J. Kor. Fish. Soc. 37(3), 232-248 한수지, 37(3), 232-248, 2004

한국연근해 참조기 (*Pseudosciaena polyactis* Bleeker) 어장의 해황 특성

백철인 · 조규대[1] · 이충일[2*] · 최광호
국립수산과학원, [1]부경대학교 해양학과, [2]부경대학교 해양산업개발연구소

Oceanographic Conditions of Fishing Ground of Yellow Croaker (*Pseudosciaena polyactis*) in Korean Waters

Chul-In BAIK, Kyu Dae CHO[1], Chung Il LEE[2*] and Kwang-Ho CHOI
National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-092, Korea
[1]Department of Oceanography, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea
[2]Research Center for Ocean and Industrial Development, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

In order to utilize fisheries resources under a joint management scheme with adjacent nations, as well as detecting of fishing grounds, the factors which influence yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis*) in Korean waters were studied using historical catch per unit effort and oceanographic data. The main fishing ground near Cheju Island was located along the thermal front formed between the Yellow Sea Bottom Cold Water (YSBCW) and northward moving warm current. When the YSBCW (index temperature: 10℃) strongly extended southward, the fishing condition were worse than average. Especially, low temperatures greatly influenced stow net fisheries, which were operated in the deep water layer. The concentration and dispersal of fishing ground and catch coincided with oceanographic features and the seasonality of water masses.

Key words: Yellow croaker, *Pseudosciaena polyactis*, Thermal front, Oceanographic conditions, Yellow Sea Bottom Cold Water

서 론

참조기는 우리나라의 서·남해와 발해만, 동중국해 등 수심이 40-160 m인 모래나 뻘인 곳에 주로 서식한다. 그리고 체장 30 cm 정도의 크기가 되면 3-6월인 춘계에 3-7만개의 알을 낳고, 동물성 플랑크톤 및 어류의 알을 주 식성으로 하고 있다 (NFRDA, 1994). 참조기가 주로 분포하는 황해 및 동중국해역은 대부분 200 m 이천의 대륙붕으로 둘러쌓여 있으며, 황해난류, 중국대륙 연안수 및 황해 저층냉수가 혼재하면서, 계절에 따라 수온전선 및 염분전선을 형성하고 이들 전선연변에서 어장이 이루어지고 있다 (Cho, 1982; Yang and Cho, 1982; Baik, 1991). 이들 연구 결과에 따르면 수온, 염분의 변화가 참조기의 어황 변동에 영향을 미치는 인자로 작용한다.

황해, 동중국해에서 서식하고 있는 참조기는 황해혼합군 (黃海混合群), 강소군 (江蘇群) 및 절강군 (浙江群) 등 3개의 계통군이 있다 (Fig. 1). 황해혼합군은 발해연안 압록강 하구역 및 한국 서안의 각지에서 산란하고 10-11월에 외해측으로 이동하여, 황해 중·남부에서 제주도 서방 및 서남측 수역으로 남하한다. 강소군은 양자강 하구역의 북측에서 산란한 후 8-9월경에 외해측으로 이동하여, 12월에서 익년 3월에 황해 중·남부로부터 동중국해의 깊은 수심에서 월동을 한다. 또 4-5월이 되어 수온이 상승해지면 산란장으로 이동을 한다. 절강군은 2-3월에 중국남부의 절강 근해에 출현한 후 4-5월에 연안역에서 산란하고 외해측으로 이동하여 동계에 깊은 수심에서 월동한다 (Shojima and otaki, 1982).

우리나라에서 1960년대 이전에는 주로 황해 중앙부를 회유하는 계통군을 주 대상으로 유자망과 안강망어업에 의해 연평도 주변에서 춘계 참조기의 최 성어기가 (5월)에 이루어졌으며, 이때의 호 어장 조건은 수온 10-15℃, 염분 29-32 psu로서 산란을 마친 뒤에는 황해 전역으로 분산하는 것으로 보고되었다 (MAF, 1960). 특히 MAF (1960)는 서해 중부해역에서 안강망어업을 대상으로 해황과 어황 회유와 이동, 연령과 성장 등 주로 참조기 산란군의 자원 생물학적 부분에 대하여 상세하게 보고하였으나 어황과 해황간의 관계에 대한 연구는 거의 없다.

1970년대에는 점차로 참조기 자원의 감소와 함께 어군밀도가 동경 125°를 경계로 하여 서측에서는 감소하고, 동측에서 증대한다고 하였다 (Baik et al., 1992; Yeon and Park, 1991). 이때의 어황의 풍·흉은 저수온의 영향, 특히 황해 저층냉수의 소장이 크게 영향을 주었다 (Yang and Cho, 1982). Cho (1982)는 황해 저층냉수가 저어류 어장에 미치는 영향 연구에서, 어장의 50 m 수온의 평균편차와 안강망의 월별 평균 어획량의 평균편차에 대한 각각의 누적 곡선도를 비교한 결과, 어획량 변동 경향이 수온변동 경향보다 2-2.5년의 위상차를 가지고 변동한다고 하였다. 이러한 현상은 참조기와 강달이의 재생산

*Corresponding author: leeci@mail1.pknu.ac.kr

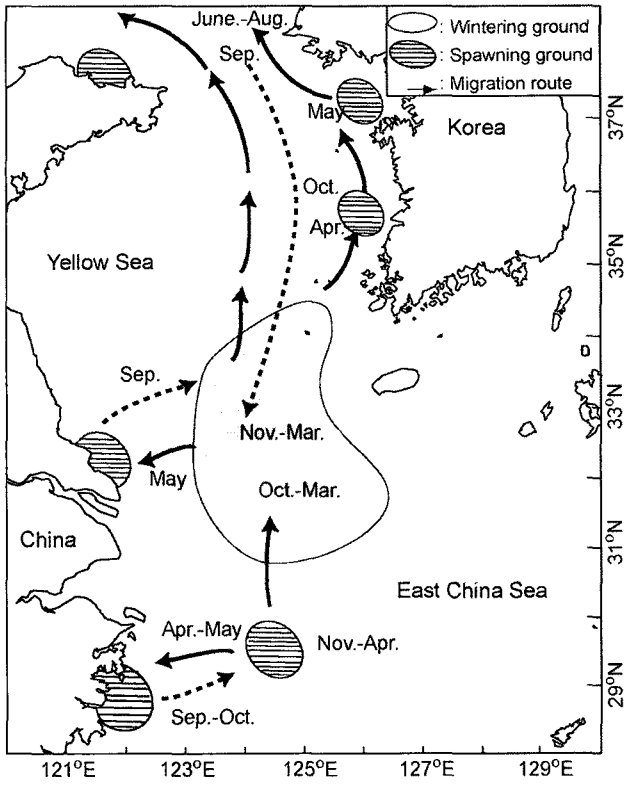


Fig. 1. Schematic diagram of distribution and migration routes of yellow coraker (*Pseudosciaena polyactis*) in the Yellow Sea and the East China Sea (NFRDA, 1985).

연령이 2세 이상이란 것을 감안할 때 수온이 저하할 때는 어획량이 감소하고 상승할 때 어획량이 증가하는 것은 어종의 산란, 부화 및 치어의 성육에 영향을 미치는 주요 인자임을 보여준다.

본 연구는 근해안강망어업과 쌍끌이 대형기선저인망·어업의 해구별 시기별 어획량 및 노력량 등의 어황자료와 수온, 염분, 수온전선 형성 및 수온약층 등의 해황 자료를 사용하여 참조기 어황과 해황과의 관계를 연구하였다.

재료 및 방법

재 료

어 황

참조기 어황의 장기변동 분석을 위하여 농림수산통계연보 (MOMAF, 1961-1999)의 연별 연별 및 월별 어획량 자료를 이용하였다. 참조기 어황의 계절변동 등에 사용된 모든 어황 자료는 해·어황 월간예보 (NFRDA, 1970, 1971, 1975, 1985, 1988, 1994; NFRDI, 1998, 1999)에 수록된 참조기의 연별, 월별 어획량자료이다. 또한, 서해와 남해의 주요 어항 (부산 등 20개 항구)에서 매일 어황조사 요원으로 하여금 수집된 쌍끌이 대형기선저인망어업과 근해안강망어업에 어획된 참조기의 해구별 어획량 및 단위노력당 어획량 (Catch per Unit Effort, CPUE) 자료를 이용하였다.

해 황

수온, 염분자료는 국립수산과학원에서 시험선을 이용하여 연간 6회 (2, 4, 6, 8, 10, 12월)에 걸쳐서 정기 관측한 저층 주변의 수온, 염분자료이다 (NFRDA, 1961-1995; NFRDI, 1996-1999). 이 중에서도 북위 32° 이남의 해황자료는 일본 서해구수산연구소 자료를 이용하였으며, 이 자료는 계절별 어획량과 수온, 염분전선과의 상호관계를 분석하는데 이용하였다 (SNFI, 1961-1999).

방 법

어장의 분포

참조기 자원의 분포밀도, 범위, 분포중심 및 어획량 추이 등을 해석하기 위하여 분포중심 및 분포범위에 대한 통계적 처리는 Sokal and Rohlf (1981)의 방법을 따랐다. 어장분포의 중심좌표 ($\overline{X}$, $\overline{Y}$)는 우선 참조기가 어획된 i해구의 중심좌표 (경도, X_i; 위도, Y_i)에 i해구의 단위노력당 어획량 (CPUE : Ci)을 가중하여

$$(\overline{X}, \overline{Y}) = \left(\frac{\sum_i C_i \cdot X_i}{\sum_i C_i}, \frac{\sum_i C_i \cdot Y_i}{\sum_i C_i}\right) \quad \cdots\cdots (1)$$

와 같이 추정하였다

참조기가 어획된 위치 (X_i, Y_i)에 대한 통계적 공동 신뢰영역 (Joint confident region)은 장축과 단축을 지나는 타원으로 표현하였으며, 이때 타원의 장축 (λ_1)과 단축 (λ_2)은,

$$\lambda_1 = 0.5[S_1^2 + S_2^2 + \sqrt{(S_1^2 + S_2^2 - 4(S_1^2 \cdot S_2^2 - S_{1\cdot2}^2)}] \quad \cdots\cdots (2)$$

$$\lambda_2 = S_1^2 + S_2^2 - \lambda_1 \quad \cdots\cdots (3)$$

으로 표시하였다.

여기서, S_1, S_2는 X, Y에 대한 표준편차이고, $S_{1\cdot2}$는 공분산이다.

타원의 방향성을 나타내는 장축 및 단축의 기울기 b_1, b_2는,

$$b_1 = \frac{S_{1\cdot2}}{\lambda_1 - S_1^2}, \quad b_2 = \frac{-1}{b_1} \quad \cdots\cdots (4)$$

로 추정하였다.

해 황

호황년과 불황년의 수온 평년편차는 1966년부터 1995년까지 30년간의 평년수온에 대한 편차를 사용하였고, 참조기 어황과 황해 저층냉수 지표수온인 10℃ 등온선 위치와의 관계를 조사하기 위하여 동경 125°를 기준 (Fig. 2)으로 한 연직구조로서 검토하였다.

어획량과 수온 및 염분의 분포는 정규분포 한다고 가정하고 정규분포에 따른 어획 적수온과 적염분은 Baik and Park (1985, 1986, 1990)의 방법인 식 (5)로 계산하였다.

