

해저지각 시추 프로그램

이영주 · 한현철

한국자원연구소 석유해저연구부

Ocean Drilling Program

YOUNG-JOO LEE, HYUN-CHUL HAN

Petroleum and Marine Resources Division, KIGAM, Taejon 305-350, Korea

해저지각 시추 프로그램(ODP: Ocean Drilling Program)은 지구과학 분야에서는 세계에서 가장 규모가 크고 성공적인 연구사업으로 해저 분지 연구를 통해서 지구의 진화와 구조를 밝히기 위해서 조직되었다. 이 프로그램은 지구과학자에게 다양한 해저 자료 및 시추 시료를 제공하여 지구 지각과 해저 분지의 기원과 진화 및 구조에 대한 연구에 매우 커다란 도움을 준다. 해저지각 시추 프로그램은 심해저 시추 프로그램(DSDP: Deep Sea Drilling Project)의 뒤를 이은 연구 사업으로 1983년부터 시작되었다. 한국은 1996년에 호주, 캐나다와 콘소시움을 형성하여 해저 지각 시추 프로그램에 가입했고 그 후 대만이 합류하여 환태평양 콘소시움(PacRim: Pacific Rim Consortium)을 이루었다. 한국이 해저지각 시추 프로그램에 가입한 후 한국사업단(KODP: Korean Committee for Ocean Drilling Program)이 발족되었고 상임위원회, 과학위원회 및 사무국이 결성되었다. 본 단보에서는 해저 지각 시추 프로그램 및 한국 사업단의 개요와 활동, 그리고 향후 연구 사업의 방향에 대해 언급하였다.

The Ocean Drilling Program (ODP) is the world's largest and most successful multinational earth science research program. It is an international partnership of scientists and research institutions from 20 countries around the world organized to explore the evolution and structure of Earth as recorded in the ocean basin. ODP provides scientists access to a vast repository of geological and environmental information, and samples for studying oceanic basins and their evolutions. ODP began in 1983 and is the successor to the DSDP (Deep Sea Drilling Project) which began to explore ocean in 1968. In 1996, Korea became a member of the ODP as Pacific Rim (PacRim) Consortium with Canada, Australia, and Chinese Taipei. The Korean Committee for Ocean Drilling Program (KODP) has organized Korean ODP Council (KOC), and Korean ODP Scientific Committee (KOSC), and Korean ODP Secretariat (KOS). This paper is a synopsis of the KODP's activities and guidelines for future researches using samples and data from ODP.

서 론

최근에 지구환경은 매우 빠른 속도로 변하고 있고 이에 따른 자연 재해도 예전에 비해서 점점 늘어나는 추세에 있다. 자연 재해를 예방하고 적절히 대처하기 위해서는 인류가 더불어 공존하며 살아가는 지구의 변화에 대하여 좀더 정확하게 이해해야 한다. 이런 필요성에 의해서 지구의 기원과 진화에 대한 연구를 수행하는 해저지각 시추 프로그램(ODP)이 시작되었다.

해저지각 시추 프로그램은 해저 분지를 시추하여 코어를 채취하여 분석하고, 물리 검층 및 탐사 자료 등을 해석하고 종합하여 지구의 역사와 구조를 밝히기 위한 범 세계적인 기구이다(JOIDES Journal, 1998a, 1998b). 해저지각 시추 프로그램 사업을 시작함으로써 인류는 해양 지각의 구성 성분 및 해저 분지의 형성 원인 등을 규명하였을 뿐만 아니라 그 동안 가설로만 되어 있던 해저 확장설을 확인하는 학문적인 발전을 이룩하였고, 판구조론에 따른 지진 및 화산 활동의 원인을 규명함으로써 인명 및 재산에 대한 피해를 최소화 할 수 있었다.

