제주 바다목장 해역의 인공어초에 유집된 어군 분포의 공간적 특성

황보규 · 장호영*

군산대학교 해양생산학과

Spatial characteristics of fish distribution lured by artificial reefs in Jeju marine ranching area

Bo-Kyu HWANG, Ho-Young JANG*

Dept. of Marine Science & Production, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

Hydro-acoustic survey was carried out to investigate the spatial characteristics of fish distribution near two artificial reefs (AO: large octagonal semi-sphere and AC: combined custom built) having different types in Jeju marine ranching area. The survey system consisted of scientific echo sounder (EK60), DGPS system, and ECDIS (Mecys). Field survey was conducted on August and October 2012 with star survey and line transect survey line method, and species composition was investigated from gill net fishing survey. The acoustic signals from individual fishes and small fish schools were mainly recorded around AO, but large and strong signals from large fish school were mainly detected in the top layer of and the water column near AC. The echogram suggest that the fish aggregation for the two types of AO and AC exist the significant difference in fish species and spatial distribution pattern.

Keywords : Artificial reefs, Fish aggregation, Hydro-acoustic survey, Jeju marine ranching area

서 론

근래 우리나라 수산업은 UN해양법 협약의 발효에 따른 해외어장 축소로 인하여, 연근해 어업자원의 중요성은 날이 갈수록 높아지고 있으나, 연안환경의 오염은 날이 갈수록 심해짐에 따라 어업자원량의 감소가 두드러지게 나타나고 있으며 매년 적조생물의 대량 발생으로 피해가 속출하고 있는 실정이다. 또한, 수산물 수입 자유화로 중국산 저가 수산물이 대량으로 보급되고 있고, 어업인구의 지속적인 감소와 노령화 등으로 연근해 어업의 경쟁력은 더욱 악화되고 있다. 이에 우리나라에서는 지난 1970년대를 시작으로 인공어초 시설사업 등

을 통해 인위적으로 수산 동식물의 서식공간을 조성하여 연근해 어업의 어업 생산성을 향상시키기 위해 노력하여 왔다. 또한, 1990년대 후반에는 바다목장 사업을 통하여 본격적으로 인공어초 부설사업이 진행되었으며, 현재 동해, 서해, 남해 및 제주에 이르기까지 방대한 양의 인공어초가 부설되어 이를 통한 연근해 어업자원의 효율적인 관리와 잠재적 생산력 증대를 도모하고 어민소득의 증대와 수산물 공급의 안정화를 꾀하고 있다.

막대한 자본을 투자해야 하는 인공어초 사업은 그 효과를 평가하기 위한 적절한 방법을 강구할 필요가 있다 (Lee, 2013). 현재 인공 어초 조사는 소나 나 다이버를 이

*Corresponding author: hyjang@kunsan.ac.kr, Tel: 82-63-469-1819, Fax: 82-63-469-4775

용하여 어초 시설물의 파손 또는 침하 등의 부설 상태를 조사하거나 (Park et al, 2003; Kim et al, 2010), 부착생물 및 어류생물의 유집 상태 등을 파악하는 조사 등이 중심이 되고 있으며, 인공어초해역의 어업자원의 변동은 시험어획조사와 음향자원조사법이 적용되어 인공어초 효과 및 사후관리에 활용되고 있다 (Kang et al., 2008; Kim et al., 2011; Lee et al., 2012). 이와 같이 수중시설물인 인공어초가 안정적으로 주변 환경에 친화되어 가는 것을 확인하는 것도 중요하지만, 인공어초에 의한 어업 자원의 증대효과를 판단하기 위해서는, 부설한 인공어초에 대한 어류의 유집 현상을 먼저 확인할 필요가 있다. 현재, 인공어초의 유집된 어류를 조사하는 데에는 잠수 촬영기법이 활용되고 있는데 (Kim et al., 2011), 수중촬영법은 촬영된 영상을 통하여 출현한 수중생물의 종조성 및 상대적인 풍도를 확인할 수 있는 장점이 있으나, 접근할 수 있는 수심의 한계와 탁도 등의 해양환경 요인 때문에 조사의 범위가 제한적일 수밖에 없다 (Kang et al., 2008). 인공어초를 중심으로 하여 유집된 어군의 특성을 추정하기 위해서는 보다 넓은 범위에 대하여 공간적 분포를 추정할 필요가 있는데, 음향자원조사법은 이러한 측면에서 매우 유리하므로 (Kim et al., 2011), 인공어초의 어류 유집효과를 조사하는 데에 적극 활용될 수 있다.