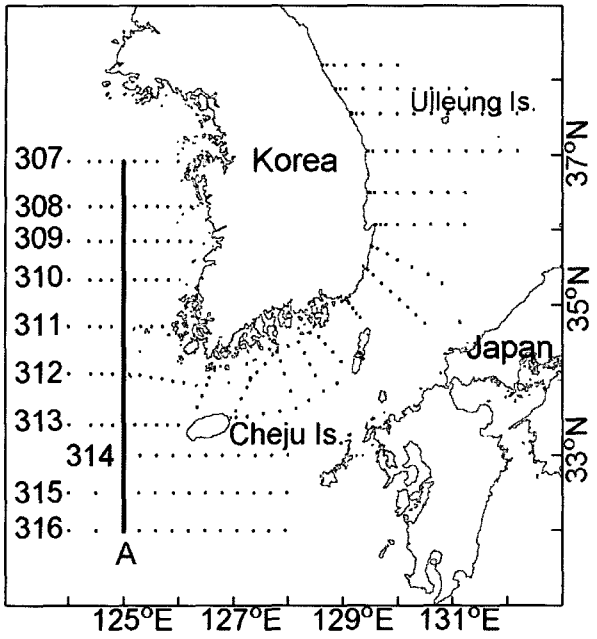


Fig. 2. Station map of oceanographic observation in the Korean waters by NFRDI. The transect A was selected for vertical distribution of water temperature. The dotted lines and numbers denote oceanographic survey stations.

$$\text{단, } f(0) = \sum_{i=1}^{n} f_i / \sigma\sqrt{2\pi} \quad \cdots\cdots (5)$$

여기서 f_i: 어획량, σ: 표준편차, X: 수온, 염분, $\bar{\chi}$: 수온 및 염분의 평균치를 각각 나타낸다.

결 과

어장의 분포 특성

어장범위

1970-1999년까지 우리나라 주변해역에서 어획되는 참조기의 어장 범위를 쌍끌이 대형기선저인망어업 과 근해안강망어업에 의한 해구별 어획량을 합하여 Fig. 3에 나타내었다. 전체 어장의 범위는 북위 26°에서부터 38°까지 남북으로 길게 형성되었으며, 동서로는 동경 121°에서부터 129°에까지 이르고 있다. 총 170개의 해구(30'×30')를 어장으로 이용하였으며, 이 중 주된 어장의 중심은 제주도 서북방에서 남방으로 밀집된 분포형태를 나타내고 있다.

어업별로 살펴보면, 쌍끌이 대형기선저인망어업의 CPUE (kg/tow) 분포 (Fig. 4)는 전체 어장의 범위와 유사한 형태를 나타내었으며, 100-200 kg/tow 이상 어획된 중심어장은 황해 중남부－제주도 남부－동중국해까지 넓게 나타나고 있다.

근해안강망어업의 평균 CPUE (kg/haul)의 분포 (Fig. 5) 양상은 쌍끌이 대형기선저인망 어업과는 다소 차이가 있는 것으로 나타났다. 황해 중부해역에서 20 kg/haul 이상이 어획되어 비교적 밀도가 높았고, 소흑산도를 중심으로 제주도 서부의 황해 남부에서 밀도가 높았다. 그러나 전체적인 어장의 범위는

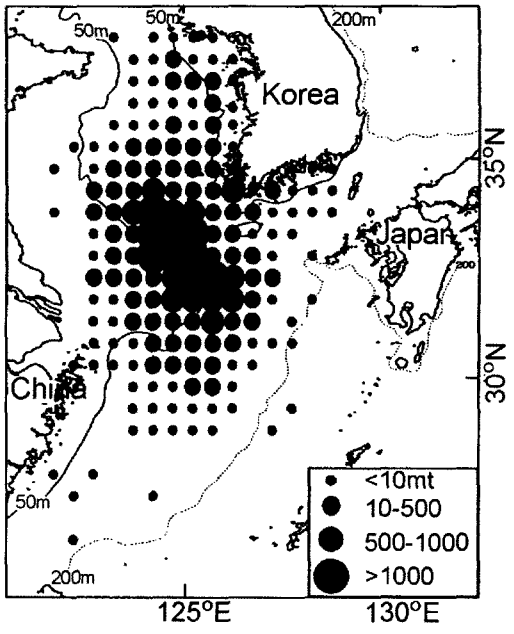


Fig. 3. Total catch distribution of yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis*) by the large stow net and the pair trawl fishery during 1970-1999.

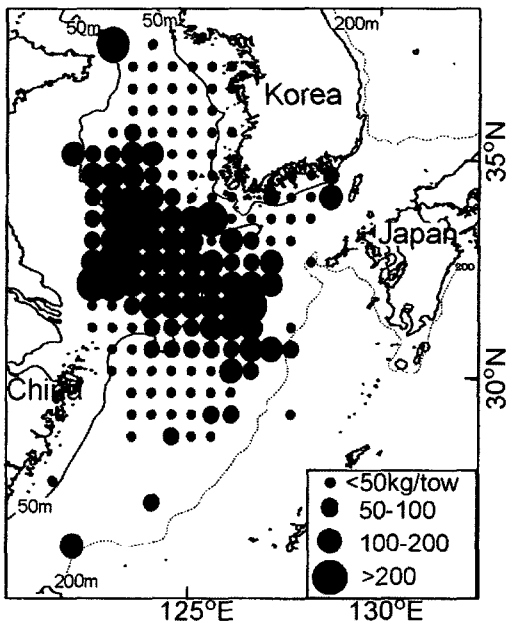


Fig. 4. CPUE (catch per tow) distribution of yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis*) by the pair trawl fishery during 1970-1999.

쌍끌이 대형기선저인망어업에 비해 부분적으로 어군밀도가 밀집하는 경향이었다.

풍흉에 따른 분포

1970년부터 1999년 까지의 참조기의 연별 총생산량 및 CPUE의 변동을 보면 (Fig. 6), 참조기 평균 어획량이 높은

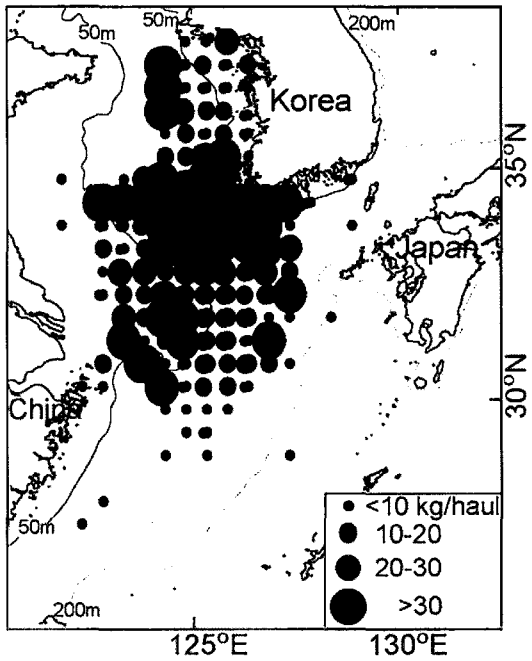


Fig. 5. CPUE (catch per haul) distribution of yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis*) by the large stow net fishery during 1970-1999.

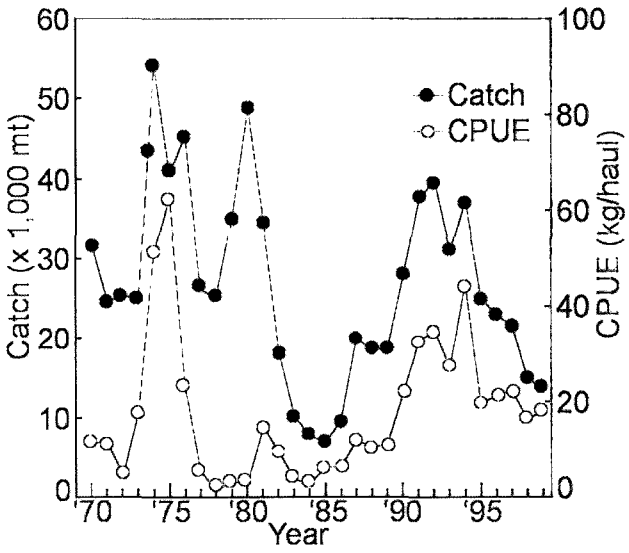


Fig. 6. Annual fluctuation of total catch and CPUE of yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis*) for the large stow net fishery in the coastal and off-shore waters from 1970 to 1999.

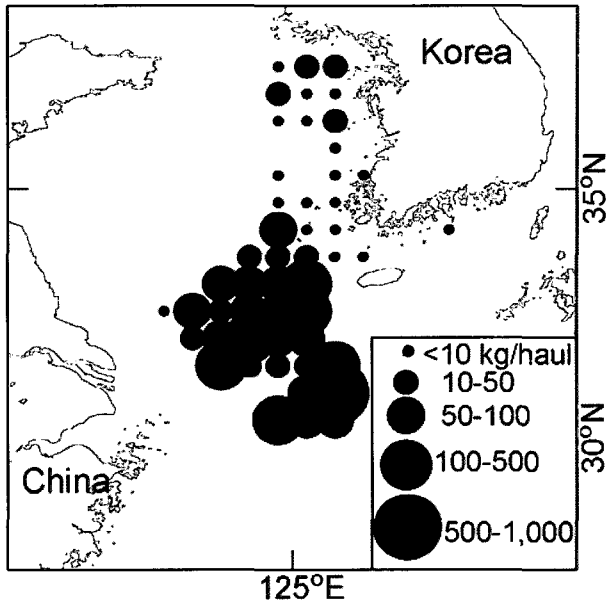


Fig. 7. Mean CPUE (kg/haul) distribution of yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis*) by the large stow net fishery in the good fishing year, 1974.

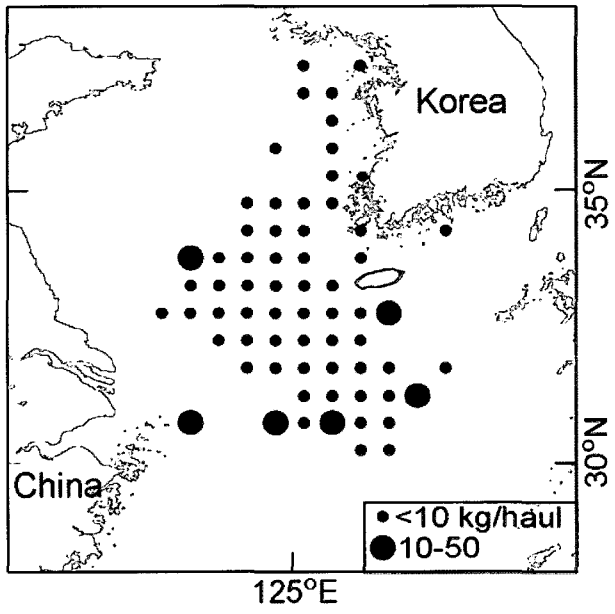


Fig. 8. Distribution of mean CPUE (kg/haul) of yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis*) caught by the large stow net fishery in the poor fishing year, 1985.

