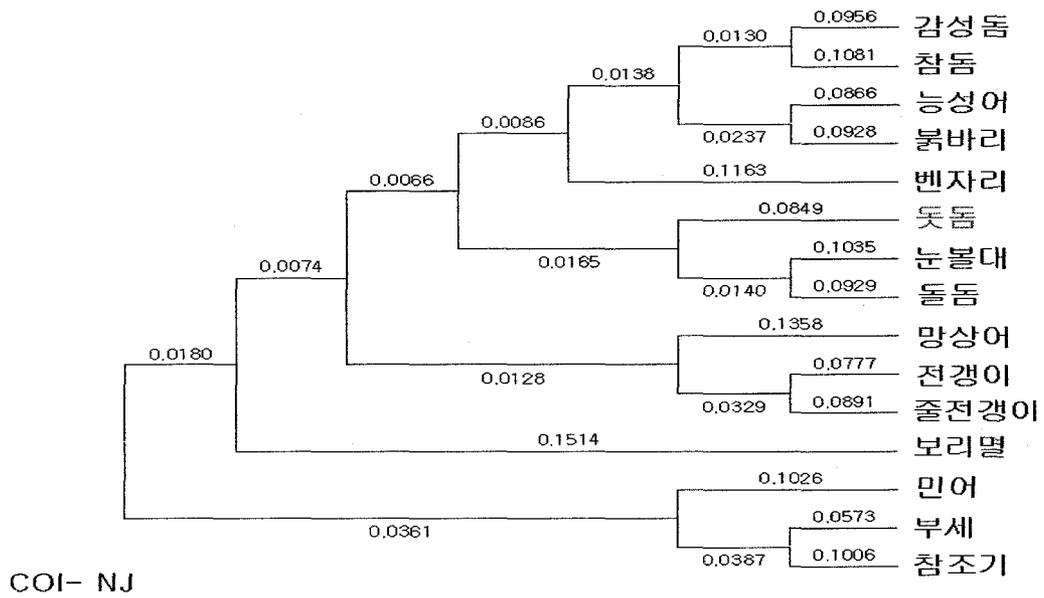


그림 34. 미토콘드리아 DNA CO I 유전자 분석에 의한 유전적 유연도

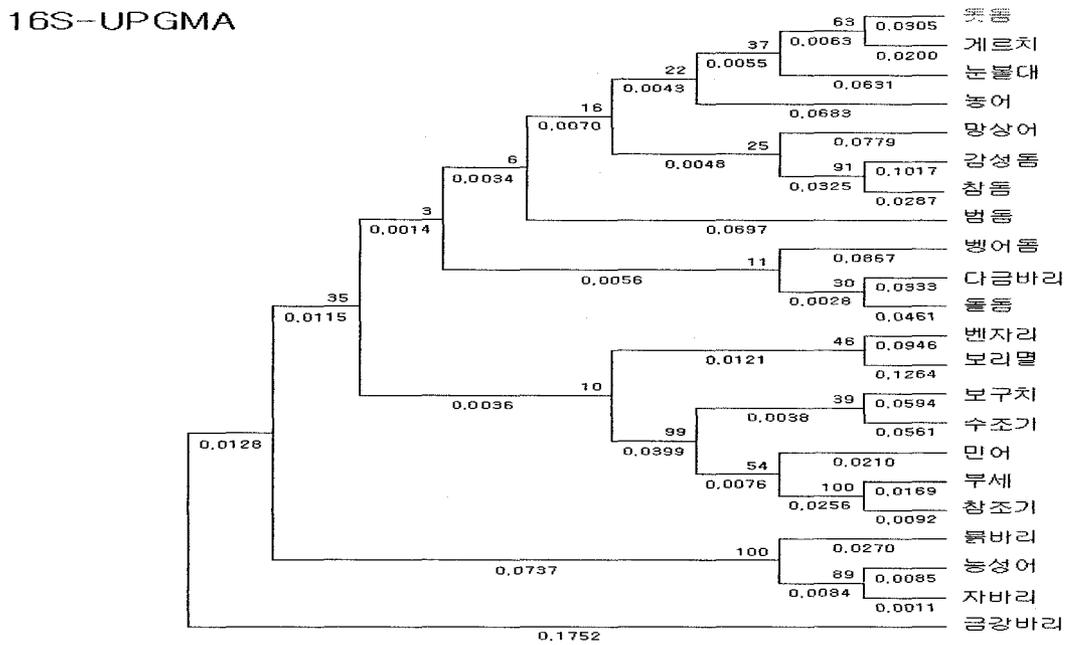
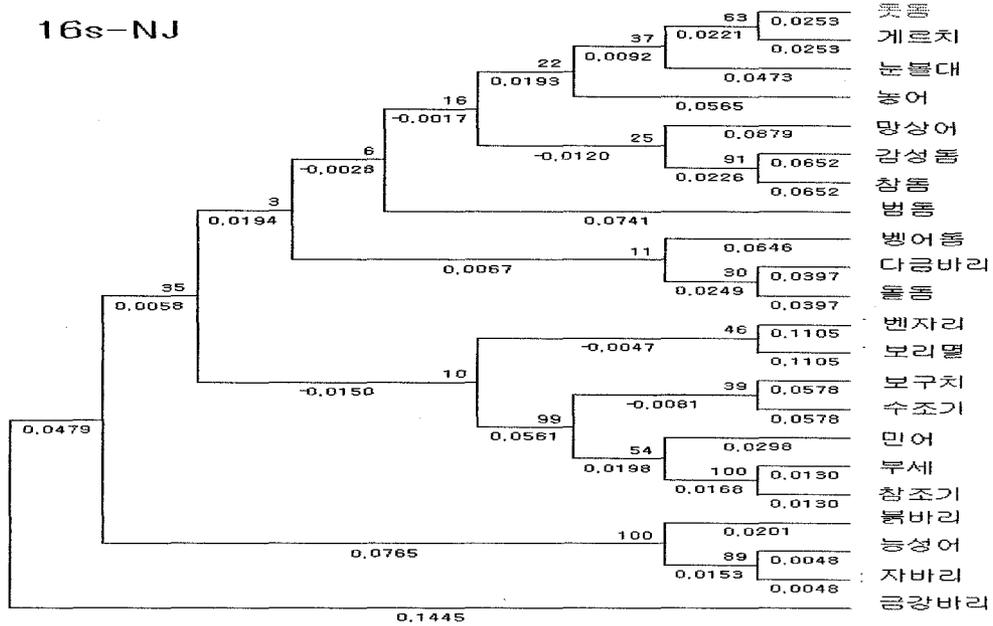


그림 35. 미토콘드리아 DNA 16S rDNA 유전자 분석에 의한 유전적 유연도

3. 돛돔 조직 및 생리학적 연구

돛돔의 산란기 추정을 위해 어획되어 폐사된 돛돔 9개체(암컷 4미, 수컷 5미)를 대상으로 체중 및 전장, 성별, 간체중지수(LSI), 생식소지수(GSI) 및 생식소 조직을 조사하였다.

가. 간체중 및 생식소지수

간체중지수(LSI)는 조사 월에 따라 다소 차이가 있으나 1.35~2.93 범위로 조사되었으며, 크기가 작은 개체일수록 간체중지수가 다소 높게 조사되었다(표 19).

생식주기를 엿볼 수 있는 생식소지수(GSI)의 경우, 20kg 이상 어류에서는 4월과 6월에 채집된 시료에서 4.18~9.91로 조사되었으며, 특히, 70kg 돛돔 어류에서는 9.91로 조사되었다. 이에 반해 20kg 미만(3.3~7.4kg) 어류에서는 3월, 5월 및 7월 조사시 0.12~0.54 범위로 조사되어 20kg 이상 어류와 큰 차이를 보이고 있었으며 성비별 차이는 관찰되지 않았다.

나. 조직학적 조사

조직학적 조사결과 암컷의 생식소는 돛돔 어류가 매월 채집되지 않아 1년 생식주기를 파악하는 것은 불가능하였다. 체중 4.6~7.4kg 내외의 암컷 3개체를 조사한 결과, 3월 7일 채집된 시료 중 한 개체의 난소 내에는 장경 40 μ m 전후의 난모세포들이 관찰되었으며, 난모세포내 핵(nucleus) 크기가 증가하면서 핵 내에서 다수의 인(nucleolus)이 관찰되었다(그림 36, a). 3월 7일 채집된 또 다른 시료의 경우에도 난소 내 장경 50 μ m 전후의 난모세포(그림 36, b)들이 관찰되었다. 2월 17일자 난소 내에서도 장경 50 μ m 전후의 난모세포(그림 36, c)들이 관찰되어 이들 모두가 미성숙 단계 또는 성숙초기단계에 있는 것으로 추정되었다.

수컷의 생식소 역시 암컷의 생식소와 마찬가지로 생식주기와 단계를 파악하는 것은 힘들며 앞으로 더 많은 양의 생식소를 이용하여 파악해야 할 것으로 판단된다. 그러나 생식소지수가 9.91인 7월에 채집한 70kg의 수컷 생식소의 경우, 정소세관에 성숙한 정세포가 출현함으로써 성숙단계에 있는 것으로 조사되었으며(그림 37, d), 4월에 조사된 23kg 수컷의 경우에도 정소세관내 성숙 초기의 정세포 및 정모세포가 보여 성숙 초기단계에 있는 것으로 조사되었다(그림 37, e).

3.3~4.3kg 내외의 수컷에서 적출한 생식소의 경우, 5월의 수컷생식소에서는 정소세관내 퇴화되는 정세포가 검경되고 정소세관 상피에서 유래된 간기의 정원세포(Spermatogonia)들이 주로 관찰됨에 따라, 초기 성장기의 정소 또는 휴지기 상태의 정소로 추정되며(그림 37, f), 7월 생식소에서는 방정시기에 달해 정소세관내 정자들이 배정(spermiation)됨에 따라 부분적으로 비어 있는 모습이 관찰됨에 따라 방정이 부분적으로 이루어진 상태임을 엿볼 수 있었다. 이로서 3.3kg의 비교적 작은 크기의 돛돔도 방정이 가능하며, 6월과 7월이 주 산란기인 것으로 추정되었다.

어류의 신장은 발생학적으로 중신(mesonephric kidney)에 해당된다. 신장의 실질 조직은 다수의 신단위(nephron)와 조혈기능을 가진 간질림프상조직(interstitial lymphoid tissue)으로 구성되어 있다. 담수 경골어의 nephron은 사구체낭과 사구체로 구성되는 신소체(renal corpuscle)와 경부세뇨관(neck segment), 근위세뇨관(proximal convoluted segment) 및 원위세뇨관(distal convoluted segment)으로 구성되어 있다. 이에 반해 해수 경골어류는 담수 경골어류와 비교하여 원위세뇨관이 결여되어 있으며, 신소체내의 사구체도 작고 그 수도 적다. 돛돔 신장조직 또한 신단위와 조혈기능을 가진 림프조직으로 구성되어 있으며(그림 38) 조혈조직 내에서 세로이드(ceroid)로 추정되는 갈색 색소가 침착되어 있었다.

