

우리나라의 SAR 능력 향상에 관한 연구

- 어선의 표류 특성에 관하여 -

윤중휘* · 이문진** · 장하룡***

A Study on the Improvement of SAR Capabilities in Korea

- On the drifting characteristics of fishing vessel -

Jong-Hwui Yun* · Moon-Jin Lee** · Ha-Lyong Jang***

<목 차>

Abstract

1. 서 론

2. 자료 및 방법

3. 우리나라 주변해역에서의 해난사고 현황

4. 결 과

5. 토의 및 결론

참고문헌

Abstract

To improve SAR capabilities in Korea, marine casualties during 5 years(1995-1999) were analyzed and drifting experiment of G/T 50 ton class vessel was carried out off Pusan harbor. As a result, it was found that the occurrence of casualty by fishing boat ranked highest and a considerable numbers of casualties took place more than 20 miles off the shore, and leeway was computed by two drifting experiments as $0.045U - 010^\circ$, $0.037U + 021^\circ$ respectively.

1. 서 론

최근 들어 세계적으로 국제무역량이 증가하고 해상레저활동이 대중화되면서 해난 사고가 자주 발생함에 따라 이로 인한 인명 및 재산피해가 급증하게 되었다. 이같은 해난사고로 인한 인적·물적 손실을 최소화하기 위하여 국제기구인 IMO에서는 1979년 SAR 협약을 채택하였고, 이 협약은 1985년 발효되었다. 이 밖에 IMO에서

* 한국해양대학교 해양경찰학과

** 한국해양연구소

*** 한국해양대학교 대학원

는 MERSAR(Merchant Ship Search and Resue Manual) 및 IMOSAR(IMO Search and Rescue Munual)와 같은 SAR 활동지침서를 마련하여 관련당사자(국)에게 제공하고 있다. 우리 나라도 1995년 10월 4일 SAR 협약에 가입하여 주관 부서를 해양경찰청으로 하여 SAR 조직을 구성하고, 필요한 장비 및 통신망의 지속적 확충, 선위통보제도의 시행, SAR 요원에 대한 교육 및 훈련, 인접국과의 합동 훈련 등을 실시하고 있다. 또한 효과적인 SAR 시스템 구축을 위한 연구·개발이 진행중이다.

한편, 해상에서의 조난사고는 대부분 조난선(자)의 정확한 위치가 알려지지 않거나, 위치가 최종 확인된 때로부터 장시간 경과되기 때문에, 이러한 경우 구조조정본부(RCC)에서는 면밀한 수색 및 구조 계획을 수립한다. 이 때 수색계획에는 조난물체의 위치 추정, 수색범위, 수색패턴의 선택, 트랙간격, 통신방법, 현장조정계획 등이 포함되어 있다. 이 중 조난물체의 위치를 정확하게 추정하는 것은 수색의 제 1 단계 작업으로, 수색의 성공여부를 결정하는 중요한 요소가 된다.

해상에서 조난 물체는 바람, 해류, 조류 및 파도 등의 영향으로 항상 불규칙적으로 움직이고 있다. 이 같은 환경 속에서 표류하고 있는 조난물체의 위치를 추정하기 위해서는 조난 발생지점 또는 조난사고가 보고된 최종 위치로부터 시작하여 이들 영향의 시간 경과에 따른 총 벡터를 계산하여 조난물체의 시각별 위치 추정 및 수색 구역을 결정하게 된다.

조난물체의 표류에 영향을 미치는 인자로 크게 해류(sea current), 조류(tidal current), 취송류(wind-driven current) 및 Leeway를 들 수 있다. 이 중 해류, 조류 및 취송류는 해수의 흐름으로, 조난물체의 수면하 침하부분을 이동시키는 요소로써, 장기간의 관측과 수식을 이용하여 계산할 수 있다. 반면에 Leeway는 조난물체의 수면상 노출 부분에 작용하는 바람에 의한 조난물체의 이동량으로 주로 해상표류실험을 통해 얻은 결과치를 이용하고 있다.

