

Received: 2024/11/25
Revised: 2024/12/02
Accepted: 2024/12/30
Published: 2024/12/31

***Corresponding Author:**

Seungsik Min

Dept. of Natural Science, Republic of Korea Naval Academy
1 Jungwon-ro, Jinhae-gu, Changwon-si,
Gyungsangnam-do, 51704, Republic of Korea
Tel: +82-55-907-5238
E-mail: ssmin@navy.ac.kr

해군 위험성 평가체계 (N-RAS) 자료 분석을 통한 위험성 특징 추정

Risk Characterization Through Analysis of Naval Risk Assessment System(N-RAS) Data

민승식*

해군 소령/해군사관학교 기초과학과 교수

Seungsik Min*

LCDR, ROK Navy/Professor, Dept. of Natural Science, Republic of Korea Naval Academy

1. 서론

현대 군사작전 환경은 점점 더 복잡해지고 있으며, 위험 요소를 체계적으로 관리하고 안전성을 확보하는 것은 군 조직의 성공과 직결된다[1]. 특히, 해군과 같은 조직에서는 다양한 작업 환경에서 발생할 수 있는 유해 요인과 잠재적 위험을 사전에 파악하고 효과적으로 대처하는 능력이 필수적이다. 이를 위해 해군은 위험성 평가체계(Naval Risk Assessment System, N-RAS)를 도입하여, 작업 환경에서의 위험요인을 체계적으로 식별 및 관리하고 있다[2].

N-RAS는 다양한 위험요인을 정량적으로 평가하고 관리하기 위해 설계된 시스템으로, 고장 모드 및 영향 분석(failure modes and effects analysis, FMEA)에서 도입된 위험 우선순위수(risk priority number, RPN)를 활용한다[3]. RPN은 고장의 심각도(severity), 발생도(occurrence), 검출도(detection)를 곱하여 위험성을 평가하는 방식으로, 이를 통해 작업의 우선순위를 결정하고 적절한 대책을 마련한다[4,5]. 또한, N-RAS는 데이터를 체계적으로 분석하고, 이를 기반으로 위험요인의 상관관계와 빈도를 평가하여, 작업 환경을 보다 안전하게 설계할 수 있도록 돕는다[6].

그러나 기존의 위험성 평가체계는 부대별 작업 특성과 계절적 요인에 따른 차이를 충분히 반영하지 못한다는 한계가 있다[7]. 예를 들어, 육상 부대에서는 여름철의 고온과 겨울철의 동결 같은 환경적 요인이 주요 위험 요인으로 작용하지만, 함정과 항공기 부대에서는 설비의 유지보수 문제나 작업 과정의 구조적 문제가 더 큰

Abstract

본 연구는 해군 위험성 평가체계(N-RAS)를 활용하여 계절 및 부대별 위험작업과 위험요인의 특성을 분석하고, 이를 기반으로 체계적인 위험관리 방안을 제시하였다. 연구 결과, 함정과 항공기 부대는 계절적 영향을 덜 받는 반면, 육상 부대는 환경적 요인으로 인해 위험작업 빈도와 위험성이 크게 변화하였다. 주요 위험요인으로는 인적 요인(안전 조치 미이행)과 관리적 요인(안전관리 계획 부족)이 확인되었으며, 복합적 위험요인의 상호작용이 사고 발생에 미치는 영향이 중요하게 나타났다. 이를 토대로 데이터 기반 관리 플랫폼 구축과 부대별 맞춤형 대책 수립 등의 개선 방안을 제안하였다. 본 연구는 N-RAS를 통해 해군 작업 안전성을 높이고 군사안전 관리의 발전에 기여할 것으로 기대된다.

This study analyzed the characteristics of risk tasks and factors based on the Naval Risk Assessment System (N-RAS) and proposed systematic risk management strategies. The results showed that naval and aviation units were less affected by seasonal changes, while land-based units exhibited significant variations in risk task frequency and severity due to environmental factors. Key risk factors identified were human factors (noncompliance with safety measures) and managerial factors (insufficient safety planning), with the interaction of complex risk factors playing a critical role in accident occurrences. Based on these findings, this study proposed improvements such as the development of data-driven management platforms and customized measures for each unit. This research is expected to enhance operational safety in the Navy and advance military safety management through N-RAS.

Keywords

해군 위험성 평가체계(N-RAS), 위험요인 분석(Risk Factor Analysis), 심각도(Severity), 발생도(Occurrence), 위험 관리(Risk Management)

Acknowledgement

본 논문은 2024년도 해군사관학교 해양연구소 연구비 지원을 통해 작성되었음.

영향을 미친다[8,9]. 이러한 차이를 고려하지 않을 경우, 위험 관리에서 비효율성 및 자원 낭비가 발생할 가능성이 높다.

본 연구는 N-RAS 데이터를 기반으로 계절과 부대별 위험요인 및 위험작업의 특징을 심층적으로 분석하고, 이를 기반으로 체계적이고 효율적인 관리 방안을 제안하는 것을 목적으로 한다. 특히, 작업 특성과 환경적 요인에 따라 위험요인의 분포와 특성이 어떻게 변화하는지를 밝히고, 이를 통해 해군 위험성 평가 체계가 보다 효과적인 관리 도구로 발전할 수 있는 방안을 모색하고자 한다[10]. 본 연구는 단순히 군사 분야의 안전성을 향상시키는 데 그치지 않고, 위험 관리가 중요한 민간 산업에도 유용한 참고 사례를 제공할 수 있을 것으로 기대된다[11-13].