비장조직의 경우 해산 경골어에서 주로 관찰되는 Melanomacrophage center (MMC) 조직이 비장 조혈조직에서 다수 관찰되었으며, 비교적 치밀한 구조를 가지고 있었다.

아가미는 호흡, 삼투압조절 및 질소 노폐물의 배설 등을 담당하는 복잡한 기관이며(Laurent and Dunel, 1980; Maina, 1990), 그 표면적이 다른 기관보다 넓기 때문에 환경변화에 가장 민감한 부위로 알려져 있다. 2차 새변상피의 부분적 박리가 일부 관찰되었으나, 이외 별다른 증상은 관찰되지 않았다.

표 19. 돛돔 기초생리 및 조직학적 관찰

어획일자	전장(cm)	체중(kg)	성별	연령사정	LSI	GSI	그림
2007. 6. 26	164	70	수컷	-	1.64	9.91	그림 37, a
2007. 6. 24	144	50	수컷	13~14	1.35	4.49	-
2007. 4. 10	110	23	수컷	-	2.09	4.18	그림 37, b
2007. 9. 3	87	13.5	암컷	5	-	-	-
2008. 3. 7	73	7.4	암컷	4	1.76	0.54	그림 36, a
2008. 3. 7	70	7.3	암컷	4	2.07	0.13	그림 36, b
2008. 2. 17	65	4.6	암컷	-	2.09	-	그림 36, c
2008. 5. 7	61	4.3	수컷		2.34	0.40	그림 37, c
2008. 7. 11	56	3.3	수컷	3	2.93	0.12	그림 37, d

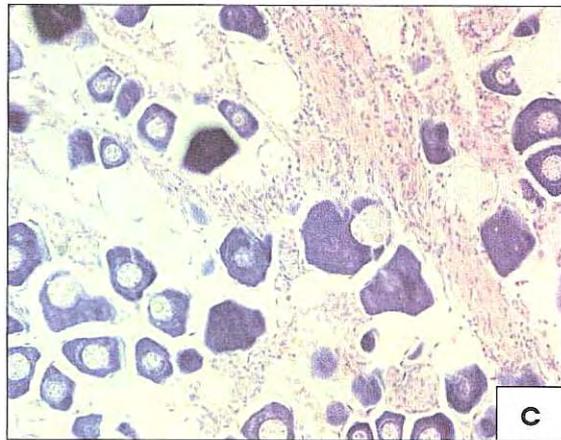
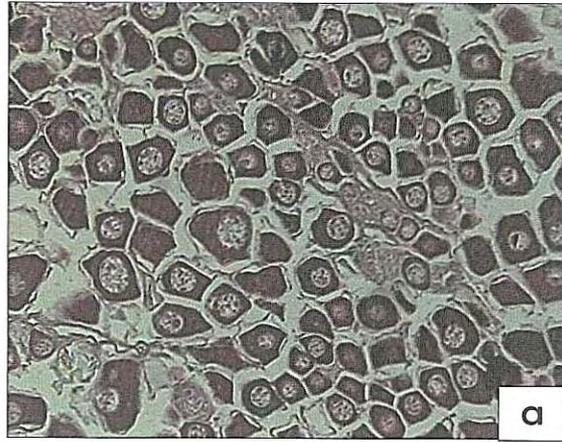


그림 36. 돛돔 암컷의 생식소(X200)

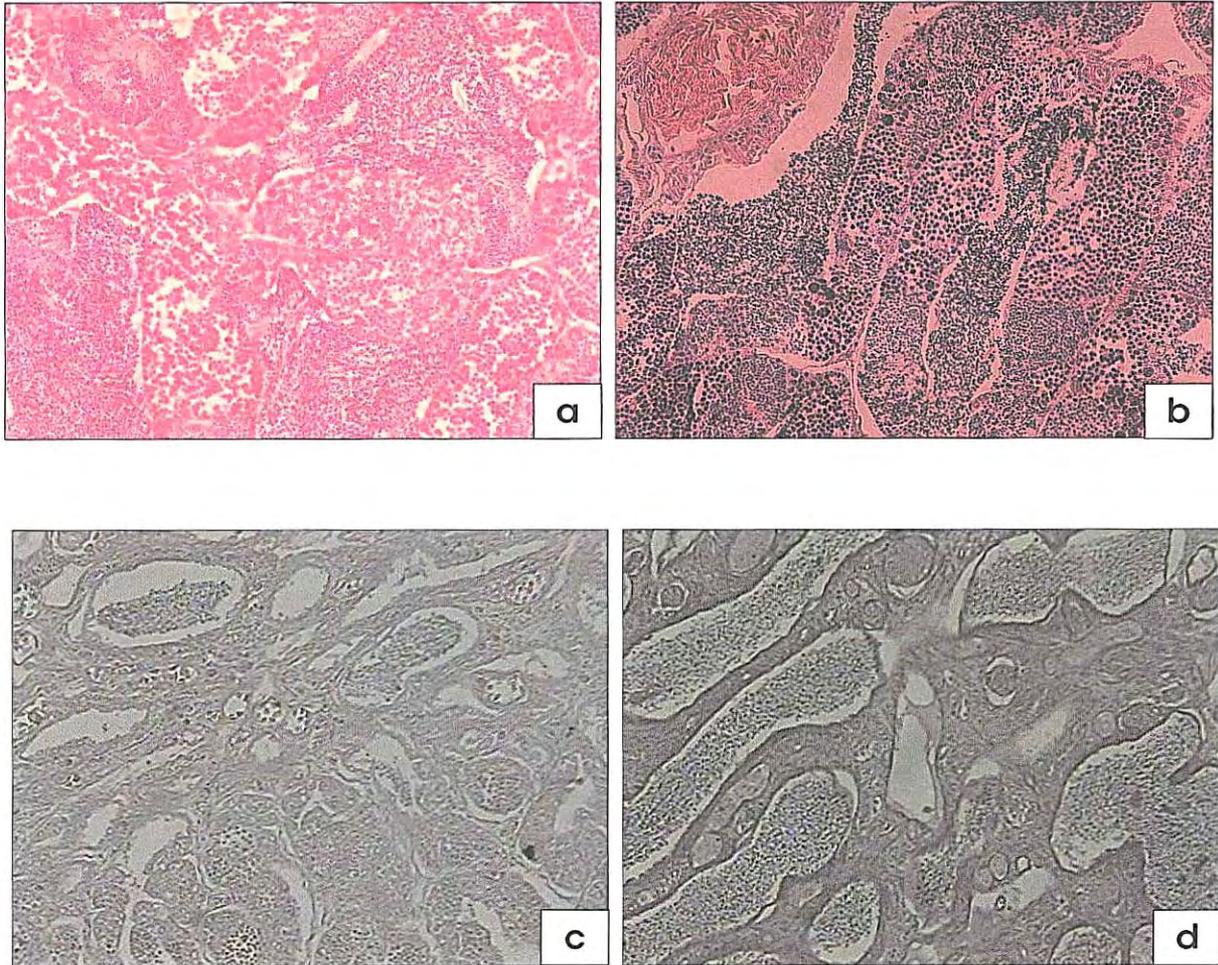


그림 37. 돛돔 수컷의 생식소(X400)

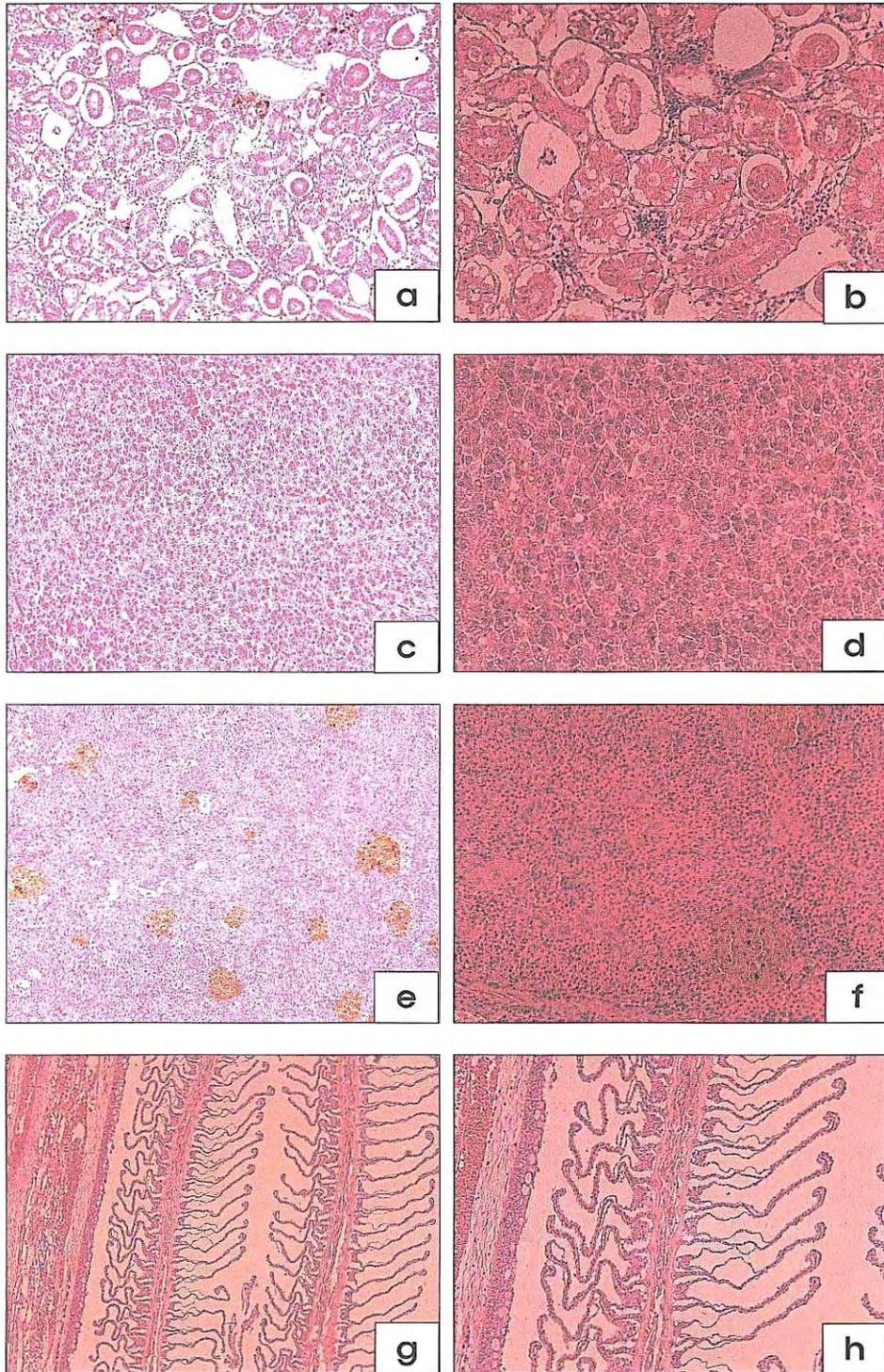


그림 38. 뚝뚝조직(a & b, 신장 ; c & d, 간 ; e & f, 비장 ; g & h, 아가미).

