

## 해상 수색구조를 위한 표류지점 신속추정모델 연구

이문진<sup>(1)</sup>, 공인영<sup>(1)</sup>, 강창구<sup>(1)</sup>

### Tracking Model of Drifted Ships for Search and Rescue

by

Moonjin Lee<sup>(1)</sup>, In-Young Gong<sup>(1)</sup> and Chang-Gu Kang<sup>(1)</sup>

#### 요 약

해상에서의 수색구조를 위하여 한국 남해를 대상으로 표류물체 추적모델을 연구하였다. 본 연구의 모델에서는 환경외력 조건으로서 바람과 해수유동을 고려하였으며, 주어진 환경외력 조건에 의해 결정된 위치의 표준편차로서 수색범위를 결정하였다. 표류선박의 추적을 위한 환경외력 조건은 한국 남해와 서해에 대해 구축된 데이터베이스를 이용하여 실시간으로 예측하여 적용하였다. 본 모델에 의한 계산 결과는 실제 조난선박의 표류경로와 비교하였으며, 계산에서 예측된 표류경로 및 수색범위는 조난선박의 표류경로를 잘 재현하는 것으로 나타났다.

#### Abstract

Tracking model of a drifted ship for the search and rescue mission in southern sea of Korea is studied. In this model, search area is determined by considering standard deviation of position around reference point. The reference point is estimated for a given type of ship when marine environmental conditions such as wind and current are given. A database for environmental data, which is necessary for the real-time tracking of drifted ship, is generated on southern sea and western sea of Korea. Using this database, the real-time prediction of wind and current is possible. The simulated trajectories and search area of our model are validated by comparing with reported real data.

Keywords: search and rescue, tracking model, drifted ship, real-time prediction, environmental data

#### 1. 서 언

조난선박은 바람이나, 파도, 조류, 해류 등과 같은 환경 외력의 영향에 의해 표류한다. 따라서 조난선박의 신속한 수색 및 구조(search and rescue)

를 위해서는 환경 외력을 고려하여 표류지점을 정확하게 파악하는 것이 우선적으로 요구되며, 주어진 표류지점에 대한 효율적인 수색 및 구조전략이 필요하다. 조난선박의 표류지점 추정 및 수색전략에 관한 이론은 이미 몇몇 국가에서 연구되어 현

(1) 정회원, 한국해양연구소 선박해양공학분소

장의 실무 지침서로 활용되고 있으며 (U.S. Coast Guard[1986], Canadian Coast Guard[1996]), IMO (International Maritime Organization)에서는 이를 정리하여 일반적인 이론으로 제시하고 있다 (IMO [1997]). 그러나 이러한 이론들은 대부분 주어진 환경 외력에 근거하여 표류지점을 추정하는 방법만을 제시한 것이며, 환경 외력 자체의 산정이나 효율적인 이용에 대해서는 제시하지 않고 있다.

본 연구에서는 환경 외력을 보다 타당성 있게 산정하고, 이를 근거로 조난선박의 표류지점을 실시간으로 신속하게 예측할 수 있는 표류지점 추정 모델을 연구하였다. 본 연구의 모델에서 조난상황은 조난선박의 종류, 조난초기 위치, 조난시간 등을 입력조건으로 설정하였으며, 환경 외력조건은 바람(wind), 취송류(wind-driven current), 풍압류(leeway), 조류(tidal current) 등을 고려하였다. 모델의 계산에서 주어진 입력조건은 불확실성을 포함하여 고려되며, 환경 외력은 자체 데이터베이스를 이용하여 계산한 실시간 변동으로 지정된다. 연구결과로서 한반도 남해안에서의 조난선박 표류양상을 실시간으로 제시하였으며, 실제 조난선박을 대상으로 표류지점 예측결과를 검증하였다.

## 2. 조난선박 표류지점의 결정요인

### 2.1 조난초기 위치 및 시간

조난초기 위치 및 시간은 조난 당사자나 주변 선박에서 신고한 내용에 의존하므로, 다소의 오차를 갖는다. 조난초기 위치는 위치측정에 사용된 항법 장치에 따라 수십m에서 수백m의 오차를 가지며, 조난시간은 수십 분에서 수 시간의 오차를 갖는다.

### 2.2 조난선박의 종류

조난선박의 종류는 여러 가지가 있을 수 있으며, 표류 특성에 따라 풍압 면적이 큰 물체, 수면하의 면적이 큰 물체 등으로 분류된다.

