

## 해양정보기반 방제지원시스템 프로토타입 구축에 관한 연구\*

김혜진<sup>1\*</sup> · 이문진<sup>1</sup>

### Prototype Development of Marine Information based Supporting System for Oil Spill Response\*

Hye-Jin KIM<sup>1\*</sup> · Moonjin LEE<sup>1</sup>

#### 요 약

효율적인 방제전략 수립 지원시스템 개발의 일환으로 환경민감정보 기반의 유출유 확산예측 시스템과 피해위험도 예측시스템을 연계하여 인천-대산해역을 대상으로 해양오염 방제지원시스템의 프로토타입을 개발하였다. 유출유 확산예측시스템에서는 실시간 바람과 실시간 해수유동을 기반으로 유출유의 이동을 계산하고, 유출유 특성에 따라 해상 유출유의 풍화작용을 모델링하여 유출유의 잔류량 및 확산분포를 계산하였다. 유출유 확산예측의 실시간 바람은 국립환경과학원의 실시간 기상모델 결과를 ftp를 이용하여 실시간으로 연계하여 활용하며, 실시간 해수유동으로서 조류는 수치모델결과와 검조소 관측결과와의 결합을 통해 실시간 조석을 예측하는 CHARRY(Current by Harmonic Response to the Reference Yardstick) 모델을 이용하여 예측하고, 실시간 취송류는 바람과 취송류간의 상관관계와 반응함수를 이용하여 예측하였다. 실시간 해수유동을 따라 이동하면서 풍화되는 유출유의 풍화작용은 유출유 특성에 따라 결정된 감소율을 적용하여 모델링하였다. 본 시스템은 GIS 기술을 이용하여 해양 정보를 ESI(Environmental Sensitivity Index) 및 방제지원 정보와 통합하고 종합적으로 제공함으로써 방제전략 수립을 지원할 수 있다.

주요어: 유출유, 해양자료, 정보 통합, 방제지원시스템

#### ABSTRACT

In order to develop a decision supporting system for oil spill response, the prototype of pollution response support system which has integrated oil spill prediction system and pollution risk prediction system has developed for Incheon-Daesan area. Spill prediction system calculates oil spill aspects based on real-time wind data and real-time water flow and the residual volume of spilt oil and spread pattern are calculated considering the characteristic of spilt oil. In this study, real-time data is created from results of real-time meteorological forecasting model(National Institute of Environmental Research) using ftp, real-time tidal

2008년 12월 1일 접수 Received on December 1, 2008 / 2008년 12월 19일 수정 Revised on December 19, 2008 / 2008년 12월 21일 심사완료 Accepted on December 21, 2008

\* 본 연구는 해양경찰청에서 지원한 "해양오염방제지원시스템 구축 연구"의 일환으로 수행되었음.

1 한국해양연구원 해양안전·방제기술연구부 Marine Safety & Pollution Response Research Department, KORDI

※ 연락처자 E-Mail : hjk@moeri.re.kr

currents datasets are built using CHARRY(Current by Harmonic Response to the Reference Yardstick) model and real-time wind-driven currents are calculated applying the correlation function between wind and wind-driven currents. In order to model the feature which is spilt oil spreading according to real-time water flow is weathered, the decrease ratio by oil kinds was used. These real-time data and real-time prediction information have been integrated with ESI(Environmental Sensitivity Index) and response resources and then these are provided using GIS as a whole system to make the response strategy.

**KEYWORDS:** Oil Spill, Marine Data, Information Integration, Response Supporting System

## 서 론

해상에서의 유출유에 의한 해양오염의 피해를 최소화하기 위해서는 신속한 초동조치, 효율적인 방제전략 수립, 방제기자재의 신속동원 등이 필수적으로 요구된다. 해상에서 유출유는 유출유 확산방식, 지구물리학적, 수리학적, 기상학적 환경 조건에 매우 의존적이다. 여러 가지 요인들에 의해 다양한 형태로 발생하는 유출유 사고에 신속하게 대응하기 위해서는 유출유에 대한 이해뿐만 아니라, 해양 환경에 대한 이해가 필수적이다(김혜진, 2006a). 복합적인 환경 요인을 고려하여 유출유의 확산을 예측하여 방제전략을 수립하기 위해서 해양자료와 공간정보를 통합하여 의사결정지원시스템의 형태로 개발할 필요가 있다. 기존에 해양오염 사고 현장에서 방제지원을 위한 공간 정보는 방제정보지도(ESI Map : Environmental Sensitivity Index Map)가 활용되어 왔다. 방제정보지도는 환경민감정보 중심의 정적인 정보만을 수록하고 있으므로(김혜진, 2006b) 동적인 해양환경을 반영하여 유출유 확산을 예측하고 방제 자원 배치 전략을 도출하는데 한계가 있다. 해양오염방제분야의 선구적인 연구를 수행하고 있는 미국 해양대기관리청(NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration)에서는 유출유확산 예측 모델을 개발하여 이를 GNOME(General NOAA Oil Modeling Environment) 프로그램으로 구

축하여 유출유의 확산 경로를 제공하고 ESI 정보는 ESI Map으로 제작하여 방제에 활용하고 있다(Beegle, 2008). 유럽에서도 MONTHY(Model Ocean Transport Hydrodynamic) 프로그램을 개발하여 유출유의 확산 경로를 예측하여 방제전략 수립의 자료로 제공하고 있다(Daniel 등, 2003). 이와 같이 기존 방제지원에 이용되는 프로그램은 ESI 정보와 같은 정적인 공간 정보를 제공하거나 유출유 확산을 예측하여 지도상에 경로를 출력해주는 기능만이 제공되어 방제현장의 지휘관에게 방제전략 수립을 위한 의사결정지원에 한계가 있다.

