

우리나라 해상 수색·구조선의 최적배치에 관한 연구

장운재*·김중수**·신철호**

*목포해양대학교대학원, **목포해양대학교 해상운송시스템공학과 교수

A Study on the Optimal Allocation Model of the Korean Maritime SAR Fleet

Woon-Jae Jang*, Jong-Soo Keum**, Cheol-Ho Shin**

*Graduate school of Mokpo Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

*Professor, Department of Maritime transportation system Mokpo Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

요약 : 선박이 해상에서 조난을 당했을 경우 인명과 재산 및 해양 환경보호를 위하여 조난자 및 조난선박을 신속히 수색·구조 함으로써 해양사고로 인한 인적, 물적 피해 및 해양환경의 피해를 최소화 할 필요가 있다. IMO에서 채택한 SAR협약은 우리나라에서는 1995년 발효되었고 국제적으로는 해양경찰청이 SAR협약의 이행기관이 되었다. 해상에서 조난자나 조난선박의 구조 및 발견 가능성은 시간이 경과함에 따라 급속히 감소하기 때문에 SAR임무의 핵심은 효율적인 수색·구조 계획을 통해 신속하게 생존자를 수색·구조하는 것이라 할 수 있다. 본 연구에서는 해양사고가 발생한 경우 구조선이 최단시간 내에 조난현장에 도착 할 수 있는 해상 수색·구조선 최적배치 모델을 정식화 하였다. 또한 해양경찰청의 구조선의 운용과 기술적인 능력을 고려하여 우리나라 수색·구조 구역을 180개의 소구역으로 나누고 최적배치 위치 및 척수를 구하였으며, 구조선의 합리적인 운용을 위해 추가적으로 소요되는 척수를 산정하였다.

핵심용어 : 수색구조, 구조조정본부, 구조지부, 수색·구조 구역, 구조대, 구조선

Abstract : The Korea Maritime Police Agency(KMPA) is the national maritime Search and Rescue (SAR) authority with the responsibility to promote an efficient organization of SAR services and to coordinate the conduct of SAR operations within the Korean Search and Rescue Region(SRR). The maritime SAR operations shall provide an adequate and effective search and rescue services to minimize the loss of life, injury, property damage or loss by rendering aid to persons in distress and property in the marine environment. The essence of a successful search and rescue operation is the speed with which it is planned and carried out because survivors who need assistance and whose chances of survival diminish rapidly with time. This paper aims to propose an optimal allocation model of maritime SAR fleet in view of minimizing the search and rescue time. When maritime accidents occur, rescue units have to reach to the distress scene within the specified time. For this, SAR units must be redeployed to an advanced base so that Rescue Units(RU) can reach to the scene of distress in the shortest possible time. The Korean maritime SRR is divided into 180 sub-areas in consideration of an operational and technical ability of SAR units. The suggested model is verified through an empirical application to the Korean maritime SRR. And also the Rescue Vessels(RV) required is estimated for each Rescue Co-ordination Center(RCC).

Key words : SAR(Search and Rescue), RCC(Rescue Co-ordination Centers), RSC(Rescue Sub Centers), SRR(Search and Rescue Region), RU(Rescue Unit), RV(Rescue Vessel)

1. 서론

선박이 해상에서 조난을 당했을 경우 인명과 재산 및 해양환경보호를 위하여 조난자 및 조난선박을 신속히 수색·구조 함으로써 해양사고로 인한 인적, 물적 피해 및 해양환경의 피해를 최소화 할 필요가 있다.

국제해사기구(IMO)에서는 해양사고에 대한 구조를 개별국가만의 노력으로 신속하고 효과적으로 시행하기 어려운 실정임을 감안하여 해양사고의 구조를 위한 법적 제도를 국제적으로 표준화하기 위해 각종 협약과 의결서 등을 채택하여 시행토록 각국에 권고하고 있다. 그 중 SAR협약은 국제적으로 합의된 수색·구조정책을 도입한 협약으로서 국제적으로는

1985년에 발효되었다.

우리나라는 여러 여건상 SAR협약의 가입을 미루어오다 1994년 국내법인 수난구조법을 개정하여 SAR협약 가입에 필요한 사항을 수용하고, 1995년 국내에 발효 되었다. 이에 따라 해양경찰청이 국제적으로 SAR협약의 이행기관이 됨과 동시에 국내적으로 구조 주관기관이 되었다. 구조 대상선박의 범위도 외국선박을 포함한 모든 선박으로 확대되었으며 관할구역도 국제민간항공기구(ICAO)의 비행정보구역을 포함시킨 광역 수색·구조 구역으로 확대되었다.

