

해저 및 하저 폐기물의 분석을 위한 양방향음파탐사기의 적용

안도경* · 이증우**

*(주)세계해양기술 해양부, **한국해양대학교 토목환경시스템공학부 교수

Application of Side Scan Sonar to Disposed Material Analysis at the Bottom of Coastal Water and River

Do-Gyoung An · Joong-Woo Lee***

**Oceanography Department, Global Ocean Technology Co. Ltd., Bucheon 420-030, Korea*

***Division of Civil and Environment System Engineering, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea*

요 약 : 연안도시에서 인구증가와 산업활동으로 인해 연안과 강의 폐기물에 대한 효과적인 제어의 필요성이 점차 증가되어 왔다. 이렇듯 수역에서 처리되는 폐기물의 양은 급격히 증가하였고, 수질을 깨끗하게 유지하기 위해서 이를 지속적으로 추적하는 것은 필수적이다. 이 분야에서 수질과 관계된 조사와 연구는 계속 진행되었으나, 해저면에서 폐기물 처리의 조직적인 조사는 무시거나 경시되어왔다. 본 연구에서 양방향 음파탐사기로 얻은 이미지로부터 해안과 강의 바닥에서 폐기물 분포의 상태를 조사하였다. 해저에서 양방향음파탐사기에 의해 전해지는 소리의 강도는 해저면에서 폐기물의 일반적인 분포와 특징을 알려주며, 선박의 좌우현 대하여 각각 22m~112m, 폭으로 44m~224m의 넓이를 예인선의 예인케이블에 의해 연결된 tow fish에서 변환기로부터 스캔된 이미지가 제공된다. 모든 데이터는 DGPS에 의한 위치 정보와 함께 높은 칼라 해상도(1280 × 1024 픽셀)로 실시간으로 표시된다. 현장측정과 기록된 이미지의 분석으로 해저에 투기된 폐기물의 위치 및 분포를 나타낼 수 있었으며 나아가 투기폐기물들의 회수와 처리를 제어하는 시스템을 계획하기 위해 기초가 되는 데이터베이스 시스템을 구축할 수 있었다.

핵심용어 : 양방향음파탐사기, 폐기물, DGPS, Tow fish

ABSTRACT : *Due to the growth of population and industrial development at the coastal cities, there has been much increase in necessity to effective control of the wastes into the coastal water and river. The amount of disposal at those waters has been increased rapidly and it is necessary for us to track of it in order to keep the water clean. The investigation and research related to the water quality in this region have been conducted continuously but the systematic survey of the disposed wastes at the bottom was neglected and/or minor. In this study we surveyed the status of disposed waste distribution at the bottom coastal water and river from the scanned images. The intensity of sound received by the side scan sonar tow vehicle from the sea floor provides information as to the general distribution and characteristics of the superficial wastes. The port and starboard side scanned images produced from a transducer borne on a tow fish connected by tow cable to a tug boat have the area with width of 22m~112m and band of 44m~224m. All data are displayed in real-time on a high-resolution color display (1280 x 1024 pixels) together with position information by DGPS. From the field measurement and analysis of the recorded images, we could draw the location and distribution of bottom disposals. Furthermore, we made a database system which might be fundamental for planning the waste reception and process control system.*

KEY WORDS : *Side scan sonar, Waste, DGPS, Tow fish*

*종신회원, 1109130@hanmail.net 032)327-1384

**종신회원 iwlee@hanara.hnu.ac.kr 051)410-4461

1. 서론

1.1 연구의 배경

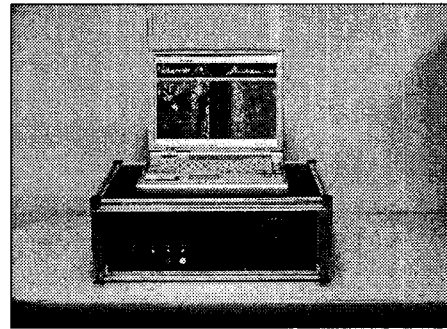
해양과 하천은 수산생물의 산란장이나 서식지로서 매우 중요하며 또한 생산력이 높아 보존할 가치가 매우 높은 생태계의 보고이자 현대인의 휴식과 안식을 제공하는 여가 장소이다. 그러나, 최근 해양 및 하천의 대규모 어업활동과 경제개발로 전반적인 산업화현장의 확대와 생활수준의 향상에 따른 여가활동의 증가로 해양 및 하천 부유폐기물, 침전폐기물등 각종 오염물질의 산재로 자체 정화능력을 넘어서는 심각한 상태에 이르고 있다. 특히 해양의 경우 해양개발에 대한 관심이 고조됨으로서 건설 폐기물 투기가 중요한 환경저해인자로 인식되고 있으며, 하천은 인간의 생산 및 소비활동으로 발생하는 폐기물의 유입이 핵심 요소로 알려져 있다(Coe & Rogers, 1996).

