

[특별조사 2024-005]



해양사고 특별조사보고서

- 유류 및 액체화학품산적운반선 뉴브라이트호
폭발사고 -

사고일자 : 2023.12.21.

공표일자 : 2024.10.31.



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.

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

Contents

1. 사고 개요	2
2. 사실 정보	5
2.1 선박제원	5
2.2 선박소유자 및 운항관계	8
2.3 승선원 구성	9
2.4 운송화물(벤젠)의 특성	10
2.5 화물창 세정절차	12
3. 사고 경위	15
3.1 중국 입항·하역 및 출항	15
3.2 화물창 폭발사고 발생	16
3.3 퇴선·선원구조 및 피해상황	19
3.4 한국과 중국의 합동현장조사	22
4. 사고 분석	25
4.1 화물탱크 폭발의 직접적 원인 분석	25
4.2 일등항해사의 선장 지시사항 미이행	26
4.3 화물창 세정절차 등 안전규정 미준수	27
4.4 가연성·정전기 축적화물에 대한 인식 부족	28
4.5 국적이 다른 선원 간의 의사소통 문제	29
4.6 선원의 피로도에 따른 의사결정 장애	31

5. 결론	34
6. 권고	37
6.1 선장의 지시사항 이행 철저	37
6.2 화물창 세정지침 및 관련 규정 준수	37
6.3 가연성·정전기 축적 화물에 대한 관리 강화	38
6.4 국적이 다른 선원들 간의 의사소통 능력 강화	38
6.5 화물작업 시 선원들의 피로도 관리 방안 마련	38

section

1

사고 개요

1. 사고 개요

- 1.1 뉴브라이트(NEW BRIGHT)호는 2007년 12월 3일 대한민국 삼호조선소에서 건조된 선박으로 총톤수 8,504톤, 길이 119.45미터, 너비 20.40미터, 깊이 11.50미터이며, 4,400 킬로와트의 디젤기관 1기를 장치하고 있는 제주시 선적의 유류 및 액체화학품산적운반선이다.
- 1.2 뉴브라이트호는 2023년 12월 19일 21시05분(중국 현지시간 기준, GMT 8) 중국 장수성 창조우항에 접안하였고, 12월 20일 02시부터 대한민국 대산항에서 적재한 벤젠 약 11,410톤의 하역을 시작하였다. 다음날인 12월 21일 09시 30분경 하역작업을 마치고 10시 20분경 창조우항을 출항하여 양쯔강을 따라 대한민국 인천항으로 향했다. 인천항에서는 벤젠 약 12,000톤을 적재할 계획이었으며, 12월 23일 13시경 도착할 예정이었다.
- 1.3 양쯔강을 따라 출항하던 12월 21일 12시 45분경 선수비상 배치를 위해 갑판으로 나간 갑판장과 갑판원 2명은 일등항해사의 지시에 따라 화물창 통기관 밸브 개방 및 화물창 해치 부분 개방 등의 작업을 하였다.
- 1.4 같은 날 14시 45분경 수통대교 통과를 위한 선수 비상배치 지시에 따라 다시 갑판으로 나간 갑판장과 갑판원 2명은 공기배관과 선체 중앙부에 있는 매니폴드부 화물 이송용 공통 배관을 연결하고, 이 공통 배관의 잔류물 배출용 배관에 이동식 고무호스를 꽂은 후 이 고무호스의 반대편을 3번 우현 화물창 해치에 넣고서 압축공기를 공급하기 시작하였다.
- 1.5 갑판장은 화물배관에서 잔류화물이 호스로 나오는지 관찰하다가 잠시 선수로 가서 비상 투묘 대기를 하고 있는 갑판원 2명에게 에어 블로잉 작업 상황을 전달하였다. 이후 다시 현장으로 돌아와 에어 블로잉 상황을 확인하던 중 화물창은 폭발하였다.
- 1.6 화물창 폭발 시각은 2023년 12월 21일 15시 06분이며 위치는 수통대교(Sutong Yangtze River Bridge) 서방 약 2.3킬로미터 지점(북위 31도 45분 36초, 동경 121도 01분 35초)이다. 선체 내 폭발 장소는 3번 화물창 부근으로, 이곳에서 화염이 발생한 후 두세 차례의 연이은 폭발이 발생하였으며, 선체는 급격히 우현으로 기울어졌다.

1.7 사고가 발생한 2023년 12월 21일 15시 06분경 윈브릿지 부근에 있던 선장은 퇴선명령을 내리고 조난경보 버튼을 눌렀으며, 구명뗏목을 투하할 것을 지시했다. 같은 날 15시 40분경 선원 19명과 도선사 3명을 더한 총 22명은 모두 중국 해사국 선박에 의해 안전하게 구조되었고 20시경 화재도 완전히 진압되었다.



<그림 1> 뉴브라이트호 폭발 사고 지점(중국 해사국 자료 인용)

1.8 폭발사고는 수통대교와 불과 2.3킬로미터 떨어져 발생하였다. 이 지점은 선박통항로 4곳이 교차하는 지점으로 선박 침몰 또는 해양오염 발생 시 대규모 피해가 우려되는 취약지역이다. 중국 해사국은 사고 초기 적극적으로 신속하게 대응하여 인명을 모두 구조하였으며 추가 피해를 막았다.

1.9 뉴브라이트호는 같은 날 22시 33분경 사고지점 인근 남동쪽 저수심 지점으로 예인되어 임의 좌주되어 있다가 2024년 1월 1일 플로팅 도크에 입거되었다. 이 사고로 인하여 화물창 갑판, 격벽 및 화물 배관 등이 심하게 손상되었고, 거주구역도 일부 손상되었다. 사상자는 없었으나 선원 3명이 화상 등의 상처를 입었다.

1.10 사고 시 날씨는 북서풍이 초속 8~10미터로 불고 있었으며 파고는 약 0.3미터 내외, 시정은 약 7마일 정도의 흐린 날씨였으며 기온은 영하 4도, 해수 온도는 10도 가량이었다.

section

2

사실 정보

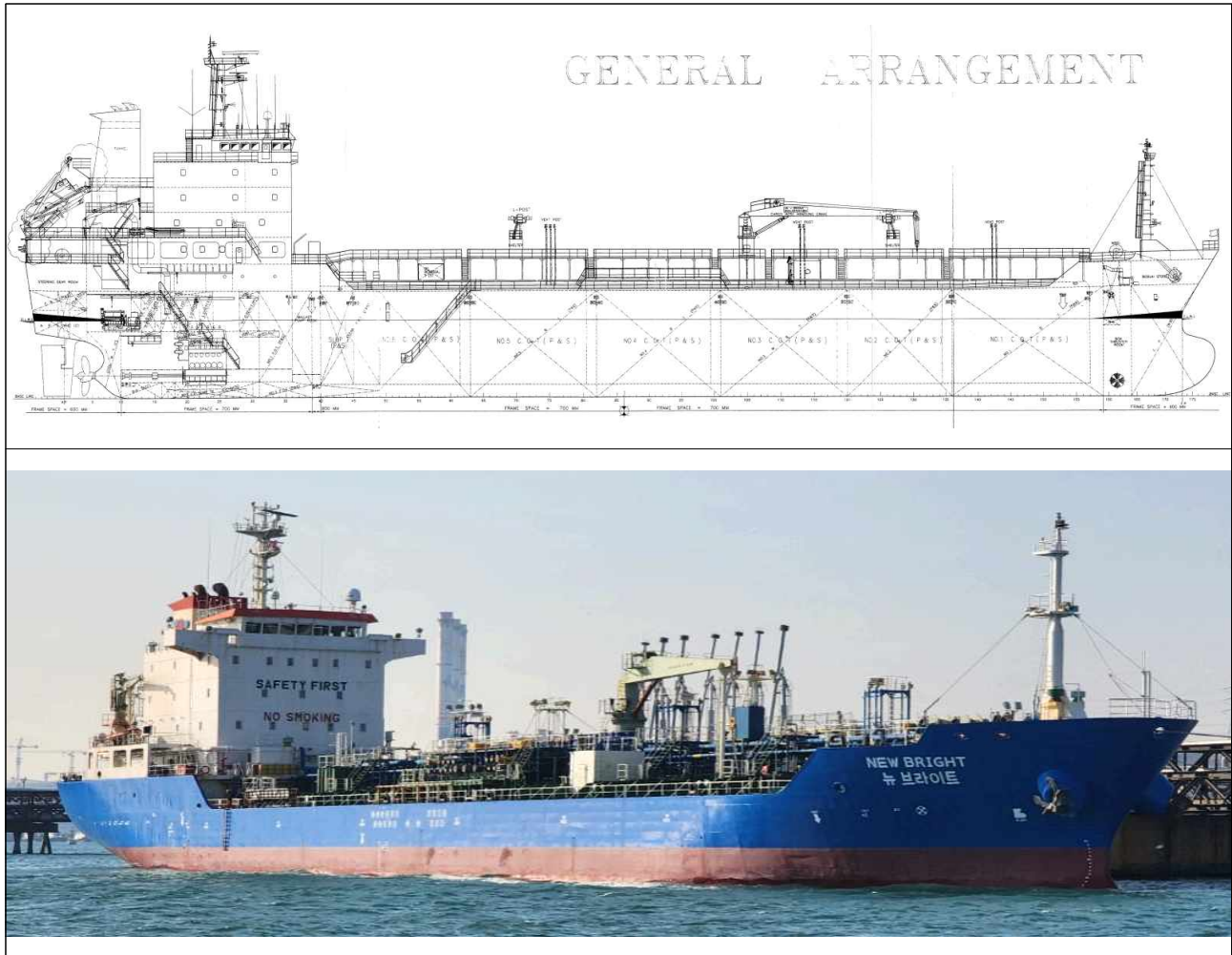
2. 사실 정보

2.1 선박제원

2.1.1 주요 명세

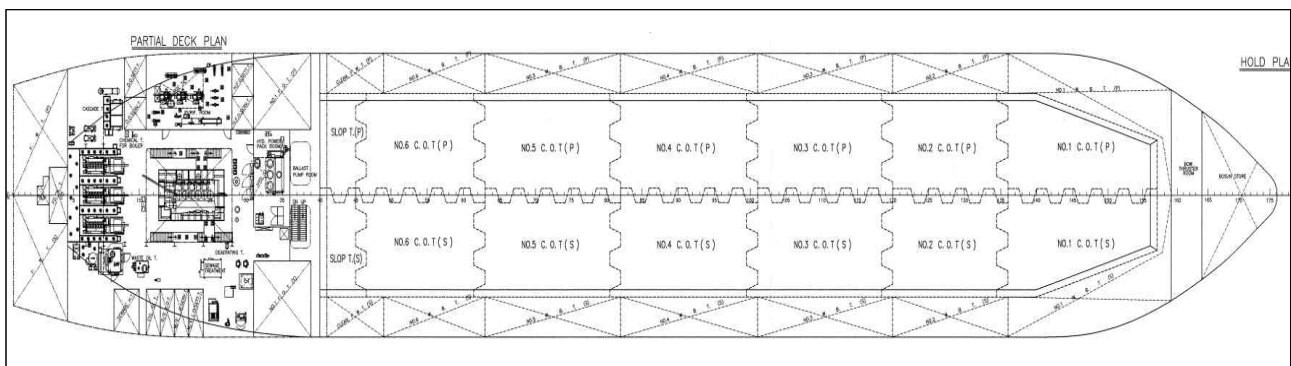
선 명	뉴브라이트(NEW BRIGHT)
국 적	대한민국
선 적 항	제주시
IMO 번호 / 선박번호	9332432 / JJR-161029
선박용도	유조선(유류 및 액체화학품산적운반선)
선박소유자	성호해운(주)
안전관리사	성호해운(주)
조 선 자	삼호조선소
진수일	2007년 12월 03일
선박검사기관	사단법인 한국선급
총톤수(톤)/재화중량톤수(미터톤)	8,504 / 12,898
길이(미터)	119.45
너 비(미터)	20.40
깊 이(미터)	11.50
주 기 관	디젤엔진 1기
최대출력(킬로와트)	4,400
추 진 기	나선추진기 1기

2.1.2 뉴브라이트호는 2007년 12월 3일 대한민국 삼호조선소에서 건조된 선박으로 총톤수 8,504톤, 길이 119.45미터, 너비 20.40미터, 깊이 11.50미터이며, 4,400 킬로와트의 디젤기관 1기를 장치하고 있는 대한민국 제주시 선적의 유류 및 액체화학품산적운반선이다.