한국이 해저지각 시추 프로그램에 가입하게 된 계기는 1994년 캐나다의 ODP 대표가 한국자원연구소에 캐나다-호주-한국이 공동으로 참여할 것을 제의함으로써 시작되었다. 이로써 한국대표단이 해저지각 시추 프로그램 운영 위원회에 참가하고 캐나다, 호주 대표단이 한국자원연구소를 방문하여 세미나를 개최함과 동시에 가입 타당성 조사가 이루어졌고, 1996년에 한국자원연구소와 호주, 캐나다 사이에 양해 각서를 맺어 1/12 회원국으로 가입하게 되었다. 그 후 대만이 국립대만대학교 명의로 가입 의사를 밝혀와서 1997년부터는 환태평양 콘소시움(PacRim)을 이루게 되었다. 한국은 해저지각 시추 프로그램에 가입한 후 한국사업단(KODP)을 발족하였고 상임 위원회, 과학위원회 및 사무국을 결성하였으며 정관을 제정하였다. 또한 지구과학 분야 전문가의 신청 및 추천을 받아 상임, 과학 위원회 및 해저지각 시추 프로그램 본부의 승인 과정을 거쳐서 1998년에 Leg 181, 1999년에는 Leg 186에 각각 1인의 한국과학자를 시추선에 승선시켰다.

이 논문은 해저지각 시추 프로그램과 한국사업단의 개요와 활

동, 그리고 향후 연구 사업의 방향을 제시하여 지구 과학을 연구하는 학계, 연구계, 산업계 전문가들에게 해저지각 시추 프로그램 사업의 최근 동향에 대한 이해를 증진시키어 시추선 승선과 시료 및 자료 이용에 대한 기회를 고르게 주고 프로그램을 적극적으로 이용할 수 있게 하고자 하는데 목적이 있다.

해저지각 시추프로그램

조직 및 역사

해저지각 시추 프로그램 사업은 세계에서 사업규모가 가장 크고 가장 성공적이며 범 세계적인 시추사업으로 지구지각과 해저 분지에 대한 기원 및 변화를 알고자 하는데 그 주된 목적이 있다. 이 프로그램의 활동은 지구과학분야, 응용 분야, 기술 개발 분야, 자료 및 정보 기술 지원분야 등 크게 네 가지로 나눌 수 있다. 지구과학 분야에서는 지구조 연구, 해저 분지 형성 연구, 생층서 및 자기 층서 연구, 고기후 변화 연구, 해양 생태계 연구 등을 통하여 프로그램의 취지에 맞는 연구활동을 다루고 있다. 응용 분야는 재해 방지 연구, 공해 방지 연구, 석유, 광물 자원 연구, 해양 에너지 자원 개발 연구, 지열 자원 개발 연구 등 시추 프로그램을 통해서 직접적으로 인간의 생활에 응용이 될 수 있는 연구를 포함한다. 또한 기술 개발 분야에서는 심해저 시추 기술 연구, 해양 탐사 기술 연구가 포함되며 지원 분야에는 시추 자료 및 탐사 자료 보관, 데이터 베이스 활용, 시추 보고서 출판 등의 역할을 수행하여 전자의 연구 활동에

대한 지원을 수행한다.

해저지각 시추 프로그램의 조직은 크게 운영위원회(OPD Council)와 4개의 분과 위원회(Panels)로 나누어 진다(JOIDES, 1998). 운영위원회는 다시 네 개의 위원회로 나누는데 상임위원회(EXCOM: Executive Committee)는 해저 시추사업의 정책을 수립하고 시추성과에 대한 평가를 하는 최고 의결기관이며 과학위원회(SCICOM: Science Committee)는 중장기적인 연구 및 시추 계획을 설정하는 기관이다. 또한 시추기술개발위원회(TEDCOM: Technology and Engineering Development Committee)는 시추 기술이 프로그램의 중장기 계획에 맞도록 기술적인 자문을 하는 기구이다. 시추선 운영위원회(OPCOM: Operational Committee)는 과학위원회의 하부 기관으로 시추선 일정, 탐사 및 측정 기술 개발 등의 업무를 담당한다(Fig. 1).

