

DMSP/OLS 영상에서 관측한 동해 야간조업어선의 분포특성

김상우* · 조규대¹ · 김영섭² · 최윤선¹ · 안유환³ · 김용승⁴
 국립수산물과학원, ¹부경대학교 해양학과, ²부경대학교 위성정보과학과
³한국해양연구원, ⁴한국항공우주연구원

Distribution of Fishing Boats at Night in the East Sea Derived from DMSP/OLS Imagery

Sang-Woo KIM*, Kyu-Dae CHO¹, Young-Seup KIM², Yun-Sun CHOI¹,
 Yu-Hwan AHN³ and Yongseung KIM⁴

National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-092, Korea

¹Department of Oceanography, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

²Department of Satellite Information Sciences, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

³Korea Ocean Research & Development Institute, Ansan 425-600, Korea

⁴Korea Aerospace Research Institute, Daejeon 305-333, Korea

Monthly distributions of fishing boats at night in the East Sea are described, using defense meteorological satellite program (DMSP)/operational linescan system (OLS) images and common squid (*Todarodes pacificus*) catches data. We also estimated temperature in 50 m, which is main catch depth of the squid, by MCSST (multi-channel sea surface temperature). We examined DMSP/OLS, MCSST and other observation data from 1993 to 2000. We assumed that squid were caught in areas where fishing boats were located. Fishing boats at night appeared only near the Korea/Tsushima Strait from January to March. Fishing boats moved to the northward from April to Jun, distribution of fishing boats in spring appeared greater than those in winter. In summer (July-September), center of fishing grounds was formed near the Uleung Island in the south east coast of Korea. The north-south distribution range of fishing boats in October appeared to be greater than that in other months. In particular, we estimated main season of squid catches based on distribution range reflecting the number of fishing boats of north-south and east-west directions from September to December. Relationship between satellite estimate SST and in situ SST showed high correlation (0.91). The correlation between the SST and 50 m depth temperature, estimated based on the satellite SST, was relatively high in February, April and October.

Key words: Fishing boat at night, *Todarodes pacificus*, DMSP/OLS, MCSST, East Sea

서론

동해는 동중국해를 산란장으로 하고 있는 오징어, 고등어, 꽁치 등의 회유어의 먹이 공급로 역할을 하고 있는 중요한 해역이다. 이들 어류는 계절에 따라 동해 극전선을 경계로 남북방향으로 큰 색이 회유를 한다. 또 동해 연안해역은 울릉도와 속초 근방에서 warm eddy가 항상 존재하며(An et al., 1994), 이 해역은 기초생산뿐만 아니라 어장의 형성에도 중요한 역할을 한다(Kim et al., 2000, 2002).

동해에서 오징어의 분포·회유 및 어황과 해황과의 관계에 관하여는 지금까지 많은 연구가 수행되었다(Kasahara, 1978; Kim and Lee, 1981; Kim and Kang, 1995; Kim et al., 1997; Choi et al., 1997; Cho et al., 2004). 한편, 어황을 분석함에 있어 선박을 이용한 관측에서 얻어진 해황자료만으로는 넓은 동해를 분석하기에는 관측 자료의 동시성 및 어획자료와의 관계 등에 관련한 자료의 신뢰성 등에 그 한계가 있으므로, 최근에는 광역 해양을 동시에 관측 가능한 인공위성원격탐사

자료의 활용이 많아졌다(Kim et al., 2000, 2002; Suh et al., 2002).

위성원격탐사 중에서 주야간의 열감지에 의한 해양표면온도는 NOAA의 AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) 자료가 거의 이용되고 있지만, 야간에 고감도로 빛(光)을 탐지하는데 탁월한 위성이 DMSP (Defense Meteorological Satellite Program) 위성이다. 이 위성은 1970년 이후부터 야간에 빛을 탐지하는 극궤도 위성으로 운용되었으며, 1992년에 미국 공군과 NOAA의 National Geophysical Data Center (NGDC)에서 DMSP 자료를 디지털화하여 관리하고 있다. 특히, DMSP의 OLS (Operational Linescan System) 센서는 야간의 불빛, 즉 도시, 유전지대, 산불, 오징어어선 등과 같은 불빛을 감지하는데 탁월하다(Elvidge et al., 1999; Imhoff et al., 1999; Cho et al., 1999; Kiyofuji et al., 2001; Kim, 2002).

동해에서 야간에 불빛을 이용하여 조업하는 어선의 대부분이 오징어어선으로 Kiyofuji et al. (2001)는 DMSP/OLS와 NOAA/AVHRR 영상을 이용하여 1998년 추계에 대한 오징어 조업어선과 수온과의 관계를 조사하였고, Kim (2002)은 1992-

*Corresponding author: swkim26@nfrdi.re.kr

1993년의 자료를 이용하여 DMSP/OLS 센서에서 관측된 조업 어선을 GIS와 결부시켜 연구한 바 있다. 그러나 이들 연구는 1-2년간의 단기간 자료를 이용하여 오징어 조업어선의 시공간분포를 살펴본 것으로 오징어와 같이 단년생이고, 환경의 변화에 민감한 어종의 어장을 파악하기에는 좀 더 많은 자료에 의한 분석이 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 8년간(1993-2000) 매일 DMSP/OLS 야간가시밴드 위성자료와 선박에 의한 어획자료를 이용하여 동해 전해역의 월별 야간 조업어장 분포를 살펴보고자 하였다. 또, 월평균 NOAA/MCSST (Multi-Channel Sea Surface Temperature) 위성자료와 현장관측 수온 자료를 이용하여 오징어 채낚기어업의 대표 조업수심인 50 m (Park et al., 1992; Choi et al., 1997) 수온의 추정 가능성을 검토하였다.