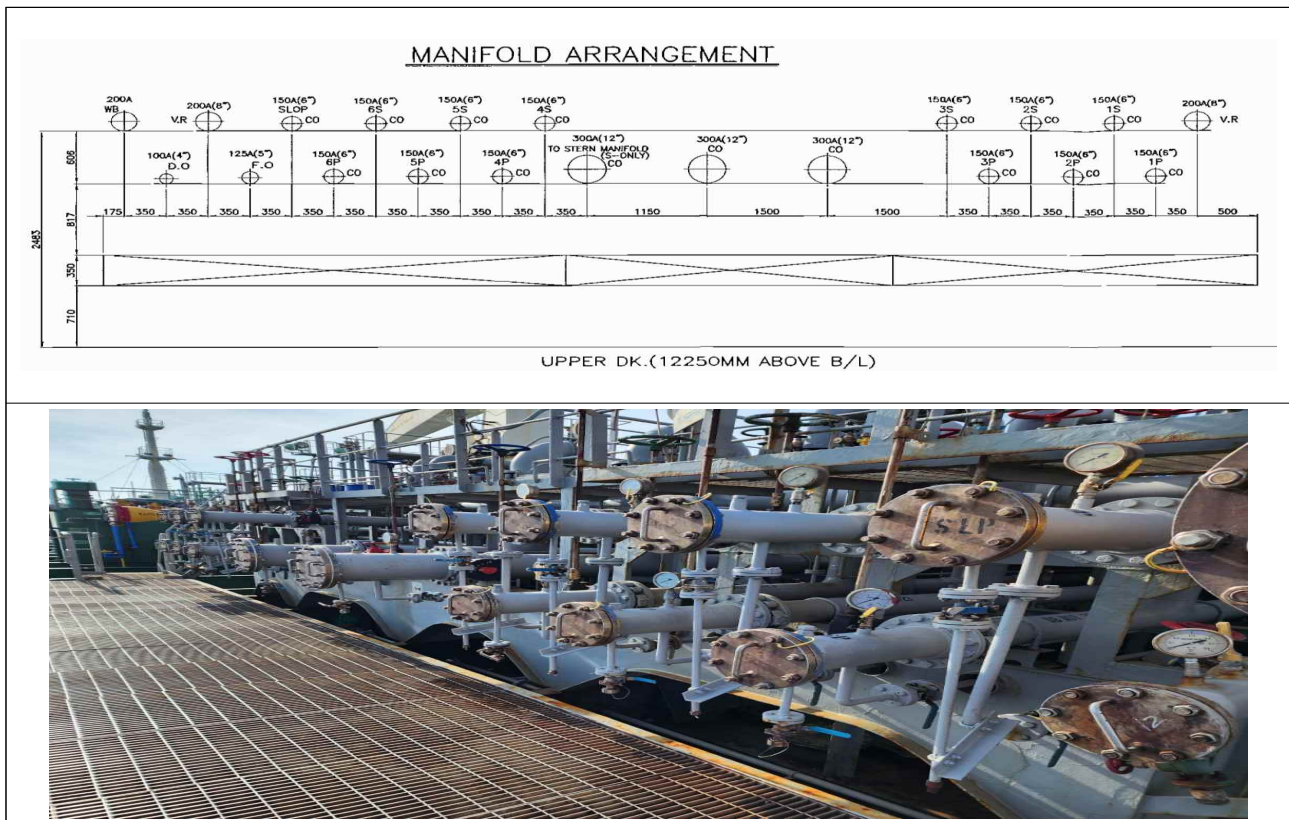
<그림 2> 뉴브라이트호 일반배치도(상) 및 선박 전경(하, 선사제공)

2.1.3 뉴브라이트호는 1번부터 6번까지 좌우로 나뉜 총 12개의 화물창이 있고, 6번 화물창 뒤편에는 잔유저장 탱크(Slop Tank)가 좌우로 배치되어 있다. 평형수 탱크는 화물창 바깥쪽으로 1번부터 6번까지 좌우로 총 12개가 있다. 각 화물창에는 독립식 화물펌프가 있으며, 잔유저장 탱크 뒤편에는 평형수 펌프룸이 있다.



<그림 3> 뉴브라이트호 화물창 및 평형수탱크 배치도

2.1.4 뉴브라이트호의 상갑판 중앙부에는 화물을 이송하는 파이프라인이 모여있는 매니폴드(Manifold)가 있으며 좌우현이 같은 배치로 되어 있다. 파이프 라인은 13개의 다른 종류의 화물을 처리가 가능하도록 구성되어 있다. 각 화물 및 슬롭탱크(P&S)에는 각기 다른 종류의 화물 적재가 가능하다.



〈그림 4〉 뉴브라이트호 매니폴드 배치도(상), 매니폴드 모습(하, 동형선 뉴스타호)

2.1.5 뉴브라이트호는 (사)한국선급으로부터 대한민국 목포에서 2022년 12월 7일 정기검사를 완료하였고, 2028년 2월 21일까지 유효한 선박검사증서¹⁾를 보유하고 있었다. 액체화학품을 국제적으로 운송하기 위해 필요한 국제위험화학품 산적운송적합증서²⁾도 2022년 12월 7일 목포에서 발행되어 2028년 2월 21일까지 유효하였다.

2.1.6 뉴브라이트호는 (사)한국선급으로부터 선박안전관리증서³⁾를 발급받았으며 2021년 10월 9일부터 2026년 10월 8일까지 유효하였다.

1) 화물선안전구조증서(SC: Cargo Ship Safety Construction Certificate), 화물선안전설비증서(SE: Cargo Ship Safety Equipment Certificate), 화물선안전무선증서(SR: Cargo Ship Safety Radio Certificate) 등

2) IBC Code(International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Dangerous Chemicals in Bunks)에 따라 국제위험화학품산적운송적합증서 별지1에 등재된 케미컬 화물을 운송할 수 있음(벤젠 운송 가능)

3) 선박안전관리증서(SMC: Safety Management Certificate) : 2021년 9월 21일 한국선급에서 심사하여 적합 판정

2.2 선박소유자 및 운항관계

2.2.1 뉴브라이트호의 소유자는 성호해운(주)(Seongho Shipping Co., LTD)으로 1965년 11월 설립 이후 약 60년간 유류 및 액체화학품을 전문적으로 수송하여 왔다.

2.2.2 선박의 안전관리는 선주인 성호해운(주)에서 자체적으로 시행하고 있으며 2024년 5월말 기준 유류 및 액체화학품산적운반선 9척(뉴브라이트호 제외⁴⁾)을 직접 관리·운영하고 있다. 안전관리책임자 이하 해무팀에서는 선원관리, 공무팀은 선용품 보급 및 선박 수리 담당, 안전관리팀은 선박검사 및 인증심사 업무를 담당하고 있다.

Name of Vessel	DWT	Built Year	Coating	Cargo pump	Tk no.	Laden Speed	Trading route	ECDIS	Phenol handling
NEW GLOBAL	5,646	Feb. 2009	Epoxy	Framo 200m3/h	10+2	11	NE ASIA	TRANSAS	X
NEW HARMONY	5,646	Apr. 2009	Epoxy	Framo 200m3/h	10+2	11	NE ASIA	TRANSAS	X
SEONGHO GALAXY	5,538	Oct. 2007	Epoxy	Marflex 200m3/h	10+2	11	NE ASIA	TRANSAS	X
SEONGHO PIOCE	5,555	Oct. 2008	Epoxy	Marflex 200m3/h	10+2	11	NE ASIA	TRANSAS	X
NEW BRIGHT	12,865	Dec. 2007	Epoxy	Framo 350m3/h	12+2	12	SE/NE ASIA	MECYS	X
NEW SILVER	12,865	Jan. 2008	Epoxy	Framo 350m3/h	12+2	12	SE/NE ASIA	MECYS	X
NEW STAR	12,900	Sep. 2006	Epoxy	Framo 350m3/h	12+2	12	SE/NE ASIA	TRANSAS	X
SEONGHO ACE	13,140	Jun. 2009	Epoxy	Framo 350m3/h	12+2	12	SE/NE ASIA	TRANSAS	X
SH VENUS	6,894	Jun. 2022	SUS(NSSC2120)	Framo 200m3/h	10+2	12	SE/NE ASIA	FURUNO	O
SH OLIVIA	6,871	July. 2022	SUS(NSSC2120)	Framo 200m3/h	10+2	12	SE/NE ASIA	FURUNO	O

All vessels' Kind, Type, Class & Flag : Oil/Chemical Tanker(IMO Type II), 'KR' (Korea Register) & Korean Flag, 'KR' (Korea Register) & Panama Flag
All vessels' has a Heating coil & 2 ECDIS

<그림 5> 성호해운(주)에서 운영하는 선박 명세(2024년 5월말 기준 총 9척, 뉴브라이트호는 폐선)

2.2.3 뉴브라이트호는 주로 대한민국의 대산, 울산에서 화물을 적재하고 중국, 캄보디아, 미얀마, 말레이시아, 싱가포르 등 아시아 지역에서 하역하였으며 벤젠, 가솔린 등 액체화학품을 산적으로 운송하였다.

2.2.4 최근에는 전항차 대산에서 파라자일렌 10,000톤을 적재하여 중국 장인항에서 양하하였고 이번 항차는 대산에서 벤젠 12,000톤을 적재하여 중국 장수성 창조우항에서 양하하였으며 다음 항차는 인천항에서는 벤젠 약 12,000톤을 적재할 계획이었다.

