

IMO 규제 선제적 대응을 위한 광물 잔류물 정화처리기술 개발

해저광물개발 잔류물
환경 친화 처리기술 개발

2016. 10.

수행기관:



제 출 문

한국해양과학기술원장 귀하

본 보고서를 “해저광물개발 잔류물 환경 친화 처리기술 개발” 사업의 최종보고서로 제출합니다.

2016년 10월

연구수행기관 : 한국해양과학기술원
연구책임자 : 형기성
참여연구원 : 김경련, 나공태, 서인아, 유찬민, 조홍연,
주세종, 정창수, 최동한, 최진영
(가나다 순)
외부참여연구원: 원은지, 김상배(한국지질자원연구원)

요 약 문

I. 제 목

해저광물개발 잔류물 환경 친화 처리기술 개발 (기획연구)

II. 연구목표 및 개요

1. 연구목표

- “해저광물개발 잔류물 환경 친화 처리기술 개발”의 체계적 추진을 위해 필요한 정보를 제공하고 단계별 기술개발 이정표 제시
- 기술동향 분석 및 수요 예측을 통한 R&D 사업 체계 구축

2. 연구기간

2016. 8. 1 ~ 2016. 10. 31

III. 내용 및 결과

심해저광업의 가시화에 따른 환경충격 우려 증대로, 국제해사기구(IMO)-런던의정서 당사국회의(LC/LP)-국제해저기구(ISA)는 해저자원개발 규칙에 선상발생 선광 잔류물 관리에 대한 규정을 포함할 예정이다. 하지만, 현재 국내외적으로 해저광물자원(망간단괴, 해저열수광상, 망간 각) 채광 시 발생하는 폐기물의 양, 물리·화학적 특성, 환경유해성에 대한 정보가 없으며, 친환경적 처리기술도 부재한 실정이다. 이러한 국제정세에서 선광 잔류물 관련 기술의 조기 개발을 통해 관련 기술을 선점하고, 아국에 유리한 국제 규정 및 지침 제정에 능동적으로 대처할 필요성이 제기되었다.

본 연구는 “해저광물개발 잔류물 환경 친화 처리기술 개발” 연구의 체계적 추진을 위해 필요한 정보를 제공하고 단계별 기술개발 이정표를 제시하기 위해 수행되었으며, 과제에 수행한 필요한 요소기술 분야(선광, 광미/잔류물처리, 독성물질 환경/생물 위해성 평가, 육상/해저광물 선광 잔류물 내 오염물질 식별/추적, 해저광물개발 잔류물 관련 국제해저기구 개발규칙 및 런던의정서/협약의 법제도 환경)의 동향을 분석하고, 해저광물개발 잔류물 처리 추진전략 및 전략과제(단계별 연구개발 목표 및 내용 설정)를 도출하고 세부 로드맵을 작성하였다.

○○ 목 차 ○○

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| 목 차 | i |
| 표 목 차 | v |
| 그림목차 | vi |
| 제 1 장 추진 개요 | 1 |
| 제 1 절 기획연구 배경 및 필요성 | 3 |
| 1. 기획연구 배경 | 3 |
| 2. 기획연구 필요성 | 4 |
| 제 2 절 기획의 목표 및 범위 | 7 |
| 1. 기획의 목표 | 7 |
| 2. 기획의 범위 | 7 |
| 제 2 장 환경 분석 | 9 |
| 제 1 절 해저광물개발 및 폐기물 정책 동향 | 11 |
| 1. 국내 정책동향 | 11 |
| 2. 국외 정책동향 | 11 |
| 제 2 절 해저광물개발 잔류물 처리기술 동향 | 16 |
| 1. 해저광물개발 연구 현황 | 16 |
| 2. 해저광물 광종별 선광기술 | 18 |
| 3. 해저광물 채광 잔류물 확산연구 | 19 |
| 4. 선광 잔류물 물리·화학적 특성연구..... | 20 |
| 5. 선광 잔류물 생태 위해성 및 생물 독성 연구동향 | 20 |

| | |
|---------------------------------|-----------|
| 6. 선풍잔류물 환경영향 저감/정화처리 기술 | 22 |
| 제 3 절 대내·외 환경 변화 | 26 |
| 1. 국내 환경분석 | 26 |
| 2. 대외 환경분석 | 27 |
| 3. 시사점 및 전략방향 | 27 |
| 제 3 장 추진 전략 | 33 |
| 제 1 절 비전 및 목표 수립 | 35 |
| 제 2 절 주요 추진 내용 | 36 |
| 1. 선풍 잔류물 환경충격평가 기반 연구 | 36 |
| 2. 선풍 잔류물 처리/저감 요소기술 개발 | 36 |
| 3. 국내외 환경변화 대응전략 연구 | 38 |
| 제 3 절 추진 체계 | 39 |
| 제 4 절 기술로드맵 | 41 |
| 1. 기술정의 | 41 |
| 2. 주요 이슈 | 41 |
| 3. 기술개발 목표 | 42 |
| 4. 기술맵 | 43 |
| 5. 기술로드맵 | 44 |
| 제 4 장 사업추진의 타당성 분석 | 51 |
| 제 1 절 정책적 타당성 | 53 |

| | |
|-----------------------------|----|
| 제 2 절 기술적 타당성 | 55 |
| 제 3 절 경제적 타당성 | 56 |
| 제 5 장 기대효과 및 향후 활용 방안 | 77 |
| 제 1 절 기대 효과 | 79 |
| 제 2 절 향후 활용 방안 | 80 |
| 제 6 장 과제제안요구서 (RFP) | 81 |
| 1. 연구의 필요성 | 83 |
| 2. 기술개발 및 시장동향 | 84 |
| 3. 연구개발 목표 및 내용 | 85 |
| 4. 기대효과 | 89 |
| 5. 최종 연구성과물 | 90 |
| 6. 기타사항 | 90 |
| 7. 연차별 투자계획 | 91 |

<부 록>

1. Greenpeace의 심해저광업 관련 국제해저기구-런던협약 협력 강조
2. 국제해사기구와 국제해저기구간 협력에 관한 사무총장 보고
3. 런던협약-심해저 광업 및 채광폐기물에 관한 보고서(9.1-9.22)
4. 국제해저기구 개발규칙 내 채광 관련 폐기물 관리 규정 포함 움직임
5. C-C 해역 환경관리계획
6. 공해상 해저광물 개발규칙 제정계획표
7. 런던협약-광업폐기물 처리에 관한 워킹그룹 보고 (1)
8. 런던협약-광업폐기물 처리에 관한 워킹그룹 보고 (2)
9. 런던협약-광업폐기물 처리에 관한 워킹그룹 보고 (3)
10. 런던협약-폐기물 관리와 저감기술 정보 요청
11. 런던협약-심해저광물 폐기물에 대한 정보 요청
12. 2016년 과학그룹 회의: 심해저 활동에 따른 환경관리 필요성 발표
13. 합동당사국 총회에서 런던협약/의정서와 GESAMP 실무작업반 위임사항을 제기하도록 지시

□□ 표 목 차 □□

| | |
|---|----|
| 표 2-1. 채광 잔재물에 적용되는 정화기술 | 23 |
| 표 2-2. 외국의 금속광상 채광 잔재물 처리방법 사례 | 25 |
| 표 2-3. 선광 잔류물 처리/저감기술 연구 기회요인과 위협요인 | 29 |
| 표 2-4. 선광 잔류물 처리/저감기술 연구의 강점과 약점 | 30 |
| 표 2-5. 선광 잔류물 처리/저감기술 연구사업의 SWOT Matrix | 31 |
| 표 3-1. 연구사업 추진 세부기술맵 | 43 |
| 표 4-1. 생산유발계수와 부가가치 유발계수 | 64 |
| 표 4-2. 생산유발효과 | 65 |
| 표 4-3. 부가가치 유발효과 | 66 |
| 표 4-4. 생산 및 부가가치 유발효과 총계 | 67 |
| 표 4-5. 해양광물자원 개발시 기대되는 예상금속량 | 68 |
| 표 4-6. 주요 심해저 광물자원 관련 금속 국제가격 | 69 |
| 표 4-7. 주요 심해저 광물자원 생산에 따른 수입편익 | 70 |
| 표 4-8. 편익 및 비용의 현재가치(개발이익 미반영) | 72 |
| 표 4-9. 경제성 분석 결과(개발이익 미반영) | 72 |
| 표 4-10. 편익의 현재 가치(개발이익 반영) | 74 |
| 표 4-11. 비용의 현재 가치(개발이익 반영) | 75 |
| 표 4-12. 경제성 분석 결과(개발이익 반영) | 76 |

□□ 그림목차 □□

| | |
|---|----|
| 그림 1-1. 기획대상 요소기술의 상호관련성 | 7 |
| 그림 2-1. 심해저 광물자원 분포 및 광구 보유현황 | 18 |
| 그림 3-1. 사업의 미션, 비전과 전략목표 | 35 |
| 그림 3-2. 사업의 추진체계 모식도 | 40 |
| 그림 3-3. 사업추진 기술로드맵 | 44 |
| 그림 3-4. 오염인자 파악 및 환경영향 분석 분야 기술 로드맵 | 45 |
| 그림 3-5. 선광 기술 개발 분야 기술 로드맵 | 46 |
| 그림 3-6. 확산 분야 기술 로드맵 | 47 |
| 그림 3-7. 환경/생물 위해성 평가 분야 기술 로드맵 | 48 |
| 그림 3-8. 저감 및 처리 기술 분야 기술 로드맵 | 49 |

제 1 절 기획연구 배경 및 필요성

1. 기획연구 배경

- 세계는 육상자원 고갈과 지구환경 변화 문제에 직면하고 있으며, 이를 해결하기 위해 세계 각국은 지구표면의 2/3를 차지하는 해양에 분포하는 광물자원의 개발과 그에 따른 환경충격 이해를 위한 활발한 연구를 수행중임
- 우리나라는 국내 광상 상업생산이 중단되었을 뿐 아니라 경제적인 부존광량도 고갈되어 대부분의 금속 수요를 수입에 의존(99%)하고 있음. 전략금속자원의 장기·안정적 공급원을 확보하고자 공해 및 도서국 배타적경제수역에서 심해저 광물자원 개발사업을 수행하고 있음
- 심해저^{*1} 해저광물자원을 관리/감독하는 국제해저기구(ISA^{*2})의 망간단괴 개발규칙 제정 노력 및 민간기업의 적극적인 투자로 해저광물자원의 상업개발이 가시화되고 있음

^{*1} 심해저: 국가관할권 밖에 있는 공해(high sea)의 해저(seabed 및 ocean floor)와 그 하부의 토양(subsoil)

^{*2} 국제해저기구(ISA, International Seabed Authority): 유엔해양법협약 제156조에 따라 심해저자원을 관리할 목적으로 '94년 설립된 정부 간 국제기구(167개 회원국)

- 해저광물자원의 상업적 개발은 저층생태계를 교란하고 유용광물의 선광과정에서 다량의 잔류물을 발생시켜 환경오염을 야기할 가능성이 큼. 심해저 광업의 상업화가 가시화(노틸러스, 해저열수광상(2018); 록히드마틴, 망간단괴(2020))됨에 따라 과학자 그룹 및 환경단체를 중심으로 잔류물의 해양방류와 그에 따른 해양환경파괴에 대한 우려가 확대(IMO LC36/9/1, 첨부 1)
- G7 정상회담 선언('16.06), EU 유럽위원회(European Commission, ' 16.02) 및 심해저 광업 환경연구 국제프로그램은 해양광물자원 친환경개발을 위한 환경연구 강화를 선언하고, 선광 잔류물의 잠재적 유해 화학물질 파악과 이들의 수층환경 및 생태계에 미치는 영향 규명 연구를 계획 중
- 국제해저기구는 해저광물자원 개발 잔류물의 친환경적 관리를 위한 오염방지 규정 개발 등의 협력을 위해 국제해사기구(IMO)와 협력각서를 작성중이며(IMO A29/19(c), paragraph 3 ~ 5, ANNEX 첨부 2), 심해저 광업 방류물질 관리 규정 마련을 위해 런던협약/런던의정서(LC/LP)와 워킹그룹

설립에 합의(IMO LC37/16, paragraph 9.24, 첨부 3)하는 등 해양 오염방지 관련 기구와 협력을 강화

- 국제해저기구(IHL)는 이들 개발 잔류물에 대한 관리 규정을 2020년까지 제정할 예정인 망간단괴 개발규칙에 포함할 계획(Developing a Regulatory for Deep Sea Mining Exploitation in the Area, 첨부 4)
- 향후 해저 광물자원 개발 잔류물에 대한 강한 법적 규제가 예상됨에 따라, 우리나라에 유리한 국제 규정 및 지침 제정에 능동적으로 대처하기 위한 관련 자료 확보 및 처리기술 조기 개발을 통한 관련시장 선점 필요성이 제기

2. 기획연구 필요성

- 현재 우리나라에서는 한국광해관리공단을 통해 육상광상개발로 인한 피해를 저감하고 환경영향을 최소화할 기술 및 정책을 개발 중이나, 심해저 광물자원 개발에 따라 선상 처리가 불가피한 선광잔류물의 특성과악 연구나 환경 친화적 저감처리 방법에 관한 연구는 이루어지고 있지 않음
- 심해저 토양, 광물 잔사 및 심층수를 포함한 해저 광물자원 개발 과정 중 선상에서 발생하는 선광잔류물의 해양방류에 대한 국제적인 법적 규제는 아직 제정된 바 없음. 현재까지 개발 잔류물 처리와 관련해서는 동태평양 망간단괴 개발사업에서 수행된 잔류물의 확산 및 방류수심 결정 연구가 유일함(해양수산부, 2010)
- 세계 각국이 망간단괴, 해저열수광상, 망간각 등 주요 해저 광물자원에 대한 개발을 준비하는 상황에서, 개발 시 발생될 잔류물의 양, 물리·화학적 특성, 환경유해성에 대한 연구가 아직 진행되어 있지 않으며, 친환경적 처리기술도 확립되어 있지 않음
- 해저 광물자원의 상업개발을 위해서는 개발 시 선상에서 발생하는 선광 잔류물 처리에 대한 규제에 대비한 친환경적 처리/방류기술 확보가 필수적임. 국제기구를 중심으로 이루어지고 있는 방류물 처리 규정 및 지침제정에 적극적으로 대처하고, 친환경 해저광물자원개발 시장 선점을 위한 원천기술 개발이 필요함

가. 기술적 중요성

- 해저 광물자원 선광 후 잔류물의 물리·화학적 특성 파악, 환경 영향 및

유해성 평가, 해양방출에 따른 위해성 평가 등은 증대하는 국제 규제에 대응하여 해양광업을 실현하기 위해 필수적인 기초 자료임

- 해저 광물개발을 위한 규정 제정 시 환경영향에 대한 명확한 과학적 근거를 제시함으로써 (환경오염을 이유로) 지나친 규제에 따른 산업화 지연문제 발생을 최소화하기 위한 기반 제공
- 해저광물 선광 잔류물 분석 및 처리기술은 해양환경보호와 관련하여 산업적인 파급효과가 큰 분야이지만 전 세계적으로 연구가 미진한 분야로, 기술 및 관련시장 선점을 위한 체계적 기술개발이 필요

나. 경제/산업적 중요성

- 세계적으로 주목받고 있는 해저 광물자원인 망간단괴, 해저열수광상, 망간각에는 금, 은, 구리 등 유용광물이 많이 포함되어 있어 경제적으로 매우 중요함. 태평양 공해상에 확보한 우리나라 단독탐사광구 내 망간단괴는 연간 300만톤, 100년 이상 생산 가능한 규모로 상업개발 시 매년 2조 원 이상의 수입대체 효과가 있을 것으로 예상됨. 해저광물 선광 잔류물에 대한 연구는 이들 자원의 상업적 개발을 위한 필수 연구분야로 향후 경제적인 효과가 지대
- 폐기물의 해양투기 규제가 예상됨에 따라, 기술 부재로 인해 선광잔류물의 친환경적 처리 및 방류가 선상에서 이루어지지 못할 경우에는 육상으로의 운반비용이 발생해 심해저광업의 효율과 이윤이 감소할 우려가 있음
- 해저 광업과 함께 부상할 수 있는 미개척 신산업 분야로, 연구개발투자를 통해 관련 시장을 선점하고 주도할 수 있음
- 환경보호와 생물종다양성 보존에 대한 국제사회의 관심 증대에 따라 해양광물자원 개발을 위한 국제규범 제정이 확대되고 있음. 해양광물자원 개발 잔류물의 저감/처리 기술은 다른 기원 오염물, 특히 규제없이 방치되고 있는 육상 폐광상의 누출 수 처리에도 적용할 수 있는 원천기술이며, 타 육상/해상기원 오염물에 의한 해양오염 진단, 해양환경/생물위해성 평가 등의 해양환경 분야의 신해양산업 창출에 기여할 수 있음

다. 사회/문화적 중요성

- 친환경적 개발과 환경영향 최소화 노력을 통해 해저광물자원 개발의 잠재적 환경문제에 대한 국제 사회의 우려 불식
- 해양환경보호에 대한 국민적 자긍심 고취와 대외적 국가위상 제고
- 해저 광업에 대한 홍보 효과로 긍정적인 사회적 관심 유도
- 해저 광업이라는 미래 신산업의 선결기술 개발을 통해 관련 산업의 발전과 새로운 일자리 창출을 촉진

제 2 절 기획의 목표 및 범위

1. 기획의 목표

- “해저광물개발 선풍잔류물 환경 친화 처리기술 개발”의 체계적 추진을 위해 필요한 정보를 제공하고 단계별 기술개발 이정표 제시
- 기술동향 분석 및 수요 예측을 통한 R&D 사업 체계 구축

2. 기획의 범위

- “해저광물개발 잔류물 환경 친화 처리기술 개발”은 선풍, 오염인자 파악 및 환경영향평가, 환경/생물위해성, 잔류물 확산 분야가 상호 유기적으로 결합된 종합적인 연구수행이 요구됨 (그림 1-1).

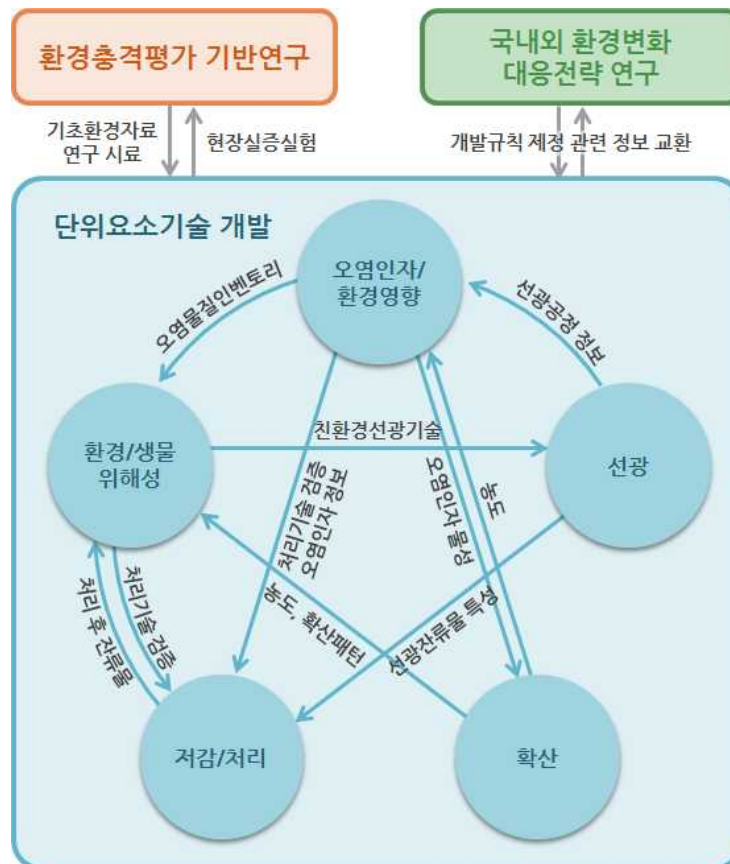


그림 1-1. 기획대상 요소기술의 상호관련성

- 광물자원 개발(육상, 해양 포함) 시 발생하는 광미/잔류물처리 기술동향 분석
- 독성물질 환경/생물 위해성 평가 기술동향 분석
- 육상/해저광물 선광 잔류물 내 오염물질 분석 및 거동예측 연구
- 해저광물개발 잔류물 관련 국제해저기구 개발규칙 및 런던의정서/협약의 법제도 환경분석
- 해저광물개발 관련 탐사, 환경연구, 채광, 선광 분야 국내외 기술동향 분석
- 해저광물개발 잔류물 처리 추진전략, 전략과제 도출(단계별 연구개발 목표 및 내용 설정) 및 세부 로드맵 작성

제 2 장

환경 분석

제 1 절 해저광물개발 및 폐기물 정책 동향

1. 국내 정책동향

- 정부 차원의 자원 확보 및 환경보존 정책·전략과 긴밀히 연계되어 대부분 연구 개발이 수행. 주요 금속 자원의 장기 안정적 공급원 확보와 해양환경 보존이라는 측면에서 공공성이 크며, 정부 주도로 사업 추진
 - 박근혜정부 140개 국정과제 (2013) 중 “해양수산업의 미래산업화 및 체계적 해양영토관리(11번)” 및 “해양환경 보전과 개발의 조화(95번)” 과 관련
 - 해양수산 R&D 중장기 계획(‘14~’ 20) 추진전략 “창조형 해양수산 산업 육성” 중 해양자원 개발활성화(2-1), 친환경선박 시장 선도(2-7), 해양환경 개선 및 위해요소 대응역량 강화(3-1)와 관련
- 심해저 광업은 상업개발 이전 단계로 민간주도의 사업은 어려우며, 기술선점을 위해 정부 주도로 사업 추진
- 미래자원 확보를 목표로 해양수산부는 “태평양 심해저광물자원 개발사업” 과 “남서태평양/인도양 해양광물자원 개발사업” 을 국가 R&D로 수행
- 수저준설토(육상폐기물 포함) 해양배출에 따른 환경영향 최소화 및 런던 의정서 당사국 보고 의무(배출해역 환경상태 보고) 준수를 위해 해양수산부는 “폐기물 해양배출 종합관리시스템 구축” 사업을 수행
- 해저광물자원의 상업적 개발 토대 구축을 위해 “심해저 광물자원 개발 법(가칭)” 이 작성중에 있으며, 추진주체 설정 및 민간기업 참여를 위한 비즈니스 모델 개발중
- 전 세계적으로 해양의 과잉개발 등으로 해양생태계 파괴가 가속화되고 있으며, 해양수산부는 유엔 생물다양성협약 당사국 총회 의장국으로서 지속가능한 해양자원의 활용과 해양생태계 보존을 정책 개발 및 연구 지원

2. 국외 정책동향

(1) 국제해저기구

- 국제해저기구는 2012년까지 공해상에 분포하는 3개 광종(망간단괴(‘01), 해저열수광상(‘10), 망간각(‘12))에 대한 탐사규칙 제정
- 2016년 10월 현재까지 공해상에 분포하는 광물자원에 대한 28건의 탐사

권(망간단괴(17), 해저열수광상(6), 망간각(5))이 승인되었으며, 이중 24건에 대해서는 탐사계획 등을 포함한 탐사권 계약 완료

- 2012년 대부분의 망간단괴 광구가 위치한 태평양 클라리온-클리퍼톤 해역의 환경 및 종다양성 보호를 위한 해양환경관리계획 채택 (계약자 및 과학적 자료에 근거한 결정문 (ISBA/17/LTC/7, 첨부 5))
- 해저광물개발 환경영향평가를 위한 생물환경자료 표준화를 위해 3회의 저서생물 종조성 표준화 워크숍을 개최(초대형저서생물('13.6, 독일), 대형저서생물('14.11, 한국), 중형저서생물('15.12, 벨기에))하고, 이를 종합하여 저서생물 연구권고안 작성
- 망간단괴 개발을 위해 '11년 개발규칙 제정 작업을 시작하였으며, '20년까지 초안제정을 완료하고 개발규칙 확정과 함께 개발권 발급 예정 (Timeline for the development of a regulatory regime for the exploitation of mineral resources in the Area, 첨부 6)
- 망간단괴 개발규칙에는 “선광 잔류물을 최소화하기 위한 관리 규정”을 포함할 예정. IMO와 London Convention/Protocol에서 “채광잔류물의 처분 및 보관에 대한 규정”을 제정하지 않을 경우, 해양법협약에 명시된 “해양환경의 보호와 보존” 조항에 근거하여 국제해저기구는 독자적으로라도 개발규칙에 관련규정을 포함할 계획(Developing a Regulatory for Deep Sea Mining Exploitation in the Area, 첨부 4)

(2) 유엔해양법협약(UNCLOS)과 국제해사기구(IMO)

- UNCLOS 제 139조에서는 “모든 심해저활동에 있어 협약당사국 준수 의무 사항과 손해배상책임”을 명시
- 제 145조는 “심해저활동에 따라 초래될 수 있는 해로운 영향으로부터 해양환경을 효과적으로 보호하기 위해 필요한 조치”를 취하도록 규정
- 유엔기구인 IMO는 UNCLOS 틀에서 다른 기구(예, 국제해저기구)의 채굴 폐기물 해저투기 규제활동을 지원할 수 있음을 밝히고, 이를 위해 관련 조직들의 자체 역량 평가 필요성 제기
- IMO는 UNCLOS 제 207조(육상오염원에 의한 오염) 및 제 210조(투기에 의한 오염)의 적용 범위가 상호 보완적임을 인식. 런던협약/의정서 당사국은 선광 잔류물의 해저 투기가 런던협약/의정서의 투기 정의에 포함되는지 여부를 해석할 필요성 제기

(3) 런던의정서

- 해양폐기물 문제를 가장 폭넓게 다루고 있는 런던의정서는 사전예방원칙을 토대로 해양투기로 인한 해양환경 오염을 방지/감소/제거하기 위한 추가적인 조치를 취하도록 규정. 하지만 해저광물자원 탐사, 개발, 해상가공 과정에서 발생하는 폐기물의 처분이나 저장은 런던의정서 규정에 적용되지 않음 (런던의정서 제 1조 4.3항)
- 그린피스(Greenpeace)는 광미(mine tailing)의 해양 및 하천 방류가 환경에 악영향을 미치는 것에 대한 우려로 광미에 대한 국제법적 해석 및 과학적 관리 필요성 제기. 2013년에는 런던의정서 관할범위와 관련된 사안 논의를 시작으로 국제해저기구와 협력 필요성이 인식(IMO LC36/9/1, 첨부 1)
- 2014년 국제해사기구 대표단이 런던의정서 당사국 총회에 참석하여 두 기구 간 중복/공백 부분을 조정할 규정 및 기술체계개발 필요성을 강조함에 따라, 현재 런던협약/의정서 범위에 포함되지 않은 해저광물자원 탐사 및 개발과 관련한 사안을 재검토하는 작업이 본격화(IMO LC 36/9/2, 36/9/3, 36/9/4, 첨부 7, 8, 9)
- 2014년 국제해저기구 사무차장의 런던의정서 당사국총회 발표 후 런던협약 당사국이 국제해저기구를 통해 UNCLOS 제 11부에서 규정한 국가 관할권 제한을 넘어선 대양저 체제에 따라 심해저 활동을 통제해야 한다는 데 상호 공감대를 형성
- 2015년 3월 런던의정서 과학그룹회의에서는 심해광물자원 개발 시 발생할 선광 잔류물이 해양환경에 미치는 영향을 이해하기 위한 워킹그룹을 결성을 결정하였으며, 국제회의와 워크숍 프로그램 개발, 육상광산에서 발생하는 광미의 처리에 관한 우수사례, 세계 각국의 지침 및 입법에 관한 정보 수집, 우수사례와 기존 지침 사이의 간극을 확인하는 작업을 계속할 것에 합의(IMO LC-LP.1/Circ.65, Circ.69, 첨부 10, 11). 또한 국제해저기구와 협력하여 심해 광미관련 규제 틀을 개발하기로 결정
- 2015년 10월 당사국총회에서는 GESAMP(해양환경보호의 과학적 측면에 관한 전문가 합동그룹)와의 협업을 통해 심해저 선광잔류물 처분에 대한 우수사례, 기존지침, 입법정보수집 작업을 임무로 하는 작업반 설립(IMO LC 37/16, 첨부 3)
- 2016년 4월 과학그룹회의에서는 “심해저채광에 대한 환경관리”를 주제로 심해저 광산 보유국(피지 등) 중심의 5개국 발표를 통해 심해저 활동에 따른 환경관리 필요성을 재확인(IMNPO LC/SG 39/16, 첨부 12)

- 2016년 9월 합동당사국총회에서는 심해저자원 탐사, 개발, 이용에 따른 오염방지를 위한 런던협약/의정서와 GESAMP 실무작업반 위임사항을 제기하는 작업을 개시하도록 지시(IMO LC 38/WP.1, 첨부 13)

(4) 주요국 동향

- 2015년 4월 프랑스 미래혁신 2030위원회는 심해저광업을 7대 유망산업의 하나로 선정하고 혁신 프로젝트 추진(1단계), 친환경 비용 효율적인 파일럿 심해채광시스템 구축(2단계), 2016년 산업화 추진결정 및 지원(3단계)하기로 결정
- 2015년 6월 G7 정상회담 선언에서는 공해상 심해저광업의 개시를 기정사실화하였으며, ISA 망간단괴 개발규칙에 환경보호 강화 필요성을 명시할 것을 요구하고 친환경개발을 위한 환경연구 강화를 선언
- 2016년 2월 EU 유럽위원회(European Commission)는 산업계, 연구기관이 참여하는 컨소시엄을 구성하여 탐사, 개발, 환경문제 등을 포괄적으로 연구하는 심해광업프로젝트(Blue Nodules project)를 개시
- 프랑스 IFREMER는 망간단괴 탐사권 연장기간('16~' 21년) 동안 망간단괴 선광 잔류물에 대한 연구를 수행할 계획
- 유럽의 MIDAS^{*3} program은 해양광물자원 개발이 유발할 수 있는 환경충격을 이해하기 위한 다양한 연구를 수행하고 있으며, 여기에는 선광 잔류물의 잠재적 유해 화학물질 파악과 이들의 수층환경 및 생태계에 미치는 영향 규명 등이 포함
 - *3 MIDAS(Managing impacts of deep sea resources exploitation): 유럽의 과학자, 산업계, 사회과학자, 법률전문가, NGO, 해양광물학회 등이 참여하여 '16년 말까지 1,600만불의 예산으로 수행하는 환경연구
- 2013년 발족한 DOSI^{*4}는 우선 해결해야 할 과제로 심해자원개발 시 발생하는 잔류물 배출 장소에 대한 환경이슈를 선정
 - *4 DOSI (Deep Ocean Stewardship Initiative): 심해 자원의 지속 가능한 이용과 관리를 위해 다양한 분야의 이해관계자와 전문가들로 구성된 심해환경관리 이니셔티브
- 2015년 일본(JAMSTEC)과 프랑스(IFRAMER)간의 과학협력사업 일환으로 진행된 해저 열수광상개발에 따른 생태계 기반 환경관리 방안 워크숍(EcoDeep-SIP Workshop - The Crafting of Seabed Mining Ecosystem-Based Management)에서는 해저열수광상 개발 시 우려되는 주요 환경영향 의제로 개발 잔류물의 영향규명, 모니터링, 평가 및 완화방

법에 대해 심도있게 논의

제 2 절 해저광물개발 잔류물 처리기술 동향

- 해저광물자원 개발을 위해서는 자원탐사 및 채광뿐 아니라, 처리과정에서 발생하는 잔류물에 대한 환경적인 문제 해결이 필수. 이를 위해 광물자원 획득 후 일차적으로 선상에서 수행하는 선광공정, 선광 후 발생하는 잔류물의 처리/저감기술이 요구
- 해저광물자원 개발 시 발생하는 잔류물의 양과 특성은 유용광물을 추출하는 선광방식에 크게 영향을 받음. 이용 가능한 선광방식의 검토 및 개발, 각각의 선광방식에 따른 잔류물의 특성 파악이 환경문제 해결을 위한 기술개발의 기초가 됨
- 선광 후 발생하는 잔류물의 물리·화학적 특성 규명을 통한 오염물질의 파악, 잔류물의 수층 내 확산 특성, 각 오염물질의 생물독성도 파악 및 이에 따른 방류기준 설정, 방류기준을 만족하는 잔류물의 처리/저감기술 등의 원천기술 개발이 필요

1. 해저광물개발 연구 현황

국내연구동향

- 우리나라는 국제해저기구가 관할하는 공해상에 망간단괴('01), 해저열수광상('14), 망간각('16) 자원의 탐사권을 확보하였으며, 남서태평양 도서국(통가, 피지) EEZ에 해저열수광상 탐사권을 확보하고 매장량 평가 작업을 수행 중. 총 광구는 우리나라 면적보다 1.2배 정도 넓은 11만 5천km² 규모 (그림 2-1)
 - 2000년대 초반까지 정부주도로 진행되어 오던 망간단괴 개발을 위한 활동이 민간기업 주도로 변화. 2011년 이후 망간단괴 개발사업에 참여한 Nautilus (NORI(나우루), TOML(통가)), 록히드마틴(UK Seabed Resources Ltd.(영국), Ocean Mineral Singapore Pte. Ltd.(싱가포르), GSR(벨기에), 오광그룹(중국) 등은 모두 민간기업이며, 이러한 민간기업의 적극적 참여는 해저광물자원 개발이 이윤창출을 위한 사업이 되고 있음을 시사
 - Lockheed Martin(UK Seabed)사는 '20년 망간단괴 상업개발 개시를 목표로 사업을 추진
- 망간단괴는 개발유망광구 확보(7.5만km², '02) 및 지속적 정밀탐사('94~ '15)를 통해 우선채광후보지역을 선정(2만km², '10)하고 개발도면을 작성(1천km², '15). 우리나라 광구지역에는 5억 6천만톤의 망간단괴가 매장되어

있는 것으로 추정

- 망간단괴 개발에 따른 환경영향 평가를 위해 기초 환경자료를 확보하였으며, 망간단괴 채광 시 발생하는 잔사의 배출 수심 결정. 수층 내 생물 활동 및 장기관측 자료 분석결과를 토대로 환경충격을 최소화하기 위한 심층수와 퇴적물의 배출 수심을 1,200m로 결정
- 선광 후 잔류물의 방류에 관한 관리규정이 부재한 지금까지의 상황 하에서, 망간단괴 상업생산을 위한 기술개발은 자원개발에 초점을 맞춰 진행되었기 때문에 환경문제를 야기할 수 있는 선광 잔류물과 같은 폐기물의 처리에 대한 연구는 부족
- 채광시스템 개발 및 성능시험 수행을 통한 채광 상용화기술 확보. 망간단괴 상업생산 1/5 규모의 5,000m급 파일럿 채광로봇(미내로) 독자개발(' 12) 및 수심 1,370m 해역에서 성능시험(' 13). 2,500m급 파일럿 망간단괴 양광시스템(버퍼, 양광펌프) 성능시험(' 15)
- 일 200kg 규모의 망간단괴 제련공정을 개발(' 11) 및 실증시험(2톤/일, ' 15). 연 300만톤 상업생산 규모의 제련공정 설계 완료
- 통가 EEZ 내 해저열수광상에서는 2회의 ROV 탐사를 통해 열수광체를 확인하고 열수분출구 주변의 생물상 분포연구 수행 및 환경영향평가서 작성 중
- 공해상 해저열수광상과 망간각 자원에 대해서는 광역지형탐사, 음향산란탐사, 그리고 광체분포 두께 확인을 위한 최소량의 시료채취 수행

국외기술동향

- 해저광물자원 개발 상업화 가시화로 2011년 이후 공해/도서국 배타적 경제수역의 해저광물자원에 대한 탐사권 획득 급증
- 캐나다 Nautilus사는 파푸아뉴기니 배타적 경제수역에 해저열수광상 개발권을 확보하고 2018년 상업개발을 목표로 채광선 및 채광기의 건조를 완료한 상태이며, Lockheed Martin(UK Seabed)사는 2020년 망간단괴 상업개발 개시를 목표로 사업을 추진 중
- 일본 JOGMEC은 오키나와 인근에 분포하는 해저열수광상 지역에서 수차례 파일럿 채광기 현장시험을 수행하였으며, 2018년 해저열수공상 채광/양광 실험해역 통합시험을 계획하고 있음. 일본정부의 체계적인 지원을 고려할 때 가장 빠른 시기에 상업적 개발 수준에 도달한 가능성이 있음
- 벨기에, 중국 기업 등은 망간단괴 채광기술 개발을 위해 해양플랜트 및 채광로봇회사 등을 인수하고 개발단계 진입을 위해 노력 중
 - 중국의 국영기업(CSR, Zhuzhou Electric Locomotive Co., Ltd.)은 심해저

채광기술 격차를 단기간에 해소하기 위해 영국의 심해열수광상 채광로봇 회사(Specialist Machine Developments) 인수 ('15, 1억9천만 US\$)

- 이러한 국내외 동향은 세계적인 경제여건과 금속가격 동향에 따라 시기는 영향을 받겠지만, 멀지않은 미래에 해저자원의 상업개발이 시작될 것을 지시



그림 2-1. 대한민국 해저광물자원 탐사권 확보 현황

2. 해저광물 광종별 선광기술

- 광석만 분리된 상태로 채취가 가능한 망간단괴는 별도의 선광작업 없이 일정한 크기를 기준으로 입도 분리 후 잔류물을 방류하는 것이 경제적인 것으로 평가. 하지만 양광과정에서 발생할 가능성이 있는 망간단괴 파쇄 과정과 제련 효율성에 대한 연구가 필요
 - 아직까지 대표적인 해저광물자원인 망간단괴 대상으로 선광기술 개발연구가 수행된 바 없음
- 해저열수광상은 유용광물을 포함하고 있는 광석광물인 섬아연광, 황동광, 방연광 외에 맥석광물인 중정석, 무정형 실리카, 자류철석 등이 최대 90%까지 포함. 채광 후 제련시설까지 운반을 고려할 때 현장에서 선광과정을 거쳐 맥석광물을 제거하는 것이 경제적인 방법으로 생각됨
- 지금까지 열수광상에 함유된 광석광물 회수를 위해 국내에서 실시된 연구는 성인이 유사한 육상광물을 토대로 개발된 일부 방법이 존재. 부유선별기술을 적용한 방연광과 황철광의 분리 가능성, 해수를 사용한 광