현재 우리나라 해양경찰청은 5개의 구조조정본부 및 7개의 구조지부를 설치하고 관계기관과 유기적인 협조 체계를 구축하고 조난 구조장비와 구난 통신망을 확충하고 있다. 1998년부터는 선위정보 제도를 시행하고 일본, 미국 등의 구조기관과 상호 원조 및 합동 수색·구조 활동에 필요한 SAR

* 정희원, jwj98@netian.com 061)240-7252

** 중신희원, jskeum@mmu.ac.kr 061)240-7075

** 중신희원, chshin@mmu.ac.kr 061)240-7063

협정의 체결을 추진하며 긴밀한 협력태세를 확립하고 있다.

해상에서 조난자나 조난선박의 구조 및 발견 가능성은 시간이 경과함에 따라 급속히 감소하기 때문에 SAR임무의 핵심은 효율적인 수색·구조 계획을 통해 신속하게 생존자를 수색·구조하는 것이라 할 수 있다.

해상에서 조난사고가 발생한 경우 구조선이 신속하게 현장에 접근하여 성공적인 수색·구조 업무를 수행하기 위해서는 우리나라 수색·구조 구역에 구조선을 전진배치 시킴으로써 구조시간을 단축시킬 수 있다.

그러나 SAR임무의 승패여부를 결정한다고 할 수 있는 신속한 수색·구조를 위한 구조선의 최적배치 문제에 관한 국내에서의 체계적인 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 해양사고가 발생한 경우 구조선이 최단시간 내에 현장에 도착할 수 있는 해상 수색·구조선 최적배치 모델을 정식화하고 우리나라 수색·구조 구역에 적용하였다. 또한 구조선의 대응시간을 고려하여 신속하고, 효과적인 수색·구조를 위한 최적배치 위치를 구하였으며, 수색·구조선의 합리적인 운용을 위하여 추가적으로 소요되는 구조선의 척수를 산정하였다.

2. 구조선 최적배치 모델의 정식화

2.1 대응시간을 고려한 최적배치 모델

대응시간을 고려한 최적배치 모델을 식(2-1)~식(2-2)로 정식화 한다.

(파라메타)

$a_{ij} = 1$ 소구역 i 에 배치된 수색·구조선이 대응 시간 내에 소구역 j 에 도달 할 수 있다. $i \in I_t, j \in I_t$

$a_{ij} = 0$ 소구역 i 에 배치된 수색·구조선이 대응 시간 내에 소구역 j 에 도달 할 수 없다.

(변수)

x_i : 0, 1형 정수변수 $i \in I_t$

$x_i = 1$ 소구역 i 에 수색·구조선을 배치한다.

$x_i = 0$ 소구역 i 에 수색·구조선을 배치하지 않는다.

(첨자)

$I_0 = \{1, 2, \dots, 180\}$: 수색·구조 전 구역

$I_1 = \{1, 2, \dots, 31\}$: 인천 RCC 수색·구조 구역

$I_2 = \{32, 33, \dots, 70\}$: 목포 RCC 수색·구조 구역

$I_3 = \{71, 72, \dots, 117\}$: 제주 RCC 수색·구조 구역

$I_4 = \{118, 119, \dots, 126\}$: 부산 RCC 수색·구조 구역

$I_5 = \{127, 128, \dots, 180\}$: 동해 RCC 수색·구조 구역

$T = \{0, 1, \dots, 5\}$: 수색·구조 구역구분

$$\text{Minimize } \sum_{i \in I_t} x_i \quad (2-1)$$

subject to

$$\sum_{i \in I_t} a_{ij} x_i \geq 1 \quad j \in I_t, t \in T \quad (2-2)$$

수색·구조 구역의 어느 곳에 해양사고가 발생한다면, 수색·구조선은 최대한 빠른 시간 내에 해양사고 현장에 도착하여 구조업무를 수행 할 필요가 있다. 이것은 수색·구조선의 척수가 많을수록 신속한 대응이 가능하지만 현실적으로 많은 구난함과 인원을 확보하는 것은 어려운 문제이다. 따라서 해양사고에 대한 적정 대응시간을 설정하고, 설정된 대응시간 내에 구조선이 조난현장에 도착할 수 있도록 전진배치시키기 위한 최적배치 모델을 구축할 필요가 있다. 식(2-1)은 수색·구조 구역에 대한 설정한 대응시간 내에 수색·구조선의 배치를 최소화하는 목적함수로 구성되어 있다. 식(2-2)는 대응시간에 따른 수색·구조선이 도달할 수 있는 소구역을 의미한다.

따라서 대응시간을 설정하고 수색·구조 구역의 범위를 설정하면 대응시간에 따른 수색·구조 구역에 대한 수색·구조선의 최적배치 척수를 구할 수 있다.