4) 2023년 12월 21일 사고 이후 2024년 2월 1일 매각

2.3 승선원 구성

- 2.3.1 사고 당시 뉴브라이트호에는 총 19명의 선원이 승선하고 있었다. 이중 한국인은 선장, 기관장, 일등항해사와 이등기관사까지 총 4명이었고, 나머지 선원은 인도네시아 국적 선원 10명과 미얀마 국적 선원 5명이었다.
- 2.3.2 선장은 1급 항해사 면허를 소지하고 있으며 2017년 5월에 선장으로 진급하였다. 같은 회사 소속의 유류 및 액체화학품산적운반선 5척에서 선장으로 승선하였으며 선장으로서 승선경력은 합산하여 약 6년이고, 뉴브라이트호에는 사고 발생 약 두 달 전인 2023년 10월 22일 승선하였다.
- 2.3.3 일등항해사는 2급 항해사 면허를 소지하고 있다. 2021년 1월에 일등항해사로 진급하였으며 타 회사의 유류 및 액체화학품산적운반선 3척에서 일등항해사로 승선하였다. 일등항해사로 승선경력은 합산하여 2년 정도 되었으며, 사고 발생 약 6개월 전인 2023년 6월 14일 성호해운 소속으로는 첫 번째 선박인 뉴브라이트호에 승선하였다.
- 2.3.4 일등항해사의 지시를 받아 업무를 수행한 갑판장은 미얀마 국적으로 총 승선경력은 5년이다. 갑판장은 사고 발생 약 6개월 전인 2023년 6월 7일에 뉴브라이트호에 승선하였으며, 12월 초(사고 2주전)에 갑판수에서 갑판장으로 본선 승진하였다.
- 2.3.5 한국인 선장을 비롯하여 승선 중인 인도네시아, 미얀마 국적 선원들 총 19명은 선내 공용어인 영어로 의사소통하였다. 선장은 업무지시와 이행에 큰 어려움이 없었다고 진술하였고 일등항해사는 미얀마 갑판장과의 의사소통에 어려움이 있음을 진술한 바 있다.⁵⁾
- 2.3.6 항해당직은 삼등항해사가 08시~12시 및 20시~24시, 이등항해사 A가 00시~04시 및 12시~16시, 이등항해사 B가 04시~08시 및 16시~20시로 시간대별로 3교대로 근무를 하였다. 일등항해사는 화물관리를 전담하여 항해당직은 수행하지 않았다.
- 2.3.7 이등항해사 A는 3급항해사 면허를 소지하고 성호해운 소속 선박으로는 두 번째로 뉴브라이트호에 2023년 4월 10일에 승선하였다. 이등항해사 B는 2급항해사 면허를 소지하고 총 승선경력 7년, 이등항해사로 5번째 선박인 뉴브라이트호에는 2023년 6월

5) 선장 및 일등항해사의 진술. 2024년 1월 27일.

15일 승선하였다. 3등항해사는 3급항해사 면허를 소지하고 성호해운 소속 선박으로
는 두 번째로 뉴브라이트호에 2023년 8월 25일에 승선하였다.

운항 업무 절차 Shipboard Operation Procedure		Doc No : PR-08
5. 항해 당직 Navigational Duty		Page : 2/17
Master should be handwritten and display night order in night navigation (every day if possible) by free form and all officers/ engineer shall be observed it.		
2) 항해 당직의 편성		
Assignment of Navigational Duties		
(1) 편성		
Assignment		
③ 당직 타수의 교대도 당직 사관과 같은 시간대에 한다.		
Watch officer and crew should be relieved at same time.		
당직시간	당직 항해사	
Time	Duty Officer	
0000-0400	2/O A	2/O
1200-1600	2/O B	3/O A
0400-0800	2/O B	3/O A
1600-2000	3/O	3/O B
0800-1200	3/O	3/O B
2000-2400		

<그림 6> 운항 업무 절차 중 항해 당직의 편성 부분 발췌

2.4 운송화물(벤젠)의 특성

2.4.1 뉴브라이트호 폭발 사고를 발생시킨 벤젠(Benzene)은 특유한 냄새가 나는 무색 액체이다. 벤젠의 특정 유해성으로 ①고인화성 액체 및 증기, ②격렬하게 중합반응하여 화재와 폭발을 일으킬 수 있음, ③인화점이나 그 이상에서 폭발성 혼합물을 형성할 수 있음, ④고인화성: 열, 스파크에 의해 쉽게 점화됨, ⑤증기는 자각없이 현기증 또는 질식을 유발할 수 있음, ⑥흡입 및 접촉 시 피부와 눈을 자극하거나 화상을 입힘, ⑦흡입 및 피부 흡수 시 독성이 있을 수 있음 등이 물질안전보건 자료에 기재되어 있다.

2.4.2 벤젠의 녹는점은 5.5도로 영상 5.5도까지 고체로 존재한다. 또한 인화점은 영하 11도이며 외부점화원으로 불을 붙이면 영하 11도에서도 불이 붙을 수 있다. 또한 벤젠은 전기 전도율(conductivity)이 매우 낮아 절연체(non-conductor)에 해당하며 이에 정 전기를 축적할 수 있다⁶⁾.

2.4.3 IMO에서는 위와 같은 벤젠의 위험성을 이미 오래전부터 인식하고 있었고 지난 2003년 6월 18일, “벤젠을 포함한 액체를 대량으로 운반하는 선박에 대한 개정된 최소안전 기준⁷⁾”을 마련하여 회원국들에게 회람하였다. 당시 개정에서는 특히 화물의 적재와 가스프리 시 벤젠에 노출될 가능성에 주목하고 이에 대한 주의 사항을 추가하였다.

6) ISGOTT(International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals) 6th Edition 3.1.4.3 Conductivity

7) Revised Minimum Safety Standards for ships carrying liquids in bulk containing Benzene, MSC/Circ.1095, 2003년 6월 18일

2.4.4 부속서의 주요 내용은 선장에게 화물정보제공, 선원에게 화물정보 제공, 대기질 모니터링, 개인보호장구, 개인보호장구의 유지관리, 밀폐된 공간의 진입, 훈련, 의료관리, 화물작업 시 주의 사항, 제어형 환기시스템, 화물측정과 샘플링, 그리고 오염된 의류까지 총 14가지이며 분야별로 벤젠 취급 시 주의 사항을 설명하고 있다.

2.4.5 특히 부록에서는 화물적재와 가스프리 작업과 관련하여 선원들이 지켜야 할 주의사항을 예시로 나열해 주었다. 주요 예시로는 작업 중 거주구역 모든 문을 닫고 통풍기는 멈추거나 내부순환으로 해둘 것, 증기가 모일 수 있는 갑판 구역은 작업 전 가스 농도를 측정할 것, 갑판에서 작업하는 사람들은 적절한 보호장구를 착용할 것, 화물작업과 관련이 있는 사람만 갑판에 있을 것 등이다.

제품명	벤젠(Benzene)	적정 선적명	Benzene and mixtures having 10% benzene or more
노출기준	TWA 0.5ppm, STEL 2.5ppm	냄새	독특한 방향성 냄새
인화점	-11°C (C.C)	폭발 범위	1.2% ~8.0%
녹는점	5.5°C (C.C)	증기압	94.8mmHg
유해성, 위험성 분류	○ 인화성 액체 : 구분2 ○ 피부 부식성/피부 자극성: 구분2 ○ 심한 눈 손상성/눈 자극성: 구분 2(2A/2B) ○ 생식세포 변이원성 : 구분1A ○ 발암성 : 구분1A ○ 특정표적장기 독성(반복 노출) : 구분1 ○ 흡인 유해성 : 구분1 ○ 만성 수생환경 유해성 : 구분2	안정성 및 반응성	○ 고인화성 액체 및 증기 ○ 격렬하게 중합반응하여 화재와 폭발을 일으킬 수 있음 ○ 인화점이나 그 이상에서 폭발성 혼합물을 형성할 수 있음 ○ 고인화성: 열, 스파크, 화염에 의해 쉽게 점화됨 ○ 증기는 공기와 폭발성 혼합물을 형성할 수 있음 ○ 증기는 점화원까지 이동하여 역화(flash back) 할 수 있음 ○ 증기는 자각 없이 현기증 또는 질식을 유발할 수 있음 ○ 흡입 및 접촉 시 피부와 눈을 자극하거나 화상을 입힘

<표 1> 벤젠의 주요특성(벤젠 물질안전보건자료에서 발췌)

2.5 화물창 세정 작업절차

- 2.5.1 모든 화물창 세정은 계획되고 문서화 되어야 하며 잠재적인 위험은 식별되고 평가되어야 한다.⁸⁾. 뉴브라이트호의 유해액체물질의 배출방법 및 설비지침서(Procedures And Arrangement Manual)는 2016년 7월 4일 한국선급의 승인을 받았다.
- 2.5.2 선박에서는 선사에서 작성한 화물창 세정 지침(Cargo Tank Cleaning Instruction)에 따라 화물창 세정계획서를 작성하고 세정 작업을 수행하였다.
- 2.5.3 화물창 세정지침서 제3장에 따르면 일반적 주의사항으로 선내 모든 승무원들은 화물창 세정 및 가스프리작업이 시행되는 사실을 알고 있어야 하며, 화물창 세정 작업에 종사하는 승무원들은 적절한 보호장구를 착용해야 한다.
- 2.5.4 제4장 화물창 세정작업준비 규정에 따르면 탱크 세정작업 전 작업참여자를 대상으로 안전회의를 실시해야 하며, 일등항해사는 모든 세정작업을 감독해야 하고 화물의 특성을 고려하여 상황별 안전한 방법으로 세정작업이 시행될 수 있도록 명확한 절차를 화물창 세정계획서에 반영해야 한다.
- 2.5.5 제11장 가스프리 규정에 따르면 화물의 양하 작업 후 머신 클리닝(Machine cleaning)이나 스티밍(Steaming)에 의한 클리닝이 계획된 경우에 탱크 내부의 가연성 농도는 세정이 시작되기 전에 점검되어야 하고 해당 화물 LEL⁹⁾이 10%를 초과하는 경우, 가연성 가스의 농도를 낮추기 위해 가스 프리(Gas free)를 시행해야 한다.
- 2.5.6 또한 가스프리는 충분한 공기의 압력을 위해 메인 해치(Hatch)는 잠금 상태, P/V(Pressure and Vacuum)밸브는 완전히 열린상태로 둔 상태에서 시행하며, 화물창 내 가연성 가스의 농도가 LEL의 10%이하로 줄어들면 가스프리를 완료하고 다음 탱크 세정 단계를 시작할 수 있다.
- 2.5.7 예비세정(Pre-cleaning)은 통상적으로 화물을 양하한 후에 해수 또는 청수 등을 이용하여 탱크 세정하는 방법을 말하며, 약품세정(Cleaning)은 예비세정을 마친 화물창을 화학약품을 넣은 해수 또는 청수로 재차 세정하는 것을 말한다.

