

## 강원도 해역에 시설된 인공어초의 보존상태

김완기† · 이지현\* · 김대권\*\* · 조규태\*\*\* · 안정미\*\*\*\* · 공용근\*\*\*\*\*

(원고접수일: 2007년 11월 6일, 심사완료일: 2007년 12월 13일)

### Stability of Artificial Reefs Installed in Gangwon Coastal Waters of the East Sea (Sea of Japan)

Wan-Ki Kim† · Ji-Hyun Lee\* · Dai-Kweon Kim\*\* · Qtae Jo\*\*\* · Jung-Mi Ahn\*\*\*\* · Yong-Geun Gong\*\*\*\*\*

**Abstract** : Stability and durability of the artificial reefs (ARs) installed for wildstock enhancement have been a key issue. We surveyed the stability of 4,044 artificial reefs installed at 5 sites (Gangeung, Donghae, Samcheok, Goseong, and Yangyang) along the Gangwon coast of the East Sea (Sea of Japan) through which 1 to 5 typhoons pass annually. The ARs surveyed were 7 types aging 1 to 4 years. The side scan sonar (SSS) and scuba diving surveys confirmed that the ARs stability was age and type-dependent. A total of 85.56% ARs remained safe, the rest 14.44% being influenced by physical parameters of the waters such as wave extremes mostly caused by typhoons. An interesting observation was that the AR were particularly vulnerable to the wave extremes in the first year of installation, thereafter being less damageable. Representative damages of the ARs were capsized (0.20%), broken (5.79%), sunk (0.27%), and buried (8.18%). By type, dice reef was most stable, while semicircle branch reef was most vulnerable.

**Key words** : Artificial reef (AR) (인공어초), Type (종류), Age (시설년도), Stability (안정성)

## 1. 서 론

인공어초 시설은 연안어장에 인공적인 구조물을 설치하여 수산생물의 서식과 산란 그리고 성육에 적합한 해양환경을 조성해 줌으로써, 수산생물의

휴식장, 섭이장 및 산란장을 제공하는 등 자원조성의 기반을 마련하는데 중요한 역할을 하고 있다. 그러나 태풍 경로에 있는 동해안에서 인공어초 투하사업은 구조물의 안정성이 사업성공 여부를 결정하는 중요한 요소이나, 이 분야에 대한 연구는 아

† 교신저자(국립수산과학원 동해수산연구소), E-mail : wgkin@hanmail.net, Tel : 033)660-8528

\* 국립수산과학원 동해수산연구소

\*\* 국립수산과학원 동해수산연구소

\*\*\* 국립수산과학원 동해수산연구소

\*\*\*\* 국립수산과학원 동해수산연구소

\*\*\*\*\* 국립수산과학원 동해수산연구소

적 미흡한 단계에 있는 실정이다. 국립수산물과학원에서는 1975년부터 인공어초 효과조사를 실시해 왔고, 2002년부터 기 시설된 인공어초를 대상으로 위치<sup>[2]</sup>, 기능성 및 안정성에 대한 연구를 행해 왔다.

인공어초의 안정성에 대한 대부분의 연구는 수리 실험 및 현장조사를 통해 흐름장과 파랑장의 환경에서 이루어져 왔으며, 이러한 결과를 바탕으로 인공어초의 안정성 평가에 국한하여 진행되어 왔다<sup>[5]</sup>. 따라서 인공어초의 기능성을 보다 정확히 이해하기 위해서 어초주변에서 발생하는 전도, 파손, 침하, 매물 등 보다 실제적이고 구체적인 피해를 파악하는 일이 매우 필요하다고 사료된다.

동해안은 남서해안에 비해 지형특성상 인공어초 시설에 더 많은 제약받을 수 있다. 가령, 부적절한 장소에 시설된 어초는 태풍 등의 극한 물리적 요소에 의해 유실 또는 파손으로 이어질 가능성이 높기 때문이다. 본 연구는 동해안의 5개 지역에 시설된 인공어초 4,044개를 사이드스캔소나(side scan sonar, SSS)와 잠수조사를 통해 종류별 연령별 보존상태를 비교분석하고자 한다. 이러한 연구결과는 추후 인공어초를 효율적으로 설계하고 시설하는데 필요한 자료가 될 것으로 판단된다.

## 2. 연구방법

### 2.1 조사지역 및 조사대상 어초

조사지역은 강릉시, 동해시, 삼척시, 고성군, 양양군 해역 506ha(10개 해역)를 대상으로 하였다. 어초는 2003년부터 2005년까지 시설된 세라믹어초, 신요철어초, 뿔삼각형어초, 반원가지형어초, 사각형어초, 2단상자형어초, 대형강제어초를 대상으로 조사하였다<sup>[3], [4], [7]</sup>.

