

[특별조사 2023-002]



해양사고 특별조사보고서

- 시험조사선 이사부호 선원사망사고 -

사고일자 : 2022.07.05.

공표일자 : 2023.04.18.



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 작성 되었으므로, 해양사고에 대한 책임을 묻거나 비난하기 위한 근거로 활용될 수 없습니다.

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

목차

1. 사고 개요	3
2. 사실 정보	7
2.1 선박제원	7
2.2 선박소유자 및 운항	8
2.3 선박검사	9
2.4 승선원 구성	9
2.5 갑판배치	9
2.6 수밀격벽 및 수밀문 배치	10
2.7 수밀문 제원 및 구조	11
3. 사고 경위	15
3.1 사고 전 상황 및 피해자의 행적	15
3.2 사고 상황의 재구성	18
3.3 사고 발견	20
3.4 구조활동	21
3.5 피해상황	22
4. 사고 분석	25
4.1 수밀문의 운영 및 관리	25
4.2 수밀문의 고정핀	26
4.3 수밀문의 점검 및 정비	28
4.4 수밀문 작업 및 작동 안전지침	31

4.5 수밀문 폐쇄훈련 및 안전교육	32
4.6 수밀문의 작동제어	34
4.7 수밀문의 개폐속도	36
5. 결론	41
6. 권고	45
6.1 체계적인 수밀문 운영 및 관리 절차의 수립	45
6.2 주기적인 수밀문 점검과 정비체계의 마련	46
6.3 강화된 수밀문 폐쇄훈련 및 안전교육의 실시	46

그림 목차

<그림 1> 이사부호 일반배치도 및 전경	8
<그림 2> 이사부호 수밀격벽의 위치	10
<그림 3> 이사부호 수밀문 위치와 번호	11
<그림 4> 수밀문 개구·구동계(좌), 조작레버·경보기(중), 수동펌프 핸들(우)	11
<그림 5> 전기장 이동경로(기관조정실 → 기관작업실 ↔ 냉각수실)	16
<그림 6> 전기장 이동경로(냉각수실 → 체육실)	16
<그림 7> (좌측부터) 배전반, 배전반 내부, 구동계 하단패널, 하단패널 개방모습	17
<그림 8> 전기장 이동경로(체육실 → 흡연구역)	17
<그림 9> 전기장 이동경로(흡연구역 → 체육실 복도)	18
<그림 10> 고정핀을 꽂은 상태(좌), 고정핀을 뺀 상태(우)	19
<그림 11> 목격자와 수밀문 위치(좌), 목격자 발견시점(중), 발견 당시 자세 재현(우)	21
<그림 12> 평상 시 수밀문 상태	25
<그림 13> 수밀문 열림 고정핀(좌), 도면 상 고정핀 해당 부분(우)	26
<그림 14> 5번 수밀문 복도쪽 조작레버 닫힘상태(좌)·열림상태(우)	27
<그림 15> 솔레이노이드 밸브와 리미트스위치 도면표시	31
<그림 16> 선교 수밀문 원격제어반(좌), 기관조정실 제어반(우)	34
<그림 17> “비상닫힘” 버튼(좌), “자동닫힘” 스위치(중), “문닫힘” 버튼(우)	35
<그림 18> 다른 시험조사선 “온누리호”에 설치된 수밀문 제어반	35
<그림 19> 조작레버(좌), 축압기 도면표시(중), 수동펌프 레버(우)	36
<그림 20> 이사부호 수밀문 검사보고서(‘14.11.6.)	37

section

1

사고 개요

1. 사고 개요

- 1.1 이사부호는 2022년 6월 23일 총 52명의 승조원이 승선한 상태에서 모리셔스 포트루이스항을 출항하여 인도양 해상으로 향했다.
- 1.2 이사부호는 2022년 7월 5일 14시 18분경(현지 시간, UTC+4, 이하 같음) 남위 04도 00분, 동경 067도 00분 해상에서 연구조사 작업을 수행하였다.
- 1.3 같은 날 오후 13시 00분부터 13시 50분까지 기관조정실에서 일등기관사의 주재로 오후 작업안전회의가 개최되었다. 회의 후 전기장을 포함한 기관부 선원들은 각자 업무 위치로 이동하여 오후 과업을 하였다.
- 1.4 전기장은 14시경 기관작업실에서 공구를 챙긴 후 5번 수밀문이 설치된 제2갑판상에 있는 체육실로 이동하였다. 전기장은 14시 15분경부터 15시 05분경까지 체육실에 머물면서 수밀문 작동배전반의 상태와 구동계의 하단패널을 개방하여 설비점검과 내부청소를 하였다.
- 1.5 같은 날 15시 05분경부터 15시 13분경까지 전기장은 선미갑판 흡연구역에서 잠시 흡연하며 휴식하였고, 다시 체육실로 돌아왔다.
- 1.6 같은 날 15시 30분경 이사부호의 기관장은 기관실로 가는 중에 선수 쪽을 무심코 바라보다가 체육실 입구의 5번 수밀문에 전기장이 선 채로 끼어있는 것을 최초 발견하였다.
- 1.7 기관장은 기관조정실에 사고상황을 알렸고 선장에게 보고하였다. 즉시 선장을 포함한 이사부호 선원들은 체육실로 가서 전기장의 구조를 시도하였고, 수밀문을 열자 전기장은 바닥에 쓰러졌다.
- 1.8 선원들은 쓰러진 전기장의 상태를 보며, 해양응급의료센터에 사고자의 상태를 알리고 조치를 문의하여 재차 확인한 결과, 전기장의 호흡과 맥박이 없음을 확인하였다.
- 1.9 같은 날 16시 이사부호는 모리셔스로 출발하였고, 2022년 7월 9일 21시경 모리셔스 포트루이스항에 입항하였다. 이후, 전기장은 현지 경찰당국 및 의사로부터 최종 사망 판정을 받았다.

section

2

사실 정보

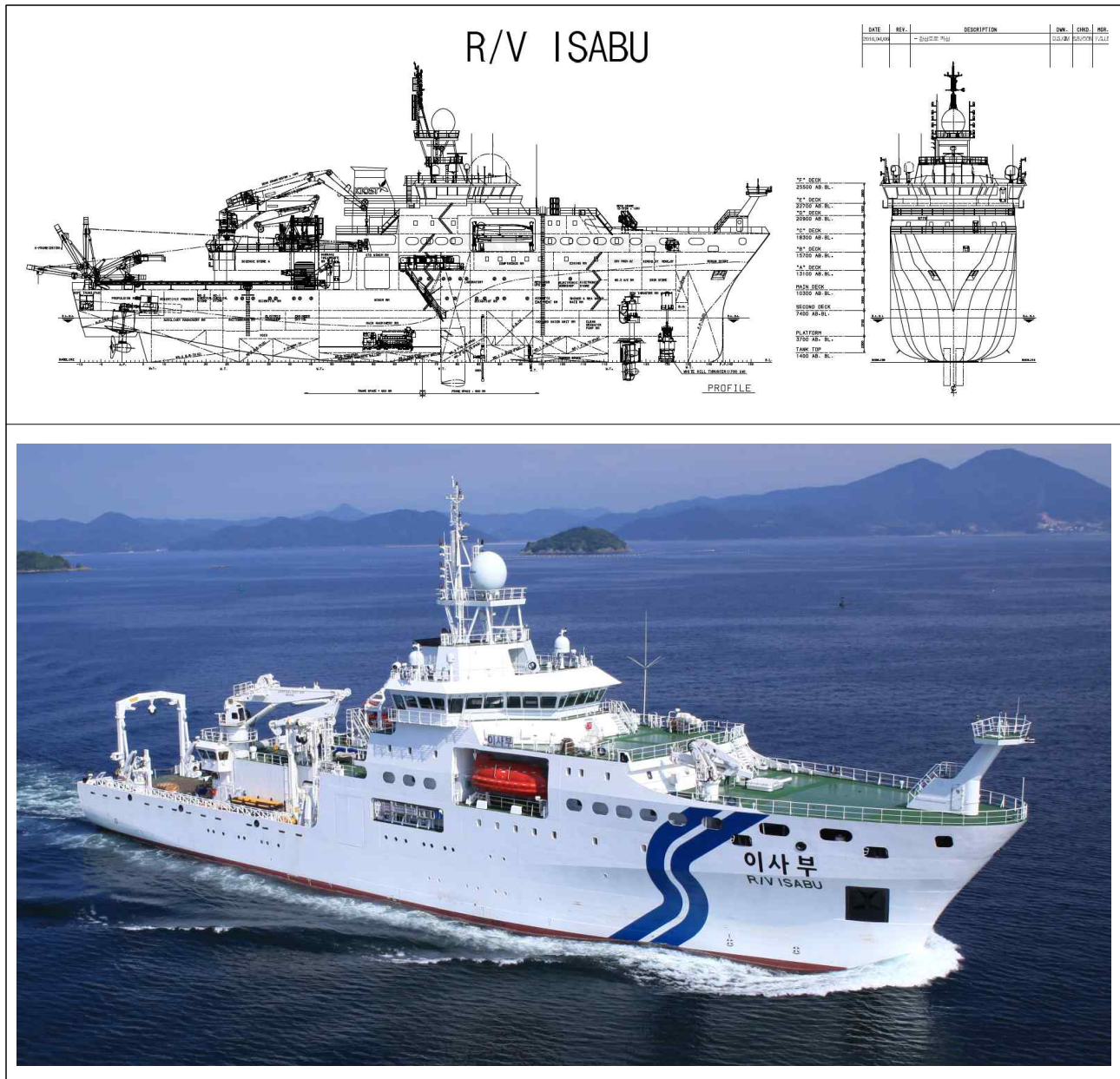
2. 사실 정보

2.1 선박제원

2.1.1 주요 명세

선 명	이사부호(ISABU)
국 적	대한민국
선 적 항	부산광역시
IMO 번호	9751042
선박용도	기타선(시험조사선)
선박소유자	한국해양과학기술원
안전관리사	한국해양과학기술원
조 선 자	에스티엑스조선해양(주)
용골거치일 / 진수일	2014년 10월 15일 / 2015년 05월 15일
선박검사기관	사단법인 한국선급
총 톤 수(톤)	5,894
길이 / 전장(미터)	89.33 / 99.80
너 비(미터)	18.00
깊 이(미터)	10.30
주 기 관	전기모터 2기
최대출력	2,400kW × 2기
추 진 기	나선헤진기(2기)
타	아지무스 트러스터(AZIMUTH THRUSTER)

2.1.2 이사부호는 2015년 5월 15일 에스티엑스조선해양(주)에서 진수된 선박으로 총톤수 5,894, 길이 89.33미터, 너비 18.00미터, 깊이 10.30미터의 시험조사선이다.



〈그림 1〉 이사부호 일반배치도 및 전경

2.2 선박소유자 및 운항

- 2.2.1 이 선박의 소유자는 한국해양과학기술원장으로 운항관리, 선원관리 및 안전관리 등 선박의 운영과 관련된 모든 사항을 직접 관리한다.
- 2.2.2 이 선박은 해양과학조사 등에 사용되는 선박으로 매년 초 연구선 운항계획을 수립하여 이 계획에 따라 운영된다. 사고 당시에는 인도양 해상에서 연구조사 작업을 수행하고 있었다.

2.3 선박검사

2.3.1 이 선박은 사단법인 한국선급으로부터 2021년 3월 9일 정기검사를 완료하였고, 2026년 3월 8일까지 유효한 화물선안전구조증서 등 국제협약증서를 보유하고 있었다.

2.4 승선원 구성

2.4.1 이 선박의 최대승선인원은 60명이며, 선원 25명과 임시승선자 35명이 승선할 수 있다. 임시승선자는 이 선박에 승선하는 선원 이외의 사람으로서 수석과학자, 관측장 등 연구원 등이 이에 해당한다. 사고 당시 이 선박에는 선원 25명, 임시승선자 27명 등 52명이 승선하고 있었다.

2.4.2 선장은 2020년 2월에 이 선박의 선장으로 승선하였다. 기관장은 2019년 9월 일등기관사로 승선한 후 2021년 1월에 승진하여 사고 당시까지 기관장으로 승선하고 있었다.