석광물 회수 가능성, 특정한 광물(중정석)의 단체분리가 가능한 최대 입자크기 조사 등 기초 연구수준에 불과함

- 육상광상과 구별되는 상호 수반특성(구성광물의 다양성 및 입자크기)을 반영한 해저광물 대상의 선광기술 개발이 요구
- 대부분의 광석광물이 34 μ m보다 작은 입자로 구성된 열수광상 특성을 고려한 단체분리 기술(liberation), 미립자 회수기술 등 선광기술 개발과 이에 대한 경제적인 평가 필요
- 해저열수광상 잔류물의 효율적 회수를 위해 광석광물에 선택적으로 흡착이 가능할 것으로 알려진 균주를 이용한 Bio-flotation 기술의 개발 및 적용 필요

3. 해저광물 채광 잔류물 확산연구

- 망간단괴와 같이 선상으로 올라온 심해 퇴적물의 해양 배출 시 거동을 규명하기 위해 표층, 중층, 해저면 등 다양한 수심에서 모의실험 수행. 수심 1200m에 배출된 잔사는 해류가 강한 방향을 따라 최대 8km까지 확산되며, 부유성분은 10km 이상 넓은 구역까지 수평 확산
- 동구권연합(OMI)은 표층에서 잔사 확산연구 수행. 102시간 지속된 채광 시험을 통해 900톤의 망간단괴를 회수하고, 퇴적물과 1mm 이하의 단괴 파편을 포함한 심층수를 초당 95~160 l 규모로 표층에 배출하면서 확산 양상 평가. 잔사는 1km의 폭으로 5km까지 확장되었으며, 해수 내 Fe와 Mn의 농도변화는 35km 지점에서 관찰. 플룸의 침강속도는 0.06cm/s이며, 잔사의 엉김현상에 의해 침강 속도가 증가
- 해양환경에서 유해물질 거동과약 기술은 확립되어 있음. 모형의 적용을 통한 이동-확산 예측을 위해 적절한 입력 변수자료가 확보될 시 방류된 잔류물의 거동 예측이 가능. 하지만 현재 개발된 모델에 의해 예측된 결과의 현장 검증은 이루어지지 않음
- 잔사물질의 농도가 매우 높은 경우 응집효과에 의해 확산범위가 감소하기 때문에 단순한 수치해석을 통해 잔사 확산을 밝혀내기 어려움. 이를 해결하기 위해 다양한 농도조건에서 잔사물질 침강속도 실험을 수행하여 추정 오류를 저감하는 기술을 개발 중
- 잔사거동 예측에는 수치모형의 불확실성보다 입력정보를 관측-분석하여 필요한 정보를 추출하는 기술, 모형의 현장검정을 대체할 수 있는 수리실험을 이용한 검정기술 개발이 필요

- 환경에 미치는 영향을 규명하기 위해 다양한 채광 및 선광 시나리오에 따른 잔류물 거동 파악기술 개발 필요

4. 선광 잔류물 물리·화학적 특성연구

- 선광 잔류물의 입자크기와 화학적 특성에 대한 연구결과가 없으며, 입자 크기별 광물 내 유용금속과 불순물 등에 대한 인벤토리 구축이 되어 있지 않음
- 망간단괴가 분포하는 동태평양 해역 퇴적물의 입도, 밀도, 지질공학적 특성, 화학조성, 중금속 함량과 망간단괴의 물리적 특성 및 금속함량(중금속 포함)에 대한 연구가 수행
- 해수, 해저광물, 퇴적물 등을 포함한 선광 잔류물에 대한 중금속 분포 특성은 정립되어 있지 않음. 해양 환경/생태계 영향 평가 시 외국의 가이드라인 및 평가기준을 활용해야 하는 상황이며, 이러한 가이드라인도 해저 광물자원 개발기인 오염물에 대한 이해가 적어 바로 적용되기는 어려운 상황임
- 노틸러스사는 해저광물자원에 적용할 수 있는 가이드라인이 없는 이유 때문에 해저열수광상 개발을 위한 환경영향평가 시 호주와 뉴질랜드의 담수 및 해수 분석 가이드라인 및 평가기준(ANZECC/ARMCANZ, 2000)을 활용
- 해저광물이 존재하는 대양의 중금속 농도는 극히 낮음. 선광 과정에서 광물에서 해수로 용출되는 중금속의 기여율을 산정하기 위해서는 극저농도의 해수 내 금속분석 기법 확립 필요. 정립된 분석기법은 향후 환경·생태계 영향평가에 새로운 추적자로 활용성이 높음
- 국내·외적으로 선광 잔류물 중 작은 사이즈로 분쇄된 광물, 해수, 저층 퇴적물에 공통적으로 적용가능한 중금속 분석방법이 존재하지 않으므로, 선광잔류물 내 중금속의 정밀한 분석기술 개발이 필요
- 선광잔류물에 대한 중금속 용출 특성을 파악하기 위한 자료들이 제시되고 있으나, 표준화되지 않은 방법을 사용하거나 극단적인 조건변화에 대해 고려하고 있으므로 실제 환경을 고려한 용출특성 파악 필요

5. 선광 잔류물 생태 위해성 및 생물 독성 연구동향

- 폐기물의 해양배출 독성 평가기법 및 기준이 마련된 바 있으며, 육상 및 연안 선광 배출수의 위해성에 대해서는 다양한 보고가 있음. 그러나 원양 심해 환경에서 선광 잔류물의 생물/생태 위해성에 대해서는 연구된 바 없음. 생물/생태 위해성 평가기법 개발 및 기준 수립은 친환경 심해저 광업 실현을 위한 필수 조건
- 폐기물의 해양배출 가능성을 평가하기 위해 발광박테리아와 저서성 단각류 등을 이용한 생물독성시험 기준이 채택되어 있음 (해양환경공정시험기준). 이들 기준생물을 이용하여 중금속, 유기금속, 유기화합물 등과 같은 유해물질의 독성과 배출수, 지하수, 공극수, 폐기물 및 해양 배출 물질에 대한 독성평가가 가능
- 국내 폐기물 배출 해역에서는 채취한 퇴적물의 공극수나 해수 용출액을 이용하여 독성시험을 실시함으로써 배출해역에 대한 퇴적물 위해성을 평가하고 있음. 독성평가 결과는 투기해역의 군집 결과 해석에 반영될 수 있으며, 저서군집의 교란 원인을 판단하고 배출 해역의 목표 환경관리를 위한 모니터링 지침서 작성을 위한 기반으로 활용
- 식물플랑크톤, 동물플랑크톤(윤충류, 요각류) 치어를 이용하여 다양한 수준의 독성평가를 실시. 이러한 평가 결과는 화합물의 통합독성 및 상승효과(synergistic effect)등을 평가할 수 있어 해양배출 폐기물에 대한 지침을 제시하는 데에 유용
- 소형(중형)생태계와 같은 인공생태계에서의 생물군집 연구를 통해 오염물질이 실제 생태계 군집에 미치는 영향을 예측
- 육상 및 해상에서 이루어지는 선광 배출수에 대한 위해성이 언급되어 왔으며, 특히 육상 광산의 배출수(산폐수)에 대한 처리 및 생물 위해성에 대해 국내외적으로 다양한 환경에서 진행
- 하지만 해저광물 개발과 관련해서는 환경영향평가를 대비한 생물 서식지 및 서식 생물의 분포에 관한 연구만 진행되어 있으며, 생물독성에 대한 연구는 전혀 수행되지 않음
- 몇몇 연구들에서는 다양한 생물종에 대한 광미사의 급성 독성 연구결과로 생물위해성의 증거를 제시 (NIVA, 2011)
- 뉴 칼레도니아 석호광업에서는 중금속으로 오염된 해역에 청정지역의 굴과 조개류를 이식하여 오염물질이 생체 내 축적되는 정도를 파악. 조개류가 굴보다 체내에 중금속을 효과적으로 농축하여 오염에 대한 지시생물로 활용할 수 있음을 제시 (Hedouin et al., 2011)
- 인도네시아 금광에서 발생하는 선광폐기물의 해저 투기장인 Buyat Bay에

서 환경과 인간을 포함한 생물에서 수은 농도를 조사. 채광지역을 중심으로 수은 농도가 높게 나타났으며, 상위 먹이망의 생물에서 수은농도가 증가하는 경향이 나타남 (Lasut et al., 2010). 이는 선광에 의해 다양한 종류의 오염 물질들이 방출되어 생물에 농축될 수 있음을 시사

- 연안 해사채취는 수산자원의 물리, 화학, 생물학적 특성에 영향을 미칠 수 있음. 이는 퇴적물의 유출 및 plume 형성, 퇴적에 의해 식물플랑크톤과 대형 조류의 광합성을 저해하고, 다모류의 흡입작용을 방해하며, 어류의 회유에 영향을 미칠 수 있음 (Kim and Grigalunas, 2009)
- 동구권연합(OMI)은 102시간 지속된 채광시험을 통해 900톤의 망간단괴를 회수하고, 퇴적물과 1mm 이하의 단괴파편을 포함한 심층수를 초당 95~160 l 규모로 표층에 배출하면서 환경영향을 평가
 - 기초 실험결과, 빛 투과성은 부유 입자의 영향으로 수심 25m 이상에서 다른 지역과 차이를 보이지 않음
 - 생산성은 플룸이 존재하는 지역에서 약 45% 감소
 - 심층수에 의한 영양염의 공급은 플룸의 확산에 따라 급격히 감소하여 생산성 변화에 영향을 미치지 않음
 - 배양실험에서는 빛의 투과성 감소를 상쇄하는 심층수에 의한 영양염의 공급으로 생산성의 변화가 관찰되지 않음
 - 동물플랑크톤은 플룸의 농도변화에 따라 대조구 시료와 사망율의 차이를 보이지 않음
 - 하지만 이 연구는 단 시간 수행된 결과로서 신뢰할 만한 결과를 제시하지 못하고 있으며, 독성도에 대한 연구도 전혀 수행되지 않음 (Burns, 1980)

6. 선광 잔류물 환경영향 저감/정화처리 기술

- 해양폐기물 문제를 가장 폭넓게 다루고 있는 런던의정서는 해저광물자원 탐사/개발이나 해상가공으로부터 직접 발생하는 폐기물의 처분/저장은 규정 대상에서 제외 (런던의정서 제1조 4.3항). 육상광업이나 연근해 해저자원 개발에 따른 폐기물의 방류가 적절히 규제되지 않고 있으며, 관련 기술도 초보단계에 머무르고 있음
- 금속광상의 선광 잔류물에는 각종 금속원소를 포함하는 오염물질이 존재하며 직, 간접적으로 수질과 수생태계에 악영향을 미치고 있음. 특히 시안화물, 중금속, 산성배수가 주된 생물 영향 인자로 파악됨

- 해저광물 자원 채취는 상당양의 폐기물을 발생시켜 환경오염을 야기할 수 있으며, 이와 관련하여 해양환경보호에 대한 국제사회의 우려가 증대
- 환경규제에 효과적으로 대응할 수 있도록 오염물질의 배출량을 감축시키기 위한 채광/선광기술 개발과 함께 잔류물 처리기술 개발이 요구
- 다양한 선광 시나리오에 따른 환경 위협요인을 목록화하고, 이의 저감 방안을 단계적으로 수립하기 위한 과학/기술적 로드맵 수립이 필요
- 금속광산 채광 잔재물의 정화, 즉 중금속 제어 필요한 국내기술은 많이 개발되어 있음 (표 2-1)

표 2-1. 채광 잔재물에 적용되는 정화기술

| 전문분야 | 핵심공법 또는 핵심기술 |
|------------|---|
| 광산 오염부지 정화 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 토양개량법 <ul style="list-style-type: none"> - 복토법 - 혼합법 - 중화법 |
| | <ul style="list-style-type: none"> ○ 고형화방법 <ul style="list-style-type: none"> - 고형화/안정화법(Solidification/Stabilization) - 유리화법(Vitrification) |
| | <ul style="list-style-type: none"> ○ 토양정화법 <ul style="list-style-type: none"> - 식물재배정화법(Phytoremediation) - 토양경작법(Land Farming) - 토양세정법(Soil Flushing) - 토양세척법(Soil Washing) - 용매추출법(Solvent Extraction) - 동전기법(Electrokinetic Separation) - 열탈착법(Thermal Desorption) - 생물학적분해법(Biodegradation) |

- 토양개량법은 오염물질 농도 저감 등을 통해 작물재배에 알맞게 토양을 개량하는 방법으로서 ①오염된 토양위에 신선한 토양을 갈아 덮는 복토법, ②비오염 토양을 오염된 토양과 섞어주는 혼합법, ③토양의 pH 중화를 위해 상이한 pH를 갖는 재료를 섞어 중금속의 유동성을 낮추는 중화법이 사용. 물리적, 화학적, 생물학적 및 이들의 복합적 정화방법임

- 고행화방법은 물리·화학적 처리방법으로 오염토양에 시멘트, 석회, 슬래그 등과 같은 첨가제를 혼합하여 오염성분의 이동성을 물리적으로 저하시키거나 화학적으로 용해도를 낮추어 무해한 형태로 변화시키는 기술
- 유리화법은 열적 처리방법으로 굴착된 오염토양 및 슬러지를 전기적으로 용융시킴으로써 용출특성이 매우 적은 결정구조로 만드는 기법. 고온(1,600~2,000℃ 또는 2,900~3,650℃) 열처리를 거치므로 안정적인 처리가 가능하지만 비용이 비싸며, 배가스 및 슬래그 처리가 수반
- 광산의 배출수 또한 정화를 위한 다양한 기법(식물안정화, Mendez and Maier, 2008), 전기적 정화기술을 통한 비소정화(Baek et al., 2009), 금속용고제를 이용한 금속고정(Lee et al., 2007))들이 연구되어 왔으나, 연구의 대부분은 수질 정화에 초점을 두고 있으며 대량 발생하는 폐수에 대한 실용화 방안은 제시되어있지 않음
- 수질 및 해양퇴적물 정화기술 개발이 활발하게 이루어지고 있으며, 상용화 단계의 다양한 정화기법이 연구
- 오존이나 자외선을 이용한 산화력 증대 방식을 통한 오염물질의 산화분해 처리기술인 고도산화처리공정을 활용한 오염물질 정화 처리기법이 제시
- 한국해양과학기술원은 독립적 처리기능을 가진 모듈을 복수로 구성하여 정화사업 현장으로 이동, 배치, 연결, 분리, 재배치가 용이하게 설계된 “모듈식 수저퇴적물 정화처리 시스템 및 공법” (국제특허출원 PCT/KR2015/00790)을 개발함으로써 최적화 정화시스템 및 공법을 제시
- 또한 오염토양 및 퇴적물의 효율적인 정화처리를 위한 퇴적물의 분급방법으로 “사이클론을 이용한 입자분급 시험장치 및 이를 이용한 시험방법” (대한민국 특허등록 제10-1569072호)을 제시한 바 있으며, “모듈식 사이클론” 을 통해 최적의 분급 효율을 갖는 사이클론에 대한 내용을 개발 (특허출원 10-2016-0016151)
- 미국, 유럽 등 선진국의 경우, 채광잔재물의 정화를 위해 물리적 분급기술과 물리화학적 처리기술 및 복합적 처리기술을 적용(표 2-2). 선진국 정화기술을 국내에 도입하여 일부 개량하여 사용하고 있으므로 정화방법의 기본적인 기작과 기술은 외국과 우리나라 사이에 큰 차이가 없음

표 2-2. 외국의 금속광산 채광 잔재물 처리방법 사례 (최우진, 2004; 한국지질자원연구원, 2003)

| 국명 | 광산명 | 광종 | 처리방법 |
|------|---------------------------|--------------|---|
| 미국 | Cyprus Copper stone mine | 금 | 광물찌꺼기 적치장 하부에 400mm PVC liner 포설 시공 및 광물찌꺼기 적치장 내부에 배수시스템 설치하고, 상부는 폐석 및 토양으로 매립 후 지반정리 |
| | Waker Mine | 구리 | 새로운 지역의 광산폐기물 매립장으로 이동하여 점토 liner(2ft) 차수층 설치, 광물찌꺼기 상부 점토층(1ft) 포설 및 토양(1ft) 피복 후 식재하고 광물찌꺼기 적치장 주변은 우수배제 시설 |
| | Grey Eagle Mine | 구리 | 광물찌꺼기 적치장 상부 지반 정리 후, 차수재, 폐석, 벤토나이트 및 토양 순으로 피복하여 매립하고 광물찌꺼기 적치장 주변에 우수배제용 관로시설 |
| | Double Rainbow mine | 금, 우라늄 | 폐석 및 광물찌꺼기를 광산주변 처분장으로 이동, 알카리 fly ash와 혼합매립 후 복토 |
| 캐나다 | Westmin Resources Limited | 금, 은, 구리, 아연 | 폐석 및 광물찌꺼기로부터 산성 침출수 발생, 광산 폐기물을 정비하고 Shotcrete로 표면처리 |
| | Health Steel Mine City | 아연 | 기반암 부분 차수재 포설, 광물찌꺼기 및 폐석 상부 토양 피복 |
| | Resource Ltd. | 금 | 산성침출수가 생성되는 광산폐기물을 배수시스템이 시설된 곳에 적치하고, 점토로 복토 매립 |
| | Nikel Lim mine | 금, 우라늄 | Biogenic apatite mineral 반응벽체를 이용하여 광물 찌꺼기 침출수 중 중금속 제거 |
| 노르웨이 | Kjoli mine | 구리 | 폐석 정리, 차수재 포설 후 토양 피복 |
| | Skorowas mine | 구리 | 광물찌꺼기를 주변 호수에 이동 침수시킨 후 주변 토양으로 피복하고 호수 뚝을 높여 광물찌꺼기 처분 |
| 핀란드 | Pyhasalmi mine | 구리, 아연 | 부선법을 이용하여 유가금속 회수 및 유해 산성침출수 억제 |
| 호주 | Broken Hill mine | 금, 우라늄 | 광물찌꺼기를 분쇄, oxide flotation을 실시하여 유가금속 회수 |

제 3 절 대내·외 환경변화

1. 국내 환경분석

- 망간단괴 개발을 위한 탐사, 채광, 제련 등의 상용화 기반기술이 확보된 상황이며, 해저열수광상의 경우 개발권 신청을 위한 매장량 평가 작업이 진행 중. 공해상 개발규칙의 제정이 완료되거나 타국의 심해저 광업이 개시될 경우, 두 심해저광물자원의 개발단계 진입이 가능할 것으로 예상
- 망간각 자원은 최근 탐사권을 확보했으나('16.7), 상업적 개발을 위한 준비가 미흡
- 해양수산부는 상업적 개발에 필요한 “심해저광물자원개발법(가칭)”을 제정중이며, 제정 시 심해저광업 사업 주체의 설립 및 민간기업의 투자활성화로 개발단계 진입이 보다 용이할 것으로 판단
- 해양 유해물질의 거동과악 기술이 확립되어 있으며, 모형의 적용을 통한 적절한 입력 변수 자료가 확보될 시 선풍 잔류물의 이동-확산 예측이 가능. 다양한 선풍 시나리오에 따른 입력 변수선정 및 측정기술 연구가 필요
- 현재 국내·외적으로 선풍 잔류물에 포함된 오염인자에 대한 인벤토리 구축이 되어 있지 않으며, 분쇄된 광물, 해수, 저층퇴적물에 공통적으로 적용가능한 중금속 분석방법이 존재하지 않음. 선풍 잔류물에 대한 중금속 용출 특성과악 및 선풍 잔류물 내 중금속에 대한 정밀한 분석기술 개발이 필요
- 국내·외적으로 해양폐기물에 대한 생물독성시험이 채택되어 있으며, 다양한 광업폐기물의 생물종에 대한 독성평가 연구결과가 제시. 해저광물 자원 분포지역에서 특정광물 대상의 생물독성도 평가에 적합한 생물종의 선별연구 및 지시종의 제시가 요구
- 한국해양과학기술원은 “모듈식 수저퇴적물 정화처리 시스템 및 공법”과 “사이클론을 이용한 입자분급 시험장치 및 이를 이용한 시험방법”을 개발함으로써 최적화 정화시스템 및 공법을 제시한 바 있으며, 해저광물자원 개발 선풍 잔류물 처리에 대한 기초기술을 확보
- 선풍 잔류물의 독성물질 규명과 함께 독성물질의 배출을 최소화하기 위한 처리기술 개발이 요구

2. 대외 환경분석

- 육상자원 고갈에 따른 해양자원 관심 증가 및 개발 가시화

- 해저광물자원 개발 상업화 가시화로 2011년 이후 공해/도서국 배타적 경제수역의 해저광물자원에 대한 탐사권 획득 급증
- 캐나다 Nautilus사는 파푸아뉴기니 배타적 경제수역에 해저열수광상 개발권을 확보하고 2018년 상업개발을 목표로 채광선 및 채광기의 건조를 완료한 상태이며, Lockheed Martin(UK Seabed)사는 2020년 망간단괴 상업개발 개시를 목표로 사업을 추진 중
- 일본 JOGMEC은 자국 EEZ(오키나와)에서 2018년 해저열수공상 채광/양광 실험역 통합시험을 계획하고 있으며, 국가의 체계적인 지원을 고려할 때 가장 빠른 시기에 상업적 개발 수준에 도달한 가능성이 있음
- 벨기에, 중국 기업 등은 망간단괴 채광기술 개발을 위해 해양플랜트 및 채광로봇회사 등을 인수하고 개발단계 진입을 위해 노력 중

- 심해저 광업 선광 잔류물 규제 관련 동향 및 전망

- 2015년 3월 런던의정서 정규회의에서는 심해저광물자원 개발 선광 잔류물 관련 규제 틀을 개발하는데 국제해저기구와 지속적으로 논의하기로 합의
- 국제해저기구는 “선광 잔류물을 최소화하기 위한 관련 규정”을 국제해양법에 명시된 “해양환경의 보호와 보존”의 조항에 근거하여 관련 국제기구(IMO/London Convention)와 공조 혹은 독자적으로 현재 제정중인 개발규칙에 포함할 계획
- 유럽의 MIDAS와 심해환경관리 이니셔티브(DOSI) 등은 해저광물자원 개발이 유발할 수 있는 환경충격 중 선광 잔류물의 잠재적 유해 화학물질 파악과 이들의 수층환경 및 생태계에 미치는 영향 파악에 대한 연구를 수행 중

3. 시사점 및 전략방향

(1) 환경변화 시사점 및 전략적 방향성

- 해저광물 선풍 잔류물에 대한 법적 규제가 예상됨에 따라, 우리나라에 유리한 국제규정 및 지침제정에 능동적으로 대처하기 위한 관련자료 확보 및 관련기술 조기개발을 통한 시장선점 필요
- 해저광물자원 상업개발 가시화에 따라 선풍 잔류물 방류에 대한 규정이 개발단계 진입에 대한 장애요소로 작용하지 않도록 선풍 잔류물의 특성 파악 및 처리방안에 대한 연구가 요구
- 신설될 환경규제에 효과적으로 대응할 수 있도록 오염물질 배출량을 감축시키기 위한 채광/선풍기술 개발과 함께 잔류물 처리기술 개발이 요구
- 망간단괴의 선풍은 물리적 분리작업(여과 및 원심분리)만으로 제련에 적합한 광물자원의 선별이 가능할 것으로 판단되나, 파쇄과정에서 발생할 잔류물의 환경영향을 최소화하기 위한 선풍기술 개발이 필요
- 해저열수광상은 육상까지의 운송비 절감을 위해 선상 선풍작업이 요구되며, 경제성을 높이고 환경영향을 최소화하기 위한 선상 선풍기술 개발 및 제정될 국제 규범을 만족하는 저감/처리 기술이 요구됨
- 선풍 잔류물의 입자크기별 생물위해성 파악을 위해 광물 내 유용금속과 불순물에 대한 인벤토리 구축, 잔류물의 방출에 따른 확산과 이동, 실험역 환경 특성과 채광/선풍기술을 고려한 중금속 용출특성 파악이 필요
- 개개 오염물질에 대한 환경/생물 위해성 연구를 기반으로 오염물질별 저감기술과 통합 저감공정 개발이 필요
- 저비용 시료확보, 현장시험, 현장 환경자료 확보를 위해 해저광물자원 개발사업과의 연계 필요
- 관련 국제기구(ISA, LC/LP, IMO) 및 이해당사자 조직에 대한 지속적인 동향파악과 국제규정 및 지침제정에 대한 능동적인 대처가 요구
- ISA 망간단괴 개별규칙 초안이 2020년 제정 완료될 예정인 바, 유리한 국제규정 및 지침제정에 능동적으로 대처하기 위한 관련 자료 확보(1단계)와 처리기술 개발 및 현장검증(2단계)으로 나누어 단계별 사업을 추진하는 것이 바람직한 것으로 판단

(2) SWOT 분석

가. 기회와 위협요인(표 2-3)

- 해저광업 관련 환경변화요인 중 가장 파급효과가 큰 위협요인은 국제사

회의 환경오염에 대한 우려 증대, 이에 따른 관련 국제기구의 선광 잔류물의 관리에 대한 규정 신설 움직임, 그리고 규정 제정 시기의 압박성으로 분석됨. 반면, 적극적인 기술개발투자가 이루어질 경우 신산업 창출 및 기술선점을 위한 기회요인으로 작용할 수 있음

- 육상자원 고갈에 따른 해저자원의 중요성 및 상업적 개발에 대한 관심 증대, 해양경제영토 확보 및 안정적 전략금속 공급원 확보를 위한 해양수산부의 해저광업에 대한 전략적인 지원이 큰 기회요인으로 파악
- 막대한 초기투자비용에 따른 단기수익창출의 불확실성, 금속가격의 불안정성, 개발관련 법제도 미비로 인한 민간기업 참여 저조는 해저광물 상업개발 및 본 사업 추진의 위협요인

표 2-3. 선광 잔류물 처리/저감기술 연구 기회요인 및 위협요인

| 기회요인(Opportunity) | 위협요인(Threat) |
|---|---|
| <p>O1. 육상자원 고갈로 해저자원의 중요성 및 상업적 개발에 대한 관심증대</p> <p>O2. 해양 경제영토 및 안정적 전략금속 공급원 확보를 위한 국가 전략적 지원</p> <p>O3. 해양환경 오염 및 종다양성 훼손에 대한 위기의식 제고</p> <p>O4. 해저광업과 선광 잔류물 처리 관련 신산업 창출 및 기술 시장 선점</p> | <p>T1. 해저광업에 따른 환경오염 우려 증대</p> <p>T2. 국제협약에 따른 해양환경보호 관련 규제강화 (심해저 광물자원 개발 선광 잔류물에 대한 규제 가능성 대두)</p> <p>T3. 선광 잔류물 규정제정 시기 압박('20)</p> <p>T4. 선광 잔류물 규제에 대응할 연구의 부재로 해저광물자원 상업화 지연 가능성</p> <p>T5. 해저광업 민간기업 참여 저조</p> |

나. 강점과 약점(표 2-4)

- 다양한 해저광물 광종에 대한 탐사권 확보 및 선풍 잔류물 관련 기술 개발을 제외한 기타 개발기술 분야 기반기술 확보는 본 사업 추진의 강점
- 기존 해저광물 개발사업과의 실효역 탐사 연계 가능성은 관련 사업들 간 시너지 효과를 창출할 수 있는 강점
- 대한민국의 국제해저기구, 런던의정서 당사국 회의, 국제해사기구에서 펼쳐온 주도적이고 능동적인 활동은 당사국 의무준수 및 국제신뢰도 증대로 이어지며, 향후 선풍 잔류물 관련 국제협약 제정 시 우리나라에 유리한 환경조성에 강점
- 선풍 잔류물에 대한 국내 연구 미비는 최대 약점요인으로 꼽을 수 있으며, 잔류물 방류에 따른 환경충격 이해부족도 극복해야 할 약점

표 2-4. 선풍 잔류물 처리/저감기술 연구의 강점과 약점

| 강점(Strength) | 약점(Weakness) |
|---|---|
| <p>S1. 다양한 지역과 광종에 대한 해저자원 탐사 및 매장량평가, 채광 및 제련 기술 노하우 축적</p> <p>S2. 기존 사업과의 연계를 통해 연구시료 확보, 현장시험 및 추가 환경자료 확보를 위한 공동탐사</p> <p>S3. 관련협약 관련 국제기구에서 지속적이고 주도적인 활동 수행</p> | <p>W1. 선풍 잔류물 최소화를 위한 선풍기술, 잔류물 독성도 및 생물유해성 저감을 위한 처리/방류기술 부재</p> <p>W2. 잔류물 방류에 따른 환경충격 이해를 위한 방류수심대 환경특성 및 종다양성 정보 부족</p> |

다. 전략대안 도출 (SWOT Matrix)

- 대내외 환경변화 분석을 통한 기회요인과 위협요인을 분석하고, 내부 역량분석으로부터 강점과 약점을 분석하여 SWOT Matrix를 작성(표 2-5)

표 2-5. 선광 잔류물 처리/저감기술 연구사업의 SWOT Matrix

| | 강점 | 약점 |
|------------------|---|--|
| 기 회 요 인 | SO전략 (기회와 강점의 시너지 전략) | WO전략 (기회를 통한 약점 극복 전략) |
| | SO1. 기존 사업과의 연계를 통한 시너지 효과 창출(O2, S1) SO2. 탐사권 확보지역 탐사 시 시료 및 자료 확보, 현장 시험, 잔류물 방류해역 수심의 환경 특성 및 종다양성 확보 (O2, S2) SO3. 선택과 집중을 통해 관련기술시장을 선점하여 국제협약 제정에 선도적 역할 수행(O3, S3) | WO1. 단기간 성과 달성을 위한 집중 투자로 관련 신산업 창출 및 기술시장 선점 전략 필요(W1, O4) WO2. 기존 사업 연계를 통한 오염물 방류 해역 해양환경 및 종다양성 기초 자료 확보 전략(W2, O2, O3) |
| 위 협 요 인 | ST전략 (강점을 통한 위협 극복전략) | WT전략 (약점 최소화를 통한 위협 극복) |
| | ST1. 관련 국제기구 적극적 참여를 통해 우리나라에 유리한 폐기물 관련 국제협약 도출(S3, T1, T2) ST2. 탐사권 기 확보 광종에 대한 선광 잔류물 연구 우선 수행 전략 | WT1. 해저자원개발 선광 잔류물 처리 관련기술 조기개발을 통한 상업화 지연방지 및 국제규제 적극 대응(W1, T2, T3) WT2. 방류 잔류물 환경충격평가를 통한 국제 규제 대응(W2, T2) WT3. 국제규정 제정 임박에 대비하여 규정 제정에 필요한 자료 조기확보 (W2, T3) WT4. 잔류물 관련 소요기술 개발을 위해 민간기업 적극 참여 유도(W1, T4) |

- 분석된 강점, 약점, 기회요인, 위협요인을 바탕으로 수립한 “해저광물개발 선풍 잔류물 환경친화 처리기술 개발연구”의 전략목표는 다음과 같음
 - 공공 주도의 선풍 잔류물 환경친화 처리기술 개발연구 마스터플랜 수립
 - 잔류물 관리 규정 제정이 임박('20)함에 따라 우리나라에 유리한 국제 규정 및 지침제정에 능동적으로 대처하기 위한 관련 자료 확보 연구를 초기(1단계)에 수행하고, 선풍기술과 저감/처리기술 개발 및 현장검증은 규정제정 이후 규정에 따라 탄력적으로 연구를 진행
 - 요소기술(선풍 및 처리 기술) 개발에 민간기업 참여 적극 유도
 - 선풍, 잔류물 오염물질 파악, 확산, 생물 및 환경위해성, 오염물 처리/저감 등 구성 요인의 상호의존성을 고려한 종합적인 추진
 - 환경 영향을 지속적으로 모니터링하기 위한 단·중·장기적 매뉴얼 개발
 - 기존 사업과 연계를 통한 시너지 효과 창출: 연구시료 확보, 방류해역 환경특성 및 종다양성 자료 확보, 현장 시험/검증 등
 - 기술 조기개발을 위한 선택과 집중: 개발 임박 광종(망간단괴, 해저열수 광상)에 대한 집중투자를 통한 관련기술 시장선점 및 상업개발 장애요소 제거
 - 우리나라에 유리한 협약 도출을 위한 국제기구 활동 강화 및 국내·외 협력네트워크 구축

제 1 절 비전 및 목표 수립

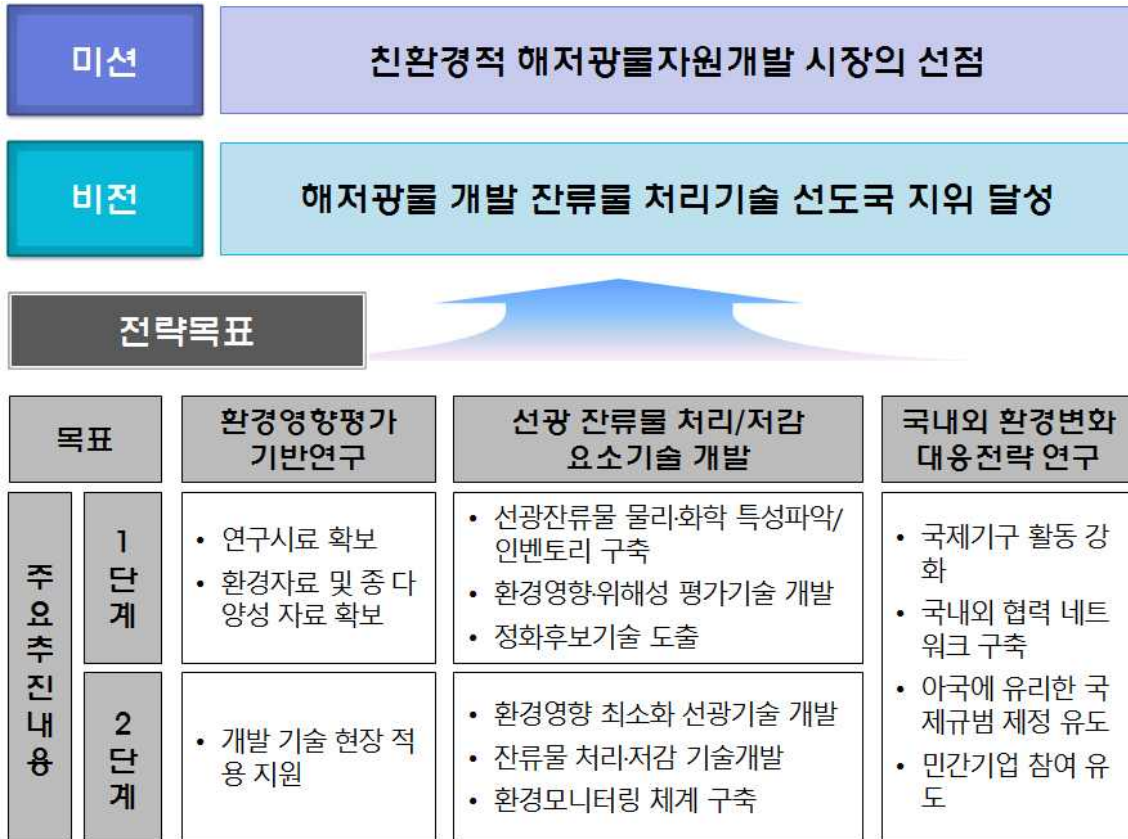


그림 3-1. 사업의 미션, 비전과 전략목표

- 망간단괴 개발규칙의 제정('20년 초안 작성 완료 예정)에 아국의 연구결과에 따른 표준안이 반영될 수 있도록 단계별 추진
 - 1단계(' 18-' 20): 해저광물자원 선광 후 잔류물의 물리·화학적 특성 파악, 오염물질 인벤토리 구축, 생물/환경위해요소 도출 및 평가 기술 개발, 환경 영향 평가 기술 개발, 정화후보기술 도출 - 개발규칙 제정에 필요한 판단요소 도출에 연구 집중
 - 2단계(' 21-' 25): 환경 영향을 최소화한 선광 및 처리/저감 기술의 개발 및 환경 모니터링 체계 구축 - 1단계 결과와 제정된 규칙에 기반한 최적 처리/저감 기술 도출

제 2 절 주요 추진내용

1. 선광 잔류물 환경영향평가 기반 연구

- 잠재적 선광 잔류물 획득 (다양한 선광 시나리오별 환경 위해요소 규명)
 - 심해퇴적물, 심층수, 광물시료 확보를 통한 연구 기반 조성
- 잔류물 방류 지역(수심대) 환경자료 및 해수 획득
 - 현장특성을 고려한 용출 시험을 위한 수층특성 자료 및 해수회득
 - 확산모델 적용을 위한 실험역 방류수심 환경자료 확보
- 생물위해성 연구를 위한 관심해역 생물 특성 연구 및 평가기술 현장 검증 기반 제공
 - 방류수심 종분포/종다양성 및 환경 인자 분석
 - 생물활성도 현장 분석
 - 독성물질 생물/환경위해성 현장 검증 기반 제공

2. 선광 잔류물 처리/저감 요소기술 개발

- 선광 잔류물 물리/화학적 특성 규명
 - 중금속 전처리 및 분석기법 확립
 - 광종별/입도별 금속 농도 프로파일 구축
 - 화학적 결합형태별 금속 농도 프로파일 구축
 - 중금속 용출특성 파악
- 오염인자 인벤토리 구축
 - 광종별/선광기술별 잔류물의 중금속, pH, 침강물질 등 해양환경(생물 등)에 영향을 미칠수 있는 요소의 데이터베이스 구축
 - 금속 안정동위원소비 분석기법 확립
 - 광종/지역/입도별 금속 안정동위원소비 라이브러리 구축
- 잔류물 확산 예측 기술
 - 잔류물질 배출 해역의 시공간적 해류특성 파악
 - 잔류물질의 입도분포 및 방류정보 수집
 - 잔류물질의 침강속도 추정 실험
 - 확산 모델 적용을 통한 방류 잔류물의 시간적-공간적인 농도분포 예측

