

[특별조사 2025-003]



해양사고 특별조사보고서

- 어선 제135금성호 침몰사고 -

사고일자 : 2024.11.08.

공표일자 : 2025.10.16.



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 선박관리 및 조업	7
2.3 승선원 구성	8
2.4 제135금성호 선단선 현황	8
2.5 대형선망 어업 방식	10
2.6 제135금성호 복원성 계산	13
3. 사고 경위	17
3.1 출항 및 1차 조업	17
3.2 2차 조업 및 사고 발생	18
3.3 수색 및 구조	20
3.4 피해사항	21
4. 사고 분석	24
4.1 항적 분석	24
4.2 전복 및 침몰 원인 검토	27
4.3 전복 및 침몰 시뮬레이션	31
4.4 과도한 어획물 포획 시 대응 부적절	34
4.5 복원성 계산 시 부가외력 반영 미흡	35
5. 결론	38
6. 권고	40
6.1 과도한 어획물 포획 시 안전조업 강화	40
6.2 양망 시 작용하는 모든 부가외력을 복원성 계산 시 반영	41

section

1

사고 개요

1. 사고 개요

- 1.1 제135금성호는 대형선망어업 선단의 본선으로 총톤수는 129톤이며, 2024년 11월 7일 11시 49분경 제주특별자치도 서귀포시 서귀포항에서 선장과 어로장 등을 포함하여 총 27명이 승선하고 어로 작업을 위해 출항하였다. 이때 선단선인 등선 제103금성호와 제122금성호, 어획물 운반선 제117금성호도 함께 출항하였다.
- 1.2 본선은 제주도 남쪽 및 서쪽 해상으로 어군을 탐지하며 이동하였고 제주도 북서쪽 해상에서 2024년 11월 7일 21시 50분경부터 23시 00분경까지 1차 조업을 하였다. 어획량은 고등어 약 1,200상자¹⁾였다.
- 1.3 본선은 1차 조업 이후 동쪽으로 약 5.7해리를 이동하여 11월 8일 00시경 2차 조업 장소에 도착하였고 같은 날 00시 10분경 투망을 시작하였다.
- 1.4 본선은 투망 이후 같은 날 00시 50분경까지 고기받이 그물을 제외한 나머지 그물을 선미로 감아올리는 양망 작업을 진행하였다. 2차 조업에서는 그물을 다 끌어 올리지 않은 상태에서 그물 안의 고기를 퍼낼 수 있을 만큼 많은 양의 고등어가 그물 안에 모아졌다.
- 1.5 양망 작업이 끝나갈 무렵 제117금성호는 본선과 계류하기 위해 접근하였으며 11월 8일 00시 53분경 두 선박은 선수와 선미 방향이 서로 반대가 되도록 자세를 잡고 양 선박 가운데에 그물이 놓이도록 계류작업을 진행하였다.
- 1.6 계류작업을 마친 후 같은 날 00시 57분경부터 본선은 고기받이 그물 안의 어획물을 크레인과 연결된 삼각형 모양의 반두 그물로 퍼서 제117금성호의 어창 안에 실었다.
- 1.7 같은 날 04시 10분경까지 고기받이 그물을 조여가며 어획물 이적 작업을 계속했으며 운반선 제117금성호의 5개 어창에는 어획물이 가득 채워졌다.²⁾
- 1.8 제117금성호의 어창에 어획물이 가득 채워졌음에도 고기받이 그물 안에는 실은 양의 약

1) 1상자는 약 20kg으로 1차 조업 어획량은 약 24톤

2) 어창 한 칸에 약 2,300개 상자가 들어가며 전체로는 대략 12,000개의 상자(약 240톤)를 실을 수 있음(생존 선원 진술 인용)

2배 이상이 되는 많은 양의 고등어가 남아있는 상태였으며 이에 운반선을 교체하여 남은 어획물을 계속 이적해야 하는 상황이 되었다.

1.9 제117금성호는 본선에서 이탈하여 어획물 위판차 부산항으로 가기 위해 우현 측에 묶어 두었던 뜰줄을 풀어서 본선에 보내주었고 본선은 다음 운반선과 계류 작업을 위해 뜰줄을 거둬들여 조타실 상부 크레인과 연결된 와이어줄에 걸었다.

1.10 이후 제117금성호는 본선과 연결된 선수 쪽 홑줄을 풀었다. 제117금성호에서 선수 쪽 홑줄을 풀자, 본선은 우현 측으로 기울기 시작했고 잠시 뒤 선미 쪽 홑줄까지 풀자, 본선은 급격하게 우현 쪽으로 기울며 전복되었으며 이후 선체는 침몰하였다.

1.11 이 사고로 총 27명의 선원 중 13명의 선원은 구조하였으나 기관장 등 5명의 한국인 선원이 사망하였고, 선장 등 9명(한국인 7명, 인도네시아 2명)의 선원이 실종되었다.

section

2

사실 정보

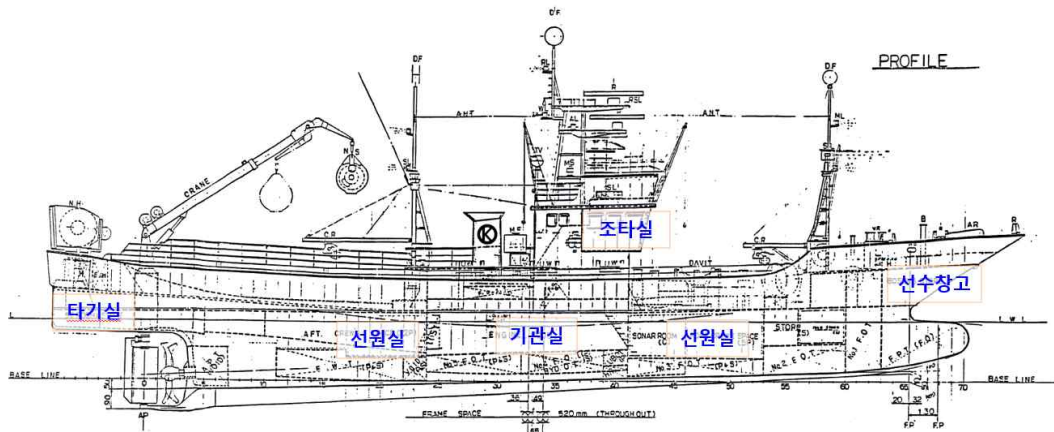
2. 사실 정보

2.1 선박제원

2.1.1 제135금성호는 일본 정동조선소에서 1989년 11월 24일 건조된 대형선망어업 어선이다. 선박의 제원은 총톤수 129톤, 길이 36.67미터, 너비 7.50미터, 깊이 3.12미터이며 최대출력 793킬로와트의 선박용 디젤기관 1기가 장치되어 있다.

선 명	제135금성호
국 적	대한민국
선 적 항	부산광역시
선박종류	어선(대형선망어업)
주포획·어획물의 종류	고등어
조업구역	근해
선박소유자	금아수산(주)
최대승선인원(명)	28
조 선 자	일본 정동조선소(Izutsuzosen, Nagasaki)
진 수 일	1989년 11월 24일
선박검사기관	한국해양교통안전공단
총 톤 수(톤)	129.00
길 이(미터)	36.67
너 비(미터)	7.50
깊 이(미터)	3.12
주 기 관	선박용 디젤기관
최대출력(kW)	793
추 진 기	가변피치식 1기
타	1

<표 1> 제135금성호 주요 명세



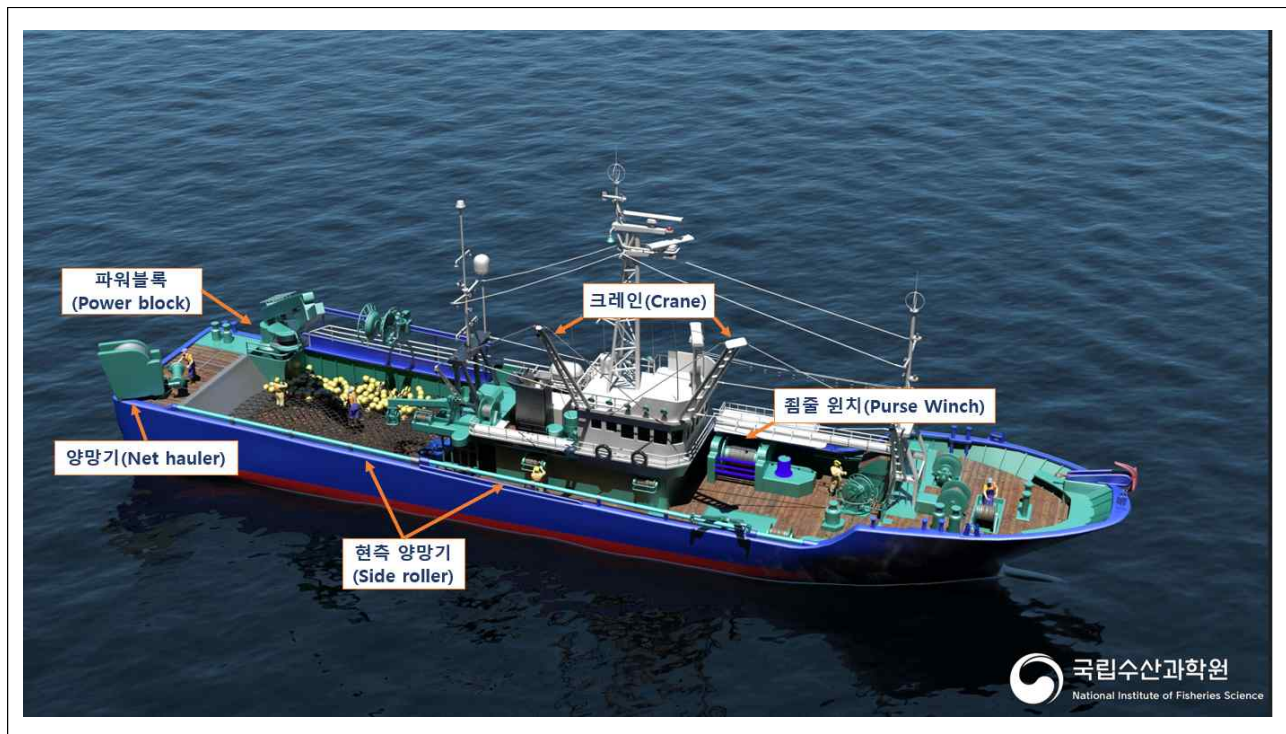
<그림 1> 제135금성호 전경(상) 및 일반배치도(하)

2.1.2 제135금성호는 대형선망어업에 종사하는 강(Steel) 재질의 중양선교형 어선이다. 본선의 선수로부터 상갑판 아래에는 선수 창고, 선원실, 기관실, 다시 선원실이 있으며 끝단에 타기실(Steering gear room)이 있고 조타실은 기관실 상부에 있는 구조이다.

2.1.3 본선의 조타실에는 주요 항해 및 통신장비로 자동충돌예방보조장치(ARPA) 기능이 있는 항해용 레이더(RADAR) 2대, 위성항법장치 2대(GPS Plotter), 자동식별장치(AIS), 초단파대 무선설비(VHF), 어군탐지기 3대 등을 설치하고 있다.

2.2 선박관리 및 조업

- 2.2.1 제135금성호는 수산업법에 따른 대형선망어업³⁾에 종사하는 선박으로, 한국해양교통안전공단으로부터 2023년 6월 23일 정기검사, 2024년 6월 13일 제2종 중간검사를 받았으며 증서는 2028년 6월 22일까지 유효하였다.
- 2.2.2 제135금성호의 모항은 부산 감천항으로 보통 음력 19일에 출항하고 다음 달 음력 14일경에 입항하는 일정으로 약 25일간 조업을 하였다. 총 6척⁴⁾의 선박이 하나의 선단을 이루어 서해, 남해, 동해 및 제주도 인근 해역 등을 돌아다니며 조업하였다.
- 2.2.3 조업은 연중 진행하였으며 하루 중 조업은 보통 저녁 8시부터 다음 날 오전 8시까지 실시하였다. 11월경에는 제주 근해해역에서 조업하여 주로 고등어를 잡았으며 일일 평균 어획량은 약 6,000상자이다.



<그림 2> 대형선망어선의 주요 조업장비(국립수산물과학원 자료 활용)

3) 대형선망어업 : 총톤수 50톤 이상인 1척의 동력어선으로 선망을 사용하여 수산동물을 포획하는 어업(「수산업법」 시행령 제21조(근해어업의 종류)제1항제8호))

4) 그물을 신고 어로 작업을 하는 본선 제135금성호, 어군을 탐색하고 물고기를 모으는 등선 2척(제122금성호, 제103금성호), 어획물을 육지로 운반하는 운반선 3척(제117금성호, 제127금성호, 제97금성호)

2.2.4 본선 갑판에는 그물을 감아올리는 양망기, 양망 된 그물을 갑판 상에 정리하기 위한 파워블록, 현측 양망기 등이 설치되어 있으며 조타실에는 초음파의 반사파를 이용하여 어군을 탐지하는 소나⁵⁾, 어획 대상 어종의 수직분포 상태를 탐지하거나 어장 수심, 해저 상태 등을 측정하는 어군탐지기가 설치되어 있다.

2.3 승선원 구성

2.3.1 제135금성호에는 사고 당시 총 27명의 선원이 승선하고 있었다. 선장, 기관장 및 어로장 등 한국인은 총 16명이었고 나머지 11명의 선원은 인도네시아 국적이었다.

2.3.2 본선 선장은 6급 항해사 면허를 소지하고 있으며 총 승선 경력은 약 24년이다. 선장으로 약 18년 1개월을 연근해 어선에서 승선하였다. 본선에는 사고 약 6개월 전인 2024년 5월 8일 승선하였다.

2.3.3 본선 기관장은 6급 기관사 면허를 소지하고 있으며 총 승선 경력은 약 24년 2개월이다. 연근해 어선에서 기관장으로 약 17년 7개월 근무하였으며 본선에는 사고 발생 약 18개월 전인 2022년 5월 5일 승선하였다.

