

인공어초시설 정밀조사에 관한 기초연구

A Study on Guideline of the Surveying Methodologies for the Artificial Fishing Reefs

최윤수¹⁾ · 전철민²⁾ · 임영태³⁾ · 성노선⁴⁾ · 사석재⁵⁾

Choi, Yun Soo · Jun, Chul Min · Lim, Young Tae · Seong, No Seon · Sa, Seok Jae

¹⁾ 서울시립대학교 도시과학대학 지적정보학과 교수(E-mail : choiys@uos.ac.kr)

²⁾ 서울시립대학교 도시과학대학 지적정보학과 교수(E-mail : cmjun@uos.ac.kr)

³⁾ 국립해양조사원海道과(E-mail : lims5787@krpost.net)

⁴⁾ 국립해양조사원海道과(E-mail : sns@nori.go.kr)

⁵⁾ 서울시립대학교 대학원 지적정보학과 석사과정(E-mail : seokjae4@uos.ac.kr)

1. 서 론

최근 해양환경의 여건은 해양경제영역확보를 위한 세계적 경쟁이 심화되었고, 해양자원의 개발 및 이용에 대한 관심이 증대되었다. 또한 해양환경의 보전과 관리에 대한 인식이 확산되고 있으며 해양의 이용을 위한 과학기술 개발에 많은 노력을 기울이고 있다. 국제적으로도 200해리 배타적경제수역(EEZ)제도 정착에 따라 해양자원의 개발을 둘러싼 연안국간의 마찰이 심화되었으며, 공해상의 해양자원 개발 및 선점을 위한 국제적 경쟁이 가속화되고 있다.

해양자원의 개발 및 이용은 식량·광물 등 자원의 보고로서 인류의 문명발전을 지속시킬 수 있는 유일한 대안으로 우리나라의 경우 수산생물의 어획증대, 조업의 효율화 및 보호배양을 도모할 수 있는 인공어초 시설사업이 1971년 정부투자사업으로 처음 실시되어 지금까지 계속적으로 진행되고 있으며, 1999년 현재 총 투자사업비 4,253억원이 투자되었으며, 전국연안 142,440ha에 약 984,000개의 인공어초가 설치되었다.

최근 인공어초 시설에 대한 여러 가지 문제점들이 대두되고 있으며 특히, 항해안전과 수로조사 측면에서의 문제점은 다음과 같다. 인공어초를 연안해역에 집중 설치하여 항해 위험구역이 산재되고 있고 어초설치 후 정확한 위치 및 수심변동 미확인으로 안전사고 위험이 있다. 어초시설 구역을 실제보다 넓게 위험구역으로 표기하여 국제적으로 이용하는 해도의 신뢰도가 저하되었으며 선박의 우회 항해에 따른 시간적·경제적 손실 및 항해자에게 불안감을 주고 있다.

항해안전과 수로확보를 위하여 인공어초 정밀조사를 위한 시범사업이 등을 위하여 추진되었으나 작업 규정미비, 노하우 및 전문인력 부족 등 많은 어려움이 있었다. 따라서 본 연구에서는 인공어초 정밀조사 사업의 합리적 추진을 위하여 선진외국의 관련규정을 검토하고, 관련 전문가들과 현장적용성을 검토하여 실제현장에 적용할 수 있는 작업규정을 제시하고자 한다.

2. 인공어초시설

2.1 인공어초의 개요

인공어초는 인공적으로 해저나 해중에 구조물을 설치하여 대상 수산생물을 끌어 모으고 보호 배양을 목적으로 하는 어장시설이다. 인공어장은 어류 등의 수산생물이 암초, 침물선 등에 모이는 성질을 이용하여 대상 수산생물의 어획증대, 조업의 효율화 및 보호육성을 도모하기 위한 시설이다. 그리고 인공어

초어장은 주로 어획의 증대, 조업의 효율화를 도모하기 위하여 인공어초를 계획적으로 배치하여 조성하는 어장이다.

2.2 인공어초의 기능

인공어초의 기능은 어종의 생물학적 기능과 밀접한 관련이 있다. 일반적으로 인공어초는 수산자원의 휴식장, 먹이장 및 산란장으로서의 기능을 한다.

2.2.1 휴식장

일반적으로 휴식장이라 함은 빠른 물의 흐름이나 부적합한 환경 그리고 외적으로부터 도피하여 쉴 수 있는 장소를 말한다. 특히 어류는 물체에 몸을 접촉한다든지 또는 물체에 가까이 있고자 하는 주축성이라는 본능을 가지고 있기 때문에 휴식장이 필요하다.

