

## 搜索 및 救助作業에 있어서 漂流地點 推定の 電算化 Modelling of Drift Prediction in Search and Rescue

강 신 영\*  
Sin Young Kang\*

**要 旨** : 해난사고 발생시 수색구조 작업의 성공여부는 정확한 표류지점의 추정에 있다. 본 논문에서는 현재 외국에서 사용중인 표류지점 추정에 관한 여러가지 기법을 소개하였고, 이들의 장단점을 비교하여 국내상황에 적합한 전산모델을 제시하였다. 제시된 모델은 해상 환경자료의 입력을 고려하여 두 가지 방식으로 나누어진다. 하나는 해양정보시스템으로부터 정확한 환경자료를 제공받을 수 있는 경우에 대비하여 FLENUMWEACEN 방식을 따른 것이고, 다른 하나는 불확실한 해수유동 자료와 현재 기상청의 해상풍 예보를 입력자료로 사용해야 할 경우를 고려하여 U.S. Coast Guard의 CASP 방식을 수정한 것이다. 모델에서 조난대상물은 사람, 구명정, 선박으로 분류하였으며, 구명정은 ballast와 canopy의 유무에 따라 세분하였고, 선박은 배수용적을 대, 중, 소로 나누어 구분하였다. 형태별 분류과 정에서 과거의 모든 실험결과들을 재정리하여 새로운 leeway 값을 결정하였으며 제시된 모델들은 몇 개의 실제 현장실험 결과와 비교되었다.

**Abstract** □ A key element of a successful search and rescue is the correct prediction of the target location. In this paper, new computer models for drift prediction are suggested from the analysis of several methods currently used in other countries. Depending on the availability of the environmental data, users may select a model between the modified versions of U.S. Coast Guard CASP and FLENUMWEACEN SAR. Targets include boats, life rafts and person in water. Life rafts and boats are further classified. New models are tested and compared with the limited number of field experimental results.

### 1. 서 론

최근 우리나라 주변 해역에서의 해상물동량 증가와 연안 해상에서의 활발한 어업활동은 해상교통량을 크게 증가시켜 이로 인한 제반 사고의 인명 및 재산 피해가 점점 많아지고 있다. 일반적으로 해난이란 해양, 호수, 하천 등지에서의 경제활동, 군사활동 및 해양개발에 따른 제반 활동의 손해 및 사고를 총칭한다. 통계에 의하면 이러한 해난사고는 1990년 한해 동안 만에도 611건이 발생하였으며, 매년 약 5%의 증가추세이다(고, 1991). 해난사고 발생시 해상수색 및 구조에 관해서는 국제적으로 IMO(International Maritime Organization)에서 수색 및 구조(Search and Rescue)에 관한 국제협약(IMO, 1979)이 채택·발효 되어 인접국가간 구난업무의 상호협력 및 범세계적

구조체제의 확립을 추진하고 있고 이미 여러 나라에서 SAR 시스템이 구축되어 해난으로 인한 인명 및 재산손실을 극소화하고 있다.

해난사고 발생시 수색, 구조단계 중 무엇보다도 중요한 것은 조난물체의 위치를 신속하고 정확하게 추정하여 수색구역을 결정하는 것이다. 그러나 해난 사고의 발생은 대개 폭풍이라는 자연적인 요인과 불가분의 밀접한 관계가 있고, 또한 조난목표물이 바람, 조류, 해류, 파도 등 여러 환경요인의 영향을 받기 때문에 정확한 표류지점의 예측은 매우 어려우며 이로 인해 해난구조의 임무를 수행하는 데는 엄청난 위험이 따르게 되고 다양한 과학적인 기술을 필요로 한다.

이러한 필요성과 어려움을 배경으로 본 연구에서는 SAR 시스템 구축의 핵심이라 할 수 있는 표류지점을 예측하는 전산화 모델의 개발을 시도하였다. 연구내

\*韓國海洋大學校 海洋工學科 (Department of Ocean Engineering, Korea Maritime University, Pusan, 606-791, Korea)

용에는 과거에 실시된 표류실험의 방법 및 결과가 간단히 소개되었고, 표류지점 추정을 위해 사용되는 모델들 - IMOSAR의 방법, U.S. Coast Guard의 CASP 모델, FLENUMWEACEN SAR - 이 비교되었으며, 각 방법의 장단점을 분석하여 국내 상황에 알맞는 모델로 개조하였다. 이 과정에서 근래 미국에서 실시된 실험결과와 제시된 모델에 의한 결과를 비교하였다. 조난대상물은 사람, 소형선박, 구명정으로 제한하였다.

