

[특별조사 2024-001]



해양사고 특별조사보고서

- 유류 및 액체화학품산적운반선 아라하나호 선원사망사고 -

사고일자 : 2022.08.27.

공표일자 : 2024.04.15.



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

Contents

1. 사고 개요	2
2. 사실 정보	4
2.1 선박제원	4
2.2 선박소유자 및 운항	6
2.3 선박검사 및 안전관리	6
2.4 선원구성 및 당직체계	7
2.5 선박구조	8
2.6 사고 발생 화물탱크	8
2.7 액체화학품운반선의 화물탱크 세정절차	10
2.8 기상상태	11
2.9 피해사항	12
3. 사고 경위	14
3.1 사고 전 운항	14
3.2 화물탱크 세정	15
3.3 사고발생	16
3.4 구조작업	17
4. 사고 분석	19
4.1 일등항해사 사망원인	19
4.2 탱크 세정계획 및 절차 준수	20
4.3 밀폐구역 출입절차 이행	21

4.4 밀폐구역(화물탱크) 가스농도 확인	22
4.5 안전관리 교육 및 선내 안전문화	22
5. 결론	24
6. 교훈사항	26
6.1 탱크 세정계획 및 절차 준수 철저	26
6.2 밀폐구역 출입절차 이행 및 가스농도 확인	26
6.3 선원 안전교육 강화 및 선내 안전문화 정착	27

section

1

사고 개요

1. 사고 개요

- 1.1 아라하나(ARA HANA)호는 2022년 8월 27일 일본 오키나와항에서 1번, 3번 화물탱크에 선적되어 있던 화물 부탄디올(BUTYLENE GLYCOL) 양하 작업을 완료한 후 화물선적을 위해 일본 오이타항으로 출항하였다. 같은 날 20시 00분경부터 1번 화물탱크에 대한 세정작업을 진행하였다.
- 1.2 일등항해사는 1번 화물탱크 예비세정 작업이 1시간 10분 정도 경과한 8월 27일 21시 10분경 세정작업을 중단시켰다. 그리고 21시 20분경 휴대용 가스검지기, 안전모 등 안전장비를 착용하지 않은 채 혼자 1번 좌현 탱크 내부로 들어갔다. 갑판수 C에게 갑판에 대기할 것을 지시하였으나, 탱크 내부 진입목적에 관해서는 이야기하지 않았다.
- 1.3 갑판수 C는 21시 25분경 일등항해사가 화물탱크 내부 바닥에 주저앉듯이 쓰러져 있는 것을 화물탱크 밖에서 목격하고 현장 상황을 갑판장에게 알렸다. 갑판장은 삼등항해사에게 삼등항해사는 선장에게 사고 사실을 보고하였다.
- 1.4 선장은 선내 비상소집을 명령하였으며 갑판장과 갑판수 C는 21시 30분경 안전장비를 착용하고 일등항해사 구조작업을 실시하였다. 21시 35분경 이등항해사, 갑판수A, 갑판수B 및 일등기관사가 추가로 화물탱크에 들어가 들것에 일등항해사를 고정하고 갑판으로 끌어올렸다.
- 1.5 일등항해사는 21시 40분경 의식이 없는 상태로 갑판에 끌어올려졌다. 선장, 기관장, 갑판장은 교대로 30~40분 가량 일등항해사에게 심폐소생술을 실시하고 응급조치를 하였다. 그러나 일등항해사는 의식을 회복하지 못하고 22시 10분경 구마노시 동방 약 35해리 해상에서 사망하였다.
- 1.6 선장은 같은 날 22시 20분경 사고 발생 사실을 회사에 보고하였고, 8월 28일 00시 20분경에는 일본 해상보안청에 사고 발생 사실을 보고하였다. 해상보안청은 오와세완(33-49.6N, 136-16.8E)으로 이동하라고 지시하였고 같은 날 3시 30분경 아라하나호는 오와세완에 도착하였다.

section

2

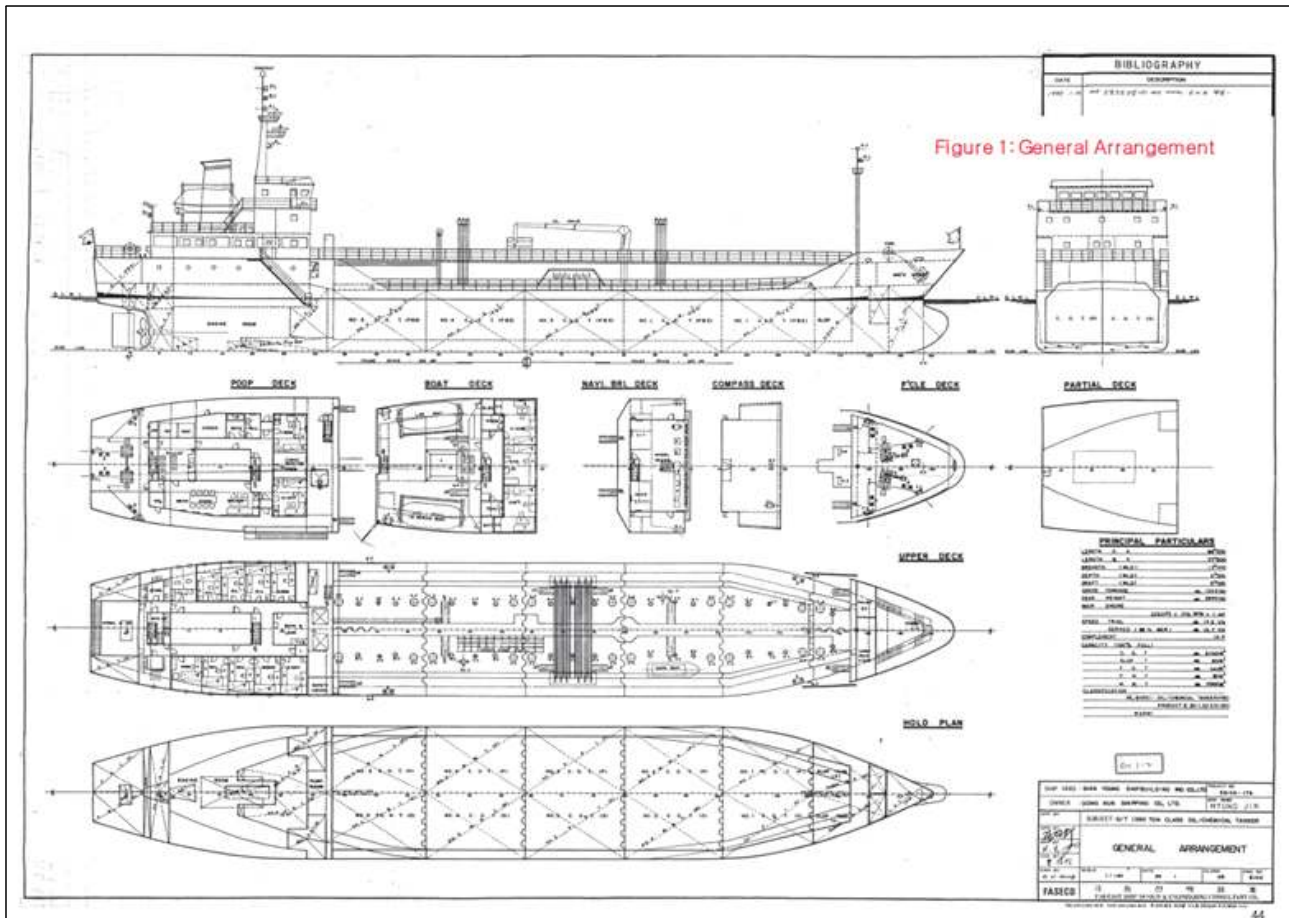
사실 정보

2. 사실 정보

2.1 선박제원

2.1.1 아라하나호 주요 명세

선명	아라하나호(ARA HANA)
국적	대한민국
선적항	제주시
IMO 번호 / 선박번호	9121613 / JJR-941281
선박종류	유조선(유류 및 액체화학품산적운반선)
선박소유자	하나마린(주)
안전관리사	(주)에이치엔씨씨
최대승선인원(명)	14
조선자	신영 조선소(주)
용골거치일	1994년 6월 17일
진수일	1994년 11월 19일
인도일	1995년 2월 9일
선박검사기관	(사)한국선급
총톤수(톤)	1,384(국제톤수 1,780)
길이(미터)	77.21
너비(미터)	13.00
깊이(미터)	6.20
재화중량톤수(톤)	2,584
주기관	디젤기관
최대출력	1,713kW × 775RPM
추진기(Inward)	1(나선일체식)
타(Rudder)	1



〈그림 1〉 아라하나호(ARA HANA) 일반배치도 및 전경

2.2 선박소유자 및 운항

- 2.2.1 아라하나(ARA HANA)호는 1994년 11월 19일 전남 여천군 돌산읍 신영조선소에서 진수된 선박으로 총톤수 1,384톤, 길이 77.21미터, 너비 13.00미터, 깊이는 6.20미터이며 유류 및 액체화학품을 산적 운반하는 유조선(유류 및 액체화학품산적운반선)(이하 액체화학품운반선 이라 하다.)이다.
- 2.2.2 이 선박은 진수 후 동건해운(주)(Dong kun Shipping Co., Ltd. 현재 폐업) 소유의 명진호(MYUNG JIN)라는 선명으로 운항하다, 2014년 4월 14일에 하나마린(주)에 매각되었으며 선명도 아라하나호로 변경되었다.
- 2.2.3 이 선박의 소유자인 하나마린(주)은 석유화학제품, 케미컬 화물을 운송하는 탱커선단을 운용하고 있다. 선박은 총 19척으로 재화중량톤수 2,500톤급 5척(아라하나호 포함), 3,500톤급 이상 8척, 1,000톤급 미만 6척이다.
- 2.2.4 이들 선박은 한·중·일을 포함한 극동아시아, 대만 등 동중국해 지역을 주로 운항하며 적재 화물은 벤젠, 톨루엔, 자일렌, 아세트산, 에탄올 등 액체화학품이다.