본 연구에서는 효율적인 방제전략 수립 지원시스템 개발의 일환으로 해양자료를 확산 예측을 위해 필요한 정보로 가공하고, 환경민감정보 기반 유출유 확산예측 시스템과 피해위험도 예측시스템을 개발하여 의사결정지원 시스템화하였다. 실시간 유출유 확산예측시스템에서는 실시간 바람과 실시간 해수유동을 기반으로 유출유의 이동을 계산하고, 유출유 특성에 따라 해상 유출유의 풍화작용을 모델링하여 유출유의 잔류량 및 확산분포를 계산할 수 있다. 유출유 확산예측의 바람은 국립환경과학원의 실시간 기상모델 결과를 ftp를 이용하여 연계하여 활용하며, 실시간 해수유동으로서 조류는 수치모델결과와 검조소 관측결과의 결합을 통해 실시간 조석을 예측하는 CHARRY(Current by Harmonic Response to the Reference Yardstick) 모델을 이용하여 예측하고, 취송류는 바람과 취송류간의 상관관계와 반응함수를

이용하여 예측한다. 실시간 해수유동을 따라 이동하면서 풍화되는 유출유의 풍화작용은 유출유 특성에 따라 결정된 감소율을 적용하여 모델링이 가능하다. 이와 같이 개발된 유출유 확산예측 모델은 해난사고 발생시 유출유의 실시간 확산예측에 활용되며, 유출유에 의한 주변해역 피해위험평가를 위한 확산경로 통계분석에도 활용된다. 유출유 확산예측 시스템에서는 이와 같이 예측된 유출유의 확산경로와 주변해역 피해위험도를 주변해역의 환경민감자원 및 방제자원 분포와 연계하여 제시함으로써 방제전략결정을 지원할 수 있다.

### 시스템 구성

본 연구에서 프로토타입으로 구축한 해양오염 방제지원시스템은 해양 유류오염사고 대비 대응을 위하여 유출유의 확산정보와 함께 동원 가능한 방제관련 정보를 종합적으로 제공함으로써 유출유 방제전략 수립을 지원하는 시스템이다. 본 시스템에서 제공하는 정보는 해양오염사고에 대한 해역특성, 유출유 확산특성, 방제지원 정보 등으로 구분될 수 있으며 (그림 1), 각각의 정보를 독립적으로 또는 종합적으로 제공함으로써 방제전략 수립시 필요한 정보를 효율적으로 활용할 수 있도록 지원한다(해양연구원, 2005).

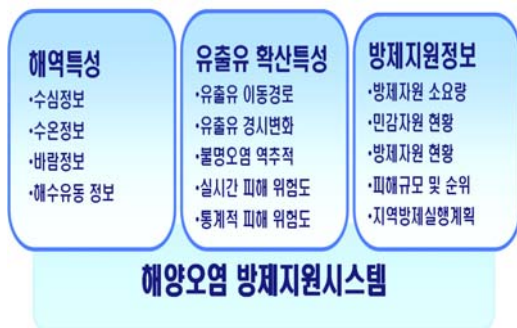


Figure 1. Information items for oil spill response

본 시스템은 인천 및 대산항 주변해역을 대상으로 개발되었다. 본 시스템의 정보제공을 위한 주요 내부 구성 시스템은 해역특성 예측 시스템, 유출유 확산예측시스템, 유출유 피해 위험 예측시스템, 환경민감자원 및 방제자원 현황 구현시스템, 지역방제실행계획 전자문서 구현시스템 등이다(그림 2).



FIGURE 2. Major functions of decision supporting system for oil spill response

본 시스템에서는 방제지원에 필요한 정보를 Dbase와 Shapefile, 자체 계산 프로그램을 통한 예측값 형태로 제공하며, 실시간 해역특성 정보 중 해수 수온 및 해상풍 자료의 경우 외부 시스템에서 예측한 자료와 연계하여 활용한다.



FIGURE 3. System components

## 해역특성 정보

### 1. 기초 해역특성 정보

#### 가. 해안선 정보

대상해역의 해안선 자료는 1999년부터 2002년까지 약 3년 동안 구축된 방제정보지도(ESI Map)의 1:25,000 해안선자료를 활용하여 구축하였으며, 최근 매립공사나 준설공사에 의해 변형된 부분에 대해서는 국립해양조사원에서 발행하고 있는 전자해도의 해안선 자료를 추가로 활용하여 보완하였다. 본 연구에서 활용된 방제정보지도 및 전자해도는 각각 그림 4 및 그림 5와 같다.

