

Original Article

국내 일반어초의 자원조성 효과 평가 연구

윤한삼[†]

부경대학교 생태공학과

Evaluation of Fishery Resource Enhancement by General Artificial Reefs in South Korea

Hansam Yoon[†]

Department of Ecological Engineering, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

요 약

본 연구에서는 현재까지 등록된 일반어초 79종 중에서 22개 시험어초 효과조사 보고서를 수집하여 보고서에 담긴 효과조사 방법 및 효과조사 결과를 비교하고자 하였다. 그 결과로서 시험어초의 높이, 중량, 공영적의 관계를 살펴본 결과에 따르면 어초 중량이 클수록 어초 높이가 크다는 것을 알 수 있으며, 콘크리트 어초보다 강제어초가 구조물의 중량은 2배, 공용적비는 약 3배를 가지고 있음을 알 수 있었다. 이를 통해 본 연구에서는 향후 어초 개발자가 초기 어초 개념 설계시에 활용 가능한 일차 직선식 모델식을 제안하였다. 대상으로 하는 시험어초의 어획 효과는 어초 시설지가 대조구에 비해 대체로 1~3배 증가하는 것을 알 수 있다.

Abstract – To evaluate the enhancement of fishery resources by general artificial reefs (ARs) in South Korea, we compared the survey methods and experimental results of 22 trial ARs among 79 general ARs registered to date. The results can be summarized as follows. (1) Based on an evaluation of the relationships among the height, weight, and apparent facility volume of each trial ARs, reef weight and reef height were positively correlated. (2) The weight of the structures was twice that of the concrete reefs, and the compass ratio was about three times that of concrete reefs. (3) We proposed a linear equation model that can be used in conceptual designs for the development of new ARs. (4) The tested reptile catching effect was 1–3 times higher than that of the control plot.

Keywords: General artificial reef(일반어초), Trial artificial reef(시험어초), Fishery resources enhancement(수산 자원조성), Effect evaluation(효과평가), Catching effect(어획효과)

1. 서 론

인공어초(Artificial reefs)는 인공적으로 해저나 해중에 구조물을 설치하여 대상 해양생물을 정착시키거나 끌어 모으고, 그에 대한 보호와 배양하는 것을 목적으로 하는 어장시설로 해양생물의 생활 환경과 특성을 활용한 대표적인 수산자원 조성 방법으로 정의된다(FIRA[2015]). 즉, 해조류 및 기서생물의 부착, 서식 및 수산생물의 산란, 수산생물의 서식장이나 은신처를 조성하고 어류를 군집시켜 어장을 형성시키기 위해 수중에 인공적으로 조성하는 인공 암초라고 할 수 있다(Bohnsack *et al.*[1985]; Jensen[2002]). 또한 인공어초는 최근 직접적인 자원증대 외에도 해조장 조성을 통한 자원증식, 생태계 기능회복을 위한 서식지 확보, 낚시터 개발이나 스포츠

레저 다이빙 장소 개발 등 해양레크레이션 여건 조성에도 활용도가 높아지고 있다(London Convention and Protocol/UNEP [2009]; Sohn *et al.*[2011]).

우리나라의 최초 인공어초는 1971년 동·서·남해안에 1×1×1 m의 사각형 콘크리트 어초와 고선을 시설한 것이며, 2016년까지 시설 면적은 226,611 ha, 그 설치량은 1,404,393 개에 이른다. 현재 시설되는 인공어초는 일반어초로서 해당 어초의 안정성, 내구성, 어초 기능성 및 경제성을 분석하여 해양수산부 중앙어초관리위원회에서 채택되어 국가에서 실시하는 인공어초 사업에 사용토록 공인된 어초라고 할 수 있다. 일반어초는 설치 목적에 따라 어류용, 어패류용, 패조류용, 해조류용, 강제침선어초, 기타어초 등으로 구분하여 개발 및 설치되고 있다(FIRA[2018]). 여기서 ‘일반어초(General artificial reef)’는 시험어초 또는 연구어초 중 어초의 시설효과가 입증되어 어패류 산란·서식용 일반어초(산란·서식용 어초)와 해중립

[†]Corresponding author: yoonhans@pknu.ac.kr

조성용 어초(해중립 어초)로 구분한다. 산란·서식용 어초란 콘크리트 구조물 등으로 어류나 패조류의 산란·서식 등을 위하여 시설하는 어초로 어류용 어초와 패·조류용 어초로 구분하며, 해중립 어초란 콘크리트 구조물 등으로 해역특성에 적합한 해조류를 부착·서식 시키거나 인위적으로 로프 등을 감거나 연결하여 포자 등을 이식한 어초를 말한다. 산란·서식용 어초 중 어류용 어초는 어류의 산란, 성육 및 어획 등을 위해, 패·조류용 어초는 패조류의 번식, 성육 및 채취 등을 위하여 개발되어 효과가 입증된 어초를 말한다.

일반어초 개발과정을 간략히 살펴보면 어초 개발자(특히, 실용신안권 권리자)가 시·도 어초관리위원회(이하 시·도위원회) 및 중앙어초관리위원회(이하 중앙위원회)의 시험어초 신청/선정을 통해 '효과조사를 2년 이상 실시'하고 계절별 최소 8회의 현장 효과조사 결과를 바탕으로 일반어초 신청 후 선정되면 제안된 어초가 일반어초로서 국가 공인을 받으며 이것이 국가 인공어초 사업대상 어초로서 시설될 수 있다.

일반적으로 인공어초의 어장 효과조사는 개발된 어초의 안정성 설계, 어초의 적정 재질, 인공어초 종류의 선정, 인공어초의 적정 배치 규모 등이 검토되어야 하며 어류의 경우에는 어초의 구조, 시설 규모에 따른 효과가 달라지므로 이들의 연구는 인공어초 시설 사업의 성패를 좌우하는 중요한 요소이다(NFRDI[2009]). 또한 실험해역에서의 효과조사는 어초어장 시설이 종료된 이후 해양환경, 어획대상물의 어획량 등 생물학적 조사, 부착생물, 관리보존 상태 등의 조사를 통해 어초 시설에 따른 자원증대 등의 효과를 판정하는 것이다. 하지만 수산자원 조성사업의 대상지역이 바다 속이라는 공간적 한계로 인해 효과분석에 대한 정량화가 곤란한 것이 현실이다.

인공어초 사업은 막대한 비용이 수반되는 사업으로서 인공어초를 투입하기 전에 미리 그 해역에 대한 해저지질이나 해저지형, 자연초의 유무, 해양생물상 등 사업 효과를 극대화하기 위한 적지 선정이 반드시 필요하다(Kim[2007]). 하지만 그에 앞서 시설하고자 하는 일반어초 자체의 안정성, 내구성, 어초 기능성 및 경제성 검토가 선행되어야 하며 이를 시설자 또는 인공어초 개발자가 참고할 필요가 있다(FIRA[2015]).

하지만 2년간 수행된 조사 결과를 수록한 시험어초 효과조사 보고서는 각 어초의 상술한 문제점을 극복하고 도출한 어초 개발자의 노력 결과로서 인정받을 필요가 있으며, 인공어초 어장 효과 평가에 대한 중요성이 부각되고 있는 현실에서 인공어초 시설사업의 당위성과 합목적성을 대표할 수 있는 좋은 현장 실적 보고서라 할 수 있다. 또한 일반어초로 선정된 시험어초의 효과조사 보고서는 국가 인공어초 사업대상 어초로서의 활용을 위한 기본 근거이며 국가 기록물로 분류되어 보관되고 일반인들에게 공개됨으로써 향후 새로운 인공어초 개발자들의 참고 자료로 활용될 필요성이 있다.

하지만 현재 국회전자도서관 소장자료 검색 사이트(<http://dl.nanet.go.kr/>)에서 (어초+효과조사) 키워드로 검색한 결과, 현재 일반어초로 등록된 4개(다기능성어초, 터널형, 반툽니형, 피라미드 강제 인공어초)의 어초만이 효과조사 보고서가 열람이 가능한 실

정이다.

따라서 본 연구에서는 현재까지 등록된 일반어초 79종 중에서 22개 시험어초 효과조사 보고서를 수집하여 보고서에 담긴 효과조사 방법 및 효과조사 결과를 비교하고자 하였다. 이는 향후 새로운 어초 개발을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

2. 재료 및 방법

2.1 인공어초 시설사업 발전 단계

우리나라 인공어초 시설사업에 대해 Kim[2007]은 인공어초의 종류, 재질, 시설량, 시설금액, 관련정책 등을 종합하여 Fig. 1과 같이 도입기(Introduction), 기반 조성기(Composition), 양적성장기(Growth), 질적성장기(Development)의 4단계로 구분하여 제시한 바 있다.

