

강원도 속초 연안에서 산갈치(*Regalecus russellii*) 출현과 연안환경

박종원* · 권순만** · 한표일*** · 이충일****†

* 강릉원주대학교 해양생태환경학과 박사과정, ** 인천광역시 수산자원연구소 지방해양수산연구소, *** 강릉원주대학교 해양생태환경학과 박사수료연구원, **** 강릉원주대학교 해양생태환경학과 교수

Occurrence of *Regalecus russellii* off the Coast of Gangwon-do, Korea and Coastal Environment

Jong-Won Park* · Soon-Man Kwon** · Pyo-Il Han*** · Chung Il Lee****†

* Ph.D. student, Department of Ecology and Environment, Gangneung-Wonju National University, Gangneung, 25457, Korea

** Marine fisheries researcher, Incheon Fisheries Resources Research Institute, Incheon, 23121, Korea

*** Ph.D. candidate, Department of Ecology and Environment, Gangneung-Wonju National University, Gangneung, 25457, Korea

**** Professor, Department of Ecology and Environment, Gangneung-Wonju National University, Gangneung, 25457, Korea

요 약 : 산갈치(*Regalecus russellii*)는 대부분을 심해에서 보이며 가끔 연안에 나타나는데, 그 이유는 명확히 알려져 있지 않다. 우리나라에서 산갈치는 주로 동해 연안을 따라 출현하는데, 특히 자망 등 어구에 의해 포획되는 경우와 연안에 좌초되어 출몰하는 경우가 높고 그 빈도는 극히 낮다. 또한 발견된다고, 하더라도 산갈치와 형태학적으로 유사한 투라치(*Trachipterus ishikawae*)로 판별되는 경우가 높다. 산갈치의 표본을 구하여 분석하는 것은 제한적이기 때문에, 이러한 이유로 우리나라 연안에 출현하는 산갈치의 생태학적 특징에 대해 거의 알려져 있지 않다. 본 연구는 2023년 3월 14일 강원도 앞바다에서 어획된 산갈치의 해부학적 특징을 관찰하였고, 해양 부이 자료를 이용한 수온 분석을 진행하였다. 분석 결과 산갈치는 수컷이었고, 전장은 320 cm, 전중은 27.52 kg, 체고는 26.62 cm, 생식소 중량은 619.45 g, 간 중량은 218.71 g이었다. 산갈치의 위는 난바다 곤쟁이류로 가득 차 있었고, 산갈치가 어획되기 약 일주일 전부터 15-30 m 수심에서 강한 수온 변동이 있었으며, 저층 수온은 10℃ 미만이었다. 본 기술보고는 우리나라 동해 연안에서 나타날 수 있는 산갈치의 생태학적 특징을 이해하기 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 산갈치, 이악어목, 수온, 난바다곤쟁이류, 속초

Abstract : *Regalecus russellii*, which spends most of its life in the deep sea, occasionally appears in coastal waters. However, the reasons for its appearance remain unclear. In Korea, *R. russellii* mainly appears along the eastern coastal waters, and most of them are caught in fishing gear, such as gill nets, or are stranded on the shore; nevertheless, the frequency of appearance is extremely low. Even if found, this species is often identified to be morphologically similar to *Trachipterus ishikawae*, and comprehensive analysis to identify the species through sample collection is limited. Consequently, information on the biological characteristics of *R. russellii* appearing in the coastal waters of Korea is scarce. Herein, the anatomical characteristics of *R. russellii* caught in a gill net off the Gangwon-do coast on March 14, 2023, were analyzed, and coastal water temperature was measured using an ocean buoy. Our results showed that the individual was male, its total length was 320 cm, body weight was 27.52 kg, body length was 26.62 cm, gonad weight was 619.45 g, and liver weight was 218.71 g. The stomach was full of euphausiids. The water temperature changed drastically at 15–30 m roughly a week before the *R. russellii* individual was caught, and the subsurface water temperature was lower than 10 °C. Our findings provide baseline data to understand the ecological characteristics of *R. russellii* appearing along the eastern coast of the Korea.

