



# 해양사고 특별조사보고서

## - 일반화물선 에니 작업원사망사고 -

사고일자 : 2021.03.18.

공표일자 : 2022.12.28.



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 작성되었으며, 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>1</b>
<b>2. 사실 정보</b>	<b>3</b>
2.1 선박제원	3
2.2 선박소유자 및 운항	5
2.3 선박검사	5
2.4 선원구성	5
2.5 선박구조	5
2.6 선적화물	6
2.7 안전장비	8
<b>3. 사고 경위</b>	<b>11</b>
3.1 선박 접안	11
3.2 사고 발생	12
3.3 구조 활동	13
3.4 피해 사항	14
<b>4. 사고 분석</b>	<b>17</b>
4.1 사망의 직접적 원인	17
4.2 화물특성 및 실험결과	17
4.3 하역작업 전 육해상 협의 및 정보제공	23
4.4 밀폐구역 출입 시 절차 이행	24
<b>5. 결론</b>	<b>30</b>
<b>6. 권고</b>	<b>32</b>

section

1

## 사고 개요

## 1. 사고 개요

- 1.1 산적화물선 에니(ENY)는 호주에서 선적한 화물(아연정광 등)을 중국 항만과 한국 온산항에서 하역한 후 2번 화물창에 남아있는 아연정광을 양하하기 위해 2021년 3월 18일 19시 05분경 마지막 하역지인 동해항에 입항하였다.
- 1.2 당시 에니는, 호주에서 화물을 선적한 이후 2번 화물창을 계속 폐쇄한 상태로 운항하였고, 동해항 입항 약 2시간 전 1등항해사가 공기상태를 측정한 결과 이 화물창 내 산소농도는 12.1%로 확인되었다.
- 1.3 접안을 완료한 후 이 선박의 1등항해사는 화물검정인과 홀수를 확인하였고, 육상 하역감독자(Foreman)와 함께 하역작업 육해상 안전점검표를 작성하였다. 점검표 작성 완료 후 하역감독자 요청에 의해 20시 07분경 2번 화물창 덮개를 열기 시작하였고, 20시 12분경 덮개가 완전히 개방되었다.
- 1.4 20시 30분경 화물창 안에 굴삭기를 투입하기 위해 육상에 있는 굴삭기를 선박 크레인을 이용하여 화물창 방향으로 이동시키던 중 하역작업반 반장은 위에서 화물창 내부를 내려다보던 중 하역작업자(Stevedore) 1명이 화물창 내 아연정광 위에 쓰러져 있는 것을 발견하였다.
- 1.5 하역작업자를 구조하기 위해 육상 하역사 직원이 자장식 호흡구를 착용하고 화물창 안으로 들어갔고 그 안에서 구조활동을 펼치던 중 이 직원 또한 화물창 내에서 쓰러졌다.
- 1.6 20시 40분경 119 육상 구조대가 선박에 올라와서 구조작업을 수행하였으나 처음 쓰러진 하역작업자 1명과 이를 구조하러 들어간 하역사 직원 1명 등 2명이 화물창 내 산소결핍으로 사망하였다.

section

2

## 사실 정보

## 2. 사실 정보

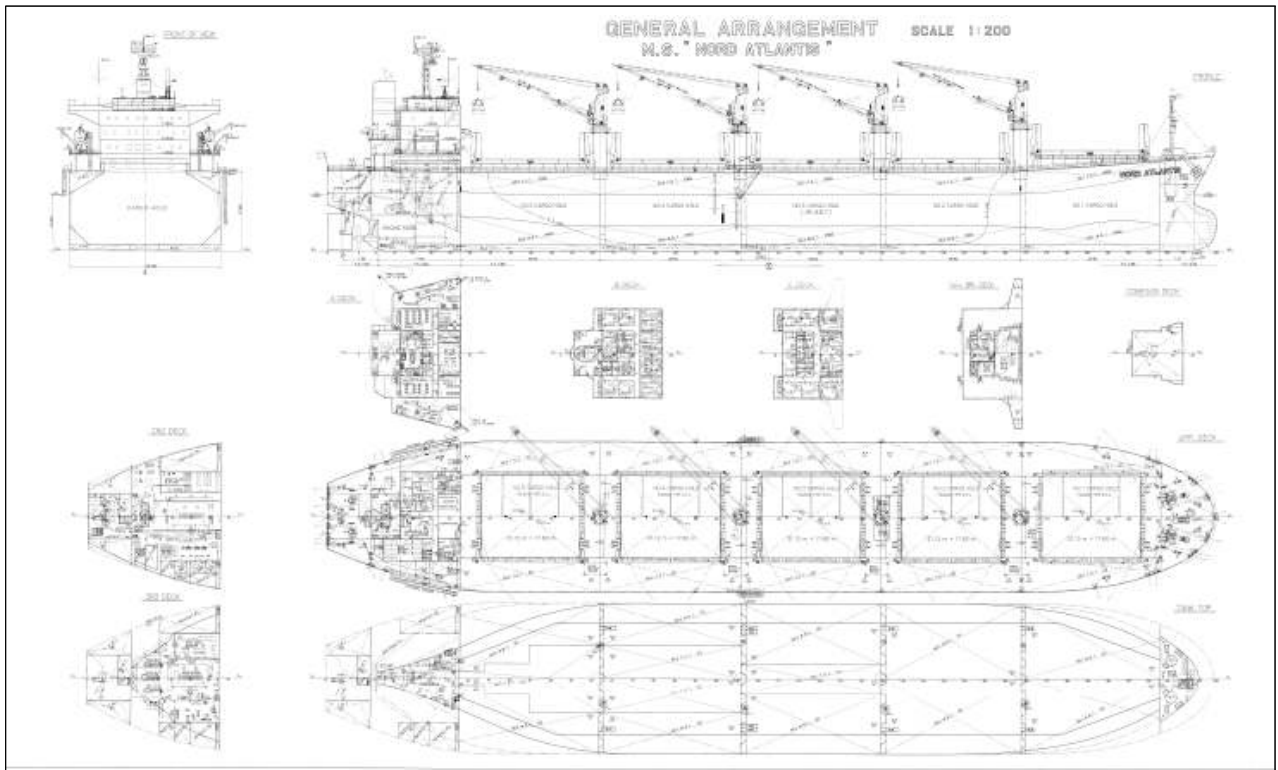
### 2.1 선박제원

#### 2.1.1 주요 명세

선 명	에니(ENY)
국 적	마셜제도(Republic of the Marshall Islands)
선 적 항	마주로(Majuro)
IMO 번호	9382695
선박종류	산적화물선(Bulk Carrier)
선박소유자	카멜쉬핑(CARMEL SHIPPING LTD.)
안전관리사	에프씨엔 매니지먼트(FCN Management Inc.)
조 선 자	일본 IWAGI JOSEN CO LTD
용골거치일 / 진수일	2004년 12월 6일 / 2006년 4월 24일
선박검사기관	일본선급(Nippon Kaiji Kyokai)
총 톤 수(톤)	29,988
길이 / 전장(미터)	183.06 / 189.94
너 비(미터)	32.26
깊 이(미터)	17.30
재화중량톤수(톤)	53,525
주 기 관	디젤기관(MITSUI-MA B&W5L50MC)
최대출력	9,480kW × 127RPM
추 진 기	1(나선일체식)
타	1

2.1.2 에니(ENY)는 2006년 4월 24일 일본 IWAGI JOSEN에서 진수된 선박으로 총톤수 29,988톤, 길이 183.06미터, 너비 32.26미터, 깊이 17.30미터의 산적 화물선이다.





[그림 1] 에니 일반배치도 및 전경

## 2.2 선박소유자 및 운항

2.2.1 이 선박의 소유자는 카멜쉬핑(CAMEL SHIPPING LTD.)이고, 안전관리는 에프씨엔 매니지먼트(FCN Management Inc.)에서 수행하였다.

2.2.2 이 선박은 부정기 산적화물선으로써 동남아시아, 북미, 중동 등을 운항하며 아연정광, 석탄, 밀, 철광석 등 산적화물을 운송하였다.

## 2.3 선박검사

2.3.1 이 선박은 2016년 5월 14일 정기검사에 합격하였고, 2021년 6월 9일까지 유효한 화물선안전구조증서 등 국제협약증서를 보유하고 있었다. 사고 전 최근 검사는 연차검사로 일본선급(Nippon Kaiji Kyokai)에 의해 2020년 9월 3일에 이루어졌다.