2.2 총 운용거리 최소화 배치 모델

수색·구조선의 총 운용거리를 고려한 배치 모델을 식(2-3)~식(2-5)로 정식화 한다.

(파라메타)

$a_{ij} = 1$ 소구역 i 에 배치된 수색·구조선이 대응 시간 내에 소구역 j 에 도달 할 수 있다. $i \in I_u, j \in I_u$

$a_{ij} = 0$ 소구역 i 에 배치된 수색·구조선이 대응 시간 내에 소구역 j 에 도달 할 수 없다.

G_u : RCC별 수색·구조선 배치 척수 상한치 파라메타 $u \in U$

c_i : 소구역 i 의 해양사고 수

d_{ij} : 소구역 i, j 간 거리 $i \in I_u, j \in I_u$

(변수)

x_i : 0, 1형 정수변수 $i \in I_u$

$x_i = 1$ 소구역 i 에 수색·구조선을 배치한다.

$x_i = 0$ 소구역 i 에 수색·구조선을 배치하지 않는다.

(첨자)

$I_1 = \{1, 2, \dots, 31\}$: 인천 RCC 수색·구조 구역

$I_2 = \{32, 33, \dots, 70\}$: 목포 RCC 수색·구조 구역

$I_3 = \{71, 72, \dots, 117\}$: 제주 RCC 수색·구조 구역

$I_4 = \{118, 119, \dots, 126\}$: 부산 RCC 수색·구조 구역

$I_5 = \{127, 128, \dots, 180\}$: 동해 RCC 수색·구조 구역

$U = \{1, 2, \dots, 5\}$: RCC별 수색·구조 구역구분

$$\text{Minimize } \sum_{i \in I_u} c_i d_{ij} x_i \quad j \in I_u \quad (2-3)$$

subject to

$$\sum_{i \in I_u} a_{ij} x_i \geq 1 \quad j \in I_u \quad (2-4)$$

$$\sum_{i \in I_u} x_i \leq G_u \quad u \in U \quad (2-5)$$

수색·구조선을 RCC별 수색·구조 구역에 배치하여 운용할 경우 어느 구역에 해양사고가 발생하면 대응시간 내 배치된 구조선이 얼마나 빨리 해양사고 발생지점까지 도달하는가가 수색·구조 업무의 성공에 있어 최고의 관건이 된다. 따라서 식(2-3)과 같이 총 운용거리를 최소화하는 배치 모델을 설정할 수 있다. 식(2-3)은 해양사고 발생에 대해 수색·구조선이 조난현장까지 이동거리를 고려한 총 운용거리를 최소화하는 목적함수이다.

식(2-4)는 대응시간을 고려한 최적배치 모델과 같이 소구역 i 에 배치된 수색·구조선이 대응시간 내에 소구역 j 에 도달 가능함을 보증한다. 식(2-5)는 RCC별 수색·구조선의 배치 척수는 RCC별 수색·구조선의 제한척수를 초과하지 못함을 보증한다. G_u 의 초기치는 대응시간을 고려한 최적배치 척수를 입력하고 이후 한척씩 증가시켜 목적함수와의 값을 비교하여 총 운용거리가 최소화 되는 배치 척수를 배치위치로 결정한다.

3. 수색·구조 구역 및 대응시간의 설정

3.1 수색·구조 구역의 범위 및 해양사고

우리나라 해양경찰청의 보유선박의 제원은 Table 1과 같이 1000톤 이상은 대형함, 중형함은 200 ~ 500톤, 소형함은 30 ~ 100톤으로 분류하고 있으며 구난함별 속력은 중·대형함의 경우 14 ~ 31노트, 소형함은 22 ~ 29노트로 구분된다. (해양경찰청, 2002)

Table 1 The tonnage and speed of SAR units

형 별	톤수 (Ton)	속력 (Knot)
대 형	1500 ~ 3000	18 ~ 21
	1000	21 ~ 31
중 형	200 ~ 500	14 ~ 27
소 형	30 ~ 100	22 ~ 29

자료: 해양경찰청, 중장기 해상중합치안 수요전망과 대응방안 최종보고서, 2002.

한편 해양경찰청은 200톤급 이상의 중·대형함을 구조선으로 운용하고 있다.(금중수·양동신, 1999) 중·대형함의 평균 순항속력인 20 ~ 22노트에 따른 해양사고에 대응하는 수색·구조선의 이동거리를 고려하면 대응시간을 1시간으로 할

경우 반지름이 20 ~ 22마일인 원의 형태로 나타낼 수 있다. 그러나 이동거리를 원의 형태로 나타낼 경우 수색·구조 임무의 공백이 발생하므로 본 연구에서는 수색·구조 구역의 공백구간이 발생하지 않도록 하기 위하여 대각선의 길이가 수색·구조선의 1시간 범위에 상당하는 30마일 × 30마일 크기의 정사각형의 소구역으로 구분하였다.

