



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시, 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리, 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지, 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

이학석사 학위논문

부산 수영만 인공어초 시설해역에서의
어군의 분포특성에 관한
음향학적 연구



2008년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

수 산 물 리 학 과

오 시 진

이학석사 학위논문

부산 수영만 인공어초 시설해역에서의
어군의 분포특성에 관한
음향학적 연구

지도교수 이 대 재

이 논문을 이학석사 학위논문으로 제출함

2008년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

수 산 물 리 학 과

오 시 진

오시진의 이학석사 학위논문을 인준함

2008년 2월



주 심 수산학박사 신 현 옥 ㉠

위 원 공학박사 강 일 권 ㉠

위 원 수산학박사 이 대 재 ㉠

목 차

Abstract	2
서 론	4
재료 및 방법	6
1. 조사 대상해역	6
2. 계측시스템의 구성	8
1) sidescan sonar에 의한 인공어초의 분포실태 조사	10
2) split beam echo sounder에 의한 어군의 분포밀도 측정	10
3. 어군의 체적산란강도 측정	12
결과 및 고찰	13
1. 인공어초 시설해역의 지형특성	13
2. 인공어초 시설해역에 대한 어군의 분포특성	15
1) 어군의 지리적 분포특성	15
2) 계절별 어군의 분포밀도의 변동특성	18
3) 인공어초 주변에서 탐지한 어군의 분포밀도 추정	20
3. 인공어초의 시설위치 및 침하상태에 대한 고찰	23
요 약	26
감사의 글	28
참고문헌	29

**Acoustical investigations on the distribution characteristics of fish school at
the artificial reefs area of Suyeong Man, Busan**

Si Jin Oh

Department of Fisheries Physics, Graduate School,
Pukyong National University

Abstract

Acoustical investigations on the distribution characteristics of fish school in the inshore fishing ground with artificial reefs in Suyeong Man, Busan were conducted on 7 April, 5 May, 24 August and 29 September 2006, respectively. A 330 kHz sidescan sonar was used to investigate the distribution position and situation of the artificial reefs installed on the seabed of the survey waters. The distribution characteristics of fish school in the survey area was investigated by using a 70kHz split beam echo sounder, and the volume backscattering strength(SV) of fish school was calculated and analyzed by using Echoview software. The results obtained are as follows:

1. The artificial reefs in the Suyeong Man, Busan were concentrically installed and arranged in the inshore waters at a depth of 18~40m on the seabed of rocky or mud shells.
2. We observed a geographical difference in fish assemblage according to the season during the period of April and September 2006. The high values of SV measured in the Nam-Gu area and the area where the artificial reefs placed was located along the water depth contour line of 30m.
3. The mean value of SV measured on 7 April 2006 in the inshore waters, where natural structures exist, was -58.77dB. The mean values of SV measured on 5 May, 24 August and 29 September 2006 in the inshore

waters where artificial reefs were installed were -57.15dB , -60.38dB and -63.72dB , respectively. However, these results reveal that there is no significant difference in the geographical distribution characteristics of fish school in the inshore waters of natural structures or artificial reefs.

4. The estimated values of target strength(TS) and fish length for anchovies recorded in the inshore waters of the artificial reefs were -58.12dB and 5.2cm , respectively.

5. Images from sidescan sonar for the artificial reefs partially buried under the seabed were recorded at $35^{\circ} 06'.549\text{N}$, $129^{\circ} 08'.717\text{E}$ and $35^{\circ} 06'.502\text{N}$, $129^{\circ} 08'.771\text{E}$ on 29 September, 2006.



서 론

오늘날 세계 주요 연안국이 해양의 관할권을 점차 강화하여 타국 어선의 입어 조건을 한층 강화함에 따라 우리나라를 비롯한 주요 수산국에서는 연근해 수산자원의 관리 및 유효이용을 위한 정책의 수립 및 지속적인 어장 관리에 많은 노력을 기울이고 있다. 그 중에서도 특히 수산자원의 보호와 증식뿐만 아니라 불법어업을 방지하는 한 방안으로써, 1971년 이후 지금까지 연안 어장에서의 인공어초 시설 사업이 활발하게 진행되고 있다¹⁾⁻⁴⁾.

인공어초는 다양한 형태의 구조물을 해저나 해중에 시설하여 수산생물자원을 증식, 보호 및 육성하기 위한 시설물이라는 점에서 지속적인 유지, 관리가 필요하다. 특히, 이들 인공어초시설은 수산생물의 산란장, 휴식장, 색이장 등의 기능을 가짐으로써, 대상 수산생물의 어획증대, 조업의 효율성을 가져올 뿐만 아니라, 어획효율이 높은 끌그물어업으로부터의 치·자어를 보호하는 효과도 있다⁵⁾⁻⁷⁾.

부산광역시에서는 1987년 해운대 청사포 해역을 시작으로 2005년까지, 15개 연안역(2,313ha)의 151개소에 콘크리트제 단위어초(13,151개)를 시설하였고, 향후에도 다수의 인공어초를 연안해역에 지속적으로 시설할 계획이다. 그러나, 과거에 시설된 인공어초 가운데 상당수의 인공어초시설은 해수의 유동, 부적합한 저질조건 등에 기인하여 어초 구조물이 해저에 매몰되거나 이동하여 어초로서의 기능을 충분히 발휘하지 못하는 경우가 많고, 특히, 최근에는 어민들에 의해 폐기된 각종의 어구가 어초 구조물 및 그 주변에 산재하여 어족생물이 이들 폐어구에 걸려 폐사를 초래하는 등 어족 자원보호에 심각한 문제점으로 대두되고 있는 실정이다.

이와 같은 문제를 인식하여 매년 부산광역시에서는 현재까지 투입된 인

공어초시설에 대한 관리 및 자원조성효과를 지속적으로 유지하기 위해 인공어초 시설상태에 대한 음향학적 및 시각적 조사를 실시하고 있지만, 현재까지 인공어초 주변해역에 대한 어업생물자원의 분포실태가 파악되지 않아 보다 정량적인 자원조성효과를 평가, 분석하기 위해서는 이에 대한 체계적 연구가 절실히 요구되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 이를 위한 기초자료를 제공하기 위한 연구의 일환으로 부산광역시 조성한 인공어초어장 중에서 부산 남구 수영만에 조성한 인공어초어장을 대상으로 sidescan sonar 및 split beam echo sounder를 이용하여 인공어초시설의 실태 및 그 주변해역에서의 어군의 분포특성을 조사, 분석하였다.