인공어초의 경우 수중에 시설되었을 때 물의 속도를 완만하게 해주며 복잡한 공간구조와 더불어 어류가 접촉할 수 있는 물체를 제공한다. 이와 같이 인공어초는 수산생물의 휴식장으로서의 기능을 가지므로 수산생물의 보호·육성에 중요한 역할을 한다.

2.2.2 먹이장

인공어초 어장은 주변 해역에 용승이나 소용돌이를 발생시켜 다량의 영양염류를 지층에서 표층으로 이송한다. 따라서 표층에 공급된 풍부한 영양염류는 기초 생산력을 증대시키며, 이를 먹이생물로 하는 동물플랑크톤 등이 다량 번식하게 된다. 또한 인공어초가 부착기질로서 제공됨에 따라 각종의 부착생물이 착생하여 다량으로 번식하게 된다.

이와 같이 인공어초 어장을 중심으로 형성된 부유생태계와 부착생태계에 제공되는 다량의 기초 먹이생물은 소형어류에 의해 섭취되며, 이들 소형어류는 대형어류에 의해 섭취된다. 따라서 인공어초를 중심으로 하여 커다란 먹이생물의 장이 형성되게 된다.

2.2.3 산란장

일반적으로 대부분의 어류 및 수산생물은 흐름이 완만하여 다른 생물로부터 은폐될 수 있고 먹이가 풍부한 곳을 산란장으로 택하는 것으로 알려져 있다. 특히 부착란을 산란하는 어류는 부착기질이 있는 곳을 산란장으로 택한다.

인공어초는 이와 같은 산란장의 요건을 구비함으로서 어류 및 수산생물의 산란장으로서 중요한 역할을 하고 있다.

3. 인공어초 정밀조사

Multi Beam Echo Sounder, GPS 등 첨단장비를 동원하여 항해위험구역으로 표기된 인공어초시설 해역에 대한 정확한 어초 위치 및 수심분포 등을 정밀 조사하고, 해도를 보정함으로써 해상교통의 안전을 확보하고, Side Scan Sonar에 의한 해저지형조사, 저질조사, 수중촬영 등을 통하여 인공어초 시설의 매몰, 유실 등 기능유지 상태를 파악한다.

3.1 GPS를 이용한 위치조사

C/A 코드 하나만 사용할 경우 10~30m 이상의 정밀도로 위치를 결정하는 것은 현실적으로 불가능한데 이것은 수신기가 결정하는 위성까지의 거리자료에 여러 가지 오차 요인이 복합적으로 영향을 미치기 때문이다.

또한, P 코드를 사용하더라도 적용이 불가능한 특정분야에 있어서 만약 어떤 제2의 장치가 수신기 근처에 존재하여 지금 현재 수신 받는 자료가 얼마만큼 빛나간 양이라는 것을 수신기에게 알려줄 수만 있다면 위치결정의 오차를 극소화 시킬 수 있는데 바로 이 방법이 DGPS이다. DGPS기법은 단독측위 기법의 정밀도를 향상시키기 위해 개발된 것으로 2대 이상의 수신기와 통신 매체가 필요하다. DGPS를 구현하기 위하여 여러 가지 고려할 사항이 있으며, 이러한 고려사항으로는 차분을 취하는 방법, 오차 보정 형태, 오차를 보정하는 시기 등이 있다.

기준점에 설치된 1대의 수신기에서는 이미 알고 있는 기준점의 위치 정보를 이용하여 관측된 각 위성에 포함된 오차량을 계산할 수 있다. 이것을 위성마다의 거리오차 보정치로 환산하여 국제 표준 형식인 RTCM SC-104 (Radio Technical Commission for Maritime Service Special Committee-104) 자료 형태로 전환한 후, 통신 매체를 통해 수신기에 전달하면 이동체에서는 저가의 항법용 수신기를 가지고도 수m 이내, 정지한 대상에 대해서는 1m 이내의 실시간 위치 측정이 가능하다. 여기서 말하는 RTCM SC-104표준은 Message Type을 64개까지 지정할 수 있도록 되어 있으며 GPS항법메세지와 같은 형태의 알고리즘을 그대로 사용하고 있는 것을 말한다. DGPS 기준국에서 사용하고 있는 포맷형식은 3, 5, 7, 9, 16번을 사용하고 있다. 3번은 메시지 기준국의 파라미터, 5번은 메시지 궤도상의 위성상태, 7번은 메시지 비콘력, 9번은 메시지 의사거리 보정치, 16번은 특별메시지이다.

