



원양어선 제501오룡호 침몰사고 특별조사 보고서

〈Safety Investigation Report〉

사 고 일 자 : 2014. 12. 1.

공 표 일 : 2016. 3. 11.

해양안전심판원 특별조사부

참 고 사 항

이 보고서는 해양사고의 원인을 밝히기 위한 목적으로 작성되었으며, 민·형사상 책임, 처벌 또는 비난 등을 하기 위한 의도로 작성된 것은 아닙니다. 따라서 본 보고서를 「해양사고의 조사 및 심판에 관한 법률」 제18조의3제6항에 따라 민·형사상 재판 등의 증거자료로 활용하지 않도록 하여 주시기 바랍니다.

이 보고서에 기술된 관련 법령 및 기관 명칭 등은 사고 당시 시점을 기준으로 작성되었습니다.

목 차

1. 요 약	1
2. 사실관계	6
2.1 선박 주요 제원	6
2.2 선박구조 및 특성	8
2.3 선박개조 및 러시아 선급의 선박검사	12
2.4 한국선급의 선박검사	16
2.5 건조 후 운항 상황 및 운항 상 문제점	17
2.6 시조산업(주) 북태평양 트롤 조업 면허 취득 및 운항	18
2.7 북태평양 명태조업선 어획쿼터 획득 및 배정 현황	19
2.8 제501오동호 선원 승무 현황 및 근무방식	21
2.9 제501오동호 구명설비	24
2.10 시조산업(주)의 원양어선 안전관리	25
3. 사고 상세	27
3.1 부산 감천항 출항 및 조업	27
3.1.1 출항 및 승선현황	27
3.1.2 출항 시 연료유 등 적재에 따른 재화중량	27

3.1.3 출항 후 항해 및 조업과 재화중량변화	28
3.1.4 조업 중 오를배출구의 손상	31
3.2 사고 전·후 현지 기상 상황	32
3.3 사고 발생 상황	38
3.3.1 사고 발생 전 조업형태 및 사고 전 선장의 휴식	38
3.3.2 사고 발생 상황	39
3.3.3 퇴선 및 인명 구조 상황	50
3.3.4 사고 후 수색작업	54
3.3.5 인근선박과의 시·간·대별 교신내용	55
4. 사고 분석	61
4.1 사고 발생 지점 및 시각	61
4.2 선박 배수량 변화 및 복원성 시뮬레이션 분석	62
4.2.1 부산 감천항 출항이후 사고 시까지 배수량 변화	62
4.2.2 선박 복원성 기준	64
4.2.3 부산 감천항 출항 시(7. 10) 복원성	67
4.2.4 조업 중(8. 14) 복원성	70
4.2.5 사고 발생일(12. 1) 오전 복원성	73
4.2.6 사고 발생 직전 복원성(어획률 20톤 갑판상 적재)	76
4.2.7 오를배출구가 정상이었을 경우 가정 복원성 비교 검토	78
4.2.8 사고 발생 과정 중의 복원성 검토	80

4.2.9 사고 발생 과정 중 우연 경사사의 복원성(CASE-1)	81
4.2.10 사고 발생 과정 중 잔여 경사사의 복원성(CASE-2)	86
4.2.11 소결	91
4.3 유체-구조 연성 해석기법 이용 선박 침몰 시뮬레이션 결과 분석	92
4.3.1 시뮬레이션 실시 개요	92
4.3.2 침몰사고 시의 해상상태 분석 및 시뮬레이션	95
4.3.3 선형 및 구조도 분석과 시뮬레이션 모델링	96
4.3.4 유체-구조 연성 해석기법을 이용한 실선 침수침몰 시뮬레이션 ...	101
4.3.5 소결	123
4.4 사고 발생 인적요인	124
4.4.1 선박의 안전관리 시스템 미흡	124
4.4.2 선박에서의 선원 근무 형태	125
4.4.3 주요해기사의 미승선	126
4.4.4 선장의 선박운용 부적절(사고발생 단계별)	129
4.4.5 소결	139
4.5 사고 발생의 하드웨어적 요인	141
4.5.1 피수병커 해치커버	141
4.5.2 오물배출구	142
4.5.3 기상 파악을 위한 장비 및 지원	144
4.5.4 소결	145
4.6 사고 발생의 외부 요인	146

4.6.1 선사의 안전관리 시스템	146
4.6.2 적정 자격 승무원 승선 확인 제도	148
4.6.3 검사단체의 검사 적절성	150
4.6.4 인근 조업선과의 협조 시스템	152
4.6.5 소결	153
5. 사고원인	155
5.1 직접 원인	155
5.1.1 기상 악화 속 무리한 조업 강행	155
5.1.2 황전 시 양망과 관련한 선장의 판단착오	155
5.1.3 피수벙커 해치커버 개방으로 인한 해수 유입	156
5.1.4 오물배출구 셔터 틀락으로 인한 복원성 악화 및 해수유입	156
5.1.5 어획물 처리실 내 빌지배출장치 작동 불능	156
5.1.6 타기실 해수유입으로 인한 타기시스템 작동 불능	157
5.1.7 선박 우현 경사 회복을 위한 연료유 및 화물 이동	157
5.1.8 어창 및 기관실 해수 유입으로 인한 부력 상실	158
5.1.9 퇴선 결정 시점의 부적정	158
5.2 간접 원인	158
5.2.1 선사의 부실한 안전관리 시스템	158
5.2.2 부실한 선박지원 시스템	159
5.2.3 피로로 인한 선장의 판단 착오	159

5.2.4 부적절한 피쉬폰드 해치커버 개조	160
5.2.5 철저하지 못한 선박 검사	160
5.2.6 주요 해기사 미승선 및 자격미달 선원 승선	160
5.2.7 비상상황 대비 훈련 미실시	161
5.2.8 철저한 상명하복의 선원 간 상호 관계	161
5.2.9 피로를 가중시키는 선박의 근무 시스템	162
6. 제도 개선사항	163
6.1 원양어선 안전관리체제 도입 및 안전활동 확인 방안 마련	163
6.2 선박 침수 시 예비부력 악화방지 방안 마련	164
6.3 원양어선 출항 시 적정 선원의 승선여부 확인제도 실시	165
6.4 피쉬벙커 해치커버의 구조 개선	166
6.5 오물배출구 구조 개선 등	166
6.6 원양어선의 조종특성 및 비상시 행동요령 등 선원교육 강화	167
6.7 원양어선의 구명설비(방수복 적재 등) 기준 강화	167
6.8 선박검사단체의 선박검사원 배정 등 절차 및 점검표 개정	168
6.9 기상상태에 따른 원양어선 톤급별 피항권고 기준 마련	169
6.10 원양어선 보고시스템에 따른 재화적재증량 모니터링	169
6.11 선원피로 저감 및 선원 간 소통강화 방안 마련	170

부록 : 제501호 유통 신원 현황

1. 요약(모든 시각은 현지시각임)

- 1.1 원양어선 제501오룡호는 2014년 7월 10일 14시 00분경 북태평양에서 명태를 어획하기 위하여 부산 감천항을 출항하였다.
- 1.2 제501오룡호는 2014년 12월 1일(월) 05시 00분경 북위 62도 09분 47초 · 서경 176도 31분 44초 해상에서 명태를 어획하기 위하여 투망하였다. 이후, 투망을 완료하고 예망 중이던 같은 날 10시 30분경부터 기상이 악화¹⁾되어 제501오룡호의 선체가 매우 요동하였다.
- 1.3 기상이 매우 악화된 상황에서 제501오룡호 선장은 선원들에게 양망을 지시하였으며, 같은 날 11시 00분경부터 양망을 시작하여 11시 35분경 완료하고 선미 방파문을 폐쇄하였다.
- 1.4 양망 후, 방파문이 폐쇄되어 있음에도 갑판으로 파도가 계속 유입되었고, 파도 유입을 이유로 한국인 갑판장이 반대하였음에도 불구하고 선장은 피쉬벙커²⁾ 해치커버³⁾(Fish Bunker Hatch Cover)를 개방하여 양망된 자루그물에 든 고기를 피쉬벙커로 투하하도록 지시하였다.
- 1.5 해치커버를 개방함에 따라, 어획된 고기와 함께 다량의 해수가 피쉬벙커로 유입되자 선박에서는 즉시 해치커버를 닫았으나 해치커버와 갑판사이에 그물이 걸려 그 틈으로 해수가 계속 유입되었다.

1) 생존선원들의 진술과 기상분석 자료에 따르면 투망 당시에는 초속 10미터의 동풍이 불고, 파고가 2미터 정도였으나, 2014년 12월 1일 10시 30분경부터는 초속 15미터 이상의 동풍이 불고, 파고가 4미터 이상으로 높아졌으며, 간헐적으로 초속 25미터 이상의 강풍과 5미터 높이의 **파도가** 발생하였다.

2) 피쉬벙커 : 트롤 선박에서 그물을 양망하여 갑판 상으로 올린 이후 어획물을 투하하여 임시 보관하는 공간으로 처리실과 연결되어 처리실로 어획물을 공급함

3) 해치커버 : 선박의 갑판 하 창고의 갑판상 개구부의 덮개

1.6 같은 날 12시 06분경부터 제501오룡호는 파도를 선미로 받으며 러시아 나바린항⁴⁾을 향해 피항을 시작하였다.

1.7 피쉬벙커에 투하된 어획물과 해수의 압력으로 피쉬벙커와 처리실⁵⁾ 사이를 구획하고 있는 나무 칸막이가 이 선박의 우현측부터 터져 처리실로 어획물과 해수가 유입되었고, 이로 인하여 선체가 우현으로 30도 가량 경사되었다.

1.8 기관실 근무자들은 기관실의 빌지펌프⁶⁾를 사용하여 처리실로 유입된 해수를 배출하려고 하였으나, 유입된 어획물 등의 오물이 빌지웰⁷⁾을 막아 기관실의 빌지펌프를 이용한 배출이 불가하여 같은 날 12시 30분경부터 이동식잠수펌프⁸⁾를 이용하여 해수를 배출하였다.

1.9 같은 날 13시 00분경부터는 선체의 균형을 바로 잡기 위하여 기관실에서는 우현연료유 탱크의 연료유를 좌현으로 옮겼으며, 어창에서는 우현측에 적재된 제품을 좌현측으로 옮겨 경사를 바로잡고자 하였다. 동 시각, 우현측 통로를 통하여 타기실로 해수가 유입되어 타기가 좌현전타 상태에서 멈추었다.

1.10 같은 날 14시 00분경에는 선체가 바로 서서 균형을 유지하였으며, 14시 30분경 지원 차 제501오룡호에 접근한 카롤리나 77로부터 이동식잠수펌프 1대를 예인색을 연결하여 넘겨받았다.

4) 나바린(MYS Navarin) : 베링해 서쪽에 위치한 러시아의 항구로 사고해역으로부터 285도 약 107마일 거리에 있음

5) 처리실 : 어선에서 어획한 고기를 손질하고 냉동하여 제품화하는 공장형태의 공간

6) 빌지펌프 : 선박에서 오수를 배출하기 위하여 작동하는 펌프

7) 빌지웰 : 갑판의 하부에 오수를 모아두기 위한 공간

8) 이동식 잠수펌프 : 인력으로 이동이 가능한 소형펌프로, 유입호스를 물에 담그고 유출호스를 외부에 연결하여 물을 퍼냄

1.11 그러나, 제501오룡호는 15시 00분경부터 바람과 파도를 우현으로 받게 되면서 선체가 좌·우현으로 급격히 요동친 후 좌현으로 급하게 경사되기 시작하였다. 선체가 좌현으로 경사되면서 셔터⁹⁾가 떨어져 나간 채로 방치되어 있던 좌현의 오물배출구를 통하여 다량의 해수가 선내로 유입되었다.

1.12 좌현으로 급격하게 경사되던 이 선박은 15시 30분경 좌현 선미 부터 수면하로 가라앉기 시작하였고, 16시 49분경 이 선박의 ARGOS 위성¹⁰⁾ 위치신호가 소실되었으며, 17시 06분경 북위 61도 54분 36초, 서경 177도 09분 00초에서 완전 침몰하였다.

1.13 이 사고로, 승선한 선원 60명(한국인 11, 러시아 1, 필리핀 13, 인도네시아 35) 중 단지 7명(러시아 1, 필리핀 3, 인도네시아 3)만이 생존하고 27명이 사망하였으며, 26명이 실종되었다.

1.14 구조된 선원들은 16시 40분경 자선을 탈출하였으며, 인근 선박 잘리브자비야가가 2명(인니 1, 필리핀 1)을, 캐롤리나 77이 6명(한국인 1, 필리핀 2, 인니 2, 러시아 1)을 구조하여 총 8명이 구조되었으나, 한국인 선원 1명은 사망하여 7명만 생존하게 되었다.

1.15 이 사고는 제501오룡호가 기상이 악화될 것으로 예보된 상태에서 명태 어획을 위하여 무리하게 투망을 개시 하였고, 악화된 기상 상태에서 양망한 어획물을 피쉬벙커에 투입하는 과정에서 다량의 해수가 어획물과 함께 피쉬벙커로 유입되었으며,

9) 셔터(Shutter) : 오물배출구의 외판측에 설치된 개폐장치로 수밀을 유지하기 위하여 유압으로 작동됨. 이에 대하여는 30페이지 3.1.4에 그림으로 자세히 설명되어 있음

10) ARGOS위성(Advanced Research & Global Observation Satellite) : 미국의 고급연구 및 전세계 관측 위성

- 1.16 피쉬벙커 해치커버를 닫는 과정에서 그물이 해치커버에 끼임에 따라 벌어진 해치커버를 통해 계속적으로 해수가 유입되고, 좌현측 오물배출구를 통하여 해수가 지속 유입되는 상황에서 유입된 해수를 적절히 배출하지 못하여 복원력과 부력을 잃고 침몰한 것으로 판단된다.
- 1.17 제501오룡호에 적재되어 있던 어구 등을 제외한 어획물 315톤 및 연료유 608킬로리터는 어창 및 연료탱크 내에 잔존하고 있는 것으로 추정된다.
- 1.18 17시 06분경 침몰 사고 발생 후 인근에 도착한 조업선들에 의하여 인명구조가 이루어졌으나, 현지 기상 상태가 매우 열악하고 어두운 상태¹¹⁾에서 구명뗏목 5대 등을 수거하고 선원 8명을 구조(구조 후 1명 사망)하는 데 그쳤다. 이는 갑작스런 침몰로 퇴선 시기를 놓쳤기 때문인 것으로 판단된다.
- 1.19 또한, 이 선박에서는 안전관리체제가 시행되지 않았고, 평상 시 체계적인 퇴선훈련이 이루어지지 않아 실제 퇴선상황에서 구명뗏목의 작동이나 방수복 착용 등의 적절한 조치가 이루어지지 않은 것으로 판단된다.
- 1.20 이는 원양어선(사)의 경우 안전관리체제의 시행이 법제화 되어 있지 않고, 어선 선사들과 선원들은 관례적으로 선장을 중심으로 고용관계가 형성되어, 선박에서의 안전이 선장의 개인적 능력과

11) 사고 당일 일몰시각은 14시 33분경임

성향에 따라 영향을 많이 받기 때문인 것으로 판단된다.

- 1.21 또한, 선사에서는 선장 등 해기사들이 소지한 면허가 선박직원법에서 정한 기준에 미달하였음에도 이전 근무 시 특별한 문제가 없었다는 이유로 승무토록 조치하였으며, 일부 해기사의 경우 결원인 상태로 출항하여 전체적인 운항능력의 약화를 초래하였다.
- 1.22 향후 이러한 사고의 재발방지를 위하여, 사업자의 안전관리 강화 등 원양어선사의 안전관리체계 개선과 적정 선원들이 승선하였는지를 출항 전에 확인할 수 있는 방안을 마련할 것을 제안한다.
- 1.23 또한, 해수유입의 주요 원인으로 밝혀진 피쉬벙커 해치커버와 오물배출구의 경우 해수의 대량유입을 원천적으로 방지할 수 있도록 구조나 작동방식을 개선할 것을 제안한다.
- 1.24 이 사고의 시간대별 진행과정을 요약하면 다음과 같다.

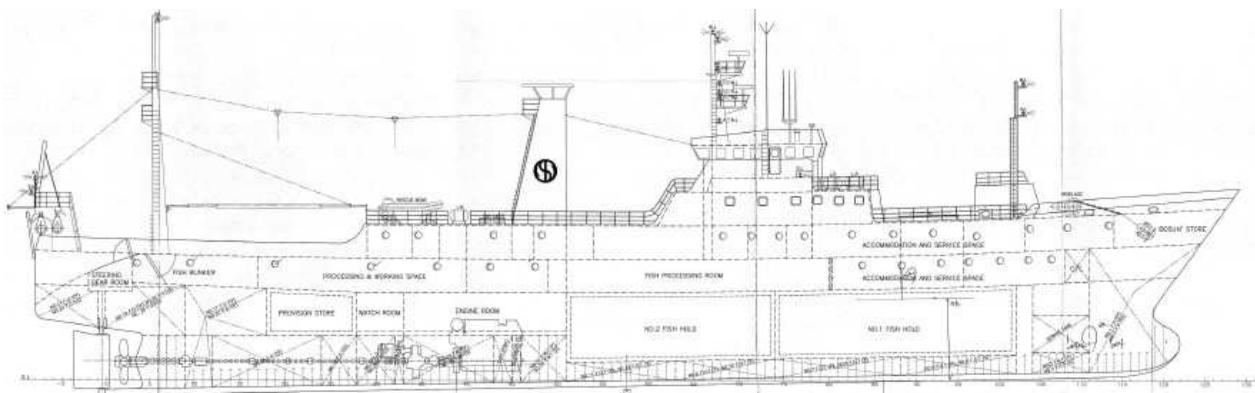
시각	상황
2014. 12. 1. 05:00	투망 시작
11:00	양망 시작
11:35	자루그물 갑판상 올림(양망 완료), 방파문 폐쇄, 해수유입시작
12:00	해치커버 개방 및 불완전 폐쇄
12:06	나바린항을 향해 피항 시작
12:30	우현 30도 경사, 해수배출시작(잠수펌프)
13:00	타기 작동 불능, 연료유 및 우현 화물 좌현이동
14:00	선체 일시적 평형 회복
14:30	카롤리나 77 잠수펌프 1대 전달
15:00	선체 좌선회, 선체 좌현 급경사, 오물배출구로 다량의 해수유입 시작
15:30	좌현 선미 일부 수면하로 내려감
16:00	선체 좌현으로 40도 경사
16:30	선미부터 침몰
16:40	선원들 탈출 시작
16:49	위성위치 신호 끊어짐
17:06	비상위치지시용 무선표지(EPIRB) ¹²⁾ 신호 수신, 선체침몰

12) 비상위치지시무선표지(EPIRB) : Emergency Position-Indicating Radio Beacon의 약자로 구조 수색 작업에서 조난자의 위치를 쉽게 확인할 수 있도록 위치 신호를 자동적으로 송신하는 장치

2. 사실관계

2.1 선박 주요 제원

선 명	제501오룡호
국 적	대한민국
선 적 항	부산광역시
호 출 부 호	6KCA8
어선번호 / IMO NO.	1402001-6261401 / 7388504
선 박 종 류	원양트롤어업 어선
주포획 · 채취물의 종류	명태, 대구, 가자미, 돔류, 청어, 기타저서어류
조업수역	북태평양(러시아 경제수역 및 중부공해에 한함)
선박소유자 / 선박운항자	사조산업(주)
최대승선인원(명)	70(어선원)
조 선 자	CONSTRUCCIONES NAVALES SANTODOMINGO(SPAIN, VIGO)
용골거치일 / 진수일	1976년 4월 26일 / 1978년 11월 1일
선박검사단체	한국선급
전 장(L.O.A, 미터)	76.17
깊 이(미터)	8.40
폭(미터)	13.00
총톤수(톤) / 국제총톤수	1,753.00 / 2,151.00
재화중량톤수(DWT, 톤)	911.350
만재 흘 수(미터)	6.35
주 기 관	RBV 6M 358
최 대 출 력	1,619kW 2기
연료소모량	279.18 gr/kW.hr
추 진 기(inward, 개)	2
타(Rudder, 개)	1
설계속력(노트)	13



[그림 1] 제501오룡호 일반배치도



[그림 2] 제501오룡호 전경(1)

2.2 선박구조 및 특성

- 2.2.1 제501오통호는 1978년 스페인에서 건조되어 아르헨티나 연안에서만 어로작업을 하던 선박으로 2010년 8월경 사조산업(주)와 러시아의 합작선사인 러시아 국적의 ORION CO., LTD에서 인수하여 북태평양에서 작업이 가능하도록 처리실 및 피쉬벙커 등을 개조한 선미트롤어선이다.
- 2.2.2 이 선박의 상갑판 하부에는 선저에 연료유탱크, 연료유탱크 상면에 선수 평형수탱크, 어창 2개소, 기관실, 타기실 순으로 구획되어 있으며, 어창과 기관실 상면에 피쉬벙커와 처리실이 있다. 거주구역은 상갑판 하부에 1개층이, 상부에 3개층이 있으며 최상층인 3층에 조타실이 있다.
- 2.2.3 이 선박에는 추진용 디젤기관(주기관) 및 추진기는 2대이나, 타(Rudder)는 1개이며, 부두 접안작업에 도움을 주기 위한 횡방향 추진기(Side Thruster)는 설치되어 있지 않다.
- 2.2.4 어획물은 선미로 끌어올려져서 피쉬벙커에 투하되며, 이후 피쉬벙커에서 처리실로 이동되어 선별작업과 냉동작업을 거쳐 어창에 팬(Pan)¹³⁾ 단위로 적재된다.
- 2.2.5 이 선박에는 어창에 적재된 어획물을 들어올리기 위하여 어창 상부에 데릭(Derrick)이 2대 설치되어 있다. 그리고 상갑판의 중앙부에는 어구를 감아 들이는 등의 작업을 위하여 윈치

13) 팬(Pan) : 어획한 수산물을 냉동포장한 상자의 단위로 1팬이 약 21.5킬로그램 정도임

(Winch)가 설치되어 있다.

2.2.6 이 선박의 선미는 그물을 끌어올리기 용이하도록 슬립웨이(Slip Way) 형태로 되어 있으며, 그물을 끌어 올린 다음에는 슬립웨이 방향에서 올라오는 파도를 막을 수 있도록 방파문이 설치되어 있다.

2.2.7 이 선박의 타기실은 피쉬벙커와 처리실이 위치한 2ND 데크 상면보다 약 0.5미터 선미하부 상면에 설치되어 있으며, 이곳은 피쉬벙커 우현측의 통로를 거쳐 출입하도록 되어 있다.

2.2.8 이 선박에는 피쉬벙커와 처리실 내에서 발생하는 빌지를 처리하기 위하여 처리실 내에 빌지웰(Bilge Well, 가로 1.2미터, 세로 0.8미터, 높이 0.3미터) 2개소가 설치되어 있으며, 각각 기관실 빌지 펌프와 연결되어 있다.

2.2.9 처리실 빌지웰과 연결되어 있는 펌프는 사용설명서가 유실되어 용량은 정확히 알 수 없으며, 한국선급의 제조후등록검사 시에도 이전 선급의 검사를 인정하여 따로 검토하지는 않았다. 사고 발생 후 한국선급에서는 배수관 등을 참고하여 시간당 40톤 이상 배출이 가능할 것으로 추정하였다.

2.2.10 이 선박의 처리실과 피쉬벙커의 후미에는 타기실이 있다. 타기실 출입문은 코밍(Coaming, 문턱)의 높이가 45센티미터이며 풍우밀문으로 되어 있다. 처리실에는 기관실과 연결된 통로가 있으며 출입문은 코밍 높이가 45센티미터이며 풍우밀문으로 되어 있다.

2.2.11 이 선박에는 처리실 하부에 2개소의 어창이 있으며, 1번 어창의 용적은 471.3m^3 , 2번 어창의 용적은 635.2m^3 로 총 어창의 용적은 $1,106.5\text{m}^3$ 이다.

2.2.12 이 선박의 연료유탱크, 청수탱크, 평형수탱크 등의 용적 및 배치 현황은 [표 1] 과 같다.

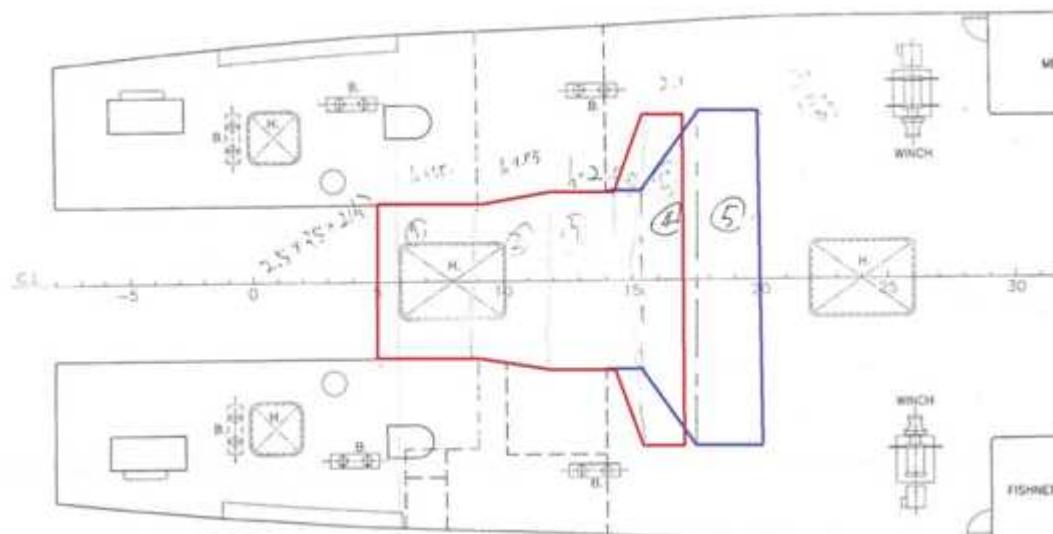
[표 1] 각종 탱크 등의 현황

구 분	위치(Frame 번호)	용 량(m ³)	비 고(용도)
F.P.Tank(P)	111 ~ FE	61.95	선수평형수
F.P.Tank(S)	111 ~ FE	61.95	선수평형수
소계		123.90	
NO.3 F.O. TANK(P)	102 ~ 111	16.47	연료유
NO.4 F.O. TANK(S)	102 ~ 111	48.10	
NO.5 F.O. TANK(P)	88 ~ 102	18.60	
NO.6 F.O. TANK(S)	88 ~ 102	18.60	
NO.7 F.O. TANK(P)	74 ~ 88	32.52	
NO.8 F.O. TANK(S)	88 ~ 88	32.52	
NO.9 F.O. TANK(P)	63 ~ 74	37.63	
NO.10 F.O. TANK(S)	63 ~ 74	37.63	
NO.11 F.O. TANK(P)	51 ~ 63	38.23	
NO.12 F.O. TANK(S)	51 ~ 63	38.23	
NO.15 F.O. TANK(P)	12 ~ 28	54.15	
NO.16 F.O. TANK(S)	24 ~ 28	17.10	
NO.17 F.O. TANK(P)	9 ~ 18	83.85	
NO.18 F.O. TANK(S)	12 ~ 24	25.30	
NO.19 F.O. TANK(P)	0 ~ 9	30.00	
NO.20 F.O. TANK(S)	9 ~ 18	68.25	
NO.21 F.O. TANK(P)	AE ~ 0	37.20	
NO.22 F.O. TANK(S)	0 ~ 9	30.00	
NO.24 F.O. TANK(S)	AE ~ 0	37.20	
NO.25 F.O. TANK(C)	-1 ~ 9	66.50	
소계		768.08	
NO.27 L.O. TANK(P)	28 ~ 32	8.90	윤활유
NO.28 L.O. TANK(S)	28 ~ 32	8.90	
소계		17.80	
NO.29 F.W. TANK(P)	33 ~ 43	37.50	청수
NO.30 F.W. TANK(S)	33 ~ 43	37.50	
NO.31 F.W. TANK(P)	45 ~ 51	34.43	
NO.32 F.W. TANK(S)	46 ~ 51	29.43	
소계		138.78	
SEWAGE TANK(P)	104 ~ 110	16.17	오수
SLUDGE TANK(P)	45 ~ 46	5.08	슬러지
BILGE TANK(S)	44 ~ 45	1.80	빌지

2.3 선박개조 및 러시아선급의 선박 검사

- 2.3.1 제501오룡호는 1976년 4월 26일 스페인에서 용골이 거치되어 1978년 11월 1일 건조되었고, 프랑스 선급(BV)에 입급되어 검사를 받은 후 아르헨티나 연안에서 운항하다가 사조산업(주)와 러시아 합작사인 ORION CO., LTD에 인수되면서 선명은 ORION 501로, 국적은 러시아로 변경되고, 러시아선급(RS)으로 입급(2010년 10월)되어 증서를 발급 받았으며 많은 부분이 개조되었다.
- 2.3.2 ORION CO., LTD는 2010년 8월 이 선박을 아르헨티나에서 인수한 후, 2010년 12월 부산 감천항에서 개조작업을 하고 2011년 3월 출항토록 하였다.
- 2.3.3 이 선박은 이전에는 아르헨티나 연안에서 어로 작업을 하여 필렛(Fillet) 작업¹⁴⁾을 주로 하였기 때문에 ORION CO., LTD에서 인수 시 처리실에 필렛 장비가 많이 실려 있었으며 하역장비는 설치되어 있지 않았다.
- 2.3.4 이 선박의 감천 입항 중 주요 개조내용은 다음과 같다. 첫째, 북태평양에서 명태 어획 시 어획량을 한꺼번에 많이 처리할 수 있도록 어획물 임시저장소인 피쉬벙커를 선체 전면으로 2미터 확장하였다.

14) 필렛작업 : 고기를 잡아 자선에서 머리와 내장, 뼈 등을 분리하여 순수한 살코기만을 추출하여 제품화하는 것

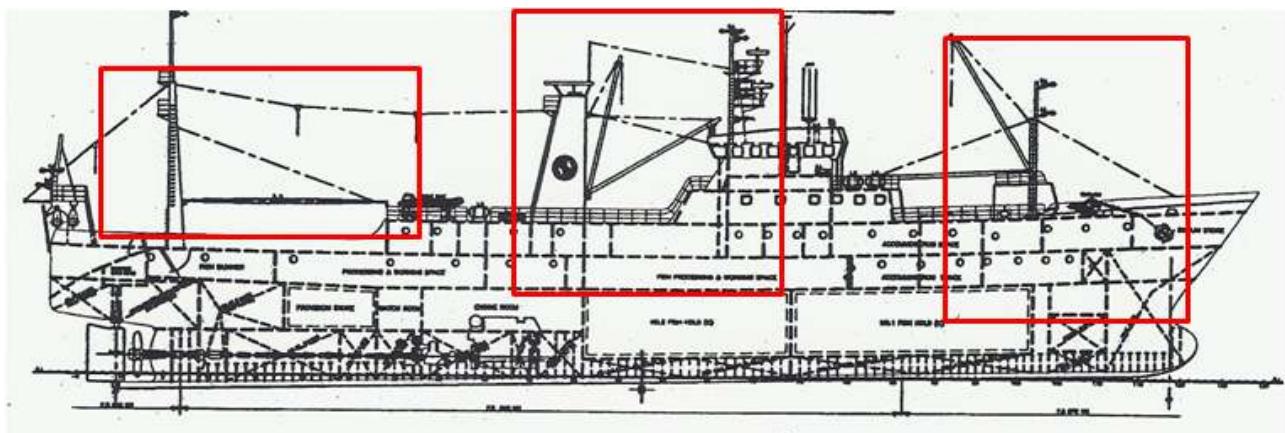


[그림 3] 피쉬벙커 확장(파란색 부분)

2.3.5 둘째, 필렛작업에 용이하도록 되어 있던 기존 어획물 처리장비를 철거하고 명태 처리에 맞도록 라운드방식¹⁵⁾(Round System)으로 개조하였다.

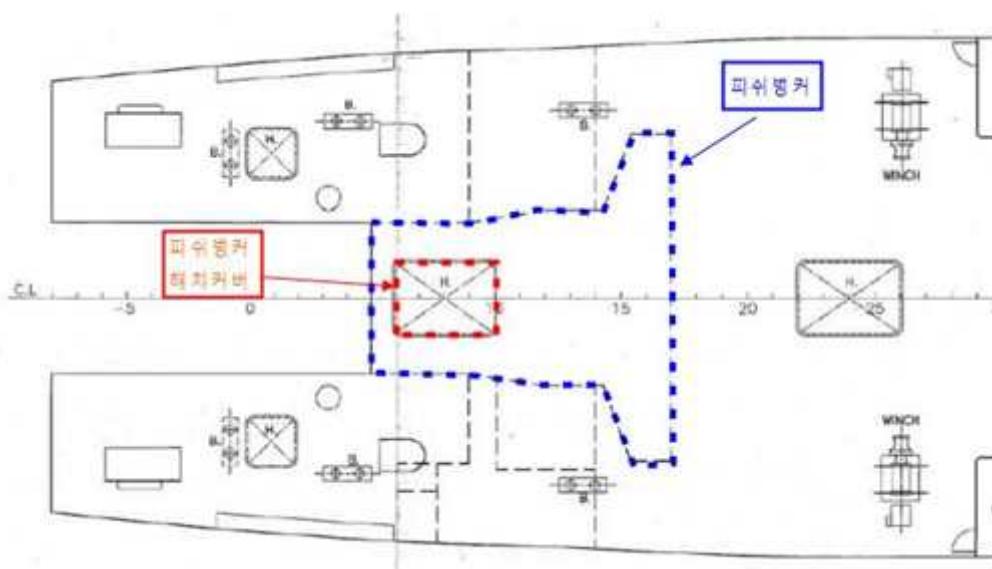
2.3.6 셋째, 데릭(Derrick)방식 하역장치를 1, 2번 어창 상부에 각 1기씩 총 2기 신설하였다. 이전에는 주로 연안에서 어로작업을 한 관계로 육상의 하역시설을 이용하여 양륙이 가능하였으나, 북태평양 명태어획의 경우 운반선에 이적하여야 하므로 자선의 하역장비가 필요했기 때문이다.

15) 라운드방식 : 고기를 잡아 자선에서 가공하지 않고 팬(Pan)단위로 냉동하여 제품화하는 방식



[그림 4] 데릭 신설(오른쪽에서부터 두 번째까지의 네모 부분)

2.3.7 넷째, 기존에는 피쉬벙커 해치커버가 작은 것($1.5M \times 1.5M$) 2기가 설치되어 있었는데 이를 폐쇄하고 중앙부에 큰 것(선박 횡방향 $1.8M \times$ 선박 길이방향 $2.4M$) 1기를 설치하였다. 이는 현장에서 작업을 직접 지휘하는 선장이 작업의 편리성을 이유로 꼭 필요하다고 요구했기 때문이었다.



[그림 5] 피쉬벙커 해치커버 확장(붉은 색 네모 부분)

2.3.8 피쉬벙커 해치커버의 경우 기존에는 상면으로 들어 올려서 열고

내려서 닫는 방식이었으나, 역시 작업의 편리성을 이유로 피쉬 병커 내부로 내려서 열고 올려서 닫는 플랩해치커버(Flap Hatch Cover)방식으로 변경 설치하였다.

2.3.9 그리고, 프랑스선급(BV)에서 러시아선급으로 선급을 이전하면서 2011년 3월 감천 출항 전에 경사시험을 하였는데, 그 결과 복원성을 강화하기 위하여 9번, 10번, 11번, 12번 연료유탱크에 연료유를 가득 채우고 사용하지 않도록 지적을 받았으며, 이후 2011년 8 월까지 박스킬(Box Keel)을 175톤을 설치하여 복원성을 보완도록 지적 받았다.



[그림 6] 선저부분 박스킬 설치

2.3.10 이에 따라, 2011년 6월 3일부터 2011년 6월 28일 기간 동안 감천항 강남조선에 상가하여 정기적인 상가수리에 부가하여 기존에 설치되어 있던 소형 박스킬 형태의 발라스트(약 17톤)를 떼어내고 대형 박스킬(높이 0.3미터 폭 0.41미터, 길이 0.56미터, 무게 0.54톤) 형태의 발라스트 260개(케이스 포함하여 약 175톤)를 제작하여 선저에 설치하였다.

2.3.11 박스킬을 설치하고 난 후에는 경하배수톤수가 2,329.54톤에서 2,487.14톤으로 157.6톤 증가하였으나 무게중심은 낮아져서 복원성이 개선됨에 따라 2.3.9번에서 언급한 연료유행크의 연료유 사용제한 조건이 해제되었다.

2.4 한국선급의 선박검사

2.4.1 제501오룡호는 한국선급으로부터 2014년 2월 12일부터 같은 달 14일까지 선급이전(이전 선급은 2014년 1월 21일 탈급)을 위한 사전 검사를 받은 후, 같은 달 17일부터 28일까지 제조후등록검사(TOC, 선급이전검사), 선급 연차검사, 한국정부대행 제1회 정기 검사를 수검하고 2014년 2월 28일 「선박안전법」 등에 따라 유효기간이 2018년 5월 5일까지인 어선검사증서 등을 발급받았다.

2.4.2 어선검사증서 상 최대승선인원은 선원 70명이다.

2.4.3 제조후 등록검사는 IACS(국제선급연합회)의 규정에 따라 이전 선급의 검사내용을 인정하도록 되어 있어 한국선급에서는 제501 오룡호에 대하여 도면은 일반배치도와 화재제어도만 승인하였고, 자료는 복원성 자료와 SOPEP(선상기름오염비상계획)을 승인하였다.

2.4.4 복원성 자료의 승인은 이전 선급의 자료를 인정하여 경사시험을 하지 않고 작성된 계산서를 그대로 인정하였으며, 이 자료에 적시되어 있는 기준적재상황(Standard Loading Condition)의 재화 중량을 요약하면 [표2]와 같다.

[표 2] 복원성 계산서 요약표 상 기준적재 재화중량

(단위 : 톤, 미터)

적요	경하상태	만재출발 (출어 시)	조업지출발	모항입항	20%어획시 모항입항
상태번호	1	2	3	4	5
배수량(톤)	2,487.140	3,374.591	3,398.490	3,277.599	2,795.830
흘수(미터)	5.196	6.321	6.350	6.203	5.599
GOM	0.182	0.938	0.681	0.586	0.408
콘스탄트	-	87.765	98.527	98.527	98.527
연료유	-	634.126	158.532	63.413	63.413
윤활유	-	15.380	11.535	7.690	7.690
청수	-	138.780	34.695	13.878	13.878
부식 등	-	7.400	1.850	0.740	0.740
어획물	-	-	606.211	606.211	121.242
종이박스, 비닐	-	4.000	-	-	3.200
발라스트 (해수)	-	-	-	-	-
재화중량	-	887.451	911.350	790.459	308.690

2.4.5 복원성 계산서에 따르면 이 선박의 하기 건현은 2.710미터, 하기 만재흘수는 6.350미터, 경하중량은 2,487.140톤이고 하기만재배수량은 3,398.490톤이다.

2.5 건조 후 운항 상황 및 운항 상 문제점

- 2.5.1 제501오룡호는 스페인에서 건조된 선박으로서 2010년 8월 사조 산업(주) 소속의 선원들이 아르헨티나 현지에 가서 동형선 제505 오리온과 함께 인수하여 2척 모두 러시아 국적선으로 등록하고 러시아 선사와의 합작선사 소속으로 운항하였다.
- 2.5.2 당시 제501오룡호는 주로 매년 상반기에는 미드웨이 어장(북위 32도 선상이며 경도상으로는 하와이 서쪽에 위치함)에서 돔을 어획하고, 하반기에는 북태평양 어장(베링해 인근)에서 명태를 어획하였다.
- 2.5.3 2010년 8월 인수할 당시 항해를 하면 배의 횡방향의 평형이 잘 맞지 않아 좌·우현 어느 한 쪽으로 많이 경사되고 기관실에서 연료유를 이송하여 맞추기에도 어려움이 많았으며, 운항 중 주기관이 저절로 멈추는 현상이 가끔 발생하였다.
- 2.5.4 횡방향의 평형이 잘 맞지 않는 현상은 인수 이후 2011년 6월 박스킬 형태의 고정밸라스트를 선저에 설치하고 난 후 개선되었으며, 주기관이 저절로 멈추는 현상은 정기적인 수리와 더불어 선원들이 주기관의 특성을 파악하게 되면서 자연스럽게 해결되어 2012년 10월 이후에는 거의 발생하지 않았다.

2.6 사조산업(주)의 북태평양 트롤 조업 면허 취득 및 운항

- 2.6.1 사조산업(주)는 제501오룡호에 대한 북태평양 트롤 조업 면허를 2014년 3월 4일 해양수산부로부터 취득하였으며, 동사에서는

제501오룡호 1척의 우리나라 국적 북태평양트롤선과 5척의 러시아 국적 북태평양트롤선을 관리하고 있다.

2.6.2 제501오룡호는 러시아 국적의 합작사인 ORION CO., LTD가 2010년 아르헨티나에서 인수한 후 운항하다가, 사조산업(주)가 2014년 2월 25일 부산광역시 서구청장으로부터 선박국적증서를 발급 받음에 따라 국적이 우리나라로 변경되었으며 사조산업(주)는 2014년 3월 4일 해양수산부로부터 이 선박의 원양트롤 어업허가를 취득하였다.

2.7 북태평양 명태 조업선 어획 쿼터 획득 및 배정 현황

2.7.1 해양수산부는 1991년 9월에 체결된 “한국·러시아 간 어업협정”에 따라 매년 어업위원회를 개최하여 러시아 수역에서 조업할 어획 쿼터 및 조업조건 등을 협의하여 왔으며, 명태어획 쿼터는 2010년 46,800톤, 2011년 50,001톤, 2012년 40,001톤, 2013년 40,000톤, 2014년 40,000톤을 확보하였다.

2.7.2 명태를 조업할 수 있는 어기는 매년 5월 16일 00시부터 12월 31일 자정까지이고, 각 조업선에는 러시아 감독관이 승선하여 조업을 감시하며, 조업선에서 어획한 명태는 운반선을 통하여 국내로 운송하기 때문에 어황만 좋으면 어선(어창)의 크기와 관계없이 계속 조업이 가능하다.

2.7.3 어업협상을 통하여 확보된 명태쿼터는 해양수산부에서 배정기준을 시달하면 원양산업협회 북양트롤위원회에서 업체별로 선박의

톤수 및 엔진마력에 기초한 선박별 어획능력을 감안하여 배정하는데, 기준 5개사¹⁶⁾에는 2만여톤의 기득권을 인정하여 배정한다. 2014년 당시 북태평양 명태 조업선박은 원양어선 5개사 5척이며, 배정비율은 [표3]과 같다.

[표 3] 명태쿼터 배정 비율

선사명	총 톤수(G/T)	비율(%)	엔진마력(HP)	비율(%)	최종조정비율(%)
극동수산	4,375	24.05	6,000	24.69	24.37
남북수산	5,545	30.51	5,700	23.46	26.98
사조산업	1,555	8.55	3,300	13.58	11.07
사조오양	3,527	19.39	4,500	18.52	18.96
한성기업	3,182	17.50	4,800	19.75	18.62
계	18,188	100.00	24,300	100.00	100.00

* 투입선박 : 사조산업(제501오룡호, 1,753톤), 사조오양(제96오양호, 392톤), 남북수산(남북호, 5,549톤), 한성기업(준성호, 2,866톤), 극동수산(준성5호, 3,571톤)

2.7.4 쿼터를 배정받으면 조업여부를 불문하고 입어료('14년 기준 톤당 350불)를 선불해야 하기 때문에 확보한 쿼터를 모두 소진하기 위해 원양산업협회 차원에서 자율적으로 전배(조정)한 후 해양수산부의 승인을 득한다. 전배의 대가는 기 지불한 입어료 범위 내에서 상호 정산한다.

2.7.5 원양산업협회는 명태쿼터를 2014년 1차로 30,000톤을 해양수산부로부터 배정 받아 5월 2일 관련 업체에 배정하였고, 2차로 10,000톤을 배정받아 10월 8일 관련 업체에 배정하였으며, 이후 전배 등을 거쳐 물량이 확정되었다.

16) 과거 러시아 수역에 30여척의 조업선이 조업하였으나 러시아의 외국어선 쿼터감축 정책에 따라 대부분 어선은 합작으로 전환('02~'03)하고 끝까지 남은 5척은 2만여톤의 적은 쿼터에도 불구하고 계속 조업하여 쿼터를 4만톤까지 확대시키는 발판을 마련한 점을 감안 2만여톤에 대해 기득권을 인정하고 있다.

2.7.6 사조산업(주)의 제501오룡호는 1차 배정시 3,321톤, 2차 배정 시 1,107톤을 배정 받았으나 전배를 통해 추가로 쿼터를 받아 최종적으로 7,928톤을 확보 하였으며, 쿼터확보 및 소진량은 [표 4]와 같다.

[표 4] 제501오룡호 월별 쿼터 확보량 및 어획량 비교

(단위 : 톤)

월	쿼터 확보량	어획량	쿼터 소진량	쿼터 잔여량
2014년 5월	3,321(배정)	-	-	3,321
6		-	-	3,321
7		811.41	819.52	2,501.48
8	2,000(전배)	1,903.18	1,922.21	2,579.27
9		1,476.79	1,491.38	1,087.89
10	2,607 (배정 1,107) (전배 1,500)	1,189.38	1,201.27	2,493.62
11		877.20	885.97	1,607.65
계	7,928	6,258.15	6,320.36	1,607.65
월평균	-	1,251.63	1,264.07	-
일평균	-	41.7	42.1	

2.8 제501오룡호 선원 승무 현황 및 근무방식

2.8.1 이 선박은 총톤수 1,753톤, 주기관 출력 3,238킬로와트(1,619킬로와트 2기)로 「선박직원법 시행령」 제22조제1항과 관련한 별표 3 「선박직원의 최저승무기준」에 따라 자격을 갖춘 갑판부 해기사 4명, 기관부 해기사 4명, 통신장 1명을 승선시켜야 한다.

2.8.2 그러나, 이 선박은 1등 항해사와 3등 항해사는 적격의 선원을 승선시켰으나, 2등 기관사, 3등 기관사, 통신장은 승선시키지 아니하였으며 선장, 2등 항해사, 기관장, 1등 기관사는 최저기준에

미달한 면허를 가진 선원을 승선시켰다. 이를 정리하여 보면 [표 5]와 같다.

