

서해연안 잠보형 인공어초 어장에서의 수산자원 조성효과와 사이드스캔 소너에 의한 인공어초 상태조사

박해훈*† · 신종근* · 김재오** · 박승윤* · 김호상** · 임동현* · 박영철** · 조성환***
홍승현* · 이정우**** · 안병길*****

*서해수산연구소, **국립수산과학원, ***남해수산연구소, ****동해수산연구소, *****가배마린

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

Hae-Hoon PARK*†, Jong Keun SHIN*, Jae-O KIM**, Soung-Yun PARK*, Ho-Sang KIM**,
Dong Hyun LIM*, Yeong Chull PARK*, Sung Hwan CHO***, Sung Hyun HONG*,
Jeong-Woo LEE**** and Byoung-Gil AHN*****

*West Sea Fisheries Research Institute, **National Fisheries Research & Development Institute,
***South Sea Fisheries Research Institute,
****East Sea Fisheries Research Institute, and *****Kabe Marine Co.

Abstract

An effect on the enhancing production of hollow 'jumbo' structures and the condition of artificial reefs (dice and hollow jumbo structure) by side scan sonar were described. The experiment of the capture of fish in the jumbo structures and control site (non-artificial site) by trammel net and traps was done twice every year from 1998 to 2000. The relative catches by trammel net between in the jumbo structure and in the control site was significantly different in number and in weight at 5% level and also that by traps significantly different in weight. The t-test of the catch of finespotted flounder showed that the hollow jumbo structure was regarded as a breeding field because the average size of the flounder in the jumbo site was smaller than that in the control site. The search on the condition of the artificial reefs (dice and hollow jumbo structure) was performed by side scanning sonar which showed various phase of it such as accumulated, dispersed, scouring and partly buried. The result implied that in the area of sand bottom with strong tide like the western sea of Korea, the current criterion for constructing artificial reef should be modified because of the sand moving on the bottom.

Key words : artificial reef(인공어초), side scan sonar(사이드스캔 소너), trammel net(삼중자망), traps(통발), fisheries resources enhancement(자원조성)

† Corresponding author : hhpark@nfrdi.re.kr

Present address : 국립수산과학원

National Fisheries Research & Development Institute.

서론

수산자원의 보호와 증식을 위하여 국내나 국외(일본, 유럽 등)에서도 인공어초를 수중에 시설하였다. 한국의 경우 1971년부터 정책사업의 일환으로 전국 연안에 여러 종류의 인공어초를 시설하였으며, 서해안에서는 인천광역시, 경기도, 충청남도, 전라북도 등에서 1971년부터 2000년까지 26,296ha ($2.63 \times 10^8 m^2$)의 해역에 162,066개의 인공어초를 시설하였는데, 대부분은 사각형 인공어초이고, 그 다음으로 잠보형, 기타 어초는 소량 투하하였다.

국내에서는 국립수산물학원에서 이·강 (1994), 김 등 (1999)이, 일본에서는 柿元 (1998), 柿元 등 (1998)이, 서양에서는 Pickering and Whitmarsh (1997) 등이 인공어초의 효과에 관하여 조사연구한 바 있다. 조석간만의 차가 크고 조류가 강한 서해안에 시설한 사각형 인공어초에 대해서는 김 등 (1999)이 사각형 인공어초의 어획효과에 대해 보고한 바 있다.

본 연구는 서해안에 시설한 인공어초 시설 사업의 효율적인 추진과 인공어초 시설 어장의 과학적인 관리를 위한 기초자료 수집을 위하여, 충청남도 보령시 오천면 외연도에 1996년 시설한 잠보형 인공어초 어장에서 1998년부터 2000년까지 조사한 결과를 이용하여, 잠보형 인공어초 시설구, 자연초구 및 인공어초가 시설되지 않은 비교구에 대해 삼중자망과 통발 어구에 의한 상대 어획효과와 해양환경, 수산생물의 종 조성 등의 수산자원 조성효과와 2001년 사이드스캔 소너에 의한 인공어초의 상태에 대해 조사, 분석한 결과를 보고한다(박 등, 2002).

자료 및 방법

서해안에 투하된 잠보형 인공어초의 수산자원 조성 효과를 구명하기 위하여, 충남 보령시 외연도에 1996년 시설된 112개의 콘크리트 잠보형 인공어초 ($L6.80 \times B5.0 \times H5.97 m$)에 대해 1998년부터 2000년까지 매년 5월과 10월에, 인공어초 시설구와 자연초구 및 인공어초가 시설되지 않은 비교구를 선정하여 해양환경, 상대 어획효과와 수산생물의 종 조성 등을 조사하였다. 그리고, 어초시설구에 대해서는 2001년 사이드스캔 소너를 이용하여 인공어초의 시설상태를 조사하였으며, 잠보형 인공어초의 효과조사를 실시한 해역은 Fig. 1과 같다.

