J. Kor. Fish. Soc. 41(3), 221-227 한수지, 41(3), 221-227, 2008

음향 텔레메트리에 의한 조피볼락의 귀소범위 및 귀소경로 측정

강경미 · 신현옥[1*]
부경대학교 해양산업개발연구소, [1]부경대학교 해양생산시스템관리학부

Home Ranges and Homing Routes of the Black Rockfish *Sebastes schlegeli* Measured by Acoustic Telemetry

Kyoungmi KANG and Hyeon-Ok SHIN[1*]
Research Center for Ocean Industrial Development, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea
[1]Division of Marine Production System Management, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

The black rockfish (*Sebastes schlegeli*) is an important commercial species in Korean fisheries. We used acoustic telemetry using coded ultrasonic transmitters to track the home ranges and homing routes of the black rockfish that inhabit in the Tongyeong marine ranching area. Twenty-four fish were released at five points. The distance from the capture point (C1) to the released point was 0 (R7), 0.2 (R1), 0.9 (R2), 1.3 (R3) and 1.9 (R4) km. Two of the three fish released at R1 (0.2 km) returned home in under 48 hrs. Another was found 0.8 km from C1. Two of the five fish released at R2 returned home, but it took over 250 days. None of the ten fish released at R3 and R4 returned home. Three of the ten fish moved 1.1-2.6 km from C1 and were found near a cage or a natural reef. Six fish were released at R7. The younger the fish, the wider was its movement range around the artificial reefs. Fish over 3 years old were likely to move less far.

Key words: Acoustic telemetry, *Sebastes schlegeli*, Homing, Marine ranching area

서 론

조피볼락 (Black rockfish, *Sebastes schelegeli*)은 쏨뱅이목 (Order Scorpaeniformas) 양볼락과 (Family Scorpaenidae)에 속하는 난태성 어종으로서, 우리나라 전 연안, 일본 홋카이도 이남, 중국 북부 연안, 발해 및 황해의 얕은 바다 암초지대에 주로 서식한다 (Im and Hwang, 2002). 또한 조피볼락은 통영 바다목장의 자원조성 목표어종으로서, 상업적 가치가 높은 어종이다. 해양수산통계연보 (1997년-2006년)에 따르면 조피볼락의 연간 생산량은 약 17,000톤이며, 양식으로 생산되는 양은 15,000톤으로 전체의 84%를 차지한다. 자연산 조피볼락은 연안연승, 연안자망 등에서 주로 어획된다. 현재 통영 바다목장화 사업의 자원조성을 위하여 2005년까지 총 58만 마리의 조피볼락 치어가 체외표지 (아가미 절단, 태그 부착 등) 후 통영 바다목장 해역에 방류되었다. 방류한 조피볼락의 성장, 건강도, 성숙도와 같은 생물학적 특성에 관한 연구는 어구조사와 재포 신고를 통해 수집된 자료를 이용하여 이루어지고 있다 (MONAF, 2005). 하지만 이러한 연구방법은 조사해역이 국소적이며 재포 신고률이 낮으므로 방류한 조피볼락의 이동과 행동특성을 분석하기에는 적합하지 않다. 정착성 어종인 볼락이 귀소성을 가진다는 연구결과는 국외에서 다수 발표된 바 있다. 볼락에 관한 연구에서 노란꼬리볼락 (*Sebastes flavidus*), 볼락 (*Sebastes inermis*), black-and-yellow (*Sebastes chrysomelas*)의 경우 모두 귀소성을 가지는 것으로 밝혀졌으며, 귀소거리는 어종마다 차이가 있는 것으로 나타났다 (Carlson and Haight, 1972; Matthews and Barcker, 1983; Hallacher, 1984; Mitamura et al., 2002). 어류의 귀소성에 관한 연구는 어류의 생태학적 특성을 이해하는 것뿐만 아니라 선택적 어법개발과 같은 수산업의 효과적 관리에 적용할 수 있다. 또한 인공어초의 설계와 배치에 기초자료를 제공함으로써 바다목장 조성사업의 효율성 증대에 기여할 수 있다.

따라서 이 연구에서는 음향 텔레메트리 기법을 이용하여 어구조사와 재포 신고를 통한 조피볼락 이동과 행동특성 연구의 부족함을 충족시키고, 통영 바다목장 해역에서 조피볼락의 귀소범위 및 귀소경로를 측정하여 조피볼락의 귀소성에 미치는 요인을 구명하고자 한다.