2. 배경이론

2.1 RPN of FMEA

고장 모드 및 영향 분석(FMEA)은 복잡한 시스템 내에서 발생 가능한 고장 모드를 사전에 식별하고 이로 인한 영향을 평가하여 시스템의 신뢰성을 증대시키는 데 활용되는 체계적 접근법이다[3,4]. 이 과정에서 활용되는 위험우선순위수(RPN)는 고장의 상대적 위험도를 정량적으로 평가하는 핵심 지표로 사용된다. 수학적으로 RPN은 식 (1)과 같이 표현된다.

$$RPN = S \cdot O \cdot D \quad (1)$$

여기서, S , O , D 는 각각 고장의 심각도(severity), 발생도(occurrence), 검출도(detection)를 의미한다. 각각은 1에서 10 사이의 정수값으로 평가되며, 전체 시스템의 위험도를 나타낸다.

이때, RPN의 구성 요소는 고장 확률 분포의 특성을 반영할 수 있도록 확률론적 모델과 통합적으로 분석하기도 한다. 특히, O 는 고장의 발생 빈도에 따라 지수분포로 가정되고, D 는 신뢰도 함수로 모델링될 수 있다. 따라서 RPN 계산 과정에서 단순히 정수값을 곱하는 데 그치지 않고, 식 (2)와 같이 확률식으로 표현할 수 있다.

$$RPN = \int_0^{\infty} S(t) \cdot f_o(t) \cdot R_D(t) dt \quad (2)$$

여기서, $f_o(t)$ 는 발생도의 확률밀도함수, $R_D(t)$ 는 검출도의 신뢰도 함수, $S(t)$ 는 시간에 따른 고장의 심각도 함수로 정의된다.

이와 같이 고급 통계적 접근법을 적용하면, RPN의 해석이 순위 평가를 넘어, 정량적 위험 분석을 기반으로 체계적인 위험 관리 전략 수립에 기여할 수 있다. 특히, 복잡한 시스템에서는 각 요소 간 상호작용에 따른 조건부 확률을 고려하여 다변량 분석 기법을 병행할 필요가 있다. 이러한 분석을 통해 RPN 값이 높은 요소의 우선순위를 설정하고, 자원 할당의 최적화를 이룰 수 있다.

2.2 해군 위험성 평가체계의 위험성

해군 위험성 평가체계에서 위험성을 추정 및 결정하는 방식은 다음과 같다. 사고발생 가능성(occurrence, O)을 1~5점 척도로 평가하고, 사고의 중대성(severity, S)을 1~4점 척도로 평가한다. 최종적으로 위험성(risk, R)은 식 (3)과 같이 가능성(O)과 중대성(S)의 곱으로 나타난다.

$$R = O \cdot S \quad (3)$$

여기서, R 은 위험성, O 는 가능성, S 는 중대성을 의미한다.

2.3 상관계수를 통한 데이터 간 관계성 판단

Evans는 상관계수(correlation coefficient, r)에 기반하여 상관관계의 강도를 분류하기 위한 기준을 제안하였다[6]. 이는 r 값의 크기에 따라 두 변수 간의 관계가 어느 정도 강한지를 해석하는 데 유용하다. Evans 기준은 식 (4)와 같다.

$$|r| \geq 0.8: \text{very strong correlation} \quad (4a)$$

$$0.6 \leq |r| < 0.8: \text{strong correlation} \quad (4b)$$

$$0.4 \leq |r| < 0.6: \text{moderate correlation} \quad (4c)$$

$$0.2 \leq |r| < 0.4: \text{weak correlation} \quad (4d)$$

$$0 \leq |r| < 0.2: \text{no correlation} \quad (4e)$$

여기서 $|r|$ 는 상관계수의 절대값으로, 두 변수 간 선형 관계의 강도를 나타낸다. r 의 부호(양수 또는 음수)는 상관관계의 방향(양의 상관관계 또는 음의 상관관계)을 나타낸다.

3. 해군 위험성 평가체계

해군 위험성 평가체계(N-RAS)는 군사작전과 훈련에서 안전성을 확보하고 사고를 예방하기 위해 도입되었다. 1990년대 후반부터 군사작전 중 발생하는 위험 요인을 체계적으로 관리해야 한다는 필요성이 대두되었다. 초기에는 단순한 사고 통계와 예방 조치 중심으로 관리하였으나, 점차 정량적이고 체계적인 평가 기법의 필요성이 강조되었다. 2000년대 초반, FMEA(고장 모드 및 영향 분석)와 RPN(위험 우선순위)을 활용한 위험성평가가 시범 도입되었다. 이후, 국제 표준인 ISO 31000과 유사한 구조가 채택되면서 N-RAS의 기반이 마련되었다.

해군은 N-RAS를 통해 부대별 특성과 계절적 요인을 고려한 맞춤형 위험관리체계를 구축하고자 한다. 주요 추진방향으로는 데이터 기반의 통합 관리 플랫폼 개발, 복합적 위험요인의 세부적 분석, 그리고 작업 현장의 실시간 모니터링 체계 도입을 포함한다. 또한, 지속적인 교육과 훈련을 통해 작업자들의 안전 의식을 강화하는 데 중점을 둔다. 궁극적으로 N-RAS는 군사작전의 안전성과 효율성을 동시에 높이는 것을 목표로 한다.