### 2.3 환경 외력

조난선박의 표류에 영향을 미치는 환경 외력은 풍압류, 조류, 취송류, 해류 등이다. 선박의 표류에 있어서 각 요소의 기여도는 선박의 종류에 따라 다소 다르나, 일반적으로 풍압류가 가장 크게 영향을 미친다. 풍압류는 표류선박의 해면상 풍압면

적에 작용하는 바람의 영향에 의해 발생되는데, Fig. 1에 제시된 바와 같이 바람의 세기에 대한 선박 종류로 대별될 수 있다. 취송류는 바람에 대한 해수면의 전단응력(wind stress)에 기인하여 발생하는 흐름으로서 바람의 세기 및 지속시간에 따라 결정된다. 조류는 연안역에서 우세하게 나타나는 흐름이며, 우리나라의 황해와 남해에서는 가장 우세한 흐름으로 작용한다. 해류는 지속적이고 규모가 큰 흐름이며, 우리나라의 동해에서는 가장 우세한 흐름으로 작용한다.

## 3. 표류지점 시뮬레이션 모델

### 3.1 모델의 개요

조난선박은 바람에 의한 풍압류와 조류, 취송류, 해류 등의 해수유동에 의해 표류한다. 본 연구의 모델에서 조난선박의 표류과정은 표류선박에 해당하는 수치적 입자를 추적하는 방법으로 모델링하였다. 몬테카를로(Monte Carlo) 방법을 이용한 본 표류모델의 위치 추적방법은 아래와 같다.

시간  $t$  때에 위치  $(x_0, y_0)$ 에 있던 입자가 시간이  $\delta t$  만큼 경과후 바람과 해수유동에 의해 이동한 후 놓이게 될 새로운 위치를  $(x_0 + \delta x, y_0 + \delta y)$ 라 할 때,  $\delta t$  동안의 변위  $(\delta x, \delta y)$ 는

$$\delta x = (U + u')\delta t \quad (1)$$

$$\delta y = (V + v')\delta t \quad (2)$$

로 주어진다. 여기서  $(U, V)$ 는 바람에 의한 풍압류 및 해수유동의 유속이고,  $(u', v')$ 는 난류적 유속이다.

풍압류 및 해수유동의 유속은 별도의 계산모델을 이용하여 지정한다. 난류적 유속 성분  $u'$ 과  $v'$ 는 난류장의 강도에 따라 결정되는 난류적 특성유속인  $U_b$ 와  $V_b$ 의 범위폭 내에서 불규칙적으로 분포하므로, 난류적 유속을 몬테카를로 방법으로 모델링하면  $u'$ 와  $v'$ 은