또한 수색·구조 전 구역의 범위는 수난구조법의 범위(해양경찰청, 선위통보제도)를 고려하였다. 소구역 분할의 기준선은 서해안 북단 126도 30분을 기준으로 하고 구조선의 배치위치 지점의 편의를 위하여 육지쪽부터 차례로 고유번호를 부여하였다. 그 결과 수색·구조 전 구역을 218개의 소구역으로 구분할 수 있으나, 연안쪽 해안거리가 10마일 이내인 소구역 14개의 경우는 해양사고 발생시 소형함정으로도 임무수행이 가능하고 수난구조법에 의해 설정된 외곽구역의 경우 소구역 범위에 포함되는 면적의 범위가 40%를 넘지 않는 소구역 24개의 경우는 수색·구조선을 배치하여 임무수행시 비효율적인 것으로 판단되므로 소구역에서 제외하였다. 따라서 Fig.1과 같이 180개의 수색·구조 소구역으로 나눌 수 있다.

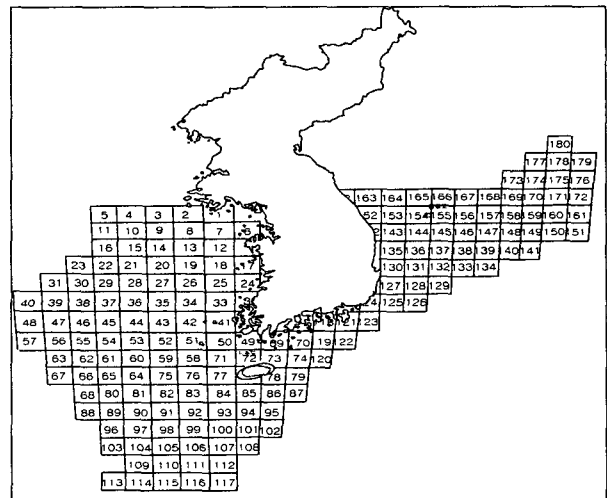


Fig.1 Sub-area of maritime SRR in Korea

한편, 소구역별 해양사고 건수는 해양안전심판원의 지난 10년간('92.1.1 ~ '01.12.31)의 전산자료를 이용하였다. 소구역별 좌표 입력을 위한 측지계는 도쿄기준점(datum)을 이용하였고 사용된 해도는 F-NO.836 어업용 해도이다.

3.2 수색·구조선 대응시간의 설정

해상에서 익수자의 생존가능시간은 시간이 경과함에 따라 생존확률이 줄어든다. Table 2는 해수온도에 따른 익수자의 생존가능시간으로 4℃ ~ 10℃ 일 때 3시간이며 10℃ ~ 15℃ 일 때 생존가능시간도 증가하며 6시간 정도로 나타나고 있다 (한국선급, 2000).

Table 2 Temperature and survival time in water

수온	익수자의 생존예상시간
2℃	45분 이하
2℃ ~ 4℃	1시간 30분 이하
4℃ ~ 10℃	3시간 이하
10℃ ~ 15℃	6시간 이하
15℃ ~ 20℃	12시간 이하
20℃이상	미상(피로도에 좌우됨)

* 자료: 한국선급, 항공 및 해상수색구조 편람-제3권 이동설비-, 해인출판사, 2000.

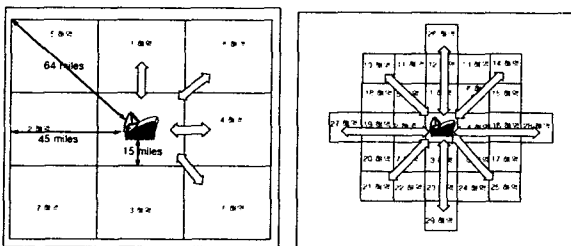
그러나 실제 해양사고 발생시 조난자의 생존가능시간은 조난시 해수온도, 풍속 등의 해상상태에 따라 차이가 있으므로 제시된 생존가능시간 보다 단축 될 수 있다.

이안거리별 해양사고 발생현황을 살펴보면 연안에서 20마일 이내에서는 해양사고가 73%, 50마일 이내에서는 87%, 100마일 이내에서는 94% 발생한다. 따라서 수색·구조선의 대응시간으로 고려하면 대응시간을 1시간으로 고려시 해양사고의 73% 발생에 대응 가능하고 2시간 30분이면 87%, 5시간이면 94%에 대응 가능하다. 따라서 수색·구조선의 해양사고에 대응시간을 3 ~ 5시간 이내로 할 때 해양사고 발생척수의 최대 94%까지 대응이 가능하다.