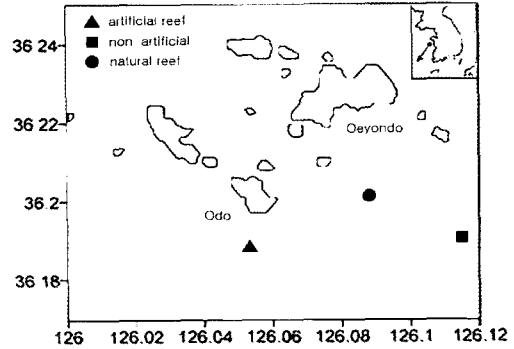


Fig. 1. Location of the survey area in the west sea of Korea.

1. 해양환경조사

어초시설구, 자연초구 및 비교구의 해양환경은 줄의 최대 길이가 30m인 수질측정기(Hydrolab-Hach, Hydrolab 20)를 이용하여 표층, 저층별로 수온, 염분, 용존산소, pH를 측정하였고, 투명도는 직경이 30cm인 투명도판으로, 수심은 어군탐지기(Furuno, FCV-271M2)로 측정하였다. 동물플랑크톤은 주간 에 플랑크톤 넷(망구 : 0.45m, 망목 : 200 μ m)을 사용하여 각 정점의 해저면부터 표층까지 수직으로 채집하여 ash-free법에 의해 건중량을 측정하였으며, 저질은 채니기로 잠보형 어초시설구에서만 조사하였다. 조사해역의 수심은 잠보형 어초시설구가 38m, 자연초구는 20m, 비교구는 41m 전후였다.

2. 상대 어획효과 및 종 조성 조사

각 해역에서의 상대어획효과 조사는 Fig. 2와 같은 삼중자망 ($L50 \times H1.22 m$) 30폭과 세 종류의 통발 [원뿔대형(A형), 스프링형(I형), 원통형(O형)] 45개를 사용하여 어초시설구, 자연초구 및 비교구에 대해 어구별로 어획효과 및 종 조성 조사를 실시하였다. 삼중자망의 경우 내망은 나일론 210Td 3합 망목 90mm, 외망은 나일론 210Td 12합 망목 515mm로 된 망지를 사용하였고, 통발의 어구구성은 통발종류별로 순차적으로 바뀌며 해역마다 15개씩 투망하였다.

삼중자망과 통발어구를 오후에 투망하여 다음날 오전에 투망한 순서대로 양망하였는데, 어장별·어구별로 상대 어획효과를 비교하기 위하여 어획물을 분류

한 후 어획물의 체장, 체중 등을 조사하였다. 그러나, 2000년 10월에 투망은 동시에 하였으나, 기상악화로 양망은 동시에 하지 못하고 어초시설구는 2일만에, 자연초구와 비교구는 3일만에 양망하였다. 따라서, 이들의 효과를 비교하기 위해서 삼중자망은 일별, 단위 폭당 어획량으로 환산하였고, 통발은 일별, 단위 개수당 어획량으로 환산하였다. Fig. 2는 시험에 사용한 삼중자망 및 통발어구의 설계도이고 Fig. 3은 통발어구의 부설도이다.

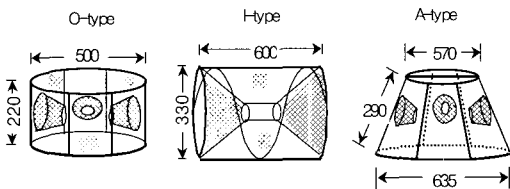
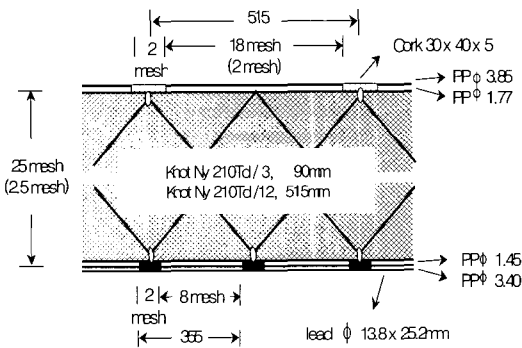
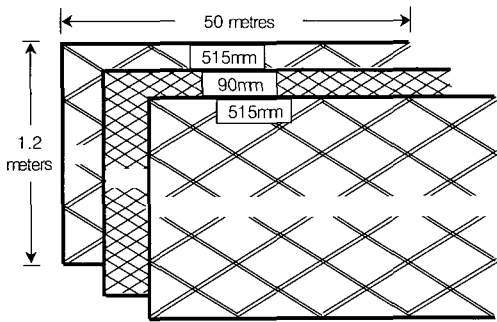


Fig. 2. Gear design of trammel net (upper, middle) and traps (lower).