재료 및 방법

1. 조사 대상해역

부산광역시가 1987년부터 2005년 사이에 부산 남구 및 해운대구를 포함하는 수영만 해역($35^{\circ} 06'N \sim 35^{\circ} 10'N$, $129^{\circ} 08'E \sim 129^{\circ} 13'E$)에 조성한 콘크리트제 인공어초(사각어초, $2.0m \times 2.0m \times 2.0m$) 어장은 Fig. 1과 같고, 본 연구는 이들 해역을 대상으로 어초의 분포실태 및 어군의 분포특성에 대한 음향학적 조사를 수행하였다.

Fig. 1에서 인공어초시설의 위치 및 분포패턴과 이 해역에 서식하는 어군의 분포특성에 대한 조사는 sidescan sonar(Sportscan, Imagenex Technology) 및 split beam echo sounder(ES-60, Simrad)를 이용하여 2006년 4월 7일, 5월 5일, 8월 24일 및 9월 29일의 총 4회에 걸쳐 실시하였다. 이들 인공어초의 위치와 4월, 5월, 8월 및 9월에 실시한 음향학적 조사의 항적은 Fig. 1의 ECDIS(PM3D, 마린전자상사)의 3차원 해저지형도에 함께 중첩시켜 표시하였고, 그림에서 검은색 원은 시설당시의 인공어초 위치이다.

본 연구는 인공어초에 의한 자원조성효과를 정량적으로 비교, 분석하기 위한 시도로서, 먼저 인공어초가 시설된 해역과 시설되지 않은 해역에 있어서의 어군의 분포특성을 상호 비교, 분석하였다. 이를 위해 2006년 4월 7일에는 Fig. 1에서 알 수 있는 바와 같이 인공어초가 시설되어 있지 않은 해역에 조사라인(survey line)을 설정하여 split beam echo sounder에 의한 어군 echo 신호를 수록, 분석하였다.

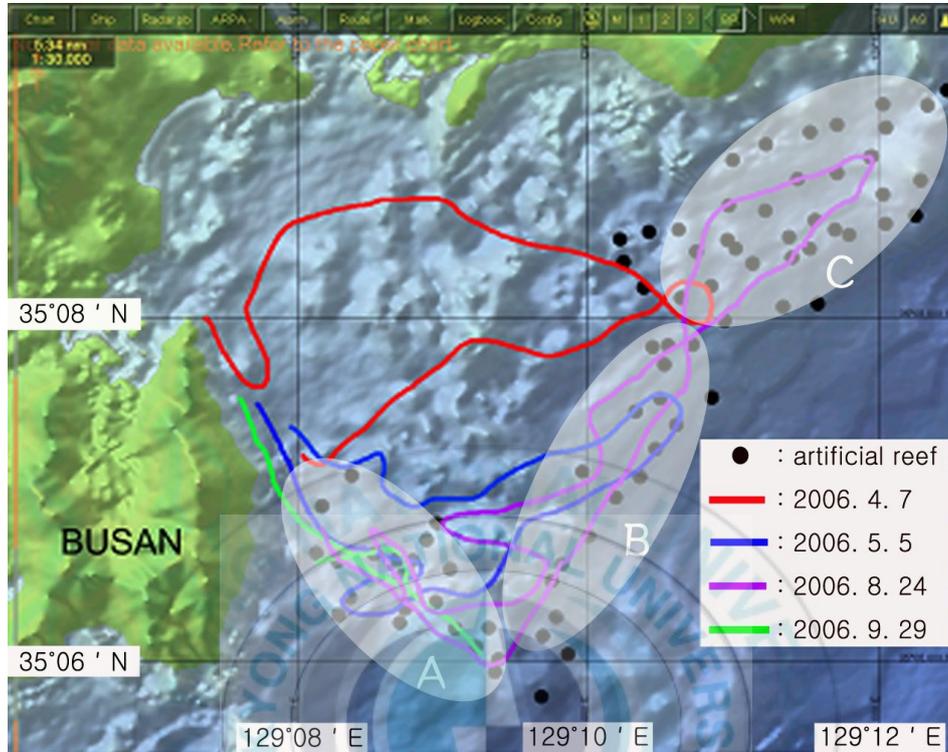


Fig. 1. Location of artificial reefs and track lines for the acoustic surveys carried out on 7 April, 5 May, 24 August and 29 September 2006, respectively.

한편, 2006년 5월 5일에는 남구해역에 시설된 인공어초 주변해역(이하 A해역이라 한다.)과 남구와 해운대구를 잇는 30m 등심선에 시설된 인공어초 어장(이하 B해역이라 한다.)을 대상으로 조사를 수행하였고, 2006년 8월 24일에는 해운대 해역에 조성된 인공어초어장(이하 C해역이라 한다.)을 대상으로, 또한, 2006년 9월 29일에는 주로 A해역에 대한 어군의 분포밀도 및 인공어초시설의 해저 배치상태에 대한 조사를 실시하였다.

2. 계측시스템의 구성

본 연구에서 인공어초의 시설위치 및 상태, 인공어초가 시설된 해역에 대한 어군의 분포특성 등을 정량적으로 조사, 분석하기 위해 사용한 실험 장치의 구성 모식도는 Fig. 2와 같고, 그 성능 특성은 Table 1과 같다.

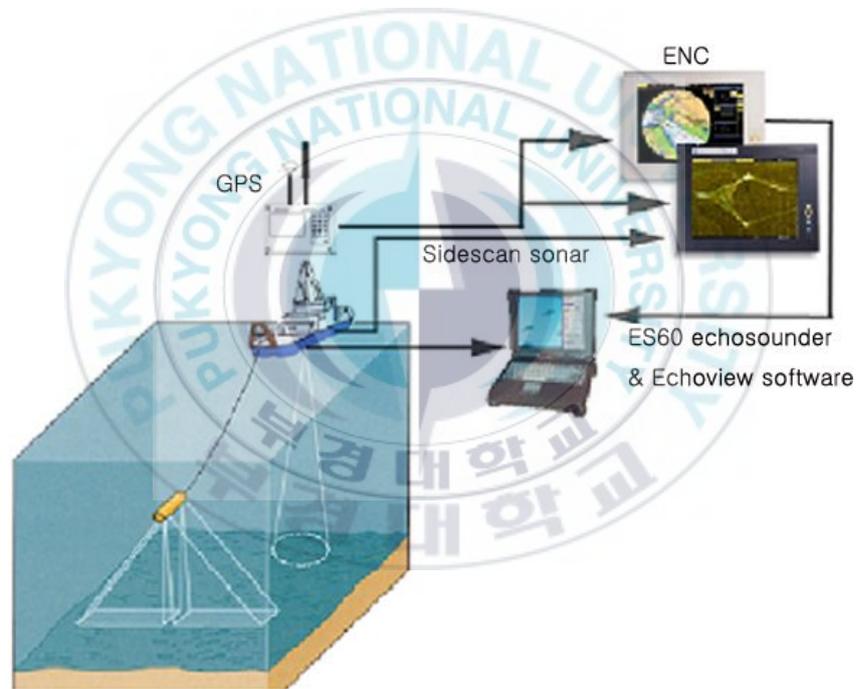


Fig. 2. Schematic diagram of the experimental equipments used in this study.