2.4.3 전기장(Chief Electrician)은 이 사건의 당사자로 2020년 2월에 삼등기관사로 이사부호에 승선하였으며, 2021년 1월에 전기장으로 직무가 변경되었다.¹⁾

2.5 갑판배치

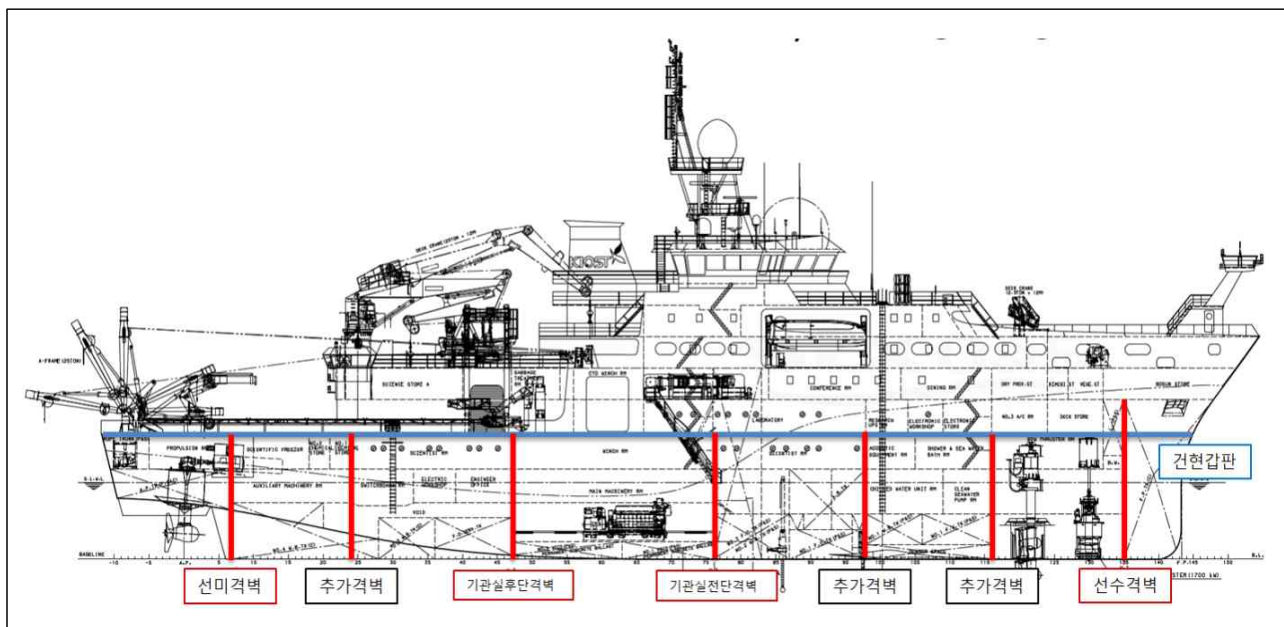
2.5.1 이사부호는 중앙선교형 선박으로 갑판의 구성은 최하단부 탱크탑(Tank Top)부터 선교까지 아홉 개의 갑판으로 구성되어 있다. 주갑판(Main Deck)에는 연구실과 작업실이 있고 선미에는 연구장비 진수를 위한 에이프레임(A-Frame) 크레인이 있다. 주갑판 위쪽으로는 에이갑판(A Deck)부터 에프갑판(F Deck)까지 갑판별로 회의실, 식당, 선원실 및 조타실 등이 배치되어 있다.

2.5.2 주갑판 아래쪽으로는 연구원실, 체육실, 윈치실(Winch Room) 등이 있는 제2갑판(Second Deck)이 있고, 기관실, 기관조정실(Engine Control Room), 냉각수실(Chilled Water Unit Room) 등이 있는 플랫폼(Platform)과 선수추진기실(Bow Thruster Room) 등이 있는 탱크탑(Tank Top)이 놓여져 있다.

1) 전기장은 이사부호에 승선 전 연안여객선(총톤수 1만5천톤급)에서 기관장으로 승선한 경험이 있다.

2.6 수밀격벽 및 수밀문 배치

2.6.1 이사부호에는 총 일곱 개의 수밀격벽이 설치되어 있다. 이중 선수격벽, 선미격벽, 기관실 전단격벽, 기관실 후단격벽은 강선의 구조기준²⁾ 및 선급규칙에 따라서 반드시 설치되어야 하는 필수격벽이다. 나머지 세 개의 격벽은 설계와 건조과정에서 추가로 설치된 격벽이다.



〈그림 2〉 이사부호 수밀격벽의 위치

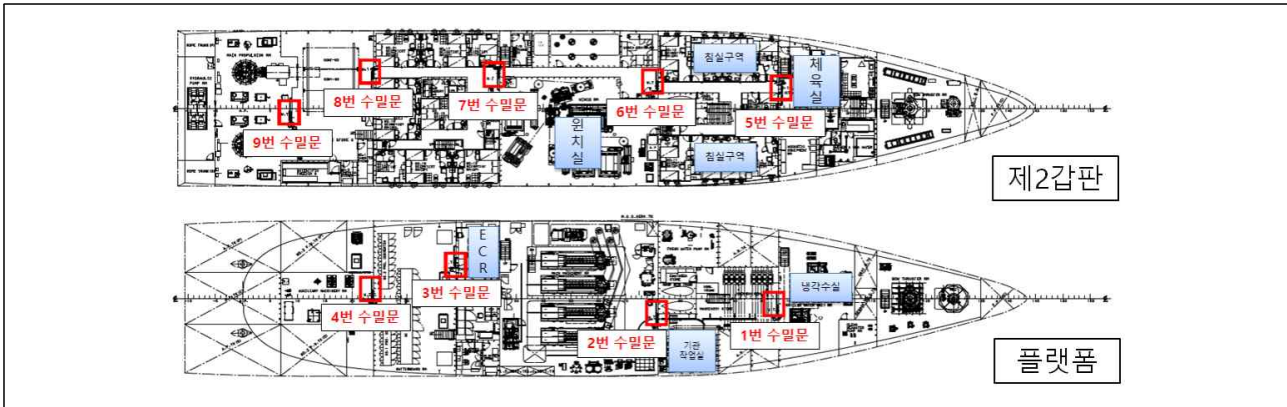
2.6.2 이사부호는 시험조사선으로 특수목적선코드(Special Purpose Ship Code, SPS Code)가 준용되어 여객선과 유사한 손상복원성 요건이 적용되었으며³⁾ 선주의 요청에 따라서 손상복원성 요건을 만족하는 범위에서 설계되어 수밀문이 추가되었다. 이에 따라서 예상되는 적하상태의 비손상복원성과 주수밀구획 손상 시 손상복원성을 고려하여 구조강도, 예비부력 및 수밀구획 등을 설계에 반영하였다.⁴⁾

2.6.3 이사부호의 수밀격벽에는 총 아홉 개의 유압으로 구동되는 좌우 개폐식 슬라이딩 수밀문이 설치되어 있다. 구역별로는 체육실 및 연구원 침실이 있는 제2갑판 상에 다섯 개, 기관 설비가 있는 플랫폼에 네 개의 수밀문이 설치되어 있다.

2) 강선의 구조기준 제8장 제1절 제1관 수밀격벽의 배치

3) 선체, 기관, 수밀수직구역의 배치, 방화구조 및 화재안전장치, 구명설비 등을 코드 요건에 따라 적용한다.

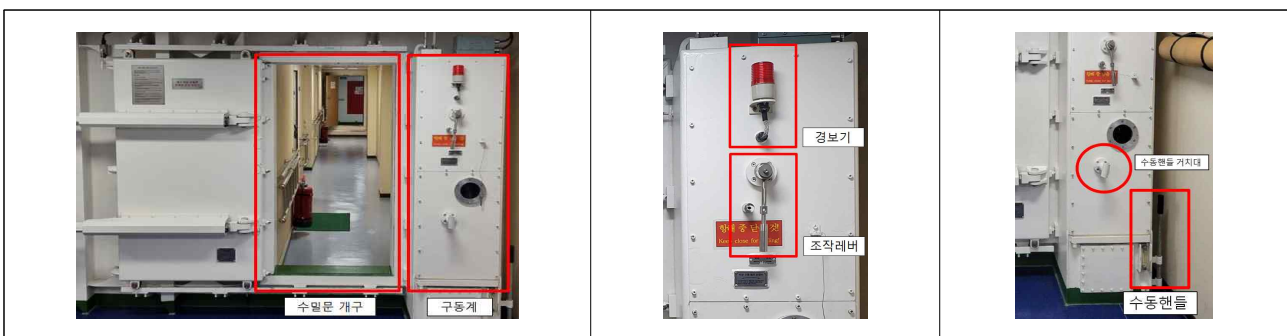
4) 한국해양과학기술원, 이사부호 건조백서, 2017, 155쪽



<그림 3> 이사부호 수밀문 위치와 번호

2.7 수밀문 제원 및 구조

- 2.7.1 이사부호에 설치된 수밀문의 제작, 재질, 부품 등은 관련 규정 및 제조사의 규격에 따라서 만들어졌고 선급의 승인을 받았다.⁵⁾ 수밀문 개구의 크기는 설치된 장소에 따라서 다르며,⁶⁾ 사고가 발생한 5번 수밀문은 폭 80 센티미터, 높이 165 센티미터이다.
- 2.7.2 이사부호 수밀문은 유압시스템으로 구동되며 오일탱크, 유압펌프, 축압기(accumulator), 조작레버, 수동펌프 핸들, 압력계, 경보기 등으로 구성되어있다. 이 유압시스템은 440 볼트의 전원이 공급되어 최대 180 kg/cm² 압력으로 구동되며, 축압기의 용량은 32 리터이다. 경보기는 가시가청 신호를 내며 24볼트 비상전원과 연결되어 있다.



<그림 4> 수밀문 개구·구동계(좌), 조작레버·경보기(중), 수동펌프 핸들(우)

- 2.7.3 수밀문의 제원 상 닫힘 속도는 정상상태에서 20초 이상 40초 이하이며, 수동핸들을 이용한 수동펌프 사용 시에는 90초 이하로 작동한다.

5) 한국해양과학기술원, 이사부호 건조백서, 2017, 210쪽

6) 이사부호 수밀문 개구의 규격은 i) 폭 80 센티미터×높이 165 센티미터, ii) 폭 100 센티미터×높이 175 센티미터, iii) 폭 100 센티미터×높이 190 센티미터의 세 종류이다.

section

3

사고 경위

3. 사고 경위

이 사고는 전기장이 다른 동료 직원이나 목격자 없이 홀로 작업을 하고 있었고, 사고 현장을 비추는 폐쇄회로텔레비전(CCTV)도 없었기 때문에 사고 발생 과정을 목격하거나 기록된 자료가 없다. 이에 따라서 동료들의 목격담과 선내 다른 장소의 폐쇄회로텔레비전 영상 등 수집한 조사 자료를 바탕으로 당일 사고자의 행적을 파악하고, 발견 당시 상황을 토대로 사고를 재구성하고 분석하여 사고 원인을 파악하고자 한다.