자료 및 방법

동해 야간조업어선 분포는 NOAA NGDC에서 제공하는 DMSP/OLS 영상을 이용하였다. 이 자료는 일본 농림수산연구정보센터의 위성영상데이터베이스시스템(Satellite Image Database System, SIDaB)을 통하여 1993년-2000년간의 아시아지역의 야간 가시밴드 영상을 받아 본 연구해역에 대한 위성영상을 처리하였다. 자료의 해석에 이용한 위성자료는 일평균 자료로서 관측시각(케도주기가 101분)이나 시기에 따라 태양광의 영향을 받는 경우가 있기 때문에 태양광의 영향이 적은 자료만 우선적으로 합성한 것이다. 또 구름, 노이즈 및 스캔상태가 양호한 영상을 이용하였고, 영상상태가 불량한 자료는 전 조사기간 중 4월과 8월에 많이 나타났다. 본 연구에 이용한 영상의 공간해상도는 2.7×2.7 km이다. 본 연구에 이용한 8년간 DMSP/OLS 영상은 총 991 scene으로 10-1월 자료가 전체의 48%를 차지하였고, 1998년 자료의 결측이 가장 많았다(Table. 1).

동해 야간 오징어 채낚기어업의 대표 조업수심인 50 m 수온을 위성자료로부터 추정하기 위하여 국립수산물과학원 격월(2월, 4월, 6월, 8월, 10월 12월) 정선관측(NFRDI, 1993-2000) 및 일본 기상청(Japan Meteorological Agency, JMA) 관측의 수온 자료를 1993-2000년까지 이용하였다(Fig. 1). 위성에서 관측한 해표면 수온자료는 McClain et al. (1985) 알고리즘을

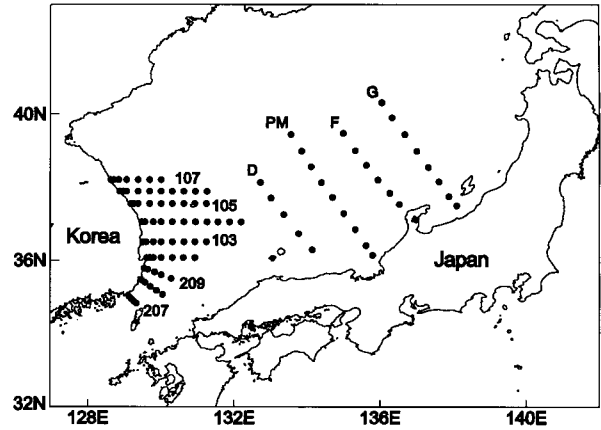


Fig. 1. Study area in the East Sea. Dotted points denote observation points of National Fisheries Research and Development Institute (NFRDI) and Japan Oceanographic Data Center (JODC).

이용하여 NOAA/AVHRR의 채널 4와 5의 휘도온도로부터 계산된 MCSST 자료를 이용하였다. 여기서 열적의 채널 4 (10.3-11.3 μm)는 주·야간에 해수온도와 구름의 온도 탐지에 사용되고, 채널 5 (11.5-12.4 μm)는 채널 4와 특징이 유사하고 수증기 감소효과와 해수온도를 결정하는데 이용된다. 또한, World Ocean Atlas 1994 CD-ROM 시리즈의 1도 격자간격 수온 자료로부터 해양표면에서 수온의 차가 1℃되는 곳을 표층혼합층으로 정의하여 Kim and Isoda (1998)가 계산한 자료를 이용하여 위성추정 50 m 수온의 타당성에 대해 검토하였다.

한반도 근해에서 야간에 불빛을 이용하여 조업하는 대표적인 어선은 오징어, 꽁치, 갈치 어선 등이다. 특히, 우리나라 동해의 경우 야간에 불빛을 이용하여 조업하는 주된 어선은 오징어 채낚기어업이 주를 이룬다. 오징어 어획량의 연도별 장기변동의 연구 결과에 의하면(Choi et al., 1997; Sakurai et al., 2000; Cho et al., 2004), 1970-1999년 기간 중 1970년과 1990년 이후가 평균보다 높은 어획량을 보이고, 1971년부터 1980년대 말까지 평균 이하의 어획량을 나타내었다. 1970년대 초부터 감소하던 어획량은 대체로 1980년대 중반부터 증가하기 시작하여 1990년대 중반에 최대를 보이다가 다시 감소하는 경향을 나타내고 있었다. 본 연구에서는 오징어 어획량이 증

Table 1. Number of monthly mean composite imagery

Year \ Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
1993	12	10	17	2	10	5	3	6	2	7	5	12
1994	13	13	13	10	2	14	11	7	3	12	8	9
1995	14	9	13	9	11	12	5	3	16	19	18	10
1996		10	5	3	11	8	10	4	12	15	12	18
1997				10	6	6	2	12	16	18	19	10
1998										20	31	34
1999	46				2	7	12	7	4	3	2	3
2000	23	34	17	21	14	3	23	15	31	48	7	32
Total	108	76	65	55	56	55	66	54	84	142	102	128

가하는 시기인 1993년에서 2000년까지의 위성영상을 수집하여 오징어 조업어장의 월별 공간적 분포특성을 파악하였다. 또 오징어 채낚기어업의 어획 동향 분석은 해양수산부에서 발행된 1993-2000년의 8년간 해양수산통계연보(MOMAF, 2000)의 일반 해면어업 생산량 자료를 이용하였다.