8) ISGOTT(International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals) 6th Edition 12.3.2. Tank Washing risk management

9) LEL(Low Explosion Limit, 폭발하한계) : 공기 등의 기체 중에서 가연성 기체의 농도에 대해서 연소하는데 필요한 폭발하한계(폭발을 일으키는 최저의 가스농도)를 말함(산업안전대사전)

- 2.5.8 해수 및 청수 행굼(Rinsing)은 약품세정 후 탱크 내에 남아있는 화학성분 및 냄새를 제거하기 위한 세정이다. 증기를 이용한 세정(Steaming)은 정전기 발생 위험이 있어, 자기 반응 화물과 가연성 화물을 적재한 탱크 옆에서는 실시할 수 없다.
- 2.5.9 탱크 세정 마지막 단계로 화물탱크의 바닥, 밸브 및 파이프의 잔여액체를 제거하는 드레이닝(Draining)이 있다. 이후 선원이 직접 화물탱크 안으로 들어가 걸레 등을 이용하여 화물탱크의 내부에 잔존하는 물기 등을 직접 닦아내는 모핑(Mopping)을 실시하며 이때 팬(Fan)을 이용한 건조(Drying)작업도 병행한다.

section

3

사고 경위

3. 사고 경위

3.1 중국 입항 · 하역 및 출항

- 3.1.1 뉴브라이트호는 2023년 12월 19일 21시 05분(UTC+8 중국 현지시간) 중국 장수성 창조우(Changzhou)항에 접안하여 대한민국 대산항에서 적재한 벤젠 약 11,410톤의 양하작업을 12월 20일 02시부터 시작하였다.
- 3.1.2 다음날인 12월 21일 09시 30분 뉴브라이트호는 벤젠 화물의 하역작업을 마쳤으며 선장 등 선원 19명이 승선한 가운데 도선사¹⁰⁾ 3명의 조선 지휘를 받으며 10시 20분경 창조우항을 출항하여 양쯔강을 따라 인천항으로 향하였다.
- 3.1.3 출항 시 뉴브라이트호의 연료량은 중유 241.58톤, 경유 32.50톤이며 청수는 174톤이었다. 흘수는 선수 3.50미터, 선미는 5.30미터로 선미트림이 1.80미터 있었다.
- 3.1.4 차항지인 인천항에서는 벤젠 약 12,000톤을 적재할 계획이었으며, 도선사 하선 지점에서 인천항 정박지(INNER ANCHORAGE)까지는 약 440마일로(약 36시간 항해) 2023년 12월 23일 13시경(UTC+9 한국 현지시간) 도착할 것으로 예상하였다.

REMARK: ETA TO INCHEON, KOREA (INNER ANCHORAGE) IS 1300LT ON 23RD DEC' 2023

DEP' CONDITION

A. VLSFO/241.58 MT (248.31 K/L) MGO/32.50 MT (36.64 K/L) ME SYS/ 8400 LTR, ME CYL/9125 LTR, GE SYS/8185 LTR, FW/174 MT

B. DRAFT F: 3.50 M / A: 5.30 M

<그림 7> 뉴브라이트호 선장이 선사에 보고한 출항보고(23년 12월 21일 11시49분) 전문 발췌

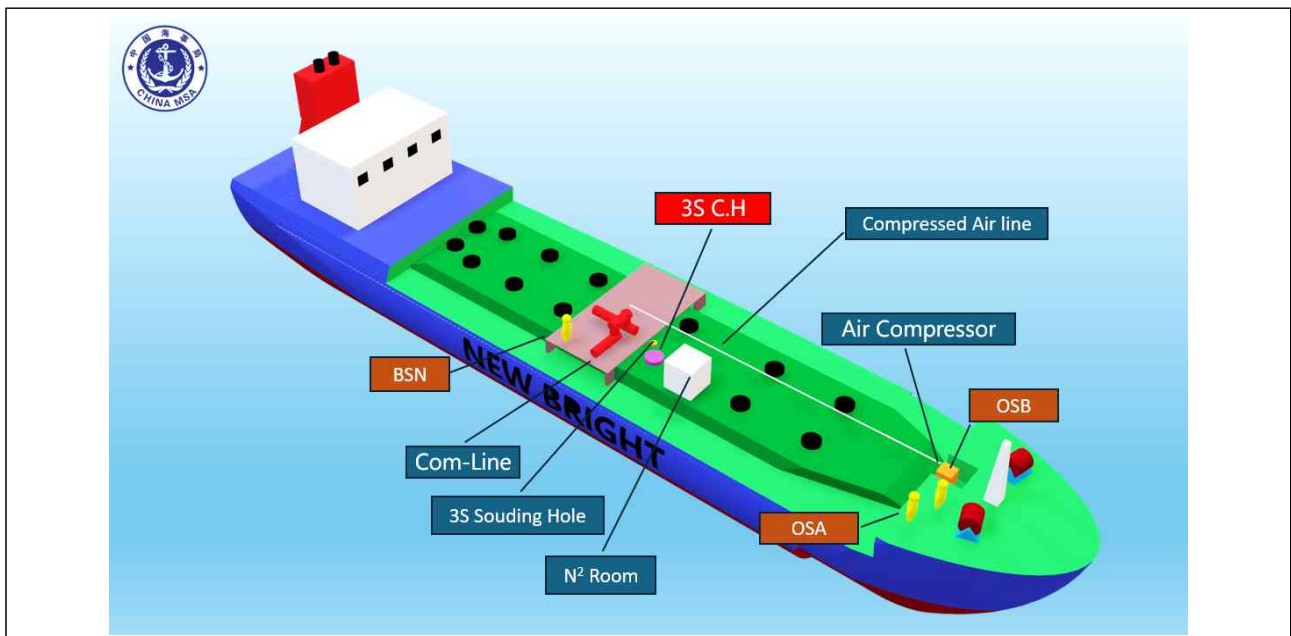
10) 양쯔강은 강제도선 구역으로 부두에서 도선사 승선후 약 145마일(약 14시간에서 14시간 반) 같이 승선하여 항해한다.

3.2 화물창 폭발사고 발생

3.2.1 사고 당일인 2023년 12월 21일 11시경 일등항해사는 갑판장 및 부원들과 출항작업을 마쳤다. 이후 거주구역으로 돌아오면서 일등항해사는 갑판장에게 화물배관 쪽을 가리키며 밸브들을 열라고 지시하였다. 이는 하역작업 후 화물배관에 남은 벤젠 화물로 인해 밸브가 동결되는 것을 방지하는 일반적인 조치라고 일등항해사는 진술하였다.

3.2.2 이후 일등항해사는 하역조정실에서 서류 정리 후 추가적으로 필요한 작업 지시사항을 종이에 써서 휴게실에 있던 갑판장에게 전달하고 12시경 본인의 방에 휴식을 취하러 갔다. 서면으로 지시한 사항은 화물펌프 내부 화물잔량 제거를 위한 코퍼댐 퍼징¹¹⁾ (cofferdam purging), 각 화물창의 통기관(Vapor line) 압력 밸브 상태 확인 후 개방, 갑판 상 장비 고박, 각 화물창의 스팀 밸브(Steam valve) 잠금 확인 및 화물창 해치(Hatch) 미세 개방(crack open)으로 총 5가지다.

3.2.3 같은 날 12시 45분경 도선사의 선수 비상배치 요청으로 갑판에 나간 갑판장과 갑판원은 일등항해사가 지시한 화물창 통기관(Vapor line) 밸브 개방 및 화물창 해치 부분 개방 등의 작업을 완료 한 후 13시 45분경 부원 식당으로 돌아와 휴식을 취하였다.



<그림 8> 뉴브라이트호 사고 관련 배관 등 주요 배치도(중국 해사국 자료 인용)

11) 코퍼댐 퍼징(Cofferdam purging) : Cargo 펌프의 유압유 및 화물 누유 확인 등을 위해 퍼징 호스를 연결, 코퍼댐에 압축 공기를 공급하여 내부 가스 및 잔유물을 배출시킴(가스 및 잔유물은 위험할 수 있으므로 안전장비 착용)

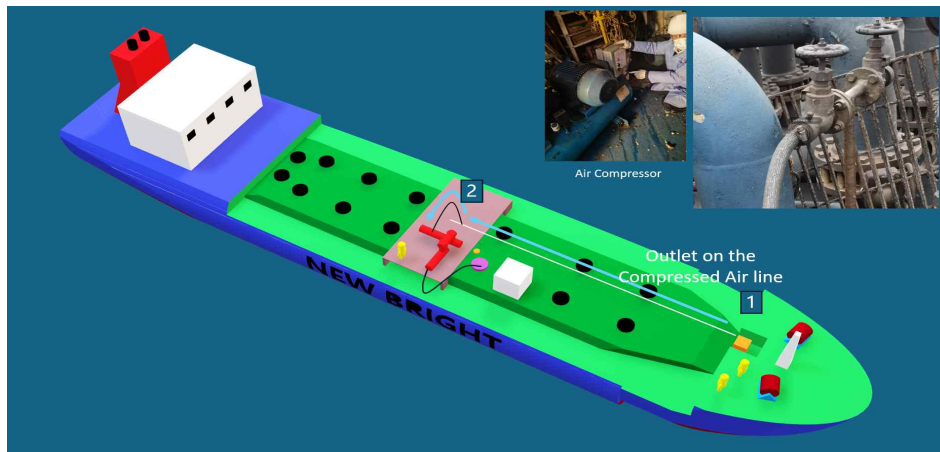
3.2.4 같은 날 14시 45분경 수통대교(Sutong Yangtze River Bridge, 소통장강공로대교) 통과를 위한 선수 비상배치 지시에 따라 다시 갑판으로 나간 갑판장과 갑판원 2명은 공기배관과 선체 중앙부에 있는 매니폴드부 화물 이송용 공통 배관(Common line)을 연결하고, 이 공통 배관의 잔류물 배출용(drain) 배관에 이동식 고무호스를 꽂은 후 이 고무호스의 반대편을 3번 우현 화물창 해치에 넣고서 압축공기를 공급(에어 블로잉 : air blowing) 하기 시작하였다.



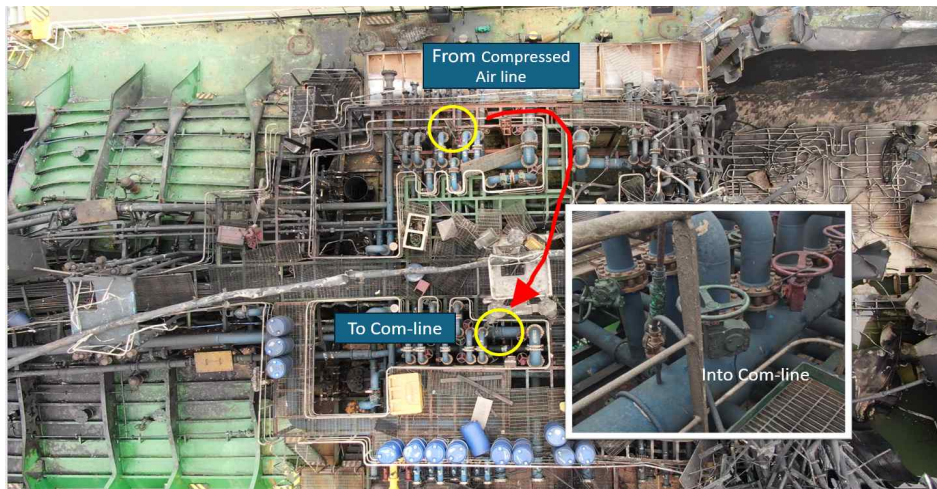
<그림 9> '뉴글로벌호'(성호해운 소속)에서 에어 블로잉을 위한 호스 연결 모습 재연(성호해운 자료 인용)

3.2.5 그러나 이 작업은 일등항해사가 서면으로 작성한 5가지 작업지시에는 없는 작업으로, 일등항해사는 “이 작업(에어 블로잉) 지시를 한적이 없다”고 진술하였다. 반면, 갑판장은 일등항해사가 “화물창 세정작업을 미리 준비해야 한다”고 말했기 때문에 이와 같은 작업을 하였다고 서면 진술하였다.