## 2. 표류실험

바람에 의한 표류를 leeway라 하고 표류방향과 풍향과의 사이각을 leeway angle이라 정의한다. 과거 표류에 관한 연구의 대부분이 바로 leeway와 leeway angle을 파악하는데 초점을 두었다. 전형적인 leeway의 산출방법은 표류물체 주위의 유속을 알아낸 후 실제 표류속도에 백터적으로 빼서 표류물체에 대한 바람의 영향만을 계산해 내는 것이다. 표류에 관한 실험이 시작된 이래 최근에 이르기까지 이러한 실험의 기본원리는 변함이 없고 단지 전자계측 장비의 발달로 관측기술 및 자료처리 방법만 바뀌었다고 해도 과언이 아니다.

첫 leeway drift 실험은 1943년 Woods Hole Oceanographic Institution에서 미해군 및 육군의 구명정을 사용하여 실시하였으나 실험에 대한 자세한 기록은 없고 간단한 결과만 남아 있다. 소형 선박에 관한 첫 실험은 1959년에서 와서야 실시되었는데(Chapline, 1960), 하와이 근해에서 어부들의 도움으로 레이더와 육안을 이용하여 매 30분마다 위치가 기록되었다. 이때 표층류의 영향을 알기 위해 커다란 네트(300 ft × 15 ft)를 표류물체 2~3 miles 전방에 표류시켰다. 실험결과는 leeway를 풍속에 대한 일정비율로 가정하여 처리되었다.

1968년부터 1971년까지는 이와 유사한 방법으로 미연안경비대 해양부(U.S. Coast Guard Oceanographic Unit)에서 구명정과 소형선에 대해 실험을 하였다(Morgan, 1977). 이때 위치는 매 20분 간격으로 레이더상의 각도와 거리로 측정하였고, 표층류 측정을 위해 직경 8.5미터의 낙하산 모양의 드로그(drogue)가 부착된 부표(buoy)를 사용하였다. 당시의 시험물체는 ballast와 canopy가 없는 7인승 구명정 MK7, 그리고

16-foot outboard 모터 보트, 18-foot와 30-foot의 소형 선박이 사용되었다. 그후 소형선에 관한 실험은 1972년에 미연안경비대 연구개발부(U.S. Coast Guard Research and Development Center)에 의해 재개되었다. 이 때는 9-24 ft 길이의 소형 구명정들이 사용되었고, dye patch를 이용하여 모든 표류물의 위치를 항공사진상으로 dye patch에 대한 상대위치로 기록하였다(Hufford and Broida, 1974). Leeway speed에 대한 분석은 구명정의 크기별에 따른 leeway 변화가 심하지 않아 leeway 공식을 드로그의 설치여부에 따라서만 각각 5%와 7%로 구분하였고 leeway angle은 5-45도로 계산되었다. 또한 드로그를 설치한 경우 leeway angle이 약 절반정도 줄었으나 파고가 2 ft에서 4 ft로 증가한 경우 leeway speed가 약 15% 정도 증가한다고 보고하였다.

Scobie and Thompson(1979)은 1978년에 실시한 실험에서 표층류 측정을 위해 3m짜리 정사각형 드로그를 장착한 부표를 사용하고, 새로 개발된 ballast system을 부착시킨 6인승, 20인승, 25인승의 구명정을 시험하였다. 실험결과에 의하면 자료중 78%가 30도 이내의 leeway angle을 보였으며, leeway speed는 풍속의 약 4%라고 보고하였다. 1979년 이후에는 표류물체의 위치측정에 MTS(Microwave Tracking System)가 도입되었다(Osmer *et al.*, 1982). MTS의 사용은 U.S. Coast Guard의 R & D Center가 1979년부터 1981년에 걸쳐 실시한 세 차례의 실험중 마지막 실험에서 인데, 4인승과 6인승 구명정들에 대해 다양한 조건으로 실험을 하였으나 장비 문제로 인하여 정확한 자료를 확보하지 못하였고, 따라서 leeway에 대한 어떠한 결론에 이르지 못하였다. 그럼에도 불구하고 1983년에는 위치측정 뿐만 아니라 표층류의 측정에도 MTS가 사용되었다. 즉 모든 Lagrange Drifter에 MTS transponder를 장착하여 위치를 기록한 후 각 drifter의 속도를 계산한 것이다. 이 실험에는 주로 소형 구명정이 표류물로 사용되었는데, 6인승 MK3A 구명정(RFD), 원통형 ballast의 4인승 구명정(Switlik), 반구형 ballast의 6인승(Givens) 구명정의 3종류가 시험되었다(Nash and Willcox, 1985).

