

어선의 전복사고 원인별 분석에 관한 연구

정창현* · 박영수† · 김종성** · 김세원**

(*목포해양대학교 · † **한국해양대학교)

A Study on the Cause Analysis for the Capsizing Accident in Fishing Vessels

Chang-Hyun JUNG* · Young-Soo PARK† · Jong-Sung KIM** · Se-Won KIM**

(*Mokpo National Maritime University · † **Korea Maritime University)

Abstract

In recent 5 years, the 70 percent of the ship's accident was occurred in the fishing vessels, and most of them were the engine troubles and collisions. The capsizing accident was comparatively low portion of occupation, which took only 2 percent, but the scale of accident and the loss of lives and property are known very tremendous. In this paper, it was examined for the stability provisions of fishing vessels in domestic and international to reduce the capsizing of them. Also, it was made an analysis for the case of capsizing accidents to suggest the measures against the capsizing.

Key words : Ship's accident, Fishing vessel, Capsizing, Stability provisions, Measures against the capsizing

I. 서론

해양안전심판원의 2006년부터 2010까지 최근 5년간의 해양사고 통계자료에 의하면, 선박사고의 약 70%가 어선에서 발생한 사고이며, 그 중 기관고장이 33% 그리고 충돌사고가 31%로 매우 높은 비율을 차지하고 있다.

어선에서의 전복사고는 2%정도로 기관고장이나 충돌사고에 비하여 그 비중은 훨씬 적지만, 사고의 규모, 재산 및 인명피해 등을 고려해 볼 때, 충돌사고와 더불어 쉽게 간과할 수 없는 부분으로 판단된다(해양안전심판원, 2011).

국내 해양사고 분석과 대책에 관한 연구(이

등, 2011)에서는 1990년부터 2009년까지의 국내에서 발생한 해양사고 발생의 환경과 원인을 조건별로 분석한 결과, 100톤 미만의 소형선박의 사고 발생률이 매우 높은 것으로 확인되었으며, 이러한 연안 소형선박의 해양사고 문제를 해결하기 위한 방안으로 국내의 이동통신 기술의 활용을 제안한 바 있다.

어선의 복원성에 관한 규정(선박 복원성 기준)에 따르면 길이가 12미터 이상인 어선부터 해당 규정의 적용을 받도록 되어 있다. 하지만, 복원성 규정에서 제외되는 길이 12미터 미만의 어선과 대부분의 소형어선에서는 건조 당시의 복원성 시험이후에는 복원성에 대한 계산 등 관련 규정에

† Corresponding author : 051-410-4204, youngsoo@hhu.ac.kr

<표 1> Classification of marine accidents with ship type(2006~2010)

Type	Collision	Touch	Grounding	Capsize	Fire Explosion	Sinking	Engine trouble	Others	Total
Passenger ship	20	10	7	0	3	0	11	23	74
Cargo ship	343	18	34	4	10	8	13	29	459
Tanker	120	2	12	0	8	1	4	12	159
Fishing vessel	891 (31%)	14	141	64 (2%)	159	68	974 (33%)	600	2,911 (70%)
Towing vessel	112	27	37	11	6	26	7	34	260
Others	157	18	31	6	5	13	8	35	273
Total	1,643 (40%)	89	262	85 (2%)	191	116	1,017 (25%)	733	4,136 (100%)

대하여 관심이 부족하거나 무지한 것이 현실이다.

따라서, 어선의 복원성에 관한 국내의 규정을 살펴보고, 전복사고에 대한 해양안전심판원의 재결서 분석을 통하여 그 원인과 대처방안을 제시함으로써 소형어선의 안전사고 예방에 도움을 주고자 한다.

II. 어선의 복원성 기준

어선의 복원성 관련 규정으로는 국내 규정으로 어선 복원성 및 만재흡수선 기준(농림수산식품부 고시, 2009)과 선박 복원성 기준(국토해양부 고시, 2009)이 있으며, 국제 규정으로 2008 IS Code (MSC Resolutions, 2008)가 있다.

2.1 어선 복원성 및 만재흡수선 기준

이 기준은 배의 길이 24미터 이상의 어선과 최대 승선 인원이 13인 이상인 낚시 어선에 적용되며, 복원성을 계산할 때 다음 사항을 고려해야 한다.