우선, 도입기는 1971년부터 1980년 전후로서 동 시기의 인공어초사업은 불법어업 방지와 자원조성을 통한 어업인 소득증대라는 두 가지 목표를 추구하고 있다. 특히, 저인망류 어업에 의한 불법어업 방지를 위한 측면이 강하다. 동 시기는 인공어초 초기 투자단계로, 소형사각어초를 단순히 바다에 투하하는 것으로 현재의 적지조사, 인공어초 제작, 투하기술 등이 미흡한 단계라 할 수 있다.

1981년경부터 1990년 전후까지는 기반조성기에 해당한다. 인공어초사업이 확대되고 원통형, 반구형, 잠보형 등 다양한 형태의 인공어초가 개발되었으며, 인공어초의 용도도 패조류용으로 확대되었다. 또한 1985년에 '인공어초시설사업집행지침'이 처음으로 만들어져 인공어초사업이 체계화되는 계기가 되었다.

1991~1998년의 시기는 인공어초의 종류가 다양해짐에 따라 효과가 낮은 어초가 시설되는 것을 방지하기 위해 시험어초와 연구어초를 구분하여 개발을 유도하고 목선어초의 내구성에 따른 문제점이 제기되어 인공어초사업에서 제외되었다. 또한 인공어초에 대한 투자금액이 양적으로 급속히 증가하고, GPS, 컬러어군탐지기를 이용한 인공어초의 투하기술이 개선되었으며, 인공어초 제작에 대한 관리감독 강화를 통해 인공어초 시설과 투하가 상당히 개선된 양적성장기라 할 수 있을 것이다.

마지막으로 1998년 이후는 인공어초의 재질이 다양해지고 관리가 중요시된 질적 성장기라 할 수 있다. 이 시기에 인공어초 재질이 콘크리트 중심에서 세라믹, 강재, 석재, 폐각 등으로 확대되었다. 그리고 인공어초 시설 이후의 다각적인 사업관리 및 평가에 대한 필요성이 대두되어 1998년 1월 해양수산부 훈령 제92호로 '인공어초 시설사업 집행 및 관리규정'이 제정되면서 인공어초사업은 법적인 근거를 마련함과 아울러 제도권 사업으로 수용되었다. 또한 인공어초의 건설한 시공을 위해 실명제를 도입하였으며, 2002년부터 사후관리를 실시하고 있다. 뿐만 아니라 인공어초가 수출되는 등 인공어초가 하나의 국가적 산업으로 자리매김한 시기이기도 하다.

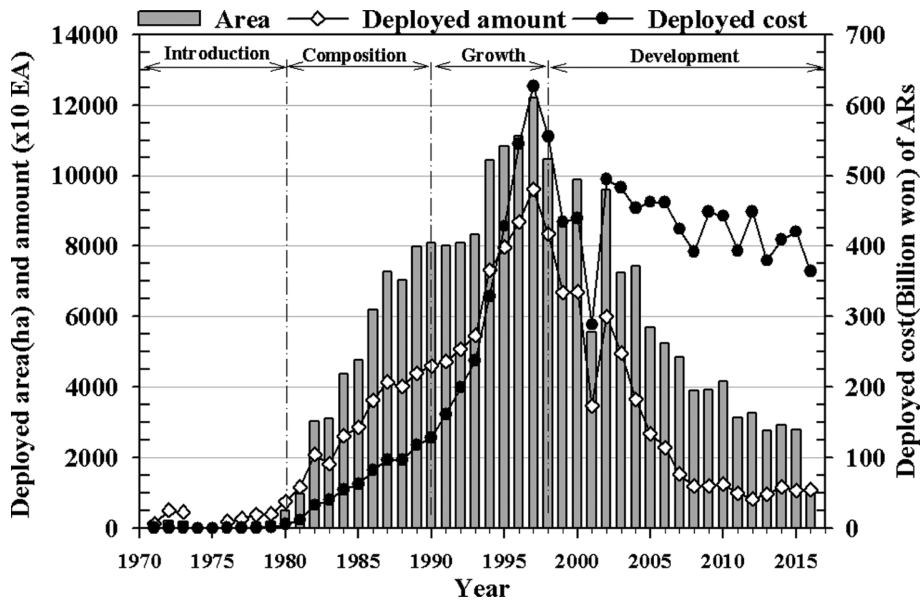


Fig. 1. Status of artificial reef (AR) facilities in Korea (1971-2016).

2.2 일반어초 현황 분석

인공어초의 구분은 초기(1985~1987년)에는 기존에 사용되던 어초와 새롭게 개발된 어초로 구분하였고, 이후(1988년) 기존 개발 어초와 시험어초로 구분하였다. 최근에는 인공어초의 시설목적과 어초의 종류가 다양해짐에 따라 어초의 목적(연안정착성 어패조류 대상어초, 근해 회유성어류 대상어초, 수산자원조성 및 보호용어초 등)과 종류(기존 개발어초/시험어초, 일반어초/시험어초, 일반어초/시험어초/연구어초 등)로 구분하여 왔다.

일반어초는 그 기능에 따라서 ① 어류용 어초: 어류의 산란, 성육 및 어획 등을 위하여 개발되어 효과가 입증된 어초, ② 패조류용 어초: 패류의 번식, 성육 및 채취 그리고 해조류를 부착·서식시키거나 인위적으로 해조류 종자를 이식하기 위하여 개발되어 효과가 입증된 어초, ③ 어패류용 어초: 어류용 및 패류용 어초의 복합 기능으로 개발되어 효과가 입증된 어초, ④ 해중립 어초: 해조류를 부착·서식 및 성육시키며, 인공종묘의 이식·보식이 가능하고, 해조류 확산을 위해 개발되어 효과가 입증된 어초, ⑤ 기타어초: ①부터 ④까지 외의 어초로서 수산동식물 번식, 보호, 성육의 효과가 입증된 어초로 구분된다.

본 연구에서는 2017년 현재 인공어초인 일반어초 79종에 대해서 어초 높이, 공용적, 중량을 바탕으로 개발된 어초의 규모 분석을 수행하고자 하였다. Table 1은 조사 분석에 사용된 일반어초 79종의 현황을 나타낸 것이다.

또한 일반적으로 인공어초에 사용되는 재료의 성질은 기본적으로 해수 중에서 공간을 유지할 수 있고 사용재료가 갖는 물리·화학적 성질이 수산생물에 악영향을 미치지 않는 것이어야 하며, 또한 해수중에서 내구성을 가져야 한다. 현재까지의 국내 인공어초의 사용 재료는 콘크리트, 석재, 강재 등이 있지만 유해물질의 유출이 없고 내구성이 있으며 저렴한 가격으로 안정적으로 공급할 수 있는 콘

크리트가 가장 많이 사용되었다. 재료별로 구분하면 콘크리트 어초 33개, 강재어초 23개, 복합어초 16개, 기타 7개로 부분된다. 일반어초를 기능별로 구분하면 어류용 40개, 패조류용 30개, 해중립 11개, 어패류용 3개, 해삼 전용 1개로 구분된다.

본 연구 과정에서 수집한 시험어초 효과조사 보고서는 Table 1의 음영으로 표기된 총 22개 이다.

2.3 시험어초 효과조사 보고서

기존 선정된 일반어초들의 수산자원조성 효과를 분석하고자 하였다. 하지만 지속적으로 다수의 인공어초 및 사업성이 인정된 어초에 대해서 그 효과조사를 수행한 결과는 찾아보기 힘든 실정이다.

전술한 바와 같이 우리나라 일반어초는 해양수산부 중앙위원회에 어초 개발자가 시험어초로 신청하여 선정되면 시험어초 연구기간(약 2년)의 조사결과를 바탕으로 일반어초로서 신청 가능하다. 즉, 기존 선정되어진 일반어초의 경우에는 해당 인공어초에 대해서 약 2년간(8개월)의 현장 조사 및 실험실 분석을 수행하고 그 효과평가 결과를 명확히 제시하고 있다. 이는 전국적으로 실시되는 인공어초 시설사업을 위한 어초 선정시에 기본 자료가 되며 그 자원조성 효과를 바탕으로 적지선정 후 시설 사업이 진행되고 있다. 따라서 시험어초 효과조사 보고서에서 제시하는 결과는 매우 유용한 자료라고 할 수 있다.

시험어초의 설치 및 효과조사는 「인공어초설치사업집행 및 관리규정」 제11조의 규정에 따라 2년 이상의 효과조사 기간 동안에 ① 설치 후 보존 상태, ② 시기별 부착생물 상태, ③ 영양자원의 분포상태, ④ 생물별 위집효과, ⑤ 시험어초 사용 재료의 유해성, ⑥ 시험어초의 경제성, ⑦ 시험어초의 전도 및 활동에 대한 안정성 수리모형 또는 수치모델 실험 결과를 조사하고 그 결과를 효과조사 보고서에 수록하여 제출하도록 되어 있다.

