

해양오염방제 및 환경회복기술

Marine Pollution Prevention and
Environmental Remediation Technology

해상유출사고 방제 지원 시스템 활용기술

Computerized Oil Spill Response Support System

연구기관
한국해양연구소

환경부
과학기술처

제 출 문

환 경 부

과학기술처 장관 귀하

본 보고서를 “해양오염 방지 및 환경회복 기술”사업의 “해상유출사고 방지 지원 시스템 활용기술”과제의 제2단계 1차년도 연차 보고서로 제출합니다.

1996. 12.

연구기관명: 한국해양연구소

연구책임자: 이수형

연구원: 강성현 오재룡

김은수 양동범

조성록 김경태

심원준 홍상희

임운혁 김승규

김보연 장현숙

위탁연구기관명: 해양경찰청

위탁연구책임자: 이창섭

위탁연구기관명: 부산수산대학교

위탁연구책임자: 류청로

위탁연구기관명: (주)환경과학기술

위탁연구책임자: 조성억

요 약 문

I. 제 목

해양유출사고 방제 지원 시스템 활용기술

II. 연구개발의 목적 및 필요성

연안역에서의 해상활동과 임해산업기지의 증가함에 따라 유류와 유해물질의 유출사고가 발생할 수 있는 가능성은 날로 증대되고 있다. 우리나라 연안에서는 1년에 약 350건의 해양유출사고가 발생하고 있는데, 대부분 사고의 규모가 작은 편이지만 최근에는 국가가 방제활동에 개입하지 않으면 안되는 대형사고가 크게 증가하고 있다.

유출사고 초기에 현장 방제책임자는 가용한 방제자원을 동원하고, 방제조직을 출동시키며, 초기 방제활동을 지휘하는 핵심적인 기능을 담당하게 된다. 초기 방제 단계에서는 사전에 만들어진 유출사고 대비 긴급계획에 의해 방제작업이 실행되어야 하는데, 긴급계획이 얼마나 잘 만들어졌는지, 그리고 긴급계획을 즉시 실행에 옮기는 능력에 따라 방제의 성패가 좌우된다. 오염 방제의 두 번째 단계인 통합 단계에서는 방제 책임자가 방제 인력들을 현장에 배치하고 효과적으로 방제 실행 체제를 운용할 필요가 있다. 방제책임자는 오염물질의 이동을 예측하고, 연안의 자원을 파악하고, 보호되어야 할 자원에 대한 우선순위를 결정하며, 장비와 훈련된 인력을 현장에 배치하여 효과적이고 안전한 방제작업을 수행하는데 있어서 주도적인 역할을 담당하게 된다.

해상유출사고가 발생할 경우 방제작업을 성공적으로 수행하여 피해를 최소화하기 위해서는 방제 책임자가 사고 자료와 현장에서 실측된 자료와 환경 자료, 주변 생태계와 자원에 관한 자료, 시뮬레이션을 통해 얻어진 예측되는 결과, 방제 방법에 대한 의사 결정 등 현장에서 필요로 하는 필수적인 정보를 최단 시간 내에 확보해야 한다. 방제작업에는 많은 기관이 참여하게 되며 이러한 필수적인 정보는 방제에 참여하는 모든 사람들에게 신속하게 전달되어야 한다.

전산화된 방제 지원 체제를 갖추는 목적은 이러한 중요한 정보들을 가장 효과적으로 제공하기 위한 것이다. 사전에 구축된 각종 데이터베이스들은 위기 상황에서 가장 유용한 형태의 정보들을 적시에 공급할 수 있도록 해줄 것이며 지리정보나 생태에 관한 정보와 같이 지역 특성을 갖는 정보들을 더욱 편리한 형태로 제공하게 된다. 다양한 시뮬레이션 기능들을 통해 방제 전략 전술에 관한 의사 결정을 해야 하는 방제 책임자에게 오염물질의 이동 확산이나 방제 방법의 선택에 관한 정보를 제공할 수도 있다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구에서는 다음 네 분야로 나누어 방제 지원 시스템을 개발했다.

1. 사전 계획 및 실행 단계에서 방제활동에 있어서 의사 결정을 해야 하는 책임자를 지원할 수 있는 과학적인 도구들을 개발하고
2. 방제에 필요한 환경, 생태, 지리 및 기술적 자료 등 다양한 정보들을 데이터베이스화하며
3. 실시간으로 기름 유출 확산 경로를 예측할 수 있는 진로 예측 모델을 개발하고
4. 지리정보시스템, 유출 확산 모델, 의사결정 지원 도구 등의 사용자 인터페이스를 갖춘 통합 정보 시스템을 개발했다.

IV. 연구개발결과

1. 본 연구에서 개발중인 통합 정보 시스템은 해상 유출사고 발생시 방제책임자나 과학지원관에게 기술적/전략적 도움을 주거나 의사결정을 지원할 수 있는 과학적인 도구를 제공한다. 본 시스템은 한글 윈도우즈 95하에 운용되며 사용자는 그래픽 사용자 인터페이스를 통해 사고와 관련된 다양한 정보를 수집하고 과학적인 기초 하에서 오염 사고에 대응할 수 있도록 되어 있다.

본 연구에서 개발하는 방제 지원 시스템은 방제과정을 기초로 하여 모듈 1: 사전대비, 모듈 2: 사고 확인, 모듈 3: 상황평가, 모듈 4: 전략지원, 모듈 5: 자원지원, 모듈 6: 작업평가 등 6개 모듈로 구성된다.

2. 유출유 확산 모델을 '최소의 후회'라는 전략하에 운용하기 위한 알고리즘에 관해 논의되었으며 모델의 결과를 표준화하였다. 새로운 수분함유 기름 에멀전의 생성 모델을 연구하여 환경내에서 지속성이 있는 에멀전의 수분함량, 물성, 안정도를 예측하고자 하였다.

기름오염사고가 발생할 경우 해안을 방어하는 것은 환경영향을 줄이고 방제비용을 절감하는데 무척 중요하다. 본 연구에서는 해안 방어 전략과 해안 조사 방법에 관해 연구함으로써 해안 방어 계획을 수립하는 의사결정도구를 개발하여 방제책임자나 자원관리자에게 해안방어 장비의 한계나 필요 장비를 도출하게 하고 효과적인 방제전략을 수립할 수 있도록 하였다.

환경민감도 지도는 긴급계획 수립과 방제에 있어서 핵심적인 부분으로서 최근 환경민감도 지도가 지리정보시스템과 연결되는 추세에 있으므로 자료수집과 합성을 위한 지침을 작성하였다.

우리나라의 방제조직체계를 개선하기 위하여 17가지의 사고명령체계 작업양식을 만들었다. 사고보고, 조직할당, 통신, 의료계획 수립, 차량 지원, 항공방제 등 각 방제작업에 대한 업무흐름을 현장에서 검토한 후 전산화

된 방제 지원 시스템에 포함시킬 예정이다.

3. 본 연구는 2단계 1차년도의 연구과제로 전년도 대상해역인 경기만에서 구축된 긴급방제 현장용 유류확산 예측모델을 검증하고 금년의 대상해역인 부산 및 울산주변 해역에서 유류 오염물질의 거동을 신속히 예측하기 위한 긴급방제 현장용 유류확산 예측모델을 구축하고자 한다.

당 해역의 모델을 구축하기 위해 먼저 황해, 동지나해 및 동해전역을 대상으로한 조석-조류모델을 구축하고 그 계산 결과로부터 설정한 각 협역모델의 외해 경계조건을 합리적으로 도출하여 적용할 수 있도록 하였다. 이러한 상세하고 복잡한 수치모델에서 얻어진 조석-조류의 시계열자료를 통해 각 계산점에서 조류조화상수를 구하고 data-base를 구축하였다. 이 조류조화상수를 이용하여 임의시의 조류를 신속하게 계산하여 유류의 이류·확산 계산을 위한 외력인자로 사용하였다. 한편, 이 해역의 해상풍에 대한 data-base는 부산 및 울산부근의 5개 기상관측소의 14년간의 시간별 풍향·풍속 자료로부터, 월별 시간에 따른 바람 변화특성에 대한 data-base를 구축하여 조류와 함께 유류의 이류-확산의 주요 외력인자로 적용하였다. 이들 주요 외력인자와 기상인자들을 고려한 유류거동모델을 구축하고, 사용자가 편리하게 이용할 수 있도록, 사고위치, 유출량 등 사고특성, 해상조건 등을 대화형식으로 입력하면 원하는 시간대의 유류확산을 도면으로 또는 화면상에 나타낼 수 있도록 함으로서 실용성을 높히도록 하였다.

개발한 모델을 세부영역별로 적용하여 보고, 실제 대상해역에서의 사고자료를 바탕으로 유출유의 이류·확산과정을 시간대별로 예측하여 비교·검토하여 모델의 적용성을 검증함으로써 부산 및 울산주변해역을 대상으로 한 긴급방제 현장용 유류확산 예측모델의 기본형을 개발하였다.

4. 본 연구의 1단계에서 개발된 방제지원시스템 시작품을 해양경찰청과 해양연구소에 설치, 가동하고 시험하였다. 1996년 12월 2일 발생한 태영차스민호 오염사고에 본 시작품을 적용한 결과 몇가지 단점이 발견되었으나 전반적으로 방제업무에 유용하게 사용될 수 있음이 증명되었다.

부산 및 인근지역 1/50,000 지형도 24매의 지형, 해안선 형식, 뺨, 행정구역, 국립공원, 도로망 등의 자료를 전자지도로 작성하였다. 또, 부산 및 인근해역의 지리, 기상, 수산업, 항만, 선박통계, 관광지등 환경민감도 관련 자료를 취합하여 hypertext 파일로 작성하였다. 부산해역의 유출확산 모델을 방제지원시스템에 접속하였다.

방제지원시스템 운영체제를 Windows 95로 upgrade하였으며, 그에 따라 시스템의 주메뉴와 여러 프로그램들을 교정하였다. 또, 사고발생시 방제요원들에게 신속히 연락할 수 있는 컴퓨터 자동호출 프로그램에 자동응답기능을 추가하여 개선하였다.

방제지원시스템 프로그램을 laptop 컴퓨터에 탑재하여 사고현장에서도 현장지휘자나 과학지원관이 사용할 수 있도록 휴대용 방제지원시스템도 제작하였다.

V. 연구개발결과의 활용계획

이미 현재까지 개발된 방제지원시스템은 해양경찰청 오염관리국에 배치되어 있으며 사고 발생시 방제책임자나 과학지원관을 지원하는 도구로서 실제의 방제업무에 사용되고 있다.

ABSTRACTS

I. Title

Computerized Oil Spill Response Support System

II. Significance and Objectives of the Study

The growing maritime activities and industrial bases in the coastal zone place an increasing threat to the marine environment from spills of oil and hazardous materials. Approximately 350 incidents are reported each year in the adjacent seas of Korea. Although most of these are minor, there are an increasing number of environmental incidents that exceed the capability of polluters or industry to respond, thereby requiring government involvement.

During the initial hours after an oil spill, OSC is faced with three critical functions: (1) mobilizing resources, (2) forming the response organization, and (3) directing the initial response actions. The mobilization and initial response phase is marked by the execution of tasks that are pre-defined by the contingency plan. The success or failure of the initial effort depends upon the adequacy of the plan and the ability of the unit to immediately execute the plan. In the second stage of the spill response, the integration phase, OSC requires the responding forces to arrive on scene and to form an effective operating system. OSC has to take an active leadership in predicting the movement of the pollutant, identifying

coastal resources, setting priorities for resources protection, and dispatching equipment and trained personnel to effectively and safely manage spill response.

Successful response to oil spills requires critical information in a real time over a wide spectrum of topics, including spill data, surveillance data, environmental conditions, ecological factors and countermeasure options. Response operations have many facets that are often fulfilled by a variety of agencies, all of which need access to critical information.

The purpose of the computer-based response support system is to support these information needs effectively. Databases organized in advance can strengthen the ability in a crisis to get timely, relevant information in actionable form. Some of the area-specific information such as geographical and ecological data can be delivered in more readily accessible forms. Diverse simulation capability provides tactical/operational decision-makers with the information on the movement of pollutants but also on the response options.

III. Scope of the Study

The development of oil spill response support system has four research areas:

1. To develop the scientific tools to support response decision makers in preplanning and operation levels.
2. To construct databases of environmental, ecological, geographical, and technical information.
3. To develop an oil spill trajectory model which can be operated in real-time.
4. To make a integrated information system with user-friendly interface

that includes a geographic information system, gridding software, oil spills models, and knowledge-based decision making programs.

IV. Results

1. An integrated information management system is developed for providing OSCs and SSCs with scientific tools for technical/tactical advise and decision-making in case of oil and chemical spills at sea. The system operates on Korean MS-Windows 95 of personal computers. The user can interact with the system through a graphical user interface. With this tools the user can obtain various information related with incidents and can respond to emergency pollution incidents on the scientific basis.

Spill response support system consists of six modules based on the flow of the general spill response procedures: module 1 - preparedness, module 2 - notification and identification, module 3 - assessment, module 4 - response strategy support, module 5 - resources support, and module 6 - review and evaluation.

2. Specific algorithmic procedures was described which can be applied to a minimum-regret set of model runs and a standard digital file format was defined. New w/o emulsion model was studied to predict water content, rheology, and stability of emulsion that are moderately persistent or very persistent.

As shoreline countermeasures following an oil spill are a critical element in determining the ultimate environmental impact and cost resulting from a spill, shoreline protection strategy and shoreline evaluation methods were examined. Shoreline protection planner will provide the resources managers or OSCs with the information on the performance limitations and logistical requirements of equipment in their

areas and effective tools for developing workable response strategies.

Environmental sensitivity index (ESI) maps have been an integral component of oil spill contingency planning and response. As the oil-spill response community moves towards development of automated sensitivity maps, the basic elements of a sensitivity mapping system were outlined and some guidance on the collection and synthesis of data for the system was provided.

Seventeen ICS forms were proposed to introduce incident command system into response organization in Korea. They will be reviewed and tested for incident briefing, organization assignment, incident radio communication, medical planning, vehicle support, air operation, etc. in the field, and then be incorporated into the computerized response support system.

3. Many concerns about spilled oil contaminants in the coastal area are placed as the serious problems to preserve coastal environment. And the use of computer simulation models to combat with oil spills has come to play more important role in forecasting of oil spill trajectory so as to protect coastal area and minimize the damage from oil contaminations.

An oil spill trajectory prediction model in real time for combat purpose is developed to apply in the coastal sea areas. In the model development, since the movement of oil spills is easily affected by currents, winds and waves, the following steps are adopted considering spacial and temporal wind fields, tidal, oceanic currents and wind waves, and the applicability of the model is checked.

1) Tidal model was developed to decide the boundary condition for the regional model development which covers the East China sea, the Yellow sea and the East sea

2) To calculate harmonic constants at every grid complicate numerical experiments for the tidal current are carried out in the regional model for

the coastal waters of Pusan-Ulsan, South-East Korea.

3) The harmonic constants for the tidal current are obtained at the 2 km \times 2 km meshes in the domain (180 \times 235), and the database for the calculation of the tidal current in real time is constructed used the constants.

4) The spacial and temporal wind field data-base was constructed by hourly winds for every month using 14 years wind data at 5 stations around Pusan-Ulsan area.

5) The effects of wind field, harmonic constants of tidal currents, turbulent diffusion and spreading characteristics are discussed in detail.

Finally, the model was applied to the real time forecast of spilled oil behavior, and its applicability for the combat site was checked by the hindcasting of historical real accidents.

4. The prototypes of oil-spill contingency planing system were dispositioned at Korea Maritime Police and Korea Ocean Research Institute. This prototype was applied to the Taeyoung Jasmine oil-spill accident, on December 2nd, 1996. It was proved that the prototype system was useful in spite of some shortcomings found.

The electronic map of Pusan area was constructed with 24 land maps of 1:50,000 scale, includes land topology, beach types, mud flats, administral boundaries, national parks, roads and some other data. The data of regional geography, weather, fishery, ports, ships, and resort area were constructed as a hypertext file of environmental sensitivity. An Oil-spill trajectory model of Pusan area was included the contingency planning system.

The operating system of oil-spill contingency planning was upgraded into Windows 95, so the main menu and several software programs were corrected. Also the emergency calling program was improved on a function of automatic voice response.

An portable type of oil-spill contingency planning system was made with a laptop computer, so on-scene commander or scientific supporting coordinator can use it at the fields of spill accidents.

V. Plan for the Application of Results

The prototype of oil-spill contingency planning system has already been installed in Korea Maritime Police Agency, and will be used as a tool for supporting OSCs and SSCs in case of oil spill incident.

목 차

표 목차	23
그림 목차	27
제 1 장 서론	33
제 2 장 과학적인 해상유출사고 방제 지원 도구의 개발	35
제 1 절 서언	37
제 2 절 유출유 확산 모델 결과의 사용에 관한 표준화	38
1. 유출유 확산 모델의 사용 전략	38
2. 유출유 확산 모델의 대체 시나리오 개발	40
3. 유출유 확산 모델 결과의 분석 방법	42
제 3 절 새로운 수분함유 기름 에멀전 모델의 개발	47
1. 유출유 행동양태 모델과 진로 예측 모델	47
2. 기름의 확산과 에멀전의 형성 과정	49
제 4 절 해안 정화 작업 계획의 지원	58
1. 해안의 오염 평가	58
2. 해안의 오염 방어 전략의 수립	67
3. 해안 보호 전략의 수립시 고려해야 할 사항	71
제 5 절 환경민감도 지도	78
1. 환경민감도 지도에 수록할 정보의 형태	82
제 6 절 사고명령체계에 근거한 방제업무의 설계	99
참고문헌	125

제 3 장 연안해역 긴급방제 현장용 유류확산 예측모델의 개발	129
제 1 절 서언	131
제 2 절 연구목적 및 방법	133
제 3 절 모델의 기본 구조 및 특징	134
제 4 절 유류확산예측모델의 개발(부산-울산)	136
1. 광역 조석 모델	136
2. 남해-동해 전역 조류 모델	156
3. 상세 조류 모델	161
4. 부산 및 울산지역 해상풍의 시·공간적 분포 특성	168
5. 실시간 유류확산모델의 구축	204
제 5 절 긴급방제모델의 적용례	213
1. 경기만 모델의 검증례	213
2. 상세 영역의 적용례	218
제 6 절 요약 및 결론	222
참고문헌	224
제 4 장 방제지원시스템 소프트웨어의 개선 및 활용	231
제 1 절 서언	233
제 2 절 시작품 현장배치 및 활용	234
1. 시작품 배치	234
2. 사용자 교육	234
3. 태영 자스민호 오염사고	235
제 3 절 부산 인근해역의 환경민감도 자료파일 작성	239

1. 환경민감도	239
2. 전산화 방법	241
3. 환경민감도 파일 구조	243
4. 환경민감도 파일 사용법	248
제 4 절 부산해역 전자지도 및 관련 데이터베이스	251
1. 부산 및 인근해역 지도 입력	251
2. 연안역 시설물 데이터베이스	255
3. 연안역 자연자원 데이터베이스	257
제 5 절 방제지원시스템 개선	259
1. 운영체제의 개선 -Windows 95	259
2. 부산해역 유출유 확산모델 접속	261
3. 비상연락망 프로그램의 개선	266
4. 휴대용 방제지원시스템	269
제 6 절 결론	271
참고문헌	273

Contents

List of Tables	23
List of Figures	27
Chapter 1. General Introduction	33
Chapter 2. Development of scientific tools for oil spill response support.....	35
1. Introduction	37
2. Standard for trajectory analysis information	38
1) Strategy for oil spill trajectory modeling	38
2) Alternative model scenario development	40
3) Data analysis method	42
3. Study on the model of water-in-oil emulsion formation	47
1) Oil spill behavior model vs. trajectory model	47
2) Oil dispersion and w/o emulsion formation	49
4. Supporting tools for shoreline protection	58
1) Shoreline survey	58
2) Strategic protection of shoreline	67
3) Considerations in shoreline protection	71
5. Environmental sensitivity index map	78
1) ESI guidelines	82
6. ICS forms	99

References	125
Chapter 3. Development of oil spill trajectory model for field use	129
1. Introduction	131
2. Aims and methods	133
3. Structure and features of oil spill trajectory model	134
4. Development of oil spill trajectory model	136
1) Large scale tidal model	136
2) Tidal model for South Sea and East Sea	156
3) Small scale tidal model	161
4) Temporal and spatial distribution of sea-surface winds in Pusan-Ulsan area	168
5) Construction of real-time oil spill trajectory model	204
5. Application examples of the oil spill trajectory model	213
1) Example of Kyunggi Bay	213
2) Example of small scale model	218
6. Summary and conclusion	222
References	224
Chapter 4. Improvement of oil-spill contingency planning software	231
1. Introduction	233
2. Use of prototype system	234
1) Disposition of prototype system	234
2) User training	234
3) Taeyoung Jasmine spill accident	235
3. Making environmental sensitivity data file of Pusan area	239
1) Environmental sensitivity	239

2) Computerized environmental sensitivity data	241
3) Structure of environmental sensitivity file	243
4) Use of environmental sensitivity file	248
4. Electronic map of Pusan area and related databases	251
1) Making the electronic map of Pusan area	251
2) Database of coastal facilities	255
3) Database of natural resources	257
5. Improvement of oil-spill contingency planning software	259
1) Upgrade of operating system - Windows 95	259
2) Connection of oil-spill trajectory model of Pusan area	261
3) Improvement of automatic emergency calling program	266
4) Portable oil-spill contingency planning system	269
6. Conclusion	271
References	273



List of Tables

Table 2-1. Role of shoreline evaluation groups	59
Table 2-2. ESI rank of shoreline types in temperate regions	60
Table 2-3. Surface oil cover matrix	60
Table 2-4. Shoreline oil terminology	61
Table 2-5. Shoreline survey evaluation form used in USA	63
Table 2-6. Shoreline survey evaluation short form used in USA	64
Table 2-7. Shoreline countermeasure matrix	66
Table 2-8. Matrix showing how protection methods can be impacted by operational limitations	76
Table 2-9. Matrix showing the support equipment needed for the various protection methods	77
Table 2-10. Definitions of environmental sensitivity index ranking 1	83
Table 2-11. Definitions of environmental sensitivity index ranking 2	83
Table 2-12. Definitions of environmental sensitivity index ranking 3	84
Table 2-13. Definitions of environmental sensitivity index ranking 4	84
Table 2-14. Definitions of environmental sensitivity index ranking 5	85
Table 2-15. Definitions of environmental sensitivity index ranking 6	85
Table 2-16. Definitions of environmental sensitivity index ranking 7	86
Table 2-17. Definitions of environmental sensitivity index ranking 8	86
Table 2-18. Definitions of environmental sensitivity index ranking 9	87
Table 2-19. Definitions of environmental sensitivity index ranking 10 ...	87
Table 2-20. Proposed color scheme from least sensitive to most sensitive in ESI map	96
Table 2-21. Incident briefing	106

Table 2-21(continued). Incident briefing	106
Table 2-21(continued). Incident briefing	107
Table 2-22. Response objectives	109
Table 2-23. Organization assignment list	109
Table 2-24. Assignment list	111
Table 2-25. Incident radio communication plan	112
Table 2-26. Medical plan	113
Table 2-27. Incident status summary	114
Table 2-28. Executive summary	115
Table 2-29. General plan	116
Table 2-30. Fax message form	117
Table 2-31. Unit log	118
Table 2-32. Support vehicle inventory	119
Table 2-33. Air operation summary	120
Table 2-34. Meeting schedule	121
Table 2-35. Meeting description	122
Table 2-36. Resources at risk summary	123
Table 2-37. Sensitive sites and response actions	124
Table 3-1. Computation conditions	139
Table 3-2. Amplitudes and phases(degree referred to 135° E of tidal constants) open boundary of the shelf model deduced from existing tidal charts	144
Table 3-3. Comparison of the observed and calculated amplitudes(m) and phases of M ₂ and S ₂ referred to 135° E	154
Table 3-4. Relations between the mean wind directions and Cv	186
Table 3-5. Wind speed and air temperature at Pusan	192
Table 3-6. Air temperature and radiation	194
Table 3-7. Pathways for environmental fate of crude oil	208
Table 3-8. Model input form	212

Table. 4-1. Numbers of prototypes in the organizational sections	234
Table 4-2. User training members in the educational workshop for administrator of oil and hazardous materials	235
Table 4-3. Modelling parameters for the Taeyoung Jasmine oil spill.....	237
Table 4-4. Contents and formats of environmental sensitivity data collected by Korea Maritime Police	240
Table 4-5. Comparison of computerized data construction methods	241
Table 4-6. Numerous hypertext formats used in MS-Windows	242
Table 4-7. Hardware and software tools used in construction of the ESI hypertext file	243
Table 4-8. Map list used in the electronic map construction of Pusan area	253
Table 4-9. Thematic layers in the electronic map of Pusan area	254
Table 4-10. Coastal facilities with dangerous materials	256
Table 4-11. Database attributes of coastal facilities with dangerous materials	257
Table 4-12. Summary of natural monuments and resources in Korea.....	258
Table 4-13. Various problems and error corrections of contingency planning programs when newly transported into Korean Windows 95	261
Table 4-14. Input parameters of interface program for the oil-spill trajectory model	264
Table 4-15. Comparison of old and new emergency calling program	267
Table 4-16. Specifications of SENS 810 laptop computer	271

List of Figures

Fig. 2-1. Typical trajectory stepped forward in time	43
Fig. 2-2. Summary of standard trajectory products	45
Fig. 2-3. Contours of predicted heavy, medium and light oil concentrations and associated uncertainty bound	45
Fig. 2-4. Composite trajectory analysis standard	46
Fig. 2-5. Structure of ADIOS II being developed in NOAA	48
Fig. 2-6. Horizontal drift speed versus depth for different wind speeds	55
Fig. 2-7. Decision-making process of shoreline evaluation	59
Fig. 2-8. Example of sketch map used in shoreline survey	65
Fig. 2-9. Example of ESI map in Thames river	79
Fig. 2-10. Extracts of ESI maps in Maturities(above) and Southern Africa(below)	80
Fig. 2-11. ESI symbols for representation of the biological and human-use resources	98
Fig. 2-12. Major functional areas of the ICS	100
Fig. 2-13. Example of modified ICS organization	102
Fig. 3-1. Oil-spill incidents in Korea	131
Fig. 3-2. Structure of the combat purpose oil-spill model	135
Fig. 3-3. Coordinate system	138
Fig. 3-4. Definition of variables	138
Fig. 3-5. Model grid of the large area model	140
Fig. 3-6. Bathymetric chart of the area	141
Fig. 3-7. Co-phase chart of M_2 computed	145
Fig. 3-8. Co-Amplitude chart of M_2 computed	146
Fig. 3-9. Co-phase chart of S_2 computed	147
Fig. 3-10. Co-Amplitude chart of S_2 computed	148

Fig. 3-11. Co-phase chart of K_1 computed	149
Fig. 3-12. Co-Amplitude chart of K_1 computed	150
Fig. 3-13. Co-phase chart of O_1 computed	151
Fig. 3-14. Co-Amplitude chart of O_1 computed	152
Fig. 3-15. Evaluation points from which computed result compared	153
Fig. 3-16. Comparison between calculated and observed amplitudes and phases of the M_2 and S_2	155
Fig. 3-17. Vector diagram of the maximum tidal current ($M_2+S_2+K_1+O_1$) during the flood at the spring	158
Fig. 3-18. Vector diagram of the maximum tidal current ($M_2+S_2+K_1+O_1$) during the ebb at the spring	159
Fig. 3-19. The course of Real time tidal current prediction	160
Fig. 3-20. Regional models considered in the study	161
Fig. 3-21. Vector diagram of the maximum tidal current ($M_2+S_2+K_1+O_1$) during the flood at the spring	162
Fig. 3-22. Vector diagram of the maximum tidal current ($M_2+S_2+K_1+O_1$) during the ebb at the spring	163
Fig. 3-23. Vector diagram of the maximum tidal current ($M_2+S_2+K_1+O_1$) during the flood at the spring	164
Fig. 3-24. Vector diagram of the maximum tidal current ($M_2+S_2+K_1+O_1$) during the ebb at the spring	165
Fig. 3-25. Vector diagram of the maximum tidal current ($M_2+S_2+K_1+O_1$) during the flood at the spring	166
Fig. 3-26. Vector diagram of the maximum tidal current of ($M_2+S_2+K_1+O_1$) during flood at the spring	167
Fig. 3-27. Location of 7 meteorological standard stations	170
Fig. 3-28. Location of 3 meteorological station	171
Fig. 3-29. Station map of Gaduk-do	172
Fig. 3-30. Monthly mean principal wind speed and direction at coastal areas	176
Fig. 3-31. Monthly mean wind speed and direction	178

Fig. 3-32. Comparison of the wind speed between onshore and offshore	181
Fig. 3-33. Wind speed and standard deviation	182
Fig. 3-34. The mean wind directions and the means of wind direction of 7 coastal areas	185
Fig. 3-35. Spectrum analysis	188
Fig. 3-36. Comparison of the temperature between air and sea surface	196
Fig. 3-37. Distribution of climatological maximum wind speed	197
Fig. 3-38. Distribution of climatological mean wind vector	199
Fig. 3-39. Monthly mean principal wind vector at Gaduk-do	201
Fig. 3-40. Distribution of climatological mean wind vector at Gaduk-do	202
Fig. 3-41. Flow chart of present model	211
Fig. 3-42. Dispersion pattern of released particles	214
(line indicate the observed area)	
Fig. 3-43. Dispersion pattern of released particles	215
(line indicate the observed area)	
Fig. 3-44. Dispersion pattern of released particles	216
(line indicate the observed area)	
Fig. 3-45. Oil trajectory map observed for the Alexandria ship accident	218
Fig. 3-46. Dispersion pattern of released particles	220
Fig. 4-1. 72 hours simulation of the Taeyoung Jasmine spill accident.....	238
Fig. 4-3. Locally-structured environmental sensitivity file	244
Fig. 4-4. Data structure of Environmental sensitivity in Pusan area	245
Fig. 4-5. Data structure of Environmental sensitivity in Ulsan area	246
Fig. 4-6. Data structure of Environmental sensitivity in Tongyoung area	247
Fig. 4-7. Windows Menu bar pointing the environmental sensitivity data file	248
Fig. 4-8. Starting screen of the environmental sensitivity file	249

Fig. 4-9. Contents screen of Pusan area environmental sensitivity	249
Fig. 4-10. Contents screen of Ulsan area environmental sensitivity	250
Fig. 4-11. Contents screen of TongYoung area environmental sensitivity	250
Fig. 4-12. Searching screen of the environmental sensitivity file	251
Fig. 4-13. Construction procedure of electronic maps in this study	252
Fig. 4-14. Electronic map of Pusan area with ECOMAP, a simple desktop GIS software	254
Fig. 4-15. Main menu of Windows 95 including oil-spill contingency	260
Fig. 4-16. Role of interface program between a numerical model and an application information system	262
Fig. 4-17. Screen of interface program for the oil-spill trajectory model	263
Fig. 4-18. Selection of a model result in ECOMAP	265
Fig. 4-19. Model menu items of ECOMAP	265
Fig. 4-20. Display option dialog box	266
Fig. 4-21. Screen showing emergency calling list	267
Fig. 4-22. List editing dialog box	268
Fig. 4-23. Setup dialog box of caller's phone number and modem port number	269
Fig. 4-24. Mobile oil-spill contingency planning system on a laptop computer	270

제 1 장
서 론



제 1 장 서 론

해상 유출사고가 발생했을 때 가장 효과적인(effective) 방제활동을 수행했는지를 판단하는 기준은 방제행위를 통해 그 목적을 충실히 달성했는가에 있다. 사망자나 부상자가 없이 안전하게 방제를 실시했는지, 더이상의 유출을 사전에 차단했는지, 유출된 물질을 최대한도로 회수했는지, 유출로 인한 환경피해를 최소화했는지, 언론이나 민간에게 방제작업이 효과적이었다는 인식을 주었는지 등이 방제작업의 효과를 결정하는 요인이라고 할 수 있다.

한편, 방제작업의 효율(efficiency)은 효과(effectiveness)와는 전혀 다른 개념이다. 방제작업의 효율이란 해야할 일을 적절한 자원을 이용하여 얼마나 올바르게 했는가를 문제 삼는 것이다. 즉, 유출상황에 적절한 장비를 선택했으며 적절한 양을 사용했는지, 가용한 장비를 이용하여 최대의 결과를 얻었는지, 유출량이나 환경에 미칠 영향에 비례하여 방제 노력을 기울였는지, 피해를 줄이기 위해 사용한 비용이 실제 발생했을지도 모를 자원피해보다 적은지 등이 방제작업의 효율을 판단하는 기준이 된다(Gilbert, 1983).

오염물질의 유출사고에 대비한 체계적인 대응체제를 갖추는 일은 이와 같이 방제작업의 효과와 효율을 극대화하는 일이라고 할 수 있다. 현장의 방제책임자나 참모, 그리고 유출사고 과학지원관들은 사고가 발생하면 즉시 유출물과 유출원에 관한 정보를 수집하고 유출상황과 환경에 미칠 영향을 예측하여 과학적인 근거하에 신속하고 정확한 방제명령을 하달해야 한다. 동시에 방제인력과 장비 선박 등 가용한 자원을 사고지역에 신속히 투입하고 이를 효율적으로 운용할 수 있는 체제를 갖추어야만 한다.

유출물질의 확산예측, 과학적인 방제방법의 선택, 신속한 방제전략

전술의 수립, 방제 장비와 인력의 배치와 운용, 방제 작업과정의 평가 등 매우 복잡하고 어려운 의사결정의 단계에서 책임자는 가능하면 최대의 정보를 가지고 불확실성을 최소화하면서 가장 최선의 의사결정을 내려야만 한다.

유출 사고 방제 시스템의 개발 목적은 현장에서 활동하는 방제책임자나 과학지원관으로 하여금 실제 오염 상황에서 신속하고 정확한 판단을 내릴 수 있도록 최대의 자료와 최선의 도구를 제공하는데 있다.

본 연구는 G7 선도기술개발과제로서 1단계부터 시작되었으나 중도에 연구팀이 변경된 관계로 1단계 3차년도에 전체 시스템에 대한 시스템 분석이 새로이 수행되었으며, 연구방향과 체제가 대폭 수정되었다. 따라서 본 연차 보고서는 2단계 1차년도 보고서로서 총 4차년도에 해당하지만 실질적으로는 2년차 사업의 결과로 볼 수 있다. 본 연구에서 개발중인 방제 지원 시스템은 아직도 많은 미흡한 점이 있으나 문제점들을 하나씩 보완해 감으로써 우리나라 전해역에 대한 방제 지원 시스템을 조속히 완결해 나가고자 한다. 2단계 1차년도에는 부산-울산 해역으로 구축 범위를 확장하고 유류확산 모델의 개발정도를 높임과 동시에 과학적인 지원도구를 개발하기 위해 노력하였다.

제 2 장

과학적인 해상 유출사고 방제 지원 도구의 개발

제 2 장 과학적인 해상 유출사고 방제 지원 도구의 개발

제 1 절 서 언

해상 유출사고 긴급 방제지원시스템이란 현장의 방제 책임자(On-Scene Coordinator: OSC)나 과학지원관(Scientific Support Coordinator: SSC)이 사고에 사전에 대비하는 과정 혹은 사고가 발생할 경우 현장 방제 과정에서 필요로 하는 한 정보나 판단 지원 도구를 제공하는 전산화된 지원 체제를 말한다. 방제지원시스템에는 확산 예측 모델이나 위험 평가 모델, 피해 예측 모델, 방제 우선순위 결정 모델, 방제전략 판단 모델, 방제선박 운용 모델 등 갖가지 컴퓨터 모델들이 포함되며, 방제에 필요한 모든 데이터베이스와 사고 지역의 특성을 수록한 지리정보시스템(GIS)이 연결되어 사용자가 손쉽게 사용할 수 있어야 한다(Krogh, 1984).

방제지원시스템에 포함된 각종 의사결정 지원 도구를 공구(tool)에 비유한다면 해상 유출사고 긴급 방제지원시스템을 만드는 것은 방제 책임자나 과학지원관이 사고 현장에서 편리하게 사용할 수 있는 일종의 공구함(tool box)을 만드는 것에 비유할 수 있다.

방제지원시스템의 미래 모습은 현재보다 더 통합된 다양한 기능을 가진 시스템으로 나타날 것으로 전망되고 있다. 본 연구에서는 장기적인 안목에서 세계적인 이러한 개발 추세에 부합하며 우리나라의 방제체제에 적합하고 현장에서 직접 사용할 수 있는 지원 체제를 개발하고자 하였다. 본 절에서는 유출유 확산 모델 결과의 표준화를 통해 보다 의사결정에

도움을 줄 수 있는 모델을 개발할 수 있도록 준비하였으며, 새로운 유출유 풍화 모델을 개발하기 위해 에멀전 생성기작에 대한 이론적인 연구를 수행하였다. 본 절에서는 과학적인 방제 지원 도구의 하나인 해안 방어 전략 수립을 위한 planner를 개발하고, 환경민감도 지도를 표준화하여 자료의 수집에서 입력까지의 전 과정을 보다 체계적으로 정립하고자 하였다. 본 절에서는 또한 사고명령체계를 도입하기 위하여 각종 양식을 새로이 설계하고 업무 흐름을 개선하기 위한 준비 작업을 실시하였다.

제 2 절. 유출유 확산 모델 결과의 사용에 관한 표준화

1. 유출유 확산 모델의 사용 전략

해상 유출유 확산 예측은 과학적인 방제 지원 과정에 있어서 가장 핵심적인 부분이라고 할 수 있다. 유출유 확산 예측 모델은 사고 현장에서 기름이 확산되는 자연 현상을 시뮬레이션 함으로써 진로를 사전에 예측하려는 목적으로 사용된다. 그러나 우리는 아직도 유출유의 풍화과정과 해양에서의 물리현상을 정확히 이해하고 있지 못한 상태이기 때문에 실지로 현장에 일어나는 현상을 모델에서 완전하게 재현할 수 없는 한계점을 가지고 있다. 또한, 유출유 확산 예측 모델은 급박한 사고 상황에서 운용되므로 충분하고 정확한 자료를 입력할 수 없으므로 그 정확도가 항상 문제가 된다.

해상 유출유 확산 진로 예측을 하는데 있어서 명심해야 할 점은 게임 이론에 비유해 본다면 모델의 결과가 '최대의 승리(maximum win)'를 목표로 해서는 안되며, '최소의 후회(minimum regret)'를 목표로 삼아야 한

다는 것이다(Galt, 1995). 일반적으로 모든 게임에 참여하는 사람은 두 가지 전략 중의 하나를 따르게 마련이다. 자신이 가지고 있는 정보를 이용하여 최대의 승리를 추구하는 진보적인 사람이 있는가 하면, 같은 정보를 가지고도 최소로 후회할 결과를 얻기 위해 보다 보수적인 결정을 내리는 사람이 있다. 만약 1달러를 소유한 사람이 돈을 많이 따서 부자가 되기를 원한다면 도박장에서 최대의 승리를 추구하는 것이 당연한 전략이 될 것이다. 그러나 연금을 가지고 도박을 한다면 완전히 돈을 잃게 될 경우의 상황을 고려하여 안전하게 가장 후회하지 않을 선택을 하는 전략을 사용하게 될 것이다.

해상 유출유 방제에 있어서는 유출 상황이나 향후 변화하는 기상 등 미래에 대한 불확실성 때문에 최대의 승리보다는 최소의 후회를 전략으로 삼는 것이 바람직하다. 왜냐하면 우리는 기름의 위협을 받고 있는 장소에 막대한 자원을 가지고 있으므로 이러한 자원을 지키기 위해 가장 후회하지 않을 의사결정을 해야 하는 것이다. 최대의 승리를 추구하는 전략을 사용한다면 모델의 운영자는 바람, 해류, 조류, 오염 상황 등의 정보를 수집할 때 가장 정확한 추정치를 수집해야 하고, 그 결과는 실제 상황과 가장 잘 부합되는 최선의 예측치를 제공하는 것(give it the best shot)이 되어야 할 것이다. 사실상 기름 확산 모델을 개발하는 연구자나 자동화된 의사결정 지원 시스템을 개발하는 사람들이 모두 바라는 시스템도 가장 정확한 결과를 산출할 수 있는 시스템이다. 그러나, 최소의 후회를 전략으로 삼을 경우에는 입력 자료에서 여러가지 예측되는 오차를 조사하기 위하여 어떠한 분석 결과도 사용할 수 있으며, 기름을 이동시키는 여러 가지 요인들중 가장 그렇듯 하고 대안이 될 수 있는 시나리오도 사용해 볼

수 있다. 이러한 전략으로부터 나오는 예측치는 혹시 중요한 위협이 될 수 있는 다른 가능성에까지 예측을 해야만 하는 것이다. 한가지 비유로 머리 위에 사과를 얹어 놓고 활을 쏘아 사과를 맞추는 게임을 해 보자. 만약 사과를 맞출 경우 많은 돈을 준다고 하더라도, 만약 화살에 사람이 맞을 경우 그 사람은 죽거나 큰 부상을 입게 될 것이므로 화살을 쏘기 전에 혹시 사과를 맞추지 못하고 사람을 맞추게 될 가능성에 대한 시나리오를 검증해 보아야 하는 것이다. 따라서 유출 확산 모델링의 이러한 특성은 시뮬레이션을 통해 가장 정확한 결과를 산출하는 것을 목적으로 하는 해양공학자들의 접근 방식과 근본적인 차이를 가지고 있다고 할 수 있다.

2. 유출유 확산 모델의 대체 시나리오 개발

유출유 확산 모델을 개발함에 있어 표준화된 사용지침을 만드는 것은 매우 중요한 부분이다. 유류확산모델이 어떻게 적용되느냐에 따라 특정한 유류확산모델의 결과는 크게 달라질 수 있기 때문이다. 유류확산모델을 적용할 때 있어서 방제 계획 수립용, 사고시 방제용, 피해 추정용의 각각에 있어서 서로 다른 전략과 서로 다른 입력 데이터를 사용하게 된다.

유출유 확산 모델은 일정 수의 입자를 바람, 해류의 벡터장내에서 움직이게 하고 random vector의 요소가 여기에 합쳐진다. 기름 입자는 풍화 과정을 고려하여 개수가 조절되지만 결국에는 미래의 어떤 시간의 공간적인 분포로 결과를 산출하게 된다. 기름 입자의 분포는 기름의 위치와 양을 나타내므로 1 km^2 당 기름 입자의 수는 1 km^2 당 톤수에 비례할 것이다. 그러나 이러한 계산은 게임 이론에 의하면 최대 승리를 추구하는 전략이다. 이러한 계산은 모델의 정확도에 대해서는 아무 것도 말해 주지

않는다. 또 하나의 문제는 서로 다른 유출유 확산 모델을 동일한 장소에서 동일한 자료를 입력하여 계산한다고 하더라도 똑같은 결과가 나오지 않으며, 그 차이는 모델에서 사용하고 있는 기본적인 가정의 차이 속에 숨겨져 있는 것이다.

결정론적 모델의 이러한 문제점들을 극복하기 위해 시도된 첫 번째 방법은 바람이나 해류의 벡터가 결정론적인 값이 아니라 각 방향으로 어떤 속도로 움직일 확률로서 입력하는 것이다. 각 Lagrangian Element (LE)는 각 방향으로 갈 확률과 그 방향으로 갈 때 속도의 확률에 따라 움직이게 된다. 이러한 벡터장에 의해 계산된 LE는 어떤 장소에서의 기름의 농도를 나타내는 것이 아니라 LE가 그 장소에 갈 확률을 의미하게 된다(NOAA, 1996). 지난 수십년 동안의 바람자료를 통해 어떤 지역에서 그 달에 불 바람의 방향과 속도에 관한 통계 자료를 만들어 낸 후 그 자료를 입력한다면 결정론적인 벡터장과는 다른 통계적인 의미를 지닌 진로를 예측할 수 있게 된다.

최소의 후회라는 전략을 실현하는 또다른 방법으로는 해류, 바람 등 각 벡터에 오차의 개념을 도입하는 것이다. 조석모델에 의해 만들어진 조류의 방향과 속도도 오차를 가지고 있으며, 기상 예보 자료도 완전히 정확한 값이 아니라 오차 범위를 갖는 수치이다. 따라서 각 벡터에 오차 범위를 감안하여 모델을 수행시키면 LE가 존재할 수 있는 범위에 있어서도 확률적인 불확실성을 개입시킬 수 있다. 기름의 분포도에 95% 신뢰구간의 범위를 나타냄으로써 방제책임자는 결정론적인 모델의 진로 예측 결과가 갖는 불확실성을 어느 정도 극복할 수 있게 된다. 물론 방제책임자는 확률적으로 기름이 도달할 수 있는 넓은 지역에 대해 방어할 계획을

수립해야 하므로 방제 비용이 많이 들겠지만 방제 결정을 내리는데 있어서 도움을 주게 된다.

기술적으로 최소의 후회를 추구하는 전략을 지원하는 것은 아니지만 대형 사고에 대비하여 환경민감지역에 미치는 영향을 분석하기 위하여 receptor mode로 모델을 수행시킬 수도 있다(Gilbert, 1983). receptor 형태의 모델에서는 기름이 도달한 장소에서부터 모델을 거꾸로 수행시켜 기름이 어디에서 왔는지에 대한 확률을 계산한다. 이 방법은 해역의 위험분석이나 긴급계획 수립 등과 같이 사전계획 수립 분야에서 더 큰 효용가치가 있다(Watabayashi, personal communication).

3. 유출유 확산 모델 결과의 분석 방법

기존에 개발되어 있는 대부분의 유출유 확산 모델에서는 모델의 수행 결과를 손쉽게 볼 수 있도록 LE의 분포를 그래픽 화면상에 도시하도록 하고 있는데, LE들이 겹쳐서 도시되기 때문에 유막의 두께나 양에 대한 정보를 직접적으로 얻기가 어렵다(Fig 2-1). 사용자가 원하는 정보는 유막이 두꺼운 곳과 얇은 곳에 대한 보다 자세한 정보인데, 이러한 정보를 만들어 내기 위해서는 단위 면적당 LE의 숫자를 세어 기름의 양을 추정하는 방법이 전통적으로 가장 많이 사용되어 왔다. 이 밖에도 Lagrangian data를 Eulerian data로 환산하는 여러 가지 방법이 사용되어 왔는데(Galt, 1996), 특히 다각형이나 삼각형을 만들어 입자상의 분포를 면으로 환산하는 기법이 사용되고 있다. 한가지 방법으로 Triangulated Irregular Network(TIN) 루틴을 이용하면 계산을 빠르게 실행시킬 수 있는데(Diggle, 1983), Stanford Graphics나 Harvard Graphics와 같은 그래픽 소

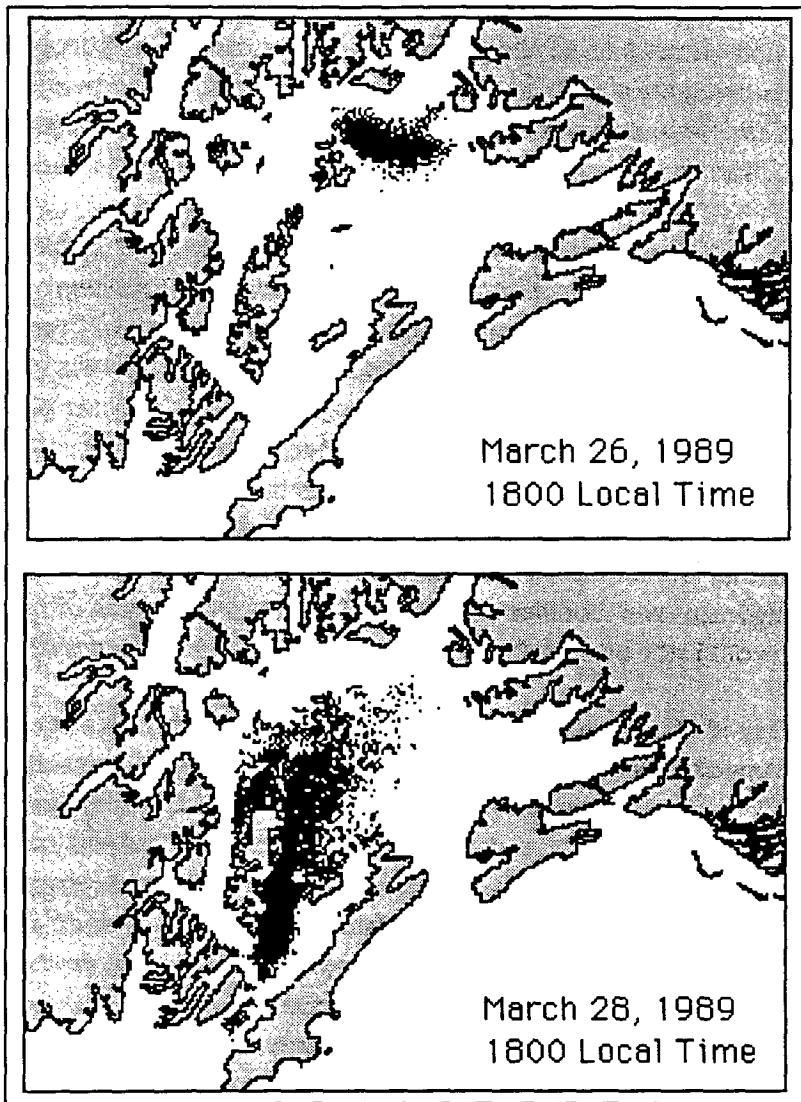


Fig. 2-1. Typical trajectory stepped forward in time.

소프트웨어 라이브러리에도 Delaunay triangulation subroutine들이 들어 있다.

LE의 분포를 변환하여 분포도를 작성하게 되면 이를 단위면적당 기름 농도로 변환할 수 있으나, 경험적으로 볼 때 절대량은 정확도가 크게 떨어지므로 이보다는 두꺼운 유막, 중간 유막, 얇은 유막으로 구분하는 것이 편리하다. NOAA에서는 두꺼운 유막, 중간 유막, 얇은 유막은 직선관계가 아니라 기름 분포의 최대치에서 1%인 곳을 얇은 유막, 4%인 곳을 중간 유막, 16% 이상인 곳을 두꺼운 유막으로 구분하여 등농도선을 그리고 있다(Fig. 2-2, 2-3). 이러한 방법은 유출사고 발생후 시간이 경과하게 되면 기름이 확산되어 절대 농도로 표시하는 방법보다 시각적인 문제가 발생할 수는 있지만 한 장의 진도 예측 도면상에서는 사용자가 유용한 정보를 얻을 수 있다(Fig. 2-4).

유출유 확산진로를 예측한 결과를 도시함에 있어서 일정 시간후 기름의 분포 뿐만 아니라 해안의 위협 수준을 함께 보여줄 수 있다면 해안 방어 전략을 수립하는데 매우 유용할 수 있다. 최소의 후회라는 전략에서 볼 때에도 이와 같은 정보는 무척 중요하다. 예보된 기름 분포에 그 이후 일정 시간 후의 확산 경과에 대해 실시한 분석 결과를 재조합하여 연안에 미칠 위험을 함께 표시해 준다면 방제책임자는 향후에 벌어질 오염에 대하여 보다 자세한 정보를 얻을 수 있게 된다.

본 연구에서 1단계부터 개발 중에 있는 유출유 확산 모델은 아직 LE들을 그대로 화면상에 도시하는 수준에 머물고 있어 향후 이와 같은 여러 옵션을 추가하여 방제 의사결정에 도움을 줄 수 있도록 수정 보완되어야 한다. 이를 위해서는 우선 LE의 분포를 면 데이터로 전환하는 알고

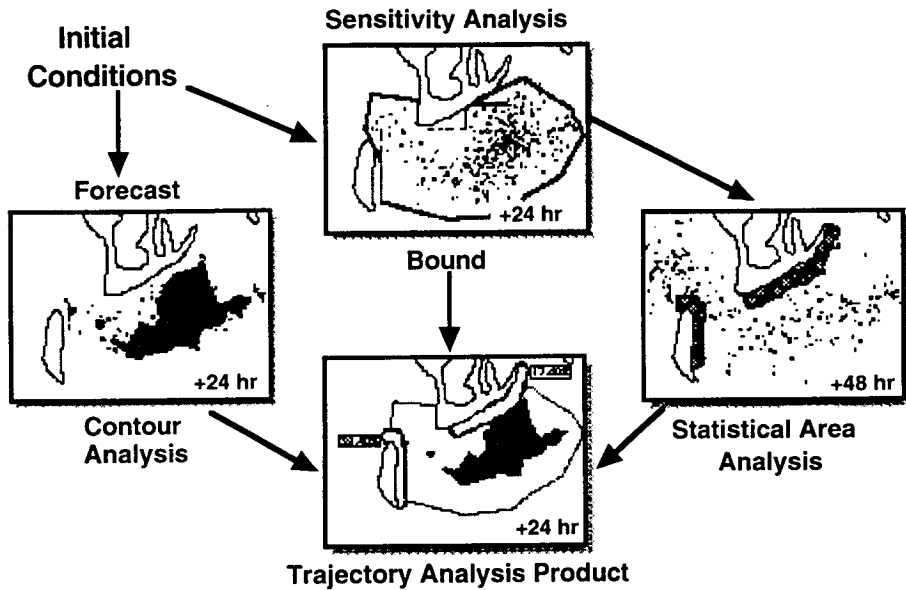


Fig. 2-2. Summary of standard trajectory products.

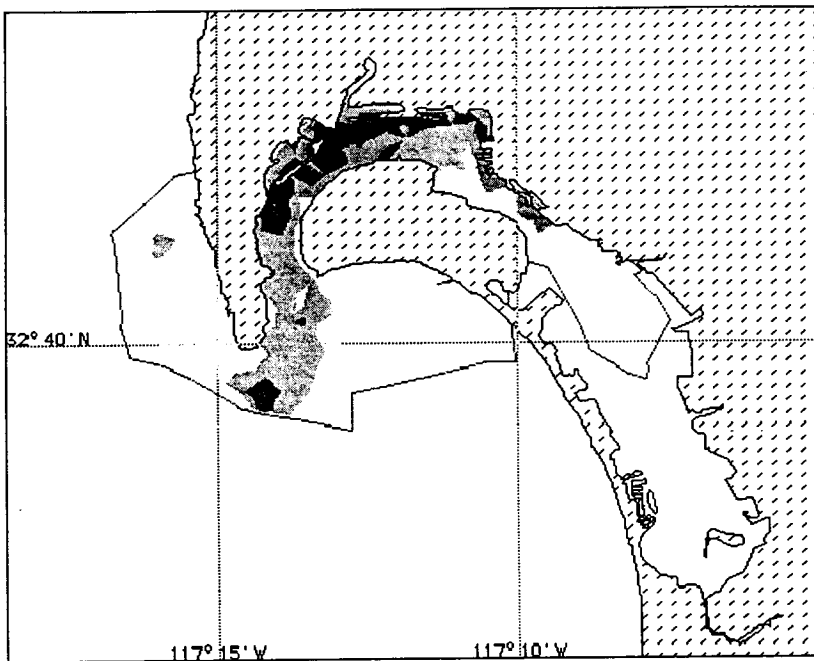


Fig. 2-3. Contours of predicted heavy, medium and light oil concentrations and associated uncertainty bound.

Barge 294 Spill

MASS Trajectory Analysis

Estimate for: 0600, 2/15/96

Prepared: 1315, 2/14/96

NOAA/HAZMAT/MASS (206) 526-6317

These estimates are based on the latest available information. Please refer to the trajectory analysis briefing and your Scientific Support Coordinator (SSC) for more complete information. This output shows estimated distributions of heavy, light, and medium concentrations as well as an outer confidence line. The confidence line is based on potential errors in the pollutant transport processes.

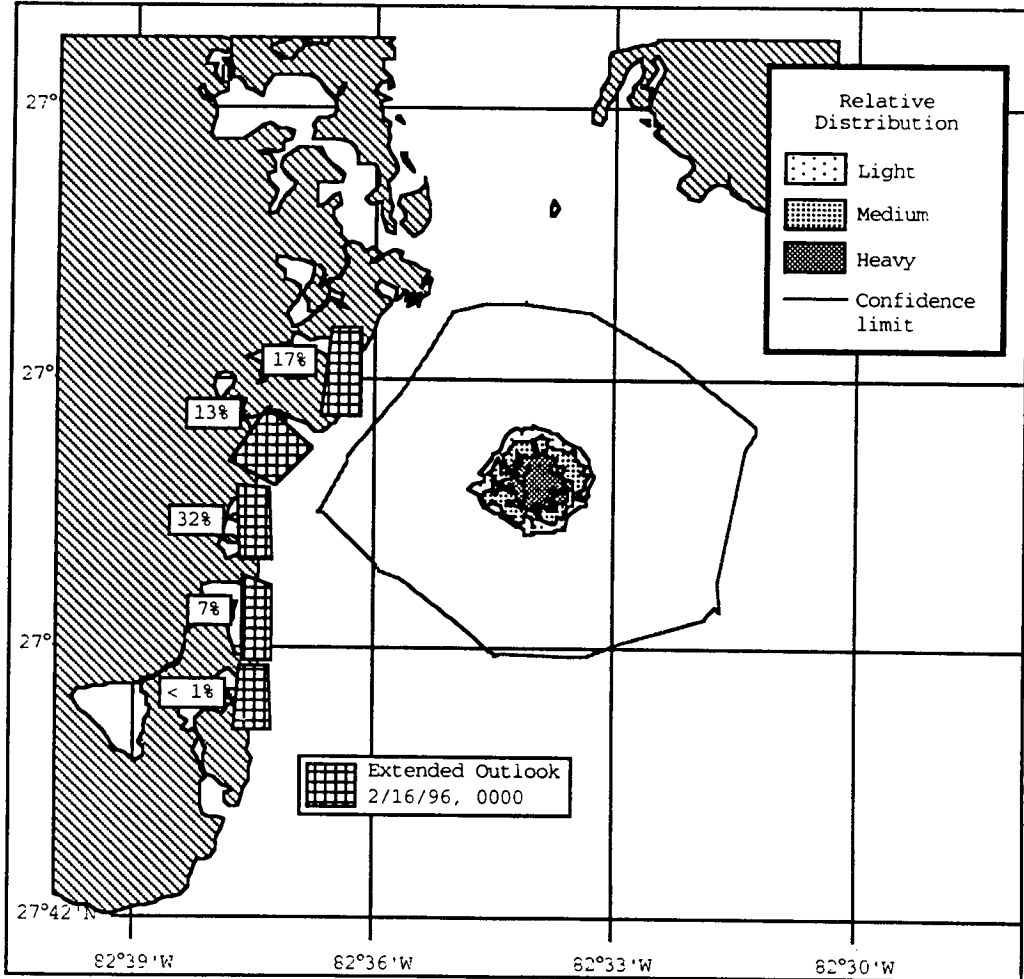


Fig. 2-4. Composite trajectory analysis standard

리즘을 만들어야 하며, 바람 자료나 조석모델 결과의 오차 범위 입력하여 불확실성의 범위를 계산할 수 있는 기능과 receptor mode로 실행시킬 수 있는 기능 등이 추가되어야 할 것이다.

제 3 절. 새로운 수분 함유 기름 에멀전 모델의 개발

1. 유출유 행동양태모델과 진로예측모델

해상의 유출유를 효과적으로 수거하고 처리하기 위해서는 유출후 기름의 정상 변화와 해상에서의 풍화과정을 예측하여 적합한 대처방안을 강구하여야 한다. 유출유는 해상에 유출된 이후 물리·화학·생물학적인 변화과정을 겪게 되므로, 밀도나 점도, 유막의 두께, 부피, 수분 함유량 등이 시간이 경과함에 따라 계속적으로 변하게 된다. 유출유의 처리 방법도 기름의 정상 변화에 따라 달라지게 되는데, 소각, 수거, 분산 등 각 방법의 가능성과 처리 효과를 사전에 검토하여 최선의 방법을 선택하여야 한다 (Mackay, 1980).

유출유 행동 양태 모델은 기름의 해상 풍화과정에 관여하는 모든 각개의 과정들을 정량화하여 기름의 확산과 증발, 분산, 용해, 에멀전 생성 등의 속도를 계산함으로써 유출유의 영향 및 지속 기간 등에 관한 정보를 제공하게 된다. 유출유 행동 양태 모델의 개발에 있어서 수많은 풍화과정들을 어떻게 정량화하고 또한 동시에 일어나는 이런 과정들의 상호작용을 어떻게 예측할 것인가에 근본적인 문제점이 있다. 현재까지 기름의 증발, 분산, 성분 변화, 에멀전 형성 과정 등을 표현하는 수식들은 자연현상을 정확히 재현해 내는데 상당한 한계를 지니고 있을 뿐만 아니라 향후 계속적인 연구 개발이 필요한 상태이다. Fig. 2-5는 현재 NOAA에서 개발중

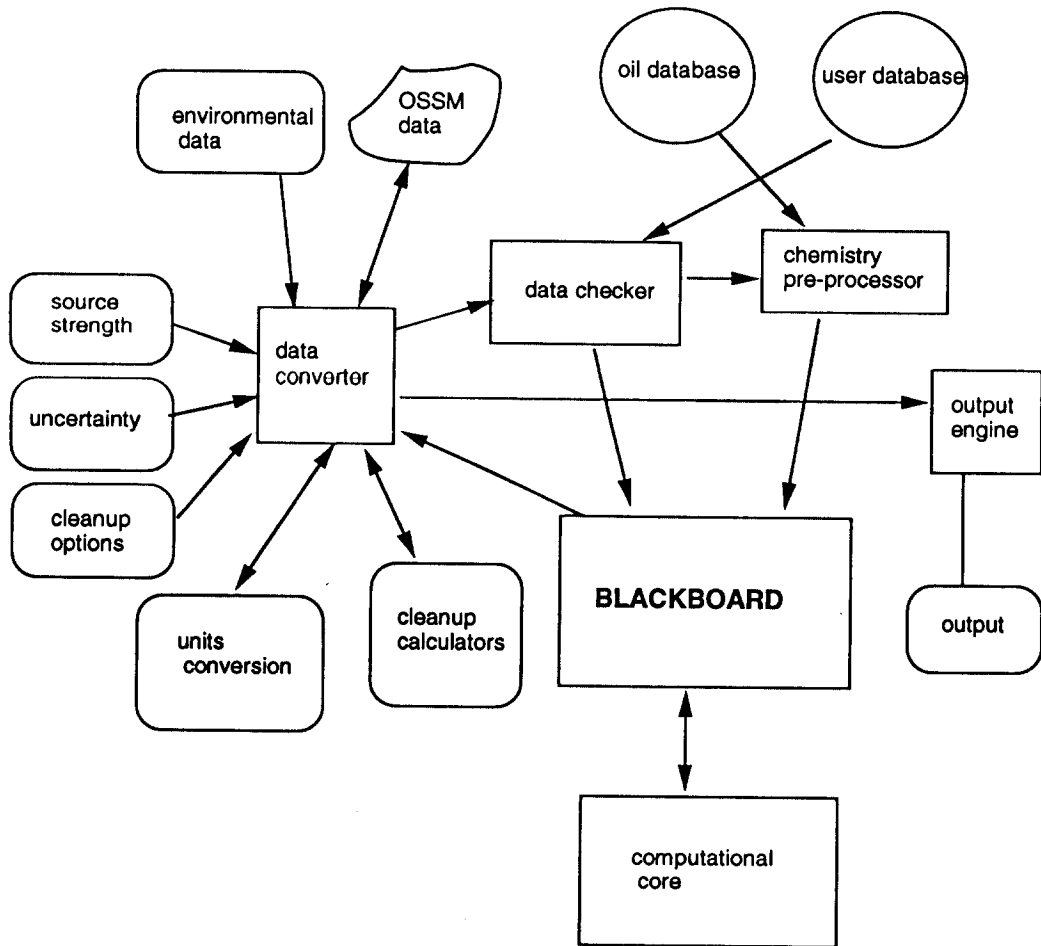


Fig. 2-5. Structure of ADIOS II being developed in NOAA.

에 있는 유출유 풍화 모델인 ADIOS II의 구조를 나타낸 것이다.

궁극적으로 유출유 행동 양태 모델은 특정 지역에서의 기름의 확산 진로 예측에 주안점을 두는 진로 예측 모델(oil spill trajectory model)에 연결되어 통합적으로 개발되는 것이 바람직하지만, 현재의 기술 수준에서는 행동양태 모델의 이론적인 발전에 상당한 여지가 있으므로 별도로 개발되고 있는 실정이다. 따라서 유출유 행동 양태 모델이 자연 현상을 보다 더 정확히 재현할 수 있게 된 이후에 확산 진로 예측 모델에 접합하는 것이 바람직하다(Dr. Lehr, personal communication). 이제까지 개발되어 온 진로 예측 모델에서는 풍화과정을 시뮬레이션하기 위해 몇가지 수식을 이용하여 질량 균형을 맞추는 것에 만족해 왔으나 향후에는 이 두 가지 모델이 하나로 합쳐지게 될 것으로 전망된다. 본 연구에서는 유출유 행동 양태 모델의 개발에 있어서 가장 불확실성이 큰 에멀전 생성 과정에 대한 새로운 예측 모델을 개발하는데 주력함으로써 세계적인 추세에 부응하고 행동 양태 모델의 개발에 기여하는 것을 목적으로 삼았다.

2. 기름의 확산과 에멀전의 형성 과정

기름이 해상에 유출된 뒤 퍼져 나가는 과정은 모든 모델에서 Fay의 확장(spreading) 법칙에 관한 가설에 따라 계산하고 있다(Fay and Hoult, 1971). 1 미크론 내지 10 미크론의 두께를 갖는 얇은 유막과 1 mm 내지 1 cm의 두께를 갖는 두꺼운 유막으로 구분하여 표면장력-점성 관계식과 중력-점성 관계식을 사용하여 계산한다. 유막의 초기 면적을 계산하기 위해서는 Fay의 확산식을 사용함에 있어서, 확산 과정은 세 가지 단계로 나뉘는데, 첫 번째 단계는 기름이 단지 중력에 의해 퍼지는 것을 고려하고

있다. Dodge 등(1983)은 이러한 단계를 다음 1)식으로 나타내었다.

$$t_o = \left(\frac{k_2}{k_1} \right)^4 \left(\frac{V_o}{V_w g \Delta} \right)^{1/3} \quad 1)$$

g : 중력 가속도

k_1, k_2 : 상수 ($k_1=1.53, k_2=1.21$)

V_o : 유출량

V_w : 해수의 점도

Δ : 물과 기름간의 상대적인 밀도차

$$\Delta = \frac{\rho_w - \rho_{oil}}{\rho_w}$$

t_o 는 대략적으로 5분 정도이므로 유출사고의 시간개념에서 보면 매우 짧은 시간에 불과하다. 따라서 중력에 의해 기름이 퍼지는 동안 어떠한 풍화과정이 영향을 주지 않는다고 가정이 가능하다. 모델에 있어서 사실상 t_o 는 모델이 시작하는 시간이 된다. 중력에 의한 퍼짐이 끝나는 시점, 즉 풍화가 시작되는 시점에서의 초기 면적 A_o 는 2)식과 같이 표현된다.

$$A_o = \pi \frac{k_2^4}{k_1^2} \left(\frac{V_o^5 g \Delta}{V_w^2} \right)^{1/6} \quad 2)$$

Fay는 t 시간에서의 유막의 면적 A_t 와 Fay의 확산 계수는 3)식으로 나타낼 바 있다.

$$A_t = \pi k_2^2 \left(\frac{V_o g \Delta t^{3/2}}{\sqrt{V_w}} \right)^{1/3} \quad 3)$$

$$D_{\text{Fay}} = \frac{k_2^2}{16} \left(\frac{\Delta g V_0^2}{\sqrt{V_w}} \right) \frac{1}{\sqrt{t}} \quad 4)$$

유막이 퍼지는 두번째 단계는 Ahlstrom이 제시한 표층수의 eddy diffusion에 의한 것인데, Elliot and Hurford(1989)는 염료실험을 통해 시간에 따른 확산 계수를 이용하여 $D_{\text{eddy}} = 0.033t^{0.16}$ 로 나타내었다.

유막이 퍼지는 세 번째 단계는 유막과 해수면에 바람에 의해 가해지는 힘에 의한 것으로서 기름이 퍼져나가는데 장기적으로 가장 중요한 역할을 한다. 불행히도 이 부분은 매우 복잡한 현상이므로 잘 이해되어 있지 못한 상태이다. 대부분의 모델에서는 과거의 유출사고를 통한 관찰을 통해 얻어진 결과에 의거하여 해수면 10m 위에서의 풍속에 대해 약 3%의 속도로 유막이 이동한다고 가정하고 있다. 대개 이러한 이동력의 ⅔는 수표면 파랑의 Stroke drift에 의한 것이다. 그 ⅓은 수표면을 따라서 유막이 이동하여 나타나는 것으로 여겨지고 있다.

수표면의 기름은 파도에 의해 여러 크기의 기름방울(유적)이 되어 수층으로 들어가게 되는데, 큰 유적은 빠르게 표층으로 되돌아오는 반면, 크기가 작은 유적들은 천천히 부상하게 된다. 따라서 천천히 부상하는 기름들은 이동하는 유막의 뒤로 쳐지게 된다(Delvigne and Sweeney, 1988). 이러한 현상의 결과로서 바람이 불어 가는 쪽으로 두꺼운 유막이 형성되고 그 뒤쪽에 얇은 유막이 넓게 따라가는 유성 모양이 나타나게 된다. 이러한 현상은 바람의 영향으로 로그 형태의 속도가 발생하는 3차원적인 기름 이동이 모델로 만들어 진 바 있다(Elliot, Hurford and Penn, 1986). 기름 방울들은 수평, 수직적으로 확산되며 부력에 의해 부상한다. 실제로 수

층에서의 이러한 이동 과정을 풀기 위해서는 풍속에 대해 Ekman 수심을 계산하여 partial differential equation을 매번 계산해야 하나 실질적으로 모델의 정확도에 비해 너무 시간 소모가 크므로 Delvigne이 제시한 breaking wave model 에 의해 분산되는 기름이 도달하는 깊이를 파고의 1.5배로 계산할 수 있다.

콜리오리 힘에 의한 회전을 무시하고 바람에 의해 발생하는 수심별 이동 속도를 풀면 다음 5)식과 같다.

$$v = v_o - \frac{hw}{D_{Ekm}} c_a \ln\left(\frac{\zeta_o - \zeta}{2\zeta_o}\right) \quad 5)$$

$$\text{단, } \zeta = \frac{z}{h}$$

$$\zeta_o = \frac{z_o}{h}$$

$$v = \frac{u}{w}$$

$$c_a = C_D \frac{\rho_a}{\rho_w} = 1.77 \times 10^{-6}$$

$$C_D = 1.4 \times 10^{-3}, \text{ drag coefficient}$$

$$\rho_a = 1.3 \text{ kg/m}^3, \text{ air density}$$

$$D_{Ekm} = 10^{-4} \cdot (w^2 - w) + 10^{-3} (\text{m}^2/\text{sec})$$

유적의 크기는 연속적인 스펙트럼의 양상이지만 NOAA에서 개발중인 행동 양태 모델에서는 수층으로 분산되는 유적의 크기를 크게 세 그룹으로 구분하고 있다(Dr. Lehr, personal communication). 첫째, 유적의 직경을 $900\mu\text{m}$ (즉시 빠르게 부상하는 유적), $300\mu\text{m}$ (중간 속도로 부상하는 유적), $100\mu\text{m}$ (천천히 부상하는 유적)으로 세 가지로 가정하고 각 Lagrangian Element(LE)들이 이 세 가지 중에서 한가지를 선택하게 하고 있다. 유적

의 숫자(N)는 유적의 직경 d로부터 간격 Δd 사이에 다음 6)식과 같이 나타낼 수 있다(Delvigne and Sweeney, 1988).

$$N(d) \approx d^{-2.3(\pm 0.06)} \Delta d \quad 6)$$

이 식으로부터 어떤 유적의 크기를 갖는 기름의 양(M)은 $d^{0.7}$ 에 비례한다고 할 수 있다. 즉, 기름의 양에 있어서의 분포는 유적의 크기에 따라 증가하게 되는 것이다. LE는 기름의 부피와 같으므로 한 개의 LE가 어떤 유적의 크기를 나타낼 확률은 다음 7)식으로 나타낼 수 있다.

$$P_{LE}(d_i) \approx d_i^{0.7} \quad \sum_{i=1}^3 P_{LE}(d_i) = 1 \quad 7)$$

선정된 세가지 크기의 유적이 나타날 확률은 $900\mu\text{m}$ 이 59%, $300\mu\text{m}$ 이 28%, $100\mu\text{m}$ 이 13%로 계산된다.

한 개의 LE가 어떤 시간 단계 동안 분산이 될 것인가 하는 것은 모델에 입력되는 한 개의 파라미터이다. 각 LE가 한 단계의 시간 스텝에서 한 번씩 수층으로 들어가게 하면 파고의 1.5배에 해당하는 깊이까지 최대로 random하게 들어가게 되고, 상승되는 유적의 속도(u_z)는 Stokes law에 의해 8)식과 같이 표현된다.

$$u_z = \frac{d^2 g \Delta}{18 V_w} \quad 8)$$

만약 $\Delta t = h_0 / u_z$ 라고 정의하면(h_0 : 유적의 초기 수심, Δt : spread time step interval), LE의 수평 이동은 Δx_h 를 계산할 수 있다. 만약 $\Delta t_v < \Delta t$ 라면, 즉, 다음번 파도에 의해 다시 수층으로 들어가기 전에 유적이 표층으로 상승할 경우 수평 이동 거리는 9)식과 같이 나타낼 수 있으며, 만약 $\Delta t_v > \Delta t$ 라면, 즉, 다음번 파도에 의해 수층으로 들어가기 전에 유

적이 표층으로 상승하지 못할 경우의 수평 이동 거리는 10)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta t_v < \Delta t, \quad \Delta x_h = \frac{wh}{u_z} \int_{\frac{-h_0}{h}}^{\xi_0} - \frac{hw}{D_{Ekm}} c_a \ln\left(\xi_0 - \frac{\xi}{2\xi_0}\right) d\xi \quad 9)$$

$$\Delta t_v > \Delta t, \quad \Delta x_w = \frac{wh}{u_z} \int_{\frac{-h_0}{h}}^{\xi(\Delta t)} v_0 - \frac{hw}{D_{Ekm}} c_a \ln\left(\frac{\xi_0 - \xi}{2\xi_0}\right) d\xi \quad 10)$$

수분 함유 기름 에멀전(water-in-oil emulsion, 이하 에멀전)의 생성은 이러한 유적의 분포와 이동 거리에 밀접한 관련이 있다. 이제까지 거의 대부분의 유출 확산 모델에서는 에멀전의 생성량을 Makay(1980)이 제시한 실험식과 원유의 점도에 관한 두 개의 식을 그대로 사용하여 왔다. 본 연구에서는 이러한 방법을 포기하고 새로운 에멀전 생성 모델을 개발코자 하였다.

일정 부피의 기름 부피당 계면의 면적(S)이 생성되는 속도식은 11)과 같이 나타내어진다(Eley, Hey, and Symonds, 1988a). 이 식은 계면이 생성되는 속도는 계면의 양과는 무관하고 계면이 사라지는 속도는 계면의 양과 비례하도록 되어 있다. 수분 함량(Y)은 유적의 평균 직경(d)에 의해 계면의 면적과 관련되어 있으므로 12)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{dS}{dt} = k_s - \frac{k_s}{S_{\max}} S \quad 11)$$

$$Y = \frac{Sd}{6 + Sd} \quad 12)$$

이 두 식을 검토해 보면 유막 중의 수분 함량의 변화 속도가 1차 방

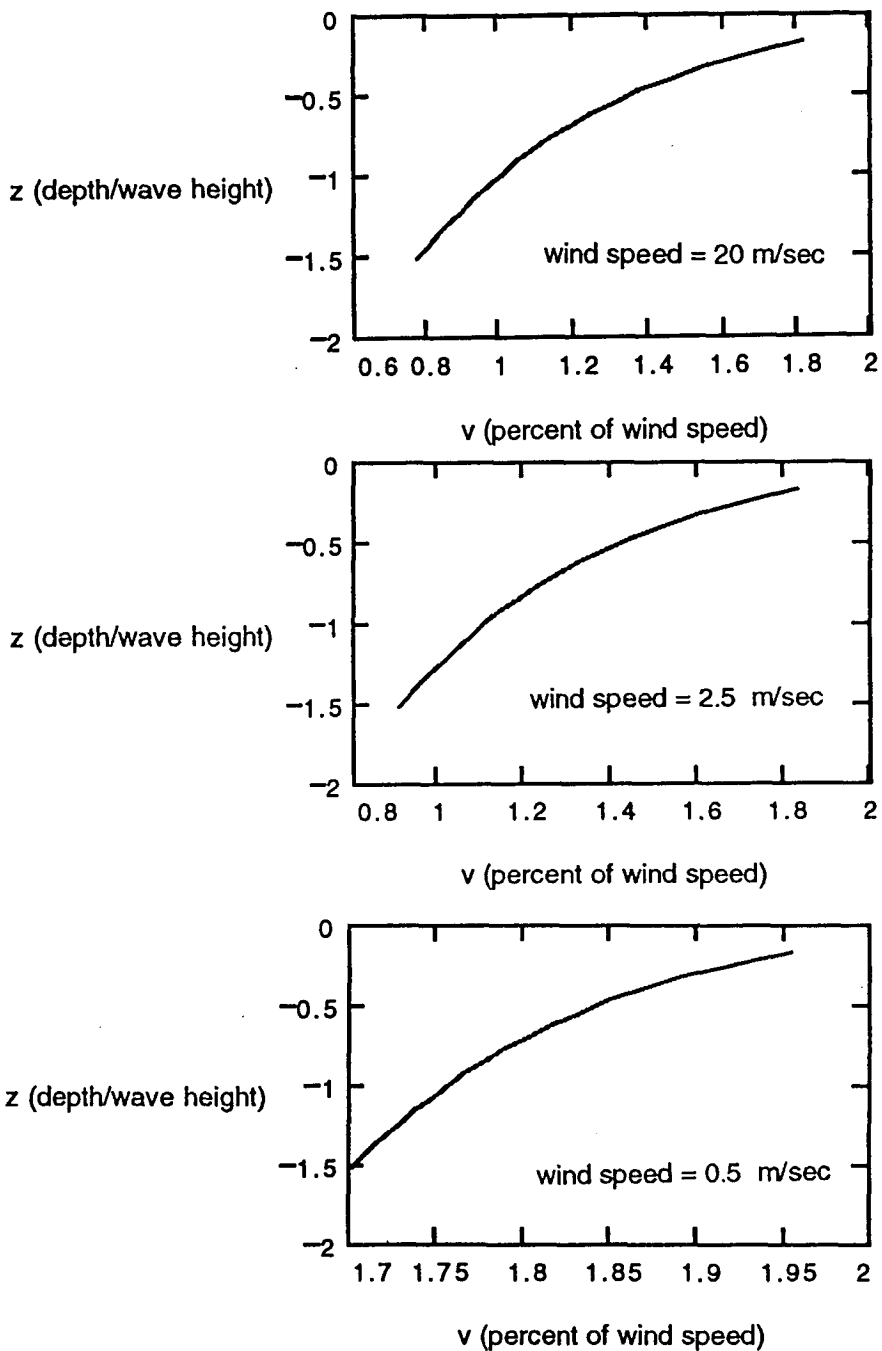


Fig. 2-6. Horizontal drift speed versus depth for different wind speeds

정식을 따르기 위해서는 평균 물방울의 크기가 시간에 따라 증가해야만 한다. 그러나 이는 실제로 에멀전의 생성에 있어서는 맞지 않는 일이다. 한 가지 가정은 기름내의 수분 함량이 최대에 이를 때까지 유막 내에 형성되는 물방울의 크기가 $10\mu\text{m}$ 정도로 크다고 가정하는 것이다. 물론 이러한 가정은 임의적인 것이지만 실험적으로 기름과 물을 혼합한 후 나타나는 물방울의 크기에 근거한 것이다. 기름내의 수분 함량이 최대에 이를 때까지의 기간 동안 물방울의 크기(d_{max})는 $10\mu\text{m}$ 이지만 수분 함량이 최대에 도달한 이후에는 물방울의 직경은 계면의 면적이 증가함에 따라 감소하도록 가정하는 것이다.

