

경상북도 포항시 해역에 시설된(1981-2004년) 사각형 어초의 상태조사

조용철¹ · 김완기¹ · 이채성¹ · 김남일[†]

(원고접수일 : 2009년 9월 10일, 원고수정일 : 2009년 11월 11일, 심사완료일 : 2009년 12월 4일)

Investigation of Dice Artificial Reef Stability Installed (1981-2004 years) on Pohang Coast of the East Sea

Yong-Chul Cho¹ · Wan-Ki Kim¹ · Chae-Sung Lee¹ · Nam-Il Kim[†]

요 약 : 인공어초의 구조적 설치로 인하여 흐름의 변화가 생기며, 이로 인한 인공어초 주변의 퇴적물 수송은 침전과 매몰뿐만 아니라 저질 환경에도 영향을 미친다. 본 조사는 경상북도 포항시 해역에 시설된 사각형 어초의 시설상태를 파악하기 위하여 수중음향 영상기기인 사이드 스캔 소나(SSS), 인공위성 위치 측정기(DGPS)와 잠수조사를 통한 조사를 실시하였다. 조사 결과, 총 139개소에서 10,526개의 사각형 어초가 발견되었으며, 어초 기능 유지에 영향을 미치는 수준으로 판단되는 0.5m 이상의 매몰과 세굴은 각각 4개소(0.5~1.2m, 2.9%)와 3개소(0.5m, 2.2%)로 나타났다. 파손의 경우 10,526개의 발견된 사각형 어초 중 183개(1.74%)로 나타났다. 따라서 포항시 해역에 시설된 사각형 인공어초의 시설상태는 비교적 안정적인 것으로 나타났다.

주제어 : 인공어초, 사각형 어초, 매몰, 세굴, 파손

Abstract: Sediment transport around artificial habitat which is induced by the change of flow due to installation of the structure plays a role not only as a defect function of subsidence and burial but also bottom-environment control function. Using Side Scan Sonar (SSS), Differential Global Positioning System (DGPS) and Scuba diving equipment, we investigated a facility condition of a dice reef installed on Pohang coast of the East Sea. Investigation result, at total 139 place, 10,526 dice reef was discovered. As the level which affects function of the above 0.5m, the case 4 place of burial (0.5~1.2m, 2.9%), scour appeared with 3 place (0.5m, 2.2%) and broken was appeared with 183 artificial reefs (1.74%). As a result, dice reef installed Pohang coast appeared to mostly stable.

Key words: Artificial reef, Dice reef, Burial, Scour, Broken

1. 서 론

인공어초는 연안어장에 인공적인 구조물을 설치하여 수산생물의 서식과 산란, 그리고 성육에 적합한 해양환경을 조성해 줌으로써, 수산생물의 휴식

장, 섭이장 및 산란장을 제공하는 등 자원조성의 기반을 마련하는데 중요한 역할을 하고 있다[1]. 이러한 수산자원의 보호와 증식을 위하여 국내나 국외(일본, 유럽 등)에서도 인공어초를 수중에 시

[†] 교신저자(국립수산과학원 동해수산연구소 증식과, E-mail wbighead@nfrdi.go.kr, Tel: 033-660-8592)

¹ 국립수산과학원 동해수산연구소 증식과

설하였으며, 한국의 경우 정책사업의 일환으로 1971년부터 시작하여 2008년까지 약 20만ha의 전국 연안에 다양한 종류의 인공어초를 시설해왔다. 어초 종류별로는 25여종의 어초가 시설되었으며, 그 중 사각형 어초가 68.9%로 가장 많이 시설되었다.

어초의 기능 유지를 최대도 하기 위해서는 어초가 작용세력에 의해 전도 활동 되지 않아야 할 뿐만 아니라 어초가 침하나 매몰에 의해서 기능이 저하되지 않도록 유지 관리해야한다[3]. 그러나 사각형 어초의 설치 저질은 주로 사질대 이므로 어초 주변의 국소 세굴 및 이에 의한 침하, 매몰 등이 예측된다. 이러한 어초가 투하되기 전 많은 수리실험과 현장조사의 흐름장과 파랑장에 대하여 많은 연구를 하게 되는데 현재 인공어초 주위의 세굴·침하와 관련된 안정성에 대한 연구는 아직 미비한 실정이며, 어초 투하 후, 어초의 기능 유지를 최대도 하기 위한 적절한 방법이 필요하다.

