

[특별조사 2021-006]



# 해양사고 특별조사보고서

– 해저전선매설선 리스폰더 화재사고 –

사고일자 : 2020.09.11.

공표일자 : 2021.12.30.



중앙해양안전심판원 특별조사부

## 참고사항

이 보고서는 「해양사고의 조사 및 심판에 관한 법률」 제18조의3에 따라 해양사고의 원인을 규명하고 사고 교훈을 공유함으로써 향후 유사한 해양사고 발생을 방지하기 위하여 작성되었습니다. 따라서, 해양사고에 대한 책임을 묻거나 비난하기 위한 근거로 활용될 수 없습니다.

이 보고서에 기술된 관련 법령 및 기관 명칭 등은 보고서 작성 당시 시점을 기준으로 작성되었음을 알려드립니다.

---

# Contents

---

<b>1. 사고 개요</b>	<b>2</b>
<b>2. 사실 정보</b>	<b>5</b>
2.1 선박제원	5
2.2 선박소유자 및 운항	7
2.3 선박검사 및 안전관리	8
2.4 선박구조	9
2.5 소화설비	10
2.6 통풍장치 및 방화용 에어댐퍼	11
2.7 항해 및 통신장비	13
2.8 선위고정시스템 및 케이블작업	14
2.9 주기관 및 보기, 횡추진기	16
2.10 기관실 연료유 탱크·배관 구조	17
2.11 선원구성 및 당직체계	20
2.12 비상대응체계 및 훈련현황	22
2.13 기상상태	24
2.14 피해사항	25
<b>3. 사고 경위</b>	<b>27</b>
3.1 사고 전 운항	27
3.2 화재 발생 전	28
3.3 화재 발생 및 초기진압 조치	32
3.4 화재 진압 및 대응	34

<b>4. 사고 분석</b>	<b>37</b>
4.1 화재 발생	37
4.1.1 F.O 드레인탱크로 연료유 유입 및 넘침	37
4.1.2 기관실 바닥으로 누유 및 주기관 빌지월에 고인 기름의 비산	40
4.1.3 기관실 내 유증기 발생	43
4.1.4 기관실 내 전기불꽃 등	44
4.1.5 소결	45
4.2 화물관리와 선원의 화재대응조치	45
4.2.1 선박의 화물관리체계	45
4.2.2 선박의 기관실 유증기에 의한 화재 위험성 평가 및 대응	46
4.2.3 화재 발생 후 기관실 선원의 초기 대응조치	47
4.2.4 초기화재진압 시도	47
4.3 고정식 CO <sub>2</sub> 소화장치 사용	48
4.4 선박 화재대응 훈련의 적절성	50
4.5 화재진압	51
4.6 침몰	51
<b>5. 결론</b>	<b>54</b>
5.1 화재 발생	54
5.2 유증기에 의한 화재 위험성 인식 및 대응 조치 미흡	55
5.3 선원의 화재 대응 역량 부족	56
5.4 선박의 침수 및 침몰	56
<b>6. 권고</b>	<b>58</b>
6.1 연료유탱크와 F.O 드레인탱크 간 역류방지 시스템 마련	58
6.2 기관실 F.O 드레인탱크 수위 알람 설비 정비 및 관련 규정 제정	59

6.3 선박 화재진압에 대한 육상 지원기관 전문성 및 협력체계 강화 .....	59
6.4 선내 비상대응 교육 및 훈련 강화 .....	60
6.5 에어댐퍼의 원격개폐장치 규정 마련 및 설치 강화 .....	61
6.6 선박화물 적재 적합성 확인 강화 .....	62

section

1

## 사고 개요

## 1. 사고 개요

- 1.1 리스폰더는 2000년 8월 31일 독일 슈트랄준드조선소에서 진수된 총톤수 6,298톤, 길이 84.95미터, 너비 20.00미터의 해저전선매설선으로 선박소유자는 (주)케이티서브마린이며 선박관리자는 세동상운(주)이다.
- 1.2 이 선박은 2020년 9월 8일 07시 00분경 케이블매설 작업을 하기 위해 경남 거제시에 위치한 선박기지를 출항하여 같은 날 13시 00분경 경남 통영시 좌사리도 남남서방 약 28마일 해상에 도착하여 작업을 시작하였다.
- 1.3 2020년 9월 11일 01시 30분경 이 선박이 케이블매설 작업을 계속 진행 중, 2등기관사 A는 F.O 드레인탱크에 보관된 기름을 침전탱크(Settling Tank)로 이송하는 작업을 하였고, 또한 같은 날 02시 00분경 사용할 연료유 탱크를 교체하기 위한 밸브를 조작하였다.
- 1.4 한편, 같은 날 02시 35분경 기관제어실에서 근무 중이던 2등기관사 B는 기관실 모니터에서 1번 및 2번 주기관 실린더측에서 누유되고 있음을 알리는 연료유 누유 알람(F.O Leakage Alarm)을 확인하였다.
- 1.5 2등기관사 B는 현장으로 내려가 주기관 상태를 확인한 결과, 1번 및 2번 주기관 실린더 고압 연료유 공급파이프 주변에서 많은 양의 기름이 새어나오고 있는 것을 목격하였다.
- 1.6 2등기관사 B는 기관제어실로 돌아가 주기관 배기가스 온도를 확인하였으나 특이사항은 발견할 수 없었고, 침실에서 휴식 중이던 기관장과 1등기관사에게 전화하여 당시 상황을 보고하였다.
- 1.7 2등기관사 B의 연락을 받은 기관장과 1등기관사는 기관실로 진입하는 순간 강한 기름냄새와 유증기를 느끼고 현장을 확인한 결과, 고속으로 회전하는 1번 주기관 플라이휠이 그 아래 빌지웰 상부의 기름과 닿아 튀면서 유증기를 만들어 내는 상황을 목격하였다.

- 1.8 기관장과 1등기관사는 1번 주기관에 문제가 있다고 판단하고 1번 주기관을 정지시켰으나, 2번 주기관 쪽에서도 기름이 흘러나오는 것을 확인하고 1번 주기관을 다시 재기동하고 2번 주기관을 정지시켜야겠다는 판단을 하였다.
- 1.9 같은 날 03시 35분경 기관장이 다시 1번 주기관을 기동하고 2번 주기관을 정지시키기 위하여 기관제어실 모니터의 ACB(전력교체 회로) 버튼을 누른 뒤 수 초 후 화재경보음이 발생하였고 선내가 정전되면서 1번 및 2번 주기관이 모두 정지되었다.
- 1.10 기관제어실에 있던 기관선원들은 화재 발생 여부를 확인하고 주기관의 누유지점을 찾기 위해 기관제어실 출입문을 열었으나 기관실 내에 짙은 연기가 가득하여 화재가 발생하였음을 알아차리고 상갑판으로 탈출하였다.
- 1.11 2등기관사 A 및 3등기관사는 선교로 올라가서 연료유 차단밸브를 작동시키고, 기관실 통풍용 에어댐퍼를 폐쇄하기 위해 선교 외부로 나와 연돌 쪽으로 올라갔지만 짙은 연기로 인해 에어댐퍼를 폐쇄하지 못하였다.
- 1.12 한편, 선장은 같은 날 03시 40분경 초단파대 무선통신설비(VHF Radio)로 통영연안해상교통관제센터에 선박의 화재사실을 보고하였다.
- 1.13 그리고 선장은 같은 날 03시 42분경 1등기관사로부터 현장에서 화재를 진압하기 불가능하다는 보고를 받고 1등항해사에게 고정식 CO<sub>2</sub> 소화장치 사용을 지시하였다.
- 1.14 같은 날 03시 50분경 선장은 고정식 CO<sub>2</sub> 소화장치를 사용하였음에도 불구하고 화재진압에 실패하자 퇴선을 결정하였고, 전 승조원에게 작업보조선 영인105호로의 탑승을 지시하였으며, 영인105호에 옮겨탄 모든 승조원들은 같은 날 05시 00분경 같은 회사 소속 미래로호에 옮겨탄 뒤 같은 날 21시 32분경 부산항 제7부두에 도착하였다.
- 1.15 이 선박은 통영해양경찰서, 통영소방서 등에서 출동한 구조대에 의해 화재진압이 진행되던 중 화재 발생 다음 날인 2020년 9월 12일 17시 42분경 경남 통영시 욕지도 남방 약 42마일 해상에서 침몰하였다.



section

2

## 사실 정보

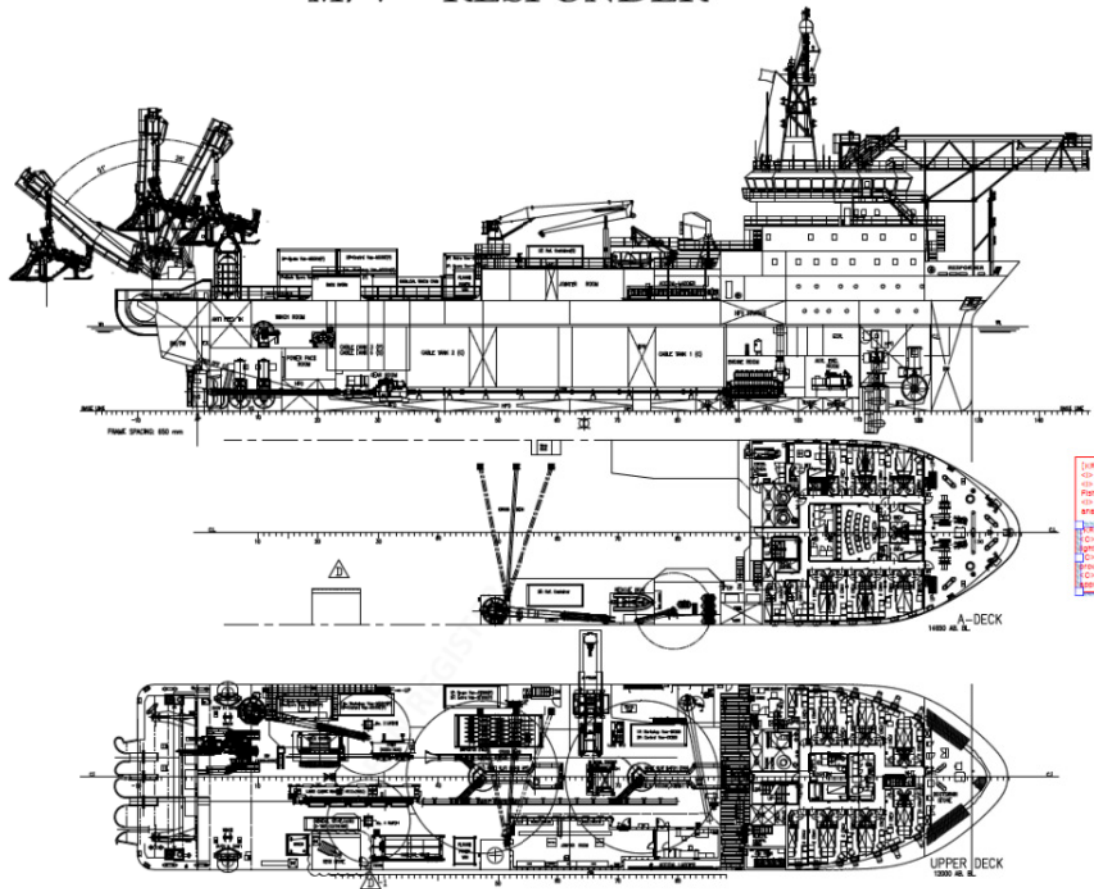
## 2. 사실 정보

### 2.1 선박제원

#### 2.1.1 리스폰더 주요 명세

선명	리스폰더(Responder)
국적(선적항)	대한민국(제주시)
IMO 번호	9215206
호출부호	D7AW
선박종류	해저전선매설선(Cable Layer)
선박소유자	(주)케이티서브마린(KT SUBMARINE)
선박관리자	세동상운(주)(SEH DONG SHIPPING Co.Ltd.,)
조선자	Volkswerft Stralsund GmbH, Germany(독일)
용골거치일(건조일)	1999년 12월 23일
진수일(준공일)	2000년 8월 31일
선박검사기관	사단법인 한국선급(Korea Register of Shipping, KR)
길이(미터)	84.95
너비(미터)	20.00
깊이(미터)	12.00
높이(미터)	43.90
국제총톤수(톤)	6,298
재화중량톤수(톤)	8,071
주기관(수)	MAN B&W Augsburg (2기)
최대출력	5,220 마력
추진기	2기(가변피치프로펠러, CPP)
타(Rudder)	2기
선수 횡추진기(Bow Thruster)	1,200kW × 1기
전방위 횡추진기(Azimuth Thruster)	1,000kW × 1기
선미 횡추진기(Stern Thruster)	1,200kW × 2기
다이나믹 포지셔닝 시스템	콩스버그(SDP-OS / HiPAP 500)

## GENERAL ARRANGEMENT M/V "RESPONDER"



<그림 1> 리스폰더 일반배치도(일부) 및 전경

## 2.2 선박소유자 및 운항

- 2.2.1 리스폰더(Responder)는 독일 볼크스워프트 슈트랄준드(Volkswerft Stralsund)에서 건조된 선박으로 주요제원은 총톤수 6,298톤, 길이 84.95미터, 너비 20.00미터, 깊이 12.00미터의 해저전선매설 및 해상·해저 건설(Cable Layer & Offshore Construction) 용도의 선박이다.
- 2.2.2 이 선박은 2000년 8월 31일 진수 후 2000년 12월 18일 몰러-머스크(Moller- Maersk A/S)사에 인도되어 덴마크 국적을 취득하였다.
- 2.2.3 그리고 이 선박은 2013년 5월 10일 오프쇼어와 해저 시추 분야 등에 사업 중인 머스크 서플라이 서비스(Maersk Supply Service)사에 인도되었다.
- 2.2.4 이 후 이 선박은 2015년 4월 29일 (주)케이티 서브마린(KT Submarine)사<sup>1)</sup>에 매각되었고 2015년 6월 26일 제주시를 선적항으로 한 대한민국 국적을 취득하였다.
- 2.2.5 선주사인 (주)케이티 서브마린은 2015년 5월 1일 세동상운(주)에게 선박운용, 안전 및 선원관리, 보험업무 등을 위탁하는 계약을 체결하여 선박관리사로서 2년마다 갱신을 하고 있었다.
- 2.2.6 따라서 선주사인 (주)케이티 서브마린은 선박관리수수료, 선원임금, 보험료, 선박수리·정비 비용을 세동상운(주)에 지급하고 선박관리사인 세동상운(주)는 선원 승하선 및 선원 훈련, 선박 수리 및 정비관리, 국제안전관리규약(ISM Code)의 이행, 선주사를 대리하는 보험 협상, 선용품 보급 등의 업무를 수행하였다.
- 2.2.7 리스폰더는 작업이 없을 때는 주로 경남 거제시 하청면에 위치한 선박기지에서 대기하다가 케이블 매설 또는 해상·해저 건설 등 작업을 하는 경우, 기자재 및 주부식 등을 보급 받고 출항하여 주로 동남아시아 및 북태평양·대서양 등 해상에서 케이블수리 및 매설작업을 수행하였다.

1) (주)케이티 서브마린은 주로 전기·통신사업에 종사하는 기업으로, 주로 해저통신 및 전력 케이블 건설과 유지보수, 해저 파이프라인 설치와 매설, 특수 케이블 설치와 유지보수 및 탐사 사업을 하며, 1995년 4월 한국해저통신(주)로 설립된 후 2002년 3월 (주)케이티 서브마린으로 상호를 변경하였다.

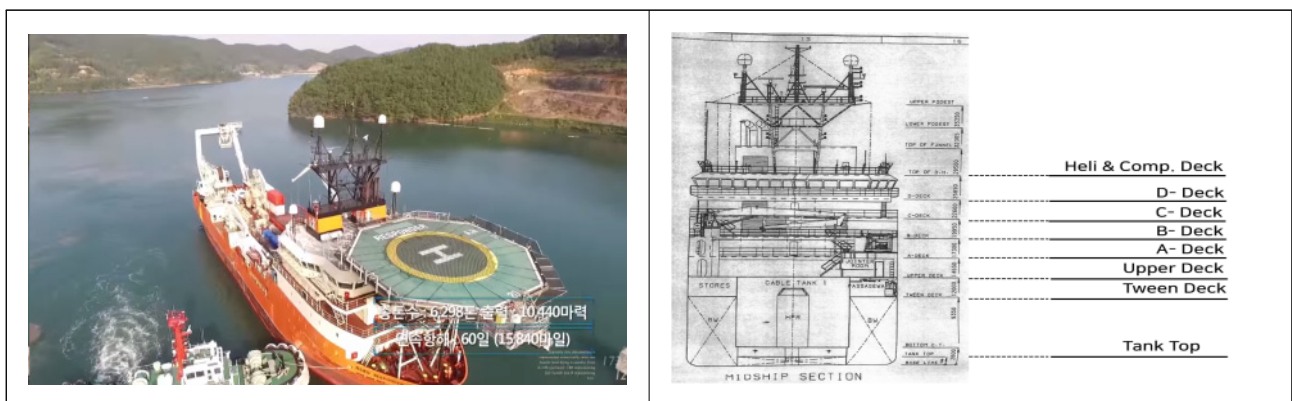
## 2.3 선박검사 및 안전관리

- 2.3.1 리스폰더는 2000년 12월 몰러-머스크사에 인도 후 영국 로이드 선급에 입급되어 있었으나 이 선박이 대한민국의 (주)케이티서브마린에 매각된 후에는 영국 로이드선급을 탈급하고 2015년 7월 10일 한국 정부의 선박검사를 대행하는 기관인 한국선급에 입급되었다.
- 2.3.2 리스폰더는 한국선급에 입급 후 2016년 1월 25일 제2종중간검사 및 2016년 10월 24일 제1종중간검사를 수검하였고, 2017년 12월 27일 정기검사에 합격하여, 2022년 12월 26일까지 유효한 선박검사증서<sup>2)</sup>를 교부받았다.
- 2.3.3 이 선박은 2015년부터 2020년까지 한국선급으로부터 총 12번의 임시검사를 받았는데 주로 케이블 작업실(Jointer room)의 개조, 조타기 모터 수리 또는 항만국통제(PSC) 점검시 발견된 지적사항에 대한 시정 조치 관련 사항이었고, 기관실 기기나 연료유 탱크 수리 또는 개조 등에 관한 사항은 없었다.
- 2.3.4 이 선박은 (주)케이티서브마린에 인도되어 한국선급에 입급된 후 2015년부터 2020년까지 덴마크, 미국, 일본, 중국과 페루에서 11차례 항만국통제 점검을 받았고 이 중 출항금지에 해당하는 중대 결함은 없었으나 구조정(Rescue boat)의 외관 손상, 소화설비 점검표 누락, 레이더 운용테스트 결함, 비상대응훈련 중 식별사항, 기관구역에 대한 결함 등이 식별되었고 시정이 완료되었다.
- 2.3.5 기관구역에서 발견된 결함으로는 2016년 1월 14일 일본 와카마츠/키타큐슈에서 유수분리장치의 슬러지(Sludge) 펌프에 대한 작동 불량<sup>3)</sup>이 식별되었고, 2018년 3월 2일 일본 와카마츠/키타큐슈에서에서 1번 주기관 운전 상태(Engine Parameter)에 대한 기록이 적절하지 않았음이 식별되었다.
- 2.3.6 또한 이 선박은 지역별 항만국통제 협의체인 도쿄 MOU 및 파리 MOU에서 선박상태, 결함사항, 선종 등을 기반으로 평가한 결과 저위험선박(White List)으로 분류되어 있었다.

2) 선박안전구조증서(SC: Cargo Ship Safety Construction Certificate), 선박안전장비증서(SE: Cargo Ship Safety Equipment Certificate), 선박무선안전증서(SR: Cargo Ship Safety Radio Certificate), 만재하중선증서(ILL: International Load Line Certificate), 해양오염방지증서(IOPP: International Oil Pollution Prevention Certificate) 등

## 2.4 선박구조

- 2.4.1 리스폰더는 선수선교형 선박으로 선수부에는 선교(Bridge)와 선원 거주구역, 기관구역 등이 위치하고 있다. 선교 최상층에는 헬리콥터가 이착륙할 수 있는 헬리갑판(Heli Deck)과 항해기기 안테나 등이 위치하고 있는 최상층갑판(Compass Deck)이 있다.
- 2.4.2 그리고 그 아래에는 항해 및 통신장비가 위치한 선교와 케이블매설 등 해저작업을 위한 작업 공간이 있는 갑판(D-Deck)이 있으며, 그 아래는 선원실, 휴게실 등이 위치한 거주구역(C-Deck ~ Upper Deck)으로 구성되어 있다.
- 2.4.3 거주구역(상갑판) 아래에는 식당, 냉장·냉동실, 체육관 등이 있는 중갑판(Tween Deck)이 위치하고 있고, 그 아래에는 기관제어실(ECR), 공작실(Workshop) 등이 있는 플랫폼 갑판(Platform Deck)이 위치하고 있으며, 최하부에는 주기관 등이 위치한 탱크톱 갑판(Tank Top)이 위치하고 있다.
- 2.4.4 선체 중앙부에는 선용품, 기부속, 케이블, 장비 등을 선적·양하할 수 있는 크레인이 3기와 케이블 등을 이동시킬 수 있는 윈치 등이 있고, 케이블의 상태를 점검 또는 수리할 수 있는 조인트 룸(Jointer Room)과 창고, 각종 작업을 위한 설비들이 위치하고 있으며, 상갑판 하부에는 케이블을 적재할 수 있는 4개의 케이블 탱크가 위치하고 있다. 그리고 중갑판 아래 양현에는 선박평형수를 적재할 수 있는 탱크가 위치하고 있다.
- 2.4.5 선미부에는 갑판 상에 A형크레인(A-Frame Crane)이 위치하고 있고, 선저부에는 타기실(Steering Gear Room), 선박평형을 유지하기 위한 횡요방지탱크(Anti-Heel Tank)가 위치하고 있다.



<그림 2> 리스폰더 선체구조

## 2.5 소화설비

2.5.1 리스폰더에는 선박 화재 발생시 화재를 진압할 수 있는 소화장비 및 설비들이 있으며 상세사항은 아래와 같다.