재료 및 방법

실험해역의 기초환경 조사

실험해역은 통영 바다목장 해역으로 전체면적은 20 km^2 (보호수면 5.4 km^2, 수산자원관리구역 14.6 km^2)이며, 연안과 작은 섬들로 둘러싸여진 반 폐쇄해역이다 (Fig. 1). 실험해역의 저질은 연안과 섬 부근에는 왕모래와 자갈로 구성된 펄로

*Corresponding author: shinho@pknu.ac.kr

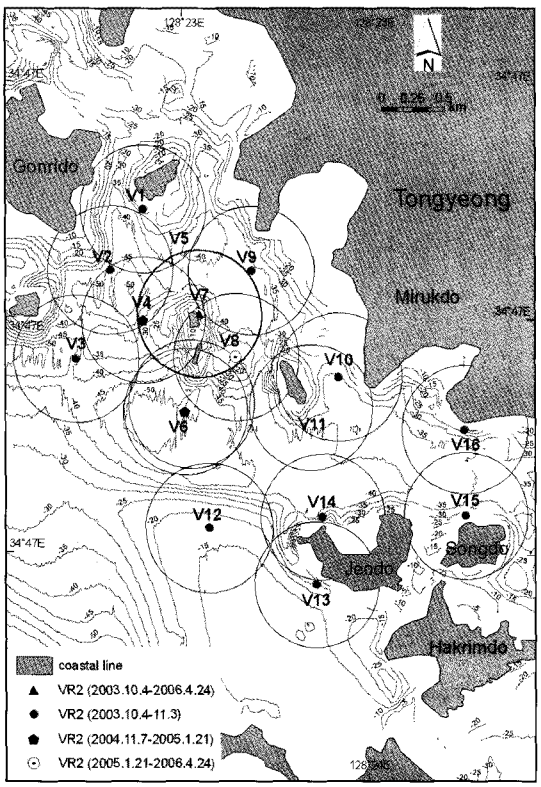

Fig. 1. Location of the study site and arrangement of the experimental equipment. The number with (-) indicates depth.

이루어져 있지만 해역 바깥쪽은 펄로만 이루어져 있다. 해역 내의 연안과 섬 주위에는 많은 가두리 양식장들이 설치되어 있었고 한국해양연구원에서 관리하는 해상 중간육성장이 설치되어 있었다. 또한 중간육성장의 해저 (수심 약 20 m)에는 강제 인공어초 (L10×W10×H9 m)가 설치되어 있었다. 통영 바다목장화 사업기간동안 실험해역 내에서는 모든 어로행위가 금지되어 있었다. 조피볼락의 서식처 주변의 환경을 조사하기 위하여 2003년 3월 20일에 해저지형측정시스템을 이용하여 실험해역의 수심 분포를 조사하였으며, 해저지형측정시스템은 DGPS 수신기 (KGB-2; Koden Electronics Co. Ltd., Japan)와 측량용 음향측심기 (320 M; Knudsen Engineering Ltd., Canada), 측량용 소프트웨어 (Hypack 8.9; Coastal Oceanographic Inc., USA)로 구성하였다 (Kim and Shin, 2001; Kang and Shin, 2004). 실험해역의 수온변화는 수심 400 m까지 측정 가능한 데이터 로거형 수온센서 (X-420; Rechard Branker Reserarch Ltd., Canada)와 자기기록식 유향유속계 (RCM-9; Aanderaa Data Instruments, Norway)를 사용하여 측정하였다.

음향표지

이 연구에 사용된 음향표지는 코드분할법을 사용하는 부호형 (coded type) 음향표지 (Amirix System Inc., Canada)이다. 부호형 음향표지는 펄스 주기에 따라 배터리 수명을 조절할 수 있으며, 단일 주파수를 사용하더라도 동시에 256개 이상의 음향표지 식별이 가능하다 (Pincock and Voegeli, 2002). 사용한 음향표지의 제원은 Table 1과 같다.

음향표지의 부착 및 방류

이 연구에서 시험어는 총 24마리의 자연산 조피볼락을 사용하여 수술을 이용한 체내표지법을 이용하여 음향표지를 어체에 부착하였다 (Kang and Shin, 2006). 시험어의 체장과 체중범위는 각각 21.0-31.5 cm, 137-680 g이었다. 시험어의 연령을 추정하기 위해서는 시험어에서 적출한 이석에서 윤문의 형성시기와 주기성을 확인해야 한다. 하지만 이석을 적출하는 과정에서 시험어가 사망하므로 이 연구에서는 자연산 조피볼락의 von Bertalanffy 성장식을 이용하여 연령을 추정하였다. 자연산 조피볼락의 성장식은 다음과 같다.

$$L_t = 44.541(1 - e^{-0.209(t+1.514)})$$

여기서 L_t는 t세의 체장을 가리킨다. 음향표지어의 귀소성을 분석, 고찰하기 위해 2004년 11월 6일에 음향표지를 부착한 조피볼락을 서식처 (C1, Fig. 2)에서 0.2 km (R1), 0.9 km (R2), 1.3 km (R3), 1.9 km (R4) 떨어진 지점에 각각 방류한 후 서식처에 수신기를 설치하고 음향표지어의 신호가 검출되는 시간까지를 귀소시간으로 판단하였다. 음향표지어의 크기, 연령, 음향표지 식별번호, 방류날짜 및 장소 등은 Table 2와 Fig. 2와 같다.