이에 본 조사에서는 제주 바다목장 해역에 부설된 인공어초 두 정점에서 어류의 유집특성을 조사하기 위하여, 총 2회 (8월과 10월)에 걸쳐 현장 음향자료를 수집하고, 동일시기에 실시된 총 2회의 자망어획조사와 통합하여 제주 바다목장 인공어초의 유집효과와 어군분포의 특성을 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

조사 해역 및 조사 대상 인공어초 부설정점을 Fig.1에 나타내었다. 조사 해역은 제주 서부 해역의 신창에서 수월봉에 이르는 제주 서부의 바다목장 해역이고, 조사는 신창리 앞의 팔각반구형 대형어초 (13.5×9.0 m) 부설정점 (AO, 2008년 부설)과 수월봉 부근의 녹고와 수월의 집으로 이름 붙여진 관광형 어초 (15.0×15.0×12.5 m)가 부설된 지점 (AC, 2011년 부설)이다.

현장에서의 음향자료 수집은 2012년 8월 15일~16일, 그리고 10월 24일의 2차례 조사를 실시하였다. 넓은 면적에 대한 어업자원량 추정조사와는 달리, 인공어초 조사시의 조사정선은 일반적으로 먼저 어초가 부설되어

Fig. 1. Survey position of Artificial reefs in Jeju marine ranching area (AO: Octagonal dome, AC: Custom-built type).

있는 좌표를 확인하고, 그 좌표를 중심으로 하여 일정한 범위를 설정한 다음, 그 범위 내에서 복수의 방위를 항주하여, 어초를 중심으로 한 어군의 분포상을 탐지한다. 그러나, 실제 현장조사에서는 주변의 지형, 조류 및 파도, 어구의 부설, 다른 선박 등에 의한 간섭으로 인하여 복수의 방위로 항주가 불가능 할 경우에는 좁은 직선의 조사 정선을 설정하여 어군 분포상을 추정하기도 하는데, 현장조사시의 선박의 항적을 Fig. 2와 Fig. 3에 나타내었다.

본 연구에서는 각각의 조사 정점에 대하여, 8월에는 복수의 방위로 항주하는 Star survey방식을 사용하였고, 10월 조사에서는 좁은 조사간격으로 직선으로 항주하는 Line transect법을 채택하여 조사하였다. 인공어초 위치는 전자해도 표시시스템 (PM3d, 마린전자, 한국)에 미리 기록해 둔 인공어초의 위치좌표를 추적하여 계량어군탐지기의 음향신호로부터 어초의 형상이 확인이 되면, 그 위치를 기준으로 하여 항주하였다.

음향자료의 수집에는 38 kHz와 120 kHz의 분할 빔 (Split beam) 계량어군탐지기 (EK60, Simrad co.)와 DGPS 시스템을 이용하였으며, 이 때 송수파기는 조사선 우현 중앙부 수면으로부터 약 1.5m 아래에 설치하였다. 어초 지역의 집중조사를 위해서는 선박이 지속적으로 선회

Fig. 2. Ship tracks to investigate the fish distribution around two artificial reefs (AO and AC) on August 2012.

Fig. 3. Ship tracks to investigate the fish distribution around two artificial reefs (AO and AC) on October 2012.

하여야 하므로, 선박의 항주에 따른 기포의 영향으로 음향시스템의 잡음이 크게 발생하기도 한다. 이러한 영향을 줄이기 위하여, 선속 약 4~5 knots의 속도로 조절하면서 조사하였다.

