동해안 도루묵, *Arctoscopus japonicus*의 회유와 분포변동 특성

양재형 · 이성일^{1*} · 박기영² · 윤상철¹ · 김종빈³ · 전영열⁴ · 김상우 · 이재봉

국립수산물과학원 동해수산연구소, ¹국립수산물과학원 자원관리과,

²강릉원주대학교 해양자원육성학과, ³국립수산물과학원 남서해수산연구소,

⁴국립수산물과학원 동해수산연구소 독도수산연구센터

Migration and distribution changes of the Sandfish, *Arctoscopus japonicus* in the East Sea

Jae-Hyeong YANG, Sung-Il LEE^{1*}, Kie-Young PARK², Sang-Chul YOON¹,

Jong-Bin KIM³, Young-Yull CHUN⁴, Sang-Woo KIM and Jae-Bong LEE

Fisheries Resources and Environment Division, East Sea Fisheries Research Institute,
NFRDI, Gangneung 210-861, Korea

¹Fisheries Resources Management Division, National Fisheries Research & Development Institute,
Busan 619-705, Korea

²Faculty of Marine Bioscience and Technology, Gangneung-Wonju National University,
Gangneung 210-702, Korea

³Fisheries Resources and Environment Division, Southwest Sea Fisheries Research Institute,
NFRDI, Yeosu 556-823, Korea

⁴Dokdo Fisheries Research Center, NFRDI, Pohang 719-119, Korea

Distribution pattern and fishing conditions of sandfish, *Arctoscopus japonicus* in the East Sae were explored using catch and catch per unit effort (CPUE) by eastern sea Danish seine and coastal gill net fisheries from 2004 to 2008. *A. japonicus* was one of major target species for the eastern sea Danish seine and coastal gill net fisheries in the East Sea, which were caught from April to October for the eastern Danish seine, and from October to December for the coastal gill net, respectively. In recent, the distribution and centroid of fishing ground moved northward, as seawater temperature increased. The species spawned in the coastal areas of Gangwon, northern East Sea, during winter, started to move to deeper water after spawning from spring, extended widely from Gangwon to Ulsan, southern East Sea, during summer, and migrated back to the

*Corresponding author: silee@nfrdi.go.kr, Tel: 82-51-720-2325, Fax: 82-51-720-2337

spawning ground off Gangwon during autumn.

Keywords: *Arctoscopus japonicus*, Sandfish, Distribution changes, East Sea, Migration

서 론

동해는 북쪽에서 북한한류가 대륙붕 연안을 따라 남하하고 남쪽에서 고온·고염의 대마난류가 대한해협을 통해 유입되어 북위 약 37~41°N 부근에서 강한 수온전선을 형성한다. 동해의 회유성 어류(꽂치, 고등어 등)는 이 전선을 경계로 남북으로 큰 색이회유를 하며, 이들 해역은 먹이 공급로 역할을 하는 중요한 해역이다 (Kawail, 1991). 또한, 수심이 깊고 해안선이 단조로운 해양환경적 특성을 가진 연안역은 기초생산성이 높아 수많은 해양생물의 산란과 생육장으로 이용되고 있어 어장으로서 가치가 매우 높은 곳이다 (Chun et al., 2004).

도루묵 (*Arctoscopus japonicus*)은 농어목 (Order Perciformes) 도루묵과 (Family Trichodontidae)에 속하는 어종으로 우리나라 동해, 일본 중부 이북, 캄차카반도, 사할린, 알래스카 등에 분포한다 (NFRDI, 2004). 도루묵은 주로 수심 100~200m의 대륙붕의 모래 또는 펄로 구성되어 있는 저질에 서식하며 (Kim et al., 2005), 겨울철이면 산란을 위하여 수심 2~10m의 얕은 연안으로 내유하여 해조류 줄기에 둥근 알 덩어리를 붙인다 (NFRDI, 2004; Myoung et al., 2002). 도루묵의 서식수온은 2~13°C이고 (NFRDI, 2000), 산란수온은 6~11°C로 알려져 있다 (Chyung, 1977).

도루묵은 우리나라에서 주로 동해구기선저인망어업과 연안자망어업에 의해 어획되는데, 동해구기선저인망어업은 동해안의 수심 100~200m 내외에서 연중 조업이 이루어지고 있으며, 연안자망어업은 산란시기에 연안 가까이로 몰려온 도루묵을 대상으로 주된 조업이 이루어지고 있다. 최근 도루묵 자원은 1970~1980년대에

비해 크게 감소하여 효율적인 자원이용을 위해서는 적절한 자원관리가 필요한 실정이다 (Lee et al., 2009).