## 2.4 선원구성

2.4.1 사고 당시에 이 선박에는 21명의 선원이 승선하고 있었다. 선장과 1등항해사 등 11명(모든 사관 및 부원 일부)은 우크라이나 국적이며, 10명(모두 부원)은 인도네시아 국적이었다.

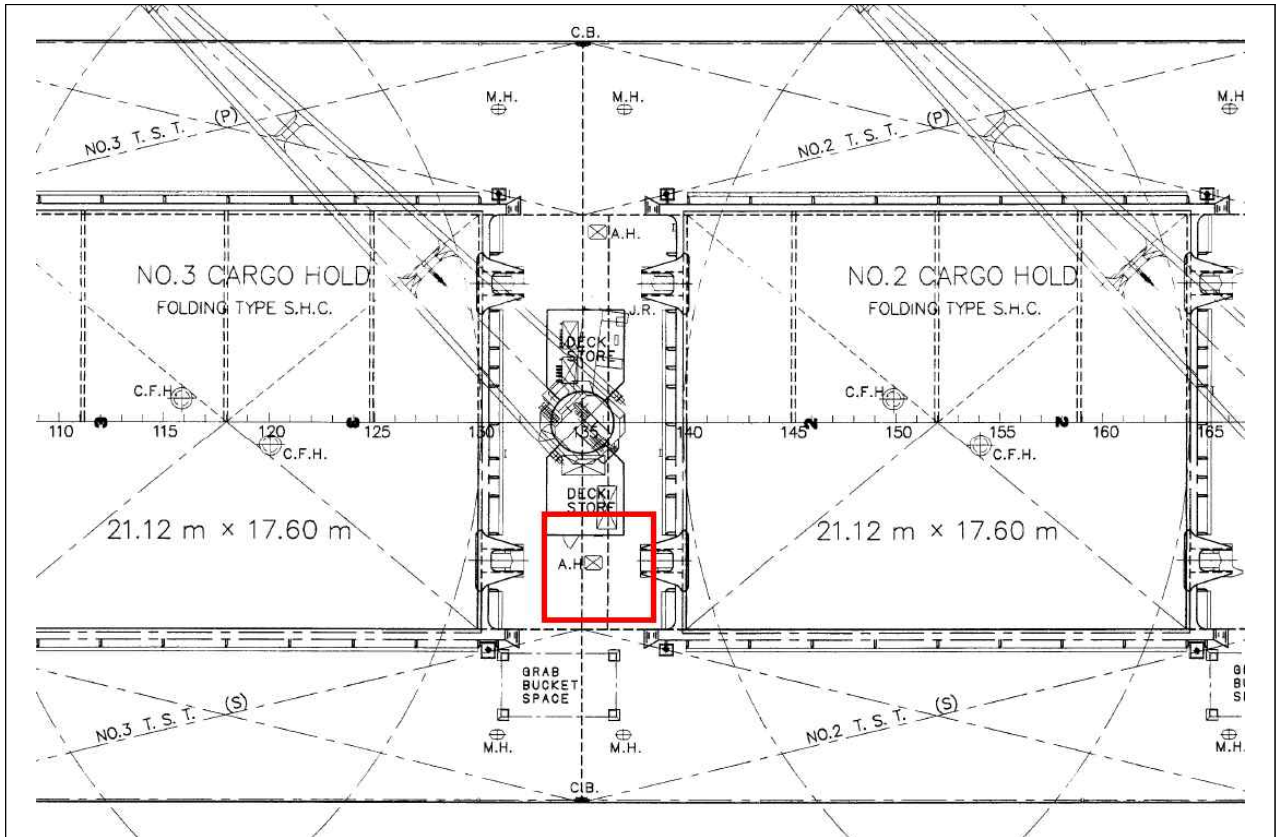
2.4.2 선장은 약 6년의 선장 경력을 가지고 있다. 유사한 선박에 승선한 경험은 있으나 사고 선박에는 2020년 8월 처음 승선하였다. 이 선박은 안전관리회사인 에프씨엔 매니지먼트에 입사한 이후 첫 선박이었다. 그는 선장으로서 아연정광 선적은 처음이었다.

2.4.3 1등항해사는 약 7년의 1등항해사 경력을 가지고 있다. 과거 이 선박에 승선한 경험은 있으나 아연정광 선적은 처음이었다. 이 선박에는 2020년 3월 30일 승선하였다.

## 2.5 선박구조

2.5.1 이 선박은 선미선교형 구조이며, 상갑판 아래 기관구역 앞에는 각각 21.12미터×17.60미터 크기의 화물창이 5개 배치되어 있다. 각 화물창은 덮개(Hatch Cover)와 출입구(Access Hatch)가 있다. 이번 사고가 발생한 2번

화물창의 출입구는 2번과 3번 화물창 사이 갑판(Cross Deck)에 위치해 있다.



[그림 2] 2번 화물창 출입구 위치

2.5.2 1번과 2번 화물창, 2번과 3번 화물창, 3번과 4번 화물창 및 4번과 5번 화물창 사이의 갑판에는 화물 선적·양하를 위한 크레인(Jib Crane Type)이 각각 설치되어 있다.

## 2.6 선적화물

2.6.1 이 화물을 선적할 당시 송화인(Shipper)으로부터 받은 선적서류(Cargo Declaration)에는 화물의 명세가 기재되어 있다. 이 선적서류에 따르면 동해항으로 운송하기 위해 선적된 화물은 광물 정광류/아연정광(Mineral Concentrate/MIM Zinc Concentrate)이다.

2.6.2 통상 아연정광으로 불리는 이 화물은 국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)의 고체화물의 안전운송에 관한 국제규범(IMSBC, the International Maritime Solid Bulk Cargoes Code)에서 광물 정광류

(BCSN<sup>1)</sup> : Mineral Concentrates)에 해당되는 화물이다.

2.6.3 광물 정광류는 광물에서 불순물을 제거하는 방식으로 유용한 성분을 증가시킨 가루형태의 광물이며, IMSBC의 부록(Appendix)에 관련 특성이 상세히 기술되어 있다.

General Information	
Shipper	Transport document number
Consignee	Carrier
Name/means of transport M.V "ENY".	Instructions or other matters The specification data has been established from the stockpile in the shore storage shed. The moisture content will be monitored during loading and a declaration of the actual average moisture content of the full cargo will be provided for the Master after completion of loading. This material may liquefy if shipped at moisture content in excess of its transportable moisture limit (TML). These cargoes are non-combustible or have low fire risks.
Port/place of departure	
Port/place of destination BUKPYUNG PORT, KOREA	
Cargo Information	
General description of the cargo (For solid bulk cargo – type of material/particle size) Mineral concentrate are refined ores in which the valuable component have been enriched by eliminating the bulk of waste material. Please refer to page 266 of the 2018 edition of the IMSBC code for further details on the safe handling of the cargo.	
Gross mass (kg/tonnes) General cargo: Cargo unit(s): Bulk cargo: 10,700 tonnes	Relevant special properties of the cargo (eg highly soluble in water. For solid bulk cargo, see Section 4 of the IMSBC Code)
Solid Bulk Cargo Information	
BCSN Mineral Concentrate / MIM Zinc Concentrate	
Specification of bulk cargo (if applicable) Stowage factor: 0.600 m3/t Angle of repose: 41.0 Degrees Trimming procedures: If potential hazard - chemical properties*: *eg: Class, UN number or MHB	Group of the cargo <input type="checkbox"/> Group A and B* <input checked="" type="checkbox"/> Group A* <input type="checkbox"/> Group B <input type="checkbox"/> Group C * For cargoes which may liquefy (Group A and Group A and B cargoes)

[그림 3] 선적서류상 화물정보

1) Bulk Cargo Shipping Name(BCSN) : 고체 산적 화물 산적 화물 선적명. 고체 산적 화물이 해상으로 운송되는 경우 그 화물은 운송서류에서 BCSN으로 식별되어야 함



### Hazard

The above materials may liquefy if shipped at a moisture content in excess of their transportable moisture limit (TML). See sections 7 and 8 of this Code.

These cargoes will decompose burlap or canvas cloth covering bilge wells. Continuous carriage of these cargoes may have detrimental structural effects over a long period of time. These cargoes are non-combustible or have low fire risks.

### Precautions

Bilge wells shall be clean, dry and covered as appropriate, to prevent ingress of the cargo. The bilge system of a cargo space to which this cargo is to be loaded shall be tested to ensure it is working.