Table 1. Status of the structural conditions (function, material, scale, and weight) and non-dimensional characteristics of 79 general artificial reefs (ARs)

No.	Artificial reef (AR)	Structural conditions*							A (m ²)	w (=W/A)	v (=S/A)	q (=S/W)
		Function of AR	Material of AR	Length (m)	width (m)	Height (m)	S (m ³)	W (ton)				
AR01	사각형어초	RF	CON	2.0	2.0	2.0	8.0	3.4	4.0	0.85	2.00	2.35
AR02	반구형어초	RSA	CON	Φ2.0		1.3	3.0	2.2	3.1	0.70	0.95	1.36
AR03	원통형어초	RSA	CON	Φ2.0		1.8	5.7	4.7	3.1	1.50	1.81	1.21
AR04	잠보형	RF	CON	6.8	5.0	6.0	112.6	21.8	34.0	0.64	3.31	5.17
AR05	빨삼각형	RSA	CON	1.4	1.5	1.3	2.0	1.0	2.1	0.48	0.95	2.00
AR06	육각형어초	RF	CON	6.0	5.2	3.0	30.4	8.9	31.2	0.29	0.97	3.42
AR07	요철형	RSA	CON	2.5	2.0	1.5	6.7	3.9	4.9	0.80	1.37	1.72
AR08	육교형	RSA	CON	2.4	2.4	1.2	4.5	2.8	5.8	0.49	0.78	1.61
AR09	방갈로형	RSA	CON	2.2	2.2	1.4	4.7	5.3	4.8	1.10	0.97	0.89
AR10	반원가지형	RFS	CON	5.0	3.5	2.9	33.9	19.0	17.3	1.10	1.97	1.78
AR11	신요철형	RSA	CON	2.5	2.0	1.5	7.0	4.0	4.9	0.82	1.43	1.75
AR12	강제침선어초	RF	ST									
AR13	상자형강제	RF	ST	9.0	9.0	10.2	826.0	32.1	81.0	0.40	10.20	25.73
AR14	2단상자형강제어초	RF	ST	14.0	14.0	9.0	804.0	22.6	196.0	0.12	4.10	35.58
AR15	연약지반용강제어초	RF	ST	10.6	10.6	2.0	164.0	9.6	112.4	0.09	1.46	17.08
AR16	상자형어초	RF	CE	3.0	3.0	3.0	27.0	16.2	9.0	1.80	3.00	1.67
AR17	어패류용세라믹어초	RFS	CE	3.5	2.9	2.1	20.0	2.4	10.0	0.24	2.01	8.33
AR18	패조류용어초	RSA	CON	2.0	2.0	1.3	4.3	4.2	4.0	1.05	1.08	1.02
AR19	강제증식어초	RFS	ST	6.0	4.0	1.0	18.9	17.0	24.0	0.71	0.79	1.11
AR20	대형강제어초	RF	ST	12.0	12.0	8.2	832.0	44.9	144.0	0.31	5.78	18.53
AR21	중형연약지반용강제어초	RF	ST	9.0	9.0	4.3	256.0	15.8	81.0	0.20	3.16	16.20
AR22	사각전주어초	RF	etc	3.6	3.6	3.6	4.8	5.1	13.2	0.38	0.36	0.94
AR23	대형전주어초	RF	etc	7.5	3.7	3.2	85.6	25.8	27.5	0.94	3.12	3.32
AR24	팔각반구형대형강제어초	RF	ST	Φ13.5		9.0	818.0	40.3	143.1	0.28	5.71	20.30
AR25	팔각반구형중형강제어초	RF	ST	Φ12.8		6.0	407.0	26.2	128.7	0.20	3.16	15.53
AR26	팔각반구형소형강제어초	RF	ST	Φ12.5		4.0	274.0	22.9	122.7	0.19	2.23	11.97
AR27	아치형어초	RSA	CON	2.9	2.4	1.4	9.7	8.0	7.0	1.15	1.39	1.21
AR28	원통2단강제어초	RF	ST	11.0	11.0	13.2	923.0	33.1	121.0	0.27	7.63	27.89
AR29	정삼각빨형어초	RSA	CON	3.1	3.1	2.9	6.7	7.2	9.7	0.74	0.69	0.93
AR30	반톱니형어초	RMFP	CON	2.3	2.3	1.5	8.1	5.0	5.3	0.95	1.53	1.62
AR31	소형전주어초	RSA	etc	3.7	7.5	1.8	49.7	14.6	27.5	0.53	1.81	3.40
AR32	PC침목어초	RF	etc	4.7	3.4	2.2	28.7	9.0	16.0	0.56	1.80	3.19
AR33	팔각상자형강제어초	RF	ST	10.0	10.0	8.3	680.0	31.4	100.0	0.31	6.80	21.66
AR34	돛형증식어초	RSA	CE	6.0	6.0	2.1	82.7	18.6	36.5	0.51	2.27	4.45
AR35	사각복합형인공어초	RSA	CE	3.0	2.0	2.4	14.4	10.4	6.0	1.73	2.40	1.39
AR36	점보형강제어초	RF	ST	12.0	12.0	9.2	550.0	39.5	144.0	0.27	3.82	13.92
AR37	사다리꼴복합강제어초	RF	ST	10.0	10.0	5.0	339.0	10.0	100.0	0.10	3.39	33.90
AR38	십자형해중립초	RMFP	CON	3.0	3.0	0.5	1.9	4.7	9.0	0.52	0.21	0.41
AR39	피라미드강제어초	RF	ST	10.0	10.0	7.0	367.0	15.4	100.0	0.15	3.67	23.83
AR40	터널형어초	RMFP/RF	CON	2.5	2.1	2.3	11.0	11.1	5.3	2.12	2.10	0.99
AR41	굴패각어초	RF	CE	5.2	5.2	3.0	81.1	12.5	27.0	0.46	3.00	6.49
AR42	부채꼴베란다사각어초	RF	CON	3.0	3.0	3.5	31.5	11.4	9.0	1.27	3.50	2.76
AR43	테트라형어초	RSA/RF	CON	2.9	2.9	2.5	8.8	4.2	8.4	0.50	1.04	2.07
AR44	복합형해중립초(1기)	RMFP	CE	8.0	12.0	1.7	158.4	38.7	96.0	0.40	1.65	4.09
AR45	복합형해중립초(1조)	RMFP	CE	22.0	30.0	1.7	1166.4	154.8	660.0	0.23	1.77	7.53
AR46	피라미드구조인공어초	RF	ST	10.0	10.0	6.0	352.0	15.5	100.0	0.15	3.52	22.78
AR47	신사각전주어초	RF	etc	3.6	3.6	3.6	48.2	5.8	13.2	0.44	3.64	8.31
AR48	다기능성어초	RSA	CON	Φ3.0		0.9	6.4	4.6	7.1	0.65	0.90	1.38
AR49	하우스형해중립초	RMFP	CE	2.4	3.5	1.4	11.5	8.3	8.4	0.99	1.37	1.38

Table 1. (continued)