수산자원을 합리적으로 이용관리하기 위해서는 먼저 서식·분포하는 해역의 해양환경특성을 이해하고 이에 따른 시·공간적 분포특성이 규명되어야 한다. 우리나라 연근해 수산자원에 대한 분포특성 및 회유에 관한 연구로는 갯장어 (Park et al., 1998), 보구치 (Baik et al., 1999), 키조개 (Hong et al., 2002), 황아귀 (Park et al., 2000), 살오징어 (Choi et al., 2003) 등이 수행되었으며, 이러한 결과들은 어황예보나 자원변동 예측에 중요한 정보로 활용되고 있다. 그러나 도루묵은 동해에서 상업적으로 중요한 어종임에도 불구하고 이와 관련한 연구는 미흡한 실정이다. 우리나라와 마찬가지로 도루묵에 대한 이용도가 높은 일본에서는 토야마만 도루묵의 산란회유 (Minami, 1989), 아키타현 연안 수온과 도루묵 어획량과의 관계 (Sakuramoto et al., 1997), 밀도지수를 이용한 혼수 연안 도루묵의 두 계군간 분포범위 추정 (Watanabe et al., 2004) 등의 많은 연구가 수행되어 자원변동 예측을 통해 적절하게 이용·관리하는 등 분포특성 연구결과를 활용한 방안들이 강구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 동해안의 도루묵의 분포밀도 및 범위, 그리고 분포중심 등에 대한 시·공간적 변화 분석을 통해 최근 도루묵의 분포특성을 규명함으로써 도루묵 자원을 합리적으로 이용할 수 있는 관리방안을 마련하는데 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

자료 및 방법

도루묵에 대한 어획동향을 알아보기 위해 어업생산량통계자료 (MFAFF, 1971~2008)를 사용하여 연도별, 월별 및 어업별 어획량 변동을 분석하였다.

해양환경 변화에 따른 도루묵 어장분포 특성을 파악하기 위해 도루묵의 주요 산란장이자 연안자망어업의 주요 어장중 강원북부 속초, 강원남부 동해연안의 수온분포변화를 분석하였다 (Fig. 1). 사용된 자료는 2001~2010년간 조사된 정선관측자료 (NFRDI, 2002~2011)를 사용하여 2000년대 전반기 (2001~2005)와 후반기 (2006~2010)를 나누어 산란시기 12월의 수직수온분포를 살펴보았다.

도루묵은 주로 동해구기선저인망과 연안자망어업에 의해 어획되므로, 이들의 어장분포 특성을 분석하기 위해서 두 어업에 대한 2004~2008년간의 소해구별 (Lat., Long., 10' × 10') 어획량 및 단위노력당 어획량 (CPUE, kg/fishing vessel) 자료를 사용하였다. 도루묵 어장의 분포중심 및 범위를 추정하기 위해 Sokal and Rohlf (1995) 방법을 사용하였으며, 동해구기선저인망 및 연안자망의 어장분포의 중심좌표 (Long. X_i , Lat. Y_i)

는 두 어업의 어획중심을 나타낸다. 도루묵이 어획된 각 어업별, 소해구별 중심좌표 (X_i , Y_i)에 연조업척당 어획량 (CPUE_{*i*})으로 가중하여 식 (1)과 같이 구하였다.

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

도루묵이 어획된 위치 (Long., Lat.)에 대한 통계적 공동신뢰영역 (joint confident region)은 장축과 단축을 지니는 타원 (ellipse)으로 표현하였으며, 이때 타원의 장축 (λ_1)과 단축 (λ_2)은 식 (2)와 같다.

$$\lambda_1 = 0.5 \cdot [s_1^2 + s_2^2 + \sqrt{(s_1^2 + s_2^2)^2 - 4(s_1^2 s_2^2 - s_{12}^2)}] \\ \lambda_2 = s_1^2 + s_2^2 - \lambda_1 \quad (2)$$

여기서, s_1 , s_2 는 각각 X, Y에 대한 표준편차와 공분산을 나타낸다. 그리고 타원의 방향성을 나타내는 장축 및 단축의 기울기 b_1 , b_2 는 식 (3)에 나타내었다.