1974-1976과 1980, 1992-1994년은 각각 호황년으로, 1977-1978년, 1984-1986년과 1998-1999년은 각각 불황년으로 구분된다. 그리고 참조기 어황의 풍·흉년 가운데 어획량과 CPUE가 다른 해에 비해 상대적으로 적으로 높게 나타난 1974년과 상대적으로 낮게 나타난 1985년의 어장을 비교하기 위해 1974년의 근해안강망어업의 CPUE를 Fig. 7에 나타내었으며, 1985년은 Fig. 8에 나타내었다. 이 두 해의 어장을 비교해보면, 풍어년 이었던 1974년에는 CPUE의 절대값에서도 흉어년 이었던 1985년보다 높게 나타나고 있으며, 어장의 형성위치도 제주도 서남방에 밀집되는 형태를 나타내어 북위 30° 이북에서 형성되고 있다.

풍어년과 흉어년때의 월별 어장의 변화를 살펴보기 위하여

1974년 및 1985년의 근해안강망어업의 월별 CPUE (Figs. 9-10)를 보면 풍어년인 1974년의 월별 어장의 주된 형성 위치는 항상 소흑산도－제주도 서남방 해역을 중심으로 거의 일정한 해역에서 형성되고 있으며, 5월부터 서해 연안으로 북상하여 다음해의 1월까지 서해연안에서 어획되었다. 월별로는 3-5월과 9-12월에 높게 나타나고 있다. 흉어년인 1985년의 월별 어장 분포를 보면, 호황년에 비하여 어장이 분산되는 형태를 나타내었다.

1990년 근해안강망어업의 월별 어장 분포 및 어장중심 (Aappendix 1-3)을 분석하여 추정한 참조기의 회유 모식도 (Fig. 11)에서 월별로 어군의 분포상황을 보면 연중 제주도 서방해역에 분포중심을 두고 남측으로는 북위 30°, 북측으로는 소흑산도 주변까지 분포하며, 4월에 안마군도 근해까지 분포하는 것으로 나타났다. 5월부터 분포중심은 큰 차이는 보이지 않지만 북상 선진군의 북상회유가 뚜렷하여 격렬비열도 근해인 북위 37°까지 북상하였고, 7월 이후 8월까지에는 북위 38°의 연평도 주변까지 확산되었으나 어군밀도는 연중 가장 낮은 값을 나타내었다. 9월에 들어서는 어군의 밀도가 제주도 서방해역에서부터 점차로 증대되는 경향으로 보아 일부 어군의 남하회유가 행해지는 것으로 추정되며, 10월 이후에는 연평도 및 격렬비열도 주변으로부터 어군밀도는 낮은 값을 나타내면서 남하이동 현상이 뚜렷해지고, 12월에는 대부분이 흑산도이남 제주도 서방측으로 이동 분포하고 있다. 한편 남측으로는 5월부터 10월까지 양자강 남부 동중국해 중부해역으로 일부어군이 회유하는 경향을 보이며 11월부터 12월에는 다시 북상 회유하여 제주도 서방역으로 이동하는 현상을 보였다. 본 연구에서 나타난 결과는 Fig. 1에서 나타난 것에 비해 월동장소에 대한 변화는 없으나 산란회유 장소가 한국남해와 동중국해 남서해역에 있어서는 차이가 있는 것으로 나타났다.

어장환경

해양전선과 어장형성

1958-1960년, 1970-1999년까지 참조기의 해구별 평균어획량 분포와 저층 평균수온 및 평균 염분분포(Figs. 12-13)를 보면 1-3월 (동계)의 수온은 3-20℃, 염분은 31.40-34.60 psu의 범위로서 최고 최저간의 수온차는 17℃, 염분차는 3.20 psu를 나타내었다. 황해 중앙부의 한국 서해안 및 중국대륙 연안측에서는 수온 5℃ 이하, 염분 32.00 psu의 저온, 저염분역이 분포하였으나, 제주도 남부해역에서부터 황해중앙부를 향하여 수온 10-15℃ 및 염분 32.60-34.00 psu의 비교적 고온, 고염분의 등치선이 설상으로 북서방을 향해서 분포하였다.

이들 양 수괴간의 수온 수평경도는 제주도 주변에서 0.03℃/mile, 이어도 주변(제주도 남서 약 80마일 해상)에서 0.06℃/mile을 나타내었다. 염분 범위 32.00-34.00 psu간의 수평경도는 황해중앙부에서 0.07 psu/mile, 이어도 주변에서는 0.01 psu/mile을 나타내었다.

이러한 해양환경 하에서 참조기가 어획된 해구수는 107개에 달하였으며, 그 중심 어장역은 일향초－이어도간의 수온 및 염분 경도가 큰 17개 해구로서, 이 해구내에서 동계 총어획량의 79% (5,790 ton)를 차지하였다.

4-6월 (춘계)의 수온범위는 7-19℃, 염분은 30.60-34.60 psu의 분포범위로서 최고 최저간의 수온차는 12℃, 염분차는 4.0 psu이었다. 춘계에 들면서 전 해역이 동계에 비하여 수온상승 경향이 뚜렷해지면서 10℃ 이하의 저수온대는 황해 중앙부 해역으로 후퇴한 양상인 반면에 15℃의 고수온대가 중국대륙 연안측으로 접근한 형태로 나타났다. 수온의 수평 경도를 보면 이어도 주변에서는 12-15℃간에 0.02℃/mile을 나타내고, 염분수평경도는 32.00-34.00 psu간에 0.02 psu/mile을 나타내었다.

참조기의 어장범위는, 남쪽은 동중국해인 북위 27°에서부터 북쪽은 황해 중부역에 이르기까지 총 141개의 해구였으며, 이 중에서도 춘계 총어획량의 46% (1,740 ton)가 수온 및 염분의 수평 경도가 큰 이어도 주변의 13개 해구에서 어획되었다.

7-9월 (하계)의 수온범위는 8-21℃, 염분은 30.00-34.60 psu의 분포범위로서 그 수온차는 13℃, 염분차는 4.60 psu이었다. 황해 중앙부에서는 10℃ 이하의 저온수를 중심으로 이로부터 그 외측인 한국의 황해연안과 중국 연안측에서는 20℃의 고수온대를 수반한 반원상의 분포를 하였다. 황해 중앙의 저수온 수괴와 연안 수괴간에 한국 연안측에서는 0.17℃/mile 동중국해측에서는 0.1℃/mile의 수온 수평경도를 나타내는 강한 수온전선대를 형성하였다.

참조기 어장은 황해 및 이어도 주변의 총 118개의 해구에서 어획이 이루어졌으며, 하계 총어획량의 79% (3,310 ton)가 제주도 남서방의 수온 15-20℃간에 강하게 형성된 수온전선역인 16개 해구에 집중되었다.

10-12월 (추계)의 수온범위는 9-22℃, 염분은 30.00-34.60 psu의 분포범위로서 그 수온차는 13℃, 염분차는 4.6 psu이었다. 하계에 비하여 수온 강하현상이 뚜렷하여 황해 중앙부역에는 10℃ 이하의 저온수가, 그리고 18℃의 저수온대가 동중국해의 양자강 동측해역에 타원형상을 그리면서 각각 분포하고 있다. 또한 20℃의 고수온대는 중국 대륙연안측－제주도－동중국해에 걸쳐서 S자형의 형태로 넓게 분포하면서 15℃이하의 저수온과의 사이에 0.07℃/mile 의 수온 수평경도를, 32.00-34.00 psu간에서는 0.02 psu/mile의 염분 수평경도를 각각 나타내었다.

참조기 어장은 이러한 전선역인 제주도 남서방의 19개 해구에 집중되어서 형성되었으며, 추계 총어획량의 81% (6,060 ton)가 어획되었다.

어황풍흉과 해황특성

Fig. 6에서 참조기 어획량이 많고 CPUE가 다른 해에 비하여 월등히 높은 해를 호황년 (1976, 1979)으로, 그 반대로 어획량과 CPUE 가 다른 해에 비하여 훨씬 낮은 해를 불황년 (1977, 1984)으로 하였다.

참조기 중심어장이 형성된 해역에서의 호황 및 불황시의

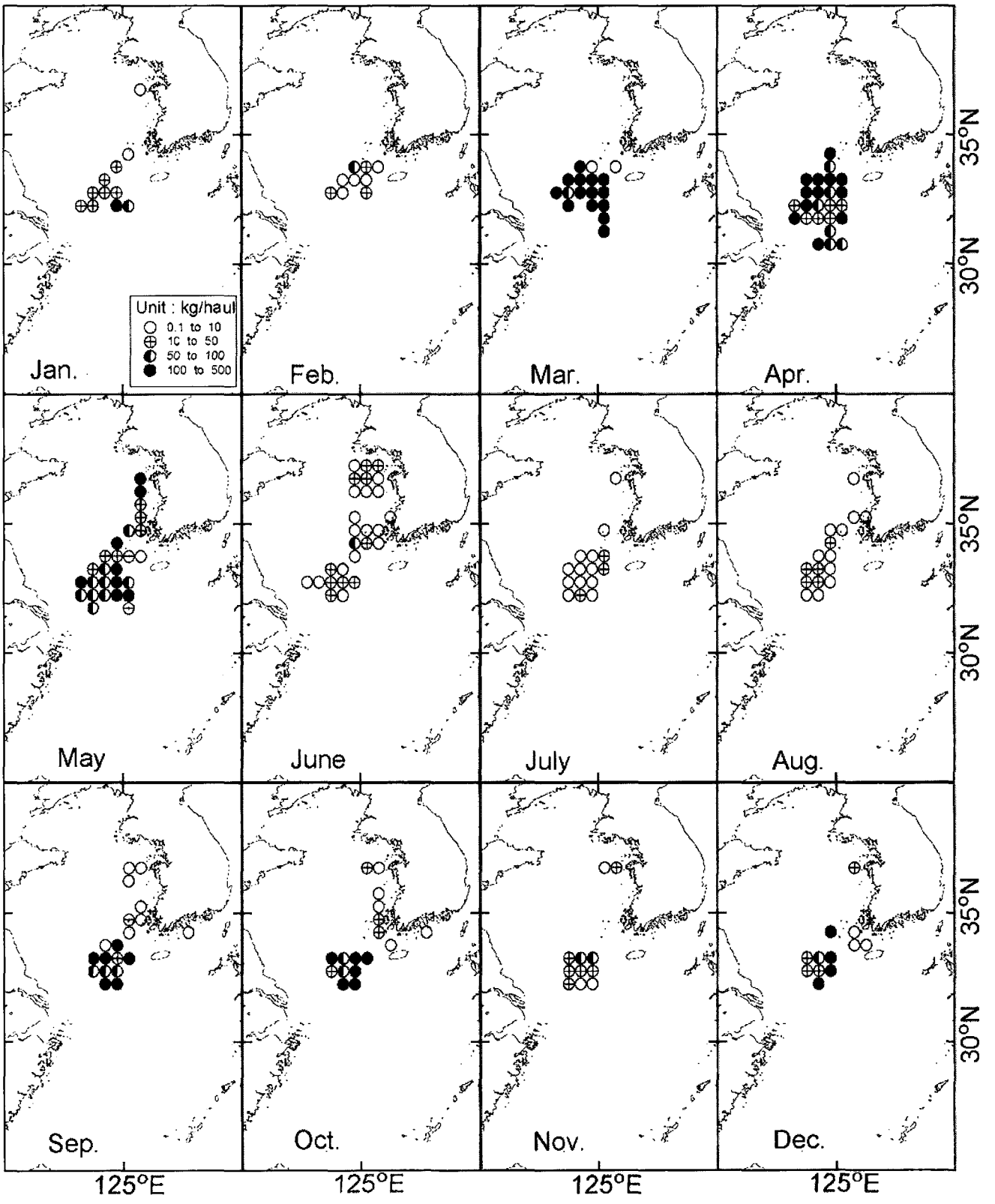


Fig. 9. Monthly distribution of CPUE (kg/haul) of yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis*) by the large stow net fishery in good fishing year, 1974.