유막이 물을 흡수하는 속도를 측정한 실험적인 자료는 매우 제한되어 있는 실정이다. MSRC(1995)는 최근 회전 플라스크법을 이용하여 수분 함량이 최대의 절반에 이르는 데까지 걸리는 시간에 대한 자료를 제공한 바 있다. 여기에서는 유속이 10m/s 일 경우 현장에서 에멀전이 생성되는 속도는 실험실내에서 회전 플라스크법에 의해 측정된 속도의 1/6정도로 관찰되었다. 에멀전이 생성되는 속도가 풍속의 제곱에 비례한다는 가정 하에 초기의 수분 흡수 속도는 다음 13)식과 같이 제시되었다.

$$k_Y = \left(\frac{Y_{\text{max}}}{1200 \cdot t_{0.5}} \right) U^2 \quad 13)$$

그러나 이러한 접근 방식은 Makay의 실험식으로부터 근본적으로 탈피하는 것이 아니라고 판단된다. 새로운 에멀전 생성 모델은 전술한 수증기 분산 과정과 계면에서의 수분 흡수 과정이 접합된 형태의 모델이어야 한다. 여기에서 고려해야 할 사항은 공급되는 파도 에너지에 따른 각 유적

의 수중에서의 이동 거리, 유적의 크기 분포, 해수와 접촉하는 유적의 표면적 분포, 에멀전 생성에 의한 유막의 점도 증가와 유적의 크기 분포 변화 등을 고려하여 이를 수식화하는 것이다. 물론 기름별로 최대 수분함량이 차이가 있으며 풍화과정이 진행됨에 따라 에멀전이 형성되기 때문에 offset time을 설정하는 등의 문제, 수분 함량과 점도간의 thixatropic한 관계에 관한 정량화 등이 문제가 된다. 새로운 에멀전 모델을 개발하기 위해서 해결해야 할 부분은 첫째, 각 유적이 이동하는 수직·수평거리를 정량화하기 위해 분산되는 유적의 크기 분포와 수층 내의 도달 거리를 계산하는 것이다. 파도에 의해 수층으로 유입되는 유적은 크기가 작을수록 부력을 적게 받으므로 수층 깊이 들어가게 되므로 이동 거리가 큰 반면, 큰 유적들은 수층으로 들어가는 거리가 짧고 체류 시간도 짧다. 그러나 동일한 부피의 기름일 경우에도 작은 유적들이 생성되면 표면적이 크게 증가하므로 물과의 접촉면이 넓어져 에멀전 생성 속도가 빨라진다. 그러나 에멀전 내의 수분함량이 증가함에 따라 점도가 증가하여 유적의 분포가 변화하게 되므로 동일한 에너지를 공급할 경우 시간에 따라 에멀전 생성 속도는 감소하게 될 것이다. 이러한 여러 가지 문제를 더욱 복잡하게 하는 것은 채 표층으로 재부유하지 못한 유적들의 재침강 운동으로 지속적인 계면간의 접촉이 일어날 수 있다는 점이다. 본 연구에서는 에멀전 형성의 여러 가지 복잡한 과정들을 고려하는 모델의 개발을 계속할 예정이며 수조에서의 실험과 기름의 성분, 기름 풍화, 수분 함량의 변화를 수식화하기 위한 연구를 진행할 예정이다.

제 4 절. 해안 정화 작업 계획의 지원

1. 해안의 오염 평가

해상에 기름이 유출되었을 때 방제책임자는 해안의 자원을 보호하기 위해 방제 조치를 취하기 전에 위험에 처해 있거나 이미 오염된 주변 해안에 대해 사전에 평가 작업을 실시하게 된다. 이러한 조치의 목적은 1) 해안 정화 작업의 필요성을 평가하고, 2) 가장 적합한 해안 정화 방법을 선택하며, 3) 해안 방어 및 정화 우선순위를 결정하고, 4) 해안에 표착된 기름의 분포 상황을 기록하며, 5) 조간대와 조하대에 미치는 기름의 영향을 체계적으로 조사하기 위한 것이다. 미국의 경우 소형 유출사고의 경우 1개팀의 평가 전문가들이 동원되고, 중대형 사고의 경우 3개팀 이상의 평가 전문가들이 동원되어 방제 책임자를 지원하고 있다(NOAA, 1992).

유출사고 발생시 방제책임자를 지원하는 해안 평가작업은 크게 세 개의 집단에서 수행하게 되는데 1) 해안 평가단(shoreline assessment group), 2) 해안 작업 검토단(shoreline product review group), 3) 기술 자문단 (technical advisory group)이 각각 일련의 평가 작업을 수행한다 (Table 2-1, Fig. 2-7).

해안 평가를 실시하기 위해서는 우선 해안의 종류를 구분할 필요가 있다. 해안을 분류하는 기준은 환경민감도 지도의 개발을 위해 기름이 미치는 영향 수준에 따라 Table 2-2와 같이 10단계로 구분하고 있는 기준을 따르게 된다(NOAA, 1992).

Table 2-1. Role of shoreline evaluation groups

구 분	해안 평가단	해안평가작업 검토단	기술 자문단
목 적	<ul style="list-style-type: none"> - 해안 오염 지역 조사 - 해안 오염도 조사 - 정화방법의 효과평가 	<ul style="list-style-type: none"> - 해안평가단이 제출한 자료의 보장 - 데이터베이스의 QA 	<ul style="list-style-type: none"> - 방제책임자에게 해안 정화 우선순위와 방제방법 자문
구성원	1개 팀당 3-4명의 훈련된 조사인력	방제책임자, 해경 담당자, 시도의 관련 공무원, Database 관리자	- 해상 유출사고 과학 지원관
결과물	해안의 기름오염 현황을 보여주는 스케치, 사진, 해안 조사평가 자료	가공된 현장 조사 자료, 지도/컴퓨터에 입력된 통계적인 조사 자료, 데이터베이스	정화작업 방법에 관한 승인, 승인된 방법의 효과에 관한 현장의 해안 평가단의 조사 결과 입수/재평가

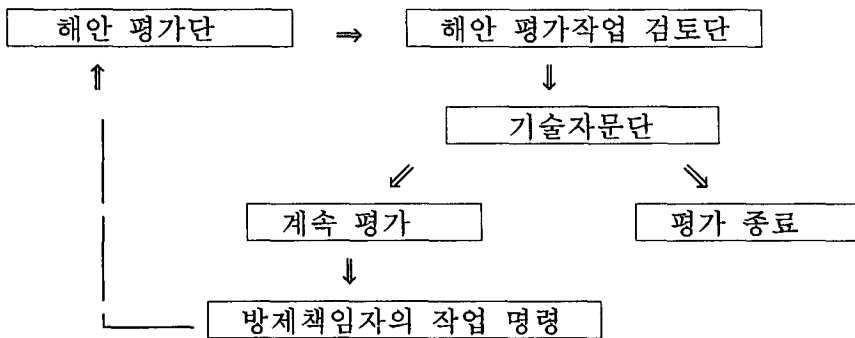


Fig. 2-7. Decision-making process of shoreline evaluation

Table 2-2. ESI rank of shoreline types in temperate regions

ESI Rank	shoreline types
1a	exposed wave-cut cliffs
1b	seawalls and piers
2	exposed wave-cut platforms
3	fine-grained sand beaches
4	coarse-grained sand beaches
5	mixed sand and gravel/shell beaches
6	gravel beaches and riprap structures
7	exposed tidal flats
8	sheltered rocky shores
9	sheltered tidal flats
10a	gringing and extensive salt marches
10b	mangroves

Table 2-3. Surface oil cover matrix

오염폭 기름 분포상황	기름오염지역의 폭			
	넓다 (> 6 m)	보통 (3-6 m)	좁다 (0.5 - 3 m)	아주 좁다 (< 0.5 m)
진해안 오염 91-100%	★★★★	★★★★	★★★	★★
부분 오염 51-90%	★★★★	★★★★	★★	★★
국부적 오염 11-50%	★★★	★★★	★★	★
간헐적 오염 1-10%	★★	★★	★	★
미량 오염 < 1%	★	★	★	★

- 참고) ★★★★★: 기름으로 덮힌 해안오염정도 아주 심함
 ★★★★★: 기름으로 덮힌 해안오염정도가 상당히 오염
 ★★★: 기름으로 덮힌 해안오염정도가 미약함
 ★: 기름으로 덮힌 해안오염정도가 아주 미약함

Table 2-4. Shoreline oil terminology

종류	평가용어	등급	설명
해안의 경사도	평탄	1	경사가 30도 미만
	급함	2	경사가 31-60도
	아주 급함	3	경사가 61-90도
	직벽	4	수직 혹은 수직에 가까움
기름오염지역의 폭	넓다	1	> 6 m
	보통	2	3 - 6 m
	좁다	3	0.5 - 3 m
	아주좁다	4	< 0.5 m
기름 분포	전해안 오염	1	91 - 100 %
	부분 오염	2	51 - 90 %
	국부적 오염	3	11 - 50 %
	간헐적 오염	4	1 - 10%
	미량 오염	5	< 1%
기름의 두께	기름 풀	1	> 1 cm
	기름이 덮임	2	0.1 - 1 cm
	기름 막	3	< 0.1 cm, 손톱으로 긁을 정도
	기름이 묻음	4	육안으로 보임
	얇은 기름막	5	투명, 반짝이는 막, 무지개 빛
기름의 형태	풍화되지 않은 기름	1	풍화되지 않은 기름, 액상
	무스	2	수분포함 기름 에멀전
	타르볼	3	직경 < 10 cm 이하 덩어리
	기름 덩어리	4	직경 > 10 cm 이상 덩어리
	타르	5	고체 형태의 풍화된 타르 덩어리
	기름층	6	달라붙지 않고 기름에 범벅이 된 퇴적물, 단단하지 않은 아스팔트
	아스팔트막	7	아스팔트 포장된 형태
	기름 없음	8	기름이 보이지 않음
	쓰레기	9	각종 쓰레기

Table 2-4(continued). Shoreline oil terminology

종 류	평가용어	등급	설명
침투한 기름	아스팔트 층	1	저층에 달라붙는 아스팔트 층
	다량 침투	2	기공 속에 기름이 가득 참
	부분 침투	3	기공 속에 일부 기름 참
	잔류 기름	4	기공에는 기름이 보이지 않고 퇴적물 자체에 기름이 코팅된 상태
	기름 막	5	퇴적물에 얇은 기름 층
	미량 기름	6	불연속 기름층, 점모양 기름, 기름 냄새, 점착성
	기름 없음	7	기름의 흔적이 없음
해안의 영역 구분	조간대 최상부	1	조간대 최상부 지역
	상부 조간대	2	상부 조간대 지역
	중부 조간대	3	중부 조간대 지역
	하부 조간대	4	조하대
퇴적물 형태	모암	R	기반암(Bedrock)
	바위	B	직경 > 256 mm (Boulder)
	왕자갈	C	64 - 256 mm (Cobble)
	자갈	P	4 - 64 mm (Pebble)
	왕모래	G	2 - 4 mm (Granule)
	모래	S	0.06 - 2 mm (Sand)
	진흙	M	< 0.06 mm (Mud)
	사석	AR	사람이 만든 침투성 잡석
	방파제	AW	방파제
	파일	AP	사람이 만든 파일, 말뚝
기름막의 색깔	갈색	B	Brown
	무지개 빛	R	Rainbow
	은색	S	Sliver
	기름 없음	N	None

1	G	Segment Name: _____	Survey _____	Survey _____ (use military time)
	E	Segment ID: _____	Date: _____	Time: _____ to _____
	N	Surveyed From: Foot / Boat / Helicopter		Weather: Sun / Clouds / Fog / Rain / Snow

2	T	Team No. _____	Operations: _____
	E	OG: _____	State: _____ for: _____
	A	ECO: _____	Federal: _____ for: _____
	M	ARCH: _____	Land Manager: _____ for: _____

3	S	Overall Classification for UITZ—select one	Sediment Beach:	Sediment Flat:
	H	Bedrock: Cliff ___ Platform ___	Boulder-Cobble ___ Sand ___	Boulder-Cobble ___ Sand ___
	O	Manmade: Permeable ___ Impermeable ___	Pebble-Cobble ___	Pebble-Cobble ___
	R	Marsh/Wetlands	Sand-Gravel ___	Sand-Gravel ___
	E	Secondary Shore Type: _____	Backshore Type: _____	

4	L	Geomorphology
	A	Slope: Low ___ % Med. ___ % High ___ % Vert. ___ Wave Exposure: Low / Medium / High
	N	Estimated Segment Length: _____ m Total Estimated Length Surveyed: _____
	D	Access Restrictions: _____

5	O	Oil Category Width: _____	Total Pavement: _____ sq.m by _____ cm
	I	Wide ___ m Very Narrow _____ m	Patties/Tarballs _____ bags Oiled Debris? Yes/No
	L	Medium ___ m No Oil _____ m	Debris/Amount: Logs _____ Vegetation _____
	N	Narrow ___ m Unsurveyed _____ m	Trash _____ Other _____

6	S U O R C F A C E O I L	L O A R E A L E N G T H W I D T H m m	Z O N E S U U I M L I	D I S T R I B U T I O N P E R C E N T	S U R F A C E O I L														S H O R E L I N E S E D I M E N T T Y P E
					T H I C K N E S S							T Y P E							
					PO	CV	CT	ST	FL	FR	MS	TB	PT	TC	SR	AP	ND		

Distribution (DIST): C = 100-91%; B = 90-51%; P = 50-11%; S = 10-1%; T = <1% Photo Roll # _____ Frames _____

7	S U B S U R F A C E	O I L	T R E N C H E S				T R E N C H D E P T H	O I L E D	S U B S U R F A C E				W A T E R		S U R F A C E		C L E A N B E L O W Y /
			SU	UI	MI	LI	cm	cm-cm	O I L C H A R A C T E R				T A B L E	S H E E N	S U B S U R F A C E	B E L O W	
			OP	PP	OR	CF	TR	NO	cm	C O L O R	S E D I M E N T S	Y /					

Sheen Color: B = Brown R = Rainbow S = Silver N = None

8	COMMENTS
---	----------

Table 2-5. Shoreline survey evaluation form used in USA

Segment Name OYSTERCATCHER BAY, CAL.
 Segment No. CN-12
 Date 30 October 1991
 Names (OG) Y. B. Hadley

Checklist

- ✓ North Arrow
- ✓ Scale
- ✓ Oil Distribution
- ✓ High Tide Line
- ✓ Low Tide Line
- ✓ Substrate Types
- ✓ Trench Locations

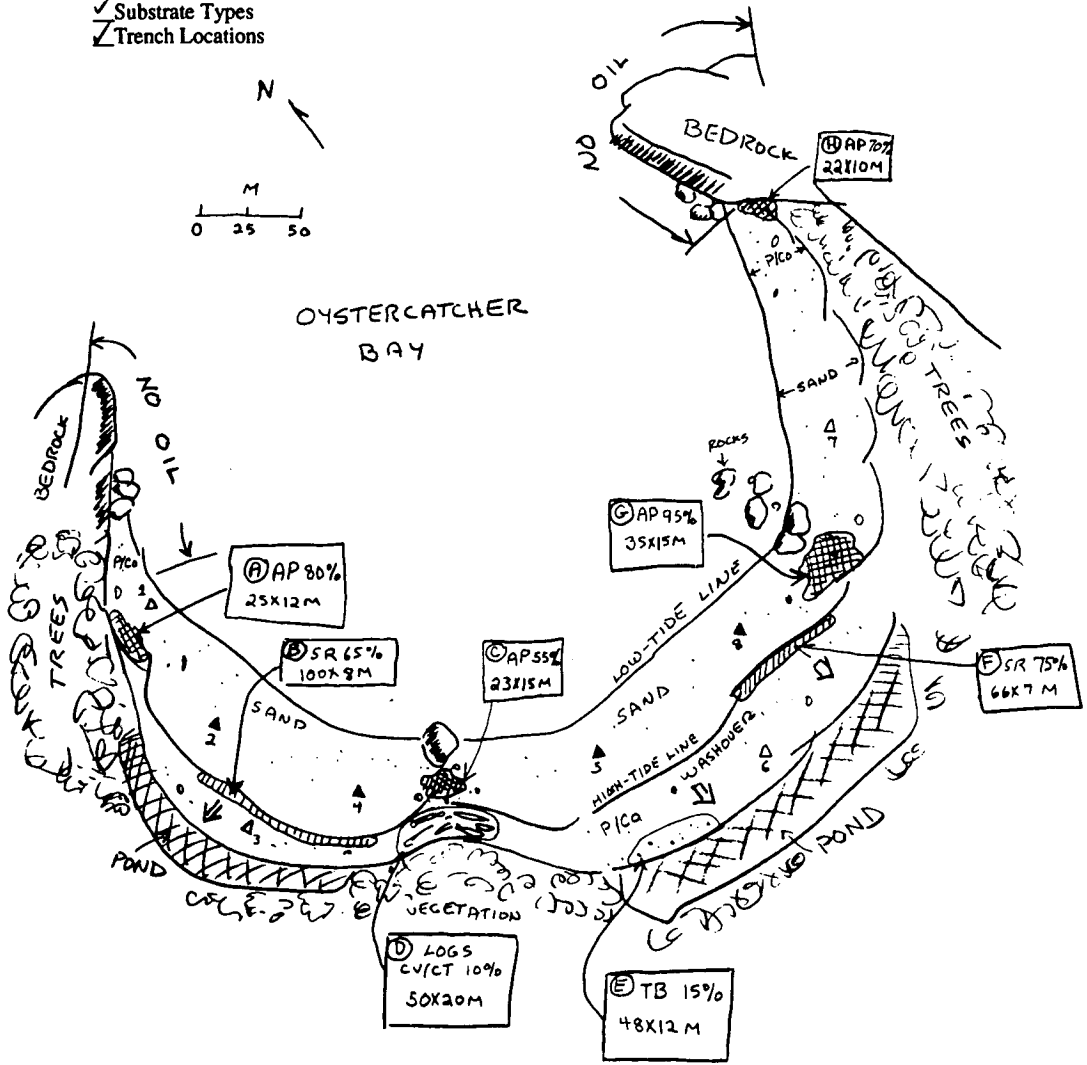


Fig. 2-8. Example of sketch map used in shoreline survey

Table 2-7. Shoreline countermeasure matrix

해안 정화방법	해안 형태									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1) 아무 조치도 취하지 않음										
2) 수작업에 의한 청소										
3) 흡착재를 이용한 제거										
4) 기름 덩어리 제거										
5) 도랑 파기										
6) 퇴적물 제거										
7) 주변수를 이용한 흘리기										
8) 주변수를 이용한 세척										
가. 저압세척(50 psi 이하)										
나. 고압세척(100 psi 이하)										
9) 온수 세척/중간압력										
10) 고온 세척/고압										
11) 모래 분사										
12) 흡입										
13) 퇴적물 재배치										
14) 퇴적물 세척후 교체										
15) 식물 절단 제거										
16) 화학처리										
가. 엘라스토머										
나. 해변 보호										
다. 해변 세척제										
17) 해안현장소각										
18) 영양염류 첨가										
19) 미생물 첨가										

2. 해안 오염 방어 전략의 수립

해상 유출사고로부터 해안을 방어하는 세가지 기본 방법은 기름을 오일펜스로 포획(containment)하거나, 기름의 방향을 전환(deflection)하거나, 장벽을 설치하여 기름이 들어오지 못하게 격리(exclusion)시키는 방법이다. 첫 번째 방법은 기름의 회수를 목적으로 한 곳에 기름을 잡아 두기 위하여 오일펜스나 장벽을 설치하는 것이고, 두 번째 방법은 기름을 회수하지 않고 단지 기름이 환경민감지역으로 이동하는 것을 막기 위해 방향을 전환시키는 것이다. 마지막 방법은 어떤 지역에 기름이 도달할 수 없도록 일시적 혹은 영구적으로 장벽을 설치하는 방법으로서 일반적으로 기름을 회수하지는 않는다.

해안이 오염되지 않도록 방어하는 방법에는 해상에서의 회수 작업(open-water recovery), 부유식 오일펜스(floating boom)의 설치, 고체 장벽(solid barrier)의 설치 등을 들 수 있다.

가. 해상에서의 기름 회수 작업

해상에서의 기름 회수 방법은 주로 기름 유막 위에 스키머를 사용하여 기름을 제거하는 방법이 사용되지만 작은 타르 덩어리나 점성 높은 기름에 대해서는 그물을 사용할 수도 있다. 스키머를 사용할 때는 회수된 기름을 저장하는데 필요한 용기나 바지가 얼마만큼 공급되는가가 기름 회수 효과를 결정하는 중요 요인이 된다. 이제까지의 유출사고에서 얻은 경험으로 볼 때 스키머에 의한 유출유의 회수율은 10-30% 정도에 불과했다. 강한 해류가 있는 지역이나 오일펜스를 정박시키기에 너무 깊은 수심 지역일 경우 오일 스키머의 효율은 크게 떨어지게 마련이다. 스키머는 오일펜스로 포획한 두꺼운 기름 유막에 대해서나 기름이 두꺼운 농도로 축

적되는 경향이 있는 convergence zone과 같은 지역에서는 매우 효과적일 수 있다. 그러나 유출된 기름이 유화된다면 스키머 사용은 크게 제한될 수 밖에 없다.

얕은 수심이나 강한 해류가 있는 지역에서는 그 기름들을 오일펜스로 포집하여 스키머의 접근이 훨씬 용이하고 회수율을 높일 수 있는 해역으로 옮겨갈 수도 있다. 일반적으로 포획된 기름을 끌고 가는 속도는 0.7 노트를 초과해서는 안된다. 0.7 노트를 초과하게 되면 기름은 오일펜스 밑으로 빠져나가게 되며 오일펜스를 끄는 방향도 해류와 같은 방향이어야 한다.

점성이 아주 높거나 작은 타르 덩어리를 형성한 경우에는 그물을 이용한 회수 방법이 효과적일 수도 있다. 일본의 경우 어선용 그물을 동원하여 기름회수에 사용한 사례가 있으며 방제 장비가 부족한 경우에 이 방법을 사용하기 위한 연구가 수행된 바도 있다.

나. 오일펜스(booms)

오일펜스를 설치하여 해안을 방어하는 것은 가장 일반적인 방법이다. 모든 오일펜스는 float, skirt, ballast, longitudinal strength member, connector/anchoring points 등 다섯가지 요소로 구성된다. float는 오일펜스가 떠 있을 수 있도록 부력을 제공하고 freeboard는 파도에 의해 기름이 오일펜스 위로 빠져나가지 못하도록 막는 수면 위의 부분이다. 대부분의 오일펜스들에서는 float와 freeboard가 결합되어 있다. skirt는 기름이 오일펜스 아래로 빠져나가지 못하도록 막는 수면 아래 부분이다. ballast weight는 오일펜스가 가능하면 수직으로 서 있을 수 있도록 만드는 것이다. longitudinal strength member는 오일펜스가 분리되지 않게 만드는

요소로서 일반적으로 해류나, 바람, 오일펜스의 위치 등에 의한 부하를 견딜 수 있도록 체인 혹은 철줄 등을 이용해서 만든다. connector와 anchor point는 오일펜스를 정박시키거나 다른 오일펜스들과 연결할 수 있도록 하는 부분이다.

오일펜스는 사용되는 장소나 용도에 따라 형태나 크기가 다르게 제작되어 있다. 오일펜스에는 용도별로 기본적인 네 가지 형태가 있는데 얇은 수심용 오일펜스, 육상 혹은 하천용 오일펜스, 항만용 오일펜스, 대양용 오일펜스등이다. 오일펜스는 크기가 크다고 해서 다 좋은 것은 아니다. 오일펜스가 크면 클수록 바람이나 해류의 영향을 더 많이 받아 파손될 우려가 있다.

① 얇은 수심용 오일펜스(shallow-water boom)

얇은 수심용 오일펜스는 간조시에는 오일펜스가 바닥에 부딪칠 정도의 아주 얇은 수심의 지역에 사용된다. 이 오일펜스의 형태는 조석이나 수위의 변동이 있는 동안 기름에 대한 지속적인 장벽이 될 수 있는 형태이다. 오일펜스의 속을 물로 가득 채운 주머니를 사용하여 기름이 통과할 수 없도록 바닥에 밀착시키는 것도 있다. 얇은 수심용 오일펜스는 해류가 큰 지역에서 또한 효과적인데 그 이유는 skirt의 길이가 짧아 해류에 의한 이끌림을 최소화하기 때문이다. 얇은 수심용 오일펜스는 Texas boom, 혹은 조간대형 오일펜스 등으로 알려져 있다.

② 육상용 오일펜스(inland boom)

육상용 오일펜스는 가장 전통적 오일펜스로써 수심이 아주 낮은 장소에서 사용된다. 물에 잠기는 부분(draft)이 겨우 20-30 cm에 불과하므로 주로 파도가 거의 없는 곳에서만 사용될 수 있다.

③ 항만용 오일펜스(harbor boom)

항만용 오일펜스는 육상 오일펜스보다 draft가 좀 더 긴 중간크기의 오일펜스이다. 하지만, 이것 역시 파도나 바람이 쇄파를 형성시킬 수 없는 반폐쇄수계에 설치되어야 한다.

④ 대양용 오일펜스(open-water boom)

대양용 오일펜스는 모든 오일펜스중 가장 규모가 큰 것으로서 설치를 위한 기계 장비 뿐만 아니라 오일펜스를 위치시키고 유지하기 위한 선박, 그리고 적당한 위치에 고정시키기 위한 여러 개의 앵커를 필요로 한다.

⑤ 흡착형 오일펜스(sorbent boom)

흡착형 오일펜스는 기름을 흡착하도록 고안된 것으로서 순환 흡착형 오일펜스(일명, 소시지 오일펜스)는 해류를 받으면 기름이 흘러 넘치게 될 수 있다. 보통 소시지 오일펜스는 디젤 연료와 같은 점성이 낮은 기름에 대해서 효과적이고 함정 오일펜스(snare boom)는 높은 파도와 해류 조건 하에서 점성이 좀 큰 기름에 대한 흡착제로써 효과적이다. 어떤 해류 조건에서든지 흡착형 오일펜스는 얇은 기름막을 제거할 수 있다. 흡착형 오일펜스는 얇은 습지나 조간대 지역에 얇은 유막이 유입되는 것을 막기 위해서 사용될 수 있다. 전통적인 오일펜스와 함께 사용될 경우에는 흡착형 오일펜스는 유출된 소량의 기름을 제거하기 위해 오일펜스의 바깥쪽에 설치되거나 소량의 가뒀진 기름을 제거하기 위해 오일펜스 안쪽에 설치된다.

3. 해안 보호 전략의 수립시 고려해야 할 사항

가. 유출된 물질의 특성

유출된 물질의 특성은 해안 보호 방법을 선택함에 있어서나 방어 방법의 효과에 지대한 영향을 준다. 가솔린과 같이 경질 연료유는 완전히 증발될 때까지 민감 지역에 도달하지 못하도록 단기적인 방어 전략을 수립해야 한다. 그러나 가솔린의 경우 발화성, 보건상 유해도, 환경 독성을 가지고 있다는 점이 고려되어야 한다. 반대로, 중질 연료유가 유출된 경우에는 해안에 기름이 표착하지 않도록 장기적인 전략을 수립해야 한다.

나. 환경 조건

① 해류(current)

강한 해류가 있는 곳에서는 해안을 보호하는데 많은 어려움이 따른다. 수표면 위의 기름은 해류와 같은 속도, 같은 방향으로 움직인다. 해류에 의해 운반되는 기름이 해류 방향과 수직으로 설치된 오일펜스를 만나게 되면 기름은 오일펜스의 freeboard에 축적되기 시작한다. 해류의 속도나 오일펜스를 끄는 속도가 0.7 노트를 넘으면 오일펜스의 freeboard지역에 축적된 기름은 오일펜스의 아래 부분으로 유출되어 버린다. 해류나 조류가 빠른 경우에는 기름이 오일펜스 위로 넘쳐 흐를 수도 있다.

② 파도

너울(swell)이나 단주기파(short-period wave)가 있을 경우 이로 인해 기름을 포획하는 작업이 어려움을 겪는 경우가 많다. 오일펜스가 변칙적으로 움직이기 시작하면 작업 수행의 효율이 급속하게 떨어지고 이런 악조건에서는 작업 요원들의 안전에 크게 유의해야 한다. 단주기파는 오일펜스 위로 기름을 넘쳐흐르게 하거나 장벽을 침식시키거나 장비를 훼손시

킬 수 있다. 특히 폭풍기간 동안에는 내만이나 기수역에서도 파도의 영향을 받을 수 있다. 이 때에는 얇은 수심용 오일펜스가 효과를 발휘하기 어려우며 항만 오일펜스는 1-2 m 이상의 높은 파도가 치는 곳에서는 기름을 포획하기 어렵다.

③ 조석

우리나라의 서남해는 조석차가 매우 큰 지역으로서 오일펜스를 이용한 보호전략이 효과를 거두기 위해서는 조석이 바뀌는 시간마다 오일펜스의 배치를 변화시켜야만 하며 해당 지역의 조류 흐름과 지형, 수심에 대해 사전 정보를 가지고 있어야 한다. 조류의 방향이 바뀌면 포집된 기름이 유출되는 경우가 발생하므로 시간을 맞추어 오일펜스의 조건을 변경시키는 것이 무엇보다 중요하다. 오일펜스 설치 운영 책임자는 조석의 조건에 대해 주의깊게 연구해야 하며 조간대의 지형 및 연안 지역 수심에 대해 사전 지식을 갖추어야 한다.

④ 바람

유막은 풍속의 약 3% 정도의 속도로 이동한다. 바람 방향이 바뀌면 기름의 이동 방향이 바뀌기 때문에 오일펜스를 적절하게 이동해야만 한다. 바람에 의해 오일펜스의 freeboard 부분이 기울어져 오일펜스의 효과가 감소하기도 한다.

⑤ 수심

얇은 수심에서는 장비가 들어갈 수 없으므로 대응하는 장비가 제한될 수 있다. 수심이 깊은 지역에서는 해류나 조류 등으로 장비가 고정 위치에 정박하기 어려울 수도 있다.

다. 장비의 제약

① 접근

도로가 없어 접근하기 어려운 해안 지역은 선박을 통하여 이동하지 않으면 안된다.

② 용적이 크거나 무거운 장비

기름 제거 작업에 사용되는 대부분의 장비들은 부피가 크거나 무거운 것들이 많다. 이러한 장비를 정화작업 지역으로 이동시킬 때에는 대형 트럭이나 다른 부수적인 장비들이 필요하다. 무거운 장비들을 이동시키면서 오히려 주변 환경에 더 큰 피해를 입힐 우려도 있다.

③ 장비의 견인

오일펜스를 적당한 위치에서 설치하고 보호하고자 하는 해안으로 견인하고자 할 때에는 선박의 능력이 문제가 된다. 너무 수심이 낮거나 너무 해류가 빠르거나 혹은 해안선에 대한 정보 부족으로 위험에 처하는 경우가 있다. 오일펜스를 견인할 때에는 위험을 피하고 적당한 위치에 설치하기 위해 특별한 항해 기술을 필요로 한다.

④ 장비의 설치

해안의 방어를 위해 사용되는 장비는 계획된 장소에 그리고 최소의 경비로 정확하게 설치해야 한다. 방제팀은 특히 해안의 환경을 사전에 세심히 고려하여 효율적인 작업을 실시해야 한다. 1-2노트의 해류가 있는 지역에 오일펜스를 설치할 때는 150-500 m의 오일펜스와 충분한 무게의 닻을 준비해야 한다. 그렇지 않을 경우 해류로 인해 오일펜스가 예기치 않았던 장소로 움직일 수 있다.

⑤ 장비의 관리

오일펜스를 설치하더라도 일반적으로 오랜 시간 동안 적절하게 기능하지 못하는 경우가 많으므로 해안을 방어하는데 있어서 주의할 점은 장비를 설치한 후 바람, 해류, 조석, 선박 통과와 같은 상황 변화와 기름의 이동 양상에 따라 계속 관리를 해주어야 한다.

⑥ 필수 요원

대부분의 유출사고 초기에는 현장 경험이 있고 안전 교육을 받은 훈련된 방제 요원의 숫자가 제한되게 마련이다. 장비의 설치나 운용에 필요한 요원의 부족으로 장비를 보유하고 있더라도 사용하지 못하는 경우도 많다. 유출사고의 규모가 크면 클수록 훈련받은 요원과 지원 장비가 필요할 것은 두말할 나위가 없다. 하루 24시간을 계속 작업할 경우 작업 요원은 2-3배가 필요하다.

⑦ 장비 지원

다른 지역으로부터 부족한 장비를 이송해 올 경우 시간적인 제한은 해안 방어 작전의 수행에 가장 큰 제약이 된다.

⑧ 수로 교통

유출사고 지역에서의 각종 선박 운항은 수면이나 흐름 등을 변화시켜 오일펜스의 포획 효과를 감소시키는 결과를 낳는다.

⑨ 장비나 요원의 오염 정화

방제작업 이후 장비와 요원은 깨끗이 청소되고 소제되어야 한다.

⑩ 회수와 저장 능력

회수 장비가 적절히 가동되기 위해서는 회수된 기름을 저장하고 처리하는 작업이 원활히 이루어져야 한다. 바지선이나 저장 탱크의 부족으로 회수 장비가 더 이상 가동될 수 없는 상황에 처할 수 있다.

기름이 묻은 퇴적물이나 식물 뿐만 아니라 흙착제, 쓰레기, 의복 등 각종 폐기물들이 양산되므로 체계적인 폐기물 관리가 필요하다. 수거된 폐유를 재사용하거나 유수분리하기 위한 부대장비가 동원될 필요가 있다. 유회수 작업은 야간에도 계속될 수 있으나 전력 공급이나 연료 공급에 주의해야 한다.

해안의 방어 전략을 수립할 때 각각의 방제·정화방법은 운용상 여러 가지 문제에 직면할 수 있다. 전항에서 살펴본 바와 같은 여러 가지 제약 점들을 각 방제방법별로 Fig. 2-8의 매트릭스를 통해 쉽게 파악할 수 있다.

등급은 4단계로 나누었는데 1로 표기된 방법은 운용상의 제약을 많이 받는 것을 의미하며 2는 어느정도 제약을 받는 경우, 3은 영향이 적은 경우, 4는 기술이 적용되지 않는 경우를 나타낸다.

해안 방어 전략을 세울 때 방제책임자는 여러 가지 부대장비를 공급할 수 있도록 계획을 수립해야 한다. 이 때 어떤 장비는 반드시 필요한 것이 있으며 어떤 장비는 경우에 따라서 필요할 때가 발생한다. Table 2-9의 매트릭스는 방제책임자가 해안 보호 전략을 수립할 때 지원 장비의 필요 내역을 사전에 예견할 수 있게 해준다.

Table 2-8. Matrix showing how protection methods can be impacted by operational limitations

해안 정화방법	정화방법 적용시 제약점										
	유출물 특성	접근 제한	해류· 조류	스웰· 파도	조석	바람	수심	대형 장비	장비 지원	훈련된 인력	회수· 저장
해상 유회수 작업	1	3	3	1	4	2	4	1	1	2	4
그물을 이용한 유회수	1	3	2	2	3	3	3	1	1	1	1
저수심용 오일펜스	3	1	2	4	1	2	2	4	2	2	2
항만용 오일펜스	2	3	3	3	3	3	2	2	1	1	1
외양용 오일펜스	1	2	3	2	4	3	4	1	1	1	1
흡착형 오일펜스	2	3	2	4	2	2	3	4	3	3	2
토벽 설치	4	2	2	2	1	3	2	1	3	3	2
도랑파기	1	1	1	4	1	3	4	1	2	2	2

참고) 1: 영향이 큼, 2: 보통 영향, 3: 영향이 적음, 4: 적용되지 않음

Table 2-9. Matrix showing the support equipment needed for the various protection methods

해안 정화방법	정화방법 적용시 제약점												
	삼·갈퀴	크레인	트랙터	불도저	소형보트	앵커·체인	컴프레서	견인선	호스·노즐	흡착재	공구함	선박	펌프
해상 유회수 작업		R	R		O	O	O	R	R	R	R	R	R
그물사용 유회수		R	R		O			O			R		
저수침용 오일펜스	R				O	R					O		
항만용 오일펜스	O		O		R	R				O	R		
외양용 오일펜스		R			O	R	O	O		R	R	R	
흡착형 오일펜스	R				O	R					O		
토벽 설치	O		O	R							R		
도랑파기	R										O		

참고) R: 반드시 필요한 장비, O: 경우에 따라 필요할 수 있는 장비

제 5 절. 환경민감도 지도

환경민감도(Environmental Sensitivity Index: ESI)는 기름오염 긴급계획의 핵심적인 요소로 자리잡았다. 환경민감도 지도를 작성하는 목적은 주변 해역과 연안 지역에 대한 환경 정보를 종합적으로 제공해 줌으로써 방제책임자가 유출사고 방제전략을 수립하고 실행에 옮길 때 지역별 환경 특성을 세심하게 고려할 수 있도록 해 주는데 있다. 유출사고시의 피해나 유용 자원에 미치는 영향을 사전에 도면화함으로써 피해 분석이나 의사결정에 결정적인 도움을 주게 된다(Research Planning Institute, 1985).

환경민감도 지도는 1979년 미국 멕시코만에서 발생한 Ixtoc 1 유전 누출 사고에 대비하기 위해 처음 만들어진 것이었는데(NOAA, 1992), 이후 환경민감도 지도라 불리우는 환경 지도가 미국 전연안에 대해 작성되기 시작했다. 현재 미국 연안 전역의 환경민감도 지도가 완성되었으며, 이중 약 15% 정도가 지리정보시스템(Geographic Information System: GIS)을 이용한 전자 지도로 전환된 상태이다(Blake, W., personal communication). 미국에서는 전국의 모든 환경민감도 지도의 형태와 내용을 통일하기 위하여 사전에 표준화된 방법을 제시해 놓았다(Hayes et al., 1980; Getter et al., 1981; Michel and Dahlin, 1993; NOAA, 1995).

환경민감도 지도는 영국, 프랑스, 독일, 캐나다, 이태리, 나이지리아, 쿠웨이트, 사우디아라비아, 오만, 아랍 에미레이트, 말레이시아, 뉴질랜드, 남아프리카 공화국, 등 여러 나라에서 제작되어 왔다(Dickins, 1988;

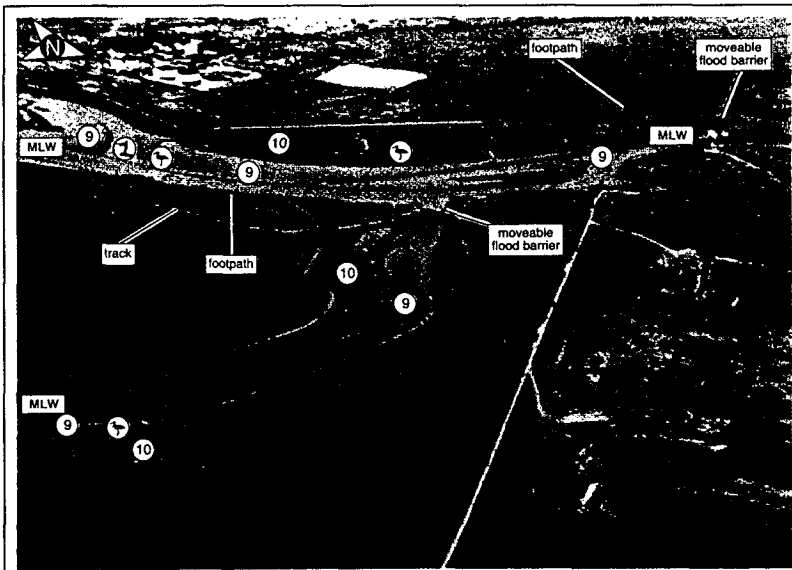
Name: Fobbing Horse

Foreshore No:32

Comments: Mudflats and saltmarsh areas of high importance for migratory and wintering waterfowl. Saltmarsh areas are used as high tide roosts.
 Clean-up options limited.
 Consider use of flood barriers to protect sensitive areas up the creeks.
 Water skiers use the creek at high states of tide.

Seasonal Sensitivity: Conservation Amenity Industrial

Spring	Mod	Mod	Low
Summer	Low	Mod	Low
Autumn	Mod	Mod	Low
Winter	High	Mod	Low



Prepared by the Field Studies Council Research Centre, Pembrokeshire, Dyfed, UK.

Clean-up recommendations:

PROHIBITED: Exercise extreme caution before entering muddy areas; do not enter areas of saltmarsh. These habitats are fragile and easily damaged.

Recommended: Leave oil to degrade naturally. Strandline oil and debris may be collected. Avoid unnecessary disturbance of birdlife. However, consider use of bird scaring devices if foreshore becomes polluted. If bulk oil accumulates along foreshore consider low pressure seawater flushing. Remobilised oil must be collected and recovered using booms and skimmers. Clean-up operations of this nature will require the use of small hovercraft or shallow draft vessels at high water. If the flood barriers are lowered there may be opportunities to contain and recover floating oil using booms and skimmers at high states of the tide.

Access: Access limited to boats or foot for majority of foreshore. Vehicular access to flood barriers.

Map No(s): OS Pathfinder TQ 68/78

Key to symbols

- Ramsar site
- Special Protection Area
- National Nature Reserve
- Area of Scientific Interest
- Waders
- Wildfowl
- Seabirds
- Fishing
- Boating/Moorings
- Recreational beach
- Water sports
- Caravans
- Vulnerability Index
low — 10 high

Fig. 2-9. Example of ESI map in Thames river

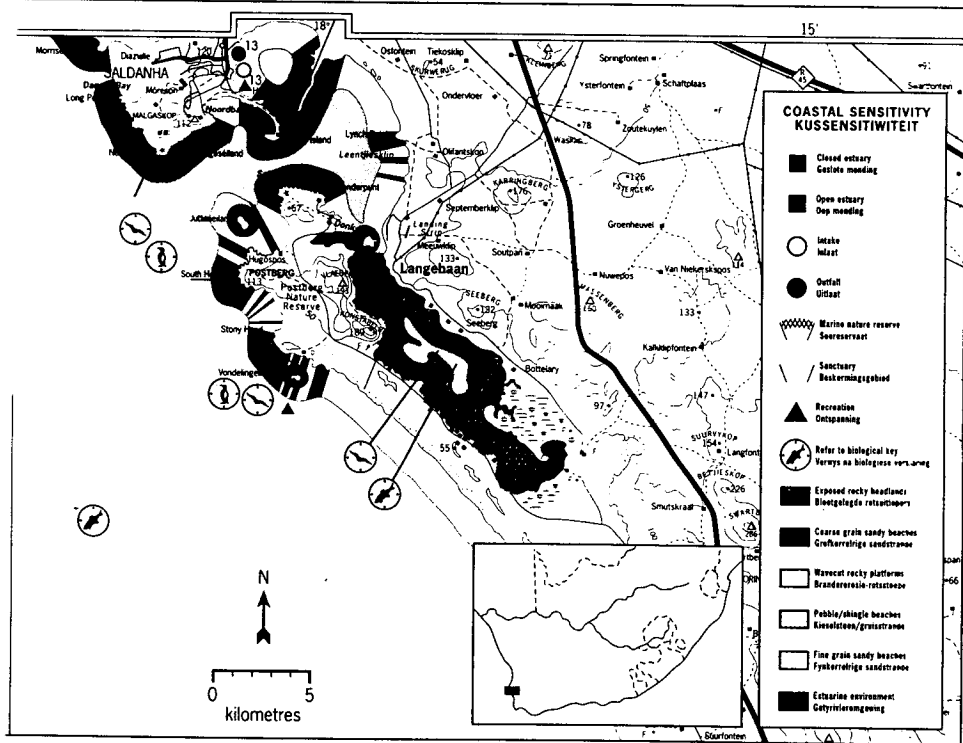
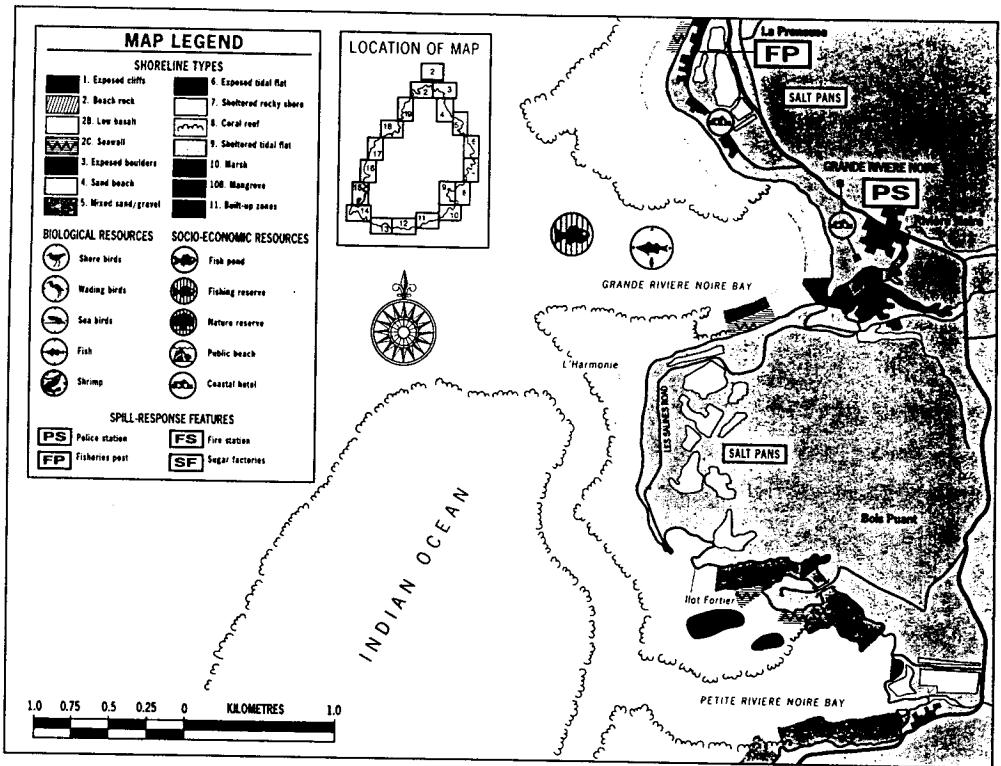


Fig. 2-10. Extracts of ESI maps in Mauritius(above) and Southern Africa(below)

NOAA, 1992; IPIECA, 1996). 대부분의 국가에서 개발되어 온 환경민감도 지도는 칼라 지도의 형태였으며 배포범위도 매우 제한되어 있었다. 따라서 한번 제작된 지도의 내용을 다시 갱신하기가 매우 어려웠다. 개인용 컴퓨터에 지리정보시스템을 사용할 수 있게 됨에 따라 환경민감도 지도도 지리정보시스템을 활용할 수 있게 되었으며 정적인(static) 특성을 갖는 지도에서 기름오염 방제를 위한 긴급계획을 수립하는데 있어서 매우 중요한 역할을 하는 도구로 자리잡게 되었다. 미국의 경우 루이지애나주에서 지리정보시스템이 환경민감도 지도에 처음 적용되기 시작했는데, 이때에는 인공위성 영상 자료가 기본 지도로 사용되었다(NOAA, 1992).

Dickins(1986)는 지도의 축적을 3가지로 분류하여 1/2,500,000의 요약 지도(summary map)와 축적 1/1,000,000의 지역 지도(regional map), 1/50,000의 작전 지도(operational map)로 나눠 놓았다. 작전 지도는 중·대형 오염사고가 발생했을 때 1장의 지도로서 활용할 수 있는 영역을 설정한 것이다. 미국의 경우에는 대부분의 지도가 1/24,000 축적 지도에 작성되어 있고, 일부만이 1:64,360 축적으로 되어 있다.

우리나라와 같이 환경민감도 지도가 전혀 개발되어 있지 않은 상태에서는 지리정보시스템을 이용한 환경민감도지도를 광범위하게 개발하기 이전에 이러한 전자 지도상에 어떠한 정보를 담을 것이며 어떻게 정보를 수집하고 어떠한 형태로 입력할 것인지에 대한 철저한 기획이 필요하다. 환경민감도지도를 방제 지원 시스템 내에서 개발하기 위해서는 사용자 인터페이스, 조건 검색(pre-set queries), 표준화된 출력

포맷, 심벌 등에 관해 철저한 사전 논의가 필요하다. 이미 1단계 사업을 통해 환경민감도 작성을 위한 자료 수집이 이루어진 바 있으나 통합적인 사전 기획이 없이 주먹구구식으로 모여진 자료로서는 일관성 있는 지도 작성이 어려운 상태였다. 본 연구에서는 이와 같은 문제점을 극복하기 위하여 정보 수집을 위한 지침과 자료 처리를 위한 규칙을 마련코자 하였다.

1. 환경민감도지도에 수록할 정보의 형태

환경민감도지도에는 1) 해안의 분류, 2) 생물 자원, 3) 기타 가치 있는 유용 자원에 관한 정보가 수록된다. 우리나라에 있어서는 연안에서 양식 어업이 매우 활발하여 공동 어장의 가치 또한 매우 높기 때문에 해안의 자연 자원이나 생태계의 특성에 초점을 맞춘 구미의 환경민감도 지도에 양식장 현황과 같은 연안 어업 특성 자료가 첨가되어야 하며 해안만이 아니라 해상에도 환경민감도의 개념이 적용되어야 할 필요가 있다.

가. 해안의 분류

환경민감도지도에서는 해안을 10가지로 구분하고 기름오염에 대한 취약성을 바탕으로 등급을 매기게 된다. 이러한 등급 개념은 1) 파도와 조석 에너지에 노출 정도, 2) 해안의 경사, 3) 해안의 기질 형태, 4) 생물학적 생산력과 민감도 등에 의해 상대적인 등급으로 분류된 것이다. 환경민감도의 등급에 관한 정의는 다음과 같다.

Table 2-10. Definitions of environmental sensitivity index ranking 1

ESI = 1	노출된 불투과성 기질의 수직 해안
특성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 높은 파도 에너지나 조석 에너지가 공급되는 노출된 해안 ○ 기질이 불투과성의 기반암으로 되어 있어 퇴적층 내로 기름이 스며들지 않음. ○ 조간대의 경사가 30도 이상이며 조간대의 길이가 짧음. ○ 에너지 공급이 많아 부착생물들이 높은 에너지 충격에 익숙함.
해당되는 해안 형태	노출된 암석 절벽해안 콘크리트, 나무, 금속으로 만들어진 노출된 수직 방파제
세부 분류	자연상태 해안을 1A로 표시하고 인위적인 구조물이나 장벽의 경우 1B로 표시.

Table 2-11. Definitions of environmental sensitivity index ranking 2

ESI = 2	노출된 비투과성 기질의 수직이 아닌 해안
특성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 높은 파도 에너지나 조석 에너지가 공급되는 노출된 해안 ○ 부분적으로 퇴적층이 있으나 기질이 불투과성의 기반암으로 되어 있어 퇴적층 내로 기름이 스며들지 않음. ○ 조간대의 경사가 30도 이하이며 조간대의 길이가 넓음. (각도가 5도 이하일 경우 조간대 길이는 수백m 폭). ○ 만조선이나 암반끝에 직접된 퇴적물이 폭풍시 파도에 의해 주기적으로 이동함. ○ 에너지 공급이 많아 부착생물들이 높은 에너지 충격에 익숙함.
해당되는 해안 형태	기반암으로된 노출된 암석해안 비고형화된 퇴적물로 된 노출된 비탈 완만한 경사가 진 기반암으로 된 해안
세부 분류	없음

Table 2-12. Definitions of environmental sensitivity index ranking 3

ESI = 3	반투과성 기질로서 기름의 침투성이 낮은 지역으로서 조간대에 내생동물(infauna)들이 있으나 많지는 않음.
특성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기질이 반투과성으로 세립 혹은 중립 크기의 모래로 되어 있으며, 기름의 침투가 10cm 이하 ○ 퇴적물의 분급작용(sorting)이 잘되어 있으며 압축되어 딱딱함. ○ 경사가 5도 이하도 매우 완만함. ○ 퇴적물의 이동이 매우 느림. ○ 표층 퇴적물은 파도에 의해 주기적으로 재정렬됨. ○ 내생동물의 밀도가 상대적으로 낮음.
해당되는 해안 형태	세립사 혹은 중립사인 모래해안 비고형화된 퇴적물로 된 노출된 비탈 완만한 경사가 진 기반암으로 된 해안
세부 분류	없음

Table 2-13. Definitions of environmental sensitivity index ranking 4

ESI = 4	투과성이 중간정도로써 기름이 상당히 침투할 수 있는 지역으로서 조간대에 내생동물들이 있으나 많지는 않음.
특성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기질이 투과성으로 조립질의 모래로 되어 있으며, 퇴적층으로 25cm까지 기름이 침투 ○ 경사가 5 - 15도로서 보통. ○ 퇴적물의 이동이 비교적 커서 조석에 따라 퇴적물에 의해 쉽게 혼합. ○ 퇴적물이 연결이며 차량이 다니기 어려움. ○ 내생동물들이 상대적으로 적음
해당되는 해안 형태	조립질의 모래 해안
세부 분류	없음

Table 2-14. Definitions of environmental sensitivity index ranking 5

ESI = 5	투과성이 좋은 기질로서 기름의 침투성이 높고 조간대에 내생동물들이 있으나 많지는 않음.
특성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기질의 투과성이 높고 모래와 자갈이 혼합된 지역으로서 퇴적층 50cm 까지 기름이 침투 ○ 퇴적물의 입도 분포 변화가 크고 조간대 상부로 갈수록 입도가 작아지고 조간대 하부로 갈수록 입도가 커짐. ○ 자갈이 20%이상 ○ 경사는 8 - 15도로서 보통 ○ 폭풍시 퇴적물의 이동성이 매우 커서 기름이 쉽게 묻힘 ○ 퇴적물이 연질이어서 차량이 다니기 어려움. ○ 최하부 조간대를 제외하고는 내생동물이나 표생동물(epifauna)의 밀도가 매우 낮음.
해당되는 해안 형태	모래와 자갈이 혼합된 해안
세부 분류	노출되어 기질의 이동성이 큰 지역을 5A, 덜 노출되어 있고 기질이 비교적 안정된 해변을 5B로 분류

Table 2-15. Definitions of environmental sensitivity index ranking 6

ESI = 6	투과성이 매우 좋은 기질로서 기름이 쉽게 침투하거나 묻힐 수 있는 지역
특성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기질의 매우 투과성이 높고 자갈 크기의 지역으로서 퇴적층 1 m 까지 기름이 침투 ○ 경사가 10 - 20도로서 중간 또는 급함 ○ 폭풍시 기름이 쉽게 기질 속에 묻힐 수 있음 ○ 파도에 노출되는 정도가 연중 변화가 큼 ○ 기름이 기질의 재조합층 이하에 까지 침투할 수 있음. ○ 퇴적물이 연질이어서 차량이 다니기 어려움. ○ 자연적으로 퇴적물이 교환되는 속도가 가장 낮음. ○ 최하부 조간대를 제외하고 내생동물이나 표생동물의 밀도가 매우 낮음.
해당되는 해안 형태	자갈과 바위로 된 해안
세부 분류	조약돌에서 자갈 크기의 경우 6A, 왕자갈보다 큰 경우 6B로 분류

Table 2-16. Definitions of environmental sensitivity index ranking 7

ESI = 7	평평하고 노출된 투과성이 좋은 기질로서 생물이 많은 지역
특성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 경사가 3도 이하로서 평탄하고 퇴적물이 집적된 곳 ○ 실트나 모래질로 된 투과성이 매우 좋은 기질 ○ 퇴적물의 기공속에 물이 들어 있어서 직접적인 기름의 침투가 매우 제한되나 생물이 서식하는 구멍으로 기름이 침투할 수 있음. ○ 해안의 폭이 수 m에서 수 km에 달함 ○ 연질 퇴적물이어서 차량이 다니기 어려움. ○ 내생동물의 밀도가 매우 높음.
해당되는 해안 형태	노출된 개펄
세부 분류	없음

Table 2-17. Definitions of environmental sensitivity index ranking 8

ESI = 8	파도가 약하고 비투과성의 기질로서 표생식물들이 많은 지역
특성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 막혀 있어 파도가 약한 곳 ○ 기질이 기반암이나 암석 ○ 기질과 경사가 다양하여 기름의 침투성은 상당한 차이가 있음. ○ 일반적으로 경사가 15도 이상으로 급하고 조간대가 짧음. ○ 표생동물의 밀도가 매우 높음.
해당되는 해안 형태	파도가 약한 암석해안 파도가 약한 자갈해안 파도가 약한 암반으로된 비탈 파도가 약한 인공구조물
세부 분류	기질이 비투과성인 경우 8A, 기질이 투과성인 경우 8B

Table 2-18. Definitions of environmental sensitivity index ranking 9

ESI = 9	막혀 있어 파도가 약하고 연질의 반투과성인 기질을 가지며 내생동물이 매우 많음
특성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 막혀 있어 파도가 약한 지역 ○ 경사가 3도 이하로서 매우 평탄하고 퇴적물이 주로 니질(진흙)로 되어 있음 ○ 퇴적물의 기공이 물로 가득하 있어 투과성은 낮지만 생물이 만든 구멍이 많이 나 있음. ○ 조간대의 폭이 수 m에서 수 km에 달함. ○ 퇴적물이 연질이어서 차량이 다니기 어려움. ○ 내생동물의 밀도가 매우 높음
해당되는 해안 형태	파도가 약한 개펄 파도가 약한 모래 해안
세부 분류	없음

Table 2-19. Definitions of environmental sensitivity index ranking 10

ESI = 10	식물들이 서식하는 습지
특성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 여러 종류의 식물들이 서식하는 습지 지역 ○ 생물 생산력이 매우 큰 지역 ○ 기름에 오염되었을 경우 정화작업이 매우 어려움. ○ 종 다양성이 높음
해당되는 해안 형태	염습지 맹그루브
세부 분류	없음

나. 생물자원과 유용자원에 관한 정보 수집

환경민감도지도를 일관성 있게 제작하기 위해서는 입력해야 할 각종 자원에 관한 자료를 수집하는 동안 적용해야 할 규칙과 약정이 제시되어야 한다. 자료를 수집하는 순서는 1) 전문지식과 기초 자료를 제공할 수 있는 과학자나 전문가, 관계 공무원과 접촉하여 2) 기존 자료를 검토하고, 3) 자료가 없는 자원의 위치를 알려줄 수 있는 사람이나 전문가 그룹과 만나서 자료나 전문가의 의견을 바탕으로 지도 위에 자원의 분포를 표기하거나, 4) 직접 조사를 통해 자료를 수집하는 과정으로 이루어진다.

① 정보의 수집

1/25,000 혹은 1/5,000 축적의 지형도를 준비하고 해당 지역에서 수집 가능한 자료를 검토한다. 전문가의 의견이나 자원이 존재하는 위치를 알려 줄 수 있는 과학자나 전문가와 상의하여 생물자원과 유용 자원 분포를 지형도나 해도에 점, 선, 다각형을 사용하여 표기한다. 지형도상에 이미 존재하는 정보를 이용할 수도 있다.

② 다각형과 기호에 번호 부여

지도상에 기록한 정보를 쉽게 찾고 수정할 수 있도록 지형도와 이에 상응하는 자료 표를 만들고 자원별로 부여한 점, 선, 다각형들의 번호를 매긴다. 번호 체계는 지형도 번호-기호 번호 형태로 하되(예: 001-01), 유용 자원은 H를 번호의 앞에 적는다 (예: 001-H1). 생물자원과 유용 자원 분리하여 표로 만들고, 초기의 자료 수집과 편집과정시 각각의 다각형과 기호(feature)는 각기 상이한 번호를 부여해야 한다.

③ 끝점이 일치하는 다각형과 선

다각형이나 선이 지도의 가장자리까지 확장될 경우, 인접한 지도내 다각형이나 선과 끝점을 맞춰야 한다. 예를 들어 만약 다각형(번호 05)이 지도 #001의 오른쪽을 벗어나 지도 #002의 왼쪽 경계 부분까지 확장된다면, 지도 #002에는 해당 다각형과 동일한 다각형이 존재하는 것이다. 지도의 여백 부분에는 다각형과 기호가 인접한 지도내의 끝점이 일치해 있음을 기재한다. 지도 #001내 다각형의 닫히지 않는 경계 부위에 001-05와 002-01의 경계가 일치함을 기재해야 하며, 지도 #002에는 002-01과 001-05의 끝점이 일치함을 표기해야 한다. 이러한 약정은 자료 수집가와 지도를 디지털화하는 기술자들 간의 의사 소통을 원활하게 하기 위한 것이다.

다. 해양 생물 자원에 관한 지도 작성 원칙

해양 생물 자원은 요소, 하위 요소, 종으로 등급화하여 배열한다. 생물 자료 수집과 편집 과정 중 색 코드를 이용하여 각 요소들을 구분할 수 있다.

새 - 녹색

어류 - 청색

서식처 - 자주색

포유류 - 황색

파충류 - 빨간색

패류 - 오렌지색

생물 자료를 효과적으로 계수화하기 위해서는 각 지역 번호 밑에 적당한 색깔로 밑줄을 긋는다. 각 생물 요소와 하위 요소에 관한 일반적인

지도 작성법(해안으로부터의 거리, 서식처 종류 등)은 다음과 같다.

① 조류에 대한 일반 원칙

조류는 다음과 같이 8개의 하위 요소를 설정한다.

㉠ 강변이나 바닷가에 사는 새(Shorebird): 갯쪽도요새, 물떼새 등
해안선 안·밖으로 각각 75미터내에 서식하며 모래해변, 자갈해변, 조간대
해안선에 서식한다. 조간대의 경우 75미터 이상이라 하더라도 조간대 전
체에 넓게 분포한다.

㉡ 섭금류 (Wading birds): 해오라기, 왜가리, 따오기 등
보통 습지, 조간대, tidal creek 그리고 만, 강어귀, 라군 등의 가장자리에
서식한다.

㉢ 물새(Waterfowl): 오리, 거위, 물닭 등
해안을 따라 육상쪽으로 75미터 그리고 해양쪽으로 500미터내에 서식하
며, 습지·조간대·만·하구·라군 등에서 보통 발견된다. 오리종은 때때
로 잠수하는 오리(diving duck), dabbling duck, 바다오리, 비오리의 네 그
룹으로 나뉘지는데, dabbling duck은 보통 해양에서 살지않고 바다오리는
습지나 육지내 물에서 살지 않는다. 반면에 잠수하는 오리와 비오리는
전 서식지에서 나타난다.

㉣ 갈매기와 제비갈매기(Gulls and Terns)

해안을 따라 육상쪽으로 250미터 그리고 해양쪽으로 500미터 내에 서식한
다. 모든 유형의 해안선에서 발견될 수 있고 만이나 어귀 등에서도 찾을
수 있으며, 섬 전체에서 나타난다.

㉤ 잠수 조류 (Diving birds): 펠리컨, 가마우지, 아비 등

해안을 따라 육상 쪽으로 75미터 그리고 해양 쪽으로 500미터에 서식하

며, 또한 작은 섬과 만·강어귀 등에서도 서식한다.

㉞ 대양성 조류 (Pelagic birds): 풀마 갈매기, 해양제비 등
해양과 섬지역에 서식한다.

㉟ 맹금류 (Reptors): 대머리독수리, 물수리 등
보통 해안을 따라 육지·해양쪽으로 250미터내에서 서식하며, 습지나 섬
에서도 살 수 있다.

㊱ 연작류 (Passerine birds): 참새, gnatcatchers 등
기름유출로 인해 거의 영향받지 않기 때문에 보통 ESI 지도에 표시되지
않는다.

② 어류에 관한 일반 원칙

어류는 항상 수중에 서식하므로 보통 해양내에서 서식 제한구역이 없다.
어류의 서식처는 다각형이나 선으로 표현되며

③ 패류에 관한 일반 원칙

패류(갑각류, 연체동물, 극피동물 등)는 보통 해양과 조간대에 서식하며,
해양에서는 서식 지역의 제한이 없다.

④ 해양 포유류

가장 일반적인 여섯 종의 하위 요소는 해달, 물개, 바다사자, 고래, 돌고
래, 해우인데 우리나라에서는 바다사자, 해우 등이 서식하지 않으므로 제
외된다.

㉠ 해달 (Sea otter): 수심 30미터(등심선으로)내에 서식한다.

㉡ 물개 (Seals): 해양과 육상 모두에서 나타나며 해양에서는 서식범
위의 제한이 없다.

㉔ 고래와 돌고래 (Whales and dolphins): 해양에서 서식범위의 제한이 없다.

㉕ 파충류/양서류 (Reptiles/Amphibians)에 관한 일반 원칙
외국에서는 파충류를 바다거북과 악어, 두 개의 하위 요소로 나누지만 우리나라에는 악어가 없으므로 바다거북만을 다룬다.

㉖ 바다거북 (Sea turtle): 바다거북이 둥지를 트는 지역은 해양쪽으로 75미터, 육상쪽으로 75미터로 제한되어 있고, 일반적으로 모래 해안을 따라 존재한다.

3) 서식처 (Habitats)에 관한 일반 원칙
수생초목과 초본, 산호초, 대형 갈조류 그리고 위협에 처해있거나 위협에 처한 습지나 해안식물들도 환경민감도지도에 포함된다. 모든 습지나 고지의 식물들은 원래는 점지역으로 제시되더라도 다각형으로 표시된다.

① 겹치는 분포 범위와 다각형
대부분의 경우 종들의 분포는 중복되어 겹치는 분포를 나타낸다. 만약 각 종에 대해 각기 상이한 다각형을 표시한다면, ESI 지도는 너무 복잡해서 난잡해질 것이다. 이러한 이유로 한 다각형이 여러 종들을 포함하도록 하는 것이 바람직하다. 종들이 동일하거나 매우 비슷한 분포를 보이는 경우, 하나의 다각형이 모든 종들을 나타내는데 사용될 수 있고, 이 다각형은 지형도와 데이터 표상에서 하나의 위치 번호를 가진다. 단일 또는 다수 종들의 분포가 동일하지는 않으나 겹치는 경우, 겹치는 부분은 다수 종을 나타내는 다각형이 된다. 구성 종이 각기 다른 다각형들은 각기 다른 번호를 부여해야 한다.

② 요소 또는 하위 요소 집단

여러 다각형에서 동일한 종그룹이 나타날 경우, 집단을 사용하여 지도를 단순화시킨다. 예를 들어 15종의 물새가 지도상의 모든 습지와 조간대에 존재할 경우, 첫 다각형에 대한 데이터 표에 15종을 기재한 후 '물새 집단 A'로 정한다. 다른 다각형을 데이터표에 기재할 경우는 집단명만을 기재한다. 집단은 동일 요소내 종들로 구성되며, 필요한 경우 하위요소내에서도 구성할 수 있다.

③ 전지역 서식종의 지정

지도 전체에 단일 종이나 종 그룹이 100% 서식할 경우에 사용된다. 만일 100%를 차지하지 못할 경우는 다각형을 사용해야 한다. “전지역 서식”이 적힌 작은 기호를 지도 위에 기재하고, 다각형에서 처럼 위치 번호를 기호에 할당한다.

④ 생물 자료에 관한 표 작성 지침

생물 기호(다각형, 선, 점)를 지도에 도시함과 동시에 종명, 개체수, 계절성, 산란기, 기초 정보 등의 속성 자료(attribute data) 지도 바깥에 표로 만들어 기재한다. 속성 자료를 모아 기호로 기재하는 것도 바람직하다. 지도에 표기된 내용과 함께 이러한 표는 정확한 데이터 수집과 접근을 가능하게 한다.

생물 자원에 관한 표를 만드는 지침은 다음과 같다.

㉠ 위치: 위치는 map#-poly#의 형태로 지도 번호와 다각형 번호를 이용하여 나타낸다. 지도 번호는 지도의 오른쪽 아래 구석에 적는다.

㉡ 종명(species name)에는 다각형에서 발견되는 종들의 일반명과 종명을 적는다. 다각형이 종집단을 포함할 경우, 관련된 종들을 각각 적어야 한다. 계절 번호(ID#)와 함께 종이름은 계절성/생활사에 관한 자료 표

(seasonality/life history data table)에 기재한다. 종명은 부록에 있는 종 목록(atlas species list)에도 적는다.

㉔ 밀도(concentration)는 다각형 내에서 종들의 개체수를 말한다. 농도는 높다(high), 보통(medium), 낮다(low)로 기재하거나 다각형내 개체수로 기재한다. 밀도를 범위로 나타낸다면 정의와 값의 범위를 별도로 기재하여야 한다.

㉕ 계절성 번호는 단일 다각형이나 다각형 그룹내 종들의 계절적인 종분포를 나타내는 코드 번호이다. 종이름과 함께 이 코드 번호는 계절성/생활사표에서 계절적 정보를 제공한다. 동일 종들이 다른 계절에 존재할 경우 상이한 계절 ID#를 사용한다.

㉖ 위치 정보는 다각형, 선, 점들에 포함된 종들에 대한 위치를 알려주는 번호이다.

㉗ 계절 정보(seasonality source)는 다각형, 선, 점들에 포함된 종들에 대한 서식 계절이나 산란철 등의 정보를 주는 번호이다.

계절/생활사표는 각 종들의 계절적 정보, 민감한 생활사 단계, 생식기간을 기재하게 된다. 계절/생활사표의 각 항목은 아래와 같다.

○ 계절 번호: ID#

○ 종명

○ 계절적인 출현 여부: 월별로 표시하여 나타낸다. 종이 현존하지는 않으나 존재하는 것으로 알려진 달은 대시(-)로 표시한다. 만일 계절적 선호도가 알려지지 않는 경우 공백으로 남겨 놓는다. 계절에 따른 밀도가 알려진 경우는 5단계로 나누어 문자로 표기한다 (R: 드물게 출현, U: 소수 출현, C: 흔하게 출현, A: 다량 출현, H: 매우 밀집하여 출현)

㉔ 생활사 단계와 생식 시기 (life history stage and reproductive time spans): 특정 종이 기름이나 다른 유해물질에 영향을 받기 쉬운 특정 기간을 나타내며, 요소(element)에 따라 민감한 생활사 단계와 생식기간(reproductive time period)이 상이할 수 있으므로 성장 단계와 생식기간을 월별로 기재한다. 예를 들어 조류의 경우, 생식기간은 둥지를 틀고, 알을 품고, 부화하며, 새끼가 깃털이 날 때까지를 말한다. 어류의 경우, 생활사와 생식기간은 산란, 유생 시기, 이주하는 시기로 이루어진다. 산란은 산란 행위와 산란과 관련된 이동, 집단 생활 기간을 포함한다. 패류의 경우, 생활사단계과 생식기간은 교미, 산란과 유생 시기로 구분한다. 해양포유류는 새끼를 낳고 털갈이를 하는 기간이며 고래류는 암컷이 새끼를 낳는 시기를 의미한다.

라. 유용 자원(Human-Use Resource)에 대한 지도 작성 원칙

각 유용 자원 종류별로 코드를 부여하되 색코드는 사용하지 않는다. 지도 번호와 자원 번호를 분명하게 나타내기 위해서 대시선을 그 지점에 사이에 넣는다. 송수관, 관할 지역의 경계, 국경 등은 선으로 나타내고, 지정 보호 지역, 공원, 관광지, 해수욕장 등은 생물자원에서와 같이 다각형으로 나타낸다. 유적지나 낚시터와 같은 자원은 매우 많아서 점기호로 나타낼 필요가 있다.

① 위치: map#-feat.#의 형태로 지도 번호와 자원 번호로 유용 자원의 위치를 나타낸다. 자원 번호에는 항상 유용 자원임을 나타내기 위해 "H"를 앞에 써야 한다.

② 자원의 형태(resource type): 유용 자원 종류

③ 자원명(resource name): 자원의 이름

④ 지리 자료(geological source): 지도에 서술한 자원에 관한 지역 정보

⑤ 부가 자료(attribute source): 첨가해야 할 자료

마. 환경민감도지도의 부호 통일

① 해안 민감도의 등급(shoreline sensitivity ranking index)

해안 서식지를 나타내는 색깔 체계는 환경민감도지도마다 조금씩 차이가 있으나, 가장 민감하지 않는 곳에 검정을 가장 민감한 곳에 빨간색을 일반적으로 적용시킨다. 지도를 표준화하기 위해 색깔 체계는 차가운 색에서 따뜻한 색으로 점차적으로 변화시키는 것을 원칙으로 한다. 과거에는 각 색깔에 관련된 ESI 값과 유형이 조금씩 차이가 났으나 이를 통일하기 위해 새로운 표준 색깔 체계를 만들었다.

Table 2-20. Proposed color scheme from least sensitive to most sensitive in ESI map

ESI Rank	Color	CMYK Percentages
1	진분홍	56/94/0/13
2	연분홍	38/44/0/0
3	청색	88/19/0/0
4	연청색	25/0/0/0
5	연한청녹색	50/0/25/0
6A	연한황녹색	100/0/100/0
6B	녹색	22/0/100/0
7	올리브색	0/0/100/25
8A	황색	0/0/100/0
8B	복숭아색	0/34/28/0
9	오렌지색	0/40/88/0
10A	빨간색	0/100/56/0
10B	자홍색	0/50/0/0
10C	검붉은색	0/91/56/13
10D	갈색	0/56/69/25

② 생물자원의 기호화 (biological features symbolization)

상이한 생물 그룹을 나타내는 점과 다각형은 예전과 같이 ESI 지도에 색코드를 지정했다. 단, 포유류는 칼라 복사본에 더 잘 보이도록 노란색에서 갈색으로 변경시켰다. 각 동물그룹을 나타내는 다각형은 다음과 같은 방식으로 색을 부여한다.

어류 ---- 청색	파충류 --- 빨간색
조류 ---- 녹색	패류 --- 오렌지
서식지 --- 분홍	포유류 --- 갈색

생물자원분포를 나타내는 다각형은 적당한 색을 사용하여 평행선으로 채운다. 하나 이상의 생물 요소가 동일 다각형을 포함할 경우, 검정색 평행선으로 다각형을 채운다. 일부 국가에서는 생물자원을 나타내는 기호로서 계절을 표시하는 four-point system이 사용해 왔으나 별도로 자원에 관한 계절적 요인을 기술하는 표가 사용될 경우에는 굳이 이러한 시스템을 사용할 필요가 없을 것으로 보여 본 연구에서는 최근의 동향에 따라 기호만으로 사용키로 했다.

③ 유용 자원 기호 (human-use feature)


거의 모든 유용 자원은 지도상에 점으로 표시되지만 공원이나 보호지역 등은 다각형으로 표시된다. 유용 자원 기호에 관한 상징은 기호(feature)에서 심벌(symbol)까지 그려진 점선을 갖는 기호로부터 출발한다. 다각형과 선 기호의 경계는 점선을 사용하며, 기호에 대한 상징은 경계면 안쪽의 어느 곳에든 기재한다. 그림 2-11은 ESI 지도 작성시 생물자원과 유용 자원 표시에 사용되는 기호들을 표준화한 것이다.

SENSITIVE BIOLOGICAL RESOURCES



BIRDS

-  Diving Bird
-  Gull/Tern
-  Pelagic Bird
-  Raptor
-  Shorebird
-  Wading Bird
-  Waterfowl









CORAL REEF

-  Coral



FISH

-  Fish
-  Nursery Area




MAMMALS

-  Bear
-  Deer
-  Dolphin
-  Manatee
-  Terrestrial Mammal
-  Seal
-  Sea Otter
-  Whale







PLANTS

-  Submerged Aquatic Vegetation
-  Terrestrial Plant

REPTILES/AMPHIBIANS

-  Alligator/Crocodile
-  Turtle
-  Other Reptiles/Amphibians

SHELLFISH

-  Conch/Whelk/Abalone
-  Crab
-  Lobster
-  Oyster/Clam/Mussel
-  Shrimp
-  Squid

HUMAN-USE FEATURES





























- | | | |
|---|--|--|
|  Access |  Ferry |  Recreational Fishing |
|  Airport |  Historical Site |  Recreational Beach |
|  Aquaculture |  Hoist |  Subsistence Fishing |
|  Archaeological Site |  Logging |  Village |
|  Boat Ramp |  Marina |  Water Intake |
|  Camping |  Marine Sanctuary |  Water Supply |
|  Coast Guard |  Mining |  Wildlife Refuge |
|  Commercial Fishing |  National Park |  National or State Boundary |
|  Facility |  Park |  City Boundary |
| | |  Park or Refuge Boundary |

Fig. 2-11. ESI symbols for representation of the biological and human-use resources

제 6 절. 사고명령체제에 근거한 방제 업무 설계

긴급사태시 방제조직을 관리하는 기술에 관한 일반적인 이론에 관해서는 최근 많은 연구가 진행되고 있다(Dynes, 1990; Harrald et al., 1992, Walker et al., 1995; 한국해양연구소, 1996). 방제관리 시스템의 설계와 실행에 관한 이론과 주요 개념적 요소는 방제 관리 시스템을 설계하는 기초가 되기 때문이다. 거의 모든 선진국들에서는 방제 조직의 효율을 높이기 위하여 사고명령체제(Incident Command System; ICS)를 도입하고 있는데, 이는 평상시에 독립적으로 움직이던 기관들이 사고시에 어떻게 함께 의사결정에 참여하고 이를 실행에 옮길 수 있는 최적의 조직을 만들려는 의도에 근거하고 있다. 우리나라에서는 아직도 사고명령체제가 서구의 것이기 때문에 받아들이기 어렵다는 보수적인 경향이 있는 실정이지만 향후 방제체제를 선진화하기 위해서는 불가피하게 사고명령체제를 받아들여 보완해 나가야 할 것이다. 본 연구에서는 우리나라의 방제 조직과 체제를 사고명령체제로 전환한다는 가정하에 방제지원도구를 개발하는 전략을 수립하였다. 1단계에서 이미 현장에서 사용하고 있는 업무 흐름에 근거한 행정양식들이 전산화된 바 있으나 현장에서 사용하기 어려운 난점이 있고, 현재의 업무 흐름을 존속시키는 한, 방제체제의 개선은 기대하기 어렵기 때문이다. 본 연구에서는 우선 사고명령체제의 도입을 위하여 사고명령체제의 근간을 이루는 업무 흐름을 전산화하여 현장에서 사용해 보도록 하는 전략을 사용하기로 하였다.

사고명령체제(Incident Command System: ICS)는 미국 연방 소방국(Federal Fire Protection Agency)이 모든 형태의 응급사태시에 방제조직

을 운영하는데 사용할 수 있도록 설계되었던 것으로서 소방뿐만 아니라 태풍, 홍수, 지진 등의 자연재해와 비행기 추락, 유출사고, 교통사고, 해충 구제, 해난 구조 등에 기술적인 사고에도 널리 응용되어 왔다. 특히 유해 물질 사고의 방제에 있어서 여러 기관의 기능을 통합하고 작업 효율을 극대화할 수 있는 구조로 평가되어 왔다.(Rolan and Cameron, 1991; Veasey and Morton 1992). 원래 사고명령체제는 국가 기관간 사고 관리 시스템(National Interagency Incident Management System: NIIMS)의 한가지 하부 시스템이었던 것이 기름과 유해물질의 사고 방제 관리를 위해 수정 보완되었다.

사고명령체제는 기능적 측면에서 지휘, 작업, 계획, 지원, 재무 등 다섯 가지 부문으로 나누어진다(Fig. 2-12)

지휘부는 모든 방제 행위의 운영에 책임이 있으며 방제책임자와 그를 지원하는 참모로 구성된다. 방제책임자는 지휘부의 최상급자이며, 방제

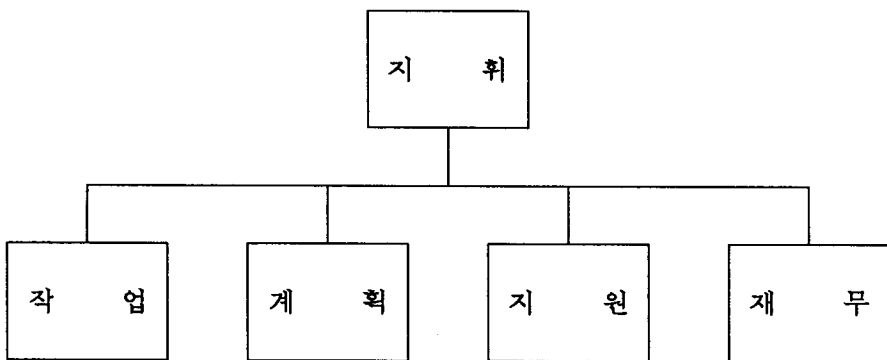


Fig. 2-12. Major functional areas of the ICS

인력의 안전을 포함한 모든 방제작업의 운영에 궁극적인 책임이 있다. 방제책임자는 방제와 관련된 모든 기술적 전략적 의사결정을 내리고 지시한다. 소규모 사고의 경우에 지휘부는 방제책임자 1인이 될 수도 있다. 사고의 규모가 방제책임자 단독으로 해결할 수 있는 범위를 초과할 경우 다른 참모의 도움을 받게 된다. 중대규모의 사고일 경우 지휘부는 방제책임자 이외에 방제 기술을 지원하는 방제 전문가와 홍보 담당관, 안전관리 담당관, 연락 담당관 등의 참모로 구성된다. 지휘부는 상황판단, 전략적인 목표 설정, 명령 하달, 가용 자원의 배치 등을 담당한다.