연안역이나 하천 저면에 산재한 건설폐기물 및 생활폐기물로 인한 오염문제는 갈수록 심화되고 있으며, 아울러 물리화학적 특성변화와 이로인한 수질 악화는 사회적 문제로 대두되고있는 실정이다. 이러한 오염된 환경을 복원하기 위해서는 저면에 산재한 폐기물의 실태와 분포현황을 체계적으로 조사하여 폐기물의 수거방안 수립과 향후 발생할 침전 폐기물양의 추정으로 효율적인 관리체계가 필요하다.

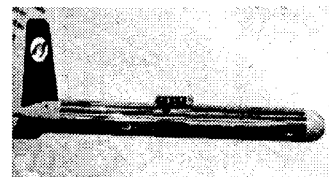
1.2 연구의 목적 및 방법

본 연구는 해양이나 하천에 유입되는 침전폐기물의 수평 분포와 저면 하부에 침적되어있는 폐기물의 분포 및 형태를 파악하고, 침전폐기물의 정확한 위치를 설정함으로써 폐기물수거 및 정화에 정확한 자료를 제공하는데 주안점을 두었다. 경제성장과 생활수준의 향상으로 연안이나 하천으로 유입되는 폐기물에 대한 조사와 연구는 1970년대 London 조약과 해양오염방지조약(MARPOL)에서 문제를 의식하고 1980년대 국제기구와 선진국에서 이에 대한 연구가 진행되었으며, 국내에서는 1990년대 이후 해양 오염 연구 및 조사가 시작되었다(해양수산부,(2001); 한국기계연구원,(1998); 한강관리사업소,(2002)). 그동안의 연구나 조사가 거의 해양에 집중되었으나, 본 연구에서는 생활폐기물의 유입이 심각한 하천에 해양과 하천을 대상으로 유입된 폐기물의 분포와 실태를 비교 분석하였다. 저면 관측 장비는 양방향음파탐사기 (Side Scan Sonar)로서 정밀위치측정장비인 DGPS(Differential Global Positioning System)와 연계하여 보다 정확한 자료를 제공하고자 하였다.

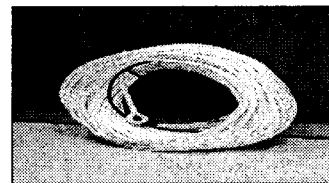
2. 조사장비 및 방법



(a) Image Processing Unit and Signal Processor Unit



(b) Tow Fish



(c) Line Cable

Fig. 1 Side Scan Sonar

2.1 조사 장비

조사에 사용된 양방향음파탐사기는 한국의 Sonar Tech Co., LTD.(소나테크(주))사의 제품(모델명 : SeaView-400)으로써 Fig. 1과 같은 형태를 가지며, 구성요소별 기능은 Table 1과 같다. 본 양방향음파탐사기는 좌현방향과 우현방향의 양방향에 대하여 각각 22m~112m, 폭으로 44m~224m의 하저면을 동시에 탐사할 수 있다. 양방향음파탐사기는 조사선박에서 아래로 투입되는 것이므로 케이블에 의해 연결되어 있으며 끝 부분을 선박에 고정시킨 케이블에는 양방향음파탐사기로부터 받은 이미지를 송신하기 위한 신호전달 케이블이 통과하며 모든 데이터는 Fig. 1(a)의 밑부분에 설치된 양방향음파탐사기 제어기(SPU)를 통해 메인 컴퓨터에 입력된다. 이 제어기는 양방향음파탐사기로부터 정보를 받을 뿐만 아니라 양방향음파탐사기의 탐사폭 등을 제어할 수도 있다. 메인 컴퓨터인 Industrial Computer에는 SeaView이라는 소프트웨어가 탑재되어 탐사기로부터 들어오는 이미지 정보를 처리하여 저장하게 된다.

