

여수해역에 서식하는 감성돔의 동계행동 특성

강경미 · 신현옥^{1*}

부경대학교 해양산업개발연구소, ¹부경대학교 해양생산시스템관리학부

Behavioral Characteristics of Black Seabream *Acanthopagrus schlegeli* in Yeosu Waters During Winter

Kyoungmi KANG and Hyeon-Ok SHIN^{1*}

Research Center for Ocean Industrial Development, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

¹Division of Marine Production System Management, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Twelve black seabreams (*Acanthopagrus schlegeli*) were tagged with acoustic transmitters and their movement and behavior patterns were tracked using acoustic telemetry from 12 December 2006 to 15 August 2007. Seven of the 12 fish stayed within 500 m of the release point for over a month. In the spring tide, the number of detected signals and swimming depth of tagged fish changed at 12-hour intervals with the ebb tide. The number of detected signals of tagged fish decreased dramatically with the passage of time and had decreased by over 80% in May 2007, compared with January 2007.

Key words: Black seabream, Acoustic telemetry, Behavior pattern, Tide

서론

감성돔 (*Acanthopagrus schlegeli*)은 연안의 암반주위에 서식하며 계절에 따라 적정 수온역을 찾아 이동하는 연안 회유성 어종으로 우리나라 서·남해, 동·남 중국해, 일본 홋카이도 이남지역에 분포되어 있다. 해양수산통계연보 (1997년-2006년)에 따르면 감성돔의 연간 생산량은 1,600톤이고, 양식에 의한 생산량은 연간 약 800톤으로 전체의 50% 정도를 차지한다. 자연산 감성돔의 경우에는 주로 연안자망에 의해 어획되고, 레크레이션 낚시에서 인기어종으로 각광받고 있다. 감성돔은 경제성 가치가 높은 수산업 대상 연안어종이지만 다른 연안어종에 비하여 양식에 의존하는 생산량이 비교적 적은 편이고, 연안어장의 축소와 연안환경의 파괴로 인하여 자원량이 점차 줄어들어 국내 수요량을 충족시키지 못하고 있다.

우리나라에서는 연안의 생산력을 복원하고 환경친화적인 연안어업을 활성화시키기 위하여 1998년부터 경남 통영해역을 시작으로 현재 여수, 울진, 태안, 제주도에서 바다목장화 사업을 시범적으로 실시하고 있다 (Shin et al., 2005; Kang and Shin, 2006). 여수 금오열도를 중심으로 시행되고 있는 전남 다도해형 바다목장화 사업은 다양한 종류의 어초와 해중림을 조성하여 어류 서식지를 개선하고, 목장 대상종의 생산과 과학적 방류를 통해 목장해역의 어업생산력을 증대시키는 것이다. 자원조성을 위한 목장 대상종은 감성돔, 돌돔, 전복, 황점볼락이며, 현재 총 1,075천마리가 바다목장 해역에 방류되고, 이 중 감성돔은 900천마리가 방류되었다 (MOMAF,

2005). 현재 방류한 감성돔의 먹이섭이, 성장, 건강도, 성숙도와 같은 생물학적 특성에 관한 연구는 어구조사와 체외표지 (아가미 절단, 태그 부착 등) 후 방류한 감성돔의 재포를 통하여 이루어지고 있으며 감성돔의 이동경로 및 이동범위와 같은 행동학적 특성에 관한 연구는 재포신고에만 크게 의존하고 있다. 하지만 이러한 재포신고를 통한 정보수집 방식은 재포율이 낮고, 조업금지 구역과 같은 해역에서는 어획을 할 수 없으므로 그 해역에 방류어가 존재함에도 불구하고 재포율은 0%이 되는 잘못된 재포방법에 의해서 정보가 변할 수 있다는 단점을 가진다 (Nielson, 1992; Hawkins and Urquhart, 1998; Zeller and Russ, 1998, Zeller, 1999; Humston et al., 2005; Popple et al., 2005; Topping et al., 2005).

