

해양사고 후 사고대응 및 사건전개 시나리오 식별 및 분석

나성* · 강민석** · 최혁진*** · † 서유택

*한국선급 연구소 선박플랜트기술센터, †,**한국과학기술원 해양시스템대학원, ***선박해양플랜트연구소 해양안전연구부

요 약 : 해양사고는 발생 직후의 적절한 초기대응 여부에 따라 사고 이후 다양한 사건 전개 양상을 보이게 되며, 이러한, 해양사고 발생 시 초기 대응을 효과적으로 수행하기 위해서는 발생한 해양사고의 속성을 명확하게 파악하는 작업이 선행되어야 한다. 또한, 얼마나 빨리 사고 상황에 대한 정확한 정보를 수집하고, 사고 대응을 위하여 필요한 장비 / 물자를 조달할 수 있는가에 따라 신속한 사고 대응이 될 수도, 그렇지 못할 수도 있다. 이렇듯, 효과적이고 신속한 초기 대응을 위해서는 선박 종류 및 사고 종류 별 다양한 조건의 선박 사고에 대한 정보를 갖춘 사고 대응 시스템이 마련되어야 한다. 본 연구에서는, 해양사고 발생 이후 전개되는 시나리오들에 대한 위험도를 비교 평가할 수 있는 방법론을 개발하기 위한 일환으로, 해양사고 대응 사례 조사를 통하여 해양사고 대응 시 필요한 정보들을 식별하고, 사고 대응 시 사용되거나 고려되었던 대응 방법들을 식별하여 정리하였다. 또한, 식별된 정보들을 바탕으로, 유조선, 컨테이너선 및 여객선에 대한 해양사고 발생 후 사건전개 시나리오들을 식별 및 분석하였다.

핵심용어 : 해양사고, 사고대응, 위험도평가, 사고정보, 사고대응방법

1. 서론

▶ 해양사고의 위험과 초기대응

- 해양사고로 인한 위험에 대한 사회적 공감대 형성
 - 해양사고 발생 이후에도 잠재된 다양한 위험요소 존재
 - 효과적인 해양사고 대응 체계의 필요성 인식
 - 적절한 초기대응 부재로 인한 막대한 피해 확산 경험



(허베이 스피리트호, 2007: 12,547 톤)
[Source: Google]

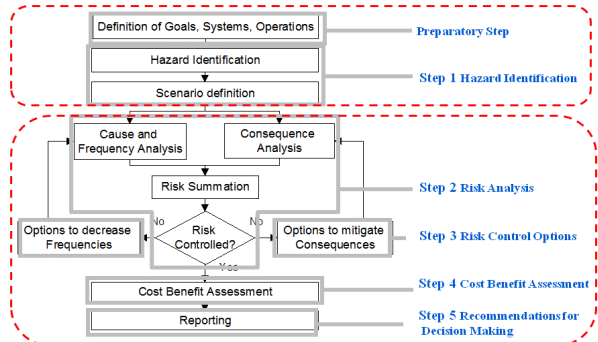


(세월호 참사, 2014: 295명 사망)
[Source: Google]

-1-

2. 사고대응과 위험도기반 접근법

▶ FSA 절차 (IMO)



-3-

2. 사고대응과 위험도기반 접근법

▶ 해양사고 초기대응 정보 및 위험도기반 접근법

- 효과적인 초기대응을 위한 정확한 사고정보의 필요성 인식
 - 대상 해양사고에 대한 이해
 - 선종 / 사고종류에 따른 피해확산 시나리오 정보
 - 사고 주변 환경에 대한 이해
 - 사고 위치 환경 정보 (수심, 조류, 기상변화 등)
 - 사고 위치 지리적 정보 (통항량, 어장 위치, 인근 해양시설 등)
 - 효율적인 방식의 사고대응 장비 / 물자 조달 필요
 - 적절한 사고대응 장비 선택 및 장비 투입 시점 정보
- 초기대응 전략 수립을 위해 위험도기반 접근법 적용 고려
 - 사고 발생 이후 사건전개에 대한 체계적인 분석
 - 시간 경과에 따른 피해 확산 예측 객관화
 - 해양사고 초기대응을 위한 객관적인 정보 제공

