

BSPN 00254-775-7

황해종합연구기획 - 1994  
(최종보고서)

YELLOW SEA MARINE SCIENCE PROGRAM  
Science and Implementation Plan

1995. 2.

연 구 기 관  
한 국 해 양 연 구 소

과 학 기 술 처

## 제출문

과학기술처 장관 귀하

본 보고서를 "황해종합연구기획-1994"의 최종보고서로 제출합니다.

1995. 2

연구기관: 한국해양연구소

연구책임자: 김종만

연구원: 이동섭, 임장근, 이경인, 박필성, 이지현,  
강성현, 김석현, 김수암, 김철수, 송환빈,  
오재룡, 유신재, 유홍룡, 이동영, 이용희,  
이흥동, 장 만, 홍승용 (한국해양연구소)

연인자: 국립수산진흥원

이상룡: 부산대학교

장정해: 한국자원연구소

정용승: 한국교원대학교

최병호: 성균관대학교

최중기: 인하대학교

홍 윤: 기상연구소

연구조원: 장수진

# 요 약 문

## I. 제목

황해종합연구기획-1994

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

1. 본 연구기획의 목적은 환경 악화와 자원 고갈에 직면하고 있는 황해의 제반 문제를 근본적으로 해결하기 위한 연구조사계획의 수립임.
2. 환경의 보호와 개발은 일면 서로 상충되는 개념으로서 황해에 대한 이용 수요 또한 다양하며 서로 상충되고 있음. 따라서 황해의 지속적 개발을 위해서는 자연과학, 공학, 그리고 사회과학 등의 다양한 측면을 고려할 수 있는 종합과학적 개념의 장기적인 연구계획이 수립되고 추진되어야 함.
3. 황해는 국제수역으로 UN해양법의 발효와 환경을 전면에 내세운 새로운 국제경제질서에 대응한 효율적인 관리를 위해서는 중국, 북한과의 협력이 필수불가결한 요소로 지목되고 있으며 우리나라와 중국의 정상간 합의사항 이행을 위해 추진되는 황해종합조사연구를 효율성을 높이기 위해서는 국내의 연구개발 능력을 총체적으로 집결시키고 국가적 수요와 연구자의 수요를 고루 반영하는 새로운 체제의 종합연구계획의 수립이 필요함.
4. 해양의 공공적인 특성을 감안할 때 황해에 대한 정부의 연구개발 투자를 장기적으로 확보하기 위해서는 연구사업이 국가적 수요를 충족시킬 수 있어야 하며 연구개발결과의 실용성을 제고하기 위해서는 목표지향적이고 문제해결 위주의 연구사업의 도출과 관리체계의 수립, 그리고 능력제고를 다루는 사전 연구기획이 필수적임.

### III. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구기획은 황해의 환경보전과 자원개발에 필요한 기술 개발에 목적을 둔 황해종합연구계획의 수립으로서 다음과 같은 내용을 중점적으로 다루었음:

- 국내의 황해연구 능력 파악
- 연구과제의 도출
- 연구의 효율성 제고를 위한 지원/협력 시스템 구축방안

1. 기술현황파악을 위해서는 다음과 같은 분야에 대한 연구조사를 실시하였음:

- 황해연구현황 파악
- 선진국의 지역해 연구동향과 국제해양연구계획의 분석
- 국내연구기관의 연구능력 파악
- 중국과 북한의 연구능력 파악

2. 과제의 도출을 위해서는 다음과 같은 내용을 다루었음:

- 연구자에 의한 하향식 과제수요조사
- 황해에 대한 국가의 연구조사 수요파악
- 공개토론회를 통한 기획과제의 수정 및 보완
- 연구개발 소요재원의 산정
- 연구사업의 추진체계
- 연구과제의 관리 방안
- 과제공모서 작성

3. 지원/협력 시스템의 구축을 위해서는 다음 분야를 중점적으로 다루었음

- 국내 연구기관간 협력방안 제시
- 국제협력방안 제시
- 조사선 공동활용 방안
- 정보/자료 공동활용 시스템 구축 방안

#### IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 본 기획의 결과물인 황해 해양과학 프로그램은 7개의 프로젝트로 구상되었으며 연구의 목표를 달성하기 위해서는 최소 10년에 걸친 장기적인 연구의 지원이 필요하고 연간 소요재원의 규모는 연간 20억원 규모로 산정되었음. 연구조사사업의 규모나 특성에 비추어 황해 해양과학 프로그램은 국책연구개발사업으로 추진함을 건의함.
2. 현재 우리나라의 해양연구 능력이 본 연구의 일환으로 파악되었으며 본 보고서와는 별도로 '한국해양연구기관편람' (한국해양연구소, 1994)으로 발간되었음.
3. 해양선진국인 미국의 해양과학 육성전략이 심도있게 다루어졌으며 미국측 자료는 본보고서와는 별도로 역서로서 '미국의 해양과학 발전전략' (한국해양연구소, 1994)으로 발간되었음.
4. 국내 연구진의 황해에 대한 연구수요가 조사되었으며 이 결과는 17개의 목표지향적이고 독립적인 과제 묶음으로 제시되었음. 연구 수요의 대부분은 황해 해양과학 프로그램의 7개 프로젝트에 수용되었음. 그러나 수행중인 해양환경보전연구 (선도기술개발사업)가 황해의 오염에 대하여 이미 상당부분 연구를 진행시킨 바 연구사업간의 중복을 피하기 위해 오염에 대한 부분은 보완차원에서 기획되었음. 따라서 정부가 황해 오염에 대한 연구사업을 일원화하고자 할 경우 두 연구사업 모두 재조정되어야 할 것임.
5. 우리나라의 해양 조사/연구 업무는 다수의 행정조직 및 연구기관에 분산되어 있어서 독자적으로 조사선을 운영하고 있는 것으로 밝혀졌음. 이 결과 중소규모 일반 조사선의 수는 많은 반면 운항일수는 매우 적고, 대형과 특수 목적 선박은 거의 전무한 것으로 드러났음. 많은 경비가 드는 조사선의 활용을 높이고 특수목적 선박의 확보를 위한 방안으로 국가 소유의 해양조사선을 한데 묶어 운영하는 방안을 제시하였음.
6. 황해의 연구에 있어 중국, 북한과의 협력이 필수적이므로 기획된 프로젝트는 국내 연구진에 의한 단독연구는 물론 국제공동연구로서 추진이 가능한 체제를 갖추도록 구상되었음. 국제협력에 있어 인력 양성/교류를 비롯한 능력제고와 자료관리 시스템은 필수불가결한 요소로서 현재 전세계적으로 수행되고 있는 국제환경연구계획의 틀과 부합하도록 기획하였음.



# 목 차

요약문 .....	i
목차 .....	v
그림 목차 .....	viii
표 목차 .....	xi
황해종합연구기획의 요약 .....	1

## 제1부 황해 해양과학 프로그램의 개념 설계

1. 서론 .....	7
1.1 기존 황해연구 요약 .....	9
1.2 연구기획의 추진 경위 .....	13
2. 황해 연구프로그램의 구상 .....	17
2.1 국가의 수요 .....	18
2.1.1 한 중 합의 사항 .....	20
2.1.2 UNCED의 Agenda 21, 제17장에 대한 대응 .....	21
2.2 연구자의 수요 .....	24
2.3 국제환경연구 동향 .....	27
2.3.1 지구변화에 대한 지구규모 국제연구계획 .....	27
2.3.2 지구변화에 대한 지역규모 국제연구계획 .....	33
2.3.3 미국의 지구변화 연구동향 .....	35
2.3.4 지역해 연구 사례 .....	38
2.4 국내 연구수행 능력 .....	40
2.5 연구사업의 목표 및 내용 .....	46
3. 황해 해양과학 프로그램의 체제 .....	49
3.1 연구내용의 과학적 배경 .....	49
3.2 황해 해양과학프로그램의 기본틀 .....	58
3.2.1 연구사업의 구성 .....	59
3.2.2 프로젝트의 선정 .....	60
3.3 추진체계 및 추진절차 .....	67
3.3.1 연구사업의 추진체계 .....	67
3.3.2 연구사업의 추진절차 .....	71
3.4 연구사업추진 일정 및 예산 .....	72
3.5 조사선 공동활용방안 .....	74
3.5.1 조사선의 기능 .....	75
3.5.2 외국의 예 .....	79
3.5.3 국가조사선 선단의 구성 .....	80
3.5.4 결론 .....	86
3.6 자료관리 시스템 .....	87
3.6.1 종합 해양연구 시스템 내에서의 위치 .....	87
3.6.2 해양 데이터베이스 .....	89
3.6.3 SDSS의 구축 .....	90

## 제2부 황해 연구조사 프로젝트 기획안

4. 해양-대기 관측조사사업.....	93
4.1 과학적 배경.....	94
4.1.1 과거 및 현재의 연구투자.....	96
4.2 연구사업의 목표 및 내용.....	97
4.3 추진전략.....	98
4.3.1 추진전략.....	98
4.3.2 타연구사업과의 연계.....	101
4.4 세부연구과제, 추진일정 및 예산.....	102
4.4.1 세부연구과제.....	102
4.4.2 추진일정.....	104
4.4.3 예산.....	104
5. 물질순환연구.....	107
5.1 과학적 배경.....	108
5.1.1 해수순환.....	108
5.1.2 물질순환.....	117
5.1.3 과거 및 현재의 연구투자.....	120
5.2 연구사업의 목표 및 내용.....	123
5.2.1 해수순환.....	123
5.2.2 물질순환.....	127
5.3 추진전략.....	128
5.3.1 타 연구사업과의 관계.....	129
5.4 세부연구내용, 추진일정 및 예산.....	130
5.4.1 세부연구과제.....	130
5.4.2 추진일정.....	131
5.4.3 예산.....	132
참고문헌.....	133
6. 환경변화연구.....	135
6.1 과학적 배경.....	136
6.1.1 과거 및 현재의 투자.....	139
6.2 연구의 목표 및 내용.....	141
6.3 추진체계.....	143
6.4 세부연구과제, 추진일정 및 예산.....	144
6.4.1 세부연구과제.....	144
6.4.2 추진일정.....	145
6.4.3 예산.....	146
7. 황해 통합관리연구.....	149
7.1 과학적 배경.....	150
7.1.1 과거 및 현재의 연구투자.....	155
7.2 연구사업의 목표 및 내용.....	157
7.2.1 황해 통합관리방안.....	157
7.2.2 황해자원의 가치평가.....	158
7.2.2 황해 통합관리 GIS 구축.....	161
7.3 추진전략 및 타 연구사업과의 연계.....	161
7.3.1 추진전략.....	161
7.3.2 타 연구사업과의 관계.....	163
7.4 세부연구내용, 추진일정 및 예산.....	164
7.4.1 세부연구과제.....	164
7.4.2 추진일정.....	165
7.4.3 예산.....	165



8. 해양생명공학연구.....	167
8.1 과학적 배경.....	168
8.1.1 과거 및 현재의 연구투자.....	171
8.2 연구사업의 목표 및 내용.....	174
8.3 추진전략.....	175
8.3.1 추진전략.....	175
8.3.2 타연구사업과의 연계.....	176
8.4 세부연구과제, 추진일정 및 예산.....	177
8.4.1 세부연구과제.....	177
8.4.2 추진일정.....	178
8.4.3 예산.....	178
9. 환경보호 시범사업.....	179
9.1 과학적 배경.....	180
9.1.1 기존 해양환경보전 연구의 방향과 내용.....	181
9.1.2 UN이 권장하는 해양환경보전 연구의 방향.....	188
9.1.3 황해 환경보호 연구계획의 과학적 근거.....	191
9.2 연구계획의 목표 및 내용.....	194
9.2.1 경기만 오염저감 시범사업.....	195
9.2.2 새만금지역 오염예방 시범사업.....	196
9.2.3 폐기물 투기해역 환경 평가 시범사업.....	196
9.3 추진전략.....	197
9.3.1 추진전략.....	197
9.3.2 타 연구사업과의 연계.....	198
9.4 세부연구과제, 추진일정 및 예산.....	199
9.4.1 세부연구내용.....	199
9.4.2 추진 일정.....	200
9.4.3 예산.....	200
10. 황해 생태계연구.....	203
10.1 과학적 배경.....	204
10.1.1 과거 및 현재의 연구투자.....	204
10.2 연구사업의 목표 및 내용.....	208
10.3 추진전략.....	210
10.3.1 인프rastructure.....	210
10.3.2 협력.....	211
10.3.3 능력제고.....	211
10.3.4 연구관리.....	211
10.3.5 초기연구활동.....	211
10.4 세부연구과제, 추진일정 및 예산.....	212
10.4.1 세부연구과제.....	212
10.4.2 추진일정.....	213
10.4.3 예산.....	213

### 제3부 부록

부록 I. 황해종합조사연구기획단.....	xi
부록 II. 황해종합연구를 위한 수요조사 요약.....	xii

## 그림 목차

그림 1. 황해 해양과학 프로그램의 추진체계 도표 .....	2
그림 2. 황해 해양과학 프로그램의 연구사업 추진절차 .....	3
그림 3. 황해 해양과학 프로그램을 구성하는 프로젝트 .....	4
그림 1-1. 황해종합연구기획사업의 추진 절차.....	15
그림 2-1. 우리나라 해양 유관기관의 연구개발체제, 괄호안은 주업무 내용 .....	43
그림 2-2. 황해종합연구기획의 방향설정과 기본구상 .....	47
그림 3-1. 연안역과 지구 변화간의 상호작용.....	53
그림 3-2. 황해 해양과학 프로그램을 구성하는 프로젝트.....	67
그림 3-3. 황해 해양과학 프로그램의 추진 체계표 .....	69
그림 3-4. 황해 해양과학 프로그램의 연구사업 추진절차.....	72
그림 3-5. 황해 해양과학 프로그램의 프로젝트별 추진 일정표 .....	73
그림 3-6. 해양조사선 공동활용을 위한 정책결정기구와 협력기관간의 관계 및 업무 흐름도.....	85
그림 3-7. 종합 해양연구에 있어 자료의 수집 및 관리 체제.....	88
그림 3-8. 데이터 관리그룹의 역할.....	90
그림 4-1. NEAR-GOOS 계획에 포함이 고려되고 있는 우리나라 주변 해역의 기존 관측점 .....	100
그림 5-1. 황해 해수순환의 모식도, a: 겨울철, b: 여름철; Taiwan Warm Current (대만난류), Yellow Sea Warm C (황해난류), TC (대만난류) 가 Tomczak & Godfrey (1994)의 모식도, 나) a: Nitani (1972), b: Beardsley et al. (1985) .....	109
그림 5-1 (계속). 황해 해수순환의 모식도 (a: 겨울철, b: 여름철): 다) Kondo (1985); CMCC (중국대륙 연안수), YSWC (황해난류), TWC (대만난류), Tsushima Current (대만난류), YSBCW (황해 저층냉수), 라) a: Guan & Mao (1982), b: Lie (1987); Hwanghae Warm Current (황해난류).....	110
그림 5-2. 황해의 부표 추적 실험 결과, 1986년 1-3월 자료 .....	114
그림 5-3. 순광합성량, 육지와 연안역간의 이산화탄소와 유기탄소의 플럭스.....	118
그림 5-4. 연안생태계에서 영양염류를 중심으로 한 물질의 흐름과 과정에 대한 모식도 .....	119
그림 7-1. 연안수질통제프로그램과 경제적 편익.....	160
그림 9-1. GESAMP가 권장하고 있는 해양을 비롯한 기타 환경의 보호에 필요한 구체적인 관리의 기본틀 .....	190
그림 10-1. 황해에서의 연근해 어장의 변천 .....	207

## 표 목차

표 1. 황해 해양과학 프로그램을 구성하는 프로젝트의 사업내용과 기능.....	5
표 2. 황해 해양과학 프로그램의 연구소요 자원.....	6
표 1-1. 황해종합연구기획 사업과 관련된 업무의 추진일정표.....	14
표 2-1. 해양에 대한 국가적 관심과 관련 사항들.....	18
표 2-2. 전문가 그룹이 조사한 황해종합연구 후보과제와 연간 소요자원.....	25
표 2-3. 황해종합연구 후보과제와 공개토론회의 결과 종합표.....	26
표 2-4. 미국의 1994-1995 회계년도 U.S. GLOBAL CHANGE RESEARCH PROGRAM의 예산.....	36
표 2-5. 미국의 1994-1995 회계년도 U.S. GLOBAL CHANGE RESEARCH PROGRAM의 기본틀별 예산.....	37
표 2-6. 미국의 1995 회계년도 U.S. GLOBAL CHANGE RESEARCH PROGRAM의 지원기관/기본틀별 예산.....	37
표 2-7. 미국과학재단이 지원하는 1994-1995 회계년도 U.S. GLOBAL CHANGE RESEARCH PROGRAM.....	38
표 2-8. 우리나라의 해양연구기관 현황 ('94 현재).....	41
표 2-9. 우리나라 해양연구기관의 (출연(연), 대학, 국공립연구기관)의 연구능력 상대비교표.....	45
표 3-1. 연근해역 (육지-해양 경계면)에서의 환경 변화의 본질.....	52
표 3-2. 중국이 한 중 공동연구로 추진하기 희망하는 과제의 우선순위별 목록.....	61
표 3-3. 황해에 대한 연구 수요별 주관부처, 주기능으로 부여된 연구기관명 (대학).....	62
표 3-4. 황해 해양과학 프로그램을 구성하는 프로젝트의 사업내용과 기능.....	66
표 3-5. 황해 해양과학 프로그램의 연구사업별 소요자원.....	73
표 3-6. 황해 해양과학 프로그램의 연도별 총소요연구자원.....	74
표 3-7. 해양조사활동의 특성에 따른 조사선의 구비 조건.....	83
표 3-8. 국가해양조사선단을 구성하기에 충분한 기능을 보유한 조사선의 일반적인 사항.....	83
표 4-1. 과학기술처의 황해 해양-대기 관측분야 투자 현황과 지원과제 목록.....	96
표 4-2. 해양-대기 관측조사사업의 '95 공모 세부연구과제의 구성 및 연구내용.....	103
표 4-3. 해양-대기 관측조사사업의 세부과제 추진 일정표.....	104
표 4-4. 황해해양과학 프로그램의 연도별 조사선 사용 수요 추정일수.....	105
표 4-5. 해양-대기 관측조사사업의 활동내용별 연간 (단계별) 소요자원.....	106

표 5-1. 수치모델을 이용한 기존의 황·동중국해 해수순환 연구.....	116
표 5-2. 황해의 물질 순환에 관한 과학기술처의 연구개발 투자 현황 및 지원과제 목록.....	120
표 5-3. 해수순환연구의 단계별 연구 목표와 내용.....	127
표 5-4. 물질순환연구의 단계별 연구 목표와 내용.....	128
표 5-5. 황해 물질순환연구의 '95 공모과제의 연구주제 및 세부과제.....	131
표 5-6. 황해 물질순환연구의 연구주제와 세부연구과제별 추진일정.....	132
표 5-7. 황해해수순환연구의 연구주제와 세부연구과제별 연구소요 자원.....	133
표 6-1. 지질사 기록물의 특성 (출처 PAGES 기획보고서; IGBP-1992).....	139
표 6-2. 과학기술처의 황해분지의 환경변화에 관련된 연구개발사업에 대한 투자현황 및 지원과제 목록.....	140
표 6-3. 환경변화연구의 연구주제와 세부과제별 추진일정.....	146
표 6-4. 황해의 환경변화 프로젝트의 직접연구비 소요자원.....	146
표 6-5. 환경변화 프로젝트의 총괄 예산표.....	147
표 7-1. 연근해/해양에 대한 자원의 귀속과 정부의 관심.....	153
표 7-2. 과학기술처의 해양의 사회과학분야 연구 투자현황 및 지원과제 목록.....	156
표 7-3. 가치평가 방법론.....	159
표 7-4. 황해통합관리연구의 세부과제 구성표.....	164
표 7-5. 황해 연안역통합관리 연구의 세부과제 및 연구내용별 추진일정.....	165
표 7-6. 황해연안역통합관리연구의 연구과제별 예산.....	166
표 8-1. 미국의 1992년도 해양생명공학에 대한 연방정부의 연구개발투자.....	169
표 8-2. 과학기술처의 해양생명공학분야 투자현황 및 지원과제 목록.....	173
표 8-3. 해양생명공학연구 프로젝트의 세부연구과제 구성표.....	177
표 8-4. 해양생명공학연구 프로젝트의 연구소요자원.....	178
표 9-1. 국내외 해양환경보호 연구개발 형태와 선진국을 100으로 했을 때 우리나라의 기술개발 수준.....	182
표 9-2. 선진국 및 우리나라의 해양환경보호 연구에 대한 향후계획.....	182
표 9-3. 황해환경보호 시범사업의 연구소요자원.....	201
표 10-1. 황해광역생태계 연구계획 ('95-'97)의 세부 연구내용 목록.....	213
표 10-2. 황해광역생태계 연구의 한국과 중국측 예산 세부내역표.....	214

## 황해종합연구기획의 요약

이 기획 보고서는 '94년 한·중정상회담에서 합의된 황해의 환경보전과 자원개발을 위한 우리나라와 중국간의 협력연구 추진에 필요한 우리측의 연구기획 결과를 수록하고 있다. 본 연구기획은 연구사업의 구성과 세부연구내용, 연구사업의 수행에 필요한 추진전략 그리고 소요자원에 대하여 중점적으로 다루고 있다.

**배경:** 현재 아시아·태평양 지역 경제권이 급부상하고 있으며 특히 우리나라, 중국, 일본을 포함한 환황해경제권은 21세기의 선두주자로 부각되고 있다. UNCED와 UR로 가시화된 국제환경질서와 WTO 체제의 출범으로 예견되는 무역질서의 개편은 인구와 산업이 밀집되어 있는 황해 연연역에 대한 지속적 개발 차원의 관리를 요구하고 있다. 한·중수교와 뒤 이을 북·미수교로 전면 개방화가 예상되고 있는 황해에 대한 국제공동연구계획의 태동은 시의적절하며 황해관리에 새로운 이정표를 제시할 것으로 기대된다. 연안역의 효율적 관리에 가장 필요한 것은 과학적 지식과 정책결정간의 공고한 유대로서 이 연구는 과학적 지식의 증진에 필요한 연구프로그램의 기획에 목표를 두었다.

**기본전제:** 해양학은 기초과학에 뿌리를 둔 종합과학으로서 연구의 결과가 특정인이 아니라 불특정 다수에게 귀속되는 공공복지형 학문이다. 따라서 황해연구조사사업은 국가가 정책적으로 지원하는 국책연구과제로서 성격에 맞도록 기획하였다. 이 연구내용은 국가의 정책적 수요를 충족시키는데 우선을 두었으며 장기적인 사업으로서 (사업기간 10년) 목표에 의해 관리되도록 기획하였다. 장기적 안목에서 국가의 정책적 수요를 발생시키는 외부요인으로서 UNCED의 합의 내용 및 국가의 이행계획, UN 해양법의 발효, Green Round의 태동이 지목되며 내부요인으로는 삶의 질을 향상시키기 위한 연안역 관리와 해상안전 확보가 중요하다. 국내수요로는 국내 전문가의 연구수요를 반영하였다. 한·중해양과학협력의 우리나라 측 연구사업은 "황해 해양과학 프로그램 (Yellow Sea Marine Science Program)"으로 제안하였으며 예하 프로젝트는 취합된 연구자의 수요를 국가적 수요에 맞추어 선별, 정리하여 구상하였다. 이 프로그램은 우리나라의 해양연구개발능력과 연구의 효율성의 제고를 중요한 사항으로 고려하였으며 이를 위해 개별 프로젝트의 구상에는 유관 국제연구계획을 참고로 활용하였다.

**추진체계 및 절차:** 한·중해양과학기술협력각서에 의거 중국의 청도에 "한·중해양과학공동연구 센터"가 '95년도 5월에 설립되어 운영될 예정이다. 이 기구는 실질적인 공동연구 추진을 위한 최고위 의사결정기구로서 양국은 자국내에 국가별 추진기구를 두게 되며 우리나라는 이미 과학기술처 주도로 정부관계부처 관료와 전문가로 구성된 '황해종합조사연구기획단'을 설치 운영하고 있다. 이 기획단은 우리측 황해프로그램의 수행에 대한 조정 및 자문역을 담당하게 되며 한·중해양과학공동연구센터의 운영에는 과학기술처 자원해양조정관, 한국해양연구소장, 황해 해양과학 프로그램 총괄연구책임자를 당연직으로 하고 2-3명의 전문가를 추가로 위촉하여 참여하게

된다. 우리나라측 프로그램의 추진체계는 현행 선도기술개발사업 추진방법을 모델로 하여 구축하였다 (그림 1). 이 프로그램은 단일 연구기관에 의해 추진되는 것이 아니고 우리나라의 모든 해양연구기관이 참여하도록 공개되어 있기 때문에 프로그램의 원활한 관리를 위해서는 선진국의 대형연구사업의 경우와 같이 사무실을 두어 운영하도록 하였다.

우리나라측의 연구조사사업은 핵심연구 프로젝트로서 수상하였으며 한·중해양과학협력센터를 통해 협의를 거쳐 일부는 한중공동연구로서 추진될 예정이다.

연구과제의 관리는 주관부처인 과학기술처의 특정연구개발사업의 관리절차에 근거를 두어 마련하였다 (그림 2). 연구과제는 현행 국책연구개발사업과 같이 기획된 연구분야에 대한 과제공모 (request for proposal)를 통하여 연구신청서를 받고 평가를 거쳐 선정, 수행되도록 하였다. 한편 연구기관간 그리고 학문간 협동을 권장하기 위하여 RFP에는 협동연구에 우선권을 부여할 것임을 명시하였다. 목표에 의한 관리를 위하여 3년을 각 단계로 하고 단계가 종료되는 시점에 평가와 재기획을 통해 새로운 수요의 반영과 연구방향의 조정이 가능토록 하였다.

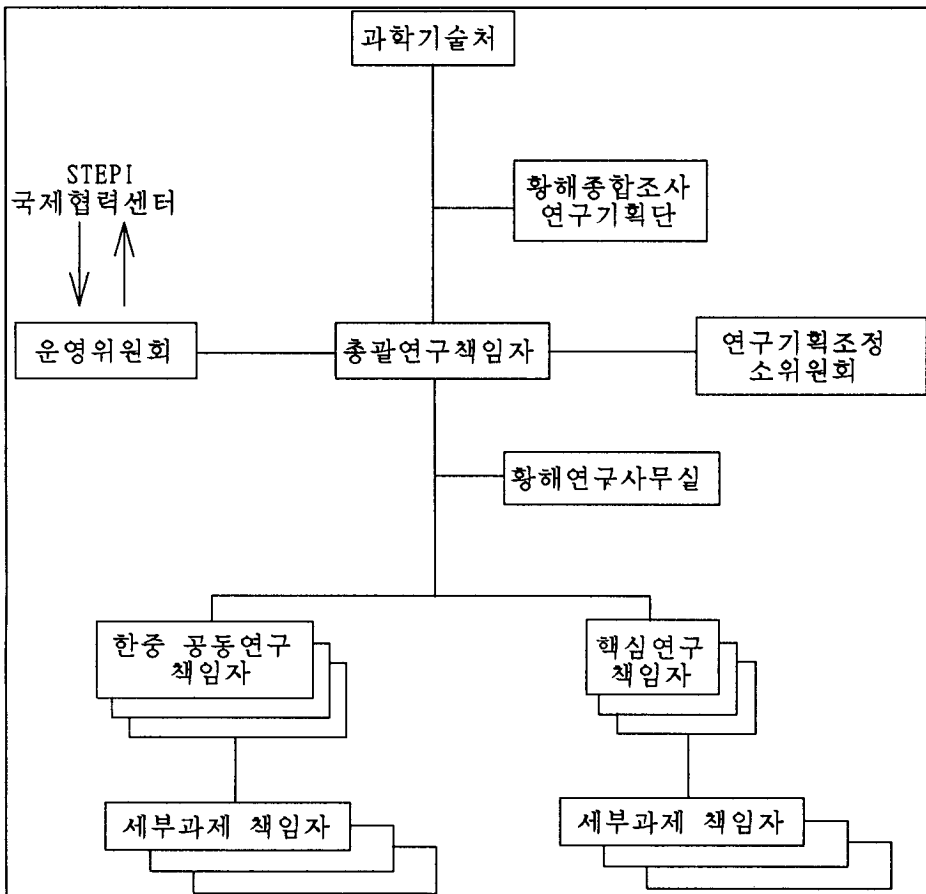


그림 1. 황해 해양과학 프로그램의 추진체계 도표

추진절차	세부사항/수행기관	비고
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">기획</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구기획 총괄주관기관</li> </ul>	공개토론을 통한 수정 및 보완
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">과제도출 및 RFP작성</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구기획 총괄주관기관/황해종합조사연구기획단</li> </ul>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">공고 및 접수</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제 (일괄) 공고-과기처</li> <li>접수처: 관리기관</li> </ul>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">사업수행 기관선정</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구계획서에 의거 황해종합조사연구기획단이 사업주관기관을 추천</li> <li>적임기관 최종 확정 (과기처)</li> <li>운영위원회 구성</li> </ul>	운영위원회 연구기획조정소위원회
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">사업계획서 심의</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>운영위원회에서 분과별 심의/조정</li> </ul>	총괄 및 프로젝트 주관기관과 협의
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">협약체결 및 사업수행</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>협약체결: 과기처 또는 관리기관 ↔ 총괄주관기관 (이하 필요시) ↔ 프로젝트 주관기관 ↔ 세부과제 주관기관 ↔ 위탁개발기관</li> <li>사업수행</li> </ul>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">보고서 제출 및 평가</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>중간 및 최종보고서 평가 → 총괄 주관기관 취합검토 → 관리기관에 평가의뢰</li> </ul>	운영위원회가 세부 시행규칙 제정-특연사 처리규정에 따름

그림 2. 황해 해양과학 프로그램의 연구사업 추진절차

연구프로젝트: 황해 해양과학 프로그램은 실제로 연구조사를 지원하는 핵심연구계획과 황해를 다루는 기존연구를 통친한 유관연구계획으로 구성되어 있다 (그림 3). 이와 같이 두 분류군으로 황해 해양과학 프로그램을 구상한 이유는 기존사업의 연속성을 보장하고 중복을 배제하기 위함이다. 중국과의 협력연구는 핵심연구에 속한 프로젝트의 차원에서 추진될 것이며 전면적보다는 점증적 확대 (incremental approach) 전략을 채택함이 바람직하다고 보인다. 따라서 공동연구는 중국과 협의를 거쳐 핵심연구계획 중에서 상호호혜와 공동부담이 가능한 연구를 가려 추진하면 될 것이다. 나머지 핵심연구는 중국과의 공동연구 여부에 관계없이 국내연구진에 의해 수행도록 해야 할 것이다. 국내연구진에 의해 주도되는 핵심연구는 향후 중국측의 참여에 따라 협력연구로서 이관시키고 향후 수요에 따라 새로운 핵심연구 프로젝트가 개발될 것이다. 연구계획은 해양에 관련된 모든 학문 (해양학, 대기과학, 사회과학)이 참여하는 총체적 접근 (holistic approach)

방법에 의거 구상하였고 학문별 특성이 강조된 연구계획이 아니라 학제적 (interdisciplinary) 접근에 의한 문제해결 방식으로 구상하였다. 세부연구의 내용도 국책연구사업 성격에 부합시키고 한편으로 장기적인 자원을 확보하기 위해 소규모 지역에서 단기간에 가시적 연구결과를 제시할 수 있는 주제도 포함시켰다. 이와 같은 전략은 프로그램의 연속성 보장 및 향후 확대를 기도한 것으로서 연구의 내용은 점차 기초연구로부터 상용화 연구까지 전스펙트럼으로 확대될 것이며 결과에 따라 점차 규모도 확대될 전망이다. 전체 연구프로그램은 총 7개의 연구계획으로 구성하였으며 첫째에는 해양-대기 관측조사사업, 물질순환연구, 환경변화연구, 황해 통합관리연구의 4개 프로젝트를 우선 실시하고 나머지 3개 프로젝트 (해양생명공학연구, 황해환경보호시범사업, 황해 생태계연구)는 과학기술처의 지원이나 기존 연구사업의 추이를 보아가며 단계적으로 추진하는 것이 바람직하다고 판단된다. 그리고 황해 생태계연구는 1단계 ('95-'97)에서는 중국과 공동연구가 확실히 되고 있는 황해 광역생태계연구가 담당하는 안이 무리가 없을 것으로 판단된다. 각 연구프로그램의 기능과 연구내용은 표 1에 정리한 바와 같다.

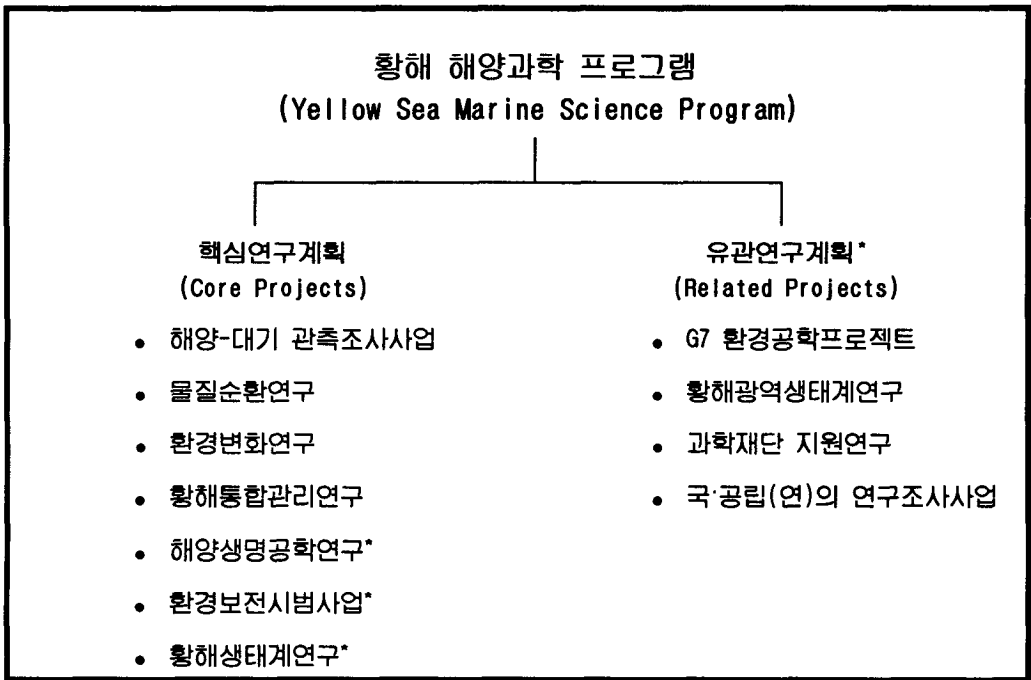


그림 3. 황해 해양과학 프로그램을 구성하는 프로젝트

(\* 표시 프로젝트는 일단계 연구로 지원하지 않음)



표 1. 황해 해양과학 프로그램을 구성하는 프로젝트의 사업내용과 기능

프로젝트	사업 내용	주기능
해양-대기 관측조사	해황, 기상 및 대기자료 수집	자료 제공, 관측기술개발
물질순환연구	해수 및 물질 순환 구명	물리적 시스템 이해 및 예측
환경변화연구	고환경변화 구명	과거의 환경변화 이해
황해 통합관리연구	정책 및 경제성 평가 도구 개발	정책 평가, 사회경제적 측면 이해
해양생물공학연구	생명공학산업 기반기술 개발	해양생명공학산업 지원기술 개발
환경보전시범사업 <sup>1</sup>	현장 오염관리기술 개발	해양오염 저감 및 방지
황해생태계연구 <sup>2</sup>	생태계 과정연구 및 감시	생태계 시스템 이해 및 보전

1: 현행 선도기술개발사업의 해양환경보전연구의 보완차원에서 기획된 프로젝트임

2: 1단계 3년은 황해광역생태계연구로 추진, 후속으로는 GLOBEC 개념의 연구과제가 필요함

재원의 확보: 연구프로그램이 실효를 거두기 위해 가장 중요한 관건이 되는 것이 적정규모 연구사업비의 안정적 확보이다. 독립적으로 보이는 7개의 프로젝트는 상호 깊숙히 연관되어 있으며 따라서 어느 한 프로젝트도 경시될 수 없다. 황해 해양과학 프로그램은 재정의 안정적 확보를 위해 재원의 다원화를 도모하였다. 7개의 프로젝트 가운데 황해생태계연구의 1단계 연구는 세계은행의 차관과 지구환경기금 (현재 심의중)으로 지원되는 황해광역생태계연구로 추진되며, 환경보호시범사업은 선도기술개발사업의 종과제로 흡수가능하도록 기획하였다. 한편 해양-대기 관측조사사업은 전세계적으로 추진되고 있는 전지구 해양관측시스템 (Global Ocean Observing System)의 지역 프로젝트화, 환경변화연구도 IGBP의 PAGES (Past Global Changes) 프로젝트의 지역프로젝트화를 통한 기술이전 및 능력제고 분야에서 외부의 지원을 받을 수 있도록 기획하였다. 7개 프로젝트의 수행을 위한 최소한도의 소요재원은 표 2에 정리하여 나타낸 바와 같다. 지점연구를 위한 소요재원의 규모는 연간 15-25억원 규모로 총규모는 210억원 정도이다. 한편 황해 해양과학 프로그램의 효율적 수행을 위해서는 한 중해양과학협력연구센터 운영을 비롯한 연구관리와 전문인력양성을 위한 능력제고에 별도의 재원이 필요하며 센터의 설립과 운영을 위해 '95년도에 4억원의 예산이 확보되어있다. 선진국 연구계획의 예로 보아 연구의 관리와 능력제고를 위해서는 최소의 예산을 배정하되 각각 연간 5천만원과 1억원 정도는 필요하다고 판단된다 (표 2).

표 2. 황해 해양과학 프로그램의 연구소요 자원 (단위 백만원)

단 계	1 단계			2단계	3단계	계
	'95	'96	'97	'98-2000	2001-2004	
내역						
연도						
<b>연구사업비</b>	<b>1,310</b>	<b>2,175</b>	<b>2,555</b>	<b>7,600</b>	<b>7,430</b>	<b>21,070</b>
해양-대기관측조사	(480)	(615)	(725)	(1,000)	(1,200)	(4,020)
물질순환연구	(500)	(500)	(470)	(900)	(440)	(2,810)
환경변화연구	(130)	(160)	(460)	(2,040)	(1,050)	(3,840)
황해통합관리연구	(200)	(200)	(200)	(600)	(800)	(2,000)
해양생명공학연구	-	(100)	(100)	(900)	(1,200)	(2,300)
환경보호시범사업	-	(600)	(600)	(2,160)	(2,740)	(6,100)
황해생태계연구	-	-	-	?	?	?
<b>연구관리비*</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>620</b>
<b>연구능력제고*</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>900</b>
<b>계</b>	<b>1,460</b>	<b>2,335</b>	<b>2,715</b>	<b>8,100</b>	<b>7,980</b>	<b>22,590</b>

\*: 연구의 관리와 연구능력제고를 위한 총괄연구책임자의 풀 (pool) 계정

추진일정: 황해 해양과학 프로그램은 10년 3단계로 기획하였으며 이것은 프로그램은 점증적 확대 전략에 맞추어 7개 프로젝트가 동시에 전면적으로 수행되기 보다는 시차를 두고 수행하는 방법을 채택하였다 (그림 3). 별도의 국제공동연구로 추진되고 있는 경우 (황해생태계연구), 선도기술개발사업과 목적이 유사하며 동사업의 2단계 연구로 추진시키는 방안이 검토되는 경우 (황해환경보호시범사업), 그리고 소규모 단기성 연구로 구성되어 있는 경우 (해양생명공학연구)는 '96년도 이후부터 본사업에 착수하도록 기획하였다. 황해생태계연구는 1단계에서는 중복을 피하기 위하여 중국과의 협력연구인 황해광역생태계연구로 추진한다. 이 연구는 '97년에 종료되는 사업으로 아직 사업의 규모가 확정되어 있지 않아 후속 연구를 상세히 기획하지 않았다. 후속사업으로는 황해광역생태계연구의 성과를 보아가며 북서태평양환경보전기구 (PICES)에서 구상하고 있는 지역 생태계 연구나 국제 생태연구계획인 GLOBEC 맥락의 지역 해양생태계연구 프로젝트를 추가로 기획하여 추진하는 것이 바람직하다고 판단된다.

# 제1부 황해 해양과학 프로그램의 개념 설계

1. 서론

2. 황해 연구 프로그램의 기본틀

3. 황해 해양과학 프로그램의 체제



# 1 |

## 서론

황해는 한반도와 중국 대륙으로 둘러싸인 반폐쇄성 해역으로 국토가 협소하고 육상자원이 부족한 우리에게도 소중한 영토로서 풍부한 생물자원을 공급하여 왔고 전통적으로 교역, 휴식 및 오락의 장소로서 중요한 역할을 하고 있다. 따라서 황해의 효율적인 관리와 지속적인 개발은 국가차원에서 매우 중요한 사안이며, 이를 추구하기 위해서는 현명한 정책입안이 무엇보다도 중요하다. 정책입안에 있어 가장 중요한 정보는 황해에 대한 신뢰도가 높은 과학적 자료라 하겠다.

이번에 한 중 정상회담을 계기로 정부가 그 동안 관심은 가져왔으나 연구개발 투자가 미흡하였던 황해에 대해 종합적이고 장기적인 연구개발사업을 추진하기로 결정함에 따라 지금까지 여러 연구기관에서 개별적으로 추진해 오고 있었던 황해에 대한 중국과의 협동연구, 연구과제를 둘러싼 연구기관간의 마찰 내지는 비효율적인 사업추진을 해소시킬 전기가 마련되었다. 황해종합연구를 위한 기획사업의 실시는 이제 우리나라의 해양학 수준이 단순히 조사를 통한 기초자료의 수집에 주력하였던 초기 해양학 연구기에서 국가의 수요에 대응한 문제해결 위주의 연구로 전환되는 성장기에 진입하고 있음을 알리는 전조에 해당한다고 판단된다.

해양과학을 둘러싼 국내외의 연구환경은 80년대 중반 이후 커다란 변화를 맞이하였다. 새로운 연구환경을 조성한 가장 주목할 만한 전기는 지구온난화에 대한 대응방안을 주의제로 채택한 몬트리올 의정서와 환경보전과 개발에 대한 종합적이고 구체적인 방법을 제시한 '92 유엔 환경정상회담 (UNCED: United Nations Conference on Environment and Development)의 합의 내용과 실천계획을 제시한 21세기를 위한 각국의 실천계획서 (Agenda 21), 그리고 UN 해양법의 발효이다. 정부는 현재 의제 21, UN해양법에 대한 대응방안 마련에 부심하고 있다. 앞으로 U에 이어 산업계의 구조 조정이라는 커다란 태풍을 몰고 올 것으로 예상되는 Green Round가 목전에 다가서고 있다.

근대 해양학의 일천한 역사 가운데에서도 현재 인류가 직면하고 있는 지구변화와 이에 대한 과학적 불확실성이 인류의 미래에 대해 어두운 그림자를 드리우고 있는 90년대 처럼 해양학이 중요한 과학기술분야로 주목받은 시기는 없었다. 한때 미국에서 제2차세계대전 수행을 위하여 해양학에 전례없이 막대한 투자를 감행한 적은 있으나 이는 전세계적인 조류는 아니었다. 해양학이 이처럼 부각된 원인은 크게 두가지로 '94년 11월에 발효된 UN해양법협약과 지구변화에 대한 국제사회의 후속조치 및 대응책 마련에 기인한다.

20년 이상의 오랜 협상의 진통 끝에 발효된 UN해양법은 연안해역에 대해 전보다 강화된 영토의 개념을 부여하였으며 해양이아말로 지구에 남아 있는 자원의 마지막 보고라는 인식은 이미 세인이 주지하고 있는 사실로서 해양자원에 대한 개발능력의 확보에 국가의 장래가 걸려있다는 의식이 점차 확산되고 있기 때문이다. 다만 문제의 쟁점은 지속적 개발이라는 명제이다. 이제는 개발의 대가로 묵인되던 환경훼손은 더 이상 좌시되지 않을 것이며 특히 우리나라 처럼 개발도상국에서 선진국으로 발돋움하는 과정에서 상대적으로 환경을 동한시해 온 신흥공업국에 대한 국제적 감시의 눈초리는 매우 따갑다. 새로운 해양법이 발효하게 됨에 따라 신해양질서에 대한 적극적인 대응방안이 심도있게 논의되어야 할 것이며 해양학적 지식이 이에 중추적인 역할을 담당해야 할 것이다.

후자는 전 인류의 생존이 걸린 사안으로 지금까지 인류가 확보하고 있는 과학기술로는 미래에 일어날 것으로 우려되는 기후변화의 크기와 영향을 만족할 만한 수준으로 예측할 수 없으며 여기에 가장 큰 걸림돌로 지적된 것이 해양의 기후조절 능력에 대한 지식의 부족이다. 해양에 대해 이처럼 필요한 지식이 절대부족하다는 인식은 80년대 중반 이후 선진국의 주도로 다수의 국제협력연구를 탄생시키는 전기를 마련하여 현재 수행되고 있으며 앞으로 수행되어야 할 필요성이 제기되어 기획단계에 있는 연구계획도 여러개 있다. 해양에 대한 국제연구계획은 주로 대양내지는 공해에 초점을 맞추고 있으며 의제 21은 관할해역에 대해서는 주권국이 동일한 맥락의 연구사업을 지원해 줄 것을 요청하고 있다.

이상을 요약하면 황해는 지속개발이 가능한 우리나라의 소중한 영토이며 또한 지구변화 또는 기후변화로 대변되는 지구시스템 이해를 위한 종합과학적 노력이 투입되어야 하는 곳의 하나이다. 다행히도 후자를 위한 노력은 영토의 지속적 개발을 위해 필수적인 정보를 제공하기 때문에 금번 정부의 황해에 대한 적극적인 관심 표명은 매우 시의적절하다고 여겨진다.

아직까지 우리나라에서는 영해에 대한 종합조사 및 연구를 위해 국가의 인력 및 자원을 총체적으로 투입한 예는 없었으나 우리나라의 국가전략연구계획인 선도기술개발사업이 기획을 거쳐 수행되어 좋은 결과가 양산되고 있으며 국제연구계획이 모두 기획을 거쳐 수행되고 있는 점에 비추어 한 중간 국제공동연구로 수행될 예정인 황해종합연구도 국내전문가의 의견을 수렴하기 위하여 기획연구를 거치게 되었다. 기획을 거쳐 수행 될 황해종합연구는 여러가지 의미에서 향후 해양 연구개발사업의 성격 및 추진방식에 커다란 영향을 미치게 될 것으로 보이며 국내 해양학자에게는 국가로부터 장기대형연구에 대한 지원을 확보받을 수 있는 가를 가능하게 하는데 중요한 시험대가 될 것이다. 해양학 및 관련분야 전문가의 역할은 황해의 지속적 개발을 위해 가능한 조기에 황해에 대한 과학적 불확실성을 제거하는 것이 될 것이며 이와같은 노력을 통해 얻어진 과학적 자료의 양과 질은 향후 황해개발에 따른 결과를 예측할 수 있는 수준으로 확보되어야 할 것이다.

본 연구기획사업의 보고서는 4 부분으로 구성되어 있다. 제 1부는 황해종합연구를 위한 국가주도의 장기적이고 학제적인 연구개발사업의 (연구사업명, 황해 해양과학 프로그램) 총괄적인 구상을 다루고 있다. 여기에서 다루어진 내용은 최종목표를 비롯한 연구개발사업의 성격 규정과 예하

연구 프로젝트의 구상, 추진체계와 절차, 프로젝트간의 연계 방안, 그리고 각 연구계획들의 효율적 수행을 위한 중국, 북한과의 국제협력, 국내협력 연구의 활성화 방안 및 자료 정보의 관리를 위한 지원협력시스템에 대한 연구결과를 제시하고 있다. 제 2부는 각 연구프로젝트에 대한 과학적 근거 및 세부 연구과제의 주제를 제시하고 있다. 제 3부는 부록으로서 관련 자료 및 전문가 팀에서 조사한 연구자의 수요 등을 담고 있다.

연구기획사업의 결과는 총 3권으로 제1권은 본 보고서로서 연구과제, 국제협력방안, 지원협력 시스템의 안을 담고 있으며 제2권은 과제응모를 위한 RFP (request for proposal), 제3권은 지금까지 황해연구결과를 검토한 '황해연구 고찰'로 구성되어 있다. 이밖에 본 기획연구가 일부 지원한 사업의 결과로 미국의 National Research Council이 발간한 'Oceanography in the Next Decade'가 "21세기를 바라보는 미국의 해양과학 발전전략"으로 번역되었으며 국내의 해양연구기관 및 인력을 수록한 '해양연구기관편람'이 제작되었다.

## 1.1 기존 황해연구 요약

우리나라가 근대적 개념의 해양 조사를 시작한 것은 일제 식민지 시절부터이고 수산에 대한 고등 교육기관도 일제시대에 설립되었다. 소위 서구식 종합학문으로서의 해양학이 국내에 소개된 것은 서울대학교에 해양학과가 설치된 1968년이다. 우리나라의 수산학은 연륜이 깊다고 할 수 있는 반면 해양학을 종합과학으로 보는 관점에서는 매우 짧다고 보아야 옳을 것이다. 현재 해양학을 전공한 1세대가 아직 각 해양 연구기관에서 중추적인 역할을 담당하고 있는 것을 좋은 예로 들만하다.

지금까지 우리나라에서 수행한 황해에 대한 연구에 대한 내용은 '황해연구고찰'로서 본 보고서와 별도의 보고서로 제출되었다. 이 보고서는 본 연구기획에 참여하였던 전문가진이 7개 분야에 대해 (해양물리, 해양화학, 해양생물, 해양지질, 수산, 대기, 해양정책 및 산업) 전문분야별로 작성한 것이다.

기존 황해연구에 대한 종합적인 고찰을 시도한 까닭은 '지금까지 황해에 대해 우리가 알고 있는 것은 무엇이고 모르는 것은 무엇인가?'를 알아보려 하는데 있다. 이 물음에 대한 답변은 새로운 황해종합연구를 구상하는데 핵심적으로 고려되어야 할 사항이다. 전문분야에 대한 논의는 "황해연구 고찰"을 참고하기로 하고 여기서는 기획에 필요한 문제점에 대해 간략히 언급하고자 한다. 전문가에 의해 진단된 질의에 대한 종합적인 결론은 효율적인 황해의 지속적 관리를 위해서는 아직 부족한 지식이 너무 많다는 것으로 귀결된다. 그 원인은 대략 다음 네가지로 요약된다.

첫째, 황해 연안 3국은 정치적 이유로 우리나라를 비롯한 어느 나라도 황해 전역에 대한 전반적인 자료를 가지고 있지 못하며 지금까지 확보한 자료의 교환도 원활치 못한 상황이다.

둘째, 현재 해양과학이 종합과학적인 면으로 확대되어 가고 있음에 비추어 과거의 해양연구는 단편적이었고 학제적 성격이 취약하였다. 즉 이와같은 연구활동의 결과로 수집된 자료와 정보는 현실적인 문제를 해결하기에는 양과 질이 모두 부족하다. 가장 극명한 예는 대기과 해양간의 상호작용에 대한 부분으로 기상 전문가가 우리나라에 이에 대한 자료가 전무함을 지적하였다.

세째, 해양에 대한 국가적 지원이 매우 낮은 편이다. 북한을 제외한 한국과 중국은 이미 해양연구에 현재 상당한 투자를 하고 있으나 기장비의 현대화는 최근에 들어서야 실현되고 있다. 우리나라에서 가장 많은 연구비를 사용하고 있는 한국해양연구소가 첫번째 전용 해양조사선을 '92년에서야 확보하였음을 상기할 필요가 있다.

네째, 우리나라의 해양연구 전문인력은 대학과 연구소에 양분되어 유지되어 있는데 대학에 대한 연구시설 및 연구비 지원이 매우 인색하여 현재까지 해양을 연구하는 대학의 전문화가 이루어지지 않았고 그 결과 대학간에 유사한 연구를 하고 있으며 연구주제가 산만하고 심도있는 연구가 이루어지고 있지 못하다.

기존의 황해연구에 대한 전반적인 평가는 사실 매우 어두운 편이다. 황해에 대한 자료의 양은 부족하고 질도 만족할 만한 수준에 이르고 있지 못하다. 그나마 있는 자료도 원활하게 활용되고 있지 못하다. 이러한 현실은 곧 학문적 업적으로도 반영되어 국내연구진에 의한 황해연구 결과가 저명한 학술지에 발표된 경우가 매우 드물다 (참조, 황해연구고찰). 선진국의 해양학자들이 기회가 닿을 때마다 공동연구를 제의해 오는 황해라는 독특한 해양환경에 대해 수준급의 논문이 발표되고 있지 못하는 현실은 우리나라의 해양과학의 기초가 매우 허약하다는 것을 입증하고 있다.

각 전공 분야별로 고찰한 내용으로부터 제기된 문제점과 연구의 수요를 간추려 종합하면 다음과 같다.

**해양물리학분야:** 황해의 해수순환을 구명하는 것은 환경을 이해하는데 있어서 생태계에 대한 연구와 더불어 가장 중요한 주제로 부각된다. 황해의 해수는 조류의 왕복에 의한 움직임이 워낙 커서 평균해류의 방향과 세기에 대해 자세히 알고 있지 못하다. 해류는 바람에 의해 강한 영향을 받고 있는 것으로 보이나 바람의 계절변화와 해양-대기의 상호작용에 대한 자료가 부족한 점 또한 황해는 반폐쇄성 천해로서 복잡한 해안선, 하천으로부터의 담수 유입, 해저면과의 마찰 등으로 인해 해수순환 모델을 개발하기에 매우 어려운 곳이다. 더우기 황해의 특징적인 해양물리학적 현상, 예를 들면 황해 난류와 냉수괴에 대한 이론간의 대립은 해수순환 연구에 대해 집중적이고 포괄적인 접근이 필요함을 시사하고 있다. 황해 전체에 대한 해수의 순환을 알아내기 위해서는 황해전역에 대한 동시적인 (synoptic) 자료의 획득, 특정 현상에 대한 이해가 가장 중요한 것으로 궁극적으로 얻고자 하는 해수순환모델은 이러한 노력과 동시에 수행되어야만 실효를 거두게 될 전망이다. 현재 해양물리분야에는 가장 많은 고급인력이 확보되어 있어서 전면적인 연구가 가능하다.



**해양화학분야:** 해양오염은 이 분야의 연구 대상 가운데 가장 시급하고 중요한 주제이다. 오염을 일으키는 대부분의 물질은 화학물질들로서 대상으로 다루어야 할 범위가 너무 넓은 것이 문제가 되고 있다. 수많은 화학물질에 대한 정량 분석, 이들의 해양에서의 화학적 변화, 이동, 퇴적 등의 동역학, 생태계 및 보건에 미치는 영향 등 다루어져야 할 분야가 광범위한데 반해 지금까지의 연구업적과 확보된 전문인력은 매우 취약하다. 특히 육지와 대기로부터의 오염물질 유입, 대규모 연안역 간척과 매립, 폐기물 투기 등에 대해서는 연구투자가 시급한 것으로 판단된다. 주요 감시대상 오염물질에 대한 분석기법의 표준화, 모니터링 체제의 완비를 목표로 한 기반기술의 개발도 병행되어야 한다. 황해의 연안 3국은 모두 핵 발전소를 보유하고 있는 국가들로서 동해에서와 같은 문제가 발생하지 않도록 방사능에 대한 감시체제를 조속히 마련해야 할 필요성도 제기되고 있다. 황해의 환경관리에는 다양한 분야의 해양화학 전문인력이 확보되어야 하므로 연구능력 확충이 시급하다. 해양환경의 보호를 위해서는 앞으로 장기에 걸쳐 지속적인 투자가 필요하며 중국, 북한과의 공동협력이 절실한 분야이다.

**해양생물분야:** 현재 이 분야에 가장 많은 전문인력이 확보되어 있고 또한 전 연구기관에 골고루 분산되어 있다. 과거의 연구는 해양생물의 분류와 플랑크톤 중심의 생태연구가 주종을 이루었다. 아직까지도 생태환경에 대한 제반 요인이 제대로 밝혀지지 않은 상황이므로 영양단계간의 상호작용을 주제로한 생태계 동역학 연구와 황해 생태시스템을 하나로서 다루는 연구는 괄목할 만한 진전을 보이고 못했다. 해양생태계의 동역학에 대한 생물해양학의 세계적인 수준도 우리와 크게 다를바 없는게 현실이다. 생태계에 대한 시스템적인 접근은 최근의 과학기술의 발전에 힘입어 비로서 가능해 지고 있으며 분지구도 지역해에 대한 국제연구계획이 황해를 첫번째 연구해역으로 지목한 것은 매우 고무적인 사실이다. 그리고 생태학적 연구 외에도 해양생물로부터 신물질의 탐색, 수산양식 등 해양생명공학분야 연구는 부가가치가 큰 유망한 미래산업의 기반을 형성하므로 투자 가치가 높다.

**해양지질분야:** 해양물리학자가 해수순환에 대한 전반적인 자료를 획득하기 어려웠던 것과 마찬가지로 해양지질학자 또한 필수적인 시료나 자료의 획득에 커다란 어려움을 겪어 왔다. 우리나라는 아직 해저 시추기술을 확보하고 있지 못한 형편으로 지금까지 서술적인 (descriptive) 지질학적 연구로의 편중을 초래하여 정량적인 연구결과를 제시하는 연구가 부족하다. 황해의 연안역은 자연변화 및 인위적 활동에 의해 심한 지질학적 변화를 겪고 있으며 이러한 변화 요인의 차별과 영향을 정량적으로 규명하는 것이 향후 이 분야 전문가의 주된 연구활동이 될 것이다. 인위적 영향에 의한 지구 기후변화는 인류가 직면한 가장 커다란 환경문제로 받아 들여지고 있으며 지구온난화는 다음 세기부터 해수면의 상승을 예고하고 있다. 따라서 인위적인 영향이 적었던 과거와, 최근의 해수면 변동을 알아내는 것은 매우 중요한 연구주제로 부각되며 세계적인 추세로 보아 이 분야에 대한 정량적인 연구를 시작할 때가 되었다고 판단된다. 중국은 해저시추선 및 시추기술을 보유하고 있으므로 중국과의 공동연구는 광물, 특히 화석연료 자원탐사 분야의 전문가에게 새로운 기회를 부여하게 될 것이며 또한 황해의 과거 역사를 밝히는데 좋은 전기를 제공할 것으로 전망된다.

수산분야: 이 분야는 어업과 직접 관련이 깊은 만큼 우리나라에서 가장 먼저 연구조사 활동이 시작되었다. 그러나 이와같은 노력에도 불구하고 황해의 주요 어족자원이 고갈될 위기에 처해있는 것은 주지의 사실이다. 이것은 남획 등 여러가지 원인에 의해 비롯된 것이지만 지금까지 주요 어족자원의 생활사라던가 황해 생태계의 생물생산력이 아직 밝혀지지 않는 것에도 크게 기인한다. 이러한 가운데 멸종위기에 처한 조기와 황복의 양식에 성공한 것은 커다란 성과이며 앞으로 수산자원의 회복에 가능성을 제시한 것으로 평가된다. 이러한 연구노력은 전세계적으로 확산되고 있는 생물다양성보전 측면에서도 매우 강조되는 주제이다. 황해와 같은 국제수역에서 생물자원의 소유권 문제라던가 지속적 이용을 위해서는 연안국간에 협조가 필수적이며 우리나라보다 황해에서 훨씬 많은 어획을 하며, 수산양식에 상당한 기술축적이 이루어진 것으로 알려진 중국과의 공동연구는 수산자원관리에 크게 기여할 것으로 예상된다.

대기분야: 기상은 생활에 가장 밀접히 연관되어 있음에도 불구하고 우리나라의 날씨에 직접 영향을 주는 한반도 서부 해역에 대한 기상관측이 이루어지고 있지 않는 것은 납득하기 어려운 일이다. 우리나라는 매년 중국에서 기원한 황사의 영향을 받아왔으며 최근 중국의 산업화가 급진전 됨에 따라 공해물질의 유입이 우리사회에서 커다란 문제로 제기되고 있다. 황해에서의 대기연구는 최근에 들어서야 시작된 초기단계에 있으며 아직 만족할만한 수준의 관측이 이루어지고 있지 못한 형편이다. 최근 기획 활동이 강화된 GOOS (Global Ocean Observation System)는 해상에서의 기후 요소 관측을 매우 중시하고 있다. 해양과 대기의 상호작용, 대기를 통한 물질유입, 황해에서의 대기순환은 기상예보와 해상안전 등에 크게 기여할 것으로 예상되는 연구주제이다. 이를 위해서는 황해전역에 대한 자료의 획득이 필요하므로 중국, 북한과의 협력이 매우 필요하다. 그리고 이와같은 연구조사 활동은 참여국에 모두 이익이 보장되므로 협력이 쉬운 분야로 지목된다. 그리고 지구온난화를 일으키는 미량 대기 성분에 대한 연구도 본 궤도에 올려야 할 때가 되었다고 본다.

해양정책 / 산업분야: 이 분야는 앞에서 언급한 분야와는 달리 사회과학적 연구로서 이의 중요성은 최근에 들어서야 인식되었지만 그 역할은 매우 중요하게 받아들여지고 있다. 그 이유는 일반적으로 자연과학자들의 연구결과는 정책입안자들이 직접 활용하기에는 너무 전문적이기 때문에 자연과학적 지식을 사회과학적 지식으로 전환하는 것이 필요하기 때문이다. 한편 현재 큰 관심사의 하나는 UN해양법 발효에 따른 주권해역 경계획정으로 국익차원에서 두말할 나위없이 시급하고 중요하며 정책분야 전문가들이 주도적인 역할을 담당할 것으로 기대된다. 연안역은 인구가 집중된 곳으로 수요에 비해 공급이 훨씬 부족하며 수요간에 상충이 심화되고 있는 곳이다. 이러한 연안역을 어떻게 개발해야 하는가는 국가적으로 매우 중대한 결정으로 연안역의 효율적 관리 영역에서 자연과학자와 사회과학자의 협력 연구는 필수적이라 판단된다. 특히 우리보다 경제력이 뒤진 국가에서조차 마련하고 있는 연안역 통합관리 방안의 수립은 연안의 지속적 개발을 위해서는 필수적인 정책도구이다.

지금까지의 황해에 대한 연구결과가 앞에서 살펴 본 바와 같이 양과 질에서 모두 선진국에 비하여 매우 뒤떨어져 있는 것은 사실이나 장래가 어두운 것만은 아니다. 정부는 그동안 해양연구조사사업에 대한 투자를 꾸준히 늘려 왔으며 그 결과로 12개 대학에 해양학과가 설치되었고 2개의 정부 출연연구소가 설립되었으며 그동안 연구조사선도 확보되어 이제는 남극, 심해로까지 연구영역이 확충되었다. 이것은 최근 약 20여년간 해양학이 외형적 확충기에 있었음을 의미하며 이러한 기간에 질적인 성장이 둔화되는 것은 선진국의 예를 보더라도 일반적인 현상이라 보는 것이 타당하다. 한편 지난 20년간 국내의 연구인력과 시설이 불충분한 가운데에서도 몇번의 대형 연구와 국제협력연구의 경험이 축적되었다. 가장 먼저 실시되었던 연구는 SCOR가 지원했던 CSK (쿠로시오 공동연구)였고 뒤를 이어 태평양 망간단괴 개발을 위한 심해저 광물자원개발연구와 남극 연구가 수행되어 오고 있다. 황해에 대한 연구로는 인하대학교의 주관하에 황해의 해양자원개발연구가 중국과의 공동연구로 수행되고 있다. 여기서 우리가 반드시 짚고 넘어가야 할 사실의 하나는 망간단괴 광구등록을 위한 심해저 연구사업 결과나 남극 환경보전을 위한 한국 정부의 남극 연구활동은 대외적으로 매우 높은 평가를 받아 국제적 지위를 확보하였다는 점이다. 그런데 정작 우리의 앞마당격인 연근해에 대한 연구는 오히려 매우 뒤떨어져 있는 형편으로 여기서 우리나라 영해에 대해서는 앞에서 언급한 두 연구계획과 같은 대형 장기연구계획이 없었다는 점을 간과하지 말아야 할 것이다.

이상을 요약하면 지금까지 황해에 대한 연구투자 내지는 연구결과는 매우 미흡한 정도이나 과거의 경험과 원양에 대한 연구 업적에 비추어 이제는 국제공동연구를 수행하기에 충분한 여건이 마련된 것으로 판단되며 이것은 또한 정부가 자신감을 가지고 중국, 북한과 공동으로 황해연구를 제의하게 된 배경이기도 하다.

## 1.2 연구기획의 추진 경위

과학기술처는 황해의 환경보전과 자원이용의 극대화를 위해 국내 연구진들에 의한 종합적이고 체계적인 연구 필요성을 인식하고 연구의 중복을 방지하는 한편 산학연 협동연구를 활성화하기 위해 94년 2월에 황해종합조사연구기획단을 구성하여 (명단은 부록 1 참조) 운영해 왔다. 이 연구기획단은 1) 황해 연구에 대한 현황 파악 및 향후 연구계획 수립, 2) 연구과제 발굴, 3) 중국, 북한과의 효율적 협력 방안 강구 등에 대한 업무를 관장하고 있다. 정부는 황해의 환경보전과 자원개발을 효율적으로 수행하기 위해서는 중국의 참여가 결정적이라고 판단하고 지난 3월말 김영삼 대통령의 중국 방문시 의제로 추진하여 가장 "황해공동조사연구기획단"을 설치하기로 하고 이 기획단에 북한의 참여를 적극 유도키로 합의했다.

한 중 과학기술장관 회담에서 우리나라는 황해의 부존자원과 해양조사를 위한 한 중 공동연구 사업의 추진, 황해 주변 3국의 산업화에 의한 오염의 가속화 방지 및 유류 유출사고 등에 공동으로 대응하는 협력 체계의 구축도 제안했다. 양국이 합의한 연구의 내용은

- 1) 황해에 대한 종합해양조사
- 2) 광물, 생물자원의 공동개발
- 3) 해양오염 방지 및 제거기술의 공동개발로서

구체적인 연구사업에 대해 '94년 내에 양국의 협의체를 통해 협의하기로 하였다.

이 사업은 우리나라의 과학기술처, 중국의 국가해양국이 주관하는 방안이 일차적으로 제시되었다. 황해종합조사연구기획단은 한·중 합의를 이행하기 위하여 연구기획사업을 수행토록 하였고 '94년 6월과 10월 중국에 기술조사단을 파견한 바 있다.

황해종합조사연구기획사업을 94년 4월부터 10개월간 한국해양연구소가 주관하도록 하여 30명여 넘는 각 분야의 전문가가 본 기획 보고서의 초안을 작성하였고 8월의 공개토론회와 전문가의 검토를 거쳐 수정된 최종안을 과학기술처에 보고하게 되었다. 지금까지의 황해종합연구를 위한 추진 일정은 표 1-1에 정리한 바와 같으며 기획사업의 추진 체계는 그림 1-1에 나타난 것과 같다.

표 1-1. 황해종합연구기획 사업과 관련된 업무의 추진일정표

일자	추진내용
'93.11	제 1차 한중 과학기술 공동위원회 개최(북경)
'94. 2	황해종합조사연구기획단 구성
'94. 3	한·중 정상회담 개최(북경)
'94. 3	황해종합연구기획 협약 (과기처-해양(연))
'94. 4	황해기획 1차 전체회의
'94. 5	황해기획 2차 실무회의
'94. 5	황해기획 3차 실무회의
'94. 6	한국측 기술조사단 중국방문
'94. 6	황해기획 4차 전체회의
'94. 7	황해기획 5차 확대회의
'94. 7	제 2차 한중 과기협력 실무위원회 개최(서울) - 공동연구센터 설립방안 제시 -
'94. 8	황해종합연구기획 공개토론회
'94. 9	중국측 기술조사단 한국방문 예정
'94.10	제 2차 한중과학기술공동위원회 개최 (서울) - 한중해양과학공동연구센터 설치 합의 (중국, 청도)
'95. 2	황해종합연구기획 종료

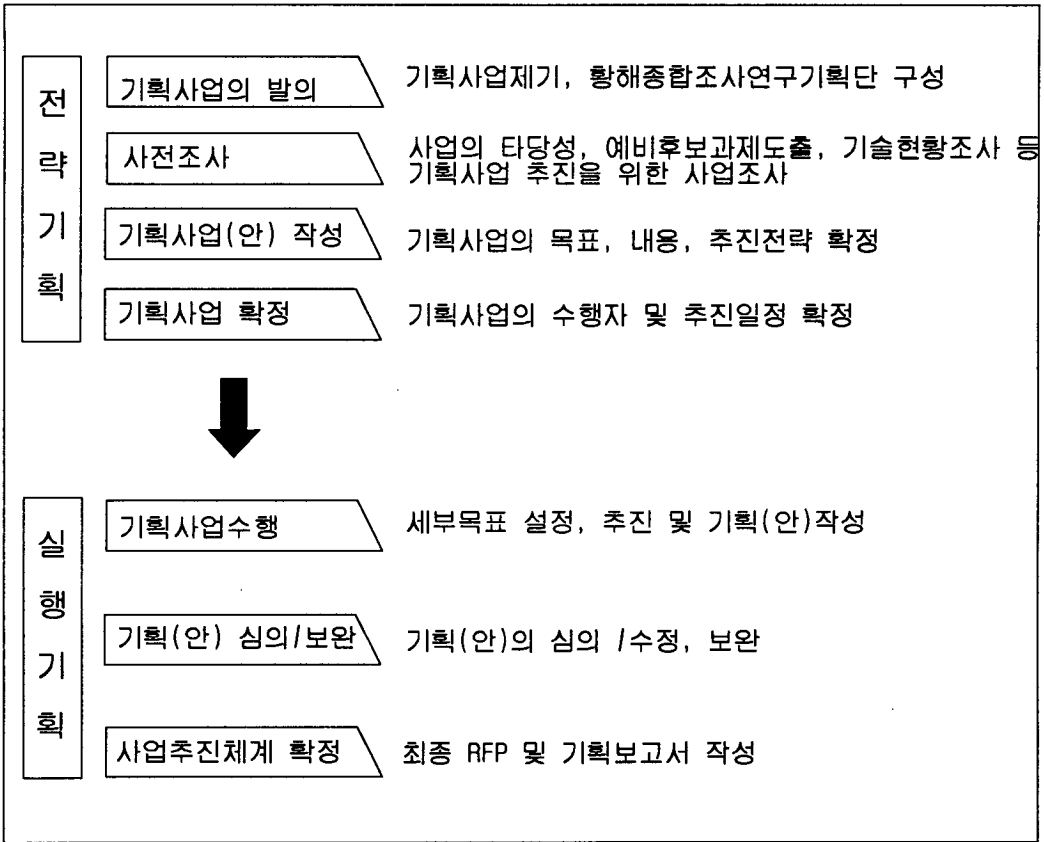


그림 1-1. 황해종합연구기획사업의 추진 절차



## 황해 연구프로그램의 구상

정부는 환경해경제권이 급격히 부상하고 있음에 주목하고 황해의 환경 보전과 자원 개발을 위해 과학기술 투자를 확대하기로 결정하였다. 이번 황해연구기획사업은 정부의 요청에 따라 황해의 환경보전과 자원개발에 필요한 연구 능력을 가능한 짧은 시간에 확보하기 위해 현재 국내 각 연구기관에 분산되어 산만하게 수행되고 있는 황해연구를 통합 조정하고 연구의 효율을 제고하기 위한 지원 방안을 제시하기 위해 수행되었다.

해양을 현명하게 이용하기 위해서 가장 필요한 것은 해양에 대한 축적된 자료와 제반 현상에 대한 이해이다. 과학적 지식과 자료는 해양개발정책의 수립이나 환경문제의 해결을 위한 선택방안의 평가에 필수 불가결한 요소이다. 지난 동서 냉전체제 하에서는 황해를 연한 세나라간에 황해에 대한 공동연구는 물론 자료조차 교환하기 어려웠다. 그러나 최근 5년간 소련을 위시한 동구권의 구정치질서가 와해되어 세계 정세가 개편되고 있는 가운데 우리나라는 북방외교의 성공으로 아직 이념대립이 완전히 해소된 것은 아니지만 적어도 한 중 국교정상화를 통해 중국과의 과학기술협력이 가능하게 되었다. 이것은 우리가 접근 가능했던 황해의 면적이 종전에 전체의 1/4에서 지금은 3/4분으로 확대되었음을 의미한다. 따라서 이전에는 우리나라의 노력만으로는 실효를 거둘수 없었던 황해의 환경오염 문제나 생물자원의 관리, 그리고 광물자원도 함께 개발할 수 있는 길이 트였다.

전통적으로 해양학은 해양에서 일어나는 제반 현상에 대한 이해를 위주로 해 왔으며, 1920년대 이후부터 물리, 화학, 생물, 지질 등 여러가지 학문이 혼합된 종합과학으로 성장하였다. 50년대 후반부터는 공학이 여기에 가세하였고, 80년대 부터는 해양정책 등 사회과학적인 요소가 추가되어 명실공히 종합과학으로서의 면모를 갖추었다. 한편 종래의 해양학은 해양에 국한된 연구 영역을 고수하였으나 90년대 이후로는 지구환경 조절인자로서의 해양의 역할이 부각됨에 따라 해양과 대기와의 상호작용이 중요한 연구주제로 등장하였고 점차 해양학은 대기과학의 일부를 포함하는 거대과학으로 팽창하고 있다. 해양학은 일부 산업적 응용 측면이 있기는 하나 여전히 기초과학의 영역에 속하는 학문으로 인식되고 있으며 학문적 결과가 불특정 다수인 국민에게 귀속되기 때문에 우리나라에서는 공공복지형 기술로 분류하고 있다.

해양학의 이러한 공공적인 특성 때문에 황해종합연구를 기획함에 있어 황해에 관심을 가지고 있는 연구자들의 수요를 하나의 연구프로그램으로 구성하는데 고려되어야 할 요소로서 타 연구사업에서 (예 67 프로젝트) 통상 활용되는 시장규모나 기술개발의 산업적 파급효과 대신 국가의 수요를 제한 요소로 사용하였다. 국가의 수요는 국내적 그리고 국외적 요인의 두가지로 나누어서 2.1절에 논의하였다.

국가의 수요에 상응하는 개념은 연구자의 수요로서 이는 전문가의 '과학적 호기심'에 바탕을 둔 것이다. 따라서 연구자의 수요는 독창적이고 자생적이므로 이러한 특성에 맞추어 상향 (bottom-up) 방식으로 조사 되었다. 기획에 참여한 국내 전문가에 의해서 파악된 연구자의 수요는 2.2절에서 논의하였다.

이번 연구기획으로서 제안코자하는 황해연구프로그램은 연구사업의 결과가 정부의 황해개발정책에 이용되도록 하되 연구자의 수요가 최대한 반영되도록 설정하고자 노력하였다. 그리고 연구사업의 결과가 부가적으로 동북아시아 지역권 더 나아가서 국제사회에 공헌가능한 방향으로 제시하도록 연구사업을 구성하였다. 연구사업계획의 목표와 전반적인 기대효과는 각기 2.3과 2.4절에서 다루고 있다.

## 2.1 국가의 수요

이 절에서 다루고자 하는 국가의 수요는 발생 동기에 따라 국내 및 국외적 요인의 두가지로 나누어서 살펴보았다. 국내적 요인은 정부가 영해와 관할 수역을 효율적으로 관리 또는 개발하기 위하여 발생하며 국외적 요인은 정부가 각종 국제협약에 서명함으로써 이행사항으로 요구되거나 금명간 협약 체결 가능성이 높은 협약에 대응하기 위해, 그리고 정부간 과학기술교류 협정 체결 등에 의해 발생한다. 국가가 해양에 대해 관심을 갖게 되는 이유는 식량을 비롯한 자원개발을 위시하여 관광, 에너지, 환경, 국방 등 표 2-1에 나타나 있는 것과 같이 매우 다양하다.

표 2-1. 해양에 대한 국가적 관심과 관련 사항들

국가적 관심	관련요인
식량	어획; 양식 (잡는 어업; 기르는 어업)
해상 레저, 관광	깨끗한 바다; 깨끗한 해변
해상수송	항구, 터미널; 선박의 안전; 해저도면; 조석 정보
통신	해저케이블 도면; 해저지질도
에너지 자원	유류, 가스; 석탄; 조력; 해양온도차 발전; 태양열
환경	해양활동에 따른 국지적, 지역적 산업폐기물
방위	해저 지형도
주권	경계; 연안역의 관할권 한계
교육	해양에 대한 이해 증진
과학과 기술	전지구적 해양과학 연구; 응용연구를 위한 양질의 과학자에 대한 동기 부여; 국제 학술계와의 접근
해양법	해양과학 연구와 관련되는 권리와 의무, 기타 일반사항



현재 연안역에는 인구가 집중되어 있고 이러한 추세는 외국의 예를 보더라도 인구의 연안역 집중은 앞으로도 계속될 전망이다. 따라서 연안역은 거주 또는 산업체의 부지 확보, 관광 및 레저, 매립 간척, 수산 양식장, 항만시설, 폐기물 처리장, 에너지 (조력 발전) 생산, 연안 어장, 골재 채취, 군사용 보호구역, 환경보호구역 등으로 그 수요가 엄청난데 비해 이러한 욕구를 모두 수용할 공간이 부족하다. 그러므로 이러한 상충된 수요를 국토개발 차원에서 효율적으로 관리하기 위해서는 현명한 정책이 필요하며 정책의 입안에 있어 가장 중요한 정보는 해양에 대한 과학적 지식이다.

바다에 연안 어느 나라이건 해양에 대한 정보를 획득하기 위하여 해양에 대한 조사와 연구를 실시하고 있으며 해양에 대한 세계 각국의 관심사는 각 나라의 실정에 따라 다소 다를 수 있으나 통상 국가가 해양과학조사로서 얻고자 하는 이득은 다음과 같다.

- 수산학 연구는 어장을 늘리거나 새로운 자원을 개발함으로써 인간의 생활수준을 향상시키고 또한 산업의 지속적인 발전에 필요함
- 황해도를 작성하기 위해, 특히 해상 수송량이 많고 수심이 얇은 해역에서는 측심조사가 요구됨
- 황해의 안전을 보장하고 정확한 국가간 경계획정을 위해 연근해 지질구조를 파악해야하며 정밀한 위치측정이 중요함 (예 : EEZ 해역내).
- 수산업, 해안 서식지 및 해저활동의 보호를 위한 오염방지 연구가 필요함
- 특정 해역에서의 물리해양학, 화학해양학과 같은 순수해양연구는 수산학과 해양오염에 대한 이해를 증진시키고 문제 해결에 도움이 되며 더욱 중요한 것은 어떤 돌발적인 사고의 예방에 기여한다는데 있음
- 지구과학(지질학, 지구물리학) 연구, 조사는 개발 가능한 풍부한 신광물자원의 탐사에 유용함

순수한 호기심에 출발하는 연구는 응용연구를 하려고 하는 우수한 과학자들에게 동기를 부여하며, 또한 선진국과의 협동연구를 촉진하여 국제적 과학 발전에 기여한다. 이외에도 현재 전세계적 관심사인 지구변화와 연안역 개발에 따른 연안역의 환경변화도 국가가 필요로 하는 지식의 하나이다.

국외적 연구수요는 크게 4가지 요인에 의해서 발생한다

- 1) UN해양법 발효
- 2) 한·중해양과학기술협력각서
- 3) UNCED의 "의제 21"중 제 17장
- 4) Green Round

'94년 11월에 발효된 UN해양법은 새로운 해양 질서를 예고하고 있다. 지난 20여년간의 협상의 진통끝에 발효되는 이 국제법은 해양에 대한 영토의 개념을 더욱 강화시킬 것으로서 국제수역에서 영해 설정을 둘러싼 많은 분쟁이 예상된다. 우리나라의 바다는 모두 국제수역으로서 주권적

관할해역에 대한 주장을 하기 위해서는 해안선에 대한 매우 정밀한 지도가 필요하며 특히 지리정보시스템 (GIS) 개념에서의 새로운 지도 제작이 요청되고 있다. 한편 주권적 연안역 경계를 주장하기 위해서는 기점 내지는 기선의 선정이 무엇보다도 중요하며 상대국이 불시에 200 해리 영해를 선포할 경우에 대비하기 위하여 외교적 노력은 물론 과학적 자료를 조속히 확보하여야 하는 등 국가적으로 다른 어느 사안보다도 시급하다. GR은 환경에 부담을 주는 생산기술은 환경친화적인 기술로서 대체하자는 움직임이다. 이는 현재 선진국만이 보유하고 있거나 금명간에 보유가능한 기술로서 장벽을 쳐서 개도국의 추격을 막는 배후의 의미도 있어서 이미 타결된 UR과 함께 선진국의 기술보호주의 및 기술패권주의 성향을 띄고 있다. GR은 이제 막이 시작된 것으로서 향후의 진행을 점치기는 매우 어렵다. 따라서 구체적인 GR에 대한 대응은 여기서 논의하지 않고 중국과의 합의 내용과 유엔환경개발회의에 대해서만 자세히 다루기로 한다.

### 2.1.1 한·중 합의 사항

한·중 과학기술장관 회담에서 합의 된 내용은 1.2 절에서 언급한 바와 같이

- 황해에 대한 중합해양연구의 실시
- 광물, 생물자원의 공동개발
- 해양오염 방지 및 제거기술의 공동개발이다.

우리나라의 황해중합조사연구기획단은 한·중 합의 사항을 이행하기 위하여 과학기술처와 각 분야 전문가로 구성된 기술조사단을 94년 6월 중국에 파견한 바 있다. 동년 7월에 서울서 열린 제 2차 한·중과기협력실무위원회에서 해양과학교류가 의제로 다루어졌으며 이 회의에서 한·중 해양과학 공동연구센터를 청도에 설치하는 안이 제기되었고 이에 대해 우리나라는

- UN해양법이 발효되면 중국과의 황해에 대한 경계획정이 시급한 외교 문제로 등장할 것으로 예상되며,
- 황해 경제권이 급부상함에 따라 황해의 지속적 개발을 위한 지역협력체제의 구축이 필요하고,
- 중국은 나름대로 광물자원탐사를 위시한 해양과학분야에 대해 오랫동안 자력 기술개발을 하였던 바 우리와의 국제협력 상대로서 상호보완적 의미가 크며,
- 남북통일에 대비하여 북한과의 협력을 위한 전초기지로서의 활용가치가 크므로

매우 긍정적으로 검토되어 한·중해양과학 공동연구센터를 '95년 5월중에 중국의 청도에 설치하기로 합의하였다.

중국 측은 위의 공동연구센터를 통해 우리나라와 공동으로 연구하기를 희망하는 연구과제를 우리 측에 보내왔으며 이것은 총 9개의 연구주제로 구성되어 있다.

1. 황해 광역생태계의 동역학과 생물종 다양성 보호



2. 황해 생태계의 건강 측정, 보호 및 관리
3. 황해의 해수순환
4. 황해 해황의 수치 모델개발 및 예보능력 확보
5. 연안역 관리 및 외해역 광물자원 개발
6. 현생 퇴적 현상과 고환경규명
7. 원격탐사를 위시한 관측기기, 기법개발
8. 해양생물공학
9. 인적자원 교류 및 교육

한·중간의 합의 사항은 이번 황해의 종합연구계획의 수립에 있어 모두 수용하는 방침하에 연구과제를 도출하려 하였다. 그러나 합의 내용은 매우 광범위한 것으로 사실상 거의 모든 해양연구의 과제가 이에 포함되므로 개별 연구과제의 발굴보다는 국가적으로 필요한 협력연구의 주제를 설정하고 개별 연구과제를 조정하여 합목적성과 연구결과 활용 측면을 강조하려 노력하였다. 그러나 해양학과 같은 기초과학적 성향이 짙은 분야에서 하향식 과제도출은 연구자에게 상당한 부담을 안기게 되므로 가능한 연구자의 수요가 반영될 수 있도록 여러번의 의견 조정과정을 거쳤다. 그리고 한두가지의 시범사업을 시작으로 한중국제공동연구를 점차적으로 확대해 나가는 전략에 대해 검토하였다.

한편 민간차원에서 교원대, 군산대, 부산수대, 서울대, 인하대, 충남대도 각기 중국과 협동연구를 위한 기반을 이미 확보한 상태이고 정부출연연구소인 한국자원연구소와 한국해양연구소도 각기 중국의 해양연구기관과 양해각서 급의 협력에 합의한 바 있기 때문에 이러한 기존 합의의 독자성이 보장하는 선에서 중국 측과 과제에 대해서 협의하였다.

### 2.1.2 UNCED의 Agenda 21, 제17장에 대한 대응

일명 "Earth Summit"로 불리는 UNCED는 1972년 Stockholm에서 개최되었던 첫번째 환경회의의 20주년을 기념하여 Rio de Janeiro에서 열렸다. '72년 회의에서는 환경보호를 정치적 쟁점화하는데 성공하였으며, 환경보호가 경제발전과 맞물리는 개념임을 주창되었고 전 인류를 위한 환경보호를 위해 부국이 저개발국가를 지원하기로 합의한 바 있다.

'72년 회의는 상당한 호응을 얻어 세계 여러나라에 소위 환경부가 설치되었으며, United Nations Environment Programme (UNEP)이 결성되었다. Rio 정상회담은 지금까지 환경보전을 위한 노력을 더욱 강화하는 수단과 재정지원책 등을 마련하기 위해 열렸으며, 이에 대한 호응은 대단한 것이어서 100개국 이상의 정상을 포함한 180개 국가에서 4만명이 넘는 인원이 참석하였다.

각국이 각자 다른 상황에 처해 있음에 비추어 정상회담이 어떤 결실을 맺을 수 있을까 하는 우려에도 불구하고 Rio 회담은 5개의 주요 산물을 창출하였으며 이들은 모두 직·간접적으로 해양과 관련이 있다.



- 리우 선언 (Rio Declaration) - 이것은 각국이 미래의 경제발전과 환경보전을 위해 합의된 사항이 준수되도록 지도하고 재정지원을 한다는 일반 사항을 담고 있다. 그런데 이 선언은 말쑥의 소지가 많은 "사전에방적 조치 (precautionary principle)"를 채택하고 있다. 이 원칙은 경제활동에 수반되어 배출되는 화학물질에 의한 환경교란이 위해하다는 과학적 근거가 불확실할 경우 정책적으로 어떤 결정을 내리는 것이 현명한가 하는 질문에 대해 위해의 소지가 있을 경우 일단 금지하자는 것이다.
- 산림에 관한 원칙선언 (Declaration of Principles on Forestry) - 산림의 지속적 개발에 대한 권고 사항으로 강제 구속력을 지니지 않는다.
- Framework Convention on Climate Change (FCCC) - 이 회의에서 지구온난화를 일으키는 소위 온실효과기체의 방출의 억제와 각국이 지구온난화를 저감하는 계획을 수립하고 이에 대한 과학적 지식을 증진키로 합의하였다. 세계각국의 이해가 겹쳐있는 만큼 합의서를 만들어 내기 위해 일반적이고 애매한 문구로 작성되어 있으며 특별하고 강압적인 조치수단은 후속회담에서 논의될 예정이다.
- 의제 21 (Agenda 21) - Rio 환경정상회담의 핵심산물로서 지속적 개발을 성취하기 위한 철저한 종합계획서이다. 40개 장, 900 페이지에 달하는 이 계획서는 100개 이상의 계획에 대해 다루고 있다. 이 계획을 실천하기 위한 재정을 마련하기 위해 UN 총회는 World Bank, UNDP, UNEP가 주관하는 Global Environment Facility (GEF)를 활용하기로 하였다. 해양에 관한 제 17장의 제목은 "Protection the Oceans, All Kinds of Seas, Including Enclosed and Semi-Enclosed Seas, and Coastal Areas and the Protection, Rational Use and Development of Their Living Resources"로 장황하고 진부한 느낌이나 이전의 것에 비해 가장 완벽하고 자세한 내용을 담고 있다. 이 장은 7개의 프로그램에 대해 언급하고 있다.
  1. Coastal Resources Management - 이 프로그램은 지역국가간의 연계를 통해 특정자원 특히 생태계 관리에 각별히 주의를 기울인 연안역 통합관리와 포괄적인 자료은행을 만들것을 요청하고 있다.
  2. Environmental Protection - 이 계획은 Law of the Sea Convention의 주제를 원용한 것으로 육상기원오염물질, 선박기원오염물질에 대해 각별히 주의를 환기시켜 지역별 통제를 위한 세계적인 전문가의 도움을 요청하고 있다.
  3. High Seas Living Resources - 이 계획은 현재 문제시 되고 있는 회유성 (정치적으로는 생활사 중 여러 국가의 수역을 넘나드는) 어류의 어획에 대해 어떤 정치적 단안을 요청하고 있으며 조속한 시일내에 다정부간 회담이 있을 예정이다.

4. Living Resources Under Nation Jurisdiction - Law of the Seas에 명기된 국가의 권리와 의무를 재천명 한 것으로 위협받고 있는 서식지와 생물을 보호하고 지속적인 어획을 위한 국가의 실천계획서 제출을 요청하고 있다.
  5. Critical Uncertainties - 이 계획은 향상된 정보 유통시스템의 필요성에 대해 동조하여 GOOS의 구축을 지원하고 정보의 공유를 위해 국가내, 국가간 정보은행을 구성키로 하였다. 또한 오존층 파괴가 해양환경에 주는 피해를 평가하기로 하였다.
  6. Internation Cooperation - 이 계획은 통상적인 정치적 수사 이외에 환경 파괴 국가에 대한 경제제재를 논하고 있는데 이례적으로 매우 관대한 입장을 (특히 개발도상국에 대해) 표방하고 있다.
  7. Small Island - 이 프로그램은 작은 도서국가가 연구, 기획, 연안역 관리에 대한 적절한 조치를 마련하고 수행하는 것을 장려하고 있다. 그런데 본문 중에 "열대역의 도서는 기후변화 때문에 더욱 빈번하게 태풍에 위협받고 있다."는 것은 전혀 과학적 근거가 없는 내용이다.
- 생물다양성협약 (Biological Diversity Convention)- Rio에서 미국이 조인을 거부하여 화제를 불러 일으켰던 이 협약은 생물의 종류, 서식지 및 생태계 파괴에 재갈을 물리자는 것으로 이를 위반하는 행위에 대해 법적 구속력을 가하자는 것이다. 이에 해당되는 사안들은 공해산업을 육성하는 국가에 대한 제재, 선진국이 후진국의 고유한 유전자원을 추출하고 활용하는 대가로 후진국에 유리한 조건으로 기술이전을 하는 방안 등이 거론되었다. 그런데 이 협약에는 생물 다양성의 자원에 대한 언급이 없어서 해양이 무시되고 있지 않는가 하는 우려가 있다. 현재 가장 세인의 주목을 받는 곳은 열대우림지역이다. 그런데 최근 대륙사면의 생물다양성은 열대우림에 버금가지 않는다는 연구보고에 주목할 필요가 있다. 여하간 해양생물에 대한 지식이 필요하며, 해양생물의 활용 측면을 알아내고, 보호하며 이용하는 기술들이 개발되어야 한다. 과연 현재 인류가 각 생물자원의 가치, 이들의 생존을 위협하는 요인의 본질, 또 국제법적인 조치를 강구하는데 필요한 지식을 충분히 확보하고 있는가 하면 대다수는 부정적인 견해를 피력할 것이나 현재 안전장치가 미비된 생명공학 분야에서는 지적소유권을 내세워 반발하고 있고 생물다양성협약은 이를 억제하려 하고 있다. 이러한 상황이 앞으로 어떻게 전개될지에 대해서는 각별한 주의가 요청된다.