- 환경영향 분석 및 평가기법
 - 선광 잔류물 내 환경 위해요소 도출
 - 선광 잔류물 기인 환경영향평가 및 오염인자 식별/추적을 위한 최신분석기법 개발
 - 해양환경에서 선광 잔류물 기인 유해물질의 거동 파악 기술 확립

- 선광 잔류물 생물 영향 평가 기법 확립/개발
 - 생물 검정(bioassay)중에 대한 선광 잔류물 영향 평가 및 데이터베이스 구축
 - 대상 해역의 생물 개체/군집 반응 연구
 - 선광 잔류물 생물영향 모니터링 체계 확립
 - 대상 해역의 우점 생물을 이용한 생물검정 체계 구축

- 개체/세포/분자 단위 위해성 평가지표 개발
 - 특이적 생물 영향 기작 파악
 - 광종 별 위해요소에 따른 특이적 분자 생체지표 발굴
 - 선광 잔류물 평가를 위한 분자생체지표 선정
 - 배출 기준 마련 및 현장모니터링 기반 제공

- 친환경적 선광기술 선정/개발
 - 광종별 선광 후 잔류물질 확보
 - 선광 기술별 배출 잔류 오염물질 파악
 - 미립자 상호간 에너지 저감형 단체분리 기술
 - 광석광물 회수기술
 - 광석광물 상호분리 기술
 - 광석광물 상호 분리를 위한 친환경적인 Bio-flotation 기술
 - 공정설계 기술

- 물리·화학적 정화처리 기법 개발
 - 선광 잔류물 고도처리를 통한 오염물질 저감 기술 개발
 - 최적화 고도처리 공정 개발
 - 정화 후 발생 액상에 대한 정화기술 개발
 - 정화기술의 적합성 및 환경 영향 평가를 위한 생물영향실험

- 대상 정화물질의 선별적 제거 기법 개발

- 오염 인자 인벤토리를 바탕으로 한 정화 대상물질 선별
- 자력분리를 통한 선광 잔류물 및 처리수 내 중금속 제거 기법 개발

○ 현장 정화처리 기법 제시

- 선광 잔류물의 오염인자 저감 처리 공정에 따른 환경 위해 요소 확인
- 선광 잔류물의 물리적 분리를 위한 최적화 모듈식 공정 설계
- 최적화 오염물질 저감 기작의 모듈화 공정 설계
- 정화/처리 기술 검증용 시험장치 설계 및 제작
- 상용규모 설계

3. 국내·외 환경변화 대응전략 연구

○ 국제기구 동향파악 및 대응

- 국제해저기구, 런던협약 당사국회의, 국제해사기구 활동을 통한 동향파악 및 규정 제정 관련 적극 대응
- 국제해저기구 이사국 B그룹 및 법률기술위원회 활동을 통해 해저광물 개발규칙 제정 적극 참여

○ 국내·외 협력 네트워크 구축

- 관련 전문가회의 주도적 참여를 통해 국익증대
- 탐사권 계약자 간 공동이익을 위한 상호협력 확대
- 국내외 기술/자본협력 추진

○ 요소기술개발 분야 민간기업 참여유도

- 민간기업과 자원개발 이해관계자를 대상으로 기술개발 필요성에 대한 인식 제고
- 요소기술개발 관련 기업 대상 홍보활동 강화

제 3 절 추진 체계

- 연구수행 내용 중 “선광 잔류물 환경영향평가 기반 연구”의 전 분야, “선광 잔류물 처리/저감 요소기술 개발” 중 선광기술 분야를 제외한 전 분야는 관련 연구역량을 갖춘 한국해양과학기술원이 주관연구기관을 담당하여 사업을 추진
- “선광 잔류물 환경영향평가 기반 연구” 분야는 현재 한국해양과학기술원이 수행하고 있는 해저광물자원사업(망간단괴, 해저열수광상)과 탐사 연계 및 협력으로 비용 절감 및 시너지 효과 창출
- 선광 잔류물의 물리적 특성은 채광 및 양광 기술과 밀접하게 연관되는 바, 채광기술과의 기술적 협력 및 공조
- 선광기술 분야는 해저광물자원의 제련 및 부분적 선광 실험 경험과 노하우를 보유한 한국지질자원연구원이 주관하여 사업 추진
- 처리/저감 기술개발 중 원천기술분야는 한국해양과학기술원이 주관하고, 파이롯 규모의 처리시설 제작 및 상용규모 설계는 산업계가 추진
- “국내외 환경변화 대응전략 연구” 중 국제기구 동향파악 및 대응 분야는 관련 국제기구(국제해저기구, 런던의정서 당사국회의, 국제해사기구) 활동을 지속해오고 있으며, 현재 대응 조직을 갖추고 있는 한국해양과학기술원이 주관하여 사업 추진
- “국내외 환경변화 대응전략 연구” 중 국내외 협력네트워크 구축 및 요소기술개발 분야 민간기업 참여유도는 전 분야 분야는 세부 연구 분야 전체적인 국제기구 동향파악 및 대응 분야는 주관연구기관 및 연구 참여인력 모두의 전문성을 활용하여 연구목표 달성

기술개발 추진체계

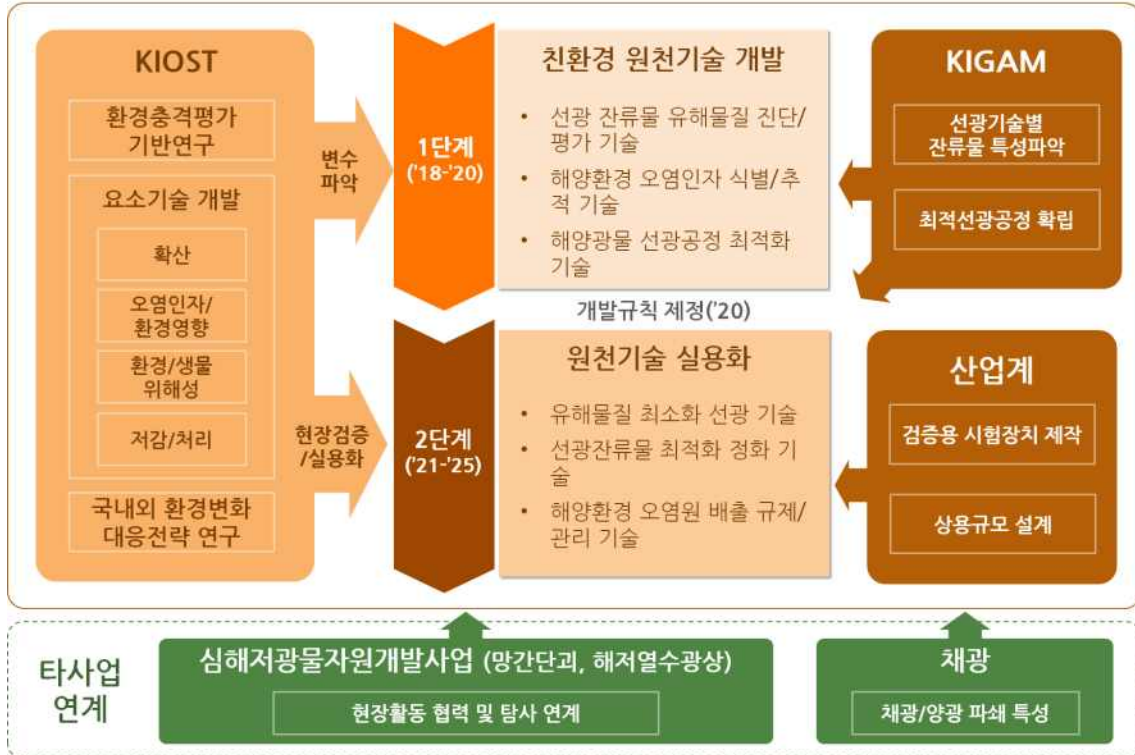


그림 3-2. 사업의 추진체계 모식도

제 4 절 기술로드맵

1. 기술정의

해양광물자원 개발 시 선상에서 발생하는 선광 잔류물의 환경/생물 위해성을 파악하고, 평가하며 영향을 최소화하기 위한 선광 기술 및 처리/저감 기술

1단계:

- 선광잔류물 내 금속 오염물질을 첨단기법(안정동위원소 비)을 이용하여 신속 정밀하게 분석하여, 오염인자를 식별/추적하고 해양환경 및 생태계에 미치는 영향을 평가하는 기술
- 선광 잔류물 내 유해물질이 생물 및 생태계에 미치는 영향을 평가하고 관리하는 기술
- 환경조건의 시공간적 변화에 따른 예측 오차를 최소화하고 인접해역과 원거리 해역에서의 거동을 연계하는 거동예측 기술
- 국제기구 환경규제 제정 대응 기술

2단계:

- 광물자원 회수를 극대화하고 잔류물 내 유해물질을 최소화하는 기술
- 선광 잔류물 내 유해물질의 선별적 제거를 위한 최적화 정화 기술
- 오염원 목표수질 기준 설정을 통한 배출 규제/관리 기술
- 국제적 환경규제에 대한 적극적이고 정책적인 대응 기술

2. 주요이슈

○ 정책이슈

- 심해저광물자원 개발에 따른 유해물질 위해성 우려 대두
- 자원개발에 따른 오염제어 관리 필요성 대두
- 천연자원의 보고로서 해양환경의 관리 및 보전 필요
- 심해저 광물자원 채광 폐기물의 국제규제 가능성 대두
- 해양환경 감시 및 규제 관련 국제협력 필요성 증대
- 해저광물자원의 상업적 개발단계 진입을 위해 오염물질의 발생과 처리에 대한 체계적 관리를 위한 정부의 정책지원 필요성 대두
- 안정적인 자원 확보와 환경 및 생태계 보호를 위해 선광 작업에 대한 체계적 관리가 필요 (환경 및 생태계 영향 평가 기준 부재)

○ 기술이슈

- 광물자원 회수를 극대화하고 잔류물 내 유해물질을 최소화하는 친환경적 선광기술 선정 및 개발 필요성 증가
- 심해저 광업 선광 잔류물 내 유해물질에 대한 분석/추적기술이 개발 필요
- 선광 잔류물 중 유해물질의 해양환경 내 거동 특성 규명 필요
- 유해물질에 의해 영향을 받는 해양 생물 및 환경 위해성 파악 필요
- 정화기술 개발 연구는 육상광산 배출수의 정화에 관한 기법 연구에 한정 되어있으며, 해양광물 선광잔류물의 화학적 특성 및 해양환경을 고려한 정화기술 개발 연구 개발 필요
- 해저광물자원 선광 잔류물 내 오염물질 처리 및 방류 기준 제시 필요

○ 사회/경제적 이슈

- 선광 잔류물 관리 연구 부재상황은 이에 대한 국제규범 제정 시 해저광물자원의 상업적 개발단계 진입에 장애요소로 작용할 가능성 대두
- 해양환경 및 종다양성 보존을 위해 선광시 발생하는 잔류물 방류 및 오염물질 농도 기준 개발 필요성 대두
- 선광 시 발생하는 선광잔류물은 지금까지 해저에 배출 해 왔으며 안정적인 사업 추진을 위해서는 이동으로 인한 경제적 소모를 최소화 할 수 있는 현장 선광 및 정화 처리 기술 개발 필요
- 해저광물자원의 개발 시 경제성을 높이고 환경충격을 최소화하기 위한 선상 선광작업의 선정 및 개발환경에 적합한 추가적인 선광기술 개발 필요

3. 기술개발 목표

- 오염인자 파악 기술
- 환경영향 분석 및 평가 기술
- 생물 위해성 및 현장 생태계 영향 평가
- 선광 잔류물 확산 예측 불확실성 저감기술
- 친환경적 선광 기술 선정 및 개발
- 선광 잔류물 환경영향 저감을 위한 처리 기술
- 국내의 환경변화 대응 전략 연구

4. 기술맵

표 3-1. 연구사업 추진 세부기술맵

| | 기술정의 | 핵심기술 | 최종제품 | 활용방안 |
|--------------|--------------------------|---|--|-------------------------------------|
| 오염인자 파악 | - 선광대상물 물리/화학적 특성 규명 | - 금속 농도 프로파일 구축 - 환경 용출 특성 파악 | - 금속 오염물 고감도 분석 기술 | - 환경 위해 요소 도출 - 타 기술분야 자료 제공 |
| | - 오염인자 인벤토리 구축 | - 환경 위해요소 도출 - 분석기법 확립 - 오염물 DB 구축 | - 분석기법 - 오염물질 DB | - 환경 영향 평가 |
| 환경영향 분석 | - 환경영향 분석 및 평가기법 | - 오염인자 식별/추적 - 해양환경영향 평가기술 개발 | - 환경 영향 물질 위해순위 결정 - 오염원 거동 파악 기술 - 환경/생태계 영향 예측 | - 환경/생태계 영향 평가 기초자료 제공 |
| 선광 기술 | - 친환경 선광기술 선정/개발 | - 에너지 저감형 단체분리 기술 - 광석광물 회수기술 - 광석광물 상호분리 기술 - 회수기술(conventional flotation+Bio-flotation) - 공정설계/엔지니어링 기술 | - 유가금속 정광 - 공정개략설계도 | - 상업생산 시 기초자료 |
| 확산 | - 잔류물질 확산 예측 | - 잔류물질 거동 예측모형 개발 - 예측모형 검증 | - 잔류물질 농도 및 영향범위 지도 | - 환경영향 예측 |
| 환경/생물 위해성 평가 | 생물 영향 평가 기술 및 독성평가 기법 개발 | - 생물 영향 DB 구축 | - 최적화된 독성평가 기법 | - 처리지침 기준 마련 |
| | - 개체/세포/분자 생체지표 발굴 | - 특이적 생물 영향 기작 파악 - 분자 생체지표 발굴 | - 생물 영향 조기평가를 위한 생체지표 선정 | - 위해성 평가 - 생물 영향 평가 지침 제시 |
| 저감 및 처리 기술 | - 오염물질 저감 기술 개발 | - 고상/액상 오염물 저감기술 | - 오염인자 저감 기술 | - 처리지침 기준안 마련 |
| | - 오염물질 선별적 제거 기술 | - 정화 대상 크기별 선별 기술 - 중금속 자력분리 기술 | - 오염물질별 분리·제거 기술 | - 최적화 정화 기법 제시 - 처리 기준 설정 및 지침마련 |
| | - 선상 처리 정화 모듈 공정 기술 개발 | - 최적 고도 처리공정 개발 - 공정 모듈화 기술 개발 및 상용규모 설계 | - 검증용 시험장치 - 선상 오염인자 저감 기반 구축 | - 친환경 처리/저감 기술 확보 |
| 국내외 환경 변화 대응 | - 국제협약/제도 동향분석 | - 국제해저기구, 런던의정서, 국제해사기구 전문 지식 | - 선광 잔류물 관리 평가지침 | - 국내제도 개선 및 당사국 의무 준수 지원 |

5. 기술로드맵

1) 총괄 기술로드맵

| 단계/연도 | | 1단계 | | | 2단계 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------|--|------|------|------------------------------|------|------|---------------------------|------|------|---|--|------|---------------------------|------|--------------------|--------|--|------|--|
| | | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | | | | | | | | | | | |
| 세부연구분야 | | 2018 | | | 2019 | | | 2020 | | 2021 | | | 2022 | | 2023 | | 2024 | | 2025 | |
| 환경충격평가 기반연구 | | 잠재적 선광잔류물 획득 | | | 잔류물 방류지역 수층환경자료 수집 | | | 실해역 종분포/다양성자료 확보 | | | 생물위해성 연구 현장 검증 기반제공 | | | | | | | | | |
| 요소 기술 개발 | 확산 | 잔류물질 배출 해역 확산관련 환경변수 수집 | | | 확산 모델링 | | | 현장 확산실험 및 모델 검증 | | | | | | | | | | | | |
| | 오염인자/ 환경영향 | 선광대상물 물리/화학적 특성 규명 | | | 오염인자 인벤토리 구축 | | | 환경영향 분석 및 평가기법 개발 | | | 오염물질 고감도 분석기술 연구 | | | | | 현장 방류 실험 및 평가기법 적용 | | | | |
| | 선광 | 광종/기술별 잔류물질 확보 | | | 친환경적 최적 선광공정 확립 | | | 저에너지 단계분리 및 최적 선광 원천기술 개발 | | | 재래식 부유선별에 의한 유가광물별 분리기술 및 공정개발 | | | 친환경적 Bio-floatation 기술 개발 | | | | | | |
| | | 광종/기술별 폐수 특성 파악 | | | | | | | | | 규모 확대 실험 및 친환경 선광공정 확립 및 엔지니어링 | | | | | | | | | |
| | 환경/생물 위해성 | 선광잔류물의 생물 영향요소 분석 영양독성도 데이터베이스 구축 실대실험 생물종 선정 | | | 생물 독성평가 기법 확립 및 분자생체지표 발굴 | | | 분자생체지표 평가기준 제시 | | | 통합지표 제시 | | | 정화산물 생물영향평가 | | | 평가 표준화 | | | |
| | 저감/처리 | 관련 정화기술 현황 조사 | | | 정화기술 개발을 위한 공정 검토 | | | 선광잔류물 정화 후보기술 도출 | | | 정화처리기술 공정개발 및 설계 | | | | | 정화기작 개발 | | | | |
| 국내외 환경변화 대응전략 연구 | | | | | | | | | | | 국제기구 동향파악 및 대응 국내외 협력 네트워크 구축 요소기술개발분야 민간기업 참여 유도 | | | | | | | | | |
| 단계별 개발기술 | | <ul style="list-style-type: none"> 선광 잔류물 유해물질 진단/평가 기술 해양환경 오염인자 식별/추적 기술 해양광물 선광공정 최적화 기술 | | | | | | | | | <ul style="list-style-type: none"> 유해물질 최소화 선광 기술 선광잔류물 최적화 정화 기술 해양환경 오염원 배출 규제/관리 기술 | | | | | | | | | |

그림 3-3. 사업추진 기술로드맵

2) 요소기술 로드맵

<오염인자 파악 및 환경영향 분석>

오염인자 분석, 식별/추적, 거동특성 평가 및 예측, 해양환경 및 생태계 영향평가

- 정의 :

- 선광잔류물 내 금속 오염물질을 첨단기법(안정동위원소비)을 이용하여 신속 정밀하게 분석하고, 오염인자를 식별/추적할 수 있는 기술
- 해양환경 내 선광잔류물 기인 금속 오염물질의 거동특성을 평가하고 예측할 수 있는 기술
- 선광잔류물 내 존재하는 금속 유해요소를 분석하고, 해양환경 및 생태계에 미치는 영향을 평가하는 기술

기간별 주요 목표



세부기술별 연구개발 목표

- 선광 대상물 금속 농도 프로파일 및 오염인자 인벤토리 구축
- 환경/생태계 영향 금속 우선순위 결정
- 금속 안정동위원소 최신 분석기법 개발
- 금속 안정동위원소비 라이브러리 구축
- 오염인자 식별/추적기술 개발

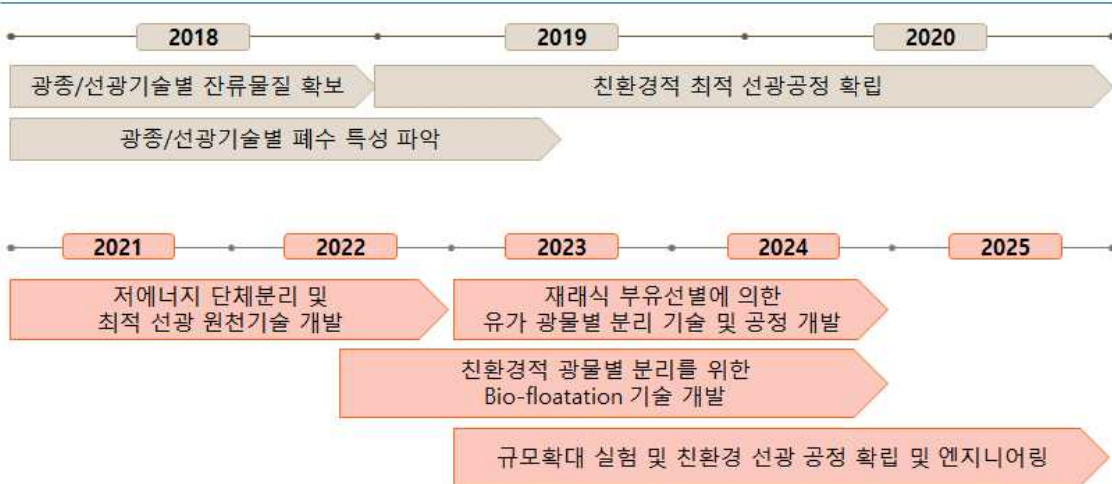
그림 3-4. 오염인자 파악 및 환경영향분석 분야 기술 로드맵

<선광 기술 개발>

해양광물자원개발 선광분야의 유가광물 광종별 분리 및 환경 친화적인 공정개발

- 정의 : 개발된 해양광물자원으로부터 유가 광물의 물질별 분리, 유가 금속의 손실 최소화 및 친환경적인 유용금속 회수

기간별 주요 목표



세부기술별 연구개발 목표

- 해양 광물 자원에 적용 가능한 선광 기술 확보
 - 에너지 저감형 단체분리기술 개발 및 미립자 응집기술 개발
 - 광물별 분리기술 확보를 위한 부유선별 및 미립자 응집기술 개발
- 최적 선광 공정 확립
 - 유용 성분별 품위 및 회수율 향상 조건 도출
- 선광 공정 관련 엔지니어링 기술 확보

그림 3-5. 선광 분야 기술 로드맵

<확산>

선광 잔류물 해양 배출 시 잔류물 확산 예측 기술

- 정의 : 선광잔류물의 해양 배출 시 잔류물 및 오염물질의 확산을 실험해역 환경변수와 오염물질의 물리/화학 특성을 고려하여 예측하는 기술

기간별 주요 목표



세부기술별 연구개발 목표

- 잔류물질 배출 관련 변수 수집
 - 배출해역의 흐름 및 환경 정보 수집
 - 잔류물질의 배출 시기, 수량 및 농도 예측
 - 잔류물질의 입도분포 정보
 - 배출관로의 규격
- 확산 모델링
 - 확산모델 적용을 통한 잔류물질의 시간적-공간적 농도 분포 예측

그림 3-6. 확산 분야 기술 로드맵

<환경/생물 위해성 평가>

선광 잔류물 내 오염물질의 환경 및 생물위해성을 평가하고, 배출/처리와 관련한 환경 기준을 제시하는 기술

- 정의 :

- 선광 잔류물의 조건에 적합한 생물독성평가 기술
- 선광 잔류물 내 오염물질에 대한 생물 영향을 평가하는 기술
- 오염인자에 따른 특이적 생체지표 발굴
- 선광잔류물 정화 및 오염인자 저감기법의 공정 및 기준 평가
- 채광과정의 환경영향 모니터링 기법 개발

기간별 주요 목표



세부기술별 연구개발 목표

- 선광 잔류물 독성 인자에 대한 생물 영향 데이터베이스 구축
- 선광 잔류물 생물위해성 처리 지침 마련을 위한 독성평가 기법 제시
- 선광 잔류물 배출 및 처리 관련 환경 기준 제시
- 생물영향 평가 모니터링 기법 개발

그림 3-7. 환경/생물 위해성 평가 분야 기술 로드맵

<저감 및 처리 기술>

선광 잔류물 내 물리·화학적 오염물질을 저감을 위한 최적화 정화기술 및 정화 공정 개발

- 정의 :

- 선광 잔류물의 조건에 적합한 생물독성평가 기술
- 선광 잔류물 내 오염물질에 대한 생물 영향을 평가하는 기술
- 오염인자에 따른 특이적 생체지표 발굴
- 선광잔류물 정화 및 오염인자 저감기법의 공정 및 기준 평가

기간별 주요 목표



세부기술별 연구개발 목표

- 선광 잔류물 내 오염물질 발생을 최소화 한 물리·화학적 정화처리 기법 개발 (해양환경 영향 유발 가능 물질 사용 배제)
- 대상 정화물질을 선별적으로 제거 정화하는 기법 개발
- 현장 정화처리 공정 기술 (모듈화) 개발

그림 3-8. 저감 및 처리 기술 분야 기술 로드맵

제 4 장

사업추진의 타당성 분석

제 1 절 정책적 타당성

□ 정책성 평가

- 해저광물자원 개발 선광 잔류물 연구사업은 국가 상위 계획과 부합
 - 박근혜정부의 5대 국정목표 중 하나인 “일자리 중심의 창조경제”의 국정과제 상에 “심해저 탐사 및 기술 개발” 포함
 - 박근혜정부의 140개 국정과제 (2013) 중 “해양수산업의 미래산업화 및 체계적 해양영토관리(11번)”의 주요추진 계획으로 “유망 탐사·개발 광구 확대 및 선진국 수준의 상용화 기술개발” 포함, “해양환경 보전과 개발의 조화(95번)”의 주요추진 계획으로 “해양정화 및 보호 (오염 퇴적물 정화·복원사업 및 육상폐기물 해양투기 금지)” 포함
 - 과학기술기본계획(2013-2017)의 “2. 미래성장동력 확충” 중 세부과제 1) 미래에너지와 자원 확보·활용, “미래 자원의 안정적 확보와 친환경적 활용 가능성 확보를 위한 자원탐사·개발기술 역량강화”에 해당됨
 - (부처 정책) 장관 5대 핵심과제로 추진하고 있으며, 2차 해양수산업발전기본계획(‘11~’20), 해양 R&D 중장기계획(‘14~’20)를 통해 추진
 - * (장관 핵심과제) ‘심해저 개척(광물자원 확보)
 - * (제2차 해양수산업발전기본계획 : ‘11~’20) 신성장동력 창출을 위한 해양과학기술개발(제2절), 해양 관할권 강화 및 글로벌 해양영토 확보
 - * (해양 R&D 중장기 계획 : ‘11~’20) 해양자원 및 해양에너지 개발 활성화
- 해양과기원 고유기능 발전과의 연관성
 - “해양과학기술의 창의적 원천기초연구, 응용 및 실용화 연구”라는 해양과기원 임무와 “해양과학기술 및 해양산업 발전에 필요한 원천연구, 응용 및 실용화연구” 내용에 부합
 - 해양과기원 경영 전략목표 2(해양환경/보존기술 개발 및 해양오염 관리체제 강화)의 성과목표 중 “2-2 해양 유해물질 제어기술 개발(오염물질 진단 및 예측)과 “2-4 오염해역 관리 및 환경복원기술 개발(폐기물 해양투기 관리) “에 해당
 - 해양과기원 경영 전략목표 5(국가 해양영토 관리체제 구축 및 해양경제영토 확대를 위한 과학기술 개발)의 성과목표 중 “5-2 대양 해저 다금속 광물자원 탐사 “에 해당 (채굴관련 해양환경영향 충격평가 시험 및 환경복원기술 개발)

□ 국가차원의 연구개발 필요성

- 해양자원, 해양과학, 해양산업 및 해양외교 등 해양개발 잠재력을 증대시키기 위한 국가차원의 해양개발 정책과 연계, 국가 주도의 기술개발 추진
- 심해저 광업에 대한 환경우려와 선광 잔류물 관련 국제규범 제정 가능성 증대로 순조로운 상업화 단계 진입을 위해 국가 주도의 선제 대응 필요
- 해저광물자원 개발 관련 기술개발은 공공성, 공익성, 종합성 등 다양한 역할을 갖고 있으며, 국가 지원 확대를 통한 연구개발 필요
- 심해저 광업은 상업개발 이전 단계로서 민간주도의 사업은 어려우며, 관련기술 선점을 위한 정부차원의 지원 필요

제 2 절 기술적 타당성

□ 비전 및 목표설정의 우수성

- 본 기획연구에서 도출된 사업의 범위는 국가가 주도하여 20년 이상 추진해온 심해저 광업의 기술적 갭(선광 잔류물 관리 규정 신설 움직임에 따른 연구 부재 분야)을 극복하고, “전략광물자원의 안정적 공급원 확보”와 “해양경제영토확대”라는 국가적 비전과 목표에 부합하고 있음
- 로드맵은 신설될 선광 잔류물 관리 국제법규에 대비하여 관련기술을 선제적으로 마련하여 관련시장 선점하고, 아국에 유리한 법규 제정을 위한 주도적인 역할을 수행할 수 있는 구체적인 계획을 제시함.

□ 연구개발 성공 가능성

- 국내 해저자원개발 사업과 폐기물 관리 사업은 국가주도의 적극적 투자로 해외 기술선도국과 대등한 기술수준을 보유하고 있으며, 본 연구에 필요한 기반 기술이 확보됨
- 육상금속광상의 채광잔류물의 물리/화학적 특성 및 제어기술이 이론적으로 정립되어 있는 상황이며, 따라서 해저금속광상 기인 오염물의 특성과 약과 육상기술의 활용 적용이 가능할 것으로 판단되며, 이에 선상 처리시설의 개발의 수월성이 있음
- 기존 해저광물자원 개발사업(탐사 및 기술)과 폐기물 연구사업(기술)과의 연계를 통해 시료확보 및 현장검증 등 시너지 효과 창출이 가능하며, 비용 효율적 연구를 수행할 수 있음.
- 단계별 연구추진을 통해 선광 후 잔류물 관리규정 제정에 적절히 대응할 수 있으며, 2단계 처리/저감 기술 개발을 통해 심해저광물자원의 상업개발 시기에 맞추어 연구개발 목표의 달성 가능할 것으로 기대됨

제 3 절 경제적 타당성

1. 타당성 분석

□ 예산규모의 적절성

- '18~'25년까지 사업의 예산은 8년 간 총 90억원이 투입될 예정임 (원천 기술사업('18~'20년)의 예산은 3년간 30억원)
 - 본 사업은 현장탐사가 요구되지만, 기존 해저광물자원 개발사업(심해저 망간단괴 국제해저기구 의무사항 이행연구 및 남서태평양/인도양 광물 자원개발사업)과의 연계를 통해 최소의 비용으로 사업효과 극대화 가능 (현장검증을 위한 연구선 사용일은 5일/년 이내로, 사업연계 시 최소 연 5억의 연구비 절감 효과)
 - 국제해저기구, 런던의정서 당사국회의, 국제해사기구 활동 또한 기존 추진사업과의 연계를 통해 예산 절감이 가능함

□ 과학기술적 파급효과

- 본 사업의 세부요소기술들은 가까운 미래 해저광물자원의 상업적 개발시, 심해저 광업 선광 잔류물 관리분야의 기술시장 선점과 신산업창출이 가능함
- 해저광물자원 선광 후 잔류물에 대한 규정은 육상 광업이나 연근해 해저 자원의 개발에 따른 폐기물의 방류에 대한 규제 확대될 수 있어 국내외적으로 큰 파급효과가 예상됨
- 환경파괴와 종다양성보호에 대한 국제적 관심증대로, 본 사업을 통해 확보 될 기술은 위해성/독성도 분석 및 환경영향평가 기술은 환경 관련 응용분야에 파급효과 클 것으로 기대됨
- 대양/극한환경 탐사 및 해양환경 보호 연구기반 구축으로 과학기술연구 선진국 도약의 기회를 제공할 것으로 기대됨

□ 경제적 파급효과

- 해저광물자원 개발사업이 상용화 단계로 진전될 경우 전략금속자원의 장기적이고 안정적인 자원수급에 기여

- 선광잔류물의 친환경적·효율적 선상처리 및 방류는 육지로의 운반비용을 획기적으로 감소시켜 심해저광업의 경제성을 높임
- 개발된 기술은 해양은 물론 육상 광물자원 개발과 관련하여 발생하는 잔류물의 처리에 응용될 수 있으며, 환경영향평가와 종다양성보호 관련 산업 확장에 기여할 수 있음
- 해저광물자원 및 환경 관련 분야 신산업 창출로 각 분야별 연구 인프라 구축 및 기술노하우 축적 뿐 아니라, 생산/수출에 따른 산업 확장 및 고용창출 효과 기대

2. 경제성 분석 및 평가

□ 처리기술 개발 효과

- 해저광물자원을 채광할 때 발생하는 폐기물의 친환경 처리에 따른 비용 절감
- 심해저 해양 및 환경오염 경감 편익
 - 해저광물자원의 상업적 개발은 저층생태계를 교란하고 유용광물의 선광 과정에서 다량의 잔류물을 발생시킴으로써 환경오염을 야기할 가능성이 매우 높음
 - 심해저는 국가관할권 밖에 있는 공해의 해저와 그 하부의 토양을 의미하기 때문에 해저광물자원을 채광할 때 발생하는 폐기물이 국내에 미치는 영향은 상대적으로 미미
 - 그러나 다수의 국가들이 동시다발적으로 해저광물자원 개발에 참여할 경우 이로 인해 우리가 겪게 될 피해를 간과할 수 없음
- 산업연관효과를 통한 연구개발의 시너지 효과 기대
- 해저광물자원개발 폐기물처리기술에 있어 선도적 위치 점유
- 향후 국제해저기구의 관련 규정 제정에 있어 우호적인 여건을 마련
 - 국제해저기구는 2020년까지 해저광물자원개발 잔류물에 관한 관리 규정을 구체화할 계획
 - 해저광물자원개발 잔류물 처리와 관련한 과학적, 생태학적 정보를 조기에 획득할 경우 이와 관련한 규정 제정에 적극적으로 대처할 수 있음
- 사업계획서의 개발비용을 토대로 정량화가 가능한 편익들을 중심으로 동 처리기술 개발의 경제성을 평가

- 경제성 평가방법은 예비타당성조사와 유사한 방식으로 진행되며 편익/비용 비율(Benefit/Cost Ratio), 순현재가치(Net Present Value), 내부수익률(Internal Rate of Return) 등을 분석

□ 경제성 평가

○ 개요

- 경제성 분석은 편익/비용 비율(Benefit-Cost Ratio; B/C Ratio), 순현재가치(Net Present Value; NPV), 내부수익률(Internal Rate of Return; IRR) 등의 계산을 통하여 사업의 경제성을 파악하는 과정이며, 경제성 분석에 사용된 각종 추정치의 오차를 보완하기 위하여 주요 변수의 변화가 경제성에 미치는 영향에 대한 민감도 분석을 수행한다.
- 본 보고서에서는 비용편익분석을 경제성 분석의 기본 방법론으로 채택하고 있으며, 지침에 따라 분석 기준연도, 분석 기간, 사회적 할인율 등 공통적인 분석 방법을 적용한다.
- 경제적 타당성 평가를 위하여 편익/비용 비율, 순현재가치, 내부수익률 등을 구하여 비교하였다.
- 경제성 분석은 분석을 시행하는 시점의 전년도를 평가의 기준연도로 정의하여 모든 편익과 비용을 추정하는 것이 일반적이다.
 - 본 사업에서 경제적 타당성 평가를 위해서 사용하는 방법론은 예비타당성조사와 동일하다.
 - 예비타당성조사와 마찬가지로 분석을 시행하는 시점의 전년도를 기준연도로 하여, 모든 편익 및 비용 관련 단위 가격을 산정하여 경제성 분석을 수행하였다.
- 경제적 타당성을 평가하는 분석기법으로는 편익/비용(B/C)비율, 순현재가치, 내부수익률 등이 있는데, 일반적으로 이해가 용이하고, 사업규모의 고려가 가능한 편익/비용(B/C)비율을 많이 사용한다.
 - 편익/비용 비율, 순현재가치, 내부수익률은 그 분석기법마다의 장·단점을 가지고 있고, 어느 한 기법만을 가지고 사업의 경제적 타당성을 판단하기에는 적당하지 않은 경우가 발생한다.
 - 본 조사에서는 B/C비율, 순현재가치, 내부수익률을 모두 분석하여 경제적 타당성을 분석한다.
- 편익/비용 비율(B/C ratio)이란 운영 후 연도별 발생하는 편익과 투입되는 비용(사업비 및 유지관리비)을 적정 할인율로 할인하여 기준연도 가

격으로 환산한 금액의 비율을 말하며, 일반적으로 (편익/비용비)≥1이면 경제성이 있다고 판단한다.

$$\text{편익·비용비율}(B/C) = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} / \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

- 여기서, B_t : 편익의 현재가치
 C_t : 비용의 현재가치
 r : 할인율(이자율)
 n : 사업의 내구연도(분석기간)

- 내부수익률(Internal Rate of Return, IRR)은 현재가치로 환산한 편익과 비용의 값이 같아지는 할인율을 구하는 방법으로 일반적으로 내부수익률이 사회적 할인율보다 크면 경제성이 있다고 판단한다.

$$\text{내부수익률}(IRR) : \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

- 순현재가치(Net Present Value, NPV)란 사업에 수반된 모든 비용과 편익을 기준연도의 현재가치로 할인하여 총 편익에서 총 비용을 제한 값이며 (순현재가치) ≥ 0 이면 경제성이 있다고 판단한다.

$$\text{순현재가치}(NPV) = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

○ 산업연관분석의 개요

- 일반적으로 한 재화나 서비스의 생산에 있어서 각 산업은 원재료의 거래관계를 토대로 직·간접적으로 상호 연관되어 있다. ‘투입-산출분석’(input-output analysis) 혹은 산업연관분석이란 생산활동을 통해 이루어지는 이러한 산업간의 상호의존 관계를 수량적으로 파악하는 분석 방법이다.
 - 산업연관분석은 선형연립방정식 체계로 이루어진 일반균형 모형에

기초를 두고 있으며, 각 선형방정식은 한 산업의 생산물이 경제 전체에 배분(수요)되는 구조를 나타내기 때문에 산업간 연관성을 고려하여 특정 목적 사업에 대한 계량적 평가가 가능하다는 장점이 있다.