현장표류실험은 각종 실험 대상에 위치측정장비, 유속계, 풍향풍속계 및 기록장치 등 계측 장비들을 부착하여 실시한다. Leeway에 대한 연구는 Pingree(1944)가 해군 함정의 라이프라프트에 대한 Leeway를 보고한 이래 여러 차례의 표류 실험(USCG, 1999)을 통해 수행되었다. 현재 대부분의 국가에서는 표류지점을 예측하기 위해 표류지점예측모델을 사용하는데, 여기에 입력되는 값은 지금까지의 실험에 의한 결과치이다. 그러나, 이 들 결과치는 현장 실험 당시 사용하였던 계측 오차와 현재의 상황에 맞지 않는 여러 가지 요인들 때문에 조난물체의 위치 및 수색구역이 부정확한 경우가 흔히 발생한다.

따라서 본 연구에서는 우리 나라의 연·근해에서 발생하는 해난사고의 특징을 알아보고, 사고 발생빈도가 가장 높은 어선을 대상으로 현장 표류실험(윤 등, 2000)을

실시하여 추후 수색구조 계획수립 시, 정확한 데이텀을 추정하는데 필요한 기초 자료를 제공하고자 한다.

2. 자료 및 방법

2.1. 표류실험 장소 및 실험대상

현장표류실험은 2000년 4월 26일부터 4월 28일까지 3일 동안 부산항 부근인 태종대 부근, 오륙도 부근 및 수영만 3곳에서 실시하였다. 표류 대상은 G/T 10톤, 20톤, 50톤 및 80톤급 선박 각 1척과 Liferaft 1척 총 5개의 물표로 하여 관측기간동안 매 회 30분~1시간씩 총 12회의 실험을 실시하였다. 이 들 실험 중 본 연구에서는 Fig. 2의 50톤급 선박을 대상으로 4월 26일 14:06~15:02 및 4월 28일 11:24~12:25에 태종대 부근(Fig. 1)에서 실험한 자료를 택하여 표류 특성을 조사·분석하였다.

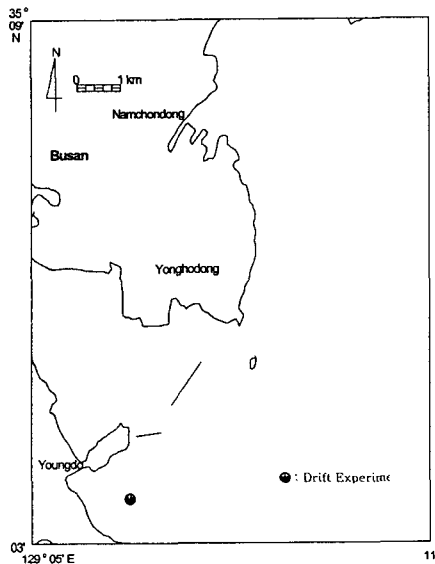


Fig. 1. Location of drift experiment

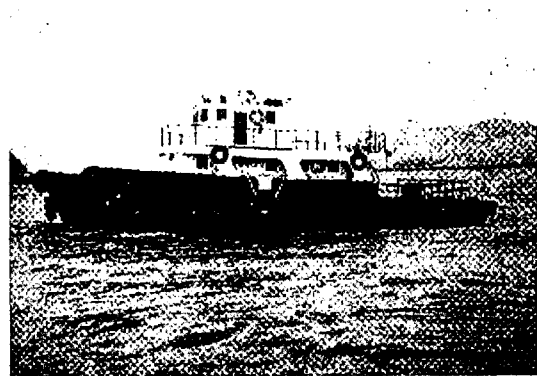


Fig. 2. Drift object - G/T 50 tons vessel

2.2. 실험 장비

표류선박의 위치는 DGPS(Differential Global Positioning System) 정보수신기(Beacon Receiver)를 이용하여 수신하였고, 1분 간격의 위치 정보를 정리하였다. 표류 선박 주변의 해수유동은 미국 SonTeck사의 도플러식 유속계 ADP(Acoustic Doppler Profile)을 이용하여 층별 유속 및 유향을 측정 후, 1분 간격의 수심 7m의 자료를 이용하였다. 그리고 실험 당시의 풍향·풍속은 미국 Rainwise사의 Weatherview 32로 측정하여 1분 간격의 자료를 이용하였다.

