제 2 차년도
연차보고서

BSPN 00250-781-4

해양의 유류와 유해액체물질 오염의 정화기술 연구(II)

A Study on the Cleanup Technology of Oil and Chemical Spills at Sea

1994. 12.

연 구 기 관
한 국 해 양 연 구 소

과 학 기 술 처

제 출 문

과학기술처 장관 귀하

본 보고서를 "해양의 유류와 유해액체물질 오염의 정화기술 연구" 사업의 2차년도 보고서로 제출합니다.

1994년 12월

한 국 해 양 연 구 소
연구책임자 : 강 성 현
연 구 원 : 오 재 룡 이 수 형
김 은 수 양 동 범
조 성 록 김 경 태
김 종 근 황 현 민
심 원 준 고 성 준
김 보 연 장 현 숙
조 용 기 최 영 일
김 평 옥 이 원 범
김 용 환 고 기 석

요 약 문

I. 제 목

해양의 유류와 유해액체물질 오염의 정화기술 연구(II)

II. 연구개발의 목적 및 중요성

한국 연안에서는 유류와 유해물질의 유출사고가 빈번히 발생하여 수산자원에 막대한 피해를 유발하고 있을 뿐만 아니라 해양생태계에 심각한 영향을 미치고 있다. 이는 오염물질의 유출사고에 대비한 체계적인 대응체제가 선진국에 비하여 상당히 낙후되어 있기 때문이다. 해상에 유출된 유류와 유해물질은 발생시기와 장소에 따라 확산과정이나 풍화과정이 매우 상이할 수 있으며, 유출물질의 종류또한 매우 다양하므로 효과적인 방제작업을 위해서는 고도의 기술전략적인 방제 체제가 구축되어 있어야만 한다. 특히 해상으로 수송되는 유해물질의 경우 그 종류가 4천여종에 달하며, 각각의 유해물질들은 해양환경으로 유출된 후 화학적 특성에 따라 아주 상이한 변화과정을 거치게 되므로, 사고 발생의 탐지와 식별 뿐만 아니라 피해의 예측과 피해 최소화를 위한 과학적인 대응조치에 있어서 고도의 기술이 필요하다.

대형 유출사고를 경험한 선진 각국에서는 이미 20여년 동안 유류와 유해물질의 유출사고에 대응하기 위하여 막대한 투자를 해왔으며, 이미 상당한 수준의 기술력과 완벽한 대응 체제를 갖춘 상태이다. 미국과 카나다, 영국 등은 1970년대 초부터 방제기술에 관한 활발한 연구를

수행해 왔으며, 일본의 경우에도 해상보안청과 해상재해방지센터를 중심으로 1973년(소화 47년)부터 활발한 연구를 수행해 왔다. 그러나 우리나라의 경우 유출사고 방제에 관한 연구는 80년대 후반부터 시작되었으며, 아직도 방제 체제의 일원화와 방제장비의 대폭 증강 등 산적한 문제를 해결하지 못하고 있는 상태에 있다.

1990년 11월 국제 해사기구(IMO)의 후원하에 전세계 90개국이 채택한 유류오염의 예방, 대응 및 협력에 관한 국제협약(The International Convention on Oil Pollution, Preparedness, Response and Cooperation)에서는 오염사고 발생시에 이에 대처하기 위한 국가 시스템과 단계별 긴급방제계획, 교육훈련시스템, 국제공동 방제협력체제 등을 마련하도록 규정하고 있으며, UNEP 지역해 프로그램에서는 각 지역해마다 유출사고에 대비한 주변국간의 공동 협력체제를 구축하여 이에 대비토록 하고 있다.

본 연구에서는 향후 우리나라의 유출사고 방제체제 구축에 반드시 필요한 기술을 제공하기 위한 연구와 동북아 해역의 공동방제체제 구축에 대비하여 한일간 공동방제협정을 체결하기 위한 제반 준비작업을 수행하는 것을 최우선 목표로 설정하였다. 또한 일본 해상보안청과의 공동연구를 통하여 유해물질 유출사고시의 대응체제와 유해물질의 방제 정화기술을 확보하고자 하였다. 또한 본 연구에서는 성능이 우수한 신형 유겔화제를 개발하여 유분산처리제에 의존하고 있는 우리나라의 해상 유출사고 처리방법을 획기적으로 개선하고자 한다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구에서는 1차년도부터 국내의 상황을 분석하여 시급히 필요한 핵심기술을 도출하고 유해물질의 유출사고 방제 순서별로 년차별 연구 목표를 설정하였다. 본 연구의 추진 전략을 수립함에 있어서 3년안에 최대한의 효과를 거둘 수 있는 연구 전략을 도출하기 위하여 구조적인 접근방식을 이요한 추진 방법을 선택하였다. 우선 유해물질의 사고가 발생했을 때 수행되는 과학적인 방제 순서를 크게 5단계로 분류하고, 다시 각 방제 단계별로 필수적인 기술을 도출하였다. 본 연구의 기획단계에서 도출된 전체 세부 기술은 26가지로서 이를 3년이라는 단기간내에 확보하기 위하여 5단계를 동시적으로 연구를 추진하되 각 세부기술에 있어서는 연구의 시급성이 있거나 결과를 얻는데 장기간이 소요되는 기술에 우선순위를 두어 연차별 연구계획을 수립하였다. 1차년도에 설정된 각 방제 단계와 그 목표는 다음과 같다.

단계	방 제 단 계	단 계 별 목 표
1 단계	사전 준비	유해물질 사고에 대비한 사전 준비
2 단계	사고물질 확인	유해물질 사고시의 신속한 유출물질 확인
3 단계	1차 긴급 방제 조치	1차 응급 방제 조치에 필요한 기술 확보
4 단계	위험추정 및 평가	확산 예측 및 위험 평가 기술의 확보
5 단계	방제 및 정화작업	과학적인 방제 및 정화작업 실시

본 연구의 2차년도의 연구내용은 1차년도의 연구에 이어 계속 진행되는 연구와 1차년도에 마무리된 부분 대신에 2차년도에 새로이 시작된 세부기술 연구로 구분될 수 있다. 제 2 장에서는 1995년 5월 13일로 다가온 OPRC 협약의 발효에 대비하여 이에 대한 대응책을 제시하기 위한 연구를 수행하였으며, 3장에서는 OPRC 협약에서 요구하고 있는 국가 시스템의 구축을 위해 필요한 요소와 긴급계획의 수립에 관한 연구를 수행하였다. 4장에서는 유출사고에 대비하는데 필요한 대응능력의 산정, 방제기술 지원 시스템의 개발, 교육훈련 체제의 구축, 과학지원관 제도 등에 관하여 심층적으로 논의하였다. 5장에서는 과학적인 방제 및 정화기술을 확보하기 위하여 유해물질 사고지역의 통제기술, 해상소각 기술, 유해물질 정화처리기술, 겔화제의 개발연구 등을 수행하였다.

IV. 연구결과 및 활용에 관한 건의

1. OPRC 협약이 1995년 5월 13일에 발효됨에 따라 협약에 가입하기 위한 법제도의 정비와 국가시스템의 구축 등이 급박한 현안으로 다가왔다. 본 연구에서는 이와 같은 시급한 요구에 부응하기 위하여 OPRC 협약의 내용을 분석하고 지난 4년 동안의 OPRC 작업반의 활동을 파악하여 대응책을 제시하였다.

2. OPRC 협약에서 요구하고 있는 국가 방제체제의 구축과 단계별 긴급계획의 수립에 필요한 요소와 긴급계획의 수립방안에 관하여 연구를 수행하였다. 지역긴급계획, 국가 긴급계획, 국제 공동 긴급계획의 상세한 내용과 목차가 제시되었다.

3. 긴급계획의 준비를 위해 수행해야 하는 유출사고 대응능력의 산정을 위하여 1만톤급 사고 발생시의 방제자원 소요를 3가지 시나리오에 따라

추정하였다.

4. 현장의 방제책임자나 과학지원관에게 과학적인 방제기술과 의사결정 도구를 지원하기 위한 전산화된 방제지원 시스템을 개발하기 위하여 시스템 분석과 설계를 실시하였다.

5. OPRC 협약에서 요구하고 있는 방제인력의 교육훈련 체제를 구축하기 위한 커리큘럼 개발과 과학지원관의 역할에 관하여 조사하였다.

6. 유해물질 사고지역의 통제기술과, 해상소각 기술, 유해물질 정화처리기술 등 과학적인 방제와 정화작업을 위한 실무적인 기술에 관하여 연구하였다.

7. 신형 유겔화제를 개발하여 국내특허를 출원하였으며, 제품개발을 위한 조성 연구를 수행하였다.

ABSTRACTS

I. Title

A Study on the Cleanup Technology of Oil and Chemical Spills at Sea(II)

II. Significance and Objectives of the Study

The increase of accidental oil spills in the Korean Waters has caused the irrevocable loss in fisheries as well as the severe damage to marine ecosystem. Well organized national response system and contingency plans must be urgently prepared to respond quickly, efficiently, and effectively in the event of an accident to reduce or prevent adverse impacts on the environment. Highly strategic response activities for the various spill accidents are critical to take immediate actions against the spills to minimize the damage. Time is critical in the first moments of an accidents. A mismanaged response due to a lack of preplanning can contribute to the increase in damage to property and the environment.

Many developed countries which experienced catastrophic spill accidents already invested huge amount of funds to respond oil and hazardous chemical spills for the last 20 years. USA has been carrying out research on cleanup technology from the early 1970s and Japan also has been continuing research activities centered at Maritime Safety Agency

and Maritime Disaster Prevention Center from 1973. More than 200 spill accidents happen nearshore in Korea every year, and as the amount of surface transportation is increasing rapidly because of the industrialization of China and the development of west coast of Korea, the danger of catastrophic spill incident grows. But we have not prepare national system and contingency plans to minimize the damage by the spill incidents.

In November 1990, International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-operation was adopted by 90 countries. For the regions of the world where response resourses and expertise are not readily available, this international convention plays a particularly important role in facilitating international cooperation at the global level, as well as in reinforcing regional arrangements and national pollution preparedness and response strategies. In the Regional Seas Program of UNEP, each Regional Seas Program has co-operational system among related countries to countermeasure spill accidents.

The objective of this study is to make provision for oil pollution emergency plans; establishment of national and regional systems for preparedness and response; the facilitation of international cooperation and mutual assistance; and construction of education and training program. Another objectives are to prepare for forthcoming contraction of agreement of co-operation between Korea and Japan to respond spill accidents, and to secure the clean-up techniques of hazardous chemical spills. The development of new style gelling agent may improve the clean-up capability for effective recovery of spill oil and chemicals in Korea.

III. Scope of the Study

First of all, all the necessary technologies were drew out from the hazardous chemicals response sequences to establish the objectives of this study. Response procedures were classified into five steps, and the essential technologies of each step were drew out. To secure all the essential technologies within three years, stepwise plan was established. Each response steps and its objectives are as follows,

In the second year, several techniques of high priorities were studied to support the requirements of OPRC Convention, which will take effect in May 13, 1995. The convention reinforces each country's national response system, and national and regional contingency plans for combating oil pollution incidents. The components of national system were analyzed and outline of technologies proparing for national and regional contingency plans was described to respond the OPRC Convention.

Step	Response Sequence	Stepwise Objectives
1st	Preparedness	Advance planning for the hazardous material spill
2nd	Identification of the spilled material	Rapid identification of the spilled material
3rd	Primary emergency response	Securing the essential technology of first emergency response
4th	Risk assessment and hazard analysis	Obtaining the technology of forecasting spill trajectory and assessing the risk
5th	Response and clean-up	Operation of scientific response and clean-up

The assessment of response capability, construction of training programs, and the development of computerized scientific support system were carried out to establish national response system in Korea. Several clean-up technologies were reviewed to support the hazardous material treatment in spill sites.

IV. Results and Suggestions

1. In order to ratify the OPRC Convention as soon as possible, the essential requirements of the convention were invenstigated. The components of national system were analyzed.

2. As the first step of preparing national and regional contingency plans in Korea, the essential components of contingency planning were studied. International contingency plan preparing for large oil spills was proposed to establish regional and international cooperation and mutual assisstance.

3. Capability analysis of response resources is critical to prepare regional and national contingency plans against large oil spills. This study identified in detail the equipment needed to respond to a 10,000 t oil spill by examining three sinarios of different spill sites.

4. Computerized technical support system can assist On-Scene Commanders and Scientific Support Coordinators to provide scientific tools for technical advise and decision-making in the field. System analysis and design were carried out in order to develop the software.

5. OPRC convention requires each country to prepare the various education courses for first responders, On-Scene Commanders, managers and trainers. Curriculums of USA were reviewed to develop a comprehensive

education and training programme for oil spill countermeasures in Korea.

6. Various clean-up technologies such as site control techniques, in situ buring, hazardous material treatment techniques were reviewed to support the effective response activities on spill site.

7. Effective gelling agent was developed, and patented. The components of neww gelling agent were identified and blending experiments were carried out to produce commercial treatment agent.

목 차

표 목차 25

그림 목차 27

제 1 장 서 론 31

제 2 장 해상 유출사고 대비, 대응 및 협력에 관한 국제협약 41

제 1 절 서 언 41

제 2 절 유류오염 대비, 대응 및 협력에 관한 국제협약의 배경 46

제 3 절 유류오염 대비, 대응 및 협력에 관한 국제협약의 내용 49

제 4 절 유류오염 대비, 대응 및 협력에 관한 국제협약의 시행을 위한 후속조치 59

1. OPRC 작업반의 구성 및 활동 59

2. OPRC 작업반의 추진과제 59

3. OPRC 작업반의 활동 현황 61

제 5 절 유류오염 대비, 대응 및 협력에 관한 국제협약 발효에 대비한 각국의 대응 현황 66

1. 미국 66

2. 일본 71

3. 러시아 75

4. 중국 75

제 6 절 유류오염 대비, 대응 및 협력에 관한 국제협약 가입을 위한 대책 76

1. 법제도적 개선 대책 77

2. 국가 방제 시스템의 구축 82

3. 긴급계획의 준비 84
4. 교육훈련 체제 및 가상 연습 체제 마련 85
5. 국제협력 체제 구축 87
6. 기술확보 88
제 3 장 해상 유출사고 긴급계획 91
제 1 절 서 언 93
제 2 절 긴급계획 수립을 위한 전제 조건 95
1. 긴급계획의 개발 및 실행 주체의 지정 95
2. 방제 체제의 구축 96
3. 위험 분석 99
4. 유출물의 특성 파악 101
5. 유출물의 이동 예측을 위한 기초 자료 확보 102
6. 환경 민감도 지도의 작성 102
7. 방제 우선순위의 결정 102
8. 유출사고 방제의 정책 수립 104
9. 방제 조직의 구축 104
제 3 절. 해상 유출사고에 대비, 대응하기 위한 국가 방제 체제 105
1. 국가 방제체제의 요건 105
2. 국가 긴급계획의 내용 105
제 4 절. 해상 유출사고 대비, 대응 및 협력을 위한 국제 협정 114
1. 해상유출사고 공동방제 국제 협정의 필요성 114
2. 주변국과의 방제협정에 필요한 요소 114
3. 참여 국가간의 협력 범위 115
4. 해역 정의 및 책임의 분배 115

5. 보고, 경보, 및 통신 116
6. 방제자원의 지원, 제도 및 자금 116
7. 국제공동 긴급계획의 개정 및 보완 117
제 5 절. 한일간 해상 유출사고 대비, 대응 및 협력사업의 추진현황 120
제 4 장 유류 및 유해물질 사고에 대한 대비 123
제 1 절 서언 125
제 2 절 대량 유출사고에 대비한 대응 전략 127
1. 대량 유출사고 대응에 필요한 자원의 추정 127
2. 해상의 1만톤 유출사고에 필요한 방제 자원 추정 129
3. 내만에서의 1만톤 유출사고에 필요한 방제 자원 추정 132
4. 1만톤 유출사고시 해안 정화작업에 필요한 방제 자원 추정 133
제 3 절 해상 유출사고 방제기술 지원 체제..... 136
1. 해상 유출사고 방제기술 지원 시스템의 필요성 및
구성 요소 136
2. 해상 유출사고 방제기술 지원 시스템의 시스템 분석 138
제 4 절 해상 유출사고 과학 지원관 166
1. 해상 유출사고 과학 지원관의 필요성 166
2. 해상 유출사고 과학 지원관의 임무 167
제 5 절 유류 및 유해물질 사고 방제 전문요원의 교육훈련체제 174
1. 방제 전문요원의 교육훈련체제의 필요성 174
2. 미국의 유해물질 방제 교육 훈련 체제 175
제 5 장 유해물질 사고시에 필요한 과학적인 방제 및 정화기술 183
제 1 절 서 언 185

제 2 절 유해물질 유출사고지역의 통제기술 186
1. 사고지역 지도의 제작 187
2. 사고지역의 작업구역 획정 187
3. 동료체계를 이용한 방제요원의 조직 197
4. 통신망 구축 및 실행 198
5. 방제요원의 안전조치 요령 200
6. 주변 의료지원기관의 확인 204
제 3 절 해상 소각 기술 205
1. 해상소각 가능성의 검토 205
2. 해상소각의 장단점 분석 209
제 4 절 유해물질의 처리기술 211
1. 물리적 처리방법 211
2. 화학적 처리방법 217
3. 열처리법 224
4. 생물학적 처리방법 225
5. 폐기방법 229
6. 고체 유해물질의 처리방법 231
제 5 절 신형 유겔화제의 개발 234
1. 발명의 명칭 235
2. 발명의 상세한 설명 235
3. 특허청구의 범위 248
참고문헌 251

Contents

List of Tables 25

List of Figures 27

Chapter 1. General Introduction 31

Chapter 2. International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Cooperation 41

1. Introduction 41

2. Backgroud of the OPRC Convention 46

3. Contents of the OPRC Convention 49

4. Implementation of the OPRC Convention and Resolutions 59

1) Construction of the OPRC Working Group 59

2) Tasks of of the OPRC Working Group 59

3) Activities of the OPRC Working Group 61

5. Preparedness for taking effect of the OPRC Convention 66

1) USA 66

2) Japan 71

3) Russian Federation 75

4) Peoples Republic of China 75

6. Countermeasures for the OPRC Convention 76

1) Adminstrative and Legal Aspects 77

2) National Response System 82

3) Contingency Planning 84

4) Training and Exercise Programs 85

5) International Cooperation 87
6) Technical Supports 88
Chapter 3. Contingency Planning 91
1. Introduction 93
2. Components of Contingency Planning 95
1) Designation of Authority responsible for Development and Operation of a Plan 95
2) Response Organization 96
3) Identification of Areas of High Spill Risk 99
4) Fate of Hazardous Materials after Spill 101
5) Database for Trajectory Forcasting 102
6) Coastal Sensitivity Mapping 102
7) Priorities for Protection 102
8) Spill Response Policy 104
9) Organization for Response 104
3. National Response System 105
1) Components of National Response System 105
2) Contents of National Contingency Plan 105
4. International Agreements for the Cooperation of Oil Spill Preparedness and Response 114
1) Needs for International Arrangement for Oil Spill Preparedness and Response 114
2) Prerequisites for International Arrangement for Oil Spill Preparedness and Response 114

3) Scope of Cooperation between Participating Government 115
4) Definition of Geographical Area and Division of Responsibility 115
5) Reporting, Alerting and Communications 116
6) Logistics, Administration and Funding 116
7) Review and Update of an International Contingency Plan 117
5. State-of-the-Art of International Cooperation in Oil Spill Preparedness and Response 120
Chapter 4. Advance Planning against Oil and Chemical Spills at Sea 123
1. Introduction 125
2. Capability Assessment of Response Resources 127
1) Assessment of Resources 127
2) Oil Spill Resources Requirements for a 10,000 ton Response Capability in Unsheltered Waters 129
3) Oil Spill Resources Requirements for a 10,000 ton Response Capability in Sheltered Waters 132
4) Resources Requirements for Shoreline Treatment of 10,000 ton Stranded Oil 133
3. Scientific Support System for Oil Spill Planning and Response 136
1) Needs and Components of Scientific Support System 136
2) System Analysis and Design 138
4. Scientific Support Coordinator 166
1) Needs for Scientific Support Coordinator 166
2) Role of Scientific Support Coordinator 167

5. Education and Training Programme 174
1) Needs for Education and Training Programme 174
2) Education and Training Courses in USA 175
Chapter 5. Scientific Response and Clean-up Technology for Hazardous Material Spills 183
1. Introduction 185
2. Site Control Technique 186
1) Area Map 187
2) Compartment of Spill Sites 187
3) Buddy System 197
4) Communication and Operation 198
5) Safety Guidelines of Emergency Operators 200
6) Identification of Medical Services 204
3. In-Situ Burning 205
1) Feasibility of In-Situ Burning 205
2) Advantages and Disadvantages of In-Situ Burning 209
4. Clean-up Technologies of Hazardous Material Contamination 211
1. Physical Treatment 211
2. Chemical Treatment 217
3. Thermal Treatment 224
4. Biological Treatment 225
5. Disposal 229
6. Solid Waste Treatment 231
5. Development of Gelling Agent 234

1. Name of Development 235

2. Specifications 235

3. Scope of Patent 248

References 251

List of Tables

Table 1.1. Stepwise goals of emergency response actions against hazardous material spills 34

Table 1.2 Essential technologies and research plans to accomplish stepwise research goals 35

Table 2.1. Significant oil spills by spill quantity and category of incidents 43

Table 2.2. Replacement of existing tankers by double hull ships 47

Table 2.3. Timetable of OPRC Working Group in 1994-1997 65

Table 3.1. Contents of national contingency plan (NCP) 110

Table 3.2. Contents of regional contingency plan (RCP) 111

Table 3.3. Contents of IPIECA regional contingency plan 113

Table 3.4. Contents of international contingency plan (ICP) 118

Table 4.1. Comparison of oil boom required for response in a 10,000 ton spill 130

Table 4.2. Oil spill resources requirements for a 10,000 ton response capability 135

Table 4.3. Goals and components in preplanning procedures 155

Table 4.4. Goals and components in notification procedures 156

Table 4.5. Goals and components in assessment procedures 157

Table 4.6. Goals and components in response procedures 158

Table 4.7. Goals and components in resources support procedures 159

Table 4.8. Goals and components in termination procedures 160

Table 4.9. Structure of preplanning module in computerized scientific support system 161
Table 4.10. Structure of notification module in computerized scientific support system 162
Table 4.11. Structure of assessment module in computerized scientific support system 163
Table 4.12. Structure of response support module in computerized scientific support system 164
Table 4.13. Structure of resources support and termination modules in computerized scientific support system 165
Table 4.14. Role of scientific support coordinators in preplanning, response and post-incident procedures 172
Table 4.15. Education and training cources for hazardous material response in US EPA 176
Table 5.1. Concentration of pollutants that make prebiological or preliminary treatment desirable 226
Table 5.2. Comparison of treatment efficiency in removing toxic organics 228

List of Figures

Fig. 1.1. Organizational chart of Ministry of Transport and Maritime Safety Agency responsible for oil pollution 37
Fig. 2.1. Annual amounts spilled by source type 42
Fig. 2.2. National emergency response system in USA 67
Fig. 2.3. Example of environmental sensitivity map included in regional contingency plan 70
Fig. 2.4. Strategic tastks of Japanese Maritime Safety Agency in international cooperation 73
Fig. 2.5. National emergency response system in Japan 74
Fig. 3.1. Tiered response 98
Fig. 3.2. Global framework for pollution response 100
Fig. 3.3. Procedures of hazards analysis in preplanning for hazardous material spills 101
Fig. 3.4. Example of environmental sensitivity map in Kyounggi Bay 103
Fig. 4.1. CAMEO SSC navigation palette 139
Fig. 4.2. Procedures of system analysis and design in developing scientific support system 141
Fig. 4.3. Procedures of hazardous material response 142
Fig. 4.4. Main modules of computerized scientific support system 143
Fig. 4.5. Flow chart of preplanning procedures 145
Fig. 4.6. Flow chart of notification procedures 147
Fig. 4.7. Flow chart of assessment procedures 150

Fig. 4.8. Flow chart of response procedures 152
Fig. 4.9. Flow chart of structure of computerized scientific support system 154
Fig. 4.10. Interactive model for scientific support coordinator involvement in response planning 168
Fig. 5.1. Sample site map 188
Fig. 5.2. Illustration of typical work zone 190
Fig. 5.3. Examples of standing orders 203
Fig. 5.4. Collection, relocation and burning of oil away from spill source 207
Fig. 5.5. Representative configuration employing precipitation, flocculation, and sedimentation 213
Fig. 5.6. Soulbility of metal hydroxides and sulfides 222

제 1 장

서 론

제 1 장 서 론

해상에서 발생하는 각종 유해물질의 유출사고에 효과적으로 대처하기 위해서는 체계적인 방제조직과 방제선박, 방제장비, 훈련된 인력과 이를 뒷받침하기 위한 과학적인 방제기술이 필요하다. 유해물질의 사고에 대응하는 순서에 따라 5단계로 분류하면 1)사전 대비 단계, 2)유출물질 확인 단계, 3) 1차 응급조치 단계, 4) 위험추정 및 평가 단계, 5) 방제기술 지원 단계 등으로 나눌 수 있다.

유해물질 사고에 사전에 대비하기 위해서는 자국의 행정조직이나 시스템에 가장 적합한 체계적인 방제체제를 구축하고 긴급계획을 수립하며, 대량 유출사고에 대비하여 주변국과의 공동대응체제를 구축하는 것이 우선되어야만 한다 (IMO, 1995). 오염물질의 유출사고에 대비한 체계적인 대응체제를 갖추기 위해서는 방제인력이나 장비 기구 등 가용한 자원을 사고지역에 신속히 투입하고 이를 효율적으로 운용할 수 있는 체제가 구축되어 있어야만 한다. 특히 대형 유해물질 사고가 발생할 경우에는 동시에 많은 방제 인력이 소요되며, 여러 소속기관에서 방제인원과 장비를 투입하므로, 이를 통제하고 효과적으로 운영하는 것은 사고 처리의 성패를 좌우할 만큼 중요한 문제이다. 특히 대형 유출 사고에 대비하여 주변국과의 공조체제나 상호 지원 체제를 구축하는 것도 필수적이다(IPIECA, 1993). 그리고 방제작업에 투입할 수 있는 고도의 숙련된 인력을 평상시에 교육 양성하는 훈련체제를 갖추는 것도 매우 중요하다. 사고시의 긴급상황을 고려하여 전국에 대한 환경 민감도 지도나 방제 시나리오를 미리 작성해 두거나 방제작업이나 의사결정에 도움을 줄 수 있는 지역적인 특성을 사전에 목록화하여 두거나 해류나 조류, 기상 등 각종 환경자료의 데이타베이스나 모델을 준비해 두는 것도 필요하다. 가능하다면

이러한 모든 정보지원 체제를 통합적으로 구축하는 전산화된 방제기술 지원 시스템을 개발한다면 유출사고시에 매우 긴요하게 사용될 수 있다 (Krogh, 1984).

해상에서 유출사고가 발생하면 우선 유출물질이 무엇일지를 확인해야만 한다. 유출물질이 신고될 경우 쉽게 확인이 가능하지만 원인행위자를 밝혀내기 어렵거나 사고물질의 확인이 어려운 물질일 수도 있으므로 사고물질의 확인에 필요한 각종 기술이 필요하다. 유출물질의 확인을 위해서는 무엇보다도 유해물질의 분류체계가 통일되어 있어야 하며, 사고시 물질의 확인을 용이하게 할 수 있는 각종 제도적 장치가 필요하다. 해상으로 수송되는 유해물질은 그 수가 수천여종에 달하기 때문에 미확인 유해물질을 정성 정량적으로 분석해 내는 것은 아주 고도의 기술을 필요로 한다.

사고물질이 확인되면 오염행위자나 현장에 출동한 1차 방제요원들이 응급조치를 취하여 사고의 위험을 최소화하고 유출을 최대한 억제하며, 상황에 적합한 초등조치를 위하여 피해를 최소화하여야만 한다. 1차 방제조치시에는 신속한 물질의 조회를 통하여 특성과 유해성, 조치사항 등을 확보하기 위하여 각각의 유해물질에 대하여 상세한 데이타베이스를 구축해야만 하며 전문요원이 현장에 도착하기 전까지 현장의 1차조치자가 취할 수 있는 응급조치 요령을 마련해 두어야 한다 (DOT. 1990).

해상에 유출된 유류와 유해물질은 발생시기와 장소에 따라 확산과정이나 풍화과정이 매우 상이할 수 있으며, 유출물질의 종류또한 매우 다양하므로 효과적인 방제작업을 위해서는 고도의 기술전략적인 방제 체제가 구축되어 있어야만 한다. 특히 해상으로 수송되는 유해물질의 경우 그 종류가 4천여종에 달하며, 각각의 유해물질들은 해양환경으로 유출된 후 화학적 특성에 따라 아주 상이한 변화과정을 거치게 되므로, 사고 발생의 탐지와 식별 뿐만 아니라 피해의 예측과 피해 최소화를 위한 과학적인 대응조치에

있어서도 고도의 기술이 필요하다. 유해물질의 유출로 인한 피해를 최소화하기 위해서는 우선 유출로 인해 발생하는 위험을 추정하고 평가하여야만 한다. 유독한 화학물질이 유출될 경우 화재나 폭발, 독성작용 등으로 예기치 않은 인명피해가 발생할 수 있으므로 방제작업자나 인근의 주민을 보호하기 위한 의사결정 체제를 갖추어야만 한다.

유해물질의 과학적인 방제에 필요한 기술은 누출억제 기술, 확산 억제기술, 물리적 수거기술, 화학적 처리기술, 오염 정화기술, 폐기물 처리기술 등이다. 과학적인 방제기술에는 사고지역의 통제기술을 비롯하여 물질별 방제 정화방법의 선택, 해상에서의 방제작업에 필요한 각종 장비나 제제의 선택에 필요한 기술도 포함된다.

본 연구에서는 1차년도부터 국내의 상황을 분석하여 시급히 필요한 핵심기술을 도출하고 유해물질의 유출사고 방제 순서별로 년차별 연구 목표를 설정하였다. 본 연구는 추진 전략의 수립에 있어서 3년안에 최대한의 효과를 거둘 수 있는 연구 체제를 갖추기 위하여 독특한 추진 방법을 선택하였다. 우선 유해물질의 사고가 발생했을 때 수행되는 과학적인 방제 순서를 크게 5단계로 분류하고, 다시 각 방제 단계별로 필수적인 기술을 도출하였다. 본 연구의 기획단계에서 도출된 전체 세부 기술은 26가지로서 이를 3년이라는 단기간내에 확보하기 위하여 5단계를 동시적으로 연구를 추진하되 각 세부기술에 있어서는 연구의 시급성이 있거나 결과를 얻는데 장기간이 소요되는 기술에 우선순위를 두어 연차별 연구계획을 수립하였다.

본 연구의 2차년도의 연구내용은 1차년도의 연구에 이어 계속 진행되는 연구와 1차년도에 마무리된 부분 대신에 2차년도에 새로이 시작된 세부기술 연구로 구분될 수 있다. 제 2 장에서는 유류오염 대비, 대응 및 협력에 관한 국제협약 (OPRC 협약) 발효이 발효됨에 따라 우리나라의 가입에 필요한 요건을 분석하고 대책을 수립하였다. 3장에서는 OPRC 협약에서 요구하고 있는 국

가 시스템의 구축을 위해 필요한 요소와 긴급계획의 수립에 관한 연구를 수행함으로써 국내 방제체제의 선진화를 앞당기기 위한 시급한 현안을 해결하고자 하였다. 4장에서는 유출사고에 대비하는데 필요한 대응능력의 산정, 방제기술 지원 시스템의 개발, 교육훈련 체제의 구축, 과학지원관 제도 등에 관하여 심층적으로 논의하였다. 5장에서는 과학적인 방제 및 정화기술을 확보하기 위하여 유해물질 사고지역의 통제기술, 해상소각 기술, 유해물질 정화처리기술, 겔화제의 개발연구 등을 수행하였다.

Table 1.1. Stepwise goals of emergency response actions against hazardous material spills

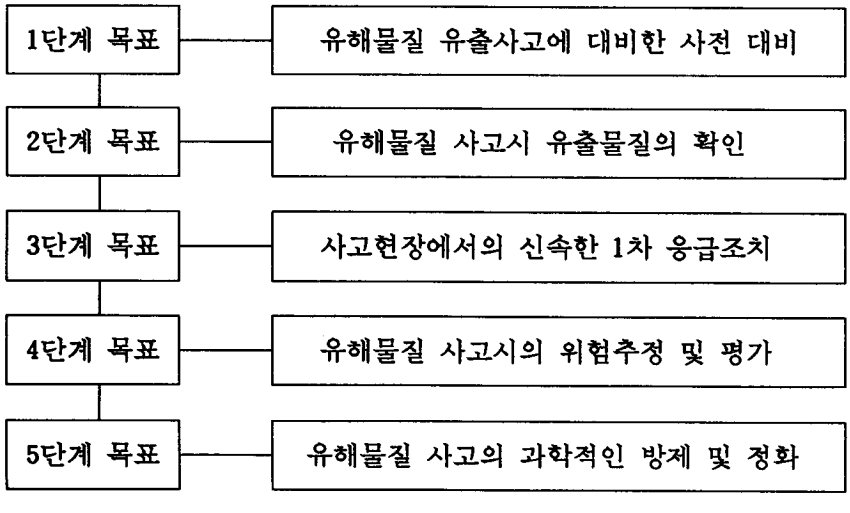


Table 1.2. Essential technologies and research plans to accomplish stepwise research goals

단계	단계별 목표	필수적인 세부 기술 및 체제	연구년도
1단계	유해물질 사고에 대비한 사전 준비	1. 국가 방제 시스템의 구축	1, 2
		2. 긴급계획의 수립	1, 2, 3
		3. 주변국과의 공동방제체제 구축	1, 2, 3
		4. 방제인력의 훈련 및 교육체제 구축	2, 3
		5. 방제기술 지원 시스템	2, 3
2단계	유해물질 사고시 유출물질의 확인	1. 유해물질 분류체계 통일	1
		2. 유해물질 표식, 플래카드, 선적 서류	1
		3. 미확인 유해물질의 분석 기술	1
3단계	현장에서의 신속한 1차 응급조치	1. 유해 화학물질 데이타베이스	타 과제*
		2. 1차 응급 방제조치 요령	1
		3. 통신 및 컴퓨터 네트워크 구축	3
4단계	유해물질 사고시의 위험추정 및 평가	1. 위험추정 및 평가 기술	1, 2, 3
		2. 유출물질 확산예측 기술	1, 2, 3
5단계	유해물질 사고의 과학적인 방제 및 정화작업	1. 유해물질 사고지역 통제 기술	2
		2. 표준 방제 과정(SOP)	3
		3. 개인 보호 장비	3
		4. 물질별 방제 및 정화방법 요약집	1
		5. 해상소각 기술	2
		6. 누출 억제 기술	3
		7. 확산 억제 기술	2, 3
		8. 물리적 수거 기술	2, 3
		9. 화학적 처리 기술	1, 2
		10. 오염지역 정화기술	1, 2
		11. 폐기물의 임시 저장 및 이송	2,
		12. 폐기물 처리 기술	2,
		13. 물질의 특성분류별 방제 정화 방법	1

* 과학기술 정보유통사업중 "해양자료 정보서비스 체제 구축"

본 연구는 한일 국제공동 연구과제로서 1987년 제 1 차 한일 과학기술 협력 위원회에서 양국이 합의한 이래 제 9 차 회의까지 매년 계속 협력하기로 합의되었다. 일본측 주관기관인 일본 해상보안청은 운수성 소속기관으로서 일본에서 해상 유출사고에 관한 모든 책임을 가지고 있으며, 지난 30여년간 해양오염 방제업무를 수행해 왔다. 일본 해상보안청의 조직표를 그림 1-1에 나타내었다 (MSA, 1988, 1991).

상대국 연구책임자인 사까이 (坂井時靖) 박사는 일본해상보안청 시험연구센터 화학분석과 과장으로서 유해물질 식별 분야의 전문가이다. 일본 해상보안청 시험연구센터는 20년 이상 유류 및 유해물질 오염 분야 연구를 수행해 왔으며, 본 국제공동연구를 통해 국가 방제체제의 구축과 긴급계획의 수립, 유류 및 유해물질의 과학적인 방제 정화기술에 관하여 공동연구를 수행하고 있다.

일본측에서는 지난 3년간 JICA를 통하여 매년 4-6명의 전문가를 자체 예산으로 한국에 파견하여 기술적인 지원을 계속해 왔으며 1995년에는 7명의 정화기술 전문가를 우리나라에 단기 파견할 예정이다. 1994년에는 동경과 서울에서 각각 한일 방제 전문가 회의가 개최되었으며 NOWPAP 지역 공동 방제체제의 구축과 OPRC 대응 현황, 대형 유출사고에 대비한 한일 공동 방제 훈련, 향후 한일간의 공동 연구과제 발굴 등에 관하여 폭넓은 의견교환이 있었다.

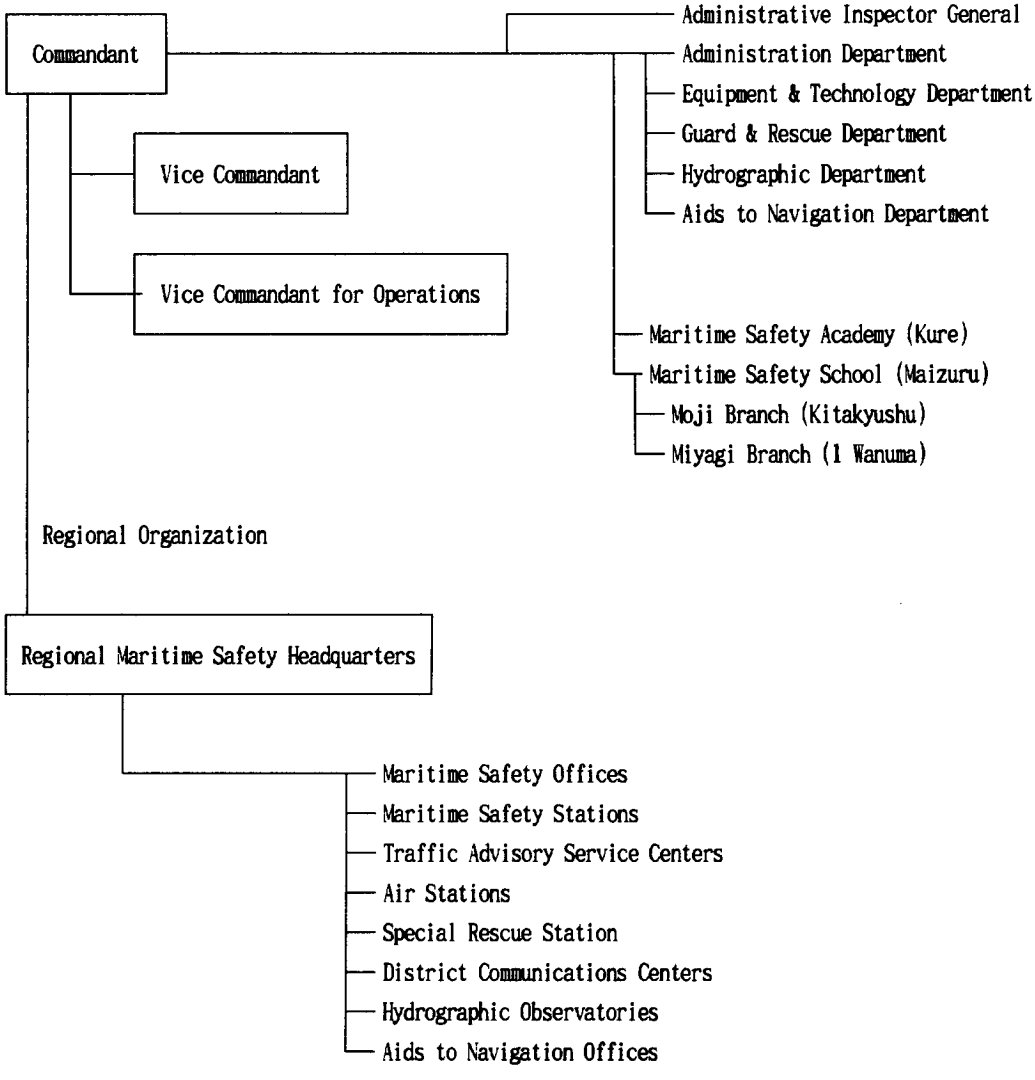


Fig. 1.1. Organizational chart of Ministry of Transport and Maritime Safety Agency responsiblel for oil pollution

제 2 장

해상 유출사고 대비, 대응 및 협력에 관한 국제협약

제 2 장 해상 유출사고의 대비, 대응 및 협력에 관한 국제 협약

제 1 절 서 언

우리나라 연근해에서 발생하는 각종 해상 유출사고는 매년 200여건을 상회하고 있다. '79년부터 '93년까지 15년간 발생한 총 유출사고는 3,169건으로서 총 15만 6천여 드럼이 해상으로 누출됐다. 최근 수년간의 통계를 보면 해상유출사고 건수는 꾸준하게 증가추세에 있으며, '92년과 '93년에는 300건이상이 발생했다 (해양경찰청, 1994). 우리나라에서는 이제까지 수천톤급의 유출사고만이 발생했을 뿐, 수만톤 내지 수십만톤 이상이 유출되는 대형사고는 발생하지 않았으나 최근에는 우리나라 주변에서도 유출사고의 규모가 크게 증가하고 있어 대규모 사고가 크게 우려되고 있다.

전세계적으로는 매일 약 7억배럴의 기름이 해상 수송중에 있으며 (Etkin, 1990), 지난 10년동안 10억 갤론 이상의 기름이 유출되었다. 1만 갤론 이하의 소량 유출사고의 총합계는 상당히 일정했던 반면, 10만 갤론 이상의 대형 유출사고가 얼마나 발생하느냐에 따라 연간 유출량은 상당한 변동이 있었다 (Fig. 2.1, Table 2.1). 1989년 3월 24일 미국 알라스카의 프린스 윌리암 사운드에서 발생한 엑슨 발데즈(Exxon Valdez)호 유출사고는 약 10,900,000 갤론(41,600 kl)을 유출시켰는데 (Kelso and Kendziorek, 1990), 유출량 규모에 있어서는 세계의 역대 대형 유출사고 순위로 36위에 불과하여 비교적 적은 규모였으나, 피해 지역의 자연 환경 조건 때문에 미국내 및 전세계적으로 집중적인 관심의 대상이 되었다. 엑슨 발데즈호 사고 전까지 미국의 해역에서는 이와 같은 대형 유출사고가

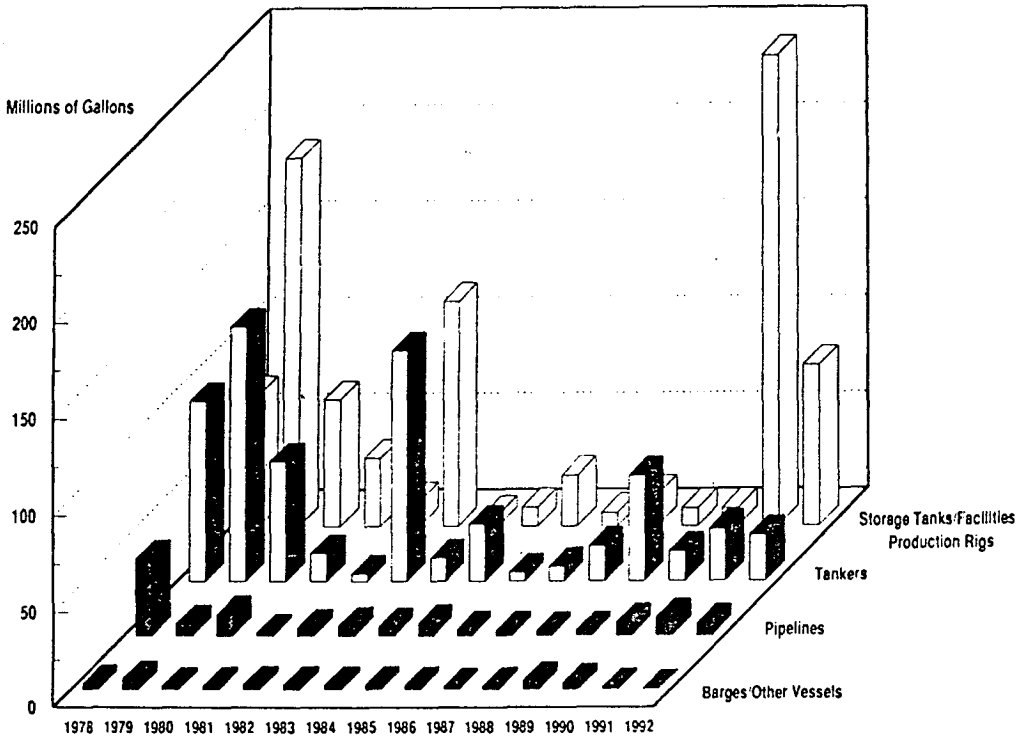


Fig. 2.1. Annual amounts spilled by source type

Table 2.1. Significant spills by spill quantity and category of incident

Spilled Oil quantity (tons)	Category of incidents									Total spill oil quantity (tons)
	Groundings	Collisions	Contacts	Fire and Explosion	Weather	Oil transfer	Flood, engine room trouble	Unknown	Total	
100-500	33	27	17	1	5	13	2	9	107	32,100
500-1,000	22	10	8	2	2	2	1	16	63	47,300
1,000-5,000	10	11	12	4	4	3	—	10	54	36,200
5,000-10,000	6	2	1	4	2	2	—	3	20	15,000
10,000-50,000	3	5	6	4	2	—	1	7	28	112,000
50,000-100,000	—	1	—	3	—	—	—	—	4	360,000
More than 100,000	1	1	—	1	—	—	—	—	3	300,000
Unknown quantity	4	2	1	—	—	—	1	2	10	—
Total	79	59	45	19	15	20	5	47	289	902,600

발생한 적이 없었기 때문에 미국 정부는 자국의 유출사고 대비 태세가 충분하다는 판단을 하고 있었다.

엑슨 발데즈호 사고 이전인 1987년에 알라스카 파이프라인 (Alyeska Popeline Service Company)이 세운 프린스 윌리암 사운드의 긴급계획은 30년에 한번 발생할 수 있는 최악의 상황을 84,000 갤론으로 설정했으며, 엑슨 발데즈호 사고가 발생하기 3개월전인 1989년 1월에 이미 탱커 톰슨 패스(Thompson Pass)호의 유출사고로 71,400 갤론이 유출된 바 있었다. 그러나 이 사고에 이어 1989년 3월 엑슨 발데즈호는 10,900,000 갤론을 유출시켰으며 확률적으로 241년에 한번 발생할 것으로 예측했던 사고의 규모였다 (USCG, 1993).

엑슨 발데즈의 경험은 이제까지 준비되었던 유출사고 긴급계획의 대폭 수정을 불가피하게 하였다. 유출사고에 대비한 사전 대비에는 막대한 예산이 필요하기 때문에 대부분의 국가들은 경제적인 측면을 고려하여 자국의 주변 해역에서 가장 빈번히 발생하는 유출사고의 규모에 맞추어 대비 태세를 갖추어 왔다. 그러나 수만톤 이상의 대형사고가 발생할 경우 이를 처리하기 위해서는 단기간에 자원과 인력, 관리에 있어서 복잡성이 크게 증가하기 때문에 중소형 유출사고에 대비한 긴급계획은 거의 쓸모가 없다는 것을 깨닫게 되었다. 미국은 10년간을 끌어오던 유류오염에 관한 법률(Oil Pollution Act: 이하 OPA 90)을 의회에서 전격적으로 통과시켰으며, 국제해사기구(IMO)에서는 범세계적인 유출사고 방제 체제를 구축하기 위하여 1990년 유류오염 대비, 대응 및 협력에 관한 국제협약 (International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-operation: 이하 OPRC 협약)을 채택하기에 이르렀다 (Edwards, 1993).

협약 채택 이후에도 스코틀랜드 셔틀랜드에서 발생한 유조선

브레이어호 사고를 비롯하여 7-8만톤급의 사고가 연이어 발생함에 따라 전세계 각국은 대형 유출사고에 대비하여 긴급계획을 평가하고 준비태세를 전면적으로 보완하기 시작했으며, 세계 곳곳에서 지역해 중심의 공동 방제 체제를 구축하려는 노력도 가속화 되었다.

1995년 3월 13일 OPRC 협약이 발효됨에 따라 유류오염사고에 대비한 전세계적인 대응 시스템이 본격 출범하게 될 예정이나 (Motora, 1995), 우리나라에서는 아직까지 OPRC 협약에 가입하기 위한 준비태세가 갖추어져 있지 못한 상태이며, 국제적 수준의 방제체제 구축과 지역해의 공동방제체제 구축을 위한 구체적인 준비또한 미진한 상태이다. 해운항만청에서는 OPRC 협약의 국내 수용을 위하여 현행 "해양오염방지법"을 보완하는 "해상재해 방지법"의 제정 작업을 추진해 왔으나 국회에서 통과되지 못함에 따라 방제체제의 개편은 방향을 잃은 상태이다.

본 연구에서는 OPRC 협약의 발효에 대비하여 협약의 내용을 분석하고 동 협약의 발효가 우리에게 미치는 영향을 파악하여 대책을 수립하고자 하였다. 해양오염 방지법 제정을 추진하면서 이미 OPRC 협약 발효에 대비한 상당한 준비를 해 왔으나, OPRC 협약에 가입하기 위해 협약에서 요구하고 있는 제반 여건을 갖추는데는 상당한 준비기간이 필요할 것으로 보인다. 본 장에서는 OPRC 협약의 시행을 위해 조직된 OPRC 작업반의 활동 현황과 주변국들의 대응 현황을 분석하고 우리나라의 대응 방향에 관하여 논의하였다.

제 2 절 유류오염 대비, 대응 및 협력에 관한 국제 협약의 배경

대형 유류 유출사고는 주로 유류 수송 탱커의 충돌이나 침몰에 의해서 발생한다. 비록 이러한 대형사고는 빈번하게 발생하지는 않지만 수천톤 이상의 기름이 한번에 유출될 경우 지역적으로 막대한 피해를 유발하게 된다. 1967년 토리케년 호 사고 이후 1993년까지 55,000 DWT 이상의 탱커에서 발생한 대형 유출사고는 35건이었다 (Welch and Yando, 1993). 토리캐년호 사고 이후 1971년 탱커 규모의 제한 등 대형 유류 유출사고를 줄이기 위한 일련의 노력이 계속되어 왔으며, 1989년 엑슨 발데즈호 사고 이후 미국이 1990년에 유류오염에 관한 법률(OPA 90)을 통과시킴에 따라 미국 영해내를 통과하는 모든 탱커는 이중선저(double hull)가 의무화 되었다.

한편 국제해사기구(IMO)에서는 1991년 MARPOL 73/78을 개정하여 600 DWT이상의 모든 탱커는 이중선저나 mid-deck construction과 같이 이중선저에 상응하는 효과를 갖는 구조를 갖추도록 하였다. 이 개정안은 1993년 7월 이후 건조계약되고 1996년 7월 이후 인도되는 탱커에 적용된다. 그러나 현존하는 탱커에 대해서는 선령 25년-30년의 유예기간을 주도록 되어 있다 (Motora, 1995). 이중 선저 구조의 탱커가 증가할 수록 유류 유출사고의 수는 감소하겠지만 이중선저가 모두 파손될 경우에는 마찬가지로 유류가 유출될 수 밖에 없다.

1991년 발효된 이중 선저구조에 관한 규제에 따라 탱커로 인한 유류 유출사고의 수는 감소할 것으로 예상되지만 모든 문제가 해결되는 것은 아니다. 첫째, 현존하는 탱커가 모두 이중 선저구조를 갖는 탱커로 대체되는 데는 상당한 시간이 필요하다. Table 2.2에서 보는 바와 같이

Table 2.2. Replacement of existing tankers by double hull ships

Year	Ship size (1,000 DWT)	Number of ships	Sum	Tonnage (MDWT)	Number of expired ships	Sum
1995 - 1999	20 - 200	551	698	68.9	110	139
	200 and above	147			29	
2000 - 2004	20 - 200	533	737	101.2	106	147
	200 and above	204			41	
2005 - 2009	20 - 200	367	377	25.0	73	75
	200 and above	10			2	
2010 - 2014	20 - 200	311	355	30.8	62	71
	200 and above	44			9	
2015 - 2016	20 - 200	132	164	19.4	66	82
	200 and above	32			16	
1995 - 2016 (22 Years) Total	20 - 200	1,894	2,331	245.3	86	106
	200 and above	437			20	

현존하는 탱커의 수가 갑자기 감소하지는 않을 것으로 예상되기 때문이다. 둘째는 이중 선저가 모든 형태의 사고에 효과가 있지는 않다는 점이다. 선저가 심하게 손상되지 않을 경우에는 이중 선저가 매우 효과적일 수 있으나 선저의 손상이 클 경우에는 효과가 없기 때문이다. 국제해사기구에서 이중 선저의 효과를 예상한 결과에 따르면, 선저의 내벽에까지 손상을 주는 사고는 약 40%정도에 달하므로 이러한 사고에 대해서는 이중선저 구조가 기름 유출사고의 피해를 줄일 수 없다고 판단하고 있다 (Motora, 1995).

따라서 이중 선저 구조화 되더라도 유조선 사고의 위험은 여전히 남아 있으며, 일단 사고가 발생하면 그 결과는 심각한 해양오염을 유발함은 물론 광범위한 해역에 막대한 피해를 초래하게 될 것이다. 대형 유출사고가 발생할 경우 일부 지역이나 단일 국가의 능력으로는 방제가 역부족일 수 밖에 없다는 사실에도 불구하고 언제 발생할지 모르는 이러한 위험에 대처하기 위하여 막대한 투자를 한다는 것 역시 경제적 측면에서는 큰 부담일 수 밖에 없다 (Etkin, 1990). 국제해사기구(IMO)에서는 사고 발생후 신속하고 효과적인 방제조치를 하지 못할 경우 그 오염피해가 더욱 확산된다는 사실과 이를 위한 범국가적, 범세계적인 대비, 대응 및 협력이 긴요하다는 인식 아래 1989년 10월 IMO 제 16차 총회에서 미국측의 제안에 의거하여 총회결의서(A.674)를 채택하였으며, 해양환경보호위원회(MEPC)로 하여금 협약안을 작성토록 요청하였다. 국제해사기구는 1990년 5월 준비회의를 가졌으며, 1990년 11월 유류오염 대비, 대응, 및 협력에 관한 국제협약 (International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-operation: OPRC Convention)을 채택하였다(IMO, 1990). 본 협약은 1995년 5월 13일에 발효될 예정이며, 현재 아르헨티나,

호주, 카나다, 이집트, 핀랜드, 프랑스, 아이슬랜드, 멕시코, 네덜란드, 나이지리아, 노르웨이, 파키스탄, 세네갈, 스페인, 스웨덴, 미국, 우르과이, 베네주엘라 등 19개국이 비준한 상태인데, 협약의 발효 이후 세계 각국이 본 협약에 가입할 것으로 예상되고 있다.