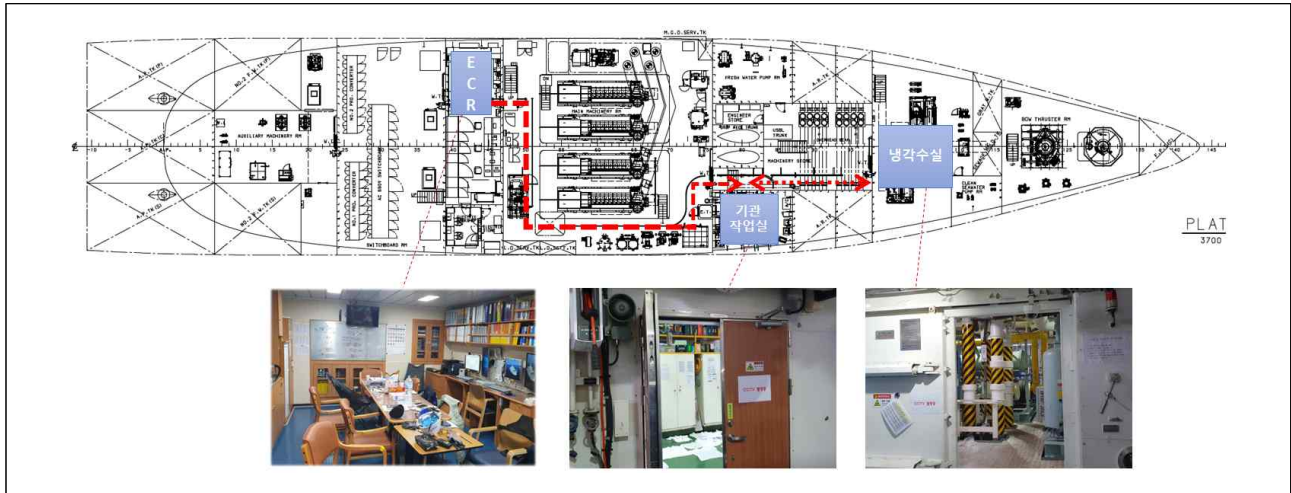
3.1 사고 전 상황 및 피해자의 행적

- 3.1.1 이사부호는 2022년 6월 23일 선장을 포함해 총 52명(선원 25명, 연구원 등 선원 외 27명)이 승선하고서 해양조사를 위해 모리셔스 포트루이스항을 출항하여 목적지인 인도양 해상으로 향해했다.
- 3.1.2 이 선박은 2022년 7월 5일 14시 18분경 남위 04도 00분, 동경 067도 00분 해상에 정선하여 연구조사 작업을 하고 있었다. 이사부호는 풍력계급 6에서 연구수행이 정상적으로 이루어지도록 횡요감쇄시스템(controlled passive anti rolling system)을 적용한⁷⁾ 선박으로 당시 풍력계급 6 정도의 남동풍이 불었지만 큰 동요는 없었다.
- 3.1.3 같은 날 오후 13시 00분부터 13시 50분까지 기관조정실에서는 일등기관사의 주재로 오후 작업안전회의⁸⁾가 있었고 전기장도 참석하였다. 회의에서 전기장은 추진기 컨버터(converter)에서 약간의 누수가 있는 것에 대해 일등기관사와 이야기를 나눴다. 그 외 오후에 어떤 작업을 할 지에 대해서는 서로 특별한 언급은 없었다. 작업안전회의를 마친 후 전기장을 포함한 선원들은 각자 업무 위치로 이동하였다.
- 3.1.4 14시경 전기장은 같은 층(Platform)에 있는 기관작업실(Workshop)로 가서 작업에 필요한 전동드라이버, 스패너, 작업형걸 등을 챙겨서 철제양동이에 담았다.

7) 한국해양과학기술원, 이사부호 건조백서, 2017, 127쪽

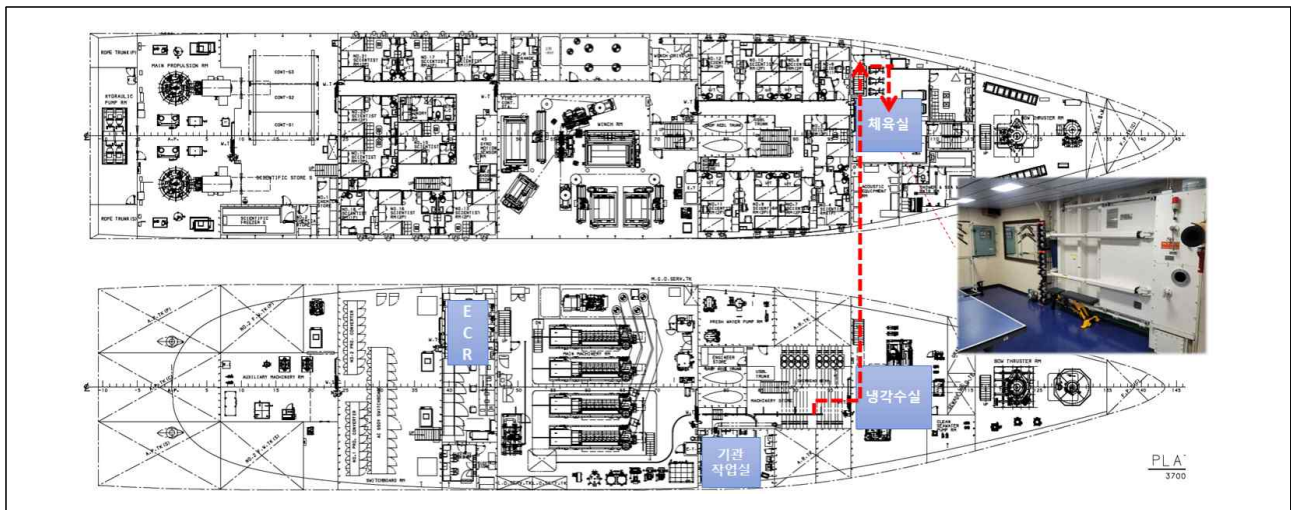
8) 기관실 작업안전회의는 평일 오전 8시-9시, 오후 13시-14시에 실시한다.

3.1.5 14시 10분경부터 14시 15분경까지 전기장은 기관작업실 부근에 있는 냉각수실(Chilled Water Unit Room) 앞에 있었다. 냉각수실 출입구는 1번 수밀문이며 상시 열려져 있었다.



<그림 5> 전기장 이동경로(기관조정실 → 기관작업실 ↔ 냉각수실)

3.1.6 14시 15분경 전기장은 냉각수실 안쪽 계단으로 올라가서 체육실로 갔다. 체육실에는 5번 수밀문이 설치되어 있으며, 수밀문의 오른쪽에는 구동계가 달려있다.



<그림 6> 전기장 이동경로(냉각수실 → 체육실)

3.1.7 14시 15분경부터 15시 05분경까지 전기장은 체육실에 머물렀다.⁹⁾ 전기장은 벽쪽에 설치된 작동배전반의 덮개를 개방하여 상태를 점검하였다. 작동배전반은 전원이 내려진 채 닫혀있었다. 작동배전반 내부에는 두 개의 전원스위치가 있는데 하나는 수밀문 유압시스

9) 동료 선원 중 한 명이 14시 20분경부터 운동을 하며 약 30-40분 간 체육실에 머물렀으며 그 동안 전기장은 체육실에 계속 있었다는 진술에 의거함

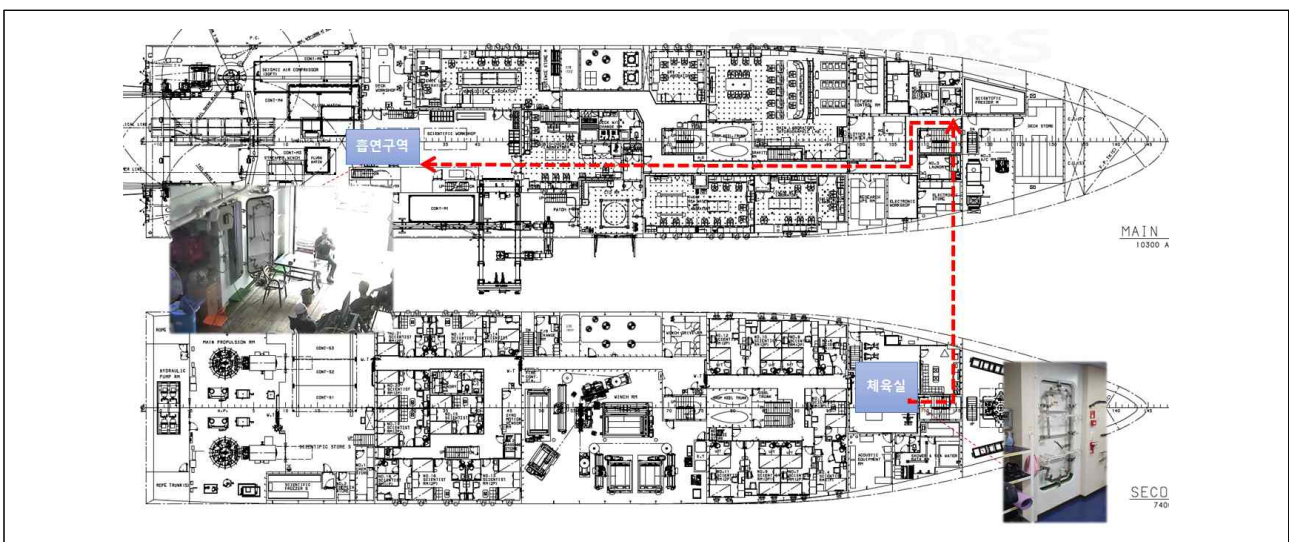
템을 작동시키는 440 볼트 전원이며 다른 하나는 경보기와 제어반 표시 등을 위한 24 볼트 비상전원이다.

- 3.1.8 이어서 전기장은 수밀문의 조작레버가 설치된 구동계의 하단 패널을 개방한 후 유압계이
지와 전기모터 등 구동계 설비를 점검하고 청소 형질을 이용하여 내부를 청소하였다. 전
기장이 점검하는 동안 수밀문은 계속 닫힌 상태였다.¹⁰⁾



<그림 7> (좌측부터) 배전반, 배전반 내부, 구동계 하단패널, 하단패널 개방모습

- 3.1.9 15시 05분경 전기장은 잠시 일을 멈추고 체육실 앞쪽에 있는 출입문을 열고 계단으로 한
층 올라가서 주갑판 선미부 갑판작업실(Deck Workshop) 앞에 있는 흡연구역으로 이동
하였다. 흡연구역은 주갑판 선미의 에이프레이م 크레인이 보이는 개방된 공간으로 테이블
과 의자가 놓여있다.



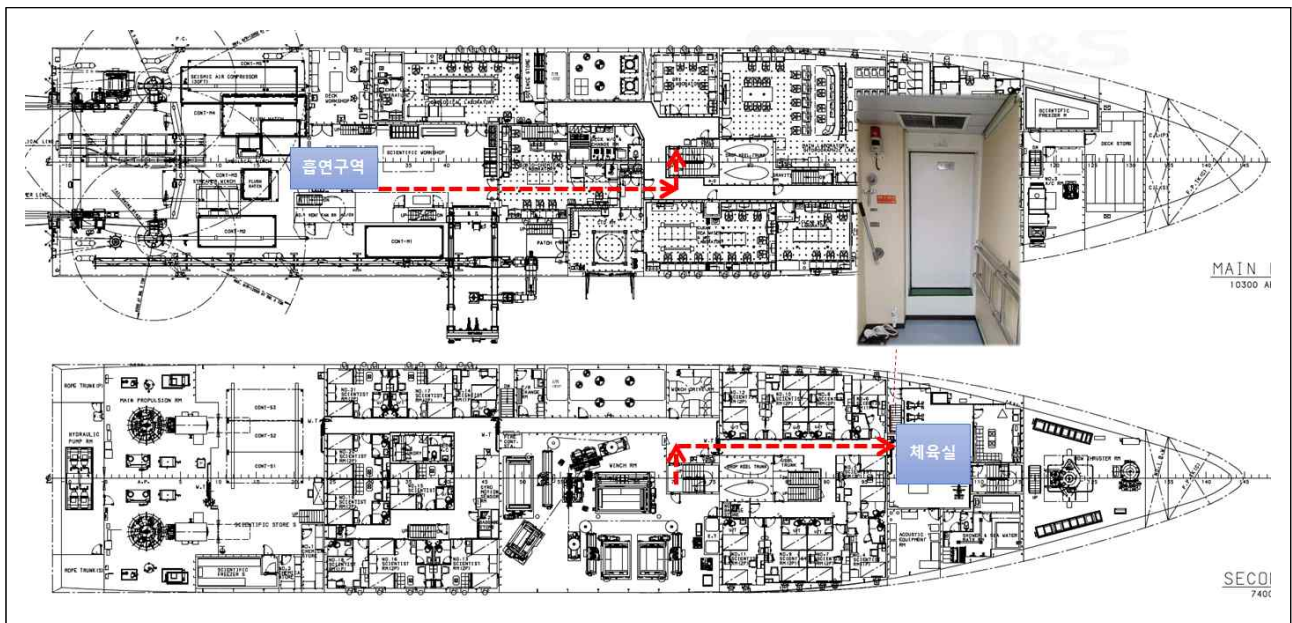
<그림 8> 전기장 이동경로(체육실 → 흡연구역)

10) 당시 체육실에 머물렀던 선원의 진술에 의거함

3.1.10 15시 08분경부터 15시 12분경까지¹¹⁾ 전기장은 흡연구역에서 흡연을 하며 휴식을 취하였다. 당시 흡연구역에는 4~5명의 동료 직원들이 함께 있었고, 흡연 중 서로 담소를 나누었다.