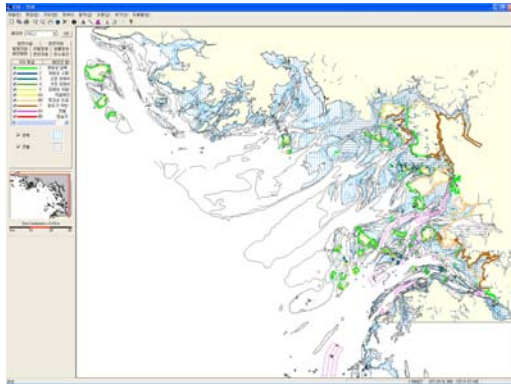


FIGURE 4. ESI map



FIGURE 5. ENC

#### 나. 계산격자망 구성

해수유동 모델 및 유출유 확산 예측 모델의 구축을 위한 계산 격자망은 15초 (약 463m) 간격의 등간격 격자로 구성하였다. 본 대상해역의 총 격자수는 259,200(720×360)개 이다.

#### 다. 수심 자료

대상해역의 수심자료는 국립해양조사원에서 발행한 전자해도에서 추출하여 구축하였다. 수심자료 추출을 위한 전자해도는 대상해역을 포함하고 있는 약 20여종이 이용되었다.

해양오염 방제지원시스템에 활용하기 위한 계산격자상의 수심자료는 전자해도에서 추출한 무작위 분포 수심자료를 보간(interpolation)하여 작성하였으며, 보간된 계산격자상의 수심자료를 구축하였다. 무작위의 수심자료로부터 계산 격자상 수심자료를 보간하기 위해서 Akima 보간 알고리즘을 이용하였다. Akima 보간 알고리즘에서는 임의의 (x,y) 점에 대하여 다음과 같은 2차원의 5차 다항식(bivariate quintic polynomial)에 의해 보간 값을 계산한다.

$$z(x,y) = \sum_{j=0}^5 \sum_{k=0}^{5-j} q_{jk} x^j y^k \quad (1)$$

이 함수식은 21개의 계수를 포함하고 있으며, 이들 계수는 보간점 주변의 측심 값으로부터 결정하게 된다. 이러한 계수의 결정을 위하여 본 보간방법에서는 모든 측심점(x,y)이 삼각형의 꼭지점이 되는 삼각망을 구성한다. 그리고 5차 다항식의 일부 계수가 각 삼각형 꼭지점의 (x, y, z) 값으로부터 계산된다. 여기에 추가하여 각 삼각형의 꼭지점과 모서리(edges)에서의 편미분을 계산하고, 각 계수에 대한 연속성(continuity) 조건을 적용하여 모든 계수를 결정한다(Akima, 1978a; 1978b).

전자해도에서 추출한 무작위 수심자료를 Akima 보간방법으로 보간하여 작성한 인천 주변해역 계산격자상 수심분포는 그림 6과 같다.

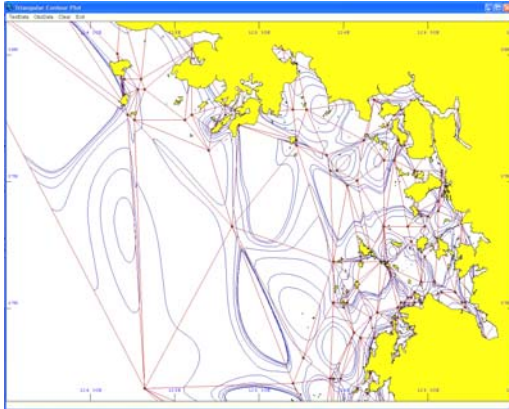


FIGURE 6. Depth TIN by using Arkima algorithm

## 2. 해역특성 정보

### 가. 수온자료

수온 자료는 일본 토호쿠(Tohoku)대학 가와 무라(Kawamura) 교수팀에서 열적외선 원격탐사자료와 마이크로파 원격탐사자료를 결합하여 구름 여부에 관계없이 "New Generation SST"라는 이름으로 웹사이트를 통해 거의 실시간(24시간 이내)으로 제공하는 정보를 이용하였다. New Generation SST(NGSST)는 북서태평양 50×50도 해역의 3분(5km) 해상도 일별 수온자료이며, 자료가 제공되는 영역의 범위는 (116-166°E, 13-63°N)이다. 본 연구에서는 ftp 사이트에 매일 12시에 접속하여 새로 갱신된 최신 수온자료를 자동으로 수신하여 대상해역에 맞게 자료를 추출하고 변환하였다.

<http://www.ocean.caos.tohoku.ac.jp/~merge/sstbinary/actvalbm.cgi?eng=1>

[ftp://www.ocean.caos.tohoku.ac.jp/pub/mergedssts\\_binary/](ftp://www.ocean.caos.tohoku.ac.jp/pub/mergedssts_binary/)

ftp를 이용하여 수신한 원격탐사 수온자료는 북서태평양 전체해역을 포함하고 있으며, 약 5km 간격으로 자료를 구성하고 있다. 본 연구 프로토타입 시스템에서는 인천주변해역에 대하여 약 500m 간격으로 수온자료가 필요하므로, 원격탐사 수온자료를 해양오염 방제지원시

스템에서 사용하기 위해서는 자료의 변환이 필요하다. 그림 7은 ftp를 이용하여 수신한 원격탐사 수온자료를 Akima 보간방법으로 보간하여 작성한 인천주변해역 수온분포이다. 본 연구의 해양오염 방제지원시스템에서는 ftp를 이용한 자료의 수신과 함께 자료의 변환과정까지 자동으로 수행되도록 시스템을 구성하였다.

