

## 최신기술을 이용한 인공어초정밀조사에 관한 연구 A Study of New Technology the Surveying Methodologies for the Artificial Fishing Reefs

최윤수<sup>1)</sup> · 강용덕<sup>2)</sup> · 이임평<sup>3)</sup> · 이상준<sup>4)</sup> · 문지영<sup>5)</sup>

Choi, Yun Soo · Kung, Young Dug · Lee, Im Pang · Lee, Sang Jun · Moon, Ji Young

<sup>1)</sup> 서울시립대학교 도시과학대학 지적정보학과 부교수(E-mail : choiys@uos.ac.kr)

<sup>2)</sup> (주) 한국해양과학기술 이사(E-mail : kydkosec@lycos.co.kr)

<sup>3)</sup> 서울시립대학교 도시과학대학 지적정보학과 부교수(E-mail : cmjun@uos.ac.kr)

<sup>4)</sup> 서울시립대학교 대학원 지적정보학과 석사과정(E-mail : maximax@sidae.uos.ac.kr)

<sup>5)</sup> 서울시립대학교 대학원 지적정보학과 석사과정(E-mail : srmoon7@uos.ac.kr)

### 요지(Abstract)

인공어초 정밀조사는 21세기 신 해양질서를 통해 연안해역정보가 더욱 중요시 대두되고 있는 시점에서 중요성이 강조되고 있으며, 우리나라 연안에 시설된 인공어초 시설구역은 미측심 구간으로 IHO의 수심 측정에 대한 권고를 받은 상태이다. 그렇기 때문에 신기술 장비인 DGPS와, 멀티빔, 사이드스캔소나등을 이용한 인공어초 정밀조사를 통해 효율적이고, 정확한 조사방법을 제시하고 해양측량에서 발생하는 오차의 보정 방법을 알아봄으로서 어초어장도 제작의 질적 향상 효과를 가져올 것으로 기대된다.

## 1. 서 론

최근 우리나라의 수산업은 연안오염과 수산생물자원의 남획으로 말미암아 고갈되고 있으며, 신해양질서에 의해 원양어장은 축소되고 있다. 또한 WTO의 수입자유화에 따른 수산물 자유화의 영향으로 영세한 어업경제기반을 위협하고 있다. 따라서 수산자원의 지속적이고 안정적인 생산물확보와 신해양질서에 따른 연안국간의 국제적 분쟁을 피하기 위한 방안이 요구되고 있다. 이런 관점에서 정부에서는 잡는 어업에서 기르는 어업으로 정책을 전환하는 단계이므로 인공어초를 비롯한 바다목장 사업은 지속가능한 수산자원을 조성하는 방안 중의 하나이다.

특히 인공어초사업은 해양자원개발의 일환으로 1971년 정부투자사업으로 처음 실시되어 지금까지 계속적으로 지속되고 있으며, 2000년 까지 전국연안 145,280ha에 인공어초가 시설되었다. 이와 같이 인공어초 시설 사업은 우리나라 수산투자사업 중 어항건설산업 다음으로 가장 많은 예산이 투입되는 중요한 정책사업이나 시업시행 약 30년이 지난 지금까지도 시설 및 유지관리에 대한 기술적 평가가 미흡한 실정이다.

최근 인공어초사업의 사후관리 및 효율적인 바다어장 조성이라는 측면에서 정부부처와 지방자치단계간의 인공어초시설 조사사업의 필요성이 대두되고 있다. 시설된 어초의 사후관리는 대상해역 수산생물자원의 생산성을 높이기 위한 것으로, 합리적인 관리방안이 필요하며 특히 항해안전을 위한 해도정보보정에도 밀접한 연관이 있다. 인공어초정밀조사의 필요성은 다음과 같다.

