

한국 동남해역에서의 유출유 확산예측모델

류청로⁽¹⁾, 김종규⁽²⁾, 설동관⁽³⁾, 강동욱⁽³⁾

Oil Spill Behavior Forecasting Model in South-eastern Coastal Area Of Korea

by

Cheong Ro Ryu⁽¹⁾, Jong Kyu Kim⁽²⁾, Dong Guan Seol⁽³⁾
and Dong Uk Kang⁽³⁾

요약

연안해역의 유류오염물질의 거동을 신속히 이해하기 위해 구축된 긴급방제 현장용 유출유 확산모델을 실험해역인 한국 동남해역(부산-울산주변 해역)을 대상으로 기존의 유류오염사고 자료와 계산에 의한 유류확산예측 결과의 비교를 통하여 그 적용성을 검증하였다. 특히 유적의 궤적을 추적함으로써 조류, 취송류 그리고 해류에 의한 유출유 확산특성을 파악하였다. 유출유 확산예측결과는 실제 유출유의 확산경로와 비슷한 결과로 나타났으며, 본 연구의 대상해역과 같이 조류의 영향이 미약한 해역에서는 바람에 의한 취송류성분이나 해류성분이 유출유 확산에 매우 중요한 메카니즘임을 알 수 있다.

Abstract

Many concerns are placed on preservation of coastal environment from the spilled oil contaminant in the coastal area. And the use of computer simulation model to combat with oil spill has come to play more important role in forecasting the oil spill trajectory so as to protect coastal area and minimize the damage from oil contaminants.

The main concerns of this study is how the movements of spilled oil are affected by currents including tidal, oceanic, and wind-driven currents. Especially, in the present paper, the oil spill trajectory can be predicted by a real-time system that allows prediction of circulation and wind field. The harmonic methods are adopted to simulate the tidal currents as well as it can be possible to achieve the wind-field data and oceanic current data from the established database. System performance is illustrated by the simulation of oil spill in the south-eastern coastal area of Korea. Simulation results are compared with the observed one.

Keywords: real-time oil spill prediction, trajectory, trajectory analysis.

(1) 종신회원, 부경대학교 해양공학과

(2) 정회원, 부경대학교 해양산업개발연구소

(3) 학생회원, 부경대학교 해양공학과

1. 서론

최근 우리나라는 산업의 고도 발전에 따른 유류 수입 물동량이 날로 급증해 가고 있으며 지리적 여건상 해상운송이 용이한 이유로 해상에서의 유조선이나 선박의 해난사고등으로 인한 유류오염사고는 해마다 증가하는 추세에 있으며, 매년 300여 건 이상에 이르고 있다. 유류오염사고에 의한 피해 및 영향은 막대한 경제적 손실뿐만 아니라 환경·생태계 파괴 등으로 이어지므로 연안환경 보전에 있어서 가장 심각한 문제가 아닐 수 없다. 그럼에도 불구하고 현재 우리나라의 경우에는 이와 같은 특정해역에 대하여 적용성을 극대화시킨 모델은 거의 찾아볼 수 없다.

특히 본 연구의 대상해역인 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 포텐셜이 높은 해역이다. 이러한 특성을 갖는 연구대상 해역에서의 유류오염사고시 긴급방제를 목적으로하는 유류확산 예측모델은 가능한 한 취급이 용이하고 신속·정확한 실시간 예측이 가능한 모델로 구축되어야 한다.

이러한 모델의 구축을 위해 부산-울산 주변해역의 조석·조류모델을 구축하고, 격자점 마다 조류 유동을 수치계산하였다. 그리고, 정밀 수치계산에서 얻어진 조류자료를 이용하여 각 격자점에서의 조류조화상수를 계산하여 실시간의 조류계산이 용이하도록 데이터베이스를 구축하였다.

뿐만아니라 해수면의 오염물질 이동에 가장 큰 역할을 하는 해상풍의 추산에 있어서 실시간 일기도로부터 해상풍을 추정하였다. 특히 연구대상해역에서는 해류에 의한 영향이 큰 점을 고려하여 기존의 해류자료들을 데이터베이스화함으로써 실시간적으로 유출유 확산계산에 도입될 수 있도록 하였다.

