

시뮬레이션을 활용한 승조원 순환제 효과에 관한 연구 -충무공이순신급 함정 운용을 중심으로-

김귀미¹, 마정목^{2*}

¹해군 전력분석시험평가단, ²국방대학교 국방과학학과

A Study on the Effectiveness of Crew Rotation System using Simulation

Kwimi Kim¹, Jungmok Ma^{2*}

¹Force Analysis Test Evaluation Group, ROK Navy

²Department of Defense Science, Korea National Defense University

요약 승조원 순환제는 함정 1척에 다수의 승조원(Crew) 팀이 교대(Rotation)로 임무를 수행하는 승조원 운용 개념으로 미국, 일본, 우리나라 해양경찰도 일부 함정을 대상으로 시행 중이다. 이 제도는 함정의 가동률을 높이는 동시에 승조원의 피로를 경감시킬 수 있는 장점이 있다고 알려져 있으나, 우리 해군에서는 개념적인 연구 정도가 이루어진 상태이다. 따라서 본 연구는 정량적 데이터를 제공하기 위해 시뮬레이션을 활용하여 승조원 순환제 효과를 임무 완수 여부, 함정 부하율, 승조원 부하율의 3가지 지표로 분석하였다. 연구 대상으로는 우리 해군 주력 전투함이자 청해부대, 순항훈련 등 해외 임무가 많은 충무공이순신급 함정을 선정하였다. 연구 결과 승조원 순환제 적용 시에도 부여된 임무 완수에는 문제가 없으며, 함정 부하율은 현재의 단일 승조원제 대비 약 9% 감소하여 임무수행 일수가 약 33일 정도 줄어든다. 승조원 부하율은 약 8~10% 감소하며 대기 기간 중 임무수행 일수가 약 42~47일 정도 줄어든다. 또한 승조원의 휴식 여건이 보장되어 피로가 감소하고, 교육훈련 기간이 확보되어 안정적인 교육훈련이 가능하여 임무수행능력이 향상될 것으로 예상된다. 그러나, 승조원 순환제는 함정-승조원 운명공동체라는 해군 고유의 문화에 맞지 않고, 함정 정비가 육상으로 이관되어야 하며, 관련 시설과 인력을 확충하는 데 큰 비용이 필요하다는 점 등의 문제도 많아 제도 시행까지는 어려움이 많을 것으로 예상된다. 본 연구는 시뮬레이션을 활용하여 앞으로의 정책을 뒷받침할 수 있도록 정량적 결과를 제시할 수 있는 틀을 개발하였다는 데에 의의가 있다.

Abstract The crew rotation system is an operation concept in which multiple teams or crews are assigned to one ship to perform missions in rotation. It is currently implemented in the U.S., Japan, and some ships of the Korean Coast Guard. Despite the advantage of improving the operation rate of a ship while reducing crew fatigue, only conceptual studies have been conducted by the Korean Navy. This study used simulations to compare the mission completion rate, shipload ratios, and crew load ratios before and after applying the crew rotation system. The target of the research was a Chungmugong Yi Sun-sin class ship, one of the main battleships of the Korean Navy, which is also assigned to many overseas missions, such as the Cheonghae unit dispatchment, and midshipmen cruise training. The application of a crew rotation system had no side effects in completing the assigned mission. In addition, the shipload and crew load ratios decreased in the number of days of mission performance by 33 days and 42-47 days, respectively. Furthermore, applying the system ensures the resting conditions for crew members and reduces crew fatigue while securing training periods to maintain stable education and training. As a result, it is expected that mission performance will be improved. On the other hand, the crew rotation system goes against the Navy's culture of the crew having a strong bond of fate with their ship. Nevertheless, the actual implementation of the system is difficult considering problems, such as ship maintenance must be transferred to a dedicated repair department on land and the extensive cost required to expand the dedicated facilities and personnel. This study is meaningful because simulations were used to provide the framework for the quantitative results required to establish related policies in the future.

Keywords : ARENA Simulation, Crew Rotation System, Cheonghae Unit Dispatchment

*Corresponding Author : Jungmok Ma(Korea National Defense Univ.)

email: jmx1023@gmail.com

Received December 11, 2023

Revised January 4, 2024

Accepted January 5, 2024

Published January 31, 2024

1. 서론

통계청 발표[1]에 따르면 20세 남자 인구는 2040년 15.5만 명 수준으로 예상되며, 이는 2023년 34.6만 명의 44.8% 수준에 지나지 않는다. 저출산의 장기화에 따른 인구급감, 특히 병역의무 대상자인 젊은 남성 인구의 감소는 현재의 병력 규모를 유지하는 데 큰 어려움을 줄 것이다. 또한 '22년 해군병 입영률은 70.1%(계획 대비 3,012명 미입영)[2]으로 역대 최저치를 기록하며 인력수급의 어려움이 현실화하고 있으며, 함정근무 기피와 사관학교 출신 장교의 조기 전역 등 인력 유출 또한 심각한 문제이다[3].