No.	Artificial reef (AR)	Structural conditions*										
		Function of AR	Material of AR	Length (m)	width (m)	Height (m)	S (m ³)	W (ton)	A (m ²)	w (=W/A)	v (=S/A)	q (=S/W)
AR50	이중돛형어초	RSA/RMFP	CON	3.8	3.3	2.4	9.4	8.8	12.5	0.70	0.75	1.07
AR51	석재조합식어초	RF	CE	13.2	13.2	8.2	838.4	53.3	174.2	0.31	4.81	15.73
AR52	육각별강제어초	RF	ST	Φ11.6		7.0	372.0	17.0	104.8	0.16	3.55	21.88
AR53	날개부름 가진 어초	RSA/RF	CON	3.0	3.0	2.4	12.8	19.0	9.0	2.11	1.42	0.67
AR54	철도차량인공어초	RF	CE	13.1	6.9	3.1	280.0	35.0	90.4	0.39	3.10	8.00
AR55	답기단형강제어초	RF	ST	10.0	10.0	5.0	267.5	16.7	100.0	0.17	2.68	16.02
AR56	팔각별강제인공어초	RF	ST	3.0	2.0	2.4	14.4	10.4	6.0	1.73	2.40	1.39
AR57	유선형격판이 있는 대형사각어초(상단)	RF	CON	2.6	2.6	2.6						
AR58	유선형격판이 있는 대형사각어초(하단)	RF	CON	4.4	4.4	6.6	80.0	28.0	19.4	1.45	4.13	2.86
AR59	삼단격실형강제어초	RF	ST	12.0	12.0	10.7	841.0	33.4	144.0	0.23	5.84	25.18
AR60	강재고기갈어초	RF	ST	13.7	12.0	9.0	800.0	31.0	163.8	0.19	4.88	25.81
AR61	인공어초복합체강제어초	RSA	CE	9.0	9.0	2.5	203.0	41.8	81.0	0.52	2.51	4.86
AR62	육각패널에이치빔어초	RMFP	CE	3.7	3.2	2.1	18.5	9.1	11.8	0.77	1.56	2.03
AR63	십자형세라믹인공어초	RF	CE	6.3	6.3	2.7	55.9	27.3	40.1	0.68	1.39	2.05
AR64	다기능삼각형어초	RSA	CON	3.5	2.4	2.9	23.9	13.2	8.4	1.57	2.85	1.81
AR65	미로형인공어초	RSA	CON	2.4	2.4	2.2	45.5	11.8	5.8	2.05	7.90	3.86
AR66	해삼전용어초	SC	CON	0.6	0.4	0.2	0.0	0.1	0.2	0.26	0.12	0.47
AR67	개량요철형어초	RSA	CON	3.0	3.0	1.6	9.8	11.7	9.0	1.30	1.09	0.84
AR68	텐트형어초	RSA	CE	3.0	3.0	2.1	12.4	8.0	9.0	0.89	1.38	1.55
AR69	돛형인공어초	RSA	CON	Φ2.5		1.1	2.4	5.8	4.9	1.17	0.48	0.41
AR70	트리톤A형어초	RSA	etc	1.8	1.8	1.5	5.5	5.5	3.3	1.64	1.64	1.00
AR71	트리톤T형어초	RSA	etc	2.2	2.2	1.3	4.8	4.5	4.8	0.93	0.99	1.07
AR72	트리톤강제복합형어초	RSA/RF	ST	2.6	2.6	1.6	10.8	6.5	6.8	0.96	1.60	1.66
AR73	다공질이식형해중림초	RMFP	CON	3.1	3.1	1.6	3.8	8.1	9.6	0.84	0.40	0.47
AR74	방사형인공어초	RSA	CON	2.5	2.5	2.0	6.3	4.7	6.0	0.78	1.05	1.34
AR75	폐조류용황토어초	RSA	ST	6.0	6.0	2.5	45.9	12.3	36.0	0.34	1.28	3.74
AR76	계단식어초	RMFP	CE	3.0	3.3	2.0	11.4	7.1	9.9	0.72	1.15	1.61
AR77	계단형인공어초	RSA	CON	2.5	3.0	2.0	10.0	13.2	7.5	1.76	1.33	0.76
AR78	십자주름초	RSA/RMFP	CON	2.2	3.0	1.8	10.8	14.9	6.6	2.26	1.64	0.73
AR79	다면체인공어초	RF	CE	12.0	12.0	6.8	808.0	32.9	144.0	0.23	5.61	24.53

※AR materials: CON, concrete; ST, steel; CE, ceramic; etc.

※AR functions: RF, reef for fish; RSA, reef for shellfish and algae; RFS, reef for fish and shellfish; RMFP, reef for marine forest plants; SC, reef for sea cucumber.

※S, apparent facility volume; W, weight; A, area; w, unit weight; v, unit apparent facility volume per area; q, unit apparent facility volume per weight.

※The shaded ARs were the subject of this study.

* Data: Korea Fisheries Resources Agencies (FIRA), 2018, <http://www.fira.or.kr/>.

본 연구에서는 2008년부터 2013년까지 선정된 총 22개의 일반어초에 대해서 그 시험어초 효과조사 보고서를 수집하였다. Fig. 2는 21개의 시험어초 효과 조사 보고서 표지를, Fig. 3은 시험어초의 시설효과가 입증되어 중앙위원회에서 인공어초사업 대상 일반어초로 선정된 시험어초 22개를 나타낸 것이다. 본 연구에서는 시험어초 효과조사시 고려된 시험 현장, 조사기간 및 수심, 해양환경 및 시설상태 조사 항목, 안정성 평가를 위한 수리모형실험 유무 및 그에 대한 조건 그리고 마지막으로 대조구에 해당하는 자연암반 또는 인근 일반어초와의 어획량 중심의 효과조사 결과를 비교 정리하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 일반어초 시설 현황 분석

우리나라 인공어초 시설사업은 정부투자사업으로 1971년부터 시작하여 2016년까지 총 시설투자비 1,152,997억 원이 투자되었고, 전국 연안에 226,611 ha, 시설량 1,404,393 개의 인공어초가 시설되었다(FIRA[2018]). Table 2은 2016년 기준 각 지역별 시설면적, 시설량, 시설투자비를 나타낸 것이다. 전체 시설면적 중 전라남도가 19.9%로 가장 많이 시설되었고, 경상남도 16.9%, 제주도 15.9% 등의 순으로 나타났으며, 주로 남해안 지역에 집중적으로 시설되었



Fig. 2. The 21 pilot test reports of the trial ARs examined in this study.

음을 알 수 있다.

또한 Table 3은 2016년까지 시설된 일반어초의 시설면적 기준 시설 순위를 나타낸 것으로 사각형어초(AR01)가 143,119 ha로 전체 63.16%로 가장 많이 시설되었고 잠보형어초(AR04) 5.29%, 반구형어초(AR02) 4.43% 등의 순으로 나타났다(FIRA[2018]).

3.2 일반어초 특성 분석

인공어초를 설계함에 있어 요소 설계 항목 중 인공어초의 부재(部材) 폭의 크기, 어초의 부재 간의 간격, 어초의 중량 등이 가장 중요하다. 이는 실제 인공어초 설계에 있어 부재 폭의 크기, 부재 간의 간격, 부재들의 중량 총합의 최적설계 결과 값이고 이들 요소 설계 항목들은 인공어초 재료의 선택(콘크리트 또는 강제), 어류의 어초에 대한 반응형태를 고려한 구조(면구조 또는 테구조) 등에 따라서 달라진다. 또한 인공어초가 무겁게 설계될 경우, 조류 등 외부 유체력에 대해서는 안정하다고 할 수 있지만, 니사질과 같은 저질조건에서는 침하의 우려가 있다. 반대로 어초의 침하를 고려할 경우, 어초의 중량을 가볍게 하는 것이 바람직하지만 조류 등 외부 유체력에 전도될 우려가 있다. 따라서 어초의 안정성과 침하를 고려하여 어초 중량을 정할 필요가 있다.

본 연구에서는 2017년 현재 일반어초 79종에 대해서 어초 높이, 공용적, 중량을 바탕으로 개발된 어초의 규모 분석을 수행하고자 하였다.

그 결과로서 Fig. 4는 일반어초 79종에 대한 높이, 중량, 공용적

의 관계를, Fig. 5는 콘크리트 어초, 강제 어초 그리고 복합어초를 포함하는 나머지 어초간의 높이와 공용적의 관계를 나타내고 있다. 결과적으로 어초의 높이가 커질수록 공용적, 중량이 더불어 증대되는 것을 알 수 있다.

하지만 구조물의 안정성을 고려하면 어떤 재료로 만들었느냐에 따라서 그 중량과 공용적이 제한될 수 밖에 없다. Fig. 5는 어초 높이로 무차원화된 공용적(X)과 어초 중량(Y)간의 관계를 나타내고 있다. 결과적으로 콘크리트 어초는 $Y = 0.948X + 3.01$ ($r^2 = 0.457$)의 관계를, 강제 어초는 $Y = 0.279X + 5.705$ ($r^2 = 0.458$)의 관계를 나타내었다. 즉, 인공어초 구조물이 차지하고 있는 바닥면이 넓을수록 중량도 커진다는 것을 의미한다. 콘크리트 어초의 경우에는 X가 20을 넘지 않는 값을 나타내지만 강제어초의 경우에는 약 100에 해당하는 수치값을 가지고 있음을 알 수 있다. 이에 따라서 중량도 차이를 보이고 있음이다. 결과적으로 중량이 클수록 어초 높이가 크다는 것을 알 수 있으며, 콘크리트 어초보다 강제어초가 구조물의 중량은 2배, 공용적비는 약 3배를 가지고 있음을 알 수 있다. 이러한 결과는 최근 인공어초가 대형화되는 추세를 반영한 것으로 과거 콘크리트 어초가 가지는 한계를 어초에 강제를 사용함으로써 어초 높이를 증대시킬 수 있는 조건이 되었음을 나타낸다.

또한 Fig. 6과 Fig. 7은 인공어초 높이(X)에 대해서 어초의 바닥면적으로 무차원화된 공용적(Y)간의 관계와 어초의 중량으로 무차원화된 공용적(Y)간의 관계를 각각 나타내고 있다. 다소 분산된 모양을 보이고 있으나 대체적으로 일차 직선식에 근접하여 설계되고



* Data: Korea Fisheries Resources Agencies (FIRA), 2017

Fig. 3. Photographs of the results of the 22 trial ARs examined in this study.

있으며 향후 어초 개발자가 초기 어초 개념설계시에 활용가능한 모델식이라 할 수 있다.

