

소형어선의 화재발생에 관한 분석

유직수 · 장 현†

군산대학교(책임연구원)

A Study on the Analysis of Fire Environmental Condition in Small Fishing Boats

Jik-Su YU · Hyeon JANG†

Kunsan National University(senior researcher)

Abstract

The purpose of this study is conducted to prevent fires of small fishing boat. As a result of analyzing the maritime statistics data of the ministry of maritime affairs and the marine safety tribunal to determine the causes of the fire, from 2014 to 2018. The total number of marine accidents occurred in 12,326 cases, of which 7,875 accidents were caused by less than 20tons boat, accounting for approximately 63.9%. The analysis of small fishing boat fire reports showed that the most accidents were caused by engine trouble(28.5%) and collision(17.6%), agrounding(5.7%), fire(4.9%) in the engine room. The accidents were much occurred at the time between 08:00~12:00 hours by the time. The analysis of the dauses of the electric fire revealed short circuit and electric leakage due to deterioration of the wire sheath, which occurred in a long time exposed wirte in a hot engine room.

Key words : Small fishing boat, Electric fire, Fire extinguishing system, Ship safety, Engine room

I. 서론

21세기에 들어서도 국·내외 해양사고가 빈번히 발생하고 있으며, 국내에서는 크고 작은 해양사고가 발생하여 전 국민들에게 이슈가 되고 있다. 주로 대형화물선 또는 여객선의 사고들이 사회적 이슈로 거론되고 있지만, 실제 해양수산부의 등록된 선박들 중 어선을 제외한 타업종의 척수는 약 12%에 지나지 않는다. 나머지 88% 중에서도 83%는 먹거리와 가족의 생계를 책임지기 위해 운항하는 소형선박이다(Park, 2016).

Seo(2013)는 빈번한 해난사고로 인해 해양수산분야의 안전확보에 대한 국민적 요구에 따라 바

다를 생활터전으로 매일 조업에 나서고 있는 어업인과 그 어선에 대한 대안에 대하여 연구를 진행한 바가 있다. Kang et al.(2013)은 해양사고의 현황과 원인 그리고 예방과 안전 대책을 어선과 비어선을 대비하여 파악하였으며, 인명사고 및 사고율이 높은 충돌사고와 어선의 기관 손상 사고를 중점적으로 모색하였다. Kim et al.(2019)는 인적과실에 의한 충돌사고의 대부분을 발생시키는 소형어선을 대상으로 상대선과의 충돌가능성을 대상으로 상대선과의 충돌가능성을 파악하고 위험 시에 충돌회피항로를 제공하여 인적과실을 방지할 수 있는 피항지원모델을 고찰하였다. Park et al.(2018)은 소형어선의 해양사고 및 원인을 분

† Corresponding author : 063-469-8984, janghyeon@kunsan.ac.kr/orcid.org/0000-0002-8263-5717

석하고 소형어선의 해양사고를 줄이기 위한 방안에 대하여 고찰한 바 있다.

해양안전심판원의 해양 사고 통계를 살펴보면 연근해에서 발생하는 전체 선박 사고 중 어선사고가 차지하는 비중이 매우 높으며, 과거 5개년 평균에서 드러나는 화재 사고가 주원인으로 나타나고 있다(Son, 2016). Lee and Seo(2004)는 이러한 선박화재의 문제점을 신속히 대응하기 위해 연기감지기 설치 위치에 대한 구체적인 권고안을 작성하는 목적을 가지고 프로그램을 이용하여 설치위치 및 대피 위치를 추천하는 권고 사항에 대한 연구를 진행 한 바가 있다. 하지만 어선의 협소한 기관실 구조상 고열부와 각종 장비사이의 충분한 공간확보, 노후 전기설비, 기관 진동에 따른 배관 이음부 파손 등에 의한 화재발생조건에 대한 연구는 미비한 실정이다.

본 연구에서는 해양사고의 각종 원인을 분석하여 해양사고 방지 및 감소, 항해 및 생활에 도움이 될 수 있도록 대안을 모색하고자 한다.

II. 연구 방법

해양사고의 경우 조사기관에 따라 데이터의 내용이 상이하므로 분석하기가 어려움이 있어 소형어선 화재의 원인 분석은 현재까지 발표된 해양안전심판원의 최근 5년간의(2014~2018년) 데이터를 토대로 분석 및 환경조건 분석을 위한 현장조사를 수행하였다.