- 어선의 갑판상 젖은 어망 및 어구 등의 중량에 관한 사항

- 어획물의 균등한 배분에 관한 사항
- 어선의 갑판상 어획물
- 밸러스트를 위하여 설치된 탱크
- 기타 운반되는 화물 또는 어획물의 영향에 관한 사항

1) 24미터 이상~40미터 미만의 어선

$$\textcircled{1} \overline{G_oM} = 0.04B + \alpha \frac{B}{D} - \beta \text{ (미터) 이상일 것.}$$

여기서, B : 선폭(m) D : 깊이(m)

α, β : 지정 값(참고문헌 2참조)

2) 40미터 이상의 어선

$$\textcircled{1} \overline{G_oM} \text{ 이 } 0.35\text{미터 이상일 것. 단, 70미터 이상의 어선은 } 0.15\text{미터 이상일 것.}$$

$$\textcircled{2} \text{ 횡측과 복원정곡선에 둘러싸인 면적이 <표 2>에서 제시하는 값 이상일 것.}$$

<표 2> Criteria regarding righting lever curve properties

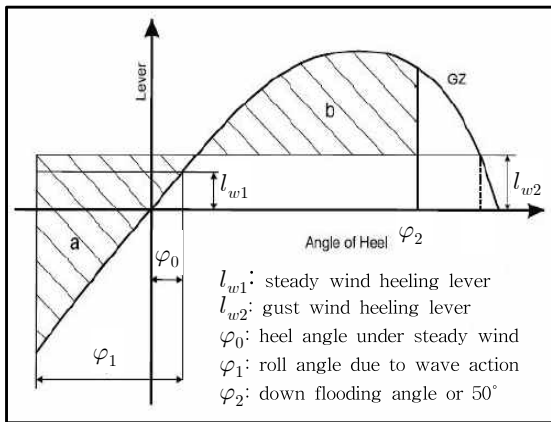
Angle of heel	Area(metre-radians)
0~30°	0.055
30~40° or 30° ~ φ_f	0.030
0~40° or 0° ~ φ_f	0.090

* φ_f : down-flooding angle

③ 최대복원정은 25° 이상의 횡경사각에서 발생되고, 30° 이상의 횡경사각에서 복원정(GoZ)은 0.2m 이상일 것.

④ 격심한 바람에 따른 경사우력정 및 파도에 따른 횡요를 고려할 때 면적 b는 면적 a 이상이 어야 한다.

[그림 1]에서 l_{w1} 은 정상풍에 의한 경사우력을 나타내고, l_{w2} 은 돌풍에 의한 경사우력으로 l_{w1} 의 1.5배에 해당된다. 그리고 φ_0 은 정상풍에 의한 경사각으로 l_{w1} 과 GZ 곡선과의 교점에 의해 구해지고, φ_1 의 값은 바람이 불어가는 방향으로 파도에 의해 선박이 경사되는 각을 의미한다. 또한, φ_2 는 해수가 선박에 유입되기 시작하는 해수유입각과 50° 중 적은 값을 의미한다.



[그림 1] Severe wind and rolling.

2.2 선박 복원성 기준

이 기준은 여객선, 여객선 및 어선 외의 선박, 어선, 특수선형 선박, 부유식 해상구조물로 구분하여 복원성 기준을 정하고 있으며, 여기서는 어선의 복원성에 대하여 검토하였다.

1) 12미터 이상 ~ 24미터 미만의 어선

① $\overline{G_oM}$ 이 0.35미터 또는

$$\overline{G_oM} = 0.117B\left(\frac{B}{D} - 2.20\right) + \left[1.773\left(\frac{T}{D}\right)^2 - 2.646\frac{T}{D} + 1.016\right]B$$

에 의한 값 중 큰 값 이상일 것.

여기서, B : 선폭(m) D : 깊이(m)

T : 흘수(m)

2) 24미터 이상 ~ 40미터 미만의 어선

① “어선 복원성 및 만재흘수선 기준”의 1)항과 동일함.

3) 40미터 이상의 어선

① “어선 복원성 및 만재흘수선 기준”의 2)항과 동일함.

② φ_0 는 16°를 초과해서는 안된다.