조사기간 동안 조업어장의 분포 중심 및 범위를 알아보기 위하여 식 (1)에 나타난 바와 같이 조업어선 분포의 중심 (\bar{X} , \bar{Y})은 Sokal and Rohlf (1981)의 방법을 이용하여 각 격자의 중심점(Long. Xi, Lat. Yi)에 각 격자별 DMSP/OLS 위성 자료의 8년간 평균 월별 DN (digital number) 값을 가중하여 추정하였다.

$$(\bar{X}, \bar{Y}) = \left(\frac{\sum_i Catch_i \cdot X_i}{\sum_i Catch_i}, \frac{\sum_i Catch_i \cdot Y_i}{\sum_i Catch_i} \right) \quad (1)$$

조업어선의 위치(Long. Xi, Lat. Yi)에 대한 통계적 신뢰영역은 장축과 단축의 타원형으로 표시하였고, 타원의 장축(λ_1)과 단축(λ_2)은 식 (2)와 같다.

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

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

여기서 s_1 , s_2 및 s_{12} 는 각각 X, Y에 대한 표준편차, 공분산이고, 타원의 방향성을 나타내는 장축 및 단축의 기울기 b_1 , b_2 는 식 (3)에 나타내었다.

$$b_1 = \frac{s_{12}}{\lambda_1 - s_1^2}, \quad b_2 = \frac{-1}{b_1} \quad (3)$$

결과 및 고찰

야간조업어선의 월별분포와 어장중심

대마도를 포함한 동해 전해역 야간조업 어선의 분포 중심과 공간적 월별분포를 살펴보기 위하여, DMSP/OLS 영상의 1993년부터 2000년까지 8년간 각 격자간격에서 구름 및 어둠 값을 제거하여 각 격자별 매월 DN의 최대 값을 합성하였다(Fig. 2). 또한, 조업어선의 공간분포를 나타내는 타원은 8년간 평균 자료에 의해 계산된 것이다. 어선불빛을 조업어장으로 볼 때, 1-3월에는 동해 남서부해역의 대마도 부근과 울릉도 이남에서 조업어장이 시작되며, 대한해협 서수도보다 동수도와 일본 연안 부근에 조업어선의 불빛이 집중되어 있다. 이것은 조업어장의 분포를 나타낸 타원의 중심점 위치에서도 잘 나타난다. 춘계인 4월부터 점차 한국 동해안 연안과 일본 혼슈열도 연안을 따라 북상하면서 5월에는 이들 연안해역 전반에 걸쳐 어선이 분포하고 있는 것을 알 수 있다. 특히, 6월부터 동해 극전선을 따라서 대화퇴까지 어장의 형성이 확산 분포하고 7월에는 북해도 이북까지 어장이 확장되는 것을 알 수 있다. 8월과 9월에는 극전선을 따른 어장의 형성이 뚜렷해지고, 일본 혼슈열도의 노토반도 이북은 9월부터 어장이 사라지는 것을 볼 수 있다. 어장분포 타원의 중심은 1월부터 8월까지

대마도 주변해역에서 월이 증가함에 따라 울릉도, 극전선 해역으로 북상하여 이동하였다.

최대 야간조업어장의 남북 확장은 10월에 나타나며, 다른 월에 비해 어장의 분포가 한국 동해 연안에서 극전선을 따라서 북쪽으로 확장이 크고, 어선의 집중도도 많은 것을 알 수 있다. 이것은 분포중심 타원의 장축 길이를 보아도 다른 월에 비해 10월이 남북으로 가장 길어 이 시기에 최대 어장이 형성되는 것을 시사하고 있다.

동해에서 야간에 집어등으로 조업하는 오징어는 1년생으로 대부분 여름철부터 가을철에 걸쳐 동해에서 어획되며(Kim and Kang, 1995), 가을철(9-11월)에 동해남부 및 남해안 일대에서 주로 산란한다(Murata et al., 1973; NFRDI, 1998). Cho et al. (2004)과 Choi et al. (1997)이 제시한 것과 같이 4월과 5월 초순경에 대마난류의 세기와 관련된 오징어의 북상회유가 진행되어 동해에서 어획되는 오징어의 대부분인 추계발생군이 10월에 동해 전체 해역에서 가장 높은 어획량을 나타내기 때문에 10월에 CPUE가 높게 나타난 것과 위성관측 10월의 야간조업어선이 남북으로 가장 넓게 분포하는 것은 잘 일치한다. 또한 그들은 10년의 조사기간(1990-1999년) 동안 오징어 총어획량(23,140 M/T) 중 가장 많은 약 53%가 10월(12,299 M/T)에 한국의 동해연안 전역에서 얻어졌으며, 이것은 풍어기인 10월에 12-20°C로 어획적수온대의 범위가 넓고, 5월 초순경에 월동장인 남쪽으로부터 북상회유가 진행되고 10월에 남하회유가 시작되는 추계발생군이 10월에 한국의 동해연안 해역에서 가장 높은 어획량을 나타내었기 때문이라 하였다.