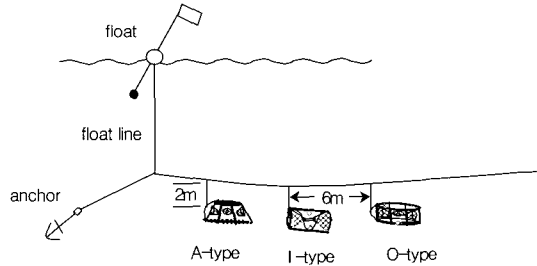
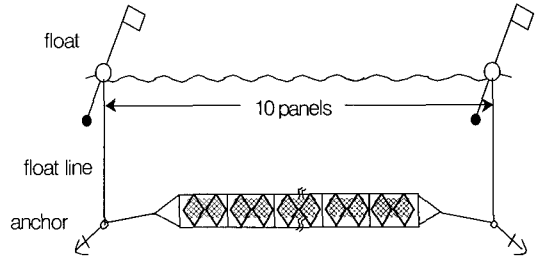


Fig. 3. Setting the trammel net (upper) and the traps (lower).

3. 인공어초 상태조사

인공어초의 상태조사는 잠보형 및 사각형 어초시설구에서 실시하였는데, 이때 사용한 장비는 서해수산연구소 조사선(탐구2호, 총톤수 90톤)에 설치된 칼라 어군탐지기 (Furuno, FCV-271M2) 및 흑백 기록식 어군탐지기 (Furuno, FE-680)와 가배마린이 보유한 400kHz의 사이드스캔 소너 (Sonartech, SeaView-400)를 이용하여 공동으로 인공어초의 상태를 조사하였으며, 잠보형 인공어초의 부착물은 수중카메라 (Miju, MSP-410)를 이용하여 촬영하였다. 인공어초의 높이 $H(m)$ 는 Fig. 4를 참조하면 식(1)과 같이 구할 수 있다.

$$H = \frac{C \times S}{R} \quad \dots \dots \dots (1)$$

단, C : 예인체의 고도(m), S : 인공어초에서 물체의 그림자 끝까지의 거리(m), R : 예인체로부터 그림자 끝까지의 거리(m).

사이드스캔 소너로 인공어초의 상태를 조사한 해역은 인천에서 소형사각어초 (1×1×1m)를 시설한 가

도 해역 (1973년 시설), 사각어초 ($2 \times 2 \times 2m$)를 시설한 문갑도 (1986년 시설), 이작도 (1989, 1991년 시설), 굴업도 (1998, 1999년 시설), 선미도 (1989, 1992, 1993년 시설) 해역과 경기도 풍도 (1995년 시설) 해역, 그리고 충남 외연도의 사각어초 (1995년 시설)와 잠보형 어초 (1996년 시설, $16.8 \times B5.0 \times H5.97m$)를 시설한 해역이었다.

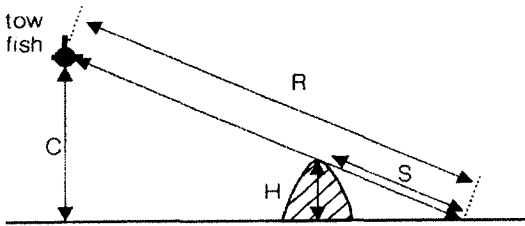


Fig. 4. Schematic drawing of estimating the height of an artificial reef.

- C : The height of a tow fish from the bottom
- H : The height of an artificial reef from the bottom.
- R : Slant range from tow fish to the end of the shadow of the reef
- S : Slant range from a reef to the end of the shadow of the reef

결과 및 고찰

1. 해양환경조사

1998년부터 2000년까지 잠보형 어초시설구, 자연초구 및 비교구에서 수온, 염분, 용존산소, pH, 투명도 및 저질을 조사하였다. 조사어장의 수온은 5월에 표층이 $10.0 \sim 14.3^\circ C$, 저층이 $9.6 \sim 11.7^\circ C$, 10월에는 표층이 $17.7 \sim 20.2^\circ C$, 저층이 $17.0 \sim 18.0^\circ C$ 의 범위에서 10월이 높았으며, 염분은 5월에 $31.6 \sim 32.6psu$, 10월에는 $29.9 \sim 32.0psu$ 범위내였고, 용존산소는 5월에 $5.88 \sim 8.26mg/L$, 10월에는 $6.44 \sim 8.83mg/L$ 범위였으며, pH는 5월에 $7.64 \sim 8.21$, 10월에는 $7.73 \sim 8.45$ 범위였다. 이러한 값들은 염분이 5월이 10월보다 높은 반면에, 수온, 용존산소 및 pH값은 10월이 다소 높은 것을 보여주었다. 투명도는 5월이 $2.5 \sim 4.8m$, 10월이 $3.4 \sim 9.8m$ 범위에서 10월이 5월보다 좋았다. 조사 해역에서 어초시설구, 자연초구와