본 연구는 동해안에 시설된 인공어초 시설 사업의 효율적인 추진과 인공어초 시설 어장의 과학적인 관리를 위한 기초자료 수집을 위하여 경상북도 포항시 해역에 시설된 사각형 어초를 대상으로 실시하였으며 어초의 시설위치를 파악하기 위하여 인공위성 위치 측정기(Differential Global Positioning System, DGPS)와 연동한 수중음향 영상기기인 사이드 스캔 소나(Side Scan Sonar, SSS)를 사용하였으며, 어초의 매몰, 세굴 및 파손의 상태를 파악하기 위하여 잠수조사(Scuba diving)를 실시하였다. 또한, 인공어초의 시설상태에 영향을 미치는 파도와 조류 및 해양환경에 대한 영향을 비교하기 위하여 파도 생성에 영향을 미치는 풍속, 풍향 그리고 태풍발생을 2007년 6월부터 2008년 12월 까지 기상청으로부터 자료를 수집하여 해황 변화에 따른 인공어초의 시설 안정성을 비교, 분석 하였다.

2. 조사방법

2.1 조사지역

조사위치는 경상북도 포항시 북구 청하면 방어리에서부터 남구 구룡포읍 구평리 까지의 해역에

1981년부터 2004년도까지 시설된 사각형 인공어초를 대상으로 2006년 6월 부터 2007년 12월까지 약 18개월간 조사를 실시하였다(Figure 1).

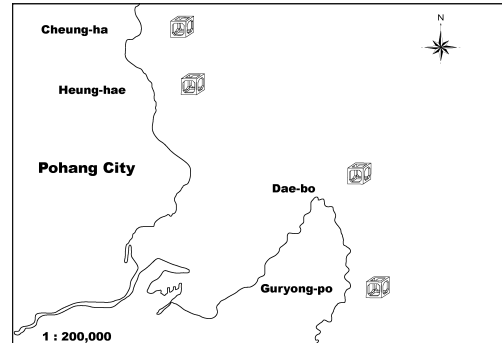


Figure 1: Map showing the location of artificial reef used in this study.

2.2 포항 해역의 기상변화

인공어초의 안정성에 직접적으로 영향을 미치는 요인 중에 하나인 해황에 대한 정보를 파악하기 위하여 기상청 자료인 2006년, 2007년도 기상월보 및 기상연보를 토대로 하여, 조사기간 동안의 포항 해역의 풍향 및 발생한 태풍에 대한 자료를 수집, 비교 하였다. 또한 포항 해역의 풍향 및 풍속을 효과적으로 나타내기 위하여 windmaster v2.0 program을 이용하여 바람장미(Wind-rose)와 풍속 시계열 그래프(Time-series)로 나타내었다.

2.3 사각형 어초의 위치 및 시설상태 조사

어초의 정확한 위치 파악을 위하여 어초의 분포가 예상되는 조사해역을 대상으로 인공위성 위치 측정기와 연동한 수중 음향 영상기기인 사이드 스캔 소나를 이용하여 정밀어초영상을 조사한 후 해저지형 정밀조사기기인 멀티빔 에코 사운더(Multi Beam Eco Sounder, MBES)를 운용하여 사각형 인공어초의 정확한 위치와 수심을 조사하였다(Figure 2).

이러한 사이드 스캔 소나를 통하여 확인된 어초의 정확한 상태를 파악하기 위하여 조사 선박의 세계 측지계(WGS-84) 좌표를 이용하여 선박의 현 위치를 확인하고, 전문 다이버(Scuba diver)에

의한 육안관찰로 인공어초의 배치상태 및 인공어초의 기능에 영향을 끼치는 매물, 세굴, 파손 등의 상태를 비디오(Sony PD-150)와 카메라 촬영(Canon 400D)를 이용하여 조사를 실시하였다(Figure 3).