2.3 2008 IS Code

이 규정은 도입부(introduction) 및 Part A의 강제규정과 Part B의 권고규정으로 구분되어 있으며, 해상에서의 인명 안전을 위한 국제협약(International convention for the safety of life at sea; SOLAS 협약)과 국제 만재 흘수선 협약(International convention on load lines; ICLL)에서 IS Code의 Part A에 대하여 강제 규정으로 채택하고 있다.

하지만, Part A의 적용대상 선박은 24미터 이상의 화물선과 여객선에 해당되며, 어선의 경우에는 Part B의 권고사항으로 규정하고 있다. IS Code Part B의 어선에 관한 권고사항은 다음과 같다.

1) 전복 방지를 위한 주의사항

① 일반적인 주의사항

- 복원성 규정에 맞도록 어획물, 선용품 등의 선적

- 출항 전 어획물, 크레인, 선용품 등의 적절한 선적과 고박(모든 어구 및 중량물의 가능한 갑판하부 선적, 이동방지)

- 선창의 산적된 어획물이 이동하지 않도록 조치

- 갑판상 화물은 작업에 지장을 주거나 예인설비에 영향을 주지 않도록 적절하게 보관되고 고박되어야 함.
- 끄는 작업을 수행하는 선박은 예인줄로 인하여 발생하는 경사모멘트를 보완할 수 있는 적절한 여유 복원성을 가져야 함.
- 어망이 해저 장애물에 걸리는 경우 등 어구의 인양시 복원력에 나쁜 영향을 줄 수 있으므로 주의가 요구되며, 어구는 가능한 수면상부의 낮은 지점에서 인양할 것.
- 부분적으로 선적한 탱크(partially filled or slack tanks)는 가능한 최소화 함.
- 적절한 건현의 유지(만재 흡수선 규정 엄격히 준수)

② 약친후 상태

- 해수가 유입될 수 있는 개구부 폐쇄
- 산적(in bulk) 상태로 어획물의 운반 금지
- 감속운항, 수동조타로 전환
- 갑판상 유입된 해수의 고임 방지, 필요시 신속 및 침로 변경(배수설비 양호한 상태 유지)
- 갑판에 어획물을 선적 운송할 경우 해수 배출이 잘 이루어 지도록 배수로 확보할 것.
- 강어귀, 저수심 지역에서는 급경사 파도 (steep or breaking waves)에 주의할 것.

2) 권고된 복원성 규정

① 24미터 이상의 어선

“어선 복원성 및 만재흡수선 기준”의 2)항 “40미터 이상의 어선 규정”과 동일함.

② 약친후 규정

45미터 이상의 어선은 φ_0 가 16° 또는 현단 몰입각(Angle of deck edge immersion)의 80%에 해당하는 각도 중에서 작은 것보다 작아야 한다.

Ⅲ. 전복사고 사례 조사

해양사고 종류별 발생 현황에서 어선의 경우 전복사고가 약 2%정도를 차지하고 있다. 이러한

어선의 전복사고 원인을 조사하기 위하여 <표 3>에서와 같이 2007~2010년까지의 4년간의 해양안전심판원 재결서를 분석하였다.

해양안전심판원에서는 어선의 전복사고에 대하여 최근 4년간 총 30건을 재결하였으며, 2010년에 13건으로 가장 많았고, 목포지방해양안전심판원에서 11건, 부산에서 10건 그리고 인천에서 7건이 있었다.

<표 3> Number of judgement on capsizing at KMST

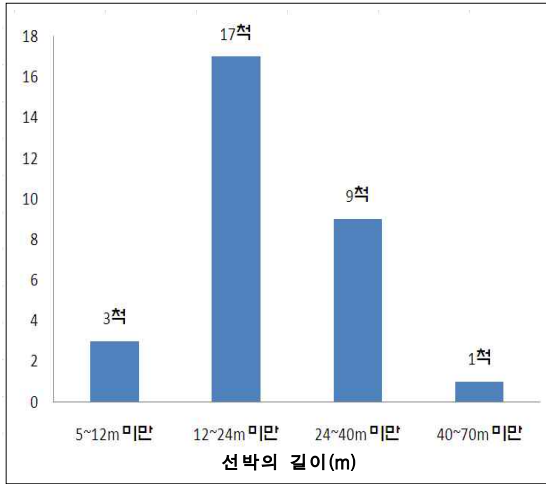
Location	2007	2008	2009	2010	Total
Seoul		1			1
Busan	2	1	1	6	10
Incheon		1	2	4	7
Mokpo	4	3	1	3	11
Donghae	1				1
Total	7	6	4	13	30

