

제 5차 개도국 과학기술 지원사업  
- 예멘 해양지질조사 교육 및 협력구축 -

한국해양연구원

## 제 출 문

본 보고서를 제 5차 개도국 과학기술 지원사업인 '예멘 해양지질조사 교육 및 협력구축' 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2011. 7.

연구책임자: 권문상(한국해양연구원)

참여연구원: 이상훈(한국해양연구원)

정의영(한국해양연구원)

이수환(한국해양연구원)

# 목 차

목 차 .....	2
그림 목록 .....	3
표 목록 .....	5
제 1장 서론 .....	
제 2장 연구활동 일정 및 현황 .....	
제 3장 연구활동 내용 .....	
1. 해양지질 조사 교육훈련 .....	
1.1. 해저지형 조사 및 자료처리 .....	
1.2. 해빈지형 조사 및 자료처리 .....	
1.3. 지형조사 기준점 설치 .....	
1.4. 예멘 광물자원청 보유 단빔 음향측심기 운용교육 .....	
1.5. 해저 및 해빈 퇴적물 시료채취와 퇴적물 입도 분석 .....	
1.6. 해수 채취 및 해수의 화학·생물학적 특성 분석 .....	
1.7. 해수 수온 및 염분 측정 .....	
1.8. 해빈 사철 성분 분석 .....	
2. 예멘 광물자원청 해양지질부의 중-장기 발전 계획수립에 대한 자문 .....	
제 4장 상대국 협력 기관의 평가 및 협조 .....	
제 5장 활용 계획 .....	

## 그림 목록

- Fig. 1-1. 예멘 해양 16 광구 위치 및 정보
- Fig. 1-2. 아라비아 반도, 북동 아프리카 및 서아시아 지구조 환경
- Fig. 3-1. 조사선으로 활용한 예멘 해안경비대의 소형 경비정.
- Fig. 3-2. 해저지형 현장 실습교육에 사용된 단빔 음향측심기 본체와 음파송·수신기
- Fig. 3-3. 아덴항 동부의 현장조사 실습 지역과 계획 조사측선도
- Fig. 3-4. 단빔 음향측심기 장착 및 운용 실습
- Fig. 3-5. 단빔 음향측심기와 DGPS를 장착하고 실습해역으로 출항하기 전의 A그룹 모습
- Fig. 3-6. 조사 계획측선과 실제 운항된 조사 측선
- Fig. 3-7. 항해유도 프로그램에 자동저장된 위치정보와 수심자료의 형태
- Fig 3-8. \*.bln 파일 포맷 예
- Fig. 3-9. Surfer 프로그램의 격자파일 생성 창
- Fig. 3-10. 격자간격 크기에 따른 2차원 해저지형도 특성
- Fig. 3-11. 현장 실습 해역의 3차원 해저지형도
- Fig. 3-12. 해저지형 자료처리 교육과 실습
- Fig. 3-13. 해빈지형 실습 지역
- Fig. 3-14. 해빈지형 조사측선 및 측정
- Fig. 3-15. 해빈지형조사 현장교육 및 실습
- Fig. 3-16. 해빈지형조사 실습에서 획득한 두 측선의 지형 단면도
- Fig. 3-17. 해빈지형조사 자료처리 교육 및 실습
- Fig. 3-18. 아덴 광물자원청 건물 옥상에 설치한 지형조사 기준점
- Fig. 3-19. 예멘 광물자원청이 보유하고 있는 단빔 음향측심기
- Fig. 3-20. 예멘 광물자원청이 보유한 단빔 음향측심기 테스트 및 운용 교육
- Fig. 3-21. 해저 표층퇴적물을 채취하는 그랩 채취기의 형태, 작동원리 및 실습 장면
- Fig. 3-22. 해빈에서의 진동 시추채취기 설치와 퇴적물 채취 실습
- Fig. 3-23. 시추퇴적물 절개 및 X선 촬영용 슬랩(slab) 교육
- Fig. 3-24. 퇴적물 전처리 과정(좌)과 체질(우) 교육과정
- Fig. 3-25. 퇴적물 입도별 무게 측정 과정
- Fig. 3-26. 니스킨 채수기와 채수기 운용 교육
- Fig. 3-27. CTD 운용 현장 교육 및 실습
- Fig. 3-28. Seaterm 프로그램 운용

Fig. 3-29. 현장에서 관측된 수심, 수온 및 염분 수직 분포도

Fig. 3-30. 예멘 사철 A시료의 성분 분석 결과

Fig. 3-31. 예멘 사철 B시료의 성분 분석 결과

Fig. 3-32. 중-장기 발전계획 관점에서 제안된 예멘 광물청 해양지질부 조직 체계도

Fig. 4-1. 한국해양연구원의 해양지질교육훈련에 대한 예멘 News Agency의 보도

Fig. 4-2. 예멘 광물자원청장과 예멘 아덴 해안경비대장이 해상교육 현장을 방문하여 촬영한 기념사진

## 표 목 록

Table 3-1. 예멘 광물자원청 아덴지소 옥상에 설치한 지형조사 기준점 좌표정보

Table 3-2. 입도에 따른 퇴적물 분류

## 제 1장 서론

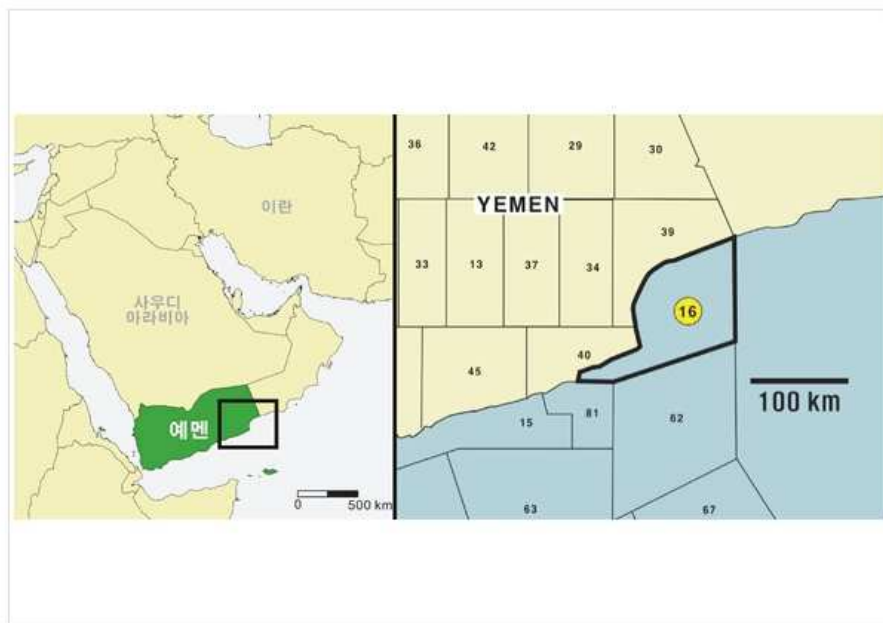
배타적 경제수역(Exclusive Economic Zone; EEZ)으로 인해 세계 각국은 해양에 대한 관심이 커지면서 해양을 바라보는 관점이 달라졌다. 특히 배타적 경제수역 내에 있는 생물, 에너지(석유, 천연가스), 광물 자원은 향후 육상 자원의 고갈에 대비한 자원 확보의 차원에서 해양의 중요성이 인식되었다. 이러한 배경으로 세계 각국은 배타적 경제수역의 해양을 육상처럼 영토의 개념으로 관리하기 시작하였다. 미국, 영국, 일본 등 선진국은 1980년대부터 현재까지 엄청난 비용과 최첨단 해양과학기술을 동원하여 배타적 경제수역을 조사하고, 획득한 해양 자료를 이용하여 자국의 배타적 경제수역을 효율적으로 관리하고 있다. 우리나라도 1990년대부터 현재까지 막대한 비용과 최첨단 해양과학기술을 투입하여 한반도 주변해역의 배타적 경제수역을 조사하고 관리하고 있다.

최근 개발도상국들도 해양의 중요성을 인식하여 자국의 배타적 경제수역의 해양 조사를 통해 해양 자원의 확보와 효율적 관리를 각 국가의 장기적인 중점 사안으로 정하고 있다. 하지만 배타적 경제수역의 해양조사에 필요한 막대한 자원, 최첨단 해양과학기술 및 관련 과학기술자가 없는 상황이기 때문에 개발도상국들은 해양 과학기술 선진국의 도움과 협력을 통해 자국의 배타적 경제수역을 조사하려고 하고 있다. 현재 155개 UN 해양법 비준 국가 중 125개 국가가 배타적 경제수역을 선포하였기 때문에 다른 국가의 배타적 경제수역을 조사하는 것이 사실상 불가능하다. 따라서 선진국들은 해양영토의 확장 개념으로 개발도상국들과의 해양 과학기술 원조와 협력을 통해 다른 국가의 해양 조사를 수행하고, 획득된 자료를 자국의 해양관련 정책 수립에 이용하고 자국 에너지/광물 자원 회사의 해외 자원 개발 사업의 기초 자료로 이용하고 있다.

아라비아 반도 남단에 위치한 예멘은 석유, 천연가스, 광물자원(암염, 철광 등)의 수출을 통해 얻어진 재원이 예멘 경제의 축이 되고 있다. 하지만 예멘은 산유국임에도 불구하고 생산량이 많지 않아서 1인당 GDP가 미화 760불로 중동 국가 중 최빈국 상태이다. 최근 예멘 정부는 육상에서 산출되는 석유, 천연가스 및 광물자원의 생산량이 정체 또는 감소하는 상황의 심각성을 인식하여 장기적으로 해양 에너지와 광물 자원 개발을 위해 석유·광물부 광물자원청(Geological Survey and Mineral Resources Board) 산하에 해양지질 부서를 2009년에 설립하였다. 하지만 해양조사에 필요한 막대한 자원, 최첨단 해양 조사/분석 장비, 해양 과학기술 전문가가 전무한 상태이기 때문에 해양 선진국의 도움과 협력을 절실히 필요로 하고 있는 상황이다.

예멘 정부는 과거 원조수혜국에서 최근 원조공여국으로 바뀐 한국을 경제 발전의 롤(role) 모델로 삼고 있다. 또한 예멘에는 현재 한국석유공사, 현대종합상사, 현대중공업, 삼성, 한화, GS홀딩스 등 많은 한국 기업들이 석유와 천연가스 사업에 참여하고 있어서 한국과의 긴밀한 협력관계가 이루어지고 있다. 특히, 한국석유공사, 삼성, 대성 및 GS 홀딩스는 예멘의 해양광구(16광구)에서 90.25%의 지분을 가지고 있다(Fig. 1-1). 이러한 배경으로 예멘 정부는 해양과학기술에 대한 자문, 교육 등 협력을 예멘 한국대사관을 통해 한국 정부에 강력하게 요청하였다.