세계 각국은 Agenda 21에 대한 정부차원의 대응책을 마련하기 위한 움직임을 보이고 있으며 우리나라 정부도 예외가 아니어서 주제별로 소관부처와 주관연구기관을 결정한 바 있다. 해양에 관련된 제17장에 대한 소관부처는 과학기술처, 주관연구기관은 한국해양연구소로 금년 6월 이미 정부 부처간의 합의가 이루어진 바 있다.

지구의 환경을 보호해야 할 필요성은 이미 70년대 말에 국제사회에서 거론되기 시작했으며 유엔 산하기구, 국제민간학술단체 등은 이미 지구의 환경이 인간의 활동에 의해서 변하고 있다는 주장을 수용하여 전세계 국가가 참여하는 지구환경변화에 대한 국제공동연구 계획을 수립하여 활동하기 시작하였으며 이들의 과학적 논지가 Agenda 21에 깊숙히 반영되어 있다. 따라서 Agenda 21에 대한 과학적 조치로서는 지구환경에 대한 국제공동노력을 수용하는 것이 가장 바람직하다고 보겠다. 지구환경 보전을 위한 국제연구계획과 특히 해양환경에 대한 연구사업은 다음 절에서 자세히 논의하였다. 다만 국제회의의 결정 또는 권고사항이라도 내정을 간섭하는 수준의 강도는 아니며 주지하는 바와 같이 황해의 전역은 연안 삼국에 의해 관할되고 있기 때문에 연안역, 특히 하구와 항만의 관리에 필요한 기술은 현재의 상황에 맞는 고유한 연구개발사업의 구성이 필요하다.

## 2.2 연구자의 수요

해양학을 전공한 전문가 입장에서 황해에 대하여 어떠한 연구가 필요한가? 즉 전문가들의 수요는 황해종합연구기획에 참여한 7개 전문가 모임이 수집, 정리하였다. 연구자측의 수요에 대한 조사는 상황식 과제도출의 전형적인 예로서 여기에는 전문가의 입장에서 보는 각 전공분야의 질적수준과 현재의 연구능력 (인력 및 장비)이 잘 반영되는 특성을 지닌다. 그리고 각 전문가는 전공분야의 국제동향을 가장 잘 파악하고 있기 때문에 시대적 수요에 민감하게 반응하고 있다고 보아야 할 것이다. 반면 전문가의 수가 선진국에 비해 적은 우리나라의 경우, 전문가의 수가 비교적 많은 분야가 중요한 것으로서 제시되어 전체적인 균형을 이루지 못할 우려도 있다. 그리고 공통적으로 필요한 기반요소에 대한 연구/조사는 대부분의 과제에 공히 필요하기 때문에 다소 과제간의 중복을 피하기 어렵다. 각 전문가 모임은 기획에 직접 참여하지 않은 전문가들의 의견도 취합, 집약하여 주제가 비슷한 연구 과제들을 정리하여 세부과제로 구성된 종과제로 묶어서 공개토론회에서 발표하였으며 이를 통해 전문가들의 비평과 조언을 수렴하였다. 공개토론회에서 연구자의 수요에 의해 발굴된 후보과제는 총 17개로서 표 2-2에 정리한 바와 같다.

연구자의 수요는 황해에 대한 과학적 수요를 거의 망라한 것으로 판단되며 추정 연구비도 연간 56억원을 상회하는 큰 규모로 들어났다 (표 2-2). 공개토론회에서 발표된 17개 과제의 요약표는 부록에 수록하였다. 연구의 주제에 따라 환경보전, 자원개발, 정책/산업의 3개 분야로 나뉘어 발표된 각 연구과제는 환경보전이 10과제 자원개발이 4과제 그리고 정책/산업 분야가 3과제로서 연구자의 수요 측면에서 볼 때 환경보전이 가장 시급하게 투자되어야 할 분야로 지목되었다. 환경에 대한 문제는 오염의 현황, 생태계에 미치는 영향, 그리고 오염물질의 분포와 이동을 파악하기 위한 물질순환과 해수순환, 그리고 능동적인 오염대응기술개발 등 다양한 연구주제로서 제안되었다. 한편 황해에서의 기상과 대기 연구는 기초과학적인 연구임에도 불구하고 국민의 생활에 밀접히 관련되어 있는 만큼 매우 중요한 연구조사로서 강조되었다. 지구환경분야 연구로서 지구온난화에 직결된 탄소순환연구의 필요성도 지적되었다.

표 2-2. 전문가 그룹이 조사한 황해종합연구 후보과제와 연간 소요자원 (단위: 백만원)

분야	과제명	연간 예산
환경 보전	황해 해수 순환	1,000
	황해 오염저감 및 방지기술 개발	1,000
	황해의 물질 균형과 플럭스 연구	200
	황해의 탄소 순환 연구	100
	대기와 황해의 상호작용	200
	황해의 대기환경 영향 평가	150
	황해의 생태계 구조와 기능에 관한 연구	400
	현생 퇴적 환경 연구	200
	연안역 관리 시스템 개발 연구	200
	황해 분지의 진화 및 퇴적환경 연구	300
	소계 10 과제	3,750
자원 개발	황해의 생물다양성 보전 및 자원 연구	400
	황해 어업 자원 조성	400
	서해안 양식 생물의 질병과 대책에 관한 연구	160
	황해 분지의 지질도(1:1,000,000) 작성	200
	소계 4 과제	1,160
정책 산업	황해 해양 경계 획정 모델	150
	황해 해양 자원 및 환경의 통합관리 정책 개발	500
	황해 해양산업 진흥 방안	120
	소계 3 과제	770
총계 17 과제		5,680

공개토론회에서 지정토론자와 청중에 의해 지적된 사항 중 과제 전반에 대해 공통적인 내용을 정리하면 다음과 같다.

- 1) 교과서적인 과제 나열의 성향이 있어 세부 과제수가 너무 많기 때문에 예상되는 사업비 규모가 너무 크다
- 2) 과제간 연계가 불분명하다.
- 3) 중국과의 공동연구로서 무엇을 얻으려 하는지가 불분명하다.
- 4) 과제간의 우선 순위 책정이 필요하다.
- 5) 황해에 대한 고유 연구과제로서의 특성이 미흡하다.
- 6) 자료획득을 위한 조사가 각 연구과제에 분산되어 있어 통합관리 방안이 필요하다.
- 7) 과거 그리고 현재 수행중인 과제와의 연계 또는 기존자료 활용이 취약하다.

각 연구과제에 대한 전문가의 검토의견은 표 2-3에 요약 정리하였다.

표 2-3. 황해종합연구 후보과제와 공개토론회의 결과 종합표

번 이	과제명	전문가의 검토의견
1	황해 해수 순환	과거의 연구 및 현 사안에 기초한 세부과제 발굴 필요, 대기연구와의 연계 필요
2	황해 오염저감 및 방지기술 개발	폐기물 투기, 방사능 추가 필요
3	황해의 물질 균형과 플렉스 연구	생지화학적 순환 측면 강조 필요
4	황해의 탄소 순환 연구	3번 과제에 포함가능
5	대기와 황해의 상호작용	공동 관측과 조사 강화요망, PBL 조사자료 전무
6	황해의 대기환경 영향 평가	해양연구와의 연계 취약, 황해대기순환연구 필요
7	황해의 생물다양성 보전 및 자원 연구	황해 광역해양 생태계 연구와 중복을 피해야 함 9번 과제와 중복되는 부분 있음
8	황해의 생태계 구조와 기능에 관한 연구	, 주요과제에 대한 집중지원 필요
9	황해 어업 자원 조성	어장환경 파악요, 주요 어장의 초기 생활사 및 황해의 잠재 생물 생산력 파악 필요
10	현생 퇴적 환경 연구	16번 과제와 합쳐 사안 위주의 연구로 전환 요
11	황해 분지의 진화 및 퇴적환경 연구	황해 지질 자료에 대한 연대측정이 되어있지 않아 과거의 환경변화를 시기별로 규명하는 과제로 중요함
12	황해 분지의 지질도(1:1,000,000) 작성	10번, 11번 과제의 최종산물로 10, 11에 분산 흡수 시킬이 가능, 자연연의 고유 기능에 해당
13	황해 해양 경계 획정 모델	시급한 과제임, 한반도 전체에 대한 일괄적인 연구 필요
14	황해 해양 자원 및 환경의 통합관리 정책 개발	Sub-regional 규모로 확대해야 의미 있음 ICES가 좋은 선례로 보임
15	황해 해양산업 진흥 방안	자연 과학과의 연계 취약, 양국의 산업발전 방안과 연계 요
16	연안역 관리 시스템 개발 연구	연안역 관리보다는 연안 환경 변화에 국한되어 있음
17	서해안 양식 생물의 질병과 대책에 관한 연구	-

앞에서 정리한 전문가의 지적내지는 요청사항을 종합하면 연구자의 수요를 황해종합연구에 반영함 있어 다음과 같은 조치가 필요함이 인식되었다.

- 거의 모든 연구에 공통적으로 필요한 기초자료를 획득함에 있어 자료의 수집, 관리, 배포는 각 연구에 분산시키는 것 보다는 종합조사사업을 통해 광역에 대한 집중적인 자료를 획득하는 것이 효과적이고 경비면에서도 효율적이다.
- 과거에 확보했던 자료의 질이 좋고 나쁨을 떠나 과거의 자료를 모으고 최대한 활용하는 것이 바람직하다.
- 모든 과제가 나름대로 중요함에는 의견을 같이 하나 시급한 과제와 덜 시급한 과제의 구분이 필요하다.



- 중국과의 협력이 필수적인 연구 분야가 있는 반면 우리나라 단독 연구의 필요성이 부각되는 분야가 있다.
- 황해에 대한 모든 연구수요를 하나의 연구계획으로 일괄적으로 수행하는 것은 불가능하며 제한된 연구수요가 국공립기관의 고유기능에 해당하는 경우는 중복을 피하는 것이 바람직하다.

## 2.3 국제환경연구 동향

현재 해양에 대한 국제연구는 해양환경보전, 지구변화, 생물자원, 광물자원 그리고 연안역 통합관리 (Integrated Coastal Management) 등에 대해 수행되고 있다. 가장 규모가 크고 많은 나라가 참여하고 있는 국제연구계획은 지구변화에 대한 것으로 이는 연구 결과가 전 인류에게 고르게 혜택을 미치며 몇나라의 노력만으로는 결실을 맺을 수 없는 특성을 지니고 있기 때문이다. 황해와 같은 연안역은 관할 수역을 주권국이 관리하므로 항로의 안전유지, 육상으로부터의 오염, 폐기물 투기, 생물 및 광물자원의 개발에 대한 국제권고사항 또는 규약은 있으나 주권국의 내정을 간섭할 정도의 구속력을 갖고 있지 않기 때문에 이러한 사안에 대한 지구규모 국제공동 연구보다는 지역규모 연구가 더욱 활발하다. 이하 절에서 다루는 국제연구동향은 지구규모 국제연구계획, 지역규모 국제연구계획, 지역해 연구사례와 지구환경에 대한 가장 큰 투자를 하고 있는 미국의 연구동향으로 나누어 살펴 보았다.

### 2.3.1 지구변화에 대한 지구규모 국제연구계획

지구변화 연구계획은 해양, 특히 연안역에 대해 커다란 관심을 표명하고 있다. 지구환경변화는 일국의 문제가 아니며 또한 몇나라가 해결할 수 있는 작은 문제가 아니기 때문에 정부 또는 비정부기구에 의한 국제연구프로그램으로 수행되고 있으며 대표적인 기구로는 UN 산하기구 (UNDP, UNEP, UNESCO), 국제학술연맹 (ICSU), 다정부간 기후변화 패널 (IPCC), 세계기상기구 (WMO), 정부간 해양위원회 (IOC), ISSC (International Social Science Council) 등이 있다.

현재 지구환경변화에 대한 국제적이고 학제적인 연구 프로그램으로는 ICSU가 기획한 IGBP (International Geosphere-Biosphere Programme), WMO와 ICSU가 공동기획한 WCRP (World Climate Research Programme)가 있으며 ISSC의 주도하에 기획되고 있는 HDP (Human Dimensions of Global Environmental Change Programme)도 향후 중요한 학술활동으로 주목받고 있다. 앞의 두 연구계획은 1989년 UN총회에서 기후변화에 대한 과학적 근거, 원인 및 영향을 규명하는 중요한 연구로서 전세계적인 참여를 권고하였으며 IPCC도 이 두 연구계획을 기후변화에 대한 과학적 불확실성을 제거하는데 가장 기여가 큰 두 연구계획으로 지목하였다. 또한 이 두 연구계획은 Framework Convention on Climate Change (FCCC)와 UNCED에서 여론의 형성 및 정치적 의사결정에 막대한 영향을 주었다.

IGBP, WCRP, HDP는 상호보완적으로 기획된 연구계획으로서 IGBP는 지구변화의 생지화학적 측면, 지구시스템 모델링 및 고기후 재현에 주안점을 두고 있는 반면 WCRP는 기후계의 물리적 측면을 더욱 강조하고 있으며 HDP는 지구변화의 경제, 사회적 측면을 부각시켜 연구하고 있다. IGBP와 WCRP는 예하에 각기 목적지향적인 다수의 장기 연구사업 (project)을 수행중에 있으며 HDP는 현재 초기 기획단계에 있으나 크게 주목을 받고 있다.

IGBP는 연구목표를 "생명체를 유지시키고 있는 독특한 환경인 지구시스템을 조절하는 물리, 화학, 생물과정들간의 상호작용, 지구시스템에서 자연적으로 일어나는 변화, 인류의 활동에 의해 받는 영향을 찾아내고 이해함"에 두고 있다. '92년부터 '98년까지 총 637 백만 달러의 연구비를 투입할 예정인 IGBP의 핵심연구사업의 명칭은 다음과 같다.

1. 수리 순환과 생물권 연구 (BAHC)
2. 지구변화와 육상 생태계연구 (GCTE)
3. 대기의 화학조성 연구 (IGAC)
4. 지구규모 해양의 물질 순환연구 (JGOFS)
5. 연안역에서의 육지 - 해양 상호작용연구 (LOICZ)
6. 육지개발과 지표면 변화연구 (LULC)
7. 고기후변화 재현연구 (PAGES)
8. 자료분석, 해석 및 모델연구 (GAIM)
9. 자료 및 정보 유통 시스템 구축 (IGBP - DIS)
10. 분석, 연구 및 교육 시스템 구축 (START)

이 밖에 현재 전대양 진광대 연구 (GOEYS)가 기획단계에 있다.

지구변화연구에는 다양한 학문분야가 참여하기 때문에 우선순위의 결정과 현실적인 목표설정이 필수적이다. IGBP는 아래의 여섯가지 핵심질의를 통해 연구과제의 주제를 정의하고 디자인하였다. 이 과정을 거쳐 도출한 연구사업은 지구환경에 관한 한 수십년에서 수백년 시간 규모의 지구변화에 대한 가장 모범적인 연구계획으로 인정받고 있다.

- 대기의 화학조성은 어떻게 조절되며 미량기체 성분이 생성되고 소멸되는 과정에 대한 생물과정의 역할은 무엇인가? IGAC (International Global Atmospheric Chemistry)은 대기화학에 대한 전반적인 문제를 해결하기 위해 수행되고 있다..
- 지구변화가 육상 생태계에 어떠한 영향을 주게 될 것인가? 이 질문을 해결하기 위한 연구사업으로 GCTE (Global Change and Terrestrial Ecosystem)와 LULC (Land Use/Land Chang) 연구사업을 수행하고 있다.
- 식생이 수리순환의 물리과정과 어떻게 상호작용하는가? 이에 대해 IGBP는 BAHC (Biospheric Aspects of the Hydrological Cycle)를 계획하여 수행 중이다.

- 육지 이용, 해수면 변동, 그리고 기후의 변화가 연안생태계에 미치는 영향과 이로 인해 파생되는 금후의 결과는 무엇인가? 이를 위한 연구사업으로 LOICZ (Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone)를 계획하여 수행 중에 있다.
- 해양의 생지화학적 순환과정이 기후변화에 미치는 영향과 기후변화에 대한 반응은 무엇인가? 이에 대해 IGBP는 SCOR와 함께 JGOFs (Joint Global Ocean Flux Study)를 수행하고 있으며 또한 GOEzS (Global Ocean Euphotic Zone Study)를 기획하고 있다.
- 과거에 있었던 중요한 기후와 환경변화는 어떠한 것들이었으며 그 원인은 무엇인가? 이 질문을 해결하기 위한 연구사업으로 PASGES (Past Global Changes)를 수행하고 있다.

나머지 세가지 연구사업은 GAIM (Global Analysis, Interpretation and Modelling), IGBP-DIS (Data and Information System) 그리고 START (System for Analysis, Research and Training)로서 앞서 언급한 핵심 과정연구를 지원하고 있다.

ICSU와 WMO가 공동으로 기획한 WCRP (World Climate Research Programme)의 목표는

- 인간의 기후에 대한 예측력 정도와
- 기후에 대한 인간의 영향 정도를 결정하는 것으로

이를 달성하기 위해 다음에 대한 노력이 필요하다고 역설하고 있다.

1. 지구 또는 지역규모의 기후의 시간에 따른 변동에 대해 향상된 정보를 확보하고 기후변화의 원인에 대해 이해함
2. 지구 또는 지역 규모 기후변화 동향에 대한 증거를 평가함
3. 물리-수학 모델의 개선을 통해 시뮬레이션과 대규모 시공간규모의 기후 예측에 대한 평가능력을 확보함
4. 자연적 또는 인위적 교란에 의한 기후반응의 민감도 조사와 특정 교란에 의해 발생 가능한 기후변화의 추정

현재 수행중인 WCRP의 핵심연구사업은 다음과 같다.

1. 북극 기상시스템 연구 (ACSYS)
2. 기후 모델링 연구 (CMP)
3. 지구 규모에서의 에너지와 물 순환 실험 (GEMEX)
4. 성층권의 작용과 기후에 대한 역할 연구 (SPARC)

5. 적도해양 - 전지구 대기 연구 (TOGA)

6. 세계 대양 순환 실험 (WOCE)

이상의 세 연구계획은 공식, 비공식적으로 상호연계되어 있다: LULC는 IGBP와 HDP가 공동 주관하며, BAHC는 WCRP의 GEMEX와 상호 연계되어 있고, GOEZS는 WCRP가 기획에 참여하고 있으며, START에는 IGBP, HDP, WCRP가 공동참여하고 있다.

IGBP와 WCRP는 지구규모 연구계획으로 모든 세부사업이 황해의 환경보전연구와 직접 관련있는 것은 아니다. 위에 열거한 세부사업 중에서 황해와 관련이 깊은 연구사업만을 골라 연구목표를 정리하면 아래와 같다.

◆ *Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone (LOICZ)*

연구목표: 육지와 해양 경계지역의 동적변화를 예측할 수 있는 수준으로 이해하여 지구변화에 대한 연안시스템의 반응에 대해 이해함

주요연구내용: 1. 육지-해양간 에너지와 물질교환  
2. 탄소의 전송량과 미량 기체의 발생  
3. 해수면 변화에 의한 반응  
4. 연안역 변화가 인간사회에 미치는 영향

◆ *Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS)*

연구목표: 1) 지구규모에서 해양의 탄소 및 친생물원소의 전송량을 변동시키는 과정, 해양과 대기, 해저 그리고 육지와 해양의 물질교환에 대한 이해와 정량 측정  
2) 인간활동에 의한 교란, 특히 기후변화를 일으키는 교란에 대한 해양의 생지화학과정의 반응을 예측할 수 있는 능력의 확보

◆ *Past Global Changes (PAGES)*

연구목표: 1) 기원전 2000년 이후의 기후와 환경변화의 역사를 재현하는 것으로 시간적 분해능이 최대 10년 단위 이하를 목표로 함  
2) 지구기후변화를 일으키는 자연현상을 규명하기 위해 빙하기의 기후와 환경변화의 역사를 재현함

◆ *Global Analysis, Interpretation and Modelling (GAIM)*

연구목표: 지구의 생지화학 시스템에 대해 현실적인 진단모델을 개발하고 이것을 물리적 기후시스템 모델과 연계시킴

◆ *Data and Information System (IGBP-DIS)*

사업목표: 지역규모에서의 지구변화연구를 촉진시키는 것으로, 지구변화 연구능력의 제고 및 개발도상국에 대한 기술이전

◆ *World Ocean Circulation Experiment (WOCE)*

연구목표: 1) 기후변화 예측 모델의 개발과 모델의 운용에 필요한 자료의 획득  
2) 해양의 장기적 반응을 규명하기 위한 자료 획득 방법의 실용성  
결정과 해양의 장기적 반응을 측정하기 위한 방법의 개발

◆ *Tropical Ocean / Global Atmosphere (TOGA)*

연구목표: 1) 시간에 따라 변하는 시스템으로서의 열대해양과 지구대기에 대한 자료를 획득하여 이 시스템에 대해 예측 가능한 시간규모를 알아내고 예측력에 기반이 되는 기작과 과정을 이해함  
2) 대기와 해양의 변동을 수개월에서 수년 시간규모로 예측하기 위한 대양-대기 연계모델의 검증  
3) 대양-대기 연계모델의 타당성이 확인 된 경우 예보로서의 실제 적용을 위한 관측 및 자료전송 시스템의 구축에 대한 과학적 근거 제공

우리나라는 1993년 IGBP에 공식가입하였으며 이 연구계획을 주도하는 ICSU가 민간기구여서 우리측 대표기구는 대한민국 학술원으로 되어있다.

이상에서 살펴본 연구계획에 대해 필수적인 상호보완적 관계에 있는 것이 전지구적 관측 시스템이다. 관측시스템을 통해서만 지구변화의 여러가지 양상이 측정되고 감시된다. 그리고 이를 통해 장기에 걸쳐 얻어진 자료는 모델의 검증과 개선에 필수적이다. 현재 가동중인 관측시스템은 (World Weather Watch나 Global Atmosphere Watch) 상기목적에 부합할 만한 수준이 되지 못하므로 새로운 관측시스템의 구축의 필요성이 강력히 제기되고 있다. 이들은 상호연계되어 있는 시스템들로 지구변화에 대해 종합적이고 다양한 규모의 모니터링을 수행하도록 제안되고 있다. 현재 거론되는 관측시스템은 GCOS (Global Climate Observation System), GOOS (Global Ocean Observation System)와 GTOS (Global Terrestrial Observation System)의 세가지로 해양에 관련된 것은 GOOS와 GCOS이다.

GOOS의 개념과 활동분야에 대해서는 WMO와 IOC/UNESCO가 협의, 조정하고 있으며 현재의 잠정적인 목표는 해양관측의 수준을 2010년까지 현재의 기상관측시스템 수준으로 향상시키는 것이다. GCOS는 일상생활에 가장 중요한 기상에 대한 정보를 현대화시키는 것으로 여기에는 해양에서의 기상관측이 포함되어 있고 이 관측계획에는 IGBP, WMO, UNEP, IOC/UNESCO 등 굵직한 국제기구가 총 망라하여 참여하고 있다. IGBP는 GOOS에서 JGOFs의 시계열 연구를 위해 개발된 해양의 화학, 생물, 광관측

기술을 사용하도록 권유하고 있으며 황해연구에도 JGOFS의 핵심인자 측정기법을 도입할 예정으로 현재 U.S. JGOFS와 교섭중에 있다.

한편 황해연구를 통하여 얻어진 자료는 IGBP-DIS와 연계시킬 방침으로 이렇게 하면 국내 관심사로 수행한 사업이 지구환경변화연구에 기여하는 국가적 노력이란 명분을 얻게 되고 START의 지역연구계획에도 기여할 수 있게 되는 유리한 면이 있다.

이밖에 규모가 조금 작은 국제공동연구계획으로 SCOR, IOC, ICES와 PICES가 지원하는 GLOBEC (Global Ocean Ecosystems Dynamics)이 있다. 이 연구계획은 해양의 물리적 현상이 동물플랑크톤 개체군의 역학과 포식자-피식자간의 상호작용에 미치는 영향과 동물플랑크톤이 해양생태계에서의 역할을 지구변화 및 인간의 영향의 관점에서 파악하고자 하는 것이다. 이 연구계획은 JGOFS와 공식적인 유대를 통하여 IGBP와도 연계되어 있다.

이상에서 살펴본 지구규모 지구환경연구계획의 공통점은 최소 5년 이상의 장기연구이며 연구계획이 핵심연구과제, 자료정보시스템, 그리고 연구능력 제고의 세가지 내용으로 구성되어 있다는 점이다. 이로부터 세가지 활동이 동시에 전개되어야만 성공적인 연구사업의 수행이 가능하다는 결론에 도달하게 된다. 연구비의 규모는 특히 관심이 가는 것으로 IGBP의 경우 각 세부사업에 대해 통상 연간 천만 달러를 초과하는 규모의 연구비를 책정하고 있다. 특히 해양학적 요소가 강조된 JGOFS, TOGA, WOCE의 연간 예산규모에 대한 정확한 자료는 없지만 미국측의 국내 연구사업비만도 모두 천만 달러를 훨씬 상회한다 (2.3.3 절, 표 2-7 참조).

최근에 해양연구의 단위 연구비는 눈덩이처럼 불어나고 있는 추세인데 주원인은 대서양, 태평양, 극지 등 대양을 상대로 대형 연구선을 투입하여 연구하기 때문에 순항 경비가 차지하는 비율이 크게 늘었고, 첨단 통신장비, 일회성 연구장비, 고가장비로 구성된 계류관측기 등을 다수 설치하기 때문이다. 연안역인 황해의 조사나 연구의 경우에 조사선 사용이 차지하는 비율은 훨씬 적게 들지만 나머지 부분은 마찬가지로 때문에 우리가 선진국형 황해조사연구를 실시할 경우 필요한 예산은 현재 우리가 보유하고 있는 연구능력에 따라 다소 차이는 나겠지만 천만 달러 이상은 되어야 앞에서 언급한 세가지 요소를 모두 포함시킬 수 있을 것으로 전망된다.

지구 규모의 국제연구계획이 목표로 하고 있는 내용을 황해라는 작은 분지 규모에 성공적으로 이식하기 위해서 기획진은 다음같은 방법이 바람직하다고 판단한다

- 의제 21에 대응하여 국가의 지역적 책임을 수행하는 방안의 하나는 황해 연구를 지구규모 환경연구계획의 지역 프로그램화하는 것으로 이렇게 할 경우 정부는 중복 투자를 방지할 수 있으며, 참여연구기관은 선진기술을 쉽게 흡수할 수 있음
- 지구규모 해양연구와 관련해서 가장 중요한 국제연구계획은 JGOFS, TOGA, WOCE이며 향후 LOICZ과 GOEYS, PAGES의 연구동향에 주목해야 할 필요성이 높음. 한편 앞의 세 연구의 경우 지금까지의 수행 결과로 여러가지 측정기기 및 기법이 개발되어

이들 방법의 전세계적인 확산을 추진하고 있으므로 선진기술의 조기 흡수를 위해 이러한 연구에의 참여가 필요함.

- 지구규모 해양조사와 관련하여 자료의 획득이나 관리, 활용은 현재 개발 중인 세가지 모니터링 시스템 (GCOS, GOOS, GTOS)의 사양 결정 과정에 대해 예의 주시할 필요가 있음. 한편 해양의 자료의 관리와 활용에 대한 부분은 국내의 관련 법규 "해양개발촉진법"과 새로이 제정된 된 "해양과학조사법"과의 연계 방안이 조속히 마련되어야 함. 금후 많은 해양자료가 원격탐사에 의해 획득될 것이므로 선진각국의 원격탐사용 위성의 발사계획 및 protocol을 확인하여 사전에 위성자료를 수신할 수 있는 준비를 갖추어야 함.
- 위의 권고 사항이 긍정적으로 받아들여 질 경우 이를 실행하기 위한 연구계획에 대해 장기적이고 안정적인 예산 지원이 필수적임. 이러한 연구계획은 외국의 예를 보아 연구비 규모는 연간 천만 달러 이상 필요하며, 연구의 기간은 10년 단위가 이상적이고 필요한 경우 재계획되어 지속되어야 함.

### 2.3.2 지구변화에 대한 지역규모 국제연구계획

황해를 연구 대상으로 하는 지역규모의 연구계획 내지는 국제기구로는 PICES (North Pacific Marine Science Organization), WESTPAC, NOMPAP, YSLME가 있다. PICES는 북위 30도 이북의 북태평양에 관심을 가지고 이곳의 생물자원 및 환경의 보전을 목표로 넓은 분야에 대한 연구활동을 조정하고 지식을 확충하는 것을 목표로 하고 있다. 이 기구는 지구의 기후, 기상변화나 생태계 및 인간활동에 의한 영향도 다루고 있어서 넓은 의미에서 IGBP의 지역프로그램도 관장하는 조정기구라고 보는 것이 좋겠다. 현재 미국, 일본, 캐나다, 중국이 공식 참여국이고 러시아와 우리나라는 observer로 참가하고 있으며 공식 참여를 요청받고 있어 금명간 가입할 것으로 알려지고 있다.

PICES의 과학분과위원회는 4개로 구성되어 있다: Physical Oceanography & Climate Committee (POC), Biological Oceanography Committee (BOC), Marine Environmental Quality Committee (MEQ), Fishery Science Committee (FSC).

PICES는 94년에 GLOBEC과 공동으로 "International Program on Climate Change and Carrying Capacity (CCCC)"라는 제하의 워크샵을 개최하였다. 이 워크샵은 생태계 모니터링, GOOS와의 연계방안도 주요 의제로 논의하였다. PICES는또한 아극역 북태평양 순환모델개발을 추진할 계획이어서 북태평양에서 중요한 해양연구 조정기구로 급부상하고 있다.

WESTPAC은 IOC가 CSK (쿠로시오 공동조사) 후속으로 서태평양 해역에 대한 공동조사의 필요성을 인정하여, 1979년부터 지원하고 있다. 이 기구의 목적은 종합적인 연구조사를 통한 해양과학발전의

도모와 해양자원개발에 기여하는 것으로 한국, 미국, 중국, 일본, 소련, 북한등 이 지역 14개 10C 회원국이 참가하고 있다. 현재 WESTPAC II가 결성되어 활동 중에 있다.

NOMPAP (North-West Pacific Action Plan)은 UNEP가 주도하는 범세계적인 해양오염의 방지와 해양자원의 보전을 위한 연구지원의 하나인 북서태평양 지역의 해양보전 실천계획으로서 1991년부터 추진되고 있다. 이 계획의 목적은 1) 해양오염방지, 2) 육지로부터의 오염물질 유입방지, 3) 해양자원과 생태계보전으로 우리나라도 참여할 의사를 밝힌 바 있다. 이다. '91년 8월에 확정된 사업내용은 황해를 포함하고 있으며 주관심 분야는 해양오염과 수산생물 자원의 보전이다.

현재 기획중인 우리나라와 중국간의 국제공동연구인 황해 광역생태계연구 (Sustainability and Protection of the Yellow Sea Large Marine Ecosystem: YSLME)\*는 World Bank와 GEF의 지원으로 수행될 예정이다. 이 연구사업은 현재 위협받고 있는 황해 생태계의 보전에 주안점을 두고 있으며 잠정적으로 다음 4가지 활동에 초점을 맞추고 있다.

- 1) 생태계 모니터링
- 2) 자료관리와 교환
- 3) 연구능력 확충
- 4) 생태계 관리

황해-LME는 한국측에서는 한국해양연구소를 주관연구기관으로 하여 국립수산진흥원, 부산수산대학교, 군산대학교가 참여할 예정이고 중국측은 국가해양국(SOA)이 주관기관으로 하여 제1해양연구소, 황해수산연구소가 참여할 예정이다. 이와 같은 구성은 지난 4월 한-중 과학기술장관 회의시 국가간 황해공동연구협력을 논의할 때 동일한 기관이 각국의 대표로 지명된 바 있어서 두 연구계획을 하나로 묶어 운영하는 것이 바람직하다는 의견이 제시되었다. 이 사안에 대해 과학기술처는 황해-LME도 황해종합조사연구기획단이 함께 총괄조정하도록 기능을 부여기로 결정하였다. 따라서 황해종합연구계획의 수립에 있어 황해-LME는 독자적인 연구사업으로 인정하되 전반적인 연관성을 고려하여 연구 프로그램내의 하나의 프로젝트로 포함시켜 취급하였다.

UNDP와 GEF는 "Prevention and Management of Marine Pollution in East Asia Seas"를 금년부터 5년간 총 8백만 달러를 투입하여 수행키로 하였으며 이 연구의 책임수행기관은 IMO가 맡기로 하였고 이 사업에는 한국, 북한 등 동아시아 11개국 이 참여하고 있다. 이 연구는 각기 특성이 다른 3개 지역을 시범연구사업지로 선정하여 각각 이 Spill Risk Assessment, Integrated Coastal Zone Management, Pollution Mitigation을 주제로 사업을 수행할 예정으로 여기에 해당하는 적지로서는 각기, 유조선의 운항이 잦은 Malacca 해협, 종합항만개발지로 확정된 필리핀의 Batangas 항, 이미 개발되어 오염이 상당히 진행된 중국의 Xiamen 지구가 선정되었다. UNDP는 이곳 시범지구에서 개발된 기술을 참가국으로 확산 전파시키는 것을 목표로 하고 있어 우리나라에서도 관심을 가져야 할 지역 환경보전연구이다. 이상의 지역규모 연구계획에 대하여 기획진은 다음과 같은 사항을 권장한다.



- 상기 지역규모 연구계획에는 우리나라를 비롯하여 중국, 북한의 황해 주변 3국이 모두 참가하는 예가 많으므로 이러한 연구계획의 정례회합을 북한의 황해연구 참여 유도의 기회로 활용해야 함
- 이미 공동연구의 원칙에 합의 한 중간의 연구사업의 세부과제 발굴도 관심이 있는 양국 학자간의 연구주제를 이러한 지역 연구계획에서 토의를 거쳐 여과시킨 다음에 정식 연구과제로서 발의하는 과정을 밟도록 하는 것이 보다 충실하고 국제 동향에 부합한 과제의 발굴에 도움이 됨.
- PICES는 발족한지 얼마 되지는 않으나 태평양 연안의 영향력이 큰 국가가 모두 참여하고 있는 만큼 우리나라도 정식 참여국으로 가입하는 것을 건의 함
- UNDP/IMO/GEF가 동아시아에서 수행할 예정인 세가지의 지역환경보전 시범사업의 주제는 우리나라에게도 매우 중요한 사안들로서 이 사업으로 개발될 기술을 적기에 수입하는 방안을 마련해야 함.

### 2.3.3 미국의 지구변화 연구동향

미국의 U.S. Global Change Research Program (USGCRP)은 최근에 구성된 Committee on Environment and Natural Resources Research (CENR)가 관장하는 연구계획의 하나로 '90년에 미의회가 인준한 Global Change Research Act에 근거를 두어 창설되었다. '95 회계년도에 18억 달러의 지출 승인을 받은 이 거대한 연구계획은 그 목적을 자연적 요인과 지금까지의 인간활동으로 누적된 인위적 요인으로 일어나는 지구환경 변화를 이해하고 이에 대한 대응방안을 마련하는 것으로 이러한 노력에 국제적으로 통용될만한 규범이 만들어지도록 촉진코자 하는 데 있다.

미국의 USGCRP가 다른 국제지구환경연구와 다른 점이 있다면 이것은 일국의 연구 계획임에도 불구하고 연구비 규모가 국제연구계획에 비해 비교가 되지 않을 정도로 크며 여기에는 국내는 물론 국제정책에 관련된 요소가 심각하게 고려되어 있고 지구환경변화의 이해 수준을 넘어선 적극적인 대응안이 들어 있는 미국의 전략적 과제이다. 미국의 이와같은 대규모 지구환경연구 투자는 Green Round에 대한 총체적인 대비를 시작하고 있는 것으로 해석되어야 하며 2000년대에는 환경이 국제질서, 각국의 산업, 통상무역 등에 막대한 영향을 미칠 것으로 예상되는 바 미국은 향후 주도권을 장악하기 위해 기술개발에 과감한 선행투자를 하고 있다고 판단된다.

USGCRP에는 에너지성을 비롯한 6개의 성과 NASA를 비롯한 5개의 정부 또는 민간기구가 참여하고 있다 (표 2-4). 가장 많은 연구예산을 책정받은 연구관리기구는 순서대로 NASA, NSF, DOE, NOAA이다. NASA가 가장 많은 연구비를 책정받게 된 이유는 물론 막대한 예산이 투입되는 위성 연구 프로젝트를 주관하고 있기 때문이다.

표 2-4. 미국의 1994-1995 회계년도 U.S. GLOBAL CHANGE RESEARCH PROGRAM의 예산 (백만 달러)

AGENCY	FY94	FY95
Department of Agriculture (USDA)	49.1	58.4
Department of Commerce/National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)	63.0	84.0
Department of Defense (DOD)	5.7	6.4
Department of Energy (DOE)	93.1	126.1
Department of Health and Human Services (HHS)	1.2	25.5
Department of the Interior (DOI)	33.4	31.0
Environmental Protection Agency (EPA)	27.5	31.8
National Aeronautics and Space Administration (NASA)	1,021.5	1,235.8
National Science Foundation (NSF)	141.9	207.5
Smithsonian Institution (SI)	7.3	7.3
Tennessee Valley Authority (TVA)	0.3	1.0
<b>TOTAL BUDGET</b>	<b>\$ 1,443.9</b>	<b>\$ 1,814.8</b>

USGCRP의 연구 유형별 투자를 보면 (표 2-5와 표 2-6) 지구관측계획이 전체 예산의 1/3 이상을 차지하고, 그 다음부터 투자규모의 순서대로 열거하면 지구변화구명, 자료정보관리, 기후변화예측, 기후변화의 영향평가, 정책결정에 필요한 도구의 개발이다. 예산회계 항목별 지출은 일반과학기술이 전체의 2/3 이상을 차지하고 있고 그 다음으로 천연자원 및 환경이 10%를 차지하고 있다.

상무성 (DOC) 산하의 해양대기국 (NOAA)은 관측, 분석기법 개발, 기후예측에 대해 투자하고 있으며 NOAA가 지원하고 있는 앞서 언급한 지구규모 국제연구계획으로 IGAC, WOCE, GEWEX, GCOS, GLOBEC, JGOFs, PAGES이 있다. 국방성 (DOD)도 해양연구에 대한 투자를 하고 있으며 주 연구 대상지는 북극해와 해양의 혼합층이다. 한편 내무성은 고기후 연구를 지원하고 있으며 미과학재단은 (NSF) 해양과 관련된 가장 중요한 국제연구계획들 (GLOBEC, InterRIDGE의 미국측 프로그램인 RIDGE, JGOFs, TOGA, WOCE 등) 을 집중 지원하고 있다: (표2-7).

미국의 지구변화연구 투자는 그 규모나 범위에 있어 지구변화의 원인을 이해하기 위한 자연과학적 접근으로부터 대응방안으로서의 공학기술개발 (대체기술, 청정기술 등), 경제 사회적 파급효과까지를 고려한 총체적 연구로 모범이 될만하다. 각 부처별 업무분장이나 투자규모 등은 우리정부의 의제 21에 대한 대응방안 마련에 좋은 본보기가 될 것이다.

표 2-5. 미국의 1994-1995 회계년도 U.S. GLOBAL CHANGE RESEARCH PROGRAM의 기본틀별 예산  
(단위: 백만 달러)

FRAMEWORK ELEMENT	FY94	FY95
Observing the Earth System		
Space-Based Observing and Analysis	579.8	702.7
Ground-Based Augmentations of Operational Systems	25.4	30.5
<b>Subtotal</b>	<b>605.2</b>	<b>733.2</b>
Managing and Archiving Data and Information	277.4	382.0
Understanding Global Change	456.5	530.7
Predicting Global Change	49.5	67.1
Evaluating the Consequences	38.6	67.1
Developing Tools for Assessing Policies and Potions	16.9	34.8
<b>TOTAL BUDGET</b>	<b>\$1,443.9</b>	<b>\$1,814.8</b>

표 2-6. 미국의 1995 회계년도 U.S. GLOBAL CHANGE RESEARCH PROGRAM의 지원기관/기본틀별 예산  
(단위: 백만 달러)

	Total Budget	Observing the Earth System		Managing Data and Information	Understanding Processes	Prediction Change	Evaluating Consequences	Assessing Policies and Options
		Space-based	Ground-based					
Agency Totals	1,814.8	702.7	30.5	382.0	530.7	67.1	67.1	34.7
DOC/NOAA	84.0		10.4	4.4	46.2	22.4		0.6
DOD	6.4				4.7	1.7		
DOE	126.1			2.1	97.4	20.8		5.8
DOI	31.0		2.6	7.4	15.0		6.0	
EPA	31.8		1.6	1.0	10.1	4.3	11.0	3.8
HHS	25.5						25.0	0.5
NASA	1,235.8	702.7		363.8	162.3	7.1		
NSF	207.5		10.0	3.4	151.7	10.8	8.6	23.0
Smithsonian	7.3		2.3		3.8		1.0	0.2
TVA	1.0				0.6		0.4	
USDA	58.4		3.6		38.9		15.1	0.8

표 2-7. 미국과학재단이 지원하는 1994-1995 회계년도 U.S. GLOBAL CHANGE RESEARCH PROGRAM

(단위: 백만 달러)

Program	FY1994	FY1995
Antarctic Ecosystems	1.5	1.5
Arctic System Science (ARCSS)	14.4	17.1
Climate Modeling, Analysis & Prediction (CMAP)	3.5	9.2
Earth System History	6.8	12.2
Ecological Rates of Change (EROC)	3.0	3.8
Geodata	1.5	1.7
Global Ocean Ecosystems Dynamics (GLOBEC)	5.2	9.2
Global Tropospheric Chemistry Program (GTCP)	12.4	14.6
Human Dimensions of Global Change	11.1	22.4
Institutes/Education	3.1	4.1
Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS)	15.4	18.2
Land-Margin Ecosystems Research (LMER)	2.9	4.2
Polar Ozone Depletion/UV Radiation Effects	5.6	5.6
Ridge Interdisciplinary Global Experiments (RIDGE)	4.1	5.1
Sea Level Changes	6.1	7.8
Solar Influences	5.9	8.5
Tropical Oceans Global Atmosphere (TOGA)	14.2	14.2
Water & Energy: Atmospheric, Vegetative & Earth Interactions (WEAVE)	8.1	11.6
World Ocean Circulation Experiment (WOCE)	17.0	18.4
Methods for Integrated Assessments		8.0
Terrestrial Ecology		9.0
Greenhouse Gas Dynamics		0.8
<b>TOTAL</b>	<b>141.9</b>	<b>207.5</b>

#### 2.3.4 지역해 연구 사례

이 절에서는 현재 진행 중이거나 종료 된 지 얼마 안되는 지역해 연구계획 중에서 선진국이 주도했던 3개의 연구조사 사례- 발트해, 흑해, 북해- 를 중심으로 그 목적과 결과에 대해 간략하게 언급한다.

발트해 감시계획 (The Baltic Monitoring Programme:BMP): 핀란드를 비롯한 발트해 연안의 7개 국가가 참여하여 수행중인 BMP는 1989년부터 실시한 3단계 연구를 이제 막 종료한 상태이다. '79 이래 매5년을 한 단계로 실시해온 이 계획은 발트해 생태계의 주요 인자의 장기 (1년 이상) 변화 또는

동향을 감시하는 것으로 현 상태를 평가하며 인간에 의한 변화를 예측하기 위하여 실시하고 있다. 이 계획은 연구실에서의 실험이나 과학적 조사 (investigation)를 포함하고 있지 않은 단순한 감시 (monitoring)만을 대상으로 하고 있다. 제 1단계 ('79-'83)에서는 몇개의 조사정점에서 시범사업을 벌였고 제 2단계 ('84-'88)부터는 점차 조사정점의 수를 늘리고 환경감시도 본궤도에 올려 놓았다. 3단계 ('89-'93)는 2단계의 감시체제를 더욱 최적화하는 것을 목표로 진행하였는데 4단계가 시작되었는지 그 목표는 무엇인지 자료가 아직 입수되지 않았다. 현재 연안역은 관할국가가 알아서 환경을 감시하되 BMP와 동일한 사양의 환경인자 측정방법을 사용하도록 권고하고 있으며 BMP 자체는 공해역을 대상으로 하고 있다. 시료와 환경인자의 채집 또는 측정빈도는 이미 결정된 시간표에 맞추어 채취하거나 분석하도록 되어있고 각국은 정해진 양식에 따라 조사 항행일지를 작성, 제출토록 하고 있다. 측정된 자료중 일반자료는 매년 5월 1일, 생물 및 유독물질 자료는 9월 1일까지 ICES 양식에 맞추어 전산테입으로 제출토록 규정하고 있다. 물론 자료는 자료를 획득한 방법등에 대한 정보와 함께 제출된다. 자료는 총괄기관에서 정리하고 배포한다. 자료는 제출자의 허가를 받으면 공동 이용이 가능하다. 모든 자료는 일정기간에 대한 환경평가가 종료된 이후에는 일반에게 완전 공개된다. 발트해 연안국의 배타적경제수역에서의 과학적 조사는 관할국가의 허가를 취득해야 가능하며 신청은 국가에 따라 4주 또는 6개월 이전에 해야 하고 구 소련을 제외한 6개국의 허가 주무부처는 외무부에 해당하는 정부기관이며 소련만은 연방과학기술위원회가 관장하고 있다. 환경 감시대상인자는 크게 1) 해수의 물리적, 화학적 특성, 2) 생물 및 퇴적물 중의 유독물질, 3) 생물시료로 나뉘어 있으며 각 인자에 대한 측정방법과 자료기입 양식이 정해져 있다.

**흑해 해양 탐사 (The Black Sea Oceanographic Expedition):** 흑해는 세계에서 가장 넓은, 영구히 무산소 상태로 존재하는 지중해이다. 터키, 구 소련, 루마니아와 불가리아의 4개국이 주변에 위치하고 있으며 이들 국가가 오랜동안 관리되지 않은 상태로 산업폐기물을 흑해로 흘려보낸 결과 흑해는 수심 100 미심에는 산소가 고갈된 환원환경으로 조성되어 있다. 미국의 Woods Hole 해양연구소는 30년이 넘게 이곳의 주변국가와 국제공동연구를 수행해 왔으며 주관심사는 산화/환원 환경 전이에 따른 해양학적 특성과 과정에 대한 연구로서 타 지역해 연구처럼 환경 또는 생태계 보전과는 성격이 다르다. 그러나 황해도 주변국가가 규제되지 않은 상태로 환경에 부담을 가중하면 흑해처럼 될 우려가 없지 않다는 점에 주의를 기울일 필요가 있다. 그리고 최근에 농업용 관개로 인해 하천을 통한 담수 유입이 괄목할 만큼 (15%) 줄고 있어서 이에 의한 영향도 주요 과제의 하나이다. 중국과 우리나라도 관개를 위한 대형 댐을 많이 건설하였으므로 황해도 이러한 맥락에서 연구되어야 할 필요성이 크다. 특히 중국의 산업화는 황해로의 하천수 유입에 커다란 변화줄 가능성이 높고 이에 따른 생태환경의 변화는 비가역적일 공산이 높기 때문이다. 현재 우리나라 내만역에서의 무산소화 경향은 연안 영식업 등에 피해를 초래하지만 그리 심각하게 취급되고 있지 않으나 계절적이라도 황해의 공해역에 무산소화가 발생하게 되면 그 피해가 어느 정도인가는 흑해에서 표층과 하층수의 혼합이 일어날 때마다 생물이 몰사하는 사건을 보면 얼마나 심각할 것인지 대충 그 규모가 짐작이 간다. 향후 흑해에 대한 연구와 그 후속으로 개발될 각종 해양환경관리기술은 황해를 관리하는데 결정적인 도움이 될 것으로 예견되며 따라서 이 연구의 동향 및 결과를 주시하여야 할 것이다.

북해 연구 (North Sea Community Research Project 1987-1992):영국이 5년간 (1987-1992) 수행한 북해연구는 북해의 관리를 위해 해수 수질 평가를 위한 진단 모델 (prognostic model)을 개발하는 것을 목적으로 하여 다음 세가지에 대해 집중적인 조사와 연구를 하였다.

1. 물질수송모델개발 - 보존성 물질의 이동과 확산에 대한 수치모델로서 퇴적물과 비보존성 물질의 취급과 속도과정 (rate-process) 모델과의 연계를 위한 것임
2. 비보존적 과정 (non-conservative processes) - 해수 구성물질의 순환, 경로 및 최종 운명을 구명하고 과정의 속도와 계절변동 및 그 요인의 구명을 위한 것임
3. 계절변화 - 과정연구, 변화에 대한 기준값 그리고 모델의 초기화 및 검증을 위해 다양한 요인을 15개월 동안 측정하였음

북해연구는 1단계 5년으로 실시되었으며 2단계 후속 연구는 10년으로 계획하고 있다. 연구의 틀은 조사 (survey), 과정연구 (process study), 모델링의 세부분으로 구성되어 있으며 투입한 총 연구비는 15백만 파운드 (약 200억원 상당)를 약간 상회한다. 15개월 동안 매달 12 일간의 북해 조사를 수행하였으며 총 항해는 5년간 40회로 연장 7만 해리 (약 13만 km)를 기록하였다.

이 연구계획이 각별히 관심을 집중시키고 있는 연구내용은 아래와 같다.

- 1) Convergence of models and observations
- 2) Interdisciplinary modelling
- 3) Sediment re-suspension
- 4) Atmospheric input and nutrient budgets
- 5) Focus of resources
- 6) The North Sea database

이 연구로 획득한 자료는 기존연구와는 달리 CD-ROM으로 제작 배포되었으며 여기에는 모델의 결과 (일일 평균 해류 등)와 AVHRR의 영상도 수록되어있다.

## 2.4 국내 연구수행 능력

우리나라는 60년대말까지 일반국민은 물론 정책입안자의 경우도 해양과학기술 및 해양개발에 대한 인식이 크게 부족하였으며, 단지 국립수산진흥원, 교통부 수로국, 부산수산대학교에서 수산자원 및 수로측량에 대한 조사를 위주로 수행하여 왔다.

1968년도에 서울대학교에 해양학과가 설치되었고, 1973년에는 KIST 부설기관으로 해양연구소가 설립되어 본격적인 연구조사에 대한 투자가 시작되었다. 또한 70년대 후반에 충남대, 인하대, 제주대 등에 해양학과가 설치되어 전문인력이 양성되기 시작하였으며, 80년대 후반에 이르러서야 해양조사 활동이 활발하게 진행되기 시작하였는 바, 국립수산진흥원, 교통부 수로국, 국립환경연구원 등

국립기관의 정기적인 어황예보, 수로관측, 해양오염에 대한 국가기능으로서의 기초 조사활동과 한국해양연구소 및 한국자원연구소와 같은 정부출연연구소가 특정연구사업 및 수탁연구사업으로서 계약에 의한 목표중심적인 연구조사 활동을 본격적으로 전개하였고 각 대학부설 해양연구소에서도 해양에 대한 기초연구가 부분적으로 수행되어 왔다 (표 2-8).

표 2-8. 우리나라의 해양연구기관 현황 ('94 현재)\*

연구기관명	연구원 (명)	조사선 (톤수)	부설연구소
군산대학교	19	3 (1020,360,80)	해양개발연구소
부산대학교	16		
부산수산대학교	10	1 (653)*	해양과학공동연구소
서울대학교	10		해양연구소
여수수산대학	6	4 (1057,303,243,161)	수산과학연구소
인하대학교	27		해양과학기술연구소
전남대학교	5		
제주대학교	50	3 (990, 389, 159)	해양연구소
충남대학교	29		해양연구소
한국해양대학교	10		해양연구소
한양대학교	5		
해군사관학교	5		
<b>소계 12개 대학</b>	<b>192</b>	<b>7 (총 5,415 톤)</b>	
국립수산진흥원	271	2 (39,39)	
국립환경연구원	51	1 (78-건조중)	
기상연구소	32		
한국기계연구원**	55		
한국자원연구소	22	2 (170, 1347-건조중)	
한국해양연구소	138	2 (1422,350)	
해군해양연구소	34	1 (38)	
해운산업연구원	59		
<b>소계 8개 연구소</b>	<b>854</b>	<b>8 (3,483)</b>	
<b>총계 20개 기관</b>	<b>1,046</b>	<b>15 (8,898)</b>	

†: 일부기관의 자료는 누락 되었음

\*: 전국 대학 공동연구선 임 (탐양호)

\*\* : 선박해양공학센터 자료임

[출처: 1994 해양연구기관편람, 한국해양연구소]

이와 같이 우리나라의 해양연구는 역사가 일천하고 비교적 투자가 미미한 수준이기 때문에 일부 분야를 제외하고는 연구 초기단계 또는 도약단계에 진입한 상태로서 선진국과 상당한 격차를 보이고 있고, 각 대학 또는 연구기관 대부분이 연구비의 규모가 적기 때문에 협동연구보다는 독자적으로 연구사업을 수행하는 것이 현재의 실정이다.

표에 나타난 20개 연구기관 외에도 교통건설부 수로국, 내무부 해양경찰청, 한국건설기술연구원과 같은 기관이 해양연구조사에 참여하고 있다. 우리나라의 해양연구전문인력은 대학에 20% 미만이 재직하여 출연(연)과 국공립 기관에 압도적으로 많은 수가 분포하고 있다. 대학의 연구인력 합계는 200명 미만으로 미국의 Scripps나 Woods Hole 해양연구소 한개의 크기와 비슷한 정도이다. 한편 이는 해양과 수산을 합친 것으로서 해양에 국한시킨다면 매우 영세한 규모라 하겠다. 대학은 전문인력 양성과 창조적인 연구기능의 중추로서 인력의 과소와 12개 대학으로의 분산은 종합연구기능을 갖기에는 너무 인력이 부족하고 향후 대학별 연구기능의 전문화가 바람직함을 지적하고 있다. 우리나라는 대형 해양연구기관으로 국립수산진흥원, 한국자원연구소, 그리고 한국해양연구소를 보유하고 있다. 이들 기관은 현재 각기 수산자원개발, 광물자원개발, 종합해양연구조사의 기능을 부여받고 있다.

해양연구조사 능력을 가능하는 중요한 판단 지표인 조사선은 20개 기관이 15척을 보유하고 있고 이밖에도 수로국이 8대의 선박을 보유하는 등 숫적인 면에서는 대형 선단을 보유하고 있는 것으로 보이나 전용해양조사선은 '95 확보분 1척을 포함하더라도 5척에 지나지 않는다. 이들을 합한 톤수도 1만톤 미만인 소규모 선박으로 구성되어 있으며 원양항해용은 단 2척에 지나지 않는다. 한편 심해 잠수정, 쇄빙선, 관측 플랫폼, 과학용 시추선 등 특수기능 선박은 전혀 보유하고 있지 않다. 현재 보유하고 있는 선박을 심분 활용하여 향후 가능한 재원은 특수선박의 확보에 사용되어야 할 것이다. 조사선수와 함께 중요한 지표는 조사선의 연간 운항일수와 거리이다. 공식적인 자료는 입수되지 않았지만 대부분의 조사선이 바다에서 보내는 일수는 선진국 수준인 180일 이상에 훨씬 못미친다고 관계자가 지적하였다. 즉, 조사선의 운항에 필요한 자원의 확보가 어려운 것으로 드러났다.

그림 2-1은 우리나라의 해양유관기관의 연구개발 체제를 보여주고 있으며, 이기관들의 연구활동을 중심으로 연구능력 및 기술능력의 통합, 황해조사, 정보의 종합관리 등에 대한 총체적인 기술개발 추진체계를 구성해 나가야 할 것이다. 해양관련업무가 정부의 여러개 부처에 나뉘어져 있는 것이 해양관리 및 해양산업의 발전에 커다란 장애요소로 지목되어 왔다. 현정부는 출범 당시 해양산업부를 신설한다는 공약을 내세웠으나 94년말 정부조직을 개편하면서도 이것이 반영되지 않았으므로 당분간 해양업무의 다원화 체제는 지속될 전망이다. 과학기술처는 해양에 대한 각 부처간의 중복된 연구조사를 방지하고 자료의 효율성을 제고하기 위하여 금년 국회에 "해양과학조사법"을 상정하여 통과되었다. 이것은 부처별로 산만하게 이루어지고 있는 해양에 대한 기초조사 등으로부터 얻은 자료를 집중화시켜 자료의 효율적인 관리와 활용을 도모하고자 하는데 목표를 두고 있다.



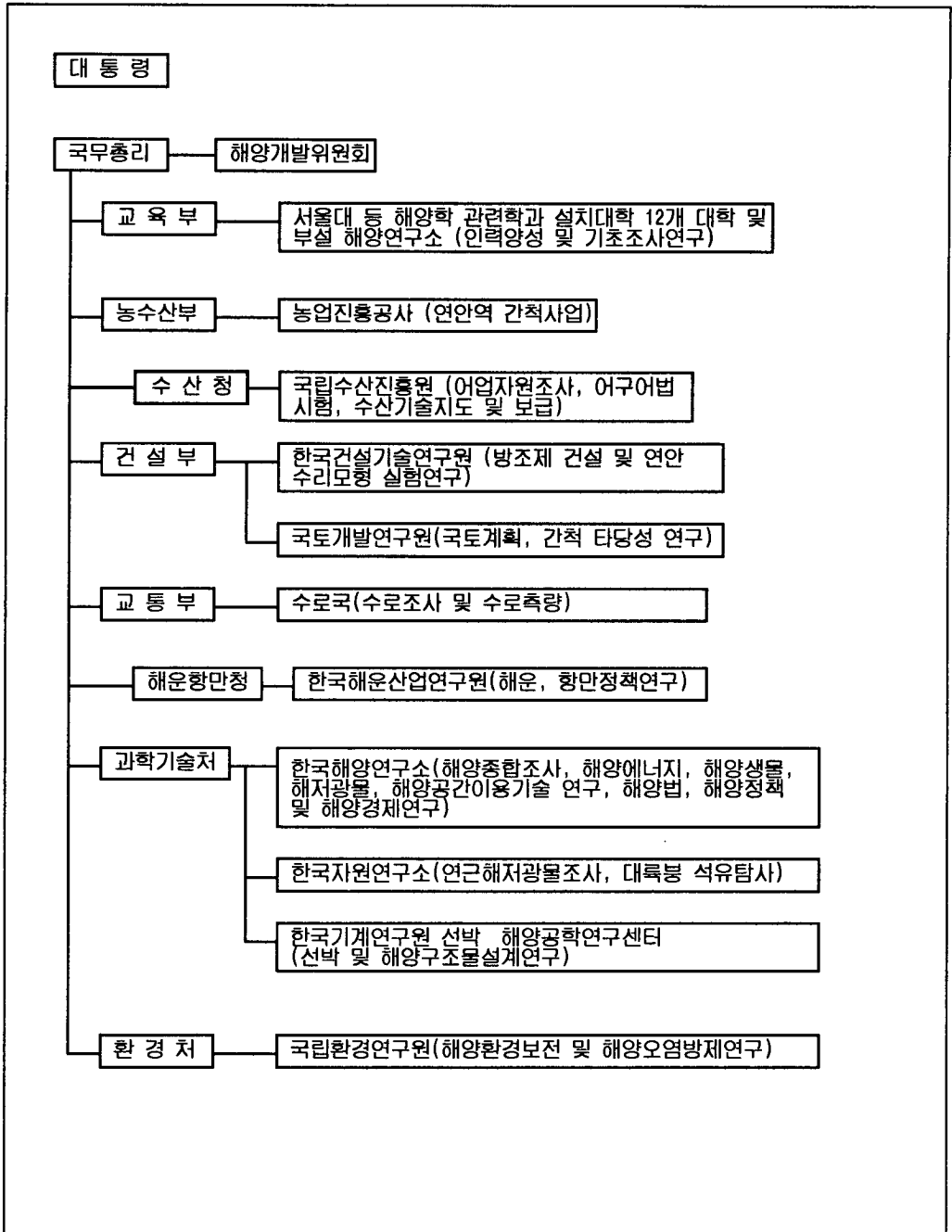


그림 2-1. 우리나라 해양 유관기관의 연구개발체제, 괄호안은 주업무 내용  
 [출처: 1994 해양연구기관편람, 한국해양연구소]

지금까지 수행하여 온 황해연구는 소규모 연구비로 각 기관에서 산발적으로 제한된 연구인력으로 수행되었으며 단편적인 연구에 그쳤다. 해양의 현상은 물리, 화학, 생물, 지질, 대기 등 복합적 작용에 의해 지배되는 것이고 해양의 이용, 개발을 위하여는 각 기초과학분야 및 공학적 기술을 해양조건에 응용, 발전시켜야 하는 종합시스템적 접근에 의한 연구가 진행되어야 함에도 불구하고, 지금까지의 많은 조사, 연구가 공동의 목표가 없이 소형, 단기, 단일 연구과제로 수행되어 온 바, 종합적인 황해의 현상규명이나 또는 결정적인 해결방안 도출을 위한 연구가 어려웠던 것이다. 그렇다면, 왜 이러한 문제점이 발생하게 되었는가?

첫째, 우리나라의 해양연구개발 활동은 공공복지 및 국가기간산업에 관련되므로 다른 나라와 마찬가지로 주로 국가 주도로 추진되고 있다. 따라서 정부의 해양에 대한 정책 및 행정체제의 역할은 매우 중요한데 지금까지의 해양정책 및 행정은 과거처, 통산산업부 등의 12개 부처와 항만청, 수산청 등 3개청에 분산되어 있고 1987년에 해양개발기본법을 제정하여 해양개발위원회(위원장: 국무총리)를 설치키로 하였으나 지금까지 동 위원회가 구성되고 있지 못하고 있는 상황이며 이와 같은 정부의 해양행정 조직의 다원화와 종합 조정기능의 부재는 해양에 대한 정책 및 행정의 발전을 저해해 왔다.

둘째, 앞의 그림 2-1에서 검토한 바와 같이 각 국립 및 출연연구기관들은 각 해양 유관부처 산하에 소속되어 있다. 이들 기관들은 종합적인 기능으로서 해양연구 조사를 수행하기 보다는 각 부처의 정책 및 행정과 관련된 분야를 중심으로 임무를 수행하고 있고, 자료정보의 공개가 미미한 수준이며 유사과제의 중복수행 등으로 인하여 해양연구 조사활동의 결과가 해당부처 또는 연구기관, 연구자의 개별 보유수준에 머물러 있으므로 자료 및 정보가 충분히 활용되고 있지 못하며 연구비 중복투자의 우려를 낳고 있다. 이와 같은 상황들은 각 연구기관들의 제도 및 운영 체제상에 기인하는 문제로서 해양에 관한 다양한 연구대상의 변화에 대해서 시기 적절하고 유연하게 대응해 나가기가 어려우며 연구조직의 경직성과 부처간 할거주의가 한데 얽혀 신규 연구사업의 개발에 대한 경쟁적 도전보다는 행정적인 기능문제를 놓고 논란을 벌이는 경우가 많은 실정이다.

셋째, 각 연구주체(연구기관)에 공동의 과제와 공동의 목표가 없었다는 것이다. 대학은 연구설비 및 연구비가 부족하여 교육 및 기초이론에 치중하면서 현장감각이 별로 없는 연구인력을 양산하고 있으며, 국립연구기관은 당장의 현업 수행에 급급하면서 정부의 획일적인 관리, 통제속에 경직된 연구를 수행하고 있고, 출연연구기관은 미래지향적 연구기술의 수요 공급 개념이 취약하여 현실성을 외면한 연구를 하는 경우가 많으며 국립연구기관보다는 덜하지만 다소 연구외적인 운영상의 경직성에서 벗어나지 못하고 있다.

이와 같은 상황속에서 각 연구주체간에 공동관심사항의 미흡, 기술 정보교류의 미흡, 보유기술의 활용 전파노력 미흡, 협동연구에 대한 관심미흡으로 공동으로 추구하는 목표가 거의 없으며 이에따라

상호 불신의 벽이 두터워져 왔으며, 개인주의, 이기주의에 입각한 상호비방의 풍조가 일각에서 만연되고 있는 실정이다.

협동연구는 특정한 과제에 대하여 2개 이상의 연구주체 (대학, 연구소 또는 산업체)가 인력교류, 연구비 분담, 정보,자료의 교환, 시설 및 장비의 공동활용 등을 통하여 상호보완적으로 추진함으로써

- 제한된 연구개발 자원의 효율성 제고
- 단독 연구에 따른 위험부담 분산
- 연구기간의 단축과 규모의 경제효과를 증대시킬 수 있으며

서로 다른 전문화 또는 특성화된 기술의 상호융합을 통하여 특히 종합시스템적이고, 복합적 성격의 기술개발 분야의 경우 성공가능성을 높여줄 수 있고, 각 연구주체가 가지고 있는 구조적인 한계를 보완하고 동시에 장점을 최대 활용하여 연구의 전과정을 단계적, 유기적으로 연결시켜 줄 수 있을 것이므로 황해연구야말로 협동연구체제의 원활한 구성이 연구결과의 성패를 가름할 수 있다 하겠다.

따라서 각 연구주체별 강점을 상호보완적으로 활용하기 위하여 한국해양연구소가 1994년에 발간한 "해양연구소 전문화 연구계획"에서 파악한 연구기관간 연구능력 상대비교 자료를 참고하여 표 2-9를 작성해 보았는 바 이와 같은 사항을 고려하여 각 연구주체별로 약점을 보강하고, 장점을 최대한 활용할 수 있도록 하는 방향으로 국내 연구기관간의 협동연구추진이 전개되어야 할 것이다.

표 2-9. 우리나라 해양연구기관의 (출연(연), 대학, 국공립연구기관)의 연구능력 상대비교표

판 단 지 표	출연(연)	대 학	국.공립(연)
기관별 박사급 연구인력 보유	***	**	*
기장비 및 시설	***	*	**
연구추진체제 (연구행정능력)	***	*	**
축적된 기초연구능력 (단위요소기술 개발능력)	**	***	*
복합기술개발능력 (연구개발 경험)	***	*	**
기술모방(도입)	***	*	**
기술개량	***	*	**
새로운 이론창출	**	***	*
시급한 국가수요 충족	**	*	***
통상적인 연구조사 (routine task)	**	*	***

주: \*\*\*; 비교우위, \*\*; 중간수준, \*; 비교열세

## 2.5 연구사업의 목표 및 내용

황해종합연구기획은 국내 연구진의 연구 수요가 한·중 해양과학기술협력 등 국내외 요인으로 발생하는 국가적 수요를 충족시킬수 있도록 하는 연구계획을 제시하는 것이다. 따라서 본 기획사업의 최종목표는 **"황해의 지속적 개발 (sustainable development) 을 위하여 정책입안에 필요한 과학적 지식을 제공하기 위한 장기 연구계획의 수립"**에 두었다 (그림 2-2). 지속적 개발 또는 지속가능한 개발은 지금까지 상충되는 개념으로 인식되어 왔던 환경의 보호 (protection)와 개발 (development)을 환경친화적인 (environmentally sound) 기술을 개발하여 사용함으로써 두 개념이 조화를 이룰 수 있다는 최근의 주장을 수용한 것이다. 즉 개발과 보호를 동시에 추구할 수 있도록 이에 필요한 종합과학적 지식의 제공 수단으로서 황해에 대한 연구계획을 수립하고 수행하자는 논리이다.

연구계획의 수립을 위해서는 국제연구동향 및 국제연구계획을 중시하였는 바 그 이유는 이 연구계획의 수행을 통하여 우리나라의 해양연구능력을 조속히 국제수준으로 향상시키자는 목표와 해양에 대한 현재 세계적인 수요와 조류에 부합시켜 인류사회에도 공헌하는 부차적 목적을 달성하기 위함이다.

중국 및 북한과의 공동연구는 연구계획의 최종목표를 달성하기 위한 하나의 수단으로 보고 목적으로서 취급하지 않았다. 이것은 국제공동연구 부분이 전체 연구계획의 일부임을 의미하며 또한 국내 연구진에 의한 독자적인 연구사업이 필요함을 의미한다. 여하간 국제공동연구와 국내 연구간의 조화로운 조정이 필요하며 이것은 연구의 효율성 제고에 있어 매우 중요한 부분으로 작용하게 될 것이다.

지금까지의 해양연구는 연구사업의 규모가 작고 단기에 국한되어 실사구시적인 연구결과의 생산이 미흡하다는 지적을 받아 왔다. 따라서 이번 기획으로 수립될 연구계획은 대형, 장기연구가 되어야 할 필요성이 강조되고 있으며 이러한 연구계획을 수행하기 위해서는 연구기관 및 연구자 간의 협력이 원활히 이루어져서 중복연구를 피해야 하며 연구자에게 불필요한 노력을 경감시켜 주기 위해서는 별도의 협력/지원 시스템을 구축하여 지원해야 할 당위성이 높다. 따라서 연구계획의 수립에 있어 가장 중요하게 고려된 기본철학은 그림 2-2에 나타나 있는 바와 같이

- 해양연구능력의 선진화와
- 연구의 효율성 제고이다.

이와 같은 배경을 기본으로 하여 황해종합연구기획 사업의 내용은

1. 국내 연구 수행 능력 분석
2. 국제 연구 동향 파악
3. 후보과제 발굴
4. (중국, 북한) 국제공동연구 추진
5. 지원/협력 시스템 구축

의 다섯가지로 이루어져 있다. 앞의 두가지 내용은 이미 앞의 절에서 논의한 것으로 이와 별도로 국내연구수행능력 파악의 일환으로 한국해양연구소에서 '1994 한국해양연구기관관람'이 국제연구 동향파악의 일환으로서는 '미국의 해양과학 발전전략'이 출간되었다. 후보과제의 발굴에 대해서는 제 2부에서 그리고 국제공동연구 및 지원 협력 시스템의 구축에 대해서는 다음장에서 상세히 다루고 있다.

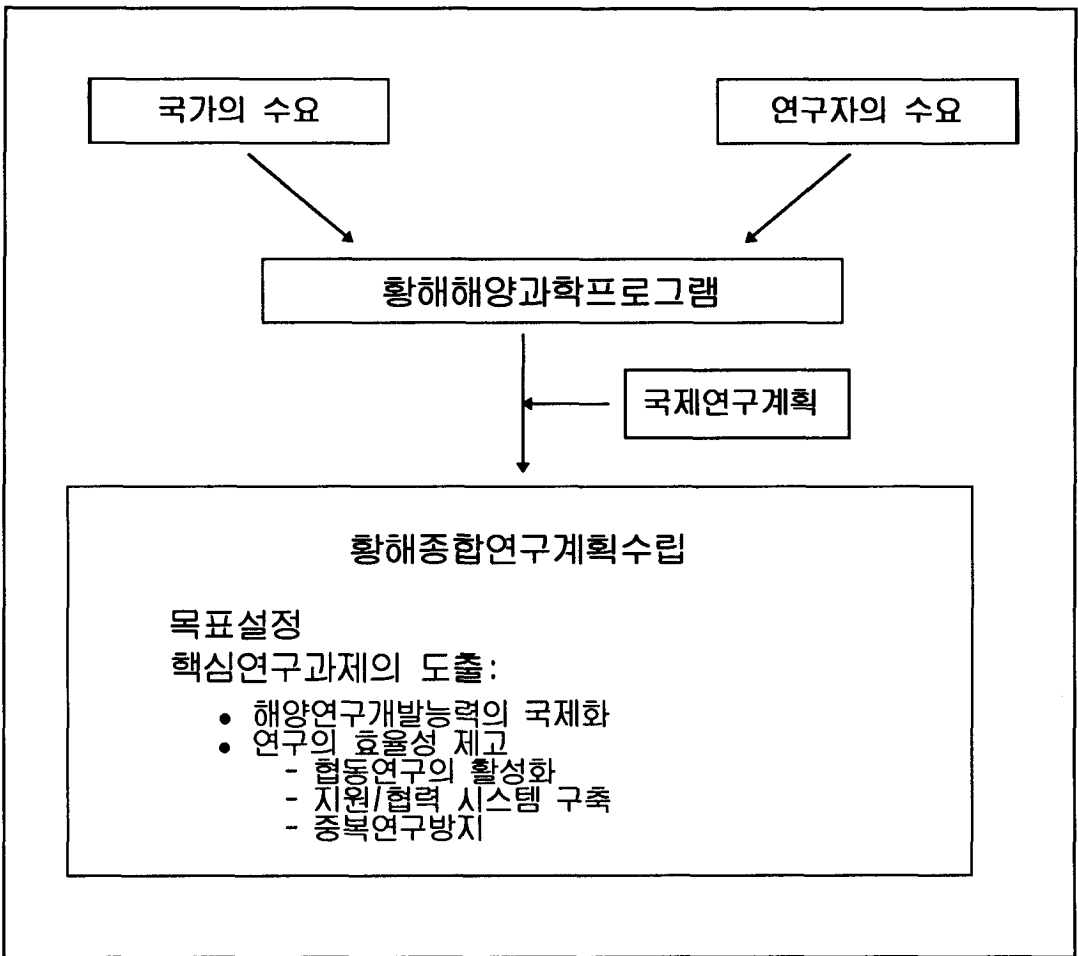


그림 2-2. 황해종합연구계획의 방향설정과 기본구상



## 황해 해양과학 프로그램의 체제

이 장은 황해종합연구계획으로 어떠한 연구주제들이 선별되고 강조되어야 하는가에 대한 과학적 배경과 근거를 제시함과 아울러 앞의 두 장에서 논의한 국가 및 연구자의 수요를 수용할 수 있는 함목적인 연구개발사업 체계의 구상을 주제로 다루고 있다. 연구계획에 있어서 가장 중요한 것은 세부사업 (또는 연구과제)의 도출이지만 실제로 사업을 수행함에 있어 여러가지 다른 요소가 매우 중요함은 이미 앞의 장에서 언급한 바 있다. 부연하자면 연구사업의 추진체계, 연구업적에 대한 평가 및 검토, 그리고 예산의 확보와 연구참여자에 대한 혜택 등은 반드시 고려되어야 할 사항으로 이 장에서 다루고자 한다.

### 3.1 연구내용의 과학적 배경

현재 황해 생태계에 대한 어획강도는 매우 높고 오염물질의 유입량도 매우 큰 편임에 비해 체계적으로 관리되고 있기에 지금과 같이 황해를 개발하고 관리한다면 후손에게 물려 주어야 할 유산에 필시 바람직하지 못한 변형을 초래 할 것이다. 미래에는 황해 시스템을 유지 또는 복원하기 위해 엄청난 경제적 투자가 필요할 것으로 보이며 특히 지구온난화의 영향으로 해수면이 상승한다면 그 부담은 더욱 커질 것이다. 지금이라도 환경 친화적이고 지속적인 황해 개발을 위한 장기적이고 지속가능한 개발정책을 마련하기 위해서는 조속한 시일내에 기후변화, 육상개발, 해수면 변화 등이 황해 시스템에 미치는 영향을 예측할 수준으로 이해할 수 있어야 한다.

황해 시스템 변화의 유형, 속도, 원인 등에 대한 자료는 획득 방법이나 분석 기술의 미흡, 황해를 둘러싼 정치적인 장애요소 등으로 해서 매우 불충분한 수준이다. 조만간 황해 시스템의 동적인 특성, 실태나 자연 및 인위적 변화 요인에 의한 퇴물림 작용에 대해 지금보다 훨씬 향상된 정보가 요구된다. 황해의 지속적인 개발을 위해서는 시스템의 변화에 대한 10년 규모 이상의 시뮬레이션 기술이 확보되어야 정책에 반영될 수 있다. 이를 위해서는 황해의 생태 과정, 물질 순환 과정, 식생-지형 변화과정 등에 대해 현재보다 한단계 높은 지식이 필요하며 연안역의 인구증가, 육상 개발과 연안역의 기능 변천 등을 예측할 수 있는 새로운 기술이 개발되어야 한다.

본 연구계획에 있어 중요하게 고려되어야 할 사항의 하나는 연구대상지역의 범위이다. 황해 남부의 지리적 경계에 대해서는 통상 연구자의 관심에 따라 한반도 남서단에서 중국의 양자강 하구를

있는 선을 사용하기도 하고 더욱 남쪽으로 확장하여 제주도 이서 해역을 포함하기도 한다. 그리고 황해와 한반도의 경계역에서 어느 정도 내륙까지를 연구대상으로 하느냐도 매우 중요한 사항이다. 황해종합연구의 연구대상지역의 범위를 규정하는 데에는 IGBP의 연구사업 LOICZ (Land Ocean Interactions in the Coastal Zone)의 실행계획서를 참고하였다.

LOICZ에서 연안역에 적용한 과학적 개념은 두가지로서

1) 연안역은 지구시스템의 일부로 지구 규모 생지화학적 순환에서 매우 중요한 곳이며 기후와 상호작용이 일어나는 지역이다. 연안역은 육지와 해양의 전이지역으로 물리적 에너지와 생물에 의한 생산력이 높으며 다량의 용존 또는 부유물질이 운반되어 변화되고 저장되는 곳이다. 연안환경은 해수, 담수, 얼음, 강수 및 증발, 육지와 대기에 의해 영향을 받으며 이 결과 자연적 또는 인위적 환경 변동에 매우 민감한 곳이다.

2) 연안역을 생물자원의 지속성 관점에서 보면 생물자원은 인간의 요구에 의해 매우 심하게 이용되고 있으며 기후와 해수면 변동에 의해 크게 영향받고 있다. 현재 전 인류의 50%가 해안에서 60km 이내에 거주하고 있으며 이는 50년대 전세계 인구수에 해당한다. 연안역은 식량, 광물의 주요한 공급원이며, 폐기물의 처리, 거주와 여흥의 공간으로서 그리고 수송에 중요한 장소이다. 육지와 해양의 경계는 가장 생산력이 높은 생태계로 어획량의 80-90%가 이곳에서 포획되고 산호초, 홍수림, 해안늪지 및 습지에도 귀중한 생물자원이 존재한다.

이와 같은 상황을 고려할때 평균수심이 44 m에 지나지 않는 대륙붕 위에 존재하는 황해의 전역에 대해 LOICZ의 연안역 개념을 적용할 수 있으며 황해시스템을 이해하기 위해서는 지리적 경계와는 무관하게 연구대상 해역을 대륙붕과 대륙사면의 경계해역 (남부) 까지로 확장할 필요가 있다. 한편 연구대상 지역의 내륙측 경계로는 황해에 직접적인 영향을 미칠 수 있는 내륙 10 km 또는 필요시 그 이상이 고려되어야 할 것이다.

연안역 과정의 규모: 연안역에서 일어나는 과정에 대한 직접 관측의 시간 규모는 대개 단기 (수일에서 수년)로 관측계획의 지속기간에 좌우되며 퇴적물로부터 간접 추정하는 경우에는 해상력이 100년 이상인 경우가 통상이다. 그런데 실제 연안역에 가장 큰 영향을 주는 과정들의 영향은 10년에서 100년 정도 규모로 진행되는 경우가 많다. 이러한 동역학적 과정의 사례로서 이상기상현상 (홍수, 태풍), 바람장의 변화, 해류 변화와 용승, 지진과 쓰나미, 해수면의 변동, 새로운 생물종의 전파나 질병의 확산에 따른 갑작스런 생물군집의 변화를 들만하다. 이에 반해 현재 쉽게 측정이 가능한 파랑, 조석 또는 계절적 폭풍은 대규모 교란을 일으키지 않거나 지속적이지 않으므로 생태계에 대해 심각한 영향을 주지 않는다. 간헐적으로 발생하는 극심한 상황에 의한 환경변화의 역사적 증거는 퇴적층에 대한 생물의 교란으로 인해 찾아내기 어렵다. 특히 이러한 사건의 영향이 연안선 방향으로 어느 정도까지 미치는지는 그 범위를 알아내기 매우 어려운 것 중의 하나이다.



**물의 순환에 의한 외압:** 황해와 같은 퇴적분지에서 하천의 흐름과 지하수의 교환을 결정하는 수문학적 특성과 하구 또는 대륙붕 역에서 바람, 조석, 부력 등에 의해 좌우되는 수리학적 특성은 이곳에서의 부유 또는 용존물질의 수송과 교환에 매우 중요한 역할을 한다. 토양 내에서의 화학작용과 물의 흐름은 하천에 의한 물질수송에 있어 가장 중요한 결정인자이다. 하구에서의 혼합과정은 물질의 화학적 변화를 일으키며 특히 염분의 기울기는 부유물질간의 응집에 직접 영향을 가한다. 하구에서의 혼합은 기초생산에 필요한 빛과 양분의 양을 결정하여 기초 생산량에 변화를 주고 이 결과로 미량기체의 방출량이 변화하며 해안에서 퇴적물의 퇴적 또는 유실을 결정한다. 이 밖에 여러가지 물리요인은 육지와 대기, 해수와 대기, 그리고 해수와 퇴적물의 경계면에서의 물질교환에 관여한다.

**생태계 구조와 기능:** 연안역이 서식하는 생물의 생산력은 매우 높아 대부분의 해산 어류와 양식 생물을 부양한다. 생물 다양성은 기능 (종의 그룹)과 구조 (생태군집)에 대해 모두 고려될 수 있으며 이 지표는 환경변화에 대한 생태계의 반응을 진단하는데 중요하다. 연안역의 생물상은 퇴적물 공급에도 중요한 역할을 담당하며 해수, 대기, 해양 퇴적물간의 생지화학적 순환 과정에 관여한다.

**퇴적물:** 하천은 대량의 부유물질을 육지로부터 바다로 공급한다. 과거에는 큰 하천만이 중요한 기여자로 고려되었으나 작은 하천의 기여 또한 무시할 정도는 아니다. 육지로부터 수송된 물질은 대부분 하구에 저장되며 현재와 같이 해수면이 상승된 시기에는 대륙사면을 통해 원양으로 흘러 나가는 양은 많지 않다. 퇴적물은 해안을 따라 상당한 거리를 이동하여 어느 곳에서는 퇴적되고 어느 곳에서는 유실되기도 한다. 퇴적물이 쌓이든 유실되건 이곳은 생물상은 퇴적물의 공급, 입자간의 응집력, 퇴적과 연안역의 침식과 풍화작용을 조절한다. 연안역 생태계의 행동을 예측하는 데에는 biogeomorphological 과정에 대한 이해가 핵심이 된다. 일반적으로 생물은 입자를 만들고 붙들어 두려는 성질을 지녀 해수에 의한 육지의 침식을 둔화시킨다.

**미량기체:** 연안역은 기후에 영향을 주는 미량기체의 커다란 공급원으로 이에 해당하는 원소로 탄소, 질소, 황이 있다. 예를 들어 연안해수는 육상기원 유기물의 산화를 통해 이산화탄소를 대기로 방출하는 반면 하구에서는 퇴적을 통해 이산화탄소를 제거하는 역할을 한다. 지구의 탄소순환을 모델화할 때 육상 생물계와 해양 생물계를 구분하여 독립적으로 취급하는 것은 생물에 의한 대기 중 이산화탄소 조절능력을 제대로 고려한 것이라 볼 수 없다. 황의 순환에 있어 해양 생물에 의한 dimethylsulfide (DMS)의 방출은 황을 바다로부터 육지로 되돌리는 역할을 하는 것으로 이 기작은 신상비와 구름의 형성에 관여한다. 연안역은  $N_2O$ 와 메탄 ( $CH_4$ )의 중요한 방출지로 지목되고 있다.

**연안역에서의 지구변화:** 해안역에 거주 하는 인구의 증가가 가속화됨에 따라 지난 수십년간 연안역에 대한 인간의 영향은 빠른 속도로 가중되고 있다. 연안환경은 또한 지구변화에 따라 직접 또는 간접적 영향 (기후와 해수면 변화) 을 받고 있다 (표 3-1). 그 결과로 연안 생태계의

다양성과 안정도가 변화되고 있으며 연안역 또한 기후, 지형 또는 인간에 필요한 자원의 가치 등을 변화시킴으로 해서 지구변화에 대해 되물림 작용을 하고 있다. 그러나 지구변화의 연안환경에 대한 장기적인 영향은 매우 불확실하며 이것이 연안역에 대한 연구의 필요성을 제기한다.

표 3-1. 연근해역 (육지-해양 경계면) 에서의 환경 변화의 본질

변화의 유형	영향력의 규모	환경복원에 걸리는시간
기후변동; 폭풍	소구역/지역	수주-수년
계절풍; 해류변화; 용승	지역	수개월
ENSO	지역	수년
물리적 교란 (연안구조물)	소구역/지역	수년-수십년
화학적 교란 (부영양화, 오염)	소구역/지역	수년-수십년
생물학적 교란 (생물자원 이용)	지역/지구규모	수년-수십년
대륙 규모의 육지나 하천 이용	지역/지구규모	수십년-수백년
해수면 상승	지구규모	수십년-수백년
지구기후 변화	지구규모	수십년-수백년

\*출처: Bardach, J. 1989. Global warming and the coastal zone. Some effects on sites and activities. *Climate Change*, 15:117-150.

**직접적인 영향:** 인간에 의한 가장 중요한 직접적인 영향은 농업, 산림파괴 또는 식목에 의한 대규모 육상 개발과 담수자원의 관리에 의한 것으로 이들은 육지로부터의 물질 유입에 큰 변화를 일으킨다. 그리고 해안역에서의 도시건설, 산업공단의 육성과 자원의 개발도 큰 영향을 준다. 육지로부터의 물, 유기물, 영양염류나 퇴적물의 유입에는 이미 큰 변화가 있어서 하구 생태계에도 커다란 변화가 일어나고 있다. 현재 수준의 물리적 교란 (댐건설, 준설, 해안 구조물 설치)과 화학적 교란 (부영양화, 유해 오염물질의 유입) 그리고 생물학적 교란 (어획)은 연안역의 지속적 개발을 불가능하게 하고 있으며 환경의 순화 적응력을 감소시키고 있다. 따라서 연안역 변화의 속도나 규모는 전세계적인 걱정거리의 하나이다.

**기후변화:** 기후 변화는 지구의 모든 구성 요소에 영향을 미친다. 해수순환과 용승의 변화 또는 고위도 빙상의 변화는 대양과 주변해간의 물질교환에 변화를 일으킨다. 강수나 기온의 변화는 육지의 침식과 풍화 과정을 변화시키며 하천이나 대기를 통한 물질의 이동을 변화시킨다. 반면 생물과정은 물질유입, 수온, 광조건의 변화에 (자외선 포함) 대해 반응하게 된다.

**해수면:** 지역의 해수면은 대양의 해수면 변화, 지역적 지각균형 (isostasy), 기후, 연안개발에 따른 지면 침하 등에 의해 변화된다. 이와 같은 대양의 해수면 상승 (1-2 mm/yr)과 인간 활동에 의한 것을 합하면 전세계 해안선은 최근 5천년간 어느 때보다도 빠르게 후퇴하고 있다. 예상대로

지구온난화가 진행되어 IPCC가 예측한 대로 연간 2-4 mm의 해수면 상승이 일어나면 이것은 매우 우려할 만한 사건이 될 것이다. 이렇게 되면 해안역의 생태계가 변화될 것으로 예상되며 이것은 해안선의 침식을 가속화하는 방향으로 작용할 것이다.

**변화와 되물림:** 현재 가장 불확실하게 이해되고 있는 것은 지구변화에 의해 물질유입량이 변화되고 생태계의 구조와 기능이 변천되었을때 나타날 되물림 작용의 방향과 크기이다. 지구규모에서는 세가지 유형의 되물림이 (biogeomorphological, biogeochemical, socio-economic) 가장 중요하다고 인식되고 있다 (그림 3-1). 각각의 경우 환경변화에 대한 생물의 반응이 연안역 생물자원의 이용, 보존 및 복구에 필요한 새로운 정책의 개발에 가장 중요한 요소가 된다.

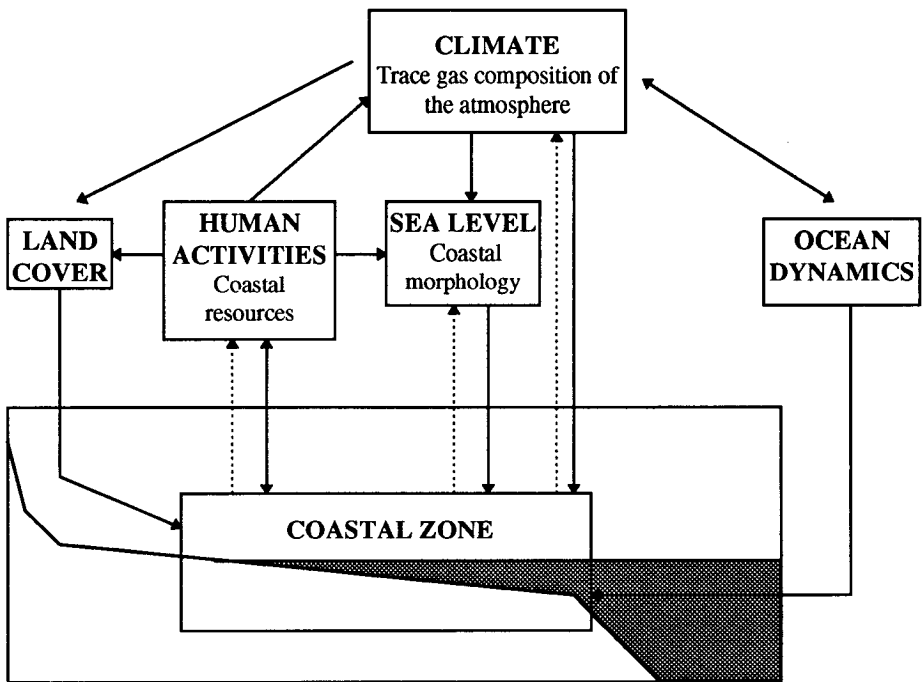


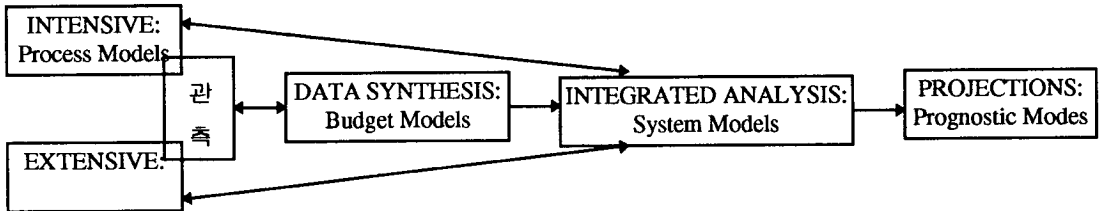
그림 3-1. 연안역과 지구 변화간의 상호작용 (실선은 환경의 외력; 점선은 연안역으로부터의 되물림); 출처 LOICZ Science Plan, IGBP Report 25, 1993

**황해의 지리적 특성:** 개별 연안역의 특성은 기후와 육지 및 대양으로부터 받는 영향에 따라 매우 상이하다. 따라서 전지구적 이해를 증진시키는데 기여하기 위해서는 환경에 미치는 외압, 시스템의 반응, 되물림 등에 대한 지역적 특성을 밝혀내야 한다. IGBP의 LOICZ는 연안역을 기후와 physiographic 요인 (대륙붕의 형태, 물질과 에너지의 유입), 그리고 변화를 일으키는

주위압에 근거하여, 1) 열대, 아열대 연안역, 2) 온대 연안역, 3) 극지, 아극지 연안역, 4) 삼각주, 5) 용승대로 구분하고 있으며 황해가 속한 온대역은 산업과 농업에 의한 오염이 진행된 수역으로 해안 개발의 강도가 높고 효율이 매우 높은 어업을 사용하는 곳으로 특징지우고 있다.