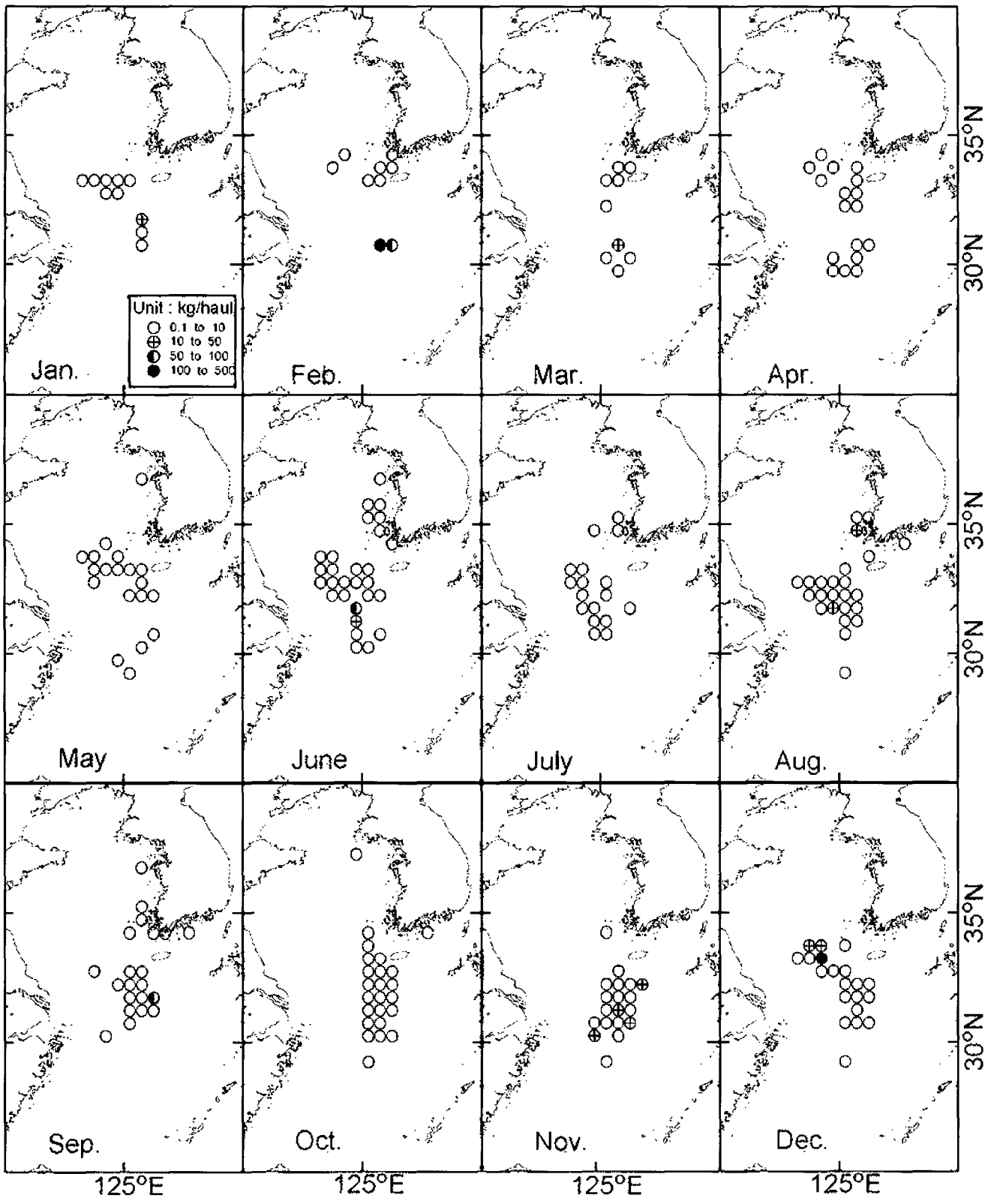


Fig. 10. Monthly distribution of CPUE (kg/haul) of yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis*) by the large stow net fishery in poor fishing year, 1985.

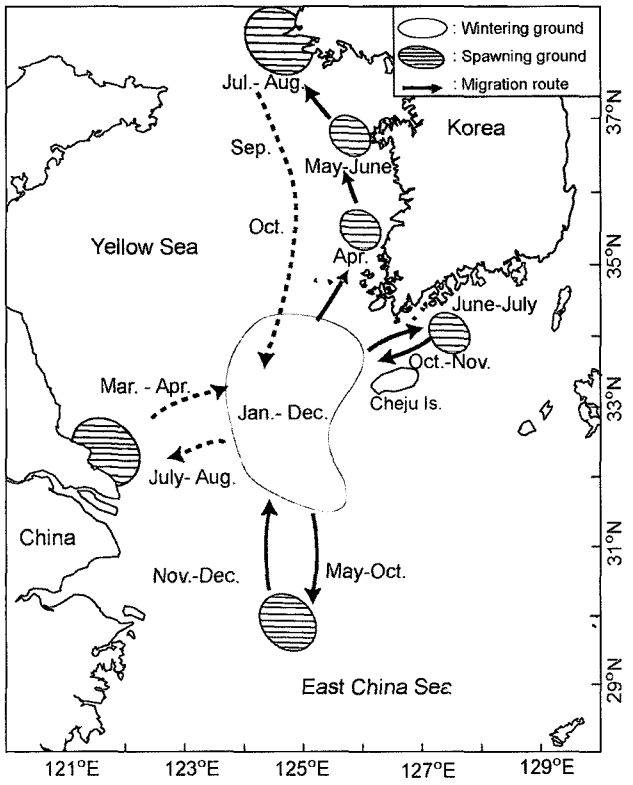


Fig. 11. Estimated migration route of yellow coraker (*Pseudosciaena polyactis*) in the Korean waters based on monthly distributions of CPUE in 1990.

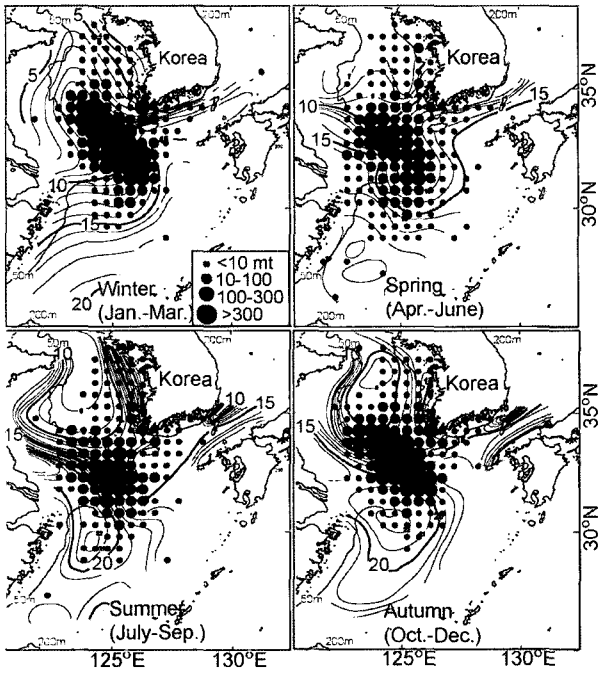


Fig. 12. Seasonal distribution patterns of water temperature (℃) near bottom and fishing grounds of yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis*) in the Yellow Sea and the East China Sea.

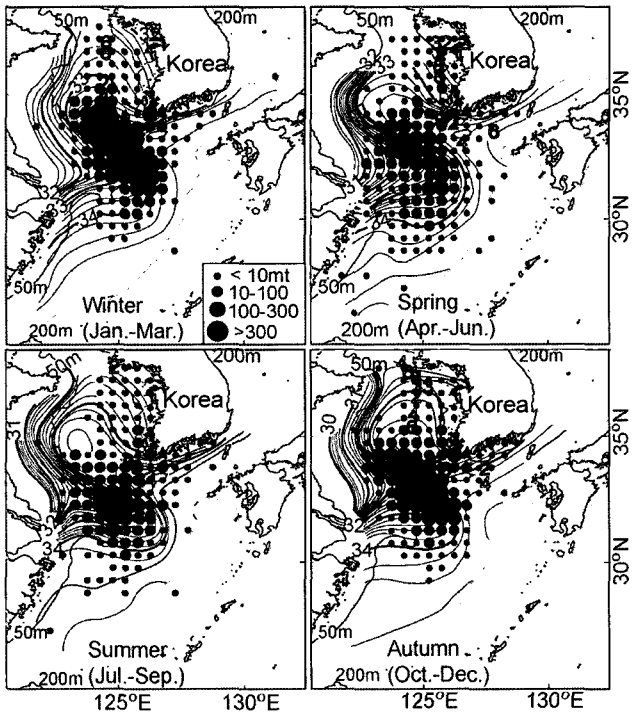


Fig. 13. Seasonal distribution patterns of salinity (psu) near bottom and fishing grounds of yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis*) in the Yellow Sea and the East China Sea.

해황특징을 수평적으로는 수심 50 m 층에서의 수온 평년편차로서, 연직적으로는 10℃ 등온선의 위치로서 검토하였다. 호황시의 수온 평년편차를 보면 (Fig. 14), 평년에 비하여 고수온 (0-5℃)을 보였으며, 이러한 고수온 현상은 남해안 (0-2℃) 및 동해안 (0-5℃)에서도 같은 현상을 보였다.

또한 불황시의 수온 평년편차를 보면 (Fig. 15), 전 해역이 0--5℃의 현저한 저수온을 나타내었으며, 남해안 (0--3℃) 및 동해안 (0--5℃)에서도 현저한 저수온 현상을 나타내었다. 수온의 연직구조 (Figs. 16-17)에서는 10℃ 등온선의 위치가 호황년인 경우 북위 34°10'-34°30' 간에, 불황년인 경우 북위 33°12'-33°41' 간에 각각 분포하였다. 이상을 종합하여 보면 호황시 10℃ 등온선의 위치는 불황시에 비하여 북측으로 분포하였으며 이들간의 위치 차이는 최소한 25' 최대한 55'의 간격을 나타내었다 (Fig. 18).