그리고 오차보정이 행해지는 영역은 의사거리영역과 항법해영역이 있는데 일반적으로 쓰이는 의사거리영역에서의 보정은 RTCM SC-104에서 표준을 정하고 있다. 이러한 DGPS방법은 거의 동시에 데이터를 교환하기 때문에 공통적으로 발생하는 오차원인은 제거되어 정확한 실제 좌표를 얻을 수 있다. 기준국은 미리 정적간섭측위 등을 통하여 매우 정밀한 위치를 알고 있는 지점에 설치한다.

우리나라 DGPS 기준국 현황은 1999년 8월부터 서해안(팔미도, 어청도)서비스를 시작으로 2000년 6월 동·남해안(영도, 거문도, 마라도, 주문진, 호미곶, 울릉도)제공 및 우리나라 전해역의 이용범위 확보를 위하여 저진, 소청도, 소흑산도 기준국을 추가 설치하였다.

3.2 Multi Beam Echo Sounder를 이용한 수심분포 조사

기존의 단일 음파 측심기(Single Beam Echo Sounder)와 달리 탐사선 진행 방향의 수직(Across Track)으로 해저면을 주사한다. 한 번의 송수신으로 다중의 빔 자료를 획득한다. 수심(Bathymetry), 수방산란 음압(Backscattered Amplitude), Side Scan Sonar 등과 같이 사용된다.

Multi Beam Echo Sounder를 이용한 해저면 탐사는 수심의 변화에 따른 주사폭의 변화를 관측할 수 있다. 각 빔의 수형해상도는 수심과 더불어 빔폭에 의하여 동적으로 변화는 해저면의 전역탐사가 가능하다. 해저면의 전역탐사가 가능하며, 연속된 음향 탐사를 통하여 연속 송수신 사이에 발생하는 전방중첩영역과 이웃 측선을 따라 겹쳐지는 측방중첩영역의 자료들을 이용하여 다중음파 소해측심 자료들의 전반적인 정확 및 신뢰도를 평가할 수 있다.

주요기능으로는 가장 핵심인 수심측정, 해저면에 반사되어 되돌아오는 음파의 음압의 기록, 사이드 스캔 소나 자료와 동시 취득 가능하므로 측심된 해저 지형과 해저 지형을 덮고 있는 해저면의 퇴적상황을 동시에 획득할 수 있는 기능이 있다.

표 1. Multi Beam Echo Sounder 시스템 구성

항 목	기 능
멀티빔 음향측심 송수파기	멀티빔 음파 송신 및 수신
위성 측위기(DGPS)	멀티빔 기준점에 대한 절대 지구좌표 취득
자이로 센서	진북을 기준으로 한 선수의 회전각 취득
모션 센서	선박의 Heave, Pitch, Roll 변화량 취득
음속도 센서	조사대상 해역의 음속도 프로파일 제공
통합 워크스테이션	각종 부가 센서자료를 취득, 통합

3.3 Side Scan Sonar를 이용한 해저지형조사

Side Scan Sonar는 넓은 해저 표면을 영상화하기에 매우 효과적이기 때문에 수중에서 특정한 목표물을 찾고자 할 때 흔하게 사용된다. 선박이 침몰한 경우 Side Scan Sonar를 사용하여 체계적인 탐색을 한다면 목표물의 위치를 매우 정확하게 알아낼 수 있다. 뿐만 아니라 음탐기는 이 물체의 현재 상태, 현 환경에 의하여 영향받은 정도, 그리고 해저면 위에서의 현재 모습 등도 알 수 있다.

Side Scan Sonar를 사용하면 탁도가 심한 물속에서 햇빛이 없을 때라도 해저 침몰체를 정밀하게 탐색할 수 있을 뿐만 아니라, 해저의 지형도 파악할 수 있다. 또 군사적인 목적으로는 수중에 위치한 기뢰 또는 군사목적의 구조물을 실시간으로 탐색할 수 있고, 수중 초음파 레이더로 활용하면 잠수함, 잠수부, 어군 등의 이동체를 실시간으로 촬영하여 현재의 위치정보와 함께 영상화 할 수 있다.

Side Scan Sonar는 해저면 상태 조사, 석유 산업에서의 이용, 준설, 기뢰 탐색, 환경분야, 어업분야에서 광범위하게 사용되고 있다.

4. 인공어초조사 관련규정에 대한 검토

4.1 국내 관련규정

해양조사원 관련규정은 '수로측량 업무규정(예규 제21호)', '수로측량 업무규정 시행규칙(예규 제22호)', '해양관측 업무규정(예규 제25호)'에 인공어초 정밀조사와 관련 있는 항목이 있지만 최신작업 방법이나 관련기술에 대한 내용이 없다. 해양관측 업무규정도 수로측량 업무규정과 마찬가지로 인공어초 정밀조사에 관한 직접적인 명시는 없다. 그러나 수로측량 업무규정과 해양관측 업무규정 모두 인공어초에 관련 있는 사항들은 기록이 되어있다.