3.3 시험어초 효과조사 보고서 분석

2008년부터 2013년까지 시험어초의 시설효과가 입증되어 중앙위원회에서 인공어초사업 대상 일반어초로 선정된 시험어초 22종

Table 2. Status of artificial reef facilities by province (1971-2017 year)

City & province	Deployed area		Deployed amount		Installation cost	
	ha	%	EA	%	Billion won	%
Busan	3,146	1.4	15,022	1.1	19,835	1.7
Incheon	11,874	5.2	68,236	4.9	83,741	7.3
Ulsan	2,566	1.1	20,082	1.4	16,116	1.4
Gyeonggi-do	6,102	2.7	36,637	2.6	60,547	5.3
Gangwon-do	23,810	10.5	132,620	9.4	103,882	9.0
Chungcheongnam-do	18,849	8.3	92,714	6.6	101,184	8.8
Jeollabuk-do	16,797	7.4	68,981	4.9	76,578	6.6
Jeollanam-do	45,079	19.9	295,030	21.0	203,367	17.6
Gyeongsangbuk-do	24,032	10.6	174,550	12.4	109,811	9.5
Gyeongsangnam-do	38,253	16.9	253,283	18.0	175,409	15.2
Jeju-do	36,103	15.9	247,238	17.6	202,527	17.6
Total	226,611	100	1,404,393	100	1,152,997	100

*Data: Korea Fisheries Resources Agencies (FIRA), 2018, Homepage(<http://www.fira.or.kr/>).

Table 3. Ranking of artificial reefs by facility area (1971-2017 year)

Rank	Artificial reef(NO.)	Area(ha)	%	Rank	Artificial reef(NO.)	Area(ha)	%
1	사각형어초(AR01)	143,119	63.16	21	폴리콘형어초(등록취소)	1,240	0.55
2	잠보형어초(AR04)	11,984	5.29	22	시험어초	1,141	0.50
3	반구형어초(AR02)	10,043	4.43	23	사각전주어초(AR22)	1,136	0.50
4	2단상자형강제어초(AR14)	5,224	2.31	24	상자형어초(AR16)	1,124	0.50
5	팔각반구형대형강제어초(AR24)	3,668	1.62	25	테트라형어초(AR43)	962	0.42
6	뿔삼각형어초(AR05)	3,401	1.50	26	고선	898	0.40
7	사각형어초(AR01)+반구형어초(AR02)	3,015	1.33	27	부채꼴베란다사각어초(AR42)	892	0.39
8	상자형강제어초(AR13)	2,826	1.25	28	삼단격실형강제어초(AR59)	880	0.39
9	요철형어초(AR07)	2,804	1.24	29	방갈로형어초(AR09)	823	0.36
10	강제침선어초(AR12)	2,511	1.11	30	패조류용대형세라믹어초(등록취소)	802	0.35
11	대형강제어초(AR20)	2,313	1.02	31	반원가지형어초(AR10)	778	0.34
12	대형전주어초(AR23)	2,154	0.95	32	연약지반용강제어초(AR15)	703	0.31
13	육각형어초(AR06)	2,087	0.92	33	뿔삼각형(AR05)	702	0.31
14	팔각상자형강제어초(AR33)	1,879	0.83	34	터널형어초(AR40)	669	0.30
15	팔각반구형중형강제어초(AR25)	1,829	0.81	35	점보형강제어초(AR36)	654	0.29
16	육교형어초(AR08)	1,744	0.77	36	피라미드구조인공어초(AR46)	624	0.28
17	원통2단강제어초(AR28)	1,502	0.66	37	피라미드강제어초(AR39)	576	0.25
18	원통형어초(AR03)	1,495	0.66	38	육각별강제어초(AR52)	511	0.23
19	석재조합식어초(AR51)	1,264	0.56	39	강제고기굴어초(AR60)	496	0.22
20	신요철형어초(AR11)	1,242	0.55	40	어류용세라믹어초(AR17)	495	0.22

*Data: Korea Fisheries Resources Agencies (FIRA), 2018, Homepage(<http://www.fira.or.kr/>).

에 대한 효과조사 보고서를 분석하였다. 시험어초 효과조사시 고려된 어초시설 시험 현장, 조사기간 및 수심, 조사 항목, 해양환경 및 시설상태 조사 항목, 안정성 평가를 위한 수리모형실험 유무 그리고 마지막으로 대조구에 해당하는 자연암반 또는 인근 타 일반어초와의 어획량 중심의 효과조사 결과를 정리하였다. 그 결과로서 요약 정리하면 Table 4와 같다.

시험어초 22종의 1/2이 어류용에 해당하며 재료로는 콘크리트가 7종, 강제가 5종, 복합어초를 포함하는 기타가 10종에 해당하였다. 시험어초 시설 시험 현장은 남해안(8종)과 서해안(7종)에서 약 2/3가 실시된 것을 알 수 있다. 또한 어초 시설지는 10~20 m 수심에

서 가장 많이 수행되었다.

현장 조사 항목으로 해양환경조사, 부착생물조사, 위집조사, 어획조사, 육안 시설상태 확인 조사 등이 이루어졌는데 대체적으로 그에 대한 조건들이 다소 상이하며 효과조사 결과의 판정요건도 다소 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 즉, 시험어초 효과조사 항목 및 효과조사 우수성 판정 요건에 맞추어서 효과조사를 수행한 보고서라 할지라도 대체적으로 조사 항목 및 방법 선정에 차이를 보임을 알 수 있다. 따라서 향후 시험어초 효과조사 항목에 대한 재검토가 요구되며, 이러한 결과로부터 수산자원조성 효과 평가 항목 및 조사 방법을 보다 통일시키기 위한 기초자료로 활용가능함을 강조할

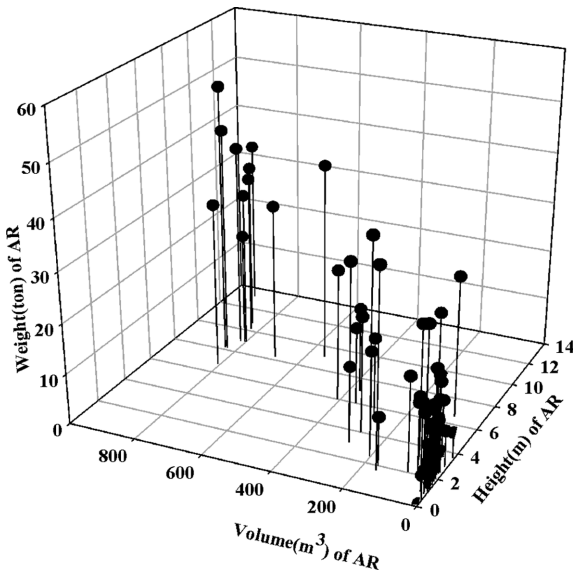


Fig. 4. Comparison of height, weight, and apparent facility volume of 79 general ARs.

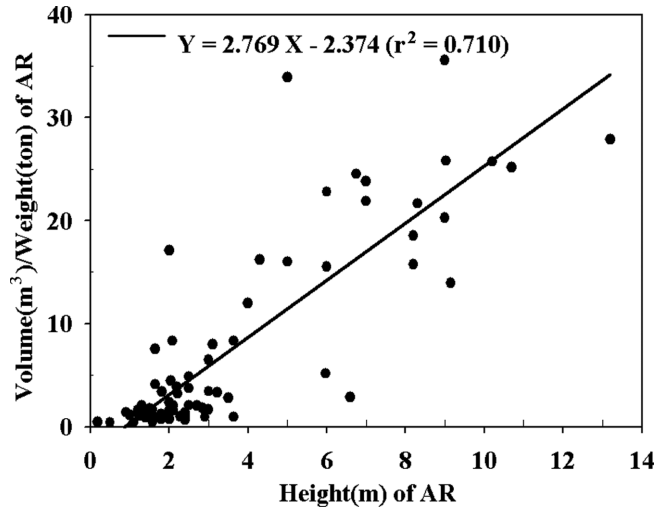


Fig. 7. Comparison of the volume/weight and height of the ARs.

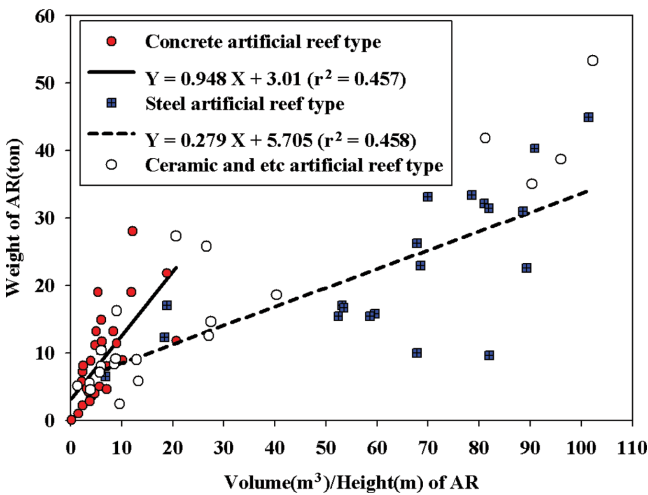


Fig. 5. Comparison of the weight and volume/height of the ARs.