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

이는 도루묵을 대상으로 하는 동해구기선저인망어업과 연안자망어업의 어획위치에 대한 통계적 공동신뢰구간 95% 신뢰구간을 나타낸다.

결 과

도루묵의 연도별 어획량 변동을 살펴보면, 1971년에 약 2만 5천톤으로 최고치를 기록하였으나, 1970년대 후반에 접어들면서 어획량은 급격히 감소하여 1979년에는 1천 4백톤으로 최저치를 나타내었다 (Fig. 2). 그 후 1980년대 중반에 들어 어획량은 다시 회복세로 돌아서면서 1987년 1만 2천톤으로 비교적 높은 어획을 나타내었으나, 1980년대 후반부터 어획량은 다시 크게 감소하여 최근에는 4천톤 미만의 낮은 수준을 보이고 있다.

최근 5개년 (2004~2008년)에 대한 어업별 어

Fig. 1. Map showing the observation sites of sea temperature in the East Sea.

Fig. 2. Changes in annual catch of *A. japonicus* in the Korean waters from 1970 to 2008.

Fig. 3. Proportions of catch by fishery gear of *A. japonicus* in the East Sea from 2004 to 2008.

Fig. 4. Monthly changes in catch of *A. japonicus* by the eastern sea Danish seine and coastal gill net in the East Sea from January 2004 to December 2008. Total, the sum of catch of *A. japonicus* in the Korean waters.

획비율은 동해구기선저인망어업이 평균 46.8%, 연안자망어업이 평균 41.5%를 차지하였고, 그 외 외끌이 서남해구기선저인망어업에서 4.5%, 동해구트롤어업에서 3.0% 정도가 어획되고 있다 (Fig. 3). 특히, 동해구기선저인망어업과 연안자망어업에 의한 어획량이 전체의 약 88%로 이 두 어업에 의해 대부분이 어획되고 있다.

동해구기선저인망어업과 연안자망어업에 의한 도루묵의 5개년 (2004~2008년)간 월별 어획량 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 동해구기선저인망어업에서는 도루묵이 연중 어획되고 있으며, 특히 4~10월에 높은 어획량을 보이고 11월부터 이듬해 2월까지의 대체로 어획이 저조하였다. 2004~2006년에는 전체적으로 200톤 이하의 어획수준을 보였으나, 2007~2008년에는 특히 4~7월에 200톤 이상의 어획수준을 보였다. 동해구기선저인망어업에 의한 지역별 어획동향은 대부분이 강원도와 경상북도에서 어획되고 있으며, 강원도보다는 경상북도에서 높은 어획량을 보이고 있다. 먼저 경상북도는 3월부터 어획량이 증가하기 시작하여 9~10월까지 높은 수준을

보였다. 그러나 강원도는 6~7월부터 어획량이 크게 증가하여 10~11월까지 높은 수준을 보였다. 연안자망어업은 10~12월 사이에 집중적으로 조업이 이루어지고 있으며, 대부분이 강원도에서 조업이 이뤄지고 있다.

연안자망어업의 주요어장 중 강원도 북부어장인 속초연안과 남부어장인 동해연안의 기간별 평균 수직수온분포변화는 정선관측자료를 통해 5년간을 나누어 각 연안의 12월 자료에 대하여 Fig. 5에 나타내었다. 속초와 동해해역의 수온은 2000년대 전반기보다 2000년대 후반기에 높아지는 경향을 보였으며, 강원도 남부어장

인 동해연안은 서식수온 보다 높아지는 경향을 보였고, 강원도 북부어장인 속초연안은 서식수온이 계속 유지되는 경향을 보였다.

따라서 최근 동해안의 수온상승과 더불어 도루묵의 산란시기인 가을철 수온이 강원도 남부해역에서 점차 상승하고 있는 것으로 나타났으며, 특히 속초와 주문진 연안에서는 2004년부터 2008년까지 11~12월에 13°C이하의 수온이 계속 나타났으나, 동해연안에서는 2007년과 2008년에 11~12월에 수온상승으로 도루묵의 산란시기에 적합하지 않은 수온분포를 나타내었다.

