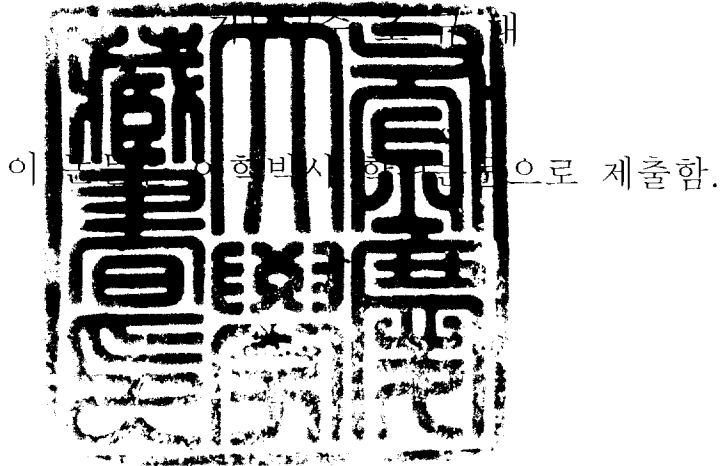


이학박사 학위논문

한국해역에 분포하는 살오징어
Todarodes pacificus Steenstrup의
어황과 해황과의 관계



2005년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

수산해양학연합동과정

최 광 호

목 차

Figure lists	iii
Table lists	viii
Abstract	ix
I. 서 론	1
II. 자료 및 방법	7
1. 어 황	7
2. 생물학적 특성	10
3. 해 황	12
III. 결과	15
1. 풍도 변동	15
1.1. 어획량의 경년 변동	15
1.2. 해역별 어획량	21

2. 어장의 분포와 회유	27
2.1. 월별 어획량 분포	27
2.2. 인공위성에 의한 어장 분포	36
3. 살오징어의 생물학적 특성	41
3.1. 동해의 살오징어	41
3.2. 서해의 살오징어	48
4. 어장의 해황	53
4.1. 수온	53
4.2. Chlorophyll-a 및 동물플랑크톤	65
IV. 고찰	67
V. 결론	73
감사의글	75
참고문헌	77
Appendix	83

최광호의 이학박사 학위논문을 인준함

2004년 12월 22 일

주 심 이학 박사 윤 중 회



부 심 농학 박사 조 규 대



위 원 공학 박사 김 동 선



위 원 이학 박사 최 용 규



위 원 수산학박사 김 상 우



Figure lists

- Fig. 1.1. Schematic of the current system (Isobe, 1999) and spawning ground by breed group (Sakurai *et al.*, 2000).
- Fig. 2.1. The map showing the sea block with sea block number.
- Fig. 2.2. The map showing study area. Lines D, PM, F and G represent serial station of JMA and other circles indicate serial stations of NFRDI. Lines A and B indicate stations of vertical temperature distribution.
- Fig. 3.1.1. Annual catch of the common squid by Korea and Japan in the East Sea of Korea.
- Fig. 3.1.2. Annual catch of the common squid by fishing gear type in Korea.
- Fig. 3.1.3. Annual catch of the common squid by fishing gear type in Japan.
- Fig. 3.1.4. Annual catch and CPUE variation of the common squid caught by squid jigging fishery in Korea. Solid line and dotted line represent mean value of catch and CPUE (catch/machine).
- Fig. 3.1.5. Annual squid catch (dots) and catch per boat (triangle) by Japanese jigging fleets in the central and northern East/Japan Sea from 1980 through 2000.
- Fig. 3.1.6. Catch distribution (A) and annual catch variation (B) for common squid by squid jigging fishery during 1980 to 1999 in Korean Waters.
- Fig. 3.1.7. Monthly catch variation of common squid by

sea area during 1980 to 1999 in Korean Waters.

Fig. 3.1.8. Comparison of monthly catch of squid among mean year, good catch years (1993, 1994) and poor catch years (1986, 1987) in the East Sea.

Fig. 3.1.9. Comparison of monthly catch of squid among mean year, good catch year (1987) and poor catch year (1989) in the West Sea.

Fig. 3.2.1. Monthly average catch distributions of common squid from squid jigging fishery for Jan.~Jun., 1980~1999.

Fig. 3.2.2. Monthly average catch distributions of common squid from squid jigging fishery for Jul.~Dec., 1980~1999.

Fig. 3.2.3. Yearly catch distribution (upper) and calculated difference (lower) for mean fishing year (1980~1999) of jigging fishery in good fishing year, 1999.

Fig. 3.2.4. Yearly catch distribution (upper) and calculated difference (lower) for mean fishing year (1980~1999) of jigging fishery in poor fishing year, 1986.

Fig. 3.2.5. Ellipses determined from the monthly average catch distribution of common squid by the squid jigging fishery around Korean waters from 1980 to 1999. The movement of monthly ellipses represent northward migration season.

Fig. 3.2.6. Ellipses determined from the monthly average catch distribution of common squid by the squid jigging fishery around Korean

waters from 1980 to 1999. The movement of monthly ellipses represent southward migration season.

- Fig. 3.2.7. Centers of fishing grounds for common squid as shown by centers of ellipses. Black dots represent centers of ellipses by month.
- Fig. 3.2.8. Monthly squid fishing light distributions from satellite (left) and catch distributions of common squid from squid jigging fishery (right) for Jan. ~ Mar., 1993.
- Fig. 3.2.9. Monthly squid fishing light distributions from satellite (left) and catch distributions of common squid from squid jigging fishery (right) for Apr.~Jun., 1993.
- Fig. 3.2.10. Monthly squid fishing light distributions from satellite (left) and catch distributions of common squid from squid jigging fishery (right) for Jul.~Sep., 1993.
- Fig. 3.2.11. Monthly squid fishing light distributions from satellite (left) and catch distributions of common squid from squid jigging fishery (right) for Oct.~Dec., 1993.
- Fig. 3.3.1. Polymodal distribution of mantle length of the common squid by the Akamine method from the East Sea in 1999.
- Fig. 3.3.2. Monthly changes in the GSI of common squid from the East Sea during 1997 to 1999 (solid circles represent mean value of GSI and vertical bars represent standard deviations of GSI).
- Fig. 3.3.3. Estimation of biological minimum size of

common squid in the East Sea from 1997 to 1999.

- Fig. 3.3.4. Yearly mean length fluctuation of common squid captured by jigging and large powered purse seine fishery in East Sea of Korea, 1970~2002. The circles are mean value from June to August, northward migration period. The tetragons are mean value from September to November, southward migration period.
- Fig. 3.3.5. Yearly mean length fluctuation of common squid captured by jigging and large powered purse seine fishery in East Sea of Korea, from June to November, 1970~2002.
- Fig. 3.3.6. Polymodal distribution of mantle length of the common squid by the Akamine method from the West Sea in 1987.
- Fig. 3.3.7. Monthly changes in the GSI of common squid caught in the West Sea during 1985 to 1987 (solid circles represent mean value of GSI and vertical bars represent standard deviations of GSI).
- Fig. 3.3.8. Estimation of biological minimum size of common squid caught in the West Sea from 1985 to 1987.
- Fig. 3.4.1. Normal temperature distributions of 50m layer using from 1961 to 1999 for temperature frontal zone.
- Fig. 3.4.2. Normal temperature distributions of 50m layer using from 1961 to 1999.
- Fig. 3.4.3. Normal temperature distributions of 100m

- layer using from 1961 to 1999.
- Fig. 3.4.4. Vertical temperature distributios of 103 line (Fig. 2.2) in August (left) and October (right) of normal year, 1961~1999.
- Fig. 3.4.5. Vertical temperature distributios from 107/07 to 206/04 (Fig. 2.2) in August (left) and October (right) of normal year, 1961~1999.
- Fig. 3.4.6. Horizontal distributions of the water temperature at the 50m depth in August from 1986 to 1994 in the East Sea of Korea.
- Fig. 3.4.7. Horizontal distributions of the water temperature at the 100m depth in August from 1986 to 1994 in the East Sea of Korea.
- Fig. 3.4.8. Horizontal distributions of the water temperature at the 50m depth in October from 1986 to 1994 in the East Sea of Korea.
- Fig. 3.4.9. Horizontal distributions of the water temperature at the 100m depth in October from 1986 to 1994 in the East Sea of Korea.
- Fig. 3.4.10. Temperature anomaly in the East Sea (upper) and West Sea (lower) of Korea, 1980~1999.
- Fig. 3.4.11. Chlorophyll-a (mg/m^3) anomaly in the East Sea of Korea, 1980~1999.
- Fig. 3.4.12. Interannual anomaly for 3-year moving average of zooplankton biomass in the East Sea and the West Sea.
- Fig. 4.1. Normal temperature and fishing ground distribution (upper) of common squid and schematic diagram of thermal front by good and poor fishing conditions (lower) in the East Sea of Korea.

Table lists

- Table 2.1 Table showing observation period of each serial station carried out by JMA. Shaded columns represent period when field observation carried out
- Table 3.1.1 Annual number of boats and machines for Korean squid jigging fishery, 1977-2001
- Table 3.3.1 Polymodal distribution of mantle length of the common squid by the Akamine method from the East Sea in 1999
- Table 3.3.2 Polymodal distribution of mantle length of the common squid caught from the West Sea in 1987 by the Akamine method

Fishing conditions of common squid,
Todarodes pacificus Steenstrup in relation to
oceanic conditions in Korean Waters

Kwang Ho CHOI

*University-Research Institute Interdisciplinary
of Fisheries and Oceanography, The Graduate
School,
Pukyong National University*

Abstract

This study focused on the relationships between fishery conditions like the variation of catch, biological characteristics, distribution and migration of common squid, and oceanic conditions like the variation of sea water temperature, the temporal and spatial variation of fronts in the Korean waters.

The catch of common squid in the Korean Waters was lower in the 1980s, the reverse higher in the 1990s. In the 1980s, catch of common squid in the Yellow Sea was greater than that in the East Sea. However, in the 1990s, catch of common squid in the East Sea covered more than 90% of total catch.

Until early 1990, the main fishery of common squid was squid jigging fishery and it covered greater than 90% of total catch. However, after 1993, the catch amount of jigging fishery and the large pure seine fishery increased 30.3%, 7.5%, respectively.

The monthly and regional variation of common squid catch showed that the common squid of the East Sea migrated northward in April and southward in October, and in the Yellow Sea migrated northward in April and southward in November.

DMSP/OLS data measured using satellite detecting the light from nighttime fishing boats and common squid catch data by sea block were conducted to understand the highly correlated between satellite data and field observation data in Korean waters. There are highly correlated between these data not only in Korean area and also in Japanese area used by jigging fishery in the East Sea.

According to the results of this study, there were highly close correlation between the horizontal distribution of water temperature and fishery conditions. When the contours of water temperature were parallel to latitude, good fishing conditions was formed. The reverse, when the contours of water temperature were parallel to longitude, bad fishing condition was formed.

In the 1980s, water temperature in the upper layer was lower than that in 1970s, 1990s and zooplankton biomass, chlorophyll *a* was also lower, in connection with these oceanic conditions, the average length (ML50) of common squid were smaller than other periods.

I. 서론

한국근해는 수심과 해안의 요철, 도서의 유무 등 지리적 특성이 동해, 서해, 남해가 서로 다르고, 그 해양학적 요소와 수산생물의 분포양상도 서로 다른 특징을 갖고 있다. 동해에서는 쿠로시오에 분지된 쓰시마난류 (對馬暖流)가 동해로 유입된다. 동해로 유입된 지류중에 하나는 일본 연안을 따라 북상하고, 다른 하나는 한국 연안을 따라 북상하는 동한난류가 된다. 동한난류는 동해중부 연안을 따라 남하하는 북한한류와 경북 울진연안에서 만나 동쪽으로 흐르면서 극전선을 형성한다 (Fig. 1.1). 그리고 쓰시마난류는 그 분포형태에 따라서 한국 동해연안역을 따라 동해 중부 쪽으로 북상하기도하며, 때로는 일본 연안쪽으로 치우쳐 북상하기도 한다 (Hong and Cho, 1983, Lee, 2003). 동해에서 쓰시마난류에 의한 수송량은 10월에 가장 많고, 1월에 가장 작다 (Kim, 2001). 동해의 수심 100m 수온분포도에서 냉수역과 난수역의 분포 상태와 그 특성 및 경계역을 잘 파악할 수 있다 (Choi, 1994). 서해에 영향을 미치는 수계는 황해난류, 중국대륙연안수, 황해저층냉수 및 한국연안수가 존재하고, 이들은 계절에 따라 분포가 각각 다르다 (Lee, 1984). 특히 하계 황해 저층냉수의 이상저수온 현상은 전년 동계의 강한 북서계절풍에 수반된 이상 저기온에 기인된 표층해수의 냉각 효과 때문이다 (Yang *et al.*, 1984).

그리고, 한국의 해양수산부 2003년 통계자료에 의하면, 최근 우리나라 수산물 총 생산량은 3백만톤을 유지하고 있으며, 그 중 일반해면어업이 1백4십만톤으로 수산물 총생산량의 약 50%를 차지하고 있다. 일반해면어업 1백4십만톤 중에서 살오징어, 멸치, 고등

어 3종의 총어획량이 약 70만톤으로 일반해면어업 전체어획량의 약 50%를 차지하고 있다. 그 중에서 살오징어는 연간어획량이 20만톤으로 일반해면어업 전체어획량의 약 17%를 차지하는 주요어종이다.

살오징어는 오징어채낚기어업 (jigging)에서 가장 많이 어획된다. 1990년 이후에는 대형트롤어업 (trawl) 및 대형선망어업 (purse seine)에서의 살오징어 어획량이 증가하고 있다.

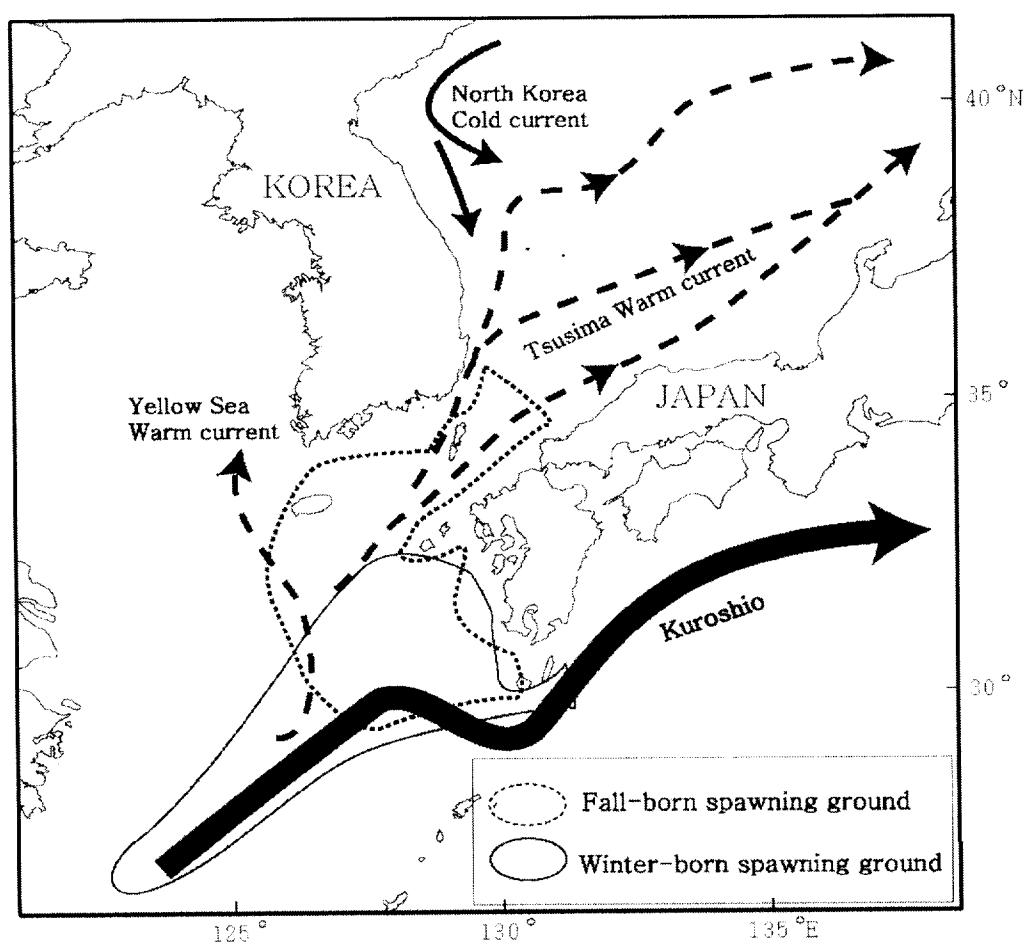


Fig. 1.1. Schematic of the current system (Isobe, 1999) and spawning ground by breed group (Sakurai *et al.*, 2000).

살오징어는 1일 상하층 운동이 심하여 낮에는 수심 깊은 곳에 있다가 밤이 되면 수면 부근으로 올라와 소형어류 등을 잡아 먹을 때 공격적이면서 불빛에 잘 모이는 습성이 있다. 이러한 습성을 이용하여 외줄낚시나 주낙처럼 미끼를 사용하지 않고 대신 낚시채에 플라스틱이나 나무 또는 납 등으로 미끼 모양을 만들어 부착한다. 또, 인조먹이에 색채를 넣거나, 형광물질을 사용하여 자연산처럼 보이도록 하고, 또 집어등을 이용하여 수면 가까이에 밀집시켜 어획효과를 높이고 있다.

특히, 어획효율을 높이기 위하여 집어등의 용량을 크게 하고 있다. 현재 우리나라 어선이 사용하고 있는 집어등은 대부분 1~2kw 백열등을 수십 개씩 사용하고 있으며, 최근에는 메탈할라이트등을 사용하여 같은 발전 용량으로 높은 광도를 내고 있다. 어선 규모별 집어등 광력기준을 보면, 10톤 미만에서는 100kw 이하, 10~20톤 미만에서는 130kw 이하, 20~50톤 미만에서는 180kw 이하, 50~70톤 미만에서는 200kw 이하, 70톤 이상에서는 210kw 이하를 사용하도록 되어 있다.

집어등의 설치는 현으로부터 약간 안쪽에 설치하되 높이를 조정하여 배의 현과 불빛이 수중으로 투과하는 각이 약 20도 내외가 되도록 함으로써 낚시가 그늘에 있도록 한다. 이는 살오징어 집어등에 대한 Choi *et al.* (1997)의 최근 연구 결과에 의하면, 살오징어가 주광성에 의해 어선 주변으로 유인되는 것이 아니라, 어선 집어등의 직접 광원역인 밝은 조도 광역대(光域帶)를 벗어난 어선 선체 그림자 부분으로 구집되는 반 주광성을 띠기 때문이라 생각된다.

어군의 구성은 과거에는 오징어 분포수심에 따라 즉, 어군이 표층에 완전히 부상하였을 때는 복합낚시 1~2개를 단 대낚시를, 오징어가 표층으로부터 다소 침하하였을 때는 복합낚시 4~5개를 단 보채낚시를 주로 사용하였다. 그러나 최근에는 30개 내외의 복합 줄낚시를 수동롤러와 전동모터를 이용한 자동조획기로 조업을 하고 있다. 때에 따라서는 수동롤러나 자동조획기로 조업 중 어군의 상태에 따라 잠시 대낚시를 사용하기도 한다. 주로 일몰후에서 일출전까지의 야간 조업을 하며 일몰 후부터 22시경까지와 일출 직전에 어획이 좋다 (NFRDI, 2002).

한편, 살오징어 (*Todarodes pacificus*)의 생물학적 특성을 보면, 빨강 오징어과 (Ommastrephidae)의 1종으로, 수명은 1년 정도이며 산란 후 사망한다 (Roper *et al.*, 1969; Voss, 1977). 우리나라 연근해에서 살오징어군은 거의 연중 산란하지만, 발생시기에 따라 1~4월에 산란하는 동계발생군, 6~8월에 산란하는 하계발생군, 그리고 9~11월에 산란하는 추계발생군으로 나뉜다 (Kasahara, 1978). 포란수 (抱卵數)는 30만~50만립 (粒)이며, 수온 15~23℃에서 4~5일만에 부화하여 약 15일간의 유생시기를 거쳐 어린오징어로 변태한다 (Doi *et al.*, 1978). 부화후 5개월이 지나면 동장 14cm 정도로 성장하며, 성 (性) 성숙 (成熟) 체장은 20cm로 알려져있다 (Kidokoro *et al.*, 1997; Lim, 1967; Kim, 1993). 동계발생군의 산란장은 동중국해의 200m 등심선을 따라 넓게 분포하고 있으며, 추계 및 하계발생군은 구주 (九州)서방 및 대마도 동북방해역의 일본 연안측 해역에 분포하고 있다. 산란 지역은 대륙붕과 대륙사면에 위치하며, 밀도약층에 부유성 난괴를 방출한다 (Shojima,

1972; Sakurai, 2000). 산란수온은 15~23℃, 서식수온은 5.5~22.5℃이고 최적수온은 14~20℃이다 (Sakurai, 2000; Lee *et al.*, 1985). 특히 냉수대에서 어획된 살오징어가 난수역에서 어획된 살오징어에 비해 크고 무거운 것으로 보고하였다 (Kidokoro, 1996). 동해에서 주 분포 수층은 10~40m였으며 수심이 깊을수록 큰 개체가 어획되었으며 서해에서는 20~40m로 보고하였다 (Lee *et al.*, 1985; Kim *et al.*, 1984). 식성은 부유성 갑각류, 두족류, 어류 등이며 공식을 한다 (Lim, 1967; Murayama *et al.*, 1993; Okiyama, 1965; Kidokoro *et al.*, 1999).

동해에서 살오징어의 분포는 5월 초순경에 북상 이동을 하며 9월 중순이 되면 거의 모든 어군이 남하를 시작한다 (Kasahara, 1978). 서해에서 살오징어 어장은 6월에 형성되기 시작하여 8~9월에 성어기를 이룬 후 남하하여 12월까지 어장이 형성된다 (Kim *et al.*, 1984).

동해에서 오징어채낚기어업의 주 조업어기인 여름 및 가을철의 중심어장은 수온전선역에 형성되며, 살오징어의 북상초기 (6월경)에는 수온전선 남측의 난수역, 남하초기 (9월)에는 전선의 냉수측에서 높은 분포 밀도를 나타낸다 (Naganuma, 1967; Matsumiya *et al.*; 1980; Kasahara 1968). 좋은 어장은 사행하는 전선역의 냉수역에 위치하며 난수역이나 냉수역의 중심에서는 좋은 어장이 형성되지 않으며, 적수온에만 의존하여 살오징어 어군을 탐색하는 것 보다는 수괴의 위치와 수온전선역의 상태 등을 통한 어장탐색이 더 효과적이다 (Kasahara, 1978). 연직적으로는 수온약층에서 어군밀도가 높았다 (Kim *et al.*, 1984, Lee *et al.*, 1985).

그러나, 앞에서 살펴본 결과는 한국과 일본이 각각 이용하는 일부 어장에 대한 것으로, 동해 전 해역에 대한 어황과 해황과의 관계를 논의한 연구는 전무한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 동해 전 해역에서 어획되는 살오징어의 풍도를 한국과 일본의 어획량으로 분석하고, 이것들이 해황과 어떻게 관련되어 있는가를 규명하였다. 그리고 인공위성을 이용하여 동해 전 해역에 걸친 화광 (火光)으로 조업하는 오징어채낚기어업의 불빛자료를 수신함으로써, 동해 전 해역에 대한 조업어장의 분포를 파악하였다. 따라서 동해 일본 연안역의 정확한 살오징어 어획량은 파악할 수 없으나, 인공위성에 의한 불빛탐사자료를 이용한 살오징어 주 조업어장의 분포와 추정어획량과의 관계를 규명하고자 한다.

II. 자료 및 방법

1. 어획

살오징어의 풍도를 알아보기 위해 사용한 한국의 연도별 및 어업별 어획량 자료는 1930년부터 2000년까지 한국농림수산통계연보 및 해양수산통계연보를, 일본의 연도별 어획량 자료는 1964년부터 1999년까지 어업·양식생산통계연보를 이용하였다.

본 연구에서는 우리나라 주변의 해역을 Fig. 2.1에 나타낸 대화퇴 (132°E , $37^{\circ}30'\text{N}$, $137^{\circ}30'\text{E}$, $41^{\circ}30'\text{N}$), 동해 (129°E , 34°N , 132°E , $37^{\circ}30'\text{N}$), 서해 (126°E 이서 해역) 및 남해 (126°E , $30^{\circ}30'\text{N}$, 132°E , 129° 34°N)의 4개 해역으로 나누었다.

해양수산부가 정한 해구별 (위도 $0.5^{\circ}\times$ 경도 0.5°) 어획량 및 어획노력량 자료는 1980년부터 1999년까지 국립수산물과학원의 표본조사 자료를 사용하였다. 표본조사는 조사원이 주 1회 지정어항 (위판장)을 방문하여 위판 야장을 근거로 조사하였다. 어획량은 각 위판장에서 각 어선별로 위판된 어획량을 집계하였다. 조업위치는 청취조사하여 기재하였으며, 어획노력량은 각 어선의 어선원의 수와 자동조획기 개수를 기초로 하였다. 해역별 어획량의 분석은 해구별 어획량자료를 기초로 분석하였다.

평년의 어장 분포를 알아보기 위해서는 1980년부터 1999년까지 오징어채낚기어업에서 어획된 살오징어의 해구별 평균 어획량 자료를 이용하였다. 살오징어의 어획량으로 본 호황년과 불황년을 구별하기 위하여 (Fig. 3.1.4), 연간 총어획량 (단위노력당어획량)의 경년변화에서 연구기간에 대한 평균어획량 (단위노력당어획량)을 감한 그 차가 양 (+)의 값을 가진 해를 호황년, 음 (-)의 값을

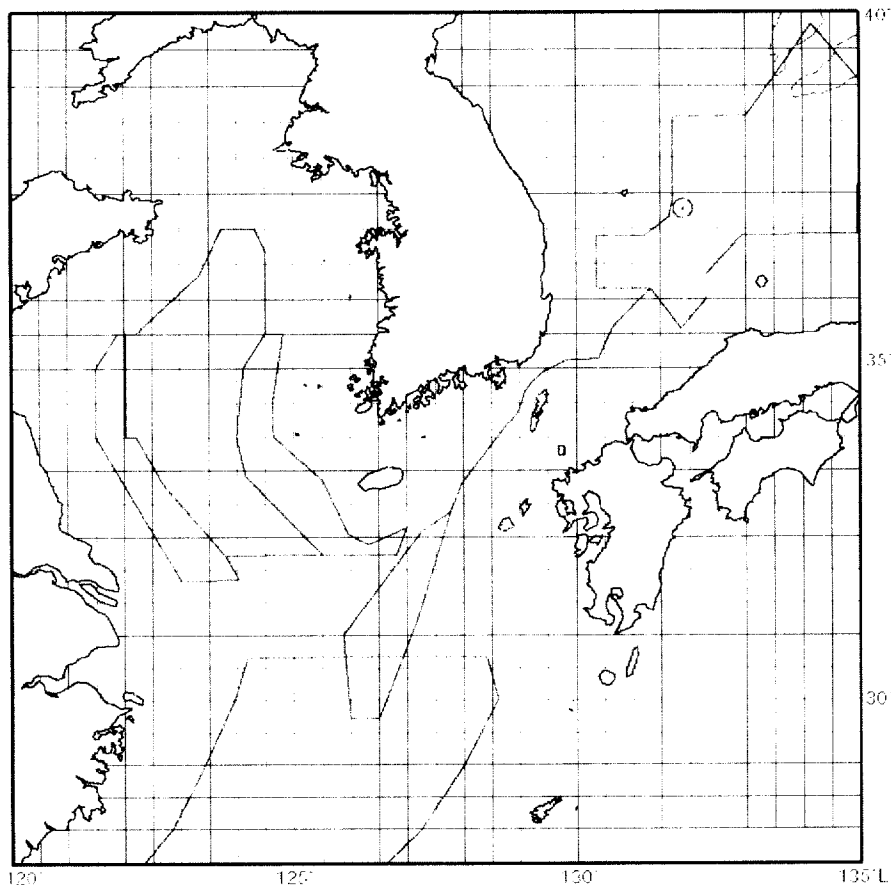


Fig. 2.1. The map showing the sea block with sea block number.

가진 해를 불황년으로 하였다. 이들 호, 불황년 중에 가장 어획량이 많았던 한해, 가장 어획량이 적었던 한해를 각각 선정하여 호황년과 불황년으로 하였다. 이렇게 하여 구한 해(年)에 대한 해구별 어획량에서 평년의 해구별 어획량을 뺀 평년편차도를 사용하여 호황년과 불황년의 어장의 공간적인 변동 상태를 평가하였다. 단위노력당어획량은 어획량을 어선의 수 및 자동조획기의 수로 나눈 값이다.

살오징어 어장의 분포 중심 및 범위는 20년 (1980~1999년) 평균값을 사용하였으며, Cho (1980) 및 Sokal and Rohlf (1981)의 방법을 이용하였다. 어장 분포의 중심 ($\bar{X}$, $\bar{Y}$)은 식 (2.1)과 같이 살오징어가 어획된 각 해구의 중심점 (X_i , Y_i)에 각 해구별 어획량을 가중하여 추정하였다. 여기에서 X_i , Y_i 는 경도와 위도를 나타낸다.

$$(\bar{X}, \bar{Y}) = \left(\frac{\sum_i \text{Catch}_i \cdot X_i}{\sum_i \text{Catch}_i}, \frac{\sum_i \text{Catch}_i \cdot Y_i}{\sum_i \text{Catch}_i} \right) \quad (2.1)$$

어군이 어획된 위치 (경도 X_i , 위도 Y_i)에 대한 통계적 공동신편영역은 장축과 단축의 타원형으로 표시하였고, 타원의 장축 (λ_1)과 단축 (λ_2)은 아래의 식 (2.2)와 같다.

$$\lambda_1 = 0.5 \cdot \{ s_1^2 + s_2^2 + \sqrt{(s_1^2 + s_2^2)^2 - 4 \cdot (s_1^2 \cdot s_2^2 - s_{12}^2)} \}$$

$$\lambda_2 = s_1^2 + s_2^2 - \lambda_1 \quad (2.2)$$

여기서 s_1 , s_2 및 s_{12} 는 각각 X , Y 에 대한 표준편차, 공분산이고, 타원의 방향성을 나타내는 장축 및 단축의 기울기 b_1 , b_2 는 식 (2.3)과 같다.

$$b_1 = \frac{s_{12}}{\lambda_1 - s_1^2}, \quad b_2 = \frac{-1}{b_1} \quad (2.3)$$

표지방류에 의한 회유에 사용된 자료는 1980년부터 1992년까지 방류되어 채포된 자료이다. 한국과 일본에서 방류한 자료를 우리나라 조업어선들이 채포하여 보고한 자료를 정리하였다.

살오징어 조업선은 야간조업을 할 때 강한 전기불빛을 사용한다. 따라서 동해 전체의 조업어장을 파악하는데는 인공위성에 의

한 광역 자료를 이용하면 일본연안쪽의 어획량을 확인할 수 없지만 어장은 알 수 있다. 이 자료를 이용하면 월별 조업어장을 파악할 수 있는 이점이 있다. 따라서 인공위성의 어선불빛탐사에 의한 어장 분포는 NOAA의 National Geophysical Data Center (NGDC)에서 제공한 1993년의 매일 자료를 평균하여 작성한 DMSP (Defense Meteorological Satellite Program)/OLS (Operational Linescan System) 가시밴드 영상을 이용하였다. DMSP/OLS 자료는 관측시각이나 시기에 의해 태양광의 영향을 받는 경우가 있기 때문에 태양광의 영향이 적은 자료만 합성한 것이다.

2. 생물학적특성

어장 형성에 빼어 놓을 수 없는 요소 중에 하나는 생물의 생태 파악이라 하겠다. 이것을 알게되면 재생산, 가임, 회유경로 등을 파악할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 살오징어의 생물학적 특성을 알아보기 위해, 동해는 1997년부터 1999년, 서해는 1985년부터 1987년까지 오징어채낚기 어업에서 어획된 것을 매월 1회 채집하였으며, 체장, 체중, 성비, 생식소의 숙도 등을 측정하였다. 여기서 체장은 몸통의 복부선단에서 외투부 끝까지의 길이인 외투장 (Mantle Length: ML)이다.

동해와 서해에서 어획된 살오징어의 주 발생군을 판단하기 위해 Tanaka (1956)의 방법을 사용하여 군을 분리하였다. 이 방법은 산란기를 달리하는 여러 개의 발생군으로 구성된 생물 집단에 대해 그 체장 조성을 정규분포에 적용시켜 각 발생군 체장의 평균치

와 표준편차를 구하여 각 발생군을 분리한다. 다봉성 도수분포를 정규분포로 해석하기 위해 Akamine (1982)에 의해 개발된 프로그램을 사용하였다. 월별로 군을 분리하고 분리된 각 군에 대해 표본의 크기, 외투장의 평균 및 표준편차의 추정치를 구하였다. 외투장 구성에 의해 분리한 군을 월별로 추적하여, Kasahara (1978)에 의하여 연구된 바 있는 발생시기가 여름은 하계군, 가을은 추계군, 겨울은 동계군으로 각각 정의하였다.

생식소 속도는 생식소의 외부형태, 크기 및 색깔에 따라 미숙 (Immature stage), 중숙 (Maturing stage), 성숙 (Mature stage), 완숙 및 방후 (Ripe and spent stage)의 4단계로 구분하였다 (Kim, 1993). 미숙의 특징은 수란관선은 발달하지 않았으며, 난소 및 난포선은 백색을 띤다. 중숙은 수란관선은 조금 발달, 난소는 백색, 난포선은 유백색으로 쉽게 식별된다. 성숙은 수란관 및 수란관선은 발달하기 시작하여 황색을 띠고, 난소는 유백색으로 난립이 보이기 시작하며, 난포선은 매우 굵고 유백색이다. 완숙은 수란관 및 수란관선은 황색을 띠며, 난소는 유백색으로 난립으로 충만해 있다. 방후의 경우 난소는 유백색을 띠지만 퇴화해 있고 난립은 적고 퇴화된 물질로 차 있다.