Table 1. Specifications of experimental equipments used in this study

Equipments		Specifications
DGPS	Position accuracy	10m
	Power supply	10~16VDC
Sidescan sonar	Frequency	330kHz
	Transducer	one transducer per side, tilted down 20°
	Beam width	1.8°×60°
	Power supply	10~16VDC
	Max. operating depth	30m
	Weight	in air : 4.5kg in water : 1.2kg
	Dimensions	114mm(4.5") diameter, 833mm(32.8") length
	Frequency	70kHz
Split beam echo sounder	Gain	21.3dB
	Bandwidth	4687Hz
	Two-way beam angle	-16.8dB
	Beam type	split
	Gain function	40logTVG(fish gain) 20logTVG(school gain) 20logTVG(bottom gain)
	Absorption coefficient	22.7dB/km

1) sidescan sonar에 의한 인공어초의 분포실태 조사

현장에서는 sidescan sonar, split beam echo sounder 등으로부터 출력되는 echo data를 note book PC에 실시간으로 수록함과 동시에 전자해도의 수심정보를 바탕으로 작성된 ECDIS 시스템의 3차원 해저지형도상에 DGPS 수신기(GP-36, Furuno)로부터 출력되는 위치정보를 함께 표시하면서 어초의 부설위치 및 어초주변에 대한 어군의 지리적인 분포특성 등을 분석, 고찰하였다.

본 연구에서 사용한 sidescan sonar의 작동주파수는 330kHz이고, towing body의 양측에 부착되어 있는 송수파기의 -3dB 점에 대한 수평 및 수직 지향각은 각각 1.8°, 60°이었다. 여기서 sidescan sonar의 좌현측 및 우현측 탐지거리는 각각 90m, 송신펄스신호의 폭은 100 μ s로 설정하여 실험을 수행하였다.

현장에서는 차량용 battery(DF120R) 2개를 병렬 연결하여 얻은 DC12V의 전원을 사용하여 sidescan sonar 시스템을 구동하였다.

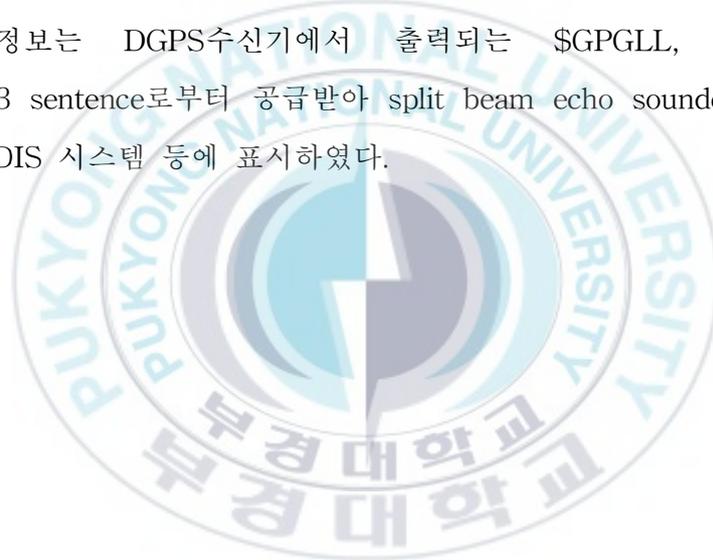
2) split beam echo sounder에 의한 어군의 분포밀도 측정

본 연구에서는 ES60 split beam echo sounder를 사용하여 인공어초 주변에 서식, 분포하는 어군의 분포밀도를 측정, 분석하였다.

현장 실험은 조사선(해운호, 6톤)의 좌현 현측 약 1m의 깊이에 송수파기(ES70-11, SIMRAD)를 고정한 후, sidescan sonar에 의한 인공어초의 분포조사와 병행하여 조사선의 속력을 약 2knot로써 유지하면서 수행하였

다. 본 실험에 사용한 70kHz split beam 송수파기의 -3dB에 대한 빔 폭은 11°이고, 송신펄스신호의 폭은 0.25ms이다. echo sounder 시스템의 교정은 직경 32.1mm의 표준구(copper sphere, TS=-39.1dB)를 사용하여 행하였다.

현장에서는 차량용 battery(DF120R) 2개를 병렬로 연결하여 얻은 DC12V의 전압을 DC/AC 인버터를 통해 AC220V로 변환하여 echo sounder 및 notebook PC를 구동하였다. 실험은 note book PC에 설치된 ES60 software를 이용하여 초음파 송수신장치를 제어하면서 송신 및 수신 파라미터 설정, echogram의 표시, data의 수록 및 재생 등을 행하였다. 또한, 위치정보는 DGPS수신기에서 출력되는 \$GPGLL, \$GPGGA의 NMEA0183 sentence로부터 공급받아 split beam echo sounder, sidescan sonar, ECDIS 시스템 등에 표시하였다.



3. 어군의 체적산란강도 측정

인공어초 시설해역에 대한 어군의 지리적인 분포특성 및 인공어초 주변 수역에 있어서의 어군의 분포밀도를 추정하기 위해 ES60 split beam echo sounder로부터 출력되는 echo 신호를 연속적으로 수록한 후, 후일 실험실에서 echoview software(Sonardata, ver. 3. 3)를 이용하여 체적산란강도(volume backscattering strength, 이하 SV라 한다.)를 산출하였다.

2006년 4월 7일, 5월 5일, 8월 24일 및 9월 29일에 각각 수록한 ES60 split beam echo sounder의 SV raw file을 재생하여 어군의 체적산란강도를 산출할 때, 음향적분구간은 해수면에 의한 잡음의 영향을 고려하여 수면하 3m로부터 해저상 0.5m까지의 수심구간으로 한정하였고, SV 값은 상한 및 하한의 문턱치(threshold)를 각각 -30dB과 -80dB로 제한하여 산출하였다. 여기서는 이렇게 산출된 SV 값을 토대로 인공어초가 시설된 해역에 대한 어군의 지리적 및 계절별 분포특성, 또한 자연초 형성 해역과 인공어초 시설 해역에 있어서의 체적산란강도의 차이 등을 비교, 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 인공어초 시설해역의 지형특성

부산광역시 수영만의 인공어초가 시설된 해역에 있어서 해저의 지형특성은 광안대교로부터 외해쪽 0.65nm까지의 수역에서는 해저 저질이 주로 mud로써 수심 8~12m의 비교적 평탄한 해역이고, 이 해역의 외해쪽 1.8nm까지의 비교적 광범위한 해역은 Fig. 3에서와 같이 자연초군이 매우 불규칙하게 산재하여 분포하는 저질이 rocky인 수심 12~30m의 해역이다. 또한, 그 자연초군의 외해쪽으로는 30m의 등심선을 경계로 수심이 급격히 증가하는 지형특성을 나타내고 있음을 알 수 있었다.