분과 위원회는 과학위원회와 상임위원회의 활동을 돕기 위한 기구로써 서비스 분과(Service Panels)와 운영 및 평가 분과(SSEP: Science Steering and Evaluation Panels), 기획단(PPGs: Program Planning Groups)으로 나뉘고 서비스 분과는 다시 시추지점조사위원회(SSP: Site Survey Panel), 공해방지위원회(PPSP: Pollution Prevention and Safety Panel), 공내 측정위원회(SCIMP: Scientific Measurements Panel)로 구분된다.

해저지각 시추 프로그램은 1957년 미국 해군연구소가 주축으로 모홀 연구 사업(Mohole Project)으로 시작하였고 1965년에는 미국의 4개 대학(Scripps, Woods Hole, Lamont-Doherty,

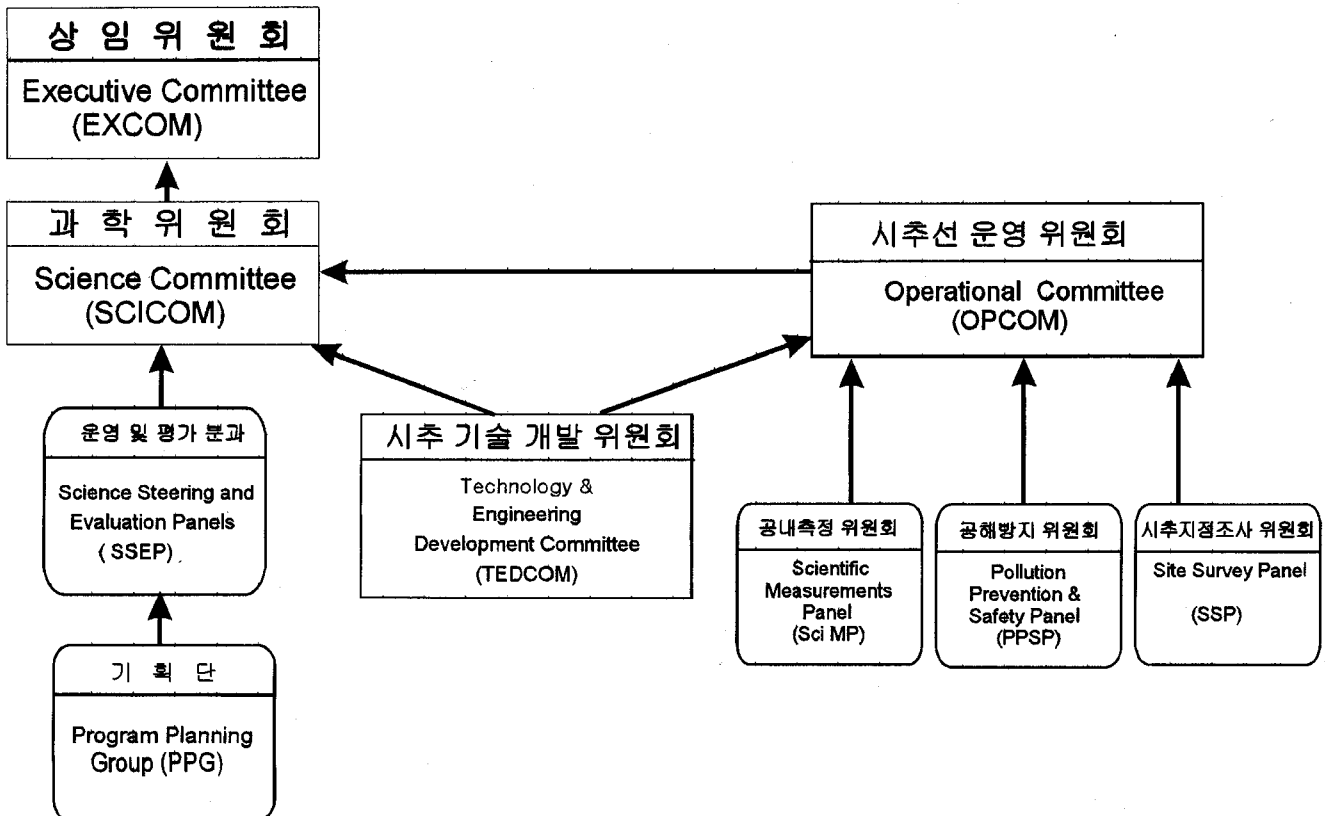


Fig. 1. JOIDES science advisory structure.