연구조사 사업간의 연계: 황해종합연구의 세부과제는 연안역의 동역학을 상세히 이해하고, 자연적 또는 인위적 변화 요인이 황해 시스템에 대해 어떠한 영향을 주게 될 것인가를 예측할 수 있도록 구성되어야 한다.

연안역의 동역학과 미래에 시스템의 반응에 대한 어떠한 연구이던 진단 모델 (prognostic model)의 개발로 귀결된다. 집중적 또는 포괄적인 관측 그리고 관련 데이터 베이스들은 수치모델을 구성하고, 초기화 시키며 검증하는데 필요하다. 관측과 모델 사이에는 적절한 자원 배분이 이루어져서 불필요한 투자를 피해야 한다. 예를 들어 연안역에서 일차원 모델은 매우 제한된 가치만을 지닌다. 반면 2차원, 3차원 모델의 개발에 있어서는 시간, 공간 규모를 신중하게 결정해야 한다. 황해에 대한 연구조사의 세부활동간의 연계는 아래의 흐름도 나타낸 바와 같다. 여기에서 핵심이 되는 것은 단계 별로 각기 다른 모델의 개발로서 이들이 총체적인 결합을 통해 환경변화를 예측하고 이러한 변화가 지형, 기후에 주는 영향과 사회에 미치는 의미를 찾아내는 것이다. 지리적 규모나 물리-생물간의 상호작용을 옹바로 고려한 진단 모델이어야 연안역 통합 관리정책을 구상하는데 필수적인 환경변화로부터의 되돌림을 추정할 수 있다. 그러나 장기에 걸친 관측자료가 있어야만 모델의 옳고 그름을 판단할 수 있음에 유의할 필요가 있다.



환경변화 진단을 위한 모델은 강력한 학제적 협력을 요구하며 다음사항에 대한 기본적인 이해가 있어야 개발이 가능하다:

- 수리·수문학적 과정
- 생태계 구조 및 기능
- 화학적 변환 특히 입자와 해수의 반응 결과

자료 분석과 해석을 위해서는 새로운 방법이 요구될지도 모른다. 이것은 환경변화의 효과를 사회경제적 가치로 환산해 보려 할 때도 마찬가지이기 쉽다. 환경변화에 따른 사회-경제부문 시나리오의 개발도 시도할 때가 되었으며, 미래에 연안역에서의 활동에 커다란 영향을 미칠만한 중요한 변화는, 예를 들면 해수면 상승, 그 변화의 단계 또는 규모에 따른 평가 방법을 미리

마련해 둘 필요가 있다. 황해종합연구의 세부과제는 연안시스템의 내재적 특성을 결정하는 기초물리학적 과정과 생태학적 과정에 대한 충실한 이해를 바탕으로 하여 실시되어야 한다. 그렇지 못한 경우라면 기본을 이해하기 위한 과제부터 수행되어야 할 것이다. 개별 연구를 통해 얻은 자료는 가능한 기존자료를 함께 활용할 수 있는 양식의 데이터 베이스로 구축되어야 하며 외부로부터의 자료 또는 미래의 자료와의 연계성도 감안하여 구상되어야 한다. 데이터 베이스 구축에 드는 자원은 물론 연구/조사 부문에 속하지는 않지만 그 역할은 핵심 연구과제에 못지 않게 중요하다.

**규모:** 연안역에서의 복잡한 상호작용과 심한 변동성은 이곳에 대한 지리적으로 대규모 또는 장기적인 모델의 개발에 큰 걸림돌로 작용한다. 따라서 현재로서는 중요한 몇가지 요인에 크게 의존한 모델의 개발에 국한 될 가능성이 높으며 모델의 예측이 환경보전 또는 연안개발 목적으로 사용될 경우 먼 곳에서 (수백 km) 또는 과거에 있었던 한두 요인의 변화가 현재 고려되고 있는 시스템에 대해 되돌림 영향, 특히 비선형관계에 있는 영향을 미칠 수 있음에 유의해야 한다. 연안역에서 일어나는 과정은 제각기 시간규모의 크기가 다르다. 그리고 시간규모가 다른 과정간의 상호작용은 이해하기 몹시 어렵다. 특히 인위적인 활동으로 빚어지는 영향의 시공간 규모는 자연적 요인에 의한 것보다 더 큰 경향이 있어서 연안역 관리 방안을 선택하는데 어려움을 가중시키고 있다.

**연안역 시스템의 구조와 기능:** 황해에 대한 생태연구는 반드시 학제적인 목표를 지녀 되돌림 작용을 포함시켜야 한다 (그림 3-1). 이러한 연유로 해서 현재 추진이 확실히 되고 있는 황해광역 생태계연구가 생태계에 대한 충실한 감시망을 구축한다 하더라도 생태연구는 황해종합연구에서 필수적이다. 황해연구계획의 생태연구는 다음 사항을 반드시 고려해야 한다.

- 특성이 다른 군집간의 관계설정; 이는 특히 천이지역, 예를 들면 조간대 개펄에서 중요함
- 기능이 다른 종의 군집간의 관계설정; 예를 들면, 저생생물과 유영생물간의 관계
- 생물자원의 어획, 물리 또는 화학적 교란의 결과로 생태계에 교란이 진행되는 과정, 부영양화 또는 오염에 의해 수반되는 생태계의 변화는 특히 관심 사항임

**자료의 합성과 분석:** 연안역의 특성과 동적인 성질을 일괄적으로 합성하기 위해서는 지역적 자료를 포용할 수 있는 사양의 범용 데이터 베이스가 필요하다. 자료의 질을 판단할 수 있는 방법과, 측정 또는 추정된 값의 불확실한 정도를 지시하는 방법의 개발도 요구된다. 측정 방법의 시간 및 공간규모가 상이한 자료간 (예, 현장자료와 원격탐사자료)의 합성을 위한 새로운 기법의 개발도 요청된다. 특성 변화의 기울기가 심한 곳에서는 위치에 대한 자료가 매우 중요하며 여기에 향후 개발 될 지리정보시스템 (GIS)의 활용이 기대된다. 이 부분에 대해서는 IGBP-DIS의 활동을 주목할 필요가 있다.

연안역에 대한 자료가 지역별로 수집될 경우 또는 원격탐사자료가 자주 쓰일 경우 누군가에 의해 범용 데이터 베이스의 구축 및 관리가 필요하며 아마도 이것은 황해종합연구의 총괄책임자가 맡아야 할 업무로 판단된다. 또한 이 업무는 과거의 자료에 대해서도 소급해서 적용해야 할 필요가 있다. 자료의 수집과 관리에 대한 사항은 다음 3년간은 황해광역생태계연구가 핵심

사업활동으로 추진하고 있으나 황해종합연구에서 보다 종합적이고 범용인 자료관리 시스템을 구축하도록 해야 할 것이다. 앞에서 언급한 범용 데이터 베이스는 다음 요소를 고려해야 할 것이다.

- 황해광역생태계의 특성을 규정짓는데 필수적인 물리, 화학, 생물 특성 (예를 들면, 조차, 해수면, 수온, 염분, 광도, 바람이나 조석에 의한 에너지 유입량 등)
- 지형구조와 여기에 결부된 주요 생물군집 (암석, 개펄, 모래사장 등)
- 물질 전송에 대한 자료: 예를 들어 물, 부유사, 유기탄소, 영양염 및 오염물질로서 육지, 대기 및 대양이 모두 고려되어야 함.

모델링: 연안역의 동역학은 물리, 화학, 생물학적 특성의 분포가 불균질하고 복잡하며 육지, 해양, 대기와의 상호작용도 그 규모가 크기 때문에 단순한 자료의 나열로서는 이해할 수 없다. 수치 모델링은 대규모 관측계획의 수립과 연안역 특성의 시공간 분포를 이해하고 예측하는데 필수적인 도구이다. 수많은 환경요인 가운데 상대적인 중요성이나 연구자가 검증하려는 가설에 따라 다양한 모델의 개발이 가능하다. 작은 규모의 세밀한 모델을 큰 규모 모델과 접합시키는 데는 각별한 주의가 필요하다.

황해에 대한 연구는 전세계적으로도 독특한 지형/생태에 대한 결과를 제시하게 될 것이다. 그러나 황해의 모델은 지구규모 국제환경연구가 지구규모를 대상으로 개발하고자 하는 모델이 추구하는 기후대별 연안환경변화, 해수면과 인구증가 시나리오에 대한 10년 규모의 예측을 위한 노력의 일부임은 마찬가지이다. 모델은 다음 사항을 고려하여 연구하는 것이 바람직하다.

- 모델은 적정규모의 시공간규모를 대상으로 개발되어야 하며 물리적 외압과 (기후, 수리요인, 수리 동역학, 지형변화과정 등) 생물의 대응, 상호작용 및 되물림이 현실적으로 고려되어야 한다.
- 시스템 모델링에 있어 시스템 내의 에너지 흐름, 생물 부양, 결과산물의 특성과 질에 대한 것은 가능한 포괄적으로 고려되어 환경변화의 의미가 가능한 넓은 분야에 걸쳐 평가되도록 한다.
- 물질의 이동 및 생태계에 대한 단순한 모델은 특정한 생지화학 과정과, 퇴적물의 응집 및 물질 흡착에 의한 생물, 화학적 영향을 진단하는 모델을 위해 개발되어야 한다.
- 관측에 근거를 두고 개발된 과정 모델을 시스템에 확대 적용하는 데는 두가지 어려움이 따른다. 첫째는 육지로부터 해양으로 전이하는 곳의 단위생태계가 과연 전 연안역에 대해 지리적인 확장 적용이 가능한가 하는 것이고 둘째는 극심한 이상기상현상이 (태풍, 홍수) 생태계 전반에 미치는 영향이다. 대규모 모델을 위해 소규모 환경 및 생태 정보를 확장시켜 이용하기 위해서는 새로운 기술의 개발이 필요하게 될 것이다.
- 연안역 개발을 위한 여러가지 안 가운데 하나를 선택함에 있어 각 안의 비용-이득을 분석한 모델이 이용될 경우 이 모델은 환경변화에 대한 생태계의 복원력과 회복 능력을 반드시 고려해야 한다.

- 연안역 모델의 결과는 장기환경관측과 연안역 퇴적물 연구를 통한 과거의 변화를 재현시켜 검증되어야 한다.

쓸만한 진단모델의 개발에는 어려움이 많이 따른다. 아직 신빙성이 높은 자료가 부족하며, 수리역학 모델과 대륙-해양 연계모델의 개발 및 운용에는 대형 컴퓨터가 필요하고, 대형 모델의 개발, 유지, 관리에는 전문인력이 있어야 하며, 복잡한 연안역 시스템의 구조에 대한 지식의 한계는 가까운 장래에는 매우 제한된 예보능력의 모델 밖에는 사용할 수 없게 될 전망이다. 많은 다른 종류의 모델간의 연결도 어려운 과제의 하나이다. 그러나 모델의 개발에 대한 노력은 선진국에서 많은 투자를 하고 있고 기존의 모델 가운데 환경 변화에 대한 것은 지역 네트워크, 연구자간의 친분, 국제환경연구 계획에의 참여 등을 통해 모형을 비교적 쉽게 구할 수 있다고 판단된다.

시나리오: 미래에 일어날 변화를 예측하는 데에는 외부압력에 대한 자료의 입력이 필요하다.

지구규모 시나리오에는 이산화탄소 농도, 기후변화, 해수면 상승, 자외선-B의 照射가 취급되고 있다. 이러한 시나리오는 황해연구 이외의 외부 연구에 근거를 (예를 들면 IPCC 시나리오) 두게 될 것이다. 그러나 지구규모 시나리오는 지역 연구를 통해 얻어 진 지역규모 진단모델로서 검증되어야 할 것이다.

황해에 대한 시나리오는 외부의 더 큰 규모의 정치적 대응을, 예를 들어 CFC의 규제, 고려해야 할 것이다. 따라서 지구규모의 시나리오를 완성하기 위해서는 지역규모 시나리오 간에 서로 연계되어 개발될 필요가 있으므로 국제연구동향을 파악하고 이에 맞추어 조정해야 할 필요가 있다. 지구환경문제는 크게는 인류의 생존, 작게는 일상생활이 걸린 문제이므로 사회·경제적 요소가 반드시 고려되어야 한다. 이러한 필요성에 의거 HDP의 전개에 대해 주목하여야 하고 IGBP의 START의 지역조직과 긴밀한 유대의 구축이 필요하다.

황해의 지속적인 개발을 위해서는 아래와 같은 5가지 유형의 연구 조사활동이 요구된다.

- 1) 과정 연구 (process study): 황해 시스템의 역학을 이해하기 위한 핵심적인 기초과학적 활동으로 환경 요인의 변화에 대해 황해가 어떻게 반응하는가를 이해하기 위해서는 제반 과정 (process)에 대한 규명과 관련 모델이 개발되어야 함.
- 2) 조사 및 탐사 (survey): 제반 과정이 환경 인자의 분포를 결정한다는 관계를 설정하기 위해, 그리고 생물과 광물자원을 개발하기 위해서는 조밀한 시공간 규모에 대한 많은 양의 관측자료가 수집되어야 함.
- 3) 환경감시 (environmental surveillance): 생태환경과 보건에 유해한 물질의 식별, 정량적인 측정, 이동상황을 파악하기 위해서는 이들 물질에 대한 정기적인 감시가 필요함.
- 4) 모델링 (modelling): 황해의 여러가지 환경인자 및 자원의 시공간적인 분포를 예측하기 위해서는 시뮬레이션과 진단 모델이 개발되어야 함.

- 5) 연안역 관리 (coastal zone management): 연안역의 지속적 개발을 위해서는 환경 친화적인 대형복합기술의 개발이 요구됨.

따라서 황해종합연구에 포함될 수 있는 과제의 내용은 매우 다양하다. 다음과 같은 과제를 예로서 제시할 만하다:

- 황해 시스템의 작동에 대한 과제 - 물질의 수송과 변화, 생태계의 구조와 기능, 이상 기상 현상이 생태계에 미치는 영향 등
- 환경 변화가 황해 시스템에 주는 영향 - Biogeomorphology, 생지화학 과정의 변화, 퇴적물 작용 등
- 모델의 개발 및 운용 - 환경 측면에서 황해의 역할, 기후변화에 따른 시나리오, 인구 증가와 경제사회적 활동, 황해 자원의 지속적 개발

### 3.2 황해 해양과학프로그램의 기본틀

황해에 대한 연구개발사업의 골격을 만들기 위해서 선진국의 과거 또는 진행중인 연구계획을 주로 참고하였다. 지역해에 대한 연구사업은 외국의 연구조사 사례에서 나타난 바와 같이 5년 이상 10년이 통상적인 연구기간으로 채택되고 있으며 연구계획을 단계로 나누는 경우 3년 내지 5년을 한 단계로 책정하고 있다. 과학기술처가 지원하는 연구개발사업은 3년을 연구기간으로 하는 경우가 대부분이므로 총연구기간을 10년으로하고 3-4년을 각 단계로 하여 10년 3단계의 장기연구계획으로 수립하는 것이 가장 바람직하다고 판단된다. 우리나라에서는 현재 선도기술사업이 10년 3단계 사업으로 추진되고 있다.

종합해양연구는 장기적인 대형사업의 성격을 띠는데 반해 연구의 결과가 선도기술개발사업 처럼 상용기술이 아니라 공공부문에 편중될 것으로 예상되기 때문에 황해종합연구계획을 국책연구 개발사업으로 추진함이 가장 타당하다고 여겨진다. 특히 정부간 합의 등 국가적 수요에 의해 필요한 연구사업이므로 국책연구개발사업의 취지에 잘 부합된다고 보인다. 따라서 황해를 대상으로 하는 새로운 연구사업의 명칭을 **“황해 해양과학 프로그램”**으로 그리고 영문명은 **‘Yellow Sea Marine Science Program’**을 제시하였다.

황해 해양과학 프로그램은 국제학술연맹(ICSU)의 주요연구계획인 IGBP와 마찬가지로 세계의 단위요소 (module)로 구성하는 안을 제시한다. 세계의 단위는 각각:

- 1) 연구사업
- 2) 지원/협력시스템
- 3) 연구능력제고이다.

연구사업은 물론 가장 중요하며 또한 가장 많은 재원이 투입되어야 하는 요소이다. 연구사업은 뒷절에서 논의한 바와 같이 한 중 국제공동연구와 국내의 핵심연구계획으로 구분하는 안을 제시하였다. 지원/협력시스템은 황해연구계획이 종합과학적이고, 국제공동연구를 포함한 방대하고



복잡한 성격을 띄고 있는 만큼 사업추진의 효율성 제고 측면에서 사회간접자본과 같은 역할을 담당하기 위해 반드시 필요한 요소이다. 연구능력의 확충은 모든 연구계획에서 중요하게 고려하고 있는 요소로 신진 고급두뇌의 양성, 기존 연구인력의 재충전을 위해 필요하며 국제공동연구사업에서 인력의 교류 및 교육의 활성화를 위해 필수불가결한 단위요소이다.

### 3.2.1 연구사업의 구성

황해에 대한 우리나라의 해양연구는 기존 연구사업과 새로 추진 될 황해 해양과학 프로그램의 2가지로 구분지을 수 있다. 그러나 여기서 황해 해양과학 프로그램은 황해에 대한 국가의 중추적인 연구계획으로 취급하여 새로이 기획된 연구 프로젝트는 핵심연구계획으로 기타 관련된 기존 및 수행 예정인 연구는 유관연구계획으로 구분지어 취급하였다. 유관연구계획은 현재 수행중인 과제들로 과거 이외의 정부 부처, 대학 및 국공립연구소에서 자체적으로 또는 기관의 고유업무로 행하는 황해에 관련된 연구 및 조사로서 대표적인 것으로는 선도기술개발사업의 해양환경보전분야 중과제와 새로이 추진되고 있는 황해광역생태계연구가 있다. 이들은 황해 해양과학 프로그램이 직접 지원하는 연구사업은 아니지만 상호보완 체제를 구축하여 유기적인 관계가 설정되도록 포함시킨 것이다 (3.2.2의 그림 3-2 참조). 핵심연구계획을 도출함에 있어 이들을 위시한 기존연구사업과 중복되지 않도록 하며 기존 사업의 수행에 지장을 주지 않도록 고려하였다.

핵심연구계획은 이번엔 기획된 연구프로젝트들로 일부는 중국과 합의를 거쳐 한·중국제공동연구로 추진 될 것이며 나머지는 중국과의 공동연구 형태가 아니라 국내 연구진에 의해 주도되며 연구재원도 우리측이 전담하도록 구상되었다. 핵심연구계획을 모두 한·중국제공동연구로 구상하지 않은 이유는 중국과의 협력연구를 전면적보다는 점증적 확대 (incremental approach) 전략하에 추진하기 위함이다. 이를 위해 우선 추진할 핵심연구계획은 상호호혜와 공동부담이 가능한 연구계획들로서 구성하였다. 이러한 단독 핵심 연구계획의 과제도 향후 중국측의 참여의지에 따라 한·중국제공동연구연구로서 이관될 것이고 향후 수요에 따라 새로운 연구계획이 마련될 것이다.

연구계획은 해양과학에 관련된 모든 학문 (해양학, 대기과학, 사회과학)이 참여하는 총체적 접근 (holistic approach) 방법에 의거 구상하였고 학문별 특성이 강조된 연구계획이 아니라 학제적 (interdisciplinary) 접근에 의한 문제해결 방식으로 구상하였다. 세부연구의 내용도 국책연구사업의 특성에 부합시키고 한편으로 장기적인 지원을 확보하기 위해 소규모 지역에서 단기간에 가시적 연구결과를 제시할 수 있는 주제도 중시되었다. 이와 같은 전략은 프로그램의 연속성 보장 및 향후 확대를 기도한 것으로서 연구의 내용은 점차 기초연구로부터 상용화 연구까지 전스펙트럼으로 확대될 것이며 결과에 따라 점차 규모도 확대될 전망이다.

한·중국제공동연구사업으로 추진 가능한 연구로는 상호호혜적인 것과 상호보완적인 것의 두가지 부류가 있다. 상호호혜적인 과제로는 첫째, 자료획득이 가장 중요한 요소인 과제로서 황해 전역에 걸친 접근을 필요로 하는 경우와 둘째, 우리나라와 중국이 힘을 합쳐 선진기술에 대응하는 경우가

있다. 전자에 해당하는 예로서 해양 및 기상관측과 생태계 모니터링이 대표적이고 후자에 해당하는 예로는 공해의 광물자원개발과 해양생물공학분야 연구가 대표적이다.

상호보완적인 과제는 협력 당사국간에 각각 경쟁력을 갖춘 기술의 교환이 일어나도록 구상한 과제로서 이러한 분야의 과제도출을 위해서는 협력상대국에 대한 면밀한 기술조사가 선행되어야 한다. 현재 이러한 경우의 과제로서 적절한 후보는 수산양식분야로서 우리나라는 어류양식에서 중국은 무척추 해양생물 (예, 새우) 양식에서 각각 국제경쟁력을 보유하고 있다.

국제협력에 있어서 중요하게 짚고 넘어가야 할 사항은 비록 국제협력이 황해라는 지역을 대상으로 시작될 예정이지만 실질적인 협력을 황해에 국한시켜야 할 필요는 없다는 점이다. 즉 중국과의 협력은 해양과학기술 전반에 걸친 것이 당연하며 이러한 협력사업이 황해 해양과학 프로그램으로 지원된다 하더라도 황해라는 지역적 제한은 불필요하다고 보인다. 이러한 맥락에서 한-중공동해양연구를 확대하기 위해서는 향후 자체적으로 프로젝트를 개발하여 확대시켜야 할 필요성이 제기된다. 그리고 중국을 위시해서 앞으로 북한 등과의 해양분야 국제협력이 활성화 될 경우 국제공동연구계획을 따로 분리시켜 핵심연구계획의 기획 및 예산지원을 차별화시키는 방안도 고려되어야 할 것이다.

### 3.2.2 프로젝트의 선정

황해 해양과학 프로그램을 구성하는 프로젝트의 주제는 전문가에 의해 수집된 과제수요 (부록 2, 참조)와 공개토론회에서의 검토의견을 반영하고 중국측이 수행하기를 희망하는 과제를 고려하여 선정하였다. 공개토론회에서 발표되었던 연구과제 묶음 (package)은 우선 과제의 수가 너무 많고 (17개; 부록2, 참조) 학문분야별 성향이 강하여 기초과학적 접근에 편중될 우려가 있고 학문간 연계가 미흡하다는 지적을 받았다. 이러한 과제 묶음만으로는 정부로부터 장기적인 대형투자를 확보하기 어려운 것이 사실이다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 프로젝트는 개별로 명확한 연구목표를 갖는 동시에 연구의 결과가 활용되기 쉽도록 주제 또는 해결해야 할 사안에 따라 선별된 세부연구과제들로 구성된 소수의 중규모급의 과제 묶음으로 도출하였다.

수요조사 방법에 의해 수집된 각 세부연구과제들의 분류 및 과제화에는 그림 2-2에서 나타난 바와 같이 IGBP와 WCAP와 같은 국제환경연구계획을 참고로 하였다. 한편 이와같은 과제도출은 다수의 세부연구과제 수행방식에 비해 연구사업의 관리면에도 편리한 점이 부각된다. 중국과의 해양과학기술 협력은 황해에만 국한시킬 필요는 없으므로 일단 모든 수요를 망라하여 협의를 하였다.

중국측이 가장 우선 투자하기를 희망하는 사업은 한-중공동해양과학협력센터의 설치로 이는 이미 양국 차관급 회의에서 합의된 내용이며 연구과제가 아니므로 논의에서 제외하기로 하고 중국측이 연구과제에 대해 우선순위에 따라 제시한 목록은 표 3-2와 같다. 중국의 국가해양국 제1연구소는 여러번에 걸쳐 중국측 희망과제 목록을 보내 황해기획연구진이 검토하였으며 표 3-2의 과제들은 최근의 합의분에 해당하는 것이다.

표 3-2. 중국이 한 중 공동연구로 추진하기 희망하는 과제의 우선순위별 목록

우선순위	과제명	중국측 주관 (협동)연구기관
1	황해의 해수순환 연구	FIO, (Academia Sinica)
2	황해의 퇴적역학 연구	FIO, MGRI
3	황해의 오염과 지속개발 방안	FIO (other institutes)
4	해양생명공학 연구	SOA
5	황해 광역해양생태계 연구	SOA
6	해양-대기 관측	SOA
7	황해 통합관리 연구	SOA
8	심해저 광물 탐사 및 개발	COMRA
9	한 중 공동 누유 감식 시스템 연구	Marine Environmental Monitoring Center

중국측의 추천과제에는 해저광물자원개발이 제외되어 있다. 광물자원은 중국의 경우 지질광산부의 소관으로 외청급인 국가해양국 (State Oceanic Administration)의 개입이 어려운 탓으로 풀이된다. 따라서 한 중정상회담에서 제외된 해양광물자원 공동개발을 위한 실질적인 협동을 위해서는 차후 과학기술처와 통상산업부 (구 상공자원부)가 함께 지질광산부와 협의하는 것이 순조로울 것으로 판단된다. 따라서 해저광물자원개발은 과학기술처가 지원하는 한 중공동연구프로젝트의 후보명단에서 일단 제외시켰다. 우리나라의 연구개발 능력면에서도 현재 한국자원연구소가 광물자원 탐사용 조사선의 건조를 추진 중이어서 조사선이 확보되는 2-3년 뒤에 실시하는 것도 효율적이라 판단된다.

우리나라 연구진의 수요 (표 2-2), 중국측의 수요, 그리고 우리 정부의 수요를 모두 종합한 황해에 대한 연구수요는 표 3-3에 정리하였다. 황해 해양과학 프로그램은 과학기술처가 지원하는 특정연구개발사업으로 추진될 예정인데 반해 수집된 모든 연구수요가 핵심기술개발을 주목표로 하는 과학기술처의 연구개발 성격에 부합하는 것은 아니다. 따라서 일부 수요는 타 부처의 소관임을 밝히기 위해 각 수요별로 주관부처를 제시하고자 하였다. 주관부처의 설정은 연구개발에 필요한 재원을 마련하는 책임을 누가 질 것인가 하는 문제와 직결된 사안이다. 이러한 문제는 우리나라의 해양관련 업무가 여러 부처에 나뉘어 있기 때문에 발생하는 것으로 (그림 2-1) 실제 각 부처는 고유업무에 대응하는 연구개발 능력을 갖춘 곳도 있고 그렇지 못한 곳도 있어서 주관부처를 제시하는 것은 난제의 하나이다. 그러므로 표 3-3의 주관부처는 황해기획연구진이 제안한 하나의 안에 불과함을 밝혀둔다.

표 3-3. 황해에 대한 연구 수요별 주관부처, 주기능으로 부여된 연구기관명 (대학)

연구수요	주요 활동	주관부처	연구기관	비고
해양종합조사	자료 획득	과기처	해양(연)	중국측 제의
해양오염	기술 개발	과기처	해양(연)	
	조사 및 감시	환경부	환경(연)	중국측 제의
생태계 보전	생태계 연구	과기처	해양(연)	중국측 제의
	생물다양성 보전	농수산부	?	
물질 균형 및 순환	해수순환구명	과기처	해양(연)	중국측 제의
	물질순환 및 경로 구명	과기처	해양(연)	
	대기-해양 상호작용 구명	과기처	기상(연), 해양(연)	중국측 제의
기상 및 대기환경	해황예보, 대기환경감시	과기처	기상(연)	중국측 제의
지질환경	퇴적역학, 고환경변화 재현	과기처	해양(연)	중국측 제의
수산자원 개발	어획, 증양식 기술개발	농수산부	수진원	중국측 제의
광물자원 개발	탐사기술개발	과기처	해양(연), 자원(연)	
	채광기술개발	통상산업부	자원(연)	
주권, 해양법	경계 획정	외무부	해양(연)	
연안역 관리	통합관리 방안 개발	건설교통부	해양(연)	중국측 제의

총 15가지의 연구수요 가운데 해양오염의 조사 및 감시, 광물자원 탐사 및 개발, 수산자원 개발의 5가지 수요는 과학기술처의 연구 지원 영역을 벗어나는 것으로 판단되어 프로젝트의 구상에서 일단 제외시켰다. 그러나 이것은 이 분야 연구가 중요하지 않다는 것을 의미하는 것은 아니다. 다만 해양오염의 조사 및 감시 (monitoring)는 환경부의 주요 업무의 하나이며 현재 선도기술개발사업으로 추진되고 있기 때문에 사업의 중복을 배제하기 위해 제외시켰다. 한편 오염감시는 국가적으로 매우 중요한 사안으로 효율적인 감시업무를 위한 요소기술의 개발은 과학기술처에서 지원하기로 하였다. 광물자원 개발의 경우는 앞에서 언급한 바와 같이 시간을 두어 추진해야 할 것이며 수산자원의 개발은 수산진흥원의 고유 업무로서 역시 중복을 피하기 위하여 대부분 제외시켰다. 이 분야도 마찬가지로 과학기술처가 필요성을 인정하는 경우 일부 과제에 대한 지원이 가능하다.

우리나라에서 수요가 인정된 연구과제도 일부는 중국측 수행 희망과제에서 빠져 있다 (표 3-3). 황해 해양과학프로그램은 중국과의 공동수행이 가능한 과제로서만 구성되어야 할 필요는 없으므로 중국측의 제안이 연구과제들의 중요성, 시급성을 감안한 우선순위 매김에 있어 우선적으로 고려되지는 않았다.

해양연구에 있어 가장 많은 연구자에게 공통적으로 활용되는 해양과 기상에 대한 자료는 가능한 한도내에서 하나의 프로젝트로 엮어 자료의 생산성을 극대화하도록 하였다. 이를 위한 프로젝트로서 해양-대기관측조사사업을 구상하였다. 여기에 포함시킨 관측방법으로는 황해 2-4개 정점관측소에서의 해황, 기상과 대기 성분에 대한 시계열 자료의 획득, 조사선에 의한 정기적인 종합 관측, 원격탐사가 있다. 그리고 이 사업의 연구의 성격으로는 온실효과기체의 연구, 원격탐사 기법, 역학적 측면에서의 해양과 대기의 상호작용을 포함시켰다. 이 프로젝트는 표 3-3의 연구수요 중에서 해양종합조사와 기상 및 대기환경의 두가지를 충족시킬 수 있도록 구상되었다. 이 프로젝트의 결과물로는 황해에 대한 종합 환경도가 작성될 것이다. 한편 황해상에서의 기상요소 측정은 즉시 효력을 나타내지는 않더라도 일정기간 자료가 축적되면 기상예보의 적중률을 높히는데 크게 기여하게 될 것이므로 모든 국민이 혜택을 받게 될 전망이다. 이러한 조사사업에는 중요한 오염 인자의 측정도 포함되어 있기 때문에 일차적인 오염현황조사를 충족시킬 수 있다. 중국과의 협력은 초창기에는 대기를 제외한 전분야에서 가능할 것으로 보이며 대기분야 협력이 어려운 까닭은 국가해양국에서는 기상을 다루고 있지 않기 때문이다.

황해에서 물질의 균형과 순환을 구명하는 것은 환경의 물리화학적 측면을 다루는 것으로 생태계 연구와 함께 간관격인 연구주제이다. 황해에 존재하는 물질을 대상으로 한 프로젝트는 WCRP와 IGBP의 연구계획 가운데 WOCE의 주제인 해수순환과 JGOFS의 주제인 물질순환을 주제로 다루는 것이 바람직하다고 보인다. 따라서 이 프로젝트는 황해분지 규모의 해수 및 해수에 포함된 주요 물질의 수치, 순환 및 경로 (pathway)의 구명에 대한 수요를 충족시키도록 구상되었다. 이를 위해서 물질균형 프로젝트가 구상되었으며 연구의 결과는 정량적인 수치와 모델로서 제시될 것이다. 주요 연구대상은 해수, 용존물질, 입자에 대하여 유입, 이동, 퇴적 및 화학적 변환이며 여기에는 물리, 화학, 생물, 지질분야의 연구진이 참여하게 될 것이다. 이 프로젝트는 전분야에 걸쳐 중국과의 협력이 가능하다. 이 연구에는 WOCE나 JGOFS에서 개발한 첨단 연구장비 및 기법이 활용될 것이다. 외국의 경우 해양오염을 연구 프로젝트 차원에서 다루는 경우가 흔치 않으며 그 이유는 오염물질의 과학적인 측면은 물질균형과 순환으로서 다루어지기 때문이다. 따라서 오염에 대한 해양학적 연구는 특정 화학물질의 순환에 대한 연구로 보는 것이 타당하다.

해양환경보전을 논의할 때 생태계 보전은 일반인도 쉽게 공감하는 중요한 주제이다. 이 연구의 목표는 황해 생태계의 지속적 이용에 필요한 지식을 제공하는 것으로 황해 생태 시스템의 작동과 인위적인 교란에 대한 반응, 그리고 최적 이용효율을 밝히는데 있다. 생태계의 시스템에 대한 총체적 접근은 최근의 과학기술의 발전에 힘입어 비로서 가능해진 것으로 국제학계는 전세계적으로 50개가 넘는 광역해양생태계 중에서 황해를 첫번째 시범적용해역으로 지목하였다. 세계은행의 IBRD 차관과 내자로 추진될 황해광역생태계 연구는 '95년도부터 3년간 수행 예정인 해양생태계 조사 및 감시를 목적으로 한 사업이다. 세계은행의 외자로는 자료생산에만 국한된 조사사업만 가능하고 연구는 지원되지 않는 것이 단점이다. 따라서 이 사업 기간중에도 생산되는 자료를 이용한 생태계 보전연구에 대한 지원이 필요하며 광역해양생태계연구의 후속으로 생태계 연구를 포함한 포괄적인

생태계연구 프로젝트가 필요하다. 1단계 ('95-97)에서는 황해광역생태계연구에 연구과제를 지원하는 형태로 사업을 수행하고 2단계부터는 국제연구계획인 GLOBEC 개념의 연구사업으로 변환시켜 향후 7년간 지속될 것이다. 이 프로젝트는 생태계 보전을 위한 두가지 수요, 생태계 연구와 생물다양성 보전을 충족시키게 된다. 연구의 대상은 기초생산자부터 어류에 이르는 전 해양생물 스펙트럼을 포함하며 1단계 연구사업의 목표산물은 생태계 모니터링 시스템의 구축이다. 이 연구에는 생태환경 인자를 감시하는 최첨단기술이 동원될 예정으로 이 연구기법은 황해의 오염 방지 및 저감에 필요한 모니터링 기술 개발을 촉진 지원하게 된다. 2단계부터는 기후변화와 생태계 변화 내지는 반응, 오염 등 인위적 교란에 대한 생태계의 반응과 같은 크고 중요한 주제를 다루게 될 것이다. 이 프로젝트는 전문가에 걸쳐 중국과의 협동연구가 가능하다.

황해는 세계에서 가장 발달된 천해 퇴적분지의 하나로 양자강, 황하, 한강과 같은 대형 하천이 담수와 토사를 공급하고 있다. 황해라는 이름도 황하와 양자강에서 비롯된 막대한 토사 때문에 유래된 것으로 토사의 유입과 퇴적은 환경변화에 따라 크게 변하는 특성을 지닌다. 우리나라와 북한의 대형간척사업과 댐의 건설, 특히 2000년대 양자강 수계에서 삼협댐 건설과 같은 미증유의 대형 개발은 황해 환경에 엄청난 변화를 초래할 것으로 예상되며 이와 더불어 지구온난화에 따른 해수면 상승까지 예견되고 있어서 황해분지의 환경변화는 시급히 연구해야 할 필요성이 높다. 반폐쇄성인 황해는 해안은 물론 육상에서의 인위적인 활동에 심각한 영향을 받기 때문에 과거에 있었던 환경변화를 밝혀내어 인위적인 변화의 크기와 방향을 알아내는 것이 급선무이다. 황해분지의 환경변화 프로젝트는 일차적인 목표를 황해의 과거환경변화 역사를 규명하는데 초점을 맞추어 제4기 빙하기 이후부터 해수면이 어떻게 변동하였으며 이러한 사건이 퇴적물에 남긴 기록을 판독하는 것이 주요 연구주제가 된다. 이 프로젝트는 IGBP의 PAGES 연구계획과 비슷한 맥락의 연구로 환경변화 구명에 대한 수요에 대응하는 연구사업이다. 연구결과는 황해분지 환경변화의 과거사, 퇴적물의 분포와 퇴적속도, 그리고 과거의 해안선의 형태 등이 될 것이다. 이 프로젝트의 전문가에 대해 중국과 협력연구가 가능하며 긴 퇴적물 주상시료의 채취를 위해서는 중국의 기술지원이 필요하다.

황해의 환경 오염은 아마도 황해 환경보전 측면에서 정부가 가장 큰 관심을 갖고 있는 사안이다. 이와 같은 수요는 이미 반영되어 선도기술개발사업의 중과제로서 해양오염의 저감과 방지를 목적으로 하는 연구사업이 수행중에 있다. 오염에 대처하기 위한 일차적인 활동은 황해 전역에 대한 환경오염 감시망의 구축으로 조사사업의 성격을 띄고 있으며 환경부가 이러한 사업을 주관하고 있기 때문에 환경 오염에 대한 수요에 대응하는 프로젝트로서 이번 기획에서는 3가지의 시범사업을 기획하였다. 환경오염을 줄이기 위한 현장에서의 시범사업은 요소기술의 개발과 함께 자주 시행되는 방법의 하나로 최근 국제환경기구에서 권장하고 있는 형태의 사업이다. 시범사업으로는 환경부담이 가장 크며 이미 오염이 진행된 경기만 일대와 명백한 환경 교란이 있는 두곳, 대규모 간척지구 (새만금 지역) 와 폐기물 투기가 행해지는 황해 중부역을 선정하였다. 이러한 내용의 프로젝트는 현행 연구사업에 추가시키거나 또는 독립적으로 수행하더라도 현재 진행중인 사업과 중복되지 않도록 구상하였다. 연구사업의 결과는 시범사업 선정지구에서의 환경 개선으로 나타날 것으로 사업을 통해 개발된 기술을

타 해역으로 전파시키는 것을 목표로 하고 있다. 이 프로젝트는 연구 대상이 국내 문제이므로 우리나라 연구진이 단독으로 수행하여야 할 것이다.

연안역에 대한 이용 수요는 이미 공급을 초과하고 있으며 이용방법의 경제적 가치는 시대에 따라 변화한다. 현재 상황으로는 환경의 보전이 비지속적 개발에 우선한다. 그러나 환경보호를 위해 무조건 개발이 억제되어서는 안되며 적정선에서 환경부담을 허용하며 개발이 이루어져야 한다. 연안역의 개발은 환경에 대한 부담과 경제적 이득간의 균형이 이루어지도록 평가되고 관리되어야 한다. 이러한 수요에 대응하기 위하여 구상된 프로젝트가 연안역 통합관리연구이다. 개발정책의 제시와 평가도구를 개발하는 것이 이 프로젝트의 목표이다. 이를 위해서는 연안역 이용실태 파악과 잠재 자원의 평가 등이 필요하고 지리정보시스템(GIS)에 입각한 정보관리가 연구대상이 된다. 환경오염을 줄이기 위해서는 오염원의 관리가 가장 효율적이며 이 방면에서 연안역 통합관리방안은 핵심적인 역할을 담당하게 된다. 이 연구의 주류를 이루는 사회과학적 연구활동은 자연과학과의 교류가 무엇보다도 중요하며 연구의 결과는 주요 개발정책에 대한 평가가 될 것이다. 황해의 관리는 연안 3국에 모두 책임이 있으므로 중국과의 협력은 필수적이다.

해양생물자원은 종래의 어획 위주의 전통적인 이용방법 외에 최근에 들어 미이용 생물자원의 개발에 대한 수요가 점차 증가하고 있다. 생명공학이라 통칭되는 새로운 생물자원 이용기술 개발은 21세기에 부가가치가 큰 미래형 산업을 창출시킬 대표적인 분야로 지목되고 있다. 선진국은 이미 기술보호 장벽을 높이고 있으며 이에 대한 지역 연합적 대응으로서 기획한 프로젝트가 해양생물공학 연구이다. 중국은 황해외에도 아열대 해역에 이르기까지 다양한 특성을 지닌 해양을 보유하고 있어서 중국과의 공동연구는 다양한 생물자원을 공동개발할 수 있는 기회를 부여받게 된다. 여기에 포함되는 연구는 해양생물을 대상으로 하면서 단기에 가시적인 결과를 제시할 수 있는 것이 주종을 이루게 될 것이다. 이 프로젝트는 산업체의 수요를 충족시킬 수 있는 유일한 것으로서 생물종 다양성 보전에도 크게 기여할 것으로 기대된다. 표 3-4는 지금까지 논의한 황해 해양과학 프로그램을 구성하는 프로젝트의 사업내용과 특성을 요약한 것으로 우선순위는 황해종합조사연구기획단의 심의결과를 반영한 것이다.

황해연구기획을 위해 개최된 공개토론회에서 발표된 16개 과제 묶음(부록 2, 참조)은 최종적으로 7개로 축약되었다. 7개 프로젝트 중 6개는 공공복지형이고 1개만 상용화가 가능한 연구로 전반적으로 기초과학 성향이 짙은 해양학의 특성을 반영하고 있으며 해양과학기술이 산업형 기술로 전환되기 까지는 아직도 상당기간에 걸친 기초과학 연구가 필요하다는 것을 나타내고 있다. 이밖에 중국과의 협력사업으로 심해저 광물자원개발과 남극 공동탐사는 황해와 직접 관련이 없으므로 황해 해양과학 프로그램에서는 더 이상 논의하지 않았다.

표 3-4. 황해 해양과학 프로그램을 구성하는 프로젝트의 사업내용과 기능

순위	프로젝트명	사업 내용	주기능
1	해양-대기 관측조사	해황, 기상 및 대기자료 수집	자료 제공, 관측기술개발
2	물질순환연구	해수 및 물질 순환 구명	물리적 시스템 이해
3	환경변화연구	고환경변화 구명	과거의 환경변화 이해
4	황해 통합관리연구	정책 및 경제성 평가 도구 개발	정책 평가, 사회경제적 측면 이해
5	황해생태계연구 <sup>1</sup>	생태계 과정연구 및 감시	생태 시스템 이해 및 보전
6	환경보전시범사업 <sup>2</sup>	현장 오염관리기술 개발	해양오염 저감 및 방지
7	해양생물공학연구	생명공학산업 기반기술 개발	해양생명공학 산업용 기술개발

1: 1단계 3년은 황해광역생태계 연구로 추진, 후속으로는 GLOBEC 개념의 연구과제가 필요함

2: 현행 선도기술개발사업의 보완차원에서 기획된 프로젝트임

황해종합조사연구기획단은 제안된 7개의 프로젝트를 심의하고 일차년도에는 우선순위에 따라 4개의 프로젝트를 수행하기로 결정하였다. (그림 3-2). '95년도에 한·중해양과학기술협력을 위한 위원회가 구성되고 5월에 중국의 청도에 해양과학협력연구센터가 설치되면 지금까지 진행된 협의의 결과로 볼 때 해양-대기관측조사 등 4개의 프로젝트는 한·중간 국제공동연구로 수행될 가능성이 매우 높다.

기획된 프로젝트중 추후 추진될 나머지 3개 프로젝트는 환경오염, 해양생태계 보전, 해양생명공학 기술개발을 주제로 하는 역시 중요한 연구내용으로 구성되어 있다. 이들이 일차년도의 수행사업에서 유보된 가장 큰 이유는 기존과제와 목표 및 기능면에서 일부 겹치므로 조정이 필요하기 때문이다. 이들 프로젝트는 한·중해양과학공동연구센터에 마련된 연구기금으로 파이롯 연구를 수행토록 하여 결과를 보아 점차 확대하는 방향으로 전개시키는 전략이 바람직하다. 생태계보전은 특히 빼놓을 수 없는 매우 중요한 연구주제로 세계은행이 지원하는 광역해양생태계연구가 종료되는 시점에서 기획되어 반드시 추가되어야 할 프로젝트이다.

한·중 협력과제는 제안된 7개 프로젝트 가운데 중국과 협의를 거쳐 선별 추진 될 것이며 이 경우 과제의 관리는 한·중해양과학기술협력센터의 운영위원회가 맡도록 구상하였다. 제안된 7개 프로젝트는 한·중협력의 비중이 큰 경우에는 한·중공동연구로 그렇지 않은 경우는 핵심연구로서 추진할 예정이다 (그림 3-3). 그리고 협력센터는 자체적으로도 연구조사에 필요한 예산이 일부 책정되어 있기 때문에 몇개의 단기성 소형 과제를 지원할 수 있는 능력도 확보하고 있다.



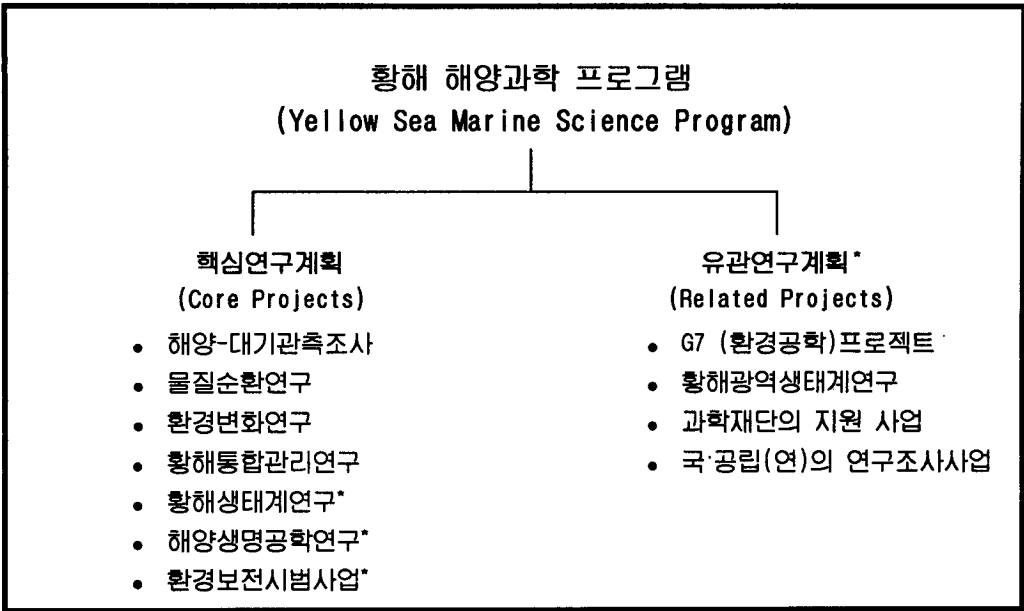


그림 3-2. 황해 해양과학 프로그램을 구성하는 프로젝트 (\* 표시 프로젝트는 일단계 연구로 지원하지 않음)

### 3.3 추진체계 및 추진절차

황해 해양과학 프로그램이 장기대형연구사업으로 추진되어야 할 필요성은 이미 앞의 절에서 강조한 바 있다. 이러한 사업의 관리는 목표지향적인 연구의 수행과 연구 효율성을 제고하기 위하여 현행 국책과제 관리체제를 수용하는 것이 바람직하다고 판단된다. 여러 해양유관부처로부터 연구의 소요재원을 확보하는 것이 이상적이나 현재 해양에 대한 연구개발의 주무부처가 과학기술처인 만큼 과기처의 지원으로 수행 가능한 체계로 구상하였다. 따라서 황해 해양과학 프로그램은 과학기술처의 특정연구개발사업 관리규정을 준수하는 범위에서 추진체제와 추진절차가 마련되었다.

#### 3.3.1 연구사업의 추진체제

프로그램의 추진체제는 현행 국책연구개발사업 추진방법을 모델로 하여 구성하였다 (그림 3-3). 이 프로그램은 단일 연구기관에 의해 주도되는 것이 아니고 우리나라의 모든 해양연구기관이 참여 가능하도록 공개되어 있기 때문에 프로그램의 원활한 관리를 위해서 외국의 대형연구사업의 경우와 같이 사무실을 두어 운영하도록 하였다. 직접 연구외에도 연구능력 제고와 지원/협력 시스템의 원활한 보조는 매우 중요한 사안으로 사무실은 일반적인 행정업무 외에도 이러한 분야의 업무를 관장하여 연구자로 하여금 행정적인 업무를 최소화 시키는 방안을 제시하였다. 특히 조사선 운항 일정의 수립 및 홍보는 연구조사의 효율을 향상시키는데 큰 몫을 차지하는 중요한 업무로 판단된다.

한·중해양과학기술협력각서에 의거 양국의 공동 출자로 '95년도 5월 중국의 청도에 한·중해양 과학공동연구센터가 설립되어 운영될 예정이다. 이 센터는 운영위원회를 두어 운영하며 이 기구는 공동연구 추진을 위한 최고위 의사결정기구의 역할을 담당하게 된다. 운영위원회는 양국이 동수로 위촉한 총 10명 이내의 위원으로 구성하기로 합의하였으며 우리측에서는 과학기술처 자원해양조정관, 한국해양연구소장, 황해해양과학프로그램의 총괄연구책임자를 당연직으로 하고 이밖에 1-2 명의 전문가를 추가로 위촉하여 10인 이내로 구성하게 된다. 양국은 자국내에 국가별 자문기구를 두게 되며 우리나라는 과학기술처 주도로 정부관계부처 관료와 전문가로 구성된 황해종합조사연구 기획단을 설치하여 운영하고 있다. 이 기획단은 우리측 연구의 수행에 대한 조정 및 자문역을 담당하게 된다.

총괄연구책임자는 황해 프로그램 전체에 대해 일괄협약하며 두 분류군의 연구계획 (한·중국제 공동연구 및 핵심연구계획)에 대한 총괄조정기능을 맡도록 하였다. 총괄연구책임자의 권한과 책임은 선도기술개발사업의 대과제 책임자와 동일하게 구성되었다. 다만 사무실을 두어 행정적인 보좌를 받도록 한 점이 다르다.

총괄연구책임자 옆에는 운영위원회와 연구기획조정소위원회를 두어 국제협력과 국내 프로젝트 추진을 총괄연구책임자와 함께 통합조정하도록 하였다. 각 프로젝트는 몇개의 세부과제로 구성되어 있으므로 프로젝트 책임자가 종합조정하도록 하였다. 실질적인 단위 프로젝트의 책임자는 선도기술개발사업의 중과제 책임자와 같이 핵심적인 역할을 담당하도록 하였다. 따라서 연구의 실체는 프로젝트 책임자가 되며 이들이 연구기획조정소위원회에 참여토록 하여 실제적인 연구협약의 조정이 이루어지도록 하였다. 한편 운영위원회는 과학기술정책관리연구소 (STEP1)의 국제협력센터와 업무협의를 거치도록 하였다.

이상에서 논의된 관리기구에 대한 부차적인 설명은 아래와 같다.

**황해종합조사연구기획단:** 과기처 연구개발조정실장을 단장으로 하고 각계 전문가와 관련 정부 부처 실무진 10여명을 기획위원으로 선임하여 구성된 협의체로서 황해연구의 중복방지, 산·학·연 협동연구의 활성화, 중국과의 연구협력 강화 등을 위한 종합적인 국가연구계획을 수립하기 위하여 필요에 따라 기획단장이 소집하여 운영

**관리기관:** 과기처장관이 특연사의 효율적 관리를 위하여 연구사업 계획서의 검토 및 조정, 연구사업의 협약, 사업결과의 평가, 연구비 정산업무 등을 위탁하여 관리토록 하는 기관

**연구기획조정소위원회:** 황해 해양과학프로그램의 운영과 관련하여 사업의 선정 및 조정, 추진사업의 실무협의, 연구조사 자료 및 정보의 교환, 기술적인 검토 및 평가를 위하여 프로젝트 책임자를 중심으로 구성 (총 10명 정도)

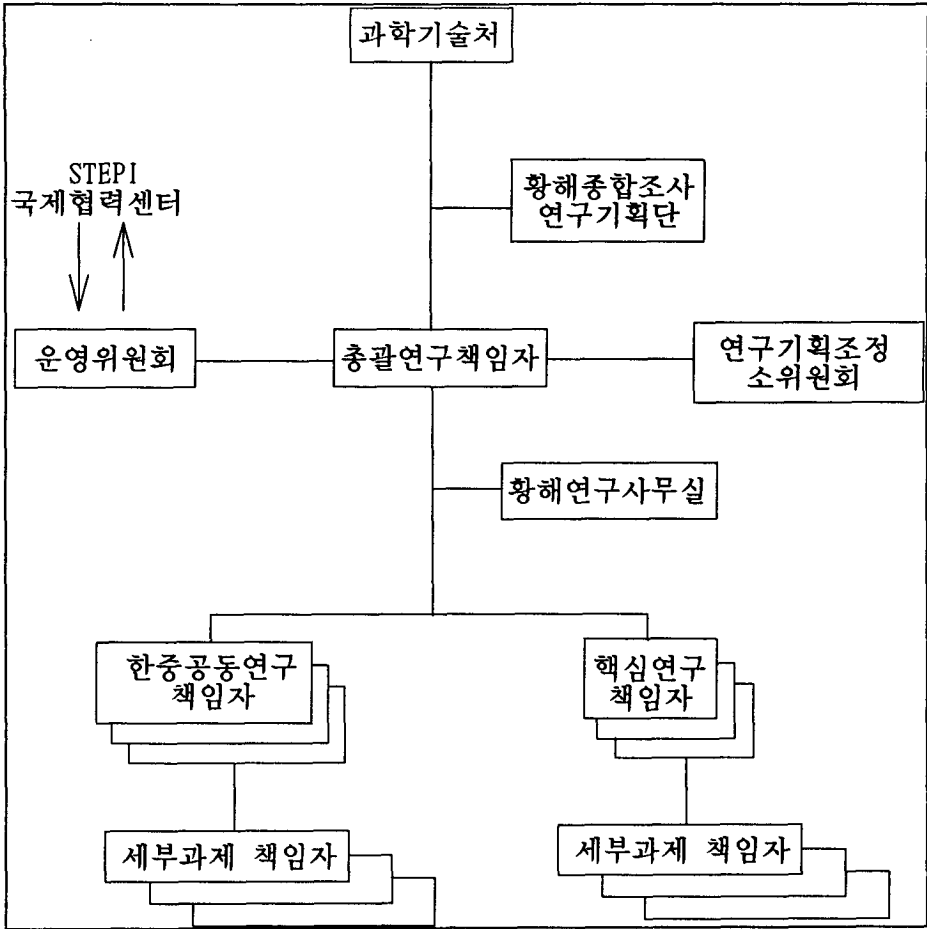


그림 3-3. 황해 해양과학 프로그램의 추진 체계표

**운영위원회:** 한 중해양과학기술협력을 주관하는 최고위 의사결정기구로 중국의 청도에 설치될 한 중해양과학공동연구센터의 운영과 국제협력과제의 추진을 담당하며 과기처 담당 국장, 한국해양연구소장, 총괄연구책임자 외에 1-2 명의 관련 전문가로 구성

**총괄주관기관:** 과기처 장관이 본사업의 효율적 수행 및 관리를 위하여 지정한 연구기관으로 총괄주관기관의 장은 다음 각호의 권한과 책임을 지님

- 1) 사업계획서의 종합 검토 및 조정
- 2) 과기처 장관 및 프로젝트 및 세부과제 주관기관의 장과 협약
- 3) 운영위원회 등 관련 위원회 구성, 운영
- 4) 본 연구사업에 대한 총괄 책임
- 5) 연구사업비의 관리

6) 연구사업결과의 평가 및 보고

7) 연구사업의 총괄수행을 위해 필요시 연구단 등 별도의 임시조직을 구성, 운영

프로젝트 주관기관 : 총괄 주관기관 및 세부과제 위탁기관과의 협약 체결, 해당 사업에 대한 수행 및 관리 책임, 연구비의 집행 및 관리, 연구결과의 활용 등에 대한 책임과 권한을 갖는 기관으로

- 1) 총괄주관기관 및 세부과제 주관기관과 협약 체결
- 2) 세부과제 사업계획서의 1차 검토 및 조정
- 3) 해당 연구 분야 과제 수행 및 관리에 대한 종합적인 책임
- 4) 기타 본 연구수행에 소요되는 연구인력, 시설 및 행정지원 등 필요한 사항을 제공함

황해 해양과학프로그램은 국가적 수요를 충족시키도록 기획되었으므로 국가적인 이익이 발생함은 물론이고 연구에 참여하는 연구자에게도 많은 혜택이 돌아가도록 구상되었다. 물론 가장 큰 이득은 최소의 경비로 최대의 과학적 성취를 달성하는 것이다. 이와같은 이득은 대형 연구계획의 일사분란한 추진체계에서 얻어내는 연구간의 협조와 조정에서 비롯된다. 각 프로젝트에 따라 얻을 수 있는 혜택은 차이가 나겠지만 일반적인 사항을 열거하면 다음과 같다.

- 황해종합연구계획은 기획을 통해 연구주제가 설정되어 있고 추진체계를 구비하고 있어서 연구계획의 작성이 용이함
- 연구자는 자신의 자료 외에 광역 또는 시기별 보조자료를 활용할 수 있어서 자료의 해석에 도움을 받고 연구의 결과를 강화시킬 수 있음
- 정보, 자료, 연구결과 및 새로운 아이디어의 유통이 촉진됨
- 연구자간에 표준화된 자료 획득 방법을 사용하게 되어 자료의 질의 유지, 상호보장이 가능하며 자료의 교환, 자료 합성 및 해석이 용이해짐
- 조사선을 위시한 고가분석 장비의 공동활용이 가능해지며, 이를 통해 첨단 분석기술이 확산이 촉진됨
- 연구조사로 획득되는 자료를 해양자료센터에서 관리하기 쉬운 형태로 표준화할 수 있어서 자료의 검색 및 유통이 용이해 짐
- 연구 시설 및 장비가 취약한 연구자의 참여가 가능해 짐
- 지구 또는 지역 규모 환경연구계획과 연계되어 있으므로 첨단 분석기법 등의 이전이 용이함

### 3.3.2 연구사업의 추진절차

황해 해양과학 프로그램에서 연구과제의 관리는 주관부처인 과학기술처의 특정연구개발사업 관리절차에 근거를 두어 마련하였다. 세부 절차는 국책연구개발사업과 거의 비슷한 방법으로 추진되도록 기획하였다 (그림 3-4). 황해 해양과학프로그램의 최종의사결정은 과학기술처가 담당하며 과제의 관리는 과학기술처가 관리기관에 위임하는 방안이 제시되었으며 현재 이러한 역할을 전담하는 기관은 과학기술정책관리연구소의 연구기획관리단이다. 연구사업은 기획을 거쳐 확정된 과제의 연구 주제에 맞추어 과제를 공모하고 평가를 거쳐 선정하도록 하였다. 연구사업은 연차별 평가를 거치도록 되어 있어서 과제가 계획대로 이행되지 못할 경우 되물림과리를 통해 사업계획서의 심의를 통한 조정과 수정이 가능하도록 하였다. 각종 평가 (선정, 중간 및 결과평가 및 활용도 조사) 양식과 방법은 과학기술처가 지원하는 특정연구개발사업의 규정을 따르게 되며 이에 대한 자세한 사항은 연구계획서 공모 서식 (AFP)에 상세히 수록할 예정이다.

한·중해양과학공동연구센터가 주관하는 프로젝트에 대한 관리는 이를 주관하는 운영위원회의 소관이므로 여기서는 다루지 않았으며 이러한 연구사업에 대해 굳이 우리측의 연구관리 방식을 적용해야 할 이유는 없다고 본다. 다만 우리나라측 운영위원회에서 공동연구 후보과제의 평가와 선정을 담당하는 것은 바람직하다고 여겨진다.

황해 해양과학 프로그램은 다수의 세부과제로 구성될 전망이므로 개별과제를 관리하게 되면 많은 시간과 노력이 필요하게 된다. 따라서 이 프로그램은 총괄연구책임자에 의한 일괄협약 형태를 취하도록 하고 각 프로젝트에 대한 관리는 총괄연구책임자와 총괄주관연구기관 그리고 이를 보조하는 2개의 위원회, 황해종합조사연구기획단이 일차적인 책임을 지는 것으로 하는 안이 제시되었다.

이 프로그램은 총괄주관기관은 물론 모든 과제가 국내 전문가의 참여가 보장된 공모 방식을 취하게 되며 이를 뒷받침하는 가장 중요한 배경은 협동연구의 활성화이다. 따라서 과제공모서에는 협동연구의 중요성이 강조될 예정이다. 협동연구가 세부과제 선에서 이루어져야 하는가에 대해서는 아직 이견이 있으며 아마도 이것은 과제의 성격과 연구참여 희망자의 연구수행 능력을 감안하여 탄력적으로 적용되어야 할 필요가 크다.

연구사업의 추진에 있어 각종 위원회의 설치나 3내지 4년을 단계로 두는 이유는 초기 기획에 대한 수요의 변동 등을 반영하기 위한 것으로 단계별 연구가 완료되는 시점에서 수정/보완 기획을 하기 위함이다. 한편 단계별 연구를 실시하면 목표 달성에 도움이 되며 신진 연구진의 참여가 보장되고 목표에 따라 연구진의 이합집산이 가능해지므로 유연한 연구조직의 체계를 갖추는데 도움이 된다. 연구조직의 유연성을 보강하기 위해서는 일본의 이화학연구소와 비슷한 아미바형 연구조직을 도입할 필요가 있으며 연구가 순조롭게 진행되는 경우 외국인 학자에게 일부 주제를 공모시켜 명실상부한 국제협력연구 실험의 장으로서 활용도 가능하다고 판단된다. 해양연구는 공공성이 강한 반면 산업적 응용이 어렵기 때문에 외국인 학자에게 공개하여도 큰 문제가 없는 연구주제가 많다.

추진절차	세부사항/수행기관	비고
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">기획</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구기획 총괄주관기관</li> </ul>	공개토론을 통한 수정 및 보완
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">과제도출 및 RFP작성</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구기획 총괄주관기관/황해종합조사연구기획단</li> </ul>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">공고 및 접수</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>과제 (일괄) 공고-과기처</li> <li>접수처: 관리기관</li> </ul>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">사업수행 기관선정</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구계획서에 의거 사업주관기관을</li> <li>황해종합조사연구기획단이 추천</li> <li>책임기관 최종 확정 (과기처)</li> <li>운영위원회 구성</li> </ul>	운영위원회 연구기획조정 소위원회
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">사업계획서 심의</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>운영위원회에서 분과별 심의/조정</li> </ul>	총괄 및 프로젝트 주관기관과 협의
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">협약체결 및 사업수행</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>협약체결: 과기처 또는 관리기관 ↔ 총괄주관기관 (이하 필요시) ↔ 프로젝트 주관기관 ↔ 세부과제 주관기관 ↔ 위탁개발기관</li> <li>사업수행</li> </ul>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">보고서 제출 및 평가</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>중간 및 최종보고서 평가 → 총괄 주관기관 취합검토 → 관리기관에 평가의뢰</li> </ul>	운영위원회가 세부 시행규칙 제정-특연사 처리규정에 따름

그림 3-4. 황해 해양과학 프로그램의 연구사업 추진절차

### 3.4 연구사업추진 일정 및 예산

황해 해양과학 프로그램은 10년 3단계로 기획하였으며 이것은 프로그램은 점증적 확대 전략에 맞추어 7개 프로젝트가 동시에 전면적으로 수행되기 보다는 시차를 두고 수행하는 방법을 채택하였다 (그림 3-2와 3-5). 별도의 국제공동연구 프로젝트로 추진되고 있는 경우 (황해광역생태계연구), 선도기술개발사업과 목적이 유사하며 동사업의 2단계 연구로 추진시키는 방안이 검토되는 경우 (환경보호시범사업), 그리고 소규모 단기성 연구로 구성되어 있는 경우 (해양생명공학연구)는 '96년도 이후부터 본사업에 착수하도록 기획하였다. 황해광역생태계연구는 '97년에 종료되는 사업으로 후속사업은 북서태평양환경보전기구 (PICES)에서 구상하고 있는 지역 생태계 연구나 국제생태연구 계획인 GLOBEC 맥락의 지역 해양생태계연구 프로젝트를 기획하여 추진할 예정이다.

프로젝트	연도	'95	'96	'97	'98	'99	2000	'01	'02	'03	'04
해양-대기관측조사											
물질순환연구											
환경변화연구											
황해통합관리연구											
해양생명공학연구			Pilot	Study							
환경보호시범사업											
황해생태계연구	LME	LME	LME								

그림 3-5. 황해 해양과학 프로그램의 프로젝트별 추진 일정표 (LME: 황해광역생태계연구로 3년 예정 사업임)

연구 프로그램이 실효를 거두기 위해 가장 중요한 관건이 되는 것이 적정규모 연구사업비의 안정적 확보이다. 독립적으로 보이는 7개의 프로젝트는 상호 깊숙히 연관되어 있으며 따라서 어느 한 프로젝트도 경시될 수 없다. 황해 해양과학 프로그램은 재정의 안정적 확보를 위해 재원의 다원화를 도모하였다. 황해생태계연구의 1단계는 세계은행의 차관과 국제환경기금에 의존하는 황해 광역생태계 연구로 추진되며, 환경보호시범사업은 선도기술개발사업의 종과제로 추진이 가능하도록 기획되었다. 해양-대기 관측조사사업은 전세계적으로 추진되고 있는 전지구 해양관측시스템 (Global Ocean Observing System)의 지역 프로젝트화를 도모하고, 환경변화연구도 IGBP의 PAGES (Past Global Changes) 프로젝트의 지역 프로젝트화를 통한 기술이전 및 능력제고에 연구비 경감을 꾀하고 있다. 7개 프로젝트의 수행을 위한 소요재원은 표 3-5에 정리하여 나타낸 바와 같다. 프로젝트별 세부 내용은 제2부의 각장에 언급되어 있다.

표 3-5. 황해 해양과학 프로그램의 연구사업별 소요자원 (단위: 백만원)

프로젝트	연도	1 단계			2 단계	3 단계	계
		'95	'96	'97	'98-2000	'01-'04	
해양-대기관측조사		480	615	725	1,000	1,200	4,020
물질순환연구		500	500	470	900	440	2,810
환경변화연구		130	160	460	2,040	1,050	3,840
황해통합관리연구		200	200	200	600	800	2,000
해양생명공학연구		-	100	100	900	1,200	2,300
환경보호시범사업		-	600	600	2,160	2,740	6,100
황해생태계연구		-	-	-	?	?	?
계		1,460	2,335	2,715	8,100	7,900	22,590

한편 대형 프로그램의 효율적 수행을 위해서는 한·중해양과학협력연구센터 운영을 비롯한 연구관리와 전문인력양성을 위한 능력제고에 별도의 재원이 필요하다. '95년도에 설치 및 운영 예산으로 4억원이 확보된 바 있으며 연구능력제고를 위해서는 선진국의 예로 볼 때 직접연구비의 10% 이내인 연간 1억원 규모를 투자하는 것이 바람직하다고 판단된다 (표 3-6).

표 3-6. 황해 해양과학 프로그램의 연도별 총소요연구재원 (단위: 백만원)

내역	연도	1 단계			2단계	3단계	계
		'95	'96	'97	'98-2000	2001-2004	
연구사업비		1,310	2,175	2,555	7,600	7,430	21,070
연구관리비*		50	60	60	200	250	620
연구능력제고*		100	100	100	300	300	900
<b>계</b>		<b>1,460</b>	<b>2,335</b>	<b>2,715</b>	<b>8,100</b>	<b>7,980</b>	<b>22,590</b>

\*: 연구의 관리와 연구능력제고를 위한 총괄연구책임자의 풀 (pool) 계정

### 3.5 조사선 공동활용방안

해양연구를 수행하는데 필요한 많은 조사장비중 가장 중요한것은 시료채취장비 및 측정장비를 바다 속에 넣었다가 회수하는데 필수적인 크레인, 윈치 그리고 wire 들을 갖춘 해양조사선이라 하겠다. 조사선은 바다에서 획득한 시료들을 처리하는 장비와 각종 정밀한 분석장비, 컴퓨터 등을 편리하게 이용하기 위한 공간인 실험실을 갖추고 있어야 하며 선원과 연구원들이 거친 파도위에서도 안락하게 활동할 수 있도록 좋은 선내 환경과 뛰어난 선체 운동성능을 갖추고 있어야 한다.

이제는 우리나라도 해양연구의 중요성을 인식하고 해양에 관련된 각기관이 필요한 해양조사선을 각각 확보하고 있어 연구 프로그램에 따라 관심있는 해역에서 조사활동을 수행하여 얻은 자료를 이용하여 보고서 또는 논문으로 그 결과를 기관별로 활발히 발표하고 있다. 그러나 대학교, 연구소, 수로국, 수산진흥원등의 각기관이 소유한 해양조사선은 국가에서 받은 예산을 이용하여 각기관의 수요에 따라 자체 연구활동에만 사용되어 효율적으로 활용되지 못하고 있는 실정이다. 또한 기관마다 독자적으로 필요한 기능에 맞추어 조사선을 건조하고 운영하는 경향이 나타나고 있다. 체계적인 국가적 계획없이 효율적인 조사선의 공동활용을 염두에 두지 않은 채 독자적으로 조사선을 건조하고 고가의 장비를 조사선마다 중복 설치하여 국가예산이 낭비되는 듯하다.

앞으로 계속해서 각기관 마다 필요한 해양조사선을 보유코자 한다면 유사한 기능의 조사선 건조 및 장비설치 그리고 저조한 운영 실적으로 인한 과도한 조사선의 운영경비의 지출로 인해 국가예산의 낭비뿐만 아니라 효과적인 해양연구 및 해양자료 관리에도 어려움이 예상된다. 따라서 국가 차원에서



해양조사선의 건조에서부터 장비설치, 운영, 사용, 자료이용까지 체계적으로 계획하고 활용하여 국가예산을 절감하고 연구효과를 극대화해야 할 필요성이 높다.

여러기관이 협력하여 체계적인 해양조사를 계획하고 있는 황해연구사업을 필두로 해양조사선의 활용 효율성을 조금이라도 향상시킬 수 있는 공동활용 방안을 찾을 수 있다면 앞으로 해양연구 능력의 제고에 큰 전기를 마련할 수 있다고 생각한다. 새 방안을 제시하기에 앞서 해양조사선의 기능을 살펴 보고, 현재 각기관이 보유하고 있는 해양조사선들 가운데 공동활용이 가능한 조사선에 대해 알아본 연후 선진 외국의 해양조사선 운영방법과 비교 검토를 통해 실행가능한 조사선 공동활용방안을 제시하고자 한다.

### 3.5.1 조사선의 기능

해양에서 연구조사를 수행하는 것은 육상에 비해 대단히 불편하기 때문에 과학자들은 전용 해양조사선을 이용하여 해수, 퇴적물, 식물군, 동물군의 시료를 채취해야 하고 각종 장비를 수중에 내려 자료를 획득해야 할 뿐만 아니라 해저나 수중에 독립적으로 설치하여 작동되는 장비나 실험실을 이용하여 지속적으로 해양을 연구하고 있다. 해양을 연구하는 장비들은 부식력이 강한 해양환경과 깊은 수심에서의 높은 수압 등을 견디며 작동해야 한다. 어떤 조사장비들은 바람 불고 파도 치는 해양조사선 갑판 위에서 원치와 크레인을 사용하여 다루어야 할 만큼 크고 무겁지만 그 기능은 대단히 정교하다. 해양조사선에서 수행해야 하는 조사기능과 설치되어있는 장비를 간추려보면 아래와 같다.

**동물 및 식물 채집:** 채집용 망은 다양한 크기로 되어있고 1m 정도의 작은 망은 해수면에서 간단히 끌 수 있으나 큰 철구조로 된 복잡한 개폐식 채집용 망은 20개 정도의 많은 망으로 되어 있으며 원격 신호를 통해서 연속적으로 수온, 수심, 염분 및 기타 해수의 특성을 측정하는 환경센서를 부착하고 있어 작동이 용이하지 않다. 이러한 큰 채집용 망은 한번 사용하는데 오랜 시간이 걸린다. 시료가 조사선 위로 올라온 후 어떤 것은 즉시 실험실에서 현미경으로 관찰되고 채취된 동물들은 오염물질에의 노출여부 및 무엇을 먹고 사는지 알기 위해서 해부도 하고 분석도 한다. 그리고 나머지 시료들은 나중에 육상의 실험실에서 보다 정밀한 연구를 위해 특별히 보관되고 필요한 것은 사진으로 촬영된다. 젤라틴 성분의 동물플랑크톤 같은 것은 손상되기 쉽기 때문에 유리병에 채집되며 조사선의 수조에서 다루거나 보존하기 어려운 경우에는 잠수부나 잠수정을 활용하여 조사하는 새로운 기술이 개발되고 있다. 해저 트롤, 드레지, 코어링 등의 장비가 조사선에서 퇴적층 및 암석 위에서 살고 있는 동물들을 채집하는데 사용된다. 해저에 소독된 퇴적판을 설치하여 군락 형성율과 동물 분포도를 연구하는 기술도 이미 개발되었다.

**해수채집:** 해수채집기는 조사선의 선측에서 작은 물통을 이용하여 해수를 채집하는 것에서부터 와이어를 이용하여 큰 물통을 수천미터 수심의 해저면까지 내려보내 많은 양의 해수를 수심별로 채집하는 것에 이르기까지 다양하다. 그 중에서도 가장 일반적으로 사용되는 해수채집기는 CTD/이다. Rosette은 1.2리터에서 30리터 용량까지 다양한 용량의 채집기를 12개에서 35개까지 달 수 있다. 이 채집기는 해수 속으로 자중에 의해 내려가면서 채집기의 뚜껑을 컴퓨터의 신호에 따라

선택적으로 달을 수 있도록 되어 있으며 CTD 센서에서 측정된 수심과 채집기 개폐 여부를 실험실의 컴퓨터에 알려 주는 장비이다. 표준 CTD를 사용하여 한 지점을 관측하는데 수심에 따라 차이가 있지만 2시간에서 5시간 정도 소요된다. 지금도 관측시간의 단축을 위해 계속해서 새로운 방법이 개발되고 있다.

**PROFILER:** Profiler는 CTD와 같이 한 지점에서 수직 방향으로 연속적으로 측정된 자료를 연결된 컴퓨터의 모니터에 수심별 단면으로 표시되도록 하는 장비들이다. 통상 쓰이는 다른 profiler로는 XBT (Expandable Bathy Thermograph)가 있으며 그 기능은 온도 센서를 조사선 실험실에 설치된 모니터에 연결된 구리 와이어와 함께 물속에 떨어뜨려 자중에 의해 물속에서 가강하면서 온도와 수심을 연속적으로 측정하여 그 자료가 컴퓨터 모니터에 수심별 단면으로 나타나게 하는 것이다. XBT의 측정범위는 300미터에서 2,000미터 정도이다. 조사선에서 사용하는 또 다른 profiler는 조사선에서 해저 바닥까지 자유낙하시킨 뒤 중량을 조절하여 표면으로 부상하는 과정에서 수중음향 전달속도와 미세와류를 측정하는 장비 등이 있다.

**부유체(FLOATS)와 표류체(DRIFTERS):** 부유체는 일정 수심에서 중성 부력 상태로 해류에 따라 떠다니면서 정기적으로 음향신호를 보내면 계류된 음향수신기가 그 신호를 수신하므로써 장기간 부유체의 움직임을 추적하여 해류를 관측하게 도와 준다. 각 부유체들의 움직인 궤도는 해수가 수평적으로 어떻게 흘러갔는지를 보여주며 여러 그룹의 부유체들의 궤도는 해수가 와류에 의해서 어떻게 섞이는 지를 보여준다. 이 자료는 해류와 오염물질이 해양에서 어떻게 이동하는지를 이해하는데 대단히 많이 이용된다. 최근에는 정반대로 음향 발신장치가 계류되고 부유체를 음향수신기로 사용하여 인공위성을 통해 육상에서 약 2년 동안 자료를 받은 예도 있다. 또 다른 방법으로는 부유체가 2달 동안 수중에서 떠다니면서 자료를 모은 후 수면으로 올라 와 인공위성으로 자료를 송신하고 다시 수중으로 내려가 2달 동안 자료를 모으는 것도 있다. 이 부유체는 최장 5년 동안 계속해서 위와 같은 자료측정 및 송신할 수 있다. 해류의 연구를 위해 사용되는 부표를 단 수면 표류체는 위성을 통해 위치와 자료를 주기적으로 보낸다. 떠다니는 퇴적물판은 표층 해수에서의 퇴적현상연구를 위해 사용되며 플랑크톤 분포에 대한 장기간의 자료를 모으기 위한 음향반사 장치가 표류 부이에 설치된다.

**계류(MOORING):** 바다에서 시료를 채취하거나 자료를 얻기 위해 몇달 또는 몇년씩 장비를 계류시킬 수 있다. 계류를 위한 앵커들이 장비회수를 위한 음향 이탈기가 붙은 고정용 와이어에 연결되어 있다. 수중에 설치된 발라스트 부이는 연결 와이어를 수중에서 바로 서게하며 이탈시 수면으로 장비가 올라오게 한다. 회전자, 전기장, 음향 및 자기장 기술을 응용한 해류계와 해류의 방향과 세기를 수직 방향으로 연속적으로 측정하는 도플러 방식의 음향해류 측정장치는 종종 계류시켜 사용된다. 해양에서 물질의 수직 이동을 이해하고자 할 때 몇달 동안 수직으로 가라앉는 미립자들의 시료를 모으기 위하여 여러 수심별로 침전판 (sediment trap)을 계류시킨다. 해저계류방식은 착생 초기의 해저동물을 채집하기 위해서 해저바닥 위에 침전판(settling plate)을 걸어 두는 데도 사용한다.

음향: 그동안 해류계는 일정 시간동안 수중에 두었다가 자료를 기록한 후 회수하는 계류방식을 사용했으나 최근에는 ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler)라는 장비가 개발되어 조사선이 항해 중에도 해류를 측정할 수 있다. ADCP는 조사선에서 방사되어 되돌아오는 음향신호를 도플러 이론에 의하여 분석하여 조사선과의 상대적 해류 세기 및 방향을 수직 분포도를 통해 보여준다. 정밀한 최신 항해장비는 ADCP 자료에서 조사선의 속도와 방향을 고려하여 해류세기 및 방향의 절대값을 알려준다. 또한 음향 Doppler 기술과 음향반사기술은 음향신호를 반사시키는 동물군의 양을 측정할 수 있도록 한다. 최근에는 낮은 주파수의 음향이 수중에서 먼 거리까지도 도달하여 원하는 내용을 측정할 수 있다는 사실을 해양조사에 이용하게 되었다. 복잡한 자료처리를 통해 수온, 밀도, 해류가 음향전달 속도에 미치는 효과를 알아낼 수 있다. 음향 단층촬영기술 (Acoustic Tomography)은 수온에 따라 수중에서의 소리 전달속도가 변하는 특성을 이용하여 (더울수록 빨라짐) 해양의 긴 단면에 걸친 수온 분포도를 작성하는데 적용되었다. 또한 음향은 해저면과 해저면 내부의 지구물리탐사에도 사용된다. Sidescan sonar는 수 킬로미터 폭으로 해저면과 바위돌출부의 profile을 제공해준다. 최근에는 이중 주파수의 sidescan sonar가 개발되어 돌출된 바위의 형태를 알려주기까지 한다. 다중탄성파 탐사장비 (Multi-Channel Seismic Profiler)는 수중에서 방사된 고에너지의 가진 음향의 속도와 방향이 해저면을 통과하는 동안 지층의 밀도, 탄성도, flow 특성에 따라 반사되고 굴절되므로 수신된 음향을 분석하면 수 킬로미터에 걸친 지층 단면의 영상을 얻게 된다. 대형 조사선에 주로 설치된 다중빔 수심 측정장치 (Multibeam Bathymetric System)는 일반적으로 조사선 선체 하부에 음향발사장치와 수신장치를 부착하고 있어 음향발사장치에서 연속적으로 음파를 60°, 90°, 120° 쪽으로 발사하고 음향수신장치는 해저면에서 반사되어 돌아오는 음파를 수신하여 조사선 실험 실내의 자료처리장치를 거쳐 등고선식 해저지형도를 그려낸다. 음향장치는 과학어군 탐지기과 같이 수중 동물의 양, 크기, 수량등을 원격적으로 조사할 수 있도록 도와 준다. 음향장치를 pumping 장치와 함께 작동시키면 해수의 물리적, 화학적, 광학적 특성을 알 수 있을뿐만 아니라 생물시료를 얻는 데도 이용할 수 있다.

인공위성: 해양장비는 아니지만 인공위성은 현대 해양연구에 대단히 중요한 역할을 하고 있다. 바다의 조사장비로부터 조사선까지 또는 육지의 어느 지점까지 자료를 전송하는데 인공위성의 사용이 점차 증가되고 있다. 즉, 실시간에 자료를 받는 것은 현장에서 장비의 작동여부를 확인할 수 있게 하고 실험을 계속 수행할지 여부를 결정하게 하며 자료를 빨리 다른 곳으로 전송할 수 있게한다. 인공위성을 이용한 왕복교신은 장비의 원격조정을 가능케 한다. 또한 해양에서의 실험을 수행하는데 필요한 인공위성 자료의 수신은 비싼 선박 사용시간을 절약하는데 기여한다. 생물 생산성을 연구하는 생물학자는 인공위성에 탑재한 "ocean color scanner"가 제공하는 정보로부터 반사된 빛의 양을 측정하여 식물성 플랑크톤의 생산력의 지표가 되는 엽록소양을 추정할 수 있다. 해류 흐름을 결정하는 해수면 경사도를 측정하는 해수면 고도계 (altimeters)와 해류, 와류 그리고 다른 해양순환의 특징을 알 수 있는 적외선 센서(infrared sensors) 등 인공위성에 탑재하는 해양조사 장비들도 해양순환을 연구하는 과학자들에게 대단히 유용하게 활용된다.

해저면 시료채취 (SEAFLOOR SAMPLING): 해저면에 있는 암석 시료들은 스틸박스과 체인으로 되어 있는 dredge를 끌어서 채취할 수 있다. 더 정밀한 시료채취는 암석 시료가 있었던 지역을 자세히

관찰하기 위하여 TV가 설치된 무인 잠수정이나 로봇 팔이 달려있는 유인 잠수정을 이용하여 사진을 찍거나 필요한 시료를 눈으로 확인하며 채취할 수 있다. 또한 파이프 모양의 piston corer를 해저면에 떨어뜨려 수백만년동안 퇴적된 퇴적물 시료를 한꺼번에 얻을 수 있다. 해저면과 해수의 경계면에 관심이 있는 경우에는 퇴적층 상부를 거의 교란시키지 않으며 6m 깊이로 core를 채취할 수 있는 "gravity corer"도 있다.

기상센서 (METEOROLOGICAL SENSORS): 해양과 대기간에 상호교환되는 물과 열은 지구기상을 연구하는데 주요한 관심사가 되고 있다. WOCE (World Ocean Circulation Experiment)와 같이 공동영역에 대한 여러 해양 관련 연구소간의 공동연구는 보다 정밀한 측정을 목표로 하고 있다. 조사선이나 부이에서 사용할 수 있도록 개발된 각종 센서들이 해수면의 온도, 대기 온도, 바람 속도, 방향, 기압, 습도, 강수량 등을 측정한다. 이 장치로부터 공기와 해수의 흐름에 관한 정밀한 예측이 가능하게 되었다. 기상센서들은 인공위성을 통해 정기적으로 중앙기상에보시실로 기상자료를 전송하는 기능을 가지고 있다.

해저 관측장치 (BOTTOM LANDERS): "Free Vehicles"로 불리는 해저 관측장치는 해저면에 실험실을 내려 보내는 것과 같다. 오늘날 모든 관측기기들이 전자부품의 소형화에 힘입어 소형화가 가능하므로 컴퓨터를 내장함에 넣어 수천 미터 해저로 내려 여러가지 장비를 조종할 수 있게 되었다. 이러한 해저 관측장치는 조사선으로부터 내려가면서 각 센서들의 상태를 조사선에 알려주므로써 각 센서들의 정상 작동여부를 확인할 수있다. 이러한 부류의 장비는 해저관측장치내의 정밀한 장비를 보호하기 위하여 해저면에 부드럽게 착륙시키고 해저면을 교란시키지 않도록 착륙전에 관측장치의 부력을 조절하는 기능이 필수적이다. 착륙후에도 관측장치는 안정성을 확보하기 위하여 재차 부력을 조절한다. 그 뒤 관측장치내의 chamber가 퇴적층속으로 들어가서 바닥이 주위의 해수와 격리되도록 수밀된다. 해수와 퇴적층의 경계면에 대한 계획된 일련의 실험이 시작되면 관측장치는 작동상태를 조사선에 알리고 각종 실험을 수행한지 몇주후 조사선은 관측장치를 회수할 수 있어야 한다.

원격조정 기구 (REMOTE OPERATED VEHICLES): 간단한 해양조사 작업을 위하여 여러해 동안 사용해 왔던 원격조정 로봇트가 점차적으로 정밀하고 복잡하게 개발되고 있다. 조사선이 이 원격조정기구 (ROV)를 탐사 장소까지 운반하고 그 활동을 지원한다. ROV는 TV camera를 이용해 광섬유 케이블을 통해 해저의 모습을 보내고 시료채취, 수중조사장비의 작동 기타 필요한 탐사 등을 여러날 동안 쉬지 않고 수행할수 있다.

조사선내 실험실: 조사선에서 해양조사 항해를 위한 핵심적 시설의 하나는 연구계획이 세워지고 시료가 처리 분석되며 자료가 수신 처리되는 실험실이다. 실험실은 24시간 가동해야 하는 잘 정리된 공간으로서 실험실의 배치는 연구목적에 따라 매항차마다 바꿀 수 있어야 한다. 와이어, 시료, 컨테이너, 공구, 컴퓨터, 분석장비들이 필요한 곳에 콕꽂게 배치된다. 특별히 깨끗한 환경이 필요한 경우나 특별한 장비 또는 운반장비 등은 조사 선내에서 별도의 공간을 확보하도록 조치한다. 일반적으로 과학자들은 육상에서 시료를 분석하기 보다는 조사선내에서 바로 분석하는 것을 중요하게

생각한다. 통상 해양학자들은 가능한 빨리 시료를 분석하여 오늘의 분석결과에 따라 내일의 작업을 계획하고자 한다.

### 3.5.2 외국의 예

#### 미국

미국은 UNOLS (University - National Oceanographic Laboratory System)라는 국가선단을 구성하여 원하는 해양연구를 경쟁적으로 수행할 수 있어 해양을 연구하는 과학자는 지구표면의 3/4을 차지하는 해양에 대한 연구에 세계에서 선구자의 역할을 다하고 있다.

미국정부 대리기관으로 미국의 미래과학 발전을 위하여 1950년에 설립된 NSF (National Science Foundation)가 국가선단 예산의 약 70%를 부담하고 있다. NSF는 연구소나 대학에서 연구에 관한 제안서를 제출한 과학자나 교수에게 정보센터나 협조자의 역할을 하며 과학연구나 교육을 지원하는 기능을 수행하고 있다. NSF가 지원한 70% 외의 부족한 예산은 미국 해군이나 기타 기관에서 지원한다.

1971년에 설립된 UNOLS는 해양조사선을 학문적으로 이용하는 해양과학 연구기관들의 연합이다. 이 기구의 목적은 유한한 자원의 효율적 이용을 위해 조사선과 조사장비의 공동활용을 돕는 것이다. UNOLS는 또한 해양과학연구에 필요한 미래 장비를 확보하기 위해 연방 예산관련기관에 조언하는 역할도 한다. 현재 UNOLS는 21개 조사선을 운영하는 기관을 포함하여 56개 해양관련기관으로 구성되어 있으며 20m에서 85m 정도 길이의 조사선 29척으로 선단이 구성되어있다.

UNOLS 사무실은 1971년에서 1982년까지는 Woods Hole 해양연구소에서, 1982년에서 1990년까지는 Washington 대학에 두고 있었다. 지금은 Rhode Island 대학에 사무실을 두고 있으며 UNOLS를 보조하는 기관으로는 NSF, 국방부의 Office of Naval Research, 국무부의 Minerals Management Service, 상무부의 NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), 에너지부의 Environmental Protection Agency 등이다.

#### 영국 (UNITED KINGDOM)

영국에는 영연방 국가해양조사선 선단이 구성되어 NERC (Natural Environment Research Council)라는 정부기관이 대학교 및 연구소에 연구비를 배정하므로써 해양조사선단이 NERC의 지휘 아래 운영되며 조사선의 사용계획도 NERC 조사선사용위원회에서 결정된다. 그러나 England와 Scotland에서는 각 연방의 농수산부의 주관 아래 어업조사를 위한 국가선단 외의 독자 어업조사선을 소유하고 있다. 영국 해군도 수로측량을 위한 독자적인 조사선을 운영하고 있으며 개인 소유의 조사선도 상당수 운영되고 있다. 단, 국가적 해양조사계획은 1988년에 설립된 국가해양과학기술협력위원회에서 관할하며 NERC에서 세부적으로 시행하고 있다.

#### 캐나다

캐나다는 군사 목적의 해양조사 외의 모든 해양조사 (수로측량 포함)에 대해 정부와 대학 교수들이 1개의 선단을 구성하여 운영하고 있다. 이밖에 주로 음향조사를 위해 사용되는 해군에서 운영하는

해양조사선 선단이 있어 때때로 대학 교수들도 사용할 수 있다. 모든 해양조사 및 예산은 국가기관과 해양관련대학의 고위급 대표자로 구성된 캐나다 해양위원회에서 관할한다.

이 위원회는 공식적인 권한보다는 상호이해를 바탕으로 운영되지만 어려해 동안 아무 어려움 없이 해양관련 기관들의 협조를 통해 효율적으로 운영되고 있다. 또한 태평양지역과 대서양지역의 해양조사를 위한 보조위원회가 있어 지역별로 효율적으로 운영하여 국가해양과학 발전에 기여하고 있다. 그러나 어업조사에 관련된 해양조사는 어업위원회가 별도로 구성되어 다른 조사선을 이용하여 수행된다.