또한 해저 부근과 어초에서의 탐지능력을 높이기 위하여 펄스폭을 0.256 msec로 설정하여 공간분해능을 높임으로서, 어초에 아주 가깝게 근접한 어군까지 탐지가 가능하도록 하였다. 한편, 실제 어군이 어초에 매우 가깝게 분포하고 있을 경우 어초와 어군을 분리해서 판별하는 것이 곤란한 경우가 있다. 또한, 음향빔이 어초의 바깥쪽을 약간 스쳐 지나가는 경우에는 어초의 형상이 마치 개체어 또는 어군의 형상처럼 나타나는 경우도 발

생한다. 이에 본 연구에서는 빔폭이 다른 38 kHz와 120 kHz 두 개의 주파수를 사용하여, 두 주파수로부터 나타나는 에코의 강도 및 형상으로부터, 어군에 의한 음향신호와 어초에 의한 음향신호를 보다 정확하게 분리하였다.

한편, 계량어군탐지기를 이용하여 어업자원조사에서는 서식어류의 시공간적인 분포를 추정하는 것은 매우 유리하나, 대상어종을 확인하는 데에는 한계가 있다. 최근에는 2주파수법 및 광대역주파수를 이용한 대상어종의 판별법에 대한 연구가 지속적으로 추진되고 있어, 과거보다는 어종판별 가능성이 높아져 있지만 현재 어업자원조사에 직접적으로 활용되지는 않고 있다. 우리나라에서는 어업자원조사의 직접적인 조사 방법으로 주로 저층트롤에 의한 소해면적법을 이용하고 있으나, 바다목장화 해역과 같은 인공어초가 부설된 해역에서는 저층트롤의 어구운용이 불가능하므로, 크기 선택성적인 삼중자망을 이용한 정성적 조사나 목장화 해역 부근에서 새우조망 등을 이용하여 조사하고 있다. 이러한 이유로 현재 우리나라에서 수행하고 있는 음향자원조사에서는 주로 삼중자망 어획조사 결과를 통하여, 주요 우점어종을 확인하고 이로부터 어류의 상대적인 분포비율을 추정하는 데에 활용하고 있다.

이에 본 연구에서는 계량어군탐지기에 의한 음향조사를 수행할 때, 한국 수산자원 관리공단에서 수행하고 있는 자망 어획조사 자료를 받아, 음향으로 탐지된 어류의 특성을 분석하는 데에 활용하였다. 시험어획조사에서 사용한 자망 어구는 망고가 3 m, 망목의 크기가 81 mm인 홀자망으로 총 4쪽의 어구를 사용하였다. 조업은 오후 3~4시경 투망하여 다음 날 오전 10시경에 양망하였는데, 8월 15~16일에 실시된 음향조사 결과는 8월 16~17일자의 실시된 어획조사 자료와 비교 검토하였고 10월 24일의 음향자료는 10월 24일~26일에 어획한 자료를 활용하였다.

한편, 팔각반구형 대형어초 (Fig. 1의 AO)에서 수집한 음향신호는 그 주변에서 자망어획조사가 이루어지지 않았기 때문에, 어획조사 위치 중 대상 어초와 가장 가까운 정점의 자료 (33° 19.400' N, 126° 08.970' E)를 이용하여 검토하였다.

결과 및 고찰

인공어초 정점에서의 유집 어종의 특성을 파악하고

자 수행한 어획시험조사의 결과는 Table 1과 같다. 8월 조사에서는 총 18종, 57개체, 15,793 g의 어류가 출현하였다. 출현종수는 AO어초 부근에서 12종으로 AC어초의 10종 보다 2종 더 많이 출현하였으나, 출현개체수와

출현량은 AC어초에서 각각 33개체, 9,990 g으로 AO어초의 24개체, 5,804 g 보다 높게 나타났다.