본 조사대상해역에 시설된 인공어초는 Fig. 1에서 A해역의 경우, 수심 23~30m의 rocky 저질역에, 또한, C해역에 있어서는 수심 18~40m의 rocky 저질역에 주로 분포하였다. 또한, B해역에서는 수심 약 30m의 등심선을 따라 직선상으로 어초가 집중적으로 시설되어 있음을 알 수 있었는데, 이 해역에서와 같이 저질이 rocky에서 mud 또는 mud shells에서 rocky로 급격히 변화하는 지점에 투하된 인공어초의 경우에는 침하성 및 퇴적성 매물이 발생할 우려가 있기 때문에 향후, 인공어초 시설물을 조성할 경우에 특별한 주의가 요구된다.

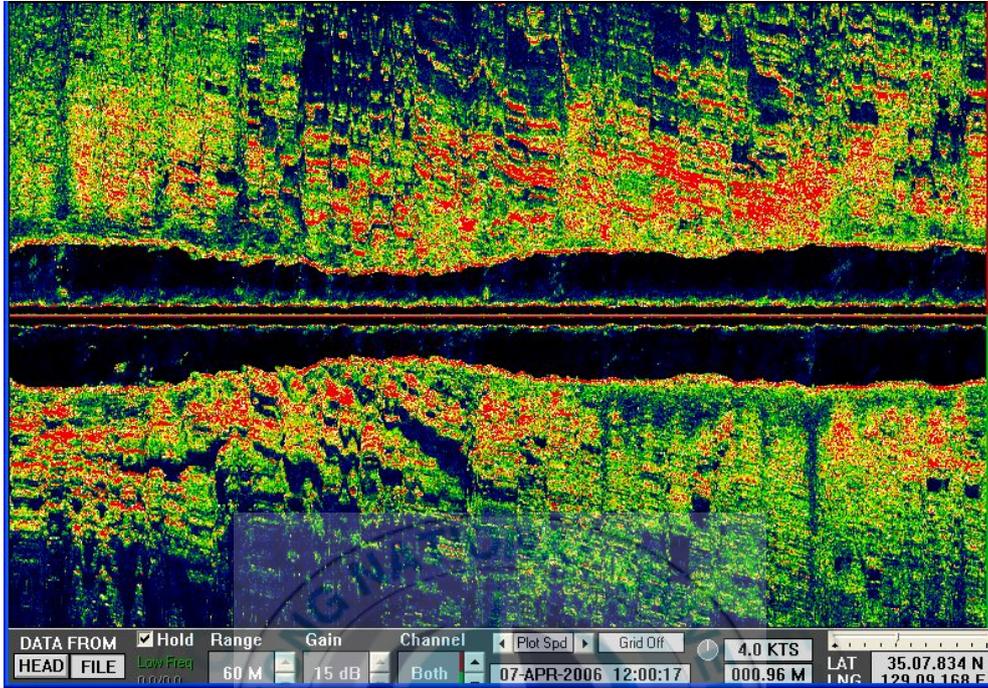


Fig. 3. An echo image of sea bottom by sidescan sonar in the natural rocky area of Suyong Man on 7 April 2006. The image was recorded at a range of 60m with a gain of 10dB.

2. 인공어초 시설해역에 대한 어군의 분포특성

1) 어군의 지리적 분포특성

본 연구에서는 인공어초 시설해역과 비시설 해역에 있어서의 어군의 분포 및 군집특성을 비교, 분석하기 위해 2006년 4월 7일에 인공어초가 시설되지 않은 해역에 대한 어군의 체적산란강도의 지리적 분포특성을 먼저 조사, 분석하였다.

한편, 인공어초 시설해역에 대한 어군의 체적산란강도의 지리적 및 계절별 분포특성은 2006년 5월 5일, 8월 24일, 9월 29일의 3회에 걸쳐 미리 설정된 조사선의 항주 line을 따라 측정, 분석하였는데, 그 결과는 Fig. 4와 같다. Fig. 4에서 어군의 분포밀도에 상당하는 체적산란강도는 원(circle)의 크기로써 ECDIS의 3차원 해저지형도에 인공어초와 함께 중첩시켜 나타내었다.

2006년 4월에 있어서 수영만 자연초 해역의 중앙부인 $35^{\circ} 07'.542N$, $129^{\circ} 08'.799E$ 부근해역에 대한 체적산란강도는 $-53.96dB$ 이었고, 어초시설해역인 $35^{\circ} 08'.272N$, $129^{\circ} 10'.874E$ 에서는 $-52.59dB$, 또한, 광안대교 인근의 $35^{\circ} 08'.587N$, $129^{\circ} 08'.529E$ 에서는 $-58.72dB$ 을 나타내었다.

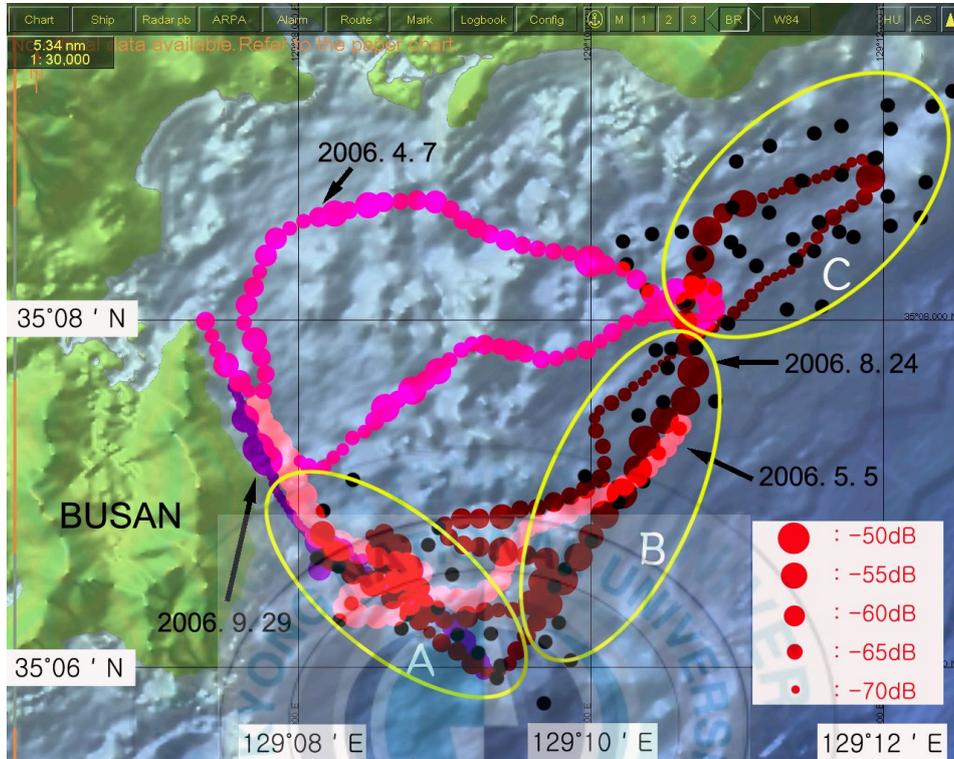


Fig. 4. Geographical distributions of volume backscattering strength(SV) measured by using a ES60 split beam echo sounder along the survey lines of Fig. 1 on 7 April, 5 May, 24 August and 29 September 2006, respectively.