병력 부족 문제를 해결하기 위해 해군은 '23년 1월부터 전담반을 구성하여 '근무 여건 개선'과 '안정적 복무 여건 마련'에 초점을 맞춘 '특단의 대책'을 추진 중이다 [4]. 이 중 승조원 근무 여건 개선 방안으로 주로 제시되는 것은 해양경찰에 비해 현저히 낮은 '함정근무 수당'을 현실화하는 것이다. 그러나 해군 구성원을 대상으로 실시한 설문조사 결과 금전적 보상만큼이나 중요하게 생각하는 것은 Fig. 1과 같이 균형 있는 일(근무)과 삶(휴식, 취미생활 등), 즉 '워라벨' 보장이다[5]. 함정 승조원의 '워라벨'은 해상작전 임무 특성상 보장에 한계가 존재하지만, 안정적인 병력 확보와 숙련된 간부의 유출을 막기 위해서 해군이 해결해야 하는 도전적 과제이다.

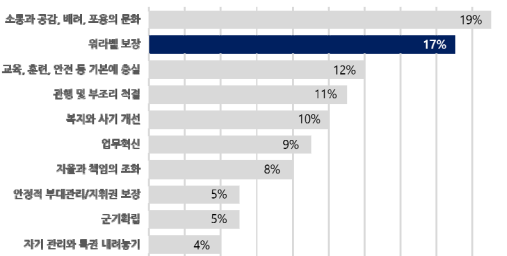


Fig. 1. Characteristics of the Navy one wants to serve
* Visualized from SMART Navy Culture[5]

한편, 해군 함정 1척에 장교·부사관·수병으로 구성된 승조원 1개팀이 약 1~1.5년간 동일한 함정에서 근무하는 승조원 운용 개념을 단일 승조원제(Single Crew)라고 하며, 우리 해군에서도 단일 승조원제로 운용한다. 반면, Fig. 2와 같이 함정 1척에 다수의 승조원 팀이 교대로 임무를 수행하는 운용 개념을 승조원 순환제(Crew Rotation)라고 한다. 미국, 일본 등 각국 해군과 우리나라 해양경찰도 일부 함정을 대상으로 승조원 순환제를

시행 중이다. 미국 해군에서 승조원 순환제를 시범 운용한 결과, 단일 승조원제 대비 함정이 대서양, 태평양 등 임무 해역에 전개하는 일수가 약 40% 늘어난 것으로 나타났다[6]. 해양경찰에서 승조원 순환제를 적용한 결과 함정 운용 시간이 1,169에서 2,069시간으로 상승하여 운용률이 약 80% 향상되었으며[7], 승조원의 휴무 일수가 2배 이상 증가하는 등 승조원들의 만족도가 높은 것으로 나타났다. 이렇듯 승조원 순환제는 함정의 운용률을 향상하는 동시에 승조원의 피로 경감에 효과적이라고 알려져 있다.

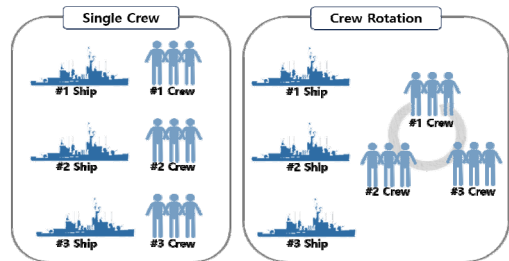


Fig. 2. Comparison of Operation concept

그러므로 승조원 순환제는 임무 완수와 승조원의 '워라벨' 보장을 동시에 만족시키기 위해 해군이 고려할 만한 좋은 선택지이다. 우리 해군[8]에서는 승조원 순환제에 관해 개념적인 연구가 이루어졌으나, 적용 대상이나 제도 도입 시 예상되는 효과 등 구체적인 검토는 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구는 승조원 순환제 효과를 나타낼 수 있는 정량 지표를 개발하고, 이를 활용하여 평가하였다. 시뮬레이션을 활용하여 승조원 순환제와 같은 정책을 뒷받침하는 정량적 결과를 제시할 수 있는 틀을 개발했다는 데에 의의가 있다. 이를 위해 해외 임무가 많아 임무 부하가 높은 충무공이순신급 함정의 임무를 모형화하고, 승조원 순환제 적용 상황을 시뮬레이션하여 단일 승조원 대비 함정과 승조원의 임무 부하 정도를 비교분석 하였다.