제 3 절 유류오염 대비, 대응 및 협력에 관한 국제 협약의 내용

제 1 조 (일반규정) 당사국은 기름 오염사고에 대비하고 대처하기 위하여 이 협약 및 부속서의 규정에 따라 개별적으로 또는 공동으로 모든 적절한 조치를 취한다.

제 2 조 (정의) 기름, 기름오염사고, 선박, 해양시추선, 기구에 대한 정의

제 3 조 (기름오염 비상계획) 각 당사국은 그 국적을 가진 선박으로 하여금 IMO에 의해 채택된 규정에 요구하는 기름오염 비상계획을 보유하도록 요구하여야 한다. 비상계획을 보유하도록 요구받은 선박은 항만이나 해상 터미널에 있는 동안 국제협정이나 국내법에 규정한 내용에 따라 당해 국가가 임명한 자에 의해 검사를 받아야 한다. 각 당사국은 자국의 관할권 내에 있는 해상 시추선의 운영자로 하여금 동협약 6조에 따라 구축되는 국가 방제 체제에 부합되고 당국이 정한 과정에 따라 승인된 기름 오염 비상계획을 보유할 것을 요구하여야 한다. 각 당사국은 관할 구역 내의 항구나 기름 취급시설의 책임기관이나 운영자로 하여금 동협약 6조에 따라 구축되는 국가 방제 체제에 부합되고 당국이 정한

과정에 따라 승인된 기름 오염 비상계획을 보유할 것을 요구하여야 한다

제 4 조 (기름오염 보고 절차) 각 당사국은 관할권내의 선박이나 시추선의 선장이나 소유자에게 자신의 선박에서 기름의 유출이 발생하거나 유출 가능성이 있는 어떠한 사고가 발생시 지체없이 보고하도록 요구하여야 한다. 보고장소는 선박의 경우에는 가장 가까운 연안국, 시추선은 그 관할권을 가진 연안국에게 보고하여야 한다. 각 당사국은 관할권내의 선박이나 시추선의 선장이나 소유자에게 기름의 유출이나 기름의 존재를 발견시에는 지체없이 보고하도록 요구하여야 한다. 보고장소는 선박의 경우에는 가장 가까운 연안국, 시추선은 그 관할권을 가진 연안국에게 보고하여야 한다. 각 당사국은 관할권내의 항만이나 기름 취급시설의 소유자에게 기름의 유출이나 존재를 발견할 경우 지체없이 당국에 보고하도록 요구하여야 한다. 해당 당사국은 해양감시선이나 항공기 또는 기타 적절한 임무를 하는 자에게 기름의 유출이나 존재를 발견할 경우 지체없이 당국이나 가장 가까운 연안국에 보고하도록 요구하여야 한다. 유출사고가 발생한 선박에 대해서는 IMO에의해 개발하고 IMO가 채택한 지침이나 원칙에 따라 보고를 하여야 하며, 그 이외의 경우에는 IMO가 채택한 지침이나 원칙에 따라 보고를 하여야 한다.

제 5 조(기름사고 보고시의 조치) 해당 당사국이 기름사고의 보고를 받았을 때에는 (1) 기름오염사고인지를 평가하고, (2) 그 기름오염사고의 특성, 정도 가능한 결과에 대해 평가를 하고, (3) 지체없이 이러한 기름오염사고에 의하여 영향을 받거나 받을 수 있는 모든 국가에게 그 상세한 평가내용 및 사고를 처리하기 위하여 취하였거나 취할 예정인

조치와 추가 정보를 제공하여야 한다. 이러한 통보는 사고 방제행위가 종료되거나 공동방제행위가 결정될 때까지 행해져야 한다. 중대한 기름오염사고의 경우에는 위의 정보를 직접 혹는 지역 조직을 통하여 IMO에 제공하여야 한다. 중대한 기름 오염사고의 영향을 받는 다른 국가는 직접 또는 지역 조직이나 제도를 통하여 그 국가의 이익에 대한 위협의 정도에 대한 평가와 취하였거나 취하고자 하는 조치 등을 알려야 한다. 당사국은 가능한한 다른 국가 및 IMO와 정보를 교환하고 연락을 취할 때는 IMO가 개발한 보고 시스템을 사용하여야 한다.

제 6 조 (대비 및 대응을 위한 국가 및 지역 방제체제) 각 당사국은 기름 오염 사고에 즉각적이고 효과적으로 대처하기 위한 국가적인 방제체제를 확립하여야 한다. 이 시스템에는 최소한 (1) 기름 오염 대비 및 대응에 대한 책임을 갖는 관할 당국과 (2) 기름 오염사고 보고를 받고 이를 전파하는 책임을 갖는 국가의 실무 창구, (3) 지원을 요청하거나 지원 요청을 결정하기 위한 국가를 대신할 수 있는 당국 등을 지정하여야 한다.

또한 각 당사국은 유류오염의 대비 및 대응을 위한 국가 긴급계획을 준비해야 하며, 이 국가 긴급계획에는 IMO가 개발한 지침을 고려하여 국가나 민간의 여러 기관간의 방제 조직이 포함되어야 한다. 각 당사국은 개별국가나 양국 혹은 다국간의 협력 및 기름회사나 선박회사 항만과의 협력을 통하여 (1) 유출사고의 위험에 상응하는 기름 유출 방제 장비의 사전 배치 최저 수준 및 이의 사용 계획, (2) 기름 오염 대응 조직의 훈련 및 관련 요원의 양성 프로그램, (3) 기름 오염 사고에 대응하기 위한 상세한 계획 및 통신 능력, (4) 기름 오염 사고시 방제와 필요한 자원의 동원 능력을 조화시키기 위한 구조 또는 제도를 갖추어야 한다.

각 당사국은 직접 또는 지역조직 또는 제도를 통하여 (1) 기름오염 대비 및 대응에 대한 책임을 가진 관할 당국의 주소, 전화번호, 관할 당국의 책임지역, (2) 타국의 요청시 제공할 수 있는 오염대응 및 해난구조와 관련된 오염 대응 장비 및 전문 기술에 관한 정보, (3) 국가 긴급 계획서 등의 최신 정보를 IMO에 제공하여야 한다.

제 7 조 (오염대응에 있어서의 국제협력) 당사국은 영향을 받거나 받을 것으로 보이는 국가의 요청으로 중대오염사고의 방제를 위하여 협력하고 기술 지원이나 장비의 지원 기술적인 지원이나 장비의 지원을 하는데 동의하여야 한다. 어떠한 지원에 대한 비용의 조달은 본 협약의 부속서 1에 기재된 규정에 근거하여야 한다. 지원을 요청한 당사국은 비용에 대한 잠정적인 융자를 받을 곳을 구하는데 있어서 IMO에 도움을 요청할 수 있다. 국제협정에 따라 각 당사국은 자국의 법령에 따라 (1) 기름오염사고 방제에 관여하거나 인력, 화물, 자재 및 장비의 수송에 필요한 선박, 항공기 및 기타 운송수단의 도착, 이용 및 출발에 대한 편의를 제공하여야 하며, (2) 상기의 요원, 화물, 자재 및 장비가 당해국가내로 신속히 반입되거나, 통과하거나, 반출될 수 있도록 편의를 제공하여야 한다.

제 8 조 (연구 및 개발) 각 당사국은 기름오염의 감시, 확산차단, 회수, 분산처리, 정화기술과 기름오염의 영향을 최소화하거나 완화하고, 피해복구를 하는데 필요한 기술 등 기름오염대비 및 대응에 대한 기술적 수준의 향상과 관련한 연구 및 개발을 촉진하고 그 연구 결과를 교환하는데 있어서 IMO 및 지역 조직 등을 통해 협력하여야 한다.

당사국은 직접 또는 IMO 및 지역기구나 조직을 통하여 각국의 연구기관간 필요한 연계체계를 구축해야 한다. 당사국은 기름오염 방제기술 및 장비에 있어서의 기술적인 진전과 같은 내용에 관한 국제 심포지움을 정기적으로 개최하는 것을 협력하여햐 한다. 당사국은 IMO 또는 다른 관련 국제 기구를 통하여 기름오염 방제 기술 및 장비의 표준을 개발하는 것을 장려해야 한다.

제 9 조 (기술 협력) 당사국은 직접 또는 IMO나 타 국제기구를 통해 기술적인 지원을 요청한 타국에 대하여 기름 오염 대비 및 대응에 관한 지원을 제공하여야 한다.

(1) 인력의 교육

(2) 가용한 적절한 기술이나 장비, 설비 등 의 제공

(3) 기름 오염사고에 대비하고 대응하기 위한 다른 조치 및 준비의 편의 제공

(4) 공동 연구개발 프로그램의 시작

제 10 조 (대비 및 대응에 있어서 양자 및 다자간 협력의 촉진) 각 당사국은 기름오염 대비 및 대응에 관한 양자 및 다자간 협정을 체결하기 위하여 노력하여야 한다. 이러한 협정의 사본은 당사국들이 이용할 수 있도록 IMO에 보내져야 한다.

제 11 조 (타 협약 미 국제 협정과의 관계)

이 협약의 어떠한 사항도 다른 협약 및 국제 협정에 의한 어느 당사국의 권리 또는 의무를 변경하는 것으로 해석되어서는 안된다.

제 12 조 (제도적인 장치) 각 당사국은 합의와 이러한 활동을 수행하기 위한 적절한 자원이 가용하다는 조건으로 IMO를 다음과 같은 기능 및 활동을 수행하도록 지정한다.

1) 정보 서비스: 정보의 수집, 종합, 전파 및 방제비용 융자 알선

2) 교육 및 훈련: 교육체제 구축, 국제 심포지움 개최

3) 기술적인 자문: 연구개발의 협력 증진, 국가 및 지역의 방제 능력 확보를 위한 자문, 그리고 제공되는 정보의 분석

이러한 활동을 수행함에 있어 IMO는 각국, 지역 협정, 기업 협정에 의한 경험을 바탕으로 하고, 개발도상국에 있어서의 이러한 필요성에 유의하여 기름오염사고에 대비하고 대응하기 위한 각국 혹은 지역적인 협정을 통한 능력을 강화하는데 노력한다. 본 조문의 규정은 IMO에서 개발되고 검토된 프로그램에 따라 집행된다.

제 13 조 (협약의 평가) 당사국들은 협약의 목적을 고려하여 특히 협력과 지원을 바탕으로 한 원칙에 따라서 IMO 내에서 협약의 효과를 평가해야 한다.

제 14 조 (개정) 협약은 개정 방법 명시

제 15 조 (서명, 비준, 수락, 승인 및 가입) 이 협약은 1990년 11월 30일부터 1991년 11월 29일까지 기구의 본부에서 서명을 위하여 개방되고, 그 이후에는 가입을 위하여 개방된다. 어느 국가도 다음의 어느 한가지 방법에 의하여 이 협약의 장사국이 될 수 있다.

1) 비준, 수락 또는 승인에 관한 유보없는 서명

2) 비준, 수락 또는 승인 조건부 서명후 비준, 수락 또는 승인

3) 가입

비준, 수락, 승인 또는 가입은 IMO의 사무총장에게 동 취지의 문서를 기탁함으로써 행한다.

제 16 조 (발효) 본 협약은 제 15조에 따라 개국 이상이 비준, 수락 또는 승인에 관한 유보 사항 없이 서명하였거나 비준, 수락, 승인 또는 가입문서를 기탁한 날의 12개월 후에 발효한다. 이 협약의 발효요건이 충족된 후이지만 동 발효일 이전의 기간 동안에 이 협약에 대한 비준, 수락, 승인 또는 가입의 문서를 기탁한 국가에 대하여 비준, 수락, 승인 또는 가입은 이 협약의 발효일 또는 동 문서의 기탁일로부터 3개월이 경과된 날 중 늦은 날부터 발효한다. 이 협약의 발효일 후에 비준, 수락, 승인 또는 가입에 관한 문서를 기탁한 국가에 대하여 이 협약은 동 문서의 기탁일로부터 3개월 후에 발효된다. 이 협약의 개정이 제 14조에 의하여 수락되었다고 간주되는 날 이후에 기탁되는 비준, 수락, 승인 또는 가입에 관한 문서는 개정된 협약에 대하여 적용된다.

제 17 조 (폐기) 이협약의 모든 당사국은 이 협약이 당해 국가에 대하여 발효된 날로부터 5년이 경과한 후에는 언제든지 이를 폐기할 수 있다. 폐기는 IMO의 사무총장에게 서면 통고로써 행해 진다. 폐기는 IMO 사무총장이 폐기 통고서를 접수한 날로부터 12개월 후 또는 동 통고서에 명기된 그 이상의 기간이 경과한 후에 효력을 발생한다.

제 18 조 (기탁) 협약의 기탁, 공보, 송부

제 19 조 (언어) 협약 작성 언어

부속서 (원조비용의 변제)

기름오염 사고를 처리하는 당사국들의 조치에 적용되는 재정재도에 관한 협정이 2개국 또는 다수국간에 체결되어 있지 않으면, 당사국들은 아래 1항 또는 2항에 따라 오염을 처리하는데 있어 각자의 조치에 대한 비용을 부담해야 한다.

1) 한 당사국의 명시 요청으로 다른 당사국이 기름오염에 대한 조치를 취하는 경우, 도움을 의뢰한 당사국은 도움을 준 당사국에게 그 조치에 대한 비용을 상환해야 한다.

2) 어떤 당사국이 자발적으로 그 조치를 취했다면, 이 당사국이 그 조치에 대한 비용을 부담해야 한다.

도움을 요청한 당사국은 도움을 준 당사국에게 현행 국제법 제도하에서 보상되어질 수 없는 비용에 대한 상환의 일부 또는 전부를 포기할 것을 요구할 수 있다. 또한 비용에 대한 상환의 연기를 요구할 수도 있다. 이러한 포기 또는 연기에 대한 요구를 고려함에 있어, 도움을 준 당사국은 개발도상국의 요구를 상당히 고려하여야 한다.

별도의 합의가 없는 한, 타 당사국의 요청에 따라 한 당사국에 의하여 취해진 조치에 대한 비용은 이런 비용의 상황에 관하여 "도움을 준 당사국의 법률과 현행 관습에 따라 계산되어져야 한다".

이 협약과 부속서의 규정은 어떤 경우에도 달리 적용할 수 있는 국내법 및 국제법의 규정에 따라 오염 또는 오염의 위협에 대처하기 위한

방제활동 비용을 제3국으로부터 보상받을 당사국의 권리를 저해하는 것으로 해석되어서는 안된다.

OPRC 협약의 결의문(요약)

결의 1. 1990면 기름오염의 대비, 대응 및 협력에 관한 국제협약의 조항에서 인용하는 국제해사기구에 의하여 제정된 문서 및 다른 서류의 참조

결의 2. 모든 국가로 하여금 되도록 빠른 시간내에 비준을 통해 OPRC 협약 당사국이 되며, 협약의 내용을 이행할 것을 요구하는 내용. 모든 국가로 하여금 가능한 한 빨리 기름 오염 방제를 위한 국가적인 시스템을 구축할 것을 촉구하며, 협약의 발효 이전에도 모든 국가로 하여금 기름오염 방제에 관한 정보를 교환하고 대형 유류오염 사고시에 즉각적인 지원이 가능하도록 협조할 것을 촉구하는 결의.

결의 3. OPRC 협약의 제도적인 장치를 다루는 제 12조의 조기 이행을 위한 결의

결의 4. 대비 및 대응을 위한 국가 및 지역 방제체제 구축을 명시한 제 6조의 시행을 위한 결의

결의 5. 기름오염 방제 장비 비축장의 설립에 관한 내용으로서 오염피해에 대한 자금제공의 기본 원칙중의 하나가 오염행위자 부담 원칙이며, 개별 국가의 대처 능력을 초과하는 대형 사고의 방제를 위하여 선박통항이 빈번하고 특별히 민감한 생태조건 증으로 인하여 취약한

지역에 기름 방제장비를 비치케 할 필요성이 있으므로 기부 국가나 산업체와 협력하여 개발도상국의 취약지역에 방제 장비 비축장 및 센터를 설치하려는 IMO의 활동을 인지하고, 지역 및 국지적인 단위의 방제장비 비축장을 설립하는 계획을 수립할 것을 촉구하는 결의.

결의 6. 가입국으로 하여금 개발도상국에게 특히 인력의 훈련, 기술, 장비 시설의 가용성을 보장해 주고, 개발도상국에게 공동 연구나 개발 프로그램을 개시할 수 있도록 도와 주는데 있어서 지원활동을 강화할 것을 요청하는 결의

결의 7. 기름오염 대비 및 대응을 위한 훈련계획의 개발 및 시행을 위하여 포괄적인 훈련 프로그램의 개발을 지원하도록 촉구하는 결의.

결의 8. 1989년 국제 해난구조 협약의 비준을 촉구하고, 각국이 해난구조 능력을 재고할 것을 촉구하는 결의.

결의 9. 국가와 보험업자간 협력을 요구하는 결의.

결의 10. OPRC 협약을 유해 및 유독물질까지 포함하는 협약으로 범위를 확장해야 하는 당위성과 향후 이러한 확장을 위한 준비를 할 것을 촉구하는 결의

제 4 절 유류오염 대비, 대응 및 협력에 관한 국제 협약의 시행을 위한 후속 조치

1. OPRC 작업반의 구성 및 활동

1990년 11월에 채택된 유류오염 대비, 대응 및 협력에 관한 국제 협약(OPRC)의 조기 시행을 위하여 1991년 7월에 열린 31차 해양환경보호 위원회(Marine Environment Protection Committee; 이하 MEPC) 에서는 OPRC 작업반(Working Group)을 조직하여 운영하기로 합의하였다. 94년말까지 이 작업반은 5차례에 걸쳐 회의를 가졌는데, 4차례는 MEPC 회기중에, 1차례는 회기간에 열렸다. 참여국은 평균 18개국과, 2개 국제기구(Intergovernmental Organixations: IGOs), 6개 비정부단체(Non-governmental Organizations: NGOs)가 참여해 왔다 (IMO/MEPC, 1994a).

2. OPRC 작업반의 추진 과제

OPRC 작업반은 본 협약의 시행을 위해 필요한 17가지의 과제를 도출하고 각 과제의 시급성을 평가함으로써 작업반의 시간 계획표를 작성하였다. OPRC 작업반의 19가지 과제는 다음과 같다.

과제 1 (우선순위 상/계속 수행 요망) 정보의 수집 및 전파

과제 2 (우선순위 중) 해저 시추선에서의 기름오염 긴급계획의 준비를 위한 지침 개발

과제 3 (우선순위 중) 항만 및 유류 취급시설에서의 기름오염 긴급계획의 준비를 위한 지침 개발

과제 4 (이미 완료) IMO에 보고하여야 하는 기름 유출사고의 규모에 관한

권고를 만들것인지에 대한 결정

과제 5 (우선순위 중상) 기름 및 화학물질 오염 방제에 대한 지침서(긴급계획 작성, 해난구조, 제도 및 법적 측면, 유처리제 사용, 화학물질 오염, 열대지역 방제 등)의 개편

과제 6 (계속 추진 요망) 국제적인 지원이 필요할 경우 IMO의 조정 기능을 향상시키기 위한 수단의 강구

과제 7 (우선순위 상) 당사국은 유류오염 사고 방제를 위해 지원하는 타국에게 편의를 제공하라는 OPRC 7조를 행하기 위한 수단으로서 실행 지침 및 권고를 준비

과제 8 (계속추진 요망) 기름 오염 대비 및 대응과 관련한 연구개발의 촉진

과제 9 (우선순위 하) 기름오염 방제장비의 조화를 위한 국제 기준의 필요성 도출 및 그러한 표준의 개발의 촉진

과제 10 (우선순위 상) 방제인력의 교육 훈련 시스템 구축을 위한 OPRC 모델 코스의 개발 및 승인

과제 11 (이미 완료) IMO가 OPRC 훈련 코스의 인증 체제(accreditation system)를 만드는 것에 대한 가능성 검토 및 적절한 권고를 하는 것.

과제 12 (계속 추진) 결의서 7에 따라 IMO의 훈련 전략 및 프로그램을 마련

과제 13 (계속 추진) 12조와 결의 3의 검토 및 권고

과제 14 (우선순위 중) 정부이외에서 보유하고 있는 방제 장비 및 가용성의 검토

과제 15 (우선순위 상) 해난구조 능력의 재고

과제 16 (우선순위 하) OPRC 협약에 유해물질로 인한 오염을 확대 적용하기 위한 적절한 도구를 개발

과제 17 (계속 추진) 유해물질에 대한 OPRC 협약 확대를 추진하기 위한 조치 강구

3. OPRC 작업반의 활동 현황

OPRC 협약에 가입한 각국은 기름오염 대비 및 대응에 관하여 기술적 지원을 요청하는 국가에게 지원을 해주어야 할 의무가 있으며, IMO를 통하여 기술의 이전에 협력하여야 할 의무가 있다. 해양오염 대비 및 대응 과제는 IMO의 기술 협력 프로그램의 중요한 부분을 차지하고 있다. OPRC 작업반의 주요 임무는 개발도상국들이 협약을 이행하는 것을 도와주는 도구(tools)를 개발하는 것이다. 1994년 8월 MEPC 36차 회의시에 중간보고된 OPRC 작업반이 설정한 17개 과제의 현재 추진 상황은 다음과 같다 (IMO/MEPC, 1994b).

과제 1 (정보 수집 및 전파) OPRC 작업반에서는 1991년부터 세계 각국의 오염 대응 능력을 파악하고 오염 방제의 책임기관 및 접촉 창구에 관한 정보를 수집하기 위해 설문서를 보냈으며, 최종 취합된 자료를 1994년 말에 발간할 예정임. MARPOL 73/78 부속서 I에 규정된 선박의 초기 사고보고 양식을 채택하여 사용키로 함.

과제 2, 3 (해저 시추선 및 항만의 기름오염 긴급계획의 준비를 위한 지침 개발) 기름오염에 관한 IMO 매뉴얼의 개정작업을 진행중에 있음.

과제 4 (기름 유출사고의 보고 기준) 특별한 필요가 없는 것으로 검토되었음.

과제 5 (기름 및 화학물질 오염 방제에 대한 지침서 개정) 긴급계획 작성 지침, 제도 및 법적 측면, 유처리제 사용 지침을 36차 MEPC 회기중에 완료함.

과제 6 (국제적인 지원이 필요할 경우 IMO의 조정 기능 향상) 걸프전 때 IMO의 조정 역할을 시험가동할 수 있는 귀중한 경험을 얻었음. 사고마다 상황이 다르고 지침이 엄격하게 적용되기 어렵기 때문에 IMO가 수행하는 조정 역할의 연습을 위한 지침이 필요하다고 생각됨. IMO가 대형사고시 국제적인 지원을 할 수 있는 조정 기능을 하기 위한 능력을 테스트 하는 가상 연습이 필요하나 더이상의 진전은 없음.

과제 7 (유류오염 사고 방제 편의 제공) 34차 회의에서 지침의 중간 보고서 채택

과제 8 (기름 오염 대비 및 대응과 관련한 연구개발의 촉진) 미국 연안경비대에서 개발한 국제 유류오염 연구개발 요약 데이타베이스를 운용하고, 1차례의 연구개발에 관한 국제 심포즘을 개최함. 1995년 5월 IMO 본부에서 2차 국제 유류 오염 연구 개발 포럼을 개최할 예정임.

과제 9 (기름오염 방제장비의 국제 표준 기준 개발) 미국 ASTM에서 유해물질 및 유류오염 대응에 관한 위원회에서 수행한 결과를 제공 받았으며, 작업반은 향후 국제 표준 기준을 개발을 고려하고 있음.

과제 10 (방제인력의 교육 훈련 시스템 개발) IMO 모델 코스로서 카나다 연안 경비대의 주관으로 네가지 수준의 교육 코스가 설계되었음.

IMO Model Course 1A: 초급 방제자 수준

IMO Model Course 2A: 지휘자/현장 방제책임자(OSC) 수준

IMO Model Course 3A: 책임자 수준

IMO Model Course : 훈련 교관 교육 수준

카나다 연안경비대는 비공식적인 자문을 받아 이러한 네가지 코스의 다자인을 마치고 우선적으로 지휘자/현장방제책임자 수준을 가장 먼저 개발하기로 결정하였음. 개발된 교육 코스는 개발도상국에서 현장 테스트를 거쳐 시행할 예정임.

과제 14 (방제 장비의 배치) IMO는 디보티와 필리핀에 국부적인 저장시설의 설치하는데 지원했으며, 일본의 1천만불 원조하에 아세아 국가들의 방제 장비 보강을 위해 수행된 OSPAR 프로그램으로 지역 방제체제를 구축함.

과제 16, 17 (유해물질에 대한 OPRC 협약 확대) MEPC 31차 회의에서 기름 이회의 유해물질에 까지 범위를 확대하기 위하여 벌크 케미칼 소위원회 (Sub-Committee on Bulk Chemicals: BCH) 및 위험물 운송 소위원회 (Sub-Committee on the Carriage of Dangerous Goods: CDG) 에 이 문제의 검토를 요청하였음.

과제 18 (협약 이행에 있어서 기업 참여의 증진 수단) IPIECA (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association), ITOPF (International Tanker Owners Pollution Federation Limited), ICS (International Chamber of Shipping), INTERTANKO (International Association of Independent Tanker Owners), OCIMF(Oil Companies International Marine Forum), E&P Forum (Oil Industry International Exploration and Harbors)와 교육훈련, 긴급계획 기술지원 등 공동 협력하고 공동 세미나를 개최하였음. 1991년부터 1994년까지 7개의 지역차원의 세미나를

개최하였으며 1995년에 2차례의 지역 세미나를 개최할 예정임. 기업측에서는 OPRC 작업반의 활동에 적극 참여하여 열대 해역의 기름오염 방제 지침, 유류오염 방제를 위한 환경 민감도 지도 작성 지침, 유류오염 대비 훈련의 관리 지침 등을 작성하기 위한 공동 작업을 수행중에 있음.

Table 2.3. Timetable of OPRC Working Group in 1994 - 1997

과 제	EPC 36 94. 10	MEPC 37 '95. 9	MEPC 38 '95. 10	MEPC 39 '96. 6	MEPC 40 '97. 2
1. IMO의 기능 및 활동 검토					
1) 정보 서비스					
2) 교육 및 훈련					
3) 기술적 서비스					
4) 기술 지원					
5) 조정 역할					
2. 방제 지침 매뉴얼 개정					
1) 긴급계획	종 료				
2) 해난구조					
3) 제도/법률 측면	종 료				
4) 유처리제					
5) 화학물질 방제					
6) 열대 지역 방제 지침					
3. 지원국에 대한 편의제공 지침	검토				
4. 연구개발 촉진					
5. 장비의 표준화					
6. 훈련 전략/프로그램					
7. 모델 훈련 코스 개발					
1) 방제 작업자 수준					
2) 현장 방제책임자 수준					
3) 총괄 책임자 수준	검 토				
4) 훈련 교관 교육 수준					
8. 방제장비 비축장 설치 검토					
9. 해난구조 능력 재고					
10. 화학물질에까지 OPRC 확대준비					
11. 유해물질에 대한 OPRC 적용					
12. 기업과의 협력체제 구축					
13. UNCED와 GEF 프로젝트 검토					
14. 지역 협력 및 타기구와의 협력					
15. 핵연료, 플루토늄, 고준위 폐기물의 해상수송의 대비 대응	검 토				
16. 선상 긴급계획	검 토				
17. 항만의 화학물질사고 대비 대응	개 시				

제 5 절 유류오염 대비, 대응 및 협력에 관한 국제 협약 발효에 대비한 각국의 대응 현황

1. 미국

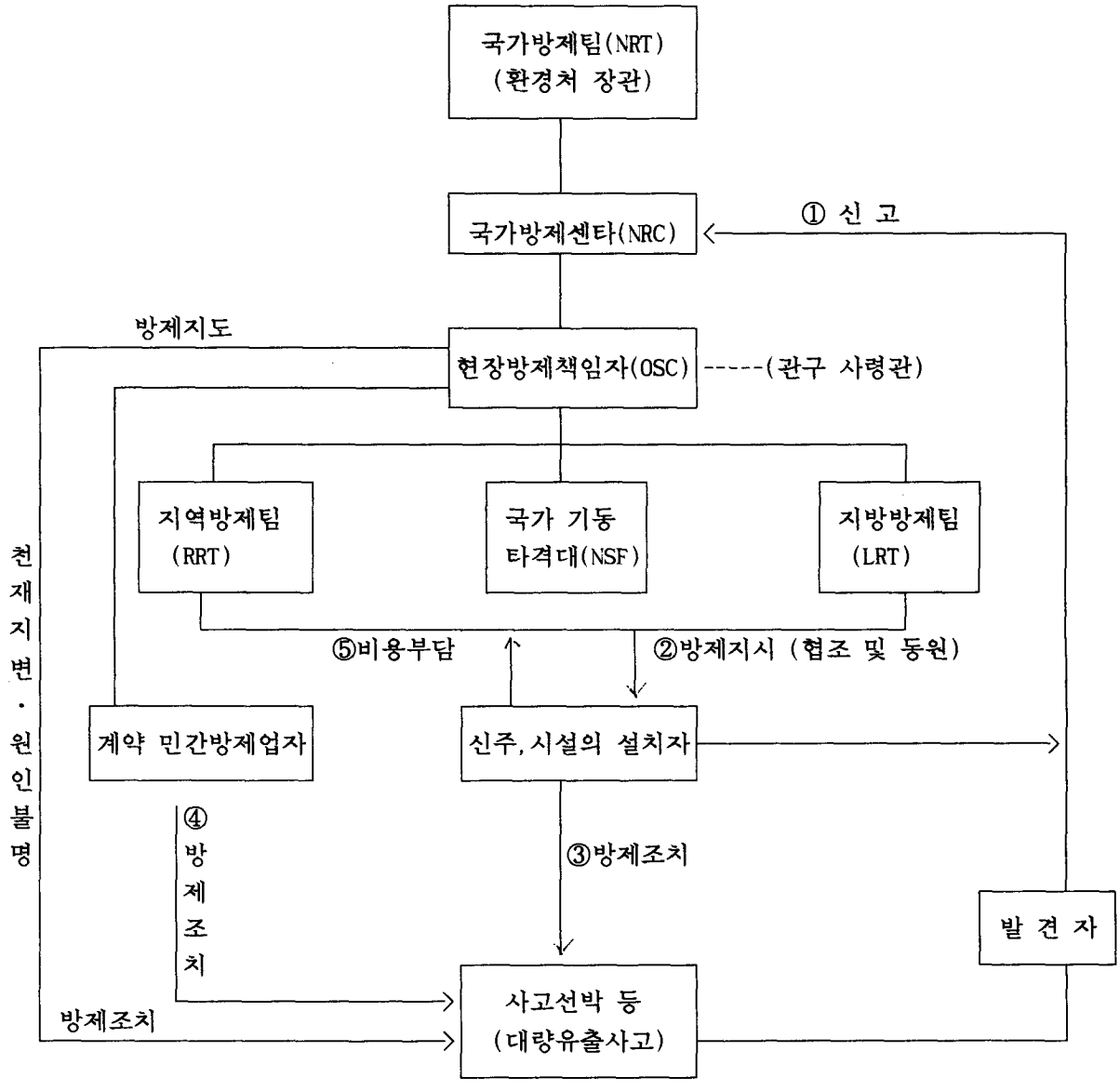
1) 국가 방제 시스템의 재편

미국은 1990년 8월 기름오염에 관한 법률(Oil Pollution Act: 이하 OPA 90)의 의회 통과 이후, 해안을 가지고 있는 모든 주에서 법률을 제정하였으며, 이에 따라 탱커와 해안의 각종 유류 시설, 석유 시추선 등에서 방제 계획을 크게 바꾸어야만 했다. 미국 연안경비대 (US Coast Guard)와 환경청(EPA), 광물 관리국(MMS)은 OPA 90이 요구하는 방제 계획의 요건을 충족시키는 복잡한 과정에 돌입했다 (Lee, 1993).

OPA 90의 시행을 위해 1991년 8월까지 국가 긴급계획의 개정을 완료하였고, 1992년 2월까지 지역 긴급계획을 새로 준비하게 하였다. 1993년 7월까지 연안경비대는 지역 긴급계획을 검토하여 승인하였으며, 1993년까지 모든 선박과 시설에 대한 세부 방제계획을 수립토록 하였다. 세부 방제계획은 95년 2월까지 승인되도록 시간일정을 잡고 있다. 미국은 OPA 90의 국내 시행으로 OPRC 협약에서 요구하는 제반 국가 시스템을 이미 완비하였다고 할 수 있다.

OPA 90은 유류오염 대비 계획과 방제능력을 향상시키기 위한 전반적인 내용을 규정하고 있어서 탱커의 소유자와 해안과 해상 시설의 소유자로 하여금 1993년 2월 18일까지 승인된 새로운 방제 계획을 개발하여 제출하도록 요구하고 있다. 이러한 계획에는 즉시 가용하고 계획상에 제시된 제거 작업을 수행할 권한이 있는 '자격을 갖춘 자 (qualified individual)'를 지정해야만 하게 되어 있다. 이 사람은 사고시에

미국의 대량오염사고시 방제작업 흐름도



자료 : "해양발전종합계획 해양오염방지부분", 해외출장보고, 1992

Fig. 2.2. National emergency response system in USA

정부 소속의 방제 책임자에게 직접, 그리고 즉시 연락을 해야 하며, 지체없이 사전 계약된 방제 자원을 요청할 수 있는 모든 권한을 갖도록 요구하고 있다 (Lee, 1993).

2) 방제 능력의 개선

긴급 방제 계획에는 '최대한 실행가능한 한도내에서 (to the maximum extent practicable) 가장 최악의 유출(a worst case discharge)에 대비한 민간 인력과 장비를 확보하도록 요구하고 있다. OPA 90은 탱커의 경우 '최악의 유출'을 나쁜 기상 (adverse weather) 상태에서 선박에 싣고 있는 모든 화물을 유출시킨 경우로 정의하고 있으며, 시설에 대해서는 나쁜 기상 상태에서 최대의 예견 가능한 유출이 발생했을 경우로 정의하고 있다. 이러한 정의와 요건에 따라 소유자는 각 방제 자원의 양, 위치, 이동 등에 관한 필요 내역이 산출되었다. OPA 90은 1993년 2월 18일까지 방제 계획을 준비하도록 하였으며, 이를 제출하지 않은 사람과 1993년 8월 18일까지 그 방제계획에 따르지 않는 자는 기름의 운송, 저장, 이동을 법으로 금지하였다 (Lee, 1993).

3) 긴급계획의 개선

미국의 국가 긴급계획은 1968년 9월에 처음으로 개발되었으며 1970년 6월에 국가 방제팀(National Response Team), 지역 방제팀(Regional Response Team), 방제책임자(On-Scene Coordinator) 체제가 갖추어 지면서 개정되었다. 국가 긴급계획은 1971년, 1980년, 1982년, 1985년, 1990년에 계속 개정되었다가, OPA 90의 제정으로 국가긴급계획은 1994년 8월에 최종 개정되었다 (Wigger, 1995).

OPA 90은 방제 행위를 보다 잘 조정하기 위하여 3가지 단계의 방제 계획을 준비할 것을 요구하고 있다. 첫번째 단계는 국가긴급계획 (National Contingency Plan: NCP)에 모든 유출사고 방제 원칙을 포함시키며, 연방정부와 주정부, 지역의 공무원들으로 구성된 기름오염 방제를 위한 지역 위원회를 구성하고, 그 지역 위원회는 연방정부의 방제책임자 주도하에 최악의 유출시 대응할 수 있는 각 지역의 조정된 긴급계획 (coordinated contingency plan)을 개발하도록 되어 있다 (Smith, 1993). 각 지역의 긴급계획은 최악 유출시 최대 실행가능한 제거에 한정되어 있지 않다는 점에 유의해야 한다.

OPA 90은 연안역과 내수면에 대하여 지역 긴급계획 (Area Contingency Plan:ACP)을 수립하도록 규정하고 있는데, 이로써 기존의 현장방제책임자 지역 긴급계획 (On-Scene Coordinator Local Contingency Plan)을 대체케 하였다. 지역 위원회가 연안역 지역 긴급계획을 준비할 수 있도록 연안경비대는 1992년 9월과 1993년 5월 두차례에 걸쳐 지침을 배포하였으며, 1993년 7월까지 표준화된 형태의 지역 긴급계획이 개발되었다. 지역 긴급계획은 1997년까지 매년 재검토한 후 내용을 보강하고 그 이후에는 5년에 한번씩 보완하도록 하였다 (Wigger, 1995). 지역 긴급계획서에는 우선순위와 전략이 포함된 환경민감도 지도가 포함되어 있다 (Fig. 2.3).

4) 연구개발

미국 연안경비대는 현장의 방제책임자가 필요로 하는 각종 정보를 제공하는 통합정보시스템인 SPEARS (Spill Planning, Exercise, and Response System)를 개발중에 있다. SPEARS는 애플 매킨토시

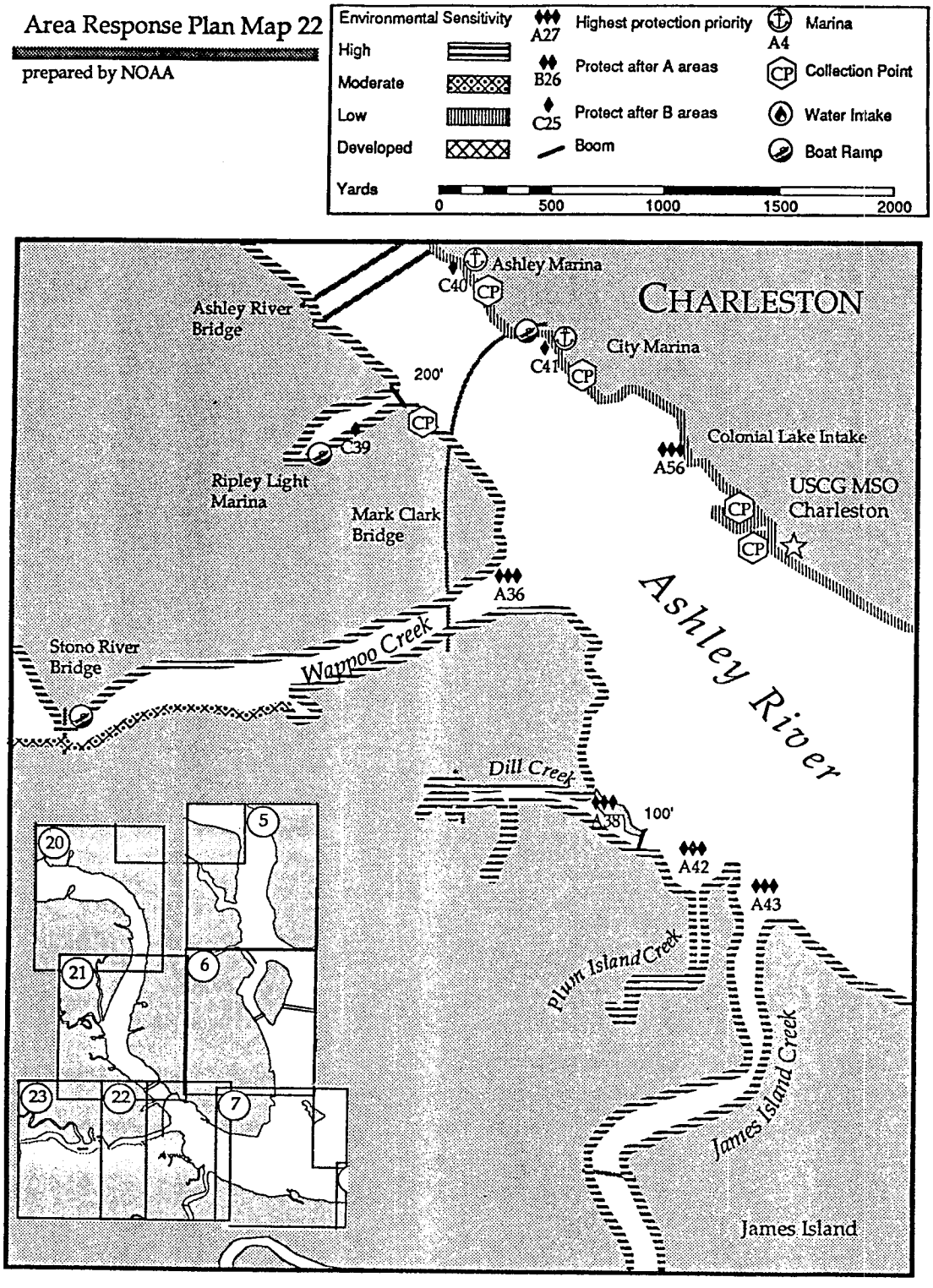


Fig. 2.3. Example of environmental sensitivity map included in regional contingency plan

컴퓨터에서 사용하게 되어 있는 시스템으로서 1994년 10월까지 베타 버젼에 대한 검증을 실시하고 1995년에 실무에 배치할 예정이다 (Wigger, 1995).

5) 훈련체제의 구축

OPA 90에서 요구하는 가상 연습 프로그램을 만들기 위하여 연안경비대, 환경청, 광물 관리국 등이 합동으로 국가 준비대응 연습계획 (National Preparedness for Response Exercise Program: PREP)이 개발되었다. PREP은 내부연습(internal exercise)과 외부연습(external exercise)으로 크게 나누어지는데, 내부연습은 Qualified Individual Notification Exercise, Emergency Procedures Exercises for vessels and barges, Spill Management Team Tabletop Exercises, Equipment Deployment Exercises and Unannounced Exercises 등 5가지 가상 연습과정으로 되어 있다. 외부 연습과정은 정부가 사전 통고없이 가상 연습을 실시하도록 되어 있으며 지역의 방제 대응 태세를 점검하기 위한 것이다. PREP은 1년에 20번의 지역 가상 연습을 실시하는 것을 목표로 하고 있는데, 6번은 연방정부가 주도하고 14번은 기업에서 주도하도록 하고 있다 (Wigger, 1995).

2. 일본

일본은 이미 해상보안청과 해상재해방지센터가 각각 정부와 민간에서 유류오염사고의 대응 시스템을 갖추고 있으며, 정부와 민간의 협력을 강화하기 위하여 기름오염사고에 대처하는 유출유 재해대책 협의회를 구성하였다. 해상재해 방지 센터는 1976년에 설립된 이래 해상보안청의

지시에 따라 유류오염사고를 처리하며, 선주의 요구에 따라 해상재해의 예방조치를 취하고, 장비 및 자재를 비축하고, 선원의 방재 훈련 및 연구개발을 하는 등 방제체제를 주도적으로 이끌어 왔다. 유출유 재해대책 협의회는 각 항만이나 지역별로 99개가 만들어져 있으며, 지방정부와 선주, 기업 등의 유류오염 방제활동을 증진하고 사고시 조직적으로 장비와 인원을 투입하는 활동을 하고 있다 (Okimoto, 1994; Yunoki, 1995).

일본은 특히 지역적인 유류오염사고 대비 능력을 강화하기 위한 OPRC 협약의 발효에 대비하여 국제 협력 프로그램을 강화하고 있다 (Fig. 2.4). 말라카 해협을 통과하는 유류의 76%를 차지하고 있는 일본은 브루네이, 인도네시아, 말레시아, 필리핀, 싱가포르, 태국 등 아세아 6개국에 OSPAR 프로젝트(Project on Oil Spill Preparedness and Response in Asean Sea Area)를 통해 10억엔의 장비를 공여하고 통신체제를 구축하는 사업을 수행하였다 (Hazama, 1995).

일본은 12번째 UNEP 지역해 프로그램으로 수행되고 있는 북서태평양 지역 프로그램 (NOWPAP)에 있어서도 지역해의 유류오염 사고 대비 체제 구축이 중요한 이슈라는 판단하에 동해와 황해의 대량 유류오염 사고에 대비한 지역 협력 체제 구축을 위하여 1993년부터 '극동 블루마린 프로젝트'를 시작하였다. 1994년 우리나라와는 2차례의 방제 전문가 회의를 가짐으로써 협력체제의 구축과 방제협정 체결을 위한 준비를 해 나가면서, 대만과도 협력 모색을 위한 회의를 가진 바 있다. 서울에서의 블루 마린 세미나에 이어 1995년에는 북경에서 세미나를 개최하여 중국과의 협력체제 구축을 준비중에 있다 (Taniguchi, 1995).

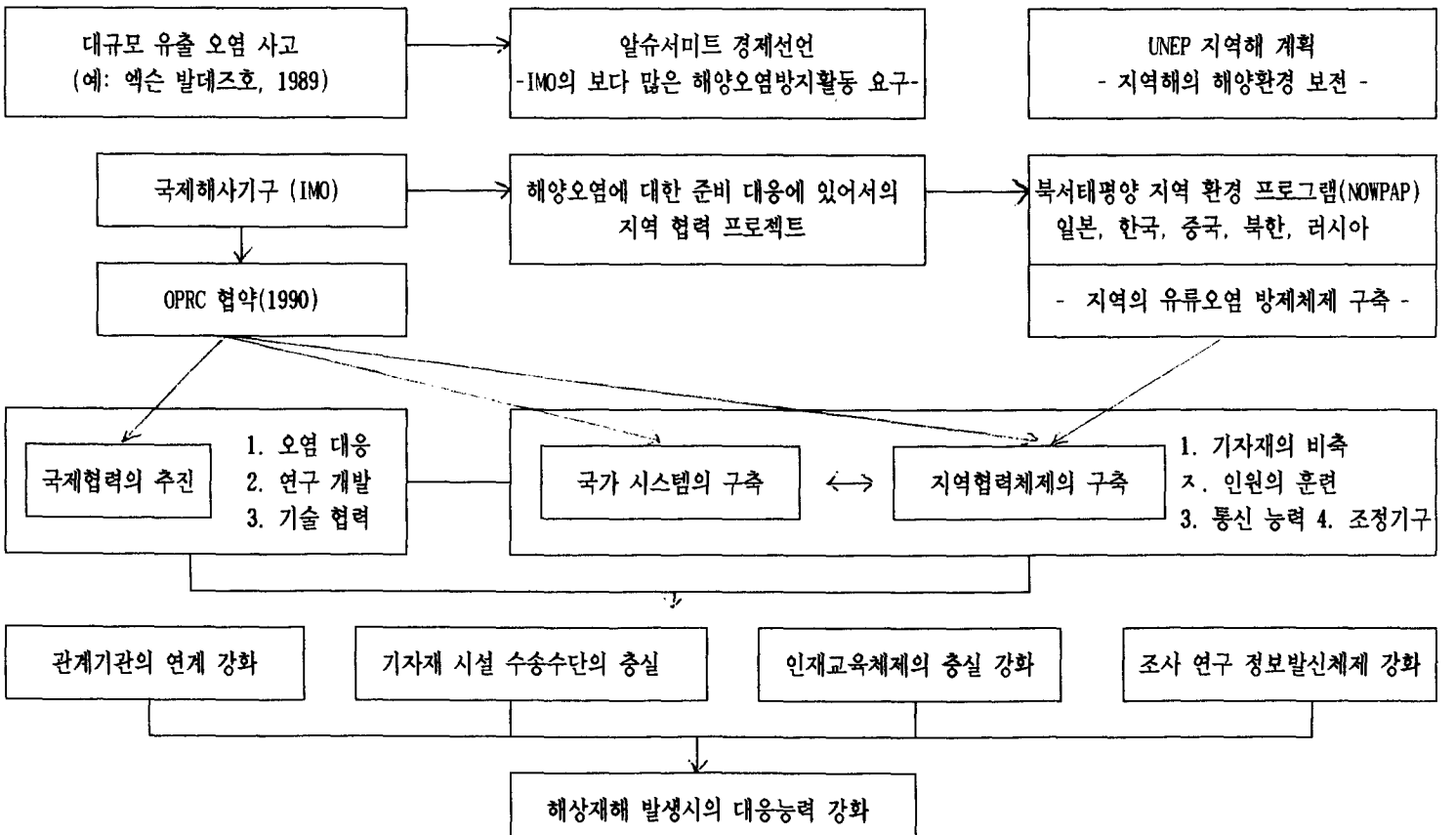


Fig. 2.4. Strategic tasks of Maritime Safety Agency in international cooperation

일본의 대량해양오염사고시 방제작업 흐름도

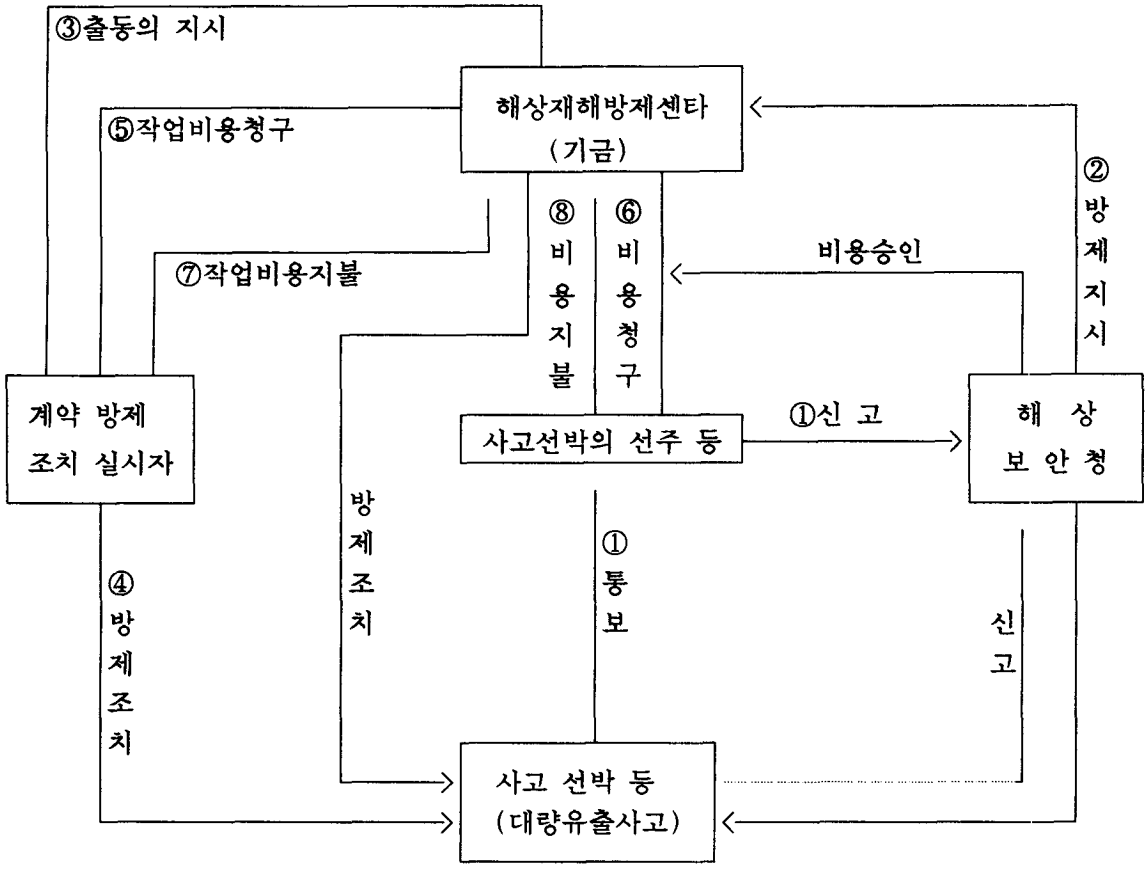


Fig. 2.5. National emergency response system in Japan

3. 러시아

러시아는 해양상업부(Ministry of Merchant Marine) 산하 해양오염 통제 및 해난부(Marine Pollution Control and Salvage Administration: MPCSA)가 해양오염사고에 대한 총괄 책임을 맡고 있다. MPCSA는 모스코바에 본부가 있으며, 무르만스크, 발틱, 노보로시스크, 극동, 사할린, 캄차카, 북부, 북카스피안 등 8곳에 기지를 두고 있다. 구소련 시절 만들어진 국가 긴급계획과 기지별 긴급계획은 러시아의 현실에 맞게 현재 개정중에 있다.

러시아는 구소련 시절 해양오염 방제에 있어서의 국제협력을 위하여 인접하는 두 나라와 양국간 협정을 맺었다. 미국과는 1989년 5월 베링해 및 척키해의 긴급상황에서의 오염 방제 협력에 관한 협정을 맺었으며, 핀랜드와는 1989년 10월 발틱해의 유류 및 유해물질 사고의 오염방제 협력에 관한 협정을 체결했다. 두 협정은 모두 긴급상황시의 공동 방제와 오염사고 발생시 통보에 관한 것이다. 두 협정에서는 또는 정보의 상호교환과 오염 대비 및 대응에 관한 공동 연구개발을 추진하고 있다. 러시아 공화국은 '92년 노르웨이와 바렌트해의 유류오염 대응 협정을 맺었는데, 이 협정을 통해 오염사고에 대비한 전문가 회의가 열렸으며 가상연습이 주기적으로 시행되고 있다(Karev, 1994).

4. 중국

중국은 세계은행(World Bank)의 지원을 받아 지난 7년간 미국 해양대기청(NOAA)의 유해물질 방제추정국(HAZMAT)과 공동으로 6개 항만에 대한 기름 오염 긴급계획 및 방제 연구를 수행했다. 이 공동 연구를 통해 미국으로부터 긴급계획 수립과 모델링 기술을 이전받았으며,

향후 이를 바탕으로 국가 긴급계획을 수립하기 위한 준비를 하고 있다 (Chen, 1994).