Fig. 1은 위험성 평가의 5단계 절차를 시각적으로 설명하고 있다. 각 단계는 사전 준비, 유해·위험요인 파악, 위험성 추정, 위험성 결정, 감소 대책 수립 및 실행으로 구성된다. 위험성 평가 점수가 8점 이상이거나, 중대성이 4점 이상이면 감소대책을 수립 및 시행

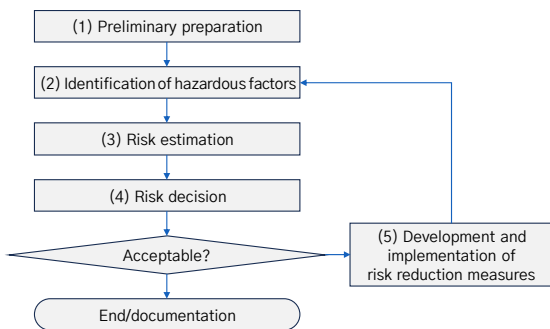


Fig. 1. Risk assessment procedure[13]

한다. 위험성 관리 5단계 절차를 좀더 상세히 나타내면 다음과 같다.

- (1) 사전 준비
 - 평가 범위를 설정함(예: 작업 유형, 환경 등)
 - 과거 사고 데이터, 장비 상태, 환경 요인 등의 관련 정보 수집
 - 위험성 평가 절차에 대한 관련 인원 교육
- (2) 유해·위험요인 파악
 - 작업 환경을 관찰하고 분석
 - 기계 결함, 인간 오류, 환경적 요인 등 잠재적 위험 요소 기록
 - 위험요인을 유형별로 분류(예: 물리적, 화학적, 생물학적, 절차적 요인 등).
- (3) 위험성 추정
 - 각 위험요인의 발생 가능성(발생도, O) 평가
 - 위험 발생 시 결과의 심각성(중대성, S) 평가
 - 공식($R = S \times O$)을 사용해 위험을 계산
- (4) 위험성 결정
 - 평가된 위험 수준을 사전 설정된 기준(예: 임계값)과 비교
 - 위험을 카테고리별로 분류(예: 높은 위험, 중간 위험, 낮은 위험)
 - 위험의 수용 가능성 판단(수용 가능, 완화 필요, 수용 불가)
- (5) 감소대책 수립 및 실행
 - 엔지니어링 대책, 행정적 변경, 교육 등을 포함한 완화 계획 수립
 - 우선순위에 따라 자원을 배치하고 대응 방안 실행
 - 완화 조치의 효과를 모니터링하고 개선

Table 1은 해군에서 수행하는 다양한 작업을 대분류, 중분류, 소분류로 나누고 각 작업에 포함된 세부 작업 내용 예시를 나타낸 것이다. 작업 분류는 크게 함정, 항공기, 육상으로 구분되며, 각 작업의 목적과 특성을 반영한다. 예를 들어, 함정 분야에서는 선저 작업이나 부이 계류 작업처럼 주로 함정의 유지와 관련된 작업이 주를 이룬다. 항공기 분야에서는 비행훈

련과 항공사격 훈련이 주요 작업으로 나타나며, 육상 분야는 정비, 보급, 교육훈련 등 다양한 활동으로 구성되어 있다. 이러한 작업 분류는 위험요인을 체계적으로 평가하고 적절한 관리 방안을 수립하는 데 기초 자료로 활용된다.

위험성 평가 대상 작업은 계속하여 개발되어 항목 수가 늘어나고 있다. 2021년 4월 해군위험성평가체계(N-RAS) 개발이 시작되었고, 2021년 8월에 최초

로 위험성 평가 대상 작업 416개가 선정되었다. 2024년 11월 현재, 3개의 대분류, 13개의 중분류, 53개의 소분류, 684개의 작업을 대상으로 위험성 평가를 실시하고 있는 것이 확인되었다.

Table 2는 위험요인을 기계적, 환경적, 인적, 관리적 요인으로 분류한 4M 기법을 기반으로 작성되었다. 기계적 요인에는 설비 자체의 결함이나 작업 공간의 불량 등이 포함되며, 이는 기계나 설비 관리의 중

Table 1. Classification of tasks for risk assessment

Category	Subcategory	Detailed category	No. of tasks	Examples of tasks
Naval ships	Common to ships	Anchorage tasks	16	Bottom inspection
		Land training	5	Fire extinguisher training
		Navigation operations and training	8	Rescue operations
	Surface ships	Anchorage tasks	4	Maintenance of naval guns
		Land training	1	Combat swimming
		Marine firing	7	Anti-ship firing training
		Navigation operations and training	10	Buoy mooring
	Submarine	Component training	19	Minesweeping training
		Anchorage tasks	12	Emergency power recovery
		Land training	3	Emergency escape training
		Marine firing	4	Torpedo firing
		Navigation operations and training	16	Emergency steering
Total	3	12	105	-
Aircraft	Common to aircrafts	Land training	4	CBRN training
		Aerial shooting	2	Mine shooting
	Fixed-wing aircraft	Flight training	3	Test flights
		Aerial shooting	3	Mine shooting
	Rotary-wing aircraft	Flight training	1	Air target towing
		Aerial shooting	1	Machine gun shooting
	Aircraft land operations	Flight training	14	Search and rescue operations
		Frame maintenance	48	Aircraft transportation
		Engine maintenance	13	Rotor engine mounting/dismounting
		Electronics maintenance	10	High-altitude tasks
		Weapons management	14	Explosive ordnance disposal
		Fuel supply	2	Aircraft fuel handling/distribution
		Precision inspection	1	Aircraft non-destructive testing
Operational support	3	Weed removal		
Total	4	14	214	-
Ground unit	Maintenance	Ship maintenance	48	Pipe maintenance
		Weapon systems	58	Gun maintenance
		Propulsion systems	60	Propulsion shaft inspection
		Support systems	70	Metal cutter operation
		Precision inspection	19	Radiographic inspection
		Submarine maintenance	37	Emergency buoyancy system repair

Table 1. Classification of tasks for risk assessment (Continued)