3.1.11 15시 13분경 전기장은 흡연구역을 떠나서 선내구역으로 돌아왔다. 이때 전기장은 체육실에서 나온 경로를 따라서 되돌아가지 않고, 주갑판 선내구역에 있는 중간 계단을 따라서 제2갑판으로 내려갔다.

3.1.12 15시 15분경 제2갑판에 내려온 전기장은 연구원실 객실이 있는 복도를 따라 이동하여 5번 수밀문 앞에 이르렀다. 이 당시 5번 수밀문은 계속 닫혀있었다.



<그림 9> 전기장 이동경로(흡연구역 → 체육실 복도)

3.2 사고 상황의 재구성

3.2.1 전기장은 5번 수밀문을 열고자 하였다. 평소 닫아둔 수밀문을 개방하려고 한 이유는 확실하지 않다. 다만, 수밀문 정비를 하고 있었기 때문에 작동 상태를 점검하려 했거나 또는 단지 흡연구역에서 체육실로 돌아가는 시간을 절약하려 했을 수도 있다. 이 5번 수밀문의 복도쪽 조작레버에는 고정핀(stopper)이 단힘상태에서 상시 꽂혀있었다.

11) 해당 구역의 선내 폐쇄회로텔레비전 영상에 찍힌 전기장이 머문 시간이다.

3.2.2 15시 15분경 전기장은 조작레버에 꽂혀있는 고정핀을 뽑고서 레버를 오른쪽으로 조작하여 수밀문을 개방하였다. 당시 수밀문 배전반의 전원¹²⁾이 모두 꺼져있었으므로 수밀문은 축압기의 잔존유압에 의해서 구동되었다. 전기장은 수밀문을 여는 동안 조작레버를 열림 방향으로 잡고 있었다.¹³⁾



<그림 10> 고정핀을 꽂은 상태(좌), 고정핀을 뺀 상태(우)

3.2.3 수밀문에는 경보기가 달려있고 비상전원과 연결되어 있다. 이 경보기는 수밀문이 작동할 때 가시광 신호를 낸다. 하지만, 전원이 모두 꺼진 상태였으므로 수밀문은 경보기 신호 없이 개방되었다. 전기장은 수밀문이 열리는 것을 확인하였다. 수밀문이 열리는데 걸린 시간은 약 20초 이내였다.¹⁴⁾

3.2.4 수밀문이 열리자 전기장은 체육실로 건너가고자 하였다. 그와 동시에 수밀문을 닫고서 조작레버에 고정핀을 꽂고자 하였다.

3.2.5 전기장은 수밀문 틀 가운데에 서서 왼손으로 복도쪽 조작레버를 닫힘 방향으로 밀었다. 그러자 잔존유압에 의해 수밀문이 다시 닫힘 방향으로 움직였다. 전기장은 수밀문이 닫히는 중에 조작레버에 고정핀을 끼우고자 했다.

3.2.6 이때, 전기장이 고정핀을 어떤 방식으로 꽂았는지는 확실하지 않다. 다만, 조작레버의 작동성을 감안하여 몇 가지 방법을 유추할 수 있다. 먼저, 3.2.5에 기술된 것처럼 왼손으로 복도쪽 조작레버를 조작하고, 몸을 틀어서 오른손으로 고정핀을 꽂는 방법으로 일반적으

12) 440 볼트 수밀문 구동전원과 24볼트 비상전원

13) 이때 조작레버를 놓을 경우 수밀문은 닫히게 된다. 이유는 전원공급이 안 된 상태에서는 개폐를 제어하는 솔레노이드 밸브(solenoid valve)와 리미트스위치(limit switch)가 작동하지 않아 기본회로의 설계대로 수밀문이 닫힘방향으로 작동하기 때문이다. 수밀문 구동계의 솔레노이드 밸브, 리미트스위치, 그리고 경보기 등은 선내 24 볼트 비상전원과 연결되어 있다.

14) 2022년 8월 10일에 실시한 사고 현장조사에서 측정한 속도를 참고하였다. 실제 측정된 시간은 약 17초 정도였다.

로 생각할 수 있는 방법이다. 다음으로, 오른손으로 체육실 쪽의 조작레버를 단힘방향으로 조작하고 왼손으로 복도쪽에 있는 고정핀을 쫓는 방법이다. 조작레버는 양쪽에 하나씩 설치되어 있고, 상호연동하여 움직이므로 가능한 방법이 될 수 있다. 그리고, 왼손으로 고정핀을 잡고서 동시에 같은 손으로 레버를 조작하여 고정핀을 쫓는 방법도 가능할 것이다. 그러나, 어떤 방식이었든 고정핀을 쫓는 시간이 지체되었다.

3.2.7 전기장이 조작레버에 고정핀을 끼우는 순간 등 뒤에서 수밀문이 전기장을 강한 압력으로 압박하였다. 수밀문이 닫히는 힘은 잔존유압에 의해 두 번째로 작동되는 압력이 가해졌으므로 설정압력(180 kg/cm²) 보다 작았을 것이나 여전히 사람이 끼임사고를 당할 정도로 큰 압력이 작동하였다.

3.2.8 수밀문이 다시 닫히는데 걸리는 시간은 약 25초 정도이다.¹⁵⁾ 그러나, 실제로는 전기장이 서 있는 상태에서 차지하는 공간과 남은 수밀문의 폭을 감안했을 때 닫히는 문이 전기장을 압박하는데 걸린 시간은 이 보다 더 짧았을 것으로 판단된다.

3.2.9 문틀 사이에 몸이 끼이자 당황한 전기장은 미처 탈출 동작을 하지 못했다. 이때 전기장이 고정핀을 다시 뽑고 조작레버를 몸쪽으로 당겼더라면 수밀문을 다시 열어서 탈출할 수도 있었을 것이다. 하지만, 위급하고 당황스러운 상황에서 미처 탈출 동작을 제대로 취할 수 없었을 것으로 추정된다.¹⁶⁾

3.2.10 결국 계속되는 압박에 전기장은 수밀문 사이를 빠져나오지 못하였고 갇히게 되었다. 사고가 발생한 시간은 15시 15분경부터 15시 30분경 사이이다.¹⁷⁾

3.3 사고 발견

3.3.1 같은 날 15시 30분경 이사부호의 기관장¹⁸⁾은 선실에서 중앙계단을 따라 내려와서 제2갑판(Second Deck)의 통로에서 기관실 입구 쪽으로 이동하였다. 이때, 기관장은 선수 쪽을

15) 사고 후 2022년 8월 10일에 실시한 현장조사에서 측정한 속도를 참고하였다. 5번 수밀문의 폭이 80 센티미터인 것을 감안하면 초당 약 2.85 센티미터가 움직이는 속도이다. 만일 전기장이 수밀문이 반쯤 열리는 중에 건너가려고 했다면 이 시간 보다 더 짧은 시간에 문이 닫히어 전기장을 압박하였을 것이다.

16) 수밀문 양쪽 조작레버 간의 폭은 91.6 센티미터로 수밀문 중간에 서 있는 상태에서 양손 모두 레버에 닿는 거리이며, 고정핀이 쫓혀있지 않았다면 어느 쪽 레버든 바로 조작이 가능하였다.

17) 사고 발생 전후 수밀문 개폐상태와 사고발생 추정 시간을 알기 위해 이사부호의 항해기록장치(VDR)의 수밀문 개폐시간과 상태기록을 살펴보았으나 수밀문 상태정보 오류로 확인할 수 없었다. 해당 오류는 수밀문 중앙제어반의 내부전선(common line) 연결이 누락되어 발생한 것으로 사고조사 과정에서 식별하여 수리를 완료하도록 하였다.

18) 기관장은 당일 오후 작업안전회의에는 참석하지 않았고 선장, 일항사 등과 함께 별도 미팅을 하였다.

무심코 바라보다가 체육실 입구의 수밀문과 문틀 사이에 전기장이 끼어있는 것을 최초 발견하였다.

3.3.2 발견 당시 사고자는 닫히는 수밀문을 등진 채 얼굴은 거주구역의 복도쪽 방향을 보는 자세로 오른발이 체육실, 왼발이 복도쪽을 딛은 채 서 있었고 신체 움직임은 없었다.



〈그림 11〉 목격자와 수밀문 위치(좌), 목격자 발견시점(중), 발견 당시 자세 재현(우)

3.3.3 사고 상황을 처음 발견한 기관장은 즉시 기관조정실에 사고상황을 알렸고, 기관조정실에 있던 이등기관사는 조기장 및 조기수 두 명과 함께 체육실로 갔다. 기관장은 다시 선장실로 가서 선장에게 사고 사실을 보고했다. 소식을 들은 선장은 일등항해사와 함께 현장으로 내려갔다.

3.3.4 사고 발견 당시 체육실 안에 있는 개별 수밀문 제어반의 공급전원은 내려진 채 제어반 덮개가 열려있었다. 수밀문 구동계의 하단커버도 개방되어 체육실 바닥에 놓여있었고, 구동계 앞에는 공구가 담겨있는 철제양동이 있었다.

3.4 구조활동

3.4.1 체육실에 도착한 이등기관사는 수밀문을 열기 위해 조작레버를 열림방향으로 조작하였으나 움직이지 않았다. 수밀문 조작레버가 움직이지 않은 이유는 맞은편 복도쪽에 있는 수밀문 조작레버가 닫힘방향에서 고정핀이 꽂혀있었기 때문이다.

3.4.2 그때 체육실 현장에 도착한 일등기관사가 “수동! 수동!”이라고 외치며 반대편 복도쪽으로 건너가서 닫힘방향에 꽂힌 조작레버의 고정핀을 뽑고서 레버를 열림방향으로 조작하니 수밀문이 열렸다. 그러자, 문 사이에 끼어있던 전기장이 체육실 방향으로 쓰러졌다.

3.4.3 선원들은 쓰러진 전기장을 바닥에 눕힌 후 상태를 확인하였는데 호흡과 맥박이 없었다. 이등항해사는 선장의 지시를 받고 부산대학병원 해양응급의료센터에 사고자의 상태를

알리고 조치를 문의하였다. 문의 결과 “호흡과 맥박이 없으면 사망한 상태”라는 답변을 받았다. 이에 혈압계를 사용하여 재차 확인한 결과 사고자의 호흡과 맥박이 없음을 확인하였다.

- 3.4.4 같은 날 15시 43분 이사부호 선장은 육상관리자인 연구선운영실장에게 사고발생 사실을 유선으로 보고하고,¹⁹⁾ 해상에서 작업 중이던 수온염분측정기(CTD : Conductivity Temperature Depth) 장비를 회수한 후 16시 00분 모리셔스로 출발하였다. 같은 날 17시 40분 선장은 전기장이 사망한 사실을 선내에 알렸다.

3.5 피해상황

- 3.5.1 이 사고로 인해 전기장이 사망하였다. 이사부호는 사고 수습을 위해 2022년 7월 9일 21시 경 모리셔스 포트루이스항에 입항하였으며 전기장은 현지 경찰당국 및 의사로부터 다발성 부상에 의한 쇼크(shock due to multiple injury)로 최종 사망 판정을 받았다.

