

어선 기관손상 사고 분석에 관한 연구

A Study on the Analysis of Engine Accidents on Fishing Vessels

김경중 · 고대권 · 김영식 · 김준호 · 안수길

K. J. Kim, D. K. Koh, Y. S. Kim, J. H. Kim and S. K. Ahn

Key Words : Fishing Vessels(어선), Marine Accidents(해난사고), Engine Accidents(기관손상사고)

Abstract : The basis of all approaches to improve reliability of marine engines exists in analyzing the field data of troubles and failures in marine engines. In this paper, we analyzed the engine accidents of Korean fishing vessels for five years from 1995 to 1999, firstly according to engine systems, type of fishing vessels, engine makers, cylinder number, engine power and tonnage, secondly by using of principal component analysis method, one of multi-variate data analysis method. Finally, we proposed the measures to reduce engine accidents of fishing vessels for improvement of an environment in fishing industry.

1. 서 론

인간이 해상을 활동영역으로 한 것은 인류의 시작부터이며 현대에는 바다를 영토라는 개념으로 배타적 경제수역(EEZ)을 선포하여 관리하고 있다.

1994년 11월 UN의 해양법 발효로 우리나라에서도 “신 한·일 어업협정(1999년 1월)”을 이미 체결하였고, 올해 중국과의 “한·중 어업협정”도 체결하여 2001년 6월 30일에 발효할 예정이다. 이러한 국제해양환경의 변화에 따른 조업어장의 변화는 수산자원의 감소, 어로경비 증가, 조업시간의 단축, 조업거리의 원거리화 등으로 인한 경제적 여건을 악화시키고 있을 뿐만 아니라 해양사고의 증가 및 구조활동의 어려움이 가중되어 물적·인적 자원의 손실이 증가할 것으로 생각된다. 특히 어선 해양사고의 35%를 차지하는 기관손상 사고는 운항시간의 증가, 조업해역의 선박비율의 증가, 경합적 어로행위, 국내 선박수리소의 거리증가 등의 원인으로 더욱 증가할 것으로 예상됨에 따라 그 원인의 분석과 대책 수립이 시급한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 어선의 해양사고 중 사고율이 가장 높은 기관손상 사고에 관한 원인 분석 및 대책 수립을 통하여 어선해양사고를 감소시키고, 우

리어선의 어로활동영역을 넓힘으로써 우리나라 수산업의 국가 경쟁력 향상에 기여하고자 한다.

2. 자료조사 및 분석방법

본 논문의 내용은 해양안전심판원의 해양안전심판 사례집¹⁾, 해양수산부의 해양수산 통계연보²⁾, 해양경찰청의 해양사고 통계연보³⁾의 통계자료 및 수록내용을 토대로 하여 1995년부터 1999년까지 5년 동안 발생한 어선해양사고 중 가장 큰 비중을 차지하고 있는 어선기관손상사고를 중심으로 구체적인 분석을 하였으며, 자료 분석은 다음과 같이 수행하였다.

첫째, 어선의 기관손상 사고를 어업형태(안강망, 채낚기, 연승, 봉수망, 유자망, 저인망, 통발, 운반선), 기관제작회사(국내 어선에서 많이 사용되고 있는 선박기관 중 대표적인 국내외 기관 제작회사를 선정하여 분류하였음), 기관실린더수(6실린더기관, 8실린더기관, V-12실린더기관), 선박의 크기(5~50톤, 50~100톤, 100톤~300톤), 주기관출력(100~300 ps, 300~500 ps, 500~700 ps, 700 ps 이상)별로 분류하여 분석하였다.

둘째, 분석된 기관손상 사고의 특성을 주성분 분석법을 이용하여 종합적으로 분석하였다.