2006년 5월에 있어서는 A해역과 B해역의 인공어초 시설해역인 35° 07′.491N, 129° 07′.652E로부터 35° 06′.668N, 129° 08′.274E에 걸쳐 체적산란강도가 -43.85dB~ -61.31dB 범위인 고밀도의 어군이 분포하였다.

2006년 8월에 있어서는 C해역 인공어초 시설해역인 35° 08′.839N, 129° 11′.991E와 35° 08′.425N, 129° 10′.690E 해역을 중심으로 -50.62dB~ -53.39dB 범위의 고밀도 어군이 분포하였고, A해역에서는 35° 06′.749N,

129° 09′.839E 부근에서 -51.05dB의 어군이 분포하였다. 또한, B해역에 있어서는 -49.60~-57.34dB의 어군이 비교적 광범위하게 분포하는 특성을 나타내었다.

한편, 2006년 9월에 있어서는 A해역에서 체적산란강도가 -48.89dB~-51.80dB의 매우 농밀한 멸치어군이 광범위하게 분포하였다.

이들의 결과를 종합해 볼 때, 수영만의 인공어초 시설해역에 대한 어군의 지리적인 분포는 A해역과 B해역에서 어군의 군집밀도가 가장 높았다.



2) 계절별 어군의 분포밀도의 변동특성

수영만의 인공어초 시설해역과 비시설 해역에 대한 어군의 체적산란강도의 계절별 변동특성을 나타낸 결과는 Fig. 5와 같다. 또한, Fig. 5에는 2006년 4월 7일, 5월 5일, 8월 24일, 9월 29일에 각각 항주한 음향학적 survey line를 따라 수록한 ES60 split beam echo sounder의 echo data로부터 전 수층에 대한 평균체적산란강도를 구하여 함께 나타내었다.

Fig. 5에서 2006년 4월 7일에 인공어초가 시설되지 않은 해역에서 수록한 70kHz split beam echo sounder의 echo 신호를 echowiew software를 통해 분석한 결과, 전 수층에 대한 평균체적산란강도의 값은 -58.77dB 이었다.

또한, 인공어초가 시설된 해역을 대상으로 2006년 5월 5일, 8월 24일, 9월 29일에 수록한 70kHz split beam echo sounder의 echo 신호에 대한 전 수층의 평균체적산란강도의 값은 각각 -57.15dB , -60.38dB , -63.72dB 로써, 인공어초 시설해역에 있어서의 어군의 군집도는 5월, 8월, 9월의 순으로 높았다.

한편, 인공어초 시설해역과 비시설해역의 평균체적산란강도를 상호 비교한 결과, 비시설 해역에 있어서 2006년 4월에 측정된 평균체적산란강도는 인공어초 시설해역을 대상으로 2006년 5월 5일에 측정된 평균체적산란강도보다는 1.62dB 더 낮았지만, 8월 24일과 9월 29일에 측정된 평균체적산란강도보다는 오히려 각각 1.61dB , 4.95dB 더 높아 두 해역 사이에 있어서의 어군의 분포밀도에 대한 명확한 차이를 확인할 수 없었다.

이와 같은 현상은 인공어초가 시설되지 않은 해역에 각양각색의 불규칙한 자연초가 매우 광범위하게 산재하고 있으며, 자연초군이 어족생물의 서식장으로 이용되고 있기 때문이라 판단된다.

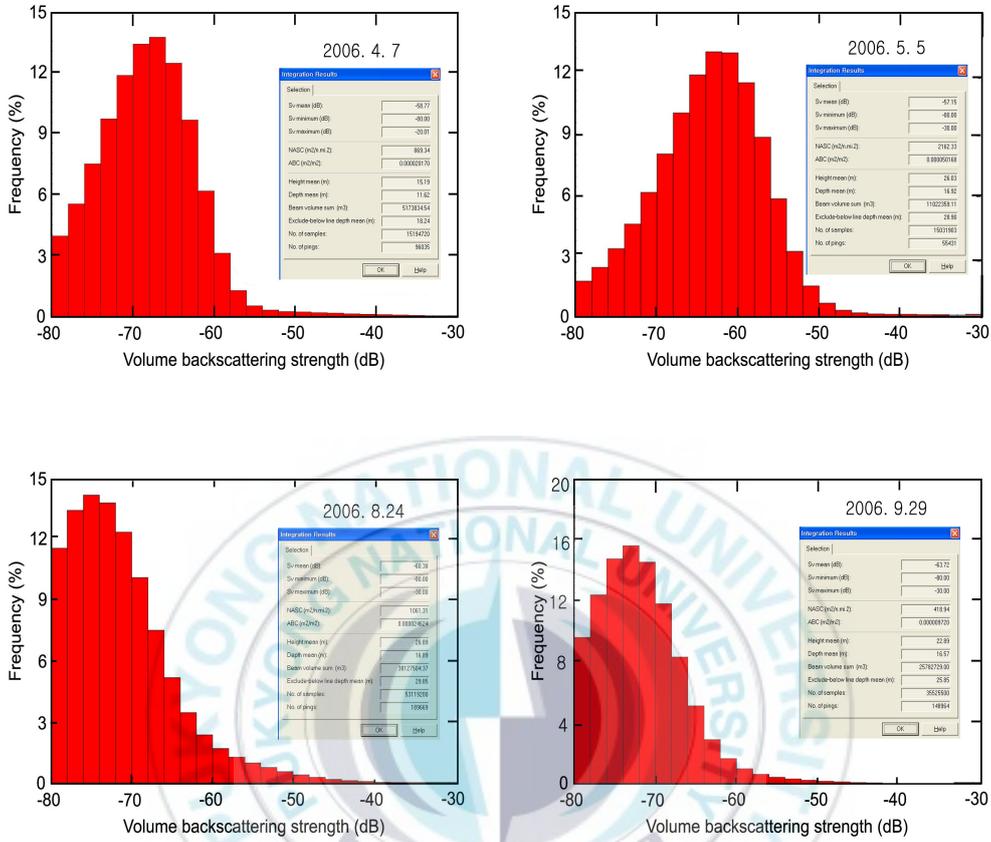


Fig. 5. Frequency distributions of volume backscattering strength(SV) measured by using a ES60 split beam echo sounder along the survey lines of Fig. 1 on 7 April, 5 May, 24 August and 29 September 2006, respectively.