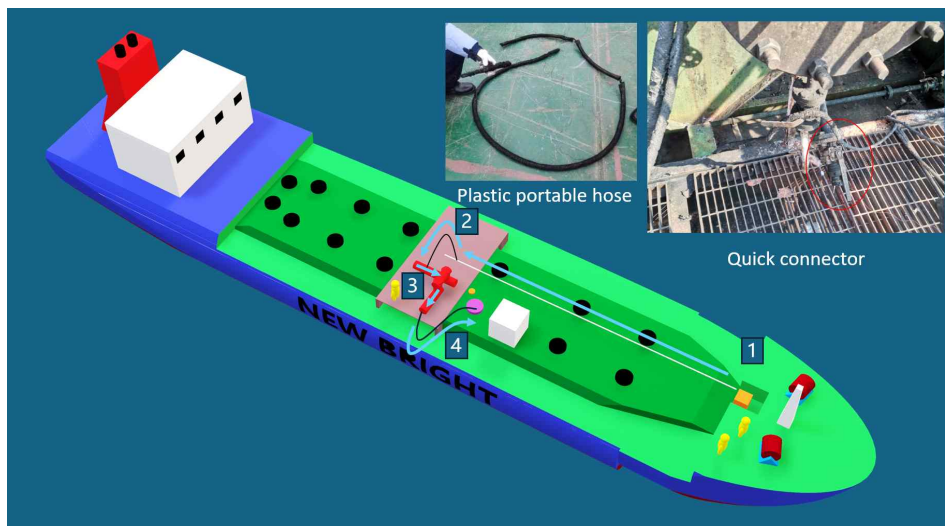
3.2.6 다시 한번 정리해 보면 일등항해사는 화물창 세정 작업을 의도하지 않았으며 위와 같은 작업을 지시한 적도 없다는 입장이며, 갑판장은 일등항해사의 서면·구두 지시가 화물창 세정을 위한 준비 작업으로 생각되었으며 이에 화물배관의 잔량을 처리하는 에어 블로잉 작업을 스스로 찾아 한 것이라고 말하고 있다. 진술이 서로 다르고 그 진위를 파악할 방법은 현재 없다. 다만, 일등항해사가 5가지 작업을 서면으로 하였으며 갑판장은 일등항해사의 지시사항을 아무런 이의제기 없이 부원들과 수행하였다는 것은 명백한 사실이다.



① 선수창고에 있는 에어 컴프레서 운전 → ② 공기 배관과 연결



② 공기배관을 공통배관(Common line)과 연결(뉴브라이트호 폭발 후 모습)



③ 공통배관의 잔류물 배출용(drain) 배관 끝단(Quick connector)에 고무호스 연결
④ 고무호스를 3번 우현 화물창 해치에 넣고 압축공기 공급

<그림 10> 뉴브라이트호 사고 관련 배관 연결 과정(중국 해사국 자료 인용)

3.2.7 한편 갑판장은 화물배관에서 잔류화물이 호스로 나오는지 관찰하다가 잠시 선수로 가서 비상투표 대기를 하고 있는 갑판원 2명에게 에어 블로잉 작업 상황을 전달하였다. 이후 다시 현장으로 돌아와 에어 블로잉 상황을 확인 하던 중 화물창은 폭발하였다.

3.2.8 화물창 폭발 시점은 2023년 12월 21일 15시 06분이며 위치는 수통대교 서방 약 2.3킬로미터 지점(북위 31도 45분 36초, 동경 121도 01분 35초)이다. 선체 내 폭발 장소는 3번 화물창 부근으로, 이곳에서 화염이 발생한 후 두세 차례의 연이은 폭발이 발생하였으며, 선체는 급격히 우현으로 기울어졌다.

3.2.9 사고 당시 날씨는 북서풍이 초속 8~10미터로 불고 있었으며 파고는 약 0.3미터 내외, 시정은 약 7마일 정도의 흐린 날씨였으며 기온은 영하 4도 가량이었다.



<그림 11> 뉴브라이트호 폭발 사고 지점 및 인근 취수지(중국 해사국 자료 인용)

3.3 퇴선 · 선원구조 및 피해상황

3.3.1 사고가 발생한 2023년 12월 21일 15시 06분경 윈브리지 부근에 있던 선장은 퇴선 명령을 내리고 조난경보 버튼을 눌렀다. 조금 뒤 세 번째 폭발 이후 선박의 급격한 우현 경사로 인해 구명정으로 퇴선이 어려운 상황으로 판단되자 양 현측의 구명뗏목을 투하할 것을 지시했다.

3.3.2 당시 선수비상배치로 대기 중이던 갑판원 A와 B는 강물로 뛰어들었고 도선사 1명은 구멍뚫목으로 퇴선하였다. 같은 날 15시 40분경 선원 19명과 도선사 3명을 더한 총 22명은 모두 중국 해사국 선박에 의해 안전하게 구조되었고, 20시경 화재도 완전히 진압되었다.

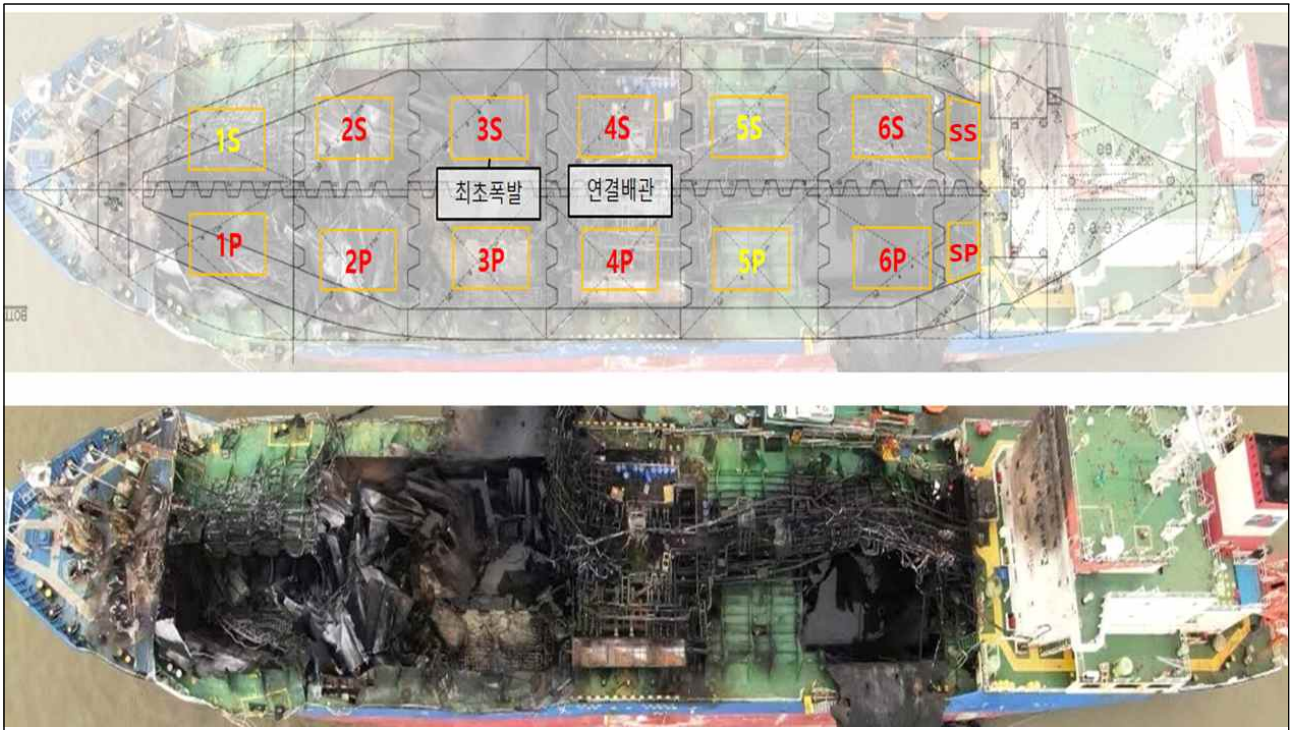


<그림 12> 뉴브라이트호 선원 구조 및 탈출 모습(좌), 화재 진압 모습(우)(중국 해사국 자료 인용)

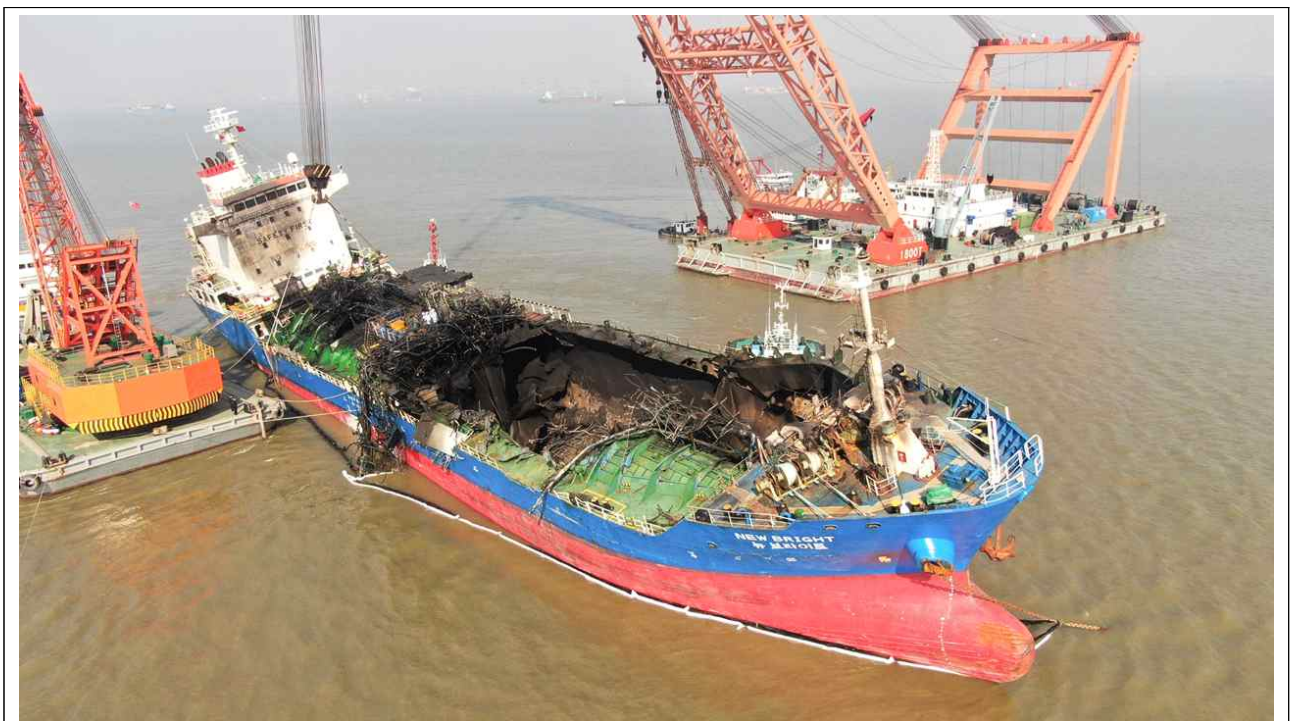
3.3.3 폭발사고는 수통대교와 불과 2.3킬로미터 떨어져 발생하였다. 이 지점은 인근 대도시 3곳의 주민들 약 1천만명에게 생활용수를 공급하는 취수지 3개소와 가깝고, 선박통항로 4곳이 교차하는 지점으로 선박 침몰 또는 해양오염 발생 시 대규모 피해가 우려되는 취약지역이다. 중국 해사국은 사고 초기 적극적으로 신속하게 대응하여 인명을 모두 구조하였으며 추가 피해를 막았다.