한편, 일본해상보안청의 조난선박에 대한 수색·구조 대응시간을 살펴보면 연안에서 거리가 200해리 이상인 경우에는 대응시간을 24시간, 100해리 이상 ~ 200해리 이하까지 대응시간을 12시간으로 설정하고 헬리콥터를 적재한 순시선이 담당 할 수 있도록 하고 있다. 100해리 이하의 경우는 대응시간을 6시간으로 하고 대형순시선과 항공기가 연합하여 수행하고 있으며 연안의 경우에는 대응시간을 3시간으로 하고 중·소형 순시선에 의해 수행하고 있다. 동경만, 이세만 및 세토내해의 복잡한 구역에는 대응시간을 1시간으로 하여 중·소형 순시선 및 대형 순시선을 확립하고 있다.(일본해상보안청, 2002)

따라서 본 연구에서는 익수자의 생존가능시간, 이안거리별 해양사고 발생수, 일본해상보안청의 수색·구조 대응시간 등을 고려하여 해양사고 발생에 대한 구조선의 대응시간을 3시간과 5시간으로 설정하였다.

한편 Fig. 2는 구조선의 대응시간 3시간과 5시간에 대한 구조선당 할당범위이다. 대응시간 3시간은 9개의 소구역, 5시간은 29개의 소구역을 각각 1척의 구조선이 담당할 수 있다.



* 각 구역의 크기는 30마일 × 30마일임

Fig. 2 Response areas of 3 and 5 hours

4. 수색·구조선의 최적배치

4.1 수색·구조선의 최적배치 절차

수색·구조선의 최적배치 척수 및 배치위치를 결정하기 위해 본 연구에서는 Fig. 3의 흐름도와 같은 6단계에 의해 수행된다.

단계 1: 대응시간 설정 및 수색·구조 전 구역을 입력, 구조가능 범위를 결정한다.

단계 2: 수색·구조 전 구역에 대해 대응시간을 고려한 최적배치 척수 및 배치위치를 구한다.

단계 3: 대응시간 설정 및 RCC별 수색·구조 구역을 입력, 구조가능 범위를 결정한다.

단계 4: RCC별 수색·구조 구역에 대해 대응시간을 고려한 최적배치 척수 및 배치위치를 구한다.

단계 5: 대응시간을 설정하고 소구역별 해양사고에 대한 구조선의 이동거리 및 RCC별 수색·구조 구역을 입력, 구조가능 범위를 결정한다.

단계 6: 대응시간을 고려한 최적배치 척수에서 배치 척수를 1척씩 증가시켜 총 운용거리가 최소가 되는 값을 구하여 배치척수 및 위치를 산출한다.

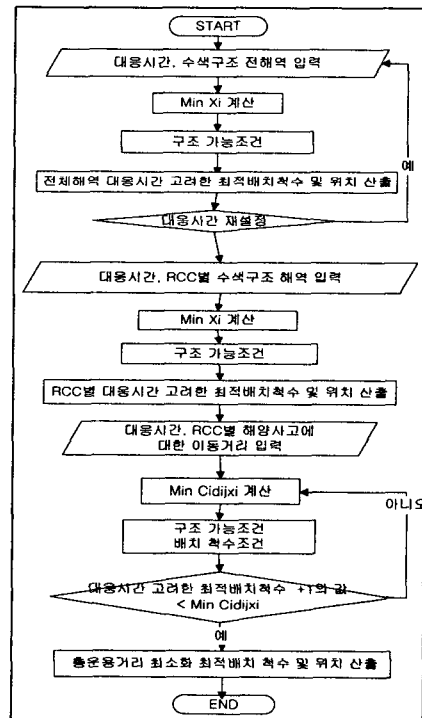


Fig. 3 Flow chart of an optimal allocation model

1) 대응시간을 고려한 최적배치

우리나라 수색·구조 전 구역에 대해 대응시간이 5시간인 경우 구조선의 최적배치 척수는 11척이고 3시간인 경우 최적

배치 척수는 27척이며 배치위치는 Table 3과 같다.

Table 3 Optimal allocation of SAR fleet in Korean SRR

대응 시간	배치위치	배치 척수
5시간	9, 34, 46, 70, 80, 84, 116, 125, 143, 147, 171	11
3시간	1, 4, 12, 15, 31, 33, 36, 56, 60, 67, 71, 74, 89, 92, 95, 109, 112, 118, 125, 133, 135, 148, 152, 155, 160, 168, 178	27

Table 3에서와 같이 수색·구조선의 대응시간이 5시간에서 3시간으로 감소함에 따라 배치척수가 11척에서 27척으로 증가함을 알 수 있다.