### 인도

인도는 각각 다른 기관이 소유하는 4척의 해양조사선이 있으나 여러 정부기관에서 지원하는 단일 선단을 구성하여 협력운영하고 있다. 이 조사선은 150여척의 타 선박을 운영하는 정부기관에서 통합 운영한다. 국가해양연구소, 인도 지질조사소, 석유 및 천연가스위원회, 인도 기상청, 해군 연구소, 대학 및 산업체 등이 전반적인 해양조사계획에 참여하고 있다. 초기계획은 국가해양 연구소에서 1년 단위로 세워지고 각기관들의 참여하는 workshop을 통해 검토된다. 단위 해양조사 계획은 하나 혹은 다수의 해양관련기관이 참여하고 조사책임자가 임명되어 단위 해양조사를 책임진다. 조사선을 효율적으로 사용하기 위해서 조사선 사용료가 결정되고 각기관이 조사선 사용정도에 따라 일정금액을 부담한다.

### 일본

일본은 대학교, 연구소, 해상방위청등의 해양관련기관이 각각의 조사선을 자체 계획에 따라 운영하고 있으나 연간 조사선 운영계획을 관련기관에 통보하여 공동관심 해역이나 공동조사 목적일 경우 상호협력력을 통해 조사선을 운영하고 있다.

그러나 유인 잠수정 운영은 특별한 경우로 각 연구소, 대학교 등 해양관련기관이 국제공동과제와 국가적 정책방향에 따라 JAMSTEC의 잠수조사선 추진위원회의 결의를 거쳐 연구방향을 Working group에 통보하고 지질연구소, 해상보안청 수로국, 동경대학교 해양연구소 수산청, JAMSTEC 심해저연구부 등으로 구성된 Working group으로부터 유인 잠수정을 사용하려는 연구계획서를 접수하여 잠수조사선 잠항조사추진위원회의 토의를 거쳐 유인잠수정과 모선 이용 계획을 최종 결정한다. 이에 따라 과학기술청이 이 조사계획에 소요되는 잠수정 모선 및 운영예산을 조사선을 운영하는 JAMSTEC에 지급하기 때문에 과학자들은 잠수정 및 모선 사용에 따른 경비부담에 대해 걱정할 필요없이 연구에만 몰두하면 된다.

### 3.5.3 국가조사선 선단의 구성

국내에서는 해양연구소, 수로국, 수산진흥원, 자원연구소, 해군연구소 및 각 대학 등에서 각종 장비를 설치한 다양한 크기의 해양조사선을 확보하여 각 기관 자체 계획에 따라 자체에서만 활용, 운영하고 있으며 일부기관에서는 필요한 조사선을 현재 확보중에 있다. 이 조사선들을 조사선의 기능에 따라 지역별, 분야별로 선단을 구성한다면 조사선의 건조계획에서부터 장비설치, 운영, 사용, 자료이용까지 조사선의 활용을 극대화 할 수 있어 국가예산을 효율적으로 사용하게 될 것으로

생각된다. 물론 국가예산 배정방법, 법적, 제도적 제약이 많이 있고 각기관 마다의 자체 계획이 있어 선단구성에 어려움이 있다 하더라도 예를 들면 1년중 일정기간(50%)은 보유기관에서 사용하고 나머지 기간(50%)은 국가 조사선 선단의 일원으로 활용될 수 있으면 좋으리라 생각된다. 먼저 국가 조사선 선단에 참여하여 해양조사를 수행할수 있는 해양관련기관을 검토하여 선단구성 방안과 규모, 조사선 선단의 관리등을 생각하고자 한다.

#### 가. 선단구성방안

선단을 구성하는 방법으로 다음 3가지 방안을 제시하고자 한다.

1. 대형 단일 선단 구성안으로서 우리나라의 연구소, 대학, 수로국, 수산진흥원, 해군 등의 해양조사기관 전체를 망라하여 단일선단 구성기관으로하고 동해, 남해, 서해로 나누어 운영하는 방안이 있다. 이 안은 국가예산에 의해 운영되는 해양조사선의 효율적 이용과 운영예산의 절감, 조사자료의 활용 극대화 등의 장점이 있으나 각기관들의 소속 정부기관이 달라 법적, 제도적 뒷받침이 어려울 전망이다며 기관간의 업무특성 차이로 의견 조정에 어려움이 예상된다.
2. 과거처 산하 연구소 소속 조사선만의 공동활용안으로서 선단의 구성이나 이용하기가 쉬우나 조사선 공동활용의 의미가 적고 앞으로 과거처산하 연구소들이 다수의 조사선을 확보할 경우에만 실행할 수 있는 안으로 생각된다.
3. 과거처 산하 연구소, 대학, 해군연구소가 소유하고 있는 조사선만으로 선단을 구성하는 안으로서 승조원 인건비 등의 예산 운영에 기관간의 불협화음이 예상되나 학연 공동연구의 활성화가 예상되고 선단구성의 어려움이 적으며 적은 운영비용으로 조사선의 활용 기회를 높일 것으로 예상된다. 이 경우 승조원의 인건비는 소속기관이 부담하고 조사선별 사용료를 별도로 산정하여 매년초 다음해 예산 신청시 선단운영기관이 전년도 사용실적에 따라 일괄적으로 운영예산을 신청하고 결정된 예산에 대해서는 매년말 수탁사업으로 사용된 사용일수를 제외하고 정부사업으로 사용된 실제 사용일수에 따라 정산하는 방법으로 조사선 사용에 관련된 전체예산을 선단운영기관에 일괄적으로 보조하는 방안이다. 이 경우에는 선단에 참여한 기관은 조사선 운영에 따른 어려움, 해양조사에 필요한 조사선 확보의 어려움, 조사선 사용에 따르는 예산의 확보에의 어려움이 줄어들 것으로 예상되어 연구에만 열중할 수 있으므로서 연구실적을 높일 수 있을 뿐만 아니라 국가 해양조사선 운영 효율의 극대화에도 크게 기여 할 것으로 보인다. 또한 사용일수가 증가함에 따라 신규 조사선 수요가 발생될 경우 기존 조사선단 내의 타 조사선과의 중복없이 새로운 기능의 다양한 활용 가능성을 가진 조사선의 건조에도 도움이 될 것이다. 뿐만 아니라 조사선 운영 경험이 축적됨에 따라 조사선기술자, 장비기술자, 운영기술자들이 양성되어 조사선의 기능 극대화에도 크게 기여할 것이다.

#### 나. 조사선의 규모

조사선은 건조하고 운영하는데 많은 경비가 소요되기 때문에 효율적으로 운영되지 않으면 안된다. 따라서 선단 구성의 첫번째 단계는 국가 전체의 해양연구를 적절히 수행하면서 경제성을 유지하기

위하여 몇척의 조사선으로 구성해야 하는가를 결정하는 것이다. 이것은 배의 크기와 특징, 참여하는 기관, 조사 활동지역, 조사활동의 종류와 조사활동의 강도에 좌우된다. 우선 일반적인 점에 착안하여 조사선단 규모를 생각해 보기로 한다.

위에서 기술한 조사선단에 참여하기 위한 기본조건은 24시간 연속항해 및 조사활동이 가능해야 하며 crane, winch 등을 설치할 수 있는 넓은 후부갑판이 있어야 하고 조사선의 기능에 따라 필요한 조사장비를 장착하고 있어야 한다. 배의 크기는 승선인원과 조사작업의 규모를 결정하는데 큰 영향을 준다. 12m 이하의 소형선은 바다에서 계속적으로 작업하는데 어려움이 있으며 승선인원에 대한 지속적인 보급이 불가능하기 때문에 매일 항구로 귀환해야 한다. 40m 이상의 조사선이 되어야 24시간 계속해서 작업이 가능하고 승선자들이 안락하게 해양조사에 전념할 수 있다. 12m 에서 40m 까지의 조사선은 짧은 기간 동안은 조사활동을 계속할 수 있으나 장기간 활동에는 제약이 따른다. 따라서 국가 해양조사 선단을 구성하기 위해서는 40m 이상의 조사선이 적합하리라 생각된다.

소형조사선은 낮은 출수 때문에 얕은 수심의 연안 해양조사에 적합하고 대형조사선은 큰 유효 탐재량, 장기 항해능력과 내항성능 때문에 근해 이상의 깊은 수심의 해양조사에 적합하다. 소형조사선은 한항차에 하나의 연구사업을 수행하며 대형조사선은 보통 여러개의 연구사업을 동시에 수행하도록 계획된다. 조사선 선단은 여러가지 다른 연구사업을 효율적으로 수행하기 위하여 소형조사선과 대형조사선을 섞어서 구성하는 것이 좋다. 작은 조사계획을 수행하기 위해서는 한두척의 대형조사선이면 충분하지만 큰 조사계획은 여러척의 대형조사선들과 소형조사선들을 활용해야 한다.

1개의 조사선단에는 많은 해양 관련기관들의 수요를 만족시키기 위해서 다양한 크기의 조사선이 있어야 한다. 잘 설계된 현대식 해양조사선은 특수한 목적의 해양조사를 제외하고는 어떠한 형태의 일반 해양조사도 수행할 수 있어야 하고 이를 위한 장비를 설치하고 있거나 설치할 공간이 있어야 한다. 여러 형태의 해양조사에 필요한 조사선의 특징을 정리하면 표 3-7과 같다.

해양조사를 위해 건조된 조사선은 지구물리조사를 위한 무거운 예인장비를 다룰 수 있는 윈치나 크레인 등과 같이 특수한 작업에도 적합한 장비를 부착하고 있으며 이동식 실험실과 같이 특수장비를 빠른 시간내에 설치할 수 있도록 되어있다. 이동식 실험실은 보통 실험실에 비해 공간은 협소하나 육상에서 보조 실험실로도 활용될 수 있다.

선단 규모를 결정하는 또다른 중요한 변수는 조사선의 연간사용일수이다. 어떤 조사선도 365일을 다 바다에서 보낼 수 없다. 배는 매년 정기적으로 수리, 보수, 점검을 위한 운휴가 필요하며 승조원에 의한 짧은 보수기간도 필요하다. 또한 매 항차 출발시에는 조사작업의 성격에 따라 특수조사장비를 조사선에 설치하고 시험해야 할 시간이 필요하고 항차가 끝났을 때에도 다음 항차시 사용될 장비 설치를 위해 전항차 장비를 내리는 시간이 필요하다. 이 시간의 길이는 장비의 복잡성과 항해기간에 따라 크게 좌우된다. 연료와 부식을 공급하는 시간, 법에 의해 보장된 승조원의 휴식시간 등을 고려할 때 조사선의 연간 최대 사용기간은 200-250일 정도이다.



표 3-7. 해양조사활동의 특성에 따른 조사선의 구비 조건

조사활동	조사선의 구비 기능	비 고
어업조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 우수한 다목적 실험실</li> <li>- 현측 작업 능력</li> <li>- 특수 실험실 설치 가능성</li> <li>- 강한 출력의 저속 트롤 능력</li> <li>- 어업장비의 쉬운 투하성능</li> </ul>	
일반해양조사 (생물조사포함)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 황천시에 안락성과 안정성</li> <li>- 위치 유지 성능</li> <li>- 음향학적인 저소음</li> <li>- 항적 직선 유지성능</li> <li>- 롤링 감쇄장치</li> </ul>	
근해 수로측량 및 지구물리탐사	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 효율적인 항행능력</li> <li>- 안정성능</li> <li>- 중력계 설치</li> <li>- 롤링 감쇄장치 설치</li> </ul>	
연안조사	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 좋은 묘박성능</li> <li>- 좁은 공간에서의 조종성능</li> </ul>	

위에서 논의한 바와 같이 단일 조사선단을 구성하는 경우 해양조사선 선단에 포함시킬 수 있는 조사선은 현재 표 3-8과 같이 5척이 있다.

표 3-8. 국가해양조사선단을 구성하기에 충분한 기능을 보유한 조사선의 일반적인 사항

선 명	은누리호	이어도호	탐양호	선진호	탐해호
소유기관	해양(연)	해양(연)	부산수산대학교	해군연구소	자원(연)
건조년도	'92	'92	'93	'93	'77
톤 수	1009	350	653	325	173
속력 (노트)	15	12	14	21	10
연구원 병커	25	17	29	12	10
정 박 항	경남 진해	경남 진해	부산	경남 진해	경북 포항
주기능	종합해양조사	종합해양조사	해양조사실습	장비시험	해저지질조사
주사용자	연구원	연구원	교수 및 학생	연구원	연구관
'93 사용일수	220일	220일	-	-	150일
주요 조사장비	SeaBeam 2000, Seismic(96), CTD, ADCP, SBP, PDR, XBT, 중력계, 과학어탐기, Wave meter, Piston corer	CTD, ADCP, XBT, GPS, 어탐기, SBP, Side scan sonar, PDR	PDR, SBP, Seismic system	Swath Type 조사선, Current meter, Wave gauge	Seismic(12), 자력계, PDR, Piston core, Vibro core, Side scan sonar

#### 다. 국가해양위원회의 구성

해양조사선 선단을 구성하여 국가적 해양과학 프로그램에 착수할 때 각 해양관련기관을 대표하는 상위급의 대표자로 구성된 국가해양위원회를 설치하여야 한다. 이 위원회는 정부기관 또는 정부에서 보조하는 연구소, 대학 등을 대표하는 고위급 상설 민간협의체로서 국가의 장기 해양과학 프로그램을 심의하고 국가기관에 자문하는 역할을 담당한다. 장기 해양과학 프로그램에 따라 신규 조사선의 건조계획을 수립하고 장기적인 해양학자의 양성과 같은 국가장기해양발전계획 등도 수립한다. 조사선을 사용하여 해양을 연구하고자 하는 요구는 항상 많지만 이 위원회에서 가장 필요하고 적합한 프로그램만을 확정하여 많은 사용요구를 합리적으로 조정하고 제한하는 기능을 가져야 한다. 국가 해양위원회는 정기적으로 일년 한두번 소집되어 국가 해양 프로그램을 검토하고 문제점을 도출하여 해결방안을 찾는다. 특별한 경우 필요한 과학자가 이 위원회에 참석하여 협력하기도 한다.

#### 라. 조사선공동활용위원회의 구성

조사선 선단이 구성된 뒤 조사선 운영을 맡은 기관에서 조사선 선단 구성에 참여한 타기관과의 실무적인 협의를 위해 각기관 실무종사자들로 조사선공동활용위원회를 구성한다. 이 위원회는 운영기관의 운영책임자를 위원장으로 하여 조사선 선단 관련기관의 대표자들로 구성하고 적절한 조사선 사용기간 배분, 공동장비 사용계획 수립, 장비설치 및 임대계획 수립, 조사선 및 장비보수 유지계획 수립, 예산협의, 2개 이상 기관사이에서 발생한 조사선 사용에 따른 문제점 해결등의 업무를 수행한다.

따라서 이 위원회는 1년간 조사선단 일정 수립에 책임이 있다. 이를 위하여 이 위원회에서 각 관련기관에 이듬해의 조사선 사용계획을 요청하고 각기관에서 충분히 검토되고 확정된 사용계획을 접수하여 조사선공동활용위원회의 결의 후 각기관이 회람하여 1년간의 조사선 운항 일정을 최종적으로 확정한다. 그러나 각 조사선의 사용일정 협의시 각 조사선은 소유기관이 사용하고자 하는 사업에 우선적으로 50% (100여일 정도)를 배정하고 나머지 기간 (100 여일)에 공동활용하는 방안이 바람직할 것으로 생각된다. 조사선 공동활용을 위한 조직 및 업무 흐름의 개요는 그림 3-6과 같다.

#### 마. 선단의 관리

국가마다 단일 조사선 선단을 운영하는 것이 가장 바람직하다. 이렇게 함으로서 각종 지원이 조사선 선단을 이용하는 모든 기관에게 제공되어 공평하게 조사선을 이용할 수 있게 되며 해양을 이용하는 모든 기관들이 서로 돕고 협력하여 공동의 이익을 얻을 수 있게 된다. 그러나 이 조직을 효율적으로 운영관리하기 위해서는 상당히 경험있는 전문인력이 필요하다.

해양조사선은 정부기관, 대학교, 해양관련장비를 개발하는 회사들과 같이 국가 해양과학활동에 종사하는 모든 사람들에 의해 사용된다. 따라서 여러 다른 성격의 그룹들이 각자의 필요에 따라 그들이 원하는 시간에 조사선을 사용하고자 하기 때문에 조사선 선단은 이를 효율적으로 조정하여 조사선을 최대한으로 활용하기까지 상당한 어려움에 부딪히게 될 것이다.

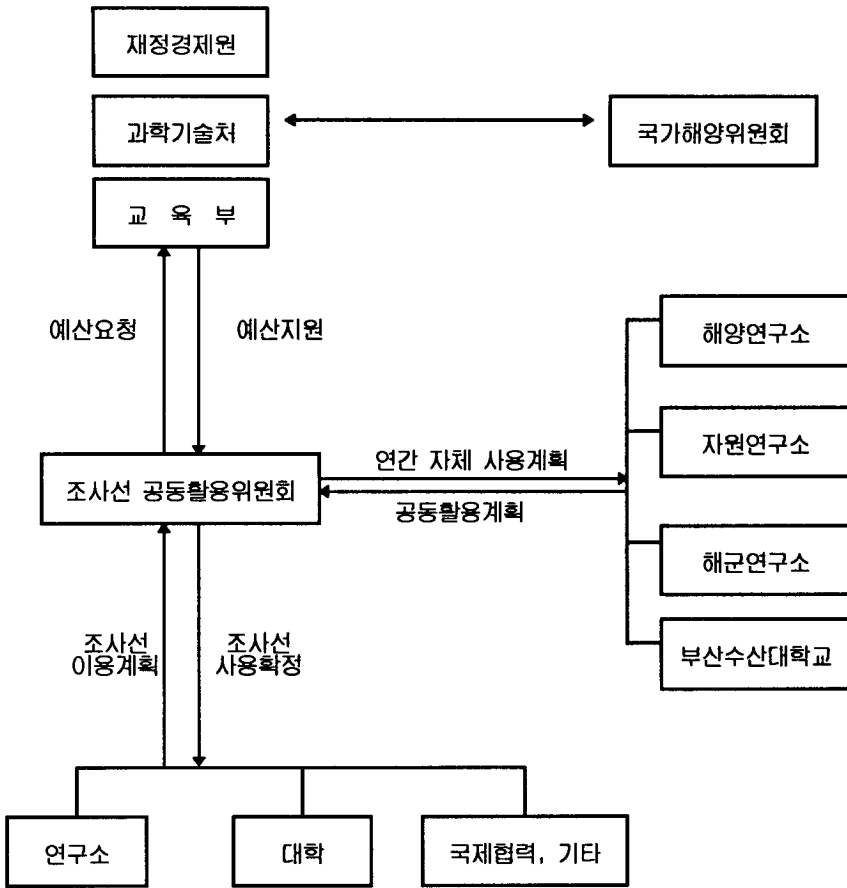


그림 3-6. 해양조사선 공동활용을 위한 정책결정기구와 협력기관간의 관계 및 업무 흐름도

만약 1개 이상의 선단이 있으면 조사선들은 충분히 활용되지 못하고 그 비용도 증가하게 된다. 따라서 조사선의 운영비는 각 선단의 여건과 특수성에 따라 훨씬 많은 비용이 발생되며 그 비용도 조사선마다 각각 결정된다.

조사선 선단의 운영은 수년간의 장기계획에 기초하여야 하며 국가 장기항해정책에 책임있는 국가기관이 조사선 선단 운영에 필요한 예산과 책임을 알도록 해야 한다. 해양조사계획을 어느기관이 수립하던간에 조사선 선단의 관리 및 운영은 조사선 운영에 경험이 있는 대학이나 정부출연연구소 또는 일반상선회사에서 맡을 수 있다. 만약 정부출연연구소가 조사선을 운영하게 된다면 조사선 선단을 운영하는 최선의 기관은 연구소내의 조사선 운영조직이 될 수 있다.

조사선 선단의 운영책임자는 조사선운영과 조사활동을 잘 이해하고 있는 사람이어야 하며 조사선과 조사선 사용기관 사이에 주요 연결자로서 최대의 조사성과를 얻을 수 있도록 조사선 실무위원회를 통하여 양쪽의 요구사항을 조정할 수 있어야 한다.

조사선 선단 운영 및 관리의 주요기능은 조사선의 관리, 선원과 장비의 관리에 있다. 이 복잡한 기능을 수행하기 위해서는 유능한 육상지원 그룹이 있어야 한다. 예를 들면 조사선 사용요구가 많아 다른 조사선들을 임대하여 운영한다면 계약서가 작성되고 제출되어 계약을 체결해야 하는 등 대단히 많은 구체적인 행정업무가 수반된다.

효과적인 해양조사를 위한 각종 장비의 관리에는 점차 비용이 많이 들고 복잡해지고 있다. 어떤 장비는 1년에 한번만 사용되고 더 이상 사용되지 않기도 하고 어떤장비는 연중 사용되어 지속적인 유지가 필요한 경우도 있다. 장비의 구매, 설치, 해체, 보관, 보수유지 등은 경우에 따라서 연구 그룹의 책임일 수도 있고 조사선 선단 운영관리 그룹의 책임일 수도 있으므로 장비마다 명확히 책임구분을 해두어야한다.

이상에서 살펴 본 바와 같이 효율적인 조사선 선단의 운영 및 관리를 위한 조직은 하나의 상부조직과 여러개의 하부조직으로 구성하여 연구부서와 밀접한 관계를 유지하면서 적절한 행정적 지원을 하도록 구성하여야 한다.

#### 바. 예산지원 방안

조사선 공동활용을 위한 예산지원 방안으로는 매년초 국가해양위원회에서 결정된 국가해양 프로그램 등 해양조사를 위한 이듬해 조사선별 항해 예정일수를 전년도를 기준으로 조사선별 사용료를 계산하여 국회를 통해 확정된 후 사용료를 재정경제원에 요청하고 국회를 통해 최종확정된 예산에 따라 연말에 조사선공동활용위원회에서 각기관의 세부 조사선 사용계획을 확정하는 안을 제시한다. 최종 운항 일정에 따라 주어진 예산범위내에서 운영기관의 독립채산방식으로 운영하는 것이 합리적인 것으로 판단된다. 이 경우 각 해양관련기관 및 대학은 조사선 사용에 따르는 경비에 구애됨이 없이 해양조사 및 교육에 전념할 수 있을 것이다.

#### 3.5.4 결론

해양에 대한 투자가 본격화되고 있는 세계적인 추세에 따라 우리도 본격적으로 해양과학분야에 투자해야 할 시점에 와 있다고 생각된다. 그러나 해양관련 각기관에서 자체계획에 따라 국가예산에 의해 건조되어 운영되고 있는 해양조사선이 늘어감에 따라 각기관에서는 운영에 따른 애로점이 발생하고 일부기관에서는 연구계획 부족 및 조사선 사용에 따른 경비부담으로 인하여 조사선 사용기간이 줄어들고 있으며 다른기관에서는 조사선이 없어 해양연구를 충실히 수행하고 있지 못하는 등 조사선 활용에 불균형이 발생하고 있는 실정이다

이제부터라도 우리도 해양선진국에서 시행하고 있는 국가선단구성 및 운영방식을 도입하여 조사선의 건조, 활용, 운영, 자료이용에 이르기까지 해양관련기관들의 협력을 도모해야 해양분야에서

국제적인 경쟁에서도 뒤지지 않을 뿐만 아니라 가까운 미래에 선진국들과 어깨를 나란히 할 수 있으리라 생각된다. 정부가 장기목표를 가지고 해양과학분야에 대한 중복없는 투자를 한다면 국가예산의 효율적인 사용이 이루어질 것이고 해양과학자들의 두려움 없이 해양에 도전하려는 의욕을 실현할 수 있으리라 생각된다.

여러기관이 협력하여 체계적으로 해양을 조사하고자 계획하고 있는 황해연구사업을 시작으로 해양조사선의 비효율적인 운영을 조금이라도 개선하기 위하여 제시한 조사선 공동활용 방안이 구현될 수 있으면 앞으로 이 경험을 바탕으로 본격적인 조사선 공동활용을 추진할 수 있으리라 생각된다.

#### 참고 문헌

International Centre for Ocean Development. 1991. A guide to the management and operation of marine research and survey vessels

University-National Oceanographic Laboratory System . 1991. The research fleet.

### 3.6 자료관리 시스템

사회의 여러분야에서 컴퓨터의 이용은 점차 확대되고 있고, 처리해야 할 데이터의 양은 날로 증가하고 있으며, 이에 따른 데이터의 관리문제가 매우 심각해지고 있다. 정보 (information)는 데이터를 처리 가공한 결과라 할 수 있으며, 데이터로부터 정보를 추출하는 방법은 매우 중요하다. 정보는 그것이 어떤 의사결정 과정에 반영되어 유용한 결과를 가져올 수 있을 때 비로소 그 가치가 인정되는 것이다. 이처럼 적합한 데이터를 수집, 조직, 저장, 처리하여 의사결정에 필요한 정보를 추출하고 분배하는 수단을 일반적으로 정보 시스템 (information system)이라고 한다.

해양연구는 기존의 데이터를 수집하고, 해양조사를 통하여 추가로 필요한 데이터를 획득하고, 이를 해석하여 해양의 현상을 파악하고 그 원인을 규명하며, 모델링을 통하여 앞으로의 변화를 예측하는 것이 궁극적인 목표이다. 한편 현재의 해양연구가 주로 데이터의 해석 및 이용에 한정되어 있으므로 적절한 데이터의 소재파악, 검색, 추출하는 데이터베이스의 구축은 필수불가결하다.

그리고 해양 데이터베이스는 단지 해양연구에 필요한 자료만을 공급해 주는 단계를 벗어나, 급격히 증가하는 데이터의 양에 따른 데이터의 효율적 관리와 해양의 이용 및 개발, 환경보호에 필요한 정보를 추출 분배하고 정책결정에 활용할 수 있는 공간 의사결정 시스템 (spatial decision support system: SDSS)으로서 해양정보 시스템(ocean information system)을 지원할 수 있도록 확장해 나가야 할 것이다.

### 3.6.1 종합 해양연구 시스템 내에서의 위치

현재까지 국내의 상당수의 해양연구가 뚜렷한 응용을 지향하기 보다는 학구적 목적으로 단편적으로 수행되어 왔음을 부인할 수 없을 것이다. 해양연구가 일종의 거대 과학기술임을 감안할 때, 각 연구자가 단편적인 연구를 수행하기 보다는, 제기된 문제 해결을 위한 분명한 공동목표 하에 계획을 세워 연구를 수행한 후 그 결과를 종합하여 문제를 해결하려는 방식의 체계적인 종합 해양연구 체제가 필요하다. 이를 위해서는 해양연구의 기획방법 뿐 아니라 각각의 연구결과와 수집된 데이터가 다른 연구자에게 널리 활용될 수 있어야 하며, 다른 분야에서도 그 결과를 쉽게 이용하거나 의사소통할 수 있도록 인터페이스(interface)를 갖추어야 할 것이다.

종합 해양연구를 위한 체제는 대략 다음의 3가지 요소로 구성할 수 있을 것이다 (그림 3-7).

1. 데이터 처리 분석 및 모델링 (즉 일반적인 모든 해양연구): 수집된 데이터를 처리하고 분석하여 자연현상을 파악하고, 모델링을 통하여 미래를 예측하는 등 현재 수행되고 있는 대부분의 해양연구가 이에 속하며, 종합해양연구의 주된 부분이다.
2. 해양 데이터베이스: 기존의 데이터와 연구수행의 필요성에 의해 추가적으로 해양조사에 의해 획득된 관측자료 뿐 아니라, 모델링 및 연구결과 얻어진 결론, 그리고 SDSS에 의해 2차로 생산된 정보 등도 포함하도록 발전해 나가야 할 것이다.
3. 정책결정을 위한 SDSS: 해양연구의 결과를 해양환경의 보존, 해양의 이용 및 개발 등에 필요한 정책을 수립하는데 이용하기 위해서는 이상의 둘을 이용한 체계적인 SDSS의 확립이 필요하다. 또한 이는 해양학 이외 분야와 정보교환의 인터페이스 역할을 할 수 있어야 한다.

따라서 해양연구는 순수한 학구적 목적 외에도 단순히 해양 데이터만을 근거로 할 것이 아니라, SDSS에 의해 제기되는 문제점을 해결하고 이를 보완하는 방향으로 진행되어 나가야 할 것이다.

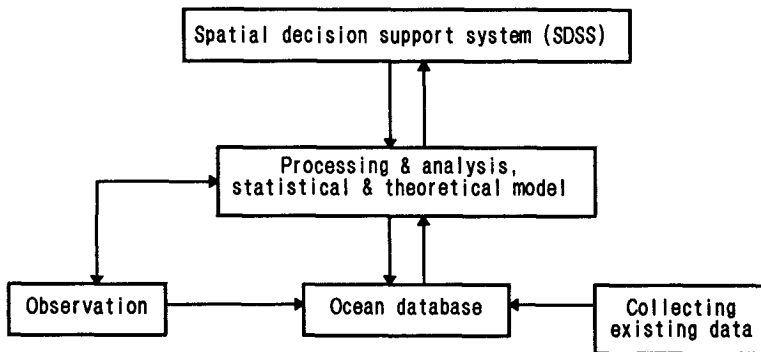


그림 3-7. 종합 해양연구에 있어 자료의 수집 및 관리 체제

### 3.6.2 해양 데이터베이스

데이터베이스의 조건: 일반적으로 해양 데이터베이스가 만족해야 할 사항은 다음과 같다.

- 소형으로부터 대형 컴퓨터에 이르기까지 균일한 구조를 가져야 한다.
- 필요한 자료를 쉽게 검색할 수 있어야 한다.
- 데이터의 사용에 관한 모든 정보가 데이터베이스 내에 자체적으로 포함되어야 한다.
- 데이터는 전송과 저장에 최소의 시간과 공간을 차지하도록 조밀한 포맷을 가져야 한다: ASCII text file이 적당
- 컴퓨터 기종 및 운영체제와 무관한 체제를 가져야 한다.
- 통계, 그래픽, 기타 다른 프로그램의 표준 인터페이스를 제공해야 한다.

데이터 관리그룹의 필요성: 기관간, 혹은 국제간의 공동연구에 있어서는 JGOFs (Joint Global Ocean Flux Study) 처럼 최종 아카이브 이전 연구기간 동안 데이터베이스를 전담할 데이터 관리그룹을 두는 것이 좋을 것이다. 데이터 관리그룹은 데이터 및 사업의 내용을 잘 아는, 각 기관 (혹은 각국) 으로부터의 실제 사업의 참여자들로 구성되어야 한다 (그림 3-8).

데이터 관리그룹은 기존 및 새로이 수집된 데이터, 그리고 그 목록을 공동연구자들에게 제공하고, 많이 사용되는 데이터는 쉽게 검색할 수 있도록 하는 체제를 마련하여야 한다. 한편 데이터가 새로이 수집되면 데이터 레포트를 발간하여 (적어도 공동연구자들 간에는) 널리 배포하여 활용이 쉽도록 해야 할 것이다. 또한 온라인화 할 데이터의 종류, 각 데이터 세트에 포함되어야 할 항목 및 자료의 질 관리 (quality control) 에 관한 사항, 그리고 데이터의 제출에 관한 정책 (즉 어떤 형태로 어느 시기에 공개를 할 것인지) 등을 결정해야 하며, 사업 종료 일정기간 경과 후 데이터 센터로 보내 공개되도록 하여야 할 것이다.

데이터는 국가 데이터 센터에 최종 저장되기 이전까지는 각 연구책임자의 소속기관 혹은 데이터 관리그룹에서 관리하며, 생산자의 사양 (format) 대로 저장해도 무방하다. 공동으로 연구하는 다른 그룹이 이를 사용하고자 하는 경우에는 포맷 변환 프로그램이 자동으로 작동하여 표준 포맷으로 변환이 되도록 하여야 하며 (즉 UNIX의 filter 개념), 그 역방향의 포맷 변환 프로그램의 개발도 필요하다. 물론 표준포맷은 연구책임자들간의 데이터 교환을 위한 것으로 데이터 관리그룹에서 정해야 하며, 최종적으로 데이터 센터가 사용하는 포맷과는 달라도 무방하다. 한편 데이터의 취급은 개개의 기능 루틴 (routine)에 의해 관리되도록, 즉 데이터 세트 매개변수를 주면 원하는 데이터 세트가 생성되어 나올 수 있어야 할 것이다. 또한 여러가지의 기능 루틴, 포맷 변환 프로그램, 네트워크를 통한 데이터의 유통을 다루는 제어 시스템을 구축해야 할 것이다.

단계적인 데이터 관리 시스템의 구축: 해양 데이터베이스 관리 시스템은 다음의 3단계로 구축해 나가는 것이 좋을 것이다.

1단계 : 관리 및 정책적인 면에 중점을 둔다.

- 프로그램의 하부구조 개발 - 무엇을 해야 할 것인가?
- 현재 이용가능한 데이터의 수집 및 목록의 확립
- 일관성 있는 데이터 세트를 생산하기 위한 방법론 개발을 위한 파일럿 연구

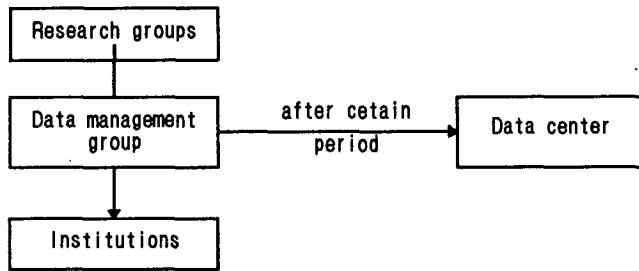


그림 3-8. 데이터 관리그룹의 역할

2단계 : 특정 요구와 데이터의 갭이 발견됨에 따라 기관의 확립에 중점을 둔다.

- 기존의 데이터 센터 및 그 기능을 이용한다.
- 데이터를 새로이 포맷팅한다.
- 사용자를 위한 알고리즘을 개발한다.
- 데이터의 축적 및 교환을 위한 체제의 확립 - 지역적 접근방식으로서 국내 포맷과 교환을 위한 포맷을 연구한다.

3단계 : 자료관리 시설의 역할을 확장에 중점을 둔다.

- 데이터 아카이브의 개발을 포함한 기능의 확장
- 자료관리 시설의 수를 늘리고, 이들을 물리적으로 혹은 데이터 유동 네트워크를 통해 연결한다.

### 3.6.3 SDSS의 구축

해양연구에 필요한 자료만을 공급해 주는 단계를 벗어나, 해양연구의 결과를 다른 분야에서도 그 결과를 쉽게 이용하거나 의사소통 할 수 있도록 인터페이스 역할 및 해양의 이용 및 개발, 환경의 보존 등에 필요한 정책을 수립에 있어 객관적인 의사결정을 지원하는 체계적인 SDSS의 확립이 필요하며, 그 의미는 다음과 같다.

- 황해의 환경보존, 이용 및 개발을 위한 정책결정에 활용.
- 해양오염시 대처방안 수립에 활용.
- 연안개발에 따른 오염, 환경평가 및 피해보상에 관한 객관적 자료의 제공.
- 국가적인 장기 황해연구 기획에 활용.
- 해양학 연구결과를 널리 알려 이용가능하게 함.

한편 보통의 데이터베이스는 속성(attribute)만을 가진 반면, 해양 데이터는 지리적 요소도 포함하고 있으므로 기존 DBMS (database management system)의 기능 만으로는 충분치가 않다. 한편 GIS (geographical information system)는 지리적인 요소의 공간 (spatial) 데이터와 이와 관련된



속성(attribute) 데이터를 다루는 일종의 공간적 정보 시스템으로서 SDSS를 위한 도구이다. 그러므로 과거의 데이터베이스 체제 만으로는 연계시키기 힘들었던 공간적 특성을 GIS를 응용함으로써 훨씬 자유자재로 다룰 수 있고, 궁극적으로 쉽게 의사결정을 위한 정보를 추출해 낼 수 있다.

그 응용 예로는 기존의 해양관측자료의 체계적 관리 및 도면과의 연계는 물론, 자연환경 및 자원의 효과적 관리와 이용, 환경오염에 대한 방안 등 응용분야는 한없이 넓다. 그러므로 현재 외국의 해양관련 기관은 GIS를 폭넓게 사용하고 있으며, 국제공동사업의 경우 GIS는 필수적 항목으로 포함되어 가는 경향이다. 예를 들면, 미국 NOAA의 ORCA (Office of Ocean Resources Conservation and Assessment) 산하의 SEA (Strategic Environmental Assessments) Division은 GIS를 이용한 해양환경 및 자원의 보존을 위한 종합적인 프로그램을 실시중에 있으며, NOWPAP (North-West Pacific Action Plan)에서도 GIS의 사용을 필수로 규정하고 있다.

SDSS의 개발을 위한 조건은 다음과 같다.

- 연구사업과의 연계가 필수이다. 즉 모든 연구결과가 체계적으로 요약 제출되는 체제가 필요하다.
- 타 연구사업 결과 및 관측 데이터의 의무적 공개가 필요하다.
- 황해연구의 모든 결과가 종합되어야 하는 관계로 모든 분야의 연구원이 참여할 필요가 있다. 또한 기관 및 부서, 전공을 초월한 연구체제가 필요하다.

한편, 간헐적으로 그간 구축되어진 SDSS의 결과를 바탕으로 환경보존, 이용 및 개발에 관한 국가정책 및 추후 해양연구의 방향에 대한 의견을 수렴할 필요가 있다.



## 제2부 황해 연구조사 프로젝트 기획안

4. 해양-대기 관측조사사업
5. 물질순환연구
6. 환경변화연구
7. 황해 통합관리연구
8. 해양생명공학연구
9. 환경보호 시범사업
10. 황해 생태계연구



## 해양-대기 관측조사사업

황해 연안국들이 황해에 대해 가장 우선적으로 필요한 사항은 아마도 해양 및 기상에 관한 정보일 것이다. 이러한 관측 자료는 일기예보나 증장기 기상예보를 향상시키고 또 해양과 대기의 상호작용에 의한 해파, 풍성해류 등 해양 역학 현상에 대한 예보 능력의 향상을 통해 해상안전 확보에 핵심을 이루고 있다. 황해의 중국측 및 우리측 연안은 각종 연안개발이 아주 활발히 전개되는 지역으로 양국의 지속가능한 연안역 개발을 지원하기 위해서는 한 중 공동으로 황해 전체를 하나의 시스템으로 취급하여 해양 및 대기에 대한 체계적인 관측과 자료관리가 요구 된다.

지금까지 해양에 대한 불충분한 자료 획득이나 교환을 극복하기 위해 현재 전세계적인 해양관측망 (Global Ocean Observation System: GOOS) 구축을 위한 구체적인 다국가간 협력체제가 논의되는 시점이어서 이에 대한 우리나라의 적극적인 참여가 필요하다. 해양현상의 공간 규모는 기상과는 달리 상대적으로 작은 편이어서 전세계적인 해양관측시스템 구축에 앞서 인접국가간의 지역관측시스템의 구축이 선행되어야 하는데 황해에 대한 연안국간의 해양 관측망은 현재 추진 중인 북동아시아의 지역 사업 (Northeast Asian Regional GOOS: NEAR-GOOS)과 연계하여 추진함이 바람직하다고 판단된다.

황해는 해양-대기의 상호 작용의 연구를 위한 최적의 실험장으로 세계적인 관심을 받고 있고 또 연안개발 등 인간 활동에 대해 민감한 변화를 보이는 수심이 얇은 바다로서 지속적인 모니터링이 필요하다. 이는 황해 전체를 하나의 시스템으로 보고 황해를 둘러싼 중국, 한국 및 북한의 공동 협력 사업으로 수행되어야 성과가 보장 되는 것으로 우선 실행가능한 한 중간의 공동 관측조사 사업으로 추진하면서 점차적으로 북한의 참여를 유도하여야 할 것이다. 현세대는 한반도의 황해 전 연안에 대한 연안역 관리와 환경보존 및 재해 방지를 위한 장기에 걸친 해양 및 대기 관측 자료를 통일된 차세대에게 물려주어야 하는 시대적 임무를 가지고 있으며 통일된 미래의 우리나라 전체 이익을 위한 방향으로 황해조사사업을 추진하도록 노력해야 할 것이다.

북한이 참여하도록 하는 방안으로는 우리나라와 북한, 중국이 공동으로 참여하는 국제기구 (UNEP, IOC, WMO, ESCAP 등)의 프로그램을 통하여 북한이 직접 혹은 간접적으로 한 중공동해양-대기관측조사 사업에 참여하도록 유도하는 방법이 현실적으로 가장 가능한 방법으로 보인다.

이 관측조사사업은 우선적으로 수행하여야 할 과제로 사업의 과학적 결과는 물론이고 이외에도 여러가지 정치, 경제, 사회적인 효과가 기대된다. 이 사업을 위해서는 황해에서의 기존의 해양 및

대기 관측 현황과 수요에 대한 철저한 분석과, 황해에서 최근에 계획되고 있는 NEAR-GOOS, NOMPAP, LME 등 여러 국제 사업에서의 해양관측 계획 등을 충분히 분석하고 최근의 현장 관측기술 및 원격탐사 위성의 현황 및 발사 계획, 황해에서의 적용 범위 등 관측 기술에 대한 분석이 필요하다. 또한 중국, 북한과의 국제 외교문제 등 제반 문제를 충분히 참작하여야 할 필요성이 높으므로 새로이 구축할 관측시스템은 일정한 기간의 기획 단계를 거친 뒤 본사업에 착수하는 것이 시행 착오를 최소화하며 효과적인 수행을 보장할 것으로 판단된다.

#### 4.1 과학적 배경

황해는 세방향이 육지로 둘러싸여 있고 남쪽만이 외양으로 연결된 바다로 수심이 얕아 대기-해양 상호작용 및 연안역에서 인간의 활동이 해양 현상에 즉각적인 영향을 주는 곳으로 대기-해양 상호작용 연구에 대한 학문적인 관심이 큰 해역이며 또 조류가 강해서 이에 따른 여러 해양 현상들과의 상호작용에 의한 영향도 크다. 황하 등 하천에서 황해로 공급되는 미세퇴적물의 양이 많아 이들은 연안환경 및 생태계에 탁월한 영향을 주고 있으며 현재 우리나라와 중국 양국의 연안에서의 대규모 연안개발사업들이 진행되고 있어서 황해에서 인간의 활동과 해양환경 및 해양생태계와 사이의 상호작용이 매우 복잡하다.

황해를 건너 우리나라에 도달하는 기단은 황해상에서 해양-대기 상호작용의 결과로 변질되어 우리나라의 기후에 큰 영향을 주고 있다. 황해를 통과하면서 일어나는 전선 및 저기압의 발달, 변화 등은 우리나라 기상예보에 필요한 핵심 정보이며 우리나라 연안에서의 대기의 안정도 등을 좌우하므로 연안 대기환경 문제와도 직접 관련이 있다. 황해에서 대기로부터 해양으로의 운동량 공급은 해양의 파랑, 풍성해류를 발달시키며 열, 수증기 교환에 따른 밀도 분포의 변화를 초래하여 황해에서 탁월한 조석, 조류와 함께 황해에서 해양 역학 구조를 좌우한다.

황해 연안역은 세계적인 인구 밀집으로 연안의 미세 퇴적물의 침식, 이동 등과 함께 하천을 통해 운송되는 엄청난 오염물 부하량은 심각한 연안 환경문제를 야기하고 있고 생태계의 파괴 또는 바람직하지 못한 변화를 일으키고 있다. 이런 복잡한 해양 역학적, 환경 및 생태적인 현상들은 궁극적으로는 황해 전체를 하나의 시스템으로 취급하여 총체적인 모니터링을 통한 자료의 축적이 이루어진 연후에나 효율적인 연안역 관리나 지속적 개발이 가능해질 것으로 보인다.

전세계 학자들이 추진하고 있는 전세계해양관측망 (GOOS)은 다정부간 노력으로 실시될 예정으로 해양의 물리, 화학, 생물학적 자료를 과학적으로 수집하고 전파시킴으로써 해서 사회에 직접 기여하도록 구상되고 있다. GOOS는 전세계 해양을 대상으로 지속적이고 체계적인 관측을 수행함으로써 기후 변동과 변화를 예측하고, 해양의 환경과 자원을 보전하며, 정책결정과 관리 능력을 향상시킴을 목표로 하고 있다. 여기에는 환경에 대한 인간 활동의 영향과 이것이 인류의 건강과 자원에 미치는 영향을 고려하고 있다. 중국도 전세계 해양 관측시스템(GOOS) 사업에 적극 참여의사를 보이고 있고 또

북한도 IOC의 회원국으로 GOOS에 참여를 지속적으로 권유 받고 있는 상황으로 황해의 한 중 공동 관측은 앞으로 북한을 포함시켜 국제기구의 GOOS 사업과 연계하여 추진하는 것이 효과적일 것이다. 그리고 GOOS 지원 사업의 일환으로 한 중 공동으로 계획 하고 있는 LME 사업과 기타 황해를 포함하는 UNEP의 NOWPAP 및 IOC/WESTPAC의 사업 등과 연계하여 상호보완적으로 추진하는 것이 효과적일 것이다.

GOOS는 UNESCO 산하 IOC (Intergovernmental Oceanographic Commission)가 WMO, UNESCO, 그리고 ICSU의 협조하에 추진하고 있다. 그리고 의제 21은 선진국들로 하여금 주요 환경의 불확실성을 제거하기 위해 각국 정부가 이 사업을 지원하도록 요청하고 있다. 현재 자료의 수집, 자료의 질 관리, 자료 합성 및 동역학 모델을 위한 도구는 이미 기반이 갖추어진 상황으로 세계 각국에 대해 이러한 사업은 막대한 사회경제적인 이익이 돌아감을 설득하고 있는 중이다.

IOC 회원국은 GOOS를 구축함에 있어 이미 자료의 종류와 수집 방법에 따라 분류한 다섯가지 적용분야에 대해 합의한 바 있다:

1. 기후에 대한 감시, 평가 및 예측
2. 생물자원의 감시 및 평가
3. 연안역에 대한 감시 및 변화 (이는 연안역 관리에 대한 정보를 포함함)
4. 해양 환경의 건강에 대한 평가 및 예측
5. 해양 기상 자료 및 실제 사용되는 해양 서비스

GOOS는 지구관측 계획의 일부로 위의 1과 5는 GCOS (Global Climate Observing System)의 일환으로 수행될 예정이다. GOOS로부터 획득될 자료는 연구에 있어 필수불가결하지만 이 사업 자체가 연구는 아니며 단지 자료의 획득과 교환을 목표로 하고 있다. GOOS 구축은 10년간 계획으로 추진할 예정으로 있으며 아직 구체적으로 대상자료에 대한 일괄적인 합의는 이루어지지 않은 상태이나 사회경제적인 수요가 크게 반영될 전망이다. 미국의 경우 관련 프로그램을 GOOS로 전환하여 추진할 전망이며 우리나라의 경우도 이와같은 추진전략이 바람직하다고 판단된다.

GOOS는 초기의 계획 단계에서는 지구 환경 문제에 초점을 맞추고 원양 관측에 중점을 두어 추진해 왔는데 최근에 지구환경문제와 더불어 해양 서비스 쪽도 크게 강조하게 되었다. 2007년까지 해양에서도 해양관측과 원격탐사 및 예보기술이 즉시 사용자에게 필요한 정보를 제공할 수 있는 시스템으로 확장하는 것을 목표로 하며 연안역의 과학적 관리를 지원하기 위한 연안역 정보생산 및 제공에도 앞으로 상당한 비중을 두게 될 것이다.

한 중 공동 해양-대기 관측조사는 GOOS의 일부로서 합의내용 1과 5를 주내용으로 하며 합의내용 4에 대해 일부 기여하도록 구상되었다. 합의 내용 2에 대해서는 생태계 보전을 전적으로 목표로 하는 황해생태계 연구 (세부내용은 5장 참조)로 추진하고 합의내용 3은 제12장의 황해 통합관리연구로서 추진하여 IOC의 합의 내용을 모두 수용하도록 기획하였다.

GOOS의 실행 내용은 정부의 여러 부처의 업무와 연관되어 있고 중국, 북한과의 협의도 필요하며 이를 추진하기 위해서는 인프라 구조의 설치가 선행되어야 하므로 전세계적인 추이를 보아가며 향후 2 내지는 3년 후부터 본격적인 투자가 실시되어야 할 것이다. 그러나 본 사업 추진에 앞서 기획을 통한 사전조율이 필수적이라 판단된다. IOC에서는 GOOS의 Pilot program으로 황해, 동지나해 및 동해를 포함하는 동북아 지역 GOOS (NEAR-GOOS) 사업을 기획하고 있는 단계로서 중국과 일본의 NEAR-GOOS에 대한 참여 정도 및 북한의 참여 등 동북아지역 국가들의 추이를 보아 가며 NEAR-GOOS와 보조를 맞추어 한중 황해 공동관측조사가 추진 되어야 할 것이다. 따라서 본사업의 추진에 앞서 심도있는 기획을 통한 사전조율이 필수적이라 판단된다.

#### 4.1.1 과거 및 현재의 연구투자

지금까지 황해에서 해양-대기 관측을 위해 수행되었던 연구중 과학기술처가 지원한 연구사업은 표 4-1에 정리한 바와 같다. 과학기술처의 이 분야에 대한 지원은 '82년도부터 지금까지 20억원을 약간 상회하고 있으며 최근까지 황해상의 대기에 대한 연구투자가 전혀 없었던 것으로 나타났다. 한편 해양 감시를 위한 기술개발과 우리나라 측의 황해의 해양환경에 대한 연구에는 각기 9억원이 넘는 연구비가 투자되어 기본적인 자료와 핵심기술은 이미 상당부분 보유하고 있는 것으로 판단된다. 최근 기상청과 기상연구소는 공동노력으로 해상관측부표를 설치하여 관측을 시작하였고 '95년도부터는 이 분야의 예산을 증가시켜 더욱 많은 관측자료를 생산하기 위해 노력하고 있다.

환경부는 황해를 포함한 우리나라 연안 일대에 해양환경감시를 위한 정기 조사정점을 선정하여 환경감시를 시작하였다. 따라서 조사 수요는 해안역 보다는 황해 중앙부 등 먼바다쪽이 더욱 시급한 것으로 드러났다. 해양환경에 대해서는 환경부를 위시하여 해양경찰청, 수산청, 황만청 등 다수의 부서가 관여하고 있으며 주로 연안에 초점을 맞춘 사업을 전개하고 있다. 이러한 현재의 투자 형태로 보아 조사선이 있어야만 연구가 가능한 먼바다의 환경에 대해서는 과학기술처가 지원하는 황해 해양과학 프로그램이 담당하는 것이 공백을 메우는 효과가 있을 것으로 판단하였다.

표 4-1. 과학기술처의 황해 해양-대기 관측분야 투자 현황과 지원과제 목록 (단위: 억원)

번호	연구과제명	연구기간	연구기관	위탁처	연구비
1	한국해역 종합해양환경도 작성 연구	'82.5-'86.4	해양연	과기처	9.32
2	위성탐사자료 응용기술 연구	'86.8-'88.10	·	·	0.44
3	연근해역 해황모니터링 시스템 연구	'90.7-'92.7	·	·	0.72
4	국가종합해양관측망 구축기술 개발	'90.7-	·	·	9.91
계: 4 과제					20.4



## 4.2 연구사업의 목표 및 내용

GOOS의 지역 프로그램의 일환으로 실시하고자 하는 한 중 공동 해양-대기 관측조사사업은;

1. 기후에 대한 감시, 평가 및 예측
2. 해양 및 기상 자료 획득 및 해양 서비스의 향상을 위해

중국과 공동으로 황해 및 인접 대기의 해황과 기상 요소에 대한 지속적이고 체계적인 관측 시스템을 구축, 운용하여 기후 변동과 변화를 예측하고, 환경오염과 관련된 자료를 조사하여 해양의 환경과 자원을 보전하며, 해양에 관한 정책결정과 관리 능력을 향상시킴을 목표로 한다.

황해 해양-대기 관측조사는 네가지 성분으로 구성되어 있다. 세가지는 관측에 대한 것이고 나머지 하나는 자료 및 정보의 관리와 배포를 위한 내용으로 다음과 같이 구성 된다:

1. 정선관측 - 조사선을 이용하여 정기적으로 관측선상의 선정된 관측점에서 해양 및 대기의 요소에 대한 자료를 획득함
2. 정점관측 - 계류 부표 또는 관측탑에 탑재한 센서로서 고정점에서 해양 및 대기의 요소를 관측하여, 자료 전송장치를 통해 실시간으로 송신하는 것과 자체 기록식 관측 패키지를 일정 기간 뒤 회수하여 분석하는 두가지 방법으로 해양 및 대기에 대한 시계열 자료를 획득함
3. 원격탐사 - 센서를 탑재한 항공기 또는 인공위성을 이용하여 광역에 대한 자료를 획득함
4. 자료관리시스템 - 데이터베이스의 관리 운용을 통하여 해양에 대한 정보 서비스를 행함

관측조사로 획득한 자료를 이용하는 연구의 수요로는

1. 황해 해양-대기 (정점) 관측 시스템 구축에 관한 연구
2. 대기환경연구: 공해물질의 대기를 통한 이동과 온실효과 기체 연구
3. 관측기술개발: 원격탐사와 음향 tomograph가 주요대상기술로 지목된다.

이 사업을 추진함에 있어 다음과 같은 전략적 목표를 설정함이 바람직하다고 판단된다:

- 해양 (대기 포함) 관측이 국가의 경제 사회적인 측면에서 많은 이득이 있음을 입증
- 산학연에 분산되어 있는 전문가의 능력을 집결하여 지식의 총체적인 활용을 도모
- 장기관측시스템 구축에 필요한 선진국의 기술을 조기 흡수하여 정착시킴
- 전세계적인 해양관측 노력에 실질적으로 기여함
- 황해에서의 이상기상 (악기상), 유해물질 방출사고 등에 실질적으로 기여함
- 향후 추진 될 연안역 GOOS 구축에 기여함
- 자료의 관리 및 서비스의 기능을 강화하여 수요자에게 공급함
- 장기적인 시계열 자료 획득을 위한 시스템을 구축함

이 프로젝트의 최종 목표물은 관측조사자료를 누구나 쉽게 이용할 수 있는 형태의 황해 환경도를 작성하는 것으로 영국의 북해연구에서와 같이 CD-ROM으로 만들어 내는 것이다. 이외에 이 프로젝트는 기상예보 능력을 제고하는데 크게 기여하게 될 것이며, 환경측면에서는 수질과 대기오염에 대해 그리고 지구 온난화의 불확실성을 감소시키는데 기여하고, 과학기술적 측면에서는 해양과 대기의 상호작용을 이해하고 새로운 측정기법을 개발함으로써 기여하게 될 것이다.

### 4.3 추진전략

해양연구에 필요한 자료는 다양하기 때문에 소규모 연구사업인 경우 필요한 요소만 자체적으로 관측하는 것이 상례이다. 앞질의 과학적 배경에서 언급한 자료의 종류는 궁극적으로 필요한 자료로서 방대한 내용으로 구성되어 있다. 물론 관측자료를 하나의 사업으로 충실히 제공할 수 있다면 더욱 바람직하지만 해양자료의 획득에는 다양한 방법이 동원되어야 하기 때문에 단일 관측사업으로 자료에 대한 수요를 모두 충족시키기 어렵다. 그럼에도 불구하고 해양과 대기요소에 대한 관측자료는 가능한 이 프로젝트가 제공하도록 기획되었다. 조사선을 사용하는 해양관측은 경비가 가장 많이 드는 분야로 황해 해양과학 프로그램의 수행에 필요한 조사선의 운항일정은 이 프로젝트가 일괄적으로 관장하도록 기획하였다. 이렇게 함으로서 자료의 체계적인 수집과 관리를 용이하게 하고 중첩된 조사를 방지하여 경비를 절감하도록 하였다. 따라서 이 프로젝트의 책임자가 황해 해양과학 프로그램의 총괄책임자를 겸하는 것이 매우 바람직하다.

중국측은 한 중해양과학공동연구센터에 100일 정도 조사선 사용을 제공하겠다는 의사를 밝힌 바 있으나 조사해역에 대한 이견, 언어, 음식 등 문화적 차이로 인해 장기간 중국 조사선을 사용하는 것은 초창기에는 많은 어려움이 따를 것으로 판단되어 일단 우리측 수요는 우리나라가 전담하는 형태로 추진전략을 제시하였다.

#### 4.3.1 추진전략

정선관측- 우리측 관할해역 (정확한 경계는 아직 확정되지 않았음)에 대해서는 국립수산진흥원이 매 2개월 간격으로 정선조사를 실시해오고 있다. 그러나 이로서 수집된 자료는 종합황해연구를 지원하기에는 미흡한 수준이다. 최소한 발틱해 조사 수준의 종합해양적인 해양조사로 보강되어야 하며 ADCP 등 순항 중에 연속 측정이 가능한 최신 연구장비의 활용이 필요하다. 처음 1단계 3년간의 정선관측에 의한 일반 해황을 비롯한 기상, 물리, 화학, 생물, 지질 자료의 획득은 이 프로젝트와 황해광역생태계연구로 수행한다. 황해오염에 대한 일반조사와 시료채취는 정선관측으로 충분하다. 중국과 호환적인 자료의 수집이 필요하므로 조사시기 및 정선의 결정, 조사 항목에 대한 사전 협의가 필요하다. 향후 3년간 표준 측정방법의 확립 및 인력 양성이 매우 중요한 사안이다. 정선관측으로 수집되어야 할 자료를 열거하면 아래와 같다:

- 해수의 물리적 특성 - 수온, 염분, 밀도, 광 및 음향 특성, 유속, 파랑
- 해수의 화학적 성분 - 용존물 농도, 유/무기화합물 농도, 중금속 농도, 동위원소비, 방사능
- 생물학적 자료 - 각종 동식물의 정량 분포, 생산력
- 퇴적물 자료 - 부유입자 농도, 표층 퇴적물 분석
- 기상자료 - 기온, 풍향, 풍속, 습도, 강수시료, 대기 시료

정선관측은 광역에 대한 거의 동시적인 자료를 양산하며 위에서 열거한 바와 같이 생산되는 자료의 범위가 넓으므로 각종 연구에 필요한 기본자료를 제공하는 특성을 지닌다. 특히 각종

모델의 초기화나 기존 모델의 검증 및 개량에 매우 중요한 자료를 제공할 수 있다. 따라서 연구의 초기에 광역에 대한 집중적인 조사가 매우 효율적으로 판단된다. 이러한 전략은 영국의 북해연구에서 사용된 바 있다.

정선관측은 해양조사선의 동원으로 많은 선박 운영비가 소요되는 사업으로 짧은 간격으로 지속적으로 수행하는데는 어려움이 많다. 이를 일부 보완하는 방법으로 중국과 한국 사이의 정기 항로상의 여객선 혹은 화물선 등 기회성 선박을 이용하여 제한된 해양 요소에 대한 연속 관측을 수행하는 것이 권장된다. 이를 위해 자료의 자동기록, 무선전파 혹은 입항후 수동 자료회수 등에 대한 기초 기술의 개선이 요구 된다.

항후 생산되는 자료는 매우 정확한 지리적 위치에 대한 정보와 함께 관리되어야 하므로 정밀한 GPS의 사용이 요구되며 자료의 관리를 위하여 데이터베이스의 사양이 사전에 결정되어야 할 것이다. 한편 과거의 한국해역 종합해양환경도 작성연구와 중국측의 환경도 등의 결과물에 대한 활용 방안이 우선적으로 제시되어야 할 것이다. 측정기법에 대해서는 현재 JGOFS와 PICES의 Working Group 11가 표준화를 시도하고 있는데 JGOFS 방법이 현재 국제기구에 의해 추천되고 있다. 종래의 정선관측은 정점관측과 원격탐사가 본궤도에 진입하면 점차 그 중요성이 줄어들 전망이나 오염감시 등을 위해 최소 10년간 연 1회의 광역조사는 필수적이다.

**정점관측** - 이것은 황해에서의 NEAR-GOOS에 핵심적인 역할을 담당할 실시간 시계열 자료의 획득을 위한 것이다. 정선관측이 광역에 대한 자료를 제공하는데 반해 정점관측은 장기에 걸친 시계열 자료를 제공하며 실시간 자료 획득이란 커다란 장점을 지니고 있다. 과거에는 이 분야에 '90년 이후 현재까지 9억원을 상회하는 연구비를 지원하고 있으며 그 결과로 상품화가 가능한 핵심 하드웨어 기술을 비롯한 각종 소프트웨어 기술도 이미 보유하고 있어 국제적인 경쟁력을 갖춘 분야이다.

정점관측의 활성화를 위해서는 우선 현재의 관측점 (그림 4-1 참조) 간의 국내 네트워크 구성과 국가간 네트워크 연결을 위한 프로토콜에 대한 합의가 이루어져야 하며 해양자료관리기관의 선정도 선행되어야 한다. 현재 정점관측부표는 해안에 집중되어 있고 외해역의 해상에는 설치되어 있지 않아 해황 및 기상예보에 많은 어려움을 주고 있다. 우선 해안의 정점 관측소의 개선이 이루어져야 하고 항후 향상된 해양정보 서비스를 위해서는 정점관측소의 추가 설치가 이루어져야 한다. 우리측 해역에 대한 관측소의 추가 설치의 기상청 등의 사업 계획과 연계하여 추진하는 것이 바람직하다. 항로상에서는 설치된 항로표지부이, 암초위에 설치된 등탑 등 기존 구조물을 이용한 연안 정점 관측소의 확장이 요구되며, 천해에서는 고정 관측탑의 설치에 의한 장기관측이 필요하고 외해에서는 관측 부표를 이용하여야 할 것이다. 무인연속자동관측 인자를 늘리기 위한 연구개발과 관측자료의 실시간 전달 기술에 대한 개선도 중요한 연구과제이다. 조밀한 정점관측이 수행되기 시작하면 정선관측에 대한 의존도가 줄게 되므로 두 조사방법간에 균형을 이루기 위한 투자의 조정이 필요하게 될 전망이다.

중국은 각기 다른 기관에서 해양과 대기에 대한 연구를 관장하고 있기 때문에 대기요소관측이 포함된 정점관측에 대한 중국과의 협력은 당분간 타 분야에 비해 다소 어려울 전망이다.

# NEAR-GOOS

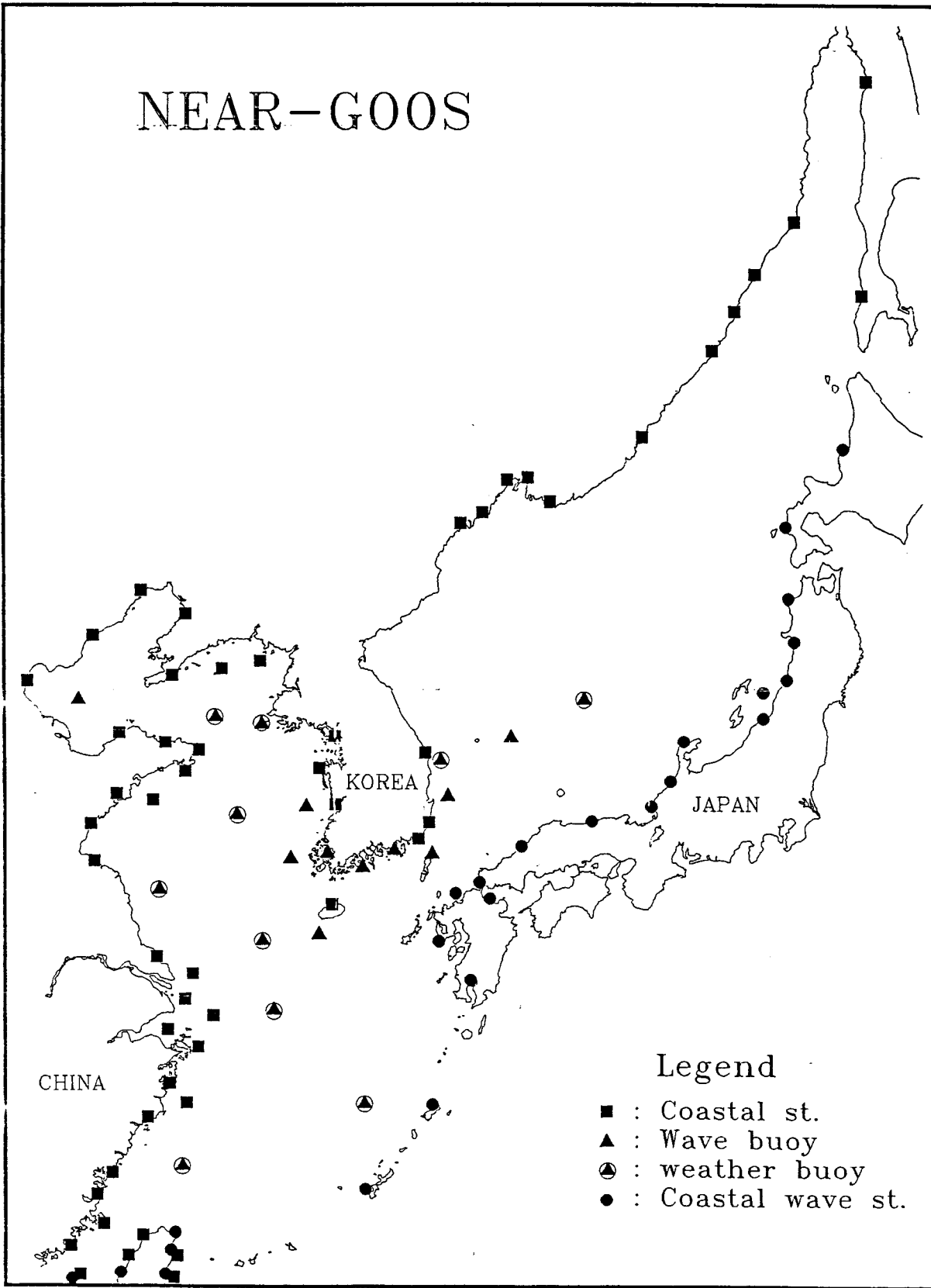


그림 4-1. NEAR-GOOS 계획에 포함이 고려되고 있는 우리나라 주변 해역의 기존 관측점

원격탐사 - CZCS (Coastal Zone Color Scanner)가 활동을 중지한 이후 현재 해양을 관측하고 있는 위성으로 미국의 NOAA가 발사한 위성과 미국과 프랑스가 공동으로 쏘아올린 TOPEX/Poseidon이 각기 해수면의 수온과 지형 탐사 자료를 송신하고 있다. '95년도 초에 NASA가 CZCS의 개량형 센서인 SeaWiFS를 탑재한 위성을 쏘아 올릴 예정이어서 본격적인 해양 원격탐사 시대에 돌입하게 된다. 일본도 곧 지구환경 감시용 위성을 발사시킬 예정이며 미국은 차세대 센서들을 탑재한 지구관측용 위성 EOS를 90년대 말에 발사할 예정이어서 측정인자의 다수를 원격탐사로 대체하게 된다. 우리나라에서 위성을 이용한 원격탐사 자료를 활용하기 위해서는 시설투자의 확대, 연구기관간의 협조, 전문가 초빙연구, 그리고 인력 양성이 필요하며 이는 해양과학조사법이 지정한 자료관리기관과 협의를 통하여 수행하는 것이 가장 바람직하다.

자료관리시스템 - 자료관리 시스템은 황해에 대한 자료만이 아니라 모든 해양자료를 총괄 관리하는 기관, 즉 해양과학조사법이 지정한 기관이 맡아서 관리하는 것이 가장 바람직하며 각 참여 연구자는 전산망을 통해 자료를 보내고 교환하며 이용하도록 구축되어야 한다 (3.6절 참조). 한편 이 시스템은 전세계 네트워크도 연결되어야 하므로 GOOS의 프로토콜을 염두에 두고 개발되어야 할 것이다. 정보는 해양서비스를 위해 일반에게도 공개하여야 할 부분이 많으므로 사용자 위주의 소프트웨어 개발이 병행되어야 할 것이다. 따라서 이러한 시스템의 구축을 위해서는 해양자료관리기관과 긴밀한 연계가 필수적이다. 해양과학조사를 체계화하기 위해서는 자료의 종류에 따른 표준화된 입력방식을 사용하는 것이 매우 중요하며 이러한 사양을 개발하는 것을 포함한 자료관리기술 연구가 필요하다. 이 분야 연구는 최근 관심이 고조되고 있는 해양지리정보 시스템의 구축에 크게 기여할 전망이다.

#### 4.3.2 타연구사업과의 연계

이 프로젝트는 연구 보다는 자료획득에 치중하여 황해 해양과학프로그램의 타프로젝트나 유관연구 등에 자료를 제공하는 것이 첫번째 임무이다. 이 관측조사사업은 앞에서 언급한 바와 같이 우리나라 정부가 GOOS 구축에 대해 동의할 경우에 이로 발생하는 국가적 수요를 충족시킬 수 있도록 기획되어 있다. 해양과 대기의 요소를 어떠한 방법을 사용하여 측정할 것인가는 별도의 문제로 각종 해양과 대기요소에 대한 측정방법은 현재로 보아서는 국제적으로 공신력이 큰 IGBP-JGOFS의 측정방법을 도입이 권장된다. JGOFS의 측정법은 '95년도 상반기에 전세계로 배포될 것으로 알려지고 있다.

이 관측사업은 1단계 ('95-'97)에서는 황해광역생태계연구가 실시하는 정선관측에도 일부 의존할 예정이다. 초기에 정점관측을 위한 관측시스템의 기획과 핵심하드웨어 기술이 개발되거나 개량되어야 할 것이다. 현재 우리나라가 보유하고 있는 해양감시기술은 UNEP가 지원하는 동아시아 환경보전 시범사업에 채택될 전망으로 이 사업을 통한 경험 축적도 본사업에 크게 기여할 전망이다. 이 사업의 수행으로 얻게 되는 해양-대기 자료는 자료관리시스템을 통해 나머지 황해 연구에 기여한다.

#### 4.4 세부연구과제, 추진일정 및 예산

관측조사는 정선관측, 정점관측, 원격탐사, 그리고 자료관리 시스템의 4개의 주제로 구성되어 있고 이와 병행한 연구 내용은 해양-대기 (정점) 관측 시스템 구축에 관한 연구, 과거의 자료를 수집하여 종합분석하는 연구, 오염 및 지구온난화와 관련 된 대기환경연구, 그리고 원격탐사와 음향 tomography를 포함한 관측기술개발을 포함시켰다.

이 프로젝트는 황해 연구에 필요한 조사선 운영 일정을 총괄 조정하는 기능을 갖도록 기획되어 있기 때문에 예산에는 조사선 운영에 필요한 소요 재원이 총괄적으로 반영되어 있다. 이 조사사업의 일환으로 황해상에 2-4개의 고정 해양-대기 관측소를 설치하는 계획을 세우고 있으며 처음 1개소는 연구개발차원에서 본 연구 프로젝트로 추진하고 나머지는 기상청의 고유사업으로 지원하는 추진 전략하에 소요 예산을 산출하였음을 밝힌다.

##### 4.4.1 세부연구과제

이 프로젝트는 크게 관측조사와 연구의 두가지 다른 성분으로 구성되어 있으며 동 프로젝트의 추진을 위한 과제공모양식 (RFP)에는 연구분야만을 포함시키고 관측조사 분야는 이 프로젝트의 책임자가 책임을 지고 추진하도록 기획하였다. RFP에 수록될 연구주제에 대해 언급하면 아래와 같다 (표 4-2).

종합해양조사- 해양조사선을 이용하여 황해의 물리, 화학, 생물, 퇴적물, 그리고 기상 자료를 획득하는 것을 목적으로 하는 정선관측으로 연 1회 이상 실시한다. 어류와 저서 생물조사는 트롤 등 특수한 장비가 필요하므로 종합조사와는 별도의 조사가 필요할 것으로 보이며 중국이 상용하는 조사를 제공했을 경우 한번은 종합조사를 다른 기회에는 어류와 저서생물 조사를 실시하는 것도 하나의 방법이다. 넓은 의미에서는 환경 좁게는 해양오염의 현상파악을 위한 조사가 가장 비중을 차지한다.

해양-대기 관측시스템 연구- 황해 환경을 구성하는 주요 환경인자들에 대한 자료를 체계적으로 수집하고 서비스하는 방안이 연구의 주제로서 특히 새로이 설치의 필요성이 강조되고 있는 해상 고정 관측소의 설치는 기존 관측부표나 연안관측소의 자료 분석과 병행되어야 한다. 이 연구는 현재 논의되고 있는 GOOS, GOOS로 비롯될 국가적 수요를 충족시킬 수 있는 방향으로 전개되어야 한다. 그리고 과거에 우리나라와 중국이 수집한 자료를 모으고 활용하는 것은 대단히 의미있는 중요한 연구활동으로서 이러한 연구결과를 토대로 하여 새로운 관측 시스템을 구상하여야 할 것이다.

대기환경 연구- 황사, 산성비 원인물질 등 대기를 통해 우리나라로 유입되는 대기오염물질에 대한 감시는 국민의 보건과 생태계의 건강 측면에서 매우 시급한 연구주제이다. 다른 한편으로 지구 온난화에 관련지어 미량기체의 대기-해양 경계면에서의 역학은 전세계적으로 권장되고 있는 연구 주제의 하나이다. 이 분야 연구의 지원은 정점관측소가 설치된 이후에나 가능할 전망이다.

관측 및 감시 기술개발- 해양과 대기를 대상으로 하는 관측기술의 개발은 선진국을 중심으로 활발히 전개되고 있으며 환경자료에 대한 정부와 민간에서의 수요가 크기 때문에 환경감시를 위한 선진기술의 도입내지는 정착을 위한 기술개발이 병행되어야 한다. 이 분야에 포함되어야 할 개발대상 기술로는 위성 원격탐사 자료처리기술, 음향 tomography, 무인수질자동연속모니터링기술 등이 있으며 앞으로도 기술개발 수요는 계속 늘어날 전망이다. 미래의 수요를 주도할 분야는 지구환경 감시위성의 발사로 발생되는 원격탐사기술분야로 보인다.

해양자료 관리기술개발- 이 프로젝트의 일차적인 목표는 황해에 대한 환경도를 제작하는 것으로 이 분야 연구는 정선관측, 정점관측, 원격탐사로서 획득한 자료를 서비스 개념에서 관리하고 배포하는 방안을 수립하는 것을 대상으로 한다. 현재의 동향으로 보아 최소한 CD-ROM 형태의 atlas가 제작되어야 하며 향후 GIS의 발전에 따라 이보다 상위 개념의 정보 유통 방법이 개발되어야 할 필요성이 높다. 이 연구에 추가되어야 할 내용은 관측기법의 표준화와 기존자료의 전산화로서 현재 한국과 중국이 각기 제작한 황해 atlas의 대조 및 재편집도 매우 가치있는 과제로 지목되었다. 황해 연구에는 여러 연구주체에 의한 관측이 이루어질 것이므로 가능한 표준화된 관측기법을 채택하여 보급하여야 할 것이다. 이 과제에서는 각 측정요소에 대한 관측 빈도와 자료 기입 양식 등도 함께 다루어지는 것이 바람직하다.

표 4-2. 해양-대기 관측조사사업의 '95 공모 세부연구과제의 구성 및 연구내용

연구 주제	세부연구과제	결과물
종합해양조사	1. 조사선을 이용한 황해의 일반 특성조사	황해 환경도 (2판), 생물도감
해양-대기 관측시스템 구축 연구	2. 기존자료 분석, 정점 관측소 설계 및 센서 개발	해양-대기 관측소
대기환경연구	3. 대기 오염물질 이동 및 flux 4. 온실효과기체 측정 및 감시	
관측 및 감시기술 개발	5. 위성원격탐사 자료 처리 및 분석 (NOAA-AVHRR, SeaWiFS 외) 6. 음향 tomography 기법 무인 자동수질모니터링기술 <sup>1</sup>	각종 영상 이미지
해양자료관리기술 <sup>2</sup>	7. 자료입력양식, 표준조사방법, 8. 전자 atlas 기법: 양국의 기존 atlas의 D/B화	관측조사 지침서 전자 atlas

1: 1차년도 ('95) 이후 공모과제 (자세한 내용은 4.4.2 절 참조)

2: 황해광역생태계연구의 자료관리 모듈과 협력 연구임

#### 4.4.2 추진일정

이 관측조사사업은 해양-대기 상호작용분야 연구과제를 제외하고는 '95년도부터 추진하도록 계획되었다. 해양-대기 관측시스템 연구는 첫번째 해상 고정 관측소가 설치될 때까지 최소 3년간의 연구가 필요하게 될 전망이다 (표 4-3). 대기환경연구는 고정관측소가 3년 이내에 설치될 것을 가정하면 2단계 이후부터 본격적으로 수행 가능한 연구주제이다. 관측 및 감시기술은 새로운 기술 수요에 대응하기 위한 것으로 특히 위성자료의 분석은 연구가 지속되어야 할 것으로 보이며 연구내용 가운데 미국과 공동연구의 가능성이 큰 음향 tomography에 대한 과제는 일단 '95년도 한해에 국한해 지원하고, 무인자동연속수질관측기의 개발은 타 연구사업으로서의 지원결정 여부를 지켜 보아가며 결정되어야 할 것이다. 고정관측소가 설치되면 해양과 대기간의 상호작용에 대한 연구가 2단계에 새로이 추가되는 것이 바람직하다고 판단된다. 이에 대한 수요는 2단계 수정보완기획에서 다루도록 하고 여기서는 자세히 언급하지 않았다.

표 4-3. 해양-대기 관측조사사업의 세부과제 추진 일정표

연구주제	연도	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04
황해 종합조사		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
해양-대기 관측시스템 연구		■	■	■							
대기환경 연구		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
관측 및 감시기술 개발		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
해양자료 관리기술개발		■	■	■							
해양-대기 상호작용 연구					■	■	■	■	■	■	■

#### 4.4.3 예산

관측조사사업의 예산은 크게 관측조사와 연구부문으로 나누어 편성하였으며 관측조사부문은 전체 황해연구에 필요한 조사선 운항을 총괄하고 있기 때문에 연구비의 규모가 매우 큰 편이다. 조사선을 통괄 운영하는 이유는 운항에 많은 경비가 들기 때문에 조사선의 공동이용을 도모하고 나아가 경비를 절감하기 위해서이다. 향후 10년 동안 조사선 이용 수요는 표 4-4에 정리하여 나타내었다. '95-'97 기간에는 황해광역생태계연구도 황해의 접근 가능한 전역에 대한 조사를 실시할 예정이기 때문에 이기간에는 우리나라만 해도 최소 연간 2회의 황해 종합조사가 가능하다. 따라서 이기간에는 조사내용의 분담 등 협동연구가 가능하다.



표 4-4. 황해해양과학 프로그램의 연도별 조사선 사용 수요 추정일수

조사선 사용 수요	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	04
종합해양조사	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
해수순환	30	65	20	-	-	-	50	45	-	-
물질 flux	15	30	30	30	30	15	-	-	-	-
기타 (예비)	15	10	15	15	15	15	15	15	15	15
계 (일)	80	125	85	65	65	50	85	80	35	35
경비 (백만원)	240	375	255	195	195	150	255	240	105	105

조사선 사용에 드는 경비는 한국해양연구소의 조사선 이어도 (350 톤급, 연구원 승선인원: 15명)를 기준으로 하여 산정하였다. 이어도의 조사선 1일 사용료는 200만원이고 연구원당 1일 6만원 정도가 지출되므로 1일 조사비용은 300만원 이내이다. 조사선 이용을 각과제로 분산시키지 않은 이유는 참여 연구기관마다 오버헤드 적용률이 다른 이유와 풀 (pool) 계정을 만들어 가능한 조사선 이용에 대한 부분에 대해서는 오버헤드를 적용받지 않도록 하기 위함이다.

해수순환연구를 위한 조사선 사용은 '95년도 8월부터 향후 13개월간, 2000년도부터 다시 한번 13개월간 매달 7일간 있을 예정이며 특히 '96년도는 조사선 수요가 125일로 가장 크다. 예비일은 날씨가 나빠 예정기간에 조사가 완수되지 못했거나 급작히 발생하는 수요를 충족시키기 위해서 매년 15일 정도를 산정하였다.

일차년도에 공모될 과제는 황해종합해양조사, 해양-대기 관측 시스템 연구, 관측 및 탐사 기술개발, 해양자료 관리기술개발 분야에서 8개 과제로 (표 4-2) 이에 필요한 연구소요 재원은 과제당 3천만원 규모로 산정하였을때 2.4 억원 정도가 필요하다. 2단계부터 해양-대기 상호작용에 대한 연구가 시작되면 연구소요재원도 연간 1억원 규모의 증액이 필요하다. 향후 10년간 필요로 하는 연구 사업비의 1단계 연도별 규모와 후속 단계별 규모는 표 4-5에 정리하였다. 총연구사업비는 50억원을 웃도는 규모로서 조사선 사용료가 40% 가량을 차지한다 (표 4-5). 2-4개의 관측소를 순차적으로 설치 운영하는데 필요한 예산은 이 프로젝트에 모두 반영하지 않고 연구개발 차원에서 1개소의 것만 계상하였다. 관측소의 설치에는 2억원, 그리고 운영예산은 3천만원을 계상하였다.

표 4-5. 해양-대기 관측조사사업의 활동내용별 연간 (단계) 소요재원 (단위: 백만원)

단계	1 단계			2 단계	3 단계	계
	연도	'95	'96	'97	'98-2000	
연구부문 사업비	240	240	240	1,000	1,200	2,920
조사선 사용료	240	375	255	540	705	2,115
관측소 설치 (1 개소)	-	-	230	-	-	230
계	480	615	725	1,540	1,905	5,265

## 물질순환연구

북서태평양의 가장자리에 위치한 황해는 한반도와 중국대륙 사이의 수심 100 m 미만인 준폐쇄 육봉해역으로서, 북서쪽으로는 산둥반도와 요동반도를 잇는 선을 경계로 발해만과 연결되며 남쪽으로는 제주도와 양자강 입구를 잇는 선을 경계로 동중국해와 연결된다. 발해만을 포함하는 황해의 전체면적은  $4.87 \times 10^5 \text{ km}^2$ , 평균수심은 약 44 m로서 전체 체적은  $1.94 \times 10^4 \text{ km}^3$ 에 달한다. 황해의 중앙부에는 수심 70m가 넘는 골이 존재하며 한국 연안쪽에서 골쪽으로 수심이 비교적 급하게 깊어지는 반면 골에서 중국 연안쪽으로는 상대적으로 완만하게 수심이 알아진다.

황해에 존재하는 물질이 어떻게 얼마나 들어오고 나가며 분지내에서 체류하는 동안 어떻게 순환하는가 하는 명제는 황해 시스템의 작동을 이해하는데 생태계의 작동과 함께 가장 중요한 정보로서 국내외 해양학자들의 관심의 대상일 뿐만 아니라 황해의 환경관리에 필수적인 기본 정보로 요구되고 있다. 물질의 순환과 균형의 측면에서 중요하게 고려되어야 할 대상은 해수, 해수내 용존물질, 그리고 생물을 포함한 입자이다. 달리 표현하면 물, 소금, 탄소, 질소, 인과 황의 순환과 균형이 연구대상인 셈이다. 이들은 모두 대기(강수 포함), 하천, 그리고 외해로부터 유입되며 황해에 체류하는 동안 많은 변화과정을 거쳐 일부는 황해분지에 퇴적되고 나머지는 밖으로 흘러 나가게 된다.

물질의 순환과 균형을 밝히는 연구는 유입과 유출 (source & sink), 화학적 변환 (chemical transformation), 이류 확산 (advection & diffusion)에 의한 분포의 세가지 연구로 구성된다. 본 프로젝트는 앞의 두 연구주제를 물질 균형으로 마지막 주제를 해수순환으로 규정하여 연구를 수행하도록 기획하였다. 이것은 국제해양연구계획인 JGOFS와 WOCE와 비슷한 맥락에서 정리한 것으로 이를 구성하는 세부연구 내용은 물리, 화학, 생물, 지질, 대기분야를 총 망라한 학제적인 것이다.

해양-대기 관측조사가 주로 서비스를 염두에 둔 자료 획득에 역점을 두고 있다고 하면 이 프로젝트는 관측조사자료를 이용하여 과학적 현상을 이해하고 예측하는데 주안점을 두고 있다. 이 프로젝트는 황해의 물질순환에 기여하는 단편적인 체계로부터 복합적인 물질순환 체계에 이르기까지 각 과정을 지배하는 요인에 대한 학문적 이해를 높이고, 연구 결과들이 황해의 환경관리, 자원관리, 해상안전 확보 등에 활용될 수 있도록 황해의 물질순환에 관한 종합적인 정보를 제공하는데 목적을 두고 있다.

## 5.1 과학적 배경

황해의 물질순환연구는 크게 해수의 움직임과, 물질에 관정을 둔 황해로의 유입과 유출을 비롯한 해수의 움직임에 따른 수동적인 이동 및 분포 그리고 물기둥 (water column) 내부와 퇴적면에서 일어나는 물질변환 과정을 망라한 두가지로 크게 구분하여 취급하였다. 이후 부터는 편의상 전자는 해수순환 후자는 물질순환이라 구분하여 다루었다. 전자는 주로 수평적인 물질의 분포를 결정하고 후자는 수직적인 물질의 분포를 좌우하는 것으로 나누어 볼 수있다.

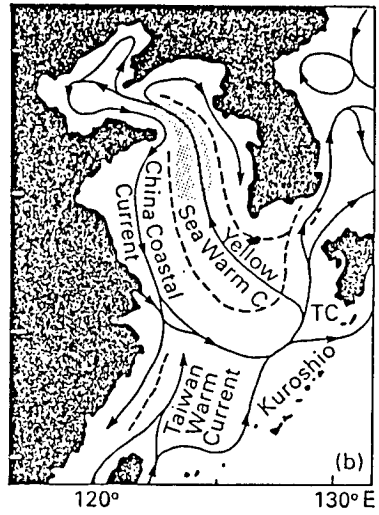
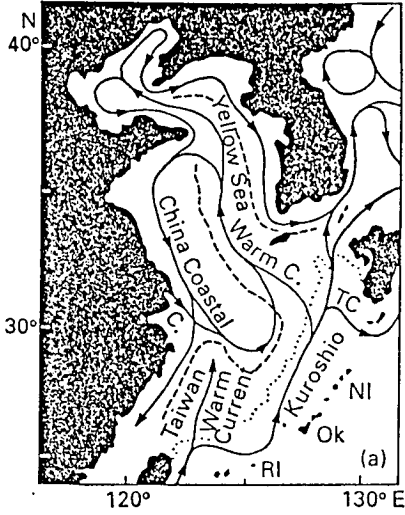
### 5.1.1 해수순환

황해의 해수순환은 바람 등의 기상요소, 담수유입, 조석 및 외양의 해류 (쿠로시오) 등 시·공간적으로 그 크기가 서로 다른 체계들의 복합작용에 의한 결과이며 이들 체계들은 서로 무시할 수 없는 중요성을 갖고 있는 것으로 알려져 있으나 현재까지 황해의 전반에 걸친 해수순환체계에 대하여 정량적으로 알려진 사실은 매우 적은 편이다. 최근에 미국의 해군연구소 (Naval Research Laboratory) 가 중심이 되어 황·동중국해에 대한 해수순환연구를 활발히 진행중인데 이는 북핵문제 등과 관련된 동아시아 지역의 정치, 군사적인 이유 등으로 사료된다.

황해의 해황은 수심이 얕기 때문에 기상조건의 영향을 크게 받는데 겨울철에는 강한 계절풍과 해표면 냉각으로 인해 해수의 수직혼합이 용이해 수직적으로 전층에 걸쳐 균질한 해수분포를 보이는 반면에 여름철에는 해수 표면온도의 상승으로 인해 수층이 안정되면서 연안역을 제외하고는 계절적 수온약층을 경계로 이층구조를 보인다. 연안역은 상대적으로 강한 조류의 영향으로 수직혼합이 (tidal mixing) 활발해 여름철에도 수직적으로 균질한 분포를 보인다.