비교구 사이에서 어장환경에 대한 값들은 일정한 경향이 없어 특별한 차이는 발견하지 못했는데, 이것은 서해안은 상대적으로 조류가 세어 혼합이 잘 된 것 외에, 조류로 인한 장비보호를 위해 잠보형 인공어초까지 측정기기를 충분히 내리지 못한 때문이라 여겨진다.

조사해역에서 동물플랑크톤 네트를 사용하여 주간 채집하여 ash-free법에 의해 습중량과 건중량을 측정된 결과, 동물플랑크톤의 우점종은 주로 야광충 (*Noctiluca*)으로서 현존량은 자연초구나 비교구가 어초시설구보다 높았는데, 이것은 해양에서의 일반적인 채집방법을 어초 시설구에 적용한데 기인한 오차로 보이며, 인공어초 효과조사 때는 야간 채집이나 light trap 같은 다른 채집방법의 접근 또는 아주 근접한 측정이 필요한 것으로 예상되었다.

조사해역에서 잠보형 어초시설구의 저질은 입도분석 결과, 니질성분 8.4%, 모래성분 79.6%, 자갈성분이 12%로 사질이 우세하였다.

2. 어획효과 및 종조성 조사

1) 삼중자망에 의한 어획효과

3년간 (1998~2000)의 어획시험 결과에 의한 잠보형 어초시설구, 자연초구, 비교구에서의 어구별, 월별 어획량은 Table 1과 같다 (박 등, 2001). 삼중자망에 의한 폭당 어획량을 평균하면 어초시설구에서 마리수로는 12.0마리, 중량은 2143.9g이었고, 비교구에서 6.0마리, 794.7g이었으며, 자연초구에서는 6.8마리, 1294.6g이었다. 따라서, 삼중자망에 의한 잠보형 어초시설구의 비교구에 대한 어획효과는 마리수로 2.0배, 중량으로는 2.7배의 효과가 있었는데, 이것을 최소유의차 (least significant different test : LSD)로 검정한 결과, 어초시설구와 비교구의 평균 중량 및 마리수 사이에는 각각 5% 수준에서 유의한 차이가 나타났다.

그리고, 2000년 10월에 어초시설구와 비교구 두 곳에서 많이 어획된 도다리의 경우에 대한 전장 분포는 Fig. 5와 같았다. 도다리의 전장과 체중에 대해 t-test를 이용하여 두 조사해역에서의 평균에 대한 차이를 검증한 결과, 전장은 어초시설구에서 평균 $21.3 \pm 2.3cm$ 였고, 비교구에서는 $22.4 \pm 2.1cm$ 로 시설구에서 작은 것으로 유의적인 차이가 나타났다 ($p=0.01$). 또한, 체중은 어초시설구에서 $132.4 \pm 42.6g$, 비교구에서는 $155.0 \pm 46.1g$ 으로 시설구에서 적은 것으로 나타났다($p=0.02$). 따라서, 시설구는 소형어의 성육장 역할을 하는 것으로 추정된다.

Table 1. Catch per panel by trammel net

area	year, month	1998			1999		2000	average
		5	10		5	10*	5	
artificial reef	catch in number	15.1	10.4		5.9	14.9	13.8	12.0
	weight (g)	1,821.3	1,805.0		1,518.0	2,278.0	3,297.0	2,143.9
non-artificial (control site)	catch in number	3.1	5.4		3.6	12.8	5.1	6.0
	weight (g)	519.2	818.4		842.0	1,060.0	734.0	794.7
natural reef	catch in number	6.8	3.3		6.9	-	10.3	6.8
	weight (g)	1,282.0	671.4		1,549.0	-	1,676.0	1,294.6

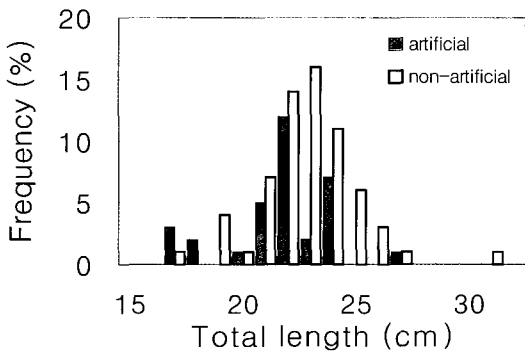


Fig. 5. The relative catch of fine-spotted flounder at the artificial reef and non-artificial site.