문제점으로는 최신기술에 대한 반영이 미흡하다. 첨단 장비 활용에 따른 작업규정 적용이 미비하여 최신 장비활용 범위의 확대가 시급하고 기관별 유사영역의 작업방법이 통일되어 있지 않다. 연안해역조사에 관련된 사항을 보면 해양조사원은 '연안해역법', 국립지리원은 '연안해역기본도 제작 조사'로 유사영역에 대해 각각의 규정으로 조사측량을 시행하고 있다. 새로운 작업방법의 적용에 한계가 있다. 각 작업방법에 대한 개괄적인 서술이 필요하다. 새로운 사업에 규정을 적용할 때에 명확한 지침이 없는 실정이다.

4.2 국외 관련규정

표 2. IHO수로측량의 최소기준

등 급	특 등 급	1 등 급	2 등 급	3 등 급
구역형태	항만, 묘박지, 최소선저 통과 수심의 위험수로, 수심 20m이하, 각도 50°이하	항만, 항만접근수로, 추천항로, 수심100m까지 연안해역	특등급 및 1등급에서 정하지 않은 구역, 수심 200m 해역	특등급, 1,2,3등급에서 정하지 않은 해역
수평위치 정확도 (95%신뢰수준)	2m	5m+수심의5%	20m+수심의5%	150m+수심의5%
경정수심 정확도 (95%신뢰수준)	a=0.25m b=0.0075	a=0.5m b=0.013	a=1.0m b=0.023	2등급과 동일
100%해저탐사	강제적	특정해역에 한정	특정해역에 한정할 수 있음	적용 없음
시스템 탐사능력	1m'보다 큰 물체	수심 40m까지 2m'보다 큰 물체 또는 수심 40m이상에서는 수심의 10%이상인 물체	1등급과 동일	적용 없음
최대측심선 간 격	100%강제탐사로 적용 안됨	평균수심×3배 또는 25m 중에서 큰 것	1등급과 동일	평균수심×4배

국제기관인 IHO(International Hydrographic Organization)에서는 수로측량의 위치 및 수심의 정확도에 대하여 규정을 특등급, 1등급, 2등급, 3등급으로 나누어져있다. 이에 대한 자세한 내용은 위의 표에 설명하였다.

일본은 해상보안청 해양정보부에 '수로측량 업무준칙'과 '수로측량 업무준칙 시행규칙'이 있다. 미국은 NOAA 수로측량 규정(Specification and Deliverables, 03.3)과 미 공병단 수로측량 규정(Hydrographic Surveying, 02.1, No1110-2-1003)이 관련규정으로 있다.

일본 수로측량 업무준칙에는 해상위치측량과 수심측량, 지질조사, 해저지형 및 지질조사 항목이 상세히 규정되어있으며, 최신 기술에 대한 작업규정이 수록되어있다. 미국 NOAA 수로측량 작업규정에는 Multi Beam Echo Sounder와 Side Scan Sonar의 분석에 관한 규정과 해저지형도 제작에 관한 규정이 정의되어있고, 미국 공병단 수로측량 작업규정에도 마찬가지로 Multi Beam Echo Sounder와 Side Scan Sonar에 대한 상세한 작업규정이 정의 되어있다.

4.3 관련규정 검토결과

일본의 관련규정은 우리나라 수로측량 업무규정과 유사하나 최신 작업방법이나 관련기술에 대한 내용이 적절히 반영되어있다. 미국의 NOAA 수로측량 작업규정에는 최신장비의 운영 등 상세한 규정이 제시 되어있어 우리나라와 일본의 작업규정과 차이점을 발견할 수 있었다.

구체적으로 기술하면 인공어초 위치조사에서는 GPS측량방법과 기준점의 선정 및 측량 시간, 해석방법 및 기준 등이 정의되어야 하며, Multi Beam Echo Sounder를 이용한 수심분포 조사에서는 작업방법, 장비규격 및 성능, 특성을 표기하고 정확도 검정 등이 정의되어야 한다. 그리고 Side Scan Sonar의 장비규격 및 성능을 명시하고, 데이터의 표준포맷 및 영상판독 기준도 제시되어야 한다.