2. 연구방법

2.1 연구대상 선정

승조원 순환제 적용 대상은 우리 해군의 주력 전투함인 '충무공이순신급 함정'으로 선정하였다. 이 함정은 총 6척으로 청해부대 파견, 순항훈련, 환태평양훈련 등 해외 임무와 다양한 국내 작전/훈련 등을 수행한다. 따라서 연

간 임무 일수가 다른 함정에 비해 평균 00%가 많아 임무 부하가 높다. 또한 충무공이순신급 함정이 수행하는 대부분의 해외임무는 뉴스를 통해 공개되므로 실적 데이터 확보 및 분석에 활용이 용이하다고 판단하였다.

승조원 순환제를 적용할 임무로는 ‘청해부대 파견’을 선정하였다. 청해부대는 2009년 3월, 첫 출항 이후 14년 동안 선박호송작전, 해양안보작전, 대테러작전, 선박안전항해 지원 등 다양한 임무를 수행하고 있다. 구축함 1척, 대잠헬기 1대, 고속단정 3척과 함께 300여명의 규모로 파견되며, 임무구역은 아덴만, 아라비아해, 오만만을 포함한다[9]. 파견기간은 총 6개월로 여기에는 임무교대를 위한 사전이동 1개월, 현지 작전 4개월, 임무종료 후 복귀 1개월이 포함된다. 사전이동과 복귀 소요시간을 고려하여, Fig. 3과 같이 한국에서 4개월 간격으로 출항하여 현지작전 공백을 방지한다. 예를 들어 #1함정이 1월에 출항하면 2월에 도착하여 현지에서 임무를 교대하고, 2~5월까지 4개월간 작전을 수행한다. 다음 순번인 #2 함정은 현지작전에 공백이 발생하지 않도록 5월에 출항, 6월에 도착하여 임무를 수행하며, #1 함정은 6월 현지에서 이탈, 복귀한다.

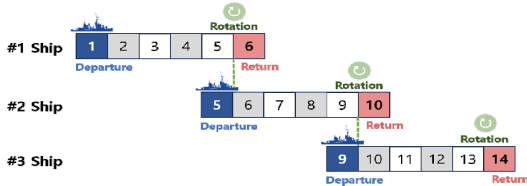


Fig. 3. Operation concept of Cheonghae Unit dispatchment

이 경우 충무공이순신급 함정 총 6척 중 약 1.43척 함정이 상시 청해부대 임무를 수행하게 된다. 정비 및 임무 준비 기간 1개월, 복귀 이후 1개월 간 휴식 및 정비기간을 고려하면 약 1.89척의 함정이 청해부대 임무에 상시 매여있다. 임무 과중과 이에 따른 승조원의 장기간 해상 전개, 해외 임무로 인한 피로도 상승 등의 문제는 해군뿐만 아니라 국회에서도 꾸준히 제기된 바 있다[10]. 또한 현지작전 환경이 높은 해수온도와 미세먼지 등으로 장비가 손상될 가능성이 높아 정비 부담 또한 높다.

‘청해부대 파견’ 임무에 승조원 순환제를 적용하면 함정의 이동 없이 항공기를 이용하여 승조원만 교대하게 된다. Fig. 4와 같이 함정 1척(#1 Ship)과 승조원 2개팀(#1, #2 Crew)이 있다고 하자. #1 승조원 팀은 #1 함정으로 임무지역 이동 및 임무를 수행한다. 다음 순번인 #2

승조원 팀은 항공기로 현지에 도착하여 업무와 함께 #1 함정을 인수한다. #1 승조원 팀은 업무 인계가 종료되면 항공기로 국내에 복귀한다. #2 승조원 팀은 #1 함정으로 임무를 수행한다. 이러한 방식으로 승조원 전원이 청해부대 파견 임무를 교대한 사례가 있다[11]. 2021년 7월, 코로나19 집단발생에 따라 당시 공군 공중급유수송기로 함정 운용 병력과 의료진이 현지에 긴급 파견되었고, 기존 부대원 전원은 복귀하였다. 이는 코로나19 집단발생이라는 특수한 상황에서 이루어졌지만, 우리 해군에 ‘승조원 순환제’ 적용이 가능함을 보여주었다.