2.3.4 본선 어로장은 6급 항해사 면허를 소지하고 있으며 총 승선 경력은 약 23년이며 연근해 어선에서 선장으로 약 18년 근무하였다. 어로장으로서의 경력은 약 10개월이며 본선에는 2024년 5월 1일 승선하여 약 5개월간 근무하였다.

2.4 제135금성호 선단선 현황

2.4.1 본선은 대형선망어업을 하기 위해 근해선망어업허가⁶⁾를 받았으며 허가 기간은 2023년 1월 1일부터 2027년 12월 31일까지로 유효하였다.

2.4.2 선단선은 총 6척으로 제135금성호는 본선이고, 제103금성호와 제122금성호는 등선이며 제117금성호, 제127금성호 및 제97금성호는 운반선이다.

5) 소나(SONAR, SOund Navigation And Ranging) : 음파에 의해 어군의 방위 및 거리를 알아내는 장비

6) 총톤수 10톤 이상의 동력어선(動力漁船) 등은 「수산업법」 제40조에 따라 해양수산부장관의 어업허가를 받아야 하며, 이에 선박소유자인 금아수산(주)에서 관련 허가를 받음

종류	명칭(총톤수, 엔진마력)	길이(미터)	너비(미터)	깊이(미터)
본선(1)	제135금성호(129톤, 1,080마력)	36.67	7.50	3.12
등선(2)	제103금성호(85톤, 1,768마력, 주등선)	35.00	6.40	3.15
	제122금성호(84톤, 915마력, 부등선)	34.62	6.25	3.05
운반선(3)	제117금성호(247톤, 1,170마력)	46.70	8.30	4.20
	제127금성호(241톤, 1,500마력)	42.72	7.80	3.55
	제97금성호(197톤, 1,600마력)	41.44	7.70	3.70

〈표 2〉 제135금성호 선단선 주요 명세

2.4.3 제135금성호는 대형선망어업에서 가장 중요한 역할을 하는 본선(本船)으로 어구를 투망하고 양망하는 등 어로 작업을 하며 그물배 또는 망선(網船)으로도 불린다.

2.4.4 제103금성호는 주등선(主燈船)으로 어군 탐색이나 집어 등의 업무를 수행하며 어탐선 또는 불배라고도 불린다. 제103금성호는 사고 당시 본선이 운반선 제117금성호에 어획물을 이적할 때, 운반선의 좌현 측과 хот줄을 길게 연결하고 잡아당겨 운반선이 본선과 일정한 간격을 유지할 수 있도록 운용하고 있었다.



〈그림 3〉 제103금성호 전경

2.4.5 제122금성호는 부등선(副燈船)으로 어군 탐색이나 집어 등의 업무를 수행한다. 제122금성호는 본선이 운반선에 어획물을 이적할 때 본선 좌현 측과 хот줄을 길게 연결하여 본선을 잡아당겨 그물이 본선 밑으로 가는 것을 방지하고 본선과 운반선의 거리를 유지하는 등의 역할을 하였다.



<그림 4> 제122금성호 전경

2.4.6 제117금성호, 제127금성호와 제97금성호는 운반선으로 어획물을 싣고 항구로 운반한다. 이번 조업에서는 제117금성호가 첫 번째로 본선에 붙어 어획물을 넘겨받았다.



<그림 5> 제117금성호 전경

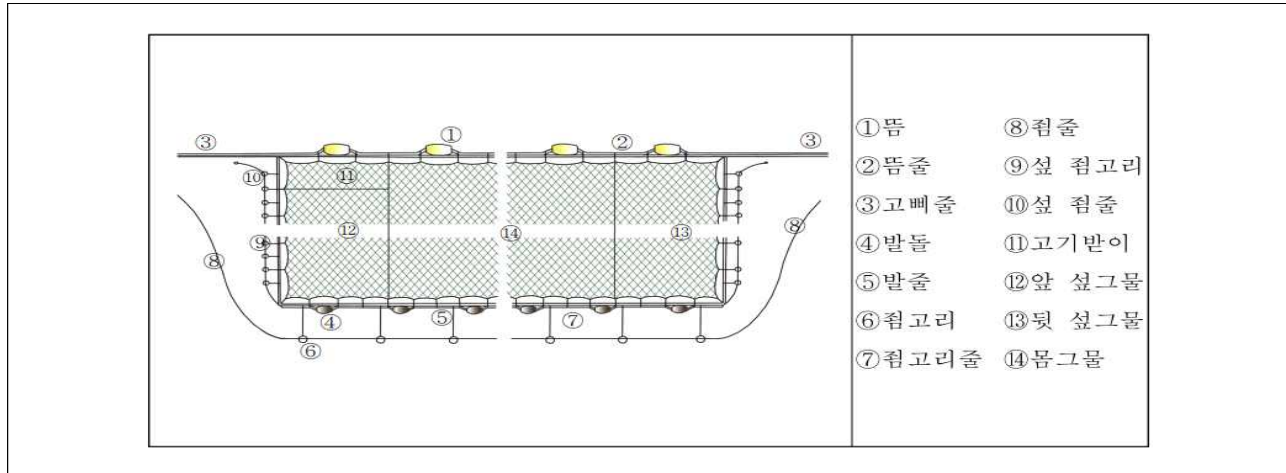
2.5 대형선망 어업 방식

2.5.1 대형선망어업은 어업허가를 받은 선단선이 적법한 어구⁷⁾를 이용하여 수산물을 둘러 치거나 포위하여 잡는 것이다.

2.5.2 대형선망어업에서는 ①긴 네모꼴 모양으로 쉼그물, 몸그물, 고기받이로 구성된 어구,

7) 「수산업법」 제2조(정의)제18호 : 수산동식물을 포획·채취하는 데 직접 사용되는 도구

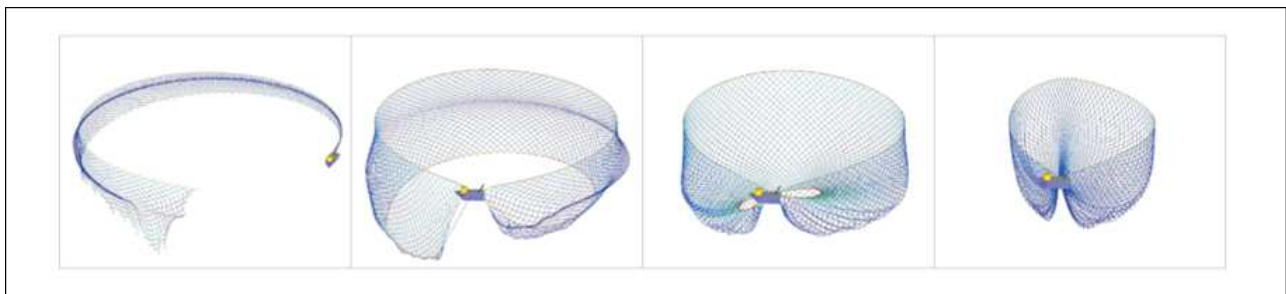
②상부에는 뜬과 같은 부력재를 달고, 하부에는 발돌과 같은 침강재(沈江材)를 달아 어구가 수직으로 전개되도록 구성한 어구, ③발줄에 쥘고리와 쥘줄을 부착한 어구를 사용하여 어획물을 포획한다.



<그림 6> 대형선망 어구 겨냥도(수산업법 시행령 별표2 부도 아-1)

2.5.3 대형선망의 어업 방식은 어군을 모으는 방법에 따라 크게 두 가지로 구분하는 데 하나는 등화를 이용하여 어군을 모으는 집어 투망 방식⁸⁾이고, 다른 하나는 소나 및 어군탐지기를 이용하여 어군을 탐지하는 기록 투망 방식이다. 이번 사고 발생 시 조업에서는 기록 투망 방식을 이용하여 어군을 탐지하였다.

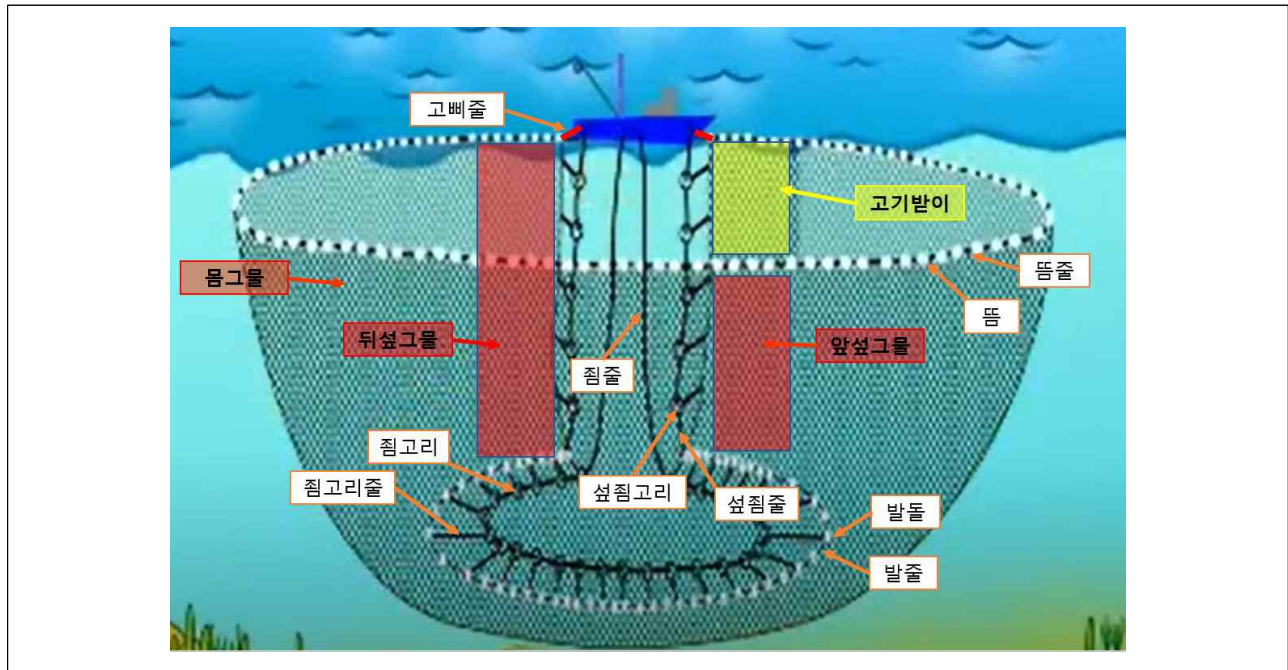
2.5.4 기록 투망 방식의 조업 과정은 다음과 같다. 우선, 본선과 등선에서 소나 및 어군탐지기를 이용하여 어군을 탐색·선정하면 본선은 어군 주위에서 부등선에 어망줄의 한 쪽 끝단(쥘줄과 고삐줄)을 잡도록 넘겨준 후에 크게 한 바퀴 원을 그리며 투망한다. 이후 투망 시작점 부근으로 돌아와 부등선에 넘겨준 어망줄 끝단을 다시 넘겨받는다.



<그림 7> 대형선망 투망 시뮬레이션

8) 집어 투망 방식은 등선이 불을 밝혀 어군을 모은다는 점에서만 다르고 어군을 모은 뒤 본선이 원을 그리며 투망하는 과정 이후부터는 기록 투망 방식과 조업 과정이 같음

2.5.5 다음으로 본선은 고삐줄을 선수와 선미 윈치를 사용하여 당겨 그물을 본선까지 오게 한 다음 줍줄을 조인다. 그러면 어획물은 그물 안에 갇히게 된다.



<그림 8> 투망 후 어구들의 배치 모습

2.5.6 부등선은 본선이 줍줄을 조이고 그물을 양망할 때 본선이 그물 쪽으로 팔려 가지 않도록 본선의 좌현 측에서 예인줄을 잡고 끌어준다. 운반선은 선수가 본선의 선수와 반대 쪽을 향하도록 본선의 우현 쪽으로 접근한다.



<그림 9> 운반선이 본선 우현 쪽으로 접근하는 모습(유사 선박)

2.5.7 본선에서 양망을 어느 정도 하여 어획물이 한곳에 모이면 운반선은 그물 쪽으로 붙어서 본선에서 넘겨준 홑줄을 선수와 선미 측에 연결하고 그물의 뜸(부이) 사이에 있는 뜸줄(일명 아바줄)을 운반선의 우현 선측에 고정한다.



<그림 10> 타 대형선망의 어업 예시

2.5.8 위 그림과 같이 그물이 놓인 상태에서 본선의 크레인을 사용하여 삼각형 모양의 반두 그물(일명 다마그물)로 운반선에 어획물을 적재해 준다. 운반선은 어창에 어획물이 가득 차면 본선에서 이탈하여 어획물을 위판장으로 운반하고자 떠나고, 대기하던 다음 운반선이 본선과 그물을 연결하여 어획물을 싣는 작업을 이어간다.

2.5.9 본선과 운반선이 연결되어 어획물을 싣는 동안 부등선은 본선의 좌현 측에서, 주등선은 운반선의 좌현 측에서 예인줄을 잡고 당기고 있는데 이를 통해 본선과 운반선이 어망을 사이에 두고 적절하게 거리를 유지할 수 있다.