한편, 수색·구조선을 어느 구역에 배치하여 운용하고자 할 때 수색·구조 구역의 어느 구역에서 해양사고가 발생하면 해당구역은 해당 RCC 관할에 있는 수색·구조선에 의해 SAR업무가 이루어지고 있다. 따라서 수색·구조선을 운용하고자 할 때에는 각각의 RCC별 수색·구조 구역에 대해 최적 배치 척수를 산정 할 필요가 있다.

Table 4, Fig. 4와 같이 수색·구조선의 대응시간이 3시간인 경우 각 RCC별 최적배치 척수는 인천 RCC 5척, 목포 RCC 7척, 제주 RCC 7척, 부산 RCC 2척, 동해 RCC 8척으로 나타났다.

Table 4 Optimal allocation of SAR fleet for each RCC

RCC	배치위치	배치척수
인천	7,10,24,27,30	5
목포	33,36,47,50,60,67,69	7
제주	76,78,88,91,101,109,112	7
부산	119,125	2
동해	131,134,148,152,155,160,173,178	8

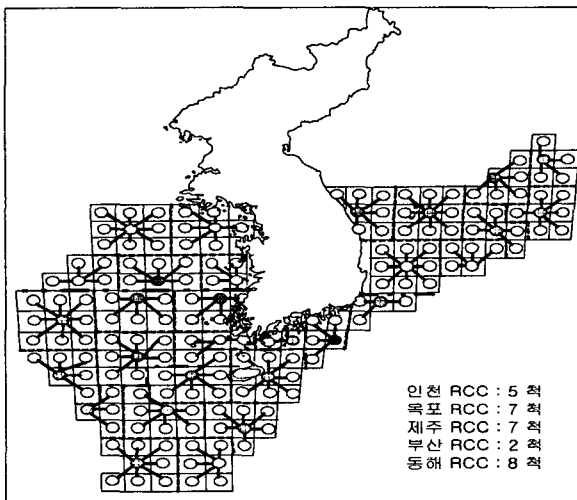


Fig. 4 Optimal allocation of SAR fleet

2) 총 운용거리 최소화 배치

RCC별 수색·구조 구역에 대해 대응시간을 3시간으로 하고 해양사고 발생수에 대한 수색·구조선의 이동거리를 고려한 총 운용거리 최소화 배치척수 및 배치위치는 Table 5와 Fig. 5와 같이 나타낼 수 있다.

식(2-5)에 의해서, 수색·구조선의 배치척수를 기본배치 척수인 대응시간을 고려한 최적배치 척수부터 최대배치 척수까지 변화시켜 총 운용거리의 변화를 보면 수색·구조선의 배치 척수가 증가함에 따라 총 운용거리는 감소하며 일정한 척수에 도달하면 이후 수색·구조선의 척수를 변화시켜도 총 운용거리 변화는 일정하다.

Table 5 Optimal allocations of SAR fleet based on minimum operational distance for each RCC

RCC	척수	총운용거리	배치위치
인천	5	15899	7,10,24,27,30
목포	7	40834	41,44,47,58,64,67,70
제주	8	51411	73,76,80,95,99,103,112,114
부산	3	30606	120, 121, 126
동해	8	23088	131,134,148,152,155,161,173,179

RCC별 수색·구조선의 배치척수를 변화시키면 제주 RCC는 최적배치 척수인 7척 일 때 51,945마일, 8척 일 때 51,411마일이며 이후 척수가 증가하여도 총 운용거리는 일정하다. 부산 RCC도 최적배치 척수 2척일 때 33,300마일, 3척 일 때 30,606마일이며 이후 배치척수를 증가시켜도 총 운용거리는 30,606마일로 일정하다. 그러나 인천 RCC, 목포 RCC, 동해 RCC는 배치척수를 증가시켜도 총 운용거리에는 변화가 없으며, 인천 RCC의 배치위치는 대응시간을 고려한 최적배치 위치와 동일하나 목포 RCC, 동해 RCC의 배치 위치는 대응시간을 고려한 최적배치 위치와 차이가 있다. 따라서 총 운용거리 최소화 배치와 대응시간을 고려한 최적배치를 비교하면 총 운용거리에 차이가 없더라도 배치위치는 차이가 있을 수 있다.