2.3 선박검사 및 안전관리

- 2.3.1 아라하나호는 1995년 2월부터 사단법인 한국선급(이하 한국선급)에 입급되었고, 2022년 8월 27일 사고 당시 2024년 4월 27일까지 유효한 선박검사증서¹⁾를 보유하고 있었다.
- 2.3.2 액체화학품을 국제적으로 운송하기 위해 필요한 국제위험화학품 산적운송적합증서²⁾는 2022년 3월 25일 발행되어 2024년 4월 27일까지 유효하였다.
- 2.3.3 선박소유자인 하나마린(주)은 2015년 2월 2일에 (주)에이치엔씨씨((주)HNCC Co., Ltd.)와 선박관리계약을 체결하였다. 위탁된 선박관리 업무는 선원관리, 공무관리, 보험관리, 정산관리, 선박검사 관리 및 선박의 안전관리체제 수립·시행 관련 사항 등이다.

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 별지 1에 등재된 케미컬 화물을 운송할 수 있음

2.3.4 아라하나호는 2000년부터 2013년까지 동건해운(주) 소유의 명진호라는 선명으로 일본과 중국에서 26차례 항만국통제(PSC) 점검을 받았으며 결함사항 10건 이상 발생한 점검은 총 7번 발생하였다. 2014년부터는 하나마린(주) 소속으로 2019년까지 일본과 중국에서 13차례 항만국통제 점검을 받았으며, 결함사항 10건 이상 점검은 총 4번 발생하였으나 출항 정지 건은 없었다.

2.4 선원구성 및 당직체계

2.4.1 아라하나호의 선박검사증서 상 최대승선인원은 14명이다. 사고 당시에는 한국 선원 3명, 인도네시아 선원 8명 및 미얀마 선원 3명 총 14명이 승선하고 있었다.

2.4.2 승선자 중 일등항해사는 약 9년³⁾의 1등항해사 경력을 가지고 있었고, 주로 액체화학 품산적운반선에 승선하였다. 하나마린(주)에 입사해서는 아라하나호가 8번째 승선한 선박으로 사고 당시 약 1개월 가량 승선 중이었으며 사고 당시 나이는 62세였다.

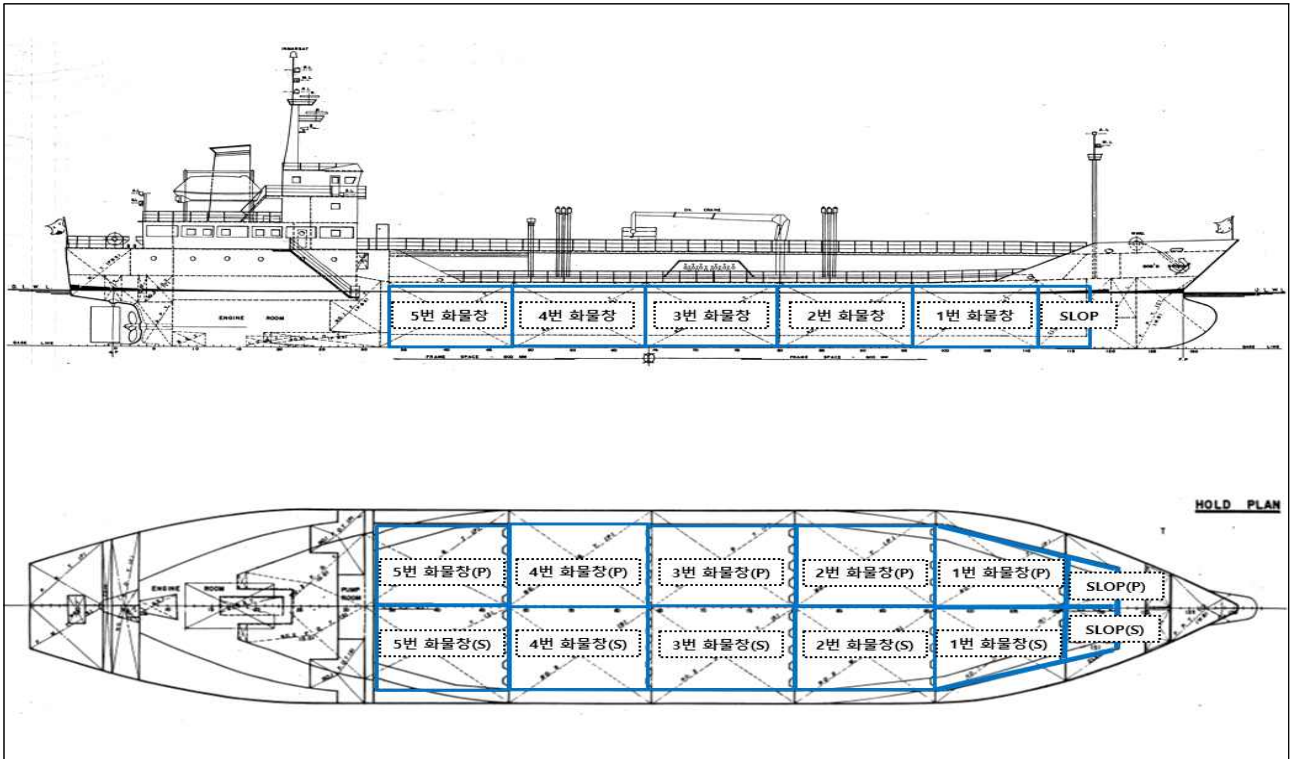
<표 1> 아라하나호 직책별 선원구성

부서	직책		승선인원(국적)
갑판부	사관	선장(Master)	1명(한국)
		1등항해사(Chief Officer)	1명(한국)
		2등항해사(2 nd Officer)	2명(인도네시아)
		3등항해사(3 rd Officer)	1명(인도네시아)
	부원	갑판장(Bosun)	1명(미얀마)
		갑판수(Able Seaman)	1명(인도네시아)
			2명(미얀마)
		조리장(Chief Steward)	1명(인도네시아)
기관부	사관	기관장(Chief Engineer)	1명(한국)
		1등기관사(1 st Engineer)	1명(인도네시아)
		2등기관사(2 nd Engineer)	1명(인도네시아)
	부원	조기장(No.1 Oiler)	1명(인도네시아)
		총원	14명

3) 2013년부터 2022년까지 약 9년간 14척의 선박에서 일등항해사로 승선함

2.5 선박구조

2.5.1 아라하나호는 선미에 선교가 위치해 있는 선미선교형 선박으로 선수에서 선미 방향으로 화물탱크가 배치되어 있다. 화물탱크는 좌우현 각각 6개(선수 좌우현 Slop탱크 포함)이며 선수부터 선미방향으로 1번부터 5번까지 구분되어 있다.