### 2.2 파랑 자료수집

인공어초의 보존상태에 영향을 미치는 해양의 물리적인 변수의 하나인 파랑에 관한 자료는 2004년부터 2006년까지 동해안 해역에 설치된 압력센서가 부착된 고정부이(floated wave sensor)를 통하여 수집 활용하였다<sup>[1]</sup>.

### 2.3 인공어초 위치조사

2003년부터 2005년까지 강릉시, 동해시, 삼척시, 고성군, 양양군 해역 506ha, 10개 해역에 시설된 세라믹어초, 신요철어초, 뿔삼각형어초, 반원가지형어초, 사각형어초, 2단상자형어초, 대형강제어초를 대상으로 어초의 시설상태 및 보존상태(전도, 파손, 매물, 침하)를 조사하기 위해서 어초분포가 예상되는 조사해역 인공위성위치측정기(DGPS)와 연동한 수중 음향 영상기기인 SSS 조사를 실시하였다(Fig. 1).

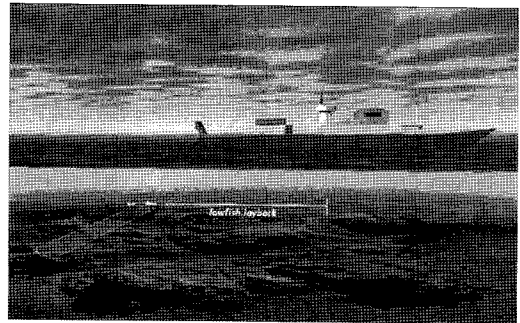


Fig. 1 Application of Side Scan for locating ARs installed for the study

### 2.4 시설상태조사

SSS 조사를 통해 위치를 확인한 후 잠수(scuba diving)에 의한 수중 비디오촬영 및 직접조사에 의해 시설상태를 확인하였다. 확인대상은 어초종류별 전체적인 배치상태, 파손, 전도, 매물, 침하 등의 상태를 육안으로 확인하여 기록하였다(Fig. 2).

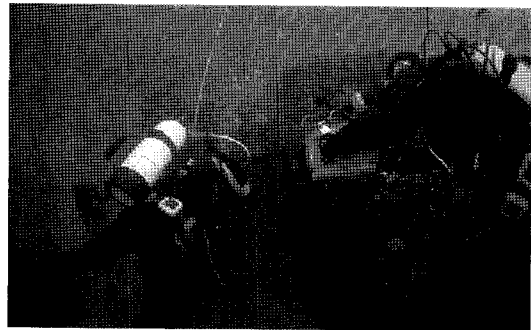


Fig. 2 Scuba diver survey of the study ARs

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 월평균 최대 파고의 비교분석

2004년부터 2006년까지의 월평균 최대 파고를 비교해본 결과 2004년도에는 12월이 2.37m로 가장 높았으며 3월이 0.50m로 가장 낮은 파고를 나타냈다. 2005년도의 경우 12월이 4.47m로 가장 높았으며, 3월이 0.07m로 가장 낮게 나타났다. 2006년도의 경우 11월이 3.57m로 가장 높았으며, 6월이 1.33m로 가장 낮게 나타났다. 년도별 최대파고를 비교해보면 2006년도의 파고높이는 6월, 7월, 12월을 제외하고는 2004년과 2005년보다 높게 나타났다(Fig 3). 한편 파랑관측이 되지 않았던 월이 나타났는데 8월 이후의 경우 2004년부터 2006년까지 매년 여름에 1회에서 5회까지 우리나라에 영향을 준 태풍이 원인이라고 추측되어진다. 또한 2004년의 경우 9월에서 11월까지 조사되지 않았는데 이는 2004년 8월에 3회에 걸쳐 태풍이 내습하였고 9월에도 1회 태풍이 통과하였기 때문이라고 사료되어진다. 이상의 결과를 종합하면 대상해역에서의 경년별 파랑특성은 대체적으로 2004년의 파고가 가장 낮고 2006년의 경우가 가장 높은 결과를 나타내었다.