2.6 제135금성호 복원성 계산

2.6.1 제135금성호는 침몰하여 정확한 적재 상태는 알 수 없으나 생존 선원의 진술 등을 토대로 사고 당시의 배수량을 최대 약 400톤(Case 1), 최소값은 약 380톤(Case 2)⁹⁾으로 추정하고 이를 적용하여 무게 중심과 선체 복원성을 계산하였다. 이를 정리하면 다음 장의 <그림 11>, <그림 12> 및 <그림 13>과 같다.¹⁰⁾

9) 사고 발생 시 추정되는 본선 배수량의 최대값과 최소값 차이는 약 20톤(전체 중량의 약 5% 정도)으로 큰 차이 없음

10) 어선 제135금성호 침몰사고 시뮬레이션 용역 참조

Item	Weight (MT)	LCG from M/S (m)	LCG-m	VCG above B.L. (m)	VCG-m	Remark
Light Ship	308.848	-1.706	-526.895	2.941	908.322	
Crews & Effects	3.240	-6.333	-20.519	2.589	8.388	
Stores	1.156	3.423	3.957	3.595	4.156	
Small Tanks	2.909	-1.935	-5.629	3.339	9.713	
Fuel Oil*	21.000	-0.071	-1.491	1.353	28.413	
Fresh Water (P/S)	15.558	-8.269	-128.649	0.771	11.995	
Lub. Oil	0.775	3.790	2.937	1.008	0.781	
Hyd. Oil(P)	6.036	1.902	11.480	0.996	6.012	
Hyd. R.T.(C)	0.976	3.800	3.709	0.452	0.441	
Provision Store	1.525	-15.700	-23.943	3.150	4.804	
Provision in Galley	0.500	1.720	0.860	4.700	2.350	
Fishing Tools	38.250	-0.500	-19.125	5.400	206.550	
Total	400.773	-1.755	-703.308	2.974	1,191.925	
Displacement : 391.000 m³						

<그림 11> 최대 중량값에서의 무게 중심(Case 1)

Item	Weight (MT)	LCG from M/S (m)	LCG-m	VCG above B.L. (m)	VCG-m	Remark
Light Ship	308.848	-1.706	-526.895	2.941	908.322	
Crews & Effects	3.240	-6.333	-20.519	2.589	8.388	
Stores	1.156	3.423	3.957	3.595	4.156	
Small Tanks	2.909	-1.935	-5.629	3.339	9.713	
Fuel Oil*	21.000	-0.071	-1.491	1.353	28.413	
Fresh Water (P/S)	0	-8.269	0.000	0.771	0.000	
Lub. Oil	0.775	3.790	2.937	1.008	0.781	
Hyd. Oil(P)	6.036	1.902	11.480	0.996	6.012	
Hyd. R.T.(C)	0.976	3.800	3.709	0.452	0.441	
Provision Store	0.525	-15.700	-8.243	3.150	1.654	
Provision in Galley	0.500	1.720	0.860	4.700	2.350	
Fishing Tools	36	-0.500	-18.000	5.400	194.400	
Total	381.965	-1.460	-557.834	3.049	1,164.63	
Displacement : 372.649 m³						

<그림 12> 최소 중량값에서의 무게 중심(Case 2)

Loading Case 1		
Displacement (MT)	400.773	
Displacement (m³)	391.000	
KG from Base Line(m)	2.974	
LCG from Midship (m)	-1.755	
Draft Mean (m)	2.635	
Trim by Stern (m)	0.2749	0.463°
GM (m)	1.428	
Max. GZ (m)	0.275	
Stable Range (deg)	38.000	
Draft : Fwd 2.4976 m, Aft 2.7725 m		

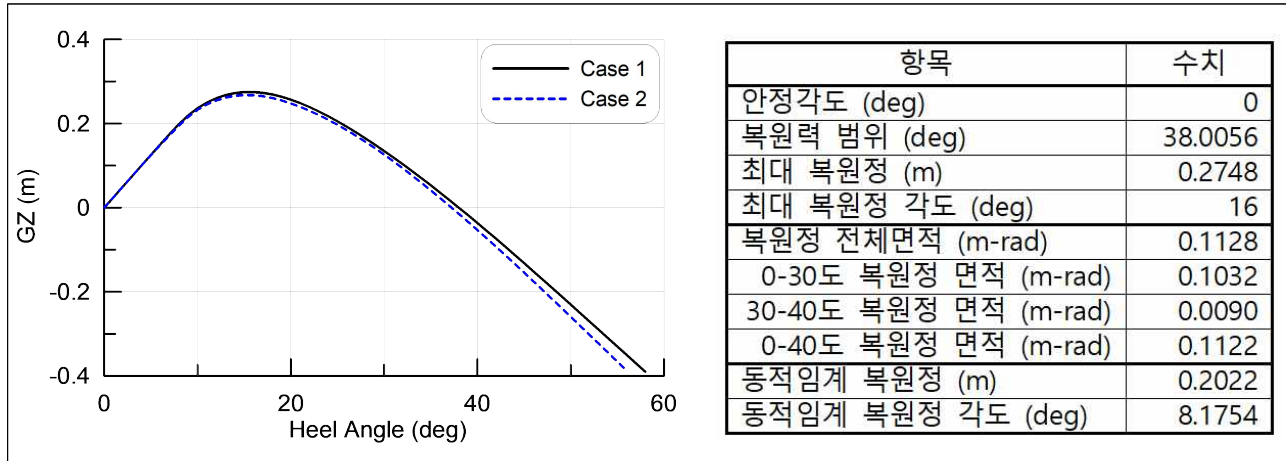
< 최대 중량 적용 시 복원성 >

Loading Case 2		
Displacement (MT)	379.785	
Displacement (m³)	370.522	
KG from Base Line(m)	3.049	
LCG from Midship (m)	-1.460	
Draft Mean (m)	2.572	
Trim by Stern (m)	0.1816	0.306°
GM (m)	1.434	
Max. GZ (m)	0.268	
Stable Range (deg)	37.226	
Draft : Fwd 2.4812 m, Aft 2.6628 m		

< 최소 중량 적용 시 복원성 >

<그림 13> 제135금성호의 복원성 주요 수치(추정값)

2.6.2 위 계산값을 반영한 본선의 복원정(GZ) 곡선은 아래와 같다.



<그림 14> 제135금성호 복원정 곡선 및 주요 수치

2.6.3 위 곡선을 살펴보면 Case 1에서의 복원성이 약간 좋은 것으로 보인다. 또한 최대 GZ는 약 0.275m이고, 최대 GZ는 경사각 16도에서 발생하며 복원력이 없어지는 경사각은 약 38도인 것으로 확인된다.

2.6.4 본선의 횡경사각이 커지면서 복원력도 같이 커지다가 16도에 이르면 최대의 복원력을 발휘하고, 이 각도를 넘어가면 복원력은 줄어든다. 횡경사가 38도 이상이 되면 본선은 전복하는 것으로 해석할 수 있다.

2.6.5 또한 최대로 발휘할 수 있는 모멘트의 복원팔이 약 0.275m라는 것이고 이에 본선이 버틸 수 있는 최대 힘의 크기(모멘트)는 110.2 ton-m¹¹⁾로 계산된다.

2.6.6 만일 어망이 현측 레일에 걸쳐 있었다면 본선의 중심선에서 현측 레일까지의 거리를 약 4미터로 하고 이곳에 하방력이 작용한다고 가정했을 때 110.2를 4로 나눈 27.55톤의 힘이 하방으로 계속 작용 시 본선은 전복될 수 있다.

2.6.7 조타실 위에 있는 크레인 2개로 뜰줄을 잡고 있었다면 크레인 상부와 본선의 무게중심과의 거리는 약 10미터로 이곳에 약 11톤의 힘이 모멘트 방향으로 걸리면 전복될 수 있다. 현측 레일에서 하방으로 작용하는 어망의 힘과 크레인에 걸리게 되는 힘 등이 복합적으로 횡경사 방향 작용하면 선체는 더 작은 힘으로도 전복될 수 있을 것이다.

11) 최대 GZ 0.275 × 선박 배수량 400.773 = 110.2 ton-m

section

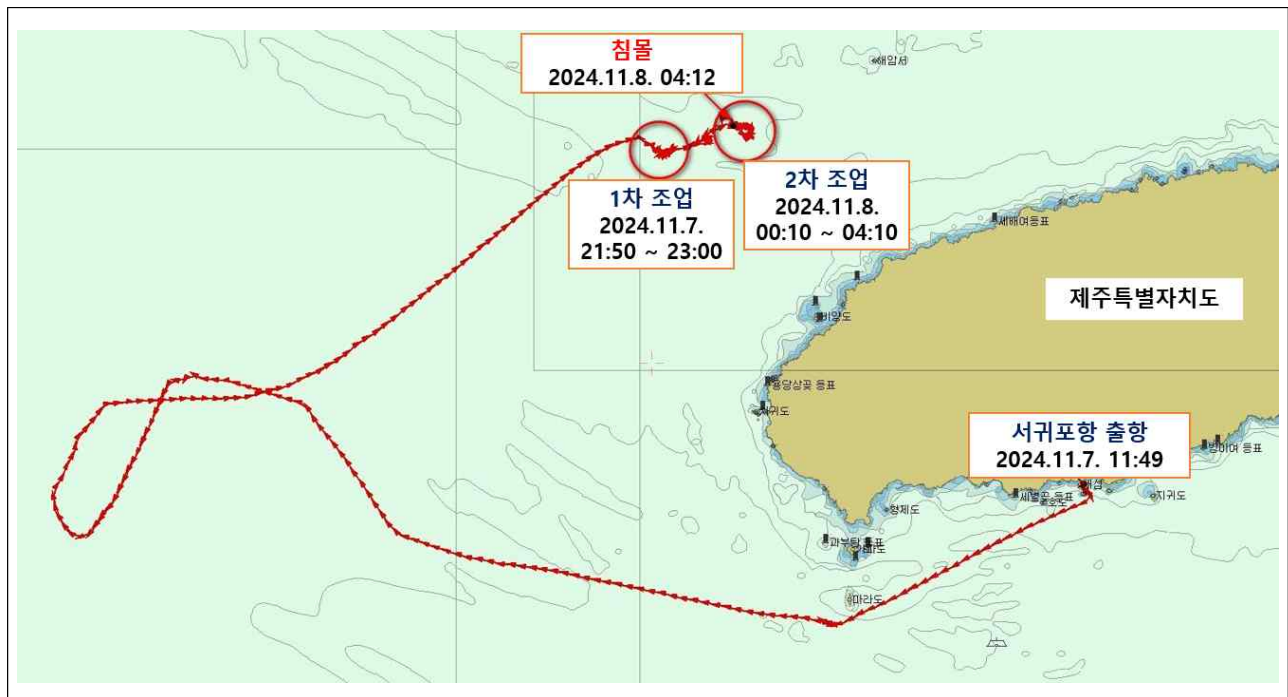
3

사고 경위

3. 사고 경위

3.1 출항 및 1차 조업

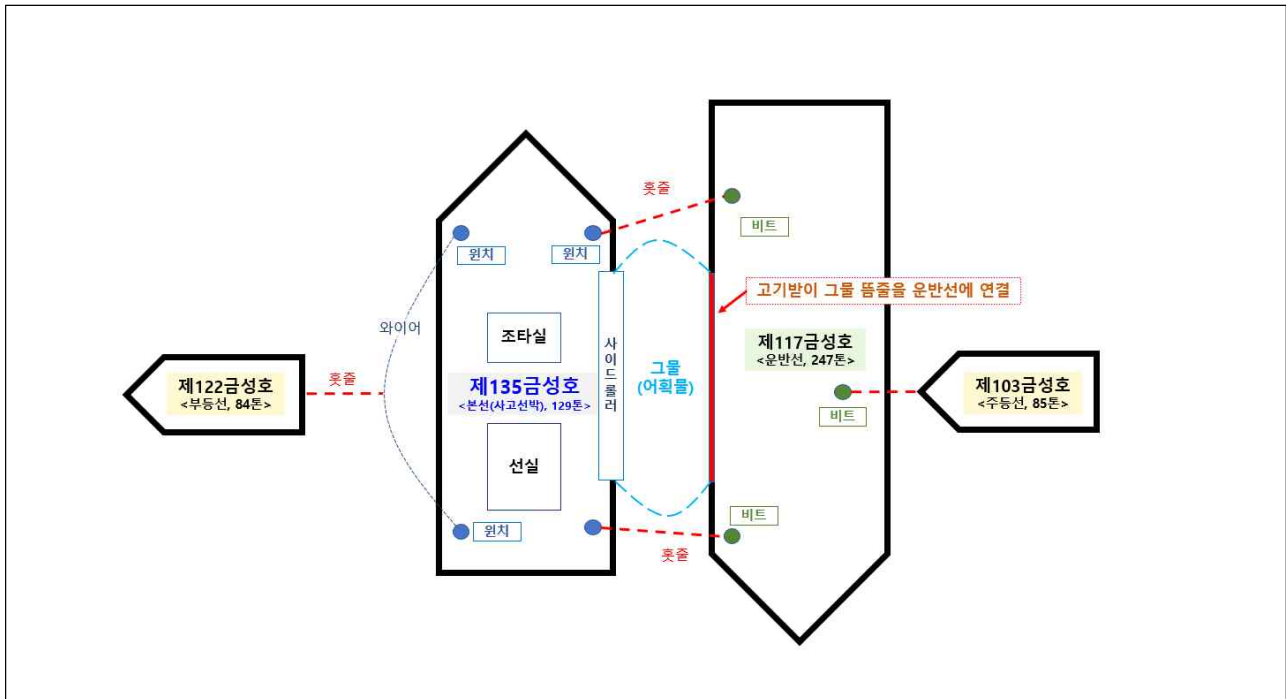
- 3.1.1 제135금성호는 2024년 11월 7일 11시 49분경 제주특별자치도 서귀포시 서귀포항에서 선장과 어로장 등을 포함하여 총 27명이 승선하고 출항하였다. 이때 제135금성호를 포함한 총 6척의 선단선 중 등선 제103금성호와 제122금성호, 어획물 운반선 3척 중 1척인 제117금성호도 함께 출항하였다.
- 3.1.2 어획물 운반선 제127금성호와 제97금성호는 이전 조업 지역인 전남 근해 해역에서 조업한 어획물을 부산에서 하역한 이후 출항하여 조업 장소에서 만나기로 하였다.
- 3.1.3 본선은 제주도 남쪽 및 서쪽 해상으로 어군을 탐지하며 이동하였고 제주도 북서쪽 해상에서 11월 7일 21시 50분경부터 약 1시간 10분 정도 1차 조업을 하였다. 어획량은 고등어 약 1,200상자였다.