[표 5] 제501오룡호 선박직원 승선 현황

승무기준		실제 승선자			
구분	총톤수/ 기관출력	선박직원(승무자격)	성명	해기사면허 (유효기간)	적격여부
갑판부	1,600~3,000톤	선장(2급 항해사)	김oo	BS-F3-14-0000 (~'20.02.06.)	X
		1등 항해사(3급 항해사)	유oo	BS-F3-14-0000 (~'19.02.25.)	O
		2등 항해사(4급 항해사)	김oo	BS-G5-12-0000 (~'17.02.02.)	X
		3등 항해사(5급 항해사)	김oo	BS-G5-12-0000 (~'17.02.14.)	O
기관부	3,000~6,000KW	기관장(2급 기관사)	김oo	BS-E3-14-0000 (~'15.10.18.)	X
		1등 기관사(3급 기관사)	김oo	BS-E4-12-0000 (~'17.02.08.)	X
		2등 기관사(4급 기관사)	-		X
		3등 기관사(5급 기관사)	-		X
통신부	500~2만톤	통신장(2급 통신사)	-		X

2.8.3 이 선박에는 선장, 1등 항해사, 2등 항해사, 3등 항해사, 갑판장, 갑판수, 기관장, 기관사, 조기장, 냉동사, 처리장 등 총 11명의 한국선원이 2014년 1월 부산 감천항에서 승선하였으며, 2014년 3월 초에 전체적으로 선원근로계약을 하였다.

2.8.4 이 선박에 승선한 외국인 선원은 필리핀인이 13명, 인도네시아인이 35명이고, 러시아 감독관 1명은 7월 18일 러시아 캄차카 페트로파블로스크에서 최초 승선하였으며, 사고 당시 승선한 감독관은 10월 10일 북서 베링수역 양상에서 교체 승선하였다.

- 2.8.5 사조산업(주)에서는 동사 소속 어선 제503오룡호를 폐선처리하면서 그 선박에 승선하고 있던 선원들을 기관장을 제외하고 전원 제501오룡호로 전선시켰다.
- 2.8.6 그러나 제501오룡호가 제503오룡호 보다 총톤수나 기관출력이 커서 제503오룡호 보다 상위의 해기사 면허가 요구됨에 따라 승무기준에 미달하는 해기사들이 많아지게 되었으며, 일부 미승선 선원은 출항 시까지 충원하지 못하여 결원으로 출항하게 되었다.
- 2.8.7 선원 구인과 관련 사조산업(주)에서는 동사 소속 선박의 하선자들을 지속적으로 연락해서 재승선토록 유도하거나, 선원복지고용센터를 통하거나, 같은 업종의 타사 하선자들을 확인하여 연락을 하거나, 통신사협회를 통해서 소개를 받거나 하는 등의 방법으로 구인하여 왔다.
- 2.8.8 외국인 선원들의 경우, 선장의 요구에 의하여 승선인원을 산정하고 동사의 계열사인 사조인터내셔날에 요구하면 사조인터내셔날에서 인도네시아와 필리핀 현지의 선원관리회사에 연락하여 선원을 확보한 뒤 선장의 면접을 거쳐 승선시켰다.
- 2.8.9 사조산업(주)는 다른 원양어선사들과 마찬가지로 선원들과 매 어기마다 출항 전에 선원근로계약을 체결한 후 선원들을 승선시키고, 어기가 끝나면 선원근로계약을 해지하였다.
- 2.8.10 제501오룡호에서는 통상적인 항해당직을 선장과 3등 항해사, 1등 항해사와 2등 항해사가 한조가 되어서 2교대로 수행하면서

투망과 양망을 지휘하였다. 기관부의 경우 기관장과 기관사, 조기장과 냉동사가 각 한조가 되어 2교대로 당직을 수행하였으며, 외국인 선원 5명이 기관부 당직에 참여하였다.

2.8.11 이 선박의 처리실에서는 약 30명이 일하였는데, 3개조로 나누어 12시간 근무 후 6시간 휴식하는 형태로 근무하였으며, 한국인 처리장과 인도네시아 처리장이 매 06시, 18시를 기준으로 교대하였다.

2.9 제501오통호 구명설비

2.9.1 국적선의 원양어선 안전관리는 「어선법」에 근거하며 국제협약은 국제해상오염방지협약(MARPOL), 선박유해방오시스템의 규제에 관한 국제협약이 적용된다. 소화·구명설비 등의 탑재에 관하여는 「어선법」 제3조, 제5조 및 제5조의2에 따라 「어선설비기준」(해양수산부 고시 2013-278)에 규정되어 있다.

2.9.2 러시아 선박은 우리나라 선박에 탑재되는 구명설비에 추가하여 최대탑재인원의 100%에 해당하는 구명뗏목 및 방수복을 탑재하여야 한다.¹⁷⁾

2.9.3 제501오통호에 실제 탑재되어 있던 주요 구명설비는 구명뗏목 20인용 4대, 16인용 4대, 구명동의 74개, 방수복 74개 등이다. 이는 우리나라의 관련 규정은 물론 러시아의 규정도 만족한다.

17) 우리나라 선박은 탑재인원의 100%를 수용하는 구명뗏목을 탑재하도록 규정되어 있으며, 방수복의 탑재에 대하여는 규정이 없다.

2.9.4 그러나, 이 선박의 구명계획도(Life Saving Plan) 상에는 구명뗏목이 8인용 2대, 16인용 4대, 구조정 1대, 구명동의 80개로 실제와 상이하게 표기되어 있으며, 방수복은 표기되어 있지 않다.

2.10 사조산업(주)의 원양어선 안전관리

2.10.1 사조산업(주)은 자체적으로 선박안전관리매뉴얼을 작성하여 출항 전, 항해 중, 조업 시, 황천 시, 입항 및 계류 시 안전관리 수칙을 규정하여 시행 중에 있다.

2.10.2 또한, 선원들의 국적을 고려하여 조업 중 안전관리규정을 영어 (필리핀어), 인도네시아어, 중국어, 베트남어 등 각 국가의 언어로 따로 작성하여 시행하고 있다.

2.10.3 조업 중 안전관리 규정에는 안전사고 예방을 위하여 기상악화나 돌풍으로 인한 해면상태가 좋지 않을 경우 무리한 조업을 금지하고, 갑판 근무자의 경우 개인용 안전장구를 반드시 착용토록 기술되어 있다.

2.10.4 황천조업 시 안전관리 규정에는 “최신의 기상을 파악하고 가까운 피항지를 미리 파악하며 미리 황천준비를 해야 한다. 중심을 낮추기 위하여 어구나 적하물을 아래쪽으로 이동하고 어구 그물 등을 단단히 고박한다. 황천 및 항해 시 양승구 개폐, 창구, 출입구 등 개구부를 폐쇄한다.”고 기술되어 있다.

2.10.5 사조산업(주)에서 선박의 전체적인 안전관리는 부산본부의 수산

업무팀에서 담당하고 있으나 선박이 출어한 후에는 서울 본사의 수산본부에서 이를 담당하고 있다. 제501오룡호의 경우 출항 후 트롤2팀에서 안전관리를 담당하였다.

2.10.6 사조산업(주)는 매주 금요일을 기준으로 각 선박으로부터 조업 중 안전관리 점검표를 받고 있으며, 선박 안전사고 상황별 대응 훈련 점검표를 작성하여 각 선박에 비치하였다.

2.10.7 제501오룡호에서는 출항 후부터 매주 금요일 조업중 안전관리 점검표를 작성하여 본사 트롤2팀으로 송부하였으나, 선박안전 사고 상황별 대응훈련은 이행하지 않았다.

2.10.8 이 선박은 출항 후 단 1회, 1등 항해사가 전 선원을 대상으로 소화기 사용법과 구명동의 착용법에 대하여 교육하였으나, 소화 훈련이나 퇴선훈련은 전혀 하지 않았다¹⁸⁾.

2.10.9 그리고, 비상상황배치표가 갑판실, 식당 등에 게시되어 있었으나 러시아어로 표기되어 있어 그 의미를 이해하는 선원은 거의 없었다.

18) 「선원법」 제15조(비상배치표 및 훈련 등)에 ‘총톤수 500톤 이상 선박의 선장은 비상시에 조치하여야 할 해원의 임무를 정한 비상배치표를 선내의 보기 쉬운 곳에 걸어두고 선박에 있는 사람에게 소방훈련, 구명정훈련 등 비상시에 대비한 훈련을 실시하여야 한다. 이 경우 해원은 비상배치표에 명시된 임무대로 훈련에 임하여야 한다.’고 규정되어 있다.

3. 사고 상세

3.1 부산 감천항 출항 및 조업

3.1.1 출항 및 승선 현황

3.1.1.1 제501오룡호는 2014년 7월 2일 06시경 부산 감천항에 어획물 양하를 목적으로 입항한 후 기관의 기부속, 기타 패킹 교환 등의 일상적인 수리를 마치고 같은 달 10일 14시경 조업 차 출항하였다.

3.1.1.2 출항 시에는 2014년 3월 부산 감천항에서 승선(실제 승선은 1월에 하였으나 3월 8일 일괄적으로 선원근로계약을 하였음)한 한국선원 11명과 출항일인 같은 달 10일 승선한 필리핀 선원 11명, 인도네시아 선원 33명 등 총 55명이 승선하였다.

3.1.1.3 출항 후 필리핀 선원 2명, 인도네시아 선원 2명이 다른 선박편으로 승선하고, 러시아 감독관이 7월 18일 러시아 캄차카 페트로파블로스크에서 최초 승선한 후 같은 해 10월 10일 북서 베링 수역 양상에서 교체 승선하였다.

3.1.2 출항 시 연료유 등 적재에 따른 재화중량

3.1.2.1 제501오룡호는 2014년 7월 10일 14시경 출항 시 연료유(MGO) 약 780킬로리터, 윤활유(LO) 약 16.430킬로리터, 청수 약 160톤을 선적한 상태였다.

3.1.2.2 이 선박의 출항 시 연료유 등의 적재 상황과 복원성 검토서의 기준적재 재화중량에 기초한 전체 적재상황은 콘스탄트(Constant)¹⁹⁾ 87.8톤, 연료유(비중 0.86) 670.8톤, 윤활유(비중 0.90) 14.7톤, 청수 160톤, 부식 7.4톤, 종이박스 4.0톤이다.

3.1.2.3 이 선박의 출항 시 적재상황에 따른 재화중량은 944.7톤이며, 배수량은 경하배수량(2,487.140톤)을 합하여 3,431.84톤이다. 그러므로 출항 시 평균 흘수는 6미터 39센티미터로 만재흘수를 4센티미터 초과하였다.

3.1.3 출항 후 항해 및 조업과 재화중량 변화

3.1.3.1 제501오룡호는 출항 다음 날인 2014년 7월 11일 "출항 후 본선의 전 기기 이상 없이 작동하며 북쪽으로 항해 중이며, 안전운항 및 조업에 만전을 기하고 기대에 부응하는 실적을 거두기 위하여 최선을 다할 것"이라는 이메일을 사조산업(주) 본사에 보냈다.

3.1.3.2 이 선박은 항해하면서 일평균 연료유 10킬로리터, 윤활유 0.070킬로리터, 청수 15톤²⁰⁾을 소모하였다. 청수는 조수기를 사용하여 일 평균 15톤 생산이 가능하였다.

3.1.3.3 이 선박은 같은 달 18일 현지시각²¹⁾ 09시경 러시아 캄차카 페트로파블로브스키항에 도착하여 러시아 감독관을 승선시킨

19) 콘스탄트(Constant) : 선원의 휴대품, 창고용품 등 선용품과 선박의 예비부품의 무게 및 선박 노후화에 따른 어창, 파이프 내 잔류물의 무게를 합친 것

20) 이 선박에 설치된 조수기는 일승 ISF-70으로 일평균 청수생산가능량이 15톤임

21) 우리나라보다 3시간이 빠름(세계표준시를 기준으로 12시간이 빠름)

후 조업지를 향하여 항해를 계속하였으며, 같은 달 22일 01시경 어장에 도착하여 조업을 시작하였다.

3.1.3.4 이후, 이 선박은 조업한 어획물을 자선의 어창에 적재하였다가 운반선이 현지에 오면 옮겨 실어 주고, 연료유 등은 해상에서 수급하는 방식으로 조업을 계속하였다. 조업과 연료수급 등에 따른 이 선박의 배수량 변화를 살펴보면 [표 6]과 같다.

[표 6] 주요 일자별 배수량 변화 현황

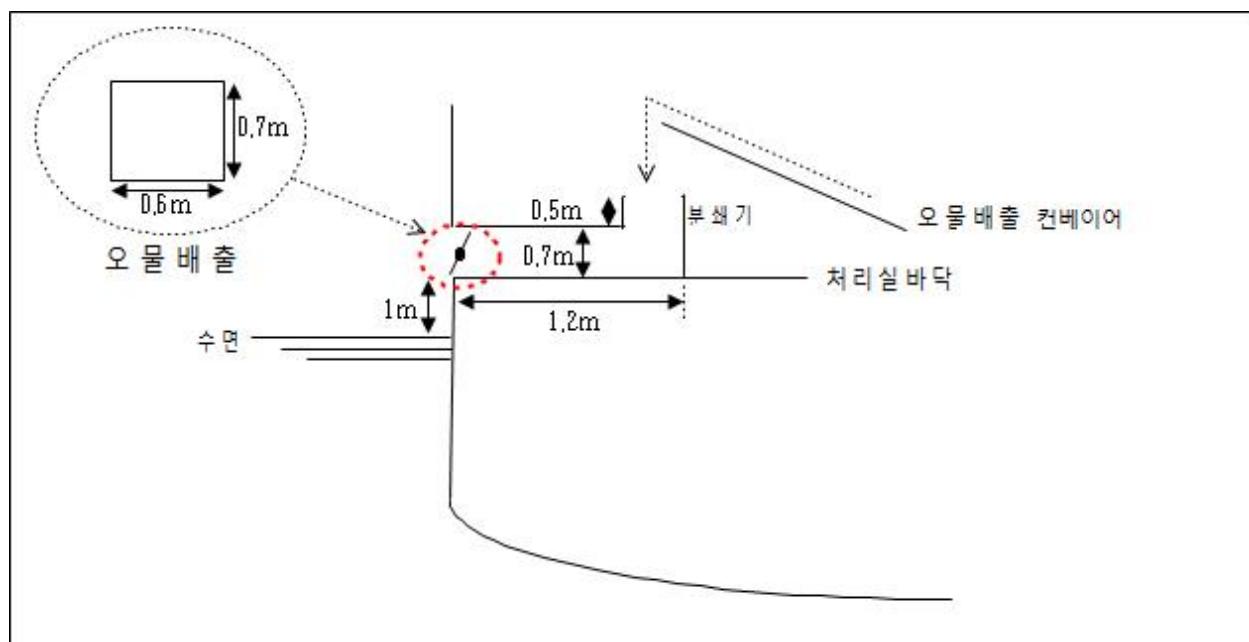
(단위 : 톤, 미터)

일자	연료유	윤활유	제품 잔량	기타 항목	재화중량	배수량	추정 흘수	비고
7.10	670.8	14.7	-	259.2	944.70	3,431.84	6.39	출항시
7.22	554.8	14.0	-	194	762.80	3,249.94	6.17	어장 도착
7.27	500.9	13.7	391.3	194	1,099.90	3,587.04	6.58	
8.1	445.7	13.4	811.4	194	1,464.51	3,951.65	7.01	전재 전일
8.3						전재완료 및 연료유 MGO 200킬로리터 수급		
8.4	593.9	9.54	5.6	194	803.04	3,290.18	6.22	전재후
8.5	582.9	13.1	87.3	194	877.30	3,364.44	6.31	
8.6	571.8	13.1	170.7	194	949.60	3,436.74	6.39	만재흘 수초과
8.14	468.3	12.5	824.3	194	1,499.10	3,986.24	7.05	
8.16	451.9	12.3	7.3	194	665.50	3,152.64	6.05	전재후
						이후 동일한 패턴으로 작업을 지속		
11.25	586.9	5.6	64.5	194	851.00	3,338.14	6.28	
11.26	575.9	5.5	104.5	194	879.90	3,367.04	6.31	
11.27	566.1	5.4	150.5	194	916.00	3,403.14	6.36	만재흘 수초과
11.30	537.3	5.2	275.2	194	1,011.70	3,498.84	6.47	
12.1	527.7	5.1	315.2	194	1,042.10	3,529.24	6.51	

※ 출항 이후는 청수 100톤, 부식 종이박스 등 4톤, 콘스탄트 90톤으로 추정하여 기타 항목에 합산, 194톤으로 산입하여 계산하였으며, 경하배수량은 2,487.14톤임

3.1.4 조업 중 오물배출구의 손상

3.1.4.1 이 선박의 좌현 프레임 번호 17~19번 사이 처리실 바닥면 (기선상 6.8미터 높이)에 처리실에서 어획물을 처리하고 난 오물 등을 외부로 배출하기 위한 오물배출구(가로 0.6미터, 높이 0.7 미터)가 [그림 7], [그림 8]과 같이 설치되어 있다.



[그림 7] 오물배출구 설치 상황



※ 제501오룡호는 같은 위치
좌현측에 설치되어 있음

[그림 8] 동형선의 오물배출구 설치 상황(우현측)

3.1.4.2 처리실에서 발생한 오물은 오물배출 컨베이어를 거쳐 이동하며, 분쇄기에서 일정한 크기로 분쇄된 후 이 배출구를 거쳐 외부로 배출된다. 오물배출구 셔터는 유압에 의하여 작동되며, 상갑판 하외판에 설치되어 있어 안전을 위하여 반드시 수밀이 유지되어야 한다.

3.1.4.3 이 선박은 2014년 7월 부산 감천항 출항 이후 조업지에서 조업 하던 중 같은 해 9월 중순경 오물배출구 셔터가 알 수 없는 이유로 해상으로 탈락되었으나 수리하지 않고 사고 당시까지 그대로 방치하였다.

3.1.4.4 그리하여, 이 선박이 좌·우로 많이 흔들리거나 파도가 높을 때에는 이 오물배출구를 통하여 해수가 유입되는 경우가 있었으며, 이를 감시하기 위하여 당직을 서는 경우도 있었다.

3.2 사고 전·후 현지 기상 상황(모든 시각은 현지시각임)²²⁾

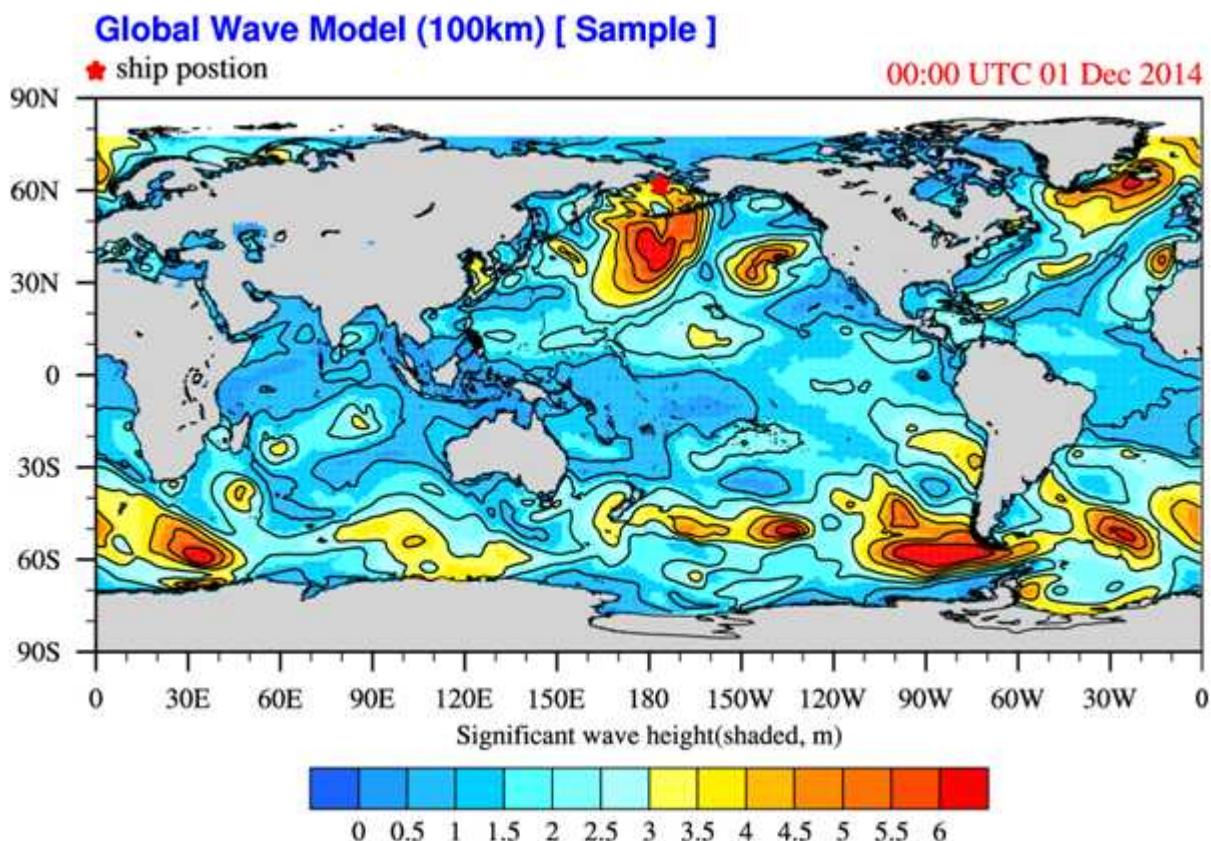
3.2.1 사고 당시인 2014년 12월 1일 정오경에는 흐린 날씨에 동풍이 초속 15미터 이상으로 불었고, 파도는 주기 약 8초에 4.0미터 정도의 높이로 일었으나, 간헐적으로 초속 25미터 이상의 바람이 불고, 높이 5.0미터 정도의 파고가 발생하였다. 수온은 섭씨 약 1~2도, 시정은 6마일 정도였으며, 수심은 108미터 정도였다.

3.2.2 사고 전인 같은 날 06시경에는 동풍이 초속 10미터 정도로 불고

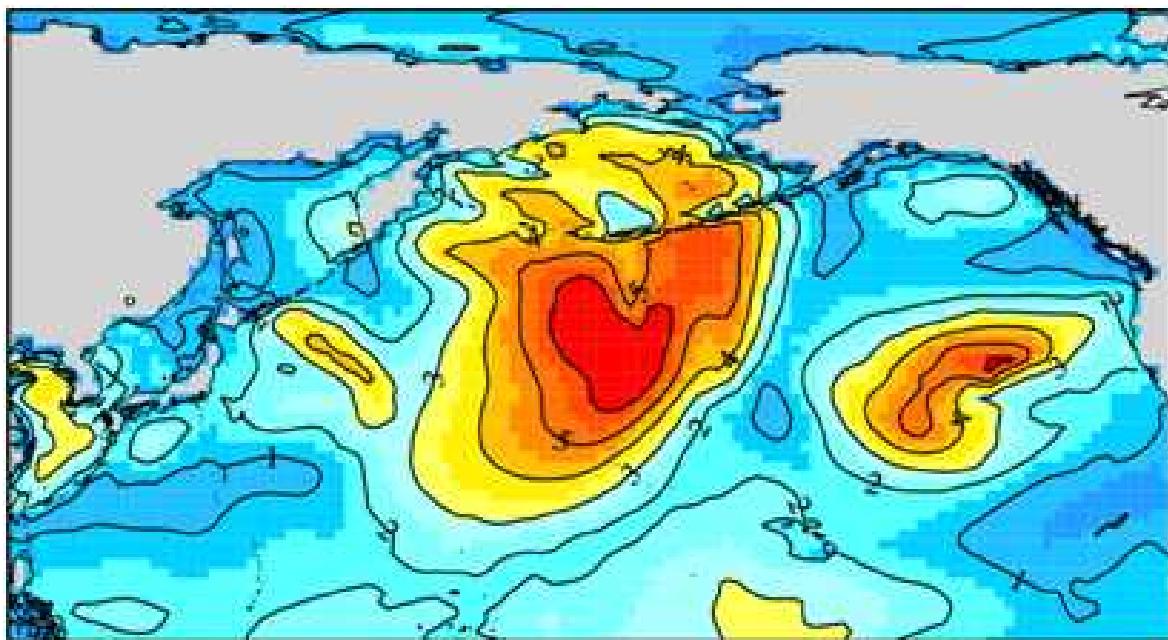
(22) 기상 상황의 분석은 선원들의 진술과 한국해양대학교 해양안전기술의 제501오룡호 침몰사고 원인분석 침수·침몰 시뮬레이션 연구용역 보고서의 내용을 인용하였음

파고가 2미터 정도였으나, 이후 날씨가 급격히 나빠져 10시 30분 경에는 동풍이 초속 18미터 정도로 불고 파고가 4.0미터 정도 되었다. 이후 파고가 점점 높아졌다.

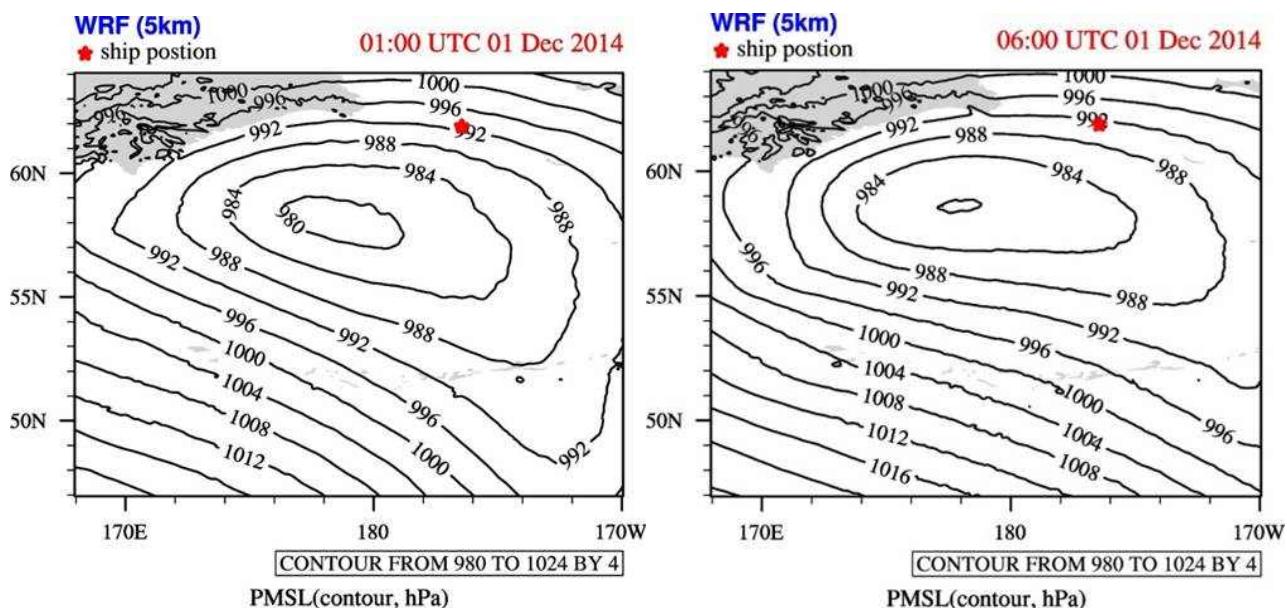
3.2.3 미국 해양대기관리청(NOAA)의 파랑 예측모델인 WAVEWATCH-III를 이용하여 분석한 바, 아래 [그림9]와 같으며 사고 당시 해역에 파고가 4.0~4.5미터 정도 되었음을 알 수 있다.



[그림 9] 사고 해역 유의파고 분석도

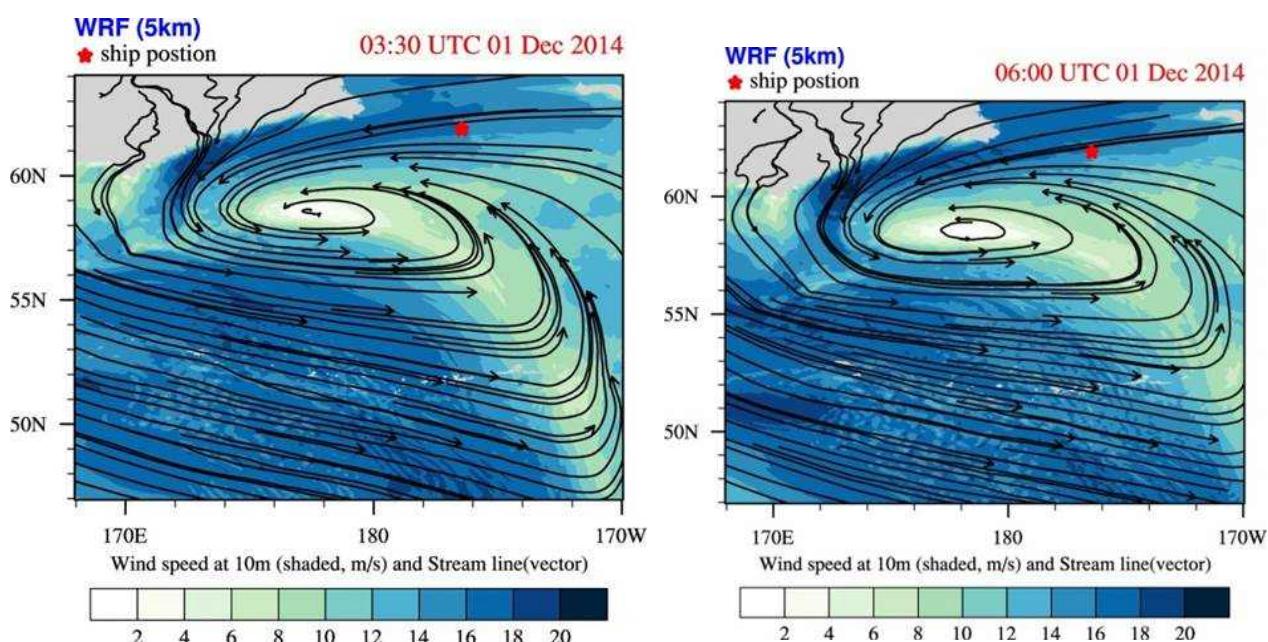
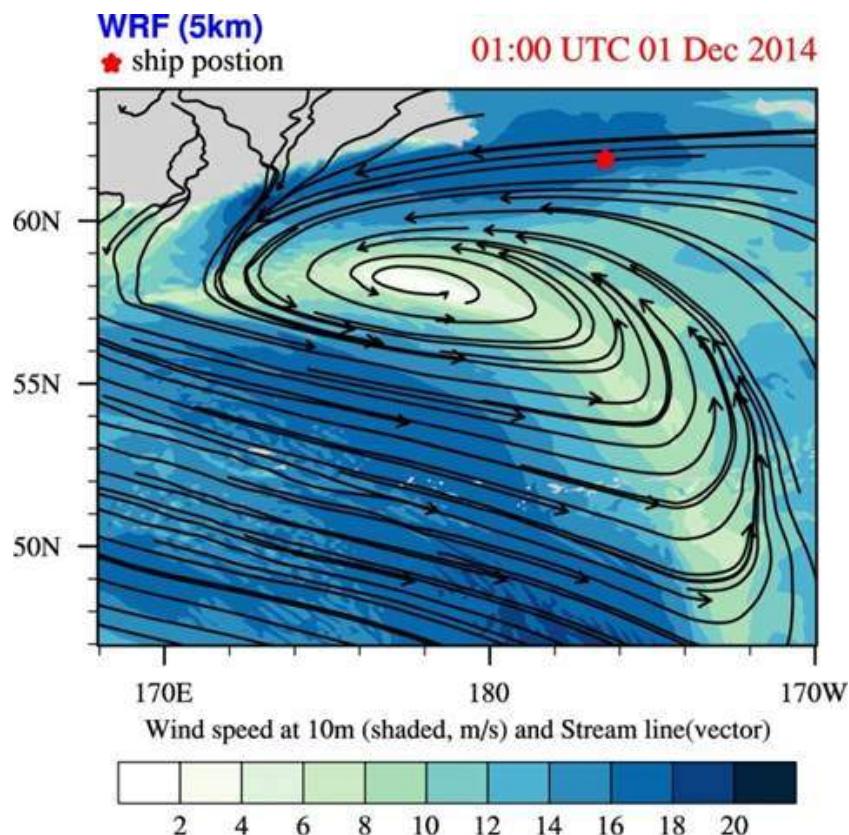


[그림 9-1] 사고 해역 유의파고 분석도(부분확대)



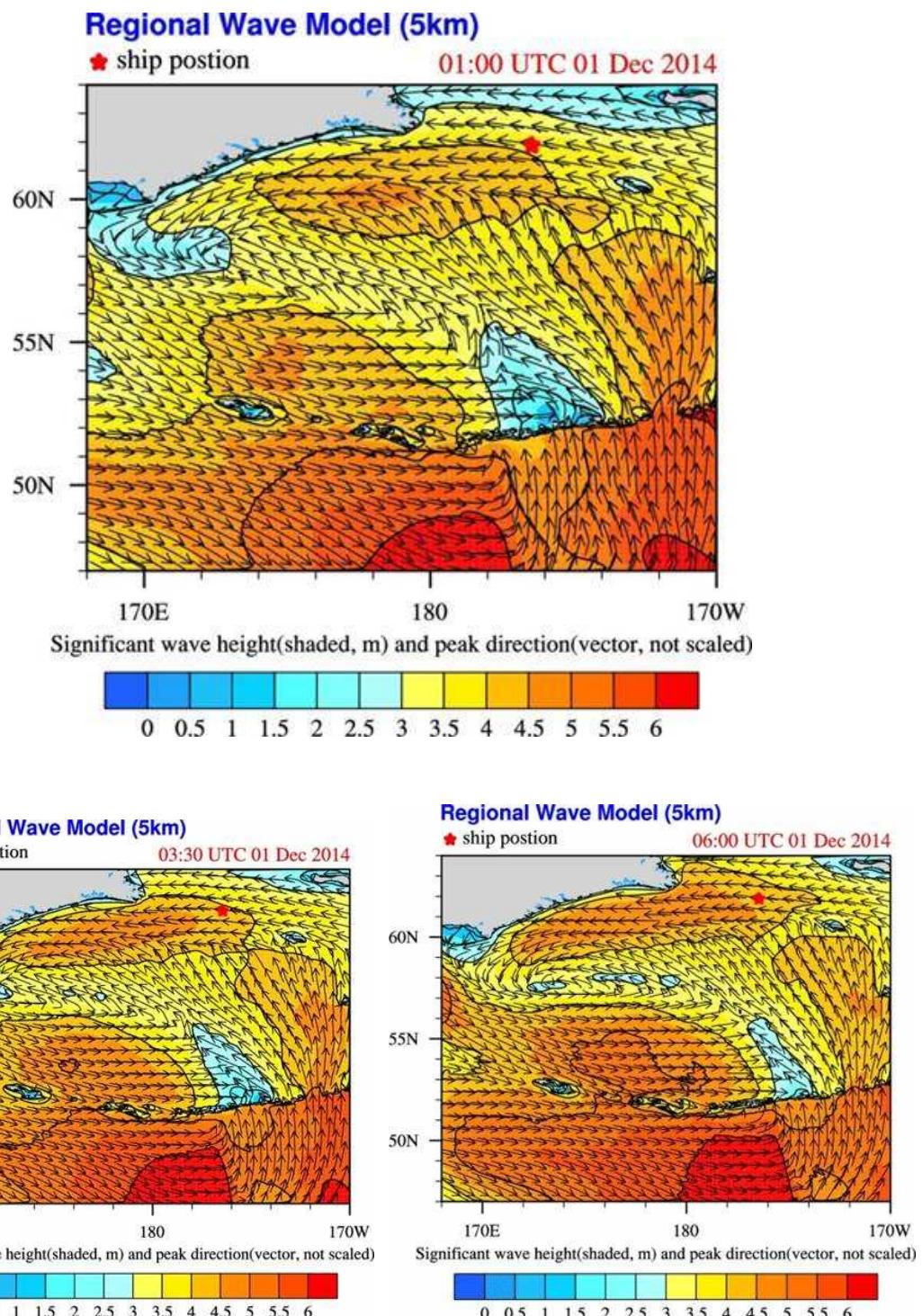
[그림 10] 사고 해역 등기압선 배치도

(현지시각 좌측 : 12월 1일 13시, 우측 : 18시)



[그림 11] 사고 해역 시간대별 바람방향 및 세기

(현지시각 위 : 12월 1일 13시, 좌측 : 15시 30분, 우측 : 18시)

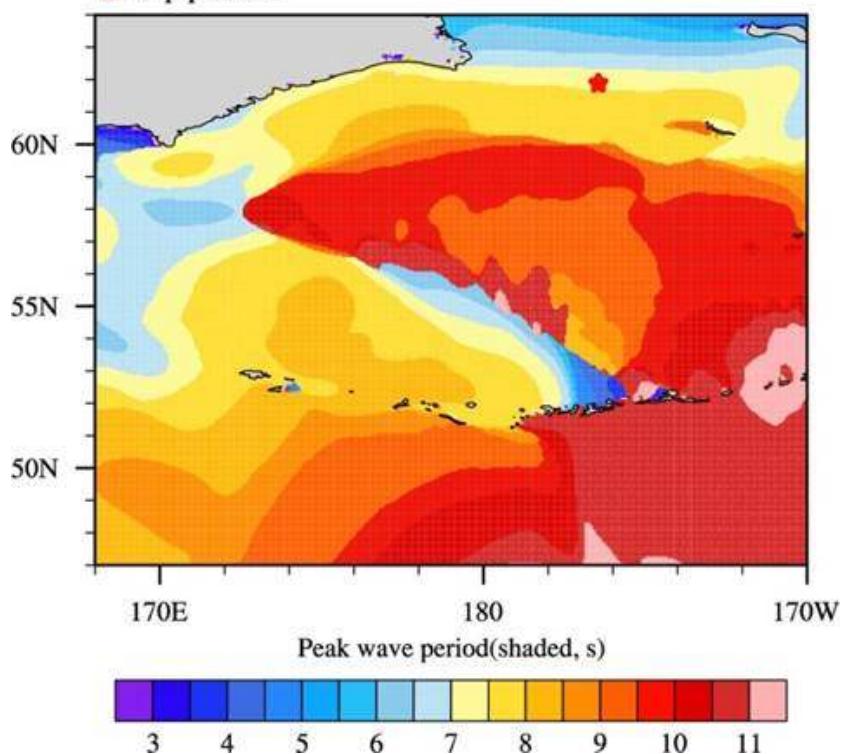


[그림 12] 사고 해역 시간대별 유의 파고 및 방향

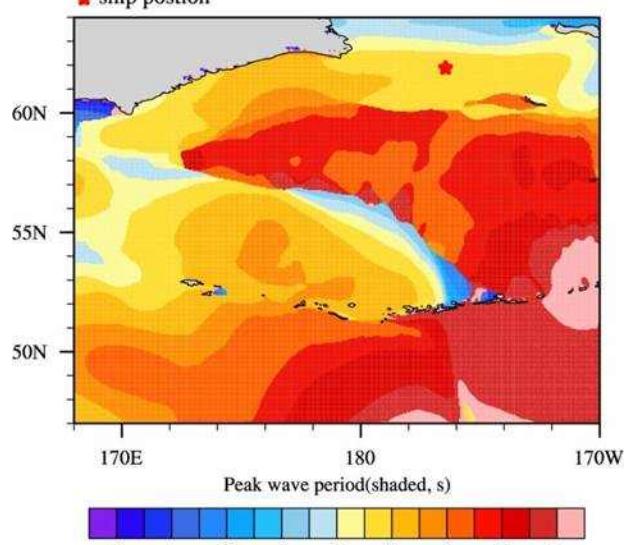
(현지시각 위 : 12월 1일 13시, 좌측 : 15시 30분, 우측 : 18시)

Regional Wave Model (5km)

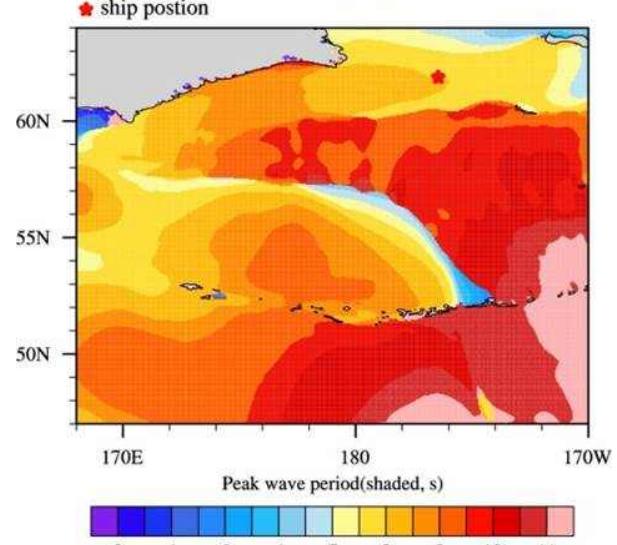
★ ship position

**Regional Wave Model (5km)**

★ ship position

**Regional Wave Model (5km)**

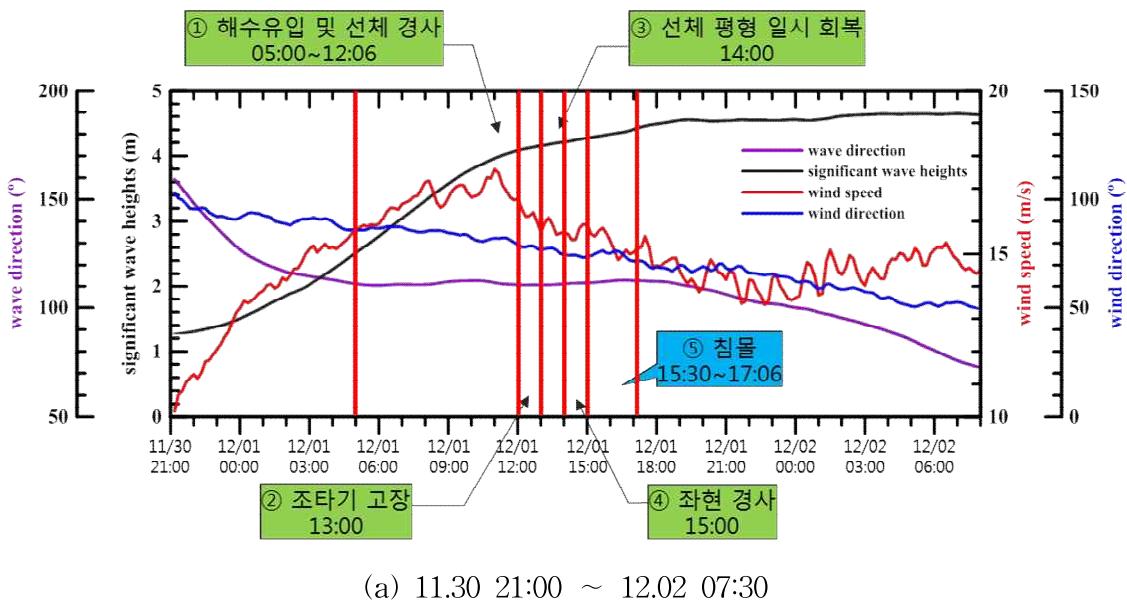
★ ship position



[그림 13] 사고 해역 시간대별 10분간격 최대 파주기

(현지시각 위 : 12월 1일 13시, 좌측 : 15시 30분, 우측 : 18시)

3.2.4 위 자료들을 분석하여 보면, 사고 당시 해역은 사고 시작을 전후하여 기상상태가 급격히 악화되는 상황이었으며, 지속적으로 파고가 높아져서 사고 시점인 2014년 12월 1일 정오경에는 간헐적으로 높이 5미터 이상의 파도가 일었음을 알 수 있다.²³⁾ 선박 상황시간대별 기상을 종합하면 [그림14]와 같다.



[그림 14] 침몰사고 지역에서의 시간대별 유의파고 및 풍속 시계열

3.3 사고 발생 상황

3.3.1 사고 발생 전 조업형태 및 사고 전 선장의 휴식

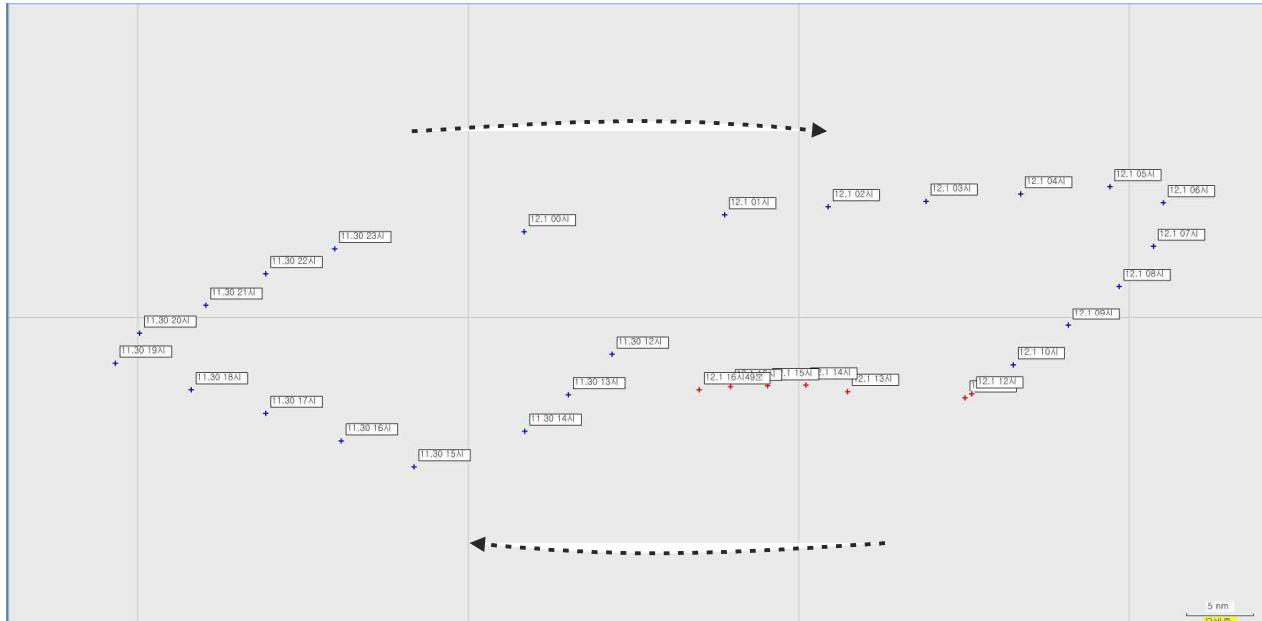
3.3.1.1 제501오룡호는 통상 하루에 2회 투·양망을 하였는데 02시 ~ 17시까지, 18시 ~ 24시까지 작업을 하였고, 한 번 작업 시 명태 약 10 ~ 40톤을 포획하였으며, 조업 위치는 이번에 사고가 발생한 해역 부근을 크게 벗어나지 않았다.