3) 인공어초 주변에서 탐지한 어군의 분포밀도 추정

인공어초가 시설된 인근수역에 서식, 분포하는 어군의 군집밀도를 조사, 분석하기 위해 35° 08'.272N, 129° 10'.874E의 C해역에 시설된 인공어초를 대상으로 sidescan sonar에 의해 탐지한 인공어초의 echo 영상과 ES60 split beam echo sounder에 의해 수록한 어군 영상을 함께 나타낸 결과는 Fig. 6과 같다. Fig. 6의 split beam echo sounder의 echogram에 기록된 어족생물은 조사당시 조사선의 주변에서 기선권현망어선에 의한 멸치 조업이 이루어지고 있던 점을 고려하면 멸치어군으로 추정된다. Fig. 6(B)의 70kHz split beam echo sounder에 의해 수록된 echo 신호에 대한 체적산란강도를 echoview software를 통해 분석한 결과, 좌측으로부터 본 어군 1, 어군 2, 어군 3에 대한 평균체적산란강도는 각각 -44.63dB, -46.01dB, -39.81dB이었다. 또한, 이들 어군의 주변에 흩어져 분포하는 개체어에 대한 멸치의 평균반사강도의 추정치는 -58.12dB이었다.

Iversen 등은 1993년에 황해 및 동중국해에 분포하는 멸치를 대상으로 전장(L, cm)과 반사강도(TS, dB) 사이에

$$TS = 20\log L - 72.5\text{dB} \quad (1)$$

의 관계식을 실험적으로 도출한 바 있다⁸⁾. 식 (1)을 이용하여 Fig. 6(B)의 멸치 어군에 대한 체장을 추정한 결과, 그 전장은 약 5.2cm이었다.

한편, Fig. 6(B)의 멸치어군에 대한 평균체적산란강도(<SV>, dB), 평균 반사강도(<TS>, dB) 및 분포밀도 ρ (마리/ m^3) 사이에는

$$\langle SV \rangle = \langle TS \rangle + 10\log(\rho) \quad (2)$$

의 관계가 성립하므로, 단위체적당에 대한 멸치의 분포밀도를 추정할 수 있다. 즉, 식 (2)를 이용하여 Fig. 6(B)의 어군 1, 어군 2, 어군 3에 대한 멸치어군의 분포밀도를 추정한 결과, 각각 22.3마리/ m^3 , 16.3마리/ m^3 , 67.8마리/ m^3 이었다.

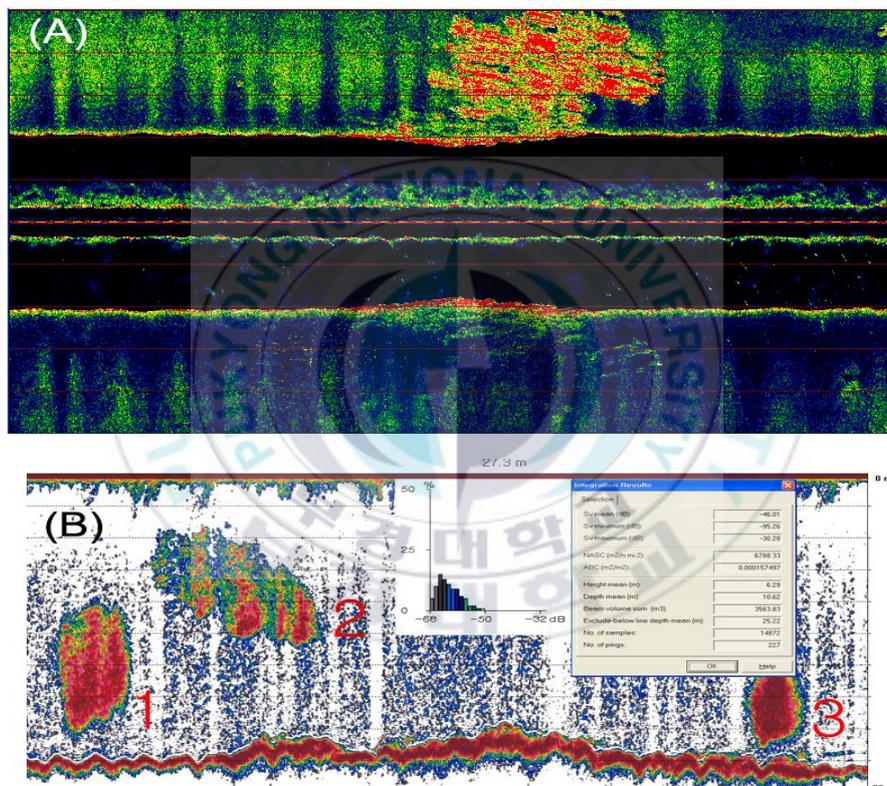


Fig. 6. Echo images of sidescan sonar(A) and split beam echo sounder(B) recorded at a position of 35° 08′.272N, 129° 10′.874E of Suyeong Man, Busan. The values of TS and SV for anchovy was indicated on the echogram of echo sounder.