따라서 이 연구는 감성돔의 행동학적 연구를 위하여 재포신고에만 의존하는 현재의 연구방식을 개선하기 위한 목적으로 음향텔레메트리 기법을 이용하여 감성돔의 행동특성을 조사하였다. 또한 동계기간동안 해양물리환경 (조석, 수온)이 감성돔의 행동특성에 미치는 영향을 구명함으로써 전남 다도해형 바다목장 해역에서 감성돔을 대상으로 하는 자원조성 및 자원관리 방안을 수립하는데 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

실험해역과 장치의 구성 및 배치

음향텔레메트리 기법을 이용한 감성돔의 행동특성 조사는 전남 다도해형 바다목장 해역 내에 있는 안도를 중심으로 2006년 12월 12일부터 2007년 8월 15일까지 이루어졌다

*Corresponding author: shinho@pknu.ac.kr

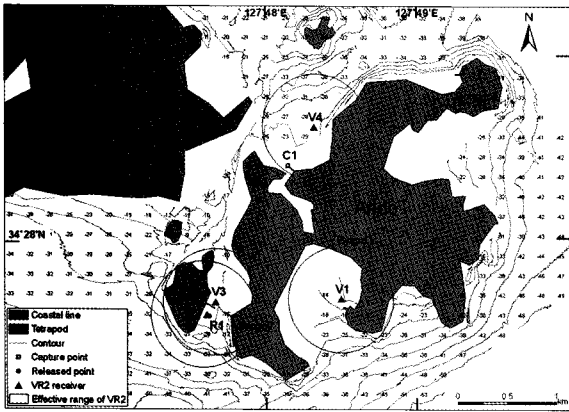


Fig. 1. Location of the study site and arrangement of the experimental equipment. The number with (-) indicates depth.

(Fig. 1).

실험해역의 수심조사는 Kim and Shin (2001)이 자란만 해저 지형 및 인공어초의 분포 조사 연구에 사용한 해저지형측량시스템을 사용하여 측량하였고, 계절별 연직수온분포 조사는 수심 400 m까지 측정 가능한 데이터 로거형 수온센서(X-420; Recharad Brancker Research Ltd, Canada)를 사용하여 수심 5 m 간격으로 측정하였다. 실험해역의 조석은 국립해양조사원에서 제공하는 여수해역의 1시간별 조석자료를 이용하여 분석하였다.

음향표지 감성돔의 행동특성 및 이동경로는 Shin et al. (2004, 2005)과 Kang and Shin (2006)이 통영 바다목장 해역에서 조피 불락을 추적할 때 사용하였던 고정식 어류통과식별장치 (VR2; AMIRIX system Inc., Canada)와 청음방식 어류추적장치

(VR60; AMIRIX system Inc., Canada)를 사용하여 조사하였다. VR60 시스템은 방류 후 매월 1회 VR2 수신기의 유효수신 범위 (반경 500 m)를 벗어난 음향표지 감성돔을 추적하기 위하여 사용하였고, 동계 (2006년 12월-2007년 2월)에는 안도 주변을 집중 조사하였다. 또한 2007년 3월 이후에는 안도를 벗어난 음향표지 감성돔을 추적하기 위하여 금오도 일대와 여수해안까지 조사범위를 확대하였다.

부호형 음향표지

이 연구에서는 부호형 음향표지 (AMIRIX system Inc., Canada)를 사용하여 감성돔의 이동과 행동특성을 추적하였다. 실험에 사용한 음향표지의 펄스폭은 80 ms이었고, 압력센서가 내장된 음향표지를 사용하여 음향표지어의 유효수심을 측정하였다. 또한 source level이 다른 두 종류의 음향표지를 사용하여 송신출력에 따른 탐지횟수 변화를 분석하였다. 사용한 음향표지의 제원은 Table 1과 같다.