-2-

2. 사고대응과 위험도기반 접근법

▶ 해양사고 초기대응 단계 별 위험도평가 적용

- 일반적으로, 해양사고 및 선박 시스템에 위험도평가 적용
- 해양사고 이후 사고대응 단계에 적용된 사례 없음

▶ 위험도기반 접근법 활용

- 해양사고 초기대응 결과에 따른 인명, 재산 및 환경 위험도 비교
- 다양한 사고 대응 방안 식별 및 피해 저감 효과 비교
- 해양사고 초기대응에 필요한 정보 데이터베이스화
 - 선종 및 사고 유형별 사건 전개 양상 데이터 확보
 - 사고 대응 단계별 위험요소 목록 확보
- 효율적인 해양사고 대응전략 수립을 위한 정보 제공
 - 신속한 / 정확한 사고대응
 - 효율적인 사고대응 체계 구축

-4-

* 중신회원, sna@krs.co.kr, ** 정희원, gms1422@kaist.ac.kr, *** 정희원, hjchoi@kriso.re.kr

† 교신저자 : 정희원, yutaek.seo@kaist.ac.kr

3. 사고대응 사례 조사 및 분석

▶ 사고대응 시 필요한 정보 식별

- Stakeholder가 원하는 정보는 무엇인가?
 - 사고 이후 발생가능 2차 사고에 대한 정보 (잠재 위험 정보):
 - 사고 대응반, 정부, 선주, 해상보험관련자, ...
 - 효과적인 해양사고 초기 대응을 위한 정보:
 - 사고 대응반, 정부, 해상보험관련자, 선주, ...
 - 해양사고로 인한 인명 / 재산 / 환경 피해 정도:
 - 국민, 정부, 선주, 해상보험관련자, ...
- 사고대응에 필요한 정보 데이터화
 - 선종 및 사고 종류 별 해양사고 특성
 - 사고대응 방법 및 대응에 필요한 절차 조달 정보
 - 신속한 초기 사고 대응 가능
 - 해양사고로 인한 피해 정보

-5-

3. 사고대응 사례 조사 및 분석

▶ 사고대응 사례분석 대상 및 절차

- 사고대응 사례분석 대상 선종
 - 유조선
 - Sea Empress
 - 컨테이너선
 - Rena, CP Valour, Karin Schepers, Maersk Kendal, Skagern and Samskip Courier
 - 여객선
 - Costa Concordia
- 사례 조사 및 분석 작업 절차
 - 해양사고 및 대응사례 분석
 - 해양사고 대응 시 필요한 정보 식별
 - 사고대응 시 사용 또는 고려되었던 대응방법 식별
 - 해양사고 발생 후 사건전개 시나리오 식별

-6-

3. 사고대응 사례 조사 및 분석

▶ 해양사고 초기대응 단계 구분

- 골든타임 (Golden time)
 - "사고가 발생했을 때 인명을 구조할 수 있는 시간으로서, 사고의 상황에 따라 다르다. 이 시간 동안에 수행한 활동에 의해 인명의 구조 여부가 결정된다." (출처: 선박항해영어사전)
 - "1차 사고 발생 후부터, 원활한 사고 대응 작업에 지장을 초래하는 어떠한 사건 발생 시까지 (기상 악화, 해류/조류 변화 등), 또는 2차 사고를 유발하는 위험요소 발생 및 확산 시까지 (발화성 물질 누출, 급격한 침수 등)의 시간대"로 정의하고 사례 분석 진행.
- 단계 구분
 - 사고발생 후 ~ 사고 대응반 도착 (사고대응 시작)
 - 사고 대응반 도착 (사고대응 시작) ~ 2차 사고 발생 전
 - 2차 사고 발생 후 ~ 추가 사고피해 저감 가능 시간
 - 추가 사고피해 저감 가능 시간 종료 ~ 후속 대응/처리 기간