2.1 선박등록 현황

Table 1에서 보는 바와 같이 99년 12월 31일 기준으로 우리나라의 등록선박 101,318척 중 비어선

접수일 : 2001년 6월 27일
김경중 : 부경대학교 산업대학원
안수길, 김영식, 고대권 : 부경대학교 기계공학부
김준호 : 목포해양대학교 기계공학부

6,466척, 어선 94,852척으로 어선이 93.6%를 점유하고 있으며 전체 어선 중 5톤 미만의 소형 어선이 80,951척(85.3%)으로 대부분을 차지하고 있다.⁴⁾ 이는 국내 연안 어선의 영세성을 보여주고 있다. 95년에서 99년까지 비어선의 척수는 변동사항이 적으나 어선의 경우, 정부의 감축정책에도 불구하고 계속 증가하고 있는 것은 소형 무등록선을 양성화시킴으로써 나타나는 현상으로 생각된다.

Table 1 Status of registered vessel

Classification		95 (No./%)	96 (No./%)	97 (No./%)	98 (No./%)	99 (No./%)
Fishing vessel	power vessel	71,041 (86.9)	69,206 (86.1)	73,780 (85.7)	82,803 (86.4)	87,502 (86.4)
	non - power vessel	5,760 (7.0)	6,038 (7.5)	7,220 (8.4)	8,194 (8.5)	7,350 (7.2)
	sub - total	76,801 (93.9)	75,244 (93.6)	81,000 (94.1)	90,997 (94.9)	94,852 (93.6)
Non-fishing vessel		4,968 (6.1)	5,110 (6.4)	5,134 (5.9)	4,906 (5.1)	6,466 (6.4)
Total		81,769 (100)	80,354 (100)	86,134 (100)	95,903 (100)	101,318 (100)

Table 2 Status of occurrences of vessel's marine accidents by year

Classification		95 (No./%)	96 (No./%)	97 (No./%)	98 (No./%)	99 (No./%)
Fishing vessel	Korea	483 (68.1)	477 (72.2)	651 (77.5)	600 (77.7)	507 (80.0)
	Japan	673 (58.7)	705 (59.5)	596 (59.5)	622 (62.8)	671 (63.2)
Non - fishing vessel	Korea	226 (31.9)	184 (27.8)	186 (22.5)	172 (22.3)	127 (20.0)
	Japan	474 (41.3)	480 (40.5)	405 (40.5)	368 (37.2)	390 (36.8)
Total	Korea	709 (100)	661 (100)	840 (100)	772 (100)	634 (100)
	Japan	1147 (100)	1185 (100)	1001 (100)	990 (100)	1061 (100)

2.2 해양사고 발생추이

최근 5년(95~99년) 동안 한국의 해양사고 발생추이는 Table 1, 2와 Fig. 1에서 보는 바와 같이 비어선의 경우 선박 척수가 증가함에도 불구하고 해양사고는 점차 감소하는 경향을 나타내고 있으나, 어선의 경우에는 증가하고 있다.

따라서, 전체 해양사고에서 차지하는 어선 해양사고의 비율이 증가하는 추세로 95년 68.1%에서 99년 80%로 95년 대비 약 18%의 증가를 보이고 있다.⁵⁾ 이러한 어선 해양 사고의 증가는 대부분 개인선주제의 소규모 형태의 영세선박과 어선에 승선하고 있는 선원 구성원의 저학력, 5급 이하 하위 면허소

지(92.3%)³⁾, 주기관에 대한 자체적인 보수정비 및 수리 능력 부족, 예비품 미확보, 첨단 고속기관에 대한 전문지식 부족, 전문 교육기관의 교육이수 기회 미비뿐만 아니라 국내 수산자원 고갈에 따른 장거리 운항으로 인한 기관 운전시간의 증가와 선령의 증가로 인한 기관고장의 증가 등 복합적 원인에 의한 것으로 생각된다. 한편 우리와 조업해역이 비슷한 일본의 경우 어선 해양사고 발생률은 60%대로 한국보다도 약 15%정도 낮음을 알 수 있다.⁶⁾