- (1)국제 수로기구(IHO) S-44등급을 만족하는 해도정보보정을 통해 선박항해 안전을 확보
- (2)선박 항해도 수정을 통하여 얻을 수 있는 경제성을 검토
- (3)우리나라는 남해와 서해가 얕은 대륙붕으로 이루어져 있어 선박의 운항시 좌초의 위험을 안고 있다. 따라서 인공어초로 인한 사고를 미연에 방지하는 방안으로 해양 선박사고를 평가기준으로 선정
- (4)인공어초시설과 같은 공공의 시설물은 지역발전과 어업인의 소득증대를 주요한 목적으로 활용하는바

‘수해도’, ‘요구도’를 결정 지표로 하여 평가

(5)기존에 투하되어 있는 인공어초시설물에 대한 정확한 위치확인 은 사업대상지 결정을 위한 중요한 척도이므로 평가기준으로 선정

본 연구에서는 정확도 높은 인공어초정밀조사를 위한 해양측량 기술에 대한 내용을 소개하고자 한다.

## 2. 우리나라 인공어초 현황

우리나라 인공어초에 대한 정보조사는 해양수산부 산하 두 기관에서 조사하고 있다. 먼저 국립수산물 학원에서는 인공어초시설시 만들어 지는 시설도제작과 어초의 유지·보수등을 총괄하는 역할을 담당하 고 있다. 반면 국립해양조사원에서는 2002년 이전에 시설된 인공어초시설로 인한 해도의 미 측심구간에 대해서 해도정보보정용으로 활용할 수 있는 인공어초어장도를 제작하고 있다. 또한 차후 만들어지는 인 공어초어장도의 규격화와 정확도 확보를 위해 인공어초정밀조사지침을 제작하여 어초어장도 성과물을 관리하고 있다.

표 1.은 지역별 인공어초시설 면적이다. 표 1.에서 보는 것과 같이 남해안 지역에 집중적으로 인공어 초가 시설되었기 때문에 어초의 사후관리 측면에서 남해안 지역을 우선으로 하며 , 표 2.에서 보는바와 같이 남해안의 수심 또한 깊지 않은 점을 고려하여 남해안의 주요항로 지역에 대한 인공어초정밀조사를 우선으로 하고 있다.

표 1. 지역별 인공어초시설 면적

(단위: ha, 인치는 경기에 포함)

년도	서해				남해				동해			
	경기	충남	전북	계	전남	경남	부산	계	울산	경북	강원	계
'71~ '91	1,639	2,574	2,304	6,517	12,549	15,249	571	28,369	-	10,237	9,561	19,798
'92~ '99	5,485	8,323	5,372	19,180	16,178	13,517	902	30,597	410	9,066	9,282	18,758

[출처: 해양수산부 「인공어초시설실적」, 2000년]

표 2. 평균해역 수심

수 심(m)	서 해		남 해		동 해	
	평균	최고	평균	최고	평균	최고
	44	103	101	228	1,543	4,049

## 3. 인공어초 정밀조사와 신기술동향

광학 신호나 전자기파를 이용한 기존의 원격탐사 방식이 적용되지 않는 해양에 대한 효율적이고 정량 적인 탐사 자료를 제공하는 음파 탐사 기법을 이용하여, 인공어초시설지역의 수심과 퇴적면 구성 정보

에 대해서 알아볼 수 있다. 따라서 항해위험지역으로 표기된 인공어초시설구역에 대한 해도보정자료와 인공어초 시설의 매몰, 유실 등 기능유지 상태를 파악한다.

### 3.1 측위시스템(Differential Global Positioning System)



그림 1. RTK-DGPS

DGPS는 우리나라 연안에 설치된 11개의 기준국(Reference Station)으로부터 보정정보를 수신하여 해상 GPS 단독측위 시에 발생하는 30m의 위치오차를 1m내외로 보정해주는 시스템으로 입출항 선박의 해양사고 방지와 해양자원조사 작업 시 폭넓게 사용되고 있다. 그러나 정밀한 측위정보를 필요로 하는 인공어초 정밀조사 작업 시에는 기준국으로부터 보정정보 수신에 혼선이 없는 지역은 Beacon DGPS방식을 사용하고 그 외의 지역은 연안 RTK(Real Time Kinematic)DGPS방법 사용을 병행하는 것이 효율적이다.