-7-

3. 사고대응 사례 조사 및 분석

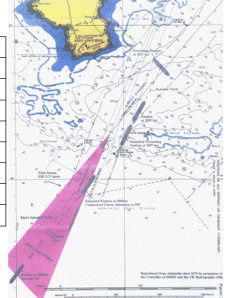
▶ 사고대응 사례 조사 및 분석 (SEA EMPRESS)

▪ 주요 제원

Name	SEA EMPRESS
Type	Oil tanker
Length	274.3m
Breadth	43.2m
Depth	28.8m
Draught(max.)	17.0m
Service speed	14knots
Gross tonnage	77,358ton
Class	DNV

▪ 사고 분류

- 좌초 및 선체손상으로 인한 화물유 유출



-8-

3. 사고대응 사례 조사 및 분석

▶ 사고대응 시 필요한 정보 식별

▪ 사고대응 시 필요한 정보항목 구분

번호	항목 구분	필요한 정보의 종류
1	환경 정보	조류 및 해류 (유속 및 수심 변화) 기상 (바람, 눈, 비, 안개 (시계에 영향) 등) 해상 정보 (파고, 나을 등) 선박 특성 (선박 통항량, 침수로, 어장, 군사관련지역 등), etc.
2	선박 정보	선박 제원, 연료유 종류 및 연료유 적재량 화물 종류 및 화물량, 밸리스트 적재량 주기권, 주 전원 등 작동 여부 선박 기기 사용 가능 여부 (피해 복구 및 확산 방지를 위한, 예, 펌프 등) 기타 선박 특성, 손상 복원력, 잔류 강도, etc.
3	사고 상황 정보	사고 종류 사고 피해 정도 및 피해 확산 가능성 환경 오염 정도 및 피해 확산 가능성 기타, 잠재 위험 요소, etc.
4	사고 대응 지원/지원 정보	사고 대응 지원 도착 시간 오염 방지 장비 보유 정보 대인 지원 정보 선박/육상 간 통신 수단, etc.

-9-

3. 사고대응 사례 조사 및 분석

▶ 사고 대응 방법 식별

- 해양사고 대응 단계 별 가능한 사고대응 방법 식별
 - 대응 단계 별 대응 방법 적용에 대한 위험도평가 가능
 - 최적 대응 방법 선택 (위험도, 비용/효과 관점에서)
 - 사고 발생 시 대응 방법 식별 및 선택에 소요되는 시간 단축

▪ 사고대응 방법식별 (SEA EMPRESS)

사고대응을 위한 정보 검토	<ul style="list-style-type: none"> 사고로 인한 선체손상 정도 파악 선박 복원력 및 잔류강도 화물이송/밸리스트 용 펌프사용여부 황/중 경사 정도 주 기관/주 전원 사용가능 여부 추가 Tug 지원 가능 여부 	<ul style="list-style-type: none"> 해상/기상 상태 사고 대응 지원 가능 자원 선내 사용 가능 장비 화물유 유출 정보
사고 대응 방법 검토	<ul style="list-style-type: none"> 사고 대응 작업을 위하여 선박을 안정되게 유지 시킬 수 있는 것으로 이동 Ballast 주입으로 경사 줄임 Tug 사용 예만: 수심 깊은 장소로 이동 면 비타로 이동 의견 검토 (무시됨) 	<ul style="list-style-type: none"> 선박 흡수 줄여 항내 정박 후 화물유 이송 Centre TK 화물유 이송 손상된 TK 화물유 Centre TK로 이송 손상된 TK에 Inert gas 주입 Tug 사용 예만