2) 통발에 의한 어획효과

3년간의 어획시험 결과 중 세 종류의 통발 중에서 원통형과 원뿔대형에서의 어획량이 스프링 통발보다

상대적으로 다소 많았는데, 통발 1개당 어획량으로 평균하여 나타내면 Table 2와 같았다. 어초시설구에서 마리수로는 7.1마리, 중량으로 373.1g이었고, 비교구에서는 2.2마리, 74.1g이었으며, 자연초구에서는 6.4마리, 205.8g이었다. 따라서, 통발에 의한 잠보형 어초시설구의 비교구에 대한 어획효과는 마리수로 3.2배, 중량으로는 5.0배의 효과가 있었는데, 이것을 최소유의차(LSD)로 검정한 결과, 시설구와 비교구의 평균 중량에 대해서만 5% 수준에서 유의한 차이가 나타났다.

3) 잠보형 인공어초 시설구의 종조성

(가) 삼중자망에 의한 종조성

3년간 삼중자망에 의한 시험어장의 어획종수는 총 49종이었고, 잠보형 어초시설구에서의 어획종수는 36종(73%)이었으며, 자연초구에서 36종, 비교구에서 37종으로 시험해역에 따른 어종수는 비슷하였다. 삼중자망에 의한 어초시설구의 주어획종은 홍어, 도다

Table 2. Catch per different kind of trap

year	month	1998			1999			2000			average						
		5	10		5	10	5	10	5								
trap		A*	I*	O*	A	I	O	A	I	O	A	I	O				
artificial reef	catch in number	6.0	4.0	26.0	1.0	1.4	4.0	7.4	4.8	8.8	3.4	3.7	3.7	9.7	2.9	19.3	7.1
	weight (g)	393	256	1,094	61	31	122	302	293	430	285	115	303	431	175	1,306	373.1
non-artificial (control site)	catch in number	1.0	2.1	0.2	0.4	0.4	3.4	0.2	8.2	2.8	0.8	0.8	2.6	3.9	3.4	3.3	2.2
	weight (g)	75	78	41	6	4	118	82	73	97	43	37	127	128	18	186	74.1
natural reef	catch in number	6.0	4.9	5.0	8.2	1.8	7.2	10.6	5.6	23.8	-	-	-	12.0	3.3	8.3	6.4
	weight (g)	401	152	293	139	44	283	204	354	374	-	-	-	345	114	384	205.8

* Some kind of traps referred to Fig. 2.

리, 별납치, 참홍어, 문치가자미, 물가자미, 쥐노래미, 보구치, 삼세기, 양태, 고등어, 꽃게, 갑오징어 등이었고, 자연초구의 주어획종은 홍어, 도다리, 문치가자미, 쥐노래미, 보구치, 삼세기, 고등어, 꽃게 등이었으며, 비교구의 주어획종은 홍어, 도다리, 별납치, 참홍어, 삼세기, 노랑각시서대, 양태, 갈치, 갑오징어, 가리비 등으로 대체로 비슷하였다.

(나) 통발에 의한 종조성

3년간 통발에 의한 시험어장의 어획종수는 총 34 종이었는데, 잠보형 어초시설구의 어획종수는 17종(50%)이었고, 자연초구에서 19종(56%), 비교구에서 25종(74%)으로 비교구에서 어종수가 가장 많았다. 통발에 의한 어초시설구의 주어획종은 쥐노래미, 봉장어, 보구치, 고등류, 게류 등이었고, 자연초구에서는 쥐노래미, 조피불락, 보구치, 게류 등이었으며, 비교구에서는 흰배도라치, 개불락, 쥐노래미, 보구치, 새우류 등이었다.

3. 인공어초의 상태조사

2001년 10월에 기록식 어군탐지기를 사용하여, 충남 보령시 외연도 연안에 1996년 수심 약 40m에 시설한 잠보형 인공어초의 높이를 여러 개 측정하였는데, 이 중에서 높이가 높은 것으로서 약 5.4~5.5m로 정상적인 높이를 유지하고 있는 기록영상 예는 Fig. 6과 같다. 또한, 사이드스캔 소너(SeaView-400)를 사용하여 사각형 및 잠보형 인공어초를 조사한 상태가 Fig. 7과 Fig. 8에 나타나 있다.