<표 1> 리스폰더 선내 소화설비 및 장비

종류	명칭	위치별 수량		
		갑판	거주구역	기관실
소화 장비	소방원장구(Fireman's Outfit)	7		
	분말소화기 2kg(Powder Ext.)	2		
	ABC 분말소화기 12kg(ABC Powder Fire Ext. 12kg)	7	20	28
	CO <sub>2</sub> 소화기 20kg(CO <sub>2</sub> Fire Ext. 20kg)	2		
	CO <sub>2</sub> 소화기 5kg(CO <sub>2</sub> Fire Ext. 5kg)	3	10	11
	분말소화기 25kg(Powder Ext. 25kg)	4		4
	분말소화기 50kg(Powder Ext. 50kg)			2
	휴대용 포말 방사기(Portable Foam Applicator Unit, 20L)	1		1
소화설 비	소화전(Fire Hydrant)	43		
	소화박스(호스, 노즐)(Fire Hose Box with Hose Nozzle)	27	10	7
	소화펌프(Fire Pump) : 50M <sup>3</sup> /H			1
	소화펌프(Fire Pump) : 205M <sup>3</sup> /H			1
	비상 소화펌프(Emergency Fire Pump)			1
	국제육상시설연결구(International Shore Connection)		2	
	주소화전 밸브(Fire Main Isolating Valve)		1	8
	통풍기 비상정지장치(Vent. Emcy. Stop) - Tween & D-deck	1		1
	물안개방사기(Water Fog Applicator)	4		
	통풍장치 화재 차단기(Fire Damper In Vent. Duct. with Sys. No.)	20	6	11
	통풍장치 차단 폐쇄장치(Closing Appl. for Exterior Vent. Inlet)	39	51	
	고정식 CO <sub>2</sub> 소화설비(Fixed CO <sub>2</sub> Fire Ext.) <sup>3)</sup>	기관실 1개		

3) 이 선박은 불연성 해저케이블 적재 등을 조건으로 화물구역에 고정식 CO<sub>2</sub> 소화설비 설치가 면제되었음

## 2.6 통풍장치 및 방화용 에어댐퍼

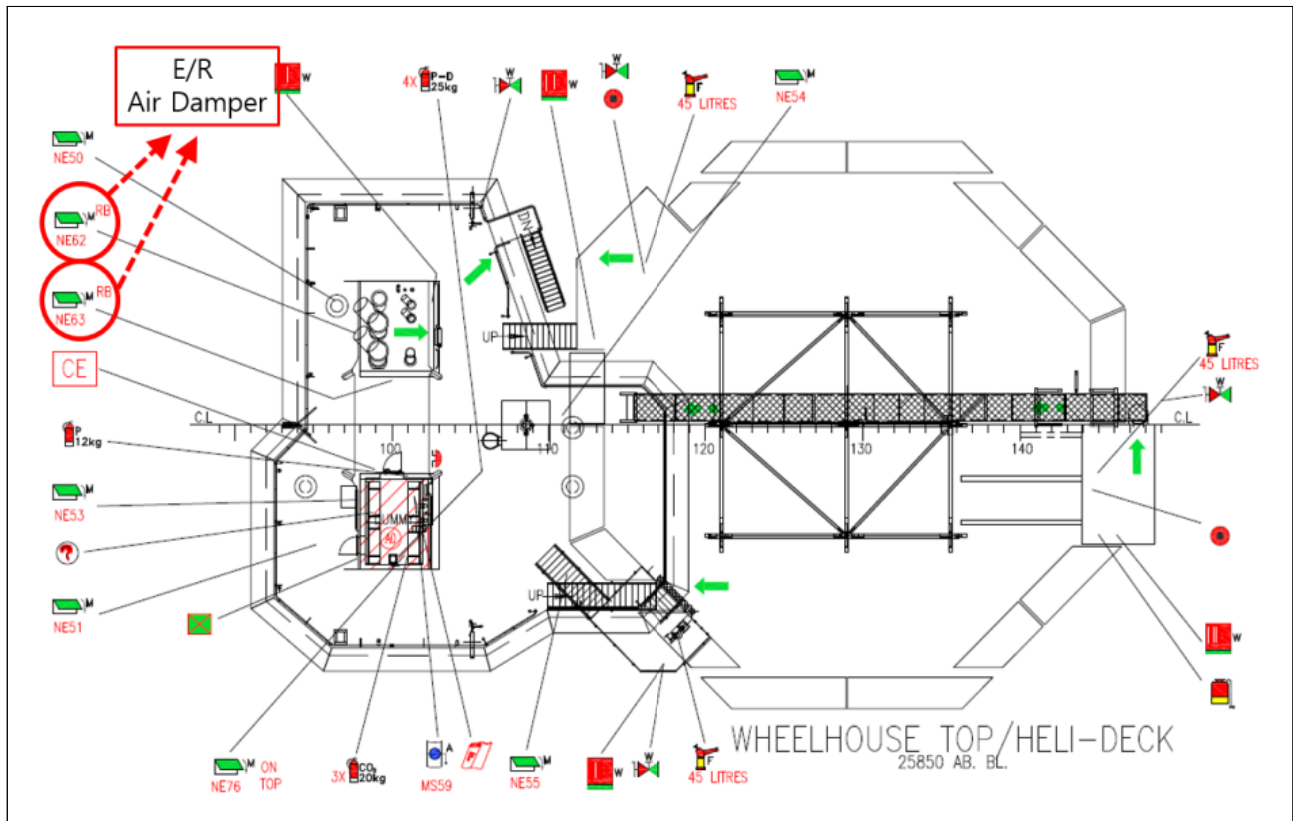
- 2.6.1 리스폰더에는 선내 각 구역에 통풍을 위해 덕트(Duct)가 설치되어 있고 이 덕트에는 방화용 에어댐퍼(Air Damper)를 설치하여, 평상시에는 덕트 내에 공기가 흐를 수 있도록 열려 있다가 화재 시에는 화재의 확산을 차단하기 위하여 덕트 내의 공기 흐름을 막을 수 있도록 하는 장치가 마련되어 있다.
- 2.6.2 에어댐퍼의 종류<sup>4)</sup>에는 댐퍼의 열림 및 닫힘이 선원에 의해 수동으로 조작되는 ‘수동 에어댐퍼’가 있고, 화재에 노출되면 자동적으로 닫히는 ‘자동 에어댐퍼’가 있으며, 작동되는 에어댐퍼로부터 멀리 떨어진 곳에서도 제어장치를 사용하여 폐쇄할 수 있는 ‘원격조작 에어댐퍼’가 있다.
- 2.6.3 리스폰더의 통풍덕트에는 방화용 에어댐퍼(Fire Damper)가 총 127개 설치되어 있고 이 중 기계식 덕트에 설치된 에어댐퍼가 89개(흡기 42개, 배기 37개), 자연식 덕트에 에어댐퍼 48개(흡기 12개, 배기 36개)가 각각 설치되어 있다.
- 2.6.4 이 중 기관실로의 공기 흡입 및 배출을 위한 통풍덕트 6개에 각각 1개씩 총 6개의 댐퍼가 설치되어 있다. 상갑판에 위치한 3개의 기계식 흡기 덕트(MS22~24) 안에 각각 1개씩, 총 3개의 댐퍼<sup>5)</sup>가 설치되어 있으며, 이 댐퍼들은 중갑판(Tween Deck)의 기관실 입구 또는 기관제어실에 위치한 원격조종 스위치로 자동폐쇄가 가능하다. 3개의 자연식 배기 덕트(NE61~63)의 경우, C-갑판(C-Deck) 1개 및 헬리갑판에 위치한 기관실 케이싱(Casing) 벽면에 2개의 덕트에 댐퍼<sup>6)</sup>가 각각 1개씩 설치되어 있으며, 이들 댐퍼는 현장에서 작동 핸들에 의해 조작될 수도 있고 선교의 화재제어반 또는 중갑판의 기관실 입구 바깥쪽에 설치된 원격조종 스위치로도 작동될 수 있다.
- 2.6.5 한편, 상갑판에 위치하여 기관실에 외부 공기의 공급을 담당하는 3개의 기계식 통풍 팬은 역회전이 가능한 팬으로 통상 기관실 흡기로 사용되지만, 연기 배출 등을 위하여 필요한 경우에는 역회전시켜 기관실 내 공기 배출도 가능하다.

4) 국제해상안전인명협약(SOLAS) 제Ⅱ-2장, 제3규칙, 54

5) 화재제어도에는 통풍장치 화재차단기(Fire Damper in Ventilation Duct)로 표기

6) 화재제어도에는 통풍장치 차단 폐쇄장치(Closing Appliance for Exterior Ventilator)로 표기





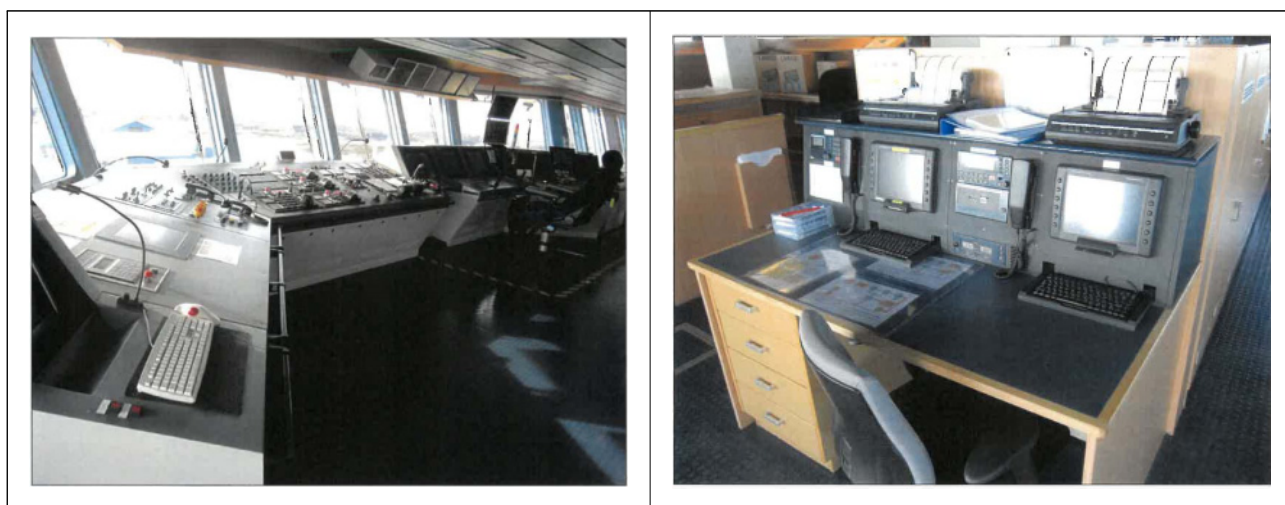
<그림 3> 리스폰더 에어댐퍼 위치(헬리갑판 연돌부)



<그림 4> 리스폰더 에어댐퍼 위치(상갑판)

## 2.7 항해 및 통신장비

- 2.7.1 리스폰더의 조타실 중앙에는 조타기가 위치하고 있고, 레이더 3기, 전자해도표시장치(ECDIS), 자동식별장치(AIS) 1기가 탑재되어 있으며, 2개의 위성항법장치 단말기(DGPS), 1개의 로란-C(Loran-C), 3개의 자이로컴퍼스(Gyro Compass), 1개의 마그네틱컴퍼스(Magnetic Compass)가 위치하고 있다.
- 2.7.2 선교의 전면 상단에는 선속계(Dopler Speed log), 타각지시기(Rudder Indicator), 경사계(Clinometer) 및 주기관 RPM 지시기와 선회율 지시기(Rate of Turn Indicator), 풍향 및 풍속계 등이 위치하고 있다.
- 2.7.3 또한 이 선박에는 침로기록기(Course Recorder), 수심측정기(Echo sounder), 선박보안경보장치(Ship Security Alert System), 수색구조용 레이더 트랜스폰더(Search and Rescue Radar Transponder), 항해자료기록장치(SVDR), 비상위치 전파표지(EPIRB)를 갖추고 있다.
- 2.7.4 주요 통신장비로는 초단파대 무선설비(VHF Radio), 중단파 무선설비(MF/HF Radio), 항행정보 수신기(Navtex Receiver), 위성전화(FBB) 등이 설비되어 있다.
- 2.7.5 또한 선내에서 알람 및 방송, 승선원간 의사소통을 위해 선내 방송장치(Public Address), 및 알람시스템(General Alarm System), 토크백 시스템(Talk Back System)을 갖추고 있다.



<그림 5> 리스폰더 선교 전경 및 통신시스템

## 2.8 선위고정시스템(Dynamic Positioning System) 및 케이블작업

- 2.8.1 리스폰더는 선박의 현 위치를 유지할 수 있는 선위고정시스템(Dynamic Positioning System<sup>7)</sup>, 이하 ‘DP 시스템’이라 한다)이 탑재된 선박으로서 선교에 외부 기상상태, 케이블을 수면 하로 내려주는 등의 작업상황을 지켜보면서 DP 시스템을 제어할 수 있도록 별도의 공간이 마련되어 있다.
- 2.8.2 이 선박은 DP 클래스-2 선박<sup>8)</sup>이며, 2개의 DP조종장치(Operation Station, Kongsberg SDP-OS)를 갖추고 있고, 탑재된 주요 DP 시스템으로는 해저에 음파를 발송시켜 선박의 위치 변동 등을 파악할 수 있는 하이팝(HIPAP) 시스템 1개, 물리적인 와이어를 신출하여 선박의 위치 유지 여부 등을 파악할 수 있는 토트 와이어 시스템(Light Weight Taut Wire System) 3개, 선박의 6자유도 운동<sup>9)</sup>을 측정할 수 있는 모션 레퍼런스 유닛(Motion Reference Unit)이 총 7개가 설치되어 있다.
- 2.8.3 또한 울트라소닉의 발사를 통해 바람이 지나갈 때 풍향과 풍속을 파악할 수 있는 풍향 풍속계가 2개 설치되어 있고, 2개의 DGPS 시스템과 3개의 자이로콤파스, 4개의 전자해도(Electronic Chart System) 등이 설치되어 있다.

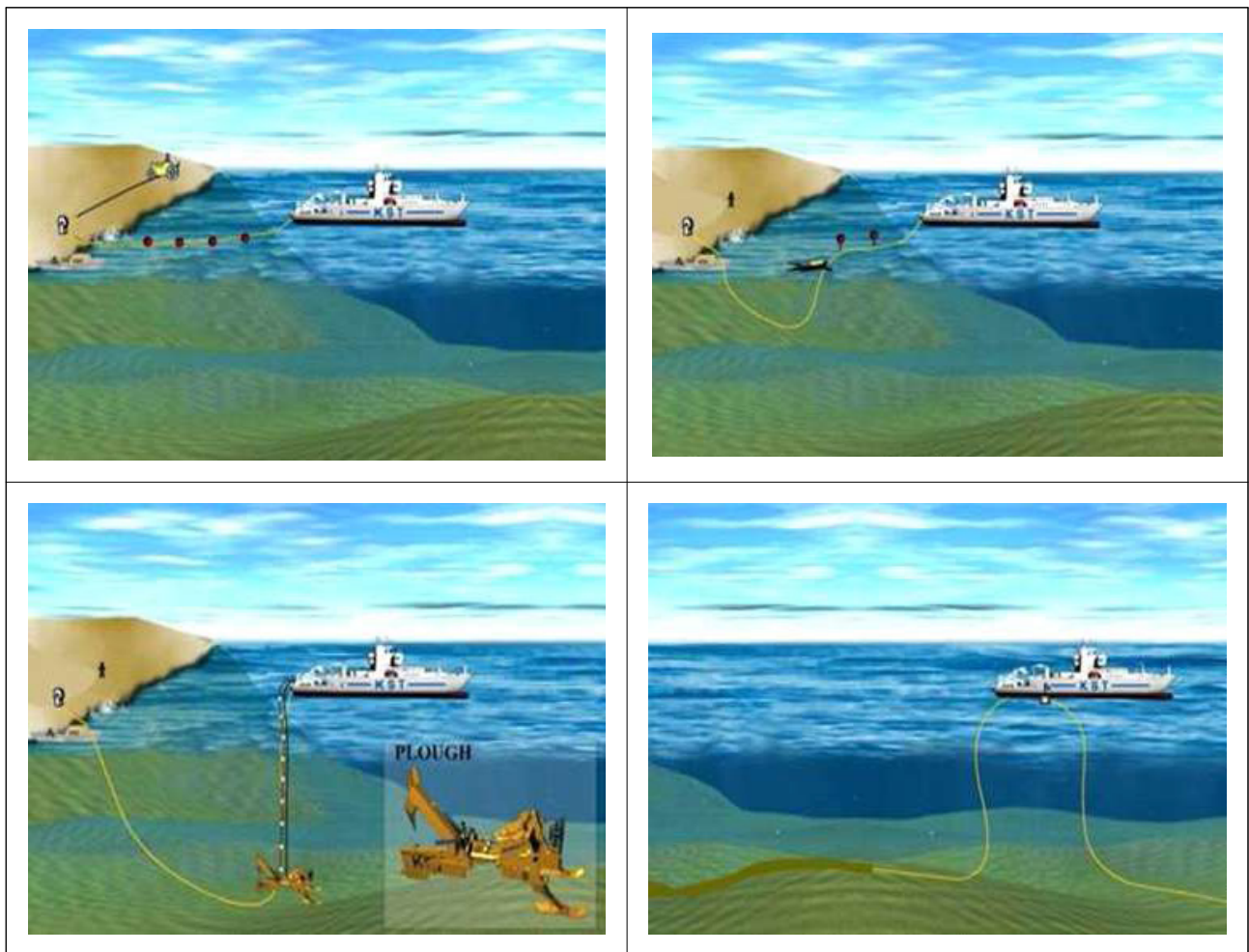


<그림 6> 리스폰더 DP시스템 전경

- 7) 횡추진기 등을 이용하여 오차범위(3미터) 이내의 해상에서 케이블매설, 해저작업 등을 위해 일정한 위치에서 선박이 정선하고 정확한 위치를 자동으로 유지할 수 있도록 설계된 시스템
- 8) IMO MSC Circ.645에 따라 DP 시스템의 등급은 3등급으로 나뉘며, 등급이 높을수록 위치유지 등 DP시스템의 신뢰도가 높은 것을 의미(Class-1은 단일의 고장에 의해 위치유지 기능을 상실하며, Class-2, Class-3 높은 등급일수록 위치유지 기능을 보완하는 능력이 뛰어남)
- 9) ① 횡요(Rolling): 선박 길이방향을 축으로 하는 회전 운동, ② 종요(Pitching): 선박의 폭방향을 축으로 하는 회전 운동, ③ 선수요(Yawing): 선박 고저(수직)를 축으로 하는 회전 운동, ④ 전후요(Surging): 선박의 전후진 진동, ⑤ 좌후요(Swaying): 선박의 좌우방향 진동, ⑥ 상하요(Heaving): 선박 상하(수직)방향 진동



- 2.8.4 해저케이블 설치를 위해서는 공사 전 케이블을 매설할 경로에 청소작업을 실시한 후 케이블 부설작업 및 매설작업이 이루어져야 하며, 이를 위해서는 케이블 설치 전용선박(해저전선매설선), 매설기<sup>10)</sup>(플라우, Plough), ROV 등 전용설비를 이용하여 작업한다.
- 2.8.5 해저 케이블 매설 작업은 해저에 매설예정인 위치에서 작업을 실시하며, LCE(Linear Cable Engine), CDE(Cable Drum Engine)를 이용하여 선박의 케이블탱크에 실려있는 케이블을 선외로 끌어내어 신출하고 플라우(Plough)를 이용하여 매설을 한다.
- 2.8.6 또한 케이블 수리 및 매설시 파도 또는 너울, 바람 등으로 인한 선박의 이동을 막기 위해 DP시스템을 활용한다.



〈그림 7〉 케이블매설작업 전개도  
(케이블 육양 → 부이제거 → 심해작업 → 최종 연결작업)

10) 플라우는 해저에 내려져 저질에 홈을 내어 파서 케이블을 매설하기 위한 장비

## 2.9 주기관 및 보기, 횡추진기(Thruster)

- 2.9.1 리스폰더의 주기관은 MAN(제조사), B&W Alpha 8L 32/40(타입)이며, 3,840kW의 출력을 가진 주기관과 추진기가 각각 2개인 쌍추진(Twin Propeller) 방식의 주기관 시스템이 구축되어 있다.
- 2.9.2 이 선박의 프로펠러 2개는 니켈-알루미늄-청동 합금으로된 블레이드 타입으로서 각각의 프로펠러의 날개들은 날개축을 중심으로 회전시켜 날개 자체의 피치각을 회전시켜 선박의 추진방향을 변경할 수 있는 가변피치(CPP: Controllable Pitch Propeller) 방식의 프로펠러이다.
- 2.9.3 이 선박은 주추진기 이외에 총 4개의 보조 추진기를 가지고 있다. 선수와 선미에 1,200kW 출력의 횡추진기(Thruster)가 각 1기 및 2기 설치되어 있으며, 선수에 1,000kW 출력의 격납형 전방위 추진기(Retractable Azimuth Thruster) 1기가 설치되어 있다.
- 2.9.4 발전기는 주기관의 구동에 따른 샤프트 회전을 통해 전력을 확보할 수 있는 출력 3,000kW 샤프트 발전기(Shaft Alternator) 2기와 독립된 기관을 통해 전력을 생산할 수 있는 출력 760kW 디젤 발전기(Auxiliary Alternator) 2기와 183kW의 비상발전기 1기가 있다.
- 2.9.5 선박이 접안하여 계류 중일 때는 디젤 발전기 2기를 가동하여 항해장비 및 거주구역 등에 전력을 공급하고, 해상에서 케이블 작업시에는 디젤 발전기와 더불어 샤프트 발전기 가동을 통해 플라우(Plough), 횡추진기(Thruster), LCE(Linear Cable Engine), CDE(Cable Drum Engine), 무인수중잠수정(ROV) 등 전력소모가 큰 장비에 전력을 공급하고 있다.
- 2.9.6 보일러는 시간당 2,000kg의 스팀을 생산할 수 있는 버티컬 스모크 튜브 오일-파이어 보일러 1기와 시간당 1,500kg의 스팀을 생산할 수 있는 이그저스트 가스 보일러 1기가 설치되어 있다.

## 2.10 기관실 연료유 탱크·배관 구조

2.10.1 리스폰더는 선박운항을 위해 선박용 연료유와 윤활유를 수급받고 있으며, 선박용 연료유로서 이 선박에는 저유황유(LSFO)와 저유황경유(LSMGO)<sup>11)</sup>를 적재하고 있었으나 주기관, 발전기 등 기관장비 운용시 주로 저유황경유를 연료유로 사용하고 있었다.

