

## 계절에 따른 음향표지 조피볼락의 이동범위 및 이동경로

신현옥 · 강경미 · 한진석\*  
부경대학교 · \*한국해양수산연수원

### 서론

본 연구에서는 통영바다목장화 사업의 목표 어종인 자연산 조피볼락 (*Sebastes inermis*) 성어의 이동범위, 일주행동 및 원동장을 조사하기 위하여 음향표지를 부착시킨 조피볼락을 어획장소 및 그 주변에 방류하여 추적하는 실험을 수행하였으며 그 결과를 보고하고자 한다.

### 재료 및 방법

실험해역의 수심 분포는 DGPS (differential global positioning system) 수신기와 측량용 음향측심기, 측량용 소프트웨어로 구성되는 해저지형측정시스템 (Kim and Shin, 2001; Kang and Shin, 2004)을 사용하여 측정하였다.

어획장소 또는 그 주변에 방류한 음향표지어 (초음파 송신기를 부착한 어류)의 이동범위는 부호형 (coded type) 초음파 표지용 어류통과식별장치 (Vemco, VR2)와 표지어가 VR2수신기의 유효범위를 벗어나거나 표지어의 행방을 탐색할 때 사용하는 어류추적시스템 (Vemco, VR60; Vemco, VR28)을 사용하여 추적하였다. 음향표지어의 일주행동은 음향표지어의 상세한 이동궤적을 측정할 수 있는 무선부이식 어류추적시스템 (Vemco, VRAP)을 사용하여 측정하였다.

2005년 7월 27일~11월 6일에 걸쳐 통영바다목장에서 시험어의 이동범위 및 일주행동을 측정한 실험해역과 장치의 배치는 Fig. 1과 같다.

실험기간 동안 측정한 데이터는 VRAP 소프트웨어를 이용하여 주간과 야간으로 나누어 분석하였다. VR2수신기의 유효범위를 벗어난 시험어는 선박에 설치한 VR60수신기 또는 VR28수신기를 이용하여 음향표지어의 행방을 탐색하거나 존재하는 범위를 측정하였으며, 표지 신호가 수신된 지역의 위치는 GPS수신기를 사용하여 구하였다.

### 음향표지

실험에 사용한 음향표지는 식별과 장기간의 추적을 고려하여 모두 부호형으로 하였으며, 음향표지의 전지 수명은 압력센서를 내장한 것은 191일이고 나머지는 모두 350일 정도이다. 사용주파수는 69 kHz이고, 음원음압 레벨은 139 dB (re 1 $\mu$ Pa at 1 m)이다. 음향표지의 크기는 지름이 9 mm이고 길이는 24-40 mm이며, 수중중량은 2.6

g이다.

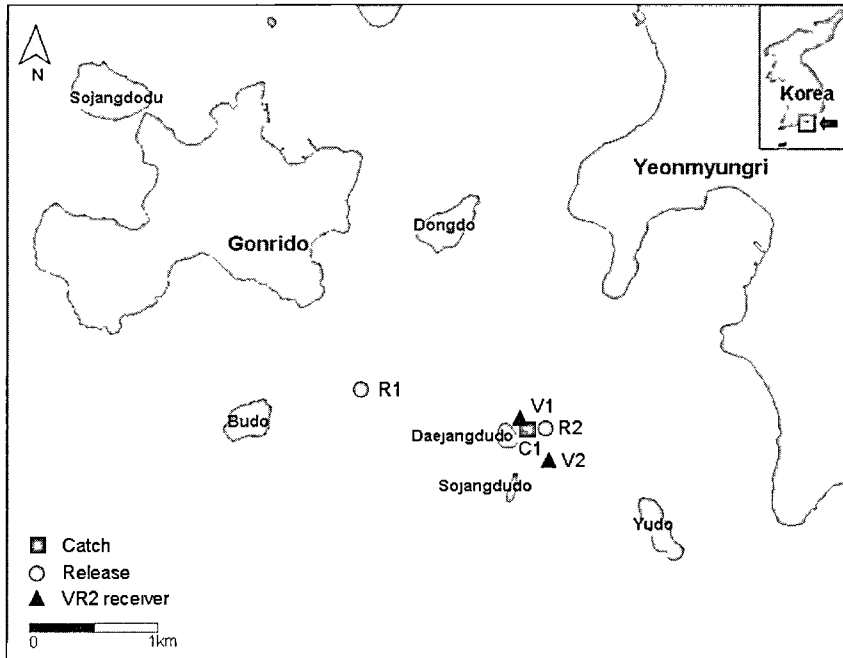


Fig. 1. Location of the study site and arrangement the experimental equipments.