산란기는 생식소 성숙과정의 월별 변화와 생식선 속도지수의 월별 변화로 추정하였다. 생식선의 속도지수 (Gonadosomatic Index: GSI)는 식 (2.4)와 같다. 여기서, GW는 생식소 중량, BW는 체중이다.

$$GSI = GW/BW \times 100 \quad (2.4)$$

군성속도는 각 체장 계급별 암컷 전체 개체수에 대한 성숙된 암

컷 개체수의 비로 구하였으며, 성숙외투장은 암컷이 50% 이상 성숙되는 외투장으로서 나타내었다.

한국 오징어채낚기 및 대형선망어업으로 어획된 1970~2002년 월별 동장조성을 기초로 북상회유기 (6~8월), 남하회유기 (9~11월) 및 6월~11월의 평균 동장을 구하였다 (Appendix 3.3.1, 3.3.2).

3. 현황

수온의 변동은 국립수산과학원 (National Fisheries Research and Development Institute, NFRDI)의 1960년부터 2000년까지의 관측자료와 1972년부터 1999년까지 일본기상청 (Japan Meteorological Agency, JMA)의 관측 자료를 이용하였다. 국립수산과학원의 정선 관측은 격월 (2, 4, 6, 8, 10, 12월)간격이며, 일본기상청의 D, F, G line는 1월을 제외한 매월 자료이며, PM line의 관측시기는 비정기적으로서 Table 2.1에 나타내었다. Table 2.1에서 자료가 없는 부분은 전·후 관측 값을 이용하여 선형보간 하였다. 연직수온단면도는 Fig. 2.1의 (A)와 (B)의 선을 따라 작성되었다.

동물플랑크톤의 변동은 국립수산과학원에서 발행되는 해양조사연보 (1977~1997년)를 이용하였으며, 동해 및 서해로 구분하여 집계하였다. 그리고 동해의 4월 플랑크톤의 현존량과 오징어채낚기어업의 주 조업시기인 7월부터 12월까지의 오징어채낚기어업의 단위노력당어획량과의 관계를 분석하기 위한 4월 플랑크톤 현존량은 Fig. 2.2의 103~207선의 자료를 이용하였다. 이 해역은 동물플랑크톤 섭이를 주로 하는 어린 오징어들의 성육장으로 판단하

여, 이 해역에서의 플랑크톤의 현존량이 그 해 7월 이후 어획량과의 관계를 알아보았다.

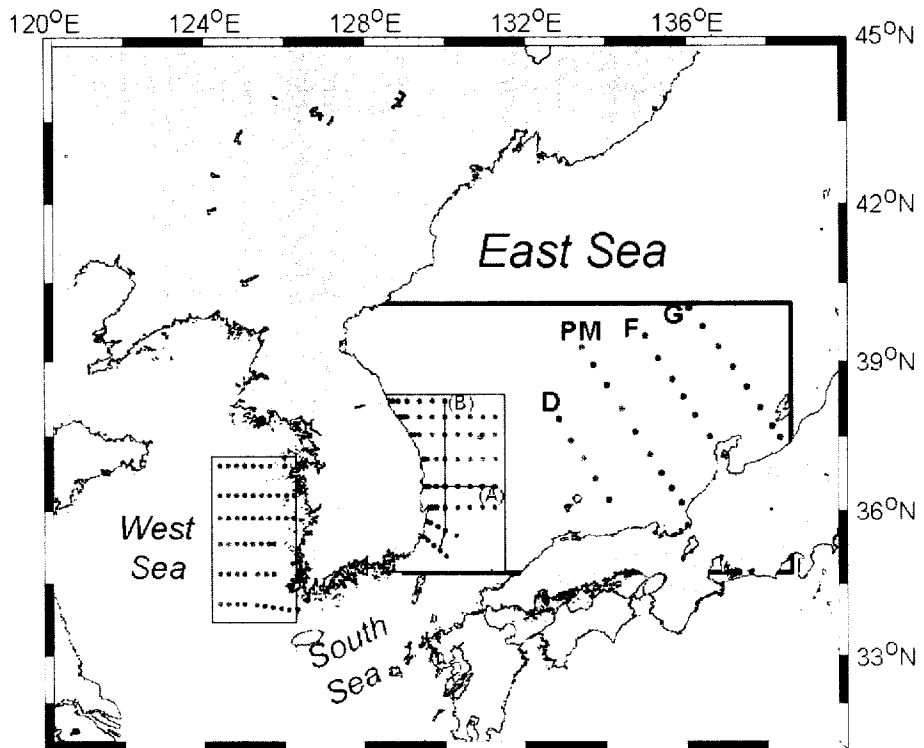


Fig. 2.2. The map showing study area. Lines D, PM, F and G represent serial station of JMA and other circles indicate serial stations of NFRDI. Lines A and B indicate stations of vertical temperature distribution.

Table 2.1 Table showing observation period of each serial station carried out by JMA. Shaded columns represent period when field observation carried out

Observation lines	D				PM				F				G			
Seasons	Win	Spr	Sum	Aut	Win	Spr	Sum	Aut	Win	Spr	Sum	Aut	Win	Spr	Sum	Aut
Year/Month	J F M	A M J	J J A	S O N D	J F M	A M J	J J A	S O N D	J F M	A M J	J J A	S O N D	J F M	A M J	J J A	S O N D
72																
73																
74																
75																
76																
77																
78																
79																
80																
81																
82																
83																
84																
85																
86																
87																
88																
89																
90																
91																
92																
93																
94																
95																
96																
97																
98																
99																

Ⅲ. 결과

1. 풍도 변동

1.1. 어획량의 경년 변동

Fig. 3.1.1은 한국과 일본이 동해에서 어획한 어획량을 나타낸 것이다. 동해에서 한국과 일본이 어획한 어획량은 1960년대 15만 톤의 낮은 수준에서 '70년대 약 25만톤의 높은 수준, '80년대 약 18만톤의 낮은 수준, '90년대 약 30만톤의 높은 수준을 각각 나타내었다. 동해에서 '70년, '80년대 연간 살오징어의 총어획량은 일본의 어획량에 따라 변동하였으며, '90년대에는 그 변동에 한국의 어획량이 크게 기여하였다.

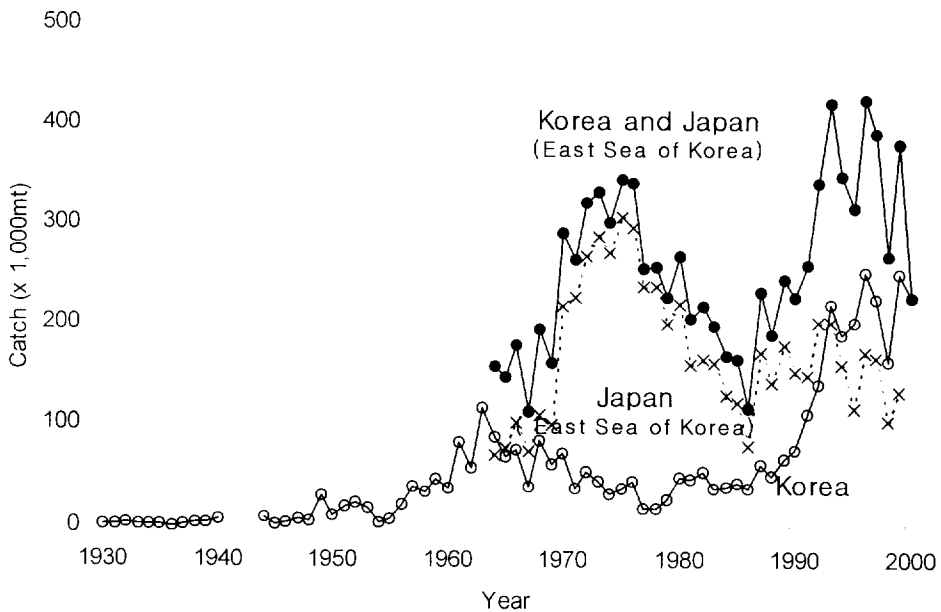


Fig. 3.1.1. Annual catch of the common squid by Korea and Japan in the East Sea of Korea.

Fig. 3.1.2와 3.1.3은 1980~2000년간 한국과 일본에서 어획된 살오징어의 어구에 따른 어업별 어획량을 각각 나타낸 것이다.

한국의 경우 (Fig. 3.1.2), 1980년대에는 연간 평균어획량 총 48천톤 중 근해 및 연안채낚기어업에서 42천톤을 어획하여 85.7%를 차지하였으며, 대형트롤어업 13백톤 2.7%, 대형 및 소형 선망어업 75톤 0.2%, 근해 및 연안안강망어업 278톤 0.6%, 근해 및 연안유자망어업 12백톤 2.4%, 대형 및 소형정치망어업 22백톤 4.6%, 기타어업 19백톤 3.9%를 차지하였다.

1990년대에 들면서 오징어채낚기어업의 어획비율이 1980년대에 비해 상대적으로 감소하였다. 1991년까지는 연간 전체어획량에서 채낚기어업이 차지하는 비율은 65.4~85.7%로 높은 수준이었다. 1992년 이후 대형트롤어업에 의한 어획량의 증가로 채낚기어업의 어획비율은 상대적으로 감소하여 1999년에는 38.6%까지 감소하였다. 특히 1999년에는 대형트롤어업에 의한 어획비율이 40.3%로 살오징어를 가장 많이 어획하는 어업으로 상승하였다. 그러나 채낚기어업으로 어획된 살오징어의 양은 1990년까지 5만톤 이하의 수준에서 1991, 1992년 7만톤 수준으로 증가하기 시작하여 이후 10만톤 수준으로 증가하였다. 이와 더불어 대형트롤어업에 의한 살오징어의 어획량도 1990년 이전 1만톤 이하의 수준에서 1993년 이후 5만톤 이상으로 증가하였으며 1999년에는 10만톤 수준을 유지하였다.

일본의 경우 (Fig. 3.1.3), 1980년부터 1990년까지 오징어채낚기어업으로 어획되는 살오징어의 어획비율이 연간 총 어획량의 90% 이상이었으나, 그 이후 조금씩 감소하는 경향을 나타내었다.

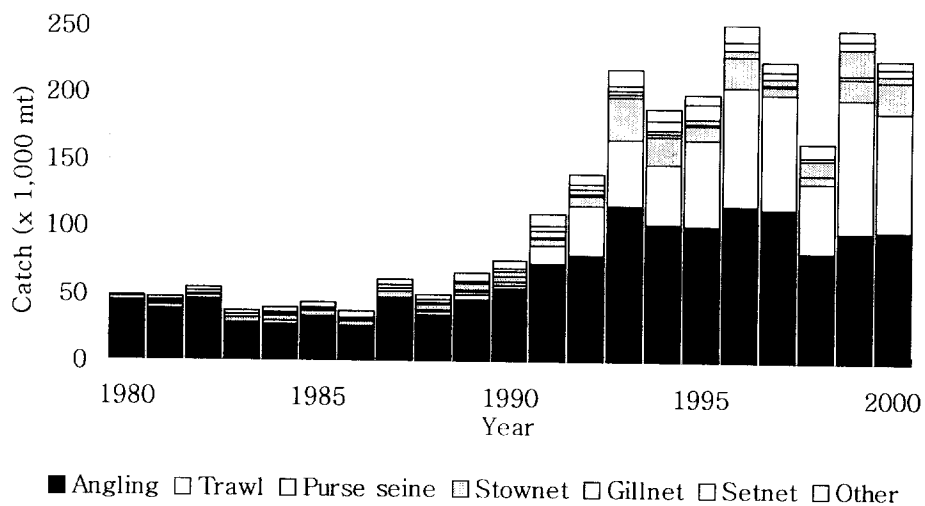


Fig. 3.1.2. Annual catch of the common squid by fishing gear type in Korea.

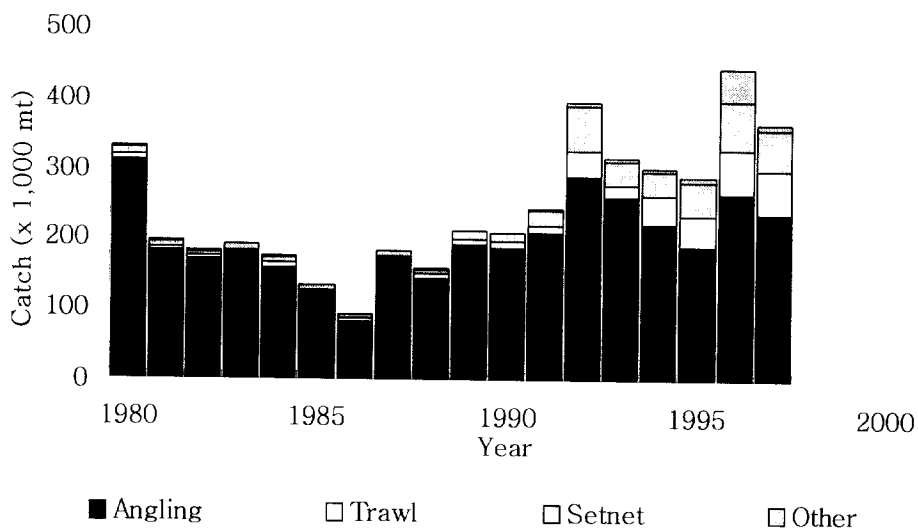


Fig. 3.1.3. Annual catch of the common squid by fishing gear type in Japan.

반면에 저인망어업과 정치망어업에서 어획되는 살오징어의 어획비율은 증가하였다.

Table 3.1.1은 1977년부터 2001년까지 한국 오징어채낚기어업의 연도별 어선수 및 조상기의 수이다. 어선의 수는 1978년이 4,040척으로 가장 적었으며 1997년 이후 2001년에는 7만여척 (1978년의 약 18배 증가)에서 11만여척 (약 28배 증가)의 범위를 나타내어 높은 세력을 보였다. 그 밖의 연도에는 5만 (약 11배)에서 6만여척 (약 12배)의 범위를 나타내었다. 조상기의 수는 10톤 이상의 근해어선의 경우 1980년부터 본격적으로 사용하기 시작하였으며, 10톤 미만의 연안어선의 경우는 1991년 이전의 18대에서 1992년부터는 174대로 급격히 증가 (약 9배)하기 시작하였다. 전체적으로 어선의 수가 증가하기 시작한 1997년 이후 조상기의 수는 1,146대의 높은 수준을 나타내었다.

Fig. 3.1.4는 1980~2000년간 한국의 오징어채낚기어업에서 어획된 살오징어의 어획량 및 단위노력당어획량이다. 단위노력당어획량은 조획기 1대가 하루밤에 어획한 살오징어의 양 (kg)과 배 1척이 1년간 어획한 살오징어의 양 (mt)으로 구분하였다. 살오징어 어획량은 1989년을 중심으로 그 앞의 해 약 4만톤에서 그 이후의 약 6만톤으로 증가하였으며, 1993년 이후는 약 10만톤의 높은 수준을 나타내었으나 1998년은 다소 낮은 수준인 약 8만톤으로 낮아졌다.

Fig. 3.1.5는 1989~1997년간 일본이 동해에서 오징어채낚기어업으로 어획한 살오징어 어획량과 척당어획량을 각각 나타낸 것이다. 1980년에 어획량은 11만톤, 척당어획량은 10.6톤 수준으로

Table 3.1.1 Annual number of boats and machines for
Korean squid jigging fishery, 1977-2001

effort	Number of boat			Number of machine		
Year	Coastal	Off-shore	Total	Coastal	Off-shore	Total
1977	4,529	634	5,163			
1978	3,579	461	4,040		29	29
1979	4,427	629	5,056		242	242
1980	4,684	719	5,403		1,006	1,006
1981	4,546	797	5,343	6	1,715	1,721
1982	4,444	669	5,113		1,286	1,286
1983	4,857	704	5,561		1,169	1,169
1984	4,843	719	5,562	2	663	665
1985	4,824	689	5,513	2	604	606
1986	4,966	728	5,694	3	658	661
1987	4,980	710	5,690	2	639	641
1988	5,343	686	6,029	2	646	648
1989	5,146	648	5,794		495	495
1990	5,155	651	5,806		490	490
1991	5,373	663	6,036	18	564	582
1992	5,133	747	5,880	174	1,060	1,234
1993	5,007	809	5,816	362	1,494	1,856
1994	4,170	827	4,997	696	1,739	2,435
1995	4,170	827	4,997	696	1,739	2,435
1996	4,359	888	5,247	953	2,485	3,438
1997	6,949	942	7,891	1,146	3,459	4,605
1998	9,706	937	10,643	1,175	3,428	4,603
1999	9,676	887	10,563	1,118	3,113	4,231
2000	6,638	758	7,396	854	2,455	3,309
2001	5,905	735	6,640	762	2,403	3,165

* Note: size of the coastal fishing boats < 10 tons

size of the offshore fishing boats > 10 tons

감소하여 1986년에 어획량 3만톤, 척당어획량 3.7톤으로 가장 낮았다. 1980년 이후 어획량 및 척당어획량은 증가하여 1996년에 어획량은 10만톤, 척당어획량은 15.7톤으로 증가하였다. Fig. 3.1.4의 한국의 어획량 및 척당어획량 변동과 유사한 경향을 보였다.

앞에서 양국의 노력당어획량 (1980~2000년)이 어획량과 거의 같은 변동형태를 보이므로 어획량이 노력당어획량을 대표할 수 있다. 이상의 양국에 대한 어획량 및 노력당어획량의 장기변동 경향에서 살오징어 자원의 풍도 변동 경향을 보면 1960~1970년대 및 1990년대에 높았으며, 1980년대에 낮아, 준 10년 규모의 장기 변동경향을 보였다.

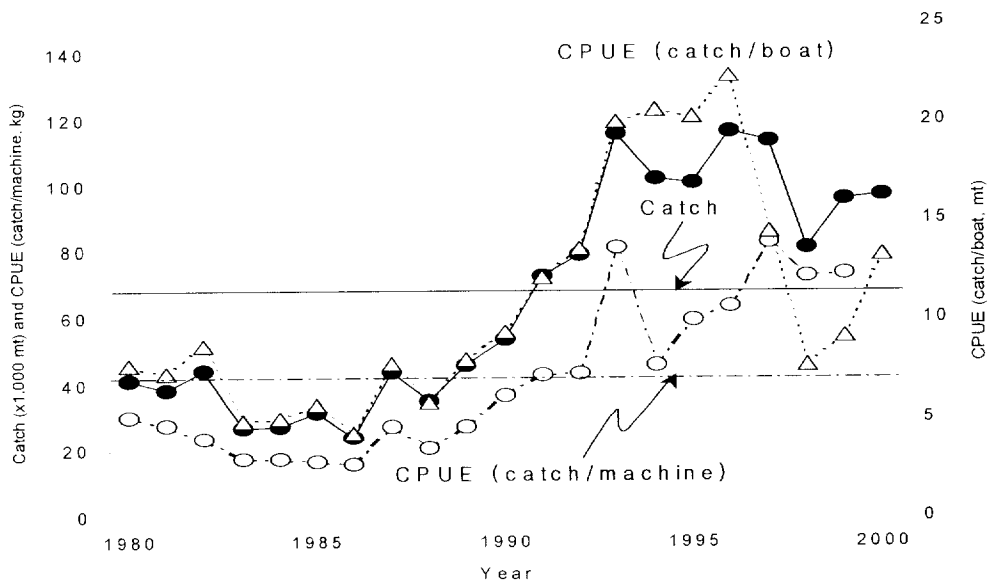


Fig. 3.1.4. Annual catch and CPUE variation of the common squid caught by squid jigging fishery in Korea. Solid line and dotted line represent mean value of catch and CPUE (catch/machine).

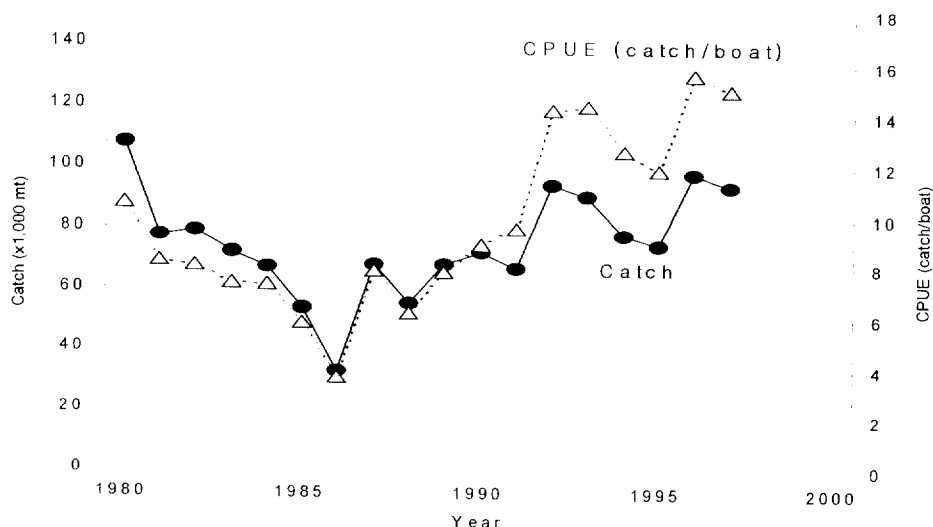


Fig. 3.1.5. Annual squid catch (dotts) and catch per boat (triangle) by Japanese jigging fleets in the central and northern East/Japan Sea from 1980 through 2000.

1.2. 해역별 어획량

Fig. 3.1.6 (A)는 오징어채낚기어업의 1980~1999년간 해구별 총어획량에 의한 어장 분포이며, Fig. 3.1.6 (B)는 Fig. 3.1.6 (A)에 기초한 해역별 연간 어획량 변동을 나타낸 것이다. 1980년 이후 우리나라 오징어채낚기어업은 $30^{\circ}30'N \sim 41^{\circ}30'N$, $122^{\circ}E \sim 138^{\circ}E$ 에 걸쳐 어장이 형성되어, 동·서·남해 및 대화퇴어장에 걸친 넓은 어장을 이용하여왔다 (Fig. 3.1.6 (A)).

1980년~1999년간 한국의 해구별 총어획량에 대한 해역별 어획량비율을 살펴보면, 동해 73.7%, 서해 13.1%, 대화퇴 11.3%, 남해 1.8%의 순으로 나타났다 (Fig. 3.1.6 (B)). 같은 방법으로 1980년에 대하여 구하면 동해 50.4%, 대화퇴 45.5%, 남해 2.9%,

서해 1.2%의 어획량비율을 보였던 오징어채낚기어업은 1981년 들어 서해 어획량비율이 증가하였다. 1985년부터 1987년까지는 서해에서 어획량비율이 높았으며 특히 1987년에는 73.9%를 차지하였다. 반면 1985년부터 1987년에는 동해 및 대화퇴의 어장에 비하여 서해가 급격히 증가하였다. 서해에서 어획량비율은 1988년부터 감소하기 시작하였으나, 동해에서는 서서히 증가하기 시작하였다. 동해에서의 어획량비율은 1992년 72.2%, 1993년 이후 계속해서 90% 이상으로 나타났다. 대화퇴의 어획량비율은 동해에서 그것 보다 다소 정체기에 머물던 1989년부터 1991년까지 33.3~38.8%의 다소 높은 어장이용율을 보였다. 동해에서 증가하기 시작하는 1992년부터 대화퇴에서는 감소하기 시작하여 그것이 동해에서 90% 이상의 높은 증가를 보이고 있는 1993년 이후 낮아졌다.

Fig. 3.1.7은 1980~1999년간 오징어채낚기어업의 각 해역별 연간어획량에 대한 월별 어획비율을 나타낸 것이다.

남해는 어획비율의 범위가 1~30%로서, 12월부터 어획비율이 6.5%로 증가하기 시작하여 2, 3월에 각각 약 30%의 최고값을 나타낸 후 4월 12.4%, 5월 4.8%로 감소하여 6~11월의 기간에는 3% 이하의 낮은 어획비율을 나타내었다. 따라서 주어기는 2~4월이라 할 수 있다.

서해는 어획비율의 범위가 1~30%로서, 1월부터 6월까지 거의 3% 이하였으나, 7월부터 어획비율이 증가하기 시작하여 9월에 최고값을 나타낸 후 12월까지 감소하여 약 5% 정도의 어획비율을 나타내었다. 7월에서 10월까지의 어획량이 연간 전체어획량의

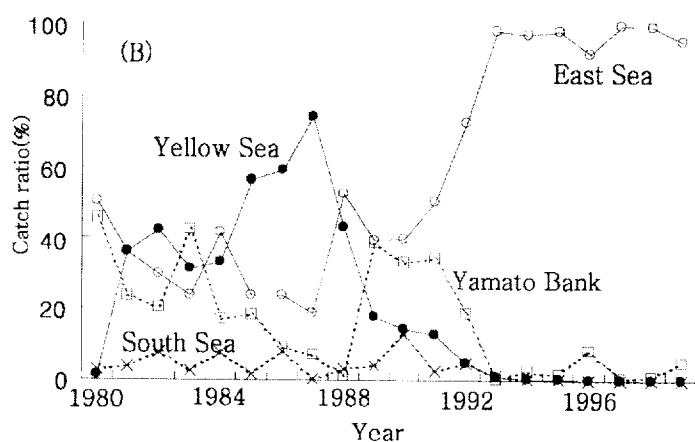
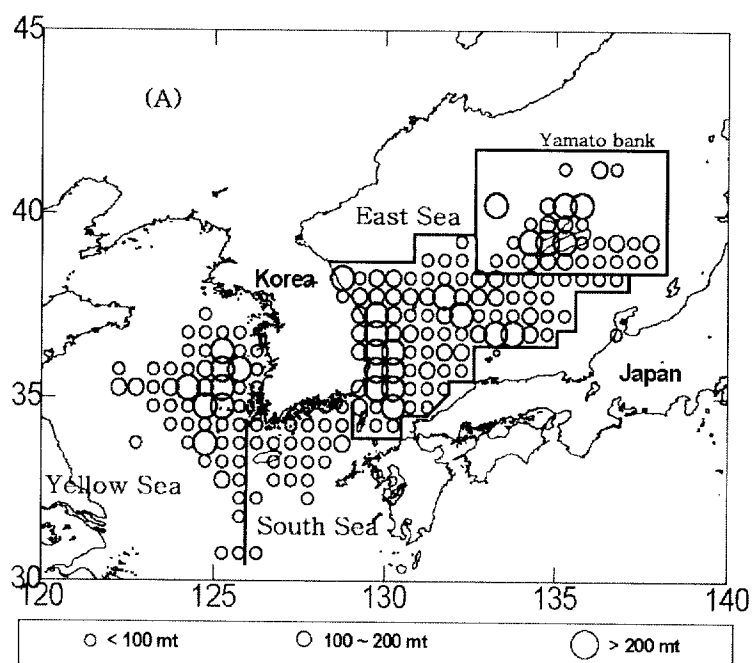


Fig. 3.1.6. Catch distribution (A) and annual catch variation (B) for common squid by squid jigging fishery during 1980 to 1999 in Korean Waters.

80% 정도를 차지하였다. 따라서 주어기는 8~10월이라 할 수 있다.

동해의 경우는 어획비율의 범위가 2~16%로서, 1월부터 6월까지 어획비율이 2% 이하까지 점차 감소하였고, 7월부터 어획비율이 증가하기 시작하여 10월에 최고값 (17%)과 함께 12월까지 높은 비율을 나타내었다. 동해에서 7월부터 다음해 2월까지의 어획량이 연간 전체어획량의 80% 이상을 차지하였다. 따라서 주어기는 9~12월이라 할 수 있다.

대화퇴에서는 어획비율의 범위가 1~24%로서, 7월부터 어획비율이 증가하기 시작하며 9월부터 12월까지의 어획량이 연간 전체어획량의 80% 이상을 차지하였다. 따라서 주어기는 9~12월이라 할 수 있다.

Fig. 3.1.8은 Fig. 3.1.6에서 동해에서 어황이 좋았던 해 (1993, 1994년), 평년 (1980~1999년) 및 불황인 해 (1986, 1987년)의 월별 어획량 변동을 나타낸 그림이다. 호황이었던 1993, 1994년은 7월부터 어획량이 증가하였으며, 10월에 각각 17천톤과 21천톤으로 최고의 값을 보였다. 특히 1994년의 8월은 어획량이 25천톤으로 평년수준을 나타내었다. 7월 이후의 어획량은 평년에 비해 높은 값을 나타내었다. 불황이었던 1986, 1987년은 평년에 비해 낮은 값을 나타내었다.

Fig. 3.1.9는 Fig. 3.1.6에서 서해에서 어황이 좋았던 해 (1987년), 평년 (1980~1999년) 및 불황인 해 (1989년)의 월별 어획량 변동을 나타낸 그림이다. 호황이었던 1987년은 8월에 6천톤으로 최고의 값을 보인 후 감소하였다. 7월 이후의 어획량은 평년에 비해 높은 값을 나타내었다. 불황인 1989년은 8월에 1천톤의 어획량을 보였으며, 평년에 비해 낮은 값을 나타내었다.

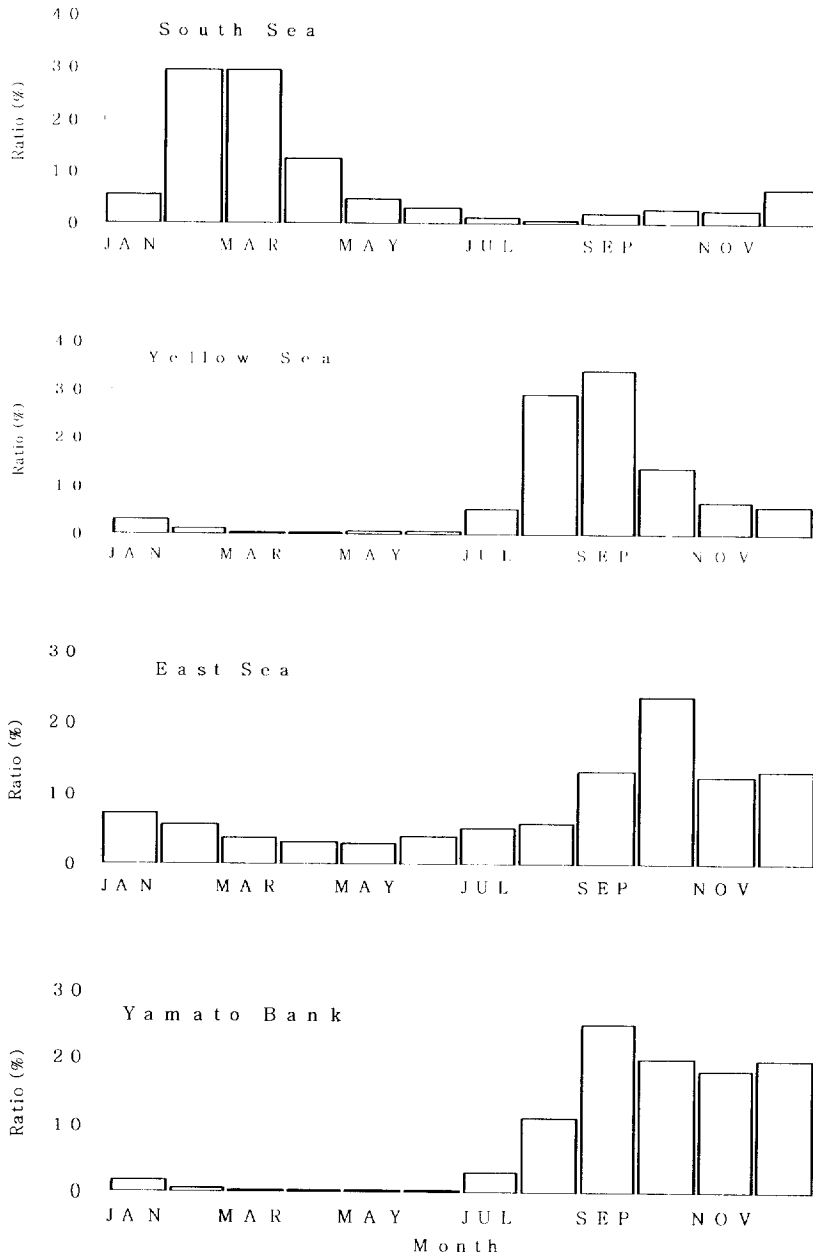


Fig. 3.1.7. Monthly catch variation of common squid by sea area during 1980 to 1999 in Korean Waters.

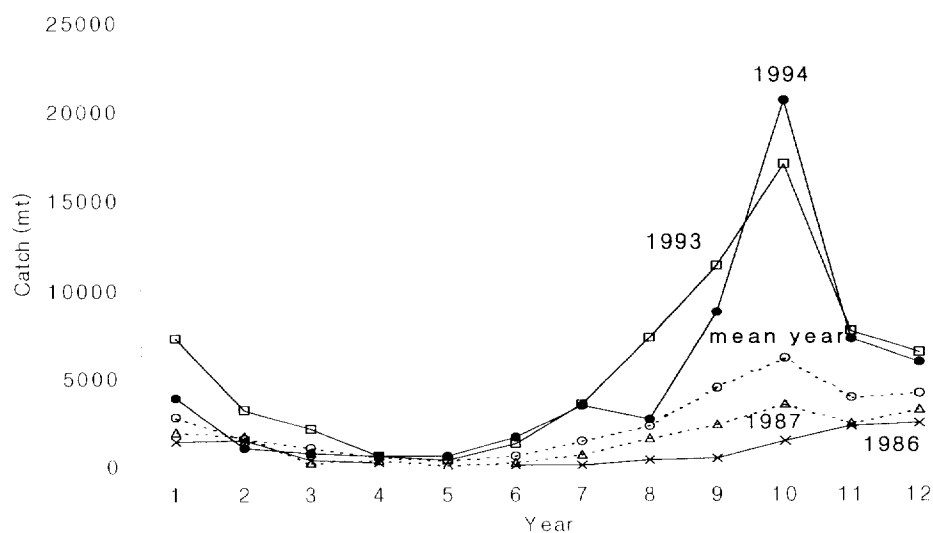


Fig. 3.1.8. Comparison of monthly catch of squid among mean year, good catch years (1993, 1994) and poor catch years (1986, 1987) in the East Sea.