그후 1985년의 실험에는 4가지 형태의 구명정(Switlik, Givens, Avons, Winslow)과 3척의 소형선박(Beachcomber, Aqua-sports, Boston Whaler)을 대상으로 MTS를 본격적으로 사용하였다. 시험물체에는

**Table 1.** Results of the 1985 Drift Experiment

Type of Craft	Leeway Formula
Canopied rafts with deep-draft ballast system (no drogue)	$L = -0.0393 + 0.0183W$ (Swidlik) $L = -0.0023 + 0.0102W$ (Givens)
Canopied rafts with ballast buckets	$L = 0.008W$ (Avons)
Canopied rafts without ballast	$L = 0.049W$ (Winslow; full load) $L = 0.070W$ (Winslow; 3 man)
Light displacement craft	$L = 0.0427 + 0.0344W$ (Boston whaler) $L = -0.0851 + 0.0602W$ (Aquasports) $L = -0.0813 + 0.0690W$ (Beachcomber)

풍향풍속계 및 기록장치, 위치를 알리는 각종 계측 장비들이 부착되었고 조난자를 대신하여 그 무게만큼의 커다란 물주머니들이 실렸다. 이 실험에 사용된 실험기기, 자료처리 방법 등 자세한 내용은 강(1988)의 논문에 소개되어 있다. 형태별 최종분석 결과가 Table 1에 간단히 나와 있는데 이 분석결과와 Table 2의 CASP 공식과 비교해 보면 CASP 보다 대개 낮은 값을 보여주고 있음을 알 수 있다. 물론 과거의 실험에 사용된 시험물체와 이번 실험에 물체가 기하학적으로 형상이 다른 것이 가장 큰 이유겠지만 자료의 수집 및 처리방법에도 기인한다고 볼 수 있다.

### 3. 표류지점 추정에 관한 모델

해난사고 발생시 표류지점 추정 및 수색작업의 지역범위를 결정하기 위하여 현재 각국에서 사용하고 있는 모델은 대개 다음의 3가지 중 하나이다. 그것은 (1) IMO의 수색 및 구조지침서, (2) 미해군의 해상

환경자료센터인 FLENUMWEACEN(Fleet Numerical Weather Center)의 SAR 모델, (3) U.S. Coast Guard의 CASP(Computer Aided Search Planning)인데, 이 모델들은 형식적으로는 각기 다른 추정점 결정방법을 택하고 있지만 근본적인 원칙은 모두 같다고 할 수 있다. 즉 조류, 해류, 취송류, 연안류, wave-induced current 등에 의한 해수의 유동은 표류에 100% 영향을 미친다고 가정하며, 바람에 의한 영향은 표류물체의 형태적 특성에 따라 유형별로 leeway 공식을 사용하여 계산한 후 해수유동으로 인한 표류에 벡터 합성을 하여 전체 표류거리 및 방향을 정하고 있다. 따라서 바람에 의한 영향이 수색지역을 결정하는 데 가장 중요한 역할을 한다고 볼 수 있는데, 각 모델을 간단히 소개하면 다음과 같다.

#### 3.1 IMO SAR(International Maritime Organization Search and Rescue Model)

IMO의 방식은 대상물을 구명정과 선박으로 크게 구분한다. 표류에 영향을 미치는 인자로서는 해류(off-shore sea currents), 조류(tidal current), 취송류(wind current), leeway로 구분하며 너울(swell)에 의한 영향은 무시한다. 해류나 조류에 의한 해수유동(sea current)은 해도, pilot chart, 조석표 등에 의해 결정한다. 취송류는 Beaufort scale을 사용하여 그 크기를 결정하고 취송류의 방향은 표류물의 위도좌표로 결정한다. 일반적으로 바람이 6-12시간 정도 일정방향으로 불면 국지적으로 취송류가 발생한다고 간주되며, 대개 조난사고 발생 24-48시간 전부터의 풍속을 평균한다. 취송류 계산방식, 구명정과 선박에 대한 leeway 계산방법, 표류위치 결정방법 등 자세한 내용은 IMO의 구조지침서(IMO, 1983)에 나와 있다.