야간조업어장의 감소는 남북어장의 분포가 가장 넓은 10월을 절정으로 11월부터 북해도 주변에 있던 조업어선들이 줄어들기 시작하는 것을 볼 수 있다. 대마난류 해역에서 가을철 동서어장은 오히려 10월 보다 12월에 대마난류 해역에서 조업어선의 집중되어 있다. 대마난류 해역에서 10월 보다 12월에 어선의 집중이 분포한 것은 8년간 12월의 각 연도별 DN의 최대 값이 10월보다 분산되어 많이 나타났기 때문이다. 전 계절에 걸쳐 어장의 분포 중심축은 남북으로 이동하는 경향을 보였고, 단축은 남동-북서방향, 장축은 남서-북동방향으로 주어장의 분포역이 남서-북동방향임을 알 수 있다.

동해 오징어의 회유경로는 해류의 경로와 밀접한 관계가 있으며, 회유시기는 조업시 어군의 분산정도를 좌우하므로 조업의 시기를 결정짓는 지표로서 매우 중요하다고 할 수 있다(Kasahara, 1978). 본 연구에서 오징어 회유시기에 따른 어군의 분산정도를 어선의 분산으로 생각하여 보면, 5월부터 어선이 한국 동해 연안과 일본 혼슈열도를 따라 북상하여 있음을 알 수 있고, 분산 정도가 가장 큰 10월 이후의 남하 시기에는 그 남하 속도가 북상 속도보다 서서히 이루어짐으로써 12월까지도 어군의 밀도가 유지되어 어기가 지속될 수 있음을 볼 수 있다.

오징어 채낚기어업에 의한 오징어 어획량과 DMSP/OLS의 DN값의 8년간(1993-2000년) 월평균 어획량 변동은 1-5월까지 감소하다가 6월부터 증가하여 10월에 최대값을 보이고, 11월