▶ 예멘 16



[2010년 2월 현재]

구분	광구명	운영권자	지경부 신고일	한국특지분 (%(퍼센트))	한국특지분 공사	국내참여기업
탐사사업	예멘 16	석유공사	'06.01	90.25	45.125	삼성, 대성, GS홀딩스

Fig. 1-1. 예멘 해양 16 광구 위치 및 정보

예멘 해역은 홍해(Red Sea)와 아덴만(Gulf of Aden)으로 이루어져 있는데 이 해역은 현재 해저(seafloor)가 활발하게 확장하는 해저확장(seafloor spreading)의 초기 단계이며 지진이 많이 발생하는 지구조적으로 매우 활발한 곳이다(Fig. 1-2). 따라서 이 해역은 초기 해저확장 모델, 초기 해양퇴적층 형성과정, 쓰나미(tsunami) 등을 연구할 수 있는 최적의 장소로서 해양 과학적으로 매우 중요하고 관심이 있는 지역이다. 또한 2~3년 전부터 우리나라는 태평양 중심의 대양연구에서 인도양까지 확대



시킴으로써 다양한 주제의 대양연구를 시도하고 진행 중에 있다. 이러한 상황에서 예멘 해양과학기술에 대한 지원을 통해 한-예멘 해양과학기술 협력 기반을 구축하게 되면 향후 예멘을 한국의 인도양과 아프리카 동부 연안 해역의 해양 연구의 전진 기지로 이용할 수 있기 때문에 본 과제는 과학기술적으로 매우 중요하다.

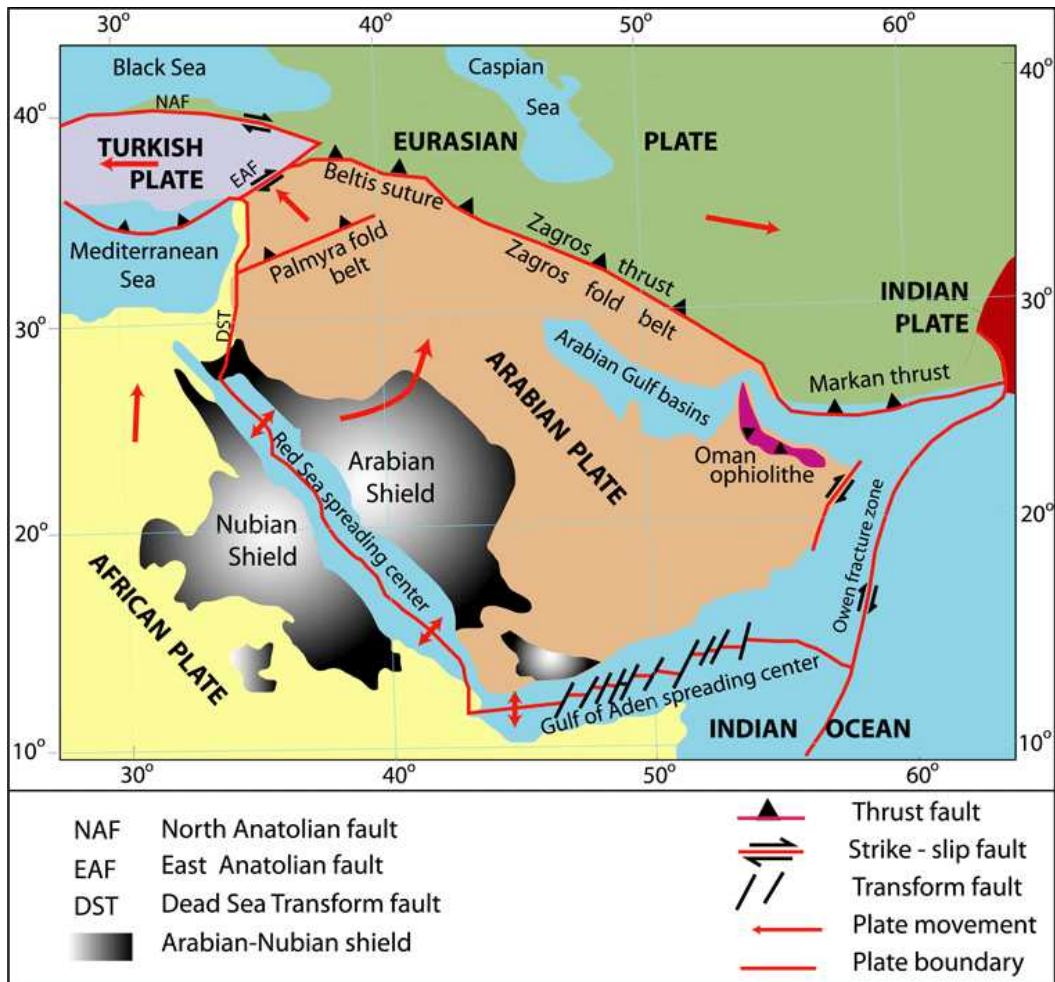


Fig. 1-2. 아라비아 반도, 북동 아프리카 및 서아시아 지구조 환경. 홍해(Red Sea)와 아덴만(Gulf of Aden)에서 현재 해저확장이 활발하게 일어나며 이에 수반된 판의 운동에 따른 활발한 지구조 환경을 보이고 있음.

한국이 국제사회에서 경제적 지위가 상승함에 따라 개발도상국의 원조사업이 증가되면서 개발도상국에 대한 다양한 분야의 원조가 이루어지고 있다. 최근 과학기술분야의 지원이 급증하고 있는데 대부분 IT, 의료, 건강 분야에 한정되고 있다. 하지만 개발도상국에 대한 해양과학기술 분야의 지원은 거의 이루어지지 않았기 때문에 본 과제는 개발도상국 과학기술 지원사업의 새로운 시도이다. 본 과제는 예멘 석유·광물부 광물자원청 해양지질부를 대상으로 현장실습을 포함한 해양지질 기초조사에

대한 교육훈련과 한-예멘 해양과학기술 협력 기반을 구축하는데 목적이 있으며, 최근 국토해양부가 추진하려고 하는 한-칠레, 한-페루 등 개발도상국과의 해양과학기술 지원 및 협력 구축에 도움이 되고 중동-인도양 해역에서의 한국 해양과학 연구의 기반을 마련해 줄 것이다.

## 제 2장 연구활동 일정 및 현황

- 2010년 9월 24일 ~ 10월 1일에 한국해양연구원 이상훈 선임연구원은 예멘 사나와 아덴을 방문하여 예멘 광물자원청 청장(Dr. Ismail Al-Ganda)과 담당자(Ashraf Al-Jailani, Munasar Al-Haj)를 만나서 교육훈련 일정 및 내용 협의, 교육훈련에 필요한 조사선박 제공 협의, 교육훈련을 실시할 현장 방문 및 한국에서 보낼 장비의 세관 수속과 수령과정 협의를 수행하였다. 또한 주예멘 한국대사관을 방문하여 대사(박규옥 대사) 및 담당 서기관(장대교 1등 서기관)에게 본 연구과제의 내용과 일정에 대해 설명하였다. 예멘 광물자원청과의 협의 결과는 다음과 같다.
  - 교육훈련은 예멘 광물자원청 아덴지소에서 수행하고 현장실습 교육은 아덴항에 있는 예멘 해안경비대 근처의 해역과 주변의 해변(beach)에서 실시하기로 결정하였음
  - 예멘 해안경비대의 소형선박을 현장실습 교육용 조사선박으로 제공하기로 하였음
  - 교육훈련은 한국해양연구원의 일정에 따라 2010년 연말 또는 2011년 연초에 진행하기로 결정하였음
  - 교육훈련에 사용할 한국해양연구원의 장비를 한국에서 화물선을 이용해서 보내면 예멘 광물자원청이 정부차원에서 직접 이들 장비를 통관시키고 수령하기로 결정하였음
  
- 교육훈련에 사용할 단빔음향측심기 시스템, 퇴적물 채취기, 윈치, 채수기 등 총 16개의 장비와 소모성 재료들을 컨테이너 화물선을 이용하여 2010년 11월 12일에 예멘으로 보냈고 예멘 광물자원청은 2010년 12월 23일에 아덴항에서 세관 절차를 마치고 이들 장비를 수령하였다.
  
- 2010년 12월 29일 ~ 2011년 1월 17일에 한국해양연구원 이상훈 선임연구원, 정의영 연구원과 이수환 연구원은 예멘을 방문하여 해양지질조사 교육 훈련과 예멘 광물자원청 해양지질 부서의 중-장기 발전계획 수립에 대한 자문을 실시하였다.
  - 교육훈련기간 : 2011년 1월 1일 ~ 1월 15일
  - 교육훈련장소 : 예멘 광물자원청 아덴지소, 아덴항 및 아덴근교 해변
  - 교육대상: 예멘 광물자원청 해양지질 부서원(13명)

- 현장조사 교육훈련 : 해저지형조사, 해저표층퇴적물 채취, 해수 채취, CTD 조사, 해빈퇴적층 시추, 해빈지형조사, 측량기준점 설치
  - 실험 및 자료처리 교육훈련 : 퇴적물 입도분석, CTD 자료처리, 해빈지형 자료처리, 해저지형 자료처리 및 해저지형도 작성, 예멘 광물자원청 소유의 단빔 음향측심기 설정, 운용 및 자료처리
  - 교육훈련 과정을 통해 예멘 광물자원청의 여건과 구성원들의 능력을 파악한 후에 예멘 광물자원청 해양지질부의 중-장기 발전 계획에 대해 자문하였음
- 예멘 광물자원청은 교육훈련에 사용한 한국해양연구원의 연구장비들을 2011년 1월 30일에 한국으로 보냈고 2011년 3월 11일에 본 연구진은 이들 장비를 한국에서 수령하였다.

## 제 3장 연구활동 내용

### 1. 해양지질 조사 교육훈련

#### 1.1. 해저지형 조사 및 자료처리

예멘 광물자원청은 국제협력기구의 지원 프로그램으로 2009년에 단빔(single-beam) 음향측심기(echo sounder)를 구입하였으나 장비운용과 자료처리 경험이 없어서 최근까지 장비를 활용하지 못하였다. 따라서 해양조사에서 가장 기본적인 해양지형 조사에 이용되는 단빔 음향 측심기의 특성 및 운용에 대해 현장 실습을 통해 교육하였으며, 획득된 자료를 이용하여 기본적인 해저지형도를 작성하는 자료처리 과정을 실험실에서 교육하였다. 또한 예멘 광물자원청 해양지질부서가 보유하고 있는 단빔 음향측심기의 기본 설정(set up)과 운용교육을 실시하면서 이 장비를 활용하도록 도와주었다.

예멘 광물자원청 해양지질부는 독자적으로 조사선을 운용하고 있지 않기 때문에 예멘 해안 경비대 아덴 지소에 있는 소형 경비정을 실습용 조사선으로 활용하였다(Fig. 3-1). 이 경비정은 FRP로 만들어졌으며, 단빔 음향 측심기를 쉽게 장착할 수 있는 구조로 되어 있고 갑판부 공간이 넓어 실습하기에 적당하였다. 조사선으로 활용한 경비정은 1톤 미만의 소형으로 파도에 매우 민감하기 때문에 현장 실습은 파도 영향이 적은 아덴항의 항만 내에서 실시하였다. 현장 실습에 사용한 단빔 음향 측심기는 한국에서 보낸 RESON사의 NAVISOUND 420 모델(Fig. 3-2)이며, 사양은 다음과 같다.

- 주파수 대역: 28~35 kHz, 190~225 kHz
- 최대 출력: 300 W
- 해상도: 1 cm
- 정확도: 1 cm at 210 kHz, 7 cm at 33 kHz
- 가용 수심 범위: 0.2~1200 m

현장조사 실습에 앞서 해저지형 조사측선을 계획하였다(Fig. 3-3). 현장조사 실습 지역은 해안경비대 항구 부근으로 아덴항 동쪽의 아덴반도로 들어가는 지역으로 선박의 항로이기 때문에 수심이 일정 이상으로 유지되는 곳으로 현장조사 실습하기에 좋은 지역으로 판단되어 선정하였다. 조사지역은 800 m x 1,100 m 구역으로 각 측선길이는 800 m로 총 12개의 측선이며, 측선간격은 100 m로 계획하였다(Fig. 3-3).