Category	Subcategory	Detailed category	No. of tasks	Examples of tasks
	Supply	Inspection and feeding	4	Food storage management
		Oil supply	3	Bulk oil handling
		Material support	8	Wood cutting operations
		Logistics management	3	Demilitarization of military supplies
		Transportation	4	Long-distance and mid-range driving
	Weapon	Guided weapons	4	Missile loading and unloading
		Underwater weapons	7	Mine transportation
		Explosive ordnance disposal	2	X-ray imaging
		Ammunition management	11	Missile storage and retrieval
		Magnetic field management for ships	4	Magnetic cable winding
	Combat engineering	Construction equipment	4	Excavator operation
		Transportation	3	Cargo vehicle operation
		Maintenance	31	Various welding tasks
		Operations	18	Painting tasks
		Vehicle maintenance	12	Tire replacement
		Port Support	9	Buoy mooring operations
		Mobile construction	12	Concrete pouring
		Underwater construction	6	Chamber operation
	Education and training	Land training	19	Damage control re-drill
Land operations		3	LPG supply operations	
Civil support		1	Civil Support	
Total	6	27	460	-

Table 2. Classification of risk factors based on the 4M method

Category	Code	Risk factor
Machine	1a	Defects in equipment/devices
	1b	Defects in protective measures/devices
	1c	Poor equipment placement or workplace layout
Media	2a	Inappropriate working space (conditions, structure)
	2b	Generation of gas, dust, mist within workplace
	2c	Exposure to radiation, harmful light, extreme temperatures (high/low), noise, vibration, oxygen deficiency, or abnormal pressure
	2d	Check of chemical substances with material safety data sheets(MSDS)
Man	3a	Lack or insufficient provision of work information
	3b	Non-compliance with safety measures
	3c	Unsafe conditions
	3d	Unnecessary actions
	3e	Improper use of machines/equipment
	3f	Inspection/repair/maintenance during operation
Management	4a	Inadequate management organization, insufficient supervision and guidance systems
	4b	Inadequate safety management plans/regulations/manuals, safety education, and training
	4c	Failure to post safety rules and various signboards
	4d	Failure to conduct health management or follow-up management
	4e	Failure to conduct workplace environment measurement

요성을 보여준다. 환경적 요인으로는 고온, 소음, 유해광선 등의 물리적 조건이 위험요소로 제시되며, 인적 요인은 작업 정보 부족, 안전조치 미이행과 같은 인간의 행동적 요인을 다룬다. 마지막으로 관리적 요인은 안전 관리 체계의 부적절함이나 규정 미비와 같은 조직적 문제를 포함한다. 이러한 분류는 위험요인을 세분화하여 효과적인 감소 대책을 마련하는 데 기여한다.

Table 1에서 언급한 작업들은 Table 2에서 정의하는 위험요인으로 세분화되어 위험성 평가가 이루어진다. Table 3은 684개 작업 중 하나인 “선저작업”에 대해 세부활동 및 위험요인으로 분류하고 위험의 원인과 발생하는 결과 및 감소대책을 매트릭스로 나타낸 것이다. 작업 준비 단계에서 잠수사의 신체 손상을 방지하기 위한 사전 안전조치를 예로 들며, 위험요인별로 가능성, 중대성, 그리고 최종 위험성을 정량적으로 평가한다. 이를 통해 우선적으로 관리해야 할 작업을 식별하고, 자원을 효율적으로 배분할 수 있다. 이 매트릭스는 작업 현장의 실질적 위험 요인을 구체적으로 다루며, 감소 대책 수립에 중요한 참고자료로 활용된다. 예시로 든 작업의 매트릭스는 간단한 편에 속하며 684개 작업 모두에 대해 이 같은 매트릭

스가 DB 형태로 N-RAS에서 관리되고 있어 평가자의 위험성 평가에 대한 가이드를 제공한다.

4. 해군 위험성 평가체계(N-RAS) 자료 분석

해군 위험성 평가체계(N-RAS)에는 매년 100만 건 이상의 위험성 평가 DB가 구축되고 있다. 본 연구에서는 2023년 6월 1일부터 2024년 5월 31일까지 1년간 구축된 1,966,342건의 위험성 평가 DB 자료를 바탕으로 부대별 위험작업과 위험요인의 계절 영향을 분석하였다.

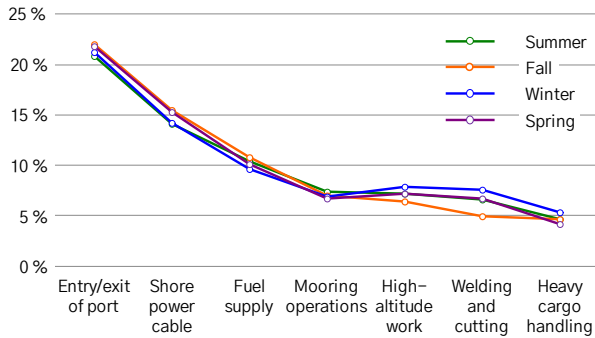
Fig. 2는 계절에 따른 함정, 항공기, 육상부대의 위험작업 빈도(%)를 나타낸 것이다. 이는 부대별로 계절적 요인이 작업 빈도에 미치는 영향을 비교하고, 작업 특성의 차이를 확인하는 데 중요한 지표가 될 것이다. 함정과 항공기 부대의 경우, 계절 변화에 따라 작업 빈도에 큰 차이가 나타나지 않았다. 함정 부대의 작업 빈도는 계절과 무관하게 약 25 %로 일정하게 유지되었으며, 항공기 부대 역시 약 20 %로 비교적 안정적인 패턴을 보였다. 이는 함정과 항공기 부대의 작업이 주로 설비 유지보수나 기술적 활동에 초점을 두고 있어 외부 환경적 요인의 영향을 적게 받