황해에서의 해류체계를 규명하려는 노력은 일본의 Uda (1934)에 의해 최초로 시도되었다. 정선상의 일정한 관측점에서 계절별로 수심에 따라 수온, 염분 등을 관측하여 이 자료로부터 해류를 추정하는 방법과 더불어 표류병을 투하하여 회수된 위치까지의 중간경로를 추론하는 방법을 이용하여 Uda가 제시한 해류 모식도가 아직까지 많이 이용되고 있다. 그림 5-1 (가)는 최근에 호주의 해양학자들 (Tomczak 과 Godfrey, 1994)에 의해 발간된 책자에서 발췌한 황·동중국해의 계절별 해류 모식도이다. 이 모식도는 1934년에 Uda가 제시한 해류 모식도와 거의 차이가 없다. 이 모식도에 의하면 황해의 해수순환은 기본적으로 황해 중앙부를 따라 북상하는 황해난류와 한국연안 및 중국연안을 따라 남하하는 연안류로 구성되어 있다. 황해난류수는 쿠로시오로부터 분지되는 고온·고염의 해수로서 황해내부에 열과 염을 수송하는 역할을 하는 것으로 일본 및 중국학자들에 의해 간주되어 왔으나 (그림 5-1 (가), (나), (다)의 a, (라)의 a) 1980년대 들어 주로 우리나라의 해양학자들에 의해 황해난류의 존재에 대한 의문이 제기되었다 (그림 5-1 (다)의 b, (라)의 b). 황해난류의 기원에 대해서도 쿠로시오로부터 직접 분지된다는 주장과 대만해협으로부터의 유입과 대만 북동부 해역에서 형성되는 대만난류의 연장이라는 주장 등 상반된 견해가 공존하고 있다 (그림 5-1 (나)의 a와 b). 한국연안의 연안류에 대해서도 대부분의 모식도는 남향으로 표시하고 있으나 그림 5-1

(가)



(나)

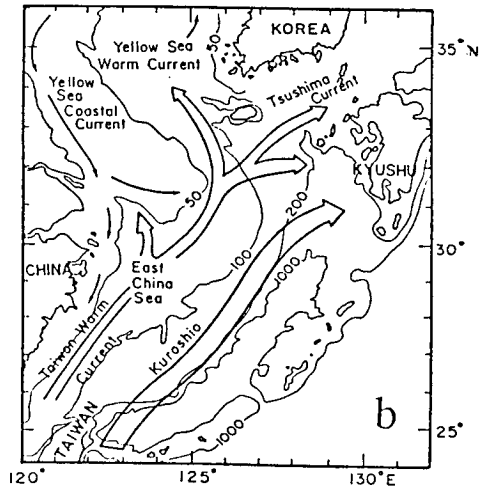
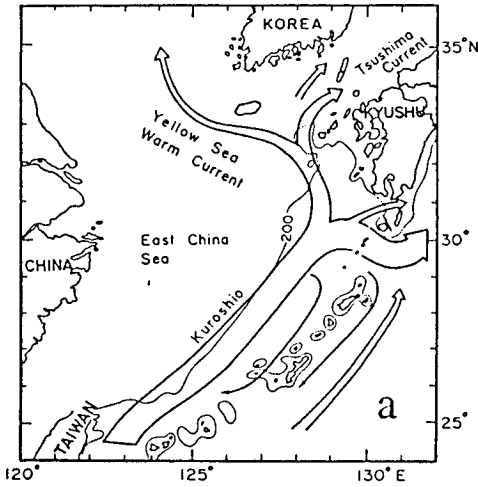


그림 5-1. 황해 해수순환의 모식도, a: 겨울철, b: 여름철; Taiwan Warm Current (대만난류), Yellow Sea Warm C (황해난류), TC (대마난류)  
가) Tomczak & Godfrey (1994)의 모식도  
나) a: Nitani (1972), b: Beardsley et al. (1985)

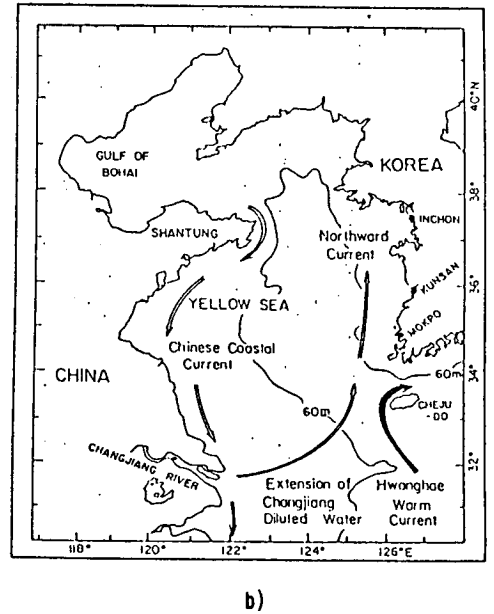
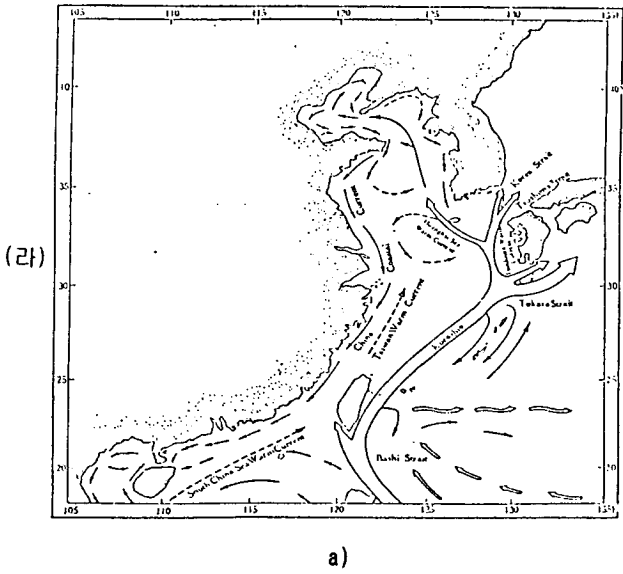
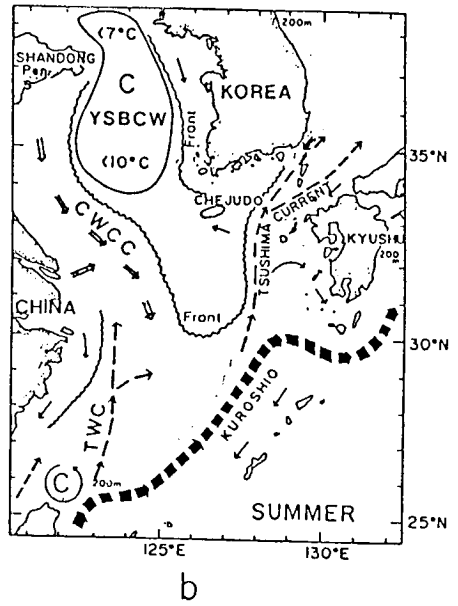
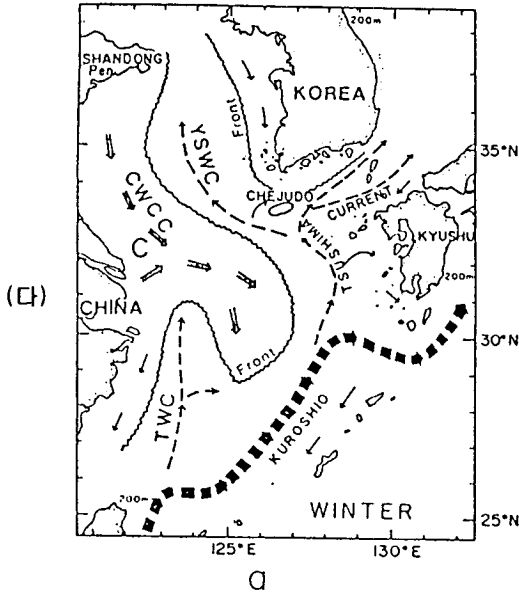


그림 5-1 (계속). 황해 해수순환의 모식도 (a: 겨울철, b: 여름철):

다) Kondo (1985); CWCC (중국대륙 연안수), YSWC (황해난류), TWC (대만난류), Tsushima Current (대마난류), YSBCW (황해 저층냉수)

라) a: Guan & Mao (1982), b: Lie (1987); Hwanghae Warm Current (황해난류)

(라)의 b에는 복잡하는 것으로 나타나 있다. 여하간 80년대 중반 한국, 중국, 미국과의 공동협력으로 장기해류관측과 위성추적 부표실험을 실시한 결과 황해의 해류체계는 과거에 생각했던 것보다 훨씬 더 복잡하다는 것에 의견을 같이하게 되었다.

해수의 움직임은 다양한 힘의 상호작용에 의해 일어나게 된다. 해수면에 작용하는 바람에 의한 전단력, 해와 달과 지구 사이에 존재하는 인력에 의해 조석을 발생시키는 힘, 밀도 차에 의해 해류가 발생된다. 황해와 같은 육봉해의 경우 이외에도 육봉해와 대양의 경계에 존재하는 쿠로시오와 같은 경계류에 의해서도 육봉해의 해수순환이 유발된다. 이러한 힘의 균형에 따라 대양과 지역해양에 따라 특징적인 대규모 순환 및 지역해 순환이 결정된다. 황해는 북서태평양의 가장자리에 위치하며 동중국해와 더불어 대륙붕 위에 존재하는 바다로서 해수의 물리적 성분과 거동은 시·공간적인 변화가 큰 복잡한 체계를 이루고 있다. 따라서 시·공간적 규모가 서로 다른 해수의 운동역학에 대한 이해가 중요하다. 주기가 수초, 파장이 수십미터의 표면해파에서부터 전지구적 기후변화와 같은 장기적인 현상이 황해분지 전체의 공간에서 일어난다.

조석 순환: 황해에서 해수의 유동을 유발시키는 가장 큰 외압은 조석으로 평균 0.5m/sec의 유속을 발생시킨다. 황해의 평균적인 조류강도의 분포는 조석주기 (12.4 시간)를 따라 회전하는 조류의 흐름과, 연안 및 수로에서 왕복성의 조류가 발생하는데 조차가 큰 해역에서는 매우 강한 조류가 발생한다. 조류는 주기를 갖고 밀물, 썰물로서 움직임과 동시에 해저지형과의 상호작용으로 인하여 평균적인 해수순환에 기여하는 조석항류를 발생시키기도 한다. 실제로 황해의 중부 및 남부해역에서 중규모의 조석에너지를 갖는 활발한 조류유동이 일어나기는 하나 조석순환의 관점에서 보면 미약한 강도를 갖는다. 연안역에서는 조류 플러싱 작용이 오염물질의 이동에 기여하나 황해 분지에서 조석순환에 의해 오염물질이 외해쪽으로 흘러 나가는데에는 큰 기여를 못하고 있으며 오히려 황해 중부 해역의 미약한 조석순환과 수반되는 반시계방향의 와류는 해양에 투기되는 오염물질과 해수중의 미세한 토립자를 포집하는 역할을 하여 중앙역의 넓은 해저에 걸쳐 이토가 집적되어 있다. 반면에 연안역은 바깥쪽과 달리 조석항류에 의한 해수순환의 강도가 높다. 따라서 조류의 역할이 황해 전체, 특히 중부해역의 순환에는 큰 기여를 못하지만 해안에서 또는 경기만과 같이 반폐쇄 해역에서는 조석에 의한 와류는 여전히 중요한 순환 기작으로 지목되고 있다. 조석항류도는 조석에 의해 부유되어 이동되는 토사(부유사), 부유생물군, 해수와 함께 이동하는 오염물질의 장기적인 확산을 추정하는 지표가 될 수 있는데, 황해로 유입되는 오염물질이 조류에 의해 이 해역을 벗어나기까지의 평균체류시간을 산정하여 보면, 발해만은 1.8년, 황해북부역은 1.7년, 황해중부해역은 12년, 황해남부해역은 1.7년으로서 오염물질의 해양 투기가 황해중부역에서 이루어지는 것은 조석순환의 관점에서는 극히 바람직하지 않은 행위로서 추정된다. 조석에 의한 해저 전단응력에 의해 추론된 해저토사의 이동방향에 관한 추정 모식도는 해사의 이동, 해저 토사와 함께 퇴적되어 운반되는 중금속과 방사능 물질들의 이동경로를 장기적으로 추론할 수 있는 지표가 된다. 이러한 관점에서 해양에 투기되어 토사와 같이 이동되는 오염물질은 적어도 외해쪽으로 이동되는 해역에 투기되어야 하며 반대로 수렴이 되는 해역, 또는 해안측으로의 이동이 되는 해역에서의 투기는 아주 바람직하지 않은 것이다.

**풍성류 순환:** 바람이 해수면에 작용하는 응력에 의해 발생하는 유속장은 표층해수의 순환에 큰 기여를 한다. 바람에 의한 해수유동은 천해에서는 해저면의 마찰에 의한 영향 때문에 바람에 의한 수직분포가 심해처럼 단순하지 않다. 또한 바람은 주기가 짧은 파랑을 발생시켜 육붕역과 해안의 쇄파대 근처에서 두개의 서로 다른 흐름을 발생시키며 이들의 상호작용의 결과로 복잡한 물리체계를 형성한다. 황해상의 바람분포는 겨울에는 북풍, 북서풍 계열의 바람이 우세하며 두곳의 강풍역이 존재한다. 하나는 최대 10m/sec의 풍속을 갖는 제주도 지역이며 또 하나는 9m/sec의 최대풍속을 갖는 황해중부해역이다. 봄에는 황해 중심부의 강한 풍역은 3월부터 감소되어 5월에는 사라진다. 그러나 제주도 부근의 강한 풍역은 3월의 9.5m/sec로부터 5월의 6.5m/sec로 여전히 존재한다. 여름철 평균풍속은 연중 최소이나 황해 동부해역에서는 오히려 봄보다 증가된다. 가을에는 황해 전역의 평균풍속은 9월에 8m/sec에서 11월의 9m/sec로 증가된다. 여름에는 아열대성 고기압의 영향으로 일반적으로 황해의 풍속은 약하다. 그러나 태풍 통과시에는 매우 강한 바람을 수반한다. 바람은 주로 남풍, 동남풍이나 제주도 부근은 동풍 및 북동풍 계열이다. 태풍 통과시 남부 황해역의 서쪽에서 최대풍속은 35m/sec에 달하기도 한다. 여름에 발해만에서는 6월에 30m/sec 이상의 강풍이 발생하며 남부 황해역의 서쪽에서는 7월에 최대풍속이 발생하며 동쪽에서는 8월에 최대풍속이 발생한다. 이러한 바람에 의한 영향으로 발생하는 풍성류의 분포는 지역적으로 또한 수심에 따라 변화가 크다, 얕은 수심에서는 풍향과 대략 일치하는 강한 표층류가 발생하며 깊은 수심에서의 유속변화는 표층류와 달리 반대방향의 흐름을 갖기도 한다. 특히 겨울철의 북동풍에 의한 풍성류의 분포는 제주해역 서부의 깊은 수로의 해역에서 표층에서는 북서풍의 방향과 일치하는 남동향의 풍성류가 발생하지만 중층, 저층에서는 바람 방향과는 역방향의 북동 보상류로서 발생하여 후술될 난류의 황해 내부역으로 침투를 촉진시킬 수 있다는 수치실험 결과가 제시되고 있다. 풍성류의 관점에서 오염물질의 평균 체류시간은 사계절을 통해 발해만이 봄철에 가장 긴 25년 이상의 기간을 갖는데 봄철의 순환이 전체적으로 황해 전역에서 가장 미약하며 황해 중부해역에서는 계절에 따라 1.5 (겨울) - 5 (봄)년 기간으로 초기 평가되고 있다.

**밀도류 순환:** 해수의 밀도는 수온과 염분에 의해 주로 결정되는데, 수평적인 해수의 밀도차이는 압력경도를 유발하며 이러한 압력경도에 의해 발생하는 해수의 이동을 밀도류라 한다. 황해에서는 한반도와 중국대륙으로부터의 담수유입과 연안역과 외해역간의 가열정도의 차이등에 의해 생기는 부력효과가 밀도류 형성에 주로 기여한다. 한국과 중국 연안수의 유동은 밀도류의 성격을 갖으며 바람과 담수유입 정도에 따라 연안류의 규모와 세기가 계절에 따라 달라진다. 중국연안을 따라서는 계절에 관계없이 남하류가 존재하는 것으로 알려져 있으나 한국연안을 따른 연안류는 그림 5-1에 제시된 바와 같이 연안류의 방향에 관해 상반된 견해를 보인다.

황해 해수의 염분은 하천유입수에 의해 크게 감소하며 매년 총 1200 km<sup>3</sup>가 황해로 유입되는데 이중 양자강의 평균하천유량은 30,000 m<sup>3</sup>/sec로서 전체 유입량의 90%가 양자강을 통해 이루어진다. 이 담수의 평균체류시간은 2-3년으로 추정되고 있다. 양자강물로 희석된 해수는 겨울철에는 중국연안을 따라 남하하는 반면 유입량이 증가하는 여름철에는 북동쪽으로 확장되어 우리나라 남동해역 및 제주해협 그리고 대한해협까지 영향을 미친다. 이와같은 결과는 양자강을 통해 황해로 유출된 제반



물질이 우리나라 근해까지 영향을 미칠수 있음을 시사하고 있다. 그럼에도 불구하고 아직 연안류의 계절별 규모나 정량적인 세기에 관해서는 관측자료의 미흡함으로 인하여 거의 알려진 것이 없는 실정이다.

쿠로시오의 영향: 담수유입이 활발한 황해에서 평균염분이 보존되기 위해서는 고염의 해수유입이나 확산 등의 기작이 필요하다. 황해남부에서 발견되는 고염의 해수는 그 기원이 동중국해의 대륙사면을 따라 북동쪽으로 흐르는 쿠로시오 해수인데, Uda의 해류모식도에 의하면 (그림 5-1) 황해와 동중국해 육붕상에는 대만 북동쪽 해역의 대만난류, 일본 구주 서쪽에서 분지되어 대한해협을 통해 동해로 유입되는 대만난류 그리고 제주도 남방에서 대만난류로부터 분리되어 황해로 유입되는 황해난류등 세개의 난류가 존재한다. Uda의 해류모식도는 주로 정성적인 해수분포를 근간으로 제시된 것인데 최근에 들어 인접국의 해양학자들 사이에 많은 이견이 제기되고 있다.

겨울철에는 역풍류의 형태로서 황해난류의 존재 가능성이 위성사진, 수치모델, 해류관측등에 의해 인지되는 반면 여름철에는 황해냉수의 확장, 양자강 희석수의 확장등으로 황해난류는 황해로 유입되지 않고 제주도 서단을 우회후 제주해협으로 유입함이 보고되었다. 반면에 1992년 9월에 인하대학교에서 수행한 황해 일원의 관측결과에 의하면 한반도 연안역에 주변보다 염분이 높은 해수가 존재하고 있어 황해난류와의 연관 가능성을 보였다 (이영철, 1993). 중국의 해양학자들은 대만 북동쪽에서 형성된 대만난류가 황해난류 및 대만난류의 기원이 됨을 보고하고 있으나 아직 논란의 대상이 되고 있다.

기타 해양과정 : 여름철 황해중양부 계절적 수온약층 아래에는 수온  $10^{\circ}\text{C}$  미만의 냉수가 분포하는데 (그림 5-1 (다)의 b) 이 냉수는 겨울철 황해내에서 형성되며 여름철에 남쪽으로 확장되는 것으로 알려져 있다. 황해냉수와 연안수 사이에는 밀도차이가 뚜렷해 앞에서 언급한 밀도류 순환의 가능성을 추론할 수 있으나 냉수와 관련된 황해순환에 관한 연구는 아직 미미하다.

겨울철 고온, 고염의 쿠로시오 해수와 황해 해수 사이에는 수온 및 염분전선이 형성되는데 위성사진에 의하면 이러한 전선역에 중규모 이하의 와류와 같은 해양현상이 인지된다. 기존의 정선해양관측으로는 정점간의 거리가 먼 관계로 이러한 해양구조의 파악이 불가능 하였다.

직접해류관측: 해류를 발생시키는 기작에 대한 물리학적 이해의 부족으로 자세한 통계를 위해서는 수 개월의 해류관측이 필요하다. 1970년대 중반까지는 선상에서 닻을 내려 1 주야 관측하는 방법이 주로 사용되었으나 80년대에 들어서는 장기관측이 이루어지기 시작하였다. 그림 5-2 는 1986년 동계 1~4월 기간에 관측된 것으로 이는 동계의 북풍계열의 강한 바람에 의한 수면경사가 북향류를 동반시키며 또한 난류수를 이동시킨다는 가설을 검증하기 위한 것이었는데 이러한 순환역학에 대한 접근은 직접 해류관측에 의해서만 가능하다. 이러한 정점에서의 관측과 더불어 Argos 위성을 이용한 인공위성 추적부표가 1980년 중반부터 활용되기 시작하여 해류모식도에 나타난 순환형태를 부분적으로 검증하는 결과를 제시하고는 있으나 아직도 충분한 해류관측이 수행된 것이 아니며 직접해류관측의 중요성이 부각되고 있다.

Uda의 관측 이래 황해 전체의 황류순환은 상대적으로 미약한 반시계방향 순환으로 제시되고 있으며 이는 수치모형 산정결과와 더불어 여름철 위성추적 부표실험에서도 나타나고 있다.

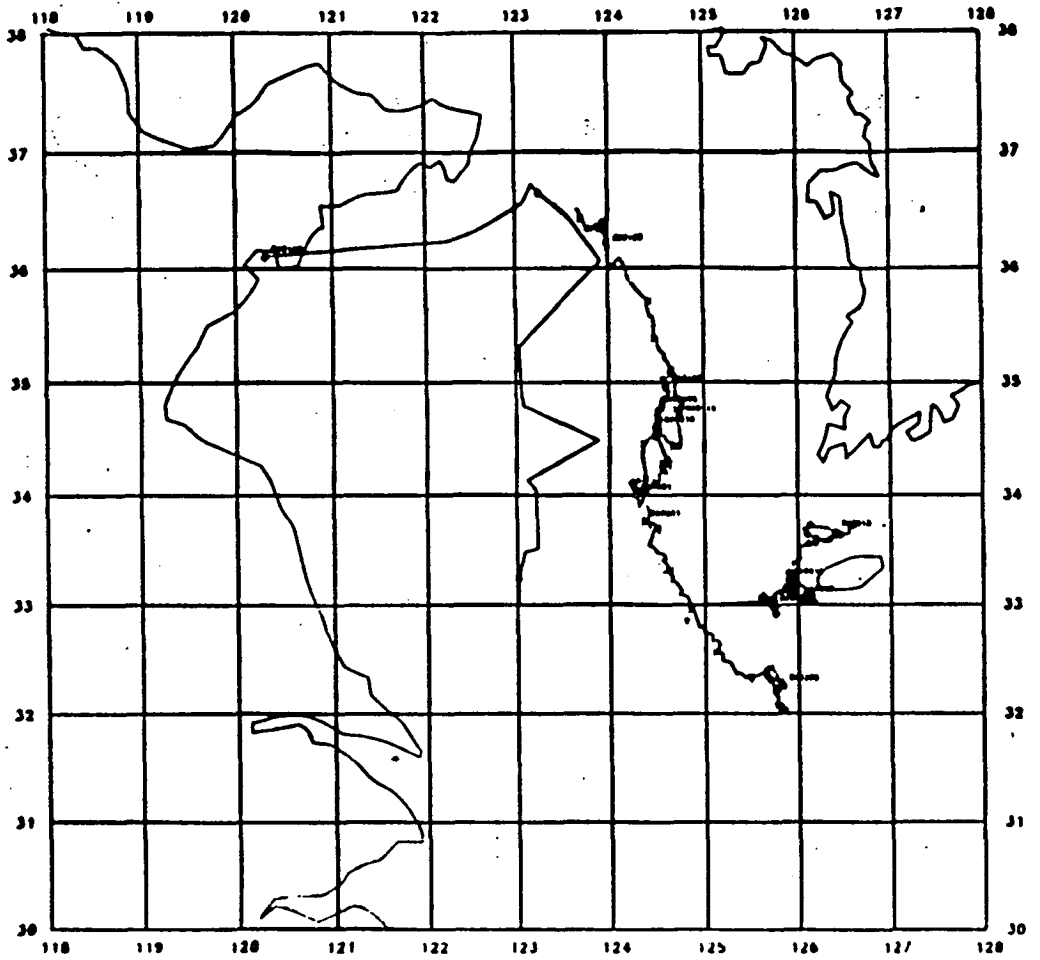


그림 5-2. 황해의 부표 추적 실험 결과, 1986년 1-3월 자료 (직선궤적은 조사선의 운항 경로임)

육봉수치모형에서는 요동 및 산동반도 연안에서 들출지형의 영향에 의한 와류, 서한만에서 강한 시계방향 와류와 경기만에서 반시계방향 와류, 그리고 한반도 남서쪽의 해역에서는 일반적으로 북측항류가 산정되지만 관측에 의한 검증은 지금까지 이루어지지 못했다. 전반적으로 황해의 해수 순환은 안정적인 자료에 의해 주로 제시되어졌기 때문에 순환자체에 관한 이견외에도 정량적인 정보는 거의 전무한 상태이다. 황해의 효율적인 이용을 위해서는 향후 정량적인 자료의 수집이 반드시 이루어져야 하며 해류의 시간적인 변동을 파악하기 위해서 특정해역에서의 장기적인 해류관측이 요구된다.

## 해수순환모델

수치모델: 수치모델을 이용한 해수 순환 연구는 기존에 알려진 사실을 역학적으로 규명하고, 현장 관측자료의 한계를 보충함과 동시에 향후의 관측계획을 수립하는데 유용하게 이용될 수 있다. 순환모델 결과의 정확도는 모델의 격자간격, 모델격자보다 작은 규모의 운동을 매개변수화하기 위해 사용되는 상수 그리고 모델입력 자료의 질에 의해 결정되므로 모델결과는 현장관측 자료와의 비교를 통해 철저한 검증이 이루어져야 한다.

황해 순환에 영향을 미치는 쿠로시오를 고려하기 위해서는 황해와 동중국해의 해수순환을 동시에 고려해야 한다. 기존 순환모델도 대부분은 황·동중국해 전체를 모델영역으로 다루어왔다. 현재 선진국에서 수행하고 있는 3차원 수치모델을 통한 해양의 대순환 연구에서는 (예, Semtner and Chervin, 1988) 수심이 얇은 대륙붕 해역이나 동해와 같은 연구하는 모델 영역에서 제외된다. 미해군에서 개발한  $1/8^\circ$ 의 격자망과 수직적으로 6개의 층을 갖는 북태평양 eddy-resolving 수치모델에서도 (Hurlburt et al., 1992) 황·동중국해는 제외되고 일본 구주 서쪽에 수심이 200 m 이상되는 좁은 수로를 임의로 첨가시켜 동해의 해수순환을 고려하였다. 대양 순환모델에서 대륙붕 해역을 제외시키는 이유는 주관심사가 대륙붕 해역의 존재와 무관하리라 예상되는 대양의 순환에 있으므로 수치모델 실험의 경제성을 고려하고, 또한 수심이 급격히 변하는 대륙붕 해역을 고려 할 경우 수치모델이 불안정해지기 때문이다. 대륙붕 해역의 순환에 관한 연구에서는 많은 경우 대양의 순환이 대륙붕 해역의 순환에 큰 영향을 미치지 않는다는 가정에서 출발하나, 동중국해의 경우는 사정이 다르다.

북태평양의 서안 경계류인 쿠로시오의 일부는 동중국해로 분지되어 그 일부는 다시 황해남부에 영향을 미치고 일부는 동해로 유입되는 등 외해역과 활발한 해수 및 물질교환이 일어난다. 황·동중국해 해수순환에 관한 기존의 연구는 극히 제한적인 조건에서만 이루어졌는데, 표 5-1은 황·동중국해 순환 모델에 관한 기존의 연구를 정리한 것이다. 수치모델을 이용한 황·동중국해 순환에 관한 연구는 1980년대 초부터 시작되었으며, 전반적으로 수직적인 밀도성층을 고려하지 않은 순압 수치모델을 이용한 연구가 대다수이다. 황·동중국해의 실제 해저 및 해안지형을 고려하며 해수순환을 재현하기 위한 3차원 모델의 적용은 일본의 Yanagi와 Takahashi (1993)에 의해 최초로 시도되었으며, 현재 미국해군연구소 (Naval Research Laboratory)에서는 Yanagi와 Takahashi의 모델보다 더욱 진보된 3차원 원시모델을 이용하여 황·동중국해의 해수순환을 재현하기 위한 연구를

진행중이다. Yanagi와 Takahashi (1993)는 황·동중국해의 수온과 염분의 평균자료 및 바람자료를 입력자료로 진단모델 (diagnostic model)을 이용하여 동 해역에서의 계절별 순환을 연구하였다. 이들은 폐쇄된 모델영역을 이용하였고 조석순환 및 쿠로시오의 운동량은 고려하지 않았다. NRL의 3차원 원시모델에서는 황·동중국해를 수평적으로는 8-15 km의 격자로 수직적으로는 24개의 층으로 나누어 이 해역에서 수집된 기존 해양 및 기상자료를 입력하여 오랜기간 동안의 평균된 계절별 순환을 재현하였으며, 현재는 1993년도의 해수순환을 재현하기 위한 노력이 진행중이다. NRL의 모델에서는 쿠로시오의 운동량 및 양자강을 통한 담수유입 등이 고려되었으나 조석순환은 현재 제외되어 있다.

국내의 순환모델연구는 조석순환을 제외하곤 현단계에서 판단할 때 지리적으로 멀리 떨어져 있는 일본이나 미국에 비해 다소 뒤쳐져 있다. 이는 그간 전문인력의 부족과 컴퓨터 등의 장비의 낙후 그리고 연구투자의 부족 등에서 주된 이유를 찾을 수 있다. 현재의 상황은 국내·외에서 분지규모의 수치모델의 경험을 갖고 있는 해양학자가 20명을 상회하고 국내에서 가동중인 supercom (Cray 90)의 기능이 우수하므로 충분한 투자가 이루어 질 경우 선진국 수준을 상회하는 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

표 5-1. 수치모델을 이용한 기존의 황·동중국해 해수순환 연구

연구자	조석	바람	쿠로시오	경압효과	모델영역	기타
Choi (1980)	√				황·동중국해	
Choi (1982)		√			황·동중국해	
Hsueh et al. (1986)		√	√		황·동중국해	
Wang & Su (1987)			√		황·동중국해	
Choi (1990)	√				황·동중국해	격자간격: 위도:1/15° 경도:1/12°
Qiu & Imasato (1990)			√		단순지형 (동중국해)	
Chao (1991)		√	√	√	단순지형 (동중국해)	담수유입 및 대만해협의 해수유입 고려
Kang et al. (1991)	√				황·동중국해 및 동해	격자간격: 위도:1/8° 경도:1/6°
Oey & Chen (1991)			√	√	단순지형 (남·동중국해 및 동해)	수직적으로 밀도가 균질한 동중국해의 겨울조건 고려
Li et al. (1992)		√	√		태평양	
Seung & Nam (1992)		√	√		동중국해 및 동해와 남중국해 북부	
You & Oh (1993)			√		황·동중국해 및 동해남부	
Yanagi & Takahashi (1993)		√		√	황·동중국해	실 관측 수온, 염분자료를 이용한 진단모델
Lee & Beardsley (1994)	√			√	황·동중국해	
미해군연구소		√	√	√	황·동중국해	3차원 원시모델 이용

해석모델: Park (1986)은 겨울철 황해난류의 복상을 설명하기 위하여 남북으로 긴 반폐쇄성 해협을 가정하고 북풍계열의 바람과 반대로 흐르는 역풍류가 생성됨을 단순해석모델로 설명하였다. Kang (1982)은 시간에 따라 변하는 바람에 의해 생성되는 정압조건하에서 해류에 대한 단순해석적 모델 연구를 수행한 바 있고, 겨울철 바람에 의한 황해순환에 대하여 Hsueh and Pang (1989)과 Pang (1991, 1992a, b)은 대륙붕파 이론으로 설명하였다. 황해의 연안수는 여름에 조석혼합에 의해 수직으로 균질한 반면에 외해수는 상층과 하층이 뚜렷이 구별된다. Seung (1987)은 이러한 밀도 분포에 지형류 개념을 도입하여 연안혼합수는 북쪽으로 이동하고 조석전선 외해역의 해수는 남쪽으로 이동한다는 결과를 제시하였다. 이와같은 기존의 연구들은 결과를 검증할 수 있는 자료의 부족으로 황해순환을 전반적으로 이해하기에는 미흡한 수준이다.

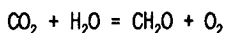
### 5.1.2 물질순환

지화학적인 관점에서 해양에서 일어나는 현상은 육상에서 일어나는 현상의 반대 과정이라 보면 된다. 대륙의 암석은 풍화되며 그 과정에서 아주 소량은 여러 종류의 이온으로 용해된다. 이후 풍화된 암석 파편과 이온들은 바람과 물에 실려 해양으로 유입된다. 해양에서 궁극적으로 일어나는 현상은 이들이 다시 응집되어 퇴적되는 것이다. 오랜 지질시간이 경과하면 퇴적물은 암석으로 변화되고 용기하여 육지를 형성하면서 물질순환의 고리가 완결된다.

입자는 화학적으로 안정하고 쉽게 중력에 의해 가라앉기 때문에 비교적 단순한 과정을 거쳐 퇴적된다. 따라서 입자는 해수가 운반시킬 수 있는데 까지 이동되고는 해양저에 침전하게 된다. 해양학적인 관심사는 해수의 짠 성질을 유지시키는 염을 구성하는 용존 이온들이다. 이들은 녹아 있는 상태에서는 중력에 의해 침전이 되지 않는다. 따라서 이온은 최종적으로 퇴적되기 까지 순환을 반복하며 해수를 따라 아주 먼 곳까지 이동하게 된다.

해수에 들어있는 대부분의 이온은 수평적으로, 수직적으로 농도의 구배가 거의 없다. 그러나 생물의 활동과 관계된 이온은 매우 심한 농도의 변화를 보이게 된다. 공간적으로 큰 변화를 보이는 이온은 해양의 내부에서 어떠한 과정이 작동하고 있는지에 대한 실마리를 제공한다. 이러한 변화는 생물이 매개되어 즉 해양생물의 활동의 결과로 빛어지는 것으로 드러났다.

해양생태계를 지지하는 근본적인 구성원은 식물플랑크톤으로 이들의 주기능은 광합성으로서 빛 에너지를 화학 에너지로 바꾸는 역할을 하며 이 에너지가 전 해양생태계를 작동시킨다. 해양에서 식물플랑크톤에 의한 광합성은 빛이 투과하는 깊이까지만 가능하며 이론적으로는 단지 물과 빛 에너지만을 필요로 한다.



그러나 실제로는 이들의 세포 구성물질을 만들기 위하여 통칭 영양염류라고 부르는 질소, 인, 규소 등을 함께 흡수한다.

대부분의 식물플랑크톤은 동물에 의해 소비되지만 일부는 사체, 동물의 배설물 (fecal pellet), 그리고 비정형 응집체 (marine snow)의 형태로 해수 표층에서 심층으로 가라 앉게 된다. 이렇게 침강하는 유기탄소는 화학적 산화과정과 미생물에 의한 분해를 거쳐 다시 용존 무기물로 변환된다. 이러한 과정은 통상 재무기화과정 (reminerlization) 이라 불리며 그 결과 실제 해저에 침전되는 부분은 식물플랑크톤 양의 아주 일부에 지나지 않는다. 생물이 매개되어 물질을 해수 표층에서 해저로 수송하는 과정을 생물펌프 (biological pump)라고 부르며 이것이 대기중의 이산화탄소를 심해로 수송하는데 있어 가장 중요한 역할을 담당한다.

탄소, 영양염류 (N, P, Si), 영양염류와 유사한 거동을 보이는 미량 금속 (Cu, Zn, Ge, Cd), 그리고 입자에 잘 흡착되는 원소 (Fe, Pb, Th) 등의 해양에서의 농도의 연직구조는 생물 펌프에 의해서 지배된다. 이들의 공통적인 특징은 해수 표층에서는 고갈되어 있고 심층에서는 풍부하다는데 있다. 따라서 생물의 활동과 깊이 관련된 원소는 해수 표층에서는 미량원소로서 존재한다. 해수표층은 해수면과 수온약층 (thermocline) 사이에 존재하는 얇은 수층으로 해양에서 이들이 차지하는 부피는 미미하지만 이곳에서의 광합성과 유기물의 변환은 전 대양의 화학적 특성을 지배할 정도로 영향력이 크다.

물질순환을 대상으로 하는 연구의 주제는 다음의 그림 5-3과 5-4에 잘 나타나 있다.

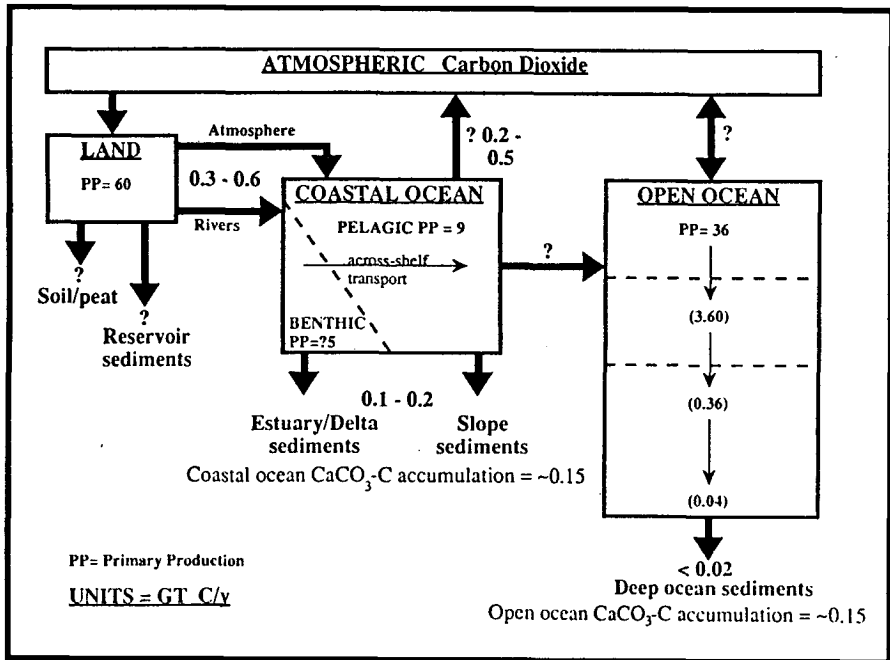


그림 5-3. 순광합성량, 육지와 연안역간의 이산화탄소와 유기탄소의 플럭스

그림 5-3은 황해 분지 전체를 대상으로 육지로부터 물질의 유입량은 얼마이며 분지내에 얼마나 퇴적되고 또 외양으로 흘러나가는 양은 얼마나 되는가 하는 것이 중요한 연구과제임을 잘 나타내고 있다.

생물 펌프와 생태계를 통한 물질의 순환과 변환과정은 그림 5-4에 나타나 있다. 여기서 그림에 나타나 있는 제반 과정에 대한 속도를 결정하는 것이 물질순환연구의 핵심이다. 이러한 과정은 생산자, 소비자, 분해자를 모두 고려해야 하므로 실제로는 방대한 연구내용으로 구성된다. 전통적인 해양생태연구는 어떤 종의 생물이 생태계 내에서 어떤 역할을 하는가에 중점을 두었으나 물질순환의 관점에서는 생물의 종류보다는 생태계에서 특정 기능을 보유한 생물이 얼마나 빠른 속도로 관심 대상인 과정을 진행시키는지가 더욱 중요하다.

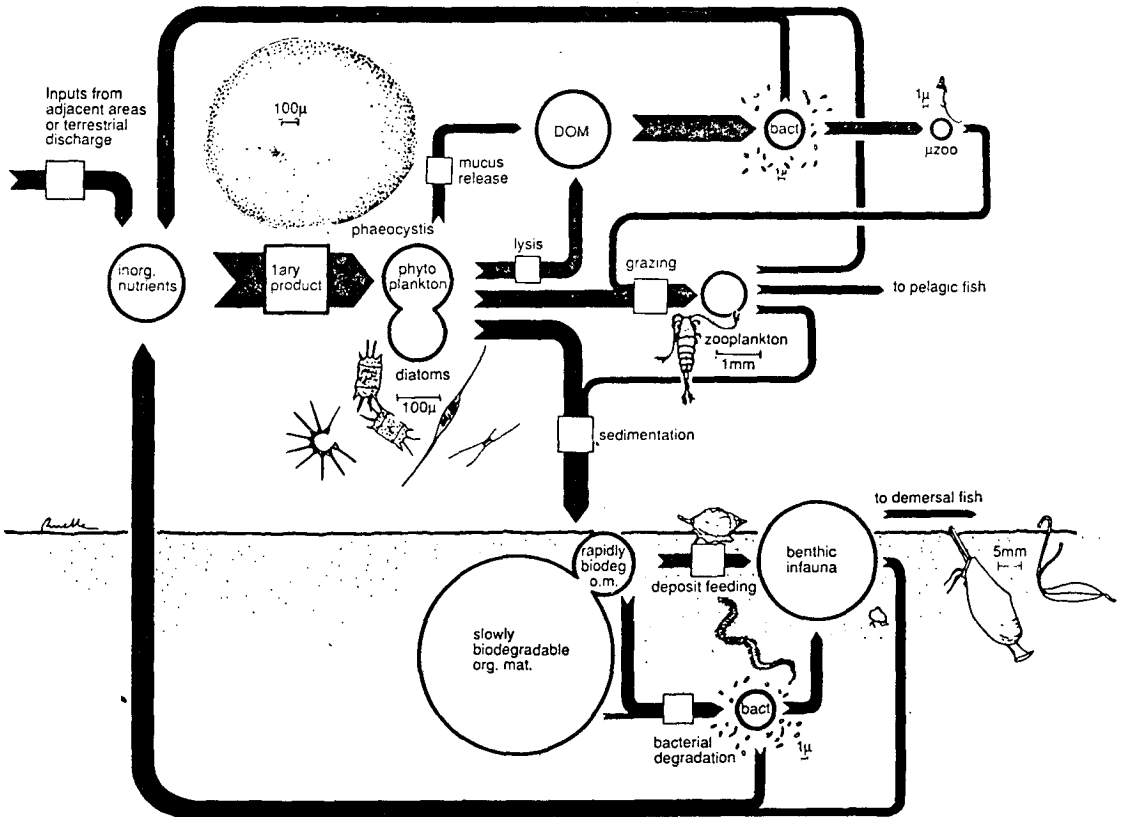


그림 5-4. 연안생태계에서 영양염류를 중심으로 한 물질의 흐름과 과정에 대한 모식도

### 5.1.3 과거 및 현재의 연구투자

황해의 해수 순환을 규명하기 위한 연구개발 투자는 외견상 매우 미약했던 것으로 보인다. 표 5-2에 정리한 과학기술처의 연구개발투자는 겨우 1과제로 연구비도 매우 적은 86백만원에 불과하였다. 표에 정리된 나머지 두 과제는 황해에 대한 포괄적인 연구의 일부로서 해수순환이 다루어졌음을 의미한다. 한편 현재 황해의 해수 순환을 주제로 한 연구사업이 전무한 형편이다. 해수순환에 대한 지식이 황해 개발 및 보전에 실질적으로 활용될 수준에 이르기 위해서는 과거와는 달리 이를 주제로한 장기적인 연구개발 투자가 필요하다. 그럼에도 불구하고 황해의 해수 순환에 대한 연구 논문의 수는 적은 편이 아니다 (황해연구고찰 참조). 그 이유는 황해에서 수행되었던 대부분의 연구가 해양자료를 필요로 하였기 때문에 연구조사의 일부로서 해수의 물리특성에 관련된 많은 자료를 획득하였고 특히 국립수산진흥원이 정기적으로 수행한 정선 관측자료를 공개하고 있어서 이러한 자료를 활용하여 논문이 생산되었기 때문이다.

황해 분지규모에 대한 물질의 순환에 대한 과거의 연구투자도 해수순환과 거의 다를 바 없다. 이는 이분야 연구를 주도하는 생지화학 (biogeochemistry)이 최근에 들어서 태동한 학문이어서 우리나라에 전문인력의 수가 적은 것이 가장 큰 이유이다. 여러가지 물질 중에서도 가장 큰 관심의 대상은 지구 온난화에 가장 큰 기여를 하는 탄소이다. 이밖에 질소, 인 등 소위 대표적인 영양염류의 순환에 대한 연구도 주목을 받고 있다. 물질순환의 측면에서는 그다지 중요하지 않으나 환경오염의 측면에서 중금속의 유입 및 분포에 대해 연구가 있었다. 앞으로는 황해 연안 3국이 모두 핵시설을 보유하고 있어서 환경 방사능에 대한 감시가 시급하다.

표 5-2. 황해의 물질 순환에 관한 과학기술처의 연구개발 투자 현황 및 지원과제 목록

(단위 : 백만원)

분야	과제명	위탁처	기간	연구비
해수순환	황해의 해양환경 보전을 위한 해양 확산의 실시간 예측시스템 연구	해양(연)	'92.9-'94.4	86
	황해의 해양자원 개발 연구*	인하대	'91-'94	-
	한국 해역 종합 해양 환경도 작성연구*	해양(연)	'82-'86	-
물질순환	한반도 주변해역의 화학물질 수치 및 순환	해양(연)	'90.7-'93.8	134
	방사능 동위원소를 이용한 퇴적물과 오염물질의 퇴적역학 연구	해양(연)	'91.9-'93.8	69
계	4 과제			289

\* 해수 순환은 전체 연구의 일부임



황해의 해수나 물질의 순환에 관심을 갖고 있는 대다수의 해양학자는 지금까지의 노력에도 불구하고 황해에서 일어나는 순환에 대하여 제대로 파악하고 있지 못하다는데 의견을 같이 한다. 그 이유는 첫째 정치적 이유로 해서 황해 전역에 대한 자료 수집이 불가능하였고, 둘째 황해의 해수순환은 계절에 따라 심한 변동을 보이고 있는데 반해 이를 추론할 만한 충분한 자료가 확보되어 있지 않기 때문이다. 자료의 확보는 매우 시급하며 또한 매우 고무적인 분야이다. 그 이유는 향후 중국과의 협력을 통해 많은 자료의 확보가 가능해졌기 때문이다. 지금까지 국립수산진흥원에서는 두달에 한번씩 우리나라 주변 해역에서 정기적으로 자료를 수집하고 있으나 황해의 경우 황해 남동부해역으로 관측선이 제한되어 있다. 일본은 쿠로시오에 대한 일·중 공동연구 프로그램 (JRC, Japan-China Joint Research Programme on the Kuroshio)을 통해 중국과 공동으로 1986년부터 7년간 동중국해 및 황해 일원에서 정기적으로 해양자료를 수집하였는데 이 자료는 상당기간 외부유출이 제한될 전망이다. 결론적으로 기존의 황해순환에 관한 연구는 일부 해역에서의 관측자료를 근간으로 하고 있어 전체적인 순환을 이해하기에는 미흡하였다.

현재 한국과 중국 해양학자들은 지금까지 황해에서 관측한 자료 ('58-'88년)를 종합라한 황해 해양도를 작성중에 있다. 이는 황해에 대한 기존 지식의 평가를 통해 향후 10년간 황해의 순환을 규명하기 위한 초기단계의 과업의 하나로 수행하고 있다. 지난 3년간의 노력에 의하여 만들어진 물리해양부문의 해양도의 내용은 다음과 같다.

1. 해수특성 (해수온도, 염분, 밀도는 1958년~1988년의 31년 누년 월평균자료를 처리한 표층, 20m, 50m, 저층의 4계절 (2, 5, 8, 11월) 평면도와 34°N, 36°N, 123°E, 125°E의 4계절 단면도, 1992년 5-6월, 9-10월의 평면도)
2. 해류도 (계절별 표층(0-5m)의 평균항류도)
3. 조석도 (일주조, 반일주조의 조석도, 장주기분조도, 반일주조 및 일주조의 조류특성도 및 조석에너지 분포도)
4. 바람 및 파랑분포도 (월별 바람장미도와 이 바람자료에 근거한 월별 파랑장미도)

해양도의 제작은 한·중간의 해양협력의 효시가 되는 연구사업으로서의 의의가 크다. 한국과 중국의 해양자료를 종합시킴으로써 현재의 해양자료의 상황을 검토할 수 있는 계기가 되었으며 한편으로 다음과 같은 문제점이 제기되었다:

1. 과거의 정선관측자료들이 아직 일정한 형식으로 통일되어 있지 않다. 세계자료센터 (WDCA)에 저장된 자료들은 편집되지 않은 상태이며 또한 누락된 자료도 많다. 따라서 기존 자료들의 데이터베이스가 필요하며 이 자료들을 일정형식으로 보존하여 전자물리해양도의 형식으로 제시하는 과정이 필요하다. 이러한 저장, 분석, 제시하는 기개발된 방법등을 이용하여 용이하게 자료관리를 하며 또한 결과를 제시할 수 있는 체계가 필요하다. 황해의 경계를 임의로 택해 해양도를 작성하였으나 궁극적으로 황해와 동중국해를 하나의 체계로서 함께 고려하는 해양도와 상용하는 데이터베이스가 수립되어야 한다. 한 중 관측자료를 조합시키는 과정에서 중첩부분의 자료들이 일치하지 않는 경우도 있어 과거자료의 질에 대한 문제가 제기되기도 하였다.

2. 황해 조석도의 작성에 있어 조석도를 수치모형의 결과로서만 제시하기에는 아직 정확도가 결여되어 연안 관측치와 외역의 조석모형의 조석 파급 형태를 참조하여 작성하였다. 현재의 조석모형이 수직적, 수평적인 조석을 관측치로부터 제거시키기에는 부족한 점이 있다. 따라서 기존 조석모형의 정확도를 개선시키기 위한 개방경계에서의 육봉 조위관측이 필요하다.
3. 제시된 계절별 항류도가 단기 해류 관측 (13~25시) 결과에 의한 것이다. 황해 동측의 비교적 장기적으로 관측한 결과는 항류 (조석이 제거된 해류)는 시간에 따른 변화가 커서 단기결과로서 이를 추론하는데 문제가 있음을 시사하였다. 앞으로의 항류도를 ADCP자료로부터 추론하는 방법, 더 광범위한 해류관측결과, Argos drifter buoy의 이용 등을 참조로 하여 개선된 항류도를 작성해야 할 것이다.
4. 황해의 월별 바람통계와 경험적인 파랑산출모형의 결과는 추후 기상부이 및 파랑관측을 통해 개선되어야 할 여지가 많다. 현재 1세대~3세대 모형의 적용이 이루어지고 있으나 관측자료의 부족으로 수치파랑모형의 결과를 통계적으로 제시하기에는 이른 단계에 있다.
5. 한 중 양국이 협력하여 황해의 물리해양도 작성에 즈음하여 앞으로 황해의 환경보존을 위한 실질적인 공동연구가 가능해질 전망이다. 80년도 중반에 실시된 한 중 미의 동계 및 하계의 해양관측을 호시로 황해의 순환을 규명기 위해서는 비슷한 맥락의 수준 높은 관측이 계절마다 수행되어야 할 필요성이 확인되었으며 기본적인 물리변수와 생태환경을 연구하기 위한 조사가 추가로 필요하다.

과거와는 달리 해수 이동을 추적하는 데에 입체적인 접근이 가능하다. 지구 위에서는 인공위성에 탑재한 센서가, 해상에서는 무인정점관측기와 전통적으로 사용되었던 조사선을 이용한 조사, 그리고 현대식 장비인 표류부표와 계류관측기가 동원가능하다. 한편 황해에서는 이와 같은 입체적 접근이 시도된 바 없으며 여기에는 많은 연구개발비가 소요되는 단점도 있다.

여하간 지금까지의 연구 결과로는 황해의 해수순환을 예측하기란 거의 불가능하다고 검토되고 있다. 최근의 연구 결과는 황해의 해수 순환은 대체로 네가지 주요 요인인 바람장, 담수유입, 황해 난류의 존재, 양자강 희석수에 의해 좌우되며 어느것 하나도 만족할만한 수준으로 알려져 있지 못하다. 최근에 들어 강수 양상이 종래에 알려졌던 바에 비해 큰 변동을 보이고 있는데 이는 지구기후변화 더 작게는 적도 태평양에서의 엘 니뇨와 결부되어 있는 것으로 보이며 계절풍 (몬순)도 상당히 불규칙해지고 있는 것으로 나타나고 있다.

## 5.2 연구사업의 목표 및 내용

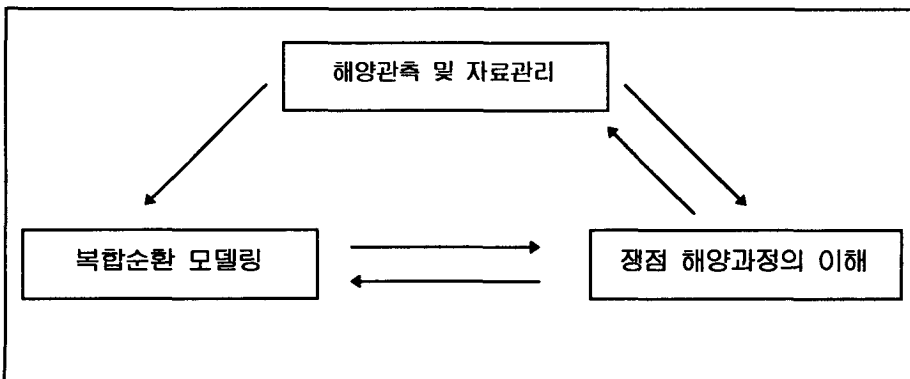
물질순환연구는 황해로 유입되는 물질의 조성과 분포 그리고 최종 운명을 지배하는 과정에 대한 이해를 증진시켜 황해의 환경특성과 퇴적분지로서의 기능에 대한 파악을 목표로 한다. 연구 내용은 접근 방법에 따라 해수순환과 물질순환의 2가지로 분류하여 기획하였으며 전자는 해양물리, 후자는 지화학이 대표적인 학문분야이다.

### 5.2.1 해수순환

이 연구는 해수순환에 기여하는 개별 외압 (external forcing) 대한 이해를 높이고 이들을 체계적으로 연결하여 황해의 복합적인 순환을 재현하며 나아가 예측, 응용할 수 있도록 하기 위하여 다음과 같은 세가지 연구활동에 대한 투자가 이루어져야 할 것이다. 각각의 내용은 다음과 같다.

1. 해양관측 및 자료관리 (Observation and data management): 황해 전체에 대한 해수특성 및 해류의 연속관측, 기존자료의 수집 및 평가, 관측자료 및 기존자료의 데이터베이스화
2. 복합 해수순환 모델링 (Integrative modeling): 복합 해수순환 모델의 구축 및 초기화, 기존자료 및 관측자료를 이용한 수치실험, 위성관측 자료 등을 이용한 data assimilation
3. 쟁점 해양과정의 이해 (Understanding key processes): 관측 및 역학 (또는 수치) 모델을 이용한 황해의 쟁점 해양현상의 규명

위의 세가지 연구활동은 각각 아래 도표에 예시된 바와 같이 상호보완적으로 밀접하게 연관될 것이다. 황해 전체에 대한 해양관측자료는 순환모델의 입력자료 및 검증자료로 이용되며 쟁점 해양과정 연구를 위한 기초자료로 제공될 것이다. 순환모델의 결과는 국부적인 모델격자의 세분화 기법 (nested grid technique)을 통해 쟁점 해양과정 연구에 이용된다. 쟁점 해양과정 연구결과는 순환모델 결과를 검증 발전시키고 황해 전체에서 조밀하지 못하게 얻어진 해양관측자료를 보완하는데 이용된다.



해양관측 및 자료관리: 해수의 물리적 특성과 해수 순환을 이해하기 위해 우선적으로 필요한 활동은 관측 자료의 수집이다. 황해 육봉수의 기원과 월별 해수 특성의 변화를 추적하고 순환모델의 입력 자료 및 모델결과 검증에 위한 관측이 전 연구 기간을 통하여 지속적으로 이루어져야 할 전망이다. 여기에 사용되어야 할 관측방법으로는 다음과 같은 것이 있다.

- CTD와 ADCP를 이용한 정선 해양관측
- 부표에 의한 해류 추적 실험
- 해류 계류관측 실험
- 위성원격탐사
- 지화학적 해수 순환 추적 실험
- 종합 고정 관측점 설치 및 운용

황해는 수심이 낮아 시간에 따른 해수의 특성변화가 심한 해역이므로 13개월에 걸쳐 매월 관측이 이루어져야 하며 연변화를 파악하기 위하여 13개월간의 관측이 최소 2회정도 이루어져야 할 것이다. 월별 관측은 단기간내에 황해전체에 걸친 해수의 물리적 특성의 파악과 동시에 위성추적 부표 등을 이용하여 정성적인 자료와 함께 황해 전체의 해수순환을 정량적으로 파악하는데 역점을 둔다. 관측선은 황해의 남쪽 경계에 해당하는 양자강 입구와 제주도 서단을 잇는 선을 기점으로 하여 동서, 남북방향으로 각각 약 30', 1° 간격으로 하되 해역의 특성에 맞추어 정점간의 간격을 조절한다.

황해에서의 해양 관측은 그리 많은 편은 아니나 한국, 중국, 일본 그리고 미국에 의해 부분적으로 수행되었다. 이들 관측 자료들은 각기 관측 기관의 기준과 방법에 의해 얻어진 것으로 자료의 질이나 편집에서 일관성이 없어 자료의 활용성과 효용성을 떨어뜨리고 있다. 또 한 중, 한 일 또는 중·일간에 관측이 중첩되는 부분의 자료들이 일치하지 않는 경우도 있다. 따라서 기존 자료의 활용성을 높이기 위해서는 기존 자료의 질에 대한 재검토와 필요시 재처리 과정이 필요할 것이며, 통일된 체계 하에서의 DB 구축과 전자해양도의 형식으로 제시하는 과정이 필요할 것이다. 그리고 앞으로 본 연구사업이나 다른 사업을 통하여 얻어지는 자료의 질을 체계화하고 DB화 하기 위한 연구도 필요할 것이다. 또한 모델 입력자료로의 활용을 위하여 기존자료와 제반 관측자료의 격자화된 자료로의 변환도 수행되어야 할 것이다.

복합 해수순환 모델링: 3차원 수치모델을 이용하여 황해 해수순환을 재현한다. 순환모델은 황해순환을 결정하는 조석, 바람, 담수유입 및 쿠로시오의 영향을 복합적으로 고려하며 모델 대상해역은 쿠로시오의 영향을 파악하기 위하여 동중국해를 포함하여야 할 것이다. 순환모델링은 단계별로 모델 수립 및 초기화, 기존자료 및 관측자료를 입력자료로 하는 수치실험, 순환모델의 세련화 및 위성자료등을 이용한 data assimilation의 순으로 이루어진다. 이러한 복합적인 순환모델은 이 연구계획의 결과로서 획득코자 하는 최종산물로서 예측에 사용될 수 있는 수준이 확보되기 까지 장기적인 연구가 필요하다. 따라서 이러한 모델의 개발은 10년으로 예정된 황해연구 프로그램으로서 완수되기는 쉽지 않을 전망이지만 최소한 hindcast 수준의 복합순환모델까지는 개발되어야 할 것이다.

모델의 수립 및 초기화 단계에서는 현재 세계적으로 사용되고 있는 3차원 수치모델 중 황해의 해수순환을 재현하는데 가장 적합한 모델을 선정하여 모델역학을 이해하는 한편, 모델 입력자료로 사용하기 위한 기존의 관측된 해양자료 및 기상자료, 해저지형 자료등을 격자화된 자료로 변환하는 과정이 수반된다. 수치실험 단계에서는 격자화된 기존자료를 이용하여 황해의 평균적인 계절별 해수순환을 재현하는 한편, 연구사업에서 관측된 자료를 입력자료로 하여 특정한 해역의 순환을 재현하며 순환모델 결과와 관측자료의 비교를 통하여 순환모델 결과의 신뢰도를 검증한다. 순환모델의 세련화 단계에서는 모델의 정확도를 높이기 위하여 국지적으로 혹은 전 모델영역의 격자체계를 보다 세분화 하며 data assimilation 기법을 도입한다. Data assimilation 기법은 인공위성으로부터 손쉽게 얻을수 있는 해수면에서의 제반 정보를 수치모델에 접합시켜 해양의 내부구조를 파악하는 최신의 기술로서 향후 단기간의 해황변동을 예측하기 위한 연구에 필수적이다. 수치실험의 초기단계에서는 모델의 적용가능성을 시험하기 위해 비교적 큰 격자를 (약  $0.2^\circ$ ) 사용하며 이 후에는 보다 세분화된 격자 (약  $0.1^\circ$ )를 사용하도록 한다. 쟁점 해양과정의 모델화를 위해서는 국부적으로 모델격자를 보다 세분화 하는 nested grid technique 기법을 이용한다.

쟁점 해황과정 연구: 현재 황해의 해수순환에 관련지어 가장 논란의 대상이 되고 있는 쟁점으로는 황해 냉수괴와 순환에 관련된 물리적 설명, 황해 난류가 쿠로시오의 지류로서 황해에 진입하는가에 대한 결정적인 증명, 제주도 서측에서의 반시계방향 순환의 존재 등에 대한 문제 등으로서 이에 대한 명확한 해답을 구하기 까지에는 장기간에 걸친 꾸준한 투자가 요망된다. 이러한 문제들은 80년대 중반부터의 광범위한 물리해양관측과 직접해류관측 (유속계, 위성추적부표, ADCP)에 의해서 제기되어오고 있다. 따라서 계절별로 수년에 걸친 조밀한 CTD관측, 수십개의 Argos 추적부표의 투하에 의한 경로관측, 주요 해역의 장기해류관측, 특히 제주도 서측 황해의 깊은 수심역에서의 장기해류관측 등이 황해의 해수 순환과정에 대한 이해를 증진시키는데 필수적으로 판단된다. 전반적인 해수순환을 파악하는 노력의 일부로 특히 다음 4가지 황해의 특징적 물리현상에 대한 가능한 장기 투자가 바람직하다.

1. 황해 난류의 규명: Uda에 의해 제안된 황해 난류의 존재는 1980년대 이후 우리나라 해양학자들에 의해 비판적으로 받아 들여지고 있다. 최근의 연구결과에 의하면 여름철에는 황해 난류의 복상이 인지되지 않는 반면에, 겨울철에는 역풍류의 형태로 제주도 서방의 고온, 고염수가 황해 중앙의 수심이 깊은 곳을 따라 황해 내부로 유입됨을 제시한다. 기존의 연구결과는 주로 정성적인 자료에 근거하고 있어 향후 체계적인 해류관측을 통하여 황해 난류의 존재가 확실히 규명되어야 한다.
2. 황해 냉수의 구조 및 이동: 여름철 황해 중앙부의 수온 전선 하부에 존재하는 황해 냉수는 동계에 황해내에서 형성되어 비교적 조석 혼합의 효과가 미약한 수심이 깊은 곳에 남아있는 것으로 알려져 있다. 황해 냉수의 존재는 황해 중앙부의 반시계방향 순환과 연관되는 것으로 알려져 있고 미미하지만 여름철 남쪽으로 이동한다. 황해 냉수의 확장 및 황해 냉수와 연관된 황해 순환은 보다 체계적으로 이루어져야 한다.

3. 황해 남부 전선역의 구조 및 제주해협 서부의 해수순환: 겨울철 제주해협 서쪽 해역 및 제주해협에는 성질이 서로 다른 두 수괴가 만나 수온 및 염분 전선이 형성된다. CZCS 및 SST 자료에 의하면 이러한 전선역에는 직경 수 km 내지 수십 km의 eddy 및 사행 등의 복잡한 해양 현상이 나타나는 반면에 기존의 정선 해양 관측으로는 남북방향의 관측선이 조밀하지 못하여 이러한 구조를 파악할 수 없었다. 이러한 전선역의 세부 구조 파악은 겨울철 황해 난류의 황해로의 유입과정을 이해하고 해황의 단기변동을 이해하기 위해 필요하다.
4. 연안류의 계절변동: 기존의 정성적인 해양관측 결과는 한반도 서쪽 해안 및 중국 연안을 따라 연안류가 존재함이 제시되어 왔다. 그러나 연안류에 관한 직접적인 해류관측 자료는 전무한 실정이다. 연안류에 관한 정성적인 자료는 황해의 물질수지나 열·염수지를 이해하고 육지로부터 황해로 유입되는 오염물질의 이동을 추적하는데 필수적이다. 특히 계절풍의 방향과 연안역으로부터의 담수 유입은 계절에 따라 크게 변동하기 때문에 황해 해수의 동역학을 이해하는데 매우 중요한 요소이다.

이외에도 연구사업 중간에 표출될 수 있는 쟁점 해양과정에 대하여 순발력 있는 투자가 이루어지도록 하는 것이 바람직하다.

앞에서 언급한 바와 같이 해수의 순환 및 이에 결부된 동역학에 대한 이해를 예측가능한 수준으로 확보하려는 노력은 10년의 연구로서 완수될만큼 쉬운 일이 아니다. 따라서 장기적인 목표하에 단계별로 시급성을 감안한 과제의 수행이 바람직하며 이는 국내의 연구 수행능력, 선진국의 관측 장비개발 그리고 국내의 전문인력 양성 등을 감안하여 단계별 목표가 설정되어야 할 것이다 (표 5-3).

가장 시급히 선결되어야 할 사항으로 전문가에 의해 진단된 연구주제는 황해의 해황에 관한 쟁점 사안들로서 이들의 정체가 밝혀진 연후에야 황해의 전반적인 순환과 동역학에 대한 가닥이 잡히게 될 것으로 일단계에 이러한 연구주제에 대한 투자가 필요하다. 1단계에서는 쟁점 해양과정 연구가 완수되도록 한다. 13개월에 걸친 황해전역의 월별 해양관측 및 해수유동 실험도 조기 실시하여 2단계에 실시될 수치실험의 입력 및 검증자료로 이용될 수 있도록 한다. 기존자료의 수집 및 정리작업과 복합순환모델의 구축 및 초기화 연구도 일단계에서 수행하여 2단계에서 중점적으로 수행될 수치실험에 대비한다. 2단계에서도 필요하면 쟁점 해양과정에 관한 연구를 지속적으로 수행하여 관측자료의 보충과 아울러 해양과정에 관한 역학적 규명에 초점을 맞춘다. 2단계에서는 초기화 된 복합순환모델을 이용하여 수치실험이 중점적으로 이루어지도록 하며 1단계에서 정리된 기존자료와 월별 해양관측 자료가 모델의 입력자료 및 검증자료로 활용된다. 3단계에서는 복합순환모델의 정확도를 높이기 위한 세련화 작업과 data assimilation기법에 관한 연구를 수행하며, 2차로 13개월에 걸친 황해전역의 월별 해양관측 및 해수유동 실험을 실시한다. 3단계의 후반부에는 전체 연구기간 중 관측된 자료의 데이터 베이스화와 아울러 digital 해양도를 제작한다.

표 5-3. 해수순환연구의 단계별 연구 목표와 내용

	1 단계 ('95-'97)	2 단계 ('98-2000)	3 단계 ('01-'04)
목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자료 획득 및 모델 초기화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 순환모델 개량 및 검증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 예측모델 개발</li> </ul>
내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 황해의 쟁점 해양과정 연구</li> <li>• 황해전역의 월별 해양관측 및 해수유동 실험</li> <li>• 기존자료의 수집 및 정리</li> <li>• 복합순환 모델의 구축 및 초기화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존자료 및 월별 해양관측 자료를 이용한 수치실험</li> <li>• 황해의 쟁점 해양과정 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 황해전역의 월별 해양관측 및 해수유동 실험</li> <li>• 복합순환 모델의 세련화 및 data assimilation 기법 도입</li> </ul>

### 5.2.2 물질순환

이 연구는 물질 균형 (또는 수지)과 이를 지배하는 과정 (process)에 대한 이해를 목적으로 하여 육지로부터 분지내로의 물질의 유출입량을 측정하고, 해수와 경계면에서의 물질의 순환을 지배하는 과정의 속도와 요인을 인자화하여 모델을 구성함으로써 황해 시스템 작동에 대한 전반적인 이해를 추구하며 더 나아가 인위적 요인에 의한 환경영향을 파악하는 것을 목표로 한다.

연구의 기본틀은 해수순환과 마찬가지로 자료 획득, 과정 이해와 모델 구축으로 이루어져 있다. 주요 연구주제와 내용은 다음과 같다 (표 5-4).

1. 황해 분지의 물질 수지 (material balance): 주요 물질 (물, 탄소, 질소, 인, 부유성 입자)의 분지로의 유입량과 유출, 그리고 분지내의 퇴적되는 양을 측정하는 것을 내용으로 한다. 특히 물과 탄소가 분지내에서 체류하는 시간을 밝히는 것이 급선무이다. 이를 위해서는 아래와 같은 유출입원에 대한 정량 조사가 필요하다:

- 대기로부터의 물질 유입
- 하천으로부터의 물질 유입
- 지리적 경계면에서의 물질 교환과 이동
- 주요물질의 황해내 체류시간 (또는 평균 수명)

2. 플럭스 측정: 황해로 유입된 물질의 일부는 퇴적되며, 화학적으로 변환을 거치기도 하고 그대로 퇴적되기도 한다. 퇴적물은 퇴적후 과정을 받아 재순환되기도 하고 나머지는 퇴적물로서 영구히 제거된다. 이러한 과정을 지배하는 요인을 정량 측정하는 것을 연구내용으로 한다. 물질 수지가 분지 규모의 물질의 유출입을 대상으로 한 것이라면 이 연구는 수직적인 개념에서 분지내에서 영구히 퇴적되어 제거되는 물질의 양을 결정하는 과정을 구명하는 것을 대상으로 한다. 이 연구에는 다음과 같은 내용에 대한 연구가 필요하다:

- 화학적 물질 변환

- 입자에 의한 침강 (fecal pellet, marine snow 포함)
- 재무기화 과정 (수층 내부 및 퇴적층 내부 과정)
- 퇴적물 재부유와 그 영향
- 탄소 (질소, 인)의 순환

3. 물질순환 모델 개발: 앞의 연구와 해수순환 연구의 결과는 물질순환에 대한 수치모델 구축에 필요한 인자화를 가능케 하며 이로서 개발된 모델은 향후 환경교란의 시공간적 규모와 영향을 평가하는데 중요한 진단도구로 활용될 수 있다. 이 연구의 내용은 자연적 또는 개발에 따른 인위적 요인에 의한 환경부담을 시뮬레이션이나 예측 모델의 개발을 통하여 미리 그 크기와 방향을 알아보자는 것으로 집약된다.

표 5-4. 물질순환연구의 단계별 연구 목표와 내용

	1 단계 ('95-'97)	2 단계 ('98-2000)	3 단계 ('01-'04)
목표	• 분지구도 물질 수지와 탄소순환과정 구명	• 물질순환 과정 구명 및 요소별 모델링	• 물질순환모델 개발
내용	• 대기로부터의 물질 유입 • 하천으로부터의 물질 유입 • 경계면에서의 물질 교환 • 주요 물질의 체류시간 • 탄소순환	• 물 순환 • 탄소 순환 • 질소 순환 • 인 순환	• 물질순환 시뮬레이션 • 예측 모델

### 5.3 추진전략

물질순환은 황해 전역에 대한 접근이 필요하기 때문에 한 중 공동연구가 가장 바람직하며 적어도 양국학자의 교류 이상의 협력이 필요하다. 북한의 참여가 필요하며 이 분야는 오염이나 자원에 대한 마찰 등의 소지가 적으므로 한 중해양과학공동연구센터 등을 이용한 인적교류와 자료교환이 우선 활성화 되어야 할 것이다. 우리측의 경비부담 조건에 의한 북한의 참여 유도 보다는 황해에 대한 국제학계의 인식을 제소시켜 국제환경기금 (GEF) 등의 유치를 통한 북한의 참여가 현실적으로 훨씬 바람직하다고 판단된다.

지금까지 중국과 진행된 협의 결과를 토대로 할 때 이 분야에 대해 한 중 양국이 모두 관심을 표명하고 있기 때문에 공동연구의 추진이 수월하게 이루어질 전망이다. 연구의 초기단계에서는 현재 국내 해양물리학자들이 시급하다고 지적한 황해의 특징적인 해황현상을 밝히는데 상당한 노력이 투입되도록 기획되어 있다. 이러한 현상은 주로 우리측 관할해역에서 일어나므로 국내 연구진이



주도해야 할 과제들이다. 물질순환에 관해서는 중국 해양연구를 주도하는 고위층 연구자들이 JGOFS에의 참여에 대한 중요성을 역설하고 있기 때문에 협력연구가 쉽게 이루어질 전망이다.

해수순환 연구는 조사선을 이용하여 가능한 짧은 기간에 넓은 지역을 조사하기를 원하기 때문에 독자적인 조사선 사용이 요청되었으나 황해 해양과학프로그램에 필요한 조사선 운항을 일괄관리하는 것이 더욱 바람직하다고 판단되어 해양-대기 관측사업에 일임하였기 때문에 두 프로젝트 책임자간에 긴밀한 협조가 이루어져야 한다. 연구의 2단계 이후는 주로 수치모델의 운용에 집중하도록 계획되어 있으나 이 기간에도 모델의 초기화, 검증 및 개량을 위한 현장관측은 매우 중요한 요소가 된다. 이와같이 집중적인 현장관측을 위해서는 이 연구에 참여하는 모든 기관의 관측장비와 조사선이 투입되어야 할 전망이다. 특히 관측 장비의 경우 기기간 상호보정이 매우 중요하므로 자료의 질의 확보를 위한 방안이 사전에 마련되어야 한다.

앞의 절에서 간략히 언급한 바와 같이 이 연구를 위해서는 위성추적부표 등 일회성장비, 그리고 고가장비의 계류가 필요한데 반해 아직 국내에서 이에 필요한 기술이 모두 확보되어 있지는 않으므로 선진국의 기술도입이 절실한 분야이다. 인공위성 관측분야는 중국 그리고 미국의 NOAA와, 위성 추적부표와 계류기법등에 대해서는 국제해양환경 연구계획인 WOCE (세계대양순환실험)와 TOGA (적도 대양-대기 연구)로부터의 기술이전이 필요하다고 판단된다. 비슷한 맥락에서 물질순환연구는 JGOFS의 물질측정방법이 숙지되어 활용되어야 할 것이다.

### 5.3.1 타 연구사업과의 관계

이미 언급한 바와 같이 황해의 물질순환은 앞의 해양-대기 관측조사와 상호 밀접하게 관련되어 있다. 후자는 자료의 획득과 관리 그리고 이에 필요한 기술개발을 위주로 하고 있고 전자는 획득한 자료를 이용하여 현상을 구명하고 예측 능력을 확보하는데 목표를 두고 있다. 이 두가지 프로젝트는 보수적인 개념에서의 해양학 연구를 포괄하고 있는 양대 주자라 할 수 있다.

해수순환연구는 연구의 주제와 개념이 현재 동중국해를 대상으로 수행되고 있는 한국해양연구소의 출연연 연구개발사업과 밀접하게 관련되어 있다. 황해와 동중국해는 지리적으로 연결되어 있으며 단지 편이상 구분지어 나눈것에 불과하다. 따라서 황해의 남측 경계면 아래에서 수행되는 연구사업과 긴밀한 협조하에 두 연구가 수행되어야 할 것이다.

한편 물질순환의 연구결과는, 특히 순환모델은 해양오염연구에 매우 중요하다. 이것은 궁극적으로 해양에 유입된 보존성 오염물질이 해수의 움직임과 물질순환과정에 따라 이동되고 변환되며 분포되기 때문이다. 이를 위해 이 연구사업의 1단계의 목표는 타연구계획에서 활용가능한 수준의 실용모델을 제공하는 것으로 설정되어 있다. 이러한 실용모델은 생태계 진단 모델을 구성하는데 가장 필요한 부분으로 황해에 대한 건전한 개발 계획을 수립하는데 결정적으로 기여할 수 있다. 이러한 맥락에서 황해의 생태계를 진단하는데에도 크게 기여할 전망이다.

## 5.4 세부연구내용, 추진일정 및 예산

황해의 물질순환에 관한 연구는 매우 다양한 주제로 구성되어 있다. 해수순환연구는 관측 및 모델 구축과 4개의 독특한 해양현상을 구명하는 내용으로 구성되어 있으며 해수를 제외한 물질 순환에 대한 연구는 이보다 더욱 다양한 내용을 포함한다. 해양화학과 지구화학 분야는 주요 구성물질의 유출입량과 분지내에서의 체류시간 그리고 유입된 이후에 일어나는 물질의 화학적 변환을 다루게 된다. 해양생물 분야에서는 생태계를 통한 탄소 (또는 에너지)의 흐름과 생물에 의해 형성되는 거대물질의 기원과 양을 구명하는 것이 주제내용이다. 퇴적학 분야는 황해시스템의 탁월한 특성의 하나인 부유 퇴적물의 (suspended sediment) 거동과 퇴적을 비롯한 퇴적물의 이동과 분포에 대하여 집중적인 연구를 하게 될 예정이다.

초기의 연구는 각 학문분야의 주관심사에 대해 수행될 것이지만 점차 황해의 특성을 밝혀감에 따라 학제적인 연구로 전환되어야 할 것이다. 물질순환과 같이 방대한 연구내용을 포함하고 있는 연구주제를 하나의 프로젝트로 기획한 이유도 프로젝트 책임자의 지휘 아래 다양한 현상에 대한 연구의 진행결과가 서로 잘 교환되어 빠른 기간 내에 현상이 명확하게 구명되도록 하기 위함이다.

### 5.4.1 세부연구과제

지금까지 논의된 연구수요를 정리하여 '95년도 연구과제로 공모할 해수순환과 물질순환의 두분야의 4개 연구주제의 12개 세부연구과제의 내용은 표 5-5에 정리한 바와 같다. 해수순환은 순환모델 구축과 과정연구의 두가지 주제로 구성되어 있고 물질순환은 분지 규모에서의 물질의 균형에 대한 것과 생태계를 통한 물질의 이동으로 주제가 나뉘어 있다.

해수순환에 관한 정보는 해수의 동역학에 대한 원론적인 이해를 목표로 하고 있다. 이와같은 이유는 지금까지 황해의 해수순환에 대한 연구가 미진했기 때문이며 예보력을 갖춘 해수순환 모델의 구축까지는 이후로도 오랜시간이 걸릴 것으로 예상된다. 특히 부정기적으로 일어나는 이상 해양현상, 예를 들면 태풍, 폭풍 및 해일까지 접근하려면 앞으로 10년에 걸친 기간 동안 통계적으로 유의한 자료의 획득이 매우 중요하다. 이 기간에 수집된 자료의 질이 이상 해양현상에 의한 피해를 줄이는 정도를 좌우하게 될 것이다.

물질순환 연구의 결과가 모델로 제시되기 위해서는 해수순환 모델의 결과가 먼저 제시되어야 하므로 해수순환보다도 더 오랜 연구가 필요하게 될 것이다. 그러나 향후 10년간의 노력으로 황해에서의 물질순환에 대한 윤곽이 드러나고 주요 과정에 대한 이해가 가능해 질 것이다. 물질순환은 외해역에 초점을 맞추어 도출된 과제들로 구성되어 있다. 조간대 (intertidal zone)에서의 물질순환은 매우 중요한 과제이다. 특히 황해에는 세계적으로도 예를 찾기 어려울 정도의 개펄이 발달되어 있어서 이곳에서 일어나는 육지와 해양간의 상호작용을 연구하는 것은 매우 바람직하다. 그러나 개펄을 대상으로 하는 연구는 자체적으로도 하나의 거대한 연구계획이 필요할 정도로 방대한 것이며

접근방법도 상이하므로 이곳에 대한 연구수요는 중국과의 협력연구가 아닌 독자적인 연구계획으로서 충족시키는 것이 더욱 바람직하다고 여겨진다.

표 5-5. 황해 물질순환연구의 '95 공모과제의 연구주제 및 세부과제

분야	연구주제 및 세부과제	비고
해수순환	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해수순환 연구               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 복합순환모델링</li> <li>2. 해류관측</li> </ol> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존자료 및 관측자료의 격자화, 모델 구축 및 수치실험, 모델의 세련화 및 data assimilation 기법 연구</li> <li>- 월별 정선 관측, 위성추적부표 활용</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 쟁점 해양과정 연구               <ol style="list-style-type: none"> <li>3. 황해 난류의 구명</li> <li>4. 황해 냉수의 구조 및 이동</li> <li>5. 황해 남부 전선역의 동역학</li> <li>6. 연안해류의 계절변동</li> </ol> </li> </ul>	
물질순환	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물질 균형               <ol style="list-style-type: none"> <li>7. 물질수지</li> <li>8. 수직 플럭스</li> </ol> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 대기와 하천으로부터의 물질 유입, 황해 경계면에서의 물질 교환, 해수의 평균체류시간, 분지규모 평균 퇴적을</li> <li>- 저층 재무기화 포함</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생지화학 순환과정 및 모델링               <ol style="list-style-type: none"> <li>9. 기초생산</li> <li>10. 이차생산</li> <li>11. 미생물 매개 물질순환고리</li> <li>12. 용존 유기물</li> </ol> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 시·공간적 mapping, 총생산력 추정</li> <li>- 섭이 기작, fecundity, 성장률</li> <li>- 탄소, 질소, 인 위주</li> <li>- humic &amp; fulvic acid, surface film</li> </ul>

#### 5.4.2 추진일정

물질순환연구의 전 연구기간에 대한 4개 연구주제의 14개 세부연구과제별 추진일정은 표 5-6에 나타난 바와 같다. 물의 순환과 생지화학 모델 구축을 제외한 12개 세부과제는 1차년도부터 수행하도록 기획하였다. 이 분야 과제들은 선진국의 예로보아 10년내에 세계 일류 수준의 결과를 기대하기 어렵다. 대부분의 과제는 중요한 정보에 대해 가능한 빠른 시일내에 일차적인 연구결과를 제시하는 것이 당면한 목표로서 정보의 수준에 대한 질적인 향상이 요구될 때에는 표 5-6에 나타난 연구기간을 연장하여야 할 필요가 있다.

표 5-6. 황해 물질순환연구의 연구주제와 세부연구과제별 추진일정

연구 주제	세부연구과제	1 단계			2 단계			3 단계			
		'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04
해수순환	복합순환모델링	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	해류 관측	■	■					■	■		
쟁점해양 과정	황해 난류의 구명	■	■	■							
	황해 냉수의 구조 및 이동	■	■	■							
	황해 남부 전선역의 동역학	■	■	■							
	연안해류의 계절변동	■	■	■							
물질균형	물질 수지	■	■	■							
	수직 플럭스	■	■	■	■	■	■				
	물 순환				■	■	■				
생지화학 순환과정 및 모델링	용존 유기물	■	■	■	■	■	■				
	기초생산	■	■	■	■	■	■				
	이차생산	■	■	■	■	■	■				
	미생물 매개 물질 순환고리	■	■	■	■	■	■				
	생지화학 모델링							■	■	■	■

### 5.4.3 예산

황해에 대한 물질순환연구에 필요한 총 연구비의 적정 규모는 28.1 억원이며 1단계 3년간 연구에 전체의 절반 이상인 15 억원 정도가 필요하다 (표 5-7). 연구 소요재원의 산정에는 1만 달러 이상인 고가의 장비 구입 등을 고려하지 않았으며 조사선 사용료는 앞장의 해양-대기 관측사업에 이미 반영되어 있다. 선진국의 경우처럼 해류추적부표, 계류 등에 고가의 실험 기장비를 투입하게 되면 연간 투자규모는 훨씬 늘어나게 된다.

세부과제당 단위연구비의 산정에 있어 대학의 경우 인건비는 과제당 대학원생 1명을 원칙으로 하여 연간 600 만원, 여비 200 만원, 자료 구입 및 보고서 발간비 100 만원, 기타 비용 100 만원의 총 1천만원을 기본 경비로 적용하였으며 연구의 내용에 따라 실험에 드는 비용을 통상 500 - 1000 만원 규모로 추산하였다. 같은 과제를 연구소가 수행할 경우에는 인건비와 오버 헤드의 적용에 의해 50% 정도 추가 경비 발생되는 것으로 보았다.

표 5-7. 황해해수순환연구의 연구주제와 세부연구과제별 연구소요 자원 (단위: 백만원)

연구 주제	세부연구과제	1 단계			2 단계	3 단계	계
		'95	'96	'97	'98-2000	'01- '04	
해수순환	복합순환모델링	50	40	30	90	120	330
	해류 관측	70	30	-		120	220
쟁점해양 과정	황해 난류의 구명	40	40	40	-	-	120
	황해 냉수의 구조 및 이동	40	40	40	-	-	120
	황해 남부 전선역의 동역학	40	40	40	-	-	120
	연안해류의 계절변동	40	40	40	-	-	120
물질균형	물질 수지	40	40	40	-	-	120
	수직 플럭스	40	40	40	150	-	310
	물 순환	-	-	-	90	-	90
생지화학	용존 유기물	30	30	30	120	-	210
순환과정 및 모델링	기초생산	40	60	60	150	-	310
	이차생산	40	60	60	150	-	310
	미생물 매개 물질 순환고리	30	30	30	150	-	240
	생지화학 모델링	-	-	-	-	200	200
계		500	500	470	900	440	2,810

## 참고문헌

- 이영철 (1993) 황해의 해양자원 개발 연구. 제2차년도 연차보고서, 과학기술처, 827pp.
- Beardsley, R.C., R. Limeburner, H. Yu, and G.A. Cannon, 1985. Discharge of the Changjiang (Yangtze River) into the East China Sea. *Cont. Shelf Res.*, 4: 57-76.
- Chao, S.-Y., 1991. Circulation of the East China Sea, A numerical study. *J. Oceanogr. Soc. of Japan*, 46: 273-295.
- Choi, B.H., 1980. A tidal model of the Yellow Sea and the Eastern China Sea. KORDI Rep. 80-02, Korea Ocean Research and Development Institute, 72pp.
- Choi, B.H., 1982. Note on currents driven by a steady uniform wind stress on the Yellow Sea and the East China Sea. *La Mer*, 20: 65-74.
- Guan, B. and H. Mao, 1982. A note on circulation of the East China Sea. *J. Oceanol. and Limnol.*, 1(1): 5-16.
- Hsueh, Y., and I.-C. Pang, 1989. Coastally trapped long waves in the Yellow Sea. *J. Phy. Oceanogr.*, 19: 612-625.
- Hsueh, Y., R.D. Romea and P.W. DeWitt, 1986. Wintertime winds and coastal sea-level fluctuations in the northeast China Sea. Part II: Numerical model. *Journal of Physical Oceanography*, 16: 241-261.
- Hurlburt, E.H., A.J. Wallcraft, Z. Sirkes and E.J. Metzger, 1992. Modeling of the global and Pacific Ocean: On the path to eddy-resolving ocean prediction. *Oceanography*, 5(1): 25-40.

- Kang, S.K., S.-R. Lee and K.-D. Yum, 1991. Tidal computation of the East China Sea, the Yellow Sea and the East Sea. In: K.Takano (ed), *Oceanography of Asian Marginal Seas*, Elsevier, Amsterdam: 25-48.
- Kang, Y.Q., 1984. An analytical model of wind-driven currents in the Yellow, the East China and South China Seas. In: T.Ichiye (ed), *Ocean Hydrodynamics of the Japan and East China Seas*, Elsevier, Amsterdam: 187-207.
- Kim, K., H.K. Rho and S.H. Lee, 1991. Water masses and circulation around Cheju-Do in summer. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 26: 262-277.
- Kondo, M. 1985. Oceanographic investigations of fishing grounds in the East China Sea and Yellow Sea - I. Characteristics of the mean temperature and salinity distributions measured at 50 m and near the bottom. *Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.*, 62: 19-66.
- Lee, S.H. and R. Beardsley, 1994. Residual tidal currents in the Yellow Sea, (Submitted to *J. Geophys. Res.*).
- Li, R., Q. Zeng and D. Gun, 1992. Numerical simulation for a northeastward flowing current from area off the eastern Hainan Island to Tsugaru/Soya Strait. *La Mer*, 30(3): 239-250.
- Lie, H.-J., 1987. Summertime hydrographic features in the southeastern Hwanghae. *Progress in Oceanogr.*, 17: 229-242.
- Nitani, H., 1972. Beginning of the Kuroshio. In: H.Stommel and K.Yoshida (eds), *Kuroshio - Physical Aspects of the Japan Current*, University of Washington Press: 129-163.
- Oey, L.-Y. and P. Chen, 1991. Frontal waves upstream of a diabathic blocking: A model study. *Journal of Physical Oceanography*, 21: 1643-1663.
- Pang, I.-C., 1991. Coastally trapped waves over a double shelf topography (I): Free waves with exponential topography. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 24: 428-436.
- Pang, I.-C., 1992a. Coastally trapped waves over a double shelf topography (II): Free waves with linear topographies. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 25: 443-456.
- Pang, I.-C., 1992b. Coastally trapped waves over a double shelf topography (III): Forced waves and circulation driven by winds in the Yellow Sea. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 25: 457-473.
- Park, Y.H., 1986. A simple theoretical model for the upwind flow in the southern Yellow Sea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 21: 203-210.
- Park, Y.H., 1986. Water characteristics and movement of the Yellow Sea Warm Current in summer. *Progress in Oceanography*, 17: 243-254.
- Seung, Y.H., 1987. A summer circulation inferred from the density (temperature) distribution in the Eastern Yellow Sea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 22: 63-70.
- Qiu, B. and N. Imasato, 1990. A numerical study on the formation of the Kuroshio Counter Current and the Kuroshio Branch Current in the East China Sea. *Continental Shelf Research*, 10(2): 165-184.
- Semtner, A.J. and R.M. Chervin, 1988. A simulation of the global ocean circulation with resolved eddies. *Journal of Geophysical Research*, 93(C12): 15502-15522.
- Seung, Y.H. and S.Y. Nam, 1992. A numerical study on the barotropic transport of the Tsushima Warm Current. *La Mer*, 30(3): 139-148.
- Tomczak, M. and J.S. Godfrey, 1994. *Regional oceanography: An introduction*. Pergamon, 422 pp.
- Uda, M., 1934. The results of simultaneous oceanographical investigations in the Japan Sea and its adjacent waters in May and June 1932. *J. Imp. Fish. Exp. St.*, 5: 138-190.
- Wang, W. and J. Su, 1987. A barotropic model of the Kuroshio system and eddy phenomena in the East China Sea. *Acta Oceanologica Sinica*, 6: 21-35.
- Yanagi, T. and S. Takahashi, 1993. Seasonal variation of circulations in the East China Sea and the Yellow Sea. *Journal of Oceanography*, 49: 503-520.
- You, K.W., and I.M. Oh, 1993. An effect of the eddy intrusive transport variations across the shelfbreak on the Korea Strait and the Yellow Sea Part 1: Barotropic model study. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 28(4): 281-291.

## 환경변화연구

환경변화 연구는 황해에서 일어나고 있는 자연적인 변화와 인위적인 변화에 대한 이해의 증진에 필수적인 지식을 제공하기 위하여 계획되었다. 현재와 같이 인위적인 환경변화에 촉각을 곤두세우고 있는 시점에서 과거에 있었던 환경의 변화를 이해하는 것은 한반도의 장래를 위해서도 매우 중요하다. 과거 2,000년 또는 수십만년 전까지 일어났던 환경의 변화와 그 과정에 대한 이해는 학문적 관심 외에도 앞으로 일어 닥칠지 모르는 엄청난 기후변화에 대응하기 위해서 반드시 필요하다고 판단된다.

과거에 지구에서 일어났던 환경변화는 다양한 역사적 기록 보관물로부터 (나무의 나이테, 호수나 해저의 퇴적물, 산호초, 빙하) 밝혀지고 있다. 황해의 경우 다양한 방법 가운데에서도 해저퇴적물이 가장 적합한 후보로 해저시추의 가장 큰 장점은 소수의 시추물 분석결과와 지구물리탐사로서 분지 전체의 진화 역사를 유추해 낼 수 있다는데 있다. 한편 최근 물리, 화학분야 분석기술과 컴퓨터의 눈부신 발달은 역사적 기록에 대해 매우 정교한 시간을 밝혀내는데 크게 공헌하고 있다,

금년은 해저시추 (ocean drilling)가 시작된지 만 25년이 되는 해이다. 지금까지 전세계 900여 곳에서 2,000번의 시추를 통해 얻은 시료의 길이만도 182km가 넘는다. 수심이 5,000m가 넘는 곳에서 수백 m까지 해저를 시추하는 데에는 엄청난 경비와 시간을 투입해야 한다. 해양 더 나아가 지구의 과거 역사를 규명하기 위해 미국을 위시한 선진국의 노력이 이미 엄청난 업적을 쌓아가고 있는데 반해 우리나라는 수만년 이상의 과거기록을 간직하고 있는 해저퇴적물에 대해서는 단 한번의 시추도 우리 힘으로 시도하지 못한 형편이다. 이는 우리나라가 과거의 한반도의 환경변화 특히 제4기의 빙하기를 거치면서 일어났던 해수면의 변동 등에 대해 실증적인 자료를 전혀 확보하고 있지 못함을 의미한다. 심층 시추기술은 또한 황해에서 부존 가능성이 높은 석유, 천연가스의 개발에 필수적인 기술이기도 하여 이 기술은 해양자원의 개발을 위해서라도 시급히 확보되어야 한다. 따라서 이 방면의 기술은 환경연구뿐만 아니라 해저자원의 개발에도 필수적인 핵심기술임이 강조되어야 한다. 한편 해저시추기술의 미비는 이에 의존하는 연구분야의 (고해양학, 동위원소 질량분석, 고기후 모델링, 극지방하 연구 등) 발전에 막대한 지장을 주고 있어서 학문의 균형적인 발전을 위해서도 시급히 확보하여야 할 기술분야이다.

해저퇴적층의 긴 시추를 위해서는 전용 시추선과 많은 노우하우가 필요하다. 우리나라는 이 분야의 하드웨어 기술의 축적이 거의 전무한 상태인 반면 해저유전을 개발하고 있는 중국의 경우는 상당한 기술을 보유하고 있다. 이번 중국과의 공동연구를 통해 중국으로부터 기술적으로 가장 큰

도움을 받을 수 있는 분야가 바로 해저시추기술이다. 일본은 이미 심해저 시추에 상당한 투자를 해 왔으며 최근 JAMSTEC은 과학기술청의 지원에 힘입어 해저 4km를 시추할 수 있는 최첨단 시추선의 건조를 적극 추진하고 있다. 이것은 지구에 남아 있는 마지막 자원의 보고인 심해에 대한 세계 각국의 투자 경쟁을 가속화 시킬 전망이다.