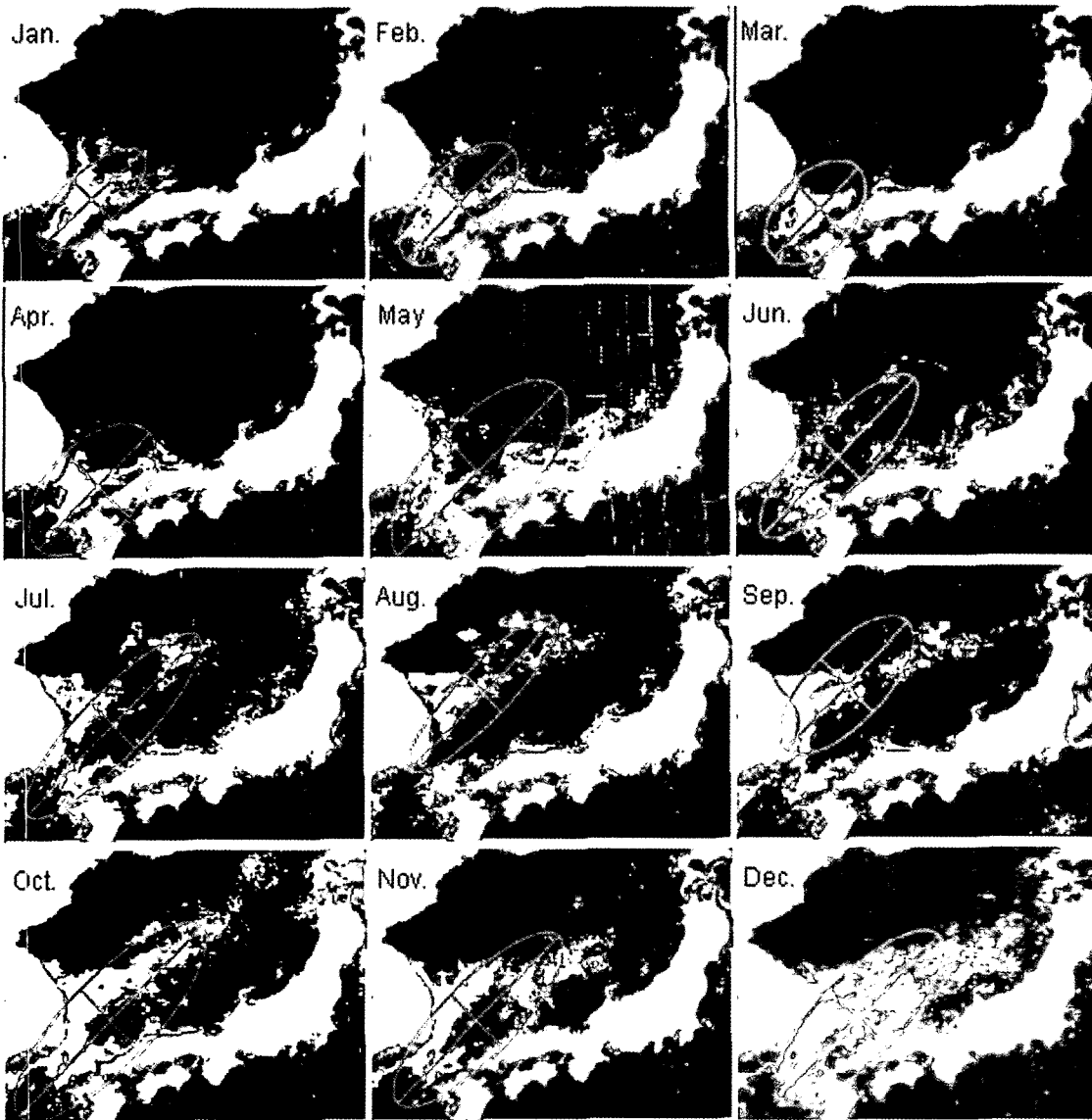


Fig. 2. Distributions of nighttime fishing boats and the center of fishing ground in the East Sea estimated by OLS monthly composite images from 1993 to 2000.

부터 다시 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 3). 위성자료에서 얻은 DN값은 1-3월에는 감소하다가 4월부터 증가하여 10월에 가장 큰 값을 보이고, 11월부터 다시 감소하는 경향을 나타내었다. 어획량과 위성자료 값 사이의 월별 차이는 어획량 계산이 한국 동해 연근해역을 대상으로 한 반면, 위성에서 관측한 조업어선의 자료는 동해 전체 해역을 대상으로 산정한 결과인 것으로 생각된다. 또한, 춘계에서 하계의 어선분포의 증가는 한국 동해 연근해뿐만 아니라 동해 극전선 주변해역인 한일 잠정수역 및 일본 연안측에서 어선이 분포하고 있기 때문이다. 특히, 일본 연안측 어선의 분포는 5-8월경에 오징어의 하계 발생군에 따른 조업어장의 형성과 관계있을 것으로 사료된다. 향후 일본 연안측의 오징어 조업어장과 관련된 한

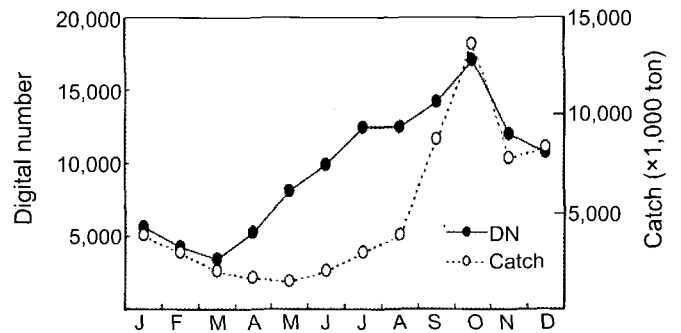


Fig. 3. Monthly fluctuation of squid catches and digital number from 1993 to 2000 .

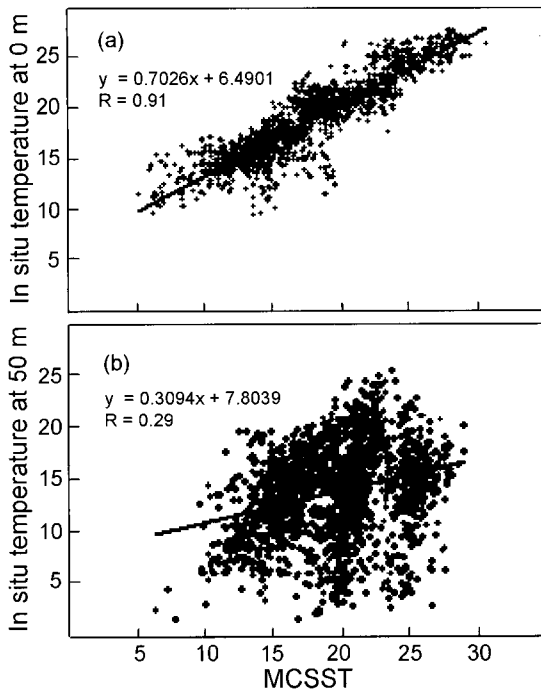


Fig. 4. MCSST and in situ temperature at 0 m (a) and at 50 m (b). R is a correlation coefficient.

일공동연구가 지속되어지면 흥미로운 결과를 도출할 것으로 예상된다. 결과적으로 동기간 동안 야간조업어선의 분포로 오징어어황을 추정해 볼 때, 동계(1-3월)에는 한국 연근해역에서 오징어가 적게 잡히는 한어기, 추계(9-12월)에는 오징어가 가장 많이 잡히는 성어기임을 생각할 수 있다.