23) 풍랑주의보 : 해상에서 풍속 14m/s 이상이 3시간 이상 지속되거나 유의 파고가 3미터 이상 예상될 때
풍랑경보 : 해상에서 풍속 21m/s 이상이 3시간 이상 지속되거나 유의파고가 5미터 이상 예상될 때

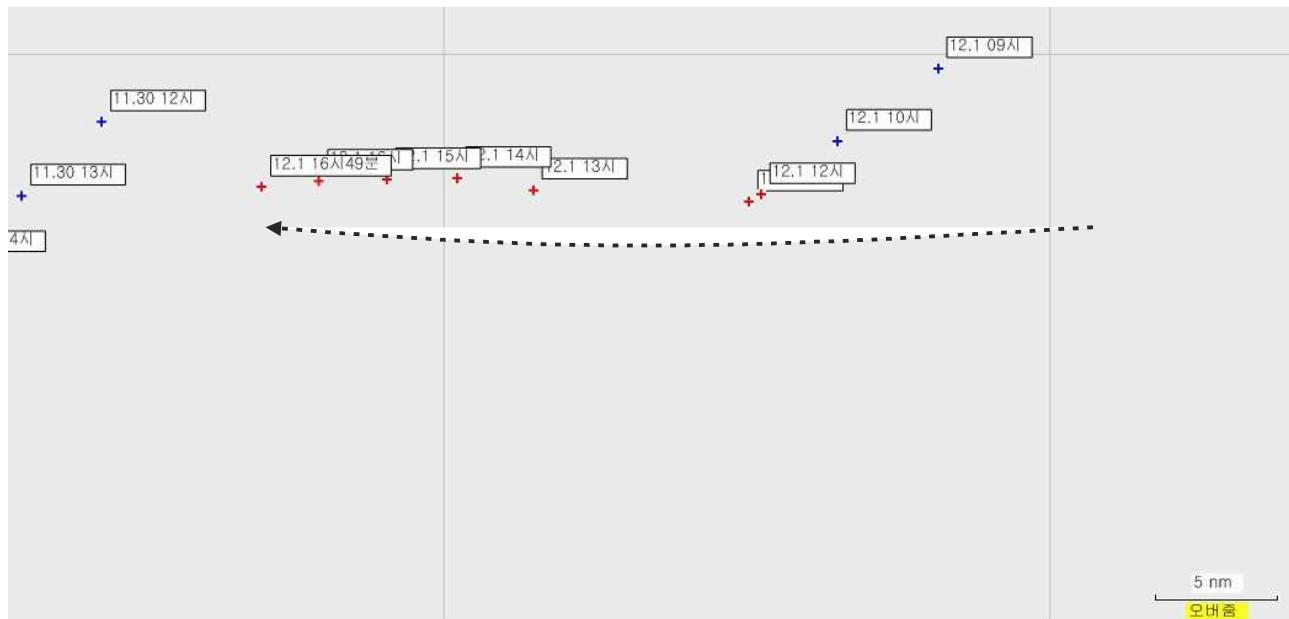
3.3.1.2 이 선박은 기상도를 기상팩스로 수신하여 기상정보를 확인하여 왔으나 당시 기상팩스가 고장이 나서 사용하지 못하였으며, 선장이 회사로부터 이메일이나 전화를 통해 기상 정보를 입수하여, 주로 식사시간에 사관들에게 알려 주었다.

3.3.1.3 이 선박의 선장과 인도네시아인 전기사는 사고 당일인 2014년 12월 1일 00시경부터 01시경까지 1시간 동안 전기사의 침실에서 땅콩을 안주로 하여 소주 1병을 나눠 마신 후 휴식을 취하였다.

3.3.2 사고 발생 상황



[그림 15] 제501오룡호 사고 당시 위치변화(위성수신위치)



[그림 15-1] 제501오룡호 사고 당시 위치변화(부분 확대)

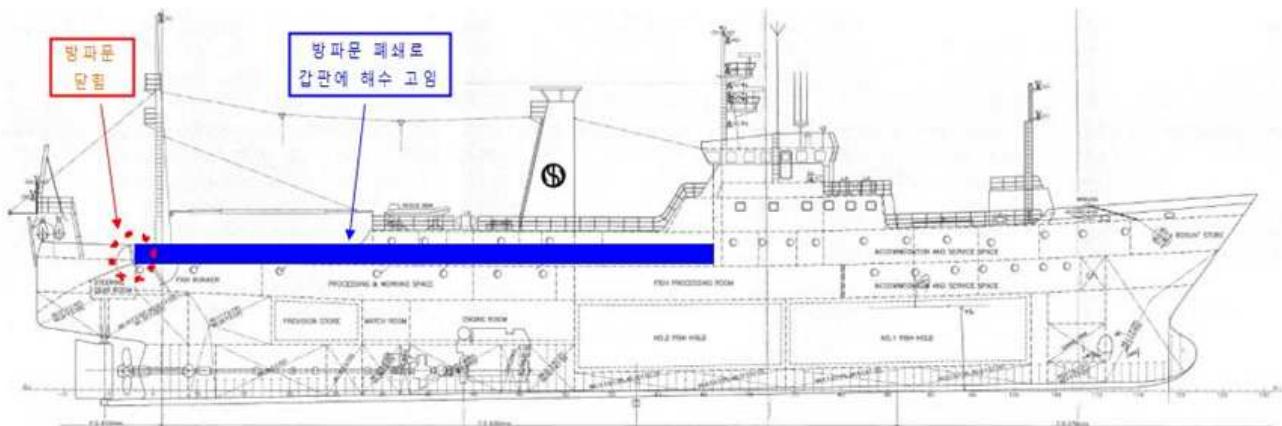
[표 7] 제501오룡호 항적(Argos 위성)

일시 (현지시각)	위도	경도	방향 (도)	거리 (마일)	거리 (킬로미터)
14.12.01 05:00	N 62-09-46.80	W 176-31-44.40	082	3.8	7.082
14.12.01 06:00	N 62-08-34.80	W 176-26-52.80	118	2.6	4.759
14.12.01 07:00	N 62-05-20.40	W 176-27-46.80	187	3.3	6.055
14.12.01 08:00	N 62-02-20.40	W 176-30-54.00	206	3.3	6.185
14.12.01 09:00	N 61-59-24.00	W 176-35-31.20	216	3.7	6.770
14.12.01 10:00	N 61-56-27.60	W 176-40-30.00	219	3.8	6.964
14.12.01 11:00	N 61-53-60.00	W 176-44-52.80	220	3.2	5.948
14.12.01 12:00	N 61-54-18.00	W 176-44-16.80	043	0.4	0.7638
14.12.01 13:00	N 61-54-28.80	W 176-55-33.60	272	5.3	9.850
14.12.01 14:00	N 61-54-57.60	W 176-59-20.40	285	1.8	3.416
14.12.01 15:00	N 61-54-54.00	W 177-02-49.20	268	1.6	3.038
14.12.01 16:00	N 61-54-50.40	W 177-06-10.80	268	1.6	2.934
14.12.01 16:49	N 61-54-36.00	W 177-09-00.00	260	1.3	2.500

- 3.3.2.1 제501호는 2014년 12월 1일(월) 05시 00분경 평소의 해상 상태와 유사한 초속 10미터의 동풍과 파고 2미터의 기상상태 하에서 명태를 어획하기 위하여 30분에 걸쳐 투망하였다.
- 3.3.2.2 이 선박이 투망 완료 후 예망을 하던 중 기상이 갑작스럽게 나빠져 10시 30분경에는 동풍이 초속 18미터 정도로 불고 파고가 4.0미터 정도 되었으며, 선체가 매우 심하게 요동하였다. 이러한 상황에도 불구하고 이 시각까지 선내에서는 평소와 같은 방식으로 교대 근무가 이루어졌다.
- 3.3.2.3 이 선박은 예망 중 동풍과 동쪽에서 밀려오는 파도를 7시 방향에서 받으며 진침로 215도 방향, 약 3.5노트의 속력으로 항해하였다.
- 3.3.2.4 선장은 기상이 점점 악화되는 상황에서 같은 날 11시경 선내 방송으로 선원들에게 양망준비를 알리는 방송을 하였다.
- 3.3.2.5 이후 양망이 시작되었고, 선장은 양망 중 선미에서 강풍을 받다가 그물자루가 선박으로 가까이 왔을 무렵 바람과 파도를 우회 선수에서 받도록 하기 위하여 이 선박의 침로를 180도 선회하여 북동방향으로 항해하였다. 그러나 기상이 계속 악화되자 선미에서 강풍을 받도록 조선하면서 해치커버를 개방하고 어획물 적재작업을 하였다.
- 3.3.2.6 같은 날 11시 35분경 양망을 하여 그물자루가 갑판상으로 올라

오자 선미의 방파문을 닫았으나 큰 너울성 파도가 방파문을 넘어 갑판위로 올라왔다. 이로 인하여 갑판상은 방파문과 넷 가드(Net Guard)가 이루는 사각형의 상자에 해수가 담기는 수조형상이 되어 이곳에 해수가 담겼다가 빠져 나가는 상황이 반복되었다.

3.3.2.7 갑판 상 해수가 올라오는 상황에서도 선장의 지시에 따라 선미에 위치한 선원들은 그물자루를 갤로스²⁴⁾에 걸어 피쉬 병커에 쏟아 봇기 위한 준비를 하였다. 이러한 작업을 하면서도 갑판 상에 해수가 올라오면 주변의 구조물 주위로 몸을 피했다가 다시 나와서 작업하기를 반복하였다.



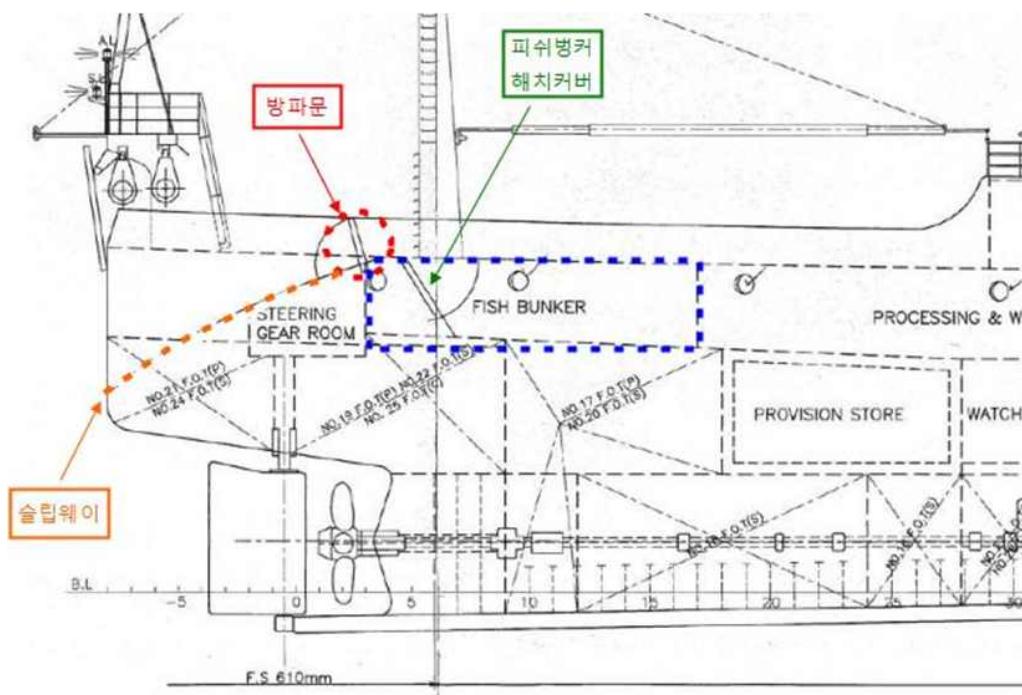
[그림 16] 방파문 폐쇄로 인한 갑판상 해수 유입 상태

3.3.2.8 선미에서 작업을 지휘하던 갑판장은 선장에게 해수가 갑판상으로 올라오는 상황에서 피쉬벙커 해치커버를 여는 것은 매우 위험하니 열지 말 것을 건의하였다.²⁵⁾

24) 갤로스 : 갑판상 올라온 그물자루를 걸어 두는 2개의 수직기둥과 상부의 형판으로 구성된 지지대

25) 생존자인 필리핀 갑판원(A.J)의 진술

3.3.2.9 그러나, 선장은 피쉬벙커 해치커버의 개방을 지시하였으며, 같은 날 12시경 해치커버가 개방되고 어획물과 함께 상당량의 해수가 피쉬벙커로 쏟아져 들어갔다.

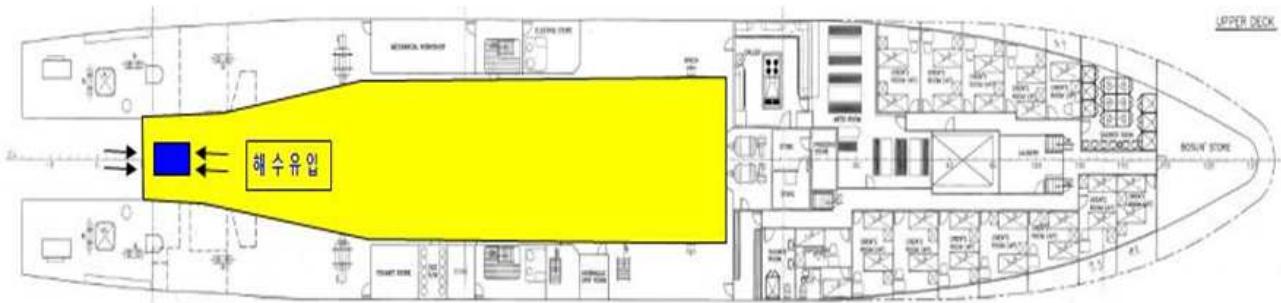


[그림 17] 슬립웨이, 방파문, 피쉬벙커 및 해치커버

3.3.2.10 피쉬벙커 해치커버가 개방된 상태로 지속적으로 해수가 유입되자, 선미에서 빨리 해치커버를 닫는 와중에 어획물과 함께 피쉬벙커로 쏟아졌던 그물이 해치커버와 갑판사이에 끼어 해치커버는 완전히 닫히지 않았고, 틈새가 약 10센티미터 가량 벌어진 상태가 되었다.

3.3.2.11 선장은 피쉬벙커에 어획물 투하가 완료된 같은 날 12시 06분경부터 나바린항을 향하여 침로를 서쪽방향으로 정침하고 피항을 시작하였다. 피항 중 파도가 갑판상으로 올라오면서 해수가

해치커버의 벌어진 틈으로 지속 유입되었다.

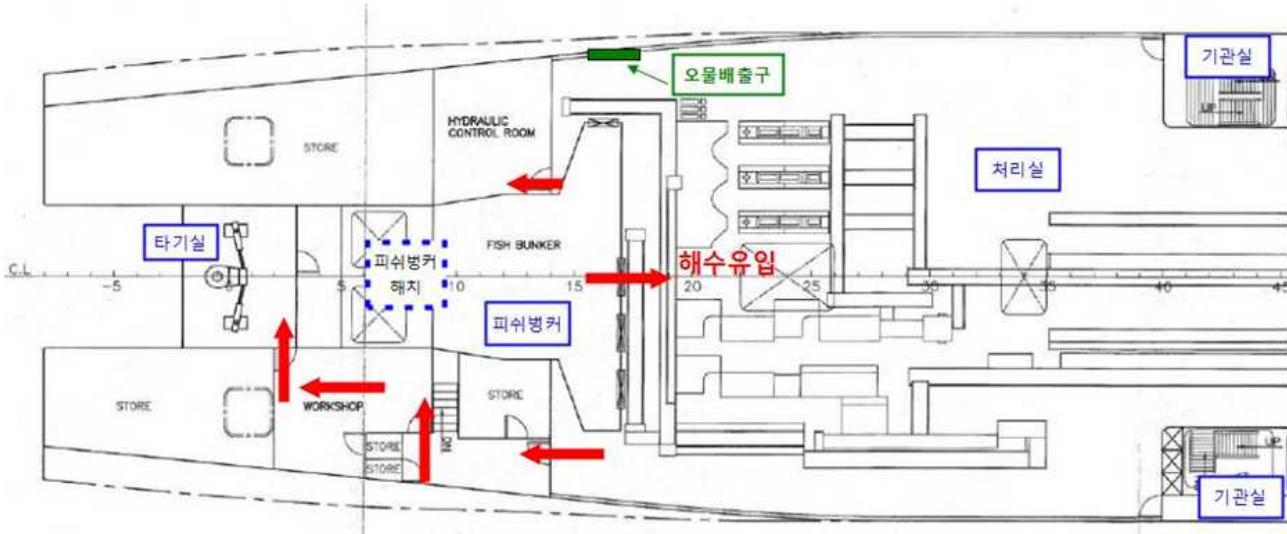


[그림 18] 피쉬벙커 해치커버를 통한 피쉬벙커 해수 유입 상태

3.3.2.12 피쉬벙커로 쏟아진 어획물과 해수의 양이 많아짐에 따라 피쉬벙커와 처리실 사이를 구획하고 있던 나무 칸막이 틈새를 통해 해수가 처리실로 유입되다가 나무 칸막이가 터지면서 삽시간에 해수와 어획물이 처리실로 유입되었다.

3.3.2.13 이후, 지속적으로 유입된 해수와 어획물로 인하여 처리실의 선미쪽 부분은 약 1미터 높이까지 해수에 잠겼다. 그러는 중에도 해수는 갑판에서 피쉬벙커로 계속 유입되었다. 또한, 파도가 칠 때마다 다량의 해수가 좌현 오물배출구를 통해 선내로 유입되었다.

3.3.2.14 처리실로 유입된 해수는 후미의 열려 있던 타기실 구획 출입문 코밍(문턱, 높이 60센티미터)을 넘어 타기실과 처리실 사이에 있는 창고로 유입되었으며, 유입된 해수는 창고를 채운 다음 타기실 코밍(높이 45센티미터)을 넘어 타기실로 유입되었다.



[그림 19] 피쉬벙커 해수유입 후 해수 이동 경로

3.3.2.15 피쉬벙커에서 처리실로 해수와 함께 쏟아져 들어온 어획물은 처리실의 빌지웰에 가득 쌓였고, 이로 인하여 빌지웰의 흡입구가 막히는 바람에 기관실에 있는 빌지 펌프를 이용하여 처리실 바닥의 해수를 배출하기가 어렵게 되었다.

3.3.2.16 같은 날 12시 30분경 좌현에서 밀려오는 파도의 영향으로 선박이 우현경사 되면서 처리실로 밀려들어온 해수와 어획물이 선박의 우현측으로 쏠렸고, 이로 인하여 선박의 우현 경사가 가중되면서 우현으로의 경사가 약 30도 가량에 이르렀다.

3.3.2.17 같은 날 12시 35분경 선장은 인근에서 예상 중이던 카롤리나 77과의 교신에서 “피쉬폰드에 물을 떠²⁶⁾ 판자가 터져 처리실에 해수가 유입되었고, 배가 많이 기울었다. 빨리 가까이 와서 도와 주라”라고 도움을 요청하였다.

26) 피쉬폰드는 피쉬벙커의 다른 말이며, 피쉬폰드에 물을 떠다는 말은 피쉬벙커에 해수가 유입되었다는 뜻임

3.3.2.18 요청을 받은 카롤리나 77은 예망을 멈추고 양망한 뒤, 같은 날 13시 10분경부터 10마일 가량 떨어져 있던 제501오룡호 쪽으로 이동하기 시작하였다.

3.3.2.19 그 시각 제501오룡호에서 서쪽으로 13마일 떨어진 해역에서 예망하고 있던 잘리브 자비야카는 제501오룡호와 카롤리나 77과의 교신내용을 듣고, 제501오룡호와 교신하여 내용을 확인한 다음 13시경 양망을 완료하고 제501오룡호 방향으로 4노트의 속력으로 항해하기 시작하였다.

3.3.2.20 제501오룡호는 빌지펌프를 이용한 처리실의 해수 배출이 여의치 않자 같은 날 12시 30분경부터 이동식잠수펌프 2대를 이용하여 빌지를 배출하였다. 그리고, 카롤리나 77에 이동식 잠수펌프를 지원해 줄 것을 요청하였다.

3.3.2.21 같은 날 13시 00분경부터는 우현으로 기울어진 선박을 바로 세우기 위하여 기관실에서는 기관장의 지휘하에 연료유 탱크의 연료를 우현쪽에서 좌현쪽으로 이동시키고, 갑판부에서는 1등 항해사 지휘하에 어창의 제품을 좌현으로 이동시켰다.

3.3.2.22 같은 시각, 타기실은 지속적으로 유입된 해수로 인하여 상당 부분 침수 되었으며, 좌현전타 상태에서 타기가 멈추었다. 이로써 이 선박은 보침능력을 상실하게 되었다. 그러나, 주기관은 같은 날 15시 30분경까지 작동되었다.

3.3.2.23 주기관을 사용하지 않는 상태에서 타기가 멈춤으로써 우현으로

기운 상태로 파도의 흐름에 따라 움직이던 이 선박은 같은 날 14시경에는 연료유 및 어창의 제품이동과 이동식잠수펌프를 이용한 해수 배출로 선체가 바로 서면서 균형을 잡아가는 듯하였다.

3.3.2.24 같은 날 14시 10분경 카롤리나 77은 거의 균형을 잡고 선수 방향 약 200도 상태로 좌현측에서 파도를 받고 있던 제501 오룡호의 좌현측 200미터 거리까지 접근하였다.

3.3.2.25 카롤리나 77은 같은 날 14시 10분부터 14시 30분까지 이동식 잠수펌프 1대를 제501오룡호에서 내어준 예인색에 묶어 전달하였다.

3.3.2.26 이후 카롤리나 77은 제501오룡호로부터 이동식잠수펌프 3대의 작동이 잘 된다는 연락을 받았으며, 제501오룡호가 어느 정도 안정되었다고 판단하여 별다른 추가 조치 없이 부근에서 대기하기 시작하였으며, 제501오룡호는 선수방향이 200도인 상태에서 파도의 영향으로 선체가 265도 방향 1.8노트의 속력으로 밀려 가고 있었다.

3.3.2.27 서쪽 방향으로 밀려가던 이 선박은 같은 날 15시경 오물배출 구를 통한 해수 유입을 줄이기 위하여 선미 좌현에서 받던 파도를 우현에서 받도록 하기 위해 좌현으로²⁷⁾ 선회함에 따라 좌·우로 심하게 요동치다가 갑자기 좌현으로 급경사 되기 시작하였다.

27) 타기가 좌현전타 상태에서 멈추었기 때문에 주기관만으로 선체를 선회하면 좌현으로 선회가 됨

3.3.2.28 좌현으로 급경사 되면서 오물배출구를 통한 해수 유입이 가속화 되었으며 상갑판의 피쉬벙커 해치커버 틈새를 통해서도 해수가 계속 유입되었다. 선원들은 처리실에서 이동식잠수 펌프를 이용하여 해수를 계속 배출하였으나 유입량이 너무 많아 유입해수는 계속 늘어났으며, 어창으로도 해수가 유입 되기 시작하였다.

3.3.2.29 같은 날 15시 30분경 선장은 이 선박이 좌현쪽으로 기울어진 상태에서는 우현측 보다는 좌현측의 바람과 파도를 받는 것이 낫겠다는 생각으로 주기관을 사용하여 선수방향을 변경코자 시도하였으나 선박의 동요와 경사가 더 심해지자 다시 선수 방향을 변경하여 우현에서 바람과 파도를 받도록 하였다.

3.3.2.30 같은 시각, 이 선박이 좌현으로 급경사된 상태에서 좌현 선미 일부가 수면하로 내려가자 조타실에 있던 러시아 감독관은 선장에게 퇴선할 것을 권유하였으나 선장은 “괜찮다”라고 응답하였다. 바람과 파도를 좌현으로 받도록 기관을 사용하고 난 후 얼마 지나지 않아 기관실이 침수되면서 기관 작동이 멈추었다.

3.3.2.31 이 선박이 좌현으로 약 40도에 경사되었을 무렵인 같은 날 16시경 선장은 자선에서 약 6마일 떨어져 대기 중이던 카롤리나 77과의 교신에서 “선장님 퇴선 해야겠습니다. 배가 많이 기울어져 좌현측 라이프레프트 3대가 이탈하였습니다”라고 하였으며, 카롤리나 77은 급박한 상황을 인지하고 전속력으로

이 선박을 향하여 항해하기 시작하였다.

3.3.2.32 같은 시각, 기관실이 상당부분 침수된 이 선박은 일부 조명과 통신기기 등을 제외한 모든 기기의 작동이 멈추었으며, 어창에도 해수가 대량으로 유입되었다.

3.3.2.33 같은 시각, 잘리브 자비야카가 제501오룡호와 0.5마일 거리까지 접근하여 이동식잠수펌프를 넘겨주기 위하여 준비하였으나 제501오룡호에서는 “퇴선해야겠다”고 하였으며 잘리브 자비야카에서는 “최대한 불을 켜서 선원들이 확인될 수 있도록 하라”고 조언하였다.

3.3.2.34 같은 날 16시 10분경 선장은 사조산업(주) 본사 운항담당자와의 교신에서 “선미쪽으로 해수가 유입되어 처리실의 해수 수위가 높아져 배가 많이 기운상태라서 복구가 힘들어 퇴선 하여야겠다”고 하였으며, 운항담당자는 “그러면 그렇게 하라”고 하였으나 선장은 선내에 퇴선명령을 발령하지는 않았다.

3.3.2.35 같은 날 16시 30분경부터 제501오룡호는 선미부터 침몰하기 시작하였으며, 선원들 30~40여명은 조타실과 조타실 우현측 갑판에 모여 구명뗏목을 투하하는 등 퇴선을 위한 노력을 하였다.

3.3.2.36 같은 날 16시 50분경에는 이 선박의 조타실까지 침수되자 선원들이 선박의 구조물에 매달려 있다가 바다로 휩쓸려 떠내려가는 등 인명피해가 발생하였다.

3.3.2.37 한편, 같은 날 16시 49분경 이 선박의 ARGOS 위성 위치 신호가 소실되었으며, 같은 날 17시 06분경 북위 61도 54분 36초, 서경 177도 09분 00초에서 완전 침몰하면서 이 선박의 비상위치지시무선표지(EPIRB)가 작동되었다.

3.3.3 퇴선 및 인명 구조 상황

3.3.3.1 제501오룡호 선장은 같은 날 16시경부터 16시 10분경까지 사조 산업(주) 본사 및 주변에 있던 선박들과 교신하면서 퇴선하겠다는 의사를 밝혔으나 선내에 퇴선명령을 발령하지는 않았으며, 16시경 좌현측이 물에 잠기면서 구명뗏목 3대가 이 선박에서 이탈하였다.

3.3.3.2 같은 날 16시 30분경 이 선박은 선미부분이 전체적으로 물에 잠겼으며 좌현으로 60도 이상 경사되었다. 처리실 등에서 배수 작업 등을 하던 선원들은 항해사, 처리장, 갑판장의 구두 지시를 받는 가운데 이 선박이 기울자 위험을 느껴 자발적으로 이 선박의 우현 윙브릿지(Wing Bridge)²⁸⁾에 10여명이, 조타실 우현 뒤편에 20~30여명이 모였다. 당시 선장은 조타실에서 고개를 숙이고 앉아 있었다.

3.3.3.3 같은 날 16시 30분경부터 조타실 부근에 모여 있던 선원들은 갑판장이 중심이 되어 우현측의 구명뗏목 4대를 줄로 서로 연결한 후 바다에 투하하여 팽창시켰다. 그 중 한 대는 바로

28) 조타실 측면의 개방되어 있는 공간

팽창하였으나 나머지는 나중에 팽창하였다.

- 3.3.3.4 같은 날 16시 40분경부터는 이 선박의 선체 중앙부까지 침몰하였으며 우현의 윙브릿지도 물에 잠겼다가 드러나기를 반복하였고, 이때부터 선원들이 바다에 뛰어 들기 시작하였다. 선원들 대부분은 구명동의만을 착용하고 있었으나, 러시아 감독관과 한국인 처리장은 방수복을 착용하고 있었다.
- 3.3.3.5 인도네시아인 처리실 선원 N은 처리실에서 배수작업 등을 하다가 조타실로 올라가서 우현 윙브릿지에서 구명뗏목 쪽으로 기어가다가 팽창되어 떠오른 구명뗏목에 탑승하였다. 이후 이 선원은 러시아 감독관, 필리핀인 기관부선원 S, 한국인 2등 기관사, 인도네시아 선원 2명 등 총 5명을 이 구명뗏목에 태웠다.
- 3.3.3.6 러시아인 감독관은 조타실 우현 윙브릿지에서 한국인 1명과 줄로 서로를 묶은 상태에서 물에 뛰어 들었다. 러시아 감독관은 선박에서 멀어지기 위하여 한참을 헤엄치다가 구명뗏목에 이르렀고 구명뗏목에 있던 선원들에 의하여 올려졌으나 한국인 선원은 줄이 풀려 사라지고 없었다.
- 3.3.3.7 필리핀인 기관부 선원 S는 침실에서 휴식을 취하다가 16시경 선체가 좌현으로 경사된 상태에서 복원되지 않는 것을 보고 겨울옷을 껴 입고 구명동의를 착용한 상태에서 조타실로 올라갔다. 이후 우현의 윙브릿지에 있다가 선미가 해수면 아래로 가라 앉는 것을 본 다른 선원이 바다로 뛰어들자 뒤따라 뛰어

들었으며 20분 가량을 바다에 떠 있다가 구명뗏목을 발견하고 헤엄쳐 구명뗏목에 올라갔다.

3.3.3.8 필리핀인 처리실 선원 T는 16시 30분 처리실에 있다가 겨울 방한복을 입고 구명동의를 착용하고 조타실로 올라왔다. 이 선박이 선미부터 침몰하여 조타실까지 물에 잠길 무렵 다른 선원들과 함께 바다로 뛰어 들었고, 선수 부근에 있던 방충재를 잡고 있다가 이 선박이 침몰하기 시작할 때 헤엄을 쳐 선박에서 벗어났다. 이후 팽창되어 떠오른 구명뗏목에 타려고 하였으나 뒤집어지는 바람에 뒤집어진 구명뗏목의 하면에 타고 있었다.

3.3.3.9 인도네시아인 갑판부 선원 W는 어창 및 처리실에서 작업을 하다가 구명동의를 입고 조타실로 올라갔다. 이후 조타실 좌현이 물에 침수되는 상황에서 조타실 우현에서 구조물을 잡고 벗다가 파도를 맞아 바다로 떨어졌다. 바다에 빠진 후 헤엄을 쳐 이 선박에서 멀어졌으며, 뒤집어진 구명뗏목에 선원이 올라가 있는 것을 발견하고 합심하여 오르려 하였으나 힘이 빠져 오르지 못하고 줄을 잡고 벗어났다.

3.3.3.10 카롤리나 77은 제501오룡호 쪽으로 접근하던 도중인 같은 날 16시 50분경 로프로 연결된 구명뗏목 4대를 발견하였다. 너무 무거워 끌어올리지는 못하고 1대씩 확인 하던 중 뒤집어진 구명뗏목에 타고 있던 필리핀인 처리실 선원 T를 구조하였고, 물에 빠진 채 구명뗏목 줄을 잡고 있던 인도네시아인 갑판부 선원 W를 구조하였다.

- 3.3.3.11 카롤리나 77은 뒤이어 구명뗏목 한 대에 타고 있던 선원 6명 중 인도네시아인 처리실 선원 N, 러시아 감독관, 한국인 2등 기관사, 필리핀인 기관부 선원 S를 구조하였으나 인도네시아인 선원 2명은 구조 중 실족하여 구조하지 못하였다.
- 3.3.3.12 인도네시아인 전기사는 선내가 소등되고 난 후 침실 등을 돌아다니며 선원들에게 조타실로 올라가라고 지시한 후 같은 날 16시 40분경 침실에서 구명조끼를 착용하고 조타실로 올라간 후 조타실 우현갑판의 핸드레일을 잡고 벼티다가 바다에 뛰어들었다. 이후 헤엄을 치다가 20리터 용량의 플라스틱통을 발견하여 이를 붙잡고 벼티었다.
- 3.3.3.13 필리핀인 갑판부 선원 R은 처리실에서 다른 선원들과 함께 배수작업을 하다가 갑판장의 지시를 받고 침실에서 구명동의를 착용한 후 같은 날 16시 30분경 조타실로 올라갔다. 이후 파도에 휩쓸려 바다에 떨어졌으며, 해상에 떠 있던 나무 파렛트 (Pallet)를 발견하여 이를 붙잡고 벼티었다.
- 3.3.3.14 잘리브 자비야카는 제501오룡호의 풍하측에서 위치하면서 풍상측에서 떠내려오는 인도네시아인 전기사와 필리핀인 갑판부 선원 R을 구조하였다.
- 3.3.3.15 생존자들은 16시 40분경부터 자선을 탈출하였으며, 인근선박 잘리브 자비야카에서 2명(인니 1, 필리핀 1), 카롤리나 77에서 6명 (한국인 1, 필리핀 2, 인니 2, 러시아 1)을 구조하였으나 한국인

선원은 사망하였다.

3.3.3.16 이 사고로 승선 선원 60명(한국인 11, 러시아 1, 필리핀 13, 인도네시아 35) 중 7명(러시아 1, 필리핀 3, 인도네시아 3)이 구조되었으며 27명이 사망하고, 26명이 실종되었다.

3.3.4 사고 후 수색작업

3.3.4.1 2014년 12월 1일 사고 발생 직전 사고 현장 인근에 도착한 한국·러시아 합작어선 카롤리나 77과 잘리브 자비야카는 총 8명의 선원을 구조한 후 지속적으로 수색작업에 임하였다.

3.3.4.2 이후 수색작업은 레이더와 육안을 이용한 시각적 수색이 이루 어졌으나 사고 당일의 해자는 시각은 약 14시 33분이고 이에 따른 상용박명²⁹⁾ 시간은 15시 33분으로 날이 어두워져 육안을 이용한 수색에는 어려움이 많았다.

3.3.4.3 이후 인근에서 조업 중이던 한국·러시아 합작어선 블라디미르 부로둑(VLADIMIR BRODYUK, 총톤수 3,816톤)과 러시아 어선 페라 기알(PELAGIAL) 및 아스트로나브트(ASTRONAVT)가 수색에 합세하였고, 같은 달 3일 미국 코스트 가드(Coast Guard)는 항공기 1대를 동원하여 수색에 참여하였다. 같은 달 3일 수색 어선들에 의하여 사망자의 시신 11구가 수습되었다.

3.3.4.4 같은 달 3일 야간에는 베링해에서 조업하던 우리나라 원양어선

29) 상용박명 : 박명시간이란 해가 뜨기전이나 해가 진 직후의 어슴프레한 시간을 말하는데 이에는 상용박명, 항해박명 등으로 나뉜다. 이중 상용박명은 육안으로도 사물의 식별이 가능하여 조명없이 야외활동이 가능한 시간대를 말하며, 이는 해뜨기 전, 해가 진 후 약 1시간 이내이다.

7척이 사고 해상에 도착하여 수색에 합세하였다. 같은 달 4일 미국의 헬기탑재 수색구조함 문로(MUNRO) 역시 현장에 도착하여 수색하기 시작하였다.

3.3.4.5 같은 달 4일 사망자 8명의 시신이 수습되었다. 그리고 러시아 항공기 1대가 수색에 합세하였다. 같은 달 5일 사망자 7명의 시신이 수습되었다. 같은 달 6일 미국의 수색구조함 알렉스 할레이(ALEX HALEY)가 수색에 합세하였다.

3.3.4.6 우리나라에서는 같은 달 5일 해양경비함정 1척을 현장으로 출발 시켰으며, 같은 달 6일 초계기 2대를 현장으로 보내 수색에 합세하게 하였다. 같은 달 7일 이후 기상악화 등의 원인으로 일부 선박 피항과 수색재개를 반복하다가 2015년 1월 3일 수색을 종료하였다. 최종 수색결과는 다음의 [표 8]와 같다.

[표 8] 최종 수색 결과

구 분	총계	한국인	외국인		
			러시아	필리핀	인 니
승 선	60	11	1	13	35
구 조	7	-	1	3	3
사 망	27	6	-	5	16
실 종	26	5	-	5	16

3.3.5 인근선박과의 시간대별 교신내용

3.3.5.1 제501오룡호 선장은 사고 당일 인근에서 조업하고 있던 제96

오양호, 카롤리나 77, 잘리브 자비야카 및 사조산업(주) 본사 운항팀과 교신을 하였다.

3.3.5.2 제96오양호는 예망하던 중인 2014년 12월 1일 07시 30분경 해상 상태가 악화되자 바로 양망을 하고 침로 320도 속력 9.0노트로 피항하기 시작하였다. 이 선박의 선장은 같은 날 08시 00분경 제501오룡호 선장에게 “기상상태가 나빠질 것이 예상되니 피항 판단을 빨리 하는 게 좋지 않을까”라고 하였고, 제501오룡호 선장은 “양망을 할 것이다”라고 하였다.

3.3.5.3 잘리브 자비야카 선장은 같은 날 12시 30분경 “양망 중 처리실에 넘쳐 들어온 해수가 배수되지 않아 좌현으로 기울어져 있는데 최대한 선체를 안정시키려고 노력 중이나 상태가 좋지 않으니 접근해 달라”라는 제501오룡호 선장의 요청에 “그쪽으로 가겠다”고 답하고 양망을 한 후 13시 00분경 이동을 시작하였다. 이후 제501오양호에서는 “오물배출구로 물이 계속 들어온다”고 하였다.

3.3.5.4 카롤리나 77 선장은 같은 날 12시 35분경 제501오룡호 선장으로부터 “피쉬폰드에 물을 떠서 판자가 터져서 처리실에 해수와 어획물 20톤이 유입되어 배가 많이 기울었다. 빨리 가까이 와 주라”라는 요청을 받고 양망을 하여 13시 10분경 약 10마일 떨어져 있던 제501오룡호를 향하여 항해를 시작하였다.

3.3.5.5 카롤리나 77 선장은 항해를 하면서 제501오룡호로부터 “기울어진 처리실 배수구³⁰⁾를 통하여 해수가 계속 유입된다”는 말을

듣고 “매트리스를 동원해서 물을 막아라”고 조언하였으며, “타기실이 침수되어 타기가 전타상태에서 고장이 났다”라는 말을 듣고 “엔진을 스톱하라”고 조언을 하였다. 그리고 “배수 펌프 2대로 배수작업 중이나 어획물로 인하여 펌프작업이 잘 안된다. 그러니 포타블 배수펌프를 여유 되는대로 지원해 달라”는 요청을 듣고 “그렇게 위험한 상황은 아니니 침착하게 대처하라”고 조언한 후, 주위 선박에 VHF와 SSB를 통해 구조 요청을 전파하였다.

3.3.5.6 잘리브 자비야카 선장은 같은 날 14시 00분경 제501오룡호 선장으로부터 “초기에 우현으로 배가 기울어서 우현의 어획물을 좌현으로 이동하는 작업을 하고 있다”, “처리실에 물이 많이 들어와 타기실까지 물이 들어가 배전반이 잠겨 타기가 멈쳤다”고 들었다.

3.3.5.7 제96오양호 선장은 같은 날 14시 00분경 제501오룡호 선장으로부터 “안정을 찾아가며 물이 절반이상 빠져 괜찮을 것 같다”는 말을 듣고 “잘 했다. 차분하게 선원들 격려하고 마무리 잘하고 빨리 나바린으로 이동해라”라고 응답한 뒤 안심하고 피항을 계속하였다.

3.3.5.8 카롤리나 77은 제501오룡호에 접근하여 같은 날 14시 10분경부터 14시 30분경까지 이동식잠수펌프 1대를 전달한 뒤 선박의 상태와 펌프의 작동 상태를 물어 보았다. 제501오룡호는 “유입된 해수가 절반으로 줄었으며, 전달받은 펌프를 포함하여 3대가

30) 좌현측에 있는 오물배출구를 의미하는 것으로 판단됨

작동이 잘 된다”라고 하였다.

3.3.5.9 잘리브 자비야카 선장은 같은 날 14시 30분경 제501오룡호 선장으로부터 “카롤리나 77에서 이동식잠수펌프를 전해주고 나서 배도 많이 바로서고 처리실 수위도 많이 내려갔다”고 들었다. 그러나 얼마 지나지 않아 “다시 수위가 높아진다”고 들었다.

3.3.5.10 제501오룡호 선장은 같은 날 15시 00분경 제96오양호 선장에게 “피쉬폰드에 물이 다시 차고 있다. 좌현측 배수구를 풍하측에 받으려고 배를 돌렸는데 배가 기울어서 재차 돌린다”라고 하였다.

3.3.5.11 잘리브 자비야카 선장은 같은 날 15시 30분경 제501오룡호 선장으로부터 “우현측에서 바람을 받았었는데 다시 나빠져서 배를 돌려 좌현측으로 바람을 받도록 해야겠다”고 듣고 “잘 판단해서 하라”라고 답하였다. 그리고 얼마 후 “배를 돌려보니 더 나빠진다. 다시 배를 돌리겠다”고 들었다.

3.3.5.12 잘리브 자비야카 선장은 16시 00분경 제501오룡호 선장으로부터 “처리실에서 배수되지 않고 출렁이는 해수가 타기실로 범람하여 조타기 작동이 좌현전타 상태에서 정지되었으며, 높은 파도에 배가 계속적으로 좌선회하는 상황이라 부득이 엔진을 정지하고 표류하는 상태에서 배수작업을 하고 있는데 역부족이다. 펌프 지원을 요청한다”는 교신을 듣고 “유입되는 해수를 최대한 차단하고 유입된 해수를 계속 퍼내라”고 조언 하였다.

3.3.5.13 카롤리나 77 선장은 같은 날 16시 10분경 제501오룡호 선장으로부터 “선장님 퇴선해야겠습니다. 배가 많이 기울어져 좌현측 라이프레프트 3대가 자동으로 이탈하였습니다”라는 말을 듣고 전속력으로 제501오룡호 쪽으로 이동하였다.

3.3.5.14 사조산업(주) 운항팀은 같은 날 16시 10분경 제501오룡호 선장으로부터 “퇴선해야겠다”라는 말을 듣고 “상황이 어떠냐”고 물었으며 “선미쪽으로 해수가 유입되어 처리실에 해수 수위가 높아져 배가 많이 기운 상태라 복구가 힘들 것 같다”고 하여 “그러면 그렇게 하라”고 답하였다.

3.3.5.15 잘리브 자비야카 선장은 같은 날 16시 30분경 제501오룡호 선장으로부터 “퇴선해야겠다”고 듣고 “최대한 불을 켜서 선원들이 확인될 수 있도록 하라”고 조언하였으며, 이후 “좌현측의 구명뗏목이 물에 잠겨 하나 터졌다”고 들었다.

3.3.5.16 제96오양호 선장은 카롤리나 77로부터 “501오룡호가 퇴선 명령을 내려 그쪽으로 가고 있다”는 상황을 전해 듣고 같은 날 16시 30분경 제501오룡호를 호출한 바 제501오룡호 선장은 “형님한테 마지막 하직인사는 하고 가야 안되겠습니까”라고 하였으며 제96오양호 선장은 “그러지 말고 선원들 퇴선 잘 시키고 너도 빠져 나와라”고 답하였다.

3.3.5.17 제501오룡호는 같은 날 16시 30분경이후 전 선박과의 교신이 끊어졌으며 이 선박의 모든 등이 소등되었다. 이 선박과 주변 선박 간 교신 내용을 요약하면 [표 9]와 같다.

[표 9] 제501오룡호와 인근 선박 간 교신 내용 요약

교신시각	교신국	교신내용
12.1 07:30	96오양	기상상태가 나빠짐. 피항판단을 빨리하는 게 좋겠음
	제501오룡	양망을 할 것임
12:30	제501오룡	양망 중 처리실 해수유입 좌현 경사. 선체안정 노력 중. 상태 불량, 접근 요망 / 오물배출구로 물이 계속 들어옴
	질리브 자비아카	그 쪽으로 가겠음(양망 후 13시부터 이동 시작)
12:35	제501오룡	피쉬폰드 해수 유입. 해수, 어획물 20톤 처리실 유입. 선박 대각도 경사. 접근 요망
	카롤리나 77	(13시 10분경 양망 후 항해 시작)
12:35 -14:00	제501오룡	기울어진 처리실 배수구로 해수 계속 유입
	카롤리나 77	매트리스 동원 물을 막기 바람
	제501오룡	타기실 침수. 전타상태에서 작동 중지
	카롤리나 77	엔진을 정지할 것
	제501오룡	배수펌프 2대로 작업 중이나 잘 안됨. 배수펌프 지원요망
	카롤리나 77	위험한 상황은 아니니 침착하게 대처할 것
14:00	제501오룡	우현 경사. 우현 어획물 좌현 이동 중 처리실 침수 후 타기실 침수, 타기 작동 중지
	질리브 자비아카	(수신함)
14:00	제501오룡	안정회복, 물이 절반이상 빠짐, 괜찮을 것 같음
	96오양	잘했음. 선원들 격려. 나바린으로 빨리 이동 바람
14:10 -14:30	카롤리나 77	(펌프1대 전달) 선박상태 및 펌프의 작동상태 물음
	제501오룡	유입된 해수 절반으로 감소. 펌프 3대 작동 양호
14:30	제501오룡	카롤리나 77 펌프 전달, 경사양호 처리실 수위 저하 / 다시 수위가 높아짐
	96오양	(수신함)
15:00	제501오룡	피쉬폰드에 다시 물이 참. 배수구를 풍하측으로 밟으려고 배를 돌렸다가 다시 돌림
	96오양	(수신함)
15:30	제501오룡	우현측 바람상태나빠 좌현측 바람을 밟도록 할 것임 배를 돌려보니 더 나빠짐, 다시 배를 돌림
	질리브 자비아카	(수신함)
16:00	제501오룡	좌현전타 상태 타기정지, 배수작업 역부족, 펌프지원요청
	질리브 자비아카	유입해수 최대한 차단코 해수 계속 펌핑할 것
16:10	제501오룡	퇴선상황임. 좌현 라이프레프트 3대 이탈
	카롤리나 77	(전속력으로 제501오룡호 쪽으로 이동)
16:10	제501오룡	퇴선상황. 선미쪽으로 처리실 해수유입 대각도 경사.
	시즌산업 운행팀	그러면 그렇게 하라
16:30	제501오룡	퇴선할 것임
	질리브 자비아카	최대한 불을 켜 선원을 확인할 수 있도록 할 것
16:30	제501오룡	하직인사 드림
	96오양	선원들 퇴선시키고 빠져나오기 바람

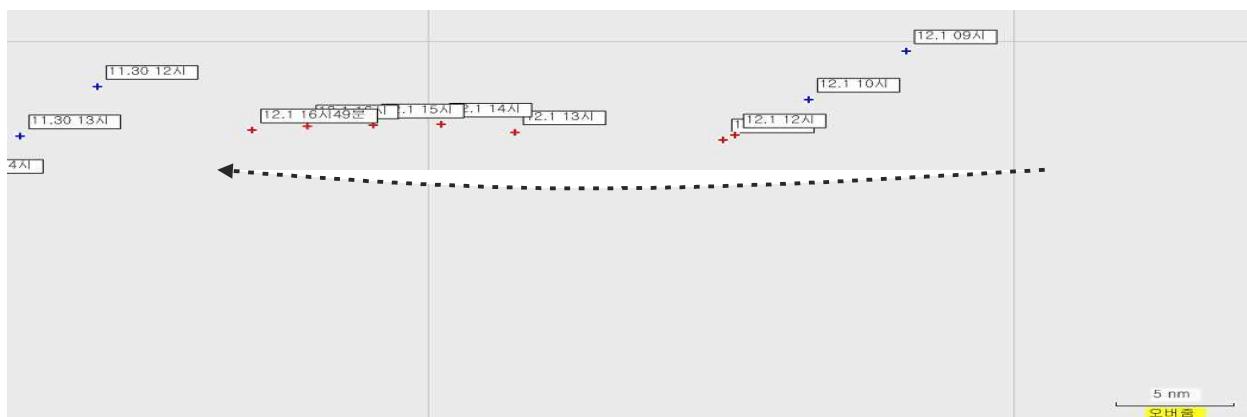
4. 사고 분석

4.1 사고 발생 지점 및 시각

4.1.1 이 사고는 제501오룡호가 선체의 과도한 횡경사로 인하여 전복(Capsizing)되어 발생하였다기보다는 상갑판상의 피쉬벙커 해치커버와 선체좌현측면에 설치되어 있던 오물배출구를 통해 대량 유입된 해수로 인하여 부력을 상실하여 발생한 침몰(Sinking)사고로 분류³¹⁾하는 것이 타당하다고 판단된다.

