

오징어 산란장 및 주 어장의 해양환경이 동해의 오징어 어획량에 미치는 영향

이충일* · 최광호**

*강릉대학교 해양생명공학부, **국립수산과학원

Influence of marine environment in main fishing ground and spawning ground on the squid catch in the East Sea

Chung Il Lee* · Kwangho Choi**

*Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University, Gangneung, 210-702, Korea

**National Fisheries Research Development & Institute, Busan, 619-705, Korea

요 약 : 동해의 오징어 어획량은 연변동 및 3-5년 그리고 10년 이상의 장주기적인 변동 특성을 보인다. 동해의 오징어 어획량은 어장이 분포하는 해역의 해양환경 뿐만 아니라 자원량 변동의 1차적인 요인으로 작용하는 산란장의 환경도 중요하게 고려된다. 오징어의 분포에 영향을 미치는 인자들 중 수온의 영향을 우선적으로 분석하였다. 동해에서 수온의 분포는 오징어 어장의 공간적인 분포 위치에 큰 영향을 끼친다. 동해에서 어획되는 오징어는 대부분 난류어종으로 쓰시마난류수의 분포 형태에 따라 중심 어장의 위치도 변할 가능성이 높게 나타난다. 한편, 주 산란시기인 겨울철, 가을철 그리고 여름철의 산란장의 환경 변화 및 산란장의 면적 변화는 성어의 어획량과 밀접한 관련을 가진다.

핵심용어 : 동해, 오징어, 산란, 수온, 쓰시마난류

Abstract : Squid catch in the East Sea has annual, 3-5 years and decadal periodicity. Position of main fishing ground depend on the pattern of the Tsushima Warm Current. Marine environment in spawning ground has close correlation with the variation of squid catch in the East Sea

Key Words : East Sea, squid, spawning ground

1. 서 론

한국근해는 수심과 해안의 굴곡, 도서의 유무 등 지리적 특성이 동해, 서해, 남해가 각각 상이하고, 해수의 해양학적 요소와 수산생물의 분포양상도 각각 독특한 특징을 갖고 있다. 동해에서는 쿠로시오의 지류인 쓰시마난류(大馬暖流)가 동해로 유입되어, 그 하나의 지류는 일본 연안을 따라 북상하고, 다른 하나의 지류인 동한난류는 한국 연안을 따라 북상한다. 동한난류는 동해중부 연안역에까지 남하하는 북한한류와 만나 동쪽으로 흐르면서 극전선을 형성한다 (Fig. 1.1). 그리고 쓰시마난류는 그 분포형태에 따라서 한국 동해안과 동해 중부 쪽으로 북상하기도 하며, 때로는 일본 연안쪽으로 치우쳐 북상하기도 한다 (Hong and Cho, 1983, Lee, 2003). 쓰시마난류에 의한 수송량은 10월에 가장 많고, 1월에 가장 작다 (Kim, 2001). 동해에서 100m 수층의 수온분포에 의해 냉수역과 난수역의 분포, 경계 및 특성을 잘 파악할 수 있다 (Choi, 1994). 서해에 영향을 미치

는 수계는 황해난류, 중국대륙연안수, 황해저층냉수 및 한국연안수가 있는데 계절에 따라 분포가 각각 다르다 (Lee, 1984). 특히 하계 황해 저층냉수의 이상저수온 현상은 전년 동계의 강한 북서계절풍과 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, 고등어 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.

살오징어는 1일 상하층 운동이 심하여 낮에는 수심 깊은 곳에 있다가 밤이 되면 수면 부근으로 올라와 소형어류 등을 잡

* 정회원, leeci@kangnung.ac.kr 033)640-2855

** 비회원, khchoi@nfrdi.re.kr 051)720-2280

아 먹을때 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.

한편, 살오징어 (*Todarodes pacificus*)의 생물학적 특성을 보면, 빨강오징어과 (*Ommastrephidae*)의 1종으로, 수명은 1년 정도이며 산란 후 사망한다 (Roper et al., 1969; Voss, 1977). 우리나라 연근해에서 살오징어군은 거의 연중 산란하지만, 발생 시기에 따라 1~4월에 산란하는 동계발생군, 6~8월에 산란하는 하계발생군, 그리고 9~11월에 산란하는 추계발생군으로 나뉘인다 (Kasahara, 1978). 포란수(抱卵數)는 30만~50만립(粒)이며, 수온 0~10°C에서 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 연안층 해역에 분포하고 있다. 산란 지역은 대륙붕과 대륙사면에 위치하며, 밀도약층에 부유성 난괴를 방출한다 (Shojima, 1972; Sakurai, 2000). 산란수온은 15-23°C, 서식수온은 5.5-22.5°C이고 최적수온은 14-20°C이다 (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 성어를 이룬 후 남하하여 12월까지 어장이 형성된다 (Kim et al., 1984).

동해에서 오징어채낚기어업의 주 조업어기인 여름 및 가을철의 중심어장은 수온전선역에 형성되며, 살오징어의 북상 초기 (6월경)에는 수온전선 남측의 난수역, 남하초기 (9월)에는 전선의 냉수측에서 높은 분포 밀도를 나타낸다 (Naganuma, 1967; Matsumiya et al., 1980; Kasahara 1983). 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).

따라서 본 연구에서는 해양 환경 변화가 동해에서 어획되는 살오징어의 풍도에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 특히 주 어장이 위치하는 동해의 해양환경과 산란장이 분포하는 동중국해, 한국 남해, 큐슈 서쪽 연안역의 해양환경이 동해 어징어 어획에 미치는 영향을 분석하였다.