3.3.4 뉴브라이트호는 같은 날 22시 33분경 사고지점 인근 남동쪽 저수심 지점으로 예인되어 임의 좌주되어 있다가 2024년 1월 1일 플로팅 도크에 입거되었다.

3.3.5 이 사고로 인하여 화물창 갑판, 격벽 및 화물 배관 등이 심하게 손상되었고, 거주구역도 일부 손상되었다. 사상자는 없었으나 선원 3명이 화상 등의 상처를 입었다.



<그림 13> 뉴브라이트호 사고선체 폭발 후 모습과 화물창 배치 비교(중국 해사국 자료 인용)



<그림 14> 폭발사고 후 플로팅 도크에 입거되어 있는 뉴브라이트호 전경(중국 해사국 자료 인용)

3.4 한국과 중국의 합동현장조사

- 3.4.1 대한민국 중앙해양안전심판원은 중국 해사국(China Maritime Safety Administration)의 적극적인 지원과 협조하에 2024년 1월 25일부터 1월 27일까지 2박3일 간 현장을 방문하여 인양된 선체를 조사하였다.
- 3.4.2 현장조사를 통해 최초 폭발지점(3번 우현측 화물창) 및 선박 손상상태 등을 현장확인할 수 있었다. 다만, 모든 화물탱크의 격벽이 손상되었으며, 상갑판의 대규모 손상으로 하역제어실 등은 접근 자체가 위험하여 조사에 제약이 있었다.
- 3.4.3 2024년 1월 27일에는 한·중 해양사고조사 회의를 개최하여 대한민국 중앙해양안전심판원과 중국 해사국의 조사 진행사항을 공유하고 향후 협력사항을 논의하는 의미있는 시간을 가졌다. 또한, 뉴브라이트호의 선장, 일등항해사 및 갑판장과 사고 관련 문답¹²⁾을 실시하여 사고 진행경과를 보다 생생히 파악할 수 있었다.

12) ①일반사항(경력 및 의사소통), ②벤젠화물의 적양하 계획·절차, ③화물창 세정절차, ④출항 후 작업지시 및 이행사항 등



손상 화물창(2번, 3번)



선교루 및 거주구역



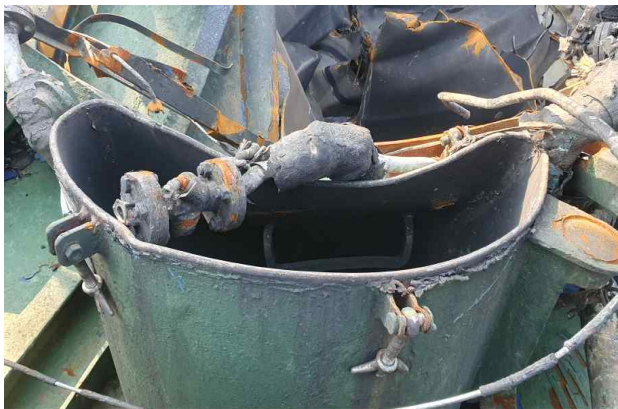
선수 좌현쪽에서 선미쪽 모습



선수 우현쪽에서 선미쪽 모습



우현 매니폴드 전경



화물창 개구

<그림 15> 폭발사고로 피해를 입은 뉴브라이트호 모습(중국 현장 조사 시 촬영)

section

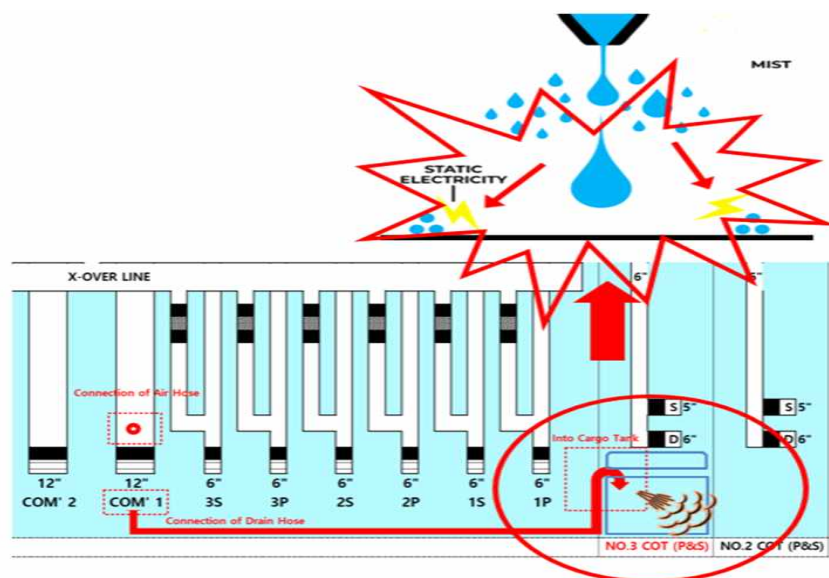
4

사고 분석

4. 사고 분석

4.1 화물탱크 폭발의 직접적 원인 분석

- 4.1.1 일등항해사의 화물창 미세 개방 지시에 따라 갑판장은 화물창을 미세 개방하였다. 이로 인해 화물창 내부에는 외부의 공기가 유입되고 화물창 내부의 가연성 증기는 외부로 유출되었을 가능성이 크며 화물창 내부 또는 갑판 상에는 가연성 혼합기체가 형성되었을 것으로 추정된다.
- 4.1.2 2023년 12월 21일 14시 45분경 소통대교 통과를 위한 선수 비상배치 지시에 따라 갑판으로 나간 갑판장과 갑판원 2명은 공기배관과 선체 중앙부에 있는 매니폴드부 화물 이송용 공통 배관(Common line)을 연결하고 이 공통배관의 잔류물 배출용(drain) 배관에 이동식 고무호스를 꽂은 후 이 고무호스의 반대편을 3번 우현 화물창 해치에 넣고서 압축공기를 공급(에어 블로잉 : air blowing) 하였다.
- 4.1.3 이는 갑판장이 일등항해사의 지시사항을 화물창 세정을 위한 예비작업으로 생각하고 화물배관 내 잔류물 제거를 위해 임의로 시행했던 것으로 추정된다.



* 고무호스는 3번 화물창 해치커버 상부로부터 약 1미터 아래로 내려짐(탱크 전체 높이: 약 10미터)

<그림 16> 3번 화물창에 연결된 고무호스에서 잔류화물 분출 및 폭발(선사 자료 인용)

4.1.4 에어 블로잉이 시작되면서 고속의 공기와 잔류물이 이동하여 고무호스 끝단에는 높은 압력이 가해졌을 것이다. 액체류 등이 단면적이 작은 관을 통해서 분출할 때는 마찰로 일어나는 정전기(분출대전¹³⁾)가 발생할 수 있는데 이것이 폭발을 발생시킨 주요 원인으로 추정된다. 또는 연결 호스 끝단에 노출된 철심이 화물창 내부와 접촉하면서 스파크가 발생했을 가능성도 있을 것이다. 또 다른 가능성으로 잔류물들이 화물창 상부로부터 바닥까지 자유낙하하면서 서로 부딪치며 정전기가 발생¹⁴⁾했을 수도 있다.

4.2 일등항해사의 선장 지시사항 미이행

4.2.1 사고 당시 선박은 2023년 12월 21일 09시40분경 중국 장수성 창조우(Changzhou)항에서 하역작업을 마치고 출항하여 양쯔강을 따라 한국의 인천항으로 향하는 중이었다. 양쯔강은 강제도선 구역으로 부두에서 도선사가 승선 후 약 145해리(약 14시간 ~ 14시간30분)를 같이 승선하여 항해한다.

4.2.2 양쯔강 도선점에서 도선사 하선 후 인천항까지는 약 440해리이며 약 36시간 소요된다. 뉴브라이트호는 인천항에서도 이전 항차와 같이 벤젠 화물을 선적할 계획이었으나 화물의 품질 확보를 위해 화물창 세정은 필요한 작업이었다.

4.2.3 선장은 12월 21일 9시경, “양쯔강을 벗어날 때까지 선수 앵커 대기 외에는 22일 아침까지 갑판에서의 모든 작업을 하지 말라”는 지시¹⁵⁾를 일등항해사에게 하였다.

4.2.4 선장은 양쯔강의 선박통항이 복잡하므로 혹시 모를 비상 대응을 위해 선원들이 휴식시간이 필요하다고 생각했으며, 화물창 세정에는 통상 24시간이 소요되기에 인천항까지 걸리는 약 36시간을 감안하면 도선사가 하선 후 외해에서 작업을 시작하여도 충분한 시간적 여유가 있다고 판단했기 때문이다.

4.2.5 그러나 일등항해사는 앞서 언급한 바와 같이 서면으로 5가지 작업사항을 작성하여 갑판장에게 주고 본인은 휴식을 취하러 자기 방으로 갔다. 서면으로 지시한 사항은 ①화물펌프 내부 화물잔량 제거를 위한 코퍼댐 퍼징, ②각 화물창의 통기관(Vapor line) 압력밸브 상태 확인 후 개방, ③갑판 상 장비 고박, ④각 화물창의 스팀밸브 잠금 확인

13) 액체류 등이 단면적이 작은 관을 통해서 분출할 때 마찰이 일어나는 현상, 액체가 분사될 때 순수한 가스 자체는 대전현상을 나타내지 않지만 가스 내에 먼지 등 이물질이 혼입되면 분출 시에 정전기 발생(대한산업안전협회 안전교육교안, KISA-전기-03)

14) ISGOTT(International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals) 6th Edition 3.2.6. Free fall in tanks

15) 선장의 진술 2024년 1월 27일

및 ⑤화물창 해치 미세 개방이다.

- 4.2.6 이 5가지 작업 중 화물창 미세 개방은 화물창 세정 중간단계인 가스프리 시에 필요한 작업으로 현 시점에서 불필요한 조치이며, 화물창 세정을 위한 작업시간도 충분하여 급하지 않은 상황이었다. 일등항해사는 선장의 지시에 반하는 작업지시를 왜 갑판장에게 하였는지 자기도 모르겠다고 진술하였다.
- 4.2.7 한편, ISM 코드¹⁶⁾는 선장이 안전 및 오염방지와 관련하여 결정을 내리는 최우선적인 책임 및 권한을 갖도록 선사의 안전경영시스템에 규정하여야 한다고 정하고 있다. 이에 따라 선사의 안전보건환경품질매뉴얼¹⁷⁾에는 선장의 권한을 21가지 항목으로 정해 구체적으로 명시하고 있으며, 그 중 19번째 항목에서 ‘안전운항 및 오염방지와 관련한 최종결정의 책임 및 권한은 해당선박의 선장에게 있다’고 규정하고 있다.
- 4.2.8 일등항해사는 선장의 합리적인 판단에 근거한 지시사항을 지켰어야 하나 피로 등으로 인한 판단 착오로 이를 지키지 못한 것이 사고를 일으킨 요인 중의 하나로 작용하였다고 볼 수 있을 것이다.