Key Words : *Regalecus russellii*, Lampridiformes, Water temperature, Euphausiids, Sokcho

* First Author : po7639@gwnu.ac.kr, 033-640-2855

† Corresponding Author : leeci@gwnu.ac.kr, 033-640-2855

1. 서론

산갈치(*Regalecus russellii*)는 이악어목(Lampridiformes) 산갈치과(Regalecidae) 어종으로, 전 세계에는 2속 2종(Roberts, 2012), 우리나라에는 1속 1종이 분포하는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2005). 자치어 또는 미성어 시기에 연안에서 빈번하게 관찰이 되지만, 생활사 대부분을 심해에서 보내며, 1000 m 이상 수심에서도 서식하는 것으로 나타난다(Roberts, 2012). 산갈치는 플랑크톤, 소형어류, 갑각류 등을 주로 먹이로 하며, 포식자의 위협을 피하거나 먹이활동을 하는 과정에서 해표면 부근에서 심해까지 빠른 속도로 이동할 수 있는 수영 능력이 있다(Roberts, 2012). 특히, 20℃ 온도에서도 생존할 수 있는 적응력으로 인해 극지역을 제외한 전 세계 대부분의 해역에 넓게 분포하는 특성이 있다(Roberts, 2012). 최근 오키나와섬에서 어획된 산갈치로부터 인공수정된 수정란이 부화에 성공하여, 산갈치 초기생활사의 형태학적 특징이 공개되었지만, 환경의 차이 등으로 먹이를 먹지 못해 금방 폐사한 결과가 보고되었고(Oka et al., 2020), 대만에서 산갈치 미성어의 섭식 특징(Huang and Shao, 2022), 일본에서 산갈치의 기생충 연구(Hirata et al., 2021) 등이 보고되고 있다.

Lee et al.(2013)에 따르면, 산갈치는 1990년부터 2012년까지 우리나라에서 총 11회 발견되었으며, 그중 10회는 경북 포항 연안에서 강원도 강릉 연안 구간 내에서 발견되었다. 우리나라에서 산갈치 발견 시기는 주로 10월에서 3월이나, 연안에 출현하는 이유 등 산갈치의 생태에 대해 밝혀진 정보는 극히 부족한 상태이다. 이는 산갈치 분석 표본이 절대적으로 부족한 것이 주원인이며, 우리나라 연안에 출현하더라도, 대부분 표본 수거가 이루어지지 않은 채 언론 등을 통해 알려지거나 형태학적으로 유사한 다른 종(예: 투라치(*Trachipterus ishikawae*))으로 판명되는 경우이다. 따라서, 어획 또는 좌초를 통해 보고되는 산갈치에 대한 지속적인 모니터링과 생태 정보 축적이 필요하다.

본 기술보고는 2023년 3월 강원도 속초시에 위치한 외옹치항 연안에서 자망에 어획된 산갈치 1개체를 해부한 결과와 어획 시기 연안 환경(수온)을 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 산갈치 시료

2023년 3월 14일에 강원도 속초시 대포동 외옹치항 연안에서 자망에 포획된 산갈치 1개체를 시료로 확보하였다(Table 1). 시료 상태는 외형상 온전한 형태를 유지하였고, 실험실로 운반하여 해부를 진행하였다.

Table 1. Information such as fishing gear, estimated time of fish caught for *Regalecus russellii*

Fishing gear (FG)	FG deployment time	FG deployment depth	FG deployment location
Gill net	13/Mar./2023, 2:00 PM ~ 14/Mar./2023, 7:30 AM	25 m	38.1940 °N, 128.6139 °E (Sokcho, Gangwon-do)

2.2 해부

산갈치의 분류 형질 및 형태학적 특징은 Roberts(2012)의 방법에 따라 확인하였고, 등지느러미 연조 수(dorsal fin rays), 전장(total length, mm), 항문장(preanal length, mm), 체고(body depth, mm), 안경(eye diameter, mm)을 측정하였다.