홍보 담당관의 임무는 사고에 관한 정확한 정보를 언론에 공개하고 취재원들의 안전을 고려하여 취재 위치를 통제하는 것이다.

안전관리 담당관은 사고와 관련된 위험 상황을 확인하고 계획 회의에 참석하여 사고 처리 계획을 검토하며, 발생할 수 있는 위험 상황을 미리 예측하는 임무를 수행한다. 그는 위험을 초래할 수 있는 행위를 중지시키거나 미연에 방지하기 위한 지시를 내릴 수 있으며 사고 지역에서 발생한 안전사고를 검사하거나 의료 지원 계획을 검토, 승인하는 업무를 수행한다. 안전관리 담당관은 방제 행위에 참여하는 모든 인원에 대한 안전 보장에 책임이 있기 때문에 방제책임자나 다른 담당관에 의해 지시된 명령에 제동을 걸 수 있는 유일한 사람이다. 안전관리 담당관은 방제 행위에 위험이 게재될 경우에 방제 명령의 수정을 요구할 수 있으며, 방제책임자는 즉시 이를 받아들여야 한다. 대형 사고의 경우에 안전관리 담당관은 의료진이나 안전 관리자, 정화작업 안전 관리자 등 그의 참모들로부터 도움을 받게 된다.

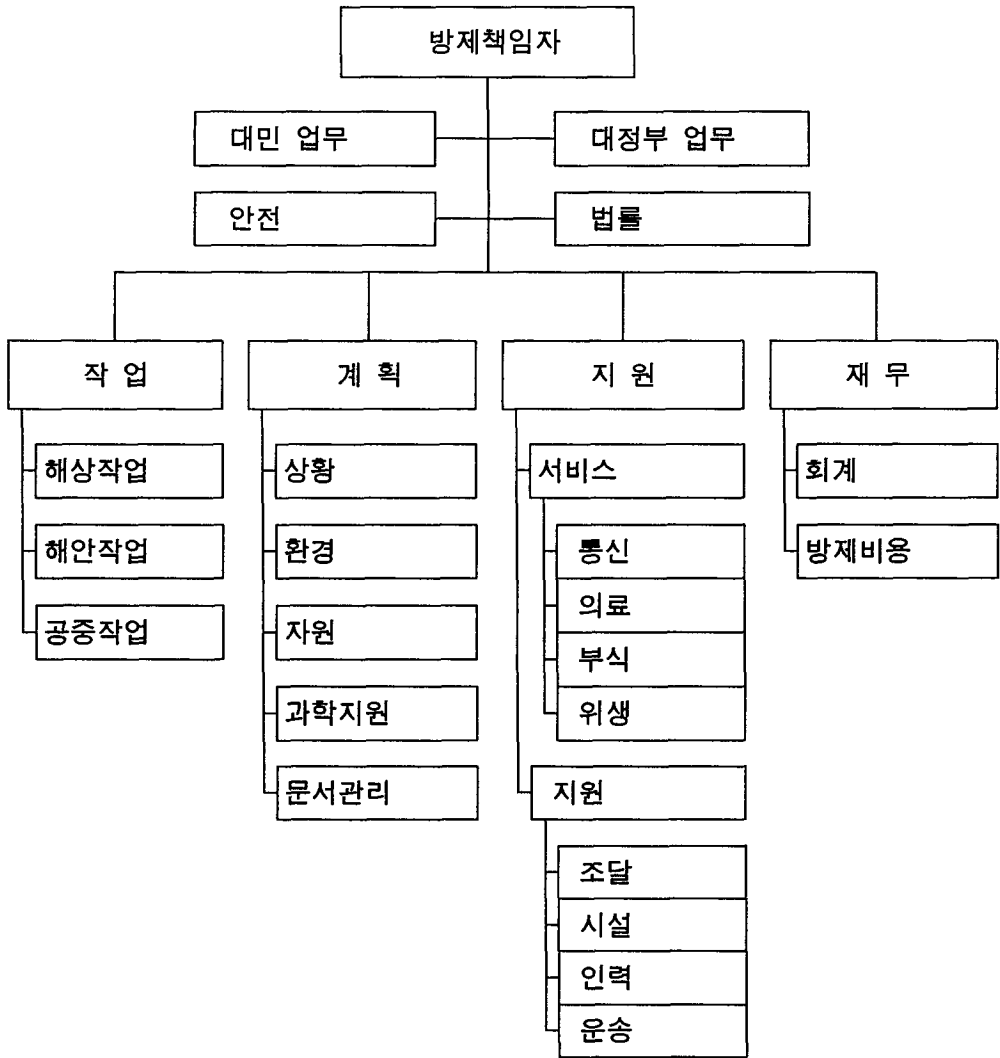


Fig. 2-13. Example of modified ICS organization

연락 담당관은 소방서나 법원, 적십자, 지방관서, 청소업체 등 방제작업에 관여하는 모든 기관이나 참여자 그룹을 총괄 조정하는 업무를 맡는다. 연락 담당관은 방제작업에 참여하거나 지원하는 기관의 대표와 접촉하는 창구가 되며 각 기관의 대표자와의 통신 연결이나 위치 파악 등을 비롯하여 기관간의 협력 문제를 원활히 하는 등의 임무를 부여받는다. 특히 대형 사고의 방제에 있어서는 방제책임자가 여러 기관의 방제작업을 일일이 통괄하기 어렵기 때문에 연락 담당관이 꼭 필요하다. 유능한 연락 담당관이라면 어떤 기관에서 어떤 특정한 작업을 수행할 수 있는지를 방제책임자에게 조언하고 할당된 과업을 각 기관에게 알려주는 업무를 수행한다.

계획부는 사고와 관련된 정보를 수집하고 평가하며 방제작업계획을 수립하고 경우에 따라서 이를 수정하는 임무를 가지고 있다. 계획 부에서 제공하는 정보와 조언은 지휘부의 의사결정에 사용된다. 계획부는 사고의 진행 상황과 방제 자원에 관한 정보를 수집, 평가, 전파하고 사용하는 역할을 한다. 계획부는 12시간, 24시간, 36시간, 60시간 등 방제 초기에 시간별로 계획을 수립한다. 계획 담당관은 유출물질의 종류 및 특성, 기상 조건, 해양 환경 조건에 관한 정보를 수집하고 현재의 방제 자원과 향후 방제 자원의 도착 계획을 세운다. 유출물로 인한 자원 피해를 예측하며 방제 우선순위를 권고한다. 현장의 방제 방법을 추천하고 구체적인 방제 실행 계획을 수립한다. 계획 담당관은 향후 방제 자원의 요구를 사전에 예견하고 방제 효율을 감안하여 다른 전략 전술을 준비해야 한다. 변화되는 상황에 맞추어 방제 계획을 수정하고 사고 처리에 가장 적합한 하부 조직을 설계하며 지원이 필요한 지역을 파악하여 방제책임자에게 알려준다.

작업부는 유해물질 사고를 처리하기 위해 행해지는 모든 기술적인 활동을 지시한다. 작업부는 방제작업의 핵심 인력으로 구성된다. 방제작업의 실행을 담당하는 작업부는 대개 유출물질의 방제, 화재 진압, 응급 의료 지원 등 3개의 하부 조직으로 구성되는 것이 보통이다. 방제 부문은 다시 그 하부에 예측, 확산 저지, 정화작업을 담당하는 3개의 세부 조직을 보유할 수 있다. 작전부는 유해물질의 확산이나 폭발 등을 예측하고 이를 저지하는 작업을 실행하며, 화재를 진압하거나, 응급 의료처치 활동을 하는 등 현장에서 필요한 모든 즉각적인 방제작업을 수행한다. 작업 담당관의 역할은 방제책임자를 도와서 사고 처리를 위한 전략적 기술적 목표를 수립하고 방제 실행 계획을 수립하는 것이다. 작업 담당관은 방제책임자에게 방제자원을 요구하고 이를 분배해야 한다. 전체적인 방제 계획에 관해 방제책임자와 상의하되 방제책임자에게 사고 처리 상황과 방제 자원의 현황을 보고해야 한다. 방제작업 담당관은 방제 작업팀을 감독하며 방제작업 효율에 관한 보고서를 작성하게 된다.

지원부는 방제작업에 필요한 방제 장비와 기자재를 지원하고 각종 서비스를 담당하는 임무를 띄고 있다. 지원부는 차량을 포함한 모든 이동 장비를 지원하고 방제 인력의 식사 및 숙박, 각종 편의 제공에 이르기까지 모든 것을 조달하며, 필요한 장비나 기자재를 사고 현장까지 수송한다. 지원 담당관은 통신, 의료, 숙식, 조달, 시설, 운송 등이 원활히 지원되도록 조절해야 한다.

재무부는 사고 방제에 필요한 기자재의 구입, 인력의 시간 기록 및 기타 금전적인 문제를 담당한다. 방제작업에 소요되는 비용은 누군가가 부담해야 하므로 철저한 기록이 필요하다. 재무부는 방제작업에 관여하는

민간 방제팀의 방제 기자재 사용, 임금의 지출 등을 감독하고 정산하는 역할을 한다.

본 연구에서는 이러한 사고명령체제에 근거한 방제 관리 시스템을 방제지원시스템에 도입하기 위하여 우선 각 구성원이 맡아야 할 작업 내용을 양식화하였다(Table 2-21~2-37). 본 양식들은 사고명령체제를 원활히 운영하는 근간이 되며 업무 흐름을 좌우하게 되므로 초안을 해양경찰청의 실무진들과 면밀히 검토하여 수정 보완할 계획이다.

상 황 보 고	1. 사고명	2. 작성일	3.작성시간
4. 사고상황지도			
ICS 1 호서식	4쪽중 1쪽	5. 작성자 성명 및 직급	

Table 2-21. Incident briefing

조직 할당표	1. 사고명	2. 작성일	3.작성시간
4. 방제활동기간(년/월/일/시)		부터 _____ 까지	
5. 방제책임자 및 참모 책임자 부책임자 해양경찰청 _____ _____ 방제대책본부 _____ _____ 기동 방제단 _____ _____ 안전담당관 _____ 연락담당관 _____ 정보담당관 _____	9. 방제작전과 과 장 : _____ 과장대행 : _____ A. 1계 1 계 장 : _____ 1계장대행: _____ 팀 : _____ 팀 : _____ 팀 : _____ 팀 : _____ B. 2계 2 계 장 : _____ 2계장대행: _____ 팀 : _____ 팀 : _____ 팀 : _____ 팀 : _____ C. 3계 3 계 장 : _____ 3계장대행 : _____ 팀 : _____ 팀 : _____ 팀 : _____ 팀 : _____ D. 항공방제계 항공방제계장: _____ 항공전술팀장: _____ 항공지원팀장 : _____ 헬기 담당 : _____ 항공기 담당 : _____		
6. 유관기관 기관명 성 명 _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____			
7. 방제계획과 과 장: _____ 과 장 대 행 : _____ 방제자원주임: _____ 방제상황주임: _____ 기록 주 임: _____ 복 원 주 임: _____ 방제 전문가 : _____			
8. 방제지원과 과 장 : _____ 과장 대 행 : _____ A. 지원1계 지원1계장 : _____ 자재주임 : _____ 시설주임 : _____ 수송주임 : _____ B. 지원2계 지원2계장 : _____ 통신 주임 : _____ 의료 주임 : _____ 음식품주임 : _____	10. 회계과 과 장 : _____ 과 장 대 행 : _____ 계 시 주 임 : _____ 조 달 주 임 : _____ 보 상 주 임 : _____ 복 원 주 임 : _____ 방제비용주임: _____		
ICS 3호서식	11. 작성자(방제자원 주임)		

Table 2-23. Organization assignment list

무선 통신 계획		1. 사고명	2. 작성일시	3. 방제작업기간	
4. 통신 채널 사용 내역					
통신 방법	채널 수	할당된채널의 사용기능	주파수	사용 부서	기 타
ICS 5호 서식	6. 작성자 (통신주임)				

Table 2-25. Incident radio communication plan

의료활동계획		1. 사고명	2. 작성일	3. 작성시각	4.방제활동기간	
5. 의료지원 기지						
의료 지원 기지		장 소			의료요원 성명	
6. 수 송						
A. 구급차 서비스						
연 락 처		주 소		전 화		
B. 개인 병원						
병 원 명		위 치				
7. 종합병원						
병 원 명	주 소	이동시간		전화번호	헬기이착륙장	화상치료소
8. 응급조치 요령						
ICS 6호 서식		9. 작성자(의료주임)		10. 검토자(안전담당관)		

Table 2-26. Medical plan

상 황 보 고		1. 사고명	2. 작성일	3.작성시각
5. 추정유출량(리터) 적 재 량 : _____ 잔 류 량 : _____ 유출속도 : _____ _____ 지난 24시간 동안 총량 _____ 유출량 _____ _____		4. 방제작업기간 _____ 부터 _____ 까지		
유출유 합산 회 수 량 _____ _____ 증 발 량 _____ _____ 분 산 량 _____ _____ 소 각 량 _____ _____ 부유유량(펜스내) _____ _____ 부유유량(미포획) _____ _____ 부착유량 _____ _____		10. 해안청소자원 할당수량 가용수량 미가동수량 증장비(대) _____ 세척기(대) _____ 흡입트럭(대) _____ 유치리제(리터) _____ 오일펜스(m) _____ 흡착제(kg) _____ 스키머(대) _____ 선 박(대) _____		
6. 폐기물처리 형 태 회 수 량 저 장 량 폐기처리량 기름(리터) _____ _____ _____ 액상유(리터) _____ _____ _____ 액 체(리터) _____ _____ _____ 고형유(톤) _____ _____ _____ 고 체(톤) _____ _____ _____		11. 해역방제자원 방제선(척) _____ 어 선(척) _____ 기타선박(척) _____ 상륙정(척) _____ 바지선(척) _____ 터그보트(척) _____ 헬기(대) _____ 항공기(대) _____ 스키머(대) _____ 오일펜스(m) _____ 흡착제(kg) _____ 유치리제(리터) _____		
7. 해안 포착유 처리 오염도 표착거리 청소된거리 남은거리 상 _____ _____ _____ _____ 중 _____ _____ _____ _____ 하 _____ _____ _____ _____		12.방제인력 조 직 / 인원수 조 직 명 인 원 수 공무원 _____ _____ _____ _____ 일반인 _____ _____ _____ _____ 군 인 _____ _____ _____ _____ 기 타 _____ _____ _____ _____ 합 계 _____ _____ _____ _____		
8. 생태피해 현황 형 태 / 포 획 세 칩 방 류 사 망 조 류 _____ _____ _____ _____ 포유류 _____ _____ _____ _____ 어 류 _____ _____ _____ _____ 기 타 _____ _____ _____ _____ 합 계 _____ _____ _____ _____		13. 기타참고사항 _____ _____ _____		
9. 안전관리현황 _____ 지난 24시간 동안 합계 _____ 방제요원부상 _____ _____ 일반인 부상 _____ _____ 기 타 _____ _____		14. 작성자(지원계장) _____		
ICS 9호 서식				

Table 2-27. Incident status summary

방제상황요약보고	1. 사고명	2. 작성일	3. 작성시간
4. 방제작업기간(일시)			
5. 방제계획			
6. 방제작업			
7. 환경			
8. 기타			
ICS 방제 상황 요약	9. 작성자 (방제 계획 과장)		

Table 2-28. Executive summary

종합계획표			사고명						
작성자	작성일	작성시각	방제작업기간						
			부	터					
1. 사고보고									
2. 방제 조치 개시									
3. 방제현장의 특성분석, 예보									
4. 현장 안전 관리									
5. 현장 보안									
6. 구난									
7. 감시									
8. 펜스 설치 및 유회수									
9. 환경민감지역 및 자원									
10. 기타 방제 기술									
11. 해안 방어 및 유회수									
12. 생태계 보전									
13. 방제 자원 지원									
14. 방제 조직									
15. 통신									
16. 대민 정보공개									
17. 방제자금 관리 및 비용기록									
18. 피해보상									
19. 훈련									
20. 정보관리									
21. 오염 피해저감									
22. 폐기물 관리									
23. 철수									

Table 2-29. General plan

FAX MESSAGE		
수 신 :	직 급 :	
발 신 :	직 급 :	
제 목 :	일 시	
연락내용 :		
작성일	작성시간	서 명

Table 2-30. Fax messay form

항공방제 상황 보고		1. 사고명	2. 방제작업기간(일시)		3. 항공방제 명령하달시간 헬기장 _____ 공 항 _____	
4. 인원 및 통신		5. 작업지시사항				
성명	항공기간 통신주파수	항공기-기지간 통신주파수				
항공방제계장	_____	_____				
항공작진주임	_____	_____				
항공지원주임	_____	_____				
헬기장	_____	_____				
항공기 기장	_____	_____				
6. 항공기위치/기능	할 당	8. 항공기 번호	기종	10. 시 사용가능시간	11. 항공기 지정자	12. 기지명
		번 호	기 종	사 용 가 능 시 간	지 정 자	
ICS 20호 서석	13. 항공방제지원장비		14. 작성자 및 작성일시			

Table 2-33. Air operation summary

회 의 록	1. 사 고 명
2. 회 의 명	
3. 회의일자	4. 회의시간
5. 회의장소	
6. 회의 준비 담당자	
7. 참석자 명단	
8. 회의 내용 개요	
ICS 31호 서식	9. 작성자

Table 2-35. Meeting description

참고문헌

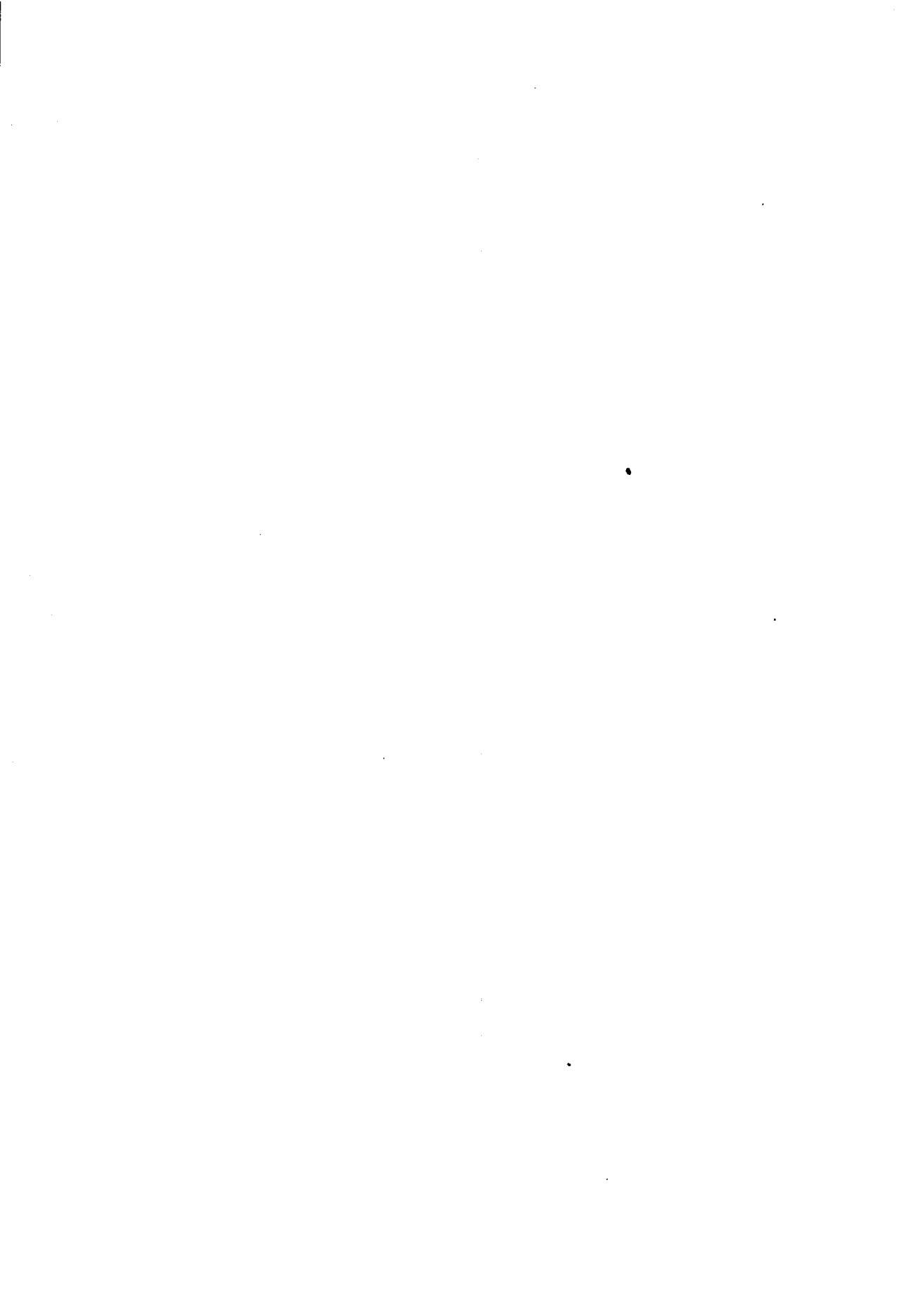
- Delvigne, G.J., and Sweeney, C., 1988. Research on vertical turbulent dispersion of oil droplets and oiled particles. OCS Study MMS 86-0029.
- Dickins, D.F., Martin L.C., Bjerkelund I.E., Potter S.G. and D.C. Tilden, 1986. Environmental atlas for Beaufort Sea oil spill response.
- Diggle, P.J., 1983. Statistical analysis of spatial point patterns. Academic Press. London. p. 148.
- Dodge, F.T., Buckingham J.C., and T.B. Morrow. 1983. Analytical and experimental study to improve computer models for mixing and dilution of soluble hazardous chemicals. NOAA. USA.
- Dynes, R.R., 1990. Community emergency planning: false assumptions and inappropriate analogies. Proc. of the Workshop on Safety Control and Risk Management, Karlstad, Sweden, Nov. 1989.
- Fay, J., and Hoult D., 1971. Physical processes in the spread of oil on a water surface. USCG report DOT-CG-01 381-A
- Galt, J.A., 1994. Trajectory analysis for oil spills. J. Adv. Mar. Tech. Conf. 11:91-126.
- Galt, J.A., 1995. The integration of trajectory models and analysis into spill response information systems. Second International Oil Spill Research and Development Forum, 23-26 May 1995, IMO, London, pp 499-507.

- Getter, C.D., Thebeau, L.C., Ballou, T., and Maiero, D.J., 1981. Mapping the distribution of protected and valuable, oil-sensitive coastal fish and wildlife: In: Proc. 1981 Oil Spill Conf. March 2-5. 1981. Atlanta. Georgia. API Pub. No. 4334. Washington, D.C., pp 325-329.
- Gilbert, J.T.E., 1983. Contingency planning for offshore oil and gas development. Technical Environmental Guidelines for Offshore Oil and Gas Development. PennWell Publishing Company. Tulsa, Oklahoma.
- Harrald, J.R., Cohn, R.E., and Wallace, W.A., 1992. We were always re-organizing: some crisis management implications of the Exxon Valdez oil spill. *Industrial Crisis Quarterly*, 6: 197-217.
- Hayes, M.O., Gundlach, E.R., and Getter, C.D., 1980. Sensitivity ranking of energy port shorelines. Norfolk: Proc. Ports '80, American Society of Civil Engineers. pp. 697-708.
- IPIECA, 1996. Sensitivity mapping for oil spill response. IMO/IPIECA report series vol. 1. p. 24.
- Krogh F. 1984. Computer simulation of oil spills - state of the art regarding models and applied techniques. In Combating oil pollution in the Kuwait Action Plan region. UNEP Regional Seas Report and studies No.44. p.155-183.
- Makay D. Paterson S., and K. Trudel. 1980a A mathematical model of oil spill behavior Environment Canada EE-7.

- Michel, J., and Dahlin, J., 1993. Guidelines for developing digital environmental sensitivity index atlas and databases. NOAA/HAZMAT.
- NOAA. 1992. Shoreline countermeasures manual; temperate coastal environments.
- NOAA. 1996. Digital distribution standard for NOAA trajectory analysis information. HAZMAT Report 96-4. Jan. 1996. p.44.
- Research Planning Institute 1985. Developing criteria for advance planning for dispersant use RPI/R/85/6/13-11.
- Roran, R.G., and Cameron, K.H., 1991. Adaptation of the incident command system to oil spill response during the American Trader spill. Proc. of the 1991 Oil Spill Conf., pp. 267-272.
- Walker, A.H., Ducey, D.L., and Lacey, S.J., 1994. Implementing an effective response management system: a white paper for 1995 International Oil Spill Conference. American Petroleum Institute. pp. 106.

제 3 장

연안해역 긴급방제 현장용 유류 확산 예측모델의 개발



제 3 장 연안해역 긴급방제현장용 유류확산모델 의 개발(Ⅲ)

제 1 절 서 언

최근 우리나라는 산업의 고도발전에 따른 유류 수입 물동량이 날로 급증해 가고 있으며 지리적 여건상 해상운송이 용이한 이유로 해상에서의 유조선이나 선박의 해난사고등으로 인한 유류오염사고는 Fig. 3-1에서 보는 바와 같이 지난 81년부터 95년 까지 해마다 증가하는 추세에 있으며, 매년 200여건 이상에 이르고 있다. 사고에 의한 피해 및 영향은 막대한 경제적 손실 뿐만 아니라 환경·생태계 파괴 등으로 이어지므로 연안환경 보전에 있어서 가장 심각한 문제가 아닐 수 없다.

그러나 이러한 유출오염사고의 심각성에도 불구하고 우리나라에서는 방제방법 및 과정에 있어서 외국과의 기술적 격차가 현격하여, 빈번히 발생하는 유류유출사고에 대해 거의 속수무책인 상태에 있는 실정이므로 유류 오염사고시 합리적 대처를 위한 방제모델의 개발이 필수적이다.

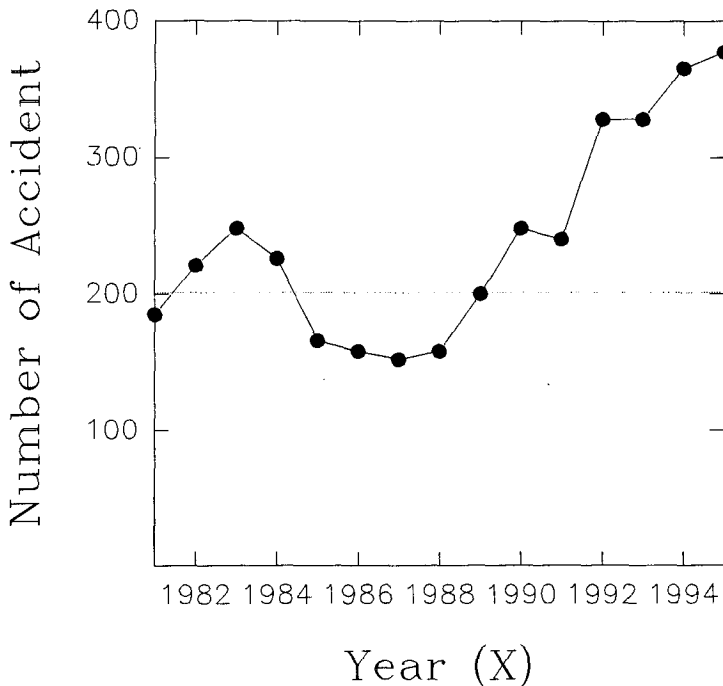


Fig. 3-1. Oil-spill incidents in Korea.

현재 선진각국에서는 오래전부터 예측모델의 개발에 전력하여 상당한 수준에 도달해 있기도 하다. 그러나 일반적으로 적용성이 좋다고 알려진 모델이라 할지라도 실제 상황에서는 그 효용성이 극히 제한적이다. 임의 지역의 환경조건 등이 데이터베이스화 된 긴급방제 모델은 내부적으로 특정지역의 해역환경에 맞추어져 적용성을 극대화시키고 있기 때문에 그 지역과 환경조건 등이 다른 해역에서는 별로 효력을 발휘하지 못하는 경우가 대부분이다.

현재 우리나라의 경우에는 이와 같은 특정해역에 대하여 적용성을 극대화시킨 모델은 거의 찾아볼 수 없다. 전 단계의 기초적 연구로 경기만에서의 긴급방제 현장용 유류확산 예측모델이 구축되었다. 먼저 경기만을 대상으로 구축한 모델을 기존사고 자료를 바탕으로 검증하고, 이를 바탕으로 하여 우리나라 주변 연안해역 중 유류오염사고와 그 피해의 포텐셜이 큰 부산 및 울산주변 해역을 중심으로 긴급방제 현장용 유류확산 예측 모델을 구축하고자 한다.

이에 본 연구에서는 제 2단계로 부산 및 울산주변 해역에 대한 유류확산 예측모델을 개발하고 이에 대한 검증과 실상황에의 적용예를 통해 모델의 기본적 거동특성의 재현성과 현장 적용성을 검토해 보고 향후의 정도 향상을 위한 연구개발 방향에 대해서 논하고자 한다.

제 2 절 연구목적 및 방법

2단계 1차년도 과제로서 본 연구에서는 부산 및 울산주변해역을 대상해역으로 하는 긴급방제현장용 유류확산예측모델을 개발하고 실험해역에의 적용예를 검토하여 모델의 유용성을 밝히고 그 응용 및 현장이용에 대해 논의하고자 한다.

부산-울산 주변해역은 항만도시, 공업단지, 수산업 및 해양레크레이션 시설이 밀집되어 있는 해역으로 유류오염사고가 빈번히 발생하고 있으며, 그에 따른 영향 및 피해의 민감도가 대단히 큰 해역으로 미래에도 유류오염사고 발생확률 잠재력이 높은 해역이다.

이러한 특성을 갖는 당 해역에서의 유류오염사고시 긴급방제를 목적으로 하는 유류확산 예측모델은 가능한 한 취급이 용이하고 신속·정확한 실시간 예측이 가능한 모델로 구축되어야 한다. 본 연구에서는 이를 염두에 두고 다음과 같은 과정과 방법으로 모델개발을 수행하였다.

- (1) 부산-울산주변 해역의 외해경계조건을 결정하기 위하여 황해, 동지나해 및 동해전역을 포함하는 광역 조석모델을 구축한다.
- (2) 협역모델인 부산-울산 주변해역의 조석·조류모델을 구축하고, 세부지역인 부산항-미포, 가덕도-대암 및 부산항에서 지역별로 격자점 마다 조류 유동을 수치계산한다.
- (3) 정밀 수치계산에서 얻어진 조류자료를 이용하여 각 격자점에서의 조류조화상수를 계산하여 실시간의 조류계산이 용이하도록 data base를 구축한다.
- (4) 당 해역에서의 기상특성을 고려하기 위하여 부산-울산주변의 5개의 기상관측소의 14년간 바람의 풍향 및 풍속자료의 data base를 구축한다.
- (5) 취급이 용이한 현장용 모델로 개발하기 위해 유출류의 전반적인 거동양상은 Lagrangian 개념으로 모델링하고 난류확산은 임의 행보(random walk)과정으로 취급한다.
- (5) 임의 감쇠율을 고려될 수 있도록 하며, 감쇠율은 기름의 종류별로 통계처리하여 데이터베이스화하고 우리나라 부산-울산의 기상·

해상 조건에 따라 운용자가 적절히 선택할 수 있도록 한다.

마지막으로 모델은 운용의 편리성을 고려하여 대화형식으로 입력함에 따라 유출유의 확산경로가 계산되도록 구축한다.

제 3 절 모델의 기본구조 및 특징

연안해역의 상세 설계목적으로 정도 높은 원인규명 및 환경영향해석에 적용성이 탁월한 모델을 구축할 경우에는 이류·확산에 관한 부모모델군 외에도 유출유의 풍화과정 등이 포함된 종합적인 모델로 구성되어야 하며 각각의 부모모델들이 3차원 수치모델 또는 해석적, 통계적인 정식화에 의해 정도높은 모델로 구축되어야 한다. 그러나, 긴급방제 현장용 모델인 경우에는 빠른 시간 내에 실시간으로 시시각각의 유류거동을 예측해 내는 것이 중요하므로 Fig. 3-2에 긴급방제 현장용 모델의 기본 구조를 나타낸 바와 같이 기본적으로 유출유의 이류·확산과정으로 구성되어진다.

유출유의 이류 및 확산과정에 영향을 미치는 요인으로는 바람에 의한 취송류, 조류에 의한 이류 및 난류확산 과정 등을 들 수 있다.

이러한 요인들은 각각의 부모모델로 나누어 구성할 수 있으며, 시간이 오래걸리는 복잡한 수치계산 대신에 해역별 기상자료 및 조류, 해류 등의 기존자료의 데이터베이스화, 2차원 수치모델 또는 해석적, 통계적인 정식화에 의한 모델화 및 이들에 의해 계산된 자료의 데이터베이스화를 통하여 이루어진다.

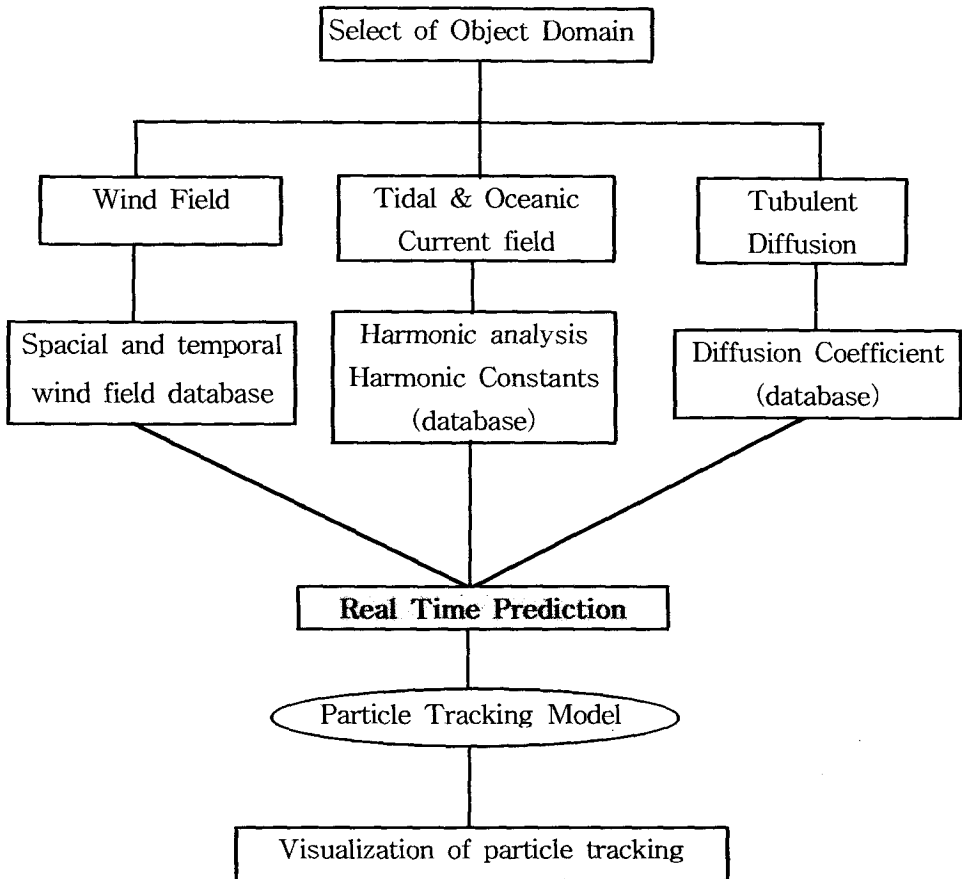


Fig. 3-2. Structure of combat purpose oil-spill model.

제 4절 유류확산 예측모델의 개발(부산-울산)

1. 광역 조석모델

가. 수치모델의 구성

유류확산 예측모델의 개발 대상해역인 부산 및 울산주변해역의 조류 계산시 필요한 외해 경계조건을 얻기 위해 황해, 동지나해 및 동해전역에 걸친 대륙붕 영역에 대하여 조석모델을 구축하고 주요 4대분조에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. 이 때 사용된 수치모델은 ADI법을 적용한 유동 계산모델을 사용하였다.

(1) 기초방정식

연안해역의 유동은 평균해면을 원점으로 하는 연직방향으로 z 축을 취하고, 수면상에 x, y 축을 Fig. 3-3과 같이 취하여 비압축성 유체에 대한 운동방정식 및 연속방정식으로 나타낼 수 있다. 여기에 해면($z = \zeta$) 및 해저($z = -h$)의 조건을 도입하여 전체 해면하, 즉 $-h \leq z \leq \zeta$ 의 범위에 대해 적분함으로써, 다음과 같이 수심방향으로 평균화된 2차원 유동의 방정식으로 변환할 수 있다. 이를 2차원 단층유동모델의 기본방정식으로 사용하였다.

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\zeta}{\partial X} [(\zeta + h)u] + \frac{\partial}{\partial y} [(\zeta + h)v] = 0 \quad (3-1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - fv + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} \\ - Ah \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \frac{gu\sqrt{u^2 + v^2}}{(\zeta + h)C^2} = 0 \end{aligned} \quad (3-2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + fu + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} - Ah \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \frac{g v \sqrt{u^2 + v^2}}{(\zeta + h) C^2} = 0 \quad (3-3)$$

여기서, u, v, A_h 는 $-h \leq z < \zeta$ 사이에서 평균화된 x, y 방향의 유속 성분과 수평와동점성계수를 각각 나타내며, C 는 Chezy의 조도계수, f 는 Coriolis계수, ρ 는 해수밀도, g 는 중력가속도, t 는 시간, h 는 평균해면하의 수심이다.

나. 수치해법

전술한 기초방정식의 해법으로는 수렴성과 연산시간의 경제성 등이 탁월하여 조류 및 확산 계산에 최근 널리 이용되고 있는 ADI법(Alternating Direction Implicit Method)을 사용하였으며 이 방법에 의한 수치해법의 개요는 다음과 같다.

우선 대상해역을 평면적으로 Fig. 3-3에 나타낸 바와 같이 격자분할하여, 수위(ζ), 유속(u, v), 수심(h) 등을 정의하고 점(i, j), $(i+1/2, j)$ 및 $(i, j+1/2)$ 에 대하여 식(3-1) ~ 식(3-3)을 각각 차분 표시한다. ADI법에서는 시간 step을 둘로 나누어 전반 시간 step $(n+1/2)\Delta t$ 에서는 식(3-1)의 좌변 1항의 ζ , 제 2 항의 u 및 식(3-2)의 좌변 제 2 항의 u (미분항은 제외), 제 5 항의 ζ 를 음형식으로 나타내고 나머지 항을 양형식의 이전 step 값 또는 기지량으로 나타내는 다음 식과 같은 형태의 차분식을 도입하여, ζ, u 를 x 방향의 i 의 큰 쪽에서 작은 쪽으로 ζ 와 u 를 순차적으로 구하고, 이들 값을 이용하여 식(3-1)로부터 j 의 작은 쪽에서 큰 쪽으로 양형식으로 v 를 구한다.

$$\zeta_{i,j}^{(n+(1/2))} = -P_{i,j} u_{i+(1/2),j}^{(n+(1/2))} + Q_{i,j} \quad (3-4)$$

$$u_{i-(1/2),j}^{(n+(1/2))} = -R_{i-1,j} \zeta_{i,j}^{(n+(1/2))} + S_{i,j} \quad (3-5)$$

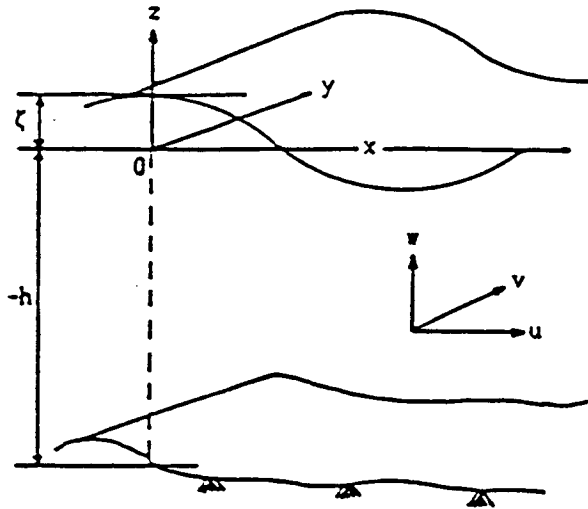
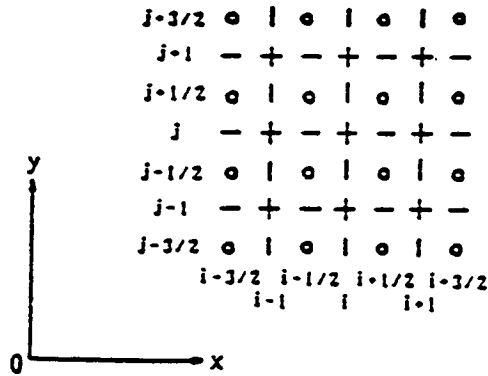


Fig. 3-3. Coordinate system.



- +** : Water level(ζ), Bottom friction coeff.(C)
- o** : Water depth(h)
- : Velocity(u)
- I** : Velocity(v)

Fig. 3-4. Definition of variables.

다음 후반의 시간 step $(n+1)\Delta t$ 에서는 식(3-1)의 좌변 1 항의 ζ , 제 3 항의 v 및 식(3-3)의 제 3 항의 v (미분항은 제외) 및 제 5 항의 ζ 를 음형식으로 나타내어 다음 식과 같은 형태의 차분식을 유도함으로서, ζ , v 를 y 방향에 따라 j 의 큰 쪽에서 작은 쪽으로 ζ 와 v 를 순차적으로 구하고, 이들 값을 사용하여 u 를 양형식으로 구한다.

$$\zeta_{i,j}^{(n+1)} = -p_{i,j} v_{i,j+(1/2)}^{(n+1)} + q_{i,j} \quad (3-6)$$

$$v_{i,j-(1/2)}^{(n+1)} = -r_{i,j-1} \zeta_{i,j}^{(n+1)} + s_{i,j-1} \quad (3-7)$$

여기서 P_{ij} , Q_{ij} , $R_{i-1,j}$, S_{ij} , p_{ij} , q_{ij} , r_{ij-1} , s_{ij-1} 은 $(n+(1/2))\Delta t$ 또는 $(n+1)\Delta t$ 시간 step보다 앞 단계 시각에서 결정된 기지량이다. 이러한 계산을 반복하여 계산 결과가 안정될 때까지 계산을 수행하면 대상해역 중앙영역에서의 수위 및 유속 vector를 구할 수 있다 (Leendertse, 1967; 堀江, 1980).

다. 조석예측

(1) 계산조건

광역 조석계산시 사용된 계산조건을 정리하면 Table 3-1과 같다.

Table 3-1. Computation conditions

항 목	입 력 치
격자 망	Fig. 3-5.
격자간격 (ΔS)	20,000 m
수심 (h)	Fig. 3-6.(해도 No.428에서 취득+M.S.L.)
시간간격 (Δt)	600 sec
Coriolis 계수 (f)	$f = f_0 + \beta y$ (β plane 근사), $f_0 = 2\omega \sin \phi$, $\phi = 33^\circ N$
조도 계수 (C)	$C = 61.4$
개경계조건	Table 3-2. 참고
초기수위 및 유속	전체 계산해역에서 0.0으로부터 계산개시

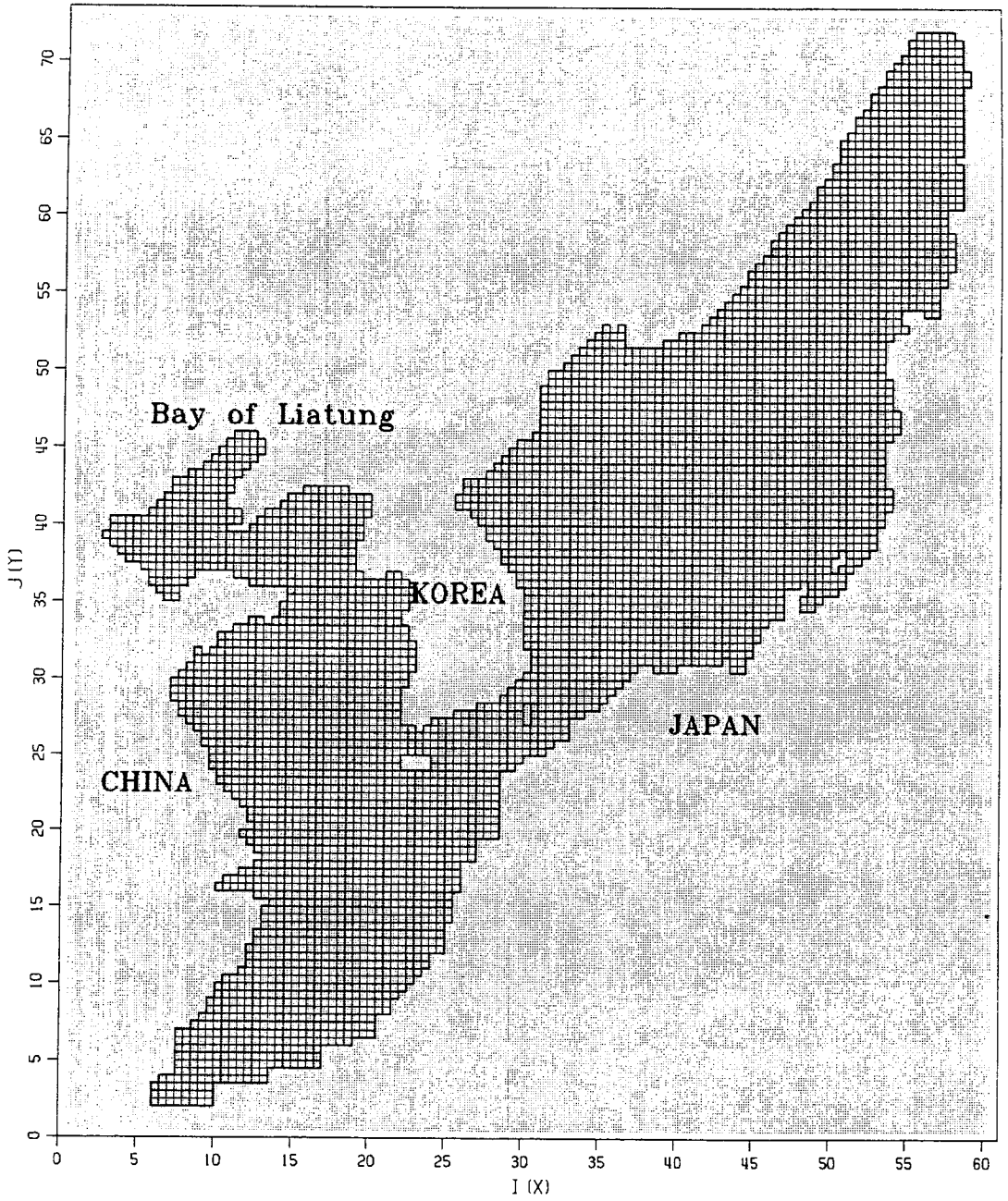


Fig. 3-5. Model grid of the large area.

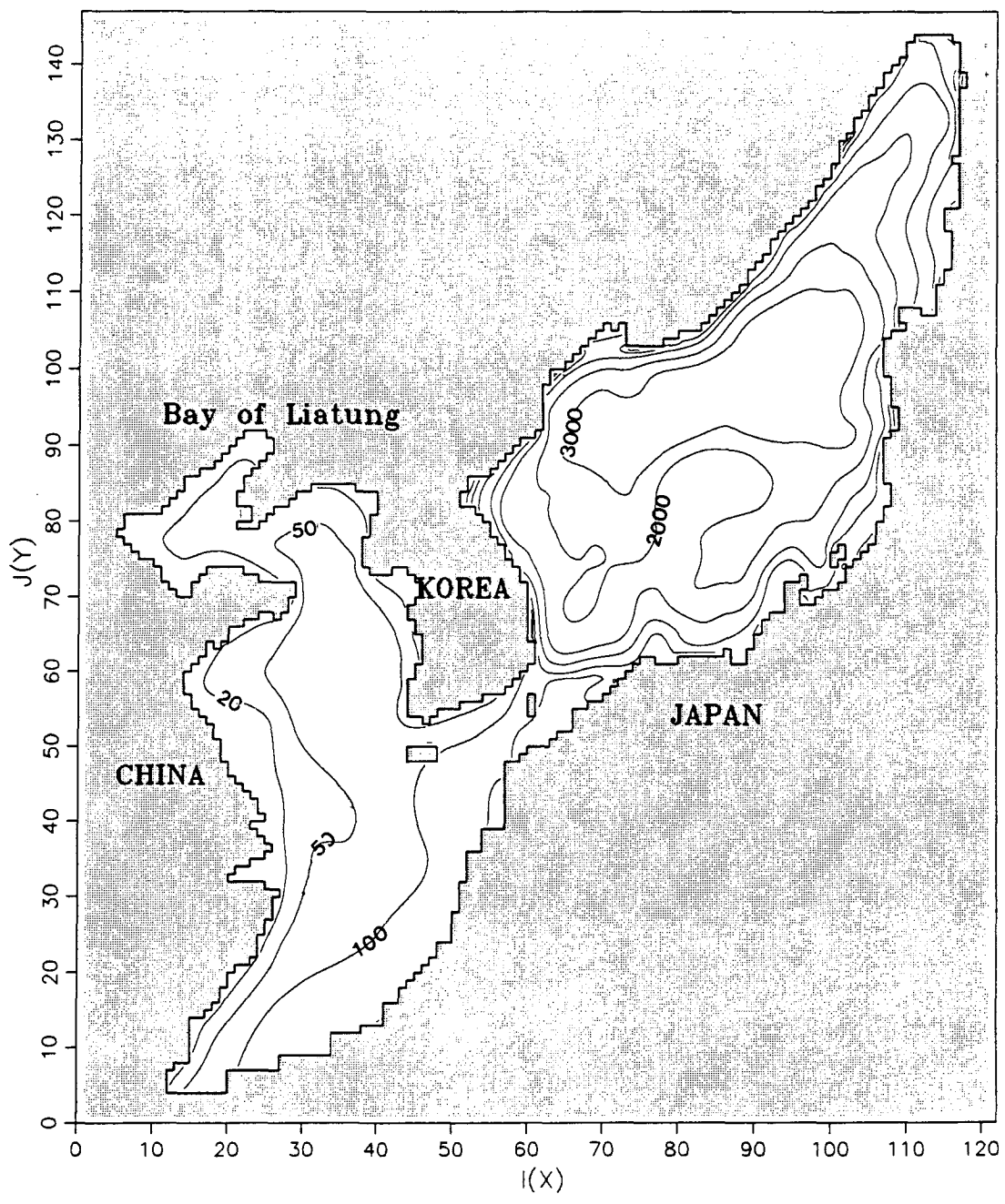


Fig. 3-6. Bathymetric chart of the area.

개경계에서의 조위는 조화분해이론에 일치하는 시간과 위치의 함수로서 다음과 같이 주어질 수 있다.

$$\xi(x, \phi, t) = Z_0(x, \phi) + \sum f_i H_i(x, \phi) \cos(V_i + \sigma_i t + U_i - g_i(x, \phi)) \quad (3-8)$$

여기서 Z_0 : mean sea level

f_i, U_i : nodal factors, which allow for an 18.6 year variation

H_i : the amplitude of constituent i

σ_i : the speed of constituent

V_i : the phase of the corresponding equilibrium constituent at t=0 at Greenwich

g_i : the phase lag of tidal constituent behind the equilibrium constituent

M_2 분조의 개경계에서의 조위를 결정할 때 f_i, U_i 는 18.6년 주기로 변화하는 값이므로 제외하고 V_i 는 특정시간의 상대적 지각으로 경계조건에서는 0을 취할 수 있다. Z_0 는 또한 측정값이 아니므로 무시한다. 따라서 실제 계산시 M_2 분조는 다음 식과 같이 방정식이 결정된다.

$$\xi(x, \phi, t) = H_{M_2}(x, \phi) \cos(\sigma_{M_2} t - g_{M_2}(x, \phi)) \quad (3-9)$$

그리니치 지각 g 는 현존하는 보고서와 조석표 등과 비교하기 위하여 지역 지각인 동경135° E로서 나타낸다.

분조의 진폭과 지각은 최초의 계산으로부터 7조석 동안 계산을 수행하여 최소자승법을 이용하여 조화분해하였다.

(2) 계산결과 및 검토

이상과 같은 조건으로 시뮬레이션한 광역조석모델의 4대 분조를 단조화함수로 모델화하여 조화분해한 결과를 Fig. 3-7~Fig. 3-14에 나타냈다. 이들 그림은 4대분조의 진폭과 위상 전파특성을 각각 나타낸 것이다. 또한 이 결과를 검증하기 위해 Fig. 3-15에 나타나 있는 지점들에서의 실측된 조석 중 M_2 분조 및 S_2 분조의 조화상수를 Table 3-2 및 Fig. 3-16과 같이 비교하였다. 비교결과, 계산값과 실측치가 비교적 양호하게 재현된 것으로 판단되어, 이 자료를 남해-동해 전역의 조류계산시 위해 경계조건으로사용하였다.

Table 3-2. 개경에서의 입력조건(동경 135° 에 기준한 진폭, 지각-최, 1980)

No.	M ₂		S ₂		K ₁		O ₁	
	H(m)	x(°)	H(m)	x(°)	H(m)	x(°)	H(m)	x(°)
1	0.43	244	0.19	281	0.04	135	0.02	101
2	0.49	250	0.22	286	0.07	150	0.03	130
3	0.55	255	0.25	290	0.10	170	0.05	150
4	0.62	261	0.28	295	0.13	200	0.08	170
5	0.66	267	0.31	299	0.15	210	0.09	195
6	0.69	266	0.30	298	0.16	210	0.10	195
7	0.72	265	0.29	296	0.17	210	0.11	195
8	0.75	265	0.28	294	0.18	210	0.12	195
9	0.78	264	0.27	292	0.19	210	0.14	193
10	0.80	265	0.26	290	0.20	210	0.16	193
11	0.81	264	0.25	289	0.20	210	0.17	192
12	0.82	260	0.24	290	0.24	210	0.18	192
13	0.84	255	0.22	292	0.25	210	0.18	192
14	0.80	250	0.21	290	0.27	210	0.20	192
15	0.77	246	0.23	287	0.30	210	0.22	192
16	0.73	241	0.25	284	0.30	210	0.24	193
17	0.72	240	0.26	284	0.28	210	0.20	193
18	0.71	239	0.27	283	0.25	210	0.17	193
19	0.70	240	0.28	284	0.20	210	0.17	193
20	0.70	238	0.29	282	0.25	210	0.17	193
21	0.69	240	0.30	284	0.25	210	0.17	192
22	0.68	240	0.30	283	0.25	210	0.17	191
23	0.67	238	0.30	282	0.25	210	0.16	191
24	0.66	237	0.30	281	0.24	210	0.16	191
25	0.65	235	0.30	279	0.24	210	0.16	190
26	0.63	235	0.32	279	0.24	210	0.16	190
27	0.62	235	0.32	279	0.24	210	0.16	190
28	0.62	235	0.32	279	0.24	210	0.16	190
29	0.62	234	0.31	278	0.24	210	0.16	190
30	0.62	234	0.31	278	0.24	210	0.16	190
31	0.62	234	0.30	278	0.24	210	0.16	190
32	0.62	233	0.30	278	0.24	210	0.16	190
33	0.62	233	0.30	278	0.24	210	0.16	190
34	0.62	233	0.30	278	0.24	210	0.16	190
35	0.62	233	0.30	278	0.24	210	0.16	190
36	0.62	231	0.30	277	0.23	210	0.16	190
37	0.62	231	0.29	276	0.23	210	0.16	190
38	0.62	230	0.28	276	0.23	210	0.16	190
39	0.62	230	0.28	275	0.23	210	0.16	190
40	0.62	232	0.28	277	0.23	210	0.16	190
41	0.62	232	0.28	277	0.22	210	0.16	190
42	0.62	233	0.27	277	0.22	210	0.16	190
43	0.62	233	0.27	273	0.22	212	0.16	190
44	0.62	232	0.26	273	0.21	214	0.16	192
45	0.62	233	0.26	272	0.21	216	0.16	194
46	0.62	233	0.26	273	0.21	218	0.16	196
47	0.62	233	0.26	272	0.21	220	0.16	198
48	0.62	233	0.25	272	0.21	221	0.16	198
49	0.62	233	0.25	273	0.21	221	0.16	199
50	0.62	233	0.24	270	0.21	222	0.16	200
51	0.62	238	0.24	278	0.21	223	0.16	201
52	0.62	237	0.23	277	0.21	224	0.16	202
53	0.62	235	0.23	275	0.20	224	0.17	202
54	0.62	233	0.23	273	0.20	224	0.18	202
55	0.62	238	0.22	278	0.20	225	0.20	202
56	0.62	235	0.22	274	0.20	225	0.20	202
57	0.62	240	0.21	276	0.20	225	0.20	202
58	0.62	238	0.21	274	0.20	228	0.20	206
59	0.62	236	0.21	272	0.20	227	0.20	205
60	0.62	234	0.20	270	0.20	226	0.20	204
61	0.62	233	0.20	267	0.20	225	0.20	203
62	0.62	233	0.20	267	0.20	225	0.20	203
63	0.62	230	0.20	260	0.20	225	0.18	203
64	0.62	230	0.20	260	0.20	225	0.18	203
65	0.62	300	0.28	330	0.20	248	0.17	216
66	0.62	300	0.24	340	0.20	240	0.17	214
67	0.62	270	0.20	300	0.19	235	0.15	212
68	0.62	250	0.10	280	0.18	230	0.17	207
69	0.62	230	0.15	260	0.18	230	0.17	207
70	0.62	350	0.72	20	0.18	257	0.17	227
71	0.62	360	0.54	30	0.18	260	0.17	230
72	0.62	31	0.16	61	0.27	275	0.17	232
73	0.62	26	0.19	56	0.26	273	0.17	231
74	0.62	19	0.22	52	0.25	272	0.17	230
75	0.62	13	0.25	48	0.24	271	0.17	229
76	0.62	10	0.28	44	0.22	270	0.17	228
77	0.62	6	0.31	40	0.22	269	0.17	227
78	0.62	2	0.34	36	0.21	268	0.17	226
79	0.62	2	0.37	32	0.20	267	0.17	225

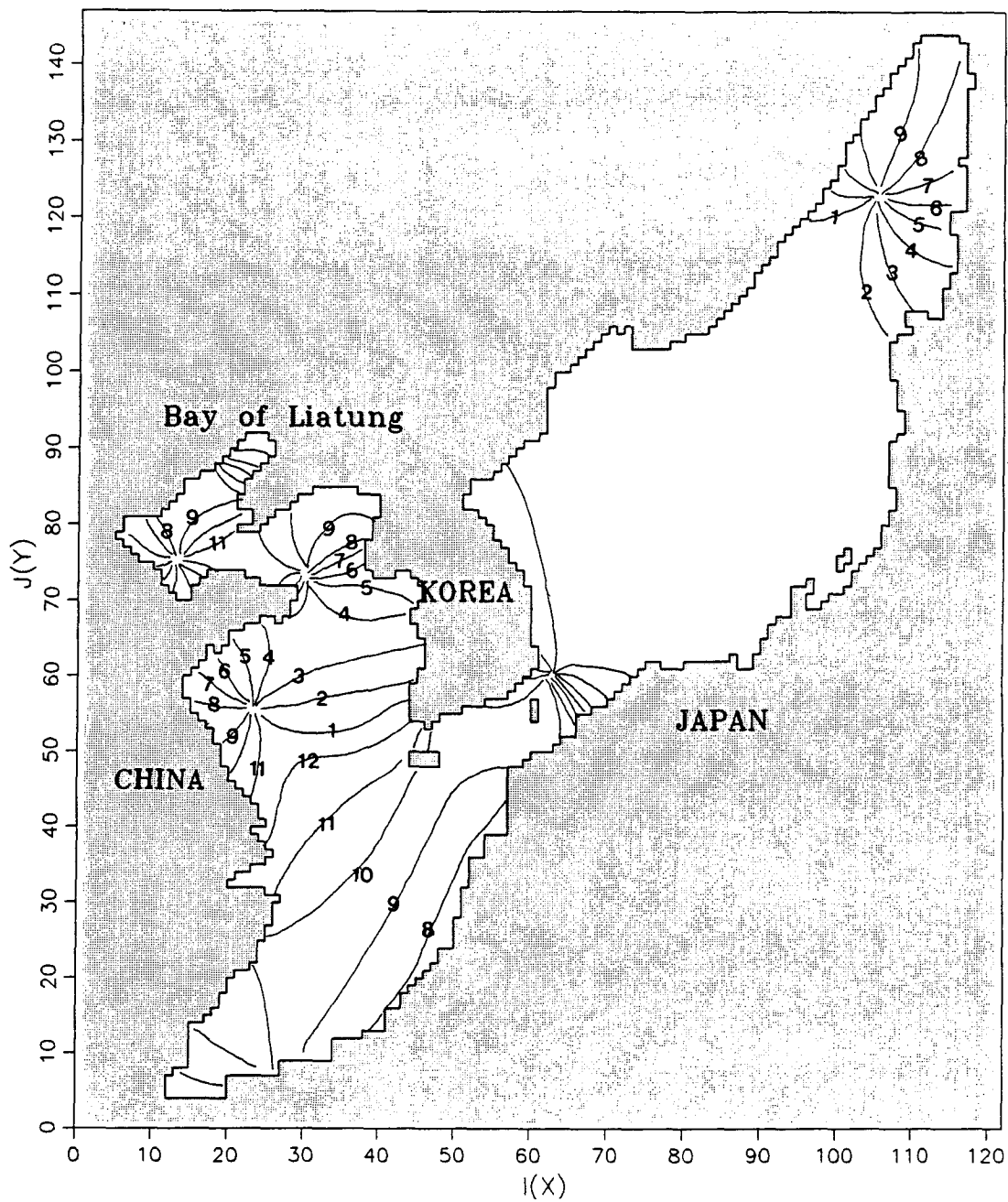


Fig. 3-7. Co-phase chart of M₂ computed.

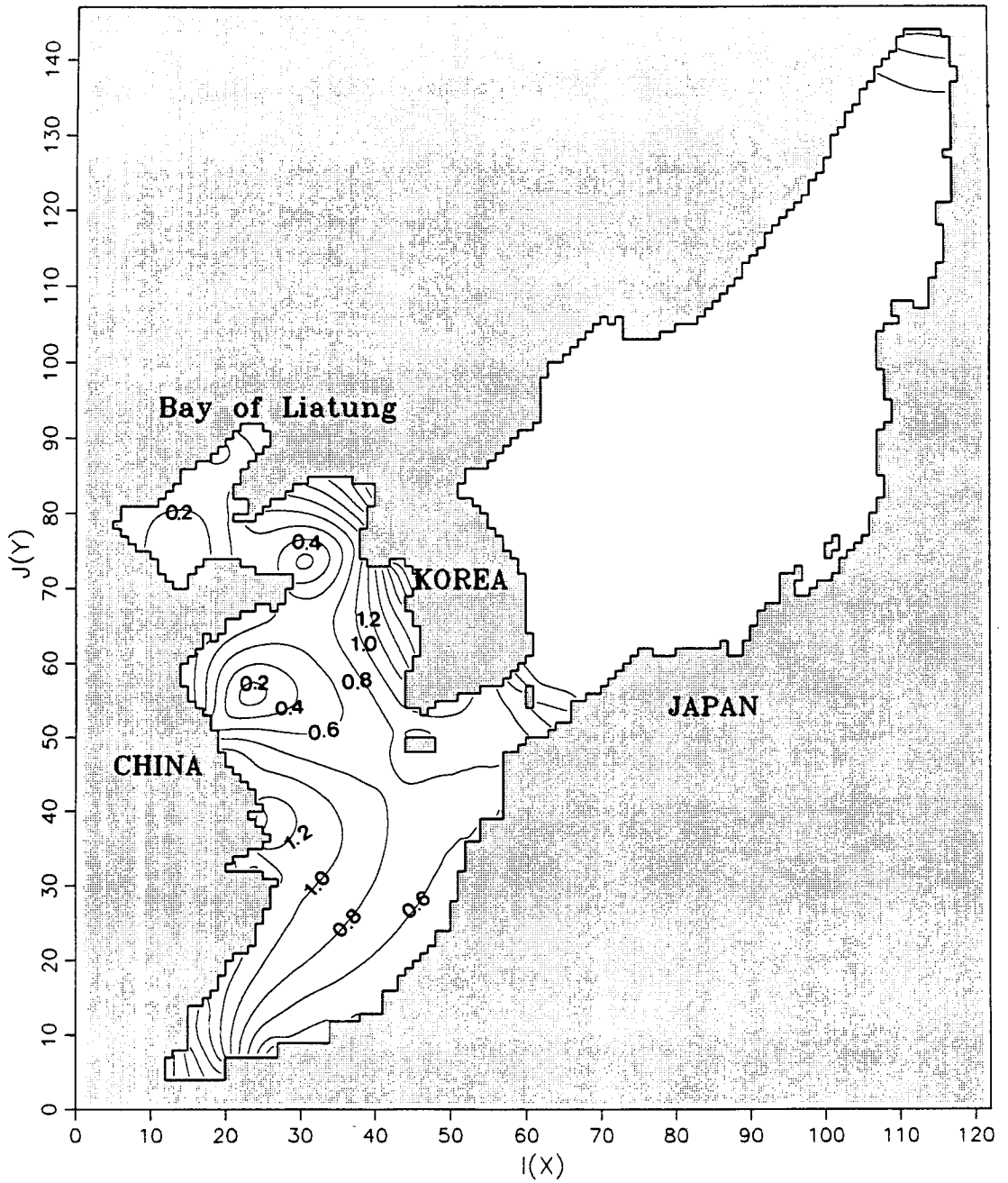


Fig. 3-8. Co-Amplitude chart of M_2 computed.

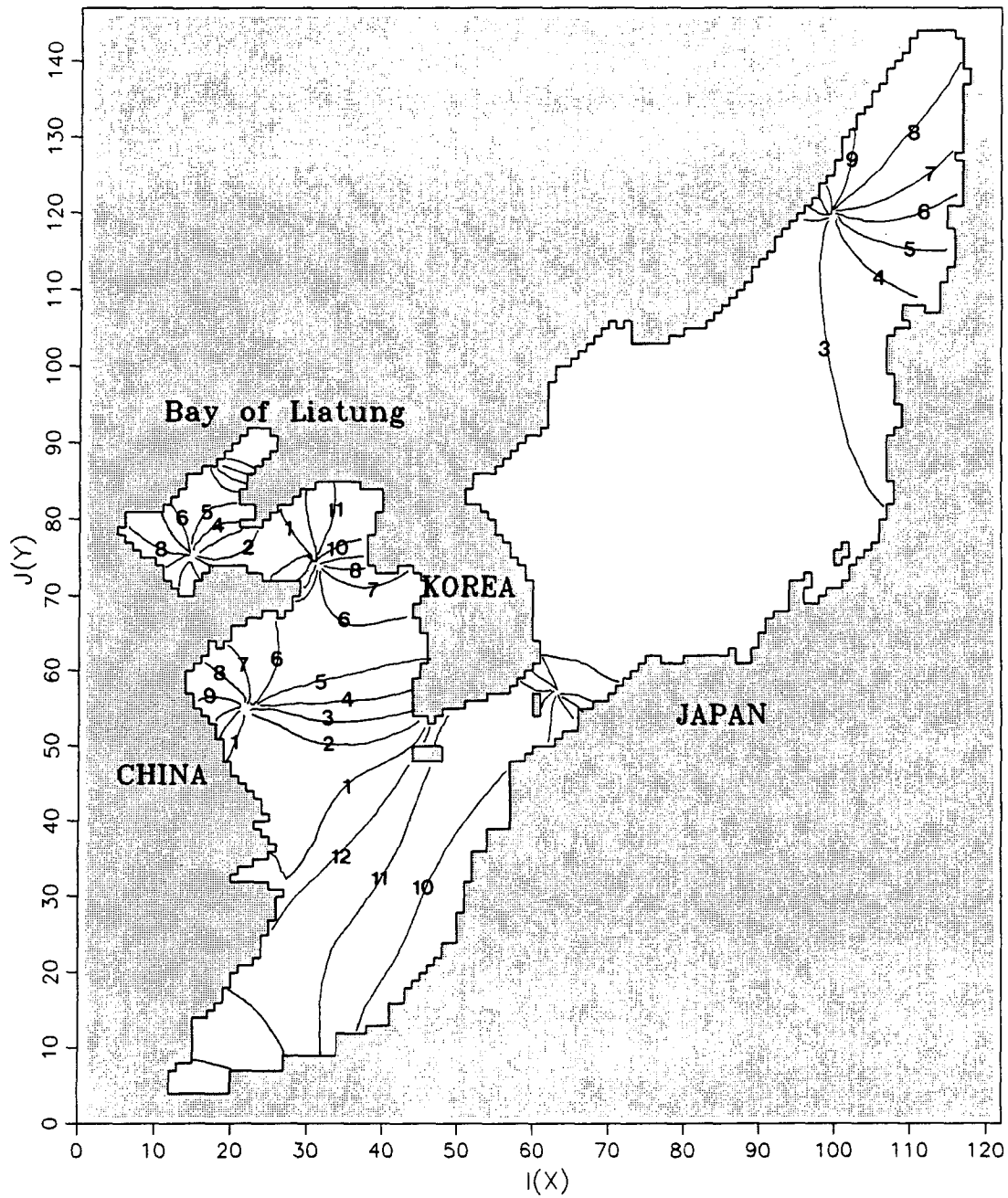


Fig. 3-9. Co-phase chart of S_2 computed.

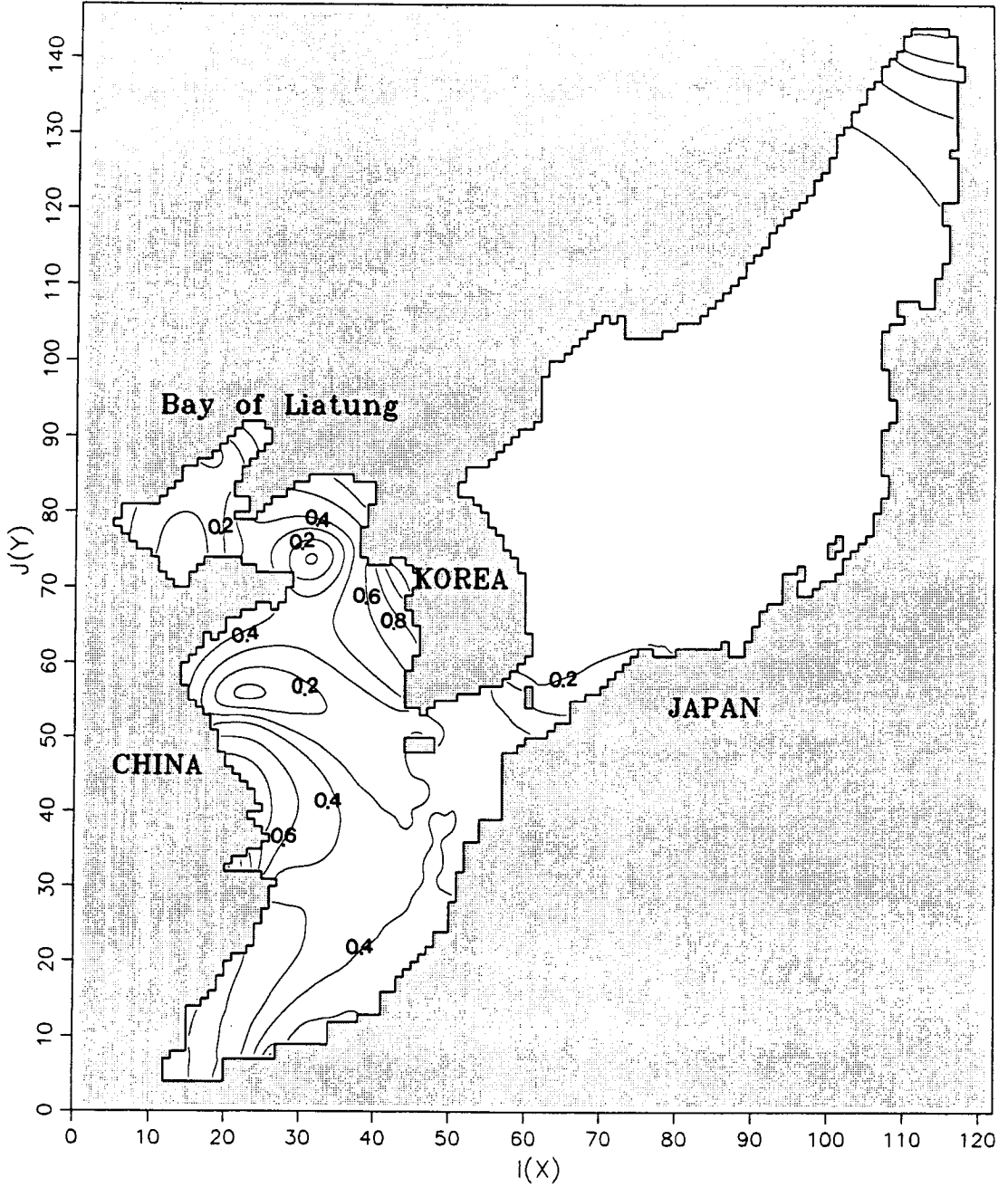


Fig. 3-10. Co-Amplitude chart of S_2 computed.

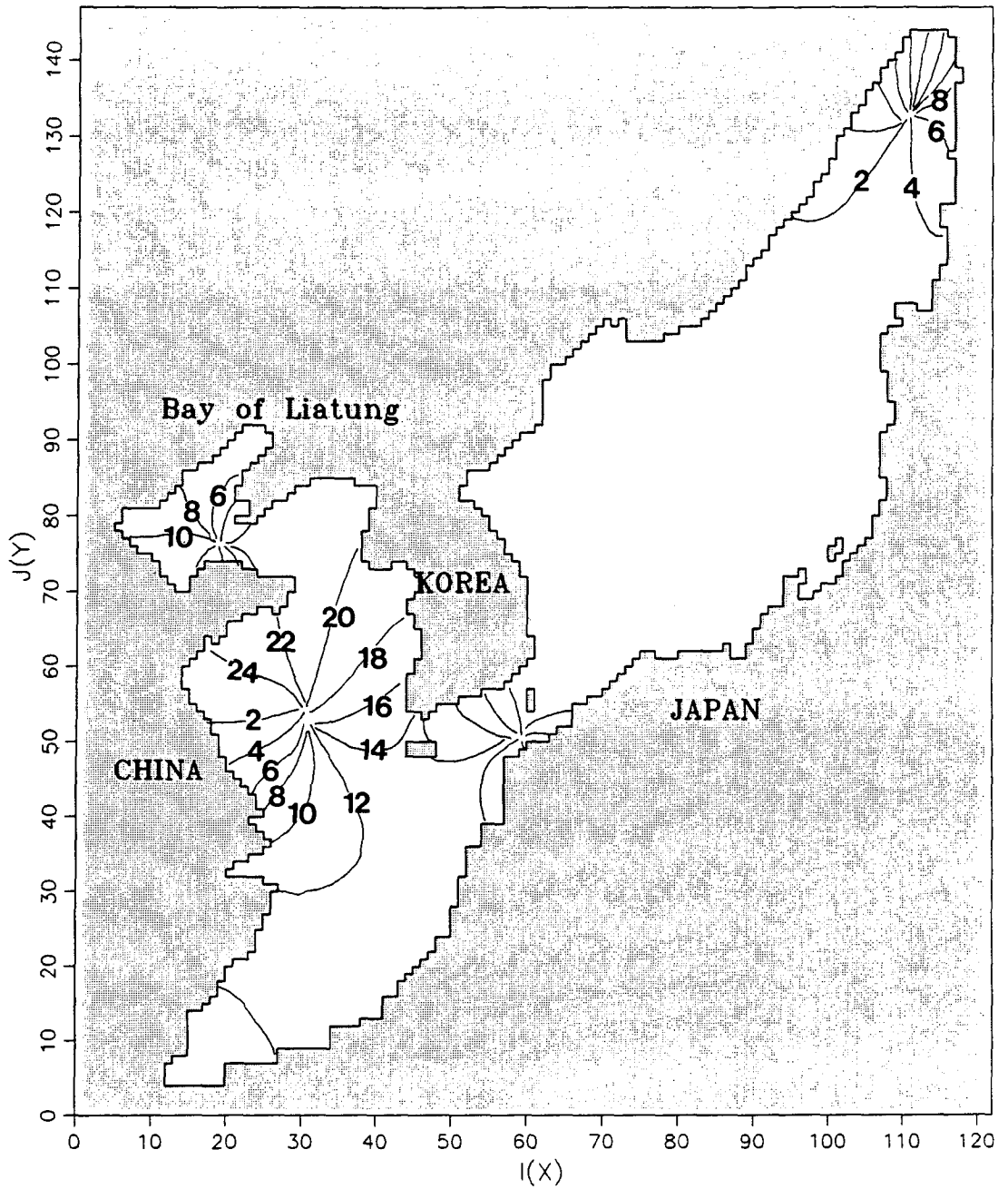


Fig. 3-11. Co-phase chart of K_1 computed.

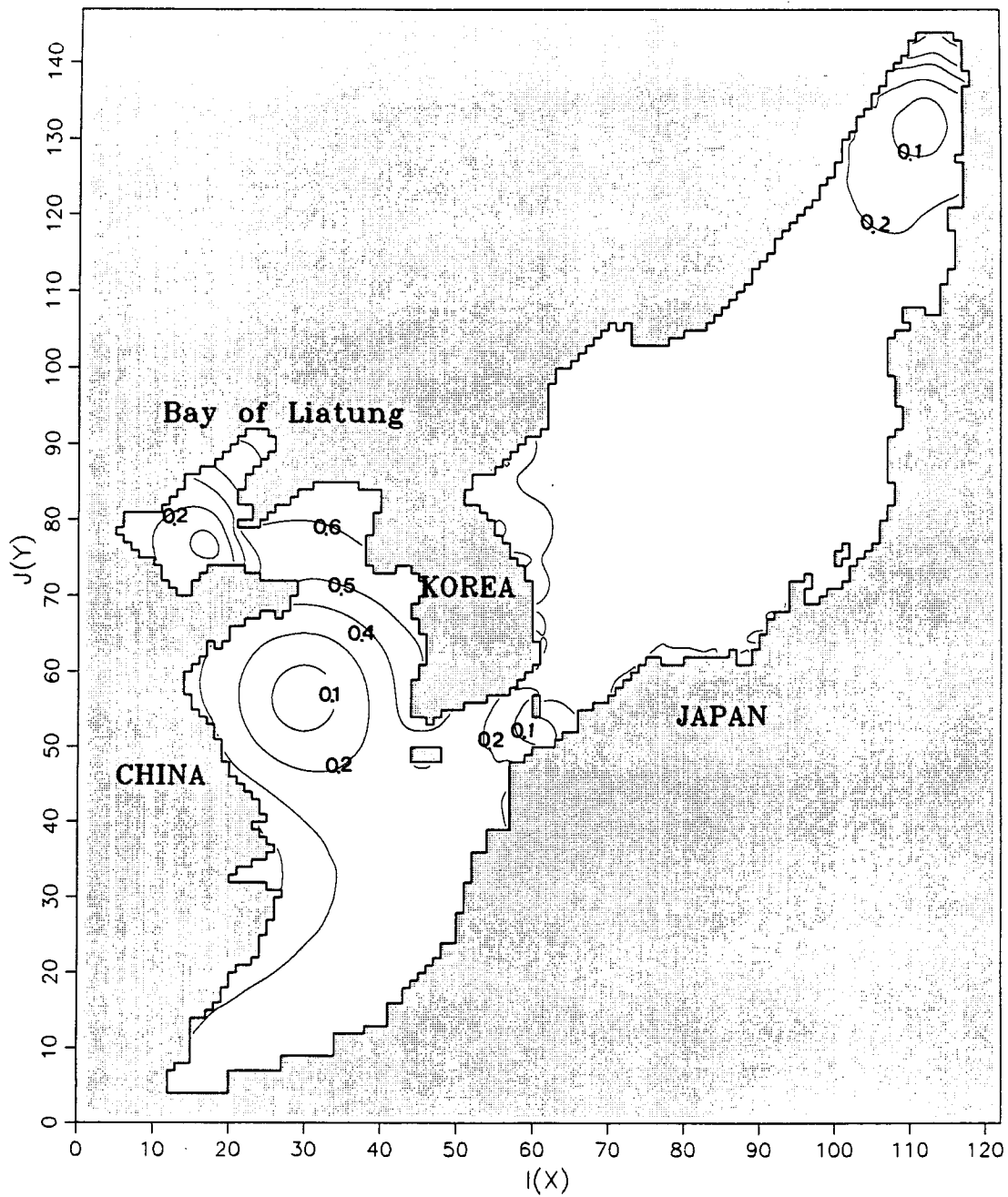


Fig. 3-12. Co-Amplitude chart of K_1 computed.

