

황해저층냉수에 따른 참조기(*Larimichthys polyactis*) 어황의 변화와 예측 가능성

임유나 · 김희용* · 김대현¹

국립수산과학원 남서해수산연구소, ¹오션테크(주)

Predicting Changes in Fishing Conditions for the Small Yellow Croaker *Larimichthys polyactis* based on Expansions of the Yellow Sea Bottom Cold Water

Yu Na Lim, Heeyong Kim* and Dae Hyun Kim¹

Southwest Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Yeosu 556-823, Korea
¹Oceantech Co., Goyang 412-240, Korea

We consider changes in the fishing ground of the small yellow croaker *Larimichthys polyactis* and discuss their utility in predicting fishing conditions for this species. The fishing ground, which having been formed around Jeju Island since the 1970s, is dominated by the Yellow Sea Bottom Cold Water (YSBCW), and variation in its southward expansion from the Yellow Sea is the single most key environmental factor affecting the *L. polyactis* catch. When the YSBCW showed strong expansion and the fishing ground shifted to the west and southwest of Jeju Island, as occurred in the late 1980s, late 1990s, and early 2000s, the *L. polyactis* catch was low; conversely, when expansion was weak, as in the early 1990s and late 2000s, the *L. polyactis* catch was high. This relationship was statistically significant and should be useful in predicting fishing conditions for *L. polyactis*.

Key words: *Larimichthys polyactis*, Yellow Sea Bottom Cold Water, Fishing condition, Predictability

서론

참조기가 주로 분포하는 황해 및 동중국해는 계절에 따라 황해난류, 중국대륙 연안수 및 황해 저층냉수에 의한 수온 및 염분 전선이 발생하여 좋은 어장이 형성된다. 특히, 제주 및 추자도 주변에 형성되는 참조기어장은 동계 황해에서 형성되어 동중국해로 남하하는 황해저층냉수의 확장 및 축소에 따른 해양환경 변화의 영향을 크게 받고 있는 것으로 보고되어 왔다(Cho, 1982; Yang and Cho, 1982; Baik et al., 2004).

조선시대 참조기의 중심어장은 연평도와 칠산어장이었지만(Park, 2000), 이들 어장이 흑산도와 추자도 인근으로 이동된 후, 제주도 남서해역의 월동장부터 참조기를 어획하게 되었다. 그 결과, 최근에 서해안 지역으로 산란을 위해 회유하는 어군은 상당히 줄었지만, 제주도 지역의 참조기 어획고는 참조기 총 어획량의 25%나 차지하게 되었다(Park, 2012). 참조기어장이 주

로 제주도 서부해역을 중심으로 형성되면서, 참조기의 어황은 매년 유사한 해양환경의 지배를 받으며 변동하는 특성을 보이게 되었다(Baik et al., 2004).

참조기를 어획 대상으로 하는 어업은 쌍끌이대형기선저인망, 근해안강망, 근해자망 등이며, 1980년대와 1990년대 참조기 어획을 우점하였던 쌍끌이대형기선저인망과 근해안강망에 의한 어획비율이 2000년대에 들어 감소한 반면 근해자망의 어획비율은 늘고 있다(NFRDI, 2010). 결국, 단일어업에 의한 참조기 어장의 위치변동은 장기간의 참조기 어장 변화를 파악하기에는 어렵게 되어 참조기를 대상으로 하는 어업의 자료취합을 통한 분석이 필요할 것이다.

참조기어장과 해양환경과의 관계는 참조기 어장형성에 영향을 미치는 해양환경조건과 그의 변동에 따른 어장의 변동특성(Baik et al., 2004; 2005) 및 황해저층냉수의 분포특성과 참조기 어장의 형성기구에 대한 연구(Ahn, 2004)가 주로 수행되어

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2014.0419>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Kor J Fish Aquat Sci 47(4) 419-423, August 2014

Received 9 April 2014; Revised 8 May 2014; Accepted 30 May 2014

*Corresponding author: Tel: +82. 61. 690. 8946 Fax: +82. 61. 686. 1588

E-mail address: heeyongkim@korea.kr

왔다. 여러 연구를 통해 밝혀진 참조기 어장에 대한 황해저층냉수의 영향은 참조기어장의 변화를 판단할 수 있는 중요한 환경 조건이 될 수 있으며, 참조기어장의 변동에 대한 단기예측에 유용한 정보를 제공할 수 있다. 하지만 아직 참조기어장에 영향을 미치는 해양조건에 대한 정량적 기준이 마련되어 있지 않아 참조기의 어장위치와 어획량을 대변하는 어황을 예측하기에는 어려움이 있어왔다.