Miami)이 모여 심해 시추를 위한 공동 해양 연구 기관(JOIDES: Joint Oceanographic Institutions for Deep Earth Sampling)을 결성하였다. 그후 스크립스(Scripps)를 주축으로하는 심해저 시추 프로그램(DSDP: Deep Sea Drilling Project)이 1966년에 결성되어 1968년부터 1983년까지 심해저 시추선 글로마 챌린저 (Glomar Challenger)호를 진수하였다. 심해저 시추 프로그램에는 미국 내 10개 대학과 독일, 프랑스, 일본, 영국, 소련이 가입하였고 시추를 종료 할 때까지 총 600,000 km를 항해하였고 97 km의 코아를 채취하였다.

1983년에는 텍사스 A&M 대학(Texas A&M)이 주축으로 심해저 시추 프로그램의 후속으로 현재의 해저 지각 시추 프로그램이 설립되어 영국 석유 회사 소속의 SEDCO/BP 471호를 연구목적에 알맞도록 보수하여 JOIDES Resolution 이라 칭하고 프로그램을 계속하였다. 심해저 시추 프로그램이 해저 지각 시추 프로그램으로 바뀌어 진행되는 동안에 1982년에는 텍사스 A&M 대학이, 1983년에는 캐나다와 유럽 12개국이 공동으로 연합 운영하는 유럽과학재단(European Science Foundation; 벨기에, 덴마크, 핀란드, 그리스, 아이슬란드, 이태리, 네덜란드, 노르웨이, 스페인, 스위스, 터키)이 가입하게 되었다. 1988년에는 호주가 캐나다와 함께 연합하여 가입을 하게 되었고 1996년에 한국이 콘소시움에 가입하였으며(캐나다-호주-한국 콘소시움) 그후 1997년 대만이 가입하여 환태평양 콘소시움을 이루었고, 1998년에는 중국이 단독으로 가입하였다. 이밖에도 브라질, 폴란드, 인도, 멕시코, 대만, 아르헨티나, 남 아프리카, 인도 등의 국가가 가입 의지를 밝히고 있다.

해저지각 시추 프로그램 사업은 2002년까지 텍사스 A&M (Texas A&M) 대학이 주 연구기관으로 활동할 예정에 있으나 1995년 1월 하와이에서 열린 해저지각 시추 프로그램 운영위원회에서 일본이 새로운 시추선을 건조하여 2003년부터는 "OD21"이라는 이름 하에 해저지각 시추 프로그램 주 연구기관을 일본으로 유치하는 제안을 하였다(오재호 외, 1996).

시추선 및 시추 활동

해저지각 시추 프로그램의 시추는 위에서 언급한 바와 같이 JOIDES Resolution이라는 시추선을 이용한다. JOIDES Resolution은 길이가 143 m, 폭이 21 m이고 시추 탑이 61.5 m, 홀수 깊이가 8 m인 18,000 ton 급의 세계 최대의 시추선으로 1978년 캐나다의 할크스(Halifax)에서 석유 시추선으로 만든 것을 1984년에 ODP 사업목적에 맞게 개조한 것이다. 이 시추선을 이용하여 시추할 수 있는 최고 수심은 8,235 m이고, 최대 시추깊이는 수심을 포함하여 9,150 m이다(Fig. 2). JOIDES Resolution에는 약 50여명이 승선하는데 그중 승선 연구원은 약 24명이며, 국가별 인원 구성비율은 ODP 분담금에 따라 다르다.