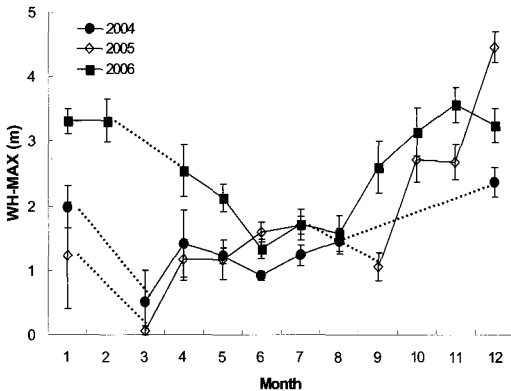


Fig. 3 Monthly variation of Maximum wave height (WH-Max) in years 2004 to 2006

#### 3.2 인공어초 시설위치 및 수량

시설된 인공어초에 대한 조사를 실시한 결과 조

사량은 총 10개 구역, 4,044개로 100%의 확인율을 보였다(Table 1). 이는 대부분의 조사대상어초가 정확한 보존상태를 파악하기 위해 시설결과가 짙고 어초위치좌표 측정체계(WGS-84)의 틀이 잡힌 2003년 이후의 어초어장을 선정하여 조사하였기 때문이라고 사료된다(Fig 4).

Table 1 AR installation by site

Location	Type	AR area (ha)	No. AR
Gangeung	F	53	8
	C	50	820
Donghae	E	50	490
	B	48	360
Samcheok	G	91	4
	D	25	70
Goseong	E	50	610
	A	42	50
Yangyang	E	108	375
	C	43	1,275
Total		560	4,044

A, Bio ceramics reef; B, New unevenness reef; C, Horn triangle reef; D, Semicircle branch reef; E, Dice reef; F, Big bunk steel reef; G, Large type steel reef

#### 3.3 인공어초 시설상태

어초시설상태는 Fig. 4와 같이 인공어초 4,044개중 3,460개의 인공어초가 안정한 상태를 유지하였으며, 584개의 인공어초는 해양의 물리적인 변수에 의해 영향을 받은 것으로 나타났으며, 대표적으로 전도(8개), 파손(234개), 침하(11개) 그리고 세굴(331개)현상이 나타난 것으로 조사되었다.

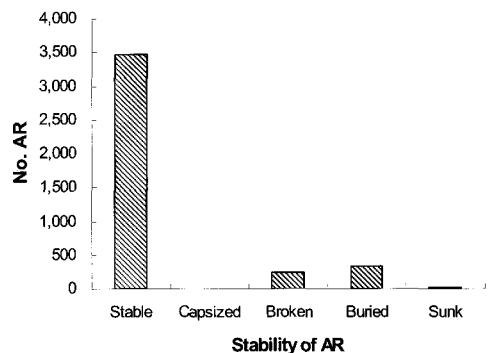


Fig. 4 Number of AR showing a different degree of stability

3.4 시설년도에 따른 시설상태

인공어초 시설년도에 따른 상태를 살펴보면 2003년도에 시설한 어초는 모두 사각형으로 총 1,100개중 49개가 일부분 파손이 되었고 11개가 0.1-0.8m 매몰되었으며, 5개가 0.1-0.8m 정도 침하되었다. 2004년도에 시설한 어초는 뿔삼각형과 세라믹으로 총 1,307개중 83개가 일부분 파손되었고, 61개가 0.2-0.4m정도 매몰되었으며, 전도와 침하현상은 나타나지 않았다. 2005년도에 시설한 어초는 세라믹을 제외한 6가지로 총 1,637개중 8개가 전도되었고, 102개가 침하되었으며, 259개가 0.2-1.3m정도 매몰되었고, 6개가 0.2-1.5m 정도 침하되었다(Table 2).

Table 2 AR stability by age, type and sediment type

Year	Type of Sediment	Type	No. AR	Stability of AR				
				S.b.	C.z.	B.k.	B.r.	S.n.
2003	Sand	E	1,100	1,033	-	49	11 (0.1-0.8m)	5 (0.1-0.8m)
2004	Sand > Gravel	C > A	1,307	1,163	-	83	61 (0.2-0.4m)	-
2005	Sand > Gravel	C > E > B > D > F > G	1,637	1,264	8	102	259 (0.2-1.3m)	6 (0.2-1.5m)
Total			4,044	3,460	8	234	331 (0.1-1.3m)	11 (0.1-1.5m)

A, Bio ceramics reef; B, New unevenness reef; C, Horn triangle reef; D, Semicircle branch reef; E, Dice reef; F, Big bunk steel reef; G, Large type steel reef; S.b., Stable; C.z., Capsized; B.k., Broken; B.r., Buried; S.n., Sunk