본 연구에서는 황해저층냉수세력의 변화에 따른 참조기 중심 어장의 이동특성을 분석하여 정량화 시킬 수 있는 기준을 마련하고 어장이동에 따른 어획변동을 비교하였으며, 이를 어황예측에 어떻게 연결시킬 수 있는 지 고찰해보았다.

재료 및 방법

참조기 중심어장의 변화를 알아보기 위하여 국립수산물연구원 에서 수협위판자료와 무선국자료를 취합하여 작성하는 어획량 자료 중에서 1985-2010년의 쌍끌이대형기선저인망, 근해안강망 및 근해유자망에 의한 참조기의 해구별 단위노력당 어획량자료를 취합하여 이용하였다. 어획량자료는 참조기의 주조업 기간인 9월부터 다음해 3월까지의 참조기 해구별 단위노력당 어획량을 참조기 어획량의 경년변동특성에 따라 5년간(예: 1985.9~1990.3) 단위로 구분하여 이용하였다.

또한 연대별 참조기의 해구별 어획량을 이용하여 Sokal and Rohlf (1981)의 방법에 따라 참조기 어장의 분포중심 및 분포 범위에 대한 통계처리를 하였으며, 어장분포의 중심좌표 \bar{X} , \bar{Y} 는 참조기가 어획된 해구의 중심좌표(경도, X_i ; 위도, Y_i)에 i 해구의 단위노력당 어획량(CPUE: C_i)을 가중하여 식(1)과 같이 추정하였다.

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

참조기가 어획된 위치에 대한 통계적 공동 신뢰영역(joint confident region)은 장축과 단축을 지나는 타원으로 표현하였으며, 이때, 타원의 장축(λ_1)과 단축(λ_2)은 식(2)로 표현된다.

$$\lambda_1 = \{S_1^2 + S_2^2 + \sqrt{S_1^2 + S_2^2 - 4 \cdot (S_1^2 \cdot S_2^2 - S_{1,2}^2)}\} \times 0.5, \quad (2)$$

$$\lambda_2 = S_1^2 + S_2^2 - \lambda_1$$

단, S_1, S_2 및 $S_{1,2}$ 는 각각 X, Y 에 대한 표준편차, 공분산을 나타내며, 타원의 방향성을 나타내는 장축 및 단축의 기울기는 각각

$$b_1 = \frac{S_{1,2}}{\lambda_1 - S_1^2}, \quad b_2 = \frac{-1}{b_1} \text{로 추정하였다.}$$

Nakao (1977)와 Lie (1984)의 정의에 따라 구분된 황해저층냉수의 경년변동특성은 한국해양자료센터의 1985-2010년의 정선관측자료를 이용하였으며, 황해저층냉수의 최대 확장시기

인 매년 8월(Ahn, 2004)의 서해 최북단 정선(307line)의 가장 서쪽정점에서부터 10℃ 등온선의 확장거리를 정량화하여 황해저층냉수의 확장특성을 조사하였다(Fig. 1). 동서방향으로는 저층지형특성상 남해의 수심이 낮아 제주 서측의 깊은 수심에 분포하는 밀도가 높은 10℃ 이하의 황해저층냉수가 남해로 유입될 수 없기 때문에 황해저층냉수의 확장에 따른 저수온현상에 대한 영향을 파악하기 위해 제주 북부 정선(313line)의 저층수온 13℃ 등온선의 동서방향 거리를 이용하여 황해저층냉수의 동서확장의 영향을 조사하였다. 또한, 황해저층냉수세력의 변화에 따른 참조기어장의 이동과 이에 의한 어획변동을 이해하기 위해 참조기어장 형성위치 및 황해저층냉수의 확장에 따른 참조기 어획변동을 비교하였다.