모든 시추작업 및 연구는 선상에서 24시간 이루어지고 있으며 연구팀은 12시간마다 2 교대로 투입되고 있다. 또한 상기와 같은 연구를 위해 채취된 코아(9.5 m)는 편의상 1.5 m씩 자른 다음 시추방향을 따라 반으로 나누어 한쪽은 영구보관하며, 다른 한쪽은 연구용 시료로 연구 목적에 맞게 채취하여 사용한다.

해저지각 시추 프로그램의 시추조사는 한 번 실시하는데 약

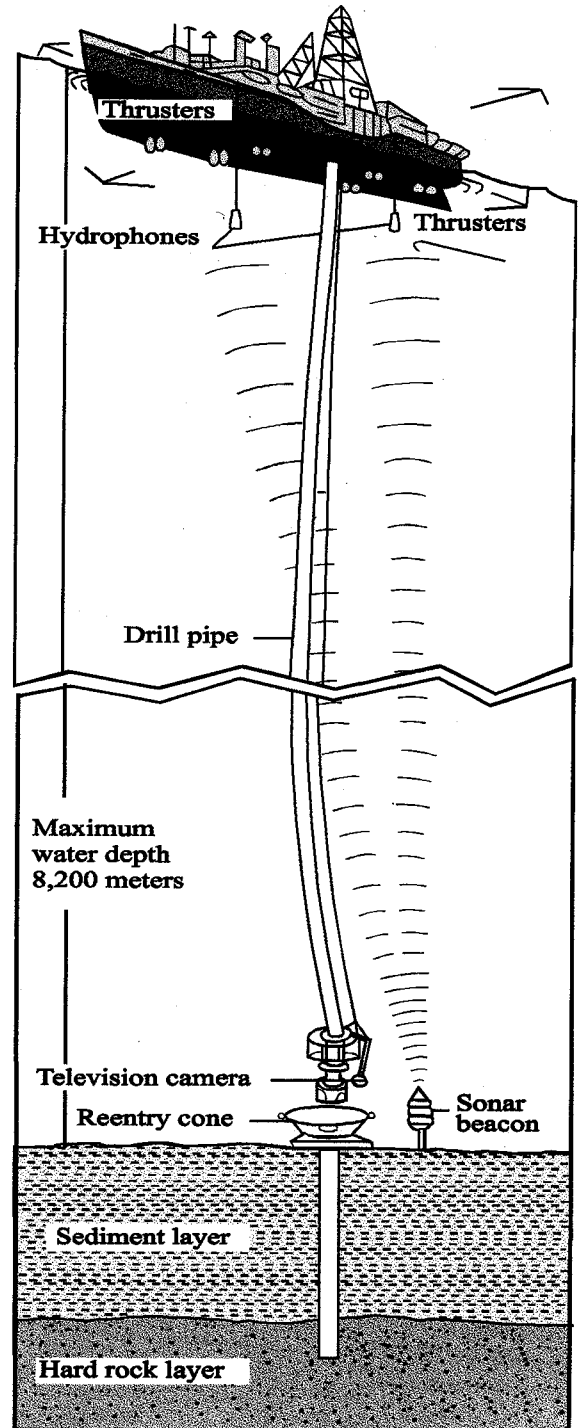


Fig. 2. Schematic diagram showing a JOIDES Resolution's drilling operation with its drilling tools.

2개월씩 소요되며 일년에 6번 연속적으로 실시하고 있다. 1999년 8월까지 전세계 해저분지, 해저고원 및 중앙해령 등에 대하여 186회(Leg186)의 시추를 하였으며(Fig. 3), 동해안에 있는 Yamato 분지 부근에 대해서도 4차례(심해저 시추 프로그램의 Leg 31, Leg 58, 해저지각 시추 프로그램의 Leg 127, Leg 128) 시추를 실시한 바 있다(오재호 외, 1996).