3. 우리 나라 주변해역에서의 해난사고의 현황

3.1. 해난사고 발생빈도 및 피해 현황

우리 나라 주변 해역에서 발생한 해난사고의 발생 빈도 및 피해 정도를 분석해보면(표-1), 해난사고는 1995년 540척, 1996년에 523척으로 약간 감소하다가 1997년부터 계속적인 증가 추세를 보이고 있다. 이 중 구조율은 1995년에 약 70%정도이었으나, 그 후 점차 증가하여 1999년에는 약 80%에 이르는 것으로 나타났다.

해난사고로 인한 인명피해는 1995년 사망 43명, 실종 154명 총 197명이었는데, 그 후 매년 해난사고 발생 빈도가 증가했음에도 불구하고 오히려 약간 줄어드는 경향을 보였다. 이는 구난용 대형함정의 보유, 장비의 최신화, 조적의 민첩성 및 구조기술의 향상 등에 의한 것으로 판단된다. 재산피해는 인명피해가 최근 들어 감소하는 경향과는 달리 큰 폭으로 증가하는 것으로 나타났다. 이는 해난사고에 수반되어 선박의 멸실, 전손 및 침몰 등이 증가하였을 것으로 추정된다.

<표-1> 해난사고 발생 현황

구분 년도	발 생		구 조		구조불능		인명피해		재산피해(억)	
	척	명	척	명	척	명	사망	실종	발생액	피해액
1995	540	3,514	381	3,317	159	197	43	154	1,883	352
1996	523	3,483	418	3,340	105	143	35	108	1,025	231
1997	572	3,411	444	3,227	128	184	33	151	1,211	279
1998	659	4,515	521	4,343	138	172	67	105	2,059	306
1999	803	4,722	644	4,571	159	151	71	80	3,271	460

자료 : 해양경찰청(2000)

3.2. 선종별 해난사고 발생 현황

선박의 종류별 해난사고를 살펴보면(표-2), 우리 나라의 연·근해에서 발생하는 해난사고는 어선이 전체의 약 85% 이상을 차지하여 가장 높고, 그 다음은 화물선, 유조선, 여객선 및 관광선 순인 것으로 나타났다. 어선 및 여객선에 의한 해난사고는 인명피해가 뒤따르며, 특히 많은 인명사상이 발생하는 여객선의 사고도 매년 3~11여건 발생하고 있다. 또 한 차례의 사고로 엄청난 환경파괴 및 재산피해가 발생하는 유조선의 사고도 매년 6~12여건 발생하고 있다.

<표-2> 선종별 해난사고 발생 현황

단 위 : 척

구 분 년 도	소 계	어 선	화물선	여객선	유조선	관광선	기타선
1995	540	453	20	11	10	-	46
1996	523	467	8	7	8	-	33
1997	572	509	17	3	12	1	30
1998	659	581	22	11	10	3	32
1999	803	692	40	4	6	2	59

자료 : 해양경찰청(2000)

3.3. 장소별 해난사고 발생 현황

4개년(1995~1998) 동안의 해난사고를 발생장소별로 분석해 보면(표-3), 항 부근에서는 인천항과 부산항 부근에서 해난사고가 가장 많이 발생하였는데, 이는 선박의 교통밀도가 높기 때문이다.