4.3 화물창 세정절차 등 안전규정 미준수

- 4.3.1 화물창 세정 작업은 폭발 및 질식 사고 위험이 매우 높아 작업 전 준비 및 확인해야 할 사항이 많고, 작업에 참여하는 선원들의 높은 이해도와 안전지침 준수가 요구된다.
- 4.3.2 안전확보를 위해서는 화물창 세정 준비 단계부터 사전 미팅을 열고, 화물의 가연성, 폭발 위험 등 특성을 확인하고, 화물창에 들어가기 전 가스 농도를 점검하는 등 안전 절차를 철저히 지켜야 한다.
- 4.3.3 그러나 이번 사고 당시 화물창 세정 관련 사전 미팅은 없었고 계획도 작성되지 않았다. 왜냐하면 4.1.3에서 서술한 것처럼 본선 선장이 22일 아침까지 갑판 상 모든 작업을 하지 말라고 일등항해사에게 지시하였기 때문이다. 결국 화물창 세정 준비 및 계획은 없었고 가연성 화물에 대한 위험성 평가도 없었다.
- 4.3.4 결국 아무런 사전준비 없이 화물창 해치는 미세 개방 되었고, 공통배관 드레인 라인과

16) 국제안전경영코드(International Safety Management Code) 5. 선장의 책임 및 권한

17) 안전보건환경품질 매뉴얼(Safety Health Environment and Quality Manual) 4. 책임과 권한 9) 선장

연결된 고무호스 한쪽 끝단이 3번 우현 화물창 해치 내부로 집어 넣어져 압축공기가 공급되는 에어 블로잉도 시행되었다.

4.3.5 일등항해사는 뉴브라이트호의 화물관리와 관련하여 화물 적양하 작업의 지휘 및 화물창 세정 및 가스프리 작업의 책임자이다. 선사 화물창 세정 지침을 보면 일등항해사는 모든 가스프리 작업을 계획·감독하고 모든 승조원에게 알려야 한다고 되어 있다.¹⁸⁾ 그러나 이러한 규정은 지켜지지 않았다.

4.3.6 한편, 화물창의 해치를 출항 후 바로 미세 개방하는 것은 기존의 화물세정 절차방식과는 다르고 선사의 지침과도 다른 작업으로 갑판장과 선원들은 안전이 확보되지 않은 작업 지시에 대해 거부할 수 있었다.

4.3.7 선사의 안전관리지침¹⁹⁾에는 작업자들이 작업을 시행할 때 진행과정이 안전하지 않다고 판단되는 경우에는 정지카드를 이용하여 작업 담당자에게 의견을 개진하고 이에 대한 명확한 조치 또는 설명에 대한 이해가 되었을 때 작업을 재개해야 한다고 되어 있기 때문이다. 사고를 예방할 수 있는 유용한 규정은 있었으나 실제 현장에서는 지켜지지 않았다.

4.4 가연성 · 정전기 축적 화물에 대한 인식 부족

4.4.1 폭발 위험이 크고 유독성 화물인 벤젠을 취급하면서 일등항해사는 화물특성에 대한 별다른 설명 없이, 화물창 내부의 가스 농도 측정도 하지 않고, 개인보호 장비에 대한 준비 및 주의 사항도 없이 갑판장과 부원들에게 해치커버 미세 개방을 지시하였다.

4.4.2 가스 농도가 측정되지 않아 확인할 수는 없으나 화물창 해치커버를 부분 개방한 이후부터 탱크 내부는 공기가 들어가고, 갑판 위로는 벤젠 가스가 퍼져 나오는 상황이 발생하여 선원들은 벤젠 가스에 그대로 노출되었을 것으로 유추할 수 있을 것이다.

4.4.3 갑판장과 부원들도 지시 받은 작업들을 수행하면서 휴대용 가스검지기 등 개인보호 장비를 준비하지 않았다. 3번 화물창에 연결한 고무호스에서 벤젠가스가 나오는 것을 확인하려 기다리고 있었다는 갑판장의 진술에 비추어 볼 때 화물의 위험성을 정확히 인지하지 못했을 가능성이 클 것으로 추정된다.

18) 화물창 세정 지침(Doc No : IN-09-02) 11. 가스프리 Gas free

19) 안전관리 절차서 중 안전관리지침 27. 안전관리 문화(Safety Management Culture) Doc No : IN-08-03

- 4.4.4 한편 갑판장과 갑판원은 공통배관의 잔류물에 대해 압축공기로 에어 블로잉 작업을 수행하였는데, 이는 벤젠과 같은 정전기 축적화물에서는 금지된 사항이다²⁰⁾. 마찰로 인해 정전기가 발생할 수 있어 화물창 내의 대기 중 가연성 혼합기체가 있으면 폭발의 위험이 있기 때문이다.
- 4.4.5 선사의 화물 관리 절차²¹⁾에도 압축공기는 가연성 또는 정전기 축적 화물 라인을 청소하는 데 사용해서는 안 된다고 규정하고 있으나 이는 지켜지지 않았다.
- 4.4.6 또한 에어 브로잉에 사용된 고무호스는 적절한 접지 및 성능확인이 필요한데, 이 고무호스는 언제 보급이 되었는지 이력이 조회되지 않고 사고로 훼손되어 제조사와 제품 정보를 인식하기도 쉽지 않은 상황이다. 선사에서는 선내 물, 기름 등을 이송하는 잡목적의 호스는 별도로 관리대장을 작성하지 않는다고 언급하였다.
- 4.4.7 갑판장을 비롯한 선원들은 화물창 세정 및 가스프리 등 선내 화물 작업절차와 안전관리 등에 있어 충분히 숙지하여야 할 것을 STCW 협약에서는 요구²²⁾하고 있다. 그렇지만 선원들은 벤젠 화물의 특성을 충분히 인식하지 못하였으며, 작업 과정에서 안전이 확보될 수 있는 조치를 다 하지 못한 것으로 추정된다.

4.5 국적이 다른 선원 간의 의사소통 문제

- 4.5.1 일등항해사는 대한민국 국적이며 갑판장은 미얀마 국적으로 이들은 선내 공통어인 영어로 의사소통 하였다. 일등항해사는 미얀마 갑판장과의 의사소통이 어려울 때가 있다고 진술²³⁾한 바 있다.
- 4.5.2 또한 이전 갑판장이 두달 휴가 후에 본선에 승선 하기로 되어 있어서 갑판수 3명 중 가장 부지런한 사람을 갑판장으로 승진 시킨 것인데 업무수행에 있어 부족한 부분이 있었다고 추가로 진술²⁴⁾하였다.

20) ISGOTT(International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals) 6th Edition 3.2.1. General precautions against electrostatic hazards

21) 화물 관리 절차(Doc No : PR-09) 10. 화물 이송 작업 Cargo Transfer Operation

22) STCW A-V/1-1-1 : Mandatory minimum requirements for the training and qualification of masters, officers, and ratings on tanker

23) 일등항해사의 진술 2024년 2월 22일.

24) 일등항해사의 진술 2024년 3월 6일.

- 4.5.3 사고 당일인 2023년 12월 21일 11시경 일등항해사는 갑판장 및 부원들과 출항작업을 마치고 거주구역으로 돌아오면서 갑판장에게 화물배관 쪽을 가리키며 밸브들을 열라고 구두로 지시²⁵⁾하였다.
- 4.5.4 그리고 휴게실에 있던 갑판장에게 서면으로 ①화물펌프 내부 화물잔량 제거를 위한 코퍼댐 퍼징, ②각 화물창의 통기관(Vapor line) 압력밸브 상태 확인 후 개방, ③갑판 장비 고박, ④각 화물창의 스팀밸브 잠금 확인 및 ⑤화물창 해치 미세 개방의 5가지 작업을 지시하였다. 일항사는 이러한 구두·서면 지시는 화물창 세정작업을 염두해 둔 것이 아니라고 진술하였다.
- 4.5.5 그러나 갑판장은 하역 작업을 마치고 식당에서 식사를 하고 있을 때 일항사가 와서 화물창 세정을 하기 위해 미리 준비해야 한다고 말했으며, 이후 공통배관 에어 블로잉을 지시했으며, 이후 화물 세정을 위한 5가지 작업을 서면으로 지시하였다고 진술하였다.
- 4.5.6 위와 같이 일등항해사와 갑판장은 서로 다른 이야기를 하고 있다. 누구의 말이 사실인지 그 진위를 현재는 알 수 없으나 분명한 사실은 둘 사이에 에어 블로잉, 화물창 세정 여부 등에 있어 명확한 의사소통이 이루어지지 않았다는 점이다. 결국 둘 사이의 의사소통 문제는 갑판장이 3번 화물창을 열고 고무호스를 집어 넣어 에어브로잉을 실시하는 상황까지 만들어 폭발사고가 발생하는 원인이 되었다.
- 4.5.7 선원 교육과 관련하여 갑판장은 2023년 11월 28일에 시행된 탱크 세정 관련 선내 업무숙련도 평가에서 규정보다 낮은 53점을 받은 적이 있었다. 또한 갑판장을 포함한 8명의 선원이 화물관리와 소화 훈련에서 60점 미만의 점수를 받은 적이 있었다.
- 4.5.8 그럼에도 선사는 교육훈련 지침에 따라 승선 중 긴급한 선원에 대한 친숙화 교육 또는 직무교육 평가점수 60점 미만인 선원에 대해 재교육하지 않았다. 친숙화 교육과 직무교육 등은 선내 작업에 대한 이해도를 높여 원활한 의사소통을 지원할 수 있다.
- 4.5.9 STCW 협약은 관리자급인 선장과 일등항해사에게 선박 운항의 통제와 인명 관리를 위해 선원의 조직 및 관리능력을 요구하고 있다.²⁶⁾ 이러한 인적관리를 위해서는 효과적인 의사소통 능력이 요구된다. 그러나 일등항해사는 스스로가 갑판장과 의사소통에 어려

25) 선장 및 일등항해사의 진술 2024년 1월 27일.

26) STCW A-II/2 : Mandatory requirements for certification of master and chief mates on ship's of 500 gross tonnage or more

움이 있다고 진술한 만큼 지시사항을 재차 확인하는 등 보다 적극적으로 의사소통하여 지시사항이 명확히 전달되었는지 확인했어야 한다.

4.6 선원의 피로도에 따른 의사결정 장애

- 4.6.1 일등항해사는 양쯔강을 벗어날 때까지 화물창 세정 관련 작업은 하지 말라는 선장의 지시를 망각하고, 화물창 미세 개방 작업을 포함한 5가지 작업을 하라고 갑판장에게 서면으로 지시하였다. 일등항해사는 갑판장에게 왜 그런 지시를 했는지 모르겠다면서, 극심한 피로감에 착오를 일으켜 그랬던 것 같다고 진술²⁷⁾하였다.
- 4.6.2 또한, 일항사가 지시한 5가지 작업 중 P/V 밸브 개방은 고소작업에 해당되기 때문에 점검표를 사전에 작성하고 주의사항을 공유해야 하는 작업이나, 일항사는 일상적인 일이고 선원들이 다른 일들을 하고 있어 점검표를 작성하지 않았다고 진술하였으며 부적절한 지시를 내리게 된 사유로 극심한 피로감을 다시 언급하였다.
- 4.6.3 IMO에서 회람한 ‘피로에 대한 가이드라인(Guidelines on fatigue)’²⁸⁾에서는 피로를 ‘불충분한 수면, 장시간 깨어 있음, 생체리듬과 맞지 않는 무리한 작업 등으로 인해 선박을 안전하게 운항하거나 안전 관련 임무를 수행할 수 있는 능력을 떨어뜨릴 수 있는 신체적 또는 정신적 장애 상태’로 규정하고 있다.
- 4.6.4 또한, 해사노동협약에서는 선원의 피로도가 선박의 안전 운항에 위험이 된다는 인식 하에 선원들의 최소 휴식 시간에 관하여 규정²⁹⁾하고 있고 선사에서는 선원들에게 적절한 휴식 시간을 제공해야 할 의무가 있다.
- 4.6.5 이에 따라 선사에서는 항해사 1명을 추가로 배치하여 일등항해사를 항해 및 정박당직에서 배제(2.3.4 참조)하고 화물작업에만 집중할 수 있도록 하였다. 또한, 하역 당직 중에는 선내 작업배치표를 게시하여 휴식시간을 기록하고 시스템으로 관리하여 휴식시간이 지켜지고 있는지 확인하였다.