이를 종합해보면 2003년도의 경우 약 93.9%, 2004년의 경우 약 88.9%, 2005년도의 경우 약 77.2%의 안정성을 나타내었다. 전체 평균은 약 85.6%에 해당한다. 따라서 2003년도에 시설한 인공어초의 안정성이 높았으며, 2005년도에 시설한 인공어초의 안정성이 가장 낮게 나타났다. 인공어초의 안정성과 상술한 경년별 해양파랑과 비교했을 때(Fig 3), 어초의 안정성은 해양내습파랑이 작은 연도에 설치된 인공어초가 안정성이 높으며 이를 통해 어초시설 후 1년 동안의 해양파랑이 어초의 안정성에 직접적으로 영향을 미치는 것으로 판단된

다. 이 기간은 어초가 안정한 상태로 되기 위한 최소한의 기간으로 판단되며, 이점에 대해서는 향후 연구가 필요한 것으로 사료된다.

3.5 종류별에 따른 시설상태

어초종류별에 따른 시설상태를 살펴보면

패·조류용인 세라믹어초의 경우 시설된 50개의 어초 중 1개의 어초에서만 0.25m정도가 매몰되었다. 신요철형어초의 경우 시설된 360개의 어초 중 3개의 어초에서 0.2-0.45m가 매몰되었고, 1개가 0.2-0.45m 정도가 침하되었다. 뿔삼각형어초의 경우 시설된 2,077개의 어초 중 145개의 어초가 부분적으로 파손되었고, 170개의 어초가 0.2-0.4m 정도 매몰되었다. 반원가지형어초의 경우 시설된 70개의 어초 중 8개가 전도되었고 23개가 파손되었으며, 매몰과 침하는 나타나지 않았다. 한편 어류용인 사각형어초는 시설된 1,475개의 어초 중 66개가 일부분 파손되었고, 152개가 0.1-0.8m정도가 매몰되었으며, 5개가 0.1-0.8m정도가 침하되었다. 2단상자형어초의 경우 시설된 8기의 어초

Table 3 Stability of AR by type and sediment type

Type of AR	Type of sediment	No. AR	Stability of AR				
			S.b.	C.z.	B.k.	B.r.	S.n.
AR for shellfishes & seaweeds	A Sand	50	49	-	-	1 (0.25m)	-
	B Sand	360	356	-	-	3 (0.2-0.45m)	1 (0.2-0.45m)
	C Gravel > Sand	2,077	1,762	-	-	170 (0.2-0.4m)	-
	D Gravel	70	39	8	23	-	-
AR for Fishes	E Sand > Gravel	1,475	1,252	-	-	66 (0.1-0.8m)	5 (0.1-0.8m)
	F Sand	8	-	-	-	5 (0.2-0.3m)	3 (0.2-0.3m)
	G Sand	4	2	-	-	-	2 (1.3-1.5m)
Total		4,044	3,460	8	234	331 (0.1-1.3m)	11 (0.1-1.5m)

A, Bio ceramics reef; B, New unevenness reef; C, Horn triangle reef; D, Semicircle branch reef; E, Dice reef; F, Big bunk steel reef; G, Large type steel reef; S.b., Stable; C.z., Capsized; B.k., Broken; B.r., Buried; S.n., Sunk

중 전도와 파손은 없었으며, 5기가 0.2-0.3m정도 매몰되었으며, 3기가 0.2-0.3m정도 침하되었다. 대형강제어초의 경우 시설된 4기의 어초 중 전도, 파손, 매몰현상은 없었으며 다만 2기에서 1.3-1.5m의 침하가 나타났다(Table 3).

이를 종합해보면 사질에 시설된 세라믹어초, 신요철형어초, 2단상자형어초, 대형강제어초는 전도와 파손현상이 나타나지 않았으나 매몰과 침하현상이 나타났다(Fig 5), 암반, 자갈에 시설된 뿔삼각형어초, 반원가지형어초, 사각형어초는 파손현상이 나타났으며, 반원가지형어초는 어초 특성상 전도현상이 나타났다(Fig 6). 이는 인공어초의 안정성은 시설된 지역의 지질에 영향을 받는 것으로 사료되어진다.

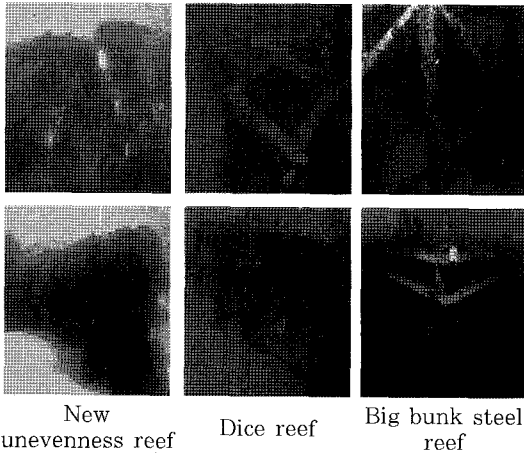


Fig. 5 ARs buried (top) and sunk (bottom).