Table 3. Example of risk assessment matrix for tasks – bottom inspection

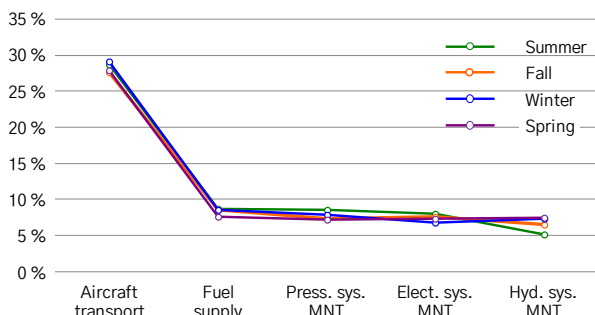
(1) Preparation		(2) Identification of hazardous/risk factors	(3) Risk estimation	(4) Risk determination*			(5) Development/Implementation of mitigation measures
Detailed activities	Risk factor	Cause	Potential situation and outcome	O	S	R	Mitigation measures
Task preparation	3b	Insufficient identification and removal of workplace hazards	Diver exposure and physical injury	3	3	9	Identify and eliminate hazards before the task
	3b	Inadequate confirmation of diver check-off list	Diver exposure and physical injury	3	3	9	Confirm diver check-off list before the task
	4a	Insufficient task planning and dissemination	Diver exposed to risk due to vessel oscillation from nearby high-speed movement	3	3	9	Disseminate task plans to nearby ships and related units
Diver exposure due to unnotified adjacent work activities			3	3	9	Hoist “A” flag and make warning broadcasts at 10-minute intervals	
Bottom inspection	3b	Absence of emergency personnel (with first aid supplies)	Accident escalation due to delayed response	3	2	6	Deploy emergency personnel with first aid supplies
	3d	Operation of equipment detrimental to underwater work	Diver exposure and physical injury	4	3	12	Reduce underwater noise and explosion risks
	3d	Conducting tasks detrimental to underwater work	Diver exposure and physical injury	4	3	12	Prohibit welding, cleaning, hull-side work, overlapping heavy-load tasks, and other noise-generating activities

*O: occurrence; S: severity; R: risk

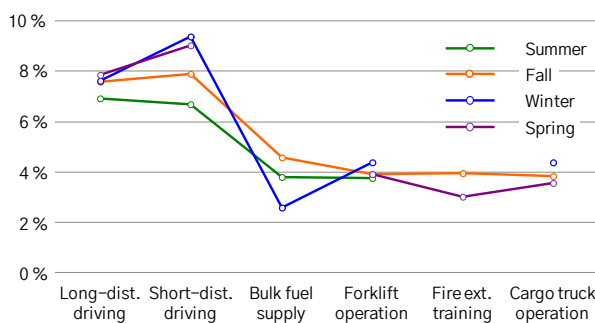
는다는 점을 반영한다.



(a) Naval ships



(b) Aircrafts



(c) Land units

Fig. 2. Seasonal frequency(%) of risky tasks

반면 육상부대는 계절 변화에 따라 작업 빈도가 크게 변동하는 모습을 보였다. 여름철에는 고온으로 인해 작업 환경이 악화되며 위험작업 빈도가 약 35%로 가장 높은 수준을 기록하였다. 이는 열 관련 스트레스와 장비 과열로 인한 위험이 증가하기 때문으로 보인다. 겨울철에는 동결로 인한 작업 환경의 악화로 작업 빈도가 약 30%까지 증가하였다. 이는 작업 도구의 동결, 작업 중 발생할 수 있는 미끄러짐, 장비 작동 불량 등의 문제와 연관되어 있다. 이와 대조적으로 봄과 가을철에는 작업 빈도가 약 20% - 25%로 상대적으로 낮게 나타났으며, 이는 환경적 요인이 비

교적 안정적인 시기임을 나타낸다. 이러한 결과는 육상부대가 다른 부대와 달리 환경적 요인에 민감하다는 점을 강조하며, 계절별로 맞춤형 관리 대책이 필요함을 시사한다. 예를 들어, 여름철에는 냉방 시설 확충과 작업 시간 단축을 통해 열적 스트레스를 줄이는 방안이 요구되며, 겨울철에는 결빙 방지 대책을 포함하여 작업 환경을 안전하게 유지할 수 있는 추가적인 장비와 자원의 배치가 필요하다.

Fig. 3는 계절별로 부대 유형에 따른 주요 위험요인의 빈도를 나타낸다. 가장 빈도가 높은 위험요인은 ‘안전 조치 미이행(3b)’으로, 함정과 항공기 부대에서는 약 35% - 40%를 차지하며, 육상부대에서는 계절에 따라 약 45%까지 상승하는 경향을 보인다. 특히 함정과 항공기 부대는 ‘설비 결함(1a)’이 약 25%로 두 번째로 높은 비중을 차지하며, 이는 설비 유지보수와 예방 점검의 중요성을 시사한다.

반면, 육상부대는 환경과 관련된 위험요인(예: 소음, 고온, 결빙)이 약 30%로 주요 원인으로 작용하며, 계절적 요인의 영향을 직접적으로 받는 특성이 있다. 이와 같은 분석은 위험요인 간의 복합적 상호작용을 평가할 필요성을 강조한다. 단순 빈도 계산만으로는 위험요인의 상관관계와 복합적 영향을 파악하기 어렵기 때문에, 다변량 분석을 통해 위험요인의 상호작용과 상대적 기여도를 정량적으로 평가해야 한다. 이러한 정량적 접근은 육상부대에서 ‘환경적 요인(2c)’과 ‘안전조치 미이행(3b)’의 상관관계가 강한지 여부를 밝혀낼 수 있으며, 이를 기반으로 복합적 위험을 줄이기 위한 대책을 효과적으로 설계할 수 있을 것이다.