**Table 2.** Current Leeway Information Available in CASP

Target Description	Base Leeway Rates	Leeway Angle	Rate Uncertainty
Person in water	0.00	0°	0.0
Light displacement vessel w/o drogue	0.07	± 35°	0.33
Large cabin cruiser	0.05	± 60°	0.33
Light displacement vessel w/o drogue	0.05	± 35°	0.33
Medium displacement fishing/sailboat	0.04	± 60°	0.33
Heavy displacement deepdraft sailboat	0.03	± 45°	0.33
Surfboard	0.02	± 35°	0.33

### 3.2 FLENUMWEACEN SAR

FLENUMWEACEN(Fleet Numerical Weather Center)은 미해군을 위하여 주로 환경자료를 전산처리하는 기구이다. 이 기구는 세계 각지로부터 기상, 해양 관측자료를 계속 수신하여 이들로부터 환경자료의 분석을 수행한 후 전산화 모델에 적용시켜 여러 환경자료에 대한 예측을 하며 요청에 의해 몇 가지 특별한 서비스를 제공하는데, 수색과 구조를 위한 표류지점 계산(Search and rescue(SAR) drift computation)도 그 중 하나이다.

이들의 SAR model은 조난물체가 표류하고 있는 지점의 표류류와 조난물체의 해면돌출부에 작용하는 해상풍으로부터 표류치를 계산하는데, 표류치 계산을 위해 컴퓨터에는 과거 30일간의 해상풍과 해류장에 관한 정보가 저장되어 있고 48시간 후의 기간에 대해 해상풍과 해류장이 예보된다. 표류치 계산에는 표류류를 항상 100% 적용시키고, 바람은 물체의 특성에 따라 일부분만 적용시킨다. 따라서 수색작업을 수행하는 현장본부에서는 표류치 계산을 위하여 leeway code, 최종 확인위치, 출발점, 수색 개시시간, 각종 오차 요소를 FLENUMWEACEN에 제공하여야 한다. 자료가 입력되면 SAR model에 의해 계산이 된 후 추정위치, 오차, 수색반경 등에 관한 정보가 수색본부에 제공된다. 수색구역은 Fig.1과 같이 추정점을 원점으로 하는 원의 면적이 되는데 원의 반경은 총 확률오차에 안전계수를 곱하여 결정한다. 한편 물체의 표류특성이 확실하지 않은 경우에는 소위 Minimax 방식을 사용한다. 이 방식은 최대 표류치에 의한 추정점 1과 수색반경, 최소 표류치에 의한 추정점 2와 수색반경을 도시하고, 그것으로부터 Minimax 방식의 최종 추정점과 수색구역을 결정한다.

### 3.3 CASP(Computer Aided Search Planning)

U.S. Coast Guard의 CASP는 Monte-Carlo Simulation으로써 표류물의 유형이 확인되면 기본변수들(시간, 위치, 조류의 방향 및 유속, 풍향 및 풍속, leeway 공식 등)에 얼마간의 확률오차를 적용시켜 반복하여 표류위치를 추정하는데, 매 반복시 풍향과 실제 표류방향의 사이각은 최대각과 최소각의 사이를 균일분포로 가정하여 무작위로 선택한다. 또한 leeway의 계산은 기본공식(base leeway rate)에 불확실성(rate uncertainty)을 적용하여 계산한다. 현재 CASP에서

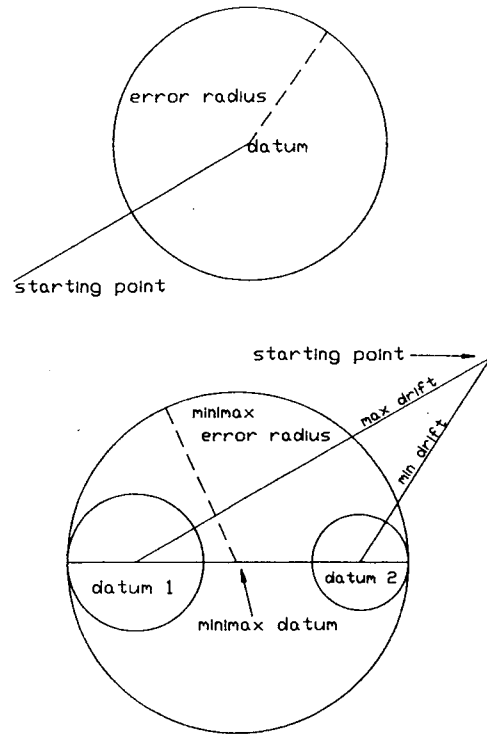


Fig. 1. Illustration of FLENUMWEACEN SAR.