- 4.6.6 사고 직전 3개월인 2023년 9월부터 11월까지의 일등항해사 휴식시간 기록부를 살펴

27) 일항사 진술, 2024.2.22.

28) 기존 Guidance on fatigue mitigation and management, MSC.1/Circ.1014 (2001년 6월 12일)를 대체하는 Guidelines on Fatigue, MSC.1/Circ.1595 (2019년 1월 24일) 회람

29) Maritime Labour Convention, 2006 Regulation 2.3 Hours of work and hours of rest

보면 일일 평균 약 15.4 시간의 휴식을 취하였으며 1일 평균 약 8.6시간을 근무한 것으로 확인되었다. 하역 작업 중에는 약 11시간을 근무하고 약 13시간의 휴식을 취한 것으로 확인된다. 이는 해사노동협약에 따른 24시간(1일)의 기간 중 10시간, 7일의 기간 중 77시간의 휴식시간 규정에 부합하는 휴식 시간이다. 일항사는 기록 상으로 사고 전 3개월 간 충분한 휴식을 취한 것으로 확인된다.

4.6.7 그러나 이번 사고 발생 시 일등항해사의 실제 작업내역을 출항보고서와 진술을 토대로 살펴보면 2023년 12월 19일 20시 50분 접안작업을 시작하여 21시05분 접안을 마치고 20일 02시부터 벤젠화물의 하역작업을 시작하였다. 이후 31시간 30분간 하역작업이 이어졌고 21일 09시 30분 하역은 종료되었다. 이후 서베이어와 화물창을 점검하고 같은 날 10시20분 출항하였다. 11시까지의 서류 정리를 하였고 점심식사 및 갑판장에게 작업지시 후 12시경 본인 방에 휴식을 취하러 갔다.

4.6.8 선박 접안 작업부터 출항 후 휴식을 취하러 갈 때까지 총 39시간 10분이 소요되었다. 접안과 출항작업 중(약 7시간 40분 소요)에는 사실상 휴식을 취하기 어려우므로 통상 하역시간(31시간 30분) 중에 당직을 서며 교대로 휴식을 취한다. 그러나 이번 하역작업의 경우 하역펌프 압력조정 등의 업무를 수행하는 등의 이유로 하역시간 중 3~4 시간 밖에 잠을 자지 못했다고 진술하였다.

4.6.9 진술이 사실이라면 일등항해사는 접안 및 출항작업 시간까지 포함하여 약 39시간 중 4시간 정도 밖에 휴식을 취하지 못한 상황이 된다. 만약 일등항해사가 실제로 피로도가 극히 높은 상태였다면 판단착오를 일으켰을 가능성도 배제할 수는 없을 것이다.

section

5

결론

5. 결론

- 5.1 일등항해사의 화물창 미세 개방 지시에 따라 갑판장은 화물창을 미세 개방하였으며 이로 인해 화물창 내에는 가연성 혼합기체가 형성되었을 것이다. 갑판장은 미세 개방 작업을 화물창 세정을 위한 예비작업으로 생각하고 화물배관 내 잔류물 제거 작업을 위해 3번 우현 화물창 해치에 이동식 고무호스를 연결하여 압축공기를 공급(에어블로잉)하였다. 에어블로잉 과정에서 화물창 내부에 정전기가 발생하였으며, 정전기는 가연성 혼합기체와 만나 폭발을 일으켰을 것으로 추정된다.
- 5.2 선장은 양쯔강 도선점에서 인천항까지는 약 36시간이 소요되어 화물창 세정을 위한 시간이 충분하며, 비상 대응을 위해 선원들의 휴식은 필수적이라는 합리적 판단으로 양쯔강을 벗어날 때까지 갑판에서의 모든 작업을 하지 말라고 일등항해사에게 지시하였다. 그러나 일등항해사는 선장의 지시를 따르지 않고 5가지 갑판작업을 서면으로 지시하였다.
- 5.3 화물창 세정작업은 폭발 및 질식 사고 위험이 매우 높아 작업 전 준비 및 확인해야 할 사항이 많고 작업에 참여하는 선원들의 높은 이해도와 안전지침 준수가 요구된다. 그러나 탱크세정 지침서에 따른 화물창 세정 준비 및 계획은 없었고 가연성 화물에 대한 위험성 평가 및 화물창 내부 가스농도 확인도 시행되지 않았다. 또한 안전이 확보되지 않은 작업 지시에 대해 거부할 수 있는 절차가 있었지만 지켜지지 않았다.
- 5.4 폭발위험이 크고 유독성 화물인 벤젠을 다루는 작업을 하면서 화물특성 및 주의사항은 작업자들에게 공유되지 않았다. 화물배관의 잔류물을 압축공기로 에어 블로잉하는 것은 마찰로 인해 정전기가 발생할 수 있어 화물창 내에 가연성 혼합기체가 있으면 폭발의 위험성이 있다. 선사의 화물관리 절차에도 압축공기는 가연성 또는 정전기 축적 화물 라인 청소에 사용해서는 안 된다고 규정하고 있으나 이는 지켜지지 않았다.
- 5.5 일등항해사와 갑판장은 화물세정작업에 대한 업무지시와 확인에 대해 명확한 의사소통하지 않았으며, 이는 규정과 다른 업무수행을 이끌어 내 결국 폭발사고를 야기했다. 또한 선사에서 마련한 교육훈련 지침에는 업무숙련도 평가 미달자와 승선 중 긴급한 선원에 대한 직무교육을 하도록 규정되어 있으나 이는 이행되지 않았다.

- 5.6 선사는 항해사를 추가로 승선시켜 일항사의 피로도를 경감시키는 등 해사노동협약에 따른 휴식시간 제공을 충족시키고 있었으나, 사고 당시 일항사는 피로한 상태에서 작업지시에 착오가 있었다고 진술한 바 있다. 만약 일항사가 실제로 피로도가 극히 높은 상태였다면 판단착오를 일으켰을 가능성도 배제할 수는 없을 것이다.

section

6

권고

6. 권고

6.1 선장의 지시사항 이행 철저

- 6.1.1 선박의 안전운항 및 오염방지와 관련한 최종결정의 책임 및 권한은 해당선박의 선장에 있으며, 긴급 시 승무원, 선박 및 해양환경을 위하여 최선이라고 판단되는 경우, 선장은 어떤 조치라도 취할 수 있는 재량권을 보유한다고 ISM 코드 및 선사의 안전보건 환경품질 매뉴얼에 문서화되어 있다.
- 6.1.2 이에 선원들은 선장의 지시사항이 규정에 맞지 않거나 부당한 것이 아니라면 지켜야 할 의무가 있다. 일등항해사는 선장의 지시사항을 받은 경우, 즉시 전 선원들에게 신속히 공유하여 지시사항이 지켜지도록 해야 할 것이다.
- 6.1.3 선사는 선장의 지시사항이 선내에서 잘 지켜질 수 있도록 선장의 책임과 권한에 관한 규정 등을 선원들에게 주기적으로 교육해 선내 지휘체계를 확립해야 해야 할 것이다.

6.2 화물창 세정지침 및 관련 규정 준수

- 6.2.1 일등항해사 또는 담당사관은 화물창의 세정 및 가스프리 작업의 안전관리책임자로서 화물창 세정 계획 수립 등 사전 준비를 철저히 하는 한편, 갑판장 등 작업참여자들에게 화물창 세정 계획 및 절차를 명확히 인지시키고, 지시한 대로 작업이 진행되는지, 안전지침은 준수되고 있는지 주기적으로 확인해야 한다.
- 6.2.2 갑판장 등 화물창 세정에 참여하는 부원들은 화물창 세정 절차를 숙지하는 한편, 일등항해사가 안전을 위협하는 부적절한 지시를 할 경우, 안전관리절차서에 따라 일등항해사에게 본인의 의견을 말하고 이에 대한 명확한 이해가 되었을 때 작업을 재개해야 할 것이다.
- 6.2.3 선사는 화물창 세정 절차가 본선에서 지켜질 수 있도록 모든 선원들에게 주기적으로 교육시키고 확인하는 한편, 안전하지 않은 작업지시에 대해서는 절차는 지침에 따라 거부할 수 있음을 주지시켜야 할 것이다.

6.3 가연성 · 정전기 축적 화물에 대한 관리 강화

- 6.3.1 일등항해사는 화물창 세정작업을 준비할 경우, 화물의 가연성, 유독성 등 위해요소를 자세히 파악하여 안전조치 방안을 마련하고 갑판장을 포함한 작업 참여자들에게 위험성을 설명하고 숙지시켜 안전하게 작업이 진행될 수 있도록 하여야 할 것이다.
- 6.3.2 선사는 벤젠 등 위험성이 높은 화물에 대해서는 별도로 관리지침을 만들고 선원들이 참고할 수 있도록 배포하여야 하며, 위험화물에 대한 안전조치가 선내작업 시 실제 지침대로 지켜지고 있는지 확인하여야 한다.

6.4 국적이 다른 선원들 간의 의사소통 능력 강화

- 6.4.1 다양한 국적의 선원들이 동승하고 있는 선박에서는 명확하게 의사소통이 이루어져야 안전사고를 예방할 수 있다는 인식하에, 선사는 선원들이 지시사항을 명확히 이해했는지 여부에 대해 확인하는 절차를 마련하고 이를 지원해야 한다.
- 6.4.2 또한 안전 수칙 및 업무 절차에 대한 이해도를 높이기 위해 선원의 모국어로 작성된 안전 지침서, 리플릿 등의 배포도 고려할 수 있을 것이다. 아울러, 선원들의 업무숙련도 평가를 지침에 맞게 이행하여 선원들이 직무능력을 높일 수 있도록 해야 할 것이다.

6.5 화물작업 시 선원들의 피로도 관리 방안 마련

- 6.5.1 선장을 포함한 선원들은 본인의 피로도가 의사결정 능력과 집중력을 감소시켜 과실을 발생시키고 이로 인해 해양사고가 발생할 수 있다는 사실을 인식하고, 해사노동협약에 따른 휴식시간을 준수하는 한편 피로를 해소하고 적극적으로 관리해야 할 것이다.
- 6.5.2 선사는 선원들이 규정에 맞는 충분한 휴식을 취할 수 있도록 보장하고, 특히 정박 중 선원들이 문제없이 근무하고 있는지 확인하는 절차를 마련하고 피로에 의한 인적과실이 생기지 않도록 해야 할 것이다. 중장기적으로는 선원들의 피로도 관리방안을 마련하여 인적과실에 의한 사고가 발생하지 않도록 노력해야 할 것이다.



해양수산부

중앙해양안전심판원