Fig. 3-1. 조사선으로 활용한 예멘 해안경비대의 소형 경비정.

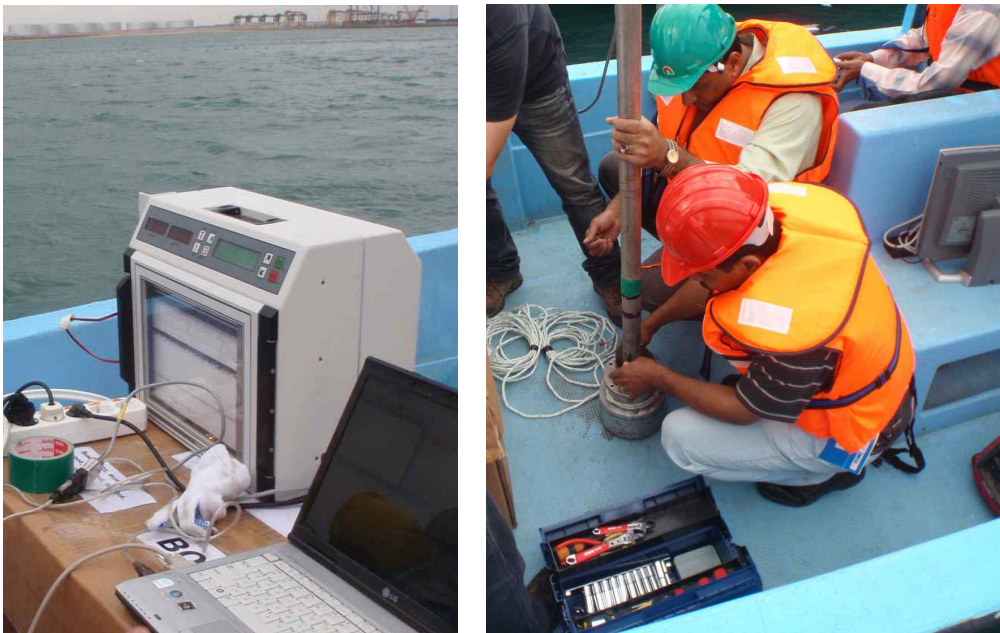


Fig. 3-2. 해저지형 현장 실습교육에 사용된 단빔 음향측심기 본체(좌)와 음파송·수신기(우)

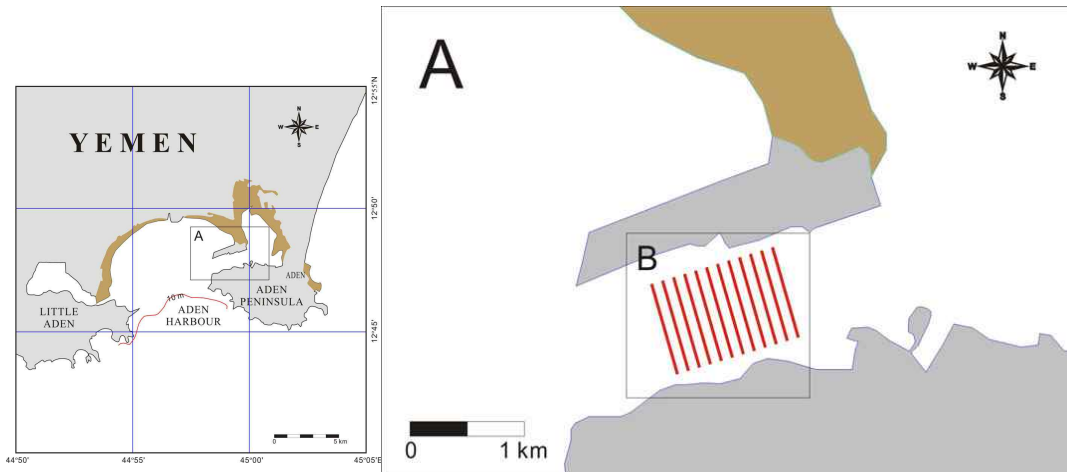


Fig. 3-3. 아덴항 동부의 현장조사 실습 지역(좌)과 계획 조사측선도(우)

실습 해역에 나가기 전에 조사선을 항만에 정박시킨 상태에서 단빔 음향측심기와 정밀위치 측정기(DGPS)의 특성에 대한 교육을 하였으며, 각 구성 장비를 연결하고 장착하는 교육을 실시하였다. 또한 해양지질부 부서원들이 직접 장비를 연결·장착하고 전원을 켜고 장비를 운용하는 실습 시간을 주었다(Fig. 3-4). 또한 계획된 조사측선에 맞추어 조사선을 운항해야 하기 때문에 선박을 운항할 해안경비대 소속 항해 장교에게 한국에서 가져간 항해유도 프로그램을 교육하였다. 해양지질부 부서원들은 각자 가지고 있는 사진기와 캠코더로 촬영하며 적극적으로 장비를 연결·장착하는 등 배우려는 의지가 매우 강하였다.



Fig. 3-4. 단빔 음향측심기 장착 및 운용 실습

조사선으로 활용된 예멘 해안경비대의 선박이 소형이기 때문에 해양지질부 부서원 13명을 A와 B 그룹으로 나누어서(Fig. 3-5) 2011년 1월 3일과 4일 이틀간 현장조사 실습을 실시하였다. 1월 3일에는 A 그룹이 약 9.8 km의 측선을 조사하였으며, B

그룹은 1월 4일에 약 5.7 km의 측선을 조사하여 2일 동안 약 15.5 km 측선의 해저 지형자료를 획득하였다(Fig. 3-6). 경비정을 조정하는 해안경비대 소속 항해 장교가 해저지형 조사 측선을 따라 일정한 방향으로 선박을 운항한 경험이 없기 때문에 실제로 해저지형 자료를 획득한 측선은 계획된 측선을 벗어나면서 지그재그 형태를 보였다(Fig. 3-6). 이는 조사선 운용경험이 있는 사람과 없는 사람의 차이를 보여주는 것으로 실내 자료처리교육에서 해양지질부 직원들에서 조사선 운항의 중요성을 설명해 주었다.



Fig. 3-5. 단빔 음향측심기와 DGPS를 장착하고 실습해역으로 출항하기 전의 A그룹 모습

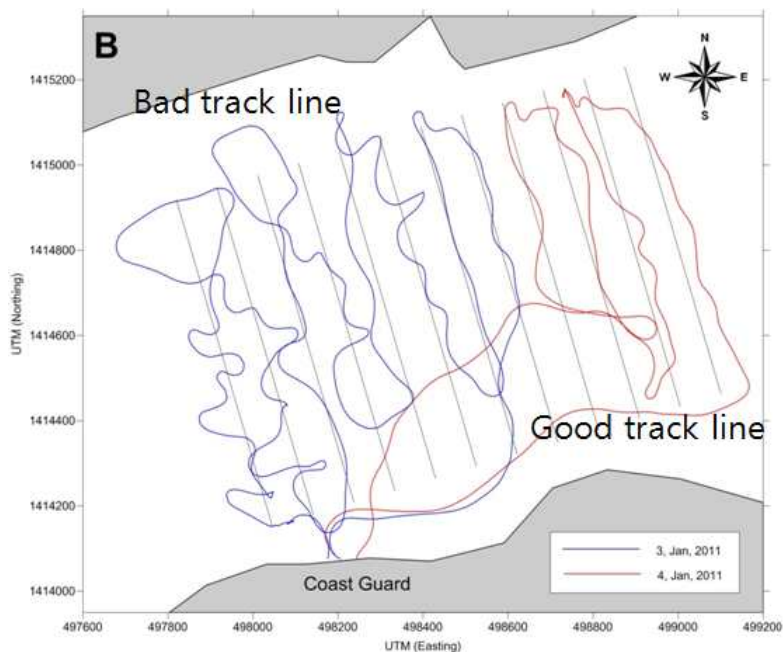


Fig. 3-6. 조사 계획측선(검정 선)과 실제 운항된 조사 측선(파란, 빨간 색)



현장 실습 해역에서 획득된 해저지형자료는 항해유도 프로그램으로 저장되기 때문에 자료 포맷 변환과 불량자료 제거 등을 통하여 필요한 형태의 자료로 변환하는 과정이 필요하다. 보통 프로그래밍 언어 또는 상용프로그램 등을 이용하지만 이들 프로그램은 가격이 너무 비싸서 예멘 광물자원청에서 구입하기 어렵기 때문에 일반적으로 사용이 가능한 마이크로소프트 엑셀을 이용하여 기본적인 형태 변환과 불량 자료를 제거하는 방법을 교육하였다. 최종결과물인 2차원 해저지형도를 만드는 교육과 실습은 프로그램 구입이 용이한 Golden Software사의 Surfer를 이용하였다.

항해유도 프로그램에 의해서 저장된 자료는 DGPS에서 얻어진 위치정보와 단빔 음향측심기에서 얻어진 수심자료이다(Fig. 3-7). 이들 자료는 하나의 ASCII 파일로 저장되므로 일반적인 텍스트 편집 프로그램이나 엑셀로 자료를 다룰 수 있다. 첫 번째로 엑셀을 이용하여 초기자료에서 필요한 위치정보와 수심정보만을 추출하는 작업을 교육하였다. DGPS에서 얻어진 위치정보는 WGS84 타원체의 위·경도이므로 원하는 좌표체계로 위치값을 바꾸는 과정을 설명하였다. 이때 사용할 수 있는 좌표 변환용 프로그램은 해양지질부에 제공하였다. 그 다음, 엑셀 프로그램에서 함수를 이용하여 불량 자료들 제거하는 과정을 설명하였다.

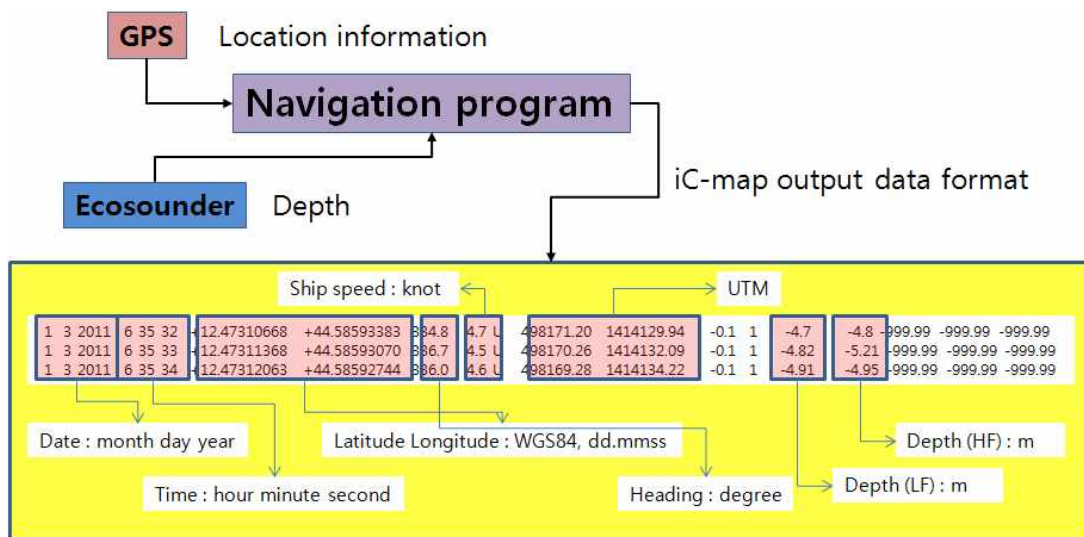


Fig. 3-7. 항해유도 프로그램에 자동저장된 위치정보와 수심자료의 형태

Surfer 프로그램을 이용하여 1차 처리된 자료로 조사측선도와 해저지형도를 작성하는 방법과 과정을 설명하였다. 각 측정점의 위치정보만 들어간 Surfer의 \*.bln 파일 포맷으로 변환된 파일(Fig. 3-8)로 조사측선도(항적도) 작성을 교육하였다. 최종적

으로 변환된 위치정보 자료와 수심정보 자료로 Surfer 프로그램에서 해저지형도를 작성하는 과정을 자세하게 설명하였다. 본 교육에서는 UTM 좌표체계로 변환하는 과정을 교육하였다.