동해구기선저인망어업에 의한 도루묵의 2004

Fig. 5. Mean vertical temperature profile of the major spawning grounds of *A. japonicus* in the East Sea from December, 2001 to 2010. A-1; Dongheha from 2001 to 2005, A-2; Dongheha from 2006 to 2010, B-1; Sokcho from 2001 to 2005, B-2; Sokcho from 2006 to 2010.

Fig. 6. Spatial distributions of CPUE (kg/fishing vessel) of *A. japonicus* caught by the eastern sea Danish seine from 2004 to 2008.

~2008년간의 연도별 연조업척당 어획량(CPUE)의 해구별 분포를 살펴보면 (Fig. 6), 2004년의 어장분포는 35.5°~37.8°N, 129°~130°E 사이에서 경북 축산연안을 중심으로 높은 밀도 분포를 보이면서 강원연안까지 광범위하게 어장이 형성되었다. 2005년에는 2004년에 비해 분포 밀도가 크게 감소하였고, 어장 역시 축소된 것으로 나타났다. 2006~2008년에는 어장분포가 북쪽으로 이동하여 36.3°~38.7°N, 128.5°~130°E 사이에 형성되었다.

동해구기선저인망어업의 연도별 CPUE 분포에 대하여 통계적 처리에 의한 공동신뢰영역(ellipse)의 범위 및 방향을 살펴보면, 2004년에는 주 분포역이 36.4°~37°N, 128.9°~130.3°E 사이에서 형성되었고, 장축은 동서방향의 형태를 나타내었다. 2005년에는 36.3°~37.8°N, 129.2°~129.8°E 해역으로 장축은 남북방향으로 좁게 형성되었다. 2006~2008년까지는 주 분포역이 36.6°~37.9°N, 128.8°~129.9°E 범위 내에서 장축은 남북방향으로 유사한 경향을 보였다 (Fig.

Fig. 7. Joint confident regions in fishing grounds of *A. japonicus* caught by the eastern sea Danish seine in the East Sea from 2004 to 2008.

Fig. 8. Annual movement of fishing ground centroids of *A. japonicus* caught by the eastern sea Danish seine in the East Sea from 2004 to 2008.

7). 연도별 공동신뢰영역의 중심 (centroid)은 2004년에는 36.7°N, 129.6°E에서 형성되었고, 2005년에는 37.1°N, 129.5°E로 북상하였으며, 2006~2008년에는 37.2°~37.3°N, 129.3°~129.5°E로 북동방향으로 더욱 이동하였다 (Fig. 8). 공동신뢰영역의 면적과 면적당 CPUE와의 관계는 공동신뢰영역의 면적이 넓어질수록 면적당 CPUE가 작아지는 경향을 보이는데, 최근 2007~2008년 동해구기선저인망어업의 주 분포

Fig. 9. Regression of relative CPUE/ellipse area on relative ellipse area of fishing grounds of *A. japonicus* caught by the eastern sea Danish seine in the East Sea from 2004 to 2008.

역의 면적은 2004~2005년에 비해 2배 정도 넓어진 반면에, 면적당 CPUE는 절반 이하로 감소한 것으로 나타났다 (Fig. 9).

동해구기선저인망어업의 계절별 분포 변화를 알아보기 위해 연도별 공동신뢰영역의 중심 (centroid)간 차이를 기준으로 2004~2005년간과 2007~2008년간에 대한 계절별 평균 CPUE 분포를 Figs. 10~11과 같이 나타내었다. 2004~2005년 겨울철 (1~3월)의 어장분포는 36.3°~37.7°N 사이에서 강원 삼척연안을 중심으로 높은 밀도 분포를 보였고, 봄철 (4~6월)에는 남쪽방향으로 감포연안까지 크게 이동하여 35.5°~36.8°N 사이에서 후포 및 축산연안을 중심으로 높은 밀도 분포를 보였다 (Fig. 10). 여름철 (7~9월)에는 어장이 35.3°~38°N까지 넓게 형성되었으며, 가을철 (10~12월)에는 36°~37.8°N 사이에서 형성되어 여름철보다는 어장이 좁게 형성되었다. 2007~2008년 겨울철의 어장분포는 37.3°~38°N사이에서 형성되었으며, 봄철에는 남쪽방향으로 축산연안까지 이동하여 36.2°~37.8°N 사이에서 강원 삼척과 경북 축산연안을 중심으로 높은 밀도 분포를 보였다 (Fig. 11). 여름철에는 어장이 36.3°~38.5°N까지 넓게 형성되었고 강원 삼척연안을 중심으로 높은 밀도 분포를 보였고, 가을철에는 더욱 북쪽으로 이동하여 37.2°~38.7°N 사이에서 속초연안을 중심으

Fig. 10. Monthly distributions of mean CPUE (kg/fishing vessel) of *A. japonicus* caught by the eastern sea Danish seine in the East Sea from 2004 to 2005.