결과 및 고찰

참조기 어장의 연대별 이동을 보면(Fig. 2), 1980년대 후반에는 가장 남쪽인 제주 남서해역에 어장중심이 위치하다가 1990년대 전반에는 북상하여 제주 서쪽 동경 125.5°E에 그 중심이 위치하였다. 1990년대 후반부터 어장중심은 동쪽으로 이동하기 시작하여 2000년대 후반에는 진도의 남서해역까지 북상하여 가장 남쪽에 어장이 분포했던 1980년대 후반을 제외하고 어장분포는 계속해서 서쪽에서 동쪽으로 이동하고 있었다. 또한, 참조기어장의 경년별 이동에서도(Fig. 2) 이러한 5년 단위의 평균어장변동과 같은 경향을 보여 연구기간 동안의 참조기 어장의 일반적 이동특성을 대변한다고 할 수 있다.

참조기의 어획은 대개 9월에 시작하여 10월과 11월에 가장 높은 어획수준을 보였다가 동계에 다시 감소하는 경향이 있으며,

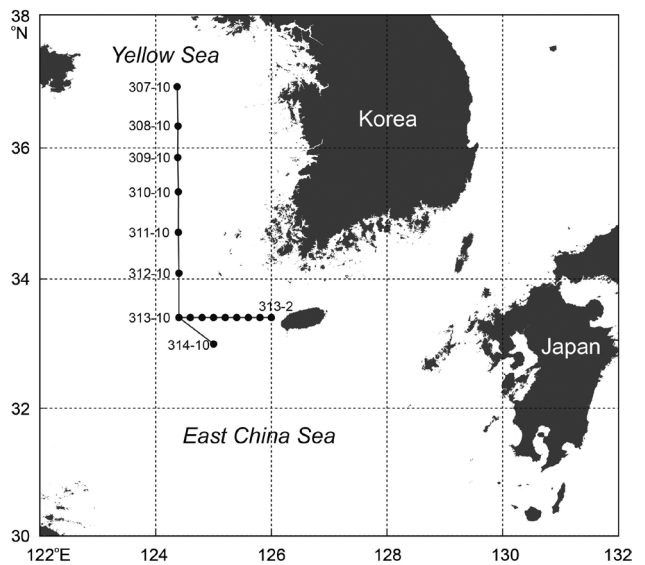


Fig. 1. Observation stations investigating the bottom temperature in the Yellow Sea and the East China Sea.

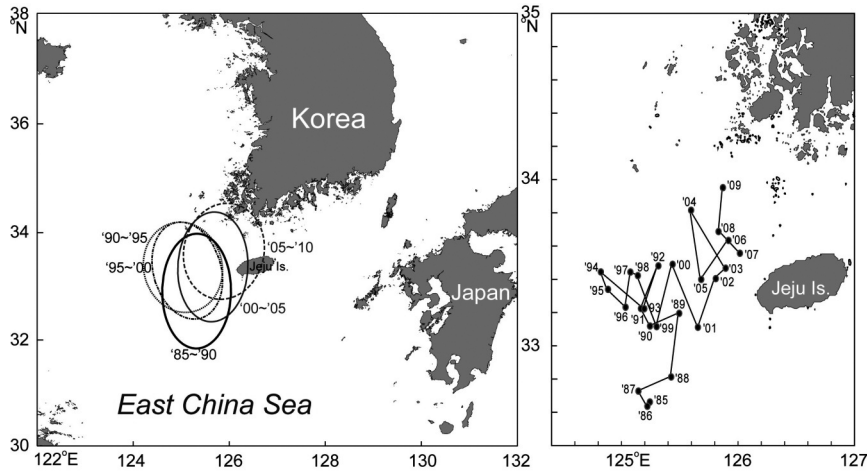


Fig. 2. Fishery ground ellipses computed using the CPUE distribution of *Larimichthys polyactis* by the three fisheries by each period range (left panel) and the center of fishing grounds by each fishing year (right panel).