19) 이사부호 선장이 한국해양과학기술원에 보낸 사고 보고서(HI-22-080)에 따르면 “전기장은 1350LT경 혼자 기관조종실에서 나와 유압수밀문 누유부 점검 중 사고가 발생한 걸로 사료되며, 사고 당시 혼자 점검 중이었기에 정확한 사고시간 및 경위에 대해서는 알 수 없음”이라고 되어 있다.

section

4

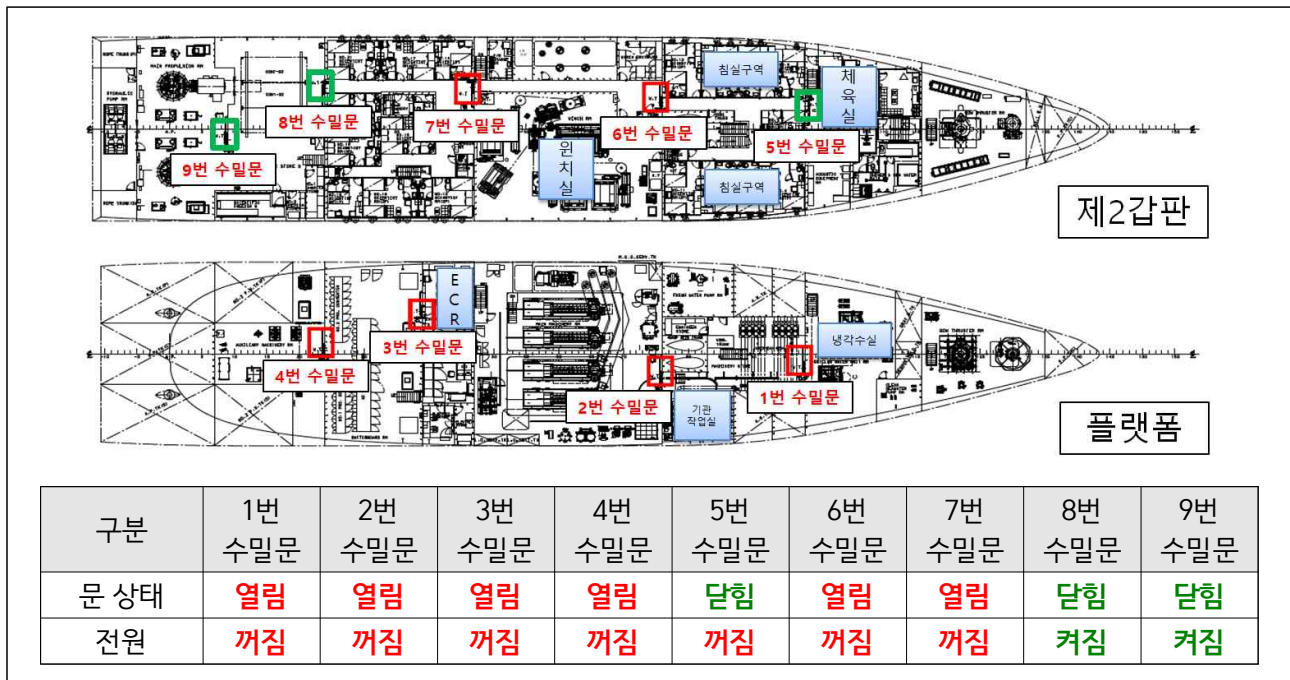
사고 분석

4. 사고 분석

4.1 수밀문의 운영 및 관리

4.1.1 이사부호에 따르면 평상 시 총 아홉 개 수밀문 중 세 개는 닫힘상태였고, 여섯 개는 열림상태로 있었다. 닫아둔 세 개의 문은 제2갑판 상 기관구역 쪽에 있는 9번 수밀문과 8번 수밀문 두 개와 사고가 발생한 선수 체육실의 5번 수밀문이며, 나머지 여섯 개의 수밀문은 플랫폼에 네 개, 제2갑판에 두 개로 상시 열려있었다.

4.1.2 또한, 수밀문과 연결된 개별 배전반의 전원상태는 8번과 9번 수밀문 외에는 모두 전원을 꺼둔 상태였다. 평상 시 이사부호 수밀문의 개폐 및 전원공급 상태는 다음과 같다.



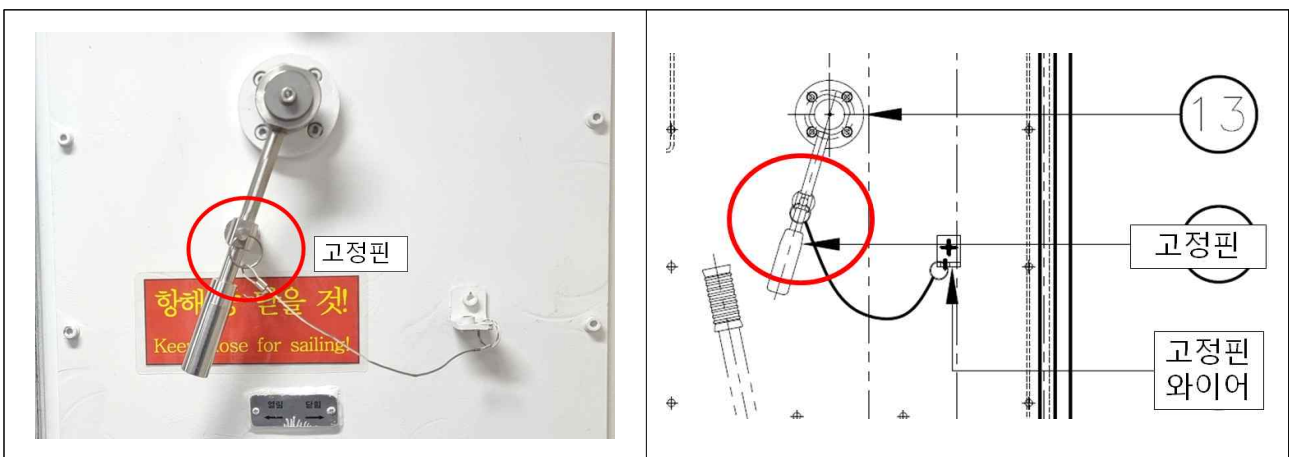
<그림 12> 평상 시 수밀문 상태

4.1.3 해상인명안전협약(SOLAS: International Convention for the Safety of Life at Sea) Ch.II-1/22.1 규정에 따라 수밀문은 항상 닫혀있어야 하며, SOLAS Ch.II-1/22.3 규정에 따라 통행이나 작업을 위해 개방을 하더라도 수밀문의 통과나 작업이 완료되면 즉시 닫아야 한다.

- 4.1.4 선박의 수밀격벽은 충돌이나 좌초로 인해 선박의 구조적 손상과 침수가 발생할 경우 선체 안전성을 유지하는 것을 가능하게 하는 중요 설비이다. 그러므로, 수밀격벽의 개구를 제어하는 수밀문은 규정에 따라서 엄격히 운영되고 관리되어야 한다. 그러나, 이사부호는 수밀문의 개방과 폐쇄를 구역별로 임의적으로 설정하였고, 수밀문의 운영 및 관리의 중요성을 간과한 측면이 있다.
- 4.1.5 더군다나, 이사부호는 설계 및 건조단계에서부터 특수목적선코드가 적용되었고²⁰⁾ 손상 복원성 요건을 만족하는 범위에서 수밀격벽과 수밀문이 추가된 선박이었다. 이처럼 강화된 안전설계 요건을 적용한 선박임을 감안하여 한층 더 세밀한 안전관리가 필요하였으나, 이사부호는 수밀문 관리를 체계적으로 하지 않았던 것으로 판단된다.

4.2 수밀문의 고정핀

- 4.2.1 이번 사고는 복도쪽 수밀문 조작레버의 닫힘방향에 설치된 고정핀을 다시 끼우면서 발생하였던 것으로 추정되기 때문에 이 고정핀의 용도를 파악하는 것이 사고원인 분석에 있어 중요하다.
- 4.2.2 먼저 이사부호에 설치된 수밀문의 조작레버에는 열림방향으로 고정하는 고정핀이 있다. 이 고정핀은 수밀문을 설치할 때부터 제조사에서 제작하여 부착한 것으로 구동계 쪽에만 설치되어 있다.



<그림 13> 수밀문 열림 고정핀(좌), 도면 상 고정핀 해당 부분(우)

20) 특수목적선코드(SPS code: Code of Safety for Special Purpose Ships, 2008)가 적용되었으나 특수목적선안전증서(Special Purpose Ship Safety Certificate)를 발급받지는 않았다.

- 4.2.3 구동계쪽에 설치된 고정핀의 용도는 수밀문 점검 등을 위해서 수밀문을 장시간 개방해야 할 경우 조작레버를 고정하여 혹시 모를 오작동을 방지하기 위해서 설치한 것이다. 수밀문이 개방된 상태에서 조작레버는 중립에 위치하며 단힘방향으로 조작하지 않는 한 개방상태는 유지된다.²¹⁾ 그러나, 만일 부주의나 오작동으로 인해 레버가 조작되어 수밀문이 닫히게 된다면 사고 우려가 있으므로 작업 중 개방상태를 유지하도록 고정핀을 설치한 것이다.
- 4.2.4 그러나, 이처럼 수밀문을 개방상태에서 고정할 경우 비상 상황 발생 시 해당 수밀문을 선교에서 원격으로 폐쇄할 수 없게 된다. 그러므로, 수밀문을 개방한 후 고정한 채 정비작업 등을 하는 경우에는 작업이 끝날 때까지 수밀문의 중앙제어반이 있는 선교와 정비를 하는 현장 간에 통신체계를 유지하고 안전한 작업절차에 따라서 관리되어야 한다.
- 4.2.5 한편, 사고가 발생한 5번 수밀문의 복도쪽 조작레버에는 단힘방향으로 레버를 고정하는 또 다른 고정핀이 설치되어 있다. 이 고정핀은 이사부호에서 자체적으로 제작하여 임의로 설치한 것으로 5번 수밀문에만 유일하게 설치되어 있다.²²⁾
- 4.2.6 이사부호에 따르면 체육실 소음 때문에 거주구역에 인접한 5번 수밀문을 닫아두었고 복도쪽 조작레버를 고정핀으로 고정하였다고 한다. 또한, 수밀문 작동에 익숙하지 않은 연구원들이 인근에 주로 거주하고 있어 사고예방 측면에서 선급검사 등 특별한 경우를 제외하고는 항상 닫아두었다고 한다. 아울러, 수밀문 배전반의 전원도 모두 꺼두었기에 평상시 5번 수밀문의 개구는 계속 닫혀진 채 실질적으로 폐쇄된 상태였다.



<그림 14> 5번 수밀문 복도쪽 조작레버 닫힘상태(좌)·열림상태(우)

21) 이는 유압으로 그 힘이 계속 지지되고 있기 때문이며 선체 횡경사 등으로 인해 수밀문 자체 하중이 미친다 해도 상태가 유지되도록 설계되어있다.

22) 5번 수밀문의 복도쪽 고정핀의 설치 시기는 이사부호 인도(2016년 5월) 후인 2017년경이다.

- 4.2.7 SOLAS Ch.II-1/13.7.1.4 규정에 따르면 수밀문은 수동조작 장치로 어느 쪽에서든 손으로 개폐할 수 있어야 한다. 수밀문 양쪽에 설치된 조작레버는 상호연동되어 움직이므로 이처럼 수밀문을 닫아둔 채 한쪽 조작레버를 고정핀으로 고정할 경우에는 맞은편에서 수밀문을 개폐할 수 없으며, 조작레버의 정상적인 작동을 저해하게 된다.
- 4.2.8 해당 수밀문의 고정핀에 대해서 선원들이 정확하게 이해하지 못하고 있는 것도 확인하였다. 선원들은 이 고정핀을 작동레버가 움직이지 않도록 반드시 꽂아두어야 하는 안전 고정핀으로 인식하는 경향을 가지고 있었다.²³⁾ 사고를 당한 전기장 역시 해당 고정핀에 대해서 동료 선원들처럼 반드시 꽂아야 하는 안전핀으로 인식하였을 가능성이 있다.
- 4.2.9 또한, 수밀문의 조작레버는 SOLAS Ch.II-1/13.7.4 규정에 따라 수밀문의 운동방향으로 개폐하는 단순 동작으로 작동되는데, 고정핀으로 인해서 개폐동작에 더해서 고정핀을 다시 꽂아야 하는 행위를 함으로써 시간을 지체하게 한 측면이 있을 수 있다.
- 4.2.10 한편, 사고자는 수밀문 점검보다는 건너가려는 의도가 더 있었던 것으로 판단되는 바²⁴⁾ 이 경우 만일 고정핀이 없었다면 단지 수밀문을 열고나서 건너간 후 체육실 쪽에서 조작레버로 문을 닫으면 되었을 것이다. 그러나, 원래대로 고정핀을 꽂아야 한다는 잘못된 인식은 전기장의 건너려는 행동을 제약하며 사고 위험성을 유발하였다고 보여진다. 즉, 전기장이 수밀문을 넘어가려는 의도와 동시에 고정핀을 고정해야만 한다는 인식이 상호 같이 작용하면서 사고로 이어진 개연성이 있다.
- 4.2.11 이번 사고가 움직이는 수밀문 사이를 통과하려고 했던 전기장의 순간적인 판단과실에서 기인하였음을 부인하기는 어렵다. 그러나, 5번 수밀문에 임의로 설치된 고정핀으로 인하여 조작레버에 고정핀을 꽂아야 하는 추가 동작을 야기한 것도 사고발생의 잠재적인 위험요소였던 것으로 판단된다.