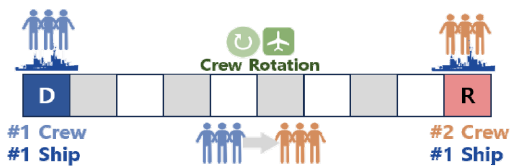


Fig. 4. Concept of Crew Rotation

2.2 연구모형 설계

승조원 순환제 적용 방안 설정 시 중요한 고려요소는 “현지에서 정비소요 없이 함정을 얼마나 장기간 운용할 수 있는가?”이다. 현지에서 고장이 발생할 경우, 함정 정비는 제한적으로 수행될 수 밖에 없기 때문이다. 따라서 청해부대 파견 기간(6개월)과 안정적인 함정 및 장비의 운용기간을 고려하여 승조원 순환제 적용 방안을 설정하였다. 해군함정의 예방정비는 연 2회, 총 12주를 기준으로 작전운용(4.5개월) - 정비(1.5개월) 주기를 반복한다 [12]. 그러나 해군함정 고장데이터를 기반으로 예방정비의 주기를 분석한 최진우 외[13]의 연구 결과에 따르면 현재 설정된 예방정비 주기는 과다하며 함정의 정비 간격은 1년 이상이어도 무리 없이 함정을 운용할 수 있다. 이를 참고하여 본 연구는 현지에서 정비소요 없이 함정을 운용할 수 있는 기간을 6개월, 1년, 1.5년으로 설정하고 각각을 Table 1과같이 현재(AS-IS), 대안-1(RO-1), 대안-2(RO-2)로 설정하였다. 현재(AS-IS)는 단일 승조원제를, 대안-1, 2(RO-1, 2)는 승조원 순환제를 적용한 것이다. 현재(AS-IS)는 함정과 승조원이 6개월 단위로 함께 교대한다. 18개월 임무 수행을 위해서 함정 4척과 승조원 4개팀이 필요하다.

대안-1(RO-1)은 함정은 1년, 승조원은 6개월 단위로 교대하는 방법이다. 구체적으로 #1 승조원팀이 #1 함정에 편승해서 1개월 간 임무지역으로 이동하고, 5개월 간 현지작전을 수행한다. 임무 교대를 위해 #2 승조원팀이

항공기로 현지에 도착하여 업무를 인수한다. 업무 인계가 끝난 #1 승조원팀은 항공기로 국내에 복귀하며, #2 승조원팀은 #1 함정으로 5개월간 현지작전 수행 후 국내에 복귀한다.

대안-2(RO-2)는 함정은 1.5년, 승조원은 6개월 단위로 교대하는 방법이다. 함정 1척 당 승조원 3개팀이 운용되며, 18개월 임무수행을 위해서 함정 2척과 승조원 4개팀이 필요하다.

함정과 승조원의 스케줄은 Fig. 5와 같이 가정하였다. 함정은 작전운용(9개월) - 정비(3개월)를 반복하고, 승조원은 청해부대 파견기간을 고려하여 작전운용(6개월) - 휴식(2개월) - 교육훈련(1개월)을 반복한다.

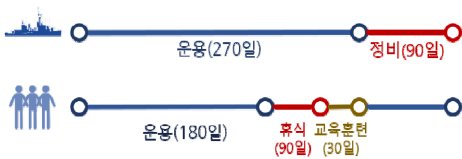


Fig. 5. Schedule of Ship & Crew

2.3 성과지표 선정

승조원 순환제 효과를 평가하기에 앞서 가장 중요한 것은 무엇보다도 임무를 완수하는 것이다. 또한 연구 목적이 함정과 승조원의 임무 부하 경감에 있으므로 부하율을 산출할 필요가 있다. 따라서 본 연구는 성과지표로 ‘임무 완수 여부’, ‘함정 부하율’, ‘승조원 부하율’ 3가지

를 선정하였다.

‘임무완수 여부’는 승조원 순환제 적용 시 현재 수준의 임무를 수행할 수 있는지 확인하는 지표이다. ‘함정 부하율’은 함정의 연간 작전운용 비율을 의미하며 Eq. (1)과 같이 산출한다. ‘승조원 부하율’은 정비기간을 제외한 임무대기 일수 대비 승조원이 작전운용에 투입된 일수를 의미하며, Eq. (2)와 같이 산출한다. 이 지표가 높다는 것은 승조원이 임무대기 중 설 새 없이 작전/훈련 등 각종 임무를 수행하였음을 의미한다. 승조원의 피로 정도를 판단하는 지표로도 활용할 수 있다.

$$Operation\ rate(ship) = \frac{Operation\ days}{365\ days} \quad (1)$$

$$Mission\ rate(crew) = \frac{Operation\ days}{Operation\ days + Standby\ days} \quad (2)$$

3. 시뮬레이션 모형 설계

3.1 시뮬레이션 모형 구성

시뮬레이션이란 시스템을 수학적이고 논리적인 모델로 설계하고, 모델을 통해 결과를 예측·평가·시험하는 과정이다. 실제 시스템을 구축하지 않아도 여러 대안을 비교·평가할 수 있으며, 비용이 많이 들거나 실험이 어려운 상황에서도 정량적인 예측 가능하다[14]. 따라서 본 연구에서는 승조원 순환제 적용 방안별 운용효과를 비교하기 위해 Arena 16.2 시뮬레이션 프로그램을 활용하였다.