어획기간은 9-3월이다. 참조기어장에 가장 큰 영향을 미치는 황해저층냉수의 최대 확장시기인 8월 저층수온의 남북방향 및 동서방향 확장특성과 참조기 중심어장의 위치변화를 비교한 결과(Fig. 3), 참조기의 중심어장이 가장 남쪽에 위치하였던 1980년대 후반에는 황해저층냉수의 기준수온인 10℃ 등온선의 위치가 197.2 NM (Nautical Mile)까지 남하하였지만, 동쪽에서의 확장은 약해, 참조기어장이 가장 남쪽에 위치하였다. 1990년대 전반에는 10℃ 등온선의 남하와 동쪽에서의 확장이 연구기간 중 가장 약해 제주 서부해역에서 중심어장이 형성되었다. 또한, 1990년대 후반에는 다시 남으로의 확장이 강하게 나타났고, 동쪽에서의 확장도 가장 강해 참조기 어장이 동쪽에서의 이동을 보이는 원인이 되었다. 2000년대 전반에는 약한 남하와 동쪽이동이 보였고, 2000년대 후반에는 남하와 동서확장이 거의 평균위치와 비교해 큰 변화가 없었다. 1970년대 전반부터 주로 제주 서방에 형성되는 참조기 어장은 결국 10℃ 등온선의 분포 위치로 표현되는 저층냉수세력이 어떠한 변화를 보이느냐에 따라 위치변동을 보였으며, 제주 주변해역에서 크게 벗어나지는 않았다(Baik et al., 2004; Baik et al., 2005).

황해저층냉수의 남하와 동서방향으로의 확장은 참조기어장 형성의 해역범위를 넓히는 역할을 하기 때문에 어장에 유입되는 참조기의 밀도를 분산시키게 되어 결과적으로 참조기의 어획수준을 떨어뜨리게 된다. 1990년대 전반의 경우, 황해저층냉수의 남하가 가장 약했으며, 동서방향의 확장도 약해 어장에 유입되는 참조기 개체군밀도의 분산이 가장 적어 이 시기에 어획수준이 높게 나타났다(Fig. 4). 1990년대 후반 및 2000년대 전반에는 황해저층냉수의 남하도 강하고 동서방향의 확장도 강해, 1990년대 전반과는 반대로 낮은 어획수준을 보였다.

어기 동안의 수온과 참조기 어획량과의 관계를 이용하여 조사된 참조기의 어획 적수온 범위는 11.0-17.5℃였으며, 계절별로

는 겨울에서 가을로 갈수록 어획 적수온은 높아져 여름(7-9월)에는 15.80℃, 가을(10-12월)에는 17.00℃로 나타났다(Baik et al., 2004). 또한, 사육실험을 통해(Kang et al., 2012), 참조기의 생존율에 대한 저수온 임계치는 9℃로 밝혀졌으며, 자연적인 수온변화에 따른 실험결과, 4.6℃까지는 폐사가 발생하지 않아 참조기의 저수온 내성이 상당히 높다는 것을 알 수가 있다. 하지만, 참조기가 어획되는 해역의 수온은 대부분 11℃ 이상으로 참조기가 주로 분포하는 해역이나 어획량 변화에 대한 참조기의 저수온 내성의 고려는 의미가 없는 것으로 생각된다. 결국, 참

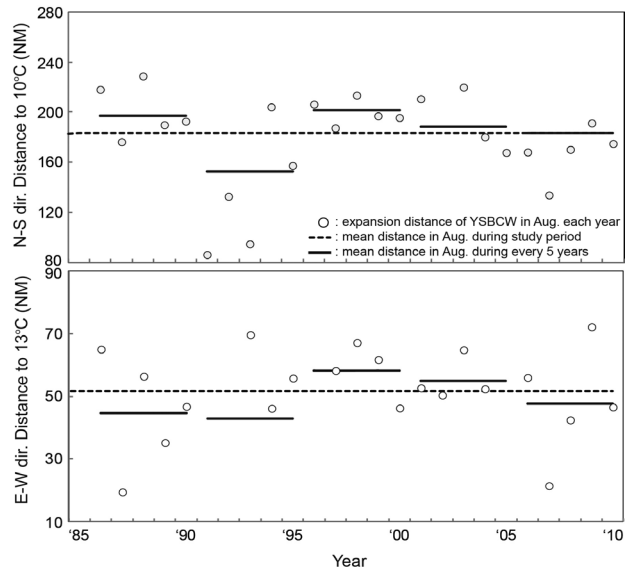


Fig. 3. Distance to the isothermal line of bottom temperature of 10℃ from the northernmost station (307 line) (upper panel) and to 13℃ from the westernmost station of 313 line (lower panel).