Table 1. Function of side scan sonar component

Unit	Function
Tow Fish	· 좌우면에 음파 발신 및 수신장치 내장 · 음파에 의한 해저면까지의 거리측정
Signal Processor Unit	· Tow Fish에서 전송된 신호를 증폭 · PC내 실시간 자료저장
Power Supply	· System에 필요한 전력공급
Image Processing Unit	· 이미지 처리 장치

양방향음파탐사기에서 측정된 결과는 모두 컴퓨터에 저장되며 정밀측위장비인 DGPS와 연계하여 정확한 위치도 함께 수록된다. 양방향음파탐사기에 의한 조사시 위치측정 및 선정에 사용된 DGPS는 미국 Trimble사의 Becon Receiver를 조합하여 구성하였으며, 이 방법에 의한 DGPS 정밀측위의 오차는 ±30cm 이내이다.

2.2 조사방법

1) 사전작업(Pre-Processing Work)

- ① 조사지역 계획도 작성(수치지도 작성)
- ② 수치지도 편집(수치지도를 U.T.M 좌표체제로 변환하여 DXF로 변환)
- ③ 이용

완성된 수치지도를 양방향음파탐사기, DGPS 장비와 함께 실시간으로 사용하기 위해서 자체 개발한 변환프로그램을 이용하여 적절한 형식으로 변환시킨다. 양방향음파탐사기 운영프로그램과 함께 구동시켜 실시간으로 위, 경도, 선수 각, 조사선박의 속도 등을 탐사이미지와 함께 모니터에 가시화시킨다. DGPS운영 프로그램과 함께 사용하여 실시간으로 위, 경도, 조사선박의 선수각, 속도 및 항행 궤적을 모니터에 가시화시킨다.

2) 현장실태조사작업(Main Processing work)

① 양방향음파탐사기를 이용한 조사 및 모니터링

조사선박에 각 장비를 탑재하고, Towfish는 Sonar Deck을 통하여 제어하며, 실제 수면 아래서 Fig. 3과 같이 음파를 송수신하여 탐사 결과를 얻는다.

② 조사 선박의 항로 및 쓰레기 실태조사

조사 경로의 중복과 결원을 방지하기 위하여 DGPS를 통한 선박의 현 위치를 실시간으로 모니터링 하면서 그 결과를 가지고 조사항로를 새롭게 지정하여 조사하고 일련의 같은 과정을 반복하여 조사를 수행한다.

3) 사후 분석작업(Post-Processing work)

양방향음파탐사기에 의해 조사된 구역에 대한 조사자료는 일정한 간격을 나누어 저장되므로 관련된 소프트웨어를 활용하여 Fig. 4와 같은 조사선박의 경로를 따라 모자이크화하여 합성하고 조사 결과를 인쇄하여 쓰레기의 종

류를 나누어 분석하고 중복 조사경로 등을 고려하여 조사 대상 지역에 대한 침전 폐기물 분포도를 작성한다.

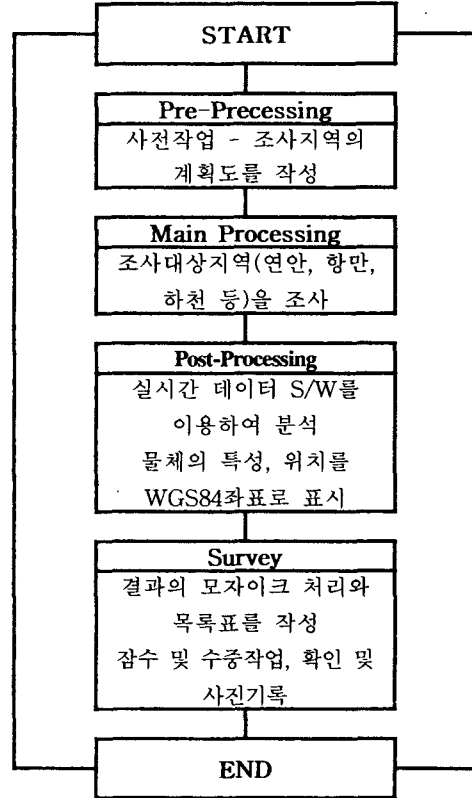


Fig. 2 Flow chart for investigation

4) 상세조사

본 상세조사는 조사결과의 신뢰성 향상을 위해 DATA만으로 식별이 어려운 물체에 대하여 잠수사의 수중작업을 통하여 확인하고 기록사진을 촬영한다.