## 6.1 과학적 배경

대륙 주변부에 쌓인 퇴적물에는 과거에 일어났던 환경변화에 대해 자세하고도 연속적인 오랜 기록이 담겨져 있다. 학자들은 지질사적 시간대 (10만년-천만년)에 걸쳐 해수면 변화의 역사를 파악하려 노력하고 있다. 그 이유는 해수면의 변동은 지구시스템 전체에 막대한 영향을 주기 때문이다. 예를 들어 입자나 화학물질의 해양유입, 해안역 생태계의 특성, 대가-해양-육지의 상호작용과 지구기후 등 매우 넓은 영역에까지 영향을 미치기 때문이다. 그 결과 연안역, 대륙붕 그리고 대륙사면의 퇴적물에 기록된 과거의 사실로부터 지구 전체 해수면 변동에 대한 정보를 밝혀내려 하고 있다. 해수면은 지역적 그리고 지구전체에 작용하는 과정들간의 복잡한 상호작용에 의해 변동된다. 전지구적 해수면 변동요인을 능가할 만한 규모의 일시적인 지역적인 해수면 변화 요인으로는 퇴적물 공급의 변화나 그 밑의 지판의 움직임에 의한 것이 있다. 이러한 일례가 스칸디나비아 반도로서 빙하가 제거됨에 따라 대륙은 균형을 이루기 위해 일세기에 수 m씩 융기하고 있다.

산업계에서도 천해역 (수심 200m 이내)에서 퇴적물의 분포와 특성을 결정하는 요인을 이해하는데 관심을 가지고 있다. 왜냐하면 이러한 과학적 지식은 화석연료를 찾는데 결정적으로 기여하기 때문이다. Exxon Production Research Company는 1977년에 대륙주변부에서 축적한 지진파 반사 자료로부터 지역 해수면 변동을 판독하는 방법에 대하여 단행본을 발간한 바 있다. 이들은 각 지역의 탄성파 반사면의 각도에 대해 전세계 해안역 자료를 가지고 비교하면 일반적인 추이가 들어나게 되고 이것이 지구규모 해수면 변화를 지시하는 것이라고 주장하였다. 그러나 이러한 주장은 즉각 연안역에서의 퇴적과정이 이러한 기록을 말소시킬 것이라는 반대 의견에 부딪히게 된다.

상반된 의견이 서로 대립을 보이는 가운데 심해저 시추계획 (Deep Sea Drilling Project)은 특별히 이러한 쟁점에 관심을 가지고 아일랜드의 대륙사면과, 미국의 New Jersey 근해의 대륙사면과 continental rise에서 가설의 검증을 위한 시추작업을 벌였으나 불행히도 중요한 시기의 퇴적층이 결손되어 논란의 종지부를 찍을 만한 증거자료의 확보에 실패하였다.

십년후 Exxon은 또 다시 전지구적 해수면 변동 기록에 대한 또 다른 획기적인 결과를 내 놓았다. 이러한 진보는 기술의 발전과 발전된 기술들을 뛰어 내는 직관력에 의해 이루어졌다. Exxon은 노두 (outcrop), 시추물 (core), 지진파 탐사에 대한 연속적인 학술발표를 통해 과거에 불가능했던 시공간 규모에서의 자세한 퇴적역사의 규명에 대한 가능성을 제시하였다. 반면 정작 유전개발업체에서는



이들이 제시한 방법을 적용하기에 마땅한 연속적인 시추공을 뚫고 있지 않는 이유 배반적인 면도 드러났다.

미국 학계에서는 이들이 보유하고 있는 과학용 시추선 JOLDES Resolution이 대륙주변부를 자주 시추하고 있는 점에 착안하여 해안 부근부터 대륙사면에 이르는 단면에 대해 연속적인 시추를 계획하였다. 이 계획은 과거의 경험을 살려 New Jersey 앞바다에서 수행하고 있으며 ODP와 NSF의 후원으로 현재 계획의 2/3 가량 시추가 진행되었다.

미국의 경우 시추지점 선정의 선례는 향후 황해의 경우에도 후보지 선정에 도움을 줄 것으로 예상되므로 여기서 간략히 언급하고자 한다. New Jersey 해역은 과거 심한 지각 변동이 없었고 그동안 자세히 연구된 지역이며; 온대역에 속한 해역으로 연대측정에 필요한 생물층서, 동위원소 차별화, 고지자기 층서가 잘 보존되었을 확률이 높고; 지난 3천만년 동안 상당히 높은 퇴적률이 유지되어 매우 해상력이 높은 기록의 판독이 가능할 것으로 예상되었다. 해양에서 산소동위원소의 기록은 지난 3천만년 동안의 빙하의 성쇠에 대한 기록을 보여주고 있으며 이것을 근간으로 하여 자세한 층서연구를 통해 지구적 해수면 변동과 지역적 해수면 변동의 신호를 분리하고자 하는 것이 전체 연구의 목적이다.

이 연구가 진행되는 과정을 살펴보면 먼저 대상해역에 대한 지진파 탐사자료를 획득한 연후 Exxon이 과거에 수집하였던 자료를 활용하여 시추지점을 선정하였다. 장소의 선정에는 연대측정과 뚜렷한 탄성파 반사 불연속면의 정체 규명이 가장 크게 고려되었다. 미학자들은 가장 뚜렷한 불연속면은 해수면이 급강하했을때 퇴적이 이루어지지 않아 생겼을 것이라는 추측에 기대를 걸고 있다. 반면 넓은 장소에 걸쳐 퇴적이 이루어진 좋은 해수면이 상승하면서 만들어진 것으로 보고 있다.

초기 연구결과는 산소동위원소로서 추정된 빙하기의 성쇠주기와 부합하는 것으로 알려지고 있다, 남아있는 시추계획은 대륙봉에서의 것으로 일부는 이미 시추되었는데 여기서 다음과 같은 문제가 제기되었다. 천해역 퇴적물은 심해의 것에 비해 화석이 풍부하지 못하여 생물층서에 의한 접근이 예상보다 어렵다는 것이다. 다행히 몇 곳에서 패각이 다수 발견되어 Sr 연대측정법의 적용이 가능하였다고 보고하고 있다.

과학적 목적의 해양시추연구는 이미 지구와 해양의 역사에 대한 이해에 혁명적인 변화를 가져왔다. 해양의 여러 곳에서 제각금 수집한 자료들로부터 지난 4천만년간 해양과 기후의 변화에 대한 전체적인 윤곽이 서서히 드러나고 있다. 현재 시간에 대한 해상력을 꾸준히 향상시켜오고 있지만 아직 시추공 사이의 공간적 거리에 의한 제한을 많이 받고있다. 이것은 시추에 드는 시간과 경비가 엄청나기 때문에 충분히 많은 시추가 곤란한 것이 현실이다. 이러한 단점을 메우기에 가장 적절한 방법은 지진파 탐사나 시추공 조사 등의 지구물리 탐사기법이다. 이러한 방법을 사용하여 시추결과가 보완되면 하나의 시추에서 얻은 결과를 넓은 지역에 확대하여 해석하는 것이 가능해진다.

지진파 탐사는 원격으로 얻은 영상을 통해 지구내부의 구조 밝히는 도구이다. 압축공기 등의 지진파 발생기구를 통해 발생시킨 음파는 암석의 성질 등이 급격히 변하는 면에서 일부는 반사되고 나머지는 계속 전파된다. 되돌아 오는 (반사)파의 에너지는 수중마이크 (hydrophone)에 의해 수집되고 컴퓨터에 저장된다. 이 기법은 역사적으로 유전탐사에 널리 쓰여왔다.

고해양학자들은 지구의 내부 구조보다는 고해양학적 사건을 반영하고 있는 특정한 지진파 반사면 (또는 여러개의 반사면)에 더 큰 관심을 가지고 있다. 이것은 기후나 해양순환에 변화가 일어나면 해저에 퇴적되는 퇴적물의 종류도 따라서 변할 것이라는 점을 전제로 한다. 그리고 퇴적물의 특성 변화의 정도가 탁월한 경우에 이것은 지진파의 반사면을 이루게 될 것이다. 예를들어 빙하기의 경우 바람의 세기가 강해져서 해양에서의 생산력이 변화했을 것이고 아마도 표층 플랑크톤의 종조성에도 변화가 있었을 것으로 예상된다. 이것이 사실이라면 심해저에 퇴적하는 물질의 주성분이 플랑크톤이므로 퇴적물의 조성에도 변화가 수반될 것이다. 이와같은 논리에 의해 기후나 해양순환의 변화는 지진파 반사면을 만들 것이라는 가정이 설득력을 갖게된다. 만일 우리가 특정 지진파 반사면과 해양학적 또는 기후학적 사건 (event)과의 연계를 밝혀내면 이러한 반사면을 추적하여 사건의 공간적 영향 범위를 쉽게 추정할 수 있다. 물론 사건의 규명을 위해서는 시추자료의 분석이 가장 확실한 근거로서 제시될 만 하다.

논리적인 설명은 설득력이 있으나 현장에서의 지진파 탐사는 종종 많은 어려움에 부딪히게 된다. 시추물의 경우는 수 cm 또는 그 이하에서 특징적인 변화가 관측되나 지진파 탐사는 음파의 파장이 수m에 이르기 때문에 층의 두께가 몇 m 정도는 되어야 식별이 가능하기 때문이다. 특히 시추된 퇴적물에서의 사건은 깊이로 측정되나 지진파의 경우는 전달시간으로 측정되므로 이 두가지를 일치시키는데 상당한 노력이 필요하다. 두가지 방법을 연계시키기 위해서는 물질을 투과하는 지진파의 물리적 특성을 알아내야 된다. 통상 실험실에서 지진파의 속도와 시추된 퇴적물의 단위체적당 중량 (bulk density)을 측정하여 지진파 전파속도 모델을 만들어 사용한다. 그러나 이와 같은 방법은 시간이 많이 걸리고 현장에서의 값과 차이가 날 수 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해서 사용하는 방법이 시추공내 조사 (downhole logging)로서 시료를 꺼낸 시추공에 특별한 측정기구를 내려 보내 여러가지 특성을 측정하는 방법이다. 음속 측정의 경우 거의 연속적으로 주변 암석의 단위체적당 중량과 음속을 측정하게 된다. 이와 같은 자료는 통상 convolution이라고 불리는 과정을 통해 최종에는 인위적으로 합성시킨 지진파 영상 (synthetic seismogram)을 얻게 된다.

따라서 지질학자에게 지질구조 해석을 위한 합성된 지진파 영상이 전달되기 까지에는 다양한 하드웨어 및 소프트웨어 기술이 동원되는 종합과학적 노력이 필요하다. 한편 시추물의 분석에도 여러가지 기법이 요구되며 대표적인 기술이 동위원소 분석과 방사능 연대측정 방법이다. 동위원소 분석에는 탄소와 산소의 안정동위원소비가 널리 활용되고 방사능 연대측정에는  $^{14}\text{C}$ 가 주류를 이루고 있다. 최근  $^{14}\text{C}$ 는 물론 반감기가 긴 U-Th 계열은 방사능 측정이 아닌 질량가속 분석기로서 측정하며 여기에는 질량가속기가 필요로 한다. 일본, 중국과는 달리 우리나라에는 아직 이와 같은 분석장비가 마련되어 있지 못한 실정이다.

황해분지의 진화에 대한 과거사를 규명하는 노력은 물론 한반도의 자연사 (natural history)를 알아내기 위함이다. 따라서 한반도의 과거사가 황해의 퇴적물에만 보관되어 있는 것은 아니므로 (서기 2,000년 이내) 최근세사는 다양한 역사기록물 (표 6-1)에서 찾는 연구가 권장되어야 한다. 현재 분석기술이 상당히 진전되었다고 하나 단일 기록물로서 오랜기간의 연속적인 역사의 복원이 불가능한 경우가 많기 때문에 다양한 기록 매체 (multi-proxy record)를 통한 역사복원이 필요하다.

표 6-1. 지질사 기록물의 특성 (출처 PAGES 기획보고서; IGBP-1992)

지질사 기록물	시간분해능	적용시간 (년)	추출가능한 정보*
사료	일/시간	2,000	B H L M S T V
나무의 나이테	면/계절	14,000	B Ca H L M S T V
호소 퇴적물	연	1,000,000	B Cs H L M S T V
극지 빙사시추물	연	100,000,00	A B Ca H M S T V
중위도 빙하	연	10,000	A B H M S T V
산호초	연	100,000	A Cw L T
빙퇴적	10년	3,000,000	B Cs H M T V
꽃가루	10년	10,000,000	B H T
해양 시추물	100yr	10,000,000	A B Cw M L T V
고대기성분	100yr	10,000,000	A Cs H M T V
퇴적암	연	10,000,000	Cs H L M T V

\* A : 대기-해양역학, B : 생물량, C : 화학성분 a-공기, w-물, s-토양, H : 습도 또는 강수량, M : 지자기장, S : 태양의 활동, T : 온도, V : 화산폭발

### 6.1.1 과거 및 현재의 투자

황해분지의 환경변화에 관련된 연구내용으로는 해수면 변동, 퇴적학적 연구와 분지의 내부구조에 관한 것이 포함되며 과학기술처가 지금까지 한국해양연구소를 통해 지원한 과제의 목록은 표 6-2에 정리한 바와 같다.

표 6-2. 과학기술처의 황해분지의 환경변화에 관련된 연구개발사업에 대한 투자현황 및 지원과제 목록

(단위: 억원)

과제명	위탁처	기간	연구비
한국해양종합해양환경도 작성연구	해양(연)	'82.5-'86.4	9.32*
한국 서남해안 조간대의 종합조사연구	▪	'88.5-'91.7	1.57
한반도 주변해역 해저퇴적물의 옴항적인 특성연구	▪	'88.5-'91.7	1.57
서해안 미세 퇴적물 이동연구	▪	'90.7-'92.7	0.54
해양지구물리 탐사기술개발	▪	'90.7-'92.7	0.68
제 4기 해수면 변화의 모델개발 및 퇴적변화에 대한 종합연구	▪	'90.7-'92.7	1.10
다중채널 해양반사와 처리기술개발	▪	'91.0-'94.9	1.94
소계 6 (1) 과제			7.40

\* 전체 연구내용의 일부로서 포함됨, 연구비 합산에서 제외되었음

황해의 환경변화를 복원하기 위한 노력은 크게 퇴적학적, 지구물리학적, 그리고 (시추물에 대한) 동위원소 분석기법에 대한 접근이 필요하다. 지금까지의 연구투자를 분석하여 보면 전통적인 퇴적학 연구는 집중적인 투자는 없었으나 그런대로 초창기부터 투자가 계속되고 있으며 지구물리학 분야의 탐사에 대해서는 최근 10년간 집중투자하고 있는 것으로 드러났다. 지구물리탐사는 일종의 원격탐사로서 시추 또는 코어 시료에 의한 검증과 대비가 반드시 병행되어야만 학술적인 가치를 지니게 된다. 그렇지 못한 경우 가설이나 추정 이상의 가치를 지니지 못한다. 그런데 우리나라의 경우 긴시추물의 지구화학적 분석에 대한 연구는 지금까지 거의 수행되고 있지 못하다.

황해의 지질사에 대한 지구화학적 접근이 취약한 이유는 첫째 시추기술이 없기 때문에 대상시료가 제공되지 못했던 것과 둘째 각종 동위원소의 정량측정에 필요한 핵가속질량 분석기가 국내에 설치되어 있지 못하기 때문으로 생각된다. 따라서 지진파 탐사로 밝혀낸 반사면에 대한 지질시간을 정확히 알고 있지 못한 것이 현실이다. 다행히도 중국은 이에 필요한 시설과 기술을 보유하고 있기 때문에 중국과의 국제공동연구는 이 분야에 진전에 크게 기여할 전망이다.

한편 황해분지의 진화연구에 필요한 핵심기술의 하나인 지구물리탐사기술은 과학기술처 외에도 구 동력자원부 (현 통상산업부) 에서도 그 동안 지원하여 왔기 때문에 지금까지 국가적으로 투입한 연구비의 총액은 표 6-2의 액수를 훨씬 상회할 것이나 정확히 밝혀내지 못하였다. 또한 지구물리탐사를 위해서 전용조사선이 필요하며 이미 한국해양연구소는 온누리호를 건조 운항하고

있으며 한국자원연구소도 '95년도에 온누리호보다 개량된 지구물리탐사선을 확보할 예정이다. 그러나 아직까지 시추선의 건조에 대한 논의는 없는 것으로 알고 있다.

과거치는 두 정부출연연구소 외에도 KIST 부설 시스템 공학센터를 통한 자료처리 소프트웨어 개발을 지원하고 있으며 정부차원에서는 정부투자기관인 석유개발공사를 통하여 황해를 비롯한 관할 해역에 대한 투자가 이루어지고 있다. 이러한 투자는 직간접적으로 황해분지의 환경변화연구와 관련되어 있다. 그리고 앞으로 황해에서 석유, 천연가스의 부존이 밝혀지면 유공 등 민간기업의 참여가 확실히 되고 있어 이 연구 프로젝트에 이들의 참여나 지원을 요청하는 것도 매우 바람직한 전략이라 판단된다.

이상을 종합하면 황해분지의 환경변화에 대한 연구는 해저 광물자원 탐사기술개발과 밀접하게 관련되어 있으며 구태여 구별하자면 자원개발 측면에서는 탐사에 필요한 기반기술의 개발에 일조하고 있다고 하겠다. 학술적인 측면에서, 특히 환경에 초점을 맞추어 기존 투자에 대한 문제점을 피력하자면 투자가 여러기관을 통하여 이루어져 왔기 때문에 효율성이 낮았다고 하겠다. 지금까지는 고질적인 부처 이기주의에 휘말려 연구기관간에 협동연구가 활발하지 못했고 개별수행된 자료간에도 많은 차이를 보여주고 있다. 특히 정부출연연구소의 전문화 계획수립시 해저자원영역을 둘러싼 해양(연)과 자원(연)간의 갈등으로 빚어진 연구원의 이직, 지구물리 탐사선의 중복건조등은 아직 협력연구가 쉽지 않을 것이라는 예측을 하게 한다. 우리나라는 황해의 석유탐사를 위해 외국회사를 불러들여 여러번의 시추를 하였으나 과학조사자료나 시료가 국내학계에 공개되지 않아 학술적인 활용이 이루어지지 못했던 것은 심히 유감스러운 일이다. 상기한 문제들은 이번 환경변화연구가 연구기관간 협동으로 원활히 수행될 수 있도록 기획되어야 할 필요성을 제기하고 있다.

## 6.2 연구의 목표 및 내용

황해의 환경변화에 대한 연구는 과거에 있었던 자연환경의 변동에 대한 이해를 증진시켜 최근의 인간의 활동에 의한 영향을 정량적으로 평가할 수 있도록 기반을 제공하는 한편 이에 필요한 과학기술 개발을 통해 황해 광물자원(석유, 천연가스, 골재)의 개발에 필요한 기술도 동시에 확보하기 위한 두가지 목표를 가지고 수행되도록 기획되었다.

황해분지에서 일어났던 환경변화에 대한 연구는 특히 다음의 연구쟁점에 대해 각별히 관심을 기울여야 할 필요가 있다.

- 황해는 제 4기 이후 어떠한 자연적 변화를 겪어 왔으며 변화의 주요인은 무엇인가?
- 최근 2,000년 동안 인간활동은 황해 해양환경에 어떠한 영향을 어느정도 미치고 있는가?

현재 국제적으로는 IGBP가 PAGES (Past Global Changes)라는 연구계획을 통해 지구환경변화의 역사를 복원하고 그 원인과 기록에 대한 정량적 이해를 추구하고 있다. 해양의 퇴적물을 통한 지질사

복원은 여러가지 노력 가운데 중요한 항목으로 취급되고 있다. PAGES는 2개의 지질시간에 대해 특별한 관심을 가지고 있는데 하나는 지난 2000년 까지이고 하나는 제 4기 빙하기 까지이다. 첫번째 지질시간대는 인간에 의한 영향을 파악하려는 것이 주목적으로 시간 해상력을 10년 이내로 목표를 두고 가능하면 일년 또는 계절별 까지로 높이려고 있다. 이 연구에는 역사적 사료가 잘 활용될 수 있다. 두번째 시간대는 빙하-간빙기의 주기적 변동과 이에 수반되어 나타났던 지구환경변화를 알아내는데 목표를 두고 있다. 이 연구에는 해양 뿐만 아니라 여러가지 다른 기록물로부터의 자료 획득이 필수적이다.

황해분지의 환경변화 복원은 개념상 IGBP의 지역해연구로서의 가능성이 높다고 연구의 방향과 내용도 PAGES가 추구하려는 것에 맞추어 수행함에 우리가 따르지 않는다고 판단되어 연구의 방향과 내용설정에 반영될 수 있도록 기획하였다. 세부분야는 접근하는 방법의 차이에 따라 다음 세가지로 (지구물리학, 지질학, 지구화학) 나누어 고려되었다.

지구물리분야: 이 분야는 크게 지구물리탐사와 시추기술을 담당한다. 지구물리탐사 특히 지진파 탐사는 황해의 접근 가능한 해역에 대한 지진파 반사면의 식별 및 전역에 걸친 추적에 하여야 한다. 지진파 탐사는 또한 지구내부구조를 규명하여 석유나 천연가스 부존 가능성을 타진하는데 중요한 자료를 제시할 것이다. 지진파 탐사를 위해 현재 한국해양연구소가 보유하고 있는 다중채널 반사파 측정기를 사용할 것인지 아니면 '96년도 이후에 가능한 한국자원연구소의 신형 반사파 측정기를 사용할 것인지에 대한 연구진의 협의가 선행되어야 한다. 시추는 현재 우리가 보유하고 있는 기술이 아니며 이에 필요한 장비도 확보되어 있지 않다. 황해의 경우 연성 해저의 (soft bottom) 시추가 필요할 공산이 크며 이에 대한 긴 시추기술은 선진국도 보유하고 있지 못하다. 현재 PAGES는 호소용 시추기술개발을 추진하고 있어 이들이 개발한 기술의 흡수가 필요하다. 황해의 경우 해저 시추를 위해서는 피스톤 코아 등 다양한 방법의 적용이 필요하게 될 전망이다.

지질학 분야: 이 분야는 시추 또는 코어로 채취된 시료의 지질학적 특성을 측정하고 광물학적 및 퇴적학적 정보를 제공하는 역할을 담당한다. 층서의 식별, 특히 지진파 반사면의 규명은 매우 핵심적인 연구내용으로 화석을 비롯한 지질시간대 규명에 쓰일수 있는 모든 가능한 방법에 대한 접근을 시도해야 할 것이다. 퇴적물로부터 기후변화에 따른 한반도의 식생변화 등을 규명하는 것은 매우 중요한 과제이며 특히 특정 층서의 공간적 배열로서 해수면의 변동을 밝혀내는 것이 이 분야 연구진의 주 연구내용이 될 것이다.

지구화학 분야: 이 분야는 지질시료의 절대 연대를 측정하여 chronostratigraphy (층서-지질연대)에 대한 정보를 제공하는 임무를 맡는다. 특히 2000년 이내의 절대시간측정 연구의 성패는 이 분야의 분석능력에 달려있다. 정확한 절대시간 측정을 위해서는 가능한 많은 시료의 추적 또는 새로운 시료의 개발이 필요하며 현재 가능성이 타진되고 있는 시료는 해양퇴적물 외에도 호소의 퇴적물 고목의 나이테, 산호초로서 필요시 이들에 대해서까지 연구가 확장되어야 할 것이다. 지금까지 개발된 기법 가운데 가장 시간분해능이 뛰어난 방법은 방사성 탄소 ( $^{14}\text{C}$ ) 측정법이며 빙하기까지의

시간대 연구를 위해서는 산소 동위원소  $^{18}O$ 의 정량측정이 널리 쓰이고 있다. 현재  $^{14}C$ 의 절대시간 측정의 오류를 줄이기 위해서는 U-계열 방사능 연대, 나이테 그리고  $^{10}Be$ 에 의한 우주기원  $^{14}C$ 의 변동에 대한 보정이 필수적이다.

위의 세분야가 협력하여 전세계적으로 공통적인 지진파 반사면을 찾아내야 하며 이에 대한 전지구적 환경변화를 밝히게 되면 비로서 지역적인 해수면 변동이나 지구규모 기후변동과 같은 과거사의 복원이 정량적으로 가능해질 것이다

### 6.3 추진체계

황해의 환경변화를 복원하기 위한 연구에서 가장 중요한 사항은 황해의 어느곳에 대해 어떠한 방법으로 시추를 해야 하는가 하는 부분이다. 이러한 것을 결정하기 위해서는 전문가 그룹에 의한 검토가 필요하다. 현재 탄성파 자료가 완비되지 않았고 해저 지질도 또한 연구자에 따라 지역간 상당한 차이를 보이고 있어 이에 대한 종합적인 검토가 필요하다. 이외에도 시추를 위한 중국과의 협의가 필요하며 어떤 방법으로 해저정밀탐사를 할 것인지에 대한 논의도 선행되어야 한다. 특히 한국자원연구소의 해저 탐사선이 예정대로라면 '97년도에 현장에 투입될 것이므로 이것도 매우 중요한 고려요인이 된다.

이러한 여건을 감안할때 환경변화연구는 지금까지의 연구결과에 대한 검토와 연구내용 확정을 위한 연구기획이 필요하다고 판단된다. 현재 학계에는 한국제4기연구학회가 결성되어 있으므로 이 학회와 한국해양학회가 주도하여 연구를 기획하는 것이 적절하다고 판단된다. 연구기획은 단계별 목표와 세부연구과제의 발굴이 주가 될 것이지만 이 연구에는 현재 전문인력이 부족한 분야도 포함되어 있으므로 연구능력제고 방안도 중요하게 다루어져야 한다. 그리고 이 연구는 광물자원 탐사와 매우 깊게 연관되어 있는 만큼 기획단계부터 산업체의 참여를 유도하는 것이 필요하다.

연구내용과 직접관련은 없으나 우리나라 해양학의 국제학계에 대한 기여나 일류화방안에 대하여 잠깐 언급하자면, 전세계적으로 천해역이 황해처럼 잘 발달한 바다는 찾아보기 힘들다. 이것은 황해에 대한 연구가 본궤도에 오르게 되면 곧 우리의 해양연구의 수준이 세계적인 수준에 도달할 수 있는 좋은 연구대상을 보유하고 있음을 의미한다. 천해역이 해양학적 관심을 갖게하는 가장 중요한 요인들로서 해수와 퇴적층과의 상호작용과 높은 퇴적률에 의해 과거역사가 잘 보관되어 있다는 점을 들 수 있다. 이러한 맥락에서 황해의 두꺼운 퇴적층을 대상으로 한 과거사 규명연구는 국내는 물론 국제적으로도 학문발전에 지대한 공헌이 예상되는 매우 좋은 연구계획임을 확신한다.

다음부터 언급하는 내용들은 추후 황해분지진화연구를 기획함에 있어 고려되어야 할 전체적인 윤곽을 제시하기 위해서 다루어졌다. 이 연구계획이 황해 해양과학 프로그램의 일부로 추진되고 있는

만큼 총 연구기간과 이를 구성하는 단계 그리고 타 연구사업과의 연계 등에 대한 기본틀은 본 보고서에서 제시하고자 한다.

초기연구활동('95년도)은 앞에서 제시된 바와 같이 과거자료의 수집 및 평가를 통한 시추 및 코어지점 선정이 될 것이다. 시추에는 막대한 경비가 소요되므로 전체연구의 성패가 시추지점 선정에 달렸다고 해도 과언이 아니다. 본사업에 착수하게 되면 시추 후보지에 대한 지진파 탐사가 선행되어 목표가 되는 반사면을 찾아내고 최종적인 시추지점이 결정되어야 한다. 시추지점은 앞으로의 활용 등을 고려하여 신중한 검토가 이루어져야 하며 바람직한 시추 일정은 일단 황해전체에 대한 시추계획을 수립한 연후 우선순위에 따라 재원이 확보되는 대로 시추를 수행하는 것이 될 것이다. 시추에는 이미 언급한 바와 같이 학계, 연구계, 산업계의 요구가 모두 반영되어야 한다.

현재로서는 과학조사 목적의 시추는 중국의 도움을 받아 수행하는 것이 바람직해 보이나 연성해저에 대한 시추의 성공을 장담할 수 없다. 시추는 이 연구계획의 핵심에 해당하는 부분으로 중국 또는 기타 선진해양국과의 협력을 다각도로 모색하여야 할 것이다. 성공적인 시추를 보장하는 가장 확실한 방법은 DSDP JOIDES Resolution을 유치하여 수행하는 것으로 예견되나, 시료의 공유 문제가 있고 ODP의 일정조정 등이 필요하므로 이러한 제반문제에 관해서는 프로젝트 기획진에 맡겨서 검토하는 안을 제시한다.

시추와 코어로 획득한 시료는 DSDP의 선례처럼 제대로 정리 보관되어야 하며 이를 위해 코아 저장시설에 대한 투자가 예상된다. 따라서 이 연구계획을 주관하는 연구기관은 코아시료의 보관을 위한 별도의 재원확보가 필요하게 될 것이다. 시추시료의 보관 및 연구진에 대한 할당은 해양과학조사법이 지정한 자료관리기관의 통제를 받게 될 것이며 자료의 활용도를 높이고 국제학술교류를 위해 DSDP, IGBP-PAGES, IGBP-START와의 긴밀한 교류가 필수적이라 판단된다.

절대연대측정을 위해서는 시료를 외국의 질량가속분석기(AMS) 보유 연구기관에 의뢰해야 하므로 시료 전처리방법에 대한 기술확보가 선행되어야 하고 시료의 수, 측정일정 등에 대한 사전 협의를 통해, 자료의 질관리와 측정비용의 경감 등에 대한 전략의 수립이 필요하다.

#### 6.4 세부연구과제, 추진일정 및 예산

앞의 절에서 언급한 바와 같이 아직 황해의 어느 지점에 대해 어느 깊이까지 몇번의 긴 시추를 할 것인지 결정되지 않았기 때문에 세부연구과제와 추진일정을 제시하는 데 어려움이 따르며 특히 예산의 경우 시추경비의 불확실성이 어려움을 가중시키고 있다. 따라서 초기(1단계) 연구는 긴시추와 이에 필요한 지구물리탐사를 제외하고 최근 2,000년 이내의 환경변화에 초점을 맞추어 수행되도록 과제를 도출하였다.



#### 6.4.1 세부연구과제

황해의 환경변화연구는 크게 3개의 연구주제와 기획연구로 구성하였다. 연구주제는 최근 2,000년까지의 환경변화, 10만년까지의 환경변화, 그리고 지구물리탐사이다 (표 6-3). 각기 다른 시간대를 목표로 한 2가지의 환경변화연구는 실제로는 지질학, 지구화학, 동위원소분석기법 등 다양한 소주제로 이루어져 있으나 연구의 효율성을 높이기 위해 종합적인 단일 연구로서 수행하도록 유도하였다.

빙하기까지 소급한 환경변화연구는 긴 시추 시료가 언제 몇개나 획득되느냐에 따라 지질학적 및 동위원소 분석 연구의 세부과제의 수가 확정될 것이므로 '95년도 과제공모에서는 일단 유보시키는 방향으로 조정하였다 (표 6-3).

연구의 초기년도인 '95년도의 공모과제는 2가지 과제로서 명칭과 연구내용은 아래와 같다.

1. 황해의 지질환경 연구기획 - 지금까지 획득한 황해의 지질환경에 관련된 우리나라와 중국의 자료 및 연구결과의 종합 및 검토; 빙하기까지의 환경변화 연구를 위한 연구계획 수립 (세부연구과제 발굴 및 추진일정 제시; 능력제고 방안제시)
2. 지난 2,000년간 황해의 환경변화연구 - 시추 및 코아물의 퇴적물 특성 조사: 층서 연구; 지형연구; 생물층서 조사; 퇴적을 조사; 층서의 절대연대 측정기법 개발 ( $^{14}C$ ,  $^{10}B$  등)

첫번째 과제는 물질순환 프로젝트의 경우에서와 마찬가지로 자료의 질은 만족스럽지 못하더라도 일단 기존 자료를 모아 정리해 봄으로서 향후 어떠한 연구를 어떻게 진행해야 하는가에 대한 답변을 구하기 위함이며 특히 우리나라와 중국의 자료 대조해보는데 커다란 의의가 있다고 본다. 약 10만년을 대상으로 한 과거의 환경변화연구는 황해의 지질환경연구기획의 결과를 토대로 2단계부터 본격 착수가 가능할 것으로 보이며 이 연구의 결과과 조속히 제시되면 3단계부터는 황해의 환경변화에 대한 모델링과 지구변화에 대한 황해의 역할 등의 규명에 대한 연구가 가능해질 전망이다. 황해의 광물자원 탐사에 커다란 역할이 기대되는 탄성파 탐사는 2단계에서 시작될 예정이다.

#### 6.4.2 추진일정

이 연구계획의 효율적인 추진을 위해서는 연구과제가 순차적으로 이루어져야 할 필요가 있다. 과거에 획득한 자료의 종합정리와 이를 토대로 빙하기까지의 환경변화연구를 위한 연구기획, 그리고 최근 2,000년 이내의 환경변화연구가 우선 실시되어야 하며 이후에 지진파 탐사를 실시하고 결과를 보아 시추지점을 확정된 후 시추 및 시추물 분석을 실시하여야 할 것이다. 따라서 최근 2000년간의 환경변화를 목적으로 하는 짧은 시추물의 분석에 필요한 지질학적 조사 및 동위원소분석이 먼저 수행되어야 한다 (표 6-3).

표 6-3. 환경변화연구의 연구주제와 세부과제별 추진일정

연구 주제	단계		1 단계			2 단계			3 단계			
	세부연구과제	연도	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04
연구기획	연구기획/지질환경도작성											
지구물리탐사	지진파 탐사											
	시추 및 시추공 탐사											
환경변화 I	최근 2,000년의 환경변화											
환경변화 II	최근 10만년의 환경변화											

#### 6.4.3 예산

이 프로젝트의 예산 규모 산정에 가장 큰 변수로 작용하는 부분은 시추이다. 시추에는 가장 많은 예산이 소요되며 시추의 회수와 깊이에 따라, 그리고 중국측에 협력을 제시하느냐 아니면 ODP에 의뢰할 것인지에 따라서도 큰 차이가 예상된다. 황해분지의 환경변화를 밝혀내기 위해서는 적어도 3번의 시추는 필수적이라 판단되며 회당 2억원을, 그리고 시험 시추와 시추공 조사에 각기 1억원을 배정하였다 (표 6-4). 총연구비의 규모는 30억원 정도이고 지구물리탐사 전용조사선이 확보되는 2단계부터 연구투자가 본격도에 오르게 될 예정이다.

지진파 탐사를 위시한 지구물리탐사기술은 우리나라의 연구진이 경쟁력을 확보하고 있는 분야로서 이 기술은 환경 및 자원연구에 공통적으로 사용되는 특징을 지니고 있다. 2단계 조사는 환경연구에 주력하고 3단계 초기 2년간 자원을 탐사하도록 일정을 마련하였다. 일차 자원탐사의 결과에 대한 정밀탐사가 요청될 경우에는 관련 민간업체의 참여를 유도하는 것이 바람직하다고 판단된다.

표 6-4. 황해의 환경변화 프로젝트의 직접연구비 소요자원 (단위: 백만원)

연구 주제	단계		1단계			2단계	3단계	계
	세부연구과제	연도	'94	'95	'96	'97-'99	'00-'03	
연구기획	연구기획/지질환경도작성		50	30	30	-	-	110
지구물리탐사	지진파 탐사		-	-	-	450	300	750
	시추 및 시추공 탐사		-	-	-	800	-	800
환경변화 I	최근 2,000년의 환경변화		80	80	80	240	320	800
환경변화 II	최근 10만년의 환경변화		-	-	-	180	240	420
계			130	110	110	1,670	860	2,880

이 연구계획에서는 시추기술에 대한 연구능력제고가 매우 중요하게 다루어져야 하며 최소한 5명 정도를 ODP에 참여시켜 선진국의 기술을 이전해 와야 할 것으로 보인다. 이밖에 값비싼 시추시료의 과학적 활용도를 최대한으로 높이기 위해서는 냉장보관 시추물 저장시설 (refrigerated core locker)이 준비되어야 한다. 표 6-4의 직접 연구비는 시추시료의 보관 및 관리에 드는 비용은 고려되지 않은 것으로 이러한 직접연구비 이외의 연구재원소요를 고려한 예산을 표 6-5에 정리하였다.

표 6-5에 산출한 예산은 이 연구에 필요한 전체경비로서 반드시 전액이 황해 해양과학 프로그램으로서 지원되어야 할 필요는 없을지도 모른다. 이 연구는 표에서 보는 바와 같이 2단계에서 연구투자의 확대가 요구되므로 연구의 추진을 위해서는 자원조달이 매우 중요하며 자원탐사분야에서는 관련 산업체와의 협력이 매우 중요한 관건이다.

표 6-5. 환경변화 프로젝트의 총괄 예산표 (단위: 백만원)

단계	1단계			2단계 '97-'99	3단계 '00-'03	계
	'94	'95	'96			
활동내용						
직접연구비	130	110	110	1,680	860	2,880
연구능력제고	-	50	50	300	100	520
시추시료의 보관 및 관리	-	-	300	60	90	460
계	130	160	460	2,040	1,050	3,850



## 황해 통합관리연구

황해는 평균 수심이 50 m도 안되는 연안역에 속한다. 오늘날 황해를 비롯한 전세계의 연안역은 급증하는 인구, 환경의 악화, 주요 생물의 서식지 유실, 생물다양성의 감소나 자연재해 위험의 증가 등 시급한 문제에 직면하고 있다. 모든 개발은 피해를 최소화하기 위해 매년 환경영향평가를 거쳐 시도되고 있음에도 불구하고 연안환경이 나날이 악화되고 있는 것은 대체 무엇 때문인가? 이 문제에 대해 곰곰히 생각해 보면 연안역의 이용에 서로 상충되는 부분이 존재함을 알 수 있다. 그리고 이러한 판단은 곧 해안역을 좀더 현명하게 이용할 방법은 없는가 하는 대안을 찾게 하며 이러한 문제를 해결하고자 하는 각국의 노력은 현재 연안역 통합관리시스템의 개발로 귀결되고 있다.

연안역의 과학적 측면과 이와 복잡하게 얽혀있는 정치적, 관리적 측면의 쟁점은 수송, 폐기물 처리, 오락 및 휴양, 거주, 에너지, 수산양식 등이 서로 연안역을 차지하려는데 있다. 연안에 인구와 산업 그리고 개발이 집중되고 있는 상황에서 지구변화에 의해 태풍의 경로가 바뀌어 서해안을 더욱 빈번히 침공한다면 얼마나 큰 피해를 입게 될 것인가? 증가하는 폐기물의 양과 종류에 대해 대체 어떻게 대응해야 할 것인가? 이러한 문제의 해답은 종종 과학자의 책임으로 돌려지며, 부실한 기초과학투자의 댓가로 즉각적인 해답을 촉구하는 정부의 요구는 실망으로 그치기 마련이다. 현재 환경의 자연적 요소간의 복잡한 상호작용만으로도 골머리를 앓고 있는 과학자에게 인위적인 교란에 대한 정확한 예측은 불가능하다. 여하간 과학자에게는 지식을 증진시켜 불확실성을 제거할 수 있는 기회가 부여되어야 함이 타당하다.

연안역통합관리시스템을 개발함에 있어 다음과 같은 사항이 선행되어야 한다. 우선 연구계와 관리 및 정책기관과의 동반관계가 공고히 구축되어야 한다. 이를 위해서 정부에서는 과학자들이 제시하는 연구결과를 정책에 반영하려는 의지가 필요하고 연구계에서는 연구결과가 정책에 반영될 수 있도록 제시해야 한다. 동반관계는 두 그룹간의 벽을 허물고 유대를 강화시킬 것이다. 다음으로 기초연구의 결과를 정책 및 관리에 활용시킬수 있도록 번역하고, 해석하며, 통합시키는 도구의 개발이 이루어져야 한다. 이러한 노력을 통해 자연과학자와 사회과학자의 교류가 활성화되면 좋은 결과가 산출될 것이다. 마지막으로 연안역 문제는 전지구적인 것으로 연안역 관리는 '의제 21'에서 권고한 바와 같이 국제적, 지역적 그리고 국내적으로 상호 연계시켜 시행되어야 한다. 따라서 과학자들의 노력도 전세계적으로 동일한 내용이 되어야 할 것이다.

선진국이나 개발도상국을 막론하고 연안역통합관리에 대한 관심은 매우 높아서 현재 전세계적으로 50개가 넘는 계획이 존재함에도 불구하고 국가경제력이 세계 15위에 올라 있는 우리나라에서는 아직 마련되어 있지 못한 형편이다. 우리나라를 위해서는 물론 국제사회의 일원으로서 기여하기 위해 이 분야 연구는 매우 시급하며 충분한 과학적 지식이 확보된 뒤로 미루기에는 너무 늦은감이 있다. 불충분하더라도 조속히 통합관리방안을 마련한 뒤 차차 수정해 나가는 전략이 더욱 바람직하다고 판단된다. 이 분야는 앞에서 다룬 타 연구계획과는 달리 사회과학적 요소가 매우 중요한 역할을 담당하는 정책에 관련된 연구로서 이 프로젝트는 통합관리와 직접 연관되지 않더라도 정책적으로 시급한 연구과제도 수용하도록 기획되어 있음을 밝혀둔다.

## 7.1 과학적 배경

리우환경회의 (UNCED)에서 채택된 '의제 21'은 연안 각국으로 하여금 연안역의 지속적 개발 (sustainable development)을 목표로 한 '연안역통합관리정책'을 수립토록 적극 권장하고 있다. UR에 이어 태동하고 있는 Green Round, Technology Round 등이 새로운 국제무역질서와 국제환경질서의 규범을 제정코자 하는 마당에 이에 대응하기 위하여 연안역을 효율적으로 관리하기 위한 국가의 정책을 조속히 마련해야 할 당위성이 제기되고 있다.

연안역에서의 환경보호와 개발의 상충으로 빚어지는 문제는 범세계적인 것으로 연안역 관리에 공동적으로 지적되는 사항은 아래와 같다.

- 경제개발, 환경보호, 그리고 천연자원관리 (환경보호지역 포함) 간의 마찰이 심화되고 있다.
- 연안역 자원에 대한 이용수요는 증가추세에 있으며 수요간에 상충되고 있음
- 주무행정부서가 다수이며 이들간에 또는 정부차원에서의 조정이 아예 없거나 미흡하다.
- 연안역 관리에 투자되는 인적, 재정적 자원이 턱 없이 부족하다.
- 연안역의 문제를 이해하는데 필요한 자료, 정보가 불충분하다.
- 정치권 또는 민간은 연안역 문제에 대해 즉각적인 해결책이 있을 것이라고 기대하고 있다.

공공기관, 산업계, 학술계 등 연안역 관리에 관계된 모든 기관이 이러한 문제의 해결에 책임이 있다. 전통적으로 연안역의 한가지 측면만을 고려했던 현재의 단편적인 관리방법에서 통합적이고 총체적인 참여에 의한 관리방식으로 전환되어가고 있다. 또한 인간의 활동에 의해 크게 고통받고 있는 생태계가 경제를 뒷받침하고 있다는 점에 대한 인식이 점차 늘어가고 있다. 그럼에도 불구하고 아직 대부분의 기관은 연안역의 문제에 대해 독자적인 노력으로 해결하고자 하고 있다.

아직도 연안자원의 이용에 대해서는 하나의 주관기관이 한가지 이용방법이나 한가지 자원에 대해 정책결정을 내리고 있다. 이제는 연안역이 어느 시기 또는 어느 기간동안 제공할 수 있는 생산품이나 서비스 (예를 들어 식량, 에너지, 거주지)에 대한 바람직한 조합을 결정하며, 누가 생산하고

지불하며, 누가 얼마나 이득을 보게 되는지를 결정할 수 있는 도구가 필요하다. 이러한 도구를 만들어 내는 과정이 연안역통합관리 연구의 주제이다.

관리란 원하는 목적을 달성하기 위한 관련 행위의 집합이다. 연안역 관리에는 기획, 평가, 실행, 집행, 감시, 진단, 교육 등의 다양한 활동이 포함된다. 효율적 관리가 이루어지기 위해서는 관련활동이 통합되어 지속적으로 추진되어야 한다. 관리에는 각종 활동에 대한 감시로부터 기획, 평가, 실행에 이르는 과정에 대한 되물림 정보가 지속적으로 유입되도록 허용되어야 한다. 연안역통합관리의 목표는 연안 생태계로부터 장기에 걸쳐 생산품과 서비스의 최적의 조합을 만들어 내는 것으로 여기서 최적은 사회적 이익의 최대값을 의미한다. 조합 또는 배합은 통합, 그리고 정치적인 과정을 통해 결정된다. 사회의 관심이나 우선순위는 시간에 따라 변화하므로 최적조합 또한 변화하게 된다.

연안역 관리에 있어 '통합 (integration)'은 다섯가지 방법을 통해 구현될 수 있다.

1. 지역의 경제권역간의 통합 (예를 들면, 농업, 공업, 에너지, 관광)
2. 대표적인 연안관리 활동을 주관하는 주무기구간의 통합 (예를 들면 천연자원, 환경보호, 경제개발, 육지이용)
3. 정부부처 기관간의 통합 (중앙, 시, 도, 군, 면의 행정기구)
4. 관리업무자체간의 통합
5. 관리에 필요한 학문간의 통합 (과학, 기술, 공학, 경제학, 정치학, 법학 등)

여기서 언급하는 연안역 관리는 특정자원 (예, 어류)이나 이용 (예, 관광)에 초점을 맞춘 것이 아니고 복합이용에 대한 것이다. 따라서 대상지역의 크기는 적절히 큰 규모를, 예를 들면 우리나라 서해안 전역 또는 몇개 지역규모를 대상으로 하고 있다. 대상지역에서 인간의 활동과 자연환경 또는 자원과의 상호작용이 관리 대상으로서 선정된다. 대상지역의 자원은 다양한 생산품과 서비스를 제공하는데 (예를 들면 식량, 에너지, 관광, 정주지 및 폐기물 처리) 이용될 수 있다.

연안역에서 인간의 활동이 증대될수록 이용목적간의 상충이 심화된다. 종종 수요는 연안역이 제공할 수 있는 공급능력을 초과한다. 좋은 예가 폐기물 처리로서 연안역의 부영양화는 도처에서 빈발하고 있는 문제거리이다. 연안역 자원의 특성 가운데 하나는 공공재산으로 누구나 이용이 가능하다는데 있으며 이로 인해 자원의 지나친 이용이 질의 저하나 고갈을 초래한다. 이러한 문제가 통합관리의 필요성을 더욱 부각시키고 있다.

현재 연안역통합관리의 적용 결과 만족할 만한 성과를 거두고 있는 예는 불행히도 많지 않다. 가장 모범적인 사례로 꼽히는 것은 싱가포르의 예로 이곳의 해안은 20년전 도시의 생활하수로 인해 심각한 연안오염에 시달렸으나 장기에 걸친 노력의 결과 연안이 눈에 띄게 청결해졌다. 도시국가 규모인 싱가포르를 예외로 하고 연안역이 넓은 국가인 미국의 경우는 NOAA와 주정부를 통해 지난 20년간 10억달러 이상을 들여 연안역 관리를 실시해 왔음에도 불구하고 연안환경은 악화되고 있다. 이와 같은 문제에 대해 미국은 다음과 같은 4가지 부문에 대해 집중적인 검토를 하고 있다.

첫째, 연안역 관리에 대해 종래의 단편적인 접근에 의한 방법을 강력한 통합관리체제로의 전환을 시도하고 있다. 이러한 접근의 핵심은 오히려 종전에 비해 줄어든 예산의 투입으로 각계의 연합을 통해 달성하려는데 있다.

둘째, 현재 주정부 산하의 기관이 관리업무를 수행하고 있는 바 모두 전문인력 및 재정적인 부족에 직면해 있다. 그러나 NOAA를 위시한 연구기관의 협조가 이루어지면 가능할 것이라고 낙관하고 있다.

셋째, 현시점 위주에서 미래를 지향한 관리체제로의 전환을 시도하고 있다. 임시 방편적인 노력은 일관성이 적고 실효기간에 한계가 있다고 판단하고 있다. 누구나 다 관리는 지속적인 노력이라고 인식하고 있지만 현장에 적용되는 예는 드물며 추진을 위한 세부규범도 미흡하다는 것이 미국의 판단이다.

마지막으로 모든 이의 참여가 특히 연구진의 참여가 성패의 핵심임을 인식하고 있다. 대민홍보로는 한계가 있으며 과학기술에 의한 접근이 매우 중요하다는데 인식을 같이하고 있다. 법에 의존하는 경우와 과학자에 의한 조기진단이 내려진 경우 어느쪽이 실패를 거둘 것인지를 판단하는 것은 명약관화한 일이다. 연안역의 문제를 식별하고, 관리목표를 설정하며, 방안을 수립하고 각종 대안을 평가하는 데 있어 처음부터 과학자가 참여하고 이들의 지식을 활용하는 것이 매우 중요하다.

우리나라는 60년대 이후 추진한 경제성장정책의 성공으로 '92년 세계 15위권의 GNP를 올렸으나 무분별한 연안역 관리로 인한 연안환경의 악화가 급격히 진행되고 있다. 그 원인으로는 약 42종의 관계법령을 주관하는 11개 부처 2개 청이 개별 용도에 따라 기본계획을 수립, 시행하여 관리기능의 복잡성과 협의, 조정기능의 취약이 노출되었고, 연안환경에 대한 과학적 자료와 정보의 부족으로 인한 적절한 용도지정이 이루어지지 못했으며, 종합이용계획의 부재로 연안역 자원의 비효율적 관리, 대규모 간척, 매립, 임해공단의 조성 등으로 경제적 가치하락, 연안 개발(이용) 수요간의 경합 조정기능 미흡 등 수 많은 요인이 있으며 이 결과 마산만, 진해만에서의 적조 등 수질악화 문제가 현안으로 대두되고 있다. 이와 같은 문제들은 이제는 선진국과 같이 연안역통합관리방안의 개념을 도입하여 효율적인 연안역의 관리가 시급히 이루어져야 함을 지적하고 있다. 연안역 관리는 연안각국의 문제이며 동시에 전세계적인 이슈이기도 하다. 선진국은 개발도상국들로 하여금 적절한 연안역통합관리방안의 수립과 이행을 돕고 있다. 이하의 내용은 상기목적들을 위해 IOC가 후원했던 '93년도 IOC Seminar on Integrated Coastal Management의 보고서 IOC Workshop Report No.90의 내용을 발췌 요약한 것이다.

이 모임은 '의제 21'의 제 17장의 후속조치에 대해 토의하였으며 제 17장의 개념은 향후 더욱 명료하게 정의되고 실질적인 적용이 되어야 한다고 주장하고 있다. 특히 상호의존성(interdependence)과 통합(integration)은 연안역 통합관리의 핵심적인 개념으로 부각되었다. UNCED에서 지속적 개발과 통합의 개념은 충분히 정의되지 못했으며 지속적 개발은 다각적인 측면을 포함하고 있음이 지적되었다.

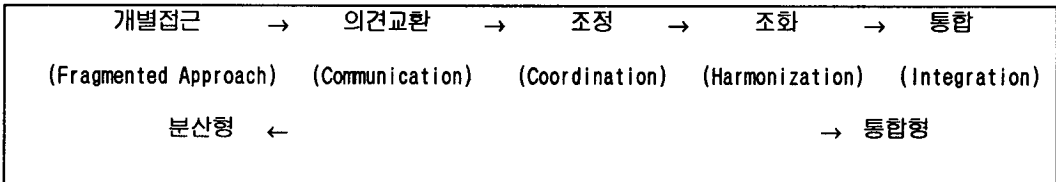


1. 인류의 삶의 질을 향상시키기 위한 경제개발
2. 환경친화적인 개발
3. 평등한 개발: 사회내부적 평등; 세대 (generation)간 평등; 국가간의 평등

제 17장은 '의제 21' 중 가장 길고 복잡한 장으로서 여기서는 개발의 기회, 통합의 필요성, 사전 예방 및 예측적인 접근, 해양법 (Law of the Sea)과의 연대, 대중의 참여와 능력제고 등이 강조되어 있다. 여기서는 전반적이고, 야심적이며 전향적인 문제 해결 자세를 요구하고 있다. 연안역통합관리에 대해서는 참여기관과 과정의 선전, 재원의 확보, 기존이론의 합성과 통합관리의 수행, 모델의 개량 등이 대상으로 지목되었다. 통합은 다음과 같은 여러 방면에서 가능하다.

- 부문간
- 연안수역과 연안육역간
- 정부기관간
- 국가간
- 학문간

여기서 부문간의 상호작용이 반드시 문제를 수반하는 것은 아님에 유의해야 할 필요가 있으며 통합관리는 부문별 관리를 대체한다기 보다는 이를 보조하는 역할을 해야 한다. 정책의 통합은 대개 부문간 통합보다 고위수준에 의해 이루어지게 된다. 통합은 연속적인 과정으로



연안역을 포함한 해양의 자원의 속성과 정부의 관심 등을 정리하면 표 7-1과 같다.

표 7-1. 연근해/해양에 대한 자원의 귀속과 정부의 관심

	내륙	연안지역	연안해역	근해역	외해역	공해
자원의 소유	개인	개인/공공	<< 주로 공공 >>			
국가의 관심	지역/지방적	<< 지역적/지방적/국가적 >>			국가적	국제적
정부기관의 속성	<< 다목적 기관 >>			<< 단일목적의 기관 >>		

연안역통합관리 (ICM)은 국가에 따라 개발목적이나 통치기구조직에 따라 달리 수립되어야 하겠지만 국가나 지역별 경험을 비교하면 많은 교훈을 얻을 수 있다.

지속적 개발의 개념에는 다음 4가지 속성이 내재한다.

1. 생태계의 장기적인 최적 이용
2. 평등한 자원배분
3. 관리전략에 의해 영향을 받게 되는 이의 참여
4. 개방적이고 공정한 의사결정과정

이러한 것이 구현되기 위해서는 다음과 같은 단계를 밟아야 한다.

1. 환경과 사회적인 쟁점의 식별과 분석
2. 계획의 초점을 고르고, 주관기구의 구조와 전략 확정
3. 계획의 공식적 채택과 투자
4. 새로운 개발 방법의 실시

그리고 효율적인 추진을 위해서는 다음과 같은 전략의 수용을 권장한다:

1. 환경계획의 구상, 자원 확보, 수행에 대하여 전면적 보다는 점차 확대하는 전략의 구사
2. 공개된 실험 디자인의 채택
3. 이원화 전략 채택: 소지역에 대한 가시적인 사업을 전개하며 정부차원의 지원 확보
4. 자원 관리의 향상을 도모하기 위해 관련기관/단체의 통합
5. 프로그램에 정책 관련 연구일정의 삽입
6. 관리 수행을 위한 능력의 확충

효율적 관리를 위해서 대중에 대한 건전한 지식의 교육이 중요하며 이를 위해 재정적인 고려가 필요하다. 비정부 단체의 자문은 중요하나 이들의 주장이 모두 일치하지 않는 점에 주목해야 한다.

과학적인 측면에서 연안역 시스템에 대해 더 많은 정보가 필요하며, 환경계획을 실천하기 위해서는 다음과 같은 내재적인 장애가 따른다.

1. 환경과 공공 서비스 시스템의 크기, 복잡성, 상호의존성
2. 비용과 이윤의 정량화와 사회적 관련성
3. 비용과 이윤 창출 사이의 시간차
4. 비용과 이윤의 배분

개발도상국의 경우 종종 장애요인으로 지목되는 사항은 환경계획의 중요성이 뒷전으로 밀리는 것과 환경영향 평가자료의 부족이다. 현재 218개 국가 중 연안을 가지고 있는 국가의 수는 217개에 달한다. 이 가운데 50개국만이 140개의 연안역 관리 프로그램을 수행하거나 계획중에 있다.

### 7.1.1 과거 및 현재의 연구투자

우리나라에서 연안역 이용에 대한 연구는 비교적 늦게 '80년대 중반부터 한국해양연구소에 실시하기 시작하였으며 아직 학계에서의 연구가 활발하지 못하다. 한국해양연구소에서 1984-1988년까지 과거 특정연구사업으로 한국연안역 종합개발에 관한 연구사업에서 우리나라 해역별로 연안역에 대한 자연적, 산업적, 공간적 특성에 대한 기초연구와 연안개발에 관한 일반적인 문제를 조사한 바 있으며 미국, 일본의 연안개발제도와 정책을 연구하였다. 1988년 이후 한국해양연구소와 국토개발연구원이 공동으로 수행한 해안 현황조사 및 정책방향연구 (1차 사업), 해안보존 및 이용계획 (2차 사업) 연구에서 우리나라 전해안역의 이용 잠재력에 대한 기초조사와 아울러 현재의 우리나라 연안역관리에 관련된 국내 법제도적인 정책방향을 다루었다.

1987-1988년도에 KAIST 과학기술정책연구평가센터의 연구사업으로 수행된 해양개발 추진기반 구축에 관한 연구 (해양기술도시 건설 정책방향을 중심으로)에서는 우리나라 21개 연안도시에 관한 해양산업, 연구기능, 교육기능, 기반시설 등 항목의 비교와 분석을 통하여 각 연안도시의 입지가능 지역을 분석한 바 있다. 1991년부터 1993년까지 과거 특정연구사업으로 한국해양연구소에서 연안역관리의 효율화를 위해 연안역 관련 정보를 데이터 베이스화하고 태안군 및 천수만을 사례 지역으로 하여 연안역 지리정보체계에 관한 기초연구를 수행하였다. 연안역 통합관리 (ICM)에 대한 본격적인 연구는 금년에 한국해양연구소의 출연(연) 연구개발사업으로 처음 수행되고 있다. 또한 한국해양연구소는 연안역개발에 따른 주요 사례로서 부산인공섬 건설 타당성 연구 (수리공학적 측면), 서해안 조력발전소 건설 타당성 연구, 영종도 신공항 건설, 시화 간척매립, 화옹간척매립 등에 따른 어업피해보상연구 등을 수행함으로써 특정연안역에 관한 자료를 축적하고 있는 중이다.

우리나라의 연안역관리에 관한 연구는 정부의 경제정책과 맞물려 수행되어왔고 이를 대분하면 아래와 같이 크게 4단계로 나눌 수 있으며, 금년부터 지속적 개발을 목표로한 연안역통합관리에 관한 연구가 시작된 실정이다

1. 임해공단 조성기 ('62-'71): 인천, 마산, 창원을 중심으로 한 임해 수출공단 조성
2. 중화학공단조성 및 항만개발기 ('72-'81): 창원기계공단, 울산·여수 화학공단, 포항과 광양의 포철 설립, 목포와 울산의 조선소 건설, 부산과 인천항 등 항만 확장
3. 대규모 간척매립 사업기 ('82-'91): 서산, 아산, 시화, 화옹지구의 대규모 농경지 조성

4. 연안공간 수요 조정기 ('92-현재): 서해안 개발사업 등 국책사업의 대두 및 단순 대규모 위주의 농경지 간척매립사업에 대한 비판과 해양환경보전에 대한 인식제고로 새로운 연안역 통합관리체제의 필요성 대두.

지금까지 과학기술처가 해양의 사회과학분야에 대해 지원한 연구개발사업은 표 7-2에 정리 수록하였다.

표 7-2. 과학기술처의 해양의 사회과학분야 연구 투자현황 및 지원과제 목록 (단위:억원)

과제명	위탁처	기간	연구비
한국연안역 종합개발 연구	해양(연)	'84.6-'86.4	2.32
해양기술개발과 산업화 전략 연구	"	'87.4-'89.6	0.95
동북아 지역 국가간 해양과학 협력방안 연구	"	'87.5-'92.12	2.12
해양개발 추진기반 정비에 관한 연구	"	'88.7-'89.7	0.15
해양개발 기본 계획수립에 관한 연구	"	'90.11-'91.8	0.4
연안역 이용 효율 및 데이터베이스 구축 연구	"	'91.10-'93.8	0.58
우리나라의 수.출입 물동량의 복합운송체제 개선에 관한 연구	"	'91.10-'92.7	0.21
남북한 협력에 대비한 해양정책방안 연구	"	'92.8-'93.9	0.7
한.중간의 해양산업 비교 발전연구	"	'92.8-'94.9	0.86
연안역 이용 및 통합관리를 위한 연구	"	'94.5-	2.9
계 9과제			11.19

한편 식량 안보적 차원에서 그 중요성이 크게 부각되어왔던 대규모 간척매립사업은 다음과 같은 이유에서 반론이 제기되고 있다: i) UR 타결에 따라 쌀 생산장으로서의 간척매립지와 수산물 생산장으로서의 간척지의 경제적 가치기준이 역전된 점, ii) 내륙 과일개발에 따른 연안공간 자원의 수요 급증, iii) 특정 연안역의 경우 이용행위간의 상충문제 복잡성 문제, iv) 연안생태계의 극심한 파괴와 환경재해에 관한 재인식, v) 연안역관리정책의 부재로 공공재의 파손

특히, 사회간접자본 투자와 대기업의 사유화가 연안역에 급증하고 있는 현실과 조만간에 시행될 지자체의 실시와 지방화시대의 도래로 연안역 이용과 환경관리에 필요한 기초자료와 정보에 관한 요구가 급증할 것으로 예상된다. 그럼에도 불구하고 현재까지 우리나라 특정연안역과 전체 연안역에 대한 정보체계가 전혀 이뤄지지 않고 있어 이에 관한 연구가 매우 시급한 실정이다.

## 7.2 연구사업의 목표 및 내용

황해통합관리 연구사업은 자연과학 및 사회과학의 종합적인 연구를 통해 황해자원의 이용행위와 관련된 이용자간 상충문제 및 환경악화를 사전에 예방하고 이미 손상된 자원의 복원을 위한 정부의 황해 관리능력 및 정책결정체계를 향상시킴을 목표로 한다. 본 연구사업은 특히 리우회의의 '의제 21'에서 권고된 '연안역통합관리정책의 수립'을 실행하고, 지역해로서의 황해에 대한 한-중간 공동관리방안을 도출하는데 연구노력이 집중될 것이다.

황해통합관리 연구사업의 원활한 추진을 위해 다음과 같은 전략적 목표를 설정한다:

- 황해연안 및 배타적 경제수역의 환경 및 자원이용행위에 관련된 정보의 체계적 수집, 분석 및 공급
- 황해통합관리정책의 중요성에 대한 국가적 인식의 고취 및 현행 관리능력의 강화
- 황해자원이용과 관련된 이용자간 상충문제 및 환경문제에 대한 과학적 해결책의 제시
- 황해자원의 지속적개발계획의 수립을 위한 분야별 제도적 지원능력의 향상

황해통합관리 연구사업의 내용은 크게 다음과 같이 구성된다:

- 황해의 지속적 개발을 위한 통합관리방안 도출
- 황해의 자원 및 이용행위에 대한 경제적 가치의 계량화
- 황해통합관리의 효과적 실행을 위한 GIS 구축

### 7.2.1 황해 통합관리방안

황해통합관리방안수립에 관한 연구의 대상지역은 12해리 이내의 연안역과 12해리 외측의 배타적 경제수역으로 구분된다. 중국과의 경계획정 문제가 미해결상태에 있어 배타적 경제수역에 대한 관할권 선포가 아직 이루어지고 있지 않지만, 황해 배타적 경제수역의 관리방안을 수립하는 것은 중국과의 외교적 협상에 적극적으로 대응하기 위한 국의 차원의 중요성을 갖는다.

황해 배타적 경제수역에 관한 연구는 향후 관할권 선포에 대비한 '국가 관리전략 및 정부내 관리조직의 수립방안'을 도출하는데 중점적 노력을 기울인다. 이를 위해서는 황해의 생물 및 광물자원과 수산업, 해운업, 광업, 과학 조사활동 등 황해의 이용행위에 대한 정보의 목록화가 선행되어야 한다. 황해에 관한 방대한 양의 정보를 체계적으로 관리하기 위해서 GIS의 활용이 필수적이며 이에 대한 자세한 연구내용은 '황해통합관리 GIS구축' 부분에서 논의될 것이다.

효과적인 정보수집을 위해서는 중국 및 북한과의 정보교환이 요구되며 일차적으로 중국과의 활발한 공동연구를 추진하도록 한다. 황해자원 및 이용행위에 관한 정보를 바탕으로 현재 및 미래에

예측되는 주요 쟁점들을 파악하고 이의 해결을 위해 적절한 관리방안을 도출한다. 지역해로서의 황해의 효과적인 관리를 위해서는 황해를 둘러싼 국가들의 지역적 관리제도의 수립이 필수적이며 한 중간의 공동연구를 통하여 '황해 지역관리계획 및 조직'의 수립을 추진한다. 황해연안역에서는 경기만을 사례연구지역으로 선정하여 연안역통합관리 모델을 실험적용한다. 경기만은 영종도 신공항 건설, 김포, 강화, 인천 작약도 등의 해양관광단지조성 계획, 인천남항개발계획, 옹진군 대부도의 원유중간기지 건설계획, 송도해상신도시건설 등 각종 개발계획이 제안, 실행되고 있는 지역으로 정부의 서해안 개발의지와 함께 향후 심각한 연안역 이용자간 상충문제 및 환경악화가 예상되는 지역이다. 이 지역에서의 개발사업이 기존의 연안개발활동에서 발생되었던 부정적인 효과들을 되풀이하지 않고 경기만의 생태계 보전이라는 목적과 조화를 이루기 위해서는 현행의 사업별 개별적인 접근방식을 극복하고 이 지역의 생태계 및 사회 경제 시스템을 통합적으로 바라보고 접근하는 '연안역통합관리체계'의 수립이 절실히 요구된다.

연안역통합관리모델은 '제도적 접근방식'과 '과학기술적 접근방식'으로 크게 구분된다. 대상인 환경 제문제들의 생태적, 사회 경제적 특성 등을 과학적으로 파악하고, 관리의 우선순위를 정하며, 합리적인 관리대안들을 수립함에 있어서는 '과학기술적 접근모델'이 유용하며, 관리대안들을 실행하기 위해 기존의 연안역 관리조직의 기능들을 조정하고 새로운 관리조직을 수립함에 있어서는 '제도적 접근모델'이 적용가능하다.

연안역 통합관리과정은 크게 계획수립단계, 관리대안의 선택 및 실행 단계, 연구조사 및 모니터링 단계로 구분된다 .

본 연구의 계획수립단계에서는 일차적으로 경기만지역의 이용자간 상충문제 파악에 초점을 맞추어 이의 해결을 위한 '관리제도의 수립'에 주력할 것이며, 이를 위해서는 연안역 관리의 제도적 접근모델이 우선적으로 적용될 것이다. 이는 경기만을 둘러싸고 진행되고 있는 현재의 개발계획 및 이용활동이 매우 복잡하여 이들의 결과로 예측되는 문제들의 해결에 추진력을 제공할 수 있는 조직의 우선적 수립 (예: 경기만 관리위원회)이 세부적인 문제에 대한 과학기술적 접근을 초기단계에서부터 시작하는 것보다 효과적이라 판단되기 때문이다. 즉, 이용자간 다양한 의견을 조정할 수 있는 기구의 수립을 바탕으로 세부적인 관리 및 연구 조사 쟁점들을 파악하여 '위해도 추정 및 비교' 등의 과정을 통해 관리대안들을 장기적으로 개발하도록 할 것이다.

### 7.2.2 황해자원의 가치평가

연안역통합관리연구의 경제적 가치평가연구는 연안역에서 일어나는 각종 경제활동 및 자원이 지속가능한 개발 (sustainable development)이라는 목표하에 최적으로 이용되고 있는 가를 경제이론 및 방법론에 의거 분석 평가하는 과정이다. 즉, 통합관리방안이 수립되어 있지 않은 현단계에서 연안역에서의 경제행위와 자원량은 얼마만한 경제적 가치를 가지고 있는가가 먼저 평가되게 되며 통합관리방안이 실행되어 각종 연안자원이 지속가능한 방향으로 개발되고 그 이용이 최적화될 경우

통합관리 이전보다 지역 및 해당 연안역 이용자의 경제적 부(wealth)가 얼마나 증가했는가를 측정하게 된다. 따라서 경제적 가치평가연구는 통합관리를 위한 실행대안들의 경제적 의미에서의 우선순위를 정할 수 있게 하여 줄 뿐 아니라, 연안역개발로 인해 생태계에 미치는 영향을 과학기술적 조사와 연계하여 경제적 가치로 계량화하게 해준다.

가치평가의 이론과 방법론은 자원경제학과 환경경제학에서 이용되는 가치평가이론 및 방법론을 사용한다. 기본적으로는 연안자원의 이용으로 인한 소비자잉여 (consumer surplus)와 생산자잉여 (producer surplus)를 측정하는 이론으로 수산물, 농산물, 해운 항만업, 조선업 등과 같이 연안자원의 거래에 의한 시장이 형성되어 있을 경우에는 시장에서 결정되는 가격과 거래량에 따라 경제적 가치를 평가하나 리크리에이션, 연안자원의 미적 가치 등과 같이 거래시장이 제대로 형성되어 있지 않은 경우에는 가격을 대신할 수 있는 여행자 비용 (travel cost) 등의 대체가격을 이용하거나 가상적인 시장상황을 부여하여 사람들의 마음속에서 느끼는 연안가치를 설문을 통해 유도해내는 방법 (예, contingent valuation) 등을 이용하게 된다. 연안자원의 시장형성 정도 및 자료의 확보가능 정도에 따라 이용할 수 있는 구체적 방법론은 아래 표에 기술된 바와 같다.

표 7-3. 가치평가 방법론

시장가격기준	대체가격기준	Survey 기준
재화 및 용역과 직접 관련된 시장가치이용 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 생산성 차이</li> <li>• 수입의 감소</li> <li>• 기회비용</li> </ul>	대체시장가격이용 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 자산가치</li> <li>• 임금차이법</li> <li>• 여행자비용</li> <li>• 비시장재화의 대체시장가격</li> </ul>	Contingent Valuation
직접지출액의 가치이용 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 비용효과성 (cost-effectiveness)</li> <li>• 환경피해방지용 지출 (preventive expenditure)</li> </ul>	잠재지출액의 가치이용 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 대체 비용</li> <li>• shadow project</li> </ul>	

출처 : ICLAFM, Integrative Framework and Methods for Coastal Area Management, 1992. p.157

과학기술조사와 연계된 연안자원의 경제적 가치평가는 크게 네단계로 구분될 수 있다. 첫째, 중요한 환경영향이 결정된다. 둘째, 환경영향이 계량화된다. 셋째, 계량화된 환경영향은 금전적인 가치로 평가된다. 넷째, 실질적인 경제분석단계로 통상 비용편익분석법 (Cost-benefit Analysis)이 이용된다. 일례로 연안수질오염통제 프로그램으로 인한 경제적 편익이 창출되는 과정을 나타내면 다음 그림과 같다.

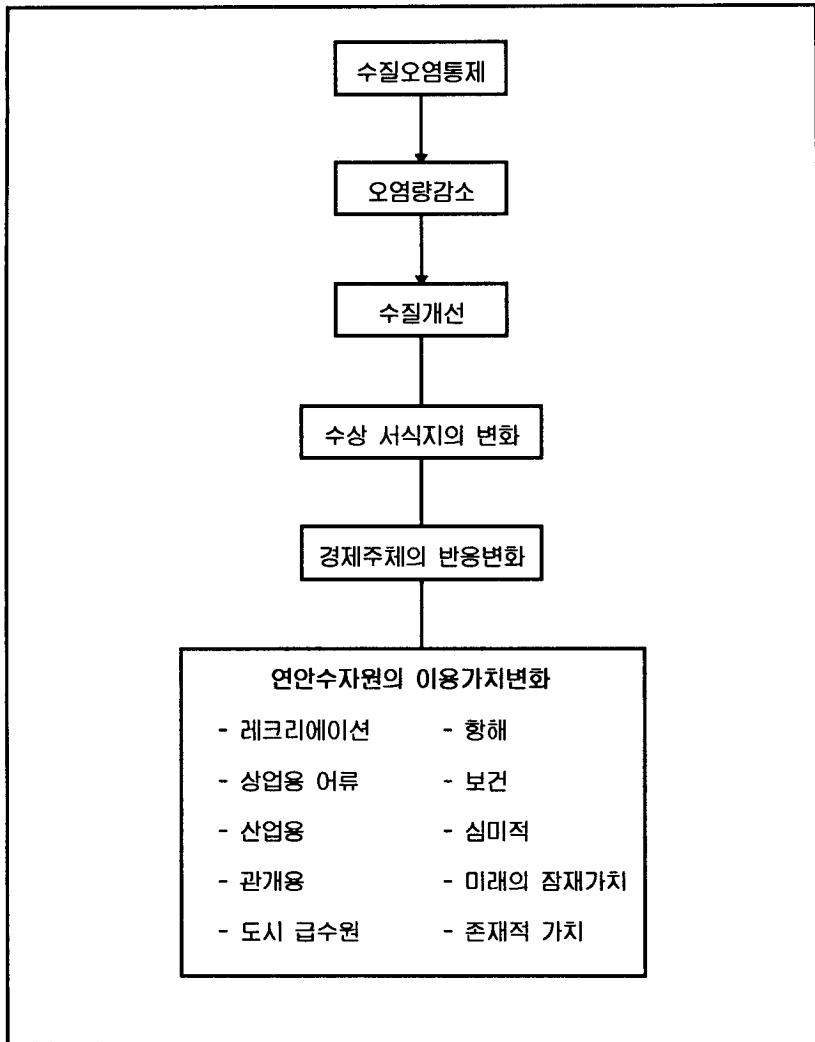


그림 7-1. 연안수질통제프로그램과 경제적 편익 [출처: EPA, The Economics of Improved Estuarine Water Quality, 1990, p.12]

사례지역인 경기만의 신공항, 해양관광단지, 항만개발, 원유중간기지, 신도시 등의 개발계획과 수산자원 이용, 환경보존을 위한 서식지, 심미적 가치 등의 보존적 기능과의 양자간에 어느편이 얼마만한 경제적 가치가 있는 가를 평가하여 보존과 개발간에 적정개발정도를 찾고자 한다. 또한 설문조사 등을 통해 연안주민의 개발과 보존에 대한 의견을 조사하여 이들이 평가하는 연안자원의 가치를 측정하고, 조사된 자료는 관리대안의 개발에 따른 지역주민과의 상충문제 해결을 위한 기본자료로 이용되도록 한다.



### 7.2.2 황해 통합관리 GIS 구축

GIS (Geographic Information System)는 정책결정에 유용한 지리정보를 입력, 분석, 및 출력시킬 수 있는 컴퓨터 시스템을 말한다. GIS의 네가지 기본 구성요소로는 컴퓨터 하드웨어, 소프트웨어, 데이터베이스, 인력 등이 있다. 연안역 관리의 도구로서 GIS의 잇점을 정리하면 다음과 같다:

- 다양한 형태의 자료 (graphic, textual, digital, analog data)를 통합시키는 능력
- 크게 향상된 분야별 자료교환 능력
- 자료를 효과적, 효율적으로 처리 분석하는 능력
- 관리대안들을 비교하기 위한 모델, 검증 능력
- 자료들의 (특히 graphic data) 효율적인 갱신(updating)능력
- 방대한 양의 자료를 관리할 수 있는 능력

본 연구를 위한 GIS 소프트웨어의 선정은 다음의 기준을 통해 결정될 것이다:

- 시스템의 자료모델 및 자료구조가 연안역 통합관리 연구에 요구되는 공간적 규모 및 해상력 등에 적절한가?
- 공간 및 비공간 자료가 입력, 처리, 저장, 출력되는 효율 및 효과 정도?
- 연안역의 특성 및 작용 등을 모델링하는 공간분석도구의 역량?

본 연구사업에서는 일차적으로 연안역통합관리 사례연구지역인 경기만을 대상으로 GIS를 구축하고 점차 그 범위를 전체 연안역과 황해 전역으로 확장시켜간다. 현장조사 자료 뿐 아니라 원격탐사 자료를 이용하여 GIS 데이터베이스의 효율적인 자료획득을 도모한다.

## 7.3 추진전략 및 타 연구사업과의 연계

연안역 통합관리의 핵심개념인 '통합'의 실현도구로서 학문분야간의 공동연구, 지역의 이해 당사자들로 구성된 Forum의 설립, 국가간 공동연구 및 Forum의 설립 등이 채택 될 것이다. 이는 특히 본 연구의 결과물로 생산될 연안역 및 배타적 경제수역의 통합관리계획에 대한 정치적 지지도 및 실행성을 향상시키는데 그 전략적 중요성을 갖는다.

### 7.3.1 추진전략

연안역 통합관리연구의 핵심은 실행가능한 통합관리계획을 수립하는데에 있다. 이는 통합관리 방안이 보고서의 내용물로서 그치는 것이 아니라 정부의 연안역 정책으로 반영되고 지역별로 실행되어 기존의 연안역 개발사업을 조정, 감시, 수정하는 단계에 까지 이르게 하는 것을 의미한다. 실행가능한 연안역 통합관리계획을 수립하기 위해서는 계획의 초기 단계부터 연안역 관련 이해 당사자들을 계획 과정내에 참여시켜 다양한 이용자들의 요구를 수렴하는 과정을 거치는 것이 필수적이다. 이는 연안역

통합관리의 필요성에 대한 인식 및 다양한 이용자간의 상호이해를 고취시키는 교육적인 효과를 낳아 결과적으로 연안역 통합관리방안에 대한 사회 전반적인 지지도를 높여 그의 실행성을 향상시키는 결과를 낳을 수 있다.

이와 같은 목적을 위해 본 연구사업에서는 '경기만 통합관리를 위한 Forum'과 '황해 통합관리정책 수립을 위한 한 중 Forum'의 설립을 추진한다.

'경기만 통합관리를 위한 Forum'의 구성대상은 관련 공무원 (중앙정부 및 지방정부), 경기만 이용자 (해운, 항만, 수산업, 관광업 등), 과학기술자, 민간의 환경보호단체 등을 포함한다. '경기만 Forum'을 통해 '경기만 통합관리를 위한 Workshop' 개최, 교육프로그램 개발, 시민참여 프로그램 개발 등을 추진할 수 있으며, 아의 최종적인 목적은 분야별, 이해 당사자간 정보의 공유, 상호이해의 증진, 의견의 수렴을 통한 상충관계의 조정 및 경기만 통합관리계획의 실행성 향상에 있다.

황해통합관리를 위해서는 중국과의 유기적인 협력이 필수적으로 요청됨으로 '한 중 황해관리 Forum (Sino-Korean Forum for the Integrated Management of the Yellow Sea)'을 설치하여 양국의 해양개발에 대한 자료 및 전문가의 교환, 개발계획에 따른 정책협력, 자원 및 환경보존을 위한 공동연구 주제도출 및 연구결과 발표 등을 논의한다. 중국은 1978년부터 1988년까지 국가해양국 주관아래 35만 평방km에 이르는 거의 전 연안에 대한 환경, 천연자원, 사회 경제적 현황 등을 조사하였으며 이들 조사에 기초하여 용도를 지정하고 연안개발 및 이용을 위한 계획체계를 구축하였다. 중국은 또한 '92년 영해 및 접속수역법을 제정하였고 현재 배타적 경제수역 및 대륙붕 개발에 관한 법률 제정중이며 '86년 국가해양국은 연안역 통합관리 법안 (The Law of the People's Republic of China on the Integrated Management of the Coastal Zone)을 기안하여 현재 최고인민회의의 승인을 기다리는 중이다.

한편 금년도 10월 우리나라 과기처와 중국 국가해양국간의 양해각서 교환에 따라 해양정책, 법, 연안역관리 등에 있어서 양국이 긴밀히 협조하기로 합의한 바 있으며 10월 18일부터 21일까지 북경에서 개최된 한 중 해양 문제 2차 세미나에서 중국의 갈유신 해양국 부국장은 한 중 해양정책 및 연안역 관리 공동 Forum 설치를 강력히 요청하였으므로 본 프로젝트로 이를 수용함이 가장 타당한 것으로 여겨진다. 한 중 황해통합관리 Forum은 UNCED Agenda 21 의 Chapter 17이 주장하는 연안역 통합관리의 국가간 통합을 이행하는 가장 근본적인 조치로서 양국간 의견조정 및 정책토론을 위해 최소 연 1회의 개최가 바람직하며 참여대상은 해양정책관련 공무원, 황해통합관리 주관 연구기관, 연안역 이해 당사자외 연안역 통합관리 국제전문가 등을 참여시켜 구성되어야 한다.

이밖에, 미국을 비롯한 선진국과 동남아 국가들의 연안역 관리전문가들과 정보를 교환하고 관리기법을 공동개발하기 위한 공동연구도 적극 추진될 것이다. 미국과는 특히 University of Rhode Island 의 Coastal Resources Center와 University of Delaware의 Center for the Study of Marine Policy, 그리고 State University of New York의 Marine Sciences Research Center 등의 전문가들과의

공동연구가 필요하다. 한편, UNDP/IMO가 추진하고 있는 Regional Programme for the Prevention and Management of Marine Pollution in the East Asian Seas와 연계시킴으로써 ASEAN 국가의 연안역 전문가와의 공동연구도 추진되어야 할 것이다.

이러한 공동연구는 연안역 통합관리를 위한 전문기술을 획득하는데 도움이 될 뿐 아니라 향후 황해의 공동관리를 위한 동북아시아관리체계를 수립하는데도 기여할 것으로 기대된다.

### 7.3.2 타 연구사업과의 관계

연안역 통합관리연구는 그 성격상 자연과학 및 사회과학을 종합적으로 포괄한 다분야간 연구사업으로서 다양한 분야의 연구활동을 촉진시키는 역할을 할 것이다. 본 프로젝트의 수행을 위해 포함되어야 하는 연구분야들은 다음과 같다:

- 연안역관리 계획수립분야
- 자원경제학분야
- 사회학분야
- 생태학분야
- 환경공학분야
- 수산학분야

이상과 같이 다양한 분야의 공동연구가 필수불가결하며 특성상 학문분야간의 정보교환 및 분야별 연구결과의 통합노력이 본 연구의 성공에 핵심적 요소가 된다.

현재 한국해양연구소의 출연(연)연구개발사업으로 수행되고 있는 '연안역 이용 및 통합관리를 위한 연구'는 본 연구사업과 밀접히 연관되어 있어 연구경험의 이전 적용이 기대된다. 다만 '연안역 이용 및 통합관리를 위한 연구'는 진해만을 대상으로 환경관리에 초점을 맞추어 진행되는데 반해, 이 프로젝트는 경기만의 이용자간 상충문제 해결 및 다목적 이용계획의 수립에 더 무게를 둘 것이며 또한 향후 배타적 경제수역의 선포에 대비하여 황해 외해의 관리를 위한 정책방향을 수립하는데 주력하게 될 것이다. 이밖에 관련이 있는 프로젝트로는 황해 해양과학 프로그램의 일환으로 기획된 '환경보호시범사업'이 있는데, 이 프로젝트가 현장에서의 오염저감 및 방지기술개발에 주력하는 반면 '황해통합관리연구'는 그 결과를 활용하여 환경보전이라는 명제와 다양한 연안개발 요구들을 함께 수용할 수 있는 관리대안의 개발에 기여하게 될 것이다.

그리고 '황해 광역생태계연구'는 황해 배타적 경제수역 관리방안 연구와 밀접한 연관이 있어 향후 연구결과의 교환 및 자료의 공유를 기대할 수 있다.

## 7.4 세부연구내용, 추진일정 및 예산

황해통합관리방안 연구는 황해 연안역통합관리방안 연구와 배타적 경제수역 통합관리방안 연구 등의 연구주제로 구성되며, 이들 연구사업들은 황해의 자원가치 평가연구 및 GIS 구축연구 등과 유기적인 연관을 맺으며 진행될 것이다. 연구의 성격상 자원의 가치평가연구 및 GIS 연구의 결과는 통합관리방안 도출 연구의 일부 전제로서 반영되어 통합관리계획 수립에 기본자료로서 활용될 것이다. 각 연구의 추진전략은 '적용관리 (adaptive management)'의 원리를 바탕으로 되물림 (feedback) 기구를 통해 신정보를 능동적으로 수용하여 원래 연구목표 및 전략의 오류를 수정해 나가는 방식을 채택하게 될 것이다.

### 7.4.1 세부연구과제

황해통합관리 연구는 연안역과 배타적 경제수역의 통합관리방안, 자원의 경제성 평가와 GIS 구축 등 4개의 연구주제로 구성되어 있다 (표 7-4). 여기서 사용하는 연안역의 개념은 영해 (territorial sea)로서 이전에 사용하던 연안역 개념과 달리 매우 협의임에 유의할 필요가 있다. 연안역과 배타적 경제수역의 통합관리방안 연구의 특징은 이해 당사자로 구성된 Forum의 운영에 있으며 이는 타연구계획의 자연과학적 접근과 매우 상이한 방법이다. 황해에 대한 자원가치 평가는 국가적으로 매우 중요한 과업이며 동시에 여기서 자원의 가치는 시대적 요구에 따라 크게 변화되는 성질을 가지고 있음에 주의하여야 한다. 황해에 대한 GIS 구축은 수행의 필요성에 관한 논란의 여지가 없을 정도로 중요한 사업이나 국가의 국토 전체에 대한 GIS 구축과 연계되어야 할 소지가 크기 때문에 신중한 토의가 선행되어야 할 전망이다.

표 7-4. 황해통합관리연구의 세부과제 구성표

세부연구과제 및 연구 내용	기타사항
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 황해 연안역 통합관리방안                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 통합관리계획수립</li> <li>- 관리계획의 실행</li> <li>- 모니터링 및 평가</li> </ul> </li> </ul>	경기만 Forum 구성
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 황해 배타적 경제수역 통합관리방안                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 생물 및 광물자원의 목록화 및 관리방안 수립</li> <li>- 황해이용활동의 목록화 및 관리방안 수립</li> <li>- 황해지역관리제도 수립</li> </ul> </li> </ul>	한 중 Forum 구성, GIS를 이용한 정보관리
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 황해자원의 가치평가                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 황해 연안 및 해양의 경제적 가치 평가</li> <li>- 개발과 보존의 경제성 비교</li> <li>- 통합관리 대안별 경제적 가치 평가</li> </ul> </li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 황해통합관리 GIS 구축</li> </ul>	

### 7.4.2 추진일정

황해 통합관리방안 연구의 세부과제의 연구내용별 추진일정은 표 7-5에 나타난 바와 같다. 세부내용에 따라 추진일정상의 차이를 보이고 있지만 이 연구는 상호간 긴밀한 의견개진과 자료교환이 필요하기 때문에 타 프로젝트처럼 세부과제화하지 않고 연구주제를 세부과제로 묶어 취급하였다. 연안역 통합관리의 세부과제들은 반복적이고 되물림에 의한 역동적인 특징을 지니고 있다. 즉, 여러 세부내용들간의 상호작용이 활발하고, 새로운 문제와 정보에 신속히 반응하며 계획과정중에 발생한 오류를 파악하여 수정하는 과정을 수용하고 있다. 따라서 일차적인 계획 수립단계가 종료되고 계획의 실행, 모니터링 및 평가단계에 들어 가더라도 평가의 결과가 정기적으로 반영되어 원래 계획의 오류가 수정 가능하도록 되물림 과정이 고려되어 있다.

표 7-5. 황해 연안역통합관리 연구의 세부과제 및 연구내용별 추진일정

세부 과제	단계 연구 내용	1 단계			2 단계			3 단계			
		'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04
연안역 통합관리	통합관리계획수립										
	관리계획의 실행										
	모니터링 및 평가										
배타적 경제수역 통합관리	생물 및 광물자원의 목록화 및 관리방안 수립										
	이용활동의 목록화 및 관리방안 수립										
	지역관리제도수립										
자원 가치평가	연안 및 해양자원의 경제적 가치평가										
	개발과 보존의 경제성 비교										
	통합관리 대안별 경제적 가치평가										
통합관리 GIS 구축	모델의 개량 및 자료 합성										

### 7.4.3 예산

황해 통합관리연구의 연구과제별 예산은 표 7-6과 같다. 연구사업 추진의 핵심부분인 '경기만 Forum' 및 '한·중 Forum'은 예산을 별도로 분리하여 책정하였다. 연간 예산은 2억원 규모이고 총 예산은 20억원이다. 한편 통합관리방안 연구의 예산은 '제도적 접근법'에 근거한 것이며, '과학기술적 접근법'에 근거한 연구추진을 포함시키게 되면 연구 소요재원이 크게 증액된다. GIS 구축에 필요한 재원은 현단계에서는 GIS의 기본틀이 제시되고 있지 못한 연유로 해서 예산에 반영되어 있지 못하다. 다만 선진국의 예로보아 연간 10억원 규모의 매우 큰 예산이 투입되어야 가능할 것으로 예상된다.

표 7-6. 황해연안역통합관리연구의 연구과제별 예산 (단위: 백만원)

세부연구과제	연도	1 단계			2 단계	3 단계	계
		'95	'96	'97	'98-'00	'01-'04	
경기만 포럼		20	20	20	60	80	200
황해 포럼		30	30	30	90	120	300
황해 연안역 통합관리 방안		50	50	50	150	200	300
황해 배타적 경제수역 통합관리 방안		50	50	50	150	200	300
황해 자원 가치평가		50	50	50	150	200	300
계		200	200	200	600	800	2,000

## 해양생명공학연구

인류가 바다를 이용하게 된 가장 오래된 이유는 바다로부터 양식을 쉽게 구할 수 있었기 때문으로 과학기술이 발전된 지금도 인류는 식품의 많은 부분을 바다에 의존하고 있으며 미래에도 마찬가지일 것이다. 세계 각국은 현재 200해리 영해설정을 통해 자국의 생물자원에 대한 보호를 강화하려 하고 있으며 생물자원에 대해 각국이 침해한 대립을 보이고 있기 때문에 회유성 어종이나 국경을 왕래하는 어종에 대한 자원분쟁 문제가 쉽게 해결되지 못할 전망이다.

유엔환경개발회의(UNCED)의 결과로 제시된 '의제 21'의 제 17장은 각국에 대해 주권관할해역 및 공해에서의 생물자원의 보호와 지속적 이용을 위한 정책도구와 이행계획의 수립을 요청하고 있다. 이와 같은 권고의 배경은 전세계의 해양, 특히 연안역에서 주권국의 높은 어획강도에 의한 어족자원의 감소가 전세계적으로 확산됨에 있다. 식량자원으로서 중요한 해양생물의 보전을 위해서는 크게 두가지 노력이 필요하다. 하나는 수산자원의 지속적 이용을 위한 생태계의 파악이고 다른 하나는 포획이 아닌 양식을 통한 식량의 확보이다. 전자는 뒤에서(제10장) 다루어질 황해생태계연구의 주제이며 후자는 해양생명공학연구의 주제중의 일부에 해당한다.