2.10.2 이 선박은 상갑판(Upper Deck)하부에 18개의 연료유탱크들을 보유하고 있고 연료유탱크번호는 100번 또는 200번으로 시작하고 있으며, 100번대(10개)와 200번대(8개)의 탱크는 배관 체계상 상호 연결되지 않으나 같은 번호대의 탱크 간에는 배관라인이 연결되어 있다.

L.S.FUEL OIL TANKS									
TANK NO.	Innage m	Corr' m	GROSS CU. M	DENSITY @15 °C	TEMP. °C	V.C.F. T-54B	NET CU. M	W.C.F. T-56	METRIC TONS
T100	Gauge	Gauge	78.810	0.9000	42.5	0.9787	77.131	0.9000	69.418
T101	Gauge	Gauge	39.400	0.9000	51.7	0.9714	38.273	0.9000	34.446
T102	Gauge	Gauge	37.270	0.9000	36.2	0.9835	36.655	0.9000	32.990
T103	Gauge	Gauge	-	0.9000	24.4	0.0000	-	0.9000	-
T104	Gauge	Gauge	-	0.9000	21.4	0.0000	-	0.9000	-
T106	Gauge	Gauge	-	0.9000	34.1	0.0000	-	0.9000	-
T107	Gauge	Gauge	74.410	0.9000	24.1	0.9930	73.889	0.9000	66.500
T115	Gauge	Gauge	34.480	0.9000	34.7	0.9847	33.952	0.9000	30.557
Total Q'ty							259.900 K/L		233.911

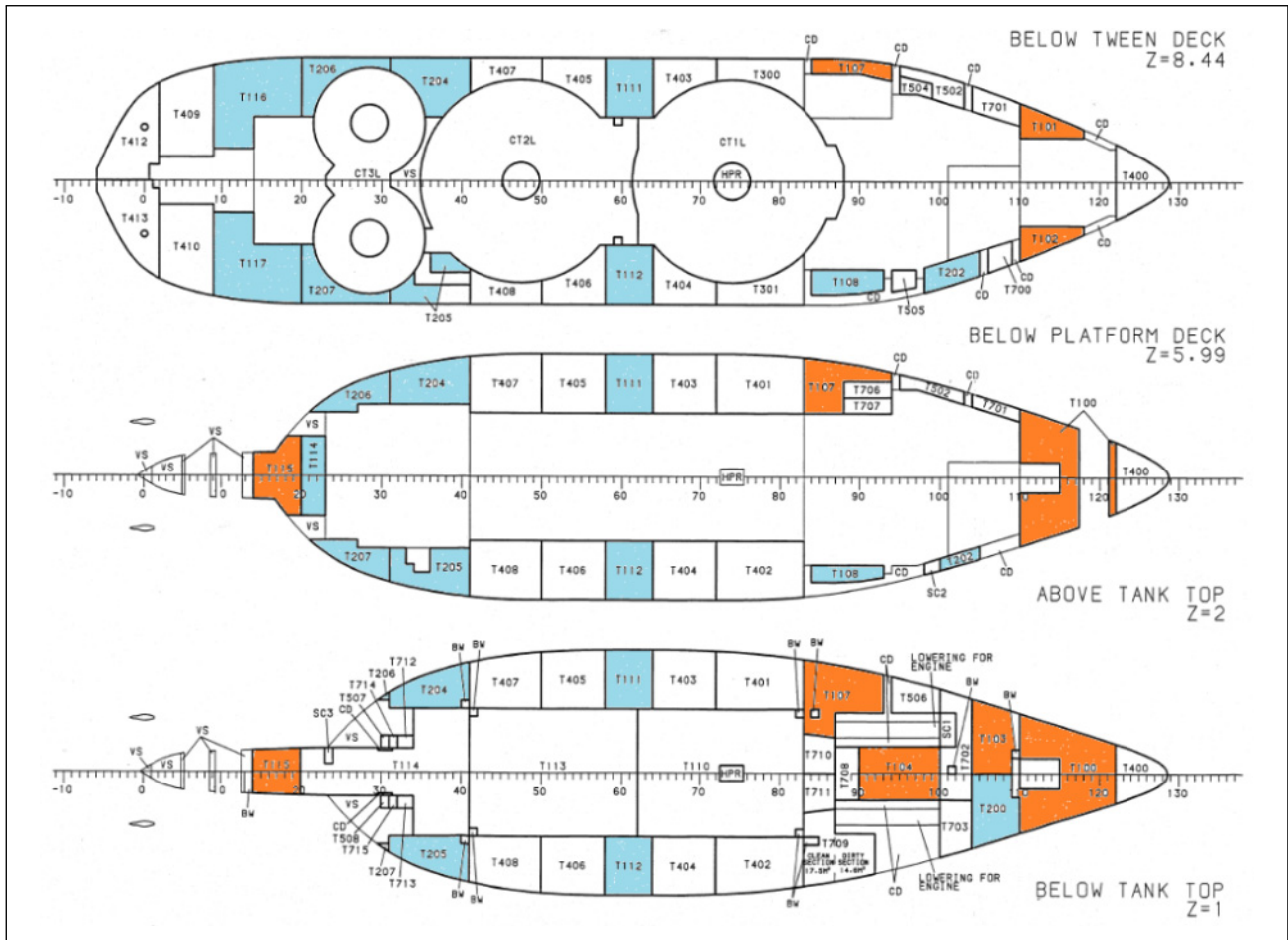
L.S.M.G.O TANKS									
TANK NO.	Innage cm	Corr' cm	GROSS cu. m	DENSITY @15 °C	TEMP. °C	V.C.F. T-54B	NET cu. m	W.C.F. T-56	METRIC TONS
T105	Gauge	Gauge	20.180	0.8462	39.8	0.9792	19.760	0.8462	16.721
T108	Gauge	Gauge	30.260	0.8462	35.2	0.9830	29.746	0.8462	25.171
T109	Gauge	Gauge	22.800	0.8462	40.9	0.9781	22.301	0.8462	18.871
T110	0.67	vol corr'	93.720	0.8462	22.7	0.9535	93.111	0.8462	78.791
T111	Gauge	Gauge	125.670	0.8462	26.3	0.9506	124.489	0.8462	105.343
T112	Gauge	Gauge	125.940	0.8462	31.2	0.9864	124.227	0.8462	105.121
T113	1.00	vol corr'	141.100	0.8462	33.0	0.9849	138.969	0.8462	117.596
T114	Gauge	vol corr'	59.790	0.8462	39.7	0.9792	58.546	0.8462	49.542
T116	Gauge	vol corr'	96.840	0.8462	33.8	0.9843	95.320	0.8462	80.660
T117	Gauge	vol corr'	96.480	0.8462	26.1	0.9908	95.592	0.8462	80.890
T200	Gauge	vol corr'	-	0.8462	22.1	0.0000	-	0.8462	-
T201	Gauge	Gauge	15.780	0.8462	20.1	0.9958	15.714	0.8462	13.297
T202	Gauge	Gauge	18.650	0.8462	20.1	0.9958	18.572	0.8462	15.716
T203	Gauge	vol corr'	11.010	0.8462	20.1	0.9958	10.964	0.8462	9.278
T204	Gauge	vol corr'	142.650	0.8462	20.1	0.9958	142.051	0.8462	120.204
T205	Gauge	vol corr'	110.330	0.8462	20.1	0.9958	109.867	0.8462	92.969
T206	Gauge	Gauge	-	0.8462	20.1	0.0000	-	0.8462	-
T207	Gauge	Gauge	-	0.8462	20.1	0.0000	-	0.8462	-
Total Q'ty							1,099.229 K/L		930.170

<그림 8> 저유황경유(LSMGO) 탱크 서베이(잔량) 결과

11) 연료유 종류 및 특성(출처: 물질안전보건자료, MSDS)

	유종(한글)	유종(영문)	황함유량	인화점	폭발 농도 상하한
1	고중질유	HSFO: High Sulphur Fuel Oil	3.5% 미만	60°C 이상	1 ~ 5%
2	저유황유	LSFO: Low Sulphur Fuel Oil	1.0% 미만	70°C 이상	1 ~ 5%
3	선박용경유	MGO: Marine Gas Oil	0.5% 미만	70°C 초과	1 ~ 5%
4	저유황경유	LSMGO: Low Sulphur Marine Gas Oil	0.05% 미만	62°C 초과	1 ~ 5%

2.10.3 사고 전인 2020년 8월 18일에 (주)한국검사정공사의 연료유 계측(Bunker Survey)을 통해 확인한 연료유적재량은 저유황유 약 233.9톤 및 저유황경유는 약 930.1톤(111번, 112번, 205번 탱크 포함)이었다.



〈그림 9〉 당시 연료유 적재배치도(일부, Tween Deck·Platform Deck·Tank Top)

\* **주황색**: 저유황유(LSF0), **파란색**: 저유황경유(LSMG0)

2.10.4 또한 선박 연료유는 연료유 탱크로부터 침전탱크(Settling Tank) 및 서비스탱크(Serv. Tank)를 거쳐 주기관으로 공급된다.

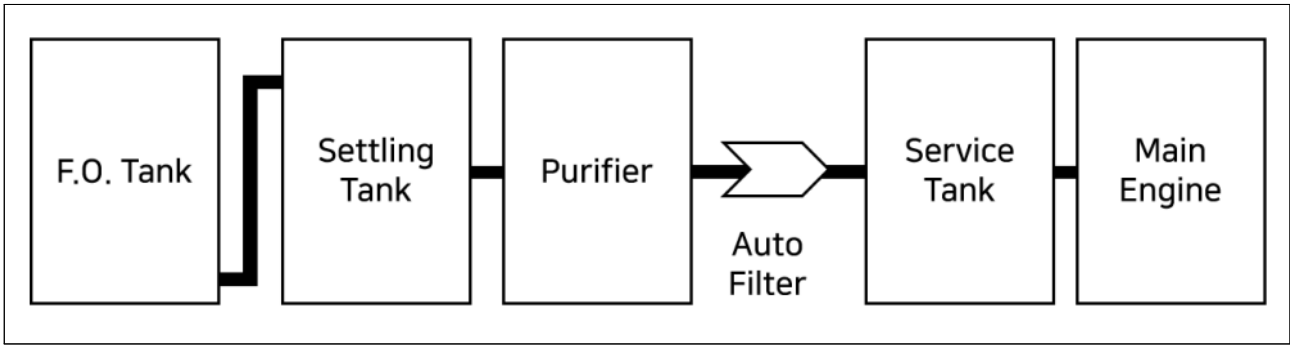
2.10.5 이 선박은 연료유탱크의 하단과 침전탱크의 상단이 배관으로 연결되어 있으며, 이송 펌프를 이용하여 연료유를 침전탱크로 이송시켜야 한다.

2.10.6 또한 이송펌프의 출구 측에는 체크밸브가 설치되어 침전탱크에서 연료유탱크로 역류되지 않도록 설계되어 있다. 만약 침전탱크의 연료유가 가득 차 넘치는 경우에는 기관실 발전기 인근에 위치한 F.O 오버플로우 탱크(Overflow Tank)로 이동하게 된다.









<그림 11> 연료유-주기관 이송 다이어그램

## 2.11 선원구성 및 당직체계

- 2.11.1 리스폰더는 한국 정부대행검사기관인 한국선급으로부터 발급받은 선박검사증서 상 최대승선인원은 68명이고 SOLAS협약<sup>14)</sup>에 따라 같은 선급으로부터 승인받은 최소승무정원은 13명이다.
- 2.11.2 사고 당일 이 선박에는 60명의 선원이 승선 중이었고, 이 중 선장 등 49명은 한국인, 10명은 베트남인, 1명은 이탈리아인이었다.
- 2.11.3 당시 이 선박 갑판부에는 선장, 1등항해사, 2등항해사, 3등항해사, DP운항사(Dynamic Positioning Operator)가 각각 1명씩 승선 중이었고, 기관부에는 기관장 1명, 1등기관사 1명, 2등기관사 3명, 3등기관사 1명이 승선 중이었으며 이들은 모두 한국인이었다.
- 2.11.4 본래 이 선박은 작업이 결정되고 출항하게 되면, 항해를 위한 기본인원만 승선하여 작업현장까지 항해하여 이동한 후에 현장에서 DP운항사 및 플라우(Plough) 운용 전문작업원<sup>15)</sup> 등이 항공편 등을 통해 추가 승선하나, 사고항차의 경우 코로나19 감염 예방을 위해 60명의 승선원 전원이 리스폰더에 탑승 후 출항하였다.
- 2.11.5 해저케이블 설치작업을 하는 경우, 전문작업원들을 포함한 모든 선원들은 근무편성표에 따라서 A조 또는 B조로 나뉘어 작업하고, A조는 12시~24시(오후), B조는 00시~12시(오전)까지 맞교대 당직근무를 실시하며, 선장은 운항과 작업을 총괄한다.

14) 국제해상인명안전협약(SOLAS, Safety of Life at Sea) 제5장 제14규칙 '선원의 인원 배치'

15) 플라우 운용 전문작업원들은 공식적인 선원명부에 갑판원으로 기재

2.11.6 당시 이 선박은 A조에 선교의 1등항해사와 DP운항사, 갑판의 갑판장과 갑판수(AB), 갑판원(OS)들, 기관실의 1등기관사와 3등기관사 등이 편성되었고, B조에는 선교의 2등항해사와 3등항해사, 갑판의 부갑판장<sup>16)</sup>과 갑판수(AB), 갑판원(OS), 기관실의 2등기관사 2명 등이 편성되어 있었다.

2.11.7 당시 이 선박에 승선하고 있던 선장과 DP운항사, 3등항해사, 3등기관사는 세동상운 소속의 관리 선박인 리스폰더에 처음 승선하는 것이었으나, 1등항해사, 2등항해사, 기관장, 1등기관사, 3명의 2등기관사들은 기존에 리스폰더에 승선한 경험이 있거나 세동상운 소속의 미래로호 등 유사 선종의 선박에 탑승한 경험이 있었다.

〈표 2〉 리스폰더 간부 해기사 주요 경력

직책	나이	승선경력 (해당 직급 경력)	유사(기타)선종 승선경력	리스폰더 최근 승선일
선 장	39	10년 11개월 (1년 7개월)	중량물운반선 5년 7개월	2020.7.14
1등항해사	31	7년 3개월 (1년 7개월)	DP선 3년 8개월	2019.9.6
기관장	48	11년 4개월 (3년 10개월)	중량물운반선 1년 5개월 DP선 1년 1개월	2019.11.4
1등기관사	41	7년 9개월 (4년 10개월)	중량물운반선 1년 6개월 DP선 1년 1개월	2020.6.1
2등기관사A	26	3년 7개월 (12개월)	DP선 2년 6개월	2020.9.18
2등기관사B	35	5년 6개월 (2년 8개월)	DP선 11개월	2020.7.14

\* 승선경력은 휴가기간을 제외한 순수승선기간임

2.11.8 선장과 DP운항사는 리스폰더에 승선 전 화물선, 중량물운반선 등에 승선한 경험은 있었으나 횡추진기를 운용하는 DP선박에 승선한 것은 리스폰더가 처음이었다.

16) 부갑판장은 갑판수 중 경력이 많은 선임으로 선내에서 스토키(Store Keeper)라고 불렸으며, 공식적인 선원명부에는 갑판수로 기재

〈표 3〉 리스폰더 직책별 선원구성

부서	직책		승선인원(국적)	최소승무정원
갑판부	사관	선장(Master)	1명(한국)	1명
		1등항해사(Chief Off.)	1명(한국)	1명
		2등항해사(2 <sup>nd</sup> Off.)	1명(한국)	1명
		3등항해사(3 <sup>rd</sup> Off.)	1명(한국)	1명
		DP운항사(DP Operator)	1명(한국)	
	부원	갑판장(Bosun)	1명(한국)	3명
		갑판수(Able Seaman)	3명(한국)	
		갑판원(Ordinary Seaman)	31명(한국 23, 베트남 7, 이탈리아 1)	
		조리장(Chief Steward)	1명(한국)	1명
		조리수(Cook)	1명(한국)	
		조리원(Messman)	6명(베트남)	
기관부	사관	기관장(Chief Eng.)	1명(한국)	1명
		1등기관사(1 <sup>st</sup> Eng.)	1명(한국)	1명
		2등기관사(2 <sup>nd</sup> Eng.)	3명(한국)	1명
		3등기관사(3 <sup>rd</sup> Eng.)	1명(한국)	1명
	부원	조기장(No.1 Oiler)	1명(한국)	1명
		기관수(Oiler)	1명(한국)	
		기관원(Wiper)	4명(한국)	
		총원	60명	13명

## 2.12 비상대응체계 및 훈련현황

2.12.1 리스폰더는 화재, 퇴선, 선박충돌·좌초 및 침수, 인명구조, 비상조타 등의 상황에서 비상대응을 하기 위하여 비상부서배치표를 작성하여 선원들의 직책별 임무를 부여하고 있다.

2.12.2 특히 화재상황에 대응하는 소화훈련의 경우, 퇴선훈련과 함께 매달 1회 훈련을 실시하고 있었다. 화재대응 시 비상부서배치표(표4 참조)에 따르면, 선장의 지휘에 따라 1등항해사는 화재현장을 지휘하면서 고정식 CO<sub>2</sub>소화장치를 작동시키는 임무를 맡고 있으며, 주기관 연료차단, 기관실 통풍차단 및 선내전원 차단 등의 임무는 2등기관사A가 맡고 있었다.

&lt;표 4&gt; 리스폰더 화재대응 비상배치표

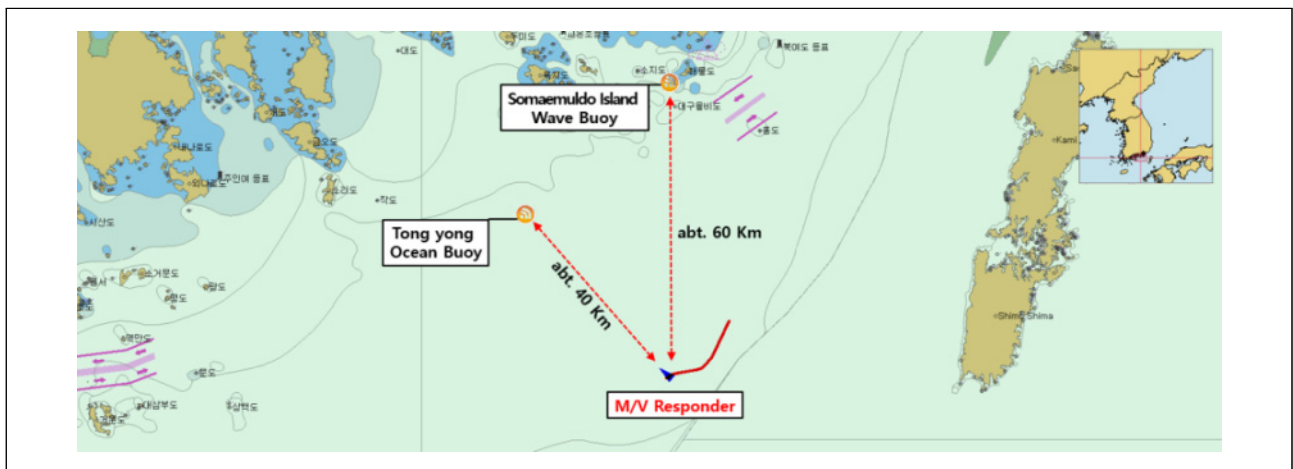
직책	위치	담당 임무 및 지참물
선장	선교	총지휘, 보고, 대외업무, 트랜시버
1등항해사	현장	인원점검 후 현장지휘, 고정식 CO <sub>2</sub> 조작
2등항해사(A)	현장	구조반지휘(팀원:조리장·조리원), 무전기
2등항해사(B)	현장	현장지휘보좌(쿨링팀 팀장), 무전기
2등항해사(C)	선교	선장보좌, 상황일지기록
기관장	기관실	기관실 총지휘, 무전기
1등기관사	현장	비상소화펌프 작동 후 현장지원
2등기관사(A)	현장	연료차단, 통풍차단, 전원차단 후 현장지원
2등기관사(B)	기관실	기관장 보좌
2등기관사(C)	기관실	기관장 보좌
3등기관사	기관실	기관장 보좌
갑판장	현장	소화작업지원, 소화호스·신출
스톡키(부갑판장)	현장	소화요원, 소방원장구
갑판수(A)	선교	조타, 형상물 및 기 게양
갑판수(B)	현장	소화작업지원(쿨링팀), 소화호스·신출
갑판수(C)	현장	소화작업지원, 소방원 장구착용 지원
갑판원	현장	소화작업지원, 소방원 장구착용 지원
조기장	현장	소화작업지원(쿨링팀), 소화호스·신출
기관수(A)	현장	소화요원, 소방원장구
기관수(B)	현장	소화작업 지원, 2등기관사(B) 지원
기관수(C)	현장	소화작업지원(쿨링팀), 소화호스·신출
조리장	현장	부상자운반, 응급의료기구, 모포
조리원	현장	부상자 운반, 들것
기타 선원	비상집합소	비상집합소 집결/대기
임시 승객 등	비상집합소	비상집합소 집결/대기

## 2.13 기상상태

2.13.1 기상청은 해상기상부이 및 등표기상부이 등을 통해 해양기상을 관측하고 있으며, 이 중 리스폰더 화재사고 위치로부터 북서방 약 40킬로미터 가량 떨어진 곳에 통영 해양기상부이가 풍속 및 풍향, 파고 등을 관측하고 있고 또한 사고 해역으로부터 북방 약 60킬로미터 가량 떨어진 곳에 위치한 소매물도 파고부이가 평균파고, 유의파고, 최대 파고 등의 기상정보를 관측하고 있다. 기상청 해양기상부이 및 등표가 관측한 사고 당시 기상자료<sup>17)</sup>는 아래와 같다.