음향표지의 부착 및 방류

실험에 사용한 감성돔은 안도 주변에 서식하는 자연산 감성돔으로 방류하기 1-2일 전에 외출낚시로 어획한 감성돔만을 사용하였다. 음향표지는 수술을 이용한 체내표지법을 이용하여 어체에 삽입하였다. 감성돔은 음향표지를 부착하기 전에는 체장, 전장, 체중을 각각 측정하였고, 수술 중 어체의 움직임과 수술로 인한 스트레스를 최소화하기 위하여 수산용 어류마취제 MS-222 (100 ppm)를 사용하여 마취시킨 후 수술하였다. 수술은 복강부분을 약 1-2 cm 정도 절개하여 소독된 음향표지를 삽입한 후 의료용 봉합바늘과 봉합실을 사용하여 절개부위를 봉합하였다. 봉합 후 수술부위는 요오드액을 이용하여 소

Table 1. Specifications of acoustic transmitters used in the experiment. SL (re 1 μPa at 1 m) denotes the source level

Model	Freq. (kHz)	SL (dB)	Range (m)	Slope (m/s)	Intercept (m)	Life (days)	Weight (g in water)	Size (mm)
V9-2L	69	139	-	-	-	375	2.9	φ9×24
V13-1L	69	147	-	-	-	650	6.0	φ13×36
V9P-1H*	69	147	50	0.321	-2.892	71	2.9	φ9×40

*V9P-1H included the pressure sensor.

Table 2. Summary of the characteristics of *Acanthopagrus schlegelii* equipped with acoustic transmitters and stay period of tagged fish around the release point (R1)

Acoustic transmitter ID	Model	Length* (cm)		Weight (g)	Release	Stay period around R1 (until 15 Aug. 2007)
		BL	TL			
106	V9P-1H	22.0	23.0	200	12-Dec-06	Recapture (24-Mar-07)
2415	V9-2L	19.0	22.0	178	12-Dec-06	12 days
2419	V9-2L	17.0	20.0	126	12-Dec-06	4 months
2421	V9-2L	24.5	28.0	380	12-Dec-06	4 months
2423	V9-2L	23.0	26.5	296	12-Dec-06	disappear
2440	V13-1L	23.0	26.0	354	12-Dec-06	7 months
2443	V13-1L	20.0	23.0	234	12-Dec-06	1 month
2422	V9-2L	23.5	27.0	308	21-Jan-07	3 hours
2424	V9-2L	17.5	21.0	142	21-Jan-07	3 hours
2425	V9-2L	19.5	23.0	200	21-Jan-07	6 months
2426	V9-2L	20.0	23.0	184	21-Jan-07	1 hour
2427	V9-2L	23.0	27.0	340	21-Jan-07	Recapture (24-Mar-07)

*BL and TL denotes the body length and total length, respectively.

독하였다.

음향표지의 부착 및 방류는 2006년 12월 12일과 2007년 1월 21일 두 차례에 걸쳐 이루어졌으며, 방류지점은 어획장소에서 약 2.5 km 떨어진 곳에 설치되어 있는 테트라포드 부근이었다 (Fig. 1, R1).

실험에 사용한 음향표지의 체장, 전장, 체중, 식별번호, 방류날짜 및 장소 등은 Table 2와 같다.

결 과

음향표지의 공간이용 특성 및 일주행동

동계에 방류한 음향표지의 체류시간 및 일주행동은 안도 주변에 설치한 VR2 수신기 (V1, Fig. 1)에 수신된 데이터를 이용하여 분석하였다 (Table 2). Tag ID 106과 Tag ID 2427은 방류지점에서 2-3개월간 체류한 후 외출낚시에 의해 채포되었다. 2006년 12월 12일에 방류한 음향표지 7마리 중 Tag ID 2415는 방류 후 12일간 방류지점에서 체류하였고, Tag ID 2423은 방류 직후 방류지점에서 약 0.8 km 떨어진 작은 섬 (소부도) 부근에서 3개월간 체류한 후 사라졌으나, 2007년 5월 10일에 방류지점에서 약 4 km 떨어진 금오도 동편에 있는 테트라포드 부근에서 발견된 후 사라졌다. 나머지 5마리는 모두 1개월 이상 방류지점에서 체류하였다. 2007년 1월 21일에 방류한 음향표지 5마리 중 Tag ID 2425와 2427만이 방류지점에서 1개월 이상 체류하였고, 나머지 3마리는 방류 후 3시간 이내에 방류지점에서 모두 사라졌다.