어획 적수온과 적염분

일본서해구수산연구소의 수온, 염분 자료 (SNFI, 1961-1999)를 이용하여 황해 및 동중국해의 각 월 및 모든 해에 대한 수온 및 염분 분포와 참조기 어획량을 이용하여 적수온과 적염분을 추정하였다. 이로부터 수온에 따른 어획량을 집계하여 수온 및 염분과 어획량과의 관계가 정규 분포한다고 가정하다. 이렇게 하여 구한 것 중 수온 (Fig. 19)과 염분 (Fig. 20)에 대한 결과를 보면, 수온의 경우, 평균수온 ($\bar{x}$)은 14.27℃, 표준편차 (σ)는 3.21로서 수온에 대한 어획량 분포는

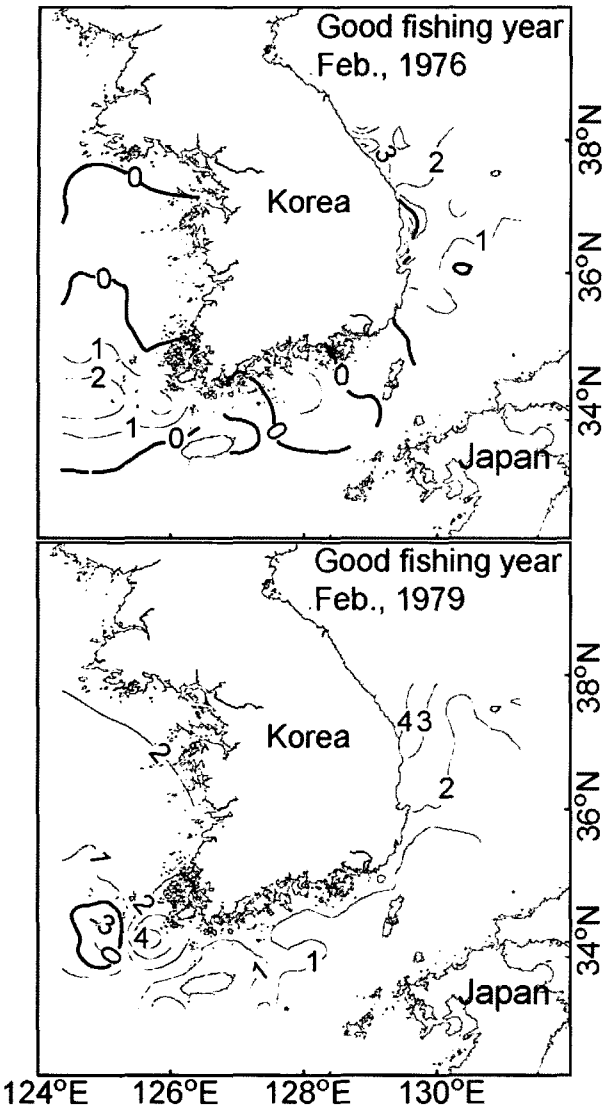


Fig. 14. Temperature anomaly of 50 m layer in good fishing years, 1976 and 1979 based on mean temperature during 1966-1995.

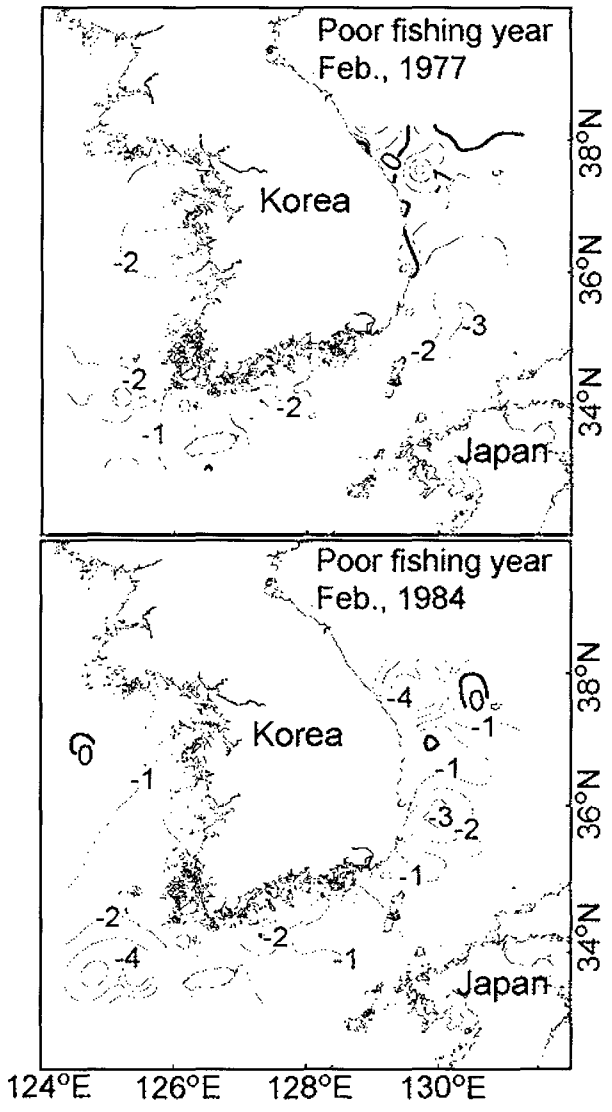


Fig. 15. Temperature anomaly of 50m layer in poor fishing years, 1977 and 1984 based on mean temperature during 1966-1995.

$$f(x) = 2,793e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{(x-14.27)}{3.21}\right]^2}$$

로 표시된다.

이 값은 Baik and Park (1985, 1986, 1990)의 방법에 따라 $\bar{x}\pm\sigma$의 범위를 최적수온으로 보면 참조기의 어획 적수온은 11.0-17.5℃였다.

이러한 방법으로 월별 어획 적수온을 추정하여 보면 (Fig. 19), 계절별 최적어획 수온은 겨울 (1-3월)은 11.82℃, 봄 (4-6월)은 12.14℃, 여름 (7-9월)은 15.80℃, 그리고 가을 (10-12월)은 17.00℃로서 겨울에서 가을로 갈수록 높아지는 경향이 있다.

염분의 경우도 수온처럼 계산 결과를 보면, 평균 염분 ($\bar{x}$) 33.37 psu, 표준편차 (σ) 0.609 로서 염분에 대한 어획량의 분포는 수온에서의 경우처럼 $\bar{x}\pm\sigma$의 범위를 적염분으로 보면, 참조기의 적염분은 32.80-34.00 psu으로 나타났다. 이러한 방법으로 계절별 어획 적염분을 추정하여 Fig. 20의 우측에 표시하였다. 계절별 어획 최적 염분을 보면 겨울과 가을은 각각 33.78 psu와 33.40 psu로서 봄과 여름의 33.18 psu와 33.81 psu보다 높게 나타났다.

고 찰

본 연구에서는 쌍끌이 대형기선저인망어업과 근해안강망어업에 의한 참조기 어획량 자료를 사용하였다. 저인망 어업의 경우 어업 의존적인 어법으로 인위적인 어업활동의 강도에 따라 어군밀도의 분포가 다르게 나타날 수 있으므로 분포를

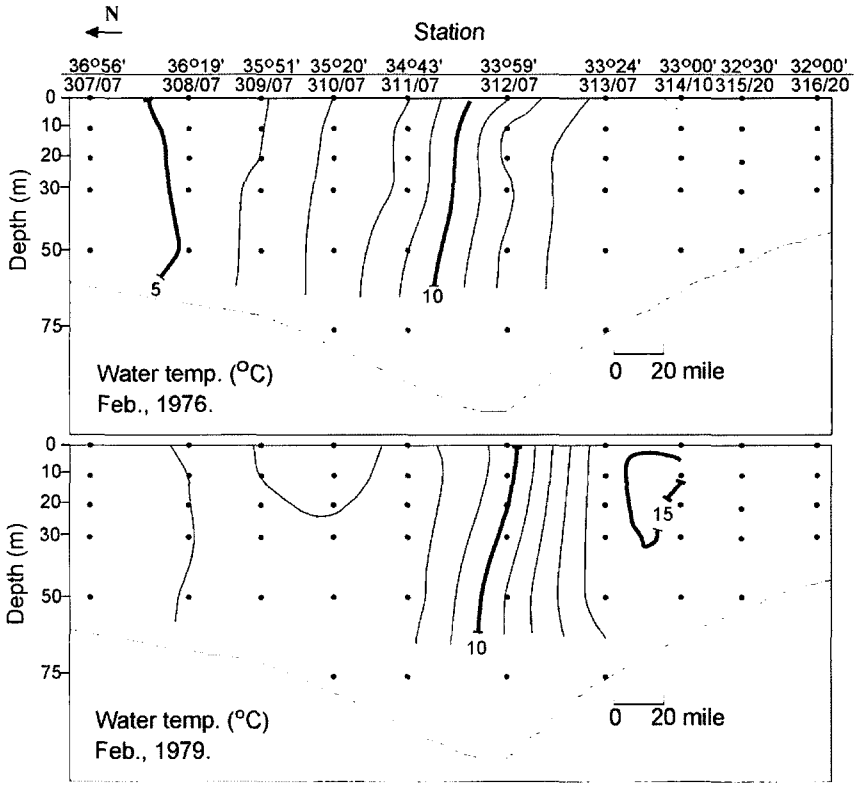


Fig. 16. Vertical distribution of temperature in good fishing condition, February 1976 and 1979.

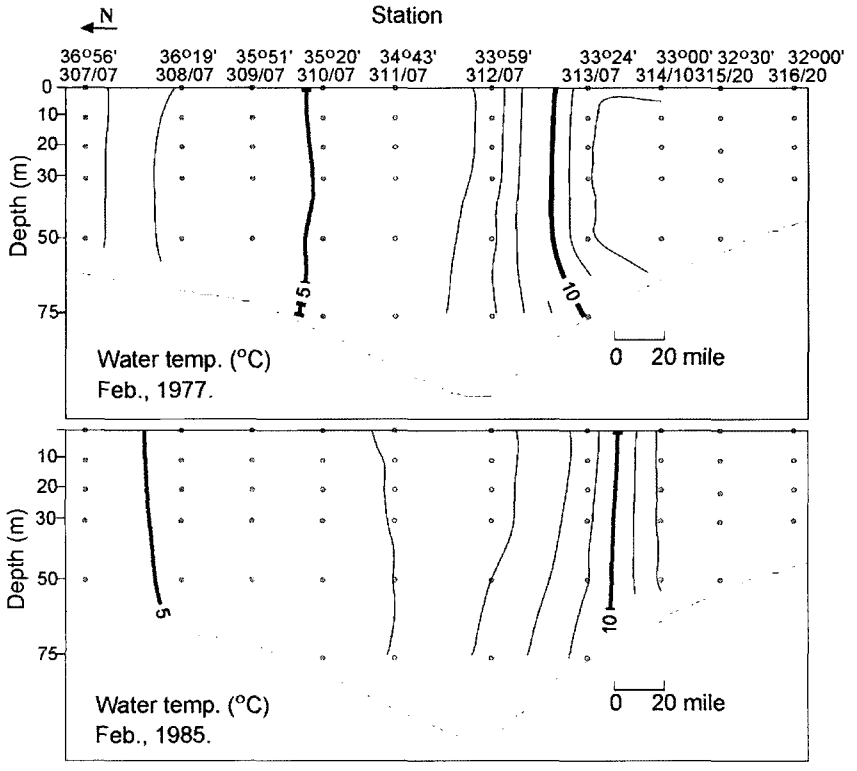


Fig. 17. Vertical distribution of temperature in poor fishing condition, February 1977 and 1985.