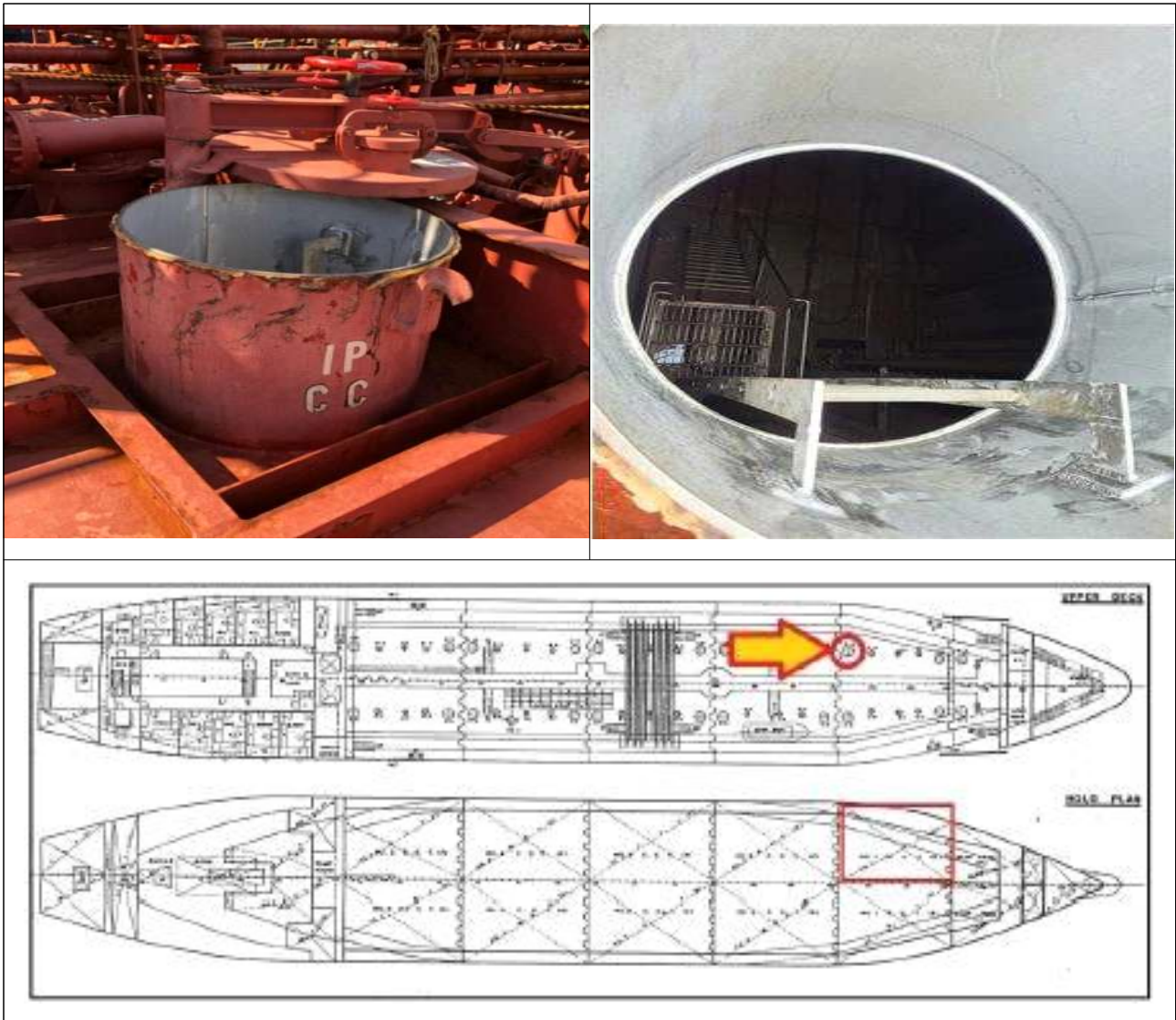
<그림 2> 아라하나호 구조 및 화물탱크 배치

2.6 사고 발생 화물탱크

2.6.1 사고가 발생한 1번 좌현 화물탱크 용적은 약 213m³, 길이는 약 9미터이다. 화물탱크 내부에는 1개의 해치(Hatch)가 설치되어 있고, 이 해치에는 사람이 탱크 바닥까지 내려갈 수 있도록 사다리가 설치되어 있다.

2.6.2 아라하나호는 제30항차⁴⁾선적항인 대만 카오슝항에서 부탄디올 화물을 적재하였고, 일본 오키나와항에서 이 화물을 전량 양하 하였다. 이에 사고 당시 1번 좌현 화물탱크에는 적재 화물이 없었다.

4) 한 항차는 선박이 화물을 선적하고 양하하기까지의 한 주기(Cycle)를 말함



〈그림 3〉 1번 좌현 화물탱크 해치(Hatch)사진 및 탱크위치

2.6.3 아라하나호에서 보유한 물질안전보건자료에 따르면 이전 향차 선적화물인 부탄디올(BUTYLENE GLYCOL)⁵⁾의 인화점은 섭씨 115도 이상이며, 불꽃 등에 직접 노출되지 않도록 주의해야 하나 취급과 저장에 있어 높은 위험성을 가진 화물은 아니라고 되어있다.

2.6.4 그러나, 부탄디올은 삼키면 유해하고, 피부접촉 시 차가운 물로 씻어내야 하며, 가스 흡입 시 졸음 또는 현기증을 유발할 수 있어 가스 흡입 시 신선한 공기가 있는 곳으로 옮겨 쉬게 하고 의료기관의 진찰을 받아야 한다고 기술되어 있다.

5) 1,4-Butanediol은 MSDS(material safety data sheet, 물질안전보건자료) 상 명칭으로 IBC Code(위험화학품선적운송 선박의 구조 및 설비를 위한 국제코드) 제17장에 등재 되어 있는 운송품명은 BUTYLENE GLYCOL이다.

2.7 액체화학품운반선의 화물탱크 세정절차

- 2.7.1 화물탱크 세정⁶⁾은 다음 항차에서 화물을 싣기 위한 기본 작업이다. 화물 양하 이후에 다른 종류의 화물을 선적하기 위해서는 화물탱크 세정(Cleaning)이 필요하고 화물 잔유물도 제거되어야 한다. 세정절차는 화물의 유형과 특성을 고려하여 결정해야 한다.
- 2.7.2 탱크 세정 전에는 화물별 취급요령 안전확보 방안을 논의하기 위한 사전회의를 실시하고 이를 반영한 탱크 세정계획서를 작성하여 관련 승조원들이 참조할 수 있도록 한다.
- 2.7.3 양하 작업 후 머신 클리닝(Machine cleaning)이나 스티밍(Steaming)에 의한 클리닝이 계획된 경우에 탱크 내부의 가연성 농도는 세정이 시작되기 전에 점검되어야 하고 해당화물 LEL⁷⁾의 10%를 초과하는 경우, 가연성 가스의 농도를 낮추기 위해 가스 프리(Gas free)를 시행해야 한다.
- 2.7.4 가스프리는 충분한 공기의 압력을 위해 해치(Hatch)는 잠금 상태, P/V밸브는 열림으로 둔 상태에서 선박에 장착된 가스 프리 팬(Fan)으로 탱크 용량의 3~5배의 외부공기가 내부공기와 치환될 수 있도록 한다. 가스프리 후 가스농도가 LEL의 10%이하로 떨어졌는지 확인 후 탱크 세정작업을 실시한다.
- 2.7.5 예비세정(Pre-cleaning)은 통상적으로 화물을 양하한 후에 해수 또는 청수 등을 이용하여 탱크 세정하는 방법을 말하며, 약품세정(Cleaning)은 예비세정을 마친 화물탱크를 화학약품을 넣은 해수 또는 청수로 재차 세정하는 것을 말한다.
- 2.7.6 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.
- 2.7.7 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.

6) 참고문헌: OIL & CHEMICAL TANKER 운용실무(박득진·홍태호·이인길·원주일·정창현), CHEMICAL TANKER 업무지침서(한국선주상호보험)

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

2.8 기상상태

2.8.1 아라하나호는 2022년 8월 27일 13시 45분경 일본 미에현 옷카이치항에서 화물 양하 작업을 완료한 후 화물 선적 작업을 위해 오이타항을 향해 출항하였고, 같은날 20시경 일본 연안해역에서 항해 중 화물탱크 세정작업을 진행하고 있었다.

2.8.2 사고가 발생한 8월 27일 20시경 날씨는 풍속 3.4~5.4m/s의 남풍이 불고 있었으며 파도 방향은 북쪽이며, 파고는 1m의 구름낀 날씨였다.

2.8.3 사고 당일인 27일 04시부터 28일 12시까지 항해일지에 기록된 기상은 아래와 같다.

〈표 2〉 선박 기상정보

일시(LT)	바람 및 파도						기상	
	풍향	풍력 계급	풍속 (m/s)	파도 방향	파도 상태	파고(m)	천후	기온
2022. 8.27. 04:00	NE	3	3.4~5.4	SW	3	1	Cloudy	29
2022. 8.27. 08:00	NE	3	3.4~5.4	SW	3	1	Cloudy	29
2022. 8.27. 12:00	W	3	3.4~5.4	NW	2	0.5	Cloudy	30
2022. 8.27. 16:00	W	3	3.4~5.4	E	3	1	Overcast	32
2022. 8.27. 20:00	S	3	3.4~5.4	N	3	1	Overcast	29
2022. 8.27. 24:00	N	3	3.4~5.4	W	3	1	Rainy	25
2022. 8.28. 04:00	N	3	3.4~5.4	S	3	1	Overcast	30
2022. 8.28. 08:00	N	3	3.4~5.4	S	3	1	Cloudy	33
2022. 8.28. 12:00	S	4	5.5~7.9	SE	4	1.5	Cloudy	33



<그림 4> 아라하나호 운항경로 및 사고위치

2.9 피해사항

2.9.1 8월 27일 21시 20분경 화물탱크 세정 중 화물탱크 내에 들어간 일등항해사는 의식을 잃고 쓰러졌다. 갑판수 C가 이를 발견하고 갑판상으로 끌어 올려졌으며, 심폐소생술 등 응급조치를 하였으나 의식을 회복하지 못하고 22시 10분경 사망하였다.

section

3

사고 경위

3. 사고 경위

3.1 사고 전 운항

3.1.1 아라하나호는 유류 및 액체화학품산적운반선으로서 1995년 2월 건조된 이래 대만, 중국 등에서 폐놀, 염화에틸렌 등 화물을 선적하여 한국, 중국, 일본 등으로 27년간 운송해왔다.