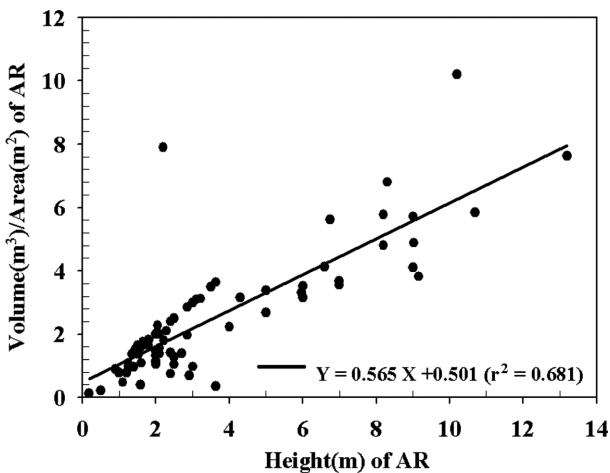


Fig. 6. Comparison of the volume/area and height of the ARs.

수 있다.

시험어초 22종에 대한 효과조사 보고서에 제시된 상세 조사 항목 및 주요 결과를 요약하면 Table 5와 같다.

3.4 22종 시험어초 효과 분석 결과

Fig. 8~Fig. 11은 시험어초 22종의 효과조사 보고서에 제시된 대조구에 해당하는 자연암반 또는 인근 타 일반어초와의 어획량 중심의 효과조사 결과를 정리한 것이다. 이는 어초의 규모(높이, 공용적, 중량) 및 시설지 수심에 따른 어획량 효과를 비교 분석하고자 하였다.

먼저 Fig. 8은 어초의 높이에 따른 효과조사 결과를 나타낸 것이다. 어초의 높이가 클수록 인공어초 시설지(Control pilot of AR)의 경우 효과가 증가하는 추세를 보이나 대조구인 자연암반의 경우와 사질 지반의 경우에는 감소하는 것을 알 수 있다. 데이터가 분산 정도는 있으나 대체적으로 1~3배의 효과가 있음을 알 수 있다. 또한 Fig. 9에는 공용적, Fig. 10에는 어초의 중량, Fig. 11에는 어초의 시설 수심의 상관관계를 살펴보고자 하였다. 결과적으로 Fig. 8의 경우와 유사한 경향을 보이고 있음을 알 수 있는데 이는 어초의 물리학적 규모와 어획효과와는 크게 상관성이 없는 것으로 생각되며 개발된 시험어초의 어획효과는 대체로 1~3배의 분포를 가짐을 알 수 있다.

한편, FIRA[2015]에 따르면 국립수산과학원이 1971년부터 2001년까지 전국 연안에 시설된 인공어초에 대하여 표본 추출하여 시험어획에 의한 효과를 정리한 결과에 따르면, 시설지 대비 비시설지에 대한 어획효과는 동해의 경우 1.7~3.6배(평균 2.5배), 서해는 2.1~3.0배(평균 2.6배) 그리고 남해는 1.1~3.9배(평균 2.3배)로 각각 나타났다. 해역별 연대별로 분석하여 보면, 시설지 대비 비시설지에 대한 어획효과는 동해의 경우 1.7~3.6배(평균 2.5배), 서해는 2.1~3.0배(평균 2.6배) 그리고 남해는 1.1~3.9배(평균 2.3배)로 각각 나타났다. 연대별로는 1970년대에는 1.1~2.3배(평균 1.7배), 1980

Table 4. Comparative analysis of the survey results of the 22 selected trial artificial reefs

	Type of artificial reef (AR)	Material	Structure layer	Apparent facility volume (m ³)		Weight (ton) of AR		
				Min.	Max.	Min.	Max.	
General information of AR	Fish: 15 Shellfish: 7 Seaweed: 3 Seaweed bed: 3	Concrete: 7 Steel: 5 Etc: 10	1layer: 13 2layer: 9	6.36 (AR48)	841 (AR59)	4.23 (AR43)	41.8 (AR61)	
Survey condition	Survey location(Sea)				Water depth(m)			
	West	South	East	Jeju	~10	10~20	20~	None
	7	8	4	3	6	10	4	2
Field survey	Environment		Fouling organism		Fish assemblages		Fishing effect	
	(Normal) Water temp. & Salinity, pH, DO, Transparency: 19 (etc) SS, Nutrient TN, TP, Chl-a, Sediment		Diving visual observation: 19 Underwater shooting: 19 Quadrat sampling: 20 (20×20 cm): 3, (25×25cm): 6 (50×50 cm): 11		Diving visual observation: 11 Underwater shooting: 11		Gill net fishing: 19 Gill net+fish pot: 1 Fish finder: 3 plankton: 3	
	Structural condition		Scour/subsidence/Sunk		Control area for fishing catch effect			
					Installation area		Non-installation area	
							Natural rock	
							Sand bed	
	Diving visual observation: 19 Underwater shooting: 19 Side scan sonar: 10		8		12		17	
							6	
Lab. estimation	Hydraulic model experiment				Structural safety evaluation			
	Wave condition		Wave + Current condition		16			
	20		10					

※ Allow the duplication of data

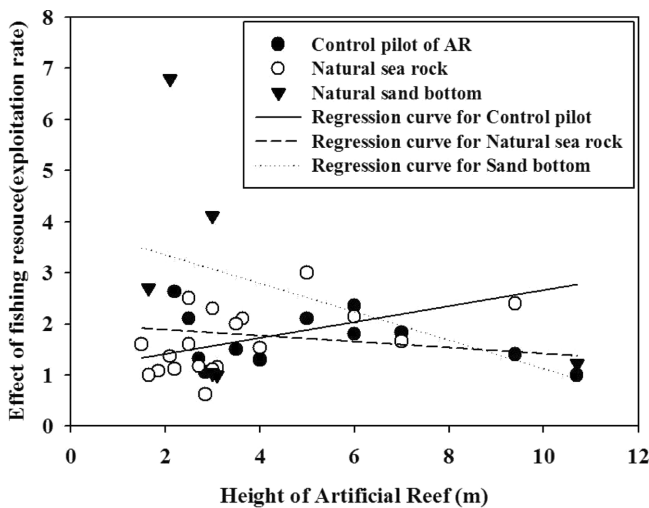


Fig. 8. Correlation between fishery resources (fishing catch) and AR height.

년대는 2.1~3.0(평균 2.5배), 1990년대 2.7~3.9배(평균 3.1배) 그리고 2000년도에는 2.4~3.6배(평균 2.8배)로 각각 나타났다. 또한 1991년~1994년까지 전국 연안의 인공어초에 대한 어획효과를 조사한 결과를 보면 어획중량을 기준으로 자연초어장보다는 1.14~3.92 배, 비시설지에 비해서는 1.51~7.13배로서 상당한 어획효과가 있는 것으로 평가한 바 있다. 다만 효과의 범위가 큰 것은 인공어초와는 무관하게 기존의 생물생태적 조건에 기인하는 바가 클 것으

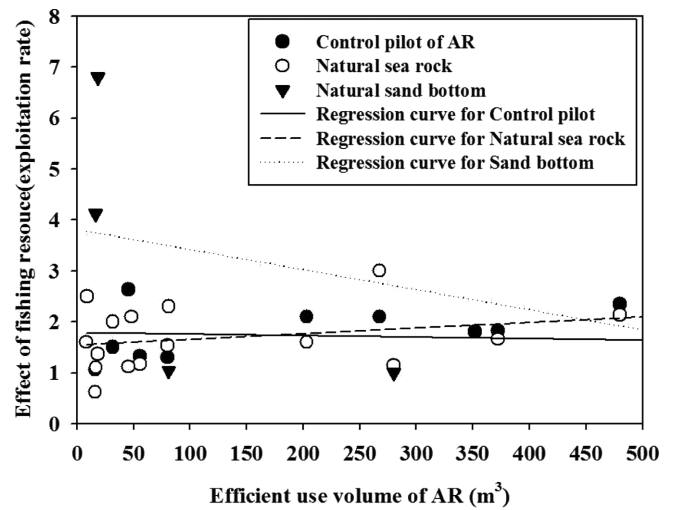


Fig. 9. Correlation between fishery resources (fishing catch) and the apparent facility use volume of the artificial reefs.