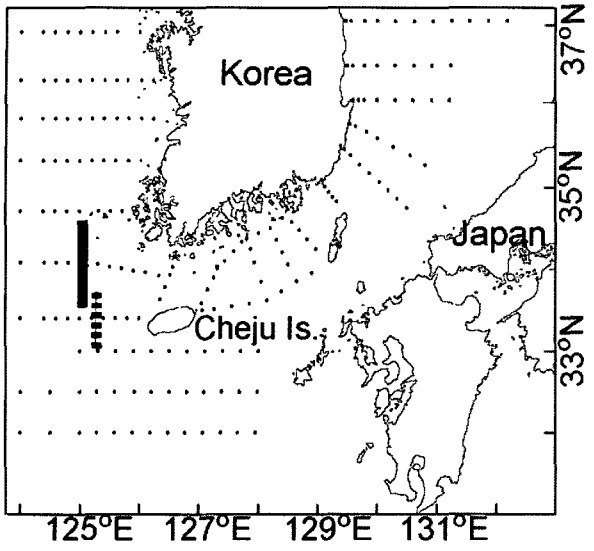


Fig. 18. Positions of 10℃ isotherm. The solid and dotted transects represent respectively good fishing and poor fishing compared to the average catch of yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis*) during 1970-1999.

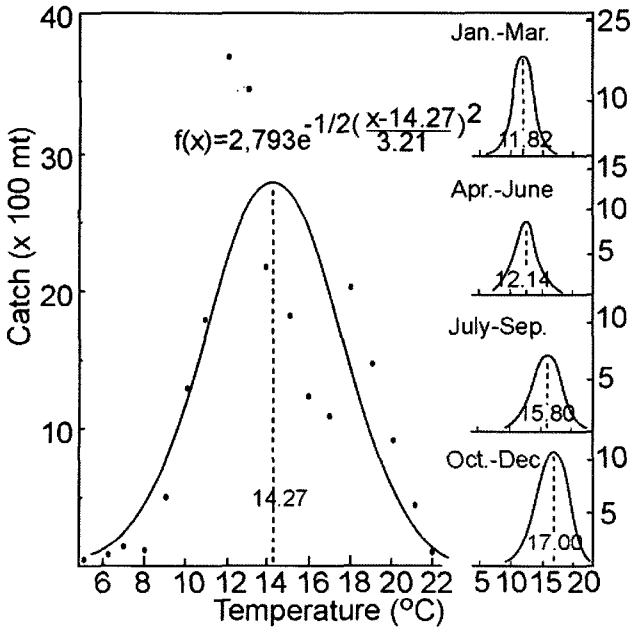


Fig. 19. Relationship between catch of yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis*) and water temperature (℃) near bottom.

객관적으로 나타내는 데에는 그 신뢰도가 낮은 것이 단점이다. 이를 보완하기 위하여 정치성어구로써 자원량을 비교적 자연상태에 가깝게 나타낼 수 있는 장점이 있는 안강망어업 자료를 함께 이용하였다.

이러한 자료로부터 참조기 어황은 10℃ 등온선의 분포 위치에 따라 어황의 풍·흉이 달라지며, 특히 제주도 정 서방을

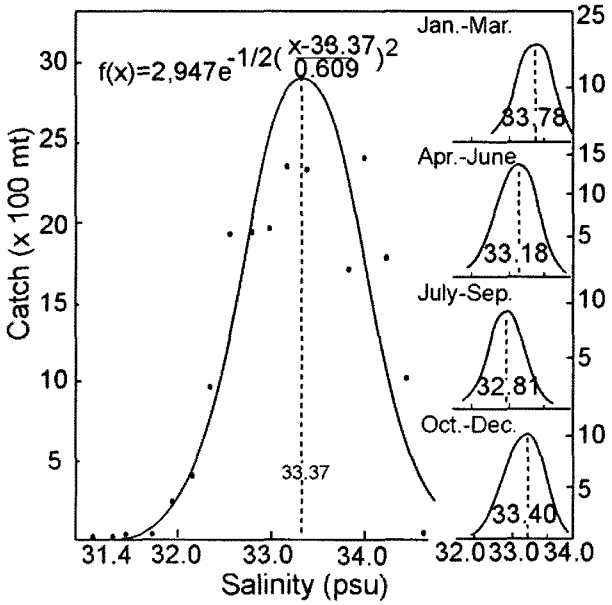


Fig. 20. Relationship between catch of yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis*) and salinity near bottom.

중심으로 북측에 위치하면 참조기 어황은 평년이상의 어황을 보이나 남측에 위치하면 평년 이하의 불황을 나타낸 것으로 추정되었다.

자원변동에 따른 어장변동을 보면, 어장중심 (Fig. 21)은 1970년대에는 소흑산도를 중심으로 분산의 모양이 크게 나타났으나, 1985년의 불황의 해 (Fig. 17)를 제외하고는 대부분 북위 33° 동경 125°를 중심으로 한 수역에서 형성되었다. 참조기 자원의 감소에 따라 분포역이 축소되면서 어군밀도가 동경 125°를 경계로 하여 서측에서는 감소하고 동측에서는 증대하였으며 세, 소, 중, 대의 순으로 어군밀도가 높게 나타났다.

참조기 어장중심이 형성된 황해와 동중국해 (Fig. 21)는 쿠로시오해류 외양수와 황해저층 냉수를 포함한 대륙계 연안수로 크게 둘로 나눌 수 있으나 이 해역은 중국의 하천수 영향이 크고, 천해라는 특수성으로 인하여 해황, 기상 등의 영향을 받아 단기변동, 계절변동, 장기변동 등의 현상을 나타내고 있어 어장환경 조건은 대단히 복잡하다 (Cho, 1982). 황해저층 냉수가 발달 남하하는 시기인 1-3월은 참조기의 월동기로서 10℃와 15℃ 등온선 사이의 수온 전선역 (0.06℃/mile)이 축소됨으로써 월동장의 범위가 축소되어 어군밀도가 커진다. 그러나 춘계 (4-6월)에는 10℃ 등온선과 15℃ 등온선 사이에 수온경도가 낮게 (0.02℃/mile) 나타남으로써 어군의 분산과 함께 어군밀도가 연중 가장 낮게 나타났다. 한편 하계 (7-9월)부터 추계 (10-12월)에는 황해저층 냉수와 세력을 확장한 황해난류간에 수온전선이 조밀하게 형성 (0.06-0.10℃/mile)됨으로서 어장은 춘계에 비하여 다소 북상되기는 하였으나 어군밀도는 연중 최고치를 나타내었다.

그러면 여기에서 수온전선 연변에는 왜 어군이 밀집하며

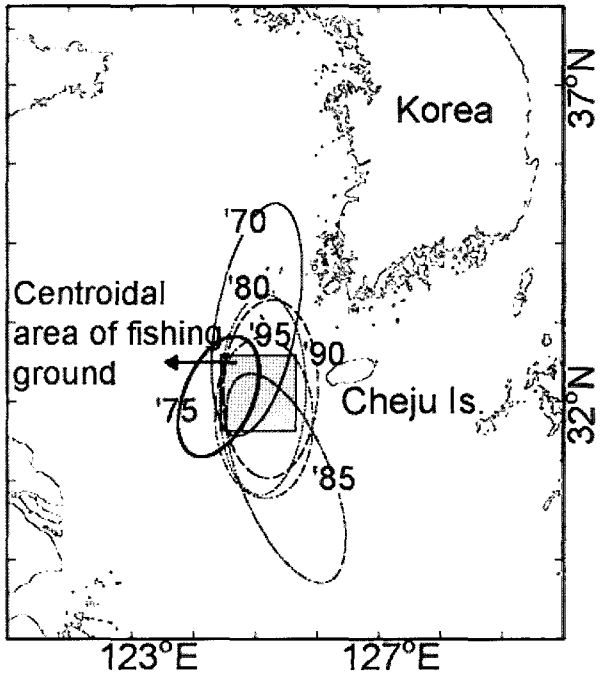


Fig. 21. Bivariate ellipses determined from the CPUE distribution of yellow croaker (*Pseudosciaena polyatics*) by the large stow net fishery in 1970, 1975, 1980, 1985, 1990 and 1995.

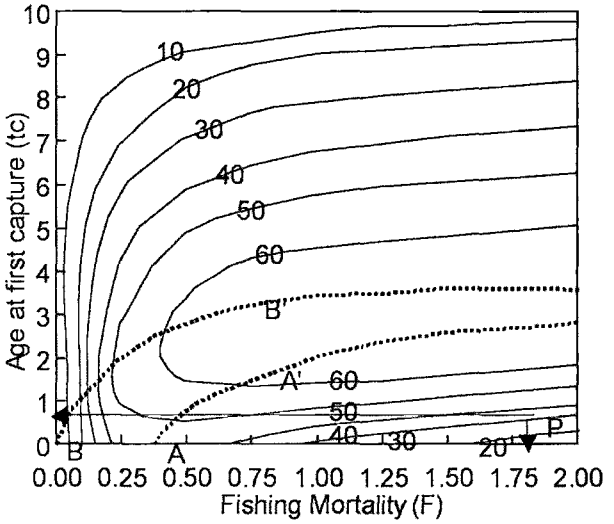


Fig. 22. Yield isopleths for yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis*) in Korean waters calculated from the data of NFRDA (1988). P represents the current state of fishing.

어황 풍흉은 왜 있느냐는 점이다. 수온전선은 경험적으로 호어장 형성상 중요한 조건이라고 알려져 있다. Uda (1959)는 수온전선을 일정한 수치로 나타내기는 어려우나 수온의 수평경도가 0.05-0.50℃/mile 이상인 곳, Gong and Son (1982)은 0.10℃/mile 이상인 불연속대를 각 각 수온전선으로 택하였다. 본 연구에서는 수온의 수평경도가 0.05℃/mile 이상인 경우를 수온전선으로 정하여 어군밀집과를 비교하였다. 즉 참조기는 10℃를 지표수온으로 하는 황해저층 냉수와 15℃를 지표 수온으로 하는 황해난류간에 형성된 수온전선 연변에 어군 밀집 경향이 뚜렷하였다 (Fig. 12). 이처럼 참조기가 수온전선 연변에 밀집하는 요인으로서는 어획 적수온이 계절마다 다소 차이는 있으나 평균 15℃ 내외 (Fig. 20)이고, 어군이 수온상승, 하강과 함께 계절별로 남·북 회유를 하며 (Fig. 11), 또한 적수온에 맞지 않는 경우에는 어군밀도가 낮아지고 어장이 분산되는 (Fig. 18) 등의 현상으로부터 수온이 참조기의 생태적 습성 (산란, 성장, 색이, 치어생존 등)과 깊은 관련이 있는 것으로 생각된다. Bull (1952)은 경골어류에서 0.03℃의 수온변화를 감지하며, 수온이 어류에 미치는 환경요인으로서 어체의 신경계, 신진대사, 근육활동 등에 크게 영향을 준다고 보고하였다. 또한 Cho (1982)는 수온 전선역이 어류에 미치는 수온자극에 의한 장벽효과로 인하여 참조기, 강달이의 서식 적수온 영역을 좁게 함으로써 어군의 밀집현상이 일어났다고 하였다.