해부학적 구조를 관찰하기 위해 메스를 이용해 복강 절개를 하였으며, 산갈치의 섭식 특징을 파악하기 위해 위를 식도에서 분리하였고 습중량(g)을 측정하였다. 위 내용물 분석은 해부현미경을 통해 종(species) 단위까지 동정하였다. 생식소는 Forsgren et al.(2017)의 방법에 따라 확인하였으며, 생식소 중량은 g 단위로 측정하였다. 산갈치의 체중은 몸통을 삼등분하여 전자저울을 이용해 측정 후 합산하였다. 생식소 성숙도 지수(gonado-somatic index, GSI, %)와, 비만도 지수(Fulton's condition factor, K), 간중량 지수(hepato-somatic index, HSI)는 아래 공식으로 계산하였다(Froese, 2006).

$$GSI = \frac{\text{gonad weight}}{\text{body weight}} \times 10^2 \quad (1)$$

$$K = \frac{\text{body weight}}{\text{total length}^3} \times 10^3 \quad (2)$$

$$HSI = \frac{\text{liver weight}}{\text{body weight}} \times 10^2 \quad (3)$$

여기서 body weight (g)는 체중, gonad weight (g)는 생식소 무게, total length (cm)는 전장, liver weight (g)는 간 무게를 뜻한다.

2.3 수온

산갈치가 어획된 지점에서 인접한 곳에 있는 부이(ocean buoy) 자료를 이용하여 수온 변화를 분석하였다. 수온은 국립수산물품질관리원 한국해양자료센터(Korea Oceanographic Data Center, <http://kode.nifs.go.kr>)에서 제공하는 실시간 해양환경 정보를 사용하였으며, 산갈치가 포획된 지점과 가장 가까운 고정

봉평, 양양 부이에서 측정된 자료이다(Fig. 1). 자료 기간은 2023년 3월 8일부터 산갈치 어획이 확인된 3월 14일까지이며, 각 부표에 설치된 수온 센서의 설치 수심은 Table 2와 같다.

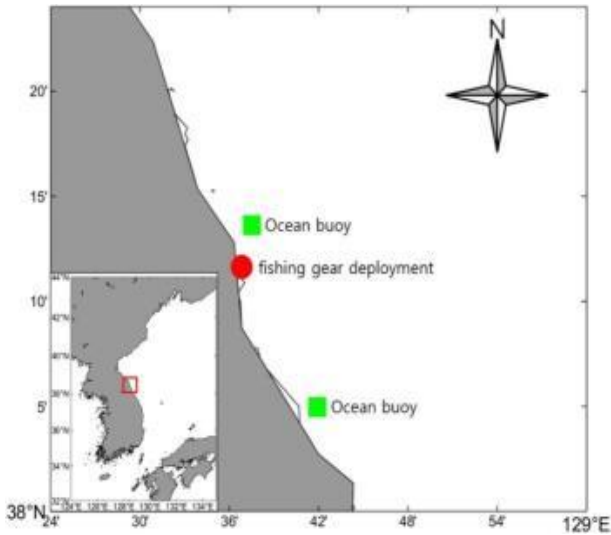


Fig. 1. Showing the position of Ocean buoys and area for fishing gear deployment.

Table 2. Ocean buoys located near the fishing gear deployment point for *Regalecus russellii*

Buoy name	Buoy location	Observation depth	Observation
Goseong	38.2244 °N, 128.6256 °E	5, 20, 30 m	Water temperature
Yangyang	38.0828 °N, 128.6983 °E	5, 15, 25 m	