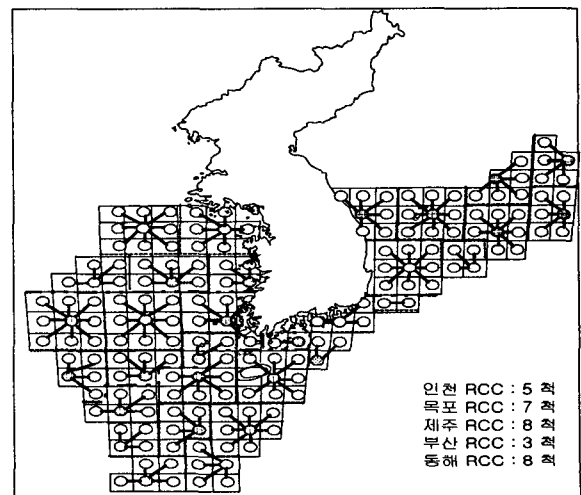


Fig. 5 Optimized SAR fleet allocation based on minimum operational distance for each RCC

4.2 구조선의 합리적인 운용을 위한 소요척수

해양경찰청의 구조선 운용원칙은 출동, 정비/수리, 교육/훈련 등의 3부제로 운영되고 있다. 해양경찰청, 일본해상보안청과 미국연안경비대의 2000년도 척당 경비일수를 비교해 보면 Table 6과 같이 미국연안경비대는 연간 120일 정도로 가장 짧고, 일본이 140 ~ 170일이며, 우리나라는 약 162일로 나타났다.(해양경찰청, 2002)

따라서 경비일수를 기초로 수색·구조선 운용을 살펴보면 Table 6에서 보는 바와 같이 미국연안경비대의 경우 수색·구조선 운용은 거의 3부제의 운용이 되고 있으나 일본해상보안청은 2.2 ~ 2.6부제, 해양경찰청의 경우 2.3부제로 운용되고 있다.

Table 6 Operational days of SAR fleet

구분	척당 평균 경비일수(시간)	부제 (365일/경비일수)
미국연안경비대 (cutter)	120일 (2,872시간)	3.0
일본해상보안청 (중,대형함)	140 ~ 170일	2.2 ~ 2.6
한국해양경찰청 (소,중,대형함)	162일 (3,887시간)	2.3

*주: 해양경찰의 총 경비시간은 2000년 합정과 소주정의 전치경비시간에서 2001년 형사기동정 평균경비시간을 뺀 시간임

*자료: 해양경찰청, 중장기 해상종합치안 수요전망과 대응방안 최종보고서, 2002.

한편, 해양경찰청의 구조선은 모두 50척으로 인천 RCC가 14척으로 가장 많이 보유하고 있으며 제주 RCC가 7척으로 가장 적게 보유하고 있다.

구조선의 운용을 2.3부제, 2.5부제, 3.0부제로 고려한 해양경찰청의 수색·구조선 소요척수는 Table 7과 같다.

Table 7 Required number of SAR fleet

RCC	인천	목포	제주	부산	동해	합계
보유척수	14	9	7	8	12	50
2.3부제	12	16	18	7	18	71
2.3부제 고려 과부족척수	▲2	▼7	▼11	▲1	▼6	▼21
2.5부제	13	18	20	8	20	79
2.5부제 고려 과부족척수	▲1	▼9	▼13	0	▼8	▼29
3.0부제	15	21	24	9	24	93
3.0부제 고려 과부족척수	▼1	▼12	▼17	▼1	▼12	▼43

※ ▲: 과잉 척수 ▼: 부족 척수

Table 7에서 보는 바와 같이 RCC별 수색·구조선의 보유척수와 대응시간 3시간에 대한 2.3부제 운용을 고려한 결과

제주 RCC가 11척으로 가장 부족하다. 그러나 인천 RCC와 부산 RCC의 경우 각각 2척과 1척 여유가 있으며 전체적으로는 21척 부족하다. 또한 2.5부제로 운용 할 경우 제주 RCC로 13척으로 가장 부족하고 인천 RCC만 1척 여유가 있으며 전체적으로는 29척 부족하다. 3.0부제로 운용 할 경우에도 제주 RCC로 17척으로 가장 부족하며 전체적으로는 43척 부족한 것으로 나타났다.

따라서 앞으로 신속하고 효과적인 수색·구조를 위하여 현재 해양경찰청의 2.3부제 운용을 고려하여 전체적으로 28척의 수색·구조선을 더 확보할 필요가 있다.

5. 결 론

국내·외적으로 SAR업무의 중요성이 날로 증대됨에 따라 해양경찰청에서는 각종 SAR업무의 성공적인 이행을 위해 조직의 정비 및 장비의 확충, SAR절차의 완비 등 그 방안들이 구축되고 있으나 구조선의 최적배치 문제에 관한 국내에서의 체계적인 연구는 거의 없는 실정이다.