$$u' = \mu U_b, v' = \nu V_b \quad (3)$$

로 표현된다. 여기서  $\mu$ 와  $\nu$ 는 각각  $[-1, 1]$  구간 내의 값을 가지는 임의의 난수이다. 난류적 특성

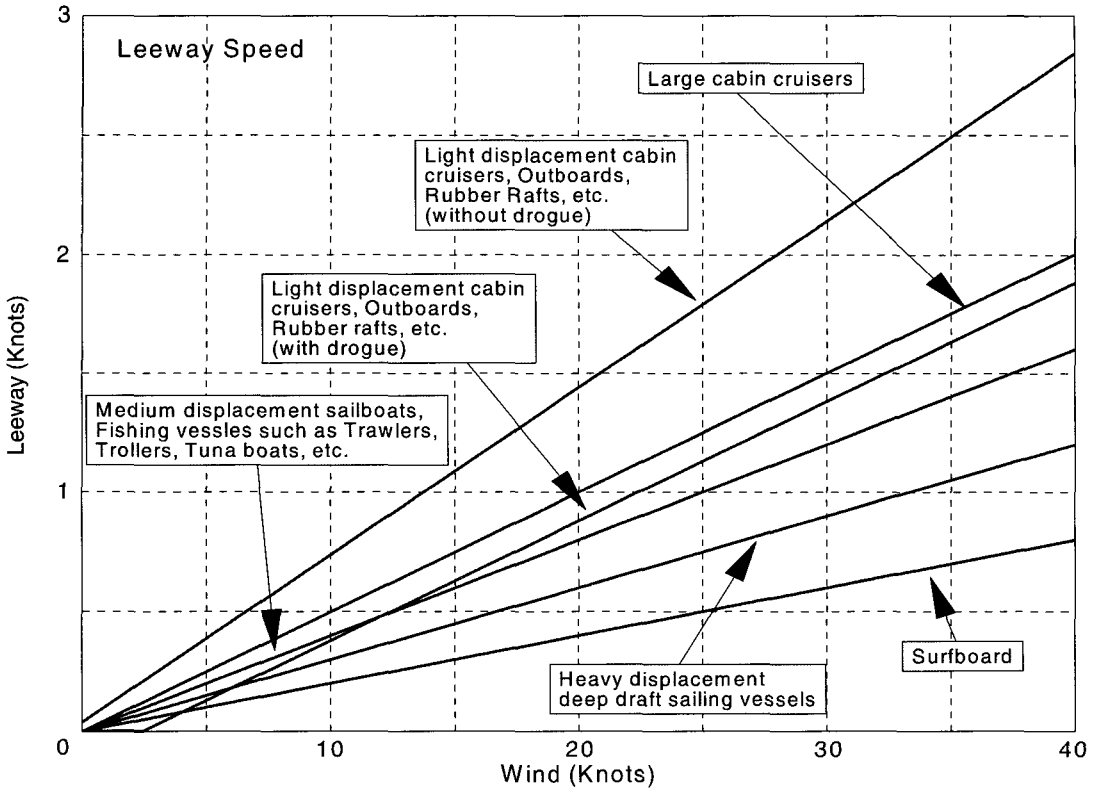


Fig. 1 LEEWAY SPEED (Canadian Coast Guard [1996])

유속  $U_b$ 와  $V_b$ 의 크기는 각각  $x$ 와  $y$  방향의 와 동확산계수  $D_x$  및  $D_y$ 와

$$U_b = \sqrt{\frac{6D_x}{\delta t}} \quad (4)$$

$$V_b = \sqrt{\frac{6D_y}{\delta t}} \quad (5)$$

의 관계에 있다. 난류적 유동에 수반된 와동확산 계수의 크기는 일정하지 않고 난류장의 공간적 및 시간적 크기가 증가함에 따라 와동확산계수도 증가한다 (Okubo, 1966 [1971]). 이와 강[1997]은 국내 연안에서 다중부표실험을 와동확산계수를 추정 한 바 있으며, 이 결과에서 와동확산계수는 시간의 0.45~2.46승에 비례하여 증가하는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 표류선박 거동에 적합한 와

동확산계수를 파악하지 못하였기 때문에, 이와 강 (1997)의 결과에 근거하여 대표값으로서  $D_x = D_y = 1 \text{ m}^2/\text{sec}$ 를 와동확산계수로 사용하였다.

### 3.2 입력조건

#### (1) 표류 시작시간

표류 시작시간은 해상상황이나 최초 발견자에 따라 크게 많은 오차가 발생할 수 있다. 표류 시작 시간의 오차는 표류에 영향을 미치는 환경 외력의 조건을 달라지게 하므로, 추적기간 동안 표류지점의 오차는 점차 증가하게 된다. 본 연구의 모델에서는 표류 시작시간의 오차를 고려하기 위하여 시작 시간의 오차에 해당하는 기간동안 연속적으로 조난선박의 표류가 발생하는 것으로 모델링하였다. 즉, 조난선박은 어느 한 순간이 아니라 시간의 오차에 해당하는 기간동안 연속적으로 발생되며, 표류된 조난선박간의 이적거리는 수색범위 추정

포함된다.

**(2) 초기위치**

조난 초기위치는 최초 발견자 혹은 보고자의 항법 장치에 따라 많은 오차를 갖는다. 초기위치의 오차 역시 시작 시간의 오차와 비슷하게 환경 외력의 조건을 다르게 하므로, 이에 의한 표류지점의 오차 역시 추적기간 동안 점차 증가하게 된다. 본 모델에서 초기위치에 따른 오차는 조난선박 발생 해역의 면적으로 취급하였다. 초기위치 오차에 해당하는 해역의 면적에서 동시 다발적으로 조난선박이 발생한 것으로 가정하고, 각각의 선박의 표류를 추적하였다. 초기위치의 오차는 최근 가장 많이 사용되는 항법장치인 GPS의 오차(rms 20m)를 고려하였다.

**(3) 조난선박의 종류**

조난선박의 종류는 많은 형태로 나타날 수 있으나, 본 모델에서는 ① 구명뗏목, ② 요트, ③ 트롤 어선, ④ 대형선박, ⑤ 초대형선박의 5가지 형태로 대별하여 지정하였다.