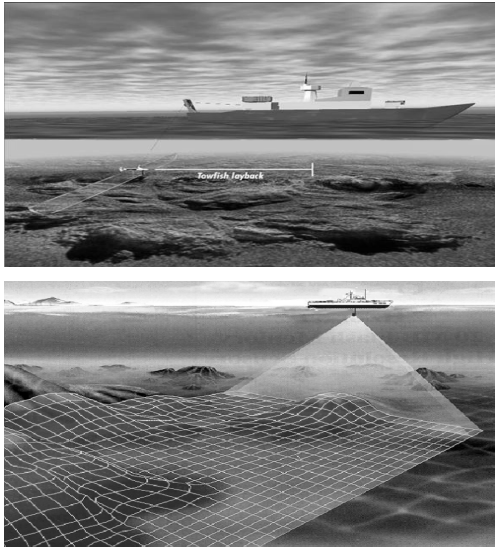


Figure 2: Pictures showing the Investigation of SSS and DGPS used in this study.

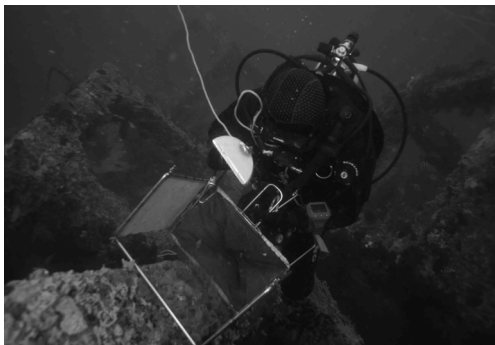


Figure 3: Picture showing the sampling on dice reef by scuba diver.

3. 결과 및 고찰

3.1 포항 해역의 기상 변화

2006년 6월부터 2007년 12월까지 포항시의 풍속 변화를 관찰 해본 결과, 다음의 바람장미와 시

계열 그래프로 나타냈다(Figure 4). 2006년의 평균 풍속, 풍향의 경우, 남서풍과 북동풍으로 치우쳐 있음을 확인할 수 있었으며 2007년은 남서쪽으로 풍향이 치우쳐 있음을 확인할 수 있었다. 우리나라 특성상 편서풍 지역이나, 포항시의 경우 지역적 특색과 해양환경에 영향을 많이 받으므로 남동이나 북동으로 많이 치우침을 확인할 수 있었다.

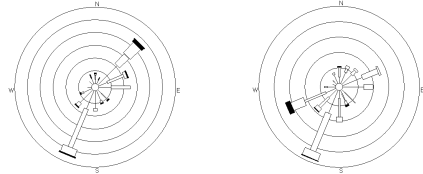


Figure 4: Graph showing the Wind-rose from June 1, 2006 to December 31, 2007 by wind master v2.0.

또한, 조사기간 동안의 풍속, 풍향을 시계열 그래프로 표현한 결과, 대부분 3m/sec의 풍속을 보였으나, 2006년의 경우, 여름과 겨울은 다른 계절에 비해 다소 강한 풍속을 보였으며, 2007년의 경우에도 마찬가지로 여름철과 겨울철에 다소 강한 풍속을 보였다(Figure 5).

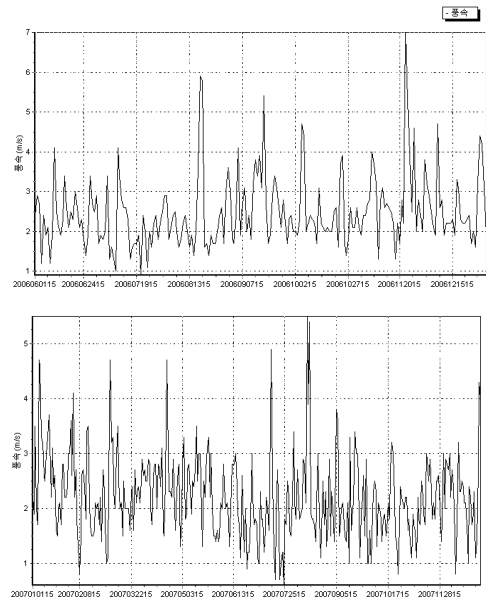


Figure 5: Graph showing the Time-series from June 1, 2006 to December 31, 2007 by wind master v2.0.