음향표지어 추적

음향표지어의 추적은 2003년 10월 8일부터 2006년 2월 27일까지 통영 바다목장해역에서 실시하였다. 방류지점에서 체류한 음향표지어의 유영행동특성은 위치의 정확도가 높은 무선부이식 3차원 어류위치추적장치 (VRAP system; Amirix System Inc., Canada)를 이용하여 음향표지어의 상세한 이동궤적 및 유영속도를 측정하였다. VRAP 시스템은 음향표지어의 위치를 실시간으로 퍼스널 컴퓨터의 화면에 나타냄과 동시에 하드디스크에 데이터를 저장한다. 이 시스템은 3개의 해상국 (RAP buoy)과 1개의 기지국으로 구성되며, 각각의 부이는 음향송수파기와 전파송수신기 및 RF 모뎀을 내장하고 있다. 기지국은 RF 모뎀과 해상국 제어기, 퍼스널 컴퓨터 및 소프트웨어로 구성된다. 장기간에 걸쳐 연속적으로 음향표지어를

Table 1. Specification of the continuous and coded type of acoustic transmitter attached on *Sebastes schlegeli*

Model	Frequency (kHz)	Source level (dB re 1 μPa at 1 m)	Battery life (days)	Weight in water (g)	Size (mm)
V8SC-1L	69	139	112	2.6	ϕ9×L24
V8SC-2L	69	139	400	2.6	ϕ9×L24
V9-1L	69	139	350	2.6	ϕ9×L24

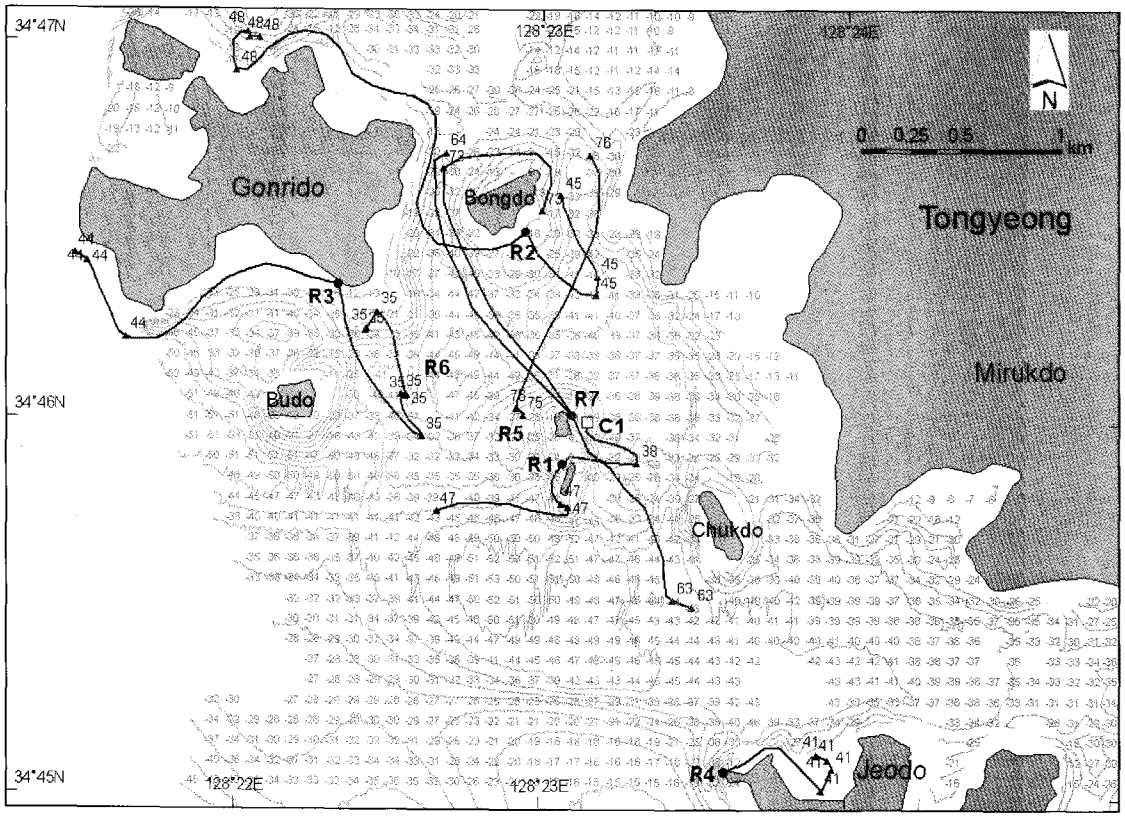

Fig. 2. Expected movement routes of *Sebastes schlegeli* in the Tongyeong marine ranching area was measured from November 1, 2004 to February 27, 2006.