- 투입-산출모형은 세분화된 경제 지역 및 부문에서 수집된 데이터를 이용하여 구축된다. 통상 1년 동안 거래된 상품의 가치(화폐단위)를 토대로 산업연관표를 만든다.
- 생산된 물품은 생산부문간 거래에 의한 중간재로서의 소비 외에도 가계·정부·해외 등 외생적인 구매자들의 최종수요를 충족시키는데 사용될 수 있다.
- 해저광물개발 잔류물 환경친화 처리기술 개발은 다양한 분야의 기술적 융합과 인프라 구축 등 체계적인 시스템을 필요로 한다.
 - 본 연구에서는 산업연관분석을 통해 해저광물개발 잔류물 환경친화 처리기술 개발의 국내 전 산업부문에 걸친 경제적 파급효과를 분석한다.
 - 이를 위해 한국은행의 「산업연관표」(2015년)를 이용하여 생산, 부가가치를 계량화한다.
- 투입-산출분석은 1년 동안 국민경제 내에서 발생하는 재화와 서비스의 생산 및 처분과 관련된 모든 거래내역이 내생변수가 된다. 내생부문과 관계없이 결정되는 외생부문 값의 변동이 이들 내생변수 값에 어떠한 영향을 미치는지를 분석한다.
 - 산업연관표를 이용하여 해저광물개발 잔류물 환경친화 처리기술 개발 사업의 생산·부가가치 측면에서 국내 산업에 미치는 파급효과를 추정하기 위해서는 단계별 투자금액 및 관련 산업부문을 내생부문에서 외생부문으로 설정해야 한다.
 - 외생부문에서 발생하는 변화들이 내생부문의 산출액에 어떠한 영향을 미치는지를 분석하기 위해서 다음 그림과 같이 n개의 국산중간 투입내역을 국산부문과 수입부문을 합친 총투입액으로 나눈 내생산업부문의 투입계수행렬(A_{m}^d)과 1개의 외생부문 투자액(산출액) 벡터($Y_{n,1}$)로 구성된 투입산출표를 고려할 수 있다.

| | | | |
|--------|------|-----------|-----------|
| | 산출 | | 노동계수 |
| 투 입 | 내생부문 | 외생부문 | $l_{n,1}$ |
| | 내생부문 | $Y_{n,1}$ | |
| | 부가가치 | $v_{1,n}$ | |

- 분석에는 상품생산을 위한 중간투입 구조와 함께 산업별 부가가치 계수의 행벡터($v_{1,n}$)를 이용한다.
- 부가가치계수는 총산출액(투입액) 가운데 피용자보수·영업잉여·고정자본소모 등 생산활동에 노동과 자본을 제공하는 경제주체들에 귀속되는 소득에 관한 정보(기능적 소득분배)를 제공한다.
- 이하에서 수행하게 될 경제적 파급효과는 해저광물개발 잔류물 환경친화 처리기술 개발 사업의 추진으로 인한 국민경제활동의 변화를 의미하며, 총산출, 총부가가치로 측정할 수 있다.
 - ‘총산출’ (total output)은 국민경제내 모든 소비의 합으로 정의하며, 최종재 생산에 중간재로 판매되는 중간수요를 포함한다. 총생산 유발효과는 $X^d = (I - A^d)^{-1} Y$ 이며, I 는 대각원소가 1이고 그 밖의 원소들은 모두 0인 단위행렬을 의미한다.
 - ‘총부가가치’ (gross value added)는 GDP의 대리변수로서 산업부문별 산출액에서 생산을 위해 투입된 중간비용을 제외한 것으로 피용자보수, 영업잉여, 고정자본소모, 순생산세의 합으로 정의한다. 부가가치 유발효과는 $V = \hat{v} X^d$, 여기서 \hat{v} 은 부가가치계수의 대각행렬을 가리킨다.

○ 산업연관분석

- 해저광물개발 잔류물의 환경친화적인 처리기술 개발사업의 생산유발효과, 부가가치유발효과, 고용(취업)유발효과를 계산하기 위해서 2010년 산업연관표 상의 대분류(30개)를 확장한 기본부문(384개)을 활용한다.
 - 2010년 산업연관표의 384개 기본부문 가운데 해저광물개발 잔류물 친환경 처리기술 개발사업과 관련한 부문들을 분리하고 이를 ‘잔류물처리기술부문’으로 명명한다.
 - ‘잔류물처리기술부문’의 생산유발효과는 잔류물처리기술부문에서 한 단위의 투자(혹은 생산)로 최종수요가 발생할 경우 여타 부문에

- 서 발생하는 생산액의 증가를 합계한 것이다.
- 부가가치유발효과는 잔류물처리기술부문에서 한 단위의 투자(혹은 생산)로 최종수요가 발생할 경우 여타 부문에서 발생하는 부가가치의 증가를 합계한 것이다.
 - 취업유발효과는 잔류물처리기술부문에서 10억 원 규모의 투자(혹은 생산)로 최종수요가 발생할 경우 여타 부문에서 발생하는 취업자 수의 증가를 합계한 것이다.
 - 고용유발효과는 순수임금근로자들의 증가 효과를 분석하는 것이고 취업유발효과는 임금근로자 및 무급가족종사자 등의 비임금근로자들까지 포함한 것이다.
- ‘잔류물처리기술부문’의 특성상 해저광물개발 관련 부문, 친환경 원천기술개발 관련 부문, 선광기술 개발 등과 관련된 상품부문이 포함될 수 있다.
 - 해저광물개발과 관련한 부문으로 원유 및 천연가스 채굴업을 제외한 광업(대분류 002)을 포함한다.
 - 친환경 원천기술개발 등 기초연구과정이 선행되어야 하므로 연구개발(국공립, 비영리, 산업)(346,347,348) 및 건축·토목관련서비스(353), 공학관련서비스(354), 과학기술서비스(355), 기타전문서비스(356) 등을 포함한다.
 - 선광기술 개발 등과 관련한 부문으로 기타 특수목적용기계(기본부문 213)를 포함하고, 잔류물 처리 및 저장기술과 관련한 부문으로 환경정화시설(297)을 포함한다.
 - 선광 잔류물이 선상에서 발생한다는 점을 고려해야 하므로 기타선박(257), 선박 수리 및 부분품(258)을 포함하고 관련 부대시설을 활용해야 하므로 항만시설(292), 농림수산토목(295), 기타건설(301) 등을 포함한다.
 - 사업기간은 친환경 원천기술개발 3개년(2018~20년), 원천기술 실용화 5개년(2021~25년)으로 총 사업비는 90억 원으로 설정하였고 기술개발 기간에 23억 원이 투입되고 실용화 기간에 나머지 67억 원이 투입된다.
 - 분석의 편의를 위해서 친환경 원천기술개발 3개년(2018~20년) 동안 첫해와 두 번째 해에는 8억 원이 투입되고 세 번째 해에는 7억 원이 투입된다고 가정한다.
 - 분석의 편의를 위해서 원천기술 실용화 5개년(2021~25년)에는 67억 원이 5년 동안 균등하게 투입된다고 가정한다.

- 친환경 원천기술개발 3개년(2018~20년) 동안 유발되는 파급효과(생산유발, 부가가치유발, 고용유발 등)는 연구개발(국공립, 비영리, 산업)(346,347,348) 및 건축·토목관련서비스(353), 공학관련서비스(354), 과학기술서비스(355), 기타전문서비스(356) 등에만 국한된다고 가정한다.
 - 원천기술 실용화 5개년(2021~25년)에는 앞서 언급한 모든 부문들이 직간접적으로 영향을 받는다고 가정한다.
- 생산유발효과는 2018~19년 13.1억 원, 2020년 11.5억 원, 2021~25년 25.4억 원으로 추정된다(표 4-1, -2).
 - 부가가치 유발효과는 2018~19년 6.5억 원, 2020년 5.7억 원, 2021~25년 9.8억 원으로 추정된다(표 4-3).
 - 생산 및 부가가치 유발효과는 2018~19년 19.6억 원, 2020년 17.1억 원, 2021~25년 35.2억 원으로 추정된다(표 4-4).

표 4-1. 생산유발계수와 부가가치 유발계수

| | 생산유발계수 | | 부가가치 유발계수 | |
|------------------|------------|------------|------------|------------|
| | 기술개발단계 | 실용화단계 | 기술개발단계 | 실용화단계 |
| 농림수산물 | 0.00916696 | 0.00683926 | 0.00493586 | 0.00368253 |
| 광산품 | 0.00043406 | 0.00006522 | 0.00024754 | 0.00003908 |
| 음식료품 | 0.01868135 | 0.01307582 | 0.00287612 | 0.00201311 |
| 섬유 및 가죽제품 | 0.00723616 | 0.00911623 | 0.00166137 | 0.00209302 |
| 목재 및 종이, 인쇄 | 0.02531849 | 0.02163157 | 0.00678628 | 0.00579805 |
| 석탄 및 석유제품 | 0.03283264 | 0.04124998 | 0.00220669 | 0.00277242 |
| 화학제품 | 0.04581943 | 0.06141422 | 0.00884825 | 0.01185978 |
| 비금속광물제품 | 0.00398527 | 0.01768948 | 0.00109484 | 0.00485970 |
| 1차 금속제품 | 0.01472870 | 0.11793061 | 0.00196410 | 0.01572631 |
| 금속제품 | 0.00926643 | 0.07155787 | 0.00279361 | 0.02157297 |
| 기계 및 장비 | 0.00786420 | 0.03779587 | 0.00221451 | 0.01063087 |
| 전기 및 전자기기 | 0.02563696 | 0.03310700 | 0.00687041 | 0.00887229 |
| 정밀기기 | 0.03123938 | 0.02097349 | 0.00908480 | 0.00609935 |
| 운송장비 | 0.00619598 | 0.00796560 | 0.00139427 | 0.00180423 |
| 기타 제조업 제품 및 임가공 | 0.00871321 | 0.03537975 | 0.00360518 | 0.01463871 |
| 전력, 가스 및 증기 | 0.04825008 | 0.04405598 | 0.01000410 | 0.00913450 |
| 수도, 폐기물 및 재활용서비스 | 0.00750073 | 0.00841310 | 0.00342393 | 0.00384040 |
| 건설 | 0.00440468 | 0.00342048 | 0.00147337 | 0.00113562 |
| 도소매서비스 | 0.04275154 | 0.05875996 | 0.02199727 | 0.03023420 |
| 운송서비스 | 0.04224833 | 0.04916749 | 0.01452224 | 0.01690060 |
| 음식점 및 숙박서비스 | 0.04256896 | 0.02893993 | 0.01590558 | 0.01081320 |
| 정보통신 및 방송 서비스 | 0.04237216 | 0.03073029 | 0.01836412 | 0.01331853 |
| 금융 및 보험 서비스 | 0.04022196 | 0.04281504 | 0.02058710 | 0.02191433 |
| 부동산 및 임대 | 0.03709135 | 0.02884037 | 0.02741191 | 0.02131412 |
| 전문, 과학 및 기술 서비스 | 0.01320843 | 0.01156592 | 0.00751051 | 0.00657655 |
| 사업지원서비스 | 0.02475886 | 0.01833710 | 0.01661174 | 0.01230312 |
| 공공행정 및 국방 | 0.00234882 | 0.00215736 | 0.00182187 | 0.00167337 |
| 교육서비스 | 0.00038281 | 0.00035995 | 0.00027926 | 0.00026259 |
| 보건 및 사회복지서비스 | 0.00501716 | 0.00406278 | 0.00256119 | 0.00207399 |
| 문화 및 기타 서비스 | 0.01512942 | 0.01185979 | 0.00742757 | 0.00582239 |
| 잔류물 친환경처리 | 1.02237385 | 1.05613171 | 0.58253871 | 0.46386869 |

표 4-2. 생산유발효과

(단위: 백만원)

| | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 농림수산물 | 7 | 7 | 6 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 광산품 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 음식료품 | 15 | 15 | 13 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| 섬유 및 가죽제품 | 6 | 6 | 5 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 목재 및 종이, 인쇄 | 20 | 20 | 18 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 |
| 석탄 및 석유제품 | 26 | 26 | 23 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 |
| 화학제품 | 37 | 37 | 32 | 82 | 82 | 82 | 82 | 82 |
| 비금속광물제품 | 3 | 3 | 3 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| 1차 금속제품 | 12 | 12 | 10 | 158 | 158 | 158 | 158 | 158 |
| 금속제품 | 7 | 7 | 6 | 96 | 96 | 96 | 96 | 96 |
| 기계 및 장비 | 6 | 6 | 6 | 51 | 51 | 51 | 51 | 51 |
| 전기 및 전자기기 | 21 | 21 | 18 | 44 | 44 | 44 | 44 | 44 |
| 정밀기기 | 25 | 25 | 22 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 |
| 운송장비 | 5 | 5 | 4 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| 기타 제조업 제품 및 임가공 | 7 | 7 | 6 | 47 | 47 | 47 | 47 | 47 |
| 전력, 가스 및 증기 | 39 | 39 | 34 | 59 | 59 | 59 | 59 | 59 |
| 수도, 폐기물 및 재활용서비스 | 6 | 6 | 5 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| 건설 | 4 | 4 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 도소매서비스 | 34 | 34 | 30 | 79 | 79 | 79 | 79 | 79 |
| 운송서비스 | 34 | 34 | 30 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 |
| 음식점 및 숙박서비스 | 34 | 34 | 30 | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 |
| 정보통신 및 방송 서비스 | 34 | 34 | 30 | 41 | 41 | 41 | 41 | 41 |
| 금융 및 보험 서비스 | 32 | 32 | 28 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 |
| 부동산 및 임대 | 30 | 30 | 26 | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 |
| 전문, 과학 및 기술 서비스 | 11 | 11 | 9 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 사업지원서비스 | 20 | 20 | 17 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| 공공행정 및 국방 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 교육서비스 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 보건 및 사회복지서비스 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 문화 및 기타 서비스 | 12 | 12 | 11 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 잔류물 친환경처리 | 818 | 818 | 716 | 1,415 | 1,415 | 1,415 | 1,415 | 1,415 |
| 합계 | 1,310 | 1,310 | 1,146 | 2,540 | 2,540 | 2,540 | 2,540 | 2,540 |

주: (1) 투입금액은 2018년과 2019년 8억 원, 2020년 7억 원, 2021년부터 2025년 13.4억 원; (2) 2018~2020년은 기술개발단계 생산유발효과를 적용하고 2021~2025년은 실용화단계 생산유발효과를 적용

표 4-3. 부가가치 유발효과

(단위: 백만원)

| | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 농림수산물 | 4 | 4 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 광산품 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 음식료품 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 섬유 및 가죽제품 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 목재 및 종이, 인쇄 | 5 | 5 | 5 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 석탄 및 석유제품 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 화학제품 | 7 | 7 | 6 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 비금속광물제품 | 1 | 1 | 1 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 1차 금속제품 | 2 | 2 | 1 | 21 | 21 | 21 | 21 | 21 |
| 금속제품 | 2 | 2 | 2 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 |
| 기계 및 장비 | 2 | 2 | 2 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| 전기 및 전자기기 | 5 | 5 | 5 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 정밀기기 | 7 | 7 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 운송장비 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 기타 제조업 제품 및 임가공 | 3 | 3 | 3 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 전력, 가스 및 증기 | 8 | 8 | 7 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 수도, 폐기물 및 재활용서비스 | 3 | 3 | 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 건설 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 도소매서비스 | 18 | 18 | 15 | 41 | 41 | 41 | 41 | 41 |
| 운송서비스 | 12 | 12 | 10 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| 음식점 및 숙박서비스 | 13 | 13 | 11 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| 정보통신 및 방송 서비스 | 15 | 15 | 13 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| 금융 및 보험 서비스 | 16 | 16 | 14 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 |
| 부동산 및 임대 | 22 | 22 | 19 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 |
| 전문, 과학 및 기술 서비스 | 6 | 6 | 5 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 사업지원서비스 | 13 | 13 | 12 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 공공행정 및 국방 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 교육서비스 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 보건 및 사회복지서비스 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 문화 및 기타 서비스 | 6 | 6 | 5 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 잔류물 친환경처리 | 466 | 466 | 408 | 622 | 622 | 622 | 622 | 622 |
| 합계 | 647 | 647 | 566 | 983 | 983 | 983 | 983 | 983 |

주: (1) 투입금액은 2018년과 2019년 8억 원, 2020년 7억 원, 2021년부터 2025년 13.4억 원; (2) 2018~2020년은 기술개발단계 생산유발효과를 적용하고 2021~2025년은 실용화단계 생산유발효과를 적용

표 4-4. 생산 및 부가가치 유발효과 총계

(단위: 백만원)

| | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 합계 | 1,957 | 1,957 | 1,713 | 3,523 | 3,523 | 3,523 | 3,523 | 3,523 |

○ 편익 추정

- 해저광물개발 잔류물 친환경 처리기술 개발에 따른 편익은 산업연관분석 결과와 동 기술로 인해 얻게 되는 직접편익 및 건강증진편익을 종합하여 산출한다.
 - 해저광물개발 잔류물 친환경 처리기술 개발 기술로 인해 얻게 되는 직접편익으로 ① 심해저 광물자원 개발사업 상업화에 성공할 경우 개발한 자원으로부터 얻는 직접적인 편익, ② 해양오염퇴적물 정화로 얻게 되는 직접편익, ③ 건강증진효과의 가치 등을 고려한다.
- 심해저 광물자원(또는 망간단괴) 개발사업 상업화에 성공할 경우 개발한 자원으로부터 얻는 직접적인 편익을 추정한다.
 - 과거연구(2002 보고서)에 따르면 상업화에 성공할 경우 동, 니켈, 코발트, 망간 등의 광물자원 생산이 가능하며 동과 니켈은 산업통상자원부 6대전략광물(유연탄, 우라늄, 철광석, 동, 아연, 니켈)에 포함된다.
 - 해양광물자원 개발시 기대되는 예상금속량(표 4-5)

표 4-5. 해양광물자원 개발시 기대되는 예상금속량

(단위: 톤/년)

| | 동 | 니켈 | 코발트 | 망간 |
|-------|--------|--------|-------|---------|
| 예상생산량 | 29,355 | 33,480 | 5,100 | 783,432 |

자료: 망간단괴 경제성 평가(한국해양과학기술원)

- 주요 심해저 광물자원 관련 금속 국제가격(표 4-6)

표 4-6. 주요 심해저 광물자원 관련 금속 국제가격

(단위: USD/톤)

| | 동 | 니켈 | 코발트 | 망간 |
|------|----------|-----------|-----------|----------|
| 2002 | 1,557.50 | 6,771.75 | 15,238.46 | 823.00 |
| 2003 | 1,779.87 | 9,558.85 | 23,128.78 | 1,058.00 |
| 2004 | 2,868.34 | 13,707.74 | 53,067.91 | 1,614.17 |
| 2005 | 3,678.85 | 14,840.90 | 35,398.44 | 1,579.02 |
| 2006 | 6,722.14 | 24,059.53 | 37,177.07 | 1,369.56 |
| 2007 | 7,118.53 | 37,108.09 | 67,184.53 | 3,325.40 |
| 2008 | 6,955.88 | 21,060.79 | 86,105.87 | 3,773.53 |
| 2009 | 5,149.74 | 14,488.48 | 39,059.29 | 2,545.10 |
| 2010 | 7,388.19 | 21,679.88 | 46,638.84 | 2,958.35 |
| 2011 | 8,820.99 | 22,894.36 | 38,766.52 | 3,368.27 |
| 2012 | 7,949.14 | 17,540.55 | 31,365.64 | 2,839.39 |
| 평균 | 5,453.56 | 18,519.17 | 43,011.94 | 2,295.80 |

자료: 망간단괴 경제성 평가(한국해양과학기술원)

- 향후 주요 심해저 광물자원 국제가격은 평균으로 수렴한다고 가정하여 편익을 계산한다.
- 개발자원으로부터 발생하는 편익은 사업이 종료된 이후 시점인 2026년부터 20년간 발생한다고 가정한다.
- 2026 광물가격은 평균가격과 동일하고 매년 미국 물가상승률으로 상승한다고 가정한다. 2002년부터 2016년 사이 미국의 연평균 소비자물가상승률은 2.1%와 같다.

<참고>

개발비용은 차감한 순편익은 개발한 자원을 해외 시장에 팔았을 때 얻게 되는 외화수입으로 정의한다. 수입대체효과를 보는 것의 문제점은 다음과 같다. 생산과정에서 광물자원을 수요하는 다양한 기업들의 경우, 특정 광물자원의 공급이 늘어나서 가격이 하락하는 경우 비용절감 등으로 인해서 가격경쟁력이 제고되고 생산성이 높아지는 효과가 예상되는데 이러한 효과를 타당성 분석 단계에서 종합적으로 고려하는 것은 현실적으로 불가능하다.

- 주요 심해저 광물자원 생산에 따른 수입편익

표 4-7. 주요 심해저 광물자원 생산에 따른 수입편익(당해년도 가치)

(단위: million USD)

| | 동 | 니켈 | 코발트 | 망간 | 합계 |
|-------|-----|-----|-----|-------|-------|
| 2025년 | 160 | 620 | 219 | 1,799 | 2,798 |
| 2026년 | 163 | 633 | 224 | 1,836 | 2,856 |
| 2027년 | 167 | 646 | 228 | 1,873 | 2,914 |
| 2028년 | 170 | 659 | 233 | 1,912 | 2,974 |
| 2029년 | 174 | 673 | 238 | 1,951 | 3,035 |
| 2030년 | 177 | 686 | 243 | 1,991 | 3,098 |
| 2031년 | 181 | 701 | 248 | 2,032 | 3,161 |
| 2032년 | 185 | 715 | 253 | 2,074 | 3,226 |
| 2033년 | 188 | 730 | 258 | 2,117 | 3,293 |
| 2034년 | 192 | 745 | 263 | 2,160 | 3,360 |
| 2035년 | 196 | 760 | 269 | 2,204 | 3,429 |
| 2036년 | 200 | 776 | 274 | 2,250 | 3,500 |
| 2037년 | 204 | 792 | 280 | 2,296 | 3,572 |
| 2038년 | 209 | 808 | 286 | 2,343 | 3,645 |
| 2039년 | 213 | 824 | 292 | 2,391 | 3,720 |
| 2040년 | 217 | 841 | 298 | 2,441 | 3,797 |
| 2041년 | 222 | 859 | 304 | 2,491 | 3,875 |
| 2042년 | 226 | 876 | 310 | 2,542 | 3,954 |
| 2043년 | 231 | 894 | 316 | 2,594 | 4,036 |
| 2044년 | 236 | 913 | 323 | 2,648 | 4,119 |

- 수입편익을 원화로 환산할 때 2002년부터 2016년 평균 시장환율(종가) 1,113.68원/\$을 적용하였다.
- 『해양오염퇴적물 정화사업의 경제성 평가』를 준용하여 해양오염퇴적물 정화로 인해 얻게 되는 직접편익을 연간 100억원(기준연도 현재가치)으로 설정한다.
 - 『해양오염퇴적물 정화사업의 경제성 평가』에서는 수질개선에 의해서 지역주민 등이 얻게 되는 직접적인 편익을 화폐가치로 추정하기 위해서 선행연구(Thunder Bay 등 사례)를 준용한 바 있다.
 - 동 편익은 개발사업이 종료된 직후 시점인 2026 부터 2045 까지 20년간 발생한다고 가정한다.
- 『해양오염퇴적물 정화사업의 경제성 평가』에서 추정한 건강증진효과의 연간 경제적 가치는 77억(2010년 가격)이다.
 - 오염정화기술이 개발되면 호흡기 및 비뇨생식기 질환으로 사망하는

사람들의 숫자를 연간 172명 줄일 수 있다.

- 172명이 기대여명까지 경제활동을 수행하게 된다면 현재가치로 계산한 임금은 1인당 4,473만원이다.
- 정화사업 기술개발의 편익이 과소추정될 수 있다는 점을 감안하여 건강증진효과의 연간 편익은 77억원이며 기준연도(2016년)의 현재가치로 환산하기 위해서 소비자물가지수를 적용한다. 이후 동 편익은 현재가치로 매년 일정하다고 가정한다. 2010년도의 77억 원은 2016년의 85.4억 원과 동일한 가치를 갖는다.
- 동 편익은 개발사업이 종료된 직후 시점인 2026년부터 2045년까지 20년간 발생한다고 가정한다.

○ 비용 추정

- 사업기간은 친환경 원천기술개발 3개년(2018~20년), 원천기술 실용화 5개년(2021~25년)으로 총 사업비는 90억 원으로 설정하였고 기술개발 기간에 23억 원이 투입되고 실용화 기간에 나머지 67억 원이 투입된다.
 - 산업연관분석과 일관성을 유지하기 위해서 친환경 원천기술개발 3개년(2018~20년) 동안 첫해와 두 번째 해에는 8억 원이 투입되고 세 번째 해에는 7억원이 투입된다고 가정한다. 원천기술 실용화 5개년(2021~25년)에는 67억 원이 5년 동안 균등하게 투입된다고 가정한다. 모든 비용은 2016년 가격으로 측정한다.
- 심해저 광물자원 개발사업 상업화와 관련한 비용 정보는 존재하지 않는다. 2025년 이후 발생하는 개발비용은 심해저 광물자원 수입편익 가운데 일정비율로 간주하여 차감한다.
 - 개발비용에는 개발사업 상업화가 성공할 확률을 반영한다고 가정할 수 있다.

○ 경제성 평가: 심해저 광물자원 개발이익을 반영하지 않은 경우

- 심해저 광물자원 개발로 인해 예상되는 편익을 반영하지 않았을 때의 경제성 평가를 우선 수행한다. 따라서 처리기술 개발에 따라서 직접적으로 영향을 받게 되는 관련분야의 생산 증대 및 부가가치 증대에 초점을 맞춘다.
- 편익 및 비용의 현재가치

표 4-8. 편익 및 비용의 현재가치(개발이익 미반영)

(단위: 억 원)

| | 총편익 | 총비용 |
|------|-------|------|
| 2018 | 19 | 8 |
| 2019 | 18 | 8 |
| 2020 | 15 | 7 |
| 2021 | 28 | 13.4 |
| 2022 | 27 | 13.4 |
| 2023 | 26 | 13.4 |
| 2024 | 24 | 13.4 |
| 2025 | 23 | 13.4 |
| 합계 | 178.8 | 90.0 |

주: 분석 기준연도 2016년, 할인율 5.5% 적용

- 경제성 분석 결과

표 4-9. 경제성 분석 결과(개발이익 미반영)

(단위: 억 원)

| | |
|------------|--------|
| 총편익의 현재가치 | 178.8 |
| 총비용의 현재가치 | 90.0 |
| NPV | 88.8 |
| B/C 비율 | 1.99 |
| 내부수익률(IRR) | 23.38% |

주: 분석 기준연도 2016년, 할인율 5.5% 적용

- 정량적 분석의 한계로 인해서 경제성 분석의 편익으로 반영하지 못한 부분들로 기술사용료(로열티)로 인한 편익, 광물생산 지연 손실 등을 고려해볼 수 있다.
- 해저광물개발 잔류물 친환경 처리기술 개발이 지연될 경우 해외 주요국들에서 관련 기술을 개발하여 선점할 수 있다.
 - 해외 주요국들이 관련 기술을 개발하여 선점할 경우 국제기구 등을 통해 동 기술이 표준화될 가능성을 배제할 수 없다.
 - 만일 외국 기술이 표준화될 경우 국내 기업들은 해당 기술을 사용하기 위해서 상당한 규모의 기술사용료를 지불해야 한다.
 - 그러나 잔류물 친환경 처리기술 개발이 국내에서 예정대로 추진된다면 이러한 비용을 절감할 수 있기 때문에 동 비용을 편익으로 간주

할 수 있다.

- 전세계적으로 잔류물 처리기술 개발이 지연되면 심해져 광물자원 개발도 함께 지연될 수밖에 없다.
 - 잔류물 처리기술 개발의 지연으로 인해서 광물자원 개발도 함께 지연될 경우 광물자원 개발로 인해 발생하는 편익을 당분간 희생해야 한다.
 - 잔류물 처리기술이 국내에서 개발된다면 광물자원 개발로 인한 편익을 조기에 실현할 수 있다는 점에서 편익으로 간주할 수 있다.
- 잔류물 처리기술이 국내에서 개발되어 선점할 경우 기술측면에서 일정기간 독점적 지위를 누릴 수 있다.
 - 일정 기간 발생하는 독점적 지위는 기술사용료 등의 독점이윤을 창출할 수 있다.
 - 국내기업과 해외기업들 사이의 가격차별정책을 통해서 국내기업들의 경쟁력을 제고할 수 있는 기회를 제공한다.

○ 경제성 평가: 심해져 광물자원 개발이익을 반영한 경우

- 편익의 현재가치(표 4-10)

표 4-10. 편익의 현재 가치(개발이익 반영)

(단위: 억 원)

| | 광물생산 편익 | 건강증진 효과 | 직접편익 | 간접편익 | 총편익 |
|------|------------|------------|-------|------|----------------|
| 2018 | | | | 19 | 19 |
| 2019 | | | | 18 | 18 |
| 2020 | | | | 15 | 15 |
| 2021 | | | | 28 | 28 |
| 2022 | | | | 27 | 27 |
| 2023 | | | | 26 | 26 |
| 2024 | | | | 24 | 24 |
| 2025 | | | | 23 | 23 |
| 2026 | 19,246 | 85 | 100 | | 19,432 |
| 2027 | 18,618 | 85 | 100 | | 18,803 |
| 2028 | 18,010 | 85 | 100 | | 18,195 |
| 2029 | 17,422 | 85 | 100 | | 17,607 |
| 2030 | 16,853 | 85 | 100 | | 17,039 |
| 2031 | 16,303 | 85 | 100 | | 16,488 |
| 2032 | 15,771 | 85 | 100 | | 15,956 |
| 2033 | 15,256 | 85 | 100 | | 15,441 |
| 2034 | 14,758 | 85 | 100 | | 14,943 |
| 2035 | 14,276 | 85 | 100 | | 14,461 |
| 2036 | 13,810 | 85 | 100 | | 13,995 |
| 2037 | 13,359 | 85 | 100 | | 13,545 |
| 2038 | 12,923 | 85 | 100 | | 13,108 |
| 2039 | 12,501 | 85 | 100 | | 12,686 |
| 2040 | 12,093 | 85 | 100 | | 12,278 |
| 2041 | 11,698 | 85 | 100 | | 11,884 |
| 2042 | 11,316 | 85 | 100 | | 11,502 |
| 2043 | 10,947 | 85 | 100 | | 11,132 |
| 2044 | 10,589 | 85 | 100 | | 10,775 |
| 2045 | 10,244 | 85 | 100 | | 10,429 |
| 합계 | 285,994 | 1,708 | 2,000 | 179 | 289,880 |

주: 분석 기준연도 2016년, 할인율 5.5% 적용

- 비용의 현재가치(표 4-11)

표 4-11. 비용의 현재 가치(개발이익 반영)

| | (단위: 억 원) | | |
|-----------|---------------|----------------|----------------|
| | 생산수입의 20% | 생산수입의 40% | 생산수입의 60% |
| 2018 | 8 | 8 | 8 |
| 2019 | 8 | 8 | 8 |
| 2020 | 7 | 7 | 7 |
| 2021 | 13.4 | 13.4 | 13.4 |
| 2022 | 13.4 | 13.4 | 13.4 |
| 2023 | 13.4 | 13.4 | 13.4 |
| 2024 | 13.4 | 13.4 | 13.4 |
| 2025 | 13.4 | 13.4 | 13.4 |
| 2026 | 3,849 | 7,699 | 11,548 |
| 2027 | 3,724 | 7,447 | 11,171 |
| 2028 | 3,602 | 7,204 | 10,806 |
| 2029 | 3,484 | 6,969 | 10,453 |
| 2030 | 3,371 | 6,741 | 10,112 |
| 2031 | 3,261 | 6,521 | 9,782 |
| 2032 | 3,154 | 6,308 | 9,462 |
| 2033 | 3,051 | 6,102 | 9,154 |
| 2034 | 2,952 | 5,903 | 8,855 |
| 2035 | 2,855 | 5,710 | 8,566 |
| 2036 | 2,762 | 5,524 | 8,286 |
| 2037 | 2,672 | 5,344 | 8,015 |
| 2038 | 2,585 | 5,169 | 7,754 |
| 2039 | 2,500 | 5,000 | 7,501 |
| 2040 | 2,419 | 4,837 | 7,256 |
| 2041 | 2,340 | 4,679 | 7,019 |
| 2042 | 2,263 | 4,526 | 6,790 |
| 2043 | 2,189 | 4,379 | 6,568 |
| 2044 | 2,118 | 4,236 | 6,354 |
| 2045 | 2,049 | 4,097 | 6,146 |
| 합계 | 57,289 | 114,488 | 171,686 |

주: 분석 기준연도 2016년, 할인율 5.5% 적용

• 경제성분석 결과

- 시나리오1: 개발비용이 자원개발수입의 20%에 해당하는 경우
- 시나리오2: 개발비용이 자원개발수입의 40%에 해당하는 경우
- 시나리오3: 개발비용이 자원개발수입의 60%에 해당하는 경우

표 4-12. 경제성 분석 결과(개발이익 반영)

| | (단위: 억 원) | | |
|-----------|------------|------------|------------|
| | 시나리오1 | 시나리오2 | 시나리오3 |
| | (개발비용 20%) | (개발비용 40%) | (개발비용 60%) |
| 총편익의 현재가치 | 289,880 | 289,880 | 289,880 |
| 총비용의 현재가치 | 57,289 | 114,488 | 171,686 |
| NPV | 232,592 | 175,393 | 118,194 |
| B/C 비율 | 5.06 | 2.53 | 1.69 |

주: 분석 기준연도 2016년, 할인율 5.5% 적용

□ 경제성 평가-결론

- 심해저 광물자원 개발로 인해 예상되는 편익을 반영하지 않았을 때의 경제성 평가 결과 B/C비율은 1.99, 순현재가치는 88억 8천만원, 내부수익률은 23.38%로 추정된다.
- 심해저 광물자원 개발로 인해 예상되는 편익을 반영했을 때의 경제성 평가는 향후 발생할 비용에 따라 3가지 시나리오를 고려하여 추정하였다.
- 첫 번째 시나리오는 개발비용이 자원개발수입의 20%에 해당하는 경우이고, 두 번째 시나리오는 개발비용이 자원개발수입의 40%에 해당하는 경우, 세 번째 시나리오는 개발비용이 자원개발수입의 60%에 해당하는 경우이다.
- 심해저 광물자원 개발로 인해 예상되는 편익을 반영했을 때 개발비용이 자원개발수입의 60%에 해당하는 경우라고 할지라도 B/C비율은 1.69, 순현재가치는 11조 4,500억원으로 추정된다.

제 5 장

기대효과 및 향후 활용방안

제 1 절 기대효과

□ 경제적 측면

- 심해저 광물의 상업 생산에 대비한 원천기술 제공으로 전략금속자원의 장기적이고 안정적인 자원수급에 기여로 국가산업발전에 기여
 - 해양광물자원 개발사업의 경제적 효과: 망간단괴 연간 18.4억 달러 추정(연 300만 톤 생산시), 해저열수광상 연간 3.2억 달러 추정(연 30만 톤 생산시)
- 개발이 예상되는 오염물 분석/추적기술, 환경영향평가 기술, 생물/환경 위해성평가기술, 오염물 저감/처리기술은 해양환경보호에 대한 관심증대로 시장성이 점차 확대될 것으로 예상
- 해저광물자원 및 환경 관련 분야 신산업 창출로 산업 확장 및 고용창출 효과 기대(투자액 10억원 당 4.7명 추정-국토해양부 2010년 심해저 광물자원 개발사업 3단계 보고서)
- 친환경적이고 비용 효율적인 해양자원 개발기술 적용을 통한 환경비용 절감 효과

□ 환경적 측면

- 해저광물자원 선광 잔류물 연구는 환경보전 프로그램 및 국제 규범에 부합되며, 관련 환경 친화적 기술을 발전시킬 수 있는 원동력 제공
- 해저광물자원의 개발 가시화로 국제기구와 관련 환경단체는 개발에 따른 해양환경보호를 핵심 이슈로 다루고 있으며, 이 연구를 통해 개발될 환경 친화적 기술은 향후 심해저 광업에 우호적인 분위기 조성
- 사업을 통해 확보한 다양한 과학적/기술적 자료는 대양의 효율적 이용 및 관리체계 구현에 활용

□ 정책적 측면

- 새로운 산업 영역 개척이라는 국가정책목표를 달성하고 확보된 기술을 타 분야로 파급시킴으로써 창조경제 구현 및 국가과학기술력 강화
- 미래 해양자원 확보 및 환경 관련 기술 연구개발에 대한 전략적 중요성을 제고하고, 산업동력이 취약한 우리나라 산업구조에 새로운 동력원 창출

제 2 절 향후 활용방안

- 선광 잔류물의 관리 규정 제정이 예상되는 바, 이에 대한 전략적 대응을 위한 기초자료로 활용

- 심해저광물자원 개발권 획득을 위해 환경보존 방안 수립이 필요한 바, 선광 잔류물 배출 축소와 오염물질 저감 등 환경 충격요인을 최소화는 방안을 제시함으로써 개발권 획득을 위한 준비 자료로 활용

- 기존 연구의 성과를 타 광종/지역을 대상으로 하는 해저자원개발에 활용

- 해저광물자원 이외의 타 육상 및 해양기원 오염물의 분석/추적, 환경영향 평가, 생물/환경위해성 평가, 저감/처리에 활용

제 6 장

과제제안요구서 (RFP)

과제제안요구서 (RFP)

| | | | |
|-------------|-----------------------------|----------------|------|
| 사업명 | 해양광물자원 탐사 및 이용기술 개발 | | |
| 과제명 | 해저광물자원개발 잔류물 환경 친화 처리 기술 개발 | | |
| 연구기간 (총) | 8년 | 예상정부지원액 (총) | 90억원 |

1. 연구의 필요성

○ 추진의 시급성

- 심해저광업이 가시화에 따른 환경충격 우려 증대로, 국제해저기구(ISA)는 런던의정서 당사국회의 및 국제해사기구와 공조하여, 혹은 단독으로, 해저자원개발 규칙에 선광 잔류물 관리에 대한 규정을 포함할 예정임
- 하지만, 현재 국내외적으로 해저광물자원(망간단괴, 해저열수광상, 망간각) 채광 시 선상에서 발생하는 선광잔류물의 양, 물리·화학적 특성, 환경유해성에 대한 정보가 없으며, 친환경적 처리기술도 부재
- ‘20년 잔류물 관리규정을 포함하는 개발규칙의 초안이 제정이 예상되는 바, 유리한 국제 규정 및 지침 제정에 능동적으로 대처하기 위한 판단요소를 조기에 도출하고 선광 잔류물 관련 기술의 조기 개발을 통해 관련기술을 선점할 필요가 있음
- 해수부 R&D 과제인 태평양 심해저광물자원개발사업 및 남서태평양/인도양 해양광물자원 개발사업과 직접 관련이 있으며, 해양광물자원의 상업화를 위해 반드시 연계되어 시급히 수행되어야 하는 연구분야임

○ 국가차원의 연구개발 필요성

- 해양자원, 해양과학, 해양산업 및 해양외교 등 해양개발 잠재력을 증대시키기 위한 국가차원의 해양개발 정책과 연계, 국가 주도의 기술개발 추진 필요
- 심해저광업에 대한 환경우려와 선광 잔류물 관련 국제규범 제정 가능성 증대로 순조로운 상업화 단계 진입을 위해 국가 주도의 선제 대응 필요
- 해저광물자원 개발 관련 기술과 해양환경보호 기술의 개발은 공공성, 공익성, 종합성 등 다양한 역할을 갖고 있으며, 국가 지원 확대를 통한 연구개발 필요

- 심해저 광업은 상업개발 이전 단계로서 민간주도의 사업은 어려우며, 관련기술 선점을 위한 정부차원의 지원 필요. 해양환경 건강도 평가 및 보호기술 또한 공공성과 공익성이 높아 정부차원의 연구수행이 필요함.