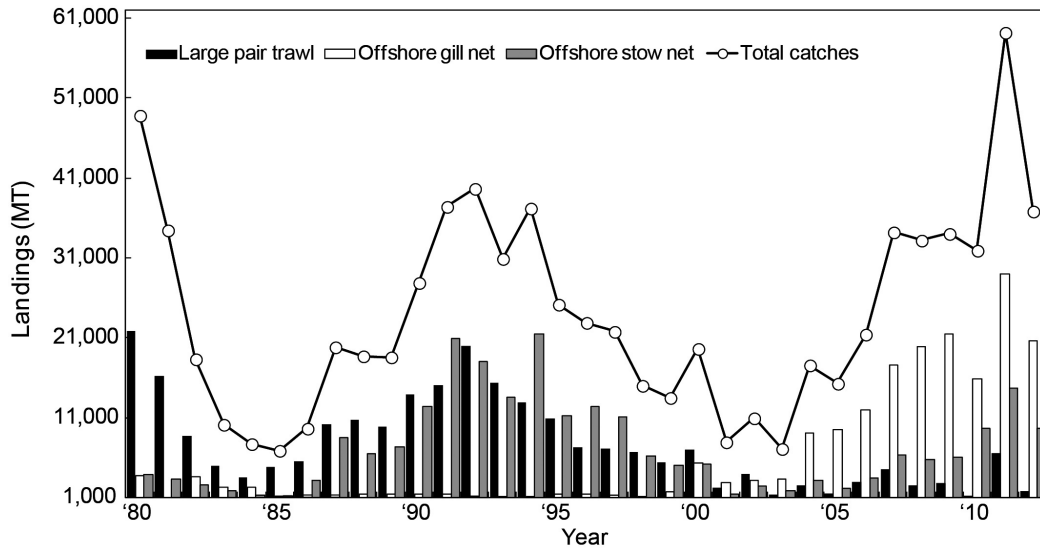


Fig. 4. Annual catch variation of *Larimichthys polyactis* by each fishery and total catches in Korean waters.

조기의 어획은 주로 황해저층냉수의 기준수온 이상에서 이루어지며, 여름 이후로는 15℃ 이상에서 어획이 되므로 황해저층냉수의 확장축소에 따른 어장의 변화를 비교하는 것은 참조기 어획을 파악하는 가장 적합한 환경조건으로 고려될 수가 있다.

어느 해의 참조기 어획이 어떻게 될 지 혹은 참조기어획을 어느 수준까지 예측이 가능할지를 파악하기 위해 황해저층냉수세력의 변화에 따른 참조기어획과의 관계를 통계적으로 처리해보면(Fig. 5), 황해저층냉수의 확장이 강할수록 참조기의 어획수준은 낮아지는 경향이 뚜렷하게 나타난다. 결국, 황해저층냉수의 확장의 따른 어장분포의 확장은 참조기 어획량에도 중요하게 작용하고 있다고 볼 수가 있다. 이러한 경향을 통해 매년 하

계 황해저층냉수의 확장경향을 파악할 수 있다면, 그 해의 참조기어획의 예측은 통계적 신뢰성을 가지는 범위 내에서 예측할 수 있다고 보여진다.