<그림 15> 출항 시부터 사고 시까지의 항적

3.2 2차 조업 및 사고 발생

- 3.2.1 본선은 1차 조업 이후 동쪽으로 약 5.7해리를 이동하여 2024년 11월 8일 00시경 2차 조업 장소에 도착하였고 부등선 제122금성호에 줍줄과 고삐줄을 넘겨준 후 원을 그리며 투망을 시작하였다.
- 3.2.2 같은 날 00시 15분경 투망을 마친 본선은 부등선으로부터 줍줄과 고삐줄을 다시 돌려 받았고 본선의 와이어줄과 부등선의 훗줄을 연결해 부등선이 본선을 끌 수 있도록 하였으며 부등선은 본선의 좌현 중앙 쪽으로 이동하였다.
- 3.2.3 이후 본선은 같은 날 00시 50분경까지 줍줄과 고삐줄을 감으며 그물을 선미로 감아올리는 양망 작업을 계속하였다. 그물을 다 끌어 올리지 않은 상태에서 그물 안의 고기를 퍼낼 수 있을 만큼 많은 양의 고등어가 그물 안에 모아졌다.¹²⁾
- 3.2.4 양망 작업을 마칠 무렵 운반선 제117금성호는 본선 제135금성호와 계류하기 위해 접근하였으며 같은 날 00시 53분경 두 선박은 선수와 선미 방향이 서로 반대되도록 자세를 잡고 양 선박의 우현 측이 마주 보도록 계류 작업을 진행하였다.



<그림 16> 본선과 운반선이 계류했을 당시 모습 재구성

12) 생존자 진술 인용

- 3.2.5 계류 작업은 우선 본선에서 홋줄을 운반선 제117금성호 선수와 선미 쪽에 각각 넘겨 주고 운반선은 선수와 선미 비트에 홋줄을 걸어 두 배 사이가 멀어지지 않도록 한다.
- 3.2.6 다음으로 고기받이 그물 한쪽을 운반선에 고정하기 위해 고기받이 그물의 뜸줄(부이줄)을 운반선으로 보낸다. 운반선에서는 선수부터 선미까지 뜸줄을 우현 측의 연결줄(일명 아바줄)과 연결해서 그물이 본선과 운반선 사이에 놓이도록 한다.
- 3.2.7 계류작업을 마치고 나서는 본선 크레인과 연결된 반두 그물 끝단을 운반선에 연결하고 양망 되어 고기받이 그물 안에 모여진 어획물을 반두 그물로 퍼서 운반선의 어창 안으로 옮기는 과정을 반복하며 어획물을 실었다.
- 3.2.8 어획물이 이적되면서 그물 내에 생기는 빈 공간만큼 고기받이 그물을 조여가며 11월 8일 04시 10분경까지 어획물 이적 작업을 계속했으며 이를 통해 운반선 제117금성호의 5개 어창에는 어획물이 가득 채워졌다.¹³⁾
- 3.2.9 운반선 제117금성호의 어창에 어획물이 가득 채워지게 실었음에도 고기받이 그물 안에는 실은 양의 약 2배 이상이 되는 고등어가 남아있는 상태였으며 이에 운반선을 교체하여 남은 어획물을 계속 이적해야 하는 상황이 되었다.
- 3.2.10 보통은 어획물 양이 적어 처음 운반선에 이적 작업을 하면 조업이 마무리되는 경우가 대다수지만 이번 조업은 이례적으로 어획량이 많았다고 생존자들은 진술하였다.¹⁴⁾
- 3.2.11 제117금성호는 본선에서 이탈하여 어획물 위판차 부산항으로 가기 위해 우현 측에 묶어두었던 뜸줄을 풀어서 본선에 보내주었고 본선은 다음 운반선¹⁵⁾과 계류 작업을 위해 뜸줄을 거둬들여 조타실 상부 크레인과 연결된 와이어줄에 걸었다.
- 3.2.12 이후 제117금성호는 본선과 연결된 선수 쪽 홋줄을 풀었고, 이때 본선은 우현 측으로 기울기 시작하였다. 잠시 뒤 제117금성호는 선미 쪽 홋줄을 마저 풀었고, 홋줄을 풀자마자 본선은 급격하게 우현 쪽으로 기울며 전복되었다. 전복 이후 선체는 곧 침몰하였다.

13) 어창 한 칸에 큰 상자(20kg)가 약 2,300개 들어가며 전체로는 대략 12,000개의 상자를 실을 수 있음

14) 생존자 진술 인용

15) 같은 선사 소속의 제208금성호가 어획물을 실기 위해 제135금성호 주위에서 대기

3.2.13 침몰 사고 시간은 2024년 11월 8일 04시 12분경이며, 사고 위치는 제주특별자치도 제주시 한림읍 비양도 북단으로부터 334도, 거리 약 12.7해리 해상(북위 33도 36분 12초, 동경 126도 07분 11초) 이다.

3.2.14 사고 당시 기상특보는 없었고 해상에는 북동풍이 초속 약 4 내지 6미터로 불고 있었으며, 파고는 약 1미터 시정은 약 5마일의 맑은 날씨였다.¹⁶⁾



<그림 17> 선박 이동 항적 및 사고 위치

3.3 수색 및 구조

3.3.1 본선이 갑작스럽게 전복되면서 선수 갑판에서 작업하던 선원 9명, 조타실(1명)과 선실(1명)에 있던 선원, 조타실 아래쪽 갑판에서 작업하던 4명과 선미 쪽 작업자 12명까지 총 27명의 전체 선원이 모두 바다에 빠졌다.

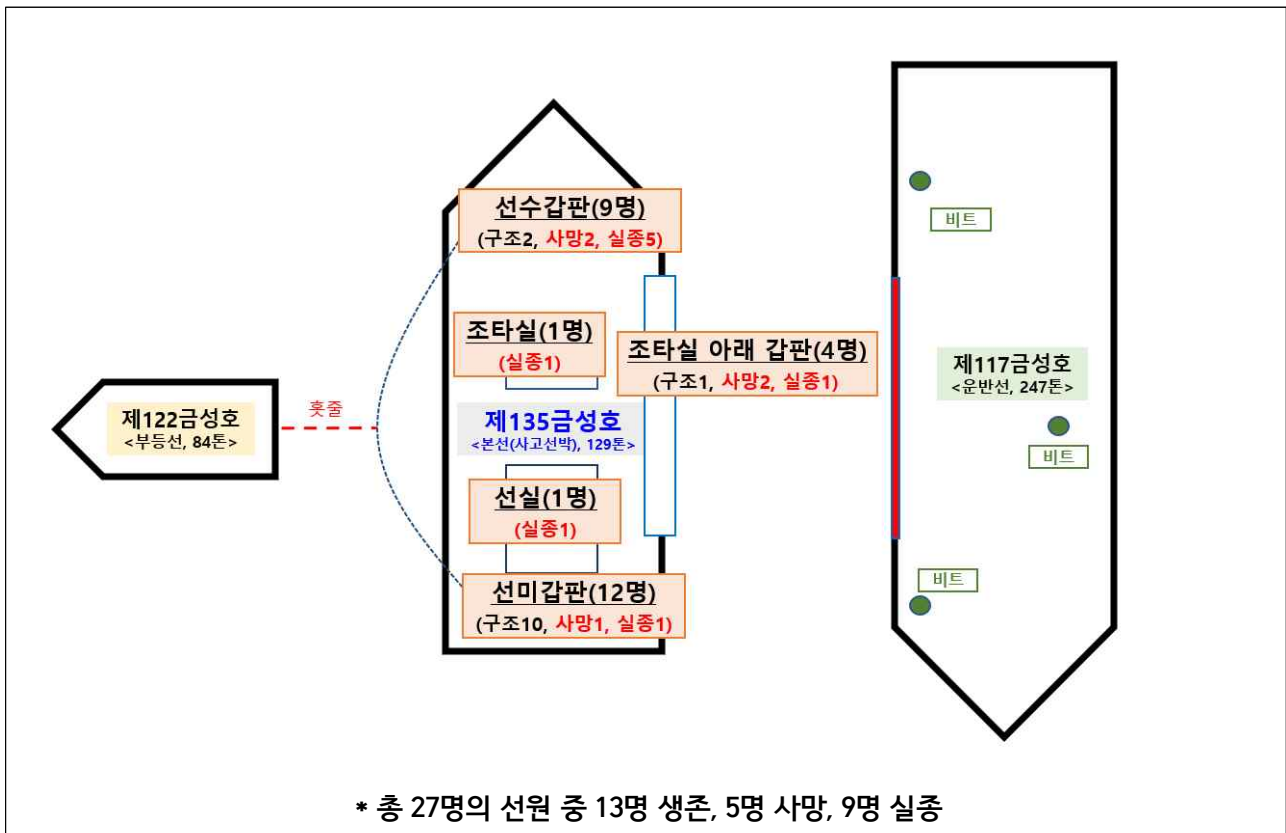
3.3.2 본선이 전복되자 주위에 있던 운반선 제208금성호¹⁷⁾는 11월 8일 04시 31분경 제주 해양경찰서에 사고 사실을 신고하였다. 사고 접수 즉시 해경은 함정들을 현장으로 출동시키고 헬기 동원을 요청하는 등 비상 대응을 시작하였다.

16) 기상청 관측자료, 해양경찰 상황보고서 및 생존 선원 진술 등 참조

17) 협력 선사의 운반선으로 조업 지원을 위해 현장에 합류

3.3.3 해경 및 해군 함정, 항공기, 관공선 및 민간 선박 등이 모두 동원된 해상 수색구조 작업이 진행¹⁸⁾되었으며, 전복된 선박 내부에 고립되었을 가능성이 있는 선원을 구조하기 위한 선내 수색 작업도 함께 실시되었다.

3.3.4 사고 발생 시부터 2024년 12월 24일까지 수색 작업을 통해 27명의 선원 중 13명이 구조되어 생존하였다. 선내에서 발견한 기관장 등 5명의 한국인 선원은 구조하였으나 사망하였고 선장을 비롯한 9명의 실종 선원은 발견하지 못하였다.



<그림 18> 사고 발생 시 선원 위치 및 구조 현황

3.4 피해사항

3.4.1 이 사고로 총 27명의 선원 중 기관장 등 5명의 한국인 선원이 사망하였고, 선장 등 9명 (한국인 7명, 인도네시아 2명)의 선원이 실종되었다. 선체는 전복 후 침몰하였다.

18) 수색 작업에 동원된 세력 누계('24.11.8 ~ 12.24)는 선박 1,759척, 항공기 172대, 조명탄 368발 투입, 육상수색 12,817명임(해양수산부 중앙사고수습본부 상황보고서, 2024년 12월 24일)

3.4.2 제135금성호에 승선했던 선원들의 구조 상황은 다음 표와 같다.

No.	성명	직책	국적	비고
1	이○○	선원(항해장)	대한민국	생존(13명)
2	김○○	선원	대한민국	
3	이○○	선원	대한민국	
4	허○○	선원	대한민국	
5	압둘고○○	선원	인도네시아	
6	하디○○	선원	인도네시아	
7	무함하드○○	선원	인도네시아	
8	누로○○	선원	인도네시아	
9	로하○○	선원	인도네시아	
10	로마○○	선원	인도네시아	
11	수리드노○○	선원	인도네시아	
12	타우핏○○	선원	인도네시아	
13	소피○○	선원	인도네시아	
14	배○○	선장	대한민국	실종(9명)
15	구○○	선원(어로장)	대한민국	
16	나○○	선원	대한민국	
17	김○○	선원	대한민국	
18	박○○	선원	대한민국	
19	서○○	선원(조리장)	대한민국	
20	전○○	선원	대한민국	
21	얀○○	선원	인도네시아	
22	지하○○	선원	인도네시아	
23	주○○	선원(기관장)	대한민국	사망(5명)
24	이○○	갑판장	대한민국	
25	이○○	선원	대한민국	
26	문○○	선원	대한민국	
27	한○○	선원	대한민국	