**3.3 표류 기준점 및 수색범위 결정**

표류선박에 해당하는 수치적 입자를 이용하여 추정된 표류경로로부터 시간별 표류 기준점 및 오차 범위는 통계적 산술연산으로 계산하였다. 시간  $t$  때 수치적 입자  $N$ 의 분포로부터 표류기준점  $P_x(t)$ ,  $P_y(t)$ 는

$$P_x(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i(t) \tag{6}$$

$$P_y(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i(t) \tag{7}$$

와 같이 계산하였다. 표류지점의 오차범위는 수치적 입자의 분산으로 계산될 수 있는데, 입자의 분산  $\sigma^2(t)$ 은

$$\sigma^2(t) = \frac{2}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N \sum_{j \neq i}^N [ \{x_i(t) - x_j(t)\}^2 + \{y_i(t) - y_j(t)\}^2 ] \tag{8}$$

와 같이 수치적 입자간 이격거리의 분산으로 계산

될 수 있다 (Officer [1976]). 여기서  $x_i(t)$ 와  $y_i(t)$ 는 시간  $t$ 때의  $i$ 번째 입자 위치이다. 표류모델의 계산에서 입자의 갯수  $N$ 은 2000개로 하였다. 표류지점의 오차범위  $\sigma^2(t)$ 로부터 수색범위  $R$ 은

$$R = 3\sigma \tag{9}$$

로 지정하였다. 정규분포(normal distribution)의  $3\sigma$  한계(limit)에 근거하면, 수색범위  $R$ 내에 표류선박이 존재할 확률은 99.7%이다.

**4. 환경외력의 산정**

**4.1 바람**

조난사고 발생시 표류해역의 시공간적 바람정보를 관측하여 이용하는 것은 현실적으로 어렵다. 일반적으로 바람의 정보는 연안의 특정지점에서 관측된 것만이 가용하며, 그 외 해상의 바람은 연안 관측점에서의 바람을 이용하여 추정된 정보를 이용하여야 한다. 본 연구에서는 연안의 한 지점에서 관측된 바람자료와 한국 주변해역의 해상풍 자료간의 상관관계를 산정하고, 이 상관관계에 근거하여 연안의 바람자료로부터 해상의 바람을 추정하였다. 연안의 특정지점은 장기간의 바람관측자료가 가용한 기상청의 기상관측소 운영 지점으로 하였으며, 이와 상관관계를 구하기 위한 해상풍은 Cardone model을 이용하여 추정된 한국주변 해역의 해상풍 자료를 이용하여 산정하였다. 한국 주변해역의 해상풍 자료는 Na and Seo(1998)가 제시한 1978년~1995년의 18년 동안의 1일 2회 바람자료이다. 모델 계산에서 해상의 바람의 풍속 ( $W_{os}$ ) 및 풍향( $W_{od}$ )은

$$W_{os} = W_{cs} \times r \tag{10}$$

$$W_{od} = W_{cd} + \theta \tag{11}$$

와 같이 주어진 연안의 바람자료에 대한 상관관계로서 추정되며, 이는 취송류 및 선박의 풍압류 계산에 사용된다. 여기서  $W_{cs}$  및  $W_{cd}$ 는 연안의 풍속 및 풍향이며,  $r$ 은 연안 풍속에 대한 해상풍속의 상관계수이고  $\theta$ 는 연안 풍향에 대한 해상 풍향의 편향각이다.

본 연구에서는 대상해역인 한국남해에 대하여 부산을 기준점으로 선정하였다. 부산 기상관측소에서 1986년~1995년의 10년 동안 관측된 풍속에 대한 남해 해상풍의 풍속 비는 Fig. 2와 같으며, 부산에서 관측된 풍향에 대한 남해 해상풍 풍향의 차이는 Fig. 3과 같다. 풍속의 비는 부산에서 외해 쪽으로 커지는 것으로 나타났으며, 중국쪽 보다는 일본쪽으로 갈수록 더 커지는 것으로 나타났다. 풍향의 차이는 풍속비에 비하여 다소 복잡하게 나타났으나, 유형에 있어서는 거의 비슷한 양상을 보였다.