〈표 5〉 풍향, 풍속 및 파고(기상청)

일시	해양기상부이(통영)					파고부이(소매물도)	
	풍향(Deg)		풍속(m/s)	평균 파고(m)	유의 파고(m)	평균 파고(m)	유의 파고(m)
2020.9.11. 00:01	224	남남서	2.3	0.3	0.5	0.1	0.2
2020.9.11. 01:00	227	남남서	0.8	0.3	0.4	0.2	0.3
2020.9.11. 02:00	276	서	1.9	0.3	0.4	0.2	0.2
2020.9.11. 03:00	207	남남서	3.3	0.2	0.3	0.2	0.2
2020.9.11. 04:00	220	남남서	2.4	0.2	0.3	0.2	0.2
2020.9.11. 05:00	191	남	3.0	0.2	0.3	0.1	0.2
2020.9.11. 06:00	282	서	4.8	0.2	0.3	0.2	0.2
2020.9.11. 07:00	106	동	6.5	0.3	0.4	0.2	0.3
2020.9.11. 08:00	251	서남서	7.0	0.4	0.5	0.2	0.2
2020.9.11. 09:00	258	서남서	6.6	0.4	0.6	0.2	0.2



〈그림 12〉 사고해역 인근 기상부이

17) 통영 해양기상부이(22188), 소매물도 파고부이(22485)

2.13.2 당시 승선 중인 선원의 진술기록에 따르면 사고 당시 바람은 시간당 7~10노트(초속 약 3.6~5.1미터)의 북동풍이 불었고, 파고는 약 0.5~1.0미터, 시정은 약 5~6마일(9.2~11.1 킬로미터)로 좋은 편이었다.

## 2.14 피해사항

2.14.1 리스폰더 선장은 화재발생 후 고정식 CO<sub>2</sub> 소화장치 사용 등 자체적인 화재진압을 시도하였으나 실패하였고, 전 승조원의 퇴선을 지시하여, 작업보조선인 총톤수 92톤급의 예인선 영인105호에 옮겨타도록 하였다.

2.14.2 이후 영인105호는 세동상운(주) 소속 해저전선매설선인 미래로호에 구조된 선원들을 인계하였고 미래로호는 구조된 승조원들과 함께 부산항에 입항하였으며, 찰과상 등 일부 경미한 부상자들을 제외하고 큰 인명피해는 없었다.

2.14.3 한편 통영해양경찰서는 사고 접수 후 1501함, 1006함, 방제11호, 항공기(헬기) 등을 화재진압 및 인명 구조를 위해 출동시켰고, 또한 통영·여수·창원소방서 소속 소방정 등이 화재현장 지원을 위해 출동하였다.

2.14.4 이후, 해양경찰 및 소방서측에서 화재진압 중에 이 선박은 선수부에 급격한 기울기가 발생하면서 침몰<sup>18)</sup>하였고 침몰해역에 발생한 얇은 기름띠와 유막제거를 위해 방제작업을 실시하였다.

2.14.5 이 선박은 추가적인 해양오염을 방지하기 위한 탱크 봉쇄 조치 및 연료유 이적작업을 실시하였으나 현재까지 이 선박인양에 대한 계획은 없다.<sup>19)</sup>



<그림 13> 리스폰더 화재 및 소화작업

18) 피해금액 추정가: 선가 약 586억(보험사 예상보험금액) / 침몰해역 수심 약 88미터

19) 특별조사보고서 공표일 기준

section

3

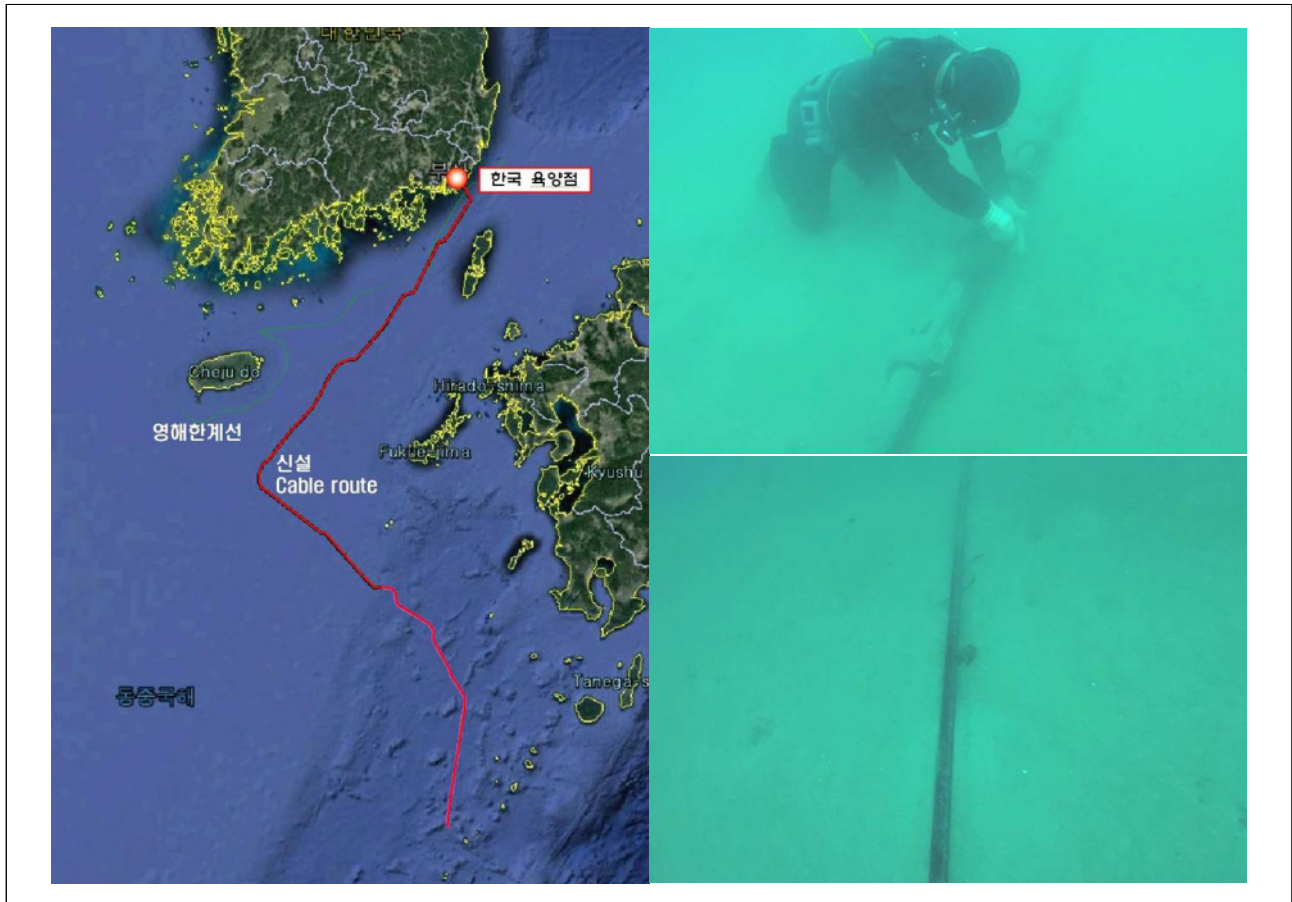
## 사고 경위

## 3. 사고 경위

### 3.1 사고 전 운항

- 3.1.1 리스폰더는 케이블 작업을 하기 위한 특수목적 선박(Special-purpose ship)으로서 2020년 5월부터 9월까지 부산 해운대에서 시작하여 동중국해까지 약 847킬로미터 구간을 연결하는 SJC2(South East Asia Japan Cable Project #2) 사업에 해당하는 케이블매설 작업에 종사하고 있었다.
- 3.1.2 이 선박은 2020년 5월 22일 일본 모지항에서 일본 수역에 케이블매설을 위한 작업용 케이블을 선적하였고 5월 27일 거제선박기지에서 주부식 등 보급을 받은 후 출항하여 6월 6일부터 6월 17일까지 일본 근해에서 케이블매설 작업을 실시하였다.
- 3.1.3 그리고 이 선박은 거제선박기지에 입항 후 원활한 케이블작업을 위한 선박 내부 작업 공간(조인트 룸)의 개조작업과 기상악화로 인한 피항 등으로 대기하다가 같은 해 7월 24일 거제선박기지를 출항하여 다음 날 일본 모지항에서 작업용 케이블을 선적하였다.
- 3.1.4 이 선박은 같은 해 8월 11일 일본 근해에서 케이블매설 작업을 마치고 연료유, 주부식, 선용품 보급 등을 마친 후 8월 18일부터 8월 30일까지 부산 해운대 인근에서부터 제주 방향으로 케이블매설 작업을 실시하였다.
- 3.1.5 같은 해 8월 31일부터 9월 8일까지 태풍 마이삭과 하이선의 북상으로 기상이 악화되어 거제 선박기지에서 피항을 하다가, 같은 해 9월 8일 07시 00분경 거제 선박기지를 출항하여 다시 작업현장으로 이동하였다.
- 3.1.6 이때 리스폰더는 예인선 영인105호와 함께 출항하였는데, 영인105호는 리스폰더가 케이블 매설 작업하는 도중 인근 선박의 접근을 선제적으로 차단하고 불법적으로 설치된 어망부이 등을 제거하는 등의 안전감시업무를 수행할 목적으로 리스폰더의 작업에 참여하였다.





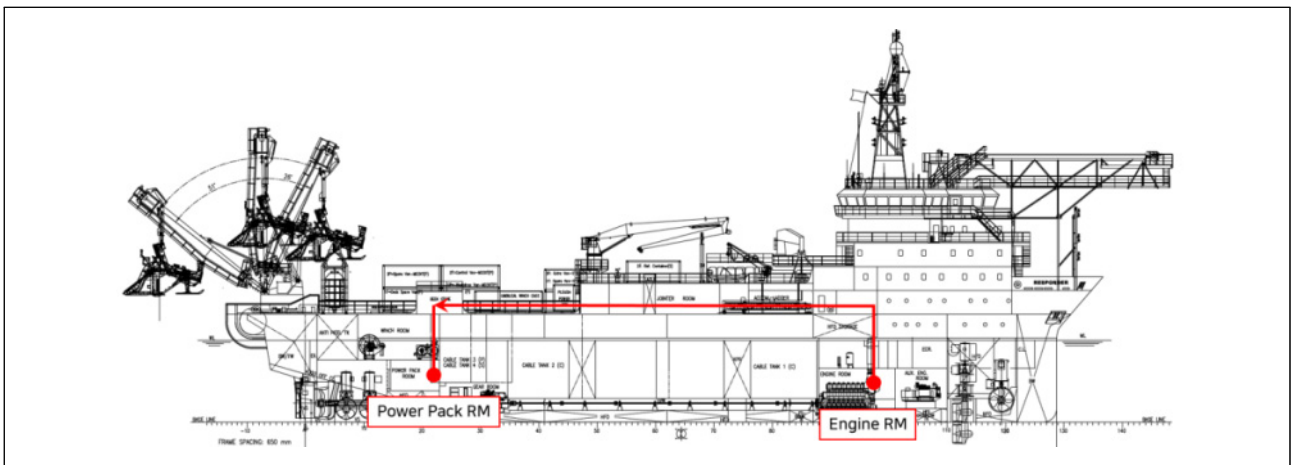
<그림 14> 케이블매설구간 및 시공사진

## 3.2 화재 발생 전

- 3.2.1 리스폰더는 2020년 9월 8일 13시 00분경 작업해상인 경상남도 통영시 홍도 남방 약 13.5마일 해상에 도착하여 같은 날 13시 20분부터 케이블 매설 작업을 실시하면서 남쪽 방향으로 약 1노트 미만의 속력으로 운항하였다.
- 3.2.2 2020년 9월 10일 23시 00분경 이 선박은 경남 통영시 좌사리도 남남서방 약 28마일 해상에서 매설작업을 계속 진행 중이었다.
- 3.2.3 같은 시각 기관당직 중이던 3등기관사는 당직교대 전 연료유 F.O 드레인탱크(F.O Drain Tank)<sup>20)</sup>의 측심(Sounding)을 통해 잔량을 측정하였고 당시 그 측정 깊이는 65센티미터 (약 5.5톤, 전체 용량의 약 65퍼센트)였다.

20) 주기관에서 누유된 연료유 및 연료유 오토필터를 통해 걸러진 찌꺼기 기름 등을 모아놓는 탱크

- 3.2.4 같은 날 23시 30분경 1등기관사 및 3등기관사는 기관제어실(E.C.R.)에서 차기 당직자 2등기관사 A 및 2등기관사 B에게 당직인계를 시작하였고, 같은 날 자정경 당직을 인계 받은 2등기관사 A·B는 기관장이 전일에 지시<sup>21)</sup>하였던 연료유 사용 탱크 교체와 F.O 드레인 탱크의 기름이송작업을 수행하기 위해 기관실 가장 아래갑판인 탱크탑에 위치한 청정기(Purifier)로 이동하였다.
- 3.2.5 2등기관사 A 및 B는 연료유 탱크 교체를 위해 교체할 연료유 탱크와 연결된 청정기를 정지시킨 후, 새롭게 사용할 연료유 탱크와 연결된 청정기를 작동시킨 후, 이들은 기관 제어실로 이동하여 기관실 상황을 모니터링 하였다.
- 3.2.6 2020년 9월 11일 01시 30분경 2등기관사 A는 기관장의 또 다른 지시인 F.O 드레인탱크의 찌꺼기 기름을 침전탱크(Settling Tank)<sup>22)</sup>로 이송하는 작업을 위해 혼자서 탱크탑으로 이동하여 이송밸브를 개방하고 이송펌프를 작동하였고 기관제어실로 돌아왔다.
- 3.2.7 같은 날 01시 50분경 2등기관사 A는 기관제어실 모니터를 통해 침전탱크의 수위가 더 이상 상승하지 않는 것을 확인하여 이송이 완료된 것으로 판단하고 F.O 이송펌프를 중지시켰다.
- 3.2.8 그리고 같은 날 02시 00분경 2등기관사 A는 연료유탱크 교체를 위한 밸브를 조작하기 위해 기관실 외부 선미측 상갑판으로 나가서 계단을 통해 선저로 내려가 연료유 탱크 밸브를 조작할 수 있는 파워팩룸으로 들어갔다.

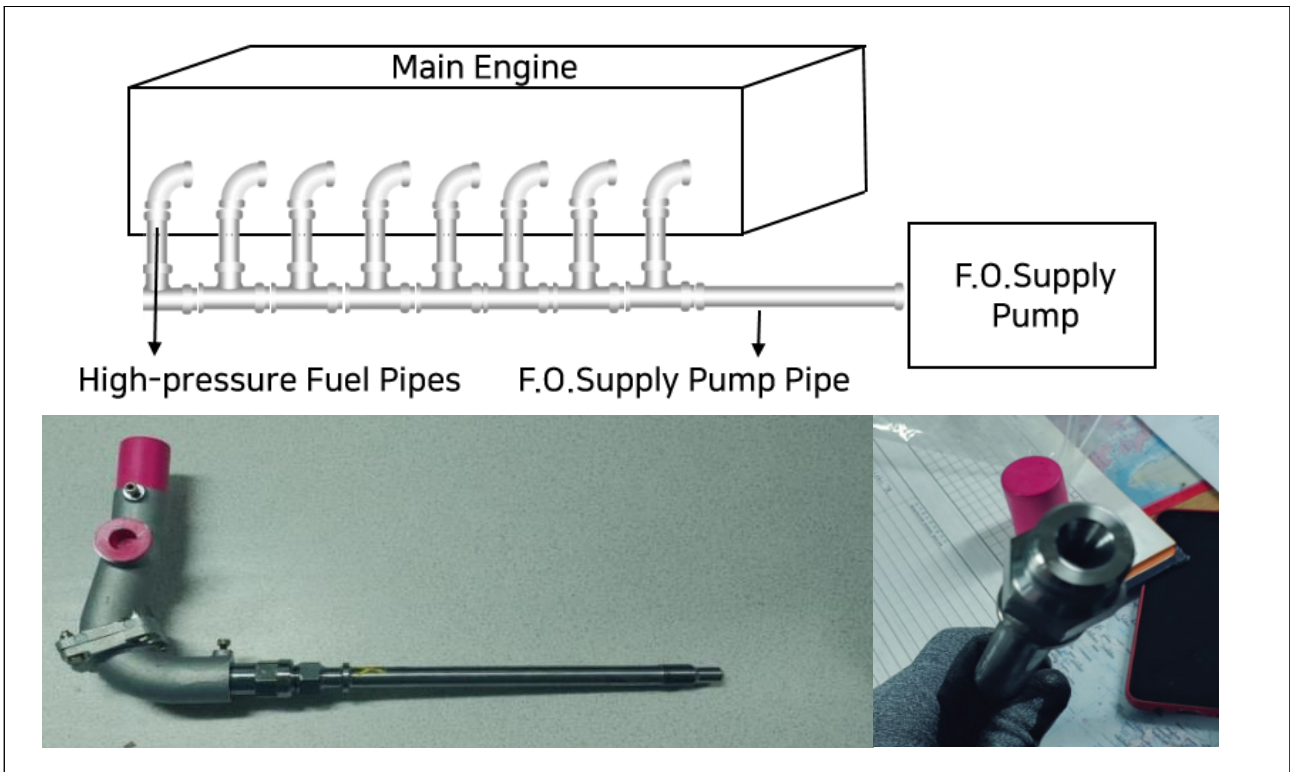


〈그림 15〉 2등기관사 A의 이동경로(기관실→파워팩룸)

21) 기관장은 사고 전일 “내일(사고당일 9월11일) 아침에 조금 남아있는 D.O 스토리지탱크를 다 쓰고 F.O로 bunker 체인지하고, 또한 F.O. 드레인탱크의 기름을 세틀링탱크(침전탱크)로 이송하라.” 라고 지시

22) 선박은 연료유를 수급한 경우, 주기관 및 발전기 등의 안전성 및 효율성 향상을 위해 정화작업을 실시하며, 이 연료유는 침전탱크와 청정기 및 오토필터를 통해 정화 과정을 거쳐 서비스탱크로 이동하여 주기관, 발전기 등 설비 및 장비로 공급을 준비

- 3.2.9 2등기관사 A는 연료유를 사용할 116번 탱크와 204번 탱크의 밸브를 열고, 연료유를 거의 소진한 111번, 112번 및 205번 탱크의 밸브는 잠갔으며, 이송펌프(침전탱크)는 작동시키지 않은 상태에서 같은 날 02시 50분경 기관제어실로 복귀하였다.
- 3.2.10 한편 같은 날 02시 35분경 기관제어실에서 근무 중이었던 2등기관사 B는 기관실 모니터에 연료유 누유 알람(F.O Leakage Alarm) 2개를 확인하였는데, 이는 1번 주기관 5~8번 실린더 측과 2번 주기관의 5~8번 실린더 측에서 누유가 발생하고 있음을 표시하고 있었다.
- 3.2.11 2등기관사 B는 주기관의 상태를 점검하기 위해 현장으로 내려가 확인한 결과 2번 주기관의 4번 실린더와 6번 실린더의 고압파이프<sup>23)</sup>에서 많은 양의 기름이 새고 있었고, 2번 주기관의 8번 크랭크케이스의 외판에도 기름이 흐르고 있었으며, 그 외 1번 주기관 실린더의 여러 개의 고압파이프 표면 위로 많은 양의 기름이 흘러 내리고, 이 중 일부는 주기관 빌지웰로 모이고 있는 것을 목격<sup>24)</sup>하였다.

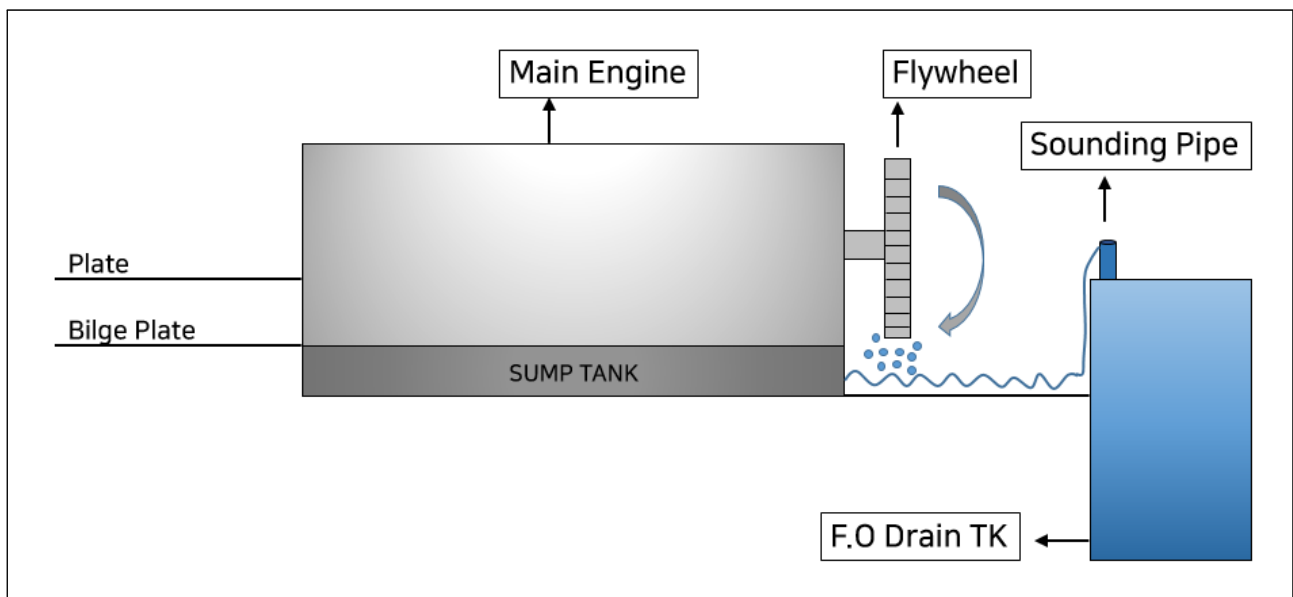


<그림 16> 주기관 배관(선원 진술 재구성) 및 고압파이프(미래로호 샘플)

23) 연료분사펌프(주기관 실린더 내에 연료유를 공급하는 펌프)에서 주기관으로 연결해주는 고압력의 파이프라인으로 리스폰더의 고압파이프는 독일산 제품으로 외경은 약 20밀리미터, 내경은 약 5밀리미터의 스텔제질 파이프

24) 기관사의 진술에 따르면 당시 새고 있는 기름의 양 및 속도는 '200ml 종이 우유곽이 약 15초 정도에 찰 정도였다'라고 함

- 3.2.12 같은 날 02시 43분경 2등기관사 B는 다시 기관제어실로 돌아가 모니터상으로 배기가스 온도를 체크하였으나 온도의 변화 등의 특이사항은 발견할 수 없었고, 그 사이에 1번 주기관 1~4번 실린더의 누유 발생을 의미하는 추가 알람(F.O. Leakage Alarm)이 발생하였고 2등기관사 B는 기관장과 1등기관사에게 전화를 통하여 당시 상황을 보고하였다.
- 3.2.13 그 시각 기관장과 1등기관사는 침실에서 휴식을 취하고 있다가, 2등기관사 B의 연락을 받고 기관실로 내려갔는데, 기관실로 진입하는 순간 강한 기름냄새와 일부 유증기를 느꼈다.
- 3.2.14 같은 날 02시 50분경 기관장과 1등기관사는 기관제어실에서 2등기관사 B로부터 상황을 간략히 보고 받고 주기관으로 내려가 확인한 결과, 1번 주기관의 좌현 측에 위치한 플라이휠<sup>25)</sup>이 회전하면서 인근으로 기름이 튀어 유증기가 발생하는 것을 목격하였다.