<표 3> 제135금성호 승선 선원 구조 현황

section

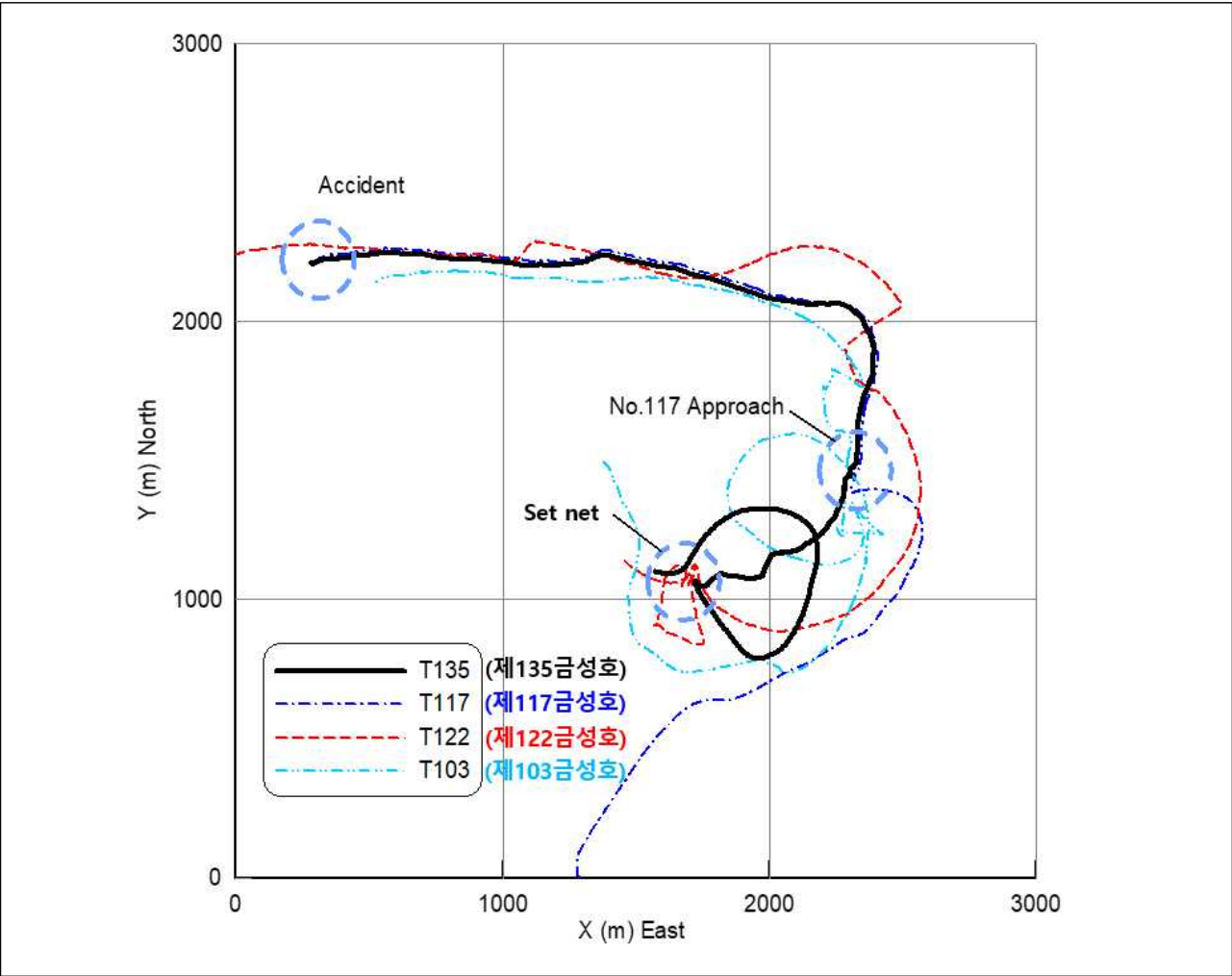
4

사고 분석

4. 사고 분석

4.1 항적 분석

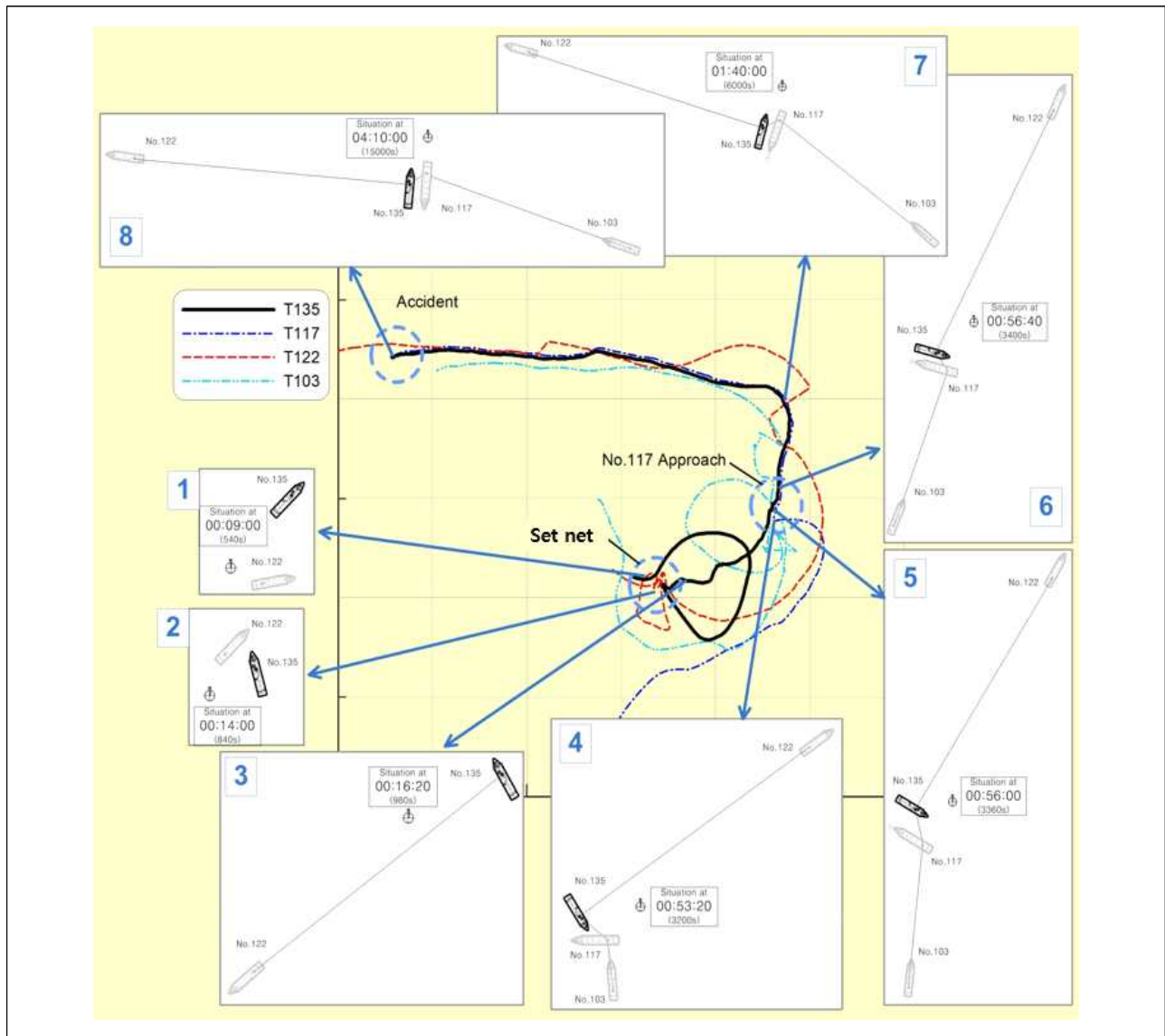
4.1.1 제135금성호를 비롯하여 조업 과정에 참여한 운반선 제117금성호, 주등선 제103금성호 및 부등선 제122금성호의 선박자동식별장치(AIS) 정보를 바탕으로 사고 당시 항적을 재구성¹⁹⁾하였다. 재구성한 항적은 아래 그림과 같다.



<그림 19> 사고 관련 어선의 항적(좌표계 원점: 위도 33도 35분, 경도 126도 7분)

19) 항적 재구성 기준 : ①제135금성호는 출항부터 사고 순간까지의 AIS 데이터, 나머지 선박들은 2024년 11월 8일 00시 08분부터 사고 순간까지의 데이터 사용, ②위치 기준은 북위 35도 33분, 동경 126도 7분으로 설정, ③시간기준은 2024년 11월 8일 00시 00분으로 설정, 선박해양공학기술협동조합 용역 자료 인용

4.1.2 2차 조업 시 주요 시각²⁰⁾에서의 어선 간 위치 관계 및 조업 상황은 다음과 같다.



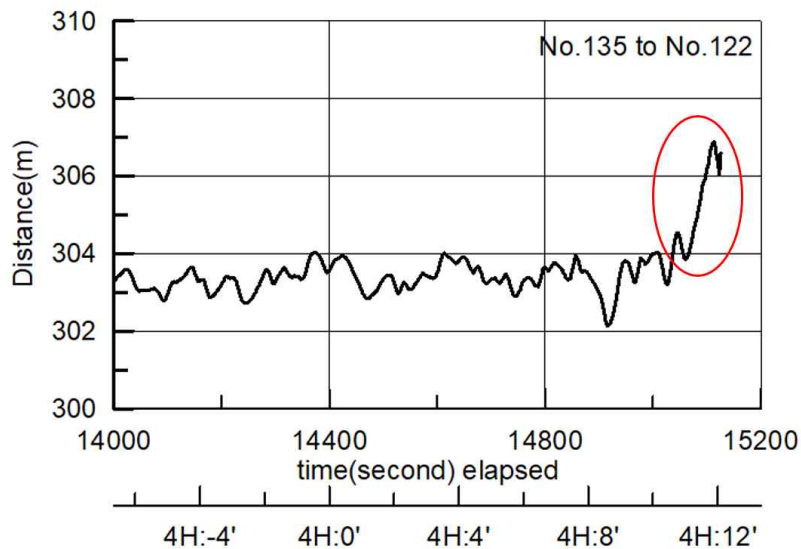
<그림 20> 주요 시각별 어선 간 위치관계

4.1.3 우선 1번은 2024년 11월 8일 00시 09분경 본선인 제135금성호가 부등선 제122금성호에게 고기반이 그물 쪽 켜줄과 고삐줄을 넘겨주고 직경 약 500미터 정도의 원을 시계 방향으로 그리며 어망을 펼치고 투망을 시작하는 상황이다.

4.1.4 2번은 00시 14분경 본선이 원을 그리며 한 바퀴 돌고 와서 켜줄과 고삐줄을 제122금성호로부터 넘겨받고 두 선박이 서로 연결되는 상황이다. 이후 본선은 켜줄을 죄면서 동쪽으로 흘러간다.

20) 시간 기준 : 2024년 11월 8일 00시 00분

- 4.1.5 3번은 00시 16분경 본선과 제122금성호를 연결한 줄이 약 300미터 펼쳐진 상황이다. 이후 제122금성호는 본선의 서쪽에 있다가, 반시계 방향으로 돌며 4번 그림과 같이 본선의 북동쪽에 위치하게 된다.
- 4.1.6 4번은 00시53분경 본선에 운반선 제117금성호가 접근하여 홋줄을 넘겨받는 상황으로 이때 주등선 제103금성호도 제117금성호에 접근하여 홋줄을 연결하였다.
- 4.1.7 5번은 00시 56분경 본선과 제117금성호가 선수와 선미 방향을 반대로 하여 서로 연결된 상황이다. 또한 제103금성호는 남쪽으로 이동하여 제117금성호와 연결된 줄이 펼쳐진 상태이며 이때 제103금성호의 선수는 제117금성호를 향하고 있었다.
- 4.1.8 6번은 약 00시57분경 본선이 윈치를 사용하여 제117금성호와 연결된 홋줄을 팽팽하게 한 상황이다. 이때 제117금성호와 연결된 제103금성호는 남쪽으로 더 이동하여 약 200미터 연결줄이 팽팽하게 되었고 이후부터 제117금성호에 어획물을 싣는 작업이 시작되었을 것으로 추정된다.
- 4.1.9 7번은 약 01시 40분경 본선의 선수는 동쪽에서 북쪽으로 변하였고, 제117금성호의 선수는 서쪽에서 남쪽으로 변화한 상황이다. 이후부터 약 04시 10분경까지 이 상태가 유지되었을 것으로 보인다.
- 4.1.10 8번은 04시 10분경 선단선들의 위치 및 연결 상태이며, 본선의 마지막 AIS 신호는 2024년 04시 12분경 끊어졌다. 항적 분석을 통해 이와 같이 2차 조업 시작부터 사고 발생 시까지 주요 시간대별 선단선들의 위치 관계 및 상황을 확인해 볼 수 있었다.
- 4.1.11 다음으로 AIS 자료를 이용하여 본선과 본선의 좌현 측에 홋줄을 연결하여 끌고 있는 제122금성호의 시간 흐름에 따른 거리 변화를 확인해 보았다.
- 4.1.12 조업 시작부터 두 어선은 홋줄로 이어져 있었고 제122금성호가 본선을 일정한 속도로 끌고 있었기에 두 어선 간 거리는 조업 중 홋줄 길이 만큼의 일정한 거리를 유지했을 것으로 예상해 볼 수 있다.
- 4.1.13 실제 두 어선은 약 303미터 정도의 이격거리를 계속 유지한 것으로 확인되며 이격거리는 큰 변화 없이 유지되다 04시 10분 이후 약 2미터 증가하는 모습을 보였다.



<그림 21> 제135금성호(본선)와 제122금성호 간의 거리

4.1.14 이것은 사고 당시 본선이 제122금성호 쪽으로 잘 끌려오지 않아 연결줄이 팽팽하게 늘어났다는 것으로 해석할 수 있으며, 본선은 끌리는 반대편 쪽으로 전복되었기에 이러한 거동이 발생하였다고 해석될 수 있다.²¹⁾

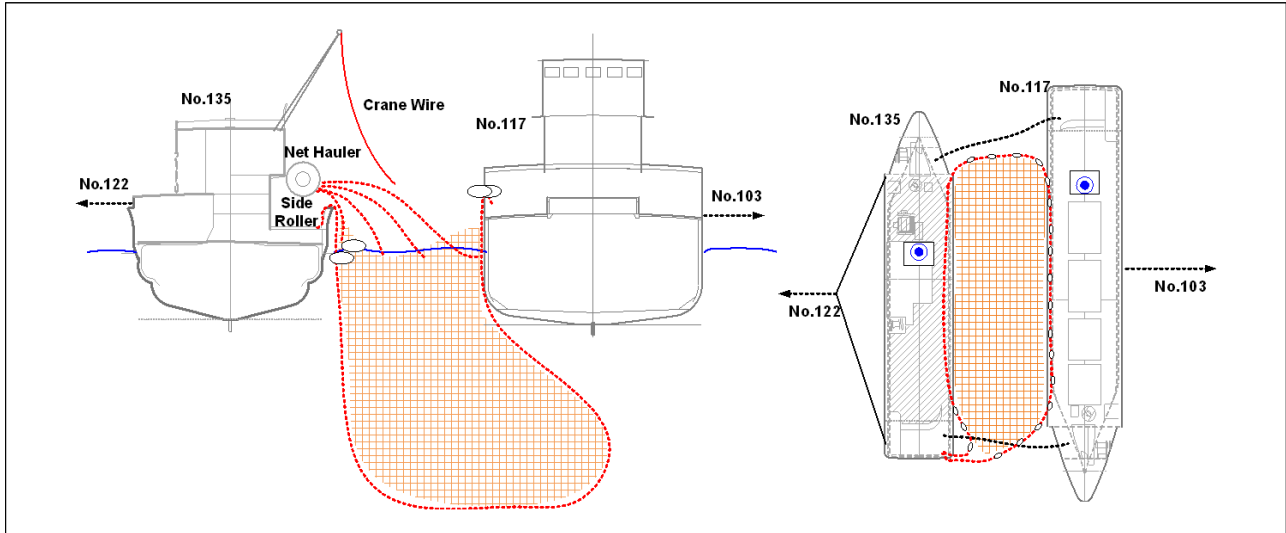
4.2 전복 및 침몰 원인 검토

4.2.1 제135금성호는 사고 당시 제122금성호가 끄는 힘 등에 의해 약 0.15m/s 속도로 서쪽으로 이동하고 있었다. 또한 본선은 제117금성호가 풀어준 뜬줄을 조타실 위 크레인 2대와 각각 연결된 와이어로 잡고 있었다.