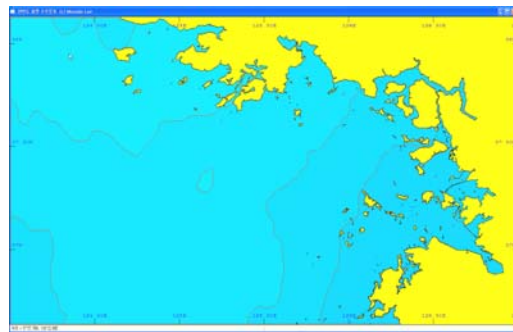


FIGURE 7. New generation SST of the sea off the coast of Incheon

### 나. 기상자료

국립환경과학원에서는 기상예보모델을 구축하여 하루 2차례 24시간의 실시간 기상자료를 예보하고 있다. 본 연구에서는 방제지원시스템에 필요한 기상자료를 실시간으로 확보하기 위하여 국립환경과학원의 기상예보모델 중 중규모 모델인 12km 격자 모델 결과를 활용하였다. 국립환경과학원의 기상예보모델에서 예보된 기상자료는 우리나라 전역을 포함하고 있으며, 다중극좌표계(polar stereo coordinate)에서의 12km 격자체계를 적용하고 있다. 따라서 실시간으로 예보된 기상자료를 해양오염 방제지원시스템에서 사용하기 위해서는 자료의 변환이 필요하다. 본 연구에서는 이러한 기상자료의 변환을 위하여 Akima 보간방법을 적용하였다. 그림 8은 ftp를 이용하여 수신한 실시간 예보 기상자료 중 바람분포를 Akima 보간방법으로 보간하여 작성한 인천주변해역 바람분포이다. 본 연구의 해양오염 방제지원시



시스템에서는 바람분포 이외에 기온 및 기압분포도 같은 방법으로 변환하여 사용하고 있으며, ftp를 이용한 자료의 수신과 함께 자료의 변환과정까지 자동으로 수행되도록 시스템을 구성하였다.

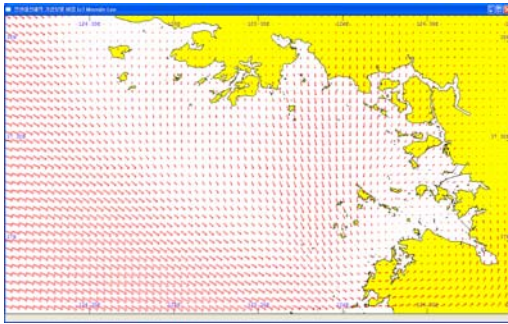


FIGURE 8. Predicted winds on the sea off the coast of Incheon

### 3. 해수유동 정보

#### 가. 조류 실시간 예측

본 시스템에서 실시간 조류예측은 각 조석 형태별로 조화방법에 의한 검조소의 실시간 조위 정보와 조석 수치모델링에 의한 조류의 공간적 분포 정보를 변조 조석을 매개로 하여 결합함으로써 실시간 조위와 조석을 재현하는 채리(CHARRY; Currents by Harmonic Response to the Reference Yardstick) 모델(Kang, 1999)을 이용하였다. 이를 위해 실시간 조류예측에 필요한 조류의 공간적 분포는 극좌표계(polar coordinate)의 해수유동 방정식과 연속 방정식에 근거한 조석조류 수치모델(이문진과 김선영, 1997)을 이용하여 계산하였다.

해수유동모델 결과를 조화분석하여 산정한 조위의 일주조와 반일주조의 진폭 및 지각은 각각 그림 9~12에 제시한 바와 같으며, 조석 조화상수에 채리모델을 적용한 실시간 조류의 예측 예는 그림 13과 같다. 그림 14는 인천주변해역 창조시의 조류분포로서 2005년 8월 31일 17:00의 조류를 계산한 결과이다.

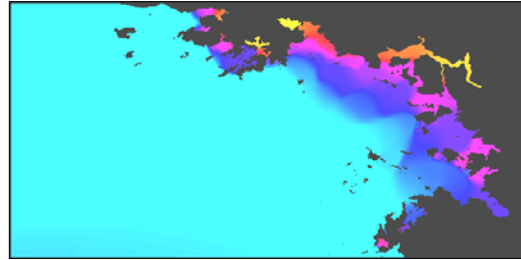


FIGURE 9. Computed amplitude of  $K_1$  tide of the sea off the coast of Incheon

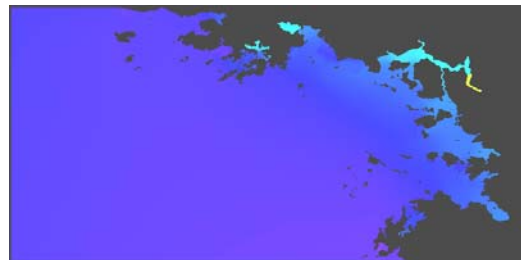


FIGURE 10. Computed phase of  $K_1$  tide of the sea off the coast of Incheon

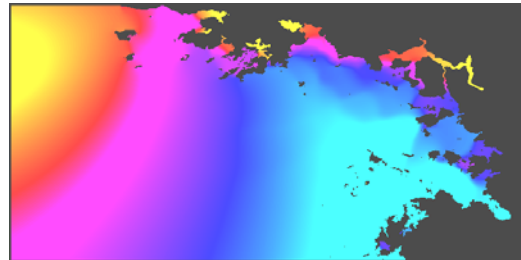


FIGURE 11. Computed amplitude of  $M_2$  tide of the sea off the coast of Incheon