4.3 수밀문의 점검 및 정비

- 4.3.1 SOLAS Ch.II-1/21 및 선박구획기준 제30조 규정에 따라서 수밀문은 주기적인 작동과 점검을 실시하여야 한다. 여기에는 매주 행하는 수밀문 조작훈련과 주 1회 행하는 점검 등

23) 사고 후 관련 기관에서 실시한 선원 면담조사 결과이다.

24) 만일 수밀문 작동상태를 점검하려는 의도였다면 수밀문을 건너가지 않고 복도쪽에서 수밀문을 열고 닫는 조작을 마쳤을 것이며, 이후 수밀문을 다시 원래 상태로 두기 위해 조작레버에 고정핀을 꽂은 후 위층이나 아래층을 이용하여 반대편 체육실로 이동하였을 것으로 보는 것이 정황상 합리적이다.

을 포함하고 있다. 이사부호 수밀문 제조업체에서 제공한 수밀문 사용설명서에도 매주 수밀문의 레버작동상태와 수동펌프가 정상적으로 작동하는지 등을 점검하게 되어있다.

4.3.2 그러나, 한국해양과학기술원의 이사부호 「연구선 및 승선자 운영지침」²⁵⁾(이하 운영지침)에는 수밀문 점검과 관련한 사항은 규정되어 있지 않으며, 작동 점검을 실시하지 않았다.

4.3.3 이사부호의 업무분장 상 수밀문 정비 담당도 명확하게 식별되어 있지 않다. 이사부호 운영지침에 따른 업무분장 상 전기장의 업무는 “선내 전원과 안전설비 전기계통의 정비 및 유지”를 포함하여 여섯 가지 항목으로 수밀문은 명시되어 있지 않다. 이사부호의 운영지침 상 규정된 전기장의 업무는 다음과 같다.

⑨전기장은 이사부호의 기관사관으로서 다음업무를 수행하며 기관장을 보좌한다.

1. 선내 전원설비 및 안전설비 전기계통설비의 정비, 유지 담당
2. 업무수행기록 및 담당기기 결함이력 유지 관리
3. 주 엔진 발전기부 유지관리
4. 아지무스 스러스트 및 선수 스러스트 전기부 유지관리
5. 배전반, 분전반, 변압기, 비상 전원 등 유지관리
6. 기타 기관장이 지시한 업무

<운영지침 상 전기장의 업무>

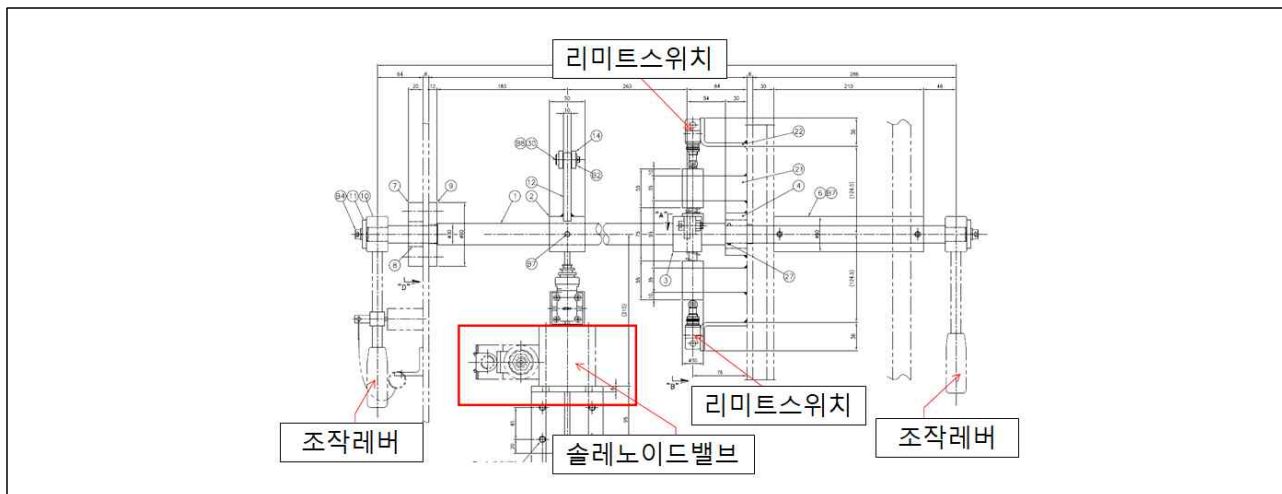
4.3.4 또한, 한국해양과학기술원에 따르면 이사부호는 전기추진기관을 사용하는 선박으로 전기장은 추진기 관리가 주업무라고 언급한 바 있으나, 이사부호 운영지침 상에는 이는 일등기관사의 업무로 분류되어있어 전반적으로 업무분장과 실제 담당하는 역할이 명확하게 일치하지 않은 부분이 있다.²⁶⁾

25) 이사부호의 운영지침 제1조(목적)에 따르면 “이 지침은 연구선운영관리규정 및 연구선승무원취업규칙에 의거 한국해양과학기술원 보유 해양연구선의 운영 및 연구선에서 근무하는 직원의 운영에 필요한 세부사항을 정함을 목적으로 한다”라고 규정하고 있으며, 제2조(적용범위)에서 “연구선 및 승선자의 운영에 관하여 별도로 규정되어있는 것을 제외하고는 이 지침을 적용한다”라고 되어있다. 이를 볼 때 이사부호의 운영지침은 연구선 및 근무하는 직원의 운영에 관하여 구속력이 있는 내부규칙이라고 할 수 있다.

26) 이사부호의 주추진시스템은 기계부분(mechanical parts)과 전기부분(electric parts)으로 구성되며, 각 부분들의 구성 요소들은 기계부분은 주발전기 엔진, 추진축계 및 추진기이며, 전기부분은 추진전동기, 주발전기(alternator), 주파수변환장치(converter), 통합자동화시스템(IAS), 전력관리시스템(power management system)이다.(한국해양과학기술원, 이사부호 건조백서, 2017, 218쪽). 실무적으로 이사부호의 추진기 관리에 있어 일등기관사는 기계부분을 전기장은 전기부분을 나눠서 한다고 할 수 있으나 운영지침에는 역시 반영되어 있지 않다.

- 4.3.5 한편, 이사부호에는 운영지침과는 별도로 자체적으로 작성한 기관부 업무분담 목록이 있다. 이 목록표에는 직급별로 유지 및 관리하는 담당 설비가 있으며, 수밀문은 전기장의 담당 기기에 포함되어있다.
- 4.3.6 이와 별도로 이사부호는 연구선운항팀의 업무지시로 매달 2회 선체, 갑판·기관설비, 소화·구명설비, 항해·통신설비 등을 점검하고 “안전점검 체크리스트”를 작성하여 연구선운항팀장에게 제출하고 있었다. 그러나, 수밀문은 주기적인 작동검사를 실시해야 하는 설비임에도 불구하고 점검항목에서 누락되어 있었다.
- 4.3.7 이에 대해 수밀문의 경우 담당구역을 순찰하며 육안상 점검을 한다는 이사부호 선원들의 언급이 있었다. 이사부호는 수밀문 구동계 하단패널에 부착된 점검창(sight glass)를 통해서 오일량과 누유여부 등을 육안 점검할 수 있다. 그러나, 평상 시 아홉 개의 수밀문 중 일곱 개의 전원을 모두 꺼두었고 유압펌프도 가동하지 않았기 때문에 적정 유압상태를 확인하는 육안점검의 실효성은 낮았다고 판단된다.
- 4.3.8 이와 같이 이사부호의 수밀문 담당 업무분장의 불일치와 점검체계의 불명확한 점으로 볼 때 수밀문 점검이 주기적이고 실질적으로 이뤄졌다고 보기 어려운 것으로 판단된다.
- 4.3.9 한편, 사고 조사 중에 이사부호 5번 수밀문의 개폐 동작이 정상적이지 않음을 식별하였다. 수밀문의 작동원리는 조작레버를 열림 또는 닫힘으로 조작하면 리미트스위치가 개폐신호를 솔레노이드 밸브에 전달한다. 그 다음에 솔레노이드 밸브가 유압관로를 열림이나 닫힘으로 작동하여 수밀문을 구동한다. 그런데, 현장조사 당시 수밀문이 닫히는 중에 조작레버를 열림으로 변환하니 수밀문이 다시 열렸고, 이어서 조작레버를 중립에 놓자 수밀문이 다시 닫히는 증상이 식별되었다.
- 4.3.10 제조사 문의 결과 이는 구동계에 있는 솔레노이드밸브 또는 리미트스위치의 결함으로 인하여 조작레버를 통해서 보내는 개폐신호가 전달되지 않는 상태로 정비가 필요한 것으로 확인되었다.²⁷⁾

27) 제조사에 따르면 해당 부품을 조달하여 본선에서 직접 교체수리가 가능하다.



〈그림 15〉 솔레노이드 밸브와 리미트스위치 도면표시

4.3.11 이번 사고는 전원이 꺼진 상태에서 잔존유압으로 수밀문을 닫는 중에 발생하였으므로 전원으로 구동되는 해당 부품의 결함과 사고 연관성은 낮다. 다만, 이러한 부품 결함으로 인하여 평상시 수밀문의 작동이 원활하지 않을 수 있으므로 주기적인 작동점검을 통해 필요시 정비 및 수리를 실시하고 정상적인 작동상태를 유지할 필요성이 있다고 판단된다.

4.4 수밀문 작업 및 작동 안전지침

4.4.1 이사부호 운영지침 제21조에는 작업안전 수칙이 규정되어있다. 해당 수칙에는 갑판, 기관실 또는 각 창고 등 위험한 곳에서 작업 시에는 2명 이상의 인원을 투입하고, 선교와 작업자 간 적절한 통신수단을 확보하며, 작업 전 안전조치를 강구하도록 하고 있다. 또한, 가능한 2명 이상이 작업하면서 안전사고 방지에 노력하도록 규정하고 있다.

4.4.2 전기장이 일등기관사에게 사전에 제출했던 주간점검 계획에는 “유압수밀문 점검” 항목이 있었다. 또한, 전기장이 수밀문 구동계의 하단패널을 개방하고 조작에 유의해야 하는 수밀문을 작동한 정황 등을 살펴보면 단독작업이 아닌 2명 이상의 작업인원을 투입하여 안전조치를 강구하며 같이 작업하는 것이 적절하였을 것으로 판단된다. 그러나, 당일 오후 작업안전회의에서 해당 작업은 언급되지 않았다. 이를 전주어볼 때 전기장은 별도의 보고 없이 당일 자발적으로 수밀문 점검을 하였던 보이며 이로 인해 작업 전 안전조치의 시행을 검토하지 못한 것으로 판단된다.