2012년 10월 조사에서는 총 27종, 55개체, 15,481 g이 출현하였고, AO어초에서의 출현양상이 15종, 31개체,

Table 1. Species composition of demersal fishes sampled at artificial reef area on August 2012

Species	Octagonal dome		Custom-built type		Total	
	n	W (g)	n	W (g)	n	W (g)
<i>Paralichthys olivaceus</i>			2	872	2	872
<i>Zeus faber</i>	1	81			1	81
<i>Oplegnathus fasciatus</i>			1	157	1	157
<i>Thamnacous modestus</i>	7	1,874			7	1,874
<i>Sebastes inermis</i>	1	267			1	267
<i>Chaetodon modestus</i>	1	48			1	48
<i>Upeneus japonicus</i>	2	1,242			2	1,242
<i>Sebastiscus marmoratus</i>	1	213	1	50	2	263
<i>inimicus japonicus</i>	1	176	1	685	2	861
<i>Goniistius quadricornis</i>	4	765			4	765
<i>Trachurus japonicus</i>			1	25	1	25
<i>Sebastes schlegelii</i>			5	1,915	5	1,915
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	1	192	1	140	2	332
<i>Scorpaena miostoma</i>	1	56			1	56
<i>Monocentris japonica</i>			1	83	1	83
<i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>	3	503			3	503
<i>Choerodon azurio</i>	1	387	1	469	2	855
<i>Urolophus aurantiacus</i>			19	5,594	19	5,594
Total	24	5,804	33	9,990	57	15,793

Table 2. Species composition of demersal fishes sampled at artificial reef area on October 2012

Species	Octagonal dome		Custom-built type		Total	
	n	W (g)	n	W (g)	n	W (g)
<i>Oplegnathus punctatus</i>	1	421	3	1,031	4	1,453
<i>Ostracion cubicus</i>					0	0
<i>Parupeneus ciliatus</i> Lacepede	1	386			1	386
<i>Zeus faber</i>	1	46			1	46
<i>Oplegnathus fasciatus</i>					0	0
<i>Heniochus acuminatus</i>			1	70	1	70
<i>Thamnaconus modestus</i>	5	1,896	7	1,113	12	3,009
<i>Raja acutispina</i>	1	583			1	583
<i>Microcanthus strigatus</i>	4	360	1	130	5	490
<i>Girella punctata</i>	1	346			1	346
<i>Brotula multibarbara</i>	1	1,038			1	1,038
<i>Pterois lunulata</i>	1	288			1	288
<i>Sebastiscus marmoratus</i>	1	107			1	107
<i>Scorpaenopsis cirrhosa</i>			1	282	1	282
<i>Goniistius zonatus</i>			2	1,047	2	1,047
<i>Goniistius quadricornis</i>	6	1,427			6	1,427
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>			3	425	3	425
<i>Scorpaena miostoma</i>	1	68	1	48	2	115
<i>Monocentris japonica</i>	1	61			1	61
<i>Chaetodontoplus septentrionalis</i>	4	591	1	134	5	725
<i>Choerodon azurio</i>	2	925	3	2,627	5	3,552
<i>Pseudolabrus sieboldi</i>			1	31	1	31
Total	31	8,543	24	6,938	55	15,481

8,543 g으로 AC 어초에서의 11종, 24개체, 6,938 g보다 높게 나타났다. 어초종류별 어류의 출현양상은 조사 시기 때마다 달랐으며, 일반적인 출현 경향이 발견되지는 않았다.

8월 조사에서는 두 정점 모두 흰가오리가 가장 우점하였는데, 이 어종을 제외하면 AO어초에서는 말쥐치가 우점하였고, AC어초에서는 조피볼락이 우점하였다. 10월 조사에서는 전체적으로 말쥐치가 가장 우점하는 종으로 나타났으며, 정점별로는 AO어초에서는 여덩동가리돔과 말쥐치, AC어초에서는 말쥐치, 호박돔 순으로 각각 출현개체수와 출현량에서 우점하는 것으로 나타났다.

인공어초가 부설되어 있는 두 정점 부근에서 수신된 어군의 에코그램의 예를 Fig. 4에 나타내었다. 해저반사면으로부터 강한 음향산란강도를 보이면서 기둥과 같은 형상을 하고 있는 것이 인공어초를 나타내는데, 그림에 나타난 바와 같이 인공어초의 주변부 및 상부에 대형

Fig. 4. Echo signals of fish schools lured by Artificial reefs on August and October 2012.