추적하기 위하여 어류통과식별장치 (VR2; Amirix System Inc., Canada)을 Fig. 1과 같이 실험해역에 각각 설치하였다. VR2 수신기의 유효수신범위 (반경 500 m)를 벗어난 음향표지어는 청음방식 어류추적장치를 사용하였다. 이 연구에서는 무지향성 (VR60; Amirix System Inc., Canada)과 지향성 수파기 (VR28; Amirix System Inc., Canada)를 이용한 청음방식 어류추적장치를 각각 사용하여 음향표지어를 추적하였다. VR60 시스템과 VR28 시스템을 이용할 시 음향표지어의 위치는 조사선박의 위치와 동일하다고 가정하였고, 신호가 탐지되는 위치에서는 DGPS 수신기 (CSI MAX; CSI Wireless Inc., Canada)를 이용하여 선박의 위치를 기록하였다. VR60 시스템과 VR28 시스템을 이용한 추적실험은 일반적으로 어류가 가장 활발하게 활동하는 시간대인 여명시에 맞추어 추적하였고, 매월 1회 실시하였다.

결 과

실험해역의 기초 환경

실험해역의 남쪽 섬 (연대도, 학림도) 주변은 전반적으로 수심이 얕고 해저가 비교적 평탄하였고 미륵도 북서쪽 해안은 수심 15 m 이하의 얕고 완만한 경사를 나타내었다. 실험해역의 북서쪽 섬 (곤리도)과 미륵도 해안사이에는 수심이 20-40 m로 해저의 경사가 심한 수로형 해저지형을 나타내었다. 미륵도 서쪽에 위치한 섬들은 대부분 섬의 해안에서 50 m 이내에는 3-15 m 정도의 수심을 나타내었지만 해안에서 50 m 이상 벗어날 경우 수심이 20 m 이하로 급격하게 낮아지는 해저지형을 나타내었다 (Fig. 1). 실험해역에서 북쪽의 섬 사이 해저는 남쪽의 섬 사이 해저에 비해서 국지적인 수심변화가 커서 골곡이 큰 반면에 남쪽 섬 사이의 해저지형은 상대적으로 완만하였다. 동계 실험기간동안 실험해역의 수심 5 m 층의 최저 평균 수온은 10.3℃ (s.d.=0.3)이었고 하계 실험기간동안 최고 평균수온은 23.4℃ (s.d.=1.5)이었다. 2005년 수온변화를 분석한 결과에서 2005년에는 최저기온이 9.9℃ (2월 19일-14일)이었고, 4월 2일부터 수온이 12℃ 이상으로 상승하기 시작하여, 5월 1일에는 수온이 14℃ 이상으로 상승하였다. 2005년 하계 (7-9월)의 최고 수온은 25.0℃이었고, 하계에 수온이 24℃ 이상 유지되는 일수는 43일이었다. 일별 수온변화는 2005년 8월 8일에 20.3-25.0℃로 변화폭이 가장 컸다.

음향표지어의 귀소성

음향표지어의 귀소성을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 채포위치로부터 0.2 km 떨어진 지점 (R1)에 방류한 음향표지어 3마리 (Tag. ID 34, 38, 47)는 모두 실험해역에서 발견되었다. 이 중 Tag ID 34와 38은 서식처로 귀소하였고, 귀소하는데 걸린 시간은 각각 18분, 37시간으로 모두 48시간 이내에 귀소하였다. 귀소하지 못한 Tag ID 47은 서식처에서 0.8 km 떨어진

Table 2. Summary of *Sebasetes schlegeli* attached the acoustic transmitters and released in the Tongyeong marine ranching area. BL and TL denote body length and total length, respectively. Tag No. 85 stayed at the released point for 22 days and disappeared

Tag ID	Model	Length (cm)		Weight (g)	Age (year)	Release			State	Movement distance (km)
		BL	TL			Date	Point	Distance from home site (km)		
4965	V8SC-1L	25.0	28.8	352	2.4	08-Oct-03	R7	0.0	stay	-
4966	V8SC-1L	21.0	24.5	137	1.5	08-Oct-03	R7	0.0	stay	-
33	V8SC-2L	26.5	30.5	460	2.8	06-Nov-04	R2	0.9	homing	0.9
34	V8SC-2L	28.5	33.0	680	3.4	06-Nov-04	R6	0.2	homing	0.2
35	V8SC-2L	29.0	33.0	500	3.5	06-Nov-04	R3	1.3	move	1.7
36	V8SC-2L	25.5	29.0	450	2.6	06-Nov-04	R3	1.3	disappear	-
37	V8SC-2L	26.5	30.5	480	2.8	06-Nov-04	R2	0.9	disappear	-
38	V8SC-2L	27.5	31.5	480	3.1	06-Nov-04	R1	0.2	homing	0.2
39	V8SC-2L	28.5	33.0	575	3.4	06-Nov-04	R3	1.3	disappear	-
40	V8SC-2L	25.5	28.5	350	2.6	06-Nov-04	R4	1.9	disappear	-
41	V8SC-2L	27.5	31.5	430	3.1	06-Nov-04	R4	1.9	move	0.8
42	V8SC-2L	30.5	35.0	500	4.0	06-Nov-04	R4	1.9	disappear	-
43	V8SC-2L	26.0	30.2	400	2.7	06-Nov-04	R4	1.9	disappear	-
44	V8SC-2L	28.5	32.5	520	3.4	06-Nov-04	R3	1.3	move	1.7
45	V8SC-2L	28.5	32.5	510	3.4	06-Nov-04	R2	0.9	move	1.0
46	V8SC-2L	27.5	32.0	410	3.1	06-Nov-04	R4	1.9	disappear	-
47	V8SC-2L	28.0	32.3	570	3.2	06-Nov-04	R1	0.2	move	0.9
48	V8SC-2L	30.0	34.0	490	3.8	06-Nov-04	R2	0.9	move	2.5
49	V8SC-2L	26.0	30.0	480	2.7	06-Nov-04	R2	0.9	homing	0.9
50	V8SC-2L	29.2	34.0	590	3.6	06-Nov-04	R3	1.3	disappear	-
85	V9-1L	31.5	35.5	638	4.4	01-Nov-05	R7	0.0	disappear	-
87	V9-1L	27.5	31.5	440	3.1	01-Nov-05	R7	0.0	stay	-
88	V9-1L	29.0	33.0	560	3.5	01-Nov-05	R7	0.0	stay	-
89	V9-1L	30.0	33.7	506	3.8	01-Nov-05	R7	0.0	stay	-