4.4.3 한편, 수밀문과 관련한 국제해사기구(International Maritime Organization)의 지침²⁸⁾에 따르면 선박의 수밀문 운영지침(Operational instructions)에는 “안전한 통행을 위한 수

밀문 작동절차”가 있어야 한다고 되어있다.²⁹⁾ 동 지침은 여객의 안전한 통행을 위한 것이거나 이사부호 수밀문이 여객선 규정에 준하여 설치된 것과 선원 외에도 연구원들이 다수 승선하는 점을 감안할 때³⁰⁾ 적용 검토가 필요한 지침으로 판단된다.

4.4.4 이사부호에는 수밀문 제조업체에서 제공한 “유압식 미닫이 수밀문 사용설명서”가 있으며, 개별 수밀문 현장에는 “격벽 수밀문 작동 및 안전수칙”이 부착되어있다. 그러나, 이들 설명서는 수밀문의 작동방법에 관한 것으로 안전한 통행에 필요한 유의사항들은 담고 있지 않다. 또한, 이사부호에 적용되는 한국해양과학기술원의 「연구선운영관리규정」과 운영지침 상에도 수밀문 작동안전에 관한 지침은 포함되어 있지 않다.

4.4.5 이사부호에는 승조원 및 연구원들의 거주구역이 있는 제2갑판을 포함하여 총 아홉 개의 수밀문이 여러 장소에 설치되어 있음에도 불구하고 수밀문의 안전한 통행을 위한 절차가 마련되어 있지 않다.

4.4.6 또한, 국제해사기구의 수밀문 관련 지침에 따르면 수밀문은 자격있는 사람에 의해서 작동 되도록 권고하고 있으나³¹⁾ 이사부호는 수밀문 작동에 대한 선원을 지정해 놓고 있지 않아 보다 안전한 수밀문 관리를 위해서 개선 검토가 필요한 것으로 판단되었다.

4.5 수밀문 폐쇄훈련 및 안전교육

4.5.1 이사부호 운영지침 제19조(안전담당)에 따라서 선내안전의 총괄책임은 선장에게 있으며, 안전업무와 안전교육 및 훈련은 일등항해사에게, 기관실 내 안전업무 및 소화장비에 관한 업무는 일등기관사에게 각각 위임되어 있다.

4.5.2 선장은 운영지침 제22조(안전교육)에 따라서 안전작업수칙이 철저히 이행되도록 월 1회 이상의 법정 안전교육과 비상훈련을 실시해야 하며, 또한, 선원 외 연구선의 승선자를 대상으로 선상작업 시 필요한 안전교육을 실시하여야 한다.

28) MSC1/Circ.1564 “Revised Guidance for Watertight Doors on Passenger Ships Which may be Opened During Navigation”

29) MSC1/Circ.1564 - 9.1.3. the operational instructions should cover procedures for operating watertight doors to permit safe passage of passengers, in particular, that watertight doors should only be operated by qualified persons and not by passengers.

30) 이사부호 선박검사증서(Ship Survey Certificate) 상 임시승선자의 최대승선인원은 35명이다.

31) MSC1/Circ.1564 - 9.1.3

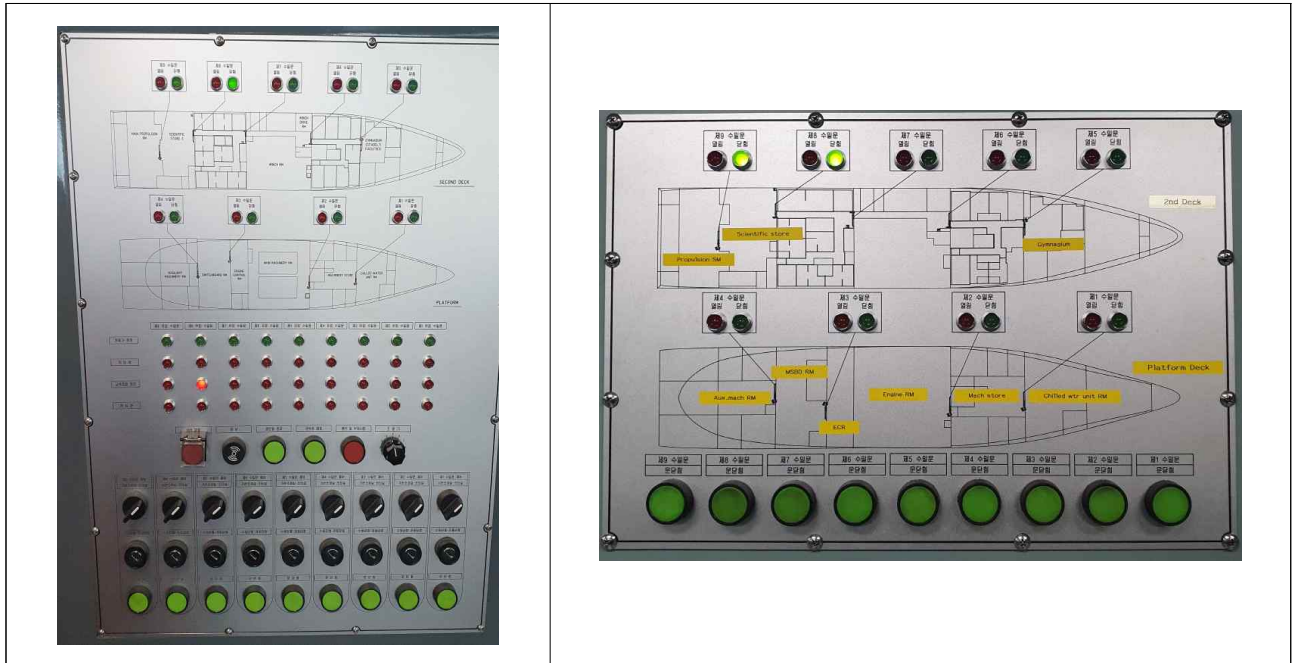
- 4.5.3 이사부호는 운영지침에 따라 매월 교육과 훈련을 실시하였다. 사고가 발생한 2022년의 경우 사고 전까지 소화 및 퇴선, 밀폐구역, 유류방제, 추진기관 고장 등에 관한 훈련을 실시하였으며, 수밀문 조작과 연관성이 있는 충돌 및 좌초훈련도 2회 실시한 기록이 있다.
- 4.5.4 한편, 이사부호 운영지침의 별표 제1호의 “해난사고시 비상배치 위치 및 직무표”에 따르면 충돌사고 발생 시에 선장이 선교에서 수밀문을 폐쇄하도록 하고 있다. 그러나, 이사부호에서 실시한 훈련은 별도의 시나리오 없이 선장이 임의로 상황을 지정하여 실시하였을 뿐 충돌 및 침수 상황 등을 가정하여 선교에서 수밀문을 폐쇄하는 등 운영지침에 따른 훈련을 실시하지 않았다. 또한, 평상 시 수밀문 배전반의 전원을 대부분 꺼두었던 것을 감안하면 수밀문에 관한 체계적인 관리 및 훈련환경이 갖춰지지 않았으며, 훈련이 부족했던 것으로 판단된다.
- 4.5.5 이사부호는 수밀문 안전교육의 경우 비상조타 훈련시 유압수밀문을 개방하여 타기실로 진입할 때 작동법과 유의사항을 교육한다고 하였다.³²⁾ 그러나, 비상조타훈련은 타기 고장으로 인한 비상상황 시 타기실에 신속하게 도착하여 직접 현장에서 타기를 조작하는 훈련으로 그 목적이 수밀문 조작에 있지 않다. 또한, 비상조타 훈련 중에 실시하는 교육은 그 대상이 타기실에 배치되는 일부 선원들에 한정되어있어 수밀문 안전교육의 대상 측면에서 볼 때 교육의 실효성이 낮았던 것으로 판단된다.
- 4.5.6 한편, 이사부호에 따르면 수밀문에 관한 교육이나 훈련 등은 없었고, 다만, 수밀문 관련 장비들을 함부로 만지지 말라는 교육은 하였다고 한 것을 감안할 때 평소 수밀문 조작으로 인한 사고 위험성을 염려하였지만, 수밀문의 안전한 작동법과 주의사항 등 수밀문 안전에 관한 교육은 별도로 시행하지 않은 것으로 판단된다.
- 4.5.7 수밀문을 통과할 때는 문이 완전히 열린 후 양쪽 조작레버를 열림방향으로 잡고서 통과해야 한다. 또한, 선원들은 수밀문이 강한 압력으로 계속 닫히도록 설계되어 있어 끼임사고 시 생명을 잃을 수도 있다는 경각심을 가지고 승선에 임해야 한다.³³⁾
- 4.5.8 이번 사고는 이러한 기본 안전사항을 지키지 않은 선원의 판단에서 기인하였음을 고려할 때 이사부호는 선상 안전교육 시 선박에 설치된 수밀문의 작동법과 특성, 그리고 주의사항을 선원들에게 교육하고, 사고예방을 위한 적극적인 노력이 필요한 것으로 판단된다.

32) 한국해양과학기술원의 비상훈련 및 교육에 관한 답변 내용이다. 2022년의 경우 사고 전까지 3월과 6월에 비상조타훈련을 실시하였다.

33) Gard, DNV-GL. 2017. <https://www.gard.no/Content/22786693/Watertight> 참고

4.6 수밀문의 작동제어

4.6.1 이사부호에서 수밀문을 작동하는 위치는 세 군데로 원격제어 방식인 선교 및 기관조정실의 두 곳과 지역제어 방식인 개별 수밀문 현장이다.



<그림 16> 선교 수밀문 원격제어반(좌), 기관조정실 제어반(우)

4.6.2 원격제어 방식인 선교와 기관조정실에서는 수밀문의 폐쇄만 가능하다. 선교에서 수밀문을 폐쇄하는 방법은 세 가지이다. 첫째, 선교 수밀문 제어반에 커버가 달린 빨간색 “비상단힘” 버튼을 누르면 모든 수밀문이 폐쇄된다. 둘째, 개별 수밀문에 있는 열쇠형 스위치³⁴⁾를 “자동단힘” 위치에 두면 개별문이 닫힌다. 셋째, 개별 수밀문의 초록색 “문단힘” 버튼을 누르면 해당문이 폐쇄된다. 기관조정실에는 초록색 “문단힘” 버튼만 있다.

4.6.3 SOLAS Ch.II-1/13.8.1 규정 상 선교의 원격제어반에는 “지역제어(local control)”와 “문폐쇄(doors closed)”를 제어하는 “마스터모드(master mode)” 스위치를 두게 되어있다. 그러나, 이사부호의 수밀문 제어반을 살펴보면 “지역제어”는 개별 수밀문의 “수동단힘” 기능으로, “문폐쇄”는 빨간색 “비상단힘” 버튼으로 그 용어와 기능이 조금 다름을 확인할 수 있다.

34) “수동단힘”과 “자동단힘”을 선택할 수 있게 되어있으며, 평상시에는 “수동단힘” 위치에 두고 있다.



<그림 17> “비상단힘” 버튼(좌), “자동단힘” 스위치(중), “문단힘” 버튼(우)

4.6.4 한편, 한국해양과학기술원의 다른 시험조사선인 “온누리호” 선교에 설치된 수밀문 제어반에는 “마스터모드 스위치”가 있고 그 아래에 개별수밀문 조작스위치가 있어 이사부호 제어반과 기능과 배치가 다를 수 있다.