제 6 절. 유류오염 대비, 대응 및 협력에 관한 국제 협약 가입을 위한 대책

OPRC 협약의 목적은 중대한 유류오염사고를 대비하고 대응하기 위한 국제 협력과 상호 원조 체제를 구축하고, 각국으로 하여금 유류오염 긴급상황에 대처할 수 있는 능력을 확보하고 유지하게 하는데 있다. OPRC 협약은 1) 각국으로 하여금 유류오염사고에 대처하기 위한 국가적 시스템을 강화하며, 1개국의 능력을 초과하는 유류오염사고에 있어서는 각국간의 상호협력에 기초한 경제적으로 합당한 방제능력을 갖추게 하고, 2) 유류오염사고에 대처하는 국가 시스템의 구축에 있어서 많은 투자를 할 수 없는 개발도상국을 돕기 위한 시스템을 조직화하며, 3) 유류 유출을 조기에 발견하고 즉각적인 방제조치를 취하기 위하여 각국이 자국 선박이 보고체제와 긴급계획을 준비하게 하려는 의도를 가지고 있다 (IMO, 1990).

해상재해방지법이 국회에서 통과되지 못함에 따라 1995년 5월 13일 OPRC 협약의 발효에 대비하여 현재 우리나라에서는 뚜렷한 대응책이 마련되지 못하고 있는 실정인 점을 감안하여, 본 연구에서는 우리나라의 문제점을 분석하여 1) 법 제도의 개선, 2) 국가 방제 시스템 구축, 3) 유출사고 긴급계획 수립, 4) 교육훈련 체제 및 가상 연습 체제 마련, 5) 국제협력 체제 구축, 6) 기술확보 등 6가지 측면에서 대응책을 제시코자 하였다.

1. 법제도적 개선 대책

우리나라의 해양오염방제 수준이 매우 낙후되어 있다는 것은 이미 여러차례에 걸쳐 전문가들에 의해 지적되어 왔다 (권, 1993; 김, 1993; 강, 1994). 이러한 문제는 해양오염 방제의 어느 일부 부문에만 해당되는 것이 아니고 '총체적인 수준 미달'이라는 심각한 상태에 있다고 해도 과언이 아니다. 선진 외국과 비교한다면 우리나라의 수준은 1970년대 말 토리캐년호 사건 이후 해상 유출사고에 대한 관심이 크게 고조되면서 방제체제의 개선과 집중적인 투자가 시작되었던 시기와 비슷한 수준에 있다고 해야 할 것이다. 이러한 20-30여년의 격차는 수백톤에서 천여톤의 유출사고에서도 수백억원의 피해가 발생하고 있는 현실에서 극명하게 드러난다.

1989년 엑슨 발데즈 사고 이후 미국의 주도하에 1990년 기름오염 대비, 대응, 및 협력에 관한 국제협약이 채택됨에 따라 세계의 유출사고 방제체제는 1970년대 말의 첫번째 대규모 변화에 이어 10여만에 다시 커다란 변화의 시점을 맞았다. OPRC 협약의 1995년 5월 발효를 눈앞에 둔 시점에서 세계 각국은 국가 방제 시스템을 재편중에 있으며, 대량 유출사고시의 국제적인 협력체제를 구축하기 위해 노력하고 있다.

그러나 우리나라의 경우 OPRC 협약의 발효가 임박한 시점에서도 국가 방제 체제의 구축과 긴급계획의 수립, 교육 훈련체제의 마련, 국제공동 협력체제의 구축 등 산적한 현안을 풀어나가기 위한 적절한 대응을 하지 못하고 있다. 우리나라의 방제체제가 유출량과 사고 장소에 따라 여러 기관이 책임기관으로 되어 있어 일원화가 시급하다는 것은 이미 10년전부터 계속해서 지적되어 온 근본적인 문제점이다. OPRC 협약에서는 당사국들에게 제일 기본적으로 요구하고 있는 것은 국가 방제체제의

구축이다. 그래서 국가 방제체제의 구축을 위해서는 유출사고 방제와 긴급계획의 수립에 총괄적인 책임이 있는 정부당국을 지정하도록 규정하고 있다.

우리나라의 경우 가장 기본적인 요소인 책임 기관의 지정이 제대로 되어 있지 않은 실정이므로 가장 중요한 기초가 되어 있지 않다고 해도 과언이 아니다. 대량 유출사고에 대한 방제 책임이 해양경찰청에 있으므로 외견상으로는 이러한 책임기구가 해양경찰청이라고 말할 수 있겠으나, 근본적으로 유출량과 장소에 따라 분산되어 있는 현행 구조로 볼 때, 엄밀히 말한다면 유출사고 방제에 총괄적인 책임이 있는 정부당국, 다시 말하면 국가 방제체제를 주도적으로 구축하고, 긴급계획을 수립하며, 해상에서 유출사고가 발생했을 때 참여하게 되는 여러 기관과 민간을 총괄적으로 조정할 수 있는 기관은 사실상 지정되어 있지 않은 것이 우리의 현실이다.

OPRC 협약이나 미국의 OPA 90에서 공히 강조하고 있는 점은 해상 유출사고 방제계획을 수립하고, 사고시의 복잡한 처리과정을 총괄할 수 있는 조정자로서 책임있는 당국의 능력을 강화해야 한다는 것이다. 해운항만청에서 추진한 바 있는 가칭 '해상재해방지법(안)'은 이러한 측면에서 우리나라의 문제점을 근본적으로 해결할 수 있는 핵심 처방이었으며, 국제적인 흐름에 발맞출 수 있는 시의적절한 대응이었다고 할 수 있다. 해상재해방지법(안)에서는 여러 부처에 분산된 해양오염 방지업무를 일원화하고 오염방제전문기구를 설치하며, 방제기금을 조성하는 등 해양오염 방제체제의 선진화에 걸림돌이 되어 왔던 여러가지 문제들을 해결하려는 노력이 엿보인다.

그러나 '93년 국회에서 해상재해방지법(안)이 부처간 이견으로

통과되지 못함에 따라, 우리나라의 방제체제 개편작업은 다시 원점으로 복귀한 셈이며, 현재 우리의 상황은 주인없는 배가 목적지 없이 표류하고 있는 형상에 비유할 수 있다. 우리나라의 방제체제를 선진화하고 오염사고에 적절히 대응하기 위해서는 해상재해방지법과 유사한 법제가 하루빨리 통과되어 법제도적인 장치가 마련되고 국가적인 방제 정책이 정해져야 할 것이다. 본 연구에서는 '93년 국회에 상정되었던 해상재해방지법(안)을 면밀히 검토하여 차후 이와 유사한 법제가 다시 준비될 때 보완해야 할 부분을 지적하고자 하였다.

해상재해방지법(안)에서는 제 10조에 선박 및 해양시설에 대해 승인된 기름오염 비상계획서의 비치를 의무화하고 있으며, 제 46조에 해상재해 대비계획이라는 국가 긴급계획을 마련하도록 규정하고 있다. 제 47조에서 해상재해 대비계획은 기본계획과 집행계획으로 구분되며, 국무총리 혹은 관계 중앙행정기구의 장이 시달하는 지침에 따라 기본계획과 집행계획을 작성하여 제출토록 되어 있다. 제 47조에서 규정하고 있는 기본계획과 집행계획은 국가 긴급계획과 지역긴급계획을 의미하는 것으로 보이는데, 해상재해 대비계획을 보다 세분화하여 구조적인 연계성을 확보하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 48조의 기본계획은 우리나라 방제 정책이 포함되는 기본 계획이므로 국가 대비(긴급)계획이 적절하며, 집행계획은 지역별로 작성되는 것이므로 지역 대비(긴급)계획으로 수정하되, 선박의 비상계획서와 해상시설의 대비계획, 항만의 대비계획이 별도로 마련되어 지역 대비계획으로 종합될 수 있는 체제를 구축하는 것이 바람직하다. 해상 유출사고는 규모나 상황에 따라 단계별 방제(tierd response)가 반드시 필요하므로 10조의 선박 및 해양시설의 대비계획과 동법상에는 규정되어 있지 않지만 항만에 대한 대비계획이 지역 대비계획과 조화를

이룬 상태에서 종합적으로 준비되고, 지역 대비계획이 대형사고시에는 국가 대비계획상에서 통합되는 연계성이 있어야만 한다. 또한 단일 국가가 대처할 수 있는 한계를 초과하는 대형유출사고에 대비하기 위하여 주변국 내지 국제기구와 국제공동 대비계획을 준비하는 규정이 삽입되어야 할 것이다.

해상재해방지법(안)에서는 국가가 대비(긴급)계획을 마련하도록 규정하고 있으나 동법이 통과된 후 실제적으로 마련되는 긴급계획은 현재의 대응능력을 그대로 명문화하는 수준에서 작성될 가능성이 크다. 국가 긴급계획은 문서로서의 중요성이 크지만 대응능력의 개선이라는 측면에서 보다 큰 중요성을 가지고 있다. 지역별로 그 지역이 처한 위험에 상응하는 대비계획의 작성이야말로 대비계획의 핵심이기 때문이다. OPRC 협약 6조에서 긴급계획을 준비할 때 '유출사고의 위험에 상응하는 기름 유출 방제 장비의 사전 배치 최저 수준 및 이의 사용 계획'을 규정한 것이나 미국의 OPA 90에서 '최대한 실행가능한 한도내에서 (to the maximum extent practicable) 가장 최악의 유출 (a worst case discharge)에 대비한 인력과 장비'를 확보하도록 규정한 것은 긴급계획을 통해 사고에 대응하는 능력을 보다 강화하려는 의도가 있는 것이다. 해상재해방지법 상에서 우리가 준비해야 할 사고의 규모가 어떤 것인지에 대한 정의가 누락된다면, 긴급계획은 알맹이가 빠진 껍질 뿐인 대비계획이 될 수도 있다. 이러한 정의와 요건이 있어야만 사고에 대비하려는 자가 준비해야 하는 각 방제 자원의 양, 위치, 이동방법 등에 관한 필요 내역이 산출되며, 그러한 요건을 충족시킴으로써 방제 능력의 강화가 이루어 질 수 있는 것이다. 이러한 규정은 추후 예산문제와 밀접한 관련이 있는 예민한 사항이기 때문에 64조에서 규정하는 바와 같이 시행령에 포함될 수

있는 성질의 것은 아니라고 사료된다.

해상재해방지법(안)에서는 해상재해의 예방 및 효과적인 방제를 위해 필수적이라 할 수 있는 인력의 교육 훈련에 관한 조항이 미흡하게 다루어져 있다. 또한 해상재해방지법에는 사고에 대비하는데 있어서 가장 핵심적인 부분이라고 할 수 있는 가상 훈련 체제에 관한 조항이 누락되어 있어 이에 대한 보완이 요구된다. 제 75조에서 법인인 해상재해 방지공단에게 '해상재해방지를 위한 조사연구 및 교육훈련'을 기능으로 부여하였으나, 실제로 해상재해 방지공단으로 하여금 이러한 막대한 임무를 수행케 하는데는 문제가 있다. 일본 해상보안청의 경우에도 해상보안대학에서 상당 수준의 교육을 맡고 있으며, 미국, 카나다 등 선진각국에서는 연안경비대 산하에 교육 센터를 설립하여 국가가 직접 인력을 양성하고 있다 (Potter et al., 1987). 현재 우리나라에는 방제인력을 양성하는 기관이 없는 실정으로서 이러한 기능을 방제공단에게 주어 위탁교육을 시키는 방안도 가능하나, 해양오염 방제를 총괄하는 기관내에 교육 훈련체제를 갖추는 것이 바람직할 것이다.

교육 훈련 센터의 설립은 OPRC 협약에서 규정하고 있는 사항이며, NOWPAP에서도 거론된 바 있으나 중국, 일본, 한국, 러시아, 북한 등 동북아 국가가 공동 이용할 수 있는 교육 훈련 센터가 설치되더라도 국내에는 별도의 교육훈련체제가 필요할 것이다. 또한, 카리브해나 지중해와 같은 지역해 단위의 센터가 설치된다 하더라도 한국과 중국이 이를 자국내 유치하기를 희망하고 있으며, 일본은 해상재해방지센터가 이러한 기능을 수행하기를 원하고 있어 현재의 여건으로 볼 때 우리나라에 교육센터를 유치하기 어려울 뿐만 아니라, 이를 통해 국내 인력의 교육과 훈련에 이용하기는 어려울 것으로 보인다.

2. 국가 방제 시스템의 구축

OPRC 협약 제 6조는 해상유출사고에 대비 대응하기 위한 국가 및 지역 방제체제를 구축하도록 요구하고 있다. 국가 방제시스템을 구축하기 위한 법 제도적인 문제는 전 항에서 이미 언급하였으므로 본 항에서는 국가 방제시스템의 구축에 있어서의 실질적인 문제에 대해서만 논의하고자 한다.

향후 해상재해방지법과 같은 방제체제 일원화를 위한 법률이 국회에서 통과된다고 하더라도 이를 시행하는데는 많은 어려움이 예상된다. 우선 현재의 행정조직하에서는 해양경찰청이나 해운항만청이나 어느 한 기관으로의 일원화가 불가피하나, 두 기관이 모두 조직상의 한계가 있기 때문에 실질적인 업무의 통폐합에는 상당한 시간이 소요될 수 밖에 없다. 해양경찰청으로 방제업부가 일원화된다면 현재의 오염관리부를 확장 개편하고 지방 해양경찰서의 오염방지 및 방제 관리 업무를 담당할 전담 인원을 대폭 증강시켜야 하며, 본청에서도 국제과를 비롯한 해양오염방제 인원의 보강이 불가피하다. 해양경찰청은 집행기관이며 내무부 소속의 경찰이기 때문에 해상재해방지공단의 설치 운용, 방제 전문 인력의 확보, 방제능력의 개선 등의 문제를 자체적으로 풀어나가야 하는 숙제를 가지고 있다.

외국에서는 교통부 산하의 연안경비대나 운수성 산하의 해상보안청과 같은 조직에서 해양오염방제 업무를 맡고 있는 경우가 많은데, 우리나라의 경우에는 항만청이 이와 유사한 조직이지만 선박 및 항만의 관리 업무에만 제한되어 있기 때문에 항만청으로 통합될 경우 해양오염관리국과 같은 별도의 국이 신설될 필요가 있다. 항만청으로 방제업무가 일원화 될 경우 선박관련 기관이나 단체, 기업 등과의 원활한 협조 측면에서 유리하지만,

현행 수색구조, 인양 등 해양오염방제와 밀접한 관련이 있는 업무를 해경이 계속 담당한다면 방제 실행상에 주도권을 갖고 조정하는 역할을 수행하는데 상당한 어려움이 따를지도 모른다. 항만청의 경우에도 해경의 일부 인원을 이관받는다고 하더라도 오염방제 관리 업무를 전담하는 전문 인력 대폭 확충은 불가피하다.

해상재해방지법(안)에 포함되어 있는 바와 같이 민간의 오염 방제 능력을 대폭 확장함과 동시에 이를 효율적으로 관리한다는 측면에서 해상재해방지공단 혹은 해상재해방지센타의 설립은 반드시 필요하다. 해상재해방지법(안)에서 규정한 바와 같이 공단이 설립될 경우 일본과 유사한 체제로 해양오염 방제조치가 이루어지게 될 것이다. 해상재해방지공단의 사업과 운영에 소요되는 경비를 충당할 수 있는 기금의 마련은 필수적이며 어느 정도의 시간이 흐르면 중소형 유출사고의 방제는 공단의 능력으로 처리하는데 무리가 없을 것이다. 일본의 경우 오랫동안의 센터 운영으로 막강한 재원과 장비, 기술, 인력을 보유하게 됨으로써 해상보안청은 지역해의 방제능력 강화와 같은 국제협력에 치중하게 되었다.

해양오염 방제에 있어서는 가장 바람직한 행정 체제는 외국과 같이 항만청의 기능과 해경의 기능이 통합되어 있는 체제라고 할 수 있다. 연안경비대나 해상보안청은 교통부 내지 운수성 소속으로서 해경이 맡고 있는 경비구난 업무를 담당하면서 동시에 항만청이 수행하는 관제, 선박관리, 항만관리 등 업무가 동일 부처내에서 이루어 지기 때문에 원활한 협력관계를 유지할 수 있다. 실례를 들면 우리나라와 같은 이원화 체제에서는 사고 신고체계부터 신속한 출동이 불가능하도록 되어 있다. 현행 신고체제는 항만청 관제소, 해경 본청, 해경서, 항만청 지청 등을

통해 접수되고 있는데, 선박에서의 오염사고 신고는 주로 항만청 관제소로 오게 되어 있어 사고 상황을 파악하고 긴급히 출동을 해야하는 해경과의 민활한 협조가 어렵게 되어 있다. 게다가 수색구조 및 구난, 잠수, 인양 등 업무를 해경에서 계속 담당하고 있으므로 오염 방제 업무를 분리시켜 다른 기관에서 수행한다면 많은 어려움이 따를 수 밖에 없다. 국가 방제시스템의 구축은 이와같은 기관간 기능의 통합이 전제되어야만 실질적인 효과를 거둘 수 있을 것으로 사료된다.

3. 긴급계획의 준비

선박의 긴급계획, 항만이나 시설의 긴급계획, 지역의 긴급계획, 국가의 긴급계획, 국제공동 긴급계획 등 해상 유출사고 방제에 필요한 긴급계획은 단계별로 여러가지가 필요하다. 해상재해방지법(안)에서는 이러한 긴급계획의 내용을 시행령으로 규정하고 승인을 받게 하거나 심의를 거쳐 확정케 하고 있다. 긴급계획의 작성을 위해서는 어느정도 규모의 사고가 발생할 것인지에 대한 위험 분석이 전제되어야 한다. 위험분석은 위험 요소의 확인, 취약요소의 확인, 위해도 분석의 3단계를 거쳐 행해지는 과학적인 과정이다. 어떤 해역에 대한 위험분석을 한다면 어떤 물질이 얼마만큼 운송되고 있는지, 선박의 물동량은 얼마인지, 항로는 어디인지, 과거 사고 장소는 어디인지 등 광범위한 정보를 통해 위험 요소를 확인하고, 사고에 의해 영향을 받을 수 있는 모든 요소들을 확인한 후, 사고의 발생확률과 사고의 심각성을 계산해야 한다. 위험분석은 어떤 해역에서 10,000톤급의 사고가 몇년에 한번 발생할 수 있는지를 계산해 낼 수 있다.

선박이나 시설의 긴급계획에 있어서는 사고의 규모가 단일 선박이

운송하는 전량이 유출되었거나 시설에서 취급하는 물질이 전량이 유출되었을 경우를 산정함으로써 비교적 간단히 위험분석과정을 대신할 수 있지만 항만이나 지역의 위험분석은 고도의 기술을 필요로 하기 때문에 전문가에게 용역을 의뢰해야만 한다.

항만이나 지역 긴급계획을 개발할 때 긴급계획의 형태는 지정할 수 있으나 그 내용은 상당한 차이가 있게 되므로 향후 지역 해양경찰서나 항만청 지청에서 각기 개별적으로 작성을 해야 한다. 각 항만이나 지역의 특성, 및 여건, 위험분석 결과 등에 따라 긴급계획의 내용이 다를 뿐만 아니라 장비 비축계획 및 사용계획, 환경민감도 및 우선순위 결정, 방제전략 수립 등 지역별로 상세하게 조사하여 작성하여야 할 부분이 많기 때문에 단기간내에 개발될 수는 없다. 항만이나 지역 긴급계획은 법 시행후 적어도 1년 이상의 유예기간을 두고 개발해야만 할 뿐만 아니라 외국의 경우와 같이 수년동안 계속적으로 수정보완을 거쳐야 한다. 지역별로 긴급계획이 전혀 작성되어 있지 못한 현재 우리나라의 상황에서는 지역 담당부서나 지역 위원회에서 자체개발하기는 어려울 것이며 외부 전문가에게 용역 의뢰하여 해결할 수 밖에 없을 것으로 보인다.

4. 교육훈련 체제 및 가상 연습 체제 마련

방제체제와 방제조직, 긴급계획이 하루아침에 만들어질 수 없듯이 방제인력의 양성 또한 단기간에는 절대로 이루어질 수 없다. 이제까지 우리나라의 전문 방제 인력은 매우 부족한 상태로서 향후 방제체제가 구축되고 조직이 개편될 경우 시급히 소요 인력을 양성해야 하는 부담이 생기게 된다. 대학이나 대학원의 정규 교육과정에서는 유류 및 유해물질의

방제 기술을 가르치는 곳이 없기 때문에 관련 기술이나 이론을 습득한 인력을 충당할 수 없으며, 불가피하게 국가는 별도의 전문인 교육을 통해 전문가를 양성해야만 한다. 해상재해 방지공단과 같은 민간기구에서 이와 같은 기능을 담당한다는 것은 현실적으로 불가능할 것으로 사료되며, 방제를 책임지는 기관이 지정되면 그 산하에 교육 훈련 센터를 설립해야 할 것으로 보인다.

교육 훈련센터에서는 우선 인력을 교육할 교육과정을 개발하고 실무 훈련 코스를 만들어야만 한다. OPRC 협약에서는 각국 혹은 지역단위로 방제인력의 교육 훈련체제를 갖추도록 의무화하고 있다. IMO 모델 코스로서 초급 방제자 수준, 지휘자/현장 방제책임자(OSC) 수준, 관리자 수준, 훈련 교관 교육 수준 등 네가지 수준의 교육 코스가 캐나다 연안 경비대의 주관으로 설계되었으며, 현재 지휘자/현장 방제책임자 수준을 개발중에 있다 (IMO/MEPC, 1994b). OPRC 작업반에서 개발하는 이러한 교육 과정을 그대로 도입한다고 하더라도 상당한 시간이 필요할 것이며, '97년 이후에야 이러한 과정들이 시험을 거쳐 각국에서 시행될 수 있을 것으로 보인다. 빠른 시간내에 교육체제를 갖추려면 우리나라는 선진국의 교육체제를 도입하여 20여년 동안 축적된 외국의 노하우를 이전받을 수 있도록 국제공동 협력사업을 추진해 나가는 것이 바람직하다. 본 연구에서는 현재 개발중인 IMO 모델 코스를 우리나라에서 현장 테스트 하는 방안을 IMO와 캐나다 측과 협의중에 있으며, 모델 코스의 시범국으로 선정된다면 교육 훈련 센터를 만드는 출발점이 될 수 있을 것으로 보인다.

사고 대비 과정의 핵심이라고 할 수 있는 가상 연습 체제는 우리에게 또하나의 숙제라 할 수 있다. 미국의 경우에도 OPA 90에서 요구하는 가상

연습 프로그램을 만들기 위하여 연안경비대, 환경청, 광물 관리국 등이 합동으로 국가 준비대응연습 계획 (National Preparedness for Response Exercise Program: PREP)을 최근에 개발한 바 있다 (Wigger, 1995). 이러한 고도의 가상 연습체제의 경우에도 선진 외국으로부터 체제를 도입하여 우리나라의 여건에 맞게 수정보완하여 정착시키려는 노력이 시급하다.

5. 국제협력 체제 구축

OPRC 협약은 유류오염 사고에 대비하고 대응하는 능력이 낙후되어 있는 개발도상국들을 지원하여 빠른 기간내에 대비 대응 체제를 갖추도록 하는데 그 목표가 있다. 유류오염 방제 능력에 있어서 동남아시아 보다도 낙후된 수준에 머무르고 있는 우리의 실정에서 OPRC 협약에 대한 적극적인 참여는 단기간 내에 기술 수준과 체제의 정비를 이루는데 매우 중요한 일이라 하겠다. 그러나 우리나라는 OPRC 작업반에도 참여하고 있지 않은 실정이며, OPRC 협약의 가입을 위한 법제의 정비가 지지부진한 상태에 있기 때문에 1-2년 내의 협약 가입도 낙관할 수 없는 상태에 있다.

이러한 우리의 상황에 비해 일본은 2년전부터 OPRC 협약과 NOWPAP에 대비하여 발빠른 대응을 하고 있는 점은 본보기가 될만 하다. 일본의 경우 민간의 유출사고 대응능력이 국가보다 우세하게 됨에 따라 해상보안청이 국제적인 협력문제에 그 비중을 높인 것은 해상보안청의 자구책이라고 판단할 수 있다. 그러나 일본은 자국 유조선의 통행이 많은 말라카 해협의 OSPAR 프로젝트를 통해 외교적 측면 뿐만 아니라 OPRC 협약의 기본 정신을 충실히 이행한다는 측면에서 지대한 효과를 거두었으며, 소모품인 자국의 방제기재재를 공여함으로써 향후 계속적으로

아세안 국가들에게 방제장비를 공급하겠다는 시장 진출 전략을 내 보였다.

우리나라의 경우 국내의 방제체제 구축이 지역해 차원의 방제체제 구축의 선결조건이며, 대형 사고에 대비하여 빠른 시일내에 OPRC 협약에 가입함으로써 국제적인 지원을 받을 수 있는 길을 모색해야 할 것이다. 지역해 차원의 방제체제는 NOWPAP 사업의 일환으로 수년 내에 가시적인 협력체제가 구축될 것으로 예상되므로 지역해 방제 체제의 구축 과정에 적극 동참하는 자세를 견지해야 할 것이다. 다만 일본과는 이미 두 차례의 전문가 회의를 가졌으며 '95년에도 한 번 이상의 전문가 회의가 예상되고 있어 양국간 공동방제 협정을 체결하기 위한 노력을 계속해 나가야 할 것이다. 양국간 공동 방제 협정에 있어서의 현안 문제와 대책은 제 3 장에서 별도로 다루었다.

6. 기술확보

연구소와 학계에서 수행되고 있는 해양오염 방제와 관련된 연구 개발 사업은 해상유출사고 긴급 방제 지원 시스템 개발 연구와 유류분해 미생물 제제 개발, 선박 일체식 유출유 회수 장치 개발을 비롯하여 유해물질 데이타베이스 구축, 유처리제 개발 등 여러 연구과제들이 수행되고 있다. 해상 유출사고 긴급 방제 지원 시스템은 '95년 내에 경기만 해역에 대한 프로토타이프가 완성될 예정이므로 향후 전국 시스템이 개발되어 현장에 투입되기 위해서는 3년 이상이 소요될 것으로 전망된다.

유회수장치와 오일펜스, 겔화제 등 신형 처리제가 개발됨에 따라 이러한 연구개발 결과들이 현장에서 사용될 수 있는 제도적 뒷받침 또한 시급하다고 할 수 있다. 혁신적인 아이디어에 의한 제품이 개발될 경우 내수 뿐만 아니라 수출도 바라볼 수 있기 때문이다. 국가의 막대한 연구비

투자와 정유사를 비롯한 기업의 연구비 지원이 있는 외국에 비한다면 우리나라의 연구는 양적인 면에서 비교할 수 없을 정도이다. 그러나 향후 해양오염 방제를 책임지는 기관이 지정되면 연구개발에 필요한 예산을 지속적으로 확보하여 연구개발을 촉진하는 것도 매우 중요한 일이다. OPRC협약에서도 각국이 연구개발을 촉진할 것을 규정하고 있으며, 선진국으로 하여금 기술이전에 협력하도록 권고하고 있으므로 상업적인 기술이 아닌 연구개발 내용들은 국제협력사업을 통해 적극 수용하는 것이 시급하다.

제 3 장

해상 유출사고 긴급계획

제 3 장 해상 유출사고 긴급계획

제 1 절. 서 언

유해물질의 유출사고가 발생할 경우 인간의 생명이나 환경 및 재산상 피해를 최소화하기 위해서는 효과적인 긴급계획(contingency plan)을 준비해야만 한다. 긴급계획에는 1) 사고 대비, 2) 사고 예방, 3) 사고 방제의 세가지 요소가 포함된다. 사고 대비에 필요한 긴급계획의 요소란 가능한 한 사고의 가능성과 사고 상황을 사전에 예측하는 것을 말한다. 사고의 가능성과 상황이 정량적으로 예측될 수 있다면 사고를 예방하거나 사고의 규모를 최소화하거나 방제를 위한 준비를 할 수 있기 때문이다. 두번째로 사고 예방을 위한 긴급계획 요소란 유해물질 사고의 위험을 최소화하도록 체제를 구축하거나, 사고의 규모를 최소화함으로써 그로 인한 유출, 화재, 폭발 등 여러가지 가능성을 줄이도록 하는 것이다. 세번째로 방제를 위한 긴급계획의 요소란 발생된 사고를 최대한 효과적으로 처리하기 위한 준비 태세를 갖추는 것이다.

우리나라에서는 이제까지 해상과 육상에서 공히 사고에 대비한 긴급계획이라는 개념이 도입되어 있지 못하여, 긴급계획이 단지 긴급한 사태에서의 행동요령 정도로 이해되고 있는 것이 사실이다. 그러나 긴급계획이란 조직의 구성, 방제능력의 평가, 위험분석, 긴급계획의 평가 등 매우 복잡한 과정을 의미하는 것이며 최종적인 결과물이라 할 수 있는 긴급계획서 역시 이러한 일련의 긴급계획수립과정을 거쳐 만들어 지는 것이다.

이제까지 우리나라에서는 해상 유출사고에 대비한 국가 긴급계획과

지역긴급계획을 요구하는 법적인 요구도 없었고 긴급계획이 준비되어 있지도 않은 상태였기 때문에 사고에 대비한 정량적인 대응 태세를 갖춘다는 것 역시 불가능한 일이었다. 우리나라의 경우 이제까지 해양경찰청, 항만청, 수산청, 각시도 등에서 방제업무를 분담하고 있으며, 방제 기자재의 형식승인은 환경처에서 담당하고 있는 등 방제 업무를 통괄할 수 있는 별도의 기관이 지정되어 있지 않아 여러가지 문제점이 지적되어 왔다.

1992년 초 관계기관장 회의에서 다원화되어 있는 해양오염방제업무를 해운항만청으로 일원화하기로 합의함에 따라 해운항만청은 1993년 해상재해방지법의 제정안을 국회에 상정하였으나, 관계 기관간의 이견으로 통과되지 못하였다. 동 법안에서는 해상에서의 오염방제와 해상재해방지 활동을 효율적으로 수행하게 하기 위하여 해상재해방지공단을 설립(교통부, 안 제74조, 1993)하고 해상재해방지에 필요한 재원을 확보하기 위하여 해운업자, 대통령이 정하는 조선사업자, 어선업자, 화물소유자 및 해양시설의 소유자로부터 해양환경 부담금을 부과(동법안 제 101조)하도록 규정하고 있다. 해상재해방지법(안)에서는 해상재해를 대비하고 이에 효과적으로 대응하게 하기 위하여 국가에 해상재해대비계획의 수립의무를 부여하고(동법안 제 47조), 오염 취약 지역에서 대량의 기름을 이송작업하는 유조선의 소유자는 기름오염사고에 대비하여 그 유조선의 부근에 방제선을 배치(동법안 제 65조)하도록 규정하였다. 해상재해방지법(안)에서는 해상재해 대비계획이라는 이름으로 긴급계획을 수립하도록 규정하고 있어 향후 이러한 긴급계획을 구체적으로 어떻게 준비할 것인가에 대한 연구가 시급하다고 판단되었다.

본 연구에서는 긴급계획이란 무엇인가, 긴급계획은 언제 필요한가,

긴급계획을 위해서는 어떠한 법적 뒷받침이 필요한가, 긴급계획에는 어떠한 정보를 포함시켜야 하는가 등에 관한 조사 연구를 수행하였다. 본 장에서는 긴급계획의 준비에 필요한 전제조건과 긴급계획에 포함되는 내용, 국제공동 긴급계획 준비상의 문제점, 긴급계획의 평가 방법 등을 다루었다.

제 2 절. 긴급계획 수립을 위한 전제 조건

1. 긴급계획의 개발 및 실행 주체의 지정

해상 유출사고에 대응하는 긴급계획을 작성하기 이전에 가장 먼저 해야 할 것은 국가적 차원 내지 지역적 차원에서 이 업무를 책임질 기관(들)을 먼저 지정하는 것이다. 국가 긴급계획은 어떠한 한개의 조직을 운영하는 차원보다 한 단계 높은 차원에서 개발되어야 하는 반면, 지역 긴급계획은 사고에 대응하는 현장의 방제행위를 조정하는 책임을 가진 지역의 어떤 기관에 의해 개발되어져야 하기 때문이다.

외국의 예를 보면 각국의 여건이나 상황에 따라 이러한 책임을 가지고 있는 기관이 다르므로 어떤 기관에서 반드시 긴급계획의 개발과 실행을 담당해야 한다고 규정짓기는 어렵다. 대부분의 국가에서는 국방부, 해운부, 환경부, 연안경비대, 국가 위원회 등에서 이러한 업무를 책임지고 있다. 해양의 특성상 대부분의 국가에서는 여러 기관이나 조직이 오염 대비 긴급계획하에 수행되는 다양한 기능을 분담하고 있지만, 긴급계획이 성공적으로 실제 상황에서 운용되기 위해서는 한 개의 기관에서 전체적인 조정 역할을 수행하도록 하고 있다. 우리나라의 경우 내무부 산하

해양경찰청, 교통부 산하 해운항만청, 환경부, 농림수산부 산하 수산청, 각 시도 등에서 해양오염 방제업무를 맡고 있는데, 대형사고시의 방제업무의 책임은 해양경찰청에서 가지고 있다고 하나, 실제의 상황에서는 해양경찰청이 타 기관의 조직이나 인력, 자원 등을 총괄적으로 지휘하고 조정할 수 있는 구조적인 체제가 되어 있지 못한 실정이다.

해양오염 방제에는 매우 다양한 분야의 전문기술과 협조가 필요하다. 해난구조, 선박 운항, 기상 및 해양관련 업무, 항공기 운항, 과학적인 전문 기술지원, 어업, 환경보호, 법, 방제 자원의 지원, 세관 업무, 건강 및 안전, 교육 및 훈련, 통신 등 여러 분야와 관련이 있으면서도 어느 한 가지만으로는 해결할 수 없는 것이 해양오염 방제인 것이다. 현실적으로 이러한 모든 기능을 한 기관에서 수행할 수는 없으므로 가능한 범위내에서 기능을 한 기관으로 통합하고 그 외의 분야는 주관 기관의 조정기능을 통해 확보하는 전략이 필요하다. 국가 방제체제 구축을 위해서는 해양오염방제에 필요한 여러 기능을 통합하고 통합이 불가능한 부분은 총괄기관에서 조정할 수 있도록 행정체제가 개편되어야만 할 것이다.

2. 방제 체제의 구축

국가 긴급계획이 수립되기 위해서는 그 이전에 OPRC 협약의 6조에서 요구하는 유출사고에 대비 대응하는 국가 시스템(national system)이 구축되어야 한다. 국가 시스템이란 국가의 방제 체제를 말하는데, 국가 전체의 방제체제 뿐만 아니라 지역 차원의 방제체제까지를 포괄하는 의미를 가진다. 따라서 국가 시스템은 여러 방제 단계로 구성되어 있으며, 각 방제 단계에는 각각의 긴급계획이 필요하다. 방제 단계는 국가의 규모에 따라 다를 수 있는데, 우리나라의 경우에는

국가(national) 규모, 지역(regional) 규모, 국지적(local) 규모 등 3단계 정도가 필요하다. 지역 규모란 현재 해양경찰청의 지구대별 관할 구역 내지는 그 이상에 해당하며, 전국을 10여개 정도의 지역으로 나눈 것이다. 국지적 규모란 지역 규모보다 적은 항만이나 특정 시설의 규모로 방제 체제를 갖추는 것을 말한다.

전 해안을 대상으로 하는 국가 전체의 방제 체제와 항만 한 곳을 다루는 방제 체제와는 상당한 차이가 있다. 국가 방제 체제의 긴급계획은 넓은 범위를 갖지만, 국지적 규모의 방제 체제에서 마련하는 긴급계획은 훨씬 자세하게 작성된다. 그러나 각각의 국지적 규모의 긴급계획은 지역 방제계획의 일부로서 조화를 이루어야 하며, 지역 긴급계획도 국가 긴급계획의 일부로서 조화될 수 있는 것이어야 한다 (IMO/MEPC, 1994c).

효과적인 방제 조직을 구성함에 있어서 기업과의 협력 체제는 필수적인 것이다. 이러한 협력관계에 필요한 법적, 조직적 문제를 해결하고 협력 체제를 구축하는 것은 정부가 해야할 일이다. OPRC 협약 이후 이러한 국제적인 협력체제가 구축되고 있으며, 지역해를 중심으로한 양국 혹은 다국간의 협정을 통해 방제 체제를 구축하려는 노력이 가속화 되고 있다. 정부는 대형 유출사고에 대비하여 국제적인 대비 대응 체제와 협력체제를 구축할 의무도 가지고 있다.

방제 단계를 보다 편리하게 구분하고 계획에 있어서 실행적인 측면을 강화하기 위하여 최근 단계별 방제(tiered response)라는 개념이 도입되었는데, 보통 3단계로 구분된다 (Fig. 3.1). 1 단계는 항만이나 시설에서 자체 방제 능력으로 처리할 수 있는 규모 이내의 소형 유출사고에 대비하고 대응하는 것을 말한다. 1단계는 보통 사고 규모로서 유출량 700톤 이내의 사고에 해당하는데, 유출량만으로서 정해지는 것은

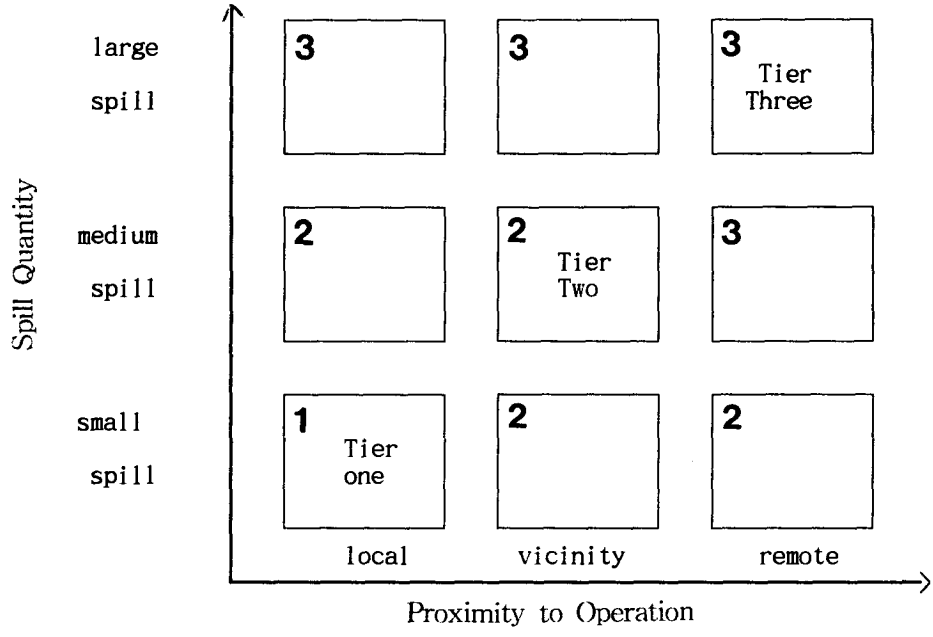


Fig. 3.1. Tiered response

아니고 유출의 상황과 환경조건에 따라 변할 수 있다. 즉, 소량 사고라 하더라도 육지로부터 먼 곳에서 발생하거나 해상조건이 나쁘거나, 민감한 환경을 가진 지역에서 발생했다면 다음 단계로 평가된다. 2단계는 여러 곳의 장비와 인력이 필요한 사고의 대비하고 대응하는 것으로서 한 지역 뿐만 아니라 인근의 다른 곳에서 장비와 인력의 지원이 이루어 지는 상황이다. 3단계는 국가 시스템내의 모든 가용한 방제 장비와 인력을 총동원해야 하는 대형 오염 사고로서 필요하다면 지역해 또는 국제적인 방제 체제까지 동원해야 하는 상황이다 (IPIECA, 1993) .

정부의 유출사고 대비 대응 체제는 3개 그룹으로 나눌 수 있는데 1 그룹은 한 국가의 방제체제로서 한 국가가 국가 긴급계획과 자국내의 선박, 시설, 항만 및 지역긴급계획을 수립하는 것을 말한다. 2 그룹은 지역해의 방제 체제로서 이미 발틱해, 북해와 UNEP 지역해 프로그램의 8개 지역에서 구축된 다국간 방제체제와 같은 것을 말한다. 이때 방제 장비와 인력의 신속한 이동은 이러한 다국간 방제체제의 핵심요소이다. 어떠한 국가도 자국의 이익에 관계없이 장비와 인력을 공급하는 상황이므로 입출국, 세관업무 등의 간소화가 필요하다. 그러나 각국은 이러한 위급한 상황을 밀수에 이용하는 행위를 막을 수 있도록 하는 내용을 긴급계획 내에 포함시킬 필요가 있다. 3 그룹은 IMO의 유류오염 조정 센터가 지역해간의 긴급계획을 통합하는 것이다 (Fig. 3.2).

3. 위험 분석

유출사고에 대한 대비 능력을 결정하기 위해서는 사고의 위험이 어느 정도인지를 파악하는 것이 선결 과제이다 (Fig. 3.3). 사고의 위험은 탱거나 각종 선박의 물동량, 항로에서의 사고확률, 정유공장과 오일 터미널의 위치

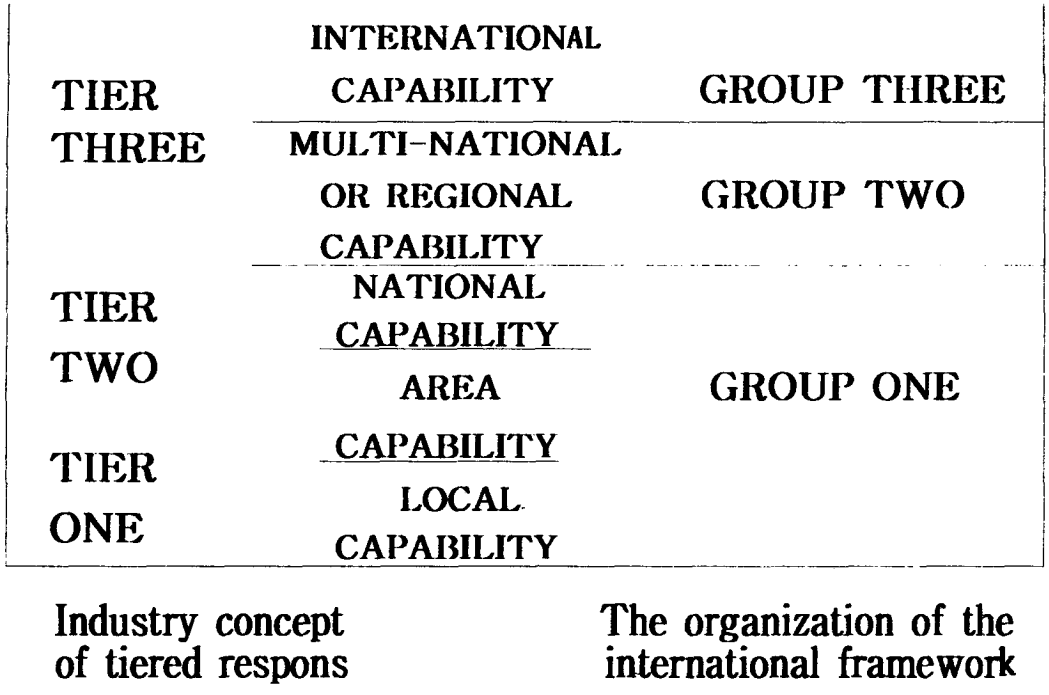


Fig. 3.2. Global framework for pollution response

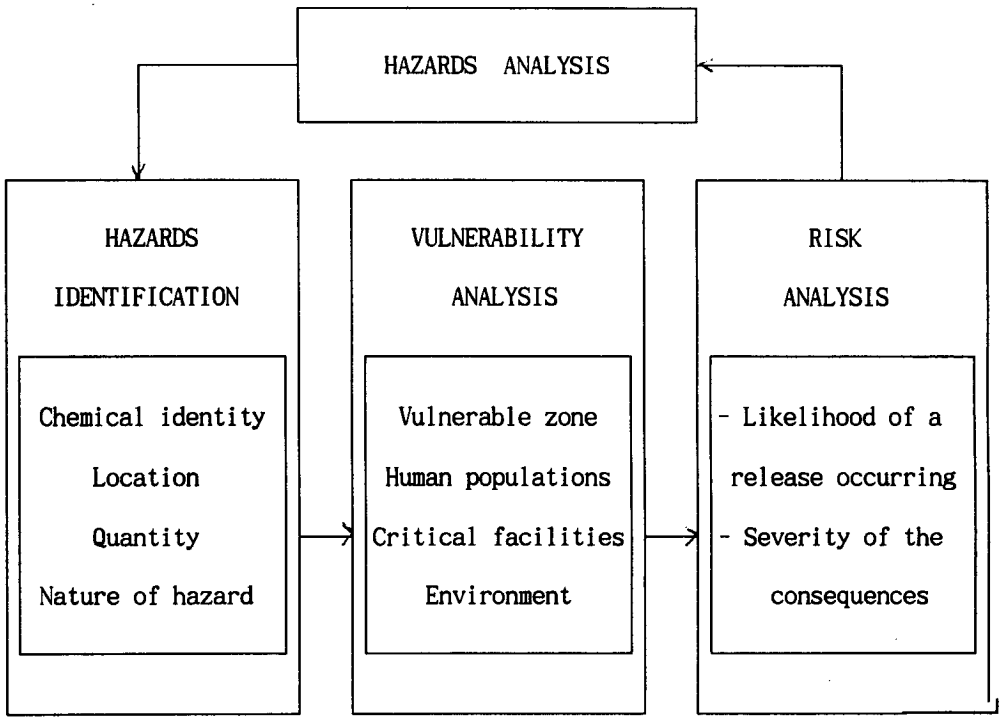


Fig. 3.3. Procedures of hazards analysis in preplanning for hazardous material accidents

해저 시추선의 존재, 유류 수송관의 존재 등과 관련이 있다. 긴급계획을 수립하기 위해서는 우선 우리나라 주변 해역에 대한 유출사고 위험분석이 이루어져야 하며, 이를 통해서 우리가 어느 정도의 규모로 방제 체제를 구축할 것인가가 결정된다.

4. 유출물의 특성 파악

해상으로 유출되는 물질의 종류와 주변 환경에 따라 유출물의 처리

방법이 크게 달라지기 때문에 어떠한 기름과 유해물질이 얼마만큼 수송되고 있는가에 관한 정보가 사전에 조사되어야 한다. 기름의 종류별 물동량과 특성자료, 유해물질의 각 항구별 수입 수출량 등이 조사되어야 한다. 위험물의 경우 어떤 종류가 어느 곳에서 취급되며, 사고시 어떠한 특성을 가지는지에 관하여 사전에 조사되어야 한다.

5. 유출물의 이동 예측을 위한 기초 자료 확보

위험분석을 위해서는 유출물의 이동경로가 사전에 예측되어야 한다. 유출된 기름의 이동 방향을 예측해 두거나 확산모델을 이용하여 진로를 예측하기 위해서는 지역별로 바람, 조류, 해류 자료가 구축되어 있어야 한다. 예측의 정확도는 이러한 자료가 지역적으로 어느 정도 확보되어 있느냐에 달려 있다.

6. 환경 민감도 지도의 작성

환경 민감도는 어업, 양식장, 조류 및 야생동물 서식처, 습지 등의 존재, 발전소와 같은 해수 사용 시설, 담수화 공장, 해수욕장 및 위락시설, 고적 등의 존재와 밀접한 관련이 있다. 방제 우선순위는 그 지역의 환경민감도에 따라 결정되므로 사전 조사를 통해 지역별로 환경민감도 지도를 작성해 두어야 한다.

7. 방제 우선순위의 결정

해상 유출사고시 해안으로 기름이 접근하는 것을 완전히 막지 못하는 경우가 많다. 따라서 사전에 방어할 지역의 우선순위를 결정해 두는 것이 필요하다. 방제 우선순위를 결정하기 위해서는 그 지역의 특성에 관한

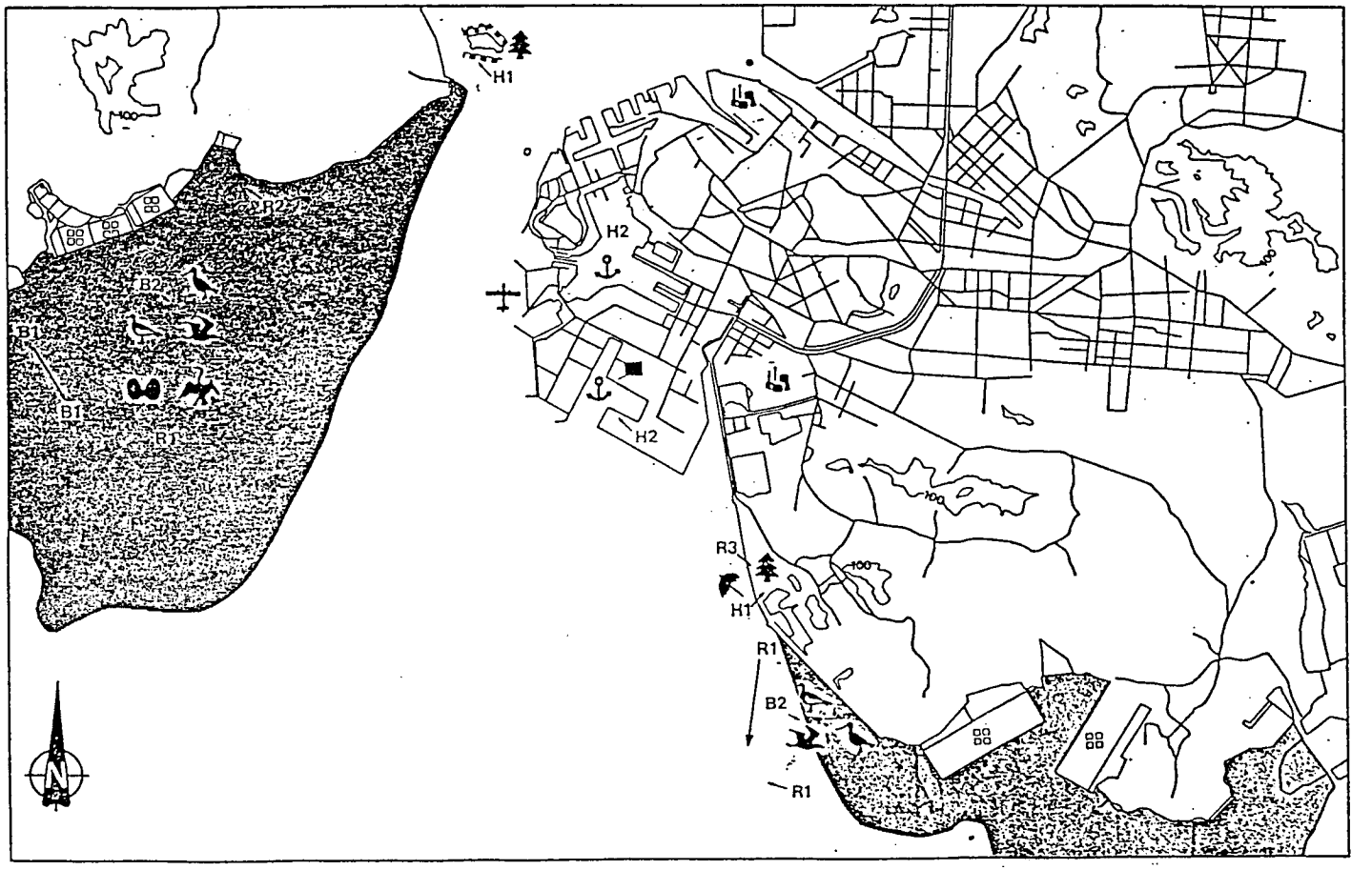


Fig. 3.4. Example of environmental sensitivity map in Kyounggi Bay

자료가 축적되어 있어야 하며, 보호해야 한다고 판단되는 자원이 어느 정도의 실용성이 있는지에 대한 기준과 여러가지 자원들 중에서 상대적인 중요성을 판정할 수 있는 기준이 있어야 한다. 산란 시기나 휴가철과 같이 계절적인 요인에 의해 우선순위가 바뀔 수도 있으며, 방어 조치를 취하기 전에 이미 우선순위가 높은 지역이 영향을 받았다면 우선순위를 어떻게 변화시킬 것인지 등 여러가지 요인이 검토되어야 한다. 결정된 방제 우선순위에 관한 정보는 누구에게나 제공되어야 하며, 배포되어야 한다. 또한, 한 지역의 방제우선순위는 다른 지역의 우선순위와 비교 검토되어야 한다. 방제 우선순위는 사고 방제시에 결정을 내리기 어려울 경우에 유용하게 사용될 수 있다 (IMO/MEPC, 1994c).

8. 유출사고 방제의 정책 수립

기름오염 방제는 가장 최선의 기술을 사용하여 사고를 처리하고자 한다. 따라서 방제를 하는데 있어서 여러가지 다른 의견이 있을 수 있다. 방제책임자는 특정한 사고를 방제함에 있어서 현재의 상황에서 가장 좋은 방법을 조합하여 사용하고자 노력해야만 한다.

표준 보고 절차(standard reporting procedure)를 사용하도록 함으로서 현장의 방제 인력과 지휘본부간에 피해 추정에 관한 정확한 정보를 전달하게 할 수 있다. 긴급계획을 만들 때 해안의 종류를 확인하고, 어떤 방제 방법이 사용 가능한지, 어떤 방법을 사용해서는 안되는지에 관해서 사전에 확인해 두는 것이 매우 중요하다.

9. 방제 조직의 구축

방제 조직은 사고시 즉각적으로 소집되고 정보를 전달받을 수 있도록

조직화 되어야 한다. 방제조직의 의사결정자는 항상 정보를 받을 수 있어야 하며, 적절한 통신장비가 있어야만 한다. 방제조직의 의사결정자는 즉각적으로 사고에 대응할 수 있는 권한이 부여되어야 하며 이는 신속한 방제 작업을 위하여 반드시 필요하다. 또한 여러 다른 방제조직의 활동을 조정할 수 있는 권한, 즉 타 기관의 방제인력과 장비를 통제하고 조정할 수 있는 권한이 주어져야 한다. 이는 여러기관이 방제 작업에 참여할 때 명령체계의 일원화를 위해 매우 중요하다. 또한 여러기관의 방제작업을 총괄지휘하는 본부가 신속하게 설치되도록 하는 것도 필요하다.

제 3 절. 해상 유출사고에 대비, 대응하기 위한 국가 방제 체제

1. 국가 방제체제의 요건

국가 방제체제를 구축하기 위한 주요 요건은 1) 방제에 참여하는 여러 기관들을 대표하는 실행 기관과 조직을 만들고, 2) 사전에 배치할 오염 방제 장비의 최소 수준과 형태를 지정해 주고, 3) 방제에 참여하는 인력을 수준에 따라 양성하며, 4) 대비태세를 개선하기 위하여 사고에 대비한 가상 훈련을 실시하는 것이다 (IMO/MEPC, 1994c).