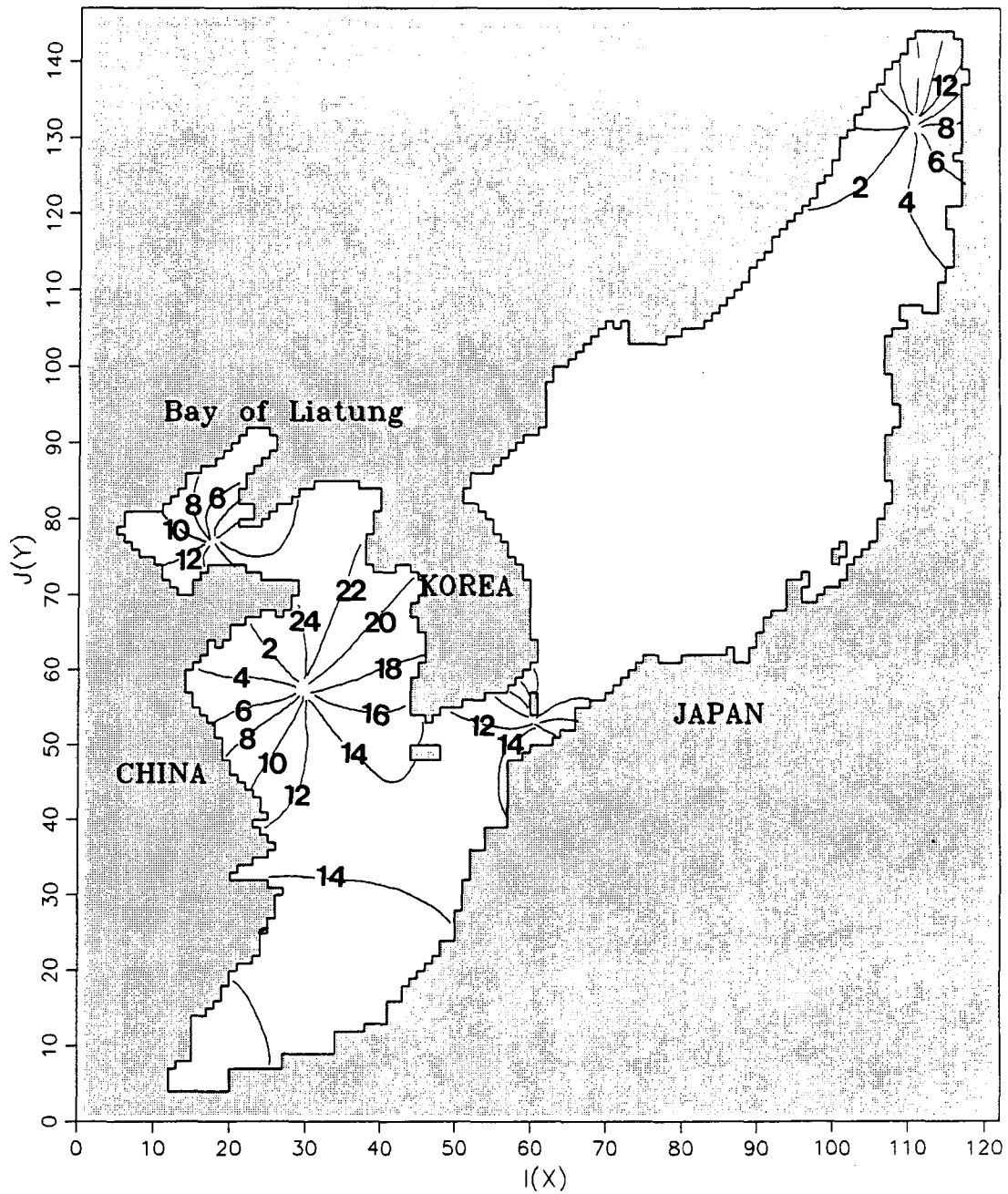


Fig. 3-13. Co-phase chart of O_1 computed.

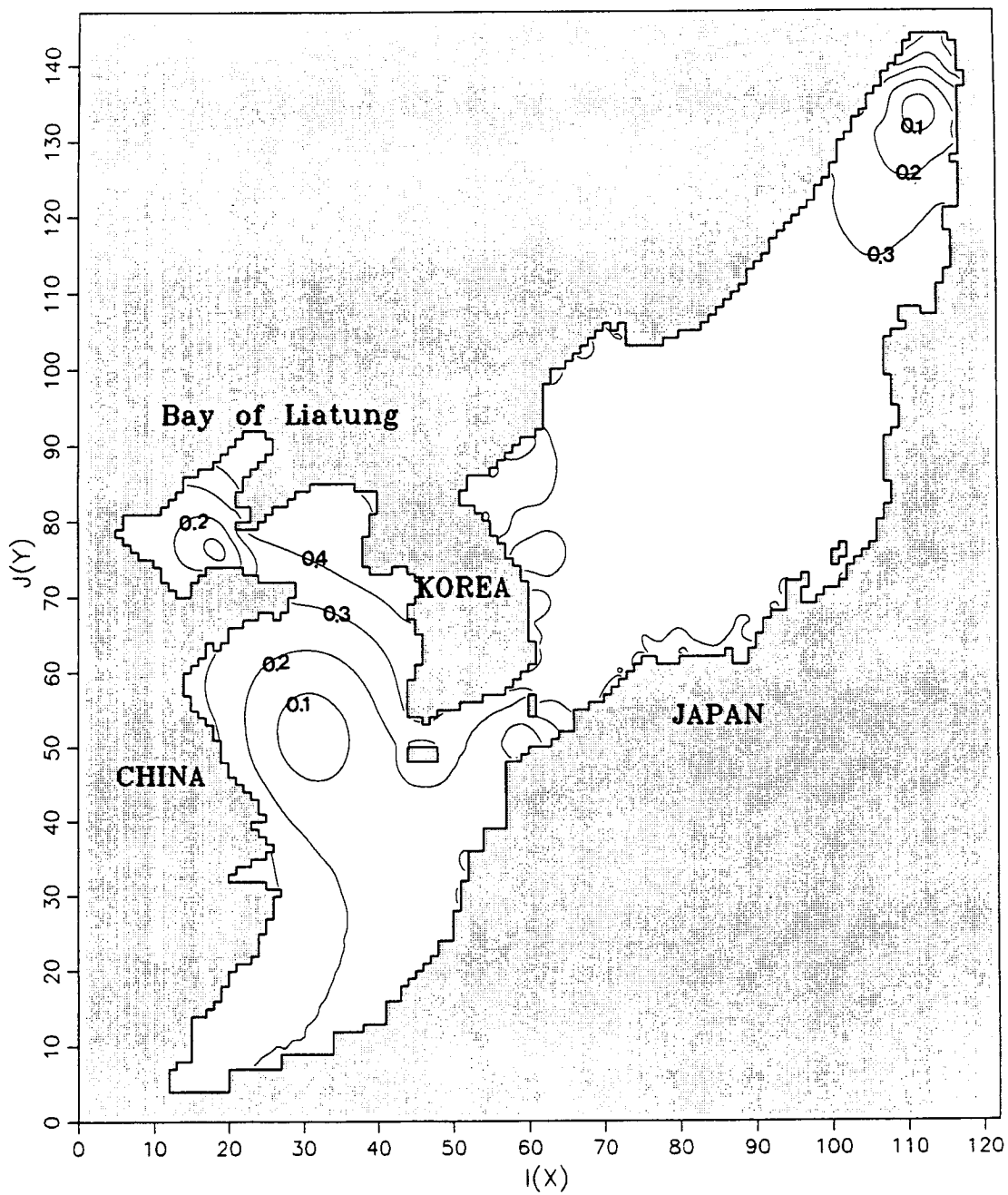


Fig. 3-14. Co-Amplitude chart of O_1 computed.

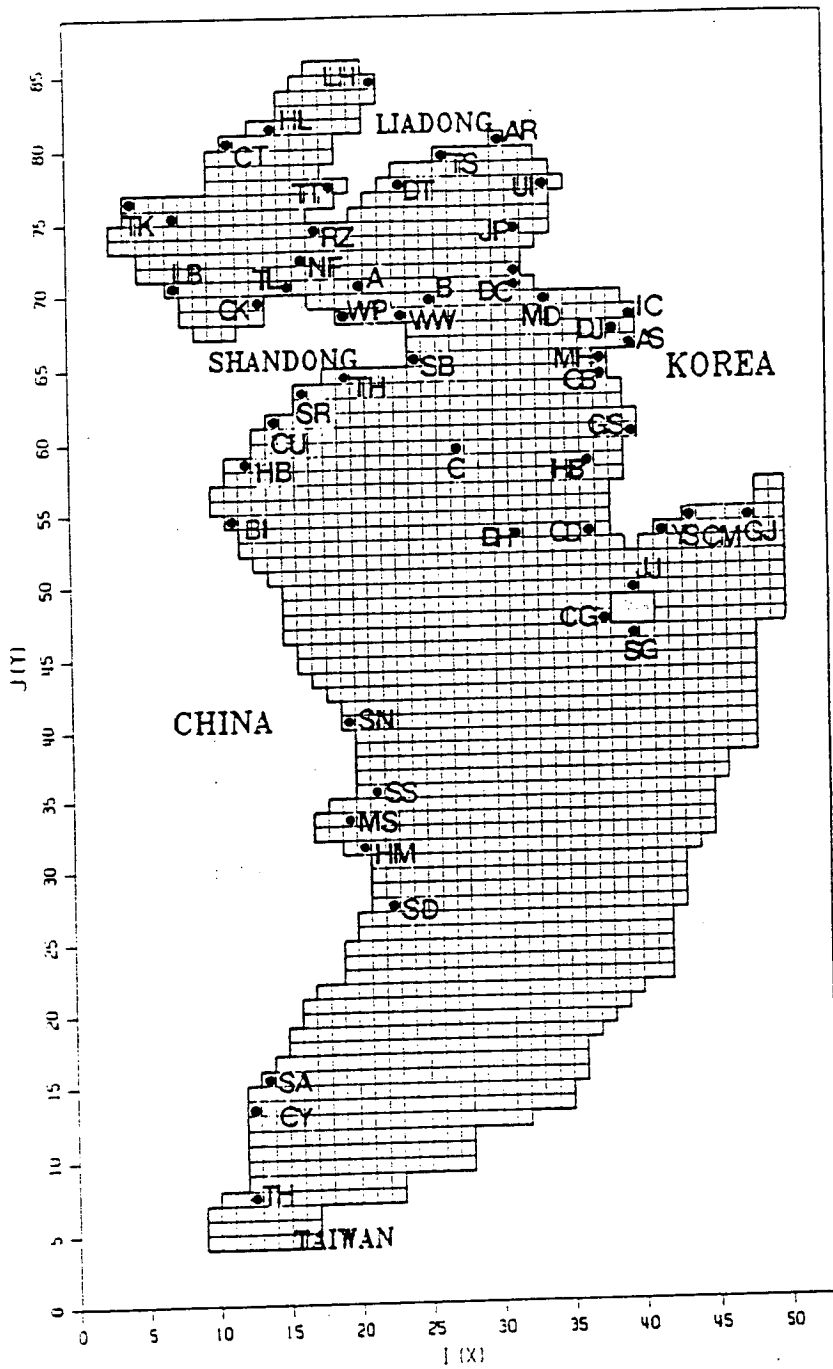


Fig. 3-15. Evaluation points from which computed result compared.

Table 3-3. Comparison of the observed and calculated amplitude and phases of M_2 and S_2 referred to 135° E

Station	Code	Position of Station			관측(M_2)		계산		관측(S_2)		계산	
					H	α	H	α	H	α	H	α
Lia Ho	LH	40° 38' N	122° 10' E	1.17	179	0.59	189	0.33	234	0.44	255	
Chinwangtao	CT	39° 54' N	119° 10' E	0.14	346	0.17	337	0.05	57	0.13	61	
Taku	TK	38° 59' N	117° 42' E	0.94	130	0.50	112	0.24	199	0.21	189	
Tyoto	TT	39° 18' N	121° 40' E	0.65	62	0.19	53	0.22	113	0.13	118	
Ryozun	RZ	38° 48' N	121° 15' E	0.84	337	0.61	332	0.26	25	0.36	33	
Nanfanchen	NF	38° 21' N	120° 54' E	0.60	337	0.20	338	0.17	35	0.15	44	
Tangluantsu	TL	37° 59' N	120° 41' E	0.56	321	0.10	318	0.10	30	0.07	50	
Hsiniutu	HL	40° 08' N	120° 12' E	0.13	237	0.05	245	0.02	286	0.06	285	
Sha-lei-tein tao	ST	38° 56' N	118° 31' E	0.60	96	0.40	111	0.20	165	0.32	177	
Li Tsin Ho Bar	LB	37° 53' N	118° 40' E	0.40	208	0.39	213	0.10	277	0.21	261	
Churmutao Kaochiao	CK	37° 41' N	120° 13' E	0.50	318	0.21	311	0.10	28	0.17	36	
White Rock Point	WP	37° 29' N	121° 38' E	0.60	340	0.44	349	0.20	31	0.26	31	
Dairen	DR	38° 56' N	121° 39' E	0.99	327	0.99	327	0.29	15	0.29	15	
Dai Tyozzn I.	DT	39° 16' N	122° 35' E	1.32	305	1.24	325	0.42	351	0.50	340	
Takushan	TS	39° 46' N	123° 33' E	1.93	295	1.94	317	0.42	327	0.58	335	
Arnok R	AR	40° 07' N	124° 24' E	0.87	1	1.10	355	0.25	50	0.26	42	
Off Chefoo	A	37° 57' N	121° 33' E	0.74	332	0.45	350	0.22	32	0.36	30	
Off /Shantung	B	37° 37' N	122° 47' E	0.20	315	0.17	329	0.06	15	0.17	25	
Weihaiwei	WW	37° 30' N	122° 10' E	0.59	341	0.33	342	0.18	26	0.28	33	
Chintau	CU	36° 05' N	120° 19' E	1.25	174	0.79	149	0.39	213	0.45	228	
Central Yellow Sea	C	35° 39' N	123° 45' E	0.83	86	0.68	109	0.29	126	0.26	133	
Side Saddle	SS	30° 40' N	122° 38' E	1.20	324	2.01	353	0.53	1	0.78	3	
Gado	GD	39° 31' N	124° 40' E	2.08	276	1.81	299	0.68	322	0.68	324	
Unmu I.	UI	39° 25' N	125° 07' E	2.22	337	1.24	325	0.76	320	1.37	320	
Jinampo	JP	38° 38' N	125° 00' E	1.56	250	1.34	250	0.60	306	0.96	319	
Mongkeumpo	MK	38° 11' N	124° 47' E	1.12	222	1.06	219	0.38	265	0.37	279	
Daechungdo	DC	37° 50' N	124° 43' E	0.99	178	1.07	198	0.42	226	0.63	214	
Moodo	MD	37° 44' N	125° 33' E	1.98	158	2.17	168	0.74	202	0.80	210	
Inchon	IC	37° 29' N	126° 37' E	2.92	148	2.95	156	1.13	198	1.30	206	
Duckjuckdo	DJ	37° 15' N	126° 09' E	2.48	139	2.64	155	0.90	192	1.18	204	
Asan	AS	36° 38' N	126° 47' E	3.03	144	2.92	153	1.08	196	1.28	203	
Mohangri	MH	36° 47' N	126° 08' E	2.20	122	2.42	140	0.78	168	1.09	171	
Chonsu Bay	CB	36° 23' N	126° 26' E	2.26	115	2.23	123	0.84	162	0.85	165	
Gunsan	GS	36° 59' N	126° 43' E	2.13	109	2.24	106	0.74	157	0.74	140	
Hampeong Bay	HB	35° 09' N	126° 05' E	1.87	75	1.87	87	0.61	115	0.61	99	
Chindo	CD	34° 30' N	126° 12' E	1.13	49	1.29	36	0.41	61	0.51	82	
Dacheuksando	DH	34° 41' N	125° 26' E	1.02	48	1.03	49	0.35	85	0.33	91	
Sangkau Bay	SB	37° 03' N	122° 29' E	0.70	72	0.42	101	0.10	132	0.14	158	
Rau Tsui Head	TH	36° 44' N	121° 39' E	1.00	117	0.88	125	0.20	164	0.23	175	
Star Reef	SR	36° 23' N	120° 50' E	1.20	150	0.91	134	0.30	193	0.32	188	
Wang Chia Tai Bay	SB	35° 32' N	119° 45' E	1.20	183	0.68	171	0.40	216	0.42	205	
Bamboo I.	BI	34° 45' N	119° 26' E	1.20	216	0.60	190	0.40	251	0.43	251	
Sang Chia Chun	SN	32° 01' N	121° 42' E	1.10	4	1.69	355	0.40	50	0.43	88	
Middle Seshan	MS	30° 36' N	121° 38' E	1.50	22	2.28	21	0.60	60	1.71	75	
Hsi-Ho Men	HM	30° 06' N	121° 54' E	1.10	336	2.05	3	0.40	10	0.48	20	
Shin Phu Road	SD	29° 12' N	122° 01' E	1.50	290	1.19	338	0.60	328	0.60	280	
San-Tu Ao	SA	26° 38' N	119° 42' E	2.57	339	1.51	313	0.79	17	0.53	36	
Ching Yu	CY	26° 08' N	119° 38' E	2.04	350	1.54	322	0.58	28	0.58	51	
Tate Hsii	TH	25° 05' N	119° 03' E	2.00	5	2.02	347	0.60	47	0.67	54	
Chaguido	CG	33° 18' N	126° 09' E	0.76	322	0.84	336	0.29	333	0.30	330	
Seogwipo	SG	33° 14' N	126° 33' E	0.77	288	1.05	315	0.34	318	0.36	327	
Jeju	JJ	33° 31' N	126° 35' E	0.66	318	0.91	339	0.30	343	0.37	352	
Geogeuem Channel	GC	34° 30' N	127° 09' E	1.10	291	0.81	293	0.53	314	0.44	328	
Yeosu	YS	34° 44' N	127° 45' E	1.02	267	1.24	183	0.47	293	0.47	291	
Gejudo	GJ	34° 43' N	128° 36' E	0.75	258	1.04	269	0.29	281	0.56	239	
Choongmoo	CM	34° 51' N	128° 25' E	0.80	265	1.30	274	0.37	296	0.58	304	

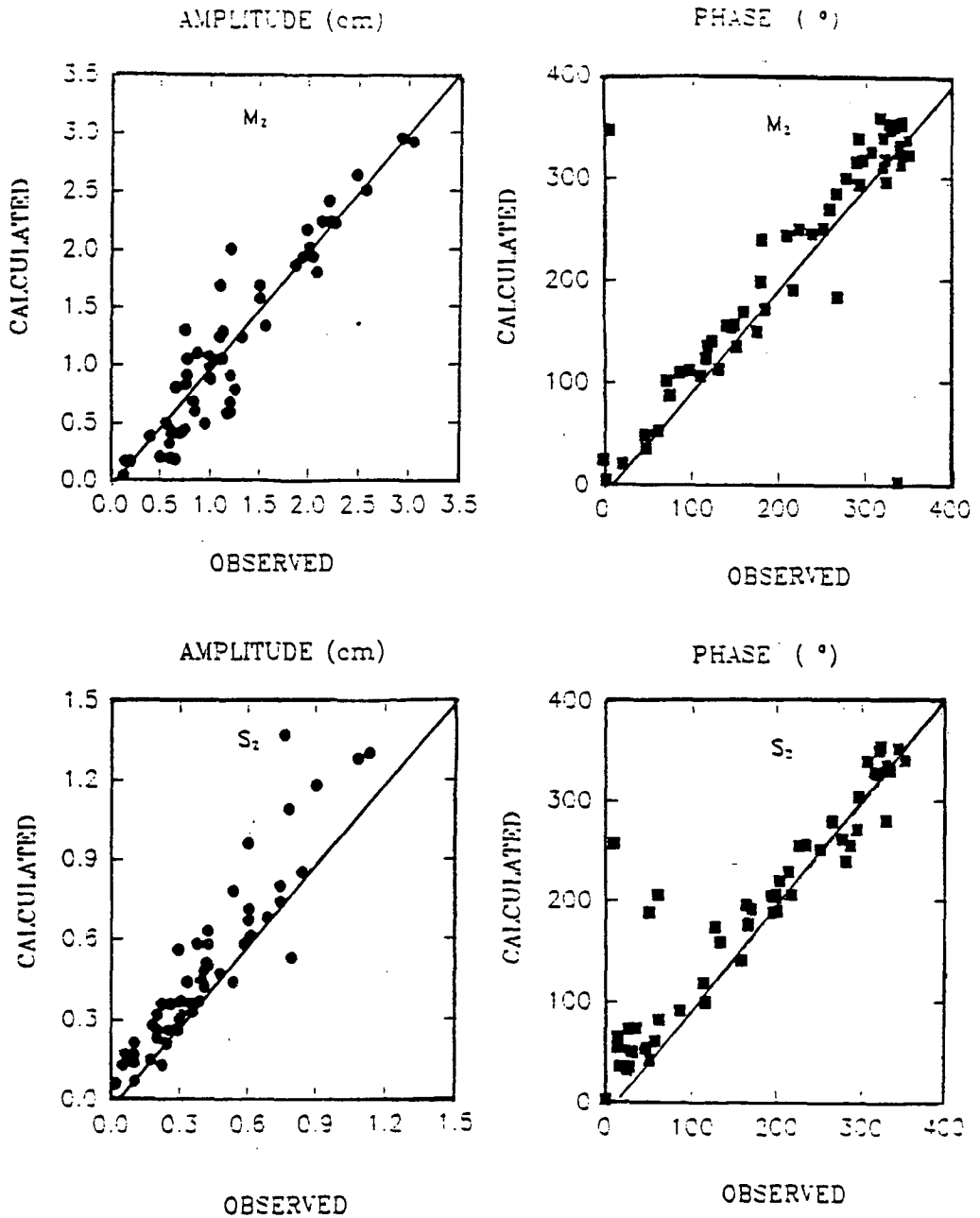


Fig. 3-16. Comparison between calculated and observed amplitudes and phases of the M_2 and S_2 .

2. 남해-동해전역 조석·조류모델

가. 조류의 수치모델

(1) 조류계산 결과

협역모델인 부산 및 울산주변 해역의 조석 및 조류에 대한 수치모의는 기본적으로 전술한 기초방정식과 수치계산방법을 사용하였으며, 전술한 황해, 동지나해 동해 조석모델의 시뮬레이션한 조석자료를 외해경계에서 입력하였다. 계산한 남해-동해전역모델의 4대 분조를 고려한 조류 중 대조기 창·낙조류 최강류시의 유속벡터를 Fig. 3-17~Fig. 3-18에 나타냈다.

(2) 조류의 조화분해

각 분조에 대한 모델식은 다음과 같이 단조화함수로 가정할 수 있다.

$$y(x) = a \cos(\omega t \pm \phi) \quad (3-10)$$

여기서, 주파수 ω 는 주어진 것으로 취급하고, 진폭 a 와 위상 ϕ 를 최소자승법으로 결정한다. 이방법은 식(3-11)과 같이 모델 함수의 값과 계산된 조류의 값의 차를 최소화 하는 a 와 ϕ 를 찾는 방법이다.

$$E = \sum_j [y_t - a \cos(\omega t - \phi)]^2 \quad (3-11)$$

즉, 이를 최소화 하는 a 와 ϕ 는 다음식에 의해 구해질 수 있다.

$$\frac{\partial E}{\partial a} = -2 \sum_j \cos(\omega t - \phi) [y_t - a \cos(\omega t - \phi)] = 0 \quad (3-12)$$

$$\frac{\partial E}{\partial \phi} = -2 \sum_j \sin(\omega t - \phi) [y_t - a \cos(\omega t - \phi)] = 0 \quad (3-13)$$

그러나 이 두식은 a 와 ϕ 에 대한 선형연립방정식이 아니므로, 수치적인 방법으로 해를 구해야 한다. 따라서 본 연구에서는 모델식을 식(3-14)와 같이 변형하였다.

$$\begin{aligned}
y(t) &= a\cos(\omega t - \phi) \\
&= a\cos\omega t\cos\phi + a\sin\omega t\sin\phi \\
&= \alpha\cos\omega t + \beta\sin\omega t
\end{aligned}
\tag{3-14}$$

여기서 a 는 $a = a\cos\phi$ 이고, β 는 $\beta = a\sin\phi$ 이다.

이 a 와 β 는 시간에 무관한 상수이며, a 와 ϕ 를 계산하는 대신 a 와 β 를 최소자승법으로 결정하고 나면, a 와 ϕ 는 다음 식과 같이 결정할 수 있다.

$$\begin{aligned}
a &= \sqrt{\alpha^2 + \beta^2} \\
\phi &= \tan^{-1}\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)
\end{aligned}
\tag{3-15}$$

최소자승법에 의해 a 와 β 를 결정하는 식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
\alpha\sum\cos^2\omega t + \beta\sum\cos\omega t\sin\omega t &= \sum y_i\cos\omega t \\
\alpha\sum\sin\omega t\cos\omega t + \beta\sum\sin^2\omega t &= \sum y_i\sin\omega t
\end{aligned}
\tag{3-16}$$

이것은 a 와 β 에 대한 선형연립방정식으로 a , β 를 계산하기가 용이하다. 이상의 방법으로 협역계산영역의 각 계산점($i=1\sim 180$, $j=1\sim 235$)에서의 분조별 U, V에 대한 진폭과 지각을 계산하였다.

나. 조류 조화상수 데이터베이스 구축

남해-동해 전역의 조류를 실시간으로 재현하기 위한 조류 조화상수의 데이터베이스는 앞서도 언급한 바와 같이 4대분조를 고려하였으며, 조화상수 중 지각은 태음이 동경 135° E를 통과한 시를 기준으로 한 것이다.

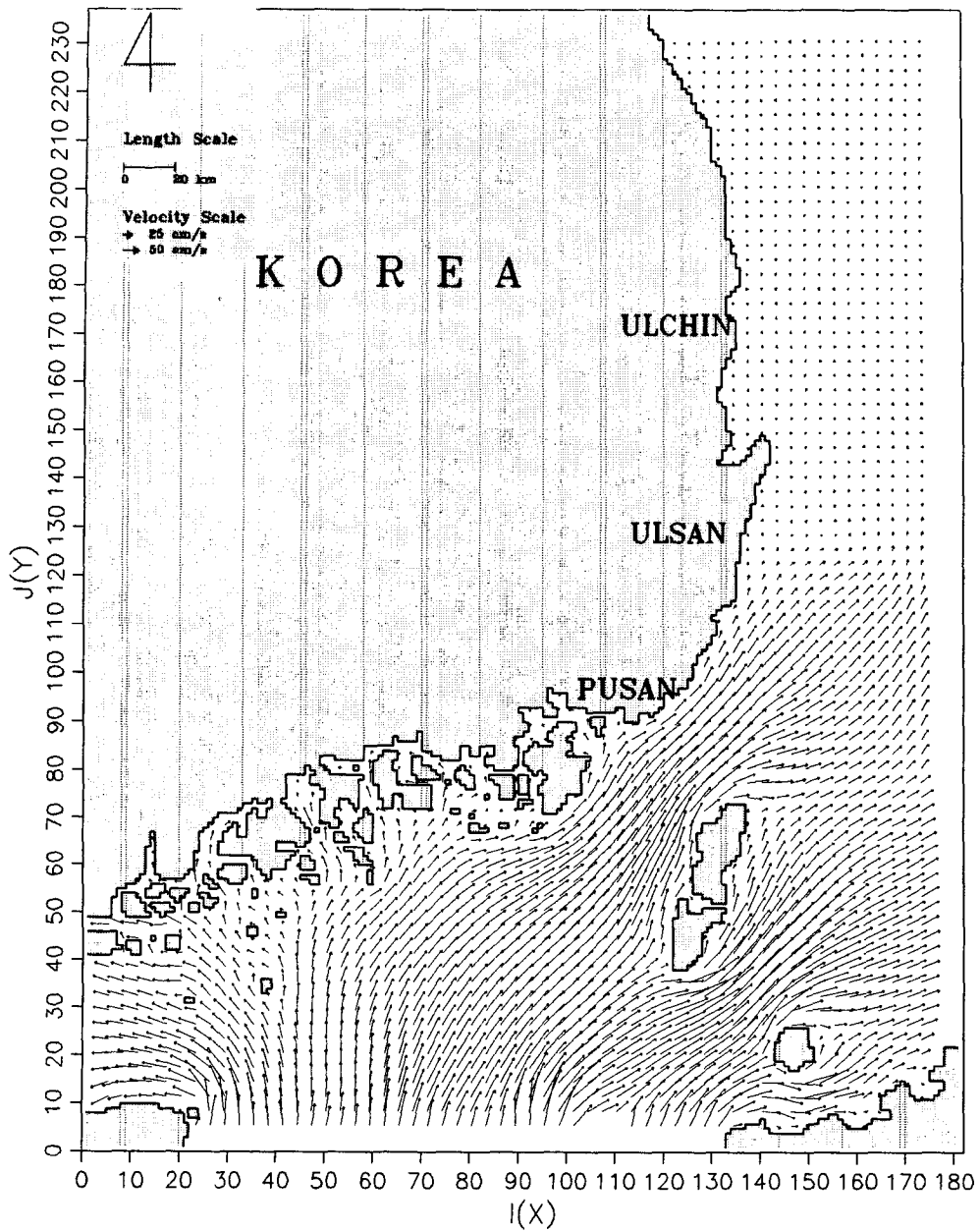


Fig. 3-17. Vector diagram of the maximum tidal current ($M_2+S_2+K_1+O_1$) during the flood at the spring.

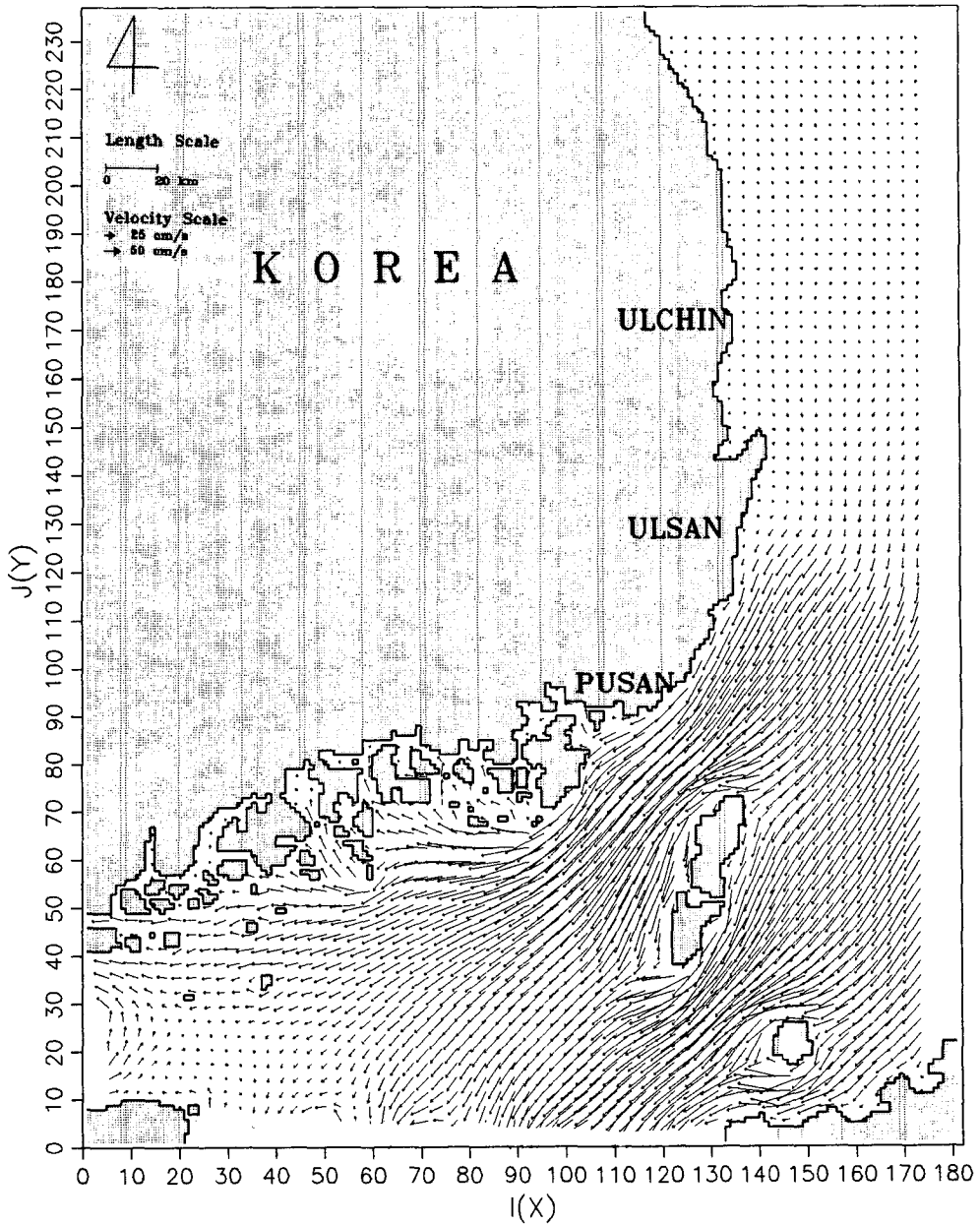


Fig. 3-18. Vector diagram of the maximum tidal current ($M_2+S_2+K_1+O_1$) during the ebb at the spring.

다. 조류의 실시간 예측

조류의 실시간 예측방법에는 장기간의 관측데이터 및 수치계산을 통하여 얻은 조류데이터를 조화분해하여 진폭 및 지각을 이용하여 조류예측식을 사용하는 방법이 있으며 이것을 모식적으로 나타내면 Fig. 3-19와 같다.

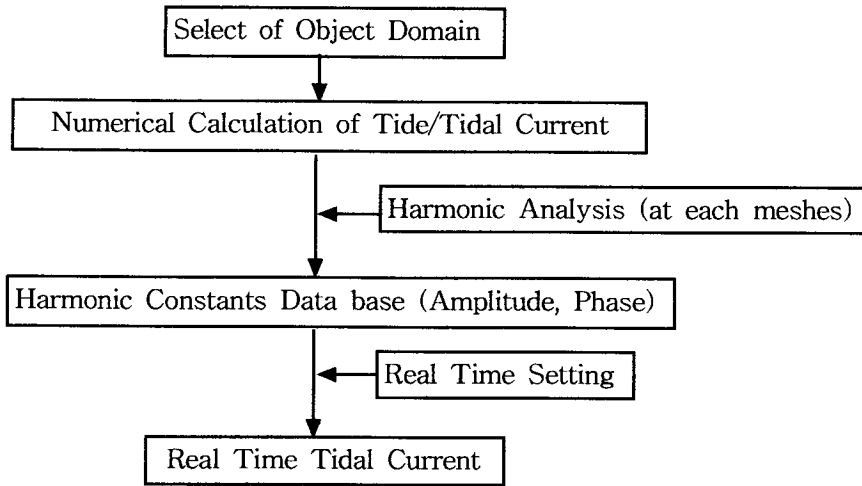


Fig. 3-19. The Procedure of real time tidal current prediction

당해역의 실시간 조류는 위와 같은 과정으로 식(3-17)과 같이 각분조별로 수치시물레이션을 통하여 얻어진 자료를 조화분해하여 얻은 조화상수(진폭, 지각)에 의해 예측된다.

$$U_t = \sum_i a_i \cos[\omega_i(t_o - t) - \phi_i] \quad (3-17)$$

여기서 U_t 는 분조류속의 합성유속벡터, a_i 는 분조류속의 진폭, ϕ_i 는 분조류속의 지각, ω_i 는 분조의 각속도($2\pi/T$), t_o 는 예측개시일의 M_2 분조의 $135^\circ E$ 자오선상 통과시각(한국표준시), t 는 예측개시일의 개시시각으로부터 시작되는 시간(한국표준시)을 나타낸다. 이 식을 이용하면, 임의의 시간에 대한 조류의 실시간 예측이 가능하다.

3. 상세 조류모델

상세 조류모델의 영역 구성은 Fig. 3-20과 같으며, 외해 경계조건은 남해-동해전역의 조석 계산결과인 진폭과 지각을 이용하였다. 기초방정식 및 수치계산방법은 전술한 식을 사용하였으며, 각 영역별로 4대분조를 고려한 조류 중 창·낙조류 최강류시의 유속벡터를 Fig. 3-21~Fig. 3-26에 나타 냈다.

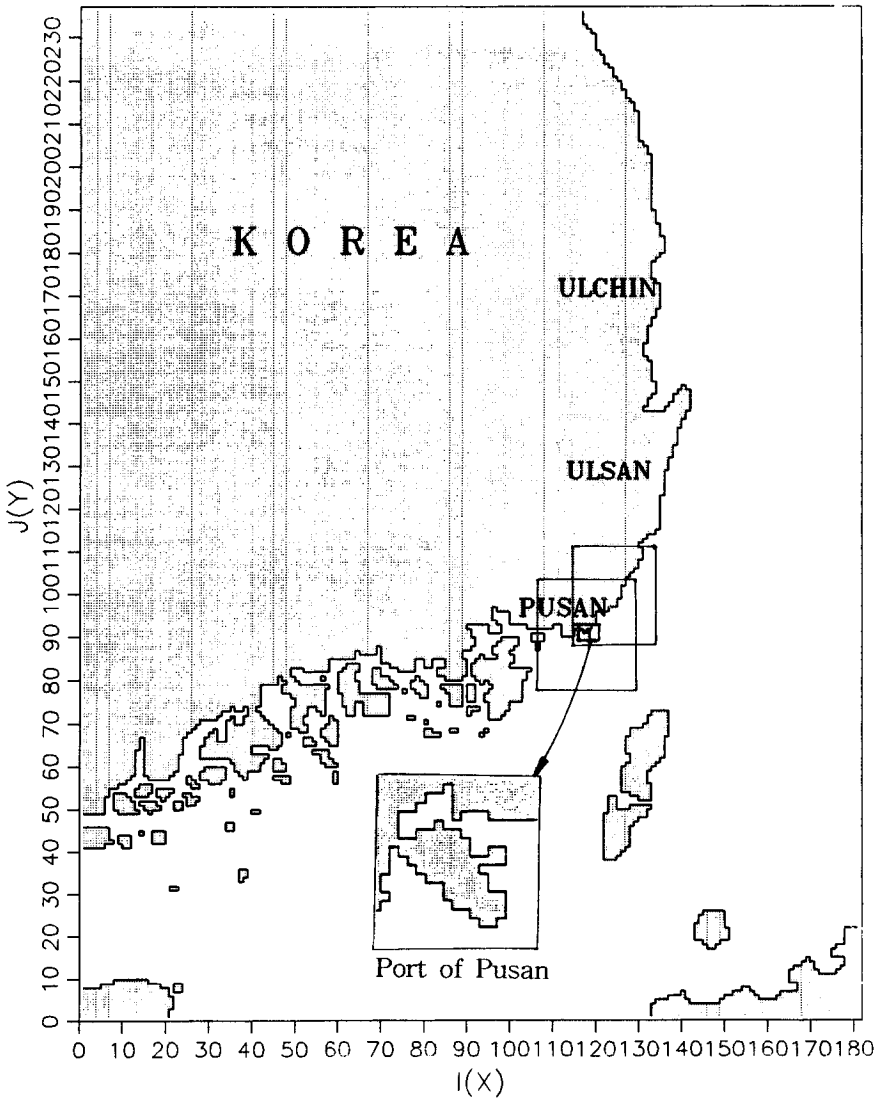


Fig. 3-20. Regional models considered in the study.

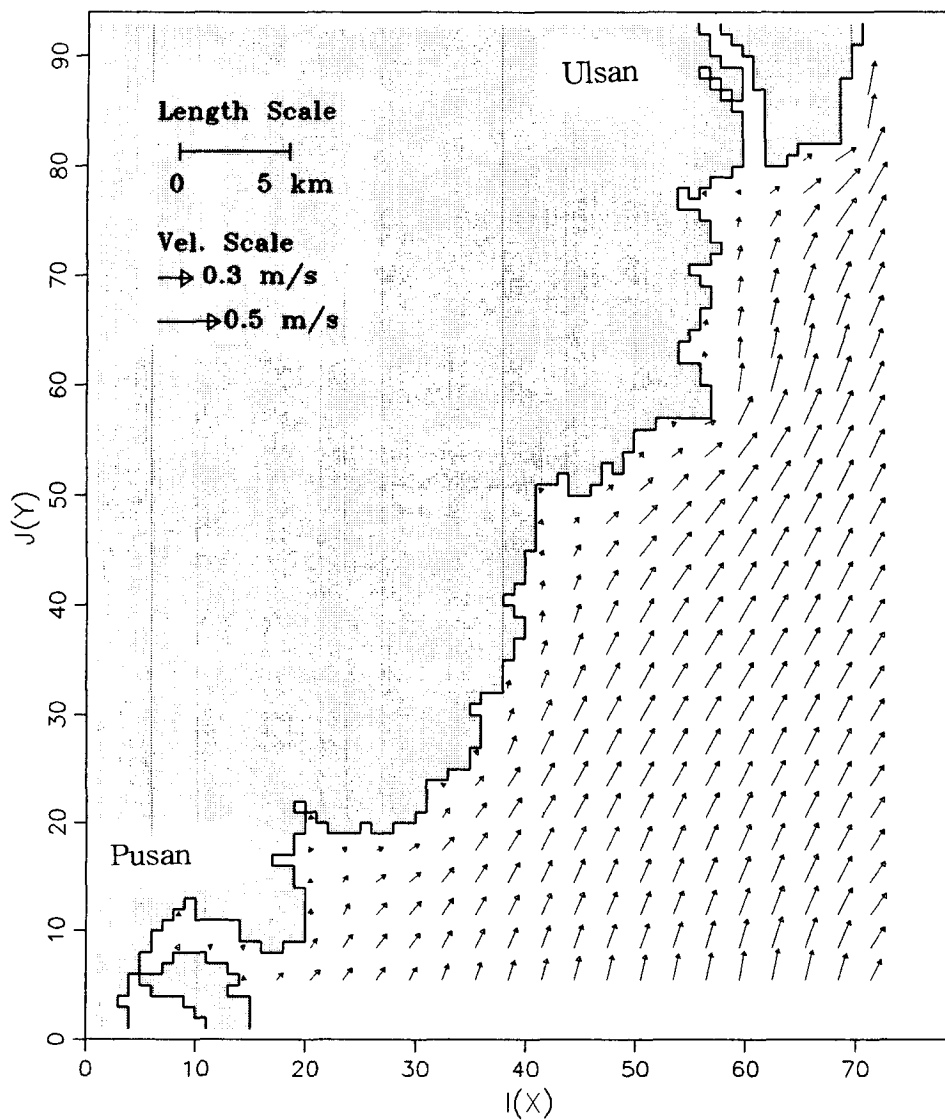


Fig. 3-21. Vector diagram of the maximum tidal current ($M_2+S_2+K_1+O_1$) during the flood at the spring.

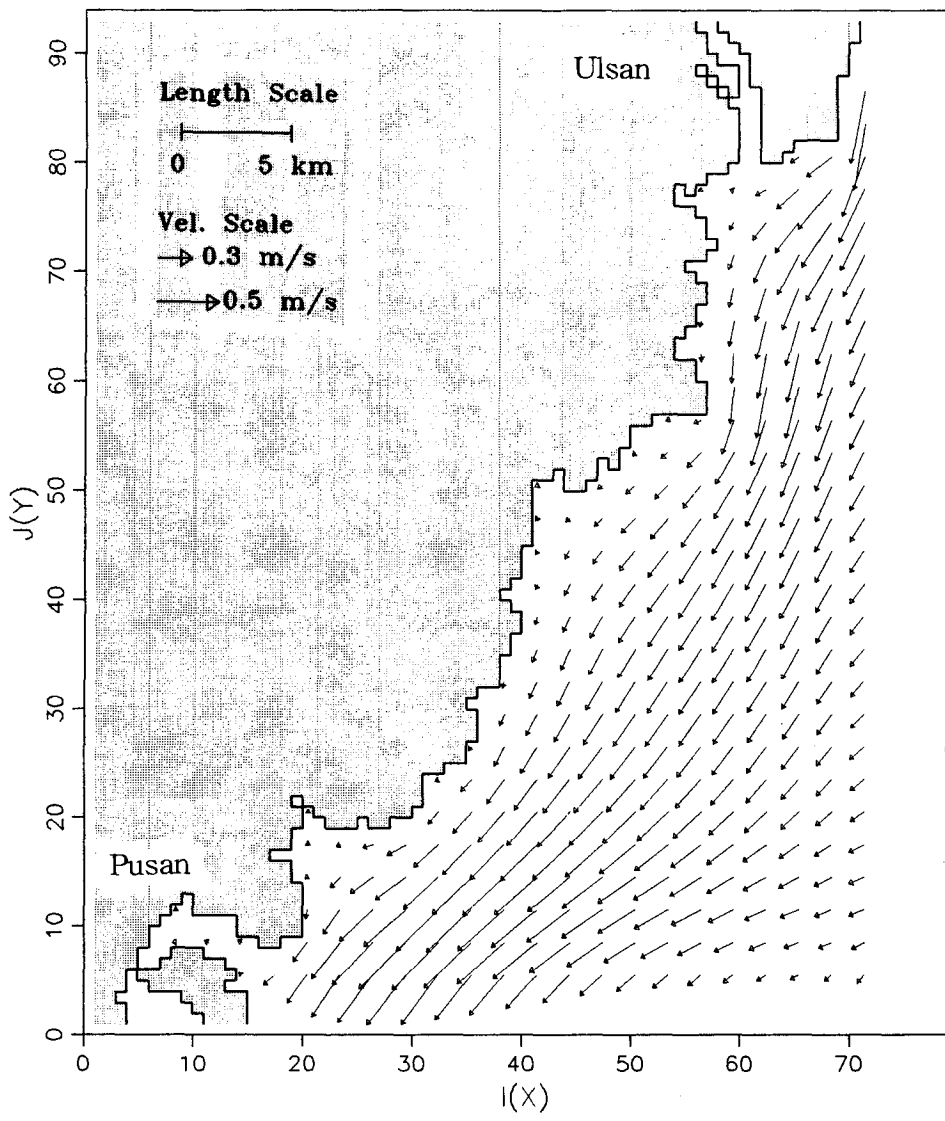


Fig. 3-22. Vector diagram of the maximum tidal current ($M_2+S_2+K_1+O_1$) during the ebb at the spring.

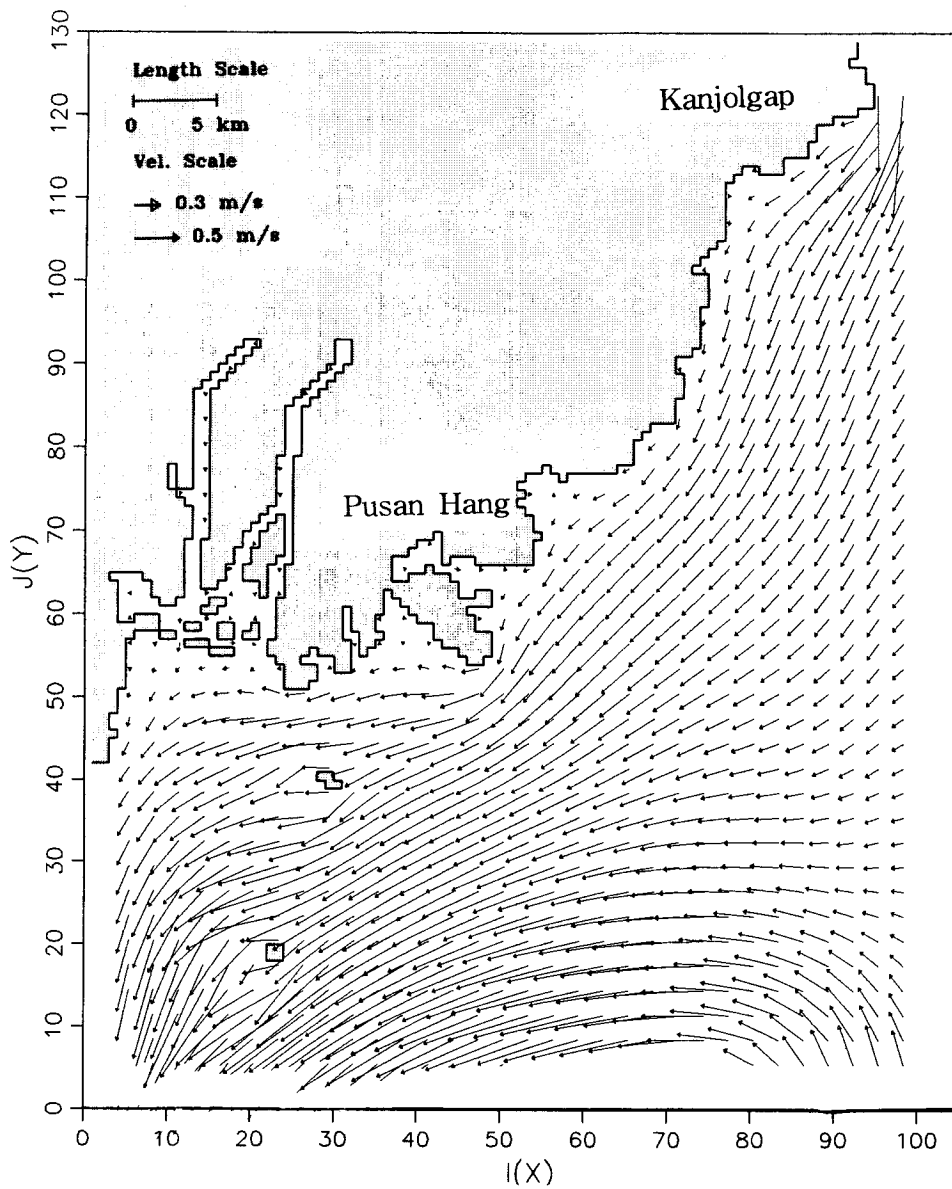


Fig. 3-23. Vector diagram of the maximum tidal current
 $(M_2+S_2+K_1+O_1)$ during the flood at the spring.

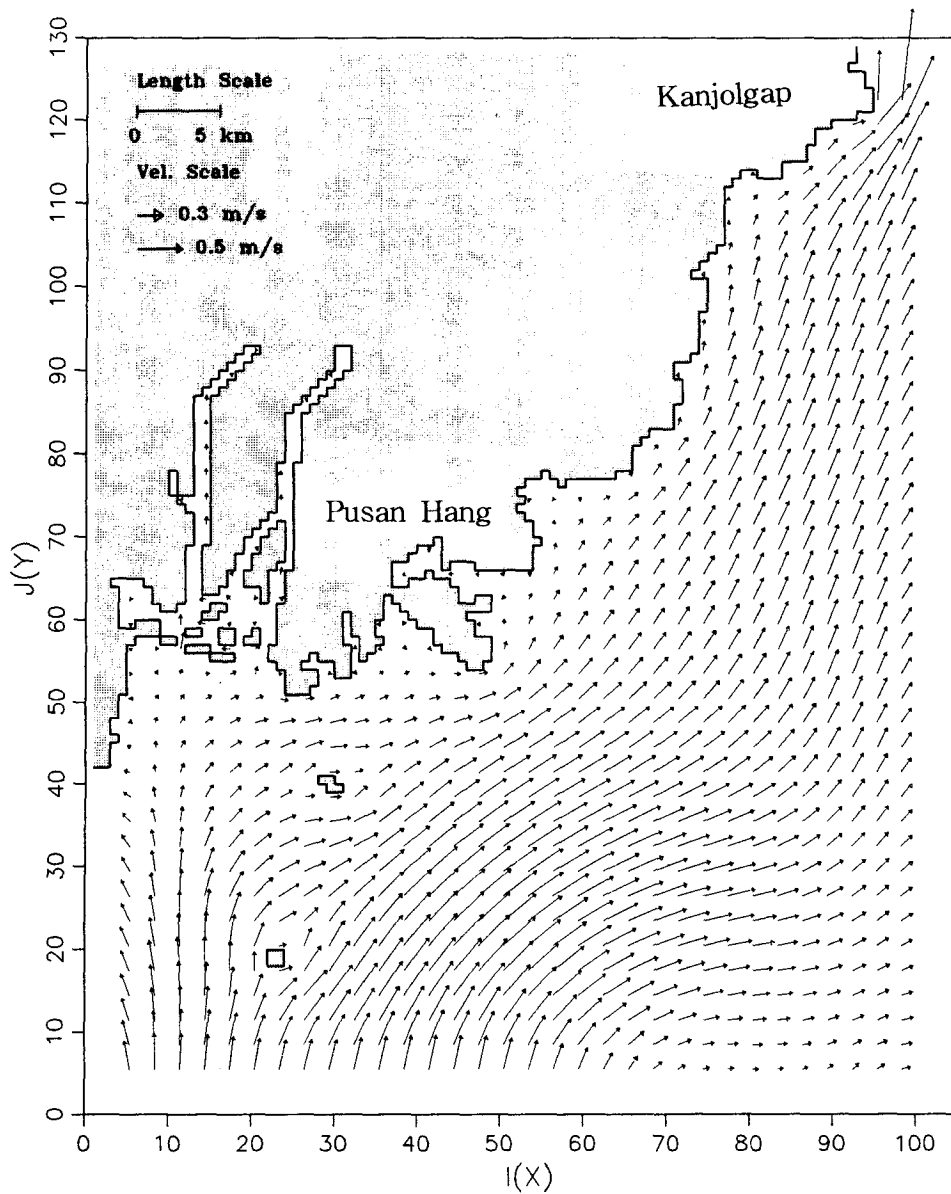


Fig. 3-24. Vector diagram of the maximum tidal current ($M_2+S_2+K_1+O_1$) during the ebb at the spring.

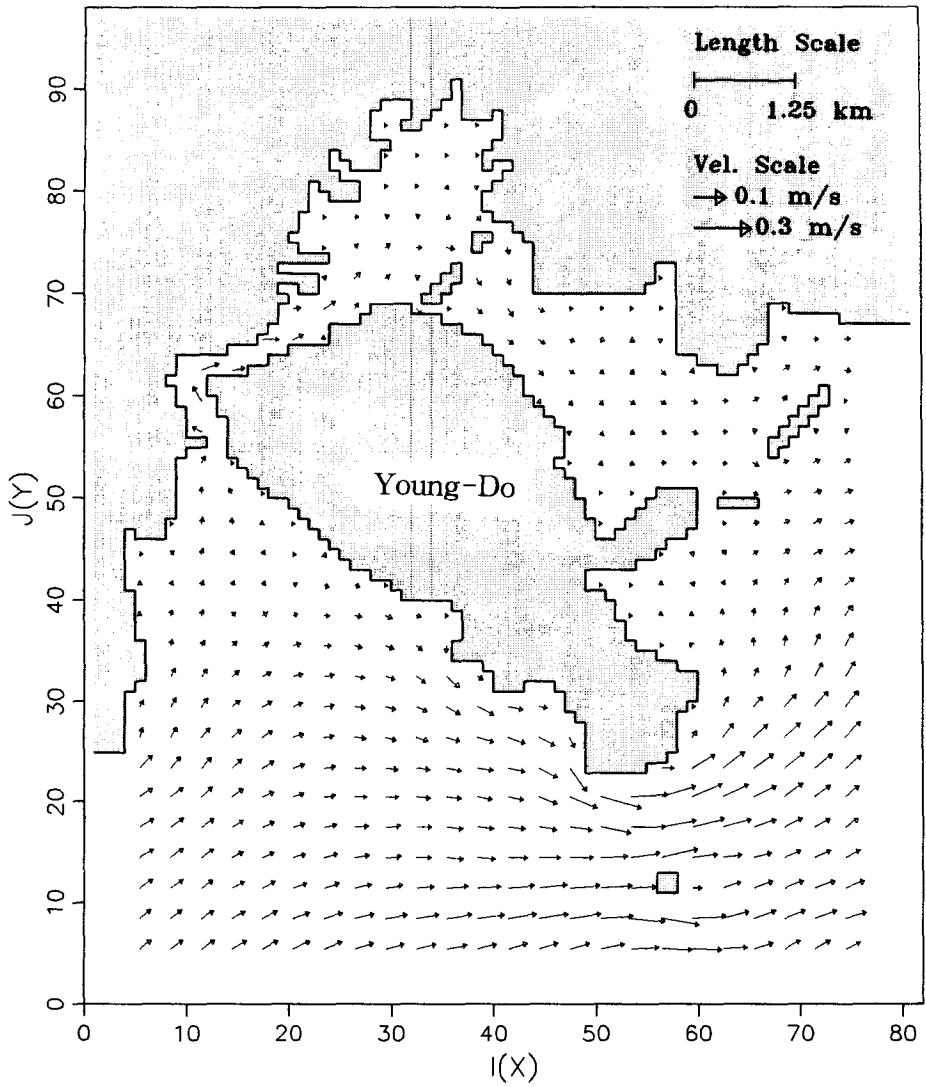


Fig. 3-25. Vector diagram of the maximum tidal current ($M_2+S_2+K_1+O_1$) during the flood at the spring.

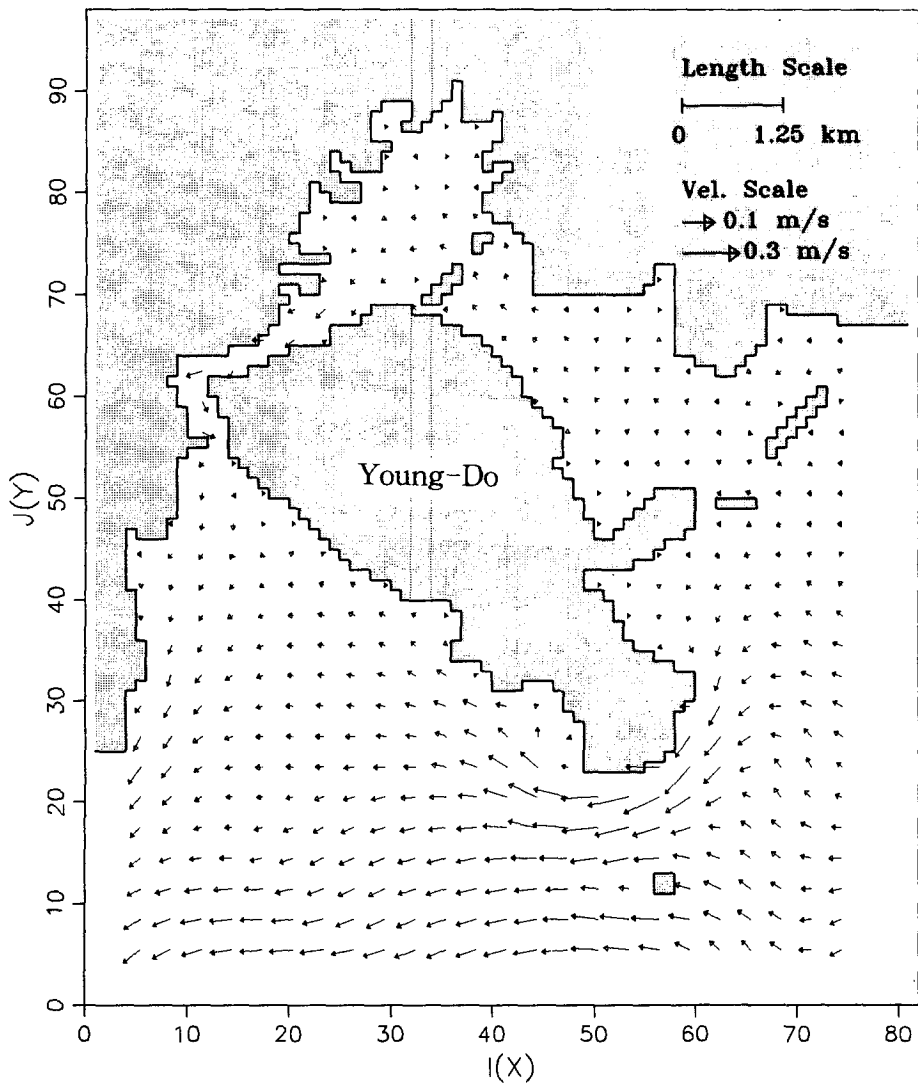


Fig. 3-26. Vector diagram of the maximum tidal current ($M_2+S_2+K_1+O_1$) during flood at the spring.

4. 부산 및 울산지역 해상풍의 시·공간 분포특성

연안역에서의 유류오염사고 발생시 기상조건은 유출유의 이류, 확산 및 풍화작용에 커다란 영향을 미친다. 따라서 연안부근의 기상상태를 정확히 파악하는 일은 대단히 중요하다. 연안역에서의 기상연구는 연안역의 자료뿐만 아니라 외해역 해상에서의 자료수집이 필수적이라 할수 있다. 특히 해상의 바람자료는 오염물질의 이동 방향 및 속도 예측에 있어 대단히 중요한 요소로 작용한다. 최근들어 기상청은 각 지역 기후분석, 기상예보, 국지적 대기오염 연구등의 증가에 따라 바람자료의 필요성이 증가되자, 관측소 및 자동기상관측지역을 확대해 가고 있다. 그러나 해상에서의 관측은 비용과 관리적인 문제점으로 인해 아직까지 이뤄지지 않고 있는 실정이다. 따라서 외해역의 데이터를 얻는 일은 매우 어렵고 얻어진 데이터 양은 상당히 부족하다. 이로인해 연안해역의 바람을 연구하는 많은 학자들에게 있어 육지에서 얻어진 데이터를 연안 바깥으로 적용하는 일이 주된 관심사였다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 연안지역의 자료를 이용한 통계적 분석 뿐만 아니라 위성데이터 및 Buoy 데이터 수집과 정리를 통해 모델의 정확성을 높이기 위해 주력하였다.

가. 자료 및 방법

연구에 사용된 자료는 광역지역인 남해-동해안 연안의 기상청 기상관측소가 위치한 주요 7개 지점의 1980년부터 1993년 까지 14년 동안 중앙기상대의 매시각별 풍향, 풍속 자동기록 자료와 울릉도를 제외한 6개 지역의 1969년부터 1992년 까지 30년 동안 기상청에서 측정된 일별 평균풍속, 최대풍속, 최대풍속이 발생한 시기의 풍향등을 기록한 자료를

이용하였다. 관측 지역은 Fig. 4-4-1에서 보여진 것 같이 강릉($37^{\circ} 48'$, $126^{\circ} 80'$), 울진($36^{\circ} 98'$, $129^{\circ} 42'$), 울산($35^{\circ} 55'$, $129^{\circ} 48'$), 부산($35^{\circ} 06'$, $129^{\circ} 02'$), 충무($34^{\circ} 50'$, $128^{\circ} 26'$), 여수($34^{\circ} 44'$, $127^{\circ} 44'$), 울릉도($37^{\circ} 30'$, $130^{\circ} 51'$)이다.

해상에서의 바람변화를 알아보기 위해 이 7개 연안 지역외에도 미국 국립 환경 연구 센터와 미국 국립 기상 연구 센터(National Centers for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research, NCEP / NCAR)의 Reanalysis 자료중 약 10M 상공의 바람자료를 이용하였다.

부산항-울산 주변영역(Fig. 4-4-2)에서는 파랑관측소가 위치한 주전 지역에 자동기상관측기기를 설치하여 1996년 1월부터 5분간격으로 풍향과 풍속자료를 관측하고 있으며 이 데이터와 부산,울산 기상청 데이터를 이용하였다.

알렉산드리아호 오염사고 영역인 가덕도 지역(Fig. 4-4-3)은 1993부터 1995년까지 3년간 자동기상관측장비로 관측한 매시각별 데이터를 이용하였다.

기온자료는 7개 전지역의 월별 평균기온과 최고기온, 최저기온 자료를 정리하였고 국립수산진흥원에서 제공한 수온 자료와 대기 기온자료를 비교하여 보았다. 일사량 자료는 연구 대상지역중 기상청에서 일사량을 관측하고 있는 지역의 월별 수평면 일사량을 계산하였다.

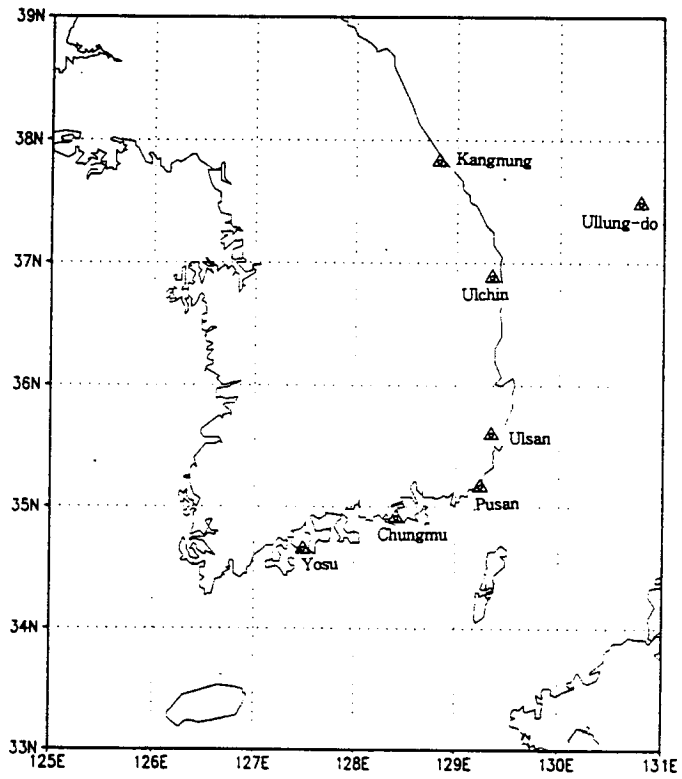


Fig. 3-27. Location of 7 meteorological standard stations.

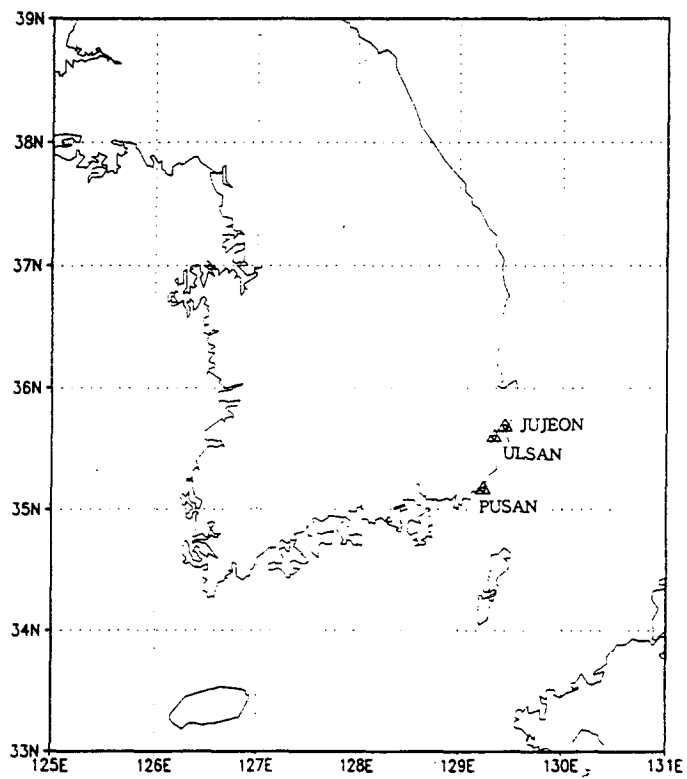


Fig. 3-28. Location of 3 meteorological station.

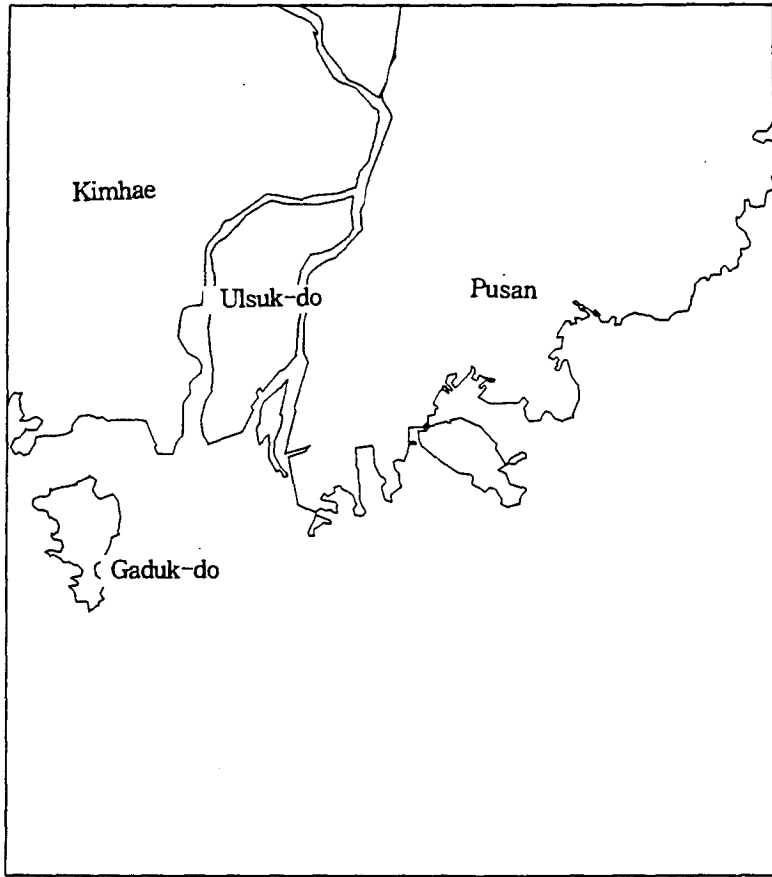


Fig. 3-29. Station map of Gaduk-do.

4. 부산 및 울산지역 해상풍의 시·공간 분포특성

연안역에서의 유류오염사고 발생시 기상조건은 유출유의 이류, 확산 및 풍화작용에 커다란 영향을 미친다. 따라서 연안부근의 기상상태를 정확히 파악하는 일은 대단히 중요하다. 연안역에서의 기상연구는 연안역의 자료뿐만 아니라 외해역 해상에서의 자료수집이 필수적이라 할수 있다. 특히 해상의 바람자료는 오염물질의 이동 방향 및 속도 예측에 있어 대단히 중요한 요소로 작용한다. 최근들어 기상청은 각 지역 기후분석, 기상예보, 국지적 대기오염 연구등의 증가에 따라 바람자료의 필요성이 증가되자, 관측소 및 자동기상관측지역을 확대해 가고 있다. 그러나 해상에서의 관측은 비용과 관리적인 문제점으로 인해 아직까지 이뤄지지 않고 있는 실정이다. 따라서 외해역의 데이터를 얻는 일은 매우 어렵고 얻어진 데이터 양은 상당히 부족하다. 이로인해 연안해역의 바람을 연구하는 많은 학자들에게 있어 육지에서 얻어진 데이터를 연안 바깥으로 적용하는 일이 주된 관심사였다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 연안지역의 자료를 이용한 통계적 분석 뿐만 아니라 위성데이터 및 Buoy 데이터 수집과 정리를 통해 모델의 정확성을 높이기 위해 주력하였다.

가. 자료 및 방법

연구에 사용된 자료는 광역지역인 남해-동해안 연안의 기상청 기상관측소가 위치한 주요 7개 지점의 1980년부터 1993년 까지 14년 동안 중앙기상대의 매시각별 풍향, 풍속 자동기록 자료와 울릉도를 제외한 6개 지역의 1969년부터 1992년 까지 30년 동안 기상청에서 측정한 일별 평균풍속, 최대풍속, 최대풍속이 발생한 시기의 풍향등을 기록한 자료를

이용하였다. 관측 지역은 Fig. 3-27에서 보여진 것 같이 강릉($37^{\circ} 48'$, $126^{\circ} 80'$), 울진($36^{\circ} 98'$, $129^{\circ} 42'$), 울산($35^{\circ} 55'$, $129^{\circ} 48'$), 부산($35^{\circ} 06'$, $129^{\circ} 02'$), 충무($34^{\circ} 50'$, $128^{\circ} 26'$), 여수($34^{\circ} 44'$, $127^{\circ} 44'$), 울릉도($37^{\circ} 30'$, $130^{\circ} 51'$)이다.

해상에서의 바람변화를 알아보기 위해 이 7개 연안 지역외에도 미국 국립 환경 연구 센터와 미국 국립 기상 연구 센터(National Centers for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research, NCEP / NCAR)의 Reanalysis 자료중 약 10M 상공의 바람자료를 이용하였다.

부산항-울산 주변영역(Fig. 3-28)에서는 파랑관측소가 위치한 주전 지역에 자동기상관측기기를 설치하여 1996년 1월부터 5분간격으로 풍향과 풍속자료를 관측하고 있으며 이 데이터와 부산,울산 기상청 데이터를 이용하였다.

알렉산드리아호 오염사고 영역인 가덕도 지역(Fig. 3-29)은 1993부터 1995년까지 3년간 자동기상관측장비로 관측한 매시각별 데이터를 이용하였다.

기온자료는 7개 전지역의 월별 평균기온과 최고기온, 최저기온 자료를 정리하였고 국립수산진흥원에서 제공한 수온 자료와 대기 기온자료를 비교하여 보았다. 일사량 자료는 연구 대상지역중 기상청에서 일사량을 관측하고 있는 지역의 월별 수평면 일사량을 계산하였다.

나. 영역별 시·공간적 해상풍 분석

1. 광역지역(남해-동해전역)

1) 남동해안의 월별 주풍향 분석

파랑의 진행 방향과 세기에 큰 영향을 미치는 바람의 주풍향과 풍속을 조사해 보았다. 먼저 연안역의 데이터를 이용하여 남동해안의 월별 주풍향과 풍속을 동서성분과 남북성분으로 분리하여 각각 평균하여, 주풍향과 그 풍속을 결정하여 이를 표시하였다(Fig. 3-30). 연안밖에서의 풍향과 풍속의 변화를 동시에 알아보기 위해 미 국립기상센터에서 Reanalysis 한 자료를 동서 성분으로 나누어 월별 평균풍속과 풍향을 구하여 이를 나타내었다(Fig. 3-31).

겨울철의 경우 연안에서는 남해안은 주풍향이 북서풍으로 나타났고, 동해안에서도 북서풍이 나타났지만 강릉과 울진 지역은 서풍에 가까운 풍계가 나타났다. 섬지역인 울릉도는 북풍의 풍계가 나타났다. 연안 밖에서는 강릉과 울진 지역만을 제외하고 이러한 풍계가 잘 일치하고 있다. 봄철의 경우 3월달에는 남해안은 북풍이, 동해안은 북서풍이 주풍향으로 나타났고, 4, 5월달은 동해안은 서풍, 남해안은 남서풍이 주풍향으로 나타났다. 또한 5월달의 경우 연안 밖의 풍속이 대단히 작은 것을 알 수 있다.

여름철 남해안은 남서풍이, 동해안은 서풍이 주풍향으로 나타났고 가을철에 남해안은 북동풍이 주풍향으로 나타났다. 전반적인 특성을 살펴보면 동해안의 경우 년중 해안에서 바다쪽으로 바람이 불어나가는 북서풍과 서풍이 주풍향으로 나타나 있고, 풍속의 경우 전지역에서 겨울철에 강하게 나타났다. 그 외 계절에는 풍속이 약하게 나타났다. 남해안의 경우 겨울에는 북서풍이 여름에는 남동풍이 뚜렷하게 나타나고 있고 풍속

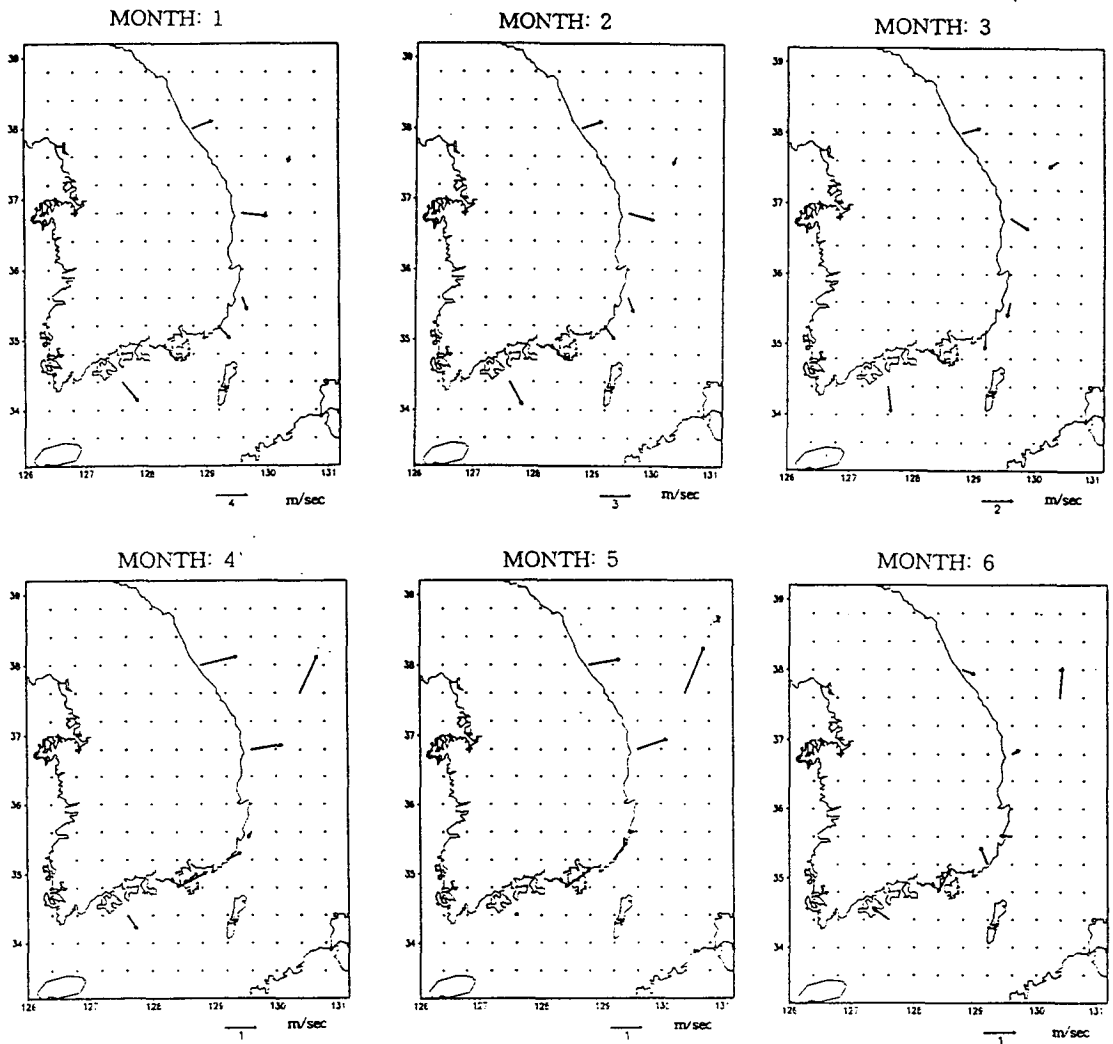


Fig. 3-30. Monthly mean principal wind speed and direction at coastal areas.