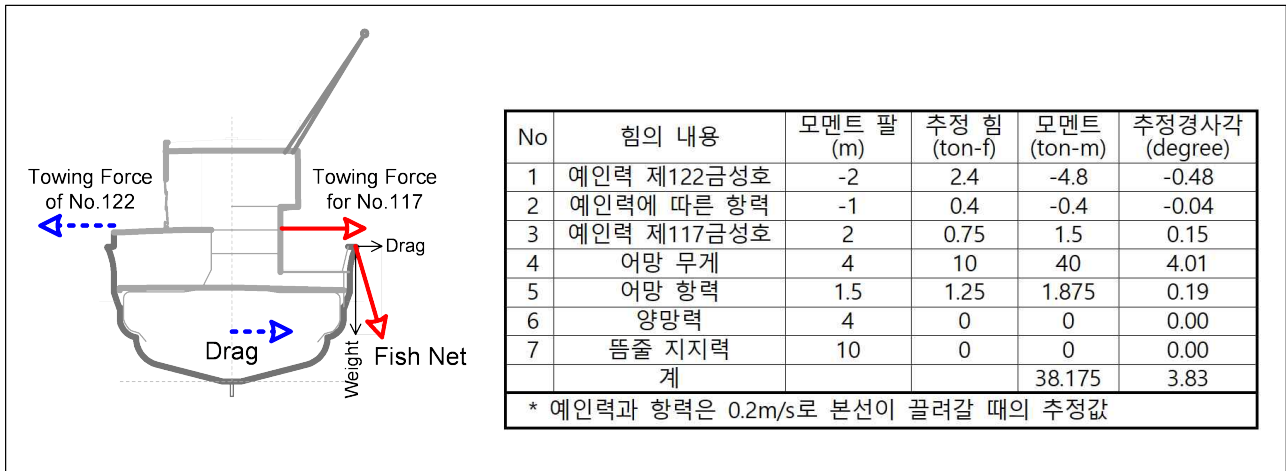
4.2.2 제117금성호는 우현 측에 매어둔 뜬줄을 풀어 제135금성호에 넘겨준 뒤에 본선과 연결된 선수 쪽 홑줄을 풀었고 연이어 선미 쪽 홑줄도 풀었다. 이와 같은 상황에서 본선에 걸리는 힘과 모멘트를 상황별로 분석해 보면 다음과 같다.

4.2.3 우선 제117금성호가 뜬줄을 풀기 전은 다음 장의 <그림 22>와 같은 상황이다. 두 어선은 홑줄로 연결되어 있고 본선은 어망의 한쪽을 현측 볼러에 감고 있었으며 제117금성호는 뜬줄을 우현 현측에 매달아 놓고 있었다.

21) 어선 제135금성호 침몰사고 시뮬레이션 용역 인용



<그림 22> 뜬줄을 풀기 전 제135금성호와 제117금성호의 연결 모습

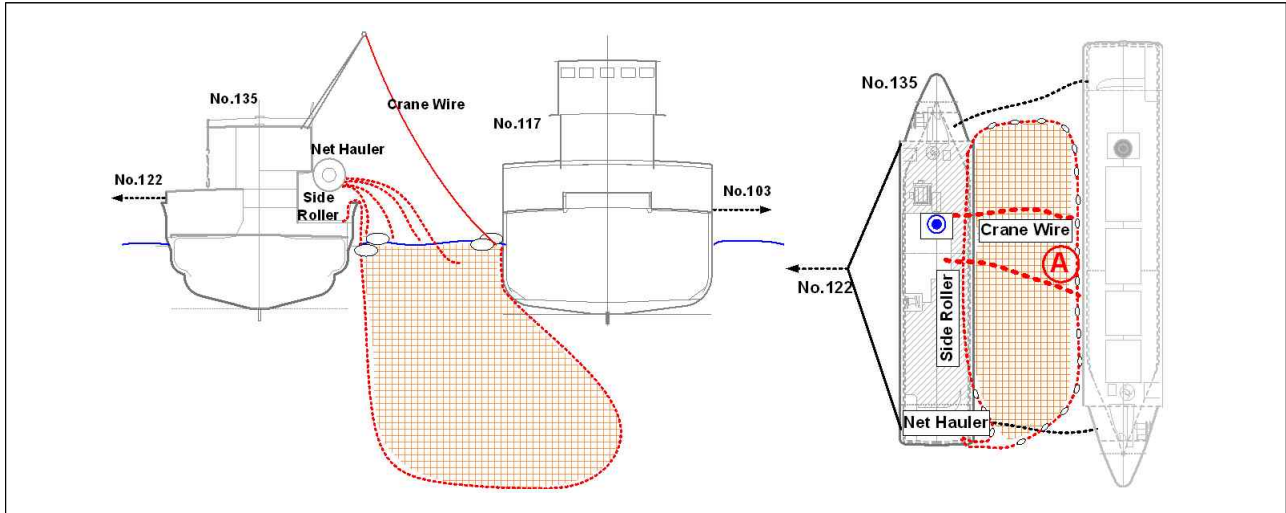


<그림 23> 뜬줄을 풀기 전 본선에 작용하는 힘과 방향

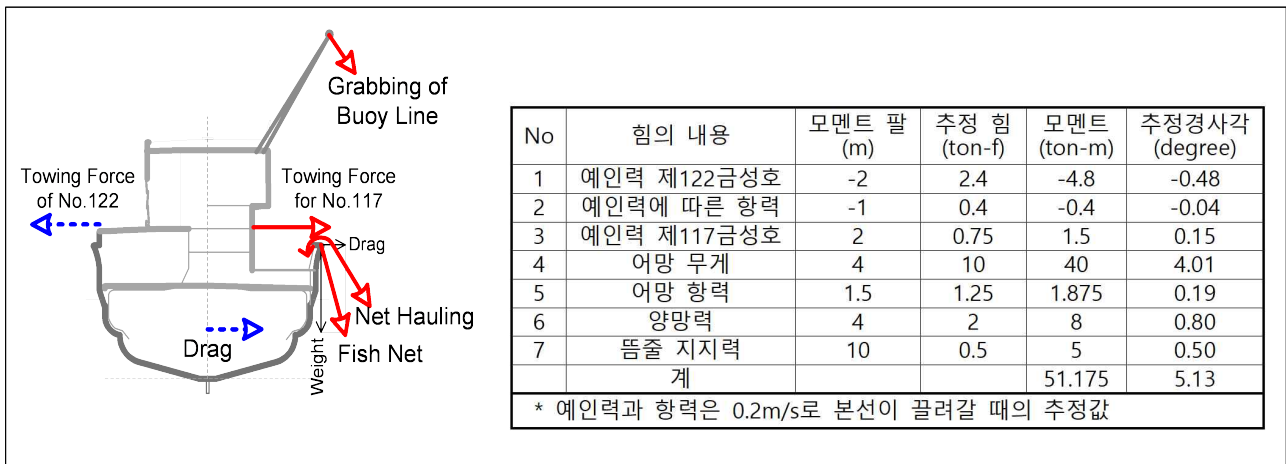
4.2.4 이때 본선에 걸리는 힘들의 방향과 추정값은 <그림 23>과 같으며, 제135금성호의 횡경사에 가장 큰 영향을 주는 힘은 어망 등의 무게²²⁾였으며 이 당시 본선에는 우현 측으로 약 3.83도의 횡경사가 생겼을 것으로 계산되었다.

4.2.5 다음은 제117금성호가 우현 측의 뜬줄을 풀었을 때의 상황이다. 이때 뜬줄은 제135금성호의 조타실 상부 크레인 2대에 연결된 와이어를 통해 잡고 있으며 <그림 24>와 같이 두 어선 사이의 그물 한쪽을 제117금성호가 막고 있어 수면 아래 그물은 동쪽으로 흘러 나가지 않는 상태이다.

22) ‘위낙 많은 어획물이 잡혀 그물을 끌어 올리는데 양망기에서 연기가 발생하였다, 그물이 잘 올라오지 않았다’라는 생존 선원들의 진술 참조, 본선의 부가외력 최대 추정치인 10톤(복원성 계산서)으로 가정하여 계산



<그림 24> 뜬줄을 풀고 난 후 제135금성호와 제117금성호의 연결 모습

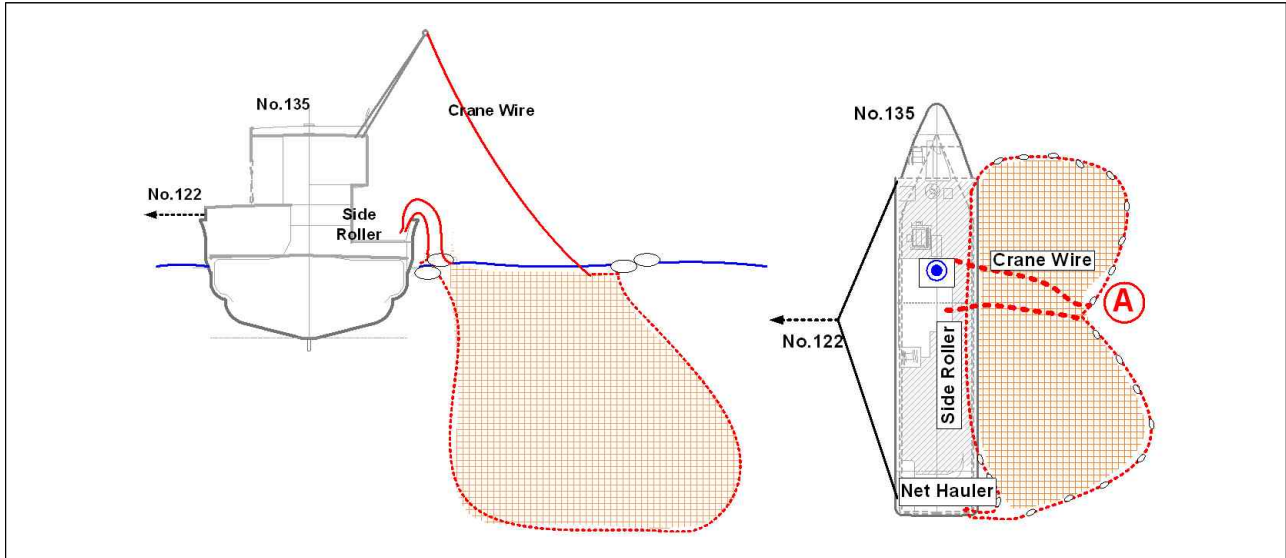


<그림 25> 뜬줄을 풀고 난 후 본선에 작용하는 힘과 방향

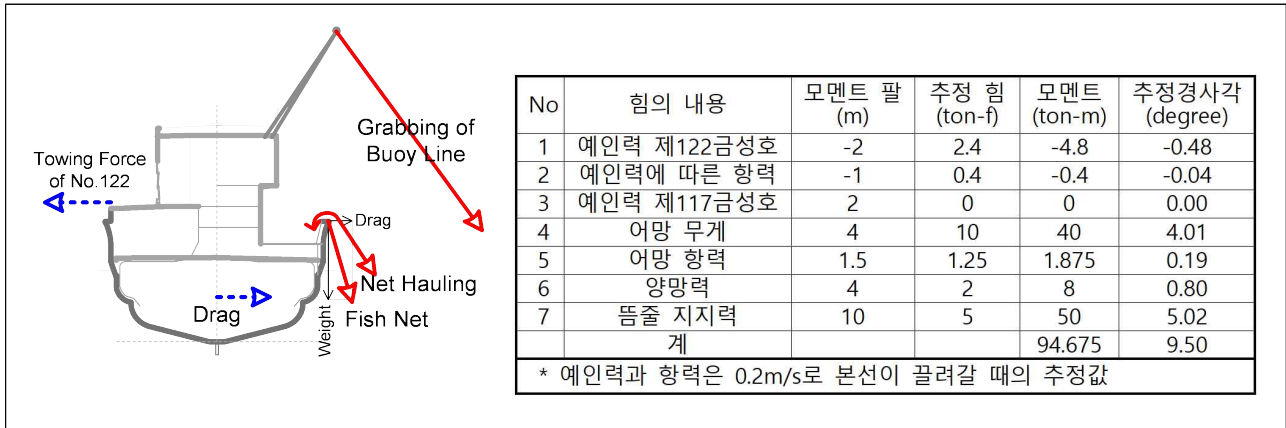
4.2.6 이 상황에서는 제135금성호의 크레인이 뜬줄을 잡고 있는 힘이 추가되며, 어망을 끌어 올리고 있는 상황²³⁾이라 양망력도 더해졌다. 그 결과 제135금성호에는 우현 측으로 약 5.13도의 횡경사가 생겼을 것으로 계산되었다. <그림 25>

4.2.7 마지막으로 <그림 26>과 같이 두 어선을 연결하고 있는 홑줄을 풀었을 때의 상황이다. 홑줄을 풀고 나면 제135금성호가 제117금성호를 끄는 힘이 없어진다. 또한 제135금성호의 크레인이 잡고 있는 ㉠부분을 제외한 그물들은 제135금성호에서 멀어지는 방향으로 흘러가게 된다. 이때에는 크레인이 ㉠부분을 잡고 있기에 그물과 어획물 등의 질량이 크레인 줄에 걸리게 된다.