<표-3> 해역별 해난사고 발생건수

단 위 : 건

해역	연 도	95	96	97	98	계
항	인천항	33	37	36	23	129
	장항/군산항	8	13	12	6	39
	목포항	16	3	2	4	25
및	여수/광양항	14	9	4	5	32
	삼천포/통영항	8	11	8	14	41
진	마산/진해항	7	5	3	5	20
	부산항	33	27	28	23	111
입	부산-거제수역	10	19	-	12	41
	울산/포항항	9	5	19	13	46
로	동해/속초/삼척항	-	10	8	6	24
	제주/서귀포항	5	7	6	5	23
영	동 해	87	66	91	53	297
	남 해	146	140	208	261	755
	서 해	116	90	151	157	517
계		492	442	576	587	2,097

자료 : 중앙해양안전심판원(2000)

그리고 영해에서는 남해에서 사고 빈도율이 가장 높고, 전체 사고의 약 35%를 차지하고 있다. 이것은 선박의 교통량뿐만 아니라 각종 어선의 주 어장이 남해에 형성되며, 또한 태평양 항로와 동남아 항로를 연결하는 길목에 위치하는 지리적인 여건 때문으로 사료된다.

해난사고의 발생장소를 해안으로부터 거리별로 분석해 보면(표-4), 20' 미만의 연안 해역에서 사고가 가장 많이 발생하며, 항계내 및 협수로에서 발생하는 사고를 합쳐 대략 전체의 70% 정도 차지하고 있다. 그러나, 20' 이상의 외해에서도 매년 150~180여건 해난사고가 발생하는 것으로 나타났다.

<표-4> 거리별 해난사고 발생 현황

단 위 : 척

구 분 년 도	항계내	협수로	20' 미만	20~50'	50~100'	100' 이상
1995	33	-	336	66	50	55
1996	31	2	310	76	56	48
1997	73	8	318	87	40	46
1998	114	81	289	80	40	55
1999	75	43	501	74	59	51
계	326	133	1,754	383	235	255

자료 : 해양경찰청(2000)

4. 결 과

4.1. 바람에 의한 표류선박의 횡압류

정지하고 있는 표류물체가 거의 정횡에서 바람을 받으면서 횡압류할 때(Fig. 3) 물체에 작용하는 풍압횡력과 수압횡력은 다음 식으로 표현된다.

$$Y_a = 1/2 C_a \cdot \rho_a \cdot B_a \cdot (v_a - v_w)^2 \quad (1)$$

$$Y_w = 1/2 C_w \cdot \rho_w \cdot B_w \cdot v_w^2 \quad (2)$$

여기에서, Y_a, Y_w : 표류물체 작용하는 풍압횡력, 수압횡력
 C_a, C_w : 횡풍 압력계수, 수저항 횡력계수
 B_a, B_w : 정횡 수풍 투영면적, 침하부 횡방향 투영면적
 v_a, v_w : 풍속, 횡압류

식 (1), (2)에서 $v_a \gg v_w$ 이므로 v_w 를 무시할 수 있고, 물체가 일정한 속력으로 횡압류되면 $Y_a = Y_w$ 가 성립하여 횡압류 속력은 다음과 같이 된다.

$$v_w = \sqrt{C_a/C_w \cdot \rho_a/\rho_w \cdot B_a/B_w} \cdot v_a \quad (3)$$

식(3)에 $C_a=1.2$, $C_w=1.0$ (윤, 1997)와 $\rho_a=1.025kg/m^3$, $\rho_w=1034kg/m^3$ 을 대입하면 다음과 같다.

$$v_w = 0.034\sqrt{B_a/B_w} \cdot v_a \quad (4)$$

여기에서 B_a/B_w 는 선박의 흘수에 따라 달라지며, 표류대상인 50톤급 선박의 공선 상태에서의 면적비는 대략 1.8 정도이므로, 결국 횡압류 속력은 다음과 같이 된다.

$$v_w = 0.046v_a \quad (5)$$

식(5)에 의해 표류선박의 예상 표류벡터를 구하면, 1차 실험의 경우 표류 선박은 표류속력 13.9cm/s, 풍하각 066° 방향으로 표류할 것이다. 그리고 2차 실험의 경우에는 표류속력 14.7cm/s, 풍하각 040° 방향으로 표류할 것으로 예상된다.