로 높은 밀도 분포를 보였다. 2006년을 기준으로 이전과 이후의 계절별 어장분포를 비교해 보면, 이후의 어장분포가 이전에 비해 전반적으로 북상한 것으로 나타났으며, 특히 2006년 이후 어장분포가 이전에 비해 북상하고 있고, 속초연안에서 여름철과 가을철에 높은 밀도분포가 형성되

었다.

연안자망에 의한 도루묵의 2004~2008년 간의 도루묵에 대한 연안자망어업의 연도별 연조업 적당 어획량 (CPUE)의 해구별 분포를 살펴보면 (Fig. 12), 2004년의 어장분포는 35.5° ~ 38.7° N, 128.3° ~ 139.7° E 사이에 걸쳐 넓게 형성되었다.

Fig. 11. Monthly distributions of mean CPUE (kg/fishing vessel) of *A. japonicus* caught by the eastern sea Danish seine in the East Sea from 2007 to 2008.

2005~2008년의 어장분포는 2004년보다 축소되어 37.2°~38.7°N, 128.3°~139.7°E 사이에서 형성되었으며, 주 분포역이 2005년에는 삼척연안, 2006년에는 주문진연안, 그리고 2007년에는 속초 이북연안을 중심으로 형성되어 북쪽으로 이동하는 경향을 보였다. 2008년에는 이전년도에

비해 전반적으로 분포밀도가 낮았다. 연안자망 어업의 연도별 CPUE 분포에 대하여 통계적 처리에 의한 공동신뢰영역 (ellipse)의 범위 및 방향을 살펴보면, 2004~2006년에는 주 분포역이 37.5°~38.2°N, 128.5°~129.6°E 사이에서 형성되었으며, 2004년이 다른 연도에 비해 넓은 분포

Fig. 12. Spatial distributions of mean CPUE (kg/fishing vessel) of *A. japonicus* caught by the coastal gill net in the East Sea from 2004 to 2008.

범위를 보였다. 2007년에는 주 분포역이 $36.7^{\circ} \sim 38.4^{\circ} \text{N}$, $128.5^{\circ} \sim 129.3^{\circ} \text{E}$ 해역으로 북상하였으며, 2008년에는 $37.6 \sim 38.3^{\circ} \text{N}$, $128.5^{\circ} \sim 129.4^{\circ} \text{E}$ 사이에서 형성되어 2007년보다 남동방향으로 이동하였고 넓은 분포범위를 보였다. 장축은 모든 연도에 있어 북서방향을 나타내었다 (Fig.

13). 연도별 공동신뢰영역의 중심 (centroid)은 2004~2006년에는 $37.8^{\circ} \sim 37.9^{\circ} \text{N}$, $129.0^{\circ} \sim 129.1^{\circ} \text{E}$ 에서 형성되었고, 2007년에는 38.1°N , 128.9°E 로 북서방향으로 이동하였으며, 2008년에는 37.9°N , 129.0°E 로 남동방향으로 다시 이동하였다 (Fig. 14). 공동신뢰영역의 면적과 면적

Fig. 13. Joint confidence regions in fishing grounds of *A. japonicus* caught by the coastal gill net in the East Sea from 2004 to 2008.

Fig. 14. Annual movement of fishing ground centroids of *A. japonicus* caught by the coastal gill net in the East Sea from 2004 to 2008.

당 CPUE와의 관계는 연안자망어업 역시 공동실회영역의 면적이 넓어질수록 면적당 CPUE가 작아지는 경향을 보였는데, 2005~2007년에는 2004년에 비해 주 분포역의 면적이 절반 정도로 감소한 반면에, 면적당 CPUE는 약 1.7~2.5배 정도 증가한 것으로 나타났으나, 2008년에 다시 면적은 넓어지고 면적당 CPUE는 감소한 것으로 나타났다 (Fig. 15).

Fig. 15. Regression of relative CPUE/ellipse area on relative ellipse area of fishing grounds of *A. japonicus* caught by coastal gill net in the East Sea from 2004 to 2008.