2. 국가 긴급계획의 내용

1) 국가 긴급계획의 준비 및 실행 주체 지정

국가 긴급계획에는 오염방제 정책과 책임을 부여하고 국가 긴급계획을 마련하고 실행하는데 책임이 있는 당국 혹은 대표 기관을 지정하여야 한다. 또한 긴급계획에서 관할하는 지리적 범위가 분명히

명시되어야 한다.

2) 국제적인 지원에 대한 통제범위 지정

타국이나 타 기관에서 방제를 지원할 경우 긴급계획상에 그러한 외부 지원기관이 우리나라의 방제 조직을 돕기 위해 어떻게 함께 작업할 것인지를 규정하고, 그러한 외부 지원 기관이 담당할 수 있는 업무와 책임을 규정하여야 한다. 또한, 외부 기관의 방제작업이 우리나라의 방제 책임자에게 전달될 수 있는 조직적인 연계가 명시되어야 하며, 방제 우선순위에 있어서의 이견을 해결할 수 있는 방법도 명시되어야 한다.

3) 사고 보고 접수 및 전파 책임 기관 지정

국가 긴급계획에는 MARPOL 73/78 제 8 조와 OPRC협약 제 4 조에서 요구하고 있는 해양오염 사고시의 보고의무에 의해 우리나라에 보고되는 정보를 수신하고 전파하는 책임을 가진 기관을 지정하여야 한다.

4) 경보 시스템의 구축

국가긴급계획에는 초기 사고 보고와 계속되는 보고를 가능한 한 신속하게 방제 책임기관과 지원기관에 전파하기 위한 경보 시스템을 갖추도록 요구하여야 한다.

5) 유출사고의 위험 및 피해 추정

국가 긴급계획에는 사고로 인한 위험의 추정을 위한 내용을 포함시켜야 한다.

6) 해난 구조 및 사고선박 처리

선박에 의한 유출사고의 경우 해난 구조와 사고선박내의 기름 이적 작업 등 사고 선박의 처리는 오염 피해의 감소와 밀접한 관계를 가지고 있다. 따라서 국가 긴급계획에는 해난구조와 사고 선박 처리에 관한 내용이 포함되어야 한다.

7) 사고후 오염상태 감시

헬기나 항공기를 이용해 해상에서 유출물질이 이동하는 것을 감시하거나 원격탐사장비를 사용하는 것이 필요하다. 항공감시는 방제책임자가 적절한 방제 활동을 수행할 수 있도록 정보를 제공한다. 항공감시를 통해 해안의 오염도가 어느정도인지를 확인할 수도 있으며, 육상에서는 정확히 파악할 수 없는 오염 현황을 보여줄 수 있다. 긴급계획에는 이러한 항공감시 요건을 명시해야 한다.

8) 방제 결정

긴급계획에는 누출억제, 방치, 방제실시, 방어, 정화작업 등 고려할 수 있는 모든 방제 방법을 준비해야 한다.

9) 정화 작업

긴급계획에는 어떤 상황에서 어떤 정화방법을 사용할 것인지를 명시해야 한다. 일반적으로 해안을 방어하고 회수 작업을 실시해야 하나 유처리제를 사용하거나 소각 등 다른 방법을 사용할 필요도 있다. 방제계획에는 그러한 다른 방법을 사용할 것인지, 어디에서 언제 사용할 것인지를 명시하고, 허가되는 유처리제의 형태와 살포 방법도 명시해야 한다. 해안의 정화작업에는 막대한 인력과 장비가 소요될 수 있으므로 긴급계획에서는 이러한 인력과 장비를 확보할 수 있도록 해야 한다. 해안 정화작업의 결정에 대한 재평가 작업을 실시하기 위하여 현장의 지휘자로부터의 정보나 항공감시에 의해 작업과정을 모니터링해야 한다. 정화작업의 종료 결정은 자문을 받은 후 방제책임자가 내려야 하며 종료결정은 보통 정화작업이 더이상의 효과가 없다고 판단될 때나 요구되는 정화작업의 수준에 다다랐다고 판단될 때 내리게 된다. 정화작업의 종료결정에 관한 사항도 긴급계획에 포함되어야 한다.

10) 통신

긴급계획에는 방제책임자와 현장, 선박, 항공기 등 방제 작업에 참여하는 상호간에 효과적인 통신이 이루어 질 수 있도록 시스템과 절차가 규정되어야 한다. 통신센터는 전화, 팩시밀리, 텔렉스, 무선통신 등을 갖추어야 하며 무선 통신의 경우 사용 주파수가 할당되어야 한다.

11) 폐기물의 수송 및 처리

긴급계획에는 회수된 기름과 폐기물을 수집 및 폐기할 장소로 이동시키기 위한 자원과 일시보관할 장소나 장비를 확보하여야 한다. 긴급계획에는 회수된 기름의 최종 폐기 장소를 정부기관과 협의하에 확보하여야 한다.

12) 피해지역의 복구 및 영향 모니터링

정화작업이 완료되면 피해지역의 복구를 위한 조치가 필요할 수 있다. 복구를 위한 각종 조치는 환경, 관광, 수산업, 항만 등 여러 부문에서 관련 기관과 협의하에 이루어 지게 된다.

환경적으로 민감한 지역은 피해의 복구 및 피해의 저감을 위해 추가 조치가 필요한지를 결정하기 위해 계속적인 모니터링이 필요하다. 방제 책임 기관은 이러한 측면을 환경부와 협의하여 고려하도록 해야 한다.

13) 자료의 보관 및 피해보상 준비

즉시 피해보상 작업이 진행되기 위해서는 방제작업이 이루어진 각 장소마다 취해진 방제활동, 투여 인력 및 장비, 사용된 방재자재 등에 관한 정확한 자료가 관리되어야 한다. 이러한 작업을 위한 양식이 긴급계획의 부속서에 첨부되는 것이 좋다. 시료 채취나 시료의 보관 뿐만 아니라 현장에서 관찰된 환경 피해에 대한 기록 서류도 피해보상을 위하여 준비해야 한다. 유출사고의 피해를 보여주는 증거나 사진을 보관하고

관리될 수 있게 명시하여야 한다.

14) 민간에 대한 정보 제공

방송과 신문 등 언론매체와의 원활한 관계 유지는 전체 방제 실행과정에 있어서 매우 중요하다. 긴급계획상에는 경험이 풍부한 홍보 담당관을 지정하고 적절한 공간과 전화선을 별도로 마련해 주도록 해야 한다. 민간이나 언론에 적절한 정보를 신속하게 제공하지 못할 경우 사고 처리에 불필요한 어려움이 발생할 소지가 있기 때문이다.

15) 교육 및 훈련

긴급계획에는 방제인력의 교육훈련과 가상연습이 분명히 포함되어야 한다. 교육훈련 프로그램은 선박 및 항공기 승무원, 장비 사용자, 해안 정화작업 요원, 방제 책임자 등 교육자의 단계별로 개발해야 한다. 긴급계획에는 내부 가상 연습(internal exercise)와 외부 가상 연습(external exercise)를 실시하도록 해야 한다. 내부 가상 연습에 의해 긴급계획 보유자가 자신의 긴급계획이 어느정도의 효과가 있는지를 분석하고 자신의 인력과 자원의 효과를 분석하기 위해 실시하는 것이다. 외부 가상 연습은 긴급계획 보유자가 자신의 방제 구조 밖에서 제공되는 인력과 장비를 포함하는 훈련으로서 여러단계의 긴급계획이 얼마나 연계성 있게 준비되었는지를 점검할 수 있는 기회를 제공한다.

16) 긴급계획의 개정

긴급계획은 주기적인 연습이나 실제 사고의 경험을 통해 얻어진 내용을 포함시키기 위해 정기적으로 재검토되어야 한다. 긴급연락망이나 장비 목록 등을 새로 만들거나, 조직의 변화나 법의 개정으로 인해 방제 조직이나 정책의 변화가 있을 경우 이를 긴급계획에 적절히 수용해야 한다. 긴급계획에는 이러한 개정에 필요한 요건을 명시해야 한다.

Table 3.1. Contents of National Contingency Plan (NCP)

1. 서론
    1.1. 국가 긴급계획의 목적
    1.2. 방제 주관 기관
    1.3. 범위
    1.4. 정의 및 약어
2. 방제책임 및 방제조직
    2.1. 국가의 의무
    2.2. 국가 방제 시스템
    2.3. 국가 방제 우선순위
    2.4. 방제책임자의 의무와 책임
    2.5. 사고 신고
    2.6. 여러 기관의 참여 및 지원
3. 대비 및 계획
    3.1. 국가 방제 정책
    3.2. 계획 및 조정 구조
    3.3. 국가 긴급계획
    3.4. 지역 긴급계획
    3.5. 국지적/시설의 긴급계획
    3.6. 국제 협정
        3.6.1. 타국의 국가 긴급계획과의 연계성
        3.6.2. 지역해 협정과의 조정
        3.6.3. 국제적 지원 요청을 위한 정책 및 절차
        3.6.4. 국제적 지원을 하기 위한 정책 및 절차
    3.7. 방제 훈련 프로그램
4. 방제 실행
    4.1. 방제의 일반적 양상
    4.2. 명령 체계
    4.3. 통신 장비
    4.4. 전문가 그룹
    4.5. 여러 지역의 방제
    4.6. 건강 및 안전
    4.7. 방제 기술
    4.8. 제도 및 방제 자원 지원
    4.9. 방제비용, 상환, 보상
5. 보고 및 통신
    5.1. 통신 체계
    5.2. 오염사고 보고양식
    5.3. 사고후 검토

Table 3.2. Contents of Regional Contingency Plan (RCP)

제 1 부 정책 및 제도

1. 서론
    - 1.1. 지역 긴급계획의 목적
    - 1.2. 방제 주관 기관 및 권한
    - 1.3. 정의 및 약어
    - 1.4. 지리적인 관할구역
2. 방제 체제 및 정책
3. 방제 조직
    - 3.1. 방제계획 수립 조직
    - 3.2. 방제 실행 조직
4. 긴급계획의 점검
    - 4.1. 방제계획의 개정 및 보완 요건
    - 4.2. 훈련 및 가상 연습
5. 교육훈련 및 가상 연습
    - 5.1. 교육 훈련
    - 5.2. 가상 연습
6. 지역 방제능력의 평가
    - 6.1. 책임 구역
    - 6.2. 방제계획 위원회의 조직
    - 6.3. 지역의 과거 사고
    - 6.4. 위험 분석
7. 보건 및 안전에 관한 정책
    - 7.1. 민간인의 보건 및 안전
    - 7..2. 방제 작업자의 보건 및 안전
8. 시나리오의 개발
    - 8.1. 소규모 사고
    - 8.2. 중규모 사고
    - 8.3. 최악규모 사고
9. 적용되는 국내 및 국제 협정

제 2 부 방제실행

1. 서론
2. 관할 구역
3. 사고 보고
    - 3.1. 사고보고 요령
    - 3.2. 지역내 사고보고
    - 3.3. 국제적 사고보고

Table 3.2 (Continued). Contents of Regional Contingency Plan (RCP)

4. 지휘 본부
    4.1. 지휘본부 설치의 원칙 및 절차
    4.2. 지휘본부의 인원
    4.3. 지휘본부의 보급
5. 자료 수집
    5.1. 초기 사고 보고의 접수
    5.2. 유출물 이동의 추적
    5.3. 해안오염 보고 및 추정
6. 실행 제도
    6.1. 오염방제 비용
        6.1.1. 방제비용의 추정
        6.1.2. 자료의 보관 및 방제비용의 청구 절차
        6.1.3. 피해 추정 절차
    6.2. 보고
        6.2.1. 오염사고 보고
        6.2.2. 사고후 보고
7. 방제 자원의 지원
    7.1. 허가 요건
    7.2. 인력 지원
    7.3. 인력 및 장비의 월경
    7.4. 방제자원의 정보
8. 전문가 팀
    8.1. 전문 방제팀
    8.2. 언론 및 민간 관련 전문가
    8.3. 위험물질 방제팀
    8.4. 전문 수색구조팀
9. 방제장비목록
10. 통신
    10.1 통신계획
    10.2. 통신장비
11. 민감지역
    11.1. 민감지역의 위치 및 종류
    11.2. 우선순위
12. 유출물의 회수 전략
13. 유분산처리제, 화학적 처리제, 해상소각 및 기타 제제나 기술의 사용 전략
14. 보건 및 안전 계획
15. 폐기물의 수송, 보관 및 폐기
16. 방제비용 관련 문서
17. 대민, 언론 관계
18. 방제 실행의 종료

Table 3.3. Contents of IPIECA regional contingency plan

I. 전략

1. 서론
   1.1. 방제 전담 기관 및 방제 위원회의 구성
   1.2. 긴급계획의 범위
   1.3. 기타 방제계획과의 연계
2. 유류 유출사고의 위험평가
   2.1. 유출사고의 위험평가
   2.2. 유출 예상 유류
   2.3. 유출유의 풍화과정
   2.4. 유류 유출 시나리오의 결정
   2.5. 연안자원 평가 및 방제 우선순위
   2.6. 연안 환경 민감도 지도 작성
   2.7. 기타 고려사항
3. 유출유 방제 전략
   3.1. 원칙 및 목적
   3.2. 제한조건
   3.3. 해상 방제 전략
   3.4. 연안 방제 전략
   3.5. 해안 방제 전략
   3.6. 폐유보관 및 처리 전략
4. 장비 및 지원
   4.1. 일차 유출유 방제 장비
   4.2. 검사, 유지 및 성능 평가
   4.3. 부속 방제 장비
   4.4. 기타 지원 장비
5. 방제조직의 운영, 방제인력 및 교육
   5.1. 방제책임자 및 기금지원기구
   5.2. 사고시 조직표
   5.3. 가용인력(현장 인력 및 요청가능 인력)
   5.4. 추가 노동인력의 확보 가능성
   5.5. 전문가의 지원
   5.6. 교육 계획 및 가상 긴급 훈련
6. 통신 및 통제
   6.1. 지휘본부
   6.2. 현장 통신 장비
   6.3. 보고서, 지침서, 지도, 해도, 기록부

II. 방제실행

7. 초기 방제 작업
   7.1. 사고보고 및 긴급상황의 기초 평가
   7.2. 보고 및 통보
   7.3. 지휘본부 설치
   7.4. 유출상황정보 수집(유종, 해상상태 예보, 항공탐사, 해안보고)
   7.5. 유막확산추정(24, 48, 72시간)
   7.6. 위험지역, 자원의 확인 및 통보
   7.7. 의사결정
8. 실행계획 및 이동과정
   8.1. 방제팀의 조직
   8.2. 1단계 방제우선순위의 결정
   8.3. 1단계 방제팀의 이동
   8.4. 1차 보도자료 준비
   8.5. 2단계 방제실행계획의 수립(24, 48, 72시간)
   8.6. 2단계 장비지원 및 이동
   8.7. 현장 지휘본부설치 및 통신
9. 방제실행의 통제
   9.1. 전문가로 구성된 운영팀 구성
   9.2. 추가 유출상황정보 수집(유종, 해상상태 예보, 항공탐사, 해안 보고)
   9.3. 실행계획의 검토 및 계획수정
   9.4. 추가 장비, 지원, 인력 요청
   9.5. 사고일지 및 보고서 준비
   9.6. 2차 보도자료 준비
   9.8. 상부보고
10. 방제실행의 종료
   10.1. 최종 적정 해안정화 수준의 결정
   10.2. 장비회수, 세척, 유지관리, 보충
   10.3. 최종보고서 준비
   10.4. 실행계획 및 과정의 검토 및 평가

III. 자료

지도
1. 지도: 해안도로, 전화, 속소
2. 해도: 해류도, 조류도, 주풍
3. 위험지역 및 예상확산도
4. 보호되어야 할 해안자원
5. 해안의 형태
6. 해역별 방제전략
7. 연안해역별 방제전략
8. 해안별 방제전략
9. 폐유보관 및 폐기장소

리스트
1. 일차방제장비: 오일펜스, 스키머, 유처리제 살포장비 유처리제, 유흡착제, 유겔화제, 폐유저장고 등 (제조회사, 형태, 크기, 위치, 운송, 연락처, 이송시간, 가격, 조건 등)
2. 부속장비: 선박, 항공기, 흡입트럭, 폐유저장탱크, 보호의복 등(제조회사, 형태, 크기, 위치, 운송, 연락처, 이송시간, 가격, 조건 등)
3. 지원장비: 항공기, 통신장비, 식당, 숙소, 차량 등 (가용성, 연락처, 가격, 조건 등)
4. 인력: 가용성, 지역 관공서, 식당, 연락처, 기술수준, 임금, 조건 등
5. 전문가: 환경, 안전, 회계분야의 전문가 (가용성, 연락처, 자문비, 조건 등)
6. 지역관공서 및 중앙부서 (이름, 직책, 직무, 주소, 전화번호, 팩스, 텔렉스)

자료
1. 유류 데이타베이스
2. 풍향 풍속자료 및 기상자료

제 4 절. 해상 유출사고 대비, 대응 및 협력을 위한 국제 협정

1. 해상유출사고 공동방제 국제 협정의 필요성

대형 해상 유출사고를 처리하기 위해서는 막대한 인력과 장비가 동시에 동원되어야 하므로 단일 국가의 능력으로 이를 처리하기 어렵다. 더구나 해양은 물리적인 경계로서 구분되지 않기 때문에 해상에서 유류와 유해물질의 유출사고가 발생할 경우 광범위한 확산에 의해 인접국에까지 막대한 피해를 입을 가능성이 크다. 현재 전세계의 다른 지역해에서는 그 지역해의 해양환경보전을 위하여 해상 유출사고에 대비한 인접국가간의 긴급 방제체제를 구축해 놓고 있다 (UNEP, 1984, 1992; Sainlos, 1995). 한국, 일본, 중국, 러시아, 북한으로 구성되어 있는 북서태평양 지역은 정치적인 이유로 지역해 차원의 공동협력사업이 가장 부진한 상태에 있었으나 최근 UNEP NOWPAP 프로그램 등이 시작됨에 따라 향후 현저한 진척이 있을 것으로 예상되고 있다. 동북아 환경협력사업의 가장 우선적인 대상인 해상유출사고 방제체제 구축을 위하여 본 연구에서는 주변국과의 공동방제협정을 체결하기 위한 준비작업을 수행하였다.

2. 주변국과의 방제협정에 필요한 요소

해상유출사고시의 국제적인 협력을 원하는 각국 정부는 우선 자국의 국가적인 방제 체제를 구축하고 긴급계획을 수립하여야 한다. 각국 정부는 국제공동 긴급계획에 다음과 같은 정보를 제공하여야 한다.

1) 해상 유출사고를 책임지는 국가 당국(기관)과 접촉 창구
2) 국가의 오염 방제 조직과 긴급계획에 대한 설명
3) 유출사고 방제 자원의 형태와 요청 방법

4) 국가내 있는 방제에 사용되는 지원 시설

국가간 합의사항은 국제공동 긴급계획의 내용과 부합되어야 하며, 오염사고원, 위협에 처한 자원이나 방어 우선순위 등을 국제공동 긴급계획이 적용되는 지리적인 구역에 대해 준비되어야 한다. 국제 공동 긴급계획은 간단하고 실행하기 용이해야 하며, 각국이 적절한 방제 조치를 취할 때 사전에 조정된 신호나 절차에 따라 단계별로 개시를 허가할 수 있도록 그 구조가 구축되어야 한다.

3. 참여 국가간의 협력 범위

국제공동 긴급계획은 2개국 또는 그 이상의 정부가 기름오염의 감시와 방제의 실행적 측면을 용이하게 하기 위하여 협력할 수 있게 하는 범위내에서 마련되는 것이다. 국제 공동 긴급계획은 1) 정보교환, 2) 사고가 발생한 관할 수역의 국가가 주도적인 역할을 한다는 가정하에서 선박, 항공기 방제 장비의 사용, 3) 타국의 국경을 넘어 선박이나 항공기를 통해 장비나 인원의 이동이 있을 경우 공동 방제 작업시의 명령 구조 및 연락체계의 구축, 4) 긴급계획의 가상 훈련의 실시, 5) 자문 및 기술 지원에 관한 협정 등을 포함할 수 있다.

4. 해역 정의 및 책임의 분배

국제공동 긴급계획에는 이 계획이 적용되는 해역을 분명히 명시되어야 한다. 감시, 보고, 방제활동에 있어서 각국이 책임이 있는 해역과 여러 국가가 공동으로 책임이 있는 해역이 분명하게 명시되어야 한다. 유출사고가 발생한 해역에 책임이 있는 국가가 주도적인 역할을 수행하고 필요한 모든 초기 조치에 책임이 있으며, 그 책임이 한 국가에서 다른

국가로 이전될 경우에 대한 근거가 국제공동 긴급계획내에 분명히 명시되어야 한다. 국제적인 방제 활동은 한 국가가 다른 국가나 조직에게 지원을 요청할 때 이루어 질 수 있다.

5. 보고, 경보, 및 통신

유출사고 지역에 책임이 있는 국가나 그로 인해 중대한 위협을 받는 국가는 즉시 주변국가에게 사고에 관한 정보를 자세히 통보해야 한다. 국가간 현장에서의 무선 통신이 용이하게 하기 위하여 사용 언어나 특정 주파수에 관한 지정을 하도록 사전 합의가 필요하다.

6. 방제자원의 지원, 제도 및 자금

국제공동 긴급계획에는 각국의 당국을 통하여 방제 장비 및 인력을 빌리기 위한 접촉 창구, 장비와 인력을 이동시키는 절차, 적절한 비용 보상 등을 포함하여야 한다. 각국은 지역내에 보유하고 있는 정부와 기업의 방제자원이 증강이 필요할 경우 이를 증가시키는데 합의할 수 있다. 또한 최악의 유출상황에 대비하여 지역 밖에서도 가용한 자원을 어떻게 조달할 것인지를 긴급계획에 포함시켜야 한다.

국제공동 긴급계획에서는 장비나 자재 및 인력을 지체없이 이동시킬 수 있는 체제를 갖추는 것이 가장 중요한 내용이다. 따라서 국제공동 긴급계획에 참여하는 각국은 세관업무, 입출국절차 등을 신속히 처리하는 제도적인 측면에 합의하여야 한다. 긴급계획에는 이러한 자세한 합의 내용이 포함되어야 하며 국제기구가 지원을 위하여 참여할 경우에 대해서도 자세한 내용을 포함시켜야 한다. 신속한 비자 발급과 관세없는 방제장비의 통관 등이 필요하다.

외국과의 공동 방제 작업이 이루어질 경우 지원국들은 방제비용의 상환에 대하여 OPRC 협약에 근거하여 이를 고려하여야 한다.

7. 국제공동 긴급계획의 개정 및 보완

국제공동 긴급계획은 주기적인 연습이나 실제 사고의 경험을 통해 얻어진 내용을 포함시키기 위해 정기적으로 재검토되어야 한다. 각국으로부터 제공되는 정보를 통해 긴급 연락망이나 장비 목록 등을 새로 작성하는 것도 필요하다.

Table 3.4. Contents of International Contingency Plan (ICP)

1. 서론
    1.1. 배경
    1.2. 목적
    1.3. 범위 및 지리적 범위
    1.4. 정의 및 약어
2. 정책 및 책임
    2.1. 정보의 교환
    2.2. 국가 대표기관 및 접촉창구의 지정
    2.3. 주도적 역할의 가정
    2.4. 방제 계획
    2.5. 공동 방제 훈련 및 가상연습
3. 방제 요소 및 계획
    3.1. 주도적 역할의 가정
    3.2. 국가 방제책임자
    3.3. 긴급 공동 방제 센터
    3.4. 지원 팀
    3.5. 명령 체계
    3.6. 통신에 관한 합의
    3.7. 방제 계획
    3.8. 방제 전략
4. 방제 실행
    4.1. 방제 단계
    4.2. 유출물의 감시 및 예보
    4.3. 지원의 요청
    4.4. 공동 방제 실행
    4.5. 추가 지원의 요청
    4.6. 공동 방제 실행의 종료
5. 보고 및 통신
    5.1. 통신 시스템
    5.2. 초기 경보 시스템
    5.3. 오염사고 보고양식
    5.4. 사고후 보고

Table 3.4. (Continued) Contents of International Contingency Plan

6. 제도 및 방제자원 지원
    6.1. 방제자원 지원
    6.2. 방제 비용
    6.3. 통관, 입출국 절차
    6.4. 보건 및 안전
    6.5. 방제비용의 산정
    6.6. 긴급계획의 개정
7. 홍보 및 의전
    7.1. 홍보 사무소
    7.2. 보도 및 기자회견
    7.3. 의전

부속서 1. 접촉 창구와 방제인력의 리스트
부속서 2. 지리적 책임구역을 표시하는 지도
부속서 3. 가능한 오염사고원 및 환경민감도를 나타내는 지도
부속서 4. 통신 계획
부속서 5. 전문가의 목록 및 리스트
부속서 6. 참여국가의 국가 긴급계획서

제 5 절. 한일간 해상 유출사고 대비, 대응 및 협력사업의 추진현황

한일 양국 정부는 1990년 5월 25일자로 '대한민국 정부와 일본정부간의 해상에서의 수색, 구조 및 선박의 긴급피난에 관한 협정(조약 제1004호)'을 체결한 바 있으며(최, 1993), 양국은 이 조약과 같은 차원에서의 한일 공동 방제협정의 필요성을 크게 느끼고 있는 실정이다. 일본은 OPRC 협약의 발효와 NOWPAP 프로그램에 대응하기 위하여 이미 일본 운수성 주관으로 1993년부터 동북아 5개국에 대한 방제체제 및 실태조사를 위한 연구과제를 시작하였으며, 우리나라에 3개월간 전문가를 파견하여 방제체제에 관한 조사를 한 바 있다. 일본은 1995년 10월에 OPRC 협약 가입을 목표로 국가 방제 시스템의 보완작업을 수행하고 있다.

이러한 시급한 필요성에 부응하기 위하여 본연구의 1차년도에는 우선 한국과 일본의 유출사고 방제에 관한 법률을 비교분석하고, 양국의 방제체제를 비교함으로써 한일 공동 방제 협정의 체결을 위한 사전 조사를 완료하였다. 1994년 3월에는 동경에서 1차 한일방제전문가 회의가 개최되었으며 1994년 10월에는 서울에서 2차회의가 열린 바 있다. 일본은 동북아 국가간의 공동 방제 체제를 구축하는데 주도적인 역할을 하고 있으며, 1995년에도 3차 및 4차 회의를 통하여 한일 협정의 체결을 위한 준비를 시도할 것으로 보인다. 지난 1차회의에서는 유출사고 대응에 있어서 한일간의 기본 협력원칙에 합의하였으며, 2차회의에서는 양국의 유출사고 대응 현황에 대하여 논의하고 향후 공동 연구와 훈련 등에 관하여 의견을 개진하였다.

한일 공동 방제협정을 체결하기 위해서는 양국의 방제체제와 법제에

대한 상호 비교분석이 선행되어야 하며, 방제협정의 내용과 규정을 설정하여 작성한 후 세부적으로 검토하는데 막대한 시간과 노력이 필요할 것으로 보인다. 유출사고시 공동방제협정에서는 양국간의 국제공동 긴급계획이 수립되어 명시되어야 한다. 우리나라의 경우 국가 긴급계획조차 준비되지 못한 상태이므로 국제공동 긴급계획의 준비는 아직 엄두도 내지 못하는 상태에 있다. 본 연구에서는 국가 긴급계획의 수립과 국제 공동 방제 긴급계획의 수립에 필요한 요소에 관하여 연구하였는데 이를 바탕으로 하루빨리 긴급계획이 준비되어야 할 것이다. 만약 우리나라가 OPRC 협약에 가입하기 위한 요건들을 갖추지 못한 상태에 머물러 있게 된다면 한일간의 방제협정은 더이상 진전을 보지 못할 것으로 전망된다.

제 4 장

유류 및 유해물질 사고에 대한 대비

제 4 장 유류 및 유해물질 사고에 대한 대비

제 1 절 서 언

우리나라의 경우 유출사고 규모를 예측하기 위한 위험분석(Hazard analysis)이 이루어져 있지 못한 상태이기 때문에 지역별로 어느 정도 규모의 사고 대응 능력이 필요한지를 정확히 규정하기는 어렵다. 어느 정도의 사고 위험이 존재하는지를 모르는 상태에서는 지역별로 유출사고의 위험에 해당하는 장비와 인력을 준비할 수 없다. 그러나 현재 우리가 가지고 있는 사고 대비 능력이 수백톤 내지 천여톤의 규모에서도 효과적인 방제가 어려운 상태라는 것은 분명하다.

이제까지 우리나라의 사고 대응능력이 매우 미흡하다는 점이 지적되어 왔었지만 정량적으로 어느 정도의 규모로 대응능력을 확충시켜야 한다는 대안은 제시되지 못했다. 우리나라 전체의 방제장비의 총보유량은 방제선박 19척, 오일펜스 77 km, 오일 스키머 22 대, 흡착재 40 톤, 유분산처리제 3,428 드럼으로서 성능 비교 없이 단순히 양적으로만 비교하더라도 일본에 비해 매우 적은 양이다 (해양경찰청, 1994). 일본의 경우 오일 펜스 1,340 km, 유분산처리제 3,382 kl, 유흡착재 971 톤, 겔화제 113 세트, 유회수용 네트 213 세트, 유회수기 211대, 유회수선 106대, 전장선 154대 등 총 30만톤 규모의 사고에 대응할 수 있는 능력을 갖추고 있다(Okimoto, 1994). 물론 일본과 우리나라를 동등하게 비교하는데는 무리가 있겠지만 우리나라의 전체의 대응 능력은 일본에 비해 10%정도에 불과한 것이다.

방제 선박과 장비 등 방제자원의 양은 기름과의 전투에서 승리할 수

있는가를 결정하는 일종의 군사력이라고 할 수 있다. 이러한 방제 자원을 대폭 증강시키려면 막대한 예산이 소요되므로 민간이던 국가던 간에 단기간에는 큰 부담이 될 수 밖에 없다. 그러나 대응 능력의 강화에 소요되는 자금은 사고 피해로 인한 손실액에 비하면 무척 적은 금액이다. '93년 광양만에서 발생한 제5 금동호 사고의 경우 1500 톤 규모의 유출이었으나 직접적인 수산 피해로 볼 수 있는 피해보상 청구액만도 약 930억원이나 되었다. 크고 작은 각종 유출사고로 인한 수산 피해가 연간 2,000억원 이상으로 추정되고 있는 점을 고려한다면 1년에 500억원을 방제 능력 강화에 투자한다고 해도 결코 아깝지 않을 것이다.

물론 막대한 장비와 선박을 언제 발생할지도 모르는 사고에 대비하여 비축해 놓는 것이 낭비라고 생각할 수도 있다. 수만톤 이상의 유출사고가 발생할 확률은 매우 낮기 때문에 우리나라와 같은 상황에서는 어느 정도까지의 규모로 대응 능력을 강화할 것인가는 심각하게 고려해야 할 문제이다. 그러나 유조선에 의한 수만톤 급의 사고가 남해안에서 발생한다면 남해안은 완전히 기름으로 뒤덮이게 될 것이며 장기간에 걸친 수산피해와 자연자원 피해로 엄청난 손실을 입게 될 것이다.

1990년 이후 선진 각국들은 대형 유출사고에 대비한 대응능력을 크게 강화해야 한다는 입장에 있으며, 향후 우리나라에서도 어느 정도 규모의 대응능력을 자체적으로 갖출 것인지에 관한 정책적인 결정을 내리는데에는 상당한 논의가 필요할 것이다. 본 연구에서는 우선 우리나라에서도 1만톤 규모가 발생할 경우에 대하여 방제 능력을 설정해 볼 필요성이 있다고 판단하였으며, 사고 발생 지역의 특성에 따라 3가지의 방제 계획을 수립해 보았다. 이러한 시도는 1만톤급 사고에 대한 대응 체제를 갖추는데 얼마만큼의 비용이 소요되는지를 추정함으로써 향후 방제체제를 갖추는데

지표를 설정하고자 하는데 목적이 있다.

본 절에서는 1만톤급 대량 유출사고시의 대응 전략을 수립함과 동시에 체계적인 방제지원 체제의 구축을 위한 준비와 교육훈련 체제의 구축을 위한 연구를 수행하였으며, 과학적인 방제를 위해 선진 외국에서는 보편화 되어 있는 과학지원관(Scientific Support Coordinator) 제도를 도입하기 위한 연구조사 등 우리나라 방제 체제의 선진화를 위한 실용적인 연구를 수행코자 하였다.

제 2 절 대량 유출사고에 대비한 대응 전략

1. 대량 유출사고 대응에 필요한 자원의 추정

해상 유류 유출사고에 대비한 지역 긴급계획의 수립에 있어서 가장 핵심적인 부분은 지역별로 어느 정도의 대응 능력을 갖출 것인가 하는데 있다. 최근 대형 유출사고에 대비한 각국의 대응능력의 재편 과정에서 거의 모든 국가들은 이제까지 보유하고 있던 대응능력을 대폭 증강해야 한다는 결론을 얻었다. 카나다 연안 경비대의 경우 1만톤 규모의 사고에 대비한 대응 능력을 갖출 수 있도록 장비와 체제를 증강하기 위한 방제계획을 작성한 바 있다 (Hally, 1993).

우리나라의 경우 유출사고 규모에 대한 위험분석(risk analysis)이 전혀 이루어져 있지 못한 상태이기 때문에 지역별로 어느 정도 규모의 사고 대응 능력이 필요한지를 규정할 수 없는 실정으로서 향후 방제 계획의 수립시 지역별로 위험분석이 선행되어야 할 것으로 사료된다. 본 연구에서는 우선 우리나라에서도 1만톤 규모가 발생할 경우에 대하여 방제

능력을 설정해 볼 필요성이 있다고 보고, 사고 발생 지역의 특성에 따라 3가지의 대응 전략을 수립하였다.

물론 유출량이 1만톤인 사고라 하더라도 사고의 특성과 장소, 상황에 따라 상당한 불확실성이 개재되어 있으므로 사고에 대비한 대응능력을 결정하는데 있어서는 많은 어려움이 있다. 따라서 방제계획 수립시에 설정하는 1만톤 유출사고의 상황은 많은 가정을 필요로 한다. 유출량이 같다고 하더라도 외해와 내만은 사고 처리 전략이 완전히 다르며, 기름의 종류나 기상 조건, 기름의 풍화정도에 따라서 회수 효율은 크게 차이가 날 수 있다. 오일 스키머의 경우 장비의 종류에 따라 회수율이 다르며, 제조 회사마다 회수율에 관한 성능 평가기준이 다르다. 사고 발생장소가 멀리 떨어져 있을수록 방제 선박의 접근 시간이 오래 걸리고 회수 효율도 낮기 때문에 유막이 확산될수록 오일 펜스와 선박 등 방제장비가 많이 필요하다.

같은 유출양이라도 상황에 따라 회수 효율은 큰 차이가 있을 수 있다는 사실 때문에 방제계획의 수립에는 적절한 가정이 필요하다. 본 연구에서는 1만톤 유출사고에 대하여 일단 다음과 같은 가정하에 대비 소요 장비를 추정하였다.

1) 기름의 종류 : MARPOL에서 규정한 기름 및 유제품

2) 해상에서 회수장비가 사용되는 환경조건: 바람 20 노트, 파고 2 m

3) 평균 실행시간: 10시간/일

4) 회수작업 완료기간: 10일 이내 (외해), 30일 (내만), 1년 (해안정화)

5) 기름의 풍화: 에멀젼 형성은 증발과 분산으로 상쇄된다고 가정함

6) 분산처리: 분산처리하지 않음

7) 해상소각: 해상소각처리 하지 않음

8) 기타: 해난 구조용 선박이나 장비는 고려치 않음

방제 능력 산정은 정부 및 민간의 능력을 포함함

2. 해상의 1만톤 유출사고에 필요한 방제 자원 추정

1) 목적: 10일 동안 해상에서 풍화된 기름 10,000톤을 회수한다.

2) 방제 전략: 연안에서 40 km 이내의 해역이나 내만, 항만내에서는 소형 방제 선박이나 부선을 이용하여 방제가 가능하지만 연안에서 40 km 이상 떨어진 해역에는 소형 방제 선박으로는 실제로 방제가 어렵다. 따라서 적어도 500톤급 이상의 전용 방제 선박을 확보하는 것이 바람직하나, 막대한 예산이 뒷받침되어야 하므로 우선 지역별로 전용 방제 선박 1척을 확보하고 나머지 선박은 사고 발생시 출동할 수 있는 선박을 계약에 의해 투입하는 방안을 고려하여야 한다. 선박의 규모는 해상 상태와 사고 발생장소에 따라 유동적으로 결정되어야 하며, 다수의 대형 선박이 필요할 경우에는 군용 선박의 사용이 가능하도록 사전에 계획되어야 한다. 또한 오일 펜스를 전장하기 위하여 본선에는 전장선을 별도로 고려해야 한다.

3) 오일펜스의 확보량 추정: 유출된 기름의 두께를 5 mm라고 가정할 경우 100 톤의 기름은 원형일 때 직경 160 m의 유막을 형성한다. 이를 원형으로 포위하기 위해서는 약 500 m의 오일펜스가 필요한 것으로 계산된다. 마찬가지로 만약 10,000톤의 기름이 유출될 경우에는 확산을 방지하기 위하여 약 50 km의 오일펜스를 보유해야만 한다. 그러나 오일펜스를 사용할 때 완전히 원형으로 포위하지 않으며, 해안에서 사용시에도 해안선 부분이 삭감되므로 이를 반영하여 70% 정도를 산정하는 것이 적당하다. 즉 10,000톤급 사고에 대응하기 위해서는 적어도

35 km 이상의 오일펜스를 보유하고 있어야 한다.

오일펜스의 형태는 우리나라의 형식승인 기준이 3가지 형태로 되어 있다. 항만내에서 사용할 수 있는 A형, 내만이나 조류가 약한 곳에서 사용할 수 있는 B형, 외양이나 조류가 빠른 곳에서 사용할 수 있는 C형 중에서 각각 어느 정도씩을 확보하느냐는 지역적인 특성을 고려하여 결정하여야 한다. Table 4.1은 조류가 약한 해역과 조류가 강한 해역의 지역 특성을 고려하여 필요한 오일펜스의 양과 예산 소요를 나타낸 것이다. 인천과 같이 조류가 강한 지역에서는 효과적인 수거작업이 이루어지기 위해서는 오일 펜스의 구입에만 86억원이나 예산이 투입되어야 한다. 현재 우리나라에는 강한 조류나 해류에 견딜 수 있고 2 m 이상의 파도에서 사용가능한 수입품인 외양형 오일펜스가 매우 적은 비율을 차지하고 있다.

Table 4.1. Comparison of oil boom required for response in a 10,000 ton spill.

오일펜스			A안 (조류가 약한 해역)			B안 (조류가 강한 해역)		
형태	용도	추정단가	보유율 (%)	보유량 (㎞)	금액 (억원)	보유율 (%)	보유량 (㎞)	금액 (억원)
A형	항만용	50,000원/m	40	14.0	7.0	10	3.5	1.8
B형	내만용	200,000원/m	30	10.5	21.0	30	10.5	21.0
C형	외양용	300,000원/m	30	10.5	31.5	60	21.0	63.0
합 계			100	35.0	59.5	100	35.0	85.8

4) 오일 스키머의 확보량 추정: 제조업체가 제시한 회수능력이 시간당 40톤인 스키머를 사용한다고 가정할 때 10시간이면 400톤을 회수해야 하나, 해상에서의 효율을 감안할 때 평균 20% 정도이므로 하루당 회수능력은 약 80톤 정도로 추정된다. 1만톤을 10일내에 처리하려면 13개 스키머 시스템이 필요하다. 시간당 40톤 회수능력을 가진 스키머는 약 1억원 내지 2 억원에 달하므로 13개 시스템을 확보하려면 13-26억원 이상이 소요된다. 회수율이 큰 스키머를 사용하면 계산상으로는 시스템의 숫자가 줄어들고, 선박이나 인력이 줄기 때문에 예산상으로 절감된다고 생각할 수 있으나, 실제의 유출사고 상황을 고려할 때 기름이 해상에 확산되면 광범위한 해역에 퍼진 기름의 제거 작업을 수행해야 하므로 적정량의 회수율을 가진 스키머를 여러대 보유하는 것이 전략적으로 필요하다.

5) 폐유 보관 탱크 및 운반선박 확보량 추정: 회수되는 유류는 일단 갑판상에 있는 탱크에 일시 보관하게 되지만 갑판상의 보관 능력에는 한계가 있으므로 회수유를 육상의 중간 저장시설까지 이동시키기 위해서는 작업을 중단해야 한다. 따라서 회수유를 육상까지 운반하는데 필요한 해상 부유 탱크나 부선이 필요하다. 여기에서는 계산상의 간편함을 위해 견인선으로 이동이 용이한 50톤급 부선으로 가정하였다. 해상에서의 효과적인 유회수를 위해서는 스키머 시스템 1개당 3개의 부선이 필요하다. 육상의 중간 보관 시설까지 무동력 부선을 끌고가기 위해서는 충분한 마력의 견인선이 추가로 필요하다. 부선이 3대가 필요한 이유는 1대가 기름을 회수하고 있을 때, 1대는 회수가 끝난후 견인선으로 중간 보관시설까지 이동하고, 나머지 1대는 중간 보관 기지에서 탱크에 실린 수거유를 옮기고 있어야 한다. 이는 스키머를 중단없이 계속 사용하기 위한 것이다. 13개의 스키머를 운용하기 위해서는 39개의 부선이 필요하다.

6) 방제인력 소요 추정: 스키머 당 5명의 전문 방제 인력이 있어야

하며, 부선에서 기름 이송 작업을 하는데 방제선박당 3명씩의 전문 인력이 있어야 한다. 중간 저장시설에서 부선으로부터 회수유를 인수받는데 부선당 3명씩의 인력이 추가로 필요하다.

7) 중간 저장시설의 규모 추정: 육상 또는 해상에서 방제선박으로부터 인계되는 회수유를 저장 및 처리하기 위한 시설이 필요하다. 10,000톤급 사고의 경우에 에멀젼의 생성으로 부피가 증가하는 점을 고려하여 2배인 20,000톤의 저장시설이 필요하다. 중간저장시설에는 펌프 4대, 점도유의 이송을 위한 스팀 보일러 1대, 에멀젼 파괴 시스템 1대, 유수분리기 시스템 1대가 필요하다.

3. 내만에서의 1만톤 유출사고에 필요한 방제 자원 추정

1) 목적: 10일 동안 내만에서 풍화된 유류 1만톤을 회수한다.

2) 방제전략: 내만에서의 방제작업에는 대형 방제선박이 필요 없으며, 자가동력 부선 이나 무동력 부선이 적절하다. 자가동력 부선에는 5명의 요원과 스키머 및 부속장비를 보유하여야 하며, 소형 부동력 부선(혹은 어선)으로 50톤 이하의 회수유를 옮겨 싣고 예인선으로 육상 중간 시설로 이동시킨다.

3) 오일펜스의 확보량 추정: 동일한 유출량에서는 외해에서와 같은 양의 오일펜스가 필요하나 조류가 강하지 않은 해역에서는 A형이나 B형의 오일펜스가 사용될 수 있다. 1만톤 사고에 필요한 오일펜스는 35 km에 해당한다.

4) 오일 스키머의 확보량 추정: 제조업체가 제시한 회수능력이 시간 당 40톤인 스키머를 사용한다고 가정할 때 10시간이면 400톤을 회수해야 하나, 해상에서의 효율을 감안할 때 평균 20% 정도이므로 하루당

회수능력은 약 80톤 정도라 할 수 있다. 1만톤을 10일에 처리하려면 13개 스키머 시스템이 필요하다.

5) 폐유 보관 탱크 및 운반선박 확보량 추정: 50톤급 무동력 부선 39척 혹은 50톤급 부유식 탱크 39개가 필요하며, 이를 예인하는 선박이 13척 필요하다.

6) 방제인력 소요 추정: 방제 선박에 각 3명의 인력과 임시 수거유 보관용 무동력 부선당 3명, 수거유를 중간 저장시설에 하역하는데 예인선 1대당 요원 3명이 필요하다. 총 합계 인원은 방제선박에 39명, 부선당 39명, 중간 저장시설에 39명 등 117명이 필요하다.

7) 중간 저장시설 규모 추정: 육상 또는 해상에서 방제선박으로부터 인계되는 회수유를 저장 및 처리하기 위한 시설이 필요하다. 10,000톤급 사고의 경우에 에멀젼의 생성으로 부피가 증가하는 점을 고려하여 2배인 20,000톤의 저장시설이 필요하다. 중간저장시설에는 펌프 4대, 점도유의 이송을 위한 스팀 보일러 1대, 에멀젼 파괴 시스템 1대, 유수분리기 시스템 1대가 필요하다.

4. 1만톤 유출사고시 해안 정화작업에 필요한 방제 자원 추정

1) 목적: 400 km 해안이 10,000톤의 유류에 의해 오염되었을 경우 300일 동안에 처리한다.

2) 방제 전략: 해안으로 직접 도로를 통해 접근이 불가능한 경우가 많으므로, 해안 처리는 자가 동력선인 부선이나 임시 보관 탱크를 설치할 수 있는 소형 선박이 많이 필요하다. 이러한 부선은 장비와 인력을 해안 정화작업이 실시되는 장소까지 이송하는 역할도 담당한다. 해변을 오염지킨 유류는 물로 씻고 오일 펜스를 쳐서 막은 후 스키머로 회수한다.

회수된 기름은 해안에서 일시 3-4톤급의 임시 보관 탱크에 담고, 이 기름은 이송 선박에 실려 있는 15-20톤급 저장 탱크에 옮겨 중간 저장 시설로 옮긴다. 중간 저장시설은 각 선박에서 공급하는 폐유를 보관할 수 있는 능력을 가져야 하며, 에멀젼 파괴 장치, 유수분리기, 이송이 가능하도록 기름을 데우는 스팀 보일러가 있어야 한다.

3) 해안정화팀의 산정: 일인당 해안 정화능력은 하루에 6 m 정도이다. 기상 악화 등으로 10,000톤급 사고에 적절하게 대응하지 못했을 경우 약 400 km의 해안이 오염될 수 있으며, 연인원 67,000명의 인원이 필요하다. 만약 6개월 내에 모든 방제작업을 완료하고자 한다면 380명이 6개월간 계속 작업을 수행해야 하며, 18명을 1개 팀으로 구성하면 약 30개 정화작업팀이 필요하다. 만약 1년내에 정화작업을 완료하고자 한다면 15개 작업팀으로 감소한다. 1개 정화작업팀은 18명의 정화작업 요원과 2명의 지휘자, 5명의 유회수 전문요원으로 구성된다.

3대의 무동력 부선은 예인선 1대로 교대로 사용하며, 예인선 1대당 3명의 방제요원이 필요하다. 1개 팀이 보유하는 장비는 선박 (또는 자가동력 부선) 1대, 펌프 (저압 및 고압) 5대, 세척기 2대, 스키머 시스템 1개, 50톤 저장 능력의 무동력 부선 3대, 발전기 등 전원시설, 오일펜스, 흡착제, 이동식 소풍기, 이동가능한 보관탱크 (3톤, 15톤), 압력 세척기, 스팀 보일러, 삽, 트레일러, 소각기, 방제 전문 인력 25명이 필요하다.

Table 4.2. Oil spill resources requirements for a 10,000 ton response Capability

시나리오 소요 자원	해상 방제작업 (40 km 외해역)	내만 방제작업 (내만, 40 km 이내)	해안 정화작업 (400 km 해안)
방제 작업 기간	10 일	10 일	300 일
방제선박(대형)	13 척	-	-
전장선	13 척	13 척	-
방제선박(소형)		13 척	-
부선(50톤 탱크용량)	39 척	39 척	18 척
견인선	39 척	13 척	18 척
스키머 시스템	13 대	13 대	18 대
오일펜스	35 km	35 km	5 km
수거유 임시보관탱크	39 개	39 개	54 개
인력	143 명	117 명	504 명
중간 저장시설	20,000 톤	20,000 톤	1000 톤
펌프	4 대	4 대	90 대
스팀 보일러	1 개	1 개	18 개
유수분리기	1 대	1 대	1 대
세척기	-	-	36 개
소각기	-	-	18 개

제 3 절 해상 유출사고 방제기술 지원 체제

1. 해상 유출사고 방제기술 지원 시스템의 필요성 및 구성 요소

해상 유출사고 방제기술 지원 시스템이란 방제책임자(On-Scene Coordinator: OSC)나 과학지원관(Scientific Support Coordinator: SSC)이 현장에서 필요한 정보나 판단 지원 도구를 제공하기 위한 시스템을 말한다. 방제기술 지원 시스템은 방제 책임자나 과학지원관이 사고 현장에서 사용하는 일종의 공구함(Tool Box)이라고 할 수 있다. 방제 지원 시스템의 주 사용자는 과학지원관으로서 사전에 구축된 데이타베이스와 의사결정에 도움을 줄 수 있는 각종 모델을 이용하여 방제책임자가 과학적인 근거에 의해 방제명령을 내릴 수 있도록 도와주는 역할을 하게 된다 (Dutton, 1988a)

해상 유출사고 방제에 이러한 기술 지원 시스템이 필요하게 된 이유는 유출사고 방제의 독특한 특성 때문이다. 기름이나 유해물질의 유출사고는 그 상황 설정이 매번 아주 상이하다. 기름은 약 250종, 운송도중 사고로 유출될 가능성이 큰 화학물질은 4천여 종에 달한다. 유출되는 장소도 사고마다 다르고, 환경 조건도 매번 상이하다. 이렇게 다양하고 특수하면서도 변화무쌍한 상황에 대처하여 오염 피해를 최소화하기 위해서는 전지전능한 능력을 가진 방제 책임자나 전문가가 필요하다.

방제 책임자는 군사작전을 총괄하는 지휘관 이상으로 지식과 판단력, 지휘능력을 겸비하고 있어야 하며, 방제기술은 물론이고, 해양학이나 환경학적 소양도 고루 갖추어야만 한다. 그러나 아무리 우수한 전문가라 하더라도 사고 지역에 대한 방대한 자료를 그의 머리 속에 미리 입력해

둔다는 것은 불가능한 일이다. 더구나 유해물질의 확산 진로 예측이나 피해 예측을 할 때 주먹구구식의 개인적인 판단에 의존한다는 것은 상당한 위험요소가 개재된다. 전산화된 방제 기술 지원 시스템의 개발 동기는 이러한 유출상황의 특수성과 방제 전략 전술의 운용에 있어서의 포괄성 때문이었다.

방제기술 지원 시스템의 구성 요건은 여러가지가 있다. 방제기술 지원 시스템은 선상이나 야외에서 사용가능하도록 기동성 있는 시스템으로 개발되어야 한다. 복잡하고 계산에 시간이 많이 걸리는 대형 모델을 사용해야 할 경우에는 통신망을 통해 중앙 컴퓨터에 연결하여 사용할 수 있으나 퍼스널 컴퓨터 규모로 만들어지는 것이 바람직 하다. 방제 시스템은 현장에서 사용되어야 하므로 사용에 불편하지 않도록 구조가 아주 논리적으로 설계되어야만 한다. 특히, 그래픽과 다양한 데이타베이스, 각종 모델들을 편리하게 사용할 수 있도록 그래픽 사용자 인터페이스를 갖추는 것이 반드시 필요하다. 방제 지원 시스템에는 확산 예측모델이나 위험평가 모델, 피해예측 모델, 방제 우선순위 결정 모델, 방제전략 판단 모델, 방제선박 운용 모델 등 갖가지 컴퓨터 모델들이 포함된다. 더구나 여러가지 모델들은 사고 지역의 특성을 감안해야 하므로 전국을 소지역별로 나누어 전자지도를 입력해 놓은 지리정보 시스템(GIS)과 연결되어야 한다(Krogh, 1984).

미국 연안경비대는 1972년부터 CHRIS/HACS라는 매우 포괄적인 정보 시스템의 개발에 착수했다. 1000여종의 유해물질에 대한 데이타베이스와 위험추정을 위한 29개의 모델을 완성하는데 꼬박 10년이 걸렸다(Allan and Harris. 1976; Potts. 1981). 그러나 소형 퍼스널 컴퓨터의 기능이 대폭 향상됨에 따라 80년대 후반에는 미국 해양대기청과

환경청에 의해 맥킨토시 기종에서 사용되는 CAMEO (Computer Aid Management of Emergency Operations) 시스템이 개발되었으며 IBM PC용 버젼도 개발되고 있다. CAMEO와 ALOHA (Areal Location of Hazardous Atmospher)는 주로 유해물질 방제작업 실무에서 사용되고 있으며(NSC, 1992a; NSC, 1992b), 최근에는 유류오염 방제용으로 CAMEO SSC와 CAMEO MSO도 개발되었다 (Hielscher et al., 1991). CAMEO SSC의 구조는 Fig. 4.1에 나타내었다.

미국 연안경비대는 최근 CAMEO에 ADIOS (Automated Data Inquiry for Oil Spills)라는 유류 풍화 모델과 1000여종의 기름분석 자료, 과거 사고자료, 방제자원 목록, 유처리제 사용결정 프로그램, 해상 소각 모델, 조류 및 해류도 등을 포함하는 통합정보시스템인 SPEARS (Spill Planning, Exercise, and Response System)를 개발중에 있다. SPEARS는 애플 매킨토시 컴퓨터에서 사용하게 되어 있는 시스템으로서 1994년 10월까지 베타 버젼에 대한 검증을 실시하고 1995년에 실무에 배치할 예정이다 (Wigger, 1995).