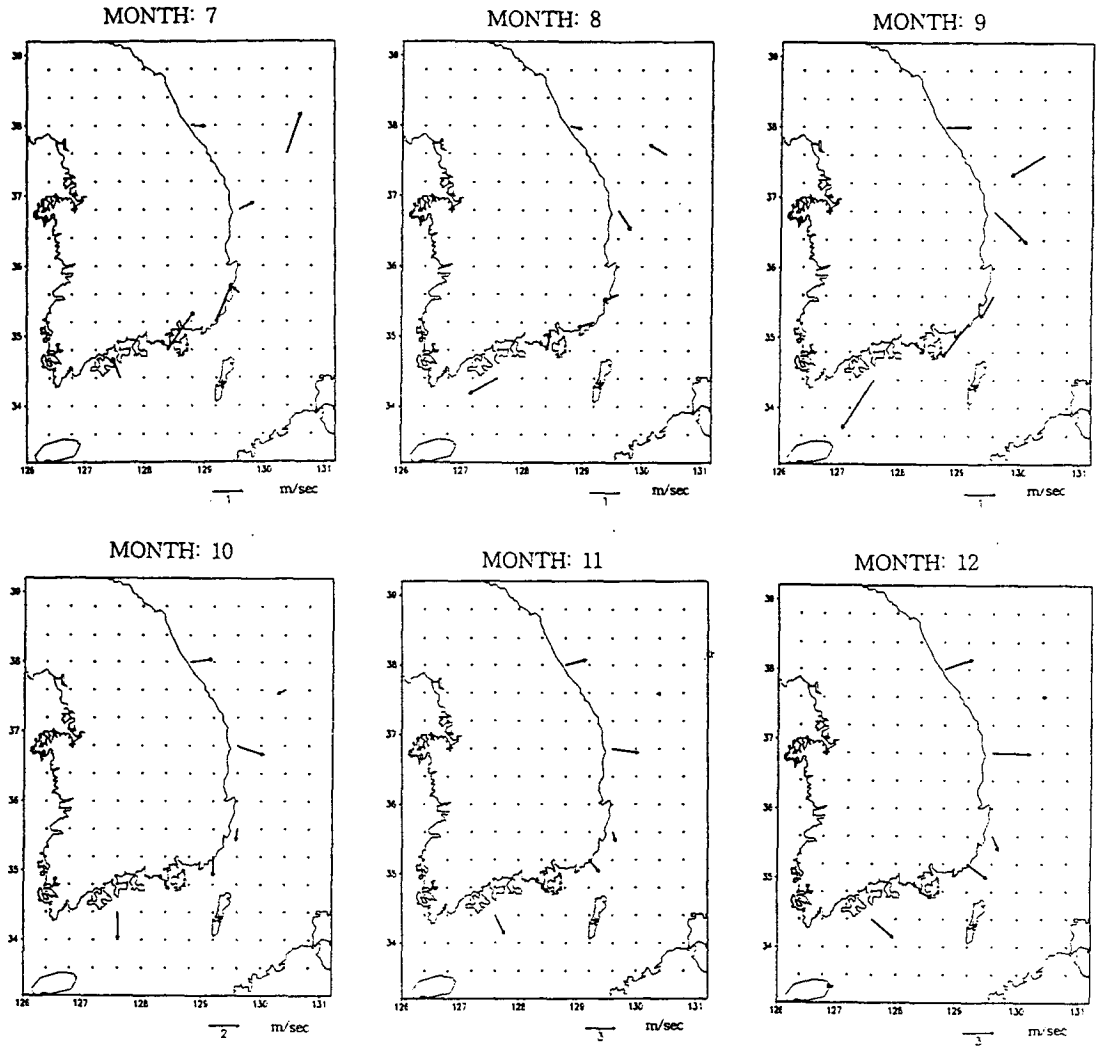


Fig. 3-30. continued.

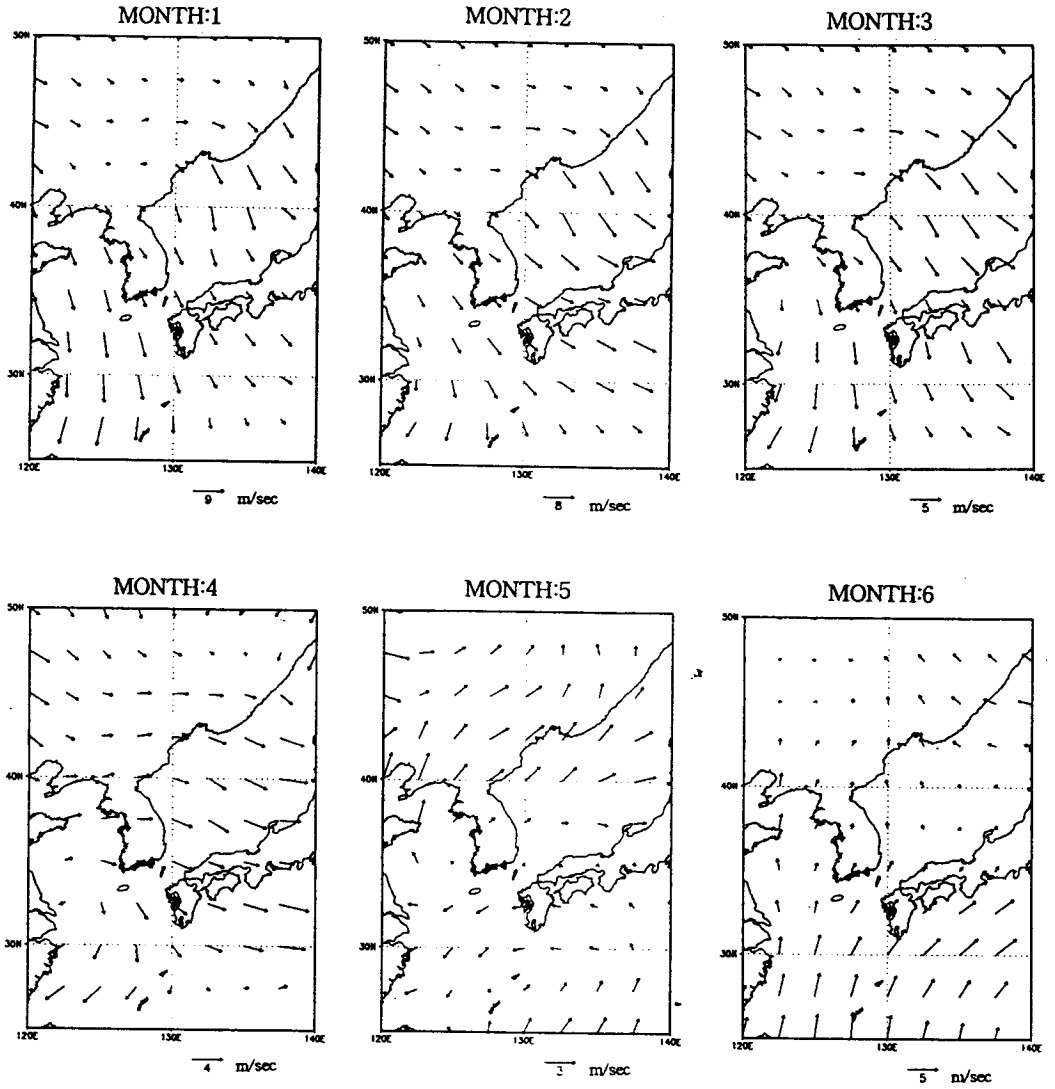


Fig. 3-31. Monthly mean wind speed and direction.

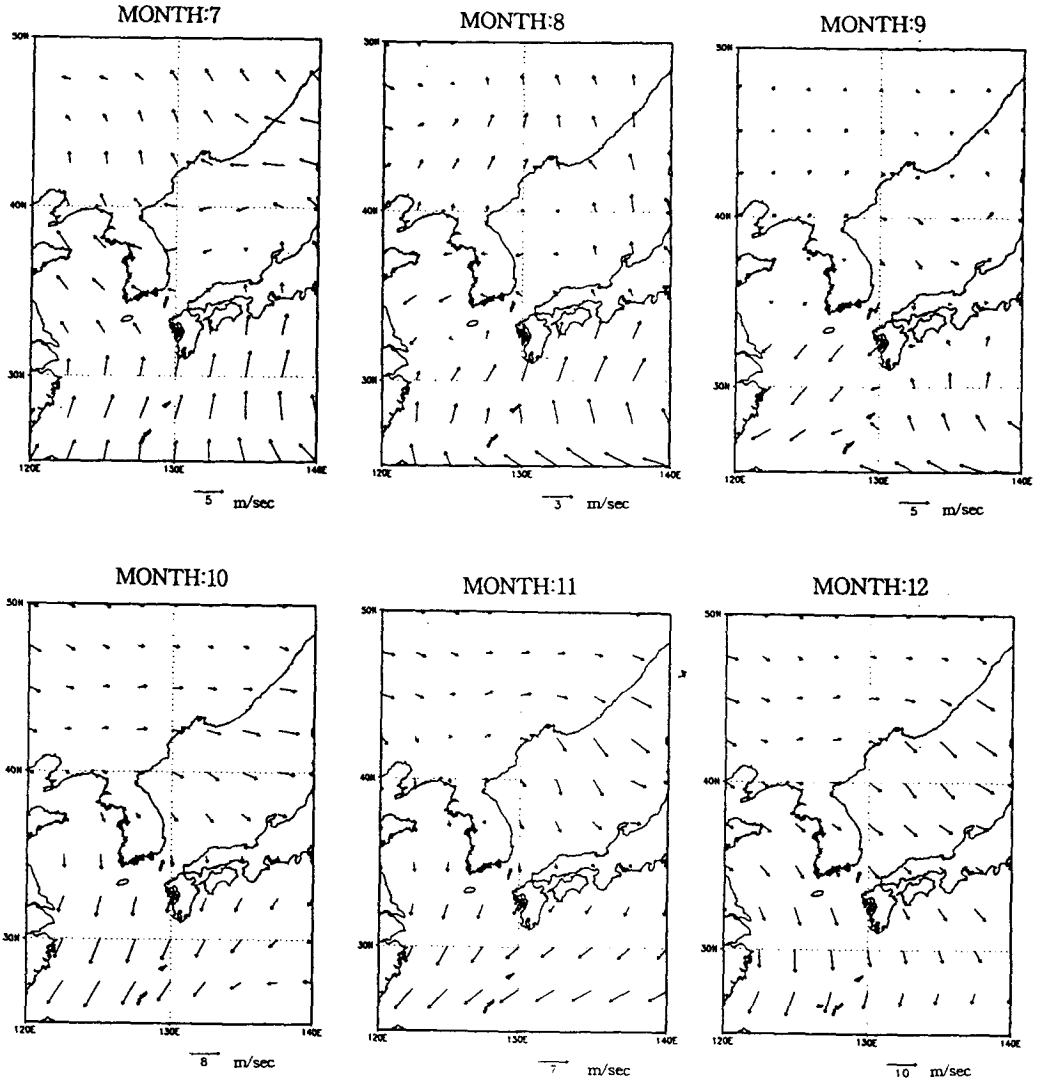


Fig. 3-31. continued.

은 겨울철에 높게 나타나고 있다. 따라서 겨울철 북서풍이 남-동해안 파랑에 큰 영향을 주는 것을 알수 있었다.

2) 풍속의 변동성

연안과 연안밖의 바람에 차이가 있다는 사실은 이미 잘 알려져 왔다. 특히 풍속의 경우 이러한 차이가 훨씬 크게 나타나고 있다. 미국의 경우 산악이 없는 지역이나 비교적 바람이 강하다고 알려진 강 어귀에서 관측한 풍속값이 연안밖 풍속의 절반 이하로 나타나고 있으며 이러한 차이는 폭풍이 자주 발생하는 겨울철의 경우 더욱 크게 나타나고 있다. 그러나 더운 날이 지속되는 여름에는 육지와 바다의 비열차로 인한 해륙풍의 발생으로 인해 오히려 연안 가까운 곳의 풍속이 더 강하게 기록되는 경우도 있다. Fig. 3-32는 파랑의 세기에 큰 영향을 주는 겨울철, 부산 영도지역의 풍속데이터와 DMSP 위성이 통과하는 시각에 얻어진 풍속데이터값을 비교한 것으로, 1월 10일부터 12일까지 3일 연속 관측한 값을 나타낸 것이다. 그림에서 알수 있듯이 연안 밖의 풍속이 연안에 비해 약 2배 가까이 더 크게 나타나고 있으며 이러한 차이는 연안의 풍속이 클수록 더욱 크게 나타나고 있다.

Fig. 3-33은 연안지역 풍속의 계절별 변화를 알아보기 위해 풍속의 평균과 표준편차를 구하여 동계는 1월을 춘계는 4월을 하계는 7월을 추계는 10월로 각각 대표월을 선정하여 나타낸 것이다.

먼저 동해안 연안지역을 살펴보면 강릉의 경우 겨울철에 풍속이 높게 나타났다. 울진지역은 연중 풍속이 높게 나타났고 울산지역은 봄철에 풍속이 크게 나타나고 있다. 울릉도 지역은 표준편차 값이 년중 크게 나타나고 있어 바람의 변동성이 강함을 알수 있었다.

남해안 지역인 부산은 오후들어 풍속이 강해지고 편차도 크게 나타나 이 시간대에 바람의 변동성이 크게 나타나는 것을 알수 있다. 충무지역

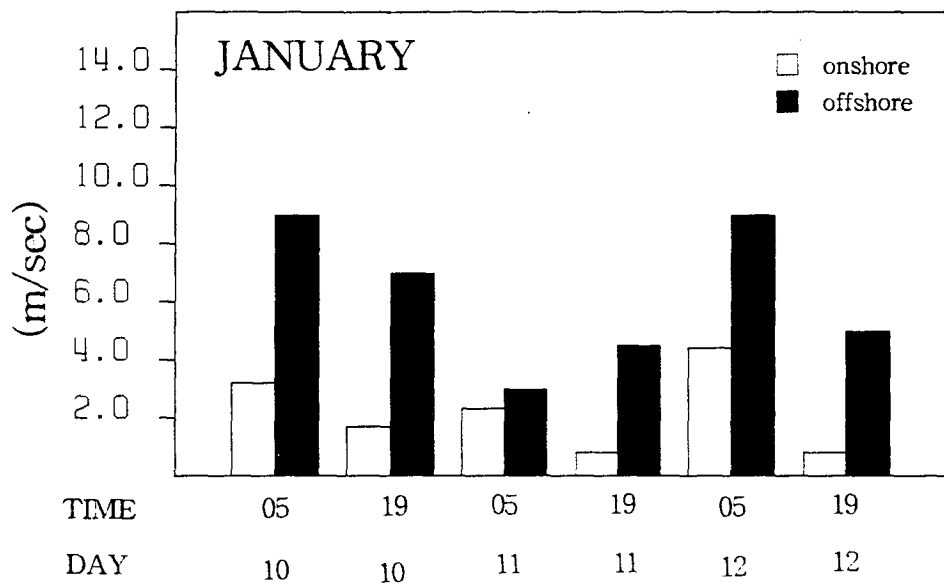


Fig. 3-32. Comparison of the wind speed between onshore and offshore.

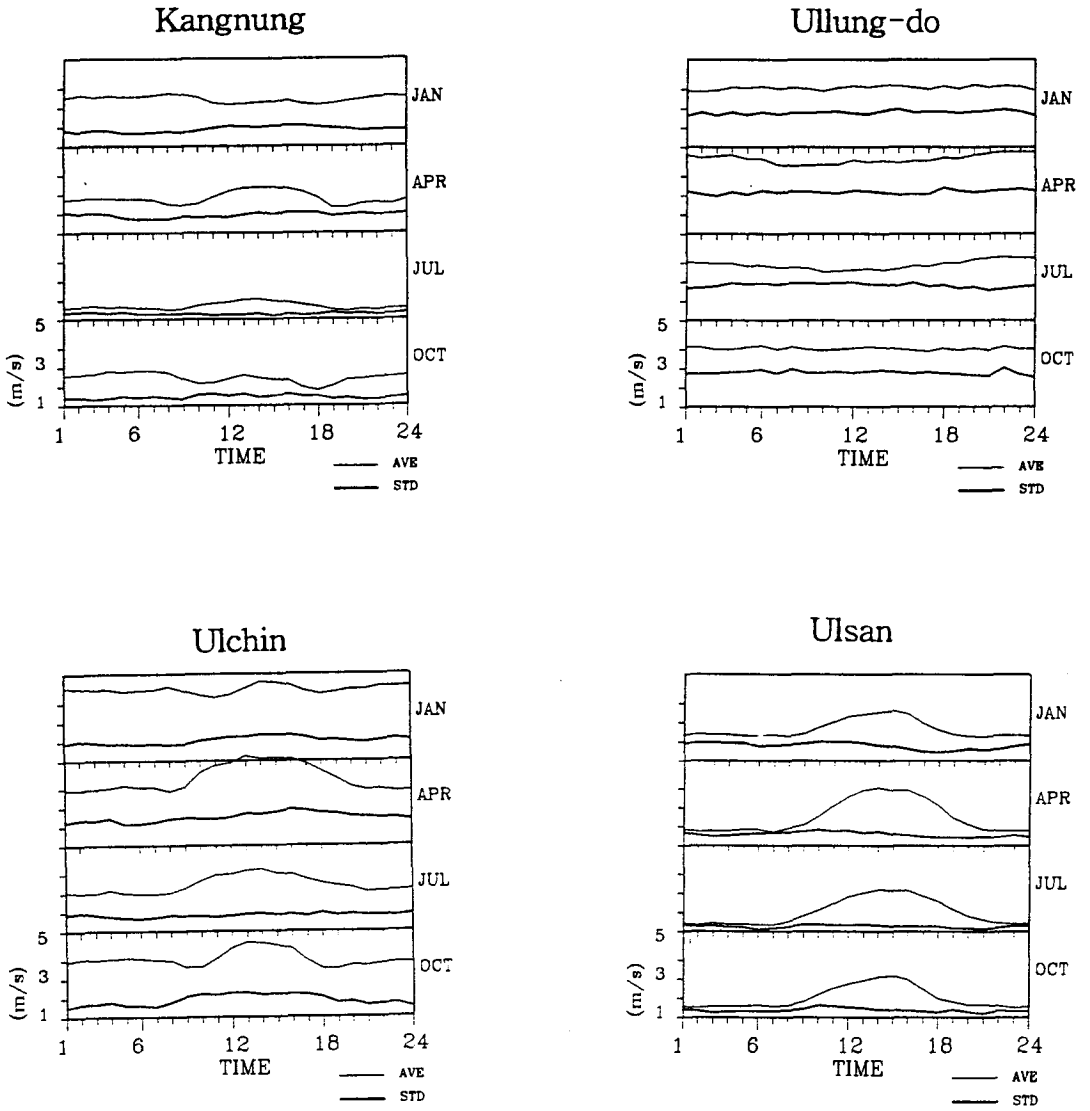
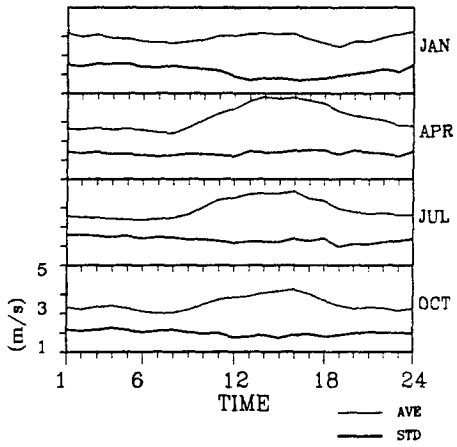
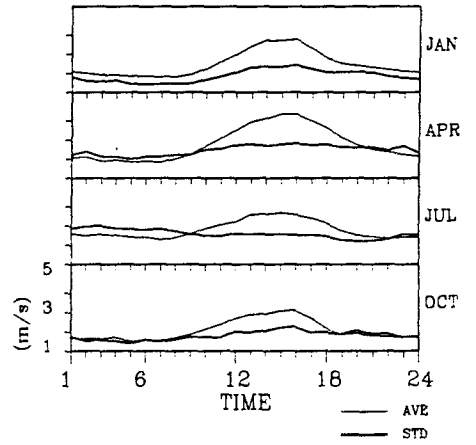


Fig. 3-33. Wind speed and standard deviation.

Pusan



Chungmu



Yosu

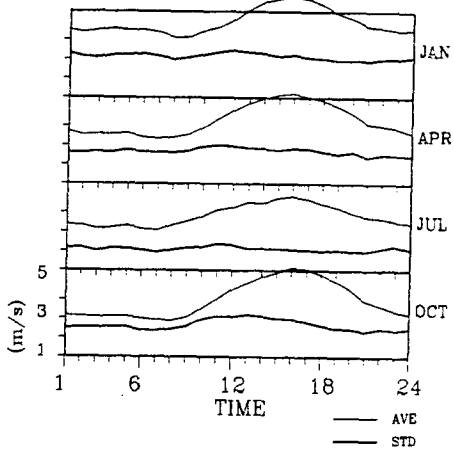


Fig. 3-33. continued.

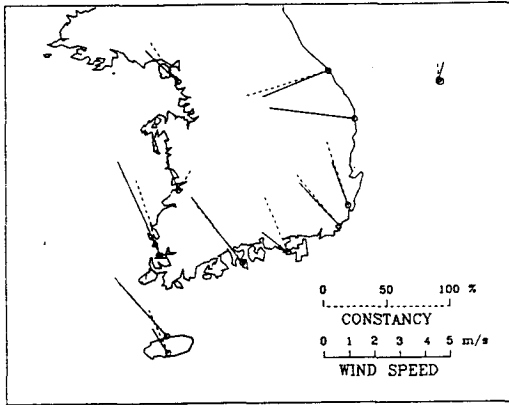
은 12시 이후에 풍속이 크게 변하고 편차도 크게 변화하는 특성을 나타냈다. 여수지역은 아침과 밤에는 풍속이 비교적 낮은 바람이 불다가 낮 12시 이후에는 풍속이 크게 나타나는 특성이 있다.

3) 풍향의 정상도

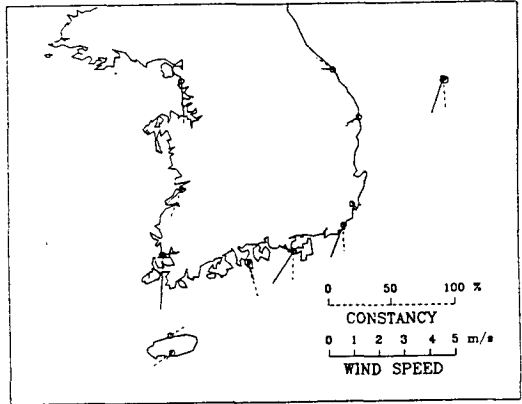
지상풍에 있어서 기존 기상자료로부터 직접 평균풍향을 결정하는 것은 쉽지 않다. 왜냐하면 기상통계 자료에는 지상풍의 벡터평균이 주어지지 않기 때문이다. 따라서 바람의 벡터평균으로부터 결정되는 평균풍향과 풍배도의 각 가지의 벡터의 합으로부터 결정되는 풍향의 평균과의 관계 및 그들에 관련해서 정의되는 풍향의 정상도(CON-STANCCY)에 대해 조사하는 일은 대단히 중요하다. 풍향의 정상도라는 것은 바람이 얼마나 일정한 방향으로 부는가를 나타내는 것으로 어느 일정 방향에서 연속적으로 불어오는 바람은 강한 파랑을 발생시키므로 바람 분석에 있어 중요하다고 할수 있다.

Fig. 3-34는 남동해안의 평균풍향과 풍향의 평균을 계절별로 나타낸 것으로 겨울철인 1월달에는, 전지역에서 북서풍이 강하게 불었고, 평균풍향과 풍향의 평균이 아주 잘 일치하고 있다. 봄철인 4월에는 동해안 지역인 강릉과 울진은 서풍계열의 바람이 불었고, 평균풍향과 풍향의 평균도 잘 일치하고 있다. 그러나 여름철에는 평균풍향과 풍향의 평균 사이의 편각이 다소 크게 나타나다 가을철부터 다시 잘 일치하고 있다. Table 3-4는 풍향의 정상도와 평균풍향을 수치로 나타낸 것으로 겨울철에는 정상도 값이 높게 나타나는데 이것은 겨울철 바람이 지속적으로 분다는 것을 보여 준다. 여름철에는 정상도 값이 낮게 나타나 일정한 방향으로 연속적으로 부는 바람이 작다는 것을 보여준다.

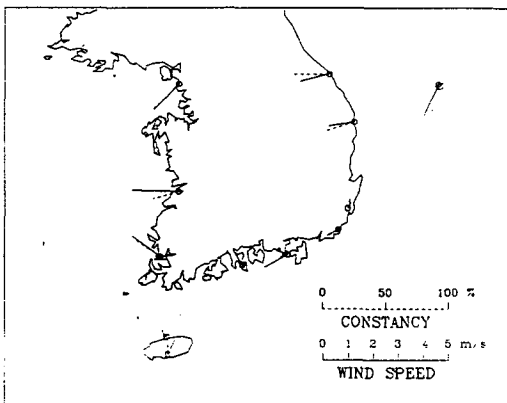
(a) January



(b) July



(c) April



(d) October

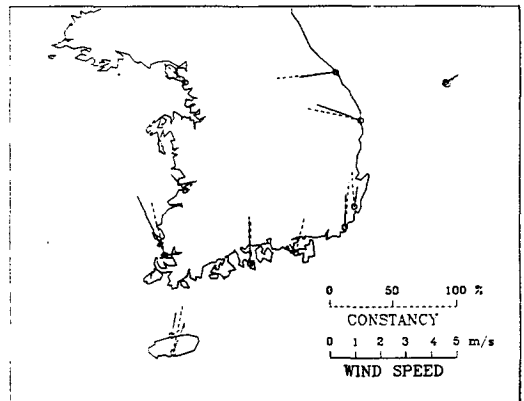


Fig. 3-34. The mean wind directions and the means of wind direction of 7 coastal areas.

Table 3-4. Relations between the mean wund directions and Cv

(a) January

구분 지역	정상도(Cv %)	평균풍향(deg.)
강릉	82.57	248.60
울릉도	18.13	16.87
울진	70.46	277.64
울산	73.28	340.11
부산	59.60	317.78
충무	53.60	307.67
여수	71.30	321.67

(b) July

구분 지역	정상도(Cv %)	평균풍향(deg.)
강릉	29.31	273.27
울릉도	37.94	199.15
울진	16.07	243.34
울산	15.77	134.58
부산	34.46	202.53
충무	55.52	214.23
여수	23.79	160.29

(c) April

구분 지역	정상도(Cv %)	평균풍향(deg.)
강릉	43.63	255.99
울릉도	28.17	204.52
울진	22.45	261.21
울산	10.67	31.41
부산	11.95	242.46
충무	39.10	241.15
여수	14.38	328.72

(d) October

구분 지역	정상도(Cv %)	평균풍향(deg.)
강릉	60.34	262.43
울릉도	14.84	60.74
울진	45.28	289.73
울산	45.87	8.68
부산	37.49	0.36
충무	21.75	323.64
여수	47.54	359.16

4) 해륙풍 분석

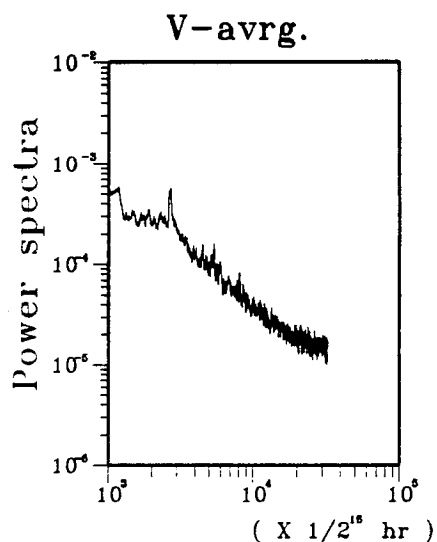
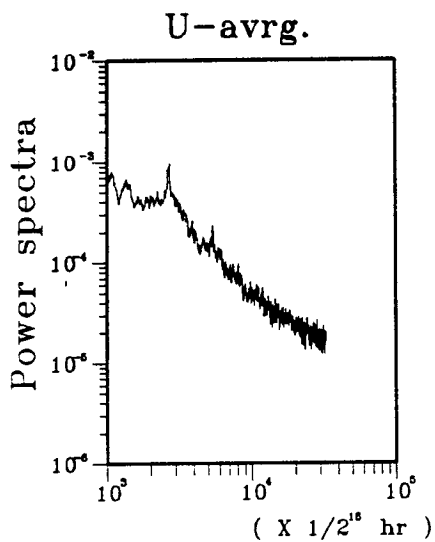
해상풍의 주 요소는 해륙풍이라 할수 있다. 해륙풍은 해안 지역의 국지 순환을 지배하는 중요한 기상현상으로 각 해안에서 다소 정도의 차이는 있으나 규칙적으로 나타나고 있다. Fig. 3-35는 연구 대상지역의 장기간 데이터를 스펙트럼 분석한것으로 해륙풍에 의한 주기성을 볼수 있다.

동해안 지역인 강릉, 울진, 울산 지역은 해륙풍에 의한 일주기 성분과 반일 주기성분이 뚜렷이 나타나며 특히 동서성분이 더 크게 나타난 것을 볼수 있다. 이것은 해륙풍이 동서방향으로는 강하게 나타나고 있지만 해안선을 따라 부는 남북방향의 바람은 거의 주기성이 없다는 것을 보여준다. 반면 섬지역인 울릉도는 육지와 해양의 비열차가 적어 해륙풍이 거의 불지 않는다. 따라서 주기성분도 나타나지 않았다. 남해안 지역은 부산, 충무, 여수 3지역 모두 해륙풍에 의한 반일주기와 일주기 성분이 뚜렷히 나타나고 있다. 다만 여수지역은 동서성분에서 그 주기성이 약하게 나타나고 있다. 따라서 바람 요소만을 고려했을 때 해륙풍이 강하게 나타나는 시기의 낮 시간대 연안 근처의 오염사고 발생시 오염물질이 해안가로 쉽게 이동해 갈수 있음을 예측할수 있다.

5) 기온 및 일사량

기온은 유류오염사고시 오염물의 증발과 승화에 대단히 중요한 요소로 작용한다. 해상에서의 대기온도는 바로 인접한 해수면 온도와 관련이 있으며 해상에서의 바람과도 관련이 있다. 즉 해상에서의 바람, 온도, 습도 등은 별개의 요소가 아닌 서로 밀접한 관련을 갖는 변수다. Table 3-5는 부산지역의 계절별 평균풍속과 기온을 3시간 간격으로 비교해 나타낸 것으로 15시경에 기온과 풍속이 모두 높게 나타나고 있다. 이것은 해풍이 가장 강하게 나타나는 시기와 최고기온이 출현한 시간과

Kangnung



Ullung-do

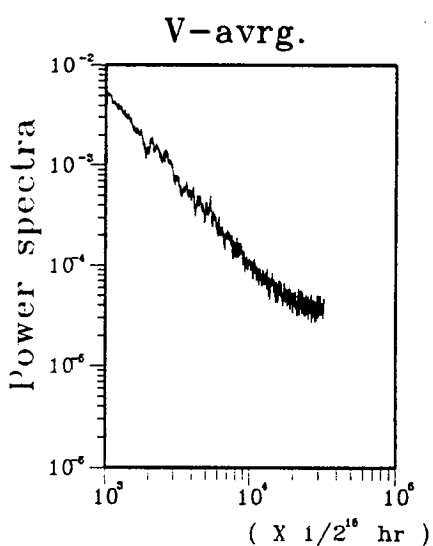
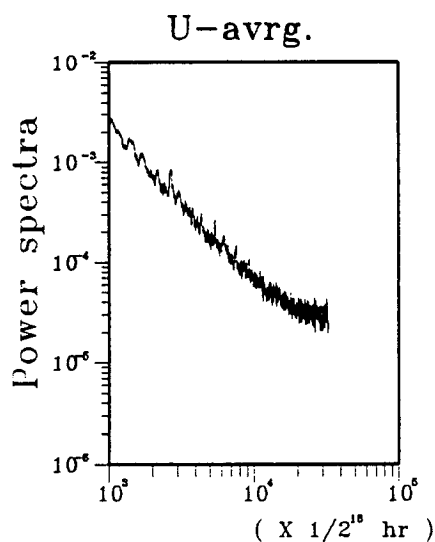
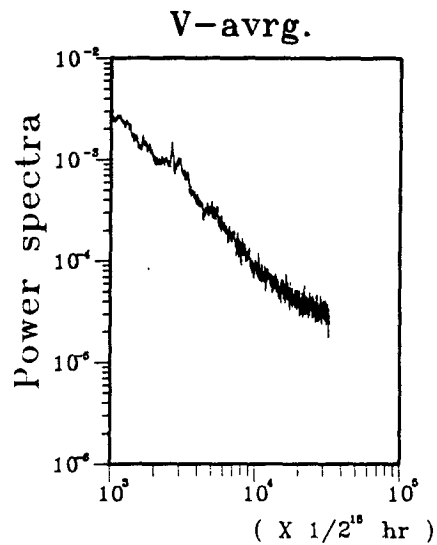
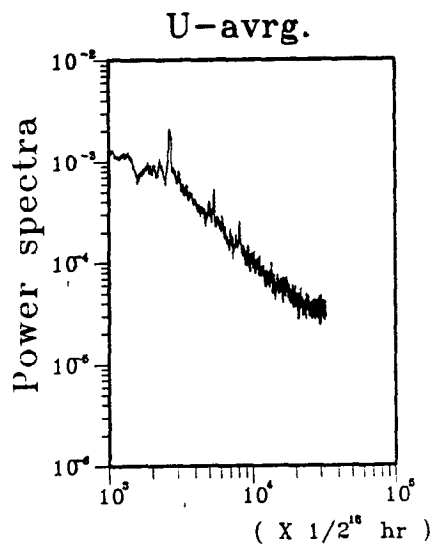


Fig. 3-35. Spectrum analysis.

Ulchin



Ulsan

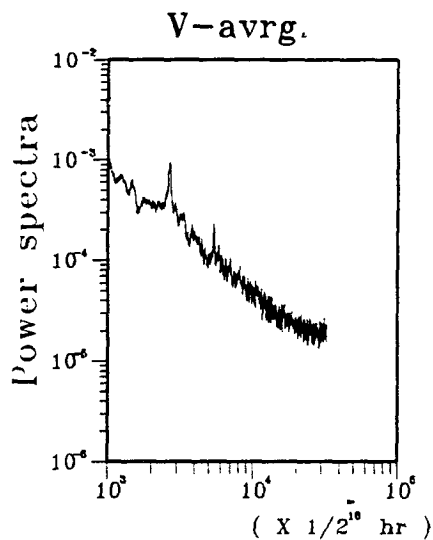
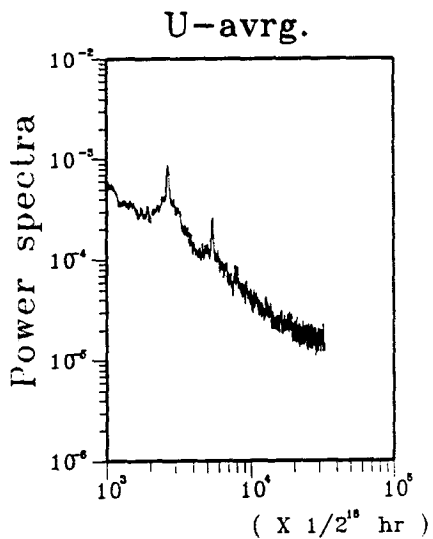
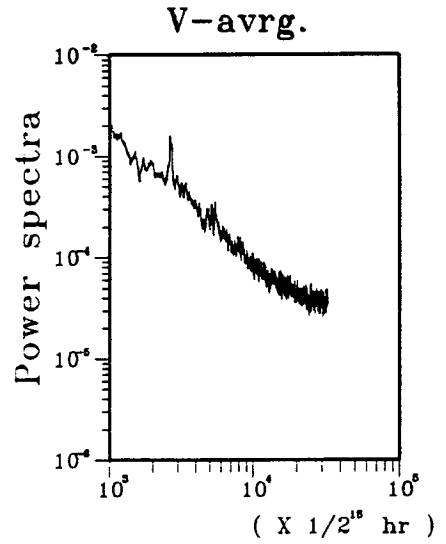
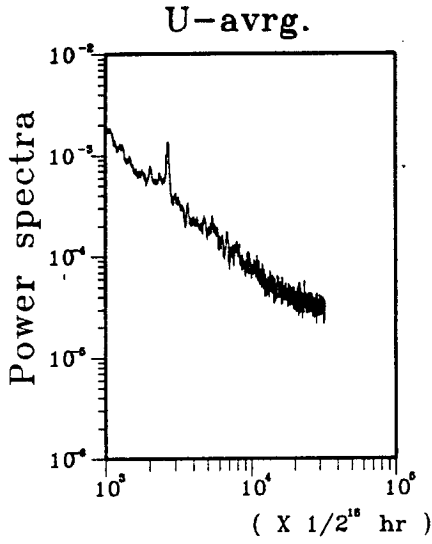


Fig. 3-35. continued.

Pusan



Chungmu

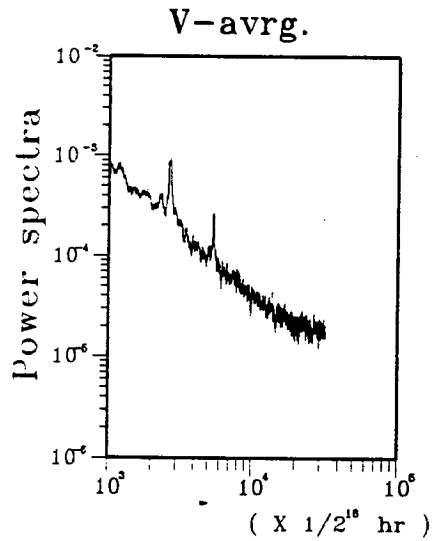
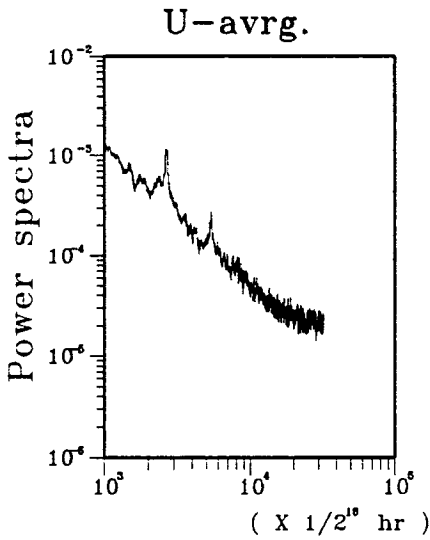


Fig. 3-35. continued.

Yosu

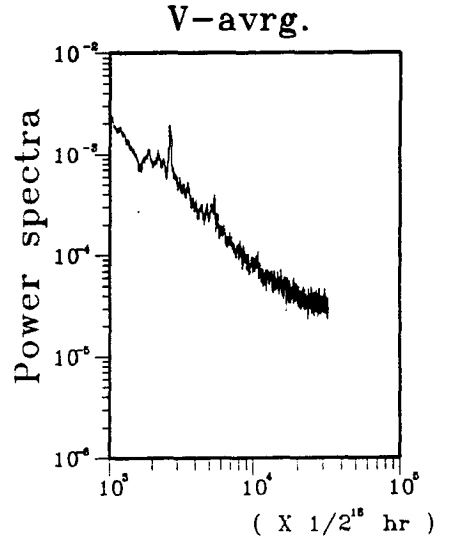
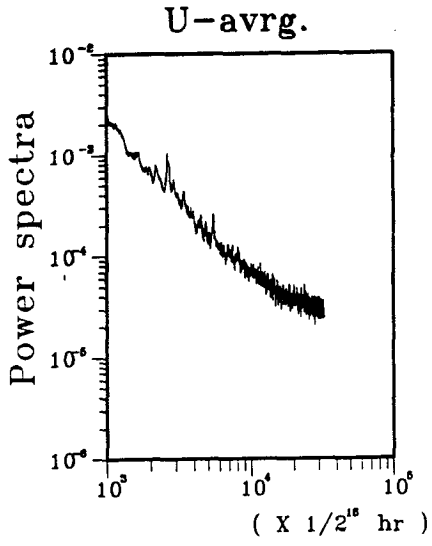


Fig. 3-35. continued.

Table 3-5. Wind speed and air temperature at Pusan.

Mon Time	JAN (m/sec)	JAN (° C)	APR (m/sec)	APR (° C)	JUL (m/sec)	JUL (° C)	OCT (m/sec)	OCT (° C)
3	4.10	1.74	3.71	12.81	3.50	25.83	3.37	15.66
6	3.78	1.35	3.60	12.57	3.39	25.45	3.13	15.14
9	3.73	1.92	3.73	15.05	3.65	28.06	3.19	17.55
12	4.04	6.16	4.71	18.10	4.54	30.10	3.85	21.18
15	4.43	7.83	5.25	18.13	4.77	30.52	4.17	21.42
18	3.62	5.56	4.97	16.24	4.37	29.26	3.70	18.69
21	3.75	3.96	4.24	13.99	3.69	26.96	3.32	16.89
24	4.24	2.93	3.81	13.48	3.64	26.45	3.26	16.12

일반적으로 잘 일치하고 있다는 것을 보여준다.

Table 3-6은 연구 대상지역의 평균기온과, 최고기온, 최저기온등을 표시했으며, 수온에 많은 영향을 미치는 수평면 일사량을 각각 월별로 나타내었다. 수평면 일사량은 현재 강릉지역과 부산지역에서만 관측이 이뤄지고 있어 이 두지역만 나타내었다. 수온과 기온과의 관계를 조사하기 위해 국립수산진흥원에서 제공한 수온데이터와 기온 데이터를 비교하였다(Fig. 3-36). 표면수온과 기온 모두 뚜렷한 월변동을 보이며 여름철의 경우 기온과 수온 모두 높게 나타나고 있다.

2. 세부영역

1) 월별 방위별 최대풍속(부산-울산항)

최대풍 분석은 해안 지역에서 파랑이 어느정도 나타날 수 있는 하는 척도가 될 수 있어 해안지역의 바람 분석에 있어 대단히 중요하다. Fig. 3-37은 부산과 울산의 방위별 최대 풍속을 나타낸 것으로 질게 칠한 부분은 풍속이 10m/sec이상의 강한 풍속이 나타났을 때를 나타낸다.

부산의 경우 겨울철에 북서풍이 나타났을 때 풍속이 강하게 나타났고 울산의 경우도 겨울철 북서풍에서 높은 풍속을 나타내고 있다. 울산 지역의 최대풍속은 부산지역에 비해 전반적으로 약하게 나타나고 있다. 또한 부산지역에 비해 10m/sec이상의 바람은 거의 발생하지 않았다. 여름철의 경우 남동풍이 뚜렷히 나타나고 있으나 겨울철 풍속에 비해 풍속이 다소 작게 나타났다. 따라서 겨울철의 강한 풍속이 파랑에 큰 영향을 줄것으로 예상되며 가을철 풍속이 크게 기록된 것은 태풍의 영향인 것으로 사료된다.

Table 3-6. Air temperature and radiation

Kangnung

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
평균기온 (°C)	0.8	2.0	5.2	13.8	18.3	21.2	28.0	27.2	21.2	15.4	10.9	4.6
최고기온 (°C)	13.1	14.0	16.9	25.7	30.8	32.2	39.3	38.9	34.0	25.0	23.9	20.2
최저기온 (°C)	-9.2	-9.4	-3.9	0.9	8.8	11.5	19.3	16.8	12.0	5.4	0.8	-9.6
수평면일사량 (MJ/m ²)	239.00	306.06	439.04	510.24	581.27	548.30	578.90	523.65	443.47	322.61	242.47	233.13

Ullung-do

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
평균기온 (°C)	0.9	1.8	4.0	12.2	15.9	18.4	25.4	26.4	21.0	15.1	10.5	5.2
최고기온 (°C)	11.5	14.9	14.4	22.6	25.5	27.2	32.3	34.6	31.7	24.8	19.1	16.3
최저기온 (°C)	-6.9	-5.5	-2.5	1.2	8.7	12.0	20.1	20.2	15.0	6.9	2.8	-4.4
수평면일사량 (MJ/m ²)												

Ulchin

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
평균기온 (°C)	1.1	2.2	5.1	12.8	16.9	19.1	27.0	26.6	21.3	15.1	11.0	4.9
최고기온 (°C)	12.7	13.4	16.0	25.4	30.1	32.3	36.3	36.4	35.4	26.5	24.0	21.0
최저기온 (°C)	-9.5	-8.1	-3.6	0.2	7.1	9.7	18.7	16.9	10.1	4.6	-0.7	-9.0
수평면일사량 (MJ/m ²)												

Ulsan

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
평균기온 (°C)	2.0	3.6	6.4	14.3	18.3	21.0	28.7	28.1	22.1	16.1	11.7	5.1
최고기온 (°C)	13.5	14.5	18.6	26.6	30.8	31.8	38.2	36.5	35.6	26.7	24.5	19.1
최저기온 (°C)	-9.4	-7.5	-2.7	2.5	7.1	12.2	22.4	19.7	10.9	5.5	1.2	-7.8
수평면일사량 (MJ/m ²)												

Table 3-6. continued.

Pusan

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
평균기온 (°C)	3.9	5.2	7.4	15.0	18.0	20.5	27.9	28.1	23.1	17.9	13.8	6.9
최고기온 (°C)	14.6	15.8	19.1	24.3	27.3	28.0	35.8	34.0	35.2	27.2	23.9	19.0
최저기온 (°C)	-6.9	-5.4	-1.9	5.7	10.0	14.1	22.7	21.2	15.0	7.3	2.8	-5.1
수평면일사량 (MJ/m ²)	292.70	353.20	450.35	472.26	543.64	506.45	561.52	493.78	484.15	367.21	277.51	24.704

Chungmu

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
평균기온 (°C)	2.8	4.0	6.7	14.0	17.5	20.2	27.3	27.9	22.8	17.4	13.1	6.2
최고기온 (°C)	13.2	14.2	18.9	25.1	25.3	29.6	36.9	34.4	33.0	26.5	21.9	18.4
최저기온 (°C)	-7.9	-5.5	-2.1	5.0	9.4	13.9	21.2	20.5	13.5	6.9	2.5	-4.5
수평면일사량 (MJ/m ²)												

Yosu

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
평균기온 (°C)	2.9	4.2	6.3	14.2	17.7	20.8	27.8	27.6	23.1	17.5	13.1	6.1
최고기온 (°C)	13.7	13.5	18.2	23.5	27.8	28.0	37.1	33.0	33.9	26.3	22.6	17.6
최저기온 (°C)	-6.6	-4.6	-2.9	5.8	8.6	14.8	21.7	21.4	14.5	7.4	3.3	-4.1
수평면일사량 (MJ/m ²)												

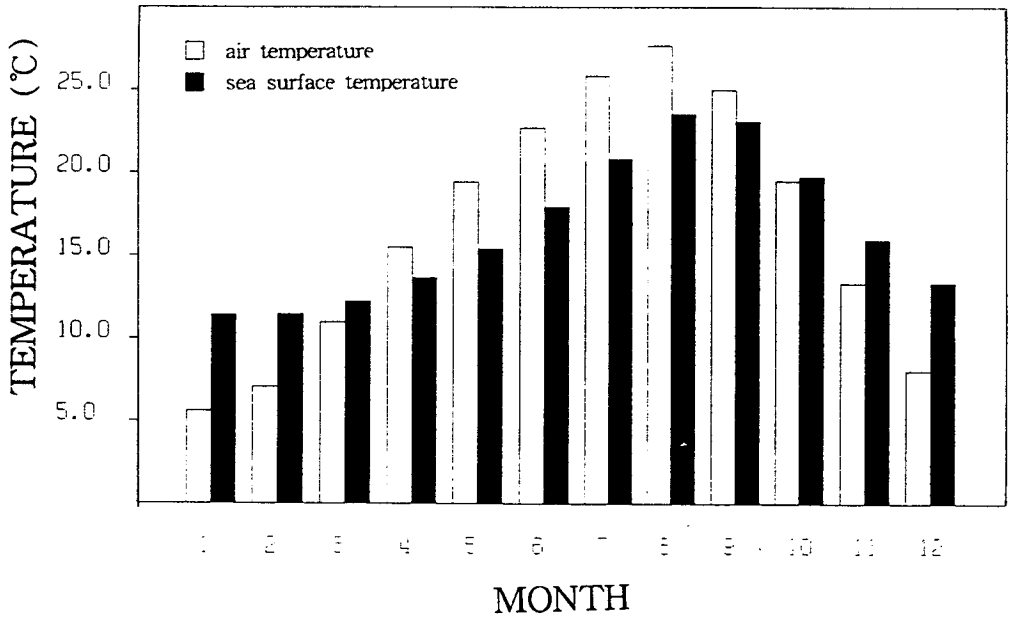


Fig. 3-36. Comparison of the temperature between air and sea surface. ace.

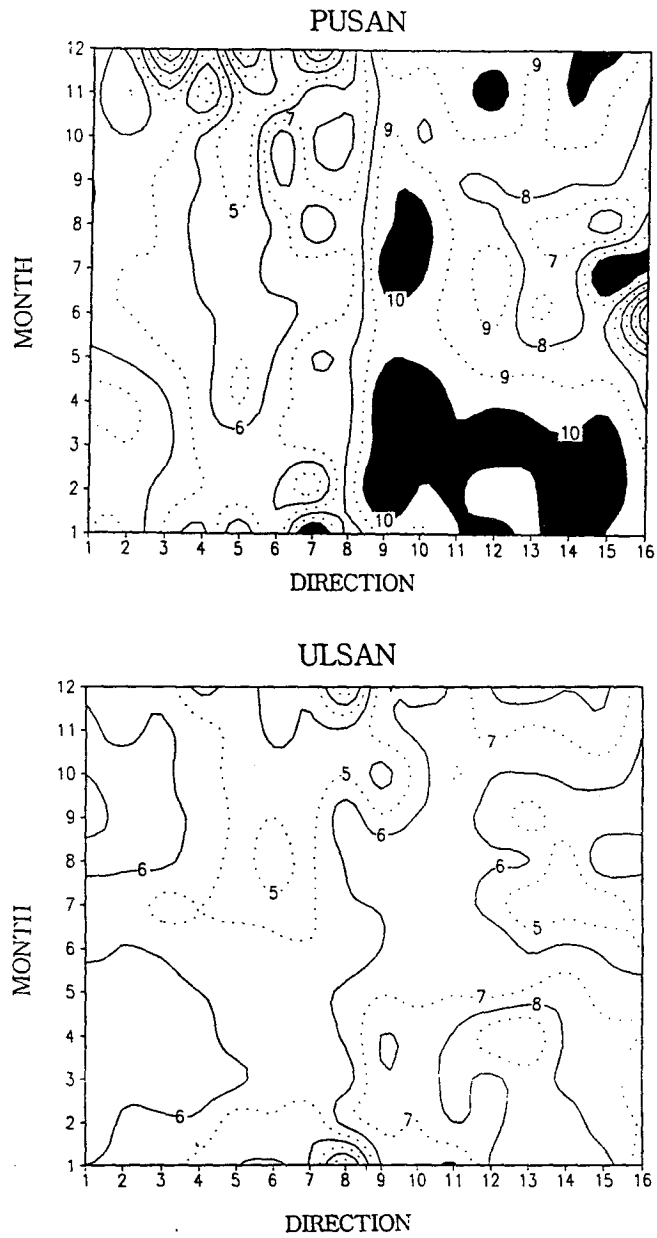


Fig. 3-37. Distribution of climatological maximum wind speed.

2) 월별 시간별 평균풍(부산-울산-주전)

부산, 울산, 주전 지역 자료를 남북 성분과 동서성분으로 분리한 후, 월별, 시간별로 평균하여 벡터로 표시하였다(Fig. 3-38).

울산과 부산 두 지역 모두 겨울철 풍속이 강하고 전형적인 북서계절풍이 나타나고 있다. 여름철에는 풍속이 오전에는 비교적 작고 12시 이후에 풍향이 변하면서 풍속도 커지는 경향이 있다. 이러한 현상으로 살펴 보았을 때 종관규모의 바람이 없는 맑은 날의 경우 해륙풍이 지배적이라 할수 있다. 부산의 경우 3월부터 7월까지 12시 이후에는 남풍이 하루 중 가장 세게 불고 있는 것이 나타났다. 울산부근에 위치한 주전관측소의 경우 해안과 아주 가까운 지역에 위치한 곳으로 약간의 지형적 영향을 고려했을 때 울산지역과 매우 유사한 풍계를 형성하고 있다.

3) 가덕도 해안 바람의 변동성

가덕도 지역 해안 바람의 변동성을 조사해 보았다. Fig. 3-39는 풍향풍속값을 동서남북 양성분으로 분해하여 이를 평균하여 월별로 주풍향을 나타낸 것이다.

겨울철인 1, 2월에는 전형적인 북동풍이 나타나고 있으나 12월에는 남서풍이 주풍향으로 나타나고 있다. 봄철인 3월과 7, 8, 9월에는 풍속이 약하게 나타나고 있다. 그러나 4, 5, 6월경에는 남서풍이 비교적 강하게 나타나고 있다. Fig. 3-40은 가덕도 지역의 월별, 시간별 평균풍을 나타낸 것으로, 봄철인 3월과 여름철 풍속이 역시 약하게 나타나고 있다. 겨울철과 여름철에는 해륙풍의 영향이 거의 나타나지 않고 겨울에는 하루 중 북서풍이 탁월하게 불고, 여름에는 남서풍이 주풍향으로 나타나고 있다. 그 외 봄철과 가을철에는 낮 12시를 전후해서 풍향이 바뀌고 풍속도 해질무렵 전까지 높게 나타나고 있다.

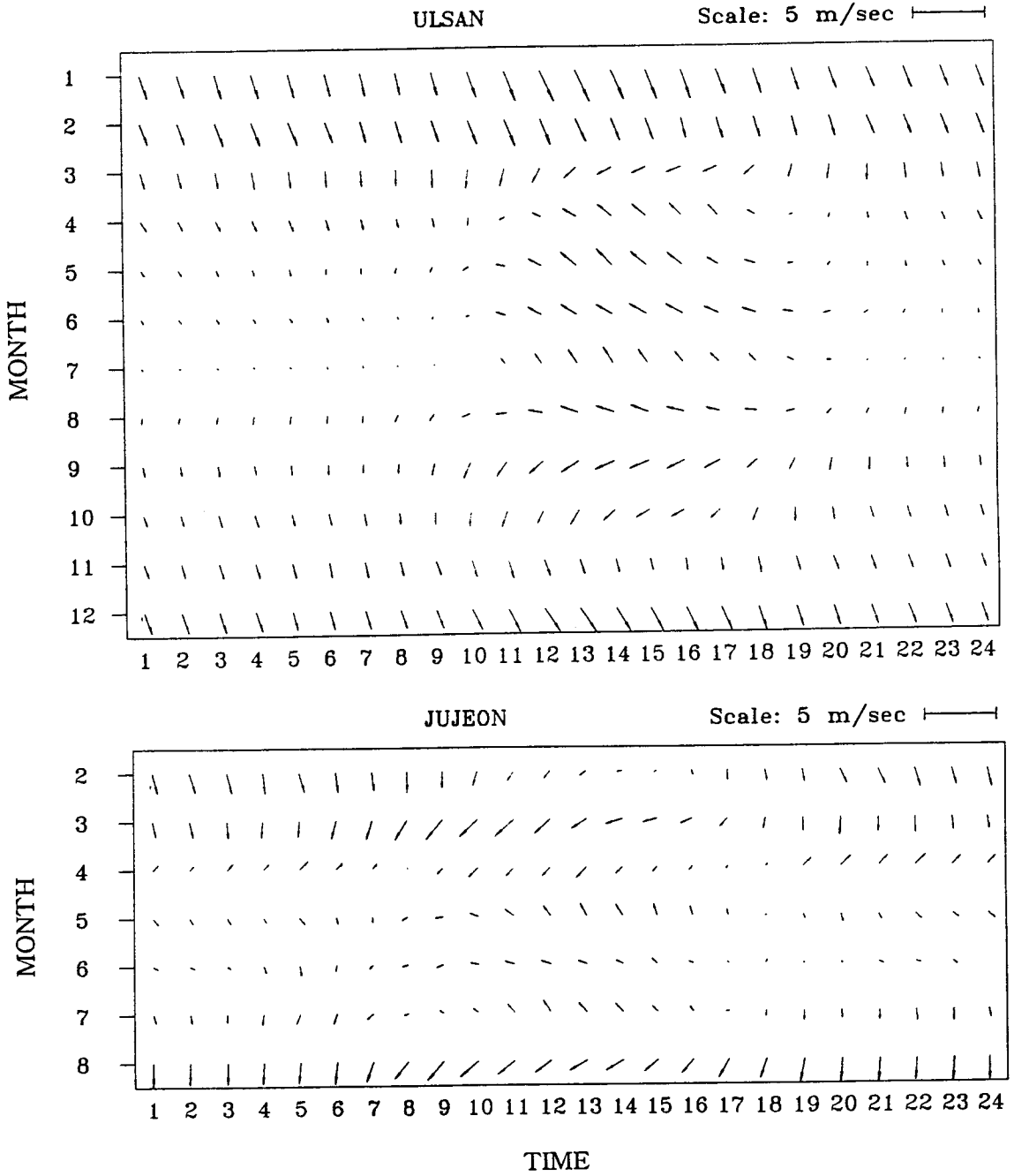


Fig. 3-38. Distribution of climatological mean wind vector.

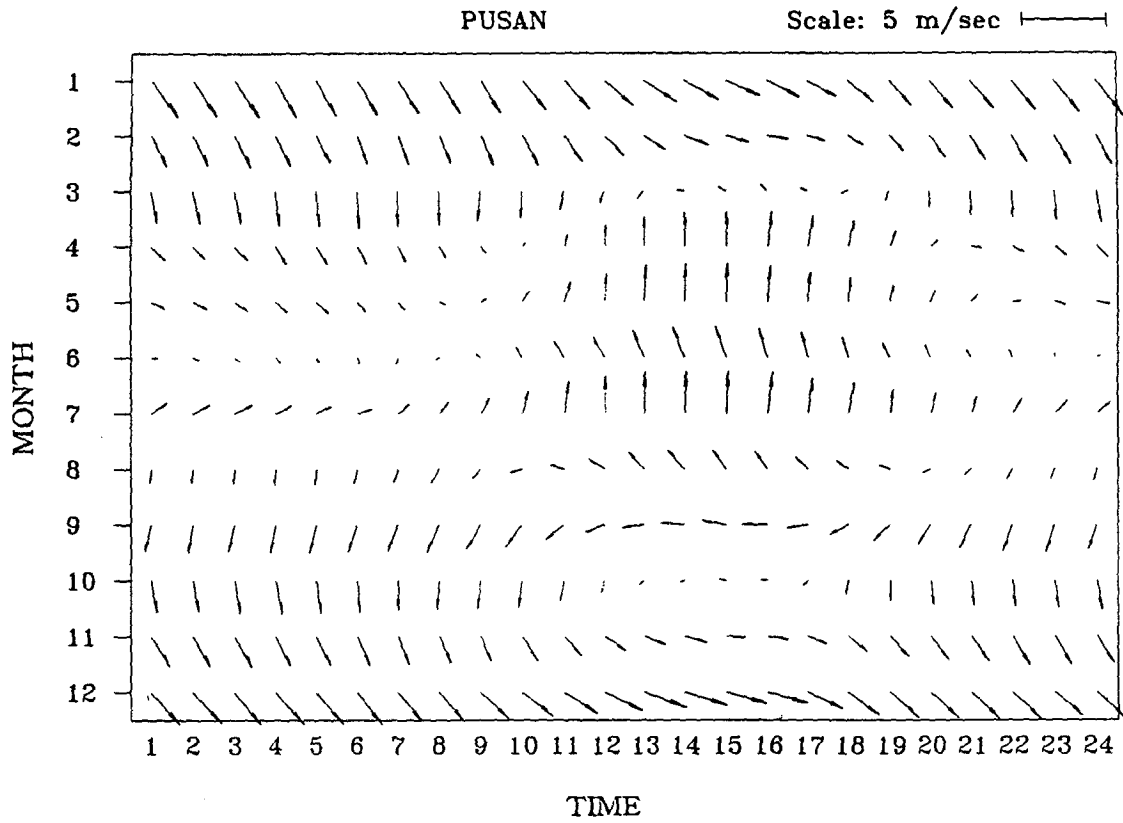


Fig. 3-38. continued.

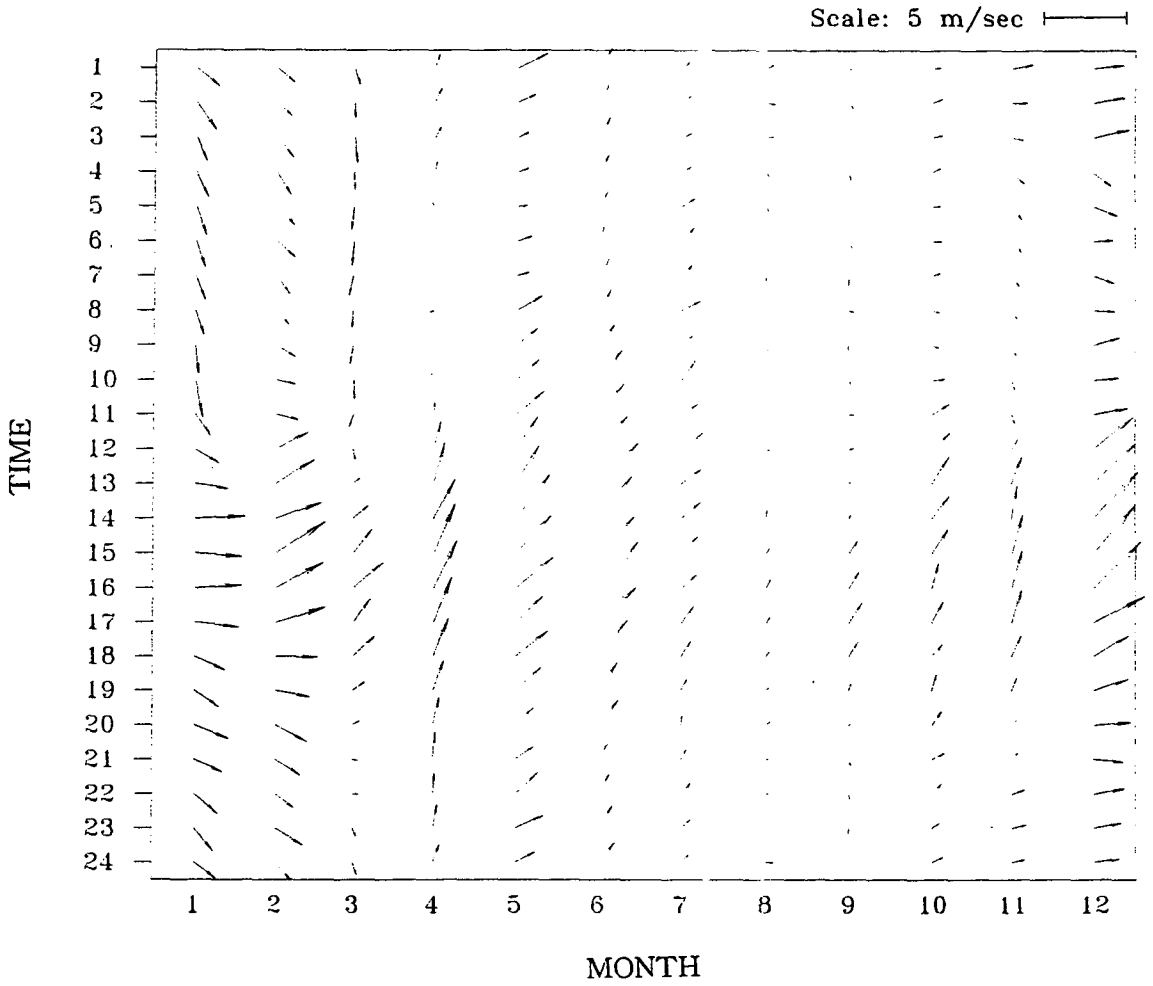


Fig. 3-39. Monthly mean principal wind vector at Gaduk-do.

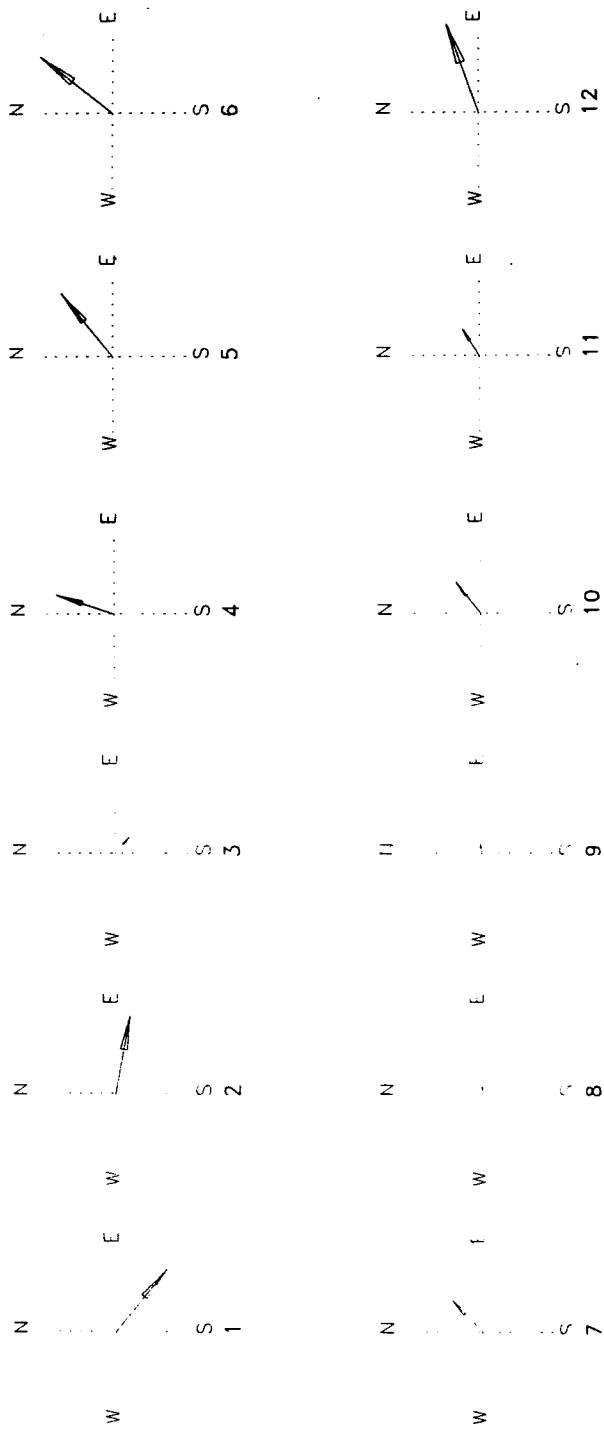


Fig. 3-40. Distribution of climatological mean wind vector at Gaduk-do.

다. 해상풍의 실시간 예측

자료분석 결과는 광역 대상지역인 남동해안의 바람 특성을 살펴보면 남동 해안의 주풍향은 북북서-서풍으로 나타났고 두 해안 지역 모두 겨울철에 나타나는 바람(북서풍-서풍)에서 강한 강풍이 나타났으며 남-동풍이 불 경우에는 강풍이 거의 발생하지 않았다. 풍향의 정상도를 이용한 바람의 지속성을 조사한 결과에서 겨울철 바람이 지속적으로 나타나 겨울철 바람이 파랑에 커다란 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 해륙풍 분석에서는 울릉도를 제외한 남동해안 전 지역에서 해륙풍이 뚜렷히 나타나고 있다. 해륙풍이 맑은 여름날 육지와 해양간의 비열차로 잘 발생한다는 점을 감안했을 때, 여름철 주풍향이 남동풍으로 나타나는 남해안에서의 낮 시간대 유류오염 사고는 오염물이 해안가로 쉽게 이동할 가능성이 있다.

부산-울산 지역의 최대풍 분석에서는 겨울철 풍속이 강하게 나타나고 있으며 울산에 비해 부산지역이 훨씬 강한 바람이 불고 있는 것으로 조사됐다. 특히 겨울철 부산지역의 경우 북서풍이 10m/sec 이상의 강한 바람으로 나타났다. 알렉산드리아호 오염사고지역인 가덕도의 경우 해륙풍의 영향이 작게 나타났고 겨울과 여름에 풍속이 높게 나타났다.

이러한 특성을 고려하여 각각의 데이터베이스는 월별-시각별, 일별-시각별 데이터베이스를 구축하였다.

해역특성을 고려한 해상풍의 실시간 예측은 앞에서 언급한 14년간의 월별-시각별 바람변동특성을 고려한 데이터베이스를 사용함으로써 가능하다. 본 모델에서 취한 데이터베이스는 부산, 울산, 울진, 주전, 가덕도의 자료사용하여 구축된 월별·시각별 풍향·풍속 자료를 이용하였다. 당 해역이 갖는 지역적 특성과 자료의 부족을 감안하면 현재로서는 이 자료가 가장 유용한 것으로 판단된다. 그러나 차후에 보다 많은 자료가 수집되면 데이터베이스의 개선이 있어야 할 것이다.

5. 실시간 유류확산모델의 구축

가. 모델의 세부 사항

본 연구에서 개발하고자 하는 모델은 긴급방제 현장용 모델로서 대상 해역에 대한 유류오염사고시 오염진행상황을 실시간으로 예측할 수 있게 구축되며 크게 이류·확산에 관한 부모모델군과 유출유의 풍화과정에 관한 부모모델군으로 나누어진다. 실제 사용 시는 현장의 여건에 따라 이들을 조합하거나 개별적으로 파악하여 신속히 유류의 거동을 예측할 수 있다. 각각의 부모모델은 기존자료의 데이터베이스화, 2차원 수치모델 또는 해석적, 통계적인 정식화에 의한 모델화 및 이들에 의해 계산된 자료의 데이터베이스화를 통하여 이루어지게 된다.

1) 이류·확산의 모델링

긴급방제용 모델인 경우 확산방정식의 유한차분화 방법은 시간이 오래 걸리며 또 오염부화량의 적절한 지정이 어려우므로 취급이 간편하며 계산시간이 절약되고 오염부화량의 지정이 간편한 Lagrangian method로 모델링 하는 것이 유리하다. 이 방법은 물리 추적자 대신에 수치 추적자를 오염원 위치에서 방출하고 이들 각 입자들의 위치를 추적하여 조류나 해류와 같은 평균류에 의한 이류속도를 계산한다. 그리고, 확산 과정은 난류확산을 주된 확산과정으로 취급하도록 한다.

시간 t 에 위치에 있던 입자가 Δt 시간 후에 평균류와 난류와동에 의해 이동한 후 위치하게 되는 새로운 위치 $R_x(t+\Delta t)$ 는 식 (3-18)과 같이 표현된다.

$$R_x(t+\Delta t) = R_x(t) + (U_c + U_w + U_s + U)\Delta t \quad (3-19)$$

여기서, U_c , U_w 및 U_s 는 유류의 조류, 취송류 및 파랑에 이류속도를 나타내고, U 는 와동에 의한 난류속도를 나타낸다. 유류의 이류속도와 난

류속도는 다음과 같이 모델링 한다.

① 이류속도

유류의 이류에 관계하는 주요 요인으로는 조류, 취송류(풍압류), 파랑이 있다. 조류에 의한 유류의 이동속도는 식 (3-20)와 같이 계산된다.

$$U_c = K_c C \quad (3-20)$$

여기서, K_c 는 유류의 특성에 따라 결정되는 상수, C 는 조류의 유속이다. 본 모델은 긴급방재 현장용 모델이므로 유류의 정확한 특성까지는 고려하기 어려우므로 유류가 조류속도와 같이 이동하는 것으로 가정하여 K_c 를 1로 두었다.

또한 바람에 의한 표층에서의 유류 이동속도 \vec{U}_w 는 바람계수를 0.03으로 가정하면 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\vec{U}_w = 0.03 [U_{10} \cos(\theta - \alpha) \vec{I} + U_{10} \sin(\theta - \alpha) \vec{J}] \quad (3-21)$$

여기서, U_{10} : 해면 10m 상에서의 풍속

θ : 풍향

α : 편향각(deflection angle)

\vec{I}, \vec{J} : 단위벡터

천해역에서 바람과 취송류의 편향각 α 는 Tayfun and Wang(1973)의 연구결과를 참고하여 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$\tan \alpha = \frac{\sinh(2\pi d/D) - \sin(2\pi d/D)}{\sinh(2\pi d/D) + \sin(2\pi d/D)} \quad (3-22)$$

여기서, d : 임의 해역의 수심

D : 마찰의 영향심도이다.

마찰영향심도 D 는 다음과 같이 계산된다.

$$D = \pi \left(\frac{A}{\rho \omega \sin \phi} \right)^{1/2} \quad (3-23)$$

여기서, A: 와동점성계수

ω : 지구자전각속도

ϕ : 위도

바람에 의한 유류의 이동속도를 위와 같이 표현하는 것은 취송류와 풍압류의 효과를 동시에 고려한다는 것이다.

한편, 파랑의 질량수송에 의한 기름입자의 이동속도 U_s 는 single Stokes wave의 질량수송속도로 가정하고 식 (3-24)과 같이 모델링하였다.

$$U_s = \omega k a^2 \frac{\cosh(2k(z+d))}{2 \sinh^2(ka)} \quad (3-24)$$

여기서, U_s : 평균수면하 수심 z 에서 순유속

ω : 각주파수 ($2\pi/T$)

k : 파수 ($2\pi/L$)

z : 정수면으로부터 상방 연직좌표

a : 진폭

d : 수심

본 모델에서는 파랑의 질량수송은 현지 여건에 따라 선택적으로 고려할 수 있도록 취급된다.

② 난류속도

유출류의 확산과정은 유류의 화학적 특성과 해양의 물리적 성질에 따라 달라지지만, 본 연구에서의 유출유의 확산은 브라운운동이나 임의행보 (random walk)로 표현되는 난류확산을 간주하였다. Random walk

method에 의한 난류속도 U 의 x, y성분 u', v' 을 모델화하면 식 (3-25)과 같이 된다.

$$\begin{aligned} u' &= \mu u_b \\ v' &= \nu v_b \end{aligned} \tag{3-25}$$

여기서 u_b, v_b : 난류 특성유속

μ, ν : -1과 1범위에 균일하게 분포된 난수

한편 특성유속 u_b 와 v_b 의 크기는 각각 x와 y방향의 와동확산계수

Dx 및 Dy 와 다음과 같은 관계가 있다.

$$\begin{aligned} u_b &= (6Dx/\Delta t)^{1/2} \\ v_b &= (6Dy/\Delta t)^{1/2} \end{aligned} \tag{3-26}$$

따라서 확산계수를 알면 난류의 특성유속을 알 수 있다. 그리고 식 (3-26)을 이용하면 난류에 의한 Δt 동안의 기름입자의 변위는 다음과 같이 구해질 수 있다.

$$\begin{aligned} \Delta x &= \mu (6Dx/\Delta t)^{1/2} \Delta t \\ \Delta y &= \nu (6Dy/\Delta t)^{1/2} \Delta t \end{aligned} \tag{3-27}$$

또한 이를 식 (3-28)과 같이 표현할 수도 있다(Venkatesh, 1987).

$$\begin{aligned} d &= R_1 (6(Dx + Dy)/\Delta t)^{1/2} \\ \theta_R &= 2\pi \times R_2 \end{aligned} \tag{3-28}$$

여기서 R_1, R_2 : 0과 1사이에 균일하게 분포하는 난수

Dx, Dy : 난류확산계수의 x, y성분

2) 풍화(weathering)의 모델링

자연은 유류가 유입된 해양을 정화하려는 능력을 가지고 있다. 해양에 유류가 유출되면 물리-화학적 변성이 시작된다. 이 과정에서 유류는 증발, 덩어리를 형성, 용해, 중합(polymerization), 유입탁화(oil-in-water emulsion and water-in-oil emulsion), 광산화작용(photooxidation), 미생물학적 감성(microbial biodegradation), 퇴적, 해양생물에 의한 섭취 및 타르불화(tar-lump formation) 등이 있다. 변성이 유발된다. 이러한 과정을 유류의 풍화라 하며, Table 3-6에는 해상에서의 전형적인 증유유출시의 시간경과에 따른 풍화과정을 요약해 나타내었다. 이 표에서와 같이 포괄적인 풍화과정의 평가를 유류풍화 모델링에 적용할 수 있으나, 각각의 메카니즘에 대해서 상세한 풍화과정을 긴급방제 현장용 모델에서 고려하기 위해서는 기름의 성분구성 및 물성에 대한 정보와 현지의 기상조건 등과 같은 많은 파라미터를 미리 알아야 하므로 이를 엄밀히 고려하는 것은 다소 불합리하다.

Table 3-7. Pathways for environmental fate of crude oil

Pathway	Time scale (days)	Percent of initial oil
Evaporation	1 - 10	25
Solution	1 - 10	5
Photochemical	10 - 100	5
Biodegradation	50 - 500	30
Disintegration and sinking	100 - 1000	15
Residue	>100	20
Total		100

Source: Butler et al.(1976) adopted from Lee et al. (1990)

일반적으로 긴급방제 현장용 모델에서는 풍화작용을 고려하지 않지만, 단기간에 영향을 가장 많이 미치는 증발에 관해서만 고려해 보면 유류의

손실을 식 (3-29)과 같이 하나의 식으로 모델화 할 수 있다.

$$dN/dt = -\alpha N \quad (3-29)$$

여기서, N : 단위면적 수주(水柱)당의 기름의 량

α : 감쇠계수(dissipation coefficient)

위의 식에 의하면 시간 t 때의 유류의 량 $N(t)$ 는 다음과 같이 주어진다.

$$N(t) = N_0 \exp(-\alpha t) = N_0 \exp(-t/t_0) \quad (3-30)$$

여기서 N_0 는 기름의 초기의 량이며, $t_0(t_0 = 1/\alpha)$ 는 유류의 량이 원래보다 $e^{-1}(=0.368)$ 배로 줄어드는데 걸리는 지수배반감기(e-folding time) 또는 체류시간을 나타낸다.

한편, 유류의 량과 대응되는 N 개의 입자를 고려하면 식 (3-31)은 단위 수주당 입자수의 감쇠식으로 가정할 수 있고, 이를 유한차분화하면 시간 $(t + \delta t)$ 때의 입자개수 $N^{(n+1)}$ 과 시간 t 때의 입자개수 $N^{(n)}$ 사이에는 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$N^{(n+1)} = N^{(n)}(1 - \alpha \delta t) \quad (3-31)$$

따라서, 시뮬레이션시 해석내 분포되어 있는 입자의 손실여부는 0과 1사이에서 임의로 취한 균일 분포 난수가 0과 $\alpha \delta t$ 의 구간 내에 있으면 그 입자는 침전한 것으로 취급하고, $\alpha \delta t$ 과 1의 구간 내에 있으면 계속 부유하고 있는 것으로 취급하여 모델링할 수 있다.

나. 모델의 계산과정

본 모델의 내부에서 수행되는 주된 계산 수순은 Fig. 3-41의 흐름도에 나타낸 바와 같다. 각종 계산조건의 입력이 끝나고 나면 본 계산이 시작되는데 앞에서 언급한 제 물리적 과정은 방출된 입자 하나하나에 개별적으로 적용된다. 그리고 입자의 방출은 초기위치를 지정하는 것과 동일하다. 방출된 입자의 거동을 평가하는 수순은 먼저 방출된 입자의 현재 위치에서의 단위시간동안 움직여가게 하는 주요과정인 이류와 확산을 계산하고 다음은 전체적인 관점에서 풍화를 고려하게 된다. 이와 같은 과정이 끝나고 나면 한시간스텝이 경과 하게 된다. 한편, 본 모델은 현장용 모델이기 때문에 RUN을 시키면 계산에 필요한 상황변수나 계산의 과정을 제어 하는 변수들의 값을 물어오는데 그것들에 대한 구체적인 내용이 Table 3-7에 나타나 있다. 즉 현장의 사용자들이 오염사고 발생위치, 사고의 형태, 현장조건, 예측시간 간격 등을 질문에 따라 입력하면 유류의 시간경과에 따른 확산·거동이 계산되어 프린터로 도면을 작성하거나, 화면에 나타내도록 되어 있다.

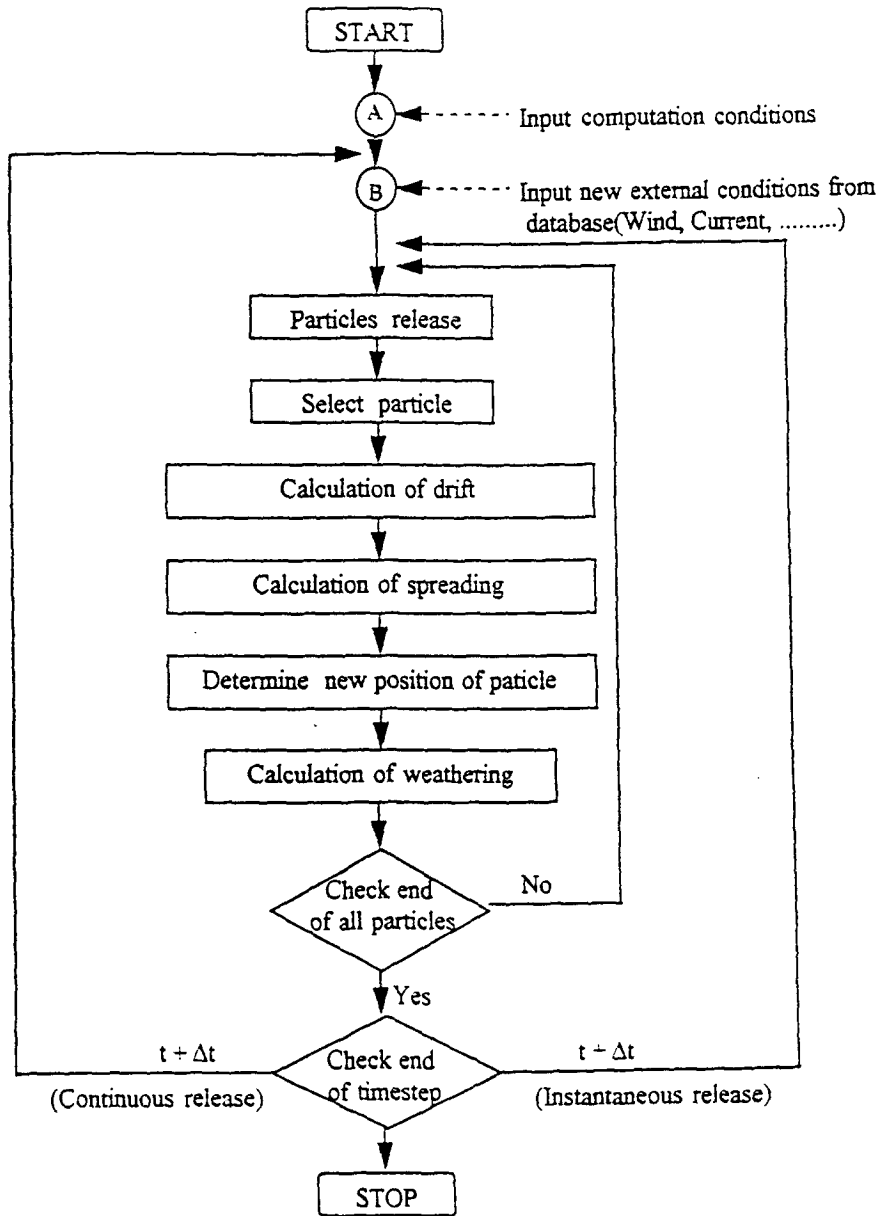


Fig. 3-41. Flow chart of present model.