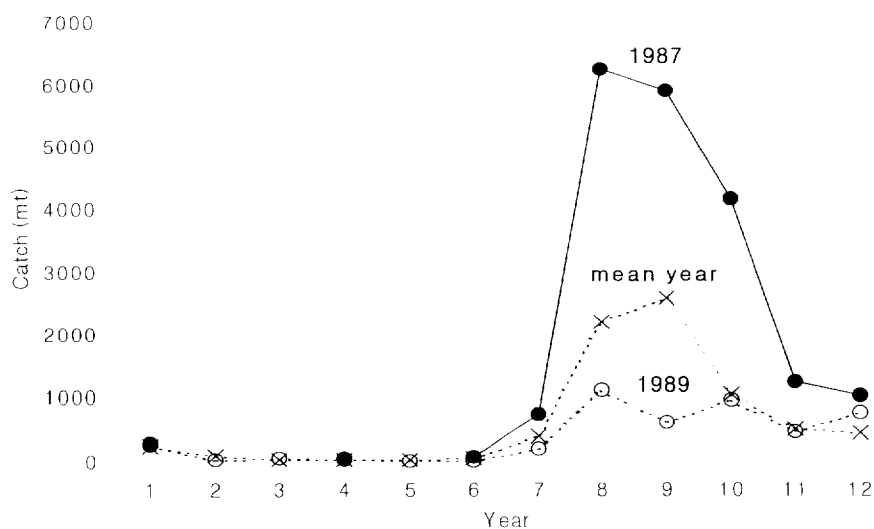


Fig. 3.1.9. Comparison of monthly catch of squid among mean year, good catch year (1987) and poor catch year (1989) in the West Sea.

2. 어장의 분포와 회유

2.1. 월별 어획량 분포

Fig. 3.2.1과 Fig. 3.2.2는 1980~1999년까지 20년간 오징어채 낚기어업에서 어획된 살오징어의 해구별어획량의 월별 어장분포도(1~6월과 7~12월)를 각각 나타낸 것이다. 이 둘 그림에서 보면 동해에서는 1,000톤 이상 어획된 주 어장이 1월부터 6월까지 134° 이서(以西)해역에서 형성되었으나, 7월 이후 대화퇴에까지 어장이 확장되어 12월에까지 지속되었다. 서해에서는 2월부터 6월까지의 어장이 형성되지 않았으나, 7월 이후 주 어장이 형성되었다.

Fig. 3.2.3은 Fig. 3.1.1의 결과로부터 호황의 대표적인 해(年)인 1993년의 연간 해구별 어획량을 나타낸 분포도와 1993년의 연간 해구별 어획량에서 평년(Fig. 3.1.9)의 해구별 어획량을 뺀 평년편차도이다. 흰 원은 평년에 비해 어획이 적었던 해구이며, 검은 원은 평년에 비해 어획이 많았던 해구를 각각 나타낸다. 호황의 해인 1993년은 한반도의 동해 연안측해역, 울릉도 주변 및 울릉도 남동부 해역에서 어획량이 많았다.

Fig. 3.2.4는 Fig. 3.1.1의 결과로부터 불황의 대표적인 해(年)인 1986년의 연간 해구별 어획량을 나타낸 분포도와 1986년의 연간 해구별 어획량에서 평년(Fig. 3.1.9)의 해구별 어획량을 뺀 평년편차도이다. 불황의 해인 1986년은 서해에서 어획이 많았으며, 동해에서는 울릉도 동부 일부 해역과 대화퇴 해역에서 어획량이 많았다.

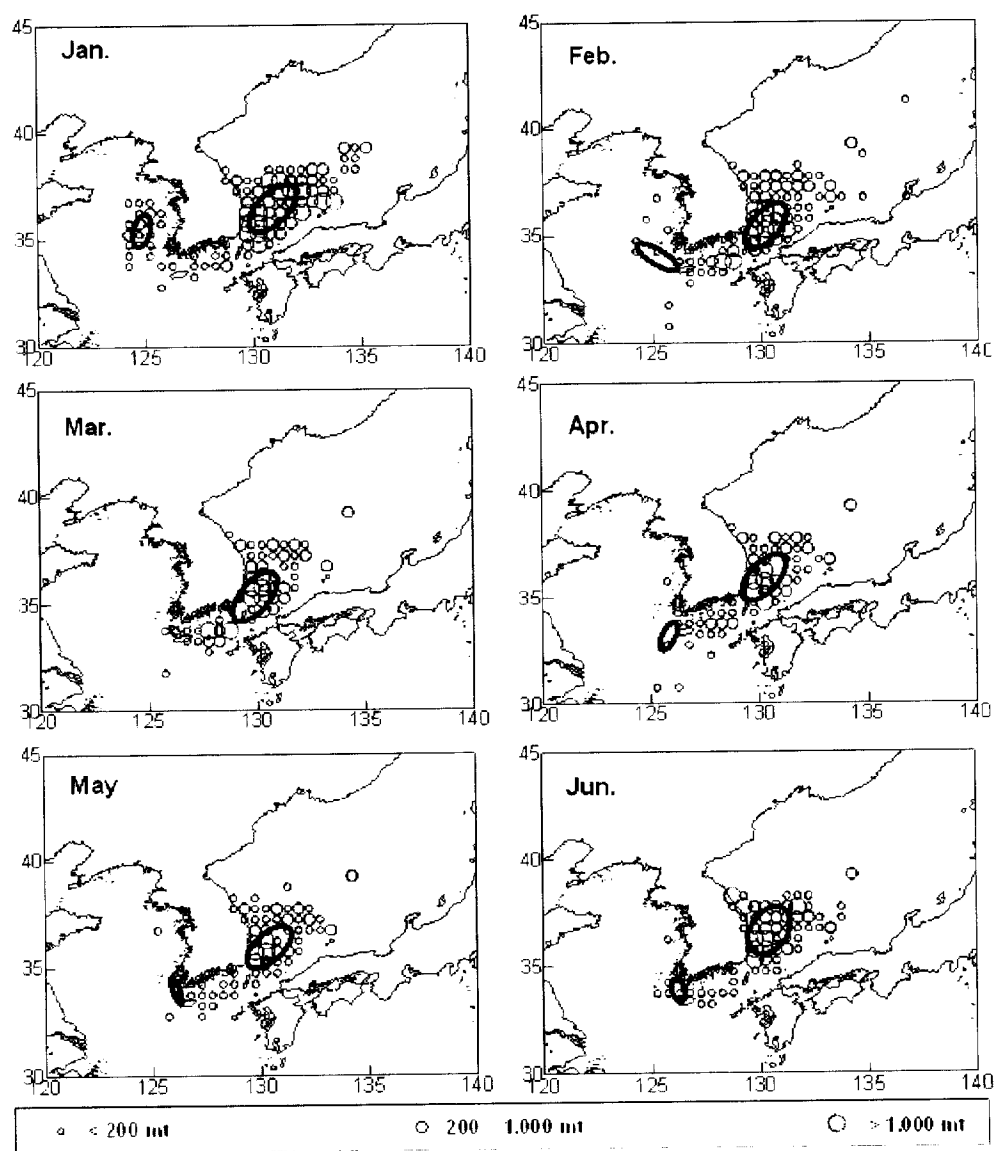
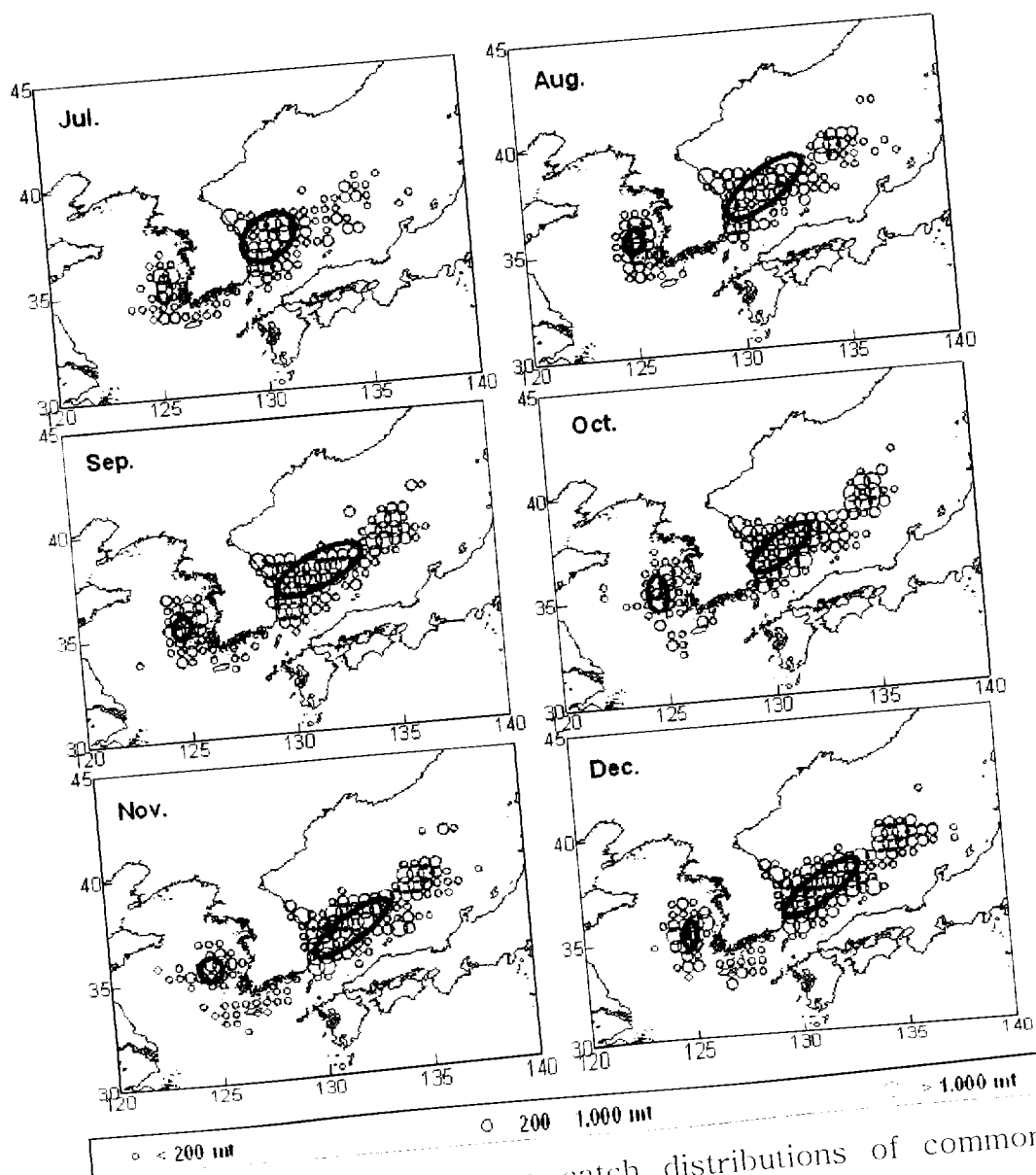


Fig. 3.2.1. Monthly average catch distributions of common squid from squid jigging fishery for Jan.~Jun., 1980~1999.



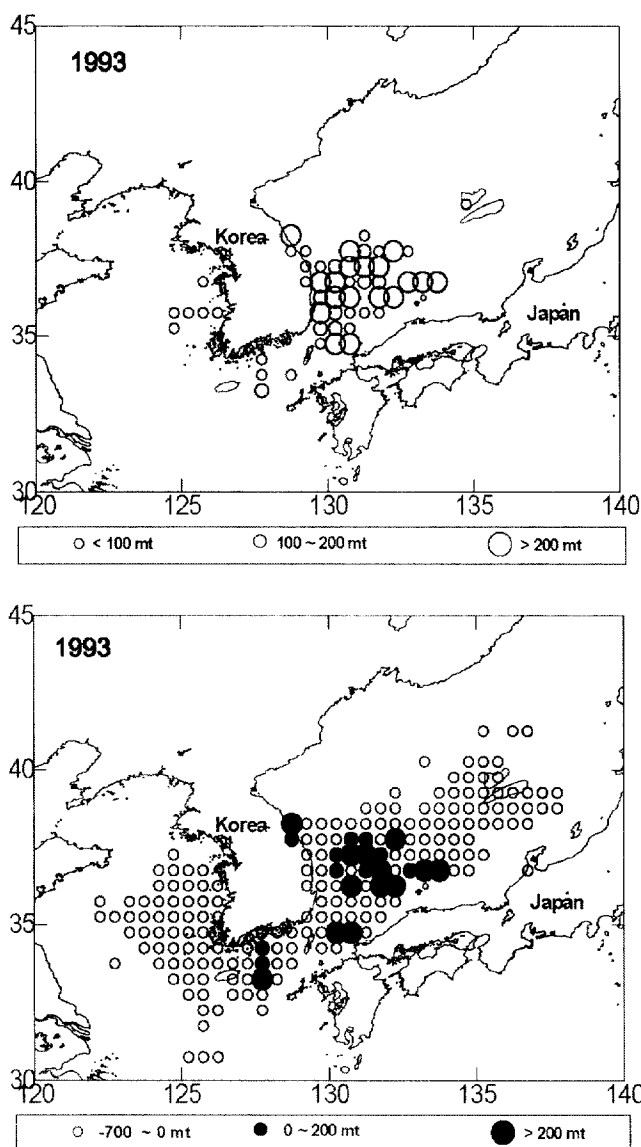


Fig. 3.2.3. Yearly catch distribution (upper) and calculated difference (lower) for mean fishing year (1980~1999) of jigging fishery in good fishing year, 1999.

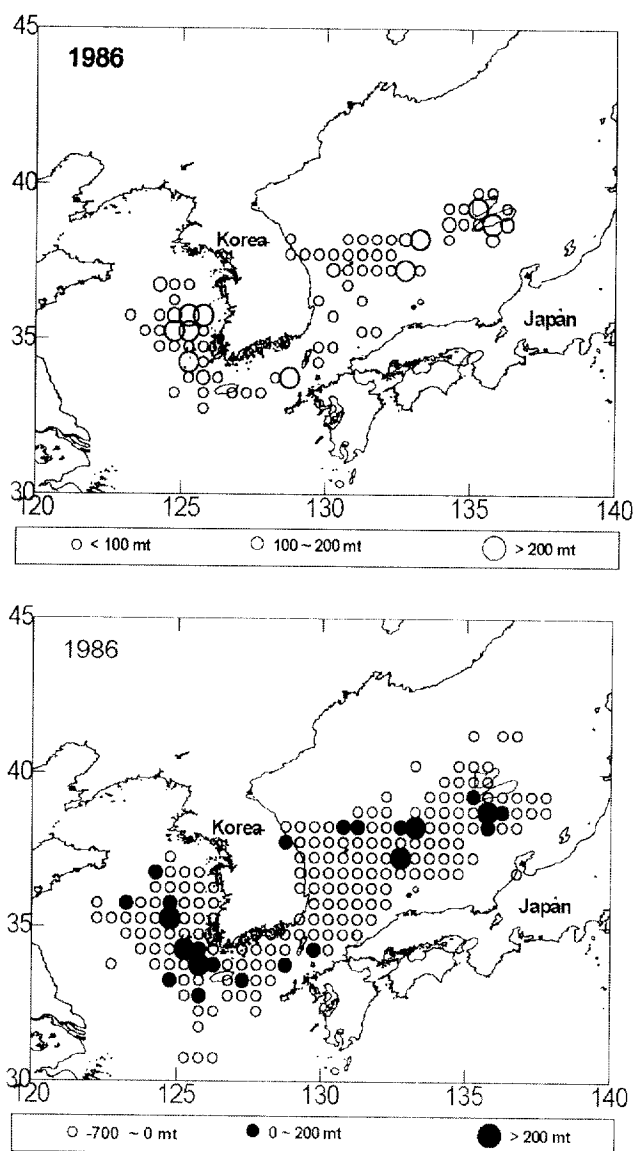


Fig. 3.2.4. Yearly catch distribution (upper) and calculated difference (lower) for mean fishing year (1980~1999) of jigging fishery in poor fishing year, 1986.

Fig. 3.2.1과 Fig. 3.2.2의 월별 어장분포도로부터 어장중심과 그 분산역을 계산하여 월별 어장 변화를 Fig. 3.2.5 (북상기)와 Fig. 3.2.6 (남하기)에 각각 나타내었으며, 다시 어장중심의 월별 변화만을 Fig. 3.2.7에 나타내었다.

동해에서는 3월에 타원의 중심에 의한 어장분포의 중심이 35°N , 130°E 로 가장 남쪽에 위치하였으며, 이후 어장분포의 중심은 월의 진행과 함께 북상하기 시작하여 9월에는 $37^{\circ}20'\text{N}$, 132°E 로 어장분포의 중심이 연중 가장 북쪽에서 형성되었다. 특히 7월부터 9월까지 어장분포의 중심은 월의 진행과 함께 북상하면서 대화퇴쪽의 먼바다로 이행하였다 (Fig. 3.2.5). 9월 이후 어장분포의 중심은 남하하기 시작하여, 2월에 가장 남쪽인 35°N 에 위치하였고, 남하회유의 중심은 북상회유의 중심보다 다소 먼 바다쪽에서 형성되었다 (Fig. 3.2.6).

서해에서는 4월에 어장분포의 중심이 33°N , $125^{\circ}40'\text{E}$ 로 가장 남쪽에 위치하였으며, 이후 어장분포의 중심은 월의 진행과 함께 북상하기 시작하여 11월에는 $35^{\circ}30'\text{N}$, 125°E 로 어장분포의 중심이 연중 가장 북쪽에서 형성되었다. 11월 이후 어장분포의 중심은 남하하기 시작하였으며, 1월까지 어장분포의 중심은 56°N 이북해역에서 형성되다 2월에 들면서 34°N 까지 남하하였다. 특히 7월 이후 다음해 1월까지 어장분포의 중심은 서해남부해역인 35°N 부근, $124^{\circ}\text{E} \sim 126^{\circ}\text{E}$ 에서 밀집되어 형성되었다. 북상이 이루어지는 4월부터 11월까지 어장분포의 중심은 제주도서방해역에서 서해남부연안해역을 거쳐 북상하였으며 이후 남하회유의 중심은 북상회유의 중심보다 다소 먼 바다쪽에서 형성되었다 (Fig. 3.2.7).

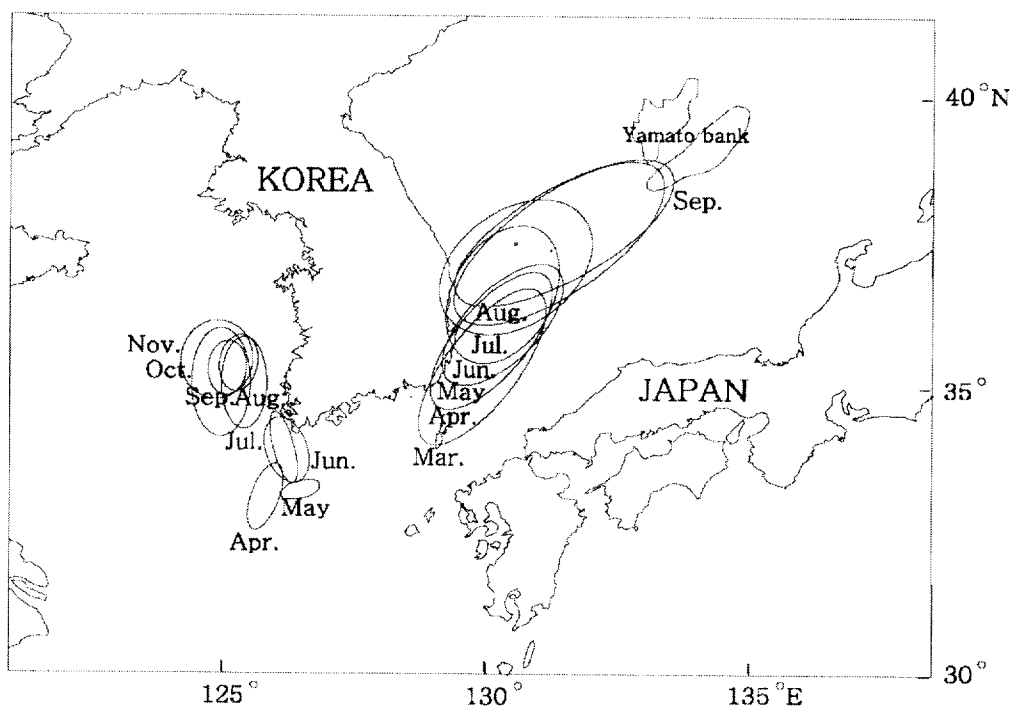


Fig. 3.2.5. Ellipses determined from the monthly average catch distribution of common squid by the squid jigging fishery around Korean waters from 1980 to 1999. The movement of monthly ellipses represent Northward migration season.

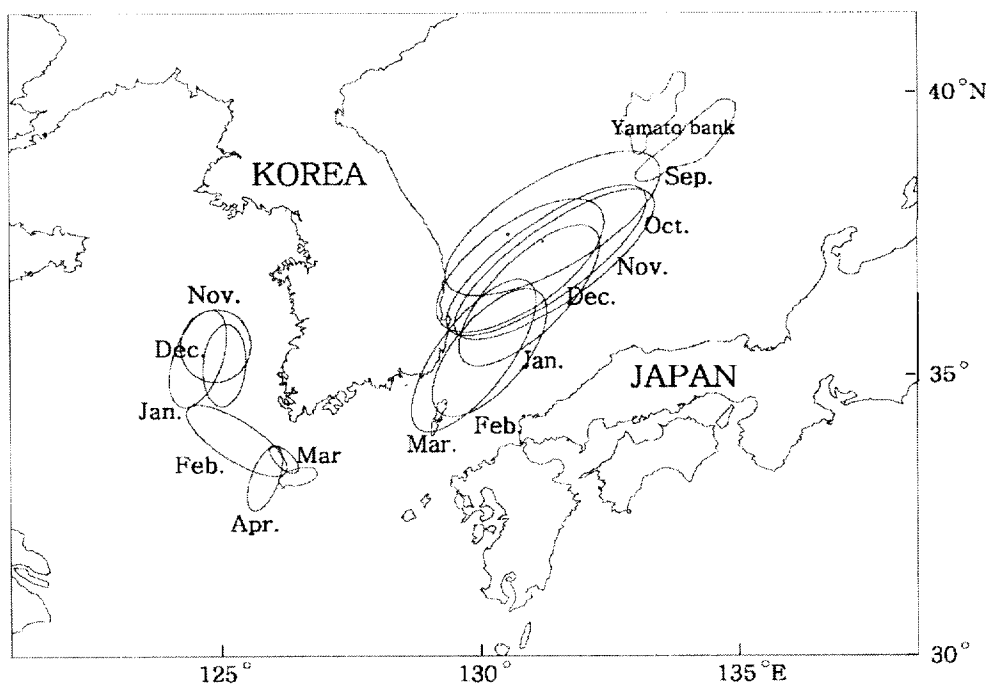


Fig. 3.2.6. Ellipses determined from the monthly average catch distribution of common squid by the squid jigging fishery around Korean waters from 1980 to 1999. The movement of monthly ellipses represent southward migration season.

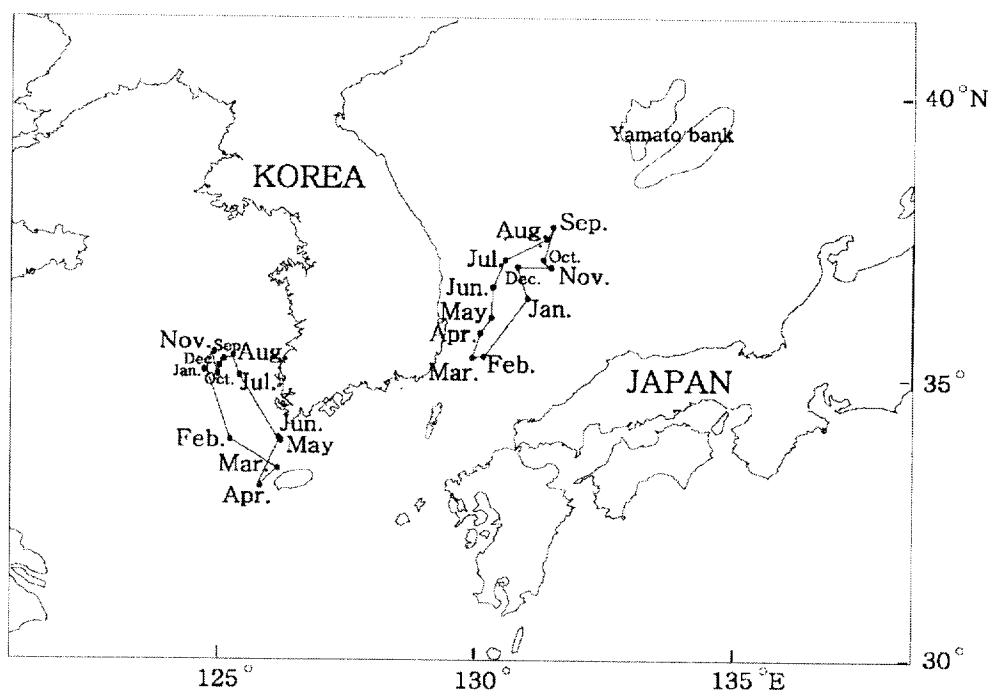


Fig. 3.2.7. Centers of fishing grounds for common squid as shown by centers of ellipses. Black dots represent centers of ellipses by month.

2.2. 인공위성에 의한 어장 분포

동해에서 야간에 강력한 불빛을 이용하여 조업하는 어선의 대부분이 오징어채낚기어업이라는 사항에 착안하여 야간에 불빛을 감지하는 DMSP/OLS 영상으로 오징어채낚기어업의 조업상황을 분석하였다.

Fig 3.2.8~Fig 3.2.11은 1993년 월별 DMSP/OLS 영상 (그림의 왼쪽)과 각 위관장에서 위관되는 오징어채낚기어업의 해구별 어획량자료에 의해 작성된 어장도 (그림의 오른쪽)이다.

DMSP/OLS 영상을 월별로 살펴보면, 1월부터 3월까지 중심어장은 대마도 주변을 중심으로 형성되었고, 해구별 어장도와 대체로 잘 일치하였다. 4월부터 5월까지 DMSP/OLS 영상은 대마도 주변해역에서 일본 혼슈열도와 한국 동해 연안을 따라 북상하면서 6월에는 울릉도 주변역으로 분산 분포하였다. 이 시기의 해구별 어장도는 한국연안 자료밖에 없으나 위성영상과 비슷한 분포 양상을 보였다. 7월부터 위성영상관측에서는 울릉도 주변해역 어선의 그룹과 동해 극전선이 위치하는 북위 40°N 부근에 동서로 어선이 분포하기 시작하여 9월에는 그 분포가 뚜렷하고 해구별 어장도 역시 유사한 양상을 보였다. 10월은 극전선을 따라 어선이 분포하였으며 어선분포가 가장 많은 것으로 위성영상에 나타났다. 11월과 12월에도 많은 어선이 극전선 남부해역에 나타났다. 이시기의 해구별 어장도 역시 한국 연안을 제외하고는 알 수 없으나 위성영상과 분포양상이 잘 일치하였다.

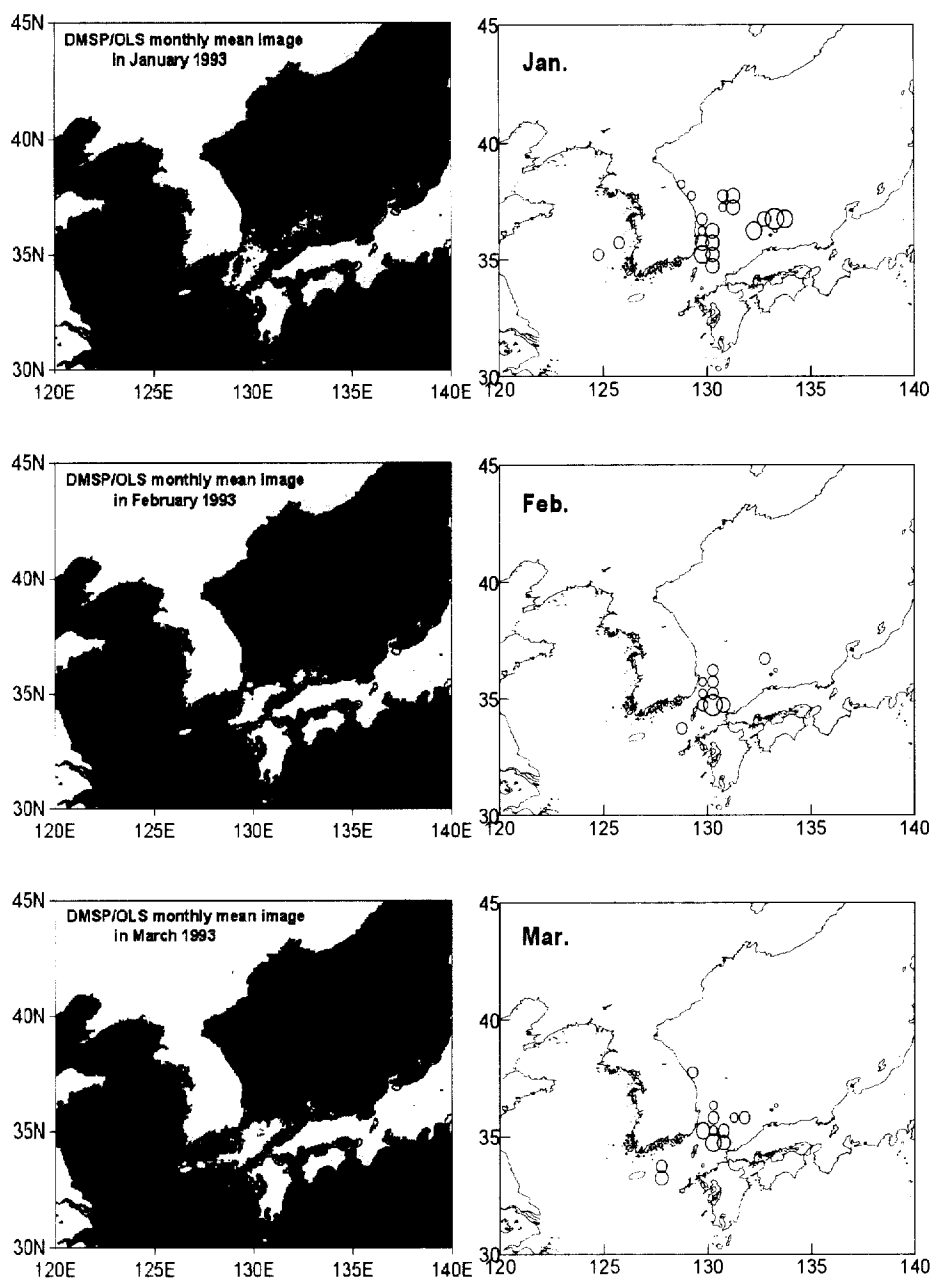


Fig. 3.2.8. Monthly squid fishing light distributions from satellite (left) and catch distributions of common squid from squid jigging fishery (right) for Jan. ~ Mar., 1993.

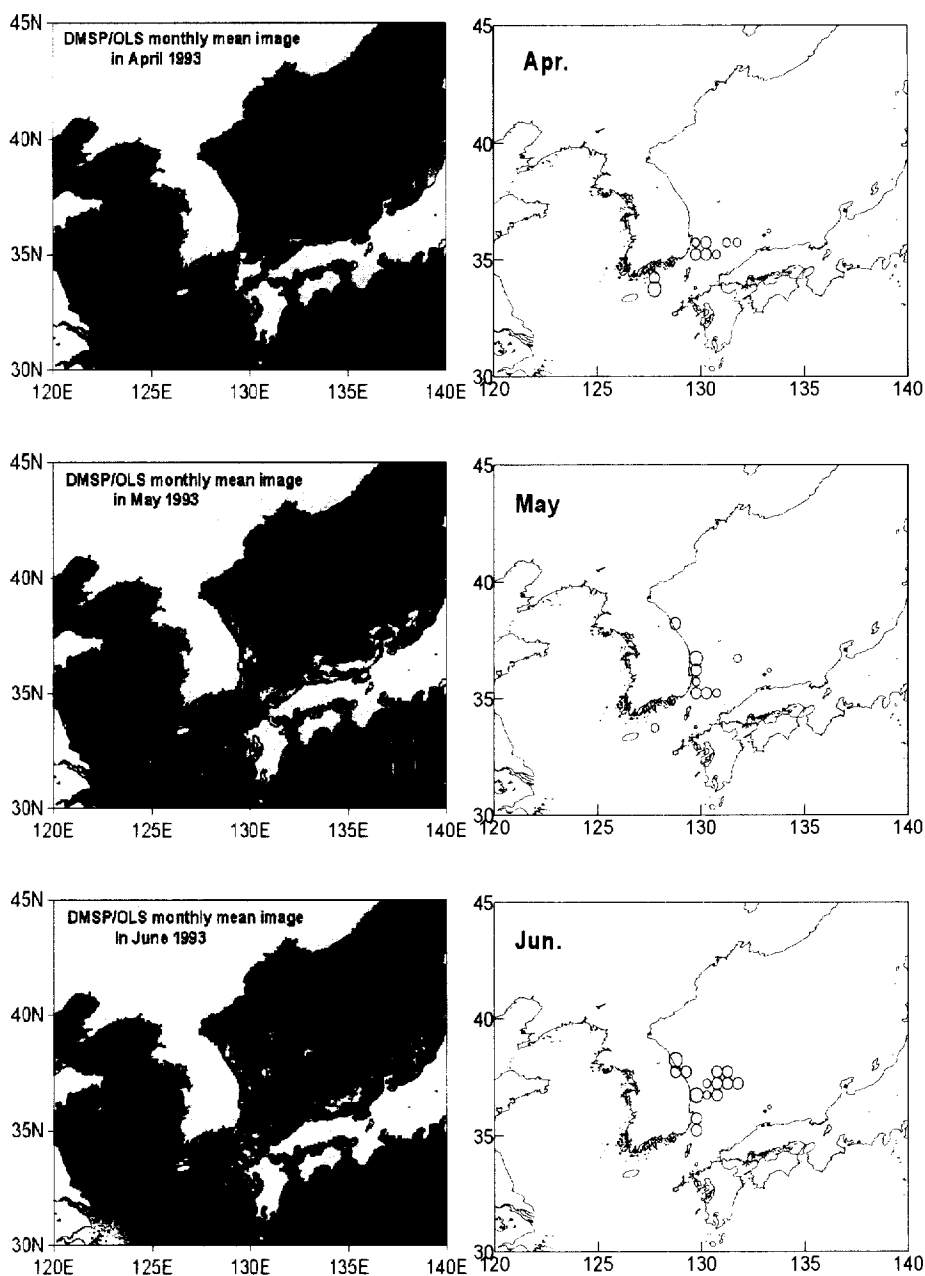


Fig. 3.2.9. Monthly squid fishing light distributions from satellite (left) and catch distributions of common squid from squid jigging fishery (right) for Apr.~Jun., 1993.