2. 해상 유출사고 방제기술 지원 시스템의 시스템 분석

1) 시스템 분석 및 설계 순서

본 연구에서는 현재까지 개발되고 있는 외국의 방제기술 지원 시스템보다 한단계 진보한 형태의 시스템을 개발하는 것을 목표로 하였다. 가장 기술적으로 앞서 있다고 보여지는 CAMEO SSC나 SPEARS의 경우에도 과학지원관이 현장에서 사용하는데 필요한 모든 기능을 가지고 있다고 보기는 어려울 뿐만 아니라, 과거에 비하여 여러가지 기능이 추가됨에 따라 단순한 구조의 공구함 형식으로는 사용하는데 많은

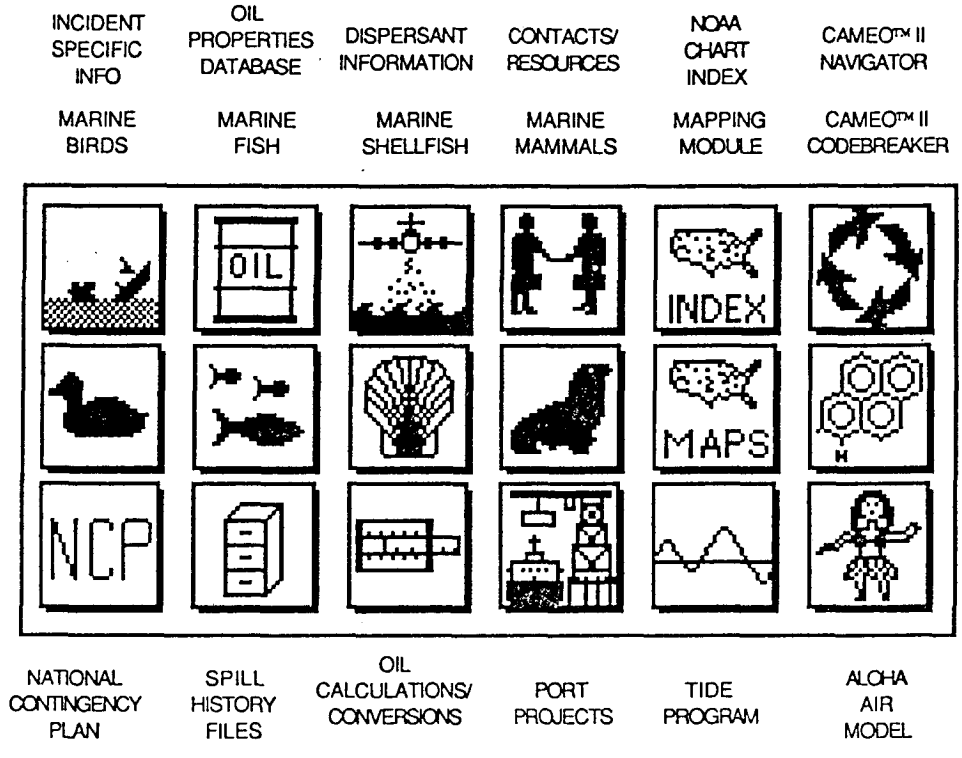


Fig. 4.1. CAMEO SSC navigation palette

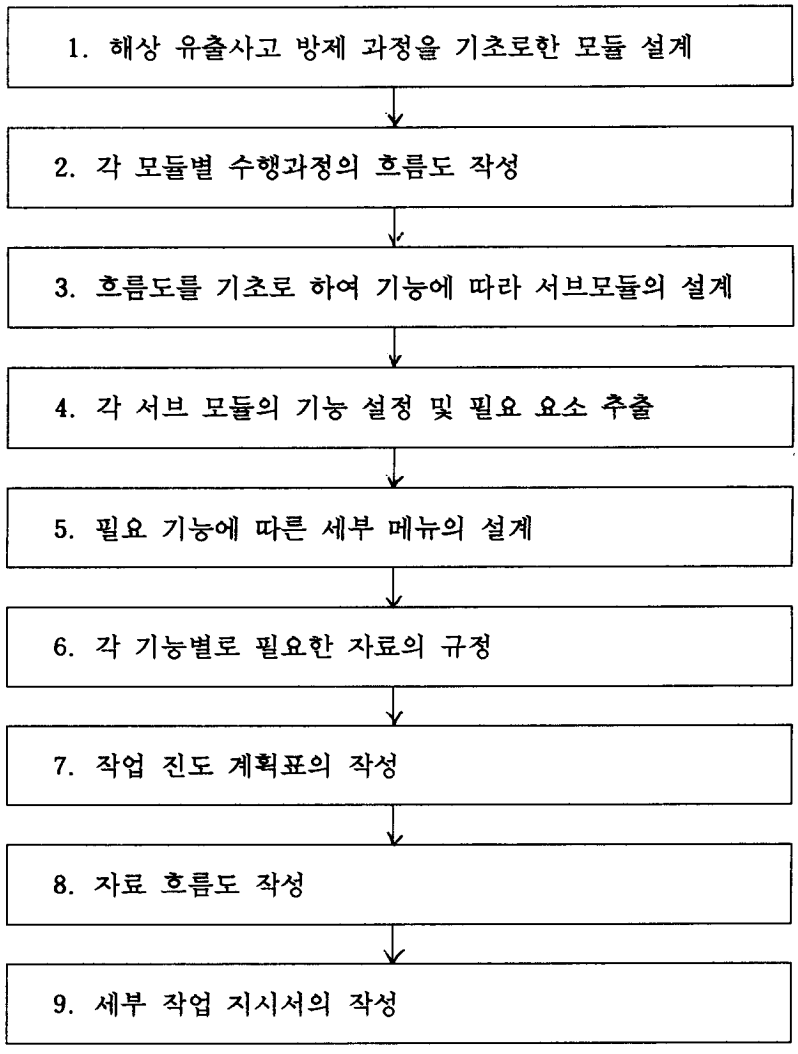
불편함이 있다. 본 연구에서는 유출사고 방제 과정을 기초로 한 포괄적인 방제기술 지원 시스템을 설계하기 위하여 Fig. 4.2에 나타낸 순서로 시스템 분석을 실시하였다.

해상 유출사고 방제과정은 유출확인, 상황평가, 환경평가, 방제결정, 방제조직의 기동, 방제실행, 작업평가, 작업종료결정, 작업종료 등 9개 과정으로 요약될 수 있다 (Fig. 4.3). 이러한 방제작업 과정을 기초로 하여 사전 대비, 사고 확인, 상황평가, 전략지원, 자원지원, 작업평가 등 5개의 모듈로 구분하였으며 (Fig. 4.4), 각 모듈별로 업무 수행과정의 흐름도를 작성하였다 (Fig. 4.5-4.8). 각 모듈별로 작성된 흐름도를 바탕으로 각 모듈별 하부구조가 설계되었으며 (Fig. 4.9), 각 하부구조가 필요로 하는 기능이 설정되고 이러한 기능을 수행하기 위해 필요한 요소(elements)가 도출되었다 (Table 4.3-4.8). 각 하부구조가 수행하게 되는 기능을 바탕으로 한 단계 아래의 하부 구조까지 설계되었다 (Table 4.9-4.13). 도출된 각 요소는 어떠한 자료 형태나 도구를 필요로 하는지가 함께 분석되었으며, 이를 바탕으로 작업 진도 계획표가 작성되었다.

2) 사전대비 과정

사전 대비과정은 방제조직의 검토, 기존 긴급 계획의 검토, 위험 분석, 방제능력 평가, 긴급계획 요소평가, 가상 훈련 등을 차례로 거치는 준비과정의 흐름에 따라 작성된 것이다 (NRT, 1987a). 이는 평상시에 사고에 대비하는 순서를 바탕으로 한 것인데, 방제책임자나 과학지원관의 입장에서 자신의 준비 태세를 점검하는데 사용된다. 방제책임자는 우선 현재 자신이 보유하고 있는 조직을 검토하여 각자에게 적절한 책임과 임무가 부여되었는지, 그리고 긴급한 상황에서 각자가 취할 조치가

Fig. 4.2. Procedures of system analysis and design in developing scientific support system



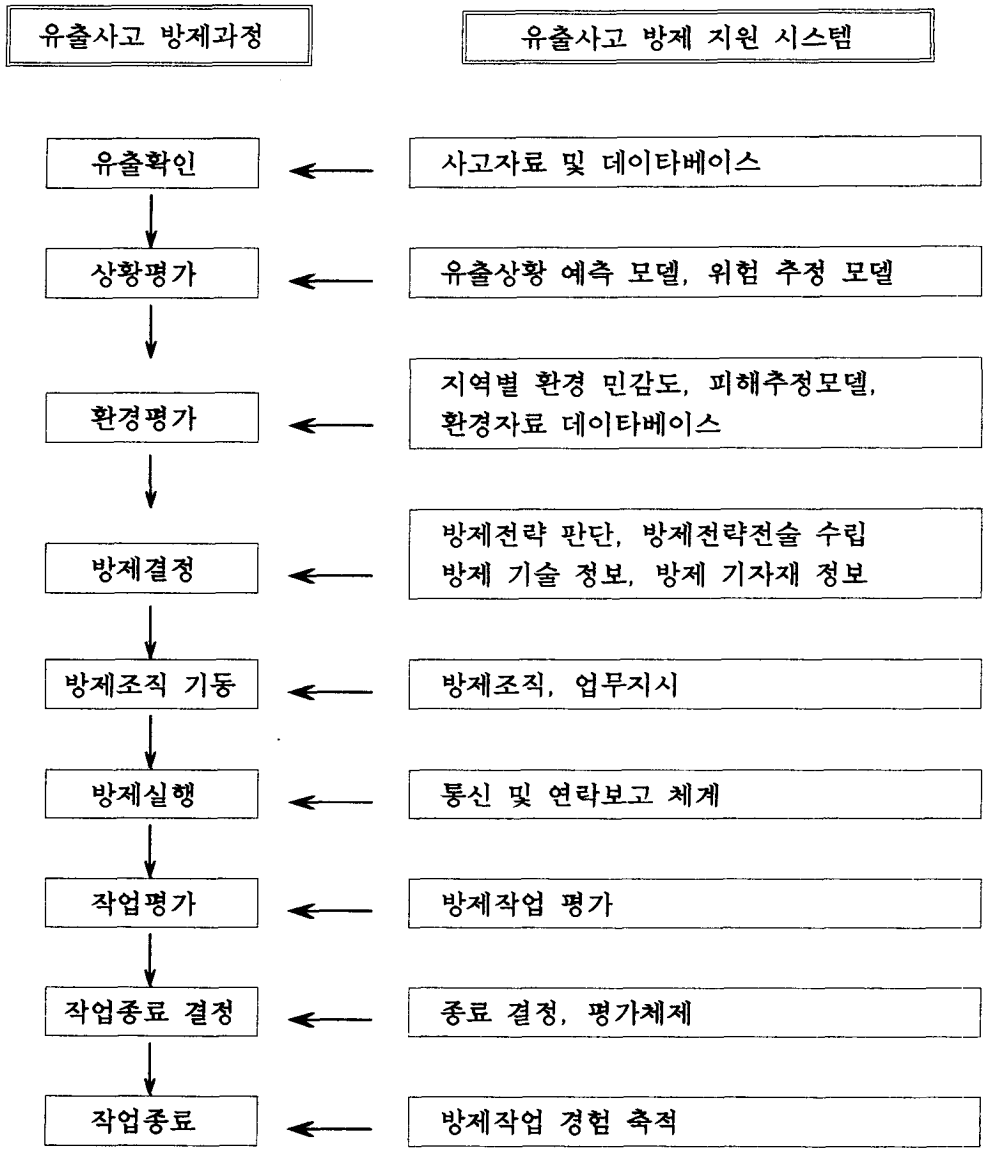


Fig. 4.3. Procedures of hazardous material response

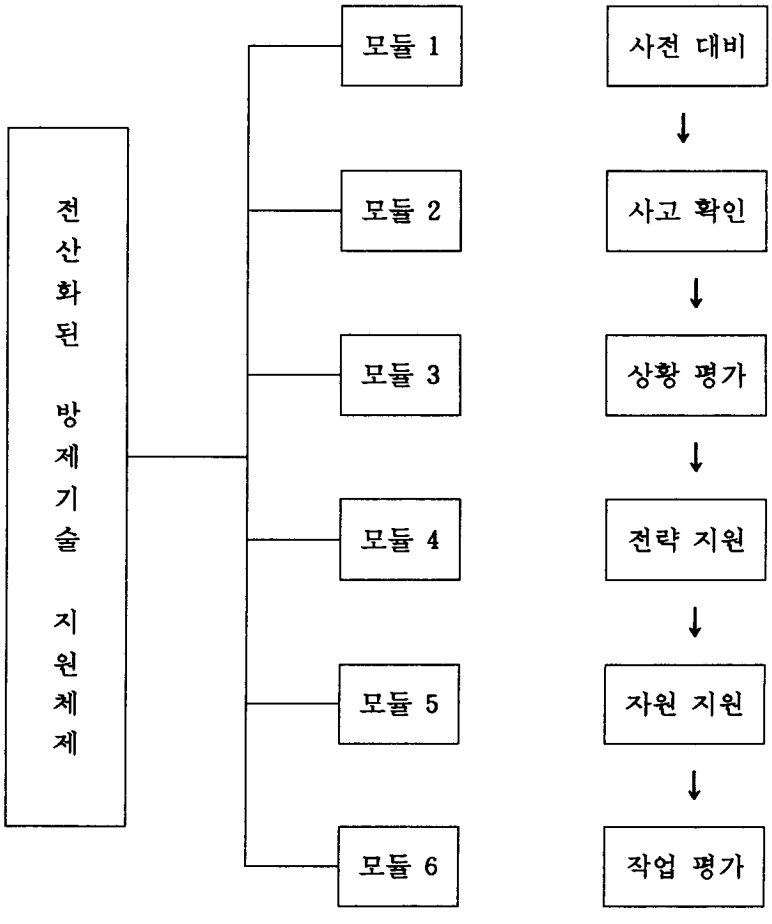


Fig. 4.4. Main modules of computerized scientific support system

분명하게 설정되어 있는지를 검검할 필요가 있다. 또한 방제조직이 신속히 가동될 수 있는 상태인지, 비상연락망의 준비상태를 점검해야만 한다.

사전 대비과정의 두번째로 방제책임자는 자신이 사전에 만들어 둔 긴급계획을 검토하고 숙지할 필요가 있다. 국가 긴급계획과 지역 긴급계획에 명시된 방제 전략과 방제 실행과정을 검토함으로써 현재의 방제계획의 문제점을 찾아 내기 위한 준비작업을 하는 것이다.

사전 대비과정의 세번째로는 위험분석(hazard analysis)을 실시해야 하는데, 위험 분석과정은 위험 확인과정(hazard identification)과 취약 요소의 분석 (vurnerability analysis), 위해도의 평가(risk assessment)라는 3단계를 거치게 된다. 위험 확인 과정은 그 지역내에서 발생할 수 있는 모든 유출사고의 가능성을 검토하는 것부터 시작된다. 탱커나 선박의 물동량, 운항 일정 및 계획, 항로, 이송량, 위험물의 물동량, 적재 및 하역장소, 보관시설, 유류 부선의 위치, 파이프라인에 이르기까지 사고가 발생할 수 있는 모든 위치와 유출가능 용량을 추정해야 한다. 취약 요소의 분석에는 유출사고에 의해 영향을 받을 수 있는 모든 요소를 도출하고 피해의 규모를 예측하는 것이다. 벌크 상태로 위험물이 수송되고 있다면 사고로 인해 폭발, 화재, 대기중으로의 유독가스의 확산 등을 고려하여 인근 주민이 받을 피해나 환경에 미치는 영향 등을 종합적으로 분석해야만 한다. 위험 확인과 취약 요소 분석을 통해 얻어진 자료를 바탕으로 사고가 발생할 확률이 얼마만큼 되는지를 추정하는 것이 위해도 평가 과정이다. 위해도 분석은 과거 사고 자료, 위험 요소의 우선순위, 사고가 미칠 영향의 중대성 등을 바탕으로 위험의 확률을 계산한다 (NRT, 1987b).

위험 분석이 완료 되면 이러한 위험에 상응하는 대응 능력이 갖추어져 있는지를 평가할 수 있게 된다. 대응능력 평가과정은 장비와 인력, 계획,

사전 대비 과정

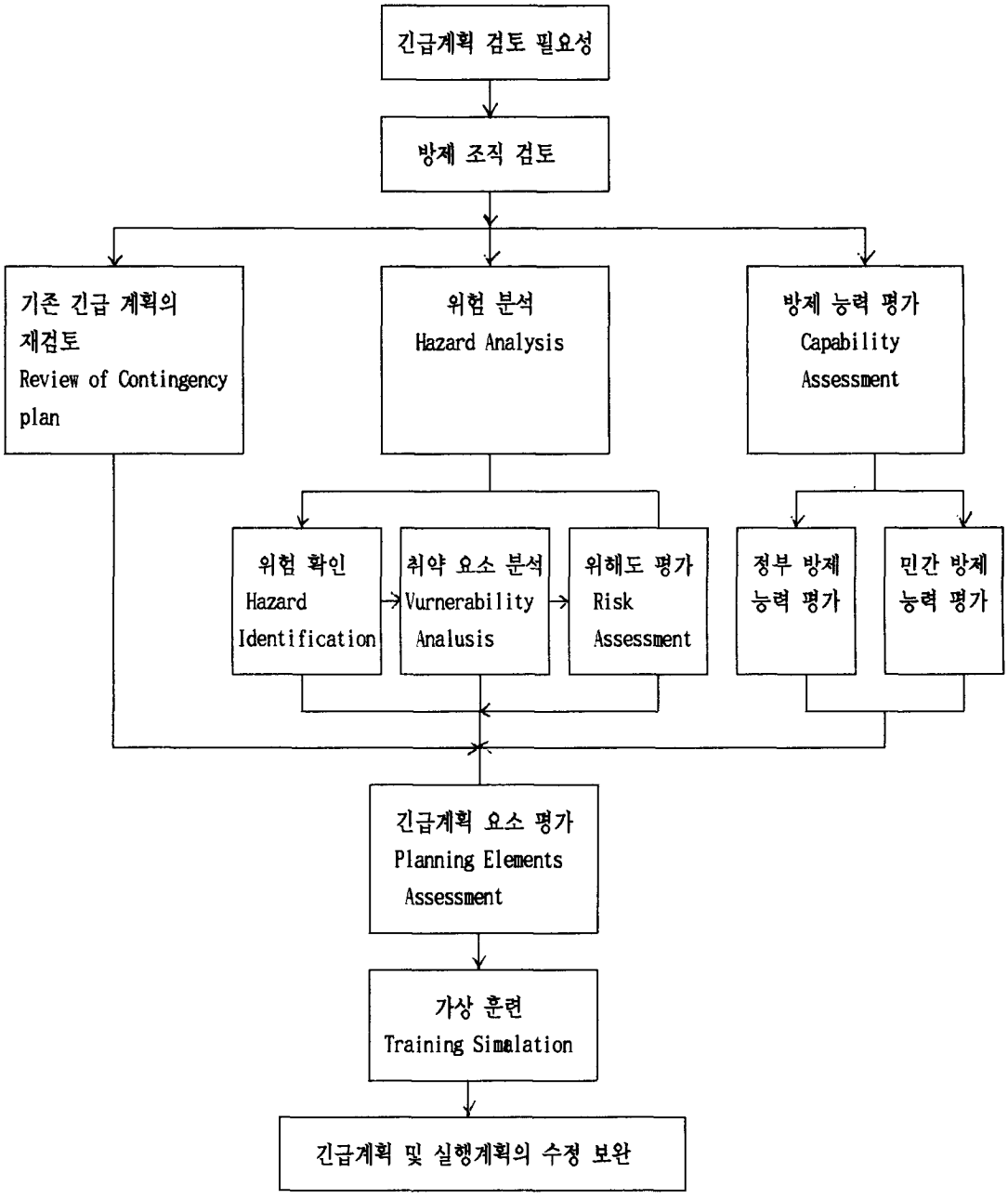


Fig. 4.5. Flow chart of preplanning procedure

훈련정도와 같은 여러 복잡한 요소들을 얼마만큼 갖추고 있는지를 검토하는 것이다. 물론 정부의 대응능력과 민간의 대응능력이 별도로 평가되며, 총괄적인 대응능력이 산출된다.

사고에 대응하는 능력을 평가하고 나면, 현재의 긴급계획에서 어떠한 부분을 보충해야 하는지를 파악해야만 한다. 장비의 측면에서 대응능력이 위협의 수준보다 미달한다면 이를 보강하기 위한 전략적인 측면이 고려되어야 할 것이다. 긴급계획의 요소평가는 현존하는 긴급계획을 수정하기 위한 전략 수립과정을 말한다. 방제 장비를 30% 증강해야 한다는 평가결과가 나왔다면, 이를 확보하는 방안으로는 새로 구매하거나 인근에서 빠른 시간내에 공급할 수 있는 방법을 강구하거나, 장비를 확보하고 있는 민간 방제 업체와 계약을 통해 물량을 확보할 수도 있다.

이와 같이 사전 점검을 마친 긴급계획은 가상 연습을 통한 훈련을 해봄으로써 미흡한 점이나 실행상의 문제점을 발견할 수 있다. 가상 훈련은 준비된 긴급계획을 최종적으로 마무리하는 단계로서 긴급계획의 수정 보완 뿐만 아니라, 방제 인력의 훈련용 시뮬레이터로도 활용할 수 있다.

6단계로 구성되어 있는 사전 대비과정을 거쳐 피드백되는 내용은 사고 긴급계획과 조직을 수정하는데 사용된다.

3) 사고 확인 과정

사고 확인과정은 실제로 사고가 발생했을 때 조치 순서에 따라 구성된 모듈이다. 전 지역에서 발생하는 사고의 신고는 단일 창구에서 접수를 받는 것이 효율적이지만 현재의 행정체제 상에서는 이와 같은 단일화가 불가능한 상태이다. 따라서 현재 사고 신고가 접수되는 모든 창구에서

사고 확인 과정

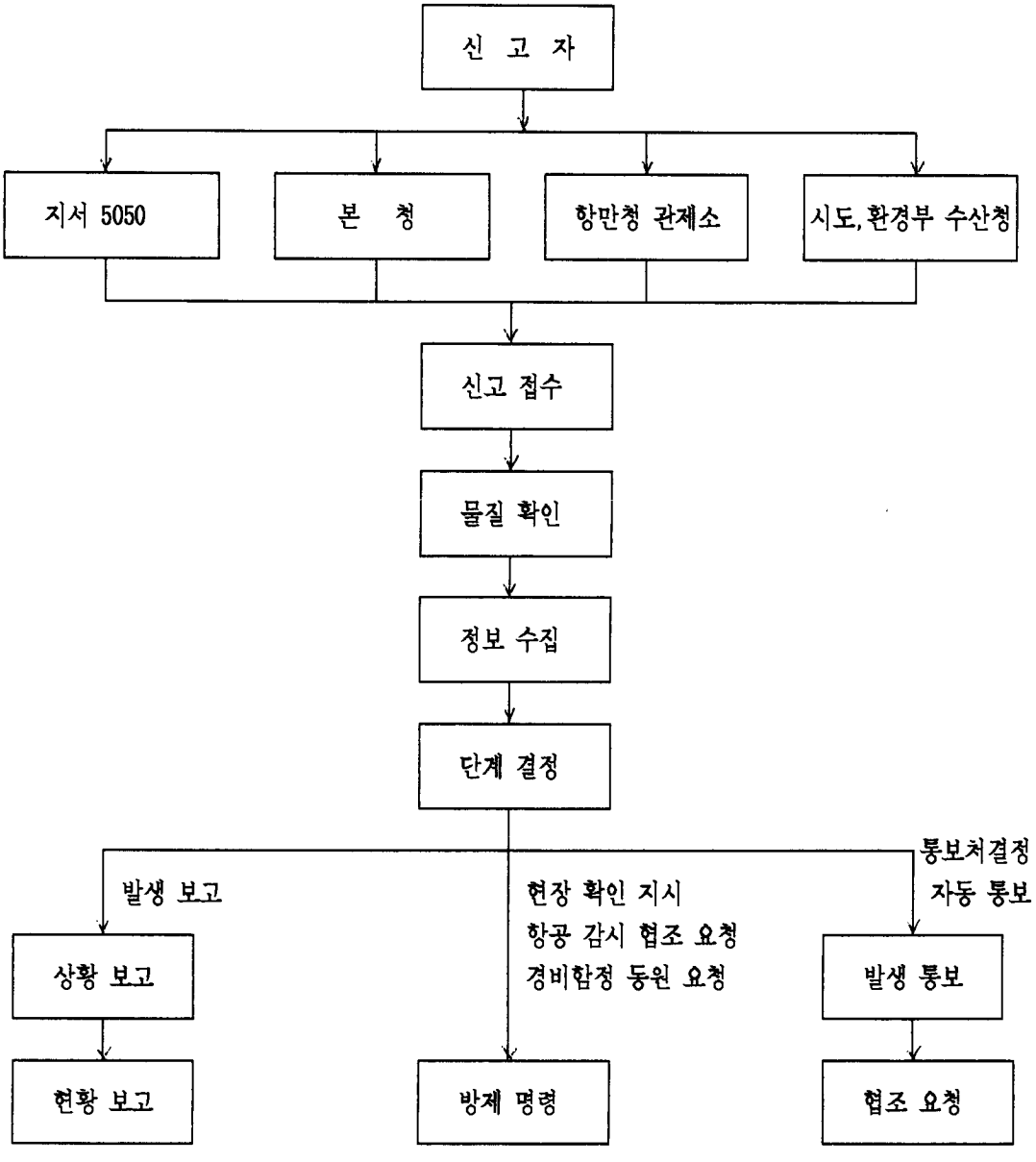


Fig. 4.6. Flow chart of notification procedure

통일된 포맷에 의해 사고 신고를 받고, 추가 자료를 입수할 수 있도록 체제를 갖추고 방제를 맡는 책임 기관으로 이러한 정보가 신속 정확하게 전달될 수 있도록 하는 수밖에는 없다.

사고 확인과정은 신고접수, 물질 확인, 정보 수집, 방제 단계 결정, 보고 및 통보 등의 일련의 과정을 거치게 된다. 신고 접수를 받는 사람은 사전에 신고자에게 질문할 내용을 충분히 숙지함은 물론 규정된 포맷을 가진 체크리스트를 이용하여 직접 컴퓨터에 사고 내용을 입력하여야 한다. 입력된 자료는 사고자료 데이타베이스로 직접 연결되며, 보충자료가 입수되는 대로, 기존의 내용을 추가, 삭제, 수정할 수 있게 하여야 한다.

현장에서 제공되는 기초적인 자료는 사고 상황을 파악하는데 매우 미흡한 경우가 많다. 따라서 유출된 물질에 관한 정보나 기타 여러가지 정보들은 방제책임자가 자체적으로 조사하여 상황을 유추하고 부족한 부분을 보충해야만 한다. 유출량이 정확히 파악되지 않았다면, 선박 데이타베이스를 검색하여 선박의 적재량, 화물창의 위치 및 각 화물창의 용량 등으로 최대 가능 유출량을 추정할 수도 있다. 유출물질이 확인되면 그 물질의 성상과 물리화학적 특성, 독성, 환경에 미치는 영향, 풍화정보, 처리 가능성에 관한 자세한 자료를 데이타베이스에서 얻어낼 수 있게 해야 하며, 유출물질이 확인되지 않은 경우에는 기존의 분석자료를 이용하거나 현장의 보고 내용을 바탕으로 물질을 식별할 수 있는 체제를 갖추어야만 한다. 실시간으로 제공되는 파고, 파랑 등 해황자료를 수집하고, 기상도를 수신하여 향후의 시간별 기상변화를 예측할 수 있는 자료를 확보해야 한다. 또한 유사한 위치에서 유사한 사고가 발생했는지를 과거 사고 데이타베이스에서 검색하여 과거의 경험이나 유출물의 이동, 피해의 정도 등을 예측할 수 있는 자료도 수집해야 한다.

현장에서 보고된 정보와 기타 수집된 자료를 바탕으로 방제책임자는 현재의 상황을 면밀히 분석하여 어떠한 단계에서 방제를 할 것인가를 결정해야만 한다. 사고의 규모, 종류, 심각성, 상황 등을 고려하여 대처 규모를 결정하기 위한 편리한 의사결정 도구가 마련된다면 방제책임의 판단에 도움을 줄 수 있다.

수집된 자료와 사고의 상황은 본청에 신속히 보고되어야 하므로 현재와 같이 상황보고서를 재작성하는 수고를 덜기 위하여 사고 데이타베이스가 직접 자동 보고 체제와 연결될 필요가 있다. 또한 방제팀에게 출동명령이나, 자원 동원 명령을 할 때나 타기관에 사고발생 통보나 협조 요청을 할 때에도 정해진 포맷대로 자동으로 통보될 수 있도록 시스템이 개발되어야 한다. 시간이 지남에 따라 사고의 규모가 정확히 파악되고 여러가지 추가 정보가 입수되면 데이타베이스에서 쉽게 수정하고 추가보고가 될 수 있도록 하여야 한다.

4) 상황평가 과정

방제책임자는 유출사고 현장에서 입수한 자료를 바탕으로 과학적인 방법을 동원하여 방제전략 전술의 수립에 필요한 여러가지 예측을 해야 한다. 이러한 예측과정은 크게 누출과정 예측, 확산과정의 예측, 사고로 인한 영향의 예측 등 3가지로 나눌 수 있다. 누출과정의 예측은 사고장소에서 어떤 속도로 유출되고 있으며, 현재까지 누출된 양은 어느 정도이고, 얼마만큼이 탱크 안에 남아 있으며, 완전히 누출되는데까지는 얼마 정도의 시간이 남았은지를 계산하기 위한 것이다. 탱크의 형태나 보관 방식, 물질의 종류에 따라 어떠한 경우에도 예측이 가능하려면 여러가지 모델이 필요하다.

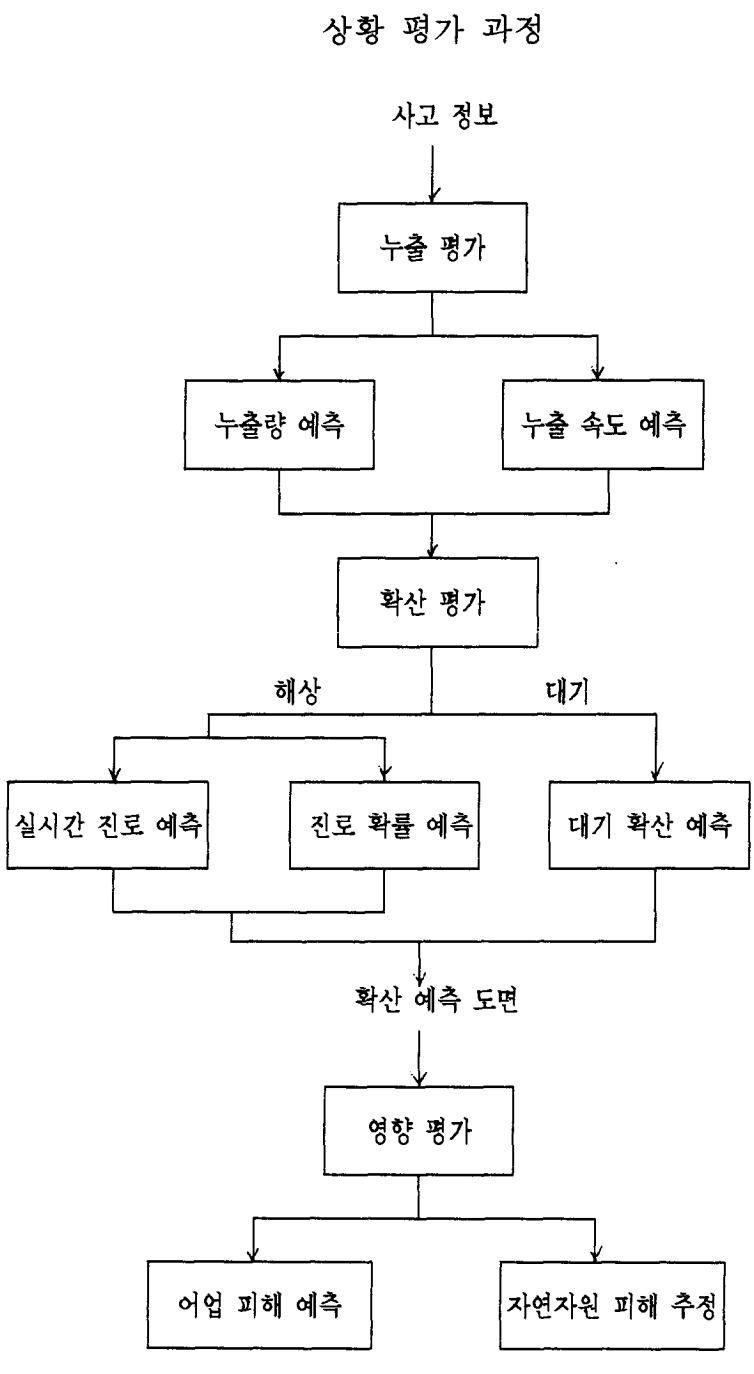


Fig. 4.7. Flow chart of assessment procedure

확산 평가는 방제 전략 전술의 수립에 매우 중요한 부분이다. 유출된 물질이 해류나 조류를 타고 어디로 확산될 것이며, 확산속도는 어느 정도이며, 확산과정중에서 휘발되거나 에멀젼이 생성되는 양은 어느 정도인지를 예측해야만 방제작업의 피해를 받게 되는 지역과 방제의 가능성 등을 예측할 수 있다. 확산 평가과정은 방제 우선순위를 결정하고 피해를 예측하는데 중요한 기본 자료를 제공한다. 누출평가와 확산평가를 거쳐 예측된 내용은 어업피해나 자연자원 피해, 보건 피해 등 발생할 수 있는 피해의 범위와 정도를 추정하게 하며 위해도를 계산하여 방제 우선순위를 결정하게 된다. 이러한 목적을 달성하려면 어업 피해 추정 모델이나 자연 자원 추정모델, 위해도 평가 모델 등이 확산 예측모델과 접합되어 개발되어야 한다.

5) 전략 지원과정

사고에 대한 위해도 평가가 끝나면 과연 어떻게 방제를 할 것인가 하는 방법론이 문제가 된다. 누출되고 있는 장소에서 잔류량을 이적하거나 누출구를 봉쇄하는 조치가 가능하다면 가장 피해를 줄일 수 있을 것이다. 그러나 이미 환경중에 유출된 물질은 가능한한 확산되지 않도록 막고 회수하는 것이 최선의 방법이다. 해상에서의 확산 방지와 수거작업은 주로 오일펜스와 스키머를 사용한다. 이때 방제선박과 오일펜스의 투입전술을 효과적인 회수 작전에 매우 중요하다. 가용한 선박과 펜스를 어떤 방향에서 어떻게 운용할 것인가를 지원하고, 회수작업의 효율을 예측할 수 있는 모델이 사용되어야 하며, 이러한 모델에는 여러가지 가능한 시나리오를 비교 분석할 수 있는 기능이 부여되어야 한다.

해상소각이나 유처리제 살포와 같은 차선책을 고려해야만 한다면

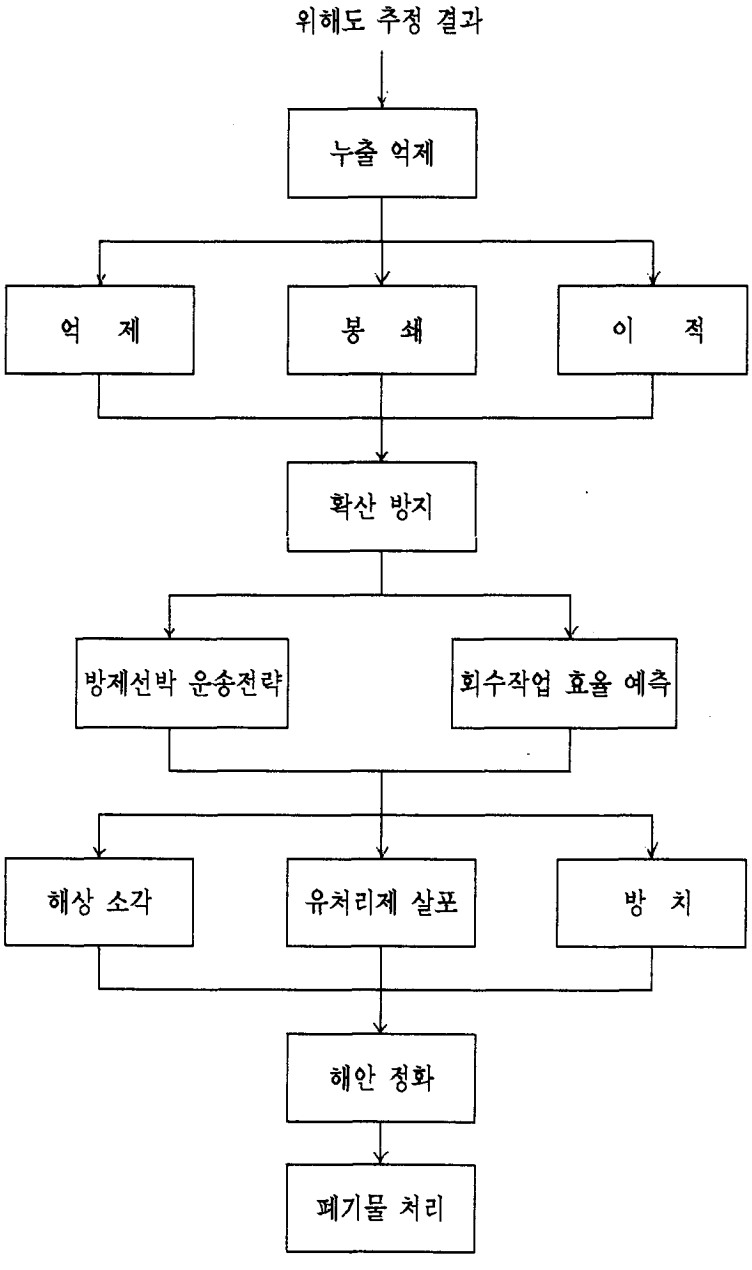


Fig. 4.8. Flow chart of response procedure

이러한 방법이 미칠 수 있는 영향과 효과 등을 분석하여 방법이 선택되어야 한다. 해안 정화작업에 있어서도 환경 민감도 지도와 위해도 추정 결과를 바탕으로 방어 우선순위를 계산하고 정화 방법의 선택에 도움을 줄 수 있는 모델이 개발되어야 한다. 전략 지원과정에는 수거된 폐기물을 보관, 이동시켜 적절히 처리하기 위한 기술의 지원이나 사전 처리계획을 지원하는 내용도 포함되어야 한다.

6) 자원 지원 과정

방제 기자재와 부속장비, 지원장비, 방제인력, 전문가 등을 효과적으로 조달하기 위한 전략은 사전에 긴급계획내에 포함되게 마련이다. 방제 지원 시스템에서는 사전에 수립된 계획을 손쉽게 방제책임자가 사용할 수 있도록 정보를 제공하는 역할을 수행하는 것이다. 지도와 데이타베이스를 통해 방제전문가에게 조달계획을 점검하거나 작성하게 함은 물론이고, 각종 장비의 사용방법에 관한 정보도 제공하게 된다.

7) 작업평가 과정

방제작업의 중간평가와 종료결정을 위한 의사결정 지원 체제가 필요하며, 방제작업의 효율성을 평가하여 교훈을 얻기위한 평가체제가 필요하다. 방제작업의 신속성, 정확성, 조직성, 기술적 효과, 비용 투입의 효율, 인력 투입의 효과, 시간적인 효율성 등을 종합적으로 평가하는 시스템이 필요하다.

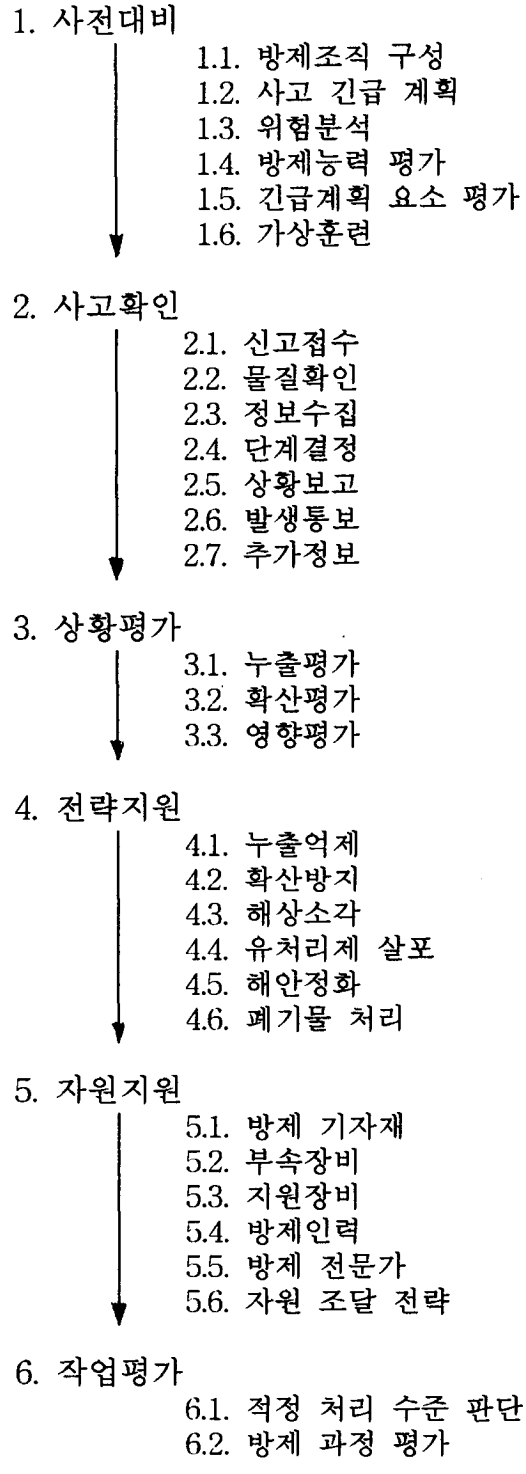


Fig. 4.9. Flow chart of structure of computerized scientific support system

Table 4.3. Goals and components of preplanning procedure

모듈 1: 사전 대비	기 능	요 소
1.1. 방제조직 구성	- 현재의 방제조직 구성 표시	- 방제조직표
	- 각 방제팀(자)의 책임 및 임무 부여	- 임무부여 내역 - 긴급시 조치순서
	- 사고 단계별 조직가동 범위 규정	- 단계별 조직가동 계획서
	- 통신 및 연락체제 규정	- 비상 연락망
1.2. 사고 긴급 계획	- 긴급계획의 검토	- 국가긴급 계획서 - 지역긴급 계획서
1.3. 위험분석	- 모든 사고 위험 요소의 확인	- 탱커 및 선박물 동량, 운항계획. 항로. 이송량 - 위험물 동량, 적재장소(보관장소) - 터미널, 하역지점, 항공기 방향
	- 취약 요소의 분석	- 예상피해 추정 내역 - 환경민감도 지도, 지역자원 피해 추정 모델 - 어업 생산량 통계, 어업 피해 추정 모델 - 인구 분포도, 취약지역 리스트
	- 위해도 평가	- 과거 사고 통계(지점.규모) - 위험 요소의 우선순위 - 사전 방제 대책
1.4. 방제능력 평가	- 정부의 방제능력 평가	- 방제능력 평가 모델
	- 민간의 방제능력 평가	- 방제능력 평가 모델
1.5. 긴급계획 요소 평가	- 긴급계획 점검	- 긴급계획 요소 평가 모델
1.6. 가상훈련	- 사고 대비 가상 시뮬레이션 훈련	- 훈련 시뮬레이터

Table 4.4 Goals and components of notification procedure

모듈 2: 사고 확인	기 능	요 소
2.1. 신고접수	┌ 질문사항 사전 숙지 └ 체크리스트 작성	- 신고 접수 체크리스트
2.2. 물질확인	┌ 유출물질의 물리 화학적 특성 및 유해성등 각종 정보 획득 ├ 풍화특성 자료 획득 └ 미확인 물질의 동정	┌ 유류 데이타베이스 ├ 화학물질 데이타베이스 ├ 물질식별 플로우차트 └ 분석자료(크로마토그램 등)
2.3. 정보수집	- 선박정보 수집 - 해황자료 수집 - 기상자료 수집 - 과거사고 자료 수집	- 선박 및 탱커 데이타베이스 - 실시간 관측 자료 - 기상도 - 사고 데이타베이스
2.4. 단계결정	- 사고의 규모, 종류, 상황에 따른 대처 규모의 판단	- 단계결정 판단 모델
2.5. 상황보고	- 본청에 상황보고	- 상황보고서
2.6. 발생통보	- 방제 작업 지시 및 동원명령 - 협조요청 - 타기관에 사고 발생통보 - 대피통보	- 방제 명령서, 동원 명령서 - 협조 요청서 - 발생 통보서
2.7. 추가정보	- 추가 입수자료의 입력	

Table 4.5. Goals and components of assessment procedure

모듈 3: 상황 평가	기 능	요 소
3.1. 누출평가	- 유출물의 누출속도, 누출량, 시간예측	-누출 예측 모델
3.2. 확산평가	- 유류 확산 진로 예측 - 화학물질의 대기중 확산 예측	- 실시간 진로 예측 모델 - 진로 확률 모델 - 유해물질 확산예측 모델
3.3. 영향평가	- 어업피해의 추정 - 자연자원 피해의 추정 - 위해도의 분석	- 어업피해 추정 모델 - 환경민감도 지도 - 위해도 평가 모델

Table 4.6. Goals and components of response procedure

모듈 4: 전략 지원	기 능	요 소
4.1. 누출억제	┌ 유출의 억제 및 봉쇄조치의 판단지원 ├ 잔류물질의 이적조치 판단지원 └ 누출억제 기술 지원	- 누출억제 기술
4.2. 확산방지	┌ 방제선박 및 오일펜스 투입 전술지원 ├ 회수작업 효율의 예측 ├ 유회수 장비 소요예측 ├ 유회수 작업의 조직 운용 지원 └ 주어진 기상 조건하에서 현보유 장비로 회수 가능한 양의 예측	- 방제선박 운용 지원 모델
4.3. 해상소각	- 해상소각 결정을 위한 의사결정	- 해상소각 결정 프로그램
4.4. 유처리제 살포	- 유처리제 사용결정	- 유처리제 사용결정 프로그램
4.5. 해안정화	┌ 해안 방어 우선순위의 결정 ├ 해안정화 기술의 지원 ├ 해안정화 작업의 지침 제공 └ 해양생물 구난	- 환경민감도 지도 - 사전 정화작업 계획서
4.6. 폐기물 처리	- 회수된 폐기물의 적절한 처리 지원 - 폐기물 보관, 소각, 재활용, 매립에 관한 기술적 지원	- 폐기물 처리 기술 - 사전 폐기물 처리 전략

Table 4.7. Goals and components of resources support procedure

모듈 5: 자원 지원	기 능	요 소
5.1. 방제 기자재	오일펜스, 스키머, 유처리제 살포장치 유처리제, 유흡착제, 유겔화제, 기타 방제 자재의 배치현황, 확보량, 가용성에 관한 정보제공 사용방법, 재원지원 추가조달 전략 지원	- 방제 기재재 데이타 베이스 - 사전조달 전략
5.2. 부속장비	선박, 항공기, 흡입트랙, 폐기물저장고, 보조장비, 통신장비 등의 배치현황, 확보량, 가용성에 관한 정보제공 추가조달 전략 지원	- 현황자료 - 사전조달 전략
5.3. 지원장비	- 현장 지휘소, 식당, 숙소, 차량 등의 지원에 관한 정보제공	- 사전 계획서
5.4. 방제인력	- 방제인력의 수급을 위한 정보제공	- 사전 계획서
5.5. 방제 전문가	- 방제전문가의 소집, 활용을 위한 정보제공	- 사전 계획서
5.6. 자원 조달 전략	- 방제작업에 필요한 모든 자원의 조달계획 제공	- 사전 계획서

Table 4.8. Goals and components of termination procedure

모듈 6: 작업 평가	기 능	요 소
6.1. 적정 처리 수준 판단	- 적정처리 수준의 판단	- 판단 프로그램
6.2. 방제 과정 평가	- 방제작업의 신속성, 정확성, 조직성, 기술적 효과, 비용적 효율, 인력 효율, 시간 효율 등을 평가	- 평가 프로그램

Table 4.9. Structure of preplanning module in computerized scientific support system [ICH]

			형태
1. 사전대비			
	1.1. 방제조직 구성		
		1.1.1. 방제 조직표	조직표 T,G
			책임부여 내용
			조치순서
		1.1.2. 조직가동 범위	T,G
		1.1.3. 비상연락망	T
	1.2. 사고 긴급 계획		
		1.2.1. 지역 방제 전략	T,G
		1.2.2. 지역 방제실행 계획	T,G
		1.2.3. 자료목록	T,G
	1.3. 위험분석		
		1.3.1. 위험요소 확인	T,G
		1.3.2. 취약요소 분석	T,G
		1.3.3. 위해도 평가	T,G
	1.4. 방제능력 평가		
		1.4.1. 정부 방제능력 평가	T
		1.4.2. 민간 방제능력 평가	T
	1.5. 긴급계획 요소 평가		
		1.5.1. 기본요소 평가	T
		1.5.2. 연락체제 평가	T
		1.5.3. 대응계획 평가	T
		1.5.4. 실행계획 평가	T
		1.5.5. 보고 및 조사기능 평가	T
		1.5.6. 테스트 및 보완 체제	T
		1.5.7. 지원체제 평가	T
	1.6. 가상훈련		T,G

Table 4.10. Structure of notification module in computerized scientific support system

2. 사고확인		형태
2.1. 신고접수		DB
2.2. 물질확인		
	2.2.1. 원유 제품유 DB	DB
	2.2.2. CHRIS	DB
	2.2.3. CAMEO III	DB
	2.2.4. MSDS	DB
	2.2.5. 미확인물질 검색	T,G
2.3. 정보수집		
	2.3.1. 선박 정보	DB
	2.3.2. 해황 정보	T,G
	2.3.3. 기상 정보	T,G
	2.3.4. 과거사고자료 DB	DB
2.4. 단계결정		
2.5. 상황보고		
	2.5.1. 상황보고서 작성	T,G
	2.5.2. 해양오염 방제 현황 보고	T,G
	2.5.3. 항공감시 결과 보고	T,G
2.6. 발생통보		
	2.6.1. 방제 명령서	T
	2.6.2. 현장확인 및 방제조치 지시	T
	2.6.3. 항공감시 협조 요청	T
	2.6.4. 해양오염방제 협조 요청	T
	2.6.5. 경비함정 방제 동원	T
	2.6.6. 해양오염 발생 통보	T
	2.6.7. 방제업체 통보	T
2.7. 추가정보		DB

Table 4.11. Structure of assessment module in computerized scientific support system

3. 상황평가		형태
3.1. 누출평가		
	3.1.1. 비가압탱크 누출	M
	3.1.2. 가압탱크 누출	M
	3.1.3. 관로 누출	M
3.2. 확산평가		
	3.2.1. 실시간진로 예측	M
	3.2.2. 진로확률 예측	M
	3.2.3. 유해물질 대기 확산 예측	M
3.3. 영향평가		
	3.3.1. 어업피해 추정	M
	3.3.2. 자연자원피해 추정	M
	3.3.3. 위해도 분석	M

Table 4.12. Structure of response support module in computerized scientific support system

4. 전략지원		형태
4.1. 누출억제		
	4.1.1. 판단 지원	M
	4.1.2. 누출억제 기술	T,G
4.2. 확산방지		M
4.3. 해상소각		M
4.4. 유처리제 살포		M
4.5. 해안정화		
	4.5.1. 해안방어 우선 순위	M
	4.5.2. 해안정화 기술	T,G
	4.5.3. 사전 계획	T,G
4.6. 폐기물 처리		
	4.6.1. 폐기물 처리기술	T,G
	4.6.2. 사전 계획	T,G

Table 4.13. Structure of resources support and termination modules in computerized scientific support system

5. 자원지원		형태
5.1. 방제 기자재		
	5.1.1. 배치 현황	T,G
	5.1.2. 조달 전략	T,G
	5.1.3. 방제기자재 데이타베이스	DB
5.2. 부속장비		
	5.2.1. 배치 현황	T,G
	5.2.2. 조달 전략	T,G
5.3. 지원장비		
	5.3.1. 배치 현황	T,G
	5.3.2. 조달 전략	T,G
5.4. 방제인력		
	5.4.1. 배치 현황	T,G
	5.4.2. 조달 전략	T,G
5.5. 방제 전문가		
	5.5.1. 전문가 리스트	T
	5.5.2. 활용 계획	T,G
5.6. 자원 조달 전략		

6. 작업평가	형태
6.1. 적정 처리 수준 판단	M
6.2. 방제 과정 평가	M

제 4 절 해상 유출사고 과학 지원관

1. 해상 유출사고 과학 지원관의 필요성

미국의 유해물질 방제체제는 국가 유류 및 유해물질 긴급계획(National Oil and Hazardous Substances Contingency Plan:NCP)에 명시되어 있는데, 3가지 조직구성 단계(organizational level)와 4가지 특수 집행 요소(special force components)로 구성되어 있다. 3가지 조직구성 요소는 1) 국가 방제팀(National Response Team), 2) 지역 방제팀(Regional Response Team), 3) 방제 책임자(Federal On-Scene Coordinators:FOSC)이며, 4가지 특수 집행 요소는 1) 국가 기동타격대(Natioanl Strike Force), 2) 환경방제팀 (Environmental Response Team), 3) 대민 정보 지원팀(Public Information Assist Team), 4) 과학지원관(Scientific Support Coordinator:SSC) 등이다 (NRC, 1992).

미국의 과학지원관(SSC)은 해양대기청(NOAA) 소속의 전문 과학자 그룹의 일원으로서 방제작업 현장에서 방제책임자(OSC)를 지원하는 역할을 수행하는 사람이다. 과학지원관의 활용은 유해물질 사고의 과학적인 처리에 매우 필수적인 요소로 받아들여지고 있으며, 실제 오염사고에서 오염의 피해를 최소화하고, 효율적인 방제작업을 펴는데 많은 공헌을 하고 있다 (NRC.1992).

과학지원관(Scientific Support Coordinator:SSC)이 유출사고 방제에 있어서 핵심적인 역할을 수행하기 시작한 것은 '80년대 중반으로서 주로 방제 책임자(On-Scene Coordinator:OSC)가 필요로 하는 여러가지 과학적인 정보를 제공하는 임무를 부여 받았다. 과학지원관 제도는 미국에서 처음 시작되었으나 캐나다, 호주 등 각국에서 필요성을 인식하여

확산되기 시작했으며, 최근에는 여러나라에서 공식적으로 과학지원관의 활동을 보장하기 위한 제도적인 장치를 마련해 놓고 있다.

2. 해상 유출사고 과학 지원관의 임무

과학지원관의 임무는 여러차례의 웍샵을 거쳐 체계적으로 정리되었는데, 과학지원관의 임무는 사전 사고대비계획 (preplanning) 과정, 사고 대응과정 (response), 사고후 (follow-up) 과정 등 크게 3단계로 구분된다 (Dutton, 1987b).