Table 3. Homing ability of *Sebasets schlegeli* in the Tongyeong marine ranching area. 'N' means 'not homing' but it was found in the study site. 'D' means 'disappear'

Point	Distance from home site (km)	Tag ID	Age (year)	Homing period (hour)	Movement from home site (km)	Movement from released point (km)
R1	0.2	38	3.1	37	-	-
		47	3.2	N	0.8	0.7
		34	3.4	0.3	-	-
R2	0.9	49	2.7	6,504	-	-
		33	2.8	10,272	-	-
		37	2.8	D	-	-
		45	3.4	N	1.1	0.5
		48	3.8	N	2.5	2.1
R3	1.3	36	2.6	D	-	-
		44	3.4	N	2.6	1.6
		35	3.5	N	1.1	0.9
		39	3.4	D	-	-
		50	3.6	D	-	-
R4	1.9	40	2.6	D	-	-
		41	3.1	N	2.0	0.5
		42	4.0	D	-	-
		43	2.7	D	-	-
		46	3.1	D	-	-

지점에서 발견되었다. 채포위치로부터 0.9 km 떨어진 지점(R2)에 방류한 음향표지어 5마리 (Tag ID 33, 37, 45, 48, 49)의 경우에는 Tag ID 33과 49만 서식처로 귀소하였고 귀소시간은 6,000시간 (250일) 이상이 소요되었다. 귀소하지 못한 Tag ID 45는 서식처에서 1.1 km 떨어지고 미륵도 해안에서 약 0.3 km 떨어진 지점에서 발견되었다. Tag ID 48은 서식처에서 2.5 km 떨어진 지점의 가두리 양식장 근처에서 발견되었다. Tag ID 37은 실험기간동안 실험해역에서 발견되지 않았다. 채포위치로부터 1.3 km 떨어진 지점 (R3)에 방류한 음향표지어 5마리 (Tag ID 35, 36, 39, 44, 50)는 모두 서식처로 귀소하지

않았다. Tag ID 35는 서식처에서 1.1 km 떨어진 부도 동쪽에서 최초로 발견되었으나, 시간이 경과함에 따라 방류지점으로 이동하였다. 귀소하지 못한 음향표지어 중 Tag ID 44는 서식처에서 2.6 km 덜어진 연안 암초 수역에서 발견되었다. 나머지 음향표지어 3마리는 실험기간동안 실험해역에서 발견되지 않았다. 채포위치로부터 1.9 km 떨어진 지점 (R4)에 방류한 음향표지어 5마리 (Tag ID 40, 41, 42, 43, 46)는 모두 서식처로 귀소하지 않았다. Tag ID 41은 서식처에서 약 2.0 km, 방류지점에서 0.5 km 떨어진 저도 북쪽 가두리 양식장 부근에서 발견되었고, 나머지 음향표지어는 실험기간동안 실험해역에서 발견되지 않았다. 통영 바다목장 해역에 방류한 음향표지어는 서식처와 방류지점의 거리가 1 km 미만인 경우에는 음향표지어 중 50%가 서식처로 귀소하는 경향을 나타내었고, 귀소한 음향표지어를 포함하여 음향표지어의 88%가 실험해역에서 발견되었다. 하지만 서식처와 방류지점의 거리가 1 km 이상인 경우에는 서식처로 귀소한 음향표지어는 0%이었고, 실험해역에서는 음향표지어 중 30%만 발견되었다.