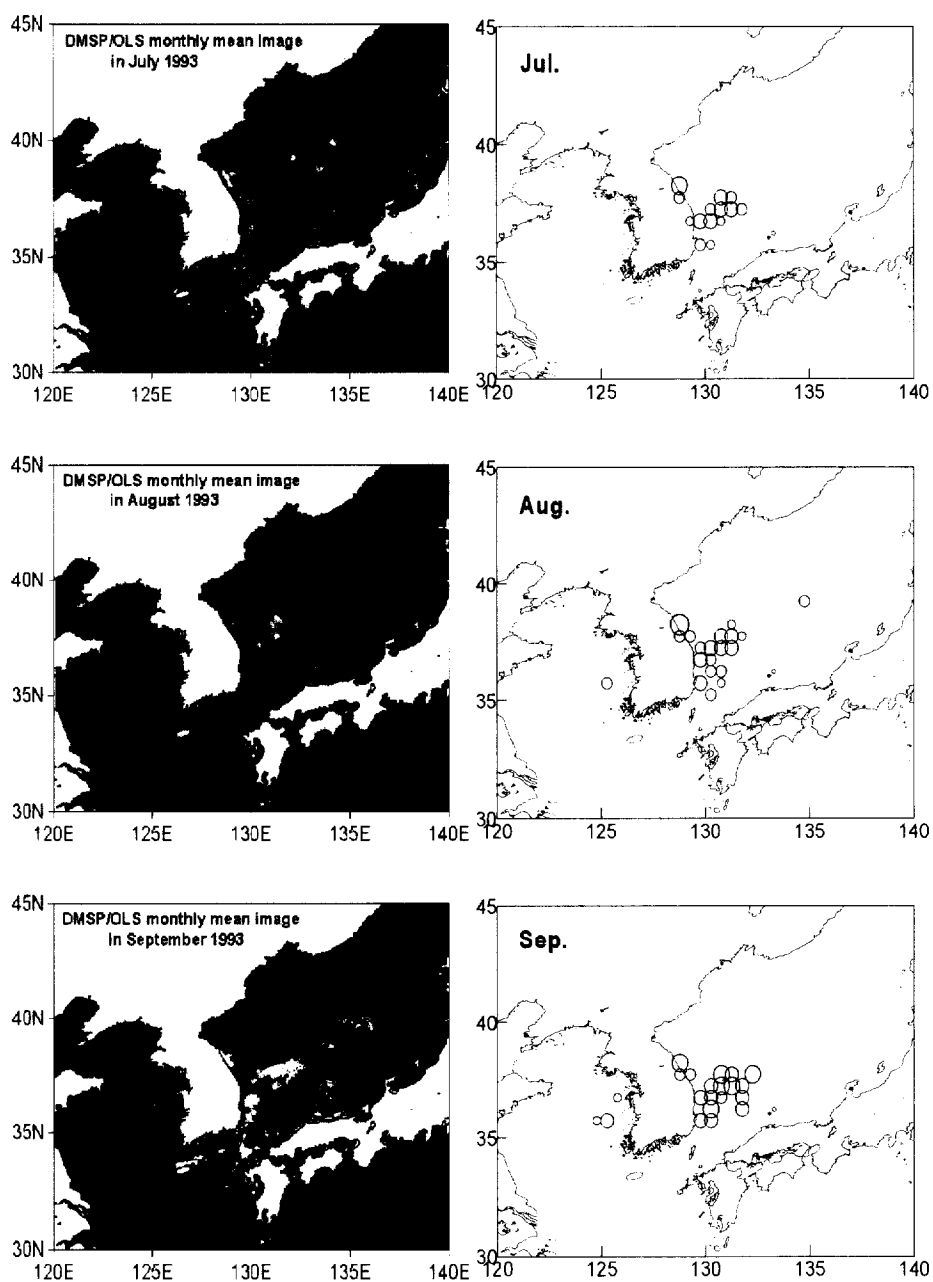


Fig. 3.2.10. Monthly squid fishing light distributions from satellite (left) and catch distributions of common squid from squid jigging fishery (right) for Jul.~Sep., 1993.

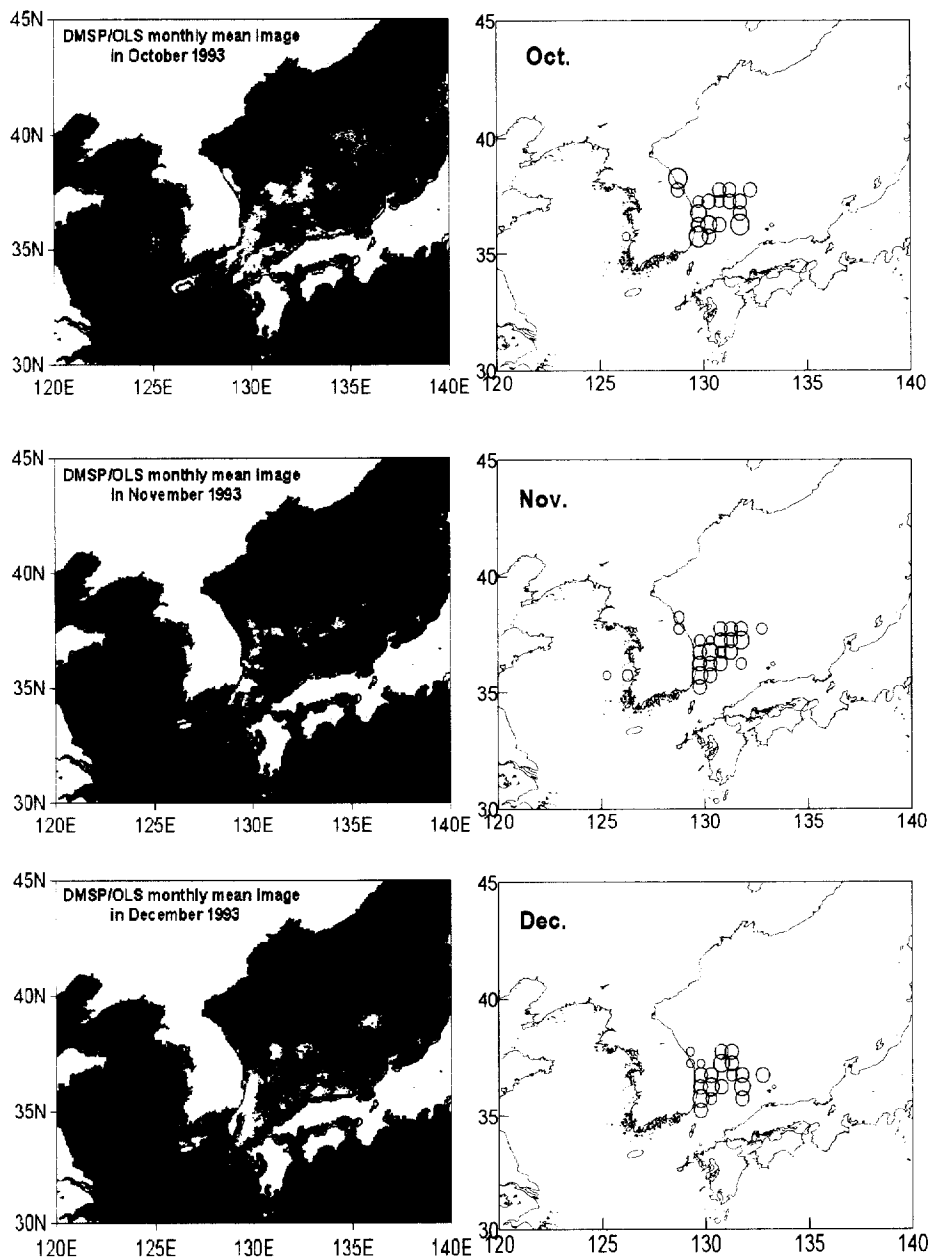


Fig. 3.2.11. Monthly squid fishing light distributions from satellite (left) and catch distributions of common squid from squid jigging fishery (right) for Oct.~Dec., 1993.

3. 살오징어의 생물학적 특성

3.1. 동해의 살오징어

Akamine (1982)가 개발한 Basic 프로그램을 이용하여 1999년 동해에서 어획된 살오징어의 월별 발생군을 분리한 결과, 1개의 군으로 구성된 달은 9월이었으며, 3개의 군으로 구성된 달은 5월, 7월, 12월이었다. 그 외 나머지 달은 2개의 군으로 구성되었다 (Table 3.3.1). Table 3.3.1에서 각 군의 표본크기를 나타내는 k의 값이 1월의 경우 가을발생군과 겨울발생군의 비율이 48.2 : 50.8에서 2월 37.8 : 62.2로 겨울발생군의 비율이 증가하였다. 3월에 여름발생군이 가입되고 겨울발생군이 사라졌으며, 4월까지 겨울발생군의 비율이 높았다. 5월에 평균동장 13.1cm 그룹의 가을발생군이 가입하여 12월까지 어획의 주 대상이 되고 있으며 월의 진행과 함께 평균 동장은 증가하여 12월에는 25.4cm까지 성장한 개체가 어획되었다. 5월 이후 여름발생군 및 겨울발생군이 혼획되어 어획되었으나 가을 발생군에 비해 어획비율은 낮은 수준이었다 (Table 3.3.1, Fig. 3.3.1).

1997년부터 1999년까지 동해에서 어획된 살오징어 암컷과 수컷의 생식소 숙도지수 (Gonadosomatic index: GSI)의 월 변화를 살펴보았다 (Fig. 3.3.2). 살오징어 암컷의 생식소 숙도지수 평균값의 월 변화를 보면 '97년 2월의 평균은 1.20 (± 1.38)이었으며 5월에 9.75 (± 5.83)로 최고값을 나타내었다. 그리고 8월에 8.60 (± 6.15), 10월에 3.45 (± 3.66)로 다른 월에 비해 높은 값을 보였다. '98년에는 8월 11.52 (± 4.16), 9월 12.09 (± 4.36), 10월 7.01 (± 3.96)이었으며 다른 월에 비해 높은 값을 나타내었다. '99

년에는 4월 7.44 (± 0.69), 5월 7.33 (± 1.78), 7월 8.04 (± 4.90), 8월 10.31 (± 7.63)으로 다른 월에 비해 높은 값을 나타내었다. 수컷은 '97년과 '98년은 암컷 생식소 숙도지수 변화와 같은 양상을 나타내었으나, '99년은 큰 차이를 보였다.

1997년부터 1999년 사이의 기간에 성숙 및 산란으로 판정된 암컷에 대하여 생물학적 최소형을 추정하였다 (Fig. 3.3.3). '97에는 20cm 이상부터 성숙개체가 출현하였으며, 군성숙도 50% 수준에 해당하는 체장인 생물학적 최소형은 21.6cm ML이었다. '98, '99년은 17cm 이상부터 성숙개체가 출현하였으며, 군성숙도 50% 수준에 해당하는 체장인 생물학적 최소형은 각각 20.3cm, 20.4cm ML이었다.

Fig. 3.3.4은 북상기 (6~8월)와 남하기 (9~11월)의 평균동장에 대한 경년변동을 나타내었으며, Fig. 3.3.5은 연간 평균동장의 경년변동을 나타내었다. Figs. 3.3.4과 3.3.5은 동해에서 오징어채낚기어업 및 대형선망어업에서 어획된 살오징어의 연간 평균동장이다.

북상기와 남하기의 평균동장을 비교하면, 1970년대에는 경년변화가 없었으나, 1980년대에는 70년대와 90년대에 비하여 평균동장이 작았다. 1990년대에는 70년대처럼 동장의 경년변동이 적었다 (Fig. 3.3.4). 따라서 연간 전체 평균동장도 1980년대에는 1970년대 및 1990년대에 비해 뚜렷히 작았다 (Fig. 3.3.5).

연도별 월별 조사미수 및 평균동장은 Appendix 3.3.1, 3.3.2에 나타내었다.

Table 3.3.1 Polymodal distribution of mantle length of the
common squid by the Akamine method from the
East Sea in 1999

Data	Population	Initial Value			Value after 29 iteration		
		k(100)	$\mu(\text{cm})$	σ	k(100)	$\mu(\text{cm})$	σ
Jan.	Autumn	50	24	1	48.2	24.1	1.2
	Winter	50	20	1	50.8	19.9	1.1
Feb.	Autumn	30	23	1	37.8	23.1	0.9
	Winter	70	21	1	62.2	20.7	1.1
Mar.	Summer	40	15.5	1	33.6	15.3	0.8
	Winter	60	23	1	66.4	22.9	1.5
Apr.	Summer	10	17	0.8	25.1	18.4	0.8
	Winter	90	20.5	1	74.9	20.2	0.9
May	Summer	68	18	1	67.3	17.9	1.3
	Autumn	28	13	1	27.7	13.1	1
	Winter	4	23	0.7	5	22.8	0.4
Jun.	Summer	30	22	1	31	22.6	1.2
	Autumn	70	17	1	69	17.1	1.4
Jul.	Summer	30	21.5	1	31	21.7	1
	Autumn	60	19.5	1	46	19.3	1
	Winter	10	16	2	25	17.8	3.3
Aug.	Summer	20	26	1.5	27	25.5	1.8
	Autumn	80	23	1	73	22.8	1.3
Sep.	Autumn	100	23	1	100	23	2.7
Oct.	Autumn	60	26	1	59	25.1	0.8
	Winter	40	21	1	41	22.5	1.2
Nov.	Autumn	80	25	1	68	25	1.7
	Winter	20	23.5	1	32	24	0.8
Dec.	Summer	30	19	1	28	19	1.1
	Autumn	40	25	1	36	25.4	1.1
	Winter	30	23	1.5	36	23	1.1

* Size of chort: k, mean mantle length: μ , standard deviation: σ

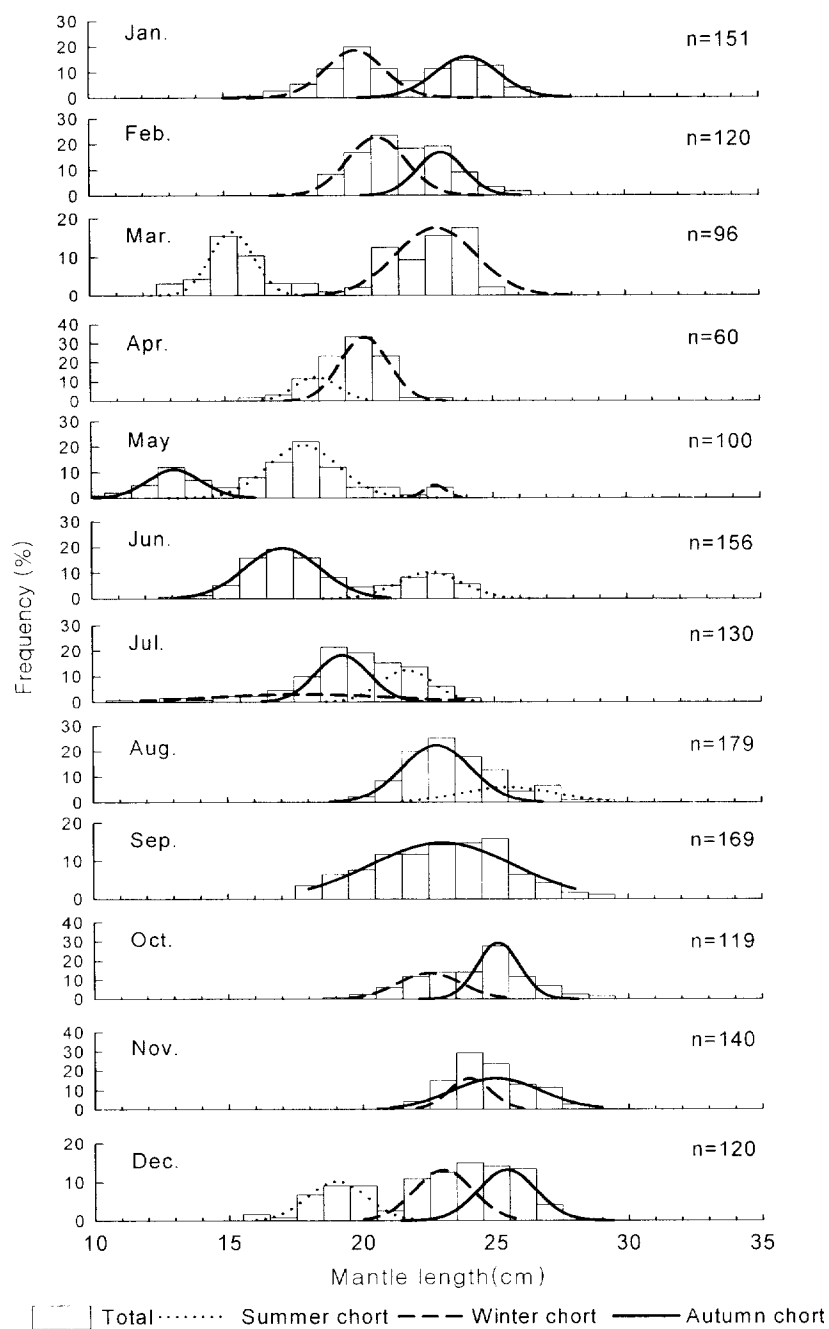


Fig. 3.3.1. Polymodal distribution of mantle length of the common squid by the Akamine method from the East Sea in 1999.

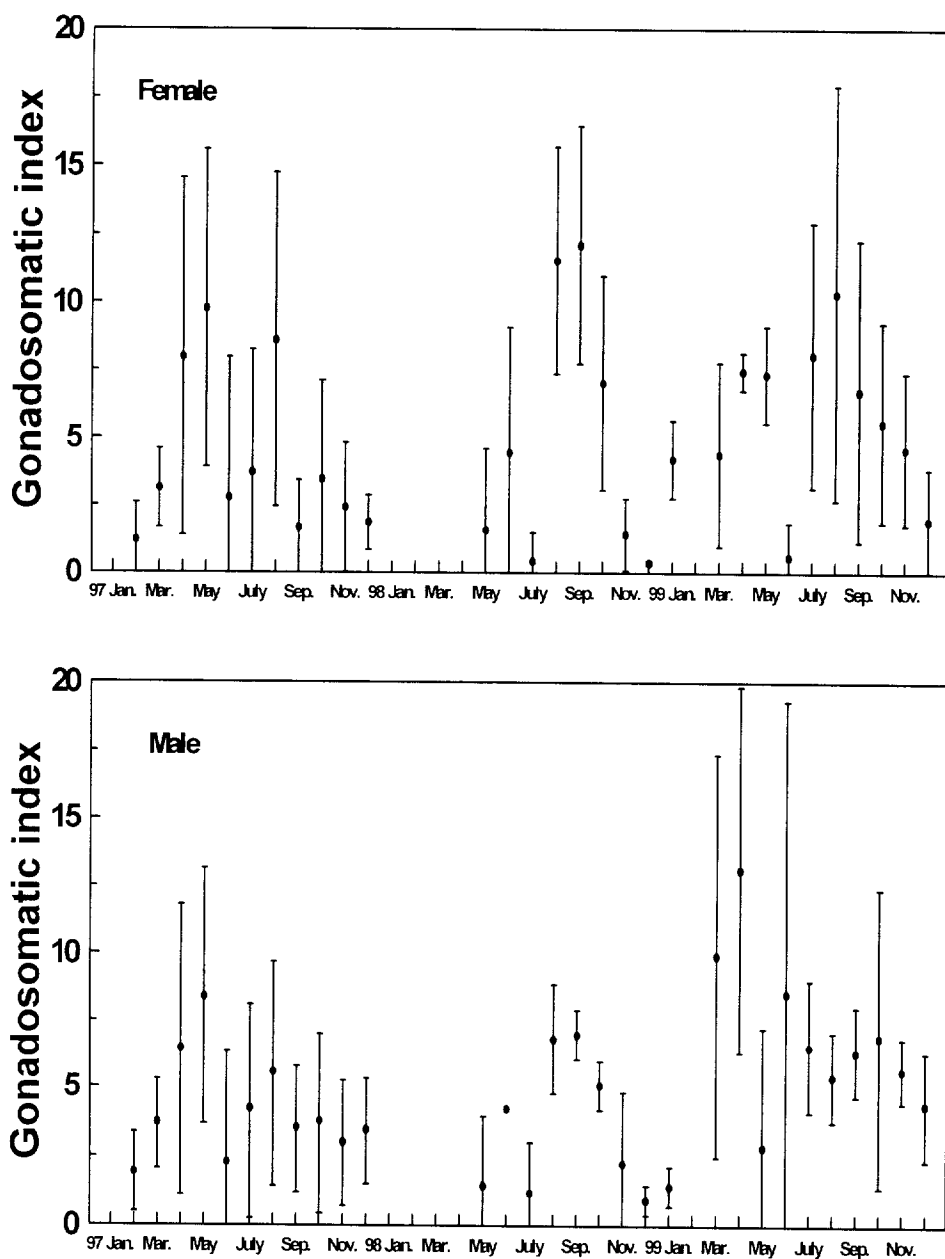


Fig. 3.3.2. Monthly changes in the GSI of common squid from the East Sea during 1997 to 1999 (solid circles represent mean value of GSI and vertical bars represent standard deviations of GSI).

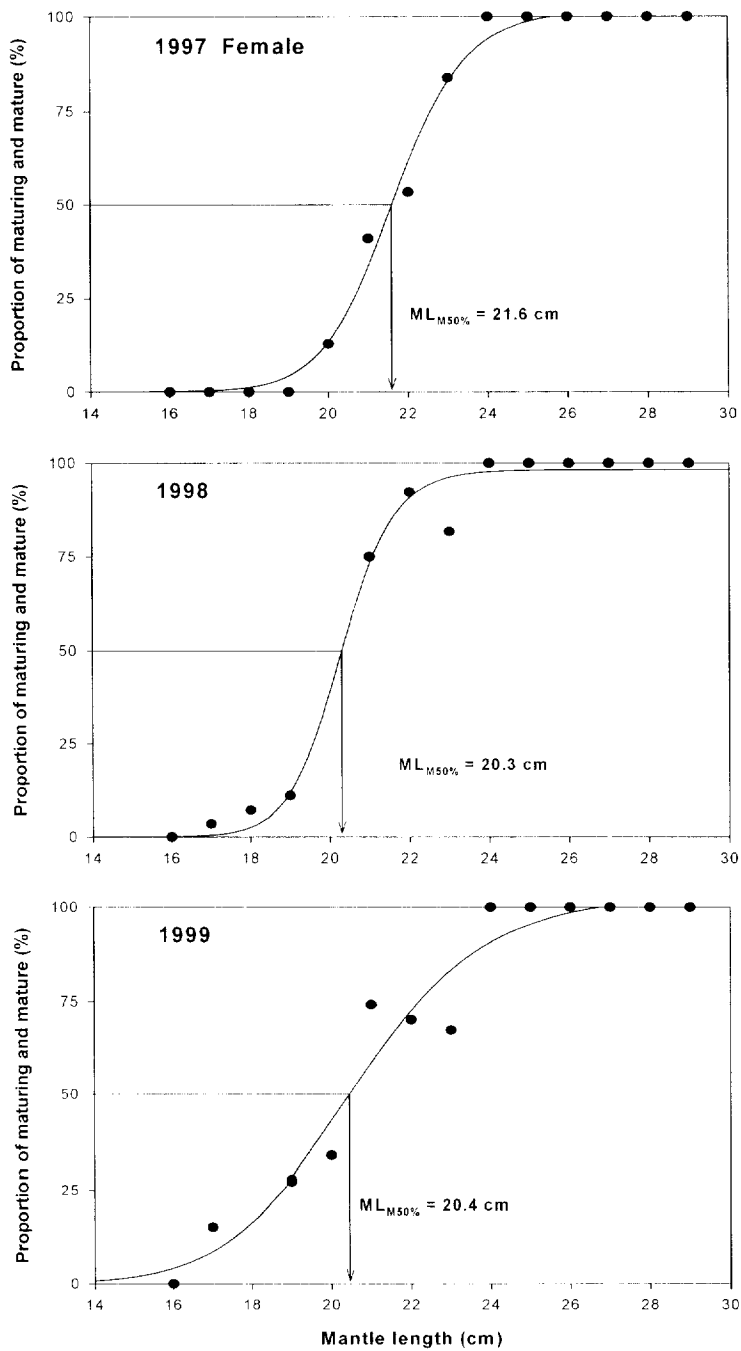


Fig. 3.3.3. Estimation of biological minimum size of common squid in the East Sea from 1997 to 1999.

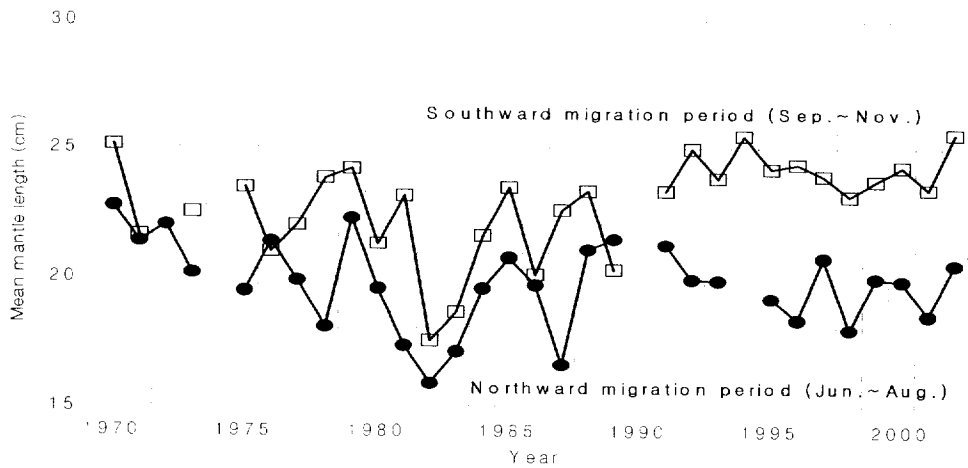


Fig. 3.3.4. Yearly mean length fluctuation of common squid captured by jigging and large powered purse seine fishery in East Sea of Korea, 1970~2002. The circles are mean value from June to August, northward migration period. The tetragons are mean value from September to November, southward migration period.

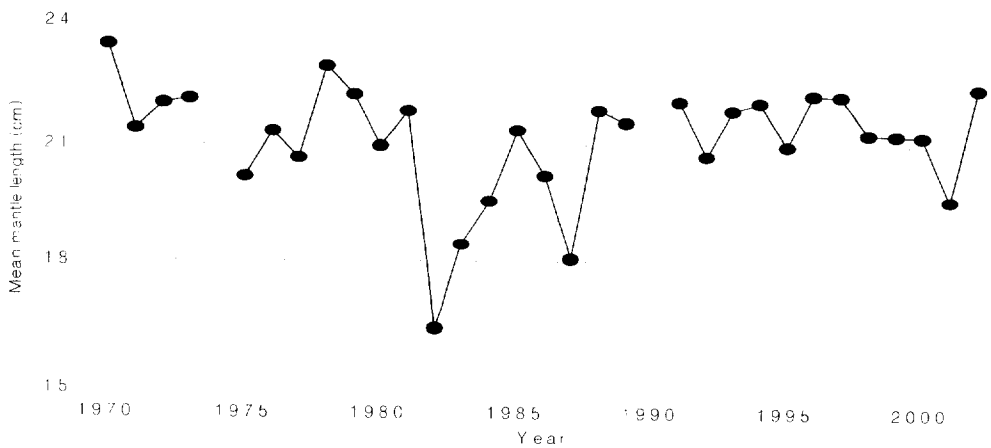


Fig. 3.3.5. Yearly mean length fluctuation of common squid captured by jigging and large powered purse seine fishery in East Sea of Korea, from June to November, 1970~2002.

3.2. 서해의 살오징어

Akamine (1982)가 개발한 Basic 프로그램을 이용하여 1987년 서해에서 어획된 살오징어의 월별 발생군을 분리한 결과, 가을과 겨울발생군 2개의 군으로 구성되었다 (Table 3.3.2). Table 3.3.2에서 각 군의 표본크기를 나타내는 k의 값은 가을발생군에 비해 겨울발생군의 비율이 높게 나타났다. 6월 가을발생군과 겨울발생군의 비율 14.3 : 85.7로 겨울발생군의 비율이 가장 높았으며, 12월 46.1 : 48.2로 겨울발생군의 비율이 가장 낮았다. 6월에 가을발생군과 겨울발생군의 평균동장은 각각 20.6cm, 18.3cm였으며, 월의 진행과 함께 어체는 크기는 증가하여 12월 가을발생군과 겨울발생군의 평균동장은 각각 27.1cm, 24.7cm까지 증가하였다 (Table 3.3.2, Fig. 3.3.6).

1985년부터 1987년까지 서해에서 어획된 살오징어 암컷과 수컷의 생식소 속도지수 (Gonadosomatic index: GSI)의 월 변화를 살펴보았다 (Fig. 3.3.7). 살오징어 암컷의 생식소 속도지수 평균값의 월 변화를 보면 '85년 6월의 평균은 4.06 (± 1.50)이었으며 7월에 6.56 (± 4.34)로 최고값을 나타낸 후 감소하였다. '86년에는 10월에 5.44 (± 2.15)로 최고값을 나타내었으며, '87년에는 8월에 4.62 (± 1.63)로 최고값을 나타내었다. 수컷은 '85년은 6월, 7월, '87년은 6월에 최고값을 나타내고 있으며, 암컷과는 다른 양상을 나타내었다 (Fig. 3.3.7).

1985년부터 1987년 사이의 기간에 성숙 및 산란으로 판정된 암컷에 대하여 생물학적 최소형을 추정하여 재생산력이 있는 개체의 최소 체장을 알아보았다 (Fig. 3.3.8). '85에는 19cm 이상부터

성숙개체가 출현하였으며, 군성숙도 50% 수준에 해당하는 체장인 생물학적 최소형은 20.7cm ML이었다. '86, '87년은 각각 18cm, 17cm 이상부터 성숙개체가 출현하였으며, 군성숙도 50% 수준에 해당하는 체장인 생물학적 최소형은 각각 17.9cm, 17.2cm ML이었다 (Fig. 3.3.8).

Table 3.3.2 Polymodal distribution of mantle length of the common squid caught from the West Sea in 1987 by the Akamine method

Data	Population	Initial Value			Value after 29 iteration		
		k(100)	μ (cm)	σ	k(100)	μ (cm)	σ
Jun.	Autumn	8.3	21	1	14.3	20.6	1.32
	Winter	81.7	18	1	85.7	18.3	1.06
Jul.	Autumn	20	21.5	1	21.8	21.4	0.35
	Winter	80	19	1	76.2	19.4	0.65
Aug.	Autumn	16	23	1	43.5	22.6	0.4
	Winter	84	21.4	1	55.2	21.8	0.69
Sep.	Autumn	30	30	1	28.2	23.9	0.45
	Winter	70	22.5	1	71.8	22	0.99
Nov.	Autumn	15	29	1	21.9	28.4	0.67
	Winter	85	26.5	1	76	25.4	0.85
Dec.	Autumn	30	30	1	46.1	27.1	0.95
	Winter	70	26	1	48.2	24.7	0.86

* Size of chort: k, mean mantle length: μ , standard deviation: σ

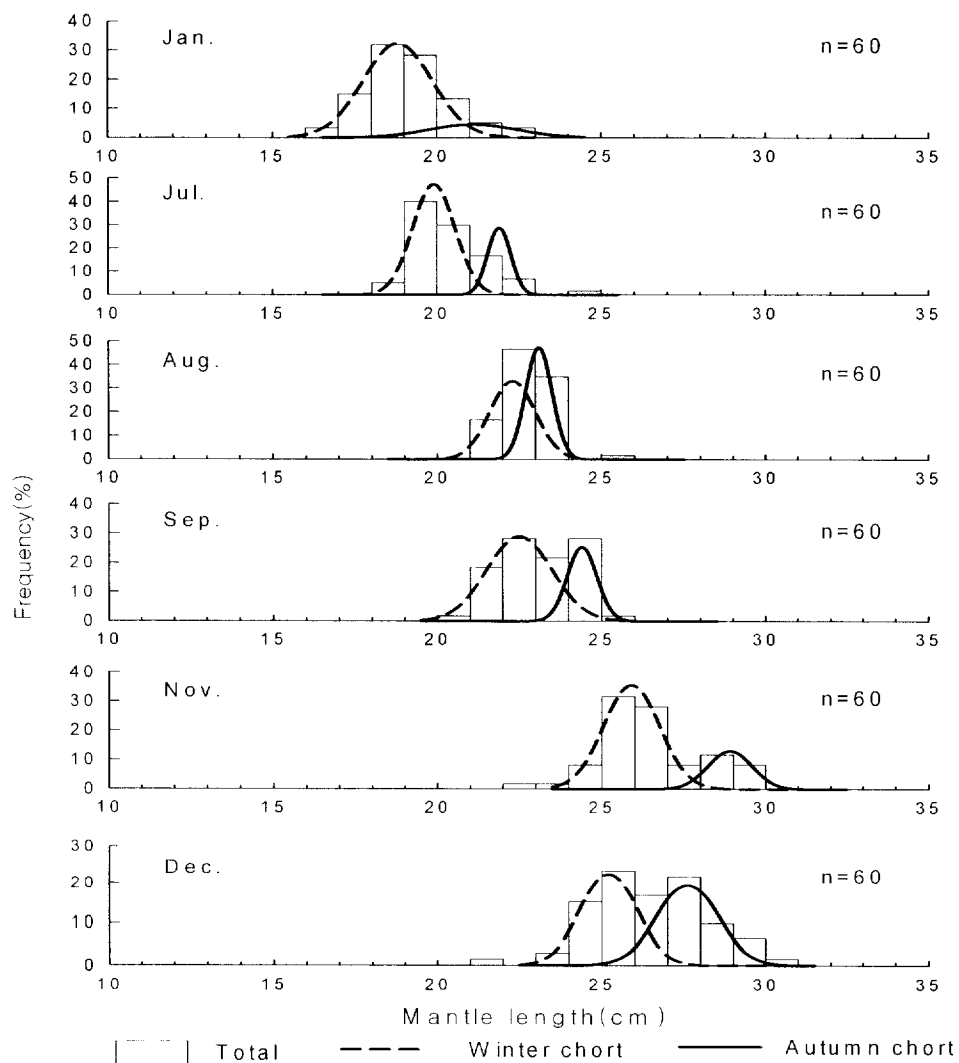


Fig. 3.3.6. Polymodal distribution of mantle length of the common squid by the Akamine method from the West Sea in 1987.