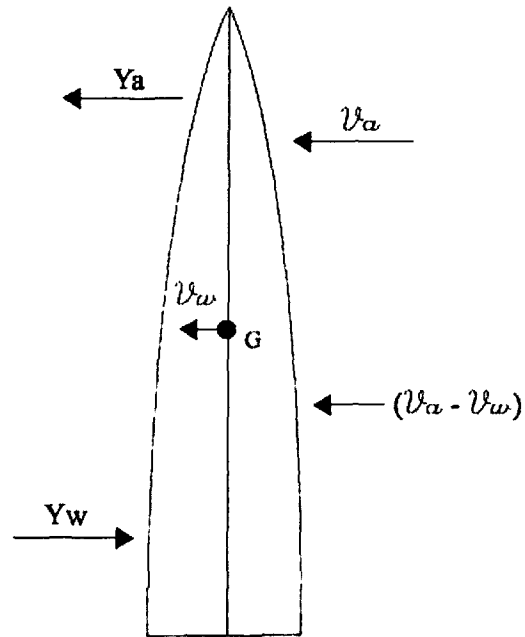


Fig. 3. Forces on the floating objects caused by wind.

4.2. 1차 표류실험 결과

4월 26일 14:06분부터 15:02분까지 약 56분 동안의 선박의 표류 경로는 Fig. 4와 같으며, 관측기간 동안의 바람, 해수유동 및 선박의 표류벡터는 Fig. 5와 같다. 바람은 관측초기 약 25분 동안 3~5m/s의 북서풍이었으나, 그 이후 3~7m/s의 남서풍으로 바뀌었다. 해수 유동은 관측 초기 약한 북서~서향류이었으나, 그 후 약 30분 동안 북동향류이었다. 선박은 관측 초기 15분간 바람의 영향을 많이 받아 동쪽으로 표류하다가, 그 이후에는 남서풍의 바람과 북동향류의 해수유동에 의해 북동쪽으로 표류하였다. 바람, 해수유동 및 표류물체에 대한 매분 벡터를 합하여 관측기간 동안의 최종 벡터를 계산하면 풍향·풍속 246°, 3.1m/s, 해수유동 018°, 7.5cm/s, 표류속력 043°, 20.3cm/s가 되고, 이 들 벡터를 가감하여 Leeway를 구하면 056°, 13.9cm/s가 된다.