3. 결과 및 고찰

3.1 해부

산갈치 시료 해부 결과 수컷임을 확인했다. 전장은 3,200 mm, 전중은 27,519.45 g, 항문장은 1,500 mm, 체고는 266.2 mm, 안경은 34.77 mm였다. 위(stomach)는 장기들과 분리 후 측정하였다(Fig. 2(A)). 위의 총무게는 1,447.86 g이었고, 위 내용물의 습중량은 1197.96 g로 난바다 곤쟁이류(Euphausiids)로 가득 차 있었다(Fig. 2(B)). 미성어의 경우 위 내용물 분석 결과 어류는 멸치(*Engraulis japonicus*)가 가장 많은 비율을 차지하였고, 갑각류는 luciferids가 가장 많은 비율로 보고됐다(Huang and Shao, 2022). 위와 장이 시작되는 지점에 간(liver, 218.71 g)과 담낭(gall bladder)이 자리 잡고 있었고, 그리고 장 아래 유문수(pyloric caeca)가 붙어 있었다. 유문수는 위의 중간 부분까

지 길게 늘어져 있었고 장과 붙어있는 상태였다. 산갈치의 생식소 중량은 619.45 g이었다. 수컷의 생식소는 등뼈를 따라 두 개의 긴 가닥으로 분리되며(Fig. 2(B, C)), 왼쪽 생식소가 조금 더 긴 특징이 일치하였다(Forsgren et al., 2017). 비장(spleen)은 장 중간 부분에 위치하여 장에 달라붙어 있었다. 신장(kidney)은 아가미(gills)와 붙어 생식소의 끝부분까지 길게 이어져 있고, 추체(notochord) 바로 아래 얇은 막으로 둘러싸여 있다(Fig. 2(D)). 몸통 쪽을 절단하여 확인한 결과 추체를 기준으로 좌/우 각 6개의 근육으로 둘러싸여 있었다(Fig. 2(E)). Lee et al.(2013)의 산갈치 측정 결과와 본 연구 결과를 Table 3에 나타내었다.

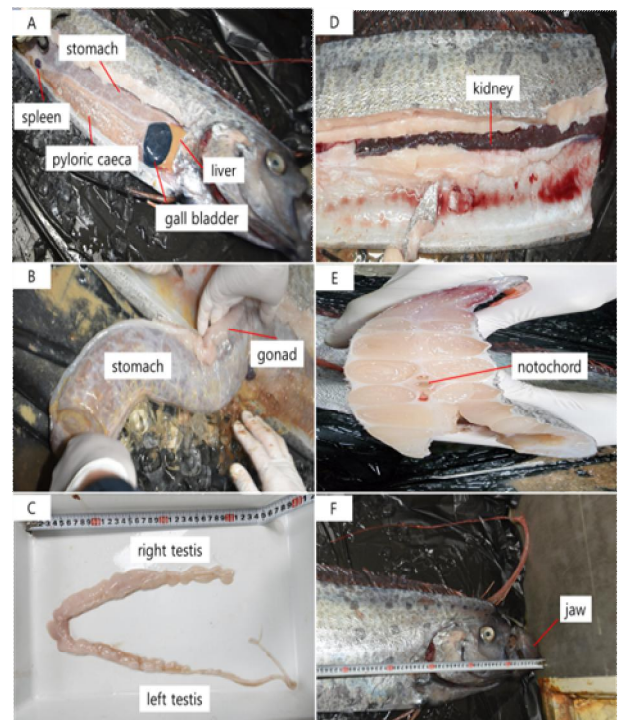


Fig. 2. Photograph of morphology and internal structure of the oarfish, *Regalecus russellii*.

Table 3. Comparison of three specimens of *Regalecus russellii* from the East Sea

Total length (mm)	Body weight (g/K)	Liver weight (g)/HSI	Gonad weight (g)/GSI	Sampling time	Remark
3,850	18,506 /0.32	278.62 /1.50	66.05 /0.36	25/January/2010	Lee et al. (2013)
3,670	21,703 /0.43	198.41 /0.91	108.78 /0.50	3/February/2010	Lee et al. (2013)
3,200	27,519 /0.83	218.71 /0.79	619.45 /2.25	14/March/2023	This study