### Ventilation

The cargo spaces carrying this cargo shall not be ventilated during voyage.

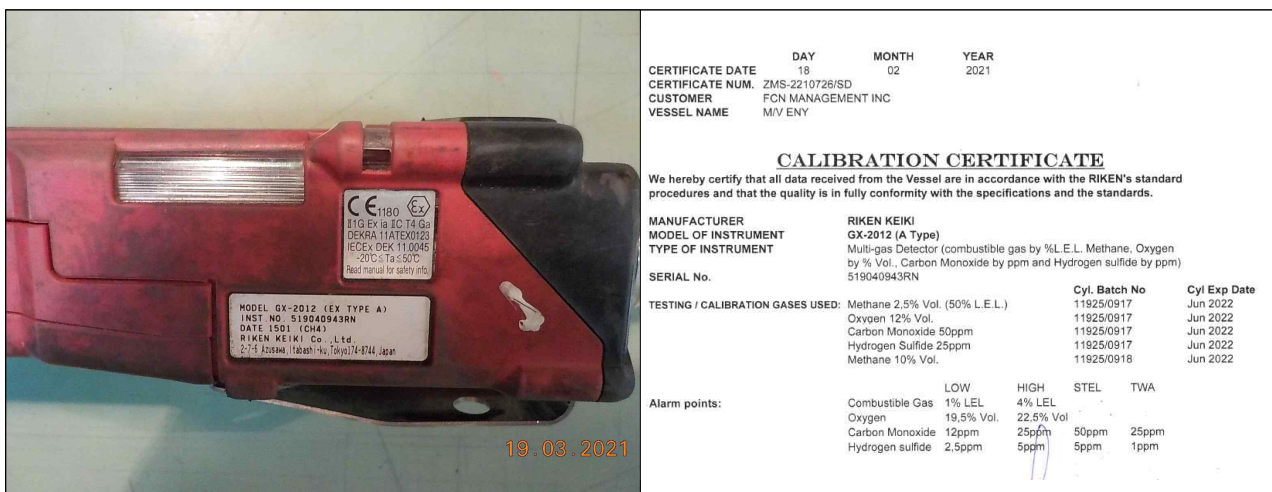
[그림 4] IMSBC상 광물 정광류(Mineral Concentrates) 위험정보

2.6.4 선적서류, IMSBC에는 광물 정광류에 대해 액상화 가능성, 마대(Burlap 또는 Canvas)의 분해 가능성, 운송 중 통풍금지 등에 관한 언급은 있지만 산소 소모 가능성에 대한 구체적인 기술은 없다.

## 2.7 안전장비

2.7.1 이 선박은 밀폐구역 등 진입 전 산소와 가스농도 측정을 위해 산소·가스 검지기를 보유하고 있었다. 이 기기는 2021년 2월 18일 검·교정을 받았다.

2.7.2 화물창에는 자연환기를 위한 통풍구(Cargo Hold Air Vent.)가 화물창 덮개 측면에 설치되어 있으나, 기계식 통풍장치와 같은 강제통풍장치는 없다.



[그림 5] 선박내 보유 중인 가스검지기



[그림 6] 화물창 통풍구

section

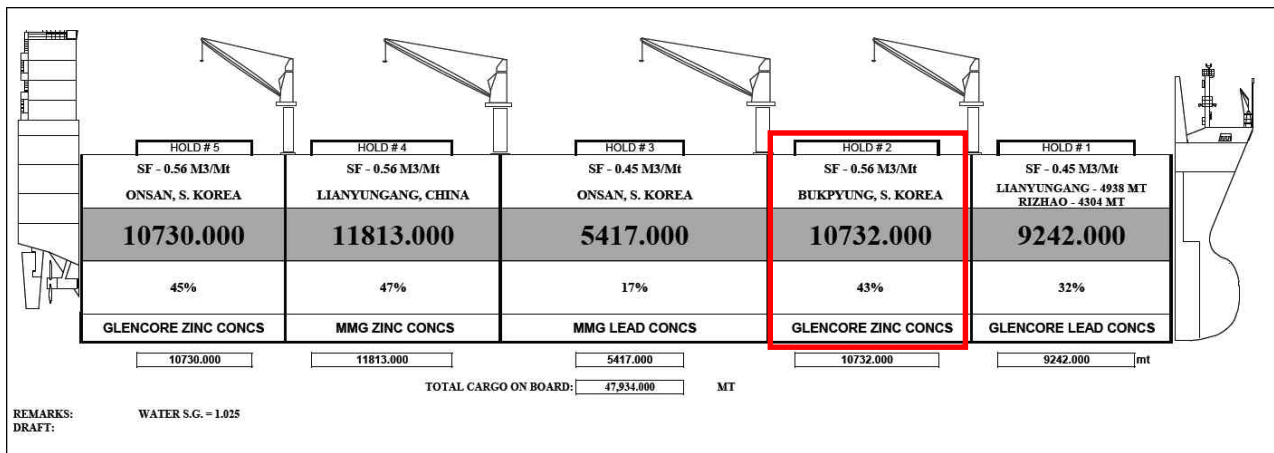
# 3

## 사고 경위

### 3. 사고 경위

#### 3.1 선박 접안

3.1.1 에니(ENY)는 아연정광(Zinc Concentrates), 납정광(Lead Concentrates) 등 약 48,000톤의 화물을 선적하고, 2021년 2월 15일 호주 동북부에 위치한 타운스빌(Townsville)을 출항하였다. 2번 화물창에 있는 화물을 제외한 모든 화물은 중국 렐원강(Lianyungang), 르자오(Rizhao), 한국 온산항에서 양하되었고 2021년 3월 15일에 온산항을 출항하였다. 2번 화물창에 있는 화물(아연정광 10,732톤)은 차항지인 동해항2)에서 양하할 예정이었다.



[그림 7] 화물창별 화물선적 내역

3.1.2 2021년 3월 18일 화물 양하항인 동해항에 입항하기 약 2시간 전에 1등항해사는 2번 화물창 가스측정구(Gas Sampling Point)를 통해 산소농도 등을 확인하였다. 산소농도는 12.1%로 측정되었다.

No. CH'S QUANTITY		CH 1 9242 mt	CH2 10732 mt	CH3 5417 mt	CH4 11813 mt	CH5 10730 mt	Checked/Verified by (NAME/RANK/SIGNATURE)
18.03.21 GAS SAMPLE POINT	CH-4 (METHANE) LEL, %	EMPTY	0	EMPTY	EMPTY	EMPTY	Kudrya / CO [Signature]
	O2 (OXYGEN) VOL%	EMPTY	12.1	EMPTY	EMPTY	EMPTY	
	CARBON MON. CO, PPM	EMPTY	4	EMPTY	EMPTY	EMPTY	
	VENTILATION	EMPTY	CLOSED	EMPTY	EMPTY	EMPTY	

[그림 8] 입항 전 화물창 산소 및 가스농도 확인 기록

2) 관련 서류에는 동해항의 과거 명칭인 BUKPYUNG로 표기됨



3.1.3 2021년 3월 18일 19시 05분경 이 선박은 동해항에 접안을 완료하였다.

## 3.2 사고 발생

3.2.1 1등항해사는 19시 25분경부터 화물검정인(Cargo Surveyor)과 홀수를 확인한 후 화물량 계산을 위해 19시 50분경 선박 내 사무실로 들어왔다. 이때 약 20시 00분경 육상 하역감독자(Foreman)가 사무실로 들어왔고, 그와 1등항해사는 하역에 관한 협의를 진행하였다. 이때 선박에서 관리하는 '하역작업 육해상 안전점검표(SHIP/SHORE SAFETY CHECK LIST for loading or unloading dry bulk cargo carriers)'가 사용되었다.