4.1.2 사고시각을 어느 시점으로 할 것인지에 대하여 다양한 의견이 있을 수 있으나, 이 선박이 침수로 인하여 선미부터 가라앉기 시작하여 최종적으로 선수부가 가라앉았으므로 마지막으로 선수부가 가라앉은 시점을 사고 시점으로 보는 것이 타당하다.

4.1.3 제501오룡호의 위치(Argos 위성) 자료에 따른 이 선박의 사고 당시 항적은 [그림 20]과 같다.



[그림 20] 제501오룡호 항적(Argos 위성)

31) 「해양사고의 조사 및 심판에 관한 법률 사무처리요령」 제13조(사고의 종류) 제1항제1호에 의하면, 전복은 선박이 뒤집혀지는 것(충돌, 좌초, 화재, 폭발 등에 의한 것은 제외)으로, 침몰은 황천조우, 외판 등의 균열이나 파공, 절단 등에 의한 침수의 결과로 가라앉는 것(충돌, 좌초, 전복, 화재 등에 의한 것은 제외)으로 정의하고 있다.

4.1.4 위 4.1.3의 항적에서 제501오룡호가 최종적으로 위치발신을 한 시각은 2014년 12월 1일 16시 49분이며 위치는 북위 61도 54분 36초, 서경 177도 09분 00초이다.

4.1.5 그러나, 선원들의 진술과 이 선박의 비상위치지시무선표지 (EPIRB)의 발신 위치 및 시각 등을 종합해 볼 때 이 선박은 같은 날 17시 06분경, 위 위치에서 선미부터 침몰하기 시작하여 선수 까지 완전 침몰한 것으로 판단된다.

4.1.6 이 선박의 침몰위치는 러시아의 나바린항으로부터 102도 방향으로 107마일 떨어진 해점이며 해역의 수심은 108미터이다.

4.2 선박 배수량 변화 및 복원성 시뮬레이션 분석³²⁾

4.2.1 부산 감천항 출항이후 사고 시까지 배수량 변화

4.2.1.1 제501오룡호는 2014년 7월 10일 부산 감천항에서 선원 55명이 승선한 가운데 연료유 670.8톤 윤활유 14.7톤, 청수 등 기타 약 259.2톤을 적재하여 추정 배수량 3,431.84톤, 추정 흘수 6.39미터 상태로 출항하였다.

4.2.1.2 출항 당시의 추정 배수량을 토대로 이후 어획량과 연료유 잔량 보고를 가감하여 배수량의 변화를 계산하여 보면 다음 [표 10]과 같으며 당시에도 추정 배수량이 3,431.84톤(만재배수량 3,398.490톤)

32) 복원성 시뮬레이션 분석은 해양대학교 해양안전기술의 “제501오룡호 침몰사고 원인분석 침수·침몰 시뮬레이션 연구용역”의 결과를 인용하였으며 용역시 복원성 계산은 선박안전기술공단의 KST SHIP 프로그램을 이용하였다.

으로 만재배수량을 33.35톤을 초과하였으며 만재흘수선³³⁾(6.35미터)을 4센티미터 초과하였다.

[표 10] 제501오룡호 출항이후 주요일자별 배수량

일자	연료유	윤활유	제품잔량	기타항목	재화중량	배수량	추정흘수	비고
7.10	670.8	14.7	-	259.2	944.70	3,431.84	6.39	출항시
7.22	554.8	14.0	-	194	762.80	3,249.94	6.17	어장도착
7.27	500.9	13.7	391.3	194	1,099.90	3,587.04	6.58	
8.1	445.7	13.4	811.4	194	1,464.51	3,951.65	7.01	전재전일
8.3						전재완료 및 연료유 MGO 200킬로리터 수급		
8.4	593.9	9.54	5.6	194	803.04	3,290.18	6.22	전재후
8.5	582.9	13.1	87.3	194	877.30	3,364.44	6.31	
8.6	571.8	13.1	170.7	194	949.60	3,436.74	6.39	만재흘수초과
8.14	468.3	12.5	824.3	194	1,499.10	3,986.24	7.05	
8.16	451.9	12.3	7.3	194	665.50	3,152.64	6.05	전재후
						이후 동일한 패턴으로 작업을 지속		
11.25	586.9	5.6	64.5	194	851.00	3,338.14	6.28	
11.26	575.9	5.5	104.5	194	879.90	3,367.04	6.31	
11.27	566.1	5.4	150.5	194	916.00	3,403.14	6.36	만재흘수초과
11.30	537.3	5.2	275.2	194	1,011.70	3,498.84	6.47	
12.1	527.7	5.1	315.2	194	1,042.10	3,529.24	6.51	

※ 만재흘수선(6.35미터) 초과 시 과적에 해당됨

33) 만재흘수선(滿載吃水線)"이라 함은 선박이 안전하게 항해할 수 있는 적재한도(積載限度)의 흘수선으로서 여객이나 화물을 승선 또는 적재하고 안전하게 항해할 수 있는 최대한도를 나타내는 선을 말한다

4.2.1.3 출항 이후 어장에 도착하면서 조업하면서 어획량의 증가에 따라 만재흘수를 초과한 상태가 주기적으로 발생하였으며, 같은 해 8월 14일에는 배수량이 3,986톤으로 만재배수량을 약 587톤 초과하였으며, 이로 인하여 평균흘수는 만재흘수선을 70센티미터 초과하였다.

4.2.1.4 사고 당일인 같은 해 12월 1일에도 당일의 어획량을 제외한 배수량이 약 3,529톤으로 만재배수량을 약 131톤 초과하였으며 이로 인하여 평균흘수는 만재흘수선을 약 16센티미터 초과한 상태였다.

4.2.2 선박 복원성 기준

4.2.2.1 “복원성”이라 함은 수면에 평형상태로 떠 있는 선박이 파도·바람 등 외력에 의하여 기울어졌을 때 원래의 평형상태로 되돌아오려는 성질을 말하는 것으로, 평형상태에 있던 선박이 외적요인에 의해 교란되었다가 외적요인이 사라졌을 때 초기 평형상태로 되돌아오는 성질을 의미한다³⁴⁾.

4.2.2.2 이러한 복원성은 같은 외력에서도 선박의 형상, 사람이나 화물, 선박평형수 등을 적재하는 조건에 따라 변화한다.

4.2.2.3 「어선법」 제3조에 근거한 「어선복원성 및 만재흘수선 기준」 (해양수산부 고시 제2013-164호, 2013.6.17. 일부개정)에 따라 길이 24

34) 「선박안전법」 제2조제8호, 대한조선학회, 「선박계산」(텍스트북스), 48면 등

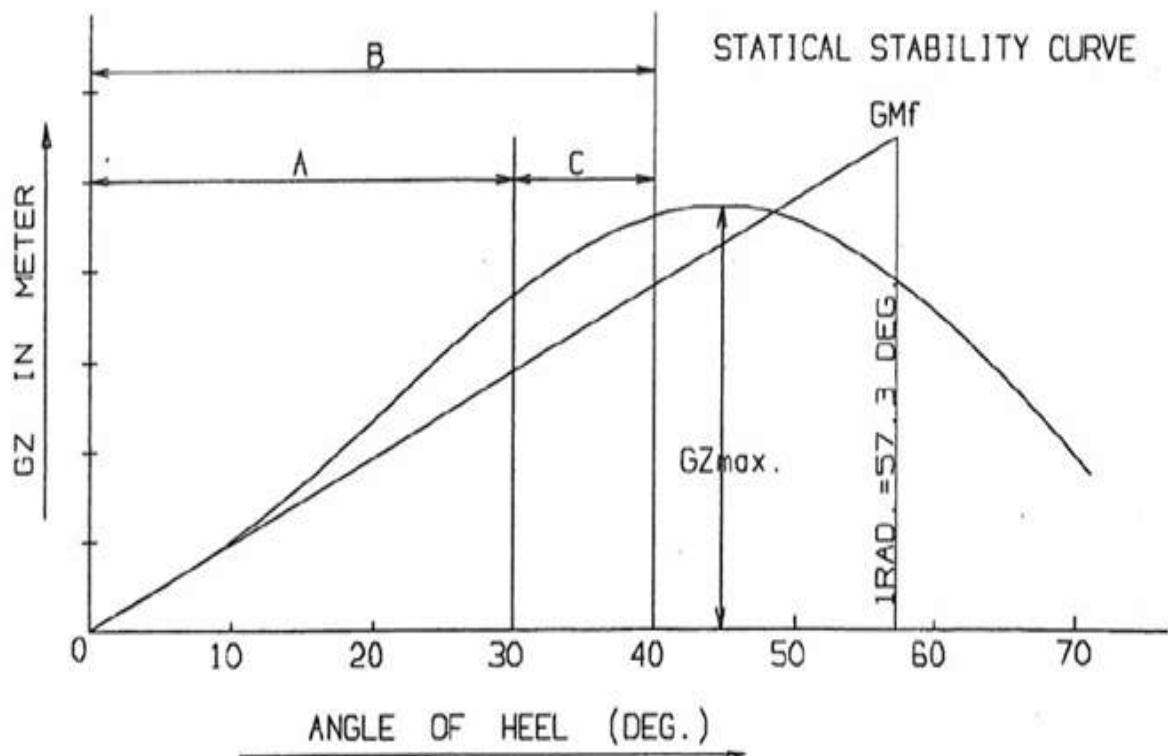
미터 이상의 어선 및 「낚시어선업법」에 따른 최대승선인원이 13인 이상인 낚시어선(2002년 7월 30일 이후 건조 어선 한정)은 선박 검사기관으로부터 선박 복원성 적합여부에 대한 복원성자료의 승인을 받아야 하고 기준을 준수하여야 한다.

4.2.2.4 복원성기준은 선종에 따라 여객선, 어선, 그 외 선박별로 다르게 적용하고 있으며, 길이 40미터 이상의 어선은 다음의 복원성 기준에 적합하여야 한다.

- 가. 전통선루를 가지거나 또는 배의 길이 70미터 이상 어선의 경우에는 GoM이 0.15미터 이상일 것
- 나. 횡축과 복원정곡선에 둘러싸인 부분의 면적이 다음 [표 11]에 따른 값 이상일 것

[표 11] 복원성 기준에 따른 복원정 최소면적 기준

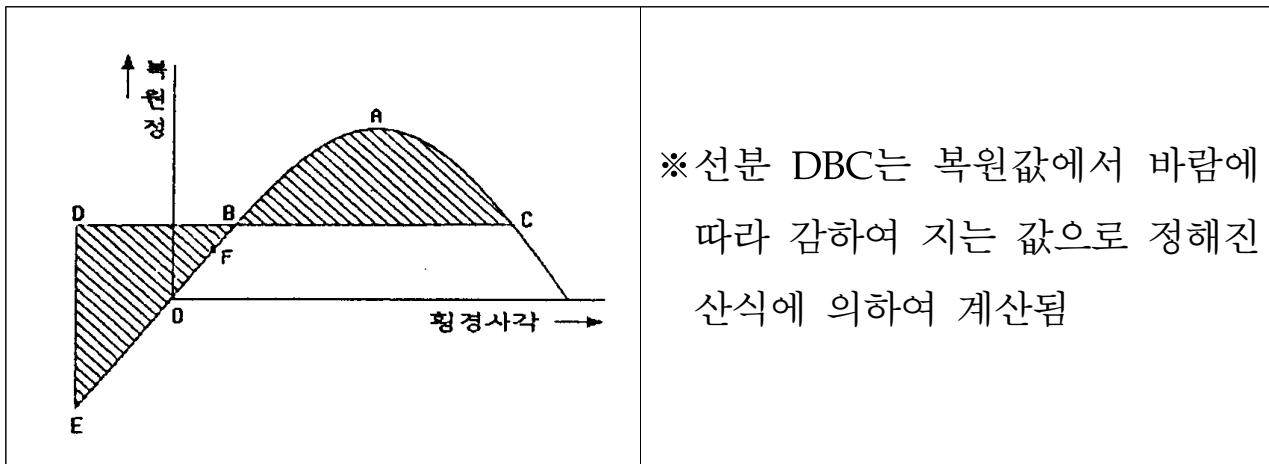
횡 경 사 각	면적(미터 · 라디안)
0도에서 30도까지(그림 A)	0.055
0도에서 40도 또는 해수유입각(θ_f)중 작은 각도까지(그림 B)	0.090
30도에서 40도 또는 해수유입각(θ_f)중 작은 각도까지(그림 C)	0.030



[그림 21] 복원성 기준에 따른 복원정 곡선도

다. 복원정의 최대값은 25도 이상의 횡경사각에서 발생되고 30도 이상의 횡경사각에서 복원정은 0.2미터 이상일 것

라. 격심한 바람에 따른 경사우력정 및 파도에 따른 횡요를 고려할 때 다음 [그림 22]의 복원정곡선에 있어서 면적 ABC가 면적 BDE보다 클 것



※ 선분 DBC는 복원값에서 바람에 따라 감하여 지는 값으로 정해진 산식에 의하여 계산됨

[그림 22] 바람 및 파도에 대한 복원성 기준

4.2.2.5 복원성은 일반적으로 화물이나 연료유 등이 없는 공선 상태에서 선박의 무게중심(G) 위치를 구하기 위한 경사시험을 먼저 실시하고, 이를 바탕으로 여러 가지 화물, 연료유 등의 적재 상황에 따라 출항과 입항 때 선박의 복원성 기준 만족여부를 계산하여 승인하게 된다.

4.2.2.6 즉, 선박복원성자료는 확정적인 선박의 상태가 아니라 표준 재화 상태를 가정하여 작성된 것을 선박검사단체가 승인하는 것으로서, 선장은 각 항차의 적재상태가 복원성자료의 조건과 현저하게 다르거나 복원성기준의 충족여부에 의심이 있을 경우에는 직접 복원성 계산을 하여 확인하는 것이 필요하다.

4.2.3 부산 감천항 출항 시(2014년 7월 10일) 복원성

4.2.3.1 이 선박의 부산 감천항 출항시 복원성을 계산하면 다음의 [표 12]~[표 12-3]과 같다.

[표 12] 감천항 출항시인 7월 10일 중량별 유체정역학적 특성치

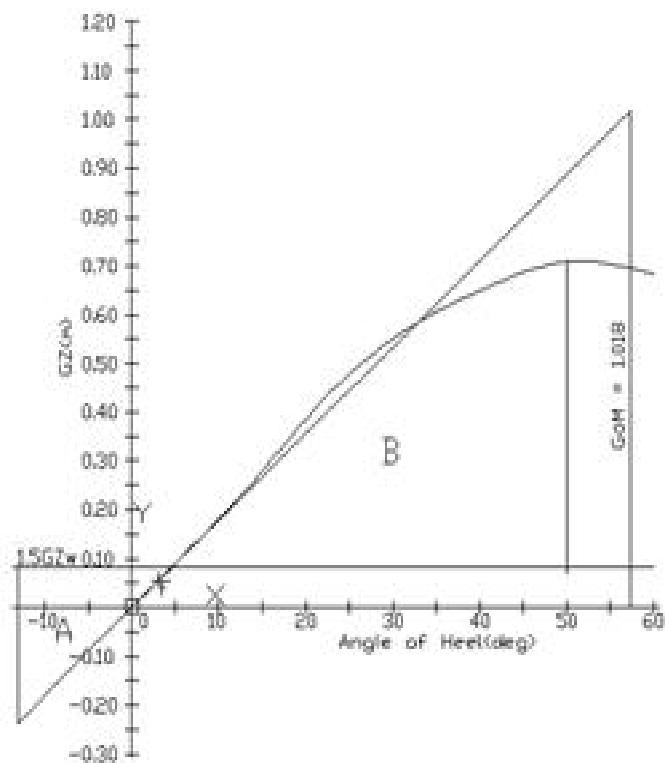
Items	Weight [ton]	L.C.G. [m]	L-Moment [ton*m]	V.C.G. [m]	V-Moment [ton*m]	F.S.M. [ton*m]
Constant Weight	90.83	-11.14	-1,012.34	7.33	666.03	8.61
Sub Total	90.83	-11.14	-1,012.34	7.33	666.03	8.61
F.O.T	670.81	-9.56	-6,577.72	3.13	2,152.56	0.37
L.O.T	14.9	-17.58	-262.47	2.24	33.48	6.99
F.W.T	163.01	-9.550	-1,328.67	1.99	277.07	0.00
Paper Box & Vinyl	4.00	2.20	8.80	2.87	11.48	0.00
FISH HOLD	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sub Total	852.76	-9.811	-8,366.37	2.92	2,489.24	7.36
Dead Weight	943.89	-9.94	-9,378.71	3.34	3,155.28	15.97
Light Weight	2,487.00	-3.88	-9,649.56	5.87	14,898.69	0.00
Displacement	3,430.59	-5.55	-19,028.27	5.17	17,753.96	15.97

[표 12-1] 감천항 출항시인 7월 10일 유체정역학적 특성치

Draft Equivalent(Ext.)	6.388 m	Transverse Metacenter (KMT)	6.198 m
Draft(B.L.)	5.738 m		
Total Trim by Stern	-2.472 m	Vertical Center of Gravity (KG)	5.175 m
Draft Forward	4.956m	Metacentric Height (GM)	1.022 m
Draft Aft	7.428m	Free Surface Correction (GG')	0.005 m
Draft Mean	6.192m	Correction Metacentric Height (G'M)	1.018 m
L.C.B.	-2.542 m	M.T.C.	41.683 m*ton
L.C.F.	-5.787 m	T.P.C.	8.247 mt/cm

[표 12-2] 감천항 출항시인 7월 10일 횡경사 각도에 따른 복원정(GZ)

Angle [degree]	KN [m]	KG*SIN [m]	GZ [m]	AREA [m*rad]
5	0.541	0.451	0.089	0.004
10	1.080	0.899	0.181	0.016
15	1.619	1.341	0.279	0.036
20	2.156	1.772	0.384	0.065
30	3.141	2.590	0.551	0.147
40	3.979	3.330	0.649	0.253
50	4.676	3.968	0.708	0.372
60	5.171	4.486	0.685	0.495



[그림 23] 감천항 출항 시인 7월 10일 복원성 곡선

[표 12-3] 감천항 출항 시인 7월 10일 복원성 판정기준

stability criteria	KST-SHIP	Criterion (>=)	judgement
GoM (m):	1.018	0.150	GOOD
GZ Curve Area between 0-30 deg (m-rad):	0.147	0.055	GOOD
GZ Curve Area between 30-40/SWI deg (m-rad):	0.105	0.030	GOOD
GZ Curve Area between 0-40/SWI deg (m-rad):	0.253	0.090	GOOD
GZ at 30 deg (m):	0.551	0.200	GOOD
Angle of Max. GZ occurs at (deg):	51.5	25.000	GOOD
Angle of down-flooding(deg):	53.7	-	
Area A (m-rad)	0.048	-	
Area B (m-rad)	0.304	-	
Area Ratio B/A	6.269	1	GOOD

4.2.3.2 감천항 출항 시는 만재흘수를 약 4센티미터 초과하여 적재하였지만 복원성 판정기준에는 만족한 상태였으며, 이 선박 좌현측 오물배출구 상태가 정상이어서 해수유입각 조건이 복원성

검토서상 해수유입각 조건과 같았다.

4.2.4 조업 중(2014년 8월 14일) 복원성

4.2.4.1 이 선박이 조업 중 만재배수량을 최대로 초과하여 적재한 날인 같은 해 8월 14일의 복원성을 검토한 바 다음 [표 13]~[표 13-3]과 같다.

4.2.4.2 결과는 출항 시와 마찬가지로 복원성 판정기준에는 만족한 상태였으며 이 당시에도 오물배출구 상태가 정상이었다.

[표 13] 조업중인 8월 14일 중량별 유체정역학적 특성치

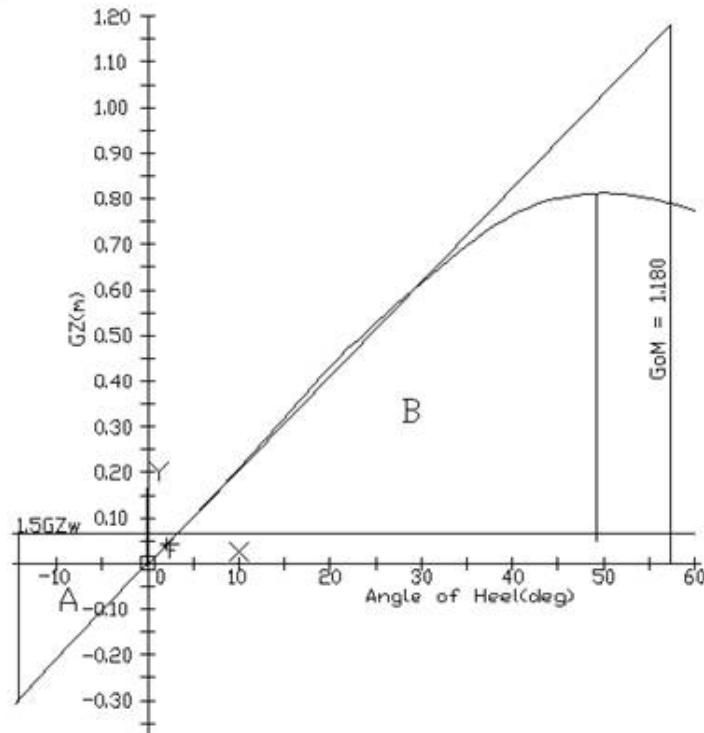
Items	Weight [ton]	L.C.G. [m]	L-Moment [ton*m]	V.C.G. [m]	V-Moment [ton*m]	F.S.M. [ton*m]
Constant Weight	90.83	-11.14	-1,012.34	7.33	666.03	8.61
Sub Total	90.83	-11.14	-1,012.34	7.33	666.03	8.61
F.O.T	468.10	-12.05	-5,851.55	2.88	1,349.31	650.98
L.O.T	12.44	-17.57	-218.58	2.10	26.19	5.63
F.W.T	100.18	-9.518	-953.50	1.65	165.49	60.31
Paper Box & Vinyl	4.00	2.20	8.80	2.87	11.48	0.00
FISH HOLD	824.73	9.02	7,440.38	3.17	2,614.54	0.00
Sub Total	1,409.45	0.30	425.55	2.95	4,167.01	716.92
Dead Weight	1500.28	-0.39	-586.79	3.22	4,833.04	725.53
Light Weight	2,487.00	-3.88	-9,649.56	5.87	14,898.69	0.00
Displacement	3,987.28	-2.57	-10,236.35	4.87	19,431.73	725.53

[표 13-1] 조업중인 8월 14일 유체정역학적 특성치

Draft Equivalent	7.049 m	Transverse Metacenter (KMT)	6.236 m
Draft(B.L.)	6.399 m		
Total Trim by Stern	-0.366 m	Vertical Center of Gravity (KG)	7.873 m
Draft Forward	7.261 m	Metacentric Height (GM)	1.362 m
Draft Aft	6.894 m	Free Surface Correction (GG')	0.182 m
Draft Mean	7.078 m	Correction Metacentric Height (G'M)	1.180 m
L.C.B.	-2.987 m	M.T.C.	45.693 m*ton
L.C.F.	-5.665 m	T.P.C.	8.584 mt/cm

[표 13-2] 조업중인 8월 14일 횡경사 각도에 따른 복원정(GZ)

Angle [degree]	KN [m]	KG*SIN [m]	GZ [m]	AREA [m*rad]
5	0.544	0.441	0.103	0.005
10	1.086	0.878	0.209	0.018
15	1.627	1.308	0.318	0.041
20	2.159	1.729	0.430	0.074
30	3.144	2.528	0.616	0.166
40	4.012	3.250	0.763	0.287
50	4.685	3.873	0.812	0.426
60	5.154	4.378	0.775	0.566



[그림 24] 조업중인 8월 14일 복원정 곡선

[표 13-3] 조업중인 8월 14일 복원성 판정기준

stability criteria	KST-SHIP	Criterion (>=)	judgement
GoM (m):	1.180	0.150	GOOD
GZ Curve Area between 0-30 deg (m-rad):	0.166	0.055	GOOD
GZ Curve Area between 30-40/SWI deg (m-rad):	0.121	0.030	GOOD
GZ Curve Area between 0-40/SWI deg (m-rad):	0.287	0.090	GOOD
GZ at 30 deg (m):	0.616	0.200	GOOD
Angle of Max. GZ occurs at (deg):	49.6	25.000	GOOD
Angle of down-flooding(deg):	49.2	-	
Area A (m-rad)	0.054	-	
Area B (m-rad)	0.361	-	
Area Ratio B/A	6.654	1	GOOD

4.2.5 사고 발생일(2014년 12월 1일) 오전 복원성(사고 발생 전)

4.2.5.1 이 선박은 같은 해 9월 중순 좌현측 오물배출구 셔터가 떨어져 나간 이후 수리하지 않은 상태로 조업을 계속하였다. 따라서 사고 당시인 12월 1일에는 해수유입각을 오물배출장치(그림 7 : 오물배출장치 설치 상황 참조)의 최상면인 기선으로부터 6.4미터 높이로 보고 복원성 검토를 하여야 적절하다.

4.2.5.2 이에, 해수유입각을 오물배출장치의 최상면으로 보고 사고 당일 오전의 복원성을 검토한 바 다음 [표 14]~[표 14-3]과 같다.

[표 14] 사고 발생일인 12월 1일 오전 중량별 유체정역학적 특성치

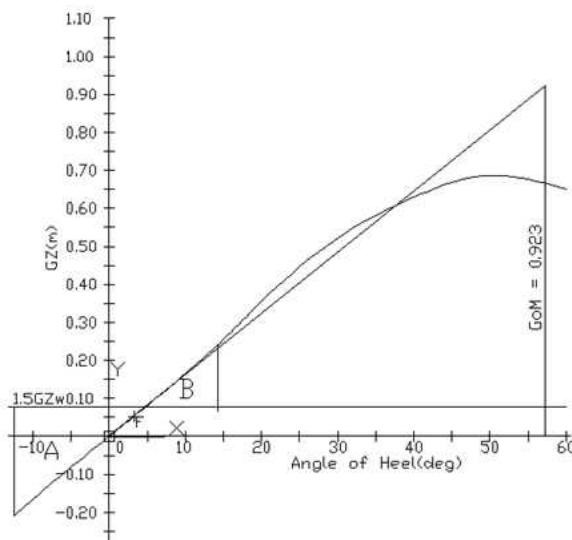
Items	Weight [ton]	L.C.G. [m]	L-Moment [ton*m]	V.C.G. [m]	V-Moment [ton*m]	F.S.M. [ton*m]
Constant Weight	90.83	-11.14	-1,012.34	7.33	666.03	8.61
Sub Total	90.83	-11.14	-1,012.34	7.33	666.03	8.61
F.O.T	527.16	-12.25	-6,458.76	2.96	1,559.63	707.49
L.O.T	5.14	-17.50	-89.94	1.60	8.21	1.79
F.W.T	100.18	-9.518	-953.50	1.65	165.49	60.31
Paper Box & Vinyl	4.00	2.20	8.80	2.87	11.48	0.00
FISH HOLD	315.69	9.00	2,842.03	2.15	678.64	0.00
Sub Total	952.17	-4.88	-4,651.37	2.54	2,423.45	769.59
Dead Weight	1043.00	-5.43	-5,663.70	2.96	3,089.48	778.20
Light Weight	2,487.00	-3.88	-9,649.56	5.87	14,898.69	0.00
Displacement	3,530.00	-4.34	-15,313.26	5.01	17,688.17	778.20

[표 14-1] 사고 발생일인 12월 1일 오전 유체정역학적 특성치

Draft Equivalent	6.508 m	Transverse Metacenter (KMT)	6.154 m
Draft(B.L.)	5.858 m		
Total Trim by Stern	-1.415 m	Vertical Center of Gravity (KG)	5.011 m
Draft Forward	5.688 m	Metacentric Height (GM)	1.143 m
Draft Aft	7.103 m	Free Surface Correction (GG')	0.220 m
Draft Mean	6.395 m	Correction Metacentric Height (G'M)	0.923 m
L.C.B.	-2.634 m	M.T.C.	42.496 m*ton
L.C.F.	-5.803 m	T.P.C.	8.318 mt/cm

[표 14-2] 사고 발생일인 12월 1일 오전 횡경사 각도에 따른 복원점(GZ)

Angle [degree]	KN [m]	KG*SIN [m]	GZ [m]	AREA [m*rad]
5	0.537	0.456	0.081	0.004
10	1.073	0.908	0.164	0.014
15	1.608	1.354	0.255	0.032
20	2.144	1.789	0.355	0.059
30	3.137	2.616	0.522	0.136
40	3.992	3.363	0.629	0.238
50	4.694	4.007	0.687	0.353
60	5.181	4.530	0.650	0.471



[그림 25] 사고 발생일인 12월 1일 오전 복원정 곡선

[표 14-3] 사고 발생일인 12월 1일 오전 복원성 판정기준

stability criteria	KST-SHIP	Criterion (>=)	judgement
GoM (m):	0.923	0.150	GOOD
GZ Curve Area between 0-30 deg (m-rad):	0.136	0.055	GOOD
GZ Curve Area between 30-40/SWI deg (m-rad):	-0.104	0.030	NOT GOOD
GZ Curve Area between 0-40/SWI deg (m-rad):	0.029	0.090	NOT GOOD
GZ at 30 deg (m):	0.522	0.200	GOOD
Angle of Max. GZ occurs at (deg):	50.7	25.000	GOOD
Angle of down-flooding(deg):	14.3	-	
Area A (m-rad)	0.043	-	
Area B (m-rad)	0.013	-	
Area Ratio B/A	0.307	1	NOT GOOD

4.2.5.3 복원성 검토 결과 [표 14-3]에서 확인할 수 있듯이 이 선박의 복원성은 복원성 판정기준에 일부 미달되었고, 격심한 파도와 풍압에 의한 면적비도 7월 10일 출항 시와 8월 14일 어획 당시에 비하여 매우 작았다.

4.2.6 사고 발생 직전 복원성(어획물 20톤 갑판상 적재)

4.2.6.1 이 선박은 사고 발생 직전 양방하여 20톤의 어획물을 선미 갑판상에 끌어 올렸다. 당시 이 어획물을 고려하여 복원성을 검토한 바 [표 15]~[표 15-3]과 같다.

[표 15] 사고 발생 직전(12.1) 중량별 유체정역학적 특성치

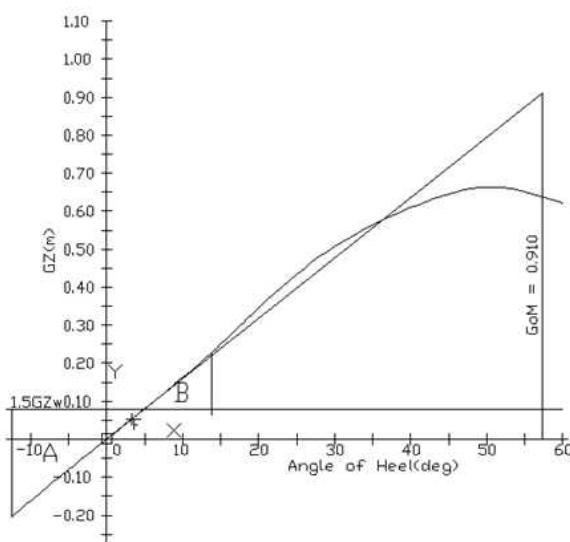
Items	Weight [ton]	L.C.G. [m]	L-Moment [ton*m]	V.C.G. [m]	V-Moment [ton*m]	F.S.M. [ton*m]
Constant Weight	90.83	-11.14	-1,012.34	7.33	666.03	8.61
Sub Total	90.83	-11.14	-1,012.34	7.33	666.03	8.61
F.O.T	527.16	-12.25	-6,458.76	2.96	1,559.63	707.49
L.O.T	5.14	-17.50	-89.94	1.60	8.21	1.79
F.W.T	100.18	-9.518	-953.50	1.65	165.49	60.31
Paper Box & Vinyl	4.00	2.20	8.80	2.87	11.48	0.00
FISH HOLD	315.69	9.00	2,842.03	2.15	678.64	0.00
Taken Fish	20.00	-28.00	-560.00	9.60	192.00	0.00
Sub Total	972.17	-5.36	-5,211.37	2.69	2,615.45	769.59
Dead Weight	1063.00	-5.85	-6,223.70	3.09	3,281.48	778.20
Light Weight	2,487.00	-3.88	-9,649.56	5.87	14,898.69	0.00
Displacement	3,550.00	-4.47	-15,873.26	5.04	17,880.17	778.20

[표 15-1] 사고 발생 직전(12.1) 유체정역학적 특성치

Draft Equivalent	6.532 m	Transverse Metacenter (KMT)	6.166 m
Draft(B.L.)	5.882 m		
Total Trim by Stern	-1.514 m	Vertical Center of Gravity (KG)	5.037 m
Draft Forward	5.655 m	Metacentric Height (GM)	1.129 m
Draft Aft	7.169 m	Free Surface Correction (GG')	0.219 m
Draft Mean	6.412 m	Correction Metacentric Height (G'M)	0.910 m
L.C.B.	-2.652 m	M.T.C.	42.659 m*ton
L.C.F.	-5.806 m	T.P.C.	8.333 mt/cm

[표 15-2] 사고 발생 직전(12.1) 횡경사 각도에 따른 복원정(GZ)

Angle [degree]	KN [m]	KG*SIN [m]	GZ [m]	AREA [m*rad]
5	0.538	0.458	0.080	0.003
10	1.075	0.913	0.162	0.014
15	1.610	1.360	0.250	0.032
20	2.143	1.798	0.346	0.058
30	3.136	2.628	0.508	0.133
40	3.987	3.378	0.609	0.231
50	4.689	4.026	0.663	0.343
60	5.174	4.552	0.622	0.457



[그림 26] 사고 발생 직전(12.1) 복원점 곡선

[표 15-3] 사고 발생 직전(12.1) 복원성 판정기준

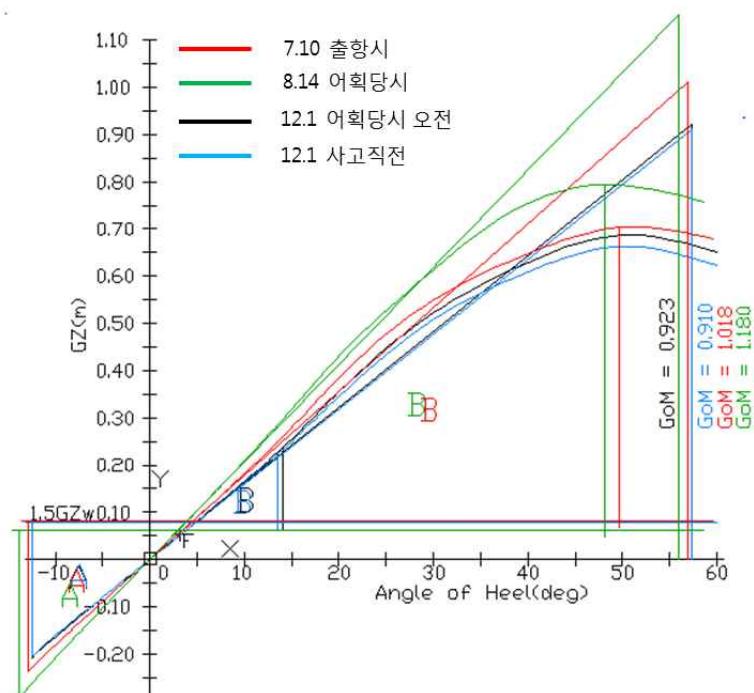
stability criteria	KST-SHIP	Criterion (>=)	judgement
GoM (m):	0.910	0.150	GOOD
GZ Curve Area between 0-30 deg (m-rad):	0.133	0.055	GOOD
GZ Curve Area between 30-40/SWI deg (m-rad):	-0.101	0.030	NOT GOOD
GZ Curve Area between 0-40/SWI deg (m-rad):	0.027	0.090	NOT GOOD
GZ at 30 deg (m):	0.508	0.200	GOOD
Angle of Max. GZ occurs at (deg):	50.4	25.000	GOOD
Angle of down-flooding(deg):	13.7	-	
Area A (m-rad)	0.042	-	
Area B (m-rad)	0.011	-	
Area Ratio B/A	0.270	1	NOT GOOD

4.2.6.2 검토 결과, 사고 당일 오전과 같은 항목이 복원성 판정기준에 미달되었으며 각 항목의 값은 더 나빠졌다.

4.2.6.3 사고 발생일 오전과 사고 발생 직전의 복원성 검토 결과가 기준에 미달하게 된 것은 이 선박의 오물배출구 셔터가 9월 중순 파손되었고, 따라서 해수유입 개구가 연돌 아래에서 오물 배출장치 최상부로 변경되어 해수유입각의 크기가 크게 감소하였기 때문이다.

4.2.7 오물배출구가 정상이었을 경우 가정 복원성 비교 검토

4.2.7.1 앞에서 검토한 이 선박의 같은 해 7월 10일 감천항 출항 후부터
사고 직전까지의 복원성을 종합하여 보면 다음과 같다.



[그림 27] 배수량(7.10~12.1)에 따른 복원성 곡선 비교

[표 16] 배수량(7.10~12.1)에 따른 복원성 판정기준 비교

stability criteria	감천출항시(7.10)	어획당시(8.14)	사고당일(12.1 오전)	사고직전(12.1)	Criterion
GoM (m):	1.018	1.180	0.923	0.910	0.150
GZ Curve Area between 0-30 deg (m-rad):	0.147	0.166	0.136	0.133	0.055
GZ Curve Area between 30-40/SWI deg (m-rad):	0.105	0.121	-0.104	-0.101	0.030
GZ Curve Area between 0-40/SWI deg (m-rad):	0.253	0.287	0.029	0.027	0.090
GZ at 30 deg (m):	0.551	0.616	0.522	0.508	0.200
Angle of Max. GZ occurs at (deg):	51.5	49.6	50.7	50.4	25.000
Angle of down-flooding(deg):	53.7	49.2	14.3	13.7	
Area A (m-rad)	0.048	0.054	0.043	0.042	-
Area B (m-rad)	0.304	0.361	0.013	0.011	-
Area Ratio B/A (>=1)	6.269	6.654	0.307	0.270	1

4.2.7.2 위 [표 16]으로 볼 때 이 선박의 오물배출구가 정상적이었던 9월 중순까지는 복원성에 문제점이 없었으나 오물배출구가 손상된 이후는 계속 복원성에 문제가 있었다고 판단된다.

4.2.7.3 오물배출구 손상으로 인한 복원성의 문제를 명확히 하기 위하여 오물배출구가 사고 시까지 손상되지 않았을 경우를 가정하여 복원성을 비교 검토하면 다음 [표 17]과 같다.

[표 17] 오물배출구 비손상 가정 복원성 판정 비교

stability criteria	사고 당일 (12.1 오전)	사고당일 (12.1 오전) 배출구 비손상 가정	사고직전 (12.1)	사고직전 (12.1) 배출구 비손상가정	Criterion
GoM (m):	0.923	0.923	0.910	0.910	0.150
GZ Curve Area between 0-30 deg (m-rad):	0.136	0.136	0.133	0.133	0.055
GZ Curve Area between 30-40/SWI deg (m-rad):	-0.104	0.101	-0.101	0.098	0.030
GZ Curve Area between 0-40/SWI deg (m-rad):	0.029	0.238	0.027	0.231	0.090
GZ at 30 deg (m):	0.522	0.522	0.508	0.508	0.200
Angle of Max. GZ occurs at (deg):	50.7	50.7	50.4	50.4	25.000
Angle of down-flooding(deg):	14.3	53.3	13.7	53.0	-
Area A (m-rad)	0.013	0.043	0.011	0.042	-
Area B (m-rad)	0.307	0.288	0.270	0.279	-
Area Ratio B/A (>=1)	0.002	6.745	0.00	6.635	1

4.2.7.4 상기 [표 17]을 비교해 보면 오물배출구가 파손되지 않았다고 가정할 경우 복원성은 기준을 만족하나 오물배출구가 손상됨으로써 복원성이 기준을 만족하지 못하게 되었음을 알 수 있다.

4.2.8 사고 발생 과정 중의 복원성 검토

4.2.8.1 이 사고는 상갑판 상 해치커버를 통하여 해수가 유입됨으로써 시작되어 동 해치커버와 상갑판 하의 오물배출구를 통하여 지속적으로 해수가 유입되어 발생하였으므로, 그 과정 중의 복원성 계산은 손상복원성 계산을 하여야 한다.

4.2.8.2 그러나, 이러한 원양어선은 손상 복원성 검토의 대상이 아니므로 비교 대상이 없고 침수 상태에서의 복원능력 평가를 위하여는 비손상 복원성 기준과 비교하는 것이 효과적이라고 판단되어 이를 적용하여 평가하였다.

4.2.8.3 사고 발생과정 중의 복원성은 유체-구조 연성 해석기법을 이용한 선박침몰 시뮬레이션 수행시의 케이스별 상황을 크게 우현 경사 시(CASE 1)와 좌현 경사 시(CASE 2)로 나누어 계산하였다.

4.2.9 사고 발생 과정 중 우현 경사시의 복원성(CASE 1)

4.2.9.1 이 선박의 사고 발생 초기에는 좌현 횡파에 의해 우현 횡경사가 발생하였다. 우현 횡경사 된 상황을 CASE 1로 보고 이를 CASE 1-1(우현경사 0도), CASE 1-2(우현경사 25도), CASE 1-3(우현경사 35도)의 세 개의 상황으로 나누어 손상 복원성을 계산하였다.

4.2.9.2 CASE 1-1(우현경사 0도)의 상황은 피쉬벙커 해치커버를 통하여 어획물 및 해수가 피쉬벙커로 유입되어, 일부 해수가 어획물 처리실까지 유입되었지만 경사가 발생하지 않은 상태로 복원성을 계산한 바 그 결과는 다음과 같다.

[표 18] Case 1-1(0°)의 침수 손상구획 및 침수율

Damaged Compartments	Permeability(%)
NO.1 Fish Hold	-
NO.2 Fish Hold	-
Engine Room	-
Process Room	3.3
Fish Bunker	51.0

[표 18-1] Case 1-1(0°)의 복원정과 면적

Angle [Degree]	K.Go*sinθ [m]	GZ [m]	AREA [m*rad]
0	0.000	0.000	0.000
5	0.458	0.073	0.003
10	0.912	0.159	0.013
15	1.360	0.253	0.031
20	1.797	0.352	0.057
25	2.220	0.417	0.091
30	2.627	0.469	0.130
35	3.013	0.509	0.173
40	3.377	0.545	0.219
45	3.714	0.575	0.268
50	4.024	0.595	0.319
55	4.303	0.596	0.371
60	4.549	0.576	0.422

[표 18-2] Case 1-1(0°)의 복원성 판정기준

stability criteria	KST-SHIP	Criterion (>=)	judgement
GoM (m):	0.834	0.150	GOOD
GZ Curve Area between 0-30 deg (m-rad):	0.130	0.055	GOOD
GZ Curve Area between 30-40/SWI deg (m-rad):	0.089	0.030	GOOD
GZ Curve Area between 0-40/SWI deg (m-rad):	0.219	0.090	GOOD
GZ at 30 deg (m):	0.469	0.200	GOOD
Angle of down-flooding(deg):	14.3	-	
Area A (m-rad)	0.024	-	
Area B (m-rad)	0.028	-	
Area Ratio B/A	1.167	1	GOOD

4.2.9.3 CASE 1-1(우현경사 0도)의 계산결과 이 상태는 복원성 판정기준을 모두 만족하였고, 파도와 풍압에 의한 면적비도 양호하였다.

4.2.9.4 CASE 1-2(우현경사 25도)의 상황은 피쉬벙커 나무칸막이의 파손으로 해수와 어획물이 어획물처리실로 다량 유입되고 불완전하게 폐쇄된 피쉬벙커 해치커버를 통하여 해수가 지속적으로 유입됨에 따라 우현으로 25° 횡경사한 상태로 복원성을 계산한 바 그 결과는 다음과 같다.

[표 19] Case 1-1(우현 25°)의 침수 손상구획 및 침수율

Damaged Compartments	Permeability(%)
NO.1 Fish Hold	5.0
NO.2 Fish Hold	4.0
Engine Room	-
Process Room	34.0
Fish Bunker	27.0

[표 19-1] Case 1-1(우현 25°)의 복원정과 면적

Angle [Degree]	K.Go*sinθ [m]	GZ [m]	AREA [m*rad]
0	0.000	0.000	0.000
5	0.458	-0.310	-0.014
10	0.912	-0.227	-0.037
15	1.360	-0.142	-0.053
20	1.797	-0.064	-0.062
25	2.220	-0.001	-0.065
30	2.627	0.058	-0.063
35	3.013	0.120	-0.055
40	3.377	0.184	-0.042
45	3.714	0.237	-0.024
50	4.024	0.278	-0.002
55	4.303	0.307	0.024
60	4.549	0.328	0.052

[표 19-2] Case 1-1(우현 25°)의 복원성 판정기준

stability criteria	KST-SHIP	Criterion (>=)	judgement
GoM (m):	0.696	0.150	GOOD
GZ Curve Area between 0-30 deg (m-rad):	-0.063	0.055	N.G
GZ Curve Area between 30-40/SWI deg (m-rad):	0.021	0.030	N.G
GZ Curve Area between 0-40/SWI deg (m-rad):	-0.042	0.090	N.G
GZ at 30 deg (m):	0.058	0.200	N.G
Angle of down-flooding(deg):	14.3	-	
Area A (m-rad)	0.018	-	
Area B (m-rad)	-	-	
Area Ratio B/A	-	1	N.G

4.2.9.5 CASE 1-2(우현경사 25도) 상황에서 복원성은 위와 같이 복원성 판정기준 중 GoM을 제외하고 불만족하였고, 풍압에 의한 면적비도 만족하지 못하였다. 침수로 인한 횡경사가 발생한 상태이므로 복원력은 25° 경사한 이후부터 발생하기 때문에 선박의 복원력에 필요한 동적복원 에너지가 부족함을 보여주고 있다.