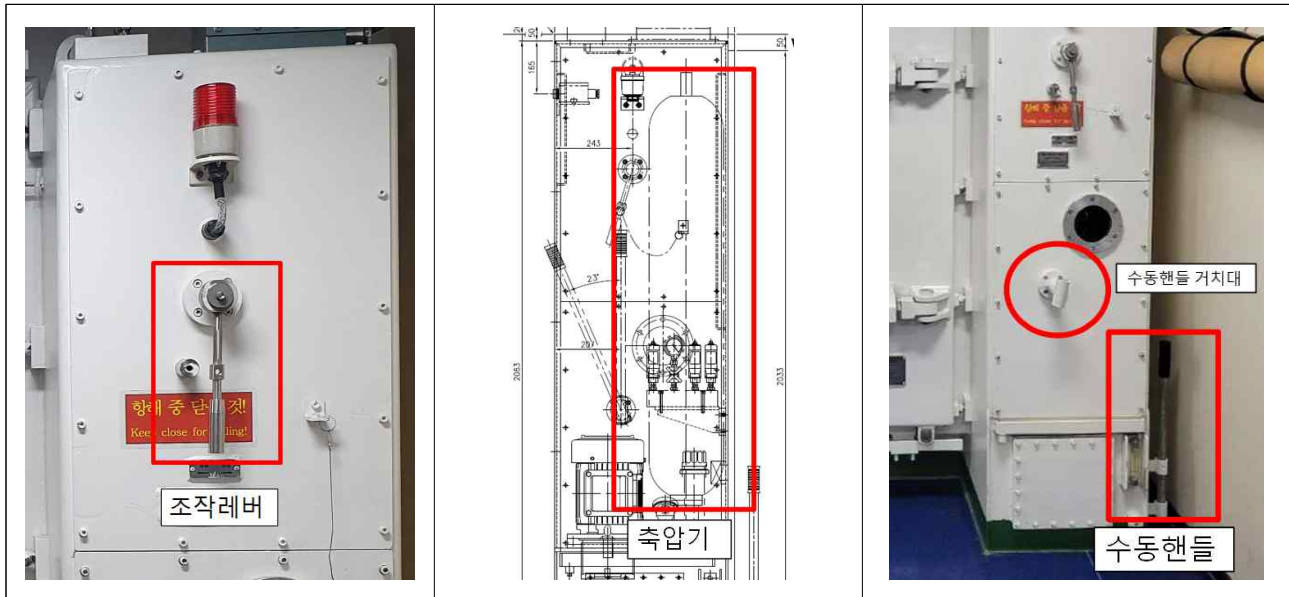
<그림 18> 다른 시험조사선 “온누리호”에 설치된 수밀문 제어반

4.6.5 이처럼 이사부호에 설치된 수밀문 제어반의 기능이 다른 시험조사선과 상이하여 선원들이 그 차이점과 기능을 숙지하지 못할 경우 조작에 혼란을 일으킬 여지가 있어 보인다. 따라서 선원들이 수밀문 제어반의 기능을 명확하게 숙지하여 비상시 수밀문 제어를 차질없이 이행할 수 있도록 충분한 교육을 통해 작동법을 익히도록 하는 것이 중요하다고 판단된다.

4.6.6 또한, SOLAS Ch.II-1/13.6. 규정 상 원격제어위치는 “항해선교와 격벽갑판 상부 장소로 제한되어야 한다”고 되어 있으나, 이사부호는 기관조정실에서도 수밀문 폐쇄가 가능하도록 선택할 수 있게 설계되어 있어 규정과는 다른 방식으로 운영될 여지가 있어 주의가 필요한 것으로 보인다.³⁵⁾

35) 이사부호 운영지침 상에도 수밀문의 폐쇄는 선장의 임무로 선교에서 이뤄지게 되어있다.

4.6.7 한편, 지역제어 방식인 개별 수밀문 현장에서 수밀문을 작동하는 방법은 세 가지이다. 첫째, 유압펌프를 구동하여 조작레버를 이용하는 방법, 둘째, 전원 차단 시 축압기의 잔존압력으로 구동하는 방법, 셋째, 구동유압이 충분하지 않을 경우 수동핸들로 이용하여 작동하는 방법이다.



<그림 19> 조작레버(좌), 축압기 도면표시(중), 수동펌프 레버(우)

4.6.8 이사부호의 경우 “지역제어”는 선교 제어반의 열쇠형 스위치를 “수동단힘”에 놓는 경우 가능하다. 평상시 아홉 개의 수밀문 스위치는 모두 “수동단힘” 위치인 “지역제어” 상태였다. 다만, 이사부호는 “지역제어” 상태일지라도 선교 제어반 하단의 초록색 “문단힘” 버튼을 누르면 “원격제어”와 동일하게 문이 폐쇄되므로 시스템적으로 명확히 구별되고 분리된 “지역제어” 상태로 보기 어려워 수밀문 제어와 운용에 주의가 요구된다고 판단된다.

4.7 수밀문의 개폐속도

4.7.1 SOLAS Ch.II-1/13.7.1.7 및 선박구획기준 제18조제8항 규정 상 수밀문의 동력폐쇄 시간은 선박의 직립상태에서 20초 이상 40초 이하이어야 한다. 수밀문 설치 후 실시한 선급 검사에서 이사부호의 수밀문은 모두 규정 속도 범위에서 개폐되었고 SOLAS Ch.II-1/13.7.3에서 규정한 바와 같이 축압기도 3회 구동되었다.

2. OPERATING SPEED TEST (S=Second)										
DOOR NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	SPEC
INSP' ITEM										
DIRECTION V/V 열림	21.77	22.87	26.02	23.47	21.5	27.89	23	20.49	21.54	20 ~ 40 Sec.
DIRECTION V/V 닫힘	26.3	23.66	21.17	23.8	22.53	24.8	25.27	23.67	22.93	20 ~ 40 Sec.
ACCUMULATOR 닫힘->열림->닫힘	ACCEP TED	ACCEP TED	ACCEP TED	ACCEP TED	ACCEP TED	ACCEP TED	ACCEP TED	ACCEP TED	ACCEP TED	
LOCAL 수동펌프 열림	48.19	51.76	35.08	46.97	43..82	47.28	60.2	58.48	57.83	max. 90 Sec.

<그림 20> 이사부호 수밀문 검사보고서('14.11.6.)

4.7.2 다만, 이번 사고 후 실시한 현장조사에서 잔존유압을 이용하여 1회차 구동할 때 걸린 시간은 약 17초였다. 이처럼 잔존유압으로 구동시 동력을 이용하여 폐쇄할 때의 규정속도 범위보다 수밀문이 오히려 더 빨리 작동되는 현상이 식별되었다.

4.7.3 평소 선원들은 본선에 설치된 수밀문의 개폐속도와 작동 특성을 충분히 숙지할 필요가 있다. 또한, 위의 현장조사에서 보듯 수밀문의 개폐속도가 조건에 따라 가변적일 수 있음을 주지하고, 주기적인 작동시험을 통해 수밀문이 규정속도 보다 더 빨리 닫히는 경우 작동속도를 조정하여 사용하도록 점검할 필요가 있다고 판단된다.³⁶⁾

36) 수밀문 개폐속도는 수밀문 구동계의 상부커버 개방 후 유량조절밸브(flow control valve)를 조작하여 속도조절이 가능하다.

section

5

결론

5. 결론

- 5.1 이 사고는 수밀문을 점검하던 전기장이 휴식을 취하고 작업장소로 되돌아오는 중에 수밀문을 개방한 후 다시 닫는 과정에서 움직이는 수밀문에 끼어 사망한 사고이다.
- 5.2 전기장은 움직이는 수밀문 사이를 지나가면서 동시에 조작레버에 고정핀을 끼우려 하였으나 시간이 지체되었고 결국 수밀문 사이에 몸이 끼이게 되었으며 강한 압력으로 인해 미처 탈출하지 못한 것으로 판단된다.
- 5.3 이 사고는 수밀문을 조작하던 전기장이 기본적인 안전사항을 따르지 않고 움직이는 수밀문 사이를 통과하려고 했던 것에 기인한 것으로 판단된다.
- 5.4 아울러, 이사부호는 수밀문의 운영 및 관리, 주기적인 수밀문의 점검과 정비, 수밀문 관련 비상훈련 및 안전교육이 적절하게 이루어지도록 개선할 필요가 있다고 판단된다.

section

6

권고

6. 권고

6.1 체계적인 수밀문 운영 및 관리 절차의 수립

- 6.1.1 국제규정에 따라 수밀문은 항상 닫혀있어야 하며, 수밀문 통행이나 작업을 위해 개방하더라도 사용이 완료되면 그 즉시 닫도록 규정하고 있다.
- 6.1.2 그러나, 이사부호는 총 아홉 개의 수밀문 중에서 단지 두 개의 수밀문만 정상 가동하고 있었으며, 여섯 개의 수밀문은 전원을 끈 채 열어두었고, 사고가 발생한 5번 수밀문은 전원을 끈 채 닫아두었다.
- 6.1.3 수밀문은 선체손상으로 인한 침수발생 시 이를 제어하여 선체의 부력과 안전성을 유지하는 주요 설비이므로 수밀문 정비 등의 예외적인 상황 이외에는 항상 닫힌 상태를 유지하도록 하여야 한다.
- 6.1.4 그러나, 다수의 수밀문을 임의적으로 상시 개방한 채 배전반의 전원을 꺼두어 동력가동 준비상태를 유지하지 않는 것은 침수사고 발생 시 신속한 폐쇄를 곤란하게 하여 인명 및 재산피해를 키울 수 있으므로 개선해야 한다.
- 6.1.5 따라서, 이사부호는 수밀문의 안전성 유지를 위해 체계적인 수밀문 운영 및 관리 절차를 수립하여 운영지침에 반영할 것을 강구하여야 한다. 이에 추가하여 수밀문을 운영하는 책임자를 지정하고 안전한 수밀문 통행절차³⁷⁾를 함께 마련할 것을 적극 검토할 필요성이 있다.
- 6.1.6 또한, 수밀문 조작레버에 임의로 설치한 고정핀 때문에 한 쪽에서 수밀문을 개폐할 수 없는 등 문제가 있으므로 설치된 고정핀을 제거하여 정상 작동상태를 유지하도록 해야 한다.

37) ①수밀문의 양쪽 조작레버를 “열림” 위치에 잡고 유지하면서 통행, ②도구나 물품을 들고 이동시 문을 작동하는 사람(감독자)과 짐을 나르는 사람의 역할 분담, ③수밀문 부근 미끄럼 방지를 위한 청결유지, ④수밀문 작동지침 설명서의 제공과 작동절차 훈련의 실시 등이 있다(UK MCA, MGN 35, 17 Feb. 2022, <http://bit.ly/3yU7QCa> 참고).

6.2 주기적인 수밀문 점검과 정비체계의 마련

- 6.2.1 규정에 따라 수밀문은 주기적인 작동과 점검을 실시하여야 한다. 그러나, 이사부호 운영 지침 및 매월 2회 작성하는 “안전점검 체크리스트”에 수밀문은 점검항목에 포함되어 있지 않다.
- 6.2.2 또한, 운영지침 상 수밀문의 정비 담당이 식별되어 있지 않고, 자체적인 기관부 업무분담 상 전기장의 담당 기기로만 표기되어있을 뿐이다.
- 6.2.3 따라서, 이사부호는 수밀문의 안정적인 작동 상태 유지를 위하여 주기적인 정비계획과 정비 담당사관을 운영지침에 명시하는 등 효과적인 예방정비 체계를 마련하도록 운영지침 절차서를 개선할 것을 검토하여야 한다.
- 6.2.4 또한, 수밀문 개폐 등 위험성이 있다고 판단되는 점검 시에는 2명 이상의 인원을 투입하고, 선교와 통신체계를 유지하며 안전한 작업이 이뤄지도록 개선절차를 마련하여야 한다.

6.3 강화된 수밀문 폐쇄훈련 및 안전교육의 실시

- 6.3.1 이사부호는 운영지침에 따라서 해양사고 시 비상배치 임무를 참고하여 각 상황에 맞는 역할들이 충실히 이행되도록 훈련할 필요성이 있었으나, 충돌상황을 가정한 수밀문 폐쇄훈련은 이뤄지지 않았다.
- 6.3.2 그러므로, 이사부호는 수밀문 개폐를 포함한 충돌상황 훈련을 실시하도록 하는 등 수밀문 관련 훈련을 강화하도록 노력해야 한다. 또한, 안전교육 시 설치된 수밀문의 안전한 작동 법과 주의사항을 담은 지침서를 승조원들에게 제공하고, 사고 예방을 위한 교육을 적극적으로 실시하여야 한다.
- 6.3.3 아울러, 선교 당직사관의 경우 수밀문 제어반의 기능과 특성을 충분히 숙지하도록 교육하여 비상시 수밀문 제어가 차질없이 이행되도록 조치하여야 한다.



해양수산부

중앙해양안전심판원