-10-

3. 사고대응 사례 조사 및 분석

▶ 사고 대응 사례 조사 및 분석 (SEA EMPRESS)

Period	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7
Time	2007년 7월 19일 - 1992년 11월 18일	2002년 7월 19일 - 2001년 11월 18일	1997년 7월 19일 - 2002년 11월 18일	1992년 7월 19일 - 1997년 11월 18일	1987년 7월 19일 - 1992년 11월 18일	1982년 7월 19일 - 1987년 11월 18일	1977년 7월 19일 - 1982년 11월 18일
대상선	1000톤 이상	1000톤 이상	1000톤 이상	1000톤 이상	1000톤 이상	1000톤 이상	1000톤 이상
주요 사건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건
상호 연관	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건
대응 방법	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건
비고	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건
사건 발생 원인	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건
사건 발생 방법	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건

4. 사건 전개 시나리오 식별 및 분석

▶ 사고 이후 사건 전개 시나리오 식별 작업

- 국내의 해양사고 대응 사례 다수 검토
 - 사고 후 사건 전개 시나리오 형태 구체화
 - 유조선, 컨테이너선, 여객선 (해양사고 종류 별)
- 사고 후 다양한 사건 전개 시나리오 개발
 - Brainstorming 방식 시나리오 식별 회의
 - 사건 전개 시나리오 보완 (실 사례 외 시나리오 추정)
 - 사고대응 시 필요한 정보 식별
 - 대응 단계 별 가능한 모든 사고대응 방법 식별
 - 시나리오 별 잠재된 위험요소 식별 (대응방법 적용 시 위험요소 포함)
 - 2차 사고 발생 또는 위험요소 / 상황 발생 원인 식별
 - 사고대응 사례 데이터화를 위한 기틀 마련
 - 위험도평가 항목 도출 및 평가 자료로 활용

3. 사고대응 사례 조사 및 분석

▶ 사고 대응 사례 조사 및 분석 (RENA)

Period	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5	Period 6	Period 7
Time	2011년 10월 5일	2011년 10월 5일	2011년 10월 5일	2011년 10월 5일	2011년 10월 5일	2011년 10월 5일	2011년 10월 5일
대상선	RENA	RENA	RENA	RENA	RENA	RENA	RENA
주요 사건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건
상호 연관	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건
대응 방법	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건
비고	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건
사건 발생 원인	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건
사건 발생 방법	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건	유조선 100건, 화물선 100건

5. 참고 문헌

- [1] IMO (2007), Consolidated text of the Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO rule-making process (MSC/Circ.1023-MEPC/Circ.392), MSC 83/INF.2.
- [2] MAIB (1997), Report of the Chief Inspector of Marine Accidents into the grounding and subsequent salvage of the tanker SEA EMPRESS at Milford Haven between 15 and 21 February 1996, Marine Accident Investigation Branch.
- [3] Simon Murdoch (2013), Independent Review of Maritime New Zealand's Response to the MV Rena Incident on 5 October 2011, March 2013.
- [4] TAIC (2014), Final Report: Marine inquiry 11-204 Container ship MV Rena grounding on Astrolabe Reef, 5 October 2011, Transport Accident Investigation Commission.
- [5] MAIB 보고서 다수.

4. 사건 전개 시나리오 식별 및 분석

▶ 사고 후 발생가능 2차 사고 식별

• 해양사고 종류 별 발생 가능한 2차 사고 식별

해양 사고 종류	발생 가능한 2차 사고
충돌	침수, 전복, 화재/폭발, ...
접촉	침수, 전복, 화재/폭발, ...
좌초	좌초, 침수, 전복, 화재/폭발, ...
화재	폭발, ...
폭발	침수, 전복, ...
침수/복원력 상실	전복, ...

- 후기 -

본 연구는, 선박해양플랜트연구소 주요사업 “해양사고 초기대응 및 구난기술 지원시스템 개발” 과제 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.