위성표면수온 자료를 이용한 50 m 수온의 추정

동해 야간 오징어 채낚기어업의 대표 조업수심인 50 m 수온을 위성자료로부터 추정하기 위하여 MCSST 위성표면수온과 현장관측 표면수온과의 상관관계를 살펴본 결과, 상관관계가 0.91로써 위성표면수온이 관측표면수온을 잘 반영하는 것으로 나타났다(Fig. 4). 반면에 위성에서 측정된 표면수온과 50 m 수심의 현장수온과의 상관관계는 0.29로 매우 낮게 나타났다. 이것을 월별로 다시 분리하여 살펴 본 결과, 하계 6월, 8월(상관계수 0.20-0.33)을 제외한 동계(2월), 춘계(4월), 추계(10월, 12월)는 0.52-0.59의 범위로 상대적으로 높게 나타났다. Kim and Isoda (1998)에 의한 해양표면에서 수온의 차가 1°C 되는 곳을 표층혼합층으로 정의하여 계산한(Fig. 6) 월별 표층혼합층도 해면 냉각이 시작되는 10월부터 점점 혼합층이 깊어져 춘계 4월까지 대만난류해역 대부분이 50 m 보다 깊은 층에 표층혼합층이 형성되어 위성표면자료와 50 m 현장관측 자료

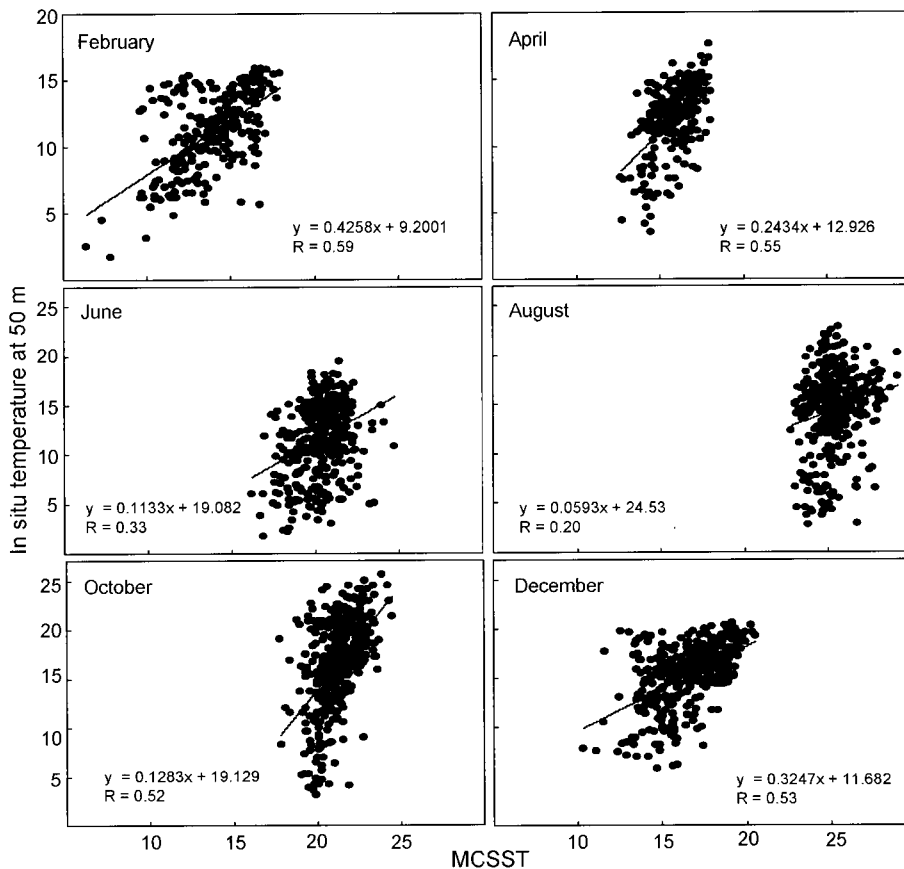


Fig. 5. Linear regression analysis between in situ temperature at 50 m and SST derived from satellite imagery.