우리나라와 중국의 인구는 황해연안에 집중되어 있어 전통적으로 황해의 수산자원은 식량원으로서 매우 적극적으로 이용되어 왔으며, 그 결과 황해의 수산자원은 크게 줄어들어 주요 수산자원이 고갈의 위기에 처하게 되었다. 따라서 양국은 주요 수산자원에 대한 증양식에 일찌기 투자하여 각기 기술경쟁력을 보유하게 되었다. 이러한 배경에서 양국에게 모두 중요한 수산자원의 증양식에 대한 공동연구를 수행하는 것은 상호간에 모두 바람직하다.

한편 해양생물은 식품으로서 외에도 의약품, 새로운 기능성 화학물질, 그리고 무공해 에너지 자원으로 무한한 잠재력을 가지고 있으며 점차 이러한 가치가 부각되고 있다. 세계의 경제성장이 지속되는 한 해양생물자원에 대한 이용요구는 계속 증대될 전망이다. 이러한 새로운 이용에의 추구는 해양생물이 가지고 있는 화학물질이나 대사경로의 연구를 활성화시키고 있다. 산업화 성공시 이들 연구결과의 특징은 고부가가치의 창출에 있다. 과거 거대한 시설 투자가 필요하였던 중공업 플랜트와 달리 이들은 소규모 소자본으로서 더욱 막대한 이윤을 창출할 수 있는 미래형 산업으로 각광받고 있다. 또 다른 특징은 연구부분(upstream)에 대한 투자가 응용/활용 분야(downstream)로 빠르게 전파된다는 점이다. 이는 고부가가치에 의해 유발되는 산업체의 자발적 참여가 촉매역할을 담당하기

때문으로 정부에 의한 공공(기초) 부문투자가 빠르게 회수되는 매우 이상적인 투자여건을 형성하고 있다. 즉 정부의 초기투자는 기술완성 및 인력양성에 기폭제 구실을 하게 된다.

미국의 경우 백악관주관사업의 하나로 추진된 "21세기를 향한 생명공학 (Biotechnology for the 21st Century)" 의 예산제안보고서는 특별히 주목할 만한 3가지 연구분야를 제시하고 있는데 해양생명공학을 구조생명공학, 인간유전자 연구와 함께 중요한 연구대상으로 부각시키고 있다.

우리나라의 경우는 불행히도 해양생명공학에 대해 뒤늦게 눈을 떠 아직 선도기술개발사업의 종과제 규모로 조차 수행되고 있지 못한 형편이다. 따라서 다소 늦은감은 있으나 지금이라도 제대로 체계를 갖추어 전면적인 투자를 시행하는 것이 바람직하며 우리나라 보다는 더욱 다양한 생물을 보유하고 있는 중국과의 전략적인 제휴가 도움이 될 것이다.

### 8.1 과학적 배경

해양생명공학은 해양생물을 대상으로 한 생명공학적 응용을 연구내용으로 하지만 통상 사용되는 신생명공학기술 (유전자 재조합, 생물공정, 세포융합 등) 보다는 협소한 주제로 구성되어 있다. 이것은 아직까지는 식량과 의약품에 국한되어 연구가 진행되어 왔기 때문에 점차 적용기술이 확대될 전망이다. 해양생명공학의 잠재력의 근원은 일차적으로는 해양생물의 다양성에 있다. 아직은 생물다양성의 보호가 육상 생물, 특히 열대우림에 대하여 논의되고 있지만 다양성면에서 육상 생물을 훨씬 능가하는 해양생물의 자원화 연구는 UN 해양법 발효를 기점으로 확산될 전망이다.

UR 이후 가속화되고 있는 신경제질서는 물질특허와 지적소유권에 대해 강력한 기술보호주의를 내걸고 있어서 해양생명공학 분야에 대해서도 국가의 전략적인 육성이 시급하다. 이 분야는 선진국도 그리 오랜동안 투자해 오지 않았기 때문에 기술수준의 차이가 크지 않다는 유리한 점이 있으며 반면 대부분의 생명공학연구의 장점으로 부각되는 고부가가치의 장점을 지니고 있다.

해양생명공학에 대한 연구개발투자에 가장 앞선 국가의 하나인 미국의 예를 보면 7개 분야를 대상으로 하고 있다 (표 8-1). 정부기관별 투자는 국립보건원 (NIH)이 가장 규모가 크고 미국과학재단 (NSF)과 해군연구소 (ONR)의 순이다. NIH는 항암제 등 해양생물로부터 의약품개발에 주력하여 투자하고 있고 NSF나 ONR은 기초연구의 지원을 담당하고 있다. 총투자 규모는 '92회계년도 현재 약 44 백만달러였으며 '21세기를 향한 생명공학'이 백악관 주도 5대 사업의 하나로 '93회계년도부터 대폭적인 연구비 증액이 있었으므로 향후 훨씬 확대될 전망이다.

분야별 투자는 대사 (metabolism)에 대한 것이 가장 크고 그 다음 순서대로 분자유전학 그리고 수산양식으로 나타났다. 대사에 대한 연구는 신의약품을 개발하기 위한 투자이며 분자유전학은 유전자 조작등에 대한 생명공학의 원천 기반 기술로서 가장 많은 정부기관이 투자하고 있다. 수산양식은 농무성 (USDA)과 해양대기국 (NOAA)이 집중지원하고 있다. 이 세분야는 '92 현재 각각 약 천만달러 이상의 연구비가 지원되고 있다.



표 8-1. 미국의 1992년도 해양생명공학에 대한 연방정부의 연구개발투자 (단위:백만달러)

분야	정부기관	NIH	NSF	ONR	USDA	NOAA	기타	계
분자유전학적 연구		1.8	0.7	2.0	2.0	1.2	3.6	11.3
생물소재		-	-	-	-	0.2	-	0.2
대사(metabolism)		8.0	2.5	2.0	-	1.0	0.3	13.8
생물막 (biofilm)		-	-	1.0	-	0.2	0.1	1.3
생물공정		-	1.2	2.0	-	0.4	0.4	4.0
환경		-	3.5	-	-	-	-	3.5
수산양식		2.1	0.1	-	4.1	2.9	0.2	9.8
계		11.9	8.0	7.0	6.1	5.9	4.6	43.9

우리나라의 경우는 수산양식에 가장 큰 투자를 하고 있으며 최근에 신의약품과 환경분야에 대한 투자가 증가되고 있다 (8.1.1 참조). 우리나라의 수산양식은 국립수산진흥원의 주도로 한국해양연구소와 부산수산대학이 많은 연구성과를 올리고 있다.

우리나라와 중국은 양식, 중요생산, 인공어초 조성등에 대해 모두 투자하고 있는 것으로 나타났으며 우리나라는 고급어종의 양식에, 그리고 중국은 대하로 대표되는 갑각류의 양식에 경쟁력을 보유하고 있는 것으로 드러났다. 양국은 모두 수익성 사업인 양식 및 중요 생산에 정부차원의 지원을 해온 결과 황해에는 많은 양식장이 개발되었고, 그 결과 밀식에 의한 질병발생 및 수질오염문제가 부각되고 있다. 이러한 것은 그간 연관 기초과학분야에 대한 투자가 미흡하였던 점을 반영하고 있으며 앞으로 양식장에서의 질병 대책연구나 환경오염방지에 관한 분야에 투자의 필요성을 제기하고 있다.

해양생물자원의 다른 이용분야, 그중에서도 해양생물이 체내에 가지고 있는 천연물을 이용한 약품개발이라던가 새로운 기능성 소재의 탐색은 선진국은 물론 후진국도 투자를 주저하지 않는 새로운 미래산업 창출 연구분야로 최근 각광받고 있다.

해양천연물 즉 해양생물이 생산하는 2차 대사물질에 관한 연구는 다른 분야에 비하여 비교적 늦은 60년대말에 시작되었다. 그러나 짧은 역사에도 불구하고 해양생물로부터 이미 5,500 가지를 상회하는 신물질이 발견되었으며, 50여 가지는 이미 물질특허가 출원되었다. 이들중 수 종의 항암, 항바이러스, 소염제는 현재 임상실험이 진행되고 있으며 수년내에 시판될 것으로 전망된다. 이 분야는 미래에도 활발히 진행되리라는 것이 학계의 공통적인 견해이다.

해양천연물에 관한 연구는 오랜기간 미국, 일본, 호주, 이태리의 4개국에 주도하였고 연구결과의 대부분도 이들 4개국에 의하여 얻어졌으나 최근 소련, 중국, 프랑스, 스페인에서도 연구가 매우 활발하며 심지어는 칠레, 터키, 세네갈, 인도, 파키스탄 등 후진 개발도상국에서조차 신물질이 발표된 예가 드물지 않다. 또한 대만, 멕시코, 아세안 국가들에서도 이 분야에 대한 관심이 고조되고 있어서 가까운 시일 내에 전세계 대부분의 임해국가들이 해양천연물을 연구할 것으로 판단된다.

해양천연물의 학문적, 산업적 중요성은 이들의 유기화학적 구조가 육상 천연물과 크게 다르다는데 있다. 즉 생물은 그 서식환경에 따른 생화학적 적응(biochemical adaptation)을 하여야 하고 이에 따른 유전자와 효소의 체계변화는 결과적으로 효소반응에 의하여 생산되는 천연물의 구조를 달리하게 되며 부차적으로 천연물의 생리활동도 또한 다르게 된다. 그러므로 육상천연물과 해양천연물은 구조, 분포 및 생리활성도에 있어 많은 차이가 난다. 해양천연물은 육상천연물에서 매우 희귀하게 발견되는 halogen화 물질을 상당수 포함하며, 육상동물이 천연물화학에서 미미한 위치를 차지하는데 비하여 해양동물은 전체 천연물의 70% 이상이 추출되는 주 연구대상이다. 그러므로 다년간의 연구개발로 인하여 새로운 육상천연물의 출현빈도가 낮아지게 된 70년대부터 선진국의 천연물 연구진이 새로운 구조의 생리활성물질의 원천으로서 해양생물을 지목하게 된 것은 필연적이다.

주요 선진국에서의 해양천연물 연구는 전통적으로 대학이나 대학 부설연구소의 화학, 해양학, 약학 연구진에 의하여 학문적인 방향에서만 주로 수행되어 왔으나, 최근에는 국가 연구기관의 주도로 특정 용도의 신의약품의 개발을 목표로 하여 집중적인 연구를 하는 경우가 많다. 미국의 NIH (National Institute of Health) 산하의 국립암연구소 (NCI: National Cancer Institute)나 호주의 AIMS (Australian Institute of Marine Science), 소련의 과학아카데미 극동지역 산하의 Pacific Institute for Bioorganic Chemistry 등은 해당 국가의 해양천연물 연구의 중추적 위치를 차지하고 있다.

해양천연물 연구는 짧은 역사에도 불구하고 연구의 방향, 추진전략, 연구대상 생물 및 생물 채집지역 등에서 상당한 변화를 겪어 왔다. 먼저 연구의 방향에서는 초기에는 천연물의 특이구조 결정에만 관심이 집중되었으나 점차로 천연물의 이용가능성 즉 의약학적인 생리활성도와 해양환경학적 중요성이 부각되었다. 이에 따라 초기에 널리 쓰여지던 방법, 즉 해양생물을 무작위적으로 채집하여 2차 대사물질을 분리, 규명하던 방식에서 벗어나 근래에는 특정 생리활성도를 가진 생물만 선별하여 해당 생리활성효과의 원인물질을 규명하는 등 대단히 체계적이고 목적지향적인 연구를 하고 있다.

선진국의 이러한 연구동향을 고찰해 볼 때 미래의 해양천연물 연구는 천연물의 구조결정 및 생체내의 역할을 연구하는 학문적인 목적 이외에 천연물의 산업적인 응용의 측면이 더욱 강조될 것으로 예견된다. 신의약품이나 신기능물질의 개발은 그 자체로서 대단히 고부가가치 산업일뿐 아니라 여러 관련분야에 미치는 영향이 막대하므로 선진국에서 중점적으로 개발하려는 분야의 하나이다. 따라서 신의약품 개발의 핵심분야인 해양천연물에 대한 연구, 특히 산업적 응용방안의 개발에 관심이 집중될 것이 분명하다. 산업적 응용측면에서는 크게 물질특허의 출원과 신물질의

대량생산 방안의 개발에 노력이 모아질 것으로 전망된다. 물질특허는 해당 신물질에 대한 모든 권리를 망라하는 것이므로 지적재산권의 보호측면에서 그 중요성이 계속 증가할 것이다. 신물질을 대량생산하는데 따르는 어려움은 현재까지 해양신물질의 산업화에 있어서 가장 큰 장애요소로서 이의 해결을 위하여 노력이 경주될 것이며 그 구체적 접근방법으로는 해양생물의 양식, 해양미생물의 대량배양 및 유전공학적인 기법의 응용 등이 유력하다. 이러한 신물질의 대량생산법이 개발될 경우 해양천연물에 대한 연구는 비약적으로 발전할 것이다.

해양천연물 연구는 해양환경의 여러 문제의 해결에 직·간접적으로 기여하고 있다. 이미 수십종의 적조독의 정체를 규명하였으며 해산식품에 의하여 발생하는 여러가지 중독의 원인물질이 계속적으로 밝혀지고 있다. 또한 유기물질의 분리, 정제 및 구조결정 등 천연물화학의 핵심기술은 유기분석의 최첨단기술이므로 이러한 천연물화학적 기술의 응용은 환경학이나 유기화학적 문제의 해결에 크게 기여하고 있다.

해양생물이 천연물을 생산하는 이유는 그 물질이 해당 생물의 생존에 필수적이기 때문이다. 그러므로 해양천연물에 관한 연구는 생물의 생태학적 문제의 해결에 크게 기여하며 이 분야의 산업적인 응용가치 또한 매우 높다. 이미 해양천연물을 이용하여 적조나 부착생물 등 산업적 피해가 큰 생물의 발생을 억제하려는 연구가 시도되고 있으며 수산양식에 큰 피해를 일으키는 해양미생물의 방제에도 상당한 성과를 낳았다.

해양생물의 새로운 자원으로서의 잠재력에 대한 탐색은 초기에는 다루기 용이한 대형고착생물에서 시작되어 점차 크기가 작은 미생물과 채집이 쉽지 않은 심해생물로 영역이 확대되고 있다. 미생물(박테리아나 해양 곰팡이)에 대한 연구는 선진국에서도 초기 단계에 있으며 이러한 연구가 늦어 지게 한 원인은 해양미생물의 종을 식별하고 배양하는 기법의 미비로, 어떤 종이 얼마나 존재하고 시공간적 규모별 환경변화에 따라 미생물 군집의 종조성이 어떻게 변화하는지에 대해 아직까지 충분한 지식이 확보되어 있지 못하다. 이를 위해서는 생명공학의 기초분야에 대한 투자가 필요하다.

해양미생물과 관련하여 전세계적으로 오랫동안 투자가 이루어졌으나 아직 실용적인 연구결과가 나오지 못한 연구로 생물막(biofilm)에 대한 것이 있다. 선박, 취수구, 각종 수중 시설물에 생물이 부착하여 구조물의 기능을 저하시켜 것은 막대한 경제적 손실을 입히기 때문에 부착생물의 정착을 유도하는 박테리아에 의한 생물막 형성과정을 밝히게 되면 획기적인 과학적/산업적 결과가 기대된다. 이러한 연유로 해서 해양미생물에 대한 기반연구투자는 매우 타당성이 높은 분야로 판단된다.

### 8.1.1 과거 및 현재의 연구투자

수산양식분야는 가장 일찍부터 연구개발 투자가 시작되었으며 농수산부는 국립수산진흥원에 과학기술처는 한국해양연구소에 각기 투자하여 왔다. 이들 기관은 양식기법의 개발, 중요생산, 인공어초의 투여 등을 주도하여 왔다. 우리나라의 어류양식은 1976년 방어 양식을 처음으로 80년대

중반 낚치의 양식이 시작되었고 현재 조피볼락, 농어 등으로 확산되어 양식종의 다양화가 진행중이다. 패류의 양식은 참굴, 피조개가 주도 하였으나 최근 감소 추세에 있고 전복의 양식이 점차 증가되고 있다. 김과 미역의 양식은 시장변동에 따라 부침이 심했으며 최근 감소세에 있다. 한편 종묘의 생산은 '76년 이후 시작되어 어류, 패류, 갑각류 모두 양에서나 종류에서 모두 증가 추세에 있다. 현재 종묘배양은 수익이 매우 높아 민간 참여가 활발한 사업이다. 한편 중국의 중요생산은 대하가 단일 종으로 단연 선두로서 양식 대상생물인 20여 종 중 나머지 19종을 합친 것보다도 많다. 우리나라가 '71년도 이후 지금까지 황해에 투입한 인공어초의 면적은 25,709 ha에 156,399개를 투입하였으며 중국은 '84-'91 기간동안 28,000개를 투입하였다. 한편 중국은 인공어초 조성 외에 투석도 행하고 있다.

과학기술처의 연구개발 투자의 결과로 낚치, 연어과 어종 등 고부가가치 어종의 사육법이 개발되었으며 최근 조기의 양식에 성공하였고 멸종 위기에 처한 황복의 사육에도 성공하였다. 과학기술처가 지원한 관련 연구개발사업 현황은 표 8-2에 정리한 바와 같다.

과학기술처의 연구개발투자로 분석해 본 우리나라의 해양생명공학 연구는 그동안 수산양식 분야에 집중투자해 왔으며 그 결과 수산양식 분야는 전문인력과 장비가 확보되어 있고 연구결과도 산업체를 직접 지원할 수 있는 기술성숙단계에 도달했다고 판단된다. 따라서 과거에 수행되었던 어류의 중요생산이나 양식기법개발에 전면적인 신규투자의 필요성은 크지 않다고 본다. 다만 유전육종기법에 의한 신품종 개발이나, 중국이 강세를 보이고 있는 새우 등 비어류 양식종에 대한 공동연구는 여전히 투자가 필요한 분야로 남아있다. 한편 양식의 생산성을 높이기 위한 질병방지와 환경오염을 저감시키는 분야에 대한 투자는 시급히 필요한 것으로 판단된다. 이러한 연구는 미래형 수산업으로 지목되고 있는 해양목장의 기반기술에 해당하며 학제적 노력이 투입되어야 할 분야로서 투자가치가 충분하다.

해양생물의 천연물 탐색연구는 최근에 투자가 시작된 분야로 과거의 연구투자가 소액이나 꾸준히 늘어나고 있다. 이 연구는 미생물분야에 국한하여서는 현재 선도기술개발사업으로도 수행되고 있다 (표 8-2). 우리나라의 천연물화학연구는 지금까지 육상 생물로부터의 천연물 탐색 위주로 수행되어 왔던 바 아직 학계에서 해양천연물 연구에 대한 인식이 선진국의 경우와 많은 차이를 보이고 있다는 것이 전문가들의 지적이다. 따라서 이 분야 연구는 해양천연물 전문인력으로 하여금 이러한 연구의 잠재력을 충분히 살피볼 기회를 부여하는 것이 좋다고 판단된다. 한편 천연물 연구의 대상이 되는 생물은 지금까지 이용이 되지 않았던 종들이 대부분으로 생물다양성 보전에도 크게 기여할 것으로 기대된다.

환경분야의 생명공학적인 투자는 현재 선도기술개발사업의 환경공학과제로 추진되고 있어서 황해연구에서 별도로 추진되어야 할 필요는 없으나 미생물연구분야 연구진과 환경공학과제 연구진과의 협력이 강조되어야 한다.

표 8-2. 과학기술처의 해양생명공학분야 투자현황 및 지원과제 목록 (단위:억원)

분야	과제명	위탁처	기간	연구비
수산양식	● 인공진주양식기술 개발	해양(연)	'84.4-'85	4.24
	● 고급어종 증양식 기술개발	▪	'84.6-'87.5	8.04
	● 고급어종의 대량 중요생산 기업화 연구	▪	'87.3-'90.7	4.84
	● 해산 갯지렁이 자원조사 및 사육기법 개발	▪	'88.5-'91.7	0.93
	● 신제품 어류개발 연구	▪	'87.4-'93.8	3.21
	● 연어, 송어류 양식기술 개발 연구	▪	'88.11-'91.11	3.80
	● 조기류의 생산기술 연구	▪	'90.7-'93.8	1.15
	● 유전자 조작을 통한 내한성 신제품 개발	▪	'90.11-'92.7	0.73
	● 참게 종묘 대량생산기술 개발	▪	'91.12-'92.12	0.70
	● 해상사육용 신제품 송어의 개발	▪	'91.12-'92.12	1.00
	● 유전 육종에 의한 넙치의 품종개량	▪	'91.12-'92.12	1.40
	● 넙치 대량종묘 생산기술 개발	▪	'92.8-'93.8	1.00
	● 연어과 어류의 생산기술 연구	▪	'93.9-'94.4	1.02
	● 참게 중간육성 및 상품생산기술 개발	▪	'93.9-'94.4	0.7
	● 해양 목장화를 위한 기반 연구	▪	'94.5-	4.4
소계: 15과제				37.16
천연물	● 생리활성물질 개발 응용연구	해양(연)	'87.4-'90.7	1.70
	● 한국 근해 저서군체 생물로 부터 신물질 추출연구	▪	'9.1-'94.9	1.19
	● 해양미생물을 이용한 EPA 화합물 개발에 관한 연구	▪	'91.10-'94.9	1.16
	● 해양미생물에 의한 생리활성 선도물질 탐색기술 개발	유전(연)	'92.11-	1.55
	● 해양생물로부터 신물질 추출 및 유용물질 개발 연구	해양(연)	'94.5-	2.14
소계 : 5과제				7.74
환경, 기타	● 해양식량자원개발	해양(연)	'85.9-'86.9	1.50
	● 해양유류 오염 방제를 위한 화학적, 미생물학적 처리기술에 관한 연구	▪	'87.-'90.10	2.00
소계: 2과제				3.50
총계: 22과제				48.40

## 8.2 연구사업의 목표 및 내용

해양생명공학연구사업은 한중 공동으로 각종 해양생물에 대한 적절한 생명공학기술을 개발하여

- 생물 수산자원의 안정적 이용
- 미이용 생물자원의 개발
- 생물다양성의 보존

을 도모하며 양국의 관련 산업체를 지원하는 것을 목표로 한다.

해양생명공학 연구사업의 내용 크게 3 가지로 나누어 추진함이 바람직하다:

- 수산양식
- 천연물 탐색
- 기반연구

수산양식 - 식품으로 이용되는 해양생물의 채묘, 중요양식, 증식과 질병퇴치에 이르는 전단계에 대한 생명공학기술을 대상으로 한 접근이 필요하다. 양식장에서의 생산성 제고에 직접 필요한 기술, 예를 들면 질병방지, 어장환경의 오염저감도 이 분야의 주요 연구주제이다. 한편 이 분야는 산업체에서도 기술개발투자를 하고 있기 때문에 정부가 지원하는 연구는 산업체가 담당할 수 없는 기반기술내지는 요소기술에 집중시키는 것이 바람직하다. 이러한 관점에서 환경인자와 어병과의 원인 규명, 각종 질병의 감염경로라던가 예방책, 치유방법에 대한 내용이 필요하며, 해양오염을 줄일 수 있는 새로운 형태의 사료개발 및 유전공학적 기법을 이용한 우량종, 신품종의 개발 등에 집중되어야 할 것이다. 그리고 중국과의 협동연구는 상호보완적 관계이 있는 양식종 사육법의 교환이라던가, 공통적인 애로기술의 협력연구, 그리고 어병방제에 대한 상호협력체제의 구축 등이 유망한 분야로 판단된다.

천연물 탐색 - 이 분야는 미생물에서부터 대형고착동물 (macrozoobenthos)에 이르는 해양생물을 대상으로 생리활성물질의 탐색 또는 이러한 물질의 선도물질을 탐색하는 기술을 대상으로 한다. 탐색하고자 하는 물질은 항암제, 항 후천성 면역결핍증제, 항균제와 같은 특수 의약품과 소염제를 위시한 일반 의약품으로 고부가가치 창출의 잠재력이 매우 높은 국제 경쟁분야이다. 이 연구는 대상 생물의 발굴이 매우 중요하므로 다양한 시료의 확보가 무엇보다도 중요하다. 특히 미생물의 경우 배양기법의 확보는 핵심기술에 속하며 screening 결과의 공동활용 등은 참여 연구자에게 시간과 노력을 크게 줄이도록 할 수 있다. 공동연구는 단일 연구진으로서의 평상시에 접근이 어려운 공해나 심해에 대한 조사를 가능케 하므로 양국에 모두 이득이 된다. 이 분야에서 중국과의 협력은 정보의 교환, 시료의 확보, 배양기술개발 등이 바람직하다.

기반연구 - 생체내에서 일어나는 화학물질 합성공정은 향후 산업에 응용될 소지가 많다. 생물공정은 기존 산업에 비해 소규모이고 환경에 주는 부담이 적기 때문에 향후 GA 에 대비한 생물공정에 대한 연구가 중요하다. 그리고 미생물에 의한 초기 생물막형성에 대한 연구는 그 적용범위가 매우 넓고 시장규모가 매우 크다고 여겨진다. 새로운 분자 생물학적/유전공학적 기법을 개발하여 해양에 서식하는 미생물의 종을 식별하고 환경의 변화, 특히 오염으로 인하여 나타나는 미생물군집이 종 조성 변화를 연구하는 등 기반 연구에의 투자는 생물종 다양성 보전에 대해 크게 기여할 뿐 아니라 자원의 관리에도 매우 중요하다. 이 연구는 앞의 두 분야처럼 특정목표를 가진 연구는 달리 타 분야에 범용으로 활용가능한 생명공학기술을 내용으로 하는 것이 추가되며 여기에 포함시킬 수 있는 연구의 내용은 다양하다:

- 해양생물에 대한 분자생물학적 연구
- 생체내의 생물공정에 대한 연구
- 의약품 이외의 생물신소재탐색 연구
- 생물막 (biofilm)

이밖에 해양은 각종 오염물질의 최종 도착지이기 때문에 이곳에서 대부분의 오염물질, 특히 유류를 포함한 유기오염물질이 미생물에 의해 분해되므로 환경 정화능력이 우수한 형태의 해양 미생물의 탐색도 매우 중요하다.

### 8.3 추진전략

해양생명공학연구는 산업적 응용 목적외에도 생물다양성 보존, 관할해역 생물자원의 지속적 이용, 그리고 UR의 농수산물 수입 개방과 같은 국가적 당면과제에 대응하기 위하여 기획되었다. 수산물 수입 개방과 생물다양성 보존은 농수산부가 주무부처이므로 향후 과학기술처의 기반 기술 (upstream)에 대한 투자 이상의 투자가 기대된다. 두 부처 산하의 연구기관인 국립수산물진흥원과 한국해양연구소의 역할 분담 및 협동연구는 이 연구 프로젝트의 성과를 좌우하게 될 것이다.

황해 생물자원의 지속적 이용은 우리나라만의 노력으로 달성되기 어려우며 이것이 중국과의 공동연구로서 제안된 이유의 하나이다. 다른 이유는 해양생명공학의 기반기술에 대한 선진국의 기술보호주의의 대두로서 한국과 중국이 지역 컨소시엄을 형성하여 이에 대응하자는데 있다.

#### 8.3.1 추진전략

해양생명공학 연구는 한 중해양과학기술협력센터가 주관하며 협력연구의 재원은 양국이 공동 부담하는 것이 바람직하다. 이 분야의 연구 결과는 산업화 등 경제적 수익을 올릴 가능성이 매우 크므로 지적재산소유에 대한 한-중간의 사전협정이 필요하다. 연구의 내용은 초기에는 수산양식,

천연물 탐색, 기반연구의 세가지로 분류하여 추진하도록 하며 양국의 협력연구체계가 확립된 이후 발생하는 수요에 대하여 새로이 추가하는 탄력적 운용이 바람직하다.

생명공학연구는 전 연구단계를 협력하는 과제외에도 현재 수행중인 과제의 추진체계를 일부 수정하여 연구 내용의 일부를 공동으로 수행하는 것도 매우 바람직하다. 이와 같은 방법으로 공동연구를 추진하면 연구의 성과를 제고시킬 수 있으며 우리측의 연구 결과에 대한 재산권 분쟁을 피할 수 있다고 판단된다.

연구과제의 선정은 초기에는 연구기간이 짧고, 즉시 산업현장에 활용가능한 과제부터 수행하는 것이 좋으며 천연물 탐색, 기반연구 등은 선진 연구인력과 고가의 최신장비 등을 필요로 하므로 연구능력의 확보 상황에 따라 추진하는 것이 좋을 듯하다. 따라서 초기 성숙단계에 있는 수산양식기술의 교류 및 공동과제 추진, 천연물 탐색용 해양생물시료의 공동채집 또는 양식기술에 대한 투자, 미이용 미생물 자원의 확보 등의 추진이 권장된다.

양국에서 공히 수행을 희망하는 연구과제를 우선적으로 선정하여 수행하는 것이 원칙이 될 것이다. 그러나 우리나라의 입장에서 단독이라도 수행이 필요한 과제는 단독으로 지원하는 방안도 신중히 고려되어야 할 것이다.

### 8.3.2 타연구사업과의 연계

이 연구의 내용에는 생물다양성 보전에 필요한 능동적인 기술개발이 다수 포함되어 있다. 예를들어 경제성 어종양식 또는 미활용 생물자원의 분류학적 연구 및 미생물자원의 분류 및 양식인 생물다양성 보전에 필요한 여러가지 노력의 일부로서 조건을 만족시킬수 있다. 따라서 이 연구계획은 우리나라와 중국 정부로 하여금 생물다양성 보전 조약의 이행에 필요한 조치로서의 역할을 충족시킬 수 있다.

한편 이 연구는 황해광역생태계 연구와 상호보완적 관계에 있다. 광역생태계 연구가 왜 경제성이 밝혀지지 않은 생물을 포함한 생태환경에 대해 막대한 장비와 인력을 투입하여 감시하려는지 그 이유를 설명할 수 있다. 즉 생태계를 가능한 훼손시키지 않으며 이용하려는 근본취지의 하나는 지금의 과학기술로서는 아직 적절한 이용방법이 알려져 있지 않지만 해양생물의 자원으로서의 가치는 이미 충분히 인식하고 있기 때문이다.

황해광역생태계 연구는 3년으로 예정되어 있으며 그 기간동안 생태계의 여러가지 구성생물과 환경인자에 대하여 집중적이고 포괄적인 자료를 정기적으로 생산하여 공급할 예정이다. 따라서 이러한 생태계의 감시체제가 구축되면 그 후속으로 생태계 동역학 규명 및 모델화 연구가 시작될 것이다. 해양생명공학 연구는 황해광역생태계 연구나 그 후속으로 예정된 생태계 동역학 연구의 필요성과 중요성에 대한 근거를 제시하는 관계에 있다. 왜냐하면 이러한 연구를 통하여 우리가 추구하는 궁극적인 목표는 생물자원의 활용도를 탐구하는 것이기 때문이다.



## 8.4 세부연구과제, 추진일정 및 예산

해양생명공학연구는 두개의 뚜렷한 주제- 수산양식과 천연물 탐색과 하나의 포괄적 주제 - 기반연구로서 구성하였다. 앞의 두 연구주제는 국내 전문가에 의해 일차적으로 파악된 것으로서 앞에서 언급한 바와 같이 생명공학의 다양한 연구방법이 계속 도입될 전망이므로 점차 해양생명공학의 전반적인 분야로 확대되어야 할 것이다. 이러한 연구수요의 확대를 수용하기 위하여 기반연구가 포함되었으며 여기에는 기반기술 성격을 지닌 선진국의 전략 연구과제 내용도 포함시켰다.

### 8.4.1 세부연구과제

해양생명공학 연구계획은 3개의 주제로 구성되어 있으며 각 주제의 세부연구과제, 관련 정부부처, 연구추진주체 등에 대한 사항은 표 8-3에 정리한 바와 같다.

표 8-3. 해양생명공학연구 프로젝트의 세부연구과제 구성표

연구주제 및 세부과제	주관부처* (유관부처)	기타 사항
● 수산양식		
- 고급어종 양식기법 개발	4 (1)	산학연 컨소시엄
- 유전공학에 의한 신품종개발 또는 우량종 개발	1 (4)	
- 양식장 어패류 질병 연구	4 (1)	수산진흥원 주도
- 멸종 위기에 처한 어패류 양식	1 (4)	산학연 컨소시엄
- 차자어, 유생의 생리기전	1 (4)	학연
- 저오염 이·사료개발	1 (2)	산학연 컨소시엄
● 천연물탐색		
- 대형고척동물 탐색	1	연연 컨소시엄
- 적조독 구명	1 (3,4)	
- 쌍편모조류 양식 및 탐색	1 (4)	학연 컨소시엄
- 미생물 탐색	1	연연 컨소시엄
- 심해동물 탐색	1	
● 기반연구		
- 미생물 분류기법	1	학연 컨소시엄
- 환경정화용 미생물탐색	1 (3)	핵산응용기법
- 생물막 초기 형성과정	1 (5)	
- 생물막 제거기술	1 (5)	
- 미생물 군집 변화 probe개발	1 (3)	

유관부처: 1-과학기술처, 2-기상청 (기상연), 3-환경부 (국립환경연구원), 4-수산청 (수산진흥원), 5-항만청,

#### 8.4.2 추진일정

이 연구를 구성하는 연구는 대부분 소규모의 다양한 과제로 구성되므로 한 중공동연구는 양국의 연구자간의 교류를 우선 활성화하기 위해 시간적 여유를 갖고 한·중해양과학기술협력센터에서 협의를 거쳐 1년 뒤인 '96년에 본사업을 추진하도록 권유한다. 한편 세부연구과제는 대부분 단기과제로 구성될 예정이므로 향후 10년간 새로운 과제를 발굴하여 계속 수행하는 것이 바람직하다.

#### 8.4.3 예산

해양생명공학 연구계획의 사업내용별 연구소요예산은 1단계에서의 시범연구를 제외하고는 일률적으로 연간 3억원으로 배정하였다(표 8-4). 이는 연구주제별로 1억원씩을 배정한 것으로 중국이 같은 규모의 투자를 해줄 경우는 모두 한·중 공동연구를 추진하고 그렇지 못할 경우는 나머지 액수는 국내 연구진이 주도하는 사업을 지원하는 방안을 제시한다. 여기에 산정된 연구비는 과학기술처의 지원분으로 표 8-3의 세부연구과제를 모두 지원하기에는 매우 부족한 액수이다. 수산양식의 경우 농수산부의 지원을 받는 수산진흥원의 투자가 기대되며 공동 연구비가 추가될 경우 중국측의 부담도 증액되어야 할 것이다.

표 8-4. 해양생명공학연구 프로젝트의 연구소요재원 (단위:백만원)

사업내용	단계	1단계 ('95-'97)	2단계 ('98-'00)	3단계 ('01-'04)	계
수산양식		100	300	400	800
천연물탐색		-	300	400	700
기반연구		100	300	400	800
계		200	900	1,200	2,300

## 환경보호 시범사업

지난 30여년간 우리나라는 공업화를 지향한 성장경제 정책을 펴온 결과 황해 연안 곳곳에는 수많은 공업단지가 건설되었다. 이에 따라 공단 주변에는 새로운 도시가 형성되었으며 인구의 도시집중화 현상도 가져 왔다. 급증하는 산업폐수와 도시하수가 미처 처리되지 않은채 바다로 대량 유입되면서 연안해역은 오염문제로 몸살을 앓기 시작하였다. 오염물질의 부하량은 이미 많은 연안에서 자정능력 한계를 초과함으로써 심각한 환경문제를 야기시키고 있는 실정이다.

대외적으로는 G8의 파고가 높아지는 시점에서, 또한 정부가 국민들의 '삶의 질'을 보장해야하는 의무가 있음으로 해서 해양환경보호를 위한 투자를 실시하는 것은 지극히 타당하다. 그러나 훼손된 환경을 복구시키기 까지는 장구한 시일과 많은 노력이 필요하다. 가능한 적은 인력과 예산으로 최대한의 효과를 올리기 위해서는 정부, 산업계, 연구계의 공동보조 및 역할분담이 무엇보다도 중요하다. 그러므로 산업계에서는 자발적으로 오염부하를 줄이기 위한 노력을 해야 하며 정부는 이러한 노력이 산업계를 위축시키지 않도록 정책을 펼쳐야 할 것이다. 따라서 이제는 해양오염을 방지하고 나아가서 해양환경을 보호, 관리하는 기술개발이 절실히 필요하다. 이러한 관점에서 '92년도부터 선도기술개발으로서 수행중인 해양환경관리기술과 해양오염방지기술 개발은 대단히 시의적절한 노력이라고 판단된다.

해양 환경보호는 오염의 현황파악, 해양 생태계에서 오염물질의 이동에 대한 동역학에 대한 이해, 오염의 저감 및 제거 기술의 개발 그리고 나아가서 훼손된 생태계의 복원에 이르기까지 내용이 광범위하고 종합과학적 노력을 필요로 한다. 그러나 이러한 다양한 연구내용을 단 2개의 종과제로서 모두 개발하고자 하는 데에는 우리가 따르게 된다. 그리고 정부차원에서 환경보전을 위하여 궁극적으로 필요로 하는 것은 연안역 통합관리에 의한 정책의 시행이나 이에 대한 방향조차 아직 설정되지 않은 듯하여 미흡한 감이 없지 않다. 황해 해양과학프로그램은 이러한 수요를 감안하여 기존연구사업을 보완하는 차원에서 환경보호 계획을 수립하고자 하였다.

현재 정부의 전부처가 참여하여 추진 중에 있는 선도기술개발사업의 해양환경분야는 2단계부터는 오염저감 내지는 방지를 위한 공학기술개발에 주력하도록 계획 되어있다. 따라서 필요한 자료의 획득이나 기반기술개발은 종료시점에 와 있는 단계이다. 그러나 선진국의 사례를 보더라도 이와 같은 연구가 3~4년내에 완수된 사례는 없으므로 과제의 도출에 있어 기초연구의 연속성을 보장하러 노력하였다. 해양환경보호의 특징은 연구에 그치지 않는 실천계획으로서 전 학문분야가 공동으로

참여하는 총체적 접근과 국제협력부분이 강조된다. 실천계획은 국제적 합의 내용을 이행하는 방향으로 수립하는 것이 바람직하며 이를 위해서는 개별 요소기술의 개발보다는 기존기술을 집합하여 현장에서의 실질적인 성과를 거두기 위한 연구계획의 수립에 목표를 두었다. 황해의 환경보호 연구계획은 해양오염전문가모임 (GESAMP)의 "Global Strategies for Marine Environmental Protection"과 "국가환경과학기술기획"의 초고의 내용을 근거로 하여 기획되었음을 밝혀 둔다.

## 9.1 과학적 배경

해양오염전문가모임 (GESAMP)은 IMO, FAO, UNESCO, WMO, WHO, IAEA, UN, UNEP가 후원하는 기구로 해양오염에 관한 한 최고의 권위를 인정받고 있으며 민간단체인 Greenpeace와 활발하게 접촉하고 있다. GESAMP가 정의한 해양오염은:

*인간의 행위에 의해 직접 또는 간접적으로 해양환경에 (영하구 포함) 유입된 물질 (substances)이나 에너지가 다음과 같이 좋지 못한 영향을 주었을 경우이다;*

- 살아있는 생물자원에 해가 될 경우
- 인류보건에 해가 될 경우
- 어획 등의 해상활동에 저해가 될 경우
- 수질을 악화시켜 해수의 사용을 저해하는 경우
- 해양의 풍치를 감소시키는 경우

인간활동에 의해 발생하는 해양오염을 발생원에 따라 나눠 보면, 먼저 육상기원 오염으로는

- 임해공단과 연안도시의 각종 폐수의 직접유입,
- 하천을 통한 도시하수, 농업배수, 산업폐수 유입,
- 육상폐기물, 산업폐기물, 오물 등의 해양투기,
- 간척, 매립에 의한 해양환경변화,
- 대기를 통한 오염물질 유입 등이 있다.

반면에 해양기원 오염으로는 다음이 전형적인 유형이다;

- 해상 유출사고에 의한 유류 및 유해 액체물질 유입,
- 선박폐기물 및 선저 폐수의 해양투기,
- 석유, 가스, 광물 등 해저자원 개발에 따른 오염

황해의 환경보호계획은 연구기획을 위한 공개토론회 이후 수차례 수정되었다. 이에 가장 큰 영향을 미친 부분은 황해 해양과학프로그램과 현재 수행중인 선도기술개발사업의 '해양환경보전' 연구간의 관계를 어떻게 설정할 것인가 하는 문제이었다. 이 두가지 장기연구개발사업은 환경보호 외에도 다수의 연구계획으로 구성된 사업들로서 연구의 전체적인 골격상 해양오염은 제외될 수 없는 주요 연구분야이다. 본 연구기획에서는 황해 해양과학프로그램과 선도기술개발사업 사이에 중복되는

연구분야인 해양오염 대하여 다음과 같은 관계가 설정되도록 하였다. 선도기술개발사업은 해양오염에 대한 요소기술을 개발하고 황해연구에서는 앞의 사업에서 개발된 기술을 황해에서 대상지역을 선정하여 시범적용을 하도록 하였다. 이질에서는 해양환경보호를 위한 전체적인 구도가 들어날 수 있도록 바람직한 선도기술개발사업의 내용도 함께 제시되었다.

### 9.1.1 기존 해양환경보전 연구의 방향과 내용

이미 수행 중이거나 추진일정이 확정된 해양환경보전 연구개발사업의 방향과 내용은 대표적인 대형연구사업을 위주로 분석하였다. 여기에 고려된 대표적인 3 개의 연구사업은 다음과 같다:

- 선도기술개발사업- 해양환경보전연구
- 황해광역생태계연구
- 한국해양연구소의 출연(연) 연구개발사업

위 사업들이 다루는 연구내용은 다음과 같이 파악되었다.

- 육상기원 해양오염물질의 유입량
- 해상 유출사고 방제기술개발
- 적조 예보 및 방제기술개발
- 해양생태계변화 모니터링 기술개발
- 연안역 통합관리 시스템의 개발

한편 황해의 해양오염의 저감 및 방지를 위해 전문가들에 의해 조사된 기술수요는 다음의 6가지로 분류되었다:

1. 육상기원 해양오염 통합관리 기술
2. 해상 유출사고 방제기술
3. 해양오염감시 및 장기추세 예측기술
4. 해수 수질 모니터링 기술
5. 적조 예보 및 방제기술
6. 해양생태계 변화 모니터링 기술

이로보면 대부분의 기술수요에 대한 연구개발 투자가 이미 이루어지고 있는 것으로 파악되고 있다. 따라서 종래와 같은 방식의 분야별 투자에 대한 신규 투자의 필요성은 높지 않으며 이보다는 이미 확보하고 있는 기술을 총체적으로 집결시켜 현재 문제의 소지가 많은 해역을 선정하고 이곳에 대해 시범사업을 벌이는 것이 더욱 바람직한 것으로 판단된다. 그러나 이것은 현재의 환경기술투자가 만족할 만한 수준이라는 것은 아니고 선도기술개발사업 등 현재의 연구 방향과 내용에 대한 보완이 필요하다. 특히 선도기술개발사업이 해양환경 관리기술과 해양오염 방지기술의 두가지 기술개발 분야로 계속 추진될 경우 이 분야 전문가들은 2개의 중과제가 다음과 같은 내용으로 새로이 보완/수정되는 것이 바람직하다는 의견을 제시하고 있다.

- 해양환경 관리기술 개발
  - 육상기원 해양오염 통합관리기술
  - 해양수질 자동 모니터링 기술
  - 해양오염 감시 및 장기추세 예측기술
- 해양오염 방지기술 개발
  - 해상 유출사고 방제기술
  - 적조 예보 및 방제기술
  - 해양생태계 변화 모니터링 기술

조사된 기술수요 대한 현재 국내의 기술 수준 은 표 9-1과 9-2에 정리한 바와 같다.

표 9-1. 국내외 해양환경보호 연구개발 형태와 선진국을 100으로 했을 때 우리나라의 기술개발 수준

구 분	선진국			우리나라
	미국	유럽	일본	
육상기원 해양오염 통합관리 기술	정부 (100)	정부 (95)	정부 (70)	과기처 (20)
해상 유출사고 방제기술	정부 (100)	정부 (100)	정부 (90)	과기처/환경처 (60)
해양오염 감시 및 장기추세 예측 기술	정부 (100)	정부 (100)	정부 (90)	과기처 (70)
해양 수질 자동 모니터링 기술	정부/지방 기업 (80)	정부/지방 기업 (80)	정부/지방 기업 (100)	과기처 (20)
적조 예보 및 방제기술	정부 (70)	정부 (60)	정부 (100)	과기처/환경처 (40)
해양생태계 변화 모니터링 기술	정부 (100)	정부 (100)	정부 (90)	과기처/환경처 (60)

표 9-2. 선진국 및 우리나라의 해양환경보호 연구에 대한 향후계획: 현재는 현재의 기술수준 비교치이고, 추세는 향후 연구계획이 있을시 기간을 표시함. ↑ (10년이상 계속) → (5-10년) ↓ (5년내 중단)

기술명	미국		일본		우리나라		비고
	현재	추세	현재	추세	현재	추세	
육상기원 해양오염 통합관리 기술	100	→	70	↑	20	↑	
해상 유출사고 방제기술	100	→	90	↑	60	↑	
해양오염 감시 및 장기추세 예측 기술	90	↑	90	↑	70	↑	
해양수질 자동 모니터링 기술	80	↑	90	↑	20	↑	
적조 예보 및 방제기술	60	→	80	↑	40	↑	
해양생태계 변화 모니터링 기술	80	↑	60	↑	20	↑	

**해양환경 관리기술 개발:** 해양환경보전을 위한 최근의 세계적 연구추세는 단순한 오염방지를 위한 소극적 대응에서 자연과 인간이 균형을 이루는 가운데 해양자원의 지속적 개발과 이용이라는 적극적 대응에 보다 중점을 두고 있다. 뿐만 아니라 해양환경의 구조와 기능을 이해하여 해양오염이 문제시 되기 이전에 해결하는 사전기술 개발에 집중적인 투자를 하고 있다.

예를 들면 미국의 국가해양오염 프로그램 (National Marine Pollution Program) 등이 이 범주에 속한다고 볼 수 있는데, 이에 대해서는 이미 선도기술개발사업 중과제 도출을 위한 "환경공학 기술개발을 위한 연구기획" 사업의 최종보고서 중 해양분야에 잘 나와 있다.

해양유입 오염원의 주류는 육상기원 오염원으로써 우리나라의 경우 전체의 80% 이상을 차지하고 있다. 따라서 해양오염 방지 또는 저감을 위해서는 육상기원 오염원에 대한 근본적인 대책 수립이 필수적이라고 하겠다. 즉, "육상기원 해양오염 통합관리 기술" 개발이 필요하다. 이미 미국, 일본 등 선진 각국에서는 해양오염 연구를 해양활동에 의한 오염에 국한시키지 않고 육상오염원에 의한 각종 해양오염과 그 결과를 망라한 포괄적 연구를 수행하고 있다. 특히 미국 해양대기청 (NOAA)에서는 지난 1981년부터 육상오염물질은 총 17가지 (BOD, SS, N, P, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Hg, 석유탄화수소, PCB, PCB를 제외한 염화탄화수소, 대장균, 슬릿지, 폐수)로 분류하고 그 오염원을 점원, 도시지역 비점원, 기타지역의 비점원 오염원으로 구분해 각각에 대한 연간 계절별 유입량과 총유입량을 추정하는 연구를 수행한 바 있다. 그 결과, 미국의 전하천을 통한 연간 유입 오염부하량 자료를 확보하게 되었으며, 이 자료를 이용해 연안환경 관리를 해오고 있다. 그러나 우리나라는 하천을 통한 해양유입 오염부하량 추정과 관리를 제대로 하지 못해 연안오염의 심각성이 점차 증대되고 있는 실정이다. 다행히 국립환경연구원에서는 G7 수질분야에서 하천수질 개선을 위한 종합정보시스템을 개발중에 있는데 이와 연계된 해양오염 종합관리시스템이 G7 해양환경관리기술에서 연구되지 않고 있는 것은 아쉬운 일이다. 따라서 이번의 중점기술과제인 해양환경 관리기술에서는 해양오염의 주요오염원인 육상기원 해양오염의 통합관리 기술개발이 절실히 요구되며 그 세부추진 내용에는 다음과 같은 것들이 포함되어야 한다.

- 육상기원 해양오염 통합관리 기술
  - 육상기원 해양오염물질별 유입총량 추정기술 개발
  - 육상기원 오염원 데이터베이스 구축
  - 비점오염원 추정모델 개발
  - 3차원 연안 수질예측모델 개발
  - 육상기원 해양오염 통합관리시스템 소프트웨어 개발

해양환경의 효율적 관리를 위해서는 먼저 해양수질이 항상 자동적으로 감시되는 체계가 갖추어져 있어야만 한다. 즉, "해양수질 자동 모니터링 기술"이 개발되어야 한다. 그래야 수질감시 결과가 육상기원 해양오염의 통합관리시스템에 피드백 (feedback) 될 수 있다. 수질 연속모니터링 기술은 전자동 수질측정 장비와 자료처리 및 송신시스템의 집합체로서 고정관측소에서의 장기

해양수질 모니터링과 선박탐재 연속 모니터링 등에 사용이 가능하다. 이 수질 자동모니터링 기술은 해양뿐만 아니라 하천과 호소 등 내수면의 수질 연속모니터링에도 사용될 수 있어 개발의 파급효과가 매우 크다. 미국, 일본 등 선진 각국에서는 수질 연속모니터링을 위해 관측센서 및 자동측정장비 개발에 막대한 투자를 해왔으며 90%이상의 가동률 유지가 가능한 실시간 수질 연속관측소를 이미 설치해서 환경모니터링에 이용하고 있다. 그 예로써 일본 아이치(愛知)현에서는 기소강에 최초의 수질 연속모니터링 스테이션을 설치하여 1970년 5월부터 가동을 시작하였고, 현재 3개의 해양수질 관측소를 포함해 모두 22개의 수질 연속모니터링 스테이션을 운용중에 있다. 각 관측소에는 15종의 센서 및 자동 분석장치를 설치하여 무인 자동 모니터링을 실시하고 있는데, 수질 측정항목은 수온, pH, 용존산소, 염분, 탁도, 엽록소-a, COD, 암모니아, 규산염, 인산염, 총인, 질산염, 아질산염, 총질소, 시안 등이다. 수질 자동 모니터링 정점에서 연속 측정되는 자료는 즉시 중앙감시통제소로 전송되어 수질관리 및 오염자 색출에 이용되며, 필요시에는 즉각적인 조치가 가능하도록 되어 있다.

반면에 우리나라의 경우 아직까지 일본과 같은 고도의 해양수질 자동모니터링은 하지 못하고 있으며 단지 산발적으로 기초적인 연구를 하고 있을 뿐이다. 가령 해양연구소는 국내 최초로 1987년 완도-제주간 연속 수질모니터링을 시험하였고, 이어서 1991년부터는 일본 국립환경연구소와 공동으로 고베-부산간을 왕복하는 카페리 '단노'에 수온, 염분, pH, 형광량 등을 1년 연중 연속측정할 수 있는 시스템을 장착하여 대한해협의 연속모니터링을 수행한 경험이 있다. 그러나 그나마도 1993년 4월부터는 단노의 소유회사가 도산함에 따라 현재 모니터링이 중단된 상태이다. 또한 국립환경연구원 주도로 수행되고 있는 G7과제의 수질분야에서도 국내 전문가의 부재로 수질 연속모니터링 분야는 포함되어 있지 않다.

수질 연속모니터링 기술은 외국에서도 한창 연구개발중인 분야로서 단기간내에 외국과 기술경쟁이 가능한 분야이다. 그리고 수질 연속모니터링 장비는 내수면과 정수장 등에서 국내시장만 연간 수백억원대의 시장이 예상되고 있어 여러 국내 산업체들이 공동개발에 참여를 원하고 있는 것도 사실이다. 따라서 수질 자동모니터링 기술은 해양분야 뿐만 아니라 하천수질분야에서도 반드시 필요하며 이 기술의 국산화가 이루어지도록 국가주도과제에서 전폭적인 지원이 필요하다. 시급히 개발되어야 할 해양수질 자동모니터링 기술에는 다음과 같은 것들이 있다.

- 해양수질 자동 모니터링 기술
  - 암모니아 등 영양염과 TN, TP, TOC의 자동분석장치 개발
  - 부착생물 방지장치 개발
  - 해양수질 자동모니터링 기술 개발
  - 수질 자동모니터링 스테이션 설치 및 운용
  - 선박탐재 해양수질 연속모니터링 기술 개발



해양오염물질중에는 생물농축이 되는 중금속과 유기오염물질들이 많이 있다. 선진 각국에서는 이러한 오염물질들의 해수, 생물체, 퇴적물내의 농도를 정기적으로 조사하고 있을 뿐만 아니라 해양생물체의 독성기작에 대한 연구를 통해 환경피해 예측과 환경회복 기술개발에 진력하고 있다. 이같은 주요 오염물질들의 변화추세는 장기적으로 파악해야 하며 그 조사자료는 데이터베이스화 해서 육상기원 해양오염 통합관리에 피드백될 뿐만 아니라 나아가서 국내외의 해양환경보전 대책수립에 이용되도록 해야 한다. 특히 황해은 한국, 북한, 중국의 3개국에 인접해 있어 어느 한 국가에서의 오염규제만으로는 전체 해역환경의 온전한 보전을 기대하기가 어렵기 때문에 모든 국가가 공동노력을 해야만 한다.

해양오염감시 및 장기추세 예측을 위한 선진 각국의 노력을 보면 먼저 미국은 1985년부터 해양오염의 현황 및 추세에 대한 국책연구 (National Status & Trends Program)를 시작하였는데 그 내용은 전국 300여개 지역에서 굴, 홍합, 퇴적물, 저서어류에 대한 독성물질농도를 10년동안 꾸준히 측정해 오고 있다. NS&T 프로그램에서 측정하는 항목은 PCBs 21종, PAHs 24종, DDT 등 유기염소계 농약류 15종, 유기주석화합물 4종, 중금속 16종 등 총 80여종의 오염물질이 포함되어 있다. 또한 미국, 영국, 독일, 프랑스 등 18개국에서는 전지구적인 해양오염감시를 위해 1978년 국제 총합감시 프로그램을 시작하였으며, 1983년에는 우리나라를 포함한 29개국이 이 국제 연구 프로그램에 참여한 바 있다. 최근에는 이시아 환태평양 주변 15개국이 참여하는 국제 총합감시 연구프로그램이 계획중에 있는데 1993년 1월에 1차 준비회의가 일본 도쿄에서 개최되었고, 1994년 9월에는 서울에서 2차회의가 열릴 예정이다. 향후로는 UNEP 주관으로 추진중에 있는 동북아 국가간 북서태평양 환경보전계획 (NOMPAP)에서 해양오염 추세 예측을 위한 공동 모니터링이 개시될 예정이다.

이와 같은 "해양오염 감시 및 장기추세 예측기술"은 해양환경 관리에 있어 기초적이고도 중요한 기술이다. 이 부문에서 개발되어야 할 세부내용은 다음과 같다.

- 해양오염 감시 및 장기추세 예측기술

- 중금속 및 유기독성물질의 분석기술 표준화 및 국제 상호검정에 참여하여 고도의 분석 기술확보
- 지표생물 및 퇴적물을 이용한 전국연안의 독성물질 모니터링
- 국제 총합감시 프로그램 및 북서태평양 환경보전계획(NOMPAP)에서의 국제공동연구 수행
- 어패류 안전성 확보를 위한 수산물 오염 모니터링

이상에서 언급한 바와 같이 해양환경 관리기술 개발을 위해서는 가장 큰 해양오염원인 육상기원 해양오염의 통합관리 기술이 개발되어야 하며, 육상기원 해양오염 통합관리 시스템이 효과적으로 운용되려면 해양수질 자동 모니터링 시스템과 해양오염 감시 및 장기추세 예측자료에 의한 피드백이 이루어져야 한다. 이처럼 각 세부 기술분야는 상호 연관성을 지니고 있기 때문에 독립적인 연구보다는 상호 보완적인 연구를 통해 그 기술개발효과를 극대화할 수 있을 것이다.

해양오염 방지기술 개발: 해양오염 방지기술 분야에서는 가장 시급히 해결해야 할 해양환경 문제인 해상의 유류 및 유해물질 오염방제, 적조 예보 및 방제 그리고 해양생태계 변화를 감시할 수 있는 기술을 집중적으로 개발하고자 한다.

해상의 유류 및 유해물질 유출사고는 발생시기와 장소를 예측할 수가 없을 뿐만 아니라 유출시의 상황과 조건이 항상 다르므로 그 처리를 위해서는 고도의 기술전략적인 방제체제가 구축되어야 한다. 특히 유해액체물질의 경우 종류가 1000여종에 달하며, 일단 해양환경으로 유출되었을 때 각각의 화학적 특성에 따라 상이한 변화과정을 거치게 된다. 따라서 사고발생의 탐지와 식별에 있어서 고도의 기술을 요하는데다 과학적인 대응조치를 취하는데도 상당한 기술이 필요하다.

우리나라 해상에서 발생하는 각종 유출사고는 매년 200여건으로 어업활동이 활발한 연안에서 사고가 발생할 경우 그 피해가 막대해 연간 1천억원 이상의 경제적 손실을 유발하는 것으로 추정되고 있다. 한반도 주변해역에서의 해상 물동량 증가와 함께 각종 유출사고로 인한 피해를 최소화하기 위해서는 유출사고 방제전담의 전문기구 설치가 반드시 필요하다. 선진 각국에서는 이미 20여년동안 막대한 연구비를 들여 자국 연안에 대한 오염방제체제와 각종 대응기술을 개발해 왔으나 우리나라는 방제기술과 장비의 측면에서 볼 때 아직도 후진성을 면치 못하고 있다. 이런 관점에서 볼 때 G7과제에서 이에 대한 포괄적 연구를 수행하고 있는 점은 대단히 고무적인 일이지만 해양경찰청 등 일선 실무자들이 직접 이용가능한 기술개발을 하는 것이 바람직하다고 하겠다.

유류 및 유해액체물질의 해상 유출사고는 그 집중적인 오염피해로 인해 1970년대 후반부터 세계 각국에서 활발한 연구가 이루어져 왔다. 특히 미국은 1973년 연방 수질오염방지법을 제정하고 국가적 차원에서 유류와 유해물질 오염에 대비한 긴급계획을 수립하였고, 1974년에는 국립방제센터 (National Response Center)를 설립하였다. 미국에서는 연간 약 3만건의 유출사고가 일어나고 있는데다 매년 15%정도 증가추세에 있으나 국가주도의 완벽한 방제체제하에서 오염피해를 최소화할 수 있는 고도의 방제기술을 갖추고 있다. 가령 해상 유출사고의 경우 연안경비대가 방제 주관기관이 되며 과학적인 방제기술은 해양대기청(NOAA)의 유해물질방제국이 지원을 담당하게 된다. 기술적으로는 1972년부터 유류 및 유해물질 방제기술에 대한 많은 연구를 수행하였으며 10년간에 걸친 연구끝에 CHRIS/HACS라는 방제시스템을 1982년에 개발한 바 있다. 계속해서 CAMEO라는 개인용 컴퓨터시스템을 개발중에 있으며 OSSM 등 유출물질 확산추적모델도 개발하였다.

그러나 우리나라에서는 미흡하나마 1987년부터 해양연구소를 중심으로 유류 유출사고 방제기술에 관한 연구를 산발적으로 수행해 왔으며 최근에는 G7 중과제인 해양오염 방지기술 개발연구와 한일 국제공동 연구를 통해 기술축적을 하고 있다. 아직도 유출사고 방제장비나 선박 등 제반 여건이 크게 낙후된 상태이고 방제체제의 일원화도 이루어지지 않아 유류오염 발생시 효과적인 방제작업이 어려운 실정이다. G7과제에서 주요 해역에 대한 전산화된 방제기술 지원시스템을

개발중에 있기는 하나 선진 외국과 같은 방제기술지원 전문가체제가 구축되어 있지 못해 과학적인 방제기술 지원은 아직까지도 요원한 것이 우리의 현실이다.

해상 유출사고 방제기술은 국가적으로 시급히 개발되어야 하겠지만 학문적인 관점에서보다는 오히려 해양경찰청 등에서 실무적으로 사용가능한 실용적인 기술개발이 이루어져야 할 것이다. 따라서 해양경찰청에서 연구를 주관하여 관련 연구소나 대학 등에 필요한 기술개발을 요청하는 방법도 바람직하리라 생각된다. 그러나 최소한 다음과 같은 기술은 개발되어야 할 것이다.

● 해상 유출사고 방제기술

- 유출사고에 대비한 사전준비 및 훈련을 위한 기술확보
- 사고시 유출물질 확인을 위한 체제 및 분석기술 연구
- 사고현장의 1차 응급조치를 위한 데이터베이스 및 네트워크 구축
- 유해물질 유출사고시의 위험추정 및 평가기술 연구
- 유해물질 유출사고시 과학적인 방제 및 정화작업을 위한 지원기술 개발
- 방제장비, 약제 및 방제지원시스템 개발
- 수거된 유류폐기물 처리기술 개발

우리나라에서 적조는 1960~70년대까지는 주로 마산만, 진동만, 원문만 등 진해만 일원에서만 국부적으로 발생하였다. 그러나 1980년대 이후로는 유해하고 외만확대성 장기적조가 전 연안에 걸쳐 발생하기 시작해서 막대한 수산피해를 야기시키고 있으나 그 대책은 막연한 실정이다. 더우기 연안 각국이 200해리 배타적 경제수역을 선포한 이래 우리나라의 원양어업은 점차 축소되어 이제는 연안 양식어업에 눈을 돌려야 하는 이때 적조에 의한 양식생물의 대량폐사는 치명적이 아닐 수 없다. 이미 우리나라 연안 대부분은 부영양화되어 있어 언제든지 적조가 발생할 수 있는 소지를 안고 있기 때문에 적조발생 환경을 상시 감시하여 발생을 예측하고, 또 발생시 이를 구제해 피해를 최소화할 수 있는 기술을 축적하는 일은 대단히 중요하고도 시급한 일이라 하겠다.

적조에 관한 종합적 연구는 일본이 세계에서 가장 활발하게 수행하고 있다. 일본에서는 1957년 이후 연안에서 빈번히 발생하는 적조피해를 줄이기 위하여 적조발생방지와 발생후 피해방지 기술개발 분야에 집중적인 연구를 수행하여 왔다. 또한 적조발생기구 규명과 모니터링을 통한 적조예보에도 많은 연구와 노력을 해오고 있다. 뿐만 아니라 적조발생후의 방제를 위하여 화학약품 살포법, 초음파 및 오존 처리법, 해면회수 및 침강법, 점토흡착법, Bio-control 기술개발 등이 시도된 바 있다.

적조에 관한 연구는 우리나라에서 국립수산진흥원이 가장 활발하게 하고 있으며 G7 세부과제로도 수행하고 있으나 아직까지 적조원인생물과 그 발생기작에 관한 규명 수준에서 크게 벗어나지는 못하고 있다. 지속적인 모니터링을 통하여 적조발생전의 탐지와 예보기술이 개발되어야 하고 아울러 적조발생시 신속한 구제조치 등 수산피해의 감소를 위한 실용적 기술개발이 절실히 필요하다. 적조의 예보 및 방제기술 개발은 30여년의 연구경험을 지닌 국립수산진흥원이

주관하되 대학과 협동연구를 수행하는 것이 바람직하며, 연구내용에는 다음과 같은 기술들이 포함되어야 한다.

- 적조 예보 및 방제기술
  - 부영양화모델 개발 연구
  - 적조 발생기구 규명 연구
  - 적조 발생환경 모니터링 연구
  - 적조생물의 독성 연구
  - 적조 예보기술 개발
  - 적조 방제기술 개발
  - 적조피해 저감기술 개발

해양오염 또는 간척, 매립 등은 해양생태계에 많은 변화를 야기시키고 있다. 그 정도가 심한 경우 생태계의 완전한 파괴를 가져오기도 한다. 해양생물 또는 생태계의 구조를 이용하면 외부요인에 의한 이러한 해양생태계 변화를 평가하거나 예측할 수 있어 환경오염의 사전 예방도 가능하게 된다. 이를 위해서는 해양생물의 분포현황목록과 환경민감도지도를 작성해야 하며, 생물군집과 바이오마커 (biomarker)를 이용한 환경영향평가 기술이 선행되어야 한다. 현재 G7과제에서 환경민감도지도 작성연구만이 일부 수행되고 있으나 이것만으로는 미흡하며, 해양생태계의 현상태 및 변화 추세를 예측하는 기술이 개발되어야 한다. 이 분야에서 개발되어야 할 기술내용에는 다음과 같은 것들이 포함되어야 한다.

- 해양생태계 변화 모니터링 기술
  - 해양생물의 분포목록 및 환경민감도지도 작성
  - 생물군집을 이용한 환경영향평가 기술 개발
  - 바이오마커를 이용한 환경영향평가 기술 개발
  - 해양생태계 변화 모니터링시스템 구축

#### 9.1.2 UN이 권장하는 해양환경보전 연구의 방향

해양환경보호에 관련지어 현존하는 국제적 수단은 여전히 단편적이고 통제시스템간에 잘 연계되어 있지 못하다. 지금부터 언급하고자 하는 내용은 인류사회의 발전과 환경의 보호라는 두가지 목적은 공동적인 원칙과 합의된 목표 및 과학적 방법에 근거한 통합적이고 구체적인 관리 전략의 채택을 통해서만 달성될 수 있음을 피력하고자 하는데 있다. 한편 우리나라의 경우 지금까지 오염이란 용어의 과학적인 개념이 명확히 정의되지 않은채 사용되고 있는것으로 보인다. 외국의 경우 우리가 통상 오염이라 번역하는 contamination과 pollution은 엄연히 구분하여 사용하고 있다. 전자는 환경에 인위적으로 투입된 물질이나 에너지에 의한 뚜렷한 피해의 유발이 없는 경우를 지칭하고 후자는 피해가 확연히 드러난 경우에 사용한다. 환경보호의 대상은 후술될 사전예방의 원칙에 의거 더 일반적인 contamination 까지도 대상으로 하고 있음을 밝힌다.

환경보호와 관리의 원칙: '72년 Stockholm 회의 이후 다음 4가지원칙이 해양환경의 보호와 관리에 대한 기본 원칙으로 사용되고 있다,

1. 지속가능한 개발: 사회, 경제적 개발은 후손들이 물려 받아야 할 해양과 바다의 풍경을 손상시키지 않는 범위에서 추구한다.
2. 위해요인의 방지: 인간활동의 결과로 인간의 보건, 생물자원, 풍경 그리고 합당한 해양이용에 저해가 되는 영향을 방지하고 교정하기 위한 모든 수단을 적용해야 한다.
3. 총체적인 고려: 해양환경을 보호하기 위한 수단이 다른 환경영역, 예를 들면 육지, 대기, 담수에 직간접으로 해를 미쳐서는 안된다.
4. 국제협력: 국제협력은 해양환경보호에 필수적이다.

환경보호에 있어 생태계 보전이 아마도 가장 중요한 목적이 될 것이나 생태계와 인간의 상호작용에 대한 고려도 매우 중요하다. 이 두가지 주제가 해양환경의 보호와 관리에 있어서 가장 중요하게 고려될 요소이다. GESAMP는 해양환경보호의 전반적인 목표는:

*해양의 생물 및 비생물자원의 합리적인 이용을 보장하는 가운데 해양생태계의 보전과 인간의 보건을 보장하기 위해 인간활동으로 비롯된 위협적인 영향으로부터 해양환경을 보호함*

에 두는 것이 바람직하다고 주장하고 있다. 인간이 해양환경에 미치는 영향의 속성에 따라 여러가지의 세부목표를 설정할 수 있으나 특히 물질과 폐기물에 대하여는:

*인간의 활동이나 사회, 경제개발을 관리하여 물질이나 폐기물에 의한 해양오염 (contamination)을 제한하도록 하므로써 해양생태계를 존속시키고 합당한 해양이용이 현재는 물론 후손에게까지 보장되도록 도모함.*

구체적이고 통합적인 관리: 해양환경보전을 위해서는 이에 영향을 미칠 수 있는 모든 잠재력을 지닌 인간의 활동에 대해 해양, 해안, 대기, 육상 등 장소에 관계없이 고려하여야 한다. 이것은 효과적인 해양환경보호를 위해서는 지구환경을 구성하는 모든 분야를 망라한 전지구적이고 총체적인 보호전략이 요구됨을 의미한다. 이러한 전략은 반드시 공통적인 기본원칙, 목표 및 주요 정책요소로서 이루어져야 한다. 구체적이고 통합적인 관리의 중심주제는 개발 또는 폐기물 처리 등에 사용가능한 장소나 매체에 대한 선택이 가능할때 후부지에 대한 이러한 용도로의 사용에 대해 총체적인 (hollistic) 평가를 실시한다는 데 있다.

관리와 과학적 연구에 필수적인 요소: 기본적인 환경관리 절차를 부적합하게 적용하거나 환경분야별로 나누어 제각기 관리하려는 경향은 현재처럼 환경의 악화를 조장하는 결과를 초래한다. 특히 해양환경의 보호 측면에서 위와 같은 장애는 지금까지의 국가간 또는 국제협력 분야에서의 비효율보다는 훨씬 심각한 것이다. 따라서 그림 9-1에서 나타낸 바와 같은 관리의 기본틀에 대한 주목이 필요하다. 그림에서 보는 관리의 기본틀과 절차에서 강조되어야 할 부분은 주무기관의 기능은 지속적인 것이지 개별 연구계획에 의해 필요시 작동되는 것이 아니라는 점이다.

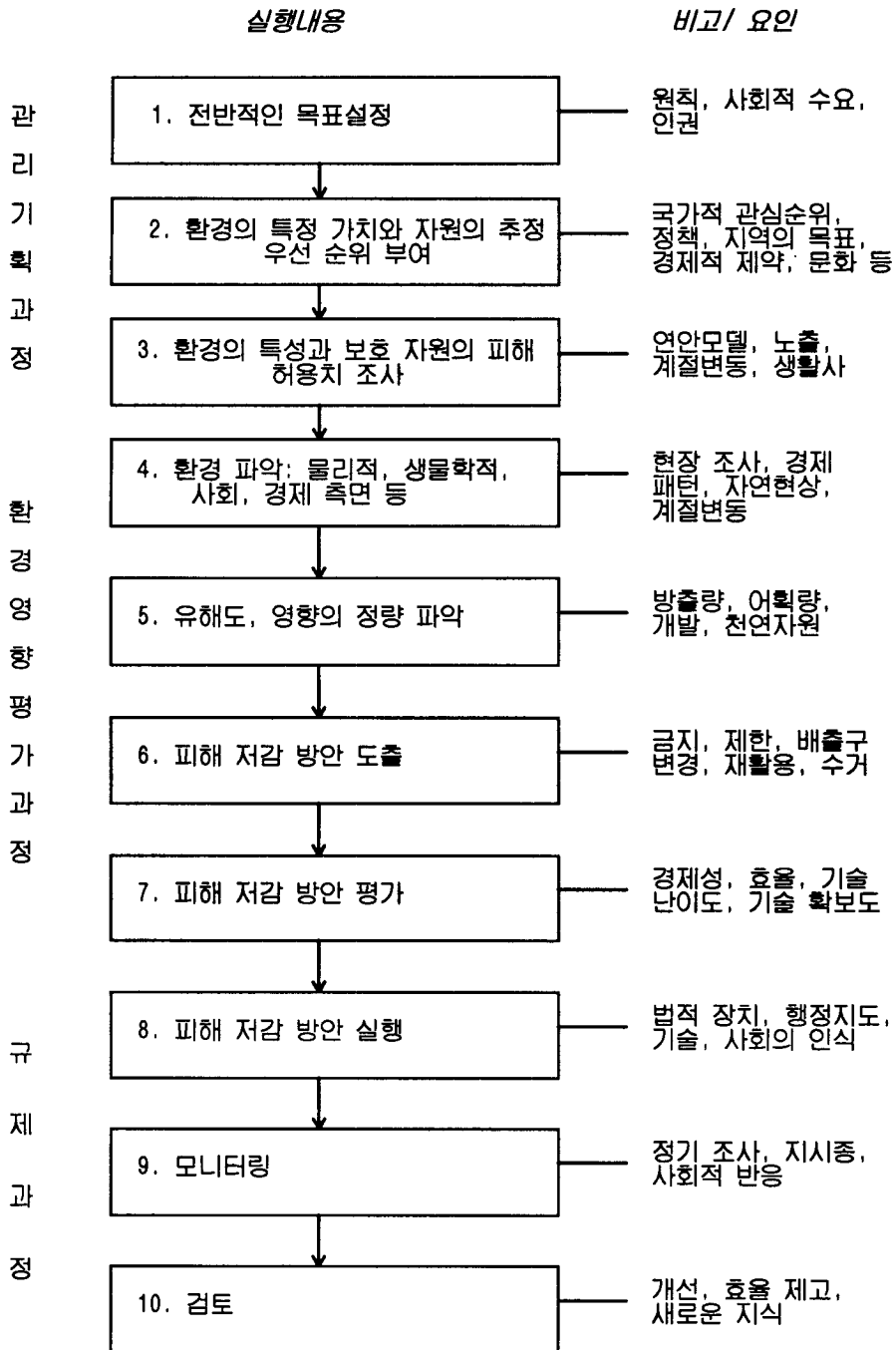


그림 9-1. GESAMP가 권장하고 있는 해양을 비롯한 기타 환경의 보호에 필요한  
구체적인 관리의 기본틀 (출처: GESAMP Reports and Studies No 45, 1991)

기본틀과 관리 절차에는 관리 측면과 과학적 측면의 수요가 다수 반영되어 있으며 중요한 몇가지 들만 요약하면 다음과 같다:

1. 환경계획: 해양환경에 대해 잠재적인 영향이 예상되는 개발 계획에는 환경분야간 보호계획이 연결되어 있어야 한다. 환경계획에는 개발계획에 연루된 환경분야들에 대해 환경보호에 대한 목표 및 우선순위의 배분, 자원배분 및 통합관리 방안이 포함되어야 한다.
2. 환경영향 평가: 환경에 대한 직간접 영향을 줄 것으로 예상되는 모든 개발계획이나 대규모 조사는 사전에 영향 평가를 받아야 한다. 평가 내용에는 물리, 화학, 생물, 공중보건, 풍경 및 자원에 미치는 위험이 포함되어야 하며 특히 환경 및 개발의 목표에 대한 득실이 다루어져야 한다. 국경을 넘어 영향을 미칠 것으로 예상되는 경우 상대국에게 통보하고 자문 등예의 통로를 개방하여야 한다.
3. 사전예방의 필요성: 사전 예방은 과학적 위해도 평가의 핵심이다. 측정이나 예측에 사용된 계산의 불확실성을 허용하기 위해서는 비관적 자세의 접근이 필요하다. 과학은 개발의 실사가 환경에 미치는 영향에 대한 정확한 정보를 제공하여 문제를 해결하며 불확실성을 줄이도록 기여해야 한다. 이러한 관점에서 과학은 환경관리에서 하나의 요소가 된다. 더 나아가 사전예방은 현실적이고 경제적으로 가능한 수단을 사용토록 하며, 이와 더불어 효율적이고 폐기물을 적게 생산하는 기술, 일사분란한 환경계획의 추진은 환경오염을 줄이는데 크게 기여한다. 이러한 방식의 접근이 개발과 동시에 환경을 보호하는 관리의 기본이다.
4. 변화의 수용: 기본틀이 받아들이고 있는 사항의 하나는 자연적 그리고 인위적 활동과 개발에 따른 불가결한 환경변화이다. 이러한 변화를 인위적으로 줄이려는 노력은 필요하며 합당한 것이다.

### 9.1.3 황해 환경보호 연구계획의 과학적 근거

앞절에서 살펴본 우리나라의 해양오염연구의 방향과 내용은 UN이 국제사회에 요청하고 있는 전세계적 전략과 사뭇 다르다는 점이 간파된다. 지금까지 우리나라의 국책연구는 해양환경을 따로 분리하여 고려하고 있으며 그 피해가 클 것으로 우려되는 현상에 대한 예를 들면 유류 유출, 집중적인 기술개발을 지원하고 있다. 이는 선도기술개발사업의 근본 취지면에서는 합당한 것이나 UN의 전략보고서가 지적한 바와 같이 통합적이고 총체적인 면은 고려되어 있지 않아 피부에 와 닿는 실효를 거두기에는 미흡한 면이 없지 않다. 왜냐하면 해양의 환경 악화는 사고나 대형개발사업 등과 같이 뚜렷한 오염원에 의한 것도 있지만 다양한 인간활동에서 비롯된 생활하수 등과 같이 출처가 광범위한 비점원 오염원이 여러가지이기 때문이다. 지금까지 인류가 확보하고 있는 기술의 수준은 이미 오염된 지역을 정화시키고 복원시키는 데에는 매우 미흡한 정도이며 경제성 또한 높은 편이 못된다. 다시말해 오염의 근원을 차단하는 것이 현재로 보아서 가장 현명하다. 그리고 사회의 개발 요구도 수용하여야 하기 때문에 가능한 환경에 악영향을 주지 않으며 개발을 계속해야 하는 것이 현실이다. 여기서 과학기술이 기여할 수 있는 부분이 크게 두가지임이 판명된다. 하나는 그 피해가 엄청날 것으로 예상되는 사고에 대응하는 기술로 이러한 예는 유해물질의 해양유출이다. 가장 대표적인

유해물질은 유류와 방사능물질이다. 또 다른 하나는 환경계획을 통한 오염의 통합관리로서 과학기술은 여기서 평가도구 및 정보를 제공하는 역할을 담당한다.

현재 수행중인 연구가 주로 특정물질에 의한 오염과 해양환경만을 고려하고 있으며 특정해역을 대상으로 하지 않는 범용기술개발에 주안점을 맞추고 있으므로 황해의 해양환경연구는 기존 연구와 차별을 두며 상호보완적인 관계를 갖게 하기 위해 특정해역에서의 해양환경보호 시범사업으로 구성하는 안을 제시한다.

해양환경보호 시범사업은 현재 보유하고 있는 기술을 총체적으로 투입하여 실제적인 효과를 얻고자 하는 것이 주목적이다. 또한 이러한 사업을 실시함으로써 현장에서의 새로운 기술수요가 발생할 것으로 기대된다. 시범지역의 선택에는 과학적 질의가 가장 중요하다. 황해에서 환경보호에 관련된 과학적 질의는 다음 세가지가 가장 중요하다고 판단된다.

1. 이미 오염이 상당히 진행되어 환경포용능력의 한계에 도달한 해역에서 어떠한 방법으로 오염을 줄일 수 있는가?
2. 서해안에서 활발하게 진행되고 있는 매립, 간척사업은 환경적으로 건전하며 경제적인 순이익을 발생시키고 있는가?
3. 황해 중부해역에서의 액상폐기물 투기는 안전한가?

지금까지 우리나라에 확보된 오염부하산정, 오염추세예측 및 오염제어 및 방제기술을 종합적으로 적용하기에 가장 적당한 후보는 오염이 상당히 진행된 연안역, 환경변화가 급격하게 일어나고 있는 매립 간척 지역과 현재 액상 폐기물이 투기되고 있는 황해 중부해역이다. 연안역의 경우 서해안에는 다수의 염하구가 있고 간척과 매립을 위한 방조제가 건설이 진행중이며 다수의 배후 도시가 성장하고 있다. 특히 관심이 가는 지역의 하나는 서울과 인천에서의 산업활동에 영향을 받고 있는 한강 하구를 비롯한 경기만 일대로서 여기에는 신공항을 건설중인 영종도도 포함될 수 있다. 또 다른 후보지역은 금강 하구로서 이곳에서는 우리나라 역사상 최대의 간척사업인 새만금지구 간척사업이 현재 진행중이다. 경기만 일대는 이미 오염이 상당히 진행된 곳으로 오염저감기술에 대한 시험이, 새만금지역은 향후 오염이 유발될 소지가 높은 곳으로 오염관리기술의 시험적용이 추천되는 곳이다. 그리고 투기가 행해지는 해역에서는 인위적인 환경교란요인과 자연 생태계의 상호작용이 어떻게 일어나고 향후 어떠한 일이 일어나게 될지를 예측해볼 수 있는 좋은 시험장소를 제공한다. 황해에서 앞에서 언급한 세군데가 시범사업에 가장 적격한 장소로서 추천된다.

모든 시범사업은 그림 9-1에서와 같은 기본틀과 절차에 따라 수행되어야 할 것이다 (9.1.2 절 참조). 환경의 보호에 크게 기여할 수 있는 과학기술의 대상은 2가지 범주에 속한다:

- 해양에 유입된 물질의 기원, 이동, 화학적 변화 및 최종 운명 규명
- 해양에 유입될 물질이 인간, 해양의 생물과 자원 및 기타 가치에 미치는 영향 평가



첫번째 범주는 해양에서의 물질의 순환을 다루는 것으로서 생지화학 (biogeochemistry)이 이러한 문제를 중심과제로 다루고 있다. 두번째 범주는 환경문제에 노출되었을 경우 그 영향을 측정하는 것으로 독물학 (toxicology)과 생물학적 영향이 주요소를 구성한다. 이들은 모두 환경변화의 평가와 예측에 있어 중요한 역할을 한다. 이러한 분야에서의 지식의 수준은 인간활동의 결과로 해양에 유입되는 물질로 비롯된 결과를 평가하고 예측하는 정도를 좌우하게 된다.

모든 과학연구의 결과나 예측에는 그 학문의 속성이나 현재의 방법에서 비롯된 불확실성이 포함된다. 따라서 환경관리자는 과학적 불확실성의 존재를 감안하여 관리방향을 설정해야 한다. 이것은 환경의 평가나 예측을 어느정도 비판적인 입장에서 해야함을 의미한다. 환경연구의 경우 실험실 결과를 현장에 적용하거나 충분치 못한 자료에 근거하여 결론을 얻어야 할 경우가 많으며 이러한 것들이 불확실성을 유발시킨다. 여하는 불확실성에 대한 인식은 예측의 결과를 향상시키는 효과가 있다. 영향의 예측 (impact prediction) : 유해와 위험분석, 위기관리 (risk management)는 환경보호전략에 매우 중요한 요소이다. 유해분석은 물질의 내재적 특성에 근거하여 잠재적인 위험을 알아낸다. 생물체가 입는 피해는 이러한 유해물질에 노출될 확률에 의해 결정된다. 화학물질의 농도 생물의 반응과의 관계는 기존 자료로부터 유추가능하다. 이미 화학물질의 분포와 농도를 모델화하여 사용하고 있다. 이 모델에는 화학물질의 생산, 사용, 방출양상, 방출처와 양, 화학물질의 물리화학적 특성과 환경을 구성하는 요소간의 배분등이 고려되고 있다.

**화학물질의 유입량 (flux):** 지난 10년간 해양화학과 물리의 발전은 해수의 순환에 대해 이용가능한 수준의 결과를 보여주고 있다. 이러한 진보는 전지구 또는 지역해의 물질균형모델을 제시하고 있다. 자연계의 수송과 순환과정에 대한 이해와 물질균형은 인위적으로 부가된 물질과 거동 화학물질의 이동, 체류시간 (residence time) 그리고 최종운명을 파악하는데 최근 가장 진보가 이루어진 부분은 입자-물 경계에서의 상호작용과 입자가 화학물질의 이동과 분포에 기여하는 역할이다.

**독물생태학 (ecotoxicology) :** 최근 이 분야에 대한 진보가 현저하다. 많은 종류의 화학물질과 생물종에 대한 농도-반응 자료가 생산되고 있다. 환경기준치에 대한 최근의 논란은 소수의 종에 대한 실험치를 현장에 확대 적용한데서 비롯된다. 최근의 문제는 환경기준치를 설정해야 할 화학물질이 다수존재함에 있다. 이 문제는 어느정도까지는 정량적인 구조-활성도 관계로서 (Quantitative Structure-Activity Relationship) 해결가능하다. 화학구조가 비슷한 물질을 비교함으로써 생물을 이용한 농도-반응 실험을 크게 줄일 수 있다. 또한 이러한 방법은 독성의 기작을 밝히는데 도움이 된다.

환경기준치는 다른 독성물질이 없는 경우에서 설정된 값이다. 최근 독성물질이 다수 존재하는 경우 합쳐진 효과를 산정하는데 진전을 보이고 있다. 동일한 독성기전을 갖는 물질이 공존할 경우 독성이 누적효과를 보임이 밝혀졌다. 현재까지 현장에서 상승효과를 갖는 독성물질이 알려진 바는 없다.

모니터링: 모니터링은 환경보호에 필수적인 요소로 이를 통해 규제가 이행되고 있는제, 환경이 호전 또는 악화되고 있는지에 대한 정보가 제공된다. 화학물질 모니터링은 명확한 목적과 검정가능한 가설을 가지고 구상되어야 한다. 화학모니터링은 경비가 많이 들므로 목적에 맞고 정확도와 정밀도가 보장되는 물질에 국한되어야 하며 규제값 보다 크고 작음을 목적으로 한 모니터링은 실시되어서는 안된다, 화학모니터링에 있어 가장 중요한 것은 자료의 질관리이며 이를 위해 표준물질이나 실험실간 보정을 ICES와 IOC/GEMS가 지원하고 있다. 생물모니터링은 물이나 퇴적물에 의한 피해를 직접 측정하는 것으로 특정반응에 대해 정상값에서 벗어나는 정도 등이 지표로 사용된다. 개체군에 대해서는 성장을, 질병감염률, 사망률 등이 사용된다. 군집의 경우는 상업적, 과학적 또는 보호가치가 있는 종의 감소가 시금석이 된다. 세포수준에서는 특정 또는 특정그룹의 화학물질에 대한 반응이 자주 쓰인다. 중금속에 의한 metallothionein의 유발이나 유기물에 의한 mixed-function oxygenase의 활동이 '조기경보'의 지표로 활용된다. 원인규명을 위해서는 생물모니터링은 화학물질 모니터링과 병행되어야 한다. 현재까지는 주변의 농도와 효과 관계가 주로 쓰이지 생물조직내의 농도와 효과가 사용되고 있지 않음에 유의할 필요가 있다.

모델링: 환경의 관리와 보호에 있어 모델의 역할은 중요하다. 이러한 목적에 사용되는 모델에는 두부류가 있다. 하나는 환경모델로서 물질의 이동과 분포를 다루거나 교란이 환경에 주는 영향을 다룬다, 다른 하나는 목표생물로 물질이 전달되는 경로를 다룬다. 종종 두 모델은 연계되어 실질적인 효과를 추정하는데 쓰이기도 한다. 노출-경로 모델은 방사능물질의 경우에 대해 가장 충실하게 만들어져 있으며 다른 종류의 화학물질에 확대되어야 할 필요가 있다. 일반적으로 모델의 사용은 시간과 경비가 많이 들며 지역규모에서는 실용성이 적다는 지적도 받고 있다. 그러나 연안환경에서는 개략적인 해황만 알고 있으면 단일 배출원과 간단한 경로의 모델로서도 저렴한 가격으로도 신속한 예측이 가능한 경우가 많다.

## 9.2 연구계획의 목표 및 내용

황해환경보호연구계획의 목표는 시범사업을 통해 해양환경보호를 위한 현장기술을 개발하며 기술개발과 동시에 사업의 효과를 얻는데 있다. 물론 황해 전역에 대한 환경보호를 실시하는 것이 가장 바람직하지만 막대한 예산과 전문인력이 필요하므로 실현 가능성이 매우 희박하다. 따라서 대표적인 유형의 문제를 파악하고 가장 시급한 곳을 선정하여 3개의 세부사업으로 구성하였다.

황해의 대표적인 3가지 환경오염 양상으로는 이미 환경오염이 상당히 진행된 경우, 현재 큰 문제는 없으나 향후 환경오염의 소지가 높은 경우, 그리고 명백히 알고있는 점원 환경교란에 의한 영향이 예상되는 경우가 있으며 후자의 경우 대표적인 것이 폐기물의 투기라 하겠다. 앞에서 언급한 환경오염 양상에 대하여 각기 오염저감, 오염예방 및 폐기물 투기에 의한 영향 파악을 주제로한

시범사업이 바람직하다. 이러한 시범사업은 요소 환경기술의 개발이 완료된 이후 현장에 적용하기에는 시기적으로 늦은감이 있고 기술개발과 현장적용을 병행하여 효과적인 기술개발을 도모하자는데 있다. 따라서 기존 사업과 새로이 수행하기를 희망하는 과제는 실험실과 현장의 경우와 같은 보완적인 관계에 있도록 설정되었다.

미국의 경우도 아직 완벽한 환경공학기술을 보유하고 있지 못하기는 마찬가지이나 예산규모가 40억 달러에 이르는 Boston Harbor Project를 추진하고 있는 예에서 보드시 늦을수록 경비부담이 늘어나는 경우를 대비하여 일찌기 시범사업을 시도하는 것이 바람직하다고 판단된다. 한편 동아시아권에서는 UNEP와 GEF의 후원과 IMO의 주도로 '95부터 수행예정인 해양환경보호 사업도 3개의 시범지구에 대해 오염저감, 오염방지 및 유류 유출사고 대응의 주제를 다루고 있어 마지막 것을 제외하고는 사업의 목적과 접근방법이 비슷하다.

환경보호 시범사업 대상지구로는 수도권에서의 경제활동에 의한 커다란 스트레스를 받고 있는 경기만 일대, 대규모 간척사업에 의해 대규모의 생태계 변화가 예상되는 새만금 간척지구와 현재 폐기물이 투기되고 있는 황해 중부의 투기해역이 가장 적당한 곳으로 추천된다. 시범사업을 통한 환경보호 사업의 구체적인 목표는 다음과 같다.

- 시범사업을 통하여 오염의 방지와 저감을 위한 과학기술의 적용이 사회경제적으로 이익이 큼을 입증함
- 각기 다른 환경문제에 직면하고 있는 대상지역에 필요한 현장기술을 개발하고 당해 지역사회의 환경관리 인력의 능력을 제고함.

### 9.2.1 경기만 오염저감 시범사업

이 일대는 수도권 인구나 산업이 밀집하여 있어서 이미 상당히 오염이 진행된 곳으로서 연구의 내용은 오염의 현황을 파악하고 오염부하를 줄여나가는 기술의 개발이 주제가 될 것이다. 이곳은 점원, 비점원 오염원이 복합적으로 존재하는 곳이며 특히 비점원에 의한 환경부담이 클 것으로 예상된다. 비점원 오염을 방지하기는 상대적으로 어려움이 많이 따르게 된다. 따라서 다른 두 시범사업보다도 어려우며 많은 노력과 재원이 필요하다. 연구의 내용은 그림 9-1의 절차에 대한 것으로 특히 4단계 환경의 파악으로부터 7단계 저감대책의 수립에 이르는 환경영향평가가 매우 중요하다. 이밖에 현재 쟁점으로 부상할 가능성이 높은 연구내용으로는 다음과 같은 것이 있다.