2.3 어선 해양사고의 유형별 현황

한국 어선의 해양사고를 유형별로 살펴보면 Fig. 2와 같다. 해양사고 발생률은 기관손상 사고, 충돌

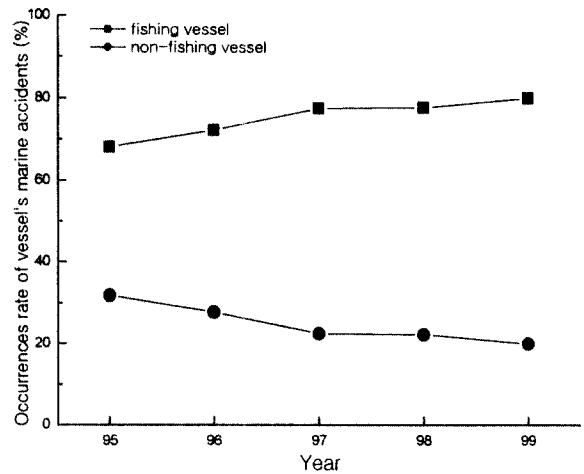


Fig. 1 Occurrence rate of vessel's marine accidents by year

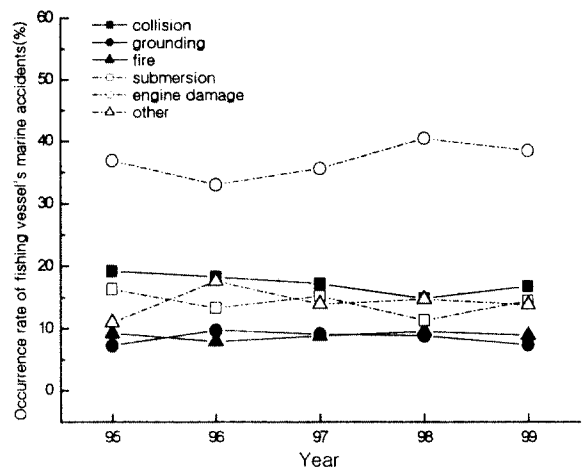


Fig. 2 Occurrence rate of fishing vessel's marine accidents according to accident type by year

사고, 침몰 사고 순으로 나타남을 알 수 있으며, 특히 기관손상 사고는 어선 전체 해양사고중의 약 35%의 높은 발생률을 나타내고 있어 이에 대한 구체적인 현황 파악, 원인 분석 및 대책 수립이 필요하다고 생각된다.

3. 기관손상 사고의 분석

어선에서 발생한 기관손상 사고는 상호 밀접한 관계가 있는 것이 일반적이다. 따라서, 기관손상 개소를 유사한 계통별로 분류하여 사고 원인을 분석하는 것이 바람직하기 때문에 손상개소를 다음과 같이 각 계통별로 분류하여 분석하였다.

- ① 실린더계: 실린더블록 · 헤드 · 라이너, 흡 · 배기 밸브 및 캠, 푸시 로드 등.
- ② 피스톤계: 피스톤, 피스톤 링, 피스톤 로드, 피스톤 핀 베어링, 연접봉 등.
- ③ 추진축계: 크랭크 케이스, 크랭크 축, 크랭크 핀 베어링, 크랭크 핀 볼트, 메인 베어링, 기관 베드, 중간축, 추진기, 클러치에서 발생하는 입 · 출력축 및 기어축, 저널 베어링, 스러스트 베어링, 기어류, 클러치 디스크, 쉘, 케이스 등.
- ④ 과급기계: 터빈 케이싱, 임펠러, 블레이드 등.
- ⑤ 윤활유계: 윤활유 펌프, 윤활유 관, 윤활유 냉각기, 윤활유 여과기 등.
- ⑥ 냉각수계: 냉각수 펌프, 냉각수 관, 중간 냉각기, 냉각기 등.