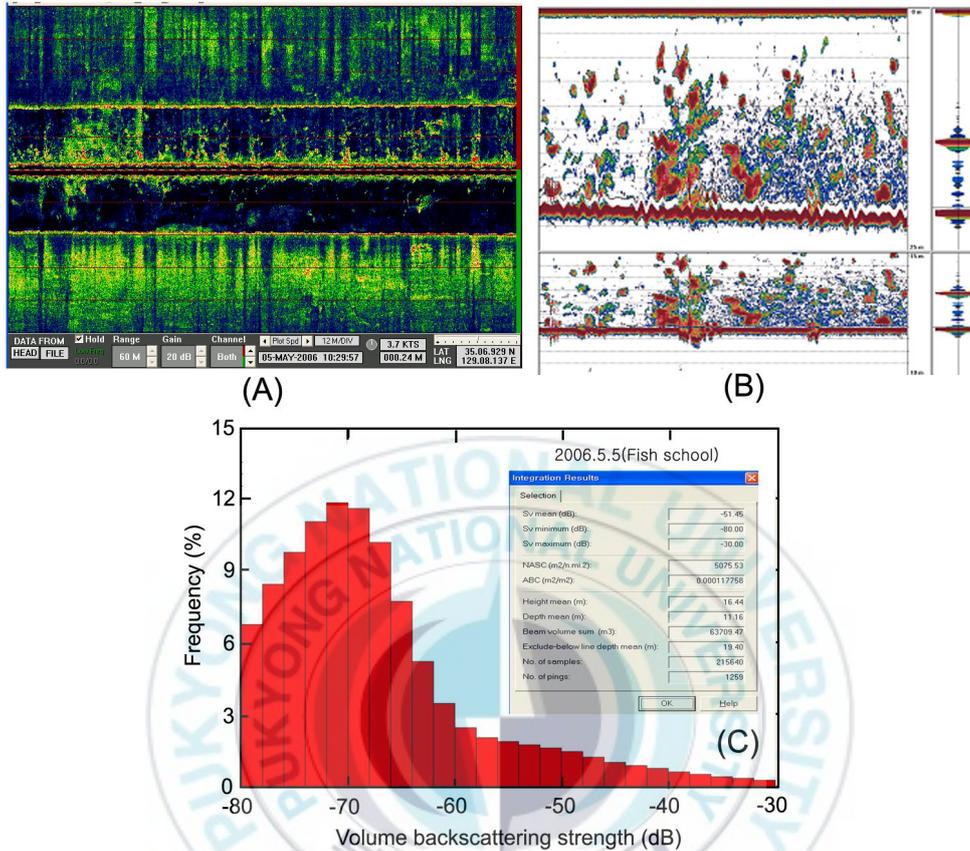


Fig. 7. Echo images of sidescan sonar(A) and split beam echo sounder(B) recorded at a position of $35^{\circ} 06'.922\text{N}$, $129^{\circ} 08'.142\text{E}$ of Suyeong Man, Busan. The SV value(C) was measured by using the echoview software.

한편, 조사기간 동안 연중 어군의 군집밀도가 매우 높았던 A해역, 즉, $35^{\circ} 06'.929\text{N}$, $129^{\circ} 08'.137\text{E}$ 의 해역을 대상으로 2006년 5월 5일 10시 29분에 sidescan sonar 및 ES60 split beam echo sounder를 이용하여 탐지한 어군 영상과 이들 어군에 대한 체적산란강도를 함께 나타낸 결과는 Fig. 7

과 같다. Fig. 7에서 알 수 있는 바와 같이 전 수층에 걸쳐 광범위하게 분포하는 소규모의 어군이 sidescan sonar 및 echo sounder에 동시에 탐지되고 있는데, 이들 어군에 대한 평균체적산란강도는 -51.45dB 이었다. 특히, 이 해역에 있어서는 저층유자망, 통발, 주낙, 외줄낙시, 채낙시 등에 의해 주로 조피볼락, 불볼락, 돌돔, 쥐노래미, 삼치, 달강어 등이 어획되었다.

3. 인공어초의 시설위치 및 침하상태에 대한 고찰

부산 수영만에 시설된 인공어초 중에서 해수의 유동, 조류 및 태풍의 영향 등에 기인하여 어초 구조물의 일부가 해저에 매몰되거나, 또는 다른 수역으로부터 유입된 토사의 퇴적으로 인해 어족생물의 서식처로서 그 기능을 점차 상실해 가는 인공어초가 탐지되고 있는데, 이를 입증하는 sidescan sonar의 영상은 Fig. 8과 같다.

Fig. 8(A)는 $35^{\circ} 06' .549\text{N}$, $129^{\circ} 08' .717\text{E}$ 의 인근해역에서, Fig. 8(B)는 $35^{\circ} 06' .502\text{N}$, $129^{\circ} 08' .771\text{E}$ 의 인근해역에서 탐지한 sidescan sonar 영상이다.

부산광역시의 자료에 따르면¹⁾, Fig. 8(A)의 인공어초는 크기 $2.0\text{m} \times 2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$ 의 사각형 어초 50개를 $16.0\text{m} \times 27.0\text{m}$ 의 평면상에 집중 배치한 시설로써, 투하 당시의 위치는 $35^{\circ} 06' .580\text{N}$, $129^{\circ} 08' .729\text{E}$ 로써 보고되고 있지만, 실제 위치는 이 위치와 일치하지 않았다. 또한, Fig. 8(B)의 인공어초는 Fig. 8(A)의 인공어초와 크기가 동일한 사각형 어초 55개를 $27.0\text{m} \times 49.0\text{m}$ 의 평면상에 분산 배치한 시설이다.