4.2.9.6 CASE 1-3(우현경사 35도)의 상황은 해치커버와 오물배출구를 통한 지속적인 해수 유입으로 우현으로 35° 횡경사한 상태로 복원성을 계산한 바 그 결과는 다음과 같다.

[표 20] Case 1-3(우현 35°)의 침수 손상구획 및 침수율

Damaged Compartments	Permeability(%)
NO.1 Fish Hold	7.0
NO.2 Fish Hold	8.0
Engine Room	-
Process Room	47.9
Fish Bunker	65.3

[표 20-1] Case 1-2(우현 35°)의 복원정과 면적

Angle [Degree]	K.Go*sinθ [m]	GZ [m]	AREA [m*rad]
0	0.000	0.000	0.000
5	0.458	-0.340	-0.013
10	0.912	-0.277	-0.036
15	1.360	-0.201	-0.054
20	1.797	-0.155	-0.067
25	2.220	-0.105	-0.076
30	2.627	-0.053	-0.082
35	3.013	0.004	-0.085
40	3.377	0.060	-0.084
45	3.714	0.112	-0.080
50	4.024	0.150	-0.074
55	4.303	0.184	-0.066
60	4.549	0.206	-0.056

[표 20-2] Case 1-3(우현 35°)의 복원성 판정기준

stability criteria	KST-SHIP	Criterion (>=)	judgement
GoM (m):	0.647	0.150	GOOD
GZ Curve Area between 0-30 deg (m-rad):	-0.097	0.055	N.G
GZ Curve Area between 30-40/SWI deg (m-rad):	-0.001	0.030	N.G
GZ Curve Area between 0-40/SWI deg (m-rad):	-0.096	0.090	N.G
GZ at 30 deg (m):	-0.053	0.200	N.G
Angle of down-flooding(deg):	14.3	-	
Area A (m-rad)	0.023	-	
Area B (m-rad)	-	-	
Area Ratio B/A	-	1	N.G

4.2.9.7 CASE 1-3(우현경사 35도) 상태에서는 위에서 확인할 수 있듯이

복원성 판정기준 중 GoM을 제외하고는 모두 불만족 하였다. 이는 Case 1-2(우현 25°)의 경우와 마찬가지로 손상으로 인한 침수로 횡경사가 일어나고 복원력은 35° 경사한 이후부터 발생하기 때문에 충분한 복원력을 가지지 못함을 의미한다.

4.2.10 사고 발생 과정 중 좌현 경사시의 복원성(CASE 2)

4.2.10.1 이 선박은 우현 경사 이후 자선의 어획물과 연료유를 좌현으로 이동시킴으로써 일시적으로 평형상태가 되었다가 좌현으로 경사하였다. 좌현 횡경사 된 상황을 CASE 2로 보고 이를 CASE 2-1(좌현경사 0도), CASE 2-2(좌현경사 30도), CASE 2-3(좌현 경사 45도) 세 개의 상황으로 나누어 손상 복원성을 계산하였다.

4.2.10.2 CASE 2-1(좌현경사 0도)는 이 선박에서 어획물과 연료유를 좌현으로 이동시키고 배수작업을 통하여 일시적으로 평형을 이루는 상황으로 복원성을 계산한 바 그 결과는 다음과 같다.

[표 21] Case 2-1(0°)의 침수 손상구획 및 침수율

Damaged Compartments	Permeability(%)
NO.1 Fish Hold	7.0
NO.2 Fish Hold	8.0
Engine Room	-
Process Room	13.0
Fish Bunker	36.0

[표 21-1] Case 2-1(0°)의 복원정과 면적

Angle [Degree]	K.Go*sinθ [m]	GZ [m]	AREA [m*rad]
0	0.000	0.000	0.000
5	0.457	0.128	0.006
10	0.911	0.269	0.023
15	1.358	0.398	0.052
20	1.795	0.491	0.091
25	2.217	0.560	0.137
30	2.624	0.614	0.188
35	3.010	0.643	0.243
40	3.373	0.659	0.300
45	3.710	0.657	0.357
50	4.019	0.643	0.414
55	4.298	0.625	0.469
60	4.544	0.604	0.523

[표 21-2] Case 2-1(0°)의 복원성 판정기준

stability criteria	KST-SHIP	Criterion (>=)	judgement
GoM (m):	1.774	0.150	GOOD
GZ Curve Area between 0-30 deg (m-rad):	0.188	0.055	GOOD
GZ Curve Area between 30-40/SWI deg (m-rad):	0.112	0.030	GOOD
GZ Curve Area between 0-40/SWI deg (m-rad):	0.300	0.090	GOOD
GZ at 30 deg (m):	0.614	0.200	GOOD
Angle of down-flooding(deg):	12.9	-	
Area A (m-rad)	0.065	-	
Area B (m-rad)	0.027	-	
Area Ratio B/A	0.415	1	N.G

4.2.10.3 CASE 2-1(좌현경사 0도)의 계산결과는 동적복원력에 대한 판정 기준은 만족하지만 오물배출구를 통한 해수유입에 따라 해수 유입각이 낮아진 영향으로 격심한 바람과 풍압에 의한 면적 비를 만족하지 못하고 있다.

4.2.10.4 이것은 일시적인 평형상태라 하더라도 각 손상구획의 침수 및 오물투입구를 통한 지속적인 해수유입으로 인해 격심한 파도와 바람의 영향에 대응할만한 복원력을 갖지 못함을 의미 한다.

4.2.10.5 CASE 2-2(좌현경사 30도)는 이 선박이 일시적 평형상태에 있다가 우현으로부터 외력을 받아 좌현 30도까지 경사되었으며 기관실과 어창까지 해수가 유입된 상황으로 복원성을 계산한 바 그 결과는 다음과 같다.

[표 22] Case 2-2(좌현 30°)의 침수 손상구획 및 침수율

Damaged Compartments	Permeability(%)
NO.1 Fish Hold	18.0
NO.2 Fish Hold	19.0
Engine Room	24.0
Process Room	35.0
Fish Bunker	69.0

[표 22-1] Case 2-2(좌현 30°)의 복원정과 면적

Angle [Degree]	K.Go*sinθ [m]	GZ [m]	AREA [m*rad]
0	0.000	0.000	0.000
5	0.457	-0.372	-0.016
10	0.911	-0.285	-0.045
15	1.358	-0.193	-0.066
20	1.795	-0.121	-0.080
25	2.217	-0.062	-0.088
30	2.624	-0.002	-0.091
35	3.010	0.063	-0.088
40	3.373	0.131	-0.080
45	3.710	0.185	-0.066
50	4.019	0.231	-0.048
55	4.298	0.264	-0.026
60	4.544	0.290	-0.002

[표 22-2] Case 2-2(좌현30°)의 복원성 판정기준

stability criteria	KST-SHIP	Criterion (>=)	judgement
GoM (m):	0.719	0.150	GOOD
GZ Curve Area between 0-30 deg (m-rad):	-0.091	0.055	N.G
GZ Curve Area between 30-40/SWI deg (m-rad):	0.011	0.030	N.G
GZ Curve Area between 0-40/SWI deg (m-rad):	-0.080	0.090	N.G
GZ at 30 deg (m):	0.002	0.200	N.G
Angle of down-flooding(deg):	12.9	-	
Area A (m-rad)	0.015	-	
Area B (m-rad)	-	-	
Area Ratio B/A	-	1	N.G

4.2.10.6 CASE 2-2(좌현경사 30도)의 계산결과는 GoM의 기준을 제외하고는 동적복원력에 대한 판정기준을 만족하지 못하였고, 격심한 파도와 풍압에 의한 면적비 또한 만족하지 못하여 이 선박이 평형상태로 복귀하기 어려운 상태에 놓여 있었음을 의미한다.

4.2.10.7 CASE 2-3(좌현경사 45도)은 이 선박의 기관실이 70%, 각 어창이 23~24% 정도 침수되어 점차적으로 침몰해 가는 상황으로 복원성을 계산한 바 그 결과는 다음과 같다.

[표 23] Case 2-3(좌현 45°)의 침수 손상구획 및 침수율

Damaged Compartments	Permeability(%)
NO.1 Fish Hold	24.0
NO.2 Fish Hold	23.0
Engine Room	68.0
Process Room	44.0
Fish Bunker	92.0

[표 23-1] Case 2-3(좌현 45°)의 복원정과 면적

Angle [Degree]	K.Go*sinθ [m]	GZ [m]	AREA [m*rad]
0	0.000	0.000	0.000
5	0.457	-0.472	-0.021
10	0.911	-0.396	-0.059
15	1.358	-0.338	-0.091
20	1.795	-0.290	-0.118
25	2.217	-0.244	-0.141
30	2.624	-0.187	-0.160
35	3.010	-0.122	-0.173
40	3.373	-0.059	-0.181
45	3.710	-0.001	-0.184
50	4.019	0.048	-0.182
55	4.298	0.093	-0.176
60	4.544	0.129	-0.166

[표 23-2] Case 2-3(좌현 45°)의 복원성 판정기준

stability criteria	KST-SHIP	Criterion (>=)	judgement
GoM (m):	0.608	0.150	GOOD
GZ Curve Area between 0-30 deg (m-rad):	-0.160	0.055	N.G
GZ Curve Area between 30-40/SWI deg (m-rad):	-0.021	0.030	N.G
GZ Curve Area between 0-40/SWI deg (m-rad):	-0.181	0.090	N.G
GZ at 30 deg (m):	-0.187	0.200	N.G
Angle of down-flooding(deg):	12.9	-	
Area A (m-rad)	0.003	-	
Area B (m-rad)	-	-	
Area Ratio B/A	-	1	N.G

4.2.10.8 CASE 2-3(좌현경사 45도)의 계산결과는 좌현경사 30°에서와 같이 GoM의 기준을 제외하고는 격심한 파도와 풍압에 따른 면적비 등 복원성 판정기준을 만족하지 못하였으며, 좌현경사 30°의 경우보다 더욱 상황이 악화되어 이 선박의 침몰이 가속화 되는 상황이었음을 의미한다.

4.2.11 소결

4.2.11.1 어선 복원성의 가장 기본적인 원칙은 어로작업이나 운항 중에 겪게 되는 바람 및 파도 등의 기상조건에 의한 전복에너지에 비하여 복원에너지가 커야 한다는 것이다.

4.2.11.2 이러한 복원성에 영향을 미치는 요소는 선박의 각 구역에 적재 되는 적재물의 중량, 적재물이 유체일 경우 유동수의 영향, 선체 구조 및 이에 따른 해수유입개구의 위치 등으로 각 요소가 종합되어 계산된다.

4.2.11.3 이 선박의 출항이후부터 침몰하는 과정의 각 부분별 복원성을 계산하여 본 결과, 선박이 정상적으로 운항할 경우에는 복원 성에 문제가 없었다.

4.2.11.4 그러나, 상갑판 하에 위치한 오물배출구의 파손으로 해수유입 개구의 위치가 변함에 따라 해수유입각이 변하게 되었고, 이를 적용하여 계산한 바 복원성에 문제점이 발생하였다.

4.2.11.5 이와 같이 오물배출구가 파손된 상태에서 장기간 운항하였다는 것은 감항성을 충족하지 못하는 매우 위험한 상태가 장기간 지속되었다는 것을 의미하며, 이후 사고 발생시 오물배출구를 통한 해수유입으로 인한 복원성의 악화가 이 선박의 침몰에 일정 부분 영향을 주었다고 판단한다.

4.3 유체-구조 연성 해석기법 이용 선박 침몰 시뮬레이션 결과 분석

4.3.1 시뮬레이션 실시 개요

4.3.1.1 중앙해양안전심판원에서는 제501호의 연료유 및 화물 적재량 등의 기 확인된 자료를 바탕으로 선박의 침수로 인한 침몰과정을 객관적으로 입증하기 위하여 한국해양대학 해양 안전기술에 시뮬레이션을 의뢰하였다.

4.3.1.2 동 시뮬레이션에서는 사고 해역인 서베링해의 기상 및 해상상태 분석을 위하여 미국 NCEP³⁵⁾의 지역기상 예측모델인 WRF

(Weather Research and Forecasting)를 이용하여 10분 간격의 현지 기상자료를 생산하였으며, 미국 NOAA³⁶⁾ 파랑 예측모델인 WAVEWATCH-III를 이용하여 파랑을 분석하였다.

4.3.1.3 그리고 유체-구조 연성(Fluid-Structure Interaction ; FSI) 해석기법의 정밀 M&S(Modeling & Simulation) 시스템을 이용하여 해일성 파도를 비롯한 거친 해상상태의 시뮬레이션을 구현하였다.

4.3.1.4 또한, 제501오룡호의 선형 및 구조도를 분석하고 모델링하여 시뮬레이션을 수행하였으며, 유동수, 어획물 배치 등을 고려하여 사고 과정별 선박복원성을 계산하였다.

4.3.1.5 시뮬레이션에서 사용한 침수, 침몰 시나리오는 동 사고에 대하여 중앙해양안전심판원 특별조사부에서 수행한 조사 내용(선원진술, 교신내용 등)을 바탕으로 작성하였으며 이를 열거하면 [표 24]와 같다.

35) NCEP(National Center for environmental Prediction) : 미국 국립환경예측센터

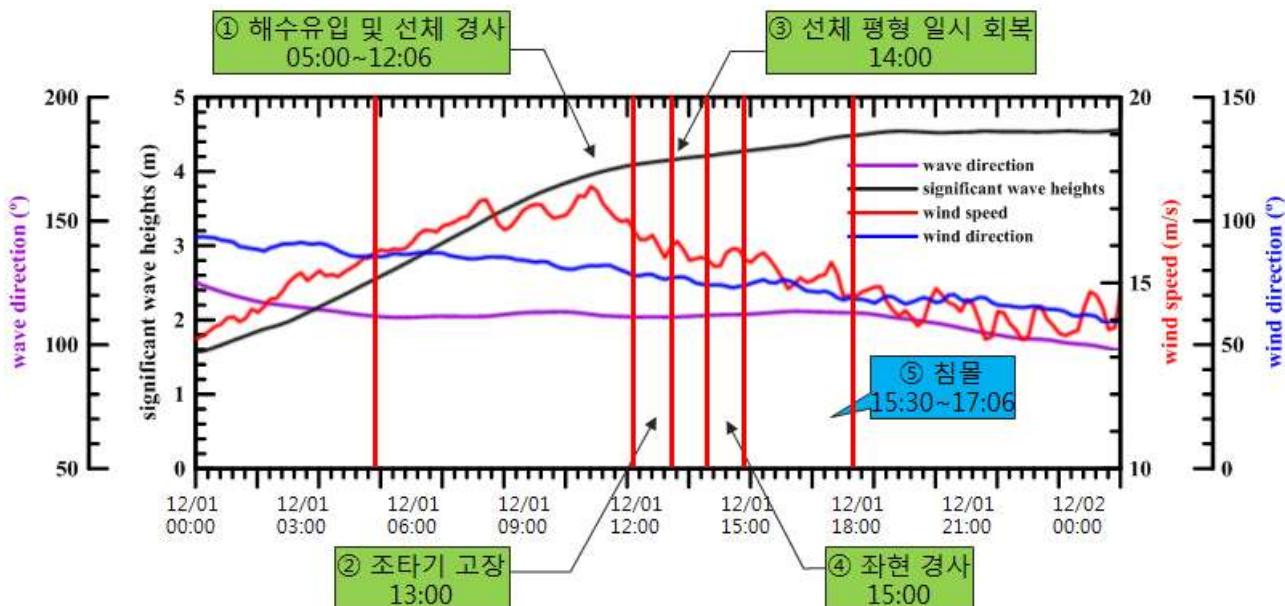
36) NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration) : 미국 해양대기관리처

[표 24] 침수 · 침몰 시나리오

시나리오명	상황		
	설명	선체경사	파도방향
케이스 1-0 (1-1의 다른 상황 가정)	-해치커버 불완전 폐쇄 상태로 피항 *피수벙커에 어획물 투기시 해수 유입	-	우현선수 20도
케이스 1-1	-피수벙커에 어획물 투기, 해치커버 불완전 폐쇄 -해치커버로 해수 유입 시작	우현 10도	좌현선미 20도
케이스 1-2	-해치커버 불완전 폐쇄 상태 -나무칸막이 파손으로 어획물처리실 및 타기실 대량 해수유입 -조타기 작동불능	우현 20도	좌현선미 20도
케이스 1-3	-선박 침로 유지 불가 -파도방향이 좌현선미 72.5도로 바뀜	우현 25-30도	좌현선미 72.5도
케이스 1-4	-펌프이용 해수 배출로 우현경사가 35도에서 멈춘 상태	우현 35도	좌현선미 72.5도
케이스 2-0	-연료유, 어획물 좌현으로 일부 이동 -배수펌프 해수 배출	일시 평형유지 후 우현 5도	좌현선미 72.5도
케이스 2-1	-선체 좌선회하여 파도 받는 방향을 좌현선미 72.5도→우현선미 72.5도로 바꿈	좌현 10도	우현선미 72.5도
케이스 2-2	-선체 우현횡파 상태에서 해수 지속 유입 -선미침하	좌현 30-35도로 급경사	우현선미 72.5도
케이스 2-3	-해수 지속 유입, 선미 크게 침하	좌현 45-50도	우현선미 72.5도
케이스 2-4	-해수 대량 유입 -선체 좌현 급경사 및 선미부터 침몰	좌현 65도 이상	우현선미 72.5도
케이스 2-5	-해수 대량 유입, 선체 완전침몰	좌현 80도 이상	우현선미 72.5도

4.3.2 침몰사고 시의 해상상태 분석 및 시뮬레이션

4.3.2.1 WRF 모델과 WAVEWATCH-III를 사용하여 분석한 제501호선의 침몰 해역(북위 61도 54분, 서경 177도 09분)에서의 시간대별 유의파고, 파향, 풍속 및 풍향을 시계열에 대한 그래프로 나타내면 [그림 28]과 같다.



[그림 28] 177.09W, 61.54N 지점의 해면기압, 유의파고, 풍속 시계열(부분확대)

4.3.2.2 또한, 이를 침몰사고 당일의 시간대에 대하여 파도 주기까지 요약하고 표로 나타내면 [표 25]와 같다.

[표 25] 침몰사고 해역에서의 시간대별 유의파고 및 풍속

시간	상황	유의파고	파도 방향	파도 주기	풍속	풍향	해면기압
12/1 05:00	투망	2.6 m	111.5°	5.6s	16.3 m/s	86.1°	998.0 hPa
11:00	양망	4.0 m	112.0°	7.4s	17.5 m/s	82.2°	991.8 hPa
12:00	해치커버 불완전 폐쇄	4.1 m	111.2°	7.6s	16.4 m/s	78.3°	991.0 hPa
12:06	피항 개시	4.1 m	111.2°	7.6s	16.2 m/s	78.3°	990.7 hPa
13:00	조타기 고장	4.2 m	111.2°	7.7s	16.0 m/s	77.5°	990.5 hPa
14:00	선체 일시 평형 유지	4.2 m	111.9°	7.8s	15.6 m/s	74.5°	989.7 hPa
15:00	선체 좌현 급경사	4.3 m	112.3°	7.9s	15.6 m/s	74.3°	991.2 hPa
15:30	좌현 선미부터 침몰	4.3 m	112.7°	8.0s	15.8 m/s	76.7°	990.9 hPa
16:49	VMS 신호 소실	4.4 m	113.3°	8.1s	15.1 m/s	71.9°	989.8 hPa
17:06	선체 완전 침몰	4.4 m	113.2°	8.1s	15.2 m/s	72.0°	989.6 hPa

※ 풍랑특보 발표기준(기상청)

- ☞ 풍랑주의보 : 해상에서 풍속 14m/s 이상이 3시간 이상 지속되거나 유의 파고가 3미터 이상 예상될 때
- ☞ 풍랑경보 : 해상에서 풍속 21m/s 이상이 3시간 이상 지속되거나 유의파고가 5미터 이상 예상될 때

※ 「해사안전법」 상 선박출항통제기준

- ☞ 풍랑주의보 : 총톤수 250톤 미만으로서 길이 35미터 미만의 내항선박
- ☞ 풍랑경보 : 총톤수 1,000톤 미만으로서 길이 63미터 미만의 내항선박

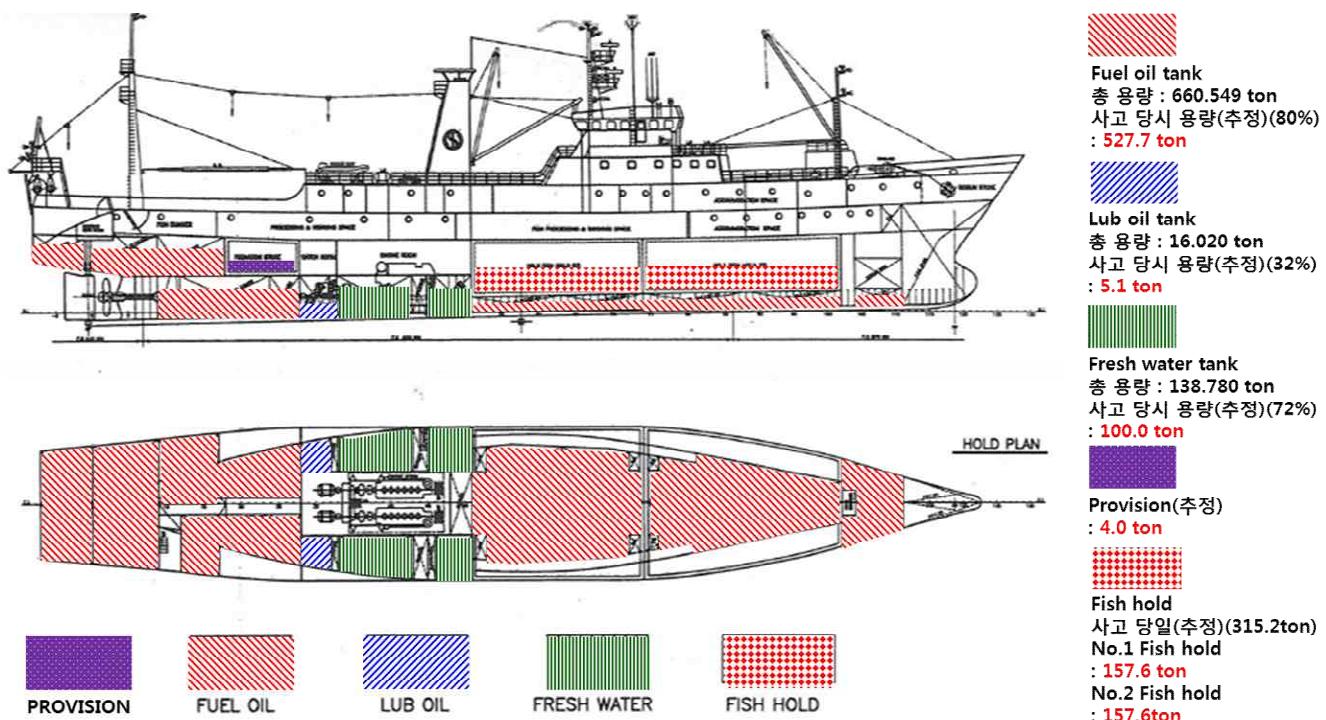
4.3.2.3 결론적으로, 제501오룡호 침몰사고 당일 주변 해상은 유의파고 약 4.0~4.5미터의 파도가 진방위 약 110도 정도의 방향에서 8초 정도의 주기로 일었고, 초속 15미터 정도의 바람이 진방위 약 075도 정도에서 지속적으로 불었음을 알 수 있다.

4.3.3 선형 및 구조도 분석과 시뮬레이션 모델링

4.3.3.1 제501오룡호 선형 및 중량분포에 대하여는 선체구조도 및 일반

배치도 등의 도면과 복원성 계산서 등을 참조하였고, 제501 오룡호와 유사한 선박과 동종의 선박을 방선하여 선체구조 및 배치를 파악하였다.

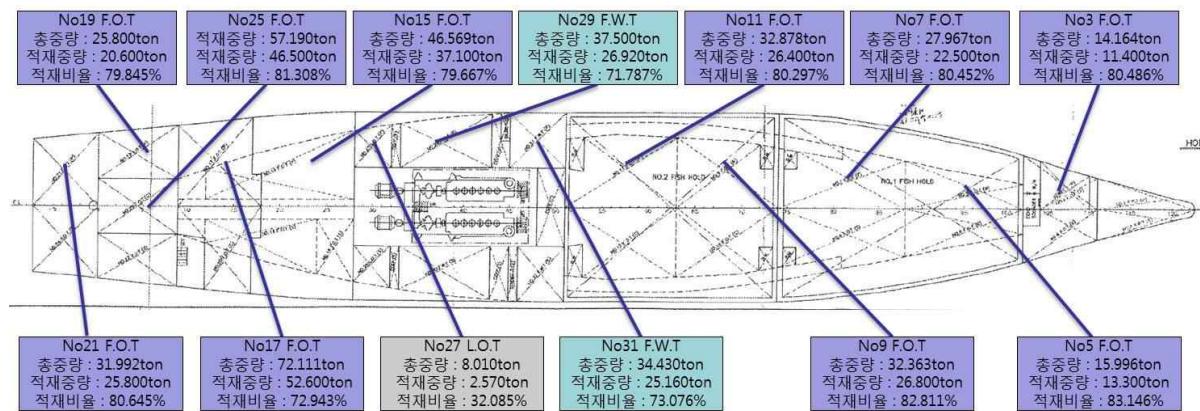
4.3.3.2 [그림 29]는 사고 당시의 총 적재가능량과 중량분포를 보여주고 있으며, 어획량 잔량 315톤, 연료유 527톤, 윤활유 5.1톤 등으로 만재배수량에 비해 약 131톤 정도 초과 적재한 상태로 추정된다.



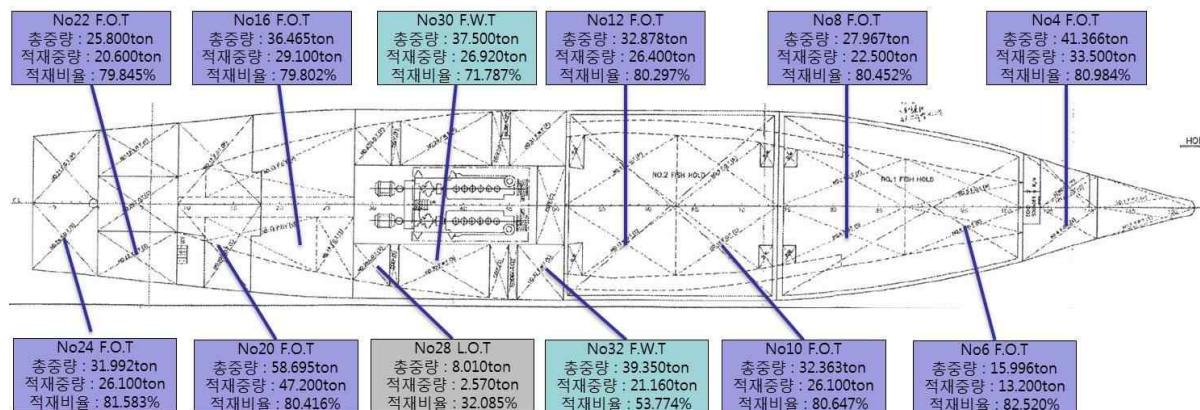
[그림 29] 사고 당시 Dead weight 분포 파악(어획량 및 연료유 등)

4.3.3.3 [그림 30]과 [그림 31]은 주요 탱크의 총 적재가능량과 침몰사고 당일의 중량분포를 보여주고 있다. 이는 정확한 기록이 없어

전체적으로 균등하게 적재하였다고 추정하였다.

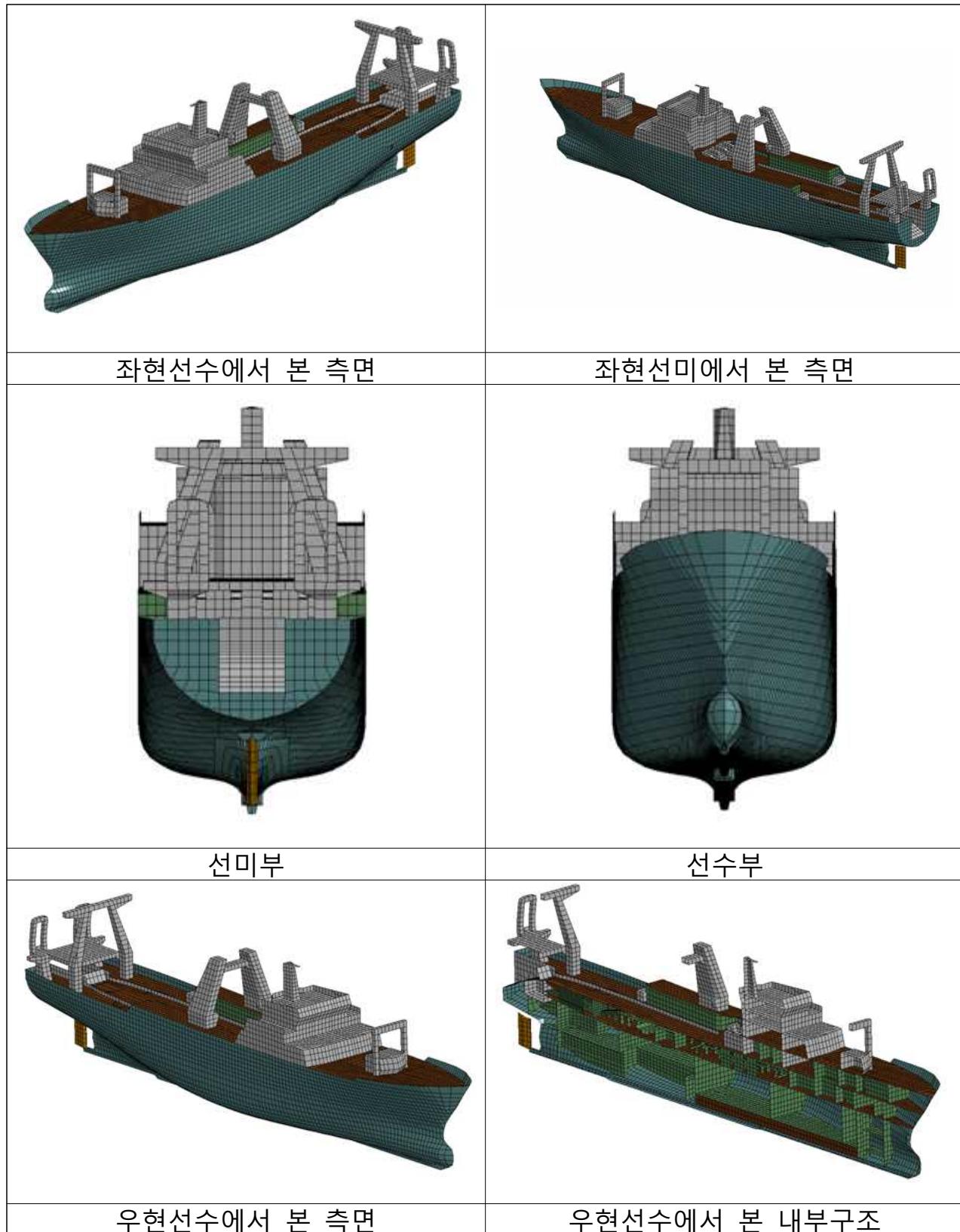


[그림 30] 사고 당시 tank weight 분포 (좌현)

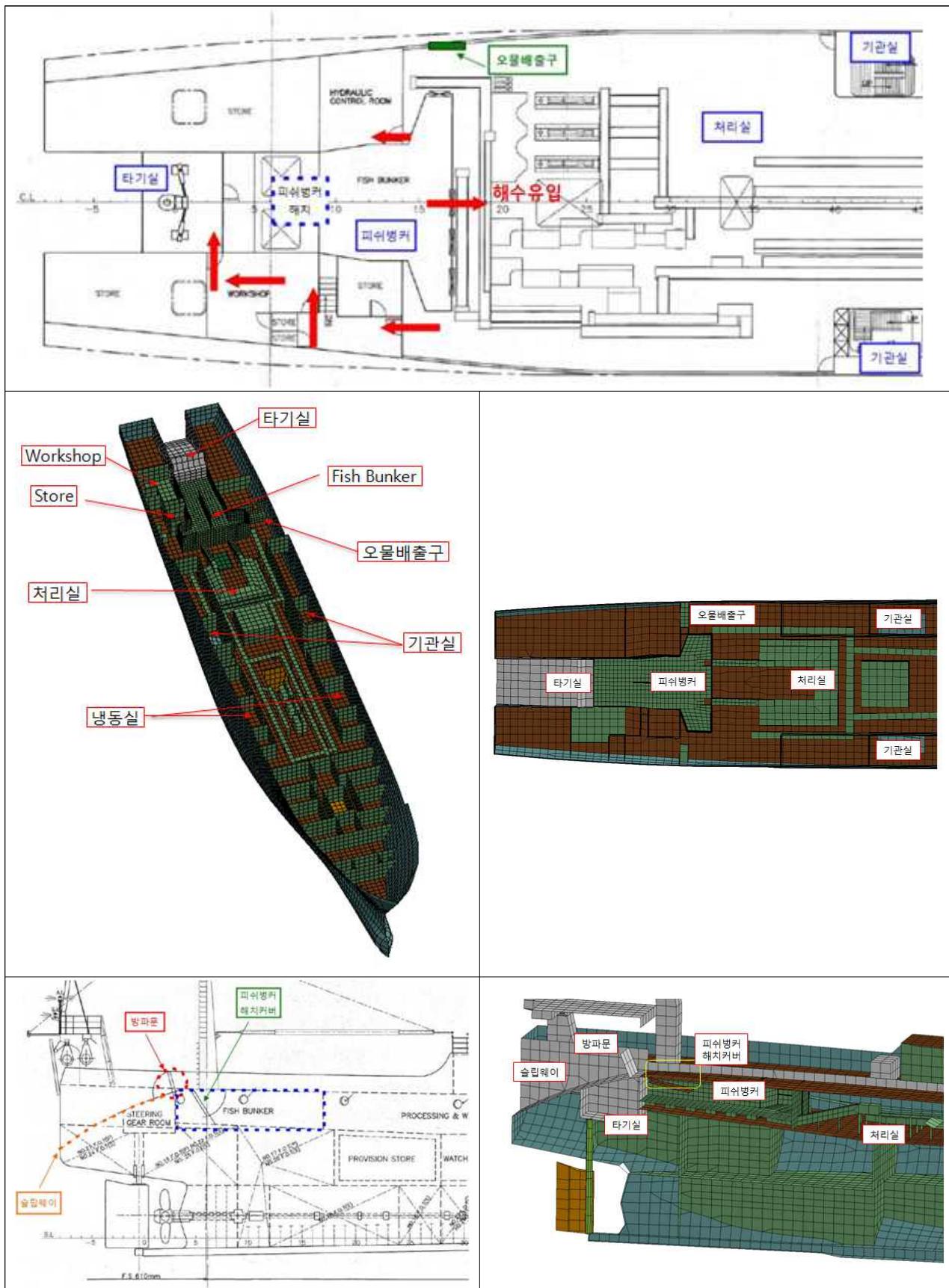


[그림 31] 사고 당시 tank weight 분포 (우현)

4.3.3.4 침수 침몰 시뮬레이션을 위한 전선(全船) 모델링은 선체 전체의 형상, 경하상태의 중량분포, 복원성 계산서에서의 각 탱크들의 용적을 분석하고 해수가 침수할 부위와 전파되어 가는 내부 구조들을 충분히 파악하여 수행하였다. [그림 32]는 사고 선박의 방향별 단면의 모델링을, [그림 33]은 선박 내부 구조 모델링을 보여주고 있다.



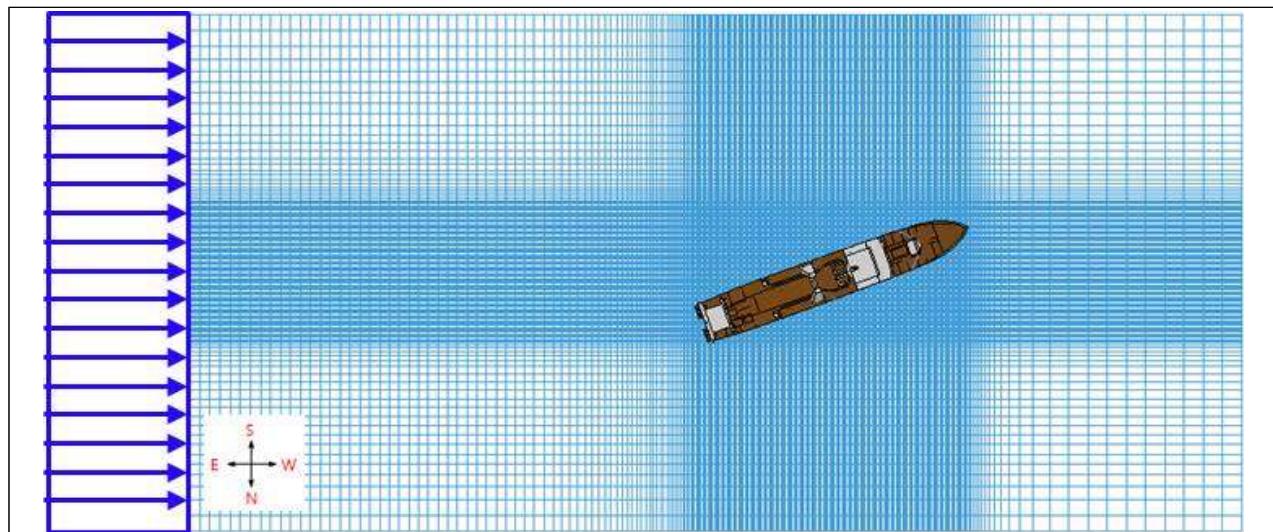
[그림 32] 방향별 단면



[그림 33] 내부 모델링

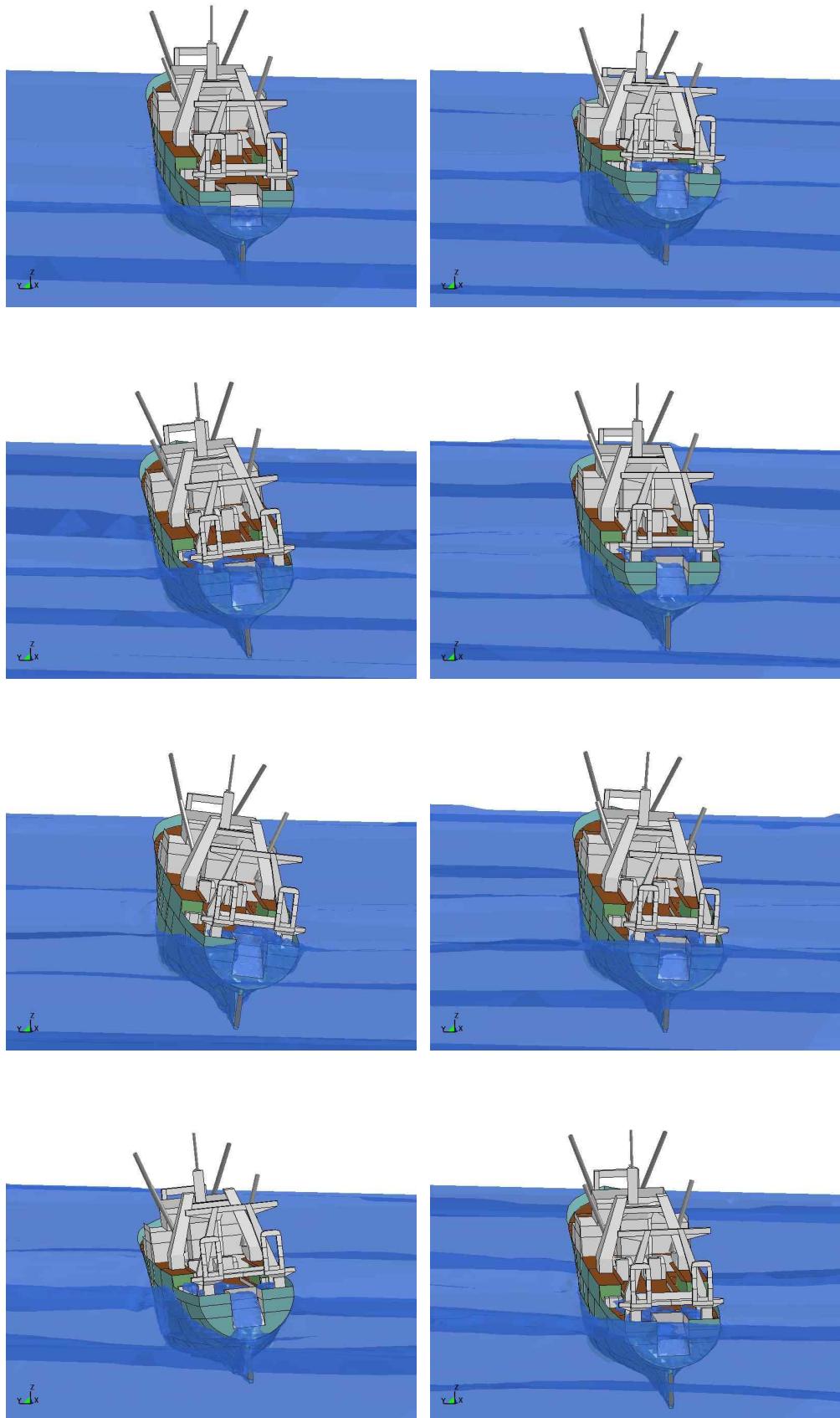
4.3.4 유체-구조 연성 해석기법을 이용한 실선 침수·침몰 시뮬레이션

4.3.4.1 케이스 1-1(파항개시 후 10도 우현경사)은 어획물을 피쉬벙커 해치 커버를 열고 피쉬벙커에 넣었을 때 유입된 80톤의 해수에 더하여 계속적으로 해수가 유입되어 약 170톤 가량의 해수가 어획물처리실 바닥에 차고, 해치커버가 불완전하게 폐쇄된 상태에서 침로를 서쪽방향으로 정하고 항해하여 [그림 34]와 같이 파도를 좌현 선미 20도 방향에서 받고 있는 상태이다.



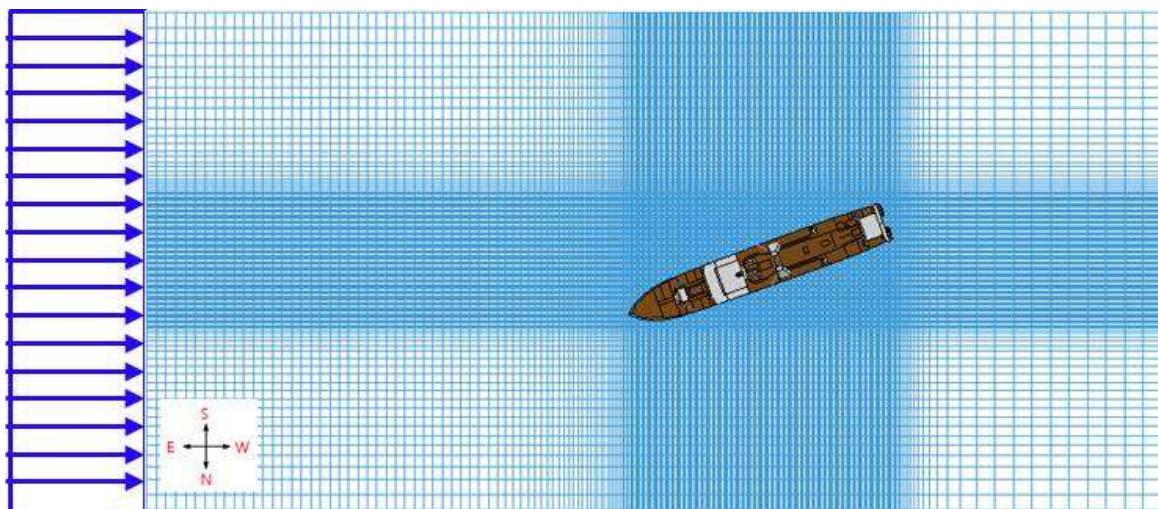
[그림 34] 케이스 1-1의 파도 방향

4.3.4.2 당시 선박은 선미 우현이 수면에 일부 잠기고 파도가 선미 갑판을 덮치고 있었다. 선미좌현의 오물배출구는 선체가 우현으로 횡경사 되어 있어, 수면보다 다소 높은 위치에 있었지만 파도가 선체에 예각으로 부딪치면서 좌현선미가 수면에 주기적으로 잠기는 효과가 있어 해수가 조금씩 유입되었다. 해수는 불완전하게 닫혀 있는 피쉬벙커 해치커버를 통해 주로 유입되었다.



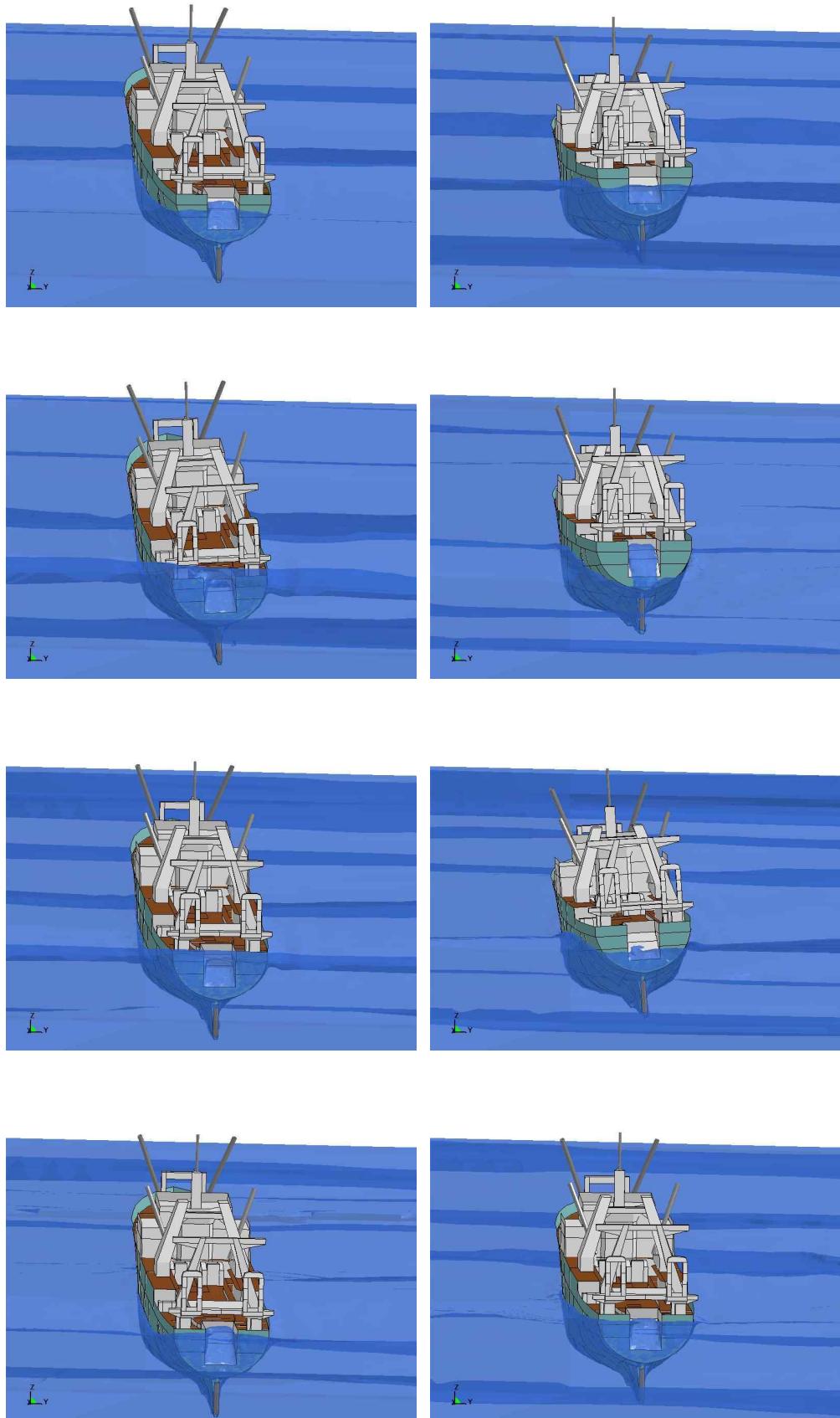
[그림 34-1] 케이스 1-1(좌현선미 20도 파도)의 거동을 선미에서 바라본 모습

4.3.4.3 케이스 1-0(케이스 1-1의 다른 상황 가정, 파도를 우현선수 20도 방향에서 받는 경우)은 어획물을 피쉬벙커에 투하 시 다량의 해수가 유입되었고 해치커버를 불완전하게 폐쇄한 상태에서 침로를 변경하여 선체경사 없이 파도를 우현 선수 20도에서 받도록 하였을 때를 가정한 상태이다. 해수의 유입은 어획물을 피쉬벙커에 넣으면서 유입된 80톤 이외에 해수유입은 증가하지 않고 있다.