<u>SHIP / SHORE SAFETY CHECK LIST</u> <u>for loading or unloading dry bulk cargo carriers</u>			
Date	2021.03.18		
Port	BUKPYUNG	Terminal / Quay	PIER 23
Available depth of water in berth	9.80 M	Minimum air draught	N/A
Ship's name	ENY		
Arrival draught (read / calculated)	FWD-6.39 M AFT-6.39M	Air draught	12.88 M
Calculated departure draught	FWD-4.45M AFT-6.30M	Air draught	14.29 M
<small>The master and terminal manager, or their representatives, should complete the checklist jointly. Advice on points to be considered is given in the accompanying guidelines. The safety of operations requires that all questions should be answered affirmatively and the boxes ticked. If this is not possible, the reason should be given, and agreement reached upon precautions to be taken between ship and terminal. If a question is considered to be not applicable write "N/A", explaining why if appropriate.</small>			
		SHIP	TERMINAL
12. Has the shipper provided the master with the properties of the cargo in accordance with the requirements of chapter VI of SOLAS?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13. Is the atmosphere safe in holds and enclosed spaces to which access may be required, have fumigated cargoes been identified, and has the need for monitoring of atmosphere been agreed by ship and terminal?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

[그림 9] 사고 당일 사용된 하역작업 육해상 안전점검표

3.2.2 육상 하역감독자의 요청에 의해 같은 날 20시 07분경 선원들은 화물창 덮개(Cargo Hatch Cover)를 열기 시작했고, 20시 12분경에 2번 화물창 덮개가 완전히 개방되었다. 그리고 선박 크레인 사용이 가능하도록 준비하였

다. 화물창 덮개가 열린 후 육상 하역작업자(Stevedore)는 상갑판에서 화물창 턱에 올라가 화물창 안의 화물 적재상태를 확인하였다.



[그림 10] 사고 당시 화물창 내 화물이 적재되어 있는 모습

3.2.3 하역 중 화물이 해상에 떨어지지 않는 것을 예방하기 위해 선원들은 육상과 선박 현측 사이에 낙광방지망을 설치하였다. 이때 육상 하역감독자와 하역작업반 반장은 하역과 관련하여 상호 논의하였고, 굴삭기(Excavator)를 화물창에 투입하기로 결정하였다.

3.2.4 20시 30분경 선박 크레인은 육상에 있는 굴삭기를 들어 올리기 시작했다.<sup>3)</sup> 하역작업반 반장은 상갑판에서 화물창 턱(Hatch Coaming)에 올라가 화물창 내부를 내려다보던 중 하역작업자 A가 화물(아연정광) 위에 쓰러져 있는 것을 발견하였다. 크레인에 매달려있던 굴삭기는 화물창에 내리지 않고, 다시 부두에 내려 놓았다.

### 3.3 구조활동

---

3) 육상에서 올라온 하역작업자가 선박 크레인을 조작함

- 3.3.1 화물창 안에 사람이 쓰러져 있는 것을 발견한 하역작업반 반장은 육상 하역감독자에게 이를 알렸고, 119에도 사고 사실을 신고하였다. 육상 하역감독자도 육상에 있는 본인의 상사(C)<sup>4)</sup>에게 관련 사실을 알렸다.
- 3.3.2 육상 하역감독자는 방진마스크만 착용한 상태에서 구조를 위해 화물창으로 진입을 시도했다. 그는 화물창 안으로 이어지는 사다리를 반쯤 내려가던 중 어지러움을 느껴 다시 갑판 위로 올라왔다.
- 3.3.3 갑판 위에 올라온 육상 하역감독자는 선미 현측 승하선 사다리(Gangway)에 있는 현문당직 선원을 향해 'Oxygen Mask'를 달라고 외쳤고 선원은 병원용 산소호흡기와 자장식 호흡구를 가져왔다. 육상 하역감독자는 자장식 호흡구를 착용하고, 한 손에는 병원용 산소호흡기를 들고 다시 화물창 아래로 내려갔다. 그러나 내려가는 도중에 어지러움을 느껴 더 이상 내려가지 못했고, 쓰러진 하역작업자 A를 깨우기 위해 그를 향해 계속 소리 쳤다. 그러던 중 '혼자서 할 수 있는 것은 없겠다' 생각하여 다시 갑판 위로 올라왔다.
- 3.3.4 육상 하역감독자의 상사(C)는 육상 하역감독자로부터 사고에 관한 연락을 받았다. 그는 연락을 받자마자 선박으로 올라온 후 자장식 호흡구를 매고 구조를 위해 화물창으로 내려가서<sup>5)</sup> 하역작업자 A에 대한 응급조치를 수행하였다. 이때 하역작업자 B도 함께 내려갔다. 화물창에 내려가 구조활동을 펼치던 육상 하역감독자의 상사(C)는 화물창 내 화물 위에서 쓰러졌다. 하역작업자 B는 갑판 위로 올라온 후 쓰러졌다.
- 3.3.5 한편, 20시 40분경 119 육상 구조대가 승하선 사다리를 올라왔고, 화물창에 쓰러진 하역작업자에 대한 구조활동에 착수했다. 당직항해사로부터 사고사실을 보고받은 선장은 갑판으로 나갔고, 119구조대의 구조작업을 지원하였다.

### 3.4 피해사항

- 3.4.1 이번 사고로 인해 사망 2명, 부상 1명의 피해를 입었다. 사망자는 처음 화물창에 들어갔던 하역작업자 A와 그를 구조하기 위해 들어갔던 육상 하역

4) 이번 사고의 사망자 중 한 명임

5) 화물창 사다리로 내려가는 도중에 육상 하역감독자와 마주침

감독자의 상사(C)이며, 하역작업자 A를 구조하기 위해 C와 같이 화물창에 들어갔던 하역작업자 B는 부상을 입었다.

section

# 4

## 사고 분석

## 4. 사고 분석

### 4.1 사망의 직접적 원인

4.1.1 아연정광이 선적되어 있던 2번 화물창은 2021년 2월 15일 호주에서 출항한 이후 동해항에 입항할 때까지 1개월 이상 한 번도 개방한 적이 없었다<sup>6)</sup>. 아연정광은 액상화 가능성이 있는 화물이기 때문에 항해 중 해당 화물창에 대한 통풍작업도 없었다. 동해항 입항 약 2시간 전 1등항해사가 가스채취관을 통해 확인한 2번 화물창의 산소농도는 12.1%였다.

4.1.2 2번 화물창은 동해항에 입항한 후 20시 12분경 완전히 개방되었다. 20시 30분경에는 육상에 있던 굴삭기를 선박 크레인을 이용하여 옮기기 시작했다. 선장, 1등항해사 및 하역작업자 진술을 종합해 볼 때 굴삭기가 화물창으로 이동되던 도중에 하역작업자 A가 화물창 입구를 통해 화물창으로 들어간 것으로 추정된다.

4.1.3 화물창 개방 후 약 30분 정도 짧은 시간밖에 경과하지 않았고, 자연환기만 되었기 때문에 화물창 내부 공기가 외부 공기로 완전히 치환되지 않아 화물창 내부는 산소가 부족한 상태였을 것으로 추정<sup>7)</sup>된다.

4.1.4 또한, 사망자에 대한 부검결과<sup>8)</sup>에서 '산소결핍 질식 가능성을 고려해 볼 수 있다'고 기술한 점을 볼 때 직접적인 사망원인은 산소결핍에 의한 질식인 것으로 추정된다.

### 4.2 화물특성 및 실험결과

4.2.1 선박에서의 밀폐공간은 선체의 산화작용으로 인해 산소가 부족한 환경이 되기 쉽다. 특히 산화되기 쉬운 화물을 적재한 화물창은 산소 부족이 더욱 빠르게 진행될 수 있다.

4.2.2 사고 당시 에니(ENY)는 아연정광(BCSN : Mineral Concentrate)을 싣고 있

6) IMSBC에서는 광물 정광류는 수분함량이 높으면 액상화될 가능성이 있기 때문에 항해 중에 해당 화물을 적재한 화물창에 대한 환기를 금지하고 있음

7) 다만 화물창 진입 전 화물창 내부에 대한 산소농도를 별도로 측정하지 않았으므로 사고 당시 화물창 안의 정확한 산소농도를 알 수 없음

8) 국립과학수사연구원 수행

었는데 이 화물이 산소가 부족한 환경을 조성하는데 영향을 미쳤는지를 파악하기 위해 산소 소모 등 화물특성을 분석하였다.

4.2.3 먼저 호주에서 화물을 선적하면서 송화인으로부터 받은 화물정보에 관한 서류(Shipper's Declaration)<sup>9)</sup>를 검토하였다. 일반적으로 아연정광으로 불리지만 선적서류에 기재된 화물의 선적명(BCSN)은 광물 정광(Mineral Concentrate)이다. 이 서류에는 적하계수(Stowage Factor), 액상화 여부 등 화물 특성에 관한 정보가 기술되어 있다. 그러나 화물이 산소를 소모할 수 있다는 명시적인 주의사항은 기술되어 있지 않다.