3.1.2 동 선박의 사고 직전 항차는 제30항차이다. 2022년 8월 21일 대만 카오슝에서 1번·3번 좌우현 화물탱크에 약 725톤의 부탄디올을 선적하였으며 2022년 8월 26일 일본 오키나와에서 선적화물 전량을 양하하였다.

3.1.3 화물 양하 후 오키나와에서 2022년 8월 27일 14시 30분 출항하였으며 선적항은 일본 오이타로 화물(Pigas, pyrolysis gasoline) 1,500톤을 적재하기로 계획되어 있었다. 동 선박은 같은 날 20시경 구마노시 동방 약 35해리 위치에서 다음 화물을 선적하기 위한 절차로 화물탱크 세정작업을 시작하였다.

CARGO STOWAGE PLAN (After Loading)											
SLOP		49.904 m³	SLOP		49.955 m³	NAME OF VESSEL: M/T ARA HANA		22-AUG-2022		22-31	
QTY		EMPTY	QTY		EMPTY	DATE		22-AUG-2022		22-31	
Vol		m³	Vol		m³	VOY NO		F		A	
Ratio		%	Ratio		%	DRAFT		OTI/ARR		F	
ULLAGE		m	ULLAGE		m	KADISHING / DEF		A		B	
Load P		m	Load P		m	KADISHING / DEF		A		B	
Disch P		m	Disch P		m	KADISHING / DEF		A		B	
CARGO INFORMATION											
CARGO		23.331 m³	CARGO		23.381 m³	Grade		1.4 BUTANEDIOL		1.4 BUTANEDIOL	
QTY		145.951 m³	QTY		146.074 m³	Storage		1.4 (PIS)		1.4 (PIS)	
Vol		145.951 m³	Vol		146.781 m³	BL Fig		734.880MT		732.300MT	
Ratio		68.9 %	Ratio		68.8 %	Category		2		2	
ULLAGE		4.962 m	ULLAGE		4.083 m	GROUP		3		3	
Load P		4.962 m	Load P		4.083 m	GROUP		3		3	
Disch P		4.962 m	Disch P		4.083 m	GROUP		3		3	
CARGO INFORMATION											
CARGO		23.331 m³	CARGO		23.381 m³	Grade		1.4 BUTANEDIOL		1.4 BUTANEDIOL	
QTY		145.951 m³	QTY		146.074 m³	Storage		1.4 (PIS)		1.4 (PIS)	
Vol		145.951 m³	Vol		146.781 m³	BL Fig		734.880MT		732.300MT	
Ratio		68.9 %	Ratio		68.8 %	Category		2		2	
ULLAGE		4.962 m	ULLAGE		4.083 m	GROUP		3		3	
Load P		4.962 m	Load P		4.083 m	GROUP		3		3	
Disch P		4.962 m	Disch P		4.083 m	GROUP		3		3	
CARGO INFORMATION											
CARGO		23.331 m³	CARGO		23.381 m³	Grade		1.4 BUTANEDIOL		1.4 BUTANEDIOL	
QTY		145.951 m³	QTY		146.074 m³	Storage		1.4 (PIS)		1.4 (PIS)	
Vol		145.951 m³	Vol		146.781 m³	BL Fig		734.880MT		732.300MT	
Ratio		68.9 %	Ratio		68.8 %	Category		2		2	
ULLAGE		4.962 m	ULLAGE		4.083 m	GROUP		3		3	
Load P		4.962 m	Load P		4.083 m	GROUP		3		3	
Disch P		4.962 m	Disch P		4.083 m	GROUP		3		3	
CARGO INFORMATION											
CARGO		23.331 m³	CARGO		23.381 m³	Grade		1.4 BUTANEDIOL		1.4 BUTANEDIOL	
QTY		145.951 m³	QTY		146.074 m³	Storage		1.4 (PIS)		1.4 (PIS)	
Vol		145.951 m³	Vol		146.781 m³	BL Fig		734.880MT		732.300MT	
Ratio		68.9 %	Ratio		68.8 %	Category		2		2	
ULLAGE		4.962 m	ULLAGE		4.083 m	GROUP		3		3	
Load P		4.962 m	Load P		4.083 m	GROUP		3		3	
Disch P		4.962 m	Disch P		4.083 m	GROUP		3		3	
CARGO INFORMATION											
CARGO		23.331 m³	CARGO		23.381 m³	Grade		1.4 BUTANEDIOL		1.4 BUTANEDIOL	
QTY		145.951 m³	QTY		146.074 m³	Storage		1.4 (PIS)		1.4 (PIS)	
Vol		145.951 m³	Vol		146.781 m³	BL Fig		734.880MT		732.300MT	
Ratio		68.9 %	Ratio		68.8 %	Category		2		2	
ULLAGE		4.962 m	ULLAGE		4.083 m	GROUP		3		3	
Load P		4.962 m	Load P		4.083 m	GROUP		3		3	
Disch P		4.962 m	Disch P		4.083 m	GROUP		3		3	
CARGO INFORMATION											
CARGO		23.331 m³	CARGO		23.381 m³	Grade		1.4 BUTANEDIOL		1.4 BUTANEDIOL	
QTY		145.951 m³	QTY		146.074 m³	Storage		1.4 (PIS)		1.4 (PIS)	
Vol		145.951 m³	Vol		146.781 m³	BL Fig		734.880MT		732.300MT	
Ratio		68.9 %	Ratio		68.8 %	Category		2		2	
ULLAGE		4.962 m	ULLAGE		4.083 m	GROUP		3		3	
Load P		4.962 m	Load P		4.083 m	GROUP		3		3	
Disch P		4.962 m	Disch P		4.083 m	GROUP		3		3	
CARGO INFORMATION											
CARGO		23.331 m³	CARGO		23.381 m³	Grade		1.4 BUTANEDIOL		1.4 BUTANEDIOL	
QTY		145.951 m³	QTY		146.074 m³	Storage		1.4 (PIS)		1.4 (PIS)	
Vol		145.951 m³	Vol		146.781 m³	BL Fig		734.880MT		732.300MT	
Ratio		68.9 %	Ratio		68.8 %	Category		2		2	
ULLAGE		4.962 m	ULLAGE		4.083 m	GROUP		3		3	
Load P		4.962 m	Load P		4.083 m	GROUP		3		3	
Disch P		4.962 m	Disch P		4.083 m	GROUP		3		3	
CARGO INFORMATION											
CARGO		23.331 m³	CARGO		23.381 m³	Grade		1.4 BUTANEDIOL		1.4 BUTANEDIOL	
QTY		145.951 m³	QTY		146.074 m³	Storage		1.4 (PIS)		1.4 (PIS)	
Vol		145.951 m³	Vol		146.781 m³	BL Fig		734.880MT		732.300MT	
Ratio		68.9 %	Ratio		68.8 %	Category		2		2	
ULLAGE		4.962 m	ULLAGE		4.083 m	GROUP		3		3	
Load P		4.962 m	Load P		4.083 m	GROUP		3		3	
Disch P		4.962 m	Disch P		4.083 m	GROUP		3		3	
CARGO INFORMATION											
CARGO		23.331 m³	CARGO		23.381 m³	Grade		1.4 BUTANEDIOL		1.4 BUTANEDIOL	
QTY		145.951 m³	QTY		146.074 m³	Storage		1.4 (PIS)		1.4 (PIS)	
Vol		145.951 m³	Vol		146.781 m³	BL Fig		734.880MT		732.300MT	
Ratio		68.9 %	Ratio		68.8 %	Category		2		2	
ULLAGE		4.962 m	ULLAGE		4.083 m	GROUP		3		3	
Load P		4.962 m	Load P		4.083 m	GROUP		3		3	
Disch P		4.962 m	Disch P		4.083 m	GROUP		3		3	
CARGO INFORMATION											
CARGO		23.331 m³	CARGO		23.381 m³	Grade		1.4 BUTANEDIOL		1.4 BUTANEDIOL	
QTY		145.951 m³	QTY		146.074 m³	Storage		1.4 (PIS)		1.4 (PIS)	
Vol		145.951 m³	Vol		146.781 m³	BL Fig		734.880MT		732.300MT	
Ratio		68.9 %	Ratio		68.8 %	Category		2		2	
ULLAGE		4.962 m	ULLAGE		4.083 m	GROUP		3		3	
Load P		4.962 m	Load P		4.083 m	GROUP		3		3	
Disch P		4.962 m	Disch P		4.083 m	GROUP		3		3	
CARGO INFORMATION											