2789 ← number of lines

00498175.40	01414076.21
00498176.94	01414082.29
00498177.59	01414085.42
00498178.55	01414096.90
00498177.30	01414109.99
00498176.39	01414114.46
00498175.16	01414118.94
00498171.20	01414129.94
00498170.26	01414132.09

x                      y

Fig 3-8. \*.bln 파일 포맷 예

해저지형도를 작성하려면 일차적으로 처리된 수심자료를 격자간격의 자료형태로 변환하는 과정을 반드시 거쳐야 한다. Surfer 프로그램에서는 이러한 격자간격의 자료형태로 만들어 주는 기능이 있다(Fig. 3-9). 해저지형도를 작성할 때 격자간격을 만드는 통계방법과 격자간격의 크기에 따라 해저지형도의 결과가 크게 달라질 수 있으므로 이에 대하여 주의를 기울여야 한다. 그래서 본 교육에서는 10 m, 20 m, 50 m, 100 m의 격자간격자료를 만들어 처리된 각각의 해저지형도가 어떤 차이가 있는 지를 자세하게 설명하였다(Fig. 3-10). 또한 3차원 해저지형도를 만드는 과정을 자세하게 교육하였으며, 현장실습에서 획득된 자료를 이용하여 3차원 해저지형도(Fig. 3-11)를 작성해서 예멘 광물자원청 해양지질부에 제공하였다. 작성된 3차원 해저지형도에서 향로 유지를 위해 준설한 흔적이 보이는데 이러한 해석과정에 대해서도 해양지질부 부서원들에게 자세하게 설명하였다.

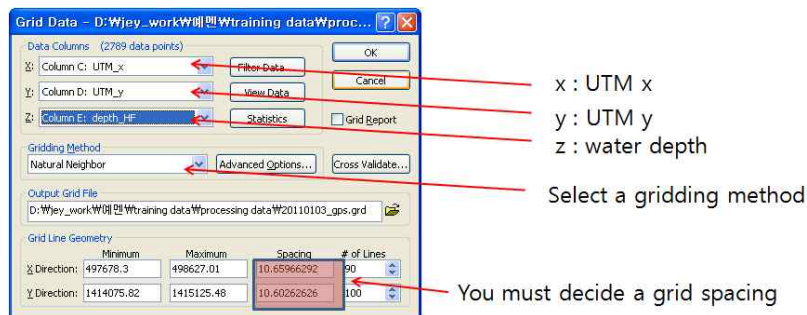


Fig. 3-9. Surfer 프로그램의 격자파일 생성 창

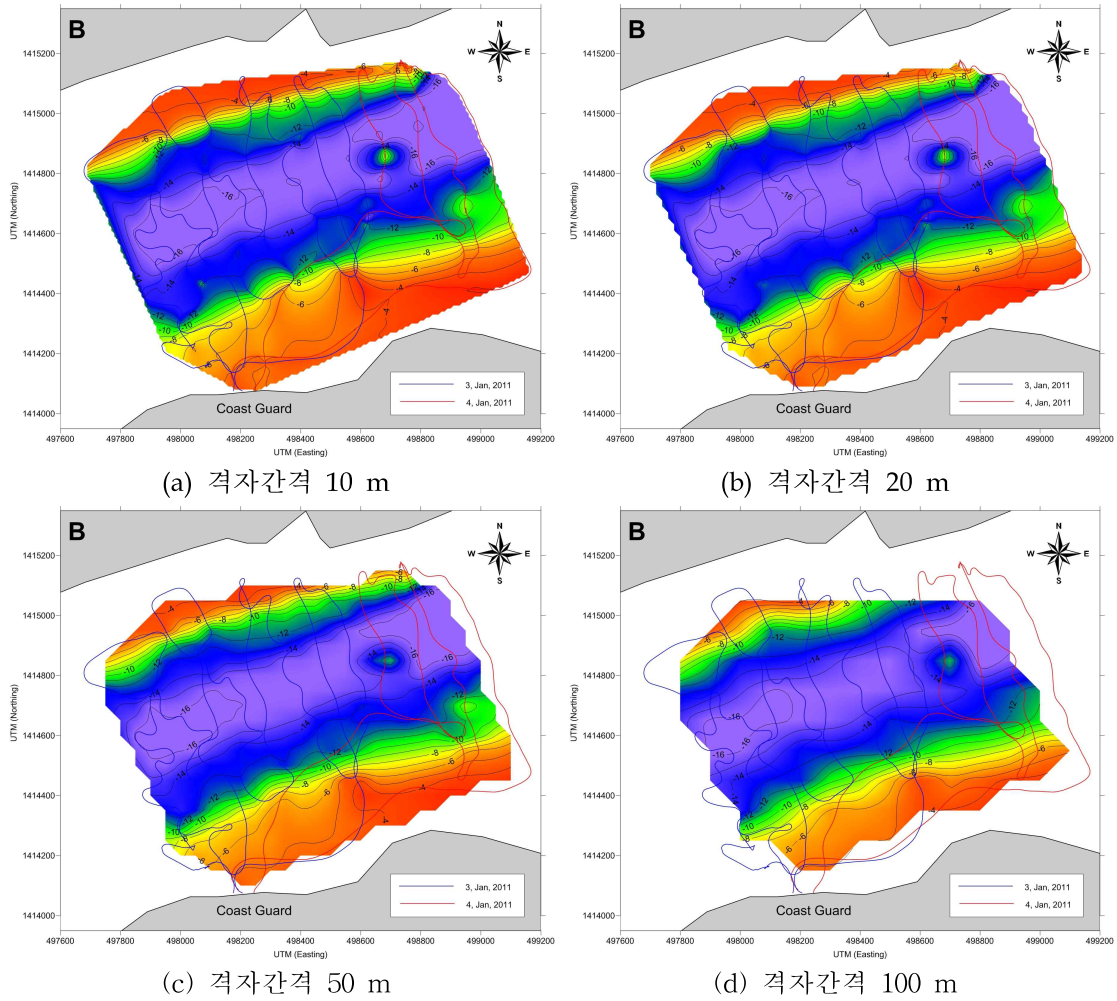


Fig. 3-10. 격자간격 크기에 따른 2차원 해저지형도 특성

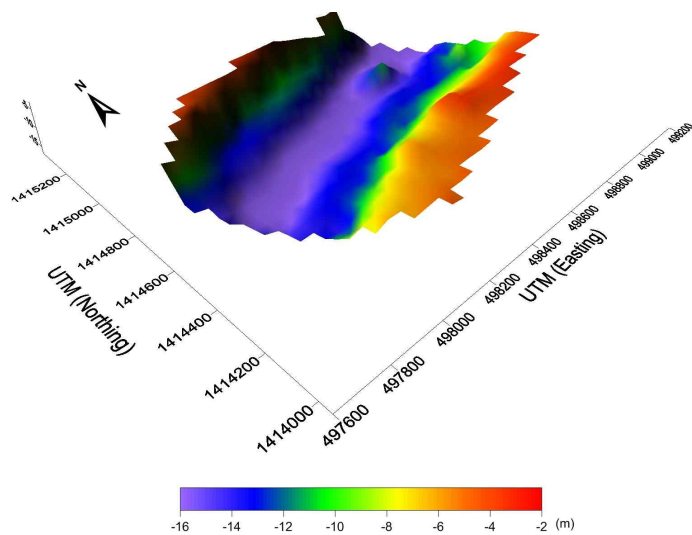


Fig. 3-11. 현장 실습 해역의 3차원 해저지형도

해저지형 자료처리 및 해저지형도 작성에 대한 교육 후에 해양지질부 부서원들이 직접 자료 처리 및 해저지형도 작성하는 실습 시간을 갖았다(Fig. 3-12). 부서원들은 컴퓨터와 프로그램을 이용한 작업이 익숙지 않은 모습을 보였으나 자료처리 과정을 단계별로 자세하게 필기하면서 적극적으로 실습을 수행하였다.



Fig. 3-12. 해저지형 자료처리 교육(좌)과 실습(우)

## 1.2. 해변(beach) 지형조사 및 자료처리

해빈(beach)에서의 지형 조사는 해저지형조사와 마찬가지로 위치정보(x, y)와 높이정보(z)를 획득하여야 한다. 최근 해변지형조사는 광파기 또는 RTK-GPS 시스템을 이용하고 있는데 한국에서 항공편으로 직접 가져간 Leica사의 RTK-GPS 시스템을 이용하여 아덴반도 북쪽 해변에서 해변지형 조사에 대한 교육과 실습을 하였다(Fig. 3-13).

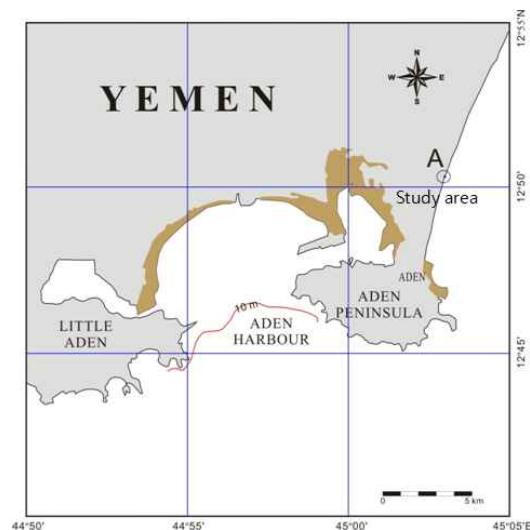


Fig. 3-13. 해변지형 실습 지역(A)

RTK-GPS 시스템의 기준국을 설치하고 이동국을 이용하여 해변에서 이동하면서 지형을 측정하였으며, 실습지역에서 NW-SE 측선과 NE-SW 측선을 설정하여 각 5개 측점을 측정하였다(Fig. 3-14). 해양지질부 직원들에게 기준국 설치와 이동국의 측정에 대한 기본 개념을 설명하고 직접 측정하는 실습을 하였다(Fig. 3-15). 아직 해변지형조사에 대한 개념이 빈약하긴 하지만 진지한 자세로 교육과 실습에 임하였다.