4.2.4 다음으로 IMSBC의 화물정보를 검토하였다. IMSBC에는 안전한 운송을 위해 산적화물의 특성 및 취급시 주의사항 등이 기술되어 있기 때문이다. 에니(ENY) 선적화물인 광물 정광(Mineral Concentrates)에 대해서도 IMSBC에 수록되어 있으나 이 화물이 산소를 소모할 수 있다는 명시적인 언급은 없다. 다만, 광물 정광에 대한 정보를 활용함에 있어 금속황화물정광(METAL SULPHIDE CONCENTRATES) 정보를 참조하라고 기술되어 있는데 해당 부분에는 산소 소모 성질이 있다고 기술되어 있다.

---

9) 해상에서의 인명안전을 위한 국제협약(SOLAS, International Convention for the Safety of Life at Sea)에서는 제6장 제2규칙에서는 '적하 작업 전에 충분한 시간을 두고 화물에 관한 적절한 정보를 선장 또는 그 대리인에게 제공'하도록 하고 있음

**Mineral concentrates***(see Bulk Cargo Shipping Names below)*

CEMENT COPPER	LEAD ORE RESIDUE	PYRITIC CINDERS
COPPER CONCENTRATE	LEAD SILVER	SILVER LEAD
IRON CONCENTRATE	CONCENTRATE	CONCENTRATE
IRON CONCENTRATE	MANGANESE	SLIG (iron ore)
(pellet feed)	CONCENTRATE	ZINC AND LEAD
IRON CONCENTRATE	NEFELENE SYENITE	CALCINES (mixed)
(sinter feed)	(mineral)	ZINC AND LEAD
LEAD AND ZINC CALCINES	NICKEL CONCENTRATE	MIDDLEINGS
(mixed)	PENTAHYDRATE CRUDE	<u>ZINC CONCENTRATE</u>
LEAD AND ZINC MIDDLEINGS	PYRITES	ZINC SINTER
LEAD CONCENTRATE	PYRITIC ASHES (iron)	ZINC SLUDGE

See also the entries for metal sulphide concentrates.

**Description**

Mineral concentrates are refined ores in which valuable components have been enriched by eliminating the bulk of waste materials.

[그림 11] IMSBC상 광물 정광과 관계되는 화물명

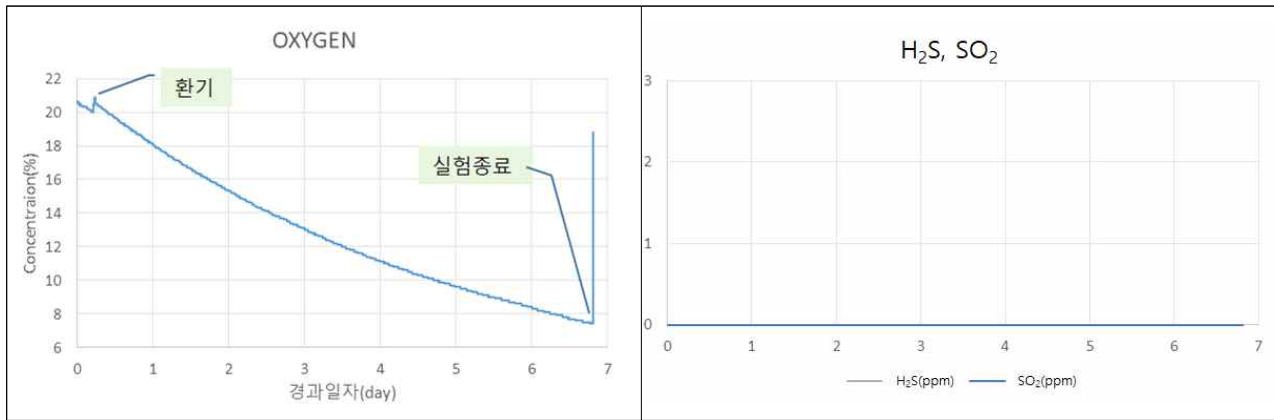
4.2.5 선적서류를 통해서는 산소 소모 특성 유무를 확인할 수 없었고, IMSBC(광물 정광)를 통해서는 해당 화물이 산소 소모 특성을 갖는지 여부를 확신할 수 없었다. 이에 따라서 사고 당시 선적했던 아연정광이 공기 중 산소감소를 야기하는지를 명확히 확인하기 위해 화물창에서 채취한 아연정광을 시험용기에 밀폐시킨 후 산소농도를 관찰하였다.<sup>10)</sup>

4.2.6 그 결과 채취한 화물이 담긴 시험용기에서 산소농도가 지속적으로 감소하는 것으로 나타났다. 실험 시작 시 20.5%였던 산소농도는 약 6.5일 경과 후 7.4%까지 떨어졌다.<sup>11)</sup>

10) 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원에서 실시함

11) 황화수소(H<sub>2</sub>S), 이산화황(SO<sub>2</sub>), 휘발성유기화합물(VOC), 일산화탄소(CO)에 대해서도 농도를 측정하였으나 유의미한 결과가 도출되지 않음





[그림 12] 사고 선박에 선적된 아연정광 실험 결과

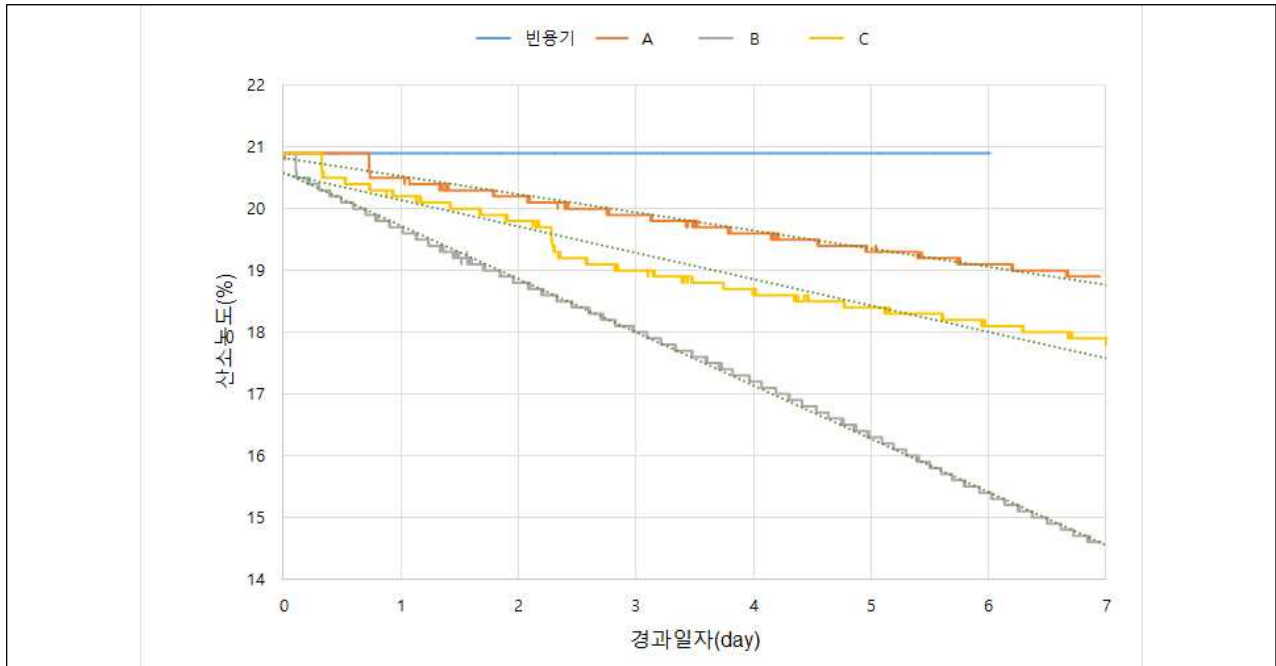
4.2.7 또한 산소농도 감소 특성이 아연정광이라고 불리는 화물의 일반적인 성질인지 아니면 사고 선박에 선적된 아연정광의 특별한 성질인지를 확인하기 위해 서로 다른 3척의 선박에 선적된 아연정광<sup>12)</sup>을 각각 채취하여 산소농도를 약 7일간 관찰하였다.