CARGO		23.331 m³	CARGO		23.381 m³	Grade		1.4 BUTANEDIOL		1.4 BUTANEDIOL	
QTY		145.951 m³	QTY		146.074 m³	Storage		1.4 (PIS)		1.4 (PIS)	
Vol		145.951 m³	Vol		146.781 m³	BL Fig		734.880MT		732.300MT	
Ratio		68.9 %	Ratio		68.8 %	Category		2		2	
ULLAGE		4.962 m	ULLAGE		4.083 m	GROUP		3		3	
Load P		4.962 m	Load P		4.083 m	GROUP		3		3	
Disch P		4.962 m	Disch P		4.083 m	GROUP		3		3	
CARGO INFORMATION											
CARGO		23.331 m³	CARGO		23.381 m³	Grade		1.4 BUTANEDIOL		1.4 BUTANEDIOL	
QTY		145.951 m³	QTY		146.074 m³	Storage		1.4 (PIS)		1.4 (PIS)	
Vol		145.951 m³	Vol		146.781 m³	BL Fig		734.880MT		732.300MT	
Ratio		68.9 %	Ratio		68.8 %	Category		2		2	
ULLAGE		4.962 m	ULLAGE		4.083 m	GROUP		3		3	
Load P		4.962 m	Load P		4.083 m	GROUP		3		3	
Disch P		4.962 m	Disch P		4.083 m	GROUP		3		3	
CARGO INFORMATION											
CARGO		23.331 m³	CARGO		23.381 m³	Grade		1.4 BUTANEDIOL		1.4 BUTANEDIOL	
QTY		145.951 m³	QTY		146.074 m³	Storage		1.4 (PIS)		1.4 (PIS)	
Vol		145.951 m³	Vol		146.781 m³	BL Fig		734.880MT		732.300MT	
Ratio		68.9 %	Ratio		68.8 %	Category		2		2	
ULLAGE		4.962 m	ULLAGE		4.083 m	GROUP		3		3	
Load P		4.962 m	Load P		4.083 m	GROUP		3		3	
Disch P		4.962 m	Disch P		4.083 m	GROUP		3		3	
CARGO INFORMATION											
CARGO		23.331 m³	CARGO		23.381 m³	Grade		1.4 BUTANEDIOL		1.4 BUTANEDIOL	
QTY		145.951 m³	QTY		146.074 m³	Storage		1.4 (PIS)		1.4 (PIS)	
Vol		145.951 m³	Vol		146.781 m³	BL Fig		734.880MT		732.300MT	
Ratio		68.9 %	Ratio		68.8 %	Category		2		2	
ULLAGE		4.962 m	ULLAGE		4.083 m	GROUP		3		3	
Load P		4.962 m	Load P		4.083 m	GROUP		3		3	
Disch P		4.962 m	Disch P		4.083 m	GROUP		3		3	
CARGO INFORMATION											
CARGO		23.331 m³	CARGO		23.381 m³	Grade		1.4 BUTANEDIOL		1.4 BUTANEDIOL	
QTY		145.951 m³	QTY		146.074 m³	Storage		1.4 (PIS)		1.4 (PIS)	
Vol		145.951 m³	Vol		146.781 m³	BL Fig		734.880MT		732.300MT	
Ratio		68.9 %	Ratio		68.8 %	Category		2		2	
ULLAGE		4.962 m	ULLAGE		4.083 m	GROUP		3		3	
Load P		4.962 m	Load P		4.083 m	GROUP		3		3	
Disch P		4.962 m	Disch P		4.083 m	GROUP		3		3	
CARGO INFORMATION											
CARGO		23.331 m³	CARGO		23.381 m³	Grade		1.4 BUTANEDIOL		1.4 BUTANEDIOL	
QTY		145.951 m³	QTY		146.074 m³	Storage		1.4 (PIS)		1.4 (PIS)	
Vol		145.951 m³	Vol		146.781 m³	BL Fig		734.880MT		732.300MT	
Ratio		68.9 %	Ratio		68.8 %	Category		2		2	
ULLAGE		4.962 m	ULLAGE		4.083 m	GROUP		3		3	
Load P		4.962 m	Load P		4.083 m	GROUP		3		3	
Disch P		4.962 m	Disch P		4.083 m	GROUP		3		3	
CARGO INFORMATION											
CARGO		23.331 m³	CARGO		23.381 m³	Grade		1.4 BUTANEDIOL		1.4 BUTANEDIOL	
QTY		145.951 m³	QTY		146.074 m³	Storage		1.4 (PIS)		1.4 (PIS)	
Vol		145.951 m³	Vol		146.781 m³	BL Fig		734.880MT		732.300MT	
Ratio		68.9 %	Ratio		68.8 %	Category		2		2	
ULLAGE		4.962 m	ULLAGE		4.083 m	GROUP		3		3	
Load P		4.962 m	Load P		4.083 m	GROUP		3		3	
Disch P		4.962 m	Disch P		4.083 m	GROUP		3		3	
CARGO INFORMATION											
CARGO		23.331 m³	CARGO		23.381 m³	Grade		1.4 BUTANEDIOL		1.4 BUTANEDIOL	
QTY		145.951 m³	QTY		146.074 m³	Storage		1.4 (PIS)		1.4 (PIS)	
Vol		145.951 m³	Vol		146.781 m³	BL Fig		734.880MT		732.300MT	
Ratio		68.9 %	Ratio		68.8 %	Category		2		2	
ULLAGE		4.962 m	ULLAGE		4.083 m	GROUP		3		3	
Load P		4.962 m	Load P		4.083 m	GROUP		3		3	
Disch P		4.962 m	Disch P		4.083 m	GROUP		3		3	
CARGO INFORMATION											
CARGO		23.331 m³	CARGO		23.381 m³	Grade		1.4 BUTANEDIOL		1.4 BUTANEDIOL	
QTY		145.951 m³	QTY		146.074 m³	Storage		1.4 (PIS)		1.4 (PIS)	
Vol		145.951 m³	Vol		146.781 m³	BL Fig		734.880MT		732.300MT	
Ratio		68.9 %	Ratio		68.8 %	Category		2		2	
ULLAGE		4.962 m	ULLAGE		4.083 m	GROUP		3		3	
Load P		4.962 m	Load P		4.083 m	GROUP		3		3	
Disch P		4.962 m	Disch P		4.083 m	GROUP		3		3	
CARGO INFORMATION											
CARGO		23.331 m³	CARGO		23.381 m³	Grade		1.4 BUTANEDIOL		1.4 BUTANEDIOL	
QTY		145.951 m³	QTY		146.074 m³	Storage		1.4 (PIS)		1.4 (PIS)	
Vol		145.951 m³	Vol		146.781 m³	BL Fig		734.880MT		732.300MT	
Ratio		68.9 %	Ratio		68.8 %	Category		2		2	
ULLAGE		4.962 m	ULLAGE		4.083 m	GROUP		3		3	
Load P		4.962 m	Load P		4.083 m	GROUP		3		3	
Disch P		4.962 m	Disch P		4.083 m	GROUP		3		3	
CARGO INFORMATION											
CARGO		23.331 m³	CARGO		23.381 m³	Grade		1.4 BUTANEDIOL		1.4 BUTANEDIOL	
QTY		145.951 m³	QTY		146.074 m³	Storage		1.4 (PIS)		1.4 (PIS)	
Vol		145.951 m³	Vol		146.781 m³	BL Fig		734.880MT			

3.2 화물탱크 세정

3.2.1 아라하나호의 유해액체물질 및 설비에 관한 지침서(Procedure And Arrangement Manual) 제4절에는 화물탱크의 세정, 잔유물의 배출, 평형수의 적재 및 배출에 관한 방법에 대하여 규정하고 있다. 동 지침서에 따라 일등항해사는 사고 당일 탱크 세정 전에 탱크 세정계획서를 작성하여 선장의 승인을 받은 것으로 확인되었다.

TANK CLEANING PLAN (CLEANING 시행 전 송부)

Ship's Name : ARA HANA Voyage No. : 22-30 CLEANING

Last Cargo : 1.4 Butanediol	Next Cargo : Pygas
Cargo Tank Coating : SUS	EPOXY ZINC
Cleaning 대상 Tank : 1W & 3W	

1. 본선은 화사로 부터 Cleaning Instruction 을 수신하였습니까? ☐ YES ☐ NO
(화사로 부터 Cleaning Instruction 을 수령하지 못하였더라면 반드시 요청함 것)

2. 본 계획서는 본선에서 시행 예정인 실제 계획을 거짓없이 기록하십시오.