○ 국가 상위 계획과 부합

- 박근혜정부의 5대 국정목표 중 하나인 “일자리 중심의 창조경제”의 국정과제 상에 “심해저 탐사 및 기술 개발” 포함
- 박근혜정부의 140개 국정과제 (2013) 중 “해양수산업의 미래산업화 및 체계적 해양영토관리(11번)”의 주요추진 계획으로 “유망 탐사·개발 광구 확대 및 선진국 수준의 상용화 기술개발” 포함, “해양환경 보전과 개발의 조화(95번)”의 주요추진 계획으로 “해양정화 및 보호(오염퇴적물 정화·복원사업 및 육상폐기물 해양투기 금지)” 포함
- 과학기술기본계획(2013-2017)의 “2. 미래성장동력 확충” 중 세부과제 1) 미래에너지와 자원 확보·활용, “미래 자원의 안정적 확보와 친환경적 활용 가능성 확보를 위한 자원탐사·개발기술 역량강화”에 해당됨
- (부처 정책) 장관 5대 핵심과제로 추진하고 있으며, 2차 해양수산업발전기본계획(‘11~’20), 해양 R&D 중장기계획(‘14~’20)를 통해 추진
 - * (장관 핵심과제) ‘심해저 개척(광물자원 확보)
 - * (제2차 해양수산업발전기본계획 : ‘11~’20) 신성장동력 창출을 위한 해양과학기술개발(제2절), 해양 관할권 강화 및 글로벌 해양영토 확보
 - * (해양 R&D 중장기 계획 : ‘11~’20) 해양자원 및 해양에너지 개발 활성화

2. 기술개발 및 시장동향

○ 육상자원 고갈에 따른 해양자원 관심 증가 및 개발 가시화

- ‘11년 이후 민간기업(록히드마틴(영국), 노틸러스(캐나다), GSR(벨기에), Ocean Mineral Singapore, 오광그룹(중국)) 심해저광업 적극참여
- 노틸러스사는 파푸아뉴기니 배타적 경제수역에 해저열수광상 개발권을 확보하고, ‘18년 상업개발을 목표로 채광선 및 채광기의 건조를 완료한 상태이며, 록히드마틴은 ‘20년 망간단괴 상업개발 개시를 목표로 사업을 추진

○ 대한민국 해저광물자원 탐사권 확보 및 개발단계 진입 노력

- 공해/도서국 배타적 경제수역 내에 4개의 망간단괴 및 해저열수광상 탐

사권을 확보하고, 개발을 통한 미래 안정적 전략금속 공급원 확보를 위해 노력중

○ 심해저 광업 선광 잔류물 관리 규정 제정 움직임

- MIDAS(Managing impacts of deep sea resources exploitation)와 심해 환경관리 이니셔티브(Deep Ocean Stewardship Initiative: DOSI) 등은 해양 광물자원의 개발이 유발할 수 있는 환경충격 중 선광 잔류물의 잠재적 유해 화학물질의 파악과 이들의 수층환경 및 생태계에 미치는 영향 파악에 대한 연구를 수행중
- 국제해저기구는 “선광 잔류물을 최소화하기 위한 관련 규정”을 국제해 양법에 명시된 “해양환경의 보호와 보존”의 조항에 근거하여 관련 국제기구(IMO/London Convention)와 공조하여 혹은 독자적으로 개발규칙에 포함할 계획임사업을 추진

○ 심해저 광업 선광 잔류물 관련 기술 부재

- 현재 관련규정 부재로, 국내외적으로 선광 잔류물의 특성 파악 및 처리방안에 대한 연구가 미진
- 잔류물의 방류에 대한 규정에 대한 대비 미진 시, 해저광물자원 개발 상업화 단계 진입의 지연장애요소로 작용할 가능성 대두

3. 연구개발 목표 및 내용

(1) 최종 목표

해저광물자원 선광 잔류물 내 오염물질 처리/저감 기술 확보

(2) 연구내용 및 범위

가. 선광 잔류물 환경영향평가 기반 연구

○ 잠재적 선광 잔류물 획득

- 심해퇴적물, 심층수, 광물시료 확보를 통한 연구 기반 조성

- 잔류물 방류 지역(수심대) 환경자료 및 해수 획득
 - 현장특성을 고려한 용출 시험을 위한 수층특성 자료 및 해수회득
 - 확산모델 적용을 위한 실험역 방류수심 환경자료 확보
- 생물위해성 연구를 위한 관심해역 생물 특성 연구 및 평가기술 현장 검증 기반 제공
 - 방류수심 종분포/종다양성 및 환경 인자 분석
 - 생물활성도 현장 분석
 - 독성물질 생물/환경위해성 현장 검증 기반 제공

나. 선광 잔류물 처리/저감 요소기술 개발

- 친환경적 선광기술 선정/개발
 - 미립자 상호간 에너지 저감형 단체분리 기술
 - 광석광물 회수기술
 - 친 환경적인 광석광물 상호분리 기술
 - 공정설계 및 엔지니어링 기술
- 선광 잔류물 물리/화학적 특성 규명
 - 중금속 전처리 및 분석기법 확립
 - 광종별/입도별 금속 농도 프로파일 구축
 - 화학적 결합형태별 금속 농도 프로파일 구축
 - 중금속 용출특성 파악
- 오염인자 인벤토리 구축
 - 금속 안정동위원소비 분석기법 확립
 - 광종/지역/입도별 금속 안정동위원소비 라이브러리 구축
- 잔류물 확산 예측 기술
 - 잔류물질 배출 해역의 시공간적 해류특성 파악
 - 잔류물질의 입도분포 및 방류정보 수집
 - 잔류물질의 침강속도 추정 실험
 - 확산 모델 적용을 통한 방류 잔류물의 시간적-공간적인 농도분포 예측
- 환경영향 분석 및 평가기법
 - 선광 잔류물 내 환경 위해요소 도출

- 선광 잔류물 기인 환경영향평가 및 오염인자 식별/추적을 위한 최신분석기법 개발
 - 해양환경에서 선광 잔류물 기인 유해물질의 거동 파악 기술 확립
- 선광 잔류물 생물 영향 평가 기법 확립/개발
 - 생물 검정(bioassay)종에 대한 선광 잔류물 영향 평가 및 데이터베이스 구축
 - 대상 해역의 생물 개체/군집 반응 연구
 - 선광 잔류물 생물영향 모니터링 체계 확립
 - 대상 해역의 우점 생물을 이용한 생물검정 체계 구축
- 개체/세포/분자 단위 위해성 평가지표 개발
 - 특이적 생물 영향 기작 파악
 - 광종 별 위해요소에 따른 특이적 분자 생체지표 발굴
 - 선광 잔류물 평가를 위한 분자생체지표 선정
 - 배출 기준 마련 및 현장모니터링 기반 제공
- 물리·화학적 정화처리 기법 개발
 - 선광 잔류물 고도처리를 통한 오염물질 저감 기술 개발
 - 최적화 고도처리 공정 개발
 - 정화 후 발생 액상에 대한 정화기술 개발
 - 정화기술의 적합성 및 환경영향 평가를 위한 생물영향실험
- 대상 정화물질의 선별적 제거 기법 개발
 - 오염 인자 인벤토리를 바탕으로 한 정화 대상물질 선별
 - 자력분리를 통한 선광 잔류물 및 처리수 내 중금속 제거 기법 개발
- 현장 정화처리 기법 제시
 - 선광 잔류물의 오염인자 저감 처리 공정에 따른 환경 위해 요소 확인
 - 최적화 오염물질 저감 기작의 모듈화 공정 설계
 - 선광 잔류물의 물리적 분리를 위한 최적화 모듈식 공정 설계
 - 검증용 시험장치 제작 및 상용화 규모 설계

다. 국내·외 환경변화 대응전략 연구

- 국제기구 동향파악 및 대응

- 국제해저기구, 런던협약 당사국회의, 국제해사기구 활동을 통한 동향 파악
- 국제해저기구 이사국 B그룹 및 법률기술위원회 활동을 통해 해저광물 개발규칙 제정 적극 참여

○ 국내·외 협력 네트워크 구축

- 관련 전문가회의 주도적 참여를 통해 국익증대
- 탐사권 계약자 간 공동이익을 위한 상호협력 확대
- 국내외 기술/자본협력 추진

○ 요소기술개발 분야 민간기업 참여유도

- 민간기업과 자원개발 이해관계자를 대상으로 기술개발 필요성에 대한 인식 제고
- 요소기술개발 관련 기업 대상 홍보활동 강화

(3) 연구개발 성과물 및 성과지표

| 핵심 기술/제품 성능지표 | | | 단위 | 달성 목표 | 국내 최고수준 | 세계최고 수준 (보유국, 기업/기관명) |
|--------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------------------|---------------|--------------------------|-----------------------------|
| 1 | 환경영향평가 기반연구 | 잠재적 선광잔류물 확보 | 건 | 4 | KIOST | 대한민국/KIOST |
| | | 광구해역 환경자료 획득 | 건 | 3 | KIOST | 대한민국/KIOST |
| 2 | 선광 잔류물 처리/저감 요소기술 개발 | 오염인자 데이터베이스 | 건 | 1 | KIOST | 미국/Oxford Metals |
| | | 해양환경영향 평가기술 | 건 | 1 | 기초연 | |
| | | 선광공정 개략설계도 | 건 | 1 | 지자연 | 호주/CSIRO |
| | | 잔류물 확산도 | 건 | 1 | KIOST | 미국/NOAA |
| | | 생물위해성 평가지표 | 건 | 3 | 안정성평가연 구소 | 미국/EPA |
| | | 고도처리공정 설계도 | 건 | 1 | KIOST/H-plu s eco (주) | 미국/BioGenesis |
| | | 검증용 저감/처리장치 제작 | 건 | 1 | KIOST/H-plu s eco (주) | 미국/BioGenesis |
| 상용규모 저감/처리장치 설계 | 건 | 1 | KIOST/H-plu s eco (주) | 미국/BioGenesis | | |
| 3 | 국내·외 환경변화 대응전략 연구 | 국제기구 동향 보고서 | 건 | 5 | - | - |
| | | 해저자원개발 잔류물 관리 평가지침 | 건 | 1 | - | - |

4. 기대효과

○ 경제적 측면

- 현 개발기술의 공백(친환경적 선광 및 잔류물 처리/저감 기술)을 극복함
으로써 전략금속자원의 장기적이고 안정적인 자원수급에 기여하고 국
가산업발전을 선도
- 해저광물자원 및 환경 관련 분야 신산업 창출로 산업 확장 및 고용창출
효과 기대
- 환경 보존과 종다양성 보호 분야로 기술 파급효과
- 해저자원 유가금속의 회수 극대화과 방류 잔류물 독성도 최소화를 통해
해저자원개발의 경제성을 향상하고 환경비용 절감

○ 환경적 측면

- 해저광물자원 선광잔류물 연구는 국제해저기구의 요구뿐만 아니라 전지구 적 환경보전 프로그램과 밀접한 연계가 필수적이기 때문에 친환경 기술개발을 급격히 발전시킬 수 있는 원동력 제공
- 국제기구와 관련 이해단체는 해저광물자원 개발 시 해양환경보호를 핵심 이슈로 선정하고 있기 때문에 해양환경보호 기술이 미래의 먹거리 창출로 연계 가능
- 사업을 통해 확보한 다양한 과학적/기술적 자료는 대양의 효율적 이용 및 관리체계 구현에 활용

○ 정책적 측면

- 새로운 산업 영역 개척이라는 국가정책목표를 달성하고 확보된 기술을 타 분야로 파급시킴으로써 창조경제 구현 및 국가과학기술력 강화
- 미래 해양자원 확보 및 환경기술 확보 기술 연구개발에 대한 전략적 중요 성을 제고하고, 산업동력이 취약한 우리나라 산업구조에 새로운 동력원 창출
- 심해저광업 선광 잔류물 관리 관련 국제규정 및 지침 제정에 능동적 대처

5. 최종 연구성과물

- 방류 잔류물 확산도
- 잔류물 내 오염물질 분석 기술 및 인벤토리
- 선광공정 개략 설계도 및 관련 엔지니어링 자료
- 선광 잔류물 생물영향평가 매뉴얼
- 선광 잔류물 내 오염물질 분리/제거 요소 기술 및 고도 공정 설계도
- 정화 처리기술 검증용 시험장치
- 선광 잔류물 관리 및 평가 지침

6. 기타사항

- 현재 한국해양과학기술원이 수행하고 있는 해저광물자원사업(망간단괴,

해저열수광상) 및 관련 국제기구 활동과의 탐사 연계 및 협력으로 비용 절감 및 시너지 효과 창출 필요

- 해양광물자원의 상업화를 위해 해수부 R&D 과제인 태평양 심해저광물자원개발사업 및 남서태평양/인도양 해양광물자원 개발사업과 반드시 연계되어 시급히 수행되어야 하는 연구 분야임

7. 연차별 투자계획

(단위 : 억원)

| 연 도 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 계 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| 정부출연금 | 10 | 10 | 10 | 10 | 12 | 12 | 12 | 14 | 90 |

부 록

근거자료

THIRTY-SIXTH CONSULTATIVE MEETING
OF CONTRACTING PARTIES TO THE
LONDON CONVENTION
&
NINTH MEETING OF CONTRACTING
PARTIES TO THE LONDON PROTOCOL
3 – 7 November, 2014
Agenda item 9

LC 36/9/1
26 August 2014
Original: ENGLISH

INTERPRETATION OF THE LONDON CONVENTION AND PROTOCOL

Collaboration with the International Seabed Authority on seabed mining

Submitted by Greenpeace International

SUMMARY

Executive summary: In the light of new decisions from the International Seabed Authority (ISA), the complex mix of bilateral agreements for mining rights within EEZs and the interest expressed by the governing bodies to examine some issues relating to seabed mining in more detail, Greenpeace International wishes to highlight the time-limited opportunity for effective dialogue with the ISA and to recommend that the current exclusions under the Convention and Protocol relating to exploration, exploitation and associated off-shore processing of seabed mineral resources be revisited, with particular regard for areas beyond the mandate of the ISA

Action to be taken: Paragraph 16

Related documents: LC 35/8/1 and LC 35/15, paragraph 8.22

Introduction

1 At the 35th Meeting of Parties to the London Convention, 8th Meeting of Parties to the London Protocol, Greenpeace International presented document LC 35/8/1 entitled "Seabed mining: update on the state of development and environmental concerns", noting two recent publications^{1,2} reviewing the state of development, environmental concerns and limits to regulation in this field. We invited the governing bodies to consider inter alia the

¹ Allsopp, M., Miller, C., Atkins, R., Roccliffe, S., Tabor, I., Santillo, D. & Johnston, P. (2013) [A Review of the Current State of Development and the Potential for Environmental Impacts of Seabed Mining Operations](#). Greenpeace Research Laboratories Technical Report (Review) 03-2013: 50pp.

² Greenpeace (2013) [Deep Seabed Mining: An urgent wake-up call to protect our oceans](#). Publ. Greenpeace International, July 2013: 20pp.

seabed mining activities, and some ongoing mining activities in relatively shallow waters, are focused on areas within national jurisdictions, including high profile cases such as:

- .1 Nautilus Minerals Inc, aiming to exploit seafloor massive sulphides (hydrothermal vents) in the Bismark Sea, Papua New Guinea;
- .2 Trans-Tasman Resources, focused on iron sands off the coast of New Zealand; *— declared war.*
- .3 Chatham Rock Phosphate Ltd, seeking to mine phosphate-rich deposits on the Chatham Rise, also in New Zealand's waters; and *near*
- .4 Bluewater Metals Pty Ltd, with interests in sulphides in the Solomon Islands.

7 The report published by Greenpeace International in July 2013 lists a total of 11 companies holding or applying for licenses for exploration within EEZs, in each case arranged bilaterally with the authorities in the country in which the resources are located. Some of those applications are currently undergoing impact assessment, legal consideration or other review process. What is clear, however, is that reliance on a series of bilateral arrangements and agreements in the absence of international controls and guidance, each negotiated separately and under a variety of legal systems and jurisdictions, does not provide for consistency of protection goals or measures in relation to the marine environment, nor for transparency or effective independent scrutiny.

8 As noted above, the pursuit of seabed mining interests in areas beyond the mandate of the ISA was also identified by the governing bodies in October 2013 as an issue on which there was a need to continue building a better understanding. It is in that spirit in which Greenpeace International wishes to make the following recommendation.

9 Greenpeace International recognizes that, according to article 1.4.3 of the London Protocol and article III.1.(c) of the London Convention, the disposal (or storage – LP) of wastes or other matter directly arising from, or related to the exploration, exploitation and associated offshore processing of seabed mineral resources is currently not covered by the specific provisions of those instruments in relation to management of wastes and other matter. Nevertheless, it is also clear that there are no other international bodies with the insight, experience or specific mandate to protect the marine environment from pollution arising from the disposal of wastes or other matter at sea and which could therefore provide for international scrutiny, transparency and consistency in the oversight and regulation of such activities and therefore fulfill the broader obligations under The United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS 1982).

10 At the time at which these exclusive provisions were drafted, exploitation of seabed mineral resources was a distant prospect and one which was, perhaps, largely assumed to relate to areas on the High Seas. Furthermore, to our knowledge, the exclusions were developed more in the context of wastes arising from the routine activities of the offshore oil and gas sector, rather than the development of large-scale seabed mining operations.

11 In recognition of the rapid and widespread development of interests in seabed mining that now exist, and seem set only to expand further, Greenpeace International strongly recommends that the justification for these exclusions be reconsidered. This has particular relevance in relation to areas within national jurisdictions and therefore beyond the mandate of the ISA. Although other arrangements and agreements at national or regional level would still be necessary in order to address other aspects of specific proposals, controls

experience and expertise and ensuring protection for the marine environment from all sources of pollution; and

- .2 reconsider the justification for existing exclusions under article 1.4.3 of the London Protocol and article III.1.(c) of the London Convention, relating to the disposal or storage of wastes or other matter directly arising from, or related to the exploration, exploitation and associated offshore processing of seabed mineral resources, to address the current regulatory gaps in relation, in particular, to seabed mining within areas of national jurisdiction and therefore beyond the mandate of the ISA.
-

ASSEMBLY
29th session
Agenda item 19(c)

A 29/19(c)
9 September 2015
Original: ENGLISH

EXTERNAL RELATIONS

(c) Relations with intergovernmental organizations

Note by the Secretary-General

SUMMARY

Executive summary: This document: (i) informs of the decision of the Council not to approve the Organization's participation in a "Collective Arrangement between competent international organizations on cooperation and coordination regarding selected areas in areas beyond national jurisdiction in the North-East Atlantic"; and (ii) contains a proposed Agreement of Cooperation between IMO and the International Seabed Authority (ISA)

Strategic direction: 1.1. and 1.2

High-level action: 1.1.2 and 1.2.1

Planned output: 1.2.1.1

Action to be taken: Paragraph 6

Related documents: C 114/17(c), C 114/17(c)/1 and C 114/D

Agreements of Cooperation not approved

1 The Council, at its 114th session, received a proposal for the Organization to participate in a "Collective Arrangement between competent international organizations on cooperation and coordination regarding selected areas in areas beyond national jurisdiction in the North-East Atlantic" in close cooperation with the OSPAR Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic (OSPAR Commission) and the North East Atlantic Fisheries Commission (NEAFC).

2 The Council did not approve for the Organization to take part in the above-mentioned Collective Arrangement.

Proposed Agreement of Cooperation

3 The Council, at its 114th session, approved a proposed Agreement of Cooperation between IMO and the International Seabed Authority (ISA), the text of which is reproduced in the annex.

4 In accordance with the established practice, the aforementioned organization has been extended the privileges and facilities envisaged in the Agreement on a provisional basis, pending a final decision by the Assembly.

5 The Secretary-General of ISA informed the Secretary-General by letter dated 29 July 2015 that the ISA Council also approved the proposed Agreement of Cooperation between IMO and ISA.

Action requested of the Assembly

6 The Assembly is invited to note the information provided in this document and decide as appropriate.

ANNEX

DRAFT AGREEMENT OF COOPERATION BETWEEN THE INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO) AND THE INTERNATIONAL SEABED AUTHORITY (ISA)

1 The International Maritime Organization (hereinafter referred to as "IMO") and the International Seabed Authority (ISA) (hereinafter referred to as "ISA") will consult each other on matters of common interest to both with a view to ensuring maximum coordination of the work and activities of their respective organizations in respect of such matters.

2 Subject to such arrangements as may be necessary for safeguarding confidential information, the Secretary-General of IMO and the Secretary-General of ISA will exchange information and keep each other informed of projected activities and programmes of work in fields of common interest. Accordingly, when either entity proposes to initiate a programme or activity on a subject in which the other has or may have a substantial interest, consultation will be initiated between the two with a view to harmonizing their efforts as far as possible, taking into account their respective responsibilities and any decisions or wishes of the appropriate governing bodies of the respective entities.

3 The Secretary-General of IMO will invite the Secretary-General of ISA to send representatives to observe meetings or conferences convened by or under the auspices of IMO to consider matters in which ISA has an interest, in accordance with procedures applicable to each meeting or conference. Conversely, the Secretary-General of ISA will invite the Secretary-General of IMO to send observers to meetings or conferences convened by or under the auspices of ISA to consider matters in which IMO has an interest, in accordance with the procedures applicable to each meeting or conference.

4 The Secretary-General of IMO and the Secretary-General of ISA may consult on matters of personnel, material, services, equipment and facilities for joint undertakings which may be agreed between them in fields of common interest to IMO and ISA.

5 IMO will, at the request of ISA, render assistance to ISA with respect to matters within the scope of activities of ISA; and ISA will, at the request of IMO, render assistance to IMO in matters falling within the scope of IMO's activities. Where assistance, which is required by either party under the terms of this Agreement, involves substantial expenditure, consultations will take place with a view to determining the most equitable manner for meeting such expenditure.

6 It is further agreed that nothing in this Agreement shall bind any of the Member States of ISA jointly or severally. Similarly, the Agreement shall not bind any of the Member States of IMO jointly or severally.

7 This Agreement shall be subject to revision by agreement between the Secretary-General of IMO and the Secretary-General of ISA.

8 The Secretary-General of IMO and the Secretary-General of ISA may terminate this Agreement by giving six months' written notice to the other party.

9 This Agreement shall come into force on its approval by the Assembly of IMO and the Council of ISA, whichever is the later.

Agreed for ISA by:

Agreed for IMO by:

[Name of the Secretary-General]
Secretary-General

[Name of the Secretary-General]
Secretary-General

Date:

Date:

THIRTY-SEVENTH CONSULTATIVE
MEETING OF CONTRACTING PARTIES TO
THE LONDON CONVENTION
&
TENTH MEETING OF CONTRACTING
PARTIES TO THE LONDON PROTOCOL
12 – 16 October 2015
Agenda item 16

LC 37/16
22 October 2015
Original: ENGLISH

**REPORT OF THE THIRTY-SEVENTH CONSULTATIVE MEETING AND
THE TENTH MEETING OF CONTRACTING PARTIES**

Table of Contents

| Section | Paragraph Nos. | Page No. |
|--|-----------------------|-----------------|
| 1 INTRODUCTION – ADOPTION OF THE AGENDA | 1.1 – 1.14 | 3 |
| 2 STATUS OF THE LONDON CONVENTION AND PROTOCOL | 2.1 – 2.8 | 5 |
| 3 DEVELOPMENT OF THE LC-LP STRATEGIC PLAN | 3.1 – 3.16 | 6 |
| 4 CONSIDERATION OF THE REPORT OF THE SCIENTIFIC GROUPS | 4.1 – 4.9 | 10 |
| 5 MARINE GEOENGINEERING INCLUDING OCEAN FERTILIZATION | 5.1 – 5.12 | 12 |
| 6 CO ₂ SEQUESTRATION IN SUB-SEABED GEOLOGICAL FORMATIONS (LP) | 6.1 – 6.12 | 13 |
| 7 COMPLIANCE ISSUES | 7.1 – 7.36 | 16 |
| 8 TECHNICAL COOPERATION AND ASSISTANCE | 8.1 – 8.44 | 21 |
| 9 INTERPRETATION OF THE LONDON CONVENTION AND PROTOCOL | 9.1 – 9.41 | 28 |
| 10 MATTERS RELATED TO THE MANAGEMENT OF RADIOACTIVE WASTES | 10.1 – 10.13 | 36 |
| 11 MONITORING FOR THE PURPOSES OF THE LONDON CONVENTION AND PROTOCOL | 11.1 – 11.15 | 38 |

- .3 approved the intersessional work plan for the B2C Steering Group, as follows:
 - .1 Draft a document on the benefits of ratification (by March 2016);
 - .2 Third round of surveys to elicit responses in respect of ratification (March 2016);
 - .3 Draft a communication plan for the publication *Guidelines on Low cost, low technology assessment of dredged material: 2015 edition* (March 2016).
 - .4 Work on the scope and content of promotional material to be developed to increase ratification (April 2016);
 - .5 In collaboration with the Secretariat, improve the technical cooperation aspect of the LC/LP website (June 2016); and
 - .6 Draft an implementation plan for the measures to increase ratification (August 2016).

8.43 With respect to increasing ratifications to the London Protocol, the governing bodies approved:

- .1 a third round of surveys to elicit feedback;
- .2 a revision of the "Guidance on National Implementation" document;
- .3 the development of an implementation plan for increasing ratifications to the Protocol;
- .4 the development of a document on the benefits of being a Party to the Protocol;
- .5 work on the scope and content of promotional material to be developed to increase ratification;
- .6 further consideration of the Pilot Country Concept along the lines of the Lead Partnering Countries concept in the GloBallast Partnership Project for the implementation of the Ballast Water Management Convention; and
- .7 the proposals for raising awareness in paragraph 9 of LC 37/WP.7.

8.44 The governing bodies also agreed to consider options to discourage States from acceding to the Convention and to explore the feasibility of options for consideration by London Convention Parties as to closing the London Convention to further accessions.

9 INTERPRETATION OF THE LONDON CONVENTION AND PROTOCOL

Riverine and marine disposal of tailings and associated wastes from mining operations

9.1 The Meetings recalled that in October 2014, the governing bodies had agreed to re-establish the intersessional correspondence group on mine tailings to continue its work, under the leadership of Chile, of assisting the Secretariat to develop a programme for an international conference/workshop that would aim primarily to increase scientific understanding of impacts on the marine environment of deep-sea tailings placement (DSTP); and of gathering

information on best practices and existing guidance and legislation and other relevant issues of marine and riverine disposal of mine tailings around the world, and of identifying any gaps in best practices and existing guidance (LC 36/16, paragraph 9.14).

9.2 The Chairman of the correspondence group (Chile) provided an overview of the progress made in the intersessional period (LC 37/9/3). The Meetings noted that representatives from Canada, Chile, China, Costa Rica, Germany, Japan, the Netherlands, Nigeria, Norway, Peru, South Africa, Spain, the United States, ACOPS, Greenpeace International, IUCN and WODA had participated in the work of the group.

9.3 The Meetings noted the following conclusions by the correspondence group:

- .1 the scope and mandate of the LC/LP in relation to the disposal of mine tailing at sea should be further clarified, in order to define, if appropriate, that this matter is to be considered in the context of the various instruments of IMO;
- .2 at this point, the advice provided to the governing bodies from the IMO Legal Affairs and External Relations Division during the plenary session in 2014 should be noted (LC 36/16 paragraph 9.10 and LC 37/9/2, annex);
- .3 some members noted that, in the event that the LC/LP is considered not to have a legal mandate to regulate this subject, this should not prevent continued collaboration with other bodies in order to facilitate studies and provide advice in relation to its expertise regarding the prevention of marine environmental pollution;
- .4 some of the issues examined in relation to this issue are sensitive to certain countries, considering their national situation, and in some other countries the discussions have not yet begun; and
- .5 it was also noted by some members that progress on this issue could be reviewed in light of the ongoing work by the International Seabed Authority (ISA).

9.4 The Meetings also noted that there are no suitable best practices, guidelines or other international instruments that make it possible to generate guidelines, or guidance, for implementing measures concerning deep sea tailing placement (DSTP) from mining operations. Given the low level of participation in the work of the group, work could continue in other forums such as the Scientific Groups or under GESAMP until sufficient information is available for the governing bodies to be able to make a decision. The Meetings further noted that, as mentioned in the report of the correspondence group (LC 37/9/3, paragraph 13), Chile would leave the chairmanship of the group.

9.5 The Meetings reviewed a summary of the scope of the LC/LP and other international instruments to address marine disposal of mine tailings (LC 37/9/2). It was noted that to make further progress, three steps could be considered:

- .1 discussion on whether pipelines are covered by the definition of dumping, taking into consideration the role of pipelines in CO₂ sequestration in sub-seabed geological formations;
- .2 depending upon that discussion (and assuming the governing bodies consider pipelines outside the definition of dumping), move towards scoping of guidance. The Secretariat would continue to reach out to other international instruments for cooperation, possibly including regional agreements; and

- .3 prior to preparation of guidance (or best management practices), the results of the GESAMP work (which may lead to the establishment of a GESAMP working group to further develop the scientific information that feeds the needed management actions) should be considered.

9.6 The Meetings noted the legal analysis of the scope of the LC/LP, as provided by the IMO Legal Affairs and External Relations Division (LC 37/9/2, annex), and the main conclusion concerning whether pipeline discharges from land are covered by the scope of the London Convention/Protocol is up to the Parties to decide.

9.7 The Meetings noted several delegations' view that guidance on pipeline discharges of mine tailings should not be prepared because disposal of mining or other wastes through outfalls is not within the remit of the LC/LP. These delegations did not consider that the phrase "other man-made structures at sea" includes outfalls, or that the LC or LP were intended to cover discharges from outfalls. Addressing such discharges would be a major expansion of their scope.

9.8 Several delegations recommended that a different approach be given further in-depth analysis and consideration. Several other delegations stressed the importance of the precautionary approach and that it was incumbent on the Parties to address this issue to protect the marine environment. The Meetings agreed that the current focus should remain on what the LC/LP could provide in terms of technical expertise and that it was too early to consider developing formal guidance.

9.9 Several delegations were of the view that there was insufficient information on State practices. For example, the Meetings noted that under Russian Federal Law activities connected with the movement of bottom sediments during dredging, or the laying of submarine/under water cables and pipelines, are not considered to be dumping of waste and other matter and discharges of harmful substances in the internal maritime waters and territorial sea of the Russian Federation. In this regard, if guidance were developed it should not be in contradiction with national laws or regulations.

9.10 The Meetings agreed that cooperation with both global and regional bodies on this issue was of paramount importance. The Meetings noted that it was important that more information on the science would be needed to explore this issue.

9.11 The delegation of Peru informed the Meetings of the GESAMP workshop, held in Lima, Peru, in June 2015 (LC 37/9/4/Rev.1). The workshop was hosted by the National Maritime Authority of Peru, Directorate-General for Harbourmaster Offices and Coastguards. The workshop followed a programme coordinated by IMO and GESAMP based on presentations and discussion panels attended by more than 90 participants from 38 organizations or agencies and included researchers, policy makers, coastal and marine managers and industry representatives. The final programme, list of participants and presentations given can be downloaded at: http://www.dicapi.mil.pe/taller/en/down_workGesamp.html.

9.12 The Meetings reviewed the main outcomes of the GESAMP workshop and recent developments under GESAMP on this issue (LC 37/9/1). It was noted that the overall objectives of the workshop were to provide a synthesis of the current understanding of the impacts of marine disposal of mine tailings and to identify gaps in scientific knowledge in this field, and to develop partnerships to address issues through further work.

9.13 One important conclusion from the workshop was that there were correlations between the issues identified for deep sea tailings placement (DSTP) and those identified for wastes produced during deep seabed mining and that any further work or studies should address both activities as much as possible to reduce effort and costs.

9.14 The Meetings noted that the workshop had identified the following steps to move the issue forward:

- .1 there is a need to "socialize" the process, beyond only engineering issues;
- .2 appropriate regulatory frameworks should be implemented and lessons should be learnt from these experiences;
- .3 operational practices for mining processes and discharges must be adapted to the specific conditions of DSTP; and
- .4 monitoring of the marine environment will be key to confirm any risk assessments made. This includes long-term monitoring after closure.

9.15 The Meetings also noted that the proceedings of the workshop were under development and would be available to the Scientific Groups next year.

9.16 The Meetings were informed that GESAMP, at its forty-second session, having reviewed the outcomes of the workshop and a scoping paper with draft terms of reference prepared by the GESAMP correspondence group on this topic, did not establish a working group at this time, since the terms of reference needed further development and additional funding had to be sought in order for the group to fulfil its tasks. GESAMP therefore requested that the LC/LP Parties clarify the objectives of such a working group and if possible provide more definitive terms of reference for its consideration, to allow GESAMP to establish the working group intersessionally.

Deep seabed mining

9.17 It was recalled that in 2014 the governing bodies had been informed on the objectives and workings of the ISA and had noted, inter alia, that there were areas of overlap between the work of the two bodies, as well as potential gaps and opportunities for cooperation. The governing bodies had instructed the Secretariat to contact LC/LP National Focal Points with a view to collecting information on regulations or best practices in deep seabed mining (DSM), for consideration by the Scientific Groups at their next joint session in 2015 and by the governing bodies at this session (LC 36/16, paragraph 9.24).

9.18 The Meetings were informed that the Scientific Groups, in April 2015, had considered the responses to the invitation to provide information (LC-LP.1/Circ.69). It was noted that China, France, the Secretariat of the Pacific Community (SPC) and the United States had provided information.

9.19 The governing bodies, having noted that no further information had been submitted, encouraged Parties to submit information in response to LC-LP.1/Circ.69, to enable the Secretariat to submit a more comprehensive report to the Scientific Groups in 2016.

9.20 The Meetings also noted that the Secretariat had provided input to the ISA consultation on its draft framework for the regulation of exploitation activities, which had a deadline of 15 May 2015, by informing the ISA of the expertise and experience available within the London Convention and Protocol. The Secretariat would continue its discussions with the ISA regarding how the LC/LP community can be of assistance in the development of this regulatory framework.

9.21 The Meetings endorsed the Scientific Groups' recommendation to establish a correspondence group to respond to any requests that may come from the ISA (LC/SG 38/16, paragraph 8.33). The Meetings also agreed that, since ISA had welcomed cooperative work between the two bodies, it would be useful to establish a joint LC/LP-ISA working group that could correspond and/or meet intersessionally. Before concluding such an arrangement, the Secretariat could enter into a technical cooperative arrangement.

9.22 The Secretariat informed the Meetings of its dialogue with the Secretariat of the Pacific Regional Environment Programme (SPREP) and the Secretariat of the Pacific Community (SPC) on deep seabed mining, including the possibility to organize a workshop or conference on the environmental impacts of deep seabed mining in the region, preferably before any deep seabed mining activities commence.

Action by the governing bodies

9.23 Following discussion, the governing bodies:

- .1 encouraged Contracting Parties to continue to share information (with the Secretariat and with others) on relevant regulations and best practices on deep seabed mining;
- .2 encouraged a continued dialogue between the Secretariat, ISA, SPREP and SPC;
- .3 instructed the Secretariat to provide a full report to the Scientific Groups on all responses to the Circular (LC-LP.1/Circ.69) on deep seabed mining, for consideration by the Scientific Groups; and
- .4 requested the Scientific Groups to provide advice to the governing bodies on the appropriate next steps to take based on the information provided by the Secretariat.