Table 1. Operation concept of Crew Rotation Options

Options	Cycle	Operation Concept
AS-IS (Single Crew)	Ship : 6 month Crew : 6 month	
RO-1 (Crew Rotation)	Ship : 12 month Crew : 6 month	
RO-2 (Crew Rotation)	Ship : 18 month Crew : 6 month	

Arena는 제조 공장, 공항, 항만, 군사, 물류 등 다양한 영역에서 범용적으로 사용하는 시뮬레이션 도구이다.

시뮬레이션 모형은 Fig. 6과 같이 총 4단계로 구성된다. 1단계는 3.2절에 소개할 4가지 임무를 생성한다. 임무 생성 주기는 실적자료를 바탕으로 선정하였다. 2단계 임무 할당 모듈은 1단계에서 생성한 임무를 대기 상태인 함정과 승조원 팀에 차례로 할당한다. 3단계 임무수행 모듈은 각종 임무를 설정된 처리시간 동안 임무수행을 모의하며, 4단계 처리 모듈은 임무가 완료되는 지점을 의미한다.

3.2 시뮬레이션 입력자료

첨무공이순신급 함정의 대표적인 임무는 ‘청해부대 파견’, ‘순항훈련’, ‘환태평양훈련’(RIMPAC : Rim of the Pacific Exercise, 이하 RIMPAC), ‘국내 작전/훈련’ 총 4가지로 구분된다. 첫째, ‘청해부대 파견’ 입력값은 청해부대 1~39진(’09년 3월 ~ ’23년 5월) 실적자료를 활용하였다. 임무 주기는 평균 132일, 최소 98일, 최대 152일이었다. 사전 이동에 평균 29.1일, 현지작전 131.11일, 복귀에 29.2일이 소요되어 총 파병기간은 평균 189.4일이다. 둘째, ‘순항훈련’은 졸업/임관을 앞둔 4학년 생도들이 해군장교로서 반드시 구비해야 할 능력을 체득하는 항해훈련이다. ‘순항훈련’ 입력값은 최근 20년간(’03년 ~ ’22년) 실적자료를 활용하였다. 임무 주기는 연 1회, 임무는 평균 120일, 최소 93일, 최대 150일이 소요되었다. ‘RIMPAC’은 2년에 한번씩 열리는 세계 최대의 국제 해군 훈련으로 입력값은 최근 5회(’14년, ’16년, ’18년, ’20년, ’22년) 실적자료를 활용하였다. 임무 주기는 매 2년 1회, 훈련 참가에 평균 70일, 최소 60일,

최대 80일이 소요되었다. 국내 작전/훈련 임무는 연간 교육훈련 계획 등을 고려하여 임무 주기는 월 2회, 기간은 3~14일을 적용하였다.

입력함수는 삼각분포(Triangular distribution, 이하 TRIA)를 사용하였다. 삼각분포는 최소값, 최빈값, 최대값에 대한 정보는 있지만 세부 분포를 알 수 없을 때, 즉 모델링 과정에서 변수의 구간을 알고 있지만 데이터가 충분하지 않을 때 유용하게 사용할 수 있다. Table 2는 임무(Mission)별 주기(Cycle)와 소요 시간(Process Time) 입력을 나타낸다.

Table 2. Simulation input data

Mission (Abbreviation)	Cycle	Process Time
Cheonghae Unit dispatchment (CHEONGHAE)	TRIA (98, 132, 152)	TRIA (180, 190, 200)
Cruse-training (CTRN)	Constant(365)	TRIA (93, 120, 150)
RIMPAC (RIMPAC)	Constant(730)	TRIA(60, 70, 80)
OPS / Training (OPS)	Expo(2)	TRIA(3, 7, 14)

4. 시뮬레이션 실행 및 결과

4.1 시뮬레이션 모형 신뢰성 분석

설계된 시뮬레이션 모형이 신뢰성을 얻기 위해서는 검증(Verification)과 유효성(Validation) 확인이 필요하다[15]. 시뮬레이션 모형 검증은 ARENA 시뮬레이션의