사용하고 있는 leeway 공식은 Table 2에 표시되어 있다.

## 4. 전산모델

국내의 실정에 맞는 모델을 선정하기 위해서는 우선 현재 제공받을 수 있는 환경자료에 대해 고려하여야 한다. 우리나라의 경우 최근 과학기술처 해양연구소에서 수행한 “해난, 재해 예보시스템 연구”(강 등, 1988)에서 실시간 모니터링 시스템이 구축된 바 있어, 이와 연계하여 실시간 관측자료와 해양정보 시스템 내에 축적된 해상풍, 해조류 등의 환경자료를 모델의 입력자료로 사용될 수 있는 방식이 바람직하다.

수년간의 자료를 기후별로 평균한 값을 사용하는 U.S. Coast Guard의 경우 표류오차에 대한 개선책으로 실시간 관측자료의 사용을 강조하고 있는데, 수색도중 몇 지점의 관측자료를 이용하여 평균값과 비교한 후 보정하여 사용하는 법, 수색도중 수색지역 부근의 많은 지점에서 관측하여 유동장을 구성하는 법, 해조류 순환 예측 수치모델의 초기조건과 경계

**Table 3.** Leeway Information in Modified CASP

Group	Description	Leeway Rates	Leeway Angle	Uncertainty
1	Canopied rafts without ballast	0.06	± 35°	0.5
2	Canopied rafts with ballast	0.05	± 35°	1.0
3	Uncanopied rafts without ballast	0.08	± 35°	0.4
4	Canopied rafts with deep draft ballast	0.03	± 35°	1.0
5	Light displacement vessels	0.06	± 60°	0.5
6	Medium displacement vessels	0.04	± 60°	0.5
7	Heavy displacement vessels	0.03	± 45°	0.5
8	Surfboard	0.02	± 35°	0.3
9	Person in water	0.00	0°	0.0

조건에 이용할 수 있도록 필요한 자료들을 실제 관측하여 수치모델에 의한 계산된 값을 환경자료로 사용하는 법 등을 제시하고 있다(Paskansky, 1986).

이러한 실정을 고려하여 본 연구에서는 해상 환경 자료의 입력방법에 따른 두 가지 형태의 모델을 제시하였다. 하나는 해양정보 시스템으로부터 정확한 환경자료를 제공받을 수 있는 경우에 대비하여 FLENUMWEACEN 방식을 따른 것이고, 다른 하나는 현재 우리나라의 실정인 수로국에서 발행한 해도상의 해수유동 자료와 현재 기상청의 해상풍 예보를 입력 자료로 사용할 수 밖에 없는 경우에 사용하기 위해 U.S. Coast Guard의 CASP 방식을 도입한 것이다.

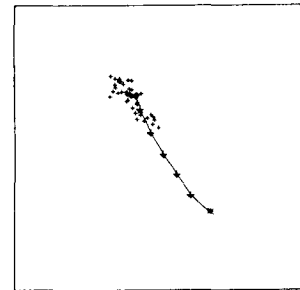
**4.1 수정된 CASP 방식**

근래의 실험에서 산출된 leeway 값이 과거의 실험결과와 차이난다고 하여 과거의 결과가 잘못되었으므로 이제는 사용하면 안된다고는 할 수 없다. 따라서 수정된 CASP에는 우선 형태별로 과거의 모든 결과들을 재정리하여 가능한 간단히 분류한 후 새로운 leeway 값을 결정하였는데, 원칙적으로 불확실성을 조절함으로써 과거의 실험결과나 현재 사용중인 CASP 공식을 포함할 수 있도록 수정하였다. 형태별 분류는 사람, 구명정, 선박으로 나누었으며 구명정은 ballast와 canopy의 유무에 따라 세분하였고, 선박은 배수용적을 대, 중, 소로 나누어 구분하였다. Table 3에는 수정된 모델에 사용되는 leeway 공식들이 나와 있다.