#### 시험어에 대한 음향표지의 부착 및 방류

시험어는 통영바다목장 가두리 주변에서 통발로 어획한 자연산 조피볼락 (*Sebastes schlegeli*) 15마리 (성어; 전장: 33.0-43.0 cm; 체장: 27.5-38.0 cm; 체중: 440-1180 g) 이었다.

음향표지를 어체에 부착시키는 방법으로는 대체로 체외표지법 (Holland, 1985; Matthews, 1990, 1992; Shin et al., 1994; Lutcavage et al., 2000; Shin and Lee, 1999), 위속삽입법 (Percy, 1992; Candy and Quinn, 1999), 수술을 통한 체내표지법 (Colavecchia et al., 1998; Starr et al., 2000; Mitamura et al., 2002)이 있다 (Mellas and Haynes, 1985). 음향표지를 부착한 어류를 장기간 추적할 때에는 수술을 통한 체내표지법을 많이 사용하지만 마취하지 않고 현장에서 가장 간단하게 초음파 표지를 부착할 수 있는 방법은 체외표지법이다. 위속삽입법은 표지어가 비교적 대형일 때 사용하며 유영능력과 행동에 미치는 영향을 최소화할 수 있는 가장 좋은 방법 (Mellas and Haynes, 1985) 중 하나이나 표지어가 위속의 표지를 토해버리는 경우가 자주 있어 장기간 추적에는 부적합하다.

본 연구에서는 표지로 인한 유체저항을 줄이면서 장기간 추적이 가능하도록 체내표지법을 사용하였다.

2005년 7월 27일에는 수술이 끝난 5마리를 조사선박의 수조에 잠시 두었다가 통영 바다목장의 가두리 주변 (방류지점 R1, 수심 25 m)에서 1마리씩 수면에서 방류하였다. 나머지 5마리는 수술 후 1시간 이내에 어획장소로부터 850 m 떨어진 대장두도와 부도 사이의 해역 (R2, 수심 40 m)으로 이동하여 1마리씩 뜰채로 떠서 수면에서 방류

하였다.

## 결과 및 요약

2005년 7월 27일 (하계)에 어획장소 (Fig. 1의 C1)로부터 30 m 떨어진 곳 (Fig. 1의 R1)과 850 m 떨어진 곳 (Fig. 1의 R2)에서 방류한 10마리의 음향표지어의 이동범위를 1주일간 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. R1에서 방류한 음향표지어 6마리 중 1마리 (표지번호: 64; 체장: 35.0 cm; 체중: 1,062 g)는 방류 후 하루 만에 방류지점으로부터 약 2 km 떨어진 곳 (곤리도와 동도 사이의 해역)으로 이동하였으나 나머지는 대부분 방류 후 1주일 동안 방류지점으로부터 반경 500 m를 벗어나지 않았다. R2에서 방류한 음향표지어 4마리 중 1마리 (표지번호: 76; 체장: 31.0 cm; 체중: 730 g)도 방류 후 하루 만에 방류지점으로부터 약 2 km 떨어진 곳 (중화항 입구와 동도 사이의 해역)으로 이동하였고, 나머지는 대부분 방류 후 1주일 동안 방류지점으로부터 반경 500 m를 벗어나지 않았다. 방류 당일 정오 무렵 R1 주변에서 측정된 5 m 층의 수온은 22.1°C이었다.

2005년 11월 1일 (추계)에 어획장소 주변 (Fig. 1의 R1)에서 방류한 음향표지어 5마리의 이동범위를 1주일간 측정된 결과는 Fig. 3과 같다. 방류한 음향표지어는 모두 방류 후 1주일 동안 방류장소를 중심으로 반경 500 m이내의 해역에서 머물렀다. 방류 당시 R1주변에서의 측정된 5 m층의 수온은 17.9°C이었다.