3.2 포항 해역의 사각형 어초 시설상태

포항시 청하면 방어리에서 포항시 구룡포읍 구룡리까지의 해역에 시설된 사각형 인공어초는 총 139개소 10,526개로 발견되었다. 사각형 어초의 시설수심은 어류용 어초인 관계로 수심 20m 이상 해역에 고루 시설되어 있었다. 지역별 사각형 어초의 시설개소를 비교하여 보면, 흥해읍에서 52개소로 가장 많은 개소수를 보였으며 상대적으로 대보면의 경우 18개소로 낮은 개소수를 보였다 (Figure 6). 한편 어초가 시설된 해역의 저질은 니사질, 사질 및 암반 등으로 다양하게 형성되어 있었다.

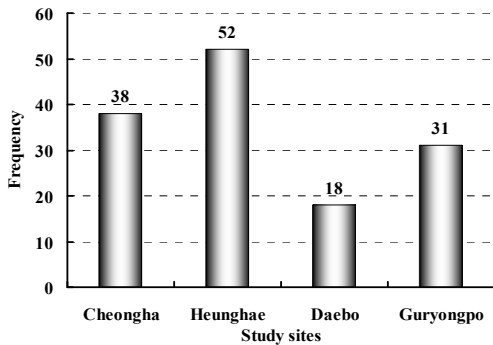


Figure 6: Number of dice reef installed at various study sites.

조사해역에 시설된 사각형 어초의 매몰 및 세굴 정도를 조사한 결과, 대부분의 사각형 어초에서 매몰, 세굴이 발견되지 않았으며, 어초의 기능상 영향을 미치는 수준이라고 판단되는 매몰 및 세굴의 깊이가 0.5m 이상의 어초는 매몰의 경우 0.5m에서 2개소(1.4%), 세굴은 3개소(2.2%)로 나타났으며, 0.6m이상의 어초는 매몰의 경우 2개소(1.4%)로 나타났으며, 세굴은 더 이상 보이지 않았다(Figure 7).

3.3 지역별 사각형 어초 시설상태

조사해역별 지역에 따라, 포항시를 4지역으로 구분하여 사각형 어초의 시설상태를 확인하였다. Table 1에서 볼 수 있듯이, 흥해읍에서 52개소로 가장 많은 발견율을 보였다. 대보면의 경우 매몰은 11개소, 61.1%로 상대적으로 높았으며, 어초의

영향을 미치는 0.5m이상인 곳이 4개소로 다른 지역에 비해 매몰현상이 높음을 알 수 있었다. 세굴의 경우도 대보면에서 0.5m이상인 곳이 2개소로 다른 지역에 비해 대보면이 매몰, 세굴의 현상이 심화됨을 알 수 있었다. 한편, 파손은 흥해읍에서 34개로 4지역 가운데 가장 높은 파손율을 보였다. 이 결과로부터, 포항시 해역의 사각형 어초는 비교적 매몰과 세굴에 안정적인 것으로 보여지며, 이는 어초의 기능에 영향을 미치는 요인 중 하나인 파도 및 조류 등 해수의 흐름에 따른 부유사와 소류사의 변동이 적었던 것으로 사료된다.

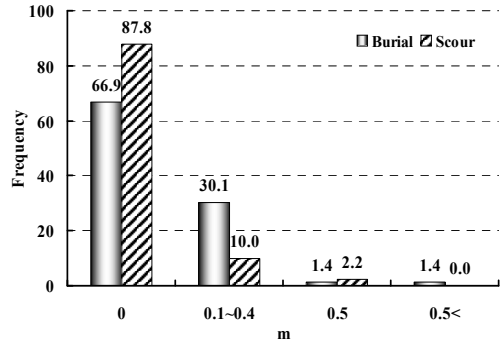


Figure 7: Burial and Scour appearance frequency of dice reef.

Table 1: Stability of dice reef installed at various study sites.