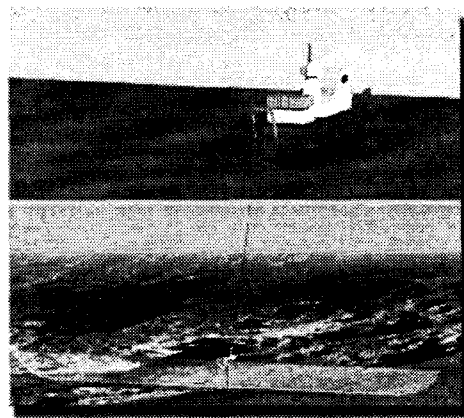


Fig. 3 Usage of Towfish

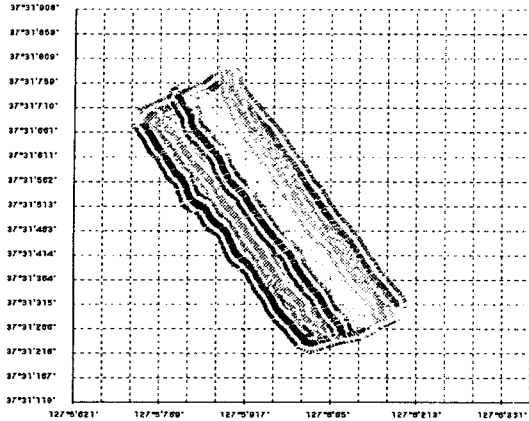
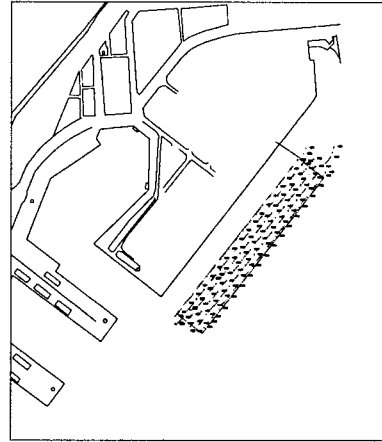


Fig. 4 Track diagram of investigation

Fig. 5 Track of site survey at Busan
north inner harbor

3. 현장적용 및 분석

3.1 해양 폐기물 조사

최근 사회경제의 발달과 더불어 해양개발에 대한 관심의 고조로 많은 양의 폐기물이 해양으로 유입되고 있다. 최근 부산 자성대부두 공사 중 발생한 침전폐기물의 분포와 위치를 파악하기 위하여 양방향음파탐사기를 이용하여 물체를 식별하고, DGPS를 통해 물체의 위치를 파악하였다. 보다 정밀한 관측을 위하여 양방향음파탐사기의 좌현과 우현의 빔폭을 각각 37m로 설정한 후 Fig. 5와 같이 항적선을 20m폭으로 하여 중복관측을 실시하였다. 관측 후 Fig. 6의 예는 관측후 SeaView-S/W로 데이터 분석한 결과로 해저바닥에 침전된 폐기물이 오탁방지막용 블록으로 판명된 예이다. 사후 분석에서 1000M×100M의 대상 구역내 분포하고있는 폐기물의 현황은 Fig. 7에 나타내었으며, 관측된 블록수는 3단계로 정리한 것이다. Table 2에서와 같이 해저바닥에 매몰되어있는 물체의 경우 매몰된 깊이에 따라서 물체 식별의 어려움은 증가한다. 이와같은 연안역의 공사로 발생한 폐기물은 공사시 필요한 건설자재이나 원활한 선박의 입출항, 어업활동, 항만공사, 준설등을 위해서라도 반드시 수거되어야 할 대상이다.

3.2 하천 폐기물 조사

하천은 해양보다 도심속의 사람들과 더욱 친밀한 관계로 건설폐기물 및 생활 폐기물의 유입이 많을 것으로 추정된다. 본 연구에서는 서울 시민과 함께 생활하는 장소인 한강유역의 7개 지역을 대상지역으로 선정하였다.