선박 정보	선명	A호	B호	C호
	총톤수	24,842톤	17,027톤	9,611톤
화물 정보	구분	A	B	C
	선적 서류상 BCSN	METAL SULPHIDE CONCENTRATES (ZINC CONCENTRATE)	METAL SULPHIDE CONCENTRATES (ZINC CONCENTRATE)	ZINC CONCENTRATES
	선적지	오세아니아	오세아니아	남미
	사진			

[표 1] 각각 다른 선박 3척에서 채취한 아연정광 실험 결과

12) 3척의 선박에서 채취한 아연정광의 선적서류상 명칭(BCSN)이 모두 동일한 것은 아님

4.2.8 그 결과 정도의 차이만 있을 뿐 모든 경우에 산소농도 감소의 경향을 보였다. 약 7일 경과 후 A 아연정광<sup>13)</sup>의 산소농도는 20.9% → 18.9%, B<sup>14)</sup>는 20.9% → 14.6%, C<sup>15)</sup>는 20.9% → 17.9%로 감소<sup>16)</sup>하였다.



[그림 13] 각각 다른 선박 3척에서 채취한 아연정광 실험 결과

4.2.9 이와 같은 실험 결과를 볼 때 사고 당시 에니(ENY)에 선적된 화물은 산소를 소모하는 경향을 가진 화물이었던 것으로 판단된다. 그러나 이와 같은 정보는 선적서류 등에 명시되지 않았고, 선박에도 관련 정보가 적절히 제공되지 않았다.

4.2.10 한편, 일반적으로 아연정광이라고 불리는 화물은 IMSBC에서 금속황화물 정광(METAL SULPHIDE CONCENTRATES), 광물 정광류(Mineral Concentrates) 등 다양하게 구분되어 있는데, 산소 소모와 관련하여 이들이 IMSBC에 어떻게 기술되어 있는지 검토하였다.

4.2.11 전자의 경우 ‘일부 황정광은 산화가 잘되어 산소결핍 등을 수반한 자기발열 경향이 있음’과 ‘화물창에 들어가기 전 화물창을 통풍시키고 산소농도

13) 선적서류상 BCSN : METAL SULPHIDE CONCENTRATES(ZINC CONCENTRATE)

14) 선적서류상 BCSN : METAL SULPHIDE CONCENTRATES

15) 선적서류상 BCSN : ZINC CONCENTRATES

16) 사고 선박 아연정광에서 산소농도 감소경향이 타 선박 아연정광 산소농도 감소경향보다 급격하게 나타났으나 시료량 등 실험조건의 차이가 있어 직접 비교하기는 곤란함

를 확인할 것'을 IMSBC에서 명시하고 있다. 반면, 예니(ENY)가 선적했던 화물과 같은 종류인 후자(광물 정광)는 산소 소모와 관련한 주의사항에 대한 기술이 명확하지 않다. 광물 정광에 대한 정보를 활용함에 있어 금속황화물정광 정보를 참조하라고 기술되어 있기 때문에 금속황화물정광에 대한 정보까지 확인해야만 광물 정광에 산소 소모 성질이 있다는 점을 파악할 수 있다.

<p><b>Hazard</b> This cargo may liquefy if shipped at a moisture content in excess of its transportable moisture limit (TML). See sections 7 and 8 of this Code.</p> <p><u>Some sulphide concentrates are liable to oxidation and may have a tendency to self-heat, with associated oxygen depletion and emission of toxic fumes. Moisture in the cargo will form sulphurous acid which is corrosive to steel. Some metal sulphide concentrates may have acute and long-term health effects.</u></p>
<p><b>Precautions</b> <u>Entry into the cargo space for this cargo shall not be permitted until the space has been ventilated and the atmosphere tested for concentration of oxygen.</u> Appropriate precautions shall be taken to protect machinery and accommodation spaces from the dust of this cargo. Bilge wells shall be clean, dry and covered as appropriate, to prevent ingress of the cargo.</p>

[그림 14] IMSBC에 기술된 금속황화물정광(METAL SULPHIDE CONCENTRATES) 특성(진입 시 주의사항 등)

4.2.12 이 선박은 호주에서 2가지 화물(금속황화물정광, 광물 정광) 모두 선적<sup>17)</sup> 하였다. 각종 서류 등에 나타난 산소 소모 경향을 비교하면 아래와 같다.

하역 항	화물명		산소 소모 경향			
	STOWAGE PLAN	선적지시서 (BCSN)	선적지시서	MSDS <sup>18)</sup>	IMSBC (BCSN 기준)	실험 결과
렌원강항	MMG ZINC CONCENTRATES	METAL SULPHIDE CONCENTRATES	산소 소모	산소 소모	산소 소모	-
동해항	GLENCORE CONCENTRATES	Mineral Contrate/MIM Zinc Concentrate	언급 없음	관련서류 미제공 <sup>19)</sup>	언급 없음 <sup>20)</sup>	산소 소모

[표 2] 렌원강항, 동해항에서 하역한 아연정광 비교

17) 4번 화물창에는 금속황화물정광(렌원강항에서 하역)을 선적되었고, 2번과 5번 화물창에는 광물 정광(동해항에서 하역)을 선적하였음

4.2.13 실험 결과 등을 종합해볼 때 에니(ENY)에 선적되어 있던 화물은 산소 소모 특성이 있었음을 알 수 있다. 그러나 IMSBC에서 선적서류에 산소 소모 경향에 대해 명시적인 언급이 없었고<sup>21)</sup>, 아연정광은 그 특성에 따라 화물명칭이 다양하다는 점 등을 고려할 때 이 선박의 선원들이 선적된 화물의 산소 소모 특성을 명확히 알기 어려웠을 것으로 추정된다.

### 4.3 하역작업 전 육해상 협의 및 정보 제공

4.3.1 회사의 선상안전관리매뉴얼(Shipboard Safety Management Manual) 제7장 선박운항(Shipboard Operation)에는 하역작업 전 육상과 선박의 정보를 각각 교환하고 하역작업 육해상 안전점검표(SHIP/SHORE SAFETY CHECK LIST for loading or unloading dry bulk cargo carriers)를 작성하도록 규정하고 있다. 이에 따라 1등항해사와 육상 하역감독자는 화물창(2번)을 개방하기 전 상호 협의하고 안전점검표를 작성하였다.

4.3.2 안전점검표에서는 화물창이나 출입 가능성이 있는 밀폐구역의 환경이 안전한지, 화물창 등의 환경에 대한 관찰이 필요한지에 대해 서로 확인하도록 요구하고 있는데, 이를 확인하였다는 의미로 1등항해사와 육상 하역감독자는 점검표에 'V'표시를 하였다.

	SHIP	TERMINAL
13. Is the atmosphere safe in holds and enclosed spaces to which access may be required, have fumigated cargoes been identified, and has the need for monitoring of atmosphere been agreed by ship and terminal?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

[그림 15] 화물창 환경에 대한 육해상 체크리스트

4.3.3 조사 과정에서, 육상 하역감독자는 1등항해사와 함께 점검표를 작성하였다. 화물에 대한 MSDS 및 화물의 산소 소모 성질에 관한 정보도 선박으로부터 제공받지 못했다고 진술하였다. 이런 점을 볼 때 안전점검표에 의한 육

18) 물질안전보건자료(MSDS, Material Safety Data Sheet)

19) 관련 MSDS를 송화인(Shipper)에 요청하였으나 제출받지 못함

20) 금속황화물정광의 내용을 참조하라는 문구(See also the entries for metal sulphide concentrates)가 기술되어 있음

21) 금속황화물정광 정보를 참조하였다면 산소 소모 경향이 있을 수 있음을 알 수 있었을 것으로 판단

해상 정보교환이 엄격하게 이루어지지 않는 것으로 판단된다.

4.3.4 1등항해사는 동해항 입항 전 화물창의 산소농도를 확인하였기 때문에 화물창 내 산소농도가 충분<sup>22)</sup>하지 않았다는 사실(측정 당시 12.1%)은 알고 있었으나 특별한 조치를 취하지는 않았다.

4.3.5 반면 하역감독자는 과거 아연정광을 동일한 방식으로 다수 하역한 경험이 있으나 산소 부족과 관련한 사고가 없었고, 선박으로부터 산소와 관련한 어떤 정보도 제공받지 않았기 때문에 화물이 산소 소모 성질을 갖고 있다는 사실을 알지 못했다고 진술하였다. 육상 하역감독자가 화물의 산소 소모 특성을 알지 못했다는 점을 고려할 때 육상 하역감독자의 지시를 받는 하역작업자(사망자) 또한 산소 소모 특성에 대해 몰랐을 것으로 추정된다.