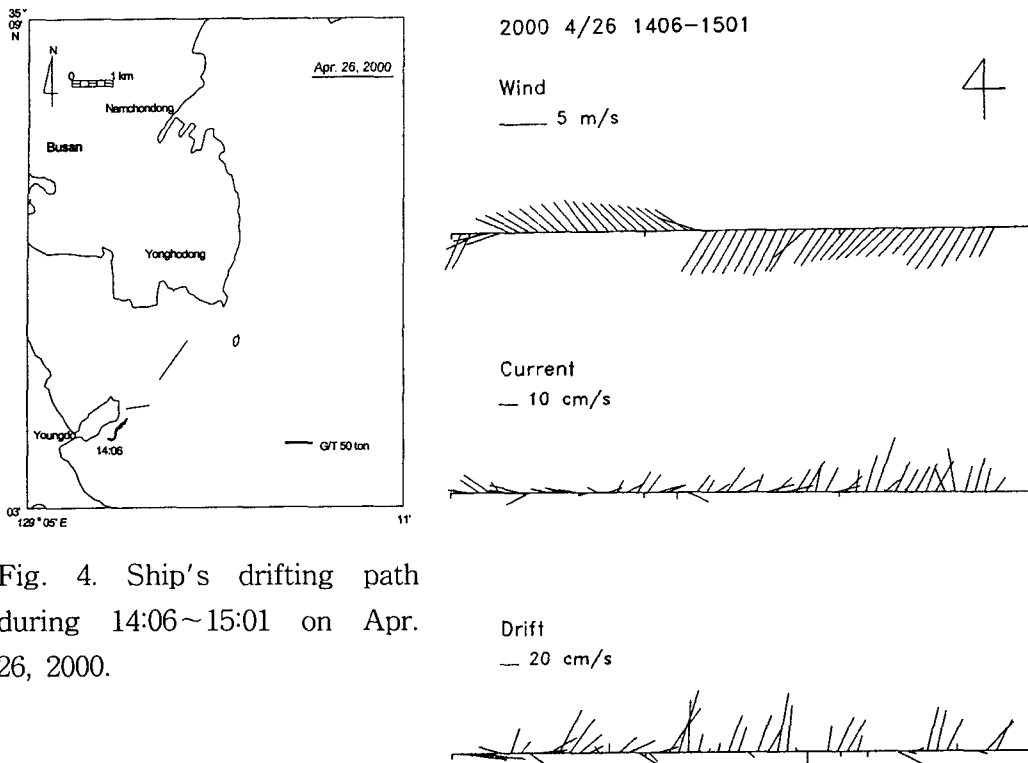


Fig. 4. Ship's drifting path during 14:06~15:01 on Apr. 26, 2000.

Fig. 5. Stick diagram for wind(upper), sea current(middle), ship's drift(lower) during 14:06~15:01 on Apr.26, 2000. The stick represents in speed and direction and wind direction is shown to blow toward the axis, while sea current and ship's drift is shown to move off from the axis.

4.3. 2차 실험 결과

4월 28일 11:24분부터 12:25분까지 약 1시간 동안의 선박의 표류 경로는 Fig. 6과 같으며, 관측기간 동안의 바람, 해수유동 및 선박의 표류벡터는 Fig. 7과 같다. 바람은 관측기간 동안 지속적으로 5~7m/s의 남서풍이 불었다. 해수유동은 관측기간 내내 바람과 거의 반대 방향인 남서향류로 약 15cm/s 정도이었다. 표류선박은 관측초기부터 약 40분 정도 해수유동의 영향으로 남서쪽으로 표류하였으나, 그 후 약 20분 동안은 오히려 바람의 영향이 더 많이 작용하여 서~북서쪽으로 약하게 표류하였다. 바람, 해수유동 및 표류물체에 대한 매분 벡터를 합하여 관측기간동안의 최종 벡터를 계산하면 풍향·풍속 220°, 3.2m/s, 해수유동 245°, 23.6cm/s, 표류속력 249°, 12.0cm/s가 되고, 이 들 벡터를 가감하여 Leeway를 구하면 061°, 11.7cm/s가 된다.

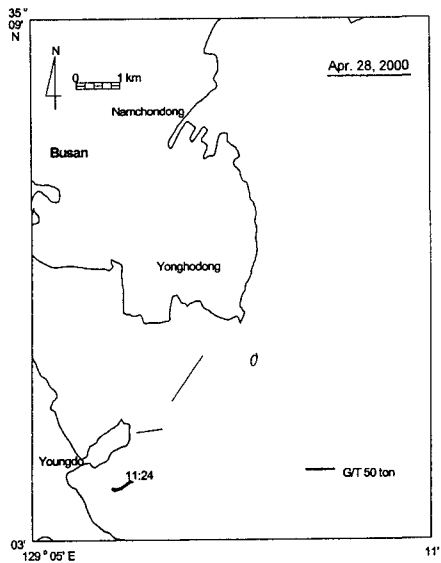


Fig. 6. Ship's drifting path during 11:24~12:24 on Apr. 28, 2000.