### 3.2 수중영상화시스템(Side Scan Sonar)

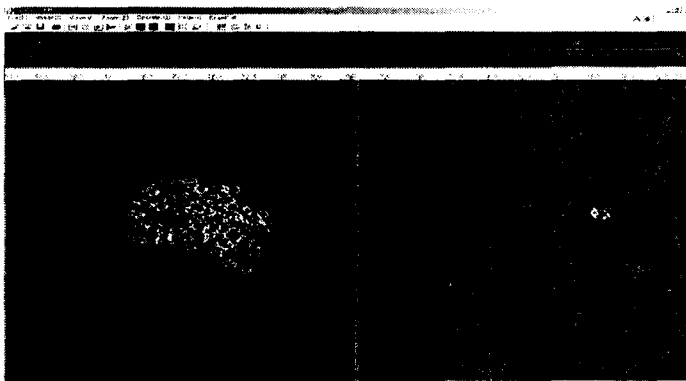
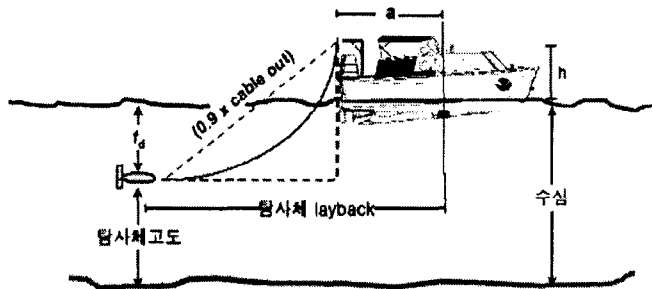


그림 2. 사이드스캔소나의 운영방식과 소나영상

진다. 사이드스캔소나는 햇빛이 없을 때라도 해저 침물체를 정밀하게 탐색할 수 있을 뿐만 아니라, 해저의 지형도 파악할 수 있다. 또 군사적인 목적으로는 수중에 위치한 기뢰 또는 군사목적의 구조물을 실시간으로 탐색할 수 있고, 수중초음파 레이더로 활용하면 잠수함, 잠수부, 어군 등의 이동체를 실시간으로 촬영하여 현재의 위치정보와 함께 영상화 할 수 있다.

해저 퇴적 구성물질의 음향특성에 따른 후방산란 음압을 흑백 계조 영상으로 취득하는 시스템으로 사이드스캔소나(Side Scan Sonar)가 대표적인 해저면 탐사 시스템이며, 이를 응용한 Sector Sonar와 음파대신 레이저를 이용한 레이저스캐닝소나(Laser Scanning Sonar)등이 해저면 탐사에 이용된다. 사이드스캔소나의 탐사범위(Swath Range)는 양현으로 10m에서 10km까지 자료를 취득할 수 있기 때문에 광범위한 탐색작업이 가능하다. 탐사선으로부터 예인되는 탐사체(Towfish)의 이격거리로부터 산출되는 위치정보를 이용하여 연속적으로 취득한 영상자료의 좌표점을 나타낼 수 있다.

조사구역에서 취득한 영상들은 각각의 위치정보를 통해 조사구역전체의 모자이크 영상을 구성할 수 있으며, 비연속적인 영상경계면이나 목표물에 대한 해석이 이루어

표 3. Side Scan Sonar 시스템 구성

항 목	기 능
영상처리부	음파신호를 영상처리
신호처리 및 탐사체제어부	음파신호를 처리
견인 케이블	각종 제어신호를 송수신 연결
탐사체(Towfish)	소나음파 송신 및 수신