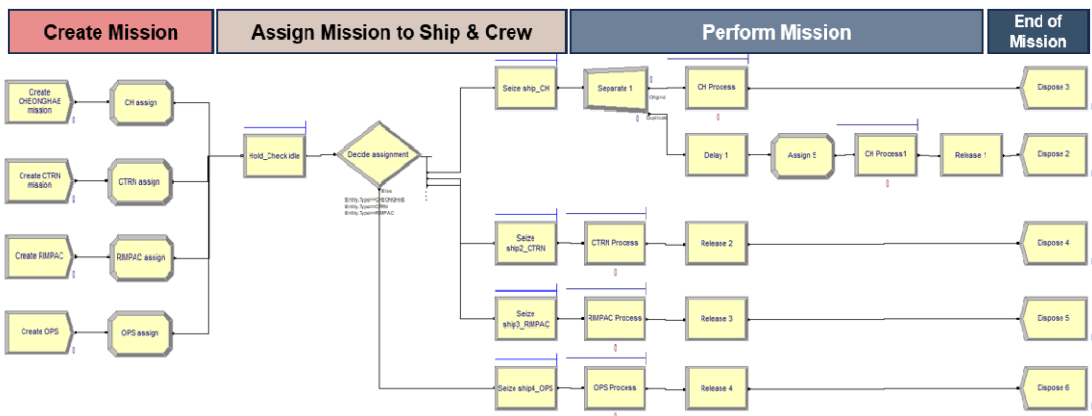


Fig. 6. ARENA modeling and simulation

check model 기능과 개체(Entity)를 발생시켜 확인하는 방법을 활용하였다. 확인 결과 대안별 시뮬레이션 모형에 오류가 없고 시뮬레이션 모형이 의도한대로 실행되었다. 시뮬레이션 모형의 유효성을 확인하기 위해서 실제 시스템과 시뮬레이션 모형의 결과를 비교해야 한다. 승조원 순환제는 시행한 적이 없어 유효성을 확인하기는 어렵지만, 현재(AS-IS) 모형의 경우 함정 운용의 실적자료와 시뮬레이션 결과를 비교하여 유효성 확인이 가능하다. 함정 운용 실적자료를 유사하게 적용한 결과와 시뮬레이션 결과가 유사하므로 시뮬레이션 모형의 유효성이 확보되었다고 판단할 수 있다.

4.2 시뮬레이션 실행

충무공이순신급 함정은 잔여 수명이 15~20년이고, 주력함으로 운용이 가능한 시기는 유·무인 복합체계 등이 본격적으로 전력화되는 2040년대 전까지로 예상된다. 따라서 시뮬레이션 모의기간을 20년으로 설정하였다. 시뮬레이션을 반복하여 실행한 결과, Fig. 7과 같이 700회 이후 함정 부하율이 안정상태에 이르는 것을 확인하였다. 따라서 시뮬레이션 반복 횟수를 1,000회로 설정하였다.

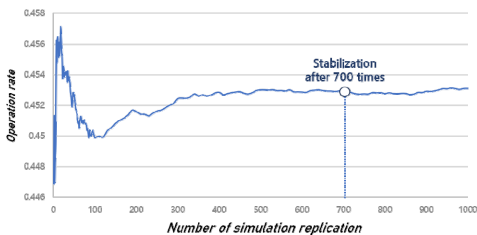


Fig. 7. Steady state arrival

4.3 시뮬레이션 결과 및 분석

대안별 시뮬레이션 결과는 Table 3과 같다. ‘임무 완수 여부’는 시뮬레이션에서 생성한 임무 대비 완료한 임무 비율로 알 수 있다. 예를 들어 Table 4에서 RIMPAC은 매 2년 1회 생성되는 임무이고, 모의기간은 20년이므로 생성된 임무 수는 10건이고, 완료된 임무 수도 10건이므로 100% 완수했다고 판단한다. 청해부대 임무 등에 약간의 오차가 있는 것은 랜덤하게 설정한 임무생성 주기와 자원 할당 규칙 등에 의한 영향으로 볼 수 있다. 시뮬레이션 결과 승조원 순환제를 적용 시에도 임무 완수에는 전혀 문제가 없음을 확인하였다. 즉 부여된 임무를 수행하는 데에 현재의 자원이 충분함을 의미한다.

Table 3. Result of simulation

Operational status		AS-IS(%)	RO-1(%)	RO-2(%)
Ship	Operation	56.85	47.79	47.04
	RFS	18.15	27.21	27.96
	Maintenance	25.0	25.0	25.0
Crew	Operation	56.85	45.31	44.06
	RFS	18.15	21.69	22.94
	Rest & Training	25.0	33.0	33.0

Table 4. ‘Number Out’ value by options

Mission	AS-IS	RO-1	RO-2
CHEONGHAE	55.36 (98.5%)	55.82 (99.3%)	55.62 (99.0%)
CTRN	20 (100%)	20 (100%)	20 (100%)
RIMPAC	10 (100%)	10 (100%)	10 (100%)
OPS	719.53 (99.8%)	720.63 (99.9%)	720.36 (99.9%)

‘함정 부하율’은 함정의 연간 작전운용 비율을 의미한다. 시뮬레이션 결과 Fig. 8과 같이 현재(AS-IS)의 ‘함정 부하율’은 56.85%, 대안-1(RO-1)은 47.49%, 대안-2(RO-2)는 47.04%이다. 대안-1 방법으로 승조원 순환제를 적용하면 단일 승조원제 대비 함정 부하율이 약 9.0% 감소하고, 대안-2 방법은 약 9.8% 감소한다. 이를 일수로 환산하면 약 34~35일로, 승조원 순환제 적용 시 충무공이순신급 함정 6척 각각의 임무수행 일수가 한 달 정도 줄어드는 효과가 있음을 의미한다.