<그림 17> 주기관 및 F.O 드레인탱크 배치(기관실 선원 진술 재구성)

- 3.2.15 기관장과 1등기관사는 기름이 새고 있는 양이 너무 많아 1~2개의 고압파이프에서 크랙이 간 정도가 아니라 파이프 자체가 단락되거나 큰 파공이 생겼을 것이라 판단하였고, 누유를 막기 위해서는 주기관을 정지시켜야 한다는 결론을 내렸다.
- 3.2.16 그러나 현장에서는 플라이휠의 회전에 따른 기름의 비산으로 어느 위치에서 기름이

25) 회전하는 물체의 회전 속도를 고르게 하기 위하여 기관의 회전축의 끝단에 달아 놓은 원형 바퀴로서 기관의 각 실린더가 일정한 속도로 회전하도록 역할

새고 있는지 판단하기가 곤란하였고 기관장과 1등기관사는 F.O 부스트펌프<sup>26)</sup>에서 주기관으로 연결되는 파이프에서 기름이 샐 수도 있다고 추측하고 1번 주기관을 정지시켜야 하겠다는 결론을 내렸으며, 선교에 연락한 후 1번 주기관을 정지시켰다.

3.2.17 1등기관사는 1번 주기관쪽으로 가서 1번 주기관 플라이휠 아래 빌지웰로 많은 양의 기름이 모여있는 것을 보고 2등기관사 A에게 “1번 엔진 플라이휠 밑에 있는 탱크 맨홀이 무슨 탱크맨홀이지?”라고 물었고 2등기관사 A는 확인해보겠다고 한 후 기관제어실로 올라와서 확인 후 “107번 탱크 아니면 드레인탱크 밖에 없습니다.”라고 답변하였다.

3.2.18 그러나 1번 주기관이 정지된 후에도 2번 주기관 쪽과 F.O 드레인탱크 측심관 쪽에서 기름이 계속 흘러나오고 있었고, 이에 기관장과 1등기관사는 2번 주기관을 확인하기 위해서 1번 주기관을 다시 운전하고 2번 주기관을 정지시켜야 하겠다고 판단하였으며, 기관제어실에서 1번 주기관의 재기동을 시도하였다.

3.2.19 기관장은 선교에 “1번 엔진에 문제가 생긴 것이 아닌 것 같고 2번 엔진에 이상이 있는 것 같다. 그래서 2번 엔진을 끄겠다.”라고 보고를 하고 기관제어실에서 주기관 변경을 위한 발전기 교체를 위해 기관제어실 모니터 상 ACB(전력교체 회로) 버튼을 눌렀다.

3.2.20 같은 날 03시 35분경, 기관장은 평소와 다르게 전력 교대시간이 다소 오래걸린다는 느낌이 들었고, 그 무렵 발전기 교체가 되지 않은 상태에서 화재경보음이 발생<sup>27)</sup>하였고 기관실 내 전등이 깜빡이면서 정전이 되었고, 1번 및 2번 주기관이 정지되면서 화재가 발생<sup>28)</sup>한 사실을 알게 되었다.

### 3.3 화재 발생 및 초기진압 조치

3.3.1 화재 발생 직후, 주기관이 정지되면서 선내 정전상태가 되었고, 비상발전기가 자동으로 운전되면서 기관실에는 비상등만 켜진 상황이 되었다.

3.3.2 기관실에 있던 기관장 및 기관사들은 화재 알람의 진위를 확인하고 누유 지점을 찾기 위해 기관제어실 문을 열었는데 기관실 내에 짙은 연기<sup>29)</sup>가 가득하여 화재 발생사실을

26) 정화과정을 거친 연료유를 주기관으로 원활하게 이송시켜주기 위하여 압력을 높여 공급해주기 위한 펌프

27) 이 때까지 기관장을 비롯한 기관실 선원들은 이 때 발생한 화재경보가 유증기로 인한 오작동이었을 것이라 생각하였음

28) 경상남도 통영시 좌사리도로부터 방위 약 160도 약 28마일 해상인 북위 34도 06분 23초, 동경 128도 31분 51초 해상에 서 화재 발생

알아차리고 모두 상갑판으로 올라왔고 2등기관사 A와 3등기관사는 기관실 연료유 및 통풍 차단을 위해서 선교로 올라갔다.

3.3.3 한편, 같은 시각 침실에서 휴식 중이던 선장은 선교에서 근무 중인 3등항해사로부터 기관실 화재 사실을 보고받고 선교로 올라갔으며, 기관장 등으로부터 상세한 화재발생 보고를 받지는 못하였으나, 선교에서 선교 패널을 통해 기관실 연료유 차단밸브 등을 조작 중인 기관사들의 모습을 보고 사태의 심각성을 인지하여 전 선원에게 화재비상배치 명령을 내렸다.

3.3.4 그때 2등기관사 A와 3등기관사는 선교에서 화재제어반의 버튼을 조작하여 기관실로 통하는 모든 연료유 차단밸브를 작동시켰고, 2등기관사 A는 통풍을 차단하기 위하여 선교 바깥으로 나와 헬리갑판 위 기관실 케이싱 외벽에 설치된 댐퍼에 접근하여 수동식 댐퍼 손잡이를 아래로 내려 폐쇄하려고 하였으나 연돌에서 나오는 짙은 연기와 유독가스로 인해 가까이 접근하지 못하였으며, 다시 선교로 들어와 선장에게 에어댐퍼를 닫지 못하였다고 보고하였다.

3.3.5 같은 날 03시 38분경 1등항해사는 상갑판에 위치한 비상소집장소에 모인 선원들의 인원점검을 마치고 선장에게 보고하였고, 1등항해사의 보고를 들은 선장은 직접 화재의 규모를 파악하기 위하여 상갑판으로 내려갔으며, 기관실에서 상갑판으로 나와있던 1등기관사에게 화재가 자체적으로 진압이 가능한지 확인하였으나 1등기관사는 불가능하다고 답변하였다.

3.3.6 그 후 선장은 1등항해사에게 고정식 CO<sub>2</sub> 소화장치 사용 준비를 지시하였는데, 당시 선장은 기관실이 밀폐되지 않은 사실을 인지하고 있었음에도 불구하고 선박에서 취할 수 있는 화재진압 수단은 모두 활용해볼 생각으로 고정식 CO<sub>2</sub> 소화장치를 사용해보기로 하였다. 작동지시를 받은 1등항해사는 상갑판 우현측에 위치한 고정식 CO<sub>2</sub> 작동실로 이동하였다.

3.3.7 같은 날 03시 40분경 선장은 초단파대 무선통신설비(VHF Radio)로 채널 16번을 통해 통영 연안 해상교통관제센터에 “선박에 화재가 발생하였고, 화재장소는 기관실이며, CO<sub>2</sub> 소화가스 방출 준비를 하고 있다.”라고 보고하였다.

29) 선장은 기관실 연돌 아래 댐퍼에서 짙은 연기(흰색) 목격, 기관장 및 1등기관사는 기관제어실에서 기관실로 나설 때 짙은 연기(검은색 또는 회색) 목격

- 3.3.8 같은 날 03시 42분경 1등항해사는 선장의 지시에 따라 고정식 CO<sub>2</sub> 소화장치를 작동하였으나 화재진압에 실패하였다.
- 3.3.9 그리고 1등항해사는 기관실 및 거주구역 뒤쪽에 위치한 1번 케이블탱크로부터 화염과 연기가 올라오는 것을 보고 기관실 화재가 케이블탱크까지 번진 것으로 판단하였으며, 이를 선장에게 보고하였다.
- 3.3.10 같은 날 03시 50분경 화염과 연기가 줄지 않고 확산되자 선장은 전 승조원에게 퇴선을 명령하였고 인근에 위치하던 작업보조선 영인105호에 탑승을 지시하였다.
- 3.3.11 같은 날 04시 27분경 전 승조원이 작업보조선 영인105호로 옮겨 탄 후 구조되었고 리스폰더의 폭발에 대비하여 선박으로부터 북서방으로 약 2마일 떨어진 해상에서 세동 상운 소속의 다른 해저전선매설선 미래로호를 기다렸다.
- 3.3.12 같은 날 05시 00분경 미래로호가 사고해역 인근에 도착하자 리스폰더의 모든 승조원은 미래로호로 옮겨 탄 후, 이 선박은 같은 날 21시 32분경 부산항 제7부두에 도착하였다.

## 3.4 화재 진압 및 대응

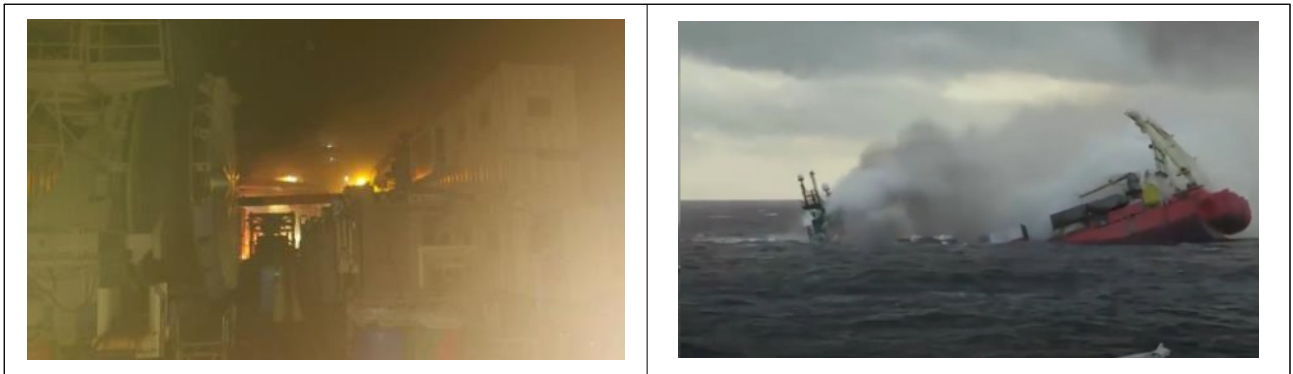
- 3.4.1 한편 같은 날 03시 51분경 통영해양경찰서에는 통영 연안 해상교통관제센터를 경유하여 리스폰더의 화재사고가 접수되었고 통영해경서는 화재진압 및 인명구조를 위해 1501함, 1006함, 방제11호, P-86정, P-101정, P-27정, 통영구조대 등의 현장 이동을 지시하였다.
- 3.4.2 같은 날 05시 16분경 통영해경서의 1501함이 최초로 사고 현장에 도착하였고 선박의 소화포를 이용하여 소화작업을 실시하였다.
- 3.4.3 같은 날 05시 40분경 1006함이 현장에 도착하여 소화포로 소화작업을 실시하였으며, 같은 날 06시 55분경 통영소방정, 같은 날 07시 05분경 1005함이 현장에 도착하여 소화포를 이용하여 소화작업을 실시하였다.
- 3.4.4 같은 날 09시 28분경 리스폰더의 기관실에서 발생한 화재는 선교와 마스트 상부까지



불길이 확산되었고 선체가 우현으로 약 5도가량 기울어지기 시작했으며, 기울기는 점점 심해져 같은 날 11시 05분경 우현으로 약 12도까지 기울어졌다.

3.4.5 같은 날 11시 45분경 통영해경서 512함에서는 선내로 유입되는 소화수로 인해 선박이 기울어진다고 판단하고 외판 살수 및 냉각 방식으로 전환하였으며, 같은 날 21시 35분경 통영해경서의 화학방제2함이 현장에 도착하여 외부갑판 상 화염을 일부 진화시켰으나 같은 날 23시 10분경 선교, 선실 및 선미부근에서 재발화가 되었다.

3.4.6 다음 날인 2020년 9월 12일 16시 55분경 리스폰더의 선수부가 가라앉기 시작하였고 같은 날 17시 42분경 경상남도 통영시 욕지도 남방 약 42마일 떨어진 위치에서 사고 선박은 완전히 침몰<sup>30)</sup>(북위 33도 54분 20초, 동경 128도 14분 34초 해상)하였다.



<그림 18> 리스폰더 화재 및 침몰사진

30) 최초 화재 발생위치로부터 방위 050도 약 19마일 떨어진 해상에서 침몰



section

# 4

## 사고 분석

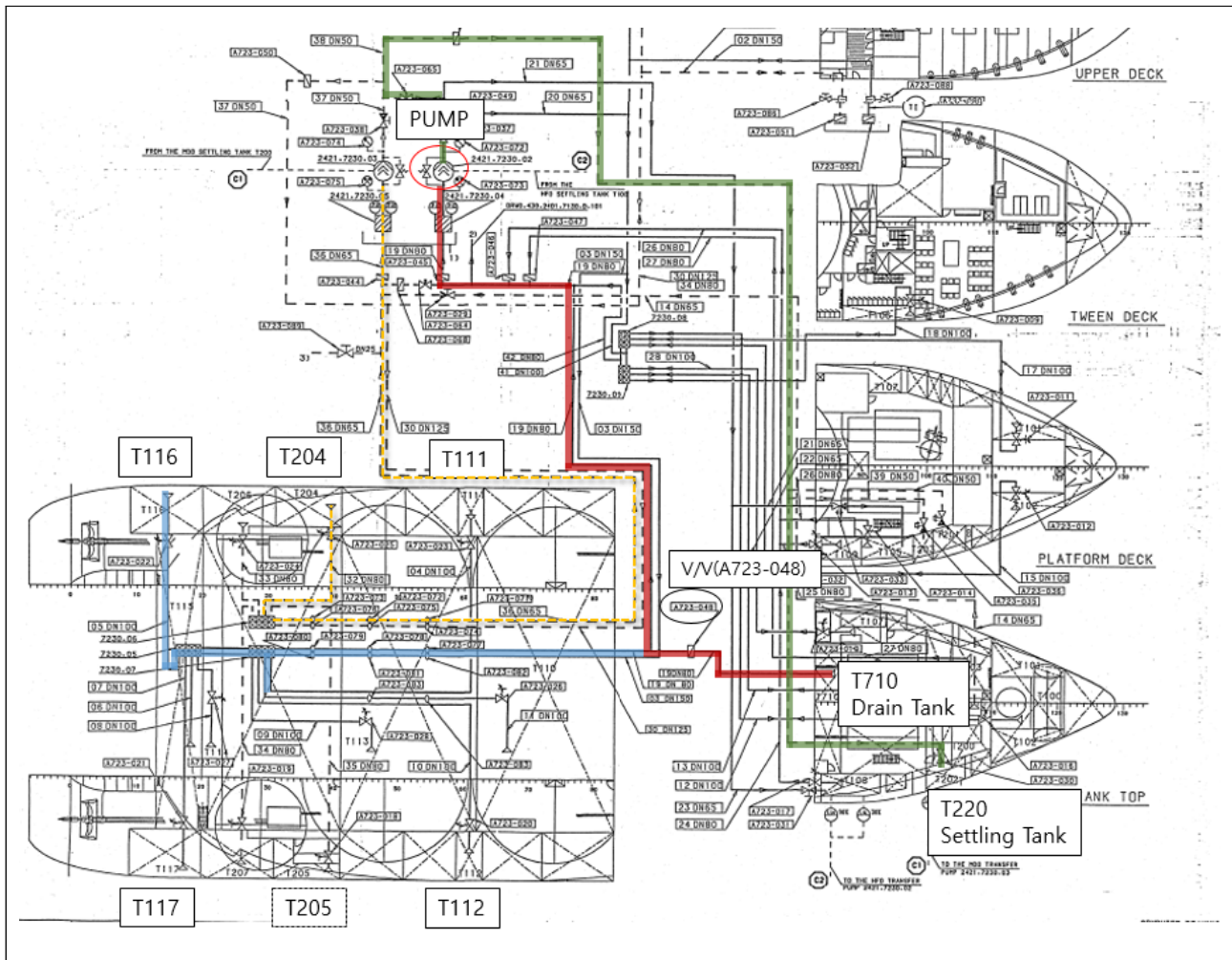
## 4. 사고 분석

### 4.1 화재 발생

#### 4.1.1 F.O 드레인탱크로 연료유 유입 및 넘침

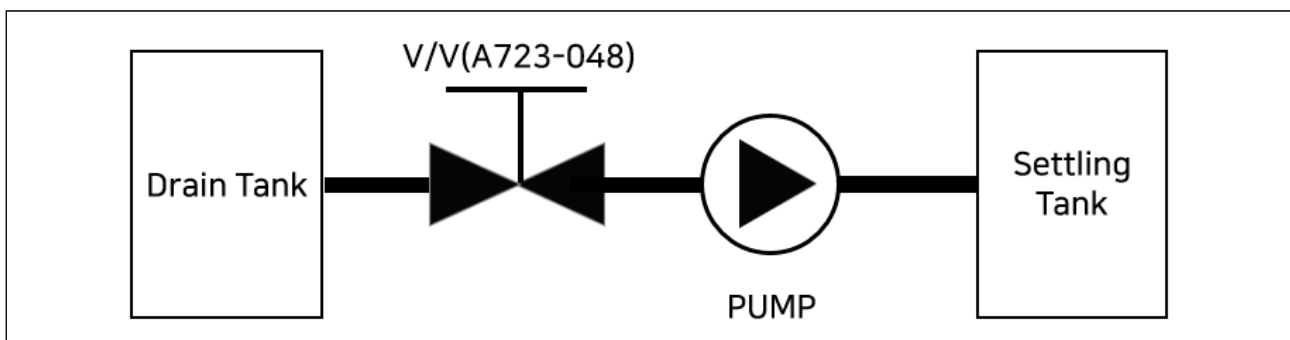
- 4.1.1.1 F.O 드레인탱크는 기관실에서 쓰고 남은 기름을 모아놓는 탱크로서 주로 주기관이나 발전기 등에서 발생 또는 누유된 기름이나 침전탱크 등에서 발생한 수분이 포함된 찌꺼기 기름이 탱크에 모인다.
- 4.1.1.2 2020년 9월 10일 24시경 2등기관사 A는 3등기관사에게 당직을 인계받을 당시 F.O 드레인탱크에 약 5.5톤의 기름이 남아있는 것을 확인하였다. 따라서 사고 전일 기관장의 지시에 따라 F.O 드레인탱크에 모인 기름찌꺼기 및 잔존유 등에 남아있는 연료유를 재사용하기 위하여 침전탱크로 이송하고자 하였다.
- 4.1.1.3 2등기관사 A는 같은 날 02시 00분경 F.O 드레인탱크(T710) 출구밸브와 연료유이송밸브(A723-048)를 열고 연료유 이송펌프를 통하여 F.O 드레인탱크의 기름을 침전탱크로 이송하였다.
- 4.1.1.4 2020년 9월 11일 02시 50분경 2등기관사 B의 연락을 받고 기관실에 내려간 기관장 및 1등기관사 등은 F.O 드레인탱크에 기름이 가득 차 해당 탱크의 측심관으로부터 기름이 넘치고 있었고, 그 기름 중 일부가 주기관 빌지웰로 모이고 있는 것을 목격하였다. 이에 드레인탱크에 대량의 기름이 유입되어 탱크 밖으로 넘친 이유를 살펴본다.
- 4.1.1.5 2등기관사 A는 기름 이송 작업 후 현장에서 수동핸들로 이송밸브(A723-048)를 잠갔다고 진술하였다. 그러나 2등기관사 A는 밸브 조작 후 F.O 드레인탱크 또는 침전탱크 잔량을 확인하여 이 밸브가 제대로 잠겨있는지 여부를 확인하거나 개방한 연료유탱크로부터 침전탱크로의 이송이 정상적으로 이루어지고 있는지에 대해 구체적으로 확인하지는 않았다.

- 4.1.1.6 다음으로, 2등기관사 A는 다 소모한 연료유 탱크를 교환하기 위하여 연료유 배관라인을 재설정하였는데, 연료유가 충분한 탱크들인 116번(T116) 탱크와 204번(T204) 탱크의 밸브를 열었고 연료유가 소진된 111번(T111) 탱크와 112번(T112) 탱크 그리고 205번(T205) 탱크의 밸브를 잠갔다. 이로써 116번(T116) 탱크와 204번(T204) 탱크의 연료유는 이송펌프에 통해 침전탱크로 이송되도록 연결되었다.
- 4.1.1.7 그러나 사고 직전에 완전히 비워진 F.O 드레인탱크는 약 35분 만에 기름이 다시 가득 차올랐고, 심지어 해당 탱크의 측심관으로부터 기름이 넘치고 있는 사실이 1등기관사 등에 의해 목격되었다.
- 4.1.1.8 F.O 드레인탱크에 기름이 유입된 경위를 살펴보기 위하여 먼저 이 탱크에 연결된 연료유 계통 배관구조를 보면, 이 탱크와 연결된 배관은 주기관 및 발전기, 연료유 오토필터 및 침전탱크 등으로부터 누유 등이 유입되는 구조이고, 이 탱크가 가득차게 되면 측심관으로 넘치는 구조이다.
- 4.1.1.9 F.O 드레인탱크는 이 선박의 가장 아래쪽인 선저 탱크탑에 위치하고 있고 연료유탱크는 그보다 상부에 위치하고 있기 때문에 이들 탱크 사이에 연결된 배관을 따라 중력에 의해 연료유탱크로부터 F.O 드레인탱크로 아래로 흘러내릴 수 있는 구조이다. 특히 200번대 연료유탱크와는 달리 100번대 연료유 탱크들은 이송밸브(A723-048)를 통하여 F.O 드레인탱크와 사이에 두고 연결되어 있기 때문에 이 밸브(A723-048)가 개방된 경우, 중력에 의해 연료유가 F.O 드레인탱크로 유입될 수 있는 구조를 가지고 있다. 2등기관사 A가 연료유탱크 교체를 위해 열었다고 한 116번(T116) 탱크가 여기에 해당한다.
- 4.1.1.10 F.O 드레인탱크의 용량은  $10.2\text{m}^3$ 으로 약 8.6톤이며, 일반적으로 이 탱크에 모이는 기름의 특성상 주기관에서 누유된 연료유나 연료유 오토필터 등을 거쳐 걸러진 찌꺼기 기름의 양 만으로는 이 탱크를 약 35분의 짧은 시간 동안 가득 채우기 어렵다.
- 4.1.1.11 이러한 사실과 배관 연결구조를 고려하면 2등기관사 A가 연료유 탱크 교체를 위해 밸브를 열어둔 116번(T116)탱크로부터 이송밸브(A723-048)를 거쳐 중력으로 드레인 탱크로 기름이 모이고 있었을 가능성이 크다. 즉, 2등기관사 A가 잠갔다고 진술한 이송밸브가 기계적 고장이든 착각에 의한 조작 오류이든 어떤 이유로든 제대로 잠기지 않은 상태이었다고 추정된다.