끝으로 연구대상해역에서의 기존의 유류오염사고 자료와 계산에 의한 유류확산예측 결과를 비교하여 그 적용성을 검증하였다. 특히 본 연구에서는 비교·검증의 방법으로서 유적이 지나가는 궤적을 추적함으로써 조류, 취송류, 그리고 해류에 의한 유출유 확산특성을 파악하였다.

2. 유출유 확산시뮬레이션

본 연구에서는 기존에 개발된 OILSPILLFM(Oil Spill behavior Forecasting Model)모델(Lie et al. [1990], 환경부[1995])을 이용하여 기름유출 거동을 가상 simulation한다. 사용된 OILSPILLFM모델은 Fig.1과 같이 유동장 계산을 위한 해수유동모델(hydrodynamic model)과 바람에 의한 이류를 계산하는 취송류 모델(wind-induced current model)을 부프로그램으로하여 주프로그램에서 기름의 외부 환경에 의한 이동을 수치적 추적자로 추적하여 계산한다. 여기서 사용된 각 모델의 특징을 기술하면 다음과 같다.

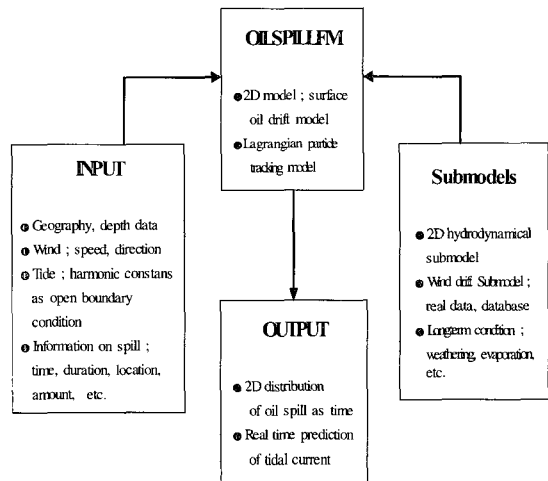


Fig. 1 The structure of OILSPILLFM (Oil Spill behavior Forecasting Model), the model for real-time prediction of oil spill behavior

2.1 해수유동의 실시간 예측

해수에 유출된 기름은 해수의 흐름, 특히 연안에서 탁월한 왕복성 조류에 의하여 확산되게 된다. 따라서 기름의 거동을 예측하기 위해서는 이러한 해수유동의 이해가 우선되어야 하겠다. 이러한 목적을 위해서 개발된 수치모델을 이용하여 유출된 해역의 해수유동을 재현한다.

2.1.1 해수유동모델

본 연구에서 사용된 해수 유동 모델은 2차원 수심 적분 모델로서 수심이 비교적 얇은 연안해역의 유동장을 계산하는데 주로 사용된다. 모델에서 사용하고 있는 기본방정식은 2차원 연속방정식과 Navier-Stokes 방정식을 수직면($-h \leq z \leq \xi$)에 대해 평균하고, 외력으로 지구자전에 의한 영향, 바닥의 마찰력 및 중력을 포함시키고, 표층에서 바람에 의한 응력을 무시함으로써 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}[(\xi + h)U] + \frac{\partial}{\partial y}[(\xi + h)V] = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} - fV + g \frac{\partial \xi}{\partial x} + U \frac{\sqrt{U^2 + V^2}}{C^2(\xi + h)} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} + fU + g \frac{\partial \xi}{\partial y} + V \frac{\sqrt{U^2 + V^2}}{C^2(\xi + h)} = 0 \quad (3)$$

여기서, U, V : 수심 평균한 x, y 방향의 유속,
 f : Coriolis 계수 ($= 2\omega \sin \phi$, ϕ 는 위도),
 g : 중력가속도,
 ξ : 수면변위,
 h : 평균수면하의 수심,
 C : Chezy 의 조도계수를 나타낸다.