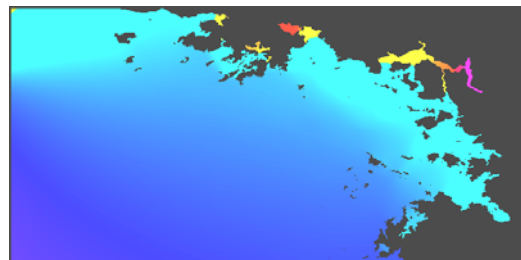


FIGURE 12. Computed phase of  $M_2$  tide of the sea off the coast of Incheon

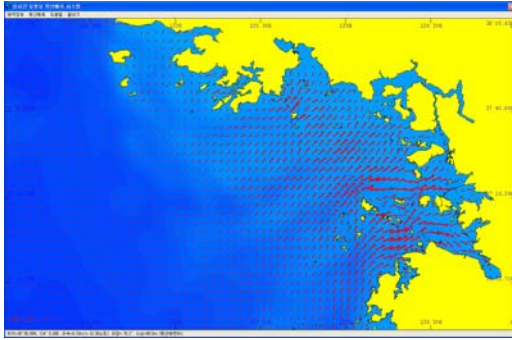


FIGURE 13. Predicted tidal currents of the sea off the coast of Incheon by using CHARRY model at 17:00 on Aug. 31, 2005 (flood flow time at Incheon port)

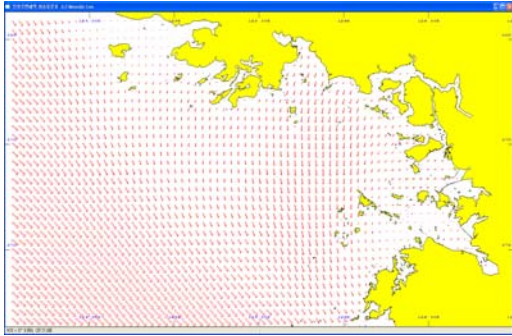


FIGURE 14. Predicted wind driven currents of the sea off the coast of Incheon by correlation between observed winds and currents at 0:00 on Aug. 26, 2005

#### 나. 실시간 취송류 예측

취송류는 바람의 변동에 대한 반응함수로서 재현될 수 있다. 바람에 대한 취송류의 반응함수는 수심에 따라 크기와 시간지연으로 결정될 수 있으나, 표면 취송류의 경우는 바람에 즉각적으로 반응하므로 시간지연 없이 크기의 비로서만 나타난다. 본 연구에서는 실시간 취송류 예측을 위하여 실시간 바람 예보자료를 활용하였으며, 바람에 대한 취송류의 분포는 우리나라 주변해역에서 현장관측을 통하여 바람과 표면취

송류간의 상관관계를 다음과 같이 산정하였다.

계산 격자 중 해양에 해당하는 모든 점에서 표면취송류는

$$\begin{aligned} \text{표면취송류 유속} &= 0.029 * \text{풍속} \\ \text{표면취송류 유향} &= \text{풍향} + 18.6^\circ \end{aligned} \quad (2)$$

와 같이 풍속과 풍향에 관계식을 적용하여 계산하였다(이문진과 강용균, 2000). 다만 연안에 인접한 격자에 대해서는 육지경계를 적용하여 연안에 의한 해수유동의 변형을 표현할 수 있도록 하였다. 육지경계조건은 해안에 수직인 흐름에 대해 유속을 0으로 설정하였으며, 연안에 평행한 흐름에 대해서 주변의 유속 구배(gradient)와 균일(uniform)한 유속 구배를 갖는 것으로 지정하였다.

## 유출유 확산 정보

### 1. 유출유 확산모델

해상에 유출된 기름은 조류, 취송류, 해류 등과 같은 해수유동을 따라 이동하면서 난류에 의해 확산된다. 또한 확산과정에서 유류오염은 일정한 양을 유지하는 것이 아니라 시간에 따라 생물·화학적 작용 및 침강에 의해 감소된다. 본 연구에서는 유류에 해당하는 수치적 입자를 추적하는 방법으로 유출유 확산을 모델링하였다.

몬테카르로(Monte Carlo) 방법을 이용한 본 유류오염 확산모델의 위치 추적방법은 다음과 같다. 시간  $t$  때에 위치  $(x_o, y_o)$ 에 있던 입자가 시간이  $\delta t$  만큼 경과후 바람과 해수유동에 의해 이동한 후 놓이게 될 새로운 위치를  $(x_o + \delta x, y_o + \delta y)$ 라 할 때,  $\delta t$  동안의 변위  $(\delta x, \delta y)$ 는

$$\begin{aligned} \delta x &= (U + u')\delta t \\ \delta y &= (V + v')\delta t \end{aligned} \quad (3)$$

로 주어진다. 여기서  $(U, V)$ 는 평균적인 해수유동의 유속이고,  $(u', v')$ 는 난류적 유속이다. 본 연구에서 해수유동은 실시간 해수유동 예측결과를 이용하며, 난류적 유속에 의한 확산

은 fBm 난류확산 모델을 이용하여 재현하였다(이문진과 강용균, 1997; Lee 등, 2001).