본 연구에서는 수리모델을 이용하여 수색·구조선의 최적배치 모델을 정식화하고, 해상에서 조난사고가 발생하였을 때 신속하고 효과적인 수색·구조 업무를 위한 우리나라 수색·구조 구역에 구조선의 최적배치 위치를 구하였다. 그리고 수색·구조선의 합리적인 운용을 위한 수색·구조선의 소요척수를 제안하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 우리나라 해상 수색·구조 구역을 구조선의 구조능력과 운용을 고려하여 180개의 소구역으로 구분하였다. 해양사고에 대한 수색·구조선의 효과적인 대응을 위한 대응시간을 고려한 최적배치 모델, 총 운용거리 최소화 배치 모델을 정식화하였다.

2) 우리나라 수색·구조 전 구역에 대해 대응시간이 5시간인 경우 구조선의 최적배치 척수는 11척이며 3시간인 경우에는 27척으로 대응시간이 감소됨에 따라 구조선의 배치척수는 증가됨을 알 수 있었다.

3) 대응시간을 3시간으로 고려하여 RCC별 최적배치 척수는 인천 RCC 5척, 목포 RCC 7척, 제주 RCC 7척, 부산 RCC 2척, 동해 RCC 8척으로 나타났다.

4) 대응시간을 3시간으로 고려한 RCC별 총 운용거리 최소화 배치척수는 인천 RCC 5척, 목포 RCC 7척, 제주 RCC 8척, 부산 RCC 3척, 동해 RCC 8척으로 나타났다.

5) 수색·구조선의 합리적인 운용을 위한 소요척수는 현재 해양경찰청의 2.3부제 운용을 고려하여 목포 RCC 7척, 제주 RCC 11척, 동해 RCC 6척 부족하며, 인천 RCC 2척, 부산 RCC 1척 여유로 전체적으로 21척의 구조선을 확보할 필요가 있다. 한편, 본 연구에서는 200톤 이상의 해양경찰청 경비함의 업무를 수색·구조업무로 한정하였지만 현실적으로 경비함은 수색·구조뿐만 아니라 해상치안 및 해양 환경보호 등

여러 가지 업무를 수행하고 있기 때문에 이러한 모든 업무를 고려할 경우 경비함은 더 많이 확보되어야 할 것으로 판단된다.

본 연구는 우리나라 수색·구조 구역에 대해 조난에 대응하는 대응시간에 따른 구조선의 최적배치 척수를 구하고, 대응시간 내 구조를 효율적으로 운용할 수 있는 총 운용거리를 최소화하는 구조선의 배치위치 및 척수를 산출할 수 있었다는데 의의가 있다고 할 수 있다.

그러나 앞으로 수색·구조선의 운용에 있어 내해나 연안, 광역구역에 따라 구조선의 크기를 고려한 최적배치에 대한 연구가 필요 할 것이다.

참고문헌

- [1] 금종수·양동신(1999), 해상수색구조론, 효성출판사.
- [2] 금종수(1997), 공공컨테이너 터미널의 효율적인 선석 할당을 위한 발견적 알고리즘 개발에 관한 연구, 한국항만학회지, 제11권 2호, pp 191~202.
- [3] 이철영·윤명오(1991), 해상교통량의 효과적 관리방안에 관한 연구 1)교통 관제해역의 경우, 한국항해학회지 제15권 1호, pp 1~11.
- [4] 한국선급(2000), 항공 및 해상수색구조 편람 - 제3권 이동설비-, 해인출판사.
- [5] 해양경찰청(2002), 중장기 해상종합치안 수요전망과 대응방안 최종보고서.
- [6] 해양경찰청, http://nmpa.go.kr/b1_7_body.htm.
- [7] 해양경찰청(2002), 해난사고통계연보(2001).
- [8] 海上保安廳の施策, <http://www.kaiho.mlit.go.jp/>
- [9] F.silva and D.Serra(2002), Locating Emergency Services With priority Rules: The Priority Queuing Covering Location Problem, *Department of Economics and Business, Working paper*, Universitat Pompeu Fabra.
- [10] L.M.Jensen(1998), Assessing Spatial Aspects of School Location-Allocation in Copenhagen, *Danish Journal of Geography*, pp71~80.
- [11] M.S.Bazaraa, J.J.Jarvis, H.D.Sherali(1990), Linear programming and network flows, *John Wiley & Sons*.
- [12] W.Walker and E.Warren(1974), Using The Set Covering Problem to Assign Fire Companies to Fire house, *Operations Research Journal*, Vol. 22, NO.2, pp 275~278

원고접수일 : 200 년 월 일

원고채택일 : 200 년 월 일