본 논문에서는 해양안전심판원에 보고된 해양사고를 대상으로 선박의 선종별 및 톤급별, 시간별, 원인별 해양사고 발생현황에 대한분석과 현장조사를 통한 10톤미만 10척의 선박에 대한 위험요소에 대해서 고찰하였다. 해양안전심판원의 해양사고 발생 통계 자료의 경우 선종별 및 톤급별의 경우는 척수로 통계자료를 정리되고 있는 반면, 시간별의 경우는 건수로 통계 자료가 정리되고 있어 다수의 선박의 사고 발생시에도 1

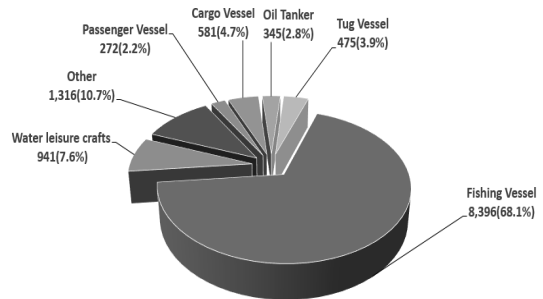
건으로 처리가 되는 관계로 해양사고의 합계에 차가 발생된다.

III. 연구 결과 및 고찰

1. 선종별 해양사고

선종별 해양사고 발생현황을 살펴보면 2014~2018년까지 5년간 해양사고 척수는 12,326척이 발생하였다(<Table 1>, [Fig. 1]참조).

선종별 해양사고척수를 살펴보면 어선 8,396척(68.1%), 기타선박 1,316척(10.7%), 수상레저기구 941척(7.6%), 화물선 581척(4.7%), 예인선 475척(3.9%), 유조선 345척(2.8%), 여객선 272척(2.2%)의 순으로 나타내고 있음을 알 수 있다.



[Fig. 1] Marine accident by kind of boat.

2. 톤급별 해양사고

톤급별 해양사고를 분석한 결과 톤급별 20톤미만이 7,875척(63.9%), 20~100톤 2,491척(20.2%), 100~500톤 752척(6.1%), 1,000~5,000톤 482척(3.9%), 500~1,000톤 203척(1.7%), 10,000~50,000톤 162척(1.3%), 5,000~10,000톤 148척(1.2%), 미상 117척(0.9%), 50,000톤 이상 96척(0.8%) 순으로 나타났다(<Table 2>, [Fig. 2]참조).

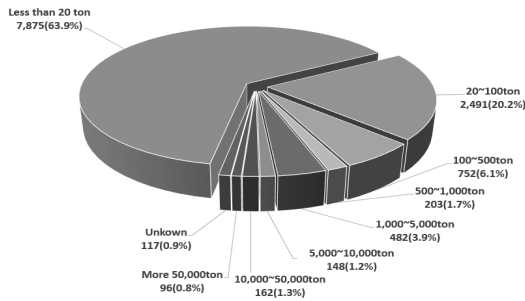
이중 20톤 미만 소형선박의 사고율이 63.9%, 500톤 이상 대형선박의 사고율이 8.9%로 소형선박에 비해 낮은 사고율을 나타내고 있음을 알 수 있다.

<Table 1> Marine accident by kind of boat

Year	Kind of boat	Passenger boat	Cargo boat	Oil Tanker	Tug boat	Fishing boat	Water leisure crafts	Other	Total
2014		51	111	51	102	1,029	-	221	1,565
2015		66	115	65	94	1,621	-	401	2,362
2016		65	116	67	77	1,794	-	430	2,549
2017		46	127	73	99	1,939	472	134	2,882
2018		44	112	89	111	2,013	469	130	2,968
Total		272	581	345	475	8,396	941	1,316	12,326
Ratio		2.2%	4.7%	2.8%	3.9%	68.1%	7.6%	10.7%	100.0%

<Table 2> Marine accident by kind of tonnage

Year	tonnage	Less than 20	20~100	100~500	500~1,000	1,000~5,000	5,000~10,000	10,000~50,000	More 50,000	Un known	Total
2014		814	382	139	36	95	27	35	15	22	1,565
2015		1,487	499	148	34	97	31	30	14	22	2,362
2016		1,625	536	156	48	98	17	26	23	20	2,549
2017		1,945	512	150	30	97	39	37	28	44	2,882
2018		2,004	562	159	55	95	34	34	16	9	2,968
Total		7,875	2,491	752	203	482	148	162	96	117	12,326
Ratio		63.9%	20.2%	6.1%	1.7%	3.9%	1.2%	1.3%	0.8%	0.9%	100.0%



[Fig. 2] Marine accident by kind of tonnage.