이러한 기본방정식의 수치적 계산을 위해서 Leendertse[1967]에 의해 조류·확산 계산에 응용되어, 현재 널리 사용되고 있는 ADI법(alternating direction implicit method)을 사용하였다. ADI법은 양해법(explicit method)과 음해법(implicit method)을 동시에 사용하여 계산하는 방식으로, 해의 수렴성과 계산시간의 경제성 등에서 아주 뛰어나다.

이상의 해수유동 계산과정으로부터 얻어진 각 계산 격자점에서의 유동자료를 이용하여 다음 조

화분석방법에 의해 대상해역에서의 조류조화상수 데이터베이스를 구축한다.

2.1.2 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. 2와 같다.

대상해역의 실시간 조류는 위와 같은 과정으로 식(4)와 같이 각분조별로 수치시물레이션을 통하여 얻어진 자료를 조화분해하여 얻은 조화상수(진폭, 지각)에 의해 예측된다

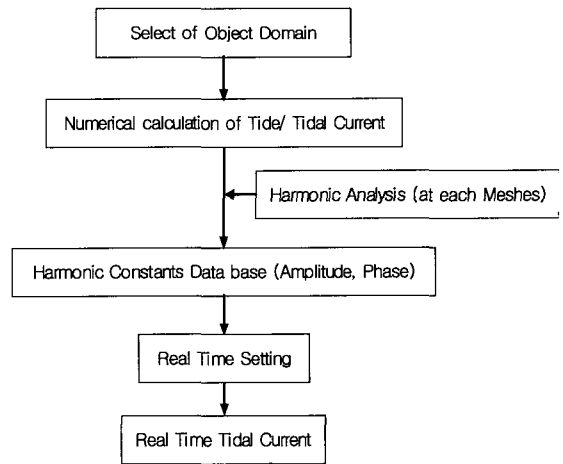


Fig. 2 The procedure of real-time tidal current prediction

$$U_t = \sum_i a_i \cos[\omega_i(t - t_0) - \phi_i] \quad (4)$$

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_0 는 예측개시일의 M_2 분조의 135° E자오선상 통과시각(한국표준시), t 는 예측개시일의 개시시각으로부터 시작되는 시간(한국표준시)을 나타낸다. 이 식을 이용하면 임의의 시간에 대한 조류의 실시간 예측이 가능하다.

2.1.3 해류데이터베이스

대부분의 유류확산 예측모델들은 계절적 해류도 또는 특정 장기관측자료들로부터 취득된 해류자료를 도입한다. 그러나 이 기법은 연안역 가까이의 지형적 영향 및 해류특성의 변동에 기인한 큰 부정확성을 내포한다. 한편, 해류는 충분한 현장관측자료의 이용이 가능하다면 수치적, 수력학적 모델에 의해 계산되어질 수 있다.

본 연구 대상해역인 한국 남해는 서쪽으로 황해 및 동중국해와 동쪽으로 동해와 연결되어 있으며, 해황은 쓰시마 난류의 영향을 크게 받고 있는 해역이다. 한편, 쓰시마난류와 남해안 사이에는 쓰시마난류수보다 저온저염인 남해연안수가 연중 존재하고 있으며, 남해는 그 수심이 얕아(대부분 200 m 이내) 기상의 변화에 따라 해류가 직접적으로 영향을 받고 있다.

제주해협에서 대한해협에 이르는 남해에서 해수유동은 주로 동향류나 북동향류로써 제주해협에서 평균유속은 약 15 cm/sec이며 대한해협에서는 약 50 cm/sec를 갖는다.

본 연구에서는 동남해역에서의 해류는 기존 관측된 자료(국립해양조사원[1994~1996], Lie and Cho[1997])들을 참고하여 계산영역에서 유속과 유향을 50 cm/sec, NE(45°)방향으로 일정하게 주었다.