3. 선박에서 CLEANING 을 위해 항해 외에 추가의 시간이 필요하더라면 회사에 보고 바랍니다.

4. 본 계획서는 출항하는 항구의 "DEPARTURE REPORT"와 함께 송부 바랍니다.

시행 여부	시행 방법	From	To	기타 사항
<input checked="" type="checkbox"/> Y <input type="checkbox"/> N	Bottom Flushing	27 Aug 22/1800H	27 Aug 22/1920H	Total 1hrs 20 min
<input checked="" type="checkbox"/> Y <input type="checkbox"/> N	Gas Free	27 Aug 22/1920H	27 Aug 22/2120H	Total 2hrs
<input checked="" type="checkbox"/> Y <input type="checkbox"/> N	Washing	27 Aug 22/2120H	27 Aug 22/2320H	HSW Total 2 Hrs
<input type="checkbox"/> Y <input type="checkbox"/> N	Re-Circulation			
<input checked="" type="checkbox"/> Y <input type="checkbox"/> N	Rinsing	27 Aug 22/2320H	27 Aug 22/2355H	APW Total 30 min
<input checked="" type="checkbox"/> Y <input type="checkbox"/> N	Steaming	27 Aug 22/2355H	28 Aug 22/0150H	Total 6 hrs
<input checked="" type="checkbox"/> Y <input type="checkbox"/> N	Gas Free & DRY	28 Aug 22/0150H	28 Aug 22/0750H	Total 6 hrs
<input checked="" type="checkbox"/> Y <input type="checkbox"/> N	Mopping	28 Aug 22/0750H	28 Aug 22/0850H	Total 1 Hrs
TOTAL :				14HRS 50 min 예정

* ASW : Ambient Sea Water / HSW : Hot Sea Water / APW : Ambient Fresh Water / VSWF : Hot Fresh Water

잔재 WWT 결과 보고 (CLEANING 시행 후 송부)

* 일등항에서 WWT 시행 시, 본선에서 자체적으로 WWT 를 시행 후, 결과를 아래와 같이 기록 하여 화사로 보고 바랍니다.

Appearance (색, 포화)	1P	1S	2P	2S	3P	3S	4P	4S	5P	5S
Chlorides										
Hydrocarbon										
PPT 대기 온도(°C)										
변색 시간(Min)										

** PPT 측정시 "변화" 시험은 괴말간잔을 주입시점 부터 변색 사항까지의 시간을 기록
 ** G : Good / N : Normal / B : Bad (Cleaning 재시행)

To: Hana Marine Seoul/ Operation team

SHIPBOARD CARGO MONITORING RECORD (Heating ☐ Inhibitor ☐ N2 blanket ☐)

Vessel: ARA HANA C/Offer: Master:

Voy No: 22-30 L

Cargo Name	19 COI	15 COI	1P COI	2S COI	3P COI	4S COI	4P COI	5S COI	5P COI	Remark
Cargo Name	1.4 BDO	1.4 BDO								
CARGO SPACE (M)	96.9%	98.8%								
	148.889	148.789								
	218.632	215.225								

Date	Time	Air Temp	High	Middle	Lower	Average Temp	53.5	52.3	52.7	53.3
2022 Aug 26	1200	32°C								
		29°C								
		Oxygen	Pressure	4.7kpa	4.7kpa				3.1kpa	3.5kpa

Date	Time	Air Temp	High	Middle	Lower	Average Temp	53.0	51.8	51.8	52.6
2022 Aug 26	1600	32°C								
		29°C								
		Oxygen	Pressure	3.5kpa	4.7kpa				3.1kpa	3.5kpa

Date	Time	Air Temp	High	Middle	Lower	Average Temp	53.0	51.8	51.8	52.6
2022 Aug 26		32°C								
		29°C								
		Oxygen	Pressure	3.5kpa	4.7kpa				3.1kpa	3.5kpa

Date	Time	Air Temp	High	Middle	Lower	Average Temp	53.0	51.8	51.8	52.6
2022 Aug 26		32°C								
		29°C								
		Oxygen	Pressure	3.5kpa	4.7kpa				3.1kpa	3.5kpa

Inhibitor Cargo Name	NO Operational Cargo Name	1.4 BDO	Heating Cargo Name	1.4 BDO
Loading Port	KAOSUNG TAIWAN		Loading Port	KAOSUNG TAIWAN
Max. Temperature			Max. Temperature	55
Type of Inhibitor	NO INFORMATION		Temperature of loading	50.7
Concentration of Inhibitor	40%		Temperature of voyage	51.55
Duration of Inhibitor			Temperature of unloading	50
Oxygen Reaction			Oxygen Reaction	

Reporting Interval to company: To be recorded: Occasionally Check for condition in every 4hrs & report it to company twice per day at 0800H/1800H (if sudden change, report it at once W/O delay)

HANA MARINE Operation team OPT-CA-210825-Rev.01

<그림 6> 아라하나호 탱크 세정계획(제30항차) 및 화물 모니터링 기록부(2022년 8월 26일)

3.2.2 일등항해사가 작성한 탱크 세정계획서에 따르면 8월 27일 18시부터 탱크 세정을 실시하는 것으로 되어있다. 1번 탱크 1시간 20분간의 예비세정(Bottom Flushing)을 시작으로 이후 가스프리 2시간(Gas Free), 2시간의 해수세정(Main Wash with Sea Water) 이후 청수헹굼(Rinse with Fresh Water) 30분, 2시간의 증기세정(Steaming) 이후 6시간의 가스프리(Gas Free) 및 건조(Drying), 1시간의 모핑(Mopping)을 실시하는 것으로 총 14시간 50분의 세정작업을 계획하였다.

3.2.3 한편 동 선박의 1번·3번 화물탱크 내에는 지난 제30항차 대만 카오슝에서 부탄디올(BUTYLENE GLYCOL) 화물 선적 시 충전한 질소가스가 들어있는 상태였다. 사고 전일 화물 모니터링 기록부에 따르면 탱크압력은 4.7~3.1kPa로 산소 측정 기록은 없었다. 사고 당시 탱크 내부는 질소(N₂) 충전으로 인해 산소 농도가 3.0% 미만의 산소결핍 상태로 추정된다.

3.3 사고발생

3.3.1 아라하나호는 2022년 8월 21일 대만 카오슝항에서 부탄디올 화물 약 725톤을 적재하고 같은 달 26일 일본 요카이치항에 입항하여 하역 작업 후, 27일 14시 30분 출항하여 일본 오이타항으로 항해하던 중 탱크 클리닝 가능한 외해에 도착하여 20시부터 고온의 해수로 1번 좌우현 화물탱크 세정작업을 시작하였다.

3.3.2 탱크 예비세정이 진행 중이던 21시 20분경 일등항해사는 갑판수 C에게 1번 탱크 해치(Hatch)를 열라고 지시하였고, 갑판수가 해치를 열자 일등항해사는 가스검지기 및 안전모 등 안전장비를 착용하지 아니하고 무전기도 없이 랜턴만 들고 맨발로 1번 탱크에 진입하였다. 갑판수는 ‘화물탱크 내부가 뜨거우니 들어갈 수 없다’라고 일차 제지하였으나 일등항해사는 ‘이 화물은 위험하지 않다’라고 말하며 화물탱크에 혼자 들어갔다.



<그림 7> 사고 현장 재구성

3.3.3 사고 당시 1번 화물탱크는 덮고 뿌연 증기가 있어 시야가 잘 확보되지 않은 상황이었으나, 가스측정은 되지 않았고, 가스프리도 실시되지 않았다. 또한, 밀폐구역⁸⁾으로 지정된 화물탱크 출입을 위한 밀폐구역 출입 허가서도 작성되지 않았다.

3.4 구조작업

3.4.1 갑판수 C는 21시 25분경 일등항해사가 화물탱크 내부 바닥에 주저앉듯이 쓰러져 있는 것을 화물탱크 밖에서 목격하고 현장 상황을 갑판장에게 알렸으며 갑판장은 삼등항해사에게 삼등항해사는 선장에게 사고 사실을 보고하였다.

3.4.2 선장은 선내 비상소집을 명령하였으며 갑판장과 갑판수 C는 21시 30분경 안전장비를 착용하고 일등항해사 구조작업을 실시하였다. 이등항해사, 갑판수A, 갑판수B 및 일등기관사는 21시 35분경 안전장비를 착용하고 추가로 화물탱크에 들어가 들것에 일등항해사를 고정하고 갑판으로 끌어낼 준비를 했다.

3.4.3 일등항해사는 21시 40분경 의식이 없는 상태로 갑판에 끌어올려졌다. 선장, 기관장, 갑판장은 교대로 30~40분 가량 일등항해사에게 심폐소생술을 실시하고 응급조치를 하였으나 맥박과 호흡은 변화가 없었다.