등급별 해양사고는 소형선박 중에서도 노후된 여선, 연안 화물선일수록 사고 빈도수가 많다고 보고되고 있다. 또한, 무리한 조업 및 관리소홀, 무리한 화물적재, 정비소홀, 안전하지 못한 장소 계류 등의 경우에도 사고율이 많은 것으로 보고

되고 있다(Seo and Bae, 2002).

3. 시간별 해양사고

시간별 해양사고를 살펴보면 08~12시 2,782건 (25.3%), 12시~16시 2,536건(23.1%), 16시~20시 1,929건(17.6%), 4시~8시 1,881건(17.1%), 20시~24시 960건(8.7%), 00시~04시 903건(8.2%) 순으로 나타났다(<Table 3>, [Fig. 3]참조).

시간별 해양사고를 분석하면 04시~20시 까지 높은 사고율을 보이고 있는 반면 20시~04시 까지 낮은 사고율을 보이고 있다. 데이터가 4시간 간격으로 기록되어 있어 정확한 비교는 어렵지만 주로 항해가 주로 이루어지는 시간에 대부분의 사고가 발생되는 것으로 예측되어진다.

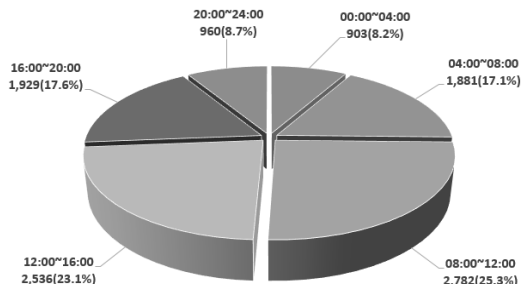
소형어선의 화재발생에 관한 분석

<Table 3> Marine accident by the time

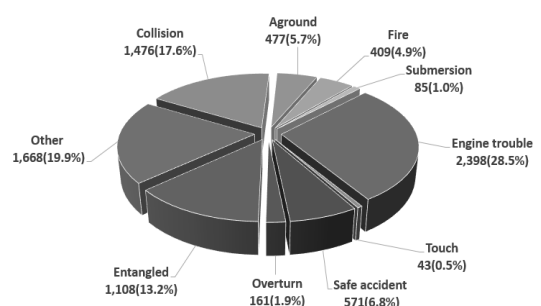
Year \ Time	00:00~04:00	04:00~08:00	08:00~12:00	12:00~16:00	16:00~20:00	20:00~24:00	Total
2014	129	240	316	285	234	126	1,330
2015	176	382	521	475	353	194	2,101
2016	190	370	618	528	400	201	2,307
2017	185	420	648	625	481	223	2,582
2018	223	469	679	623	461	216	2,671
Total	903	1,881	2,782	2,536	1,929	960	10,991
Ratio	8.2%	17.1%	25.3%	23.1%	17.6%	8.7%	100%

<Table 4> Marine accident by the type

Year \ Type	Collision	Aground	Fire	Submersion	Engine trouble	Touch	Safe accident	Overturn	Entangled	Other	Total
2014	218	75	85	12	252	3	82	22	138	142	1,029
2015	318	65	65	23	477	12	119	26	219	297	1,621
2016	274	113	95	14	524	7	113	36	280	338	1,794
2017	333	117	73	13	557	14	121	47	249	415	1,939
2018	333	107	91	23	588	7	136	30	222	476	2,013
Total	1,476	477	409	85	2,398	43	571	161	1,108	1,668	8,396
Ratio	17.6%	5.7%	4.9%	1.0%	28.5%	0.5%	6.8%	1.9%	13.2%	19.9%	100%



[Fig. 3] Marine accident by the time.



[Fig. 4] Marine accident by the type.

4. 원인별 해양사고

용도별 해양사고를 분석한 결과 어선의 사고척수가 8,396척(68.1%)로 가장 높은 비중을 차지하고 있어 원인별 해양사고 발생현황은 어선의 경우를 분석하였다(<Table 4>, [Fig. 4]참조).