[그림 35] 케이스 1-0의 파도 방향

4.3.4.4 케이스 1-0의 시뮬레이션 결과, 선체는 작은 각도의 중요와 횡요는 발생하여도 파도가 상갑판으로 덮치지 않아 해치커버나 오물배출구를 통한 해수 유입은 더 이상 발생하지 않는다. 이 결과는 [그림 35-1]과 같이 나타난다.

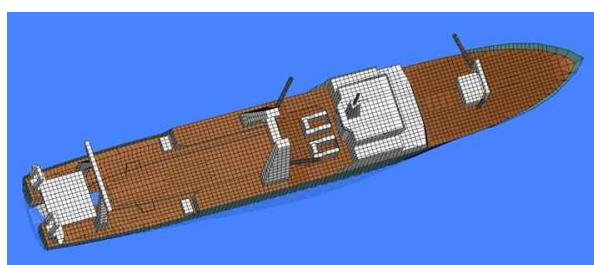


[그림 35-1] 케이스 1-0(우현선수 20도 파도) 거동을 선미에서 바라본 모습

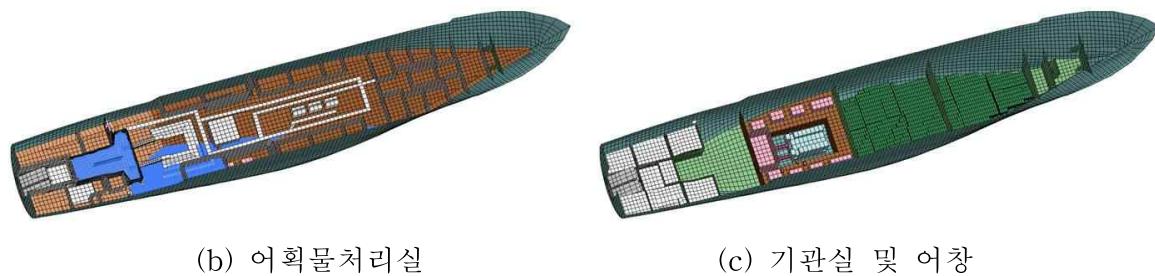
4.3.4.5 이러한 시뮬레이션 결과를 통하여 어획물을 양망한 후 피쉬벙커 해치커버를 열고 어획물을 투하하기 전에 케이스 1-0과 같이 선수를 파도 방향으로 선회하였다면 파도가 상갑판으로 덮치지 않아 이번 사고가 발생하지 않았을 것이라 것을 확인할 수 있었다.

4.3.4.6 또한, 피항 중 해치커버를 통해 해수가 다량 유입되고 있었다고 하더라도 선수를 파도 방향으로 향하게 하여 파도가 상갑판상으로 올라오지 않도록 한 후 여유를 가지고 불완전하게 폐쇄된 해치커버를 완전히 닫은 후 침로를 변경하여 피항을 계속하였다면 역시 이러한 사고가 일어나지 않았을 것이다.

4.3.4.7 케이스 1-2(좌현횡파에 의한 20도 우현 경사)는 파도를 좌현 선미 20도에서 받으며 해치커버와 오물배출구를 통하여 해수가 290톤 가량 유입되어 어획물처리실 및 타기실에 차고 선체가 20도 까지 우현으로 경사되는 상황이다.

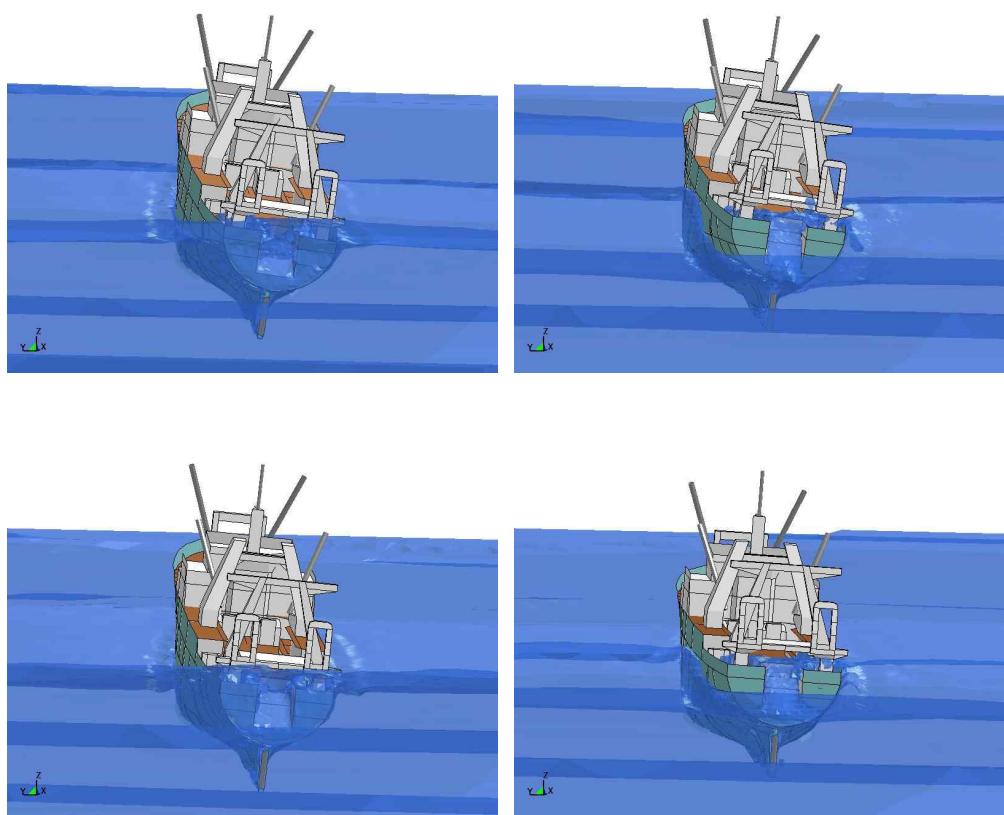


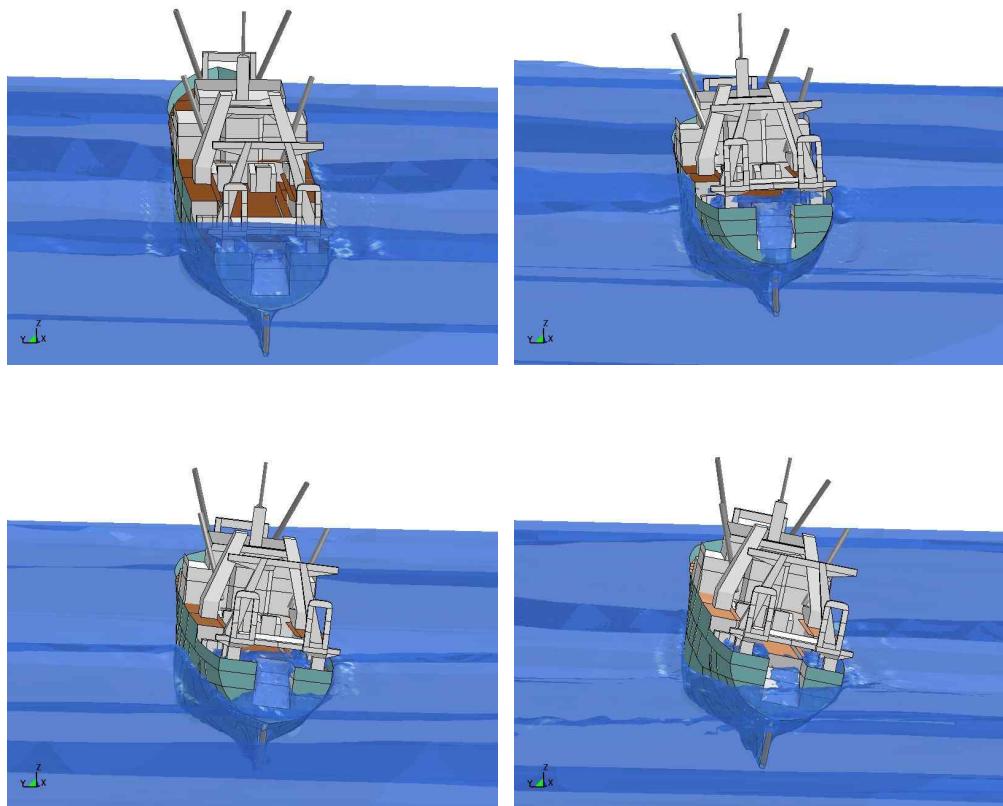
(a) 선체 전체적인 전경



[그림 36] 케이스 1-2의 해수유입 상태

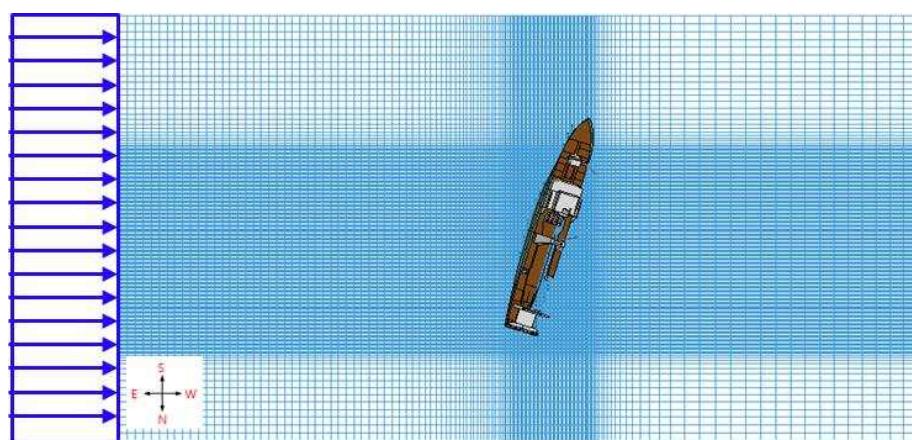
4.3.4.8 당시 선박은 해수가 계속 유입되고 우현으로 크게 경사하면서 우현 선미가 선박의 횡요와 종요에 의해 일부 잠기는 현상이 발생하였고 해수가 타기실로 대량 유입되면서 타기실의 70%에 이르는 부분이 침수되고 타기가 좌현전타 된 상태에서 작동 정지된다.





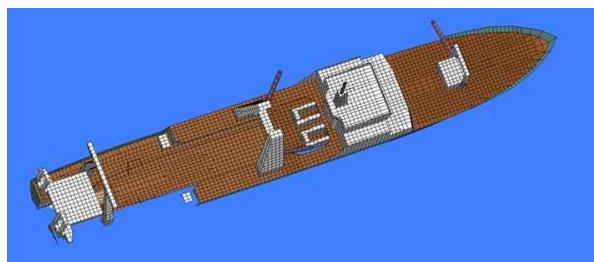
[그림 36-1] 케이스 1-2(좌현선미 20도 파도) 거동을 선미에서 바라본 모습

4.3.4.9 케이스 1-3(조타기 작동불능지속, 25-30도 우현 경사)은 케이스 1-2의 조타기 작동불능 상태가 지속되면서 선체가 파도를 좌현선미 72.5도에서 받게 되면서 우현으로 크게 기울어 경사가 25-30도에 이르게 되는 상황이다.

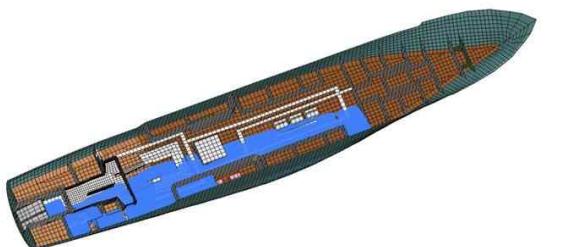


[그림 37] 케이스 1-3의 파도 방향

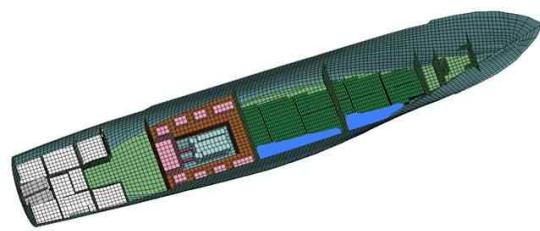
4.3.4.10 선체가 25° 정도 우현으로 경사한 상태에서 좌현 선미각도 72.5° 로 파도를 받으면서 해치커버와 오물배출구를 통해 계속 해수가 유입되어 유입량이 471톤에 이르며, 이 해수는 다시 1, 2번 어창으로 유입되어 어창의 아랫부분(전체면적의 6%)에 차게 된다.



(a) 선체 전체적인 전경

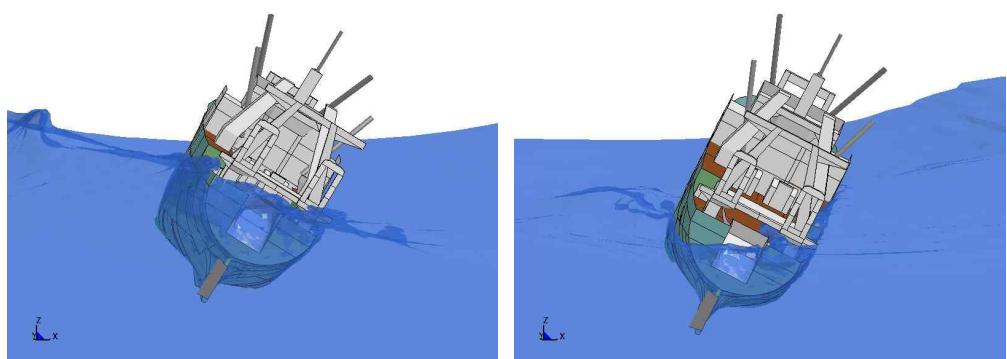


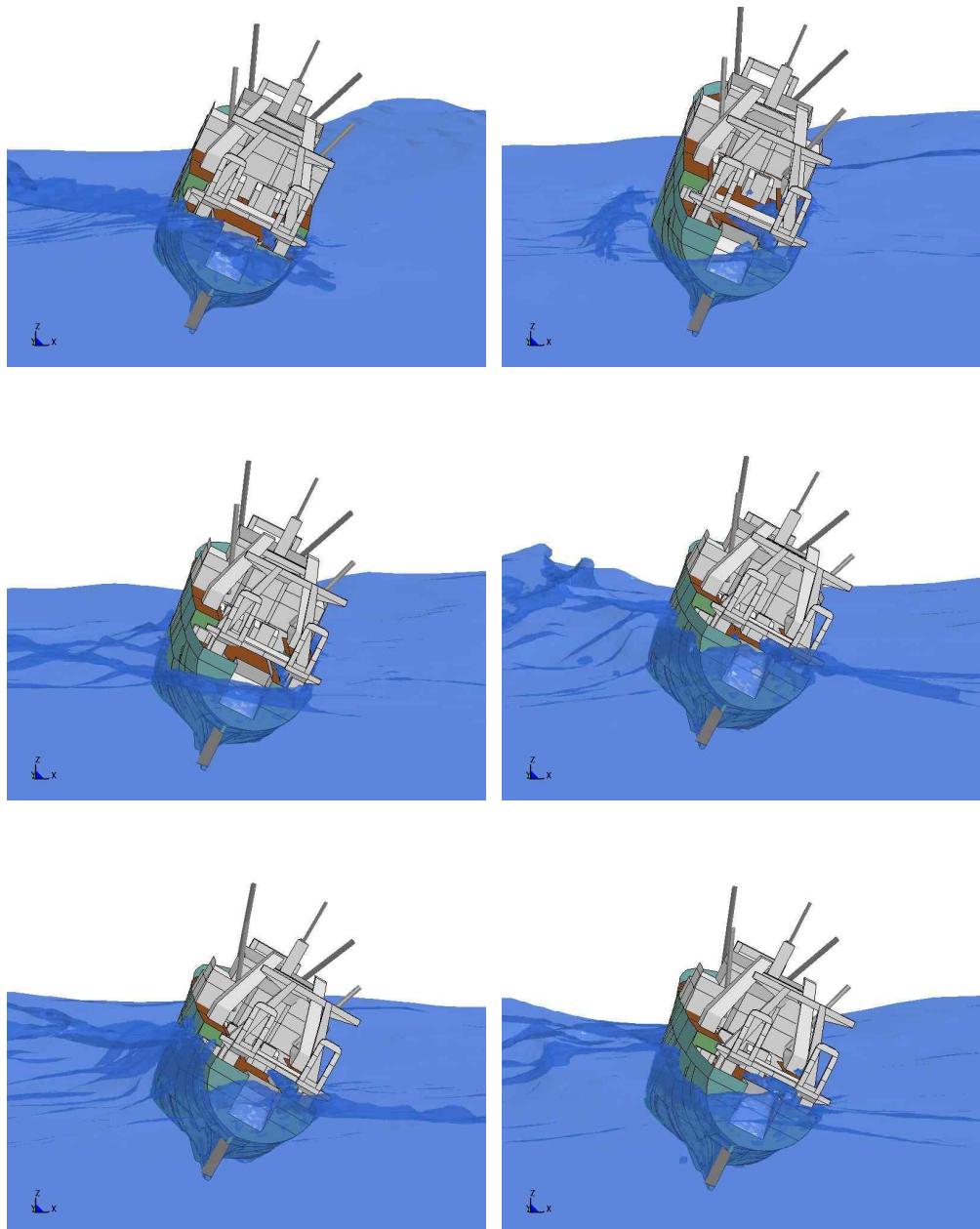
(b) 어획물처리실



(c) 기관실 및 어창

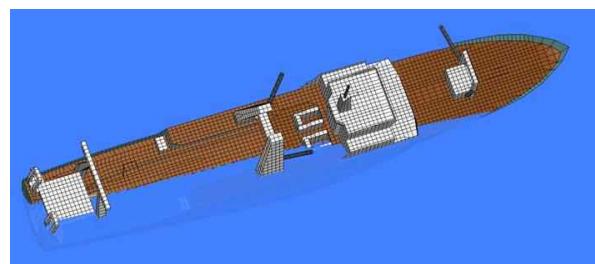
[그림 37-1] 케이스 1-3 해수유입 상황



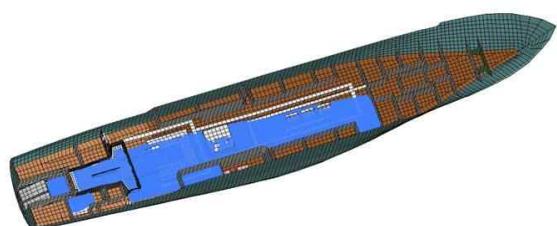


[그림 37-2] 케이스 1-3(우현경사 30도) 거동을 선미에서 바라본 모습

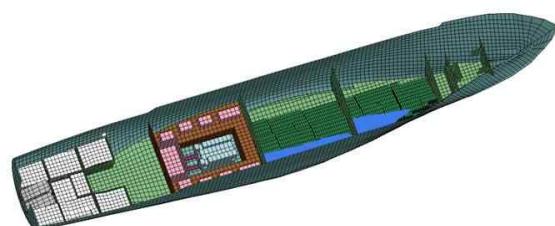
4.3.4.11 케이스 1-4(우현경사 35도에서 멈춘상태)는 케이스 1-3의 연속으로 좌현선미 각도 72.5° 로 파도를 계속 받으면서 선체가 35° 정도 우현으로 경사한 상태에서 해수유입량은 588톤에 이르지만 본선 보유 펌프 2대로 유입된 해수를 배수하여 선체가 더 이상 우현으로 경사되지 않는 상태이다.



(a) 선체 전체적인 전경

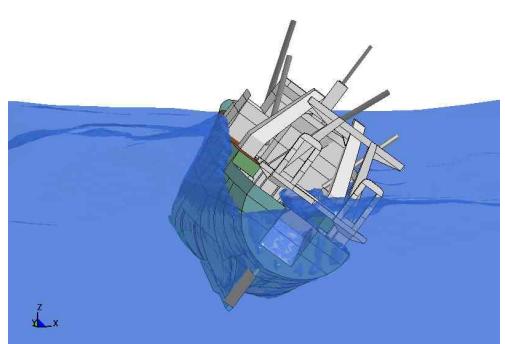
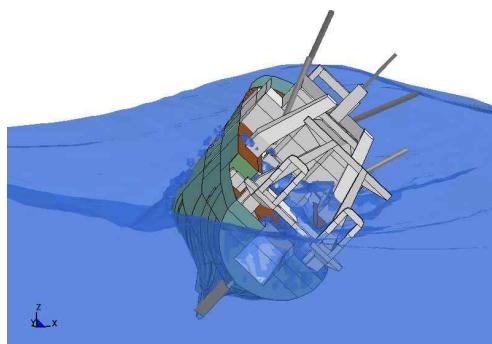
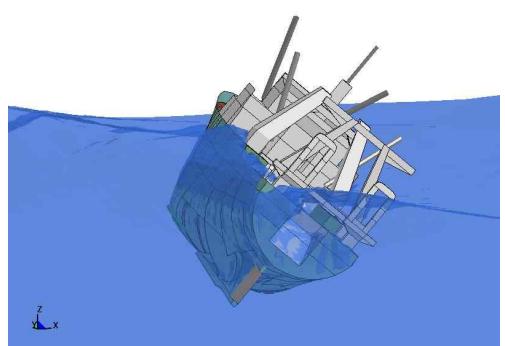
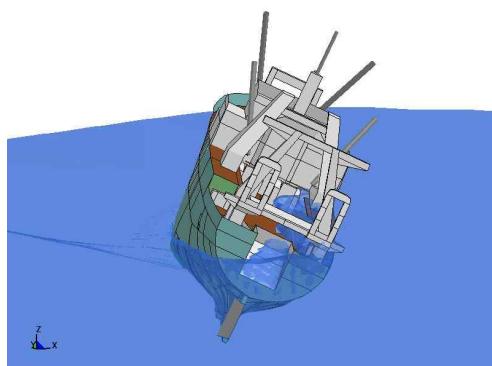


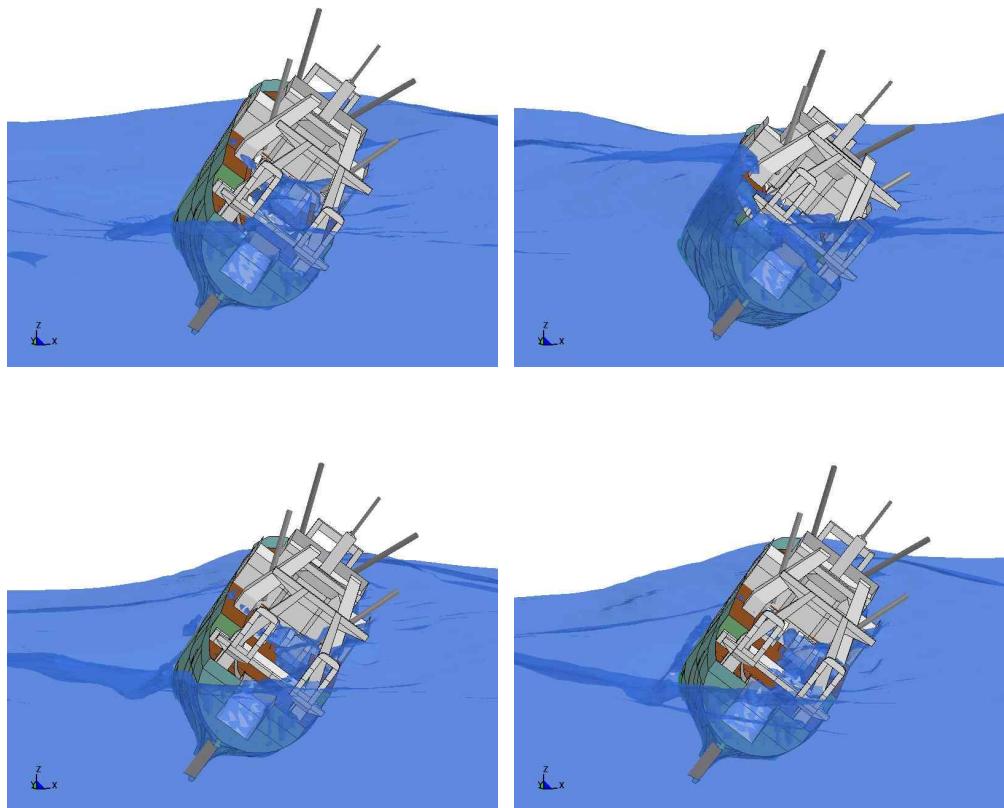
(b) 어획물처리실



(c) 기관실 및 어창

[그림 38] 케이스 1-4 해수유입 상황

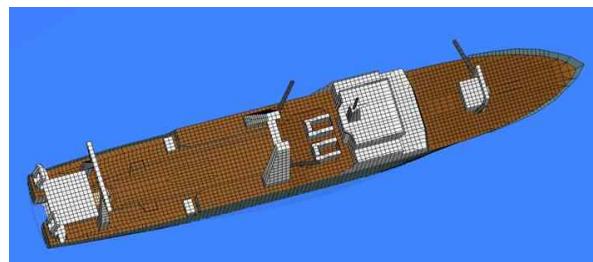




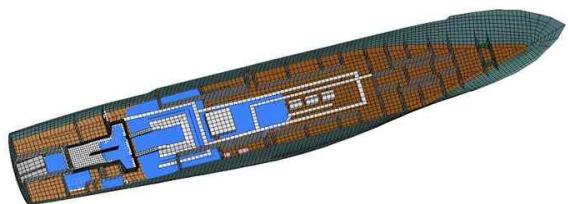
[그림 38-1] 케이스 1-4 거동을 선미에서 바라본 모습

4.3.4.12 케이스 2-0(중량물 좌현 이동으로 좌현횡파에서 일시 평형)은 케이스 1-4의 상태에서 선체가 우현으로 크게 기울자 선박에서 어창의 어획물 약 30톤 정도와 연료유 약 48톤 정도를 우현에서 좌현으로 이동시킨 상황이다.

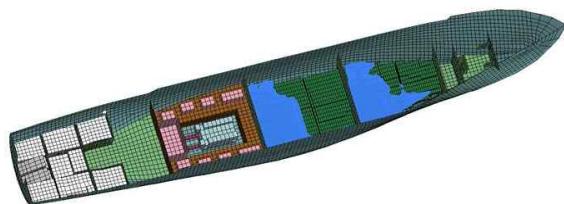
4.3.4.13 당시 선박은 어획물과 연료유를 옮기면서 배수작업을 지속하여 어획물처리실의 해수를 상당량 배수시켜 해수유입량은 225톤 정도로 줄어든 상태로 파도를 좌현선미 72.5도에서 받는 상황에서 일시적으로 선체가 평형상태를 유지하다가 좌현측 오물 배출구를 통한 지속적 해수유입으로 해수 유입량이 273톤으로 늘어나면서 우현으로 약 5도 가량 경사하게 된다.



(a) 선체 전체적인 전경

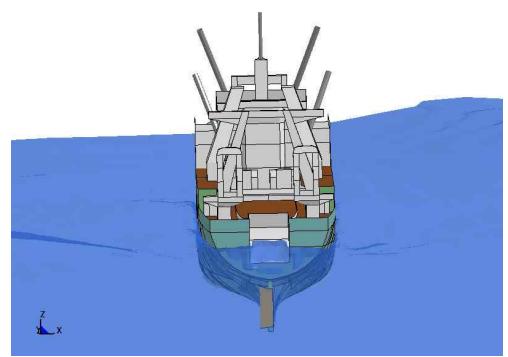
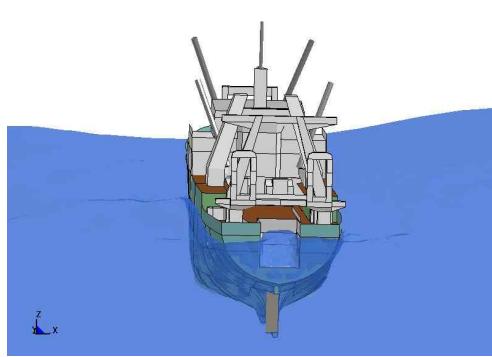
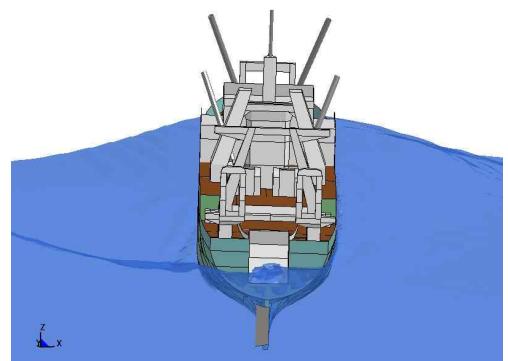
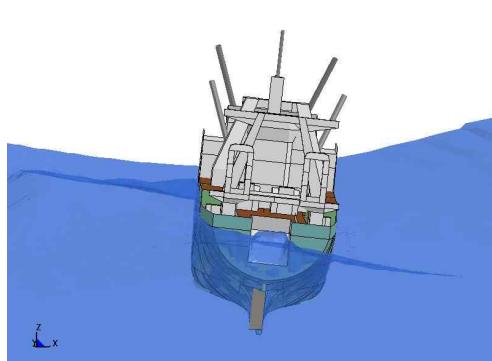


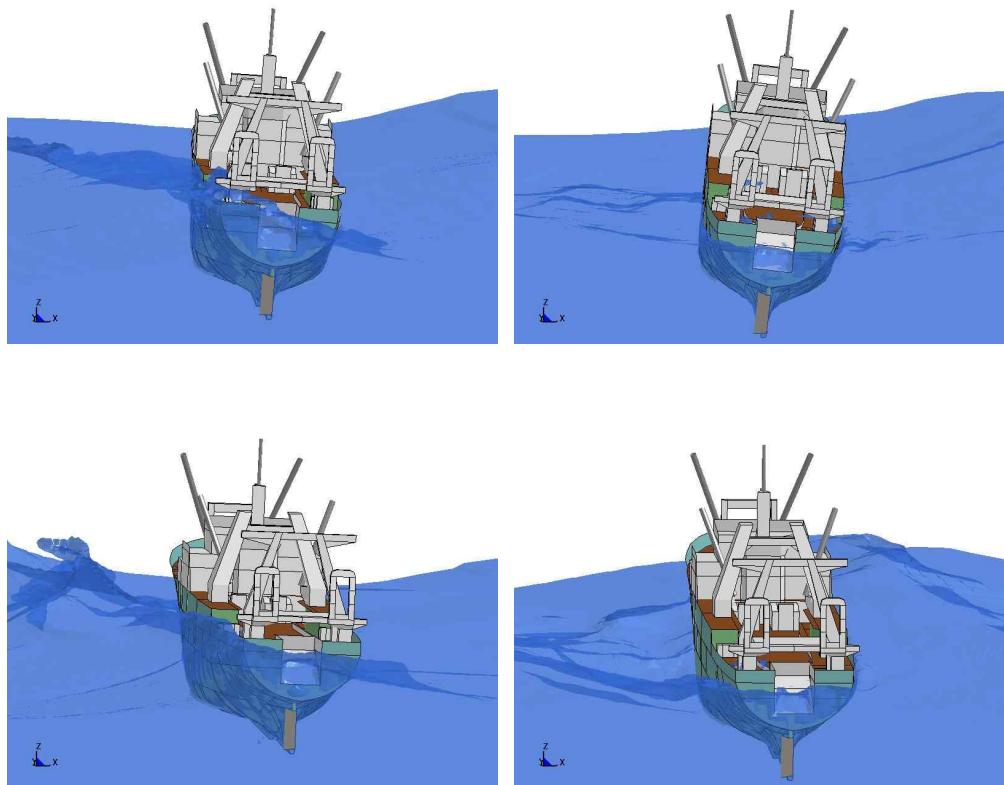
(b) 어획물처리실



(c) 기관실 및 어창

[그림 39] 케이스 2-0 해수유입 상황

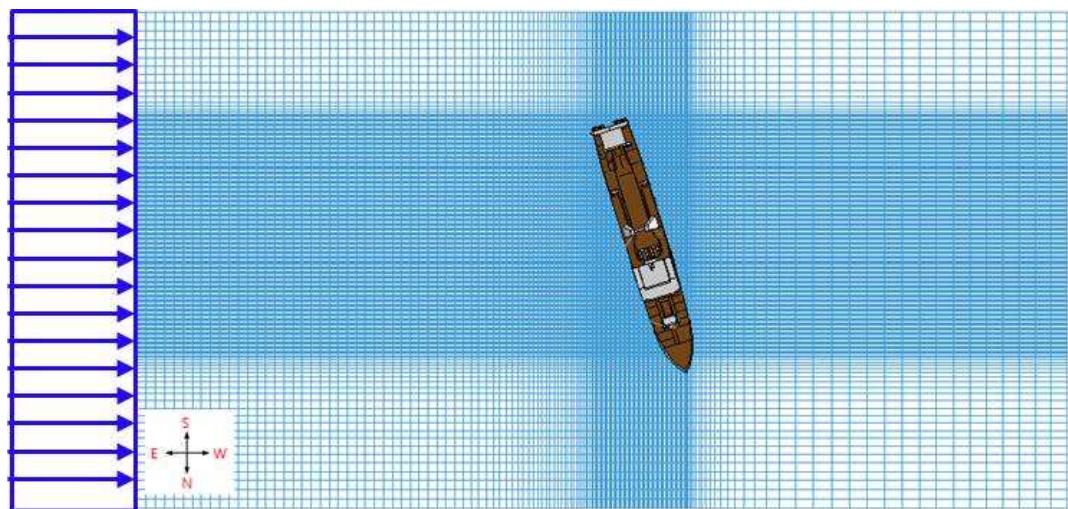




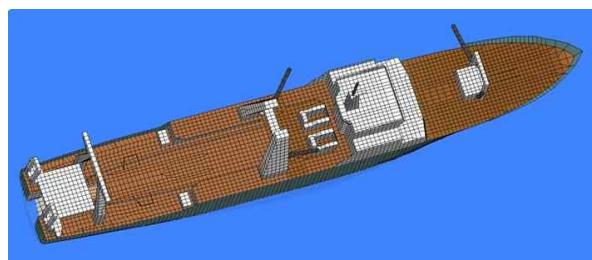
[그림 39-1] 케이스 2-0 거동을 선미에서 바라본 모습

4.3.4.14 케이스 2-1(중량물 좌현 이동 후 우현횡파에서 좌현측 10도 경사)은 선체가 일시적으로 평형을 유지하였으나 좌현측으로 파도를 받으면서 좌현 오물배출구를 통하여 해수가 지속적으로 유입되자 해수유입을 줄이고자 우현에서 파도를 받도록 타기가 멈춘 상태에서 기관만을 이용하여 선박을 선회하여 [그림 40]에서와 같이 우현 선미각도 72.5° 로 파도를 받으면서 선체가 좌현 10° 정도로 경사되는 상태로 해수유입량은 358톤에 이르게 된다.³⁷⁾

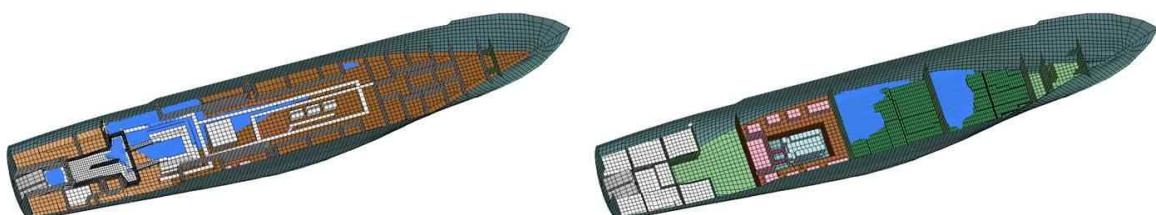
37) 실제로는, 우현으로 파도를 받으면서 좌현으로 급경사 되자 다시 좌현으로 파도를 받도록 선회하였으나 상황이 더 나빠짐에 따라 재차 우현으로 파도를 받도록 선회하였다.



[그림 40] 케이스 2-1 파도방향



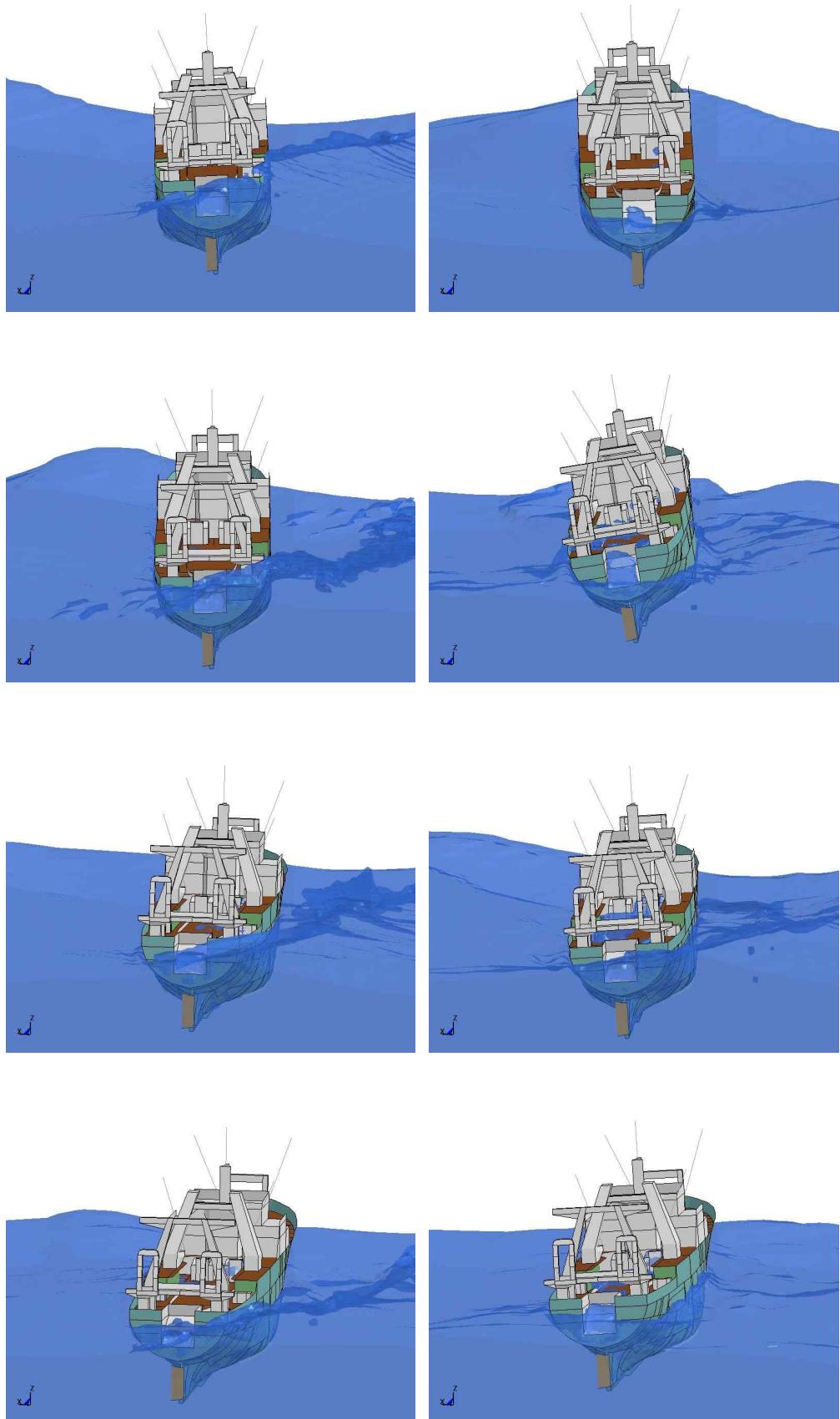
(a) 선체 전체적인 전경



(b) 어획물처리실

(c) 기관실 및 여창

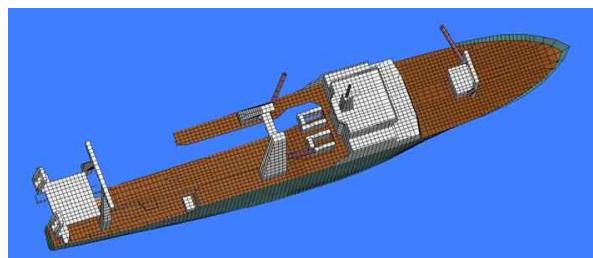
[그림 40-1] 케이스 2-1 해수유입 상황



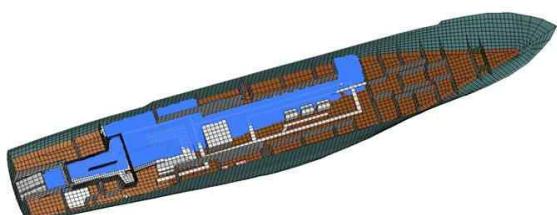
[그림 40-2] 케이스 2-1 거동을 선미에서 바라본 모습

4.3.4.15 케이스 2-2(해수 지속 유입, 선미침하, 좌현 30-35도 경사)는 선박이 우현 72.5도의 파도를 받으면서 지속적으로 대량의 해수가 유입되어 선체가 좌현 30-35도로 급경사되는 상태이다.

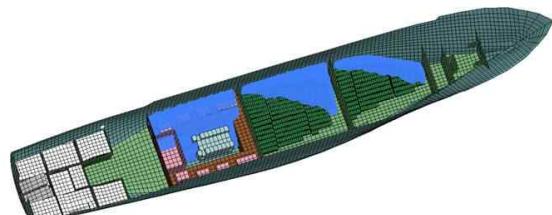
4.3.4.16 특히, 좌현 선미가 주기적으로 물에 잠기게 되어 좌현 오물 배출구를 통한 해수유입량이 크게 증가하면서 좌현 경사각이 커져 갔으며, 해수유입량은 723톤에 이르고 기관실로도 해수가 유입된다.



(a) 선체 전체적인 전경

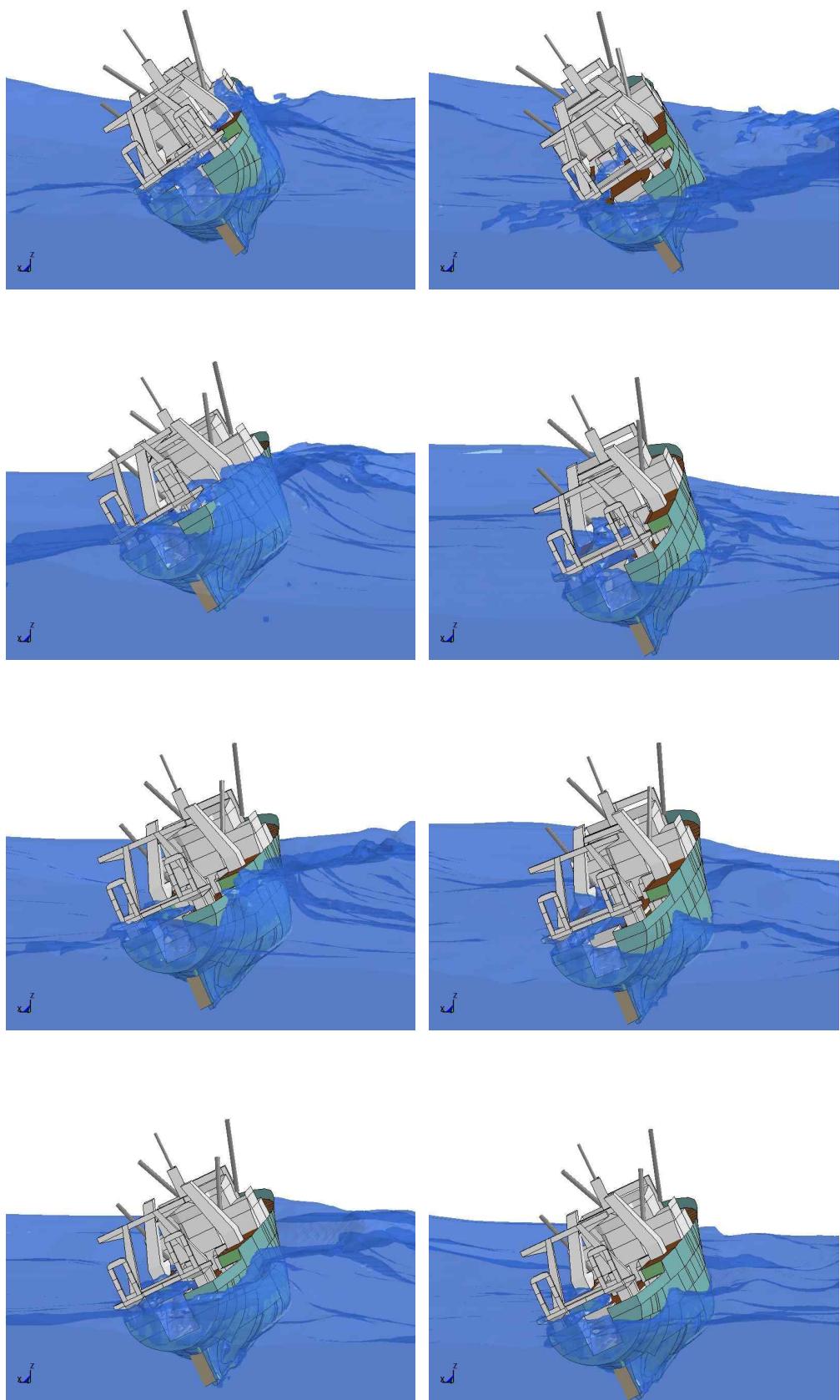


(b) 어획물처리실



(c) 기관실 및 어창

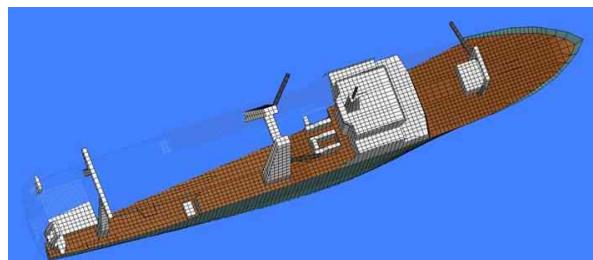
[그림 41] 케이스 2-2 해수유입 상황



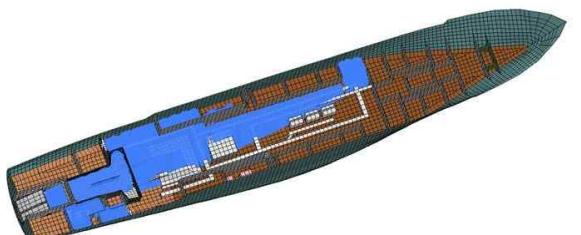
[그림 41-1] 케이스 2-2 거동을 선미에서 바라본 모습

4.3.4.17 케이스 2-3(선미침하 가속, 좌현 45-50도 경사)은 계속해서 파도를 우현 72.5도 방향에서 받는 상태에서 해수유입량 증가에 따라 선박이 좌현 45도 이상으로 급경사하고 기관실 및 어창에도 해수가 계속 유입됨에 따라 선미부가 계속 침하하는 상태이다.