2.1.4 해상풍 자료 산출

주어진 압력장으로부터 해상풍을 산출을 위하여, 역학적 방법을 이용하여 다음과 같은 모델을 나타낼 수 있다(Fredick[1995]).

$$\frac{k}{\rho} \nabla^2 P = -(f^2 + k^2) \nabla^2 X \quad (5)$$

여기서, P 는 압력, f 는 Coriolis parameter, ρ 는 밀도, k ($=1/0.5day$)는 선형마찰계수, X 는 속도 포텐셜을 나타낸다.

본 모델을 통하여 해상풍을 산출하기 위해서는 실시간의 지상 기압자료(surface pressure map)가 필요하다. 정확히 실시간은 아니나 현재 기상청에서는 매 3시간 간격으로 아시아지역의 지상 기압

의 화상을 Internet (<http://www.kma.go.kr>)을 통하여 제공하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 화상자료를 바탕으로 110° E~150° E 및 20° N~50° N의 영역에 대한 지상일기도를 옮겨 그린 다음, 이로부터 바람장을 산출하는 방법을 채택하였다. 또한, 자료가 3시간 간격으로 주어지기 때문에 해수유동모델에서 사용할 수 있도록, 내삽을 통하여 자료가 주어지지 않는 시각에 대한 자료를 산출한다. 이러한 자료산출과정은, 특히 태풍과 같이 이동하는 악기상현상이 발생하였을 때 더욱 효과적이라 할 수 있다. 왜냐하면, 평균적인 태풍의 이동속도는 전향전에 약 20 km/h, 전향후에는 약 40-80 km/h 정도로 다음 기압장이 주어질 3시간동안 약 60 km 내지 240 km까지도 이동하는데, 이러한 태풍의 진로를 태풍진로예보에 따라 Internet 자료화면에 합성할 수 있기 때문이다.

해상풍을 산출, 해수유동모델에 제공하기 위하여, 먼저 사고가 발생하면, 과거 2회의 자료(6시간 전부터의 자료)로부터, 3시간뒤의 기압장 자료를 외삽하여 산출한다. 산출된 화면자료로부터 디지털자료를 생산한다.

각 pixel로부터 기압장을 구하는 기본방정식은 식(6)과 같다.

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \gamma \nabla^2 (P - P^*) \quad (6)$$

여기서, γ 는 relaxation coefficient로서 가장 효율적인 값을 경험적으로 정하며, P 는 구하고자 하는 기압장을 나타내며, P^* 는 pixel에 해당하는 디지털자료를 나타낸다.

윗 식은 유한차분법(finite difference method)을 사용하여 시간적분 하는 데, 시간변화가 어떤 기준치보다 작게되면 P 의 값이 구해진 것으로 간주한다. 산출된 기압장을 전술한 기본모델에 적용하여 바람장을 산출하며, 구해진 바람장을 Fourier transform하여 공간적 분해능을 향상시켜 해상풍을 산출한다.

한편, 태풍이 존재할 경우에는 바람장 산출과정이 달라지게 된다. Internet화상자료로부터 디지털데이터를 생성할 때, 태풍(typhoon)과 배경장(environmental field)을 분리한 다음 배경장과 태

풍의 시간변화율을 각각 별도로 작성하여 최종적으로 합성한다

2.2 유출유거동모델

해수유동모델로부터 확정된 유동환경을 바탕으로 하여 유출유의 거동을 예측한다. 이론적인 가정으로는 기름이 흐름에 의해서 무한히 흘러갈 것이나, 기름이 가지는 화학적·물리적 성질 때문에 이동과정에서 풍화, 퇴적, 침전 등의 복잡한 과정을 거치게 된다. 이러한 여러 가지 변동요인을 고려하여 유출유의 거동을 수치모델을 이용하여 추정하게 된다.

2.2.1 기본방정식

일반적인 해수면에서의 오염물질의 이류·확산방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial C}{\partial t} + V \cdot \nabla C = \nabla \cdot (D \nabla C) + S \quad (7)$$

- 여기서, C : 오염물의 농도,
- V : 유속벡터,
- ∇ : gradient연산자,
- D : 난류확산계수,
- S : 생성 및 소멸항을 나타낸다.