다. 난경 및 포란수 조사

성숙된 돛돔 암컷(6월 채집, 체중 30kg, 체장 119cm)을 대상으로 난경 및 포란수를 조사한 결과 난경은 $750\mu\text{m}$ 이며, 난소 총중량 1,530g이었으며, 1g에 대한 난수를 조사한 결과 평균값이 2,796개로 조사되어 전체 포란수는 4,200천개 내외로 조사되었다.

라. 혈액학적조사

혈액학적 조사에서는 Hematocrit(Hct) 수치는 23으로 다소 높게 조사되었으며, 총단백질(TP)은 3.2g/dl, 총글로불린(TG)은 500mg/dl, 총콜레스테롤(TCHO)은 277mg/dl로 조사되었다.

4. 돛돔 산소소비량 조사

가. 단위체중당 산소소비

광주기는 어류의 산소소비 리듬에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서도 20°C 에서 돛돔의 산소 소비는 명기동안 산소 소비량이 적고, 암기동안 산소 소비량이 많은 뚜렷한 산소 소비리듬을 보였다(표 20). 그러나 암기동안에 일정한 산소 소비량을 보였던 것과는 다르게 명기동안에는 일정하지 않은 산소 소비리듬을 보였다. 이는 암기보다 명기 때 산소 소비량이 높은 주행성 어류로 판단되는 참돔과 감성돔의 산소 소비경향(표 21 & 22)과 반대되는 현상으로 돛돔은 야행성 어류의 특징을 가지고 있음을 알 수 있었다.

나. 수온변화시 돛돔의 산소소비

많은 연구자들은 어류의 산소소비량에 결정적인 영향을 주는 요인으로 광주기 외에도 수온을 대표적인 예로 들었으며, 여러 어종을 대상으로 이를 증명하였다(Requena *et al.*, 1997; Chang *et al.*, 2001). 본 연구에서도 명기와 암기시 모두 수온 상승과 비례하여 산소소비량이 증가하였다.

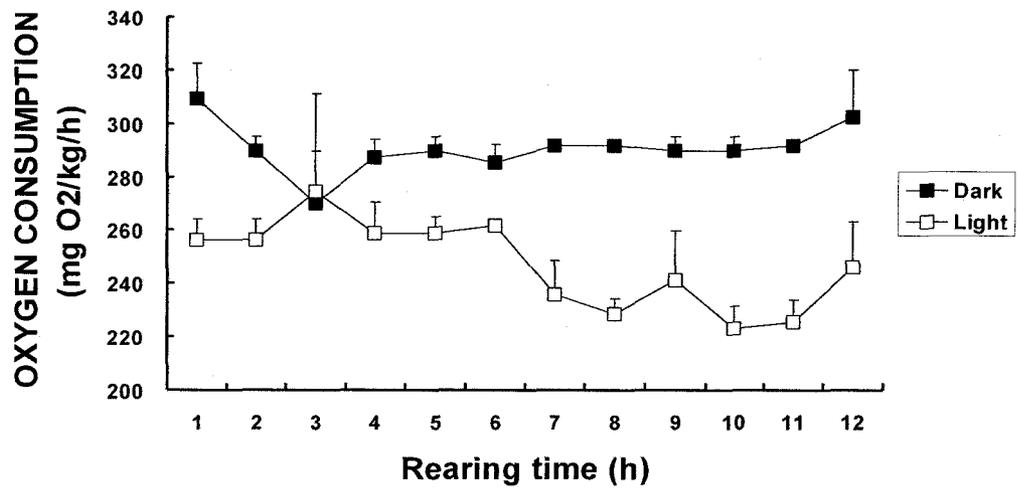
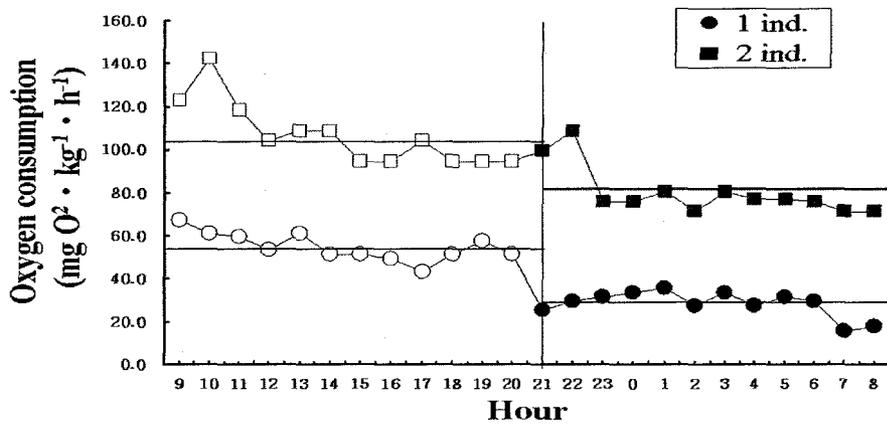


표 20. 암기·명기시의 뚝뚝 산소소비경향(수온 20℃)



Oxygen consumption of red seabream (*Pagrus major*) in light and dark phase. — : mean oxygen consumption

표 21. 암기·명기시 참돔 산소소비경향(수온 20℃)

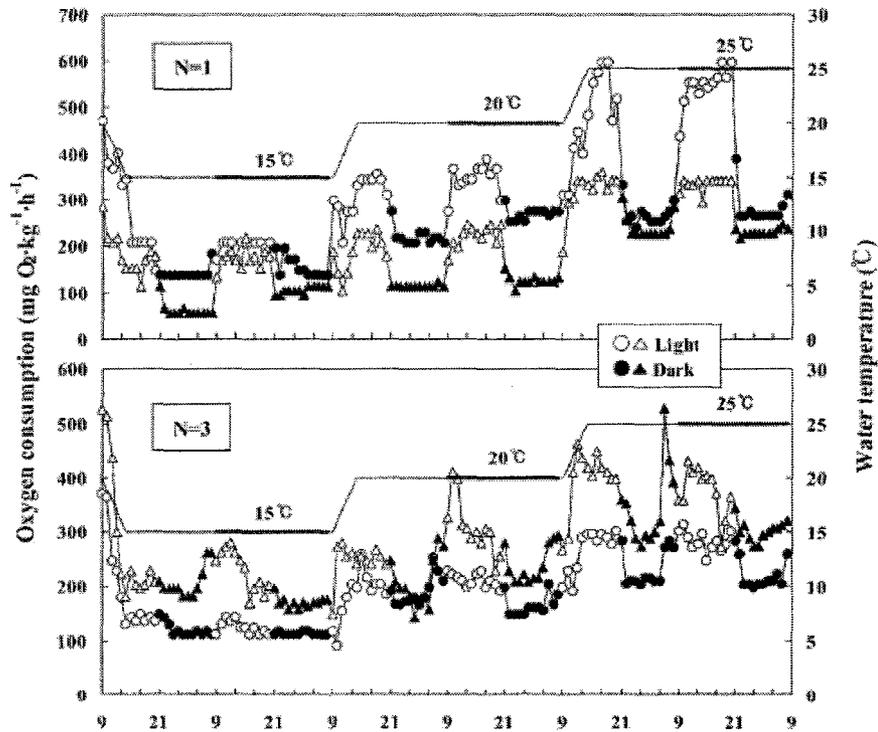


표 22. 암기·명기시 감성돔의 산소소비경향

암기시의 수온변화에 따른 돛돔의 산소소비경향은 20℃부터 10℃까지는 유의한 변화를 나타내지 않았으나, 20℃부터 30℃까지 수온이 상승하는 구간에서는 23℃ 시부터 산소소비량이 급격하게 증가하는 경향을 나타내었다. 반면 25℃부터 30℃까지는 유의한 차이를 보이지 않았다(표 23).

수온에 따른 돛돔의 산소소비 역시 암기에 비해 명기에서 산소소비량이 일정하지 않은 경향이 있었으며, 특히 암기에서의 산소소비량과는 다르게 15℃이하에서 산소 소비량이 유의하게 증가하는 경향을 나타내었고 20℃부터 30℃까지 산소 소비량이 꾸준히 증가하는 경향이 나타났다(표 24).

Dalla Via *et al.*(1998)의 연구보고에 의하면 농어 치어는 20~30℃의 수온변화에서 1~3의 범위로 값이 변화한다고 하였다. 본 연구에서도 암기시 10℃ 상승했을 때 돛돔의 Q_{10} 값은 1.6이었으며, 10℃ 하강했을 때 1.1로 나타났다. 또한 명기시에도 10℃ 상승했을 때 1.4, 10℃ 하강했을 때는 1로 나타나 해수에서 사육한 감성돔이 10℃ 상승했을 때 1.9, 담수에서 사육한 감성돔의 경우 10℃ 상승했을 때 2.2의 값이 나온 것처럼 Q_{10} 법칙에 부합되는 결과를 나타냈다.

돛돔의 먹이 섭취후 장이 비워지는 시간(gastic evacuation time) 즉, 소화종료 시간은 아직 밝혀져 있지 않으나, 조피볼락(*Sebastes schlegeli*)의 장이 비워지는 시간이 21시간(Myeong, 1999)임을 고려해 볼 때, 감성돔이 조피볼락에 비해 더 많은 산소를 소비하는 활동성이 강한 어류로 알려져 있기 때문에(Kim *et al.*, 1995) 암기와 명기 수온하강·상승시 산소소비량이 감성돔과 비슷한 돛돔은 장이 비워지는 시간이 더욱 짧을 것으로 추정된다. 그러므로 본 연구의 모든 실험에서 실험어를 24시간 절식시킨 후 산소소비 경향을 측정하였으므로, 사료의 섭취 및 소화로 소요되는 산소량은 거의 제외된 것으로 판단된다.

Gardner and King (1923)은 어류는 일반적으로 적정 온도범위에서 수온의 상승에 비례하여 산소소비량이 증가한다고 하였다. 본 연구에서도 암기와 명기에서 모두 수온이 상승함에 따라 산소소비량이 비례적으로 증가하는 직선회귀 관계를 나타냈으며, Q_{10} 의 법칙과도 잘 일치하였다.