4.3.5 한편, 육상 하역감독자는 수화인으로부터<sup>23)</sup> 제공받은 MSDS에서 화물정보를 얻었다고 진술했다. 그러나 조사 결과 해당 MSDS는 아연정광이 아닌 ‘전기아연<sup>24)</sup>’에 관한 것이며 이 MSDS에는 산소 소모에 관한 언급이 없다.

#### 4.4 밀폐구역 출입 시 절차 이행

4.4.1 회사의 선상안전관리매뉴얼(Shipboard Safety Management Manual) 제8장 비상대비(Emergency Preparedness)와 부록 보건안전매뉴얼(Health and Safety Manual)에는 밀폐구역의 출입에 관한 절차 등이 규정되어 있다.

4.4.2 매뉴얼에는 화물창을 포함한 밀폐구역은 산소 부족 등으로 인해 사망 등 위험한 상황을 야기할 수 있으므로 ‘절대로 안전하다고 생각하지 말라’고 규정되어 있다. 또한 밀폐구역 출입 시에는 출입 관련 절차의 이행을 확인하기 위해 밀폐구역 출입 점검표를 작성할 것을 규정하고 있다.

---

22) 선박에서의 밀폐구역 출입에 관한 권고(IMO Res. A.1050(27))에서는 산소농도 21%를 정상 산소농도로 규정하고 있음. 이 선박의 보건안전매뉴얼에서도 산소농도 21%를 정상 산소농도로 규정하며 산소농도가 16% 이하인 경우 심각한 부상 또는 사망에 이를 수 있다고 규정하고 있음

23) 선박으로부터는 MSDS를 제공받지 않음

24) MSDS상 전기아연의 아연함유량은 99.9% 이상인 반면 사고 선박에 선적된 아연정광은 49.7%의 아연이 함유되었던 것으로 조사됨



## 8.17 SAFE ENTRY AND RESCUE FROM CONFINED SPACES

### ENTRY INTO DANGEROUS SPACES

Every year a number of merchant seamen lose their lives through enclosed space incidents. The responsibility has been placed on the Master, or person in charge on board, who have not taken necessary precautions in order to avoid such accidents. A summary of the main points should be considered and measures to be taken for avoiding accidents.

- Entrances to unattended dangerous spaces to be kept closed or secured.
- The Master must ensure safe entry procedures are followed.
- The principles and guidance contained in the Code of Safe Working Practices (Chapter 10).
- An offence will have been incurred by any person entering an enclosed space not following the procedures or without authority.
- Drills to be carried out for rescue from enclosed spaces at periods not exceeding two months.
- Oxygen meters and other appropriate testing devices are carried on vessels where entry into dangerous spaces may be required.

[그림 16] 밀폐구역 출입 관련 규정(비상대비 관련 매뉴얼)

## 2.4 ENTERING ENCLOSED OR CONFINED DANGEROUS SPACES

### 2.4.1 GENERAL

Unsafe atmosphere may be present or arise subsequently in any enclosed or confined space including tanks, holds, void spaces, double bottoms, duct keels, pump rooms, cofferdams, chain lockers, CO<sub>2</sub> rooms, sewage tanks, pressure vessels, battery lockers, inter barrier spaces, etc. Entering any confined space is hazardous and can result in rapid death from harmful gases and/or lack of oxygen. **NEVER ASSUME A TANK OR HOLD IS SAFE.** It is the Master's responsibility to identify hazardous spaces and to establish procedures for safe entry.

Any tank, cargo hold or space which has contained a liquid or which has been sealed must be assumed to have a dangerous atmosphere and consequently be unsafe for entry without the protection of breathing apparatus. Unprotected entry should not be attempted until a competent person has made an assessment and taken the appropriate measures to ensure the space is safe for man entry. Any open tank which has NOT been «gas freed» should be secured against entry and a NO ENTRY notice hung on the hatch opening. The Master or Chief Mate **MUST** ensure that it is safe to enter an enclosed space by:

- Identifying potential hazards.
- Ensuring the space is prepared for entry and has been thoroughly ventilated by natural or mechanical means.
- Testing the atmosphere of the space at different levels for oxygen deficiency and harmful vapour (where suitable instruments are available).
- Ensure procedures are instituted before and after entry. If any doubt as to adequacy of ventilation or testing ensure breathing apparatus is worn by all persons entering the space.

In all cases and prior to entry, the ENTRY PERMIT CHECKLIST must be completed.

[그림 17] 보건안전매뉴얼상 밀폐구역 출입 절차(환기 등)

4.4.3 매뉴얼에는 산소 부족 위험성에 대해서도 상세히 기술되어 있다. 산화작용으로 인해 선박의 밀폐구역은 산소 부족이 발생할 수 있고, 특정화물은 산소를 흡수하는 성질을 가지고 있어 산소 부족과 관련한 위험상황이 발생할

수 있다는 점에 대해서도 명확히 기술하고 있다.

#### 2.4.3 OXYGEN DEFICIENCY

If an empty or other confined space has been closed for some time, the oxygen content may have been reduced by the rusting process. Lack of oxygen may occur in boilers and pressure vessels where oxygen absorbing chemicals have been used to prevent rusting. Certain cargoes absorb oxygen, thus creating the danger of oxygen reduction in the holds. Some of these cargoes are: concentrates; vegetable products and grains; certain types of wood cargoes; steel/ iron products; coal; sulphur; etc. If CO<sub>2</sub> steam or other fire extinguishing chemical has been discharged into a space, the oxygen contents of that space will be depleted.

#### 2.4.4 EFFECTS OF OXYGEN DEFICIENCY

Normal air contains approximately 21% of oxygen by volume. Atmospheres containing 16% or less of oxygen may cause serious injury or death to people breathing them, depending on the actual concentration, length of exposure, and physical activity of the exposed persons. It has to be emphasised that symptoms indicating an oxygen deficiency in the atmosphere do not provide sufficient warning and most persons would fail to recognise the danger until they are too weak to be able to escape without help.

[그림 18] 매뉴얼상 산소 부족 가능성 등에 관한 기술

- 4.4.4 그러나 사고 당시에는 밀폐구역 출입 점검표 작성 등 밀폐구역 출입에 대한 절차 이행이나 통제는 없었던 것으로 조사되었다. 그 이유에 대해 선장과 1등항해사는 육상 하역감독자 등 육상의 누구도 화물창에 들어갈 것임을 선원에게 알려주지 않았기 때문이라고 진술했다.
- 4.4.5 육상 하역감독자 요청에 의해 2021년 3월 18일 20시 12분경 화물창 덮개가 완전히 열렸고 육상에 있는 굴삭기를 들어올렸다. 이 굴삭기가 화물창에 내려지면 크레인에서 굴삭기를 분리하기 위해, 하역작업자(사망자)는 화물창 출입구(Access Hatch)를 직접 연 후 화물창에 들어갔을 것으로 추정된다.
- 4.4.6 굴삭기 투입 시기는 선박과 사전에 상의되지 않았고, 일반적인 관행에 비추어 화물작업이 어느 정도 이루어진 후 굴삭기를 투입<sup>25)</sup>할 것이라고 생각했기 때문에 선원들은 화물창이 열리자마자 굴삭기가 투입된 것을 예상하지 못했던 것으로 판단된다. 따라서 하역작업자가 화물창으로 들어가는 것도 예상하지 못했다.

25) 아연정광을 하역하는 타 하역업체를 조사한 결과 굴삭기의 투입은 작업자의 판단에 따르며, 화물이 딱딱하게 굳어 그래브 버킷(Grab Bucket)으로 하역이 어려운 경우에는 굴삭기를 하역작업 초기에 투입하기도 함



4.4.7 이런 이유로 화물창 내 공기상태의 안전성이 확인되지 않았고, 질식 등 사고 발생 시 구조에 대비한 호흡구, 들것 등도 준비되지 않는 등 아무런 사전 안전조치가 없는 상태에서 하역작업자가 화물창에 들어가는 상황<sup>26)</sup>이 발생했다.

4.4.8 해당 화물창 출입구(Access Hatch)에는 '제한구역(RESTRICTED AREA)'이라는 표시는 있었으나 잠금장치 등 출입자를 통제하기 위한 다른 조치는 없었던 것<sup>27)</sup>으로 나타났다. 이 표시는 안전이 아니라 보안을 위한 것이고, 다른 선박에서도 흔히 볼 수 있는 것이어서 하역작업자가 이 표시를 보았다고 하더라도 특별한 위험성을 느끼지 못하였을 것으로 추정된다.