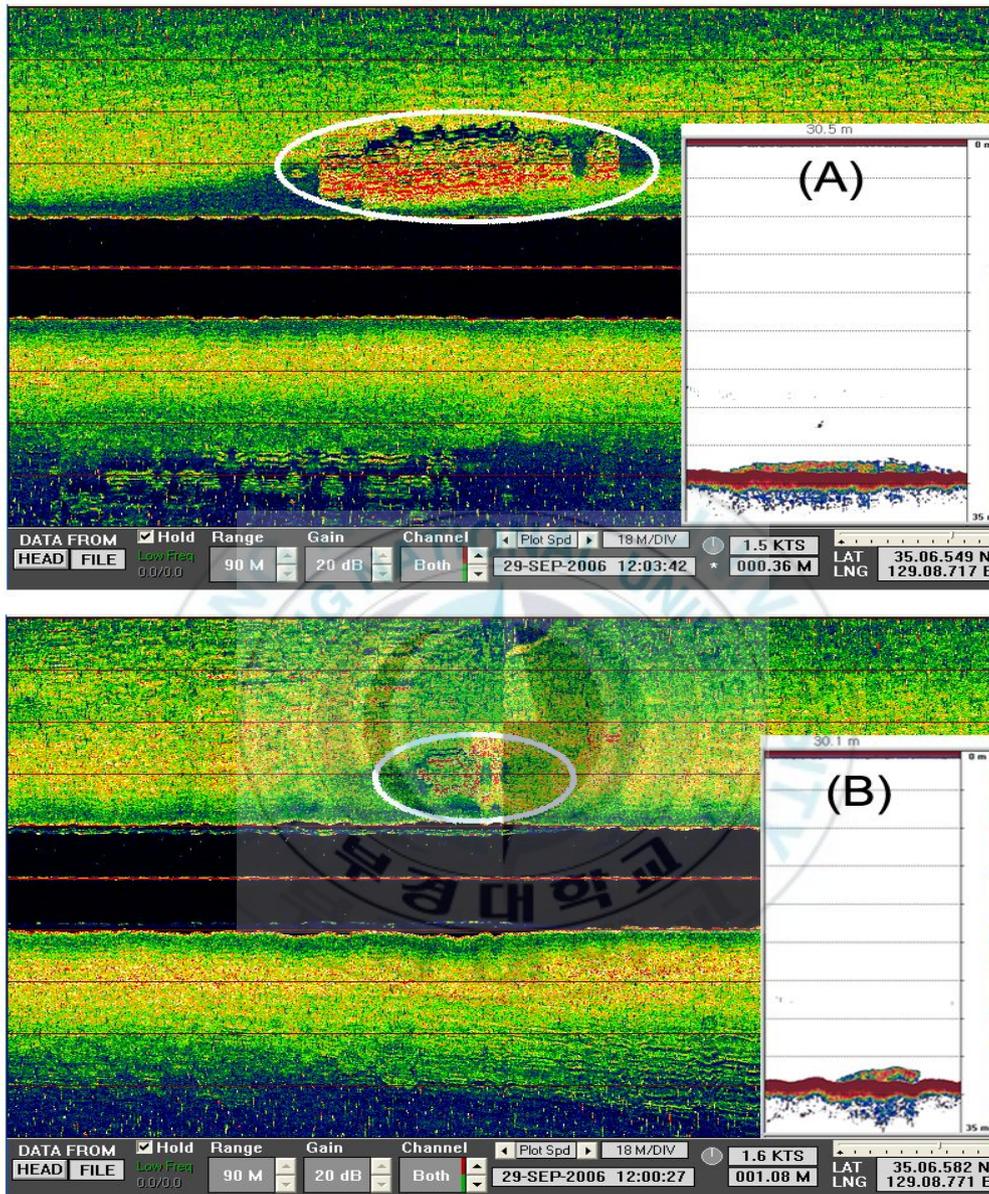


Fig. 8. Images of sidescan sonar for the artificial reefs buried partially under the seabed near the locations of $35^{\circ} 06'.549\text{N}$, $129^{\circ} 08'.717\text{E}$ (A) and $35^{\circ} 06'.502\text{N}$, $129^{\circ} 08'.771\text{E}$ (B) on 29 September 2006.

이들 인공어초 시설은 Fig. 8의 sidescan sonar의 영상으로부터 어초 구조물의 일부가 해저에 매몰, 또는 침하되어 있는 것을 알 수 있는데, 이 현상은 인공어초 시설해역의 저질이 mud shells(사니질)인 관계로 앞으로 그 매몰 상태가 더욱 진행될 것으로 판단된다.

따라서, 향후에는 인공어초의 적지를 선정하거나, 또는 인공어초의 조성해역에 대한 자원조성효과를 지속적으로 증대시키기 위해서는 어초의 시설상태를 정량적으로 파악하기 위한 체계적인 조사 연구가 절실히 요구된다.



요 약

부산 수영만에 시설된 인공어초 해역을 대상으로 2006년 4월부터 9월까지 총 4회에 걸쳐 인공어초의 지리적 분포 및 이 해역에 서식하는 어군의 분포특성 등을 정량적으로 조사, 분석하였다. 현장 실험에서는 sidescan sonar와 split beam echo sounder를 이용하여 인공어초의 상태 및 그 주변 해역에 서식하는 어군의 군집밀도를 측정하였고, 현장에서 수록된 split beam echo sounder에 의한 echo data는 후일 실험실에서 Echoview software를 이용하여 대상어군에 대한 체적산란강도를 추정하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 부산 수영만에 시설된 인공어초는 수심 18~40m 범위의 해저저질이 rocky 또는 mud shells인 해역에 집중적으로 배치되었다.
2. 부산 수영만의 인공어초 시설해역에 대한 어군의 지리적인 분포밀도는 남구의 시설해역과 수심 30m 등심선의 해역에서 가장 높았다.
3. 2006년 4월 7일에 인공어초가 시설되지 않은 해역을 대상으로 측정한 어군의 평균체적산란강도는 -58.77dB이었다. 한편, 인공어초가 시설된 해역을 대상으로 2006년 5월 5일, 8월 24일, 9월 29일에 수록한 어군의 평균체적산란강도는 각각 -57.15dB, -60.38dB, -63.72dB로써, 인공어초 시설해역에 있어서의 어군의 군집도는 5월, 8월, 9월의 순으로 높았다. 인공어초 시설해역에 있어서는 비시설해역 즉, 인공어초 및 자연초가 존재하지 않는

해역에 비해 높은 어군의 분포밀도를 나타내었다. 또한, 자연초가 잘 발달된 해역에서의 어군 분포밀도는 인공어초 시설해역과 유사한 분포특성을 나타내었다.

4. 인공어초 주변 해역에 군집한 멸치 어군을 대상으로 평균반사강도와 평균체장을 추정한 결과, 그 값은 각각 -58.12dB , 5.2cm 이었다.

5. 부산 수영만 인공어초 시설해역에서 어초 구조물의 일부가 해저에 매몰된 상황이 sidescan sonar에 의해 탐지되었다.



감사의 글

미흡하고 부족한 저를 항상 따뜻한 마음으로 지켜봐 주시고, 세심한 지도로 저를 이끌어 주신 이대재 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 그리고 바쁘신 와중에도 많은 조언과 지도를 해주신 신현옥교수님과 강일권교수님께 감사드립니다.

또한, 학교생활을 하면서 많은 격려와 힘을 주신 교수님들, 선배님들, 동기님들께 감사드리며, 저에게 항상 웃음을 준 어업계측공학실험실 후배님들 그리고 저를 아껴주시고 사랑해주시는 모든 분들께 감사의 인사를 전합니다.

마지막으로 많이 부족한 딸이지만 항상 모든 것을 해나갈 수 있다는 용기와 힘을 주시며 사랑으로 지켜봐주신 아버지, 어머니, 그리고 존재만으로도 든든한 언니께 이 논문을 바칩니다.

참고문헌

- 1) 국립수산물과학원(2006): 2005년 부산광역시 인공어초어장관리 조사 보고서, 1-182.
- 2) 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(3), 214-222.
- 3) J.M. Bell and Linnett L.M.(1997): Simulation and analysis of synthetic sidescan sonar image, IEE, 144(4), 219-226.
- 4) Lee, J.W. and Y.S. Kang(1994): Variations of fish community and fish density on artificial reefs, Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 27(5), 535-548.
- 5) Kim, G.Y., D.C. Kim, Y.E. Kim, K.H. Lee, S.C. Park, J.W. Park and Y.K. Seo(2002): Remote Seabed classification based on the characteristics of the acoustic response of echo sounder:preliminary result of the Suyoung Bay, Busan, J. Korean Fish. Soc.,35(3), 273-281.
- 6) Park, H.H., J.K. Sin, J.O. Kim, S.Y. Park, H.S. Kim, D.H. Lim, Y.C. Park, S.H. Cho and S.H. Hong(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, Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 39(3), 230-238.
- 7) Hwang, D.J., J.S. Park and Y.W. Lee(2004): Estimation of fish school abundance by using an echo sounder in an artificial reef area, J. Kor. Fish. Soc., 37(3), 249-254.

- 8) S.A. Iversen, Zhu D., Johannessen A. and Toresen R.(1993): Stock size, distribution and biology of anchovy the Yellow Sea and East China Sea, Fish. Res., 16, 147-163.