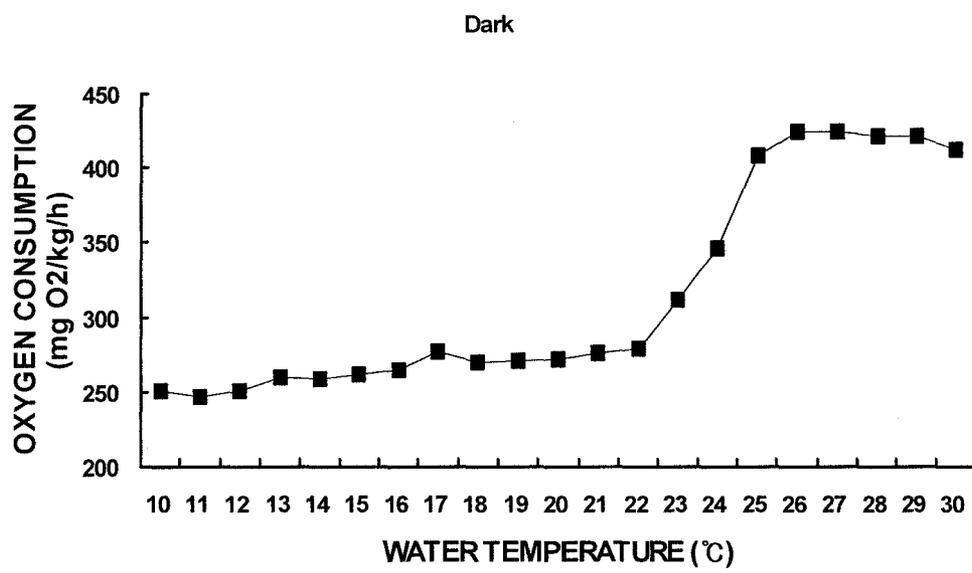


표 23. 암기에서 수온급변에 따른 돛돔의 산소소비 경향

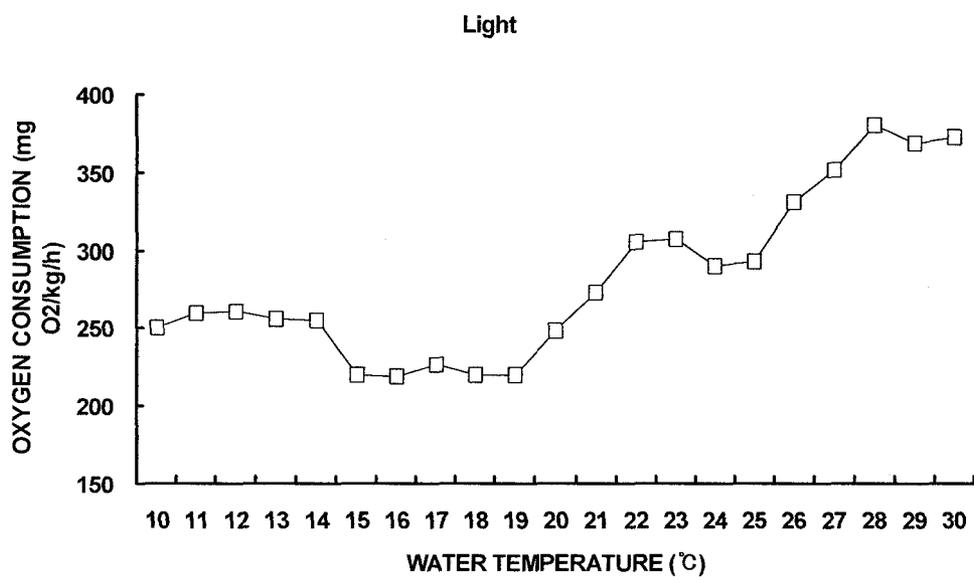


표 24. 명기에서 수온급변에 따른 돛돔의 산소소비 경향

5. 돛돔 해상가두리사육시험

돛돔이 수용된 통영시 산양읍 연명지선의 연간 수온분포를 살펴보면, 11월 하순을 접어들면서 수온이 급격히 하강하기 시작하여 2월 상순에 10.4℃ 연중 최저 수온을 나타내었다. 고수온은 7월부터 9월 사이에 22.6~23.5℃ 내외 범위를 나타내어 연간 12~13℃내외의 수온 차이를 보이고 있었다(표 25).

국립수산과학원 한국해양자료센터의 실시간연안정보 수온관측자료를 참고해 보면, 자동관측시스템이 설치된 통영해역 중 본 조사해역과 인접한 산양 학림해역을 대상으로 분석한 결과, 연간 최저수온은 2월 2일로서 10.5℃로 조사되었으며, 최고 수온은 8월 25일 25.5℃를 나타내어 유사한 수온분포를 보이고 있었다(표 26).

따라서 10~23℃ 범위의 수온분포에서는 별다른 돛돔의 이상현상이 나타나지 않아, 앞서 언급한 돛돔 어획시기 수온분포도(표 6)와 비교해 볼 때 10~20℃ 범위의 수온분포에서는 비교적 안정적인 상태를 유지하는 것을 알 수 있었다. 용존산소량의 경우, 조사기간 중 3.6~7.9mg/L 범위를 나타내었으며, 8~9월에 일시적인 용존산소 감소현상이 있었으나 돛돔의 별다른 이상반응은 나타나지 않았다(표 27).

수질조사결과, 총질소는 조사 기간 중 0.014~0.183mg/L 범위로 연중 0.300mg/L 이하로 조사되어 1등급 수질을 유지하고 있었다. PO₄-P의 경우, 연간 0.005~0.034 mg/L로 조사되어 동절기에 일시적으로 0.030mg/L 이상을 유지하였으나, 대부분 수질 1등급 수준을 유지하고 있었다(표 28). COD의 경우에는 동절기를 중심으로 1.000mg/L이상 조사되어 2, 3등급 수질을 유지하고 있었으나, 대부분의 경우 1.000 mg/L이하의 수질 1등급 수준을 유지하고 있었다(표 29).

먹이습성은 큰 크기(2~3cm 크기)의 통먹이로 먹는 것을 좋아하며, 큰 입으로 먹이를 먹은 후 인두치를 이용하여 짓이겨 먹는 것으로 보인다. 좋아하는 먹이로는 오징어, 고등어 등 신선한 먹이를 좋아하며, 매일 섭이하기 보다는 2~3일 간격으로 섭이가 활발히 이루어지는 것을 알 수 있었으며, 해상가두리 수용 중에는 표층으로 부상하는 경우가 거의 없으며, 저층으로 가라앉아 유평하는 경향이 있었다. 육상 수조 수용시에도 어두운 주수구 주위에 머물러 있거나 완만히 유평하는 경향이 있었다.

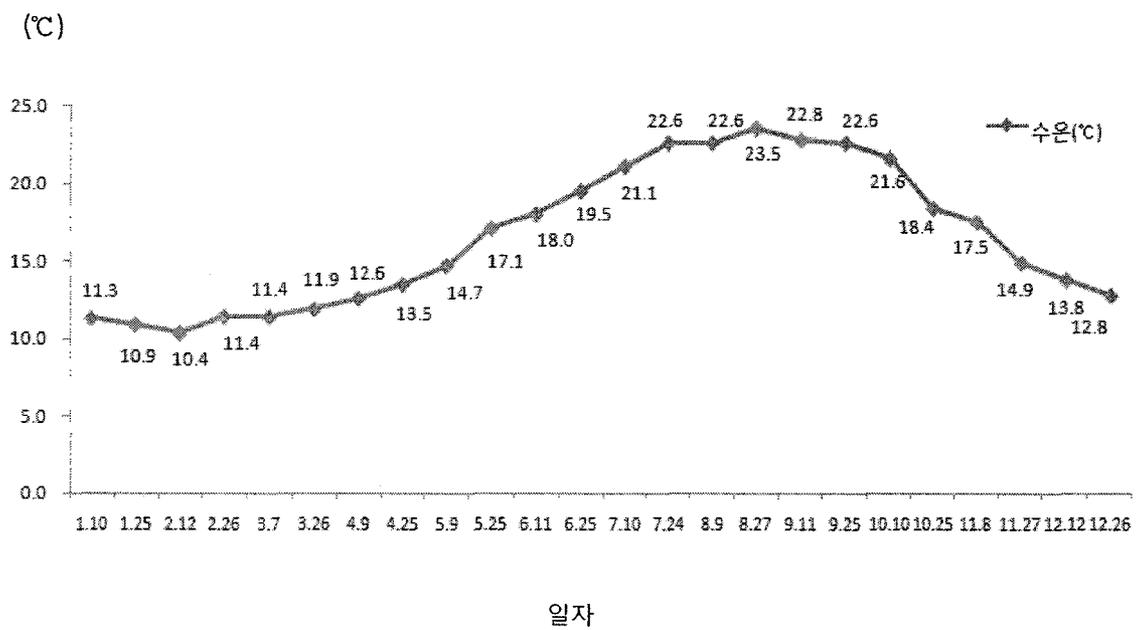


표 25. 연중 수온분포도(통영시 산양읍 연명지선)

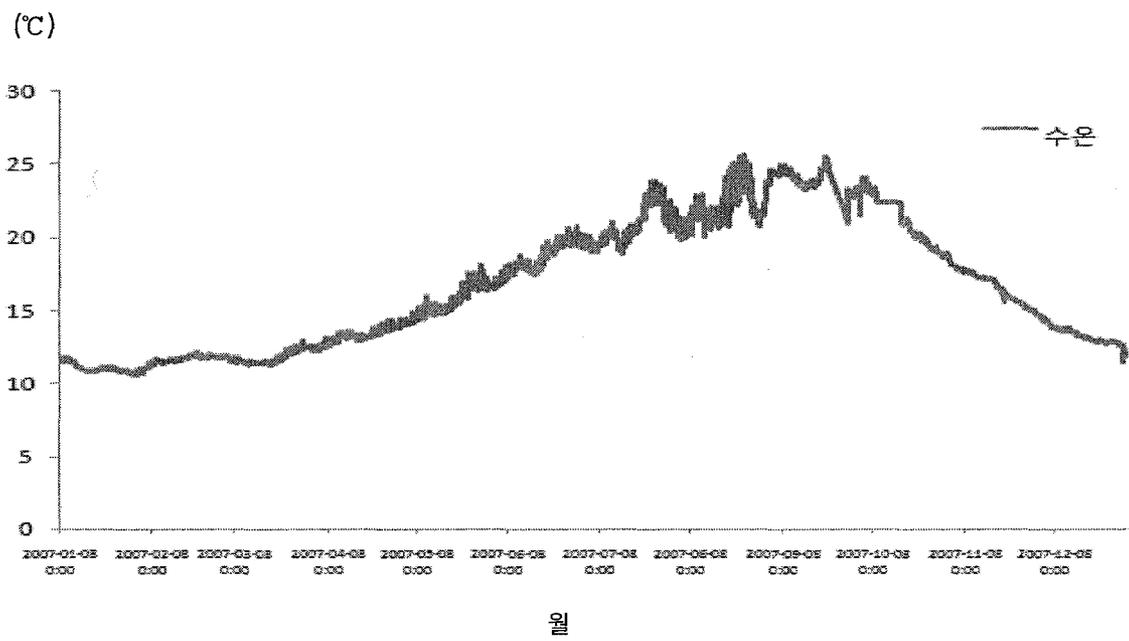


표 26. 연중 수온분포도(실시간연안정보자료)

(mg/L)