의 어군 신호 및 개체어 신호가 탐지되었다.

인공어초에는 많은 어종이 유집되며, 각 어종의 특성에 따라 분포를 3가지 형태로 유형화 할 수 있다 (Kakimoto and Ahn, 2007). 밀착형은 인공어초에 어체 전부 또는 일부분을 접촉시키는 어류로 쥐노래미, 조피볼락, 쏜뱅이, 볼락 등이 있으며, 근접형은 인공어초에 어체를 접촉시키지는 경우는 작지만, 그것의 주위를 유영하는 어류로 참돔, 돌돔, 농어 등이 있다. 마지막으로 분리형은 인공어초로부터 떨어진 표·중층 수역에 유영하는 어류로 방어, 가다랑어, 삼치, 전갱이, 고등어 등이다.

2012년 8월과 2012년 10월에 AO과 AC 어초에서 얻은 어군분포 특성을 Fig. 5에 나타내었다. 먼저, 2012년 8월 조사에서 AO어초 (Fig. 5 (a))에서는 어초 주변에 대형으로 군집한 어군은 많이 발견되지 않았고 소형의 어군 또는 개체어가 어초 주위에 체류하고 있는 것이 확인되었으며, 중심 수층부근에 체류하고 있는 어군에코의 형태는 수심방향으로 좁고 길쭉한 형상을 나타내었다. 그리고, 다수의 개체어가 해저면 부근에서도 체류하는 형태를 보였다. 본 정점 수행된 자망 4폭에 대한 어획개체수도 적어, 탐지된 어종을 추정하는 데는 어려움이 있으나, 바닥에 붙어있는 어류를 제외하면, 여덩동가리돔, 말쥐치, 청줄돔 등의 돔류와 쥐치류가 어획되었다. 어획자료와 에코형상으로부터 추정해 볼 때, 탐지된 어종은 강한 어군을 형성하여 회유하는 중층성 어종이 아니고, 제주도 인근해역에 정착하고 있는 정착성 어종으로 판단된다.

한편, 수월봉 부근의 AC어초 (Fig. 5 (b))에 대한 조사에서는 대형의 어군신호가 탐지되었다. AC어초에서는 어초주변부가 아닌 어초의 상부에 강한 어군신호가 탐지되었으며, AC어초를 기준으로 외양쪽 보다는 육지쪽 (Fig. 5의 오른쪽)으로 소형의 어군이 중 저층에 분포하고 있는 것을 확인하였다. 어초상부에 어군이 체류하는 것은 어초에 의한 용승 현상에 의한 것으로 판단된다. 그리고, 육지쪽으로 어군이 분포하는 것은 본 지점은 육지와 매우 가까운 지역으로 제주도의 해저지형 특성으로부터 추측할 때, 다수의 암반과 자연초가 존재하고 있을 것으로 생각되기 때문에 어초를 기준으로 하여 외양쪽 보다는 어류가 체류하기 좋은 환경일 것으로 판단된다. 또한, 어초에서 육지 쪽으로는 완만하게 굴곡이 된 작은 만과 같은 형상을 하고 있어, 주변 조류의 영향도 작기 때문으로 생각된다. 8월에 본 정점에서 실시된 어

Fig. 5. 3D plot of echogram in two artificial reef areas.

획조사자료를 보면, 자망 4쪽에 어획된 어종 중 저서 정착성 어종을 제외하면, 조피볼락 5개체, 호박돔 및 돌돔 각 1개체, 전갱이 1개체, 쥐치 1개체 등이 어획되었다. 비록 총 어획개체수가 작지만 조피볼락은 강한 성군성을 가지고 어초에 잘 유집되는 어종으로 어초상부에 탐지된 어군신호는 조피볼락에 의한 신호일 가능성이 매우 높다. 그리고 어초 주변부에서 육지쪽으로 탐지된 어군 및 개체 신호는 전갱이나 제주 연안에서 서식하는 어종으로 어획조사에서 나타난 돔류 및 쥐치류 등으로 판단된다.