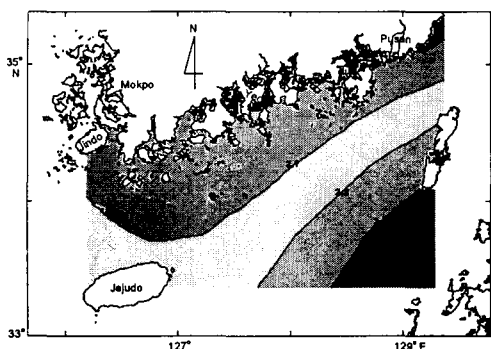


Fig. 2 Speed ratio of wind on sea surface to wind on land in southern sea of Korea (wind on land refer to Pusan)

#### 4.2 풍압류

바람에 의한 조난선박의 표류는 선형에 따른 풍압류의 속도 및 방향으로 지정하였다. 조난선박의

선형은 입력조건에 제시한 바와 같이 대별하였으며, 각각의 선형에 대한 풍향류의 속도 및 방향은 Table 1과 같다 (Canadian Coast Guard, 1996).

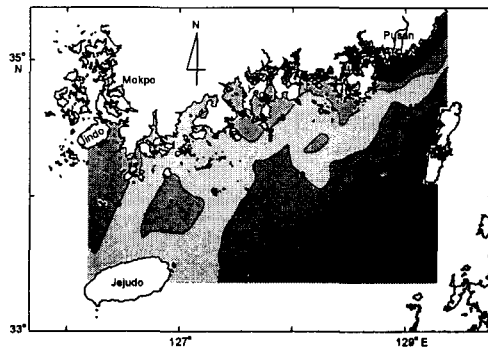


Fig. 3 Direction difference between wind on sea surface and wind on land in southern sea of Korea (wind on land refer to Pusan)

#### 4.3 취송류

취송류는 바람에 대한 해양 표면의 마찰응력에 의해 발생하는 흐름이다. 바람에 대한 취송류의 반응은 즉각적이지 않으며 약간의 시간 지연을 갖는데, 취송류의 세기 및 지연시간은 바람의 세기 및 지속시간에 의해 결정된다. 따라서 취송류를 예측하기 위해서는 누적된 바람과 취송류간의 반응(response) 관계를 규명하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 누적된 바람의 변동에 대한 취송류의 변동을 해수유동 수치모델로 재현하고, 바람

Table 1 Leeway Speed Formulae (Canadian Coast Guard [1996])

Type of Craft	Leeway Speed	Divergence
Light displacement cabin cruisers, Outboards liferafts, etc. (without drogue)	$0.07U + 0.04$	$\pm 35^\circ$
Large cabin cruisers	$0.05U$	$\pm 45^\circ$
Light displacement cabin cruisers, outboards liferafts, Etc. (with drogue)	$0.05U - 0.12$	$\pm 35^\circ$
Medium displacement sailboats, fishing vessels such as trawlers, trollers, tuna boats, etc.	$0.04U$	$\pm 45^\circ$
Heavy displacement deep draft sailing vessels	$0.03U$	$\pm 45^\circ$

과 취송류간의 반응함수 교적계수(kernel coefficient)를 산정하여 취송류를 예측하였다. 바람에 대한 취송류 재현을 위한 해수유동모델에서 바람의 변동은 연안의 특정지점에서 약 1년간 연속적으로 관측된 자료를 이용하여 추정된 해상풍으로 지정하였다. 해수유동모델의 결과로부터 바람과 취송류간의 교적관계는

$$WDC(x, y, t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(x, y, u) W(x, y, t-u) du \quad (12)$$

와 같이 지정된 바람  $W(x, y, t)$ 와 계산된 취송류  $WDC(x, y, t)$ 를 이용하여 추정하였다. 여기서 교적계수  $h(x, y, u)$ 는 과거의 시간지연(time lag)  $u$ 에 해당되는 가중치이다. 교적계수는 연구해역 내 모든 격자점에 대해 산정하였으며, 산정된 결과는 데이터베이스로 구축하였다. 취송류의 예측에서는 이 교적계수를 적용하여 주어진 바람에 대한 취송류를 산정한다. 취송류 예측을 위한 교적모델의 개념도는 Fig. 4와 같다.

Munk and Cartwright[1966]은 기조력과 조석간의 교적관계를 조사하고, 조석의 예측에 도출된 교적관계를 적용한 바 있다.