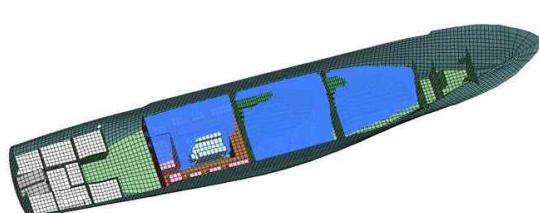
4.3.4.18 당시 선박은 기관실로의 해수유입이 증가함에 따라 기관실의 약 67%가 침수되면서 기관이 정지되었으며, 전체적인 해수 유입량은 1,058톤에 이르게 된다.



(a) 선체 전체적인 전경

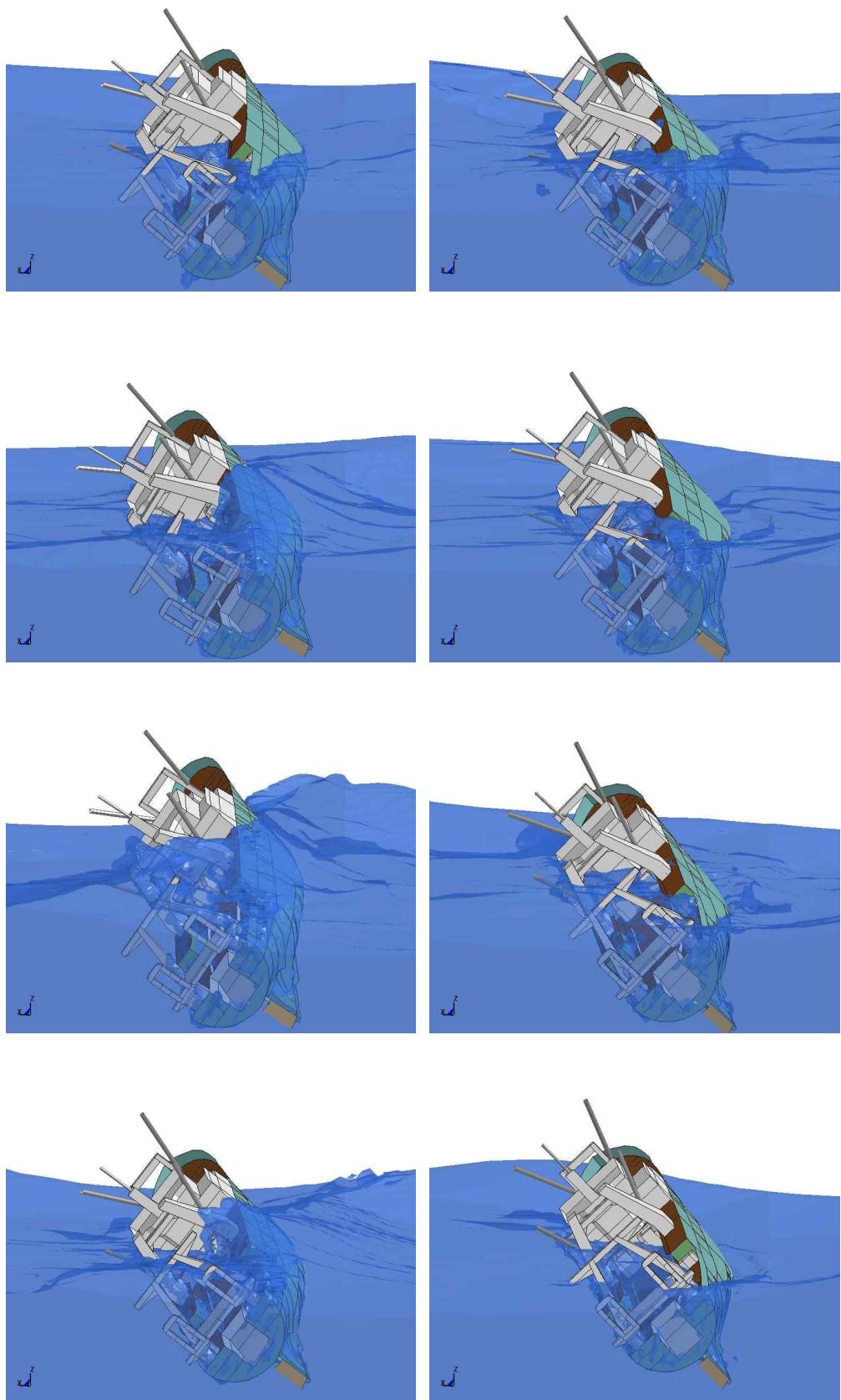


(b) 어획물처리실



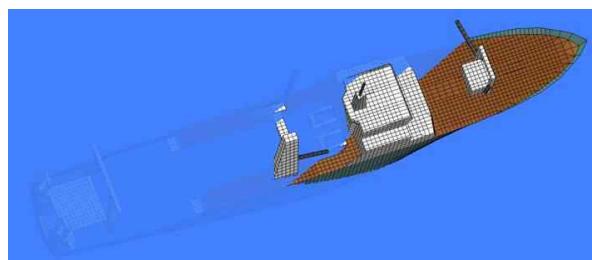
(c) 기관실 및 어창

[그림 42] 케이스 2-3 해수유입 상황

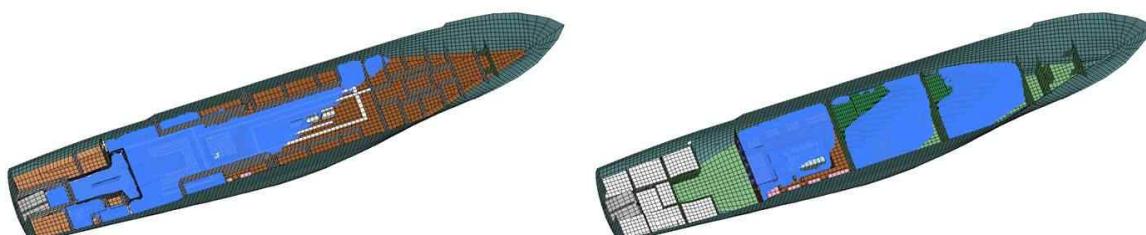


[그림 42-1] 케이스 2-3 거동을 선미에서 바라본 모습

4.3.4.19 케이스 2-4(선미부터 침몰, 좌현 65도 이상 경사)는 계속해서 과도를 우현 72.5도 방향에서 받는 상태에서 다양한 개구를 통하여 해수의 유입이 점증되면서 선박이 좌현으로 65도 이상 횡경 사함과 동시에 부력을 잃고 선미부터 점차 침몰하는 상태이며 당시 해수유입량은 1,540톤에 이른다.



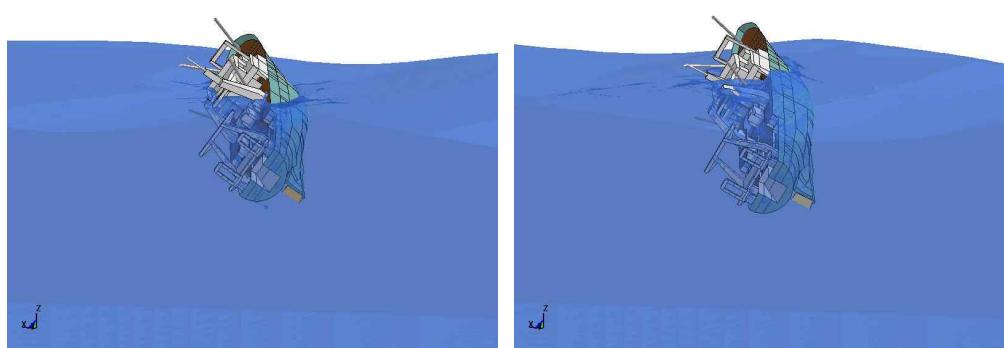
(a) 선체 전체적인 전경

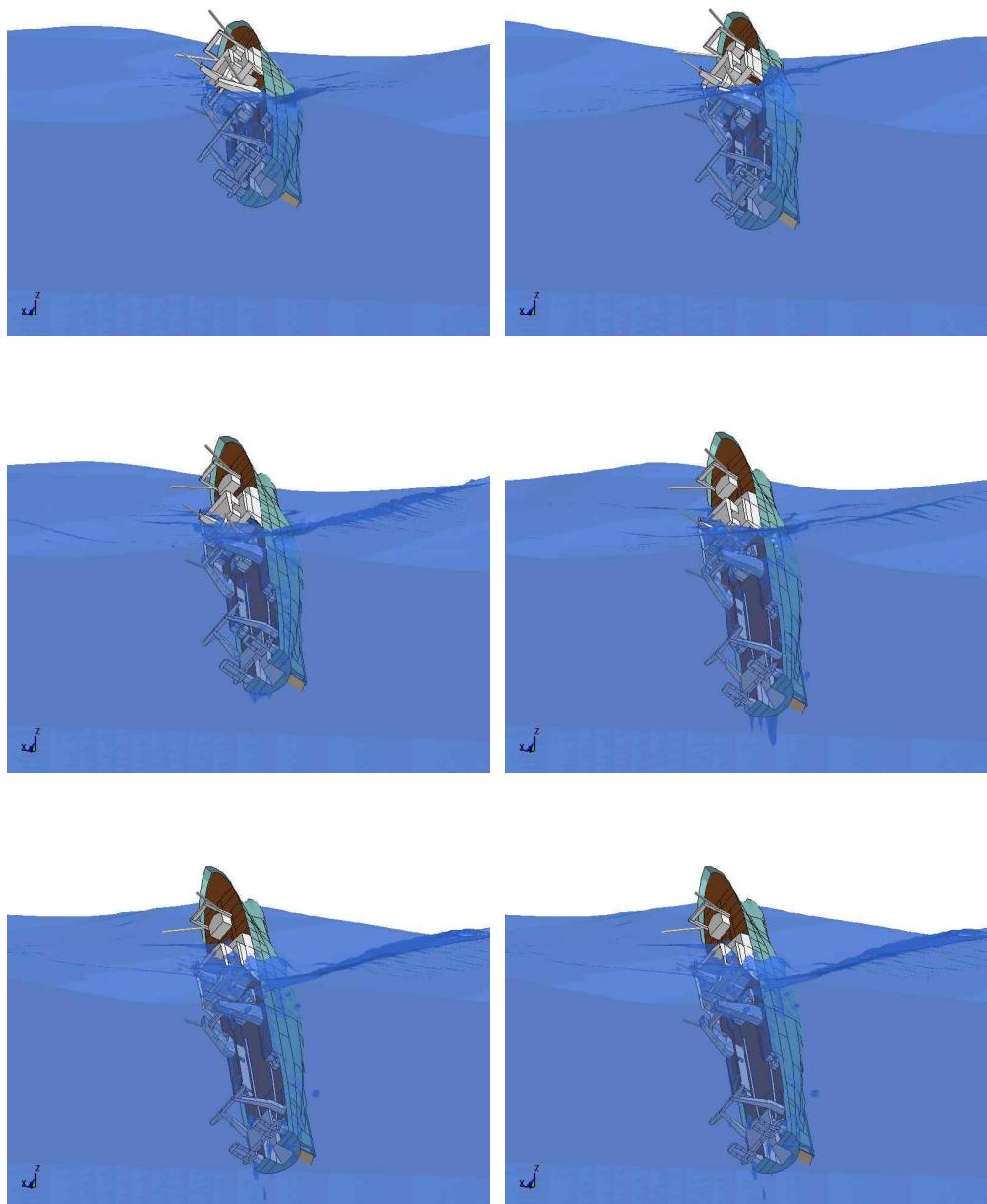


(b) 어획물처리실

(c) 기관실 및 어창

[그림 43] 케이스 2-4 해수유입 상황



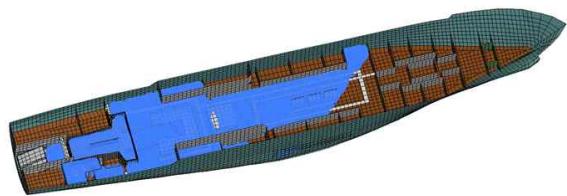


[그림 43-1] 케이스 2-4 거동을 선미에서 바라본 모습

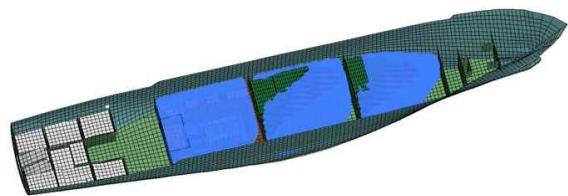
4.3.4.20 케이스 2-5(선체 완전 침몰, 좌현 80도 이상 경사)는 계속해서 파도를 우현 72.5도 방향에서 받는 상태에서 지속적인 해수 유입에 따라 선체가 좌현 80도 이상으로 횡경사가 증가하면서 수면 하로 빠르게 침몰하는 상태로 해수유입량은 약 1,910톤에 이르게 된다.



(a) 선체 전체적인 전경

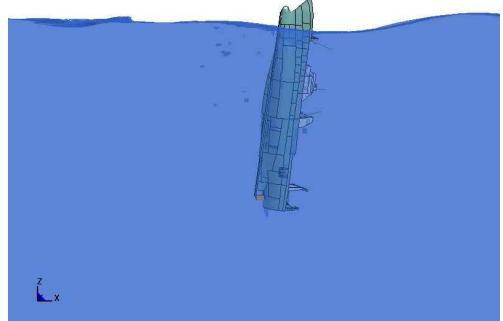
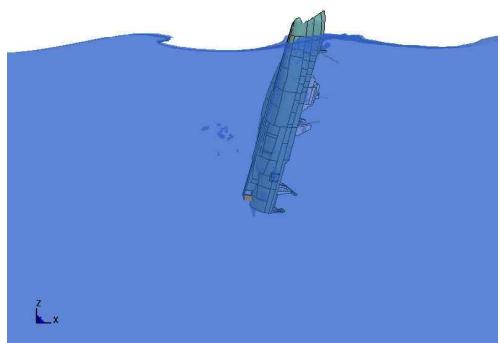
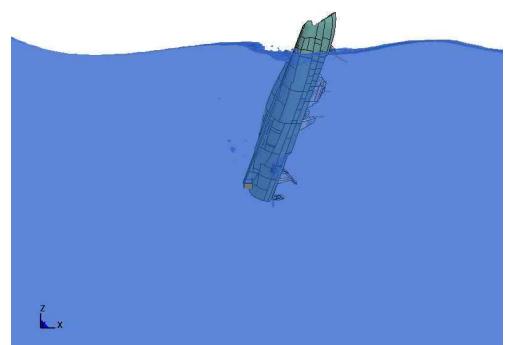
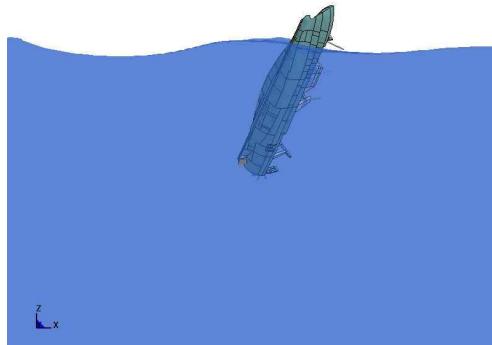


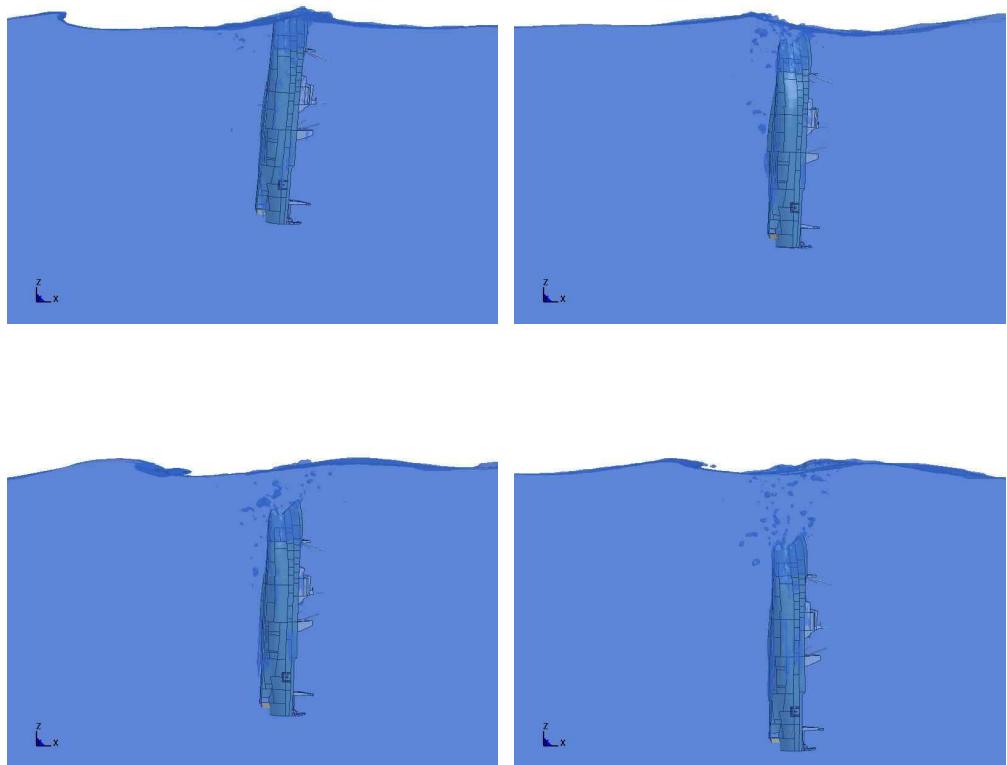
(b) 어획물처리실



(c) 기관실 및 어창

[그림 44] 케이스 2-5 해수유입 상황





[그림 44-1] 케이스 2-5 거동을 좌현에서 바라본 모습

4.3.5 소결

4.3.5.1 이번 시뮬레이션을 통하여 선박에서 어획물을 피쉬벙커에 투하하면서 다양한 해수가 유입된 상황에서부터 선박이 선미부터 침몰하는 전 과정을 입체적으로 확인할 수 있었다.

4.3.5.2 또한, 이 시뮬레이션의 전 과정을 생존 선원(감독관 포함) 및 인근 교신 선박들에 대하여 조사한 내용과 비교한 결과, 그간 특별 조사부에서 조사한 사고 발생의 전 과정이 시뮬레이션 결과와 대체로 일치함을 확인할 수 있게 되었다.

4.3.5.3 이번 시뮬레이션을 통해 사고는 악천후 속에서 피항을 하지

않고 어획작업을 계속한 것에서부터 시작되었으며, 파도를 선미에서 받으면서 피쉬벙커에 어획물을 투하한 것, 해치커버의 불완전한 폐쇄 및 타기가 고장 난 상태에서 선체가 우현으로 기울었을 때 경사를 바로 잡기 위하여 연료유와 어창의 어획물을 좌현측으로 이동시킨 것과,

4.3.5.4 좌현측 오물배출구로의 해수 유입을 막기 위해 선체를 반대편으로 선회하여 우현측에서 파도를 받도록 한 것 등이 해수 유입 증대 및 선체 경사를 가중시켜 결국 제501오룡호가 침몰에 이르게 하는 주요 원인이었음을 확인하였다.

4.4 사고 발생 인적요인

4.4.1 선박의 안전관리 시스템 미흡

4.4.1.1 제501오룡호는 출항 후 단 한 번 1등 항해사가 전 선원을 대상으로 소화기 사용법과 구명동의 착용법에 대하여 교육한 적은 있으나, 소화훈련이나 퇴선훈련은 전혀 실시하지 않았다.

4.4.1.2 또한, 출항 후부터 매주 금요일마다 조업중 안전관리 점검표를 작성하여 본사 트롤2팀으로 송부하였으나, 선박안전사고 상황별 대응훈련은 이행하지 않았다.

4.4.1.3 이 선박에서는 「선원법」에 의거 출항 후 매월 1회 이상 소화 훈련, 구명뗏목훈련 등 비상대비훈련을 실시하여야 함에도 불구하고, 이러한 기본적인 훈련을 전혀 실시하지 않아 막상 선원

들이 실제로 퇴선할 상황에 직면하였음에도 자신이 수행해야 할 임무나 배치될 위치를 숙지하지 못하고 있었다.

4.4.1.4 선박에서 비상훈련을 포함한 선박안전관리에 대한 점검표를 선사에 송부하였으나, 송부 받은 부서는 안전관리에 대한 전문성이 없는 어획물의 관리를 주로 하는 부서로 선박에서의 안전 관리에 대한 검증이나 확인 작업은 거의 이루어지지 않았다.

4.4.1.5 또한, 황천조업 시 안전관리 규정 등 각종 안전관리 규정이 작성되어 이 선박에 비치되어 있었으나, 이에 대한 상황별 매뉴얼에 의거한 점검표 없이 모든 안전관리가 선장 개인의 지시에 따라 이루어졌다.

4.4.1.6 이 선박은 여객선은 아니나 여객선만큼 많은 선원들이 승선하여 운항되며, 장기간 항구에 기항하지 아니하는 업무 특성을 가지고 있어 선박에서의 안전관리지침 작성 및 준수는 안전 사고의 예방을 위하여 매우 중요하다.

4.4.1.7 결과적으로, 비상대비훈련의 미실시 등 선사와 선박에서 기본적인 안전이 등한시 되고 있는 안전관리 행태가 이번 사고가 대형 인명사고로 진행되는 데에 많은 영향을 주었다고 판단된다.

4.4.2 선박에서의 선원 근무 형태

4.4.2.1 제501오통호에서는 통상 선장과 3등 항해사, 1등 항해사와 2등 항해사가 1조가 되어서 2교대로 항해당직을 수행하면서 투망과

양망을 지휘하였다. 기관부의 경우 기관장과 기관사, 조기장과 냉동사가 1조가 되어 2교대로 당직을 수행하였으며 외국인 선원들 중 기관부원 5명이 기관부 당직에 참여하였다.

- 4.4.2.2 이 선박의 처리실에서는 약 30명이 3개조로 나누어 12시간 근무 후 6시간 휴식하는 형태로 근무하였으며, 한국인 처리장과 인도네시아 처리장이 매 6시를 기준으로 12시간씩 교대로 근무하였다.
- 4.4.2.3 이는 항해당직자들은 12시간씩 2교대로 근무를 하여 1일 12시간 근무하고 12시간 휴식을 취하는 형태이고, 처리실 작업자들은 1일 16시간 근무하고 8시간 휴식을 취하는 형태로 근무가 이루어졌다는 것을 의미한다.
- 4.4.2.4 이러한 근무형태에서 따로 시간을 할애하여 비상훈련 등을 실시한다는 것은 현실적으로 매우 어려웠을 것이며, 어선의 특성상 어군 형성에 따라 수시로 작업일정이 변경되는 등 변수가 많아 안전관리가 어려웠을 것으로 판단된다.
- 4.4.2.5 따라서, 수개월 이상 장기간 이러한 근무형태로 운항을 하였다면 항해당직자, 처리실 작업자들 모두 매우 피로한 상태였을 것이며, 특히 선장 등 주요 해기사들의 경우 휴식시간을 갖기가 매우 어려웠을 것으로 판단된다.

4.4.3 주요 해기사의 미승선

- 4.4.3.1 이 선박은 총톤수 1,753톤, 주기관 출력 3,238킬로와트(1,619킬로

와트 2기)로 「선박직원법 시행령」 제22조제1항과 관련한 별표3 「선박직원의 최저승무기준」에 의거 자격을 갖춘 갑판부 해기사 4명, 기관부 해기사 4명, 통신장 1명을 승선시켜야 한다.

4.4.3.2 그러나, 이 선박의 갑판부 승선 해기사 중 1등 항해사와 3등 항해사를 제외한 선장과 2등 항해사는 면허자격이 미달하였으며, 기관부 승선 해기사 중 기관장과 1등 기관사는 면허자격이 미달하였고, 2등 기관사, 3등 기관사는 승선시키지 않았다. 또한 통신장도 승선시키지 않았다.

4.4.3.3 적정한 자격을 가진 해기사의 승선은 선박의 감항성 확보에 필수적인 요건이므로, 이 선박의 경우 자격을 가진 적정 선원의 미승선으로 감항능력이 현저히 약화된 상태에서 운항한 것과 다름이 없다.

4.4.3.4 선박에서 선원들을 지휘하는 능력을 단지 자격증만으로 판단할 수는 없겠으나, 선박의 조선능력을 포함한 선박운용 능력의 판단은 해기사 면허 소지여부로 판단하는 것이 합당하다고 할 것이다.

4.4.3.5 여러 선원들 중 특히 선장의 경우 어선 2급 항해사 자격을 가진 선장을 승선시켜야 함에도 어선 3급 항해사 자격을 가진 자를 승선시켰는데, 이는 다른 선원의 자격이 미달한 것과는 비교가 되지 않을 정도로 매우 부적절한 일이었다고 판단된다.

4.4.3.6 3급 항해사까지는 필기시험만으로 면허를 취득할 수 있으나

2급 항해사부터는 필기시험은 물론 면접시험까지 통과해야 면허를 취득할 수 있다. 이러한 전형과정의 차이를 보더라도 면허에 따라 요구되는 자질의 차이가 크다는 것을 알 수 있다. 특히, 복원성에 대한 이해도 등은 면접시험을 통해 검증되는 경우가 많다.

4.4.3.7 해상에서 선장은 운항을 포함하여, 사법적인 영역의 권한까지 가진다는 의미에서 매우 중요한 직책이며, 특히 이 선박과 같은 어선의 경우 장기간 육상 지원을 받을 수 없는 특수한 상황 하에서 모든 작업이 이루어지며 상명하복의 선상문화를 가지고 있기 때문에 더욱 더 그러하다.

4.4.3.8 이 선박의 기관부 해기사의 경우 2명의 기관사는 자격이 미달 이었고 2명의 기관사는 승선하지 아니하였는데, 이는 주기관을 포함한 이 선박의 여러 가지 기계류 들이 적절히 정비되지 않았을 수도 있음을 강력히 시사한다.

4.4.3.9 선박에는 주기관을 포함하여 많은 기계들이 있으며, 이에는 각기 담당하는 해기사가 정해져 있다. 그리고 이러한 사실을 고려 하여 기관부 해기사의 승무기준이 제정된 것이다.

4.4.3.10 2명의 기관부 해기사 미승선으로 인해 이 선박에 승선하고 있던 다른 기관부 해기사들에게 추가의 업무가 부과되었음은 물론, 이로 인해 장비의 적절한 정비가 이루어지지 못하였을 수도 있었을 것이다.

4.4.3.11 사고 발생 과정 중 타기의 작동 불능과 복구 불가, 기상 팩시밀리의 고장, 오물배출구 셔터의 탈락에 따른 조치 미실시 등 많은 현상이 이러한 사실을 뒷받침 하고 있다.

4.4.3.12 결론적으로, 적정한 자질을 갖춘 선원의 미승선은 이번 사고 발생에 있어 매우 큰 간접요인으로 작용하였다고 판단된다.

4.4.4 선장의 선박운용 부적절(사고 발생 단계별)

4.4.4.1 조업 결정

4.4.4.1.1 제501오룡호 선장은 사고 발생 당일인 2014년 12월 1일 00시경부터 01시경까지 이 선박의 전기사와 소주 1병을 마신 후 휴식을 취하였으며, 같은 날 05시경부터 투망을 지휘하였다.

4.4.4.1.2 이 선박이 투망할 당시는 작업에 부적합할 정도의 기상상태는 아니었으나 점점 기상상태가 나빠질 것으로 예보된 상황에서 이 선박은 기상 팩시밀리의 고장으로 기상도를 직접 받아 분석하지 못하였다.

4.4.4.1.3 이 선박은 당일 07시 30분경 제96오양호로부터 “기상 상태가 나빠지니 피항판단을 빨리하는 게 좋겠다”는 조언을 들었고, 같은 날 11시경부터 양망을 시작하였다.

4.4.4.1.4 위와 같은 상황을 종합해 유추해 보면 제501오룡호 선장은 당일 투망 작업 전에 기상을 충분히 파악하지 않았음을 알 수

있고, 수면 시간도 짧아 피로가 완전히 회복된 상태가 아니었을 것으로 판단된다.

4.4.4.1.5 당일 이 선박의 인근에서 잘리브 자비야카, 카롤리나 77, 제96 오양호 모두가 작업을 한 것으로 보아 당일 작업 개시 결정이 부적절하다고는 볼 수 없으나, 불완전한 선체상태에서 기상 정보도 충분히 파악하지 않은 채 작업을 시작하여 적절한 양망 개시 시각을 결정하지 못하였고, 이로 인하여 피항의 적기를 놓치는 결과를 초래한 것으로 판단된다.

4.4.4.2 피로가 선장의 판단에 미친 영향

4.4.4.2.1 일반적으로 피로는 업무수행능력이 저하되는 것을 말하며, 국제해사기구(IMO)에서는 이를 인간의 정신적, 육체적 또는 감정적 노동의 결과로 발생하는 육체적 그리고 정신적 능력의 감소를 말하며, 인간의 힘, 속도, 반응시간, 조화, 결정력 또는 균형감각을 포함하는 모든 육체적 능력의 저하를 일으키는 것으로 정의³⁸⁾하고 있다.

4.4.4.2.2 그리고, 승무원의 피로에 관한 전반적인 이해를 높이고 예방하는 차원에서 피로 가이드라인을 개발하여 피로에 대한 정의, 원인, 미치는 영향 등을 제시하였으며, STCW 협약 제8장 8/1규칙에서 선원의 피로를 예방하기 위해 각 주관청은 당직자에 대한 휴식 시간에 대해 규정하여야 한다고 명시되어 있으며, 구체적으로 STCW 코드 A편과 B편에서 휴식시간을

38) IMO, MSC/Circ. 813

규정하고 있다.

4.4.4.2.3 선원 피로에 의하여 일어난 사고의 직접적인 예로는 1989년 알래스카의 발데즈항을 출항하여 프랑스 월리엄 사운즈 해안을 따라 항해하던 중 암초에 좌초된 엑슨 발데즈(M/V EXXON VALDEZ)³⁹⁾를 들 수 있다

4.4.4.2.4 이 사고는 음주를 한 선장이 조타실을 떠난 것도 원인이었지만, 수면이 부족한 3등 항해사가 적시에 변침을 하지 못하여 선박이 항로를 이탈한 것이 직접적인 원인이었다.

4.4.4.2.5 제501오룡호 선장의 경우 어장에 도착한 7월 22일부터 사고 당시까지 피로가 누적될 수 밖에 없는 근무형태를 장기간 유지하여 왔고, 특히 당일 조업 전 음주를 하고 충분한 수면을 취하지 못하여 매우 피로한 상태에서 조업을 결정하고 선박을 지휘하였다.

4.4.4.2.6 이후, 사고 발생 단계별 과정마다 이 선박의 선장이 긴급한 상황에 적절히 대응하지 못하였던 것에 비추어 볼 때 선장이 피로 누적의 영향으로 인해 정상적인 판단을 하지 못하였던 것으로 판단된다.

4.4.4.3 양망 시 선박의 선수 방향 결정

4.4.4.3.1 일반적으로, 이 선박과 같은 선미트롤어선은 기상 상태가

39) 해사인간공학개론, 김홍태, 119페이지 : Exxon Valdez 좌초사건의 주요 원인을 항해사의 수면부족으로 적시하고 있다.

양호한 상황하에서는 선미 방향으로 파도를 받으며 양망하고, 그물자루를 갑판상으로 들어 올려 피쉬벙커에 어획물을 쏟아 넣는다.

4.4.4.3.2 그러나, 이번 사고와 같이 큰 너울성 파도가 일어날 때에는 선수방향을 파도가 밀려오는 방향으로 향하게 하여 선미 갑판에 파도가 밀려 올라오지 못하도록 한 다음에 그물자루를 갑판상으로 들어 올려 피쉬벙커에 어획물을 넣어야 한다.

4.4.4.3.3 그렇게 해야만 피쉬벙커 해치커버를 열었을 때 해치커버를 통한 해수유입을 예방할 수 있으나, 선장은 선미방향에서 파도를 받으며 항해하면서 피쉬벙커 해치커버를 열었고, 그 결과 대형 파도가 선미쪽으로 올라와 해치커버를 통하여 해수가 유입된 것이 이 사고의 발단이 되었다.

4.4.4.4 피쉬벙커 해치커버 개방

4.4.4.4.1 이 선박의 피쉬벙커는 상갑판에서 하부로 열리는 플랩형식으로 상갑판에 해수가 올라올 경우 이 개구를 통하여 어획물과 함께 해수가 유입될 가능성이 매우 높다.

4.4.4.4.2 따라서, 갑판상 해치커버를 개방할 경우 어획물을 내부로 적재하기도 용이하지만 파도가 갑판상까지 범람할 경우 해수의 내부유입 가능성도 크다.

4.4.4.4.3 이러한 피쉬벙커 해치커버의 특성을 잘 알고 있었다면 이의

개방은 파도가 갑판상으로 범람하는 상황을 피하여 이루어 졌어야 했다.

4.4.4.5 선박 경사 시 화물 이동 등 경사 회복을 위한 작업

4.4.4.5.1 선박은 경하상태⁴⁰⁾에서 기본적으로 좌·우 횡경사가 발생하지 않도록 설계되어 있다. 그리고 이후 연료유, 화물, 청수 등을 선박 종방향 및 횡방향으로 균형이 맞도록 적재하여 횡경사가 발생하지 않도록 한다. 그러나 선박의 적재상태에 따라 일시적으로는 횡경사가 발생하기도 한다.

4.4.4.5.2 실무상 선박에서 횡경사가 과도하게 발생하게 되면 선박의 복원성에도 악영향을 끼칠 뿐만 아니라 각종 계기의 작동에도 문제가 되고 선원들의 작업도 곤란해지므로 최대한 경사가 발생하지 않도록 각종 적재물의 배치에 신경을 쓴다.

4.4.4.5.3 과도한 횡경사가 발생할 시에는 당연히 이를 수정하기 위한 조치를 취하여야 하며, 여객선이나 상선의 경우 중심점이 높은 텁사이드발라스트탱크(Topside Ballast Tank)를 활용하여 적은 양의 평형수를 이용하여 횡경사를 조정한다.

4.4.4.5.4 그러나, 제501호와 같은 어선은 중심점이 높은 부분에 평형수탱크가 없기 때문에 중심점이 낮은 부분의 연료유 탱크의 연료유를 이용하여 횡경사를 조정한다. 이 선박의 경우에도 횡경사 시 연료유 탱크의 연료유를 이용하여 조정하여 왔다.

40) 선박에 연료유, 화물, 청수 등의 적재가 전혀 없는 상태. 만재배수량에서 경하배수량을 빼 재화중량을 계산한다.

4.4.4.5.5 이 선박의 연료유 탱크 등 각종 유류를 적재하는 탱크는 매우 많은 구획으로 나뉘어져 있다. 이는 유체의 자유표면 효과를 줄이는데 많은 도움이 될 것으로 보이며, 이러한 이유로 연료유를 옮겨 횡경사를 조정하려는 시도 자체는 무리한 조치였다고 보기는 어렵다.

4.4.4.5.6 이번 사고 당시, 이 선박은 총용량(약 660킬로리터)의 약 92%에 해당하는 608킬로리터의 연료유를 적재하고 있었다. 그래서, 횡경사를 조정하기에 충분하지 않았던 것으로 판단되며, 시뮬레이션 결과 케이스 2-0에서 보면 당시 약 48톤 정도의 연료유를 이동한 것으로 추정된다.

4.4.4.5.7 따라서, 이 선박에서는 연료유 이송만으로는 횡경사를 조정하기에 충분하지 않다고 판단하고 과다하게 발생한 횡경사를 바로잡기 위하여 우현측에 적재되어 있던 화물을 약 30톤 정도 좌현측으로 이동하였다고 판단된다.

4.4.4.5.8 이 선박의 어창은 1번과 2번, 두 개의 구획으로 나뉘어져 있으며 어획물을 냉동시킨 화물은 직육면체로 팬당 약 21.5킬로그램이며 비중은 약 1.050으로 해수 비중 1.025와 비교할 때 비중 차이가 그다지 크지 않으므로 해수 유입 시 이동할 가능성이 높다.

4.4.4.5.9 화물의 이동으로 횡경사를 조정하려면 선박의 침로 유지가 가능한 상태에서 화물이 횡으로 이동되지 않는다는 전제 조건이 유지되어야만 한다.

4.4.4.5.10 해상에서 침로를 유지할 수 있다는 것은 선박으로 오는 파도의 방향을 선박에서 조정할 수 있다는 점에서 매우 중요하다. 선박에서 파도를 타는 방향을 조정하지 못할 경우 파도의 파장과 주기가 선박의 크기와 일치 되면 과도한 횡경사가 발생하여 선박이 전복될 수도 있다.

4.4.4.5.11 그렇지만, 바다에서 이러한 조건의 유지는 매우 어려워 제501 오룡호와 같은 선박에서 화물을 이동하여 횡경사를 조정하고자 할 때에는 매우 신중하게 상황을 고려하여야 한다.

4.4.4.5.12 사고 당시에는 피쉬벙커로 유입된 상당량의 해수가 처리실 까지 유입된 상태였고, 타기는 작동 불능상태로 침로유지가 불가능하였으며, 추가의 해수유입이 우려되는 상황이었음에도 화물을 이동하여 횡경사를 조정하려한 것은 매우 부적절 하였다고 판단된다.

4.4.4.5.13 결과적으로, 어창에까지 해수가 유입되어 선체가 수면하로 더욱 더 가라앉게 되고 침로유지가 되지 않아 화물 이동 전에 좌현에서 받던 파도를 우현으로 받게 되어 선체가 좌현으로 경사되자 선내 유입해수 등 유체의 쏠림까지 가속화되어 좌현으로의 급경사를 초래하게 되었다.

4.4.4.6 퇴선 결정 시점 및 준비과정

4.4.4.6.1 제501오룡호는 사고 당일 14시 10분부터 14시 30분까지는

가까이 접근한 카롤리나 77로부터 이동식잠수펌프 1대를 넘겨 받았고, 넘겨받은 이동식잠수펌프를 포함하여 총 3대의 이동식 잠수펌프가 작동되고 있어 배수하는데 여유가 있었다.

4.4.4.6.2 때문에 가까이 접근했던 카롤리나 77은 별다른 추가 조치 없이 파도를 선수방향으로 받으며 대기하였고, 제501오룡호는 파도에 밀려 떠내려가 양 선박의 거리는 멀어지고 있었다.

4.4.4.6.3 이 상황에서 제501오룡호는 자선의 타기가 사고 당일 13시 00분경부터 작동하지 않는다는 사실의 위험성을 크게 인식하지 못하였던 것으로 판단된다.

4.4.4.6.4 악천후 속에서 타기가 작동불능 상태라는 것은 선박이 이미 감항능력을 상실한 것으로 보아야 한다. 그렇다면 이 선박이 잠시 횡경사를 회복하였다고 하여도 인근에 도착한 선박에 대해 언제든지 도움을 줄 수 있는 지근거리에 위치하도록 요청하였어야 했다.

4.4.4.6.5 그리고, 이때 기상이 점점 나빠지는 상황이었기 때문에, 이런 상황에서 타기 작동불능 상태를 지속할 경우 선박이 극히 위험한 상황에 처할 수 있으므로 최우선적으로 타기의 수리가 가능한지 여부부터 파악을 하였어야 한다.

4.4.4.6.6 선박에서의 퇴선 시점은 여러 가지 요인을 감안하여 결정 하여야 한다. 특히 이번 사고 발생 해역과 같이 겨울철 악천후 속에서라면 최대한 자선에 체류하는 시간을 최대화 하는 것이

생존에 유리할 것이다.

4.4.4.6.7 그 이유는 정상적인 성인이 해수의 온도가 거의 0°C에 가까운 상태에서 잠수복을 착용하지 않고 수중에서 체온을 장시간 유지하는 것은 매우 어렵기 때문이다.

4.4.4.6.8 이 선박은 같은 날 15시경 선미에서 큰 파도를 받으며 심하게 좌·우로 요동치다가 갑자기 좌현으로 급경사 되기 시작하였으며, 17시 06분경 완전히 침몰하였다. 급경사의 시작부터 침몰까지는 약 2시간 가량이 소요되었다.

4.4.4.6.9 같은 날 15시경 이후의 침수 과정으로 볼 때 이 선박은 좌현으로 급경사 되고 유입되는 해수가 배출하는 해수보다 많아져 부력을 점점 상실하여 선미부터 침몰하기 시작한 15시 30분경 부터는 퇴선준비를 하였어야 했다고 판단된다.

4.4.4.6.10 선박에서의 퇴선 과정은 상황에 따라 다르지만 일반적으로 보면, 전 선원들이 인지할 수 있도록 퇴선 명령을 내리고, 선원들은 각자가 최대한 보온이 되도록 복장을 갖춘 다음 구명동의를 착용하고,

4.4.4.6.11 현측의 구명뗏목을 터트려 자선과 가까운 해상에 부양시켜 줄로 연결해 두고 적절한 시점을 잡아 선원들이 구명뗏목에 옮겨 탄 다음 구명뗏목과 자선과 연결된 줄을 끊고 자선으로부터 최대한 멀어져야 한다.

4.4.4.6.12 이 선박에는 갑판의 각 현에 이 선박에 승선한 인원을 모두 수용 가능한 수의 팽창식 구명뗏목이 탑재되어 있었다. 그리고 가까운 거리에 도와줄 수 있는 선박이 있었으므로 퇴선준비를 미리 적절하게 하였다면 인명 손실을 줄일 수 있었을 것이다.

4.4.4.6.13 그러나, 이 선박의 선장은 15시 30분경 러시아 감독관이 퇴선을 권유하였음에도 기관작동이 완전히 멈추고 선박이 좌현으로 40도까지 경사한 16시경에서야 퇴선을 결정하고 인근의 카롤리나 77에 이를 통보하였다.

4.4.4.6.14 퇴선을 결정한 이후에도 선내에 전 선원이 인지할 수 있는 퇴선 명령을 발하지 않고 선사와의 교신에서 선사의 허가를 득하는 듯한 교신만을 하였다.

4.4.4.6.15 이후 선박이 점점 좌현으로 크게 기울고 선미부터 침몰하는 상황에 이르러 심각성을 인지한 선원들이 하나 둘씩 다른 경로로 선체 우현쪽으로 모였으나, 이 선박의 주요 해기사들은 퇴선을 위한 선도적 역할을 하지 않았다.

4.4.4.6.16 퇴선명령 미발령으로 많은 선원들이 퇴선 상황임을 알지 못한 상황에서 갑판에서 작업 중이었던 갑판장을 비롯한 일부 선원들을 중심으로 16시 30분경부터 자발적으로 구명 뗏목을 서로 줄로 잇고 터트리는 등 퇴선활동을 하였다. 때문에 상당수의 선원들은 퇴선상황임을 알지 못하고 선원실 등에서 최후를 맞았을 것으로 추정된다.

4.4.4.6.17 위와 같은 상황에서 선장이 패닉(Panic) 상태에 빠져 적절히 대처하지 못하였다면 다른 사관이 선장에게 퇴선할 것을 적극 조언하였어야 하나 이러한 증거는 찾아볼 수 없다.

4.4.5 소결

4.4.5.1 대형사고는 한 가지 원인에 의해서만 발생하지는 않는다. 제501 오룡호의 경우, 사고에 기여한 인적요인만 해도 앞서 살펴본 바와 같이 여러 가지를 식별할 수 있다. 그렇지만 이 모든 인적요인의 근저에는 미흡한 안전관리 시스템과 최고 지휘자인 선장의 피로에 기인한 판단착오라는 두 가지 요인으로 대별된다.

4.4.5.2 안전관리시스템의 측면으로 보면, 이 선박에서는 일반적인 원양 어선에 법적으로 요구되는 최소한의 법규정 조차 지켜지지 않았으며, 주요 해기사 중 상당수가 미승선하거나 자격이 규정에 미달하였다.

4.4.5.3 이러한 시스템의 불비는 선원이나 선박의 안전보다는 어획량을 중시하는 선사의 경영 행태, 선장 및 주요해기사의 낮은 안전 의식과 안전관련 규정을 준수하고 있는지 여부에 대한 감독규정의 미흡이 원인이라 판단된다.

4.4.5.4 그리고, 단계별로 인적요인에 기인한 문제점을 살펴본 바, 조업 결정, 피쉬벙커 해치커버의 개방, 경사 시 이동작업 실시 등 중요한 상황마다 선장의 판단착오가 있었으며, 누적된 피로가

이러한 판단착오에 어느 정도는 영향을 주었을 것이라고 판단된다.

4.4.5.5 인간의 판단능력에는 여러 가지 요인이 영향을 미치며, 그 사람이 자라온 환경, 교육, 주변여건 등이 그 요인이라 할 수 있다. 그리고 선박에서 선장은 많은 부분을 결정하는 절대적인 권한을 가지고 있기 때문에 선장의 판단은 선박의 안전과 직결된다.

4.4.5.6 금번 사고의 직접적 시발점이 되었던 상황을 살펴보면, 선미방향에서 파도가 갑판으로 지속적으로 올라오는 사실을 현장에서 선원들을 지휘하던 갑판장은 직접 목격하고 있었고, 이의 위험성을 잘 알고 있었던 것으로 보이며, 선장에게 “피쉬벙커 해치커버를 열면 안된다”고 조언을 하였다.

4.4.5.7 그러나, 선장은 갑판장의 조언에도 불구하고 피쉬벙커 해치커버를 열고 어획물을 피쉬벙커에 넣도록 지시하였으며, 결과적으로 많은 양의 해수가 유입되고, 해수가 유입되는 상황에서 급하게 해치커버를 닫는 과정에서 그물이 틈새에 끼이게 되었다.

4.4.5.8 선장이 갑판장의 조언을 무시하고 작업을 강행한 이유를 추정하여 보면, 어획한 고기를 처리하지 못했을 경우에 발생할 수 있는 손실에 대한 우려에 기인하였다가 보다는 상명하복의 선상 인간관계문화에서 기인하였을 가능성이 크다고 판단된다.