10월 조사에서도 AO어초 (Fig. 5 (c))에서는 강한 어군신호는 탐지되지 않았으며, 소형의 어군 또는 개체가 주로 탐지되었다. 조사정점과 가까운 어획조사자료를 보면 돔류와 쥐치류가 주로 어획되어 탐지된 어류는 제주 해저 암반 주위에 서식하고 있는 정착성 어종에 의한

음향신호일 것으로 판단된다. 그러나, AC어초 (Fig. 5 (d)) 주변에는 8월 조사와 마찬가지로 대형의 어군신호가 탐지되었는데, 10월 조사에서는 8월 조사 때와는 조금 다르게 인공어초 어초측면 상부 부근에 넓게 강한 어군신호가 탐지되었다. 그리고, AC어초를 기준으로 외양쪽 표층부근에 넓게 어군신호가 탐지되었으며, 어초를 중심으로 육지쪽으로는 소형 어군 또는 개체의 신호가 탐지되었다.

본 정점에서 실시된 10월 어획조사자료에서 바닥에 붙어 있는 저서 정착성 어종을 제외하면 말쥐치 7개체, 쥐치 3개체, 호박돔 3개체, 아홉동가리돔 2개체, 두동가리돔 1개체, 범돔 1개체, 청줄돔 1개체 등으로 쥐치류와 돔류가 주류를 이루었던 것을 알 수 있다. 외양쪽 표층부근의 어군신호는 저층 자망의 어획결과로는 어종을 추정할 수 없었으나, 10월 이 해역에서는 한치를 많이 어획

Fig. 6. Comparison of horizontal fish distributions against artificial reef on August and October 2012.

하므로 한치 어군에 의한 음향신호일 가능성이 높다.

한편, 어초 주위에서 어류의 분포위치는 어초의 형상과 해류의 관계에 따라 변화하고, 먹이 생물의 섭취나 천적 방어 등의 행동과 관련한다고 여겨지고 있다 (Kakimoto and Ahn, 2007). 본 조사에서 유향과 유속은 직접 측정하지 않았으나, 조사 시간대에 대한 유향과 유속을 추정하기 위하여 국립해양조사원의 수치조류도를 이용하여 비교한 결과를 Fig.6에 나타내었다. 그림에서 사각형은 어초의 위치를 나타내고, 원은 NASC (Nautical Area Scattering Coefficient)을 나타내는데, 이 값은 어류의 밀도분포를 나타내는 값으로, $50\text{m}^2/\text{n.mile}^2$ 이상의 값을 보인 지점은 큰 원으로 나타내었다. AO어초에서 유집된 어류는 적었고, 두 조사 시점 사이에 유속의 차이는 작았으며, 유속이 느렸던 8월 조사와 빨랐던 10월 조사 사이에 큰 차이를 나타내지 않았다. 그리고, AC 어초

의 경우는 주로 어초 주위의 대형어군 외에는 수심이 얕은 육지쪽으로 어군신호가 지속적으로 탐지됨을 알 수 있다.

인공어초에서의 어류 분포와 유향 유속과의 관계는 어종, 인공어초의 형상, 유향 및 유속에 의해 다양하게 나타날 것이지만, 이에 대한 연구는 매우 부족한 것이 현실이다. 현재 AO인 팔각반구형 대형어초 주변의 어류들은 어초 주변부에 분포하고, 어초 가까이에서 해류에 따른 정위행동을 나타내지 않는 것으로 보여, 유속과의 관계가 있는 것으로 보이지 않았다. 이 주변의 어류들은 인공어초에 대한 강한 접근성을 보이지 않고 random하게 분포하였다. 그리고, AC인 관광형 인공어초에서 탐지된 어군신호는 8월과 10월 모두 어초에 가깝게 어군이 분포함으로써, 어초의 형상에 따른 어군의 정위 행동에 차이가 있음을 나타내었다. 소형 어초군에서 해