Site	No. ARs	Burial	Scour	Broken
Cheongha	38	5 (13.2%)	5 (13.2%)	34
		5 (0.1~0.2m)	5 (0.1~0.3m)	
Heunghae	52	12 (23.1%)	2 (3.8%)	15
		12 (0.1~0.3m)	1 (0.3m)	
		-	1 (0.5m)	
Daebo	18	11 (61.1%)	4 (22.2%)	4
		7 (0.1~0.3m)	2 (0.2m)	
		4 (0.5~1.2m)	2 (0.5m)	
Guryongpo	31	18 (58.1%)	6 (19.4%)	5
		18 (0.1~0.3m)	6 (0.2~0.4m)	

3.4 연도별 사각형 어초 시설상태

사각형 어초의 시설상태를 연도별로 비교하였을 때, 1980년도에 사각형 어초의 시설량이 87개소로 가장 많이 사용되었음을 알 수 있었으며, 어초의 대형화와 다양성에 따라 사각형 어초의 투하 빈도가 시간이 흐를수록 낮아짐을 알 수 있었다. 1980년대의 경우 매몰, 세굴 및 파손이 가장 높았으며, 이는 시간에 따른 해양환경의 변화에 의한 것으로 판단되어 진다. 1980년대의 어초 중 3개소에서 0.5m이상의 매몰현상을 보였으며, 세굴은 3개소의 어초에서 나타났다(Table 2).

3.5 저질별 사각형 어초 시설상태

어초의 매몰과 세굴, 파손에 가장 많은 영향을 끼칠 것으로 판단되는 저질에 따른 시설상태를 확인한 결과 니사질 지역에서 매몰과 세굴 현상을 보였으며 이중 0.5m이상은 매몰의 경우 3개소, 세굴의 경우 1개소에서 나타났다. 파손의 경우 니사질, 사질 지역에 비해 암반 지역에서 26개로 파손정도가 심한 것을 알 수 있었다(Table 3). 여기서 암반지역이란, 지속적인 암반 지역이 아닌 사질과 암반이 혼재된 지역이다.

Table 2: Stability of dice reef installed according to years.

Year	No. ARs	Burial	Scour	Broken
'80	87	20 (0.1~0.3m)	3 (0.2~0.3m)	46
		3 (0.5~1.2m)	3 (0.5m)	
'90	32	14 (0.1~0.3m)	6 (0.1~0.4m)	10
		9 (0.1~0.3m)	3 (0.2~0.3m)	
'00	20	1 (0.5m)	-	2

4. 결 론

인공어초 주변의 저질 이동 특성은 인공어초의 설치에 따른 흐름의 축류, 와류 등과 밀접하게 관련이 있다[3]. 인공어초의 설치에 따른 주변의 세굴과 매몰의 과정 및 특성은 주변의 흐름장의 변화 차이에 따라 변하게 된다. 이러한 매몰과 세굴 파

손의 현상을 파악하고 어초의 기능을 상실하지 않기 위해 유지 관리하기 위해서는 앞서 제시한 사이드 스캔 소나와 멀티빔, 잠수조사방법을 병행하여 이용하는 것이 효과적이라고 생각된다.

본 조사 결과 포항시 해역에 시설된 사각형 어초의 시설상태는 대체적으로 양호한 상태로 나타났으며, 지역별, 시설연도별, 저질 상태에 따라 약간의 차이가 있음을 알 수 있었으며, 특히 저질상태에 따라 연약지반인 니사질과 사질지역에서 매몰과 세굴 현상이 많음을 알 수 있었고, 암반지역의 경우 조류 및 파도의 영향으로 전도현상이 일어날 가능성이 크며 본 조사에서도 파손이 있었음을 볼 수 있었다.

지역별 시설상태를 확인해본 결과, 대보면에서 어초 안정성이 낮은 것을 확인할 수 있었는데 이는 대보면의 지형 특성상 조류와 파도가 연중 심한 지역으로, 실제로 여름 한철의 경우를 제외하고, 조업이 힘들 정도로 조류와 파도가 센 곳으로 확인되었다.

Table 3: Stability of dice reef by Bottom material types.

Bottom material	No. ARs	Burial	Scour	Broken
Fine sand	56	21 (0.1~0.3m)	9 (0.2~0.4m)	12
		3 (0.5~1.2m)	1 (0.5m)	
Sand	41	11 (0.1~0.2m)	3 (0.1~0.3m)	20
		10 (0.1~0.3m)	2 (0.2~0.3m)	
Reef	42	1 (0.5m)	1 (0.5m)	26