<그림 19> 기관실 배관라인(MDO / HFO Transfer Sys. 도면)

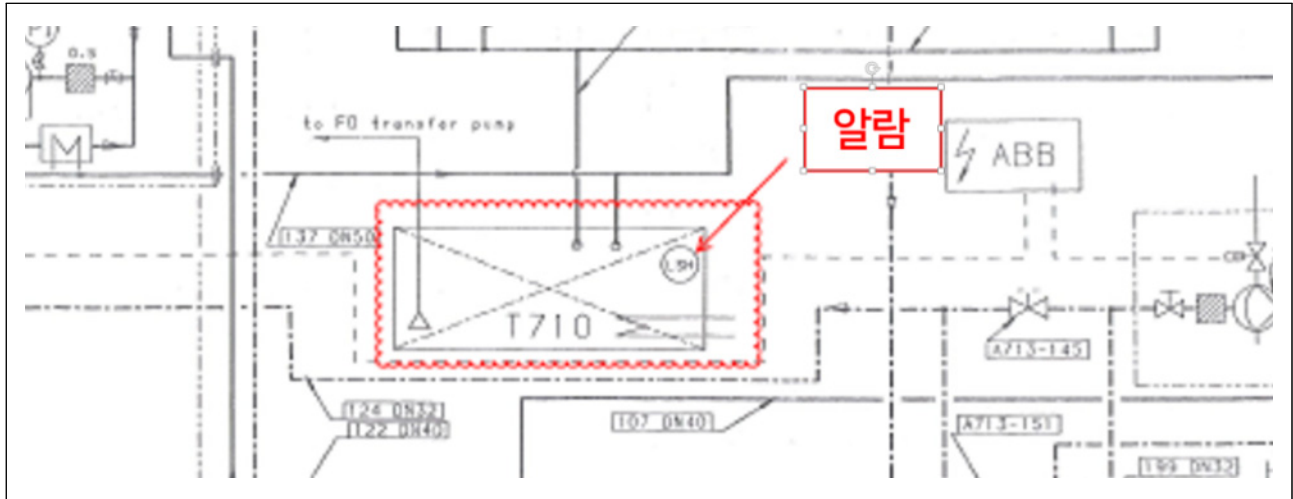
\* 파랑색: 116번 탱크 이송라인, 노랑색: 204번 탱크 이송라인, 빨강색: 드레인탱크 연결 라인, 초록색: 침전탱크 연결 라인



<그림 20> F.O 드레인탱크에서 세틀링탱크까지 이송 다이어그램

4.1.1.12 따라서 약 35분 동안 8.6톤 이상의 연료유가 F.O 드레인탱크에 유입된 원인으로는 F.O 드레인탱크와 116번(T116) 연료유 탱크가 연결된 이송밸브(A723-048)가 열려있

었고, 116번(T116) 연료유탱크의 연료유가 이 밸브의 배관을 통과하여 F.O 드레인탱크로 유입되었을 가능성이 높다고 판단된다.



<그림 21> F.O 드레인탱크 알람센서(M127, F.O Service System 도면)

#### 4.1.2 기관실 바닥으로 누유 및 주기관 빌지웰에 고인 기름의 비산(흘부러짐)

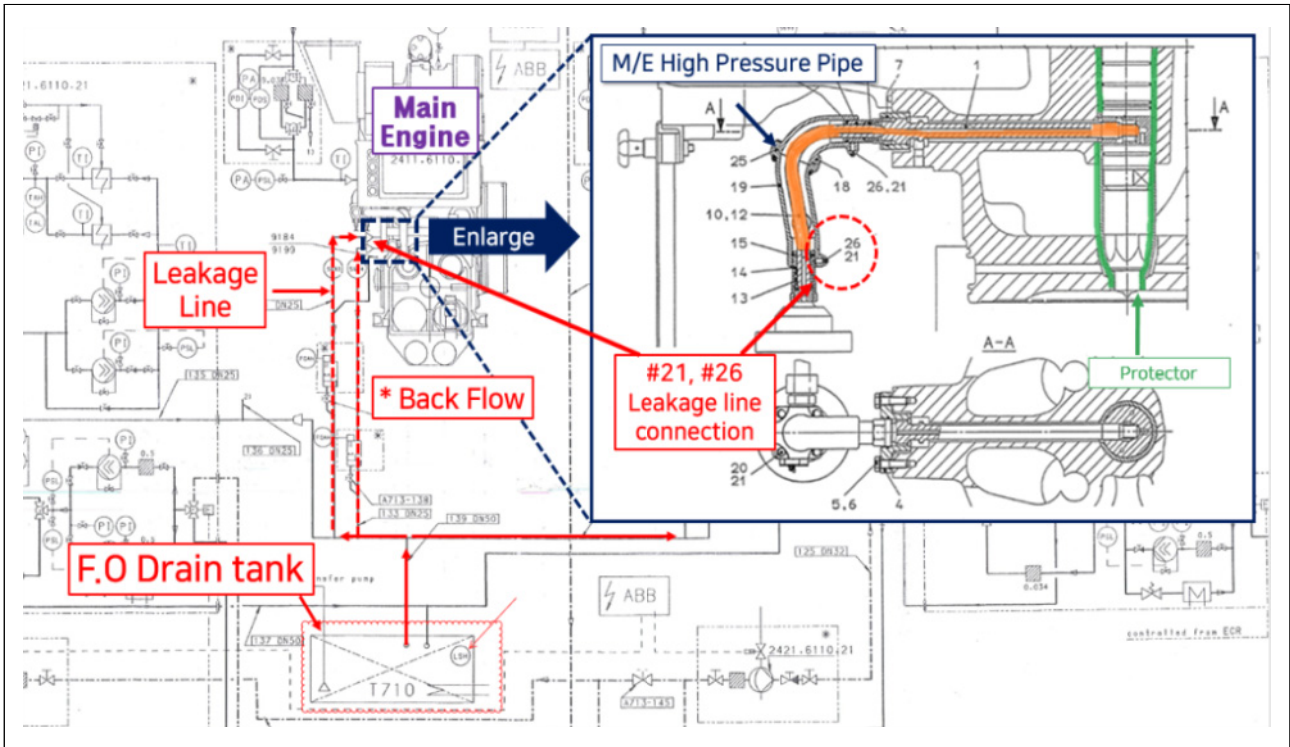
- 4.1.2.1 F.O 드레인탱크에 차있던 기름은 사고 발생 전인 02시 00분경 2등기관사 A가 침전탱크로 이송시키면서 모두 비워졌으나, 02시 50분경 1등기관사가 거주구역에서 기관실로 내려왔을 당시, F.O 드레인탱크의 측심관으로부터 많은 양의 기름이 넘쳐서 바닥에 흘러내리고 있는 것이 목격되었다.
- 4.1.2.2 또한 F.O 드레인탱크의 측심관에서 흘러나온 기름과 주기관 연료공급용 고압파이프 라인 주변에서 새어나온 연료유가 합쳐져 모이면서 주기관 빌지웰(Bilge Well)에는 많은 기름이 고여 있었고, 이 기름이 주기관 플라이휠에 의해 비산되면서 유증기를 형성하고 있음이 선원에 의해 목격되었다.
- 4.1.2.3 이에 따라 사고 초기에 이 선박의 기관실 선원들은 F.O 드레인탱크의 기름은 주기관으로부터 흘러나온 기름들이 모여서 넘쳤을 것으로 판단하고, 고압파이프 인근에서 발생하는 누유현상의 원인을 찾기 위해 노력하였다. 선원들은 먼저 주기관 연료공급용 고압파이프 인근에서 누유 원인으로 해당 고압파이프의 파공 또는 대규모 크랙 가능성을 의심하고 있었다. 따라서 주기관을 바꿔 운전하여, 주기관이 정지했을 때 누유가 되는지 여부를 살펴보면서 손상부위를 확인하고자 하였다.

- 4.1.2.4 그러나, 주기관 고압파이프는 지속적인 F.O 주기관 펌프의 강한 압력 등에 의해 균열 또는 파공이 생겨 연료유가 샐 수 있으나 리스폰더에서는 이를 정기적으로 정비 및 교체<sup>31)</sup>하고 있었기 때문에 그러한 경우가 흔하지는 않으며, 특히 사고 당시와 같이 1번 주기관의 5~8번 실린더 사이의 고압파이프와 2번 주기관의 5~8번 실린더 사이의 고압파이프에서 동시에 문제가 생겼다는 것은 매우 이례적인 경우로서 실제로 발생할 가능성은 낮다고 판단된다.
- 4.1.2.5 사고 직전 기관실에 유증기가 가득 차고 1번 및 2번 주기관에서 누유 알람이 발생하고 있을 당시 기관사들이 주기관 배기가스 온도를 확인하였지만 연료공급에 별다른 이상이 없었다<sup>32)</sup>는 진술이 있었다.
- 4.1.2.6 또한 기관사들은 그들이 1번 및 2번 주기관 고압파이프 인근의 누유 여부를 확인하기 위해 주기관을 멈추었을 때도 누유가 멈추지 않았고, F.O 드레인탱크의 측심관을 통해서도 연료유가 계속 넘치고 있었다고 진술하였다.
- 4.1.2.7 이와 같이 다수의 주기관 연료공급용 고압파이프가 동시에 파손될 가능성이 낮고, 운전 중인 주기관 연료공급에 큰 문제가 없었으며, 정지된 주기관의 고압파이프 부근에서 누유가 멈추지 않았다는 점 등을 고려했을 때 주기관 연료유 공급용 고압파이프 부근에서의 누유원인이 고압파이프 손상일 가능성은 낮다고 추정된다.
- 4.1.2.8 한편, 이 선박의 기관실 연료유 배관 체계를 살펴보면, 주기관 연료유 공급용 고압파이프로부터 누유가 발생하는 경우, 이 기름들이 고압파이프와 연결된 누유 수집 배관(리키지 라인)을 따라 중력으로 F.O 드레인탱크로 모이도록 연결되어 있다. 하지만 당초 설계목적과는 반대로, F.O 드레인탱크 안의 기름이 가득차면 압력에 의해 주기관 누유 수집 배관(리키지 라인)을 타고 올라가 주기관 연료유 공급용 고압파이프 인근까지 역류<sup>33)</sup>될 수도 있는 구조이다.
- 4.1.2.9 F.O 드레인탱크가 약 35분의 짧은 시간에 다시 가득 차 측심관(Sounding Pipe)으로 넘칠 정도였다는 사실로 보아 당시 F.O 드레인탱크에 유입되는 기름의 양과 압력이 상당했던 것으로 추정된다.

31) 기관장의 진술에 따르면 리스폰더의 고압파이프는 1년에 1회 또는 2회 가량 교체해주고 있었음

32) 주기관 고압파이프의 균열 또는 파공으로 인해 연료유가 누유되는 경우 주기관 배기가스의 온도가 낮아지는 현상을 발견할 수 있음

33) 정상적인 경우, 운용 중인 주기관의 찌꺼기 기름이 F.O 드레인탱크로 이동하게 되어 있음



<그림 22> 주기관 누유 연료유 이송 배관(리키지 라인) 배관도(M127, F.O Service System 도면)

4.1.2.10 당시 기관실 선원 중 한 명의 진술에 따르면, 리스폰더에서는 평소 연료공급 고압파이프에서 기름이 새는지 여부를 눈으로 직접 확인하기 위해 고압파이프와 누유 수집 배관(리키지 라인)이 연결된 부분의 너트(그림 22의 #21, #26에 해당)를 느슨하게 풀어두었던 상태<sup>34)</sup>이었던 것으로 보인다. 이는 고압파이프의 손상에 따른 누유가 없을지라도 F.O 드레인탱크로부터 연료유가 역류했을 때 누유 수집 배관(리키지 라인) 연결구 등을 통해 고압파이프 바깥쪽으로 연료유가 새 수 있다는 것이고, 이처럼 고압파이프 주변으로 연료유가 새는 경우, 연료유 누유 알람(F.O Leakage Alarm)이 울리게 된다.

4.1.2.11 즉, 배관구조나 F.O 드레인탱크로부터의 역류 가능성으로 미루어 보아 주기관 누유가 발생한 부위는 주기관 연료분사펌프를 통한 고압파이프 손상부위라기 보다는 고압파이프와 누유 수집 배관(Leakage Line)을 연결하는 부위일 가능성도 있다고 판단된다. 또한, 주기관 플라이휠을 통해 비산된 연료유 일부가 고압파이프 주변에 묻어 흘러내렸을 가능성도 배제할 수 없다.

34) 주기관을 운용할 때 누유 연료유 이송 배관(리키지 라인) 연결구의 너트를 느슨하게 풀어놓는 경우, 주기관 고압파이프에서 누유가 발생할 때, 기관실 바닥에 기름이 누유되는 상황이 발생할 수 있으며, 이는 주기관측에서 누유된 기름을 온전히 F.O 드레인탱크로 이송시켜야 하는 통상적인 주기관 관리 방법에 해당하지는 않음

4.1.2.12 결과적으로 주기관 연료공급용 고압파이프라인 부근에서 새어나온 연료유는 고압파이프 자체에 균열 또는 파공이 생겨 누유되었을 가능성보다는 F.O 드레인탱크로부터 누유 수집 배관을 따라 역류한 연료유가 고압파이프와의 배관연결구를 통해 누유되었을 가능성이 더 높다고 판단된다. 아울러 이곳으로부터 흘러나온 기름은 고압파이프라인 바깥쪽을 타고 흘러내리면서 F.O 드레인탱크 측심관으로부터 넘쳐 흘러나온 기름과 함께 기관실 바닥으로 흘러내렸고, 이들 기름이 주기관 빌지웰에 가득 차면서 바로 위쪽에서 고속 회전하고 있는 플라이휠에 의해 공중으로 흩뿌려진 것으로 추정된다.

### 4.1.3 기관실 내 유증기 발생

4.1.3.1 2020년 9월 11일 02시 50분경 기관장을 비롯한 기관실 선원들은 기관실로 내려와 연료유 누유 알람의 원인을 찾기 위해 주기관 인근을 점검할 때, 주기관 빌지웰 인근에 있던 F.O 드레인탱크(F.O Drain Tank)의 측심관(Sounding Pipe)으로부터 분출되어 넘친 기름이 빌지웰(Bilge Well)로 모이는 것을 목격하였다.

4.1.3.2 기관장과 1등기관사는 주기관 빌지웰에 기름이 가득차면서 빌지웰 상부에서 고속으로 회전하던 주기관 플라이휠(Flywheel)의 끝단에 빌지웰에 모여진 기름이 닿아 인근으로 튀면서 기관실 내부에 유증기가 퍼지고 있는 것을 목격하였다.

4.1.3.3 이와 같이 기관실에서 근무하는 선원들은 사고 당시에 육안으로도 확인할 수 있을 정도로 강한 유증기를 느낄 수 있었다고 진술하였고, 리스폰더가 주기관 및 발전기 등에서 사용 중인 유종은 저유황경유(LSMGO)였으므로 사고 당시 기관실에 퍼져있던 유증기는 저유황경유(LSMGO)로부터 형성됐던 것으로 판단된다.

4.1.3.4 기관실 내 존재했던 유증기는 화재를 일으킬 수 있는 가연물질 중 하나로 유증기의 농도가 국제선급협회(IACS)에서 정의한 폭발하한수준<sup>35)</sup>에 이르게 되면, 발화점보다 높은 열원이나 정전기에 의한 불꽃(Spark)에 접촉하여 화재나 폭발을 일으킬 수 있는 가능성이 있다. 즉, 기관실과 같이 밀폐된 공간 내에서 유증기의 농도가 점점 높아지게 되면 폭발하한수준(최저폭발농도)에 이르게 되고, 이때 불꽃 등 발화점보다 높은 열원이 발생하게 되면 유증기가 점화되어 화재나 폭발에 이를 수 있음을 의미한다.

35) IACS UR M67 / 유증기의 최저 폭발 농도(LEL, Low Explosive Level): 50mg/ℓ



- 4.1.3.5 다만, 사고 당시 리스폰더 기관실에 있던 유증기의 농도는 알 수 없으나, 기관실 선원들이 육안으로도 느낄 수 있을 정도였다는 진술을 토대로 고려해볼 때, 기관실 내 유증기의 농도가 아주 상당한 수준이었을 것으로 추정된다.
- 4.1.3.6 사고 당시 리스폰더에 실려있던 저유황경유에 대한 시험성적서<sup>36)</sup>에 따르면, 이 저유황경유의 인화점<sup>37)</sup>은 섭씨 64도이고, 이는 기화되었을 경우 스파크 또는 작은 발화원에도 폭발 및 화재를 불러일으킬 수 있는 온도이므로 사고 당시 주기관 가동을 위해 외부공기 공급이 충분히 이루어지고 있던 기관실 대기여건에서는 이 저유황경유 유증기가 가연물질로 작용하였을 가능성이 높다고 판단된다.

#### 4.1.4 기관실 내 전기불꽃 등

- 4.1.4.1 기관실은 각종 전기적 장치로부터의 스파크나 불꽃이 발생하기 쉽고, 고온부가 상존하는 환경으로, 특히 연료유 온도를 가열해야하는 청정기와 보일러의 점화 불꽃, 고온의 과급기(Turbo charger), 각종 배전반에서 발생할 수 있는 스파크, 슬러지 및 기관실에서 발생한 폐기물을 처리하는 소각기 등으로부터 발생한 발화원과 유증기가 결합하면 화재가 발생할 수 있다.
- 4.1.4.2 그러나 이 선박은 현재 침몰하여 인양되지 않은 상태로 화재 원인을 찾아내기 위한 현장확인이 불가능한 상황임에 따라 정확한 발화원을 특정하기가 어렵다.
- 4.1.4.3 다만, 사고 당시 F.O 드레인탱크의 측심관 바로 위에 배전반이 있었고, 우현인 2번 주기관에서 화염을 보았다는 일부 기관실 선원들의 진술을 토대로 추측해보면 1번 주기관을 정지시키고 2번 주기관을 재기동하는 과정에서 발생한 배전반 전기불꽃(Spark)에 의해 화재가 발생하였을 가능성이 있다.
- 4.1.4.4 또한 비산되고 있던 기름 유증기가 보일러 버너의 점화 불꽃, 고온의 과급기(Turbo charger) 표면 등과 접촉, 인화됨으로써 화재가 발생하였을 가능성도 배제할 수는 없다.

36) 2020년 7월 20일 리스폰더에 수급된 저유황경유(LSMGO)의 채취(샘플링) 및 검사 결과

37) 기체 또는 휘발성 액체에서 발생하는 증기가 공기와 섞여서 가연성 또는 완폭발성(緩爆發性) 혼합기체를 형성하고, 여기에 불꽃을 가까이 댔을 때 순간적으로 섬광을 내면서 연소하는, 즉 인화되는 최저의 온도

\* 발화점: 주변온도 상승으로 스스로 발화하여 연소를 시작하는 최소 온도로 대개 인화점보다 높음

## 4.1.5 소결

- 4.1.5.1 기관실 선원들의 진술 및 사고 발생 이후 이 보고서가 작성되기까지의 해양경찰의 수사결과 등을 종합하면 기관실 선원 등에 의한 실화 등 의도적인 발화 가능성은 없는 것으로 판단된다.
- 4.1.5.2 이 화재사고는 2020년 9월 11일 03시 35분경 연료유이송밸브가 잠기지 않음으로 인해 연료유 탱크에 있던 연료유가 F.O 드레인탱크로 중력이동되었고, F.O 드레인탱크에 가득찬 연료유가 드레인탱크 측심관(Sounding Pipe) 및 주기관 연료유 누유 수집 배관(Leakage Line)으로 역류하여 리키지 라인 이음새로 새어나오면서, 이 기름들이 기관실 바닥 및 주기관 발지웰에 가득 차게 되었고, 주기관 발지웰의 상부에 위치한 플라이휠의 고속 회전에 의해 공기 중으로 흩뿌려지면서 다량의 유증기가 형성되었다.
- 4.1.5.3 사고 선박이 침몰함에 따라 현장확인 및 화재 확산경로 추정 등이 불가능하여 구체적인 발화원을 특정하기는 곤란하다. 그러나, 통상 기관실에는 각종 배전반에서 발생할 수 있는 전기불꽃 또는 정전기, 보일러에서 발생하는 불꽃이나 과급기의 고온 표면 등이 상존한다. 이들이 가지고 있는 열에너지는 기관실 내 형성된 유증기와 접촉할 경우 발화원으로 작용할 정도로 충분히 높은 수준이라고 판단된다. 특히 화재 발생 직 전에는 1번과 2번 주기관 교체운전을 위한 발전기 가동 등 전기적 신호가 계속 발생되고 있었다. 따라서 이번 화재의 경우, 기관실 내 전기불꽃, 정전기 또는 터보차저 표면 고온부 등이 발화원으로 작용하였을 것으로 추정된다.

## 4.2 화물관리와 선원의 화재대응조치

### 4.2.1 선박의 화물관리체계

- 4.2.1.1 리스폰더는 강재 화물창 덮개 및 화물구역 차단 수단을 장착하고 불연성 해저케이블만 적재하는 조건으로 화물구역에 대한 고정식 CO<sub>2</sub> 소화설비 설치를 면제받았다.
- 4.2.1.2 그러나 2020년 5월과 7월 일본 모지항에서 작업용 해저케이블 선적 당시 선박소유자, 안전관리사 및 화물담당자는 화물상세자료 등을 통해 불연성 여부 등을 확인하는 조치를 취하지 않았다.