음향표지의 일주행동은 2006년 12월 12일에 방류한 Tag ID 2419, 2421, 2440의 신호탐지횟수를 이용하여 분석하였고, 그 결과는 Fig. 2와 같다. 세 마리 중 전장이 가장 짧았던 Tag ID 2419는 2007년 1월에는 주간의 신호탐지횟수가 야간보다 높았으나 2007년 2월과 3월에는 일몰 시간에만 탐지횟수가 증가하였다가 주·야간의 신호탐지횟수에는 뚜렷한 차이점을 나타내지 않았다. Tag ID 2421은 세 마리 중 전장이 가장 길었고, 신호탐지횟수는 7시경부터는 급격히 감소하여 15시에 다시 크게 증가하는 경향을 나타내었다. Tag ID 2440의 신호탐지횟수는 2007년 1월에는 Tag ID 2421과 비슷한 경향을 나타내었으나, 2007년 2월과 3월에는 Tag ID 2419와 비슷한 경향을 나타내었다. 하지만 신호는 Tag ID 2419와 2421보다 전반적으로 낮게 탐지되었다.

조석에 음향표지의 행동에 미치는 영향

2006년 12월 12일에 방류한 음향표지 (Tag ID 106)의 동계기간동안 방류지점에서의 신호탐지횟수와 유영수심의 변화를 조석 및 월령주기 (조금과 사리)와 비교분석한 결과는 Fig. 3-Fig. 5와 같다.

2007년 1월 1일-1월 7일 (음력 11월 13일-11월 19일, 사리)에 음향표지의 신호탐지횟수와 유영수심변화는 Fig. 3과 같다. 사리에 측정된 음향표지의 신호탐지횟수는 썰물에서 정조까지 높게 나타났다가 밀물이 시작되면 횟수가 다시 낮아지는

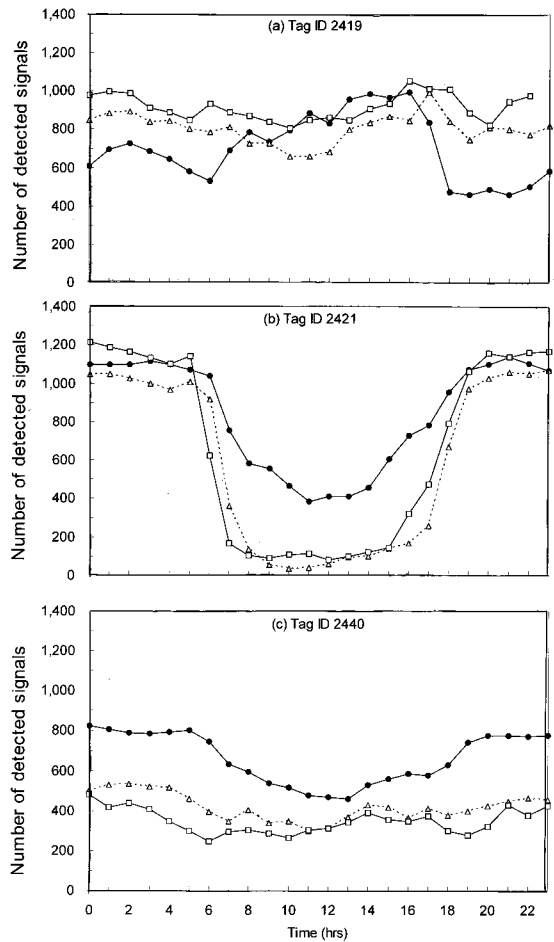


Fig. 2. Number of hourly detected signals measured from 1 January to 31 March 2007. TL denotes the total length. Solid line with black circle, dot line with white triangle and solid line with white square indicate the number of detected signals on January, February and March, respectively.

경향을 나타내었다 (Fig. 3(a)). 하지만 2007년 1월 4일-1월 7일 (음력 11월 16일-11월 19일)에는 신호탐지횟수에 뚜렷한 변화가 나타나지 않았다.

음향표지의 유영수심도 신호탐지횟수와 비슷한 경향을 나타내었다 (Fig. 3(b)). 2007년 1월 1일-1월 3일에는 밀물이 나타나는 시간대에는 음향표지는 수심 3-4 m층에서 주로 유영하였고, 썰물에서 정조까지는 수심 7-8 m층에서 주로 유영한 것으로 나타났다. 하지만 2007년 1월 4일-1월 7일에는 조석에 상관없이 6-9 m 층에서 주로 유영하였다.