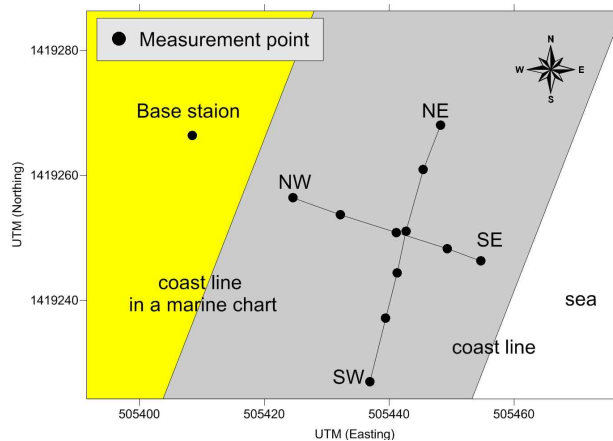


Fig. 3-14. 해변지형 조사측선 및 측점



(a) 기준국 설치 교육

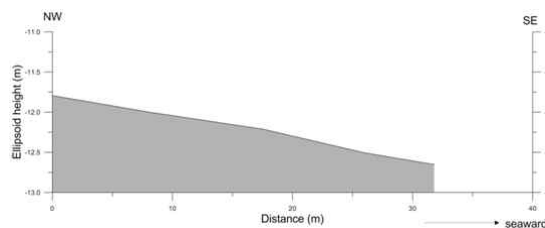


(b) 이동국을 이용한 측정 교육 및 실습

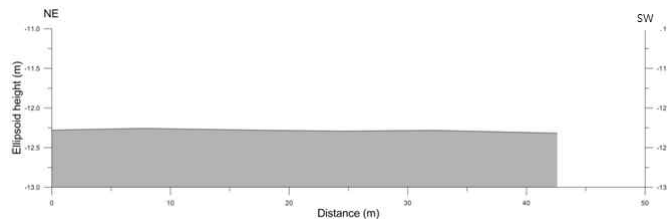
Fig. 3-15. 해변지형조사 현장교육 및 실습

RTK-GPS 시스템을 이용하여 획득된 지형정보 자료를 처리하는 과정을 실험실에 교육하였다. 획득된 지형 자료를 ASCII 형태로 변환하여 위치정보와 높이정보만을 추출하고 원하는 좌표체계로 변환하여 하나의 파일로 만드는 방법을 자세하게

설명하였다. 엑셀 프로그램 또는 Golden Software사의 Grapher 프로그램을 이용하여 측정한 해빈 지형단면도를 작성하는 과정을 교육하였다. 해빈지형 자료처리 및 해빈 지형단면도 작성하는 원리는 해저지형과 같기 때문에 해저지형 자료처리 및 해저지형도 작성을 전반부 교육기간에 경험해 본 해양지질부 부서원들은 내용을 이해하는 수준이 상당히 높았다. 실습에서 획득된 지형 자료를 분석한 결과 해안선과 평행한 NE-SW 측선은 거의 평탄하였으며, 해안선에 수직인 NW-SE 측선은 바다 쪽으로 기울어져 있었다(Fig. 3-16).



(a) NW-SE 측선 프로파일



(b) NE-SW 측선 프로파일

Fig. 3-16. 해빈지형조사 실습에서 획득한 두 측선의 지형 단면도

획득한 자료의 처리 및 해빈 지형단면도 작성 실습은 해저지형 교육과 마찬가지로 교육 후 개별적으로 수행하게 하였다(Fig. 3-17). GIS 관련 업무를 하고 있는 부서원들은 좌표체계에 대한 개념을 알고 있어 상대적으로 교육내용을 이해하였지만, 다른 직원들은 이에 대한 이해가 부족하였다. 하지만 부서원들은 이해가 되지 않은 부분에 대해 적극적으로 질문하면서 교육 및 실습 내용을 이해하려고 노력하는 모습을 보였다.

### 1.3. 지형조사 기준점 설치

해빈을 포함한 연안 환경의 지형을 조사하기 위해서는 좌표정보를 알고 있는 조사 기준점이 반드시 필요하다. 향후 예멘 광물자원청 해양지질부가 이러한 지형조사를 수행하는데 필요한 조사 기준점을 설치하고(Fig. 3-18), 좌표 정보를 제공하였

다. 설치된 조사 기준점의 좌표 정보는 Table 3-1과 같다.



(a) 해빈지형 자료처리 교육



(b) 해빈지형 자료처리 실습

Fig. 3-17. 해빈지형조사 자료처리 교육 및 실습



Fig. 3-18. 아덴 광물자원청 건물 옥상에 설치한 지형조사 기준점

Table 3-1. 예멘 광물자원청 아덴지소 옥상에 설치한 지형조사 기준점 좌표정보

	위도 (degree)	경도 (degree)	UTM x	UTM y	타원체고(m)
기준점	12.79402673 N	45.02337539 E	502536.93	1414358.21	3.906

#### 1.4. 예멘 광물자원청 보유 단빔 음향측심기 운용 교육

예멘의 광물자원청은 국제협력기구의 지원으로 2009년에 단빔 음향측심기 (Veleport사 MIDAS 모델; Fig. 3-19)를 확보하였지만 장비를 제대로 활용하지 못하고 있었다. 장기간 단빔 음향측심기를 사용하지 않아 외부 배터리의 성능 저하로 충전 후에도 사용이 불가능하여 새로운 배터리로 교체할 것과 발전기 구입을 권하였다. 예멘 광물자원청이 보유한 단빔 음향측심기의 사양은 다음과 같다.

- 가용 수심 범위: 0.3~100 m (210 kHz), 1.8~100 m (33 kHz)
- 정확도 :  $<\pm 0.01\text{m}$  or  $\pm 0.02\%$
- 해상도 : 0.01 m (210 kHz), 0.04 m (33 kHz)
- 자료획득 간격 : 6 Hz



Fig. 3-19. 예멘 광물자원청이 보유하고 있는 단빔 음향측심기



한국에서 가져간 발전기를 이용하여 단빔 음향측심기의 기본설정(set-up)을 해주었고, 운용 교육을 실시하였다. 예멘 광물자원청 아덴지소 건물 옥상에 있는 수조를 활용하여 장비 테스트와 운용 실습을 실시하였다(Fig. 3-20). 자료획득 프로그램인 Survey Log의 활용을 위하여 각 메뉴에 대한 흐름도를 정리하였으며, 실내에서 장비의 연결과 운용 그리고 자료획득 프로그램 교육을 실시하였다. 해양지질부 직원들은 자신들이 보유한 장비로 해저지형조사를 하고자하는 열의는 있으나 제한된 여건으로 인해 해양지질 조사를 할 수 없다고 지속적인 한국의 협조를 요청하였다.



Fig. 3-20. 예멘 광물자원청이 보유한 단빔 음향측심기 테스트 및 운용 교육

#### 1.5. 해저 및 해빈 퇴적물 시료 채취와 퇴적물 입도 분석

해양지질 조사에서 조사 지역의 퇴적물 특성을 파악하는 것은 가장 기본적인 것으로 예멘 광물자원청 해양지질부 부서원에게 해저와 해빈에서 퇴적물 시료를 채취하는 장비의 운용과 퇴적물 입도 분석에 대해 교육 및 실습을 실시하였다.

해저 퇴적물을 채취하는 장비는 매우 다양하다. 하지만 예멘 해양지질부의 열악한 여건을 고려하여 해저 표층퇴적물을 채취하는데 가장 기본적으로 사용되는 그랩(grab) 채취기를 활용하였다. 예멘 해양지질부 부서원들에게 그랩 채취기의 작동 원리를 설명하였고, 직접 해저 표층퇴적물을 채취하는 실습을 실시하였다(Fig. 3-21). 예멘 해양지질부 부서원들은 직접 해저 표층에서 퇴적물을 채취하여 눈으로 봄으로써 해저환경에 대한 이해가 높아졌다.

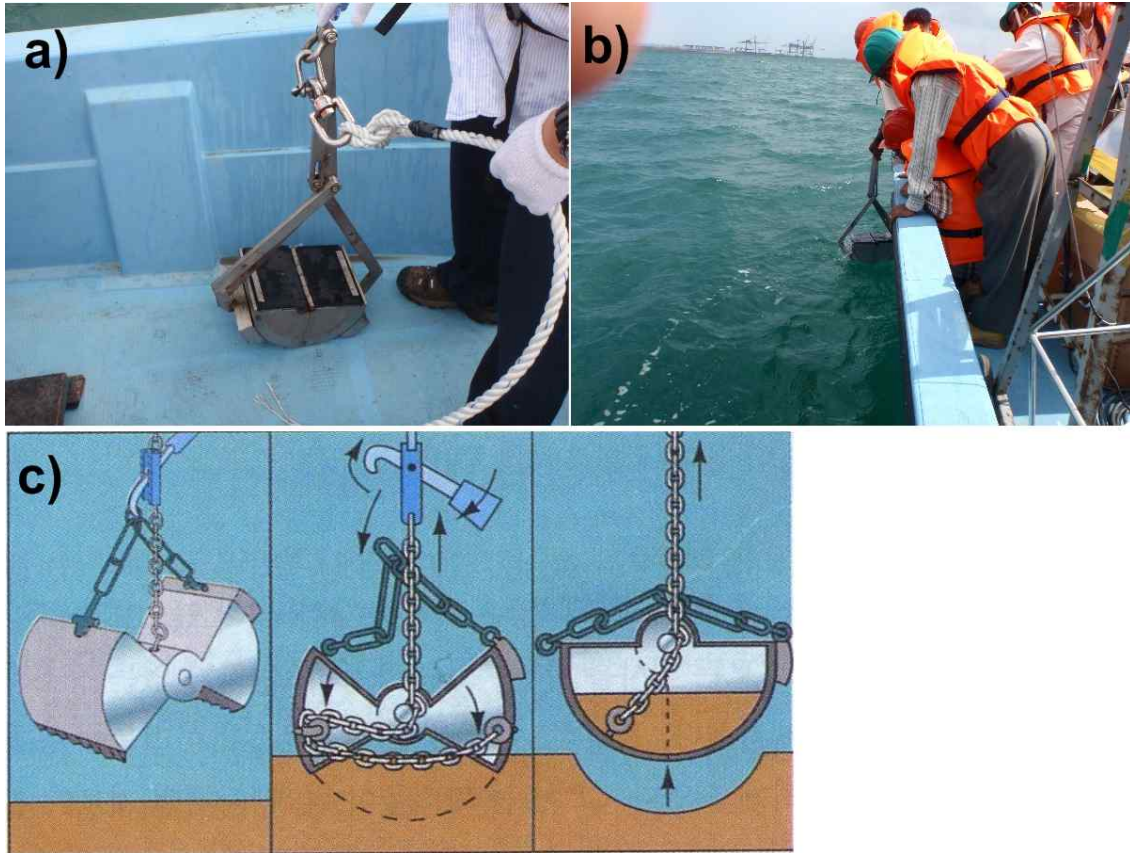


Fig. 3-21. 해저 표층퇴적물을 채취하는 그랩 채취기의 형태, 작동원리 및 실습 장면

해양환경보다 해빈, 갯벌, 해안 평원 등 연안 육상환경에서 퇴적물을 채취하는 것은 상대적으로 용이하다. 연안 육상환경에서 퇴적물을 채취하는 장비로 가장 많이 사용되는 진동 시추채취기를 활용하였다. 진동 시추채취기는 표층퇴적물과 표층에서 수 미터 이내의 지층 퇴적물을 동시에 획득할 수 있는 장비이다. 아덴 북부지역에 있는 해빈(Fig. 3-13 참조)에서 진동 시추채취기의 구성요소, 설치방법과 운용방법에 대해 교육을 실시한 후에 예멘 해양지질부 부서원들이 직접 장비를 이용하여 퇴적물을 채취하는 실습을 실시하였다(Fig. 3-22). 실습과정에서 약 4.5 m의 길이의 퇴적물을 획득하였다. 예멘 해양지질부 부서원들은 해빈 퇴적물이 어느정도 두꺼울 것이라고 막연하게 생각하고 있었는데, 실제로 진동 시추채취기를 이용하여 해빈 퇴적물이 수 미터 이상으로 두껍다는 사실을 인지할 수 있었다.