해상에 유출된 기름의 경우에는 이러한 이류·확산 과정을 Lagrange적 방법으로 해석하는 것이 일반적이다. 이 방법은 유출유를 수면 위에 부유하는 표류자들의 집합으로 보고, 일정한 부피를 갖는 표류자들이 서로 독립적으로 움직인다는 가정 하에 이류와 확산에 의해서 각각의 표류자들이 시간에 따라 이동된 위치를 구하는 방법이다. 또한 표류자들의 분포밀도를 해수표면에서 유출유의 농도로 계산한다.

이러한 방법은 기존의 Euler적 방법에 비해 수치적 안정성(numerical stability)이 뛰어나고 계산시간이 절약되며 생성과 소멸(유출유의 증발, 육지 접안 등)을 고려하기 쉬운 장점을 지니고 있다(Venkatesh[1987]). 그러나 표류자들의 수가 증가할수록 해상도는 증가하지만 컴퓨터 메모리 부족

과 계산시간이 오래 걸리는 단점이 있다.

식 (7)을 Lagrange적 표현으로 나타내면 다음과 같다.

$$S_i^n = (V_w^n + V_i^n)\Delta t + d_i^n \quad (8)$$

여기서 S_i^n 는 n 번째 시간부터 $n+1$ 번째 시간까지 단위시간(Δt)동안 i 번째 표류자가 이동한 거리이고, $(V_w^n + V_i^n)$ 는 풍속과 유속이며, d_i^n 는 중력에 의한 퍼짐(spreading)과 난류확산(turbulent diffusion)에 의한 이동거리이다. V_w^n 는 $0.03 \times W_{10}$ 으로 계산되며, 여기서 W_{10} 은 수면 10미터 높이에서의 바람의 크기를 나타낸다. V_i^n 는 i 번째 표류자가 위치한 곳의 유속으로서, 해수유동모델의 결과를 이용한다. d_i^n 는 Random Walk Method에 의해 계산된다.

따라서, 단위시간에 하나의 표류자가 이동한 거리는 난류확산 및 퍼짐에 의한 이동거리와 바람 및 유속에 의해 이동된 거리의 벡터합으로 표현된다. 또, 표류자가 해안에 도달하면 일시적으로 해안에 부착되었다가 일정 시간이 경과한 후 다시 움직이는 것으로 가정한다.

2.2.2 난류확산 및 풍화

(1) 난류확산(turbulent diffusion)

유출유의 확산과정은 기름의 화학적 특성과 해양의 물리적 성질에 따라 달라진다. 본 모델에서 채택하고 있는 Random Walk Method의 개념은 다음과 같다. 해상에 유출된 표류자들은 무작위 운동 즉, Brown운동을 하며, 단위시간 동안에 난류확산에 의해 표류자가 이동한 거리(d) 및 방향(θ)은 다음과 같이 나타낼 수 있다(Venkatesh[1987]).

$$d = R_1(6(K_x + K_y)\Delta t)^{1/2} \quad (9)$$

$$\theta = 2\pi R_2 \quad (10)$$

여기서, R_1, R_2 은 0과 1사이의 난수이며, K_x, K_y 는 x, y 방향의 난류확산계수이다. 중력에 의한 퍼짐(spreading)의 영향은 유출초기에만 작용하므로,

이는 퍼짐이 일어나는 최대반경 (R_{max}), 최대시간 (T_{max}) 및 물리적 확산계수(physical spreading coefficient, K_p)를 다음 식으로 계산하여 식 (9)의 K_x , K_y 에 각각 더함으로써 고려할 수 있다(Ahlstrom, 1975).

$$R_{max} = \left[\frac{10^5}{\pi} V_a^{3/4} \right]^{1/2} \quad (11)$$

$$T_{max} = \left[\frac{R_{max}^2 \rho_w \nu_w}{K^4 \sigma^2} \right]^{1/3} \quad (12)$$

$K_p = 0.407N^{0.268}$ (m^2 / sec): 유출후 경과시간 < T_{max}

$K_p = 0.0$: 유출후 경과시간 > T_{max}

여기서, V_a 는 총유출량, ρ_w 는 해수밀도, ν_w 는 해수의 동점성계수, σ 는 물과 기름의 계면장력, K 는 퍼짐계수, 그리고 N 은 Lagrangian 입자 하나가 나타내는 기름의 양을 나타낸다.