Table 3. Rate of NASC (Nautical Area scattering coefficient) by depth in two artificial reef areas

date	Depth (m)	Rate of NASC	
		AO	AC
2012/08/15	0~10	15.8 %	34.1 %
	10~20	26.2 %	55.8 %
	20~30	58.0 %	10.1 %
2012/10/24	0~10	11.6 %	15.3 %
	10~20	26.1 %	57.7 %
	20~30	30.2 %	26.9 %

류에 대한 참돔, 볼락 등의 정위행동이 보고되었으며, 쥐노래미, 돌돔은 흐름과 관계가 없음이 보고된 바 있다 (Kakimoto and Ahn, 2007). 그러나 이러한 결과로부터 어종을 특정하기에는 무리가 있고, 어획조사에서도 그 어획량이 다소 적게 나타나 상기한 관계로부터 어종을 추정하는 것은 더 큰 오류를 유발할 수 있다. 따라서, 어군의 정위행동과 어초의 형상 및 조류와의 관계를 분석하기 위해서는 지속적인 조사가 필요할 것으로 판단된다.

각 인공어초 조사정점에 대한 수층별 NASC값을 Table 3에 나타내었다. 수층별 NASC값을 비교하면, AO어초에서는 수심이 낮은 저층에 NASC값이 높게 나타나는 반면, AC어초의 경우에는 표·중층에서 높게 나타났다. 이것은 유집되는 어종의 특성의 차이로 판단된다. 앞에서 서술한 바와 같이 어초에 유집되는 형태는 어종에 의해 많이 달라지는 것으로 알려져 있다. 또한, 어군신호의 군집형태가 다른 점으로부터 미루어보면, 본 조사시에 유집된 어군의 어종에는 차이가 있을 것으로 판단되며, 정확한 어종확인을 위해서는 수중카메라 및 보다 적극적인 어획조사가 병행되어야 할 것으로 판단된다.

각 어초 주변 해역에 대한 어류현존량에 대한 음향지표인 NASC값을 추정한 결과, 8월에는 AO인 팔각반구형 대형어초 지역이 $29.1 \text{ m}^2/\text{n.mile}^2$, AC인 녹고와 수월의 집 인공어초 지역이 $106.9 \text{ m}^2/\text{n.mile}^2$ 로 큰 차이를 나타내었으며, 10월에도 각각 $44.5 \text{ m}^2/\text{n.mile}^2$, $171.5 \text{ m}^2/\text{n.mile}^2$ 으로 두 어초지역 사이에는 어군 유집효과에 차이가 있는 것으로 판단된다. 결론적으로, 8월과 10월의 조사에서 AC인 관광형 어초에는 어초 상부와 어초에서 대형의 어군이 관찰되고, 어초에서 육지쪽으로 다소의 어군이 지속적으로 관찰됨으로서 이 어초의 유집효과가 더욱 큰 것으로 판단된다.

결론

계량어군탐지기 38kHz와 120kHz를 이용하여 제주 바다목장 해역에 부설된 팔각 반구형 인공어초 (AO)와 관광형 어초 (AC) 두 정점에서 어류의 유집특성을 조사하였다. 총 2회 (8월과 10월)에 걸쳐 현장 음향자료를 수집하고, 동일시기에 실시된 총 2회의 자망어획조사와 통합하여 제주 바다목장 인공어초의 유집효과와 어군분포의 특성을 파악하였다. 8월의 시험어획조사 결과, AO어초가 AC어초에 비해 출현종은 많았으나, 출현량은 적었고, 10월 조사에서는 그 반대의 경향을 나타내었다. 8월 조사에서는 두 정점 모두 흰가오리가 가장 우점하였는데, 이 어종을 제외하면 AO어초에서는 말쥐치가 우점하였고, AC어초에서는 조피볼락이 우점하였다. 10월 조사에서는 전체적으로 말쥐치가 가장 우점하는 종으로 나타났으며, 정점별로는 AO어초에서는 여덩돔가리돔과 말쥐치, AC어초에서는 말쥐치, 호박돔 순으로 나타났다.