Table 3-8. Model input form

<p>1. Forecasting start time(spill start time)? [year, month, day, hour, minute]</p> <p>2. Forecasting duration time? [hour]</p> <p>3. Latitude of spill position? [degree, minute, second]</p> <p>4. Longitude of spill position? [degree, minute, second]</p> <p>5. spill type? [Instantaneous=1, Continuous=2] 1 - spill amount? [liter] 2 - spill duration time? [hour, minute] - spill amount per second? [liter/sec]</p> <p>6. take in weathering? [yes=1, no=2]</p> <p>7. wind data? [real data=1, database=2] 1 - number of data input? [number] - wind speed & direction? [m/sec, degree] 2 - use database</p> <p>8. output start time? [hour]</p> <p>9. output finish time? [hour]</p> <p>10. output time interval? [minute]</p>
--

제 5절 긴급방제 모델의 영역별 적용례

1. 경기만 모델의 검증례

전년도 과제인 경기만을 대상으로 구축된 긴급방제 현장용 유류확산 예측모델을 검증해 보기 위해 실제 사고인 코리아 호프호 사고를 재현해 보고 관측자료와 모델 시뮬레이션 결과를 비교·검토하여 검증하고자 한다.

가. 기존 자료 및 사고의 설정 (코리아호프호 사고)

해양 경찰청의 자료를 바탕으로 한 코리아 호프호 사고의 개요는 다음과 같다. 1990년 7월 10일 13시 30분경 전남 광양만 호남정유에서 방카 C유 16,470톤을 적재고 인천항으로 출발하여 1990년 7월 15일 09시 30분경 호남정유 인천저유소앞 해상부이에 접근중 유류공급을 마치고 여수항으로 출항 중이던 동회사 소속 코리아서니힐(18,000톤)호와 충돌하여 2, 3, 4, 5 탱크에서 27m×6m 크기의 파공이 발생하여 적재유가 다량 유출된 사고로 유출량은 약 1500ton 이며 당시 풍향은 북동~남동풍(확산억제 효과), 풍속 3m/sec 이었다.

나. 요인별 모델 설정

Case 1. 조류와 난류확산을 고려한 경우

Case 2. 조류, 난류확산, 취송류를 고려한 경우

Case 3. 조류, 난류확산, 취송류 및 증발을 고려한 경우

다. Case별 결과

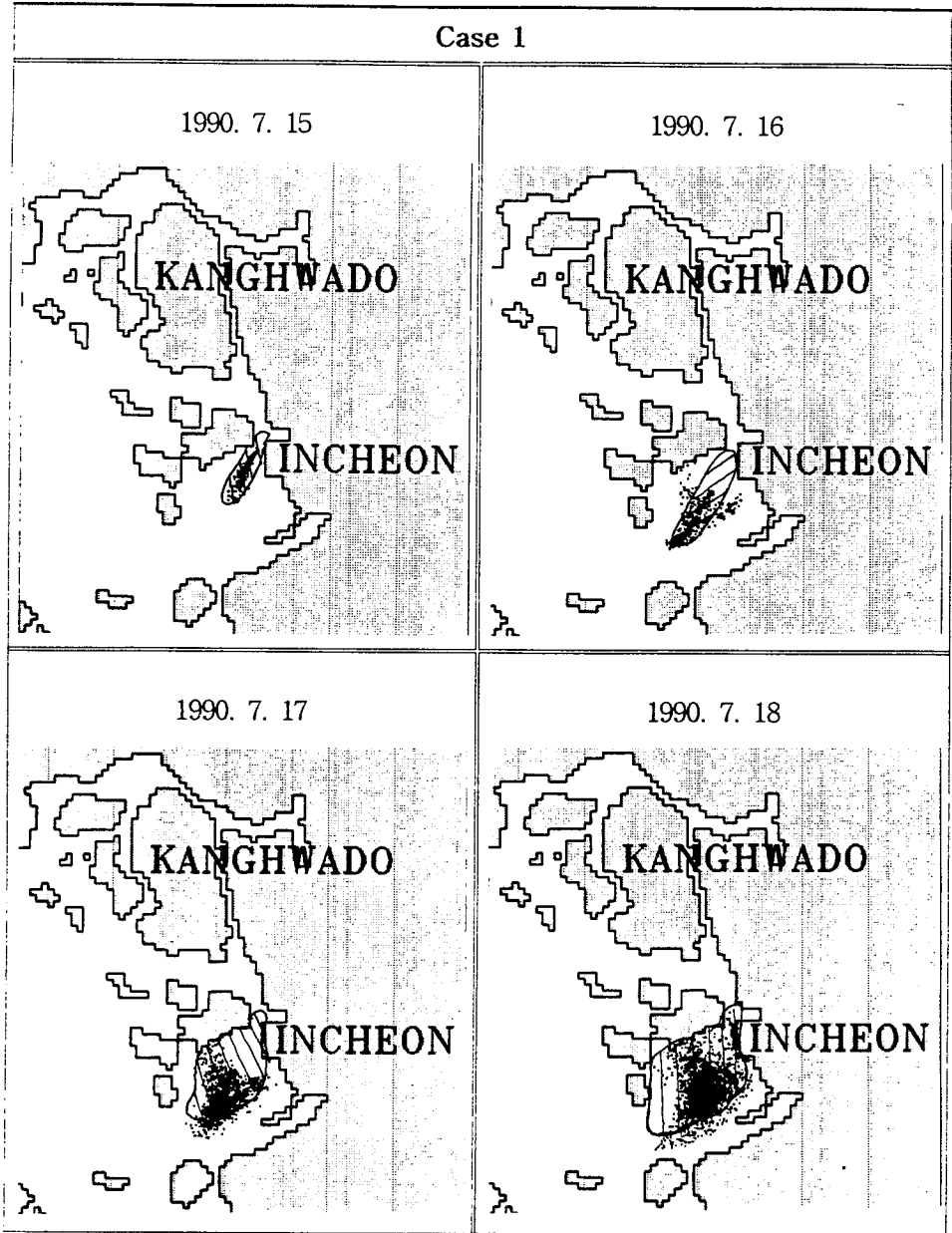


Fig. 3-42. Dispersion pattern of released particles.

(line indicate the observed area)

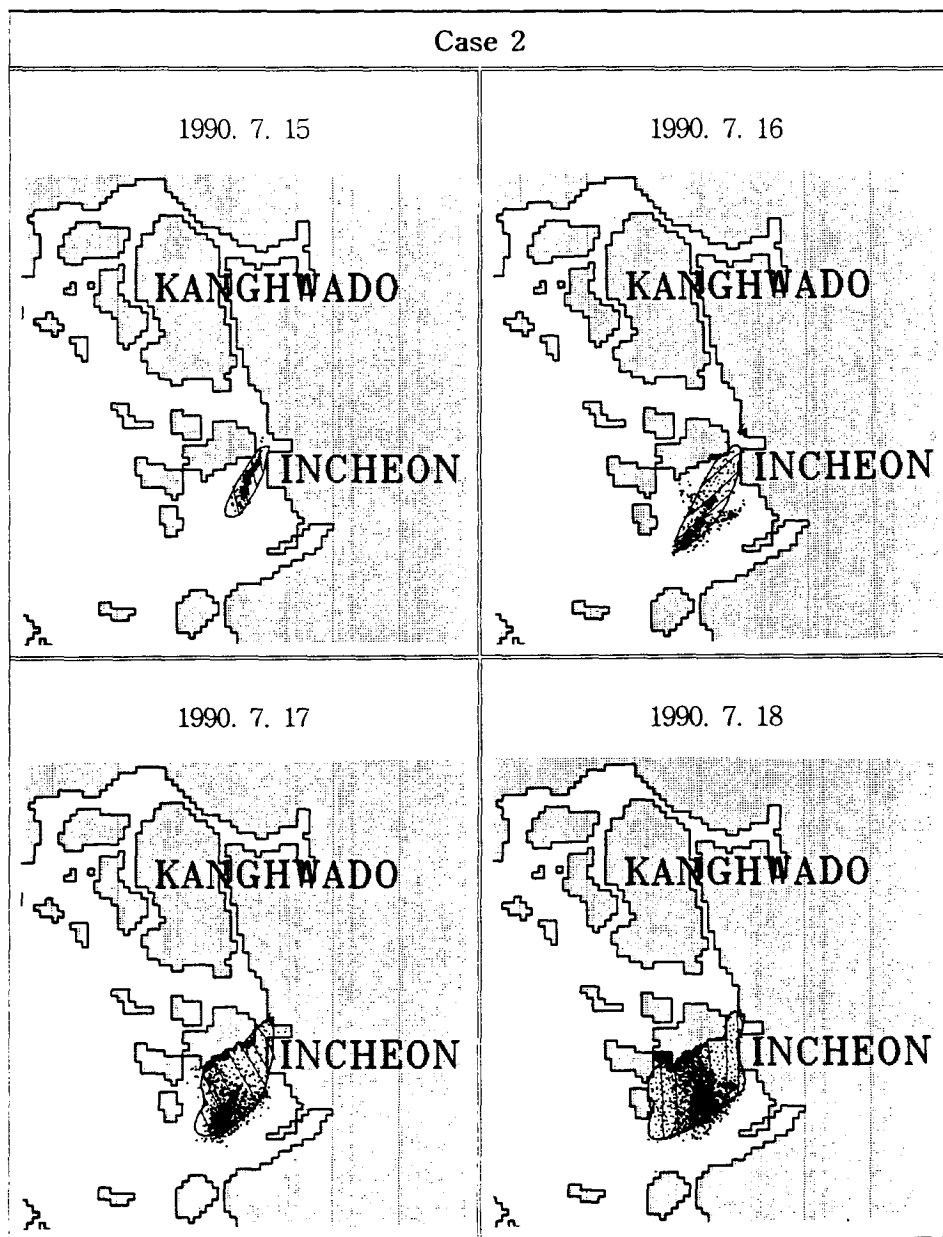


Fig. 3-43. Dispersion pattern of released particles.

(line indicate the observed area)

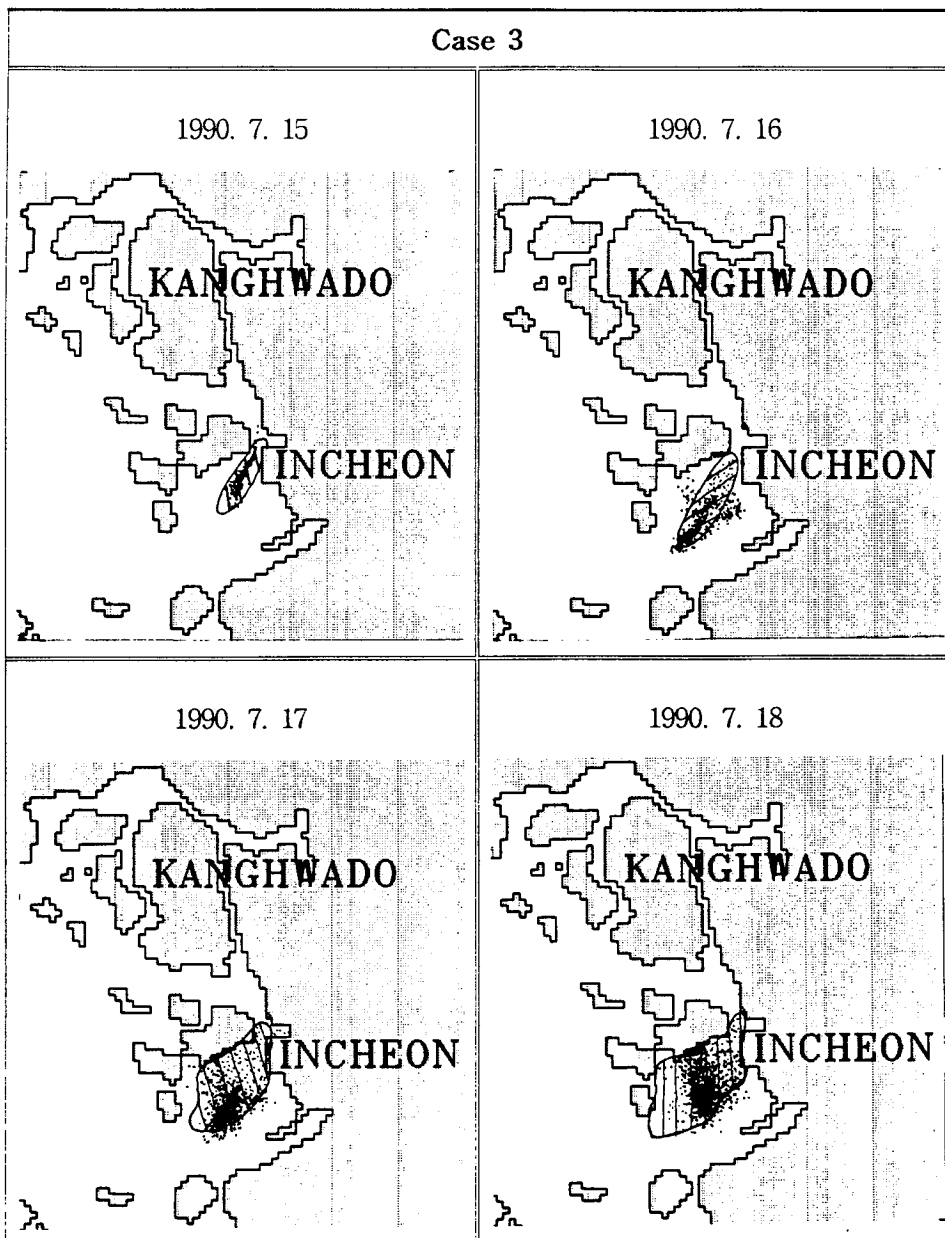


Fig. 3-44. Dispersion pattern of released particles.

(line indicate the observed area)

라. Case별 결과를 바탕으로 한 모델의 적용성 및 특성

Case 1의 경우는 조류와 난류확산을 고려한 모델로서 바람의 영향을 고려하지 않고 계산하였다. 그 결과 조류의 주방향인 북동, 남서방향으로 시간의 경과에 따라 대부도 까지 3일 경과된 7월 18일에는 약 25km의 확산범위로 퍼지는 경향을 보였으며, 실제 관측범위보다는 다소 확산영역이 넓은 경향을 보였다. 이는 바람의 영향을 무시한 결과이다. 이 모델은 계산시간이 3일간 예측에 3분 정도로 단시간에 예측할 수 있는 장점이 있으나, 바람의 영향이 무시되어 확산의 범위가 조류방향에만 치우친 경향을 나타낸다.

Case 2의 경우는 조류와 난류확산 및 인천의 월별 시간별 데이터베이스를 이용하여 취송류를 계산한 경우이다. 그 결과 조류방향으로 확산됨과 동시에 바람의 영향으로 다소 서쪽으로 치우친 경향을 나타내었으며 시간이 지날수록 영종도와 무의도 연안까지 접안하면서 확산된 Pattern이 관측범위와 거의 유사하게 나타났다. 이 모델은 3일간 예측에 계산시간이 5분 정도로 Case 1보다는 오래 걸리지만 단시간에 예측 가능하며 모델의 정도도 훨씬 높은 것으로 나타났다.

Case 3의 경우는 풍화 요인중 단기간에 영향을 가장 많이 미치는 증발에 관하여 모델계산을 수행하였으나 C14의 증발률을 기준으로 하였으므로 실제의 유류종류와 같은 특성을 정확히 고려하지 못하였으나 증발에 따라 입자가 감소하는 경향은 잘 나타내고 있다.

각각의 모델계산을 수행해본 결과 Case 2 또는 Case 3의 경우가 가장 실제 관측범위와 Pattern이 유사하게 재현되는 것을 확인하였으며, 긴급방제시 실제 경기만에서 적용하더라도 별 무리없이 적용가능한 모델임을 확인할 수 있다.

2. 상세영역 적용례

세부 영역인 부산-울산주변 해역에서 발생했던 사고인 알렉산드리아 호 사고를 자료로 하여 상세지역인 가덕도-대암영역에서 구축된 모델의 시뮬레이션 결과와 관측자료를 바탕으로하여 구축된 모델을 검증하고자 한다.

가. 기존 자료 (알렉산드리아호 사고: 1995년 6월 30일 6시경)

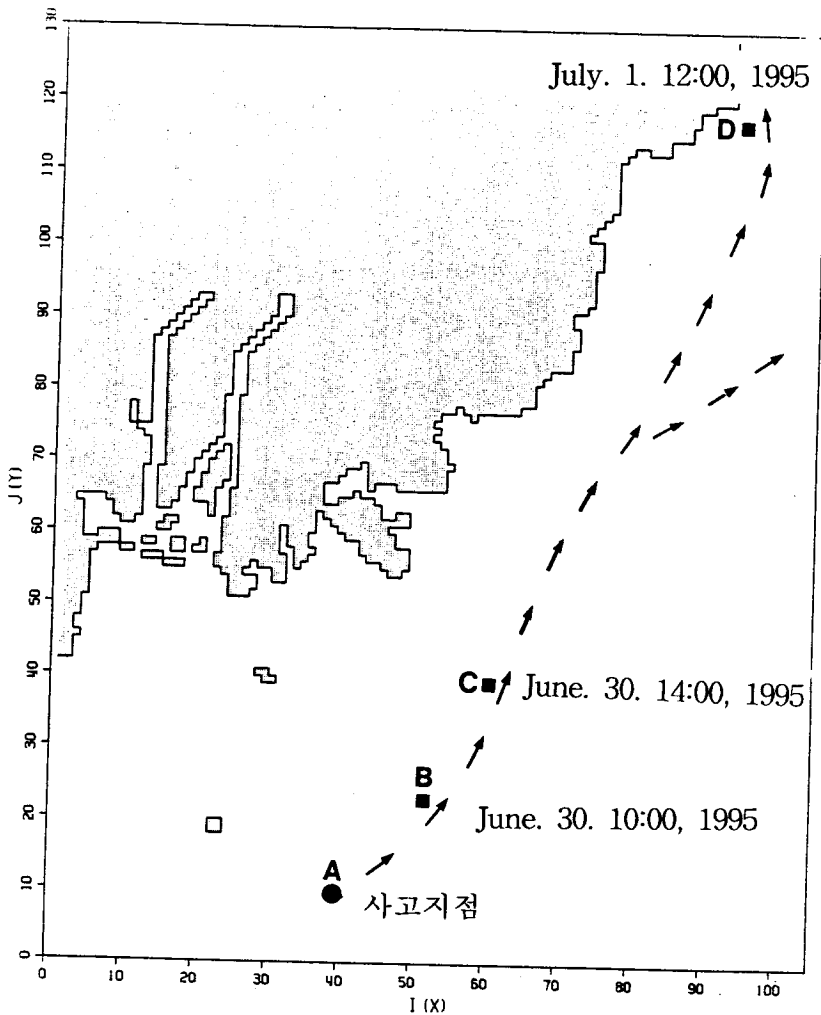


Fig. 3-45. Oil trajectory map observed for the Alexandria ship accident.

나. 모델 시뮬레이션 결과

기존사고의 상세한 관측자료가 없어 모델내에 구축된 데이터베이스를 이용하여 모델을 수행하였다. wind data로는 부산의 14년간 월별-시각별 평균풍속 U, V 데이터를 이용하였으며, 구축된 상세모델의 조류조화상수 데이터 베이스를 이용하여 조류를 예측하였으며, 정확한 해류자료에 대한 data base 구축은 차년도 과제에 수행 예정이므로 임의로 0.5 m/sec로 일정한 값을 주어 계산하였다. 1995년 6월 30일 6시경에 발생한 사고로 시간 경과에 따른 확산 위치를 Fig. 3-46에 나타내었다. 관측된 확산영역과 거의 유사한 패턴을 나타내었다.

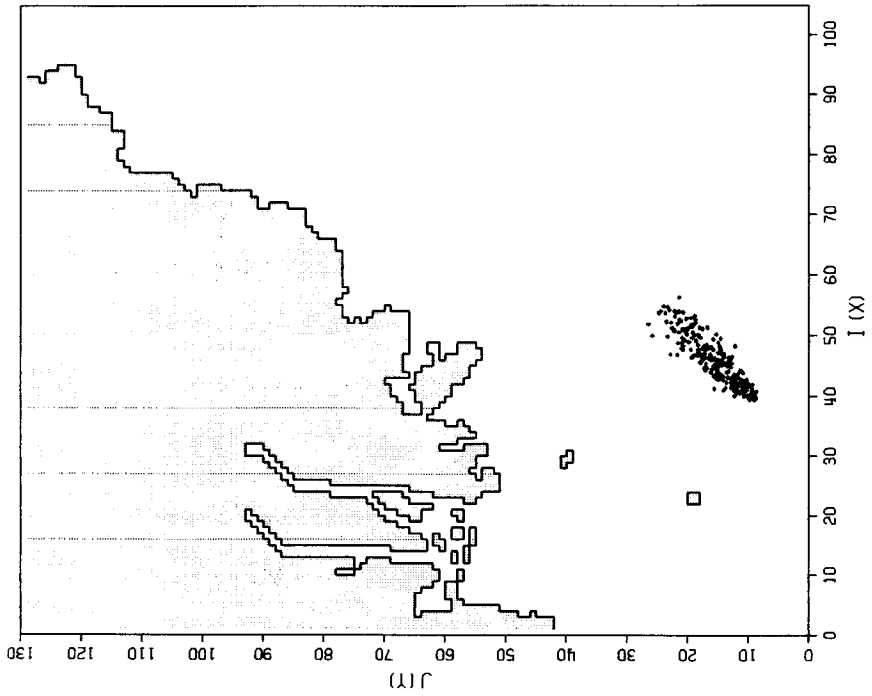
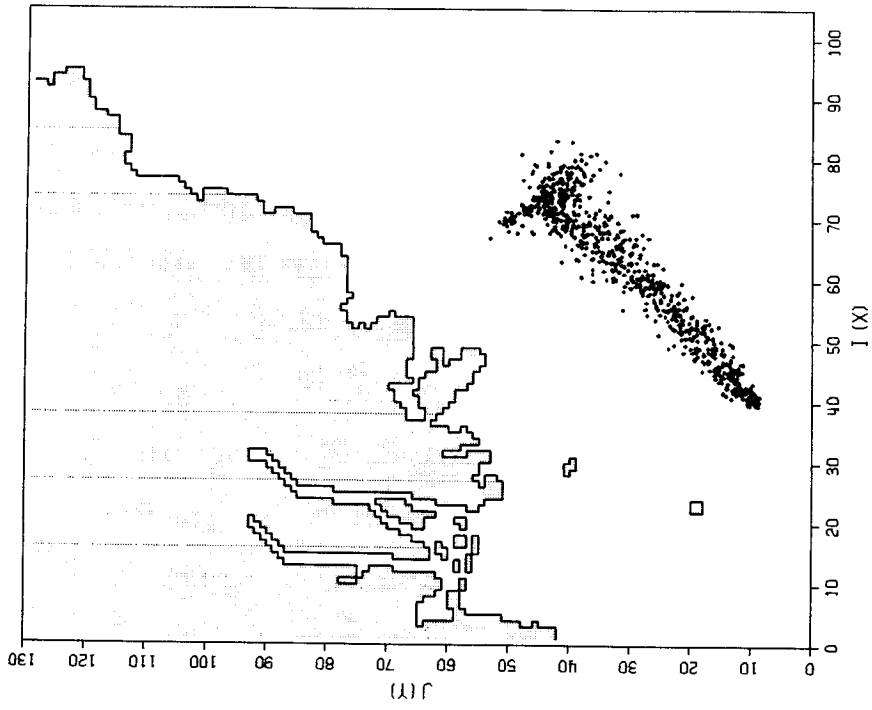


Fig. 3-46. Dispersion pattern of released particles.

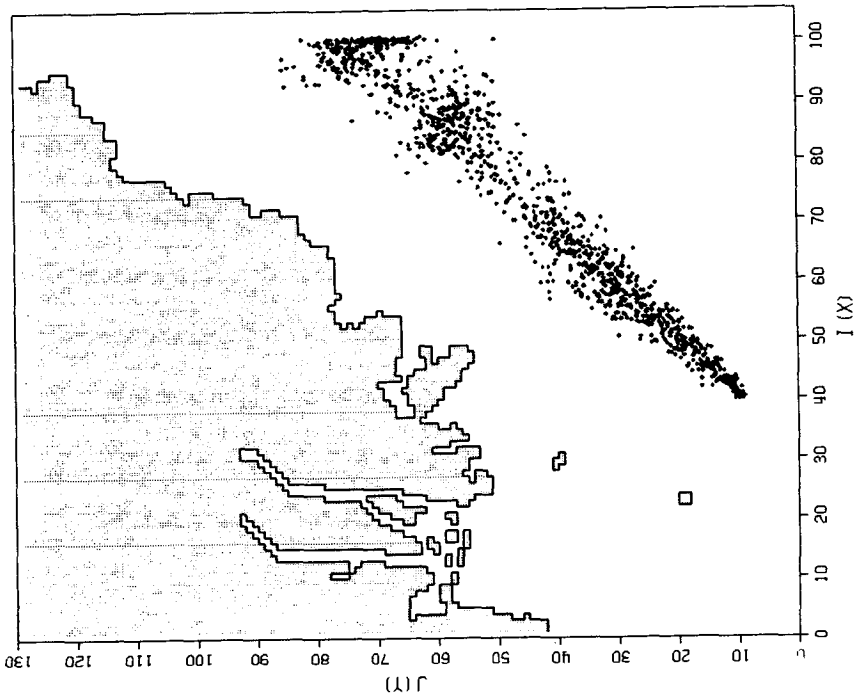
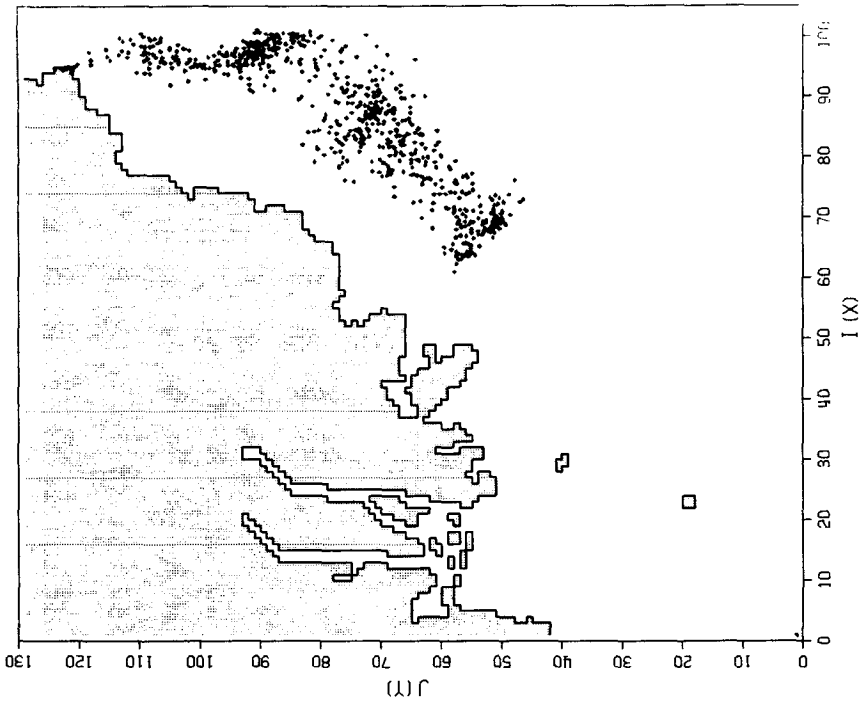


Fig. 3-46. continued.

제 6절 요약 및 결론

연안해역의 유류오염물질의 거동을 신속히 예측하기 위한 긴급방제 현장용 유류확산예측모델을 구축하였으며 구축된 모델을 실효역인 경기만을 대상으로 적용하여 그 적용성을 검토하였다. 먼저 긴급방제 현장용 모델의 시범용 구조를 구축하였고, 적용성 검증을 위해 대상해역인 경기만을 중심으로 한 긴급방제용 유류확산모델을 구축하였다. 모델의 구축과정 및 내용은 다음과 같은 순서로 수행하였다.

- ① 황해-동지나해-동해전역을 대상으로한 조석-조류모델을 구축하여 그 계산결과로부터 협역모델의 외해 경계조건을 합리적으로 도출하여 적용할 수 있도록 하였다.
- ② 상세하고 복잡한 수치모델에서 얻어진 조석-조류의 시계열 자료를 통해 각 계산점에서 조류조화상수를 구하고 database를 구축하였다
- ③ 조류조화상수를 이용하여 임의 시에 조류가 순식간에 계산되어 유류의 이류·확산계산의 외력인자로 사용할 수 있도록 하였다
- ④ 해상풍에 대한 database는 부산을 중심으로 한 5개 기상관측소의 14년간의 시간별 풍향·풍속자료로부터 월별 시간에 따른 바람 변화특성을 database화 하여 조류와 함께 유류의 이류·확산의 주요 외력인자로 적용시키도록 하였다.
- ⑤ 주요 외력인자와 기상인자들을 고려한 유류거동모델을 구축하고, 사용자가 편리하게 이용할 수 있도록 사고위치의 위도 및 경도좌표, 유출량, 유출지속시간 등의 사고특성 및 해상조건을 대화형식으로 입력하면 원하는 시간대의 유류확산을 도면상으로도 또는 화면상에 나타낼 수 있도록 함으로서 실용성을 높히도록 하였다.
- ⑥ 개발한 긴급방제 현장용 유류확산 예측모델을 실제 사고해역인 가덕도-대암부근에서 알렉산드리아호 사고를 바탕으로 시뮬레이션한 후 그 결과를 비교·검토하였다.

이상과 같이 당해역에서의 긴급방제용 유류확산 예측모델의 기본구조가 성공적으로 구축되었다. 부산 및 울산의 항내사고 등 보다 상세한 해역을

대상으로 이 모델을 확장 적용하기 위한 모델의 신뢰도 검증작업 및 다양한 해상조건과 기상조건의 재현성을 더욱 높일 수 있는 해상 및 기상data base의 수정-보완작업이 필요하며, 아직 미흡한 자료인 해류의 모델링과 데이터베이스 또한 지속적으로 구축되어야 할 것이다.

이들 과제는 차년도의 과제로 급후 보완 수정하고 모델의 검증과정을 거쳐 개선하고자 한다.

參 考 文 獻

1. 국내문헌

류청로, 장선덕, 이화운 (1993), “연안해역 유류분산의 수치모델링”, 한국수질보전학회지, 167-177

박종화(1994). “심해 파랑추산모형의 개발 및 오염물질 수송에의 응용”, 부산수산대학교 공학박사 학위 논문, 118p.

장재호(1994). “불규칙파의 질량수송속도 산정 및 표면오염물질의 거동에 측모델, 부산수산대학교 공학석사 학위논문, 48p.

전병일(1993). “부산연안에서의 바람의 수치시뮬레이션에 관한 연구”, 부산대학교 이학석사 학위논문, 65p.

최석관 (1992). “파랑변형 해석모델의 적용성에 관한 연구”, 부산수산대학교 공학석사 학위논문, 75p.

기상연구소, 1986 : 국지 풍향 풍속의 기압 유형별 월별 평균값. MR 85-1.

Korea Meteorological Administration, 1961-1990 : Climatological standard normals of Korea.

Byung Ho Choi (1980). “A tidal model of the Yellow sea and the Eastern China sea”, KORDI REPORT 80-02.

2. 외국문헌

柳青魯, 朴種和, 李和云 (1992). “沿岸域汚染物質の舉動の simulation model”, 日本海岸工学論文集, 39, 930-934.

柳青魯, 朴種和, 張善德 (1994). 油汚染の接岸特性のシミュレーション における 不規則波浪の影響“, 日本海岸工学論文集, 41, 996-1000.

- Ahlstorm, S, W. (1975). "A mathematical model for predicting the transport of oil slicks in marine-waters." Battelle Pacific Northwest Laboratories, Richland, Washington.
- Aravamudan, K.S., Raj, P.K. and Marsh, Lt. G (1981). "Simplified models to predict the breakup of oil on rough seas." Proceedings of the 1981 Oil Spill Conference, American Petroleum Institute, Washington D.C., 153-159.
- Audunson, T., Dalen, V., Mathisen, J., Haldorsen, J., and Krogh, F. (1980). "SLIKFORCAST - A simulation program for oil spill emergency tracking and long term contingency planning." Proceedings." Petromar, 80, Monaco.
- Belen, M.S., Lehr, W.J. and Cekirge, H. M. (1981). "Spreading, dispersion, and evaporation of oil slicks in the Arabian Gulf." Proceedings of the 1981 Oil Spill Conference, American Petroleum Institute, Washington D.C., 161-164.
- Bishop, P.L. (1983). "Marine pollution and its control." McGraw-Hill Book Company, 92-178.
- Blakley, D.R., Dietzel, G.F.L., Glass, A.W. and van Kleef, P.J. (1977). "'SLIKTRAK'-A computer simulation of offshore oil spills, cleanup, effects and associated cost." Proceedings of the 1977 Oil Spill Conference, American Petroleum Institute, Washington D.C., 45-52.
- Boyd, J.D. (1979). "A surface spill model for the Great Lakes." Contribution No. 183, Great Lakes Environmental Research Laboratory, National Oceanic and Atmospheric Administration.
- Cornillon, P.C., Spaulding, M.L., and Hansen, K. (1979). "Oil spill treatment strategy modeling for Georges bank." Proceedings of the

- 1979 Oil Spill Conference, American Petroleum Institute, Washington D.C., 685-692.
- Dalrymple, R.A.(1988). "Model for refraction of water waves." *J. Waterways, Port, Coastal & Ocean Eng.*, ASCE 114(4), 423-435.
- Fay, J.A. (1971). "Physical processes in the spread of oil on water surface." *Proceedings of the 1971 Oil Spill Conference*, American Petroleum Institute, Washington D.C., 463-468.
- Gundlach, E.R. (1987). "Oil holding capacities and removal coefficients for different shoreline types to computer simulate spills in coastal waters." *Prod. 1987 Oil Spill Conf.*, 451-457.
- Huang, N.E.(1983). "A review of the state-of-the-art of oil spill fate/behavior models." *Proc. of 1983 Oil Spill Conf.*, 313-322.
- Hess, K.W. and Kerr, C.L. (1979). "A model to forecast the motion of oil on the sea." *Proceedings of the 1979 Oil Spill Conference*, American Petroleum Institute, Washington D.C., 653-663
- Hufford, G.L., Lissauer, I.M. and Thompson, B.D. (1977). "Storm related oil spill movement on the Beaufort Sea shelf." *Proceedings of the 1977 Oil spill Conference*, American Petroleum Institute, Washington D.C., 455-460.
- Hunter, J.R. (1980). "An interactive computer model of oil slick motion." *Proceedings, Oceanology International* 80, U.K., 42-50.
- Karpen, J. and Galt, J. (1979). "Modeling of oil migration in Puget Sound." *Proceeding of the Oceans '79 Conference*, Marine Technology Society, Washington D.C. and Institute of Electrical and Electronics Engineering.
- Kollmeyer, R. C. and Thompson, M.E. (1977). "New York harbor oil

- drift prediction model." Proceedings of the 1977 Oil Spill Conference, American Petroleum Institute, Washington D.C., 483-485.
- Lee, H.W.(1988). "Numerical modeling for predicting on regional atmospheric environment." Ph.D. Thesis, Osaka Univ., 306 p.
- Lee, H.W., Kobayashi, N. and Ryu, C.R. (1990). "Review on oil spills and their effects." Research Rept. CACR-90-03, Center for Applied Coastal Research, University of Delaware, 174p.
- Liu, S.K. and Leendertse, J.J. (1986) " A three dimensional model of the Gulf of Alaskka." Proceedings of the 21st Internation Conference on Coastal Engineering. ASCE, 2606-2616.
- Liu, S.K. and Leendertse, J.J. (1988) " A modeling system for coastal oil spill risk analysis.." Proceedings of the 21st Internation Conference on Coastal Engineering. ASCE, 2574-2588.
- Lo, J.M. (1990). "Oil spill risk simulation model." J. Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineeing, ASCE.
- Mackay, D. (1983). "Effectiveness, behavior, and toxicity of oil spill dispersants." Proceedings of the 1983 Oil Splill Conference, American Petroleum Institute, Washington D.C., 65-71
- Mackay, D. and Leinonen, P.J. (1977). "Mathematical model of the behavior of oil spills on water with natural and chemical dispersion." Report No. EPS 3-EC-77-19, Ottawa, Environmental Protection Service.
- Mackay, D., Paterson, S., Boehm, P.D. and Fiest, D.L. (1981) "Physical-chemical weathering of petroleum hydrocarbons from the Itoc I blow out-Chemical measurements and a weathering model."

- Proceedings of the 1983 Oil Spill Conference, American Petroleum Institute, Washington D.C., 453-460.
- Neralla, V.R. (1987). " A nomogram method for predicting the movement of oil slicks." *Ocean Engineering*, 14(2), 137-143.
- Neralla, V.R. and Venkatesh, S. (1987). "Real time application of an oil spill motion prediction system." proceedings of the 1985 Oil Spill conference ceedings of the 1983 Oil Spill Conference, American Petroleum Institute, Washington D.C., 235-242.
- Premark, J. and Brown, G. (1973). "Prediction of oil slick motion in Narragansett Bay." Proceedings of the Joint Conference on Prevetion and Control of oil Spills, American Petroleum Institute, Washington D.C.
- Rasmussen, D. (1985). "Oil Spill modeling- A tool for clean-up operations." *Proc. 1985 Oil Spill Conf.*, 243-249
- Ryu, C.R. and H. Kang (1990). "A prediction model of irregular wave run-up height on coastal structure." *Proc. of 22nd ICCE*, 371-383.
- Spaulding, M.L., Jayko, K.B. and Anderson, E.L (1982). "Hindcast of the ARCO merchant spill using the URI oil spill fate model." *Ocean Engineering*, 9(5), 455-482.
- Sydor, M. (1987). "Study of the two-dimensional model of the Saint Lawrence River." *Oil Spill Modeling-Proceedings of a Workshop*, Toronto, Ontario, Canada.
- Tayfun, M.A. and Wang, H. (1973). " Monte Carlo simulation of oil slick movements." *Journal of Waterways, Harbors, and Coastal Eng. Division, ASCE*, 99, No. WW3, 309-324.
- Torgrimson, G.M. (1981). " A comprehensive model for oil spill

- simulation." Proceedings of the 1981 Oil Spill Conference, American Petroleum Institute, Washington D.C., 423-428.
- Tsahails, D.T. (1979). "Theoretical and experimental study of wind and wave induced drift." Journal of Physical Oceanography, 9(7), 1243-1257.
- Wang, S. and Hwang, L. (1974). " A numerical model for simulation of oil spreading and transport and its application for predicting oil spill movement in bays." NTIS No. AD, 780-424.
- Wang, H., Campbell, J.R., and Ditmars, J.D. (1976). "Computer modeling of oil drift and spreading in Delaware Bay." Ocean Engineering Report No. 5, University of Delaware, 58p.
- Williams G.N., hann, R., and James, W.P. (1975). "Predicting the fate of oil in the marine enviroment." Proceedings of the 1975 Conference on Prevention and Control of Oil Pollution, American Petroleum Institute, Washington D.C., 567-572.
- Mori Y. (1981). "On the mean wind direction and constancy of wind direction in Japan." Tenki 30, 4, 217-223.
- Roll, H. U. (1965). "Physics of the marine atmosphere." Academic Press, 226 p.
- Terada, t. (1922). "On resultants of wind." Proc. Phys. Math. Soc. Japan. Ser. 3, 4. 125-133.

제 4 장

방제 지원 시스템

소프트웨어의 개선 및 활용

제 4 장 방제지원시스템 소프트웨어의 개선 및 활용

제 1 절 서언

본 연구의 1단계 사업에서는 해상유류유출사고에 대비한 긴급방제지원 시스템 소프트웨어를 개발하였다. 해양오염사고의 처리순서에 입각하여 설계된 이 소프트웨어는 사전대비, 사고확인, 상황평가, 전략지원, 자원지원, 작업평가의 6개 모듈을 메뉴방식으로 지원한다. 각 모듈별 메뉴에는 모듈의 기능에 따라 필요한 요소를 결집하였으며 메뉴에서 사용자가 필요로 하는 기능요소를 선택하여 실행할 수 있도록 구성되었다.

기능 요소들로는 1단계 연구에서 구축된 유조선 및 화물선, 원유 및 유해액체물질, 방제선박 및 방제장비, 사고사례, 어장, 양식장 등의 각종 데이터베이스와 유출유 확산 모델, 지리정보 소프트웨어 뿐만 아니라, 유처리제 사용결정 프로그램 및 사고상황 보고 등의 각종 방제업무 지원 프로그램들이 있다.

이러한 기능들이 결집된 방제지원시스템은 경기만 해역을 대상으로 시제품이 제작되어, 고성능의 Pentium PC에 탑재되어 해양경찰청과 해양연구소에서 시험 가동중이다.

본 연구의 목적은 1단계에서 개발된 경기만 방제지원시스템 시작품의 성능과 현장 적용성을 평가하고 보완하여, 2단계의 부산 및 광양해역 방제지원시스템 개발을 보완하는 것을 일차적인 목적으로 한다. 또한, 부산해역 방제지원시스템의 개발을 위하여 부산해역의 지도 및 환경민감도 자료를 전산화하는 것도 중요한 목표이다. 그 밖에 현장에서도 사용할 수 있는 휴대용 방제지원시스템의 개발도 본 연구의 범위에 포함된다.

제 2 절 시작품 현장배치 및 활용

1. 시작품 배치

본 연구사업의 1단계에서 개발된 방제지원시스템은 해양경찰청과 한국해양연구소에 설치되었다. 해양경찰청에는 해양오염관리부장실과 방제과 및 분석과, 그리고 인천지서에 각각 1본씩 설치되었다. 한국해양연구소는 이 연구의 주관부서인 해양화학부에 2본이 설치되었다 (Table 4-1).

Table 4-1. Prototype system numbers in the organizational sections

	부서	수량(대)
해양경찰청	오염관리부	1
	분석과	1
	방제과	1
인천해경서	방제과	1
해양연구소	화학부	2
계		6

2. 사용자 교육

방제지원시스템을 직접 사용하게 될 해양경찰청의 관계 직원들을 대상으로 한 사용자 교육은 현장에 시스템을 설치하면서 사용법을 숙지시키는 방식으로 진행되었다. 또, 1996년 11월에 한국해양연구소에서 열렸던 '기름 및 유해물질 오염 방제 관리자 교육'에서도 해양경찰청의 본청 및 지서의 관계 직원들에게 방제지원시스템 사용법 교육이 행해졌다 (Table

4-2).

Table 4-2. User training members in the educational workshop for the administrator of oil and hazardous materials

번호	성명	소속
1	현 충 국	해양경찰청 감시과
2	신 춘 식	해양경찰청 방제과
3	신 재 록	해양경찰청 분석과
4	이 인 호	부산해양경찰서
5	한 재 철	인천해양경찰서
6	고 성 덕	속초해양경찰서
7	오 준 동	동해해양경찰서
8	안 성 철	태안해양경찰서
9	이 재 필	군산해양경찰서
10	전 성 근	목포해양경찰서
11	유 영 영	여수해양경찰서
12	박 동 욱	포항해양경찰서
13	이 영 태	울산해양경찰서
14	김 창 균	통영해양경찰서
15	황 선 화	제주해양경찰서
16	조 성 익	(주)환경과학기술, 강사

3. 태영 자스민호 오염사고

방제지원시스템 시작용품의 실제 상황에 활용된 것은 1996년 12월에 있었던 태영 자스민호 오염사고가 처음이다. 이 사고에서 방제지원시스템의 현장 적용성은 증명되었으나 여러 가지 보완을 요하는 사항들이 파악되었다.

가. 사고개요

태영 자스민호는 2,483톤의 화물선으로 1996년 12월 2일 오전 11시 30

분 인천항에서 코일 1,881톤을 싣고 일본 오사카로 항해중 중국 진황도 항에서 출항한 구오파호와 같은 날 16시 38분경에 충청남도 태안군 원북면 안도 서방 6마일 해상에서 충돌하였다. 충돌후 구오파호는 안천외항으로 예인되었으나, 태영 자스민호는 70% 가량 침수되어 표류중 같은날 21시 37분 안도 북서 2마일 해상에서 침몰되었다. 사고 당시 태영 자스민호에는 161톤의 연료유가 실려있었으며, 충돌로 인해 이중 일부 기름이 유출되었다.

나. 방제지원시스템 적용

한국해양연구소의 '기름 및 유해물질 유출사고 대비 과학지원관 활동 계획' (제2장 참조)에 따라 한국해양연구소 화학부에 긴급히 집결한 홈팀은 방제지원시스템을 이용하여 이 상황에 대처하였다.

먼저 사고 선박을 방제지원시스템의 선박 데이터베이스에서 검색하였으나 수록되어 있지 않다는 것을 확인하였다. 선박 데이터베이스에는 국내 선적 탱커 및 화물선 700여척의 내역이 수록되어 있으나 태영 자스민호는 누락되어 있었던 것이다.

다음으로 유류 유출확산을 예측하기 위하여 방제지원시스템의 유출유 확산 모델을 수행하였다. 이 모델을 수행하기 위하여 사고위치를 방제지원시스템의 전자지도인 Ecomap에서 경위도로 확인하였으며, 풍향 및 풍속은 데이터베이스에 수록된 자료를 이용하였고, 1996년 12월 2일 21시 37분부터 161톤의 연료유가 48시간 동안 연속 유출된 것으로 가정하여 72시간 동안의 유출유 거동을 모의하였다 (Table 4-3).

Table 4-3. Modelling parameters for the Taeyoung Jasmin oil spill

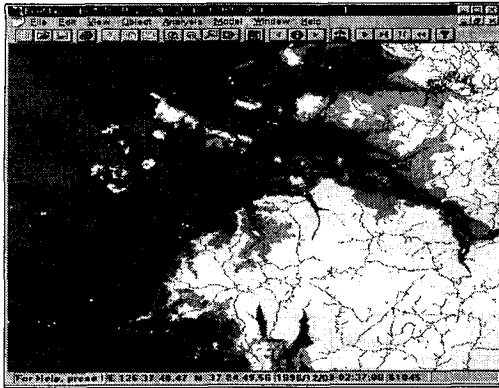
조건항목	값
1 유출위치	N 36 58' 44" S 126 8' 58"
2 유출시작시각	1996년 12월 2일 21시 37분
3 유출형태	연속방출
4 유출율	1 Liter/second
5 유출연속시간	48 hours
6 기상조건	기상 데이터베이스 사용
7 모델수행시간	72 hours
8 모델수행시간 간격	30 minutes

모델을 수행시킨 결과 유출유는 황해의 강한 조석류를 따라 남동-북서 방향으로 왕복 운동하면서 확산되는 양상을 보여주었다 (Fig. 4-1). 모의 예측된 유출유 이동 및 확산 양상은 팩스와 컴퓨터 통신망인 Hitel을 통하여 해양경찰청, 해양부 및 및 관계 기관에 전송되었다.

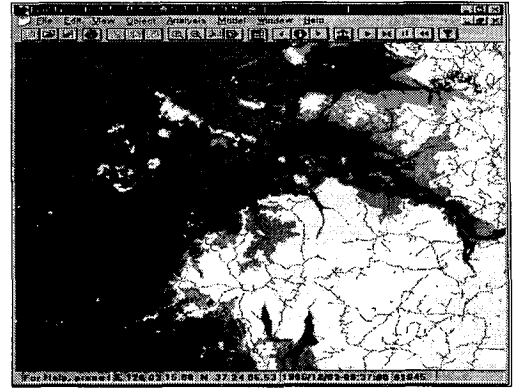
다. 장단점 및 개선방안

태영 자스민호 사고에 방제지원시스템을 실제 적용하여 본 결과 신속한 정보 획득이 최대의 장점이있다. 즉, 유출유 확산 모델링을 수행하여 앞으로의 유출유 거동을 신속하게 예측함으로써 방제 업무와 피해상황 판단에 매우 유용하였다. 이 점은 방제지원시스템의 가장 중요한 목적이달성되었다는 것을 말해 준다.

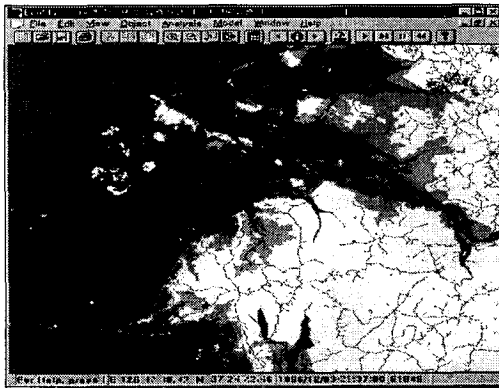
역시 시작품이라서 여러가지 문제점들이 발견되었다. 그 중 첫 번째는 선박 데이터베이스에 사고 선박이 누락되어 있었다는 것이다. 또, 유출유 거동을 예측하기 위한 모델링에서도 유출원이 이동하는 경우는 고려되어 있지 않아서 한 정점에서 유출이 된 것으로 가정하고 계산하였다. 모델링 결과를 관계기관에 전송할 때에도 팩스를 이용하면 화면의 다양한 색들이 구분이 가지 않는다는 것도 단점으로 지적되었다.



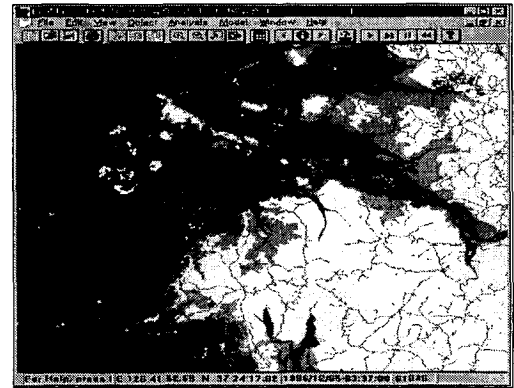
a) 1996.12.03-02:37



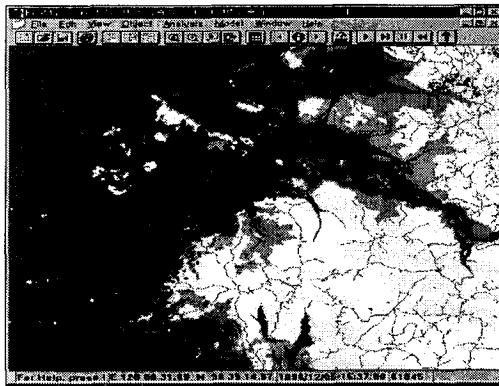
b) 1996.12.03-09:37



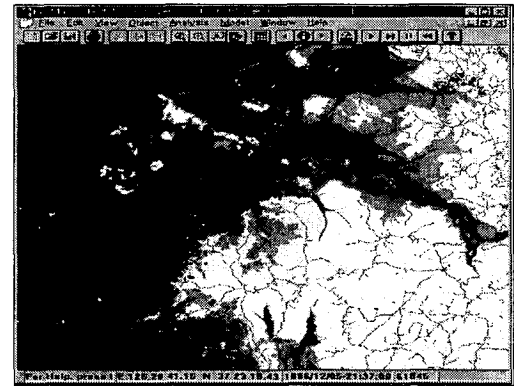
c) 1996.12.03-21:37



d) 1996.12.05-03:37



e) 1996.12.05-15:37



f) 1996.12.05-21:37

Fig. 4-1. 72 hours simulation of the Taeyoung Jasmin spill accident

사고 선박의 누락은 선박 데이터베이스를 지속적으로 관리하여야 한다는 점을 상기시켰으며, 이 데이터베이스를 항만청등 선박등록을 주관하는 기관의 자료와 비교하여 일제점검할 필요성이 제시되었다. 또한, 데이터베이스화가 되어 있지 않은 외국 국적의 유조선 및 화물선에 대한 자료취득 방안도 연구되어야 한다. 유류유출 모델링은 유출원이 이동체인 경우를 고려하여 프로그램이 개선되어야 한다는 점이 지적되었다. 모델링 결과를 팩스로 전송하여도 잘 보이도록 흑백 프린터로 출력하는 기능도 추가되어야 한다.

제 3 절 부산 인근해역의 환경민감도 자료파일 작성

1. 환경민감도

환경민감도(Environmental Sensitivity Index: ESI)는 기름 및 유해물질 유출사고에 대하여 특별히 취약하거나 보호할 필요가 있는 자연 또는 인공 자원을 구별하기 위한 개념으로써, 많은 국가에서는 보호자원을 지도에 표시하여 환경민감도 지도(ESI Map)를 만들어 사용하여 왔다. 우리나라에서도 연안의 수산업 활동에 기초한 환경민감도 개념이 제시되었으며(해양연, 1993, 1994), 방제지원시스템 시제품에서는 전자지도에 1km x 1km의 격자별로 환경민감도 지수를 계산하여 도시하기도 하였다(해양연, 1995).

본 연구사업에서 환경민감도 관련 자료는 해양경찰청에 의하여 수집되었다. 해양경찰청에서는 자체의 지방조직인 12개 지서를 통하여 각 지서별로 관할구역내의 환경민감도 자료를 수집하였다. 수집된 환경민감도 자료는 내용에 있어서 항만의 현황, 해역의 기상 및 해류특성, 양식 및 어업, 해수욕장을 포함한 유락지역 현황, 선박통계 등을 포함한다. 자료의 형식도 문자외에 지도와 그림 및 도표가 다수 존재하는 복합문서

의 형태이며, 각 지방별로도 자료의 내용과 형식에 차이가 있었다 (Table 4-4).

일반적으로 정형화된 자료의 전산화는 데이터베이스 구축의 방식으로 행해지나 본 환경민감도 자료는 정형화된 형식이 아니라서 이 방법을 채택할 수 없다. 또, 무정형의 문자정보는 텍스트 파일이나 광파일링 방식으로 전산화하는 방식을 많이 사용하나 그림과 도표 문자가 복합된 복합 문서에 적용할 경우에는 문서의 체계적인 자료 연결 구조를 활용하지 못한다는 단점이 있다. 이러한 복합문서를 전산화하는 방법으로는 hypertext file로 작성하는 것이 가장 효과적이다 (Table 4-5). hypertext 파일은 그림과 도표 문자뿐만 아니라 음성이나 동화상 등의 multimedia 자료까지를 하나의 파일내에 포함시킬 수 있으며 각 자료 개체들간의 연결관계를 명시할 수 있다. 반면 이 방식은 파일의 편집과 갱신이 어렵다는 단점이 있다.

Table 4-4. Contents and formats of environmental sensitivity data collected by Korea Maritime Police (O: exist, X: not exist)

	부산	울산	통영
관할범위	O	O	O
항로 및 묘박위치	O	X	X
항만시설현황	O (종류별)	O (계류시설)	O (항만별)
기상통계	O (월별, 일별)	O (전체)	O (지역별)
조류	O	O	O
조석	O	X	X
해류	O	X	X
지질	O	X	X
양식 및 어업	O	O	O
유락지역 현황	O	O	O
선박통계	O	X	X
해난사고 현황	O	X	X

Table 4-5. Comparison of computerized data construction methods

	데이터베이스	광파일링	Hypertext 파일
용량	대용량	초대용량	소용량
편집기능	쉽다	보통	어렵다
자료형식	주로 문자자료	그림자료	복합자료

본 연구에서 해양경찰청이 수집한 환경민감도 자료는 형식이 복잡하면 서도 정형화되어 있지 않은 복합문서의 대표적인 형태이므로 hypertext 파일 방식을 채택하여 전산화하였다.

2. 전산화 방법

가. 파일형식의 선정

방제지원시스템의 운영체제인 한글 윈도우즈(Korean MS-Windows 3.1 / Korean Windows 95)에서 사용되는 대표적인 하이퍼텍스트 파일의 복합문서 형식으로는 윈도우즈의 도움말 형식과 인터넷의 WWW(World Wide Web)에서 사용되는 HTML 파일형식, 그리고 Microsoft Word 등의 word processor 소프트웨어들이 사용하는 자체 파일 형식들이 있다 (Table 4-6). 워드 프로세서의 자체파일 형식들은 자료의 on-line검색용 이 아니라 프린터로 출력되는 것을 목적으로 한 것이기 때문에 본 환경 민감도 자료의 전산화 목적으로는 적합하지 않다. 최근에 인터넷이 각 광을 받으면서 HTML 형식의 사용이 급속도로 확산되고 있기는 하나 아직까지 본 연구사업에서는 구체적인 검토가 이루어지지 않았다. 윈 도우즈 도움말 형식은 방제지원시스템에서 방제조직표, 국가긴급계획 등 의 자료 전산화에 이미 사용되어 그 유효성이 이미 입증된 바 있으므로 (해양연, 1995), 이 방식을 채택하여 환경민감도 자료의 전산화를 행하였

다. 다만 현재의 인터넷 발전 추세를 감안하면, 다음 연구에서는 인터넷과 인트라넷, 그리고 HTML 파일의 방제지원시스템에의 적용에 대한 연구가 반드시 필요하다고 여겨진다.

Table 4-6. Comparison of numerous hypertext formats used in MS-Windows

	Help 파일	HTML 파일	Word 파일
용도	검색용	검색용	출력용
자료구조 개방성	Open	Open	Close
자료편집기능	Hard	Hard	Easy
자료의 결집성	High	Low	High

나. 자료가공과정

본 연구에서 환경민감도 자료를 윈도우즈 도움말 형식으로 작성한 과정은 (1) 자료의 형식에 따라 문자는 Microsoft 한글 Word V6.0 워드프로세서로, 그림은 Hewlett Packard Scanjet 4C 스캐너로 입력하고, 그래프는 Microsoft Excel V 5.0 스프레드 시트를 사용하여 작성하였고, (2) 작성된 자료들을 Word로서 통합하여 복합문서로 구성한 후, (3) Blue sky Software사의 Robohelp라는 도움말 저작도구를 사용하여 자료간의 연계 관계와 장식효과를 편집하고 (4) 마지막으로 Microsoft의 Help Compiler V3.0을 사용하여 도움말 파일로 작성하였다 (Fig. 4-2).

Table 4-7. Hardware and software tools used in construction of the ESI hypertext file

	Tools	용도	예
1	HP Scanjet 4C	그림 입력	인공위성 영상입력
2	MS Excel	그래프 작성	선박량 통계 그래프
3	MS Word	본문 입력	해역설명 입력
4	Robohelp	하이퍼텍스트 기능 편집	-
5	Help Compiler	도움말 파일 작성	-

3. 환경민감도 파일 구조

환경민감도 자료의 구조는 지역을 기준으로 대구분하였으며, 각 지역 자료에 대하여는 자료의 내용을 기준으로 소구분하였다. 지역적으로 자료를 대구분함에 따라 본 연구사업이 진행되면서 새로운 지역에 대한 환경민감도 자료가 입수되면 지역단위로 자료를 첨부할 수가 있도록 하였다. 또, 기존 지역에 대한 새로운 내용의 자료가 수집되더라도 기존 환경민감도 파일에 새로운 내용을 첨부하기 쉽도록 구조를 갖추었다.

본 연구에서는 부산을 필두로 인근의 울산 및 통영 지역까지의 자료를 전산화하여 환경민감도 파일을 작성하였다 (Fig. 4-3). 환경민감도 파일의 전체 내용은 본 보고서의 부록에 수록되어 있다 (Appendix 4-1).

부산지역의 자료는 지리적 특성에서 부산항을 중심으로 한 항만시설에 대한 내용이 주로 수록되었으며, 해역의 특성에서는 기상, 조류, 조석, 해류, 지질적인 내용이 수록되었으며, 그 밖에 양식어업 현황과 해수욕장 등의 유락지역 현황, 입출항 선박통계, 주된 해난사고 유발요인 등을 수록하였다 (Fig. 4-4). 울산지역의 자료는 지리적 특성에서 해역과 접안 부두 시설들에 대한 내용을 수록하였고, 해역의 특성에서는 조류와 기상에 대하여 수록하였으며, 어장과 양식장에 대한 내용 및 해수욕장, 낚시터를 포함한 유락지역 현황에 대한 내용이 수록되었다 (Fig. 4-5). 통영

지역의 자료는 지리적 특성에서 통영지역에 포함되는 항만들의 시설 현황을 주로 수록하였고, 해역의 특성에서는 기상 및 조류에 대하여 수록하였으며, 양식 및 어업권에 대한 현황과 공원, 해수욕장 등의 유락지역 현황에 대한 내용이 수록되었다 (Fig. 4-6).

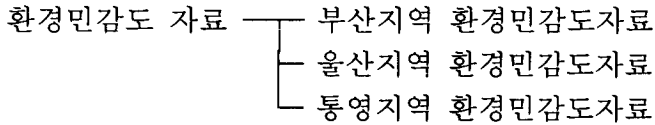
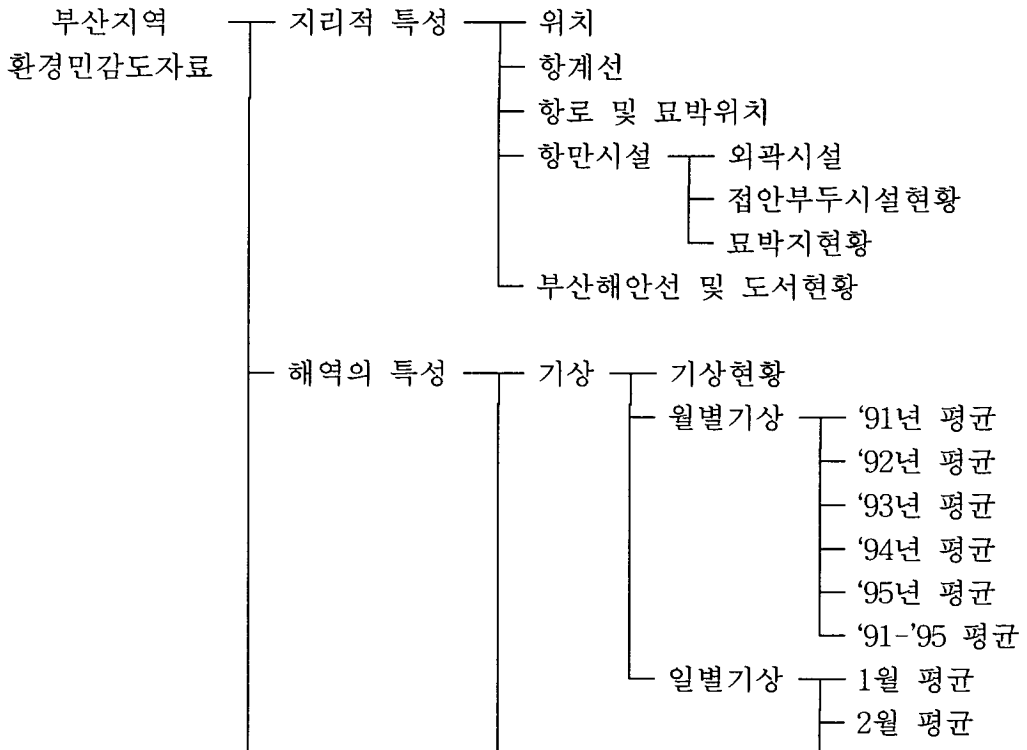


Fig. 4-3. Locally-structured environmental sensitivity file



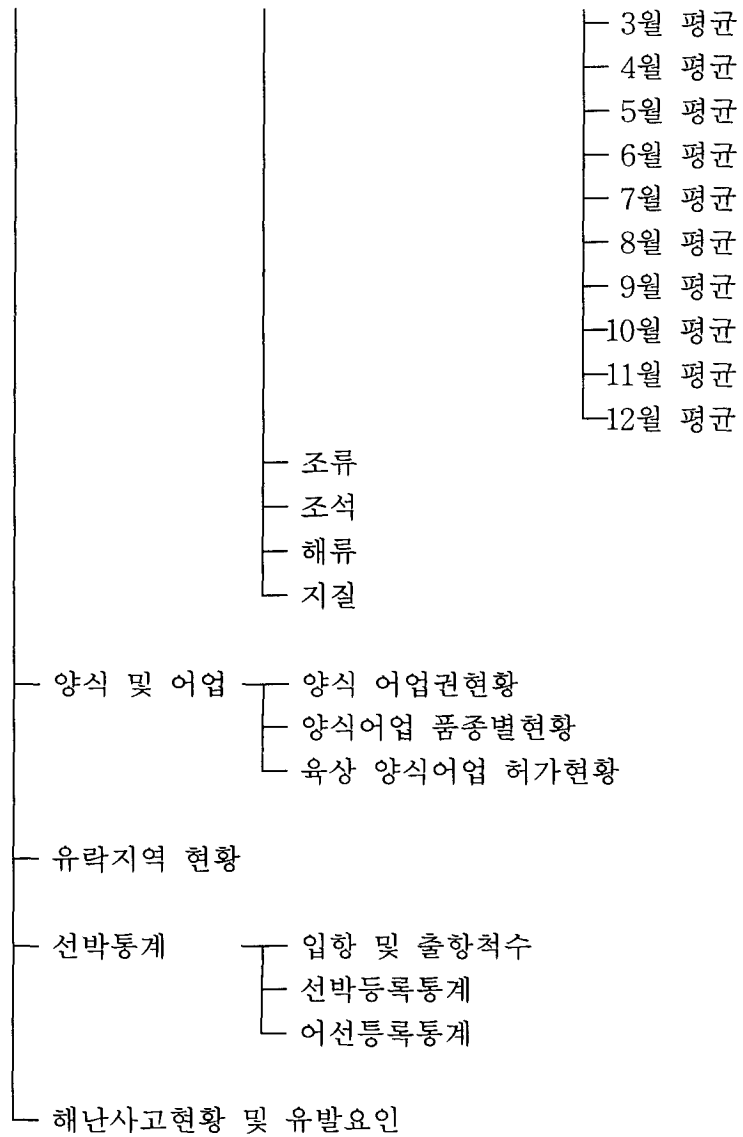


Fig. 4-4. Data structure of Environmental sensitivity in Pusan area

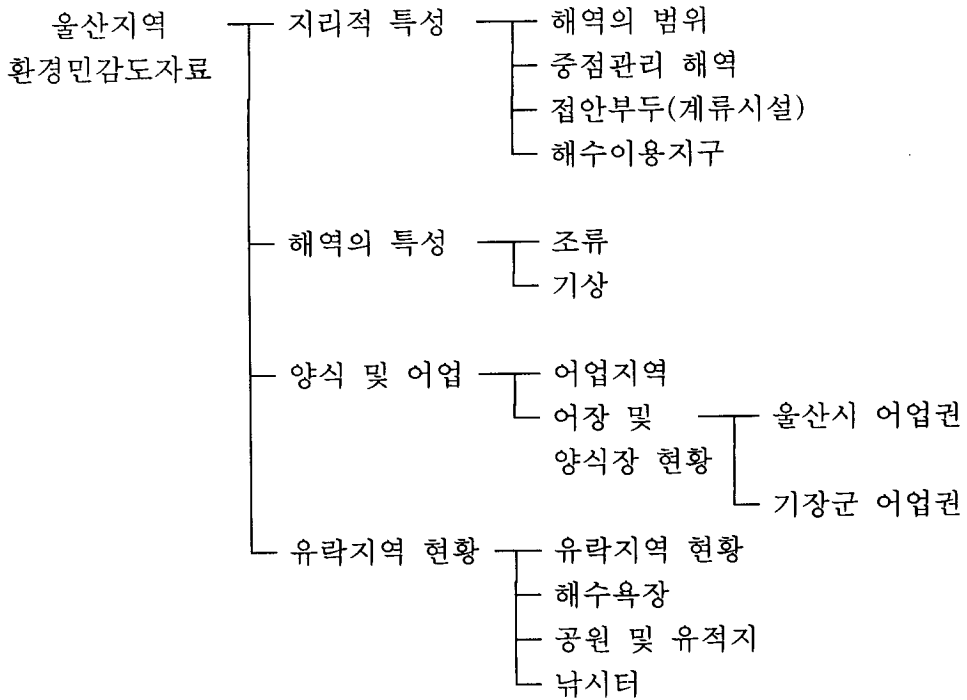
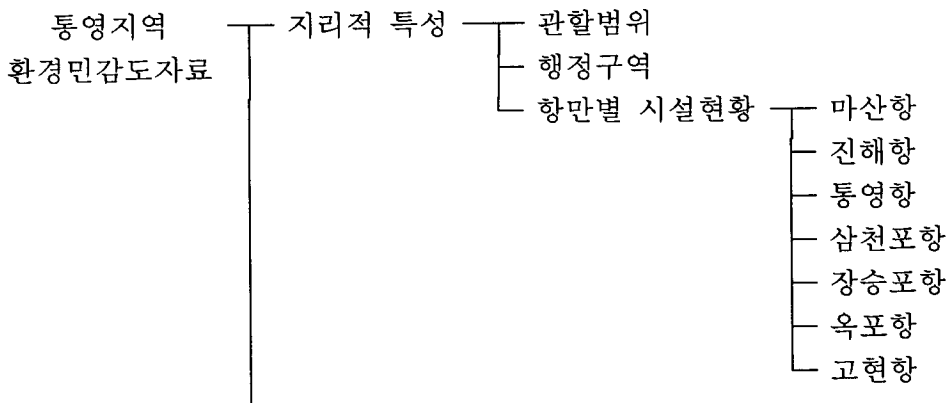


Fig. 4-5. Data structure of Environmental sensitivity in Ulsan area



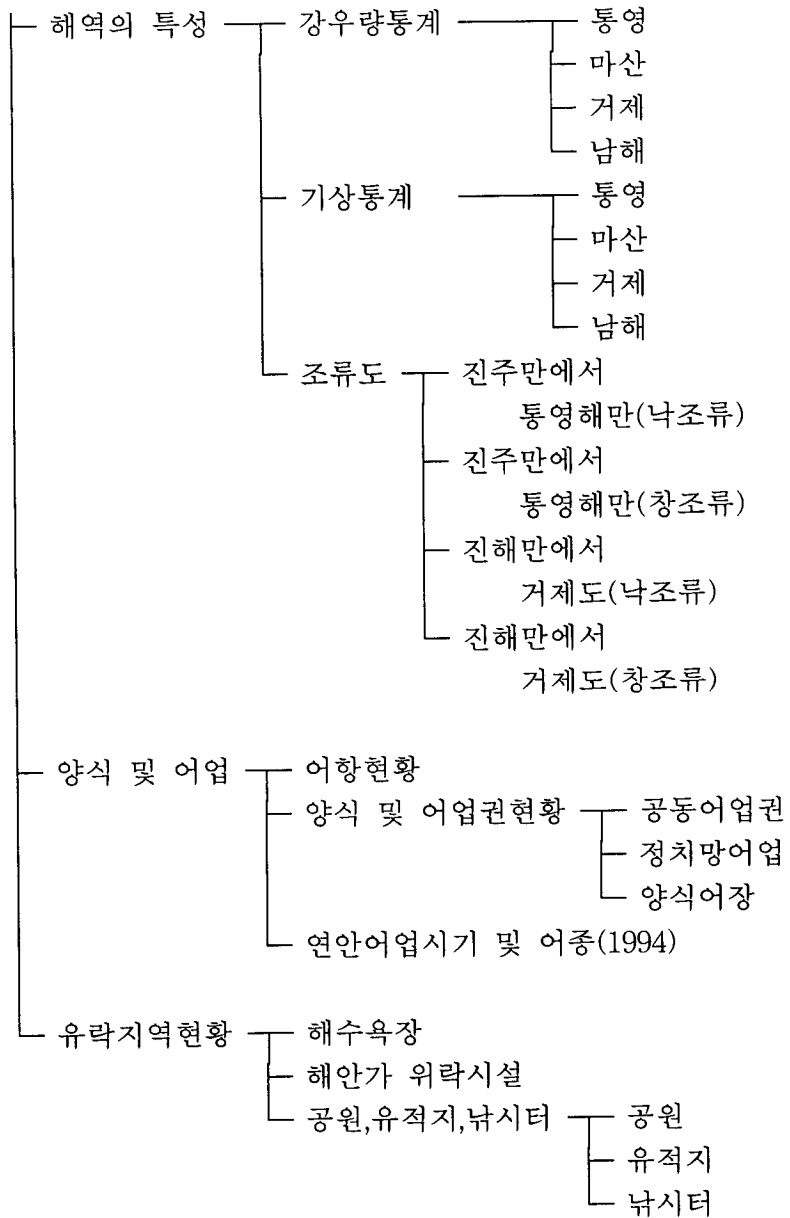


Fig. 4-6. Data structure of Environmental sensitivity in TongYoung area

4. 환경민감도 파일 사용법

방제지원시스템에 장착된 환경민감도 지도를 실행하려면 한글 Windows95의 시작 메뉴판에 있는 ‘환경민감도’를 선택하면 된다 (Fig. 4-7). 환경민감도 파일이 정상적으로 실행되면 처음 화면에 대한민국의 위성사진이 나오며 (Fig. 4-8), 이 사진위에 쓰여진 지역명을 마우스 포인터로 누르면 해당 지역 환경민감도 자료의 목차가 화면에 표시된다 (Fig. 4-9, 4-10, 4-11). 각 지역의 환경민감도 자료 화면에서는 밑줄이 그어진 자료항목을 마우스로 누름으로써 각 항목의 내용을 살펴보거나 상세한 자료 목차를 볼 수 있다. 또, ‘검색(S)’ 버튼을 마우스로 누르면 이 파일을 구성하는 항목들의 목록을 보고 검색할 수 있으며, 찾고자 하는 단어를 입력하여 검색할 수 있도록 준비되어 있다 (Fig. 4-12).

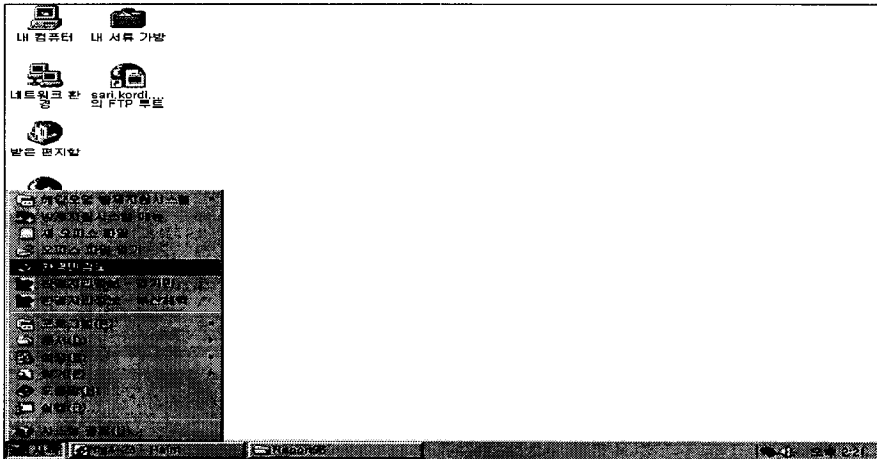


Fig. 4-7. Windows Menu bar pointing the environmental sensitivity data file



Fig. 4-8. Starting screen of the environmental sensitivity file

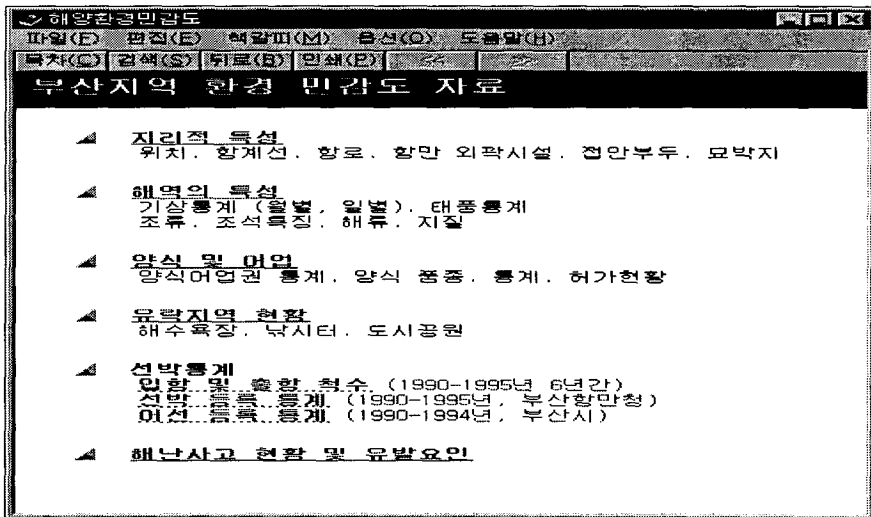


Fig. 4-9. Contents screen of Pusan area environmental sensitivity

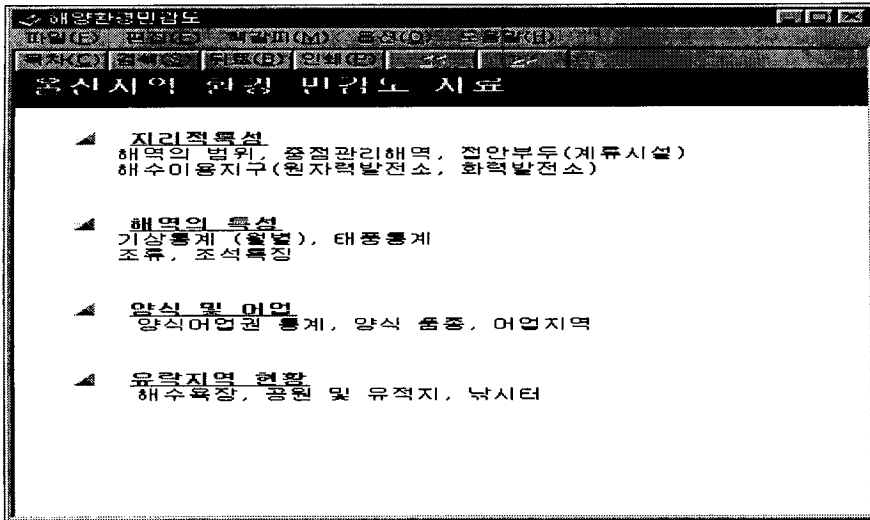


Fig. 4-10. Contents screen of Ulsan area environmental sensitivity

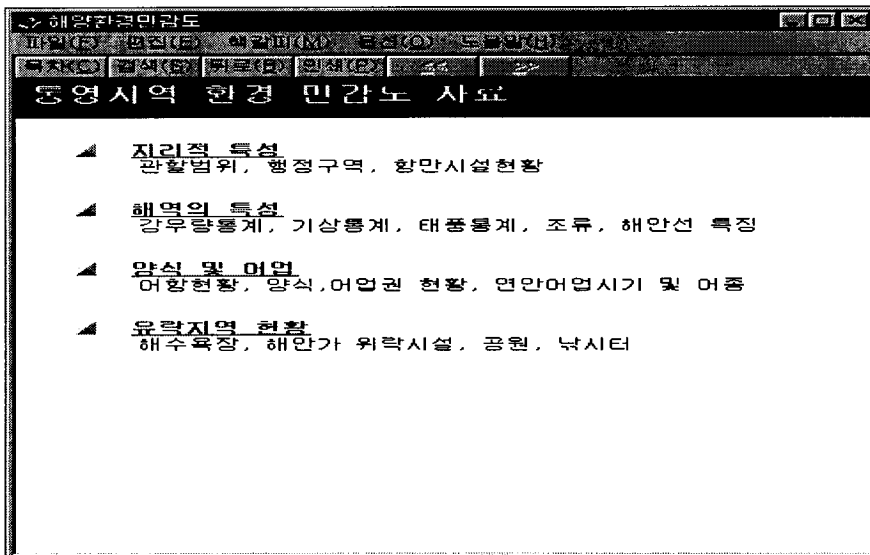


Fig. 4-11. Contents screen of TongYoung area environmental sensitivity

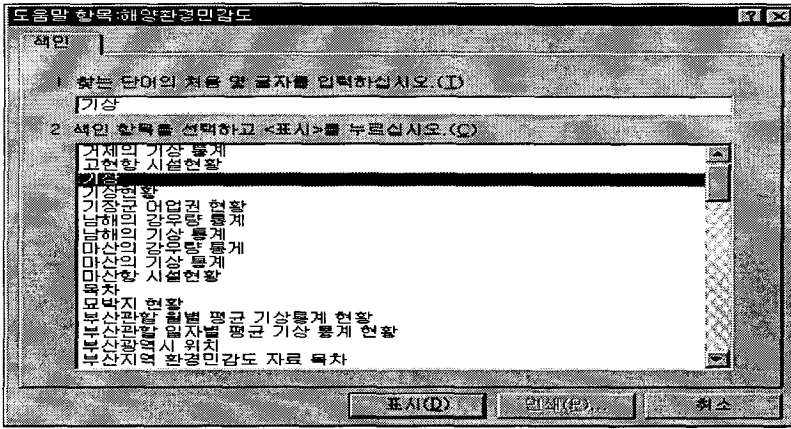


Fig. 4-12. Searching screen of the environmental sensitivity file

제 4 절 부산해역 전자지도 및 관련 데이터베이스

1. 부산 및 인근해역 지도 입력

부산 및 인근해역의 지리자료는 지형도에서 육지, 도서, 해안선 종류, 수계, 행정구역, 국립공원, 도로망 등을 CALCOMP 9500 Digitizer와 설계용 소프트웨어인 AutoCAD R12를 이용하여 산업용 표준 설계 파일형식인 DXF 형식으로 입력하였다. 입력된 지리자료 파일들을 DXF 처리 프로그램인 (주)환경과학기술의 DXFRW를 사용하여 일반 Text파일 구조로 변환한 뒤, 이것을 Microsoft FoxPro V.2.5를 사용하여 방제지원시스템의 전자지도 프로그램인 Ecomap의 내부 데이터베이스 형식으로 입력하였다 (해양연, 1995). 이 과정을 도식화하면 Fig. 4-13과 같다.