사리에 나타난 음향표지의 유영수심 데이터에서 FFT (Fast Fourier Transform)를 이용하여 유영수심 변화의 주기를 분석한 결과는 Fig. 4와 같고, 음향표지의 유영수심은 12.8 h 간격으로 주기적으로 변화하였다. 조석주기가 12.4 h인 것으로 고려하면 음향표지의 유영수심의 변화는 조석주기와 비슷한 경향을 나타내었다.

2007년 1월 8일-1월 14일 (음력 11월 20일-11월 26일, 조금)

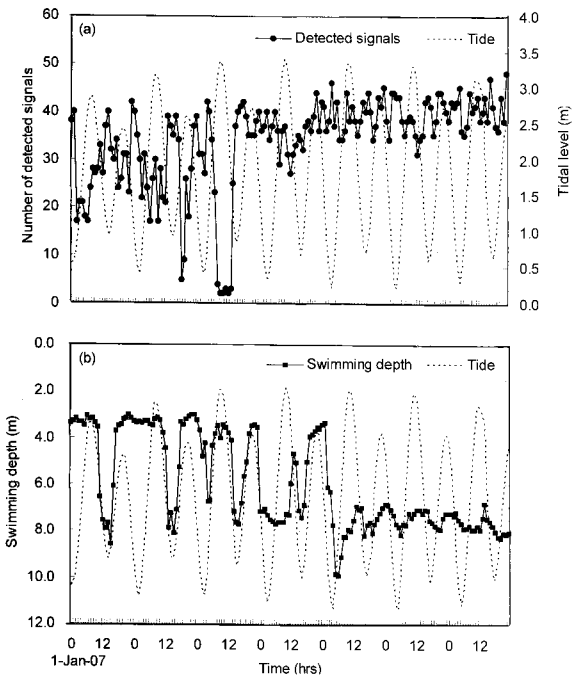


Fig. 3. Variation in (a) the number of detected signals and (b) the swimming depth of *Acanthopagrus schlegeli* (Tag ID 106) around the release point measured in spring tide (from 1 to 7 January 2007).

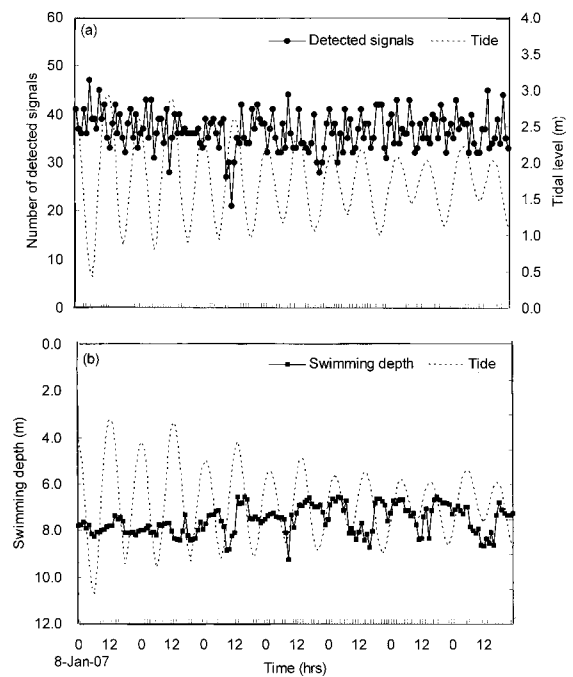


Fig. 5. Variation in (a) the number of detected signals and (b) the swimming depth of *Acanthopagrus schlegeli* (Tag ID 106) around the release point measured in the neap tide (from 8 to 14 January 2007).

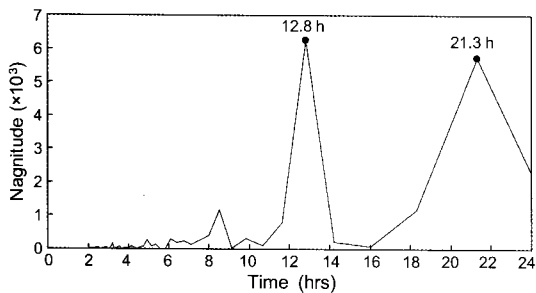


Fig. 4. Periodograms, resulting from fast Fourier transform analysis of the swimming depth of *Acanthopagrus schlegeli* (Tag ID 106) during spring tide.