* KMST : Korean Maritime Safety Tribunal

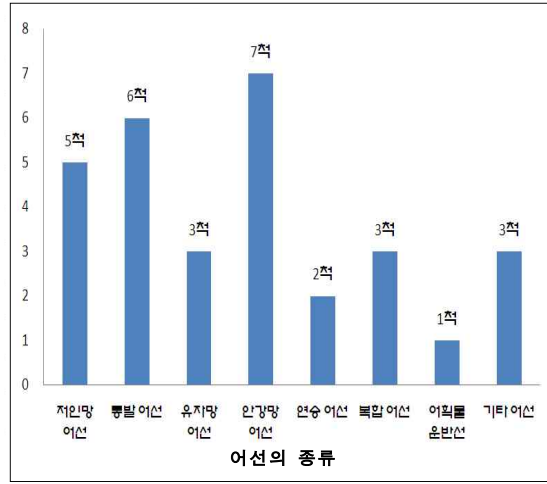
총 30건의 재결서를 분석한 결과, [그림 2]~[그림 5]에서는 전복사고가 발생한 어선의 크기별, 톤수별, 종류별 현황과 사고 발생 당시의 해상상태(풍속, 파고)를 나타내고 있다. 그리고 [그림 6]에서는 해양안전심판원에서 전복사고의 원인으로 재결한 내용을 분석한 것이다.

[그림 2] 및 [그림 3]에서와 같이 선박의 길이가 12미터 미만으로서 복원성에 관한 규정을 적용받지 아니한 선박은 3척 뿐이었으며, 12미터 이상~24미터 미만의 선박으로서 선박 복원성 기준만을 적용 받는 어선이 17척(57%), 그리고 복원성 기준을 공통으로 적용받는 어선이 10척(33%)으로 대부분 복원성 기준을 적용받는 선박이었다. 이들 선박의 톤수는 5톤 이상~10톤 미만의 어선이 8척(27%)으로 가장 많았고, 100톤 이상의 선박도 4척으로 조사되었다.

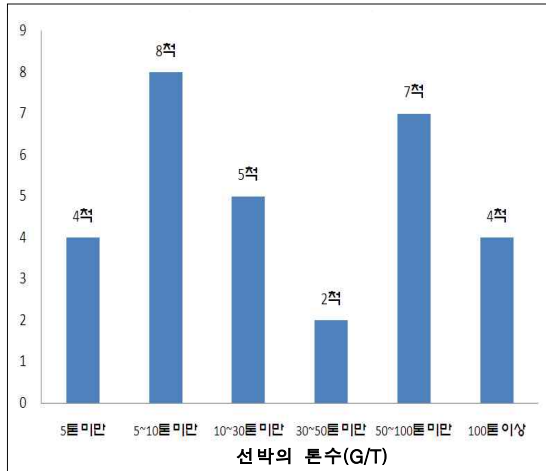
어선의 전복사고 원인별 분석에 관한 연구



[그림 2] Distribution of sea casualty of fishing vessels according to the length.



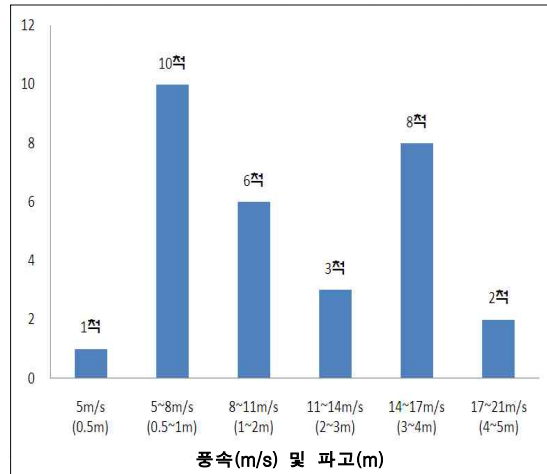
[그림 4] Distribution of sea casualty of fishing vessels according to the type.