- 생태계에 피해를 줄 것으로 예상되는 화학물질의 측정과 농도-생물반응과의 관계로 다음과 같은 물질에 대해 특별한 감시가 필요하다: 발암물질, 염화유기화합물, 유류와 탄화수소
- 선박에 의해 수송되는 독극물에 의한 위험도 평가
- 연안양식이 환경에 미치는 영향
- 해양생태계의 건강 지표생물 탐색
- 해조류의 독성

### 9.2.2 새만금지역 오염예방 시범사업

새만금지역은 현재 우리나라 역사상 가장 대규모의 간척사업이 행해지는 곳으로 간척사업에 의한 직접적인 환경교란과 간척이 끝나면 토지이용에 의한 새로운 오염원의 등장이 예상되는 곳으로 오염예방 시범사업의 대상지역으로 매우 적절하다. 이곳에서의 환경문제는 주로 연안에서 인간활동에 따른 토사의 이동에 의한 영향으로 이 연구에는 해안선 및 식생변화와 생태계 부담, 간척에 따른 경제적 득실들이 함께 다루어져야 한다. 이 사업에는 퇴적과 유실, 퇴적물 재부유, 해안선이나 해수면의 변화를 다루는 지질학과 연안공학분야가 중요한 역할을 담당하게 된다.

한편 간척이 종료되면 토사의 이동에 의한 환경의 교란보다는 토지의 새로운 이용에 의해서 유발되는 새로운 오염부하가 예상된다. 따라서 가능한 오염에 의한 피해를 줄이기 위해서는 토지 이용계획의 수립시에 환경보호계획이 함께 수립되어야 하며 경기만에서의 연구결과가 이 연구에 활용되는 것이 가장 바람직하다. 이와같은 개발계획의 수립은 황해의 지속적 개발을 위해 필수적으로 개발하여야 하는 황해통합관리시스템의 축약본으로서 의미를 지니며 또한 최초의 시범 적용으로서 기대된다. 여기에 포함되어야 할 연구내용은 경기만 시범사업의 결과와 이 지역에서 토사에 의한 환경교란의 결과가 얻어진 연후에 수요가 조사되어 수행되어야 할 것이다.

### 9.2.3 폐기물 투기해역 환경 평가 시범사업

현재 우리나라 관할해역의 중부의 수심이 가장 깊은 해역에서 액상 폐기물의 투기가 행해지고 있다. 환경처는 폐기물 투기에 앞서 환경영향평가를 실시한 바 있으나 실제 폐기물에 의한 생태계의 반응에 대한 장기적인 감시가 이루어지고 있지 않다. 황해에서의 폐기물 투기에 대하여는 해수순환의 입장에서 그리고 부영양화나 폐기물의 퇴적 등에 대해 해양학계에서 논란이 일고 있으며 서로 매우 상반된 의견을 제시하고 있어 안정성에 대한 규명이 시급하다. 특히 중국이 우리나라의 해양 투기에 대해 알게될 경우 해양투기에 대한 문제는 환경 영역은 물론 정치적인 문제로 비화될 소지가 있다. 우리나라나 중국은 모두 해양투기의 영향에 대한 자료를 공개하고 있지 않으며 해양투기가 방조될 경우 국가의 규모로 보아 우리나라가 더욱 큰 피해를 입을 우려가 있다.

이러한 관점에서 투기해역에 대한 정밀진단은 매우 시급한 것으로 통상 행하여지는 규제 이행 감사의 수준을 넘어선 과학적 조사가 필요하다. 황해의 투기해역에 대한 시범연구는 환경용량 (environmental capacity), 자연 생태계에서의 물질의 전달과정, 특정 폐기물의 생태계를 통한 이동과 이에 적합한 추적자의 개발 등이 포함된다. 투기 해역에서의 연구는 전술한 두 시범지역과는 달리 특히 생태계 동역학과 물질의 순환이 주제를 구성하므로 생태학과 생지화학 분야가 이 분야 연구에 중요한 역할을 담당하게 된다.

### 9.3 추진전략

황해의 환경보호를 위해 기획한 시범사업은 국가환경기술기획에서 다루고 있는 해양환경보전 계획의 이행사업으로서 추진함이 타당하다. 국가환경기술기획은 선도기술개발사업의 하나인 환경공학 기술개발사업 보다도 더 포괄적인 내용의 환경기술을 대상으로 하고 있으며 여기서 해양부분은 해양오염은 물론 지구환경 문제에 이르는 넓은 범위를 다루고 있다. 시범사업의 주제 가운데 하나로 물질의 생지화학적 순환이 강조된 것도 해양을 대상으로 한 폭넓은 관심을 수용하기 위함이며 한편 이러한 접근은 오염의 진행과정에 대한 근본적인 이해를 증진시킬 것으로 예상된다.

해양 방사능은 국민의 관심사항의 하나로 환경연구에 포함시키는 것이 타당하나 여기서 다루고 있는 오염물질과는 달리 국민의 정서와 정치적 배려 등 특수성 때문에 황해에서의 해양방사능 모니터링과 같은 주제는 우리나라 전해역의 방사능 감시망으로 다루어지는 것이 더 나을 것으로 판단되어 시범사업에서 다루는 항목에서는 제외시켰음을 밝혀둔다.

#### 9.3.1 추진전략

시범연구사업의 성패에 가장 중요한 요인의 하나는 사업에 필요한 지속적인 자원의 확보이다. 이러한 자원을 확보하기 위해서는 현재 투자가 확충되고 있는 선도기술개발사업의 일환으로 추진함이 가장 바람직하다고 보인다. 이번에 기획된 사업의 규모 (9.4절 참조)에 비추어 하나의 종과제로서 (황해의 환경보호를 위한 현장기술개발 또는 황해의 환경보호 시범사업) 추가하는 것이 권장된다.

시범사업 대상지역 중 두곳은 연안역으로 이곳의 해양환경은 지역사회와 매우 밀접하게 관련되어 있다. 이러한 의미에서 경기만과 새만금지역 시범사업은 이곳에 연고를 둔 연구기관이 주도하여 수행하는 것이 매우 바람직하다고 판단된다. 이 지역을 담당하고 있는 해양경찰이나 환경부 지방기구 등 관공서가 필히 참여하여야 하며 그리고 개발이 이루어지는 경우에는 해당 기업의 능동적인 참여가 권장된다. 연구의 전반적인 조정에는 국립환경연구원과 환경기술개발원이 참여하여 국가의 전체적인 환경보전계획과 무리없이 연계되도록 하여야 할 곳이다.

경기만은 수도권에서의 경제활동에 커다란 영향을 받는 곳으로 수도권에는 서울대, 인하대, 한양대 등 대학과, 한국해양연구소, 서해수산연구소 등 연구소, 해양경찰청을 위시한 관공서가 집결하여 있으며 경인지역에는 환경관련 산업체도 다수 있어서 가장 탁월한 연구능력을 갖춘 곳이다. 경기만 시범사업은 이들 연구기관, 국공립 관련 기관의 컨소시엄으로 수행하는 것이 권장된다. 시범사업에 대한 컨소시엄이 원활히 추진되는 경우 각 컨소시엄은 세부연구과제 발굴에 핵심적인 역할을 하게 될 것이다. 그 이유는 각기 자신들의 연구지역에 대한 연구이므로 가장 피부에 와 닿는 환경문제에 접근하게 될 것이고 또한 곧 실시될 지방자치제의 행정기구, 민간기구 등과의 민안한 교류가 예측되기 때문이다.

새만금지역에는 가장 근거리에 위치한 군산대를 비롯하여 충남대, 전남대 등 해양관련 대학이 있어서 이들이 중심이 되어 시범사업을 수행하는 것이 권장된다. 그리고 폐기물 투기해역의 연구에는 관심이 있는 모든 연구자가 함께 참여하는 것이 바람직하다고 여겨진다. 세가지 시범연구 사업의 주제는 각기 다르므로 지역별 컨소시엄에 의한 연구 추진은 연구기관의 전문화에도 기여하는 부수적인 효과가 기대된다.

### 9.3.2 타 연구사업과의 연계

환경보호를 위해서는 해양의 특성이 제대로 파악되어야만 좋은 결과를 기대할 수 있다. 따라서 시범연구는 해양특성 그리고 생태계 모니터링을 위한 연구계획인 해양-대기관측사업, 황해 해수순환연구, 그리고 황해광역생태계연구에 크게 의존하게 된다. 특히 광역해양생태계 연구에서는 새로운 관측장비가 많이 사용될 예정으로 여기에 쓰인 관측 및 측정기법을 이전받아 사용하여야 할 것이다.

선도기술개발사업 중 해양환경보전연구는 특정 해역을 대상으로 하고 있지 않으므로 시범사업과 중복되지 않는다. 두 연구간 전체적인 조화와 균형을 이루기 위해서는 가능한 시범연구가 선도기술 개발사업에 추가됨이 바람직하나 어려울 경우에는 별도사업으로 추진하는 것을 권장한다. 이미 오염된 해역을 정화하고 복원하는데에는 많은 시간과 노력을 필요로 하므로 앞에서 이미 논의한 바와 같이 해양으로의 유입을 적절히 규제하고 관리하는 것이 무엇보다도 해양환경보호에 중요한 관건이 되므로 현행 선도기술개발 사업은 육상기원 오염물질의 관리에 더욱 많은 투자를 하는 것이 바람직하다.

한국해양연구소의 출연(연) 연구개발사업의 하나로 장기적 추진이 예상되는 연안역 통합관리 시스템 연구는 전반적인 연구내용이 시범사업과 밀접히 관련되어 있다. 이 연구도 현재 황해의 특정 해역을 위주로 수행하고 있지 않다. 따라서 연구대상을 향후 황해로 집중하여 시범연구와 병행하면 좋은 연구결과를 얻을 것으로 예상된다.

현재 전세계적으로 해양환경 보호를 위한 국제기구의 지원이 매우 활발하며 대표적인 것이 지구환경기금 (Global Environment Facility: GEF) 이다. 이밖에 환경보전 노력을 지원하기 위한 기술자문기구 및 협력기관이 다수 존재한다. 해양환경보호를 위해서는 이와같은 국제기구를 비롯한 국제지역협력기구 (예, NOMPAP) 와의 공식 유대를 갖는 것이 무엇보다도 중요하며 이러한 관계를 통해 우리나라의 환경보전 노력이 국제사회에 알려지도록 하는 것이 바람직하다. 한편 연안역을 제외한 해역에서의 환경오염문제는 중국, 북한과의 공동연구로서 대처해야 하며 이러한 사업의 경비는 GEF로부터 지원을 받을 수 있도록 3자간의 전략 협의가 필요하다. 우리나라는 이미 국민소득이 높아 단독으로 GEF의 기금을 수혜할 수 없는 입장이나 중국, 북한과 함께라면 가능할 것으로 판단된다. GEF는 향후 3년간 황해광역생태계연구를 지원할 예정이므로 한중 또는 북한을 포함한 황해의 환경보호를 위한 국제공동연구는 3년 후부터 추진하는 것이 GEF의 지원을 확보하는데 유리할 것으로 전망된다.

## 9.4 세부연구과제, 추진일정 및 예산

황해의 환경보호연구는 해양오염을 주제로 한 것으로 시급성 및 중요도를 고려할 때 우선적으로 투자가 시행되어야 한다. 초기의 연구활동으로 가장 중요한 것은 각 시범지구에 대해 환경문제의 핵심을 밝혀내고 이를 상세히 규명하기 위한 접근방법에 대해 결정하는 일이 될 것이다. 경기만의 경우는 하천을 통한 유해오염물질의 정량파악과 인체를 비롯한 생물에 주는 피해와 이들을 저감하는 방안이 중요할 것으로 예측되고 새만금 간척지구의 경우는 간척에 의한 영향, 폐기해역에서는 부영양화와 생태계를 통한 물질이동이 주제가 될 것이다.

현재 선도기술개발사업의 1단계 사업이 '94년도에 종료되며 금년중에 재기획이 있을 예정이므로 환경보호 시범사업은 '95년도에는 시범지구에 대한 기획사업을 벌이는 것이 현명하다는 판단이다. 선도기술개발사업의 기획 결과에 따라 시범사업이 선도기술개발사업으로 수행될 것인지 아니면 황해 해양과학프로그램으로 수행될 것인지가 판명 될 것이다. 이와 관련해서 황해 해양과학프로그램은 중국과의 공동연구이므로 황해 전역에 대한 환경오염을 다루는데 장점이 있고 선도기술개발사업은 국내 해양환경문제를 다루는데 더욱 유리한 점이 있음을 밝혀둔다.

이하에서 언급하고자하는 세부연구내용은 향후 3년간 1단계로서 필요한 연구를 대상으로 하였다. 현재 선진국의 환경산업은 변창일로에 있는 만큼 단계별 재기획을 통한 선진기술의 흡수와 단계별 사업 결과를 감안하여 새로운 수요를 반영하는 것이 바람직하다고 판단된다.

### 9.4.1 세부연구내용

여기서 제시하고자 하는 각 시범사업의 세부연구과제는 확정된 과제라기 보다는 일반적인 지침에 해당되는 것으로 이해함이 바람직하다 시범사업 기획과 컨소시엄에 의한 연구 신청서가 작성되게 되면 지역의 특수성을 더욱 잘 반영한 연구주제가 부각될 것으로 예상된다. 여하간 환경 오염에 관련지어 수산물을 많이 소비하는 우리나라로서 가장 시급히 진단하여야 할 부분은 식용 수산물의 인체에 대한 안전성 즉 보건에 관한 부분과 식품의 안전 허용치에 대한 재검토 내지는 새로운 설정에 대한 것이다.

경기만 해양오염저감 시범사업 - 경기만의 경우 상당히 오염이 진행된 곳으로서 환경에 대한 기초적 인자부터 일일이 다루기에는 시간적으로 촉박한 감이 없지 않다. 따라서 중대한 시안위주로 연구를 실시함이 바람직하다고 판단된다. 이에 잘 부합하는 세부연구로서는 다음 같은 내용이 추천된다.

- 해수, 고착생물, 퇴적물에 포함된 유해 (농약, 발암물질, 중금속, 유류) 물질의 농도조사
- 선박에 의한 유류를 비롯한 유해물질을 방출사고 대응방안 연구
- 하천과 황만 등 연안으로부터의 오염부하 측정
- 연안 양식에 의한 해양오염 및 영향

- 연안 양식에 의한 해양오염 및 영향
- 환경용량 측정
- 주요 오염물질의 체류시간 조사

새만금 간척지역 시범사업 - 간척이 끝날때까지 이곳에서 가장 중요한 연구내용은 인위적인 입자물 부유에 의해 생태계가 받는 영향으로 세부 연구내용은 다음과 같다.

- 부유 퇴적물이 주요 수산자원 및 생태계에 미치는 영향의 종류 및 강도 파악
- 해안선 변화 및 이에 수반되는 퇴적 및 식박 조사
- 조간대 식생의 변화
- 간척에 의한 영향권의 파악
- 토지이용 계획에 대한 평가도구 개발

폐기물투기해역 시범사업 - 이 지역연구에서 가장 중요한 사안은 현행 폐기물투기가 환경측면에서 안전한가에 대한 진단과 동시에 이 해역에 얼마만한 양의 폐기물을 수용할 수 있는지에 대한 환경용량의 산정에 있다. 폐기물의 이동, 변화, 퇴적과 최종운명은 매우 중요한 주제가 된다. 필요한 세부연구의 내용은 다음과 같다.

- 환경용량의 산정 및 산정모델 구축
- 생태계 각 영양단계를 통한 폐기물의 이동모델 구축
- 폐기물의 이동, 퇴적 및 퇴적후 초기과정 규명
- 저생 생물상의 변화
- 폐기물이 생물생산력에 미치는 영향
- 병원성 미생물 감시

#### 9.4.2 추진 일정

앞의 추진전략에서 본 연구사업은 선도기술개발사업의 일부로 추진하는 것이 가장 효율적이라고 이미 언급한 바 있다. 이와같은 추진이 가능할 경우 시범사업은 '95년도의 사업계획을 거쳐 '96년도부터 추진되는 2단계 해양환경 보전연구에 새로이 추가되는 것이 바람직하다. 또한 '95년도에 실시된 황해광역해양생태계연구 등 다른 황해연구로부터의 자료의 입수도 중요하기 때문에 일년여 시간적 차이를 두는 데에 무리가 없을 것으로 판단된다. 따라서 이와같은 추진일정은 시범사업이 단독으로 수행되는 경우에도 적용함이 바람직하다.

#### 9.4.3 예산

황해의 환경보호 시범사업의 예산은 세부연구사업 외에도 환경전문인력의 양성에 투자가 필요하므로 연구능력제고에 드는 경비도 추가 되었다 (표 9-3). 연구능력제고는 개발된 기술의



확산에 목표를 둔것으로 여기에 포함된 활동으로는 표준측정기법의 보급, 연구자간 상호검정, 표준 매뉴얼 제작 등도 포함된다. 환경연구에는 고가의 연구장비가 필요한 경우가 많으나 이와같은 수요는 예산에 반영시키지 않았다. '96년도부터 시작 가능한 1단계에서 필요한 연구재원은 연간 6억원 정도가 적정 규모로 판단된다.

표 9-3. 황해환경보호 시범사업의 연구소요재원 (단위:백만원)

시범사업명	1단계	2단계	3단계	계
경기만 오염저감 시범사업	500	900	1,200	2,600
새만금 간척지구 오염저감 시범사업	300	600	700	1,600
투기해역 환경평가 시범사업	300	450	600	1,350
연구능력제고	100	210	240	550
계	1,200	2,160	2,740	6,100



## 황해 생태계연구

황해는 반폐쇄성 해역으로 수심이 평균 44m로 얕고, 대륙과 반도에 의해 둘러 싸여있어 육지로 부터의 영향을 크게 받고 있다. 따라서 황해는 거의 모든 종류의 환경문제를 안고 있다. 황해로는 열개 가량의 크고 작은 하천이 유입되며 그중 양자강은 아시아에서 제일 큰 하천으로 십억 이상의 인구 중 상당한 부분의 생활을 유지시키는 역할을 한다. 중국측에서 하천을 통해 황해로 방출하는 오염물질의 양은 방대하며 한국이나 북한에서의 방출량도 클 것으로 생각되나 이에 대한 자료는 드물다.

최근 산업화와 더불어 해상유류 유출사고도 꾸준히 늘고 있으나 수산자원에 미치는 영향에 관한 연구는 얼마되지 않는다. 한 중 수교 이후 꾸준히 늘고 있는 항로와 선박운항량은 유독물질 유출이나 선박과 관련된 오염의 빈도를 증가시킬 것으로 예상된다. 83년 - 90년 간의 선박 유출사고에 대한 방제비용만으로도 663억원이 소요 되었다 (환경처, 1990). 유독물질 유출사고와 더불어 잠재적으로 문제가 되는 것은 선박에 의한 통상적 오염과 외래종의 우발적 도입이다. 또한 우리나라의 서해 연안에서는 간척매립을 통해 국토를 넓히는 간척사업이 활발하게 진행되고 있다. 1960년대부터 본격화되기 시작한 간척매립은 점차 대형화되고 있으며 현재까지 총 간척지의 약 25%가 개발된 상태로 앞으로도 이러한 연안개발 사업이 계속될 전망이다.

이러한 여러가지 요인에 의해 황해생태계가 크게 위협받고 있다는 사실은 어획량과 자원량의 급격한 감소, 종구성의 변화 등과 같은 현상에서 드러나고 있으나 황해생태계의 건강상태를 파악하고 필요한 생태계의 관리 방법을 제시하기 위한 조사는 거의 되어 있지 않은 현실이다. 황해생태계의 보존을 위해서는 황해를 공유하고 있는 중국이나 북한과의 공동 조사와 협력이 필수적이라는 점은 주지의 사실이다.

그럼에도 불구하고 이러한 공동조사는 여러가지 어려운 점이 있어 아직까지 제대로 실현되지 못한 실정이다. 다행히 한국에 대해 세계환경기금 (GEF: Global Environment Facility)에 대한 신청자격이 잠정적으로 부여되었고 세계은행의 IBRD 차관과 내자로 황해 광역생태계 (Yellow Sea Large Marine Ecosystem: YS-LME) 사업의 추진이 성사되어 황해 생태계에 대한 한 중공동연구를 실시하게 되었다. 이번 기획에서는 사업간의 중복을 피하기 위해 향후 3년간의 황해생태계연구는 YS-LME로 추진하고 국내 연구자의 수요는 2단계에서 새로운 기획을 거쳐 생태계 연구를 수행하는 안을 제시하였다. LME는 연구를 지원하지 않으므로 연구부문에 대해서는 물질순환연구로 지원하도록 기획하였다.

## 10.1 과학적 배경

전통적인 수산자원의 관리는 특정 단일 어류의 개체군 (population)에 초점을 맞추고 개체군의 성장율과 어획률의 관계를 다루어 왔다. 이러한 접근 방식은 70년대에 이르기까지 주된 흐름이었다. 그러나 개체군 접근 방식은 실제 자원관리적용에 있어 성공적이지 못했으며 점차로 실패의 원인은 개체군 모형이 부적절하기 보다는 개체군 접근 방식의 자체적 한계라는 의식이 학자들 사이에 공감대를 이루게 되었다. 이에 대한 대안은 생태계 전체에 대한 총체적 접근 (holistic approach)이지만 이를 현실화 하기에는 근본적인 어려움이 있었다. 즉, 해양생태계의 작동적 정의 (operation definition)가 없었고 생태계의 각 영양단계마다 다른 시간적, 공간적 규모에 대한 적절한 시료 및 자료의 획득이 불가능하였기 때문이다.

1986년 Sherman과 Alexander는 처음으로 광역해양생태계 (Large Marine Ecosystem: LME)라는 개념을 제시하였는데 이는 먹이망 구조, 수괴 구조, 퇴적층의 지형, 생산력 등의 고유한 특성을 지닌 광역해양생태계에 대해 생태적 접근 방식과 통합관리 체제를 적용하는 것이다. LME 개념은 큰 호응을 받아 그 후 수차례에 걸쳐 다양한 분야의 해양학자들이 모여 LME 개념을 개선해왔다. 무엇보다 LME 개념의 적용이 가능해진 것은 인공위성을 이용한 원격탐사와 기회성 선박, 무인측정센서의 발달로 과거에는 불가능했던 시간적, 공간적 규모에서의 측정이 저렴한 조사비용으로 가능해졌기 때문이다.

금세기에 들어, 특히 제2차세계대전 이후부터 산업화가 진행되면서 황해광역생태계의 연근해 자원에 대한 이용과 개발이 급격히 증가하였다. 이러한 인간 활동의 영향은 인근 생태계에 커다란 부담을 주어왔다. 황해를 인접한 국가들에게 황해역에서의 사회경제적 활동의 중요성은 점차 증대되고 있다. 중국의 경우 황해역은 국토의 13%, 인구의 41%, 국민총생산량 (GNP)의 51%, 수출입 물량의 71%를 차지하고 있으며 50% 관광수입 또한 이곳에서 비롯된다. 인구 천만이 넘는 대도시로 중국 연안에는 청도, 천진, 대련과 상해가 있고 우리나라에는 서울이 있다. 이곳에 거주하는 인구는 황해에서 생산되는 식량을 비롯한 기타 자원에 크게 의존한다. 최근 수산양식장에서 어병발생은 한 중 양국의 양식어업에 커다란 타격을 주었다. 이러한 질병의 발발이 자연적인 것인지 인위적 사유에 의한 것인지도 황해광역생태계 연구로서 다루어질 만한 주제 가운데 하나이다.

황해의 연안생태계는 이미 인간 활동에 의해 커다란 변화를 겪고 있다. 그 예로서는 유전과 천연가스 개발, 항만의 건설과 확장, 하역, 하구연의 설치, 간척, 매립, 준설 및 산업폐수, 생활하수 그리고 양식장으로부터의 오염물질유입을 들만하다. 황해는 해수의 교환이 제약된 반폐쇄성 해역이므로 계속되는 오염물의 유입은 생태계에 가장 큰 위협이 되고 있다,

### 10.1.1 과거 및 현재의 연구투자

우리나라와 중국의 학자들의 기존 연구의 결과로 황해해양생태계의 생태환경, 종조성 및 분포, 생태군의 구조, 플랑크톤의 저생생물, 어류의 분포와 변동성, 오염물질의 분포에 대한 기초적인

지식은 이미 일부 확보되어 있다. 그러나 생태계의 구조와 기능면에 있어 각 조성생물간, 서식지간 그리고 군집간의 상호작용에 대해서는 알려진 것이 매우 미흡하다.

중국은 1953년 이래 주로 서부 황해의 생태계에 대해 연구해 왔으며 대표적인 것으로는 다음과 같은 조사가 수행되었다:

- 플랑크톤, 저생생물, 해황 및 기상 측정, 해수의 화학, 지질 등에 대한 광역 조사 ('58-'59)
- 황해의 수산자원조사 및 해역 구분 ('81-'82)
- 황해의 오염조사 ('82)
- 전국 연안역 해양자원조사 ('80-'87)
- 전해역 생물자원조사 ('89-'92)

우리나라의 황해에 대한 연구는 60년대에 시작되었으며 80년대에 매우 활발하였다. 각종 생물에 대한 연구가 수행되었으며 최근에는 오염에 관한 연구로 확장되었다. 이러한 연구로서 대표적인 3개의 대형사업으로는 황해에 대한 환경도 작성 연구 ('83-'87), 황해자원개발에 관한 연구('92-'94), 해양환경보전에 대한 연구 ('91-2000)가 있다. 이러한 종합연구 외에도 다수의 특정연구가 수행되어 그 결과로 새우, 어류, 연체동물과 환형동물의 분류체계가 알려져 있으며 또한 수괴 및 수온, 염분의 분포 그리고 연안해수의 오염에 대해 파악되었다.

그러나 지금까지 황해 광역생태계에 대한 인간의 영향, 예를들면, 육지기원 오염물 유입, 해상 오염물 방출, 어획, 양식, 간척, 하천 유입량의 변화, 방조제의 건설 등에 따른 변화에 대한 연구는 매우 드문 편이다. 따라서 연안역의 이용과 개발에 따른 환경의 감시와 평가를 통해 생물자원의 최대 지속생산을 위한 부가적인 노력이 필요하다. 오염, 부영양화 및 적조 - 오염의 주범은 유기물, 유류, 중금속 및 농약이다. 이들 오염물질은 주로 연안역 - 염하구 (estuary), 황만 등에 영향을 미친다. 오염이 심각한 것으로 보고되는 곳으로는 인천, 목포, 양자강과 황하 하구 그리고 대련만 Jiaozhou만, Haizhou만이다. 연안역은 많은 해양생물의 산란장 및 보육장으로서 중요하기 때문에 위에 열거한 해역의 오염은 수산자원의 양과 다양성에 커다란 피해를 주고 있다. 황해에서 적조 발생은 70년 이후 점차 빈도가 늘고 있다. 적조발생지의 범위나 기간도 증가 추세에 있다. '78년의 대련만에서 적조는 미화 10만 달러의 홍합 양식에 피해를 주었다. 우리나라 해역에서는 최근 9년간 인천과 목포에서 적조가 발생하였으며 양식장 근처에서 일어나 양식업에 타격을 주고 있다. 중국쪽에서만 매년 유조선으로 이동시키는 유류의 양은 300-400백만톤에 이르고 있어 유류 유출사고에 대한 상존하는 위험을 안고 있다. 최근 연구결과에 따르면 우리나라 해안에서 '79-'86 기간에 448건의 유류 유출사고가 있었으며 부피로 치면 매년 15만 갤런을 흘린 셈이다. '87년 인천에서 겨우 154톤의 유출로 인해 수산업에 상당한 피해를 준 기록이 있다.

어획자원의 고갈 - 황해 20년대 부터 저인망 동력선이 보급되기 시작한 이래 전통적인 유자망 어업은 쇠퇴하기 시작하였다. 제2차세계대전 중 어획강도의 감소로 어자원이 회복되었으나 50년대 이후 어획강도가 증가되면서 어획조성 및 어획량에 변화가 일어나기 시작하였다. 중국은 80년 이후

동력선의 수가 급격한 증가를 보인 반면 단위 노력당 어획량은 1/3로 감소되었다. 이보다 앞서 60-70년대에는 주요 어종의 어획이 현저하게 감소하였다. 고급어종이 감소되고 저가 어종의 어획이 증가되었으며 미성숙어와 작은 고기가 어획되기 시작하였다. 가장 대표적인 어종이 조기로서 1955년 우리나라, 중국, 일본의 총 어획량은 20만톤이었으나 80년대에는 8만톤으로 줄었고 크기도 평균 200mm 200g이던 것이 135m 45g으로 크게 줄었다. 한편 저인망 어업의 결과 저서성 어류의 어획에서 표영 어업으로 전환되었다. 중요한 표영 어종으로는 고등어와 꽁치가 있으며 이들이 총 어획에 차지하는 비중도 서서히 증가하고 있다. 지금까지는 갑각류와 연체동물의 어획은 그런대로 유지되고 있다. 우리나라는 총 어획고의 1/3을 황해에 의존하고 있다. 그러나 자원의 고갈로서 황해에서의 조업은 해마다 줄어들고 있다 (그림 10-1). 황해의 어종에 변화가 일어나면서 우리나라의 어획의 조성도 변화를 보이고 있다. 60년대에는 조기, 멸치, 가오리의 순이던것이 70년대에는 멸치, 갈치, 조기의 순으로 변화되었고 80년대에 조기는 아예 중요 어종에서 탈락되고 멸치와 갈치가 주로 잡히고 있다. 조기는 우리나라에서 전통적으로 선호되었던 어종으로 조기의 감소와 더불어 60년대 중반 이후 황해에서의 어획노력은 계속해서 감소하고 있다 (그림 10-1). 물론 조기 자원의 고갈은 우리나라와 중국의 남획에서 비롯된 것이다.

연안역 서식지의 변화 - 황해 주변에서 하천을 통해 유입되는 물의 양은 1억 입방미터를 넘는다. 하천은 육지의 물질을 바다로 수송하는 가장 중요한 통로이나 육상에서의 산업과 농업의 발전은 담수 유입량을 빠르게 감소시키고 있다. 댐과 방조제의 건설은 담수의 유입을 줄이고 있으며 이는 연안에서의 염분과 영양염 공급에 변화를 일으켜 서식지의 환경이 변하게 된다. 이러한 것은 어류, 새우와 게 등의 부화 및 치자의 성장에 영향을 준다. 특히 하천을 왕래하는 생물에게 방조제 등은 커다란 장애가 된다. 우리나라 60년대 이후 904km<sup>2</sup> 을 간척하였는데 이중 95.9%가 황해에 집중되어 있으며 간척은 앞으로 더욱 활발해질 계획이다. 북한도 이미 600-700km<sup>2</sup>를 간척하였으며 계획에 따르면 앞으로도 33,000km<sup>2</sup>를 더 간척할 예정이다. 간척은 조간대와 늪지를 제거하며 이로 인한 수문학적 변화는 퇴적 또는 해안선의 유실을 초래하는 등 연안 생태계에 큰 피해를 입힌다. 이와 유사한 피해는 앞으로 광물개발이라던가 항만의 준설 등 예상되는 활동으로부터도 일어날 것으로 예상된다.

양식과 자원 복구 - 중국은 자원의 회복을 위해 황해에 10-30억 미의 새우 유생을 방류하여 약 3천mt를 수확하고 있다. 이와 같은 노력은 해파리, 게, 조개에 대해서도 시도하고 있다. 현재 중국은 자원회복을 위해 황해의 23개소에서 20만 m<sup>3</sup>의 인공어초를 조성하였다. 그러나 아직 이와 같은 노력이 황해생물량에 주는 간섭등에 대해서는 더 조사해 보아야 한다. 양식부문에서 중국은 50-60년대에는 다시마를 위주로 하다가 70년대에는 총합이 추가되었다. 80년대에는 새우와 가리비 양식이 증가하였다. 한편 양식에는 성공하였으나 양식장으로부터의 오염에 따른 제반 문제도 함께 노출되었다. 부영양화가 진행되었고 조개 등 다른 생물의 감소가 관찰되었으며 새우 포획시 많은 작은 어류가 함께 잡혀 연안 어류가 감소하는 등 인근에서 생물다양성의 위축이 현저하게 나타났다.

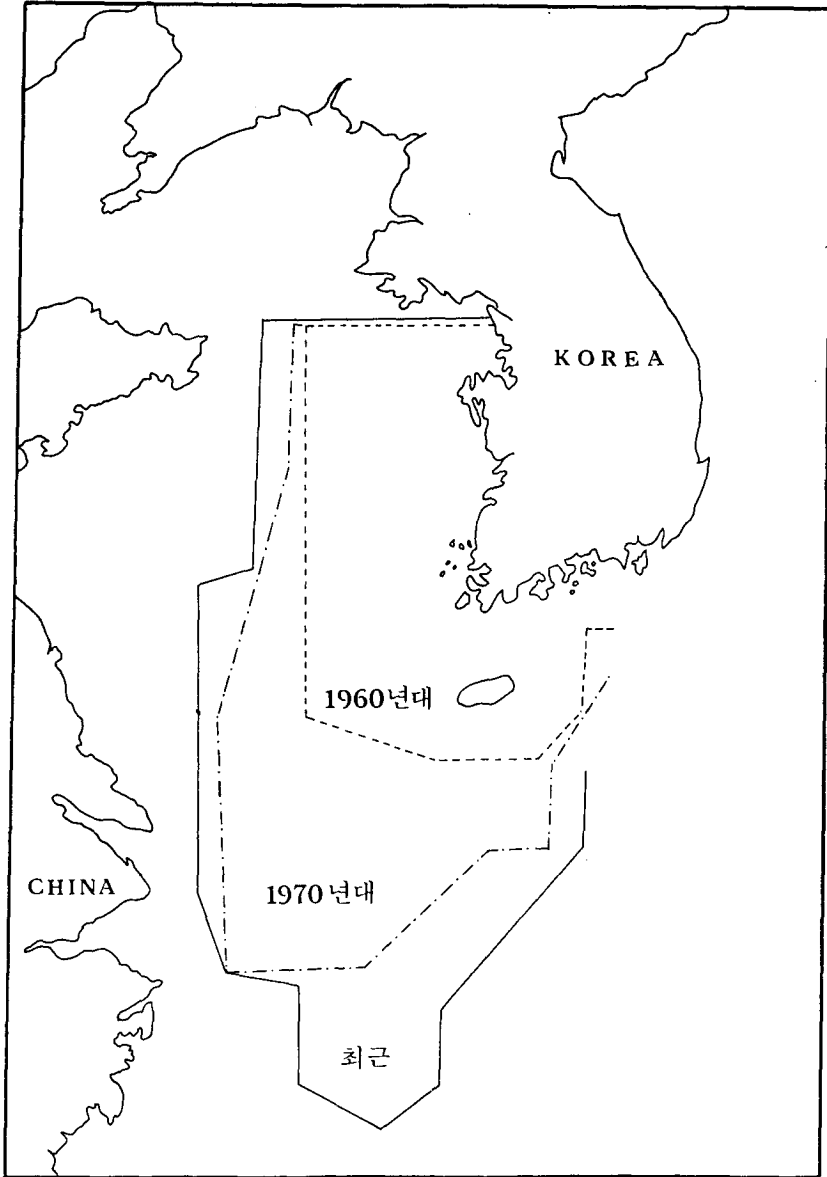


그림 10-1. 황해에서의 연근해 어장의 변천; 어획량이 유지되며 어장의 동중국해로의 확장은 황해에서 어획노력의 감소를 의미함.

자연변화의 영향 - 지금까지 El Niño, 쿠로시오의 변동, 황해냉수괴의 변동, 폭풍이나 발해만의 해빙에 의한 변화에 대해 이렇다하게 연구가 되지 않았다. 이와 같은 자연현상에 의한 영향에 대한 정보부족은 인위적 변화와 구별하기에 많은 장애가 되고 있다. 현재 황해의 어족 구성에 대해 수온의 경년 변화와 깊은 관련이 있다는 주장이 대두되고 있으며 이에 따르면 기후변화가 어종의 구성에 큰 영향을 주게 될 것이다.

공중보건에 관련된 사안 - 황해에서 공중보건과 관련된 것으로 콜레라의 발생, 패독에 의한 마비나 식중독이 있으며 일반적인 폐해로는 독성 식물플랑크톤의 대번식 또는 적조로 인한 독물의 영향이 있다.

경제적 손실 - 황해광역생태계가 오염, 남획, 연안서식지의 훼손 등에 의해 입은 피해에 대한 경제적 손실은 정확히 알려져 있지 않다. 그러나 지금까지 알려진 것만으로도 상당한 것이다. 예를들어 '89년 중국연안에 발생한 적조가 수산업에 끼친 피해만 해도 미화 3천만 달러로 추정되며 우리나라의 경우 유류 유출이 커다란 손실을 초래하고 있는데 '83-'89 기간에 있었던 1,300여건의 크고 작은 유류 유출로 직접입은 피해는 27백만 달러 그리고 청소에만도 8백만 달러가 쓰였다. 연안에서 남획과 양식에 관련되어 사망하는 어류에 의한 손실도 수억달러에 이를 것으로 추정된다.

## 10.2 연구사업의 목표 및 내용

YSLME의 목표는 UNCED (1992) Agenda 21의 제 17장과 관련되어 있으며 다음과 같이 요약될 수 있다.

1. 해양환경의 파괴를 억제, 예방, 조절하여 생명 부양 및 생산능력을 유지, 개선시키고
2. 사회적, 경제적, 개발목표와 인구의 영양적 요구를 충족시키기 위한 해양생물자원의 잠재력을 개발, 육성시키며
3. 연안역과 해양환경의 통합적 관리와 지속가능한 개발을 추진한다.

이 연구계획의 전반적인 목적은 황해생태계에 미치는 환경부담의 근원을 감시하고 저감시키는 것으로서 특히 육지기원오염, 간척 그리고 생물자원의 비보전적 이용에 따른 생물 지지량의 감소에 대해 주목한다. 이 연구가 수행되면 환경훼손을 저감시키고 방지하여 생물자원을 보호하여 생물다양성을 보존하고 환경과 인간활동간의 조화를 촉진하며, 생물 생산력의 지속적 생산을 지지하고 환경에 민감한 개발로부터 더 많은 수익이 보장되도록 할 것이다. 이 연구의 핵심은 황해연안국들로 하여금 공유자원의 보호와 적절한 감시체제를 구축하는 것으로 황해생태계의 미래에 장기적인 지속적 개발을 추구하도록 하는데 있다.



이러한 목표를 달성하기 위해 다음과 같은 수단을 사용한다:

- 생태계 부담을 줄이기 위해 필요한 정보를 제공할 목적으로 철저한 감시 및 평가를 수행한다.
- 황해생태계의 보호, 자원보전 및 지속적 이용을 위해 국내 그리고 국제적인 해양관리체제를 구축하고 강화한다.
- 국제, 지역권의 해양학자, 자원관리자, 그리고 해양자원의 보호와 보존에 관한 의사결정자 간의 의견교환과 협력을 강화한다.
- 환경의 평가, 감시, 오염저감 그리고 관리 등의 효율을 기하기 위해 연구능력을 제고한다.
- 완벽한 지리정보시스템, 데이터베이스를 구축하여 종 다양성, 오염현황, 주요 생태요인의 현황, 해양관리를 위한 특별한 정책 및 수단 등에 대해 국내 그리고 국제정보를 관리한다.

이러한 활동을 통해 한 중간의 해양생태계보호를 위한 협력이 강화될 것이고 추진체제도 완비될 것으로 예상된다. 이 연구는 과학적 평가를 위한 공동노력을 통해 환경에 부담을 주는 요인을 식별하고 저감시키는데 기여할 것이다. 기술 및 자본협력을 통해 향후 인간 활동이 황해 생태계에 주는 부담을 조절하고 방지하기 위한 지역, 나아가서 국제적으로 바람직한 의사결정을 촉진하게 될 것이다.

황해광역생태계연구는 크게 생태계 모니터링 프로그램과 생태계 관리 프로그램, 데이터 관리, 능력제고 프로그램으로 구성된다. 모니터링 프로그램은 생태계의 건강상태에 대한 인위적, 자연적 영향을 알아내기 위해 생물다양성, 생산력, 생체량, 어획과 같은 지수의 유도에 필요한 변수를 측정한다. 또한 해수, 퇴적물, 생체내의 오염 물질의 양의 모니터링도 포함된다. 생태계 관리 프로그램에서는 통합적 관리 방안을 모색하게 된다. 데이터 관리 프로그램에서는 모니터링의 결과로 얻어지는 다양한 자료를 효율적으로 다루어 저장, 교환이 효율적으로 이루어지도록 한다. 능력 제고 프로그램에서는 훈련, 전문가 자문을 통하여 참여 연구원 등의 연구능력을 향상시킨다.

생태계 모니터링 프로그램 - 생태계 모니터링 프로그램은 생물수산자원 (Living Marine Resources), 생산력 (Productivity), 생태계 건강 (Ecosystem Health)으로 구성되어 있다. 생물수산자원 (LMR) 모듈의 목표는 생물다양성, 생체량, 영양단계간 상호작용(trophic interaction), 환경변화와 관련된 생물수산자원의 시간적, 공간적 변동을 감시, 평가하기 위한 것이다. 조사선을 써서 황해 전역에서 30' x 30' 간격의 정점에서 트롤, 음향장비에 의한 어류자원량 조사, 네트 등에 의한 플랑크톤 조사, 반 빈 그랩 등에 의한 저서 생물량 조사 등이 이루어지게 된다. 조사 회수는 잠정적으로 연 4회로 계획되어 있으나 조사결과에 따라 추후 조정될 수 있다.

생산력 모듈의 목표는 해양의 물리적 환경과 일차생산력을 감시하는 것이다. 이러한 변수가 가지는 짧은 시간적 규모 (약 1 일)에 맞는 샘플링을 위해서는 조사선에 의한 조사는 부적합하므로 위성 원격탐사, 기회성 선박(SOOP)용 무인측정장치, 위성추적 drifter buoy 등을 사용한다. 인공위성 (AVHRR)과 drifter buoy로는 해수면 수온분포와 해류순환을 조사하게 된다. 기회성 선박용 측정장치로는 CPR (Continuous Plankton Recorder)과 UOR (Undulating Oceanographic Recorder)이 사용되며 수온, 염분, pH, DO와 같은 기본적 변수와 엽록소, 일차생산력, 소광계수,

탄화수소, 영양염 등의 변수를 측정하고 특히 Ocean Color 위성센서와 동일한 채널의 광량측정을 하게 된다. 260 $\mu$ m의 silk screen을 사용하는 planktin recorder로 측정된 플랑크톤 생체량을 토대로 CPR, UOR 자료를 종합하여 생산력의 변동을 감시하게 된다. CPR, UOR은 대략 2주 간격으로 부산-상해-인천-청도-부산을 순환하게 된다.

생태계 건강 모듈에서는 탄화수소, 방사능 물질, 유기염화물, 중금속, 영양염 등의 오염물질을 측정하고 이들의 생태계 내외로의 플럭스를 감시하며, 독극물 유출사고시의 대응책 확립 등을 주목표로 하고 있다. 시료는 LMR 모듈 조사시 연 2회 조사선에서 해수, 퇴적물, 생물체 조직을 채취하고 고정 연안 관측소 (한국 6개, 중국 11개)에서 정기적으로 채취한다. 이 결과를 토대로 오염의 장, 단기적 효과를 평가하고 항로와 점원 오염원에 의한 우발적 오염 효과도 분석한다.

생태계 관리 프로그램 - 현재와 같은 분파적 관리를 지양하고 통합적 관리정책을 수립하기 위해 기존 체제를 분석하고 투자이윤 분석을 통한 자원/환경의 경제적 가치를 평가한다. 이를 토대로 관리에 있어 필요한 감시망, 정보망을 확립하고 국가적, 국제적 차원에서 관리 전략을 수립하고 보호 우선 순위 등을 설정하고 UNEP 등과의 협력체제를 구축하여 통합관리체계를 확립한다.

자료 관리와 교환 - 사업 결과로 산출되는 자료는 처리되어 영구 보관되고 사용될 수 있도록 합의된 양식에 의해 저장된다. 이를 위해 GIS (Geographical Information Systrm)체계가 개발, 도입되게 된다. 국내, 국가간 자료의 교환과 전달이 용이하도록 각 분야마다 자료 수집방법, 질의 통제 (quality control), 분석 방법을 서면상의 약정을 정하여 관리한다. 또한 한 중 참여자간의 효율적 정보교환을 위하여 인터넷으로 연결한다. 한 중간의 자료의 자유롭고 공개적인 공유를 위해 데이터 관리에 관한 세부적 약정을 체결한다.

능력 제고- 해외 전문가 자문과 훈련과정을 통하여 최신의 모니터링 기술과 평가기술, 생태계 관리에 대한 한 중 과학자, 기능인력의 능력을 높인다.

## 10.3 추진전략

### 10.3.1 인프라구조

우리나라나 중국간의 공동연구를 보조하기 위해서는 인프라구조를 새로이 구축할 필요가 있다. 이 연구계획은 황해종합연구기획에 앞서 기획이 시작되어 이미 주관연구기관으로 한국해양연구소와 중국의 국가해양국으로 잠정적으로 합의되어있고 이 기관들이 연구계획서를 작성하여 GEF에 연구비를 신청중에 있다. 한편 한 중과학기술협력에 의해 국가해양국 산하 제1해양연구소에 한 중해양과학 협력센터가 95년 상반기에 설치될 전망이므로 황해광역생태계 연구도 이 센터를 통해 협력을 추진하는 것이 효율적으로 판단된다. 이 연구의 수행주체가 협력센터의 위원으로 참여하여 연구를 추진하도록 하는 안도 매우 바람직하다고 판단된다.

### 10.3.2 협력

이 연구계획을 추진함에 있어 국내 및 국제협력이 요구된다. 중국의 국내협력은 국가해양국이 주도하여 타부처 연구기관 및 대학간의 협력체제를 구축하며 우리나라의 경우는 같은 역할을 한국해양연구소가 담당하도록 계획되어 있다. 한 중 국가간의 협력은 행정협력과 연구조정기구를 두어 추진할 예정이며 행정협력은 NOWPAP과 같은 지역협력기구 및 IOC와 같은 국제협력기구 그리고 전세계의 광역생태계연구를 지원하고 있는 미국 NOAA와의 협력 부문도 관장하게 된다.

### 10.3.3 능력제고

연구의 효율적인 추진과 이 연구의 결과를 장기적으로 활용하기 위해서는 각 분야별 전문기술의 확보가 필요하다. 능력제고의 가장 중요한 임무는 생태계 감시, 평가를 행할 전문인력을 양성하는 것이다. 광역생태계 개념에 비추어 인력양성은 학제적인 협력이 강조되어야 한다. 능력제고에는 현 인력과 시설의 최대한 활용을 염두에 두고 추진될 것이지만 국제전문가도 활용될 것이다. 훈련교육은 현장조사, 강의 및 세미나 그리고 워크숍 및 심포지움 등의 수단을 통해 이루어지게 된다.

### 10.3.4 연구관리

광역해양생태계 연구의 추진에는 각기 다른 분야의 전문가간의 협력이 필요하므로 이들의 노력을 효율적으로 조화시켜 목표를 달성하기 위해서는 적절한 관리기구가 필요하다. 그리고 이 연구계획은 진행과정을 통해 수정되도록 되어 있으며 연구비가 참여국에서 조달되지 않고 국제기금을 사용하기 때문에 참여국간, 그리고 국제간 조정이 필요하다. 국제적 조정기구는 International Coordination Group과 International Scientific Steering Group을 두어 행정 및 연구주체간에 협의를 거치게 되어 있다. 그리고 필요시 International Scientific Working Group을 가동시키는 안이 제시되고 있다.

한편 연구관리를 위한 제반업무를 자원하기 위해 연구계획 사무실을 설치하는 안에 대해 중국 국가해양국이 북경에 사무실을 설치하고 제반 경비를 부담하겠다는 의사를 밝힌 바 있다. 한편 이와는 별도로 청도에 한 중해양과학협력센터가 설치되고 있어서 황해광역생태계연구 추진을 위한 사무소의 설치를 청도로 유치하여 센터에서 관장하는 것이 효율적이라고 판단된다. 이에 대해 중국과 조속히 협의를 하는 것이 바람직하다고 여겨진다.

### 10.3.5 초기연구활동

이 연구는 '95부터 3년간 수행될 예정으로 초기 6개월 내지 1년은 인력훈련, 기술지원 및 과거 자료의 분석에 주력할 예정이다. 생태계 감시와 평가를 위한 활동은 훈련과 장비의 도입이 완료된 시점에서 추진할 예정이다. 이 연구계획은 현재 연구지원기관이 GEF가 사업계획서를 심의중인 관계로 상세한 연구일정은 '95년도 초기에 확정될 예정이다.

## 10.4 세부연구과제, 추진일정 및 예산

황해조사에 있어서 막대한 연구비의 조달문제, 한 중 공동 연구에 있어서의 공통의 연구 골격의 선정과 국가적 조정 등의 어려움이 있다. 이러한 점에서 LME 개념에 의한 황해조사는 국가적으로 매우 유익하고 적절한 사업으로 판단된다. 1986년에 처음 제한된 이래 LME 개념은 6차 이상의 국제회의를 통해 수많은 해양학자에 의해 조사 방법과 프로토콜이 확립되어 있다. LME는 해양환경보호를 통한 생물수산자원의 보존을 목표로함과 동시에 생태계적 접근방식과 통합적 생태계 관리를 통한 생물수산자원의 보존을 목표로하여 생태계적 접근방식과 통합적 생태계 관리를 주요 방법론을 채택하고 있다. 따라서 LME 개념을 통한 조사는 기존의 연구가 갖는 단점인 방만함과 현상적 파악을 배제하여 구체적인 목표를 최신의 방법론을 써서 추구하게 된다.

GEF 기금에 의한 LME 연구는 기금 공여기관과 제3국 전문가에 의한 객관적 평가와 조정에 의한 국내, 또는 국가간의 활동이 적절하게 감독, 중재되게 되므로 종래 한 중 양국 공동 연구시 보장받기 어려운 모든 문제점에 대해 적절한 중재 및 조정이 가능하다는 장점이 있다. GEF의 정책상 순수연구는 지원하지 않고 조사사업만 지원하므로 YSLME는 그 성격이 감사와 평가 (monitoring and assessment)로 제약받는다.

### 10.4.1 세부연구과제

황해광역생태계연구계획은 전술한 바와 같이 4개의 연구 활동영역으로 구성되어 있다.

1. 생태계 모니터링 - 자원관리와 정책결정에 필요한 상세한 정보를 제공하기 위한 생태계 모니터링과 평가 시스템의 구축
2. 생태계 관리 - 황해를 위한 국내, 국가간 협력 관리와 정책의 기본 방향을 제시
3. 자료의 관리와 교환 - 한국과 중국간에 황해 생태계에 대한 정보가 효율적으로 관리되고 유통되도록 자료관리 시스템을 구축
4. 능력제고 - 참여 연구기관으로 하여금 생태계의 관리와 평가에 필요한 적절한 장비와 고급인력의 확보를 촉진

각 연구활동을 구성하는 세부연구과제는 (표 10-1) GEF에 제출된 연구사업계획서에 실린 것들로서 GEF의 사업심의 그리고 연구비 지원 규모에 따라 추후 다소 조정될 수 있다. 만약 GEF 기금이 거절되는 경우에는 세부연구내용이 GEF 기금을 근거로 한 것이기 때문에 황해광역생태계 연구 수행에 커다란 차질을 빚게 될 것이다. 이와같은 경우가 발생되면 황해종합조사연구의 2차년도부터 황해 생태계연구에 대한 투자를 대폭 확대해야만 한다.

표 10-1. 황해광역해양생태계 연구계획 ('95-'97)의 세부 연구내용 목록

연구활동	세부연구과제	세부 내용
생태계 모니터링	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생물수산자원</li> <li>• 생산력</li> <li>• 생태계 건강</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 조사 (213 정점): 4회/년</li> <li>- 원격탐사</li> <li>- 해황조사</li> <li>- 생태계 건강 평가</li> <li>- 오염물질의 플렉스 측정</li> <li>- 유류 등 유해물질 유출에 대한 대응</li> <li>- 생태계 회복률</li> <li>- 환경 평가 모델</li> </ul>
자료관리와 교환	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지리정보 시스템 개발</li> <li>• 자료의 질 관리</li> </ul>	
능력제고	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 교육/ 연수 프로그램</li> <li>• 현장실습</li> <li>• 세미나/워크샵</li> <li>• 전문가 초빙</li> </ul>	
생태계 관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현 자원관리 시스템 비교 분석</li> <li>• 자원 및 환경의 경제성 평가</li> <li>• 통합관리 시스템의 구상</li> </ul>	

#### 10.4.2 추진일정

이 사업은 총연구기간이 3년으로 확정된 연구계획으로서 연구비 규모가 아직 확정되지 못한 관계로 (10.3.5절 참조) 세부사업의 내용과 구체적인 추진일정이 합의되지 않은 상태이다. 그러나 연구의 초기 (6개월-1년)에는 능력제고와 자료의 관리와 교환을 위한 활동에 주력하고 그 이후에 생태계 모니터링이 본격 추진될 전망이다.

#### 10.4.3 예산

우리나라측이 GEF에 제출한 연구계획의 예산 세부내역은 표 10-2에 정리한 바와 같다. 총사업비 규모는 미화 13백만 달러를 상회하는 대규모 사업으로 이중 우리가 5.6백만달러를 나머지는 중국측에서 마련하는 것으로 계획되어 있다. 한편 대부분의 재원은 국제환경금융 (GEF) 신청분으로 구성되어 있다. 황해광역생태계연구의 기획은 황해 해양과학 프로그램과 별도로 기획된 것으로 독자적인 수행이 보장되도록 기획되어 있다. 만일 GEF에서의 예산이 삭감되는 경우 능력제고 모듈과 같이 촉방지원하는 사업 내용은 한 중해양과학협력센터의 기금을 이용하는 등의 조치가 이루어져야 할 것이다.

표 10-2. 황해광역해양생태계 연구의 한국과 중국측 예산 세부내역표 (단위 : USD 1,000)

연구활동 분야 및 내역	예산 (한국)	예산 (중국)	계
1 생태계 모니터링	(4,175)	(5,924)	(10,099)
1.1 생물 수산자원			
• 장비	350	350	700
• 조사선 사용	1,000	1,260	2,260
• 일회용 장비	190	140	330
• 자료분석, 모델	150	100	250
• 국내 여비	45	45	90
1.2 생산력			
• 플랑크톤 채집 및 환경감시 및 평가용 기기	894	1,225	2,119
• 시료보관 및 분석	75	300	375
• 장비보정용 항해	-	250	250
• 원격탐사	135	125	260
• 정선관측	150	80	230
1.3 생태계 건강			
• 생태계 건강 평가	549	1026	1,575
• 오염 부하량 측정	150	400	550
• 유류 유출 대응 및 치수	350	350	700
• 자료분석 및 모델링	132	243	375
2. 자료관리와 교환	(190)	(228)	(418)
2.1 GIS	90	128	218
2.2 자료의 질관리	100	100	200
3. 능력제고	(236)	(536)	(772)
3.1 교육훈련	200	500	70
3.2 국제회의	36	36	72
4. 생태계 관리	(647)	(777)	(1,424)
4.1 관리체계 비교분석	187	317	504
4.2 경제성 분석	210	210	426
4.3 통합관리시스템	250	250	500
5. 과제조정	(436)	(516)	(946)
5.1 워크샵	60	60	120
5.2 여비	150	150	300
5.3 워킹그룹활동	120	120	246
5.4 정기회의 (자국)	50	136	186
5.5 국제회의	50	50	100
<b>총계</b>	<b>5,678</b>	<b>7,981</b>	<b>13,659</b>

## 제3부 부 록

부록 I. 황해종합조사연구기획단

부록 II. 황해종합연구를 위한 수요조사 요약





## 부록 1. 황해종합조사연구기획단 (1994.2 - )

단장: 송 옥환, 과학기술처 연구기획조정실장 (손 연수)\*

위원: 박 용안, 서울대학교 교수

윤 서성, 환경부 수질보전국장 (황 흥석)

이 광우, 한양대학교 교수

이 삼석, 국립수산진흥원, 서해수산연구소장

이 승한, 삼성건설(주) 개발본부장

이 영철, 인하대학교 교수

이 창섭, 해양경찰청, 오염관리부장

정 용승, 한국교원대학교 교수

정 종률, 서울대학교 교수

홍 승용, 한국해양연구소 정책연구부장

황 호영, 해운항만청 개발국장

간사: 장 상구, 과학기술처 자원해양조정관 (이 승구)

---

\*: 괄호 안은 전임 위원임

# 부록 II. 황해종합연구를 위한 수요조사 요약

## 환경보전분야

### 제1주제 해양 물리·화학분야

- 과제 1. 황해의 해수 순환
- 과제 2. 황해 오염 저감 및 방지기술 개발
- 과제 3. 황해의 물질균형과 플럭스 연구

### 제2주제 대기과학분야

- 과제 4. 황해의 탄소 순환 (carbon cycle) 연구
- 과제 5. 대기와 황해의 상호작용
- 과제 6. 황해의 대기환경 영향 평가 (AIA)

## 자원개발분야

### 제1주제 황해 생물 및 수산자원 분야

- 과제 7. 황해의 생물 다양성 보전 및 자원 연구
- 과제 8. 황해 생태계 구조와 기능에 관한 연구
- 과제 9. 황해 어업자원의 관리 및 조성
- 과제 10. 서해안 양식생물의 질병과 대책에 관한 연구

### 제2주제 황해 지질 및 광물자원분야 과제

- 과제 11. 현생퇴적환경연구
- 과제 12. 황해분지의 진화 및 퇴적환경 연구
- 과제 13. 황해분지의 지질도 (1:1,000,000) 작성 연구

## 정책·산업분야

- 과제 14. 황해 해양경계 획정 모델
- 과제 15. 황해 해양자원 및 환경의 통합관리 정책 개발
- 과제 16. 황해 해양산업 진흥방안
- 과제 17. 연안역 관리 시스템 개발 연구

# 과제 1. 황해 해수 순환

최종연구목표: 황해의 해수 순환에 대한 실용 모델과 예측 모델의 개발

단계	1단계 ('95-'97)	2단계 ('98-'2000)	3단계 ('01-'04)
단계별 목표	기본 해수 순환 모델 수립 (개량)	복합 해수 순환 모델 수립	모델의 운용 및 자료이용 체계 구축
주요 연구과제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 조석 모델</li> <li>• 풍성 해수 순환 모델</li> <li>• 열염 순환 모델</li> <li>• 해류 추적 실험</li> <li>• 해류 계류 관측 실험</li> <li>• 경계면 역학 모델</li> <li>• 위성 원격 탐사</li> <li>• 기존 자료의 재검토</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기본 모델의 세련화 및 복합 모델의 구축</li> <li>• 해류 추적 실험</li> <li>• 해류 계류 관측 실험</li> <li>• 종합 고정 관측점 운영</li> <li>• 위성 원격 탐사</li> <li>• 자료처리, reduction 방법의 수립</li> <li>• DB 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 복합 모델의 세련화, 운용 및 타분야 필요 자료 생산</li> <li>• 해류 추적 실험</li> <li>• 해류 계류 관측 실험</li> <li>• 종합 고정 관측점 운영</li> <li>• 위성 원격 탐사</li> <li>• 황해 관련 DB의 운영</li> </ul>
추정 소요 연구비 (백만원/년)	1,000	1,000	1,000
추진방법 (협력형태)	학연 공동연구, 국제공동연구 (WCRP 및 중국, 북한)		
활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 황해 동력학에 관한 개별 과정의 모델화</li> <li>• 해수 순환 체계의 이해</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 황해 환경 관리에 필수적인 기본 자료 제공</li> <li>• 통일된 자료 처리 체계 구축→자료의 호환성 및 가용성을 높임</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 환경 관리, 자원 관리 등 필요 분야에 종합적인 황해 해수 순환 자료 제공</li> </ul>
기타사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 동중국해 해황연구와 연계 필요</li> <li>• 중국, 북한의 참여 필수적</li> <li>• WOCE, TOGA의 첨단 관측 기술 이전 필요</li> </ul>		

## 과제 2. 황해 오염 저감 및 방지기술 개발

최종연구목표: 황해의 해양오염 현황 및 추세를 파악하고 오염을 저감하기 위한 기술 개발

단계	1단계 ('95-'97)	2단계 ('98-'2000)	3단계 ('01-'04)
단계별 목표	황해오염의 현황 및 추세 파악	황해 오염 저감을 위한 기술 개발	황해 오염의 감시 및 관리체제 구축
주요 연구과제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 육상기원 오염물질 측정</li> <li>• 해상 유출사고 방지 및 오염 정화기술</li> <li>• 황해의 오염 현황 및 추세 감시 프로그램 (1)</li> <li>• 정기운항 선박을 이용한 광역 해양오염 감시 프로그램</li> <li>• 해류 계류 관측 실험</li> <li>• 대기를 통해 유입되는 오염부하 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 육상기원 오염물질 측정</li> <li>• 해양 유출사고 방제 지원 시스템 개발</li> <li>• 황해의 오염 현황 및 추세 감시 프로그램 (2)</li> <li>• 해수 수질 자동측정 장치 개발</li> <li>• 대기오염물질의 장거리 이동 감시망 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 육상기원 해양오염 통합관리 시스템 개발</li> <li>• 전산화된 환경 민감도 지도 작성</li> <li>• 황해의 오염 현황 및 추세 감시 프로그램 (3)</li> <li>• 광역 해양오염 감시망 구축</li> <li>• 대기오염물질의 이동 및 변화과정에 대한 연구</li> </ul>
추정 소요 연구비 (백만원/년)	1,000	1,000	1,000
추진방법 (협력형태)	산학연 공동연구, 국제공동연구 (LME), 한중 공동조사 및 자료 교환		
활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 황해의 오염 추세 파악을 위한 종합적인 자료 제시</li> <li>• 황해로 유입되는 각종 오염물질의 경로별 기원별 부하추정 및 오염 저감 대책 수립</li> <li>• 황해오염 피해의 최소화 및 장기적인 영향의 파악</li> <li>• 해양오염 감시망의 구축</li> <li>• 대기를 통한 오염물질 유입에 관한 근거자료 확보</li> </ul>		
기타사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선진국과 같은 수준의장기적인 해양오염 모니터링 체제 구축이 필수적임.</li> <li>• 오염부하의 추정 및관리체제의 구축에 있어 중국과의 긴밀한 협력 연구 필요</li> </ul>		

### 과제 3. 황해의 물질균형과 플럭스 연구

최종연구목표: 황해로 유입되는 물질의 양과 유입 후 운명을 결정하는 인자와 과정을 규명하고 물질의 순환에 대한 모델을 개발함

단계	1단계 ('95-'97)	2단계 ('98-2000)	3단계 ('01-'04)
단계별 목표	황해로의 물질 유입과 교환, 퇴적을 정량적으로 측정함	물질 플럭스 과정 규명, 물질 포용 능력 산출	물질순환모델 개발
주요 연구과제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대기로부터의 물질유입</li> <li>• 하천으로부터의 물질유입</li> <li>• 봉단에서의 물질교환</li> <li>• 황해분지의 퇴적을</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 입자에 의한 침강</li> <li>• 퇴적물 재부유</li> <li>• 화학적 물질 변환</li> <li>• 재무기화 과정</li> <li>• 해수 혼합층 역학</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시뮬레이션 모델</li> <li>• 예측 모델</li> </ul>
추정 소요 연구비 (백만원/년)	200	300	200
추진방법 (협력 형태)	학연 공동연구, 국제공동연구 (JGOFS) 중국 (북한)과의 자료교환		
활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 황해 환경관리에 필수적인 기반 자료 제공</li> <li>• G7 해양환경보전 연구 측면 지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 개별과정의 모델화</li> <li>• 생태환경 이해</li> <li>• 인위적 영향 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 황해 관리 옵션 평가</li> <li>• 해수 수질 평가</li> </ul>
기타 사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국제 표준 측정방법 도입 또는 중국과 사양 합의</li> <li>• 2개소 이상의 해상관측소 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• JGOFS, LOICZ와 연계 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해수 순환 모델 필요</li> </ul>

## 과제 4. 황해의 탄소 순환 (carbon cycle) 연구

최종연구목표: 지구환경변화와 한반도의 영향

단계	1단계 ('95-97)	2단계 ('98-2000)	3단계 ('01-'04)
단계별 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 황해 연안의 온실가스 모니터링</li> <li>• 동아시아와 황해 연안의 탄소 순환 비교</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 온실가스 모니터링</li> <li>• 황해와 지구적 영향 비교</li> <li>• 국산화 추진</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 온실가스 모니터링</li> <li>• 탄소 순환 모델 개발</li> <li>• 모니터링 기술의 선진화</li> </ul>
주요연구과제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO<sub>2</sub> 관측, 분석, 해석 및 평가 (태안의 모니터링)</li> <li>• CH<sub>4</sub> 관측, 분석, 해석 및 평가 (태안)</li> <li>• CO 관측, 분석, 해석 및 평가 (태안)</li> <li>• C<sup>12</sup>, C<sup>13</sup> 동위원소 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO<sub>2</sub> 의 모니터링</li> <li>• CH<sub>4</sub> 의 모니터링</li> <li>• CO의 모니터링</li> <li>• 탄소 동위원소 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO<sub>2</sub>의 모니터링</li> <li>• CH<sub>4</sub>의 모니터링</li> <li>• CO의 모니터링</li> <li>• 탄소 동위원소 연구</li> </ul>
추정 소요 연구비 (백만원/년)	100	150	200
추진방법 (협력 형태)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국제공동연구 (미국, 중국, 몽고)</li> <li>• 미국 NOAA 협력</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 학연 공동연구, 북한과 공동연구</li> <li>• 미국 NOAA 협력연구, 중국, 몽고, 일본과 협동</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 학연 공동연구, 평양에 분소운영</li> <li>• NOAA 수준 운영, 중국, 일본 및 러시아와 공동 개발</li> </ul>
활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WMO에 한국자료 공급</li> <li>• UNEP, WMO GARP, IGBP 협력 및 참여</li> <li>• 탄소세 등 국가의 중요 정책 및 경제기획의 자료</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WMO에 한국자료 공급</li> <li>• UNEP, WMO GARP, IGBP 협력</li> <li>• GR, WTO 대비 자료 비축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WMO 등 국제적 협력</li> <li>• 동아시아의 선도적 역할</li> <li>• 식량전쟁 대비의 자료공급</li> </ul>
기타사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 북한에 기술협력 제공</li> <li>• 중국과학원, 중국기상청, 몽고대기연구소와 자료교환</li> <li>• 한중/중한 대기과학 연구센터 활성화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 북한의 참여 기대</li> <li>• 황해 보전의 국제기구 창설 유도 및 자료공급</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• "동일 한국"의 단일 탄소 순환 연구수행</li> <li>• 전문가 양성 및 확보</li> </ul>

## 과제 5. 대기과 황해의 상호작용

최종연구목표: 해양 기상 (관측) 예보 개발

단계	1단계 ('95-'97)	2단계 ('98-2000)	3단계 ('01-'04)
단계별 목표	Tower, 선박 및 buoy 관측 수치 모델 개발	Tower, 선박 및 buoy관측 수치예보 모델 개선	해양기상 종합 관측
주요연구과제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 황해의 저기압 발달 및 악기상 예보모델</li> <li>• 황해의 태풍진로 및 에너지 변화 연구</li> <li>• 유동 격자 체계의 수치 모델개발</li> <li>• 선박 및 buoy 관측</li> <li>• tower 관측</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 호우 및 악기상 예보모델개선</li> <li>• 태풍예보 모델 개선</li> <li>• 수치예보 모델 개선</li> <li>• 해양기상예보 모델</li> <li>• 해양기상관측 개선</li> <li>• tower 관측법 개선</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 악기상예보 모델 실용화</li> <li>• 태풍예보 모델 실용화</li> <li>• 지역 수치기상예보 모델 실용화</li> <li>• 해양기상예보 모델 실용화</li> <li>• 해양기상관측 기술 실용화</li> <li>• tower 관측자료의 예보 실용화</li> </ul>
추정 소요 연구비 (백만원/년)	200	250	350
추진방법 (협력 형태)	학연 공동연구, 한·공동연구, 관측 tower 설치, 수치 모델 개발		
활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대기과 해양의 상호작용 이해</li> <li>• 해양예보기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해양기상업무 개선</li> <li>• 기상특보개선</li> <li>• 수산자원 보호</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해양기상업무의 과학화</li> <li>• 수산자원의 보전</li> </ul>
기타 사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미국의 수치예보기술도입</li> <li>• 북경대와 공동연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 북한의 해양기상 업무 연수</li> <li>• 북경대학 및 중국제1해양연구소와 공동관측 및 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통일 한국의 황해 자원 보전에 기여</li> <li>• 동해의 러시아, 일본과의 공동 보호체제 구축</li> </ul>

## 과제 6. 황해의 대기환경 영향 평가 (AIA)

최종연구목표: 황해의 대기 요소와 생태계의 영향

단계	1단계 ('95-97)	2단계 ('98-2000)	3단계 ('01-'04)
단계별 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>해양-대기의 변동 및 변화</li> <li>연안과 육지의 영향</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>해양기후 변화 조사</li> <li>대기의 생태계 영향 파악</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>대기환경의 보전 연구</li> <li>생태계의 보전 연구</li> </ul>
주요연구과제	<ul style="list-style-type: none"> <li>기온 및 해수온도 변화 연구</li> <li>시정의 변동 조사 연구</li> <li>강수의 변화와 영향</li> <li>대기오염의 생태계 영향 조사</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기온 및 해수온도 경향 연구</li> <li>시정 변화 연구</li> <li>강수의 변화 연구</li> <li>가뭄과 대기순환 연구</li> <li>대기오염과 생태계 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기온 및 해수온도 예보 연구</li> <li>시정변화 예보 연구</li> <li>강수의 변화 예보 연구</li> <li>가뭄의 대책 연구</li> <li>생태계 영향 대책 연구</li> </ul>
추정 소요 연구비 (백만원/년)	150	200	300
추진방법 (협력 형태)	<ul style="list-style-type: none"> <li>학연공동연구, 한중협력 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>학연공동연구, 한중협력연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>학연공동연구, 한중협력연구</li> </ul>
활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>기후변화와 해양상태 변동의 원인 규명</li> <li>생태계 영향 조사</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>해양기후의 변화 규명</li> <li>생태계 영향 규명</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>해양 대기 환경 보전</li> <li>피해 방지 연구</li> </ul>
기타사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>역사적 자료 조사</li> <li>북경대, 북경사대, 중국제1 해양연구소와의 협력연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>실측자료 이용</li> <li>북경대, 북경사대, 중국제1 해양연구소와의 협력연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수치 모델 이용</li> <li>통일후 북한의 자료 이용</li> </ul>



## 과제 7. 황해의 생물다양성 보전 및 자원연구

최종연구목표: 황해에 서식하는 생물의 다양성을 보존하고 자원을 효율적으로 관리하기 위한 데이터 베이스 개발 및 모니터링 시스템 구축

	1단계 ('95-'97)	2단계 ('98-2000)	3단계 ('01-'04)
단계별 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존자료의 수집 및 DB화</li> <li>• 생물 다양성 및 자원에 관한 현장조사</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생물 다양성 및 자원에 관한 현장조사 및 실험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생물 다양성 및 자원관리에 관한 최종 DB 개발</li> </ul>
주요연구과제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생물다양성 조사</li> <li>• 기존 환경 및 생물자료 DB</li> <li>• 중요 종의 생활사 및 산란장 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생물 다양성 조사</li> <li>• 수괴 및 오염 지표종 추출</li> <li>• 영양염의 영향 평가</li> <li>• 신종 자원 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생물 다양성에 관한 DB 구축</li> <li>• 자원관리를 위한 DB 및 분리체 배양 시스템 개발</li> <li>• 환경 변화 예측을 위한 모니터링 시스템 개발</li> </ul>
추정 소요 연구비 (백만원/년)	400	400	400
추진방법 (협력 형태)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 학연 공동 연구, 중국과의 공동조사 및 자료교환</li> </ul>		
활용방안 (학술적, 경제적, 정책적)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생물다양성 협약에 관한 정책결정에 중요한 자료로 활용</li> <li>• 각종 오염 및 환경변화에 따른 생태계 변화 예측에 활용</li> <li>• 기존 자원의 효율적인 관리 및 신종 자원 개발에 활용</li> </ul>		
기타 사항 (걸림돌, 국제협력, 필요조건, 등)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생물 다양성을조사하기 위해서는 각 분류군의 전문가가 모두 참여해야 함</li> <li>• 기존 자료의 수집 및 현장 조사를 위해서는 대규모 인원이 필요함</li> </ul>		

## 과제 8. 황해 생태계 구조와 기능에 관한 연구

최종연구목표: 황해 생태계의 구조와 먹이망을 통해 일어나는 물질과 에너지의 흐름의 모델 개발

	1단계 ('95-'97)	2단계 ('98-2000)	3단계 ('01-'04)
단계별 목표	수역에 따른 생태계의 구조와 기능 조사	생태계 내의 물질 순환과 에너지 흐름 측정	황해 생태계의 물질순환과 에너지 흐름의 모델 개발
주요연구과제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 하구역의 생태계 구조 및 기능 연구</li> <li>• 전선수역의 생태계 구조 및 기능 연구</li> <li>• 다양역의 생태계 구조 및 기능 연구</li> <li>• 매립, 간척으로 생태계 변화 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 일차 생산력 연구</li> <li>• 이차 생산력 연구</li> <li>• 먹이망 연구</li> <li>• 미세 먹이망 연구</li> <li>• 에너지 전달 효율 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물질 순환 및 에너지 흐름 모델</li> <li>• 이 모델에 근거한 생태계 변화 예측 연구</li> </ul>
추정 소요 연구비 (백만원/년)	400	400	400
추진방법 (협력 형태)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 학연 공동 연구, 중국과의 공동조사 및 자료교환</li> <li>• 국제 공동연구 (JGOFs, GLOBEC), 황해-LME와 상호보완적 수행</li> </ul>		
활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내에서 아직 생태계내의 물질 순환 및 에너지 흐름에 대한 종합적인 모델이 개발된 것이 없으므로 이 연구의 결과는 학술적 가치가 높을 것으로 판단</li> <li>• 연안역 개발시 생태계의 변화를 예측할 수 있는 모델로 활용</li> <li>• 먹이망을 통한 물질 순환 모델로 경제성 있는 자원의 과학적 관리가 가능</li> </ul>		
기타 사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물질 순환 및 에너지의 흐름에 대한 연구는 국내에서는 know-how가 많이 축적이 되지 못하였으므로 국제 공동 연구를 통해 연구기술 축적이 필요함</li> <li>• 종합적인 먹이망 연구를 위해서는 각 영양단계별 전문가의 긴밀한 협조가 필요함</li> </ul>		

## 과제 9. 황해어업자원조성

최종연구목표: 중국 근해를 포함한 황해 주요 어업 대상자원의 합리적 이용을 위한 종류별 생태연구, 자원상태평가 및 관리방안 강구

단계	1단계 ('95-97)	2단계 ('98-2000)	3단계 ('01-'04)
단계별 목표	주요 어종의 생태적 특성	주요 어종의 가입 및 자원변동에 관한 연구	합리적 자원 관리방안 강구
주요연구과제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주요 어종의 시기별 분포 이동에 관한 연구</li> <li>• 주요 어종의 산란, 성숙에 관한 연구</li> <li>• 주요 어종의 계통군에 관한 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주요 어종의 자원변동에 관한 연구</li> <li>• 주요 자원 평가</li> <li>• 주요 어종의 어장 및 어구 가입에 관한 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 합리적 자원 관리방안에 관한 연구</li> <li>• 지속적 이용을 위한 자원조성에 관한 연구</li> </ul>
추정소요연구비 (백만원/년)	400	400	300
추진방법 (협력 형태)	• 학연 공동연구; 중국, 북한과의 공동연구		
활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 황해 주요 어종의 생태적 특성 파악으로 황해의 생태계 분석</li> <li>• 경쟁력 강화에 필요한 어구어법 및 증양식 기술개발의 기초자료 제공</li> <li>• 생태적 특성파악에 의한 합리적 관리방안 강구의 기초자료 제공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주요 어종의 가입 기구 규명</li> <li>• 자원평가에 의한 현자원 상태 평가</li> <li>• 자원평가 및 가입상황 파악에 의한 계획적 생산</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 감소하는 황해자원의 조성 및 관리방안 강구 및 종합적 자원평가에 의한 황해 어획안 수립시 근거자료 제공</li> </ul>
기타사항	중국, 북한의 협력 절대적으로 필요		

## 과제 10. 서해안 양식생물의 질병과 대책에 관한 연구

최종연구목표: 서해안 주요 양식품종의 질병 발생동향을 파악하여 주발생 질병의 원인을 구명하여 피해 최소화시킬 치료대책 및 예방대책을 강구

단계	1단계 ('95-97)	2단계 ('98-2000)	3단계 ('01-'04)
단계별 목표	양식품종별 주요 질병발생 현황 및 간이 진단법 개발	원인생물의 특성 구명과 치료 및 예방대책 확립	수입 수산종묘의 검역법 확립
주요연구과제	<ul style="list-style-type: none"> <li>주요 어종별 발병 및 피해 현황조사</li> <li>질병별 간이 진단법 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>원인생물의 특성 구명</li> <li>질병별 치료약재 구명</li> <li>백신의 시제작 및 효과 판정</li> <li>면역증강제에 의한 생체방어능력의 향상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>원인생물의 인공감염에 따른 양적 변동</li> <li>원인생물 확정을 위한 판별기법 개발</li> </ul>
추정소요연구비 (백만원/년)	160	240	120
추진방법 (협력 형태)	학연 공동연구		
활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>서해안 양식생물에 발생하는 질병의 원인생물 구명과 치료, 지역적 특이성, 발병기구 및 예방대책을 수립하기 위하여 원인생물의 특성이 밝혀지며 원인생물의 감염경로구명, 백신 제조, 면역증강제의 생체방어능력 증강에 관한 효능이 구명되어 보균상태의 검출기법 확립</li> <li>질병치료와 예방대책 및 기술을 양식 어민에게 지도, 보급하여 질병에 대한 피해경감, 어가소득증대, 양식어업 발전에 기여</li> <li>국내 양식어업을 육성, 발전시켜 수입개방에 따른 외국 수산물의 수입감소 유도</li> </ul>		
기타사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>서해안과 동일수계인 중국 동부해안의 양식생물의 발병현황에 대한 공동연구 및 자료수집 필요</li> </ul>		

## 과제 11. 현생퇴적환경 연구

최종연구목표: 황해 전반에 대한 현재의 퇴적환경을 규명하고, 자연환경에 대한 기초적 자료제공

단계	1단계 ('95-'97)	2단계 ('98-2000)	3단계 ('01-04)
단계별 목표	황해로의 물질 유입과 근원지 조사	현생퇴적환경 규명과 기초자료의 도면화	
주요연구과제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 염하구의 조사</li> <li>• 유수순환 연구</li> <li>• 조립질물질의 퇴적기작 연구</li> <li>• 세립질물질의 분포 및 퇴적 기작연구</li> <li>• 미고생물연구</li> <li>• 세립질물질의 지화학적 기원 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 조립질물질의 동력학적 퇴적작용과 해수순환과의 관계연구</li> <li>• 해수유동과 조립질 물질의 운반이동의 패턴연구</li> <li>• 자생광물의 지화학-퇴적학적 연구</li> </ul>	
추정소요연구비 (백만원/년)	200	100	
추진방법	• 학연공동연구, 중국과의 공동연구		
활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 황해 환경관리에 필수적 자료제공</li> <li>• 해양지질학적인 자료 제공</li> <li>• 오염원의 추적자료 제공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자연환경 이해</li> <li>• 자연환경도</li> <li>• 퇴적환경 이해</li> </ul>	
기타사항			

## 과제 12. 황해분지의 진화 및 퇴적환경 연구

최종연구목적: 황해분지의 진화와 퇴적환경을 규명하고, 제4기 해수면 변화를 밝혀 미래의 해수면 변화를 추적하고, 해양지질학의 기초자료 제공

	1단계 ('95-'97)	2단계 ('98-2000)	3단계 ('01-04)
단계별 목표	고기퇴적환경 분지진화를 이해할 수 있는 야외조사	고기퇴적환경의 규명과 분지의 진화규명	
주요연구과제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 황해분지의 천부탄성파탐사</li> <li>• 황해분지의 심부탄성파탐사</li> <li>• 황해의 제4기층 시추</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 황해분지의 탄성파 층서 규명과 퇴적환경연구</li> <li>• 황해분지발달 연구</li> <li>• 고해양학연구</li> <li>• 제4기 해수면 변화 연구</li> <li>• 3차원적 퇴적환경과 층서 재현 연구</li> </ul>	
추정소요연구비 (백만원/년)	300	300	
추진방법	학연공동연구, 중국과의 공동연구		
활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고수로 분포도의 작성으로 쇄설광물 부존지역을 확보</li> <li>• 시추자료의 확보로 여러 학문분야에 시료제공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 황해분지의 진화이해</li> <li>• 황해분지의 퇴적환경 이해</li> </ul>	
기타사항			

### 과제 13. 황해분지의 지질도 (1:1,000,000) 작성

최종연구목적 : 황해분지의 지질도작성

단계	1단계('95-'97)	2단계('98-2000)	3단계('01-04)
단계별 목표	황해지질도 작성을 위한 야외 조사	야외조사자료의 해석과 분석 및 지질도작성	
주요연구과제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 황해분지의 전부 탄성파 탐사</li> <li>• 황해분지의 심부 탄성파탐사</li> <li>• 황해의 제4기층 시추</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해저지형도작성</li> <li>• 잔여지자력도작성</li> <li>• 전자력도작성</li> <li>• 표층퇴적물 분포도 작성</li> <li>• 동층후도작성</li> <li>• 지질단면도 작성</li> </ul>	
추정소요연구비 (백만원/년)	200	200	
추진방법	학연공동연구; 중국과의 공동연구		
활용방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 황해분지의 퇴적층의 발달 상태 이해</li> <li>• 해양지질학적 자료 제공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 쇄설광물부존가능 지역의 확보</li> <li>• 석유산출 가능 분지의 추적</li> <li>• 지질도의 완성으로 해양과 관련된 토목공사에 자료제공</li> </ul>	
기타사항			

## 과제 14. 황해 해양경계 획정 모델

최종연구목표 : 우리나라 해양 관할권 설정을 위한 가상 해양경계선 제시

단계	1단계 ('95-'97)	2단계 ('98-'2000)
단계별 목표	신해양질서에 입각한 한국의 해양 관할권(EEZ) 선포방안 제시	황해에서의 한 중 협상전략 도출
주요연구과제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주요국의 해양관할권 선포방식 및 관리제도 검토</li> <li>• 국제사법재판소(ICJ)의 해양경계 분쟁사례 검토</li> <li>• 한국 북한 중국의 해양관할권 입장 비교 분석</li> <li>• 해양경계획정 전산모델 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인접국간의 중복해역 공동관리방안 검토</li> <li>• 한 중해양경계분쟁 해결절차(ICJ, 해양법재판소, 중재재판소등) 연구</li> <li>• 중복예상지역의 정치적 경제적 군사적 가치평가</li> <li>• 전산모델을 이용한 각종 선포방안별 해양경계획정 도면 작성</li> </ul>
추정 소요 연구비	150 백만원 / 년	430 백만원 / 년
추진 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 관계부처 (외무부, 국방부, 수산청, 과기처 등) 대책회의 운영</li> <li>• 국내 전문가의 해외파견을 통한 외국 최근동향파악 및 기술습득</li> <li>• 캐나다등 분쟁해결 선례국의 외국 전문가 초빙활용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 관계부처 (외무부, 국방부, 수산청, 과기처 등) 대책회의 운영</li> <li>• 국내외 국제소송 전문가 활용</li> <li>• 중복예상지역의 현장조사를 통한 자원평가</li> </ul>
활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 한 중해양경계획정 협상자료 도출</li> <li>• 해양관할권 관련 국내입법 및 제도 정비방안 설정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 각종 해양자원(수산 해저광물등) 개발 및 해양환경관리를 위한 국가기본 정책방향 설정</li> <li>• 국내 해양산업의 육성방안(한 중 합작 개발 관리방안등)의 자료로 활용</li> </ul>
기타 사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업과정의 보안유지</li> <li>• 우리나라 해양관할권(EEZ등) 선포시기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 한 중간 외교적 분쟁 및 협상가능성 여부</li> <li>• 분쟁가능지역의 해양과학조사자료의 총족여부</li> </ul>



## 과제 15. 황해 해양자원 및 환경의 통합관리 정책 개발

최종연구목표: 황해의 지속적 개발을 위한 통합관리방안 도출

단계	1단계 ('95-'97)	2단계 ('98-'2000)	3단계 ('2001-'2004)
단계별 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>통합관리를 위한 기반 GIS 구축</li> <li>연안지역의 경제적 평가 및 통합관리모델 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>통합관리모델 적용 및 부문별 SDSS의 구축</li> <li>해양자원의 경제적 평가와 육상기인오염피해 측정 및 관리방안</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>통합관리 실행계획 수립 및 통합 SDSS 구축</li> <li>유류 및 유해물질 유출의 관리방안과 황해 지역협력 체제 구축</li> </ul>
주요 연구 과제	<ul style="list-style-type: none"> <li>통합관리의 개념, 과정 및 실행방안에 관한 이론연구 및 모델 개발</li> <li>현행 해양자원관리형태의 문제점 및 통합관리 필요성 분석</li> <li>황해 연안자원의 사회 경제적 가치 계량화</li> <li>연안매립간척에 따른 비용/편익 분석</li> <li>DB 및 기반 GIS 구축 (연안, 해양환경 및 자원)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>특정해역에 대한 통합관리 모델의 적용 및 평가</li> <li>황해 해양자원의 경제적 가치 계량화</li> <li>황해 어업자원의 최적어획 수준 결정모델 개발 및 관리방안</li> <li>육상기인오염의 위해도 추정 및 위해도 관리의 비용/편익 분석</li> <li>부문별 SDSS의 구축 (연안, 해양환경 및 자원)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>통합관리정책 세부실행 계획 및 추진전략 수립</li> <li>유류 및 유해물질 유출 사고시의 황해 연안국간 방제협력방안 도출</li> <li>유류 및 유해물질 유출의 Contingency Plan 수립</li> <li>유류 및 유해물질 방지를 위한 최적규제전략 개발</li> <li>통합 SDSS의 구축</li> </ul>
추정 소요 연구비	500 백만원 / 년	700 백만원 / 년	700 백만원 / 년
추진 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>통합관리정책에 대한 국제학술회의 개최</li> <li>D/B 및 GIS의 software에 대해 국내외 전문회사 용역 의뢰</li> <li>국내 전문가의 해외기술 습득 및 해외전문가 (URI, WHOI 등)의 유치 활동</li> <li>선진국 (미국 NOAA, 캐나다 EPA, 네덜란드 등)통합관리자 초청 활용</li> </ul>		
활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>연안 및 해양자원의 효율적 관리를 위한 정책자료 제공</li> <li>황해 통합관리를 위한 과학적 의사결정시스템 공여</li> <li>유류유출 사고시 신속한 대응방안 제시</li> <li>황해지역협력체제(NOMPAP) 운영시 기본자료 공여</li> </ul>		
기타 사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>해양생태계에 대한 자연과학적 정보를 사회과학적 의사결정체제로 전환 해석하는 기술</li> <li>통합관리모델 수립에 필요한 현장정보의 축적 및 적시확보성 여부</li> <li>UNCED Agenda 21의 17장 국가별 실행계획과정에 관한 정보입수의 원활성</li> </ul>		

## 과제 16. 황해 해양산업 진흥방안

최종연구목표: 한·중 협력에 의한 해양산업 진흥전략 제시

단계	1단계 ('95-'97)	2단계 ('98-'2000)
단계별 목표	한·중해양산업 발전형태 및 성장 잠재력 평가	한·중협력에 의한 해양산업 국제경쟁력 강화방안 제시
주요 연구 과제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 한·중해양산업의 발전단계 비교분석</li> <li>• 한·중해양산업의 기술현황분석 및 육성전략 수립</li> <li>• 양국 해양산업의 성장잠재력 및 비교우위 분석</li> <li>• 국민경제중 해양산업 기여도 비교 분석</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세계 해양산업 발전형태 분석</li> <li>• 양국 해양산업의 공동해외진출방안 연구</li> <li>• 해양산업기술 한·중 공동육성전략 연구</li> <li>• 한·중협력에 의한 양국 국민경제적 파급효과 분석</li> </ul>
추정 소요 연구비	120백만원 / 년	120백만원 / 년
추진 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내 유관출연연구기관(산업연구원, 대외경제연, STEPI 등)과 공동연구</li> <li>• 중국진출 국내해양산업계와 세미나 등을 통한 실무경제 파악</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내 유관출연연구기관(산업연구원, 대외경제연, STEPI 등)과 공동연구</li> <li>• 중국해양전략연구소 등 관계 연구기관과의 국제공동연구</li> </ul>
활용 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대중국 해양산업진흥방안의 기본자료</li> <li>• 해양산업진흥방안과 연계한 해양과학 기술정책 제시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ASEAN 국제무역환경변화에 대비한 해양 산업구조 조정</li> <li>• 세계 해양산업시장 진출을 위한 투자 전략의 다변화 및 임계규모의 구축</li> </ul>
기타 사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 한·중양국의 해양산업관련 통계자료 확보</li> <li>• 한·중국간 국민계정, 산업연관분석 등의 비교 분류를 위한 해외전문가 활용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중국의 각성별 투자분야별 협력조건의 복잡다기성 투자장기성을 고려한 양국의 해양산업 국가지원체제 조치</li> </ul>

## 과제 17. 연안역 관리 시스템 개발 연구

최종연구목표: 간척, 댐 등 연안개발로 급격히 변하는 해안선의 변화와 이에 따르는 연안역의 환경변화를 이해 및 그 변화에 대처할 수 있는 방안의 모색과 적절한 관리 시스템의 개발

단계	1단계 ('95-97)	2단계 ('98-2000)	3단계 ('01-'04)
단계별 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존자료 수집, 분석</li> <li>• 개발에 따른 환경변화 연구</li> <li>• 환경변화에 대한 대처 방안 모색</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 보존지구와 개발지구 비교연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 장기적인 연안역 변화 연구</li> <li>• 연안역 관리 시스템 개발</li> </ul>
주요연구과제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연안개발이 환경에 미치는 영향</li> <li>• 한국과 중국의 연근해 해양환경 비교</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 조간대 퇴적모델 연구</li> <li>• 조하대 퇴적체의 3차원적 이동과정 및 퇴적현상 구명</li> <li>• 해수면 상승에 해안선 변화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연안역 보존관리기술 개발</li> <li>• 환경 및 생태계 변화 방지를 위한 신방조제 개발</li> <li>• 연안역 환경 모니터링 시스템 개발</li> </ul>
추정소요연구비 (백만원/년)	200	200	200
추진방법 (협력 형태)	환경변화연구와 연안역 보존 연구분야로 나누어 세부과제를 도출함		
활용방안			
기타사항			