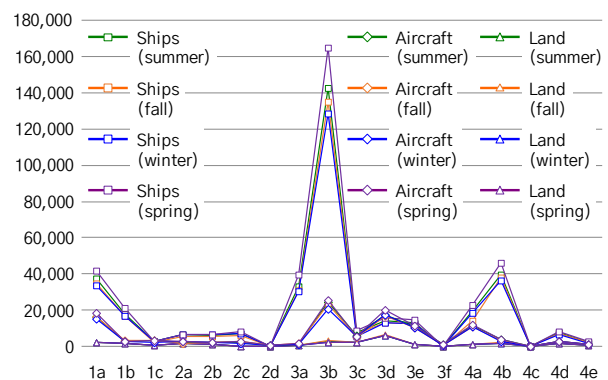


Fig. 3. Seasonal frequency of risk factors

Table 4는 계절별/부대별 위험작업 분포의 상관

계수를 나타낸 행렬이다. 함정 부대의 계절 간 상관계수는 0.981~0.998로, 작업 분포가 계절 변화에 크게 영향을 받지 않고 일정하게 유지되고 있다. 이는 함정의 작업이 주로 설비 유지보수와 같은 안정적인 환경에서 수행되며, 외부 환경 요인과의 상호작용이 적음을 의미한다. 항공기 부대 또한 계절 간 상관계수가 0.989~0.998로 매우 높은 상관성을 보이며, 비행 훈련과 정비 같은 표준화된 작업이 중심이 되는 안정적인 특성을 보여준다. 이 두 부대는 작업 특성이 예측 가능하고 변동이 적어, 계절적 요인에 의한 추가적인 위험 발생 가능성이 낮다.

반면, 육상부대의 경우 계절 간 상관계수가 0.649~0.867로 나타나 작업 분포가 계절 변화에 따라 비교적 큰 영향을 받는다. 여름철과 봄철 간 상관계수가 0.649로 가장 낮게 나타났으며, 이는 여름철의 고온으로 인해 열적 스트레스와 관련된 작업 빈도가 증가하는 데 원인이 있다고 보여진다. 겨울철과 여름철 간 상관계수는 0.811로 중간 수준을 보이며, 겨울철에는 결빙과 같은 환경적 요인으로 인해 작업 특성이 여름철과 달라지는 경향이 있다. 이 결과는 육상부대가 외부 환경적 요인에 더 큰 영향을 받으며, 작업 환경의 특성이 계절에 따라 크게 변화할 수 있음을 시사한다.

한편, 부대 간 작업 분포의 상관성을 비교하는 데에는 한계가 있다. 함정은 해상 설비와 선저 점검, 항공기는 비행 훈련 및 정비, 육상부대는 정비와 물류 등 서로 다른 작업 특성을 가지고 있어, 이를 수치적으로

비교하는 것은 적절하지 않다. 각 부대의 작업 특성과 환경적 요인은 독립적이며, 각기 다른 관리 방안이 필요하다는 점이 드러난다.

Table 5는 계절별로 함정, 항공기, 육상부대의 위험요인 분포 상관성을 상관계수로 정량적으로 분석한 결과를 나타낸 것이다. 분석 결과에 의하면 계절별 함정의 위험요인 분포는 상관계수가 1에 근접하여 매우 강한 상관성을 나타내고 있다. 함정 부대의 계절 간 상관계수는 모든 조합에서 0.999~1.000으로, 계절 변화에 관계없이 위험요인 분포가 거의 동일하게 유지되고 있음을 나타낸다. 이는 ‘설비 결함(1a)’과 ‘안전조치 미이행(3b)’과 같은 주요 위험요인이 함정의 작업 환경과 작업 특성에 고정적으로 나타나며, 계절적 요인이 이를 변동시키지 못한다는 것을 의미한다. 항공기 부대 역시 계절 간 상관계수가 0.995~0.998로 나타나 위험요인 분포가 계절에 관계 없이 매우 높은 일관성을 유지하며, 이는 비행 훈련과 정비 같은 표준화된 작업의 안정성을 반영한다. 또한 육상부대 역시 Table 4에서 위험작업 분석에서는 계절의 영향을 받는 것으로 분석되었으나 위험요인 분석에서는 계절 영향이 거의 없는 것으로 나타났다.

한편, 부대 간 상관성을 살펴보면, 함정과 항공기 부대 간 위험요인 분포의 상관계수는 0.29~0.38로 낮아, 두 부대의 작업 환경과 위험요인이 서로 독립적인 특성을 가진다는 것을 추정할 수 있다. 육상부대는 함정과 항공기 모두에서 0.66~0.73 범위의 상

Table 4. Correlation coefficient matrix of risky tasks across seasons

Risky tasks	Naval ships				Aircrafts				Land units				
	Summer	Fall	Winter	Spring	Summer	Fall	Winter	Spring	Summer	Fall	Winter	Spring	
Naval ships	Summer	1.000	0.994	0.993	0.998	-	-	-	-	-	-	-	
	Fall	0.994	1.000	0.981	0.992	-	-	-	-	-	-	-	
	Winter	0.993	0.981	1.000	0.995	-	-	-	-	-	-	-	
	Spring	0.998	0.992	0.995	1.000	-	-	-	-	-	-	-	
Aircrafts	Summer	-	-	-	-	1.000	0.996	0.991	0.989	-	-	-	
	Fall	-	-	-	-	0.996	1.000	0.998	0.997	-	-	-	
	Winter	-	-	-	-	0.991	0.998	1.000	0.998	-	-	-	
	Spring	-	-	-	-	0.989	0.997	0.998	1.000	-	-	-	
Land units	Summer	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000	0.867	0.811	0.649
	Fall	-	-	-	-	-	-	-	-	0.867	1.000	0.852	0.842
	Winter	-	-	-	-	-	-	-	-	0.811	0.852	1.000	0.852
	Spring	-	-	-	-	-	-	-	-	0.649	0.842	0.852	1.000