[그림 3] Distribution of sea casualty of fishing vessels according to the tonnage.

[그림 4]는 어로 방법에 따른 어선의 분류로써 안강망 어선, 통발 어선, 저인망 어선, 유자망 어선, 복합 어선 등의 순으로 확인되었다. 안강망 어선과 통발 어선은 갑판상에 어구를 많이 적재하여 항해 중 전복되는 경우가 많았으며, 또한 안강망 어선과 저인망 어선의 경우에는 해저에 닻 또는 그물에 과도한 장력이 작용하여 전복되는 사고가 많은 것으로 조사되었다.

[그림 5]는 사고 당시의 기상별로 분석한 것으로, 풍랑주의보가 발효되기 이전인 풍속 14m/s 미만의 경우에서 전체 전복 사고의 절반 이상인 20척(67%)이 발생한 것으로 조사되었으며, 또한 파고 1미터 미만의 해상상태에서도 11척(37%)이 전복된 것으로 확인되었다. 따라서 기상이 비교적 양호한 해상에서도 부적절한 조선법으로 인하여 전복사고가 많이 발생하는 것으로 사료된다.

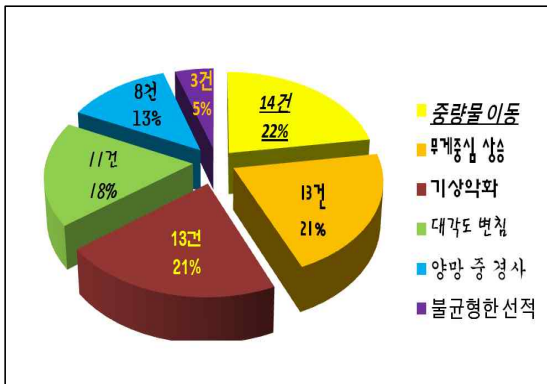


[그림 5] Wind velocity and wave height on accidents.

[그림 6]은 어선의 전복 사고 원인을 분석한 것으로, 재결서에 따르면 대부분 다수의 요인이 복합적으로 작용하여 선박이 전복된 것으로 조사되었다. 어떠한 요인이 얼마나 더 영향을 주었는지는 판단하기 곤란하므로 복원성과 관련된 주요 요인을 모두 전복 사고의 원인으로 포함하여 분석하였다.

총 30척의 사고 선박을 대상으로 그 원인별로 선박을 재분류한 결과 총 62개의 주요 요인이 작용하였으며, 이는 전복 사고가 발생한 선박 1척당 평균 2개 정도의 전복 사고를 유발하는 주요 요인이 작용했던 것으로 평가된다.

전복 사고의 주요한 요인으로는 중량물의 이동(22%), 무게중심의 상승(21%), 기상악화(21%), 대각도 변침(18%), 양망 중 경사(13%), 불균형한 선적(5%) 순으로 조사되었다.



[그림 6] Causes of capsizing in fishing vessels.

IV. 사고 원인별 분석

4.1 중량물의 이동

전복 사고의 원인 중 22%로 가장 높은 비중을 차지하고 있는 고박하지 않은 중량물의 이동은 갑판상 어획물의 이동, 선용품 또는 어구의 이동 등이 해당된다.

이러한 중량물은 스스로 이동되는 것이 아니라 기상악화로 인하여 선박이 심하게 횡요(rolling)를

하거나, 대각도 변침 시 내방경사 또는 외방경사가 발생하여 선박이 경사됨으로써 고박하지 아니한 중량물이 한쪽으로 쏠려 더욱 경사가 가중되어 선박이 전복되는 경우에 해당된다.

따라서, IS Code의 전복 방지를 위한 주의사항에서도 언급되었듯이 모든 어획물, 어구, 선용품 등의 중량물은 고박되어야 하며, 산적된 상태로 운송되는 선창의 어획물의 경우에도 휴대용 칸막이(portable divisions)를 설치하여 어획물의 이동을 막아야 한다. 특히, 어획물은 점도가 낮아 이동하기 쉬우므로 어획 즉시 상자에 담아 고박하거나, 격벽과 상자사이에 쇠기를 박아 움직이지 않도록 조치해야 한다.