Fig. 3-22. 해변에서의 진동 시추채취기 설치(a)와 퇴적물 채취 실습(b)

다양한 분석장비를 이용하여 채취된 퇴적물의 입도, 성분, 퇴적 구조 등을 분석하여 퇴적 기원, 퇴적 작용, 퇴적 환경 등에 대한 정보를 규명할 수 있다. 예멘 광물자원청 해양지질부에는 퇴적물 분석 장비가 없고 한국에서 고가의 분석장비를 가져가기 힘든 상황이었기 때문에 퇴적물 분석에서 가장 기초가 되는 퇴적 구조와 입도 분석에 대해 예멘 해양지질부 실험실에서 교육과 실습을 실시하였다.

퇴적물은 쌓이는 동안 다양한 종류의 퇴적구조를 형성하는데 이러한 퇴적구조는 눈으로 관찰하기 매우 어렵다. 따라서 X-ray 촬영을 통해서 퇴적구조 사진을 획득하는데, X-ray 분석을 하기 위해서는 X-ray가 투과될 수 있는 두께의 퇴적물 슬랩(slab)을 만들어야 한다. 채취된 시추 퇴적물을 절개하여 슬랩을 만드는 과정을 설명하고 실습시켰다(Fig. 3-23). 예멘 광물자원청에는 퇴적물 X-ray 분석 장비가 없기 때문에 계속되는 분석 과정, 결과물 및 해석에 대해서는 교재를 이용하여 설명하였다.

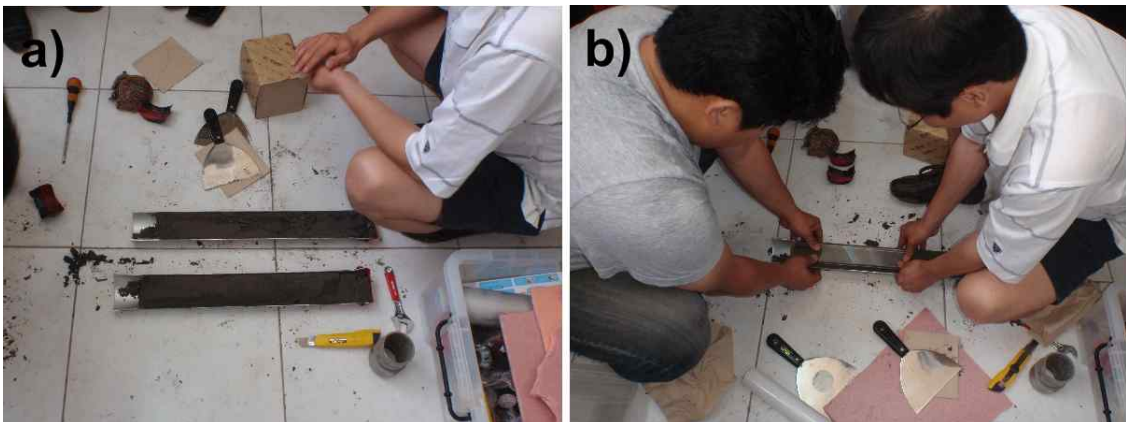


Fig. 3-23. 시추퇴적물 절개(a) 및 X선 촬영용 슬랩(b) 교육

예멘 광물자원청 해양지질부에는 퇴적물 입도(크기) 분석 장비가 없어서 한국에서 보낸 시약, 비이커, 체(seive) 등을 활용하여 모래 퇴적물입도 분석에 대해 교육하였다. 퇴적물입도를 분석하기 위해 염산과 과산화수소를 이용하여 모래 퇴적물에 있는 유기물과 탄산염을 제거하는 과정을 보여줬다(Fig. 3-24). 유기물과 탄산염이 제거된 퇴적물을 1- $\phi$  간격으로 배열된 체(seive) 세트에 넣고 약 15분간 흔들어서 1- $\phi$  간격으로 퇴적물을 분류하였다(Fig. 3-24). 1- $\phi$  간격으로 분류된 퇴적물의 무게를 측정 한 후에(Fig. 3-25), 통계처리 프로그램을 이용하여 퇴적물의 입도와 분급도를 계산하는 과정을 자세하게 설명하였다. 또한 분석된 퇴적물 입도(크기)에 따른 퇴적물 분류(classfication)에 대해 소개하였다(Table 3-2).



Fig. 3-24. 퇴적물 전처리 과정(좌)과 체질(우) 교육과정



Fig. 3-25. 퇴적물 입도별 무게 측정 과정

Table 3-2. 입도에 따른 퇴적물 분류

mm	Size		Sediment size class terminology of Wentworth(1922)	Sediment size class terminology of Friedman and Sanders(1978)	
	$\mu\text{m}$	$\phi$			
2048		-11		Very large boulders	
				Large boulders	
1024		-10		Medium boulders	
512		-9	Cobbles	Small boulders	
256		-8		Large cobbles	
128		-7		Small cobbles	Gravels
64		-6		Very coarse pebbles	
32		-5		Coarse pebbles	
16		-4	Pebbles	Medium Pebbles	
8		-3		Fine pebbles	
4		-2		Granules	Very fine pebbles
2	2000	-1		Very coarse sand	
1	1000	0		Coarse sand	
0.5	500	1		Medium sand	Sand
0.25	250	2		Fine sand	
0.125	125	3		Very fine sand	
0.063	63	4		Very coarse silt	
0.031	31	5		Coarse silt	
0.016	16	6	Silt	Medium silt	Silt
0.008	8	7		Fine silt	
0.004	4	8			Very fine silt
0.002	2	9	Clay	Clay	Clay

예멘 해양지질부 부서원들이 위에서 기술한 퇴적물 입도 분석 과정을 직접 경험할 수 있도록 실습시간을 가졌다. 향후 예멘 해양지질부 부서원들이 자체적으로 퇴적물 입도 분석을 수행할 수 있도록 소모성 재료(시약, 비이커, 체), 한국해양연구원에서 제작된 통계처리 프로그램 및 관련 교재를 예멘 광물자원청 해양지질부에 제공하였다.

#### 1.6. 해수 채취 및 해수 화학·생물학적 특성 분석

예멘 광물자원청은 교육훈련 협의과정에서 해양 오염에 대해 관심이 많기 때문에 해수 채취와 해수의 화학·생물학적 특성에 대해 교육훈련을 요청하였다. 한국에서 보낸 니스킨 채수기를 활용하여 해수 채취에 대한 교육 및 실습을 아덴항 해역에서 실시하였다(Fig. 3-26). 해수의 화학·생물학적 특성을 분석하는 장비는 크기가 크고, 충격에 민감하고, 매우 비싸기 때문에 한국에서 관련장비들을 예멘에 보내지 못하였다. 따라서 교재를 활용하여 분석 장비들의 특성과 분석 방법에 대해 설명하였다.



Fig. 3-26. 니스킨 채수기(좌)와 채수기 운용 교육(우)

#### 1.7. 해수 수온 및 염분 측정

해수의 수온과 염분은 해양조사에서 가장 기본적으로 조사되는 항목이다. 최근 전기·전자 부품의 크기가 작아지고 성능이 향상되면서 해수의 온도와 염분을 수심에 따라 연속적으로 측정하는 장비들이 개발되었다. 최근 활발하게 사용되는 해수

의 온도와 염분을 측정하는 장비는 CTD(Conductivity, Temperature and Depth Profiler)이다. 이 장비는 전기적인 방법으로 전기전도도(염분으로 환산됨), 수온과 수심을 연속적으로 측정하여 해수의 특성에 관한 자료를 획득하는데 이용된다. 한국에서 보낸 CTD 장비는 SEABIRD사의 SBE 19 Plus 모델로 0.25초 간격으로 자료를 획득하며 64 megabyte 내장 메모리를 가지고 있다. 이 장비와 윈치를 활용하여 아덴항 해역에서 CTD 운용 방법을 교육시켰다(Fig. 3-27). 특히 현장에서 예멘 해양지질부 부서원들이 익숙하지 않은 장비의 운용 프로그램인 SeaTerm(Fig. 3-28)의 사용방법을 숙지시키는데 중점을 두었다. 현장에서 획득된 수심, 수온 및 염분 자료를 처리하는 과정에 대해 실험실에서 설명하고 실습을 하였다. 아덴항 해역에서 관측된 수온과 염분 자료는 Fig. 3-29에 도시하였다.