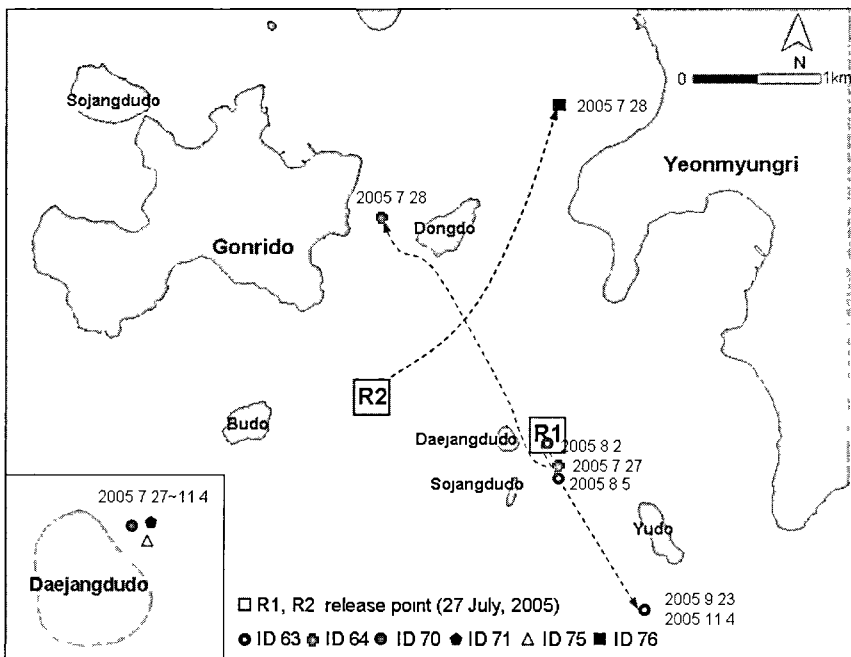


Fig. 2. Movement of the sonic tagged rockfishes during one week after releasing in summer (on 27 July 2005).

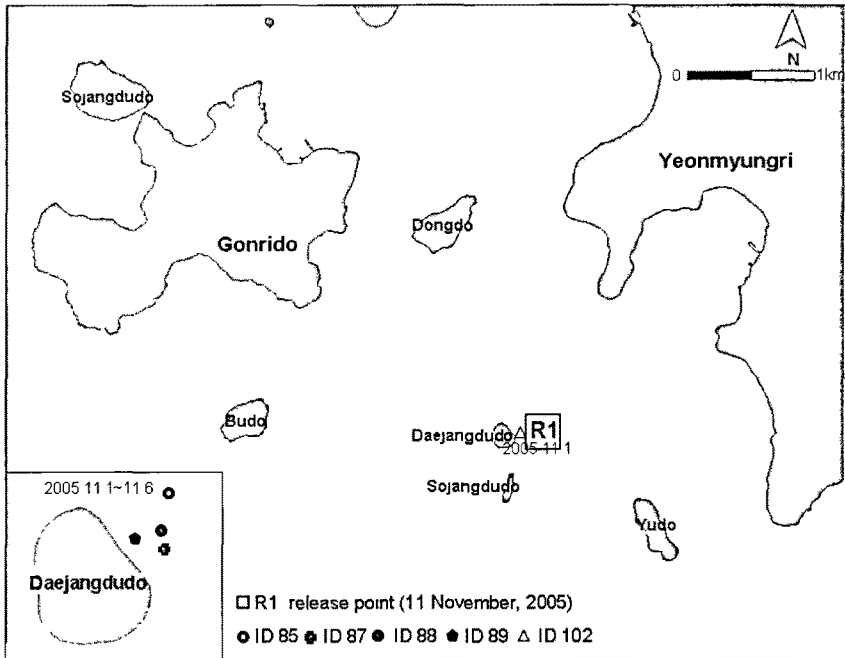


Fig. 3. Movement of the sonic tagged rockfishes during one week after releasing in autumn (on 1 November 2005).

#### 음향표지어의 일주행동

하계와 추계에 방류한 음향표지어의 일주행동을 측정한 결과는 Fig. 4 및 Fig. 5와 같다. Fig. 4(a)와 Fig. 4(b)는 각각 하계에 방류한 음향표지어의 주간과 야간의 행동을 나타낸 것이고, Fig. 5(a)와 Fig. 5(b)는 각각 추계에 방류한 음향표지어의 주간과 야간의 행동을 나타낸 것이다. 하계와 추계에 방류한 음향표지어는 야간의 수평적인 행동 범위가 주간보다 넓었으며, 추계보다는 하계의 수평적인 행동범위가 넓었다.

음향표지어의 연직방향의 일주행동을 측정한 일례는 Fig. 6과 같다. 음향표지어는 대체로 주간보다는 야간에 얕은 수층으로 이동하는 경향이 있었고, 특히 일출 후 보다 깊은 곳으로 이동하여 약 5시간 정도 일정한 깊이를 유지하는 행동을 보였다. 본 연구에서의 음향표지어는 대체로 방류 후 36시간 이상이 경과한 때부터 안정적인 연직방향의 행동을 보였다.