23) 제117금성호가 홑줄을 풀고 이탈하기 위해 그물을 살짝 들어 올려 주어야 하며 이를 위해 현측 양망기 사용하여 그물을 끌어 올리는 작업 수행(생존 선원 진술 참조)



<그림 26> 홋줄을 풀고 난 후 제135금성호와 제117금성호의 연결 모습



<그림 27> 홋줄을 풀고 난 후 본선에 작용하는 힘과 방향

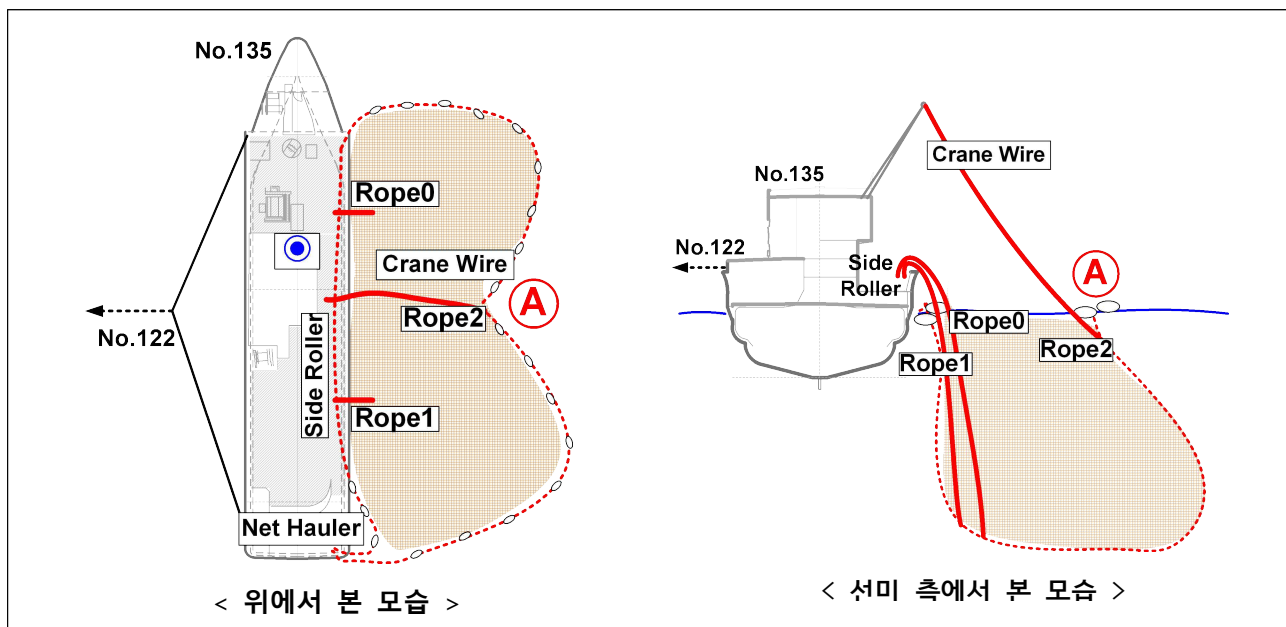
- 4.2.8 이 때 크레인에 걸리는 그물 등의 질량은 정확히 알 수 없으며 이에 따른 힘이 얼마나 되는지 특정할 수 없다. 다만, 뜰줄 지지력으로 5톤 정도의 힘만 작용하였다고 가정해도 본선에는 우현 측으로 9.5도의 횡경사가 발생하는 것으로 계산되었다. <그림 27>
- 4.2.9 제135금성호가 버틸 수 있는 최대 경사 모멘트는 약 110 ton-m이므로 이를 역산하면 전복 사고가 발생했을 당시 크레인에 가해진 뜰줄 지지력은 최소 6.5톤 이상이 되었을 것으로 추정할 수 있을 것이다.
- 4.2.10 뜰줄 지지력은 어망 및 어획물로 인한 수중 항력과 홋줄을 풀었을 때 흘러 나가는 질량을 잡고 있던 힘 등으로 이루어져 있다. 사고 당시 그물 속에 있던 고등어 무게의 최소 추정치인 634톤²⁴⁾ 중 약 3분의 2에 대해서 약 2퍼센트 정도²⁵⁾의 힘이 크레인에

걸렸다고 가정했을 경우에도 뜰줄 지지력은 약 8.45톤으로 계산된다.

4.3 전복 및 침몰 시뮬레이션

4.3.1 앞서 4.2 전복 및 침몰 원인 검토는 정역학적 관점에서의 복원성 분석이고 이에 더해 그물의 양망 시 횡경사가 발생함에 따라 그물에 걸리는 힘의 변화와 조타실 상부 크레인에 걸리는 힘에 대하여 동역학적 시뮬레이션을 수행하여 제135금성호가 어떤 상황에서 전복이 발생하는지 분석하였다.²⁶⁾

4.3.2 시뮬레이션²⁷⁾을 수행하기 위한 모델링의 개략도는 다음 그림과 같다.



<그림 28> 시뮬레이션을 위한 모델링 개략도

4.3.3 본선 제135금성호와 제117금성호는 어획물 이적 작업 중 홑줄로 연결되어 있었고 그물의 ㉠ 부분은 제117금성호 우현 현단에 걸려 있었다. 이후 제117금성호는 그물의 ㉠ 부분을 본선에 넘겨주었고, 본선은 조타실 상부 크레인 와이어로 이를 잡고 있었다.

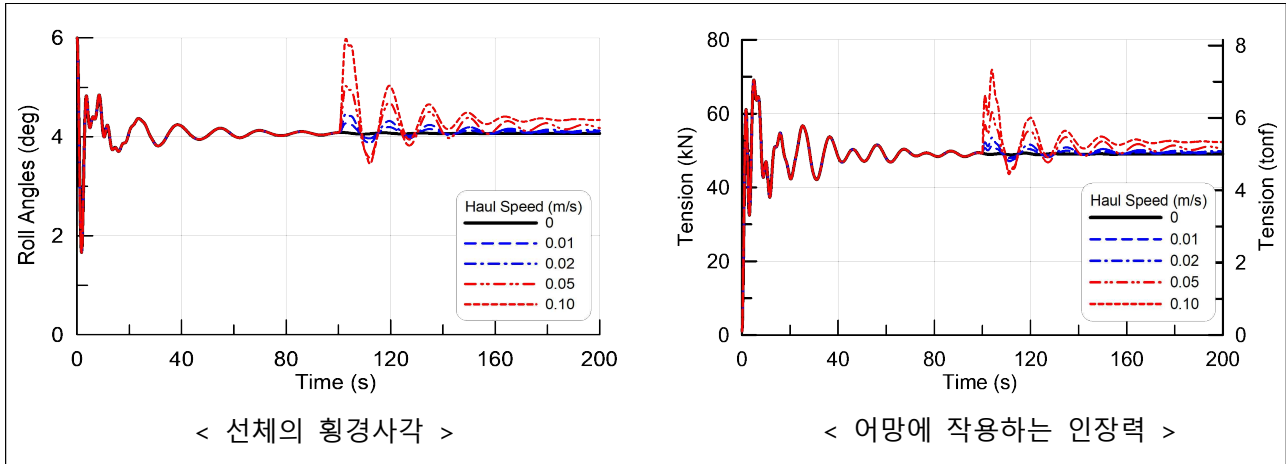
24) 이적 작업 전 약 892 ~ 1041톤에서 운반선 이적량 약 258톤 제외 시 약 634 ~ 783톤 추정(해양교통안전공단 자료 인용)

25) 그물 무게 등 제외, 어류의 수중 질량은 통상 공기 중 질량의 약 2 ~ 3%로 추정

26) '어선 제135금성호 침몰사고 시뮬레이션 용역' 자료 인용

27) 적재 상태는 복원성이 약간 더 좋았던 Case 1에 대하여 분석, 우현 측 롤러는 로프 2개로 대체하여 계산, 조타실 상부 크레인은 두 개를 하나로 합쳐서 계산, 크레인 상부의 위치는 길이방향으로 선체 중앙에 있고 현측방향으로는 우현측 5m에 있으며 높이는 기저선(Base Line)으로부터 10m 상부에 있는 것으로 가정

4.3.4 이 상황에서 그물은 ㉠ 방향(본선이 끌리는 반대편)으로 흘러가야 하는데 제117금성호로 인해 막혀 있었으며 제117금성호가 훗줄을 풀고 이탈하였을 때는 그물이 ㉠ 방향으로 자연스럽게 흘러가게 된다.



<그림 29> 양망기 사용 시 선체 횡경사각 및 인장력 시뮬레이션

4.3.5 위와 같은 상황에서 제117금성호가 훗줄을 풀고 이탈하는 과정에서 본선은 제117금성호가 쉽게 이탈할 수 있도록 현측 양망기를 사용하여 그물을 올리는 작업을 하고 있었고²⁸⁾ 이러한 과정에서 발생하게 되는 횡경사와 어망에 작용하는 인장력을 시뮬레이션 분석하였다.²⁹⁾

4.3.6 시뮬레이션 결과, <그림 29>와 같이 최대 추정치인 0.1m/s의 속도로 양망하였을 때 기존 횡경사 4도에서 2도가 추가되어 최대 6도로 기울어지는 변화가 있었다. 최대 경사 발생 이후 계속 양망하면 약 0.4도의 기울기만 발생하는 것으로 확인되었다.

4.3.7 또한 양망으로 인해 추가로 발생하는 인장력은 약 5톤³⁰⁾으로 계산되었다. 이는 어망을 양망하는 작업만으로는 제135금성호가 전복에 이를만한 횡경사나 인장력이 발생하지 않는 것으로 해석할 수 있다.

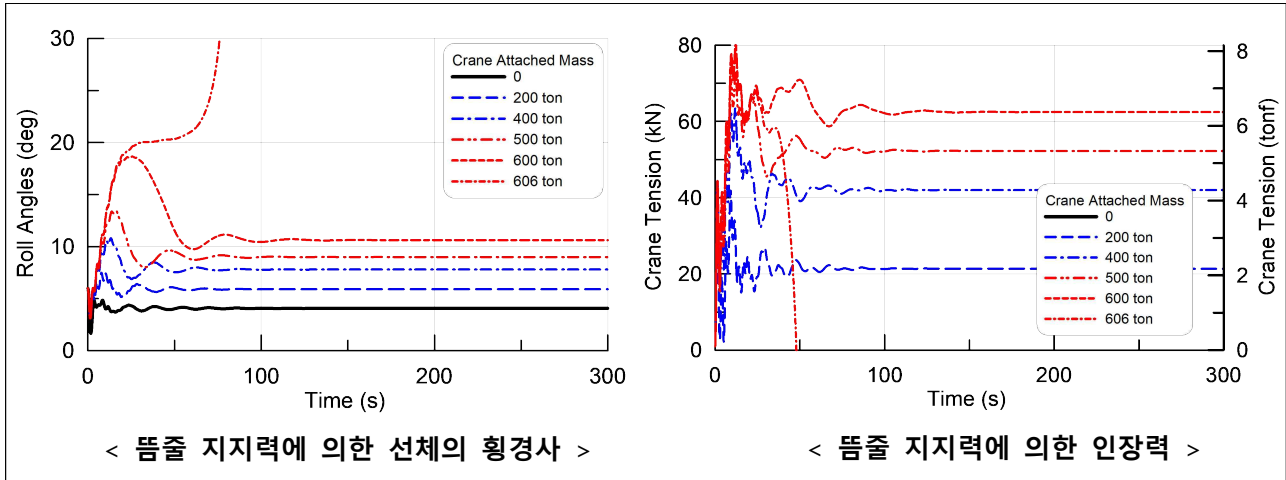
4.3.8 다음으로 제135금성호의 조타실 상부 크레인에 걸리는 힘(뚝줄 지지력)에 따른 선체의 횡경사 및 인장력에 대해 시뮬레이션 분석하였다.

28) 생존자 진술 인용

29) 이때 크레인에 걸리는 힘은 고려하지 않았으며, 질량 약 1,000톤을 100초부터 양망 시작하는 것으로 계산

30) 1개 로프 당 약 2.5톤의 인장력이 추가로 발생, 2개의 로프를 사용하였기에 총 5톤의 인장력 발생

4.3.9 그물이 본선이 끌려가는 쪽 반대 방향으로 흘러가는 속도를 0.1m/s로 가정하고 크레인
 인에 걸리는 질량을 0부터 계속 올렸을 때 뜬줄 지지력 변화에 의한 횡경사 변화와 뜬
 줄 지지력에 의한 인장력을 시뮬레이션한 결과는 <그림 30>과 같다.



<그림 30> 조타실 상부 크레인에 걸리는 힘에 따른 횡경사 및 인장력

4.3.10 뜬줄 지지력에 따른 선체의 횡경사 변화를 살펴보면, 가해지는 질량이 '0' 일 때에 존재하는 횡경사는 약 4도 정도였으며, 질량 200톤일 때는 약 6도, 400톤일 때는 약 8도, 500톤에서는 약 9도 정도의 횡경사 값을 나타냈다.

4.3.11 주목해야 할 부분은 최대 횡경사 값으로 500톤의 질량이 작용하였을 때까지는 최대 횡경사각이 복원적 곡선의 최대 GZ가 나오는 각도인 16도 이내의 범위에 있다.

4.3.12 그러나 질량 600톤이 되면서는 횡경사가 16도를 넘어서게 되며 이때부터는 평균값으로 돌아오는 것도 조금 더 천천히 돌아오게 된다. 이것은 최대 복원정 각도를 넘어가는 영역에서 복원력이 줄어들어 복원되는 속력이 떨어지는 것으로 해석할 수 있다.

4.3.13 606톤의 질량이 걸리게 되었을 때는 최대 복원정 각도를 넘게 되며, 복원력이 감소하는 영역에서 약 20도의 횡경사가 유발되는데 이때는 복원력이 작아져서 횡경사를 되돌리지 못하고 전복하는 상황이 된다.

4.3.14 이때 뜬줄 지지력에 의한 인장력도 최대 약 8톤까지 걸리며 평균 약 6톤 정도의 인장력 구간이 20초 정도 지속되는 결과가 나타났다. 정리하면 약 606톤의 흘러가는 질량이 크레인에 걸리고 이때의 인장력이 약 6톤 이상이 되었을 때 제135금성호는 전복되는 것으로 계산되었다.

4.3.15 종합해 보면 제135금성호의 조타실 상부 크레인에 집중되어 가해진 그물과 그물 속 어획물의 과도한 질량이 본선 전복에 가장 큰 영향을 주었고, 현측 양망기를 사용 등으로 인한 횡경사와 그물 인장력, 그물이 본선 반대편으로 흘러가며 작용한 힘 등이 복합적으로 작용하여 본선의 전복과 침몰을 발생시켰을 것으로 추정된다.

4.4 과도한 어획물 포획 시 대응 부적절

4.4.1 제135금성호의 사고 경위와 생존 선원들의 진술을 살펴보면 사고 발생 당시 그물에 포획된 고등어의 양은 평상시 조업에 비해 상당히 많았던 것으로 판단된다.