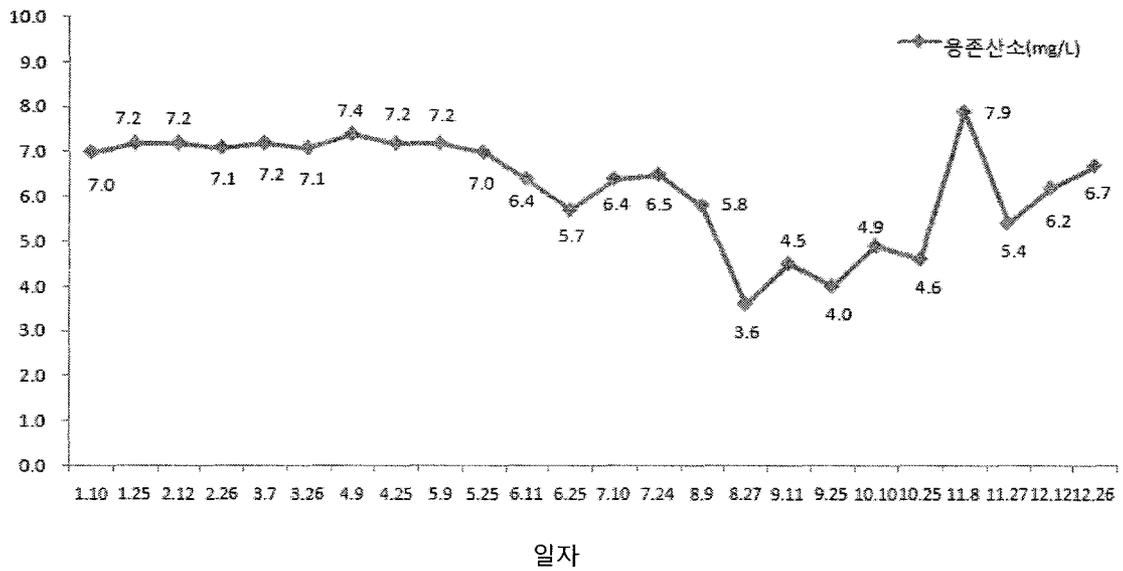


표 27. 연중 용존산소분포도

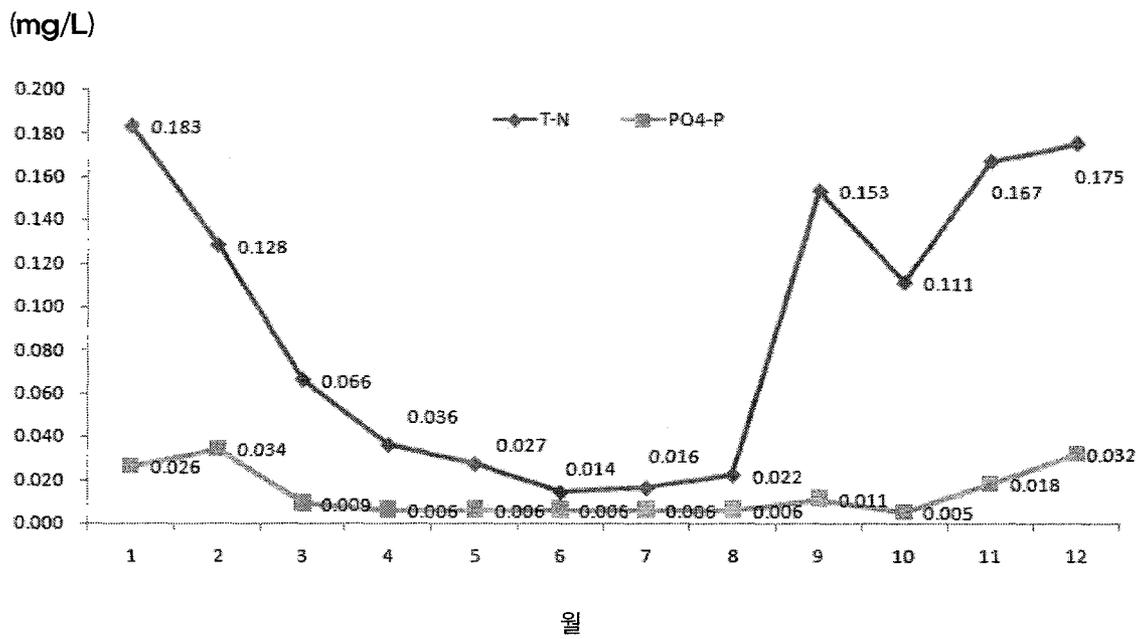


표 28. 연중 수질조사결과

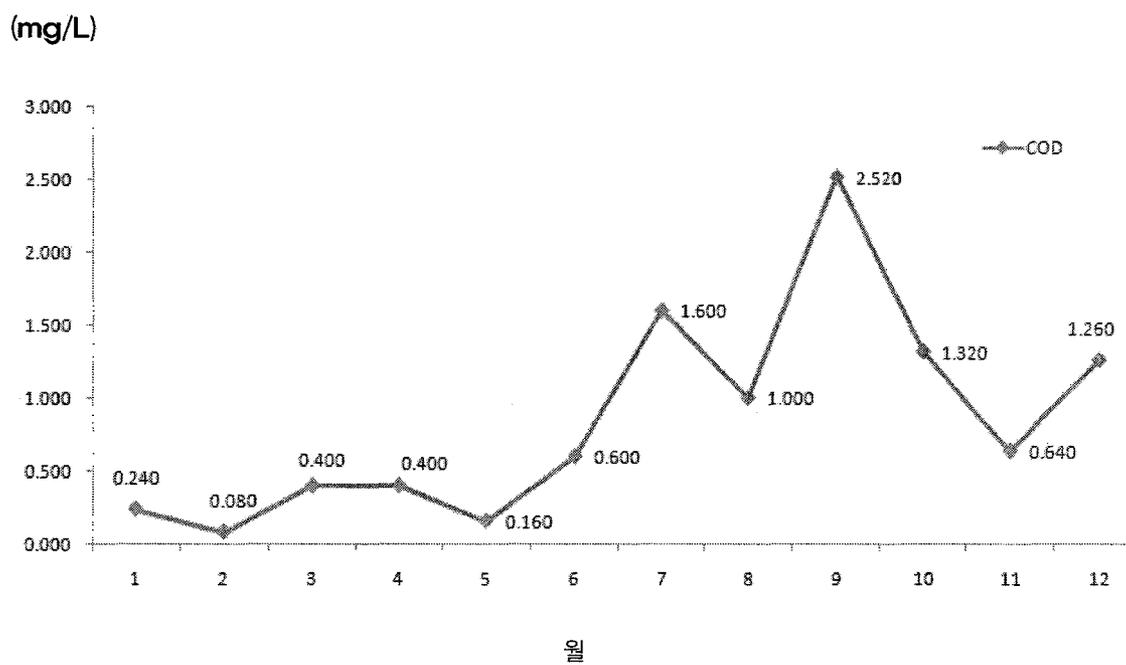


표 29. 연중 COD 조사결과

제 3절. 돛돔 선상 채란 및 채정시험

1. 돛돔 자원확보를 위한 조업실시

가. 돛돔 어획전문가 면담 및 어획현황 조사

전국 연안 수협이 협조를 받아, 돛돔 위판실적이 많은 우리나라 돛돔 어획전문가 4명을 대상으로 돛돔의 주 어획시기와 해역 그리고 조업방법 등에 대한 어획현황을 조사하였다(표 30).

경남 통영시 옥지면 국도해역에서 주로 조업한 박정열(경남 통영시 옥지면) 어업인의 경우, 매년 6월 조금시에 주로 어획하였으며, 조업지역은 60m 수심의 암초지역으로 주 어획어의 크기는 10kg 미만으로 조사되었다. 경남 거제시 동측 해역에서 주로 조업한 김대오(경남 거제시 일운면) 어업인의 경우, 11월과 1월 사이 외줄낚시로 어획한 바 있으며, 조업수심은 60m 이심으로 10kg 이상 어류를 주로 어획한 것으로 조사되었다. 제주도 마라도 해역에서 주로 어획한 이경익(제주도 모슬포) 어업인(그림 39, c)의 경우에는 11월과 1월 사이 주낙어업으로 어획하였으며, 5cm 내외의 낚시(그림 39, d)를 이용하여 10kg 이상 큰 돛돔을 주로 어획하였다.

근해유자망어업으로 주로 어획한 어업인(양희문 & 김영수, 경남 사천시)은 매년 6월 조금시에 어획한 경험이 많으며, 나일론 재질의 그물을 사용하여 제주도 북동측 해역에서 100m내외의 조업수심을 유지하면서 주로 10kg이상 큰 고기를 주로 어획하였다(그림 39, a & b). 근해자망의 경우도 8.2호 3절 2모 경심재질(그물코길이 13.5cm) 그물을 사용하여 제주도 북동측해역에서 주로 어획하였으며, 매년 1~3월 경 10kg 이하의 돛돔을 주로 어획한 바 있다(그림 39, e & f). 이는 앞서 조사한 2007년부터 2008년까지 2년간 어획된 돛돔 어획내역 현황과도 일치하는 결과이다. 이상의 결과를 정리해 보면, 돛돔의 주 어획시기는 6월 조금시와 11~3월경으로 압축되며, 근해유자망외에도 근해자망어업, 외줄낚시, 주낙어업 등 다양한 방법으로 어획된 것으로 조사되었다. 특히, 근해유자망어업을 제외하고는 대부분 암초지역에서 어획된 사례가 많은 것으로 조사되었다.

표 30 . 돛돔 어획전문가 어획현황

어획전문가	어획해역	해구도 (조업수심)	주조업일시	조업방법	주조업 돛돔크기
박정열	통영시 육지면 국도해역	98-9 (60m)	6월 조금시	자망어업	3~10kg
양희문	제주도 서귀포~ 여수시거문도	224-3 (100m)	6월 조금시	근해유자망	10~70kg
김영수	제주도 서귀포~ 여수시거문도	224-3 (100m)	6월 조금시	근해유자망	10~70kg
김대오	거제시~부산시 (남형제도해역)	100-1 (60~80m)	11월~1월	외줄낚시	10~15kg
이경익	제주시 마라도해역	232-8 (100m)	11월~1월	주낙어업	10~20kg
백진우	제주도 서귀포~ 여수시거문도	110-4 (90m)	1~3월	근해자망	5~10kg