### 3.3 해저지형탐사시스템(Multi-Beam Echo Sounder)

해양 탐사에서 가장 기본적인 조사 대상인 해저지형 탐사는 음파가 해저면에서 반사되어 되돌아오는 왕복주사시간과, 해역의 음속도 자료를 이용하여 해저면의 기복을 계측하는 과정이다. 하나의 송수신 음파를 사용하는 단 빔 음향측심시스템은 일정한 빔 퍼짐 각도를 이용하여 탐사하기 때문에, 수심이 깊어질수록 탐지되는 영역이 넓어져서 공간 해상도는 좋지 않지만, 선박의 모션이나 잡음에 강한 것이 특징이다. 두 번째로 트랜스듀서 여러 개를 동시에 운영하여 동시에 다수의 측심자료를 다중 트랜스듀서 방식은 트랜스듀서를 현 방향으로 펼쳐진 지지대에 단위거리만큼 이격 설치한 후, 동시에 넓은 영역에 대한 해저지형을 조사하는 시스템이다. 세 번째는 멀티빔(MultiBeam) 혹은 위상간섭(Interferometry) 원리를 이용한 MBES(MultiBeam Echo Sounder)시스템으로 전자적으로 생성되는 다중의 빔을 이용하여 수심의 약 3배정도의 지역을 40개에서 240개 정도의 빔을 이용하여 탐사하는 시스템이다. 빔의 생성 및 계측원리가 정교하여 선박의 모션에 영향을 많이 받기 때문에 정교한 조정 작업이 필수적으로 요구된다. 빔을 탐사선의 직하 방향 뿐 아니라 사선 방향으로도 발사하기 때문에 음속이 변화하는 수온경계층에서 굴절되므로, 해당 탐사 지역의 물리적 해양 특성에 대한 정보도 실시간 적으로 요구된다. MBES시스템은 사용하는 빔마다 왕복 주사 시간에 의한 거리 뿐 아니라, 해저면에서 반사되어 온 음파의 강도를 기록하고, 연속적 음파신호를 이용하여 사이드스캔소나 자료도 제공해 주는 장비도 최근 개발되었다.

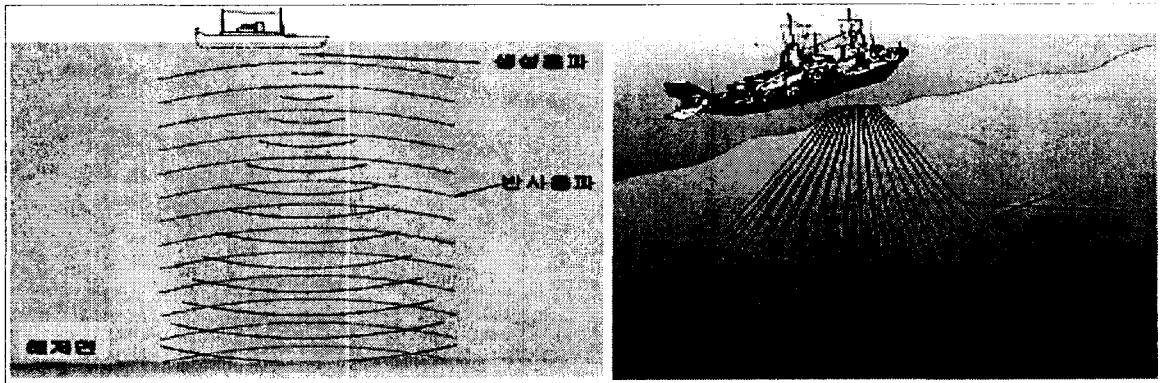


그림 3. 멀티빔의 원리

표 4. Multi Beam Echo Sounder 시스템 구성

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

### 4. 멀티빔 오차의 보정

해수면 혹은 수중에 위치하는 탐사체 플랫폼(조사선 또는 원격조정 탐사체)은 플랫폼의 임의의 원점을 중심으로 3차원 회전운동을 하게 된다. 이때 국가평면직각좌표계와 플랫폼 좌표계 상의 오차가 발생하며, 자이로 컴파스와 VRU(Vertical Reference Unit)는 각 축에서 발생하는 변위량을 관측한다.

매번 송신된 음향 신호는 트랜스듀서에 의해 수신되며, 플랫폼 좌표계는 국가평면직각 좌표계로 계측한다. 두 좌표계에서는 공히 동일한 원점을 공유한다. 매번 송신된 음향 신호는 트랜스듀서에 의해 수신되며,

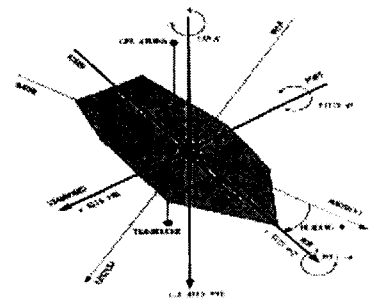


그림 4. 플랫폼의 회전각 요소

플랫폼 좌표계는 국가평면직각 좌표계로 변환된다. 따라서, 음향신호의 송수신 동안 플랫폼 좌표계의 원점은 측량선박의 움직임에 따라 매번 국가평면직각 좌표계의 한 점으로 변환된다.