(2) 풍화(weathering)

해양에 유출된 기름은 시간이 경과함에 따라 물리·화학적 변성과정을 거치게 된다. 이러한 변성 과정을 통털어서 풍화(weathering)라 하며, 이에에는 증발(evaporation), 연직분산(vertical dispersion), 유화(emulsification), 용해(dissolution), 생물분해(biodegradation) 및 광산화(photo-oxidation) 등의 과정이 포함된다.

정과 각 과정의 지속시간을 나타내고 있다. 이에 의하면 유출초기에 퍼짐(spreading)과 증발(evaporation)이 집중적으로 발생하며 시간이 경과함에 따라 유화(emulsification)과정이 일어남을 알 수 있다.

풍화의 각 과정들은 서로가 영향을 주고받기 때문에 모두를 정확하게 정량화 하는 것이 매우 어렵다. 또, 모든 과정에 대해 정확한 수식을 반영한다 할지라도 각종 파라메타의 변동이 정확하게 예측되어야 하기 때문에 사실상 이를 엄밀히 고려하는 것이 오히려 불합리한 경우도 있다.

따라서 본 모델에서는 풍화과정 중에서도 그 영향이 가장 크고 유출초기에 집중적으로 일어나는 퍼짐과 증발과정에 대해서만 고려하였다. 증발 과정은 다음과 같이 1차 반응식으로 나타낼 수 있다(환경부[1996]).

$$\frac{dN}{dt} = -K_e \cdot N \quad (13)$$

여기서, N 은 단위면적 및 수주당 기름의 양이고, K_e 는 감쇠계수(dissipation coefficient)로 각종 풍화작용 중 증발에 의한 기름의 손실속도가 빠를수록 큰 값을 가진다.

실제로 모델 내에서는 식(13)을 다음과 같이 유한차분화하여 계산한다.

$$N^{(t+\Delta t)} = N^{(t)}(1 - K_e \Delta t) \quad (14)$$

여기서, $N^{(t+\Delta t)}$ 및 $N^{(t)}$ 는 각각 $t+\Delta t$, t 시간에 있어서 입자의 개수를 나타내며 시뮬레이션시 입자의 증발여부는 0과 1사이의 난수를 발생시켜 그 값이 0과 $K_e \Delta t$ 사이이면 증발한 것으로 취급하고, 그 이외의 값이면 계속 부유하는 것으로 처리한다. 감쇠계수 K_e 는 기름의 종류 및 기상조건(풍속, 기온, 일사량 등)에 따라 적절한 값을 선택하여 사용한다. 본 모델에서는 4.6×10^{-5} 을 주도록 하였는데 이 값을 사용하면 중질유의 증발에 의한 지수배반감기(약 2.5)와 거의 일치하는 수치이다.

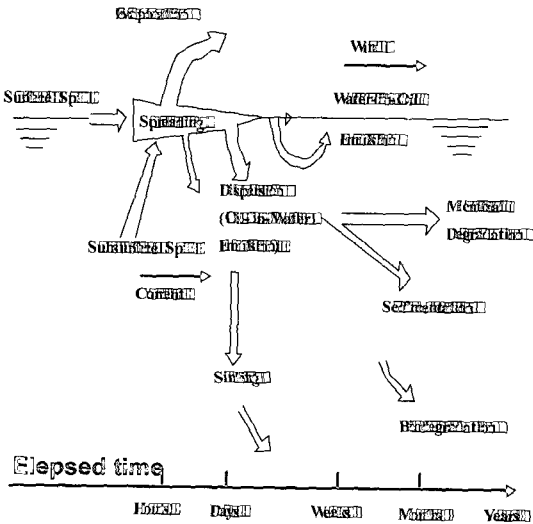


Fig. 3 Fate of spilled oil (after Shen et al.[1991])

Fig. 3은 해양에 유출된 기름의 전형적인 풍화과정을 나타낸 것으로, 시간에 따른 기름의 변화과

3. 결과 및 고찰

진절에서 기술한 유출유 확산예측모델을 실제 발생하였던 유출사건에 대해 hindcasting함으로써 그 적용성을 검토하였다. 본 연구에서는 1995년 6월 30일 북형제도 남방에서 발생하였던 알렉산드리아호 사건의 현장관측 결과와 계산결과를 비교

하였다. 알렉산드리아호로부터 유출된 기름의 확산경로는 Fig 4와 같이 나타났다.