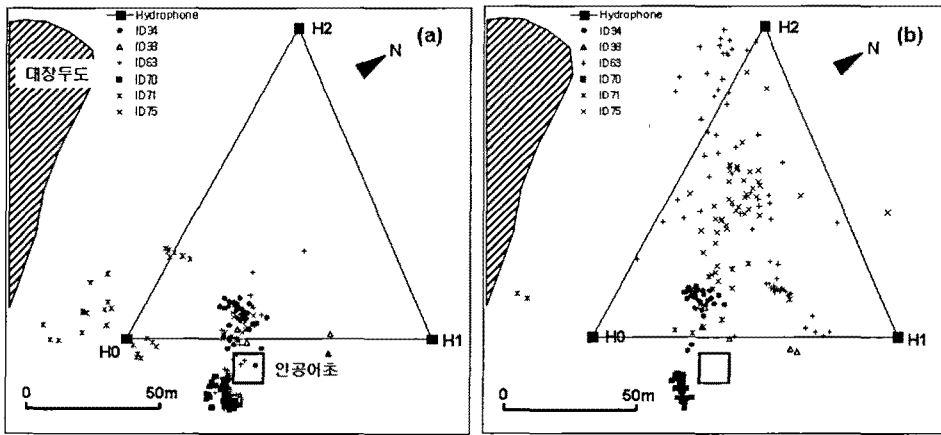


Fig. 4. Horizontal diurnal behavior of the rockfishes for the (a) day-time and (b) night-time in summer.

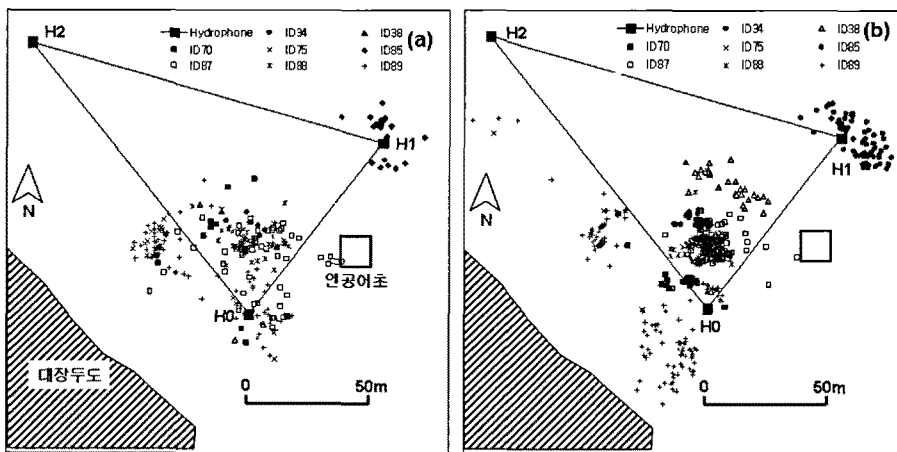


Fig. 5. Horizontal diurnal behavior of the rockfishes for the (a) day-time and (b) night-time in autumn.

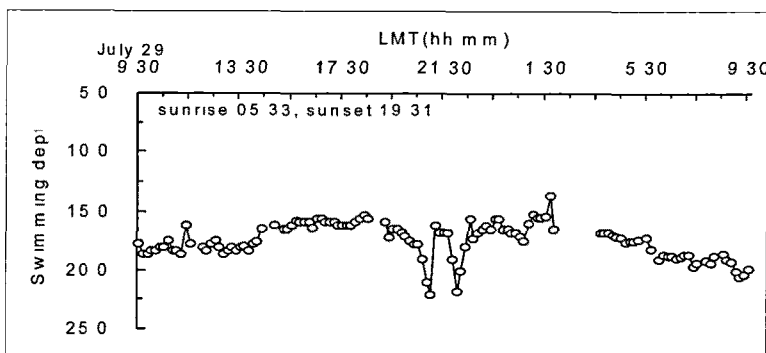


Fig. 6. Vertical diurnal behavior of the rockfishes in summer.