방류지점에서 음향표지어의 연령별 행동특성

2003년 10월 30일에서 11월 4일과 2005년 11월 4일에서 11월 6일 두 차례에 걸쳐 실시한 방류지점에서 음향표지어의 연령별 행동특성은 Fig. 3과 Fig. 4와 같다. Fig. 4에서는 VRAP 시스템의 기선길이가 Fig. 3보다 2배 이상 길었기 때문에 같은 축척상에서 행동특성을 비교분석하기 위하여 H2의 위치를 나타내지 않았다. Fig. 3에서 3세 미만의 Tag ID 4965와 4966은 모두 주·야간에 인공어초를 기준으로 넓은 수역을 유영하는 행동특성을 나타내었고, 인공어초에서 최대 84 m까지 이동하였다. Fig. 4에서 음향표지어는 모두 3세 이상이었고, 인공어초에서 일정거리 떨어진 수역에서 행동하는 특성이 나타났다. Fig. 4(c)에서 Tag ID 89는 실험기간동안 6.0 BL/s 이상의 돌진행동을 여러 차례 나타내었기 때문에 상대적으로 이동범위가 넓게 나타났으나 이동한 지점에서는 5시간 이상 20 m 이내에서 체류한 것으로 나타났다. 음향표지어는 연령이 낮을수록 인공어초를 기준으로 이동범위가 넓은 것으로 나타났으나 연령이 3세를 초과하면 이동범위가 현저하게 좁아지는 것으로 나타났다. 따라서 음향표지어는 연령이 높을수록 인공어초에 대한 반응도가 크게 저하되고 한 곳에 체류하려는 성향을 강하게 나타내는 것으로 판단된다.

음향표지어의 이동경로

2004년 11월 1일부터 2006년 2월 27일까지 실험해역에서 방류지점을 벗어난 음향표지어의 이동경로를 추적한 결과는 Fig. 2와 같고, 이동개요는 Table 2와 같다. 방류지점에서 벗어난 음향표지어는 대부분 가두리 양식장 부근으로 이동하여 장기간 체류하였고, 음향표지어가 장기간 체류하는 것이 확인된 곳의 수심은 20-30 m이었다. 이동범위가 넓고 실험기간동안 계속해서 이동하였던 음향표지어의 경우에는 수심 40-50 m 수역에서 발견되었다. 음향표지어들이 실험해역에서 수심이 깊은 곳에서 발견되는 것은 수심이 깊은 곳일수록 수온변화가 적고 안정적인 환경조건을 제공하기 때문일 것이다. 따라서 실험기간동안 음향표지어들이 수심이 깊은 해역에서 장기간 체류할 수 있었던 것으로 판단된다.

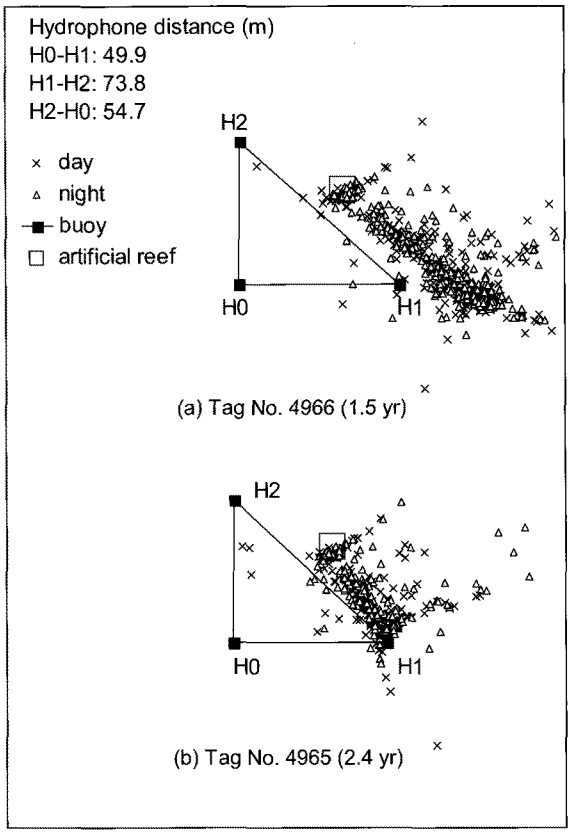

Fig. 3. Range of movement of *Sebastes schlegeli* by age under the experimental sea cage station of KORDI was measurement from October 30 to November 4, 2003.