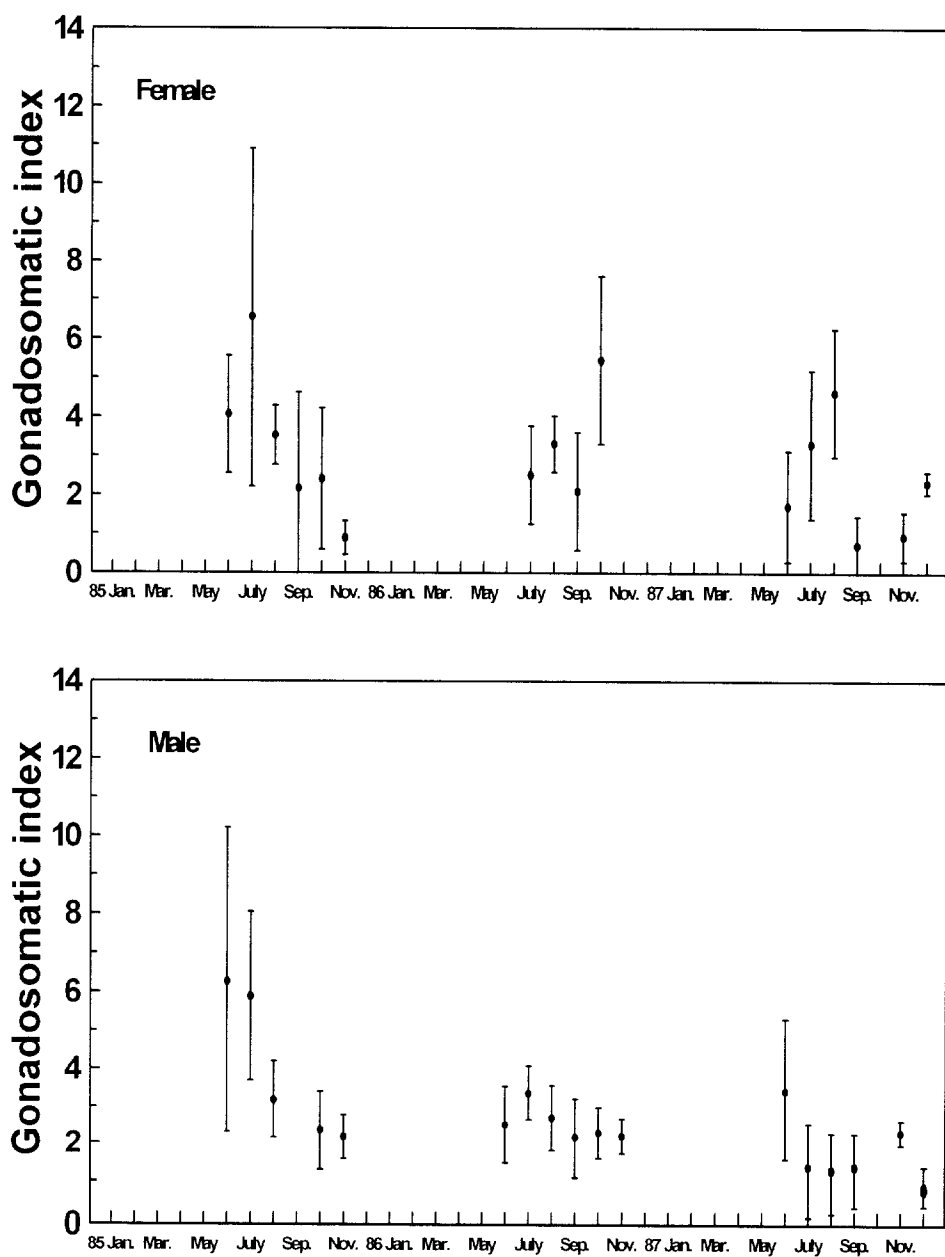


Fig. 3.3.7. Monthly changes in the GSI of common squid caught in the West Sea during 1985 to 1987 (solid circles represent mean value of GSI and vertical bars represent standard deviations of GSI).

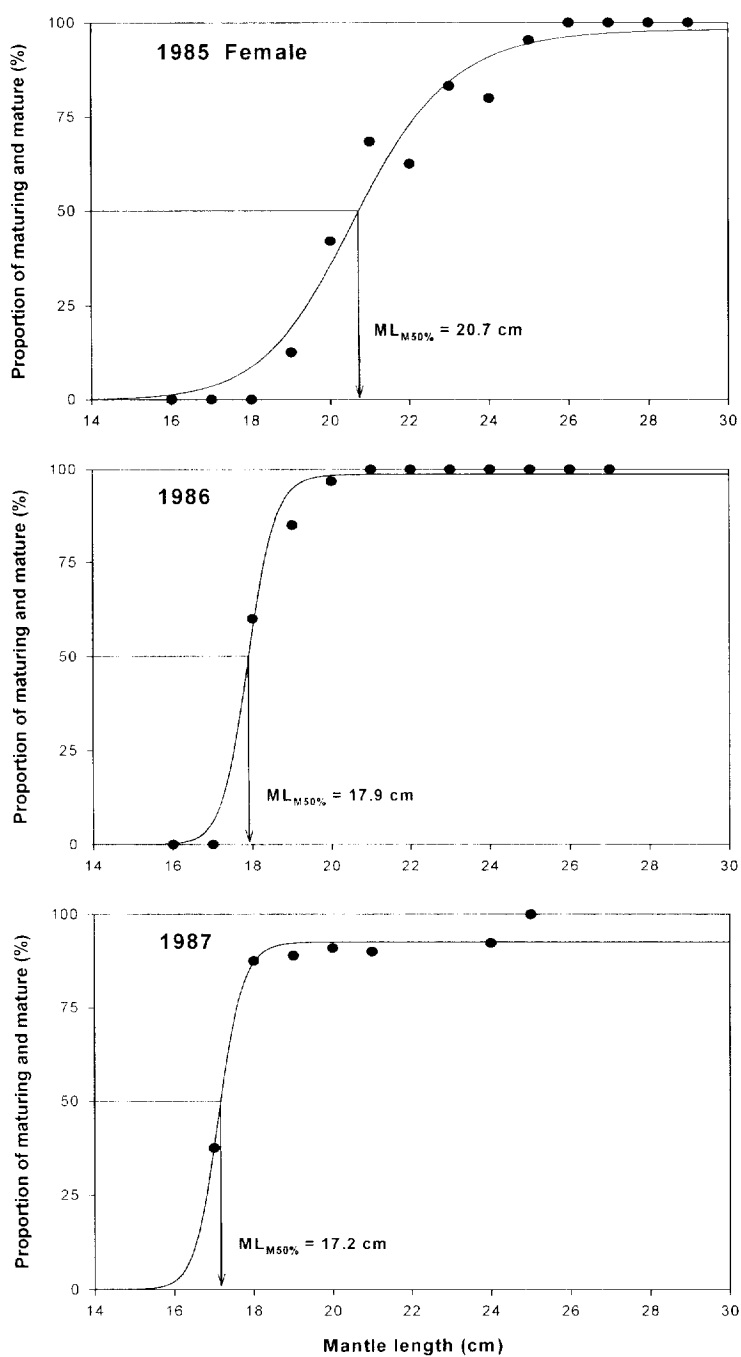


Fig. 3.3.8. Estimation of biological minimum size of common squid caught in the West Sea from 1985 to 1987.

4. 어장의 해황

4.1. 수온

동해 50m, 100m 수심의 평년 (1961~1999년) 격월 수온 수평 분포도를 각각 나타내었다 (Fig. 3.4.1, Fig. 3.4.2, Fig. 3.4.3).

동해에서는 6월부터 울릉도~대화퇴간에 수온전선대가 잘 발달 하며, 10월까지 지속된다. 그리고 12월에 들면서 수온전선대의 발달이 약해진다. 그리고 동해연안역에 형성되는 수온전선대는 남북 방향으로 형성된다.

Fig. 3.4.4과 Fig. 3.4.5는 Fig. 2.2에 나타낸 8월과 10월의 동서방향인 103선과 남북방향인 206선부터 107선 까지의 평년 (1961~1999년) 수온 연직단면도이다. 8월 동서방향의 연직단면도 (Fig. 3.4.4)에서 15~20℃ 수온약층이 형성되는 수심은 연안에서는 20m 수층, 외양에서는 40~50m 수층에서 형성되었다. 10월 동서방향의 연직단면도에서 15~20℃ 수온약층이 형성되는 수심은 연안에서는 30~40m, 외양에서는 50~60m 수층에서 형성되었다. 8월 남북방향의 연직단면도 (Fig. 3.4.5)에서 15~20℃ 수온약층이 형성되는 수심은 36° 이남 해역에서는 50m 이심에서, 36° 이북 해역에서는 20~40m 수층에서 형성되었다. 10월 남북방향의 연직단면도 (Fig. 3.4.5)에서 15~20℃ 수온약층이 형성되는 수심은 36° 이남 해역에서는 70m 이심에서, 36° 이북 해역에서는 30~50m 수층에서 형성되었다.

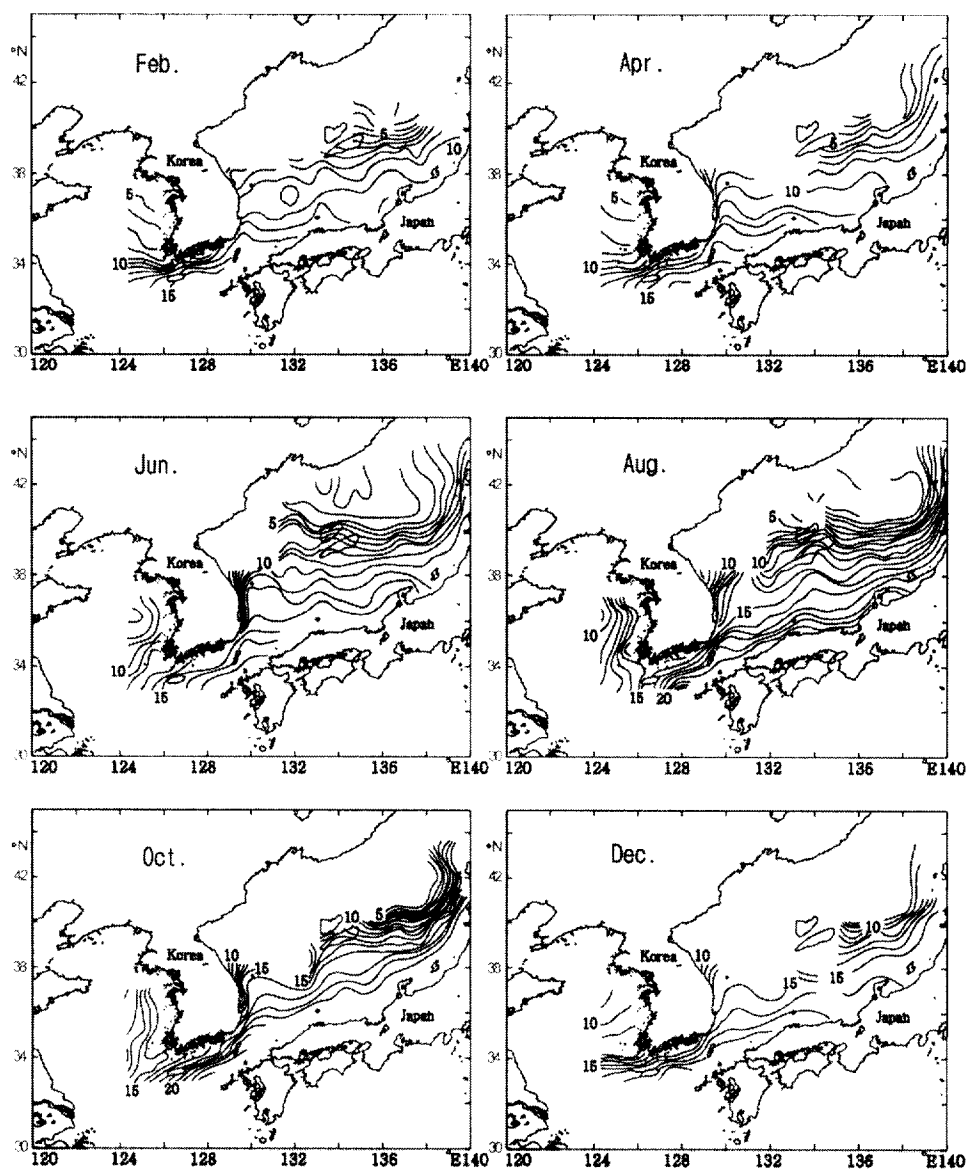


Fig. 3.4.1. Normal temperature distributions of 50m layer using from 1961 to 1999 for temperature frontal zone.

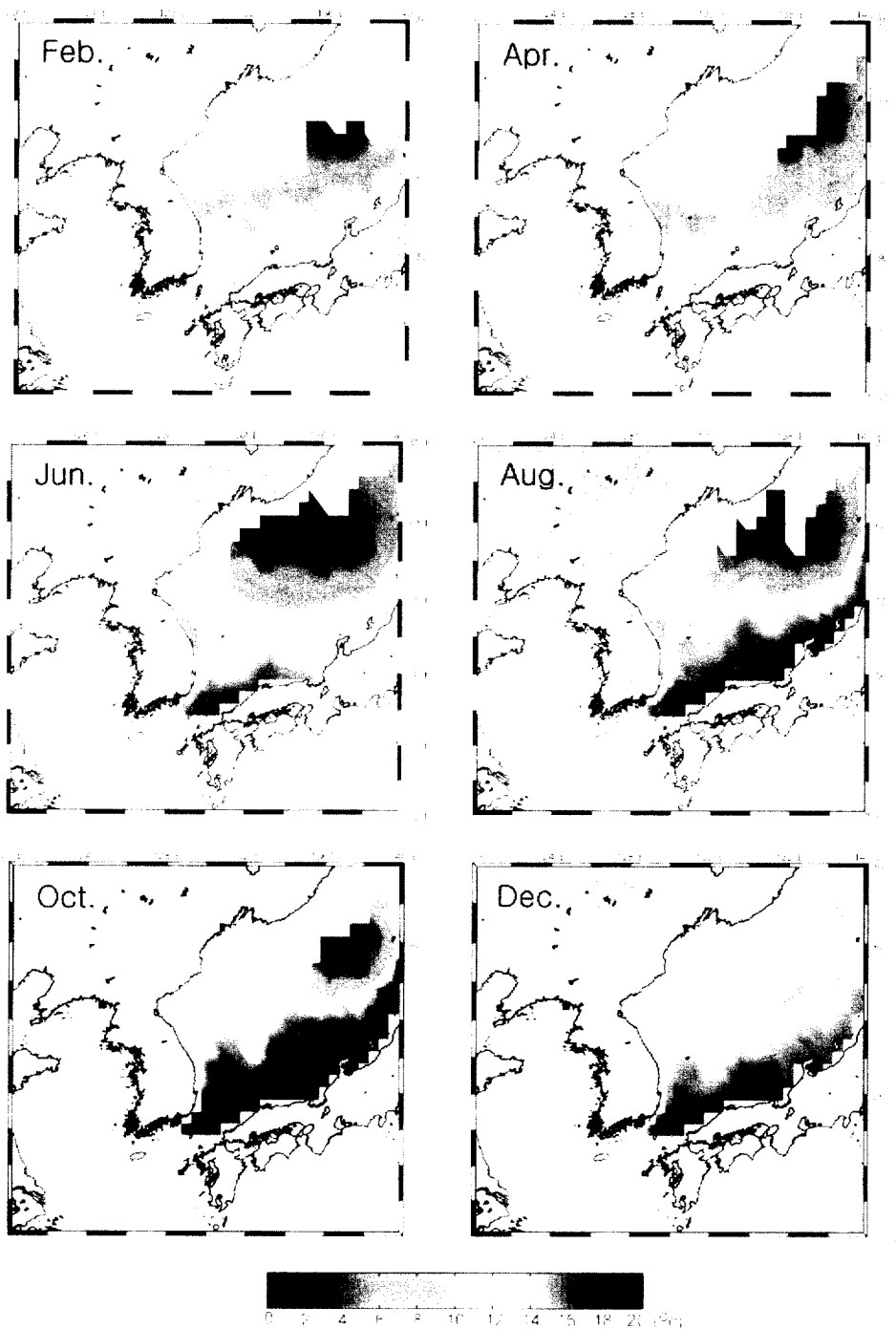


Fig. 3.4.2. Normal temperature distributions of 50m layer using from 1961 to 1999.

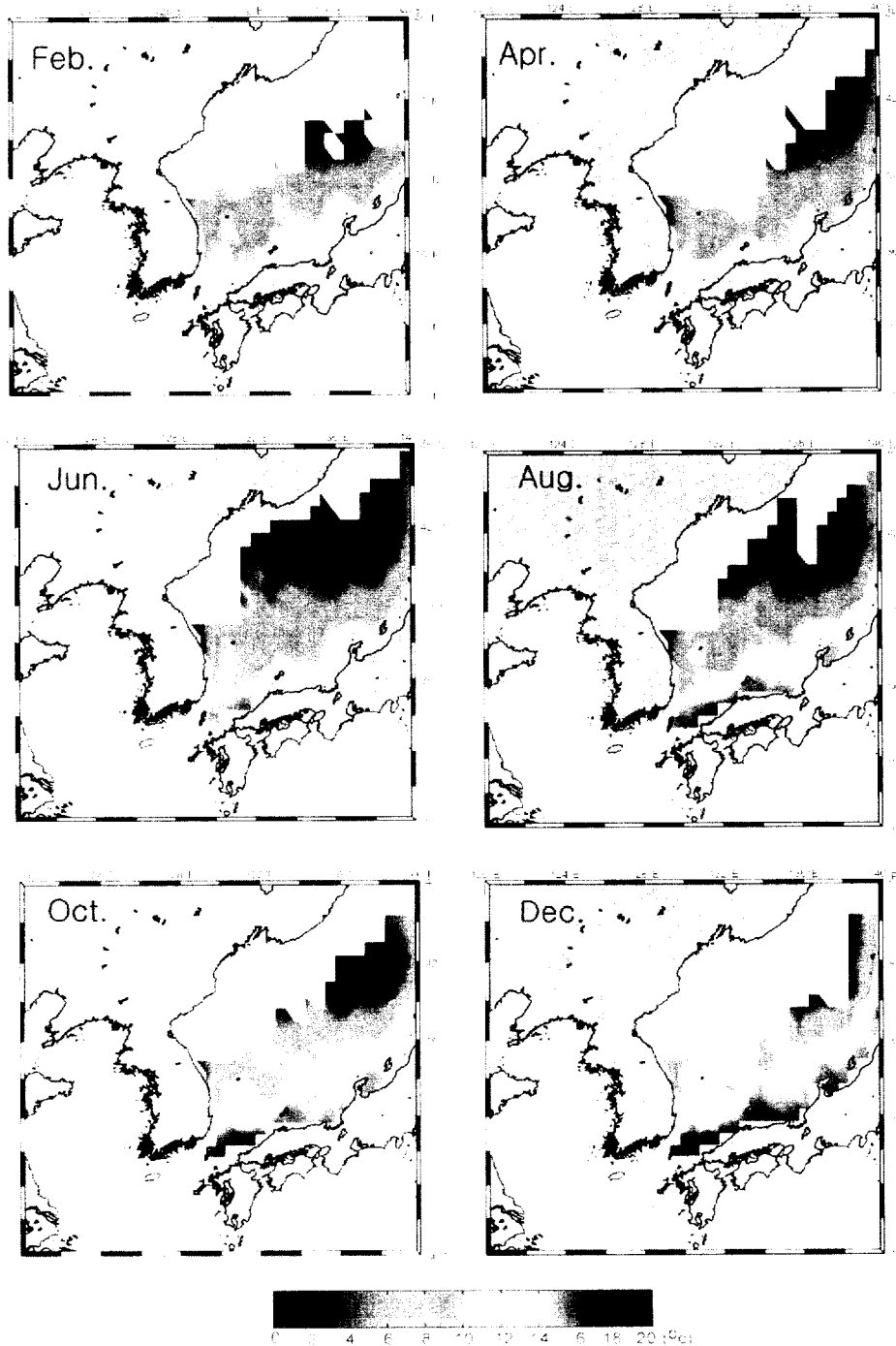


Fig. 3.4.3. Normal temperature distributions of 100m layer using from 1961 to 1999.

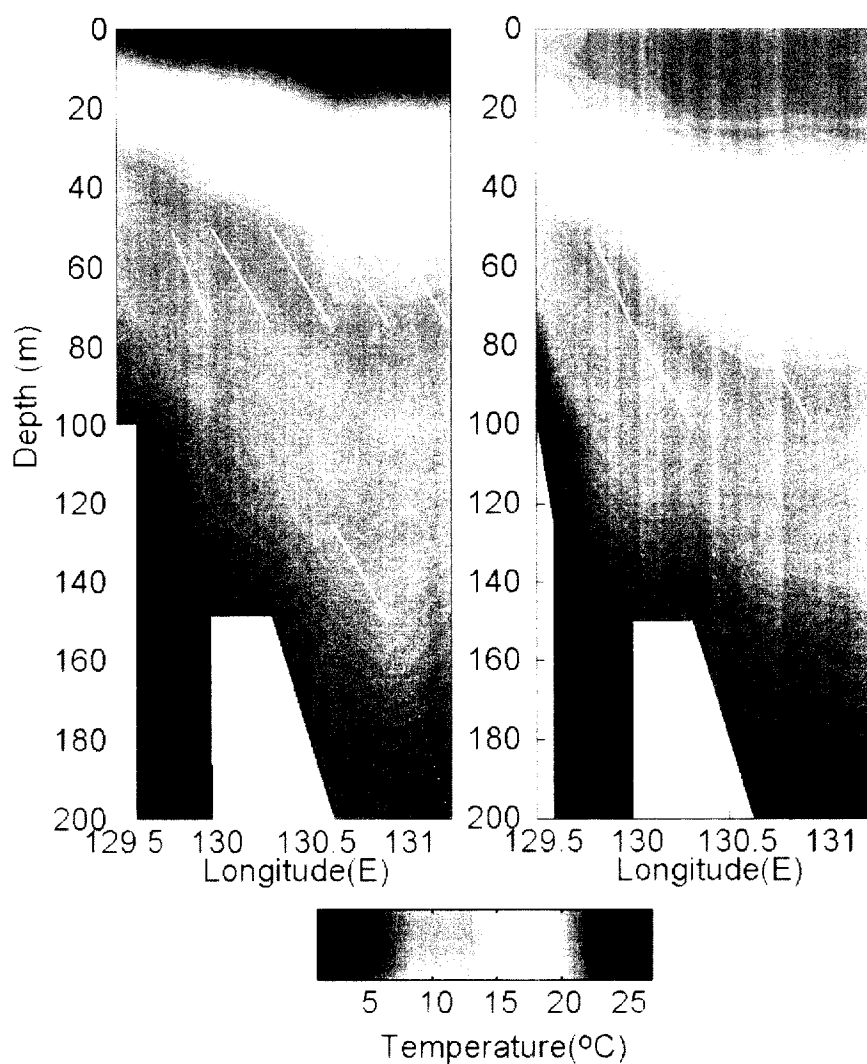


Fig. 3.4.4. Vertical temperature distributions of 103 line (Fig. 2.2) in August (left) and October (right) of normal year, 1961~1999.

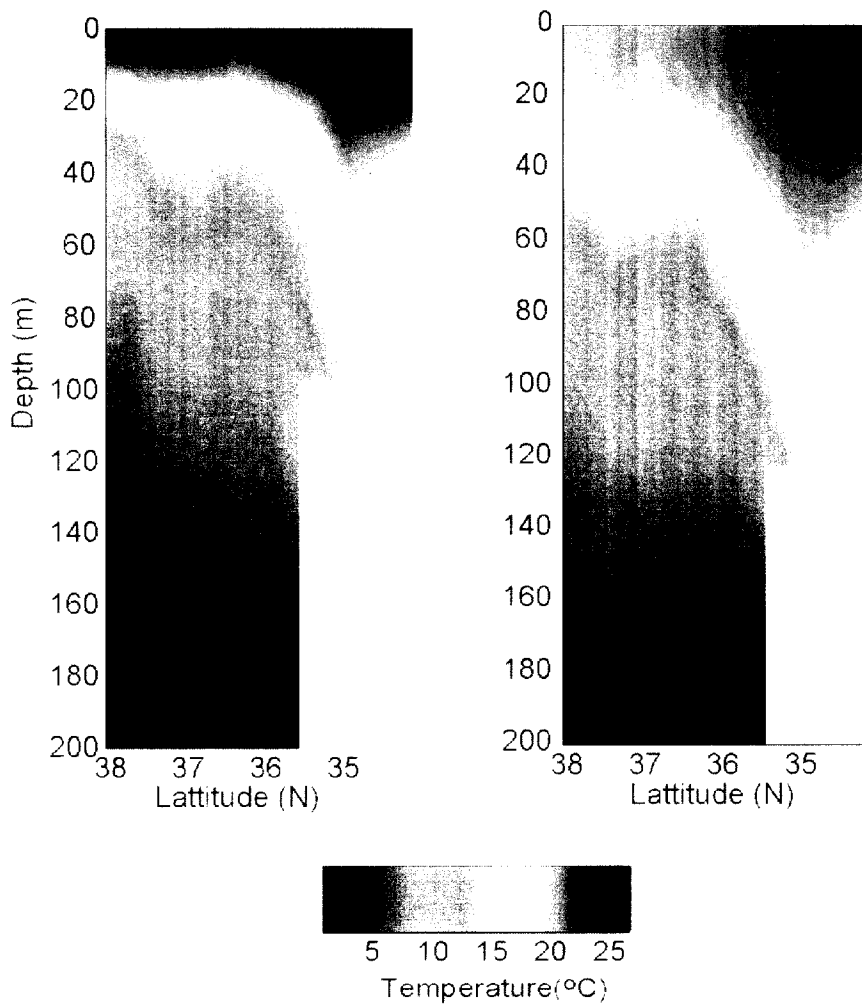


Fig. 3.4.5. Vertical temperature distributios from 107/07 to 206/04 (Fig. 2.2) in August (left) and October (right) of normal year, 1961~1999.

오징어채낚기어업이 본격적으로 이루어지는 8월 이후의 해양조건이 연도별로 어떠한 특징을 보이는 지를 알아보기 위해 1986년부터 1994년까지 8월과 10월의 50m와 100m 수층의 수온수평분포도를 Fig. 3.4.6~3.4.9에 나타내었다.

Fig. 3.4.6과 Fig. 3.4.7의 8월 50m, 100m 수층의 수온분포도를 보면, 1980년부터 1990년까지는 수온전선대가 연안을 따라 남북으로 형성되었으며, 1991년부터 1994년까지는 수온전선대가 동서방향으로 형성되었다. Fig. 3.4.8와 Fig. 3.4.9의 10월 50m, 100m 수층의 수온분포도를 보면, 1993년과 1994년에는 수온전선대가 동서로 형성되었으며, 그 외의 해(年)에는 수온전선대가 남북방향으로 형성되었다.

Fig. 3.4.10은 동해와 서해 전 해역의 경년별 수층별 수온편차도이다. 그림에서 음(-, 청색)으로 증가할수록 평년(1980~1999년)의 수온 값보다 작고, 양(+, 적색)으로 증가할수록 평년보다 수온이 높은 것을 나타낸다.

동해는 1980년대 중반까지 평년보다 약 0.5°C 저수온이고, 1980년대 중반에 30m 이심에서 1°C 이상의 저수온을 보였다. 1980년 후반부터 1991년에 약간 고수온(0.5°C)을 보이며, 1992년 이후부터 '90년 중반에는 평년과 비슷한 수온을 나타내었다. 1990년 후반부터는 표면에서 수심 150m 부근까지 평년보다 1°C 이상의 고수온을 보였다.

서해는 동해와 유사하게 1980년대 중반에 수심 30m 이심에서 평년보다 1°C 이상의 저수온이고, 1990년대 초반에는 표면에서 저층(75m)까지 평년보다 1°C 이상의 고수온을 나타내었다.

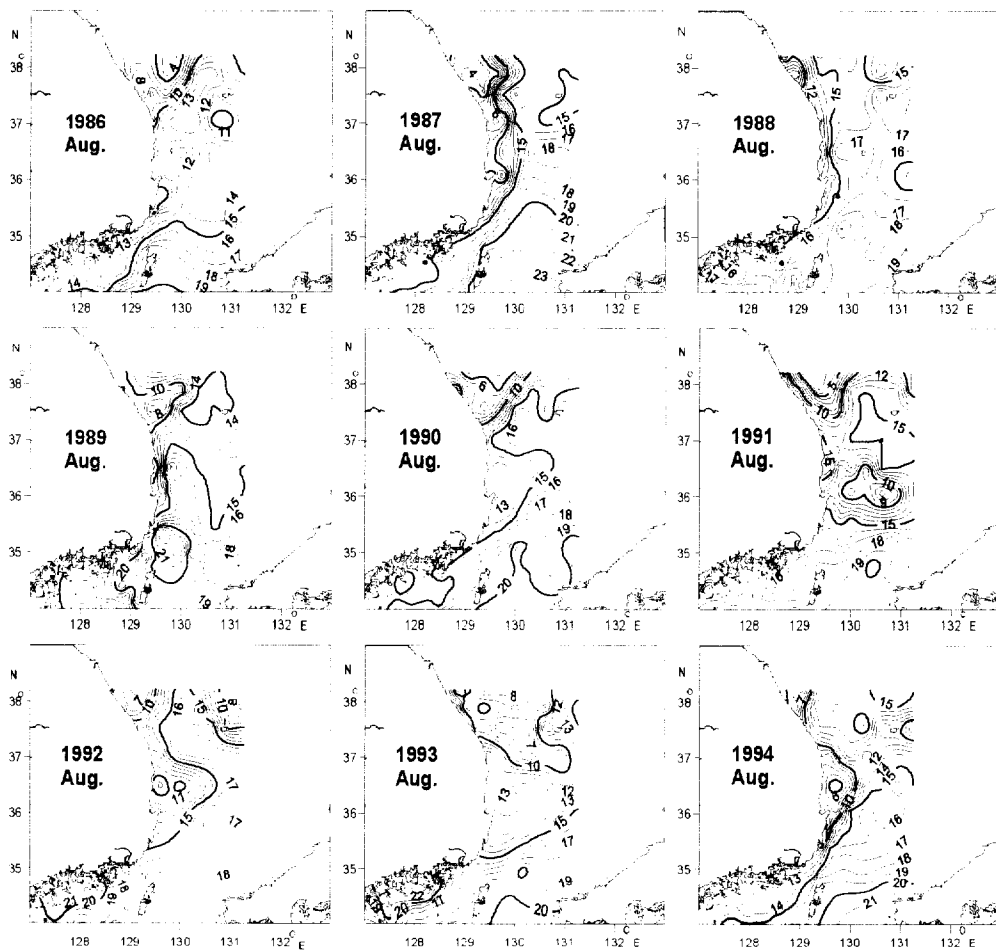


Fig. 3.4.6. Horizontal distributions of the water temperature at the 50m depth in August from 1986 to 1994 in the East Sea of Korea.

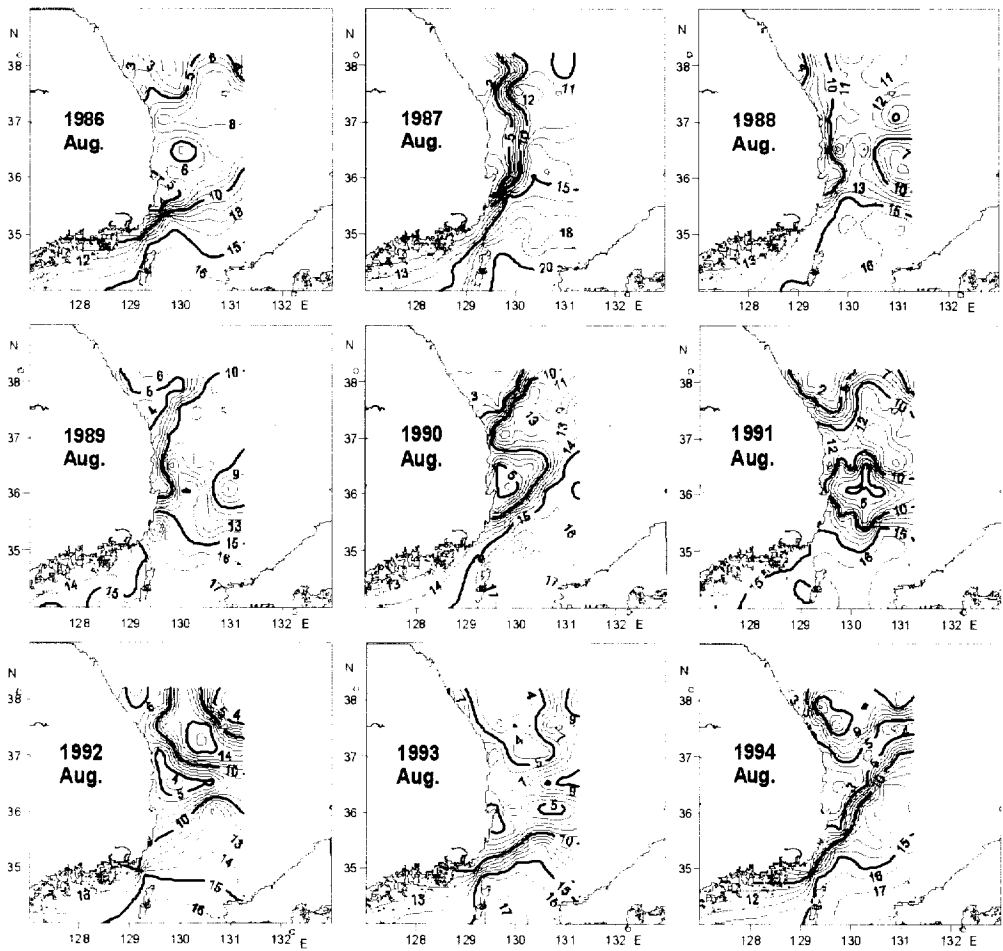


Fig. 3.4.7. Horizontal distributions of the water temperature at the 100m depth in August from 1986 to 1994 in the East Sea of Korea.