사고대비과정에서의 과학지원관의 역할은 우선 방제조직과 연락체계를 점검하는 것이다. 과학지원관은 지역의 모든 위험분석을 담당하게 되며, 제 3 절에서 기술한 방제기술 지원 시스템에 포함되는 모든 정보를 사전에 작성하는 중차대한 역할을 수행한다. 방제의 실행계획을 점검하고, 가상훈련을 시키며, 방제인력의 교육까지 담당해야 한다. 새로운 방법에 관해 연구하거나 각종 지침서를 만드는 일, 사고시에 활용할 전문가들을 사전에 섭외해 두는 일까지도 그의 몫이다 (Fig. 4.10).

사고의 방제과정에서 과학지원관의 역할은 방제책임자의 전지전능한 참모가 되는 것이다. 과학지원관은 유출된 유해물질이 어디로 확산될 것인지, 그리고 어떠한 자원에 영향을 미칠 것인지를 판단하여 피해를 최소화하기 위해 기술적으로 가능한 최선의 처리방법을 모색하여 중앙정부나 지방 행정부, 오염행위자에게 자문을 한다. 미국의 해상대기청산하의 유해물질 방제부는 전국에 해안경비대와 환경청을 지원하는 이원적인 지원체제를 갖춘 8개의 지소를 설치하여 과학지원관을 상주시키며, 시애틀에 있는 본부에서도 각종 대형유출사고가 발생하면, 고도로 숙달된 과학지원관을 신속하게 사고해역에 급파하여 총괄적인

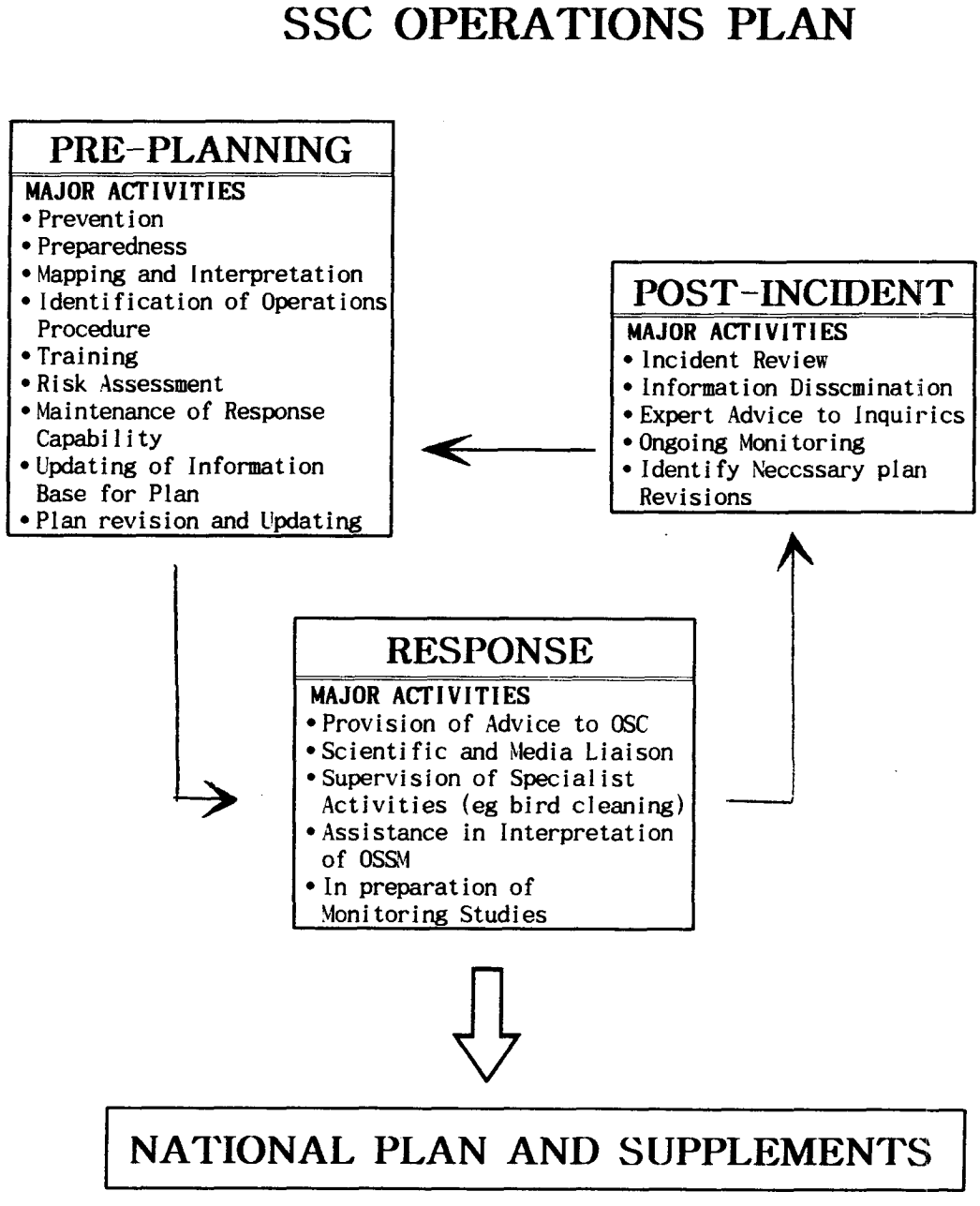


Fig. 4.10. Structure of preplanning modules in computerized scientific support system

기술지원을 한다(NOAA, 1992).

과학지원관들은 해상에서 기름이나 유해물질이 유출되는 사고가 발생했을 때 과학적인 방제에 필요한 모든 정보를 제공하고 기술적인 자문을 담당하는 과학자들이다. 기름이나 유독물질이 유출되었다는 사고 신고가 접수되면 과학 지원관들은 연안경비대 소속의 방제 책임자와 함께 사고 현장으로 급파된다. 사고 현장에서 과학 지원관는 제일 먼저 유출된 기름이나 유해물질이 어디로 확산될 것인지를 예측한다. 유출유 확산 예측 모델이나 유독물질 피해 예측 모델에 유출량과 기상조건, 해상상태 등 수집가능한 자료를 입력하여 확산 진로 예측을 시도한다. 개인용 컴퓨터로 계산이 불가능한 경우에는 컴퓨터 통신망을 통해 본부에 대기하고 있는 다른 과학 지원관들의 도움을 받게 된다. 유해물질이 이동하는 방향과 속도, 확산정도 등에 관한 계산치가 나오면 이를 바탕으로 위험이 예상되는 장소가 예측된다.

과학 지원관는 두번째 단계로서 유출된 물질이 어떤 자원에 영향을 미칠 것인지를 판단하는 작업을 시작한다. 지역별로 미리 구축된 컴퓨터 데이타베이스를 통해 오염에 의해 영향을 받을 수 있는 모든 자원에 대한 평가가 이루어 진다. 예를 들어 기름이 이동하는 방향에 양식장이 있다면 몇초 이내에 데이타베이스를 탐색하여 양식장의 주인이 누구이며, 생산량이 얼마이며, 오염으로 인해 얼마만큼의 피해를 받을 수 있는지를 계산해 낼 수 있다. 또한 그 지역에 어떤 새나 해양생물들이 서식하고 있는지도 금새 파악할 수 있다. 컴퓨터 화면을 통해 그 생물이 어떻게 생겼는지 사진을 볼 수도 있고, 그 지역에 서식하는 숫자가 몇 마리 정도인지, 몇월에 산란을 하는지 같은 자세한 정보를 입수하게 된다.

세번째 단계로서 과학 지원관는 현장의 모든 상황과 이러한 다방면의

정보를 바탕으로 오염피해를 최소화하기 위해 기술적으로 가능한 최선의 처리방법을 모색한다. 방제선박과 항공기, 방제인력은 한정되어 있고, 유출된 물질은 시시각각 여러 곳의 환경민감지역으로 접근하고 있다면, 그는 최대한 빠른 시간내에 최선의 결정을 내려야만 한다. 가용한 장비와 인력을 어떻게 사용할 것인지, 어느 곳부터 우선적으로 방어할 것인지, 어떤 방제방법을 사용할 것인지는 순전히 과학 지원관의 판단에 좌우된다. 너무나 많은 요인들을 감안해야 하기 때문에 공정한 판단을 하기 위하여 방제전략 판단모델과 같은 컴퓨터 모델을 이용하기도 한다. 하지만 컴퓨터가 제공하는 결과는 어디까지나 과학 지원관가 의사결정을 하는데 도움을 주는 판단자료일 뿐, 최종적인 결정을 내리는 것은 결국 사람의 몫이다. 방제 실행 단계에 접어 들면 과학 지원관는 세부적인 방제 전술까지 작전지시를 해야 한다. 기상이나 해상상태가 급박하게 변한다면 시시각각 변동하는 상황에 따라 방제전략과 전술을 탄력적으로 운용해야 한다. 조류나 해류의 방향을 고려하여 오일펜스를 설치하는 방향과 방제선박이 접근하거나 이동하는 방향을 설정해 준다. 해상상태에 따라 어떤 오일펜스를 사용할 것인지, 그리고 어떤 처리제를 언제 어떻게 살포할 것인지도 결정해 준다.

홍보담당 참모가 없을 경우에 과학지원관은 방송사나 신문사에게 정보를 제공하는 역할도 수행해야 한다. 폐기물 처리 방법에 관하여 조언하거나 오염지역에 대한 사후 모니터링 계획을 수립하는데 조언이나 지원을 해야 한다. 방제작업의 평가를 통해 긴급계획을 수정 보완하는 책임도 가지고 있다.

이러한 많은 임무를 충분히 소화해 내기 위해서는 사고시에 특파되는 일급 과학 지원관의 경우 이미 유류오염이나 유해물질 오염을 전공한

석박사급 인력으로서 추가로 5년간의 특수교육과정을 이수해야만 한다. 이들은 다방면의 훈련을 거쳐서 양성되는데, 유해물질 방제와 관련된 이론적인 교육과 현장 경험을 통한 실무훈련 뿐만 아니라, 항공기와 선박 조종 훈련, 폭발물과 위험물 처리 훈련, 소방훈련, 병원에서의 응급처치훈련 등 유해물질 방제에 필요한 모든 교육을 받게 된다(Galt, J., personal communication).

Table 4.14. Roles of scientific support coordinatiors in preplanning procedures

1. 사고 대비과정에서의 과학지원관의 임무
   1.1. 방제조직 및 연락체계의 점검
   1.2. 지도 혹은 지리정보시스템을 이용한 방제정보 지원체제 구축
      1.2.1. Coastal resources atlas 작성
      1.2.2. 위험에 처한 자원의 분석
      1.2.3. 위험 추정
      1.2.4. 유류오염 방제와 관련된 방제 자원의 재검토
   1.3. 유분산처리제 사용에 대비한 사전 계획 수립
   1.4. 방제선박의 운용계획 수립
   1.5. 유해화학물질 유출사고에 대한 대비
   1.6. 방제능력의 평가
   1.7. 폐기물 처리 전략의 사전 수립
   1.8. 전문가 그룹 준비
   1.9. 가상 훈련실시
   1.10. 교육실시
   1.11. 각종 지침서 작성
   1.12. 각종 데이타베이스 구축
   1.13. 방제 책임자에게 조언
   1.14. 방제 전략의 개발 및 수립
   1.15. 지역 긴급계획 수립 지원
   1.16. 과학지원관간의 정보교환
   1.17. 방제 실행계획의 수립
   1.18. 유류오염 방제의 신기술 전파
   1.19. 관련 문서의 업데이팅

Table 4.14 (Continued). Roles of scientific support coordinatiors in response and post-incident procedures

2. 사고 방제 과정에서의 과학지원관의 임무
  2.1. 방제조직내에서의 조정자로서의 역할
  2.2. 유출 확산 예측
    2.2.1. 방제책임자 교육 훈련과정에서 모델을 사용한 모의훈련실시
    2.2.2. 유출확산 예측 도면 작성
    2.2.3. 유출확산 모델의 사용능력 및 결과 해석능력의 개발
    2.2.4. 모델 결과의 검증 및 모델 결과의 한계 추정
    2.2.5. 기상 및 해상 조건의 변화에 따른 실시간 변화 추정
  2.3. 영향 및 피해의 모니터링
  2.4. 방송사에 대한 정보 제공
  2.5. 기름의 성질, 풍화 독성 등에 관한 신속한 추정 및 조언
  2.6. 방제 우선순위 결정
  2.7. 방제 방법의 선택에 관한 조언
  2.8. 오염 피해의 추정
  2.9. 방제에 참여하는 각 인원간의 유대를 강화
  2.10 과학적인 방제의 필요성을 교육

3. 사고후 처리과정에서의 과학지원관의 임무
  3.1. 오염지역의 사후 모니터링 필요성에 대한 평가
  3.2. 모니터링 계획 수립에 조언 및 지원
  3.3. 방제 작업 평가
  3.4. 긴급계획의 보완필요성 검토
  3.5. 연구 및 훈련 필요성 검토
  3.6. 방제 종료 결정 지원
  3.7. 폐기물 처리 지원
  3.8. 방제작업 결과의 인쇄 및 배포

제 5 절 유류 및 유해물질 사고 방제 전문요원의 교육훈련체제

1. 방제 전문요원의 교육훈련체제의 필요성

환경부 산하에는 환경공무원 교육원이 있어서 자체적으로 연중 교육을 실시하고 있지만 유출사고 방제 인력을 양성하는 교육과정은 마련되어 있지 않다. 이제까지 방제 작업을 담당하고 있는 해경이나 항만청의 관련 공무원들도 정식으로 해양오염 방제에 관한 이론적 교육이나 실습을 받지 못해 왔다. 교육체제의 부재는 전문 방제 인력의 부족이라는 심각한 사태를 낳았으며, 향후 선진화된 방제체제가 구축되고 조직이 개편될 경우에도 전문 인력을 구할 수 없는 상태에 처해 있다. 대학이나 대학원의 정규 교육과정에서 유류 및 유해물질의 방제 기술을 가르치는 곳이 없기 때문에 관련 기술이나 이론을 습득한 인력을 충당할 수 없다는 점은 매우 불리한 여건이라 할 수 있다. 하루빨리 별도의 전문인 교육체제가 마련되지 않는 한 법제도의 개편만으로는 국가 방제체제의 구축을 요원한 일이다.

OPRC 협약에서는 방제 전문 인력을 위한 교육 훈련 센터 (Education and Training Center)를 설립할 것을 요구하고 있는데 (IMO, 1990), 이와 같은 센터가 생긴다고 하더라도 교육을 담당할 교관부터 태부족인 상태이므로 단기간내에는 외국의 교육 훈련 센터에 다수의 인력을 파견하여 위탁교육을 시켜야 할 형편이다. 또한, 교육체제가 완비되지 않은 우리의 형편에서 사고 대비 과정의 핵심이라고 할 수 있는 가상 연습 체제의 개발과 시행은 현재로서는 요원한 실정이다.

향후 국내에 교육 훈련센터가 설립된다면 가장 우선적으로 해야 할 일은 교육과정을 개발하고 실무 훈련 코스를 만드는 일이다. 법적으로

교육이 의무화되는 선박 및 해양 시설, 기업에 종사하는 많은 사람들을 연중 교육할 수 있는 과정과 관련 공무원이나 방제인력을 양성하는 프로그램 등 여러 단계의 과정개발이 필요하다. 외국의 교육과정을 상당 부분 그대로 들여온다고 하더라도 교육과정의 개발에는 적어도 1-2년의 시간이 소요될 것이고, 교육과정의 현장 시험과 훈련과정이 정착되려면 적어도 2-3년은 필요할 것이다. 본 연구에서는 이러한 시급한 필요에 부응하기 위하여 우선 2차년도에 미국의 교육 훈련체제에 관하여 조사하였다.

2. 미국의 유해물질 방제 교육 훈련 체제

미국에서는 '80년대 이후 CERCLA와 RCRA와 관련된 전문인력의 소요가 급증함에 따라 환경청은 54종류의 각종 교육과정을 마련하였다. 개설된 교과목은 1) 제도 및 관리 분야, 2) 대기 분야, 3) CERCLA 관련 분야, 4) 대민 관련분야, 5) 컴퓨터 시스템, 6) 법 집행, 7) 지하수, 8) 보건 및 안전, 9) QA, 10) RCRA 관련 분야, 11) 방제 및 대비, 12) 위험추정, 13) 처리기술 등의 분야별로 초급, 중급, 고급 과정으로 분류되어 있다. 미국 환경청의 유해물질 관련 교육과정 중에서 유해물질 방제와 관련된 주요 강좌는 Table 4.15와 같다 (US EPA, 1992).

Table 4.15. Education and training courses related with hazardous material response in US EPA

(1) Air surveillance for hazardous materials (165.4), 5일

(2) Hazardous materials incident response operations (165.5), 5일

(3) Removal cost management system (165.17), 2일

(4) Introduction to ground-water investigations(165.7), 3일

(5) Personnel protection and safety (165.2), 5일

(6) Radiation safety at superfund sites (165.11), 5일

(7) Safety and health compliance for managers (165.8), 5일

(8) Emergency response to hazardous material incidents(165.15), 5일

(9) Risk assessment guidance for superfund (165.6), 5일

(10) Sampling for hazardous materials (165.9), 3일

(11) Treatment technologies for superfund (165.3), 4일

(12) Air emissions controls at hazardous waste facilities, 2일

(13) Hazard ranking system(HRS) training, 5일

(14) Advanced decision-making workshop for emergency response (OSC/RPM support program), 3일
Superfund University Training Institute(SUTI).

(15) Transport and fate of contaminants in the subsurface, 3일

(16) Hazardous materials contingency planning - train the trainer,

(17) CERCLA Education Center training program
- ㅇ Fundamentals of Superfund,
- ㅇ The remedial process
- ㅇ The removal process
- ㅇ Enforcement process
- ㅇ Community relations

CERCLA Education Center, TIO, US EPA,

미국 운수성 (Department of Transportation)은 OSHA (CFR 1910.120)에 의거 1989년부터 유해물질 사고의 긴급방제에 관련된 인원에게 특정한 훈련 프로그램을 이수하도록 규정하였다. 폐기물 관리 프로그램에 관련된 인원은 최소한 1차 방제자 수준의 교육을 1년에 8시간이상 받도록 하고 있으며, 초급 방제 인력은 최소한 유해물질 테크니션 수준의 교육을 3일 (24시간) 이상 받게 되어 있다. 방제 인력의 교육기간이나 양은 각자에게 방제 전문 인력으로서 주어지는 책임에 따라 추가적으로 결정된다. 운수성의 긴급 방제 교육 내용은 다음과 같다 (CHMR, 1991).

1) 1차 방제자 인식 수준(First Responder Awareness Level)

가. 대상: 1차 방제자는 유해물질 유출을 발견하거나 목격할 수 있는 사람이나 적절한 기관에 신고함으로써 긴급 방제 순서를 시작할 수 있는 사람으로서 신고 이외의 다른 조치는 취하지 않는다. 1차 방제자는 공장, 선박 근무자, 해양시설 근무자, 운전기사 등 유해물질의 유출을 발견할 수 있는 모든 사람을 포함한다.

나. 의무: 유출을 담당기관에 신고한다

다. 훈련시간: 유출사고의 신고에 필요한 통신연락 등 8시간

라. 교육내용:

- ㅇ 유해물질이 무엇이며, 유해물질의 위험을 이해시킨다.
- ㅇ 유출로 인해 발생가능한 결과를 이해시킨다.
- ㅇ 유해물질의 종류를 확인할 수 있는 능력을 갖추게 한다
- ㅇ 긴급 방제계획에 있어서 1차 방제자의 역할을 이해시킨다

- 추가적으로 어떠한 조치가 필요한지를 깨닫게 하고, 적절한 신고를 하게 한다.

2) 1차 방제자 실행 수준 (First Responder Operation Level)

가. 대상: 실행수준의 1차 방제자는 유출로 인한 주변의 인명, 재산, 환경 피해를 막기 위해 유해물질의 초기 유출에 대응하는 사람이다. 유출을 중지시키도록 시도하지는 않으나, 방어적으로 방제하도록 훈련받아야 한다. 그들의 임무는 안전한 거리에서 유출물질의 확산을 저지하거나, 노출되는 것을 예방하는 것이다.

나. 의무: 주변의 인명, 재산, 환경을 방어하기 위하여 방제조치를 취한다. 안전한 거리에서 유출물을 주어 담거나, 확산을 방지하거나, 노출을 막는다.

다. 훈련시간: 8시간

라. 교육내용:

- 기초적인 위험/위해도 추정의 지식을 갖추게 한다.
- 위험 단계에 맞는 개인 방호장비를 선택하는 방법을 습득하게 한다.
- 유해물질 방제에 관한 용어를 숙지시킨다.
- 기본적인 사고 방제의 원리와 확산억제 회수 작업을 숙지시킨다.
- 기본적인 Decontamination 과정을 훈련한다.
- 표준방제과정과 종료 과정을 이해시킨다.

3) 유해물질 테크니션 수준 (Hazardous Material Technician)

가. 대상: 유해물질 테크니션은 누출을 중지시키거나 방제에 참여하는 인력으로서 1차 방제자 실행수준보다 훨씬 공격적인 임무를 수행하기 위한 기술을 보유해야 한다.

나. 의무: 누출을 중지시키고 방제작업을 수행한다.

다. 훈련시간: 3일

라. 교육내용:

- 긴급계획의 시행에 관하여 이해시킨다.
- 유해물질의 종류를 파악하거나 물질을 확인하기 위한 장비를 사용하는 방법을 습득케 한다.
- 사고 명령 체제 (Incident Command System)에서 할당된 임무를 수행케 한다.
- 위험 단계에 맞는 개인 방호장비를 선택하는 방법을 습득케 한다.
- 위험분석과 위해도 추정에 관하여 이해시킨다.
- 고도의 방제기술과 확산 억제기술, 회수 기술을 사용할 수 있게 한다.
- Decontamination 과정을 이해하고 실시하게 한다.
- 작업 종료과정을 이해시킨다.
- 기초적인 화학 및 독성학적 용어 및 화학물질의 특성에 관하여 이해시킨다.

4) 유해물질 전문가 수준(Hazardous Material Specialist)

가. 대상: 유해물질 테크니션과 함께 방제작업을 실시하고 유해물질 테크니션을 지원하는 인력으로서 유해물질에 관한 보다 상세하고 특수한 지식을 갖추고 있어야 한다.

나. 의무: 고도의 지식을 보유하고 HazMat 테크니션을 도와서 누출을 중지시키고 방제작업을 수행한다.

다. 훈련시간: 유해물질 테크니션 교육(3일) 및 특수한 추가 교육

라. 교육내용:

- 긴급계획의 시행에 관하여 이해시킨다.
- 유해물질의 종류를 파악하거나 물질을 확인하기 위한 장비를 사용하는 방법을 습득케 한다.
- 지역 긴급계획을 숙지케한다.
- 위험 단계에 맞는 개인 방호장비를 선택하는 방법을 습득한다.
- 고도의 위험분석과 위해도 추정기술을 이해시킨다.
- 고도의 방제기술과 확산 억제기술, 회수 기술을 사용할 수 있게 한다.
- Decontamination 과정을 이해하고 실시하게 한다.
- 사고지역 통제계획과 안전계획의 개발을 이해시킨다.
- 화학, 방사선학 및 독성학적 용어 및 화학물질의 특성에 관하여 이해시킨다.

5) 현장 방제 책임자 수준(On-Scene Incident Commander)

가. 대상: 사고지역의 모든 통제권을 갖는 사람

나. 의무: 모든 방제인력을 통제한다.

다. 훈련시간: 3일 및 특수한 추가 교육

라. 교육내용:

- ㅇ 사고 명령체계를 시행하고 긴급계획을 이행할 수 있는 능력을 갖추게 한다.
- ㅇ 지역 긴급계획이 어떻게 운영되는지를 이해시킨다.
- ㅇ 지역 긴급계획을 현장에서 사용하는 방법을 습득케 한다.
- ㅇ 국가 긴급계획에 대한 지식을 습득케한다.
- ㅇ Decontamination 과정의 중요성을 인식케 한다.

제 5 장

유해물질 사고시에 필요한

과학적인 방제 및 정화기술

제 5 장 유해물질 사고시에 필요한 과학적인 방제 및 정화기술

제 1 절 서 언

우리 주변에는 잘못된 방제작업이 사고의 피해를 줄이지 못하거나 오히려 확대시킨 사례를 쉽게 찾을 수 있다. 유해물질의 종류에 관계없이 화재에는 무조건 소방용수를 뿌린다던지, 분산처리제를 사용하지 않아야 할 곳에 이를 사용함으로써 환경피해를 가중시키는 경우도 비일비재하다. 실제로 과학적인 방제작업과 정화작업을 수행하기 위해서는 오랜 기간동안에 축적된 경험과 각종 기술이 통합적으로 사용될 수 있도록 해야 함은 물론 현장에서 과학적인 방제가 이루어 질 수 있는 조직과 행정체계가 필수적이다.

방제작업이 개시되면 우선 사고지역을 격리하고 통제하기 위한 기술이 필요하다. 방제작업을 실시하는 모든 인원과 작업인원, 인근 주민의 안전을 위해서는 사고지역을 3가지 구획으로 구분하고, 모든 접근을 적절히 통제하며, 필요에 따라서는 신속하게 대피나 소개에 들어갈 수 있게 해야 한다 (US EPA, 1992). 사고 현장에서의 상황은 항상 시간적으로 촉박하기 때문에 현장에서 안전을 확보하기 위한 여러가지 조치들은 무시되거나 생략되기 쉽다. 유해물질의 방제나 정화작업에 있어서는 이러한 방심이 방제작업자의 인명이나 보건에 중대한 영향을 미칠 수 있는 요인이므로 표준방제과정(standard operating procedure: SOP)라는 세부적인 안전 관리 과정이 도입되었다 (Veasey and Oldfield, 1992). 방제작업자는 화학물질의 특성과 사고의 위험도에 따라 적절한 방호장비를 갖추어야 하며, 이러한 보호장구를 벗을 때에도 오염물질을 철저히 제거한 후 벗도록 하는 정해진 과정이 필요하다.

각 유해물질에 대하여 어떠한 방제방법과 정화방법을 선택할 것인가는 전적으로 물질의 특성과 현장의 상황에 좌우된다. 방제방법과 정화방법의 선택을 위해서는 물질별로 사용이 가능한 방법과 사용해서는 안되는 방법이 규정되어 있어야만 한다. 여러가지 방법이 가능하다면, 어떤 방법을 사용했을 때 가장 효과적이고 안전하며, 환경과 재산상의 피해를 줄일 수 있는지를 결정해야만 한다. 이러한 결정과정에는 주관적인 판단이 개재되어서는 안되며, 가능한 한 많은 정보가 확보된 상태에서 객관적인 판단기준에 따라 결정이 이루어져야 한다.

본 연구에서는 1차년도에 이미 위험물의 분류별 방제 흐름도를 제작하였으며, 1024종의 유해물질에 대한 방제 정화방법 요약집을 작성한 바 있다. 또한 방제가 가장 어려운 침강성 유해물질의 방제 및 정화기술에 대하여 각종 기술과 타당성, 문제점에 관해 연구한 바 있다. 본 연구의 2차년도에는 유해물질 사고시 사고지역의 통제 관리 기술(2절), 해상소각기술(3절) 물리적 화학적 오염물질 처리기술(4절)을 연구하였으며, 1차년도에 이어 신형 유겔화제의 개발을 위한 연구의 성과를 제시하였다(5절). 본 연구에서는 이제까지 외국에서 개발된 바 없는 신형 유겔화제를 개발하여 특허출원하였으며, 제품으로의 개발에 장애가 되는 몇가지 문제점을 해결하기 위한 연구를 수행하였다.

제 2 절 유해물질 유출사고지역의 통제기술

산업현장이나 운송 도중에 취급중인 유해물질을 유출시켜 많은 인명 또는 재산상의 피해를 입히는 경우가 종종있다. 이런 돌발사고가 발생할

경우 우선적으로 해야할 일중의 하나가 유해물질의 확산방지와 인명피해를 줄이기 위해 사고지역에 대한 사람 혹은 차량 등의 출입을 통제하는 일이다. 이러한 유해물질 유출사고지역의 통제는 지역 특성에 따라 체계적이고도 효율적으로 될 수 있도록 기술을 개발해야 한다. 사고지역 통제기술중에는 사고지역지도의 제작, 연락체계, 유출사고 작업구역, 작업요원의 안전작업요령, 인근 의료기관목록, 동료체제 조직 등이 포함되어 있어야 한다.

1. 사고지역 지도의 제작

유해물질 유출사고지역의 통제에 가장 긴요한 것은 사고지역의 지도이다. 지도제작의 일차적인 목적은 이 지도에다 사고지역에 있는 지형지물의 배치상태와 위험물 등을 표시해서 방제요원들이 방제계획을 수립하거나 방제활동을 원만히 할 수 있도록 도움을 주는데 있다. 사고지역지도는 유출된 유해물질의 방제계획 수립 후 사고지역에 방제요원을 투입하기전에 제작되어야 한다. 이 지도에는 풍향, 배수구 위치 그리고 건물, 웅덩이, 연못, 컨테이너, 저수탱크 등을 포함한 모든 자연 또는 인공 지형지물들의 위치가 표시되어 있다. 이러한 지형지물들이 잘못 표시되거나 혹은 유출사고 후에 위치가 변경된 것들은 방제과정중 수정해 가면서 사용하면 된다. Fig. 5.1에 사고지역 지도의 한 예를 나타내었다.

2. 사고지역의 작업구역 획정

유출사고지역의 효과적인 통제기술중의 가장 기본적 요소는 사고지역을 몇개의 작업구역으로 구획화하는 것이다. 그래서 각 작업구역에서의 방제작업유형 결정, 위험도 표시, 비인가 요원이나 보호장구 불착용 방제요원들의 출입통제 여부 등 제반문제에 대해 명확하게 정해 놓아야 한다. 사고

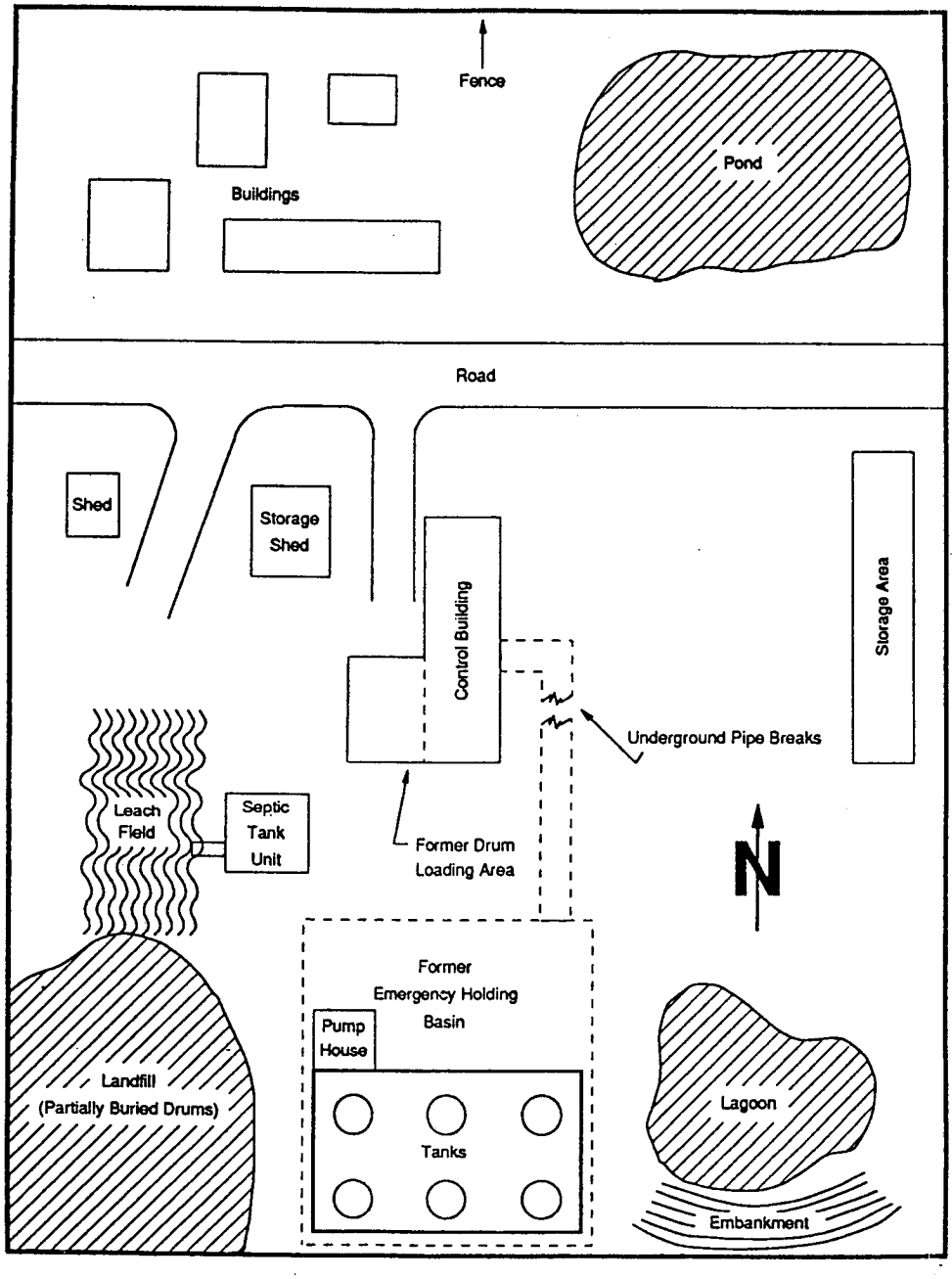


Fig. 5.1. Sample site map

지역의 구획화는 방제요원들이나 방제장비에 의해 유해물질이 오염지역으로부터 비오염지역으로 확산되는 것을 막고, 각 구역에서 해야할 작업을 적절히 조정함으로써 방제요원들의 오염노출 가능성을 줄이면서 비상시 이들을 신속하게 사고현장에서 대피시키는데 그 목적이 있다.

사고지역에서 작업구역을 획정할 때는 신속한 판단을 내려야 하기 때문에 이에 필요한 사고지역 내외의 많은 정보자료를 확보해야 한다. 이미 앞에서 언급한 바 있는 사고지역 지도는 이러한 자료를 기록할 수 있는 유용한 자료서식이라고 하겠다. 이 사고지역지도에는 면담 또는 기록을 통한 조사, 사고지역 정찰, 현장의 초동 조사 등을 통해 나타난 모든 위험물의 위치를 표시해야 한다. 뿐만 아니라 직접 관측되거나 의심스러운 위험물, 사고지역 내외의 대기와 토양 시료채취결과, 그리고 잠재적 노출경로 등도 역시 지도위에 나타내야만 한다. 이 경우 시료채취 결과가 표시되지 않았다고해서 특정구역의 오염이 없다고 간주해서는 안된다.

유출사고지역의 작업구역수는 가능한한 작업자들이 유해물질에 최소한도로 노출되는데 필요한만큼 만들 수 있겠지만 일반적으로는 접근금지구역(또는 오염구역), 오염감소구역, 그리고 작업지원구역(또는 청정구역)의 세 구역으로 나눈다 (Fig. 5.2). 이들 구역간에는 사람과 장비들의 왕래를 최소한도로 해야하고 또 출입통로를 만들어 출입을 제한함으로써 오염구역으로부터 청결구역으로의 오염확산을 막아야 한다. 이들 세 구역의 역할에 대해 좀더 자세히 알아보기로 하겠다.

1) 접근금지구역(Exclusion Zone)

접근금지구역이라 함은 유해물질 유출에 의해 이미 오염되었거나 오염이 우려되어 사람들이 오염에 노출될 가능성이 매우 큰 지역을 말한다.

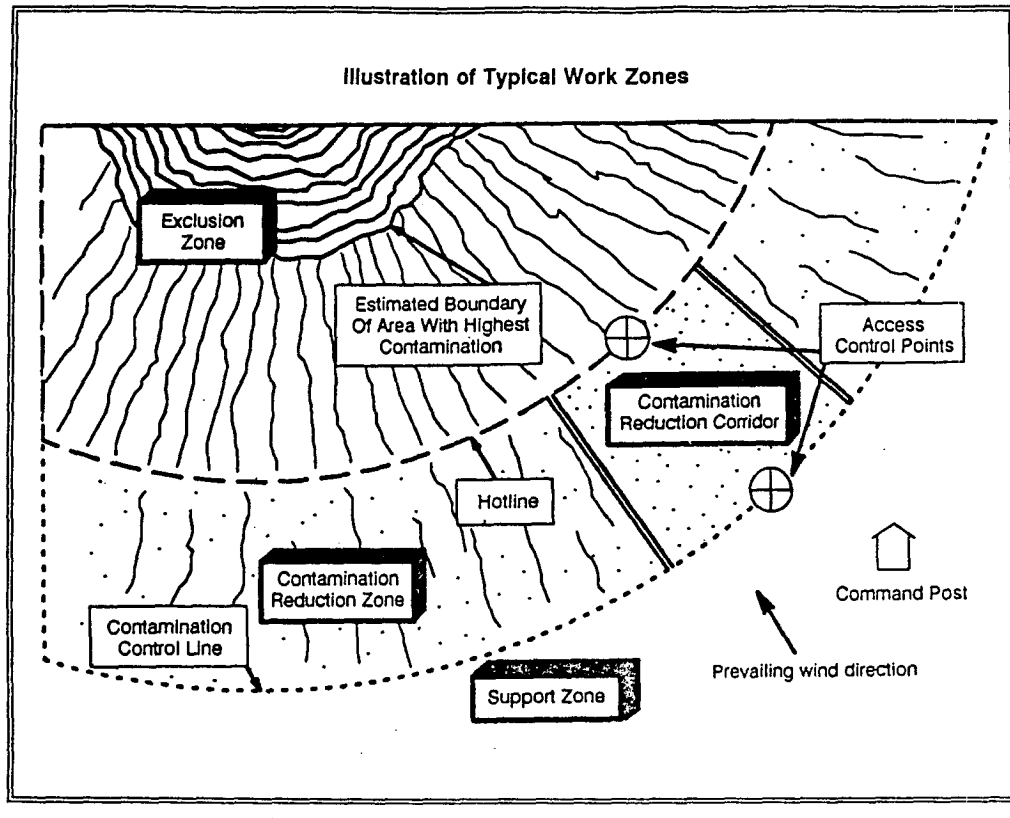


Fig. 5.2. Illustration of typical work zone

접근금지구역의 바깥경계선은 "위험선(Hotline)"이라고 해서 오염구역과 비오염구역과의 경계를 나타내 준다. 위험선은 사고초기에 사고지역의 변색이나 용출 또는 유출물질의 존재 등을 육안으로 직접 확인해서 유해물질의 확산범위를 결정한 후 설정해야만 한다. 그밖에 위험선 설정에 고려해야할 점은 다음과 같다.

- ㅇ 화재나 폭발로부터 작업요원들을 보호하는데 필요한 충분한 공간의 확보
- ㅇ 방제활동 수행에 적절한 공간의 확보
- ㅇ 오염물질의 확산 잠재력 감소

위험선은 쇠사슬, 울타리, 로-프 등을 설치해 구역사이를 물리적으로 구분하거나 선, 플래카드, 위험표지 테이프, 특수표시 등을 사용해서 명확하게 표시해야 한다. 이러한 구역간의 경계선설정은 방제작업과정중 유출사고에 대한 정보자료를 많이 확보하는대로 현실에 맞게 보완해 재조정할 수 있다. 접근금지구역은 위험의 형태, 위험정도, 폐기물 배출선의 양립성 여부에 따라 몇개의 소오염구역으로 더욱 세분화하는 것도 가능하다. 만일 이런식으로 출입제한구역을 세분화한다면 구역간의 경계선은 "위험이 존재함" 또는 "보호가 필요함" 등으로 표시하는 추가적 조치가 필요할 것이다.

접근금지구역에 접근할 때에는 위험선에 설치해 놓은 "접근통제소(Access control point)"의 허가를 받아야 한다. 접근통제소는 인력과 장비의 오염지역으로의 출입을 통제하고 유출사고지역 통제행위가 제대로 수행되고 있는지를 확인하는 역할을 담당한다. 또한 출구와 입구를 별도로 설치해서 인력과 장비가 접근금지구역으로 출입하도록 해야 한다. 만일 접근

금지구역을 다시 소구역으로 더욱 세분화할 때에는 방제요원들의 오염노출을 최소화하기 위하여 접근통제소를 추가로 설치할 수도 있다. 접근금지구역에 출입하는 사람들은 사고지역의 위험형태와 위험정도에 따라 적절한 수준의 개인보호장구를 반드시 착용하도록 의무화한다.

2) 오염감소구역(Contamination Reduction Zone)

오염감소구역이라 함은 접근금지 구역(오염구역)과 작업지원 구역(청정구역) 사이의 완충구역으로서 오염제거과정이 이루어지는 공간을 말한다. 이 구역의 설치 목적은 접근금지구역내에서 발생되는 오염과 위험이 작업지원 구역에 확산되는 것을 방지하는데 있다. 거리가 떨어져 있고 오염제거과정도 거치기 때문에 사람들이 위험선으로부터 작업지원구역으로 나올 때 오염감소구역이 오염될 경우는 일반적으로 드물다.

오염감소구역은 오염발생 초기 단계 때 설치되어야 한다. 이때 접근금지 구역과 작업지원 구역 사이에 인력과 장비를 출입시키기 위하여 "오염감소 통로(Contamination reduction corridor)"식의 접근 통제소를 설치한다. 이 통로에는 특정 오염 지점의 오염물질 제거 목적을 위하여 적당한 갯수의 오염 제거실을 설치할 수 있다. 경우에 따라서는 사고 규모에 따라 이러한 오염 감소 통로를 두 개 이상 설치하는 것도 가능하다.

"오염 통제선(Contamination control line)"은 오염감소 구역과 작업지원 구역을 구분해 주는 경계선으로서 방제요원과 장비에 묻어 있는 오염물질을 제거하는데 이용하는 공간과 청결구역을 분리시켜 준다. 오염감소 구역과 작업지원 구역사이에 있는 접근 통제소에서는 작업 요원들이 오염감소 구역으로 들어올 때 보호장구를 착용하는지와 작업지원 구역으로 나갈 때 오염된 보호장구를 벗어 놓고 나가는지를 확인하게 된다.

3) 작업지원구역(Support Zone)

작업지원 구역이라 함은 방제작업 요원들이 유해물질이나 위험에 노출될 가능성이 없는 비오염 지역을 말한다. 작업지원 구역은 방제작업 지휘본부, 의료본부, 장비 및 물품 지원 센터, 현장 실험실, 그리고 기타 필요한 행정 및 지원 기능을 효율적으로 설치운영하기에 매우 적당한 공간이다. 왜냐하면 작업지원 구역은 비오염 지역이기 때문에 이곳에서 일하는 사람들은 일반 작업복을 입어도 상관없으며 또 구역 출입을 일일이 통제하지 않아도 되기 때문이다. 심하게 오염된 작업복, 장비, 시료 등은 오염을 완전히 제거할 때까지 작업지원 구역에 유입시키면 안된다. 하지만 작업지원 구역에서 일하는 모든 종사자들은 유해물질 비상사태가 있을 경우 신속히 대피할 수 있도록 대처 방안이 강구되어야만 한다.

작업지원 구역은 모든 가능한 사고지역 특성 자료를 참조해서 지정해야 한다. 이 구역의 지정에 있어 가장 중요한 것은 작업지원 구역이 비오염 지역내에 설정되어야 한다는 점이다. 다시 말해서 작업지원 구역은 유해물질 농도가 자연 수준을 초과하지 않는 청정한 지역에 설정해야 한다. 그리고 이 구역이 건강에 유해한 독성물질 농도가 기준을 초과하지는 않는지 계속 감시해야 한다. 현장에서 유해물질의 농도를 평가할 때에는 이 지역에서의 자연 수준 농도를 고려하는 것이 중요하다. 때에 따라서는 유해물질의 자연수준이 "0"이 아니고 저위 수준인 경우도 있을 수 있다.

작업지원 구역의 크기 및 위치는 접근금지 구역과 오염감소 구역의 크기에 직접 영향을 받는다. 예를 들어 작업지원 구역은 접근금지 구역 밖에서 작업하는 방제요원들이 화재나 폭발의 영향을 받지 않도록 일정 거리를 두어야 하고 또 접근금지 구역내에서 작업하는 요원들의 활동을 효율적으

로 지원하는 등의 여러가지 점을 고려해서 설정되어야 한다. 게다가 작업지원 구역은 바람이 불어오는 쪽에 위치하면서 접근금지 구역과는 작업지원이 효율적으로 이루어지는 범위내에서 충분한 거리를 두는 것이 좋다. 작업지원 구역에서는 가능한 한 접근금지 구역 내에서의 모든 작업 활동을 한눈에 볼 수 있어야 하고 전기배선, 접근도로, 전화, 피신처, 물 등 모든 지원 공급도 최대한으로 이루어질 수 있어야 한다는 점을 충분히 고려해야 한다. 뿐만 아니라 예상되는 방제작업 기간 등도 작업구역의 위치 선정에 반드시 참고할 점이다.

4) 작업지원 구역의 안전성 확인

유해물질 유출사고 지역에 대한 오염 방제작업이 시작된 후 작업지원 구역이 때때로 오염되는 일도 있을 수 있다. 예를 들면, 풍속, 풍향, 온도, 강수량 등이 사고 초기 단계의 현장조사 결과와는 상이함으로써 오염물질 노출 역시 전혀 다르게 나타날 수 있다. 따라서 작업지원 구역의 안전성은 오염방제 과정에서 재확인되어야 한다.

선정된 작업지원 구역이 방제 과정중에도 여전히 안전한 구역으로 유지될 수 있도록 하는 방법으로써 사고지역 통제를 엄격하게 실시해 오염이 작업지원 구역으로 확산되는 것을 최소화할 수 있으며, 아울러 작업지원 구역을 주기적으로 감시하면 사고 지역에서의 제반 활동과 상황변화가 오염을 초래하는지를 확인할 수 있다. 일단 오염이 발생되면 작업구역의 경계선은 재평가해서 필요할 경우 재획정해야 한다. 작업구역의 안전성 확보를 위한 필요한 조치들은 다음과 같다.

가. 사고지역 통제방법의 활용

오염감소 구역은 청정한 작업지원 구역이 오염되거나 또는 다른 구역의 위험으로부터 영향을 받을 가능성을 감소시키도록 하는데 주안점을 두고 있다. 오염감소 구역을 중심으로 오염구역과 청정구역이 서로 일정 거리만큼 떨어져 있는데다 방제후 방제요원들과 장비에 묻은 오염을 제거하기 때문에 유해물질이 오염구역으로부터 청정구역으로 유입되는 것은 극히 드물다. 작업지원 구역을 오염잠재 구역으로부터 격리시켜 주는 오염통제선에는 가능한 한 인력과 장비가 출입하는 접근 통제소를 각각 분리시켜 운영하는 게 바람직하다. 오염감소 구역에 출입하는 작업요원들은 오염지역에서 그들이 일하는 위험의 유형과 조건에 따라 필요한 개인 보호장구를 반드시 착용해야 한다. 방제요원들이 작업후 오염감소 구역에서 작업지원 구역으로 다시 나올 때는 몸에 묻은 오염물질을 제거하고 개인 보호장구를 벗은 다음 사용한 장비도 오염감소 구역에 놓아 둔채 접근통제소를 통해 외부로 나오도록 한다.

나. 작업지원구역에 대한 정기 오염모니터링

작업지원 구역이 오염되지 않도록 오염 모니터링과 시료 채취가 이루어져야 한다. 오염 모니터링은 일상적으로 지속되어야 하지만 특히 오염노출이 우려될 때는 반드시 감시 활동을 수행하여야 한다. 정기적인 오염모니터링과 시료 채취를 해야할 항목은 다음과 같다.

- 직독식(直讀式) 장비를 이용한 대기모니터링
- 입자성물질, 기체, 증기 등의 분석을 위한 대기시료채취
- 교통혼잡지역으로부터 채취한 토양시료 분석

대기, 토양, 또는 기타 환경 시료중의 유해물질 농도의 증가는 사고지역 통제활동이 제대로 이루어지지 않았거나 아니면 현장 상황에 변화가 있었음을 암시한다. 사고지역 통제 요원은 제반 상황 변화나 어떤 잠재적 위험 상황이 도래하지 않는지를 끊임없이 경계하여야 한다. 경우에 따라서는 사고 지역의 구획화 설정이 잘못되어 유해물질에의 노출위험을 증가시킬 수도 있으므로 이때는 추가적인 오염 모니터링이 필요하다. 이러한 추가적 오염 모니터링이 필요한 경우는 다음과 같다.

- ㅇ 사고지역의 방제작업이 처음 예상된 곳으로부터 벗어난 지점에서 시작될 때
- ㅇ 전에 경험해 보지 않은 오염물질을 방제할 때
- ㅇ 전혀 다른 유형의 방제활동을 시작할 때
- ㅇ 종업원이 새는 드럼통 또는 용기를 다루거나 유출액체오염이 분명한 장소에서 작업할 때 등

다. 사고지역 특성화에 필요한 추가정보

사고 지역에서 대기, 토양, 수질 등 환경오염에 대한 추가정보는 오염 모니터링 과정이나 아니면 사고 지역에 대한 조사나 방제활동중에 수집할 수 있다. 예를 들면, 좀더 정밀한 토양시료 채취는 사고 지역 조사나 방제활동 과정중에도 가능하다. 이러한 추가 정보에 의해 초기에 청정한 것으로 판단되었던 구역이 나중에 오염된 것으로 나타날 수도 있다. 따라서 작업지원 구역의 위치 선정은 새로운 사고 지역 특성화 조사가 수행될 때마다 재평가되어야 할 것이다.

3. 동료체계를 이용한 방제요원의 조직

오염구역내에서 방제활동을 수행할 때 방제요원들은 위급시 신속하게 대처하기 위하여 "동료체제(Buddy system)"라고 하는 상호협조 체제를 이용해야 한다. 동료체제라고 하는 것은 방제작업자들을 작업그룹이라고 하는 소집단으로 편성해서 각각의 작업자는 최소한 1명이상의 타 작업자가 지켜볼 수 있도록 만든 일종의 상호감시체제라고 할 수 있다. 처음 사고지역에 출입할 때는 두 작업자들을 한쌍으로 편성해 서로 안전점검을 하도록 하는 동료체제를 갖추는 것이 바람직하다.

방제책임자는 동료체제 실행에 책임이 있으며, 오염지역으로 들어 가는 방제요원들에 대해 접근 통제소에서 임무를 확인시켜 주어야 한다. 방제책임자는 오염감소 구역에서 임무를 수행하기 때문에 동료체제를 실행하기에는 접근 통제소가 가장 적당하며 따라서 오염 구역으로 들어 가는 모든 방제요원들은 필히 접근 통제소를 거쳐야 한다.

동료체제의 일부로서 방제요원들은 서로 가까이에서 작업하고 또 항상 가시거리내에서 활동함으로써 위급시 상호협조체제를 유지하여야 한다. 위급상황이 발생하면 방제요원들은 약속된 통신신호를 사용해야 하는데 이것은 오염구역에 들어가기 전에 미리 숙지되어야 한다. 일반적으로 동료체제를 활용하는 방제요원들이 이행해야할 의무사항은 다음과 같다.

- 짝이 되는 동료에게 필요시 협조 제공
- 짝 동료가 화공약품이나 열에 노출되는지 여부 감시
- 짝 동료의 개인보호장구가 안전한지 여부를 주기적으로 확인
- 비상시 협조가 필요하면 사고지역책임자나 기타 관리요원에게 통지 등

방제요원들은 위급시 동료체제하에서 언제든지 동료들이 자기를 구해 줄 것이라고 전적으로 믿어서는 안된다. 이 동료체제를 잘 실행하기 위하여는 오염구역에 있는 방제요원들은 서로 가시거리내에서 활동하면서, 언제든지 방제지휘본부나 방제책임자에게 보고할 수 있는 위치에 머물러야 한다.

4. 통신망 구축 및 실행

사고지역에서는 내부 및 외부와의 통신체계가 구축되어야 한다. 대내통신(Internal communication)이라 함은 오염구역이나 오염감소구역에서 작업하는 방제요원들 사이에서 이루어지는 연락 또는 방제지휘소에서 이들 방제요원들에게 취하는 연락 등을 일컫는다. 일반적으로 대내통신은 다음과 같은 경우에 이용된다.

- ㅇ 같은 팀요원들에게 비상상황경보 통지
- ㅇ 안전정보 전달(예 : 휴대용호흡기의 잔유공기량, 열감지도(熱感知度), 탐지된 위험 등)
- ㅇ 수행해야할 작업변화 통지
- ㅇ 사고지역 통제 유지 등

내부통신체계는 무선전신, 소리발생기(예 : 종, 확성기, 경적, 사이렌, 호루라기 등), 시각신호(예 : 깃발, 화염(작업지원구역에서만 사용), 수신호, 불빛, 신호판, 전신동작 등) 등 표준 통신장치들을 사용해서 구축할 수 있다. 강력한 폭발성 상황하에서 사용되는 모든 통신장치는 불꽃을 튀기지

않는 매우 안전해야 할 뿐만 아니라 제대로 작동되는지를 매일 확인해야 한다. 사고지역에서는 음성통신 방법이 현장의 배경소음과 방제요원들의 개인보호장구(예 : 방독면 등) 때문에 사용이 곤란하다. 따라서 오염구역에 들어가기 전에 미리 약속된 명령과 청각 또는 시각신호방법을 개발해야 한다. 뿐만 아니라 통신장치들이 작동치 않거나 또는 비상사태가 발생할 경우를 대비해서 이차적인 비음성신호체계도 개발하여야 한다.

효과적인 대내통신을 위해서는 각 방제요원에게 명령이 정확히 전달되도록 각 개인들을 식별할 수 있어야 한다. 방제요원의 성명을 작업복에 표시하고 멀리서도 식별되도록 색깔, 번호, 독특한 상징 등을 첨가하는 것이 좋다. 깃발표시는 드럼통, 장비, 폐기물더미 등에 가려 시계가 나쁜 장소에서 인력을 배치할 때 도움을 줄 수 있다.

대외통신(External communication)이라 함은 사고지역과 외부지역 요원간의 연락을 말한다. 대외통신체계는 다음과 같은 목적을 달성하기 위하여 유지되어야 한다.