어선의 용도별 해양사고 발생현황을 살펴보면 총 8,396건 중 기관 손상이 2,398척(28.5%), 기타 1,668척(19.9%), 충돌 1,476척(17.6%), 부유물 감김 1,108척(13.2%), 안전사고 571척(6.8%), 좌초 477척(5.7%), 화재·폭발 409척(4.9%), 전복 161척(1.9%), 침몰 85척(1.0%), 접촉 43척(0.5%) 순으로 나타나고 있음을 알 수 있다. 기타사고의 경우는

침수, 추진축계손상, 조타장치손상, 속구손상, 시 설물손상, 행방불명 등이 포함되어 있다.

이중 화재·폭발의 해양사고는 409척(6.4%)으로 낮은 비율에 속하지만 재산 및 인적피해를 동반하는 사고이기 때문에 피해정도가 가장 심하다고 할 수 있다. 화재는 주로 기관실에서 80% 이상 발생하고 있다고 보고되고 있으며, 이는 소형어선 화재의 대부분이 기관실에서 발생되고 있다는 것이다. 소형어선의 경우 10톤 미만으로 선박의 공간이 협소하여 진화 작업 시 어려움이 따르고 있다. 소형어선의 화재 원인은 기관실의 전기관련 화재로서 화재의 원인은 단락에 의한 발열 및 누전에 의한 발화, 과전류에 의한 발화, 도체 접촉 부 과열에 의한 발화, 스파크에 의한 발화 등으로 보고되고 있다.

5. 환경조건 분석을 위한 현장 조사

소형어선의 기관실 화재 위험요소를 판별하기 위해 실제 운항중인 총 10척의 어선들을 조사 하였다. 10척 중 대부분의 어선 기관실내 배치는 기본적으로 중앙부에 주기관이 위치하여 있으며, 좌우측으로는 각각 배터리 또는 안정기가 위치하여 있고, 상부에는 통풍을 위한 흡/배기구가 설치되고 흡기측 통풍팬이 설치되어 있고, 어선의 발전기는 선미측에 설치되어 있는 구조였다. 어선의 기관실 주기관과 발전기의 배기가스는 선미측으로 배출되는 구조로 되어 있었다. 기관실 통풍구의 크기가 작은편 이었으며, 운항 중 통풍구 이외의 개구가 없고 기관실이 협소하여 기관 운전 시 기관실내 온도가 급격히 상승할 수 있는 구조로 파악되었다. 또한, 발전기실이 별도로 존재하는 구조의 소형선박은 기관실내에는 주기관만 배치되어 있었으며, 흡/배기를 위한 통풍구가 기관실 상부에 위치하고 통풍팬이 설치되어 있었다. 발전실의 경우 발전기와 배터리 및 집어등의 안정기가 함께 배치되어있는 구조로 운항중 발전기 구동과 안정기 작동으로 인해 온도가 상승될

수 있었으며, 적절한 통풍이 이루어지지 않는다면 주요 기기의 손상으로 이어질 위험성이 있었다.

현장조사에서의 대표적인 소형어선 사례로는 2000년 6월에 진수된 선박으로 약 17년 정도 운항 한 선박이고 총톤수 9.77톤, 길이 13.6m 420마력 디젤기관 1기를 장착한 FRP 선박이다. 소형어선 측정 결과를 살펴보면 배기관의 온도는 317℃로 어선기관기준 제 12조에서 명시한 220℃보다 상당히 높은 수준 이었다. 전반적으로 방열재 표면손상이 있었으며, 방열재의 두께가 부족하기 때문으로 판단되었다. 또한, 배기관의 팽창 조인트 및 플랜지 부분 방열재가 철거되어 있어 화재 위험에 노출 되어 있는 상태를 확인하였다. 일반적으로 소형어선의 경우 500~1,000마력 내외의 기관을 주기관으로 사용하고 있으며, 600마력 기관의 경우 배기가스 온도가 약 600℃ 정도 된다고 보고되고 있다. 이러한 고온의 가스가 통과하는 배관에 단열조치가 제대로 이루어지지 않을 경우 선박의 변형 및 손상, 유도발화 온도 이상 상승에 따른 가연성 증기 발생 등의 문제가 발생할 수 있다.