3.2 형태학적 특징

산갈치는 먹이를 한 번에 많이 섭식하기 위해 이빨이 없는 돌출된 턱을 가지고 있고(Fig 2(F)), 섭식 된 먹이는 위에 보관하는 특징을 가진다(Roberts, 2012). 본 연구에서 새파(gill raker)와 위 속에 먹이가 가득 차 있었는데, 먹이를 한 번에 섭식하여 위에 보관하는 특징이 유사해 보였다. 산갈치의 머리 윗부분에 6개의 붉은 빛을 띠는 연조(anterior rays)가 길게 늘어져 있었고, 그 뒤로 등지느러미(연조수, 171개)가 꼬리 끝까지 이어져 있었다. 연조의 경우 국내외의 연구 결과와 개수의 차이를 보인다. 예를 들어 일본의 경우 6+136-6+365로 보고되어 있고(Nishimura, 1960), 국내는 6+236-6+357개로 보고되고 있다(Lee et al., 2013).

3.3 수온

산갈치가 어획되기 약 일주일 전부터 외용치항 주변 해역 15~30m에서는 강한 수온 변동이 나타났다(Fig. 3). 특히 3월 8일 오전에는 25~30m에서 수온 4℃ 이하의 저수온이 관찰되기도 했으며, 산갈치 어획이 확인된 14일까지 수심 25~30m에서 상대적으로 저수온 출현이 반복되었다. 외용치항 연안 저층의 저수온 현상이 나타난 이유에 대해서는 기상(바람, 기압 등)과 해양환경 인자(해류, 수온 등)의 시공간적인 분포 변화에 대한 추가 분석이 필요한 것으로 판단된다. 그러나 산갈치가 어획된 시기로 추정되는 13일 오후에서 14일 오전을 기준으로 수일 전부터 외용치항 북쪽에 위치한 고성 봉포에서 남쪽에 위치한 양양 연안까지 중층과 저층에 3~10℃ 사이의 상대적으로 저수온이 지속해 관찰되고 있으며, 이러한 환경이 산갈치가 연안으로 접근하는데 유리한 조건을 형성한 것으로 추정된다. 특히, 산갈치 위에서 다량으로 발견된 난바다곤쟁이류는 패치(patchiness) 분포를 이루는 특성을 가지며 낮에는 깊은 곳에서 내려갔다가 밤에 식물플랑크톤을 섭식하기 위해 연안으로 올라오는 주야 수직 이동(diurnal vertical migration)을 한다(Iguchi, 2004; Liu and Sun, 2010). 심해에서 서식하는 산갈치가 주요 먹이인 난바다곤쟁이류를 섭식하는 과정에서 저수온 환경을 따라 연안까지 이동했을 가능성도 있다. 그러나 산갈치 출현뿐만 아니라 출현 당시 해양환경 정보가 부족하여, 유사 사례에 대한 분석을 통해 자료 축적이 필요하다. 또한 최근 심해어종이 연안에서 자주 발견되는 것이 기후변화로 인한 해양 수주 구조의 변화와 연관 있는지에 대해서도 연구해 나갈 필요가 있다.

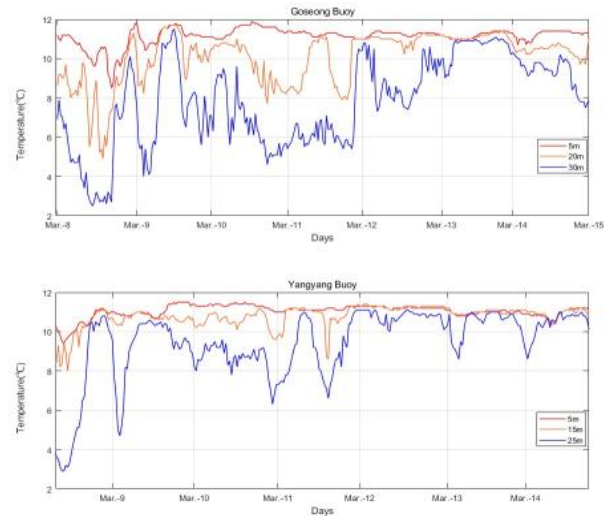


Fig. 3. Time-series change in water temperature measured from ocean buoys from Mar. 8 to Mar. 14.