표 3. 한·미·일 인공어초 관련규정 비교

국가·관련규정	관련조항	주요내용	인공어초 정밀조사 관련부분
한국 해양조사원 수로측량 업무규정	제1장 총칙	-수로측량의 목적, 용어정의, 종류와 내용, 기준 등을 정의	정의, 종류와 내용
	제2장 수로측량의 실시	-수로측량의 정의와 종류 등을 제시 -원점측량, 고저측량, 항공사진측량, 안선(지형)측량, 수심측량, 조석관측, 해상위치측량, 지질조사 등의 작업방법 제시	원점측량 수심측량 조석관측 지질조사 해상위치측량 등
	제3장 해양기본도 측량	-해저지형측량, 해저지층탐사, 지자기관측, 해상중력관측 등 국가해양기본도를 간행하기 위한 측량 등을 서술	해저지형측량 해저지층탐사
	제4장 기타	-보정측량, 항로기사 및 지명조사, 측량성과 점검 등을 제시	관련 성과품 제작 기준
미국 NOAA 수로측량 작업규정	제1장 소개	-수로측량 작업규정의 개요	
	제2장 원점(측량기준)	-수평 및 수직위치의 기준, 음향측량시 위치 기준, 시간 기준 제시	
	제3장 수로측량기준	-수평위치정확도 제시, DGPS 측량 규정 및 DGPS 기준점 규격 제시	
	제4장 조석관측 및 기본수준면 결정	-조석관측 방법 제시 -기본수준면 결정 작업방법 제시	
	제5장 음향측심	-음향측심의 작업방법, 장비규격(Multi Beam 등), 성과정리, 정확도 등을 제시	Multi Beam Echo Sounder 분석
	제6장 사이드 스캔 소나	-사이트 스캔 소나의 작업방법 및 품질관리 방법 제시	Side Scan Sonar 분석
	제7장 기타	-해저지형도 및 항해도 제작 방법 제시	해저지형도 제작
	제8장 성과품 정리	-보고서, 성과품의 제작방법 등 제시	

일 본 해상보안청 수로측량 업무준칙	제1장 총칙	-수로측량 목적, 정의	
	제2장 항만측량, 항로, 연안측량	-항만, 항로, 연안측량에 관련된 사항 제시	해상위치측량 수심측량 저질조사 해저지형 및 지질조사
	제3장 지자기 측량	-육상, 해상, 항공자기측량 관련 규정 제시	
	제4장 중력측량	-육상, 해상중력측량에 관련된 규정 제시	
	제5장 해양측량 및 대륙붕조사	-해양측량과 대륙붕조사에 관련된 규정 제시	
	제6장 위성측지관측	-위성 레이저관측 및 전파관측에 관련된 규정 제시	

5. 결 론

인공어초 정밀조사사업은 DGPS와 Multi Beam Echo Sounder를 이용하여 해도상에 정확한 인공어초 위치 및 수심 표시로 선박의 안전항해 확보 및 경제항로를 설정하고, Side Scan Sonar에 의한 해저지형 조사, 저질조사, 수중촬영 등을 통하여 인공어초 시설의 매몰, 유실 등 기능유지 상태를 파악하여 합리적인 인공어초사업추진 및 유지관리에 필요한 기초자료를 제공하는 것이다.

본 연구에서 인공어초 정밀조사 사업의 합리적 추진을 위하여 선진외국의 관련규정을 검토하고, 현장 적용성을 검토한 결과, 수로측량 업무규정에 인공어초시설의 위치조사에서는 GPS측량방법과 기준점의 선정 및 측량 시간, 자료처리 및 해석기준 등이 보완되어야 하며, 수심분포 조사에서는 Multi Beam Echo Sounder의 특성, 작업방법, 장비규격 및 성능을 표기하고 정확도 검정 등이 보완되어야 한다. 그리고 해저 지형조사에서는 Side Scan Sonar의 장비규격 및 성능을 명시하고, 데이터의 표준포맷 및 영상 판독 기준도 보완되어야 한다. 추후에 제시된 규정(안)을 기준으로 비용모델(폼셈)이 검토되어야 하며 해양조사 관련 규정에 관한 체계적인 운영이 검토되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 최윤수(2003), 인공어초 정밀조사 작업규정 제작 및 기본계획 수립 연구, 해양수산부 국립해양조사원
2. 이창식(1999), 수중 음향 영상<측면 주사 음탐기의 사용 및 자료 해석>, 집문당
3. 김무한(2002), 인공어초시설의 현황조사 및 합리적 방안에 관한 연구, 한국콘크리트학회
4. 해양수산부 국립해양조사원(2002), 인공어초정밀조사 및 어초어장도 제작 결과 보고서
5. 해양수산부(2000), 인공어초 시설사업의 종합평가 및 향후 정책방향설정에 관한 연구