#### 4.4 조류

한반도 주변해역에서 조류는 해수유동 중 가장 중요한 요소로서 작용한다. 조류의 실시간 예측은 조류의 조화상수(harmonic constants)와 천문적 요소의 변동을 조합하여 계산하였다. 조류의 조화상수는 2차원 해수유동모델을 이용하여 조석의 주요 4대분조( $M_2$ 조,  $S_2$ 조,  $K_1$ 조,  $O_1$ 조)를 계산한 이와 김[1997]의 결과를 인용하였다. 해수유동모델의 결과로 계산된 조화상수를 이용하면, 연구해역 내 어느 점에서나 조화방법에 의한 4대 분조 조류

의 예측이 가능하다. 조화상수로부터 실시간 유속은

$$U(t_r) = \sum_{k=1}^4 f_k(t_r) A_{uk} \cos \{ \omega_k t_r - \phi_{uk} \} + V_k(t_r) + u_k(t_r) \quad (13)$$

$$V(t_r) = \sum_{k=1}^4 f_k(t_r) A_{vk} \cos \{ \omega_k t_r - \phi_{vk} \} + V_k(t_r) + u_k(t_r) \quad (14)$$

와 같이 계산된다. 여기서  $\omega_k$ 는  $k$ 분조의 각속도이며,  $A_{uk}$ 와  $A_{vk}$ 는 동향 및 북향성분 유속의 진폭이고  $\phi_{uk}$ 와  $\phi_{vk}$ 는 유속의 지각이다. 시간 정보로서  $t_r$ 은 예측하고자 하는 실시간이며,  $f_k(t_r)$ 와  $u_k(t_r)$ 는 진폭 및 지각에 대한 노드변동보정치(nodal factor)이고  $V_k(t_r)$ 는 평형조 지각이다(Schreman [1958], Foreman [1978]). 본 연구에서 각 분조에 대한 천문변수  $f_k$ ,  $u_k$  및  $V_k$ 는 1900년 1월 1일 0를 기준하여 경과된 시간의 함수로 계산하였다. 본 연구에서 적용한 조류의 실시간 예측기법은 한국 남해안의 해상 유출유 확산을 예측한 홍과 이[1998]의 연구에서 활용된 바 있다.

#### 4.5 해류

해류는 한반도 주변 해류의 평균분포를 가정하여 지정하였다.

### 5. 표류지점 추정모델의 적용

#### 5.1 사고개요

조난선박 표류지점 추정모델은 남해의 거문도 주

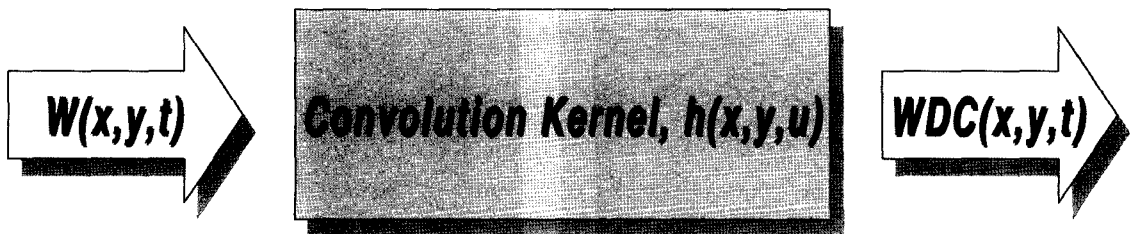


Fig. 4 Schematic diagram of convolution model to predict wind-driven currents

변에서 발생한 제302영광호의 표류를 대상으로 검증하였다. 표류선박은 1998년 7월 22일 15:30 거문도에서 출항하여 인근해역에서 조업후 입항차 항해중 7월 23일 06:00에 북위 33° 45' 30"N, 동경 127° 16' 45"E 지점에서 기관고장으로 표류하였다. 표류 시작 3시간 후인 7월 23일 09:00에 표류 선박은 구조되었는데, 이때 위치는 북위 33° 45' 00"N, 동경 127° 14' 00"E으로 보고되었다. 표류 선박의 선형은 12톤 규모의 어선이다.

### 5.2 환경 외력

제302영광호의 표류지점 추정에 사용된 환경 외력 중 조류의 분포는 Fig. 5와 같다. 표류 시작시점에서 조류는 창조류였으며, 사고지점에서는 북동향류가 20cm/sec 내외로 나타났다. 부산의 바람에 근거하여 산정한 표류지점의 바람은 동풍이 우세한 것으로 나타났으며, 약 3m/sec의 풍속을 보였다. 바람에 기인한 취송류는 과거 3일간의 바람에 대한 반응함수로서 추정하였다. 표류 당시 초기위치의 취송류는 Fig. 6에 제시된 바와 같이 동향류가 약 20cm/sec로 흐르는 것으로 나타났다.