4.2 무게중심의 상승

무게중심이 상승하는 경우는 선저부에 설치된 어창을 빈 상태로 유지하거나, 연료 또는 청수물거의 소모한 경우, 어창이 부분적으로 채워져서 자유표면효과(free surface effects)에 의하여 무게중심이 상승하는 경우, 어구 또는 어획물을 갑판상에 과도하게 선적하는 경우, 과도한 어획물을 크레인 또는 윈치로 양망하는 과정 등이 해당된다.

이와 같이 무게중심이 상승된 상태(top heavy)에서 선박이 높은 파도를 횡으로 받을 경우 또는 대각도 변침으로 인하여 내방경사 또는 외방경사가 발생할 경우에는 경사가 쉽게 가중되어 위험이 더욱 커지게 된다.

따라서, 충분한 복원력을 확보하기 위해서는 무게중심을 낮추어야 하므로, 어획물이나 어구는 가능한 상갑판 하부에 적재해야 한다.

또한, 어로에 필요한 장비나 활어용 수조를 상갑판위에 추가 설치하는 경우에는 복원성 검토를 반드시 수행해야 한다.

4.3 기상악화

악천후 상태에서는 갑판상으로 해수가 유입되

기 쉬우며, 유입된 해수는 갑판상에 고여 경사를 유발시키고, 기관실 등으로 해수가 유입될 수 있다.

갑판에 유입된 해수는 배수가 잘 이루어 질 수 있도록 배수설비를 철저히 점검하고, 갑판상에 화물을 적재할 경우에도 고박과 함께 배수로를 반드시 확보하여야 한다.

기관실 침수로 인하여 기관이 정지되는 경우가 발생 가능하므로 배수설비를 점검하고, 수밀문을 폐쇄하여 기관실로의 해수 유입을 막아야 한다.

선미파(following seas)와 사추파(stern quartering seas)를 받는 경우에는 선수파(head seas)를 받는 경우보다 파와 조우하는 시간이 길어지고, 파에 가속되어 미끄러지는 현상(surf-riding)이 발생되기 쉽고, 이로 인하여 선박이 갑자기 횡으로 넘어지면서(broaching-to) 급경사 되어 전복될 수 있다(MSC Circulars, 2007).

또한, 대각도 변침을 하게 될 경우 내방경사에 이어 외방경사가 발생하므로 높은 파도를 횡으로 받게 되면 경사가 가중되어 전복될 수 있으므로, 타를 10° 이내로 소각도로 돌려 변침해야 한다.

4.4 대각도 변침

선박이 항해중에 갑자기 대각도 변침을 하게 되면 선회초기에는 선회하는 안쪽으로 내방경사가 발생하고, 그 후 일정한 선회 각속도가 생겨 정상선회가 시작되면 바깥쪽으로 외방경사가 발생된다(윤, 2002).

이러한 경사로 인하여 고박되지 않은 중량물이 한쪽으로 쏠리게 되어 경사가 더욱 가중되거나, 선회로 인한 경사와 함께 높은 파도를 횡으로 받게 되면 경사가 가중되어 선박이 전복될 우려가 커지게 된다.

저인망이나 통발어선과 같이 무거운 어구나 어획물을 갑판상부에 적재할 경우 무게중심이 상부에 위치하여 이러한 현상은 더욱 커지게 된다.

4.5 양망 증 경사

과다한 어획물을 상갑판으로 끌어올려 무게중심이 상승된 상태에서 악천후로 인한 풍파의 영향을 받아 어망이 한쪽으로 쏠리게 되면 경사가 가중되어 전복될 수 있다.

따라서, 악천후 상태에서 양망할 경우에는 과다한 어획물은 피쉬펌프(fish pump)를 이용하여 적재하거나, 필요하다면 일부분을 투기하는 것을 고려해야 한다.

또한, 양망작업 중 그물줄이 해저장애물에 걸려 강한 경사우력이 작용할 경우에는 그물줄의 장력을 적절하게 조정해야 하며, 이러한 양망장치는 철저히 점검하여 정상 작동토록 유지해야 한다.

4.6 불균형한 선적

선박을 횡경사가 있는 상태에서 운항하는 것은 바람, 파도 등 외력이 가해질 경우 전복의 위험이 더해지므로 적재물을 적절하게 분산배치 해야 한다.