Fig. 16. Migration and distribution of the Sandfish, *Arctoscopus japonicus* in the East Sea.

고찰

수산생물자원은 수온, 염분, 해류, 먹이생물 등의 서식여건이 좋은 장소를 찾아 이동하거나 분포하게 되는데, 주로 성장기에 먹이를 찾는 색이회유, 성숙에 따른 산란회유, 그리고 겨울을

지나기 위한 월동회유 등을 계절에 따라 반복하는 것으로 알려져 있다 (Harden Jones, 1968). 즉, 수산생물자원은 가장 적합한 환경에서 서식하려는 본능을 가지고 있으며, 이러한 환경은 대상 자원의 재생산, 가입, 생존 그리고 성장 등을 향상시킴으로써 그들의 자원변동 및 분포범위에 큰 영향을 미칠 것이다. 일반적으로 어류의 분포나 회유에 가장 큰 영향을 미치는 것은 수온으로, 어류에 따라 서식 및 산란 등과 관련한 적정 수온대가 존재 한다 (Park et al., 1998).

본 연구에서는 한국 근근해 도루묵의 분포특성을 파악하기 위해 해구별 어획량 자료를 사용하여 도루묵의 분포밀도 및 범위, 그리고 분포중심 등을 규명하였고, 수온 변화에 따른 어장형성을 해석하였다. 동해안에서 도루묵을 주 대상으로 하는 어업은 동해구기선저인망과 연안자망인데, 동해구기선저인망어업의 주 어획시기는 4~10월이고 강원도보다 경상북도에서 높은 어획량을 보이며, 연안자망어업은 10~12월에 거의 대부분이 강원도에서 조업하는 것으로 나타났다.

본 연구결과에 의하면, 동해구기선저인망어업의 어장분포는 겨울철에는 주로 강원연안에서 형성되고, 봄철에 남쪽으로 이동하였으며 여름철에 강원에서 경북연안에 걸쳐 가장 넓은 분포면적과 높은 분포밀도를 보였다. 여름철은 봄철에 비해 강원연안에서 상대적으로 높은 분포밀도를 나타내어 일부 어군은 북상하기 시작하는 것으로 보인다. 가을철에는 어장분포가 북쪽으로 이동하여 강원연안을 중심으로 형성되며, 여름철 보다 분포밀도가 낮아지는데, 이는 도루묵이 산란을 위해 연안 가까스로 접안하기 때문인 것으로 생각된다. 그리고 계절별 어장분포에서도 전반적으로 2007~2008년의 어장분포 중심이 2004~2005년보다 북상하여 강원남부연안을 중심으로 형성되는 것으로 나타났다. 도루묵 어장분포는 점차 북상하여 강원연안으로 이동하고 있는 것으로 보였다. 이러한 결과는 연안자

망어업의 어장중심 이동에서도 확인해 볼 수 있었는데, 산란시기인 11~12월의 수온변화가 2004~2006년의 수온보다 2007년과 2008년에 높아지는 경향을 나타내었고, 특히 동해연안의 2007년과 2008년의 12월 수온이 최고 서식수온인 13°C보다 높은 수온으로 나타났다. 이는 도루묵 자망어업의 주 어장이 2004~2006년에는 속초에서 삼척 연안을 중심으로 형성되었으나 2007년에는 속초이북 연안에서 크게 형성되어 도루묵이 산란시기의 적정수온 범위를 찾아 이동하는 것으로 생각되며, 주 산란장이 점차 북상 이동하고 있음을 시사한다. 그러나 2008년에는 강원연안 전 해역에서 CPUE가 낮아 어장분포에 대한 뚜렷한 경향을 알 수 없었는데, 이 시기에는 도루묵이 산란을 위한 연안으로의 접안회유가 원활하게 이루어지지 못했기 때문인 것으로 추정된다.

동해구기선저인망어업과 연안자망어업에 대한 어장분포를 보면, 도루묵은 가을철9~10월에 산란을 위해 강원연안으로 회유하고, 산란기인 11~1월에는 강원도 연안 수심이 얇은 곳에 주로 서식한다. 산란 후 2~3월에는 깊은 곳으로 이동하여 봄철부터 여름철에 강원연안에서 울산연안까지 광범위하게 분포하였다가 가을철에 다시 산란을 위해 강원연안으로 북상하는 것으로 추정된다 (Fig. 16). 하지만 어장분포에 의한 간접적인 추정으로 완전한 회유경로가 될 수는 없지만 전반적인 유추는 가능하고, 차후 회유경로에 대한 정확한 연구는 표지방류 등과 같은 직접자원조사가 필요하다.