3.1 어선 기관손상 사고의 유형

Fig. 3은 최근 5년간(1995년부터 1999년까지) 발생한 한국 어선의 기관손상 사고를 유형별로 나타낸 것이다. 기관손상 발생률은 실린더계 28.7%(66개소 손상), 피스톤계 21.3%(49개소 손상), 추진축계 31.3%(72개소 손상), 과급기계 1.3%(3개소 손상), 윤활유계 10.4%(24개소 손상) 및 냉각수계 7%(16개소 손상)이다.

Fig. 3에서 추진축계의 손상률이 가장 높은 것은, 어선의 조업 특성상 그물을 투망하거나 양망할 때 추진기나 사이드 롤러(side roller)등을 과도하게 사용함으로써 유압펌프와 추진축계에 과부하 현상이 발생하고, 그 결과 기관의 동력이 전달되는 과정에서 추진축계의 손상사고가 많이 발생하게 된다. 또한, 윤활유계 및 냉각수계의 손상으로 윤활유 부족 현상 및 냉각수 유입으로 인한 윤활유의 유화현상

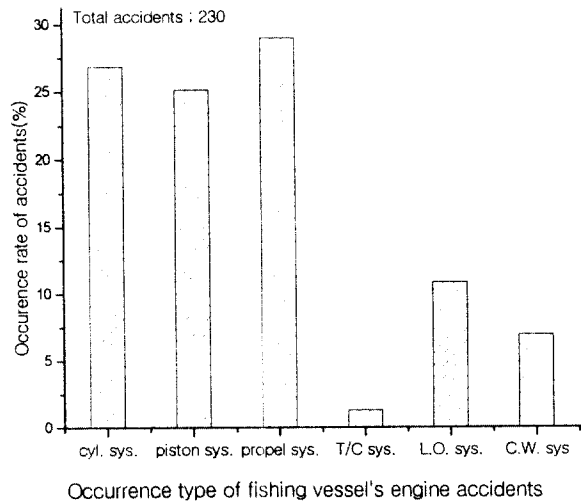


Fig. 3 Occurrence rate of fishing vessel's engine accidents according to system

이 발생하여 실린더계 및 피스톤계에 손상을 미친다고 사료된다. 과급기계의 손상은 어선 기관실이 협소하고 밀폐된 공간으로 되어 있어 기관운전시 공기 흡입량의 부족으로 인한 불완전 연소 등이 원인인 것으로 생각된다.

3.2 업종별 기관손상 사고

업종별 기관손상 사고 분석은 한국 어업업종을 대표하는 채낚기어업, 연승어업, 통발어업, 안강망어업, 봉수망어업, 유자망어업, 저인망어업, 운반선으로 나누어 수행하였다. 이들 업종의 선박은 동력을 갖춘 전체 어선 87,502척 중 65%인 57,625척이며, 업종별 등록현황은 Table 3과 같다.

Fig. 4에서 보는 바와 같이 기관손상 사고는 안강망 34척 86개소(37.4%), 채낚기 23척 58개소(25.2%), 통발 16척 38개소(16.5%), 연승 6척 17개소(7.4%), 저인망, 활어 운반선, 봉수망 순으로 발생하였으며, 모든 업종에 걸쳐 실린더계, 피스톤계, 추진축계에서 높게 나타났다. 특히, 봉수망, 저인망, 채낚기의 경우 다른 업종에 비해 추진축계 손상사고율이 높은 것은 어업 특성과 관련이 있음을 알 수 있다. 즉, 추진축계 사고가 발생하면 본선수리가 불가능할 뿐만 아니라 운항불능 상태가 되므로 인근 해역에서 조업중인 다른 선박이나 구조기관에 구조요청을 해야하므로 추진축계 손상사고율은 다른 과급기계, 윤활유계, 냉각수계의 손상사고율에 비해 높다. 한편, 추진축계의 손상사고를 제외한 다른 계통의 손상사고율이 낮은 것은 자체정비가 가능한 기관손상이 많기 때문인 것으로 생각된다. 어선의 기관손상 발생 원인은 조업 중 과도한 주기관 사용,

빈번한 역전기 전·후진 사용으로 동력전달 장치 고장, 폐어망 또는 로프 등이 추진기에 감김, 선박의 노후도에 따른 자체적인 정비 및 점검 소홀 등의 직접적인 원인과, 어선에 종사하는 선원들의 기기 사용법 미숙, 내부 부품의 마모 한계치 미숙지, 예비부품 미확보 등 간접적인 원인으로 나타났다.