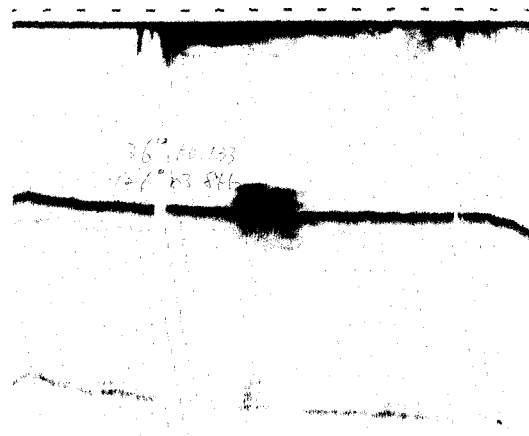


Fig. 6. A record of hollow jumbo structure by echo sounder.

Fig. 7은 사각형 인공어초를 밀집하여 쌓은 경우와 분산하여 시설한 것과 인공어초가 줄 또는 그물에 덮인 영상 예로서 화면상에 줄이 보인다. 쌓인 어초(a)의 높이는 약 6m로 한 변이 2m인 사각형 어초가 3~4단 상적되어 있는 것으로 추정된다. Fig. 8은 잠보형 인공어초가 아주 반듯하게 시설된 것, 분산하여 시설된 것, 세굴현상이 일어난 것, 해저지형에 따라 일부가 침하된 상태를 나타내고 있다. Fig. 9는 수중카메라를 이용하여 잠보형 인공어초의 부착물을 촬영한 영상으로서 해조류 중의 산호류 등이 부착되어 있음을 알 수 있었다.

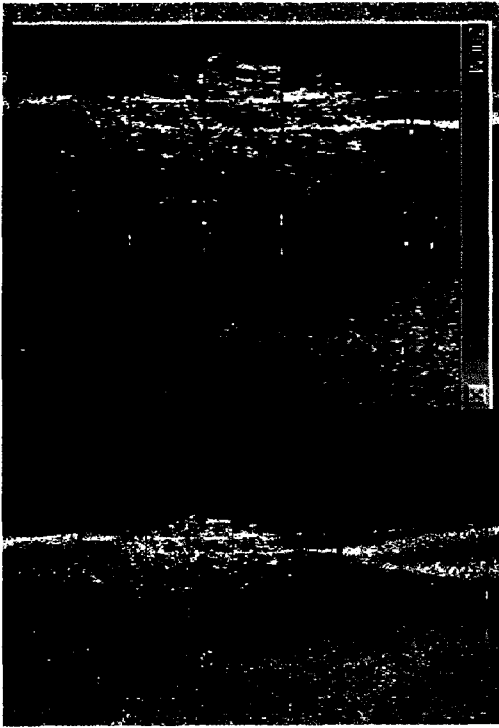
서해안에 시설한 인공어초의 상태는 인천 해역에 1973년 처음 시설한 가도 해역의 경우 소형사각어초(1×1m)를 시설한 지 약 29년 지났는데, 1단으로 여기저기 분산된 형태로 상당수의 인공어초가 탐지되었으며, 일부는 희미하나 아직도 형태를 알 수 있는 것이 다수 있었다. 아마도 이곳의 저질은 암반으로 추측된다. 인공어초의 높이를 구하는데 있어서, 1단으로 배열한 것이나 화면으로 높이를 산출하기 힘든 것을 제외하고, 쌓은 인공어초 중 구할 수 있는 것은 126개의 화면 중 45개의 화면이었다(서해수산연구소, 2003). 이들의 높이를 해역에 따라 평균한 결과, 이작도 해역은 4.8m, 굴업도는 5.0m, 선미도는 4.1m, 풍도는 3.8m, 외연도의 사각형 어초는 4.8m, 그리고, 잠보형 어초 높이는 4.5m로 풍도 해역의 어초 높이가 가장 낮았다.

조사해역에서 인공어초의 기록상의 시설위치와 실제 조사된 위치는 차이가 났는데, 그 원인으로는 당시 측정기기(로란 등) 자체의 오차, 해도상의 좌표계(Tokyo datum)와 위치측정기기(GPS)에서 채택하고 있는 좌표계(WGS-84)와의 차이, 선박과 예인체(tow fish) 사이의 거리보정 오차 및 인위적 오차 등이 있을 수 있으며, 차후 자세한 검토가 필요한 것 같다. 지금은 예전과는 달리 Differential Global Positioning System (DGPS) 등의 위치가 상당히 정확하게 표기되므로, 앞으로 인공어초를 시설할 때에는 시설하는 선박이나 시설투하 담당자들이 장비를 보다 정확하게 다루어 기록해야 할 필요가 있다.