### 2. 유출유 확산예측

유출유 확산은 유출유 확산모델의 해수유동을 실시간 정보를 이용하여 예측한다. 본 연구의 시스템에서 가상 유출유의 확산경로를 예측한 예는 그림 15와 같다.

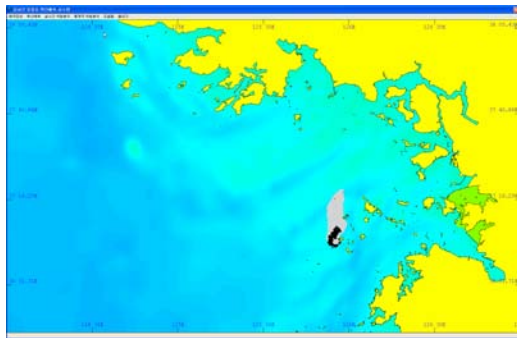


FIGURE 15. Predicted spilt oil trajectories of the sea off the coast of Incheon

### 3. 유출유 피해위험도 예측

유출유 확산에 의한 유류오염 피해는 유출사고의 발생시기, 해수유동 및 바람의 조건 등에 따라 크게 다른 양상을 보인다. 본 연구에서는 유출유의 피해위험도를 예측하기 위하여 사고 발생당시의 실시간 해역특성 정보를 이용한 실시간 유출유 피해위험도와 과거 자료에 의한 통계적 피해위험도를 산정할 수 있는 기능을 각각 개발하였다. 유출유 피해위험도는 계산 격자를 단위구역으로 하여 각각의 구역에 대한 유출유 유입량 또는 유입가능성으로 평가하였으며, 해안지역에 대해서도 해안선을 따라 계산격자와 동일한 면적의 구역으로 나누어 각 구역에 대한 유출유의 유입량 또는 유입가능성으로 피해위험도를 산정하였다.

유출유 피해위험도는 사고 발생 당시의 해수유동 및 기상정보를 이용하여 시간별 유출유의

유입량으로 예측하였다. 유출유 유입량의 산정을 위한 단위 면적은 계산 격자와 동일하게 선정하였다. 유출유 유입량 산정에서 해상 유출유의 유입량은 해당 시간의 분포로서 산정하였고, 해안 유출유의 유입량은 사고 발생시부터 해당시간까지 누적된 유입량으로 산정하였다. 그림 16은 가상 유출사고에 대한 피해위험도 예측 예이다.

통계적 피해위험도는 과거 해수유동 및 기상자료를 이용하여 여러 가지 경우에 대해 유출유의 이동경로를 재현하고, 재현된 이동경로를 통계분석하여 특정해역이나 해안에 유출유가 유입될 가능성으로 평가하였다. 본 연구에서 통계적 피해위험도 평가를 위한 유출유 확산경로 재현은 1983년부터 2002년까지의 약 20년 중 무작위로 선택한 임의의 시간을 사고 발생시간으로 가정하여 이로부터 3일 동안에 대해 수행하였으며, 모든 계산격자를 사고지점으로 간주하고 각 사고지점에 대하여 각각 200회씩 서로 다른 사고 발생시간을 선정하여 수행하였다. 사고 발생시간의 무작위 선택은 1983년부터 2002년까지의 약 20년에 대해 균일한 분포를 갖도록 하였다. 계산 결과로부터 피해위험도는 총 200회의 계산에 대해 유입된 횟수로서 산정한 유입가능성으로 평가하였다. 그림 17은 인천해역 가상 유출사고에 대한 통계적 피해위험도를 평가한 결과이다.

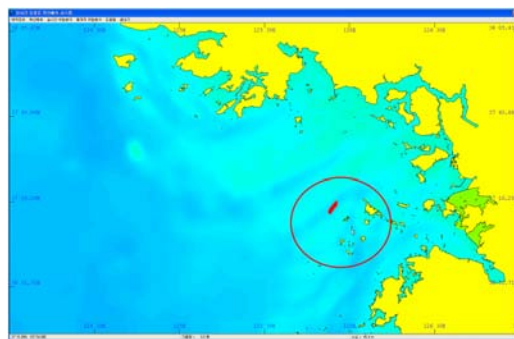


FIGURE 16. Real time damage assessment by spilt oil in the sea off the coast of Incheon



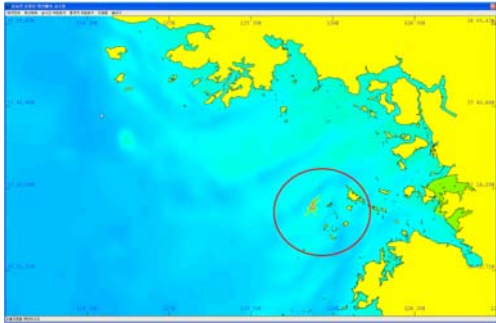


FIGURE 17. Statistical damage assessment by spilt oil in the sea off the coast of Incheon