고 찰

볼락이 귀소성에 관한 연구 중 Hallacher (1984)는 *S. chrysomelas*의 귀소거리가 50 m임을 밝혀낸 바 있다. 또한 *S. flavidus*의 귀소성에 대한 Carlson and Haight (1972)와 Mathews and Barker (1983)의 연구에서는 *S. flavidus*의 귀소성에 대한 연구 결과는 일치하였으나 귀소거리에서는 큰 차이를 나타내었다. Carlson and Haight (1972)의 연구에서는 *S. flavidus*의 귀소거리는 22.5 km이었으나 Mathews and Barker (1983)의 연구에서는 서식처에서 157 km 떨어진 곳에 방류한 *S. flavidus*도 서식처로 귀소한 결과가 발표되었다. Mitamura et al. (2002)의 일본 칸사이 국제공항에서 실시한 *S. inermis*의 귀소성에 관한 연구에서는 1 km 이내에 방류한 *S. inermis*은 100% 귀소하였지만, 3.5 km에서 방류한 *S. inermis*은 67%만 서식처로 귀소하였다. 이러한 볼락종의 귀소성에 작용하는 요인은 해저의 형태와 후각이라는 연구결과가 있다 (Matthew, 1990; Mitamura et al., 2005). 이 연구에서 *S. schlegeli*은 서식처

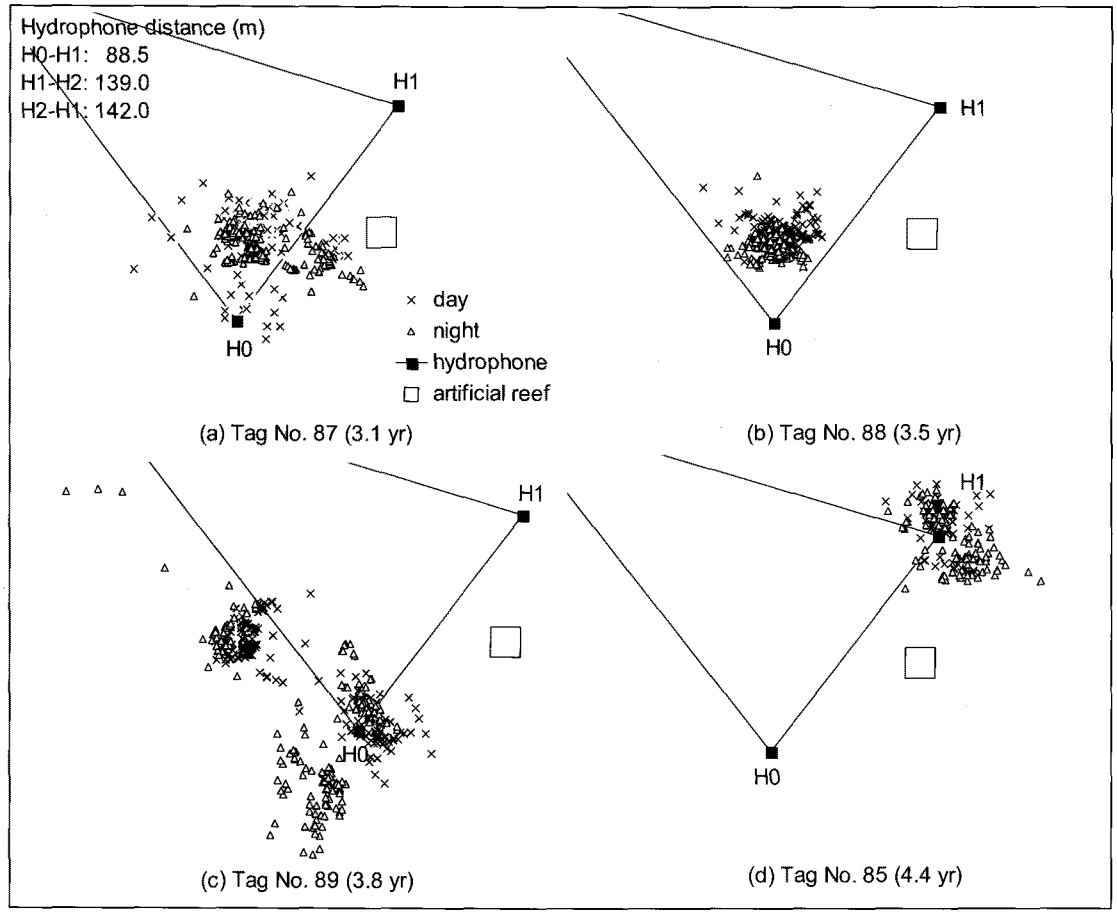

Fig. 4. Range of movement of *Sebastes schlegeli* by age under the experimental sea cage station of KORDI was measured during November 4 to 6, 2005.