- ㅇ 현장의 비상대응요원들과 외부지역 대응요원들과의 업무협조
- ㅇ 진행상황 및 제반 문제점들을 책임당국에 보고
- ㅇ 외부지역 필수요원들과의 접촉유지 등

대외통신의 일차적수단은 전화와 무선전신이다. 만일 전화선이 작업구역에 가설되지 않았다면 모든 팀요원들은 현장에서 가장 가까운 곳에 있는 전화의 위치를 알아야 하며, 필요한 전화번호는 작업지원구역에서 손쉽게 알아낼 수 있어야 한다. 만일 무선전화가 사용된다면 그 위치를 명확하게 표시해 놓고, 사용설명서는 항상 무선전화에 부착해 놓아야 한다.

5. 방제요원의 안전조치 요령

사고지역 통제계획의 일환으로서 방제요원들의 안전확보를 위한 제반 조치가 강구되어야 한다. 방제요원 안전조치에는 방제활동에 필요한 공간 확보, 기술적 관리 및 안전작업 실행 그리고 방제활동중에 항상 준수해야 할 활동지침 등이 모두 망라되어 있다. 이러한 안전조치요령은 인가받은 안전 전문가가 현장에서의 방제활동 수행전에 미리 준비해서 방제요원들에게 곧바로 적용될 수 있도록 하여야 하며, 모든 방제요원들 역시 사용상 차질이 생기지 않도록 숙지해야만 한다.

1) 작업공간 확보

방제활동 수행전 이에 필요한 공간확보에 충분한 시간과 노력을 투자함으로써 방제작업이 원만히 이루어지고 또 방제요원들의 안전이 확보될 수 있도록 해야 한다. 이 공간확보는 방제작업만큼이나 위험하기 때문에 관리자는 이 단계에서 안전조치확보에 최우선을 두어야 한다. 현장에서의 방제활동수행전에 다음과 같은 공간확보 노력이 선행되어야 한다.

- ㅇ 중장비와 차량진입을 위한 안전한 도상(道床) 확보를 위하여 도로를 건설하고 또 현장접근이 용이하면서 동시에 방제활동이 안전하고 효율적으로 수행될 수 있도록 통행형태를 결정해 줌
- ㅇ 방제활동구역에서 신체적 위험을 최대한 방지해야 할 항목 :
  - 화기위험이 있는 장소에서의 점화원(點火源)
  - 지상에 노출된 지하전선 또는 전기장치들이 매달린채 낮게 드리워진 전선
  - 개인보호장구와 사람 등이 찔려 구멍이 나거나 다칠 수

있는 유리, 못,

금속조각 등과 같은 끝이 날카로운 물건들.

- 추락, 미끄러짐, 실족, 시각방해 등을 초래하는 돌조각, 구멍, 헐거운 계단이나 마루바닥, 미끄러운 바닥, 느슨한 난간 등
- 좁은도로, 지붕꼭대기, 비계와 같이 높은 곳의 끝부분 가까이 놓여있는 벽돌, 개스실린더 등의 비고정물체들은 작업자들에게 넘어지거나 떨어질 수 있음.

ㅇ 미끄러운 바닥에는 미끄럼방지판 또는 기타 미끄럼방지 장치를 설치

ㅇ 이동시설과 임시구조물을 위한 작업대, 화물적재대, 오염제거대 등의 설치

ㅇ 작업에 필요한 적당한 조명을 위해서는 돌발접촉사고 방지용의 보호망을 갖춘 임시 전등을 가설함.

2) 기술적 관리 및 안전작업 실행

기술적 관리 및 안전작업 실행은 방제요원들이 유해물질과 기타 안전 및 건강의 위험에 노출되는 것으로부터 보호하기 위하여 사고지역 통제프로그램속에 꼭 삽입해야 한다. 이 기술적 관리 및 안전작업 실행은 방제요원들의 노출수준을 노출허용기준(Permissible exposure levels ; PELs)과 이미 알려져 있는 사고 지역의 해당 유해물질 노출 수준 이하로 감소 또는 유지시키기 위하여 수행하는 것이다. 기술적 관리의 좋은 예로는 가압실 또는 장비 제어실 등을 들 수 있다. 안전작업 실행이라는 것은 유해물질 드럼통마개를 여는 동안에 잠재적 노출방지를 위하여 비작업원들을 대피시

킨다든지, 먼지발생작업시는 물을 뿌리고 또 위험이 예측되는 작업시 작업원들을 바람부는쪽으로 배치하는 등의 제반 행위를 말한다. 만일 작업원들의 유해물질 노출을 노출허용 기준 이하로 유지할 수 없다면 전문기관의 기술협조를 받은 후 방제활동에 착수해야 한다.

개인보호장구는 작업원들을 가능한 유해물질 노출로부터 보호하는 마지막 수단이 되어야 한다. 그것은 기술적 관리 및 안전작업 실행요령에 의해서도 노출로부터의 보호가 효율적으로 이루어지지 않을 경우에 사용되어야 한다. 사고지역에서 개인보호장구는 초기단계의 현장특성 파악때 나타난 잠재적 위험노출시에 사용되어야 한다.

3) 활동지침

사고지역에서의 활동지침은 강한 안전의식을 고취시키고 안전작업 수행을 도모하기 위하여 마련되어야 한다. 이 지침은 전적으로 접근금지 구역을 대상으로 만들어진다. 만일 위험이 매우 다른 것이라면 활동지침은 오염감소 구역에 대해서도 만들어져야 한다. 활동지침이라 함은 오염지역에서 작업할 때 항상 준수되어야 할 안전조치들을 일컫는다. 이와 같은 활동지침의 한 예가 Fig. 5.3에 나와 있다. 모든 방제요원들이 활동지침을 숙지하고 있는지를 확인하기 위하여 지침이 방제구역으로 출입하는 모든 요원들에게 배포되어야 하며, 동시에 지휘본부와 오염감소 구역 또는 접근금지 구역으로 들어가는 접근통제소에 분명히 게시하여야 한다. 더우기 방제책임자는 그날 그날의 안전 설명회에서 활동지침을 검토한 후 어떤 새롭거나 수정된 조치가 마련되면 지체없이 작업요원들에게 알려주어야 한다.

활동지침상에서 밝혀진 조치외에 사고 현장에 존재하는 모든 유해물질의 이름과 성질을 목록으로 만들 "유해물질 정보서식(Hazardous

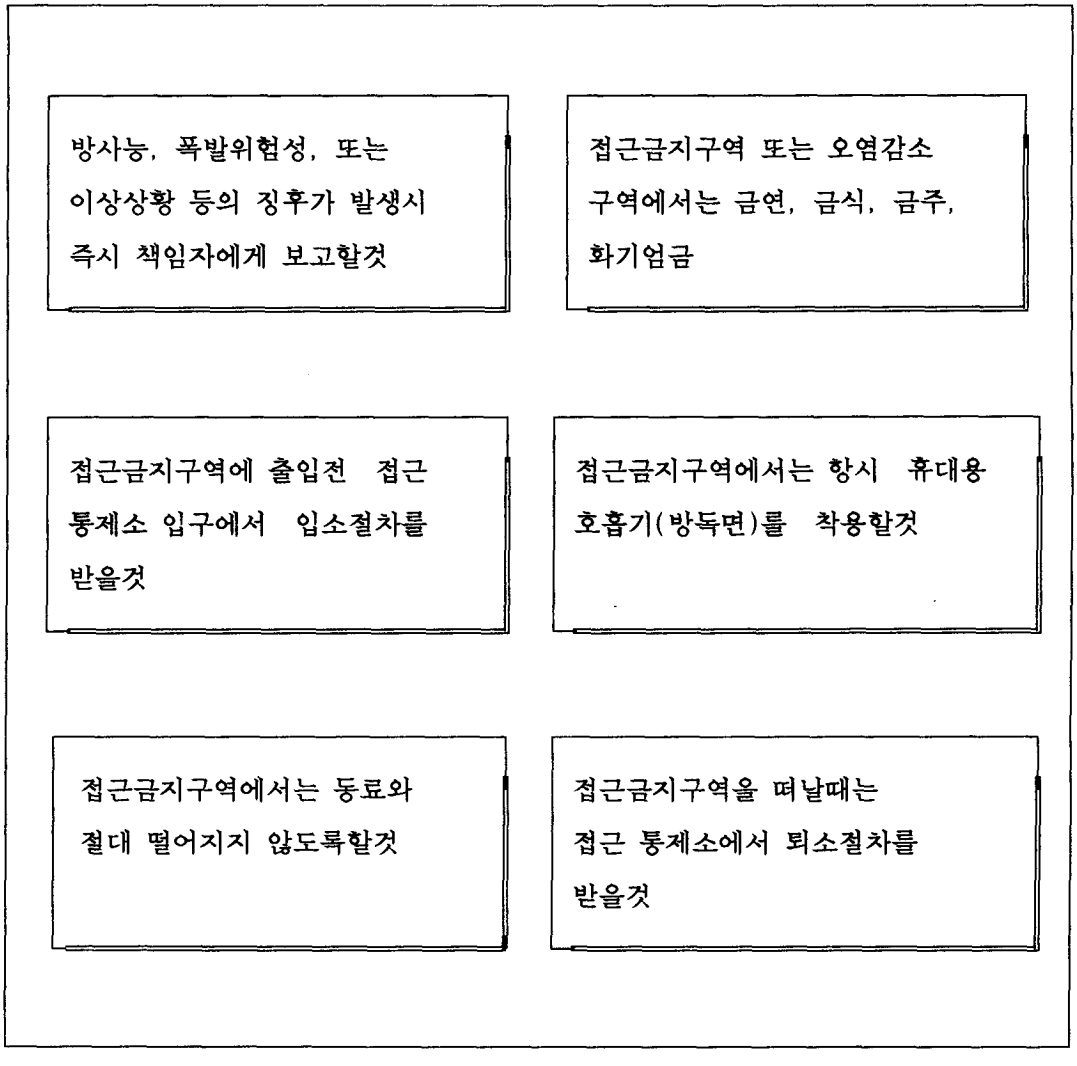


Fig. 5.3. Examples of standing orders

substance information form)"을 만들어야 한다. 이 정보는 다른 활동지침들과 함께 명확히 게시하여야 한다. 마지막으로, 방제요원들이 방제팀에 새로 들어올 때나 또는 새로운 물질이 현장에서 밝혀질 때는 현장의 유해물질에 관해 설명을 해주어야 한다.

6. 주변 의료지원기관의 확인

사고지역 통제계획의 일환으로서 방제책임자는 위급시 방제요원들이 도움을 받을 수 있는 주변 의료지원기관의 이름과 위치를 게시하여야 한다. 의료시설이라 함은 보통 지역병원, 응급의시설, 의료기술자나 또는 응급구호(119), 앰불런스, 소방지원, 경찰지원 등을 포함한다. 의료시설에 들어가야 할 정보로는 의료기관명, 전화번호, 주소 및 연락절차 등이 있다. 물론 의료기관으로 가는 길안내와 지도도 포함되어야 한다. 이러한 정보는 근처 전화기나 대외통신장비들이 있는 곳은 물론 구역 곳곳에 명확하게 게시하여야 한다. 더우기, 사고지역에서 의료구호 활동에 종사하는 모든 책임자와 요원들은 가장 가까운 곳에 위치한 의료시설로 가는 길을 숙지하여야 한다.

제 3 절 해상 소각 기술

해상 유출사고의 처리 방법은 유출물의 종류와 위치, 환경조건, 가용 인력과 장비에 따라 방제책임자에 의해 선택된다. 유출물이 연안으로 이동하는 것을 막기 위해서는 회수, 소각, 분산중의 한 방법을 선택하여야 하는데, 해상소각은 적절한 조건하에서는 적은 규모의 장비지원하에서도 대량의 유출물을 제거하는데 매우 효과적인 방법이 될 수 있다. 그러나 해상소각은 그 나름대로의 장점과 단점을 가지고 있어서 방법의 선택에 있어서 신중한 과학적인 판단이 필요하다.

1. 해상소각 가능성의 검토

1) 기름의 조건

대부분의 원유와 정제유는 유막의 두께가 수 mm 이상이고 연소 면적이 넓고 일정 온도 이상일 경우에만 해상에서 연소한다. 이제까지의 경험에 의하면 수층으로부터의 열손실에 견디기 위해서는 유막이 적어도 2-3 mm 이상이어야 한다 (Allen and Ferek, 1993). 유막의 평균 두께가 1-2mm 정도로 감소하면 즉시 연소가 멈추게 된다. 만약 에멀젼의 형성으로 유막중의 수분 함량이 증가하면 유막의 두께는 수 mm가 더 두꺼워야만 해상에서 연소될 수 있다.

에멀젼 형성에 따른 수분 함량의 증가, 풍화에 따른 저분자량 휘발성 탄화수소의 휘발, 확산에 따른 유막 두께의 감소 등은 해상소각의 가능성을 제한하는 요소이다. 해상 소각은 유출후 1-2일 이내의 풍화되기 이전의 기름일 경우 효과적인 방제가 가능하며, 물리적인 회수가 가능할 정도의 유막 두께에서 소각이 가능하다. 또한 수분 함량이 20-30% 이내이어야

만 연소가 가능하다. 이러한 제약은 소각이 유출초기나 계속적인 누출시에 가능하다는 것을 의미한다.

효과적인 확산저지의 조건은 특수한 장비나 그것을 사용할 수 있는 기술이 있느냐에 달려있다. 일반적으로 대부분의 오일펜스는 1 m 이내의 파도에서도 상당량의 기름이 빠져 나가기 때문에 실제로 해상에서 소각의 목적으로 확산저지 펜스를 사용하는 것은 매우 어렵다. 또한 내화성 오일펜스가 사용될 때에만 해상소각이 가능하다는 것도 매우 중요하다.

높은 파도와 같은 조건하에서는 펜스 없이 해상소각될 수도 있다. 현장에서의 경험에 따르면 바람의 영향으로 유막이 밀리면서 적당한 유막 두께가 유지되거나 에멀젼도 소각되는 수도 있었으며, 에멀젼 파괴제를 이용할 경우 소각이 가능한 경우도 있었다 (Bech et al., 1992). 효과적인 해상소각이 이루어질 경우 약 4,100 l/day/m^2 으로 기름을 제거할 수 있다 (Allen and Ferek, 1993). 이러한 제거 속도는 152 m 짜리 내화성 펜스 1개를 U자로 전장할 경우 약 2,400 m^3을 하루에 제거할 수 있다는 것을 의미한다. 실지로 엑슨 발데즈호 사고 2일째 되던날 해상소각을 이용하여 114 m^3의 원유를 제거했다 (Allen and Ferrek, 1993)

2) 장비의 가용성

효과적인 해상소각작업을 실시하려면 100-150 m 규모의 견인할 수 있는 내연성 오일펜스와 이를 끌 수 있는 2척의 선박, 150 m 이상의 견인줄, 점화장치가 필요하다. 2척의 선박은 기름이 진행하는 방향과 수직방향으로 U자 형태로 오일펜스를 전장하여 유막을 분리해 내야 한다 (Fig. 5.4). 이때 선박의 속도는 약 3-4 노트 정도가 적당하다. 점화는 오일펜스로 유막이 분리된 후에 실시하는 것이 좋다. 효과적으로 유막을 포획을 위해서는

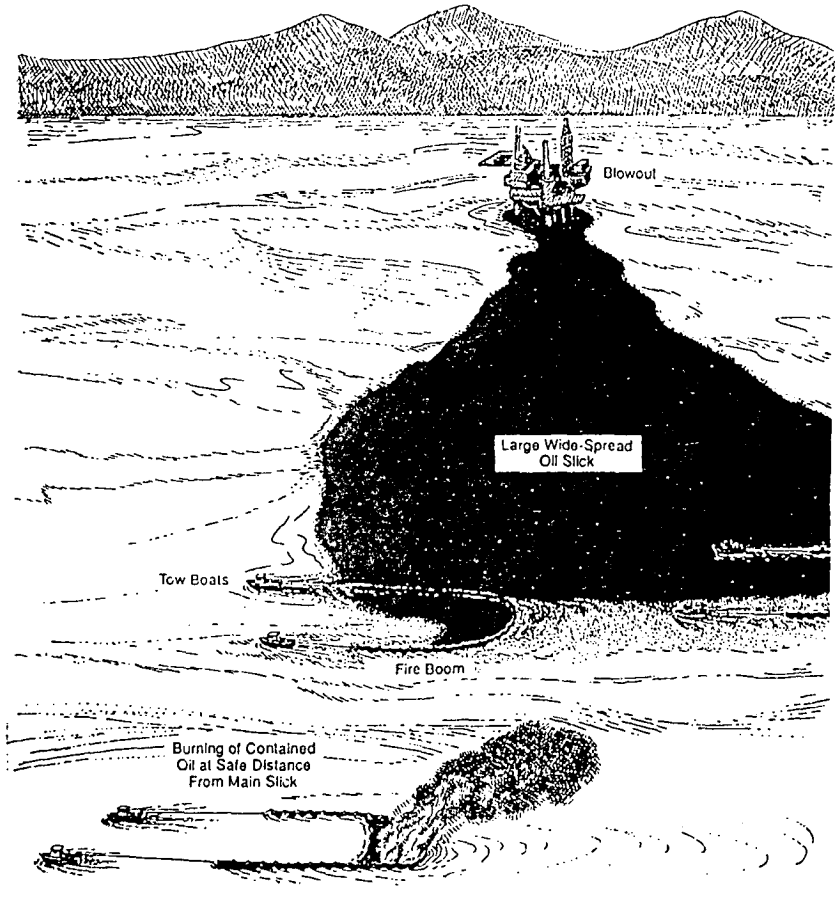


Fig. 5.4. Collection, relocation and burning of oil away from spill source

항공기로 선박을 유도하는 것이 좋다.

2) 안전성

해상소각을 실시할 것인가를 결정하는 요소는 점화장소와 소각지역이 영향을 미치는 지역의 위치라고 할 수 있다. 주변에 다른 방제선박이 있거나 환경민감지역, 항만이 인접해 있어서 해상소각으로 인해 연기가 영향을 줄 수 있다면 소각을 할 수 없는 요인이 될 수 있다. 소각중에 불이 옮겨 붙을 가능성도 있으나, 펜스로 유막을 분리하여 소각할 경우 주변이 해상이므로 그러한 가능성은 매우 낮다. 혹시 점화를 원하지 않는 상황에서 우연히 점화되었을 경우에는 연기에 노출될 수 있으므로 유출초기에는 불씨에 주의하여야 한다.

Pyroid 점화기나 Dome 점화기와 같은 점화장치가 있을 경우에는 선상이나 항공기에서 손쉽게 점화를 시킬 수 있지만 이러한 도구가 없을 경우에는 두루마리 화장지를 가솔린에 적혀 기름이 흘러가는 쪽으로 띄워 놓거나 겔상태의 연료가 든 플라스틱 주머니에 불을 붙여 임시변통으로 사용할 수도 있다.

3) 방제비용

해상에서 기름을 회수하거나 제거하는 비용은 해안에서 제거하는 것보다 10배에서 100배까지 비용이 적게 든다. 해안을 오염시킨 기름을 처리하는 것은 해상보다 훨씬 어렵고 환경적인 측면에서도 훨씬 심각한 영향을 미칠 수 있다. 엑슨 발데즈 오염사고시에는 해안정화작업에 배럴당 수만달러에서 수십만 달러까지의 소요되었다(USCG, 1993). 대략적인 추정에 의하면 해상소각에 드는 비용보다 유처리제를 사용할 경우 2배정도가 소요되며, 물리적으로 수거하는데는 해상소각보다 3-5배가 많이 드는 것으로 나

타났다. (Allen and Ferrek, 1993). 수거된 기름이 재활용될 경우에는 수거 비용이 절반정도로 줄어 들지만 에멀젼이 생성된 기름은 추가처리 비용이 들기 때문에 오히려 2-3배 더 소요될 수도 있다.

2. 해상소각의 장단점 분석

해상소각에 있어서 가장 우려되는 부분은 연기에 의한 대기오염일 것이다. 해상소각은 수질오염을 대기오염으로 대체하는 것이라는 견해도 있을 수 있다. 현재가지 쿠웨이트 유전의 화재나 몇몇 테스트용 탱크에서 행한 실험을 제외하면 실제로 해상에서 소각될 때 발생되는 연기를 실지로 측정한 자료는 거의 없는 실정이다 (Johnson et al., 1991)

그러나 원유 유출사고의 경우 휘발되는 저분자량 탄화수소가 대부분 높은 독성을 가지고 있으므로 그대로 방치할 경우 대기중 휘발성 탄화수소의 농도가 크게 증가한다. 그러나 해상소각의 경우 이러한 휘발성 탄화수소를 대부분 제거할 수 있다. 기름의 연소과정에서 생성되는 것은 아산화탄소와 물이다. 그러나 기름속에 포함된 황과 질소가 연소되면서 아황산가스나 질소산화물들을 생성하게 된다. 기름을 오일 펜스로 가둔후 소각시키면 산소공급이 모자라서 상당량의 일산화탄소와 검정(soot particles)이 생성될 수 있다. 일부의 탄화수소는 연소할 때 연기와 함께 대기중으로 방출되어 이동할 수도 있다. 다환방향족 탄화수소(polycyclic aromatic hydrocarbons: PAHs)의 생성을 우려할 수도 있으나 해상소각에 의해 기름 속에 상당량 포함된 대부분의 다환방향족 탄화수소가 제거되며, 일부만이 대기중으로 방출된다 (Berner et al., 1990). 고온이나 산소공급이 적을 때 다환방향족 탄화수소가 많이 생성되므로, 연기가 방출되는 가까운 거리에서는 대기중 농도가 유해 농도에 달할 수도 있으니 조심해야 한다.

효과적인 해상연소시에는 90-95%의 탄소가 이산화탄소로 방출되며, 1% 정도가 일산화탄소로, 0.5% 정도가 탄화수소 상태로 방출된다. 입자상 방출은 기름 양의 5-10%에 달할 수도 있는데, 이중에서 절반은 검정이다. 해상소각에 의해 발생되는 열의 97-98%는 대기중으로 방출되므로 수중으로 흡수되는 열량은 극히 적다. 열에 의하여 탄화수소의 용해도가 증가하여 수중에 유해한 성분이 녹을 가능성에 대해서도 거의 고려치 않아도 좋다.

해상소각의 장점은 제거 속도가 타 방법에 비하여 빠르고, 밤에도 사용할 수 있으며, 기술적으로 난해하지 않으며, 소각되는 면적을 선박의 속도로서 조절할 수 있는 등 비교적 통제가 쉬우며, 비용이 적게 들고, 환경에 미치는 영향은 상대적으로 감소시킬 수 있다는데 있다. 회수유의 보관이나 폐기에 드는 수고를 절감할 수 있는 잇점도 있다. 그러나 해상소각은 유막의 두께나 수분의 함량에 따라 사용이 제한되며, 적당한 유막의 두께를 유지시켜 주기 위해서는 내연성의 오일펜스를 사용해야만 한다. 가솔린이나 경유의 경우, 해상이 무척 잔잔할 경우 2-3일 동안 해상소각이 가능할 수도 있으나, 원유의 경우에는 유출사고후 12-24 시간 이내에만 가능하며, 그 이후에는 휘발과 에멀젼 생성에 의해 사용할 수 없는 경우가 많다. 해상소각으로 발생하는 연기와 검정으로 인해 미관상의 문제가 발생할 수 있으며, 국부적으로 대기오염에 의한 영향이 있을 수도 있다. 해상소각에 관해서는 아직도 연구가 매우 미진한 상태이기 때문에 향후 여러가지 자료가 더 확보되어야만 유해한 영향을 정량적으로 파악할 수 있을 것이다.

제 4 절 유해물질의 처리기술

유해물질을 처리하는 방법은 크게 물리적 처리법, 화학적 처리법, 열처리법, 생물학적 처리법으로 나눌 수 있다. 각각의 처리법은 일반적으로 유해물질의 종류와 성상에 따라 제한적으로 사용할 수 있다.

1. 물리적 처리방법.

1) 중력 분리법

완전히 혼합이 되지 않는 비중이 다른 액체 유해물질은 원심분리를 이용하거나 저장탱크를 이용하는 등 물리적 힘에 의해 분리시킬 수 있다. 이 방법은 물과 기름이 섞여 있느 형태의 혼합물의 처리에 매우 광범위하게 이용되는데 기름은 정제 후에 재사용이 가능하고 남아있는 물질은 재처리 과정을 거쳐서 폐기하게 된다. 일단 혼합물이 분리되어 층을 이루게 되면 한 층을 선별적으로 추출해 내는 것은 비교적 쉬운 일이다. 일례로 탱크속의 물과 기름의 혼합물에서 기름을 회수하는 것은 어려운 일이 아니다. 그러나 가장 무거운 층은 보통 슬럿지 형태로 존재하므로 처리에 어려움이 따른다. 보통 이러한 경우에는 주기적으로 작업을 중단하고 슬럿지 형태의 유해물질을 분리해 내고 이 유해물질은 다른 처리과정을 거쳐 처리해야 한다. 효과적인 분리를 하기위해서는 분리하고자 하는 물질의 비중이 물과 차이가 많이 나야하고 물과 에멀젼을 형성해서는 안된다. 이 처리법은 오염된 지하수에서 폴리클로리네이티드 비페닐(polychlorinated biphenyls, PCBs)을 분리하는데도 사용이 된 바 있다.

2) 침강법

침강법은 중력에 의해 입자성 부유물질을 제거하는 방법이다. 침강과정의 기본 원리는 적절한 크기의 용기나 침전지에 적절한 기간동안 비교적 정지된 상태로 유해물질을 유지하고, 처리될 폐수를 위쪽의 침전지로 옮기는 장치가 있어 그 침전지에서 침강이 되도록 하고, 침강한 입자들을 폐수로 부터(혹은 그 반대로) 물리적으로 제거할 수 있는 장치가 있어야 한다.

침강법은 일렬로 연결된 저장소, 전형적인 침전지, 정화기(clarifier), 고속 중력 침강장치를 이용하여 일부분씩 별도로(batch)로 처리하거나 연속과정으로 할 수 있다. 유해폐기물 처리장에서는 변형된 육상 수영장을 임시로 단기간 침강시키는데 많이 사용한다. Fig. 1.5는 침강에 쓰이는 세가지의 서로 다른 디자인 형태를 보였다. 바닥에 침강된 입자들은 싸이폰 등 여러 방법을 사용하여 주기적으로 제거한다.

침전지와 정화기에는 보통 슬럿지 스크래퍼(sludge scrapper)와 싸이폰 원리를 이용한 고체 회수장치와 제거장치가 내부에 설치돼 있다. 침전지는 일반적으로 사각형이고 보통 벨트형의 회수 메카니즘을 사용하고 주로 폐수로 부터 실제로 침강하는 입자의 제거에 쓰인다. 정화기는 보통 원형이고 침강법 뿐만 아니라 침전법과 엉김법 등에도 사용된다. 대부분의 정화기들은 화학적 혼합, 침전, 엉김, 침강이 서로 다른 부분에서 일어나도록 장치가 되어 있다. 침강법은 입자성 부유물을 많이 함유한 수용성 폐수의 처리에 주로 이용된다. 이 방법으로 처리되는 폐수는 쓰레기 매립장의 침출수, 준설물, 생물학적 처리법, 침전법, 엉김법 등에서 나오는 배출수 등이다. 침강법은 탄소 흡착법, 이온 교환법, 역삼투압법, 여과법 등 많은 화학적 처리법의 전처리 과정으로 많이 쓰인다.

이 기술은 물보다 무거운 입자성 부유물의 제거하는데 쓰이는데 부유

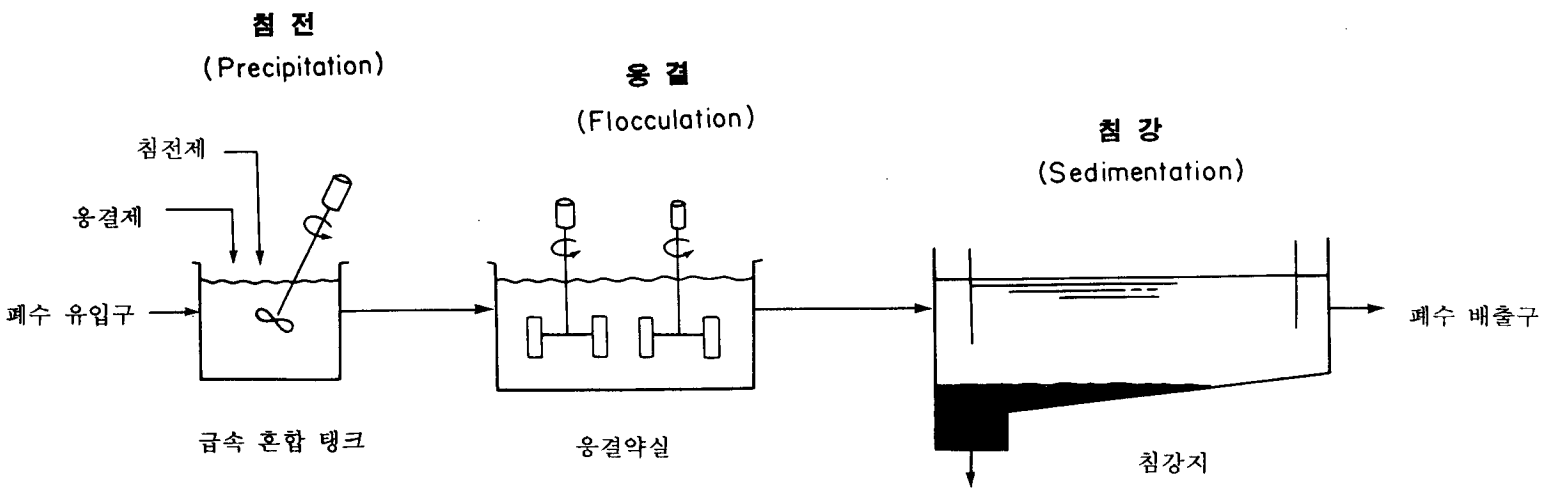


Fig. 5.5. Representative configuration employing precipitation, flocculation, and sedimentation

된 기름 입자나 기름에 젖은 입자들은 잘 침강하지 않으므로 다른 방법을 써서 제거해야 한다. 몇몇 침강장치 들을 스키머에 장착해서 표층으로 떠오르는 기름과 그리스를 제거하기도 한다. 그러나 이 장비는 에멀젼 상태의 기름을 제거하는데는 부적합 하다.

3) 투석(dialysis)법

이 방법은 여러 종류의 혼합물을 자연산이거나 인공적인 막의 여과작용 기작을 이용하여 분리하는 방법이다. 혼합물들은 각각의 분자량 차이에 의해 분리가 된다. 이 처리법은 섬유산업에서 광범위하게 사용되고 있는데 유해물질을 처리하는데도 사용되고 있다. 전기투석(electrodialysis)도 원리는 비슷하나 전기장에 의하여 분리시키는 방법이다.

4) 증발법

이 방법은 용액이나 슬러리(slurry)로 부터 용매를 기체 상태로 분리하는데 사용된다. 이 처리법은 용액을 비등점까지 급속 가열하여 용매를 빠르게 증발시킨다. 이 처리법은 폐수처리공정에서 광범위하게 사용되고 있는데 가장 큰 이유는 이 방법을 사용하면 순도가 높은 배출수가 얻어지기 때문이다. 그러나 비용이 많이 드는 것이 이 방법의 단점이다.

5) 탄소흡착

이 방법은 액체 유해물질을 흡착제인 활성탄과 접촉시켜 처리하는 방법이다. 활성탄은 수중의 유기물과 다른 오염물질을 제거하는데 쓰이는 일반적인 흡착제이다. 유해물질이 활성탄과 접촉하게 되면 물리적이거나 화학적인 힘에 의해 활성탄의 표면이나 내부에 선택적으로 흡착되게 된다.

흡착은 흡착제와 흡착되는 분자 사이의 친화력, 분자량, 흡착제의 종류와 특성, 수소이온 농도(pH), 동전기 전하(electrokinetic charge), 표면적에 의해 좌우된다. 일단 흡착제의 미세한 구멍들이 유기물에 의해 포화가 되면 성능이 다한 것이므로 새로운 흡착제로 교환해 주거나 열처리를 통해 재생된 흡착제와 교체해야 한다. 대부분의 유해물질 처리과정에서는 입자성 활성탄을 사용하는데 유해물질이 위에서 아래로 수직으로 흐르는 형태로 사용한다. 이러한 형태의 처리 시스템이 비용이 가장 적게들고 유해물질도 가장 효과적으로 제거시킬 수 있기 때문이다.

활성탄의 사용은 가장 발달된 기술중의 하나이고 특히 수용성 유해물질중의 여러 유기물을 제거하는데 많이 쓰이고 있다. 또한 활성탄은 안티모니, 비소, 비스므스, 크롬, 주석, 은, 수은, 코발트, 지르코늄, 염소, 브롬과 요오드 등의 여러 금속과 무기물의 제거에도 좋은 성능을 보이고 있다. 탄소흡착은 때때로 탄소컬럼에 걸리는 유기물과 입자성 부유물질의 부하를 줄이거나 생분해되지 않는 난분해성 유기물을 제거하기 위해 사전에 생물학적 처리를 하거나 여과처리를 한 유해물질의 처리에 사용된다. 또한 탄소컬럼에 걸리는 유기물의 부하를 줄이기 위해 휘발성 유기물을 폭기법으로 제거한 후에 활성탄을 사용하기도 한다. 이러한 모든 사전처리 과정은 활성탄을 재생시키는데 필요한 경비를 절감시킨다. 활성탄에 의해 연속적으로 처리되는 용질의 최고 농도는 총유기탄소량(TOC) 기준으로 볼 때 10,000 ppm 정도인데 대체로 1% 용액이 활성탄에 의해 처리될 수 있는 상한선이다.

6) 암모니아 스트립핑(ammonia stripping)

이 방법은 암모니아를 포함하고 있는 유해물질의 처리에 사용된다.

특수하게 제작된 컬럼에서 액체 유해물질중의 암모니아를 수증기를 사용하여 제거하고 암모니아는 응축시켜 상업적으로 사용할 수 있다. 이 처리 과정을 거친 용액은 암모니아를 거의 함유하지 않게 된다. 이 처리과정은 폐수중의 휘발성 물질이나 유기오염물질의 제거에도 사용될 수 있다.

7) 여과법

이 방법은 유해물질중의 입자성 부유물을 여과 매체를 이용하여 제거하는 방법이다. 여과매체로는 주로 모래 혹은 모래와 무연탄의 혼합물 혹은 석탄(coal) 등이 쓰인다. 입자성 부유물은 여과매체위 혹은 여과매체속에 걸리게 되는데 이렇게되면 일정 압력하에서 여과 속도가 늦어지거나 여과 속도를 유지해주기 위해 압력을 증가시켜야 한다. 이러한 현상을 방지하기 위해 빠른 속도로 물을 역으로 분출시켜 걸린 부유물질을 제거한다. 역분출된 물은 부유물질의 농도가 매우 높아 다른 처리과정을 거쳐야 한다.

여과법은 입자성 부유물의 농도가 100 - 200 ppm이하인 유해물질을 처리할 때 경제적인 처리법에 속한다. 입자성 부유물의 농도가 높을 경우에는 매우 자주 역분출을 해야하므로 운전시간이 짧아지는 단점이 있다. 일반적으로 입자 매체 여과장치는 여과된 용액의 입자성 부유물의 농도를 1 - 10 ppm 정도까지 낮출 수 있는 데 여과 효율은 여과속도에 크게 좌우된다.

때때로 입자 매체 여과를 하기 이전에 유해액체를 침전법으로 처리해서 여과시의 부하를 줄이기도 한다. 또 입자 매체 여과 장치는 생물학적 처리장치나 활성탄 처리 장치 앞에 부착해서 입자성 부유물의 부하를 줄이고 활성탄 컬럼이 막히는 것을 예방하기도 한다. 입자 매체 여과 장치는

콜로이드를 제거하는 데는 그리 효과적이지 못하다. 이러한 경우에는 보통 엉김법을 사용해서 콜로이드를 큰 덩어리로 만들어서 처리를 한다. 유수에멀젼과 같이 엉기지 않는 입자는 한외여과법(ultrafiltration)과 같이 보다 개선된 기술을 사용하기도 한다.

8) 엉김법(flocculation)

이 방법은 고체 입자를 물리적으로 저어주거나 공기로 뒤섞어 제거하는 방법이다. 이 방법은 입자가 매우 작아 침전시키거나 여과하는 방법으로는 분리가 어려운 용액의 처리에 쓰인다. 엉김을 이용하면 침전 탱크안의 입자들이 조그만 덩어리들로 되어 각각의 입자들보다 빠른 속도로 침전이 된다. 이 덩어리들은 아주 쉽게 여과시켜 제거할 수 있다. 엉김법은 침전된 고체들을 제거하는데 광범위하게 쓰이고 있다.

2. 화학적 처리방법

중화, 중금속의 침전, 이온교환, 산화와 환원등이 무기 유해물질의 처리에 쓰이는 화학적 처리법들이다. 이 과정들은 독성을 줄이고 보다 안정된 화합물을 형성한다.

1) 이온교환법

이 방법은 용액과 이온교환수지간의 이온교환을 이용하여 유해성분은 물론 가치있는 성분을 모으는 방법이다. 이온교환은 양성이나 음성으로 반응하는 이온교환수지를 이용한다. 이 방법은 공업용수중의 중금속이나 시안, 음용수중의 불소이온과 질산염을 제거하는데 쓰인다.

이온교환법은 이온교환수지에 붙어있는 비교적 무해한 이온과 유해액체물질중의 유독성 이온을 교환시켜 제거하는 방법이다. 요즘 쓰이는 이온교환 수지는 일반적으로 이온성 작용기가 결합된 합성 폴리머가 많이 쓰인다. 이 합성수지들은 구조적으로 안정하고 (넓은 범위의 온도와 수소 이온농도에서 사용이 가능) 높은 교환율을 보이고, 특정이온을 선택적으로 제거할 수도 있다. 이온교환 반응은 가역반응이고 농도에 의존하며 처리과정을 거쳐 재사용이 가능하다. 이온교환법은 물로부터 다양한 종류의 이온을 제거하는데 사용된다. 이 방법으로 처리가 가능한 이온은 1) 용존되어 있는 모든 금속의 양이온과 음이온, 2) 할로겐, 황산이온, 질산이온, 시안같은 무기 이온, 3) 카르복시산, 술폰산, 몇가지 페놀류등의 유기산, 4) 산도가 충분히 높아 산성염을 만들 수 있는 유기 아민류 등이다. 이온 교환법으로 처리할 수 있는 농도의 최대치는 2,500 - 4,000 ppm 정도이다. 유해물질중의 이온의 농도가 매우 높으면 이온교환수지가 빨리 소모될 뿐만 아니라 재생시키는 비용이 매우 많이 소요된다. 이 방법을 사용하기 위해서는 교환수지가 막히는 것을 방지하기 위하여 유해물질중의 부유성 입자의 농도가 50 ppm 이하이어야 하고 산화제도 없어야 한다.

2) 중화법

중화법은 유해 물질에 산이나 염기를 가해서 수소이온 농도를 조절하는 방법이다. 중화법은 보통 콘크리트로 만든 여러 개의 처리조에서 산성 혹은 염기성 유해물질을 중화시키는데 처리조는 보통 내산성 벽돌로 만들거나 작업환경에 맞게 내구성이 있는 금속으로 코팅해서 만든다. 중화처리조의 부피를 줄이기 위해서 각 처리조에는 유해물질과 중화제를 잘 섞어줄 수 있도록 교반기 설치되 있어 반응을 촉진시킨다. 처리조 주입구에는 차

폐장치를 해서 유입되는 유해물질이 잘 분산되게 하고 유출구에도 차폐장치를 해서 거품이 집수조(receiving)로 넘어가는 것을 방지한다. 중화법은 수소 이온 농도를 제어해야할 필요가 있는 유해 물질처리에 적용할 수 있다. 중화법은 박테리아가 수소 이온 농도의 변화에 매우 민감하고 수소 이온 농도가 6 보다 작거나 9 보다 클 때 매우 민감하므로 보통 생물학적 처리이전에 사용을 한다. 수생생태계도 수소 이온 농도 변화에 민감하기 때문에 폐수도 중화를 시킨 후에 방출해야 한다. 폐수가 부식성이 있는 경우에도 중화를 시킨 후에 방출해야 한다. 이 방법은 탄소 흡착법, 화학적 산화/환원법, 이온 교환법, 습식 공기 산화법 등의 여러가지 화학적 처리법를 위한 전처리 방법으로 쓰이기도 한다. 수소 이온 농도는 건축 구조물의 보호, 에멀젼 파괴, 일부 유기물의 불용화(insolubilization), 화학 반응속도의 조절(염소화 반응) 등을 위해 조절되기도 한다.

알카리성 폐수를 중화시키기 위해서는 보통 황산이나 염산이 쓰인다. 특히 황산은 염산에 비해 가격이 싸서 많이 쓰이고 있고 염산은 최종 생성물이 수용성인 장점이 있다. 산성유해물질을 중화시키는 데는 보통 수산화나트륨과 여러 종류의 소석회가 스이는데 수산화암모늄도 가끔 쓰인다. 수산화나트륨의 경우에는 가격이 비싼데도 불구하고 저장과 사용이 쉽고, 반응 속도가 빠르며 최종 생성물이 수용성인 장점 때문에 자주 쓰인다. 소석회는 가격이 싼 장점이 있으나 사용이 복잡하고 반응조가 필요해서 운용비용이 증가한다.

3) 산화법

산화환원 반응에서는 최소한 반응물중의 하나의 산화가가 증가하고 다른 하나는 감소한다. 화학적 산화법에서는 처리된 유해물질의 산화가가 증

가한다. 일반적으로 쓰이는 산화제에는 과망간산 칼륨, 과산화수소, 하이포아염소산 칼슘과 나트륨, 염소가스 등이 있다. 이 방법은 일차적으로 시안을 무독화시키고 산화시킬 수 있는 유기물을 함유한 묽은 유해물질을 처리하는데 쓰인다. 특히 유기물중에서 알데히드, 머카프탄, 페놀류, 벤지딘, 불포화 유기산, 몇몇 살충제 등을 처리하는데 이 방법이 쓰인다. 산화법은 유해물질을 생물학적 처리를 위한 사전처리법으로 효과적이다. 즉 생물학적 처리법으로 제거가 어려운 유해물질을 부분적으로 산화시켜 생물학적 산화법으로 처리할 수 있게 해준다. 산화법의 가장 큰 단점은 자주 반응이 완전하게 일어나지 않는 것 인데 그 이유는 산화제의 농도가 낮거나, 수소이온 농도가 적절하지 않거나, 산화제의 산화포텐셜이 적당하지 않거나, 안정한 중간체가 생기는 것 등이다. 불완전한 산화는 독성이 높은 산화물이 생길 염려가 있기 때문에 위험하다. 가장 강력한 산화제는 비선택적으로 반응을 하므로 산화가능한 모든 유해물질을 처리할 수 있다. 이러한 이유 때문에 유해물질의 농도가 높은 경우에는 어느 특정한 유해물질을 처리하기 위해서 많은 양의 산화제가 필요하다. 과망간산 칼륨을 포함한 몇몇 산화제는 알코올이나 유기 용제에 의해 분해되기도 한다.

4) 환원법

이 방법은 유해물질에 환원제를 첨가해서 산화가를 낮춰서 독성이나 용해도를 줄이거나, 보다 처리하기 쉬운 상태로 만들어 준다. 일례로 이산화황을 사용해서 6가 크롬을 3가 크롬으로 만들어주면 크롬의 산화상태는 6+에서 3+로 변하고(환원) 황의 산화상태는 2+에서 3+로 변한다(산화). 일반적으로 쓰이는 환원제에는 아황산 이온의 염들(아황산 나트륨, 메타 아황산 나트륨), 이산화황과, 철, 알루미늄, 아연 등의 금속이 있다. 환원법은

6가 크롬, 수은, 납등을 환원시키는데 많이 쓰이고 유기물을 환원시키는데는 거의 쓰이지 않는다.

5) 침전/응결법(precipitation/flocculation)

침전법은 용액중의 물질을 고체상으로 변환시키는 물리화학적인 방법이다. 이 방법은 화학평형에 변화를 주어 무기물질들의 용해도를 바꾼다. 금속 혼합 탱크에서 유해물질과 엉김제를 섞어서 금속을 수산화물과 황화물로 변환시켜 제거하는 방법은 매우 일상적인 침전법이다. 이 혼합액은 엉김 챔버로 흘러들어가 적절한 시간동안 교반시켜 침전된 입자들이 뭉쳐진다. 이렇게 뭉쳐진 입자들은 침전지에서 가라앉히거나 여과법 같은 물리적인 방법을 사용하여 제거한다.

금속이온을 침전시키는 데는 이론적으로는 이온들의 용해도적(solubility product)에 의해 좌우되나 실제 경우에는 공통 이온 효과를 줄이기 위해 화학량적 양(stoichiometric amount)의 세배 정도의 석회(lime)를 넣어준다. Fig. 5.6은 수소 이온 농도에 따른 금속 수화물과 황화물의 용해도를 나타낸 것이다. 넓은 수소 이온 농도 범위에서 금속황화물은 같은 금속의 수산화물에 비해 매우 낮은 용해도를 보인다. 반면에 금속 수산화물들은 좁은 수소 이온 농도 범위에서만 안정할 뿐만 아니라 어느 특정한 수소 이온 농도에서만 용해도의 최소치를 보이고 석회를 더 넣어주면 금속이 다시 용해되어 버린다. 그러므로 넣어주는 석회의 양을 정확하게 조절해 주어야 한다. 이러한 특성은 유해물질중의 금속의 양을 예측할 수 없고 유해물질의 양이 다양하고 처리속도(유속)가 다른 경우에 침전법을 적용하는데 문제가 된다. 금속 탄산염의 용해도 역시 수소 이온 농도에 따라 상당히 변한다.

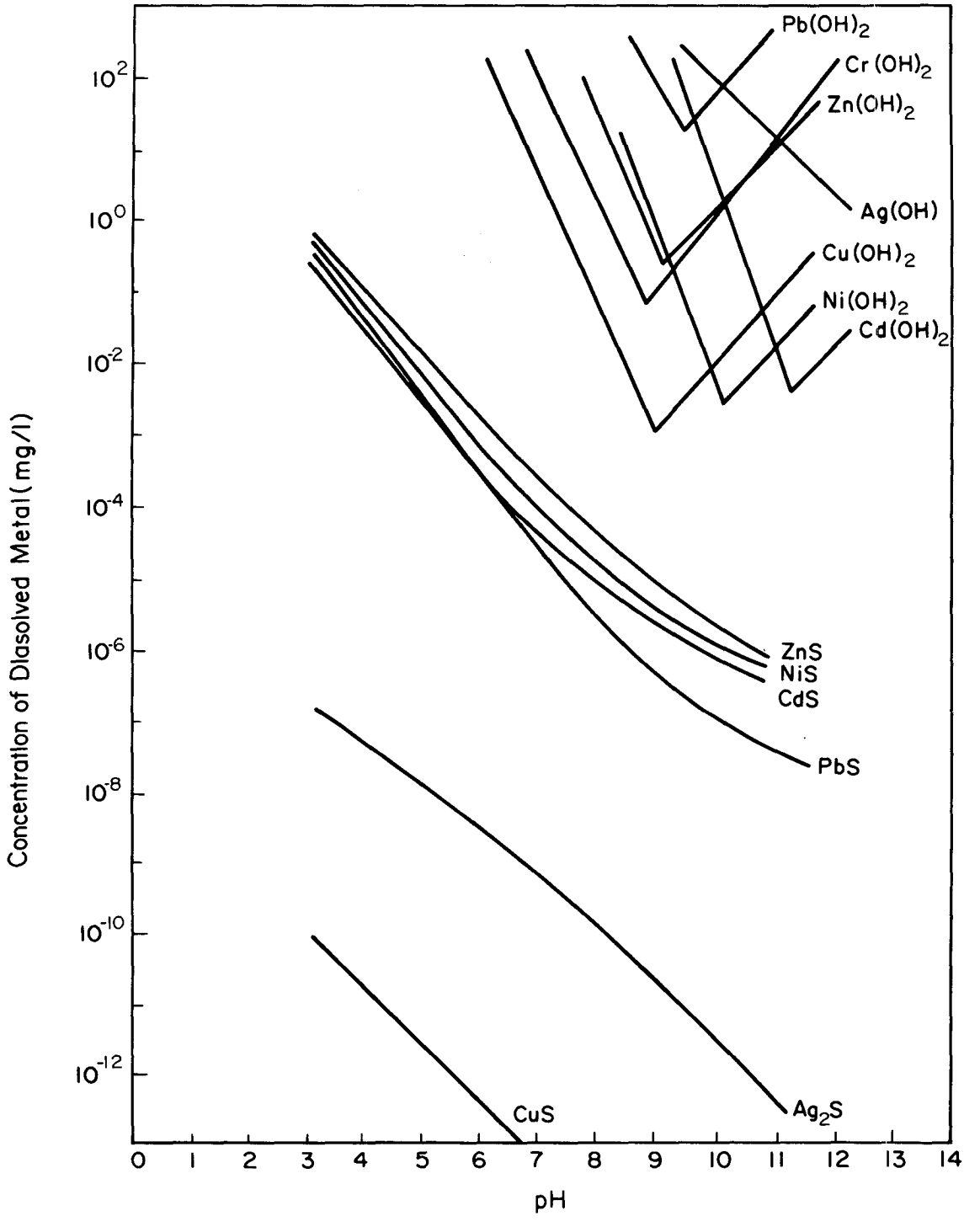


Fig. 5.6. Solubility of metal hydroxides and sulfides

엉김법은 작고 가라앉지 않아 용액중에 떠다니는 크고 잘 가라앉는 입자들로 변형시켜 처리하는 방법이다. 엉김이 일어나는 반응기작은 표면화학과 입자 전하(charge) 현상이다. 다시 말하면 이러한 현상들은 두 연속적인 반응기작으로 나눌 수 있다.

가. 필수적인 표면력을 화학적으로 불안정화를 유도해서 입자들이 접촉할 경우에 엉기게 하고

나. 화학적 연결망을 형성하여 서로 반발하지 않는 입자들을 물리적으로 걸러서 큰 입자들을 만든다.

응결법은 다음의 세 기본적인 단계가 있다. 첫째로 유해물질에 응결제를 첨가하고 둘째로 응결제를 분산시키기 위해 빠르고 교반하고 세째로 느리고 부드럽게 섞어서 입자들이 잘 접촉하게 한다.

응결제로는 명반(alum), 석회(lime), 여러 종류의 이온 염(염화철, 황산철)과 유기응결제로 여러 자리 전해질(polyelectrolyte)이 쓰이는데 여러 자리 전해질은 일반적으로 폴리아크릴아미드같은 긴사슬의 폴리머로 되어 있다. 여러 자리 전해질은 명반과 같은 무기 응결제와 같이 쓰이거나 일차 응결제로 쓰인다. 또 이들은 이온화되는 작용기에 따라 양이온, 음이온, 양쪽성, 혹은 이온화되는 작용기가 없는 경우에는 비이온성 여러 자리 전해질로 구분되는데 수천 가지 전해질의 물리적/화학적 특성(밀도, 점도, 독성, 분자량 등)은 매우 다양하다.

명반, 석회 혹은 철염(iron salt) 같은 무기 응결제는 침전반응을 일으키는데 쓰인다. 명반(수화산화철)은 용액형태로 유해물질에 첨가하는데 섞어주면 약간 높은 수소 이온 농도에 의해 명반이 수화되어 푹신하고 젤라틴 형태의 수산화 알루미늄 침전이 형성된다. 이 침전들의 넓은 표면적에 의해 작은 입자들이 걸려서 큰 입자들을 만든다. 석회와 철염 역시 크고

푹신한 플록(floc) 입자의 침전을 만드는 경향이 있다. 유해물질중의 금속을 황화 이온을 첨가하여 침전반응을 일으키는 경우와 같이 많은 침전 반응은 쉽게 플록 입자를 형성하지 않고 매우 작고 안정한 콜로이드 입자 형태로 침전이 된다. 이러한 경우에는 명반이나 여러 자리 전해질을 반드시 첨가해서 금속황화물 침전이 응결되게 해야한다. 일단 부유성 입자들이 응결되어 큰 입자가 되면 용액과 부유입자간의 밀도차가 충분히 커져서 용액으로 부터 침강하게 된다.

침전법은 유해물질중의 대부분의 금속(아연, 카드뮴, 크롬, 구리, 납, 망간, 수은 등)과 인산이온, 황산이온, 불소이온 같은 음이온을 제거하는데 사용될 수 있다. 침전법은 대부분의 수성 유해물질의 처리에 사용될 수 있다. 그러나 유기물이 금속과 반응하여 유기금속을 형성하거나 시안이나 다른 이온들이 금속과 반응하여 착화합물을 만드는 등의 이유로 해서 침전반응을 방해한다.

응결법은 침강법이나 다른 처리를 하기 이전에 입자들이 엉겨서 크고 보다 침강이 잘되는 입자를 만들 필요가 있는 모든 종류의 수용성 유해물질에 적용할 수 있다. 이 방법은 액체 유해물질중에 녹아있는 유해성분을 불용성 침전물로 만드는 방법인데 중금속을 제거하는데 주로 많이 쓰인다.

3. 열처리법

이 방법은 살충제, 제초제, 폴리클로리네이티드비페닐(PCBs) 같은 유기화합물을 연소시켜 독성이 적거나 아주 없는 물질로 만들거나 무산소상태에서 가열시키는 방법이다. 이 처리법에는 소각법과 열분해법이 있다.

1) 소각법

대부분의 소각장치는 크게 유해물질 저장시설, 소각로와 버너, 배출가스 정화장치, 배기장치(굴뚝)의 네부분으로 구성되어 있다. 소각장치는 연소특성이 비슷한 유해물질을 고온의 소각로에서 동시에 처리한다. 완전연소를 위하여 기체성 배출물들은 2차 소각로를 거친 후 세정기(scrubber)를 통과하면서 입자들과 산성기체들이 제거된다. 배기기체들은 화학적처리를 하여 중화시키고 수증기와 이산화탄소가 최종적으로 굴뚝을 통해 배출된다. 불꽃에서 배출되는 배기가스에는 탄화수소, 질소산화물, 일산화탄소, 이산화탄소와 수증기 등을 포함하고 있는데 굴뚝을 통해 배출되는 배기가스는 환경기준을 초과해서는 안된다.

2) 열분해(pyrolysis)

이 방법은 유해물질을 무산소상태에서 매우 높은 온도에서 열분해시키는데 유해물질의 특성에 따라 작동온도가 다르다. 산소가 없으므로 유해물질은 연소되지 않고 수증기, 탄소산화물, 휘발성 물질, 숯(charcoal)등으로 분해된다.