## 해양오염방제지원시스템 구현

### 1. 시스템의 주요기능

본 연구에서 개발된 해양오염방제지원시스템은 GIS(Geographic Information System)를 활용한 의사결정지원시스템으로서 해양오염 방제를 지원하기 위한 정보를 편리하고 종합적으로 제공할 수 있도록 개발되었다. 본 시스템은 Microsoft Visual C++ 개발환경에서 ESRI MapObjects를 이용하여 구축되었다. 본 연구에서는 방제현장의 업무 특성과 유출유 사고 특성을 고려하여 동적 해양정보 기반의 사용자 중심 프로그램을 개발하였다. 유출유 사고에 대한 정보는 사용자로부터 입력받고 사고의 시간정보를 이용하여 시스템에서 실시간 해양정보를 추출하도록 하였다. 이러한 사고정보와 환경정보를 이용하여 유출유 확산 경로 계산을 수행하였다. 유출유 확산 경로와 풍화작용을 지도와 시계열 그래프로 확인할 수 있으며, 이러한 정보들을 주변 환경민감정보와 방제자원 정보들과 연계하여 종합적인 방제정보를 조회할 수 있도록 하였다. 또한, 방제현장에서 방제 실행계획을 열람할 수 있도록 방제실행계획을 PDF(Portable Document Format)포맷의 전자문서로 제공하고, 지도 기반의 사고 상황을 보고할 수 있도록 상황도 작성 기능을 개발하였다. 본 시스템의 주요 기능은 표 1과 같다.

TABLE 1 . Main user functions

항 목	주요 기능
사고 정보 입력	유출유 사고 위치 및 시간 유출유 유종 현장 기상 정보
공간 정보 제공	기본적 지도 조작 유출유 공간적 이동 및 확산 경로 특정지점 유출유의 발생원 역추적 궤적 피해위험도 공간 분포
일반 정보 제공	지역방제실행계획 열람 방제자원의 종류 및 방제능력 방제에 소요되는 방제장비 내역
상황도 작성	방제상황도 작성 및 출력

### 2. 시스템 구현 결과

해양오염 방제지원시스템의 주요 기능 중 유출유 확산예측은 그림 18과 같이 지도상에 유출유 확산 경로를 동적으로 표현하고 시간대별 유출유의 풍화작용을 그래프로 제공한다. 유출유 피해 예상 어장 정보는 그림 19와 같이 유출유 확산 경로를 고려하여 피해가 예상되는 어장 정보를 지도화하고 지도상 어장 정보에 대한 속성정보를 확인하는 정보창을 제공한다. 유출사고 주변해역의 방제자원 분포정보를 그림 20과 같이 지도상에 위치를 표시하고 각 위치에 대한 방제자원 현황을 정보창으로 제공한다. 또한 국가긴급방제계획에 의거한 지역방제실행계획을 열람할 수 있도록 시스템 내에서 조회 기능을 제공한다(그림 21).

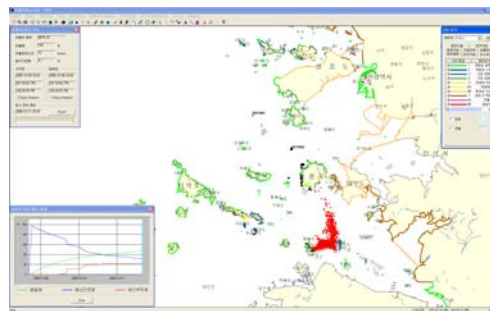


FIGURE 18. Prediction of spilt oil dispersion for oil spill response

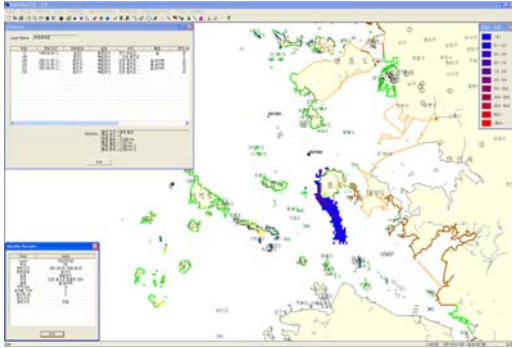


FIGURE 19. Automatic search of aquaculture farms be damaged by spilt oil

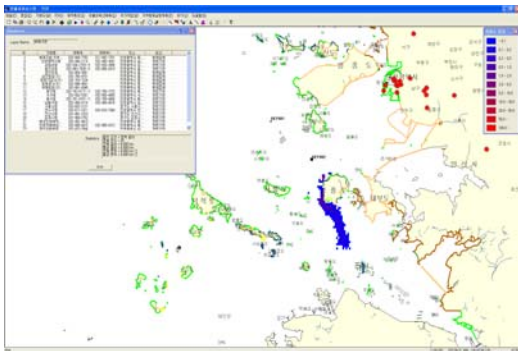


FIGURE 20. Automatic search of oil spill response resources around incident area for oil spill response