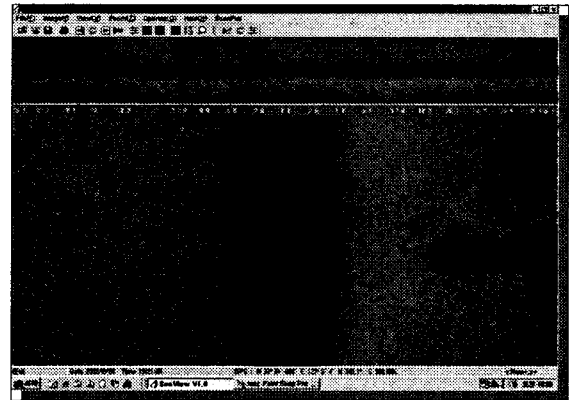


Fig. 6 Example of post processing(Seaview-S/W)

대상지역은 Fig. 8에 나타난 지역으로 교량공사가 진행되고 있으며 인근 주민들이 즐겨 찾는 장소이다. 한강에 예상되어지는 침전폐기물은 생활폐기물이 많을 것으로 추정되며, 한강의 수심이 폐기물의 수거에 적합하여 더욱 정밀한 자료를 요구하므로 양방향음파탐사기의 폭을 최소폭인 22m로 설정하여 정밀측량을 수행하였다. Fig. 9는 양방향음파탐사기의 항적 경로도이다.

7개 구역조사지역에서 실시한 양방향음파탐사기에 의한 바닥침전물 형태조사 결과를 분석하였으며, 분석 결과를 토대로 조사구역 바닥침전물 형태별 분류 및 양을 추정하였다.

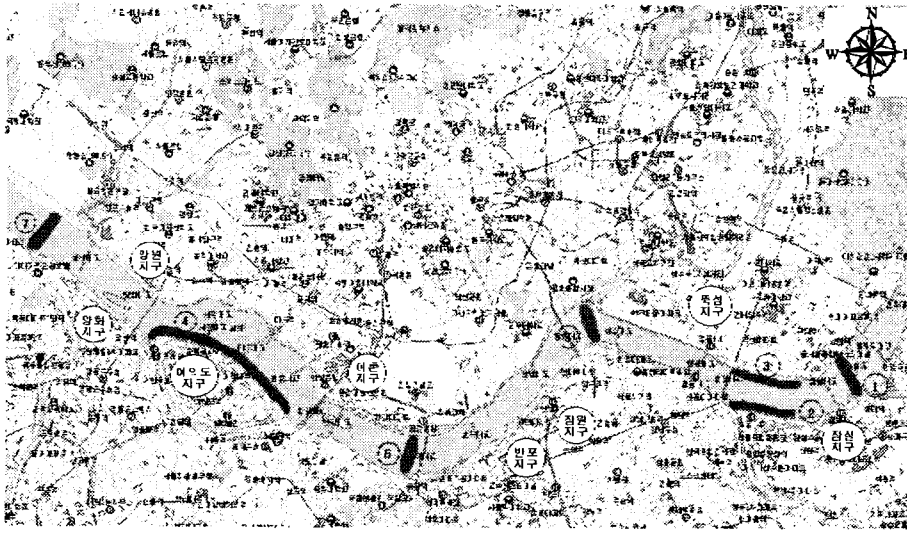


Fig. 8. Track of site for Han-river

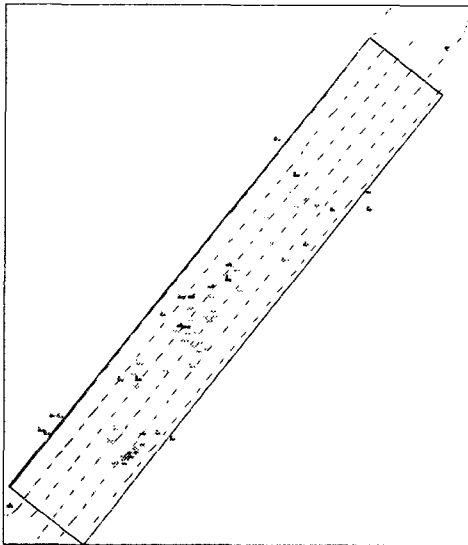


Fig. 7. Distribution of discard concrete block on the bottom

Table 2. The number of blocks found

Location	On the bottom	Beried	Assumption
정확도(%)	98%	70%	50%
블록 수	33EA	37EA	27EA
총 블록 수	97EA		