로 추정하였다. 즉, 기존에 어업자원이 산란 서식하기에 좋은 어장 여건을 가지고 있는 해역인 경우는 상대적으로 어초의 효과가 낮고, 그렇지 않은 해역에서는 월등히 높았던 것으로 평가하였다.

이상의 결과를 요약하면 기존 22종의 시험어초는 타 사례와 비교하여 크게 그 효과가 떨어진다고 할 수 없다. 하지만 특정 해역에 일반어초에 대한 어초어장의 자원조성효과를 제시하고 그 수준에서 어초의 지속적인 관심이 배제되는 상황이 다소 아쉬움이 남

Table 5. Comparative analysis of the methods used to survey the 22 studied trial artificial reefs

Artificial reef	Installation location	Survey period (yy.mm)	Depth (m)	Environmental survey	Fish community	Fish assemblages survey	Fish sampling	Structure condition	Scour /Sunk (cm)	Hydraulic model experiment				Structural safety evaluation				Artificial reef effect Result (Focused on fish catch)					
										Wave Scale	Wave height (m)	Period (sec)	Depth (m)	Velocity (m/s)	Wave height (m)	Period (sec)	Depth (m)		Velocity (m/s)	C_D	C_M	S_{F1} Sliding	S_{F2} Fall
(AR40) 터널형어초	Gangwon-do Jumoonjin	-	5~10	CES, Nutrient (DIN, DIP), SS, Chl-a, Transparency	DVO/US /QS(50×50cm)	DVO/US	GNF	-	20 ~30	-	6	8	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Catch production Population (P=0.01) Biomass (P=0.12)
(AR41) 골짜기어초	Gyeongsangnamdo Geoje Dadae	06.6 ~08.4	15~16	CES	DVO/US QS(20×20cm)	DVO/US	GNF Plankton Surv. FFS	DVO/US SSS	-	1/40	6	12	15	1	6	12	15	1	2.0	1.67	Medium 1.7 2.9 Small 1.7 5.0	2.3 times natural rock 1.04 times sand bed	
(AR42) 부채꼴베란다 사각어초	Incheon baengnyeongdo Gobongpo	06.2 ~08.8	11.5	CES, Transparency	DVO/US QS(25×25cm)	DVO/US	GNF	DVO/US	-	1/40	6	10	15	1.0,2.0	6	10	20	1	2.0	1.0	Depth 15 m 1.6 1.3 Depth 20 m 1.8 1.6	Catch effect 2 times natural rock 1.5 times control site	
(AR43) 테트라형어초	Incheon baengnyeongdo Jangchon	07.2 ~08.5	4~6	CES, Transparency	DVO/US QS(25×25cm)	DVO/US	GNF	DVO/US	-	1/30	6	10	15	2	6	10	10	2	1.7	1.0	1.2 1.5	2.5 times natural rock	
(AR44,45) 복합형 해중탑초	Gangwon-do Anhyun	06.6 ~08.6	10	CES, Nutrient (DIN, DIP), silicic acid silicon	DVO/US QS(25×25cm) DVO/US QS(50×50cm)	DVO/US	GNF	DVO/US	10	-	6	8	8 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Catch effect 1.0 times natural rock 2.7 times sand bed
(AR46) 피라미드 구조 인공어초	Jeollabuk-do Wido	04.9 ~06.10	14	CES, Transparency, Sediment	DVO/US QS(20×20cm)	-	GNFP	DVO/US SSS	scour ~170 sunk ~50	1/30	3 ~5.4	7.7~9.9	15	0.6	5	10	15	1.0	2.0	1.67	1.1 1.7	1.8 times control site(square AR)	
(AR47) 신사각 전주어초	Incheon baengnyeongdo Domujin	2005	27~34	CES, Transparency	DVO/US QS(25×25cm)	DVO/US	GNF	DVO/US SSS	9.0	1/30	6	10	15	2.0	6	10	30	2	0.78	1.0	1.2 1.5	2.5 times Domujin 1.7 times Yeosu 2.0 times Anshan -> Ave. 2.1 times	
	Jeollanam-do Yeosu Sonjukdo	2006	22~25																				
	Gyeonggi-do Anshan Daebudo	2007	22~34																				
(AR48) 다기능성어초	Gyeongsangnam-do Geoje Dadae	06.11 ~08.11	5~7	CES, Transparency	DVO/US QS(50×50cm)	DVO/US	FFS	DVO/US	-	1/25	4.6	11	9.4	1.0	4.6	11	9.4	1	2.0	2.0	1.26 1.59	1.6(animal), 1.9(seaweed), 1.4(benthos) times natural rock	
(AR49) 하우스형 해중탑초	Jeju-do Aewol	08.5,8	12	Surface/bottom DO, pH, Transparency	DVO/US	DVO/US	GNF	-	-	-	3 5	8 10 10 15	6 8 8	-	-	-	-	-	-	-	-	1.08 times natural rock	
(AR52) 육각별강제어초	Jeollanam-do Yeosu Ando-ri	07.11 ~09.11	-	CES, SS, TN, TP STS	DVO/US QS(50×50cm)	DVO/US	GNF	DVO/US	-	-	3 5 7	5 7 9 12	15 20 25	-	10	10	20	2.16	1.7	2.0	4.8 11.8	1.66 times natural rock 1.83 times control site	
(AR53) 날개부를 가진 어초	Gangwon-do Donghae	08.2 ~09.10	12	CES, COD, Transparency	DVO/US QS(50×50cm)	DVO/US	GNF	DVO/US SSS	-	1/49	3 6	8.5 8 12 14	8 10 12 14	-	-	-	-	-	-	-	-	1.1 times natural rock 4.12 times sand bed	

* CES(Common Environment survey: Surface/bottom Temp., Sal., pH, DO), STS(Seabed topography survey), DVO(Diving visual observation), US(Underwater shooting), QS(Quadrat sampling), GNF(Gill net fishing), GNFP(Gill net+fish pot), FFS(Fish finder survey), SSS(Side scan sonar)

Table 5. Continue

Artificial reef	Installation location	Survey period (yy.mm)	Depth (m)	Environmental survey	Fish community	Fish assemblages survey	Fish sampling	Structure condition	Scour /Sunken (cm)	Hydraulic model experiment					Structural safety evaluation					Artificial reef effect Result (Focused on fish catch)			
										Wave Scale height (m)	Period (sec)	Depth (m)	Velocity (m/s)	Wave height (m)	Period (sec)	Depth (m)	Velocity (m/s)	C_D	C_M		S_{F1} Sliding	S_{F2} Fall	
(AR54) 철도차량 인공어초	Gyeongsangnam-do Geoje Nambu-myeon	07.4 ~08.10	15~16	CES	QS(20×20cm) Sea squirt survey	DVO/US	GNF Plankton Surv. FFS DVO/US	DVO/US SSS	12	1/40	6	12 25	20 1	6	12 25	1	1.67	2.0	Depth 20m 0.91 2.03 Depth 25m 1.16 2.59		1.15 times natural rock 1.0 times sand bed		
(AR55) 탐기단형 강제어초	Chungcheongnam-do Boryeong Oeyeondo-ri	07.11 ~09.12	18.7	CES, Transparency	DVO/US QS(25×25cm)	DVO/US	GNF	DVO/US SSS	-	-	-	-	-	6	10	30	2	1.0	-	1.42	1.21	Catch effect 3.0 times natural rock 2.1 times control site	
(AR56) 팔각별강제 인공어초	Jeollanam-do Yeosu Ando-ri	07.11 ~09.11	-	CES,SS,TN,TP STS	DVO/US QS(50×50cm)	DVO/US	GNF	DVO/US	-	-	3 5 7	5 7 12	15 20 25	-	10	10	20	2.16	1.7	2.0	6.1	14.3	2.14 times natural rock 2.35 times control site
(AR57,58) 유선형 격판 이 있는 대형 사각어초	Incheon Yeongheung Changseo	08.3 ~09.8	32.3	CES, Transparency	DVO/US QS(50×50cm)	DVO/US	GNF	DVO/US SSS	-	-	-	-	-	3 5 7	8 25 30	20	-	2.0	2.0	1.2	1.5	1.53 times control site (None) 1.3 times control site (square AR)	
(AR59) 삼단격실형 강제어초	Jeju-do Sinnyang-ri	09.1 ~10.11	30~35	CES	DVO/US QS(50×50cm)	DVO/US	GNF Plankton Surv.	DVO/US	-	1/40	4	10	20,30	1	4	10	20,30	1	1.5	2.0	Depth 20m 1.0 1.2 Depth 30m 1.4 1.6		1 times control site (square AR) 1.23 times sand bed
(AR60) 강제고기굴 어초	Gyeonggi-do Haksanseo	09.4 ~11.7	20~21	CES, Transparency	DVO/US QS(25×25cm)	DVO/US	GNF	DVO/US SSS	-	1/50	5 7 9	11 13 15	20~3 0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.4 times control site(None) 1.4 times control site(square AR)
(AR61) 인공어초 복합체 강제어초	Jeollanam-do Yeosu Geomundo	-	10~15	Temp., Sal.	QS(50×50cm)	-	GNF	SSS	None	-	6	8	8	2.19	6	8	8	2	1.7	2.0	-	-	Catch effect 1.6 times natural rock 2.1 times control site
(AR62) 육각패널 에이치빔어초	Gangwon-do Anhyun	09.2 ~11.4	10	CES, COD, Transparency	DVO/US QS(50×50cm)	DVO/US	GNF	DVO/US	-	1/36	4.7 6.7 7.2	11 10 13 15	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.37 times natural rock 6.8 times sand bed
(AR63) 삼자형세라믹 인공어초	Jeollanam-do Yeosu Geomundo	09.2 ~10.8	20	Temp. Sal.	QS(50×50cm)	DVO/US	GNF	DVO/US	None	-	5	12	15 20	1.0	5	12	15 20	1.0	1.7	2.0	1.2	1.5	Fish emergence biomass 1.17 times natural rock 1.32 times control site
(AR64) 다기능 삼각형어초	Jeollanam-do Yeosu Deokchon-ri	11.4 ~12.11	5.8	Temp., Sal., Chl-a	-	-	GNF	DVO/US SSS	None	-	5	10	10 15	-	5	10	10 15	1.0 2.0	-	-	1.2	1.2	Seaweed 0.62 times natural rock 1.06 times control site
(AR65) 미로형 인공어초	Jeju-do Seongsan	10.8 ~12.8	15	CES, Transparency, Sediment	DVO/US QS(50×50cm)	DVO/US	-	DVO/US	None	1/50	6.6 ~7.9	9 10 11.5	10 15 20	-	5 6.6 7.5 7.9	3 9 10 11.5	7 10 15 20	0.514	1.5	1.67	1.2	1.2	Seaweed 1.12 times natural rock 2.63 times control site