해저지각 시추프로그램 한국 사업단

가입 배경

우리나라의 해저 시추 작업은 한국자원연구소에서 탐해호(174톤)가 건조되고 피스톤 코어 장비(Piston Corer)가 도입되고 난 후부터인 1983년 이후 본격화 되어 그 후 매년 연속적으로 실시(평균 20~30 지점 시추)하여 우리 나라 남해 및 황해에 분포하고 있는 표층퇴적물의 특성을 규명하였고, 그 결과는 원자력 발전소 부지에 대한 안정성 조사, 해저 광 통신망 조사 등 입해단지 조성과 해저공간의 이용 등 우리 나라 지구과학 및 경제적인 발전의 일익을 담당하였다. 그 후 한국자원연구소 연구진은 좀더 심부에 놓여있는 퇴적물 특성을 규명하기 위하여 1995년부터 황해 및 남해 시추사업의 일환으로 중국소속의 해양 시추선을 이용해 100 m 안팎의 시료를 채취하였다. 그러나 시추의 개수 및 깊이가 한정되어 있어서 많은 제약이 있었다.

또한 한국석유공사가 주도하는 석유탐사를 위한 시추는 한반도 주변에서 현재까지 약 34개 지점에 대해서 실시했으나 대부분의 회수 시료는 시추 암편이고 비밀자료로 분류되어 학문적인 이용에 어려움이 많았다. 따라서, 연구의 한계성을 탈피하고 국내 연구의 질을 높이기 위해서는 전 세계 우수 석학들이 참여하는 해저지각 시추 프로그램의 시료 및 자료의 필요성이 대두되었다. 따라서 한국자원연구소에서는 1995년에 가입 타당성을 검토하고 1996년에 캐나다·호주와 콘소시움을 이루어 가입하게 되었고(1/12 회원국) 그 후로 대만이 합류하여 오늘날의 환태평양 콘소시움을 이루게 되었다.

조직 및 활동

해저지각 시추 프로그램 한국사업단은 상임 위원회, 과학위원회 및 사무국으로 구성되어 있으며 각각의 업무는 다음과 같다. 상임 위원회는 과학위원회 위원 선출, 과학위원회 의결 사항 승인, 사업단의 기구, 조직 및 정관 등 사업단의 임무와 관련된 제반 사항을 심의, 의결하는 기구로 상임 위원회는 한국자원연구소장, 대한지질학회 회장, 한국해양연구소장, 한국해양과학 공동연구소장, 대한환경지질학회 회장, 한국해양학회 회장, 한국석유지질학회 회장, 한국자원공학회 회장, 국내과학위원회 위원장, 과기처 담당 과장, 한국석유공사 개발 담당 본부장, 국내 ODP 사무국장 및 상임 위원회 추천 인사 2인으로 구성되어 있다. 과학위원회는 승선 과학자, 콘소시움 회의 참석자 및 분과위원회 한국 대표를 추천하고 사업단에 관련된 연구를 심의한다. 과학 위원회 위원은 전공 및 분야 별로 산업계, 학계, 연구소의 전문가로 이루어져 있다. 사무국은 한국자원연구소 ODP 관련 연구부에 두며 사업단의 예산 편성, 상임위원회와 과학위원회의 활동 지원 및 기타 일반 업무를 수행한다.

해저지각 시추 프로그램 한국사업단은 1997년 사업단의 정관을 제정하였으며 위에서 언급한 각 위원회를 조직하였고 공모 과정을 통해서 1998년, 1999년에 각각 Leg 181, 186에 한국 과학자를 시추선에 승선 시켰다. 또한 시추선에 승선했던 전문가들이 외국의 지구 과학자들과 양질의 국제 공동 연구 테마를 이미 선정해 놓은 상태이고, 사업단에서는 국내 과학자들이 시추선 승선 후 연구를 지속적으로 할 수 있게 하기 위해서 연구

비를 지급하고 있다. 아울러 1998년에는 해저지각 시추 프로그램 한국사업단의 홍보 책자가 발간되었고 본부에서 오는 각종 보고서 및 유인물을 전국 10개 대학의 중앙 도서관에 배포하고 있다. 그리고 1999년에는 해저지각 시추 프로그램 한국사업단의 홈페이지가 개설되었다(<http://kodp.kigam.re.kr>). 향후 시추선에 승선을 원하거나 기존의 시추 자료 및 시료를 이용한 연구를 수행하고자 하면 홈페이지를 이용해서 등록 및 신청을 할 수 있다.