Fig. 3-27. CTD 운용 현장 교육 및 실습

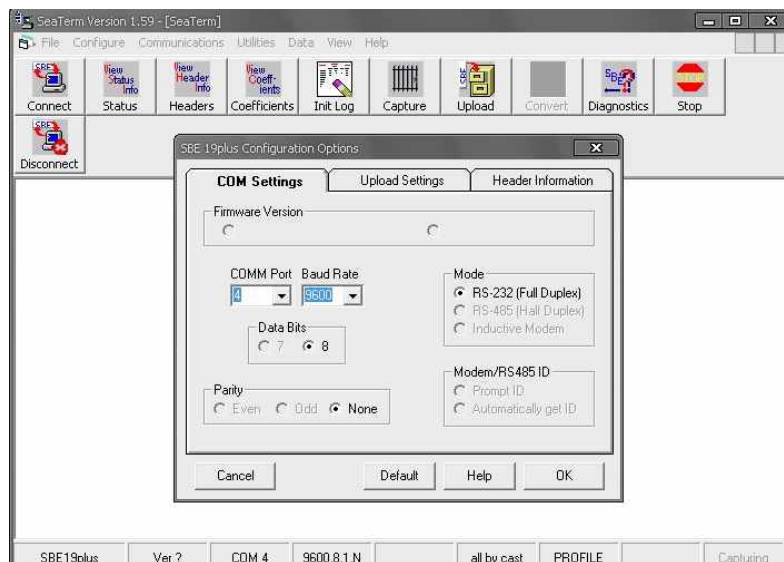


Fig. 3-28. Seaterm 프로그램 운용

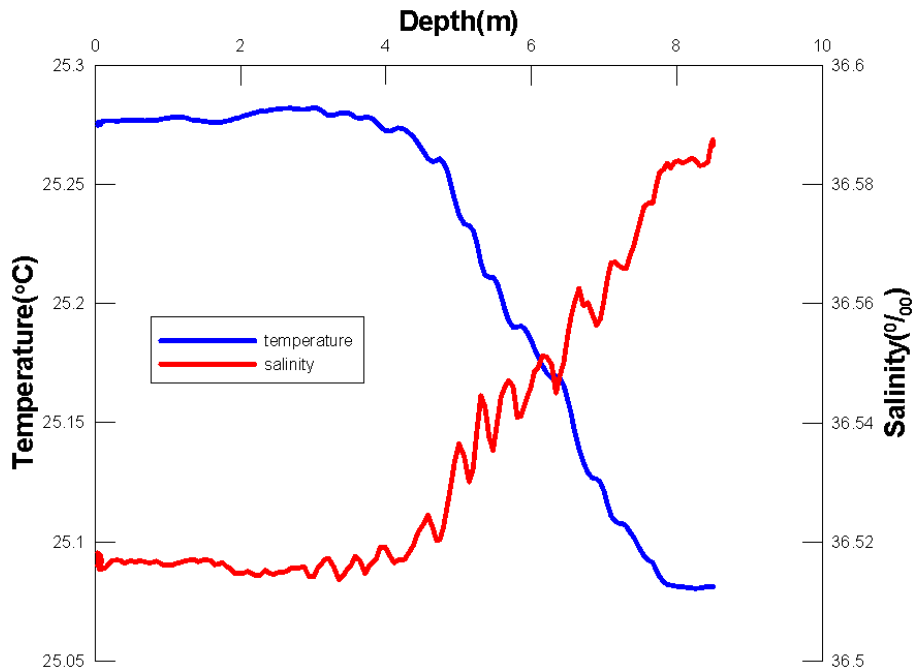


Fig. 3-29. 현장에서 관측된 수심, 수온 및 염분 수직분포도

### 1.8. 해변 사철(sand iron) 성분 분석

예멘 남부 해안은 길이가 매우 긴 직선 형태를 보이고 있다. 이 해안을 따라 광범위하게 발달되어 있는 해변에는 두꺼운 해변 모래 퇴적층이 분포하고 있다. 예멘 광물자원청은 아덴 동부 지역에 있는 해변에서 철 성분이 포함된 해변 모래 퇴적물이 광범위하게 분포하는데 자원으로 가치 있는지 또한 개발이 가능한지에 대한 자문을 요청하였다. 기존에 예멘 광물자원청이 채취한 사철(sand iron) 함유 해변 모래 퇴적물 시료를 제공받아서 한국에서 분석하였다. 자석을 이용하여 사철과 비사철 모래를 분리한 결과, 사철의 무게비율이 약 60~70%로 매우 높았다. 사철의 성분 분석을 위해 두 개의 시료를 한국광물자원공사에 의뢰하였고, 분석결과는 Figs. 3-30와 3-31에서 볼 수 있다. 분석 결과를 살펴보면 철(Fe) 성분 함량이 약 69%로 매우 높았다. 사철이 자원으로 개발되기 위해서는 티타늄(Ti) 성분 함량이 낮을수록 좋는데 시료의 티타늄(Ti) 성분 함량은 약 0.33~0.38%로 매우 낮아서 개발하기에 매우 적합하다고 판단된다. 분석 결과를 예멘 광물자원청에 보내주었고 개발하기 적합하다고 자문을 하였다.



# Certificate of Test



<p style="text-align: center;"><b>KORES</b></p> <p>79 Siheong-daero, Dongjak-gu, Seoul 156-706, Korea Tel +82 2 840 5643, Fax +82 2 840 5885</p>	<p>Certificate No : 11-02160-2</p> <p>Page ( 1 / 1 pages )</p>																									
<p>1. Client : Kang Jungkeuk</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Name : Korea Ocean Research &amp; Development Institute</li> <li>◦ Address : 1270 Sadong , Ansan 426-744 KOREA</li> <li>◦ Number of Receipt : 11 - OS - 1000      ◦ Date of Receipt : 09. JUN. 2011</li> </ul> <p>2. Use of Report : Document Submission</p> <p>3. Test Sample : sample A</p> <p>4. Date of Test : 09. JUN. 2011 ~ 27. JUN. 2011</p> <p>5. Test method used : <small>KS E 3015 : 2001, KS E 3013 : 2001, KS E ISO 4688-1 : 2009, KS E 3063 : 2008(ICP-OES)</small></p> <p>6. Testing Environment : Temperature : (22.0 ± 5.0) °C , Relative Humidity : (40 ± 20) % R.H.</p> <p>7. Test Results</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width: 15%;">Sample No.</th> <th rowspan="2" style="width: 20%;">Sample name</th> <th colspan="3" style="width: 45%;">Item &amp; Result</th> <th rowspan="2" style="width: 20%;">Remarks (Test No.)</th> </tr> <tr> <th style="width: 15%;">Item</th> <th style="width: 15%;">Unit</th> <th style="width: 15%;">Result</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center;">sample A</td> <td rowspan="4" style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">SiO<sub>2</sub></td> <td style="text-align: center;">% (m/m)</td> <td style="text-align: center;">1.20</td> <td rowspan="4" style="text-align: center;">02117</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Fe</td> <td style="text-align: center;">% (m/m)</td> <td style="text-align: center;">69.3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></td> <td style="text-align: center;">% (m/m)</td> <td style="text-align: center;">0.52</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Ti</td> <td style="text-align: center;">% (m/m)</td> <td style="text-align: center;">0.33</td> </tr> </tbody> </table>			Sample No.	Sample name	Item & Result			Remarks (Test No.)	Item	Unit	Result	sample A	-	SiO <sub>2</sub>	% (m/m)	1.20	02117	Fe	% (m/m)	69.3	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% (m/m)	0.52	Ti	% (m/m)	0.33
Sample No.	Sample name	Item & Result			Remarks (Test No.)																					
		Item	Unit	Result																						
sample A	-	SiO <sub>2</sub>	% (m/m)	1.20	02117																					
		Fe	% (m/m)	69.3																						
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% (m/m)	0.52																						
		Ti	% (m/m)	0.33																						
<p>The Result shown in this report refer only to the sample(s) tested unless otherwise stated. This Report cannot be reproduced, except in full</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center;">Affirmation</td> <td style="width: 40%;">                 Tested by                  Name : Jeong Taeho (Signature)             </td> <td style="width: 45%;">                 Technical Manager                  Name : Han Jinsou (Signature)             </td> </tr> </table> <p>- Remarks :</p> <p style="text-align: right; margin-right: 50px;">27. JUN. 2011</p> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">                 Director General of Technology Research Institute                  Korea Resources Corporation             </p> <div style="text-align: right; margin-right: 50px;">  </div>			Affirmation	Tested by Name : Jeong Taeho (Signature)	Technical Manager Name : Han Jinsou (Signature)																					
Affirmation	Tested by Name : Jeong Taeho (Signature)	Technical Manager Name : Han Jinsou (Signature)																								

Fig. 3-30. 예멘 사철 A시료의 성분 분석 결과

# Certificate of Test



<p style="text-align: center;"><b>KORES</b></p> <p>79 Siheong-daero, Dongjak-gu, Seoul 156-706, Korea Tel +82 2 840 5643, Fax +82 2 840 5885</p>	<p>Certificate No : 11-02161-2</p> <p>Page ( 1 / 1 pages )</p>	 <p><b>KORES</b> KOREA RESOURCES CORPORATION</p>																								
<p>1. Client : Kang Jungkeuk</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Name : Korea Ocean Research &amp; Development Institute</li> <li>◦ Address : 1270 Sadong , Ansan 426-744 KOREA</li> <li>◦ Number of Receipt : 11 - OS - 1000      ◦ Date of Receipt : 09. JUN. 2011</li> </ul> <p>2. Use of Report : Document Submission</p> <p>3. Test Sample : sample B</p> <p>4. Date of Test : 09. JUN. 2011 ~ 27. JUN. 2011</p> <p>5. Test method used : KS E 3015 : 2001, KS E 3013 : 2001, KS E ISO 4688-1 : 2009, KS E 3063 : 2008(ICP-OES)</p> <p>6. Testing Environment : Temperature : (22.0 ± 5.0) °C , Relative Humidity : (40 ± 20) % R.H.</p> <p>7. Test Results</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width: 15%;">Sample No.</th> <th rowspan="2" style="width: 15%;">Sample name</th> <th colspan="3" style="width: 40%;">Item &amp; Result</th> <th rowspan="2" style="width: 25%;">Remarks (Test No.)</th> </tr> <tr> <th style="width: 15%;">Item</th> <th style="width: 10%;">Unit</th> <th style="width: 15%;">Result</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4" style="text-align: center;">sample B</td> <td rowspan="4" style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">SiO<sub>2</sub></td> <td style="text-align: center;">% (m/m)</td> <td style="text-align: center;">1.31</td> <td rowspan="4" style="text-align: center;">02118</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Fe</td> <td style="text-align: center;">% (m/m)</td> <td style="text-align: center;">69.0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></td> <td style="text-align: center;">% (m/m)</td> <td style="text-align: center;">0.52</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Ti</td> <td style="text-align: center;">% (m/m)</td> <td style="text-align: center;">0.38</td> </tr> </tbody> </table>			Sample No.	Sample name	Item & Result			Remarks (Test No.)	Item	Unit	Result	sample B	-	SiO <sub>2</sub>	% (m/m)	1.31	02118	Fe	% (m/m)	69.0	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% (m/m)	0.52	Ti	% (m/m)	0.38
Sample No.	Sample name	Item & Result			Remarks (Test No.)																					
		Item	Unit	Result																						
sample B	-	SiO <sub>2</sub>	% (m/m)	1.31	02118																					
		Fe	% (m/m)	69.0																						
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% (m/m)	0.52																						
		Ti	% (m/m)	0.38																						
<p>The Result shown in this report refer only to the sample(s) tested unless otherwise stated. This Report cannot be reproduced, except in full</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="width: 15%; text-align: center;">Affirmation</td> <td style="width: 40%;">                 Tested by                  Name : Jeong Taeho (Signature)             </td> <td style="width: 45%;">                 Technical Manager                  Name : Han Jinsou (Signature)             </td> </tr> </table> <p>- Remarks :</p> <p style="text-align: right; margin-right: 100px;">27. JUN. 2011</p> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">                 Director General of Technology Research Institute                  Korea Resources Corporation             </p> <div style="text-align: right; margin-right: 50px;">  </div>			Affirmation	Tested by Name : Jeong Taeho (Signature)	Technical Manager Name : Han Jinsou (Signature)																					
Affirmation	Tested by Name : Jeong Taeho (Signature)	Technical Manager Name : Han Jinsou (Signature)																								

Fig. 3-31. 예멘 사철 B시료의 성분 분석 결과

## 2. 예멘 광물자원청 해양지질부의 중-장기 발전 계획수립에 대한 자문

교육 훈련을 통해 해양지질부서원의 자질/능력과 예멘 광물자원청 해양지질부의 시설(연구실, 조사 장비 및 실험·분석 기자재) 여건과 예산 규모를 고려하여 예멘 광물자원청 해양지질부의 목적/기능, 활동, 전략 및 조직체계에 대해 제안하였다. 2011년 1월 15일에 예멘 광물자원청의 Dr. Ismail(청장), Al-Jailani(국제협력담당), Munasar(해양지질부장), 그리고 한국대사관의 장대교 1등 서기관과의 최종 모임에서 제안 내용을 발표하였다. 이 제안 내용에 대해 예멘 광물자원청은 매우 만족하며 이번 교육훈련에 대해 매우 고맙다는 의견을 한국측에 전달하였다. 이번 교육훈련을 통해 예멘 정부는 향후 한-예멘 정부간 해양과학기술 협력이 지속되기를 바라고 한-예멘 해양과학기술 협력 사업이 진행된다면 예멘 정부의 전폭적인 지원을 약속하였다.

먼저 예멘 광물자원청 해양지질부서의 현재 여건(또는 문제점)을 살펴본 결과, 1) 해양지질 조사선이 없고, 2) 해양지질 및 지구물리 조사 장비, 실험 및 분석 기자재가 없고, 3) 해양지질 및 지구물리 전문가가 없으며, 4) 해양지질 및 지구물리 관련 기초 서적과 전문 저널이 전혀 없고, 5) 해양지질 및 지구물리관련 학과가 대학에 없는 상황이다. 이러한 여건을 고려하면 예멘 광물자원청 해양지질부서는 현재 제대로 해양지질 조사를 수행할 수 없는 상황이다. 따라서 예멘 광물자원청 해양지질부의 현재 여건을 고려하여 조사 장비가 매우 비싸고 운용이 어려운 심해(deep sea)보다는 상대적으로 조사 장비가 싸고 운용이 쉬운 천해(shallow sea)에서 해양지질 조사를 먼저 수행하는 전략을 제안하였다.