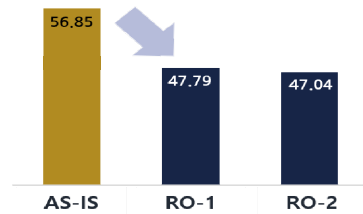


Fig. 8. Ship load ratio by options

‘승조원 부하율’은 정비기간을 제외한 임무대기 일수 대비 승조원이 작전/훈련 임무에 투입된 일수의 비율을 의미한다. 시뮬레이션 결과 Fig. 9와 같이 현재(AS-IS)의 ‘임무부하율’은 75.8%, 대안-1(RO-1)은 67.63%, 대안-2(RO-2)는 65.76%이다. 대안-1 방법으로 승조원 순환제를 적용하면 단일 승조원제 대비 승조원 부하율이 약 8.2% 감소하고, 대안-2 방법은 약 10%가 감소한다.

승조원 순환제 적용 시 승조원의 임무 부하가 경감됨을 확인하였다.

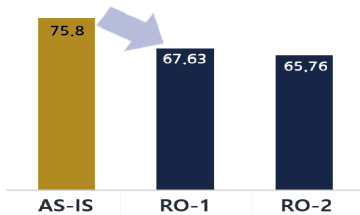


Fig. 9. Crew load ratio by options

이러한 함정과 승조원의 임무 부하를 경감하는 효과뿐만 아니라, 승조원 순환제를 적용하여 얻을 수 있는 효과는 Fig. 10과 같이 안정적인 교육훈련 기간을 확보한 것이다. 이는 실질적이고 양질의 교육훈련을 가능하게 하여 승조원의 임무수행능력 향상에 도움이 된다.

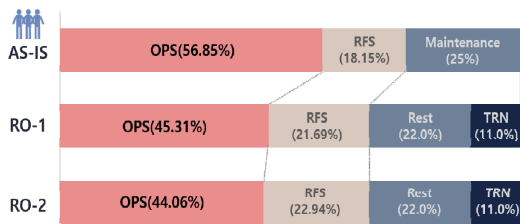


Fig. 10. Rate by options (Crew)

5. 결론

안정적으로 병력을 확보하고 숙련된 간부의 유출을 막기 위해서는 함정 승조원의 '근무여건 개선'이 필요하다. 개선방안으로 주로 제시되는 것은 금전적 보상이지만 근본적인 해결책이 될 수는 없다. 본 연구는 함정 승조원의 '근무여건 개선' 방안으로 '워라벨' 보장에 초점을 맞추어 승조원 순환제 도입을 제안하였다. 승조원 순환제와 단일 승조원제와의 차이를 시뮬레이션을 활용하여 정량적으로 보였다는 데 연구의 의의가 있다.

연구결과를 요약하면 Table 5와 같다. 승조원 순환제 적용(RO-1, 2) 시 부여된 임무 완수가 가능하고, 단일 승조원제(AS-IS) 대비 함정 부하율은 약 9%, 승조원 부하율은 8~10% 감소하는 것으로 나타났다.

승조원 순환제 도입 효과는 다음과 같다. 첫째, '청해부대 파견' 시 항공기로 임무 교대하므로 함정을 통한 장기간 이동 소요를 줄일 수 있다. 청해부대 파견에는 연평

Table 5. 'Number Out' value by options

Performance Indicators	AS-IS	RO-1	RO-2
Mission accomplishment	○	○	○
Operation rate (Ship)	56.85%	47.79% (-9.06%)	47.04% (-9.81%)
mission load rate (Crew)	75.8%	67.63% (-8.17%)	65.76% (-10.04%)

군 약 316억원이 드는데 이 중 35%는 유류비이다. 승조원만 항공기로 임무 교대 시 유류비가 절감될 것으로 예상되며, 장기간 이동에 따른 함정 정비의 부담도 줄일 수 있을 것이다. 둘째, 함정과 승조원의 임무 부담이 줄어들고 인력 운용을 유연하게 할 수 있다. 셋째, 안정적인 교육훈련 기간을 확보할 수 있다.