Table 3 Fishing fleet by type of fishery

Fishery type	pole line	long line	trap	stow net	dip net	gill net	trawl	fish carrier	total
Number	8801	16897	9148	1391	13	19938	1281	156	57625
Percentage	15.28	29.3	15.9	2.4	0.02	34.6	2.2	0.3	100

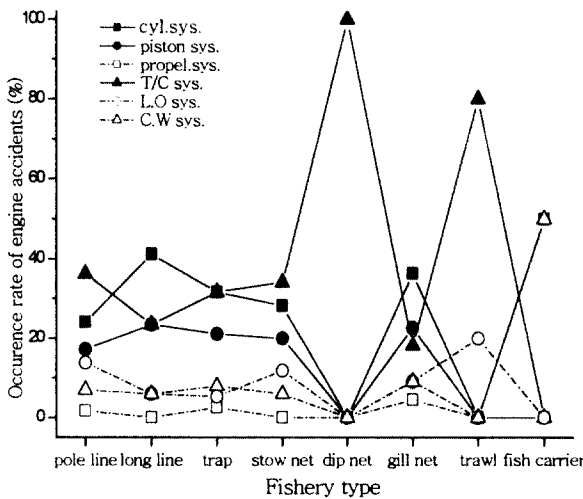


Fig. 4 Occurrence rate of engine accidents according to type of fishery

3.3 기관 제작회사별 기관손상 사고

Fig. 5는 기관 제작회사별 기관손상 발생률을 나타낸 것으로 국내의 기관 제작회사인 B사 제품이 7.8%(18개소 손상), 일본의 기관 제작회사인 A사 제품이 4.8%(11개소 손상), C사 제품이 22.2%(51개소 손상), G사 제품이 3.1%(7개소 손상), 미국의 기관 제작회사인 E사 제품은 9.1%(21개소 손상), F사의 제품이 36.5%(84개소 손상)로 나타났다.

B사의 경우 피스톤계의 손상률이 높은 것은 연접봉 및 볼트 절손과 냉각수 펌프 고장이 주원인이었으며, C사의 경우도 냉각수계의 손상률은 높으나 추진축계는 매우 낮게 나타나고 있다. 따라서, 추진축계 손상률이 높은 업종에서 이를 참조하여 추진축계 손상률이 낮은 주기관 제작회사를 선정한다면 기관고장 감소에 효과적일 수 있다고 생각한다.

3.4 실린더수별 기관손상 사고

실린더수별 기관손상 발생률은 Fig. 6에서 보는

바와 같이 6실린더 기관이 83.9%(193개소 손상)로 대부분을 차지하고 있으며, 8실린더 기관과 V-12실린더 기관은 각각 4.8%(11개소 손상), 11.3%(26개소 손상)로 나타났다.

추진축계의 손상사고는 모든 기관에서 가장 높게 나타났고 실린더계는 실린더수의 증가와 함께 점점 감소하는 경향을 보이고 있으며, 피스톤계는 8실린더 기관에서는 감소하다가 V-12실린더 기관에서는 큰 폭으로 증가했다. 윤활유계의 손상사고는 8실린더 기관과 V-12실린더 기관에서만 나타났으며 냉각수계는 8실린더 기관에서 급격한 증가를 보이고 있다. 따라서 8실린더 기관은 대부분 C사 제품이므로 C사 기관의 손상사고와 유사함을 알 수 있다.