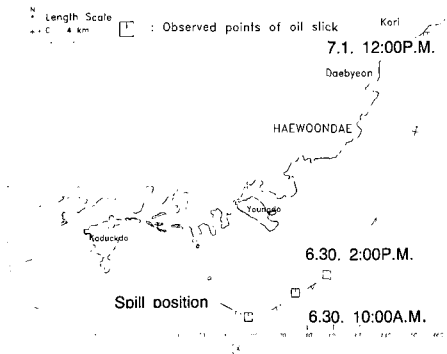


Fig. 4. Actual trajectory of the oil slicks, *Alecsandria*[1995].

1995년 6월 30일 06시 30분에 유출된 기름은 이틀되인 7월 1일 경에는 고리 부근까지 확산되었다. 이 당시의 일기도로부터 해상풍을 추정한 결과 9 m/sec 정도로 북동방향으로 바람이 불어온 것으로 나타났다. 그리고 지역적 특성상 하계의 쓰시마난류의 영향으로 북동방향으로 치우쳐 확산된 것으로 사료된다.

이상의 환경자료를 토대로 1996년 7월 5일 12시까지 계산한 유출유확산 시뮬레이션 결과는 Fig. 5~ Fig. 8과 같다. Fig. 5는 단지 조류작용에 의한 유출유의 확산 경로를 나타낸 것으로 조류의 왕복성 특성 때문에 가덕도부터 영도 사이의 해역에서 확산되어 가고 있음을 알 수 있다.

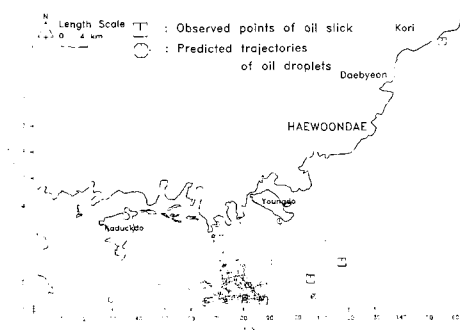


Fig. 5 Predicted trajectories of the oil droplets (only tidal current)

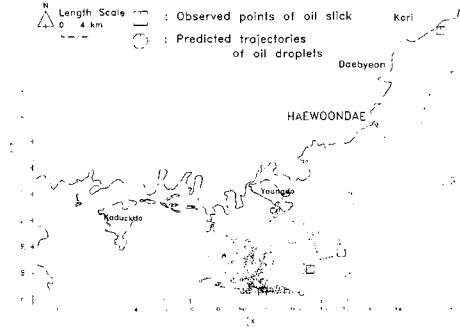


Fig. 6 Predicted trajectories of the oil droplets (tidal current + wind-driven current)

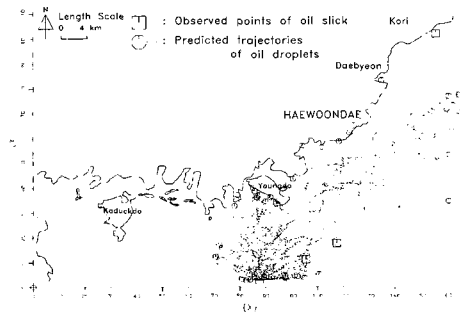


Fig. 7 Predicted trajectories of the oil droplets (tidal current + oceanic current)