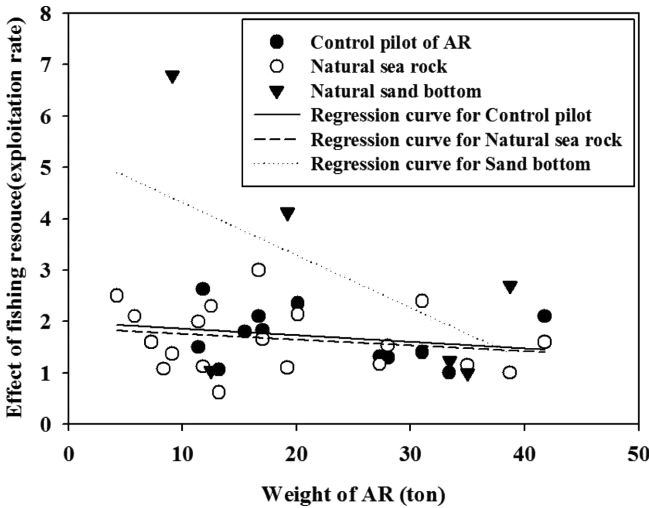


Fig. 10. Correlation between fishery resources (fishing catch) and the weight of the ARs.

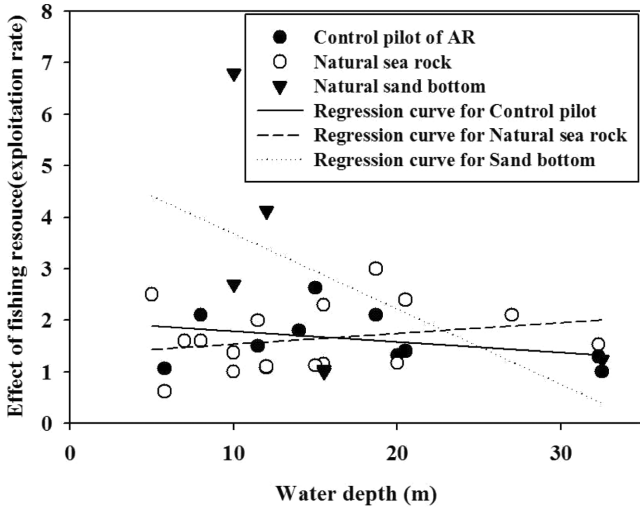


Fig. 11. Correlation between fishery resources (fishing catch) and the deployed water depth of the ARs.

는 상황이라 할 수 있다. 정부차원에서 다양한 수산자원조성 사업을 통해 효과조사를 수행하고 이를 보고서화한 결과는 다수 발견되지만 아쉽게도 DATA base하는 수준까지는 미치지 못하는 것이 사실이다. 더군다나 일반어초로 선정된 후에는 전국적으로 시설될 경우에 기존 시험어초 2년 기간 동안 얻어진 어초어장의 자원조성 효과가 타 시·도에 시설된 어초어장과 얼마나 차이가 있는지를 비교·검토한 조사는 거의 찾아보기 힘든 실정이다.

4. 결 론

본 연구에서는 현재까지 등록된 일반어초 79종 중에서 22개 시험어초 효과조사 보고서를 수집하여 보고서에 담긴 효과조사 방법 및 그 결과를 비교하고자 하였다.

먼저, 일반어초 79종의 높이, 중량, 공영적의 관계를 살펴본 결과에 따르면 어초 중량이 클수록 어초 높이가 크다는 것을 알 수 있으며, 콘크리트 어초보다 강재어초가 구조물의 중량은 2배, 공용적비는 약 3배를 가지고 있음을 알 수 있었다. 이를 통해 본 연구에서는 향후 어초 개발자가 초기 어초 개념 설계시에 활용 가능한 일차 직선식 모델을 제안하였다.

또한 연구 대상으로 하는 시험어초의 어획 효과는 어초 시설지가 대조구에 비해 대체로 1~3배 증가하는 것을 알 수 있다. 22개 시험어초 효과조사 보고서를 조사 항목 및 주요 결과를 요약 정리하여 향후 시험어초 효과조사 항목에 대한 통일 필요성을 강조하였다.

한편, 향후 시험어초 효과조사 보고서는 효과조사 기간 동안에 인공어초의 전도 및 활동에 대한 안정성 평가, 어초효과에 대한 평가, 어초의 적정 스케일의 평가, 어초 재질/재료의 선택 및 적정성 등에 대한 항목이 반영되는 것이 바람직하다고 할 수 있다. 또한 최종 일반어초로 선정된 시험어초 효과조사 보고서는 어초 개발자의 노력 결과로서 인정받을 필요가 있으며, 인공어초 어장 효과 평가에 대한 중요성이 부각되고 있는 현실에서 인공어초 시설사업의 당위성과 합목적성을 대표할 수 있는 좋은 현장 실적 보고서라 할 수 있다. 따라서 2년간 수행된 조사 결과는 일반어초로 선정된 어초의 국가 인공어초 사업대상 어초로서의 활용을 위한 기본 근거이며 국가 기록물로 분류되어 보관되고 일반인들에게 공개됨으로써 향후 새로운 인공어초 개발자들의 참고 자료로 활용될 필요성이 있다.

후 기

이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2017년: C-D-2017-1258) 지원을 받아 수행하였습니다.

References

- [1] Bohnsack, J.A. and Sutherland, D.L., 1985, Artificial reef research: a review with recommendations for future priorities, *Bull. Mar. Sci.*, 37, 11-39.
- [2] Jensen, A., 2002, Artificial reefs of Europe: perspective and future, *ICES, J. Mar. Sci.*, 59, S3-S13.
- [3] Kim, D.Y., 2007, Promotion trend and efficiency plan of artificial fishery business, *Monthly marine fisheries*, 284, 23-45.
- [4] Korea Fisheries Resources Agencies (FIRA), 2015, Hydraulic stability evaluation and optimum model development of artificial reefs for marine afforestation, Ministry of Oceans and Fisheries.
- [5] Korea Fisheries Resources Agencies (FIRA), 2017, The status of artificial reef, Report No. FIRA-IR-17-012.
- [6] Korea Fisheries Resources Agencies (FIRA), Artificial reef, http://www.fira.or.kr/english/english_index.jsp, 2018 (accessed 2018.04.03).

- [7] London Convention and Protocol/UNEP, 2009, London Convention and Protocol/ UNEP Guidelines for the Placement of Artificial Reefs, London, UK, 2-9.
- [8] Sohn, B.K., Yi, B.H. and Yoon, H.S., 2011, Hydraulic characteristics of train carriage artificial reef in wave and current field conditions, J. Korean Soc. Mar. Eng., 35(1), 108-117.
- [9] National Fisheries Research & Development Institute (NFRDI), 2009, Development of artificial reefs and their effectiveness, Report of NFRDI (TR-2010-RE-012).

Received 9 April 2018

Revised 11 May 2018

Accepted 15 May 2018