1969년부터 2002년까지 참조기를 주로 어획하는 어업별 생물학적 자료를 이용해 체급별 체장조성의 특성을 조사한 결과(Yeon et al., 2010), 참조기 자원의 감소징후가 뚜렷하게 나타나고 있으며, 1970년대 이후 어선의 대형화 및 어획성능의 향상으로 제주도 서방해역에서 북상·남하기 및 월동기의 전 생활주기를 여기로 이용하면서 어장 또한 점차 동일한 해역에서 형성되기 시작하였다(Baik et al., 2005). 이러한 참조기어장형성 및 어업특성은 참조기의 자원량 유지에는 상당히 위험한 요소로 작용하게 될 것이다. 그러므로 참조기의 경우에는 회유특성을 고려하여 자원의 적절한 이용을 통한 자원의 재생산관리방법을 찾아야 할 것이다. 이는 결과적으로 산란, 성육장으로 이동하는 생물·생태특성에 따른 자원의 상업적 이용이 생태계기반 자원관리 이전에 가장 우선 되어야 할 과제라고 볼 수도 있다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원 남해연안어업자원조사사업 RP-2014-FR-034의 지원에 의해 수행되었습니다.

References

Ahn GM. 2004. The studies on the distribution pattern of Yellow Sea Bottom Cold Water and mechanism formed fishing ground of yellow croaker, *Pseudosciaena polyactis*, caught by stow net on anchor. MS Thesis, University of Cheju, Cheju, Korea.

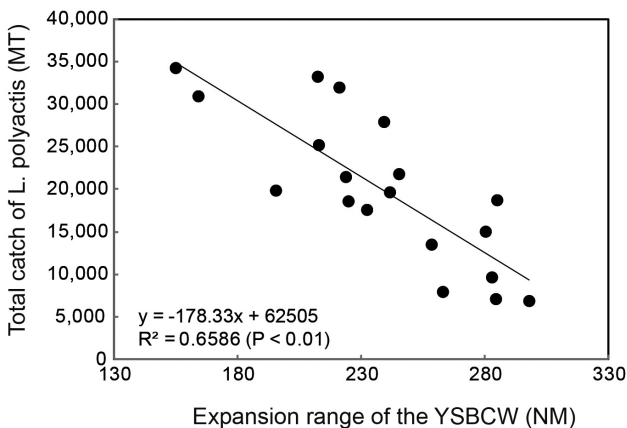


Fig. 5. Linear regression between the expansion range of the YSB-CW represented by a sum of distance of N-S and E-W direction and total catch of *Larimichthys polyactis*.

- Baik CI, Cho KD, Lee CI and Choi KH. 2004. Oceanographic conditions of fishing ground of yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis*) in Korean waters. J Kor Fish Soc 37, 232-248.
- Baik CI, Lee CI, Choi KH and Kim DS. 2005. Variation of fisheries conditions of fishing ground of yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis* Bleeker) in the East China Sea and the Yellow Sea. J Kor Fish Soc 38, 413-424.
- Cho KD. 1982. On the influence of the Yellow Sea Bottom Cold Water on the demersal fishing grounds. Bull Korean Fish Tech Soc 18, 25-33.
- Kang HW, Kang DY, Han HS and Cho KC. 2012. Growth and cold temperature tolerance of culture juvenile Small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* and Yellow drum, *Nibea albiflora*. Kor J Ichthyology 24, 41-47.
- Lie HJ. 1984. A note on water masses and general circulation in the Yellow Sea (Hwanghae). J Oceano Soc Korea 19, 187-194.
- Nakao T. 1977. Oceanic variability in relation to fisheries in the East China Sea and the Yellow Sea. J Fac Technol Univ Spec No, 190-367.
- NFRDI. 2010. Ecology and fishing ground of fisheries resources in Korean waters. Yemunsa, Korea, 281-292.
- Park KS. 2000. A study on the Chogi P'asi (Yellow Carvina P'asi) in Wi-do. Study of Korean Islands 11, 9-30.
- Park JM. 2012. A study on the movement of croaker fishery form change of production methods. Kor J Agricul His 11, 156-175.
- Sokal PR and Rohlf FJ. 1981. Biometry, 2nd. W.H. Freeman and Co, New York, U.S.A., 8957.
- Yang SK and Cho KD. 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, 26-34.
- Yeon II, Lee DW, Lee JB, Choi KH, Hong BK, Kim JI and Kim YS. 2010. Long-term changes in the small yellow croaker, *Larimichthys polyactis*, population in the Yellow and East China Seas. J Kor Soc Fish Tech 46, 392-405.