### 5.3 표류지점 예측 결과

제302영광호의 표류기록과 비교하기 위하여 계산한 결과는 Fig. 7과 같다. Fig. 8은 Fig. 7에서 표류경로 부근을 확대하여 제시한 그림이다. Fig. 7 및 Fig. 8은 3시간간격으로 12시간 경과후의 선박의 표류지점을 예측한 것이며, 예측된 표류지점 주변의 원은 수색범위로서 표류선박 존재확율이 68%, 95.5%, 99.7%에 해당되는 영역이다. Fig. 8에서 3시간 경과후의 수색범위내에 표시된 지점은 제302영광호가 발견되어 구조된 지점을 나타낸다. 본 연구의 결과에서 표류지점이 정확히 일치하지는 않았지만, 95.5%의 수색범위내에 실제 표류지점이 포함되는 것으로 나타났다.

## 6. 결 론

조난선박의 표류지점을 추정할 수 있는 모델을 연구하였다. 표류지점 추정시 발생될 수 있는 오차로서 조난 발생시간의 오차, 최종 확인위치의 오차 등을 고려하였으며, 선박의 종류에 따른 외력의 영향도 포함할 수 있도록 하였다. 표류위치 계산을 위한 환경외력은 바람, 취송류, 조류, 해류 등을 고려하였으며, 데이터베이스 구축을 통하여

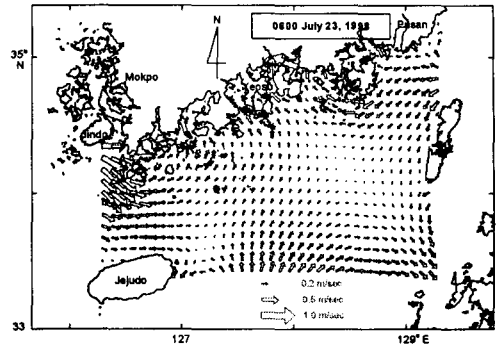


Fig. 5 Predicted tidal currents at 06:00 KST on July 23, 1998

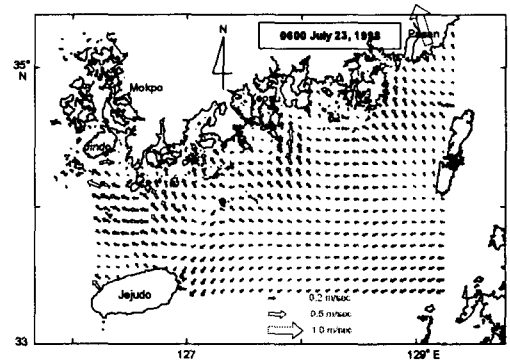


Fig. 6 Predicted wind-driven currents at 06:00 KST on July 23, 1998

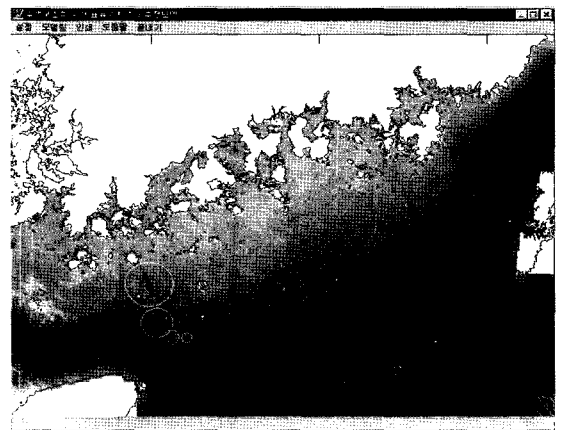


Fig. 7 Computed search area of drifted ship, Youngkwang No.302

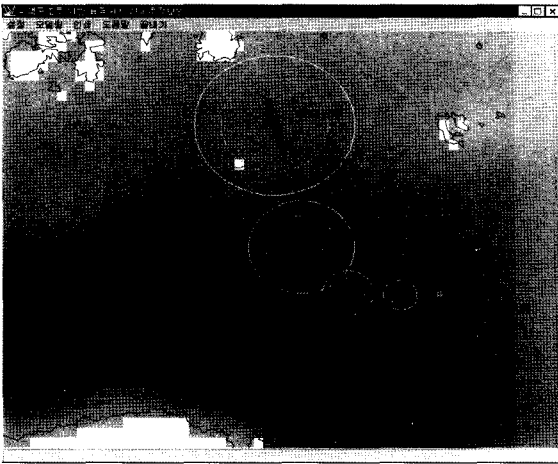


Fig. 8 Enlarged view of computed search area.