2회의 음향조사 결과, AO어초에서는 주로 소형 어군 또는 개체가 어초 주위에 체류하는 현상을 나타내었는데, 어획조사 결과와 비교하면 이것은 돔과 쥐치 등의 제주도 해역의 정착성 어종인 것으로 판단되었다. 그러나, AC어초에서는 어초의 상부와 측면부, 주변에 대형의 어군이 체류하는 것으로 확인되었으며, 어획조사 결과와 인공어초에 대한 어류의 반응 특성을 고려하였을 때 조피볼락 어군과 회유성 어종 등에 의한 것으로 판단되었다.

또한, 음향지표로서 추정된 어류의 수심별 분포에서도 AO어초에서는 주로 해저 부근에 분포하고, AC어초에서는 주로 중층에 많이 분포하는 것을 확인됨으로서, 두 어초의 형태에 따라 유집되는 어종과 어군신호의 수평, 수직분포 형태는 다르게 나타났으며, 결과적으로 관광형 어초의 유집효과가 더 큰 것으로 확인되었다. 차후 정확한 어종 확인과 시공간적인 변화를 추정하기 위해서는 수중카메라 및 적극적인 어획조사가 병행하고, 장기적인 조사가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

사사

본 연구는 수산자원관리공단 2012년 제주시범바다목장 선진모델제시 어탐조사의 일환으로 수행되었습니다.

References

- Kang DH, Im YJ, Lee CW, Yoo JT and Myoung JG. 2008. Hydroacoustic Survey of Spatio-Temporal Distribution of Demersal Fish Aggregations Near the West Coast of Jeju Island, Korea. *Ocean and Polar Res* 30, 181 – 191.
- Kim DK, Suh SH, Cho JK, Kim CG, Choi IH and Kim BS. 2010. Settlement Characteristics of Square Reefs installed on Soft Seafloor Ground. *Journal of the Korean Society of Marine Engineering* 34, 163 – 167.
- Kim HY, Hwang BK, Lee YW, Shin HO, Kwon JN and Lee KH. 2011. Hydro-acoustic survey on fish distribution and aggregated fish at artificial reefs in marine ranching area. *J Kor Soc Fish Tech* 47, 139 – 145. (DOI:10.3796/KSFT.2011.47.2.139)
- Kim JW, Kim HW, Huh SH and Kwak SN. 2011. Seasonal variation and species composition of fish species in artificial reefs in the Shinyang-Ri coastal waters off Jeju island, Korea. *J Kor Soc Fish Tech* 47, 118 – 127. (DOI:10.3796/KSFT.2011.47.2.118)
- Lee DJ. 2013. Monitoring of Fish Aggregations Responding to Artificial Reefs Using a Split-beam Echo Sounder, Side-scan Sonar, and an Underwater CCTV Camera System at Suyeong Man, Busan, Korea. *Kor J Fish Aquat Sci* 46, 266 – 272.
- Lee JB, Oh TY, Yeon IJ, Kim BY, Shin HO, Hwang BK, Lee KH and Lee YW. 2012. Estimation of demersal fish biomass using hydroacoustic and catch data in the marine ranching area (MRA) of Jeju. *J Kor Soc Fish tech* 48, 128 – 136. (DOI:http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.2012.48.2.128)
- Park HH, Shin JK, Kim JO, Park SY, Kim HS, Lim DH, Park YC, Cho SH, Hong SH, Lee JW and Ahn BG. 2003. An Effect on Fisheries Resources Enhancement of Hollow Jumbo Structure and a Search for Artificial Reefs by Side Scan Sonar in the Western Sea of Korea. *J Kor Soc Fish tech* 39, 230 – 238.
- Hwang DJ, Park JS and Lee YW. 2004. Estimation of fish school abundance by using an echo sounder in an artificial reef area. *J Kor Fish Soc* 37, 249 – 254.
- Kakimoto H and Ahn HD. 2007. Artificial fish reef. *KORDI* 56 – 59.

2014. 1.14 Received

2014.2.12 Revised

2014.2.12 Accepted