선박의 복원성을 고려하여 가능한 한 갑판하부의 어창에 화물을 선적하고, 갑판상에 적재할 경우에는 어창에 선적한 양보다 적은 총화물량의 1/3 또는 1/4 미만을 적재해야 한다.

V. 결론

어선의 전복사고에 대한 해양안전심판원의 재결 사례를 바탕으로 그 원인을 조사·분석함으로써 어선의 전복사고 예방을 위한 조치를 다음과 같이 제안한다.

1) 모든 어획물, 어구, 선용품 등의 중량물은 반드시 고박한다. 특히, 어획물은 점도가 낮아 이동하기 쉬우므로 어획 즉시 상자에 담아 고박하거나, 격벽과 상자사이에 채기를 박아 움직이지 않도록 조치해야 한다.

2) 충분한 복원력을 확보하기 위해서는 무게중

심을 낮추어야 하므로, 어획물이나 어구는 가능한 한 상갑판 하부에 적재해야 한다.

3) 갑판에 유입된 해수는 배수가 잘 이루어 질 수 있도록 배수설비를 철저히 점검하고, 갑판상에 화물을 적재할 경우에도 고박과 함께 배수로를 반드시 확보해야 한다.

4) 복원성이 좋지 않은 상태에서 대각도 변침을 하게 되면 내방경사 또는 외방경사가 더욱 심하게 발생되므로 대각도 변침은 피하도록 한다.

5) 과도한 어획물을 양망하거나, 양망작업 중 그물줄이 해저장애물에 걸린 경우 경사가 가중되어 전복될 수 있으므로 양망장치의 철저한 점검과 세심한 주의가 요구된다.

6) 어획물, 문어통발 등 어구는 과적을 피하고 적절하게 분산적재하고 철저히 고박한다.

7) 소형어선은 풍랑주의보가 발효될 경우 가능한 한 어로작업을 중단하고 피항하도록 한다.

8) 악천후 상태에서 선미파와 사추파를 받는 경우에는 파에 가속되어 미끄러지는 현상이 발생되기 쉽고, 이로 인하여 선박이 갑자기 횡으로 놓이면서 급경사 되어 전복될 수 있으므로 가능한 파를 선수방향에서 받도록 조선한다.

본 연구를 통하여 분석된 어선의 전복사고 예방 조치에 대한 내용은 이해하기 쉬운 홍보자료 또는 체크리스트(check list) 등의 형식으로 제작이 가능할 것으로 사료되며, 이를 어선에 보급하여 조타실, 식당 등에 부착하여 활용한다면 안전사고 예방에 큰 도움이 될 것으로 판단된다. 이와 더불어, 어선 선장과 선원에 대한 교육의 실

시 등 전복 사고 예방에 최선을 다해야 할 것으로 판단된다.

참고 문헌

국토해양부(2009). 국토해양부 고시 제590호, “선박 복원성 기준”.

농림수산식품부(2009). 농림수산식품부 고시 제 2009-410호, “어선복원성 및 만재흡수선 기준”.

박성쾌(2006). 수산업에 대한 국가역할, 수산해양 교육연구 18(3), 244~260.

윤점동(2002). “선박조종의 이론과 실무”, 세종출판사, 39~52.

이성중 · 김희수 · 용진균 · 이승건(2011). “국내 해양사고 분석과 대책에 관한 연구”, 한국항해항만학회지 35(3), 205~211.

정호순 · 서병귀 · 김성기(2007). 감천항내 연근해 어선 출·입항에 따른 안전성 연구, 수산해양 교육연구 19(3), 441~456.

해양안전심판원(2011). 인터넷(<http://www.kmst.go.kr>), 자료실-최근 해양사고 및 재결서.

MSC Circulars(2007). MSC.1 Circ.1228, “Revised guidance to the master for avoiding dangerous situation in adverse weather and sea conditions”.

MSC Resolutions(2008). Res.MSC.267(85), “Adoption of the international code on intact stability, 2008”.

-
- 논문접수일 : 2011년 07월 29일
 - 심사완료일 : 1차 - 2011년 09월 15일
 - 심사완료일 : 2차 - 2011년 10월 01일
 - 게재확정일 : 2011년 10월 30일