그러나, 승조원 순환제를 적용에는 추가적인 자원 투입이 필요하다. 우선, 함정의 정비가 육상으로 이관되어야 하므로 관련 시설과 별도의 정비 인력을 확보하는 데 큰 비용이 들 것으로 예상된다. 교육훈련을 위해 육상에 대기하는 승조원을 수용할 수 있는 추가 시설 확보도 필요하다. 승조원 순환제를 원활하게 운용하기 위해서는 우리 해경처럼 승조원 팀이 추가로 필요할 수도 있다. 또한 인력 관리가 복잡하기 때문에 이를 위한 관리부서가 별도로 요구된다. 위와 같은 이유로 승조원 순환제 비용 분석이 반드시 필요하다. 본 연구를 시작으로 향후 비용 분석까지 포함하여 승조원 순환제 도입에 대한 비용 대 효과 관련 연구가 필요하다.

References

- [1] National Statistical Office, "Estimated population", Available From: https://gsis.kwdi.re.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=338&tblId=DT_1B01001&conn_path=13 (accessed Sep. 8. 2023)
- [2] e-Statistical Indicators > Recruitment status of active duty soldiers, Available From: https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=2841 (accessed Sep. 8. 2023)
- [3] News1, "Military Academy's '5th Year discharge' Navy Navy Has the Most.. Working Environment Needs to Be Improved", Available From: <https://www.news1.kr/articles/4817765> (accessed Sep. 8. 2023)
- [4] National Defense Daily, "Increase the number of recruits of naval personnel and improve working

conditions", Available From:

https://kookbang.dema.mil.kr/newsWeb/20230309/6/ATCE_CTGR_0010040000/view.do (accessed Sep. 8. 2023)

- [5] R.O.K. Navy, SMART Navy culture, 2022, p.120.
- [6] Congress of the Congress of the United States Congressional Budget Office, Crew Rotation in the Navy : The Long-Term Effect on Forward Presence, 2007.
- [7] Korea Coast Guard, 2021 Coast Guard White Paper, 2021.
- [8] H.Y.Bae, W.S.Choi, J.M.Kim, M.S.Shin, A Study on the Operation Analysis of Smart Battleship, a Crew Reduction Type, Research Report, R.O.K. Navy, 2022.
- [9] Young Ji, "A Study on the Development Direction of the Cheonghae Unit according to the Change of Operational Environment", Journal of the PKO, Vol.20, pp.9-36, 2020.
- [10] National Defense Commission, Report on the review of the proposal to extend the dispatch of troops to the Gulf of Aden in Somalia, Review Report, 2021.
- [11] Yonhapnews, "247 out of 301 Cheonghae Unit confirmed 82%... The first ever coronavirus group infection", Available From : <https://www.yna.co.kr/view/AKR20210719028151504> (accessed Sep. 8. 2023)
- [12] R.O.K. Navy, Navy ship maintenance regulations No.2351, 2018.
- [13] Jinwoo Choi, Seongam Moon, "Estimation of the Effectiveness of Planned Maintenance of Naval Battleships", Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers, Vol.47, No.6, pp.539-548, 2021. DOI: <https://doi.org/10.7232/JKIIIE.2021.47.6.539>
- [14] T.H.Kim, M.S.Jang, G.H.Lee, "Development of Simulation Model to Evaluate and Manage Urban Freeways", Journal of Korean Society of Transportation, Vol.16, No.1, pp.165-185, 1998.
- [15] Donghyung Cho, Shin Yong Ho, Seongam Moon, "A Simulation Study on the Military Logistics Network Transition Strategy Using Private Transportation Resources Based on the Sharing Economy", Logistics Study, Vol.28, No.5, pp.27-45, 2020. DOI: <https://doi.org/10.15735/ksl.2020.28.5.003>

김 귀 미(Kwimi Kim)

[정회원]



- 2006년 2월 : 해군사관학교 기계조선공학과 (공학 학사)
- 2011년 1월 : 국방대학교 국방관리대학원 국방과학학과 (국방과학 석사)
- 2024년 1월 : 국방대학교 국방관리대학원 국방과학학과 (군사학 박사)
- 2020년 12월 ~ 현재 : 해군 전력분석시험평가단 전력/정책분석담당

<관심분야>

모델링·시뮬레이션, 병력구조 개선, 직무평가

마 정 목(Jungmok Ma)

[정회원]



- 2002년 2월 : 육군사관학교 운영분석학과 (운영분석 학사)
- 2008년 8월 : 미국 펜실베이니아 주립대(PSU) (산업공학 석사)
- 2015년 5월 : 미국 일리노이대(UIUC) (산업공학 박사)
- 2015년 9월 ~ 현재 : 국방대학교 국방과학학과 교수

<관심분야>

최적설계 의사결정, 인공지능/머신러닝, 협업시스템, 지속가능성