향후 연구 계획

시추선 승선

해저지각 시추 프로그램 한국사업단에서는 시추 일정을 홍보하고 시추선에 승선할 과학자를 공개 모집하고 있다. 시추선 승선을 원하는 국내 과학자는 시추선 승선 양식(Table 1)에 의거 지원서를 사무국에 제출하면 국내 위원회 및 해저지각 시추 프로그램 본부의 심의를 거쳐 승선할 수 있다. 우리나라는 1999년 현재 1/12 회원국으로 매년 한 명의 과학자가 시추선에 승선토록 되어 있으며 금년도에는 Leg 186에 승선했다. 참여연구원의 전문분야는 시추목적에 따라 조정되지만 일반적으로 다음과 같은 분야의 연구원들이 승선한다:

1) 고생물 분야; 퇴적물 연령 및 층서연구, 2) 퇴적학 분야; 코어분석 및 퇴적환경 연구, 3) 암석학 분야; 암석분류, 4) 고지자기 분야; 퇴적물 및 기반암에서의 지자장 변화연구, 5) 물성학 및 지구물리 분야; 퇴적물 및 암석의 밀도나 열용량 같은 물성연구, 6) 지화학분야; 코어에 함유되어 있는 유·무기물분석 연구 분야

현재 2000년까지의 시추선 승선 예정 과학자는 공모과정을 통해서 본부에 통보되어 있는 상태이고 2001년 이후의 시추선 승선 예정 과학자는 계속적으로 국내의 지구 과학자에게 공모할 예정이므로 지구과학자들의 많은 참여 및 응모를 기대한다.

자료 및 시료 이용

심해저 시추 프로그램과 해저지각 시추 프로그램을 통해서 회수된 코어 시료는 미국(Scripps, Lamont-Doherty, Texas A&M)과 독일(Bremen)의 4개의 보관소에 비치되어 있다. 이들 시료는 크게 두 개 그룹에 나뉘어 할당되는데 첫 번째로 직접 시추선에 승선한 과학자가 보고서를 쓸 때 이용되고 두 번째로 시추선에 승선하지 않은 과학자, 박물관에 보관 또는 교육용으로 신청을 할 수 있다. 시료의 배분 여부는 해저지각 시추 프로그램 시료 관리장(Curator)과 시료 할당 위원회(Sample Allocation Committee: SAC), 시료 관리 위원회(Curatorial Advisory Board: CAB)를 통해서 결정된다. 시추선에 승선하지 않은 과학자가 시료를 이용하고자 할 때는 해저지각 시추 프로그램의 시료를 이용해서 수행할 연구비를 독립적으로 지원 받아야 하고, 연구 계획서 및 연구 결과를 해저지각 시추 프로그램 본부에 제출하여야 한다. 우리나라 사업단에서는 국내 과학자의 시료 이용을 원활히 하기 위해서 해저지각 시추 프로그램 시료를 이용한 연구 계획서 및 시료 이용 계획서 신청을 받아 과학 위원회 심의를 거친 후 해당 해저지각 시추 프로그램 시료 보관소