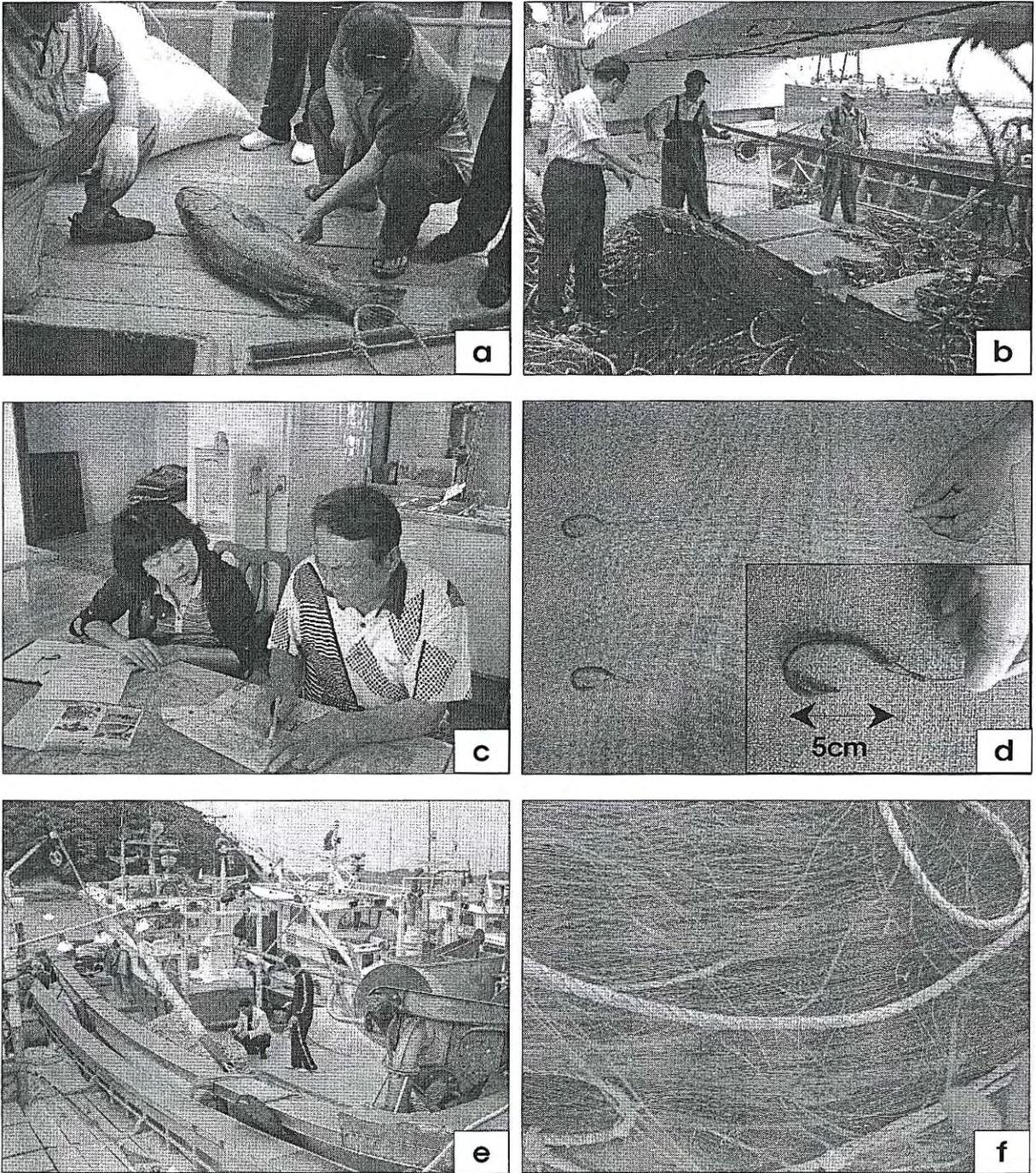


그림 39. 돛돔 어획전문가 조사광경

나. 돛돔 자원확보를 위한 조업실시

유자망어업, 기선저인망어업 그리고 정치망어업으로 주로 어획되는 돛돔은 장시간의 인망으로 인해 물리적 자극은 물론 급격한 수압차이에 의해 어획 후 생존율은 극히 낮은 편이다. 또한, 어획량이 절대적으로 부족할 뿐 아니라 어획 후 생존하더라도 장시간 수송에 따른 관리상의 어려움으로 대부분 선어상태로 위판되는 경우가 많다. 따라서, 살아있는 자원을 확보하기 위해서는 직접적인 조업이 불가피한 실정이다.

상기 돛돔 어획전문가의 어획현황(표 30)을 바탕으로 돛돔 서식 및 이동장소로 추정되는 해역을 대상으로 예산과 인력지원이 가능한 범위 내에서 대규모 선단이 필요하지 않은 연안자망어업, 근해유자망어업, 새우조망 그리고 외줄낚시어업의 방법으로 돛돔 자원확보를 위한 시험조업을 실시하였다(표 31).

해구도의 98-9 해역과 99-7 해역을 대상으로 실시한 6월 조업시에는 장마시기와 맞물려 조업해역이 안개가 잦을 뿐 아니라 높은 파고로 인해 근해 조업작업이 상당히 어려워 이로 인해 장시간 조업에도 불구하고 별다른 조업성과를 거두지 못하였다. 반면, 2007년 7월에 224-3 해역을 대상으로 실시한 근해유자망 조업시에는 145cm 돛돔 1미가 어획된 바 있다.

2008년에는 지난 2년간 돛돔을 가장 많이 어획한 해역인 110-4 해역을 대상으로 근해자망어업을 이용하여 장기간 집중 조업을 실시하였다. 그러나, 동 해역이 근해에 위치하고 있고 높은 파고로 인해 일기가 양호한 조업시기를 택하기가 상당히 어려웠으며, 뿐만 아니라 주로 기선저인망 및 선망어업 등 대규모 선단 조업 및 항해가 이루어지는 해역으로 시험조업선인 소규모 선박이 조업하기에는 상당히 어려운 점이 있었다.

당초 돛돔 조업실적이 비교적 우수한 근해유자망 어업을 대상으로 조업을 실시하고자 하였으나, 2007년부터 지속된 유가상승으로 인해 적은 예산으로 근해 유자망과 같은 대규모 선단을 가동시키기에는 역부족이었다. 또한, 동 해역이 돛돔 자원 이외에는 별다른 어군이 형성되지 않아 돛돔 조업만을 위해 대규모 선단을 투입

하는 것이 사실상 불가하여 근해유자망어업의 차선택으로 돛돔 위판실적이 우수하고(2007년~2008년, 5~10kg 13미 어획) 선박임대가 용이한 근해자망을 이용하여 조업을 실시하기로 하였다(그림 43).

조업해역인 110-4 해역(여수 거문도 남부해역)은 해류 흐름이 빠르고 수심이 깊기 때문에 경심보다는 폴리에틸렌(나일론) 재질이 좋을 것으로 판단되었으며, 크기가 큰 돛돔을 공략하기 위해서는 그물코 길이가 다소 커야 할 것으로 판단됨에 따라 17cm 정도의 그물(9합사 3절 2모, 총길이 2,000m)을 제작하여 조업에 사용하였다. 아울러, 작은 크기의 돛돔 자원어획을 위해 8.2호 3절 2모의 경심 재질(그물코 길이 13.5cm, 총길이 5,000m) 그물을 함께 사용하였다.

조업시기는 5월 조금시(2008년 5월 19~30일)를 중심으로 조업하였으며, 1일 투망 횟수는 2회이며 길이 약 7,000m 그물을 사용하여 돛돔 어획지점이라 추정되는 암초지역에 대하여 6~7겹 이상 그물을 감싸는 방법으로 집중 공략하였다(그림 43).

그러나, 다소 이른 조업시기로 조업해역 내 수온이 아직 상승되지 않아 돛돔의 먹이원으로 추정되는 참돔과 불불락(열기) 등의 어군 형성이 제대로 이루어지지 않아 저조한 조업실적을 낳았으며, 따라서 차후 조업시에는 시기를 좀 더 늦춰 수온 형성(13~16℃)이 이루어진 후 실시하는 것이 다소 효율적이라 사료된다.

또한, 암수 돛돔이 같이 어획되지 않을 경우, 돛돔 정액 보존을 위해 현장 조업시 정액을 순수 추출하여 냉장상태로 운반하는 것이 장기간 보관에 가장 효과적일 것으로 판단되며, 영구적인 정자보존을 위해서는 냉동보관을 위한 인공정장 및 동해방지제에 대한 계속적인 조사가 필요할 것으로 판단되었다.

표 31. 돛돔 자원확보를 위한 조업실시결과

대상해역	해구도	조업일시	조업방법	조업결과
통영시 옥지면 국도해역	98-9	2007. 6. 5~9	연안자망	어획없음
통영시 옥지면 국도해역	98-9	2007. 6. 20~24	외줄낚시	어획없음
통영시 한산면 소매물도해역	98-9	2007. 6. 20~24	외줄낚시 연안자망	어획없음
거제시 남부면 대병대도해역	99-7	2007. 6. 21~22	새우조망	어획없음
제주도 서귀포~ 여수시거문도	224-3	2007. 7. 12	근해유자망	1미 조업 (145cm)
제주도 서귀포~ 여수시거문도	110-4	2008. 5. 19~30	근해자망	어획없음

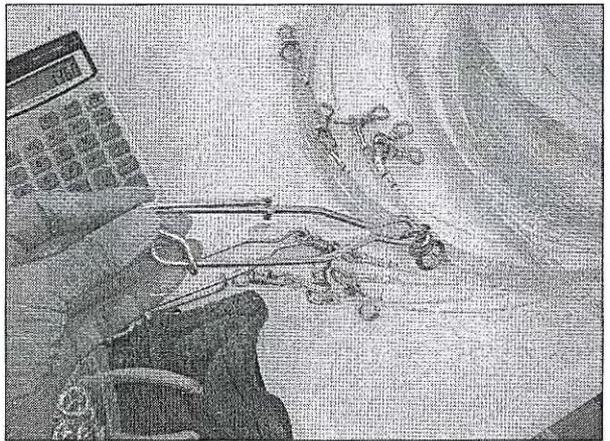
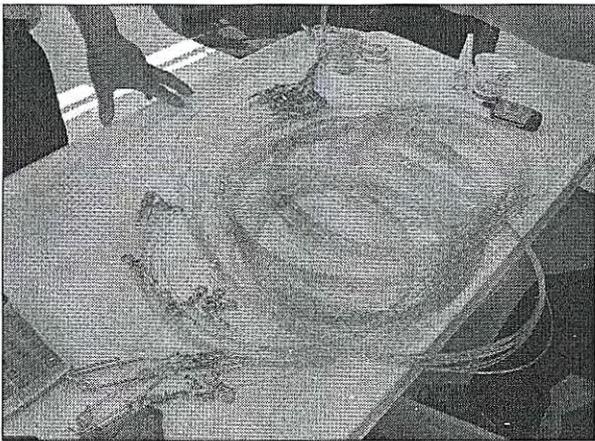
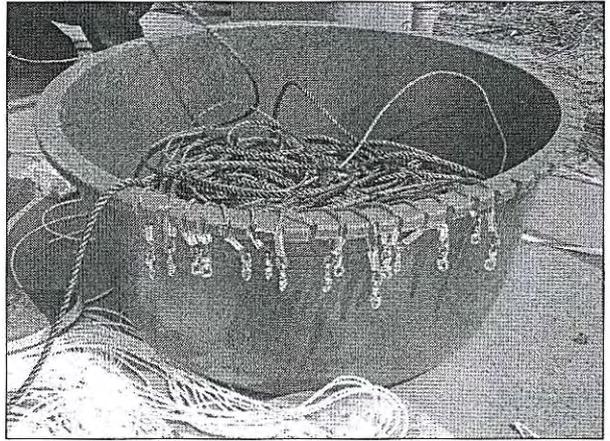
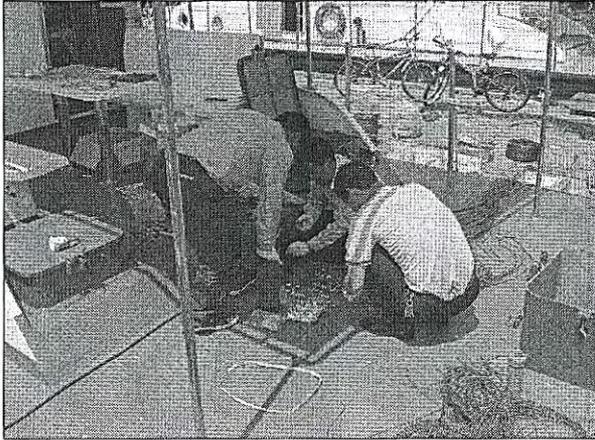