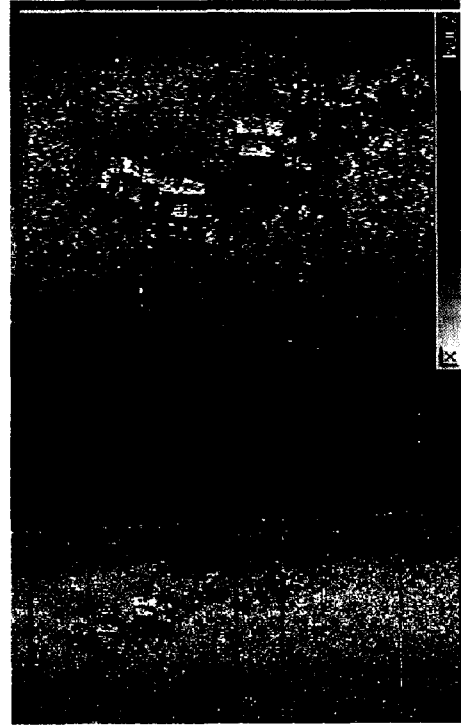
서해는 조류가 매우 강한 지역이어서, 저질이 모래인 경우 조류에 의해 표사이동이 일어나므로 현재의 적지선정 기준에 대해서는 지역에 따른 특수성을 고려한 기준이 필요할 것으로 판단되었다. 또, 사이드스캔 소너로 인공어초 상태조사시 예인체를 수중에서 어초에 너무 가까이 접근하다가 잠보형 어초에 예인체가 충돌하였다. 다행히 큰 손상은 없었으나, 이때

예인체에 산호와 기타 소형인 무척추동물이 부착하고 있는 것을 확인할 수 있었고, 이것은 인공어초의 유집

과 생산 기능 중에서 생산 능력을 보여주는 한 예라고 볼 수 있었다 (Pickering and Whitmarsh, 1997).



(a)



(b)



(c)

Fig. 7. Sonar images showing dice artificial reefs (concrete cube shaped block) by side scan sonar.

(a) accumulated (b) dispersed (c) covered by rope or net.

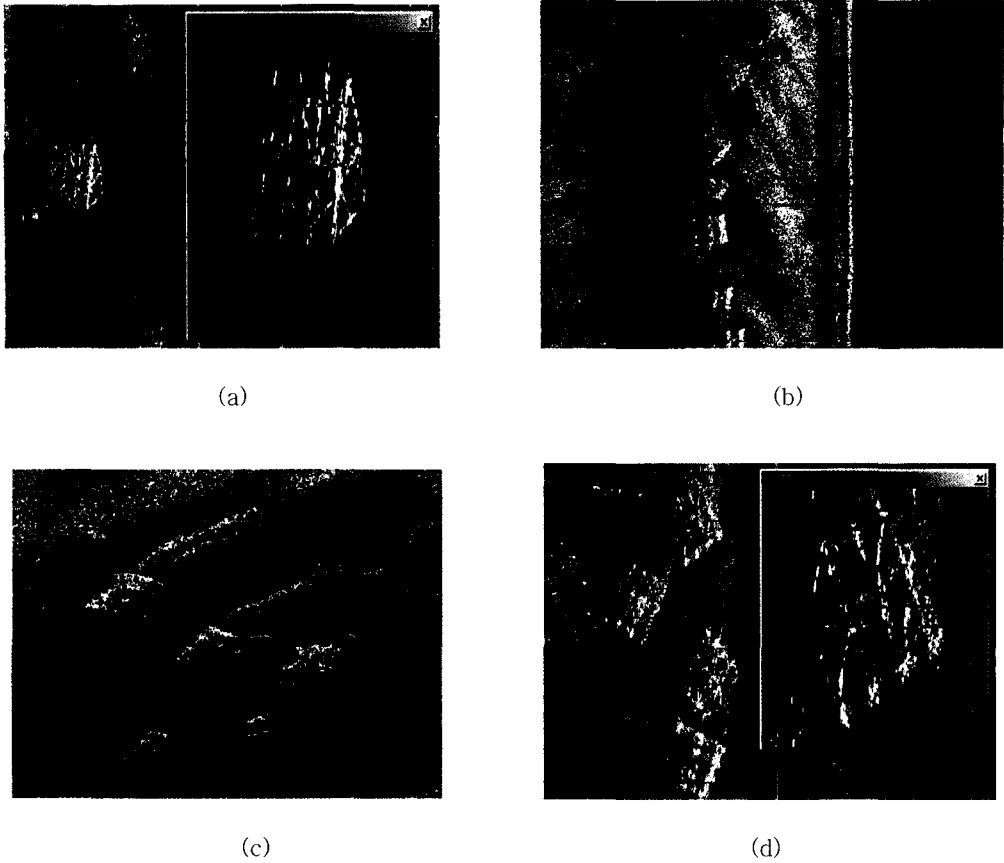


Fig. 8. Sonar images showing hollow 'jumbo' structure by side scan sonar.
(a) well installed (b) dispersed (c) scouring (d) partly buried



Fig. 9. A picture of coral attached to hollow jumbo structure taken by underwater camera.