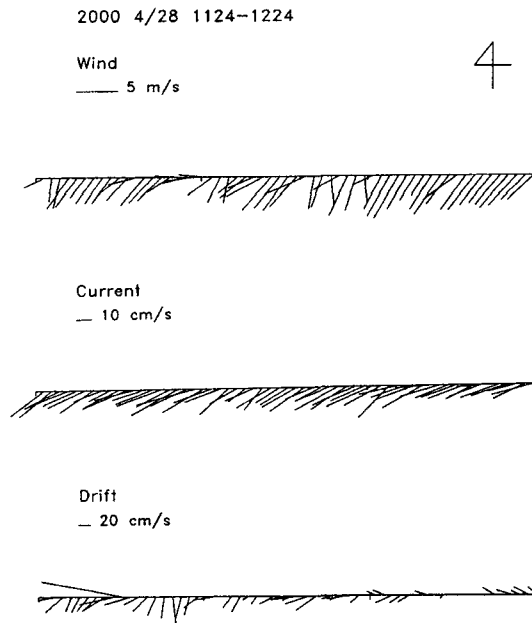


Fig.7. Stick diagram for wind(upper), sea current(middle), ship's drift(lower) during 11:24~12:24 on Apr.28, 2000. The stick represents in speed and direction and wind direction is shown to blow toward the axis, while sea current and ship's drift is shown to move off from the axis.

5. 토의 및 결론

본 연구에서는 5개년(1995~1999) 동안 우리 나라 연·근해에서 발생하는 해난사고의 특징을 알아보고, 사고의 빈도가 가장 높은 어선에 대한 표류 특성을 조사하기 위하여 50톤급 선박을 대상으로 해상표류실험을 실시하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 해난사고는 년 평균 600여건 발생하고, 이로 인해 년 150~200명 정도 사망 또는 실종되는 인명피해가 발생한다.

(2) 해난사고 발생률은 어선이 전체의 약 85% 이상을 차지하여 가장 높고, 그 다음은 화물선, 유조선, 여객선 및 관광선 순이다. 사고 발생장소는 항계내 및 협수로를

포함한 영해 내에서 전체의 약 70% 정도 발생한다. 그러나, 20' 이상의 외해에서도 매년 150~180여건 해난사고가 발생한다.

(3) 1차 표류실험 결과, 표류선박의 표류속력은 13.9cm/s, 분산각(divergence) 010 ° 이었고, 2차 실험에서는 표류속력 11.7cm/s, 분산각 021 °이었다. 이 둘 표류속력은 각각 0.047U 및 0.037U(U는 풍속)로 이론적으로 계산한 값 0.046U와 약간의 차이를 보인다. 이는 당시의 해양환경의 변화 및 선박 상태에 대한 오차와 바람, 해수유동 및 표류벡터에 대한 측정오차 등의 원인인 것으로 사료된다.

(4) 1, 2차 표류실험에서 Leeway를 구해 본 결과(0.045U - 010 °, 0.037U + 021 °), 현재 세계적으로 널리 사용되는 추천 값(US National SAR Manual, Canadian National SAR Manual : 0.04U ± 045 °)을 데이텀 추정 시 사용할 수 있음을 알았다.

해상에서 조난사고가 발생하여 수색·구조를 할 경우, 정확한 데이텀을 추정하는 것이 무엇보다도 중요하다. 이에 필요한 정보는 바람, 해수 유동, 선종별 Leeway 등이 있다. 이 중 Leeway는 선종별 선박의 상태에 따라 다르기 때문에 해상에서의 많은 현장 실험을 통해서 구할 수 있다. 따라서 앞으로 보다 정밀한 데이텀 입력 자료를 마련하기 위하여 다양한 선박에 대한 해상실험을 실시할 예정이다.

참고문헌

- [1] 윤점동, “선박조종의 이론과 실무(조선편)”, 세종출판사, 1997
- [2] 윤종휘, 정세모, 박진수, “광역해상교통 관제시스템 및 표류선박의 거동특성에 관한 연구”, 한국해양연구소, 2000,
- [3] Canadian Coast Guard, National SAR Manual, B-GA-209-001/FP-001, 1997.
- [4] Pingree, F. deW, *Forethoughts on Rubber Rafts*, Woods Hole Oceanographic Institution, 26pp, 1944.
- [5] USCG, National SAR Manual, 1991
- [6] USCG, *Review of Leeway, Field Experiments and Implementation*, Report No. CG-D-08-99, 1999.