

# 해상교통안전을 위한 안전탄력성에 기반한 시스템 안전기술의 도입 검토

† 김홍태

† 선박해양플랜트연구소 해양안전환경연구본부 책임연구원

**요 약** : 현재 해상교통 분야에서는 국제안전관리규약(ISM Code)과 내항선 안전관리체계 등을 통해 해양사고를 저감을 위한 다양한 정책을 추진하고 있으나, 주기적으로 발생하는 대형사고와 잦은 소형어선 인명사고로 인해 타 운송수단에 비해 위험도 높은 것으로 인식되고 있다. 최근 안전분야의 최대 이슈는 2022년 1월부터 시행 중인 “중대재해기업처벌법”이며, 해운업 분야에서는 선박안전관리사 제도 도입 문제와 안전관리의 디지털화 등이 주요 이슈로 떠오르고 있다. 본 발표에서는 최근 안전관리 현황과 주요 이슈들을 살펴보고, 2000년대 들어와 관심을 받고 있고 타 분야에서는 적용이 활발한 레질리언스 안전(Safety II) 개념을 적용한 시스템적 안전관리를 소개하고자 한다.

**핵심용어** : 해상교통안전, 안전탄력성, 시스템 안전기술, 중대재해처벌법

## 1. 서 론

해상교통 분야에서는 국제안전관리규약(ISM Code)과 내항선 안전관리체계 등을 통해 해양사고를 저감을 위한 다양한 정책을 추진하고 있으나, 주기적으로 발생하는 대형사고와 잦은 소형어선 인명사고로 인해 타 운송수단에 비해 위험도 높은 것으로 인식되고 있다.

또한 2014년 발생한 중대 해양 사고 이후 국민들의 불안감을 해소하고 신뢰를 회복하고자 선진 해양 재난관리체계 구축하였다. 해양 재난관리체계 구축을 위해 △시나리오 기반 대응체계구축 △해양재난관리 구조구급 △해양수산부의 지휘·통제 역량 강화 △해양수산부의 협력·조정 역량 강화 △해양수산부의 예방·대비 측면에서의 역량 강화 등 5가지 방안을 제시하였다. 또한 효율적인 해양재난 관리를 위해 PDCA 기반 예방·대비·대응 및 복구 Cycle과 산하의 재난관리 공시제도 도입으로 재난 관리 운영에 효율을 향상하고 있다.

최근 안전분야의 최대 이슈는 2022년 1월부터 시행 중인 “중대재해기업처벌법”이며, 해운업 분야에서는 선박안전관리사 제도 도입 문제와 안전관리의 디지털화 등이 주요 이슈로 떠오르고 있다. 본 발표에서는 최근 안전관리 현황과 주요 이슈들을 살펴보고, 2000년대 들어와 관심을 받아 타 분야에서는 적용이 활발한 레질리언스 안전(Resilience Safety)과 Safety-II의 개념을 적용한 시스템적 안전관리를 소개하고자 한다.

## 2. 해운·조선분야 안전관리 최근 이슈

해운 및 조선 분야의 안전관리와 관련된 최근 이슈를 간단히 정리하면 다음과 같다.

우선 최근 스마트 선박, 디지털 조선소 지향으로 안전관리의 디지털화를 추구하고 있다.

- 전통산업 패러다임에 머물러있던 해양산업의 체질을 개선하여 미래형 고부가가치 스마트 산업으로 탈바꿈·진화 필요

- Big Data, IoT, AI 등 핵심기술의 해양분야 적용 및 문제 해결
- 스마트 선박, 스마트 항만/물류시스템 본격 개발
- 조선소 자동화 및 선박 운영관리의 데이터 기반의 디지털화
- 선박의 건조, 검사, 운항 및 관리 등 일관 시스템 운영
- 해양분야 스마트화 비전 및 전략 수립

또한 중대재해처벌법 공포 (21.1.26)로 기업의 사업주 및 경영책임자에게 안전조치의무를 부과하고 이를 미준수할 경우 처벌하는 규정이 22.1.27 시행 중에 있다.