에 음향표지어의 신호탐지횟수와 유영수심변화는 Fig. 5와 같다. 이 기간에는 음향표지어의 신호탐지횟수와 유영수심변화에 뚜렷한 변화가 나타나지 않았고, 음향표지어는 주로 수심 6-8 m층에서 유영하는 것으로 나타났다.

수온이 음향표지어의 행동에 미치는 영향

방류지점의 평균 수온은 2007년 1월에는 11.0°C 이었고, 점차 수온이 상승하여 2007년 5월에는 14.0°C로 나타났다. 방류지점에 장기간 체류하였던 음향표지어 (Tag ID 2425와 2440)를 이용하여 VR2 수신기 (V1, Fig. 1)에 수신된 신호탐지횟수를 분석한 결과는 Fig. 6과 같다.

2006년 12월 12일에 방류하여 방류지점에 7개월간 체류하였던 Tag ID 2440은 2007년 1월 (15,940회)부터 신호탐지횟수가 점차 감소하여 2007년 5월 (971회)에는 90% 이상 감소하였

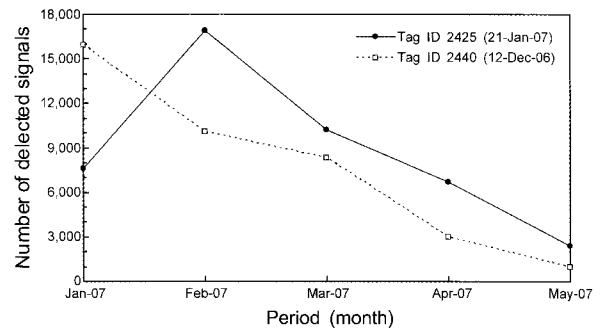


Fig. 6. Seasonal variation in the number of detected signals of *Acanthopagrus schlegeli* (Tag ID 2425 and 2440) around the release point measured from 1 January to 31 May 2007.

다. 방류지점에 6개월간 체류하였던 Tag ID 2425는 2007년 1월 21일에 방류하였기 때문에 1월에 상대적으로 탐지된 신호횟수가 낮은 것으로 나타났으나, 신호탐지횟수의 변화는 Tag ID 2440과 비슷한 경향을 나타내었다. 신호탐지횟수는 2007년 2월 (6,881회)부터 급격히 감소하여 2007년 5월 (2,386회)에는 80% 이상 감소한 것으로 나타났다. 따라서 동계에 체류하였던 지점의 수온이 14.0°C 이상 상승하면 대부분의 음향표지어들은 다른 곳으로 이동하는 경향을 나타내었다.

고찰

송신출력에 따른 탐지횟수 변화

2006년 12월 12일에 방류한 음향표지어 7마리 중 방류지점

에서 1개월 이상 장기간 체류하였던 음향표지어 6마리 (Tag ID. 106, 2415, 2419, 2421, 2440, 2443)의 VR2 수신기 (V1, Fig. 1)에 기록된 데이터를 이용하여 음향표지의 송신출력에 따른 탐지횟수를 비교분석하였고, 그 결과는 Fig. 7과 같다. 사용된 음향표지는 사용주파수 (69 kHz)와 신호송신 지연시간 (40-120 sec)이 동일하고 음원음압 레벨 (re 1 μ Pa at 1 m)이 139 dB (Tag No. 2415, 2419, 2421)와 147 dB (Tag No. 106, 2440, 2443)로 차이가 있었다. 방류 후 1개월 이내에는 음향표지의 송신출력이 높을수록 탐지횟수가 높게 나타났고, Fig. 7(b)에서는 송신출력에 따른 탐지횟수의 차이가 뚜렷하게 나타나지 않았다. 또한 방류 후 1개월 후에는 송신출력이 낮을수록 탐지횟수가 높은 것으로 나타났다 (Fig. 7(c)). 따라서 고정점에서 연속적으로 모니터링 하는 경우, 단기간 (1-2개월 이내)의 연구에서는 송신출력이 높은 것을 사용하는 것이 탐지율을 높이는데 적합하나 1개월 이상의 장기간 연구에서는 효과가