4. 생물학적 처리방법

생물학적 처리법은 유해수용액중의 유기물중에서 분해가 가능한 유기물을 미생물을 사용하여 제거하는 방법이다. 즉 부유, 용존 혹은 콜로이드 상태의 생물학적 분해가 가능한 유기물을 산화시켜 물, 이산화탄소 혹은 침전시킬 수 있는 미생물체로 변화시켜 처리를 한다. 따라서 생물학적 처리법은 유기물을 많이 함유한 폐수의 처리, 슬럿지의 처리, 도시하수의 2차 처리 등에 많이 이용된다. 생물학적 처리법은 활성 슬럿지법, 안정지법

Table 5.1. Concentration of pollutants that make prebiological or preliminary treatment desirable

오염물질 혹은 시스템 조건	한계농도	사전처리 방법
입자성 부유물	>50-125 mg/l 부유분리	침강
유류나 그리스	>35-50mg/l	스키밍 탱크나 분리기
유독 이온		침전법, 이온교환법
납	≤0.1 mg/l	
구리+니켈+시안	≤ 1 mg/l	
6가 크롬+아연	≤ 3 mg/l	
3가 크롬	≤ 10 mg/l	
수소 이온 농도	<6, 9>	중화법
알칼리도	0.5 kg 알칼리도($CaCO_3$)/kg BOD 제거	중화법
산도	자유 광물질에 의한 산도	중화법
유기오염물질의 농도 변화	>2:1 -4:1	Equalization
황화물	>100 mg/l	침전법, 스트리핑
페놀류	>70-300 mg/l	추출, 흡착법
암모니아	>1.6 g/l	희석, 이온교환법 pH 조절, 스트리핑
용존 염(salt)	>10-16 g/l	희석, 이온교환법
온도	반응조에서 13-38 도	냉각, 스팀 부가

(waste stabilization pond), 폭기산화지법(aerated lagoon) 등 여러 종류가 있다.

페놀류나 초산 수용액등은 이 방법으로 처리하여 최종적으로 독성이 없는 배출수로 방출할 수 있다. 생물학적 처리법은 유해물질들을 여러 종류의 미생물(박테리아)로 분해시킨 후에 정화법을 사용하여 제거한 후에 무독성의 배출수를 방출할 수 있다. 생물학적 처리법은 매우 다양한 종류의 생분해성 유해물질을 처리하는데 사용될 수 있다. Table 5.2.에 활성 슬럿지법의 특정 오염물질 처리효율을 보였다. Table 5.2.를 보면 할로겐화 탄화수소를 제외한 오염물질 처리에 상당히 효과가 있다는 것을 알 수 있다. 생물학적 처리법은 시간이 많이 걸리고 넓은 공간이 필요한 것이 단점이다. 이 방법을 성공적으로 운용하는데는 미생물이 필요로 하는 산소를 적절하게 공급하는 것이 관건이다. 또한 독성이 매우 높은 유해물질은 희석시켜서 처리해야만 한다.

1) 활성 슬럿지법

활성 슬럿지법은 1차 처리된 유해 폐수의 2차 처리, 1차 처리를 거치지 않은 유해 폐수를 호기성으로 처리하기 위해 사용된다. 일반적으로 사용되는 재래식 활성 슬럿지법에서는 폐수를 계속 폭기조(aeration tank)로 주입시켜 미생물이 유기물을 섭취 분해하고 성장한 미생물은 응결되게 해서 유기독성물질을 제거하는 방법이다. 응결된 미생물은 종말침전지에서 침전되어 활성 슬럿지로서 폭기조로 일부 반송되며 일부는 폐슬럿지가 된다. 이 방법은 정유공장과 석유화학공장의 배출수, 생분해성 유기 유해물질을 함유한 배출수의 처리에도 많이 쓰인다.

이 방법은 유기 유해물질을 먹이로 하는 박테리아를 유해물질과 접촉

Table 5.2. Comparison of treatment efficiency in removing toxic organics

화 합 물	처 리 방 법		
	스트리핑(stripping)	흡착	활성 슬럿지법
질소화합물			
아크릴로나이트릴			99.9
페놀류			
페놀			99.9
2,4-디니트로페놀			99.3
2,4-디클로로페놀			95.2
펜타클로로페놀		0.58	97.3
방향족 탄화수소			
1,2-디클로로벤젠	21.7		78.2
니트로벤젠			97.8
벤젠	2.0		97.9
톨루엔	5.1	0.02	94.9
에틸벤젠	5.2	0.19	94.6
할로겐화 탄화수소			
메틸렌크로라이드	8.0	91.7	
1,2-디클로로에탄	99.5	0.5	
1,1,1-티리클로로에탄	100.0		
1,1,2,2-테트라클로로에탄	93.5		
1,2-디클로로펜탄	99.9		
테트라클로로에탄	65.1	0.83	33.8
클로로포름	19.0	1.19	78.8
사염화탄소	33.0	1.38	64.9
산소화합물			
아크로랠린			99.9
다환고리탄화수소			
페난스렌			98.2
나프탈렌			98.6
프탈레이트			
Bis(2-에틸헥실)프탈레이트			76.9
기타			
에틸아세테이트	1.0		98.8

시키면서 계속 순환시켜 처리한다. 처리가 안된 유해물질을 이미 순환시킨 활성 슬럿지와 섞어주고 이 혼합물에 산소를 공급하여 여러 종류의 산화반응을 일어나게 하여 유기독성물질을 제거하는 방법이다.

2) 폭기산화지법(aerated lagoon)

이 방법은 자연적인 산소공급이나 미생물에 의한 산소공급만으로는 산소가 부족해서 처리효율이 낮아질 우려가 있을 때 사용하는데, 기계적인 방법이나 폭기장치를 이용하여 산소를 인위적으로 공급해서 박테리아가 유기 유해물질들을 생분해시키는 과정을 촉진시킨다. 이 방법을 사용하기 위해서는 1 - 5 미터 정도 깊이의 산화지가 있어야한다.

3) 안정지법(waste stabilization pond)

이 방법은 기상조건이 좋아 박테리아나 조류가 성장을 잘해서 유기물을 무독성 무기물로 변환시킬 수 있을 때 사용한다. 이 방법은 넓고 얕은 (0.6 - 1.2 미터 깊이) 산화지에 여러 종류의 폐수를 처리하는데, 고순도 정화가 필요없는 폐수의 처리에 광범위하게 사용되고 있다.

5. 폐기(disposal) 방법

아무리 좋은 유해물질 처리법을 사용할 수 있다손 치더라도 기술적인 문제뿐만 아니라 처리에 소요되는 비용문제로 인하여 유해물질을 처리하여 재사용한다는 것은 불가능하다. 처리과정의 최종단계에는 보통 독성이 있는 고농도의 슬럿지가 문제가 된다. 이러한 슬럿지는 때로는 소각해서도 완전히 처리할 수 없는 경우가 있는데 이때는 폐기를 해야하는데 폐기는 육상이나 해양에 하게된다.

육상폐기는 유성 혹은 생물 슬럿지, 전처리되거나 무독처리된 고형이거나 반고형의 유해물질이 저장된 용기들을 처리하는데 현재 쓰이고 있다. 이러한 폐기물들은 필수 영양염으로 처리된 흙과 섞여 궁극적으로는 흙속의 박테리아가 폐기물들을 생분해시킨다. 그러나 이러한 과정이 완전히 일어나기 이전에 침출수가 흘러나와 주변의 수자원을 오염시킬 우려가 있다. 그러므로 육상에 유해물질들을 매립하기 위해서는 침출수를 모을 수 있는 장치, 지하수 모니터링 시스템등을 완벽하게 갖추고 해야만 한다.

1) 육상매립법(landfill)

일상적인 육상매립법은 공학기법을 이용하여 매립하는데, 최소한도로 용적을 줄인 유해물질을 얇게 펼친 층으로 매립한 후에 당일의 작업마무리 단계에 그 위를 차단물질로 덮어준다. 안전한 매립지는 표층수와 지하수질을 완전히 보호할 수 있도록 고안되어야 하므로 적지선정이 매우 중요하다. 유해물질은 매립하기 이전에 중화, 화학적 고정화, 산화, 환원등 여러가지 전처리를 해야한다. 어떤 종류의 유해물질은 격리시켜 폐기해야 한다.

2) 육상 영구 매립법(land burial)

이 방법은 유해물질을 영구저장할 필요가 있을때 쓰이는 방법인데 땅속 깊숙히 묻거나 지표면에 묻는다. 지표면에 묻을 경우에는 유해물질을 직접 묻거나, 스텐통에 넣어서 묻거나 벽면을 콘크리트로 만든 구덩이에 묻는다. 현재 땅속 깊숙히 견고한 기반암위에 유해물질을 매립하는 방법에 대해 계속 연구중에 있으나, 현재는 지표면에 묻는 방법이 가장 흔하게 쓰이고 있다. 땅속 깊숙히 묻는 매립법은 방사능 폐기물, 맹독성 물질등 완전히 봉쇄시킬 필요가 있는 물질을 매립하는데 쓰인다.

3) 지층 주입법(deep-well injection)

이 방법은 사전처리를 했거나 하지 않은 유해물질을 침투성이 전혀 없는 암반이나 진흙으로 둘러쌓인 우물(well)에 유해물질을 펌핑해서 넣어 다공성이거나 침투성이 있는 표층 암반을 통해 여과시켜 저장하는 방법이다. 이 방법은 유전지역의 염수를 처리하는데 특히 많이 쓰여왔는데 지질학적으로 적절한 환경에 위치한 산업체의 부산물을 처리하는데도 응용되고 있다. 이러한 처리법을 사용하고 있는 산업체는 화학 및 제약 회사, 철강 및 제철 공장(plant), 제지 공장과 코크스 공장(coke plant) 등이다.

4) 임시저장법 (engineered storage)

이 처리법은 방사능 폐기물과 같이 적절한 폐기방법이 없는 경우에 쓰이는 최후의 수단이다. 이 방법은 유해물질을 영구적인 폐기 지역이 마련될 때까지 임시로 저장을 하는 시설인데 고형의 유해물질을 장기간 보관할 수 있고 언제든지 유해물질을 쉽게 운반할 수 있도록 설비를 해야한다.

해양 역시 투기지역의 마지막 수단으로 사용되고 있다. 해양에는 액상 유해물질, 슬러리 타입 유해물질, 준설된 물질로 부터 나오는 유독 슬럿지, 용기로 포장된 유해물질 등이 투기되고 있다. 그러나 실제적으로 유해물질의 궁극적인 폐기 방법으로서의 해양투기는 현실적으로 가능성이 매우 작다.

6. 고체 유해물질의 처리방법

고체상 유해물질의 처리를 위해서는 기계장치를 이용하여 슬러리로부터 고체를 분리해내거나 오염된 흙과 슬러리를 입자크기에 따라 분류하

는 방법이 필요하다. 슬러리로 부터 고체를 분리해낸 후 남는 유해액체물질은 용존성이거나 아주 미세한 입자성 오염물질을 제거하고 분리 농축된 고체는 탈수를 한 후 처리한다.

입자들을 입자크기에 따라 분류하는 이유는 입자 크기에 따라 침강속도가 다른 이점을 이용하여 장비와 공간을 효과적으로 이용하기 위한 것이다. 일례로 좁은 공간 밖에 없다면 침전지를 이용하여 침강속도가 매우 빠른 모래와 자갈을 제거하고 고속 중력 침강기(settler)를 이용하여 미세한 입자들을 제거할 수 있다. 최근에 밝혀진 바에 의하면 오염물질들이 진흙(clay)이나 유기물같은 미세한 입자에 선택적으로 흡착되는 경향이 크므로 유해물질로 오염된 흙과 저니를 입자크기에 따라 분류하는 것이 처리에 매우 중요하다. 고체유해물을 입자크기와 오염도에 따라 분류하면 전반적인 운용과정(처리, 운송, 폐기)에 매우 이익이 크다는 것이 밝혀졌다. 즉 비교적 오염도가 낮은 흙과 저니는 위생처리되는 매립지에 매립하거나 원래의 장소에 버릴 수가 있고 오염도가 매우 높은 흙과 저니는 반드시 유해물 매립지에 폐기하거나 소각 또는 무독화처리를 하여야 한다.

주어진 조건에서 최적의 고체분리법은 1) 오염된 고체의 부피, 2) 흙이나 저니의 성분(전체 고체 %, 진흙 %, 입자크기등), 3) 고체 분리기로 공급되는 양을 좌우하는 준설장비나 굴착장비의 타잎, 4) 작업지 및 주변 환경, 즉 사용가능한 토지, 궁극적인 혹은 현재의 토지 용도, 5) 적합한 장비의 선택 등 여러가지 요인에 좌우된다.

1) 스크린(screen)과 시브(sieve)

스크린이나 시브는 막대, 엮은 철사, 구멍 뚫린 판 등으로 구성되는데, 원하는 크기의 입자는 걸러주고 용매와 가는 입자는 통과를 시킨다. 유

해물질 처리시에는 여러 가지 종류의 시브와 스크린이 쓰인다.

2) 그리즐리(grizzlies)

그리즐리는 고정틀위에 수평 바(bar)를 처리할 물질들이 잘 걸러지도록 각도를 주어 고정시켜 만든다. 그리즐리 바로 밑에는 깔때기(hopper)를 설치하여 제거들 물질들을 모은다. 보통 분리목적에 따라 2.5 - 13 cm 정도로 수평 바 사이에 간격을 둔다. 그리즐리는 보통 고정형과 진동형이 있고 최대 폭은 1.8 - 2.7 m 정도이고 최대 길이는 3.6 - 5.4 m 정도이다. 그리즐리는 보통 주성분이 고운 입자인 고체를 처리할 때 소량의 크기가 큰 물질들을 제거하는데 주로 쓰인다. 이 분리장치는 보통 크기가 2.5 cm 이상인 물질들을 제거하는데 쓰이거나 슬러리의 속도를 조절해서 후속 처리에 적절한 공급속도를 유지하는데 쓰인다.

제 5 절 신형 유겔화제의 개발

겔화제를 이용한 유출유의 수거방법은 유분산제가 가지고 있는 여러가지 근본적인 문제를 모두 해소할 수 있는 장점을 가지고 있어 적절한 상황에 사용된다면 환경피해를 크게 줄일 수 있다. 특히 사고 초기에 기름이 대량 방출되고 있거나 오일펜스로 기름을 가둘 수 있는 경우 겔화제를 사용하면 단시간 내에 효과적인 방제작업을 수행할 수 있다. 겔화제를 사용하면 기름을 순간적으로 고형화할 수 있기 때문에 기름의 확산을 방지할 수 있고, 비용면에서도 다른 방법에 비하여 유리하다는 장점이 있다.

우리나라에서도 방제실무진들이 이러한 겔화제의 사용을 원하고 있으나 가격이 유분산제의 8배에 달하며, 국산제품이 생산되고 있지 않아 아직까지 겔화제는 한번도 실제상황에 사용된 적이 없다. 유겔화제는 외국에서는 1970년대 초부터 연구되기 시작하여 80년대에는 미국과 일본에서 상당히 성능이 개선된 유겔화제가 시판되기 시작하였다. 그러나 이러한 유겔화제의 경우에도 응고된 기름이 부서지는 특성이 있어 그물 등을 이용하여 수거할 경우에도 상당한 어려움이 있었다. 또한 실제로 해상에서 겔화제를 사용할 경우 실험실의 측정치보다 2배 이상의 많은 양이 살포되어야만 성능을 나타내었다. 1985년에는 고형화된 기름이 부서지지 않고 탄성을 가지는 제3세대의 겔화제인 영국 British Petroleum(BP)의 Rigidoil이 개발되었다. 이제까지 개발된 겔화제중 가장 우수한 것으로 평가되는 Rigidoil은 개발 당시 상당한 선풍을 일으켰으며 영국 과학기술장관상을 수상하기도 했다. 그러나 이 제품도 해상시험결과 유출유 용적의 40%정도를 살포해야만 고형화시킬 수 있는 것으로 측정되었으며, 가격이 비싸 현재는 생산이 중지된 상태에 있다(Fingas et al., 1990).

본 연구에서는 방제작업의 효율성을 높이고 환경피해를 줄이는 고형화

처리방법이 국내에서 사용되기 위해서는 유겔화제의 국내개발이 매우 절실하다고 판단하였으며, 만약 성능이 우수하고 가격적으로 경쟁력이 있는 새로운 유겔화제가 국내기술로 개발된다면 유출유 처리방법을 획기적으로 개선할 수 있을 것으로 예상하고 개발에 착수하였다.

본 연구에서는 BP Rigidoil과 같이 응고된 후 탄성이 있는 겔을 형성하는 제3세대 겔화제를 개발하되, 생산 가격을 대폭 낮추기 위한 새로운 개념의 유겔화제에 촛점을 맞추었다. 본 연구에서는 1차년도에 기존 제품의 특허를 검색하여 성분을 조사하는 한편, 특허를 우회하는 방식으로 접근을 시도하였다. 그러나 BP Rigidoil의 경우 배합 주요 성분이 무척 가격이 비싸기 때문에 이와 같은 접근으로는 BP와 같이 가격적인 측면에서 경제성이 문제가 되었다. 본연구에서는 라텍스를 주원료로 하는 새로운 형태의 겔화제를 개발하였으며 2차년도에 특허 출원하였다. 현재 특허출원된 겔화제의 물성을 향상시키는 연구를 수행중에 있으며, 3차년도에는 시제품을 대량 제작하여 해양경찰청 춘계 방제훈련시에 해상에서 직접 성능을 테스트할 예정이다.

1. 발명의 명칭

해상 유출유 고형화 처리를 위한 유겔화제 및 해상 유출유 고형화 처리방법.

2. 발명의 상세한 설명

본 발명은 해양오염물질 처리제 및 해양오염물질의 처리방법에 관한 것으로, 특히 해상 유출유의 고형화 처리를 위한 유겔화제 및 해상 유출유의 고형화 처리 방법에 관한 것이다.

최근, 세계적으로 해상에서 유류와 유해화학물질의 유출사고가 빈번하게 발생하고 있고, 우리 나라의 연안 해역에서 만도 매년 200 건 이상의 유출사고가 발생하고 있다. 이러한 유출 사고는 해양생태계를 파괴하여 이로 인한 수산자원의 피해가 극심하므로, 해상에서의 유류 유출사고 처리를 포함한 해상오염 방제기술의 중요성이 날로 증대되고 있는 실정이다.

이러한 해상 유출유 처리를 위한 종래의 유류오염 처리제의 하나로는 액상인 유분산처리제가 있으며, 이러한 유분산처리제를 이용한 유류오염 처리방법은 유분산처리제를 유출된 기름과 반응시켜서 기름을 미세한 기름방울의 상태로 만들어 수중분산시키는 방법으로서, 근본적으로 기름을 제거하는 것이 아니라 장기적으로 미생물에 의한 자연분해를 유도하는 것이다.

그러므로, 유분산처리제의 사용은 유반산처리제 자체의 독성으로 인한 해양오염 뿐만 아니라, 분산된 기름이 수산생물들에게 피해를 입히는 등의 부차적인 오염을 발생시키는 단점이 있다. 따라서, 유분산처리제는 가능한 최소한이 사용되어야 하며, 만약 유분산처리제를 과량(過量)으로 사용하여 유출유를 처리해야 한다면 처리하지 않고 그대로 방치하는 편이 오히려 환경 피해를 줄일 수 있다고 판단된다.

또 다른 종래의 유류오염 처리제로는 유출된 기름을 겔(Gel) 상태로 만들거나 고형화 시켜 수거하는 유겔화제 또는 유고형제(Solidifier)가 있는데, 유겔화제를 이용한 유출유의 제거 방법은 전술한 바와 같은 유분산처리제가 가지고 있는 근본적인 문제점을 해소할 수 있는 장점이 있어서 적절한 상황에 사용된다면 환경 피해를 크게 줄일 수 있다. 특히 사고 초기에 기름이 대량 방출되고 있거나 오일펜스로 기름을 가둘

수 있는 경우에 유겔화제를 사용하면 단시간에 효과적인 방제작업을 수행할 수 있다. 유겔화제를 사용하면 기름을 순간적으로 고형화할 수 있기 때문에 기름의 확산을 방지할 수 있고, 비용 면에서도 다른 방법에 비하여 유리하다는 장점이 있다. 이러한 유겔화제에는 분말이나 입자상의 고체상인 것(이하 "분말형 유겔화제")과 액상인 것이 있다.

분말형 유겔화제는 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리우레탄 등 여러 가지 플라스틱 분말들을 주성분으로 하며, 이를 사용한 유출유의 처리방법은 분말형 유겔화제를 오염 해역에 살포하여 기름을 흡수한 후 엉기게 하여 고형화시키는 것이다. 이러한 분말형 유겔화제를 이용한 유출유 처리방법과, 또 다른 유류오염 처리제의 하나인 분말형 유흡착제를 이용한 유툴유 처리방법과, 또 다른 유류오염 처리제의 하나인 분말형 유흡착제를 이용한 유출유 처리방법의 차이는, 유흡착제는 기름을 엉기게 하여 고형화시키는 것이 아니라 기름의 흡수 혹인 흡착에만 의존한다는 점이다. 그러나, 이러한 분말형 유겔화제는 비록 보관에 유리하다는 장점이 있지만, 살포에 어려움이 있으며, 고분자 화합물이 주성분이므로 해상에 살포된 후 수거되지 못하면 플라스틱 오염 등의 2차적인 부작용이 발생할 우려가 크다. 플라스틱 오염은 최근 이슈가 되고 있는 해양쓰레기 오염 중 하나로서, 분해가 되지 않기 때문에 오랫동안 해양환경 속에 잔존하여 생태계에 여러가지 피해를 유발하게 된다. 그래서, 분말형 흡착제와 겔화제는 육상에서의 소규모 유출사고 처리에는 사용되고 있으나, 해상에서는 거의 사용되지 않고 있다.

한편, 종래의 액상 유겔화제는 일례로 아미노산계 유도체가 주성분인 것과, 솔비톨계 유겔화제 등을 들 수 있다. 액상 유겔화제를 이용

한 유출유 처리방법은 유겔화제와 기름이 서로 엉키게 하여 겔화 또는 고정화시킨 후 이를 스키머 등으로 수거하는 방법이다. 이러한 액상 유겔화제는 해상에서의 살포가 용이하고 성능도 우수하나, 겔화 또는 고형화의 정도가 약하기 때문에 겔화된 기름이 부서지는 특성이 있고, 기름이 묻어나기 때문에 수거 상의 어려움이 따른다.

이러한 액상 겔화제를 이용한 오염물질 제거 방법의 일례로는 로버트 지. 피셔(Robert G. Fisher)등에 의해 개시된 미합중국 특허 제4,497,663호를 들 수 있다. 피셔 등에 의하면, 하이드로카본(Hydrocarbon), 오르가노 포스페이트(Organo Phosphate), 실리콘 등의 오염 유기물질들을 고형화하여 제거하기 위하여, 상기 오염 물질들과 혼화되기 쉽고(Miscible)카르복실산과 같은 기능기(Funtional group)를 포함하는 액상 폴리머와, 역시 상기 오염 유기물질과 혼화되기 쉽고 1차 또는 2차 아미노기 등과 같은 상보적인 기능기(Complementary Funtional group)를 포함하는 가교제(Cross-linking agent)를, 상기 오염 유기물질과 함께 섞어서 이들을 반응시킴으로서, 상온에서 약 1시간 이내에 고형화 된 상기 오염 유기물질을 포함하고 무해하고 다루기 용이한 3차원적인 고형체를 형성시킨다. 즉, 기능기를 갖는 폴리머와 보상적 기능기를 갖는 가교제를 혼합한 액상 유겔화제를 사용하여, 기름과 같은 오염 유기물질이 가교제의 가교 작용에 의해 폴리머와 엉켜서 고형화되게 함으로써 오염 유기물질을 제거하는 것이다. 피셔 등에 의한 액상 유겔화제와 이를 사용한 유출유 제거 방법은 다른 여타의 액상 유겔화제와는 달리 고형화된 기름이 쉽게 부서지지 않고 고무처럼 탄성을 가져서 수거를 용이하게 하므로, 현재까지 알려진 유겔화제 중에서 가장 우수한 것으로 평가되고 있다. 그러나, 피셔 등에 의한 유겔

화제는 해상 실험 결과 유출유 용적의 약 40% 정도를 살포해야만 기름을 고형화시킬 수 있는 것으로 측정되었다(Fingas, 1990). 더구나, 이 유겔화제의 제조를 위해서는 특수한 기능기를 가진 폴리머와 그에 상보적인 기능기를 가진 가교제늘 필요로 하므로 생산 원가가 매우 비싸다는 단점이 있으며, 영국석유회사(The British Petroleum Company Limited)가 상기 피셔 등의 유겔화제를 상품화한 제품인 리지드오일(Rigidoil)이라는 상표의 유겔화제가 그 우수한 성능에도 불구하고 가격 경쟁력이 없어서 1992년 이후 생산이 중지된 상태에 있음이 이를 증명해주고 있다.

본 발명자는 천연 고무의 원료인 라텍스(Latex)에 계면활성제를 첨가하여 라텍스를 안정시킨 후 이를 해수에 투여하면 즉시 고형화되며, 해수 표면에 기름 등의 해양오염물질이 있는 경우에는 이를 흡수하여 탄성이 있는 부유성 고형물을 형성하는 것을 발견하였다.

라텍스는 고무나무의 수피에서 채취된 유액을 말하는 것으로 비중이 약 0.98이고 성분은 대체로 물 60%, 고무 35%, 단백질 2%, 당 1%, 비누 지방산 등 1%, 무기물 0.4% 및 효소 등으로 구성되어 있다. 단백질 층에 싸인 천연고무 입자는 물 속에 떠있으며, pH 4.8 이하에서 고무입자를 석출 응고시킨다. 천연고무 입자의 지름은 대부분 0.5 내지 1 미크론 정도이며 이소프렌이 종합된 것{$(C_5H_8)_x$}이지만 분자량 및 화학 구조에 관해서는 아직 정설이 없다. 라텍스는 나무에서 채취 시에 폴리머와 물이 에멀젼(Emulsion) 상태로 되어 있으며, 상당히 불안정하여 공기 중에서 저절로 고형화되는 특성이 있다. 그래서, 나무에서 채취 후 이를 액상으로 유지하기 위하여 통상적으로 암모니아수를 첨가하고 있다. 이 소프트렌과 암모니아는 어떤 연관성을 가지는 것은 아

니지만 이 소프트렌을 싸고 있는 보호 콜로이드가 암모니아와 친하므로 암모니아는 궁극적으로 라텍스의 에멀젼 상태를 유지하는 데 도움을 준다. 그러나, 이 자체로는 불안정하여 영구적으로 에멀젼을 안정화시켜 주는 것은 아니며, 공기 중에 방치할 경우 암모니아가 휘발성이 강해서 열을 가하면 쉽게 휘발되고 가격이 싸기 때문이며, 다른 알칼리 용액에 저장도 가능하지만 이 경우에는 암모니아수에 비해 가격이 비싸고 쉽게 제거할 수 없는 단점이 있다.

발명자는 라텍스를 안정화시키기 위하여 계면활성제를 첨가하였다. 계면활성제는 나무에서 채취 직후 암모니아수를 첨가하는 대신 첨가될 수도 있고, 암모니아수가 첨가된 라텍스에 추가로 첨가될 수도 있다. 암모니아는 냄새가 나기 때문에, 암모니아수를 첨가한 후에 계면활성제를 첨가하는 경우에는, 계면활성제로 안정화 한 후, 진탕하면서 가열하여 암모니아를 제거한다. 라텍스는 폴리머와 수분이 콜로이드 상태로 혼합되어 있는 상태이므로 양극성 물질인 계면활성제는 폴리머와 수분 사이에 존재하여 라텍스를 안정화 한다.

라텍스가 계면활성제의 첨가로 안정된 후에, 전해질이 첨가되거나, 물리적인 진탕을 하거나, 냉각하거나 또는 유기 용매를 첨가하면 에멀젼의 균형이 깨지는 것으로 알려져 있다.

본 발명자가 발견한 현상은 전술한 바와 같이, 첫째, 라텍스(Latex)에 계면활성제를 첨가하여 라텍스를 안정시킨 후 이를 해수에 투여하면 즉시 고형화된다는 점, 둘째, 해수 표면에 기름이 있는 경우에는 라텍스가 고형화되면서 이를 흡수하여 탄성이 있는 부유성 고형물을 형성한다는 점으로 크게 두 가지로 요약될 수 있다. 이 중에서 첫번째 특징인 계면활성제를 첨가하여 라텍스를 안정시킨 후 이를 해수에 투

여하면 즉시 고형화되는 현상의 원리는, 계면활성제의 첨가로 안정화된 에멀젼의 바란스가 깨지는 상기 여러 경우중에서 전해질이 첨가될 경우에 발생하는 현상의 기작과 비슷하다.

전해질이 첨가될 경우의 기작은 다음과 같다. 천연고무 입자와 수용액의 계면에 계면활성제가 존재하여 이들을 안정화 시키게 되면 이 계면에 여러가지 기작에 의해 정전기 전하가 생성된다. 천연고무 입자의 포텐셜 차이는 입자 표면에서 수용액 쪽으로 가면서 제로가 된다. 여기에 전해질을 첨가하게 되면, 계면활성제가 역활을 성실하면서 전기적 이중층이 수축하여 응결되게 된다.

수중에는 전해질이 풍부하므로, 라텍스에 계면활성제가 첨가되어 안정화되어 있는 상태에서, 해수와 접촉하게 되면 해수와 접촉하는 순간 전술한 기작에 따라 에멀젼의 안정도가 급격히 깨어지면서 급속히 응결된다. 그러나, 라텍스에 계면활성제를 첨가한 후, 해수와 접촉시키면 급속히 고형화되는 현상의 원인은 전술한 기작외에 알려지지 않은 기작과의 복합적인 현상일 수도 있다.

본 발명자의 조사 결과, 현재까지 이러한 원리를 해수와 관련하여 응용한 문헌을 찾을 수 없었다. 더구나, 해양오염 물질 처리, 특히 해상 유출유 처리와 관련하여 이러한 원리를 응용한 것은 본 발명자가 최초이다.

본 발명자의 발견의 두번째 특징인 해수 표면에 기름 등의 해양오염물질이 있는 경우에는 라텍스가 고형화되면서 이를 흡수하여 탄성이 있는 부유성 고형물을 형성한다는 점은, 본 발명자의 발견을 해상 유출유 처리에 적용할 경우에는, 종래의 유겔화제 및 그를 이용한 해상 유출유 처리방법과는 전혀 다른 특징을 갖게 한다.

즉, 전술한 피셔 등의 방법을 비롯한 종래의 액상 겔화제가 가교제의 가교작용에 의해 폴리머와 기름을 서로 엉키게 하여 고형화하는 것과는 달리, 본 발명의 경우에는 가교제에 의한 반응을 이용하지 않고 유겔화제 자체가 해수의 존재 하에서 즉시 겔화되면서 유겔화제가 기름을 흡수하여 고형화하기 때문에, 기름의 흡수 기작은 분말형의 유겔화제나 유흡착제와 같이 흡착 및 흡수에 의존하되, 액상이어서 살포상에 큰 이점을 가지는 흡착흡수형 액상 겔화제라고 할 수 있다.

본 발명의 목적은 생산원가가 매우 저렴하여 널리 사용될 수 있는 유겔화제 및 그 유겔화제를 이용하여 유출유를 비롯 한 다양한 해양오염물질들을 처리할 수 있는 방법을 제공함에 있다.

본 발명의 다른 목적은 해상 유출유의 수거가 용이하도록 하기 위하여, 고형화된 기름이 부서지지 않고 고무처럼 탄성 이 있으며 접촉하여도 묻어나지 않는 고형물을 만들 수 있는 유겔화제 및 그 유겔화제 및 그 유겔화제를 이용한 해상 유출유 처리방법을 제공하는데 있다.

본 발명의 또 다른 목적은 해양생물에 대한 독성이 매우 낮아서 부차적인 오염을 유발하지 않는 유겔화제 및 그 유겔화제를 이용한 해양오염물질의 처리방법을 제공하는 데 있다.

본 발명의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 라텍스와 계면활성제가 혼합된 물질로 이루어진 해상 유출유 고형화 처리를 위한 유겔화제를 제공한다.

본 발명의 다른 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 라텍스에 계면활성제를 첨가하는 단계:

상기 결과물을 해수에 투여하는 단계:

상기 결과물과 해수가 반응하여 부유성 고형물을 형성하는 단계;

및 상기 부유성 고형물을 형성하는 단계와 동시에 혹은 이후에 오염물질들을 흡착 또는 흡수하여 상기 오염물질들이 포함된 부유성 고형물을 형성하는 단계들을 포함하는 해상 유출유 고형화 처리 방법을 제공한다.

본 발명에 따른 유겔화제 및 상기 유겔화제를 이용한 해상 유출유 처리방법은 다음과 같은 여러 가지 장점을 가진다. 첫째, 기름이 없는 해수표면에 본 발명에 따른 유겔화제를 투입하더라도, 유겔화제 자체적으로 고형화되어 해수 내로 혼합되지 않고 부유하게 되므로 이차적인 독성이 없고, 이 고형물은 백색을 띄므로 해상 수거작업 시에 쉽게 식별되므로 수거가 용이하다. 둘째, 가교제에 의한 반응을 이용하지 않고 유겔화제 자체가 해수의 존재 하에서 즉시 겔화되면서 겔화제가 기름을 흡수하여 고형화 하기 때문에 고형화 속도가 종래의 방법에 의할 때보다 훨씬 빠르다.

셋째, 기름 등의 오염물질을 흡수한 상태의 고형물이 탄성이 있고 기름 등이 묻어나지 않으므로 해상 수거작업이 매우 용이하다. 넷째, 기름의 흡수 기작은 분말형의 유겔화제나 유흡착제와 같이 흡착 및 흡수에 의존하되, 액상이어서 노즐이나 호스로 해상 살포가 가능하여 살포상의 큰 이점을 가진다.

다섯째, 가격이 저렴한 라텍스를 주원료로 하고 제조가 용이하므로, 유겔화제의 제조 가격이 종래의 유겔화제에 비해 월등히 저렴하다. 여섯째, 기름 뿐만 아니라 다른 유독화학물질들도 흡수하여 고형물을 형성하므로 기름외의 다른 화학물질의 해상 유출사고에도 적용이 가능하다.

이하 본 발명의 실시례를 들어 보다 상세히 설명하기로 한다. 실

시례 먼저, 본 발명에 따른 유겔화제의 제조 방법을 일례를 들어 설명한다.

가장 간단한 제조방법은 라텍스에 계면 활성제를 첨가하는 것이다. 여기서, 계면활성제로는 음이온 계면활성제가 바람직 하다.

비이온성 계면활성제도 사용될 수 있으나 음이온 계면활성제 없이 단독으로 사용하기는 어려우며 안정한 에멀젼의 생성 능력도 음이온 계면활성제 보다 떨어진다. 양이온 계면활성제도 사용될 수 있으나 이 역시 음이온 계면활성제에 비해 안정한 에멀젼 생성 능력이 떨어진다. 상기 음이온 계면활성제는 예를 들면, 소듐 오우리에이트(Sodium oleate), 포화 지방산(Saturated fatty acids), 알킬 설페이트(alkyl sulfates), 알킬 설포네이트(alkyl sulfonates), 알킬 벤젠 설포네이트(alkyl benzen sulfonates), 에테르 알콜 설페이트 (ether alcohol sulfates), 폴리옥시에틸렌노닐 페닐 에테르(polyoxyethylen nonyl phenyl ethers) 등이다. 계면활성제는 한 종류만 사용할 수도 있지만, 둘 이상을 혼합해서 사용할 수도 있다.

음이온 계면활성제로 소듐 오우리에이트를 첨가할 경우를 예를 들면, 라텍스에 5% 내지 10% 소듐 오우리에이트 수용액을 첨가한다. 이때, 첨가되는 소듐 오우리에이트 수용액의 양은 그 수용액이 첨가된 후의 최종 용액의 총수분함량에 대하여 소듐 오우리에이트의 함량이 0.5% ~ 4%가 되도록 만들 수 있는 양이다.

전술한 바와 같이, 라텍스는 폴리머와 수분이 콜로이드 상태로 혼합되어 있는 상태이므로 양극성 물질인 계면활성제는 폴리머와 수분사이에 존재하여 라텍스를 안정화한다.

전술한 바와 같이, 나무에서 채취 후 이를 액상으로 유지하기 위

하여 통상적으로 암모니아수를 첨가하고 있다. 그러므로 통상 상업적으로 구입할 수 있는 라텍스의 대부분은 암모니아가 첨가된 제품이라고 할 수 있다.

이렇게 암모니아수가 첨가된 라텍스의 경우에는 냄새를 제거하기 위하여 암모니아를 제거하는 단계가 더 필요하다. 이 단계는 상기의 계면활성제 첨가 단계 이후에 암모니아 냄새가 가실 때까지 진탕하거나 가열하는 정도면 족하다. 진탕하면서 가열하면 더욱 더 효율적임은 물론이다.

앞에서 예를 들어 설명한 방법 등에 의해서 제조될 수 있는 본 발명에 따른 유겔화제는 라텍스와 계면활성제가 혼합되어 있는 물질로서 안정된 에멀젼 상태를 유지하고 있다. 여기서, 계면활성제는 음이온 계면활성제가 바람직하며, 그 예로는, 소듐 오우리에이트, 포화 지방산, 알킬 설페이트, 알킬 설포네이트, 알킬 벤젠 걸포네이트, 에테르 알콜 설페이트, 폴리옥시에틸렌 노닐페닐 에테르 등을 들 수 있다. 계면활성제는 한 종류일 수도 있지만, 두 종류 이상이 혼합된 것일 수도 있다.

상기 음이온 계면활성제가 소듐 오우리에이트(Sodium oleate)인 경우, 소듐 오우리에이트의 함량은 라텍스와 소듐 오우리에이트가 혼합된 상태의 총 수분함량에 대하여 0.5% ~ 4% 정도이다. 또한, 본 발명에 따른 유겔화제에는 라텍스와 계면활성제 이외의 물질, 예를 들면 암모니아수 등이 소량 포함될 수도 있다. 본 발명에 따른 유겔화제에서, 계면활성제는 라텍스를 안정화시켜서 라텍스를 에멀젼 상태로 유지시키는 역활을 한다.

다음으로, 본 발명에 따른 유겔화제를 이용한 해상 유출유 고형화

처리 방법의 일례를 설명하기로 한다.

먼저, 전술한 유겔화제의 제조 방법대로 유겔화제를 제조한다. 즉, 라텍스에서 계면활성제를 첨가한다. 여기서, 계면활성제로는 음이온 계면활성제가 바람직하며, 상기 음이온 계면 활성제는 예를 들면, 소듐 오우리에이트, 포화 지방산, 알킬 설페이트, 알킬 설포네이트, 알킬 벤젠 설포네이트, 에테르 알콜 설페이트, 폴리옥시에틸렌노닐 페닐 에테르 등이다. 계면활성제는 한 종류만 사용할 수도 있지만, 둘 이상을 혼합해서 사용할 수도 있다.

음이온 계면활성제로 소듐 오우리에이트를 첨가할 경우를 예를 들면, 라텍스에 5% 내지 10% 소듐 오우리에이트 수용액을 첨가한다. 이때, 첨가되는 소듐 오우리에이트 수용액의 양은 그 수용액이 첨가된 후의 최종 용액의 총수분함량에 대하여 소듐 오우리에이트의 함량이 0.5% ~ 4%가 되도록 만들 수 있는 양이다.

암모니아수가 첨가된 라텍스의 경우에는 냄새를 제거하기 위하여, 상기의 계면활성제 첨가 단계 이후에 암모니아 냄새가 가실 때까지 진탕하거나 가열하는 단계를 더 추가할 수도 있다.

이렇게 제조된 결과물을 해수에 투여한다. 상기 결과물은 액상이므로 노즐이나 호스 등으로 용이하게 해상 살포가 가능하다.

상기 결과물은 해수에 투입되는 즉시 해수와 반응하여 자체적으로 고형화되어 부유성 고형물을 형성한다. 기름 등의 오염물질을 흡수하지 않고 상기 결과물과 해수가 반응하여 고형화된 고형물은 백색을 쉽게 식별이 가능하여 수거가 용이하며, 해수 내로 혼합되지 않고 부유하게 되므로 2차독성이 없다.

한편, 해수에 기름과 같은 오염물질들이 있는 경우에는 이들을 흡

수 또는 흡착하여 상기 오염물질들을 포함한 부유성 고형물을 형성한다. 상기 오염물질들의 흡수 또는 흡착 단계는 상기 결과물이 해수의 존재 하에서 자체적으로 고형화되는 단계와 동시에 이루어 질 수도 있고, 자체적인 고형화 단계 이후에 이루어질 수도 있다. 또한, 흡수 가능한 오염물질은 기름 종류 뿐만 아니라 각종 유기용매 등 통상의 흡착제가 흡수가능한 모든 유해물질이며, 그 예를 들면, 가솔린, 디젤 및 제트 연료 등의 연료유, 원유, 유기염소화합물, 벤젠, 톨루엔 등을 들 수 잇다. 이렇게 형성된 상기 부유성 고형물은 탄성이 있고 기름 등의 오염물질이 묻어나지 않아서 그물이나 스키머 등으로 수거가 용이하다.

본 발명에 따른 유겔화제 및 상기 유겔화제를 이용한 해상 유출유 처리방법은 다음과 같은 여러 가지 장점을 가진다. 첫째, 기름이 없는 해수표면에 본 발명에 따른 유겔화제를 투입하더라도, 유겔화제 자체적으로 고형화되어 해수 내로 혼합되지 않고 부유하게 되므로 이차적인 도경이 없고, 이 고형물은 백색을 띄므로 해상 수거 작업시에 쉽게 식별되므로 수거가 용이하다. 둘째, 가교제에 의한 반응을 이용하지 않고 유겔화제 자체가 해수의 존재 하에서 즉시 겔화되면서 겔화제가 기름을 흡수하여 고형화하기 때문에 고형화 속도가 종래의 방법에 의할 때보다 훨씬 빠르다. 셋째, 기름 등의 오염물질을 흡수한 상태의 고형물이 탄성이 있고 기름 등이 묻어나지 않으므로 해상 수거작업이 매우 용이하다. 넷째, 기름의 흡수 기작은 분말형의 유겔화제나 유흡착제와 같이 흡착 및 흡수에 의존하되, 액상이어서 노즐이나 호스로 해상 살포가 가능하여 살포상의 큰 이점을 가진다. 다섯째, 가격이 저렴한 라틱스를 주원료로 하고 제조가 용이하므로, 유겔화제의 제조가격이 종래의 유겔화제에 비해 월등히 저렴하다. 여섯째, 기름 뿐만

아니라 다른 유독화학물질도 흡수하여 고형물을 형성하므로 기름외의 다른 화학물질의 해상 유출사고에도 적용이 가능하다.

이상, 본 발명을 실시례를 들어 설명하였지만, 본 발명은 이에 한하지 않으며, 본 발명의 기초가 되는 기술적 사상의 범위 내에서 다양한 변형이 가능함을 이 분야에 통상의 지식을 가진 자라면 용이하게 알 수 있을 것이다.

3. 특허청구의 범위

1. 라텍스와 계면활성제가 혼합된 물질로 이루어진 해상 유출유 고형화 처리를 위한 유겔화제.

2. 제1항에 있어서, 상기 계면활성제는 음이온 계면활성제인 것을 특징으로 하는 상기 해상 유출유 고형화 처리를 위한 유겔화제.

3. 제2항에 있어서, 상기 음이온 계면활성제는 소듐 오우리에이트(Sodium oleate), 포화 지방산(Saturated fatty acids), 알킬 설페이트(alkyl sulfates), 알킬 설포네이트(alkyl sulfonates), 알킬 벤젠 설포네이트(alkyl benzen sulfonates), 에테르 알콜 설페이트(ether alcohol sulfates), 폴리옥시에틸렌 노닐 페닐 에테르(Polyoxyethylen nonyl phenyl ethers)및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나임을 특징으로 하는 상기 해상 유출유 고형화 처리를 위한 유겔화제.

4. 제3항에 있어서, 상기 소듐 오우리에이트의 함량은 라텍스와 소듐 오우리에이트가 혼합된 상태의 총 수분함량에 대하여 0.5% ~ 4%인 것을 특징으로 하는 상기 해상 유출유 고형화 처리를 위한 유겔화제.

5. 라텍스에 계면활성제를 첨가하는 단계:

상기 결과물을 해수에 투여하는 단계:

상기 결과물과 해수가 반응하여 부유성 고형물을 형성하는 단계: 및

상기 부유성 고형물을 형성하는 단계와 동시에 혹은 이후에 오염물질들을 흡착 또는 흡수하여 상기 오염물질들이 포함된 부유성 고형물을 형성하는 단계를 포함하는 해상 유출유 고형화 처리방법.

6. 제5항에 있어서, 상기 라텍스에 계면활성제를 첨가하는 단계 이전에, 상기 라텍스에 암모니아수를 첨가하는 단계를 더 포함하고, 상기 라텍스에 계면활성제를 첨가하는 단계 이후에, 상기 결과물을 진탕 또는 가열하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 상기 해상 유출유 고형화 처리 방법.

7. 제5항 또는 제6항에 있어서, 상기 계면활성제는 음이온 계면활성제인 것을 특징으로 하는 상기 해상 유출유 고형화 처리방법.

8. 제7항에 있어서, 상기 음이온 계면활성제는 소듐 오우리에이트, 포화 지방산, 알킬 설페이트, 알킬 설포네이트, 알킬 벤젠 설포네이트, 에테르 알콜 설페이트 및 폴리옥시에틸렌 노닐 페닐 에테르로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나 임을 특징으로 하는 상기 해상 유출유 고형화 처리방법.

상기 결과물을 해수에 투여하는 단계:

상기 결과물과 해수가 반응하여 부유성 고형물을 형성하는 단계: 및

상기 부유성 고형물을 형성하는 단계와 동시에 혹은 이후에 오염물질들을 흡착 또는 흡수하여 상기 오염물질들이 포함된 부유성 고형물을 형성하는 단계를 포함하는 해상 유출유 고형화 처리방법.

6. 제5항에 있어서, 상기 라텍스에 계면활성제를 첨가하는 단계 이전에, 상기 라텍스에 암모니아수를 첨가하는 단계를 더 포함하고, 상기 라텍스에 계면활성제를 첨가하는 단계 이후에, 상기 결과물을 진탕 또는 가열하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 상기 해상 유출유 고형화 처리 방법.

7. 제5항 또는 제6항에 있어서, 상기 계면활성제는 음이온 계면활성제인 것을 특징으로 하는 상기 해상 유출유 고형화 처리방법.

8. 제7항에 있어서, 상기 음이온 계면활성제는 소듐 오우리에이트, 포화 지방산, 알킬 설페이트, 알킬 설포네이트, 알킬 벤젠 설포네이트, 에테르 알콜 설페이트 및 폴리옥시에틸렌 노닐 페닐 에테르로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나 임을 특징으로 하는 상기 해상 유출유 고형화 처리방법.

참고문헌

강성현, 1994. 국내 해상 유출사고의 현황과 방제체제의 개선방향. 해양한국, 1994. 10.

교통부, 1993. 해상재해방지법 제정안.

권귀생, 1993. 해양오염 방제조직 현황과 개선방향, 석유 58: 29-39.

김영우, 1993. 현행 해양오염 방지제도에 관한 소고. 석유 58: 2-10.

이은, 1994. 해양환경 보호를 위한 국제법적 동향과 우리나라의 대응방안, 해양한국, 1994. 10.

최 동현, 1993, 우리나라 해상 수색구조 제도 개선 방향, 해운산업 연구원 정책자료 068, pp 178.

해양경찰청, 1994. 전국방제장비 및 기자재 보유현황.

Allan, D.S., and Harris, G.H., 1976. Deveplment of the chemical Hazard Reponse Information System(CHRIS). NOAA. USA.

Allen, A.S., and Ferek, R.J., 1993. Advantages and disadvantages of burning spilled oil. Proc. 1993 Oil Spill Conference, p 765-772.

Berner, Jr., B.A., Bryner, N.P., Wise, S.A., Mulholland, G.W., Lao, R.C., and Fingas, M.F., 1990. Polycyclic aromatic hydrocarbon emissions from the combustion of crude oil on water. Environ. Sci. Technol., 24: 1418-1427.

CHMR, 1991. Contingency planning. Center for Hazardous Material Research.

Dutton, I.M.(ed.), 1987a. Workshop on the role of Scientific Support Coordinator (SSC) in oil spill response. Great Barrier Reef Marine Park Authority Workshop series, No. 12, pp 134.

Dutton, I.M., 1987b. The case for more effective scientific support in oil

spill response, In: Workshop on the role of Scientific Support Coordinator (SSC) in oil spill response. Dutton, I.M.(ed.), Great Barrier Reef Marine Park Authority Workshop series, No. 12, p 87-96.

Edwards, D.T., 1993. Status of implementation of the OPRC Convention and Resolutions adopted by the OPPR Conference. In: Proc. 1993 Oil Spill Conf. p 646-653.

Etkin, D.S., 1990. Oil spill contingency planning: a global perspective. Cutter Information Co. pp 118.

Fingas, M.F., R. Stoodley and N. Laroche. 1990. Effcctiveness Testing of spill-treating agents. Oil and Chemical Pollusion, 7:337-348.

Hazama, T., 1995. The Japanese cooperation in the protection of the environment in the Malacca Straits. OPRC Colloquium '95. Tokyo, Feb. 8-9.

Halley, W., 1993. Enhancing Canada's spill response capability: oil spill equipment requirements for a 10,000 ton response capability. In: Proc/ 1993 Oil Spill Conference. pp 13-17.

Hielscher, A.L., Froelich, K.A., and Dale, D.H., 1991. CAMEO SSC and CAMEO MSO: new tools for planning and initial response. In: Proc. 1991 Oil Spill Conference, pp 635-640.

IMO, 1990. ORRC Convention, pp. 40.

IMO/MEPC, 1994a. Implementation of the OPRC Convention and the OPPR Conference resolutions: report of the OPRC Working Group, MEPC 36/14, pp 16

IMO/MEPC, 1994b. Implementation of the OPRC Convention and the OPPR Conference resolutions: progress report, MEPC 36/14, pp 8

IMO/MEPC, 1994c. Implementation of the OPRC Convention and the OPPR Conference resolutions : draft IMO manual on oil pollution - section II, contingency planning, MEPC 36/14/1,

IPIECA, 1993 A guide to contingency planning for oil spills on water IPIECA Report Series 2. pp 20

Johnson, D.W., Kilsby, C.G., McKenna, D.S., Saunders, R.W., Jenkins, G.J., Smith, F.B., and Foot, J.S., 1991. Airborne observations of the physical and chemical characteristics of the Kuweit oil smoke flume, Nature 353: 617-621.

Karev, V.I., 1994. Report on national policy and arrangements of oil spill combatment at sea in Russia. IMO/Industry East Asian and Pacific seminar on contingency planning for oil spill response. 23-25 Nov., 1994, Hongkong.

Kelso, D.D., and Kendziorek, M., 1990. Alaska's response to the Exxon Valdez oil spill. Environ. Sci. Technol. 25: 16-29.

Krogh, F., 1984. A computer-assisted oil spill contingency centre with emphsis on databases, risk, consquences analysis. In. Combating Oil Pollution in the Kuweit Action Plan Region. UNEP REgional Seas Reports and Studies. No. 44;185-223

Lee, J.E., 1993. Contingency planninng, contractor requirements and oil pollution act of 1990 implementation. In: Proc. 1993 Oil Spill Conf. p 51-56.

Motora, S., 1995. The significance of combating major oil spill incidents. OPRC colloquium '95, Feb. 8-9, Tokyo.

MSA, 1988. The status of marine safety. pp 262

MSA, 1991. Countermeasures against oil spill accidents in Japan. Maritime Safety Agency. pp 26

NOAA, 1992. Report to the Congress on Ocean Pollution, Monitoring, and Research. NOAA. NOS. pp 56

NRC, 1992. National Response Center. Washington D.C. pp 16

NRT, 1987. Hazardous material emergency planning guide, National Response Team.

Okimoto, T., 1994. Policy and systems for preventing marine pollution in Japan. IMO/industry East Asia and Pacific seminar on contingency planning for oil spill response, Hong Konng, 23-25 Nov. 1994.

Potter, S.G., Ross, S.L., and Oddy, L.C., 1987. The development of a Canadian oil spill countermeasures training programme, Environmental Studies Research Fund Report No 079, pp 24.

Potts, R. G., 1981. Hazard Assessment Computer System. HACS/UIM User's operational manual. NOAA. USA.

Salinos, J.C., 1995. Regional cooperation in oil spill response in the Mediterranean Sea area, OPRC colloquium '95, Feb. 8-9, Tokyo.

Smith, D.P., 1993. The oil pollution act of 1990: a regional challenge, In: Proc. 1993 Oil Spill Conf. p 836-837.

Taniguchi, K., 1995. The Japanese international cooperation in upgrading regional system of East Asian Countries, OPRC Colloquium '95. Tokyo, Feb. 8-9.

UNEP, 1984. Convention for the Protection of the Marine Environment and coastal ara of the South-East Pacific and its Supplementary agreements. Nairobo,pp 37.

UNEP, 1992. Mediterranean Action plan and convention for the protection of the Mediterranean Sea against Pollution and its related protocols. Nairobi, pp 62.

USCG, 1993. Federal On-Scene Coordinator's report, T/V Exxon Valdez oil spill, pp 570.

US EPA, 1992a. The OSWER source book, vol. 1: training and technology transfer resources 1992-1993. EPA/542/B-929/005, pp 200.

US EPA, 1992b. Standard operating safety Guides, EPA PB92-963414, pp 182.

US EPA. 1987. Technical Guidance for hazards Analysis: Emergency Planning for Extremely Hazardous Substances.

Veasey, D.A. and K.W. Oldfield. 1992. Site Control In: Emergency Responder Training Manual for the Hazardous Materials Technician. Andrews L.P.(ed), Van Nostrand Reinhold, New York. p 28-42.

Welch, J., and Yando, F., 1993. Worldwide oil spill incident database: recent trends, In: Proc. 1993 Oil Spill Conf. p 811-814

Wigger, R.C., 1995. The United States National System and Cooperative Strategy in the Caribbean Sea Region. OPRC Colloquium '95. Tokyo, Feb. 8-9.