4. 결론

심해생물인 산갈치가 연안역에 나타나는 것은 서식할 수 있는 수온과 먹이 환경 조건이 형성된 것과 연관성이 있을 것으로 판단된다. 그러나 본 연구에서는 연안 자망 어구에 어획된 1개체를 대상으로 분석한 것으로, 산갈치가 연안에 출현하는 이유를 규명하기 위해서는 과거 사례에 대한 추가 분석뿐만 아니라 향후 지속적인 모니터링이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아(기후변화에 따른 수산자원생물의 종 다양성 변화 진단과 미래 전망(20220214)) 수행되었습니다. 또한 산갈치 시료를 제공해 주신 송창석 선생님, 해부에 도움을 주신 경포아쿠아리움에 감사드립니다.

References

- [1] Froese, R.(2006), Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta analysis and recommendations. *Journal of applied ichthyology*, Vol. 22, No. 4, pp. 241-253.
- [2] Forsgren, K. L., H. Jamal, A. Barrios, and E. M. Paig Tran (2017), Reproductive morphology of oarfish (*Regalecus russellii*), *The Anatomical Record*, Vol. 300, No. 9, pp. 1695-1704.

- [3] Hirata, H., Y. Mibe, K. Ono, S. Shizuno, K. Suzuki, and M. Asakawa(2021), *Clistobothrium* sp. (Cestoda: Tetracystidae) in oarfish (*Regalecus russelii*) stranded on the coast of Akita Prefecture, Japan, Journal of Veterinary Medical Science, Vol. 83, No. 10, pp. 1590-1592.
- [4] Huang, S. P. and K. T. Shao(2022), Stomach content analysis of young Russell's oarfish (*Regalecus russelii*) from Taiwan, and a report on an unusual case of predation, Zootaxa, Vol. 5189, No. 1, pp. 275-282.
- [5] Iguchi, N.(2004), Spatial/temporal variations in zooplankton biomass and ecological characteristics of major species in the southern part of the Japan Sea, a review, Progress in Oceanography, Vol. 61, No. 2-4, pp. 213-225.
- [6] Kim, I. S., Y. Choi, C. L. Lee, Y. J. Lee, B. J. Kim, and J. H. Kim(2005), Illustrated Book of Korean Fishes, Kyo-Hak Publishing Co., Seoul, Korea, p. 169.
- [7] Lee, H. W., J. H. Yang, M. H. Sohn, J. B. Lee, Y. Y. Chun, K. S. Hwang, and D. W. Lee(2013), Occurrence of *Architeuthis* sp. and *Regalecus russelii* in the East Sea, Korea, Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, Vol. 46, No. 6, pp. 856-861.
- [8] Liu, H. L. and S. Sun(2010), Diel vertical distribution and migration of a euphausiid *Euphausia pacifica* in the Southern Yellow Sea, Deep Sea Res Part II Top Studies in Oceanography, Vol. 57, No. 7-8, pp. 594-605.
- [9] Nishimura, S.(1960), A record of *Regalecus russelii* (SHAW) from the Sado Straits in the Japan Sea, Ann. Report. Jap. Sea Reg. Fish Res. Lab., No. 6, pp. 58-68.
- [10] Oka, S. I., M. Nakamura, R. Nozu, and K. Miyamoto(2020), First observation of larval oarfish, *Regalecus russelii*, from fertilized eggs through hatching, following artificial insemination in captivity, Zoological Letters, Vol. 6, No. 1, pp. 1-6.
- [11] Roberts, T. R.(2012), Systematics, Biology, and Distribution of the Species of the Oceanic Oarfish Genus *Regalecus* (Teleostei, Lampridiformes, Regalecidae), Muséum national d' Histoire naturelle, Paris, p. 268.

Received : 2023. 06. 19.

Revised : 2023. 07. 28.

Accepted : 2023. 08. 29.