Table 3의 group 1에서 4까지는 구명정인데 CASP나 IMO와는 달리 드로그에 대해서는 언급을 하지 않았다. 그러나 실제 사용되는 프로그램에는

\* File-name: SW27.DAT \*

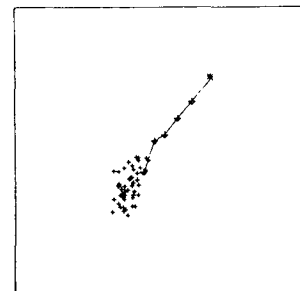
Wind Speed (m/s)=17.88  
 Wind Direction (deg.)=-49.  
 Current Speed (m/s)=1.21  
 Current Direotion (deg.)=-27.  
 Travelled Distancs (km)=13.1  
 \*: Starting position  
 +: Modified CASP prediction  
 ▶: Field test results



**Fig. 2.** Modified CASP Model Verification Using 1985 Field Test Result (Switlik-life raft).

\* File-name: GI26.DAT \*

Wind Speed (m/s)=17.22  
 Wind Direction (deg.)=-118.  
 Current Speed (m/s)=0.81  
 Current Direotion (deg.)=-151.  
 Travelled Distancs (km)=8.8  
 \*: Starting position  
 +: Modified CASP prediction  
 ▶: Field test results



**Fig. 3.** Modified CASP Model Verification Using 1985 Field Test Result (Givens-life raft).

드로그를 사용하면 CASP의 원칙을 따라 leeway에 20%를 감소시켰다. Group 5에는 소형선박 중에서 outboard boat, FRP로 제작한 소형 speed boat 등이 여기에 속하며, group 6에는 우리나라 연안해역에서 주로 사용되는 10톤 미만의 소형어선들이 여기에 속한다. Group 7은 침수된 선박이나 화물선 등에 대해 적용한다.

Fig. 2에서 Fig. 5까지는 수정된 모델로 계산한 결

\* File-name: LL01.DAT \*  
 Wind Speed (m/s)=13.93  
 Wind Direction (deg.)=44.  
 Current Speed (m/s)=0.73  
 Current Direction (deg.)=58.  
 Travelled Distances (km)=13.5  
 \*: Starting position  
 +: Modified CASP prediction  
 ▶: Field test results

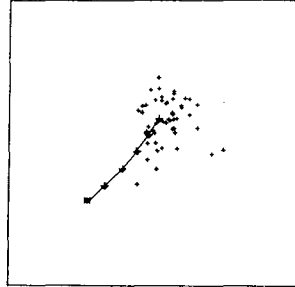


Fig. 4. Modified CASP Model Verification Using 1985 Field Test Result (Beachcomber-boat).

\* File-name: G126.DAT \*  
 Datum & Uncertainty  
 Search Designator=1.5  
 Distance Travelled (km)=1.5  
 Final Search Radius (km)=1.9  
 \*: Starting position  
 ▶: Field test results

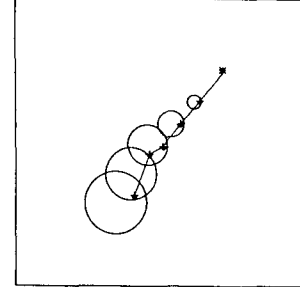


Fig. 7. Modified FLENUMWEACEN Model Verification Using 1985 Field Test Result (Givens-life raft).

\* File-name: JO04.DAT \*  
 Wind Speed (m/s)=13.76  
 Wind Direction (deg.)=-30.  
 Current Speed (m/s)=1.12  
 Current Direction (deg.)=-9.  
 Travelled Distances (km)=21.6  
 \*: Starting position  
 +: Modified CASP prediction  
 ▶: Field test results

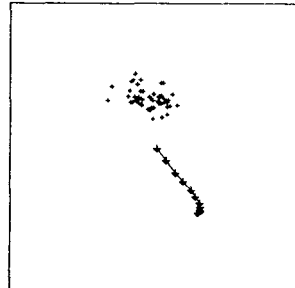


Fig. 5. Modified CASP Model Verification Using 1985 Field Test Result (Aquasports-boat).