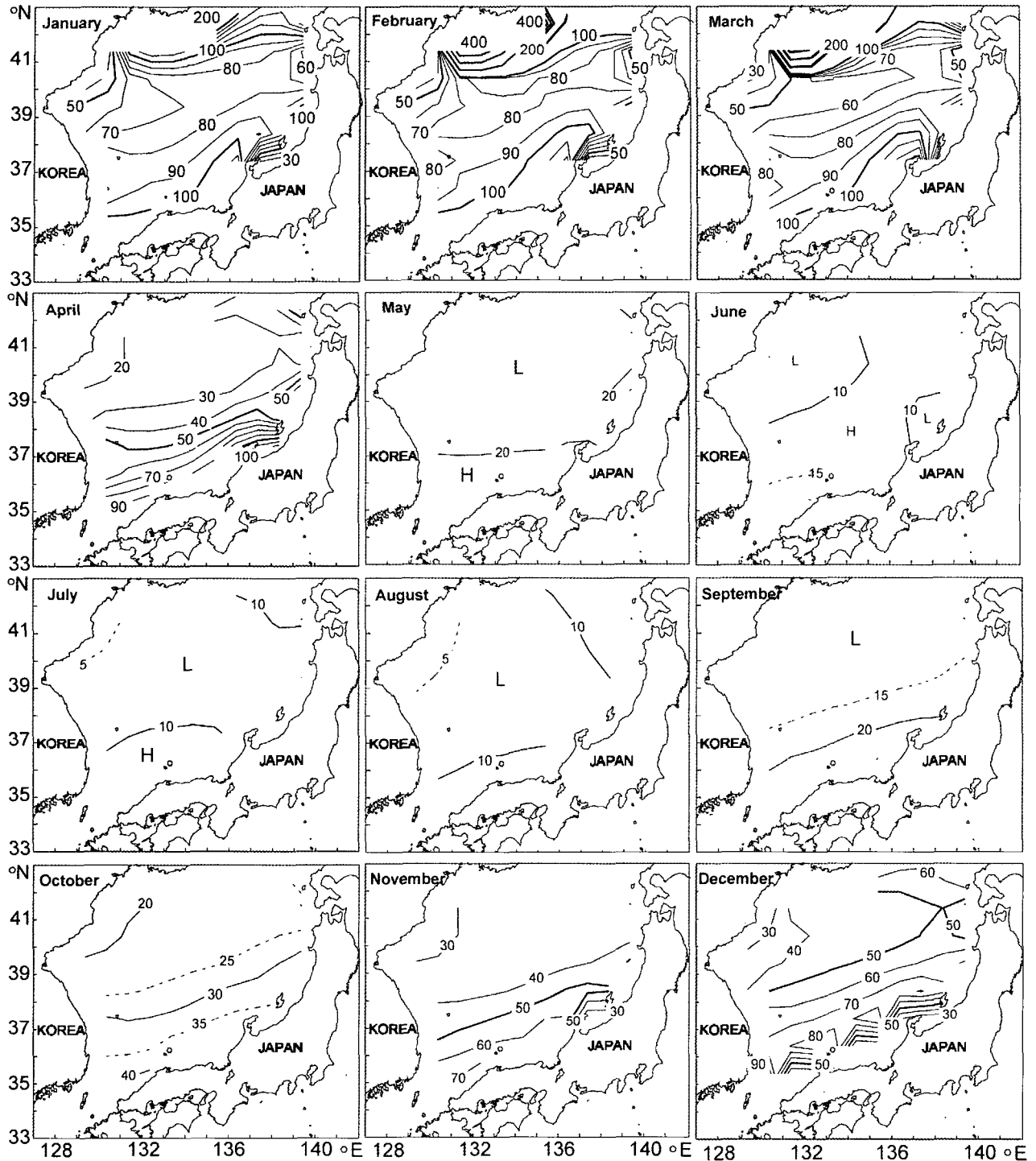


Fig. 6. Horizontal distribution of mixed layer depth from January to December.

의 상관성이 높은 것으로 생각되며, 위성관측 표면수온 자료로부터 충분히 50 m 층의 수온 추정이 가능한 것을 제시한다. 한편, 5월부터 9월의 경우는 해표면 가열에 의한 성층의 형성으로 표층혼합층이 거의 20 m 보다 얇은 층에 형성되어 있어 수심별 수온변동의 선형성이 상대적으로 작아 그 상관정도가

낮아진 것으로 생각된다.

대마난류역의 가장 서쪽 흐름인 동한난류는 한반도 동안을 따라 북상하여 북위 약 38-41°N 사이에서 남으로 흐르는 북한한류와 만나면서 극전선을 형성한다. 이 전선의 위치는 해에 따른 동한난류의 변화함에 따라 경년변동이 심하며, 크고 작은 규

모의 eddy의 존재와 함께 복잡한 해황특성을 지니고 있다 (Gong and Lie, 1984; Isoda et al., 1991; Isoda and Saitoh, 1993; An et al., 1994; Katoh, 1994; Isoda and Tanaka, 1999). 이러한 동해에서 위성 표면수온자료로부터 50 m 및 타 층의 수온을 추정하기 위해서는 해역특성에 맞는 새로운 알고리즘 개발이 필요할 것으로 생각된다.