예멘 석유·광물부는 광물자원청 해양지질부를 기능과 활동을 확대하는 데에 최우선 순위를 두고 있다. 따라서 중-장기적인 관점에서 새로운 해양지질부서의 조직체계를 제안하였다(Fig. 3-32). 먼저 해양지질부는 광물자원청 산하에 예멘 국립 해양지질 연구센터(Yemen National Marine Geological Research Centre)로 승격시키고, 이 연구센터에 해양지질·지구물리부(Marine Geology and Geophysics Division), 공학부(Engineering Division), 해양법·해양정책부(Marine Laws and Policy Division)와 자료관리부(Data Management Division)을 제안하였다.

해양지질·지구물리부는 조사활동 계획 수립, 조사활동, 자료 처리 및 해저지질도 작성을 하는 연구센터에서 중추적인 역할을 담당한다. 공학부는 조사에 필요한 장비를 운용하고 보수하는 역할을 한다. 해양법·해양정책부는 예멘 해역의 경제적 배타수역과 대륙붕 한계 경계 획정, 그리고 해양 광물 및 에너지 자원의 관리를 담당한다. 자료관리부는 다른 부서에는 획득한 자료를 모아서 체계적으로 분류하여 예멘 관련 정부부처에 분배하는 기능을 가지고 있다. 초기 상태에서 예멘 국립 해양

지질 연구센터는 독자적으로 활동을 할 수 있는 여건이 되지 않기 때문에 예멘 광물자원청에 한-예멘 공동 해양 연구센터를 설립하여 자문과 지원을 받아야 한다고 제안하였다. 또한 한국-예멘 정부 간 해양과학 협력 사업이 이루어질 경우 한국의 해양지질 조사선을 이용한 탐사(또는 조사) 프로그램과 KOICA 프로그램을 이용한 해양지질 교육훈련 프로그램을 제안하였다.

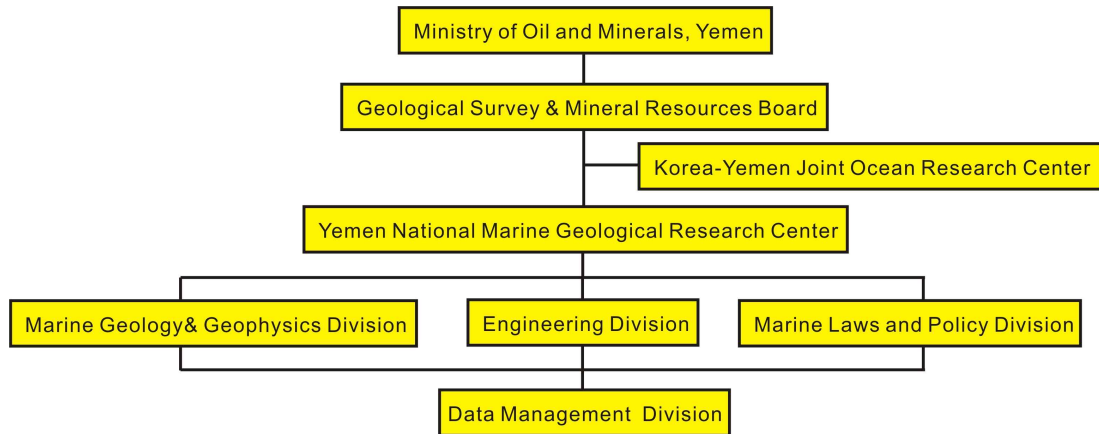


Fig. 3-32. 중-장기 발전계획 관점에서 제안된 예멘 광물청 해양지질부 조직 체계도

## 제 4장 상대국 협력기관의 평가 및 협조

예멘 광물자원청장은 한국해양연구원의 교육훈련 활동에 대해 예멘 해양지질학 분야의 기초를 마련해주고 이를 통해 예멘 해양지질학 분야가 발전할 수 있는 중요한 기회를 제공했다고 평가하면서 대단한 만족감을 표시하였다. 또한 Munasar 아덴해양지질부장을 포함한 해양지질부 13명 직원모두가 교육훈련 과정 및 내용에 대해 해양지질학의 기본 원리와 실질적인 해양지질 현장조사 기술과 자료처리를 이해하기 쉽게 교육시켜주었다고 평가하였고, 동 부서가 연안과 해빈에서 실제로 조사를 할 수 있는 기초 역량이 강화되었다고 언급하였다. 이러한 평가는 예멘 광물자원청 해양지질부 직원들이 평소 퇴근시간(오후 2시)을 넘겨 오후 4시까지의 교육에 적극적으로 참여하고, 예만의 주말인 목요일에도 현장 교육훈련에 전원이 참석할 정도로 적극적인 태도와 일치 되었다. 특히, 한국의 연합뉴스에 해당하는 Yemen News Agency (SABA)에서 2011년 1월 3일에 한국해양연구원의 교육훈련 지원활동 내용과 그 중요성에 대해 자세하게 보도되었을 정도로(Fig. 4-1) 예멘 정부는 한국의 해양과학 기술 지원에 대해 큰 관심을 보이고 있다.

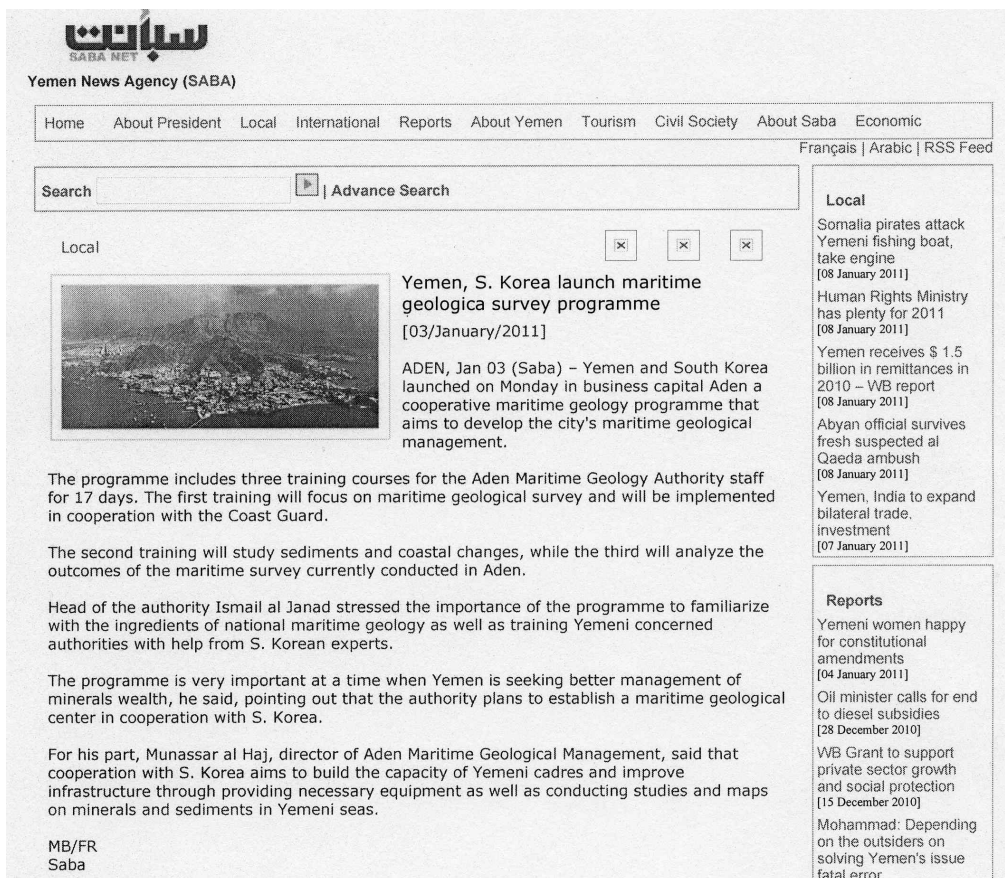


Fig. 4-1. 한국해양연구원의 해양지질교육훈련에 대한 예멘 News Agency의 보도

예멘 광물자원청장은 주예멘 한국대사관과 한국해양연구원이 요청한 우리 전문가의 안전 확보를 위해 차량, 운전사와 2명의 비밀경찰을 24시간 배치·동행시키고 특히 해양 및 해빈 조사 실습지역에는 해안경비대와 해군을 배치시켜서 우리 전문가의 신변안전 확보에 만전을 기할 정도로 지원을 아끼지 않았다. 또한 예멘 광물자원청은 한국에서 컨테이너 화물선으로 보낸 교육훈련용 장비의 세관 수속 및 통관을 신속하게 처리해주었고, 현장 실습교육에 필요한 선박을 예멘 해안경비대의 선박을 빌려서 제공하면서 선박의 유류비용을 지불할 정도로 적극적인 협조를 해주었다. 또한 예멘 광물자원청장은 직접 아덴 해상교육 현장을 방문하여 현장 실습교육에 참여하기도 하였다(Fig. 4-2). 예멘 광물자원청과 해안경비대의 적극적인 협조가 없었다면 본 과제의 수행은 어려웠을 것이라고 판단된다.



Fig. 4-2. 예멘 광물자원청장과 예멘 아덴 해안경비대장이 해상교육 현장을 방문하여 촬영한 기념사진

## 제 5장 활용 계획

- 올해 예멘도 초 중동 및 북부 아프리카의 다른 이슬람 국가들처럼 민주화 운동으로 인해 정국이 매우 불안해졌다. 이로 인해 한국해양연구원-예멘 광물자원청간의 MOU 체결을 하지 못했다. 향후 예멘 정국이 안정되면 한국해양연구원-예멘 광물자원청간의 MOU를 체결하고, 본 과제를 통해 형성된 양 기관간의 우호적인 관계를 활용하여 한-예멘 해양과학기술 협력을 구축하려고 한다.
- 최근 예멘에는 국제기구의 개발협력 기금이 많이 들어오고 있는 상황이다. 본 과제를 통해 형성된 상호 관계를 활용하여 예멘 광물자원청이 개발협력 기금을 받을 수 있도록 자문하고, 예멘 광물자원청이 기금을 받게 되면 한국에서 해양조사선을 건조하게하고 한국 해양과학기술 관련 회사들이 예멘에 진출할 수 있는 기회를 마련하고자 한다.
- 여러 한국 기업들이 예멘의 해양자원 개발에 많은 관심을 가지고 있다. 육상과 해양의 광물자원을 담당하고 있는 예멘 광물자원청과의 우호적인 관계를 활용하여 한국 기업들이 예멘에 진출하는데 활용하고자 한다.
- 한국해양연구원은 중동 이슬람 국가와의 협력이 거의 없었던 상황이어서 이들 국가의 해양과학기술에 관련된 정부 조직체계와 사회·문화적 체제를 알지 못했다. 본 과제를 통해 중동 이슬람 국가의 기초적인 정치·경제·사회·문화적 체제를 이해하게 되었고, 이를 활용하여 사우디아라비아, UAE, 카타르 등 해양 영토를 소유하고 있는 중동 이슬람 국가와의 해양과학기술 협력을 시도하고 확대하고자 한다. 또한 이를 통해 한국이 해양과학적으로 관심이 높은 홍해, 아라비아해, 북부 인도양 해역으로 해양과학조사를 확대할 수 있는 토대를 마련하고자 한다.
- 최근 원조공여국으로 바뀐 한국은 개도국에 대한 과학기술 분야 지원 사업을 활발하게 진행하고 있다. 컴퓨터, IT, 의료 등 다른 과학기술 분야에 비해 해양과학기술 분야의 개도국 지원 사업은 매우 미비한 편이다. 따라서 본 과제의 경험을 활용하여 개도국에 대한 해양과학기술 지원 사업을 확대하고자 한다.