\* File-name: LL01.DAT \*  
 Datum & Uncertainty  
 Search Designator=1.5  
 Distance Travelled (km)=13.5  
 Final Search Radius (km)=6.4  
 \*: Starting position  
 ▶: Field test results

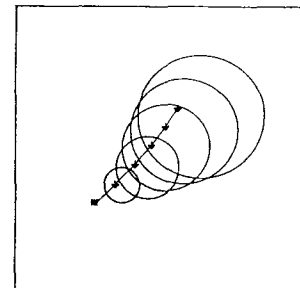


Fig. 8. Modified FLENUMWEACEN Model Verification Using 1985 Field Test Result (Beachcomber-boat).

\* File-name: SW27.DAT \*  
 Datum & Uncertainty  
 Search Designator=1.5  
 Distance Travelled (km)=13.1  
 Final Search Radius (km)=2.0  
 \*: Starting position  
 ▶: Field test results

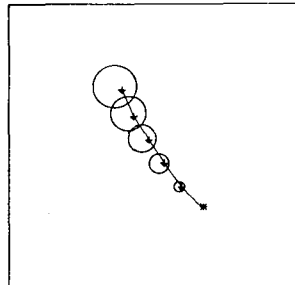


Fig. 6. Modified FLENUMWEACEN Model Verification Using 1985 Field Test Result (Switlik-life raft).

\* File-name: JO04.DAT \*  
 Datum & Uncertainty  
 Search Designator=1.5  
 Distance Travelled (km)=21.6  
 Final Search Radius (km)=11.0  
 \*: Starting position  
 ▶: Field test results

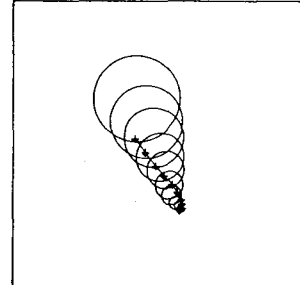


Fig. 9. Modified FLENUMWEACEN Model Verification Using 1985 Field Test Result (Aquasports-boat).

과와 1985년 Florida에서 실시한 현장실험 결과를 비교한 것이다. 추후 수정된 모델의 검증에 위해서는 우리나라 연안 해역에서 여러 지역에 대한 실종사고 자료와 다양한 형태의 현장실험을 통한 검토가 필요하다.

4.2 수정된 FLENUMWEACEN 방식

FLENUMWEACEN 방식을 수정한 새 모델은 우선 지정하는 시간 간격대로 환경자료를 입력시켜 표류

거리를 계산한다는 점이 CASP와 다르다. 물론 이 모델은 실시간 환경자료나 수치모델로부터 정보를 제공받을 수 있어야 한다. 따라서 현재는 본 연구로 개발된 새 모델과 접속시켜 사용할 수 있는 완전한 정보시스템이 아직 가동 단계가 아니므로, 1985년의 실험 당시의 환경자료를 사용하여 새 모델을 시험하도록 프로그래밍하였다.

새 모델에서의 표류물 유형분류는 CASP와 같다. 그러나 leeway 특성을 알 수 없는 경우를 유형분류에

선택사양으로 추가하였다. 새 모델에 의한 결과의 예가 Fig. 6에서 Fig. 9에 도시되어 있다. 도시된 결과에서와 같이 새 모델에서도 수색구역은 추정점을 중심으로 하는 반경 R의 원형으로 결정된다. 그러나 FLENUMWEACEN은 각종 오차들의 합으로부터 수색반경을 결정하는 반면에 새 모델에서는 Uncertainty Analysis(Kline, 1985)를 적용하여 수색반경을 결정한다. Uncertainty Analysis의 변수로써 leeway rate와 각도를 취하였고, 이들에 대한 불확실성(Uncertainty)은 Table 3의 자료를 사용하였다. 새 모델에서는 이 방법으로 일단 총 표류거리 R에 대한 불확실성이 결정되면 FLENUMWEACEN 방식과 마찬가지로 수색구역 확장지표를 곱하여 최종적으로 수색반경을 결정짓는다.

새 모델에서는 FLENUMWEACEN 방식의 각종 오차들(위치, 추측항법, 수색, 표류)을 고려하지 않았다. 왜냐면 첫째로 아직 모델이 완전히 완성된 것이 아니므로보다 정확한 평가를 위해 다른 부수적인 오차가 배제되어야 하기 때문이고, 둘째 이들은 수색구조 작업 수행기관인 해양경찰청이나 해운항만청과 연계하여 구조신호 접수체계와 각종 관련 장비들의 성능 등 여러 사항을 검토하여 결론지어야 할 부분이기 때문이다. 따라서 이들 오차에 대한 보완이 추후 필요하다.