4.5 사고 발생의 하드웨어적 요인

4.5.1 피쉬벙커 해치커버

4.5.1.1 이 선박에는 다른 원양 트롤 선박과 마찬가지로 그물을 양망한 후 갑판상에 올린 다음 피쉬벙커로 쏟아 붓기 위하여 상갑판 상에 피쉬벙커 해치커버가 설치되어 있다. 그러나 이 선박의 일반배치도에는 정확하지 않은 대강의 표기만 되어 있다.

4.5.1.2 따라서, 위치나 크기, 작동방식 등에 관하여 정확하게 확인할 수는 없으나 선사의 공무감독 등 관계자들의 진술에 의하면 중앙부에 1기가(선박 횡방향 1.8M x 선박 길이방향 2.4M) 설치되어 있었다고 판단된다.

4.5.1.3 이는 선사에서 2010년 이 선박을 인수하여 수리 시 선장이 작업의 편리성을 이유로 개조를 요구함에 따라 기존에 작은 것(1.5M x 1.5M) 2기가 설치되어 있던 것을 폐쇄하고 중앙부에 큰 것 1기로 개조한 것이다.

4.5.1.4 또한, 기존에는 위로 들어 올려서 열고, 밑으로 내려서 닫는 방식이었으나 역시 작업의 편리성을 이유로 피쉬벙커 내부로 내려서 열고 올려서 닫는 플랩해치커버(Flap Hatch Cover) 방식으로 변경 설치하였다.

4.5.1.5 이 선박은 이러한 개조 후 러시아 선급으로부터 여러 차례의 검사를 받아 통과하여 검사 상으로는 문제가 없다고 볼 수

있으나 이번 사고의 경우 다음과 같은 문제점이 노출되었다.

- 4.5.1.6 첫째, 해치커버가 2기에서 1기로 줄고 크기가 커짐에 따라 해치커버 전체의 표면적은 줄었으나 1기당 면적이 커져 금번 사고 시와 같은 악천 후 상태에서의 해치커버 개방 시 어획물의 유입과 동시에 해수유입 가능 표면적이 넓어지는 결과를 초래하였다.
- 4.5.1.7 둘째, 위에서 아래로 닫히는 방식에서 피쉬벙커 내부로 내려서 열고 올려서 닫는 플랩해치커버 방식으로 변경됨에 따라 중력의 작용을 활용한 사고 수습이 불가능하게 되었다.
- 4.5.1.8 위에서 아래로 닫히는 방식의 경우 유압의 작동에 문제가 생길 경우 해치커버를 여는 것은 불가능해 지지만 닫는 것은 중력을 이용하여 가능하다. 그러나, 반대의 경우 중력이 여는 방향으로 작용하기 때문에 닫아야 하는 상황에서 중력의 활용이 불가능하다.
- 4.5.1.9 이 사고의 경우도 해치커버를 통하여 해수가 지속적으로 유입되었는데, 작동방식이 반대방향이었다면 해수 유입 차단을 위한 긴급조치가 용이하였으리라 판단된다.

4.5.2 오물배출구

- 4.5.2.1 이 선박에는 다른 원양 트롤 선박과 마찬가지로 어획물을 처리하면서 발생하는 각종 오물을 바다에 투기하는 오물배출구가

좌현 후미 외판에 설치되어 있었다. 그러나 이 선박의 일반 배치도를 포함한 주요 도면 어디에도 이에 대한 표기가 없었다.

4.5.2.2 따라서, 위치나 크기, 작동방식 등에 관하여 정확하게 확인할 수 없으나 선원 등의 진술을 종합하여 보면 오물배출구는 이 선박 좌현 17번~18번 프레임 상면에 위치한 처리실의 바닥과 연결된 외판부에 개구(가로 0.6미터 세로 0.7미터)가 있고 이 개구에는 회전 방식의 셔터(Shutter)가 설치되어 있다.

4.5.2.3 외부 개구부에서 내부로는 1.2미터 길이의 경사로로 연결되어 있으며 처리실 바닥에서 상부로 1.2미터 높이에 오물유입구가 있다. [3.1.4.1 그림 3 참조]

4.5.2.4 이는, 외부 개구부는 이 선박의 기선으로부터 6.4미터 높이의 위치에 있고 내부 오물유입구는 기선으로부터 7.6미터 높이에 위치하고 있음을 나타내며, 선박 전체적으로 볼 때에는 만재 흘수선(기선 상 5.69미터)의 상면에, 건현갑판인 상갑판(기선 상 8.4미터)의 하면에 위치함을 의미한다.

4.5.2.5 그러므로, 오물배출구의 개구부는 상갑판 하부의 외판과 동일한 강도 및 수밀성이 요구된다고 판단되며, 이의 파손은 외판에 동일한 크기의 파공이 발생한 것과 같은 효과를 나타낸다고 볼 수 있다.

4.5.2.6 이 선박에서는 2014년 9월 중순경 오물배출구의 셔터가 탈락된 이후 사고 시까지 그대로 운항하였는데, 이는 동 위치의 외판이

파공된 상태에서 그대로 운항한 것과 같으므로 9월 중순 당시부터 선박 검사 기준에 미달하게 되어 감항성이 매우 약화된 상태였다고 보아야 한다.

4.5.2.7 따라서, 이 선박의 비손상 복원성 계산의 해수유입각 값 입력 시 실제적으로 해수유입이 가능한 오물배출구의 위치를 해수유입각 값으로 계산하였어야 한다. 이에 따라, 복원성 계산 결과도 많은 차이가 발생하게 된다.

4.5.3 기상 파악을 위한 장비 및 지원

4.5.3.1 이 선박에는 기상도를 수신할 수 있는 기상팩스가 설치되어 있었으나 미상의 날 이후 고장으로 인하여 사고 당시에는 기상도를 수신하지 못하고 있었다.

4.5.3.2 일반적으로 이러한 기상도 수신 등의 업무는 통신장이 담당 하지만 이 선박에는 통신장이 승선하고 있지 않았으며, 선사에서는 선박에 기상 팩스가 고장 나 기상파악이 원활치 않음을 인지하였음에도 불구하고 이를 즉각적으로 수리하거나 교체하는 등의 조치를 취하지 않았다.

4.5.3.3 선박에서의 기상 파악은 단순히 지표면의 기상만을 파악하는 것이 아니라 상층부의 기상 및 여러 발신국의 기상도를 받아 이를 분석하며 인근 선박 간 국지 기상 상태를 파악한다.

4.5.3.4 그러므로, 선박에서 필요한 기상도를 수시로 능동적으로 받아

볼 수 있는 것은 기상파악을 통한 선박안전 확보에 매우 중요하며, 이메일이나 전화를 통하여 전해주는 정보는 매우 수동적이며 제한적일 수밖에 없다.

4.5.4 소결

4.5.4.1 사고의 발생에 있어 인적요인도 중요하지만 기계장치와 같은 하드웨어적 요인도 매우 중요하다. 아무리 뛰어난 자질의 선원이 승선한다 해도 선박의 장비가 제대로 작동하지 않는다면 사고 위험성이 매우 높아진다.

4.5.4.2 이 선박은 사고 선사에서 인수하기 이전에는 북태평양보다는 훨씬 기상상태가 양호한 해역에서 조업하였으며, 피쉬벙커 해치 커버도 이에 맞도록 만들어져 있었다. 그러므로, 기상 상태가 불량한 해역에서 조업할 것임에도 불구하고, 단순히 조업의 편의를 위하여 이를 개조한 것은 신중하지 못한 발상이었다고 판단된다.

4.5.4.3 상갑판 하 외판에 설치된 오물배출구는 외판과 동일한 강도와 수밀성을 가져야 함에도 이에 대한 관리가 부실하게 이루어 졌으며, 사고 발생과정 중에 직접적으로 해수가 다량으로 유입하는 통로의 역할을 하였는 바, 셔터가 파손되었음에도 불구하고 그대로 운항한 것은 선박안전 차원에서 상당한 과실이었다고 판단된다.

4.5.4.4 기상팩스의 파손은 사고에 직접적인 영향을 준 것은 아니지만

선장이 현장에서 적절한 판단을 할 수 없도록 하였다는 점에서 이 사고에 일정 부분 영향을 주었다고 판단된다.

4.6 사고 발생의 외부 요인

4.6.1 선사의 안전관리 시스템

4.6.1.1 이 선박의 운항선사는 법적으로 요구되는 사항은 아니나 자체적으로 선박안전관리매뉴얼을 작성하여 출항 전, 항해 중, 조업 시, 황천 시, 입항 및 계류 시 안전관리수칙을 정하여 시행하였다.

4.6.1.2 또한, 선원들의 국적을 고려하여 영어(필리핀어), 인도네시아어, 중국어 및 베트남어로 되어 있는 조업선 안전관리 규정을 작성하여 시행하고 있다.

4.6.1.3 이는 이 선박이 국제해상인명안전협약(SOLAS)의 적용을 받아 강제적으로 안전관리매뉴얼을 작성하여 시행해야 하는 선박은 아니지만 일반 상선보다 많은 인원이 승선하는 선박을 운영하는 선사임을 감안할 때 매우 바람직한 것이라고 판단된다.

4.6.1.4 그러나, 이 선사의 안전관리를 위한 조직과 운영을 살펴보면, 다음과 같은 문제점이 도출된다. 첫째, 안전관리조직이 따로 정해져 있지 않고 안전관리가 선박의 수리에 집중되어 있다.

4.6.1.5 이는 선사에 안전관리를 전담하는 부서가 따로 없는 점, 이

선박을 수리함에 있어 전담하는 감독이 없는 점, 선박이 수리를 위하여 부산항 입항 시 상황에 따라 감독을 별도로 정하는 점 등에서 알 수 있다.

4.6.1.6 또한, 대부분의 감독들이 공무를 담당하여 선박의 수리에는 친숙하나 복원성 등 선박의 운용과 관련한 안전문제에는 친숙하지 못하여, 이번 사고와 같은 상황에서 적절한 조언 등을 하지 못하였다.

4.6.1.7 둘째, 출항 전과 출항 후 안전관리를 담당하는 부서가 다르다. 출항 전에는 부산의 수산업무팀에서 안전관리를 담당하나, 출항 후에는 서울 본사의 수산본부에서 담당한다. 때문에 출항 후 선박에서 작성한 안전관리 점검표는 서울의 수산본부로 송부되어 졌다.

4.6.1.8 그러나, 서울의 수산본부의 주요 업무는 안전관리가 아니라 선박 출항 이후 선박조업상황 파악, 쿼터소진현황 관리, 어획물 판매업무 등이다.

4.6.1.9 따라서, 수산본부의 담당자는 선박에서 보내온 안전관리점검표를 형식적으로 받아서 보관만 할 뿐이지 이를 분석하거나, 현장에서 실제로 점검표대로 이루어지고 있는지는 확인하지 않았다.

4.6.1.10 또한, 수산업무의 담당자는 선박의 안전관리에는 전혀 친숙하지 않아, 선박에서의 현지 상황을 보고만 받을 뿐이지 조언을하거나 대안을 제시할 수 있는 능력을 갖추지 못하였다.

4.6.1.11 이 때문에 이 선사에서는 9월 중순 경 선박으로부터 보고를 받아 오물배출구의 셔터가 탈락되었음을 알고 있었음에도 이의 심각함을 인지하지 못하고 계속 운항토록 방치하였다고 판단된다.

4.6.2 적정 자격 승무원 승선 확인 제도

4.6.2.1 이 선박은 1등 항해사와 3등 항해사는 적격의 선원을 승선 시켰으나, 2등 기관사, 3등 기관사, 통신장은 승선시키지 아니하였으며, 선장, 2등 항해사, 기관장, 1등 기관사는 최저기준에 미달한 면허소지자를 승선시켰다.

4.6.2.2 선박의 감항성을 결정하는 가장 기본적인 요인 중 한 가지가 적정한 자격을 가진 선원의 승선이나, 이 선박은 9명의 해기사 중 2명만이 적정한 자격을 가지고 있었다. 따라서 이 선박은 출항 시부터 감항성이 현저히 저하된 상태였다고 판단된다.

4.6.2.3 이 선박과 같은 중대한 결함을 가진 선박은 특별한 경우를 제외하고는 출항을 하여서는 아니 된다. 그러나 이 선박은 특별한 제재 없이 출항하여 사고 시까지 4개월 간 조업하였다.

4.6.2.4 이와 관련된 제도상의 문제점을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 선원의 승선공인 시 공인 받은 자가 실제 선박에 승선하는지 여부에 대하여 확인하도록 규정되어 있지 않다.

4.6.2.5 승선공인은 선사 담당자의 신청에 의하여 지방해양수산청에서 시행하는 업무이다. 이는 담당공무원이 선사에서 제출한 신청서에 의거 신청 선원이 선박에 신청직책으로 승선하는 적합한지를 관련 법령을 확인하여 인정하여 주는 창구업무로서 즉시처리 민원업무이다.

4.6.2.6 그러므로, 승선공인 담당자가 선박의 출항가능 여부를 심사하는 권한을 가지는 것은 아니다. 때문에, 선사에서 적정 자격 소지자를 구하지 못한 상태에서 어기 등의 문제로 출항의 필요성이 생겨 승선공인과 상관없이 선박을 출항시키더라도 이를 인지할 방법이 없다.

4.6.2.7 둘째, 출항신고는 항만공사에서 전산으로 신고를 받아 수리하는데, 이때 선원명부를 확인하도록 규정되어 있지 않다. 때문에 출항 시 적정 선원이 승선하였는지 여부에 대한 확인은 하지 않는다. 그리고, 법무부 출입국 관리사무소에서 출국자의 명단(선원명부)을 확인하지만 적정 선원 승선여부는 확인하지 않는다.

4.6.2.8 특별한 사유로 꼭 확인하려고 한다면 출항하고 있는 선박을 정선시켜, 선원명단을 제출받아 「선박직원법」에서 요구되는 대로 적정한 선원이 승선하고 있는지와 이를 적정하게 공인 받았는지 실제 승선자를 대조하여야 한다고 판단된다.

4.6.2.9 이러한 업무수행은 해상에서 기동성이 있는 선박을 이용하여 승선 중인 선박을 수시로 점검할 수 있는 해양경비안전서나

지방해양수산청 순찰선으로 가능할 것이나, 특별한 정보사항 없이 출항 중인 선박을 정선시키는 것은 항만 물류 흐름과 기업활동을 저해할 수도 있을 뿐만 아니라, 출항하는 수많은 선박을 일일이 점검하는 것 또한 곤란한 일이기 때문에 출항 선을 해상에서 점검하는 것은 현실적으로 어려움이 따를 것으로 판단된다.

4.6.3 검사단체의 검사 적절성

4.6.3.1 이 선박은 검사단체로부터 2014년 2월 12일부터 같은 달 14일 까지 선급이전(이전 선급은 2014년 1월 21일 탈급)을 위한 사전 검사를 수검한 후, 같은 달 17일부터 28일까지 제조후등록검사(TOC, 선급이전검사), 선급 연차검사, 한국정부대행 제1회 정기 검사를 수검하고 2014년 2월 28일 「선박안전법」 등에 따라 유효기간이 2018년 5월 5일까지인 어선검사증서 등을 교부받았다.

4.6.3.2 검사단체 본부에서는 국제선급연합회(IACS) 규정에 따라 도면은 일반배치도와 화재제어도, 자료는 복원성 자료와 선상기름오염 비상계획을 승인하였다. 일반배치도는 승인 시 거주구역과 위생 요건만을 검토하였다. 상갑판 하부의 오물배출구는 일반배치도 등 어느 도면에도 표시가 없었지만 지적되지 않았다.

4.6.3.3 이 선박이 검사원으로부터 검사를 받을 당시 이 선박은 다른 선박과 좌현으로 계류한 상태였으며 이러한 상태에서는 특별히 선박을 이동시키지 않는 한 좌현 상갑판 하부를 관찰하기는

매우 곤란하였다.

4.6.3.4 검사원의 현장검사에서는 선박의 전반적인 상태를 검사하였으며 특히 외판의 상태와 상갑판 하부의 개구부 등에 대하여는 주의 깊게 검사하였으나, 통상적으로 선박은 좌우 동형인 까닭에 우현만 검사하고 좌현은 위와 같은 사유로 검사하지 아니하였다.

4.6.3.5 특히, 이 선박을 검사한 검사원은 선미트롤선박에 대한 검사를 처음 실시하는 자로 일반적으로 트롤선박의 상갑판 하부에는 오물배출구가 있다는 사실을 전혀 알지 못하였다. 또한, 도면상 어디에도 이 오물배출구가 표시되어 있지 않아서 좌현 외판을 직접 육안으로 확인하지 않고는 이를 확인할 수 없었다.

4.6.3.6 결과적으로, 상갑판 하부에 위치하여 외판과 같은 수준의 강도와 수밀이 유지되어야 하는 중요한 개구부인 오물배출구에 대하여는 선박 검사단체에서 이의 존재도 모른 채 검사가 완료되는 결과를 초래하였다.

4.6.3.7 이는, 이 선박의 검사에 적합한 검사원을 투입하지 않았다는 반증이며, 효과적으로 검사가 이루어지지 않았다는 것을 뜻한다. 이에 검사단체의 선박검사원 배정방식을 살펴보면 다음과 같다.

4.6.3.8 먼저, 검사 경험이 많지 않은 검사원에게는 예선, 부선, 어선 등 항만국통제(PSC)⁴¹⁾와 관련 없는 선박을 주로 배정하고, 경험이

41) 항만국통제(Port State Control) : 자국의 항만에 기항한 외국선박에 대하여 항만국에서 선박이 주요 협약에 정해진 기준에 적합한지를 점검하는 제도

많은 검사원에게는 항만국통제와 관련이 있는 상선, 그 중에서도 선령이 많은 등 결함 가능성이 높은 선박을 배정하고 있다.

4.6.3.9 그러나, 이러한 배정방식은 규정으로 정해져 있는 것은 아니고 관습적으로 이루어지고 있으므로, 검사를 배정하는 책임자의 개인적 성향에 따라 달라질 가능성이 크다.

4.6.3.10 따라서, 검사단체에서는 향후 이러한 중요한 부분에 대한 검사가 이루어지지 않는 일이 재발하지 않도록 검사원의 배정에 있어 선종 등 다양한 요소를 고려하여야 함은 물론, 검사원의 자질 향상을 위하여 노력하여야 할 것으로 판단된다.

4.6.4 인근 조업선과의 협조 시스템

4.6.4.1 평소 이 선박은 인근의 다른 선박들과 교신을 통해 수시로 기상 정보 등에 관한 정보를 입수하여 왔다. 사고 당시에도 이 선박 인근에는 다른 수 척의 선박이 어로 작업에 종사하고 있었으며 상호 교신하였다.

4.6.4.2 제96호양호의 경우 피항 개시 후 이 선박과 교신하여 피항의 결정을 빨리하도록 권유하였으며, 카롤리나 77과 잘리브 자비 야카는 이 선박에서 도움을 요청하자 즉시 작업을 중단하고 이 선박을 돋기 위하여 이동하였다.

4.6.4.3 카롤리나 77의 경우에는 이 선박에 가까이 접근하여 이동식잠수 펌프를 제공하기도 하였으나 이 선박이 안정되어 간다는 말을

듣고 의도적으로 근접상태를 유지하지 않아 자연스럽게 이 선박과 떨어졌다.

4.6.4.4 이런 여러 가지 정황으로 볼 때 현지의 상황이 매우 열악하였음에도 이 선박과 인근 조업선과의 협조관계는 매우 우호적으로 잘 이루어졌다고 판단된다.

4.6.4.5 그 결과, 퇴선한 선원들이 생존하기에 너무나도 어려운 현지 상황에도 불구하고 빠른 구조가 이루어져 7명의 선원이 생존 할 수 있었다고 판단된다.

4.6.4.6 그러나, 당시 이 선박이 피쉬벙커 해치커버가 완전히 폐쇄되지 않고 조타시스템마저 작동되지 않은 상황에 놓여 있었음을 감안할 때, 조금만 더 관심을 가져 적극적으로 조언하고 인근에 대기하였다면 인명 피해를 좀 더 줄일 수 있었을 것이라는 아쉬움은 있다.

4.6.5 소결

4.6.5.1 이번 사고가 외부적 요인이 직접적으로 작용하여 발생한 것은 아니지만 근본적인 원인을 따져 본다면 상당부분 영향을 끼쳤다고 볼 수 있다.

4.6.5.2 특히, 평소 선박과 선원의 안전보다는 어획고와 이의 관리부분을 더 중요시하는 이 선박 운영선사의 안전의식은 필히 개선되어야 한다.

4.6.5.3 어선 선사에 대하여 안전관리체제의 구축이 법적으로 강제화되어 있지는 않지만, 이 선박의 운영선사가 많은 선박을 운영하고 있으며 각 선박마다 많은 수의 선원들이 승선하고 있음을 감안할 때 안전관리전문 조직의 확충과 전문인력의 배치가 필요할 것으로 판단된다.

4.6.5.4 또한, 적정자격의 승무원이 승선하는 것은 선박의 안전에 가장 기본적인 필수조건이며 이를 확인하는 것은 매우 중요한 일이라고 판단되므로, 향후 이를 확인할 수 있는 법적 제도적 장치가 마련되어야 할 것으로 판단된다.

4.6.5.5 그리고, 이 선박에 대하여 절차에 따른 검사는 이루어졌으나 오물배출구의 존재를 확인하지 못한 것은 검사를 철저히 하지 못하였다고 판단되므로, 검사단체는 이러한 일이 재발하지 않도록 제도를 개선할 필요가 있다고 판단된다.

5. 사고원인

5.1 직접 원인

5.1.1 기상 악화 속 무리한 조업 강행

5.1.1.1 제501호는 2014년 12월 1일 05시 00분경 기상이 나빠질 것으로 예보된 상황에서 기상파악을 하지 못한 채 조업을 결정하고 투망하였다.

5.1.1.2 이후 기상이 나빠진 시각인 같은 날 11시경부터 양망을 시작하였으며, 양망하여 갑판 위로 올린 어획물을 강풍과 파도로 해수가 갑판위로 수시로 올라오는 상황에서도 포기하지 않고 처리하고자 하였다.

5.1.2 황천 시 양망과 관련한 선장의 판단착오

5.1.2.1 이 선박의 선장은 황천 시 양망할 때에는 선수에서 바람과 파도를 받도록 하여 작업 갑판인 선미갑판에 파도가 올라오지 않도록 조치하여야 함에도 불구하고 이와 반대로 선미에서 바람과 파도를 받게 조선하였다.

5.1.2.2 이는 선장이 조선상 중대한 판단의 착오를 일으킨 것으로 판단된다. 판단착오의 원인을 정확히 알 수는 없으나 빨리 작업을 마치고 피항을 가야 되는 상황이었던 점, 피항을 가야 하는 침로가 바람이 불어오는 방향과 반대였던 점 등이 원인으로 판단착오를 일으킨 것으로 추정된다.

5.1.3 피쉬벙커 해치커버 개방으로 인한 해수 유입

5.1.3.1 이 선박의 선장은 방파문을 닫은 상태에서 갑판 위로 파도가 계속 올라 오고 해수가 갑판 위에 상당시간 고이게 되는 상황에서 갑판장이 피쉬벙커 해치커버의 개방은 불가하다고 건의하였음에도 피쉬벙커 해치커버를 열고 작업을 강행토록 지시하였다.

5.1.3.2 피쉬벙커 해치커버 개방으로 많은 양의 해수가 유입되었고, 어획물 투입 후 이를 빨리 닫으려다가 그물이 해치커버 사이에 끼어 해치커버를 완전히 닫을 수 없는 상황을 초래하였다.

5.1.4 오물배출구 셔터 탈락으로 인한 복원성 악화 및 해수유입

5.1.4.1 이 선박은 2014년 9월 중순 경 이 오물배출구의 외판부에 있던 셔터가 파도로 인하여 탈락하여 이 오물배출구가 외판과 같은 강도와 수밀성을 유지할 수 없게 되었음에도 불구하고 이를 수리하지 않고 조업을 강행하였다.

5.1.4.2 이로 인하여 사고 당시 이 오물배출구를 통해 해수가 지속적으로 유입되어 이 선박의 부력과 복원성을 악화시켰다.

5.1.5 어획물 처리실 내 빌지배출장치 작동 불능

5.1.5.1 사고 당시 피쉬벙커와 어획물처리실을 구획하고 있던 나무 칸막이가 파손되면서 피쉬벙커로 유입된 어획물과 해수가

어획물처리실로 이동하여 빌지웰에 어획물 등의 오물이 가득 차게 되었다.

5.1.5.2 이 오물로 인하여 빌지웰의 배출구가 막히게 되어 이 선박 기관실 빌지펌프를 이용한 해수배출이 불가하게 되었다.

5.1.6 타기실 해수유입으로 인한 타기시스템 작동 불능

5.1.6.1 이 선박이 피쉬벙커와 어획물처리실로 유입된 해수로 인해 우현으로 급경사 하면서 우현측 통로를 통해 타기실로 해수가 지속적으로 유입되어 타기실 내 배전반을 손상시켰으며, 타기는 작동을 멈추게 되었다.

5.1.6.2 당시 이 선박은 선미트림이 1.5미터 이상이고 타기실 출입구가 열려 있어 해수유입이 가속화 되었다.

5.1.7 선박 우현 경사 회복을 위한 연료유 및 화물 이동

5.1.7.1 이 선박에서는 사고 발생 초기 우현경사를 바로 잡기 위하여 우현측에 있던 연료유와 어창의 어획물을 좌현측으로 이동시켰다.

5.1.7.2 그리하여, 일시적으로 경사를 회복하였으나 파도와 바람 등 외력의 방향이 바뀌면서 좌현측 급경사를 초래하였다.

5.1.8 어창 및 기관실 해수 유입으로 인한 부력 상실

5.1.8.1 사고 발생 후 피쉬벙커와 어획물처리실로 해수 유입량이 배출량 보다 많아지면서, 2번, 1번 어창 순으로 해수가 유입되었으며 이후 기관실로도 해수가 유입되었다.

5.1.8.2 어창 및 기관실은 선체 하부에 위치하므로, 이곳으로 유입된 해수는 선박 전체의 무게중심을 낮추었으며 이는 부력을 약화 시켜 선박이 전복되지 않으면서 침몰하는 결과를 초래하였다.

5.1.9 퇴선 결정 시점의 부적정

5.1.9.1 이 선박의 선장은 선박이 좌현으로 급경사 되고 부력을 잃어 선미부터 침몰하기 시작한 시점에 퇴선을 결정하였다.

5.1.9.2 퇴선 결정 이전에 이 선박의 인근까지 카롤리나 77 등 다른 조업선이 접근하였으나 선장이 상황을 낙관적으로 판단하여 접근거리 대기 요청을 하지 않았다.

5.2 간접 원인

5.2.1 선사의 부실한 안전관리 시스템

5.2.1.1 이 선박의 운항선사는 선박이 한국에 입항 시와 출항 후 담당 부서가 달라지는 등 안전관리 전담부서가 없고, 담당직원들은 선박의 조종과 안전문제에 정통하지 않았다.

5.2.1.2 이로 인하여 오물배출구의 셔터 탈락 등의 보고에 대한 심각성을 인지하지 못하고 선박이 감항성을 확보하지 못한 상태에서 운항토록 방치하였다.

5.2.2 부실한 선박지원 시스템

5.2.2.1 이 선박의 운항선사는 선박의 이동과 어로 작업에 필요한 설비나 연료유 등의 보급은 운반선 등을 통하여 적시에 조치하였으나, 기상팩스 고장, 오물배출구 수리 등에 대하여는 조치를 소홀히 하였다.

5.2.2.2 이는 이 선사에 영리획득을 위한 지원시스템은 있었으나 선박 안전을 위한 선박지원시스템은 존재하지 않았음을 시사하는 것이다.

5.2.3 피로로 인한 선장의 판단 착오

5.2.3.1 이 선박의 선장은 계속적인 어로작업으로 피로가 누적된 상태에서 작업 전 충분한 수면을 취하지 못한 상태에서 조업을 지휘하였다.

5.2.3.2 이러한 상황이 사고 진행과정 중 적절한 퇴선 시기를 놓치는 등 선장이 정확한 판단을 하지 못하는데 상당한 영향을 미쳤다고 판단된다.

5.2.4 부적절한 피쉬폰드 해치커버 개조

- 5.2.4.1 이 선박은 인수된 후 작업의 편리성을 주장하는 선장의 요구에 따라 갑판상부로 열리는 방식으로 좌·우 2개 설치되어 있던 피쉬폰드 해치커버를 폐쇄하고 갑판하부로 열리는 방식의 규모가 큰 1개로 개조 설치하였다.
- 5.2.4.2 이로 인하여 해치커버 1기당 면적이 커져 어획물의 유입과 동시에 해수유입 가능 표면적이 넓어지는 결과를 초래하였으며, 중력의 작용을 활용한 사고 긴급대응이 곤란하게 되었다.

5.2.5 철저하지 못한 선박 검사

- 5.2.5.1 이 선박의 검사단체는 2014년 1월 제조후등록검사(TOC, 선급이 전검사), 선급 연차검사, 한국정부대행 제1회 정기검사를 실시하면서 상갑판 하부 오물배출구가 일반배치도 등 어느 도면에도 표시되어 있지 않았음에도 이를 지적하지 않았다.
- 5.2.5.2 또한, 현장검사 시 이 선박이 계류되어 있다는 이유로 우현 외판만 검사하고 좌현외판은 검사하지 아니한 결과, 좌현 측면에 설치되어 있던 오물배출구의 수밀 여부 등 안전과 직결된 사항을 검사하지 못하였다.

5.2.6 주요 해기사 미승선 및 자격미달 선원 승선

- 5.2.6.1 이 선박은 「선박직원법」 최저승무기준에 맞지 않게 선장과

2등 항해사, 기관장과 1등 기관사는 승무기준에 미달하는 면허 보유자를 승선시켰고, 2등 기관사, 3등 기관사 및 통신장은 승선시키지 않았다.

5.2.7 비상상황 대비 훈련 미실시

5.2.7.1 이 선박에서는 출항 후 1항사가 단 1회 전 선원을 대상으로 소화기 사용법과 구명동의 착용법에 대하여 교육하였으나, 소화훈련이나 퇴선훈련은 한 번도 하지 않았다.

5.2.7.2 또한, 출항 후부터 매주 금요일 조업 중 안전관리 점검표를 본사 트롤2팀으로 송부하였으나 사고 상황별 대응훈련은 이행하지 않아 선원들이 비상 시 임무나 배치 위치를 숙지하지 못하고 있었다.

5.2.8 철저한 상명하복의 선원 간 상호 관계

5.2.8.1 이 선박에서는 상·하 간 선장을 정점으로 한 일방적인 상명하복의 수직적 인간관계가 형성되어 있어 적절한 조언이 원활히 이루어지지 않았다고 판단된다.

5.2.8.2 이는 사고 초기의 해치커버 개방 결정이나 퇴선 결정 등의 상황 발생 시 선장이 독단적으로 결정한 것과 선장이 패닉(Panic) 상태에 빠진 증상을 보였을 때 선장이외의 주요 해기사의 적극적 조언이 없었다는 점 등에서 알 수 있다.

5.2.9 피로를 가중시키는 선박의 근무 시스템

5.2.9.1 이 선박에서 조업과 선박운항은 2개조가 2교대로 하고, 어획물 처리는 3개조 중 2개조가 하는 방식으로 근무하여 모든 선원들이 충분한 휴식을 취하지 못하는 상태였다.

5.2.9.2 이로 인하여 비상훈련 등의 실시가 매우 어려웠으며, 선장을 포함한 선원들이 올바른 판단을 하지 못하는 데에도 영향을 주었다고 판단된다.

6. 제도 개선사항

6.1 원양어선 안전관리체제 도입 및 안전활동 확인 방안 마련

- 6.1.1 선박운항에 대한 책임은 기본적으로 사업자에 있는 것이 원칙이므로 선원관리 및 감독, 선사의 안전관리담당자 임명과 권한부여 등이 관련 규정에 적합하게 이루어져야 한다.
- 6.1.2 그러나, 사조산업(주)는 선원들이 주기적인 비상훈련을 실질적으로 실시하도록 관리하지 못하였고, 선박을 담당하는 안전관리 담당자가 정해져 있지 않아 선박안전관리 업무를 제대로 수행하지 못하였다.
- 6.1.3 이러한 현실을 개선하기 위해 다수의 선원이 승선하는 원양어선에도 선박안전관리체제를 도입하는 등 사업자의 안전관리에 대한 관심과 투자를 유도할 필요가 있다.
- 6.1.4 그리하여, 선박의 안전관리를 전담하는 안전관리조직을 만들고 이 조직의 책임자를 안전에 상당한 지식과 경험을 가지고 있는 자로 임명하여 위에서 기술한 바와 같은 과오가 되풀이 되지 않도록 하여야 한다.
- 6.1.5 그리고, 제501오통호는 출항 후 1회 1항사가 전 선원을 대상으로 소화기 사용법과 구명동의 착용법에 대하여 교육하였으나, 「선원법」에 의거 출항 후 매월 1회 이상 실시해야 하는 소방 훈련, 구명뗏목훈련 등 비상대비훈련은 실시하지 않았다.

- 6.1.6 또한, 조업 중에 비상대비훈련 등을 포함한 각종 안전관리를 잘 이행하고 있는 것으로 조업중안전관리점검표를 작성하여 본사로 송부하였으나 실제는 이행하지 않았다.
- 6.1.7 이의 개선을 위하여 선박에서 작성하는 안전관리점검표의 점검 내용을 현지상황에 맞도록 정비하여 최소화 하고, 비상훈련 등 꼭 필요한 훈련 등의 실시에 관하여는 일정시간 분량의 동영상으로 기록을 남겨 선사에서 확인토록 하는 등의 안전활동 확인 방안을 제도화 할 필요가 있다.

6.2 선박 침수 시 예비부력 악화방지 방안 마련

- 6.2.1 제501오통호는 기상이 악화된 상황에서 피쉬벙커 해치커버 및 상갑판 하 오물배출구를 통하여 해수가 지속 유입되어 복원성 및 부력이 악화되어 침몰하였다.
- 6.2.2 선박이 부력을 유지하기 위해서는 상갑판 하의 수밀이 필수불가결하다. 이 선박의 경우 피쉬벙커 해치커버와 오물배출구로 유입된 해수가 타기실, 어창 및 기관실로 유입되지 않았다면 예비부력을 계속 확보할 수 있었을 것으로 판단된다.
- 6.2.3 이 선박의 피쉬벙커나 처리실에서 타기실, 어창 및 기관실로의 출입은 풍우밀문을 통하여 이루어진다. 이 풍우밀 문만 잘 닫혀 있었더라도 부력을 상실하여 침몰하는 상황은 일어나지 않거나 시간이 많이 지연되었을 것이다.

6.2.4 따라서, 출입 시 이외에는 이 풍우밀문을 항상 닫아두어야 하나 작업의 편리성을 우선하여 항상 열어둔 상태로 생활하여 왔으며, 비상 상황이 발생하였음에도 불구하고 이를 방지하였다.

6.2.5 이에, 상갑판 하 풍우밀문은 가능한 한 항상 폐쇄하도록 선원들에 대한 교육을 강화하는 한편, 이를 위한 방법으로 상갑판 하 풍우밀문에 대하여는 쿼클로징(Quick Closing) 도어⁴²⁾ 형태로 변경하여 쉽고 빠르게 여닫을 수 있도록 할 필요가 있다.

6.3 원양어선 출항 시 적정 선원의 승선여부 확인제도 실시

※ 「선박의 입항 및 출항 등에 관한 법률 시행규칙」(2015.8.4. 해양수산부령)의 시행으로 원양어선의 입출항 신고 시 승무원명부와 승객명부의 제출이 명문화 되었음

6.3.1 선박의 감항성을 결정하는 가장 기본적인 요인 중 한 가지가 적정한 자격을 가진 선원의 승선이나 제501오통호는 9명의 해기사 중 2명만이 적정한 자격을 가지고 있었다. 따라서 이 선박은 출항 시부터 감항성을 만족하지 못하였다고 판단된다.

6.3.2 이러한 중대한 결함을 가진 선박은 특별한 경우를 제외하고는 출항을 하여서는 아니되나 이 선박은 특별한 제재 없이 출항하여 사고 시까지 4개월 간 조업하였다.

6.3.3 이렇게 적정 선원이 승선하지 않고 출항하는 사례를 예방하기

42) 쿼클로징(Quick closing) 도어 : 여러 개로 나누어져 있는 손잡이를 기계적으로 연결하여 하나의 손잡이의 조작만으로 개폐가 가능한 문

위하여 출항신고 시 선원명부를 반드시 제출토록 법제화하고, 각 개별선박의 최소승무정원을 전산으로 등록하여 실제 승선원과 비교하여 최소승무정원에 미달 시 자동으로 출항신고가 거부되는 전산시스템을 개발하여 적용한다면 적정선원 승선 여부의 확인이 용이하게 될 것이다.

6.4 피쉬벙커 해치커버의 구조 개선

6.4.1 이 선박의 피쉬벙커 해치커버는 갑판하부로 열리고 상부방향으로 닫히는 방식으로 어획물의 유입에는 편리하나 이번 사고와 같은 비상시에는 중력의 작용을 활용한 긴급조치가 곤란하였다.

6.4.2 그러므로, 이러한 피쉬벙커 내부로 열리는 형태의 해치커버를 상부로 열리고 하부로 닫히는 방식으로 구조를 변경토록하고, 작업의 특성상 불가피한 경우에는 비상시를 대비한 외부덮개를 추가로 설치하도록 하는 등 기준을 변경할 필요가 있다.

6.5 오물배출구 구조 개선 등

6.5.1 이 선박의 오물배출구는 오물이 내부의 마쇄장치를 거쳐 외부로 투하되도록 외판에 설치되어 있어, 외판과 같은 강도와 수밀성이 요구되는 매우 중요한 설비임에도 불구하고 이 선박의 각종 도면에 일체 표시가 없으며 작동방식 등에 대한 지침서도 없었다.

6.5.2 그리고, 이러한 오물배출구는 어획작업을 한 후 어획물을 처리하는 과정에서 발생하는 오물을 투기하기 위한 목적 때문에 어획물

처리실과 같은 층의 갑판에 설치하는 것이 일반적이어 파손 시 선박의 복원성 및 부력을 악화시키는 치명적 요소로 작용한다.

6.5.3 이러한 사례를 예방하기 위하여는 오물배출구의 외부개구부를 상갑판 상부에 위치하도록 위치를 변경할 필요가 있으며, 작업 과정 상 불가피한 경우에는 상갑판 하부에 설치하되 개폐의 상태를 조타실에서 확인할 수 있도록 알람장치를 추가하고 작동방식을 승인 받도록 하는 등 이에 대한 검사를 강화할 필요가 있다.

6.6 원양어선의 조종특성 및 비상시 행동요령 등 선원교육 강화

6.6.1 이번 사고 과정을 보면, 선장 등 주요 해기사들이 조업 방법에 따른 선박조종 특성에 정통하지 아니하여 상황별로 적절한 조치를 취하지 못한 사례가 많았다.

6.6.2 따라서, 이번 사고와 유사한 사고를 예방하기 위하여는 선박 종류별, 조업방법별 비상시 조종특성을 반영한 교육프로그램이 마련되어야 할 것이며, 더불어 퇴선 등 비상상황을 대비한 교육이 강화되어야 할 것이다.

6.7 원양어선의 구명설비(방수복 적재 등) 기준 강화(15. 7. 31. 기준개정)

6.7.1 이번 사고 발생 시 생존 선원들의 공통적인 특징 중 하나는 바다에 뛰어들기 전에 체온 보호를 위하여 많은 옷을 끼어 입었다는 것이며, 러시아인 감독관은 방수복을 입고 생존하였다.

6.7.2 선급이전으로 인해 방수복의 적재가 강제되지 않았으나 폐기되지 않고 자선에 비치되어 있음을 알고 있던 러시아 감독관은 이를 착용하여 체온을 유지할 수 있었으나 다른 선원들은 그리하지 못하였다.

6.7.3 향후 이러한 사례를 예방하기 위하여는 극지 조업 원양어선 등에 대하여 방수복 등 체온유지장비가 최소 선원 1인당 1조씩 비치되도록 강제화 하고, 이를 개인적으로 보관토록 하여 비상시 착용할 수 있도록 할 필요성이 있다.

6.8 선박검사단체의 선박검사원 배정 등 절차 및 점검표 개정

6.8.1 이 선박의 검사단체는 검사 시 선미트롤선박에 대한 검사 경험이 전무하여 오물배출구의 존재에 대한 지식이 없는 자를 검사원으로 배정하여 오물배출구에 대한 검사를 누락함은 물론, 오물배출구가 도면에 전혀 표시가 되어 있지 않음을 지적하지 못하였다.

6.8.2 이러한 사례를 예방하기 위하여 검사단체에서는 항만국통제 대비에 중점을 둔 명문화 되어 있지 않은 검사원 배정방식을 개선하여 선박의 선종별, 구조적 특성에 익숙한 지 여부를 감안하여 검사원을 배정하는 명문화된 지침을 만들어야 한다.

6.8.3 또한, 부득이한 사정으로 그러한 검사원이 배정되지 아니 하더라도 오물배출구와 같은 감항성에 영향을 미칠 수 있는 중요한 설비가 검사에서 누락되지 않도록 검사 시 작성하는 점검표를

개정하여야 할 것이다.

6.9 기상상태에 따른 원양어선 톤급별 피항권고 기준 마련

6.9.1 이번 사고 시 이 선박은 기상상태를 제대로 파악하지 못한 상황에서 주변 선박들이 피항을 결정하면서 조업을 마무리하는 과정임에도 불구하고 계속적으로 조업하다가 적절한 피항시기를 놓쳤다.

6.9.2 이렇게 선장이 무리하게 조업을 결정하고 악천후 속에서도 어획물을 포기하지 못하였던 데에는 어획량에 연계하여 선장의 능력을 가늠하는 평가시스템 등 외부의 요인도 작용하였을 것으로 추정된다.

6.9.3 때문에 외부요인의 영향을 받지 않고 피항시기를 결정할 수 있도록 선박 조종능력을 감안한 원양어선의 톤급별 피항기준을 조속히 마련할 필요가 있다고 판단된다.

6.10 원양어선 보고시스템에 따른 재화적재중량 모니터링

(2015년 8월 3일부터 실시하고 있는 원양어선전자보고시스템과 연계 가능)

6.10.1 이번 사고 발생 시 이 선박은 안전과 관련하여 결정되어 있는 재화중량을 약 130여톤을 초과하여 예비부력이 부족한 상태에서 사고가 발생하였다.

6.10.2 재화적재중량을 초과한 상태인지 아닌지는 선박에서 가장 잘

알 수 있겠지만, 이에 대한 지식을 갖추고 일일보고서의 내용을 세밀히 파악한다면 쉽게 확인할 수 있는 사항이다.

6.10.3 따라서, 이와 같은 과적운항을 예방하기 위하여는 선박에서도 최대재화적재중량을 초과하여 적재하지 않도록 주의하여야겠지만 육상의 선사에서도 지속적으로 모니터링 할 필요가 있다고 판단된다.

6.11 선원피로 저감 및 선원 간 소통강화 방안 마련

6.11.1 선장을 포함한 선원들의 피로 누적과 작업 전 음주 그리고 선원들 간 소통의 부재 등은 이번 사고가 발생하고 인명피해가 커진 이유 중 하나이다.

6.11.2 이러한 사례를 예방하기 위하여 장기적으로 선원의 근무시간을 1일 8시간 체제로 전환토록 유도하여야 하며, 선박에서 음주 시 일정시간 휴식을 취한 후 근무에 임하도록 자체 규정을 정하여 시행할 필요가 있다.

6.11.3 또한, 선원 상·하간 및 상호간 소통을 강화할 수 있도록 선내의 철저한 상명하복 문화를 완화할 수 있는 방안을 마련한 필요가 있다고 판단된다.

부록

제501오룡호 선원 승선 현황43)

순번	국적	직책	성명	승선일	비고
1	한국	선장	김○○	14.03.08	실종
2		1항사	유○○	14.03.08	사망
3		2항사	김○○	14.03.08	사망
4		3항사	김○○	14.03.08	사망
5		갑판장	정○○	14.03.08	사망
6		일갑원	최○○	14.03.08	실종
7		기관장	김○○	14.03.08	실종
8		1기사	김○○	14.03.08	실종
9		조기장	이○○	14.03.08	사망
10		냉동사	김○○	14.03.08	사망
11		처리장	마○○	14.03.08	실종
총 11명 / 사망 6명 실종 5명					

순번	국적	직책	성명	승선일	비고
12	필리핀	선원	L. R	14.08.16	사망
13		선원	E. E	14.08.17	사망
14		선원	B. A	14.07.10	실종
15		선원	S. G JR	14.07.10	사망
16		선원	L. J	14.07.10	사망
17		선원	A. R	14.07.10	구조
18		선원	S. M	14.07.10	구조
19		선원	E. M	14.07.10	실종
20		선원	S. R	14.07.10	실종
21		선원	A. H	14.07.10	실종
22		선원	P..T JR	14.07.10	구조
23		선원	D. R	14.07.10	실종
24		선원	N. A	14.07.10	사망
총 13명 / 생존 3명 사망 5명 실종 5명					

43) 개인정보 보호를 위하여 성명은 익명으로 처리함

순번	국적	직책	성명	승선일	비고
25	인도네시아	선원	R. A	14.03.06	사망
26		선원	M. A	14.03.03	실종
27		선원	W. N. B	14.03.03	구조
28		선원	K. A	14.03.03	실종
29		선원	H.	14.03.06	사망
30		선원	J.	14.03.06	사망
31		선원	L. C. E	14.03.06	실종
32		선원	T. G. J	14.03.06	사망
33		선원	M. M	14.03.06	사망
34		선원	S.	14.03.06	사망
35		선원	M. R. S	14.03.06	실종
36		선원	A. J	14.03.06	사망
37		선원	T	14.03.06	사망
38		선원	I. D	14.03.06	사망
39		선원	H. T	14.03.06	구조
40		선원	T. A	14.03.06	사망
41		선원	WA.	14.03.06	구조
42		선원	B. A	14.03.06	실종
43		선원	W.	14.07.10	사망
44		선원	P.	14.07.10	실종
45		선원	R. T	14.07.10	실종
46		선원	K. N	14.07.10	사망
47		선원	R. D. R	14.07.10	실종
48		선원	S. H	14.07.10	실종
49		선원	K. A	14.07.10	실종
50		선원	A.	14.07.16	실종
51		선원	R.	14.07.10	실종
52		선원	M.	14.07.10	사망
53		선원	I. M	14.07.10	사망
54		선원	D. E	14.07.16	실종
55		선원	AB.	14.07.10	실종
56		선원	U. K	14.07.10	실종
57		선원	H. M	14.07.10	실종
58		선원	HE.	14.07.10	사망
59		선원	BA.	14.07.10	사망
총 35명 / 생존 3명, 사망 16명, 실종 16명					

순번	국적	직책	성명	승선일	비고
60	러시아	감독관	S. A	14.10.10	구조
총 1명 / 생존 1명					