법안명	산업안전보건법	중대재해 처벌 등에 관한 법
적용범위	전사업장	5인 미만 제외 (단, 5인 미만 기업에 하청준 원청은 적용)
중대재해 기준	- 사망자 1명 이상 - 중대재해 3개월 이상 요양 필요 부상자가 동시 2명 이상 - 부상자 또는 직업 질병자 동시 10명 이상	- 사망자 1명 이상 - 동일 사고로 6개월 이상 치료가 필요한 부상자 2명 이상 - 동일 원인으로 1년 이내 급성중독 등 대통령령으로 정하는 직업성 질병자가 3명 이상
처벌대상	행위책임자 중심	사업주 및 경영책임자 등 - 사업주: 개인사업자 - 경영책임자 등: 법인의 대표이사 또는 안전보건업무 담당 이사 - 중앙행정기관장, 지방자치단체장은 포함(현업공무원은 제외)

Fig. 1 중대재해처벌법의 주요 내용

한편 산업안전보건법 전부 개정안이 시행(20.1.16)되어, 법 제정 28년만에 대폭 수정되고 안전기준의 대폭 상향되었다.

- 산업안전보건법의 보호범위 확대 및 산재예방 책임주체 확대
- 도급인 책임범위 확대 및 의무이행 강화
- 작업중지의 요건과 범위 명확화
- 사업주 등의 의무이행 강화

해사안전법 제2조에 “해사안전관리”란 선원·선박소유자 등 인적 요인, 선박·화물 등 물적 요인, 항행보조시설·안전제도 등 환경적 요인을 종합적·체계적으로 관리함으로써 선박의 운용과 관련된 모든 일에서 발생할 수 있는 사고로부터 사람의 생명·신체 및 재산의 안전을 확보하기 위한 모든 활

등을 말한다. 현재 시행하고 있는 해사안전관리를 위한 제도들은 다음과 같다.

- ISM / CSM
- 해상교통안전진단 / 해사안전감독관 제도
- e-Navigation 서비스 (바다 내비게이션)
- 해양교통안전정보관리체계 구축
- 선박안전관리사 / 선박안전관리자협회

### 3. Safety II와 안전탄력성

일반적으로 사고의 이해와 그 분석 방법은 1세대의 도미노 이론 모형, 2세대 의 역학적 모형 (스위스 치즈 모형)을 거쳐 현재 3세대인 시스템적 사고모형이 활발히 적용되고 있다. 시스템적 사고분석은 폭넓은 영향요인 발견과 시스템의 개선을 통하여 유사 사고 발생을 감소시킨다.

3세대 사고분석 방법론으로서 세계적으로 AcciMap과 FRAM(Functional Resonance Analysis Method), STAMP(Systems Theoretic Accident Model and Process) 등이 거론되고 있다.

2000년대 이전까지는 사고의 대부분은 인적오류에 의해 일어나기 때문에 인적오류를 분석하거나 인적오류로 발생한 사고를 분석하여 대책을 마련하는 시스템의 안전성 확보가 제일 중요하다고 여겨졌다. 그러나 레질리언스 안전 연구자들은 시스템은 인간이 “실수”를 안 하면 안전하게 움직이는 것이 아니라 본질적으로 위험한 것으로 인간과 조직의 유연성이 시스템을 안전하게 기능하도록 한다는 개념을 제시하였다. 결국 실패의 원인과 성공의 원인은 별개가 아니라 레질리언스를 높이는 것이 안전성 확보에 중요하다는 사고방식이다.

레질리언스는 안전탄력성이란 용어로 번역되어 사용되고 있는데, 시스템의 운영을 사고의 위험에서 먼 안전한 영역에서 지속되게 하는 능동적 적응 능력이라고 할 수 있다. 이러한 안전탄력성을 확보하기 위해서는 아래 기술하는 4대 역량이 필요하다[1].