## 참고문헌

- Candy, J.R. and T.P. Quinn. 1999. Behaviour of adult chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in British Columbia coastal waters determined from ultrasonic telemetry. *Can. J. Zool.*, 77, 1161-1169.
- Carlson, H.R. and R.E. Haight. 1972. Evidence for a home site and homing of adult yellowtail rock fish, *Sebastes flavidus*. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 29, 1011-1014.
- Colavecchia, M., C. Katopodis, R. Goosney, D.A. Scruton and R.S. Mckinley. 1998. Measurement of burst swimming performance in wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) using digital telemetry. *Regul. Rivers: Res. Mgmt.*, 14, 41-51.
- Holland, K., R. Brill, S. Ferguson, R. Shang and R. Yost. 1985. A small vessel techniques for tracking pelagic fish. *Mar. Fish. Rev.*, 47, 26-32.
- Im, Y.J. and S.D. Hwang. 2002. Age and growth of black rockfish, *Sebastes schlegelii*, in western coastal waters of Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 14, 143-152.
- Kang, K.M. and H.O. Shin. 2004. Characteristic of Current Patterns and Structure of Bamboo-Weir in Samchunpo Water Area. *Fish. Sci.*, 70, 141-151.
- Kim, S.C. and H.O. Shin. 2001. Research on the geographic characteristics of the sea bed and the distribution of artificial reefs in Jaran Bay. *Bull. Korean Soc. Fish. Tech.*, 37, 214-222.
- Lutcavage, M.E., R.W. Brill, G.B. Skomal, B.C. Chase, J.L. Goldstein and J. Tutein. 2000. Tracking adult North Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in the northwestern Atlantic using ultrasonic telemetry. *Mar. Biol.* 137, 347-358.
- Matthews, K.R. 1992. A telemetric study of the home ranges and homing routes of lingcod *Ophiodon elongatus* on shallow rocky reefs off Vancouver Island, British Columbia. *Fish. Bull.*, 90, 784-790.
- Matthews, K.R. 1990. A telemetric study of the home ranges and homing routes of copper and quillback rockfishes on shallow rocky reefs. *Can. J. Zool.*, 68, 2243-2250.
- Mellas, E.J. and J.M. Haynes. 1985. Swimming performance and behavior of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and white perch (*Morone americana*): Effects of attaching telemetry transmitters. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 42, 488-493.
- Mitamura, H., N. Arai, W. Sakamoto, Y. Mitsunaga, T. Maruo, Y. Mukai, K. Nakamura, M. Sasaki and Y. Yoneda. 2002. Evidence of homing of black rockfish *Sebastes inermis* using biotelemetry. *Fish. Sci.*, 68, 1189-1196.
- O'Dor, R.K., Y. Andrade, D.M. Webber, W.H.H. Sauer, M.J. Roberts, M.J. Smale and F.M. Voegeli. 1998. Applications and performance of radio-acoustic positioning and telemetry (RAPT) systems. *Hydrobiologia*, 371/372, 1-8.
- Pearcy, W.G. 1992. Movements of acoustically-tagged yellowtail rock fish *Sebastes flavidus* on Heceta Bank, Oregon. *Fish. Bull.*, 90, 726-735.
- Shin, H.O. 1992. Ultrasonic tracking of movements of striped jack (*Caranx*

- delicatissimus*) in the Nunoura Bay, Japan. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 28, 347-359.
- Shin, H.I., D.J. Lee, H.O. Shin, W.W. Lee and J.Y. Ahn. 1994. Development of the underwater telemetry system to monitor the behavior of fish(1). Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 30, 263-272.
- Shin, H.O. and J.H. Lee. 1999. Behavior of amber fish, *Seriola aureovittata* released in the setnet. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 35, 161-169.
- Shin, H.O., J.W. Tae and K.M. Kang, 2005. Acoustic telemetrical measurement of the movement range and diurnal behavior of rock fish (*Sebastes schlegeli*) at the artificial reef. J. Kor. Fish. Soc., 38, 129-136.
- Shin, H.O., J.W. Tae and K.M. Kang, 2004. Acoustic telemetrical tracking of the response behavior of red seabream (*Chrysophrys major*) to artificial reefs. J. Kor. Fish. Soc., 37, 433-439.
- Shin, H.O., E. Hamada, H. Suzuki and Y. Koike. 1991. Guidance of ROV using multiple pingers of a single frequency. J. Japan Inst. Nav., 83, 7-11.
- Starr, R.M., J.H. Heine and K.A. Johnson. 2000. Techniques for tagging and tracking deepwater rockfishes. N. Am. J. Fish. Soc., 20, 597-609.
- Tae, J.W. and Shin H.O. 2004. Analysis on the volume variation of bag-net in set-net by acoustic telemetry. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 40, 115-126.
- Utagawa, K. and T. Taniuchi. 1999. Age and Growth of the Black Rockfish *Sebastes inermis* in Eastern Sagami Bay off Miura Peninsula, Central Japan. Fish. Sci., 65, 73-78.