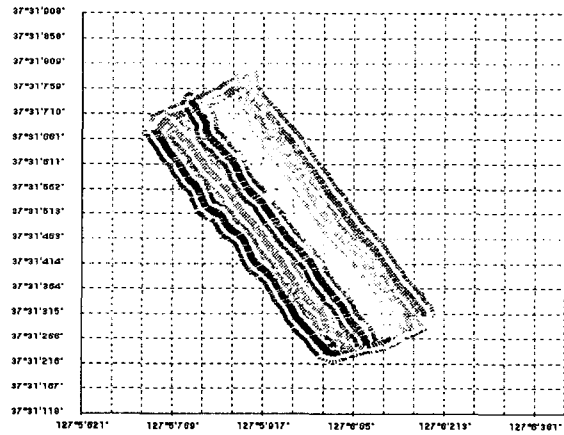


Fig. 9. Track of site survey at Han-river(Site No.1)

1) 바닥침전물의 종류 및 추정

형태별 분류는 타이어, 로프류, 목재류, 철재류, 기타쓰레기량 등이다.

Table 3은 조사 항목들에 대한 수평분포 실태조사로부터 획득된 데이터를 이용하여 바닥침전물의 종류를 추정할 것이다.

본 조사에서 선택한 7개 구역의 침점물 추정량을 토대로 서울특별시 한강관리사업소에서 관리하고 있는 한강 지역에 추정되어지는 침점물량은 아래의 산출근거에 의해 추정하였다.

① 한강의 면적 39.9km²중 둔치면적 6.9km²(약 210만평)을 제외한 33km²만을 한강 면적으로 고려하면 그 결과는 다음과

Table 3. Calculation table for discard under water materials.(Unit : kg)

Item Site No	Tire	Rope	Timber	Iron	Concrete block	Plastic	Sum
Site 1	893.2	4,325.0	10,157.4	22,483.6	24,319.6	194.4	62,373.2
:	:	:	:	:	:	:	:
Site 7	560.6	0	976.6	30,552.4	2012.5	0	34,100.1
Sum	3,378.9	4,325.0	15,879.9	279,087.5	1,738.8	194.4	339,732.8
Expected amount by image processing	339.7톤						

같다.

— 호안가 조사면적(2,3,4구역) 0.413km² → 쓰레기량 169ton : 412ton/km²

강중앙 조사면적(1,5,6,7구역) 0.850km² → 쓰레기량 171ton : 201ton/km²

② 서울시계내 한강의 호안면적 및 강중앙면적은 다음과 같다. — 총면적 33km²

호안 면적 : 71.5km²(양안) × 0.05km² = 3.577km²(11%)

강중앙면적 : 33km² - 3.577km² = 29.423km²(89%)

③ 서울시계내 한강의 쓰레기 산출량

- 호안쓰레기 412ton/km² × 3.577km² = 1,474ton(20%)

강중앙쓰레기 201ton/km² × 29.423km² = 5,914ton(20%)

이러한 근거로 서울 시계내 한강 하저에서 추정되어지는 쓰레기의 총량은 약 7,388ton으로 추정된다.

2) 바닥침전물의 상세조사

본 양방향음파탐사기에 의한 조사에서는 한강바닥에 분포하는 침전물의 종류가 여러 가지 형태를 가지고 있으며, 종류도 다양한 것으로 나타났다. 바닥침전물 분포를 보다 정밀하게 확인하기 위해 본 조사에서는 잠수사를 직접 하저바닥에 투입하고 하저바닥 실태를 수중촬영하여 적이미지 분석을 통해 쓰레기의 성상을 확인하였다. Table 4는 수중촬영과 영상조사를 비교한 것이다. 다음과 같이 양방향음파탐사기를 이용한 영상과 잠수부에 의한 영상조사 결과 같은 지점에 분포하는 침전물의 위치와 형태는 동일한 것으로 나타났다.