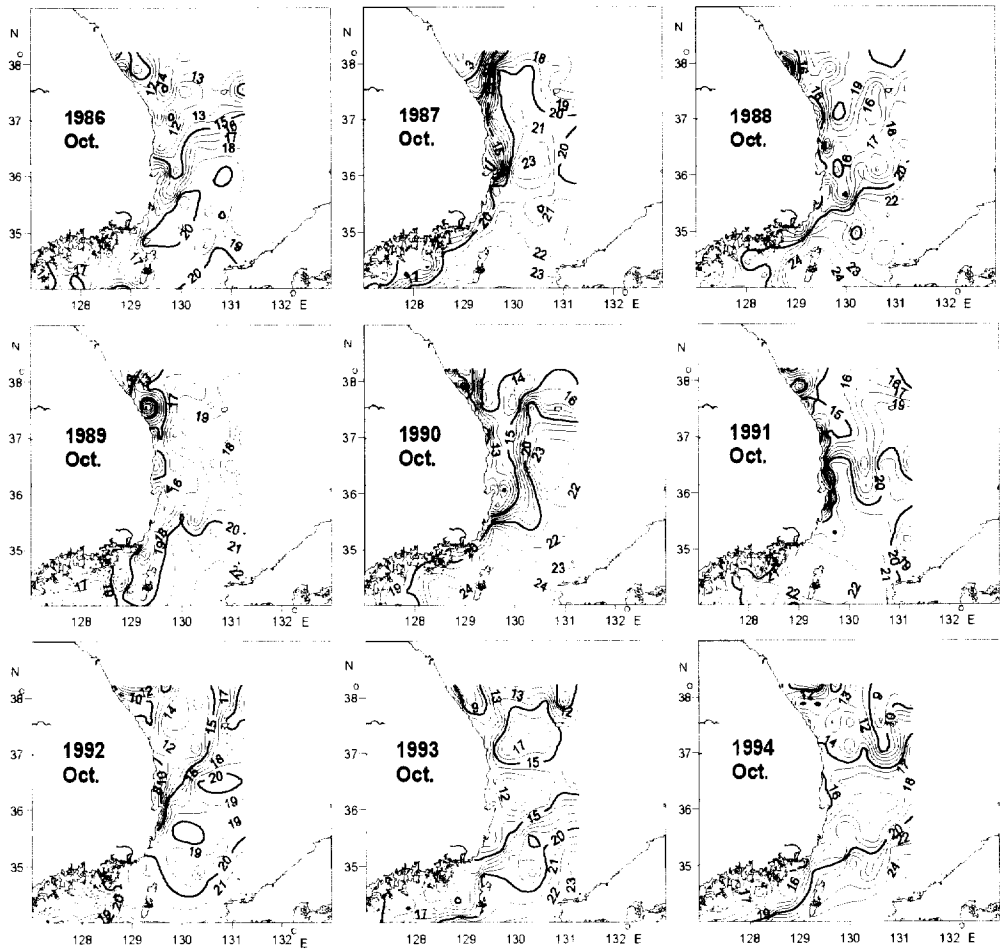


Fig. 3.4.8. Horizontal distributions of the water temperature at the 50m depth in October from 1986 to 1994 in the East Sea of Korea.

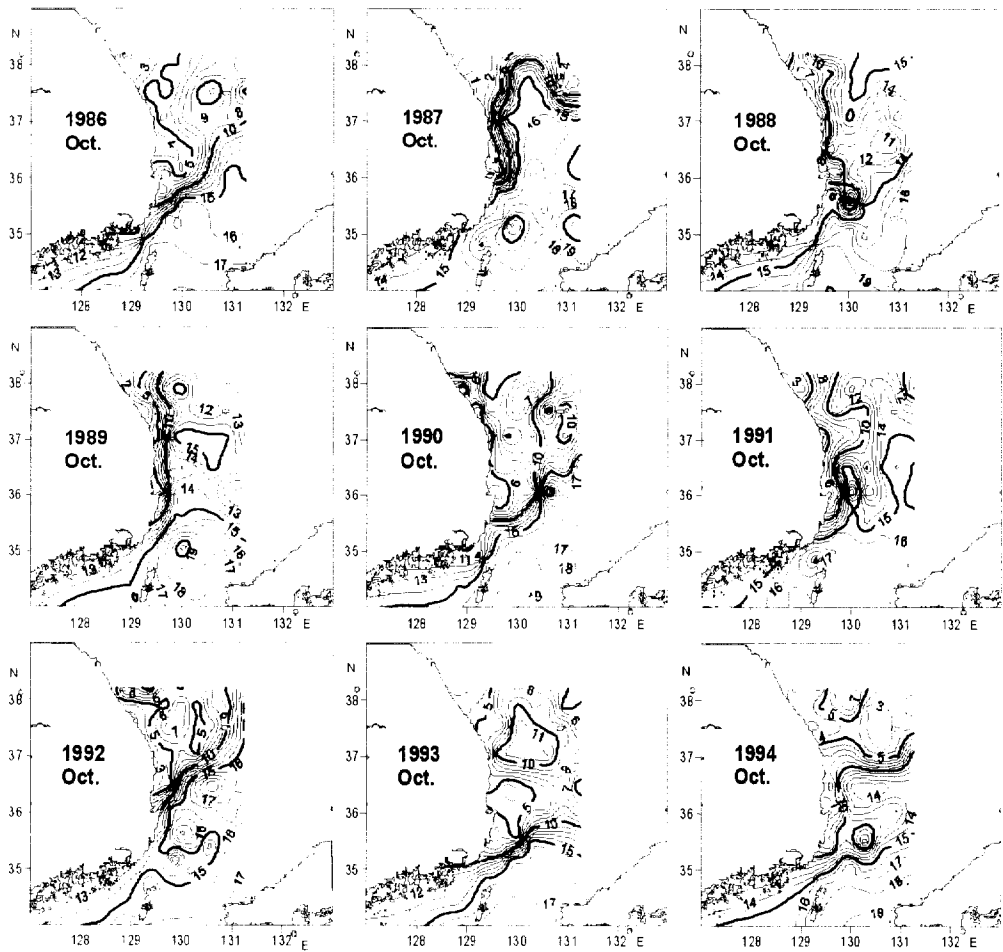


Fig. 3.4.9. Horizontal distributions of the water temperature at the 100m depth in October from 1986 to 1994 in the East Sea of Korea.

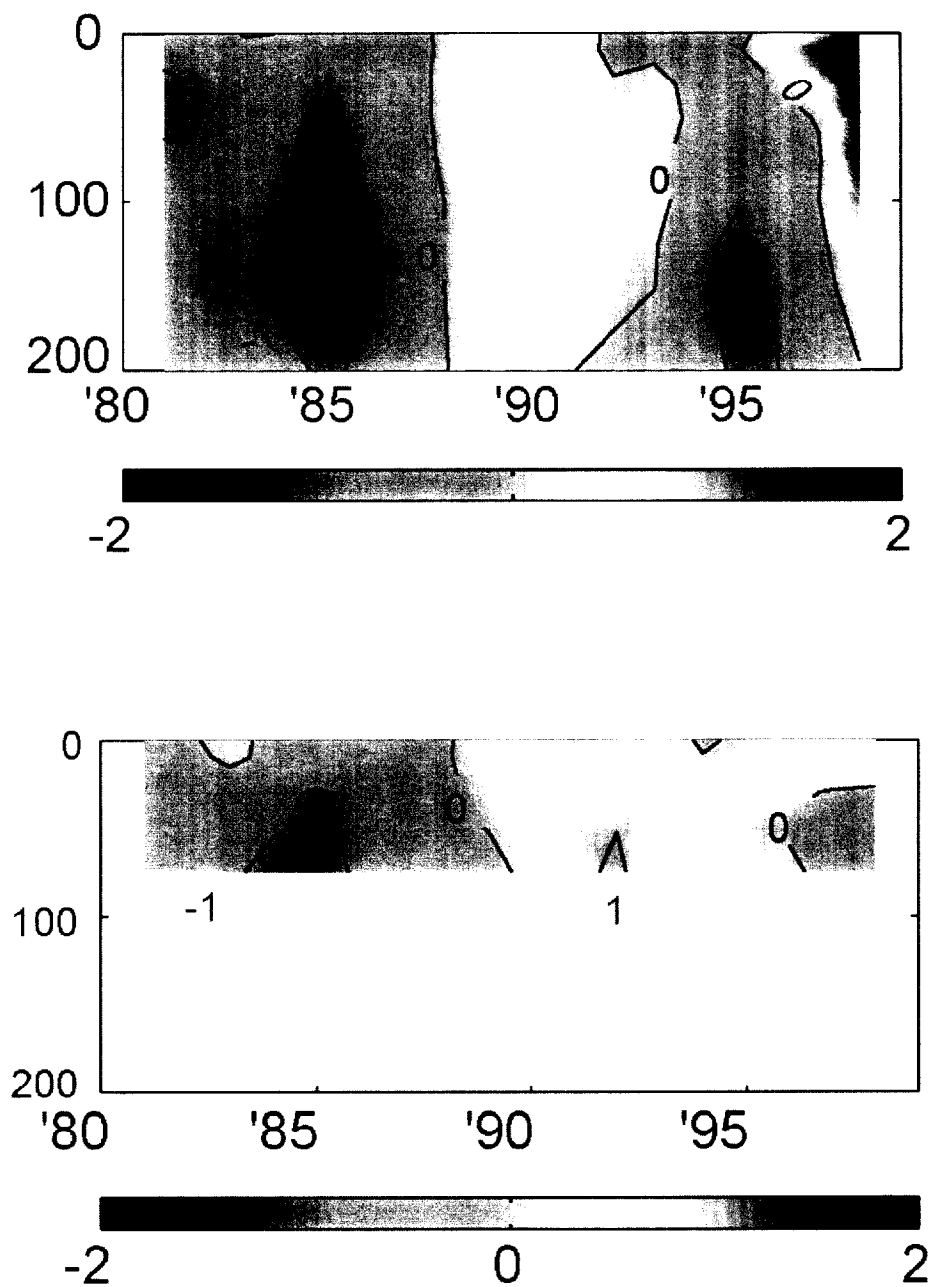


Fig. 3.4.10. Temperature anomaly in the East Sea (upper) and West Sea (lower) of Korea, 1980~1999.

4.2. Chlorophyll-a 및 동물플랑크톤

Fig. 3.4.11은 동해 전 해역 Chlorophyll-a의 경년별 수층별 편차도이다. 그림에서 색상은 Fig. 3.4.10과 같다. Chlorophyll-a의 양은 1980년대 초와 중반에 50~75m층 부근에 평년보다 $\pm 0.2 \text{ mg/m}^3$ 이상의 차를 보였다. 한편, 1990년대 초와 중반은 1980년대보다 수심이 낮은 50m 이천에서 평년보다 0.2 mg/m^3 이상의 고농도를 나타내었다. 1980년대에는 Chlorophyll-a의 양은 낮은 수준이었으나, 1990년대에는 높은 수준을 나타내었다.

Fig. 3.4.12는 1980년부터 1998년까지 동해와 서해 전 해역 동물플랑크톤의 3년 이동평균의 편차를 나타내었다. 동해의 경우 1990년초를 기준으로 1980년대는 평년보다 약 40 mg/m^3 감소하였고, 1990년대는 평년보다 약 60 mg/m^3 증가하였다. 특히 1988년은 약 50 mg/m^3 로서 평년보다 가장 작았고, 1994년은 80 mg/m^3 으로 평년보다 가장 큰 값을 나타내었다. 서해의 경우, 동물플랑크톤의 현존량은 1988년 이전에는 평년보다 약 50 mg/m^3 감소하였고, 이후에는 약 40 mg/m^3 증가하였다. 특히 1984년은 약 90 mg/m^3 로서 평년보다 가장 작았고, 1997년은 100 mg/m^3 으로 평년보다 가장 큰 값을 나타내었다.

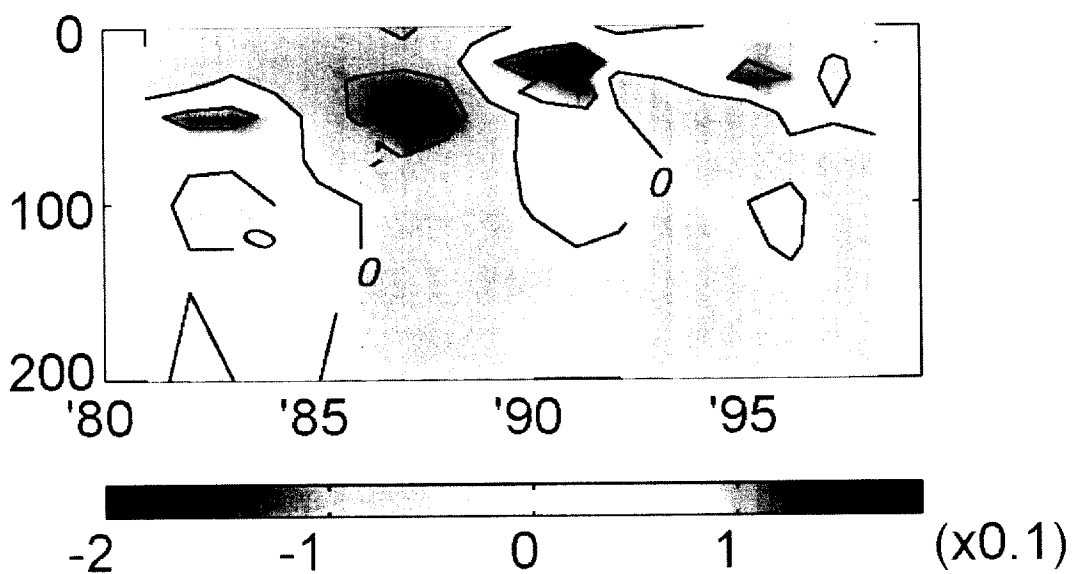


Fig. 3.4.11. Chlorophyll-a (mg/m^3) anomaly in the East Sea of Korea, 1980~1999.

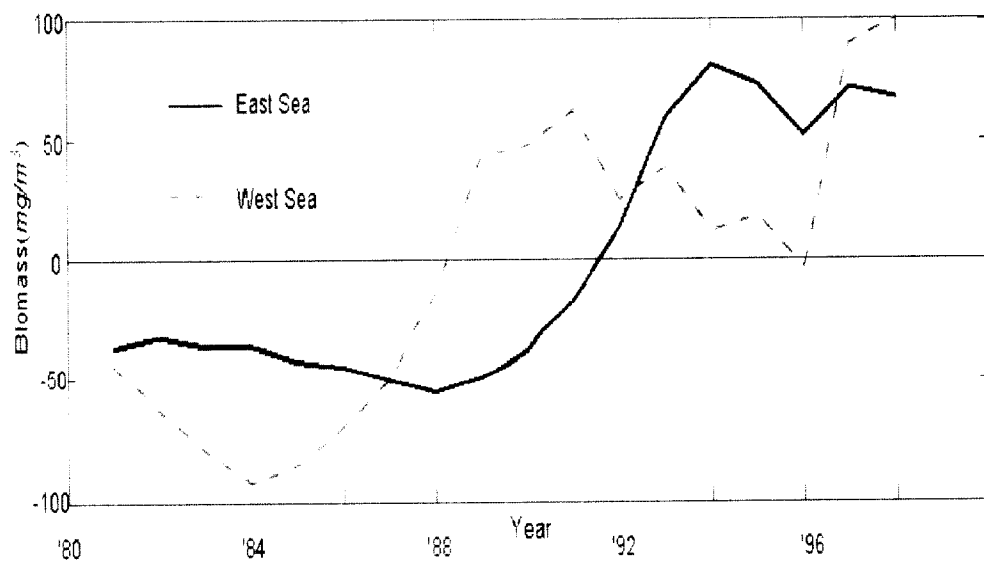


Fig. 3.4.12. Interannual anomaly for 3-year moving average of zooplankton biomass in the East Sea and West Sea.

IV. 고찰

한국 동해 전 해역에서 어획된 살오징어의 어획량의 경년 변동을 보면 (Fig. 3.1.1), '80년대는 낮은 수준, '90년대는 높은 수준으로 나타났다. 동해에서 '80년대 연간 살오징어 총어획량 변동은 일본의 조업선에 의해 어획된 어획량에 의해 풍흉이 결정되었다고 볼 수 있으며, '90년대에는 오히려 한국의 조업선에 의해 좌우되었다. 한국 동해에서 어획량의 변동 원인에 대해, Sakurai *et al.* (2000)은 자치어의 밀도와 산란장의 변화와 관계가 있다고 보고하였으나, 그가 연구한 어획자료의 대부분은 동해의 동쪽편인 일본 연근해와 규슈 남단의 것을 사용하였고 한국연안쪽의 자료는 포함되지 않았다. 동해 전체의 것을 논의 하는 데에는 다소 무리가 있다고 생각된다.

본 연구에서는 Fig. 3.1.4에서 볼 수 있는 것처럼 어획량이나 CPUE에 대한 20년간의 평균값을 기준으로 하여 동해 전 해역에서 살오징어가 많이 어획되었던 '90년대와 살오징어가 적게 어획되었던 '80년대 (Fig. 3.1.4)의 어획변동 요인을 자원량, 조업어선 수, 조업어장, 조업방법 및 어장환경과 관련하여 살펴보았다.

'90년대와 '80년대의 살오징어 자원량은 어떠한 차이를 보이고 있는지를 알아보자. 살오징어가 많이 어획되었던 '90년대는 단위 노력당어획량 (어획량/조획기)이 60kg으로 살오징어가 적게 어획되었던 '80년대에 비해 140% 증가하였으며 (Fig. 3.1.4), 외투장이 약 1.5cm 더 큰 살오징어가 어획되었다 (Fig. 3.3.5). 그리고 성 성숙체장도 2cm 정도 더 컸다 (Fig. 3.3.3, Fig. 3.3.8). 이것은 먹이생물의 풍흉과도 관계가 있겠지만 결과적으로는 다른 수산생

물 보다 살오징어 자원량이 '80년대보다 '90년대가 많았다는 것을 의미하고 있다. Sakurai *et al.* (2000)은 일본에서 '90년대 살오징어의 어획량이 많았던 원인을 자치어 밀도가 증가하였기 때문이라 보고하였다.

살오징어가 많이 어획되었던 '90년대와 살오징어가 적게 어획되었던 '80년대의 조업어선수 (Table 3.1.1)는 어떠한 관계가 있는지를 알아보았다. 살오징어의 자원량이 많다고 가정한다면, 조업어선수가 많으면 어획량이 증가하고 적으면 적어지게 될 것이다. 본 연구기간에는 어떠하였던가 한번 살펴 볼 필요가 있다. '90년대는 10톤 미만의 연안채낚기어선수는 818척, 10톤 이상의 근해채낚기어선수는 5,970척으로 '80년대에 비해 각각 16%, 23% 증가하였다.

'90년대와 살오징어가 적게 어획되었던 '80년대의 조업어장은 어떠한 차이가 있는지를 알아보았다. Fig. 3.2.3, Fig. 3.2.4, Appendix 4.1를 보면 '90년대는 동해연안 및 울릉도 주변해역의 어장만을 이용하였으나, '80년대는 동해연안, 울릉도 주변 및 대화퇴해역의 어장에까지 진출하여 이용하였다. 살오징어가 많이 어획되었던 '90년대에 대화퇴 어장을 이용하지 않은 원인은 연안층의 내유량이 많아 굳이 먼 대화퇴어장을 이용할 필요가 없었기 때문인 것으로 추정된다. 따라서 오징어 자원량이 '90년대가 '80년대보다 많았다는 확실한 증거가 뭍을 시사하고 있다.

'90년대와 '80년대의 살오징어 조업방법은 어떠한 차이를 보이고 있는지를 알아보기 위해 자동조획기 (Table 3.1.1)와 대상어업 (Fig. 3.1.2)을 상호 비교하였다. '90년대는 자동조획기의수가

2,591대로 '80년대에 비해 191% 증가하였다 (Table 3.1.1). 이는 오징어 어획량이나 CPUE가 많거나 크게 되는데에는 어구의 역할이 상당히 큰 효과를 나타낸 것으로 생각된다. 하지만 자원량이 적다면 아무리 어구가 좋다고 하더라도 어획이 적어지게 될 것이다. 이러한 면을 고려하면 자원량이 증가하였다는 또 하나의 증거라고 사료된다.

살오징어가 적게 어획되었던 '80년대에는 살오징어 어획이 주로 오징어채낚기만으로 살오징어의 연간 총생산량의 90% 이상을 차지하였으나, '90년대에는 대형트롤어업 및 대형선망어업에서 어획되는 어획비율이 점차 증가하였다 (Fig. 3.1.2). 특히 대형트롤어업으로 어획되는 살오징어 어획량의 급증은 오징어채낚기어선에서 화광 (火光)을 이용하여 집어한 군을 트롤선이 어획하는 조업 형태의 공조 (共操)를 한 결과로 생각된다. 대형트롤어업과 오징어채낚기어선의 공조는 오징어채낚기어업의 집어등에 의해 모여든 살오징어를 대형트롤어업이 인망하는 방법으로 살오징어 자동조상기를 통해 마리당 어획하는 방법과 비교하면 상상을 초월하는 높은 어획효율을 나타낼 수 있기때문이라 생각된다. 이것도 역시 살오징어 자원량의 증가에 기인한 것으로 해석할 수 밖에 없다.

앞에서 언급한바와 같이 자원량 증감과 조업어장의 판단에 있어서 한·일 양국 조업선의 위치파악이 곧 어장판단 뿐만아니라 동해 전체의 어획량 추산에 크게 영향을 주게된다. 따라서 오징어채낚기어업 뿐만아니라 트롤어업에 의한 살오징어의 어획도 화광 (火光)을 이용하는 특징을 감안하여, 불빛과 같은 가시 (visible) 영역을 감지하는 방법을 이용하면 어장판단의 정확도를 높일 수 있다.

이것을 위해서는 다른 지구관측 위성보다 가시광선 영역의 감지에 탁월한 DMSP (Defense Meteorological Satellite Program) 위성의 OLS (Operational Linescan System) 센서에 의한 영상으로 동해 전 해역에 대한 조업어장을 파악하는데 사용하게 되면 유용하리라 생각된다.

본 논문에서는 오징어 어획량이 증가한 시기 중 1993년을 대상으로 DMSP/OLS 위성자료와 상업어선들의 해구별 어획량 월별 자료와 비교하였다 (Fig. 3.2.8~3.2.11). 한국 연근해에서 위성자료와 어획량자료와는 대체로 잘 일치하고, 특히 한국이외에 일본 연근해의 야간 조업현황 파악도 가능하였다. 앞으로 본 연구에 이용한 위성자료를 보다 많이 축적하여 연도별 월별로 파악할 필요가 있다. 이러한 자료를 연도별 월별 자료를 모으게되면 조업 어장 예측을 하는데에도 유용할 것으로 생각된다.

'90년대와 '80년대의 어장환경은 어떠한 차이를 보이고 있는지를 알아보았다. '90년대는 '80년대와 비교하여 수온이 1℃ 정도 높았으며 (Fig. 3.4.10), Chlorophyll-a는 1 mg/m³ 이었고 (Fig. 3.4.11), 동물프랑크톤의 양은 50 mg/m³ 로서 그양이 '90년대가 많았다 (Fig. 3.4.12).

이것은 동해의 131°E 이동 (以東) 해역에서 Kasahara (1978)가 연구한 결과에 의하면 살오징어 밀집어장의 위치는 동서로 형성되는 수온전선대에 따라 변한다고 보고한 바 있다. 그러나 우리나라의 주 조업어장은 Kasahara (1974)가 보고한 반대 해역인 131°E 이서 (以西) 해역에서 형성되며, 한국 연안을 따른 남북방향 및 동서방향의 수온전선대 형성과 밀접한 관계가 있을 것으로

판단된다 (Fig. 3.4.1).

따라서 살오징어가 많이 어획되었던 '90년대 중 가장 어획량이 많았던 해 (호황년)인 1993년과 살오징어가 많이 어획되지 않았던 '80년대 중 가장 어획량이 적었던 해 (불황년)인 1986년 (Fig. 3.1.4)의 우리나라 주 조업어장 (131°E 이서 (以西) 해역)에서 수온전선대의 형성 방향을 살펴보았다. 즉 우리나라 주 조업어장의 수온전선대 형성은 호황년인 1993년은 동서 방향으로 형성되었고, 불황년인 1986년은 남북방향으로 형성되었다 (Fig. 3.4.6~3.4.9, Fig. 4.1). 그리고 호황년인 1993년은 밑집어장이 한국 동해 연안측에서 형성되었지만, 불황년인 1986년은 대화퇴해역에서 밑집어장이 형성되었다 (Fig. 3.2.3, Fig. 3.2.4). 이는 홍·조 (1983)의 논문에 의하면 쓰시마난류의 분지류가 대한해협에서 동해로 유입되어 한국동해 연안역을 치우쳐서 북상할때와 일본 연안역인 동쪽으로 치우쳐 북상하는것과 관련이 깊은 것일 것이다.

이상으로 동해 전 해역에서 살오징어가 많이 어획되었던 '90년대와 살오징어가 적게 어획되었던 '80년대의 어획변동 요인은 크게 자원량, 조업어선수, 조업어장, 조업방법 및 어장환경과 밀접한 관계가 있었다. 살오징어가 많이 어획되었던 '90년대에는 '80년대에 비해 단위노력당 어획량 (어획량/조획기)은 많았으며, 외투장이 큰 오징어가 어획되었다. 그리고 조업어선수도 증가하였으며, 조업어장은 축소되었다. 자동조획기의 수는 증가하였으며, 오징어채낚기외에 대형트롤어업에 의한 어획비율이 증가하였다. 그리고 어장환경의 경우 수온은 높았고, Chlorophyll-a/동물프랑크톤의 양은 많았다. 그리고 수온전선대는 연안을 따라 동서방향으로 형성되었다.

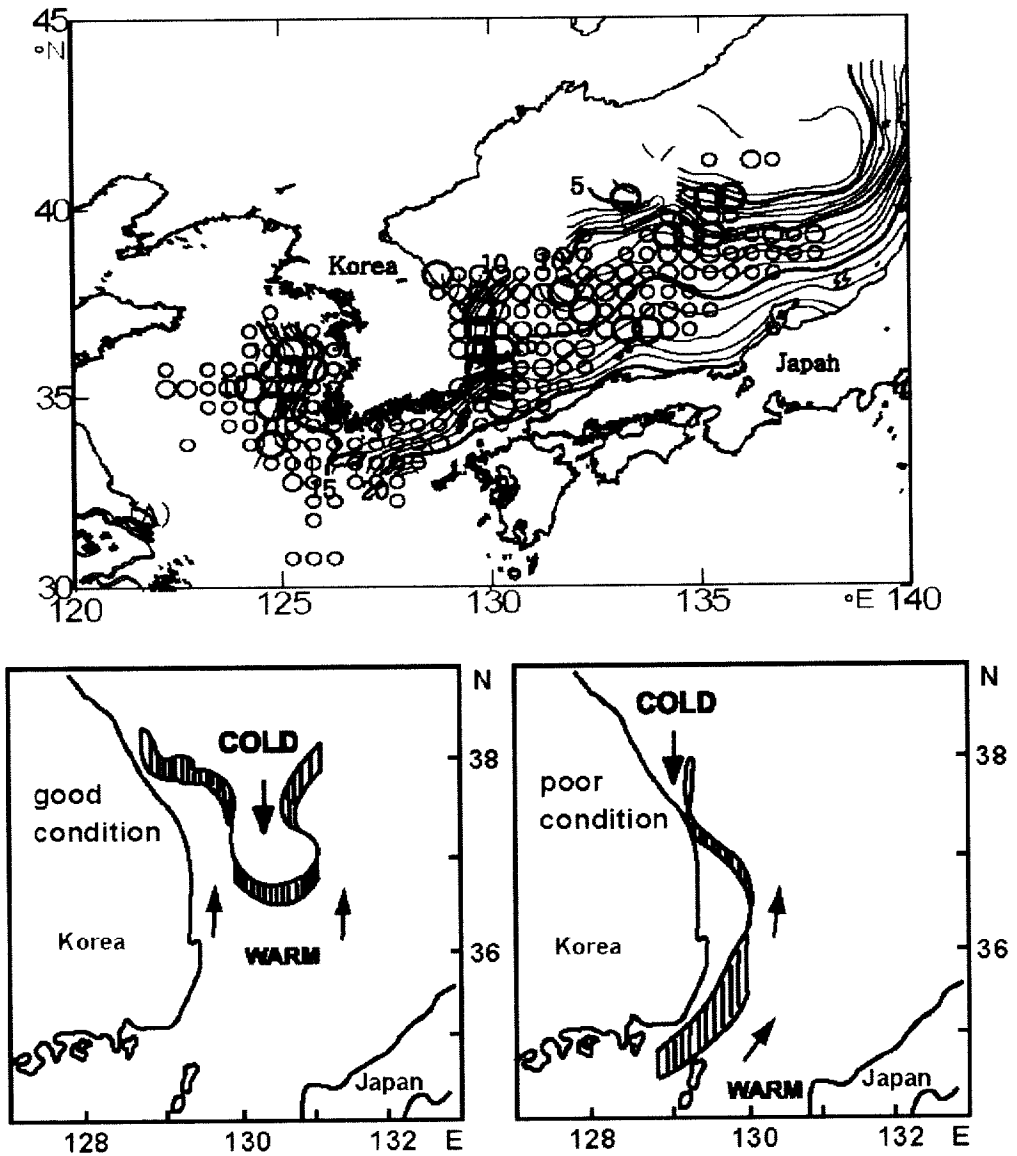


Fig. 4.1. Normal temperature and fishing ground distribution (upper) of common squid and schematic diagram of thermal front by good and poor fishing conditions (lower) in the East Sea of Korea.

V. 결론

본 연구에서는 동해 전 해역에서 살오징어가 많이 어획되었던 '80년대와 살오징어가 적게 어획되었던 '90년대의 어획변동 요인을 자원량, 조업어선수, 조업방법, 조업어장 및 어장환경과 관련하여 살펴보았다.

살오징어가 많이 어획되었던 '90년대는 살오징어가 적게 어획되었던 '80년대에 비해 단위노력당어획량 (어획량/조획기)은 많았으며, 상대적으로 큰 살오징어가 어획되었다. 그리고 성 성숙체장도 상대적으로 컸다.

'90년대는 10톤 미만의 연안채낚기어선수는 818척, 10톤 이상의 근해채낚기어선수는 5,970척으로 '80년대에 비해 각각 16%, 23% 증가하였다. 90년대는 자동조획기의수가 2,591대로 '80년대에 비해 191% 증가하였다. '80년대에는 살오징어 어획의 주 대상어업이 오징어채낚기어업으로 살오징어의 연간 총생산량의 90% 이상을 차지하였으나, '90년대에는 대형트롤어업 및 대형선망어업에서 어획되는 어획비율이 증가하였다.

'90년대는 동해연안 및 울릉도 주변해역의 어장을 이용하였으나, '80년대는 동해연안, 울릉도 주변 및 대화포해역의 어장을 이용하였다. 살오징어가 많이 어획되었던 '90년대는 '80년대와 비교하여 수온이 상대적으로 높았으며, Chlorophyll-a/동물프랑크톤의 양도 상대적으로 많았다.

북상하는 난류 세력과 남하하는 한류세력이 만나 형성되는 수온 전선대가 우리나라 주 조업어장인 131° 이서(以西) 해역에서 동서 방향으로 형성되면 어황은 좋았고, 수온전선대가 연안을 따라 남북방향으로 형성되면 어황은 좋지 않았다.

감사의 글

본 논문의 완성을 위해 아낌없는 조언과 격려를 보내 주시고, 향후 학자로서 나아갈 길을 깨우쳐 주신 조규대 지도교수님의 열정적인 가르침에 깊이 감사드립니다. 그리고 본 논문의 체계를 잡아주시고 다듬어 주신 한국해양대학교 윤종휘 교수님, 김동선 교수님, 국립수산물과학원 최용규 박사님과 김상우 박사께 감사함을 전합니다. 그리고 수산해양학의 중요성을 깨우쳐 주시고 논문의 체계를 잡아주신 공영 박사님에게 감사를 드립니다. 그리고 이충일, 배상완, 박성은을 비롯한 수산해양학 실험실 후배 여러분에게 깊은 감사를 드리며, 고우진, 김종빈, 장이현이의 격려에 큰 힘이 되었습니다.

본 논문의 작성에 아낌없는 협조를 해 주신 백철인 부장님, 김영섭 팀장님을 비롯한 자원연구팀 직원 여러분께 미안함을 담은 감사의 말씀을 드립니다. 그리고 자료 정리에 많은 도움을 준 김은라, 이찬희, 김문희, 이지희를 비롯한 자원연구팀 계약직 여러분들과 동해연구소에서 아낌없이 자료 제공을 해 주신 허영희 연구사님께 감사를 드립니다.

그리고 이 논문이 완성되기까지 격려를 아끼지 않았던 내 주변의 친구들에게 감사를 드립니다.

본 논문의 완성을 위해 항상 걱정해 주시고 뒷바라지를 해 주신 어머니님, 아버지님, 장인, 장모님에게 머리 숙여 감사를 드리며, 옆에서 사랑으로 내조하여 준 사랑하는 아내와 최인수, 원석 및 지희에게 이 작은 결실을 바칩니다.