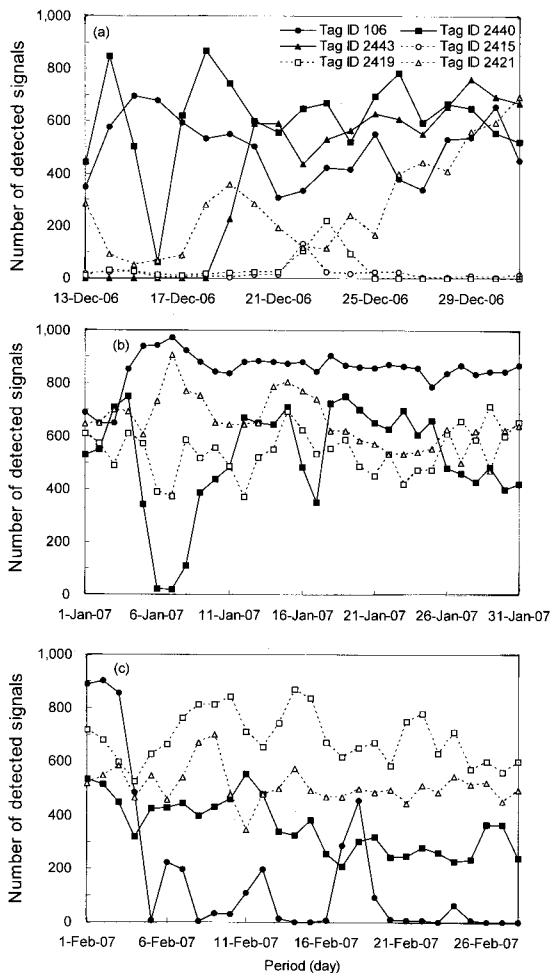


Fig. 7. Comparison to the number of detected signals. The solid lines indicate acoustic transmitters (Tag ID 106, 2440 and 2443) used 147 dB (re 1 μ Pa at 1 m) of the source level. The dotted lines indicate acoustic transmitters (Tag 2415, 2419 and 2421) used 139 dB (re 1 μ Pa at 1 m) of the source level.

없을 것으로 예상된다.

음향표지어의 행동특성

음향표지 감성돔은 동계기간동안 주로 안도 주변에서 체류한 것으로 나타났다. 음향표지어를 방류한 방류지점은 테트라포드 부근이었고, 주변에 가두리와 다시마 양식장이 시설되어 있었으므로 이러한 외부환경요인이 음향표지어의 체류시간에 영향을 미쳤을 것으로 생각된다. 이러한 결과는 Kang (2007)의 조피볼락에 관한 연구에서 방류지점에서 벗어난 조피볼락은 연안 암초부근 또는 가두리 부근에서 주로 발견된 결과와 일치한다. 따라서 안도 주변 환경은 동계에 감성돔이 서식하기에 적합한 환경임을 나타낸다.

음향표지 감성돔의 신호탐지횟수와 유영수심 변화를 분석한 결과에서 음향표지어의 행동은 사리에 12.8 h 간격으로 일정한 주기성을 나타내었다. 밀물 때에는 신호탐지횟수가 감소하고 유영수심은 얕아지는 경향을 나타내었고, 썰물 때에는 신호탐지횟수는 증가하나 유영수심은 깊어지는 것으로 나타났다. 이러한 이유는 밀물이 발생하면 먹이생물이 연안으로 밀려오기 때문에 연안 부근에서 체류하고 있던 감성돔이 먹이를 먹기 위하여 표층으로 부상하므로 유영수심은 얕아지고 먹이를 먹기 위하여 연안 주변을 많이 이동하기 때문에 신호탐지횟수가 감소하는 것으로 생각된다. 또한 썰물 때에는 먹이생물이 외양으로 흘러가므로 먹이를 따라 외양으로 이동하기 때문에 유영수심이 깊어지나 연안에서 일정한 거리 이상을 벗어나지 않기 때문에 신호탐지횟수는 증가한 것으로 생각된다. 또한 일반적으로 사리에 감성돔의 어획률이 높은 것을 고려하면 유속이 빠를 때 유영능력이 낮은 먹이생물을 먹기가 쉽기 때문에 조금보다는 사리에 조석주기와 비슷한 유영행동을 나타내는 것으로 생각된다.