본 연구결과를 보면 동해안 도루묵의 주 산란장은 강원도 연안으로 자망에 어획이 되고, 서식장은 200m 내외의 수심으로 대부분 동해구기선저인망에 의해 어획이 되는 것으로 나타났다. 일본의 Sakuramoto et al. (1997)은 일본 아키타현 해역의 도루묵이 산란을 위해 연안으로 회유하여 정치망어업에 의해 어획되고, 산란기를 제외한 시기에는 대부분 수심 200~300m로 이동하

여 저인망어업에 의해 어획된다고 보고하여 본 연구결과와 유사하였다. 또한 Watanabe et al. (2004)은 우리나라 도루묵 산란장을 강원도 해역을 중심으로 나타내고 있었다. 우리나라에서는 Kim and Kang (1998)의 연구결과 도루묵은 겨울에 동해북부해역에서 주로 어획되다가 봄이 되면 점점 동해남부해역으로 어획범위와 어획량이 증가하고, 가을부터는 동해북부해역으로 이동하여 도루묵의 주 산란장이 강원도연안인 것으로 추정하여 본 연구결과와 일치하였다. 그리고 도루묵의 산란장에 대한 조사로 최근 국립수산물과학원 동해수산연구소의 연구보고에 따르면 도루묵 자치어 추적조사 결과 강원도연안에서 대부분 자치어가 채집되었다고 발표한 바 있어 강원도연안이 주 산란장이라는 것을 뒷받침해 준다 (ESFRI, 2011). 한편, Choi et al. (1983)은 도루묵의 산란장을 속초연안에서 울산연안에 이르는 동해안 전 연안이라고 보고하였는데, 본 연구결과와의 차이는 최근 우리나라 동해안의 해조장을 파괴시키고 있는 갯녹음 현상, 연안 환경오염, 수온상승 등과 같은 해양환경변화로 인해 산란장이 축소 또는 북상되었을 가능성이 큰 것으로 생각되나 이에 대해서는 보다 종합적인 연구가 필요하다. 또한, 본 연구결과는 단지 어획량 자료를 이용하여 도루묵의 분포특성을 간접적으로 유추한 것으로 이와 관련해서는 보다 체계적인 연구를 통해 어군의 회유경로 및 분포특성을 구명해야 할 것이다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원의 “(동해연안어업 및 환경생태조사, RP-2012-FR-018)” 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

결 론

우리나라 동해안에 분포하는 도루묵의 분포 특성에 대하여 2004~2008년까지 자망어업과 동해구기선저인망어업의 해구별 어획량을 이용

하여 분석하였다. 도루묵은 동해구기선저인망어업과 자망어업에 의해 주 어획이 나타났다. 동해구기선저인망어업의 주 어획기간은 4~10월로 나타났고, 자망어업의 주 어획기간은 10~12월로 나타났다. 동해구기선저인망어업의 어장은 동해안 전 연안에 걸쳐서 형성되었고, 분포중심은 2004~2005년에 비해 2006년에 들어 수온의 상승과 함께 도루묵의 어장이 연도별로 점차 북상하는 경향을 나타내었다. 자망어업의 어장은 대부분 강원도 연안에서 형성되었고, 2006년부터는 수온의 상승에 따라 점차 북상하는 경향을 나타내었다. 도루묵의 분포는 여름철에 강원도에서 울산까지 넓게 분포하였고, 가을철에는 산란장인 강원도 연안으로 회유하였다. 동해구기선저인망어업과 자망어업의 공동실퇴영역에 대한 면적당 CPUE는 면적이 넓어질수록 면적당 CPUE가 작아지는 역상관계를 나타내었다.