사 사

본 연구에 사용된 DMSP/OLS 영상은 NOAA의 National Geophysical Data Center (NGDC)에서 제공된 것입니다. 본 연구는 국립수산물과학원 첨단위성 해양정보활용 시스템 운영, 한국해양연구원 “통신해양기상위성 해양자료 처리시스템 개발”, 한국항공우주연구원 “아리랑 위성자료 공공활용 연구” 및 한국학술진흥재단 (KRF-2002-037-C00015)의 지원에 의하여 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- An, H.S., K.S. Shim and H.R. Shin. 1994. On the warm eddies in the southwestern part of the East Sea (The Japan Sea). *J. Oceanol, Soc. Korea*, 29, 152-163.
- Choi, K.H., S.D. Hwang and J.I. Kim. 1997. Fishing conditions of Common Squid (*Todarodes pacificus* Steenstrup) in Korean waters. I. Spatio-temporal distribution of common squid related to the changes in oceanographic conditions. *J. Kor. Fish. Soc.*, 30, 513-522.
- Cho, K.D., S.W. Kim, G.H. Kang, C.I. Lee, D.S. Kim, Y.S. Choi and K.H. Choi. 2004. Relationship between fishing condition of common squid and oceanic condition in the East Sea. *J. Kor. Soc. Mar. Environ. Safe.*, 10, 61-67.
- Cho, K., R. Ito, H. Shimoda and T. Sakata. 1999. Fishing fleets lights and sea surface temperature distribution observed by DMSP/OLS sensor. *Int. J. Remo. Sens.*, 20, 3-9.
- Elvidge, C.D., K.E. Baugh, J.B. Dietz, T. Bland, P.C. Sutton and H. Kroehl. 1999. Radiance calibration of DMSP-OLS low light imaging data of human settlements. *Remo. Sens. Environ.*, 68, 77-88.
- Gong, Y. and H.J. Lie. 1984. Distribution of thermal fronts in the South-East Sea of Korea (Southern Japan Sea). Ministry of Science and Technology, Korea. BSPE 00055-86-7B, pp. 215.
- Imhoff, M.L., W.T. Lawrence, C.D. Elvidge, T. Paul, E. Levine, M.W. Privalsky and V. Brown. 1997. Using nighttime DMSP/OLS images of city lights to estimate the impact of urban land use on soil resources in the United States. *Remo. Sens. Environ.*, 59, 105-117.
- Isoda, Y., S. Saitoh and M. Mihara. 1991. SST structure of the polar front in the Japan Sea. In: *Oceanography of Asian Marginal Seas*, Vol. 54. K. Takano ed. Elsevier, Amsterdam, pp. 103-112.
- Isoda, Y. and S. Saitoh. 1993. The northward intruding eddy along the east coast of Korea. *J. Oceanogr.*, 49, 443-458.
- Isoda, Y. and K. Tanaka. 1999. Interannual variation of bifurcation of the Tsushima Warm Current around Tsushima/Korea Strait. *Umi to Sora*, 75, 71-79.
- 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. Fish. Res. Lab.* 29, 179-199.
- Katoh, O. 1994. Structure of the Tsushima Current in the southwestern Japan Sea. *J. Oceanogr.*, 50, 317-338.
- Kim, B.K. and C.K. Lee. 1981. A characteristic of condition of oceanographic and catch of the squid (*Todarodes pacificus* Steenstrup). *Bull. Fish. Res. Dev. Agency, Korea*. 27, 41-57.
- Kim, Y.H. and Y.J. Kang. 1995. Population analysis of the common squid, *Todarodes pacificus* Steenstrup in Korean waters. *J. Kor. Fish. Soc.*, 28, 163-173.
- Kim, Y.H., Y.J. Kang, S.H. Choi, C.S. Park and C.I. Baik. 1997. Population analysis by the reproductive ecological method for the common squid, *Todarodes pacificus* in Korean Waters. *J. Kor. Fish. Soc.* 30, 523-527.
- Kim, S.W. 2002. GIS analysis of fishing fleet in the East Sea derived from nighttime satellite images in 1993. *J. Kor. Inst. Mar. Info. Com. Sci.*, 6, 812-818.
- Kim, S.W., S. Saitoh, J. Ishizaka, Y. Isoda and M. Kishino. 2000. Temporal and spatial variability of phytoplankton pigment concentrations in the Japan Sea derived from CZCS images. *J. Oceanogr.*, 56, 527-538.
- Kim, S.W., S. Saitoh and D.S. Kim. 2002. Spatial distribution of pigment concentration around the East Korean Warm Current region derived from satellite data. Satellite observation in May 1980. *J. Kor. Fish., Soc.*, 35, 265-272.
- Kim, S.W. and Y. Isoda. 1998. Interannual variations of the surface mixed layer in the Tsushima Current region. *Umi to Sora*, 74, 11-22.
- Kiyofuji, H., S. 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, Fishery GIS Research Group, 178-185.
- McClain, E.P., W.G. Pichel and C.C. Walton. 1985. Comparative performance of AVHRR-based multi-channel sea surface temperatures. *J. Geophys. Res.*, 90, 11,587-11,601.
- MOMAF (Ministry of Maritime Affairs & Fisheries). 1993-2000. Statical Year Book of Agriculture and Fisheries. MOMAF, Korea.
- Murata, M., Y. Onoda, M. Tashiro, Y. Yamagishi and T. Suzuchi. 1973. Ecological studies on the squid, *Todarodes pacificus* Steenstrup, in the northern water of the Japan Sea in 1971. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.*, 39, 1-25.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2000. Annual Report of Oceanographic Observations. NFRDI, Korea.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 1998. Ecology and fishing grounds of fishes on coastal waters. NFRDI, 17, 291-296.
- Park, J.H., K.H. Choi and J.H. Lee. 1992. A study on the prediction of fishing conditions of common squid, *Todarodes pacificus* Steenstrup in the eastern Korea Sea. *Bull. Kor. Fish. Soc.*, 28, 327-336.
- Sakurai, Y., H. Kiyofuji, S. Saitho, T. Goto and Y. Hiyama. 2000. Changes in inferred spawning areas of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) due to changing environment conditions. *ICES J. Mar. Sci.*, 57, 24-30.
- Suh, Y.S., L.H. Jang, N.K. Lee and B.K. Kim. 2002. Development of the regional algorithms to quantify chlorophyll *a* and suspended solid in the Korean Waters using ocean color. *J. Korean Fish., Soc.*, 35, 207-215.
- Sokal, P.R. and F.J. Rohlf. 1981. *Biometry*, 2nd. ed. W.H. Freeman and Co., NY, pp. 895.

2005년 9월 30일 접수

2005년 10월 25일 수리