그렇다면 수온전선 연변에 어군이 밀집하는 요인에 대하여는 종합적으로 어류의 생태적 특성, 즉 수온과 밀접한 관련이 있는 것으로 추정되나 수온전선이 형성되었는데도 불구하고 어황 풍흉이 왜 일어나느냐 하는 문제이다. Fig. 3은 1970년 이후 약 30년간 참조기 해구별 어군밀도를 나타낸 것으로서 약 170여개의 해구중 위도 32° 동경 125°를 중심으로 한 20여개의 해구에서만 각 해구당 500-1,000 ton 이상의 높은 어군밀도를 나타내었다 특히 이 해역은 수온전선이 형성된 해역으로써 (Fig. 12), 이를 다시 호황년 (1974년)과 불황년 (1985년)인 해로 각각 구분하여 보면 (Figs. 7-8) 어군밀도의 크기와 어장크기 (해구수) 그리고 어장범위의 넓고 좁음에 확실한 차이가 있음을 알 수 있다. 즉, 호황년으로 분류된 1974년의 경우에는, 어장범위가 Fig. 8에서 나타난 바와 같이 제주도 서방의 중심어장을 중심으로 밀집어장을 형성하였으며, 해구별 어군밀도도 50-1,000 kg/haul으로 높게 나타났다. 그러나 불황년으로 분류된 1985년 (Fig. 8)은 총 61개 해구를 어장으로 이용하면서 어군밀도도 낮을 뿐만 아니라 호황시보다는 오히려 외해측에서 분산되는 경향을 보였다. 또한 Fig. 21에서도 볼 수 있는 것과 같이 불황년으로 분류된 1985년은 어장의 분산이 다른 해에 비하여 북위 32° 이남측까지 확장된 것을 알 수 있다. 즉 10 ℃의 지표수온인 황해저층냉수가 제주도 서방의 참조기 중심어장 (북위 32°)까지 강하게 남하 확장한 해는 불황을, 그 반대인 경우는 호황을 보였다. 이러한 현상은 수온이 저하할 때는 어획량이 감소하고 상승할 때는 증가하는 경향이 어종의 산란, 부화 및 치어의 성육에 영향을 미치기 때문인 것으로 생각된다. 참조기는 계절에 따라 회유를 하며 (Fig. 11), 특히 어획 적수온 범위 (Fig. 19)가 11-17 ℃의 범위로서 주로 난류역에서 서식한다고 할 수 있다. 따라서 참조기의 전 생활기를 통하여 최소한 11℃ 범위가 제한수온이라고 추정되는데, 분포수역에 그 이하인 10℃의 저수온대가 영향을 미

칠 경우 참조기 어획에 나쁜 영향이 작용할 것으로 추정된다.

한편, 황해 저층냉수가 확장하였을 때 어황이 불황으로 나타났는데 그 위상차는 약 1년의 간격을 보였다. 1970년 이후 황해저층 냉수가 가장 남쪽으로 확장한 해는 1984년으로서, 북위 33°24' 위치까지 10℃ 등온선이 분포하였다. 그런데 어획량은 그 다음해인 1985년에 총 6,872 ton으로 1926년 이후 최저치를 나타내었다. 이는 단순히 불황년의 경우만을 분석한 결과이나, Fig. 22에서 최근의 어획개시 연령이 0.77세임을 감안한다면 1년 전의 해황조건이 즉시 어황변동에 영향을 준다는 것을 의미한다. 이는 단지 황해 저층냉수 세력이 가장 강세를 보였던 한 해의 예에 불과하지만 최근 1세 미만의 참조기가 어획 주체인 점을 감안한다면 해황과 어획량간에는 약 1년 정도가 늦은 위상차를 가진 것으로 추정된다. Cho (1982)는 1967-1976년간의 어획량 변동이 수온 변동보다 2-2.5년의 늦은 위상차를 가지고 변동한다고 하였는데 참조기, 강달이의 재생산 연령을 2세란 점을 감안 한 경우를 설명한 것이다. 따라서 금후 이에 관해서는 장기적인 자료로부터 추가 분석이 있어야 할 것으로 생각된다.

어황과 해황과의 관계규명을 위하여 어획량 변동에 의한 남획과, 남획으로 인해 나타난 반응으로서 어장변동과 해황이 자원량 변동에 미치는 영향 등에 대하여 고찰하였다. 참조기 어획은 주로 추·동계에 걸쳐서 어군의 이동 (회유)이 적고 제주도 서방의 한정된 해역에서 어획이 집중되는 형태이었으며, 근해안강망어업에 의한 어획강도가 가장 큰 것으로 나타났다. 또한 이들이 주로 이용된 제주도 서방해역에는 10℃를 지표수온으로 하는 황해 저층냉수와 15℃를 지표수온으로 하는 황해 난류간에 수온전선이 계절별로 형성되었으며 이중에서도 황해 저층냉수가 동계인 2월에 강하게 확장하면 어황은 불황을 보이면서 어장도 남측으로 치우치고 어군밀도는 낮게, 어장범위는 넓게 형성되었다.

결론적으로 참조기 중심어장은 황해저층 냉수와 황해난류 및 중국 연안수 사이에 형성된 수온전선 연변에서 이루어졌으며, 어장의 집중과 분산 및 어황풍흉이 이들 수괴의 계절변화 및 소장과 잘 일치하였다. 즉, 10℃ 지표수온인 황해 저층냉수가 강하게 남하 확장한 해는 어황이 불황을, 반대인 경우는 평년 수준이상의 호황을 나타내었으며 저층역을 주 조업구역으로 하는 안강망어업에서 저수온에 대한 영향이 크게 나타났다. 또한, 수온과 어획량간에는 약 1년 정도 늦은 시차를 가지고 변화하였다.

참 고 문 헌

Baik, C.I. 1991. The variations of fishing conditions of yellow croaker *Pseudosciaena polyactis* Bleeker in relation to the oceanographic conditions of Korean waters. MS. Thesis, National Fisheries University of Pusan, Busan, Korea, pp. 26. (in Korean)

Baik, C.I. and J.H. Park. 1985. Relationship between oceanographic conditions and catch of the cuttlefish *Sepia esculenta* Hoyle in the East China Sea and Yellow Sea off Korea. Bull. Natl. Fish. Res. Dev. Inst. Korea, 36, 1-21. (in Korean)

Baik, C.I. and J.H. Park. 1986. Relationship between oceanographic conditions and catch of the Hairtail, *Trichiurus lepturus* Linne from the stow net. Bull. Natl. Fish. Res. Dev. Inst. Korea, 39, 29-41. (in Korean)

Baik, C.I. and J.H. Park. 1990. Fluctuation of fishing conditions of filefish, *Navodon modestus* (Gunther), in relation to oceanographic characteristics in Korean waters. Bull. Natl. Fish. Res. Dev. Inst. Korea, 43, 91-104. (in Korean)

Baik, C.I., J.H. Park and K.D. Cho. 1992. The variations of fishing conditions of yellow croaker *Pseudosciaena polyactis* Bleeker in relation to the oceanographic conditions of Korean waters. Bull. Natl. Fish. Res. Dev. Inst. Korea, 46, 69-80. (in Korean)

Bull, H.O. 1952. An evaluation of our knowledge of fish behavior in relation to hydrography. ICES, 131, 8-23.

Cho, K.D. 1982. On the influence of the Yellow Sea bottom cold water on the demersal fishing grounds. Bull. Kor. Fish. Technol. Soc., 18(1), 25-33.

FAO. 2000. Yearbook of Fishery Statistics, Capture Production 1998. Vol. 86/1, pp. 713.

Gong, Y. and S.J. Son. 1982. A study of oceanic thermal fronts in the southwestern Japan Sea. Bull. Nat'l. Fish. Res. Dev. Inst. Korea, 28, pp. 25-52. (in Korean)

MOMAF (Ministry of Maritime Affairs & Fisheries). 1961-1999. Statical Year Book of Agriculture and Fisheries. (in Korean)

MAF (Ministry of Agriculture and Forestry of Korea). 1960. Fisheries Statistics yearbook, pp. 421. (in Korean)

NFRDA (National Fisheries Research & Development Agency). 1961-1995. Annual Report of Oceanographic Observations. (in Korean)

NFRDA (National Fisheries Research & Development Agency). 1970. Fishing Gear of Korea (3), pp. 36-105. (in Korean)

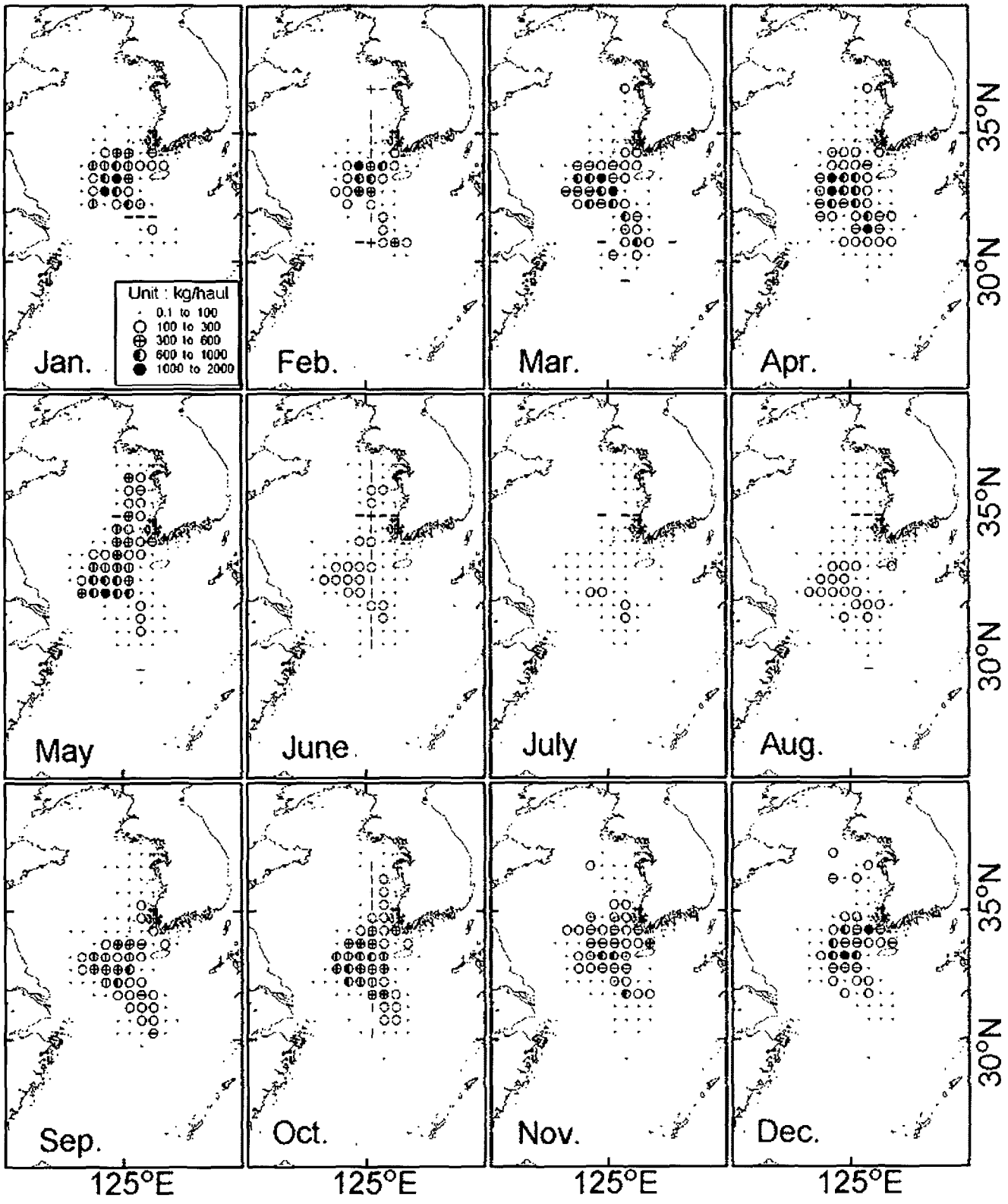
NFRDA (National Fisheries Research & Development Agency). 1971. A Guide principle of joint observation between Korea and Japan, pp. 13-15. (in Korean, Korean title translated into English by the authors)