[그림 19] 2번 화물창 출입구 및 제한구역 표시 모습

4.4.9 제한구역에 대한 선박의 통제가 엄격하지 않았고, 하역작업자는 선박에 사전 통보없이 임의로 화물창에 들어갔다. 이로 인해 밀폐구역에 대한 출입 절차가 이행되지 못했다. 즉 제한구역에 대한 통제가 충분했다면 선원의 도움이나 허가없이 하역작업자가 밀폐구역에 임의로 들어가는 것을 막을 수 있었을 것으로 판단된다.

26) 하역작업자는 개인용 산소 측정기도 소지하지 않고 화물창에 들어감

27) 선박에서의 밀폐구역 출입에 관한 권고(IMO Res. A.1050(27))에서는 화물창이 열려 있으면 자연환기가 되고 있기 때문에 해당 밀폐구역이 안전한 상태라고 잘못 인식할 수 있으므로, 출입구에 사람을 배치하거나 출입제한 경고문구와 함께 밧줄, 쇠사슬 등 물리적인 방법으로 출입구를 폐쇄하는 것이 적절하다고 기술됨



4.4.10 한편, 육상하역사측에서도 사고선박의 하역작업을 위하여 사전에 밀폐공간 (Confined Space Work Plan)을 작성하고 안전대책을 수립하였으나 사고당시에는 화물창 진입 전 산소농도 확인 등 절차를 준수하지 않았던 것으로 판단된다.

2. 위험요인 및 안전대책			
선대	위험요인	안전대책	방 법
□	절삭	1. 밀폐공간에 산소농도 측정 후 작업실시 2. 밀폐공간 작업 장소 출입금지 게시 3. 밀폐공간 내 환기 및 공기호흡기 또는 송기마스크 사용 4. 비상사태 발생 시 응급처치방법 교육 실시	1. 최초 인력 투입 전 산소농도 측정 측정결과 18% ~ 23.5% ->작업진행 2. 인력 투입 시(2인 1조) 산소농도측정기 지급

[그림 20] 하역사의 밀폐공간 작업계획서(발체)

section

# 5

## 결론

## 5. 결론

- 5.1 이 작업원사망사고는 아연정광이 선적된 화물창(2번)에 하역 준비를 위해 들어간 하역작업자와 구조하러 들어간 육상직원이 화물창 내에서 산소 부족에 의한 질식으로 사망한 사고이다.
- 5.2 사고 당시 하역 예정이던 아연정광은 산소 소모 특성이 있는 화물이며, 입항 시 화물창은 산소가 부족한 상태였다. 화물창 덮개가 열린 지 30분이 채 지나지 않은 상태에서 하역작업자는 밀폐구역 출입에 대한 선박의 허가없이 임의로 화물창 출입구를 열고 화물창 안에 들어간 후 사고가 발생하였다.
- 5.3 하역작업자는 사전에 산소 부족 위험성에 대한 정보를 받지 못했고, 과거에 아연정광 하역 시 특별한 위험이 발생하지 않은 경험을 믿고서 화물창에 임의로 들어간 것으로 판단된다.
- 5.4 사고 당시 화물창 출입구(Access Hatch)에는 제한구역임을 나타내는 표시가 있었으나 그 외 선원의 배치 등 임의 출입을 막기 위한 효과적인 수단은 마련되지 않았다. 이로 인해 하역작업자가 선박의 허가를 득하지 않고 임의로 출입하는 과정에서 선박에서 준수되어야 하는 밀폐구역 출입절차 등 통제는 이행되지 않았다.

section

6

권고

## 6. 권고

### 6.1 밀폐구역에 대한 통제 및 출입절차 이행

6.1.1 하역작업자가 선박의 허가없이 밀폐구역인 화물창에 임의로 들어간 것으로 조사되었다. 이러한 임의 출입은 선박에서 밀폐구역에 대한 통제가 적절히 이루어지지 못했고, 하역을 위해 승선한 외부인이 밀폐구역 출입에 대한 위험성 등을 제대로 인지하지 못했기 때문에 가능했던 것으로 판단된다.

6.1.2 선장은 본선에 승선한 외부인이 허가없이 밀폐구역에 임의로 출입하지 않도록 출입구에 인원을 배치하거나 밧줄, 자물쇠 등을 이용하여 임의 출입을 철저히 통제해야 한다. 또한 외부인이 승선 시 밀폐구역의 출입 등에 대한 위험성, 출입절차 등을 외부인에게 충분히 주지시킬 필요가 있다.

6.1.3 아울러, 육상 하역사도 하역작업자들에게 취급 화물의 특성 및 위험성에 대한 사전교육을 실시하고 정보를 제공하여 밀폐구역 작업 전 출입절차가 반드시 이행되도록 계도하여야 한다.

### 6.2 하역작업시 육해상 협의 강화

6.2.1 1등항해사와 육상 하역감독자는 하역 작업 시작 전 하역과 관련된 정보를 상호 교환하고 이와 관련한 하역작업 육해상 안전점검표를 작성하였다. 안전하고 원활하게 하역을 위해 실시하는 이 정보교환과 점검표 작성은 이 선박에서는 이와 같은 협의나 안전점검표 작성이 다소 형식적으로 진행되었던 것으로 판단된다.

6.2.2 따라서 1등항해사와 하역사(육상 하역감독자)는 하역 중 발생할 수 있는 위험을 방지하기 위하여 하역 시작 전에 화물창내 산소농도 및 화물의 특성, 밀폐구역 출입절차 등에 대해 충분히 정보를 교환하고 상호 협의를 해야 한다.

### 6.4 화물 취급 시 위험성에 대한 명확한 정보 제공

6.4.1 화물 선적서류를 통해서는 선적화물이 산소 소모 경향이 있는지 여부를 확인할 수 없었다. 또한 일반적으로 아연정광으로 불리는 화물국제규범(

IMSBC)에서 다양한 화물명(BCSN)으로 표기되어 있어, 실제 선적한 아연정광이 산소 소모 경향이 있는지를 명확히 파악하기가 쉽지 않다.

6.4.2 따라서 화물의 위험성을 쉽게 파악하고 선원과 하역작업자 등이 화물을 취급할 때 유의할 수 있도록 화물 송화인은 해당 화물의 특성 및 위험성을 선적서류에 명확히 기술하며 제공할 필요가 있다.

---

## 표 목차

---

<표 1> 각각 다른 선박 3척에서 채취한 아연정광 실험 결과 .....	17
<표 2> 렌원강항, 동해항에서 하역한 아연정광 비교 .....	19

---

## 그림 목차

---

<그림 1> 에니 일반배치도 및 전경 .....	3
<그림 2> 2번 화물창 출입구 위치 .....	5
<그림 3> 선적서류상 화물정보 .....	6
<그림 4> IMSBC상 광물 정광류(Mineral Concentrates) 위험정보 .....	7
<그림 5> 선박내 보유 중인 가스검지기 .....	7
<그림 6> 화물창 통풍구 .....	8
<그림 7> 화물창별 화물선적 내역 .....	9
<그림 8> 입항 전 화물창 산소 및 가스농도 확인 기록 .....	9
<그림 9> 사고 당일 사용된 하역작업 육해상 안전점검표 .....	10
<그림 10> 사고 당시 화물창 내 화물이 적재되어 있는 모습 .....	11
<그림 11> IMSBC상 광물 정광과 관계되는 화물명 .....	16
<그림 12> 사고 선박에 선적된 아연정광 실험 결과 .....	17
<그림 13> 각각 다른 선박 3척에서 채취한 아연정광 실험 결과 .....	18
<그림 14> IMSBC에 기술된 금속황화물정광(METAL SULPHIDE CONCENTRATES) 특성(진입 시 주의사항 등) .....	19
<그림 15> 화물창 환경에 대한 육해상 체크리스트 .....	20
<그림 16> 밀폐구역 출입 관련 규정(비상대비 관련 매뉴얼) .....	22

<그림 17> 보건안전매뉴얼상 밀폐구역 출입 절차(환기 등) .....	22
<그림 18> 매뉴얼상 산소 부족 가능성 등에 관한 기술 .....	23
<그림 19> 2번 화물창 출입구 및 제한구역 표시 모습 .....	24
<그림 20> 하역사의 밀폐공간 작업계획서(발췌) .....	25





해양수산부

---

중앙해양안전심판원