6. 연구결과

본 연구에서 제시한 선종별, 톤급별, 시간별, 원인별 해양사고의 경우 중 높은 빈도로 사고가 발생하는 경우는 다음과 같다. 선종별은 어선의 경우가 68.1%, 톤급별은 20톤 미만의 경우가 63.9%, 시간별은 08시~12시가 25.3%, 원인별은 기관손상 28.5%의 높은 해양사고가 발생하고 있는 것을 알 수 있었다. 해양사고 중 높은 빈도를 나타내고 있는 20톤 미만의 어선의 기관실의 환경조건 분석을 위한 현장조사를 실시한 결과는 다음과 같다. ① 배기관의 온도가 어선기관기준에서 제시하고 있는 온도보다 높았으며, ② 방열재의 손상 및 두께가 부족하였고, ③ 주요 장치 및 배관에 단열 조치가 이루어지지 않는 문제점

이 있음을 알 수 있었다.

IV. 결론

소형어선의 화재발생에 대한 환경조건을 파악하기 위한 현장조사 결과는 다음과 같다.

첫째, 고온의 배기가스가 통과하는 배기관은 단열재에 의해 단열조치가 되어 있지만 시공상태가 불량하여 FRP의 변형 및 손상, 유도발화온도 이상으로 상승시켜 가연성 증기를 발생시키게 되어 화재를 발생시킬 수 있는 위험성이 있었다.

둘째, 선박에서 고정되어 있는 전선배드가 진동에 의해 풀리면 절연체 손상 및 고온의 주기관에 접촉되어 열경화로 인한 화재의 위험성이 있었다.

셋째, 소형어선에서 조업시 사용되는 집어등의 안정기는 큰 전력을 소비하며 높은 열을 방출한다. 사용시간이 늘어날수록 설비의 수명 또한 단축되고 주기적인 점검과 적절한 냉각이 이루어지지 않을 경우 자체 회로 노화 등에 의한 합선이나 먼지 등이 유입되어 스파크가 발생되어 화재로 이어 질 수 있는 위험성이 있었다(해외(일본) 사례에서는 안정기의 화재가 전체 전기화재의 약 40%를 차지하고 있다고 보고되고 있음).

넷째, 선박에서 사용되는 배터리에 연결된 전선의 경우 시동시 높은 전압을 필요로 하기 때문에 쉽게 손상될 수 있을뿐 아니라 진동에 의한 체결 단자가 느슨해질 경우 스파크가 발생되어 화재로 이어 질 수 있는 위험성이 있었다.

다섯째, 선박 기관의 각종 파이프의 부식은 연료유, 윤활유 등 가연성 액체의 누설과 비산으로 화재를 발생시킬 수 있으며, 냉각수의 경우는 주변 전기기기와 합선이 발생되어 화재로 이어 질 수 있는 위험성이 있었다.

References

- Kim YR, Kang SJ, Kim WO and Kim CJ(2019). A study on the prevention of human errors in a small fishing boat. *The Korea Society for Fisheries and Marine Sciences Education* 31(6), 1544~1551. <http://dx.doi.org/10.13000/JFMSE.2019.12.31.6.1544>.
- Kang IK, Kim HS, Kim JC, Park BS, Ham SJ and Oh IH(2013). Study on the marine casualties in Korea. *Journal of the Korean Society of Fisheries and Ocean Technology* 49(1), 29~39. <http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.2013.49.1.029>.
- Lee H and Seo HK(2004). Ventilation analysis for an engine room of a ship. *The Society of Naval Architects of Korea* 41(5), 63~69.
- Park KS(2016). A study on the safety management system of fishing leisure vessels. *Korean Maritime Police Science* 6(1), 109~135.
- Park TG, Kim SJ, Chu YS, Ryu KJ, and Lee YW(2018). Reduction plan of marine casualty for small fishing vessels. *The Korean Society of Fisheries and Ocean Technology* 54(2), 173~180. <http://dx.doi.org/10.3796/KSFOT.2018.54.2.173>.
- Seo MS and Bae SJ(2002). The study on the analysis of marine accidents and preventive measure. *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education* 14(2), 149~160.
- Seo SW(2013). The improvement of marine guard system for preventing against fishing boat safety accidents. *Korean Maritime Police Science* 3(1), 53~92.
- Son YT(2016). The study on fire accident and prevention measures in small FRP fishing vessel: focusin on the fishing vessel crew activities in the field. *Korean Maritime Police Science* 6(2), 39~61. *Korean Maritime Safety Tribunal* <http://www.kmst.go.kr>

-
- Received : 06 December, 2019
 - Revised : 20 January, 2020
 - Accepted : 06 February, 2020