Establishment of the working group on marine disposal of tailings from mining operations

9.24 The governing bodies, having agreed to address tailings from land-based mining operations and that from wastes generated from deep seabed mining, established the working group on marine disposal of tailings from mining operations, under the lead of Captain Fídel Reyes Meléndez (Peru), to:

- .1 develop draft terms of reference for a GESAMP Working Group on the impacts of tailings from mining operations on the marine environment, taking into account any funding pledges made;
- .2 develop draft terms of reference for an intersessional correspondence group on the issue of the marine disposal of mine tailings from mining operations; and

4)

국제해저기구 개발규칙 내 채광 관련 폐기물 관리 규정 포함 움직임

Developing a Regulatory Framework for Deep Sea Mining Exploitation in the Area III

Report to Members of the Legal and Technical Commission on the development of a preliminary set of draft regulations and standard contract terms on Exploitation in the Area

Version II 15.02.2016

Prepared by Chris Brown, ISA Consultant, February 2016

Part IV Protection and preservation of the marine environment

| | | | |
|---|---|--|--|
| Protection and preservation of the marine environment | General wording in Exploration Regulations to be adapted. | <ul style="list-style-type: none"> • Dumping: the 1972 London Convention* and the 1996 Protocol to the London Convention currently exclude the dumping of wastes or other matter connected with seabed mining activities from its scope. More specifically Article 1(4)(3) of the 1996 Protocol states "[t]he disposal or storage of wastes or other matter directly arising from, or related to the exploration, exploitation and associated off-shore processing of seabed mineral resources is not covered by the provisions of this Protocol". • It would thus seem that the disposal or storage of waste or other matter directly arising from "activities in the Area" will need to be regulated by the Authority as the competent agency/ international body. What will constitute "dumping" in the Area? E.g. the deliberate disposal of sediment from on-board processing and vessels and mining collector in emergency situations? What protection measures will be needed (possible co-operation between the Authority and the IMO)? Regulations should be drafted and the terms for say an EMP should/could reflect specific waste assessment framework(s), monitoring and reporting obligations connected with the dumping of waste (as defined). | <ul style="list-style-type: none"> • This area requires the formation of targeted expert workgroups consisting of a broad range of stakeholders, including relevant international organizations. • Specific consideration of "dumping" RRP's. • Waste Assessment Guidance developed under Annex 2 of the Protocol of potential relevance. To include requirements for a waste assessment and waste assessment prevention audit. IMO/ISA co-operation. New Zealand government have also expressed an interest in contributing to the development of specific RRP's for waste management. |
|---|---|--|--|

* Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter.



Legal and Technical Commission

13 July 2011

Original: English

Seventeenth session

Kingston, Jamaica

11-22 July 2011

Environmental Management Plan for the Clarion- Clipperton Zone

I. Introduction

A. Legal framework related to the powers of the International Seabed Authority on the protection of the marine environment

1. Under the 1982 United Nations Convention on the Law of the Sea (the Convention), States parties have a general obligation to protect and preserve the marine environment.¹ This overarching obligation encompasses responsibilities to prevent, reduce and control pollution of the marine environment from any source, to monitor the risks or effects of pollution and to assess the potential effects of activities under States parties jurisdiction and control that may cause substantial pollution of or significant and harmful changes to the marine environment.² In particular, States parties must take measures to protect and preserve rare or fragile ecosystems, as well as the habitats of depleted, threatened or endangered species and other forms of marine life. They must also prevent, reduce and control pollution resulting from the use of technologies under their jurisdiction or control and the intentional or accidental introduction of alien or new species to a particular part of the marine environment.³ In the deep seabed beyond national jurisdiction, that is the “Area”, those responsibilities are shared between all States parties to the Convention as the Area and its resources are the common heritage of mankind.⁴

¹ United Nations Convention on the Law of the Sea of 10 December 1982, art. 192.

² *Ibid.*, arts. 194, 204 and 206. Of particular relevance to deep seabed mining is art. 194 (3) (d), which provides that States shall take measures to minimize to the fullest possible extent pollution from installations and devices in exploration or exploitation of the natural resources of the seabed and subsoil, in particular measures for preventing accidents and dealing with emergencies, ensuring the safety of operations at sea and regulating the design, construction, equipment, operation and manning of such installations or devices.

³ *Ibid.*, arts. 194 (5) and 196 (1).

⁴ *Ibid.*, art. 136.



2. The International Seabed Authority, on behalf of the States parties to the Convention, is responsible for administering the mineral resources of the Area, including prospecting, exploration and exploitation activities for those resources.⁵ As part of its responsibility, the Authority is charged with taking the measures necessary to ensure effective protection of the marine environment from the harmful effects that may arise from such activities. For that purpose, the Authority must adopt appropriate rules, regulations and procedures designed to accomplish the following:

(a) Prevent, reduce and control pollution and other hazards to the marine environment, including the coastline, that have the potential to interfere with the ecological balance of the marine environment. In doing this, its mandate calls for particular attention to be paid to the need for protection from the harmful effects of such activities as drilling, dredging, excavating, disposing of waste, and constructing and operating or maintaining installations, pipelines and other devices related to such activities;

(b) Protect and conserve the natural resources of the Area, preventing damage to the flora and fauna of the marine environment.⁶

3. The 1994 Agreement relating to the Implementation of Part XI of the United Nations Convention on the Law of the Sea of 10 December 1982 reaffirms those responsibilities by establishing “the importance of the Convention for the protection and preservation of the marine environment and of the growing concern for the global environment” and goes on to state that between the entry into force of the Convention and the approval of the first workplan for exploitation, the Authority shall concentrate on, inter alia, the “Adoption of rules, regulations and procedures incorporating applicable standards for the protection and preservation of the marine environment”.⁷

4. The Legal and Technical Commission of the Authority is responsible for making recommendations to the Council on the protection of the marine environment, taking into account the views of recognized experts in that field. In addition, the Commission must:

(a) Formulate and submit to the Council rules, regulations and procedures on prospecting, exploration and exploitation in the Area, taking into account all relevant factors, including assessments of the environmental implications of activities in the Area;

(b) Keep such rules, regulations and procedures under review;

(c) Make recommendations to the Council regarding the establishment of a monitoring programme to observe, measure, evaluate and analyse, by recognized scientific methods, on a regular basis, the risks or effects of pollution of the marine environment resulting from activities in the Area;

(d) Coordinate the implementation of the monitoring programme approved by the Council.⁸

⁵ Ibid., art. 157 (1).

⁶ Ibid., art. 145, annex III, art. 17 (1) (b) (xii).

⁷ Implementing Agreement, annex, section 1, para. 5 (f).

⁸ Convention, arts. 165 (e)-(h) and 215.

5. The Legal and Technical Commission may also make recommendations to the Council for:

(a) The issue of emergency orders to prevent serious harm to the marine environment arising out of activities in the Area. Such recommendations shall be taken up by the Council on a priority basis;⁹

(b) The disapproval of areas for exploitation by contractors or the Enterprise in cases where substantial evidence indicates the risk of serious harm to the marine environment;¹⁰

(c) The direction and supervision of a staff of inspectors who shall inspect activities in the Area to determine whether the provisions of the Convention and the regulations and procedures are being met.¹¹

6. Under annex III to the Convention, rules, regulations and procedures must be drawn up by the Authority to secure effective protection of the marine environment, from both harmful effects directly resulting from activities in the Area and from shipboard processing of minerals immediately above a mine site. The procedures must take into account the extent to which such harmful effects may directly result from drilling, dredging, coring and excavation, as well as from disposal, dumping and discharge into the marine environment of sediment, wastes or other effluents.¹²

7. States parties to the Convention are required to adopt complementary laws and regulations to prevent, reduce and control pollution of the marine environment from activities in the Area undertaken by vessels, installations, structures and other devices flying their flag or of their registry or operating under their authority. Those laws and regulations must be no less effective than the rules, regulations and procedures of the International Seabed Authority.¹³

8. The United Nations General Assembly, in its resolutions on oceans and the law of the sea, reiterates the importance, pursuant to article 145 of the Convention, of the ongoing development by the Authority of rules, regulations and procedures to ensure the effective protection of the marine environment for the protection and conservation of the natural resources of the Area and for the prevention of damage to its flora and fauna from the harmful effects that may arise from activities there. In those resolutions, the Assembly notes the importance of the responsibilities entrusted to the Authority by articles 143 and 145, which refer to marine scientific research and protection of the marine environment, respectively.¹⁴

9. The Regulations on Prospecting and Exploration for Polymetallic Nodules in the Area (“Polymetallic Nodules Regulations”) that were adopted by the Authority in 2000 impose comprehensive environmental protection obligations on the States and State-sponsored entities involved in the prospecting and exploration phases of deep seabed mining. At every stage of their activities in relation to the Area, prospectors and contractors have substantial responsibilities to assess and monitor the effects of their operations on the marine environment of the Area. When they ask

⁹ Ibid., art. 165 (2) (k).

¹⁰ Ibid., art. 165 (2) (l).

¹¹ Ibid., art. 165 (2) (m).

¹² Ibid., annex III, art. 17 (2) (f).

¹³ Ibid., art. 209 (2).

¹⁴ Resolution 64/71 on oceans and the law of the sea, paras. 33 and 34; and resolution 63/111, paras. 33 and 34; resolution 62/215, paras. 33 and 34; and resolution 61/222, paras. 28-30.

the Authority for approval to search for deposits of polymetallic nodules, prospectors must include in their notification a satisfactory written commitment to comply with the Convention and the relevant rules, regulations and procedures of the Authority concerning the protection and preservation of the marine environment.¹⁵ They must also submit annual reports on the status of their prospecting activities containing information on their compliance with International Seabed Authority regulations on the protection and preservation of the marine environment.¹⁶

10. States and State-sponsored entities submitting plans of work for exploration in the Area must submit a description of their proposed programmes for oceanographic and environmental baseline studies. Those studies enable the scientific assessment of the potential environmental impact of the proposed exploration activities on the marine environment, and a description of proposed measures for the prevention, reduction and control of pollution and other hazards, as well as possible impacts on the marine environment.¹⁷ Once exploration contracts are signed with the Authority, exploration contractors are required to gather environmental baseline data against which to assess the likely effects of their activities on the marine environment; they must also devise programmes to monitor and report on such effects.¹⁸ The contractors must report annually to the Secretary-General of the Authority on the implementation and results of their monitoring programmes and submit environmental baseline data.¹⁹

11. The present Environmental Management Plan is consistent with those obligations, responsibilities, rules, regulations and procedures. Terms used in the Convention and Polymetallic Nodules Regulations shall have the same meaning in the present document.

B. Other international organizations and processes related to the protection of the marine environment

12. The Authority recognizes the need to work in consultation with the many other international organizations and processes related to the protection of the marine environment.

C. Guiding principles

13. The following are the guiding principles of this plan:

(a) **Common heritage of mankind.** The Area and its resources are the common heritage of mankind. All rights to the resources of the Area are vested in mankind as a whole on whose behalf the Authority shall act;

¹⁵ Polymetallic Nodules Regulations, Reg. 3 (4) (d) (i) (b).

¹⁶ Ibid., Reg. 5 (1) (b).

¹⁷ Ibid., Reg. 18 (b)-(d).

¹⁸ Ibid., Reg. 31 (4); see also Part XI Implementing Agreement, annex, section 1, para. 7.

¹⁹ Ibid., Reg. 31 (5).

(b) **Precautionary approach.** Principle 15 of the Rio Declaration on Environment and Development²⁰ specifies that where there are threats of serious or irreversible damage to the environment, lack of full scientific certainty shall not be used as a reason for postponing cost-effective measures to prevent environmental degradation;

(c) **Protection and preservation of the marine environment.** All States have a duty to protect and preserve the marine environment;

(d) **Prior environmental impact assessment.** The prior assessment of activities that may have significant adverse impacts on the environment;

(e) **Conservation and sustainable use of biodiversity.** All States have a duty to conserve and sustainably use marine biodiversity;

(f) **Transparency.** The Authority shall enable public participation in environmental decision-making procedures in accordance with the Convention on Access to Information, Public Participation in Decision-Making and Access to Justice in Environmental Matters, 1998, and its own rules and procedures.

D. Definition of the Clarion-Clipperton Zone area and other relevant terms

14. The Clarion-Clipperton Zone is located in the eastern central Pacific, to the south and south-east of the Hawaiian Islands. The geographical limits of the management area have been taken to be the area beyond national jurisdiction contained within a box approximately 0°-23°30'N x 115°W-160°W. The Zone is bounded to the north and south by the ENE-WNW trending Clarion and Clipperton Fracture Zones. Its area is approximately 4.5 x 10⁶ square kilometres (km²).

15. The seafloor in the management area lies mostly between a water depth of 4,000 and 6,000 metres. It is characterized by a number of seamounts, some of which may be fewer than 2,000 metres deep. The widespread seafloor spreading fabric, oriented approximately orthogonal to the trend of the bounding fracture zones, provides a large number of flat-floored valleys, separated by irregular, often discontinuous ridges a few hundred metres high (see annex, figure I).

16. Since the 1960s, there has been interest in the commercial development of seafloor polymetallic nodules. Nodules of economic interest have been found in three areas: the northern central Pacific Ocean; the Peru Basin in the southern Pacific; and the centre of the northern Indian Ocean. It is thought that the most promising deposits in terms of nodule abundance and metal concentration occur in the Clarion-Clipperton Zone, and it is expected that this area will be the first to undergo development.

17. Currently, eight contractors have been granted exploration licences totalling approximately 520,000 km². While it is not known when extraction will begin, the International Seabed Authority is being proactive and responsible in developing the

²⁰ *Report of the United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, 3-14 June 1992* (United Nations publication, Sales No. E.91.I.8 and corrigenda), vol. I: *Resolutions adopted by the Conference, resolution 1, annex I.*

present Environmental Management Plan in anticipation of future extraction activities in the Clarion-Clipperton Zone.

E. Description of mining operations, vulnerability and potential impacts

18. The basic mining operations include: (a) picking up the polymetallic nodules and separating them from the fine-grained seabed muds that host them; (b) lifting them 4,000 to 5,000 metres to the ocean surface; and (c) separating them from the seawater and sediment entrained in the lift operation and transporting them to a metallurgical processing facility.

19. Each of those operations poses environmental risks that must be assessed, minimized and mitigated in any mining venture. Picking up the nodules and removing the associated fine-grained muds fundamentally disturbs the benthic habitat in the mining area and entails the generation of sediment plumes near the seafloor. For most options being considered, nodule-lifting operations will include the entrainment of significant volumes of deep-ocean seawater and associated biota. Subsequent separation of the nodules from the seawater used in the lifting operation will require the discharge of that water and potentially also fine-grained sediments and nodule fragments that have not been removed at the seafloor.

20. Research to assess the magnitudes of those effects has been completed, including the collection of baseline data,^{21,22} and the development of mathematical models to predict the size and persistence of discharge plumes.²³ The latter have been coupled with at-sea monitoring of the test mining operations noted above.²⁴

II. Environmental management

21. Best-practice management of damaging human activities in the marine environment generally involves the use of spatial management tools, including the protection of areas thought to be representative of the full range of habitats, biodiversity and ecosystem structure and function within the management area. In the Clarion-Clipperton Zone, areas will need to be closed to potential mining activities to protect and preserve the marine environment.

22. The development of a spatial management plan in the Clarion-Clipperton Zone includes the concepts below.

A. Spatial variation

23. Faunal communities vary across the Clarion-Clipperton Zone, with north-to-south and east-to-west gradients in productivity, depth and other environmental variables. In order to protect the full range of habitats and biodiversity across the Zone, destructive seafloor activities must be excluded in particular areas distributed across those gradients. Synthesis of environmental, ecological and biogeographic

²¹ Bischoff and Piper (1979).

²² Legal and Technical Commission (2010).

²³ Rolinski and others (2001); Oebius and others (2001).

²⁴ Ozturgut, Lavelle and Burns (1981).

data (summarized in several International Seabed Authority reports; see following sections), as well as conservation theory and practice, suggest that such areas should be distributed in a stratified pattern within the Zone.

24. A workshop held in 2007²⁵ recommended that an ecologically and biogeographically reasonable approach to the design of a spatial management plan would be to divide the Clarion-Clipperton Zone into three east-west and three north-south strata for conservation management because of the strong productivity-driven gradients in ecosystem structure and function. That stratification yields nine distinct subregions within the Zone, each requiring the designation of an area of particular environmental interest.

B. Size of areas of particular environmental interest

25. Systems of protected areas can be designed in several ways to maintain sustainable populations and to capture the full range of habitats and communities. The most appropriate system for areas of particular environmental interest contains large areas with self-sustaining populations and a broad range of habitat variability. Those should not be affected directly by physical activity or indirectly by mining effects such as plumes, although the degree of impacts raised by potential deep sea mining is still unknown. Based on a detailed consideration of environmental data, faunal distribution, faunal dispersal capabilities and distances, and ecological proxy variables, it was determined that a core area of each area of particular environmental interest should be at least 200 km in length and width, that is, large enough to maintain minimum viable population sizes for species potentially restricted to a subregion of the Clarion-Clipperton Zone, and to capture the full range of habitat variability and biodiversity within a subregion. In addition, the core area of each area of particular environmental interest should be surrounded by a buffer zone 100 km in width to ensure that it is not affected by mining plumes from any activities immediately adjacent to an area of particular environmental interest. Thus, the dimensions of each full area of particular environmental interest (including the 200 x 200 km core area surrounded by a 100 km buffer zone) should be 400 x 400 km (see annex, figure II).

C. Scientific design

26. The area of particular environmental interest design developed at the 2007 workshop is based on generally accepted and widely applied principles for the design of marine protected area networks,²⁶ and includes an element to protect 30 to 50 per cent of the total management area. The design utilizes geological, oceanographic and biological proxy data based on previous International Seabed Authority workshops and reports, as well as the peer-reviewed scientific literature and experience of international experts in deep-sea biology. Data and analyses are described in several reports and workshops (for example, Hannides and Smith, 2003; International Seabed Authority, 2002; International Seabed Authority, 2008;

²⁵ See ISBA/14/LTC/2.

²⁶ See for example, Scientific guidance for selecting areas to establish a representative network of marine protected areas, including in open ocean waters and deep-sea habitats (Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity decision IX/20, annex II).

ISBA/14/LTC/2; International Seabed Authority, 2011). After an initial review of the workshop outcomes, the locations of the proposed areas of particular environmental interest were amended by the Legal and Technical Commission in the light of the current distribution of contracts and reserved areas.

27. The Convention on Biological Diversity^{27,28} and Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) criteria for identifying and managing habitats and faunal communities vulnerable to human activities were not fully developed at the time of designing the initial area of particular environmental interest network, but the design covers the key elements currently applicable to the Clarion-Clipperton Zone, including the protection of:

(a) “Vulnerable marine ecosystems” as defined by the FAO criteria for deep-sea bottom fishing in the high seas;²⁹

(b) Areas representative of the full range of ecosystems, habitats, communities and species of different biogeographic regions;

(c) Areas of sufficient size to protect and ensure the ecological viability and integrity of the features for which they were selected.

28. The scientific design included consideration of the existing contract and reserved areas. The placement of areas of particular environmental interest avoided overlap with licence areas, as well as reserved areas where possible.

29. Areas of special significance for their uniqueness, biological diversity or productivity, as well as areas of special importance to the life histories of non-fish species referred to in the criteria of the Convention on Biological Diversity have not been incorporated in the scientific design. As more information becomes available, the spatial management of mining activities may have to reflect such factors. Until then, the representative approach described here provides the best way of capturing those values in undisturbed areas in order to preserve and conserve marine biodiversity and ecosystem structure and function in the context of seabed nodule mining activities based on the best available scientific information.

D. Flexibility

30. Any design of areas of particular environmental interest allows for the ability to modify the location and size of such areas, based on improved information about the location of mining activity, measurement of actual impacts from mining operations, and more biological data.

31. Those concepts are described in the reports of the International Seabed Authority.³⁰ It should be noted that the precautionary principle applies to the exercise of flexibility and adaptive environmental management.

²⁷ Scientific criteria for identifying ecologically or biologically significant marine areas in need of protection in open ocean waters and deep-sea habitats (ibid., annex I).

²⁸ Scientific guidance for selecting areas to establish a representative network of marine protected areas, see footnote 26.

²⁹ FAO, International Guidelines for the Management of Deep-Sea Fisheries in the High Seas, 2009. Available from <http://www.fao.org/docrep/011/i0816t/i0816t00.htm>.

³⁰ ISBA/14/LTC/2 and ISBA/15/LTC/4.

III. Vision

32. The vision of the International Seabed Authority is of a sustainably exploited Clarion-Clipperton Zone that preserves representative and unique marine habitats and species.

33. The Clarion-Clipperton Zone incorporates a series of areas that have been assigned for exploration and prospecting rights for polymetallic nodules. The vision of the Authority is to facilitate mining while minimizing as far as practically possible the impact of seabed mining activities, and preserving and conserving marine biodiversity and ecosystem structure and function in the Clarion-Clipperton Zone.³¹

34. The present Environmental Management Plan adopts a holistic approach to the environmental management of the Clarion-Clipperton Zone in its entirety, including, where appropriate, consideration of cumulative impacts, incorporating environmental risk assessments of new and developing technologies, while giving due consideration to relevant global initiatives and new legislation.

IV. Goals

35. The goals of the present Environmental Management Plan are to:

(a) Facilitate exploitation of seabed mineral resources in an environmentally responsible manner, consistent with the legal framework and environmental guidelines of the International Seabed Authority for managing deep-sea nodule mining and protecting the deep-sea environment;

(b) Contribute to the achievement of the management goals and targets set forth in the Plan of Implementation of the World Summit on Sustainable Development,³² including: halting the loss of biodiversity; establishing ecosystem approaches to management; and developing marine protected areas, in accordance with international law and based on the best scientific information available, including representative networks by 2012;

(c) Maintain regional biodiversity, ecosystem structure and ecosystem function across the Clarion-Clipperton Zone;

(d) Manage the Clarion-Clipperton Zone consistent with the principles of integrated ecosystem-based management;

(e) Enable the preservation of representative and unique marine ecosystems;

(f) Capitalize upon the available knowledge and environmental data specific to the Clarion-Clipperton Zone, including oceanographic and environmental baseline studies;

³¹ In line with the scope set out in document ISBA/16/LTC/7.

³² *Report of the World Summit on Sustainable Development, Johannesburg, South Africa, 26 August-4 September 2002* (United Nations publication, Sales No. E.03.II.A.1 and corrigendum), chap. I, resolution 2, annex.

(g) Monitor the environment during and after testing of collecting systems and equipment, in accordance with the rules, regulations and procedures of the Authority;

(h) Facilitate cooperative research and better understanding conditions within the Clarion-Clipperton Zone to inform the adoption of future rules, regulations and procedures, incorporating applicable standards for the protection and preservation of the marine environment;

(i) Include the participation of developing countries and multilateral exchange of views on environmental management issues;

(j) Avoid overlap between the contractor areas, reserved areas and any areas of particular environmental interest.

V. Strategic aims

36. The strategic aims of the present Environmental Management Plan are therefore to:

(a) Ensure environmentally responsible seabed mining within the Clarion-Clipperton Zone, to enable effective protection of the marine environment from activities related to seabed mining;

(b) Apply internationally accepted conservation management tools in order to maintain biodiversity and ecosystem structure and function across the Clarion-Clipperton Zone;

(c) Sustainably manage the Clarion-Clipperton Zone as a whole;

(d) Maintain regional biodiversity and ecosystem structure and function across the Clarion-Clipperton Zone;

(e) Protect and conserve the natural resources of the Area and reduce impact on the biota of the marine environment.

VI. Operational objectives

A. Entire Clarion-Clipperton Zone

37. The operational objectives of the present Environmental Management Plan for the entire Clarion-Clipperton Zone are to:

(a) Establish periodically updated environmental baseline data for the region;

(b) Undertake cumulative environmental impact assessments as necessary based on exploitation proposals;

(c) Consider the environmental risks to the Clarion-Clipperton Zone posed by technological developments in mining technologies.

B. Contract areas

38. The operational objectives for the contract areas are to:

- (a) Ensure the application of the best available environmental practices and techniques;
- (b) Assemble and disseminate the environmental data collected by contractors for the purposes of impact assessment;
- (c) Establish guidelines for impact and preservation reference areas;
- (d) Develop plans to ensure responsible environmental management to enhance the recovery of habitats and faunal communities.

C. Areas of particular environmental interest

39. The operational objectives for the areas of particular environmental interest are to:

- (a) Protect biodiversity and ecosystem structure and function by a system of representative seafloor areas closed to mining activities. The system must be in place before additional mining claims further compromise the ability to develop a scientifically robust design;
- (b) Include a wide range of the habitat types present in the Clarion-Clipperton Zone within the areas of particular environmental interest (for example seamounts and fracture zone structures);
- (c) Establish an area of particular environmental interest system to avoid overlap with the current distribution of claimant and reserve areas (as was the basis for the current scientific design);
- (d) Provide a degree of certainty to existing and prospective contractors by laying out the location of areas closed to mining activities.

VII. Management objectives

A. Entire Clarion-Clipperton Zone

40. The management objectives of the present Environmental Management Plan for the entire Clarion-Clipperton Zone are to:

- (a) Collate information from environmental impact assessments produced by contractors and supplemented where appropriate by other sources;
- (b) Consider the cumulative impacts of mining and other human activities;
- (c) Exchange information on new and developing technologies and their potential environmental impacts.

B. Contract areas

41. The management objectives for the contract are the following:

(a) Contractors will apply the principles of ISO 14001³³ to the development of their site-specific environmental management plans. Such environmental management plans will be submitted with the contractor's proposed mining plan prior to operations. In creating their environmental management plans, contractors are also encouraged to apply the Code for Environmental Management of Marine Mining adopted by the International Marine Minerals Society in 2001, as subsequently revised;³⁴

(b) Contractors will provide their environmental data from the Clarion-Clipperton Zone on an annual basis to the Secretariat, as required by the Mining Code. The Secretariat will use existing database systems and new procedures as required to organize the data into uniform formats and incorporate them with other available data from the Zone, into publicly available and easily accessible databases;

(c) Contractors will provide in their environmental management plans the designation of the required impact and preservation reference zones for the primary purposes of ensuring preservation and facilitating monitoring of biological communities impacted by mining activities. Impact reference zones should be designated to be within the seabed claim area actually mined. Preservation reference zones should be designated to include some occurrence of polymetallic nodules in order to be as ecologically similar as possible to the impact zone, and to be removed from potential mining impacts;

(d) Contractors are required to minimize potential impacts on established preservation zones, and the Authority should consider the potential for impact on established preservation zones in evaluating any application for a mining licence;

(e) Contractors are encouraged to collaborate with each other and independent experts to identify guidelines for uniform application in the designation of reference zones under the guidance of the International Seabed Authority;

(f) Contractors will include in their environmental management plans specific measures that will maximize the potential for the recovery of biota impacted by their activities in the Clarion-Clipperton Zone.

³³ Available from the website of the International Organization for Standardization at: <http://www.iso14000-iso14001-environmental-management.com/>.

³⁴ The Code for Environmental Management of Marine Mining consists of a statement of Environmental Principles for the marine mining industry, followed by a set of Operating Guidelines for application as appropriate at specific mining sites. These Guidelines are designed to serve industry, regulatory agencies and other stakeholders as benchmarks for development, implementation and assessment of environmental management plans and as advice on best practices at sites targeted for marine mineral research, exploration and extraction. The Principles and Guidelines set broad directions in a context of shared values rather than prescribing specific practices (see www.immsoc.org/IMMS_code.htm).

C. Areas of particular environmental interest

42. The Legal and Technical Commission should keep under review the areas of particular environmental interest and determine their suitability or need for amendment. This will involve holding a workshop of scientific/marine reserve/management specialists to peer-review and critique the existing proposal and any new data and information from the contractors. The tasks of the workshop, to be convened as soon as practicable, would be to:

(a) Review the data and assumptions in the original area of particular environmental interest proposal from the 2007 and 2010 workshops;³⁵

(b) Determine the scientific validity of the approach;

(c) Assess existing data to define the details of the size, location and number of required areas of particular environmental interest;

(d) Enable the Legal and Technical Commission to make a clear recommendation relating to the area of particular environmental interest to the Council of the International Seabed Authority.

43. In developing a recommendation for the implementation of the area of particular environmental interest proposal, the Legal and Technical Commission should consider:

(a) The process to review, and amend where necessary, the location, size and characteristics of the areas of particular environmental interest at regular intervals, taking into account the views of recognized experts. This may be achieved through workshops or meetings at regular intervals, the first of which should take place two years after implementation of the area of particular environmental interest network;

(b) Encouraging and, where appropriate, supporting and initiating scientific research projects and programmes to enhance knowledge and understanding of the ecosystem structures and functions in the areas of particular environmental interest. Such research should be conducted so as to minimize the damage to habitat and faunal communities. The Authority should be notified of proposed research activities. The Secretariat of the Authority will begin this action in 2011 by making contact with a wide variety of national and international research agencies;

(c) How to encourage the inclusion of the area of particular environmental interest sites as reference areas in scientific research programmes on climate change and the oceans;

(d) Suitable mechanisms for monitoring the achievement of the conservation objectives for the area. This will depend to an extent upon the nature of mining impacts, and hence what may be identified as key indicator species;

(e) The communication of the Authority's management goals for the areas of particular environmental interest to competent agencies responsible for the management of the water column. The Environmental Management Plan should also be posted on the website of the Authority;

(f) Encouraging competent intergovernmental organizations to adopt compatible measures for other activities that may affect biodiversity or the

³⁵ ISBA/14/LTC/2.

environment in the area of particular environmental interest (for example, fishing, shipping, ocean dumping). The Authority should make contact with competent international organizations and communicate the desire to foster scientific activities in the Clarion-Clipperton Zone;

(g) The process of reviewing contractor and other relevant data (for example, every two years), as well as the advice of relevant experts that may affect the design of the area of particular environmental interest system. Where appropriate, the Legal and Technical Commission should report the results to the Council and advise on measures to be taken. Any proposal to alter the location or nature of an area of particular environmental interest will require information on any suggested alternative to ensure that the strategic and operational objectives are maintained. The Legal and Technical Commission should lead the development of environmental standards that will inform the decision and rules to be made if mining activities are seen to affect areas of particular environmental interest.

VIII. Implementation

44. The present Environmental Management Plan should be implemented progressively by the Secretariat as directed by the Legal and Technical Commission, taking into account external expert views as appropriate.

45. Additional resources may be needed to take these objectives forward and this should be the subject of a separate detailed proposal to be developed by the Secretariat.

IX. Review

46. The Environmental Management Plan will be subject to periodic external review by the Legal and Technical Commission (every two to five years, as required) and updated at least two years in advance of the end of the plan in 2016 (coinciding with the end of currently granted exploration licences for six of the contractors in the Clarion-Clipperton Zone).

X. Recommended priority action

47. The Secretariat will set up a working group or an expert consultant group, including contractor experts to facilitate the establishment of environmental databases using contractors' and selected external data sources. That task should be initiated as soon as possible and before the end of 2011. The group will work with Secretariat staff to develop the required procedures and protocols and publicly available and easily accessible databases.

48. The contractors have carried out significant environmental work in the Clarion-Clipperton Zone. When all of the resultant data has been standardized in a central database, it should be reviewed in order to assess the biogeography of the Zone and the areas of particular environmental interest, and used to assist the environmental management of the region.

49. The Secretariat will retain a set of expert consultants to facilitate data standardization, including taxonomic intercalibration, across contractor datasets and the Clarion-Clipperton Zone. The consultants will:

(a) Collect information from contractors to establish the size of faunal collections, the level of taxonomic identification and the range of taxa available;

(b) Convene a series of workshops focused on specific taxa (for example, polychaetes, nematodes, copepods, echinoderms and isopods) bringing together contractors and taxonomic experts to build taxonomic capacity and initiate species-level intercalibration;

(c) Coordinate a series of investigator visits between laboratories to complete taxonomic intercalibration of targeted taxa;

(d) Provide training in techniques for collection and analysis of molecular material for taxonomic identification.

50. The Secretariat will host a workshop including contractor representatives and expert consultants. The objective of the workshop will be to develop specific guidelines for the contractors to use in the establishment of impact and preservation reference zones. The current exploration licences for six of the contractors in the Clarion-Clipperton Zone will expire in 2016, and the workshop should be held at least one year prior to the first licence expiration date.

51. The Secretariat will complete a cumulative impact assessment for seabed mining in the Clarion-Clipperton Zone. The work will include:

(a) Evaluation of the potential impacts of multiple mining operations in the Clarion-Clipperton Zone on benthic and water column ecosystems;

(b) Evaluation of the potential impacts of multiple mining operations in the Clarion-Clipperton Zone on other mining operations for nickel, copper, cobalt and other metals that could be recovered from the Zone's polymetallic nodule deposits.

52. The International Seabed Authority will aim to periodically (for example, every 5 to 10 years) issue a publicly available environmental quality status report of the region, based on the data and information compiled from contractors and independent science.

Annex I

Figures

Figure I
Clarion-Clipperton Zone management area

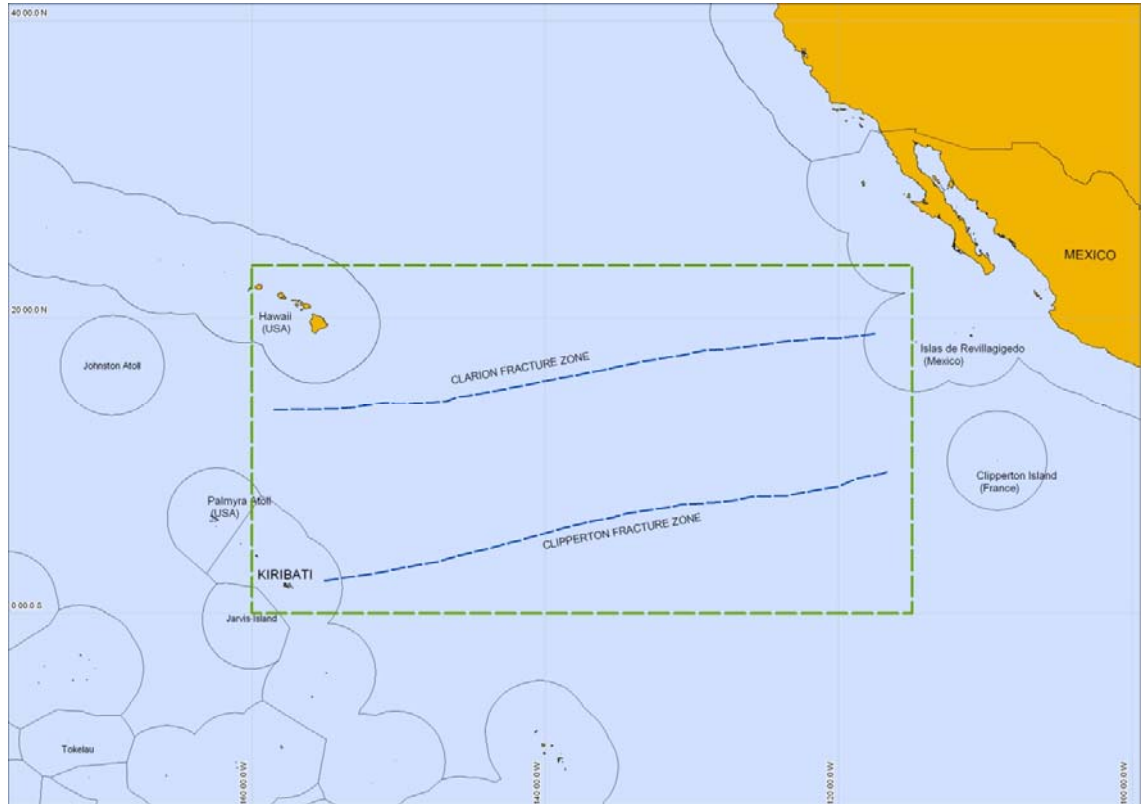
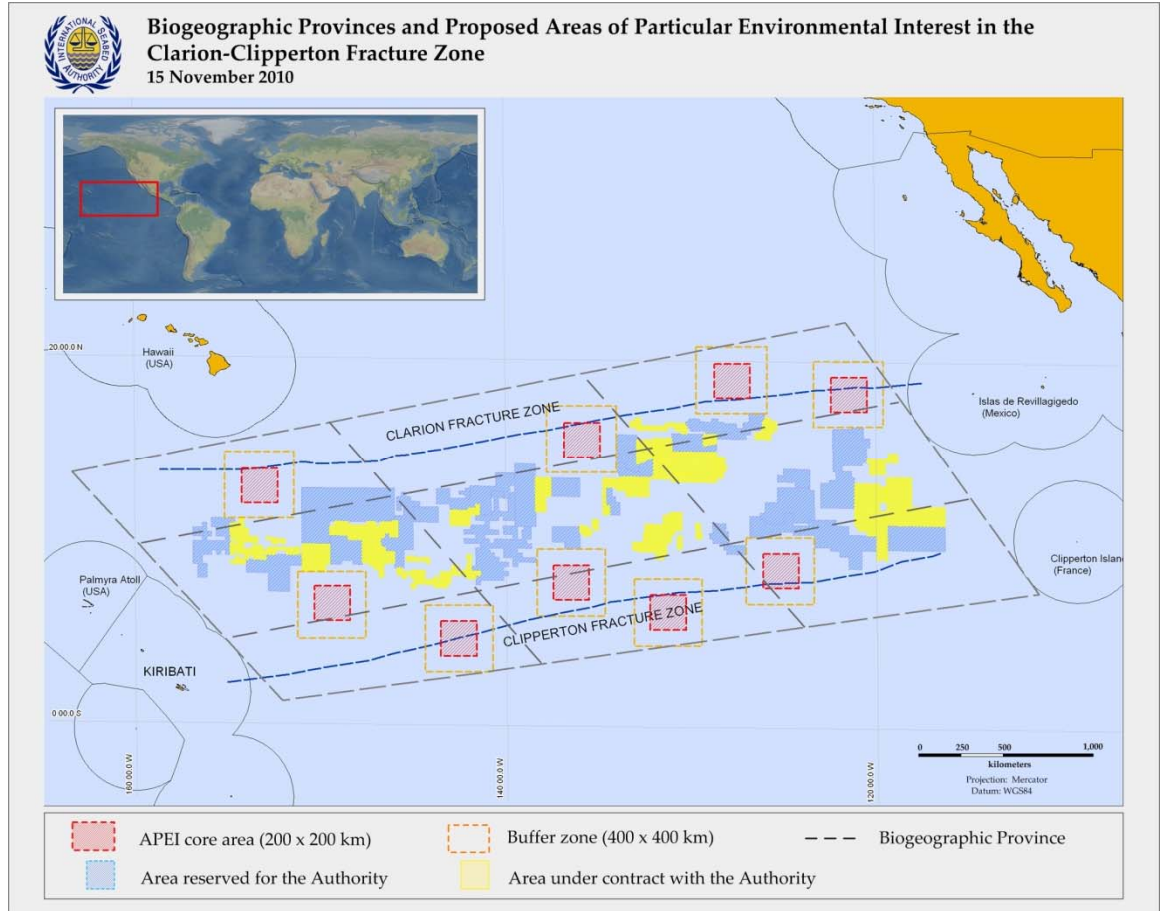


Figure II
Location of the areas of particular environmental interest, indicating the nine biogeographic subregions, the core of each area of particular environmental interest and the buffer zones



Annex II

Literature cited

Bischoff, J. L., and D. Z. Piper, eds. (1979). Marine geology and oceanography of the Pacific manganese nodule province. *Marine Sciences*, Vol. 9.