4.4.2 생존 선원들은 “평소 양망하여 운반선 어획물 적재 완료 시까지 1시간가량 소요되나 당시 어획물이 평소 때와 달리 몇 배 양의 어획물이 포획되어 적재하는 데 4시간가량 소요되었다.”라고 공통되게 진술하였다.

4.4.3 또한 “평소 조업 시 어획량의 약 3배는 되었다.”, “한 번 하역을 마쳤음에도 어획물의 양이 전혀 줄어들지 않았다.”, “양망 시 어획물이 너무 많아 우현 측 롤러 부분에서 연기가 났으며 그물이 끝까지 올라오지 않았다.” 등 어획량과 관련한 여러 진술은 사고 당시 어획량이 평소보다 과도하게 많았음을 짐작하게 한다.

4.4.4 대형선망어선에서는 과도한 양의 어획물이 포획되는 경우가 가끔 발생하며 이로 인해 선체가 우현으로 전복될 위험이 있다. 이에 우현 경사를 줄이고 무게 중심을 좌현 쪽으로 이동시키기 위한 조치가 필요하며 주요한 방법은 다음과 같이 알려져 있다.³¹⁾

4.4.5 첫 번째는 크레인의 헤드와 몸체를 우현에서 좌현 쪽으로 최대한 돌려주는 것이고, 두 번째는 우현에 적재된 연료를 좌현으로 이동시키는 것이며 세 번째로는 우현 그물을 느슨하게 풀어 어획물이 수면 밑으로 내려앉도록 하는 것이다.

4.4.6 이와 같은 방법으로 조치하여도 해결이 되지 않을 경우 본선의 복원성을 유지하기 위해 양망을 포기³²⁾하고 그물을 잘라내야 한다. 이번 사고의 경우 4.4.5의 세 가지 조치는 모두 취한 것으로 추정³³⁾되나 사고를 막지 못했고 결국 그물을 잘라서 본선의 안전

31) 타 선단 어로장, 항해사 및 관련 업계 종사자들의 진술 참조

32) 정어리나 고등어와 같이 크기가 작은 어종(그물코에 끼게 되어 더 위험)이 대량으로 잡힐 경우 그물을 잘라내는 경우가 가끔 있으며 어획량이 너무 많으면 그물을 자르는 것은 당연한 것으로 인식되고 있다고 관계자 진술

33) 생존자 진술 참조

을 확보해야 했으나 조치가 너무 늦어³⁴⁾ 그물을 잘라내지 못했다.

4.4.7 또한 이번 사고와 같이 운반선 교체 과정에서 본선 조타실 상부 크레인으로 뜰줄을 잡고 있을 경우, 앞서 살펴본 바와 같이 어망과 어획물의 질량, 어망이 흘러가면서 발생하는 힘 등이 모두 크레인에 집중되어 전복이 발생할 위험이 크므로, 비상시 크레인 와이어줄을 풀어주는 등 크레인에 걸리는 힘을 즉각적으로 줄이는 조치가 필요하다.

4.4.8 아울러 크레인이 뜰줄을 잡고 있는 상황에서 운반선의 훗줄을 바로 풀 것이 아니라 본선에서 전복을 예방하기 위한 조치들이 완료되었는지 확인하고, 혹시 모를 비상 상황에 대응 대응할 수 있는 준비를 하는 등 충분한 안전마진을 두고 훗줄을 풀어야 했으나 그렇게 하지 못하였다.

4.5 복원성 계산 시 부가외력 반영 미흡

4.5.1 「어선법」에서는 길이가 24미터 이상인 어선의 소유자가 해양수산부령으로 정하는 바에 따라 복원성 승인을 받도록 정하고 있으며³⁵⁾ 해양수산부 장관은 ‘어선복원성 및 만재흘수선 기준’(해양수산부 고시)에 적합할 경우 어선 소유자가 제출한 복원성 관련 도면을 승인하도록 규정하고 있다.³⁶⁾

4.5.2 ‘어선복원성 및 만재흘수선 기준’(이하 ‘어선복원성 기준’이라 한다)에서는 어선의 복원성 기준 등에 대해 규정하고 있으며, 이와 관련 배의 길이 40미터 미만의 어선과 40미터 이상의 어선을 구분하여 복원성 규정을 정하고 달리 이를 충족하도록 하고 있다.

4.5.3 제135금성호는 선체 길이가 36.67미터인 어선으로 40미터 미만의 어선에 해당되어 이에 따른 복원성 규정을 적용받으며, 관련 규정에 따라 정부검사대행 기관인 한국해양안전교통공단으로부터 2004년 2월 25일 복원성 도면 등에 대한 승인을 받았다.

4.5.4 한편 ‘어선복원성 기준’은 선망어선의 경우 어로 작업 중 현측 윈치 등을 사용함으로 인해 발생할 수 있는 부가적인 외력이 복원성 기준에 적합할 것을 요구하고 있다.³⁷⁾

34) 본선이 전복되기 직전 어로장이 어구를 자르라고 지시하였으나 이미 바닷물에 잠기고 있던 상황에서 급격히 기울어지며 전복되었다고 생존자 진술

35) 「어선법」제3조의2(복원성 승인 및 유지)제1항제1호

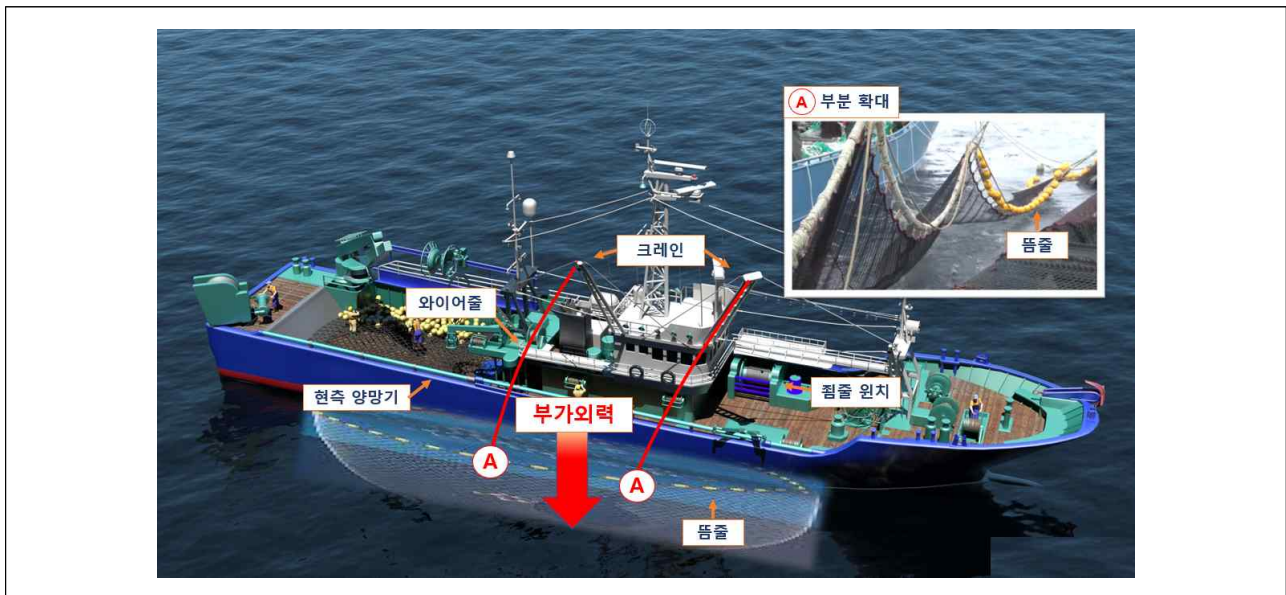
36) 어선법 시행규칙 제3조의2(복원성 승인)

37) ‘어선복원성 및 만재흘수선 기준’ 제11조(어선의 복원성 기준) 제1항제2호

4.5.5 이와 관련 대형선망어선인 제135금성호는 양망 시 부가적인 외력을 주는 줍줄 윈치(Purse winch)의 용량을 복원성 계산 시 반영하였다. 복원성 계산서에 따르면, 줍줄 윈치의 용량은 총 10톤이며 이 힘이 양망 시 하중으로 모두 작용한다는 가정하에, 줍줄 윈치 용량을 모두 사용하여도 양망 작업 중 선체의 현단이 수면에 닿는 상태가 되지 않아 복원성을 만족하는 것으로 판정하였다.

4.5.6 그러나 앞서 살펴본 것처럼 본선의 전복 과정에서 부가적인 외력으로 크게 영향을 준 것은 조타실 상부에 있던 크레인에 걸린 뜬줄 지지력이며, 현측 양망기에 걸린 그물과 그물 속 어획물의 질량, 양망기 사용 시 발생하는 힘도 부가외력으로 작용하였다.

4.5.7 통상 대형선망어선 조업 중 운반선을 교체할 때 위와 같은 방식으로 상부 크레인이 뜬줄 그물을 잡아야 하며, 현측 양망기에도 그물이 걸려 있는 상태로 이러한 힘들은 복원성 계산 시 부가외력으로 고려되어야 할 것으로 판단되나 복원성 계산 시에는 이러한 부가외력이 포함되지 않았다.



<그림 31> 제135금성호에 작용한 부가외력 도식도

section

5

결론

5. 결론

- 5.1 이번 사고는 제135금성호의 조타실 상부 크레인에 집중되어 가해진 그물과 그물 속 어획물의 과도한 질량이 본선 전복에 가장 큰 영향을 주었고, 현측 양망기를 사용 등으로 인한 횡경사와 그물 인장력, 그물이 본선 반대편으로 흘러가며 작용한 힘 등이 복합적으로 작용하여 본선의 전복과 침몰을 발생시켰을 것으로 추정된다.
- 5.2 본선 제135금성호와 운반선 제117금성호를 연결하고 있던 훑줄을 풀면 그물의 뜸줄을 잡고 있는 본선 조타실 상부 크레인에 그물과 어획물 등의 질량이 모두 걸리게 된다. 본선이 버틸 수 있는 최대 경사 모멘트는 약 110 ton-m로 이를 역산하면 전복 사고 시 가해진 크레인에 걸린 뜸줄 지지력은 최소 6.5톤 이상 되었을 것으로 추정된다.
- 5.3 전복 시뮬레이션 결과 제135금성호는 양망 시 최대 약 6도까지 기울고 그물로 인한 인장력은 약 5톤 발생하였다. 또한 크레인에 606톤의 질량이 걸리게 되었을 때 선체의 횡경사는 최대 복원정 각도를 넘어 전복하는 상황이 되며 이때 인장력도 최대 약 8톤까지 발생하는 것으로 계산되었다.
- 5.4 대형선망어선 조업 중 과도한 어획물을 포획하였을 때는 본선 크레인에 걸리는 과도한 하중을 줄이고, 연료유를 이동시키는 등 가능한 안전조치를 모두 취하고, 필요시 그물을 잘라내어 선체 복원성을 확보해야 했으나 그렇게 하지 못했다.
- 5.5 제135금성호와 같은 선망어선은 ‘어선복원성 및 만재흡수선 기준’에 따라 어로 작업 중 발생하는 부가적인 외력이 복원성 기준을 만족해야 한다. 그러나 본선이 전복하는 데 작용한 크레인과 현측 양망기에서 발생한 부가외력은 복원성 계산 시 포함되지 않았다.

section

6

권고

6. 권고

6.1 과도한 어획물 포획 시 안전 조업 강화

- 6.1.1 해양수산부는 이번 대형 사고를 계기로, 대형선망어선에서 과도한 어획물을 포획했을 경우 취해야 할 안전조치 사항들을 검토하여 일선 어선 선장과 선주들에게 배포하고 안전교육을 실시하는 등 재발 방지를 위한 조치를 시행할 필요가 있다.
- 6.1.2 수협중앙회 등 어로 작업 관련 교육을 시행하는 기관에서는 이번 대형선망어선 사고 사례를 선주, 선장 및 어선원들에게 전파하여 사고 경각심을 높이고 안전조치 사항을 숙지시키는 등 재발 방지를 위해 노력해야 할 것이다.
- 6.1.3 대형선망어선 선장 및 어선원들은 과도한 어획물을 포획했을 경우 운반선 교체 과정에서 이번 사고와 같은 선체 전복이 발생할 수 있음을 인식하고, 과도한 어획물을 포획하여 운반선 교체가 필요한 경우 다음과 같이 조치하여 안전을 확보해야 할 것이다.

< 과도한 어획물 포획 시 운반선 교체 과정에서의 안전 확보방안(예시) >

- ① 우현 횡경사를 줄이기 위해 크레인 헤드와 몸체를 좌현 측으로 최대한 돌린다.
- ② 우현 횡경사를 줄이기 위해 적재된 연료유를 좌현 측으로 이동시킨다.
- ③ 우현의 그물을 느슨하게 풀어 어획물이 수면 밑으로 내려앉도록 한다.
- ④ 크레인의 와이어 줄을 풀어 조타실 상부 크레인에 걸리는 힘을 줄인다.
- ⑤ 본선에서 위와 같은 조치 완료 및 상황 판단 후 운반선의 훗줄을 푼다.
- ⑥ 전복 위험이 크고 양망이 어려울 것으로 판단될 경우, 신속히 그물을 잘라낸다.

6.2 양망 시 작용하는 모든 부가외력을 복원성 계산 시 반영

- 6.2.1 해양수산부는 대형선망어선의 크레인 및 현측 양망기 등 어로 작업 시 부가적인 외력을 발생시키는 어로 장비들을 식별하고 이러한 장비들이 어선의 복원성 계산 시 반영될 수 있도록 하는 등 재발 방지 조치를 시행할 필요가 있다.
- 6.2.2 정부검사대행 기관은 대형선망어선에 대한 복원성 도면 등 승인 시 어선에 영향을 주는 모든 부가외력을 고려한 최대 부가외력 계산이 되었는지 확인하고 누락 사항이 있을 때는 시정토록 하는 등 어선의 복원성이 확보될 수 있도록 조치해야 할 것이다.
- 6.2.3 대형선망어선 선주는 어로 작업 중 부가적인 외력을 발생시키는 장비들은 복원성 계산 시 빠짐없이 포함하여 어선의 복원성이 확보될 수 있도록 해야 할 것이다.



해양수산부

중앙해양안전심판원