자동적으로 지정될 수 있도록 하였다.

모델의 계산에서 바람은 연안의 바람정보를 이용하여 해상풍을 산정한다. 바람에 의한 풍압류는 경험적 관계를 이용하여 속도와 방향을 지정하도록 하였으며, 취송류는 과거 바람의 변동을 포함할 수 있도록 반응함수의 교적계수로서 재현하였다. 조류는 수치모델에서 계산된 조화상수와 천문변수의 변동요소를 고려하여 실시간으로 적용하였다. 모델의 결과로서 시간별 표류지점과 존재확율의 분포를 제시하였으며, 실제 조난선박의 표류자료와 비교하였다. 검증결과 본 연구의 모델결과는 실제 표류위치를 잘 재현하는 것으로 나타났다.

본 연구는 조난선박의 수색구조를 위한 초기 실용화 연구이며, 이의 활용을 위해서는 보다 종합적인 연구가 필요하다. 본 연구결과에서 해상풍의 영향을 고려하기 위한 방법으로 연안의 바람과 해상풍간의 관계를 이용하였는데, 이의 보다 타당성 있는 적용을 위해서는 연안의 여러 정점에 대한 바람과 해상풍간의 관계가 규명되어야 한다. 또한 바람에 의한 흐름으로서 취송류는 관측된 바람과 2차원 해수유동모델에서 계산된 취송류간의 반응관계를 이용한 교적모델로서 재현하였는데, 보다 현실적인 취송류의 재현을 위해서는 3차원의 취송류 계산이 추가되어야 한다. 이러한 환경외력의 정밀한 예측과 함께 도출된 결과를 이용한 수색방법의 정립 역시 앞으로 수행되어야 할 연구과제이다. 주어진 표류지점 및 수색범위에 대한 수색방법은 인원, 장비, 해역특성 등을 고려하여 결정되어야 하므로, 이의 최적 전략 수립을 위한 연구가 표류위치 추정연구와 함께 병행되어야 한다.

## 후 기

본 연구의 표류지점 예측결과 검증을 위한 제302영광호의 사고 및 표류기록을 제공해 준 여수해양경찰서 해양오염 관리과 강대위과장님께 사의를 표한다. 본 논문은 과학기술부에서 1998년도 시행한 “해난 사고 대응 기술 개발”의 연구결과 중 일부이다.

## 참고문헌

- [1] 이문진, 강용균, 1997, “연안역 와동확산: 관측 및 프랙탈 확산모델링”. 한국연안·해양공학회지, Vol. 9, No. 3, 115-124.
- [2] 이문진, 김선영, 1997, “남해 조류의 실시간 예측, 선박해양기술”, Vol. 24, 77-91.
- [3] 홍기용, 이문진, 1998, “누유확산 모델의 남해안 적용”. 한국해양환경공학회지, Vol. 1, No. 1, 56-65.
- [4] Canadian Coast Guard, 1996, *National Search and Rescue Manual TP 5421 B-GA-209-001 /FP-001 English Version*, 299pp.
- [5] Foreman, M.G.G., 1978, *Manual for tidal currents analysis and prediction*, Pacific Marine Science Report 78-6, 101pp.
- [6] IMO (International Maritime Organization), 1997, *International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual*, Vol. 2: Draft 4 Mission Co-ordination.
- [7] Munk, W. and D. Cartwright, 1966, “Tidal spectroscopy and prediction”, *Phil. Trans. Royal Soc., Ser. A*, 259:533-614.
- [8] Na, J.Y. and J.W. Seo, 1998, *The Sea Surface Winds and Heat Flux in the East Asian Marginal Seas*, 52pp.
- [9] Officer, C.B., 1976, *Physical Oceanography of Estuaries (and Associated coastal Waters)*, John Wiley & Sons, 465pp.
- [10] Okubo, A., 1966, “A note on horizontal diffusion from instantaneous source in a nonuniform flow”, *J. Oceanogr. Soc. Japan*, Vol. 22, 35-40.
- [11] Okubo, A., 1971, “Oceanic diffusion diagram”, *Deep Sea Res.*, 18:789-802.
- [12] Shureman, P., 1958, *Manual of harmonic analysis and prediction of tides*, United States Government Printing Office, 317pp. (reprinted 1940, 1958, 1976, 1988).
- [13] U.S. Coast Guard, 1986, *National Search and Rescue Manual*, COMDTINST M16120.5.