Table 2. Sample request form

ODP 자료 및 시료 신청서				
- 인적 사항 (신청일 : 년 월 일)				
소 속	주 소	이 름	전화번호, 팩스, E-mail, 기타	
- 전공 분야				
Sedimentology	Magnetic Properties	Petrology	Geochemistry	Education
Structural Geology	Physical Properties	Paleontology	Microbiology	Other
- 시료 구분				
Gas	Sediments	Metamorphic Rock	Vein Material	Other
Fluids	Igneous Rock	Metalliferous deposits	Fluids Inclusions	Other
- 시료 종류				
Core samples	Thin Sections	Describe Cores at repository	Sample Residues	Other
Porewater Splits	Smear Slides	Photo/image/analyse cores	Cores for display	
- 분석 방법				
XRD	XRF	Microprobe	SEM/TEM	
Inorganic chemistry	Organic chemistry	Carbonate, silica	Grain size	
Color Reflectance	Other Imaging	Petrography	Density, Porosity	
Consolidation/Strength	Thermal conductivity	Permeability	Velocity	
Magneto-stratigraphy	Rock Magnetism	Calcareous Nannofossils	Diatoms	
Planktonic Foraminifera	Benthic Foraminifers	Dinoflagellate/Acrotarchs	Pollens/Spores	
Radiolarians	Silicoflagellate	Cultures/Tracers/Stains	Macropaleontology	
Stable Isotopes	Radiogenic Isotopes	Other:	Other:	
- 연구 계획서 (연구의 목적, 시료 사용 계획, 연구 방법, 기대성과 등 기재)				

에 시료 요청을 할 예정이며 신청자의 연구비도 함께 지급할 계획이다(Table 2).

결 론

해저지각 시추 프로그램(ODP: Ocean Drilling Program)은 해저 분지 연구를 통해서 지구의 진화와 구조를 밝히기 위해서 조직된 기구로 지구과학 분야에서는 세계에서 가장 규모가 크고 성공적인 연구사업을 추진하고 있다. 이 프로그램을 통해서 지구 과학자들은 다양한 해저 자료 및 시추 시료를 제공받고 있어 지구 지각과 해저 분지의 기원과 진화 및 구조에 대한 연구에 매우 커다란 도움을 준다.

한국은 2년간의 타당성 조사 끝에 1996년에 호주, 캐나다와 콘소시움을 형성하여 해저지각 시추 프로그램에 가입했고 그 후 대만이 합류하여 환태평양 콘소시움을 이루었다. 한국이 해저지각 시추 프로그램에 가입한 뒤 사업단이 조직되고 정관이 제정되었으며 상임위원회, 과학위원회 및 사무국이 결성되었다. 아울러 한국이 해저지각 시추 프로그램에 본격적으로 참여한 1999년 이래 현재까지 두 명의 한국 과학자가 시추선에 승선하였고 승선 후 세계적으로 유명한 과학자들과 함께 공동 연구를 수행하고 있다.

한국이 해저지각 시추 프로그램에 가입하게 됨에 따라 세계적으로 4곳의 창고에 보관되어 있는 기존의 시추 시료 및 자료를 이용할 수 있으므로 국내 지구 과학자들은 시추선 승선 뿐

만이 아니라 해저지각 시추 프로그램 시료와 자료를 적극 이용하여 국내 지구과학이 진일보하는 계기가 되기를 바란다.

감사의 글

본 단보는 과학기술부의 연구 사업 지원에 의해서 이루어진 해저지각 시추 프로그램 사업을 소개하는 글이다. 논문을 검토하고 좋은 지적을 해주신 이광훈 교수님과 익명의 심사위원께 감사 드린다.

참고문헌

- 오재호, 한현철, 진재화, 장정해, 김대철, 1995. 심해저 지구 지각 굴착 연구, 한국자원연구소 연구보고서, KR-95(S)-3, 113 pp.
- 오재호, 한현철, 진재화, 이성록, 박관순, 이영주, 박영수, 1996. 심해저 지구 지각 굴착 연구, 한국자원연구소 연구보고서, KR-96(B)-3, 125 pp.
- JOIDES, 1998. ODP Directory, JOIDES Office, Fall, 22 pp.
- JOIDES Journal, 1998a. A guide to the Ocean Drilling Program, JOIDES Office, Winter 1998-99, 72 pp.
- JOIDES Journal, 1998b. 30 years of Ocean Drilling, JOIDES Office, Vol 24, Fall 1998, 48 pp.

1999년 8월 20일 원고 접수

1999년 10월 28일 수정본 채택