Hannides, A., and C. R. Smith (2003). "The northeast abyssal Pacific plain". In *Biogeochemistry of Marine Systems*, K. B. Black and G. B. Shimmield, eds., Boca Raton, Florida: CRC Press, 208-237.

International Seabed Authority (2002). Standardization of Environmental Data and Information: Development of Guidelines. *Proceedings of the International Seabed Authority Workshop held on 25-29 June 2001 in Kingston, Jamaica*.

International Seabed Authority (2006). Prospects for international collaboration in marine environmental research to enhance understanding of the deep-sea environment. *Proceedings of the Workshop held on 29 July-2 August 2002 in Kingston, Jamaica*.

International Seabed Authority (2008). *Biodiversity, Species Ranges and Gene Flow in the Abyssal Pacific Nodule Province: Predicting and Managing the Impacts of Deep Seabed Mining. Technical Study: No. 3*.

International Seabed Authority (2011). *A Geological Model of Polymetallic Nodule Deposits in the Clarion-Clipperton Fracture Zone. Technical Study: No. 6*.






Oebius, H. U., H. J. Becker, S. Rolinski and J. A. Jankowski (2001). Parametrization and evaluation of marine environmental impacts produced by deep-sea manganese nodule mining. *Deep-Sea Research II* (48), 3453-3467.

Ozturgut, E., J. W. Lavelle and R. E. Burns (1981). Impacts of manganese nodule mining on the environment: results from pilot-mining tests in the North Equatorial Pacific. *Elsevier Oceanography Series*, vol. 276, 437-474.

























Rolinski, S., J. Segschneider and J. Sundermann (2001). Long-term propagation of tailings from deep-sea mining under variable conditions by means of numerical simulations. *Deep-Sea Research II* (48), 3469-3485.

6)

Overview timeline for the delivery and development of a regulatory regime for the exploitation of mineral resources in the Area

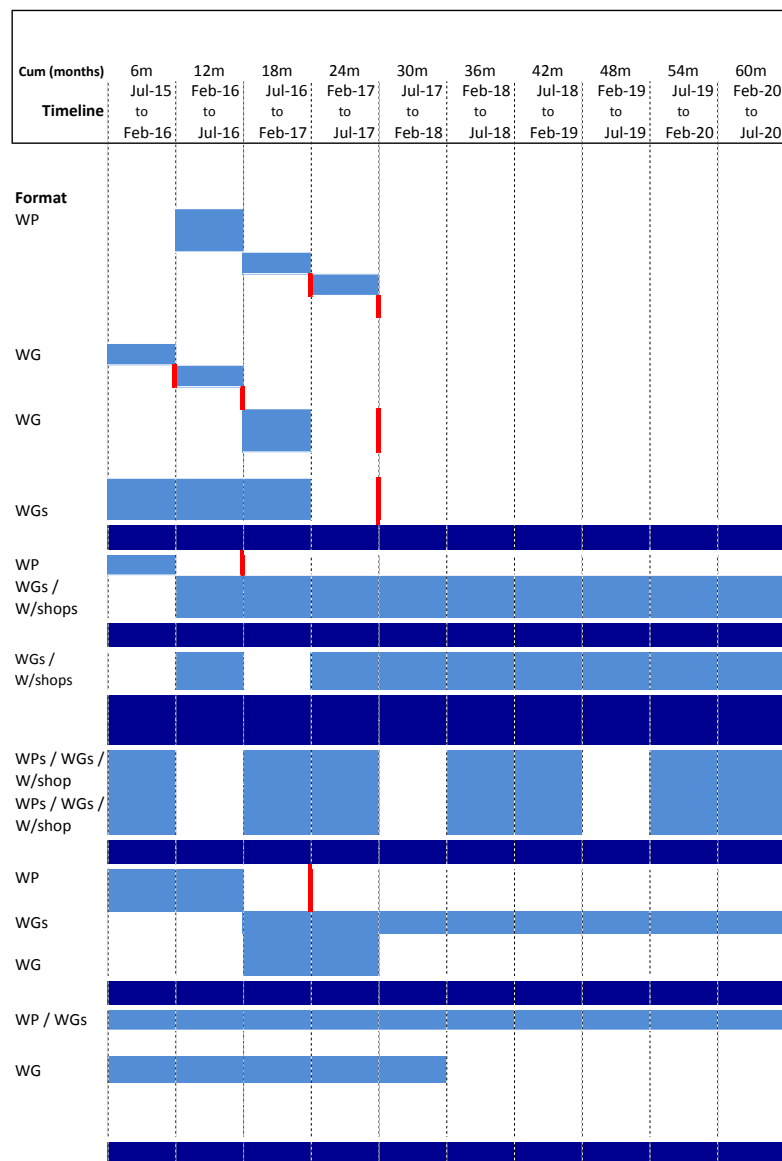
| |
|--|
| Key: |
|  Major work area |
|  Activity (6 month blocks but each headline task requires separate TOR / plan) |
|  Delivery / review milestone / target (LTC Meeting / Annual Session) |
|  WP Working paper / technical paper |
|  WG Working group(s) |

| | | | | | | | | | | |
|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Cum (months) | 6m | 12m | 18m | 24m | 30m | 36m | 42m | 48m | 54m | 60m |
| Timeline: | Jul-15 to Feb-16 | Feb-16 to Jul-16 | Jul-16 to Feb-17 | Feb-17 to Jul-17 | Jul-17 to Feb-18 | Feb-18 to Jul-18 | Jul-18 to Feb-19 | Feb-19 to Jul-19 | Jul-19 to Feb-20 | Feb-20 to Jul-20 |




| ID | Task / deliverable | Depends on / related to | Lead | Assist | Format | |
|---|--|-------------------------|---------------|-------------|------------|---|
| 1 Exploitation regulations and standard contract terms | | | | | | |
| 1.1 | Draft core exploitation regulations and standard terms for contract for exploitation | - | Sec / LTC | Experts | WG |  |
| 1.2 | Present to LTC for review | - | Sec | Experts | - |  |
| 1.3 | Initial stakeholder working group (June 2016) | - | Sec | S/holders | WG |  |
| 1.4 | Revise for initial stakeholder review | - | Sec | Experts | - |  |
| 1.5 | Present to LTC / Council & stakeholders as first draft | - | Sec | Experts | - |  |
| 1.6 | Update as regulatory framework evolves (+ resource category specific) | - | Sec | Experts | WGs |  |
| 1.7 | Target completion date for "final" draft regulations & standard contract terms + guidelines and recommendations (where practicable): 26th Session + Stakeholder conference | - | LTC | Sec | Conference |  |
| 2 Category A Priorities | | | | | | |
| 2.1 ISA Stakeholder Consultation and Participation | | | | | | |
| | Draft consultation and participation framework document: who, how and when? | - | Sec | S/holders | WP |  |
| 2.2 Data management strategy and implementation plan | | | | | | |
| 2.2.1 | Finalise data management strategy | - | Sec | Experts | WP |  |
| 2.2.2 | Develop technical plan for implementation in conjunction with key stakeholders | - | Sec | Experts | WG |  |
| 2.2.3 | Implement technical plan, procedures and protocols | - | Sec | Experts | - |  |
| 2.3 Rights of the contractor | | | | | | |
| 2.3.1 | Design and develop procedures for "preference and priority" mechanism | - | Sec | - | WP |  |
| 2.3.2 | Nature of exploitation rights to be made clear and unambiguous | - | Sec | Experts | WP |  |
| 2.3.3 | Legal title: Consideration of the phrase "recovery in accordance with the Convention" | - | Sec | Experts | WP |  |
| 2.4 Duration of contracts / Substantive review | | | | | | |
| 2.4.1 | Understanding of contractor production and economic models | 5.1 | LTC / Sec | - | - |  |
| 2.4.2 | Draft working paper covering relevant duration criteria and options (resource specific) | - | Sec | Experts | WP |  |
| 2.4.3 | Substantive and periodic review period(s): develop pre-determined evaluation criteria and guidelines | ?? | Sec | Experts | WP |  |
| 2.4.4 | Evaluation criteria for renewal of an exploitation contract | - | Sec | Experts | WP |  |
| 2.4.5 | Assess cut-off point for commercial inactivity | - | LTC | Sec | - |  |
| 2.5 Size of exploitation area(s) | | | | | | |
| 2.5.1 | Guidelines on criteria to be applied in assessing the size and location of exploitation area(s) - discussion with Contractors / follow up questionnaire | - | 5.1 LTC / Sec | Contractors | WP |  |
| 2.6 Confidentiality | | | | | | |
| 2.6.1 | Draft working paper on alternative wording for confidentiality requirements (include EITI recommendations) | - | Sec | Experts | WP |  |
| 2.6.2 | Circulate to stakeholders for comment and input | - | Sec | - | - |  |
| 2.6.3 | Make recommendations to Council | - | LTC | Sec | - |  |
| 2.7 Effective protection for the marine environment from harmful effects | | | | | | |
| 2.7.1 Environmental impact assessment (+SIA) | | | | | | |
| 2.7.1.1 | Develop / assess process and procedures for <i>Environmental impact assessment</i> | 2.7.4 | Sec | S/holders | WG |  |

Overview timeline for the delivery and development of a regulatory regime for the exploitation of mineral resources in the Area

| Key: | |
|---|---|
| ■ | Major work area |
| ■ | Activity (6 month blocks but each headline task requires separate TOR / plan) |
| | Delivery / review milestone / target (LTC Meeting / Annual Session) |
| ■ | WP Working paper / technical paper |
| ■ | WG Working group(s) |



Overview timeline for the delivery and development of a regulatory regime for the exploitation of mineral resources in the Area

| |
|--|
| Key: |
|  Major work area |
|  Activity (6 month blocks but each headline task requires separate TOR / plan) |
|  Delivery / review milestone / target (LTC Meeting / Annual Session) |
| WP Working paper / technical paper |
| WG Working group(s) |

| | | | | | | | | | | |
|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Cum (months) | 6m | 12m | 18m | 24m | 30m | 36m | 42m | 48m | 54m | 60m |
| Timeline: | Jul-15 to Feb-16 | Feb-16 to Jul-16 | Jul-16 to Feb-17 | Feb-17 to Jul-17 | Jul-17 to Feb-18 | Feb-18 to Jul-18 | Jul-18 to Feb-19 | Feb-19 to Jul-19 | Jul-19 to Feb-20 | Feb-20 to Jul-20 |

| ID | Task / deliverable | Depends on / related to | Lead | Assist | Format |
|---|---|-------------------------|---------|---------------|---------|
| 3.1.1 | Draft EMP content template / circulate for review / input | 2.7.4; 2.7.5; 2.7.2 | Sec | Experts | WP / WG |
| 3.1.2 | Draft <i>Guidelines for the Preparation and Evaluation of an Environmental management plan</i> | 3.1.1 | Sec | Experts | WP / WG |
| 3.1.3 | Draft <i>Guidelines for the design and monitoring of Preservation Reference Zones and Impact Reference Zones</i> | | Sec | Experts | WP / WG |
| 3.2 Environmental management | | | | | |
| 3.2.1 | Agree on Environmental management system criteria | | 3.1 Sec | S/holders | WP / WG |
| 3.2.2 | Agree approach to environmental management: objectives based: develop control measures, associated performance standards and measurement criteria | | 3.1 Sec | S/holders | WP / WG |
| 3.3 LTC Process and Procedures | | | | | |
| 3.3.1 | Assess impact of application process on LTC (capacity and expertise) | | Sec | LTC | Meeting |
| 3.3.2 | Identify independent review and other mechanisms to support work of the LTC | | Sec | S/holders | |
| 3.3.3 | Establish clear procedures and protocols for LTC opening meetings (when and who) | | LTC | Sec | |
| 3.4 Independent technical expert working groups | | | | | |
| 3.4.1 | Assess needs of regulatory regime and format of additional working groups, sub-committees, terms of reference etc | 3.3.1 ; 3.3.2 | LTC | Sec | |
| 3.4.2 | Call to experts / build database of experts (all disciplines) | | Sec | S/holders | |
| 3.5 Conditions for approval | | | | | |
| 3.5.1 | Indicate "reasonable conditions" that could be recommended to secure approval of a plan of work for exploitation | 3.1 & 4.5? | LTC | Sec | |
| 3.6 Health & safety and maritime security | | | | | |
| 3.6.1 | Determine additional / DSM-specific standards / ISA remit | | Sec | ILO | |
| 3.6.2 | Assess obligations under Article 147 Convention: <i>Guidelines on the placing of floating installations and related safety zones</i> | | Sec | IMO | |
| 3.7 Form of applications / content of applications | | | | | |
| 3.7.1 | Draft <i>Guidelines for the Preparation of a Plan of Work for Exploitation</i> + standard application form | | Sec | Experts | |
| 3.7.2 | Draft <i>Guidelines for the Preparation and Evaluation of information relating to Financial capability and Technical Capability</i> | | Sec | Experts | |
| 3.8 Feasibility study | | | | | |
| 3.8.1 | Content of feasibility to be prescribed | | Sec | Experts | |
| 3.8.2 | <i>Guidelines for the Preparation and Evaluation (criteria) of a Feasibility Study</i> | | Sec | S/holders | |
| 3.8.3 | Criteria and mechanism for independent assessment to be defined | | | | |
| 3.9 Undertakings | | | | | |
| 3.9.1 | Examine and investigate international trade and other issues raised by Annex, Section 6 of the Agreement / assess against other regimes | | Sec | Experts | WP |
| 3.9.2 | Draft specific RRs to implement provisions of Section 6 | | Sec | Experts | |
| 3.9.3 | Circulate working paper / draft RRs for stakeholder comment | | Sec | | |
| 3.10 Public review (environmental decision-making) | | | | | |
| 3.10.1 | Prepare working paper to assess contemporary best practice for public review processes, options and procedures, including timelines | | LTC | Sec / Experts | WP |

Overview timeline for the delivery and development of a regulatory regime for the exploitation of mineral resources in the Area






Key:

- Major work area
- Activity (6 month blocks but each headline task requires separate TOR / plan)
- Delivery / review milestone / target (LTC Meeting / Annual Session)
- WP Working paper / technical paper
- WG Working group(s)

| Cum (months) | 6m | 12m | 18m | 24m | 30m | 36m | 42m | 48m | 54m | 60m |
|--------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Timeline: | Jul-15 to Feb-16 | Feb-16 to Jul-16 | Jul-16 to Feb-17 | Feb-17 to Jul-17 | Jul-17 to Feb-18 | Feb-18 to Jul-18 | Jul-18 to Feb-19 | Feb-19 to Jul-19 | Jul-19 to Feb-20 | Feb-20 to Jul-20 |

| ID | Task / deliverable | Depends on / related to | Lead | Assist | Format |
|---|---|-------------------------|-------------|-----------|---------|
| 3.10.2 | Circulate to stakeholders | | Sec | S/holders | |
| 3.10.3 | Build consensus into regulations | | LTC | Sec | |
| 3.11 The role of the Authority in "commercial matters" | | | | | |
| 3.11.1 | Clarify the role of the Authority as regulator into matters perceived as commercial in nature (e.g. high grading policy etc.) | 3.24 & 3.9 | LTC | Sec | WP |
| 3.11.2 | Elaborate on concept of <i>sound commercial principles</i> | 3.9 | Sec | Experts | WP |
| 3.12 Waste + Conservation of natural resources | | | | | |
| 3.12.1 | Draft waste assessment and management policy (including "dumping") | | Sec | IMO | WP / WG |
| 3.13 Environmental bonds and performance guarantees | | | | | |
| 3.13.1 | Establish rationale, purpose and parameters of any proposed bond mechanism | 3.1 | Sec | S/holders | WP |
| 3.14 Seabed Sustainability Fund | | | | | |
| 3.14.1 | Draft working paper setting out rationale and objectives of fund together with funding mechanisms | | Sec | | WP |
| 3.14.2 | Circulate WP to all stakeholders | | Sec | | |
| 3.15 Environmental liability trust fund | | | | | |
| 3.15.1 | Draft working paper setting out rationale and objectives of fund together with funding mechanisms. Benchmark against "similar" funds e.g. IOPC Fund | 2.8 | Sec | Experts | WP |
| 3.15.2 | Circulate WP to all stakeholders | | Sec | | |
| 3.16 Offences and penalties | | | | | |
| 3.16.1 | ISA to propose specific categories based on existing regimes together with clear process and procedures | | Sec | Experts | WP |
| 3.17 Insurance | | | | | |
| 3.17.1 | Understanding of insurance specifics required | 3.13 | Sec | Experts | |
| 3.18 Suspension and termination | | | | | |
| 3.18.1 | ISA to clarify meaning of <i>serious, persistent and wilful violations</i> of any contract and provide examples | | Sec | Experts | WP |
| 3.18.2 | Prepare Interpretation note | | Sec | Experts | |
| 3.19 Revision of contract | | | | | |
| 3.19.1 | ISA to clarify meaning of <i>inequitable, impracticable and impossible</i> to trigger a negotiation for revision of contract and provide examples | | Sec | Experts | WP |
| 3.19.2 | Prepare Interpretation note | | Sec | Experts | |
| 3.20. Risk assessment, evaluation and management | | | | | |
| 3.20.1 | Identification of hazards and potential incident categories (categorization) | | Contractors | S/holders | WG |
| 3.20.2 | Evaluation of hazards and proposed management strategies | | Contractors | S/holders | WG |
| 3.20.3 | Convene workshop to assess management strategies | | Contractors | S/holders | W/shop |
| 3.20.4 | Present findings to Members and all stakeholders | | Contractors | | |
| 3.20.5 | Authority to develop specific process and procedure protocols / recommendations | | Sec / LTC | | WP |
| 3.21 Development of "internationally recognized standards" | | | | | |
| 3.21.1 | Agree approach to development of standards | 3.20. | Contractors | S/holders | WP |
| 3.21.2 | Devise standard development process and framework | | Contractors | S/holders | |
| 3.22 Use of sub-contractors | | | | | |
| 3.22.1 | ISA to elaborate on intentions /operationalization of this element | 2.8; 3.13 | Sec | Experts | WP |




Overview timeline for the delivery and development of a regulatory regime for the exploitation of mineral resources in the Area

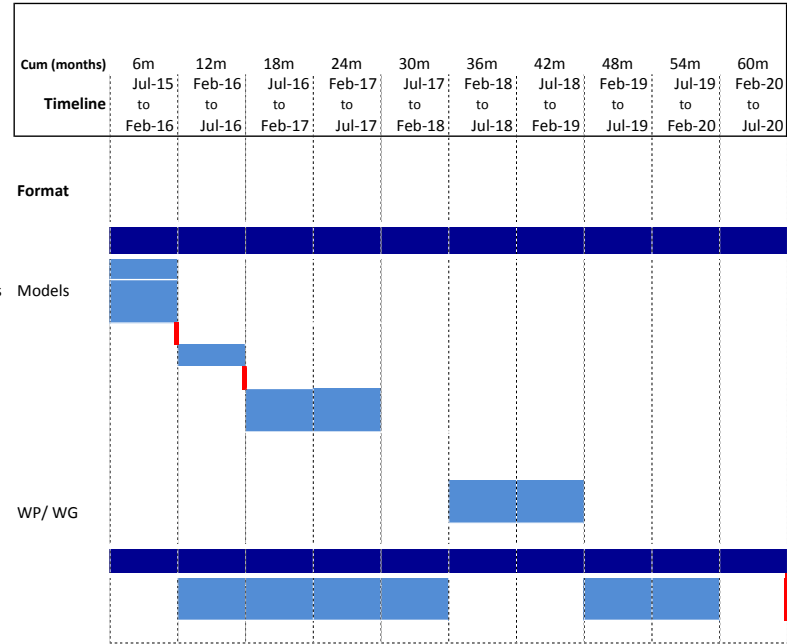
| |
|--|
| Key: |
|  Major work area |
|  Activity (6 month blocks but each headline task requires separate TOR / plan) |
|  Delivery / review milestone / target (LTC Meeting / Annual Session) |
|  WP Working paper / technical paper |
|  WG Working group(s) |

| | | | | | | | | | | |
|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Cum (months) | 6m | 12m | 18m | 24m | 30m | 36m | 42m | 48m | 54m | 60m |
| Timeline: | Jul-15 to Feb-16 | Feb-16 to Jul-16 | Jul-16 to Feb-17 | Feb-17 to Jul-17 | Jul-17 to Feb-18 | Feb-18 to Jul-18 | Jul-18 to Feb-19 | Feb-19 to Jul-19 | Jul-19 to Feb-20 | Feb-20 to Jul-20 |

| ID | Task / deliverable | Depends on / related to | Lead | Assist | Format |
|--|---|-------------------------|------|-----------|-------------------------|
| 3.23 Vessels operating in the Area | | | | | |
| 3.23.1 | Discussions between ISA and IMO | | Sec | IMO | WG |
| 3.24 Mining inspectorate / directorate / registry | | | | | |
| 3.24.1 | Benchmark land-based / oil and gas regulatory regimes. Mix of developed and developing States. | | Sec | M/States | Meeting / questionnaire |
| 3.25 Environmental agency | | | | | |
| 3.25.1 | Benchmark against mix of State environmental regulators. Mix of developed and developing States. | | Sec | M/States | Meeting / questionnaire |
| 4 Category C Priorities | | | | | |
| 4.1 The Enterprise | | | | | |
| 4.1.1 | Action plan for the operationalization of the Enterprise to be developed | | LTC | Sec | WP |
| 4.2 Financing plan | | | | | |
| 4.2.1 | Draft Financing plan template | 3.8 | Sec | Experts | |
| 4.3 Closure plan | | | | | |
| 4.3.1 | Draft Closure plan template | 3.1 | Sec | Experts | |
| 4.3.2 | Draft Guidelines for the Preparation and Implementation of a Closure plan | | Sec | Experts | |
| 4.3 Training plan | | | | | |
| 4.3.1 | Identify talent needs of industry | | Sec | S/holders | |
| 4.4 Obligations of the Authority | | | | | |
| 4.4.1 | Identify gaps / examples of areas needing clarity | | Sec | Experts | |
| 4.5 Performance requirements | | | | | |
| 4.5.1 | Draft <i>Guidelines for the evaluation of Production performance requirements under a contract for exploitation</i> together with KPIs (links to contractual performance obligations) | | Sec | Experts | |
| 4.5.2 | Distinction between minor and major changes to plan of work - objective criteria? | | Sec | Experts | |
| 4.6 Termination of sponsorship | | | | | |
| 4.6.1 | ISA to prepare study of options available in respect of post termination obligations | 3.1 | Sec | S/holders | |
| 4.7 Emergency response and procedures plan | | | | | |
| 4.7.1 | Links to "Emergency orders" protocols: working group to be set-up | 3.20. | Sec | S/holders | WG |
| 4.8 Inspection mechanism | | | | | |
| 4.8.1 | Develop working paper setting out suggested structure and options, including regional organization co-operation / collaboration | | Sec | S/holders | WP / WG |
| 4.9 Settlement of disputes | | | | | |
| 4.9.1 | ISA to assess dispute resolution mechanisms available under Convention and other multi-lateral agreements (include trade agreements) and consider administrative "simpler" appeal mechanisms(negotiation / conciliation) particularly for application process | | Sec | Experts | WP |
| 4.10. Sponsoring States and the Authority | | | | | |
| 4.10.1 | Develop matrix setting out division of duties and responsibilities | | Sec | S/States | Matrix |
| 4.11 Offsets | | | | | |
| 4.11.1 | Requires further consideration | | Sec | Experts | WP |

Overview timeline for the delivery and development of a regulatory regime for the exploitation of mineral resources in the Area

| |
|--|
| Key: |
|  Major work area |
|  Activity (6 month blocks but each headline task requires separate TOR / plan) |
|  Delivery / review milestone / target (LTC Meeting / Annual Session) |
| WP Working paper / technical paper |
| WG Working group(s) |



ID Task / deliverable

Depends on / related to

Lead

Assist

Format

5 Financial terms and economics

- 5.1 Meeting with contractors to understand financial and business models
- 5.2 Understand business plan(s) and prepare base case financial and economic models (resource category specific)
- 5.3 Present base case financial and economic models to LTC
- 5.4 Prepare initial proposals for transition financial payment mechanism
- 5.5 Present initial proposals for transition financial payment mechanism to LTC / Council
- 5.6 Revise proposals for suggested transitional financial payment mechanism, including annual fee

LTC
Sec
Contractors / Experts
Experts
LTC / Sec
Experts
S/holders

6 Revenue management

- 6.1 Formulate early principles for equitable distribution of proceeds from commercial production

Sec
S/holders
WP/ WG

7 ISA Marine Minerals Programme

- 7.1 Develop strategic document setting out how the Authority and stakeholders will deliver the objectives under the Convention

THIRTY-SIXTH CONSULTATIVE MEETING
OF CONTACTING PARTIES TO THE
LONDON CONVENTION
&
NINTH MEETING OF CONTRACTING
PARTIES TO THE LONDON PROTOCOL
3 – 7 November, 2014
Agenda item 9

LC 36/9/2
29 August 2014
Original: ENGLISH

INTERPRETATION OF THE LONDON CONVENTION AND PROTOCOL

**Report of the Correspondence Group on riverine and sub-sea disposal of tailing and
other wastes from mining operations**

Submitted by the Chairman of the Correspondence Group

SUMMARY

Executive summary: This document is a progress report from the Correspondence Group on management of mine tailings (full title above) and summarizes activities under the terms of reference and comments by members of the Correspondence Group

Action to be taken: Paragraph 17

Related documents: LC/SG 37/16; LC 35/15, LC 35/15, annex 10;
LC/SG 36/15; LC 34/15; LC 33/15; LC 32/15; LC/SG 35/15;
LC 34/15; LC/SG 34/8/1; LC/SG 32/15 and LC/SG 32/8

Introduction

1 The LC/LP first considered the disposal of mine tailings in riverine and marine waters in 2008, at which point information on the extent of these discharges was not documented.

2 Following an effort by the Secretariat to collect information by questionnaires in 2009-2010, a consultant was hired to prepare an inventory of locations worldwide where mine tailings were discharged into riverine and marine waters, assess potential environmental effects, identify the rationale for those discharges into riverine or marine waters, and identify environmental and associated issues related to those discharges.

3 The consultant's report, "International Assessment of Marine and Riverine Disposal of Mine Tailings", was submitted in draft to the Secretariat in 2012, and presented to the governing bodies in 2012. In the ensuing discussion, the governing bodies noted that, while marine and riverine disposal of mine tailings is not under the direct jurisdiction of the London Convention and Protocol, and that such disposal actions are not dumping, Contracting

internationally recognized regulatory or scientific body. Decisions on the disposal of mine tailings by government authorities are based upon a weighing of a number of factors, including economic, technical, social, and environmental considerations.

9 The general approaches currently in use for aquatic disposal of mine tailings include the following:

- .1 Riverine tailings discharge: Corresponds to the discharge of tailings directly into a river;
- .2 Coastal shoreline tailings discharge: Deposition of tailings directly into the intertidal or beach zone;
- .3 Seabed tailings discharge or placement (STD/STP): Tailing placement into shallow waters, beyond the intertidal zone, in the mixing or euphotic zone; and
- .4 Deep sea tailings placement (DSTP): Discharge of mine tailings directly into deep stratified waters, deeper than the mixing, euphotic, and pycnocline zones (whichever is deeper), with final deposition sites which range from 200 m to more than 1000 m in depth.

Progress Report

10 Provided below are brief summaries of progress in each of the four areas identified in the the terms of reference.

TOR a: Jointly with the Secretariat, establish coordination and liaison with the GESAMP and UNIDO process in relation to the scientific scoping paper and the related workshop, and explore the need for and possible sources of funding for further work.

11 As a result of the Secretariat-organized (in cooperation with UNIDO) seminar during the recent fortieth session of GESAMP (the Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection) in September 2013 in Vienna, GESAMP decided to pursue the issue on behalf of UNIDO, IMO, IAEA, UNEP and IMO, and had agreed to develop a scoping paper in preparation for discussions at the 41st session of GESAMP in September 2014. This would include consideration of recognized knowledge gaps, such as the importance of adequately describing the receiving environment, the behavior of slurries under water, physical smothering, ecotoxicological effects and recovery times.

12 The thoughts are that the scoping paper may lead to the establishment of a GESAMP working group. GESAMP would aim to provide more information on the impacts of DSTP in the marine environment. An interim report is expected to be submitted to the LC/LP governing bodies in November 2014. As part of this activity, GESAMP, as well as interested UN bodies (UNEP, UNIDO, IAEA, and IMO), governments, and industry, would organize an international conference on this issue focusing on the impacts in the marine environment.

TOR c: Gather information on best practices, existing guidance and other issues of marine and riverine disposal of mine tailings around the world.

15 Information is being collected on best management practices for mines currently discharging to marine waters, including a discussion on "how to define a best practice". Knowledge of mines that had used marine disposal, but are now closed, is also being considered. Information is being collected not only for the design and operation of pipeline discharges but the best approaches to evaluate how the characteristics of those discharges are assessed, what studies should be made of the disposal site, monitoring programmes, and permit conditions among others. The cases gathered are shown in document LC 36/9/3, and other cases can be added in future reports.

TOR d: Prepare and submit a progress report to the next joint session of the Scientific Groups to be held in New Orleans, United States, in May 2014 and a report to the 36th Consultative Meeting of the London Convention and the 9th Meeting of Contracting Parties to the London Protocol in November 2014, to provide the governing bodies with further information regarding the subject. This report should include recommendations for potential next steps.

16 This report of the Correspondence Group is a progress report providing further information on the subject, as requested in the terms of reference. Recommendations for next steps are:

- .1 review the coordination efforts of the Secretariat with other UN agencies;
- .2 consider the GESAMP scoping paper on DSTP, when made available, and continue the coordination and planning of an international workshop; and
- .3 on the basis of further discussion during the next governing bodies meeting in November 2014, develop a plan on steps to be taken.

Action requested of the governing bodies

17 The governing bodies are invited to review the information provided in this report and to take action, as they deem necessary.

THIRTY-SIXTH CONSULTATIVE MEETING
OF CONTRACTING PARTIES TO THE
LONDON CONVENTION

&

NINTH MEETING OF CONTRACTING
PARTIES TO THE LONDON PROTOCOL

3 – 7 November, 2014

Agenda item 9

LC 36/9/3
29 August 2014
Original: ENGLISH

INTERPRETATION OF THE LONDON CONVENTION AND PROTOCOL

Report of the Correspondence Group on Riverine and Sub-Sea Disposal of tailing and other wastes from Mining Operations – Overview of Marine Discharge Operations

Submitted by the Chairman of the Correspondence Group

SUMMARY

Executive summary: This document provides information on existing, future and past marine dischargers of mine tailings around the world

Action to be taken: Paragraph 2

Related documents: LC 36/9/2; LC/SG 37/16; LC 35/15, LC 35/15, annex 10 and LC/SG 36/15

Introduction

1 A summary of worldwide cases of seabed tailing discharge or deep sea tailing placement (STD/DSTP) operations, as well as proposed and closed projects, is provided below.

Compañía Minera del Pacifico (CMP) – Huasco Pellet Plant, Chile: The current sea placement system starts up as a seabed tailings disposal (STD) in 1994 and the outfall was updated in 2004. Current daily iron ore tailings disposal is of around 3,000 tonnes. The slurry is pumped 527 m from the coastline through a single pipeline to discharge point located at 35 m depth in Chapaco Bay in Chile's III Region. Comprehensive monitoring programmes have been ongoing for the last 20 years.

Moa Nickel, Cuba: Moa Nickel is a nickel and cobalt mine, operating since 1999. The estimated production is 38,000 tonnes per year. No public information is available for this case.

Lihir, Papua New Guinea (PNG): This gold mine is located in the central coast of the Niolam Island, 700 km north-east of Port Moresby. It started operations in 1996, discharging between 3.5 to 4.5 MT of tailings per year. The outfall is located at 115 m depth, with a final deposition site over a wide area at 900-2,000 m depth. In this case, the DSTP pipeline was directionally drilled because of the steepness of the near shore slope. The mine also discharges mine overburden (i.e. solid rocks) by barge at 1 km offshore. Regular monitoring studies are being carried out.

Simberi, PNG: This silver/gold mine is located on the Simberi Island, one of the Tabar's groups of islands. DSTP operations initiated in 2008 and currently discharge 3.3 MT of tailings per year. The pipeline outfall is located at 133 m depth in Pigiput Bay.

Ramu Nickel, PNG: Located in Kurumbakari, 134 km west of Basamuk in the province of Madang, this is the most recent example of DSTP. This nickel/cobalt mine started its commissioning operations in 2012. The outfall is at 150 m depth and tailings are expected to settle to around 1,000-1,600 m depth in the Vitiaz basin. The pipeline has been designed for a total discharge of 5 MT of tailings per year with an estimated life of 20 years.

Cayeli Bakir, Turkey: This copper/zinc underground mine is located on the Black Sea coast of northeastern Turkey. It started DSTP operations in 1994, discharging a combined effluent of tailings, mine water, and sewage through a 3.5 km pipeline, to a depth of 275 m in the Black Sea. It is currently the longest and deepest submarine tailings outfall. The estimated discharged tailings are more than 1 MT per year, placed into the final deposition zone at more than 2,000 m depth.

Proposed STD/DSTP Operations

Compañía Minera del Pacífico (CMP), Chile: – DSTP Project under evaluation. The Chilean authorities are currently evaluating, through an Environmental Impact Study, an improved tailings disposal system for the Huasco Iron Ore Pellet Plant. The project involves the construction and operation of a DSTP system using two independent pipelines for disposing magnetite-apatite iron ore tailings. The final deposition site is estimated to be 39 km², located 6 km from the coastline at 200-900 m depth. The project involves moving the current outfall location, which is currently at 35 m depth in Chapaco Bay, to a point 6.6 km offshore and southwest of Chapaco Bay at a discharge depth of 200 m. The project includes extensive physical, chemical, and biological monitoring of Chapaco Bay and the proposed disposal site. The project is also evaluating improvements in slurry conditioning, as well in existing automation and monitoring systems for operational controls.

Scientific feasibility analysis of DSTP, in Chile's central coast: Chile's central regions are the most densely populated of the country and the site of a wide range of different economic activities, as well as abundant copper deposits whose production represents an increasing competition for land use. Except for the CMP iron ore mine noted above, disposal of mine tailings in Chile occurs at land-based sites. Mining companies have been searching for alternatives to this situation, given the increasing land scarcity. Three important copper companies have formed an independent consortium to carry out an unbiased evaluation of DSTP feasibility in Chile's central coast. The consortium is managing a comprehensive research programme to close knowledge and scientific gaps. It is also fostering a collaborative effort with industry, government, communities, environmental NGOs, academic and other key stakeholders in order to eventually make an informed decision about DSTP. The consortium has formally stated that DSTP would only be used if shown viable from human health, social, and environmental perspectives.

and flowed as a density current along the floor of the fjord to the intended deposition area. After reviewing decades of environmental monitoring results, the Canadian Government decided to ban all sea disposal activities in 1996.

Kitsault, Canada: From April 1981 to November 1982, approximately 4 MT of tailings were discharged through a submarine disposal pipe at a depth of 50 m into Alice Arm, a steep sided fjord with a maximum depth of 410 m in British Columbia. Tailings accumulations at the end of the discharge period were of 120 cm near the outfall, tapering to about 30 cm deep 5 km down-inlet. The distribution of metals in surface sediments after mine closure implied that about half of the Alice Arm area had been measurably affected by tailings, and that 7 km² had been highly impacted.

Compañía Minera del Pacífico (CMP) – Huasco Pellet Plant, Chile: From 1978 to 1992, the plant discharged 2,000 tonnes per day of iron ore tailings into the coastal zone in Chapaco Bay. In 1992, the Chilean Supreme Court ruled that this disposal method was not adequate and ordered CMP to develop a new system within a year. A STD discharge system was approved by the local Coast Guard authority in 1993. The new system implemented was based on the Island Copper project and discharged at 25 m depth in Chapaco Bay. This discharge system operated until 2004, when it was extended to 35 m depth.

Michilla, Chile: It was a copper mine located in the northern region of Antofagasta. Intertidal disposal of mine tailings was done from 1971 until 1994. It is estimated that the total disposal amounted was 9.2 million tonnes of tailings during its operations, resulting in a significant impact to the ecosystem.

ENAMI – Taltal, Chile: During the 1960s, two copper concentrators disposed of mine tailings into the neighbouring intertidal area. The operations closed around 2004.

Chañaral, Chile: In the late 1930s, the Cooper Andes Mining Company, predecessor of CODELCO Chile, began to discharge the tailings from the copper mining at Potrerillos, directly to the bed of the river Salado. Through the Salado River, which flowed naturally into Chañaral Bay, about 29,000 tonnes per day of tailings were deposited continuously for over 30 years. In 1988, the Chilean Supreme Court ordered CODELCO to stop the disposal of tailings into the river.