3.4.4 선장은 8월 27일 22시 20분경 사고 발생 사실을 회사에 보고하였다. 다음날인 8월 28일 00시 20분경에는 일본해상보안청에 사고사실을 보고하였다. 해상보안청은 아라하나호에게 오와세완(33-49.6N, 136-16.8E)으로 이동하라고 지시하였고, 아라하나호는 같은 날 3시 30분 오와세완에 도착하였다.

3.4.5 해상보안청 선박은 3시 45분 아라하나호 좌현에 접안하였다. 이어 해상보안청 소속 경찰관 3명이 승선하여 일등항해사의 사망 사실을 확인하였다. 4시 30분 해상보안청 선박은 이안하여 출항하였다. 아라하나호는 해상보안청 허가를 받고 5시 20분경 한국으로 출항하였다.

8) 아라하나호의 안전관리매뉴얼 1-02 안전운항수칙 9장 폐쇄구역의 출입에 따르면, 밀폐구역은 진입 및 출구의 개구부가 제한되고 자연 통풍이 잘 되지 않고 작업자의 지속적인 이용을 허용하지 않는 구역으로, 화물탱크 등이 포함됨

section

4

사고 분석

4. 사고 분석

4.1 일등항해사 사망원인

- 4.1.1 2022년 8월 27일 21시 10분경 일등항해사는 20시부터 1시간 10분 정도 진행한 1번 화물탱크 예비세정작업을 중지시켰다. 그리고 21시 20분경 갑판수 C에게 탱크 내부 진입목적에 관해서 이야기하지 않은 채 휴대용 가스검지기, 안전화 등 안전장비 착용 없이 혼자 1번 좌현 탱크 내부로 들어갔다.
- 4.1.2 사고 당시는 예비세정 작업이 1시간 10분 정도 진행된 시점으로 화물탱크 내 세정 상태 확인을 위해 임의로 탱크에 들어간 것으로 추정된다. 화물탱크 내에서 쓰러진 일등항해사는 갑판 상으로 끌어올려져 심폐소생술 등 응급조치를 받았으나 의식을 회복하지 못하고 사망하였다.
- 4.1.3 일등항해사는 화물탱크 세정작업의 안전관리책임자로 현장 지휘·감독 및 안전관리 업무를 담당하고 있음에도 가스프리가 되지 않은 화물탱크 내부에 들어가면서 가스검지기를 이용하여 화물탱크 내부의 가스 및 산소농도를 측정하지 않았다.
- 4.1.4 화물탱크 내부는 지난 30항차에 부탄디올 화물 선적 시 충전한 질소(N_2)가스가 들어 있어 가스 및 산소농도 측정이 반드시 필요한 상황이었다. 또한 휴대용 가스검지기 도 준비하지 않았고, 안전모, 안전화, 무전기도 착용하지 않고 탱크 내부로 들어갔다.
- 4.1.5 일등항해사의 사체는 사고 발생 3일 후인 8월 30일 14:40분에 검안 되었다. 검안 당시 고도 부패상태로 사망과 연관된 손상은 논단하기 어려운 상태였으나 작업 중 산소결핍으로 인한 사망으로 추정된다는 법의학 소견⁹⁾이 있었다.
- 4.1.6 국립과학수사연구원의 부검 감정 결과¹⁰⁾ 비장 및 허파에서 부탄디올 성분이 검출되지 않았고, 일산화탄소-헤모글로빈 농도는 1% 미만인 것으로 보아 같은 물질의 중독

9) 검안소견서(2022.9.2. 구민장례식장 법의학 김광훈)

10) 부산국립과학수사연구원 부검 감정서 (2022.10.7.)

으로 인한 사망은 아닌 것으로 판단된다. 또한 일등항해사의 사인으로 인정할만한 질병, 손상이나 중독 소견은 없으며, 심각한 산소결핍을 유발할 수 있는 환경에서 발견된 점을 감안하여 산소결핍성 질식사 가능성이 고려된다는 소견이 있었다.

4.1.7 종합해 보면 일등항해사는 탱크세정 중 산소가 부족한 상태에 있는 화물탱크에 가스 및 산소 농도도 확인하지 않고, 휴대용 가스검지기 등 개인보호장구 착용 없이 들어가 산소 결핍성 질식으로 인해 사망한 것으로 추정된다.

4.2 탱크 세정계획 및 절차 준수

4.2.1 아라하나호의 유해액체물질 및 설비에 관한 지침서(Procedure And Arrangement Manual) 제4절에는 화물탱크의 세정, 잔유물의 배출, 평형수의 적재 및 배출에 관한 방법에 대하여 규정하고 있다. 동 지침서에 따라 일등항해사는 사고 당일 탱크 세정 전에 탱크 세정계획서를 작성하여 선장의 승인을 받은 것으로 확인되었다.

4.2.2 일등항해사가 작성한 아라하나호의 사고 당일 탱크 세정계획서에 따르면 8월 27일 18시부터 1시간 20분간의 예비세정(Bottom Flushing) 이후 가스프리 2시간(Gas Free), 2시간의 해수세정(Main Wash with Sea Water) 이후 청수헹굼(Rinse with Fresh Water) 30분, 2시간의 증기세정(Steaming) 이후 6시간의 가스프리(Gas Free) 및 건조(Drying), 1시간의 모핑(Mopping)을 실시하여 총 14시간 50분의 세정 작업을 계획하였다.

4.2.3 그러나 실제 본선에서는 이와 같은 탱크 세정계획이 지켜지지 않았다. 실제 탱크 세정은 8월 27일 20시경에 시작되었고 1시간 10분 후 일등항해사의 지시로 1번 탱크 세정은 중지되었다. 탱크 세정 후 가스프리 절차도 이행되지 않았다. 탱크 세정 기록부 상에는 가스프리 시작·정지 시간과 가스프리 작업 중 가스농도 검사 항목에 기록이 없는 것으로 확인되었다.

4.2.4 일등항해사는 탱크 세정 시작 후 1시간 10분이 지난 8월 27일 21시 10분경 1번 좌우현 탱크 세정을 중지를 지시하였다. 그리고 21시 20분경 계획하지 않았던 탱크 내부 진입을 혼자 하였고 결국 사고가 발생하게 된다. 갑판수 C는 일등항해사와 같이 이동하였으나 작업 내용은 서로 공유되지 않았고 안전 수칙도 지켜지지 않았다.

4.3 밀폐구역 출입 절차 이행

4.3.1 아라하나호의 품질안전보건환경경영매뉴얼은 총 23개의 안전관련절차서와 4개의 지침서로 구성되어 있으며, 이중 안전운항지침서 제9장 폐쇄구역의 출입에는 밀폐구역 출입 시에 준수해야 하는 절차가 상세히 기술되어 있다. 화물탱크는 본 지침서 상에 밀폐구역으로 지정되어 있어 출입을 위해서는 선장의 출입허가를 받도록 되어있다.

4.3.2 일등항해사는 밀폐구역에서 작업하기 위해 ‘밀폐구역 출입허가서’를 작성 해야 하며 이 과정에서 산소농도 확인, 안전장비 비치 등 안전을 확보할 수 있는 조치를 하게 된다. 작성된 밀폐구역 출입허가서는 최종적으로 선장의 승인을 받은 이후에 밀폐구역에서의 작업은 가능하게 된다.

4.3.3 그러나 밀폐구역 출입허가서는 지난 항차인 2022년 8월 21일 대만 카오슝에서 화물 선적 전 탱크 검사 때 작성된 것이 마지막으로 이번 항차에서는 작성되지 않았다. 탱크 세정계획 작성을 위한 사전 회의¹¹⁾에서도 밀폐구역 출입에 관한 내용은 없었다.

[illegible]

〈그림 8〉 탱크 클리닝 작업 사전회의 및 밀폐구역출입허가서

4.3.4 사고 당시는 탱크 세정작업이 진행 중이던 상황이었고, 탱크 세정을 중단시키고 밀폐 구역으로 지정된 화물탱크에 출입을 하기 위해서는 밀폐구역출입 허가서를 작성하여 선장의 승인을 받아야 한다. 그러나 일등항해사는 임의로 밀폐구역에 들어갔으며 결국 사고로 이어졌다. 선장은 밀폐구역 출입허가서를 보고받지 못했다고 진술하였다.