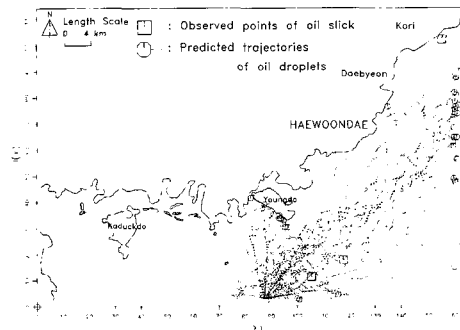


Fig. 8 Predicted trajectories of the oil droplets (tidal current + wind-driven current + oceanic current)

당시의 해상풍 자료를 고려하여 계산한 결과는 Fig. 6과 같다. 취송류의 영향으로 유출유는 대변부근 해역까지 확산되어 있는 것을 볼 수 있다. 조류와 해류의 영향에 의한 유출유의 확산경향은 Fig. 7과 같으며, 일부 유출유는 영도와 해운대 등에 접안하고 대부분 외해로 확산되어 가는 것을 볼 수 있다. 그리고 조류, 해류 및 취송류를 포함한 계산결과는 Fig. 8과 같다.

이상의 결과로 볼 때 본 연구에서 개발된 모델에 의한 유출유 확산예측결과는 실제 유출유의 확산경로와 비슷한 결과를 나타내었다. 그리고 본 연구의 대상해역과 같이 조류의 영향이 미약한 해역에서는 바람에 의한 취송류성분이나 해류성분이 유출유 확산에 매우 중요한 메카니즘임을 알 수 있다.

4. 요약 및 결론

연안해역의 유류오염물질의 거동을 신속히 이해하기 위해 구축된 긴급방제 현장용 유출유 확산모델을 실행역인 한국 동남해역(부산-울산주변 해역)을 대상으로 기존의 유류오염사고 자료와 계산에 의한 유류확산예측 결과의 비교를 통하여 그 적용성을 검증하였다. 특히 유적의 궤적을 추적함으로써 조류, 취송류 그리고 해류에 의한 유출유 확산특성을 파악하였다

유출유 확산예측결과는 실제 유출유의 확산경로와 비슷한 결과로 나타났으며, 본 연구의 대상해역과 같이 조류의 영향이 미약한 해역에서는 바람에 의한 취송류성분이나 해류성분이 유출유 확산에 매우 중요한 메카니즘임을 알 수 있다.

한편, 특정해역을 대상으로 본 모델을 확장·적용하기 위한 모델의 신뢰도 검증작업 및 다양한 해상조건과 기상조건의 재현성을 더욱 높일 수 있는 해상 및 기상 데이터베이스의 수정·보완작업이 지속적으로 필요하며 해류의 모델링 또한 구축되어야 할 것이다.

후기

본 논문은 정부에서 시행한 환경공학선도기술사업(G-7 과제)의 연구결과의 일부임을 밝혀둔다.

참고문헌

- [1] 국립해양조사원, 1994-1996, 수로기술연보 No. 817-820.
- [2] 환경부, 1995, 해상유출사고 방제 지원 시스템 활용기술.
- [3] Ahlstrom, S. W., 1975, "A mathematical model for predicting the transport of oil slicks in marine-waters.", Battle Pacific Northwest Laboratories, Richard, Washington.
- [4] Frederick, K.,L. and J.T. Edward, 1995, "The atmosphere", Prentice Hall, 1-462.
- [5] 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, 1-174.
- [6] Leendertse, J.J., 1967, "Aspects of a computational model for long period water wave propagation", RM-5295-PR The Rand Corporation May, 2-11.
- [7] Lie, H.J. and Cho, C.H., 1997, "Surface Current Fields in the Eastern East China Sea.", J. of Oceanography Vol.32 No.1 March, 1-7.
- [9] Shen, H.T., P.D. Yapa, D.S. Wang and X.Q. Yang, 1991, "A Mathematical Model Oil Spill Transport and Mixing in Rivers", Report No.91-1, Department of Civil & Environmental Engineering, Clarkson University, Potsdam, NY, February.
- [10] Venkatesh, S., 1987, "The oil spill behavior model of the canadian atmospheric environment service, part I: theory and model evaluation.", Atmosphere-Ocean 26(1), 93-108.