그림 40. 돛돔 조업용 낚시 제작(주낙어업, 채낙기어업)

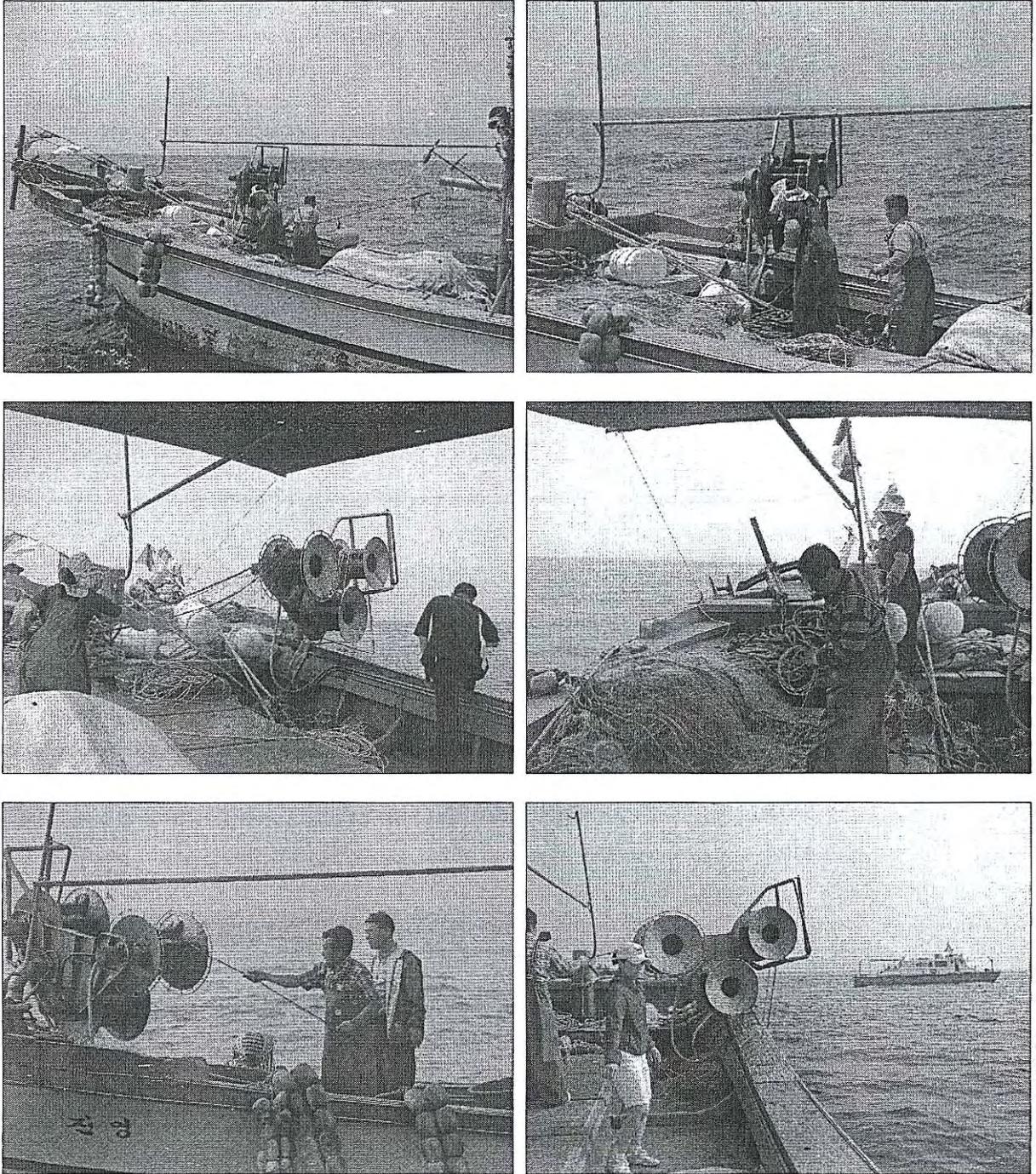


그림 41. 연안자망에 의한 돛돔 조업광경(상·중, 통영육지해역 ; 하, 거제동측해역)

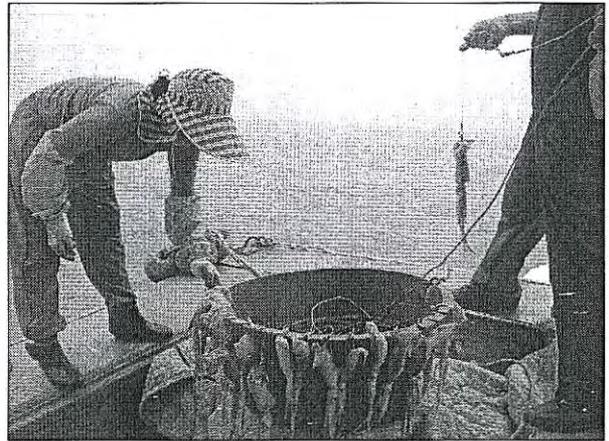
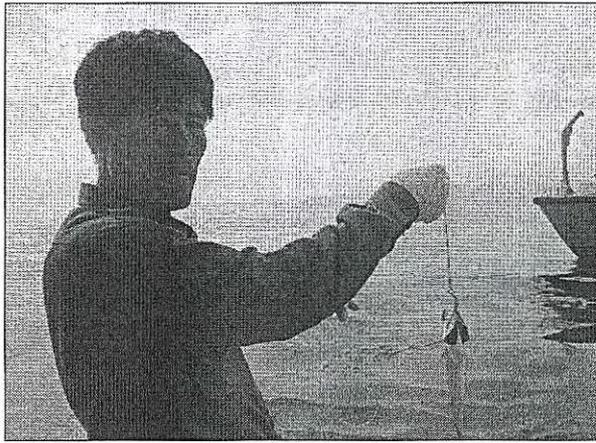
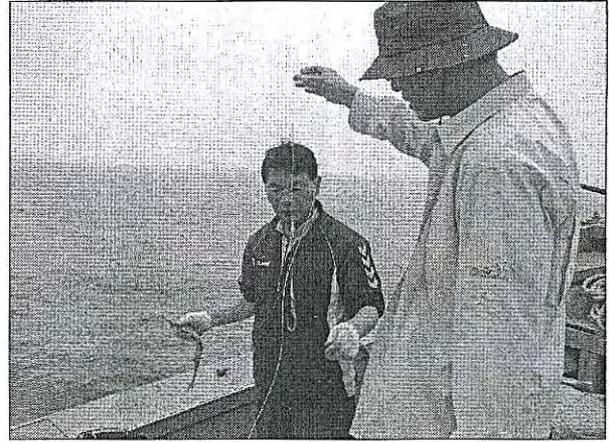
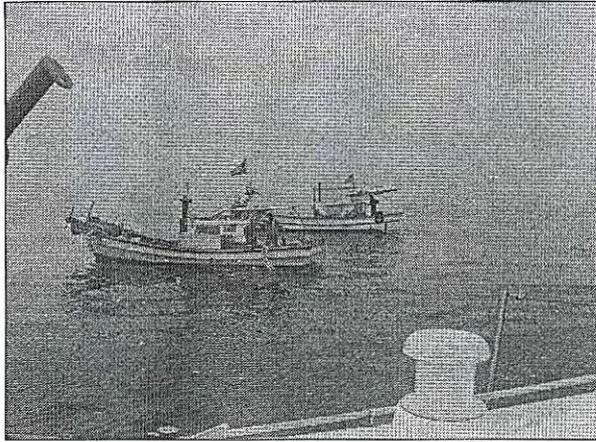


그림 42. 연안채낚기 및 주낙어업에 의한 돛돔 조업광경
(거제동측해역, 돛돔 먹이용 오징어 및 고등어)

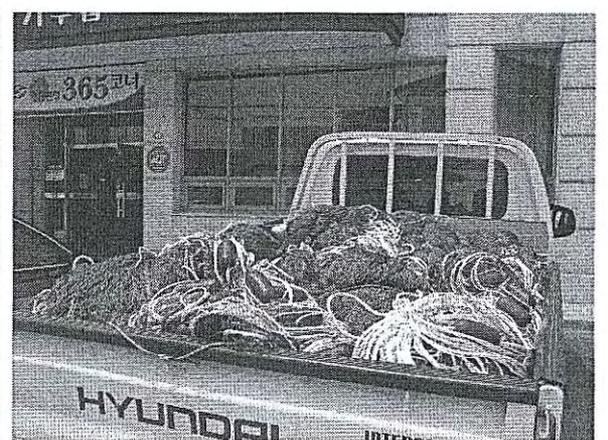


그림 43. 근해자망을 이용한 돛돔 조업광경
 (상, 투망 및 인망광경 ; 하, 돛돔 조업그물 투하형상 및 사용된 그물)

제 5 장. 고찰

제 1절. 돛돔 어획실태조사 및 자원확보

2007년부터 2008년까지 2년간 우리나라 연근해에서 어획된 돛돔은 65미로 연간 어획량은 30미 내외로 추산되었다. 월별 어획현황을 조사한 결과, 당년생 치어로 유추되는 1kg 미만 어류는 9월부터 12월까지 우리나라 동해해역을 중심으로 수심 50m 이내의 정치망 또는 통발어업을 통해 어획되는 경향이 있었다. 이는 Yanagihama 연안의 돛돔 자어의 출현(Noichi *et al.*, 1990)과 비교하여 유사한 결과로 돛돔 치자어 동안에는 깊은 수심보다는 수심 50m 이내의 연안해역에 자주 출현하는 것으로 보인다. 이에 반해 1~20kg 크기의 돛돔은 3월에서 5월 사이에 남해안을 중심으로 50m 이심의 수심에서 어획되는 경향이 큰 것으로 조사되었다. 또한, 20kg 이상 큰 돛돔의 경우에는 기선저인망 및 근해유자망 어업에 의해 수심 100m 내외의 깊은 수심에서 5월과 6월 사이에 집중 어획되는 경향이 있었다. 이는 돛돔 크기가 클수록 어획수심이 깊어지는 것으로 돛돔 크기에 따라 어획시기, 어획수심 그리고 어획해역에 뚜렷한 차이를 보이는 것으로 조사되었다.