NFRDA (National Fisheries Research & Development Agency). 1975. Principles of Fisheries Forecasting and Applied Oceanography, pp. 283. (in Korean)

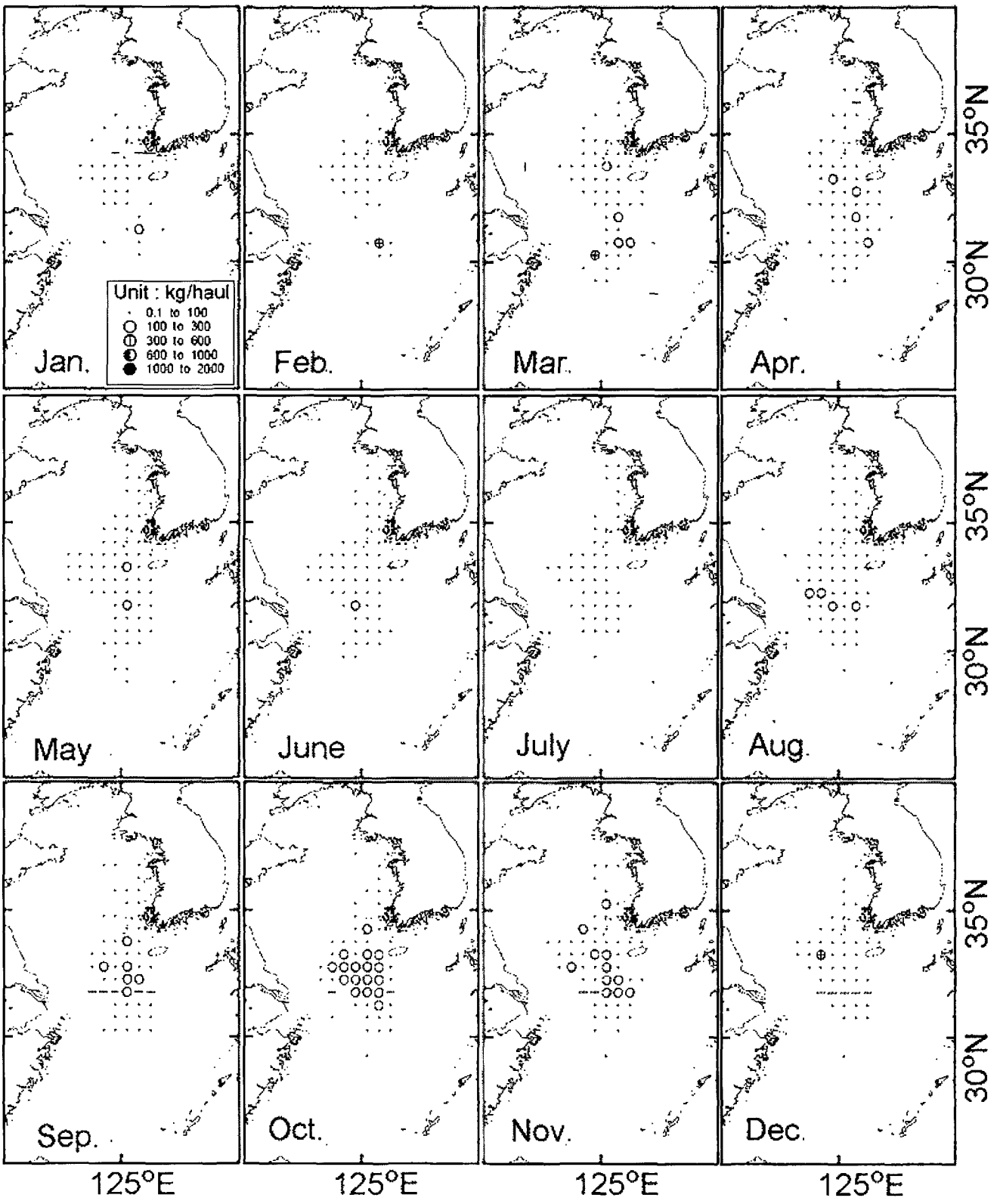
NFRDA (National Fisheries Research & Development

Agency). 1985. Process for Statics of Fishery and Biology, pp. 132. (in Korean)
NFRDA (National Fisheries Research & Development Agency). 1985. Ecology and Fishing Grounds of Main Fishes on Coastal Waters, pp. 321. (Korean title translated into English by the authors) (in Korean)
NFRDA (National Fisheries Research & Development Agency). 1988. Evaluation of Marine Resources on Coastal Waters-10, pp. 195-205. (in Korean)
NFRDA (National Fisheries Research & Development Agency). 1994. Commercial Fishes of the Coastal and Offshore Waters in Korea, pp. 128. (in Korean)
NFRDI (National Fisheries Research & Development Institute). 1996-1999. Annual Report of Oceanographic Observations. (in Korean)
NFRDI (National Fisheries Research & Development Institute). 1998. Bulletin of the Fisheries Resources Sampling Yearbook-19, pp. 101. (in Korean)
NFRDI (National Fisheries Research & Development Institute). 1999. Mean Oceanographic Charts of the Adjacent Seas of Korea, pp. 268. (in Korean)
Shojima, E. and H. Otaki. 1982. Lunar rhythmic catch fluctuation in the yellow croaker, *Pseudosciaena poliactis*. Bull Fish. Res. Dev. Agency, 28. (in Japanese)
SNFI (Seikai Naitonal Fisheries Institute). 1961-1999. Bulletin of Seikai National Fisheries Institute.
Sokal, P.R. and F.J. Rohlf. 1981. Biometry, 2nd. W.H. Freeman and Company, NY, pp. 895.
Uda, M. 1959. Oceanographic seminars. 2. Water mass boundaries "siome", frontal theory in oceanography. Fis. Res. Bd. Can., MS Rep. Ser. (Oceanogr. Limnol.), 51, 10-20.
Yang, S.K. and K.D. Cho. 1982. The relationship between oceanographic condition and fishing ground distribution of yellow croaker in the East China Sea and the Yellow Sea. Bull. Kor. Fish. Soc., 15(1), 26-34.
Yeon, I.J. and C.S. Park. 1991. Changes in distributional area on the stock fluctuation of yellow croaker, *Pseudosciaena polyactis* Bleeker. Bull. Natl. Fish. Res. Dev. Inst. Korea, 45, 85-100.

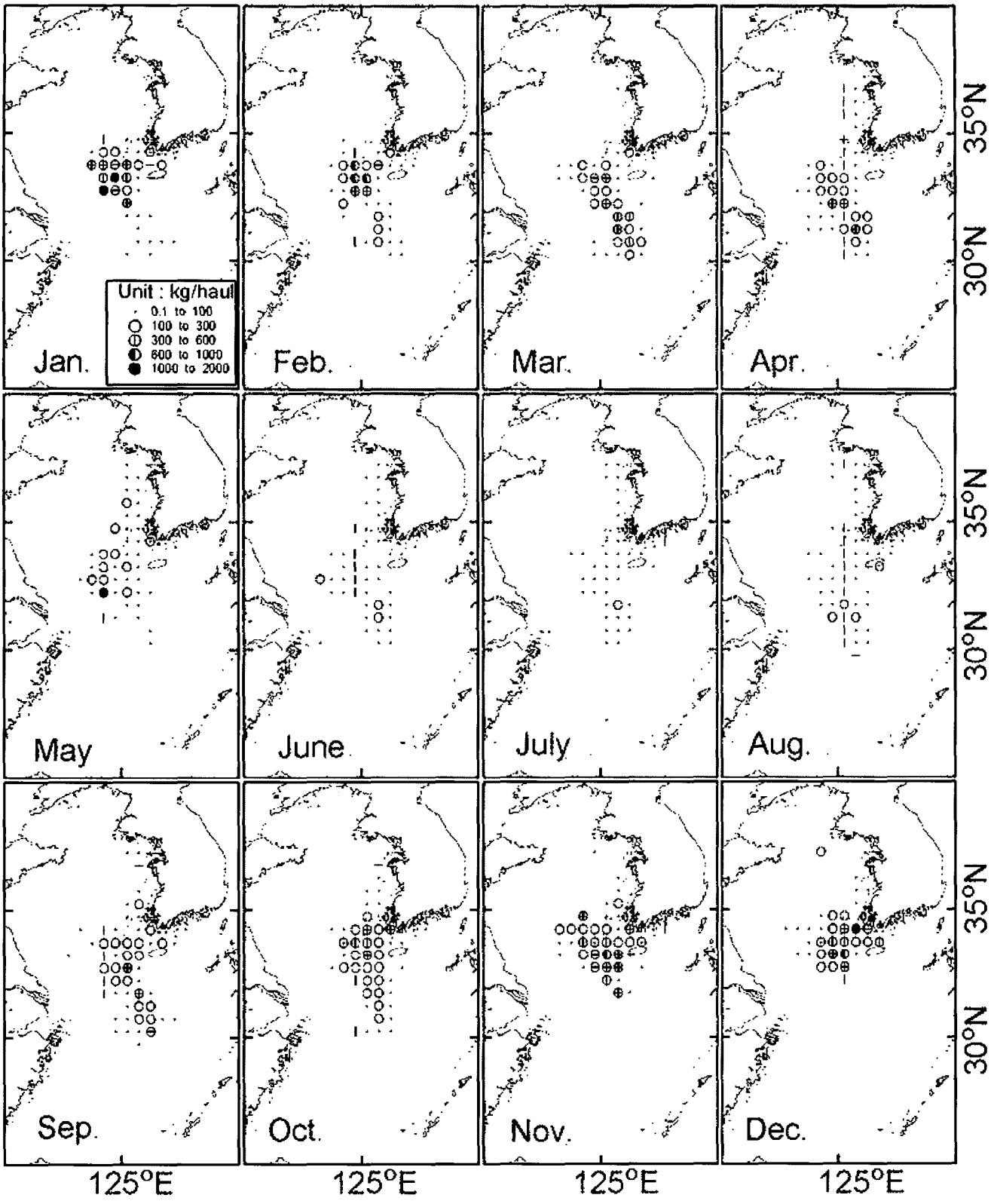
2004년 4월 29일 접수
2004년 6월 21일 수리



Appendix 1. Monthly distribution of mean CPUE (kg/haul) of yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis*) by the large stow net fishery in 1970s.



Appendix 2. Monthly distribution of mean CPUE (kg/haul) of yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis*) by the large stow net fishery in 1980s.



Appendix 3. Monthly distribution of mean CPUE (kg/haul) of yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis*) by the large stow net fishery in 1990s.