## 4.2.2 선원의 기관실 유증기에 의한 화재 위험성 평가 및 대응

- 4.2.2.1 사고 당일 02시 50분경 기관장과 1등기관사는 기관실에 진입하는 순간 강한 기름냄새와 유증기를 느끼면서 기관실의 상황이 평소와 다르다는 것을 최초로 인지하였다.
- 4.2.2.2 당시 기관실 선원들은 1번 주기관 플라이휠 인근에서 기름이 튀어 유증기가 발생하는 것을 보고 다량의 기름이 주기관과 연결된 파이프에서 기름이 샌다고 판단하였고 1번 주기관 및 2번 주기관 인근에서 기름이 새어나오는 곳을 찾기 시작하였다.
- 4.2.2.3 이후 같은 날 03시 35분경 작동중이던 2번 주기관을 정지시키고 1번 주기관을 재기동하려던 도중 화재경보음이 발생하였고, 화재알람 진위여부 확인을 위해 기관제어실 문을 여는 순간 기관실 내 자욱한 연기를 목격하고 화재위험을 느끼고 곧바로 기관실을 탈출하였다.
- 4.2.2.4 위 상황을 고려해볼 때, 기관실 내부에는 최소 45분 동안 유증기가 발생하고 있었으나, 그 동안 기관실 선원들은 기관실 내 기름이 새는 곳을 찾아 수리하는 것을 우선순위에 두었을 뿐 유증기를 배출시켜 화재발생 위험을 먼저 제거하려는 시도는 하지 않았던 것으로 보인다.
- 4.2.2.5 국제해상인명안전협약(SOLAS) 제2-2장 C편 제8.3규칙에 따르면, A류 기관구역<sup>38)</sup>로 분류된 기관구역은 화재 발생 시 연기 등을 배출시키기 위한 적절한 설비들을 갖추도록 요구<sup>39)</sup>하고 있다. 리스폰더는 총 6개의 기계식 또는 자연식 통풍덕트를 갖추고 있고, 이 중 상갑판에 위치한 3개의 기계식 흡기 덕트(MS22~24)에 설치된 팬은 평상시에는 흡기방향으로 작동되지만 기관실 또는 선교에 있는 비상스위치제어반(Emergency Switch Board)에서 역회전 조작이 가능하여 필요하면 공기 배출이 가능한 것으로 나타났다.
- 4.2.2.6 따라서 기관실과 같이 밀폐된 공간에서 유증기의 농도가 점점 높아지는 경우, 화재·폭발의 위험성을 낮추기 위하여 기관실 내 유증기를 먼저 배출시키는 조치를 적극적으로 취하고, 이후 유증기 발생원인인 누유 발생부위를 찾는 것이 바람직하다고 판단

38) A류 기관구역이라 함은 다음의 해당하는 하나를 수용하는 장소 및 이 장소에 이르는 트렁크를 말함

(1) 주추진(Main propulsion)을 위하여 사용되는 내연기관

(2) 추추진 이외의 목적을 위하여 사용되는 합계출력 375킬로와트 이상의 내연기관

(3) 기금보일러 또는 연료유장치, 또는 불활성가스발생장치, 소각기 등과 같이 보일러가 아닌 기름을 연료로 사용하는 장치

39) 제8.3항규칙에 따른 기관구역 내 연기 배출(Release of smoke from machinery spaces)요건은 2002년 7월 1일 이후에 건조되는 선박에 적용되는 사항으로 1999년 건조된 리스폰더는 적용되지 않음

된다. 당시 기관실 선원들은 기관실 내부 공기를 외부로 배출시키는 팬(상갑판 기계식 흡기 팬)을 작동하는 등 연기 배출을 통해 화재위험요인을 제거하는 노력은 미흡했던 것으로 보인다.

## 4.2.3 화재 발생 후 기관실 선원의 초기 대응조치

- 4.2.3.1 기관제어실에 있던 선원들이 화재경보음을 들었을 때는 유증기로 인한 화재경보기의 오작동(Fault alarm)일 것이라고 생각하였고, 이들이 주기관 상태를 현장에서 확인하기 위해 기관제어실 출입문을 열었을 때는 기관실 내부가 이미 연기로 가득 차 시계가 극히 제한된 상황이었다.
- 4.2.3.2 기관실 선원들은 당시 기관실에 연기가 자욱할 정도로 화재가 상당히 진행됨으로써 발화 위치를 특정하기도 어렵고 접근도 불가능해 복잡한 기관실 내에서 이동식 소화기를 사용하는 등의 초기대응은 어려운 상황이었다고 진술하였고, 이에 따라 기관실을 탈출하면서 선교에 기관실 화재사실을 보고하였다고 하였다.
- 4.2.3.3 기관실에서 탈출한 2등기관사 A와 3등기관사는 선교로 올라가서 기관실로 통하는 모든 연료유 차단밸브를 작동시켰고, 2등기관사 A는 기관실 통풍장치를 차단하기 위하여 선교 바깥으로 나와 헬리갑판의 에어댐퍼 핸들을 작동시켜 직접 폐쇄하려고 하였지만 짙은 연기로 인해 작동핸들까지 접근이 불가능해 차단에 실패하였다. 이러한 2등기관사 A의 조치는 선장의 지시와 무관하게 리스폰더의 화재비상대응매뉴얼에 지정된 담당 임무에 따라 2등기관사 A가 스스로 판단한 것이었다.
- 4.2.3.4 화재대응절차에 따라 기관실 선원들은 기관실 내 화재발생을 인지한 후 총책임자인 선장에게 화재발생사실, 추정원인, 화재 확산정도 및 소화수단 등에 대해 먼저 보고하고 상황을 공유한 다음, 선장의 판단과 지시에 따라 직책별로 화재진압 임무가 수행되어야 하나, 이러한 절차가 체계적으로 이루어지지 않은 것으로 보인다. 즉, 리스폰더의 화재 초기대응 시 총책임자(선장)에 의해 효과적으로 상황이 공유되고, 화재 진화를 위한 수단이 적절히 통제되고 관리되지 못하였던 것으로 판단된다.

## 4.2.4 초기화재진압 시도

- 4.2.4.1 사고 당일 03시 35분경 리스폰더 기관실에서 화재가 발생하였고 선장은 3등항해사로

부터 화재 사실을 보고 받고 선교로 올라가 화재비상배치 명령을 내렸으며, 같은 날 03시 38분경 1등항해사는 선원들의 인원점검을 마치고 선장에게 보고하였다.

4.2.4.2 같은 시각 선장은 화재의 규모를 파악하기 위하여 상갑판으로 내려갔으며, 기관실에서 상갑판으로 탈출하였던 1등기관사에게 화재가 선박에서 자체적으로 진압이 가능할 것인지 물어본 결과 1등기관사는 불가능하다고 답변하였다. 이에 선장은 선박에서 자체적인 화재진압이 불가능하다고 판단하였다.

4.2.4.3 그러나 1등기관사는 당시 기관실을 탈출하면서 화재의 위치 및 규모를 몰랐기 때문에 선박에서 화재진압이 가능할 것인지 여부를 제대로 알 수 없었다고 판단된다.

4.2.4.4 따라서 선장은 1등기관사로부터 화재진압이 불가능하다는 대답을 들었을지라도 화재의 규모 및 크기, 최초 발화장소, 화재의 확산 가능성, 기관실 밀폐 가능 방안 등을 재확인함으로써 선박에서 화재진압을 시도할 것인지 여부를 검토하였어야 한다고 판단된다.

## 4.3 고정식 CO<sub>2</sub> 소화장치 사용

4.3.1 사고 당일 03시 40분경 선장은 1등기관사로부터 자체적으로 화재 진압이 불가능하다는 의견을 들은 후, 선장은 초단파대 무선설비(VHF Radio)를 이용하여 통영 연안 해상 교통관제센터에 고정식 CO<sub>2</sub> 소화장치를 사용하려고 한다고 보고하였다.

4.3.2 앞서 선장은 선교에서 2등기관사 A로부터 연돌 측 에어댐퍼를 닫지 못하여 기관실이 밀폐되지 않은 사실을 보고 받았음에도 불구하고 화재진압을 시도하고자 고정식 CO<sub>2</sub> 소화장치를 사용하기로 하였다.

4.3.3 결국 선장은 1등항해사로 하여금 상갑판에 위치한 고정식 CO<sub>2</sub>룸에서 소화장치를 작동시켜 기관실에 CO<sub>2</sub> 소화가스를 살포하도록 지시하였으나 이 소화장치를 사용한 후에도 기관실에서 발생하는 연기와 화염은 잦아들지 않았다.

4.3.4 이는 사고선박의 기관실이 밀폐되어 있지 않았기 때문에 고정식 CO<sub>2</sub> 소화장치를 이용한 질식효과가 나타나지 않아 화재진압에 실패하였던 것으로 보인다.

4.3.5 선장은 당시 리스폰더에 승선하고 있는 선원, 케이블 매설을 위한 기술자, 전문작업원

등 60명의 인명안전을 위하여 신속한 퇴선을 하기로 결정하고, 퇴선 직전 고정식 CO<sub>2</sub> 소화장치를 사용하였다고 진술하였다.



〈그림 23〉 유사선박(미래로호)의 수동형 개폐방식 댐퍼

- 4.3.6 그러나 고정식 CO<sub>2</sub> 소화장치는 가장 효과적인 수단이자 선박에서 단 1회 활용할 수 있는 최후의 화재진압 수단이며, 화재구역을 완전하게 밀폐하고 사용하여야 한다. 만약 화재구역을 밀폐시키지 않고 고정식 CO<sub>2</sub> 소화장치를 작동시키게 되는 경우 발화구역의 화염을 일시적으로 잦아들게 할 수는 있지만 결국 화재를 완전하게 소화시킬 수는 없다. 그러므로 고정식 CO<sub>2</sub> 소화장치의 작동은 신중하게 준비하고 시행함이 바람직하다.
- 4.3.7 선장이 화재 발생을 인지한 03시 40분 직후 휴대형 소화기에 의한 화재진압이 불가능하다고 판단하고 고정식 CO<sub>2</sub> 소화장치를 작동시키기로 결정한 것은 사고 당시 기관실 화재의 심각성을 적절히 고려한 조치였을 것이라고 추정된다. 다만, 화재 발생을 인지한 후 5분여 만에 연돌 측 에어댐퍼를 닫지 않은 채로 고정식 CO<sub>2</sub> 소화장치를 작동시킨 것은 인명안전을 최우선으로 한 조치라고 할지라도 결국 화재 진압의 실효성이 없었던 점에서 아쉬움이 남는다.
- 4.3.8 화재 발생을 인지한 후 약 52분만인 04시 27분경 모든 승조원이 영인207호에 옮겨 타기까지 화재 확산과정 등을 볼 때<sup>40)</sup> 초기 화재발생상황에 대한 판단과 승조원이 퇴선하는 동안에 연돌 측 에어댐퍼를 차단하기 위한 노력에 좀 더 시간을 들일 수도 있었다고 보인다.

- 4.3.9 즉, 선장은 1등기관사로부터 기관실 화재의 자체적인 진압이 불가능하다고 보고를 들었을 때, 기관실 화재의 크기, 최초 발화장소, 화재의 확산 가능성, 기관실 밀폐 가능 방안 등을 재검토하는 노력이 필요했다고 판단된다.
- 4.3.10 또한, 선장은 다른 선원들이 퇴선하는 동안에 임무를 담당한 선원으로 하여금 자장식호흡기(SCBA) 등을 착용하고 연돌 측에 위치한 에어댐퍼에 접근하도록 지시할 수도 있었다고 판단된다. 기관실 환기장치를 모두 차단하여 기관실을 밀폐할 수 있었다면 고정식 CO2 소화장치에 의한 화재 진압 성공 가능성을 상당히 높였을 것으로 기대된다.

## 4.4 선박 화재대응 훈련의 적절성

- 4.4.1 리스폰더는 총톤수 500톤 이상의 국제항행선박으로서 국제해상인명안전협약(SOLAS)에 따라 매달 1회씩 화재, 퇴선 등 비상대응훈련을 실시할 의무가 있다.
- 4.4.2 이 선박의 연간 비상대응훈련계획 및 결과보고서에 따르면 매달 소화·퇴선 비상대응훈련, 해양사고 방지 훈련 등은 계획대로 실시해온 것으로 나타나있다.
- 4.4.3 그러나 이 선박의 선장 및 선원들의 진술에 따르면, 이 선박은 비상상황에 대비한 훈련을 실제로 실시하지 않고, 훈련 당일 선내 게시판에 훈련참석 결과를 게시한 후, 각 선원들이 서명란에 서명하는 방식으로 훈련이력을 기록 및 관리하였다.
- 4.4.4 이는 평상시 비상상황에 대한 위험성 인지 부족, 안전의식 결여 등을 보여주는 것으로써 비상상황 발생시 대응 역량이 부족할 수 있음을 나타낸다.
- 4.4.5 실제로 이번 기관실 화재사고시에도 유증기 배출에 의한 화재가능성 예측, 화재 위험요인에 대한 대비, 초기 화재 대응, 화재 발생에 대한 신속한 보고 등이 제대로 이뤄지지 않아 효과적으로 화재사고에 대응하지 못했던 것으로 판단된다.

### 40) 리스폰더 주요 화재 대응 및 상황 시간별 요약

일시	내용
2020.9.11 03:35	기관실 화재 발생
2020.9.11 03:40	선장 현장 지휘 및 고정식 CO2 사용 결정
2020.9.11 03:42	고정식 CO2 소화장치 사용 및 실패
2020.9.11 03:50	선장의 퇴선 결정
2020.9.11 04:27	영인 207호에 전 승조원 탑승(구조) 완료
2020.9.11 09:28	리스폰더 선교 및 마스트상부까지 불길 확산
2020.9.12 17:42	리스폰더 침몰

## 4.5 화재진압

- 4.5.1 통영해양경찰서 상황보고서에 따르면 2020년 9월 11일 03시 51분경 통영해양경찰서 구조대(1501함, 1006함, 방제111, P-86, P-101, P-27, 육치출장소, 통영구조대 등)가 화재진압을 위해 현장에 출동하였고 같은 날 05시 16분경 현장에 신속하게 도착하였다.
- 4.5.2 리스폰더의 기관실은 선박의 주기관, 발전기, 보일러 등 다양한 기기 및 설비들이 모여서 운용되는 장소로 그 구조가 매우 복잡하기 때문에 발화원을 특정하더라도 내부진입이 불가능하면 화재진압이 매우 어렵다.
- 4.5.3 구조대가 이 선박에 도착했을 때는 이미 고온으로 달구어진 갑판 및 외판 온도로 인해 구조대원의 승선이 불가하여 승선 자체가 불가능하였고 화재 규모를 정확히 추정하기도 어려웠다. 따라서 출동한 구조 선박에서는 소화수를 방사하여 외판을 냉각하여 화재확산을 억제하는 한편, 기관실 출입구를 향해 물줄기를 쏘아 기관실 내부로 물을 흘려 내리는 방식으로 소화를 시도하였다.
- 4.5.4 그러나 계속된 소화작업에도 불구하고 리스폰더호는 같은 날 09시 28분경 기울어지기 시작하였고 같은 날 11시 45분경 선내로 유입되는 소화수의 하중으로 인해 선박이 기울어진다고 판단한 구조대는 외판 냉각 소화방식으로 전환하였으나 같은 날 23시 10분경 재발화되었다. 결과적으로 선체 내부에 진입하지 못하고 선박 외부에서 살수하는 외판 냉각 방식만으로는 기관실 내 화재를 진압하거나 상당시간 축적된 기관실 내 열에너지를 충분히 낮추는데 한계가 있었던 것으로 판단된다.

## 4.6 침몰

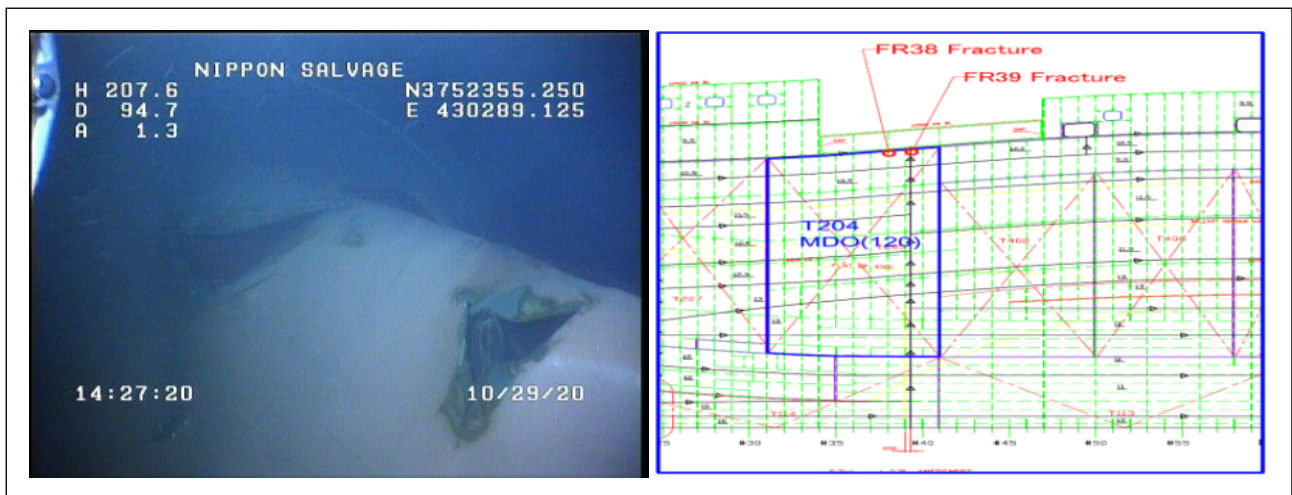
- 4.6.1 통영해양경찰서의 상황보고서에 따르면, 리스폰더는 다음 날인 9월 12일 16시 47분경 선수부로 급격한 기울기가 발생하였고, 같은 날 16시 55분경 리스폰더의 선저에서 폭발이 발생<sup>41)</sup>하고 선수부가 더욱 가라앉기 시작하면서, 같은 날 17시 42분경 선박이 완전 침몰하였다.
- 4.6.2 이 선박의 구난 인양업체인 니폰샐비지(Nippon Salvage)에서 해양오염방지를 위한 유

41) 해경 경비함 1501함은 리스폰더에서 폭발이 보인다고 상황실에 보고

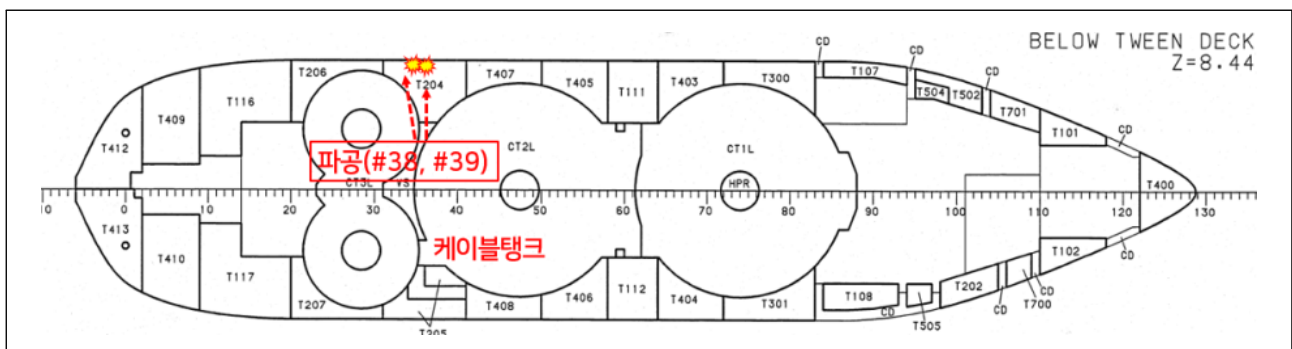


류 이적작업 등을 위해 침몰한 리스폰더를 해저에서 확인<sup>42)</sup>한 결과 204번 연료유 탱크가 위치한 외판에 내부에서 외부로 폭발한 것으로 보이는 2군데의 선체 파공이 생긴 것을 확인하였다.

4.6.3 따라서 리스폰더는 화재진압 중 선수부로 침하가 시작되었고, 기관실에서 발생한 화재가 인접한 케이블탱크 구역으로 확산되면서 열 전도율이 높은 케이블의 발화 및 화재 확산이 이루어졌으며, 케이블탱크 화재로 인한 열이 인접한 연료유탱크<sup>43)</sup>로 전도되면서 연료유 탱크 내 잔존유 및 증기 등이 폭발을 일으켜 선체외판에 파공이 발생하였고, 다량의 해수가 선체로 침입함으로 인해 선체침하가 가속화 되어 결국 이 선박이 침몰하게 되었다고 판단된다.



<그림 24> 폭발이 발생한 204번 탱크 사진(파공부) 및 도면



<그림 25> 파공이 발생한 204번 탱크 도면 및 위치

42) 2020년 10월 29일

43) 폭발이 발생한 204번 연료유 탱크는 당시 케이블탱크로 둘러싸인 면적이 크고 연료유 잔량이 가장 많았음

section

5

결론

## 5. 결론

### 5.1 화재 발생

5.1.1. 이 화재사고는 2020년 9월 11일 02시 35분경 해상에서 케이블 매설 작업 중인 리스폰더의 기관실에 유증기가 가득한 상태에서 스파크 또는 기관실 고온의 기기에 의해 폭발되면서 생긴 화재사고라고 판단된다.

5.1.2 리스폰더의 기관실에 유증기가 발생하게 된 경위와 화재가 발생한 원인은 아래와 같이 추정된다.

- 사고당시인 2020년 9월 11일 02시 00분경 연료유 탱크(T116)와 F.O 드레인탱크(용량: 8.6톤)를 연결하는 연료유 이송밸브(A723-048)가 기계적 고장 또는 운용자의 착각에 의한 조작 오류 등의 이유로 제대로 닫혀있지 않거나 열려있었던 상태였으며, 이로 인해 연료유 탱크(T116)에 있던 일부 연료유(약 80톤)가 중력에 의해 F.O 드레인탱크(용량: 8.6톤)로 유입되었다.
- F.O 드레인탱크에 가득 찬 연료유 중 일부는 드레인탱크의 상부 측심관으로 넘쳐서 기관실 바닥으로 흘렀고, 측심관으로 빠져나가지 못한 일부 연료유는 중력에 의한 압력으로 주기관 누유 수집 배관까지 역류하여 연료유 고압 공급파이프 인근의 누유 수집 배관 이음새로 새어나와 기관실 바닥으로 흘렀다.
- 이 기관실 바닥으로 흘러나온 연료유는 주기관 빌지웰에 모이게 되었고, 이때 주기관 빌지웰 바로 위에서 고속회전하고 있는 플라이휠에 닿아 튀어 비산되면서 발생한 유증기는 기관실 내 전기적 스파크 또는 고온의 기기 표면에 닿으면서 폭발 및 화재가 발생하였다.