Table 5. Correlation coefficient matrix of risky factors across seasons

Risky factors		Naval ships				Aircrafts				Land units			
		Summer	Fall	Winter	Spring	Summer	Fall	Winter	Spring	Summer	Fall	Winter	Spring
Naval ships	Summer	1.000	0.999	1.000	1.000	0.34	0.38	0.30	0.30	0.73	0.73	0.67	0.71
	Fall	0.999	1.000	0.999	0.999	0.34	0.38	0.30	0.30	0.72	0.72	0.66	0.70
	Winter	1.000	0.999	1.000	1.000	0.34	0.38	0.29	0.30	0.73	0.73	0.67	0.71
	Spring	1.000	0.999	1.000	1.000	0.33	0.37	0.29	0.29	0.72	0.72	0.66	0.70
Aircrafts	Summer	0.34	0.34	0.34	0.33	1.000	0.997	0.998	0.997	0.69	0.69	0.72	0.71
	Fall	0.38	0.38	0.38	0.37	0.997	1.000	0.995	0.995	0.71	0.70	0.73	0.72
	Winter	0.30	0.30	0.29	0.29	0.998	0.995	1.000	0.999	0.67	0.66	0.70	0.68
	Spring	0.30	0.30	0.30	0.29	0.997	0.995	0.999	1.000	0.67	0.66	0.70	0.68
Land units	Summer	0.73	0.72	0.73	0.72	0.69	0.71	0.67	0.67	1.000	0.999	0.996	0.998
	Fall	0.73	0.72	0.73	0.72	0.69	0.70	0.66	0.66	0.999	1.000	0.995	0.999
	Winter	0.67	0.66	0.67	0.66	0.72	0.73	0.70	0.70	0.996	0.995	1.000	0.997
	Spring	0.71	0.70	0.71	0.70	0.71	0.72	0.68	0.68	0.998	0.999	0.997	1.000

관계수를 보여 강한 상관성을 가지고 있으며, 특정 위험요인에서 공통점을 공유하는 것으로 나타났다. 예를 들어, 육상부대와 함정 간의 상관성이 상대적으로 높은 이유는 두 부대 모두에서 공통적으로 ‘안전 조치 미이행(3b)’과 ‘관리적 요인(4b)’이 주요 위험요인으로 작용하기 때문으로 분석된다.

5. 결과 해석 및 정책적 시사점

해군 위험성 평가체계(N-RAS)는 군사작전과 관련된 다양한 작업에서 발생할 수 있는 위험요인을 식별하고 이를 체계적으로 관리하는 데 중요한 역할을 한다. 본 연구를 통해 N-RAS 데이터를 분석한 결과, 위험작업과 위험요인은 부대 유형과 계절적 요인에 따라 상이한 양상을 보였으며, 일부 위험요인은 공통적으로 나타났다. 이러한 결과는 체계적인 위험관리체계를 강화해야 하며, 각 부대와 작업의 특성에 맞춤형 대책을 수립할 필요성을 시사한다. 분석 결과를 바탕으로 해군 위험성 평가체계를 개선하고 효과적으로 운영하기 위한 정책적 시사점을 다음과 같이 도출하였다.

5.1 부대별 맞춤형 관리 대책 수립

부대별로 위험작업과 위험요인의 특성이 상이하므로, 각 부대의 특성과 작업 환경에 적합한 맞춤형 대책이 필요하다. 예를 들어, 함정과 항공기 부대는

설비와 장비의 예방적 유지보수를 강화하고, 육상부대는 계절적 요인을 반영한 작업 환경 개선 대책을 마련해야 한다. 여름철에는 냉방 장치와 작업 시간 조정이 필요하며, 겨울철에는 동결 방지 및 보온 장비 제공이 필수적이다. 이러한 맞춤형 관리 대책은 각 작업의 안전성을 높이고 사고 발생 가능성을 줄이는데 효과적일 것이다.

5.2 위험요인의 세부 분류와 복합적 분석 강화

현재의 4M 기법(기계적, 환경적, 인적, 관리적 요인)은 위험요인을 포괄적으로 분류하지만, 복합적 위험요인의 상호작용을 충분히 반영하지 못한다. 예를 들어, ‘안전관리 계획 부족(4b)’과 ‘설비 결함(1a)’은 독립적으로 평가되지만, 실제 작업 환경에서는 이들이 함께 작용해 사고를 유발할 가능성이 크다. 따라서 복합적 위험요인을 별도로 분류하거나 다변량 분석을 도입하여 데이터를 정교하게 해석해야 한다. 이를 통해 복합적 위험의 발생 가능성을 줄이고, 보다 세밀한 대책을 수립할 수 있다.

5.3 데이터 기반 통합 관리 플랫폼 구축

N-RAS 데이터를 활용하여 실시간으로 위험작업과 위험요인을 모니터링하고, 결과를 바탕으로 신속한 대응책을 실행할 수 있는 통합 관리 플랫폼이 필요하다. 이 플랫폼은 각 부대에서 수집된 데이터를 중

양에서 통합 분석하며, 위험성이 높은 작업이나 부대에 자원을 우선적으로 배치할 수 있도록 한다. 예를 들어, 위험작업이 집중되는 계절에는 추가 인력을 배치하거나 안전장비를 보강함으로써 사고를 예방할 수 있다. 또한, 이러한 플랫폼은 작업 현장에서의 즉각적인 의사결정을 지원하여 안전성을 높이는 데 기여할 것이다.