- 대응 역량: 안전 수준을 유지하는 데 필요한 때 적절한 일을 할 수 있음. 대응 필요 경우가 정의되어 있고, 대응 방법이 기획 설치되어 있으며, 필요시 수행할 능력과 체계가 있음.
- 모니터링 역량: 조직의 안전 능력과 외부 상황을 지속적으로 관찰 평가. 무엇을 어떻게 관찰할지 알고 있으며 관찰의 방법과 평가체계가 수립되어 있음.
- 조직학습 역량: 조직의 지식, 행동을 진화시키는 능력이 있음. 사건과 경험을 분석하여 인과관계를 발견하고 이 지식을 조직의 실제 의사결정 행동에 축적시키는 능력.
- 장기예측 역량: 장기적 변화를 예측하여 스스로의 변화를 기획할 수 있음.
- RAG (Resilience Assessment Grid; 안전탄력성 평가 그리드): 조직의 위 4대 역량의 강약점을 표준적인 방법과 대상 조직 업무의 특성에 따라 설계된 항목으로 전문가 평가를 거쳐 진단하는 방법으로 실제 사고 역지

능력을 측정하고 개선 필요성을 발견할 수 있음.

### 4. 결 론

최근의 해양사고 통계에서 해양사고 발생률(사고선박 수/등록척수)를 보면 연평균 7.1%의 지속적 증가 추세를 확인할 수 있다. 새로운 안전관리 패러다임의 도입 및 전환 없이 획기적인 사고 감소대책을 세우기는 어려운 상황이다.

아직까지 해상교통 분야에서는 생소하나 안전관리의 패러다임을 기존의 Safety-I에서 Safety-II 및 Resilience Engineering으로 전환하고 있는 추세는 거스를 수 없는 대세라고 할 수 있다. 그동안의 해양사고에 대한 대책은 실패사례의 최소화를 목적으로 하는 Safety-I에 머무르고 있으나, 앞으로 성공사례의 최대화를 목적으로 하는 안전탄력성 기반의 Safety-II 및 Resilience Engineering의 도입이 시급하다.

해상교통안전을 위한 안전탄력성에 기반한 Safety-II 개념의 도입을 위한 현황은 다음과 같다[2].

- ISM 코드에는 Safety-II 의 도입을 위한 근거로 사용할 수 있는 몇 가지 언급하고 있으나, 전반적으로 Safety-I 패러다임에 뿌리를 두고 있음.
- 예상치 못한 사건이 발생하는 동안과 그 이후에 시스템은 사전 예방적 기능을 갖추어야 하나, 개별 사안별 사후대응이 대부분.
- 사고가 발생하기 전에 문제나 요인을 조기에 식별하는 방안이 필요하며, 이를 위해 다양한 유형의 핵심 성과 지표(KPI)가 필요(선행 지표, 후행 지표).
- Resilience Engineering, Safety-II and System Safety 등의 이해를 위한 방법론 및 사례 연구 필요.

Safety-II 및 Resilience Engineering의 성공적 도입을 위해서는 Safety-I의 사고분석 및 위험평가를 시스템 및 직무설계의 개선, 각종 작업수행에 지원할 수단 마련, 교육 및 훈련시스템의 개선, 안전문화 개선 등에 활용하고, Safety-II에서 작업 수행도 조정 및 변동성 감소를 위한 유용한 전략과 수단을 파악하는데 중요한 정보로 활용해야 한다.

### 후 기

본 논문은 해양수산부 재원으로 국기연구개발사업인 “지능형 해상교통정보 서비스 기반의 해상디지털 정보활용 기술개발”에 의해 수행되었습니다(1525012276).

### 참 고 문 헌

[1] 윤완철, 양정열(2019), 산업안전 패러다임의 전환을 위한 연구, 산업안전보건연구원  
 [2] 김홍태(2021), 해운·조선 분야의 시스템 안전 적용 현황, 한국시스템안전학회 2021년 추계학술대회 발표자료집