참고문헌

- Akamine, T., 1982. A basic program to analysis the polymodal frequency distribution into normal distribution. Bull. Japan Sea Reg. Fish. Res. Lab., 33, 163~166 (in Japanese).
- Cho, K.D., 1980. Studies on the distribution and fluctuation of the purse-seiner fishing grounds in relation to oceanographic conditions in the East Chins Sea. DR. Thesis, Tokyo Univ. Japan, 124 (in Japanese).
- Choi, K.H., S.D. Hwang and J. I. Kim, 1997. Fishing Conditions of Common Squid (*Todarodes pacificus* STEENSTRUP) in Korean Waters. J. Korea Fish. Soc., 30(4), 513~522 (in Korean).
- Choi, S.J., Y. Nakamura and T. Arimoto, 1997. Horizontal illuminance of line source model for fishing lamps around the coastal squid jigging boats. Nippon Suisan Gakkaishi, 63, 160~165 (in Japanese).
- Choi, Y.K., 1994. Oceanographic characteristics of the Japan Sea Proper Water. DR. Thesis, Nat'l. Fish. Univ. Pusan, 116pp (in Korean).
- Doi, T. and T. Kawakami, 1978. Biomass of Japanese Common Squid *Todarodes pacificus* STEENSTRUP and the management of its Fishery. Bull. Tokai. Reg. Res. Lab.(99), 65~83 (in japanese)
- Hong, C.H. and K.D. Cho. 1983. The northern boundary of the Tsushima Current and its fluctuations. J. Oceanol. Soc. Korea, 18(1). 1~9 (in Korean).

- Isobe, A., 1999. On the origin of the Tsushima Warm Current and its seasonality. *Continental Shelf Research*. 19. 117~133.
- Kasahara, S. and S. Ito, 1968. Studies on the migration of common squid in the Japan Sea. II. Migration and some biological aspects of common squids having occurred in the offshore regions of the Japan Sea during the autumn season of 1966 and 1967. *Bull. Jap. Fish. Res. Lab.* (20), 49~69 (in Japanese)
- Kasahara, S., 1978. Description of offshore Squid angling in the Sea of Japan, with special reference to the distribution of Common Squid (*Todarodes pacificus* STEENSTRUP); and on the techniques for forecasting fishing conditions. *Bull. Japan Sea Reg. Lab.* (29), 179~199.
- Kidokoro, H. and Y. Hiyama, 1996. Spatial variation in growth of Japanese Common squid, *Todarodes pacificus* STEENSTRUP in the Sea of Japan. *Bull. Japan Sea Nat'l. Fish. Res. Inst.*(46), 77~86 (in Japanese).
- Kidokoro, H. and Y. Wada, 1997. Statolith analysis of the hatching date of young Japanese Common Squid *Todarodes pacificus* STEENSTRUP sampled in Wakasa Bay in spring. *Bull. Japan Sea Nat'l. Fish. Res. Inst.* (47), 105~110 (in Japanese).
- Kidokoro, H. and R. Uji, 1999. Estimation on the Japanese common squid *Todarodes pacificus* cannibalized by their own species. *Bull. Japan Sea Nat'l. Fish. Res. Inst.* (49), 123~127 (in Japanese)
- Kim, B.A., Y.J. Jo, J.P. Kim, K.B. Lim, B.K. Kim and S.H. Hong, 1984. Oceanographic conditions and fishing grounds of

- Common squid, *Todarodes Pacificus* (Steenstrup), in the Yellow Sea off Korea. Bull. Fish. Res. Dev. Agen., Korea, 33, 21~33 (in Korean).
- Kim, H.K., 2001. Distribution and variabilities of the Currents across the Korea Strait. DR. Thesis, Nat'l. Univ. Pukyong, 96 (in Korean).
- Kim, Y.H., 1993. Population Analysis of the Common Squid, *Todarodes pacificus* STEENSTRUP in the Korean Waters. DR. Thesis, Nat'l. Fish. Univ. Pusan, 106 (in Korean).
- Kiyofuji, H., S.I. Saitoh, Y. Sakurai, T. Hokimoto and K. Yoneta, 2001. Spatial and temporal analysis of fishing fleet distribution in the southern Japan Sea in October 1996 using DMSP/OLS visible data. Proceedings of the first international symposium on GIS in fishery science, 178~185.
- Lee, C.I., 2003. Relationship between variation of the Tsushima Warm Current and current circuration in the East Sea. DR. Thesis, Nat'l. Univ. Pukyong, 93 (in Korean).
- Lee, H.J., 1984. A note on water masses and general circulation in the Yellow Sea. J. of Oceanol. Soc. Korea, 187~194 (in Korean).
- Lee, S.D., Y.S. Son and Y. C. Kim, 1985. A study on the distribution of Common Squid, *Todarodes pacificus* (STEENSTRUP) in the Eastern Waters of Korea. Bull. Fish. Res. Agency, 36, 23~28 (in Korean).
- Lim, J.Y., 1967. Ecological studies on Common Squid, *Ommastrephes sloani pacificus* Steenstrup in the eastern waters of Korea. Rept. Resour. Fish. Res. Dev. agen.,

- Korea, 7, 41~49 (in Korean).
- Matsumiya, Y., S. Tanaka, K. Tatsukawa, K. Asano and Y. Ishida, 1980. Studies on Common Squids and their distribution around the Yamato-Tai. Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab. (36), 1~10 (in Japanese)
- Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF), 1971~1983. Yearbook of Fisheries Statistics.
- Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF), 1984~1996. Statistical Yearbook of Agriculture, Forestry and Fisheries.
- Ministry of Maritime Affairs and Fisheries (MOMAF), 1997~2003. Statistical Yearbook of Maritime Affairs and Fisheries.
- Murayama, T., Y. Hiyama and S. Kasahara, 1993. Why is autumn the main spawning season of the Common squid in the Japan Sea? Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab. (43), 93~103.
- Naganuma, K., 1967. Consideration on the Formation of Fishing Grounds for Pink Salmon, Saury and Squid in the Offshore Frontal Zones of the Japan Sea. Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab. (18), 93~107 (in Japanese).
- NFRDI, 2002. Fishing gear of Korea. 82~85 (in Korean).
- Okiyama, M., 1965. On the feeding habitat of the Common squid, *Todarodes pacificus* STEENSTRUP, in the Off-shore region of the Japan Sea. Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab. (14), 31~41 (in Japanese)
- Roper, C.F.E., R.E. YOUNG and G.L. Voss, 1969. An illustrated key to the families of the order Teuthoidae (Cephalopoda). Smithsonian Cont. Zool., 13, 1~32.

- Sakurai, Y., H. Kiyofuji, S. Saitoh, T. Goto and Y. Hiyama, 2000. Changes in inferred spawning areas of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda:Ommastrephidae) due to changing environmental conditions. ICES Jour. of Mar. Sci., 57, 24~30.
- Shojima, Y., 1971. The Common squid, *Todarodes pacificus* STEENSTRUP, in the East China Sea- I. Distribution and Annual Abundance. Bull. Seikai Reg. Lab., 273, 21~44 (in Japanese).
- Sokal, R.R. and F.J. Rohlf, 1981. Biometry, 2nd ed. W. H. Freeman and Company, NY, U.S. 594~601.
- Tanaka, S., 1956. One method of polymodal frequency distribution and application to analyse frequency distribution of body length of *Dentex tumifrons*. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 14, 1~13 (in Japanese).
- Voss, G.L., 1977. Present status and new trends in cephalopod systematics. Symp. Zool. Soc. Lond., 38, 49~60.
- Yang, S.G., K.D. Cho and C.H. Hong, 1984. On the abnormal low temperature phenomenon of the Yellow Sea Bottom Cold Water in summer, 1981. J. of Oceanol. Soc. Korea, Vol. 19, No. 2, 125~132 (in Korean).

Appendix

Appendix 3.3.1. Monthly sampling numbers of mantle length frequency for squid jigging and purse seine fishery from 1970 to 2002 in the East Sea of Korea.

(unit : number of individual)

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
1970							200			80			280
1971							400	400	400	400	400	400	2,400
1972							300						300
1973						600	1,011	741	1,771	1,825	900	298	7,146
1974													0
1975					694	1,149	1,059	724	1,123	352	474	80	5,655
1976	440			232	255	380	120	170	219	120	152	1,121	3,209
1977						470	420	60	223	360	364	320	2,217
1978						120	120	291	287	450	450	187	1,905
1979	233		100		228		185	94	86	77		84	1,087
1980						180	180	180	180	180	180	237	1,317
1981						180	180	180	540	491	307	303	2,181
1982					564	1,250	1,546	1,450	276		160		5,246
1983					14	372	592		574	140	190	150	2,032
1984					916	512	1,170	378	822	201	266	150	4,415
1985					196	100	350	233	359	100	100	82	1,520
1986						100	100	150	88	98	100	90	726

Appendix 3.3.1. Continued

(unit : number of individual)

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
1987							149	466	388	100	5		1,108
1988						100	100	196	100	100	100		696
1989							100	102	563	33	100	79	977
1990													0
1991						140	74	58	283	262	39	47	903
1992		316	442	117	1,123	765	161	132	81	763	196	307	4,403
1993	115	297	488	234	687	32	406	188	1,554	627	419	184	5,231
1994			219	129	154	218			138	641	173		1,672
1995	194	264	448	205	617	78	65	91	155	206	40	46	2,409
1996		280	222		142	254	39	40	40	827	230	442	2,516
1997		164	222	220	156	120	85	95	90	160	238	178	1,728
1998	204	670	382	697	185	178	130	190	180	179	385	182	3,562
1999	253	116	194	264	130	206	130	177	169	140	140	181	2,100
2000	120	96	230	167	300	210	181	120	180	160	214	180	2,158
2001	83	163	319	734	344	255	251	120	179	120	177	181	2,926
2002	179	150	168	152	61	343	120	220	120	180	200	214	2,107
Total	1,821	2,516	3,434	3,151	6,766	8,312	9,924	7,246	11,168	9,372	6,699	5,723	76,132

Appendix 3.3.2. Monthly mean mantle length for squid jigging and purse seine fishery from 1970 to 2002 in the East Sea of Korea.

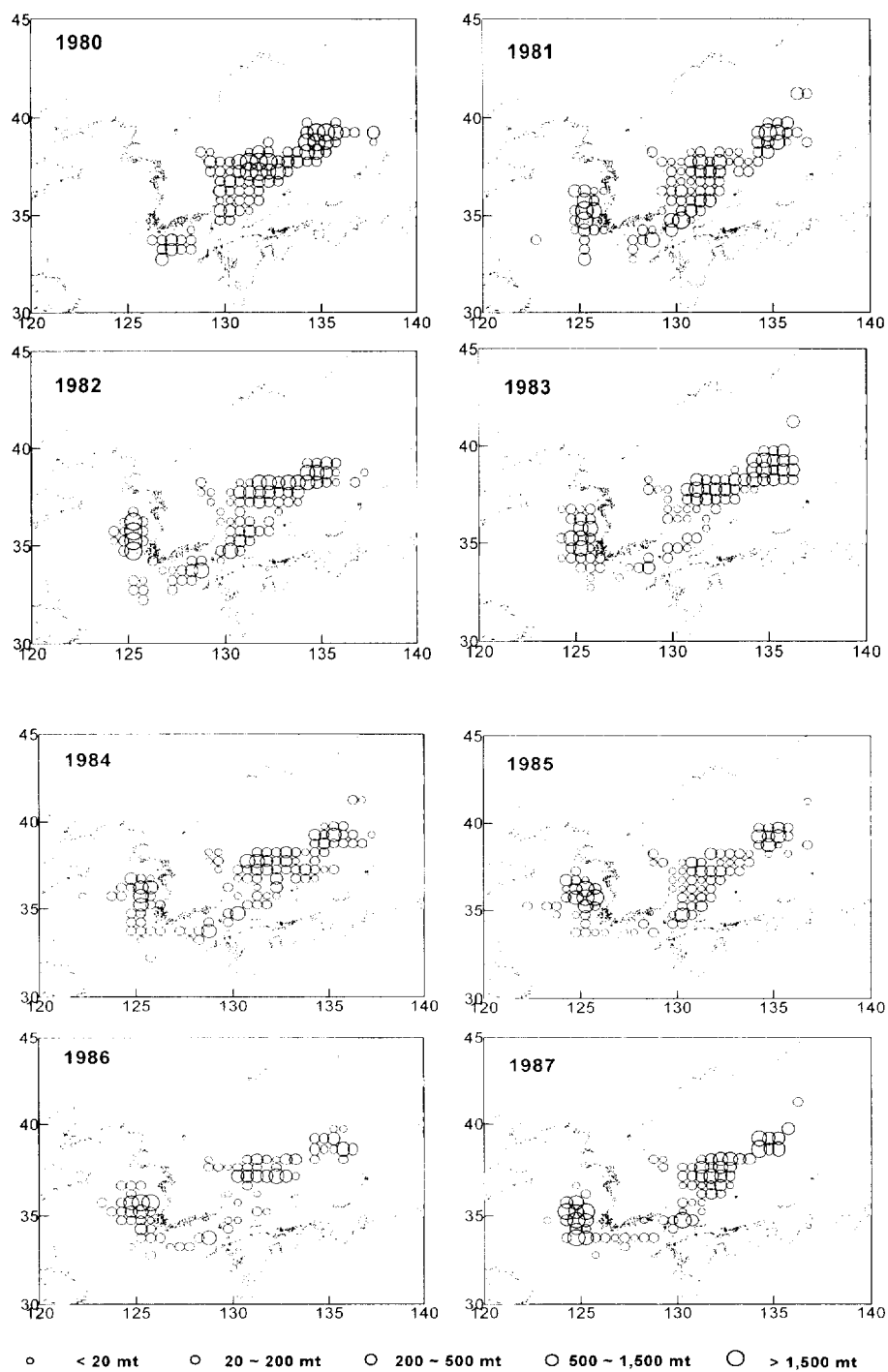
(unit : cm)

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
1970							22.7			25.1			23.4
1971							20.2	22.5	21.6	21.7	21.4	20.9	21.4
1972							22.0						22.0
1973						19.3	19.3	21.7	25.3	24.1	18.1	18.9	22.1
1974													
1975					15.8	18.0	17.9	22.3	23.7	25.3	21.4	21.4	20.2
1976	23.8			14.1	18.1	18.4	20.4	25.2	23.1	18.5	21.2	23.1	21.3
1977						19.8	17.5	22.3	24.0	21.7	20.3	22.8	20.7
1978						12.7	18.3	23.2	23.8	23.6	24.0	26.1	22.9
1979	24.7		18.5		19.7		22.1	22.5	24.4	24.0		22.8	22.2
1980						20.0	18.5	20.1	23.1	17.7	23.0	23.6	21.0
1981						17.1	15.9	19.0	24.6	21.9	22.9	23.7	21.8
1982					20.0	15.5	16.4	15.8	17.3		17.8		16.5
1983					17.3	16.1	18.1		22.7	12.1	21.0	11.9	18.4
1984					17.6	18.3	17.5	22.8	22.6	22.7	19.5	23.9	19.6
1985					19.8	20.9	18.6	22.6	21.7	24.7	24.0	25.3	21.4
1986						19.9	19.9	19.1	18.4	20.3	21.5	23.0	20.2

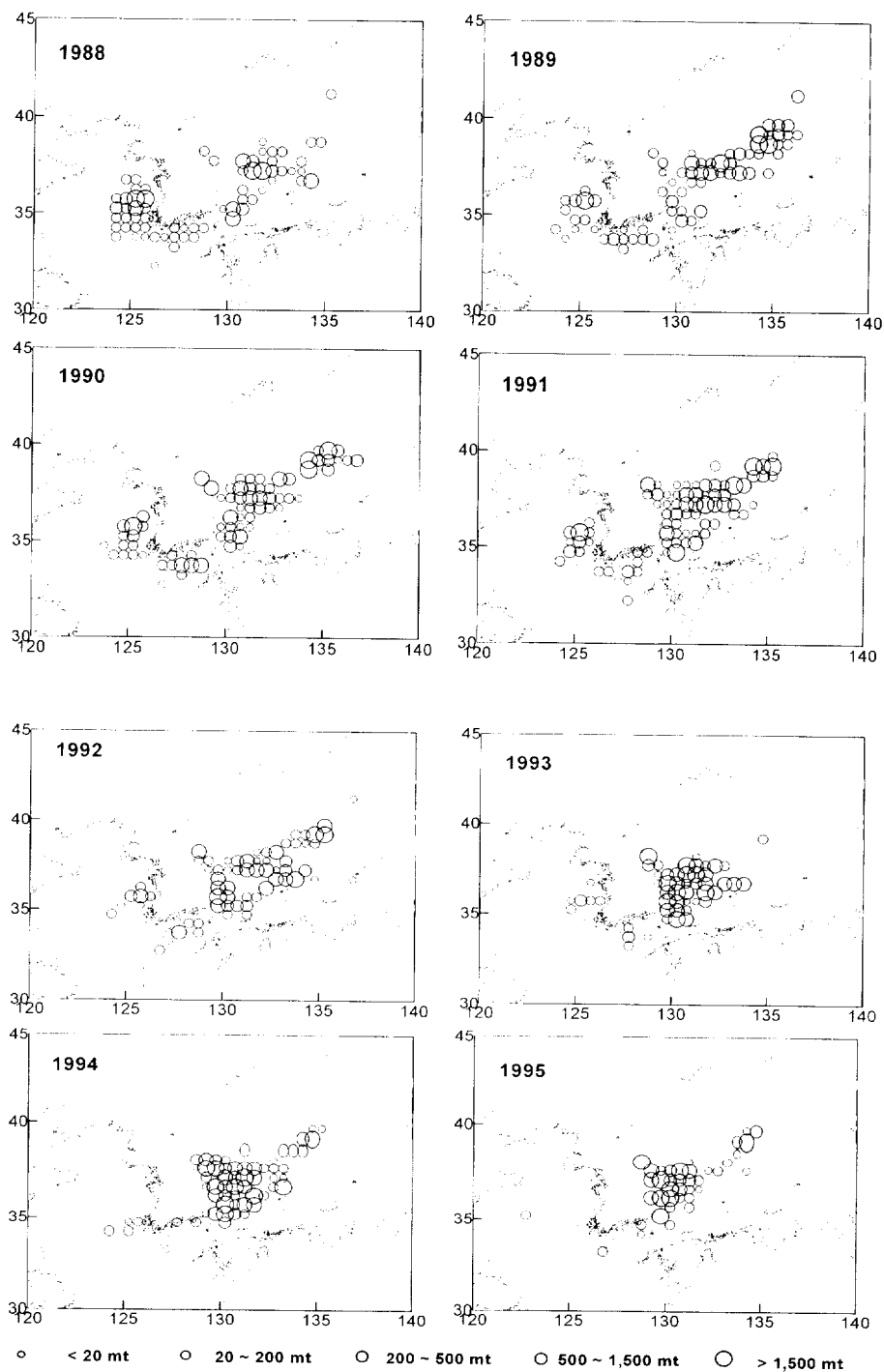
Appendix 3.3.2. Continued

(unit : cm)

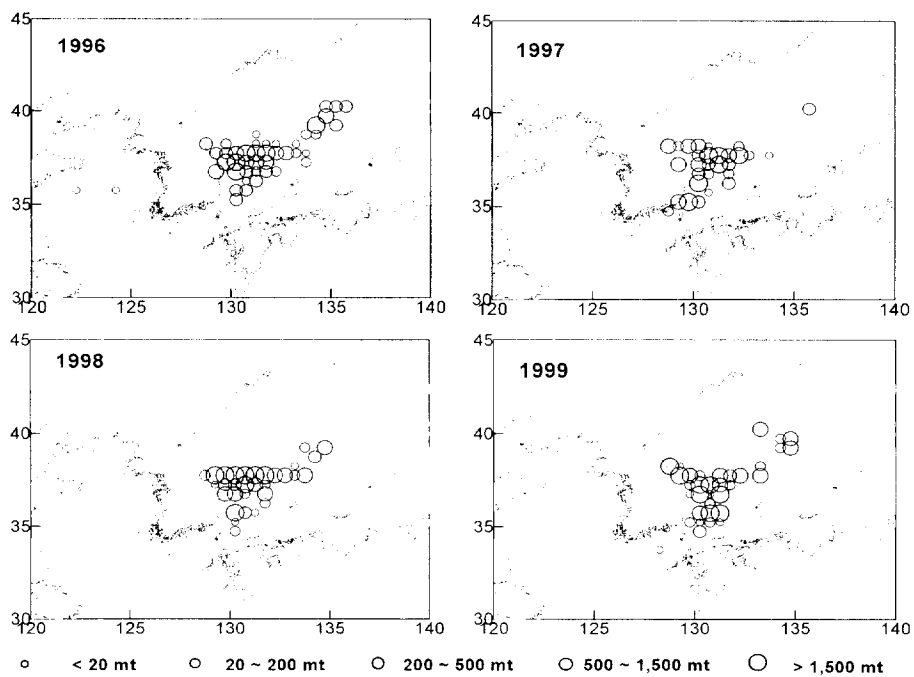
Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
1987							16.0	17.2	18.3	24.1	25.4		18.1
1988						21.9	21.5	19.8	22.6	23.6	23.7		21.9
1989							22.6	20.2	21.3	16.4	23.2	23.8	21.5
1990													
1991						20.2	22.7	20.8	20.2	24.4	25.4	23.8	22.1
1992		21.7	21.5	21.2	15.6	19.2	18.3	22.2	24.0	25.8	25.1	25.5	20.7
1993	25.4	21.7	20.9	20.3	15.2	18.8	19.8	20.9	24.3	23.8	23.4	24.0	21.8
1994			19.8	18.3	17.3	15.0			25.4	25.4	25.6		22.0
1995	24.2	24.9	20.9	19.3	17.6	18.6	19.4	19.5	25.0	23.1	24.5	21.6	21.0
1996		20.3	18.6		17.7	16.9	18.7	19.5	24.1	24.9	24.2	24.1	22.2
1997		23.6	21.5	23.1	18.8	19.3	21.1	21.7	24.2	24.0	23.5	22.1	22.2
1998	22.6	23.5	21.9	20.1	16.0	17.1	16.4	20.4	22.6	24.8	22.0	21.7	21.3
1999	23.0	18.7	21.2	19.8	16.9	17.8	19.4	22.6	22.6	24.2	24.4	23.5	21.2
2000	24.9	23.8	19.4	21.3	16.2	17.9	20.4	21.3	24.6	24.9	23.3	23.1	21.2
2001	23.6	23.1	21.8	16.4	17.1	16.3	18.7	20.6	23.0	23.5	23.8	24.0	19.6
2002	23.8	18.5	23.4	17.0	24.7	19.1	20.1	22.2	23.5	26.9	26.3	25.0	22.4
Total	24.0	22.0	20.8	19.2	17.8	18.2	19.3	21.0	22.8	22.9	22.8	22.8	21.1



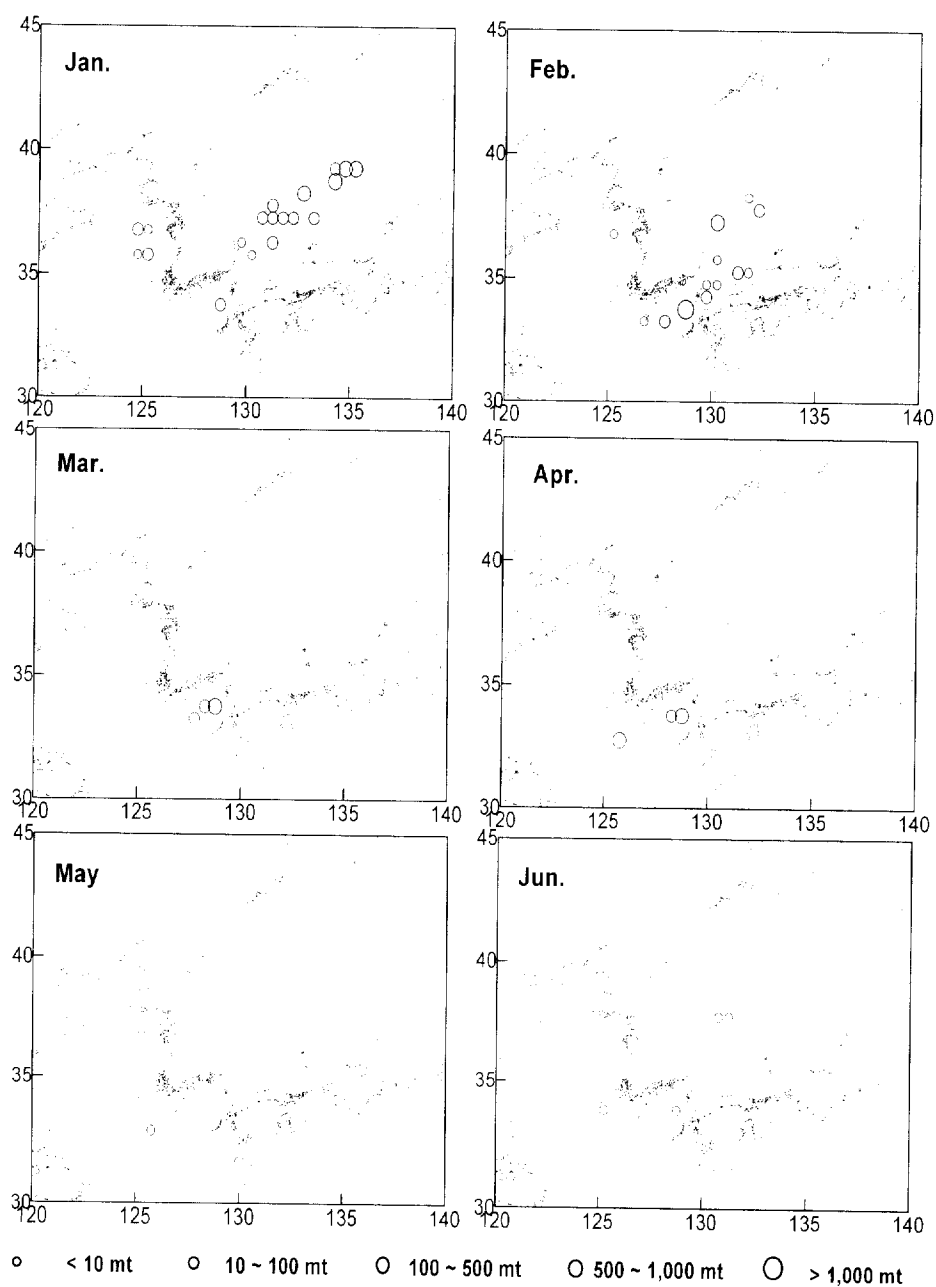
Appendix 4.1. Yearly fishing ground distribution of common squid caught by squid angling fishery from 1980 to 1987.



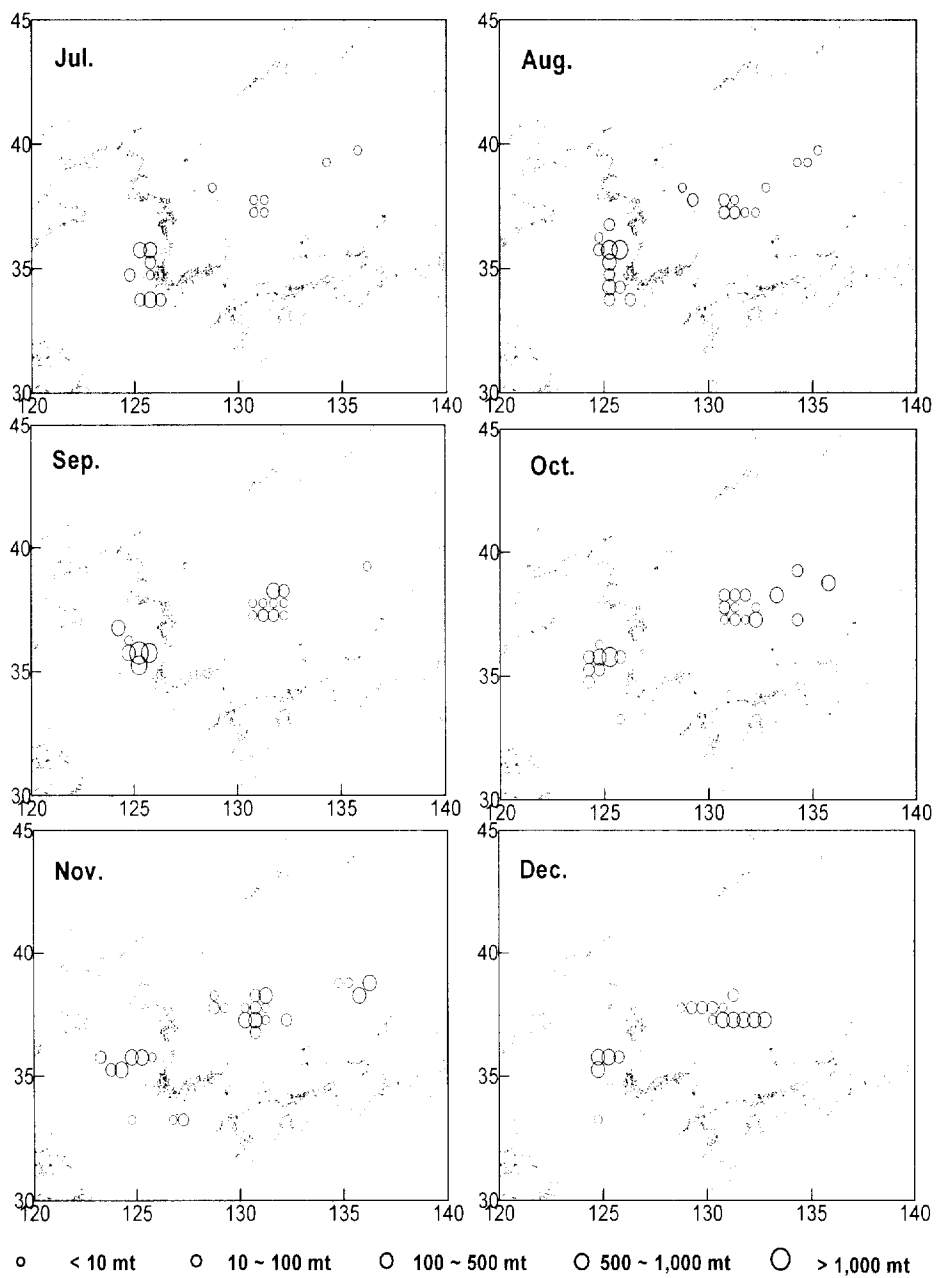
Appendix 4.1. Continued from 1988 to 1995.



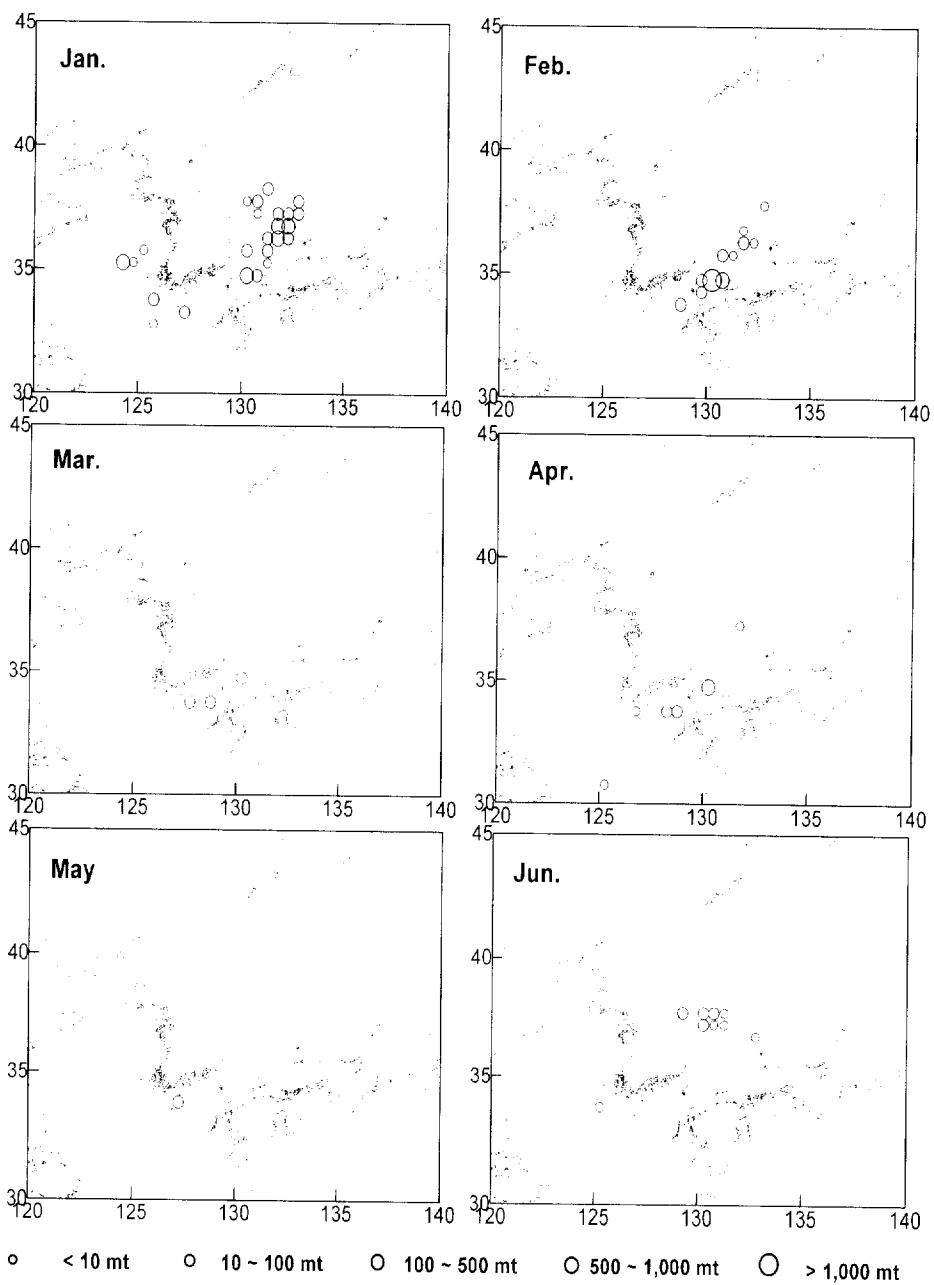
Appendix 4.1. Continued from 1996 to 1999.