Black Angel, Greenland: The lead/zinc mine at Maarmorilik in West Greenland operated from 1973 to 1990. More than 8 MT of flotation tailings were discharged into Affarlikassaa Fjord at a depth of 33 m. The fjord has an average water depth of 40 m and maximum depth of 65 m. Re-suspension of some sediment components (mainly lead and zinc) resulted as the fjord stratifies in summer. Seawater metal solubility was tested prior to start-up, but the laboratory had inadequate detection limits. Solubility of lead and zinc in seawater went undetected until elevated concentrations were found in marine animals. Because of this, modifications to ore treatment and flotation efficiency, with the aim of reducing the metal's solubility in seawater, were implemented. Elevated lead and zinc levels were detected in living animals and plants up to 50 km away from the discharge. Since the closure of the mine, dissolved lead and zinc levels have reduced. However, zinc levels are still elevated compared to background levels.

Minahasa Raya, Indonesia: This was a gold mine located in North Sulawesi, which operated from 1996 to 2006. More than 90 MT of mine tailings were disposed into Buyat Bay. Mine tailings were piped 5 miles into the bay, to an outfall at a depth of 82 m on a low degree slope, where it was considered to have ample space for deposition. Years later, the pipeline was extended 8 km to reach slopes to oceanic depths. The depth of Buyat Bay was reduced by 10 to 12 m at the pipe outfall, and upwelling currents and pipe breakages dispersed tailings throughout most of the bay to a depth of 13 m. This was a controversial first DSTP

areas outside the mine. The final plant started routing waste disposal underground in 2003. There is no information available on the depth of the outfall.

Action requested of the governing bodies

2 The governing bodies are invited to review the information provided in this report and to take action, as they deem necessary.

THIRTY-SIXTH CONSULTATIVE MEETING
OF CONTRACTING PARTIES TO THE
LONDON CONVENTION

&

NINTH MEETING OF CONTRACTING
PARTIES TO THE LONDON PROTOCOL

3 – 7 November, 2014

Agenda item 9

LC 36/9/4
10 September 2014
Original: ENGLISH

INTERPRETATION OF THE LONDON CONVENTION AND PROTOCOL

Update on the progress by the GESAMP Correspondence Group on mine tailings

Note by the Secretariat

SUMMARY

Executive summary: This document provides a report on the progress made by the GESAMP Correspondence Group on mine tailings

Action to be taken: Paragraph 13

Related documents: LC 36/9/2, LC 36/9/3; LC 35/15 and LC/SG 37/16

Introduction

1 During its 40th session in September 2013, the Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP), noted the interest by several of its sponsoring organizations and their constituencies, in the issue of marine and riverine disposal of mine tailings.

2 One of the functions of GESAMP is to discuss current and emerging issues from a scientific perspective, in order to inform its sponsoring organizations. Consequently, a side event on "Discharge of mine tailings and coastal run-off in the marine environment: effects and impacts", was organized by GESAMP and the hosts of the session, the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), on 11 September 2013.

3 In the ensuing discussions, GESAMP noted that the issue of the environmental impacts of the disposal of mine tailings from industrial and artisanal mining in the coastal zone was of global significance and that there is a need for filling the knowledge gaps, which could in turn inform any further action by the sponsoring organizations, such as any possible development of guidance.

- .4 Experiences and guidance on characterizing receiving environments, including biogeochemistry in relation to tailings composition, spatial scale of assessment, and baseline data requirements to characterize variability;
 - .5 Status of modelling (temporal and spatial scales and resolution, drivers, solid versus dissolved constituents); and
 - .6 Criteria for evaluation of land versus sea disposal.
- 11 The group also noted that possible outcomes of such a conference could include:
- .1 Prioritization of knowledge gaps;
 - .2 Defining terms of reference for a working group; and
 - .3 Identification of possible sources of funding and potential partners.

Action taken by GESAMP

12 GESAMP agreed that the correspondence group would continue its work, with a view to finalizing the scoping paper as soon as possible for GESAMP to consider intersessionally. The scoping paper would then be transmitted to the LC/LP Correspondence Group by the Secretariat, with an eye to planning for a workshop in late 2014 or early 2015.

Action requested of the governing bodies

13 The governing bodies are invited to take note of the information provided and comment, as they deem appropriate.

China, 2015 / Pen
Jun 15

4 ALBERT EMBANKMENT
LONDON SE1 7SR
Telephone: +44 (0)20 7735 7611 Fax: +44 (0)20 7587 3210

LC-LP.1/Circ.65
23 December 2014

CONVENTION ON THE PREVENTION OF MARINE POLLUTION BY DUMPING OF WASTES AND OTHER MATTER, 1972 AND ITS 1996 PROTOCOL

Invitation to provide information on waste prevention techniques

BACKGROUND

1 Annex 2 to the London Protocol places emphasis on progressively reducing the need to use the sea for dumping of wastes. Furthermore, it recognizes that avoidance of pollution demands rigorous controls on the emission and dispersion of contaminating substances and the use of scientifically-based procedures for selecting appropriate options for waste disposal.

2 Waste prevention is therefore an integral part of the Waste Assessment Guidelines that have been prepared under the London Convention and Protocol to provide additional clarification to enable compliance with annex 2 of the London Protocol. In Step 2 of both the Generic and the Specific Guidelines, "Waste prevention audit and waste management audit", it is indicated that the applicant should evaluate, inter alia, the feasibility of specific waste prevention techniques (see section 2.1.3 of both the Generic and Specific Guidelines), as well as a series of specific waste management options (see section 3 of both the Generic and the Specific Guidelines), in order to reduce the amounts of wastes ultimately considered for dumping at sea.

3 In 2013, the Scientific Groups agreed to develop an overview of information regarding waste prevention techniques and sea disposal techniques providing environmental benefits, and invited Parties to submit documents to the Groups, **in particular on the methods and extent to which wastes disposed of at sea had been reduced in their jurisdictions**. This information could then be placed on the London Convention and Protocol website for use by all Parties or prospective Parties (LC/SG 36/16, paragraphs 2.24 to 2.26).

INVITATION

4 To facilitate this exercise, national focal points are hereby invited to submit to the Secretariat any such information which could assist in the Scientific Groups' work to develop this overview. The information submitted could include, inter alia:

- .1 the type of waste reduction and prevention techniques used (e.g. product reformulation, clean production techniques, process modification, input substitution, and on-site, closed loop recycling); and
- .2 the extent to which wastes disposed of at sea had been reduced by the use of waste prevention techniques.

The information should reach the Secretariat no later than **6 February 2015**.

5 A consolidated report, containing all the relevant information submitted to the Secretariat, will be submitted to the next joint session of the Scientific Groups in April 2015 (LC/SG 38/1/1, paragraph 2.6 refers).

6 The information should be submitted (preferably by email) to:

Office for the London Convention/Protocol and Ocean Affairs
International Maritime Organization
4 Albert Embankment
London SE1 7SR
United Kingdom

Email: olcp@imo.org

4 ALBERT EMBANKMENT
LONDON SE1 7SR
Telephone: +44 (0)20 7735 7611 Fax: +44 (0)20 7587 3210

LC-LP.1/Circ.69
20 January 2015

**CONVENTION ON THE PREVENTION OF MARINE POLLUTION BY DUMPING
OF WASTES AND OTHER MATTER, 1972 AND ITS 1996 PROTOCOL**

Invitation to provide information on deep seabed mining practices

BACKGROUND

1 The issue of seabed mining has been discussed by the governing bodies to the London Convention and Protocol on a number of occasions (LC 36/9/1, LC 36/16 paragraphs 9.15 to 9.25; LC 35/8/1 and LC 35/15, paragraph 8.22).

2 In November 2014 a representative from the International Seabed Authority (ISA) provided the governing bodies with an overview of the ISA and its work in developing the "Mining Code" which refers to the set of rules, regulations and procedures issued by the ISA to regulate prospecting, exploration and exploitation of marine minerals in the international seabed Area (defined as the seabed and subsoil beyond the limits of national jurisdiction). It was noted, inter alia, that there are areas of overlap between the work of the two bodies, as well as potential gaps and opportunities for cooperation. The governing bodies also noted several reports on deep-sea mining projects in areas beyond the mandate of ISA such as activities within exclusive economic zones (EEZs).

3 While recognizing the existing exclusions under article 1.4.3 of the London Protocol and article III.1.(c) of the London Convention, relating to the disposal or storage of wastes or other matter directly arising from or related to the exploration, exploitation and associated offshore processing of seabed mineral resources, the governing bodies agreed that there was a need to review the current regulatory gaps in relation to seabed mining within areas beyond the mandate of ISA.

4 Given that seabed mining, particularly deep seabed mining, was a relatively new use of the ocean, there were a range of environmental regulatory regimes in place or being developed to manage the various activities involved, both internationally and in a national context. The challenge was to ensure that the regimes, while they might be dispersed and applicable to different areas of the ocean, were integrated and compatible. In this regard, the governing bodies instructed the Secretariat to contact LC and LP National Focal Points with a view to collecting information on regulations or best practices in deep seabed mining, for consideration by the Scientific Groups at their next joint session in 2015 and by the governing bodies in 2015 (LC 36/16, paragraph 9.24).

INVITATION

5 To facilitate this exercise, National Focal Points are hereby invited to submit to the Secretariat any such information which could assist in the Scientific Groups' work to develop an overview of information on regulations or best practices in deep seabed mining. The information should reach the Secretariat no later than **27 February 2015**. Alternatively, Contracting Parties may wish to submit their response directly to the Scientific Groups, as submissions under item 8 of the agenda, entitled: Coastal Management Issues Associated with Activities to Prevent Marine Pollution, for their review.

6 A consolidated report, containing all the relevant information submitted to the Secretariat, will be submitted to the next joint session of the Scientific Groups in April 2015 (LC/SG 38/1/1, paragraphs 8.7 and 8.8 refers).

7 The information should be submitted (preferably by email) to:

Office for the London Convention/Protocol and Ocean Affairs
International Maritime Organization
4 Albert Embankment
London SE1 7SR
United Kingdom

Email: olcp@imo.org

SCIENTIFIC GROUP OF THE LONDON
CONVENTION – 39th Meeting;
&
SCIENTIFIC GROUP OF THE LONDON
PROTOCOL – 10th Meeting
7 – 11 March 2016
Agenda item 16

LC/SG 39/16
26 March 2016
Original: ENGLISH

**REPORT OF THE THIRTY-NINTH MEETING OF THE SCIENTIFIC GROUP OF THE
LONDON CONVENTION AND THE TENTH MEETING OF THE SCIENTIFIC GROUP OF
THE LONDON PROTOCOL**

Table of Contents

| Section | Paragraph Nos. | Page Nos. |
|--|-----------------------|------------------|
| 1 INTRODUCTION – ADOPTION OF THE AGENDA | 1.1 – 1.6 | 3 |
| 2 WASTE ASSESSMENT GUIDANCE | 2.1 – 2.36 | 3 – 9 |
| 3 MARINE GEOENGINEERING | 3.1 – 3.4 | 9 – 10 |
| 4 CO ₂ SEQUESTRATION IN SUB-SEABED GEOLOGICAL FORMATIONS | 4.1 – 4.4 | 10 |
| 5 REPORTING ON DUMPING ACTIVITIES | 5.1 – 5.21 | 10 – 13 |
| 6 TECHNICAL COOPERATION AND ASSISTANCE | 6.1 – 6.23 | 13 – 16 |
| 7 MONITORING AND ASSESSMENT OF THE MARINE ENVIRONMENT | 7.1 – 7.24 | 16 – 20 |
| 8 COASTAL MANAGEMENT ISSUES ASSOCIATED WITH ACTIVITIES TO PREVENT MARINE POLLUTION | 8.1 – 8.25 | 21 – 25 |
| 9 HABITAT MODIFICATION AND ENHANCEMENT | 9.1 – 9.6 | 25 – 27 |
| 10 MATTERS RELATED TO RADIOACTIVE WASTES | 10.1 – 10.11 | 27 – 28 |
| 11 OUTCOME OF SCIENCE DAY: "ENVIRONMENTAL MANAGEMENT OF DEEP SEABED MINING" | 11.1 – 11.6 | 29 – 30 |
| 12 GUIDELINES, MANUALS, BIBLIOGRAPHIES AND INFORMATION EXCHANGE | 12.1 – 12.2 | 30 – 31 |

10.11 With regard to past nuclear tests in some Pacific sites, such as Mururoa and Fangataufa by France and others, the IAEA had participated in studies, including environmental monitoring campaigns, which resulted in radiological assessments of the impact to humans and to the environment due to those nuclear tests. The results of those radiological assessments were published by the IAEA as:

- .1 "The Radiological Situation at the Atolls of Mururoa and Fangataufa (Report by an International Advisory Committee)", Radiological Assessment Reports Series No 1, IAEA Vienna (1998), available at http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1028_web.pdf; and
- .2 "Radiological Conditions at Bikini Atoll: Prospects for Resettlement", Radiological Assessment Reports Series No 2, IAEA Vienna (1998), available for download http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1054_web.pdf).

11 OUTCOME OF SCIENCE DAY: "ENVIRONMENTAL MANAGEMENT OF DEEP SEABED MINING"

11.1 The Second Vice-Chairman, Dr. Andrew Birchenough (United Kingdom), presented a brief summary of the Science Day session on "Environmental management of deep seabed mining" that had been held on Thursday, 10 March 2016. The Scientific Groups were offered the following presentations:

- .1 "How LC/LP fits into deep seabed mining and associated waste management", by Mr. Edward Kleverlaan, Head, Office for the London Convention/Protocol and Ocean Affairs, IMO;
- .2 "Regional approach to deep seabed mining in the Pacific Islands and the Deep Sea Minerals Project", by Mr. Akuila Tawake, SPC;
- .3 "Deep seabed mining in Papua New Guinea national waters", by Mr. Gabriel Poiya, Papua New Guinea;
- .4 "Deep seabed mining in Tongan national waters", by Mr. Patecesio Manuceu, Tonga; and
- .5 "Korean deep seabed mining programme", by Ms. Jin-young Choi, Republic of Korea.

11.2 The Scientific Groups were informed of how the Deep Sea Minerals Project, a collaboration between the SPC and the EU, is helping countries in the Pacific to improve the governance and management of their deep sea minerals resources. Project outputs included a regional legislative and regulatory framework to help countries to develop the national frameworks needed to improve the management of their marine mineral resources, and an environmental management framework containing an EIA template developed specifically for deep seabed mining activities.

11.3 Delegates from Papua New Guinea and Tonga highlighted how the project had helped inform their national governance of deep seabed mining and provided an overview of activities in their national waters. In Papua New Guinea work in territorial waters is due to start on the Solwara 1 project in 2018, following the grant of an Environmental Permit in 2009, to extract copper, gold and silver from the seafloor at water depths of around 1600 metres. The delegate from the Republic of Korea informed the Scientific Groups of the

work the Korea Institute of Ocean Science & Technology (KIOST) has undertaken in the Korean contracted areas for deep seabed mineral resources which has included resource assessments, environmental baseline studies and topographic and acoustic seafloor mapping.

11.4 A discussion followed focusing on methods of extraction, sediment plumes and the rehabilitation of areas post mining activities. It was evident that there still remain uncertainties about the environmental risks and potential impacts of deep seabed mining and that the body knowledge and experience that exists within the Scientific Groups of analogous activities, the assessment of wastes and mitigation of impacts can provide an important contribution to the regulation of deep seabed mining activities.

Planning of Science Day 2017

11.5 The Scientific Groups noted the interest to discuss the following possible topics at the Science Day in 2017:

- .1 practical applications of action levels/lists (United States);
- .2 a selection of general classes of compounds, e.g. fire-retardants or pharmaceutical residues in waste materials (United States);
- .3 reducing wastes or other matter directly arising from, or related to the exploration, exploitation and associated offshore processing of seabed mineral resources (Greenpeace International) and
- .4 plastics in the marine environment (Republic of Korea);
- .5 impacts of net pen aquaculture operations on the marine environment (several delegations);
- .6 a revisit of themes discussed at earlier Science Days (e.g. "bioassays");
- .7 noise from dredging operations (Secretariat); and
- .8 waste prevention audits (United Kingdom).

11.6 The Scientific Groups noted that several topics, such as action lists and action levels, as well as waste prevention audits, were currently discussed by the Groups under other parts of the agenda, and that Science Day could be a useful opportunity to build further experiences in relation to these topics. However, it was recommended that the topic for Science Day 2017 should be chosen from the above list and confirmed at the next session of the governing bodies in September 2016, once the venue for the next joint session of the Scientific Groups had been chosen.

12 Guidelines, manuals, bibliographies and information exchange

12.1 The Chairman recalled that in 2014 the Scientific Groups had noted that improving access to information sources and references for all of the waste streams could be a worthwhile effort and a valuable resource for both current and prospective Parties, and had established a correspondence group, under the lead of the Secretariat, to initiate the development of an online repository of information resources on all waste streams regulated under the London Convention and Protocol (LC/SG 37/16, paragraphs 12.1 to 12.3). The Scientific Groups were invited to review progress made on this issue, as well as any other information provided by Contracting Parties, observer organizations and the Secretariat.

THIRTY-EIGHTH CONSULTATIVE MEETING
OF CONTRACTING PARTIES TO THE
LONDON CONVENTION
&
ELEVENTH MEETING OF CONTRACTING
PARTIES TO THE LONDON PROTOCOL
19-23 September 2016
Agenda item 16

LC 38/WP.1
23 September 2016
Original: ENGLISH

DISCLAIMER

As at its date of issue, this document, in whole or in part, is subject to consideration by the IMO organ to which it has been submitted. Accordingly, its contents are subject to approval and amendment of a substantive and drafting nature, which may be agreed after that date.

CONSIDERATION AND ADOPTION OF THE REPORT

**Draft report of the Thirty-eighth Consultative Meeting
and the Eleventh Meeting of Contracting Parties**

1 INTRODUCTION – ADOPTION OF THE AGENDA

1.1 The thirty-eighth Consultative Meeting of Contracting Parties to the Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter, 1972 (London Convention), convened in accordance with article XIV(3)(a) of the Convention, and the eleventh Meeting of Contracting Parties to the 1996 Protocol to the London Convention, 1972 (London Protocol), convened in accordance with article 19.2.1 of the Protocol, were concurrently held at the Headquarters of the International Maritime Organization, London, from 19 to 23 September 2016, and chaired by Dr. Gi-Hoon Hong (Republic of Korea). Ms. Betsy Valente (United States) was First Vice-Chair.

1.2 The session was attended by delegations from Contracting Parties to the London Convention, Contracting Parties to the London Protocol, observers from IMO Member States, IMO Associate Members, and observers from intergovernmental and non-governmental international organizations in consultative status, as listed in document LC 38/INF.1.

- London Protocol and the low cost, low technology assessment and monitoring guidelines;
- .2 further develop the revision of the draft "Guidance on National Implementation" with a view to its adoption at the next meeting of the governing bodies;
 - .3 further consider the Pilot Country concept, taking into account additional information obtained through the Chair's engagement with the Secretariat (document to be submitted to the next meeting of the governing bodies);
 - .4 further consider the establishment and operation of the LPEM, taking into account additional information to be provided by the Republic of Korea;
 - .5 work further on the scope and content of promotional material to be developed to increase ratification to the Protocol;
 - .6 in collaboration with the Secretariat, improve the technical cooperation aspect of the LC/LP website; and
 - .7 finalize the draft of the implementation plan for the measures to increase ratification (by November 2016).

8.37 The governing bodies thanked all those who had contributed to the work of the B2C Steering Group, both in the meeting and in the intersessional period, and in particular Mrs. Premeh for her continued leadership.]

9 INTERPRETATION OF THE LONDON CONVENTION AND PROTOCOL

Review of the 2000 Specific Guidelines for Assessment of Vessels

9.1 The Meetings recalled that in 2015, the governing bodies were informed that a first revised draft of the *Specific Guidelines for Assessment of Vessels* had been developed by the correspondence group established under the Scientific Groups and led by the United States, in light of the adoption of the Convention on Ship Recycling (Hong Kong Convention) and its 2011 and 2015 Guidelines (LC 37/16, paragraph 4.4.1 and LC/SG 39/16, paragraphs 2.23 to 2.29).

9.2 The Chair of the correspondence group (Ms. Betsy Valente, United States) provided an overview of the progress made in the intersessional period. The Meetings were informed that in 2016, the Scientific Groups had considered a near final draft of the revised *Specific Guidelines for the Assessment of Vessels* and agreed to forward the draft text to the governing bodies, with a view to its approval (LC 38/9 and annex). It was noted that the correspondence group included representatives from Canada, Chile, China, Ireland, Italy, Japan, Thailand, the United Kingdom and the United States.

9.3 Several delegations, while recognizing that disposal at sea may be needed in some cases, stated that more emphasis should be given to the Hong Kong Ship Recycling Convention (HK-SRC) and the inventory list of hazardous materials set out in resolution MEPC.269(68), and to recycling in general and to alternatives to disposal at sea.

9.4 Following further discussion, the governing bodies decided to forward the draft revised *Specific Guidelines for Assessment of Vessels* to a working group in order to finalize the text with a view to its approval at this session (see paragraph 9.9).

Disposal of fibreglass vessels

9.5 The Meetings noted the discussion at the joint session of the Scientific Groups regarding the widespread problem of disposing of fibreglass vessels, particularly those that have been abandoned (LC/SG 39/16, paragraphs 2.26 and 2.28).

9.6 The Meetings were informed about the growing nature of this issue worldwide, and the lack of recycling or destruction facilities in Small Island Developing States as well as limited capacity at facilities in developed countries. It was recognized that information about the construction of fibreglass vessels could play a vital role in minimizing waste at the end of life of such vessels. The Meetings noted that disposal at sea was not the best option as material could easily break up and become marine litter or could cause damage and also affect other uses of the marine environment.

9.7 In the discussion that followed, it was evident that more in-depth research and information was needed before a decision could be made on whether a (separate) guidance should be developed to manage the disposal at sea of fibreglass vessels, particularly, given that the draft revised vessel assessment guidelines did not specifically address the issue. Any new guidance to be developed would need to take into account guidance developed under the HK-SRC, and elements of the Nairobi Wreck Removal Convention, with regard to the

management of fibreglass vessels or parts of vessels that are either abandoned, wrecked or are no longer usable.

Action by the governing bodies

9.8 Given the need for further exploratory work, the governing bodies:

- .1 invited delegations to forward information, best practices and/or guidance, if any, or case studies on the recycling and/or destruction of fibreglass vessels to the next joint session of the Scientific Groups in 2017;
- .2 instructed the Scientific Groups to develop advice on the disposal of fibreglass vessels for consideration at the next joint session of the governing bodies in 2017; and
- .3 instructed the Secretariat to liaise with the appropriate bodies of IMO (e.g. MEPC and LEG), to inform of the ongoing work of the LC/LP Parties, and exchange information as needed.

Establishment of a working group on disposal of vessels

9.9 The governing bodies established a working group on disposal of vessels, under the co-lead of Ms. Betsy Valente (United States) and Dr. Chris Vivian (United Kingdom) and instructed the group as follows: Taking into account document LC 38/9 and comments made in plenary, update the draft text of the revised *Specific Guidelines for assessment of vessels*, with a view to its finalization at this session for approval.

Report of the working group

9.10 The Chair of the working group, Ms. Betsy Valente (United States), in presenting the report (LC 38/WP.6), explained that the group had met on 21 and 22 September 2016 and had been attended by delegations from: Canada, Chile, France, Japan, Peru, the Republic of Korea, the United Kingdom, the United States, Greenpeace International, IMarEST and WWF. It was noted that the group had reviewed the draft text of the Revised Specific Guidelines for assessment of vessels, as instructed. The resulting text is contained at annex to LC 38/WP.6.

[Action by the governing bodies]

9.11 Following a brief discussion, the governing bodies approved the report of the working group, and in particular:

- .1 approved the "*2016 Revised Specific Guidelines for Assessment of Vessels*", as set out in annex [...]; and
- .2 instructed the Secretariat to publish the revised guidance as soon as possible in all three working languages of IMO following a final technical editorial review.]

Riverine and sub-sea disposal of tailings and associated wastes from mining operations, including deep seabed mining

9.12 The Meetings recalled that in October in 2015, the governing bodies, having reviewed the work of the correspondence group on mine tailings and the outcomes of the IMO-GESAMP workshop on mine tailings held in Peru from 10 to 12 June 2015, re-established the correspondence group on mine tailings, under the leadership of Peru, to continue the information gathering and to provide advice, as appropriate, in the dialogue with the International Seabed Authority (ISA), the Secretariat of the Pacific Community (SPC) and the Secretariat of the Pacific Regional Environment Programme (SPREP) regarding issues related to deep seabed mining (LC 37/16, paragraphs 9.1 to 9.26).

9.13 The Chairman of the correspondence group (Peru) provided an overview of the progress made in the intersessional period. The Meetings noted that the correspondence group included Argentina, Canada, Chile, Germany, Japan, the Marshall Islands, Mexico, the Netherlands, Nigeria, Norway, Peru, the Republic of Korea, South Africa, the United Kingdom, the United States, ACOPS, Greenpeace International, IMarEST and WODA.

9.14 The Meetings also noted that:

- .1 the group had finalized the development of a draft terms of reference for a GESAMP working group on the impacts of tailings from mining operations on the marine environment and that these had been considered by the Executive Committee of GESAMP and also by the Scientific Groups at their joint session in March 2016;

- .2 the Scientific Groups had recommended that GESAMP commence work addressing the first terms of reference and to proceed when funds were available;
- .3 the group had continued to gather information on best practices and existing guidance and legislation and other relevant issues of marine disposal of tailings from mining operations on land, and identify any gaps in best practices and existing guidance. An overview of Best Management Practices: extracted from Chapter VI of the International Assessment of Marine and Riverine Disposal of Mine Tailings (Vogt, 2013)⁴ and a list of references that include Best Management Practices for mining was made available; and
- .4 the group had not made progress on monitoring the activities of ISA, SPC and SPREP, to identify emerging issues of relevance to LC/LP and engage the governing bodies and scientific groups as necessary, with regard to, inter alia, providing advice to these bodies.

9.15 The Meetings, having observed the strong relationship between deep seabed mining wastes and that of marine disposal of tailings from mining operations, reviewed progress made with regard to collecting information relevant to deep seabed mining (LC 37/16, paragraphs 9.4 and 9.5). It was noted that while no further information or submissions in response to the request made in LC-LP.1/Circ.69 had been received, the Scientific Groups had, in March 2016, reviewed new information provided by Mexico and considered information provided by the United States on their domestic practices which had been summarized previously in the report of the joint session of the Groups in 2015.

9.16 It was also noted that Science Day 2016 was devoted to the topic of Environmental management of deep seabed mining (DSM) and that the Groups discussed methods of extraction, sediment plumes and the rehabilitation of areas' post-mining activities. The Meetings agreed that it was evident that there were many uncertainties about the environmental risks and potential impacts of deep seabed mining and that the body of knowledge and experience that exists within the Scientific Groups of analogous activities, such as the assessment of wastes and mitigation of impacts on the marine environment, can provide

⁴ [Full reference will be placed here.]

an important contribution to the regulation of deep seabed mining activities (LC/SG 39/16, paragraph 11.4).

9.17 The delegation of the Philippines, supported by others, expressed interest in the discussions on this topic and the body of knowledge and experience that exists within the Scientific Groups of analogous activities can provide an important contribution to the regulation of DSM activities. It was noted that many countries were developing legislation on DSM and it was suggested that information shared during the Science Day could be cascaded to other countries, either through technical cooperation (e.g. IMO ITCP) or seminars and workshops for IMO coastal States to assist in the development of their national codes for seabed mining. The objective would be to establish a basis for the control and management of seabed exploration activities in the 200 nautical mile continental shelf and extended continental shelf in the context of the obligations under the London Protocol.

9.18 The delegation of Germany announced that an international workshop would be held in Berlin in March or April 2017 in cooperation with the Secretariat of the ISA to discuss conceptual issues of the draft regulations on exploitation of deep seabed resources. Topics would include legal and technical aspects, such as regional planning, adaptive management, institutional arrangements and pilot mining. The outcome of the workshop will then feed into the development of the new DSM regulations. The workshop programme will be made available in due time.

9.19 The Meetings were informed that the ISA consultations for input to the draft framework for the regulation of exploitation activities would close in November 2016, and that this was an opportunity to provide input from the LC/LP perspective. It was noted that some areas had already been identified by the ISA where specific input on the LC/LP had been requested.

9.20 The Meetings were informed that the Secretariat had provided written input to the consultations, and that further information could be provided to the ISA as required, through the ongoing dialogue between the IMO and ISA secretariats (see item 12 below).

Action by the governing bodies

9.21 Following discussion, the governing bodies:

- .1 endorsed the Scientific Groups' recommendation to, through IMO, invite GESAMP to commence work addressing the first terms of reference and to proceed when more funds were available (LC/SG 39/16, paragraph 8.5.2);
- .2 invited delegations to provide the Secretariat with possible names of experts in relevant fields who, in their own capacity, could be members of the GESAMP working group (LC/SG 39/16, paragraph 8.5.3);
- .3 encouraged delegations to donate funds or sponsor experts to support the work of the GESAMP working group (LC/SG 39/16, paragraph 8.5.4);
- .4 encouraged Contracting Parties to continue to share information (with the Secretariat and with the correspondence group on mine tailings) on relevant regulations and best practices on mine tailings and deep seabed mining;
- .5 encouraged a continued dialogue between the Secretariat and relevant global and regional bodies;
- .6 agreed to allow the correspondence group on mine tailings to continue its work in accordance with the terms of reference agreed in 2015, under the leadership of Peru⁵, and invited the group to report on the outcomes of its work to the next joint session of the governing bodies in 2017; and
- .7 requested the Secretariat, and Contracting Parties as appropriate, to engage with the ISA to ensure that the LC/LP perspectives are captured for input to the draft framework for the regulation of exploitation activities.

⁵ The coordinator, Captain Fidel Reyes Meléndez, can be contacted at fidel.reyes@dicapi.mil.pe.

Marine litter

9.22 The Meetings recalled that, in 2014, the governing bodies were informed of ongoing efforts under the UNEP-GPA initiated Global Partnership for Marine Litter (GPML), to address marine litter, in particular from sea-based sources, including the commissioning of a study on the topic, which was submitted to the Scientific Groups for review (LC/SG 37/16, paragraphs 8.28 to 8.31).

9.23 The Meetings also recalled that, in 2015, the governing bodies welcomed the final draft report "Review of marine litter in relation to the various waste streams under the London Convention and Protocol" and instructed the Secretariat to publish the report as soon as possible following inclusion of any further comments and corrections suggested by Parties, as well as a final editorial review (LC 37/16, paragraphs 9.28 to 9.33).

9.24 The Meetings noted the Scientific Groups' discussions in relation to marine litter in the waste streams under the LC/LP, and in particular, the need for guidance that could be developed on this issue with a view to reduce the disposal of microplastics at sea resulting from dredged material and sewage sludge (LC/SG 39/16, paragraph 8.15.3).

9.25 The delegation of Nigeria informed the Meetings of the UNEP-GPA and NIMASA partnership on sustainable management of marine litter in Nigeria's beaches and waterways (LC 38/9/1). The Meetings noted the information provided, including that Nigeria is willing to pass on the advice on achieving such success as may be needed by other Parties, especially in the west and central African regions.

9.26 The Meetings were also informed about a number of activities and programmes related to plastics in the marine environment, including:

- .1 the outcome of the second United Nations Environment Assembly which adopted two resolutions on plastics⁶ and on Oceans and seas⁷;
- .2 the introduction of a ban by the United Kingdom Government on the sale and manufacture of cosmetics and personal care products containing microbeads which may cause harm to the marine environment. The plans

⁶ UNEP/EA.2/Res.11 – Marine plastic litter and microplastics.

⁷ UNEP/EA.2/Res.10 – Oceans and seas.

will be informed by a consultative process later this year, and more information is being gathered with respect to other products that may contain microbeads;

- .3 the delegation of China informed the Meetings that a national research project on marine microplastic monitoring and ecological assessment techniques has been established recently. The project will be operated from 2016 to 2020, with expectations to strengthen the integrated capabilities on marine microplastic monitoring, risk assessment and management;
- .4 the delegation of France informed the Meetings of the ban on single use plastic bags, and the intention to extend this ban to other types of bags and plastic packaging, in the near future. The Meetings' attention was also drawn to the launch of an international coalition by France, Monaco and Morocco, and delegations were encouraged to join;
- .5 the delegation of Canada informed the Meetings that microbeads had been added to the list of toxic substances under their Environment Protection Act, and that regulations are currently being updated to that effect;
- .6 the delegation of the United States informed the meetings that a Microbeads-free Waters Act had been signed by the President in 2015; and
- .7 the observer from Greenpeace International announced that several reports⁸ were recently published on microbeads and microplastics, and that these would be submitted to the next joint session of the Scientific Groups.

9.27 The Meetings were also informed of the G7 Action Plan to combat marine litter, through a lunchtime presentation by the delegation of Germany, outlining the elements of the Action Plan and its relation to the London Convention and Protocol.

⁸ <http://www.greenpeace.org.uk/sites/files/gpuk/PlasticsInSeafood-Final.pdf> and <http://www.greenpeace.to/greenpeace/wp-content/uploads/2016/07/plastics-in-seafood-technical-review.pdf>

9.28 The Meetings welcomed the publication of the *Review of the current state of knowledge regarding marine litter in wastes dumped at sea under the London Convention and Protocol*, and noted its usefulness in describing the issue of marine litter in relation to the treaties to the wider audience.

Development of a draft statement on marine litter

9.29 In the ensuing discussion, the governing bodies decided to establish a drafting group, to develop a draft statement on marine litter. The drafting group met on 22 September under the chairmanship of Mr. Dikko T. Bala (Nigeria) (LC 38/WP.8), and was attended by representatives from Canada, China, France, Germany, Japan, the Netherlands, Nigeria, Norway, the Republic of Korea, Saudi Arabia, the United Kingdom, the United States, Greenpeace International and IMarEST.

9.30 In considering the outcomes of the drafting group, the governing bodies, agreed to....

[MORE TO COME]

Action by the governing bodies

9.31 Following a discussion, the governing bodies:

- .1 encouraged Parties to take into account the issue of plastics and marine litter when applying the dredged material waste assessment guidance;
- .2 encouraged delegations to submit their practices and experiences to the next future sessions of the Scientific Groups; and
- .3 noted that the issue of plastics may be revisited in the next revision of the waste assessment guidance, as appropriate.

[MORE TO COME]

Cooperative measures to assess and increase awareness of environmental effects related to waste originating from chemical munitions dumped at sea

9.32 It was recalled that in 2015, the governing bodies, having endorsed the inclusion of the issue under the Joint Work Programme of the Scientific Groups in 2014, reviewed progress on this topic and noted that the Secretariat had contacted the Organization for the Prohibition of Chemical Weapons (OPCW), OSPAR, and with the HELCOM SUBMERGED group, which is dealing with historically dumped munitions in the Baltic Sea (LC 37/16, paragraphs 8.19, 8.22 and 9.34 to 9.39).

Action by the governing bodies

9.33 Following a brief discussion, the governing bodies:

- .1 decided to await further information from the United Nations General Assembly before initiating any further work in relation to cooperative measures to assess and increase awareness of environmental effects related to waste originating from chemical munitions dumped at sea; and
- .2 instructed the Secretariat to continue its outreach and dialogue with the regional bodies, the OPCW, other stakeholders, as well as the United Nations General Assembly dialogue on this matter.

Other issues, including outstanding action points from the Report of the Scientific Groups

9.34 The governing bodies noted the remaining action points from the Report of the Scientific Groups (LC 38/4), and consequently:

- .1 endorsed the Scientific Groups' decision to remove the outstanding issues common to UNEP-GPA and the LC/LP from the Joint Work Programme, and invite interested delegations to submit documents or proposals at future joint sessions, as appropriate (LC 38/4, action point .24);
- .2 endorsed the Groups' decision to remove the topic of sewage treatment facilities and sewage sludge management from the Groups' agenda, since no documents had been submitted on this issue for several sessions, and invite Contracting Parties to make relevant submissions under other parts of the agenda, as appropriate (LC 38/4, action point .25);

-
- .3 instructed the Secretariat to issue a questionnaire, by way of a circular, to solicit further information on the current practices of dumping of sewage sludge and provide a report of the outcomes to the next session of the governing bodies in 2017; and
- .4 noted the Scientific Groups' discussion and the information provided in relation to underwater noise from anthropogenic sources (LC 38/4, action point .26).

10 MATTERS RELATED TO THE MANAGEMENT OF RADIOACTIVE WASTES

Twenty-five-year scientific review of all radioactive wastes and other radioactive matter

10.1 It was recalled that in 2014, the governing bodies, having reviewed the Scientific Groups' work to prepare advice regarding the requirement to conduct a scientific study relating to all radioactive wastes and other radioactive matter, agreed that a step-by-step assessment approach could be employed, in order to determine the type and level of review that would be needed to fulfil the requirements of the London Convention and London Protocol. This could include, inter alia, a literature review focusing on the period after 1993, and a review of the Intergovernmental Panel of Experts on Radioactive Waste Report. It was also recalled that the governing bodies established, in 2015, a correspondence group under the co-lead of the United Kingdom, the United States and the IAEA, to prepare a draft literature review with a view to submitting this to the Scientific Groups in 2016 for consideration and to this session of the governing bodies.

10.2 The Meetings considered document LC 38/10/1 (Co-Chairs of the correspondence group) that presented the results of the work conducted by the group, and contained a draft literature report on the 25-year scientific review of radioactive wastes and other radioactive matter as required under the London Convention at annex 1 to the document (annex 1, paragraph 12) and the London Protocol (annex 1, paragraph 3). The Meetings, having noted the Scientific Groups' consideration of the draft literature review, endorsed their recommendation as follows:

"There is little reason to believe that additional radiological monitoring or scientific research would yield scientific results that would have any significant bearing on the decision to retain or change the dumping ban. A significant amount of scientific information was available in 1993 when the decision was made to ban ocean dumping