5.4 위험성 평가 결과의 실질적 활용 확대

위험성 평가 결과는 단순히 데이터를 기록하는 데 그치지 않고, 정책 수립과 부대 운영에 적극 활용되어야 한다. 이를 위해 위험성 평가 결과를 기반으로 작업 환경을 지속적으로 개선하고, 각 부대에서 발생하는 주요 위험요인을 주기적으로 재평가해야 한다. 평가 결과는 작업별로 최적화된 매뉴얼 제작, 장비 도입 계획, 안전 교육 강화 등의 구체적인 실행 방안으로 이어져야 한다. 이러한 활용은 위험요인을 줄이는 동시에 작업 효율성을 높이는 데 기여할 것이다.

5.5 교육과 훈련 강화를 통한 인적 요인 감소

연구 결과, ‘안전 조치 미이행(3b)’과 같은 인적 요인은 모든 부대에서 공통적으로 나타나는 주요 위험요인으로 확인되었다. 이를 해결하기 위해서는 전 구성원을 대상으로 체계적인 안전 교육과 반복적인 훈련을 시행해야 한다. 특히, 작업 유형과 환경에 맞춘 실무 중심의 교육을 강화하고, 안전 매뉴얼과 체크리스트를 작업 현장에서 쉽게 활용할 수 있도록 지원해야 한다. 인적 요인을 줄이는 이러한 노력을 기울임으로써 사고 발생 가능성을 실질적으로 낮출 수 있을 것이다.

6. 결론

본 연구는 해군 위험성 평가체계(N-RAS)의 데이터를 분석하여 계절 및 부대별 위험작업과 위험요인의 분포를 확인하고, 이를 기반으로 개선 방향을 제시하였다. 연구 결과를 통해 N-RAS가 작업 환경에서 발생할 수 있는 다양한 위험을 체계적으로 관리하는 데 효과적임을 확인했으며, 동시에 시스템 개선이 필요한 영역도 발견하였다. 주요 결론은 다음과 같다.

- (1) 위험작업의 부대별·계절별 차이: 함정과 항공기 부대는 계절적 요인에 영향을 덜 받는 작업 특성을 보인 반면, 육상부대는 여름철 고온과 겨울철 동결 문제로 인해 위험작업 빈도와 위험성이 증가하였다. 이는 부대별 환경 요인에 따라 맞춤형 관리 대책을 수립할 필요성을 강조한다.
- (2) 위험요인의 공통적 경향과 복합성: 모든 부대에서 ‘인적 요인(3b, 안전 조치 미이행)’과 ‘관리적 요인(4b, 안전관리 계획 부족)’이 주요 위험요인으로 나타났다. 또한, 위험요인의 복합적 상호작용이 사고 발생에 영향을 미치므로, 이를 반영한 정교한 데이터 분석과 분류 체계 개선이 필요하다.
- (3) 데이터 기반 관리 체계의 중요성: N-RAS 데이터를 활용하여 실시간으로 위험작업과 위험요인을 모니터링하고 신속히 대응할 수 있는 통합 관리 플랫폼이 요구된다. 이를 통해 자원을 효율적으로 배치하고 사고를 예방할 수 있다.

결론적으로, N-RAS는 군사작전의 안전성을 강화하는 핵심 도구로서 발전 가능성을 가지고 있다. 향후, 부대별 맞춤형 대책과 복합적 위험요인을 분석할 수 있는 고도화된 시스템을 통해 N-RAS의 실효성을 더욱 높일 수 있을 것이다. 이를 통해 해군은 군사작전의 성공과 작업자의 안전을 동시에 보장하며, 군사안전 관리의 새로운 기준을 제시할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 해군안전단 (2022). 해군 위험성 평가체계 기본지침.
- [2] 해군안전단 (2023). 위험성 평가 매뉴얼.
- [3] Stamatis, D. H. (2003). Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution. American Society for Quality.
- [4] Sharma, R. K., Kumar, D., & Kumar, P. (2005). “Systematic Failure Mode Effect Analysis (FMEA) Using Fuzzy Linguistic Modeling.” International Journal of Quality & Reliability Management, 22(9), 986-1004.
- [5] ISO 31000: 2018. Risk management – Guidelines. International Organization for Standardization.
- [6] Evans, J. D. (1996). Straightforward Statistics for the Behavioral Sciences. Pacific Grove, CA: Brooks/Cole Publishing.

- [7] 한국산업안전보건공단 (2020). 위험성 평가 가이드라인. 한국산업안전보건공단.
- [8] 김종욱 외 (2020). “군사작전에서의 위험성 평가 체계 발전 방향.” 한국방위산업학회 논문지, 15(3), 45-56.
- [9] 전해성 (2018). “군사작전 위험성 평가와 데이터 기반 접근법.” 군사과학연구지, 13(4), 78-92.
- [10] Smith, A., & Johnson, R. (2017). “Advances in Military Risk Assessment Systems.” *Defense Technology Review*, 35(4), 89-102.
- [11] Lee, J. (2020). “Application of Data-Driven Risk Management in Naval Operations.” *Journal of Defense Technology*, 42(1), 12-27.
- [12] 해군작전사령부 (2024). 작전 안전성을 위한 데이터 기반 분석과 활용 방안.
- [13] 해군안전단 (2021). 해군 위험성 평가체계 소개 자료.