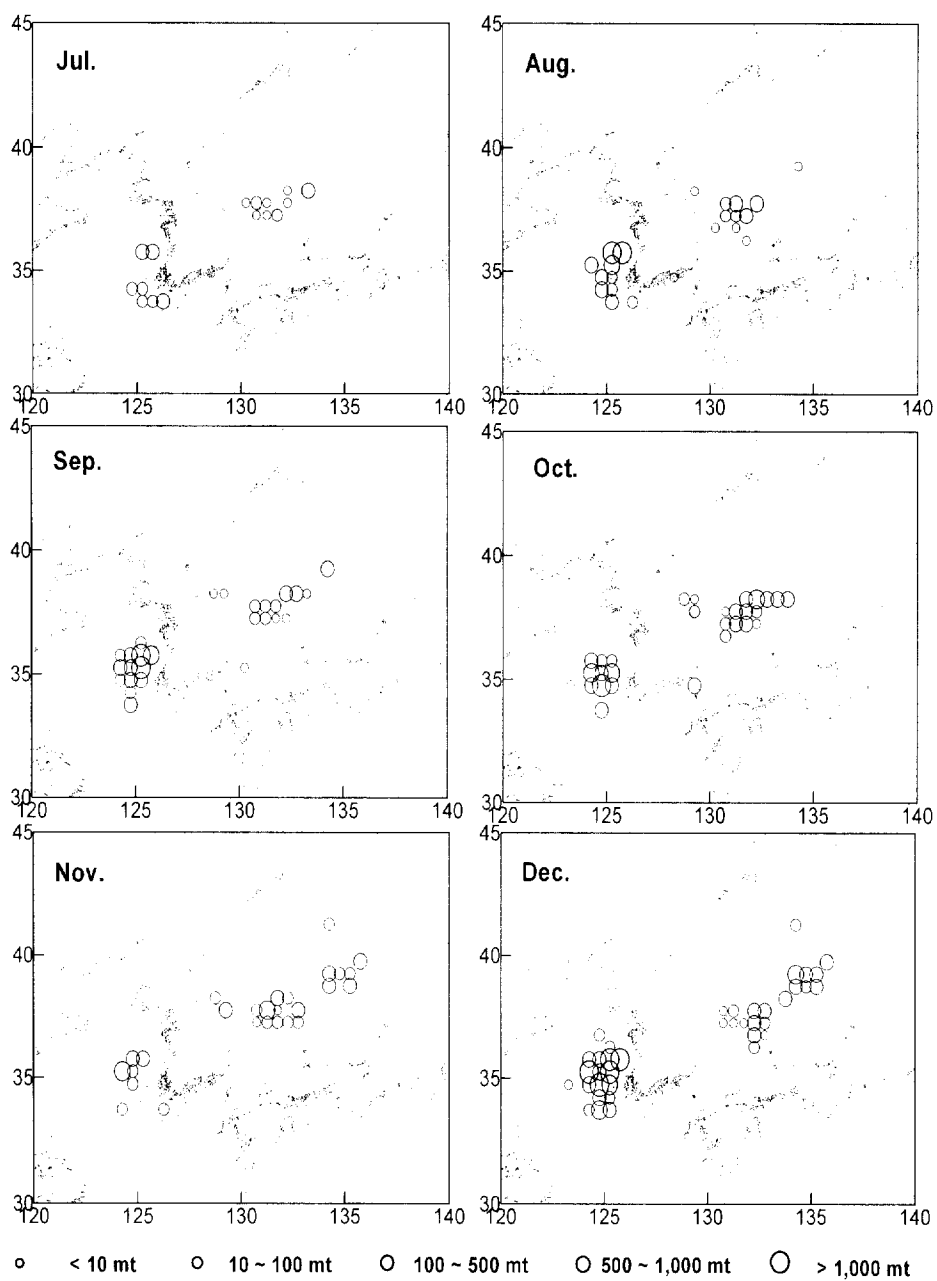
Appendix 4.2. Monthly fishing ground distribution of common squid caught by squid angling fishery for Jan.~Jun., 1986.



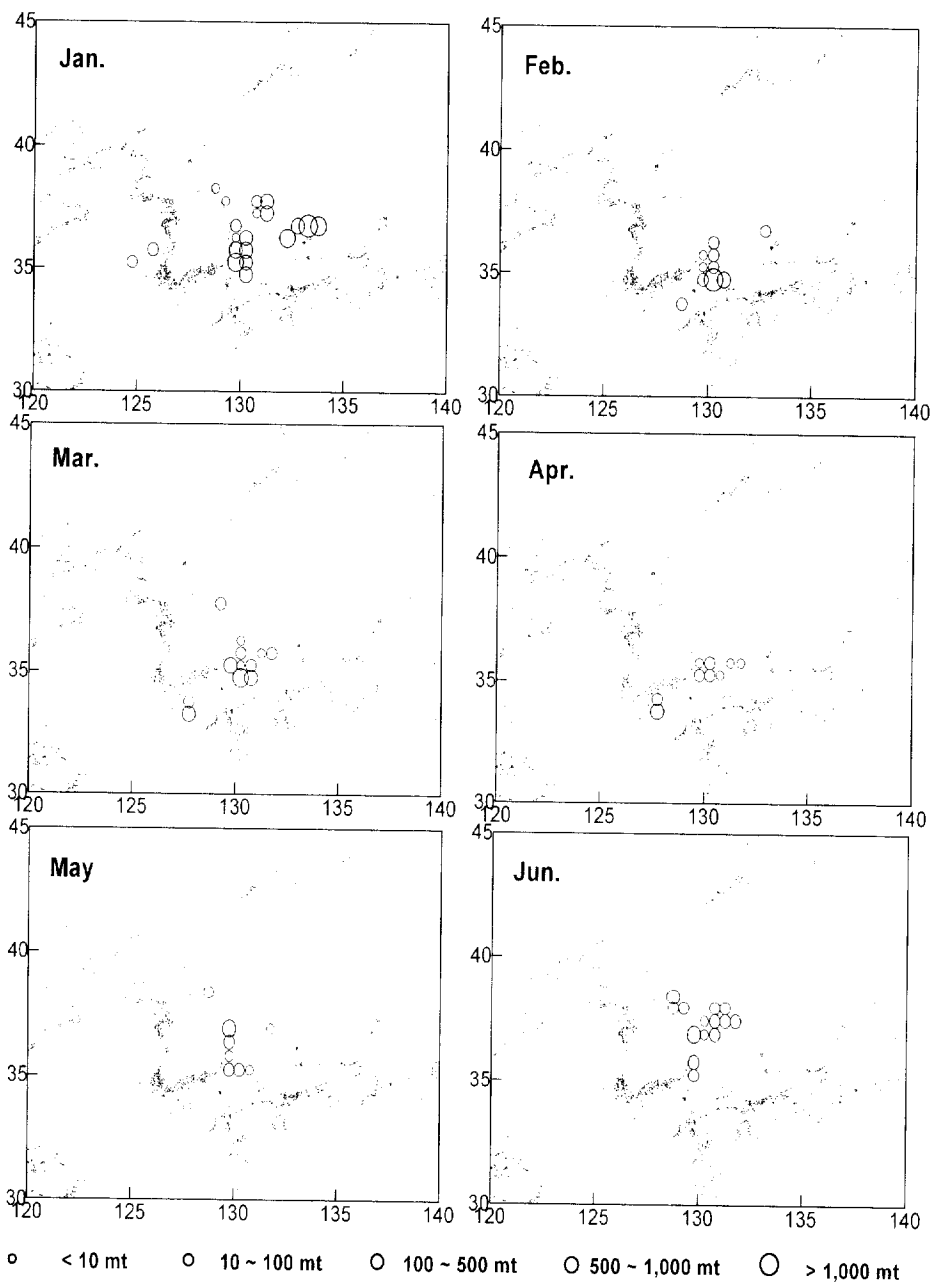
Appendix 4.2. Continued for Jul.~Dec., 1986.



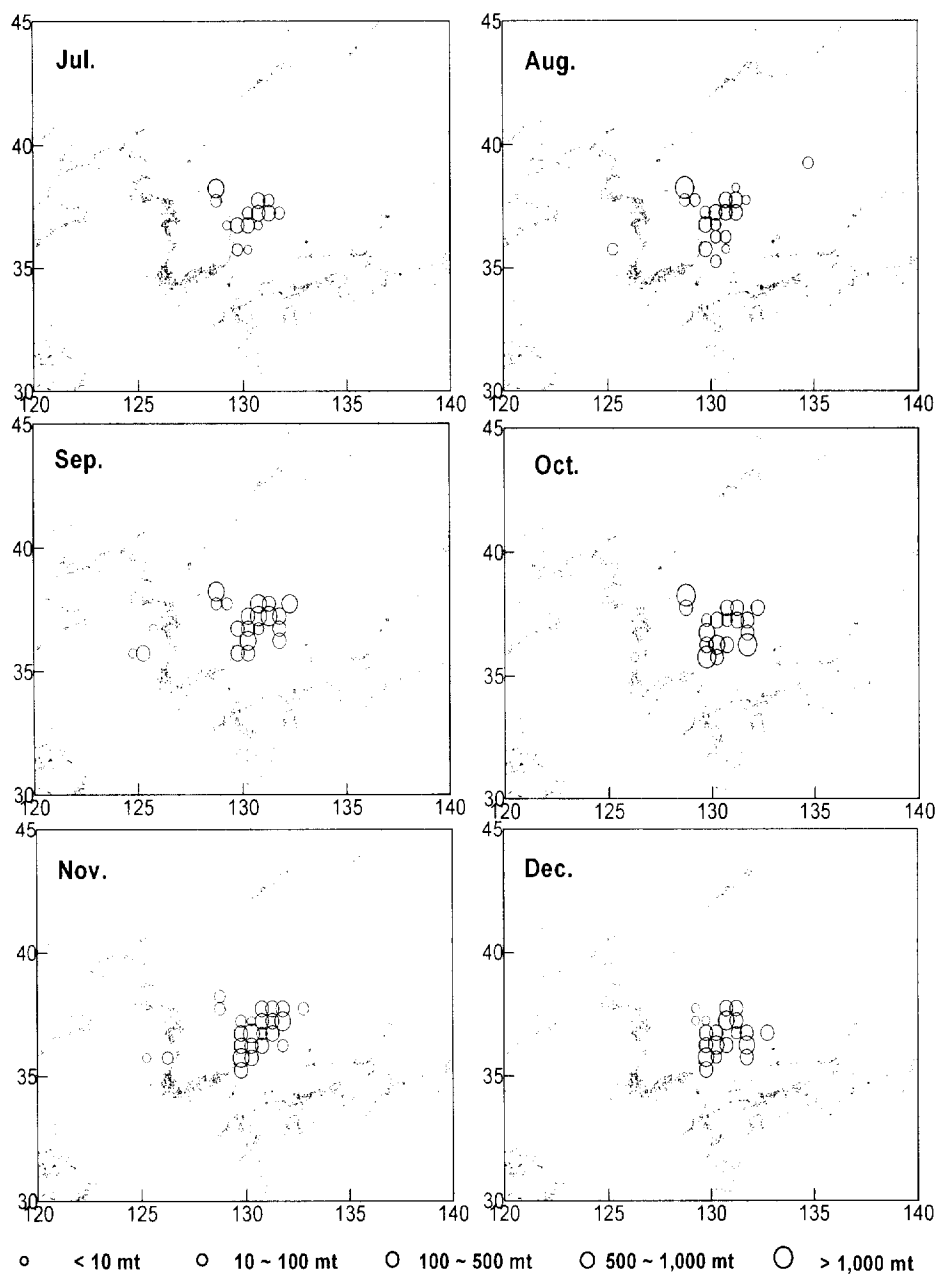
Appendix 4.2. Continued for Jan.~Jun., 1987.



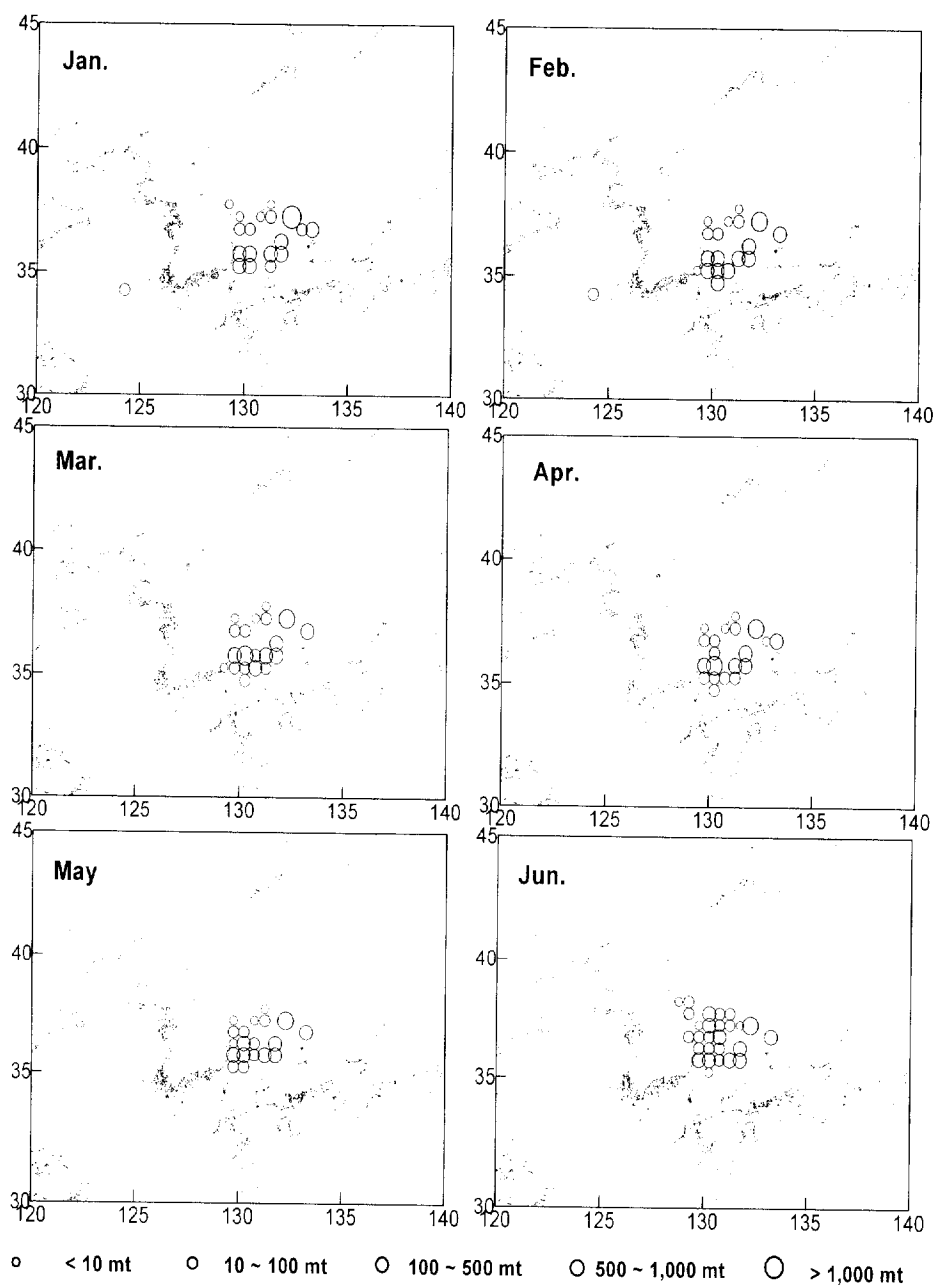
Appendix 4.2. Continued for Jul.~Dec., 1987.



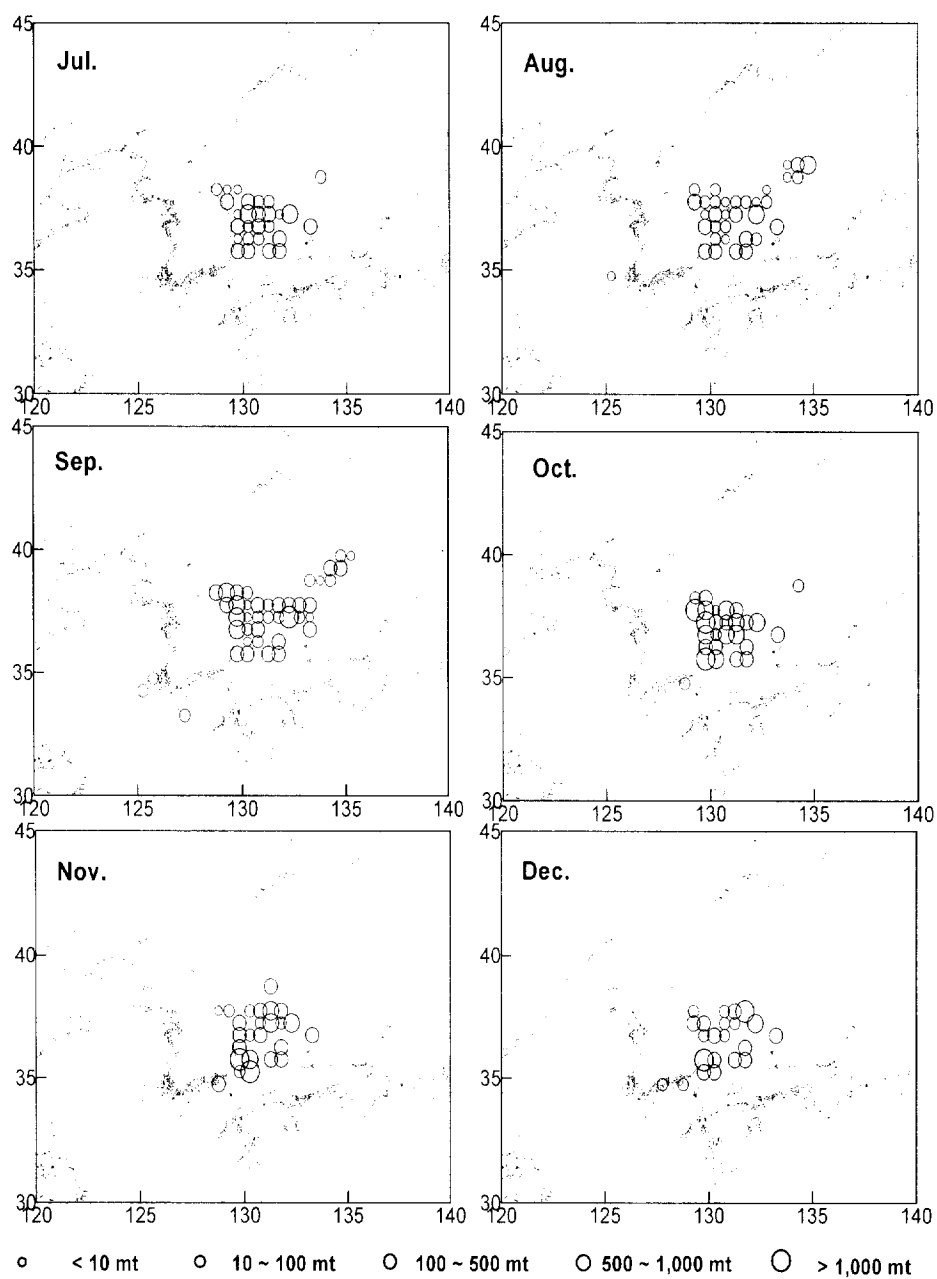
Appendix 4.2. Continued for Jan.~Jun., 1993.



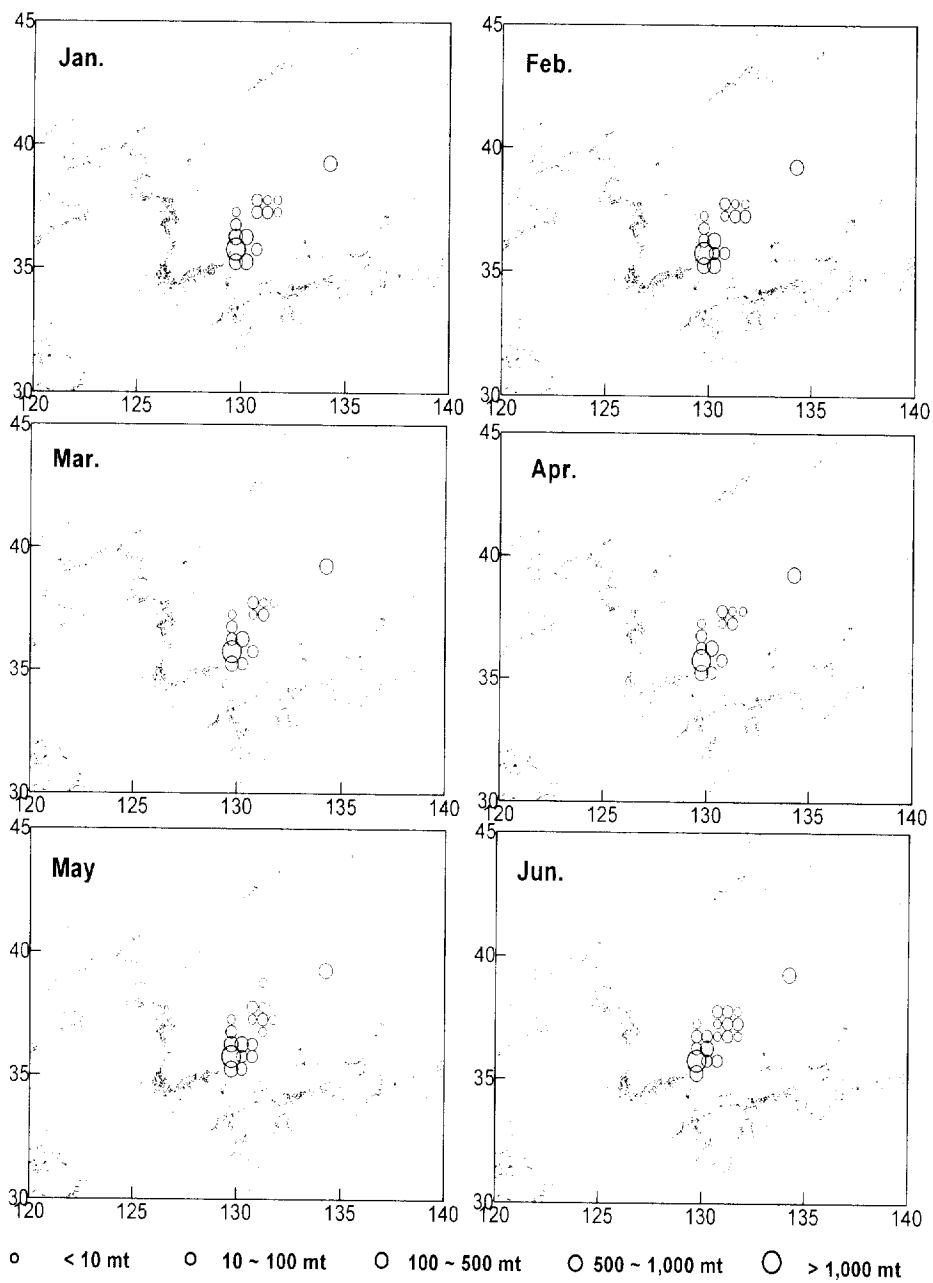
Appendix 4.2. Continued for Jul.~Dec., 1993.



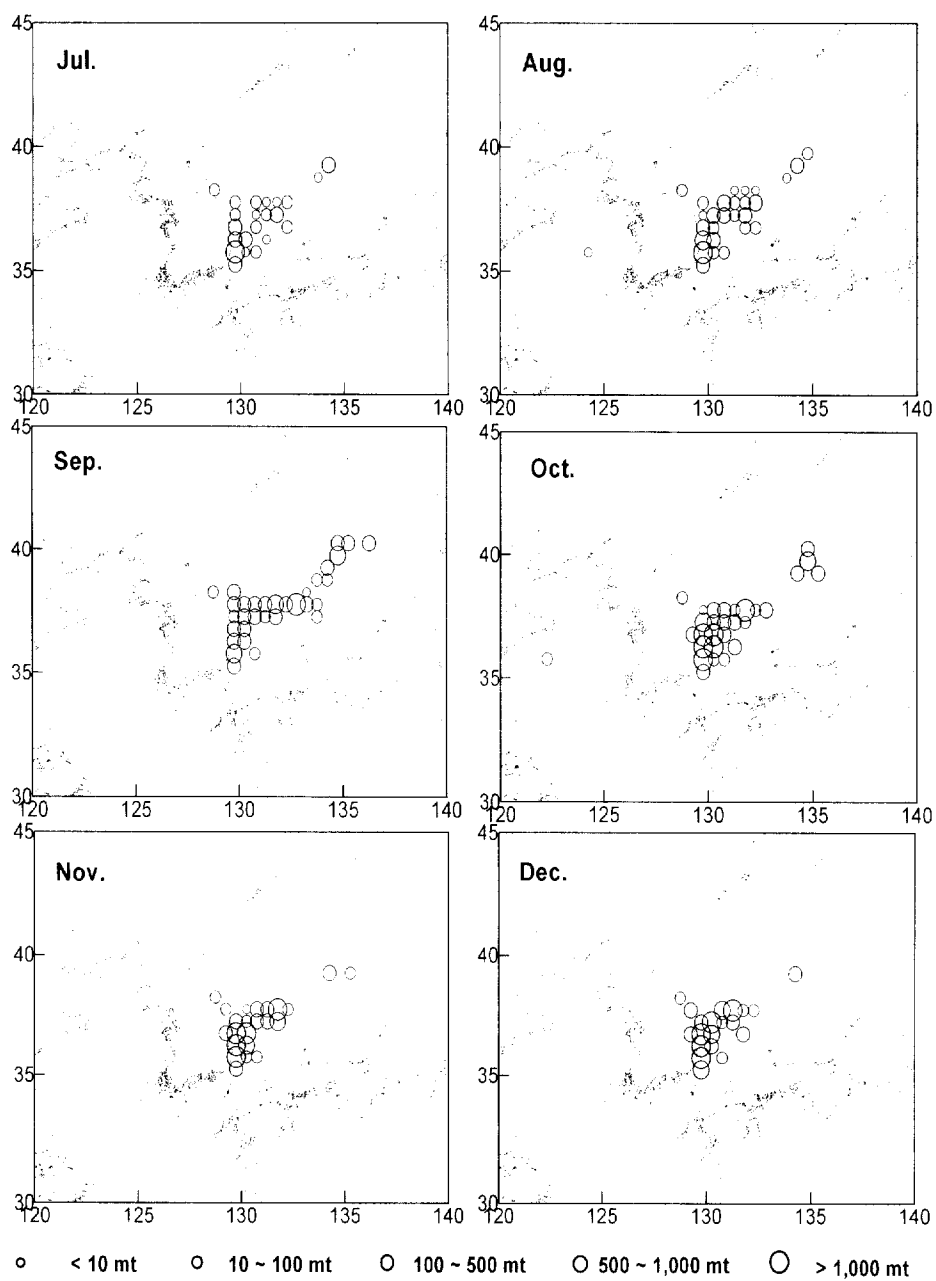
Appendix 4.2. Continued for Jan.~Jun., 1994.



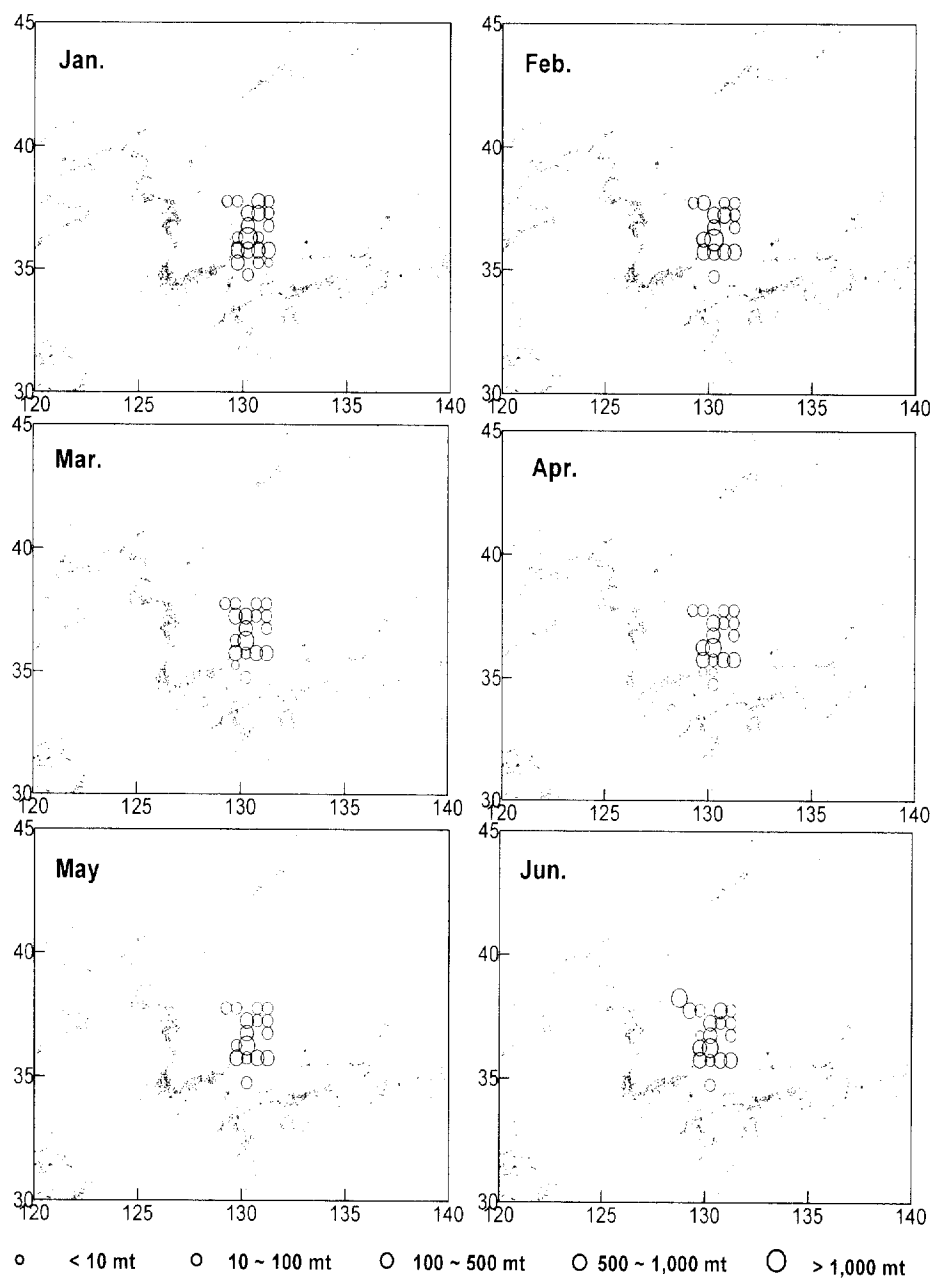
Appendix 4.2. Continued for Jul.~Dec., 1994.



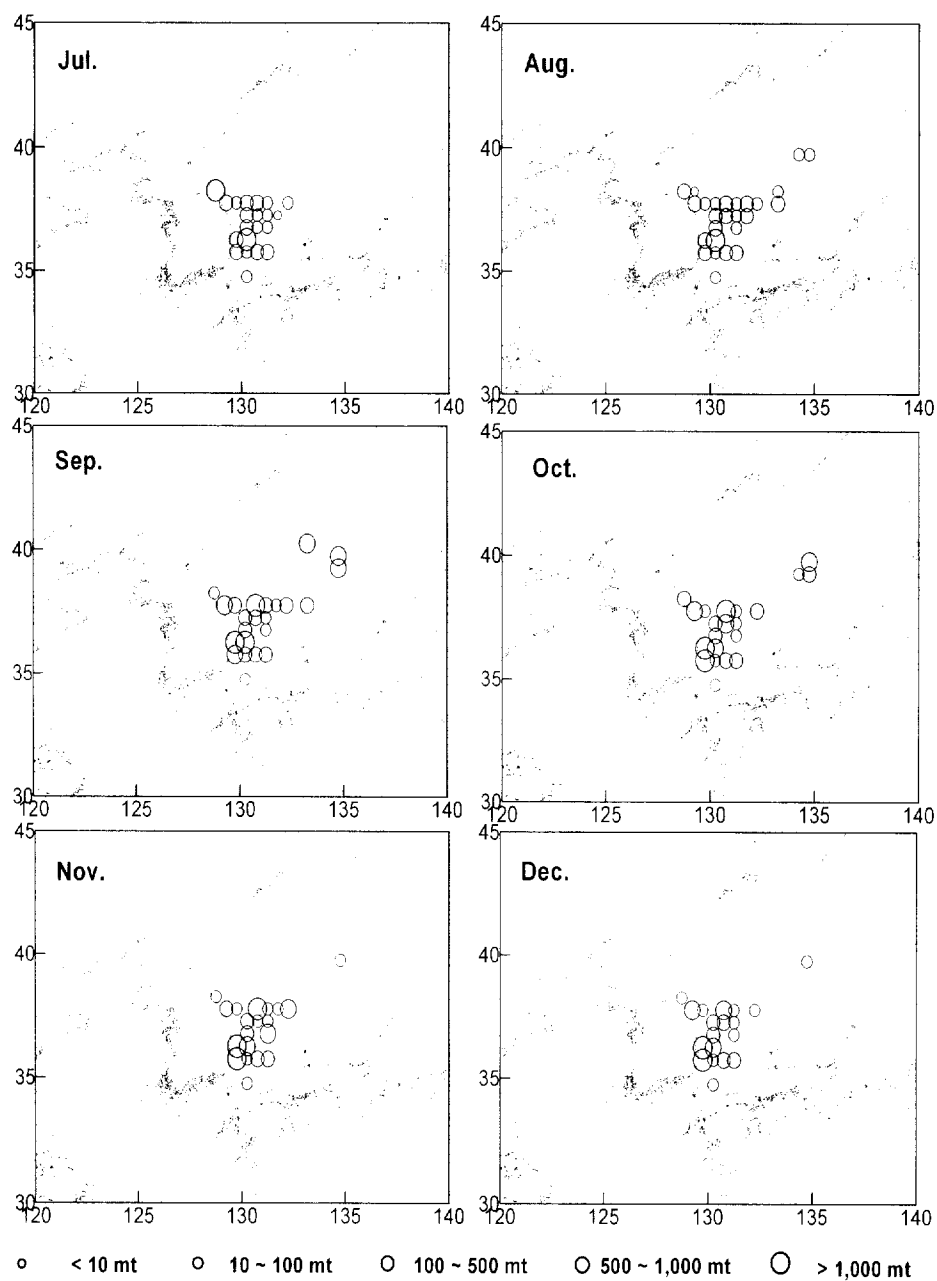
Appendix 4.2. Continued for Jan.~Jun., 1996.



Appendix 4.2. Continued for Jul.~Dec., 1996.



Appendix 4.2. Continued for Jan.~Jun., 1999.



Appendix 4.2. Continued for Jul.~Dec., 1999.