참고문헌

- Baik CI, Hwang KS, Park JH, Kang YJ and Zhang CI. 1999. A population ecological study of white croaker, *Argyrosomus argentatus* HOUTTUYN in Korean waters. I. Distribution patterns. J Korean Soc Fish Res 2, 44 – 53.
- Choi SH, Chun YY, Son SJ and Suh HK. 1983. Age, growth and maturity of sandfish, *Arctoscopus japonicus* (Steindachner) in the eastern sea of Korea. Bull Nat Fish Res Dev Agency 31, 7 – 19.
- Choi KH, Cho KD, Kim DS, Kim JI and Kim SW. 2003. Fishing conditions of common squid (*Todarodes pacificus steenstrup*) in the Yellow sea. J Korean Soc Fish Res 6, 21 – 31.
- Chun YY, Hwang SJ, Hur YH and Han KH. 2004. Characteristics of the distribution of ichthyoplankton along the eastern coast of Korea. J Korean Soc Fish Res 6, 33 – 45.
- Chyung MK. 1977. The fishes of Korea. II – Ji Sa Publishing Co, Seoul, 1 – 727.
- ESFRI (East Sea Fisheries Research Institute). 2011. Scientific committee meeting of East Sea fisheries

- resources recovery project. PD-211-FR-003, 46 – 47.
- FAO. 2004. FAO Yearbook of Fishery Statistics, Capture Production. <http://www.fishbase.org/report/FAO/FAOSearchMenu.cfm>.
- Harden Jones FR. 1968. Fish migration. London, Ed Arnold Ltd, 1 – 325.
- Hong SH, Lee JB, Im YJ, Hwang HJ, Yeon IJ, Park YC, Ko TS, Ma CW and Park KY. 2002. Population ecology of pen shell, *Atrina pectinata*, in the western waters of Korea – I. Geographic distribution and biomass. J Korean Soc Fish Res 5, 12 – 23.
- Kawai H. 1991. Structure of synoptic scale in the Tsushima warm current and Impact on fisheries. Ocean Current and Biological, Ed Kawai Hideo, Kyoto University Academic Press, 35 – 48.
- Kim S and Kang S. 1998. The status and research direction for fishery resources in the East Sea/Sea of Japan. J Korean Soc Fish Res 1, 44 – 58.
- Kim IS, Choi Y, Lee CY, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyohak Press, Seoul, 1 – 615.
- Lee SI, Yang JH, Yoon SC, Chun YY, Kim JB, Cha HK and Choi YM. 2009. Biomass estimation of sailfin sandfish, *Arctoscopus japonicus*, in Korean waters. Kor J Fish Aquat Sci 42, 487 – 493.
- MIFAFF (Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries). 1970 – 2008. Statical Year Book of Agriculture and Fisheries.
- Minami T. 1989. Spawning migration in sandfish, *Arctoscopus japonicus*, in Toyama bay. Res San, cou, Aki pre Fish Exp Sta 3, 42 – 44.
- Myoung JG, Kim BI, Lee SM and Jeon GB. 2002. The sea fishes of Korea. Darakwon press, Seoul, 1 – 287.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2000. Ecology and fishing ground of fishery stock in EEZ (exclusive economic zone). Yea moon co, Busan, 1 – 317.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2004. Commercial fishes of the coastal and offshore waters in Korea. 2nd ed Hangul Press, Busan, 1 – 333.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2005 – 2009. Annual report of oceanographic observations for 2004 – 2008. NFRDI Report, Vol 53 – 57.
- Park CS, Lee DW, Kang YJ, Kim YS and Zhang CI. 1998. A study on the stock management of the sharp-toothed eel, *Muraenesox cinereus* (FORSKAL) in Korean waters. I. Distribution patterns, J Korean Soc Fish Res, 1, 1 – 10.
- Park YC, An DH and Cha EY. 2000. Distribuional characteristics of *Lophius litulon* (Jordan) in Korean waters. J Korean Soc Fish Res, 3, 60 – 67.
- Sakuramoto K, Kitahara T and Sugiyama H. 1997. Relationship between temperature and fluctuations in sandfish catch (*Arctoscopus japonicus*) in the coastal waters off Akita Prefecture. ICES J Mar Sci 54, 1 – 12.
- Sokal PR and Rohlf FJ. 1995. Biometry (3rd ed.). WH Freeman, New York, 1 – 859.
- Watanabe K, Sugiyama H, Sugishita S, Suzuki N and Sakuramoto K. 2004. Estimation of distribution boundary between two sandfish *Arctoscopus japonicus* stocks in the Sea of Japan off Honshu, Japan using density indices. Bull Jap Soc Fish Ocean 68, 27 – 35.

2012년 5월 9일 접수

2012년 9월 28일 1차 수정

2012년 10월 16일 수리