돛돔 어획실태 설문조사결과 조업방법별 돛돔 조업빈도는 외끌이어업이 42%로 가장 높았으며, 쌍끌이어업(16%)과 함께 설문응답자의 58%가 기선저인망어업을 통해 어획한 것으로 조사되었다. 어획해역의 경우에는 응답자의 42%가 남해서부해역(해구도 199 ~244)에서 어획한 것으로 조사되어 어획 효율면에서는 남해서부해역을 대상으로 한 기선저인망어업이 가장 높은 것으로 분석되었다. 그러나, 기선저인망의 경우에는 장시간의 조업기간 및 관리상(어창활용)의 어려움으로 인해 활어상태의 돛돔을 확보하기가 어려운 실정이다.

돛돔 어획실태 설문조사 결과분석에서도 남해동부해역(해구도 97~114)과 남해서부해역(해구도 199~244)에서 수심 100m를 기준하여 비교적 큰 개체가 어획되었으며, 동해북부해역(해구도 48~74)에서는 수심 50m 이내에서 평균체장 60cm이하의 개체가 많이 어획된 것으로 조사되었다.

따라서, 어획 후 생존이 불투명한 20kg이상의 큰 어류를 확보하기 보다는 동해안

정치망어업을 통해 1kg 미만 크기의 어류를 대상으로 돛돔 자원을 확보하는 것이 효과적이라 사료되며, 또한 동 해역은 어획수심이 대부분 50m이내로서 급격한 수심 변화를 야기하는 인망시에도 어류 스트레스가 다소 적을 것으로 예상되어 차후 자원관리차원에서 다소 효율적이라 판단된다.

제 2절. 돛돔 기초생태 및 생리학적 연구

어류의 분류형질로 이용되는 지느러미의 기초수 계수결과 조사에 사용된 돛돔 11개체의 경우 등지느러미는 11개의 극조와 10~11개의 연조를 가지고 있으며(D. XI, 10~11), 뒷지느러미는 3개 극조와 7~11개의 연조(A. III, 7~11)를 가지고 있는 것으로 분석되었다. 현재 어류도감마다 다소 차이는 있으나 돛돔 지느러미의 기초수는 D. XI~XII, 9~11; A. III, 7~10로 대부분 보고되고 있어 유사한 결과를 보이고 있었다.

어류의 연령사정에 이용되는 형질로는 비늘, 척추골, 이석 등이 있으나 일반적으로 이석이 외부 환경에 영향을 덜 받고 연륜을 가장 명확하게 나타내어 이석을 연령사정형질로 많이 이용하였다(Secor, 1995). 본 연구에서도 비늘과 척추골보다는 이석이 연령사정에 적합한 것으로 조사되었으며, 이석을 전면 연마하기 보다는 절단 후 연마하는 것이 적합하며, 이석 절단방향도 횡으로 절단하기보다는 종으로 절단하여 연마하는 것이 보다 명확한 결과를 얻을 수 있었다.

연령조사결과 3.3kg 돛돔이 3개의 윤문(비늘 및 척추골)을 가지고 있으며, 7.3~7.4kg 돛돔이 4~5개의 윤문(이석, 비늘 및 척추골)을 형성하고 있고 13.5kg 돛돔은 5개의 윤문(이석, 비늘 및 척추골)을 형성하고 있어 3kg 미만의 작은 크기일 경우에는 1년간 1kg 미만의 성장도를 보이다가 3kg 이상에서는 연간 3~4kg 성장이 가능할 것으로 추정되었다.

그러나 전장 87cm의 동일 개체에서 종단면 연마 이석과 횡단면 연마 이석의 윤이 각각 6개, 12개로 확인됨에 따라(그림 31) 이석을 이용한 연령사정시 이석에 나타난 윤문이 산란윤인지 월동윤인지를 판별하기가 불가능하여 정확한 연령사정에 다소 어려운 점이 있었다. 또한, 이석 윤문이 1년에 몇 개 형성되는지에 대한

예비 조사가 부족하여 본 연구에서 제한된 기간 동안 채집된 11개체를 대상으로 개체별 연령사정을 하기에는 다소 어렵다고 판단되었다. 따라서 시기별로 충분한 개체수를 확보하여 본 연구에서 수행한 이석 분석 방법을 이용한다면 개체별 연령사정이 가능할 것으로 판단된다.

돛돔의 유전학적 분류 위치를 조사하기 위해서 미토콘드리아 DNA CO I 유전자와 16S rDNA 유전자를 이용하여 조사한 결과, 반딧불게르치과의 눈불대와 게르치과의 게르치와 유전적 유연도가 가까운 것으로 조사되었다. 그러나, 게르치과의 게르치에 대한 미토콘드리아 DNA CO I 분석 결과가 없어 이들 두 어종의 유전적 유연도에 대해서는 추가 조사가 필요할 것으로 판단된다.

생식주기를 엿볼 수 있는 생식소지수(GSI)의 경우 4월과 6월에 채집된 20kg 이상 돛돔에서 4.18~9.9로 조사됨에 따라 동 시기가 돛돔의 산란기임을 추정할 수 있었으며, 조직학적 연구결과에서도 20kg이상 어류에서 정소세관내 정자와 정모세포가 확인됨에 따라 성숙초기(4월) 또는 성숙시기(6월)임을 알 수 있었으며, 산란 가능연령 또한 20kg 이상임을 확인할 수 있었다.

이에 반해 2월과 3월에 조사된 4.6~7.4kg 암컷에서는 비교적 작은 크기의 난모세포가 확인됨에 따라 미성숙 또는 산란초기단계에 있는 것으로 조사되었고, 생식소지수 또한 육안확인이 어려울 만큼 작은(0.13~1.54) 것으로 조사되었다. 따라서 암컷의 산란시기는 5~6월 이후에 이루어질 것으로 추정되며, 산란가능크기 또한 더 클 것으로 조사되었다.

성숙한 암컷 돛돔(6월 채집, 체중 30kg, 체장 119cm)의 난경은 $750\mu\text{m}$ 로 조사되었으며, 난소 1,530g에 대해 포란수는 4,200천개로 24,000천개로 보고한 자료(김, 2003)와 비교하여 다소 적은 양이었다. 이는 개체 크기에 대한 자료가 부족하여 성장도에 따른 포란수에 대한 조사가 더 필요할 것으로 사료된다.

돛돔 산소소비량조사에서는 암기가 명기보다 다소 높은 일정한 패턴의 산소소비량을 가지는 것으로 조사되어 야행성 어류의 특징을 가지고 있음을 알 수 있었다. 수온변화 시험에서는 23°C 이하에서는 일정한 산소소비량을 가진 반면 23°C 이상시 급격한 산소소비의 증가를 보여 고수온에는 다소 약한 것으로 추정되었다. 또한, 수온 27°C 이상 상승시 서식 해역에서 이탈하는 것으로 보고한 Noichi *et*

al.(1990) 보고와도 연관이 깊은 것으로 보인다. 이는 2007년과 2008년 2년 동안 어획된 돛돔의 시기별 어획해역의 수온분포도 자료와 일치하는 경향으로 10~20℃ 범위의 수온분포에 다소 안정적인 것으로 평가되었다.

또한, 돛돔의 해상가두리 사육시 수온 10.4~23.5℃, 용존산소 3.6~7.9mg/L 범위 내에서 별다른 이상 증상이 발견되지 않아 남해안 해역의 연간 수온분포변화에는 큰 문제점이 없는 것으로 보인다. 다만, 육상수조시 돛돔 치어의 백점충(Noichi *et al.*, 1990)과 스퀴지카 감염(2009년 1월, 150g 내외 돛돔 3미 폐사)으로 폐사가 발생한 점을 고려해 볼 때 육상수조 사육시 어류질병관리에 주의를 기울여야 할 것으로 보인다.

제 3절. 돛돔 선상 채란 및 채정시험

돛돔 전문조업인 면담결과 우리나라 해역의 돛돔 주 어획해역은 해구도 110-4 해역과 224-3 해역으로 전남 여수 거문도 남측으로 남해동부해역과 남해서부해역의 경계지역이다. 그물코에 따라 어획어의 크기는 다소 차이가 있으나, 5kg부터 70kg에 이르기까지 다양한 크기의 자원이 어획되는 해역이다. 조업시기에 따라 11월부터 3월 사이에는 20kg미만의 작은 크기의 돛돔이 주로 어획되며, 20kg이상 크기의 돛돔을 조업하기에는 6월이 효과적인 것으로 조사되었다.

또한, 조직학적 조사결과에서도 6월과 7월 시료에서 성숙기에 있는 생식소가 확인됨에 따라 선상에서 바로 채란 및 채정작업을 하기 위해서는 6~7월 전후 110-4 해역과 224-3 해역을 대상으로 근해유자망 조업을 실시하는 것이 효과적인 것으로 판단되며, 치자어의 살아있는 돛돔을 확보하기 위해서 11월부터 이듬해 3월까지 동해북부와 동해남부해역을 통한 정치망을 통해 확보하는 것이 효과적인 것으로 판단되었다.

유가상승에 따른 조업경비 상승으로 돛돔 조업일정이 불가피하게 5월에 이루어졌으며, 동 시기에 조업해역 내 수온이 아직 상승되지 않아 돛돔의 먹이원으로 추정되는 참돔과 불볼락(열기) 등의 어군 형성이 제대로 이루어지지 않았으며 이로 인해 저조한 조업실적을 낳은 바 있다. 따라서, 차후 조업시에는 시기를 좀 더 늦춰

6월(조금시)에 실시하는 것이 다소 효율적이라 사료되며, 암수 돛돔이 같이 어획되지 않을 경우, 현장 조업시 정액을 순수 추출하여 냉장상태로 운반하는 것이 장기간 보관에 가장 효과적인 것으로 판단되며, 영구적인 정자보존을 위해서는 냉동보관을 위한 인공정장 및 동해방지제에 대한 지속적인 조사가 필요할 것으로 판단된다.

제 6 장. 참고문헌

정문기, 1977. 한국어도보, 일지사, 서울.

片山 正夫, 1965. いしなぎ。岡田 要、内田 清之助、内田 亨編。新日本動物図鑑 北降館

望月 賢仁, 1988. スズキ科。益田 一、日本山魚類大図鑑、東海大學出版會、東京

今井 浩次, 2001. おおくちいしなぎ。小西 英人編。新さかな大図鑑。

週間釣りサンデー、大阪

小西 英人, 1995. 新さかな大図鑑。週間釣りサンデー、大阪

落合 明, 田中 克, 1979. 魚類學、恒星社恒星閣、東京

中坊 哲次, 1993. 日本産魚類檢索、東海大學出版會、東京

Noichi, T., Kanbara, T., Mito, T., Sakamoto, F., Kimura, M. and Senta, T., 1990.

Occurrence and Ecology of Juvenile Striped Jewfish *Stereolepis doederleini* (Family Percichthyidae) in Yanagihama Beach, Nagasaki Prefecture. 長崎大學校産業學部研究報告, 第68号, 29-33.

Secor, D. 1995. Can otolith microchemistry chart patterns of migration and habitat utilization in anadromous fishes. *Journal of Experimental Marine Biology and ecology*, 192: 15-33.

Yamada, U., Yokimura, M., Hrikawa, H. and Nakabo, T., 2007. *Fishes and Fisheries of the East China and Yellow Seas*, Tokai University Press, Tokyo, Japan.