어초의 상태는 그 지역의 해황변동과 기상악변과 같은 물리적 변화(파도, 조류 및 태풍 등)에 따라 바뀌게 된다. 동해안 특성상 서해안과 남해안과는 다르게 조류에 대한 영향은 덜 받으나 파도에 대한 영향을 많이 받게 되며, 연간 복상하는 태풍에도 영향을 받는다. 조사기간(2006~2007년) 사이에는 2006년 에위니아(EWINIAR), 우쿵(WUKING), 산산(SHANSHAN), 2007년에는 우사기(USAGI), 나리(NARI), 위파(WIPHA)와 같은 태풍이 복상하여 포항해역에 직접적으로 영향을 주었으나[5],

어초의 기능에 영향을 끼치는 3요소(매몰, 세굴, 파손)의 결과로 보아, 태풍에 대한 영향은 비교적 미약한 것으로 사료된다. 이는 어류용 어초의 특성상 시설 수심이 20m 이상의 깊은 수심에 주로 시설되어 상대적으로 시설수심이 얇은 패조류용 어초나 해중립초에 비해 해황의 영향을 상대적으로 덜 받기 때문으로 판단되어 진다.

따라서, 인공어초의 효과적인 관리를 위해서는 앞서 사용한 사이드 스캔 소나와 인공위성 위치 측정기, 잠수조사를 병행하여 조사하는 것이 효율적으로 사료되며, 앞으로 변화하는 해황 악변에 대비, 기상청과 연계를 통하여 인공어초의 투하와 사후관리에 대한 좀더 체계적이고 효과적인 관리 방안이 필요하다고 사료된다.

참고문헌

- [1] 국립수산과학원 동해수산연구소, 2006년도 경상북도 인공어초 어장관리 조사보고서 국립수산과학원 동해수산연구소, 2007.
- [2] 국립수산과학원 동해수산연구소, 2006년도 강원도 인공어초 어장관리 조사보고서 국립수산과학원 동해수산연구소, 2007.
- [3] C. R. Ryu, H. J. Kim, H. S. Lee and D. I. Shin, "Structural and layout design optimization of ecosystem control structures. (2) -Characteristics of subsidence and burial of artificial habitat due to sediment transport in flow field-" Journal of the Korean Fish Society, vol. 30, no. 1, pp. 139-147, 1997(in Korean).
- [4] H. H. Park, J. K. Shin, J. O. Kim, S. Y. Park, H. S. Kim, D. H. Lim, Y. C. Park, S. H. Cho, S. H. Hong, J. W. Lee and B. G. Ahn, "An effect on fisheries resource 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, vol. 39, no. 3, pp. 230-238, 2003(in Korean).
- [5] 기상청, "기상연보 · 기상월보", 기상청, 2006, 2007.
- [6] 김대권, 김완기, 손용수, 윤장택, 공용근, 김영대, 이지현, "동해안 사질지반에 시설된 인공어초 3종의 매몰 특성" 한국마린엔지니어링학회지, 제32권, 제2호, pp. 359-364, 2008.
- [7] 김완기, 이지현, 김대권, 조규태, 안정미, 공용근, "강원도 해역에 시설된 인공어초의 보존상태", 한국마린엔지니어링학회지, 제32권, 제1호, pp. 200-205, 2008.

저 자 소 개



조용철(趙鏞哲)

1979년 부산수산대학교 수산증식학과(학사), 1986년 부경대학교 수산생물학과(수산학석사), 1999년 부경대학교 수산생물학과(수산학박사), 1978년 - 2009년 현재 국립수산과학원 근무, 동해수산연구소 자원조성 선임연구원. 관심분야: 새로운 해조류 양식 품종 개발, 바다목장, 바다숲 조성사업



김완기(金完起)

1987년 부산수산대학교 양식과(학사), 1995년 강릉대학교 생물학과(이학석사), 2004년 부경대학교 수산생물학과(이학박사), 1986년 - 2009년 현재 국립수산과학원 근무, 동해수산연구소 해양수산연구소. 관심분야: 인공어초 연구



이채성(李彩成)

1992년 동의대학교 생물학과(이학석사), 1996년 제주대학교 수산생물학과(이학박사), 2009년 현재 국립수산과학원 근무, 동해수산연구소 증식과장. 관심분야: 수산 증양식



김남일(金南一)

2007년 강릉대학교 자원육성전공(학사), 2009년 강릉대학교 해양생물공학과(이학석사), 2007 - 2009년 현재 국립수산과학원 근무, 동해수산연구소 인턴연구원. 관심분야: 수산 증양식