요 약

1998년부터 2000년까지 충청남도 보령군 오천면 횡건도 지선의 잠보형 인공어초구, 자연초구 및 비교구 어장에서 해양환경, 상대어획효과, 종조성 조사와 2001년 사이드스캔 소너 등을 이용하여 인공어초 상태를 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

조사해역에서 잠보형 어초시설구의 저질은 입도분석 결과, 니질성분 8.4% 모래성분 79.6% 자갈성분이 12%로 사질이 우세하였다.

삼중자망에 의한 잠보형 어초시설구의 비교구에 대한 어획효과는 마리수로는 2.0배, 중량으로는 2.7배의 효과가 있었는데, 최소유의차(LSD)로 검정한 결과, 평균 중량 및 마리수 사이에 5% 유의수준에서 차이가 있는 것으로 나타났다. 통발에 의한 어획시험 결과, 전체 어획량은 적었으나 어초시설구가 비교구보다 마리수로는 3.2배, 중량으로는 5.0배의 어획 효과가 있었으며, 최소유의차로 검정한 결과, 시설구와 비교구 사이에는 중량에서만 5% 유의수준에서 차이가 있었다.

2000년 10월 어초시설구와 비교구 두 곳에서 많이 어획된 도다리의 전장은 어초시설구에서 $21.3 \pm 2.3\text{cm}$ 로 비교구의 $22.4 \pm 2.1\text{cm}$ 보다 작은 것으로 차이가 나타났다($p=0.01$), 체중은 어초시설구에서 $132.4 \pm 42.6\text{g}$, 비교구에서는 $155.0 \pm 46.1\text{g}$ 으로 시설구의 체중이 적은 것으로 나타났다($p=0.02$). 따라서, 시설구는 소형어의 성육장 역할을 하는 것으로 추정된다.

사이드스캔 소너에 의한 인공어초의 영상은 어초가 밀집하여 쌓인 것, 분산하여 시설된 것, 인공어초가 줄 또는 그물에 덮여 훼손된 것, 세굴현상이 일어난 것 및 어초의 일부가 매몰이 된 것을 보여주었다. 서해 같이 조류가 빠른 해역에서, 저질이 모래인 경우는 조류에 의해 표사 이동이 일어나므로, 현재의 적지선정 기준에 대해서 지역에 따른 특수성을 고려한 기준이 추가될 필요가 있는 것으로 판단되었다.

감사의 글

해상실험시 적극적으로 많은 도움을 주신 서해수산연구소 조사선 탐구2호의 당시 (고) 김현수 선장님과 선원들께 깊은 감사를 드립니다. 그리고, 자료 분석에 도움주신 서해수산연구소 박경수 박사님과 수중 카메라 작업으로 도움주신 미주하이텍의 여홍수님에게도 감사드리며, 세세한 지적과 수정으로 논문을 다듬어 주신 익명의 두 심사위원님들께도 깊이 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Pickering, H. and D. Whitmarsh (1997) : Artificial reefs and fisheries exploitation: a review of the 'attraction versus production' debate, the influence of design and its significance for policy. Fisheries research 31, 39~59.
- 김재오 · 김인옥 · 추해대 · 조성환 · 정창수 (1999) : 서해안 사각형 인공어초의 자원조성 효과에 관한 연구. 국립수산진흥원 연구보고 56, 27~34.
- 박해훈 · 신종근 · 임동현 · 조성환 (2001) : 서해안 인공어초 연구. 2000년도 서해수산연구소 사업 보고서, 69~86.
- 박해훈 · 신종근 · 임동현 (2002) : 서해안 인공어초 연구. 2001년도 서해수산연구소 사업보고서, 65~78.
- 서해수산연구소 (2003) : 사이드스캔 소너에 의한 경인 · 충남 해역 인공어초 상태조사. (인쇄중)
- 이정우 · 강영실 (1994) : 인공어초어장의 어류 군집상과 어획량 변동. 한국수산학회지, 27(5), 535~548.
- 柿元 皓 (1998) : 人工魚礁の生物學的機能解析に關する研究. 水産工學 35(1), 1~7.
- 柿元 皓 · 津村 憲 · 野田幹雄 (1998) : 人工魚礁による漁場増殖場造成. 水産工學 34(3), 305~311.

2003년 1월 13일 접수
2003년 7월 21일 수리