와 방류지점간의 거리가 1 km 미만인 경우에는 귀소성을 확인할 수 있었으나, 거리가 멀어질수록 귀소성이 나타나지 않았다. *S. schlegeli*의 귀소성은 앞선 실험에서 Hallacher (1984)의 연구결과와는 유사하지만, *S. flavidus*의 귀소성에 관한 연구와 Mitamura et al. (2002)의 연구결과와는 차이가 있었다. 통영 바다목장 해역에 서식하는 *S. schlegeli*의 귀소성과 *S. flavidus*과 *S. inermis*의 귀소성이 다른 가장 큰 이유는 실험해역의 특성 때문일 것으로 판단된다. *S. flavidus*과 *S. inermis* 연구의 실험해역은 가두리와 같은 해상 사육시설이 설치되어있지 않았고, 일본 *S. inermis*의 연구의 실험해역에서는 낚시를 포함한 모든 어업이 금지되어 있었다. 하지만 이 연구의 실험해역에는 연안 부근에 많은 가두리 양식장들이 설치되어 있었고, 낚시와 같은 일부 어업들이 불법적으로 행해지고 있었다. 따라서 *S. schlegeli*의 귀소행동을 방해하는 외부 요인(일정한 먹이공급)이 너무 강하여 귀소성에 대한 뚜렷한 특징이 나타나지 않았을 확률이 높은 것으로 판단되므로 향후 보다 세부적인 환경 조건하에서 정밀한 실험이 필요할 것으로 생각된다. 또한 연령이 높은 *S. schlegeli* 일수록 주변의 가두리 양식장이나 암초지대로 이동하여 장기간 체류하는 경향이 강한 것으로 보아 주변 환경을 탐색하여 서식처와 비슷한 조건을 가지는 곳으로 이동하여 체류하는 것으로 판단된다. Kang and Shin (2006)의 통영 바다목장 해역에서 하계에 방류한 음향표지어의 이동은 Fig. 2의 Tag ID 63, 64, 75, 76과 같다. 하계와 추계에 방류한 음향표지어의 이동을 비교 분석한 결과에서 추계에 방류한 음향표지어가 하계에 방류한 음향표지어보다 실험해역에서 장기간 체류하는 경향을 나타내었고, 이동범위도 현저히 좁은 것으로 나타났다. 이 연구에서 실험해역의 주변 환경을 측정한 결과 하계에는 수온약층이 크게 형성되었고 적조가 발생하여 일부 가두리 양식장이 피해를 입은 것으로 확인되었다. 하계의 환경변화가 생물에 미치는 영향에 관한 연구 중에서 여름철 마산만 내부해역에서 산소가 고갈되어 종이 소멸하는 현상이 발생한 사례가 있다(Choi et al., 2005). 이러한 현상은 대형저서동물 군집의 종조성과 서식밀도에 결정적 영향을 미치는 요소가 될 수 있을 것으로 판단된다. 이 연구의 실험해역에서도 수온상승, 산소고갈, 적조발생 등과 같은 환경변화에 의해 먹이생물량이 크게 감소하였을 가능성이 있다. 이러한 영향을 고려하면 하계에 방류한 음향표지어들은 먹이활동에 적합한 곳을 찾아 실험해역을 벗어났을

가능성이 높다. 따라서 하계 방류어들이 추계 방류어들에 비하여 실험해역에서 체류하는 시간이 짧고 이동거리가 멀었던 것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 2004년도 부경대학교 연구년 교수지원에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

Calson, H.R. and R.E. Haight. 1972. Evidence for a home site and homing of adult yellowtail rockfish, *Sebastes flavidus*. J. Fish. Res. Bd. Can., 29, 1011-1014.

Choi, J.W., J.Y. Seo, C.H. Lee, T.K. Ryu, C.G. Sung, G.M. Han and S.M. Hyun. 2005. Spatial distribution patterns of macrobenthic communities during winter and summer in the Masan Bay special management area, southern coast of Korea. Ocean Polar Res., 27, 381-395.

Hallacher, L.E. 1984. Relocation of original territories by displaced black-and-yellow rockfish, *Sebstes chrysomelas*, from Carmel Bay, California. Calf. Fish Game, 70, 158-162.

Im, Y.J. and S.D. Hwang. 2002. Age and growth of black rockfish, *Sebastes schlegeli*, in western coastal waters of Korea. Kor. 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.

Kang, K.M. and H.O. Shin. 2006. Movement ranges and routes of black rockfish (*Sebastes schlegeli*) in summer and autumn from acoustic telemetry. J. Fish. Sci. Technol., 9, 91-96.

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. Kor. Soc. Fish. Technol., 37, 214-222.

Mathews, S.B., and M.W. Barker. 1983. Movements of rockfish (*Sebastes*) tagged in northern Puget Sound, Washington. Fish. Bull., 81, 916-922.

Matthews, K.R. 1990. An experimental study of the habitat preference and movement patterns of copper, quillback, and brown rockfish (*Sebastes* spp.). Environ. Biol. Fish., 29, 161-178.

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 *Seabastes inermis* using biotelemetry. Fish. Sci., 68, 1180-1196.

Mitamura, H., N. Arai, W. Sakamoto, Y. Mitsunaga, T. Maruo, Y. Mukai, K. Nakamura, M. Sasaki and Y. Yoneda. 2005. Role of olfaction and vision in homing behaviour of black rockfish *Sebastes inermis*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 322, 123-134.

MOMAF. 2005. Studies on the development of ranching program in Tongyeong, Korea. Ministry of Maritime Affairs and Fisheries, Korea, Report, 1-480.

Pincock, D.G. and F.A. Voegeli. 2002. Quick Course in Underwater Telemetry Systems. Vemco Ltd., Nova Scotia, Canada, 1-43.

2008년 5월 19일 접수
2008년 6월 23일 수리