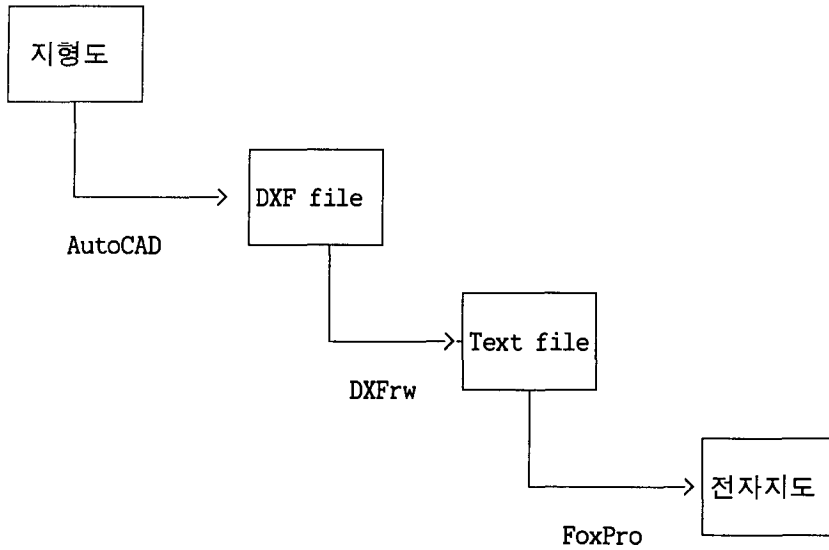


Fig. 4-13. Construction procedure of electronic maps in this study

부산해역의 전자지도 작성용 지형도는 국립지리원 발간 50,000분의 1 지형도 24매가 사용되었다 (Table 4-8). 전자지도로 입력된 주제도 (Layer)는 육지 및 도서, 해안선 종류, 면수계, 행정구역, 국립공원, 도로 망 등이다 (Table 4-9).

Table 4-8. List of maps used in making the electronic map of Pusan area

번호	도엽명	영어명	축척	도엽번호
1	왜관	Waegwan	1 : 50000	NI52-2-03
2	대구	Taegu	1 : 50000	NI52-2-04
3	영천	Yongchon	1 : 50000	NI52-2-05
4	경주	Kyongju	1 : 50000	NI52-2-06
5	불국사	Pulgukse	1 : 50000	NI52-2-07
6	감포	Kampo	1 : 50000	NI52-2-29
7	창녕	Ch'angnyong	1 : 50000	NI52-2-10
8	청도	Ch'ongdo	1 : 50000	NI52-2-11
9	동곡	Tonggok	1 : 50000	NI52-2-12
10	언양	Onyang	1 : 50000	NI52-2-13
11	울산	Ulsan	1 : 50000	NI52-2-14
12	남지	Namji	1 : 50000	NI52-2-17
13	창원	Ch'ang-Won	1 : 50000	NI52-2-18
14	밀양	Miryang	1 : 50000	NI52-2-19
15	양산	Yangsan	1 : 50000	NI52-2-20
16	방어진	Pangochin	1 : 50000	NI52-2-21
17	함안	Haman	1 : 50000	NI52-2-24
18	마산	Masan	1 : 50000	NI52-2-25
19	김해	Kimhae	1 : 50000	NI52-2-26
20	부산	Pusan	1 : 50000	NI52-2-27
21	충무	Ch'ungmu	1 : 50000	NI52-6-06
22	거제	Koje	1 : 50000	NI52-6-07
23	욕지	Yokchi	1 : 50000	NI52-6-13
24	매물	Maemul	1 : 50000	NI52-6-14

Table 4-9. Thematic layers in the electronic map of Pusan area

	주제도명	자료형식
1	육지 및 도서	Polygon
2	빨	Polygon
3	모래	Polygon
4	암석	Line
5	제방	Line
6	면수계	Polygon
7	행정구역	Polygon
8	국립공원	Polygon
9	고속도로	Line
10	국도, 지방도	Line
11	비포장도로	Line
12	철도	Line

Ecomap에 수록된 부산해역 전자지도를 Fig. 4-14에 보였다.

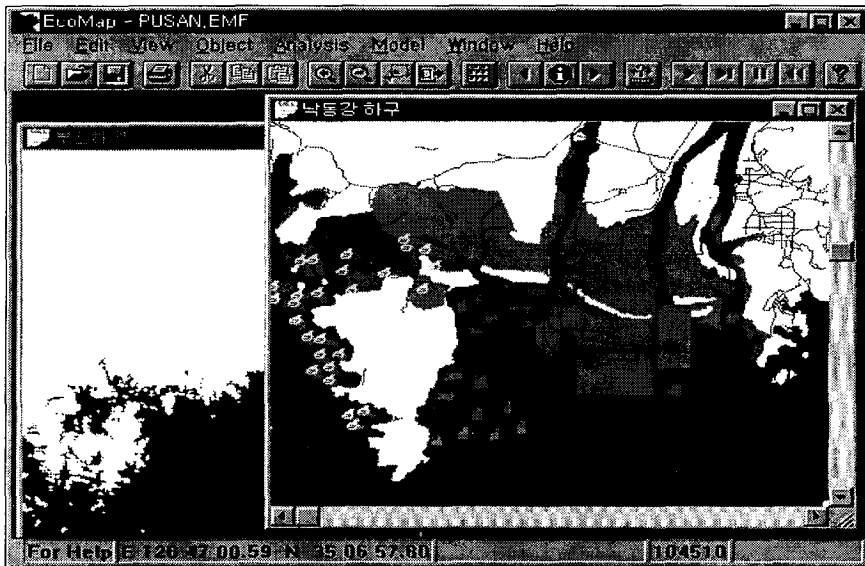


Fig. 4-14. Electronic map of Pusan area with Ecomap, a simple desktop GIS software

이 전자 지도는 Ecomap을 이용하여 자유로운 확대와 축소가 가능하며, 사용자가 원하는 주제도만 선정하여 화면에 나타낼 수 있으며, 유류 유출 확산모델의 결과를 화면에 도시하여 살펴볼 수 있는 기능이 있다.

2. 연안역 시설물 데이터베이스

유류 및 유해액체물질의 유출에 의한 해양 오염사고는 선박에 의한 것이 대부분이지만 연안역에 위치한 각종 시설물의 유류나 유해물질 저장소에서 발생하는 경우도 많다. 이러한 시설물로는 원유 저장소, 화학물질 저장소, 정유공장 등으로 통상 대형 유조선이 운반하는 원유의 양보다도 더 많은 위험물질을 보관하고 있다. 또한, 이러한 시설물은 대부분 중요한 산업기지이므로 활발한 산업활동으로 인하여 사고의 가능성은 더욱 높아지게 마련이다. 또, 선박이 이러한 시설물에 접근하여 위험물질을 이송하는 중 파이프등 이송 시스템의 결함으로 유출사고가 발생하는 경우도 있다. 유출되는 물질이 인체에 유해한 독성물질인 경우 인도의 보팔참사와 같은 비극적인 결과가 초래될 수도 있기 때문에 연안역의 위험물질 보관 시설물에 대하여는 특별한 감시와 관리가 필요하다. 미국의 해양대기청에서도 CAMEO라는 시스템에서 지역별로 위험물질을 취급하는 산업시설의 상세한 데이터베이스를 구축하였을 뿐만 아니라, 만일의 사태에 대비한 긴급계획까지도 수립하여 사고에 대비하고 있다 (NOAA, 1995). 본 연구에서 개발되고 있는 방제지원시스템에서는 그간 유조선 및 대형 화물선의 국적선 데이터베이스를 구축해왔지만, 선박외에 또 다른 위험요소이며 잠정적 오염원인 연안 산업 시설물에 대하여는 데이터베이스 구축 연구가 행하여지지 못하였으므로, 본 1차년도에는 데이터베이스를 구축하기 위한 기본적인 자료조사를 행하였다.

가. 연안역 산업 시설물의 종류

연안역은 그 지역적 특성상 활발한 산업활동이 행해지는 곳이기 때문에 국가의 기간 산업시설과 대규모 공단 등이 대부분 연안역에 위치한다. 연안역에 위치한 산업 시설물중 방제지원 시스템의 감시 대상은 '위험물질을 보관 또는 취급하는 시설'이다. 이중 '위험물질'이라 함은 '인체와 환경에 유해한 물질'이라고 정의될 수 있다. 위험물질을 보관하고 취급하는 산업시설은 저유소, 발전소, 유해물질 저장시설, 폐기물 저장시설, 조선소, 화학공장, 항만의 부두와 돌핀 들이다 (Table 4-10).

Table 4-10. Coastal facilities with dangerous materials

	시설물 종류	위험물
1	유류저장시설	유류
2	유해물질 저장시설	유해화학물질
3	폐기물 저장시설	폐유, 폐산, 폐알칼리
4	조선소	연료유, 윤활유

나. 데이터베이스 속성

산업 시설물을 묘사하는 여러가지 속성(attribute)중 방제지원시스템에 필요한 부분은 모든 형태의 유출사고 발생과 피해에 관계되는 속성으로써 시설물의 위치, 위험물질의 종류와 양, 보관 상태, 보관 용기의 형태 및 상태, 안전관리 또는 비상계획 담당자의 연락처 등은 반드시 필요하며, 시설물의 모식도나 설계도, 비상시 접근 도로 및 탈출로, 시설물 인접 지역 인구분포 등도 필요한 항목들이다 (Table 4-11).

Table 4-11. Database attributes of coastal facilities with dangerous materials

	속성	자료형식	단위
1	시설물 위치	숫자	경도, 위도
2	위험물 종류	문자	
3	위험물 양	숫자	중량, 부피
4	보관상태	문자	
5	보관용기 형태	그림	
6	보관용기 상태	문자	
7	안전관리자 연락처	숫자	전화번호
8	시설물 설계도	도형	
9	비상도로	도형	
10	인접 인구분포	숫자	인원수

3. 연안역 자연자원 데이터베이스

국립공원, 자연생태계 보존지역, 경관이 뛰어난 자연 관광자원등은 오염사고 발생시 우선적으로 방어할 필요성이 있는 지역들이다. 또, 천연기념물, 멸종 위기에 처한 동식물, 희귀 동식물 및 그 서식지도 오염사고로부터 보호되어야 할 인류의 귀중한 자산이다. 이 정보들은 환경민감도 지도의 가장 중요한 항목들이기도 하다. 본 연구에서는 자연자원에 대한 데이터베이스를 구축하기 위한 기본적인 자료조사를 행하였다.

가. 연안역 자연자원 현황

1990년 현재 우리나라에는 3곳의 자연생태계 보전구역과 92종의 특정 야생동식물, 486개소의 조수보호구역, 약 400건의 천연기념물, 국립공원 (natural park) 28개소를 포함한 66개소의 자연공원이 지정되어 있다 (Table 4-12). 이들중 연안역에 위치하여 우리 방제지원시스템의 대상이 되는 자원은 낙동강 하구의 철새도래지, 한려해상 국립공원, 다도해 해상 국립공원, 서산해안 국립공원, 변산반도 국립공원, 경포 도립공원 등이다

(환경처, 1990). 자연자원 지정은 국가 환경부에서 주관하는 업무로써 탐사의 결과 새로운 지역이 자연생태계 보전구역이나 천연기념물 등으로 선정될 수 있다.

Table 4-12. Summary of natural monuments and resources in Korea, 1990

	총건수	연안역 건수
자연생태계 보호구역	3	1
조수보호구역	486	파악안됨
천연기념물	약 400	파악안됨
자연공원(국립공원)	66(28)	5(4)

나. 자연자원 데이터베이스 구축 현황

국내의 자연자원은 정보는 국가 환경부 주관으로 관리된다. 1995년 현재까지 이러한 정보관리는 전산화되어 있지 않았으나, 현재 환경부에서는 환경정보시스템 구축 사업이 시행중이며, 이 사업에서 국립공원과 특정야생 동식물 등에 관한 정보를 GIS에 기반한 정보시스템으로 관리한다는 원칙하에 시스템 구축작업이 진행중이다 (환경부, 1995). 또한 국립공원 관리공단에서도 국립공원 지리정보시스템을 구축하여 국립공원 관리의 전산화 사업이 계속 시도되어 왔다. 그러므로 현재까지 자연자원에 대한 데이터베이스는 구축되지 못한 실정이다.

다. 자연자원 데이터베이스 구축 방향

자연자원 데이터베이스는 국립공원과 천연기념물 등의 지리적인 속성을 갖는 개체를 포함하므로 반드시 지리정보시스템(GIS) 형식으로 구축되어야 한다. 또 기초 자료조사는 범국가적인 규모이므로 현재 규모의 방제지원시스템 연구 사업에서 추진하기는 어렵고, 다만 기초사된 문헌

자료만을 전산화하는 정도가 본 연구 사업에서 가능할 것이다. 한편, 가까운 장래에 환경부에서 현재 구축중인 환경정보시스템을 통하여 자연자원 데이터베이스를 구축하여 인터넷으로 서비스하게 된다면, 본 사업에서는 실제적인 데이터베이스 구축을 지양하고 환경부 시스템과의 접속을 고려하는 것이 합리적인 방안이다.

제 5 절 방제지원시스템 개선

1. 운영체제의 개선 - Windows 95

방제지원시스템의 운영체제는 Microsoft 한글 Windows V.3.1을 사용하였다 (해양연, 1995). 1995년 이 운영체제는 Windows 95로 발전하였고 1996년에는 한글 Windows 95가 발표되었다. Windows 95는 Intel 계열 CPU를 사용하는 PC의 32bit 운영체제로써 기존의 Windows 3.1에 비하여 여러 측면에서 뛰어난 성능을 보였다. 전반적으로 같은 하드웨어 사양의 컴퓨터에서 Windows 95에서의 수행속도가 다 빠르며, 그래픽 사용자 인터페이스는 McIntosh에 가깝게 더욱 발전된 모습을 보여주며, Network 기능이 내장되어 있고 multi-tasking 기능이 더욱 강화되었다. Windows 95의 발표와 동시에 전세계의 많은 사용자들이 운영체제를 Windows 95로 upgrade하였으며 이러한 현상은 우리나라에서도 나타났다. 이러한 세계적인 추세를 따르고, 성능개선을 위하여 방제지원시스템도 Windows 95로 운영체제의 upgrade를 단행하였다.

가. 방제지원시스템의 메뉴

기존 방제지원시스템에서는 여러 가지 프로그램을 호출하기 위하여 모듈선택기와 주프로그램을 사용하였다 (해양연, 1995). 하지만 Windows 95하에서는 운영체제의 '시작' 메뉴판에 방제지원시스템의 모듈 구조에

따라 프로그램들을 삽입하였다 (Fig. 4-15). 그러므로 사용자는 주프로그램을 사용하지 않고 운영체제의 메뉴판을 따라 필요한 기능을 선택하여 호출하면 된다.

나. 여러 가지 프로그램의 교정

한글 윈도우즈 3.1에서 사용하던 대부분의 방제지원시스템 프로그램들을 95에서도 특별한 수정없이 사용할 수 있었으나, 몇몇 프로그램들은 실행중 에러를 내는 등 문제점들이 나타났다. 가장 많이 나타난 문제점은

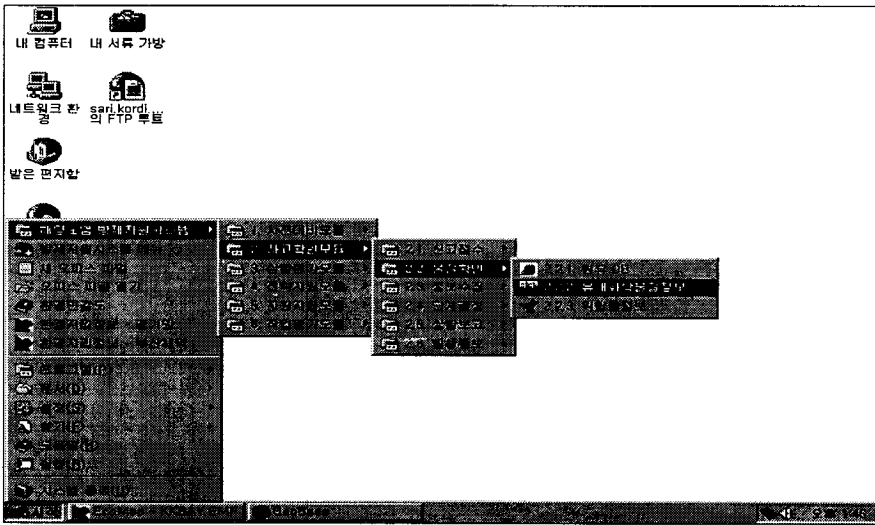


Fig. 4-15. Main menu of Windows 95 including oil-spill contingency planning softwares

FoxPro for Windows V2.5로 작성한 데이터베이스 프로그램들이 공통적으로 보인 화면의 control 객체들의 위치 변동과 font의 크기 변화였다. 이로 인해 프로그램의 화면이 틀리게 표시되었으며 위치 변동이 심한 경

우 프로그램 실행이 불가능하였다. 이러한 문제점들은 Windows 95 환경에서 해당 프로그램의 화면을 교정하고 다시 Compile함으로써 문제를 해결하였다. 이러한 문제점을 보인 프로그램은 유해화학물질정보, 위험물 정보, 선박 데이터베이스, 방제 기자재 데이터베이스, 방제선박 데이터베이스 등 대부분의 데이터베이스 관리 프로그램과 긴급계획 요소평가 프로그램들, 상황보고 및 발생통보 프로그램들, 유처리제 사용결정 프로그램으로서 모두 FoxPro로 작성한 프로그램들이었다 (Table 4-13). 또, 유출확산모델의 interface 프로그램은 수치모델 프로그램과의 hand-shaking 부분에 문제를 일으켰으나, 원인이 되는 코드를 다른 함수로 대체하여 문제를 해결하였다.

Table 4-13. Various problems of contingency planning programs when newly transported into Korean Windows 95

	프로그램 제목	문제점
1	유해화학물질 정보	화면객체 위치변동, font 크기변화
2	위험물 정보	"
3	선박 데이터베이스	"
4	방제 기자재 DB	"
5	방제선박 DB	"
6	긴급계획 요소평가	"
7	상황보고 프로그램	"
8	발생통보 프로그램	"
9	유처리제 사용결정	"
10	유출확산모델 interface	수치모델과의 hand-shaking 오류

2. 부산해역 유출유 확산모델 접속

유출유 확산모델을 포함한 해양 수치모델들은 모델링 전문가들이 주로 Fortran 프로그래밍 언어를 사용하여 자립형 프로그램으로 작성한 것이 대부분이다. 이러한 자립형 프로그램들에서는 모델 개발자 임의대로 자

료의 입출력 양식을 정하고 프로그램 환경 또한 특수한 하드웨어나 소프트웨어를 같이 사용해야 하는 경우도 있다. 그러므로 방제지원시스템과 같은 복합적인 기능의 정보시스템에 이러한 모델들을 장착할 때는 많은 어려움이 따르며, 통상 입출력 양식과 프로그램 수행 환경을 조정해야 하는 경우가 많다. 이 작업에서 정보시스템의 프로그래머는 전문적인 수치 모델의 내용을 모르기 때문에 어려움은 배가된다. 그래서 수치 모델 프로그램을 가능한한 변경하지 않고 interface 프로그램을 작성하여 모델 프로그램과 응용 정보시스템간의 정보 교환으로 소기의 목적을 달성하는 방법을 사용한다 (Fig. 4-16).

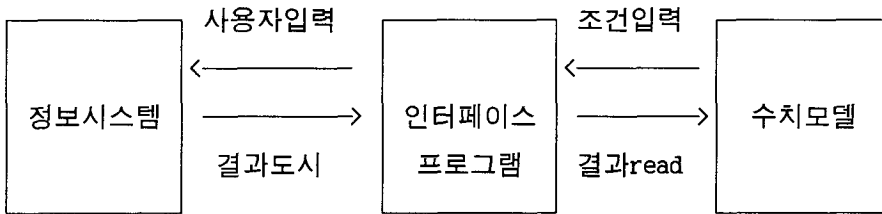


Fig. 4-16. Role of interface program between a numerical model and an application information system

부산 해역의 유출 확산모델을 방제지원시스템에 장착하기 위하여 앞서 설명한 interface 프로그램을 FoxPro for Windows V.2.5를 사용하여 작성하였다. 작성된 프로그램의 화면은 Fig. 4-17과 같다.

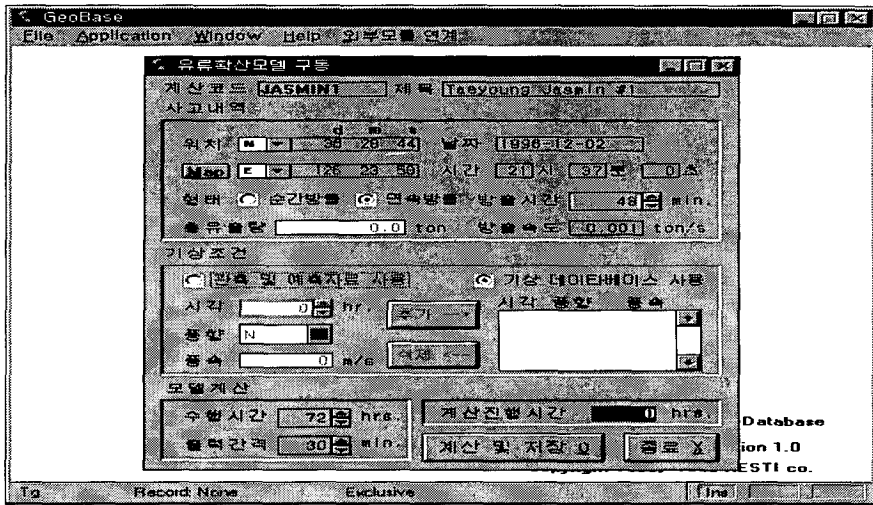


Fig. 4-17. Screen of interface program for the oil-spill trajectory model

사용자는 interface 프로그램 화면의 각 항목에 적당한 값을 부여하고 '계산 및 저장' 버튼을 누르면 된다. 각 항목별로 입력해야 할 값과 설명을 Table 4-14에 적었다.

Table 4-14. Input parameters of interface program for the oil-spill trajectory model

	조건항목	내용
1	계산코드	모델실행 코드
2	제목	모델실행 제목
3	위치	유출위치 (경위도)
4	날짜	유출일
5	시각	유출시각
6	유출형태	연속방출 / 순간방출
7	총유출량	순간 방출시 총방출량
8	유출속도	초당 방출량
9	방출시간	연속방출 시간
10	기상조건	관측 및 예측자료 / 기상 데이터베이스
11	기상조건 시각	유출후 경과 시간
12	기상조건 풍향	유출후 경과 시각에서의 풍향
13	기상조건 풍속	유출후 경과 시각에서의 풍속
14	수행시간	모의기간
15	출력간격	결과출력 간격

수치모델의 계산이 종료되어 결과가 저장되면 그것을 Ecomap 프로그램을 이용하여 살펴볼 수 있다. Ecomap의 Model 메뉴 open을 선택하면 수치모델의 결과 목록이 있는 대화상자가 나오며 이중 하나를 선택한 후 select 버튼을 누른다 (Fig. 4-18). 선택된 결과는 같은 Model 메뉴의 'Start model Run' 기능을 선택하면 모델의 계산결과가 지도상에 시물레이션으로 도시된다 (Fig. 4-19). 메뉴의 기능대신 Ecomap의 상단 도구막대에 있는 VCR play 모양의 버튼을 눌러도 같은 동작이 된다. 'Proceed model 1 Step'은 이 기능을 선택할 때마다 결과를 1 스텝씩 보여준다. 또, 'Rewind Model Run'은 모델진행을 처음으로 되돌린다. 'Stop Model'은 모델 결과의 도시를 중지시킨다. 이밖에 'Option' 기능을

선택하면 결과 도시 시간간격과 도시 방식을 지정할 수 있는 대화상자가 나타난다 (Fig. 4-20). 사용자는 도시간격과 도시방식을 입력한 후 'OK' 버튼을 누르면 다음부터의 모델결과는 여기에서 지정한 시간간격과 방식 대로 도시된다. 모델 결과보기를 마쳤으면 반드시 model 메뉴의 Close 기능을 선택하여 열린 모델결과 파일을 닫아야만 다른 작업에 지장이 없다 (Fig. 4-19).

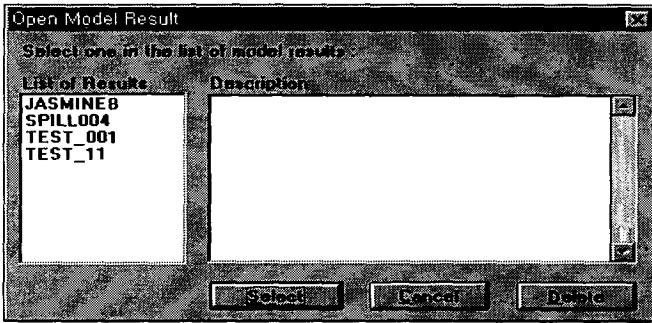


Fig. 4-18. Selection of a model result in Ecomap

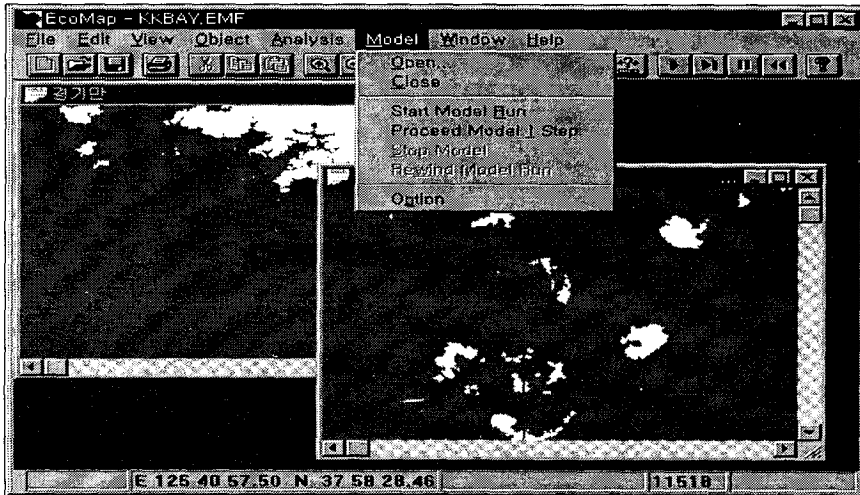


Fig. 4-19. Model menu items of Ecomap

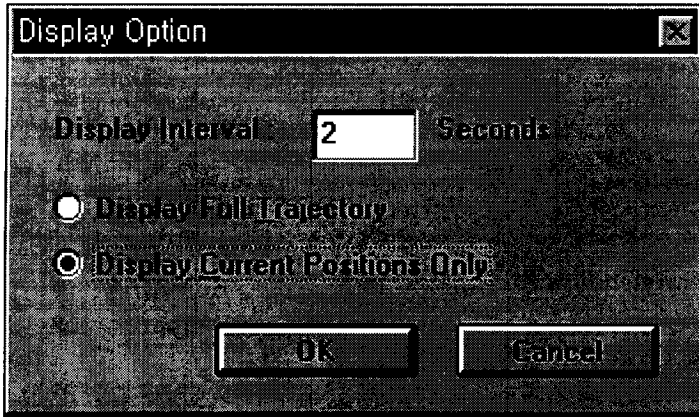


Fig. 4-20. Display option dialog box

3. 비상연락망 프로그램의 개선

방제지원시스템 경기만 시작품에 탑재된 비상연락망 프로그램은 전화 다이얼링을 프로그램이 해주고 메시지는 운영요원이 직접 말하던가 외부 녹음기를 틀어야 했다. 이번 연구에서는 다이얼링과 메시지 발생을 모두 프로그램이 자동적으로 하도록 개선을 하였다.

새로운 프로그램은 Microsoft Visual Basic V.4.0 으로 작성하였다. 이 프로그램은 산업표준 Voice modem이 장착되어 있어야만 동작한다. Voice modem은 컴퓨터가 전화를 걸고 메시지를 받기 위해서 필요한 최소한의 장비이다 (Table 4-15).

Table 4-15. Comparison of old and new emergency calling program

	구 프로그램	신 프로그램
피호출인 연락처	자택 전화번호	호출기 또는 휴대전화 번호
Voice Message	수동	자동응답
사용 하드웨어	모뎀	voice modem
제작 소프트웨어	Microsoft C V7.0	MS Visual Basic V.4.0

가. 프로그램 사용법

새로운 '비상호출 자동 연락망' 프로그램은 비상호출 직원들의 명단과 호출기 혹은 휴대전화 번호를 데이터베이스로 보관한다 (Fig. 4-21). 물론 사용자가 이 내용을 입력하거나 편집할 수 있는 기능이 준비되어 있으며(Fig. 4-22), '편집' 메뉴에서 원하는 편집 기능을 선택한다.



Fig. 4-21. Screen showing emergency calling list

사용자는 호출하고자 하는 직원들의 '선정'란에서 마우스를 이중누르기

(double clicking)하여 피호출인을 선정할 수 있다. 이미 선정되어 있는 직원을 선정하면 선정이 다시 해제된다. '모두 선정'이라는 버튼을 누르면 모든 직원이 피호출인으로 선정되며, '모두 선정취소'를 선택하면 모든 피호출인의 선정이 취소된다. 선정작업을 마친 후 '자동호출 시작'을 누르면 프로그램은 선정된 피호출인을 차례대로 호출한다.

피호출인이 호출기 보유자인 경우 프로그램은 호출기로 전화를 걸어 자신의 컴퓨터에 연결된 전화번호를 기록하고 다음 사람을 호출한다. 추후 피호출인이 자신의 호출기에 찍힌 번호로 전화를 하게되면 컴퓨터가 이를 받아서 컴퓨터 파일로 미리 녹음된 내용을 Voice modem을 통하여 발성한다. 피호출인이 휴대전화를 소지한 경우 프로그램은 피호출인에게 전화를 걸어 통화중이 아니면 일정시간 후 미리 녹음된 메시지를 발성한다. 한편 컴퓨터가 받는 전화번호는 '편집' 메뉴의 '모뎀/전화번호 설정' 기능을 선택하면 나타나는 대화상자에서 지정하도록 되어있다 (Fig. 4-23).



Fig. 4-22. List editing dialog box

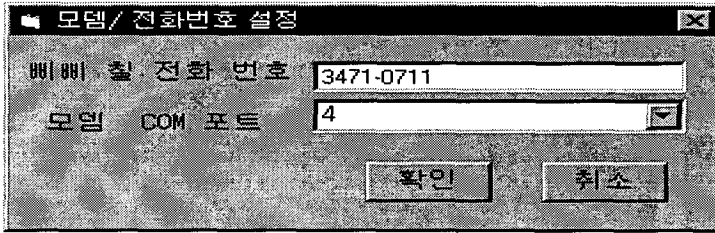


Fig. 4-23. Setup dialog box of callers phone number and modem port number

나. 호출기와 휴대전화

본 비상호출 프로그램은 최근 널리 사용되는 개인휴대 통신기기인 호출기와 휴대전화를 이용한 것으로, 해양경찰청의 관련 직원들 모두 호출기나 휴대전화를 소지하였기 때문에 가능한 프로그램이었다. 현재 해양경찰청 오염관리부 직원중 과장급 이상은 휴대전화를 소지하며, 그 이하 직원은 호출기를 소지하고 있다. 그러나 현재 국내의 휴대통신 품질을 살펴보면 호출기의 경우 호출이 실패하는 확률이 0%에 가까우나 휴대전화는 그렇지 못하여 약 80% 정도의 통화성공률을 기록하고 있다. 이렇게 볼 때 과장급 이상의 직원도 휴대전화외에 호출기를 소지할 필요가 있다. 휴대전화만 소지할 경우 정작 비상시에는 과장급 이하 직원만 연락될 수도 있기 때문이다.

4. 휴대용 방제지원시스템

방제지원시스템은 유출사고 현장 또는 현장으로의 이동중에도 긴급하게 필요한 경우가 많다. 현장에서의 판단 지원과 신속한 정보처리를 위

하여는 현장의 방제책임자나 과학지원관이 휴대하는 것이 매우 큰 도움이 될 수 있다. 이러한 취지에서 휴대용 방제지원시스템을 제작하게 되었다.

고성능 laptop 컴퓨터에 방제지원시스템의 소프트웨어를 설치하여 휴대용 방제지원시스템을 제작하였다 (Fig. 4-24). Laptop 컴퓨터는 삼성전자의 SENS 810 모델을 사용하였다 (Table 4-16).

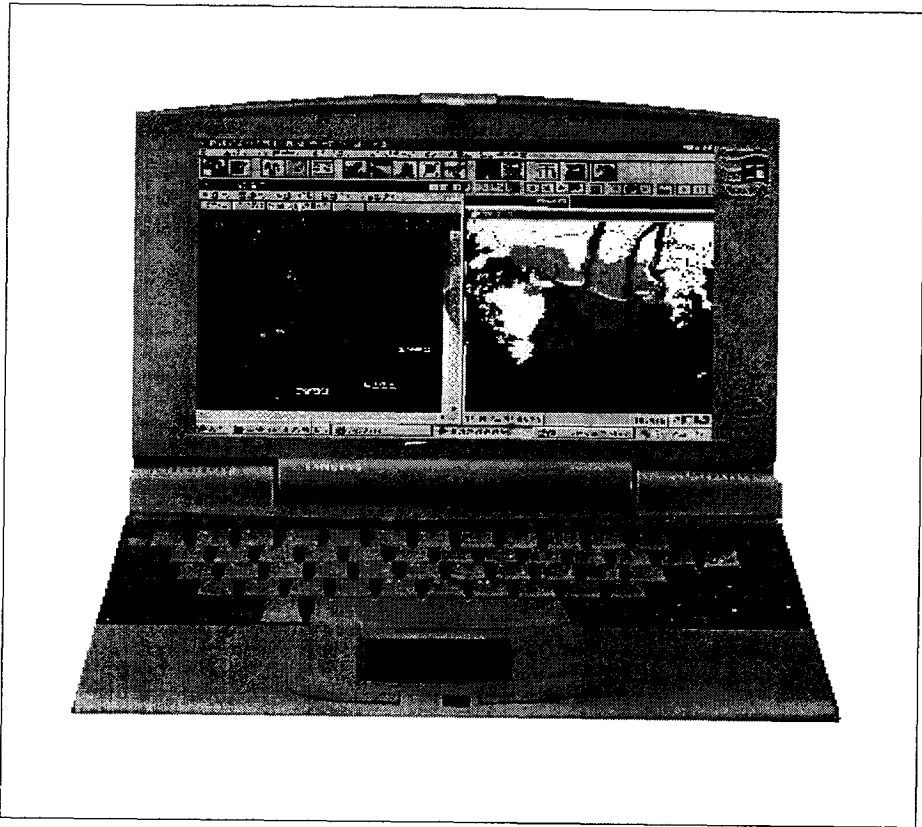


Fig. 4-24. Mobile oil-spill contingency planning system on a laptop computer

Table 4-16. Specifications of SENS 810 laptop computer

	규격	비고
CPU	Intel Pentium	120 MHz
HDD	Removable Hard Disk	1.3 GB
Screen	Active Matrix LCD	800 x 600 x 64Kcolors
Video	SVGA	1 M
Sound	SoundBlaster Compatible	
Pointing Device	Touch Pad	PS/2 Type
RAM	16 M	
CD-ROM	Removable Drive	6X
Keyboard	84 Key	Ergonomic style
Battery	Lithium-Ion	
FDD	1.44 M	1.44Mb

한편, 방제지원시스템 소프트웨어중 '비상호출 프로그램'은 '오염사고 신고접수' 프로그램은 방제 본부에서만 필요한 프로그램이므로 휴대용 시스템에는 탑재하지 않았다.

제 6 절 결언

본 연구에서는 1단계에서 개발된 방제지원시스템 시작품을 해양경찰청과 해양연구소에 설치, 가동하였으며 사용자 교육을 행하였다. 1996년 12월 2일 발생한 태영 자스민호 오염사고에 본 시작품을 적용한 결과 몇 가지 단점이 발견되었으나 전반적으로 방제업무에 유용하게 사용될 수 있음이 증명되었다.

부산 및 인근지역 1/50,000 지형도 24매의 해안선, 섬, 제방, 모래, 암석, 뺨, 저수지, 행정구역, 국립공원, 도로망을 디지털타이저로 입력하여 전자지도로 작성하였다. 또, 부산 및 인근해역의 지리, 기상, 수산업, 항만, 어장, 선박통계, 관광지등 환경민감도 관련 자료를 취합 hypertext 파일

로 작성하였다. 부산해역의 유출확산 모델을 방제지원시스템에 접속하였다.

방제지원시스템 운영체제를 Windows 95로 upgrade하였으며, 그에 따라 시스템의 주메뉴와 여러 프로그램들을 교정하였다. 또, 사고발생시 방제요원들에게 신속히 연락할 수 있는 컴퓨터 자동호출 프로그램을 대폭 개선하였다.

방제지원시스템 프로그램을 laptop 컴퓨터에 탑재하여 사고현장에서도 현장지휘자나 과학지원관이 사용할 수 있도록 휴대용 방제지원시스템도 제작하였다.

다음 연구에서는 부산해역의 방제지원시스템의 개발을 완료하여 실제 상황에서의 적용성을 시험 보완하는 것과, 광양 해역의 시스템 개발을 시작하는 것이 주 목적이다. 또, 현재 급속도로 발전하고 있는 인터넷을 통한 방제정보의 수집 및 전파에 대한 연구도 중요한 과제이다.

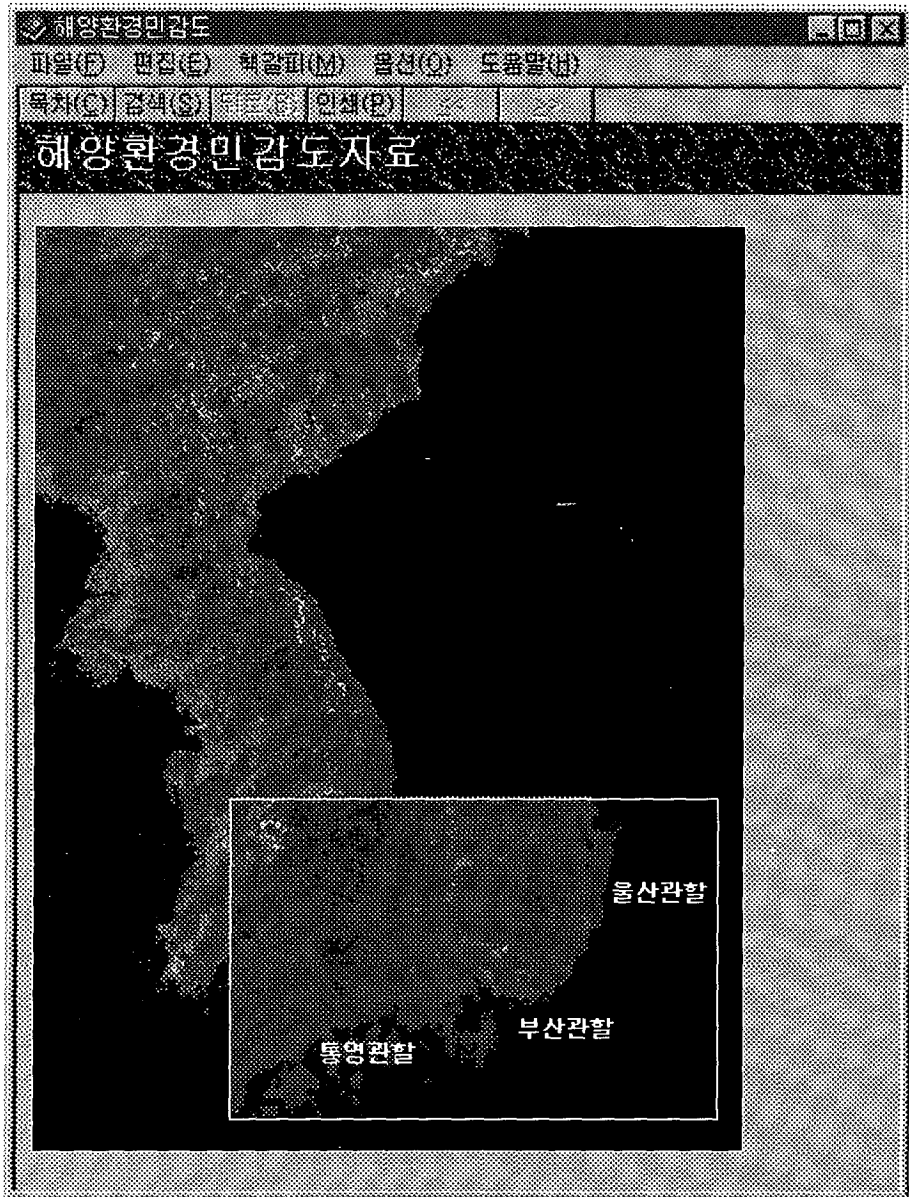
참고문헌

해양연구소, 1995. 해상유출사고 긴급방제 지원시스템 개발연구

EPA/NOAA/NSC, 1992. CAMEO, computer-aided management of emergency operations.

부

록



부산지역 환경 민감도 자료

- ❖ 지리적 특성
위치, 항계선, 항로, 항만 외곽시설, 접안부두, 묘박지
- ❖ 해역의 특성
기상통계 (월별, 일별), 태풍통계
조류, 조석특징, 해류, 지질
- ❖ 양식 및 어업
양식어업권 통계, 양식 품종, 통계, 허가현황
- ❖ 유락지역 현황
해수욕장, 낚시터, 도시공원
- ❖ 선박통계
입항 및 출항 척수 (1990-1995년 6년간)
선박 등록 통계 (1990-1995년, 부산항만청)
어선 등록 통계 (1990-1994년, 부산시)
- ❖ 해난사고 현황 및 유발요인

지리적 특성

❖ 위치

❖ 항계선

❖ 항로 및 묘박위치

❖ 항만시설

❖ 외곽시설

❖ 접안부두 시설 현황

❖ 묘박지 현황

❖ 부산해안선 및 도서현황

위치

부산광역시 위치도

부산광역시 위치

부산광역시는 한반도 동남단에 위치하여 동쪽은 동해에 임하고, 서쪽은 진해만 수도섬 일부(E35° 10' 00")로 통영해경서와 경계, 남쪽은 남해와 접하고 있고, 북쪽은 기장군 일부 시랑리(N128° 45' 00")에서 울산해경서와 경계를 이루는 한국 제 1의 국제무역항이며, 온화한 해양성 기후를 자랑하는 배산임해의 장방형인 지형적 특수형태로, 총면적은 750km² 이고 관할해안선의 길이는 163km, 관할연안 가까이 총 37개의 도서가 분포되어 있다.

항계선

항계선 현황도

부산항만의 경계선

동백섬-오륙도-생도-두도-서도-가덕도-연도-진해 옥망산을 잇고 해수면으로소 항내 수면적은 약 163km²에 이르며 대표적인 항구는 수영만, 북항, 남항, 감천항, 다대포항 및 앞으로 개발될 가덕항으로 구성되어 있다.

항로 및 묘박위치

항로 및 묘박지 현황도

항로 : 부산항은 입·출항 선박들의 안전항해를 위하여 1, 2, 3 항로를 지정운영 하고 있다.

제 1항로(부산항로)

북항 중앙에 있는 항로로서 영도와 오륙도 중앙에서 북항 방파제 부근까지 남동-북서로 길이 약 6km, 폭 약 400m(남측 항계에서는 약 1km)가 설정되어 있다. 또한 항로 입구(항계) 남측에는 빈번한 입출항 선박의 안전항해를 위하여 부산항 출입항로 통합 분리대(중앙에 등부표 설치)를 설치하여 좌우에 출입항로를 지정운영, 이곳의 속력은 10knot이다.

노선좌표

제 2 항로(남항항로)

영도 서측해역 중앙에 남북으로 설정되어 있으며 북쪽은 남항방파제에서 남쪽으로 제 4구 경계선 까지이다. 남쪽 입구는 등부표 2기가 좌우에 설치되어 있다.

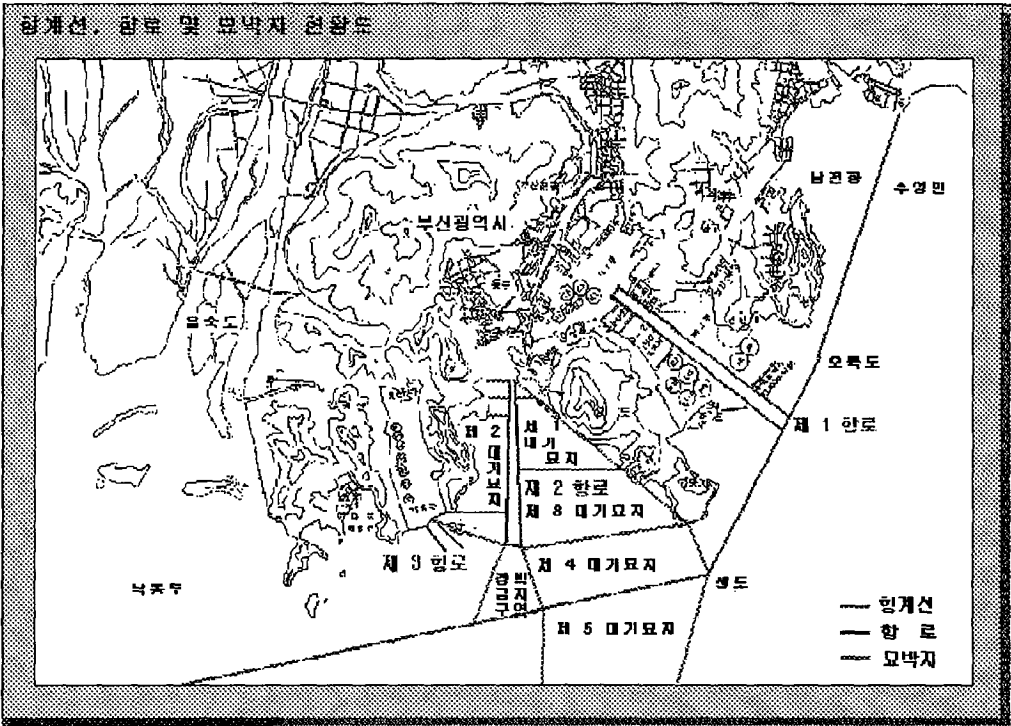
노선좌표

제 3 항로(감천항로)

감천항에 입출항 하기 위한 항로로서 감천항 방파제 양기단에서 진방위 135 로 제 5 구 경계선까지 설정되어 있다.

노선좌표

항계선, 항로 및 모박지 현황도



외곽시설

방파제 13개소, 총 연장길이: 6,394m

북내항

북방파제 : 353.5(m)
남방파제 : 711.5(m)

북외항

오륙도방파제 : 1,004(m)
조도방파제 : 700(m)

남항

동방파제 : 134(m)
서방파제 : 394(m)
방파제 : 1,353(m)

감천항

동방파제 : 500(m)
서방파제 : 650(m)

남천항 및 수영만

동방파제 : 138.2(m)
중앙방파제 : 165.3(m)
서방파제 : 180 (m)

다대포항

방파제 : 110(m)

호안시설 총 연장길이: 14,403m

북항

내.외 호안: 10,801(m)

남항

호안: 1,006(m)

감천항

호안시설: 343.2(m)

남천항 및 수영만

동국제강 호안: 1,189 (m)
위험물부두호안: 303.6(m)

다대포항

호안시설: 760(m)

접안부두 시설 현황

북항

- | | | |
|----------------|--------------|---------|
| ❖ 제 1부두 및 여객부두 | ❖ 제 2부두 | ❖ 중앙부두 |
| ❖ 제 3부두 | ❖ 제 4부두 | ❖ 양곡부두 |
| ❖ 자성대부두 | ❖ 제 7부두 | ❖ 제 8부두 |
| ❖ 연합부두 | ❖ 신선대 행정선부두 | ❖ 신선대부두 |
| ❖ 동명부두 | ❖ 감만부두, 동측안벽 | |

수영만


- | | | |
|--------|----------|-----------|
| ❖ 옹호부두 | ❖ 동국제강안벽 | ❖ 부산수영요트장 |
|--------|----------|-----------|

감천항

- | | | |
|----------|----------|--------|
| ❖ 감천중앙부두 | ❖ 한보부두 | ❖ 미행부두 |
| ❖ 남성조선부두 | ❖ 모든석유부두 | ❖ 한전안벽 |
| ❖ 삼한안벽 | | |

요박지 현황

북내항	북외항	감천항	남항	수영만	다대포항
-----	-----	-----	----	-----	------

 [앞 페이지로 이동](#)

총 138개소로 설정 이용되고 있으며, 항구별로는 북내항 6석, 북외항 17석, 감천항 7석, 남항 100석, 수영만 3석, 다대포 5석 지정 운영중이다.

북내항

- **E-1** 수심: 8.0(m)
 위치 : 35° 05' 53"N, 129° 02' 58"E
 요박가능선박규모 : 5,000 톤 미만 x 1
 저질 : 펄
- **E-2** 수심: 8.0(m)
 위치 : 35° 06' 02"N, 129° 03' 07"E
 요박가능선박규모 : 5,000 톤 미만 x 1
 저질 : 펄
- **E-3** 수심: 8.0(m)
 위치 : 35° 06' 09"N, 129° 03' 18"E
 요박가능선박규모 : 5,000 톤 미만 x 1
 저질 : 펄
- **E-4** 수심: 9.6 - 9.8(m)
 위치 : 35° 06' 15"N, 129° 03' 32"E
 요박가능선박규모 : 5,000 톤 미만 x 1
 저질 : 펄
- **E-5** 수심: 9.0(m)
 위치 : 35° 06' 22"N, 129° 03' 21"E
 요박가능선박규모 : 5,000 톤 미만 x 1
 저질 : 펄
- **E-6** 수심: 9.6 - 9.8(m)
 위치 : 35° 06' 15"N, 129° 03' 06"E
 요박가능선박규모 : 5,000 톤 미만 x 1
 저질 : 펄

북외항

- **O-2** 수심: 6.3 - 7.0(m)
 위치 : 35° 05' 29"N, 129° 04' 21"E
 35° 05' 47"N, 129° 04' 35"E
 35° 05' 27" 5N, 129° 05' 06"E
 35° 05' 04" 5N, 129° 04' 44"E
 요박가능선박규모 : 3,000 톤 미만 x 10

- 저질 : 펄
 비고 : 4점을 연결한 선내의 해면
- **M-7** 수심: 7.0 - 7.3(m)
 위치 : 35° 05' 13"N, 129° 05' 07"E
 묘박가능선박규모 : 10,000 톤 미만 x 1
 저질 : 펄
 - **M-8** 수심: 9.0 - 10.1(m)
 위치 : 35° 05' 03"N, 129° 05' 20"E
 묘박가능선박규모 : 10,000 톤 미만 x 1
 저질 : 펄
 - **M-9** 수심: 10.0 - 11.0(m)
 위치 : 35° 04' 51"N, 129° 05' 36"E
 묘박가능선박규모 : 10,000 톤 미만 x 1
 저질 : 펄
 - **M-10** 수심: 8.3 - 9.0(m)
 위치 : 35° 04' 54"N, 129° 05' 06"E
 묘박가능선박규모 : 10,000 톤 미만 x 1
 저질 : 펄
 - **M-11** 수심: 8.3 - 9.0(m)
 위치 : 35° 04' 42"N, 129° 05' 20"E
 묘박가능선박규모 : 10,000 톤 미만 x 1
 저질 : 펄
 - **A-2** 수심: 14(m)
 위치 : 35° 05' 15"N, 129° 06' 15"E
 묘박가능선박규모 : 10,000 톤 미만 x 1
 저질 : 펄
 - **A-6** 수심: 8.5 - 9.3(m)
 위치 : 35° 05' 29"N, 129° 06' 27"E
 묘박가능선박규모 : 10,000 톤 미만 x 1
 저질 : 펄

감천항

- **K-1** 수심: 8.2(m)
 위치 : 35° 04' 12"N, 129° 00' 00"E
 묘박가능선박규모 : 1척
 저질 : 펄
- **K-2** 수심: 9.0(m)
 위치 : 35° 04' 04"N, 129° 00' 02"E
 묘박가능선박규모 : 1척
 저질 : 펄
- **K-3** 수심: 10.0(m)
 위치 : 35° 05' 55" 7N, 129° 04' 58"E

- 묘박가능선박규모 : 1척
 - 저질 : 펄
- **K-4** 수심: 10.1(m)
 - 위치 : 35° 03' 46"N, 129° 00' 06"E
 - 묘박가능선박규모 : 1척
 - 저질 : 펄
- **K-5** 수심: 12.0(m)
 - 위치 : 35° 03' 34"N, 129° 00' 08"E
 - 묘박가능선박규모 : 1척
 - 저질 : 펄
- **K-6** 수심: 12.0(m)
 - 위치 : 35° 03' 22"N, 129° 00' 11"E
 - 묘박가능선박규모 : 1척
 - 저질 : 펄
- **K-7** 수심: 12.0(m)
 - 위치 : 35° 03' 09"N, 129° 00' 14"E
 - 묘박가능선박규모 : 1척
 - 저질 : 펄

남항

- **N-1(남외항I)**
 - 수심: 6.0 - 10.0(m)
 - 위치 : 35° 04' 42"N, 129° 02' 29"E
 - 35° 04' 42"N, 129° 02' 09"E
 - 35° 03' 37"N, 129° 02' 16"E
 - 35° 03' 37"N, 129° 04' 00"E
 - 묘박가능선박규모 : 1,000 톤 미만 40척
 - 저질 : 펄
 - 비고 : 4점을 연결한 선내의 해면
- **N-1(남외항II)**
 - 수심: 7.0 - 20.0(m)
 - 위치 : 35° 04' 24"N, 129° 01' 36"E
 - 35° 04' 24"N, 129° 02' 00"E
 - 35° 02' 59"N, 129° 02' 00"E
 - 35° 02' 59"N, 129° 01' 02"E
 - 묘박가능선박규모 : 1,000 - 3,000 톤 10척
 - 저질 : 펄
 - 비고 : 돌풍현상시 닻이 끌려 영도해안에 좌초선박 발생 빈번
- **N-1(남외항III)**
 - 수심: 15.0 - 25.0(m)
 - 위치 : 35° 03' 37"N, 129° 04' 00"E

35° 03' 37"N, 129° 02' 16"E

35° 02' 28"N, 129° 02' 21"E

35° 02' 47"N, 129° 05' 18"E

묘박가능선박규모 : 3,000 - 10,000톤 20척

저질 : 펄

비고 : 돌풍현상시 닻이 끌려 영도해안에
좌초선박 발생 빈번

• N-1(남외항IV)

수심 : 12.0 - 40.0(m)

위치 : 35° 02' 47"N, 129° 05' 18"E

35° 02' 28"N, 129° 02' 21"E

35° 01' 29"N, 129° 02' 45"E

35° 02' 03"N, 129° 05' 40"E

묘박가능선박규모 : 10,000 톤 이상 10척

저질 : 펄

비고 : 돌풍현상시 닻이 끌려 영도해안에
좌초선박 발생 빈번

• N-1(남외항V)

수심 : 40.0 - 60.0(m)

위치 : 35° 01' 29"N, 129° 02' 45"E

35° 00' 00"N, 129° 02' 47"E

35° 00' 00"N, 129° 05' 00"E

35° 02' 03"N, 129° 05' 40"E

묘박가능선박규모 : 10,000 톤 이상 20척

저질 : 펄

비고 : 돌풍현상시 닻이 끌려 영도해안에
좌초선박 발생 빈번

수영만

수심 : 7.0 - 8.0(m)

• 위치 : 35° 08' 15"N, 129° 07' 53"E

묘박가능선박규모 : 10,000 x 1(반경 300m)

• 위치 : 35° 08' 34"N, 129° 08' 10"E

묘박가능선박규모 : 10,000 x 1(반경 300m)

• 위치 : 35° 08' 40"N, 129° 08' 35"E

묘박가능선박규모 : 5,000 x 1(반경 280m)

저질 : 암반이 많음

다대포항

수심 : 7.0 - 8.0(m)

위치 : 35° 03' 08"N, 129° 29' 16"E를


중심으로 반경 280m 이내 해면

묘박가능선박규모 : 3,000 톤 급 5척

저질 : 펄

부산해안선 및 도서 현황 (부산시 통계 1996년)

중 구	서 구	동 구	영 도 구	남 구
수 영 구	해운대구	사 환 구	감 서 구	기 장 구

 앞 페이지로 이동

중구

- 해안선 : 4.835 km
- 도서수 : -
- 면 적 : 35.81 km²

서구

- 해안선 : 10.59 km
- 도서수 : 무인도 2 개
- 인근 내륙과 거리 : 암남동(두도:3, 동도:1.5)
- 면 적 : 0.0218 km²

동구

- 해안선 : 7.66 km
- 도서수 : -

영도구

- 해안선 : 25.29 km
- 도서수 : 유인도 1개, 무인도 1개
- 인근 내륙과 거리 : 동삼동(생도:4.7)
- 면 적 : 0.0218 km²

남구

- 해안선 : 25.37 km
- 도서수 : 무인도 7개
- 인근 내륙과 거리
 용호동(방패도:2, 솔도:2)
 오륙도(수리도:2, 송곳도:2, 굴도:2, 등대도:2, 거무도:2)
- 면 적 : 0.0218 km²

수영구

- 해안선 : 6.05 km
- 도서수 : -

해운대구

- 해안선 : 13.09 km
- 도서수 : -

사하구

- 해안선 : 40.792 km
- 도서수 : 무인도 12개
- 인근 내륙과 거리
다대동(팔봉도:1.6, 동호도:3.6, 동도:3.1, 쥐도:2.5,
모자도:2.2, 오리도:1.4, 자도:1.9, 금문도:1.8, 북형제도:4.9,
남형제도:8.6, 나무도:3.4, 솔도:0.1)
- 면 적 : 0.0933 km²

강서구

- 해안선 : 23.28 km
- 도서수 : 유인도 1개, 무인도 12개
- 인근 내륙과 거리
명지동(장자도:2.6, 대마동도:1.2)
신호동(진우도:1.2)
성북동(토도:0.9, 호남도:1.6, 입도:1.7, 견마도:1.5)
천성동(미박도:7.2, 대죽도:7.2, 종죽도:7.3)
동선동(범여도:7.7, 죽도:4.9)
- 면 적 : 22.421 km²

기장군

- 해안선 : 6.05 km
- 도서수 : 유인도 1개
- 면 적 : 0.00496 km²

해역의 특성

☞ 기상

☞ 조류

☞ 조석

☞ 해류

☞ 지질

기상

기상현황

월별기상

일별기상

기상현황

부산항은 한반도 남동단에 위치하므로 저위도일 뿐 아니라, 북서쪽에 있는 높은 산맥이 가로 놓여있어, 겨울철에는 북서풍을 막고, 남쪽과 동쪽은 바다에 임하고 있기 때문에 온화한 해양성 기후를 이루고 있으며, 연평균 기온은 13.8°C이며, 월평균 기온도 영하로 내려가는 일이 극히 드물다.

❄️바람

10월부터 다음해 5월까지 북-북서풍이 4-5m/s, 6-7월 사이는 남서풍 또는 북동풍이 4-4.3m/s로 분다. 8-9월에는 북동풍이 4m/s로 불고 동풍과 서풍은 지역적인 특성 때문에 극히 적은 편이다.

❄️비

건기(11-3월)와 우기(6-9월)는 명백하게 구분되며, 우기인 7월의 월평균 강수량은 247.6mm인데 비하여 건기인 1월은 25.3mm로서, 그 차가 222.3mm로 1월의 강우량에 비해 8배 이상에 달한다.

우기에는 장마가 계속되며, 8-9월 사이에는 이 지방을 지나는 태풍이 있어 강우는 더욱 많아진다. 연평균 강우량은 1381.6mm이다.

❄️안개

농무는 보통 5월 중순부터 7월 하순까지는 많이 발생하고, 수일간씩 지속되나 아주 심한 경우는 드물다. 시정 500m 이상인 농무 발생일 수는 연중 2-3회에 불과하다. 농무가 지속되는 시간도 3시간 내외이다.

❄️태풍

우리나라는 지리적으로 일본에 비해 태풍의 영향을 적게 받는 편이나 북동진하는 태풍 길목에 위치하여 매년 2-3회 영향을 받고 있다.

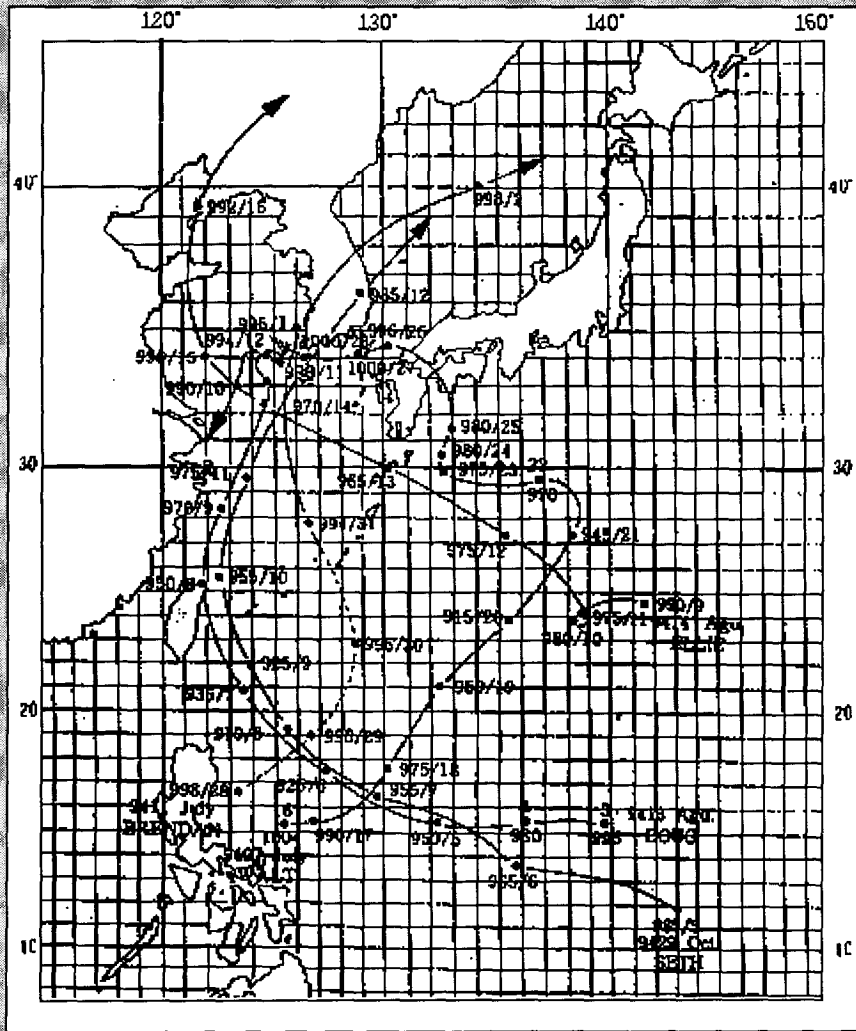
우리나라의 부근을 관통하는 태풍 경로를 분석하면 다음의 3가지 유형으로 분류할 수 있다.

- 한반도 남해안과 일본의 구주 사이를 통과하여 북동쪽으로 진행후 동해로 빠지는 태풍
 - 한반도 서해를 북상하여 만주로 빠지는 태풍
 - 서해를 북상하는 도중 경기도 부근에서 중부를 횡단하여 동해 북부로 빠지는 태풍
- 이중 남해안과 구주 사이를 통과하는 태풍의 경우, 우리나라가 진로의 좌측에 위치하게 되기 때문에 가장 큰 영향을 받는다.

태풍통과 경로

태풍경로도

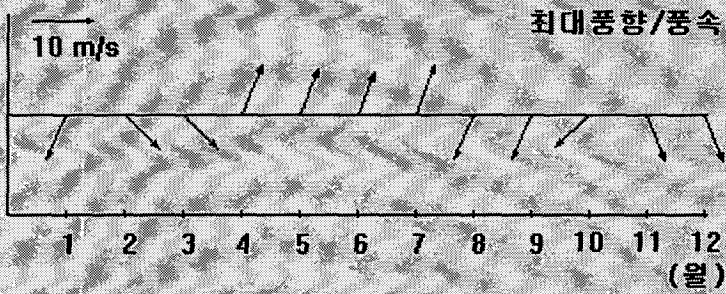
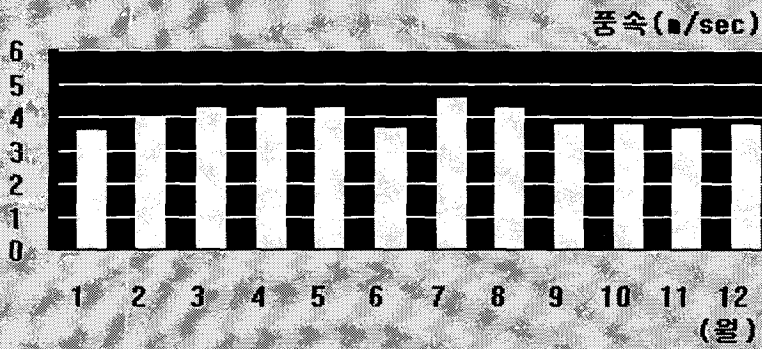
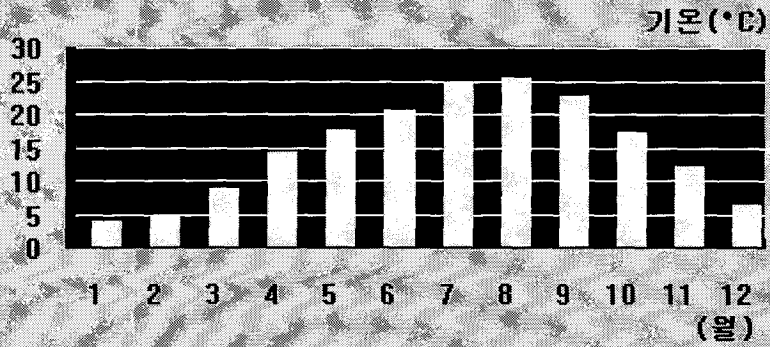
1994년



부산관할 월별 평균 기상 통계 현황 ('91-'95)

- ◆ 1991년 평균
- ◆ 1992년 평균
- ◆ 1993년 평균
- ◆ 1994년 평균
- ◆ 1995년 평균
- ◆ 1991-1995년 평균

1991년 - 1995년 까지 월평균 기상통계



부산관할 일자별 평균 기상 통계 현황 ('91-'95)

◆ 1월 평균

◆ 2월 평균

◆ 3월 평균

◆ 4월 평균

◆ 5월 평균

◆ 6월 평균

◆ 7월 평균

◆ 8월 평균

◆ 9월 평균

◆ 10월 평균

◆ 11월 평균

◆ 12월 평균

조류

최강창조류 최강낙조류

부산근해

조류는 부산근해 10마일 부근에서 북동 및 남서로 흐르고, 북동류(남서류)는 고조(저조)시로 부터 저조(고조)시 까지 흐른다. 최강유속은 대조기에 1-2knot에 달한다. 그러나 이 부근에는 항상 북동쪽으로 흐르는 해류가 있으며 그 유속은 끊임없이 변화함으로 해수의 유동은 매우 복잡하다. 해류가 강할 때는 조류를 압류하고 해류는 항상 북동쪽으로 흐르며, 유속은 부산이 고저조후 약 3시에 최강, 고조시에 최약이 된다. 그러나 해류가 약할 때는 저조와 고조 중간에 단시간이지만 남서쪽으로 흐르는 경우도 있다.

부산항

창조류

부산항의 평균 대조기의 창조류는 북항외측에서 남서류-서류가 저조전 1.7시, 저조후 1시에 시작되어 4.1-6.3시간 계속되며, 최강유속은 0.5knt 이상 1.5knot에 달하며 연안을 따라 오륙도-생도-두도의 방향으로 흐르며, 그 일부가 오륙도 앞 해역에서 분류하여 북항의 중앙부 수심골을 따라 북항 방파제입구를 거쳐 내항으로 흘러 영도대교를 지나 남항으로 빠지며, 남항외측에서는 오륙도-생도 사이에서 남서쪽으로 흐르는 창조류가 생도를 지나면서 영도의 해안선을 따라 북서쪽으로 흐르다가 남항내측에서 유출되는 창조류와 함께 시계 반대 방향으로 돌면서 두도 남쪽으로 빠지며 그 속도는 1Kn 이상이다.

낙조류

평균 대조기의 낙조류는 창조류시의 유도와 반대방향으로 흐르며 두도 남쪽에서 동쪽으로 흐르는 항외측의 조류가 남외항의 지형세를 따라 유입 시계방향으로 생도 부근으로 빠지며, 그 일부가 송도와 영도 중간에서 분류하여 남항 내측으로 흘러 영도대교 밑에서 1.6knot에 달하며, 북항 방파제 입구를 지나 북외항으로 빠져서 오륙도 앞 해역에서 항 외측의 북동쪽으로 흐르는 분류와 합류한다.

일반적으로 낙조류가 창조류에 비하여 약 30% 정도 우세하다.

감천, 다대포, 낙동강 하류

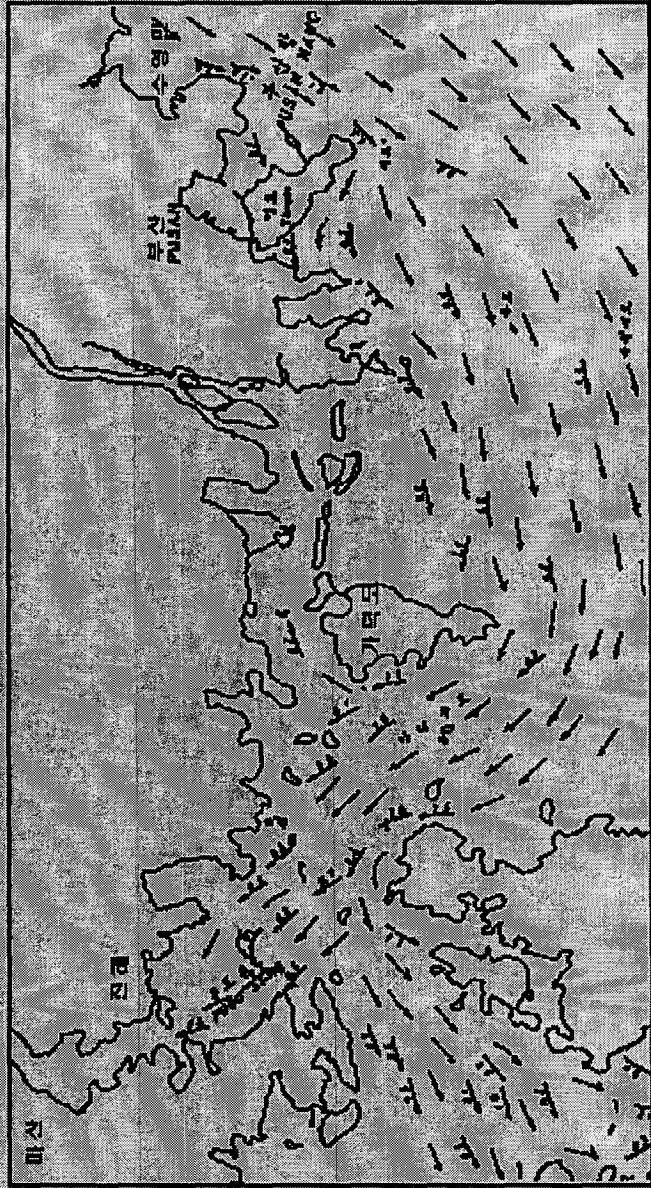
감천항 항 입구 부근에서의 조류는 창조류가 북동류로 약 1.6knot이고, 낙조류가 북서류로 약 1.9knot에 달한다. 다대항 항 입구의 조류는 약 0.4-0.5knot로 흐르며, 울운말과 서도 사이의 조류는 창조류가 남서류로서 약 1.6knot이며, 낙조류는 북동류로서 약 1.6knot정도 흐른다.

병산열도

병산열도의 조류는 창조류(북서류)는 저조후 약 1시간에 전류하여 저조후 약 3시 30분에 최강유속이 되며, 그 유속은 1.3 knot에 달한다. 낙조류(남동류)는 고조후 30분에 전류하여 고조후 약 3시에 최강유속이 되며 유속은 1.8knot에 달한다.

부산항·마산항 부근해역의 최강침조류

최강침조류



조석

간만의 차

간만의 차는 삭망의 경우 하.동계에 비하여 춘.추계에 다소 증가하여 1.3m 가량 되고, 양현의 경우는 삭망과는 반대로 춘.추계에 비하여 하.동계에는 다소 증가하여 0.5m가 된다. 또한 삭.망의 경우 하.동계에는 약 1.1m, 양현의 경우, 춘추계에는 0.4m 정도로 나타난다.

해류

❖ 해류의 진로

일본 구주 남쪽에서 쿠르시오(kuroshio 축조) 본류로부터 분리되어 대한해협을 거쳐 동해로 유입하는 대한난류는 3개로 분류되는데, 제 1분지류는 대한해협의 동수도를 지나 일본 본주의 북서해안을 따라 북쪽으로 흐르고 제 2분지류는 서수도를 거쳐 동해로 유입하면서, 동쪽으로 전향하여 은기도 외해를 거쳐 능등근해에서 제 1분지류와 합류하여 북쪽으로 흘러간다. 제 3분지류를 동해난류라 하며, 서수도를 지나 제 2분지류와 분리된 다음 우리나라 동해안을 따라 북쪽으로 흘러 죽변 근해에서 남하하는 한류세력과 서로 만나 혼합되면서, 동쪽으로 전향하여 능등 근해에서 제 1.2분지류와 합류하며, 일부는 함경남도 근해까지 북상하는 세력을 보인다. 계절과 년도에 따라 세력의 소장이 있어 함경남도 외해까지 미칠때가 있으나 동계에는 죽변-울릉도 사이에서 주문진 외해까지 한계이다.

북상류의 외측(울릉도 서부와 북부)에서는 난류의 유향이 동전향에 따라 좌선회하는 와류를 형성하며, 비교적 난온(10°C 이상) 고염(32.20% 이상)인 대한 난류계의 난수가 표면하 200m인 심부까지 미치고 있으며, 강원도 북부 외해에 있어서도 때때로 우선회하는 와류를 볼 수 있고, 이 부근 일대에는 한난류가 서로 만나는 해역으로 종종 복잡한 해황을 이룬다.

동해에 유입한 대한난류는 그 대부분이 진경(쓰가루)해협과 종곡(소오야)해협을 지나서 태평양쪽으로 흘러가는 한편, 동해 북부에 있는 해수는 그 해역의 기후, 특히 겨울철의 저온, 용염에 의해 수온이 낮아져서 그 수괴가 리만해류(Liman Current)를 형성하고 연해의 부근에서는 연해주 해류, 북한 근해에서는 북한한류(North Korea Cold Current)를 형성한다. 북한한류는 함경남북도에서 남하하여 강원도 남부연안까지 남하한다. 그러나 경상북도 연안부터는 표층부터 심하되어 하층류가 형성되며, 영일면 이남에서는 저층수나 연안용승으로 나타날 때도 있다. 동해에 있어서 대한난류의 속도는 상층에서 0.5-1.0knot이나 곳에 따라서 상당한 차이가 있으며, 대한해협에서는 2.0knot 이상일 때가 있고 겨울철보다 여름철에 강하다. 그리고 수심이 깊어질수록 유속은 약해져 200-300m층에서는 매우 약할 것으로 보여진다.

지질

북향

해저지층 분포는 퇴적층, 풍화암, 기반암 등으로 분포되고 있다. 퇴적층의 하부는 조립토층이 12.4m-7.3m 두께로 N치가 31-51회로 치밀하며 상부는 세립토층이 5.0-9.2m 두께로 N치는 1-37회로 다양하다. 최상부층은 대단히 연약하여 N치가 1-2회 그 하부 실트 섞인 점토층은 4-37회로 보통 내지 견고한 토층이다.

남향

지층분포는 퇴적층, 풍화대 및 기반암의 순으로 발달되어 있으며 퇴적층은 상부에 얇게 이토층이 분포하고 그 아래는 실트질 모래 및 자갈층이 두껍게 분포된 상태이며, 그 아래는 풍화대로서 실트 또는 모래질의 토양으로 변화된 풍화도가 분포한다.

감천향

본 향은 주로 점성을 띤 이토로서 그 두께는 1m 이상 최대 19m에 달하며 향입구 부근에서 가장 두텁고 중앙수로에서 부터 만에 진입할 수록 점차 얇어져 1m내의 층후를 보이고 있다. 이 층은 연안으로 들어오면서 굵은 모래로 변하고 있으며 암남동 동물검역소 전면 이북해역과 그 대안이 이북해역 약 200m에서 부터는 자갈층 위에 피복되어 있다.

다대포 해역

전반적으로 다대포 지역의 표토층은 크게 2가지로 대별 되는데 하나는 약간의 조개껍질이 함유된 매우 연약한 SILTY CLAY이며 또 한가지는 대단히 느슨한 실트질 모래로서 구분할 수 있다. SILTY CLAY층의 표준관입시험에 의한 N치는 4-14사이로 느슨한 중간정도의 상태를 보이고 있다.