이러한 결과는 Zeller (1998)의 송어 (*Plectropomus leopardus*)에 관한 연구에서 송어가 산란을 위해 나타내는 집단행동과 월령주기와의 관계와 유사하다. 그의 연구에서는 송어는 주기적으로 사리에 산란장에 나타나는 송어가 가장 많다고 보고하였다. 하지만 Vaudo and Lowe (2006)의 가오리 (*Urobatis halleri*)에 관한 연구에서 가오리의 행동패턴은 월령주거나 조석뿐만 아니라 조도와외의 복합적 요인에 의해 영향을 받는다는 연구결과를 보고하였다. 가오리의 이동률은 썰물 때 야간에 가장 높게 나타났으며, 밀물 때에는 주·야간의 이동률에 뚜렷한 차이점이 나타나지 않았다. 이러한 연구와 같이 어류의 행동패턴은 한 가지의 해양물리환경 요인으로 결정되는 것이 아니라는 것을 나타낸다. 따라서 향후 감성돔의 행동패턴에 해양물리환경 요인이 미치는 복합적인 작용에 대한 연구가 필요할 것이다.

이 연구는 동계기간동안 조석과 수온이 감성돔에게 미치는 영향에 대하여 구명하였다. 이러한 결과는 전남 다도해형 바다목장사업에서 감성돔의 월동장을 결정하기 위하여 필요한 중요한 기초자료로 사용될 것으로 기대된다.

사 사

이 논문은 해양수산부 “06 전남 다도해형 바다목장화 (2단계 3차년도) 연구 용역 (과제번호: BSPM 42200-18963)”의 지원을 받아 수행하였습니다. 현장 실험에 많은 도움을 주신 한국해양연구원 전남 다도해형 바다목장 소장이하 관계직원들과 안도어촌계원들에게 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- Hawkins, A.D. and G.G. Urquhart. 1998. Tracking fish at sea. In: *Experimental Biology at Sea*. MacDonald, A.G. and I.G. Priede, eds. Academic Press, London, U.K., 104-166.
- Humston, R., J.S. Ault, M.F. Larkin and J. Lue. 2005. Movements and site fidelity of the bonefish *Albula vulpes* in the northern Florida Keys determined by acoustic telemetry. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 291, 237-248.
- 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.
- Kang, K.M. 2007. Behavioral characteristics of black rockfish *Sebaste schlegeli* in the Tongyeong marine ranching area tracked by acoustic telemetry. Ph.D. Thesis, Pukyong National University, Busan, Korea, 1-103.
- 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.
- MOMAF. 2005. Studies on the development of Jeonnam archipelago marine ranching program in Korea. Ministry of Maritime Affairs and Fisheries Report, 1-663.
- Nilesen, N.A. 1992. Methods of Marking Fish and Shellfish. American Fisheries Society Special Publication 23, Bethesda, U.S.A, 15-35.
- Popple, I.D. and W. Hunte. 2005. Movement patterns of *Cephalopholis cruentata* in a marine reserve in St. Lucia, W.I., obtained from ultrasonic telemetry. *J. Fish Biol.*, 67, 981-992.
- Shin, H.O., J.W. Tae and K.M. Kang. 2005. Acoustic telemetry measurement of the movement range and diurnal behavior of rockfish (*Sebastes schlegeli*) at the artificial reef. *J. Kor. Fish. Soc.*, 38, 129-136.
- Zeller. D.C. 1998. Spawning aggregations: patterns of movement of the coral trout *Plectropomus leopardus* (Serranidae) as determined by ultrasonic telemetry. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 162, 253-263.
- Zeller. D.C. 1999. Ultrasonic telemetry: its application to coral reef fisheries research. *Fish. Bull.*, 97, 1058-1065.
- Zeller, D.C. and G.R. Russ. 1998. Marine reserves: patterns of adult movement of the coral trout (*Plectropomus leopardus* (Serranidae)). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 55, 917-924.

2007년 11월 26일 접수

2008년 2월 1일 수리