11) 탱크세정 사전회의 자료 작성자는 일등항해사이며, 8월 27일에 선장 승인함

4.4 밀폐구역(화물탱크) 가스농도 확인

- 4.4.1 아라하나호 안전운항지침서 제9장에 따르면 화물탱크는 밀폐구역으로 지정되어 있고 밀폐구역 출입하는 사람은 휴대용 가스검지기를 휴대해야 하며 밀폐구역 출입 가스농도 기준¹²⁾ 충족 여부에 대해 반드시 위험성 평가를 실시하도록 규정하고 있다.
- 4.4.2 따라서 밀폐구역에 출입하기 전에는 가스검지기¹³⁾를 사용하여 탱크 내 가스농도를 확인하고, 가스가 측정될 경우에는 내부공기를 외부공기와 치환하는 등 환기를 시켜야 한다. 환기는 작업 중 지속적으로 시행되어야 하고, 작업참여자는 산소, 탄화수소 및 황화수소 등 가스 농도를 측정할 수 있도록 휴대용 가스검지기도 소지해야 한다.
- 4.4.3 아라하나호의 일등항해사는 탱크 클리닝 작업 중 갑판수 C에게 “작업이 잘되고 있는지 확인하러 가자”고 하여 1번 탱크로 이동 후 갑판 상에서 대기하라고 지시하였다. 그리고 탱크 내부의 가스 및 산소농도 측정도 하지 않고 탱크 안으로 진입하였다. 탱크 내부 가스 확인을 위해 필수적인 휴대용 가스검지기도 착용하지 않은 상태였다.

4.5 안전관리 교육 및 선내 안전문화

- 4.5.1 선원법 제83조에 따른 선원의 안전 및 위생에 관한 규칙 제5조에 따라 일등항해사는 선박 위험물 안전담당자로서 탱크 세정 시 위험요소를 확인하고 이를 제거하거나 안전조치를 해야 하고 작업 참여자에 대한 안전교육을 실시해야 하나 그렇게 하지 못했다.
- 4.5.2 또한 화물탱크 세정작업 중 탱크 환기를 시키지 않았고, 화물탱크 출입 시 가스 및 산소 농도 확인, 휴대용 가스검지기 소지 등 질식사고를 막기 위해 필수적인 안전조치를 이행하지 않았다.
- 4.5.3 일등항해사가 화물탱크에 출입할 때에 갑판수 C는 일차 제지하였음에도 일등항해사는 이를 무시하고 진입하였다. 이 사실은 선장에게 바로 보고되지 않았다.
- 4.5.4 더구나 세정 작업중인 화물탱크에 들어가면서 안전모와 안전화를 착용하지 않았고, 무전기도 없이 랜턴만 들고 들어가는 등 가장 기초적인 안전수칙도 지키지 않았다.

12) IMO Resolution A.1050(27) 7.2 산소 농도 21%이상, 가연성가스 농도 1%이하, 유독가스 노출기준 농도 50%이하

13) 아라하나호에는 작업자가 작업 시 착용하는 휴대식 가스검지기 4개, 이동식 가스검지기 3개 등 7개의 가스검지기가 비치되어 있음

section

5

결론

5. 결론

- 5.1 아라하나호 일등항해사는 화물탱크 세정작업을 하고 있던 1번 탱크에 가스 및 산소농도를 확인하지 않고 휴대용 가스검지기 등 개인보호장구도 착용하지 않은 채 혼자 들어가 의식을 잃고 쓰러졌다. 화물탱크 밖으로 구조되어 심폐소생술 등 응급조치를 받았으나 소생하지 못하고 사망하였다.
- 5.2 아라하나호는 안전관리 절차대로 출항 후 탱크 세정계획서를 작성하여 선사에 보내 승인을 받았다. 그러나 실제 선상에서는 세정 일정, 가스프리 실시, 안전장비 착용 등 세부 내용이 지켜지지 않았고 결국 사고를 초래하게 되었다.
- 5.3 일등항해사가 밀폐구역으로 지정된 화물탱크에 출입하기 위해서는 작업구역의 통풍 여부 확인, 산소농도 및 가스 검사, 탱크입구에 승인된 호흡 장비 준비 등을 확인하는 밀폐구역 출입허가서를 작성하고 선장의 승인을 받아야 하는데 지켜지지 않았다.
- 5.4 화물탱크 내부는 밀폐된 구역으로 환기가 되지 않아 공기 중에 산소가 부족하거나 유독성 또는 가연성 가스가 존재할 수 있으나 화물탱크 출입 전 가스농도 확인은 없었다.
- 5.5 탱크세정 등 중요한 화물작업 시 안전수칙을 지키지 않는 선원이 있다면 그 즉시 선교 당직자나 선장에게 보고되어 시정조치 되어야 하나 이러한 절차는 매뉴얼화 되어있지 않았다.
- 5.6 탱크 세정작업에 대한 안전교육이 적절히 이행되지 않았다. 일등항해사는 탱크 내부 진입 시 안전모, 안전화도 착용하지 않는 등 가장 기초적인 선내 안전수칙도 지키지 않았다.

section

6

교훈사항

6. 교훈사항

6.1 탱크 세정계획 및 절차 준수 철저

- 6.1.1 액체화학품운반선에서 탱크 세정은 다음 화물을 싣기 위한 기본 작업이자, 필수적인 작업이다. 그러나 케미컬 화물을 실었던 탱크 내부를 세정하는 과정에서 질식, 중독 등 안전사고가 빈번하게 일어나는 위험한 작업으로 엄격한 주의조치를 다해야 한다.
- 6.1.2 일등항해사는 화물탱크 세정작업의 안전관리책임자로서 탱크 세정계획을 절차에 따라 작성하고 충실히 이행해야 한다. 또한 탱크 세정작업 중 계획에 따라 세정이 진행되고 있는지, 가스프리는 적절히 이루어지고 있는지 등 주기적으로 진행 과정을 확인해야 한다.
- 6.1.3 탱크 세정작업 참여자들은 탱크 세정계획을 숙지하여 작업이 적절히 진행되고 있는지 확인해야 하며 작업 중 안전사고 발생을 대비하여 비상탈출용 호흡구 등 안전장비들이 적절히 비치되어 있는지 확인해야 한다.

6.2 밀폐구역 출입절차 이행 및 가스농도 확인

- 6.2.1 밀폐구역 출입 시에는 선박의 안전관리절차서에 따른 밀폐구역 출입허가서를 작성하여 선장으로부터 승인을 받고, 안전 수칙을 철저히 준수하여 작업을 수행해야 한다.
- 6.2.2 밀폐구역에서의 작업은 질식, 가스중독뿐만 아니라 화물탱크 내 폭발성 가스로 인한 폭발의 위험성도 있다. 따라서 밀폐구역 구역은 반드시 환기시키고 출입 전 가스농도를 측정해 안전을 확보해야 한다.
- 6.2.3 밀폐구역 출입 시에는 휴대용 가스검지기 등을 소지하여 가스 및 산소농도를 지속적으로 확인해야 하며 비상 시 즉시 연락 가능한 감시원을 배치해야 한다. 또한 비상탈출용 호흡구 등 인명구조장비는 필요할 때 언제라도 사용될 수 있도록 준비해야 한다.

6.3 선원 안전교육 강화 및 선내 안전문화 정착

- 6.3.1 위험물운반선의 일등항해사는 위험물 취급 관련 선내 작업 시 안전상태를 확인하고 위험요소를 제거하거나 조치해야 한다. 특히, 탱크 세정작업 전 작업 참여자들에게 탱크 세정 시 위험요소를 설명하는 등 안전교육을 철저히 시켜야 할 것이다.
- 6.3.2 선사와 선장은 선박 안전관리절차서에 따른 사전 안전회의, 작업 안전수칙, 현장 안전점검 등 안전관리 절차가 이행될 수 있도록 주기적으로 선원교육을 실시하는 한편 현장에서 이행이 잘되고 있는지 관리·감독해야 한다.
- 6.3.3 또한 탱크 세정작업 시 무단으로 탱크에 들어가는 등 안전수칙 위반에 따른 비상 상황 발생 시 이를 발견한 선원이 선장에게 이러한 사실을 신속히 보고할 수 있는 절차를 안전관리 매뉴얼 상에 마련하는 등 비상 대응 및 조치가 될 수 있도록 지원해야 한다.
- 6.3.4 이와 함께 선사는 갑판상 안전모, 안전화 착용 등 기초적인 안전수칙이 지켜질 수 있도록 안전문화 캠페인 등 안전의식 고취를 위한 노력을 해야 한다.

표 목차

<표 1> 아라하나호 직책별 선원구성	7
<표 2> 선박 기상정보	11

그림 목차

<그림 1> 아라하나호 일반배치도 및 전경	5
<그림 2> 아라하나호 구조 및 화물탱크 배치	8
<그림 3> 1번 좌현 화물탱크 해치사진 및 탱크위치	9
<그림 4> 아라하나호 운항경로 및 사고위치	12
<그림 5> 아라하나호 화물적재현황 및 화물적재계획	14
<그림 6> 아라하나호 탱크 세정계획 및 화물 모니터링 기록부	15
<그림 7> 사고 현장 재구성	16
<그림 8> 탱크 클리닝 작업 사전회의 및 밀폐구역출입허가서	21

내일을 위한 정부혁신
보다 나은 **해양수산부**



해양수산부
중앙해양안전심판원