### 5. 결 론

조난사고 발생시 현재 외국에서 사용하는 모델중 기존의 CASP와 FLENUMWEACEN의 SAR 모델에 기초를 둔 새로운 두 가지 모델을 제시하였다. 첫번째 모델은 CASP의 Monte-Carlo Simulation을 위한 leeway 공식과 불확실성 계수를 조정한 것으로, 해도상의 조류와 해류에 관한 자료와 현재 기상청의 해상풍 예보에 의존해야 할 경우에 사용한다. 이 모델은 언제라도 바로 사고현장에 적용시킬 수 있다. 두번째 모델은 FLENUMWEACEN 방식과 같이 해양정보시스템과 연계할 수 있는 경우에만 사용이 가능한데, 표류물체 유형 및 leeway 특성에 대한 수정을 하였으며, 수색구역의 결정에 Uncertainty Analysis를 도입하였다.

그러나 결론적으로 현재 실시간 관측자료를 이용하여 해상풍, 해조류 등의 환경자료를 예측할 수 있는

수치모델의 중요성이 점차 강조되고 있고, 기상청이나 해양연구소에서도 이러한 모델이 개발 중이므로, 우리나라에서도 가능한 이러한 시스템과 연계하여 사용될 수 있는 두번째 모델에 대한 연구가 계속되어야 한다.

해난사고의 구조율을 높이기 위해 현재 해양경찰청에서 제시되고 있는 대책은 대형 경비구난함과 수색구조용 항공기 확보, 특수해난 구조체제의 확립, 수색구조 기술의 과학화, 구조 조정본부 및 자문위원회 구성이다. 이 중에서 수색구조 기술의 과학화를 제외한 나머지는 국가 행정체제의 뒷받침, 장비구매 예산의 확보 등으로 단시간에 해결될 수 있지만, 수색구조 기술의 과학화는 관련분야의 연구자들이 꾸준한 노력으로 필요한 각종 모델개발과 함께 많은 현장실험을 통한 검토과정을 거쳐야 하므로 지속적인 관심과 지원이 필요하다.

### 辭 謝

이 논문은 1991년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의해 연구되었습니다. 상기 재단에 깊은 감사를 드립니다.

### 參考文獻

Chapline, W.E., 1960. Estimating the drift of distressed small craft, U.S. Coast Guard Academy, Coast Guard Alumni Association Bulletin, Vol.22, No.2, New London.

Hufford, G.W. and Broida, S., 1974. Determination of small craft leeway, U.S. Coast Guard R & D Center RN No.39/74.

IMO, 1979. Final Act of the Conference, International Convention on Maritime Search and Rescue.

IMO, 1983. IMO Search and Rescue Manual.

Kline, S.J., 1985. The purposes of uncertainties analysis, Journal of Fluid Engineering, Vol.107, p.153-160.

Morgan, C.W., 1977. Experimentals in small craft leeway, U.S. Coast Guard Oceanographic Unit TR 77-2, Washington.

Nash, I. and Willcox, J., 1985. Summer 1983 leeway drift experiment, U.S. Coast Guard R & D Center RN No. CG-D-35-85.

Osmer, S.R., Edwards, N.C. and Breiter, A.L., 1982. An evaluation of life raft leeway, February 1982, U.S. Coast Guard R & D Center RN No. CG-D-10-82.

Paskansky, D.F., 1986. Surface current real-time prediction from Search and Rescue, Proc. Offshore Technology Conference Paper OTC 5213.

- Scobie, R.W. and Thompson, D.L., 1979. Life raft study, February 1978, U.S. Coast Guard Oceanographic Unit Technical Report 79-1, Washington, D.C.
- 고경옥, 1991. 한국 근해에서의 해난사고와 대책, 수색구조 및 유류오염 대책 예보시스템 구축을 위한 워크샵, 인천, 해양경찰청.
- 강시환 외 16명, 1988. 해난, 재해 예보 시스템 연구 IV 한국과학기술원 해양연구소 연구보고서 BSPG 00061-203-1.
- 강신영, 1988. Leeway drift 실험의 소개, 해양공학연구회 제 21차 Workshop 논문집.