#### 4.1 오차의 요인

멀티빔에서 나타날 수 있는 오차들의 원인은 다음과 같이 두 가지로 분류해 볼 수 있다.

- ① 관측 오차에 영향을 끼치는 원인
- ② 측위 오차에 영향을 끼치는 요인

측심 경사거리와 빔 지향 각 오차와 같은 특정 부품에 한정된 오차들은 불규칙하게 발생하는 반면, 자이로 컴퍼스 혹은 동적 흘수의 관측오차와 같은 특정 장비의 기계적 장착오차와 같이 예상 가능한 오차들로 구성되어 있다. 측심오차에는 특정 기준면과 연관되어 측심성과의 정확성에 영향을 끼치는 조위계와 조고 개정 오차를 포함시키지 않았다. 나열한 모든 오차 원인들 중에서, 천해용 멀티빔의 측심 및 측위 결과에 시스템적으로 영향을 끼치는 요소들은 다음과 같다.

- 롤 오프셋
- 피치 오프셋
- 자이로 오프셋
- 모션센서의 설치 방향 오류
- 모션센서의 시각 지연 현상
- 동적 흘수(선박 안정화, 부하 조건, 해수밀도 등)
- 센서 정적 오프셋(위치와 Heave 오차)
- 측위장비의 시각 지연 현상
- 음향 측심기 내부 오차
- 수중 음속 변화

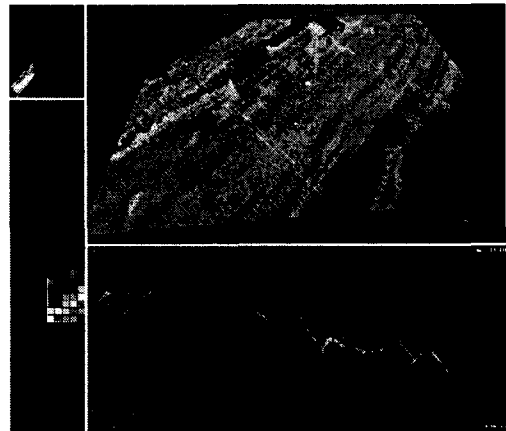


그림 5. 는 트랜스듀서의 Z축과 모션 센서의 Z축이 일치하지 않음으로 발생한 대표적인 오측자료의 예이다. 그림의 그림 5. 롤 오프셋 오차에 의한 측량성과의 외곽 우측하단 그림은 선수 진행 방향의 프로파일 인데, 측선에 따라 롤 오차에 의해 지형 경사가 다르게 나타난다.

#### 4.2 오차의 보정

수로측량의 관점에서 멀티빔의 가장 중요한 요소는 멀티빔 자료의 올바른 통합(Integration)이다. 정확한 통합은 자료의 정확도를 보장하고, 측심 자료의 신뢰도를 향상시킨다. IHO 측심 기준인 수심 1%내외의 정확도, 3.75m의 빔 위치 정확도를 구현하기 위하여 각 정렬 요소들과 관측오차가 파급되는 영향을 평가할 필요가 있다.

표 5 . 오차의 보정방법

오차의 종류	보정방법
롤 관측 오차의 보정	- 평균수심이(20m~50m)이고 편평한 해저면 상에 측선을 설계하고 왕복 측량 - 측선의 길이는 500m~100m로 하며, 초당 송수신률과 선수방향 중첩을 고려 - 최대한 선박의 다른 움직임이 없도록 안정되게 주행 - 최 외곽 빔에서도 측심 간격이 유지될 수 있도록 등거리 빔 간격 모드로 관측 - 선수방향 빔 주사 폭이 100% 중첩될 수 있는 최대 선속으로 결정
피치관측오차의 보정	- 일정한 경사가 있는 방향으로 시험탐사를 실시 - 양방향 모두 경사가 같은 피치 오프셋을 구하여 현재 구성상태에 적용 - 같은 측선을 고속과 저속으로 나누어 측량하고 관측된 수심 형태로 피치 잔차분석 - 선속은 5노트 이상 다른 속도로 같은 측선을 동일하게 측량
선수각 관측 오차의 보정	- 보정을 위한 측선은 수심이 알아지는 지점에서 약 15%정도 중첩되도록 설계 - 주사결과 얻어지는 특정한 해저지형은 소해 폭의 25%이상 되어야함