5.1.3 또한 사고 전 리스폰더에 작업용 해저케이블 선적 당시 선박소유자, 선사 및 화물담당자는 해저케이블의 불연성 여부 등 확인을 통해 적재가 적합한 해저케이블인지 여부를 확인하는 등의 조치를 취하지 않았던 것으로 판단된다.

## 5.2 유증기에 의한 화재 위험성 인식 및 대응 조치 미흡

5.2.1 기관실 내 유증기에 의한 화재 위험성을 간과하여 유증기 배출 노력을 소홀히 하는 등 화재 발생을 예방하려는 조치가 미흡했던 것으로 판단된다.

- 이 화재사고가 발생되기 전 기관장 및 기관실 선원들은 강한 기름냄새와 유증기를 느끼면서 기름이 비산되고 있는 현장을 확인하였다. 그럼에도 불구하고 이들은 기름이 새어나오는 위치를 찾는데 집중하였을 뿐 가연물질인 유증기의 위험성을 인식하지 못하였고 이를 배출하려는 노력은 하지 않아 화재발생 가능성을 초기에 차단하지 못하였다.
- 또한 기관장 및 기관실 선원들은 화재가 발생하기 전 기관실에서 기름 등이 누유되고 있는 사실이나 유증기가 가득했던 사실 등을 선교에 신속하게 알리지 않아 위험상황이 공유되지 않았으며, 선교에서 화재의 위험성 등을 사전에 파악하지 못함에 따라 주기관 정지에 대비한 케이블 매설작업 중단 등 초기 위기 대응조치가 적절히 이루어지지 못하였다.

5.2.2 한편, 위급한 화재 상황에서 승조원의 안전을 우선적으로 확보하는 것이 절실하였다는 점을 고려하더라도 초기 화재 대응 및 화재 진압 시도과정에서 일부 아쉬운 점이 있었던 것으로 판단된다.

- 기관장 및 기관실 선원들은 화재발생을 인식한 직 후 기관실을 탈출하면서 발화 현장을 식별하거나 화재 규모를 구체적으로 확인하지 못하였다.
- 선장은 화재에 대한 정보, 즉 발화원인, 발화지점, 화재규모 및 확산 가능성 등에 대해 정확히 보고받지 못한 상태에서 ‘화재의 자체진압이 어려울 것 같다’는 1등기관사의 의견 등 제한된 정보만으로 화재 진압 시도 여부를 검토하였으며, 세부적이고 구체적인 화재 진압계획을 검토하지 못한 채 퇴선을 전제로 최종적인 소화수단인 기관실 내 고정식 CO<sub>2</sub> 소화장치 사용을 결정하였다.
- 냉각 및 산소농도 저하 등의 효과를 통해 화재를 진압하는 기관실 고정식 CO<sub>2</sub> 소화장치의 특성 상 CO<sub>2</sub> 방출 전에 기관실을 적절히 밀폐하여야만 화재진압에 성공할 수 있다. 정확한 밀폐가 이루어지지 않으면 일시적인 냉각효과에 의해 화염이 일시적으로 잦아질 뿐 잠시 후 다시 확산된다. 이 화재사고 당시 기관실의 배기를 담당하는 연돌 측 에어댐퍼는 개방되어 있었고, 선장 및 담당 기관사는 이를 알고 있었으나 해당 에어댐퍼를 차단하여 기관실을 밀폐하기 위한 적극적인 시도를 하지 않았다.

- 밀폐되지 않은 기관실에 CO<sub>2</sub> 가스를 방출함으로써 유일한 자체화재진압 수단으로부터 화재를 진압할 수 있는 기회를 놓치게 되었다.

## 5.3 선원의 화재 대응 역량 부족

5.3.1 이 선박의 선원들은 평소 위기대응매뉴얼대로 소화훈련을 적절히 실시하지 않음으로써 적절한 화재 대응역량이 갖지 못했거나, 발휘하지 못했던 것으로 판단된다.

- 이 선박 선원들은 매달 시행하여야 하는 비상대응훈련을 실제로 실행하지 않은 채 훈련일지에 서명만 하였고, 이는 유증기 배출에 의한 화재가능성 예측, 초기 화재 대응, 화재 발생에 대한 신속한 보고, 화재진압을 위한 신속한 지휘 통솔 체계 구축·운영 등의 화재 대응역량을 제대로 구축하지 못했고, 이러한 훈련을 통해 위기상황을 적절히 통제할 역량을 발휘하지 못했던 것으로 판단된다.

## 5.4 선박의 침수 및 침몰

5.4.1 리스폰더는 선박의 고정식 CO<sub>2</sub> 소화장치를 통한 화재진압에 실패하자 작업보조선인 예인선 영인105호에 전 승조원이 옮겨탄 후 세동상운 소속 선박인 미래로호에 다시 이동하여 인명피해 없이 퇴선을 완료하였다.

5.4.2 화재 발생 후 통영해양경찰서, 통영소방서 소속의 구조대 등이 현장에 도착하여 화재진압을 실시하였으나, 사고 선박은 소화수의 무게로 인해 선박이 기울어지기 시작하였다.

5.4.3 따라서 구조대는 외판냉각 방식으로 전환하고 폼(Foam) 등 화학소화방식을 통해 갑판상 일부화재를 진압하였으나, 진화 및 재발화가 반복되면서 화재는 선박의 케이블탱크 및 거주구역으로 확산되었다.

5.4.4 이후 이 선박은 케이블탱크에 보관된 해저케이블까지 화재가 확산되고, 기관실 내 연료탱크 내 기름 및 가스에 열 에너지가 전도되면서 인근 연료유 탱크(204번)에서 폭발이 발생하였고 이는 선저부에 2개의 파공을 발생시켰다.

5.4.5 따라서 이 파공으로 선저침하가 가속화 되었고, 리스폰더의 선수부가 가라앉기 시작하여 최종적으로 이 선박은 2020년 9월 12일 17시 42분경 경상남도 통영시 욕지도 남방 약 42마일 해상에서 침몰되었다고 판단된다.

section

6

권고

## 6. 권고

### 6.1 연료유탱크와 F.O 드레인탱크 간 역류방지 시스템 마련

- 6.1.1 선박에는 기관실 유류의 원활한 이송을 위하여 연료유탱크와 F.O 드레인탱크, 침전탱크 등 유류가 저장된 각 탱크를 연결할 수 있도록 배관체계가 구성되어 있다.
- 6.1.2 따라서 연료유탱크가 F.O 드레인탱크보다 높게 설치된 선박의 경우, 연료유탱크의 연료유는 중력으로 배관을 통해 F.O 드레인탱크로 이송될 수 있으며, 이를 방지하기 위하여 기관실에는 연료유탱크와 F.O 드레인탱크가 연결된 배관에 차단 밸브가 설치되어 있다.
- 6.1.3 다만, 이 밸브에 대한 형식 및 규격에 대한 규정이 별도로 제정되어 있지 않아 선박소유자의 편의에 따라 체크 밸브, 버터플라이 밸브, 글로브 밸브(스톱 밸브) 등을 설치할 수 있다.
- 6.1.4 그러나 유체의 흐름 방향이 한쪽으로만 정해져있는 체크밸브<sup>44)</sup>와는 달리, 버터플라이 밸브 또는 글로브 밸브 등은 열려있는 경우 중력에 따라 연료유 등이 전후로 자유롭게 이동할 수 있다.
- 6.1.5 따라서, 각 선박소유자 및 운항자는 연료유탱크와 F.O 드레인탱크 사이에 배관이 연결되고, 그 배관이 모두 연료유 이송을 위한 목적으로만 사용되는 경우, 연료유탱크에서 F.O 드레인탱크로 기름이 역류되지 못하도록 체크밸브와 같은 연료유 이송배관의 제어장치를 설치하는 등의 방안을 마련해야 한다고 판단된다.
- 6.1.6 아울러, 해양수산부에서는 「선박기관규정」 등 연료유 이송배관의 역류방지 밸브 설치 등을 통해서 F.O 드레인탱크 등에서 넘침을 예방할 수 있도록 규정의 제정 또는 개정을 검토하거나, 고시 또는 지침 등을 마련하는 방안을 검토해야한다고 판단된다.

44) 배관 시스템에서, 유체가 역류하지 않고 한쪽 방향으로만 흐르도록 유체의 흐름을 자동으로 제어할 수 있는 장치(밸브)

## 6.2 기관실 F.O 드레인탱크 수위 알람 설비 정비 및 관련 규정 제정

- 6.2.1 F.O 드레인탱크는 주기관 등에서 누유된 연료유 및 찌꺼기 기름 등이 수집되는 탱크이며, 기관실 선원들은 이러한 기름 등이 넘치지 않도록 주기적으로 그 양을 확인하여야 한다.
- 6.2.2 그리고 일부 선박의 경우, F.O 드레인탱크의 양이 일정 수위 이상을 넘어가는 경우, 알람을 울리도록 하여 기관실 선원이 이를 인지할 수 있도록 하고 있다.
- 6.2.3 리스폰더의 경우, 기관실 선원들이 F.O 드레인탱크의 고수위 알람장치가 고장임을 인지하고 이 탱크에 채워진 유체에 대하여 측심 계측을 통해 그 양을 주기적으로 확인을 하고 있었으나 이 탱크가 연료유에 의해 넘치기 전 기관사들이 그 넘침을 인지하지 못하였다.
- 6.2.4 따라서 각 선박소유자 및 운항자는 F.O 드레인탱크의 알람장치를 설치하도록 하고 기관실 선원들에게 알람장치가 적절하게 작동하는지 등을 확인할 수 있도록 정비지침을 마련하도록 하여야 한다.
- 6.2.5 또한, 해양수산부에서는 F.O 드레인탱크의 수위가 높을 경우, 알람을 울리게 할 수 있는 장치를 마련하기 위해서 관련 규정 및 지침을 제정 또는 개정하는 방안을 검토하여야 한다고 판단된다.

## 6.3 선박 화재진압에 대한 육상 지원기관 전문성 및 협력체계 강화

- 6.3.1 선박의 기관구역은 주기관, 발전기 등 대형설비 및 장치가 모여있어 복잡한 구조로 되어 있으며, 화재진압시 기관실은 주수직 구조로서 전체를 하나의 구역으로서 격리하여야 한다.
- 6.3.2 따라서 전체의 기관구역을 밀폐하기 위하여 기관실의 외부로 통하는 개구부 및 환풍구를 신속하게 차단한다면, 기관구역의 내부화재는 더 크게 확산되지 않을 가능성이 높고 외판냉각 등을 통해 화재의 세기가 잦아들면 소방관이 승선하여 이산화탄소 및 폼 등을 이용하여 화재를 진압할 수 있다.
- 6.3.3 그러나 기관실 개구부를 향하여 소화포를 방사하는 경우, 기관실 내부 크기에 비해 개구부가 협소하기 때문에 소화수가 발화원에 도달하기가 어려워 소화효과를 극대화하기가 어렵고 소화포 방사 시간이 길어질수록 상갑판 및 거주구역에 소방수가 누적되어 선박이 기울거나 침수될 수도 있다.



- 6.3.4 따라서 이러한 선박 화재의 특성을 고려하여 유관기관은 해상 선박화재대응을 위한 합동소방훈련을 실시하는 방안을 검토할 필요가 있다고 판단된다.
- 6.3.5 또한 각 선사에서는 관리 선박에서 화재사고 발생시, 소방서 및 해양경찰서 등 화재대응 기관에 화재 선박 일반배치도, 화재제어도(Fire control plan) 등 도면 및 관련 절차서 등을 신속하게 제공하여 화재진압방안에 대해서 적극적으로 논의 및 협력할 필요가 있다.
- 6.3.6 부가적으로 각 선사에서는 선장에게 선박 화재 발생시 화재대응 기관들과 협력하는 방안에 대하여 주기적으로 교육하여, 유사시 각 선 선장들은 신속하고 적극적으로 소방관서 등에 의견을 제시할 수 있도록 하여야 한다.

## 6.4 선내 비상대응 교육 및 훈련 강화

- 6.4.1 리스폰더와 같이 총톤수 500톤 이상의 국제항해선박의 경우, 「국제해상인명안전협약(SOLAS)」제3장제19규칙에 따라 매달 1회 소화·퇴선훈련을 실시하여야 한다.
- 6.4.2 이 선박은 연간 비상대응훈련계획에 따라 매달 1회 소화·퇴선훈련을 실시하고 있다고 기록하고 있었으나 사고 발생 전까지 비상대응에 대한 실질적인 교육 및 훈련은 실제로 실시된 적이 없었다. 따라서 각 선원들은 화재발생 당시 본인의 임무에 대해서 명확하게 숙지하고 있었다고 보기 어렵다. 또한 당시 기관실 선원들이 기름 누출의 출처를 찾는데 집중한 것으로 볼 때, 유증기 발생에 따른 화재의 발생 위험에 대한 심각성을 인지하지 못하였다고 판단된다.
- 6.4.3 리스폰더는 선원 및 전문 작업자 등 다수의 인원이 탑승하는 선박이기 때문에 화재 등 비상상황 발생시 신속한 인원점검 및 효율적인 지휘통솔체계 구축을 위하여 각 승조원들은 본인의 임무를 명확하게 숙지하고 이행할 수 있어야하고, 각 승조원들은 지속적인 교육을 통하여 비상상황 발생에 대한 경각심을 가지고 있어야 한다.
- 6.4.4 따라서, 각 선박소유자 및 운항자는 선박 화재 등 비상상황에 대한 올바른 대응을 위하여 소속 선박이 국제협약 및 국내법에 따른 비상대응훈련을 반드시 실시할 수 있도록 하여야 하고, 선원들을 대상으로 유증기와 같은 화재 위험요인에 대하여 항상 경각심을 가질 수 있도록 교육하여야 한다.

- 6.4.5 그리고 각 선박소유자 및 운항자는 선원 비상대응 임무에 대하여, 해당 선원이 실질적으로 임무를 수행할 수 있도록 구체적인 장소, 수행방법, 기기 등의 작동 순서 등을 선내 안전관리매뉴얼에 세밀하게 명시할 필요가 있고, 이를 선원들이 숙지할 수 있도록 주기적으로 교육을 실시하여야 한다.
- 6.4.6 또한, 선원 양성 및 교육 기관에서는 선원들이 승선 중 연료유 유증기와 같은 인화성 물질 발견시 사전에 화재 위험성을 인지하고 준비할 수 있도록 교육하여야 하며, 화재 발생시 선원들이 신속히 대응할 수 있도록 구체적이고 실용적인 교육 프로그램(댐퍼 폐쇄 실습 등)을 운용할 필요성이 있다고 판단된다.
- 6.4.7 아울러, 해저전선매설선과 같은 DP 선박은 선원 및 전문작업자 등 다수의 인원이 승선한 선박이므로, 각 선박소유자 및 운항자는 이러한 선박에 비상대응 및 교육·훈련을 담당하는 전문 안전관리자가 승선하는 방안에 대해서도 검토할 필요가 있다고 판단된다.

## 6.5 에어댐퍼의 원격개폐장치 규정 마련 및 설치 강화

- 6.5.1 리스폰더의 기관실과 연결된 연돌 측 에어댐퍼는 사람이 기관실 외부의 현장에서 직접 닫아야 하는 수동형 개폐장치로, 이 선박에 화재가 발생한 후, 비상대응절차에 따라 기관사는 선교 상부로 올라가서 연돌 측 에어댐퍼를 닫으려고 하였으나 짙은 연기와 유독가스로 인해 닫지 못하였다.
- 6.5.2 이로 인해 이 선박의 기관구역은 외부공기와 완전히 차단되지 아니하였고, 선장이 고정식 CO<sub>2</sub> 소화장치를 이용하여 기관구역의 화재를 진압하고자 하였을 때도 CO<sub>2</sub> 소화가스의 질식효과가 나타나지 않음으로써 화재진압에 실패하게 되었다.
- 6.5.3 관련 국제협약에서는 기관실과 같은 특정 구역에서 화재 발생시 이 구역을 밀폐하도록 규정하고 있는데, 「국제해상인명안전협약(SOLAS)」 제2-2장제10규칙(10.4.2)<sup>45)</sup> 및 제2-2

45) 「국제해상인명안전협약(SOLAS)」 제2-2장제10규칙(10.4.2)

10.4.2 고정식가스소화장치용 폐쇄설비

고정식가스소화장치가 사용되는 곳에서, 보호되는 구역으로 공기가 침입하거나 또는 보호되는 구역으로부터 가스가 유출될 수 있는 개구는 보호되는 구역의 외부에서 폐쇄될 수 있어야 한다.

장제5규칙(5.2.2.1)<sup>46)</sup>에 따라 화재가 발생한 구역(기관실 등) 외부의 다른 구역(연돌 에어댐퍼 현장 등)에서도 화재구역을 차단할 수 있도록 되어 있다.

- 6.5.4 다만, 이 선박의 기관실 화재사고 경우와 같이 연돌 에어댐퍼 측에서 짙은 연기와 유독성 가스가 배출되는 경우에 현장이 아닌 곳에서 이 댐퍼를 닫기 위한 원격제어시스템에 대한 규정은 마련되어 있지 않다.
- 6.5.5 반면, 신조선 등 일부 선박에서는 신속하고 안전하게 화재구역을 밀폐하기 위하여 에어댐퍼와 같은 통풍차단장치를 선교 또는 상갑판 등에서 에어밸브(Air Valve) 등을 통해 일괄 차단할 수 있도록 원격제어시스템을 구축하고 있다.
- 6.5.6 만약, 이번 화재사고의 경우에도 기관실이 완전히 밀폐된 상황에서 고정식 CO<sub>2</sub> 소화장치 사용을 하였다면, 기관실 화재를 일부 또는 상당부분 진압할 수 있었을 가능성이 높고, 육상소방대가 승선할 수 있는 환경을 조성하고, 소방정·해경함정 등의 충분한 지원을 통해 선박 침몰을 예방할 수 있었을 것으로 판단된다.
- 6.5.7 따라서, 국제해사기구(IMO)에서는 각종 화재에 대응하기 위한 고정식 CO<sub>2</sub> 소화장치 등 선내 소화시스템의 효율성을 제고하기 위한 에어댐퍼의 원격개폐장치 설치를 강제화하거나 고정식 CO<sub>2</sub> 소화장치 사용시 화재구역이 자동으로 신속하게 통풍차단이 될 수 있도록 하는 등의 규정을 마련할 필요성이 있다.
- 6.5.8 아울러, 각 선박소유자 및 안전관리자 등은 선내에서 발생할 수 있는 화재사고를 신속하고 안전하게 대응하기 위하여 에어댐퍼를 원격에서 개폐할 수 있는 장치를 선박에 구축하는 방안을 적극 고려하여야 할 것으로 판단된다.

## 6.6 선박 화물 적재 적합성 확인 강화

- 6.6.1 리스폰더는 강제 화물창 덮개 및 화물구역 차단 수단을 장착하고 불연성 해저케이블을 적재하는 조건으로 화물구역에 대한 고정식 CO<sub>2</sub> 소화설비 설치를 면제받은 선박이다.

46) 「국제해상인명안전협약(SOLAS)」 제2-2장제5규칙(5.2.2.1)

2.2 기관구역의 제어방법

2.2.1 천창의 개폐, 통상 배기통풍을 위하여 사용되는 연돌 개구의 폐쇄 및 통풍기 댐퍼의 폐쇄를 위한 제어수단이 제공되어야 한다.

- 6.6.2 그러나 이 선박은 2020년 5월과 7월 일본 모지항에서 작업용 해저케이블 선적 당시 해당 해저케이블이 불연성인지 여부를 확인하는 조치를 취하지 아니하였다.
- 6.6.3 따라서, 선박소유자, 안전관리사 및 화물담당자는 해저케이블 등 리스폰더의 케이블탱크에 화물 적재 전 해당 화물의 명세서, 화물상세자료 등의 확인을 통해 불연성 여부 등을 확인하는 조치가 필요하다고 판단된다.

---

## 표 목차

---

<표 1> 리스폰더 선내 소화설비 및 장비 .....	10
<표 2> 리스폰더 간부 해기사 주요 경력 .....	21
<표 3> 리스폰더 직책별 선원구성 .....	22
<표 4> 리스폰더 화재대응 비상배치표 .....	23
<표 5> 풍향, 풍속 및 파고(기상청) .....	24

---

## 그림 목차

---

<그림 1> 리스폰더 일반배치도(일부) 및 전경 .....	6
<그림 2> 리스폰더 선체구조 .....	9
<그림 3> 리스폰더 에어댐퍼 위치(헬리갑판 연돌부) .....	12
<그림 4> 리스폰더 에어댐퍼 위치(상갑판) .....	12
<그림 5> 리스폰더 선교 전경 및 통신시스템 .....	13
<그림 6> 리스폰더 DP시스템 전경 .....	14
<그림 7> 케이블매설작업 전개도 .....	15
<그림 8> 저유황경유(LSMGO) 탱크 서베이(잔량) 결과 .....	17
<그림 9> 당시 연료유 적재배치도(일부, Tween Deck·Platform Deck·Tank Top) .....	18
<그림 10> 리스폰더 기관계통도 .....	19

<그림 11> 연료유-주기관 이송 다이어그램 .....	20
<그림 12> 사고해역 인근 기상부이 .....	24
<그림 13> 리스폰더 화재 및 소화작업 .....	25
<그림 14> 케이블매설구간 및 시공사진 .....	28
<그림 15> 2등기관사 A의 이동경로(기관실→파워팩룸) .....	29
<그림 16> 주기관 배관(선원 진술 재구성) 및 고압파이프(미래로호 샘플) .....	30
<그림 17> 주기관 및 F.O 드레인탱크 배치(기관실 선원 진술 재구성) .....	31
<그림 18> 리스폰더 화재 및 침몰사진 .....	35
<그림 19> 기관실 배관라인(MDO / HFO Transfer Sys. 도면) .....	39
<그림 20> F.O 드레인탱크에서 세틀링탱크까지 이송 다이어그램 .....	39
<그림 21> F.O 드레인탱크 알람센서(M127, F.O Service System 도면) .....	40
<그림 22> 주기관 누유 연료유 이송 배관(리키지 라인) 배관도(M127, F.O Service System 도면) .....	42
<그림 23> 유사선박(미래로호)의 수동형 개폐방식 댐퍼 .....	49
<그림 24> 폭발이 발생한 204번 탱크 사진(파공부) 및 도면 .....	52
<그림 25> 파공이 발생한 204번 탱크 도면 및 위치 .....	52

내일을 위한 정부혁신  
보다 나은 **해양수산부**



해양수산부  
중앙해양안전심판원