4. 결론

해양과 하천은 오늘을 사는 우리에게 삶의 터전으로 인식되고 있으며, 해양과 하천을 어떻게 이용하느냐에 따라서 우리의 미래가 설정된다고 하여도 과언은 아니다. 해양의 연안역과 하천을 양방향음파탐사기를 이용하여 침전물의 형태와 위치 및 분포현황을 분석한 결과는 다음과 같다.

1) 대상해역에 유입된 침전 폐기물은 항만개발의 목적으로

사용된 건설폐자재가 주류를 이루는 것으로 분석되었다.

2) 하천에 유입된 침전 폐기물은 생활 폐기물 및 건설폐자재 등 고부 분포하는 것으로 분석되었으며 일부분의 조사구역으로 전체구역의 폐기물량을 대략적으로 추정가능하였다.

3) 해양의 연안역과 하천에 분포하는 폐기물의 정확한 위치와 분포현황의 제시로 침전폐기물의 수거시 필요한 정보를 제공 할 수 있을 것으로 본다.

위와 같은 가시적인 성과 이외에도 환경보전과 관련된 정책 수립에 근거를 제공할 수 있을 것으로 예상되며, 해양과 하천의 대규모공사, 어초조사, 쓰레기분포조사, 침전조사 등 여러 분야에서도 이루어져야할 것으로 판단된다.

그러나, 이러한 모든 조사는 배위에서 이루어지므로 문제점의 발생에 대비하여야 하며 이는 다음과 같다.

1) 정확한 위치를 산출하는 DGPS의 경우 날씨가 흐린날 작업시 오차발생률이 크게 증가하며, 물의 흐름에 의한 배의 롤링 현상에 민감한 영향을 받는다.

2) 양방향음파탐사기 사용시 Tow Fish와 GPS위치와의 정확한 보정이 필요시 된다.

3) 물체의 위치 파악후 잠수사 및 장비투입시 정확한 위치 확인의 어려움이 발생한다.

이러한 문제점들은 숙달된 작업자 및 정확한 프로그램의 사용으로 오차를 줄이고 더욱 향상된 자료를 얻을 수 있으리라 판단된다.

참고문헌

- [1] Coe, J.M. and Roser, D.B.(1996), "Marine Debris, Source, Impact, and Solution", Spring, NY.
- [2] Fischer, H.B.(1970), "A Method for Prediction Pollutant Transport in Tidal Waters" Hydraulic Laboratory, Univ. of California, Berkeley.
- [3] 해양수산부(2001), "항만 및 어항 등에 대한 수중침적 폐기물 실태조사".
- [4] 한국기계연구원(1998), "인천항 선거내 해저쓰레기 실태조사".
- [5] 한강관리사업소(2002), "한강바닥 쓰레기 분포실태조사"

Table 4. Comparison between camera image and sidescan sonar image(1)

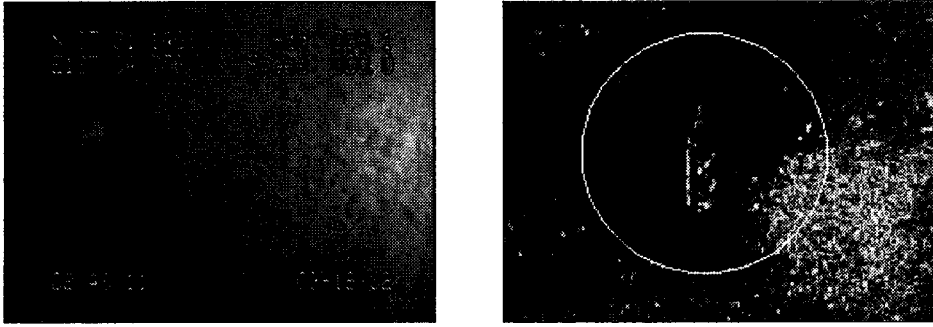
Image No.	Coordinate(U.T.M)	Lat. & Lon.(WGS-84)
2-2-4	X:4153427.941	37-31-127N
	Y:330514.559	127-04-787E
Illustration	Rowing boat(Filled with other sweepings)	
		

Table 5. Comparison between camera image and sidescan sonar image(2)

Image No.	Coordinate(U.T.M)	Lat. & Lon.(WGS-84)
4-13-1	X :4154924.149	37-31-788N
	Y : 317624.381	126-56-018E
Illustration	Large Tire(For Dump truck)	