시각 지연 관측 오차의 보정	<ul style="list-style-type: none"> <li>- GPS 시스템에서 제공하는 1PPS신호를 이용하여 출력주기를 제어</li> <li>- 전송시간 계산을 위해 전송될 문자열의 길이와 통신 포트의 세팅을 고려</li> <li>- GPS 수신기의 시각 문자열과 1PPS 신호는 멀티빔 혹은 통합측위 시스템과 동기화를 위해 이용</li> <li>- 통합 시스템의 일부분의 변경이 발생하면, 측위 시각 지연에 대한 재평가 수행</li> </ul>
-----------------	---

## 5. 인공어초 정밀조사와 어초어장도 제작

조사구역은 남해안 거제도 일대의 2300km를 수심분포조사 면적으로 조사했으며, 해저면 조사는 1374 km를 조사했다. 조사구역중 ‘거제’, ‘비진’, ‘통영’ 등에서는 아래 표 6.에서 보는 바와 같이 사각어초와 반구어초, 원뿔어초가 고르게 분포되어 있었으며, 특히 비진에서는 많은 사각어초 시설과 고선어초 1개소를 발견할 수 있었다.

표 6. 어초어장도 제작결과

위치	거제	비진	통영
어초어장도	<p>NO. 348073 어초어장도(거제)</p>	<p>NO. 340062 어초어장도(비진)</p>	<p>NO. 348024 어초어장도(통영)</p>
해저면조사			
수심분포도			
수심등급	<p>10 m (distance) Depth 15 m ~ 7 m</p>	<p>10 m (distance) Depth 40 m ~ 30 m</p>	<p>10 m (distance) Depth 15 m ~ 7 m</p>

## 6. 결 론

“디지털 해양국토 실현과 21세기 식량, 자원, 환경, 공간 사회문제 해결을 위한 해양기반 조성”이라는 목표를 가지고 추진되고 있는 바다목장사업의 큰 틀에서 인공어초 정밀조사방법에 대해서 알아보았다.

인공어초사업은 수년간에 걸쳐 많은 인력과 예산이 투입되는 사업으로 이를 전담하는 조직과 인력에 대한 교육과 유관기관과의 협의체 구성에 의하여 추진되고 전 구성원이 관심과 지원을 통해서만이 성공을 보장할 수 있다.

본 연구를 통해 인공어초 정밀조사가 보다 효율적이고, 정확한 방법으로 조사되어 향후 인공어초의 설치 및 관리를 위한 자료로서 지원하고, 미측심 항로의 안전성을 확보로 인하여 외국 선사들로부터 신뢰도를 회복하여 경쟁력을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다. 또한 바다어장 사업은 지속성 있는 해양자원관리를 통해 영세한 어업기반을 건실히 할 수 있는 기회가 될 것이다.

## 참고문헌

- 최윤수(2003), 인공어초 정밀조사 및 어초어장도 제작 지침서, 해양수산부 국립해양조사원
- 박요섭(2004), 다중빔음향소해탐사시스템 자료의 오차 분석 및 처리기술 연구, 박사학위논문, 인하대학교
- 해양수산부 국립해양조사원(1998), IHO 수로측량 기준
- 해양수산부(2002), 인공어초시설실적('71-'02)
- 신영태(2002), 기르는 어업 잠재력조사 및 발전방안 연구, 해양수산부 국립수산과학원
- 김무한(2002), 인공어초시설의 현황조사 및 합리적 방안에 관한 연구, 한국콘크리트학회
- IHO(1998), IHO STANDARDS FOR HYDROGRAPHIC SURVEYS
- DEPARTMENT OF THE ARMY US Army Corps of Engineers(2002), Engineering and Design HYDROGRAPHIC SURVEYING,