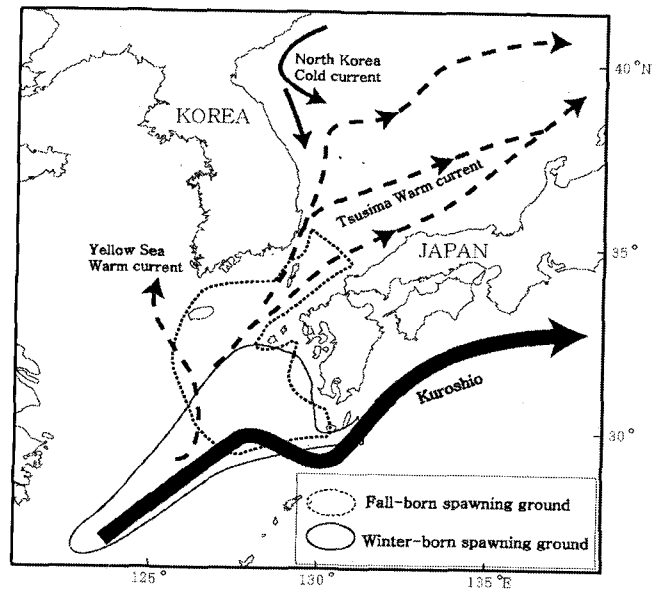


Fig. 1. Schematic of the current system (Isobe, 1999) and spawning ground by breed group (Sakurai et al., 2000).

2. 재료 및 방법

2.1 어항

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.

해양수산부가 정한 해구별 (위도 0.5°×경도0.5°) 어획량 및 어획노력량 자료는 1980년부터 1999년까지 국립수산물과학원의 표본조사 자료를 사용하였다. 표본조사는 조사원이 주 1회 지정 어항 (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, 연간 총어획량 (단위노력당어획량)의 경년변화에서 연구기간에 대한 평균어획량 (단위노력당어획량)을 감한 그 차가 양 (+)의 값을 가진 해를 호황년, 음 (-)의 값을 가진 해를 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)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.

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

어군이 어획된 위치 (경도 X_i , 위도 Y_i)에 대한 통계적 공동 신뢰영역은 장축과 단축의 타원형으로 표시하였고, 타원의 장축 (λ_1)과 단축 (λ_2)은 아래의 식 (2)와 같다.

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

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

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 (2.3)과 같다.

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

2.2 해황

수온의 변동은 국립수산물과학원 (National Fisheries Research and Development Institute, NFRDI)의 1960년부터 2000년까지의 관측자료와 1972년부터 1999년까지 일본기상청 (Japan Meteorological Agency, JMA)의 관측 자료, WOD05 자료를 이

용하였다.

동물플랑크톤의 변동은 국립수산물과학원에서 발행되는 해양조사연보 (1977-1997년)를 이용하였으며, 동해 및 서해로 구분하여 집계하였다.

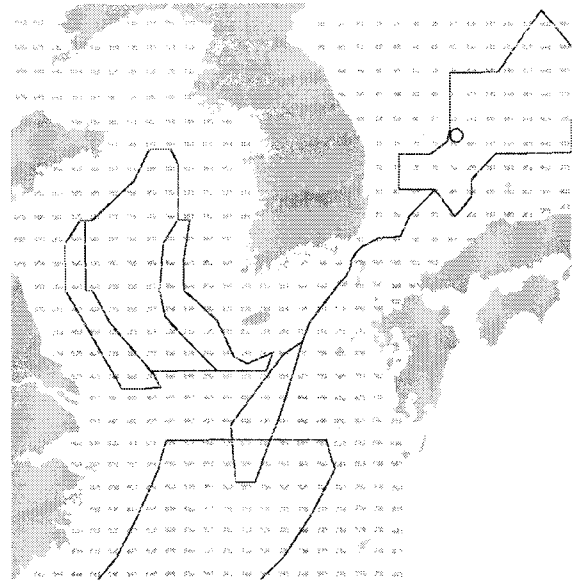


Fig. 2. The map showing the sea block with sea block number.

3. 결 과 및 고찰

동해의 오징어 어획량은 연변동, 3-5년, 그리고 10년 이상의 장기주기적인 변동을 경향을 나타낸다. 난류 어종인 오징어의 경우 상대적으로 따뜻한 해수인 쓰시마난류수의 분포(이동) 형태에 따라 중심어장의 위치도 변하는 것으로 나타난다. 즉, 쓰시마난류수가 한국 연안에 근접하는 경우와 먼바다를 통해 이동하는 경우 주 조업 어장의 분포 위치도 변하였다.

자원량의 많고 적음에는 여러 가지 요인이 복합적으로 작용한다. 요러 가지 요인중 1차적인 인자로서 산란을 들 수가 있다. 좋은 환경에서 충분한 산란이 이루어질 경우 1차적으로 자원에 가입할 수 있는 개체수가 증가하게 된다. 물론 성장과정에서 포식자나 기타 환경 변화에 의해 개체수의 감소가 나타날 수 있다. 본 연구에서는 1차적으로 산란에 적합한 환경의 형성 유무가 산란량 및 자원량에 영향을 미칠 수 있다는 가설하에서 분석하였다. 그 결과 1960년대부터 1990년대 오징어 어획량의 변동안 산란장의 면적 및 산란장의 환경 변화와 밀접한 관련이 있는 것으로 보여진다.