참고사항

표준관입시험은 KS F 2318 규정임
(타격회수 50회에서 30cm가 관입된 회수)

- 점토 및 실트 : 0 - 7회/30cm
- 자 갈 : 23회/30cm - 35회/30cm
- 풍 화 토 : 34회/30cm - 50회/30cm³⁴
- 풍 화 암 : 50회 이상

양식 및 어업

☞ 양식 · 어업권 현황

☞ 양식어업 품종별 현황

☞ 육상 양식어업 허가 현황

양식 · 어업권 현황

서 구	남 구	수 영 구	영 도 구	사 하 구
해운대구	경서구	치정군	진해시	통계

▶ 앞 페이지로 이동

단위 (건/ha)

서구

- 공동어업 - 건수: 2, 면적 : 76
- 정치망어업 - 건수 : - , 면적 : -
- 양식어업
 - 해조류 - 건수 : 1, 면적 : 6 (미역)

남구

- 공동어업 - 건수: 1, 면적 : 62
- 정치망어업 - 건수 : - , 면적 : -
- 양식어업
 - 해조류 - 건수 : 2, 면적 : 24 (미역)

수영구

- 공동어업 - 건수: 1, 면적 : 114
- 정치망어업 - 건수 : - , 면적 : -
- 양식어업
 - 해조류 - 건수 : -, 면적 : -

영도구

- 공동어업 - 건수: 1, 면적 : 175
- 정치망어업 - 건수 : - , 면적 : -
- 양식어업
 - 해조류 - 건수 : 1, 면적 : 4 (미역)

사하구

- 공동어업 - 건수: 2, 면적 : 579
- 정치망어업 - 건수 : - , 면적 : -
- 양식어업
 - 해조류 - 건수 : 1, 면적 : 10 (파래)

해운대구

- 공동어업 - 건수: 1, 면적 : 320
- 정치망어업 - 건수 : - , 면적 : -
- 양식어업
 - 해조류 - 건수 : 8, 면적 : 119
(미역)
 - 기타 - 건수 : 2, 면적 : 10
(우렁쉥이)

강서구

- 공동어업 - 건수: 9, 면적 : 496
- 정치망어업 - 건수 : 2 , 면적 : 4
- 양식어업
 - 해조류 - 건수 : 27, 면적 : 1,417
(김, 미역, 파래)
 - 패조류 - 건수 : 24, 면적 : 289
(피조개, 반지락)
 - 기타 - 건수 : 1, 면적 : 3
(우렁쉥이)

기장군

- 공동어업 - 건수:13, 면적 : 456
- 정치망어업 - 건수 : 1 , 면적 : 2
- 양식어업
 - 해조류 - 건수 : 54, 면적 : 312
(미역, 다시마)
 - 패조류 - 건수 : 1, 면적 : 1
(전복)
 - 기타 - 건수 : 13, 면적 : 46
(우렁쉥이)

진해시

- 공동어업 - 건수: 23, 면적 : 1,060
- 정치망어업 - 건수 : - , 면적 : -
- 양식어업
 - 패조류 - 건수 : 68, 면적 : 535,111
(피조개, 꼬막, 홍합, 굴)
 - 기타 - 건수 : 2, 면적 : 10
(우렁쉥이)

총계

총건수 - 191 , 총면적 - 5,585

- 총건수 - 191 , 총면적 - 5,585
- 소계
 - 부산광역시 - 건수 : 86, 면적 : 3,708
 - 공동 어업 - 건수 : 17, 면적 : 1,822
 - 정치망어업 - 건수 : 2 , 면적 : 4
 - 양식어업
 - 해조류 - 건수 : 40, 면적 : 1,580
 - 패조류 - 건수 : 24, 면적 : 289
 - 기타 - 건수 : 3, 면적 : 13
 - 주변시.군 - 건수 : 105, 면적 : 1,877
 - 공동 어업 - 건수 : 36, 면적 : 1,516
 - 정치망어업 - 건수 : 1 , 면적 : 2
 - 양식어업
 - 해조류 - 건수 : 54, 면적 : 312
 - 패조류 - 건수 : 69, 면적 : 536,112
 - 기타 - 건수 : 13, 면적 : 46

어획시기 : 10월 - 내년 4월 까지(김, 미역)

양식어업 품종별 현황

부산시		단위(건/ha)
• 해조류	- 건수 : 40, 면적 : 1,580	
김	- 건수 : 18, 면적 : 1,347	
미역	- 건수 : 14, 면적 : 172	
파래	- 건수 : 8, 면적 : 61	
다시마	- 건수 : -, 면적 : -	
• 패조류	- 건수 : 27, 면적 : 302	
피조개	- 건수 : 22, 면적 : 250	
반지락	- 건수 : 2, 면적 : 39	
전복	- 건수 : -, 면적 : -	
꼬막	- 건수 : -, 면적 : -	
홍합	- 건수 : -, 면적 : -	
굴	- 건수 : -, 면적 : -	
우렁챙이	- 건수 : 3, 면적 : 13	

주변 시 · 군		
• 해조류	- 건수 : 54, 면적 : 321	
김	- 건수 : -, 면적 : -	
미역	- 건수 : 52, 면적 : 302	
파래	- 건수 : -, 면적 : -	
다시마	- 건수 : 2, 면적 : 10	
• 패조류	- 건수 : 82, 면적 : 560,658	
피조개	- 건수 : 63, 면적 : 536,111	
반지락	- 건수 : -, 면적 : -	
전복	- 건수 : 1, 면적 : 1	
꼬막	- 건수 : 3, 면적 : 24,500	
홍합	- 건수 : 1, 면적 : 13,160	
굴	- 건수 : 1, 면적 : 4,950	
우렁챙이	- 건수 : 13, 면적 : 13	

육상 양식어업 허가 현황

총건수 : 35, 총면적 : 5 단위(건/ha)

☼강서구

- 건수 : 1, 면적 : 0.029
- 주요품종 : 넙치

☼기장군

- 건수 : 34, 면적 : 5
- 주요품종 : 넙치

유락지역 현황

해수욕장

- 광안리 : 남 구, 2.3km(폭:25~110m)
- 해운대 : 해운대구, 1.4km(폭:30~50m)
- 송정 : 해운대구, 1.2km(폭:50m)
- 송도해 : 서 구, 0.5km(폭:7~15m)
- 다대포 : 사 하 구, 1.5km(폭:200m)

낚시터

- 오륙도, 이기대 : 남구, 500~100명 수용
- 송정~기장, 해운대 : 해운대구, 500~100명 수용
- 청사포, 동백섬 : 해운대구, 500~100명 수용
- 송도 : 서구, 500~100명 수용
- 다대포, 쥐섬 : 사하구, 500~100명 수용
- 안골동 : 진해시, 500~100명 수용

- 어종: 볼락, 열기, 노래비, 망상어 등
- 배낚시 및 갯바위 낚시

도서공원

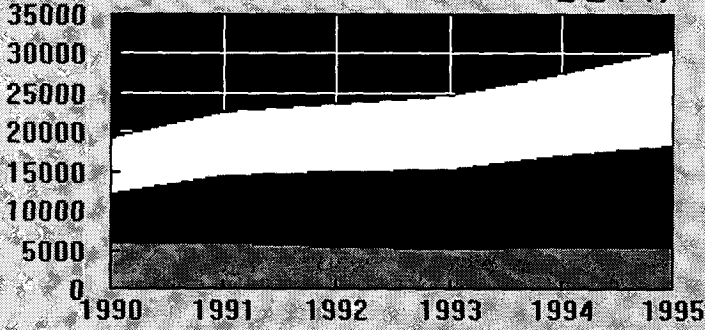
- 동백섬 : 해운대구
- 태종대 : 영도구
- 송도, 두도 : 서구 , 0.5ha

요트장

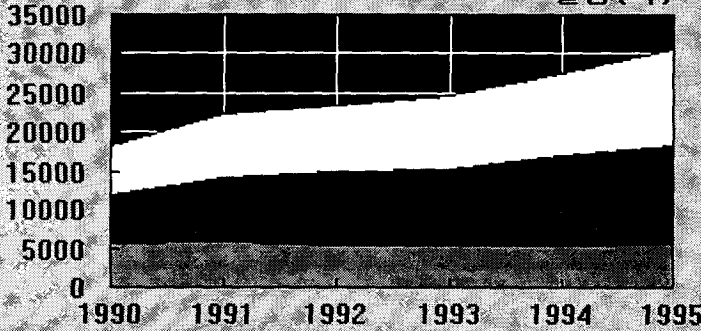
- 해운대구

선박 입·출항 현황(항만청)

입항(척)

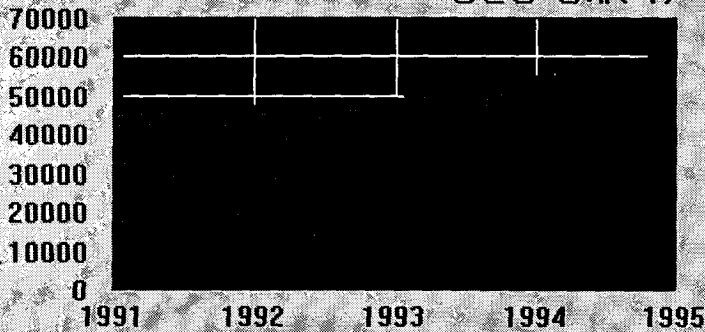


출항(척)



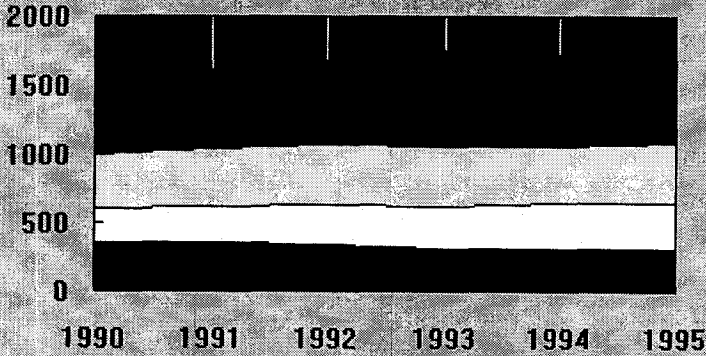
■ 국적선 ■ 외국선 □ 연안선

입출항 총계(척)



선박 등록 현황(부산항만청)

등록선박수(척)

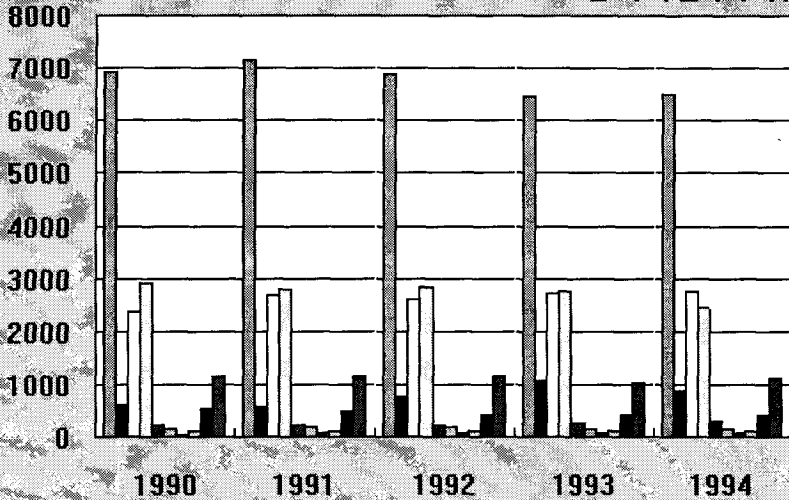


■ 여객선 ■ 화물선 □ 유조선 □ 예선 ■ 기타선

■ 기타선은 관공선 포함

어선 등록(보유) 현황(부산시)

등록어선수(척)



동력선	무동력선	1톤 미만
1-5톤 미만	5-10톤 미만	10-20톤 미만
20-30톤 미만	30-50톤 미만	50-100톤 미만
100톤 이상		

년도	1990	1991	1992	1993	1994
어선등록 총척수	7,517	7,712	7,626	7,509	7,379

해난사고 현황 및 유발요인

(1982-1991, 해난심판사례집 자료)

❖ 해난사고 현황

우리나라 각 지방 해난심판원에서 재결한 총돌 1,117, 좌초 509건 및 침몰사고 363건 등의 대표적인 3가지 해난사고중에서 우리나라 연안 부근의 항로 설정과 직접 또는 간접으로 영향이 있을 것으로 예측되는 지정항로나 협수로 및 항내에서 일어난 총돌 592건, 좌초 390건 및 침몰 241건 등 전체 1,223건 중(어선제외) 부산항의 출입항로 및 연안해역의 사고발생 현황. 지점을 해도상에 표기하면 다음과 같다.

◆ 부산항의 출입항로 및 연안해역

부산항의 지정항로 및 항계 부근에서 발생한 총돌사고의 구체적인 위치는 다음과 같다.

- ◆ 부산 내항방파제 안쪽 항내 : 16건
- ◆ 내항방파제와 조도 및 오륙도방파제 사이 항로 : 29건
- ◆ 영도대교 교각 부근 : 2건
- ◆ 부산 남항방파제 및 남항 정박요지 부근 : 29건
- ◆ 생도와 태종대 등대 앞 부근 : 5건

❖ 유발요인

위에서 알 수 있는 바와 같이 부산항의 내항방파제와 외항의 조도 및 오륙도방파제 사이의 항로에서 많은 사고가 발생하고 있는 것은 이곳의 항로폭이 380미터 정도이고 대형 컨테이너선 2척이 병항하기에는 좁은 수로인데 여기에 많은 잠종 예인선들이 입항항로 좌측의 M정박요지에 묘박하기 위하여 항로를 가로질러서 항행하므로 특히 시계가 제한될 때는 많은 사고 위험이 존재하기 때문이다. 또한 남항 항로에서 많은 사고가 발생하는 것은 영도대교 부근에 많은 어선들과 잠종선들이 출입하고 있고, 한려수도과 부산을 잇는 정기 여객선들의 항로가 교차, 집합하는 지점이기 때문에 특히 많은 사고가 발생하고 있다.

(부산항 출입항로는 삼각형의 통항분리대로서 선박의 속력은 10노트로 제한되어 있고 길이 20미터 미만의 선박 또는 범선은 통항분리항로의 바깥을 이용하여 출입항할 수 있도록 되어 있다.)

울산지역 환경 민감도 자료

✧ 지리적특성

해역의 범위, 중점관리해역, 접안부두(계류시설)
해수이용지구(원자력발전소, 화력발전소)

✧ 해역의 특성

기상통계(월별), 태풍통계
조류, 조석특징

✧ 양식 및 어업

양식어업권 통계, 양식 품종, 어업지역

✧ 유락지역 현황

해수욕장, 공원 및 유적지, 낚시터

지리적 특성

- ✦ 해역의 범위
- ✦ 중점관리해역
- ✦ 접안부두(계류시설)
- ✦ 해수이용지구

해역의 범위

울산시 위치도

관할해역의 범위

- 북 : 경상북도 남단 경계선 (경남 울산시 울주구 강동면 신명리) 지점
- 남 : 경상남도 양산군 남단 경계선 (경남 양산군 기장읍 공수리) 지점
- 해상 : 어업자원 보호선 내측을 연결한 해역

중점관리해역

중점관리(취약)해역

- 연안오염특별 관리 해역(환경처 지정)
 - 면적 : 약 51km² 해역
 - 범위 : 내 미포를 기점으로 하여 미포항 항계의 최우단점(N 35° 30' 45" E 129° 28' 18")과 울산군 온산면 당월리 동단을 잇는 안쪽의 해변(N 35° 24' 12", E 129° 21' 57")
- 특별해역(해양경찰청 지정)
 - 면적 : 약 80 km² 해역
 - 범위 : 울산시 동구 방어동 남단 5마일 해점에서 울산군 온산면 당월리를 연결한 내측해역

접안부두

울산항	본부두	용잠부두	범종부두	기타부두	총 계
울산항	용잠부두	범종부두	기타부두	총 계	

▶ 앞 페이지로 이동

울산항 본부두

- 석탄부두 길이: 270 (m)
수심: 12 (m)
접안능력: 40,000 (D.W.T)
주 취급 화물: 석탄
- 제 1부두 길이: 151 (m)
수심: 8 (m)
접안능력: 5,000 (D.W.T)
주 취급 화물: 석탄
- 제 2부두 길이: 602 (m)
수심: 9.12 (m)
접안능력: 65,000 (D.W.T)
주 취급 화물: 목재, 철재
- 제 3부두 길이: 347 (m)
수심: 9 (m)
접안능력: 10,000 (D.W.T)
주 취급 화물: 시료, 액체물질
- 제 4부두 길이: 322 (m)
수심: 11 (m)
접안능력: 70,000 (D.W.T)
주 취급 화물: 비료원료
- 제 5부두 길이: 270 (m)
수심: 12 (m)
접안능력: 20,000 (D.W.T)
주 취급 화물: 소금, 우드칩
- 제 6부두 길이: 465 (m)
수심: 12 (m)
접안능력: 30,000 (D.W.T)
주 취급 화물: 비료, 컨테이너

울산항 용잠부두

- 용잠 1부두 길이: 143 (m)
수심: 7 (m)
접안능력: 3,000 (D.W.T)
주 취급 화물: 액체물질
- 용잠 2부두 길이: 20 (m)

- 용잠 2부두 길이: 20 (m)
수심: 7 (m)
접안능력: 20,000 (D.W.T)
주 취급 화물: 액체물질
- 용잠 3부두 길이: 100 (m)
수심: 7 (m)
접안능력: 3,000 (D.W.T)
주 취급 화물: 액체물질
- 양곡 부두 길이: 185 (m)
수심: 13 (m)
접안능력: 50,000 (D.W.T)
주 취급 화물: 양곡
비고: 태영산업

울산항 유공부두

- 유공 1부두 길이: 37 (m)
수심: 7 (m)
접안능력: 3,000 (D.W.T)
주 취급 화물: 유류
비고: 유공
- 유공 2부두 길이: 430 (m)
수심: 8 (m)
접안능력: 16,000 (D.W.T)
주 취급 화물: 유류
비고: 유공
- 유공 3부두 길이: 130 (m)
수심: 12 (m)
접안능력: 35,000 (D.W.T)
주 취급 화물: 유류
비고: 유공
- 유공 4부두 길이: 228 (m)
수심: 10 (m)
접안능력: 28,000 (D.W.T)
주 취급 화물: 유류
비고: 유공
- 유공 5부두 길이: 798 (m)
수심: 8 (m)
접안능력: 22,000 (D.W.T)
주 취급 화물: 유류
비고: 유공
- 유공 6부두 길이: 347 (m)
수심: 15 (m)
접안능력: 70,000 (D.W.T)
주 취급 화물: 유류

- 유공 7부두 비교: 유공
 길이: 370 (m)
 수심: 15 (m)
 접안능력: 70,000 (D.W.T)
 주 취급 화물: 유류
- 유공 원유 비교: 유공
 1 부이 길이: 1 기
 수심: 22 (m)
 접안능력: 250,000 (D.W.T)
 주 취급 화물: 원유
- 유공 7부두 비교: 유공
 2 부이 길이: 1 기
 수심: 27 (m)
 접안능력: 200,000 (D.W.T)
 주 취급 화물: 원유
 비교: 유공

울산항 기타부두

- 일반부두 길이: 799 (m)
 수심: 8 (m)
 접안능력: 16,000 (D.W.T)
 주 취급 화물: 잡화화물
- 장생포 길이: 108 (m)
 통선장 수심: 4 (m)
 주 취급 화물: 통선계류
- 한진중공업 길이: 190 (m)
 부 두 수심: 7 (m)
 접안능력: 6,000 (D.W.T)
 주 취급 화물: 선박 건조
 비교: 한진중공업
- 유공 가스 길이: 360 (m)
 부 두 수심: 7.5 (m)
 접안능력: 9,000 (D.W.T)
 주 취급 화물: 프로판, 부탄
 비교: 유공가스
- 자동차부두 길이: 568 (m)
 수심: 11.5 (m)
 접안능력: 40,000 (D.W.T)
 주 취급 화물: 자동차
 비교: 현대자동차
- 현대 미포 길이: 2,891 (m)
 조선 수심: 8 (m)
 접안능력: 143,000 (D.W.T)
 주 취급 화물: 선박수리

- 동양 부두 비고: 미포조선소
길이: 23 (m)
수심: 6 (m)
접안능력: 1,000 (D.W.T)
주 취급 화물: 액체화물
비고: 동양폴리에스터
- 현대중공업 길이: 4,740 (m)
부 두 수심: 10 (m)
접안능력: 3,060,000 (D.W.T)
주 취급 화물: 선박건조
비고: 현대중공업

울산항 총계

- 총 계 길이: 2,377 (m)
수심: . (m)
접안능력: 240,000 (D.W.T)

온산항 온산부두

- 온산 1부두 길이: 210 (m)
접안능력: 20,000 (D.W.T)
주 취급 화물: 비료, 비료원료
- 온산 2부두 길이: 210 (m)
수심: 11 (m)
접안능력: 20,000 (D.W.T)
주 취급 화물: 동광 등
- 온산 3부두 길이: 210 (m)
수심: 12 (m)
접안능력: 20,000 (D.W.T)
주 취급 화물: 아연광 등
- 온산 4부두 길이: 210 (m)
수심: 11 (m)
접안능력: 20,000 (D.W.T)
주 취급 화물: 시멘트 등

온산항 쌍용부두

- 쌍용 1부두 길이: 270 (m)
조선 수심: 12 (m)
접안능력: 20,000 (D.W.T)
주 취급 화물: 유류
비고: 쌍용정유
- 쌍용 2부두 길이: 330 (m)
수심: 14 (m)
접안능력: 90,000 (D.W.T)
주 취급 화물: 유류

- 쌍용원유 부 이
 - 비고: 쌍용정유
 - 길이: 1 기
 - 수심: 27 (m)
 - 접안능력: 260,000 (D.W.T)
 - 주 취급 화물: 원유
 - 비고: 쌍용정유

온산항 기타부두

- 정일 부두
 - 길이: 178 (m)
 - 조선 수심: 11 (m)
 - 접안능력: 20,000 (D.W.T)
 - 주 취급 화물: 액체물질
 - 비고: 정일에너지
- 유화 부두
 - 길이: 320 (m)
 - 수심: 12 (m)
 - 접안능력: 80,000 (D.W.T)
 - 주 취급 화물: 액체물질
 - 비고: 대한유화
- 석개원유 부 이
 - 길이: 1 기
 - 수심: 25 (m)
 - 접안능력: 260,000 (D.W.T)
 - 주 취급 화물: 원유
 - 비고: 석유공사

온산항 총계

- 총 계
 - 길이: 1,958 (m)
 - 수심: . (m)
 - 접안능력: 810,000 (D.W.T)

해수이용지구

원자력 발전소

- 한국전력 고리원자력발전소

화력발전소

- 한국전력 울산화력발전소
- 한국전력 영남화력발전소

해역의 특성

✧ 조류

✧ 기상

조류

☞ 울산항 내항

창조류

육지 연안과 평행하게 난류하는 1노트 미만의 미약한 조류가 방어진항 부근의 울산항 우측에 이르면 난류 여세로 항구 좌측의 남화동 쪽으로 치우쳐 접근하면서 유희하여 항내로 유입, 조류가 장생포항 입구에 다다르면 작은 분기가 좌선회하면서 0.5노트 정도로 감속되고 영포동과 성내리 주위에서는 시계 방향의 조류가 형성되면서 0.8노트 미만으로 감속된다.

낙조류

외해측으로 유출되고 만구를 나올때는 0.8정도가 되면서 육지부에 접근하면서 복류한다.

☞ 울산항 외항

창조류

유항은 주로 남동-남-남서류로서 외양에 변한 조류는 일률적으로 남류를 유지하나 연안 가까운 곳에서는 지형에 따라 다양한 흐름을 볼 수 있다.

울산만구의 방도리와 신암리 방파제 끝을 통과한 본류는 외해에서 0.5-0.8KT, 내해측에서 0.5KT 미만의 강세를 보이면서 범월갑에 이르면 내해측은 더욱 감소되면서 이진리 연안을 따라 남서류로 전향하여 항내 깊숙히 스쳐 남류로 되고 외해측의 강한 유속의 분기점을 이루는데 이곳을 통과한 내만측 지류는 당월리 지선을 스쳐 동류로 전향하면서 연자도 동류로 전향하면서 연자도 동단외 당월리 끝으로 계속 흘러 이곳에서 외해측 남류와 합류한 후 우봉리 끝으로 통과한다.

한편 방도리, 하산리, 범월갑, 연자도 내해측에서는 지형적인 와류 현상이 생길때가 있다.

낙조류

대체적으로 창조류와 반대 방향으로 흐르는데 유속은 창조때보다 다소 약한편이다.

우봉리끝을 0.8KT내외의 유속으로 복류한 주류는 이곳을 지나면서 연자도 동측을 유과하는 외해성의 비교적 강한 유속을 가진 주류와 당월리 지선으로 좌선회 하면서 서향류가 되어 0.3 - 0.5KT의 유속으로 연안 깊숙히 스치는 지류로 나누어 진다.

그후 연자도에서의 연안류는 육안을 따라 계속 북상한 후 이진리에서 지형적인 영향으로 급 우선회하여 동류가 되면서 연자도 동측의 복류와 범월갑에서 합류하여 0.8KT 내외의 비교적

강한 유속으로 바뀌어 북류한다. 그후 신암리를 거치는 동안
감속되어 방도리 부근에서는 0.3KT 내외의 저속으로 북상하다가
울산만구에 이르면 다시 가속된다.
한편 당월리 안벽, 범월갑 부근에서는 지형적인 와류 현상이
생길때도 있다.

기장군 해역

창조류

연안측을 따라 1노트 이상으로 남서류하면서 고리 안쪽으로 분리가
형성되나 대개는 일정한 유향, 유속을 나타낸다.

낙조류

창조류와 반대로 1노트 내외의 유속으로 북동류 한다. 유속은 다소
강한 편이나 유량은 일정하거나 단조로운 편이라 할 수 있다.

울산 내한 경조류



기상

울산시

풍향: 북동
풍속: 2.0 (m/sec)
강우량: 1,250 (mm)
기온: 13.9 (°C)
파고: 1.0 (m/s)
태풍: 31 (회)

기장군

풍향: 북동
풍속: 2.1 (m/sec)
강우량: 1,280 (mm)
기온: 14.8 (°C)
파고: 1.2 (m/s)
태풍: 33 (회)

양식 및 어업

☛ 어업지역

☛ 어장 및 양식장 현황

어업지역

울산시

제 1종공동어업

- 어기: 7 - 10월
- 어종: 멸치
- 조업구역: 강동 - 대변

- 어기: 2- 11월
- 어종: 갈치, 삼치, 방어, 송어, 학꽂치
- 조업구역: 방어진 연근해

정치어업

- 어기: 3- 11월
- 어종: 멸치, 갈치, 바어, 삼치
- 조업구역: 방어진 연근해

기장군

제 1종공동어업

- 어기: 4 - 5월, 8 - 10월
- 어종: 멸치
- 조업구역: 방어진 연근해

- 어기: 1 - 12월
- 어종: 갈치, 방어, 송어, 동류, 멸치
- 조업구역: 방어진 연근해

정치어업

- 어기: 3 - 12월
- 어종: 멸치, 갈치, 방어 등
- 조업구역: 방어진 연근해


어장 및 양식장 현황

울산시 어업권

기장군 어업권

울산시 어업권

주천
울산
방어진
미포
강동
온산
서생
총계


앞 페이지로 이동

주천

- 1종 공동어업 - 건수 : 2, 면적 : 200.09
- 구획어업 - 건수 : 5, 면적 : 12.2
- 양식어업 - 건수 : 2, 면적 : 10
- 정치망어업 - 건수 : 1, 면적 : 1.5

일산

- 1종 공동어업 - 건수 : 1, 면적 : 73.92
- 구획어업 - 건수 : -, 면적 : -
- 양식어업 - 건수 : 2, 면적 : 10.8
- 정치망어업 - 건수 : 2, 면적 : 9.47

방어진

- 1종 공동어업 - 건수 : 1, 면적 : 75.995
- 구획어업 - 건수 : -, 면적 : -
- 양식어업 - 건수 : 2, 면적 : 14.6
- 정치망어업 - 건수 : -, 면적 : -

미포

- 1종 공동어업 - 건수 : 1, 면적 : 20.625
- 구획어업 - 건수 : -, 면적 : -
- 양식어업 - 건수 : -, 면적 : -
- 정치망어업 - 건수 : -, 면적 : -

강동

- 1종 공동어업 - 건수 : 8, 면적 : 479.3
- 구획어업 - 건수 : -, 면적 : -
- 양식어업 - 건수 : 38, 면적 : 307
- 정치망어업 - 건수 : 3, 면적 : 50.1

온산

- 1종 공동어업 - 건수 : 1, 면적 : 30
- 구획어업 - 건수 : -, 면적 : -
- 양식어업 - 건수 : 2, 면적 : 17.7
- 정치망어업 - 건수 : -, 면적 : -

- 정치망어업 - 건수 : -, 면적 : -

서생

- 1종 공동어업 - 건수 : 8, 면적 : 234.4
- 구획어업 - 건수 : -, 면적 : -
- 양식어업 - 건수 : 20, 면적 : 89.3
- 정치망어업 - 건수 : -, 면적 : -

총계

- 1종 공동어업 - 건수 : 22, 면적 : 1114.33
- 구획어업 - 건수 : 5, 면적 : 12.2
- 양식어업 - 건수 : 66, 면적 : 449.4
- 정치망어업 - 건수 : 6, 면적 : 61.07

기장군 어업권

공수	동암	서암	신암	대변	월전	우호	확린	미천	이동	동광
신광	철암	문종	문동	임랑	말내	죽암	총계			

▶ 앞 페이지로 이동

공수

- 1종 공동어업 - 건수 : 1, 면적 : 72.6
- 구획어업 - 건수 : 1, 면적 : 19.6
- 양식어업 - 건수 : 9, 면적 : 108.95
- 정치망어업 - 건수 : -, 면적 : -

동암

- 1종 공동어업 - 건수 : 1, 면적 : 48.5
- 구획어업 - 건수 : -, 면적 : -
- 양식어업 - 건수 : 1, 면적 : 13.33
- 정치망어업 - 건수 : -, 면적 : -

서암

- 1종 공동어업 - 건수 : 1, 면적 : 42.8
- 구획어업 - 건수 : -, 면적 : -
- 양식어업 - 건수 : 3, 면적 : 22.20
- 정치망어업 - 건수 : -, 면적 : -

신암

- 1종 공동어업 - 건수 : 1, 면적 : 35.4
- 구획어업 - 건수 : 1, 면적 : 0.5
- 양식어업 - 건수 : 1, 면적 : 5.33
- 정치망어업 - 건수 : -, 면적 : -

대변

- 1종 공동어업 - 건수 : 3, 면적 : 52.1
- 구획어업 - 건수 : 1, 면적 : 0.5
- 양식어업 - 건수 : 8, 면적 : 143.77
- 정치망어업 - 건수 : -, 면적 : -

월전

- 1종 공동어업 - 건수 : 1, 면적 : 41.9
- 구획어업 - 건수 : -, 면적 : -

- 양식어업 - 건수 : 2, 면적 : 17
- 정치망어업 - 건수 : -, 면적 : -

두호

- 1종 공동어업 - 건수 : -, 면적 : -
- 구획어업 - 건수 : -, 면적 : -
- 양식어업 - 건수 : 1, 면적 : 29.33
- 정치망어업 - 건수 : -, 면적 : -

학리

- 1종 공동어업 - 건수 : 2, 면적 : 13.75
- 구획어업 - 건수 : -, 면적 : -
- 양식어업 - 건수 : 5, 면적 : 66.42
- 정치망어업 - 건수 : 1, 면적 : 2.16

이천

- 1종 공동어업 - 건수 : -, 면적 : -
- 구획어업 - 건수 : -, 면적 : -
- 양식어업 - 건수 : 4, 면적 : 45.4
- 정치망어업 - 건수 : -, 면적 : -

이동

- 1종 공동어업 - 건수 : -, 면적 : -
- 구획어업 - 건수 : 1, 면적 : 1.8
- 양식어업 - 건수 : 28, 면적 : 267.77
- 정치망어업 - 건수 : -, 면적 : -

동백

- 1종 공동어업 - 건수 : 1, 면적 : 63.5
- 구획어업 - 건수 : -, 면적 : -
- 양식어업 - 건수 : 6, 면적 : 48.08
- 정치망어업 - 건수 : -, 면적 : -

신평

- 1종 공동어업 - 건수 : 1, 면적 : 19.5
- 구획어업 - 건수 : -, 면적 : -
- 양식어업 - 건수 : 6, 면적 : 86.3
- 정치망어업 - 건수 : -, 면적 : -

철암

- 1종 공동어업 - 건수 : -, 면적 : -
- 구획어업 - 건수 : -, 면적 : -
- 양식어업 - 건수 : 5, 면적 : 52.32
- 정치망어업 - 건수 : -, 면적 : -

문중

- 1종 공동어업 - 건수 : -, 면적 : -
- 구획어업 - 건수 : 1, 면적 : 0.49
- 양식어업 - 건수 : 3, 면적 : 66.67
- 정치망어업 - 건수 : -, 면적 : -

문동

- 1종 공동어업 - 건수 : 1, 면적 : 8.5
- 구획어업 - 건수 : -, 면적 : -
- 양식어업 - 건수 : 5, 면적 : 140.94
- 정치망어업 - 건수 : -, 면적 : -

임랑

- 1종 공동어업 - 건수 : 1, 면적 : 28.4
- 구획어업 - 건수 : 1, 면적 : 16.5
- 양식어업 - 건수 : 2, 면적 : 68
- 정치망어업 - 건수 : -, 면적 : -

월내

- 1종 공동어업 - 건수 : 1, 면적 : 51.6
- 구획어업 - 건수 : 1, 면적 : 12.88
- 양식어업 - 건수 : -, 면적 : -
- 정치망어업 - 건수 : -, 면적 : -

효암

- 1종 공동어업 - 건수 : -, 면적 : -
- 구획어업 - 건수 : 1, 면적 : 10.9
- 양식어업 - 건수 : -, 면적 : -
- 정치망어업 - 건수 : -, 면적 : -

총계

- 1종 공동어업 - 건수 : 15, 면적 : 478.55
- 구획어업 - 건수 : 8, 면적 : 63.17
- 양식어업 - 건수 : 89, 면적 : 1181.81
- 정치망어업 - 건수 : 1, 면적 : 2.16

유락지역 현황

✧ 유락지역 현황

✧ 해수욕장

✧ 공원 및 유원지

✧ 낚시터

유락지역 현황

울산시

- 해수욕장 : 2개소
- 수산관광지 : 3개소

기장군

- 해수욕장 : 3개소
- 수산관광지 : 2개소

해수욕장

울산시

- 중구 일산동 : 일산해수욕장 (1km)
- 울주 서생면 진하리 : 진하해수욕장 (1km)

기장군

- 기장군 장안읍 효암리 : 효암해수욕장 (0.5km)
- 기장군 장안읍 월내리 : 월내해수욕장 (0.5km)
- 기장군 장안읍 임랑리 : 임랑해수욕장 (1.0km)
- 기장군 일광면 삼성리 : 일광해수욕장 (0.8km)

공원 및 유적지 현황

울산시 관할 공원 및 유적지 현황

- 울산시 중구 일산동 울기등대 (19ha)
- 울산시 중구 학성동 울산낙성 (1ha)
- 울산시 울주구 서생면 진하리 서생포성
- 울산시 울주구 서생면 방도리 목도 상록수림 (5ha)
- 기장군 기장읍 죽성리 죽성산성 (1ha)
- 기장군 기장읍 공수리 시랑대

조류서식지

- 울주구 온산면 춘도 (청동오리 서식)

낙시터 현황

울산시

- 강동면 : 신명, 정자, 우가
- 동 구 : 일산, 방어동
- 서생면 : 진하, 대송, 나사, 비학

기장군

- 장안읍 : 효암
- 일광면 : 문동, 문중, 칠암, 신평, 동백, 이동, 학리
- 기장읍 : 두호, 월전, 대변, 신암, 서암, 동암, 공수

통영지역 환경 민감도 자료

- ❖ 지리적 특성
관할범위, 행정구역, 항만시설현황
- ❖ 해역의 특성
강우량통계, 기상통계, 태풍통계, 조류, 해안선 특징
- ❖ 양식 및 어업
어항현황, 양식, 어업권 현황, 연안어업시기 및 어종
- ❖ 유락지역 현황
해수욕장, 해안가 위락시설, 공원, 낚시터

지리적 특성


✦ 관할범위

✦ 행정구역

✦ 항만별 시설현황

관할범위

통영시 위치도


 관할해역의 범위

남해상주에서 진해웅천동 어업자원보호선 내측
(127° 52' 15" E, 128° 45' 00" E)

행정구역

 6개시 3개군

- 마산시
- 진해시
- 창원시
- 거제시
- 통영시
- 사천시
- 고성군
- 남해군
- 하동군

 관할구역내 397개 도서

항만별 시설현황

마산항

진해항

통영항

삼천포항

장승포항

옥포항

고현항

마산항 시설현황

서항부두

- 선석길이: 821 (m)
- 접안능력: 20,000 x 3 (톤 x 척)
- 하역능력: 1,433 (천톤)
- 야 적 장: 27 (천m²)
- 1995년 취급물량: 410 (천톤)
- 주요화물: 원목, 철재

제1 부두

- 선석길이: 292 (m)
- 접안능력: 8,000 x 2 (톤 x 척)
- 하역능력: 682 (천톤)
- 야 적 장: 19 (천m²)
- 1995년 취급물량: 372 (천톤)
- 주요화물: 고철, 원목, 광석류

중앙부두

- 선석길이: 1,022 (m)
- 접안능력: 소형선 (톤 x 척)
- 하역능력: 80 (천톤)
- 야 적 장: 26 (천m²)
- 1995년 취급물량: 230 (천톤)
- 주요화물: 골재류

제2 부두

- 선석길이: 385 (m)
- 접안능력: 1,000 x 3 (톤 x 척)
- 하역능력: 367 (천톤)
- 야 적 장: 2 (천m²)
- 1995년 취급물량: 484 (천톤)
- 주요화물: 폐기물, 유류

제3 부두

- 선석길이: 420 (m)
- 접안능력: 20,000 x 2 (톤 x 척)
- 하역능력: 956 (천톤)
- 야 적 장: 28 (천m²)

- 1995년 취급물량: 463 (천톤)
- 주요화물: 잡화, 철재, 냉동어, 농산물

제4 부두 물량장

- 선석길이: 1,050 (m), (60)
- 접안능력: 20,000 x 5 (톤 x 척), 소형선
- 하역능력: 2,516 (천톤)
- 야 적 장: 139 (천m²)
- 1995년 취급물량: 4,305 (천톤)
- 주요화물: 컨테이너, 자동차, 기자재, 시멘트, 잡화

제5 부두

- 선석길이: 420 (m)
- 접안능력: 20,000 x 2 (톤 x 척)
- 하역능력: 956 (천톤)
- 야 적 장: 27 (천m²)
- 1995년 취급물량: 1,119 (천톤)
- 주요화물: 고철, 원목

한중 부두

- 선석길이: 240 (m)
- 접안능력: 20,000 x 1 (톤 x 척)
- 하역능력: 1,080 (천톤)
- 야 적 장: - (천m²)
- 1995년 취급물량: 279 (천톤)
- 주요화물: 기계, 기자재

삼성 부두

- 선석길이: 80 (m)
- 접안능력: 3,000 x 1 (톤 x 척)
- 하역능력: 486 (천톤)
- 야 적 장: - (천m²)
- 1995년 취급물량: - (천톤)
- 주요화물: 기계, 기자재

유공 부두

- 선석길이: 130 (m)
- 접안능력: 3,000 x 1 (톤 x 척)
- 하역능력: - (천톤)
- 야 적 장: - (천m²)

- 1995년 취급물량: 849 (천톤)
- 주요화물: 유류

호유 돌핀

- 선석길이: ★ 105 (m)
- 접안능력: 6,000 x 1 (톤 x 척)
- 하역능력: - (천톤)
- 야 적 장: - (천m²)
- 1995년 취급물량: 994 (천톤)
- 주요화물: 유류

한일 돌핀

- 선석길이: ★ 80 (m)
- 접안능력: 3,000 x 1 (톤 x 척)
- 하역능력: - (천톤)
- 야 적 장: - (천m²)
- 1995년 취급물량: 93 (천톤)
- 주요화물: 섬유원료(AN)

쌍용 돌핀

- 선석길이: ★ 80 (m)
- 접안능력: 5,000 x 1 (톤 x 척)
- 하역능력: 756 (천톤)
- 야 적 장: - (천m²)
- 1995년 취급물량: 1,364 (천톤)
- 주요화물: 시멘트

구항 물량장

- 선석길이: (667) (m)
- 접안능력: 소형선 (톤 x 척)
- 하역능력: 267 (천톤)
- 야 적 장: - (천m²)
- 1995년 취급물량: 38 (천톤)
- 주요화물: 유류, 수산물

※ () 안은 물량장임

※ ★는 돌핀시설임

진해항 시설현황

제 1부두

- 선석길이: 558 (m)
- 접안능력: 20,000 x 1, 1,000 x 1 (톤 x 척)
- 하역능력: 611 (천톤)
- 야 적 장: 15 (천m²)
- 1995년 취급물량: 1,099 (천톤)
- 주요화물: 비료, 화공원료, 대두

제 2부두

- 선석길이: 315 (m)
- 접안능력: 20,000 x 1, 1,000 x 4 (톤 x 척)
- 하역능력: 379 (천톤)
- 야 적 장: 122 (천m²)
- 1995년 취급물량: 675 (천톤)
- 주요화물: 모래, 농산물, 비료

물량장

- 선석길이: (123) (m)
- 접안능력: 소형선 (톤 x 척)
- 하역능력: 49 (천톤)
- 야 적 장: - (천m²)
- 1995년 취급물량: - (천톤)
- 주요화물: 어선계류

※ () 안은 물량장임

※ ★는 돌핀시설임

통영항 시설현황

일반부두 물량장

- 선석길이: 105 (m), (944)
- 접안능력: 3,000 x 1 (톤 x 척), 소형선
- 하역능력: 115 (천톤), (189)
- 야 적 장: 2 (천m²)
- 1995년 취급물량: 128 (천톤)
- 주요화물: 유류, 철재

동호안벽 물량장

- 선석길이: 936 (m), (1,005)
- 접안능력: 1,000 x 10 (톤 x 척), 소형선
- 하역능력: - (천톤)
- 야 적 장: - (천m²)
- 1995년 취급물량: 21 (천톤)
- 주요화물: 수산물

※ () 안은 물량장임

※ ★는 돌핀시설임

삼천포항 시설현황

한전부두

- 선석길이: 580 (m), (130)
- 접안능력: 100,000 x 1, 50,000 x 1 (톤 x 척), 소형선
- 하역능력: 4,763 (천톤)
- 야 적 장: - (천m²)
- 1995년 취급물량: 5,985 (천톤)
- 주요화물: 유연탄

신항부두

- 선석길이: 643 (m)
- 접안능력: 10,000 x 1, 5,000 x 4, 1,000 x 2 (톤 x 척)
- 하역능력: 479 (천톤)
- 야 적 장: 6 (천m²)
- 1995년 취급물량: 365 (천톤)
- 주요화물: 유류, 철재, 광석

※ () 안은 물량장임

※ ★는 돌핀시설임

장승포항 시설현황

물량장

- 선석길이: (968) (m)
- 접안능력: 소형선 (톤 x 척)
- 하역능력: 128 (천톤)
- 야 적 장: - (천m²)
- 1995년 취급물량: 5 (천톤)
- 주요화물: 유류

※ () 안은 물량장임

※ ★는 돌핀시설임

옥포항 시설현황

대우조선 부두

- 선석길이: 100 (m)
- 접안능력: 20,000 x 1 (톤 x 척)
- 하역능력: 389 (천톤)
- 야 적 장: - (천m²)
- 1995년 취급물량: 710 (천톤)
- 주요화물: 철재, 기계류

※ () 안은 물량장임

※ ★는 돌핀시설임

고현항 시설현황

삼성조선 부두

- 선석길이: 122 (m)
- 접안능력: 10,000 x 1 (톤 x 척)
- 하역능력: 454 (천톤)
- 야 적 장: - (천m²)
- 1995년 취급물량: 565 (천톤)
- 주요화물: 철재, 기계류

일반부두

- 선석길이: 110 (m)
- 접안능력: 1,000 x 1 (톤 x 척)
- 하역능력: 77 (천톤)
- 야 적 장: 2 (천m²)
- 1995년 취급물량: 250 (천톤)
- 주요화물: 모래, 광석류

※ () 안은 물량장임

※ ★는 돌핀시설임

강우량 통계

통영

마산

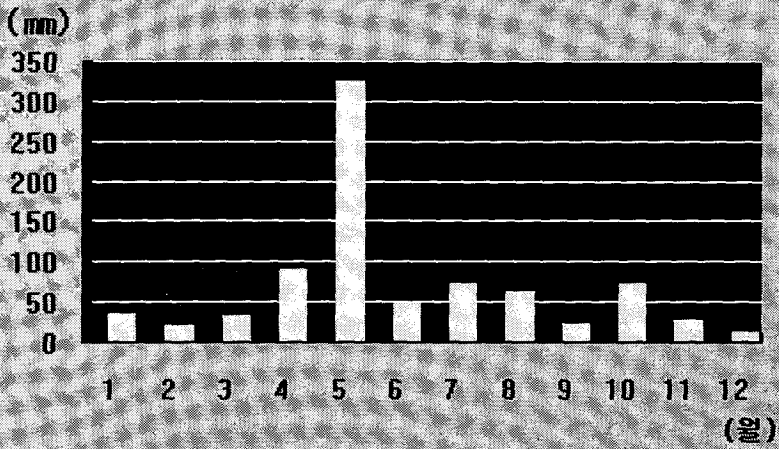
거제

남해

통영의 강우량

- ❖ 1985년 평균
- ❖ 1986년 평균
- ❖ 1987년 평균
- ❖ 1988년 평균
- ❖ 1989년 평균
- ❖ 1990년 평균
- ❖ 1991년 평균
- ❖ 1992년 평균
- ❖ 1993년 평균
- ❖ 1994년 평균

1994년 월평균 강수량 통계(통명)



마산의 강우량 통계

- ◆ 1985년 평균
- ◆ 1986년 평균
- ◆ 1987년 평균
- ◆ 1988년 평균
- ◆ 1989년 평균
- ◆ 1990년 평균
- ◆ 1991년 평균
- ◆ 1992년 평균
- ◆ 1993년 평균
- ◆ 1994년 평균

거제의 강우량 통계

- ◆ 1985년 평균
- ◆ 1986년 평균
- ◆ 1987년 평균
- ◆ 1988년 평균
- ◆ 1989년 평균
- ◆ 1990년 평균
- ◆ 1991년 평균
- ◆ 1992년 평균
- ◆ 1993년 평균
- ◆ 1994년 평균

남해의 강우량 통계

- ◆ 1985년 평균
- ◆ 1986년 평균
- ◆ 1987년 평균
- ◆ 1988년 평균
- ◆ 1989년 평균
- ◆ 1990년 평균
- ◆ 1991년 평균
- ◆ 1992년 평균
- ◆ 1993년 평균
- ◆ 1994년 평균

기상 통계

통영

마산

거제

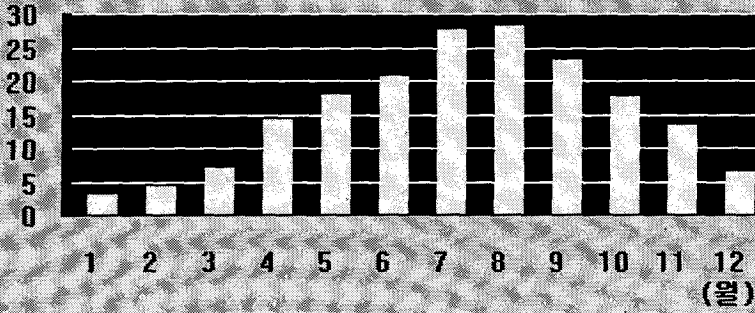
남해

통영의 기상 통계

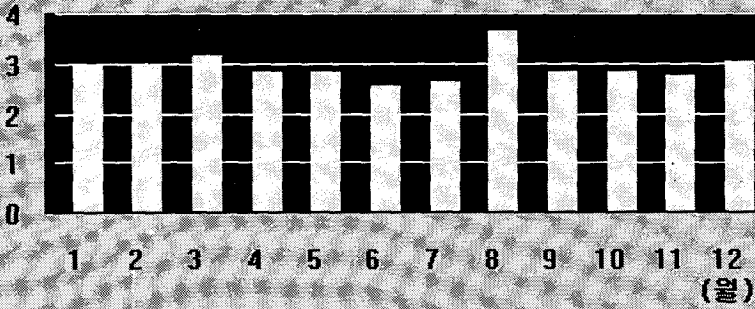
- ◆ 1985년 평균
- ◆ 1986년 평균
- ◆ 1987년 평균
- ◆ 1988년 평균
- ◆ 1989년 평균
- ◆ 1990년 평균
- ◆ 1991년 평균
- ◆ 1992년 평균
- ◆ 1993년 평균
- ◆ 1994년 평균

1994년 월평균 기상 통계(통영)

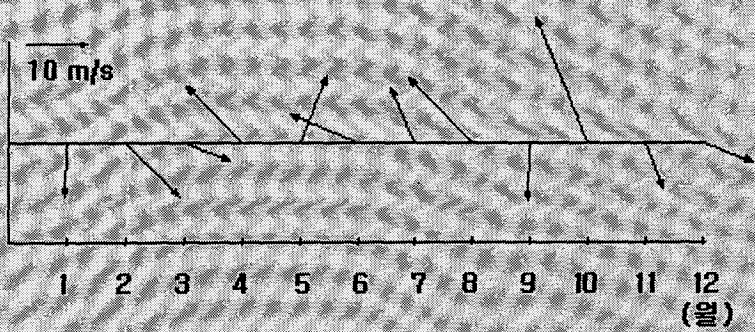
기온(°C)



풍속(m/sec)



최대 풍향/풍속



마산의 기상 통계

- ◆ 1985년 평균
- ◆ 1986년 평균
- ◆ 1987년 평균
- ◆ 1988년 평균
- ◆ 1989년 평균
- ◆ 1990년 평균
- ◆ 1991년 평균
- ◆ 1992년 평균
- ◆ 1993년 평균
- ◆ 1994년 평균

거제의 기상 통계

- ◆ 1985년 평균
- ◆ 1986년 평균
- ◆ 1987년 평균
- ◆ 1988년 평균
- ◆ 1989년 평균
- ◆ 1990년 평균
- ◆ 1991년 평균
- ◆ 1992년 평균
- ◆ 1993년 평균
- ◆ 1994년 평균

남해의 기상 통계

- ❖ 1985년 평균
- ❖ 1986년 평균
- ❖ 1987년 평균
- ❖ 1988년 평균
- ❖ 1989년 평균
- ❖ 1990년 평균
- ❖ 1991년 평균
- ❖ 1992년 평균
- ❖ 1993년 평균
- ❖ 1994년 평균

조류도

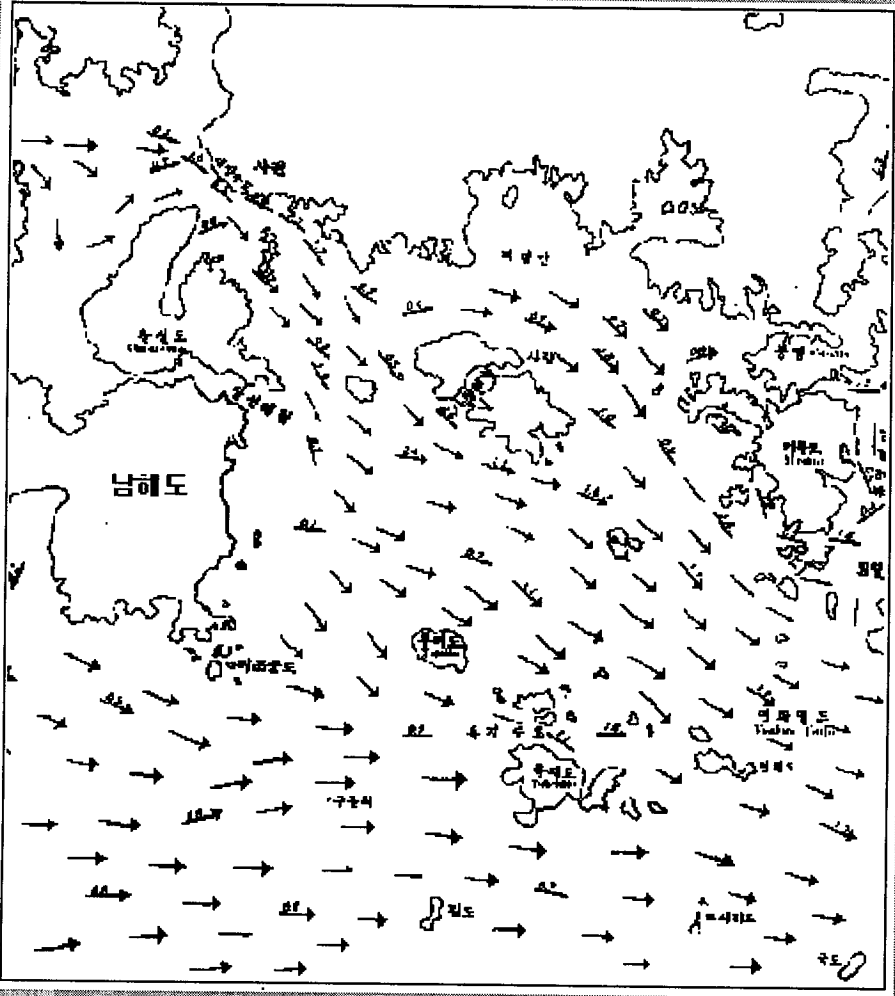
진주만에서 통영해만(낙조류)

진주만에서 통영해만(창조류)

진해만에서 거제도(낙조류)

진해만에서 거제도(창조류)

진주만에서 통영해만(낙조류)



양식 및 어업

✦ 어항현황

✦ 양식 및 어업권 현황

✦ 연안어업시기 및 어종(1994)

어항현황



마산시

지정항 : 마산항

1종어항 : 광암

2종어항 : 옥계, 진동, 시락, 원전

3종어항 : -



진해시

지정항 : 진해항

1종어항 : -

2종어항 : 수도, 신명, 용원, 와성

3종어항 : -



창원시

지정항 : -

1종어항 : -

2종어항 : -

3종어항 : -



통영시

지정항 : 통영항

1종어항 : 삼덕

2종어항 : 평림, 호두, 곤리, 진촌, 연화, 내항, 돈지, 연대,
학림, 하포,

수월, 산등, 이운, 진두, 장작지, 곤용포, 견우

3종어항 : 옥지, 녹량, 매물도



사천시

지정항 : 사천항

1종어항 : -

2종어항 : 녹도, 대포, 중항

3종어항 : 신수



거제시

지정항 : 고현항, 장승포항, 옥포항

1종어항 : 능포, 외포, 다대다포

2종어항 : 장목, 유호, 동호, 유교, 하청, 관포, 울포, 쌍근,
전소, 거제,

성포, 간내, 시방, 물안, 송포, 대포, 죽림, 도장포,

이수도

3종어항 : 지세표



고성군

지정항 : -

1종어항 : 맥전포
2종어항 : 남포, 당항, 포교
3종어항 : -



남해군

지정항 : -
1종어항 : 물건
2종어항 : 유포, 은점, 적량, 서상, 지족, 당저, 전현, 선소,
장포, 원천
3종어항 : 미조



하동군

지정항 : -
1종어항 : -
2종어항 : 내도, 노량, 중평, 서상
3종어항 : -

양식 및 어업권 현황

공동어업권

정치망어업

양식어장

공동어업권



▶ 앞 페이지로 이동

마산시

- 공동어업 - 건수 : 44, 면적 : 985.1
- 2종 공동 - 건수 : -, 면적 : -
- 3종 공동 - 건수 : 8, 면적 : 3.5

진해시

- 공동어업 - 건수 : 23, 면적 : 1,059.8
- 2종 공동 - 건수 : -, 면적 : -
- 3종 공동 - 건수 : 20, 면적 : 9.8

통영시

- 공동어업 - 건수 : 212, 면적 : 4,252.0
- 2종 공동 - 건수 : -, 면적 : -
- 3종 공동 - 건수 : 42, 면적 : 24.2

거제시

- 공동어업 - 건수 : 88, 면적 : 2,492.4
- 2종 공동 - 건수 : -, 면적 : -
- 3종 공동 - 건수 : 31, 면적 : 16.8

사천시

- 공동어업 - 건수 : 29, 면적 : 2,352.8
- 2종 공동 - 건수 : -, 면적 : -
- 3종 공동 - 건수 : 8, 면적 : 5.5

고성군

- 공동어업 - 건수 : 20, 면적 : 2,706.0
- 2종 공동 - 건수 : -, 면적 : -
- 3종 공동 - 건수 : 6, 면적 : 3.8

남해군


- 공동어업 - 건수 : 86, 면적 : 5,236.0
- 2종 공동 - 건수 : -, 면적 : -
- 3종 공동 - 건수 : 61, 면적 : 33.7

하동군

- 공동어업 - 건수 : 12, 면적 : 583.1
- 2종 공동 - 건수 : -, 면적 : -
- 3종 공동 - 건수 : -, 면적 : -

정치망어업

마산시 **통영시** **거제시** **사천시** **고성군** **남해군**

 [앞 페이지로 이동](#)

마산시

- 소대망 - 건수 : 2, 면적 : 5.2508
- 계량대모망 - 건수 : -, 면적 : -
- 팔각망 - 건수 : -, 면적 : -
- 낙망 - 건수 : 1, 면적 : 1.59
- 죽방염 - 건수 : -, 면적 : -
- 각망 - 건수 : -, 면적 : -

통영시

- 소대망 - 건수 : 27, 면적 : 108.3957
- 계량대모망 - 건수 : 2, 면적 : 20.4338
- 팔각망 - 건수 : 1, 면적 : 2.668
- 낙망 - 건수 : 1, 면적 : 1.59
- 죽방염 - 건수 : -, 면적 : -
- 각망 - 건수 : -, 면적 : -

거제시

- 소대망 - 건수 : 23, 면적 : 108.5122
- 계량대모망 - 건수 : 6, 면적 : 42.4676
- 팔각망 - 건수 : 7, 면적 : 38.4552
- 낙망 - 건수 : 6, 면적 : 20.418
- 죽방염 - 건수 : -, 면적 : -
- 각망 - 건수 : 2, 면적 : 4.3976

사천시

- 소대망 - 건수 : -, 면적 : -
- 계량대모망 - 건수 : -, 면적 : -
- 팔각망 - 건수 : -, 면적 : -
- 낙망 - 건수 : -, 면적 : -
- 죽방염 - 건수 : 25, 면적 : 5.46
- 각망 - 건수 : -, 면적 : -

고성군

- 소대망 - 건수 : 28, 면적 : 126.9934

- 계량대모양 - 건수 : 1, 면적 : 2.0
- 팔각망 - 건수 : -, 면적 : -
- 낙망 - 건수 : 3, 면적 : 5.4548
- 죽방염 - 건수 : -, 면적 : -
- 각망 - 건수 : 1, 면적 : 2.72

남해군

- 소대망 - 건수 : 25, 면적 : 166.0639
- 계량대모양 - 건수 : 20, 면적 : 268.7331
- 팔각망 - 건수 : -, 면적 : -
- 낙망 - 건수 : 1, 면적 : 2.0184
- 죽방염 - 건수 : 26, 면적 : 7.7611
- 각망 - 건수 : -, 면적 : -

양식어장



▶ 앞 페이지로 이동

마산시

• 굴	- 적지면적 : 5.7 , 개발면적 : 93.7
• 피조개	- 적지면적 : 507 , 개발면적 : 96.6
• 홍합	- 적지면적 : 386.5 , 개발면적 : 219.12
• 우렁쉥이	- 적지면적 : 3 , 개발면적 : -
• 미역	- 적지면적 : 19.6 , 개발면적 : -
• 어류	- 적지면적 : - , 개발면적 : 0.45
• 진주	- 적지면적 : - , 개발면적 : -
• 기타	- 적지면적 : 670 , 개발면적 : 1.55

진해시

• 굴	- 적지면적 : - , 개발면적 : -
• 피조개	- 적지면적 : 801.7 , 개발면적 : 504.79
• 홍합	- 적지면적 : 12.4 , 개발면적 : 13.16
• 우렁쉥이	- 적지면적 : - , 개발면적 : -
• 미역	- 적지면적 : - , 개발면적 : -
• 어류	- 적지면적 : - , 개발면적 : 0.11
• 진주	- 적지면적 : - , 개발면적 : -
• 기타	- 적지면적 : 88.3 , 개발면적 : 29.34

창원시

• 굴	- 적지면적 : - , 개발면적 : -
• 피조개	- 적지면적 : - , 개발면적 : -
• 홍합	- 적지면적 : 16.3 , 개발면적 : 6.28
• 우렁쉥이	- 적지면적 : - , 개발면적 : -
• 미역	- 적지면적 : - , 개발면적 : -
• 어류	- 적지면적 : - , 개발면적 : -
• 진주	- 적지면적 : - , 개발면적 : -
• 기타	- 적지면적 : - , 개발면적 : -

통영시

• 굴	- 적지면적 : 2,526.8 , 개발면적 : 1,500.36
• 피조개	- 적지면적 : 2,083.3 , 개발면적 : 1,746.84
• 홍합	- 적지면적 : 21.7 , 개발면적 : 19

- 우령행이 - 적지면적 : 600.5 , 개발면적 : 447.73
- 미역 - 적지면적 : 163.4 , 개발면적 : 93.3
- 어류 - 적지면적 : 52.8 , 개발면적 : 168.31
- 진주 - 적지면적 : 50 , 개발면적 : 68.65
- 기타 - 적지면적 : 827.6 , 개발면적 : 359.99

거제시

- 굴 - 적지면적 : 1,628.7 , 개발면적 : 978.82
- 피조개 - 적지면적 : 541.2 , 개발면적 : 284.62
- 홍합 - 적지면적 : 42.7 , 개발면적 : 62.2
- 우령행이 - 적지면적 : 187 , 개발면적 : 242.37
- 미역 - 적지면적 : 101.1 , 개발면적 : 9.87
- 어류 - 적지면적 : 25.7 , 개발면적 : 70.94
- 진주 - 적지면적 : 3 , 개발면적 : 3
- 기타 - 적지면적 : 265.9 , 개발면적 : 155.42

사천시

- 굴 - 적지면적 : - , 개발면적 : -
- 피조개 - 적지면적 : 727 , 개발면적 : 306.09
- 홍합 - 적지면적 : - , 개발면적 : -
- 우령행이 - 적지면적 : 30 , 개발면적 : 9
- 미역 - 적지면적 : 2 , 개발면적 : 17.02
- 어류 - 적지면적 : 33.2 , 개발면적 : 119.98
- 진주 - 적지면적 : , 개발면적 : -
- 기타 - 적지면적 : , 개발면적 : -

고성군

- 굴 - 적지면적 : 2,505.8 , 개발면적 : 913.25
- 피조개 - 적지면적 : 1,368 , 개발면적 : 808.26
- 홍합 - 적지면적 : 17.5 , 개발면적 : 17.05
- 우령행이 - 적지면적 : 10 , 개발면적 : 22.8
- 미역 - 적지면적 : - , 개발면적 : -
- 어류 - 적지면적 : 2 , 개발면적 : 11.35
- 진주 - 적지면적 : - , 개발면적 : -
- 기타 - 적지면적 : 323.1 , 개발면적 : 204.43

남해군

- 굴 - 적지면적 : 248.7 , 개발면적 : 165.96
- 피조개 - 적지면적 : 1,807.6 , 개발면적 : 800.66

- 홍합 - 적지면적 : 99.2 , 개발면적 : 86.64
- 우렁쉥이 - 적지면적 : 134 , 개발면적 : 43
- 미역 - 적지면적 : 8.4 , 개발면적 : -
- 어류 - 적지면적 : 13.2 , 개발면적 : 26.8
- 진주 - 적지면적 : - , 개발면적 : -
- 기타 - 적지면적 : 703.4 , 개발면적 : 441.16

하동군

- 굴 - 적지면적 : - , 개발면적 : 4
- 파조개 - 적지면적 : 26 , 개발면적 : 18
- 홍합 - 적지면적 : - , 개발면적 : -
- 우렁쉥이 - 적지면적 : - , 개발면적 : -
- 미역 - 적지면적 : - , 개발면적 : -
- 어류 - 적지면적 : 2 , 개발면적 : 9
- 진주 - 적지면적 : - , 개발면적 : -
- 기타 - 적지면적 : 22 , 개발면적 : 115

연안어업시기 및 어종

멸치

- 총생산 : 125,666
- 주어기(3개월) : 1 - 3월, 41,348톤(33%)
- 비어기(3개월) : 4 - 6월, 19,001톤(15%)

강달어

- 총생산 : 21,161
- 주어기(3개월) : 1 - 3월, 10,106톤(48%)
- 비어기(3개월) : 6 - 8월, 498톤(2%)

오징어

- 총생산 : 19,447
- 주어기(3개월) : 10 - 12월, 14,247톤(73%)
- 비어기(3개월) : 6 - 8월, 623톤(3%)

고등어

- 총생산 : 17,928
- 주어기(3개월) : 10 - 12월, 7,841톤(44%)
- 비어기(3개월) : 2 - 4월, 1,925톤(11%)

갈치

- 총생산 : 14,786
- 주어기(3개월) : 8 - 10월, 7,464톤(50%)
- 비어기(3개월) : 1 - 3월, 1,170톤(8%)

붕장어

- 총생산 : 6,096
- 주어기(3개월) : 4 - 6월, 1,809톤(30%)
- 비어기(3개월) : 1 - 3월, 1,181톤(19%)

전어

- 총생산 : 4,142
- 주어기(3개월) : 1 - 3월, 1,619톤(39%)
- 비어기(3개월) : 4 - 6월, 347톤(8%)

가자미

- 총생산 : 3,190
- 주어기(3개월) : 4 - 6월, 1,006톤(32%)

- 비어기(3개월) : 7 - 9월, 420톤(13%)

전갱이

- 총생산 : 2,441
- 주어기(3개월) : 7 - 9월, 1,435톤(59%)
- 비어기(3개월) : 12 - 2월, 52톤(2%)

유락지역 현황

✦ 해수욕장

✦ 해안가 위락시설

✦ 공원, 유적지, 낚시터

해수욕장 현황

남해군

- 상주 해수욕장
 - 위치 - 남해군 상주면 상주리 1248
 - 규모 - 길이 : 2.0 km, 폭 : 100m
 - 사질 - 모래
 - 최대수용인원 - 50,000명
 - 운영자 - 한려해상공원 관리사무소
- 송정 해수욕장
 - 위치 - 남해군 미조면 송정리 1124-1
 - 규모 - 길이 : 2.0 km, 폭 : 50m
 - 사질 - 모래
 - 최대수용인원 - 20,000명
 - 운영자 - 번영회
- 사촌 해수욕장
 - 위치 - 남해군 남면 임촌리 1173
 - 규모 - 길이 : 650 m, 폭 : 60m
 - 사질 - 모래
 - 최대수용인원 - 5,000명
 - 운영자 - 번영회
- 두곡 해수욕장
 - 위치 - 남해군 남면 당항리 535
 - 규모 - 길이 : 900m, 폭 : 70m
 - 사질 - 모래
 - 최대수용인원 - 5,000명
 - 운영자 - 번영회

사천시

- 남일대 해수욕장
 - 위치 - 사천시 향촌동 710-1
 - 규모 - 길이 : 150m, 폭 : 40m
 - 사질 - 모래
 - 최대수용인원 - 5,000명
 - 운영자 - 사천시

거제시

- 구조라 해수욕장
 - 위치 - 일운면 구조라
 - 규모 - 길이 : 150m, 폭 : 40m
 - 사질 - 모래
 - 최대수용인원 - 5,000명
 - 운영자 - 사천시
- 학동몽돌 해수욕장

- 위치 - 동부면 화동리
 - 규모 - 길이 : 1,850m, 폭 : 40m
 - 사질 - 몽돌
 - 최대수용인원 - 20,000명
 - 운영자 - 국립공원 관리공단
- 명사 해수욕장
 - 위치 - 남부면 저구리
 - 규모 - 길이 : 350m, 폭 : 30m
 - 사질 - 모래
 - 최대수용인원 - 3,000명
 - 운영자 - 국립 공단(운영 위원회)
- 와현 해수욕장
 - 위치 - 일운면 와현리
 - 규모 - 길이 : 510m, 폭 : 30m
 - 사질 - 모래
 - 최대수용인원 - 5,000명
 - 운영자 - 거제시(운영 위원회)
- 흥남 해수욕장
 - 위치 - 장목면 시방리
 - 규모 - 길이 : 350m, 폭 : 30m
 - 사질 - 모래
 - 최대수용인원 - 3,000명
 - 운영자 - 거제시(운영 위원회)
- 황포 해수욕장
 - 위치 - 장목면 구영리
 - 규모 - 길이 : 220m, 폭 : 30m
 - 사질 - 모래
 - 최대수용인원 - 2,100명
 - 운영자 - 거제시(운영 위원회)
- 구영 해수욕장
 - 위치 - 장목면 구영리
 - 규모 - 길이 : 320m, 폭 : 30m
 - 사질 - 모래
 - 최대수용인원 - 500명
 - 운영자 - 해군 통제부
- 죽림 해수욕장
 - 위치 - 거제면 오수리
 - 규모 - 길이 : 530m, 폭 : 30m
 - 사질 - 모래
 - 최대수용인원 - 530명
 - 운영자 - 대우 조선
- 여차 해수욕장
 - 위치 - 남부면 다포리
 - 규모 - 길이 : 400m, 폭 : 30m
 - 사질 - 모래

- 최대수용인원 - 400명
- 운영자 - 국립공단(운영 위원회)
- 농소몽돌 해수욕장
 - 위치 - 장목면 농소리
 - 규모 - 길이 : 2,000m, 폭 : 40m
 - 사질 - 몽돌
 - 최대수용인원 - 20,000명
 - 운영자 - 거제시(운영 위원회)
- 덕포 해수욕장
 - 위치 - 옥포2동 덕포
 - 규모 - 길이 : 450m, 폭 : 40m
 - 사질 - 모래
 - 최대수용인원 - 1,000명
 - 운영자 - 옥포동(운영 위원회)
- 함목 해수욕장
 - 위치 - 남부면 갈곶리
 - 규모 - 길이 : 150m, 폭 : 30m
 - 사질 - 몽돌
 - 최대수용인원 - 800명
 - 운영자 - 국립공단(운영 위원회)

❖ 마산시

- 광암 해수욕장
 - 위치 - 마산시 잔동면 광암리
 - 규모 - 길이 : 1,000m, 폭 : 20m
 - 사질 - 모래
 - 최대수용인원 - 1,200명
 - 운영자 - 마산시

❖ 통영시

- 통영 해수욕장
 - 위치 - 통영시 도남동
 - 규모 - 길이 : 500m, 폭 : 15m
 - 사질 - 모래, 자갈
 - 최대수용인원 - 1,300명
 - 운영자 - 통영시
- 비진 해수욕장
 - 위치 - 통영시 비진도
 - 규모 - 길이 : 550m, 폭 : 40m
 - 사질 - 모래
 - 최대수용인원 - 5,500명
 - 운영자 - 통영시

해안가 위락시설

☘ 남해군

- 상주 해수욕장
호텔 : -, 여관 : 9 개소, 민박: 300 개소, 일반음식점 : 29 개소
- 송정 해수욕장
호텔 : -, 여관 : 9 개소, 민박: 100 개소, 일반음식점 : 55 개소
- 사촌 해수욕장
호텔 : -, 여관 : - , 민박: 50 개소, 일반음식점 : 10 개소
- 두곡 해수욕장
호텔 : -, 여관 : 1 개소, 민박: 50 개소, 일반음식점 : 10 개소

☘ 사천시

- 남일대 해수욕장
호텔 : -, 여관 : - , 민박: 5 개소, 일반음식점 : 17 개소
- 사천시 대방동
호텔 : 1, 여관 : - , 민박: - , 일반음식점 : -
- 사천시 실안동
호텔 : -, 여관 : 1 개소, 민박: - , 일반음식점 : 5 개소

☘ 거제시

- 일운면
호텔 : -, 여관 : 3 개소, 민박: 20 개소, 일반음식점 : 10 개소
- 통부면
호텔 : -, 여관 : 1 개소, 민박: 48 개소, 일반음식점 : 7 개소
- 남부면
호텔 : -, 여관 : 2 개소, 민박: 63 개소, 일반음식점 : 4 개소
- 거제면 해수욕장
호텔 : -, 여관 : - , 민박: 1 개소, 일반음식점 : -
- 장목면
호텔 : -, 여관 : - , 민박: 7 개소, 일반음식점 : 2 개소
- 옥포동
호텔 : -, 여관 : - , 민박: 1 개소, 일반음식점 : 3 개소
- 장승포동
호텔 : 1, 여관 : 2 개소, 민박: - , 일반음식점 : -

☘ 통영시

- 통영시
호텔 : 5, 콘도 : 1, 여관 : 87 개소, 민박: 170 개소, 일반음식점 : -

공원, 유적지, 낚시터 현황

공원

유적지

낚시터

공원 현황

한려해상국립공원

- 위치
128° - 45' (거제시 지심도)E ~ 127° - 46' (여수시 오동도)E
34° - 49' (거제시 가조도)N ~ 34° - 46' (통영시 옥지도)E
4점을 연결한 내측
- 면적
통영시 계(%) : 203.9 , 육지(%) : 66.56, 해상(%) : 137.34
거제시 계(%) : 170.5 , 육지(%) : 45.5 , 해상(%) : 125.0
사천시 계(%) : 26.7 , 육지(%) : 3.7 , 해상(%) : 23.0
남해군 계(%) : 74.12, 육지(%) : 46.62, 해상(%) : 27.5
하동군 계(%) : 6.2 , 육지(%) : 2.98, 해상(%) : 3.22
오동도 계(%) : 28.9 , 육지(%) : 0.2 , 해상(%) : 28.7
- 주요시설현황
호 텔 : 1 개소
여 관 : 21 개소
방갈로 : 5 개소
민 박 : 349 개소
상 가 : 10 개소
주차장 : 3 개소, 22,299 km³
- 공원구역내 지구별 거주현황
자연보존지구 가구수 7, 인구수 41
제승당, 사찰 3개소 포함
자연환경지구 가구수 80, 인구수 240
사찰 7개소 포함
취락지구 가구수 8,490, 인구수 30,535
집단시설지구 가구수 189, 인구수 567
공공 시설 17개소 포함
보호 구역 가구수 97, 인구수 291

돌섬 해상 유원지

- 위치
마산시 월영동 625번지
- 현황
면 적 - 약 30,000평
해안선길이 - 1.5 km
규 모 - 동 물 원 : 37종(180마리)

놀이기구 : 11기종
수용 인원 - 약 2만명
운 영 자 - 두산개발 마산돌섬 사업소

- 이용시기 및 특성
연 47만명이 이용하는 마산, 창원, 진해권의 위락시설로 식당, 찻집, 동물원, 놀이시설 등을 갖추고 있으며 주로 4월 ~ 10월을 성수기로 이용하는 해상 유원지로 도선 척을 보유하고 마산항 여객선 터미널에서 유원지간 10분의 운항거리에 있으며 특히 해안선에 자연해수를 이용한 시설로서 물개, 곰 등이 있어 해양오염사고시 동물의 피해가 우려되는 지역임

당항포 국민 관광지

- 위치
고성군 회화면 당항리
- 현황
면 적 - 216,430m² (65,470평)
해안선길이 - 2.0 km
규 모 - 68,668m²
야영장
야외무대
체육시설
놀이시설
유람선 1척
수용 인원 - 차량 700대
인원 5,000명
운 영 자 - 고성군 문화공보실
- 이용시기 및 특성
89년 7월 24일 개장하여 94년 45만명, 95년 47만명이 이용하는 마산, 거제, 통영권의 위락시설로 4월 ~ 10월을 성수기로 하며 야영장, 체육시설 등이 있어 하계 휴가철에는 직장, 가족단위로 이용객이 많다.
찻집 2개소, 일반음식점 1개소와 유람선, 쾌속정의 놀이시설이 있다.

❁ 천연 기념물

• 식물 자생지

팔손이나마 자생지

주소지 : 통영시 한산면 비진리 산51

수량(면적) : 159,030평

지정일 : 62.12. 3

비자나무

주소지 : 사천시 곤양면 성내리 194-9

수량(면적) : 1주(494m²)

지정일 : 82.11. 4

모밀잣, 밤나무

주소지 : 통영시 옥지면 동항리 108-1

수량(면적) : 1주(18,817m²)

지정일 : 84.11.19

생달나무, 후박나무

주소지 : 통영시 옥지면 화리 203

수량(면적) : 1주(727m²)

지정일 : 84.11.19

후박나무

주소지 : 통영시 산양면 추도리 508

수량(면적) : 1주(1,813m²)

지정일 : 84.11.19

• 조류서식 및 도래지

학성의 백로, 왜가리 번식지

주소지 : 사천시 동동 산9

면적 : 2,490평

지정일 : 68. 7.18

거제 아비 도래지

주소지 : 거제시 연안 일대

면적 : -

지정일 : 70.10.30

도산리 백로, 왜가리 번식지

주소지 : 통영시 도산면 도산리 280

면적 : 3,090평

지정일 : 70.11. 5

학동 동백림, 팔색조 번식지

주소지 : 거제시 동부면 학동리 1

면적 : 1,145평

지정일 : 71. 9.13

괭이 갈매기 번식지

주소지 : 통영시 한산면 흥도

면적 : 98,380m²

지정일 : 82.11. 4

❖ 자연 공원

- 국립 공원

공 원 명 : 한려해상
위 치 : 거제, 통영, 사천, 남해, 하동
지정일자 : 68.12.31
면 적 : 449.72 km² (해면 321.3)
비 고 : 청정해역의 400여 도서와 기암괴석, 조류 등
해상관광지

- 도립 공원

공 원 명 : 연화산
위 치 : 고성
지정일자 : 83. 9. 29
면 적 : 28.717 km²
비 고 : 옥천사가 위치한 산악휴양지

- 군립 공원

상족암
위 치 : 고성
지정일자 : 83.11.10
면 적 : 5.106 km²
구천계곡
위 치 : 거제
지정일자 : 83.11.20
면 적 : 5.665 km²
봉명산
위 치 : 사천
지정일자 : 83.11.20
면 적 : 2.645 km²

❖ 국민 관광지

- 도남

위 치 : 통영시 도남동
지정일자 : 83. 8. 1
면 적 : 0.41 km²
특 색 : 해상 위락지(요트항)

- 당항포

위 치 : 고성군 회화면 당항리
지정일자 : 84. 6. 21
면 적 : 0.216 km²
특 색 : 문화유적, 해변, 야영장

유적지 현황

❖ 제승당(한산도 이충무공 유적지)

- 위치
통영시 한산면 두억리 875
- 현황
 - 면 적 - 60 ha
 - 시 설 물 - 제승당 본관
충무사(영정 보관)
수루
한산정
 - 수용인원 - 1일 평균 800명
월최대 10만명
한해 30만명
 - 운 영 자 - 경남 제승당 관리 사무소
- 이용시기 및 특성
통영 유람선 터미널에서 동쪽으로 약 7 km 거리에 위치하여 20분 정도 소요된다. 행락철인 4월 ~ 10월에는 월 10만명 정도가 입장하며 1일 평균 800명 정도 이용한다. 8월 14일 한산대첩 행사가 있으며 진해해군 작전사령부에서 주관하는 한산대첩 행사가 있다.

낙시터 현황

☘ 낙시터 현황

- 안골
위 치 : 진해시 안골동
규모(인) : 50 ~ 100
어 종 : 도다리, 볼락, 노래미
- 옥계, 원전, 신리
위 치 : 창원시 구산면
규모(인) : 50 ~ 100
어 종 : 도다리, 볼락, 노래미
- 대항
위 치 : 창원시 천가면
규모(인) : 50 ~ 100
어 종 : 도다리, 볼락, 노래미
- 지심도
위 치 : 거제시 일운면
규모(인) : 1,500
어 종 : 돔, 농어, 볼락, 망상어
- 구조라
위 치 : 거제시 일운면
규모(인) : 100
어 종 : 돔, 농어, 볼락, 망상어
- 해금강 주변
위 치 : 거제시 남부면
규모(인) : 300
어 종 : 돔, 농어, 볼락, 망상어
- 늑도지선
위 치 : 사천시 늑도동
규모(인) : 50 ~ 100
어 종 : 감성돔, 노래미, 볼락
- 신수지선
위 치 : 사천시 신수동
규모(인) : 50 ~ 100
어 종 : 감성돔, 노래미, 볼락

- 중항1구
 위 치 : 사천시 곤양면
 규모(인) : 300
 어 종 : 도다리, 노래미, 볼락

- 서포면 주변
 위 치 : 사천시 서포면
 규모(인) : 300
 어 종 : 도다리, 노래미, 볼락

- 노량, 왕지
 위 치 : 남해군 설천면
 규모(인) : 50
 어 종 : 감성돔, 농어, 가자미, 볼락, 노래미

- 미조, 조도
 위 치 : 남해군 삼동면
 규모(인) : 50
 어 종 : 감성돔, 농어, 가자미, 볼락, 노래미

- 상주
 위 치 : 남해군 이동면
 규모(인) : 50
 어 종 : 감성돔, 농어, 가자미, 볼락, 노래미