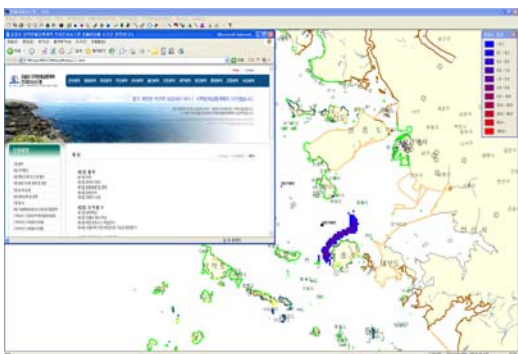


FIGURE 21. Display area contingency plan for oil spill response

## 결론

본 연구에서는 효율적인 방제전략 수립 지원시스템 개발의 일환으로 프로토타입의 해양오염 방제지원시스템을 개발하였다. 실시간 유출유 확산예측시스템에서는 바람과 해수유동을 기반으로 유출유의 이동을 계산하고, 유출유 특성에 따라 해상 유출유의 풍화작용을 모델링하여 유출유의 잔류량 및 확산분포를 계산하였다. 유출유 확산예측의 실시간 바람은 국립환경과학원의 실시간 기상모델 결과를 ftp를 이용하여 실시간으로 연계하여 활용하며, 실시간 해수유동으로서 조류는 수치모델결과와 김조소 관측결과의 결합을 통해 실시간 조석을 예측하는 CHARRY(Current by Harmonic Response to the Reference Yardstick) 모델을 이용하여 예측하고, 실시간 취송류는 바람과 취송류간의 상관관계와 반응함수를 이용하여 예측하였다. 실시간 해수유동을 따라 이동하면서 풍화되는 유출유의 풍화작용은 유출유 특성에 따라 결정된 감소율을 적용하여 모델링하였다.

기존 방제현장에서 의사결정시스템 기반의 방제지원시스템이 전무하였고, 다만 유출유 확산 경로를 예측하는 모델 및 이를 도시하는 프로그램과 ESI 정보를 조회하는 프로그램만이 방제전략 수립을 지원해왔다. 본 연구에서는 ESI를 포함한 환경정보 및 방제정보, 해수유동 및 기상 등의 해양정보, 유출유 확산 예측과 위험도 평가 모델 등을 통합하여 방제전략 수립 및 보고가 가능하도록 인천 및 대산해역을 대상으로하는 통합 시스템의 프로토타입을 개발하였다. 이는 방제 관련된 단독 기능만을 제공하는 기존 프로그램들과 달리 방제업무에서의 의사결정과 상황 보고 등의 방제업무 전반을 지원할 수 있는 통합 시스템 개발이라는 측면에서 의의가 있다.

본 연구에서 구축한 해양오염방제지원시스템의 프로토타입은 일부 수정과 개선에 관한

연구를 수행하여 우리나라 전해역에 대해 적용되어 개발될 예정이다. 우리나라 전 해역에 대한 해양정보를 구축하기 위해서는 해류의 유동 특성을 구현할 수 있는 모델링 기술이 필요하며 이를 통해서 동해안의 유동 특성을 반영하는 자료를 구축해야한다. 또한, 보다 정확한 기상정보를 제공하기 위해서 기상청의 기상예보 자료를 연동하여 해양의 기상정보를 생성하는 방법도 연구할 예정이다. 이와 같이 개발된 시스템은 해난사고 발생시 유출유의 실시간 확산예측에 활용될 수 있다. 또한 본 시스템은 유출유에 의한 주변해역 피해위험평가를 위한 확산경로통계분석에도 활용될 수 있으며, 이와 같이 예측된 유출유의 확산경로와 주변해역 피해위험도를 주변해역의 환경민감자원 및 방제자원 분포와 연계하여 제시함으로써 방제전략결정을 지원할 수 있을 것이다.

**KAGIS**

## 참고 문헌

- 김혜진, 이한진, 이문진. 2006. 해양 유출유 사고 방제지원 GIS 프로그램 개발. 한국지리정보학회지 9(3):59.
- 김혜진, 이한진, 이문진. 2006. 해양 유출유 민감도 맵핑을 위한 GIS 활용. 한국지리정보학회 춘계 학술발표 논문 초록집. 333-343쪽.
- 이문진, 강용균. 1997. 연안역 와동확산: 관측 및 프랙탈 확산모델링. 한국연안·해양공학회지 9:115-124.
- 이문진, 강용균. 2000. 해양 표면취송류(skin drift)의 라그랑주 측류 및 모델링. 한국해양환경공학회지 3:11-17.
- 이문진, 김선영. 1997. 남해 조류의 실시간 예측. 선박해양기술 24:77-91.
- 한국해양연구원. 2005. 해양오염방제지원시스템 개발 기술보고서. 125쪽.
- Akima, H., 1978a. A Method of Bivariate Interpolation and Smooth Surface Fitting for Irregularly Distributed Data Points. ACM Transactions on Mathematical Software (TOMS). 4:148-159.
- Akima, H., 1978b. Algorithm 526: Bivariate Interpolation and Smooth Surface Fitting for Irregularly Distributed Data Points [E1]. ACM Transactions on Mathematical Software (TOMS). 4:160-164.
- Beegle, K., 2008. General NOAA Oil Modeling Environment(GNOME):A New Spill Trajectory Model. Proceeding of IOSC 2008. 865-871.
- [ftp://www.ocean.caos.tohoku.ac.jp/pub/mergedsst\\_binary/](ftp://www.ocean.caos.tohoku.ac.jp/pub/mergedsst_binary/)
- <http://www.ocean.caos.tohoku.ac.jp/~merge/sstbinary/actvalbm.cgi?eng=1>
- Kang, Y.Q., 1999. Rapid prediction of real-time currents for environmental problems. Proceedings of international symposium on progress in coastal engineering and oceanography. pp.111-120.
- Lee, M.-j., C.G. Kang and S.H. Lee, 2001. Operational service of oil spill prediction. Proceedings of fifth IOC/WESTPAC international scientific symposium. pp.51-62.
- Daniel, P., F. Marty and P. Josse. 2003. Improvement of Drift Calculation in MONTH Operational Oil Spill Prediction System. Proceeding of IOSC 2003. pp.1-6. **KAGIS**