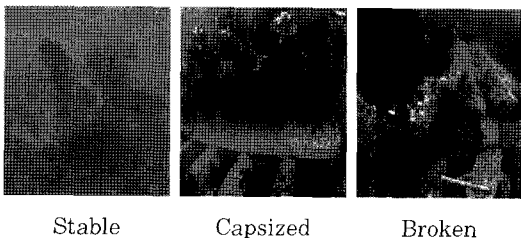


Fig. 6 Semicircle branch reef stable (left), capsized (middle) and broken (right).

#### 4. 결 론

본 연구에서는 음향조사(SSS)와 잠수조사를 병

행하여 실시하는 것이 인공어초의 시설상태를 효과적으로 조사할 수 있는 방법이라고 사료된다.

또한 인공어초의 보존상태를 종합하여 살펴본 결과 대체적으로 시설된 어초의 상태는 안정하였다. 그중 사각형어초가 다른 어초보다 안정한 상태를 나타낸 반면 반원가지어초는 다른 어초보다 안정하지 못한 상태를 나타내었다. 이는 시설된 저질상태와 시설할 때의 태풍 및 파랑 등의 해양의 물리적인 영향이라고 사료된다.

인공어초의 안정성은 시설 후 1년 동안의 해황과 관련이 있는 것으로 나타났다. 이 기간동안 인공어초의 안정성은 시설한 저질상태와 파랑의 영향을 받으며, 외부적 해양환경은 어초의 기능에 직접적 영향을 주는 것과 동시에 인공어초가 정적상태를 유지하지 못하게 한다고 추정된다<sup>[6]</sup>.

그러므로 어초 주변의 기본적인 흐름특성과 관련한 수리실험을 병행하여 수치모델화 하는 연구는 필요하며 이러한 연구는 인공어초의 보존상태를 알아보기 위한 필수적인 일이라고 사료된다.

#### 참고문헌

- [1] 기상청, "기상월보-2004.01-2006. 12", 2004-2006.
- [2] 김창길, "한국의 인공어초", 미국어업학회지, Vol. 26, No. 12, pp. 15-18, 2001.
- [3] 동해수산연구소, 강원도, "2004년도 강원도 인공어초어장관리 조사보고서", pp. 526, 2005.
- [4] 동해수산연구소, 강원도, "2005년도 강원도 인공어초어장관리 조사보고서", pp. 592, 2006.
- [5] 류청로, 김현주, 이한수, 신동일, "생태계 제어 시설물의 설계 및 배치 최적화(2)-흐름장에서 인공어초 침하 및 매몰 특성", 한국수산학회지, Vol. 30, No. 1, pp. 139-147, 1997.
- [6] 윤상준, "비정상 흐름장의 인공어초 침하특성에 관한 실험적 연구", 부경대학교 해양공학과 공학석사 학위논문, 2001.
- [7] 한국해양수산부 · 국립수산과학원, "인공어초시설 실적", 한국해양수산부, pp. 140, 2004.

## 저 자 소 개



### 김완기(金完起)

1961년 4월생. 2004년 부경대학교 수산 생물학과 졸업(이학박사). 1986-현재 국립수산과학원 동해수산연구소, 해양수산연구소



### 이지현(李智賢)

1981년 8월생. 2007년 순천향대학교 생물학과 재학중(박사과정). 2006-현재 국립수산과학원 동해수산연구소, 인턴연구원



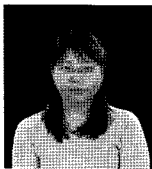
### 김대권(金大權)

1956년 8월생. 2006년 제주대학교 수산 생물학과 졸업(이학박사). 1976-현재 국립수산과학원 동해수산연구소, 해양수산연구소



### 조규태(曹圭泰)

1960년 12월생. 1998년 부산대학교 분자생물학과 졸업(이학박사). 1989-현재 국립수산과학원 동해수산연구소 해양수산연구소



### 안정미(安正美)

1983년 8월생. 2007년 강릉대 해양생물 공학과 재학중(석사과정). 2006-현재 국립수산과학원 동해수산연구소 연구



### 공용근(孔龍根)

1955년 10월생. 1999 인제대학교 생물학과 졸업(이학박사). 1981-현재 국립수산과학원 동해수산연구소, 증식연구팀장