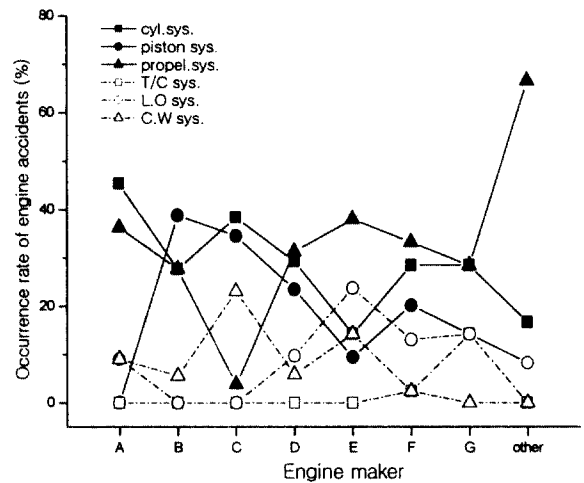


Fig. 5 Occurrence rate of engine accidents according to engine maker

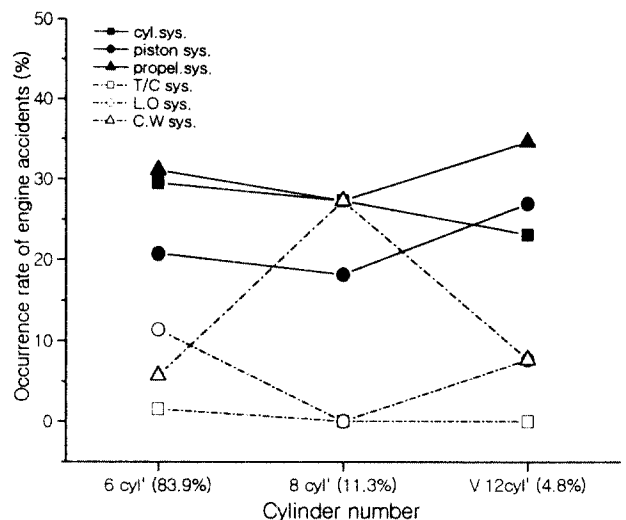


Fig. 6 Occurrence rate of engine accidents according to cylinder number

3.5 선박의 크기별 기관손상 사고

Fig. 7에서 보는 바와 같이 선박의 크기별 기관손상 발생률은 5~50톤 선박은 24.8%(57개소 손상), 50~100톤 선박은 57.4%(132개소 손상), 100~300톤의 선박은 17.8%(41개소 손상)로 100톤 이하의 소형선박에서 기관손상 사고가 대부분 발생함을 알 수 있다. 기관손상 사고 발생률은 선박이 클수록 추진축계 관련 사고 발생률이 점점 높게 나타났으며, 실린더계와 피스톤계는 선박의 크기와 무관하게 비슷한 손상사고 발생률을 보이고 있다. 또한, 냉각수계는 선박이 클수록 손상사고 발생률이 점차 감소함을 보여주고 있다. 이와 같은 현상은 승선 선원의 선박운항능력과 밀접한 관계가 있다는 것을 알 수 있었다. 즉, 소형선박에서 기관손상 사고가 많이 발생하고 있는 것은, 소형어선일수록 승선 선원들의 정비능력도 대형선박에 비해서 떨어지므로 보수정비 및 예방정비가 제대로 실시되지 않기 때문이라고 여겨진다.

3.6 기관출력별 기관손상 사고

우리나라 어선의 주기관은 100~1600 ps의 기관이 대부분 채택되고 있으며, 그 중 300~700 ps의 기관이 97.75%로 소형기관이 주로 사용되고 있다. 이들 기관의 손상발생률은 실린더 및 피스톤계가 81.3%(187개소 손상), 과급기, 윤활유 및 냉각수계가 18.7%(33개소 손상)로 나타났다.

Fig. 8에서 보는 바와 같이 기관손상 발생률은 추진축계의 경우 500~700 ps의 기관을 제외한 모든 기관에서 가장 높게 발생하였으며, 실린더계는 300

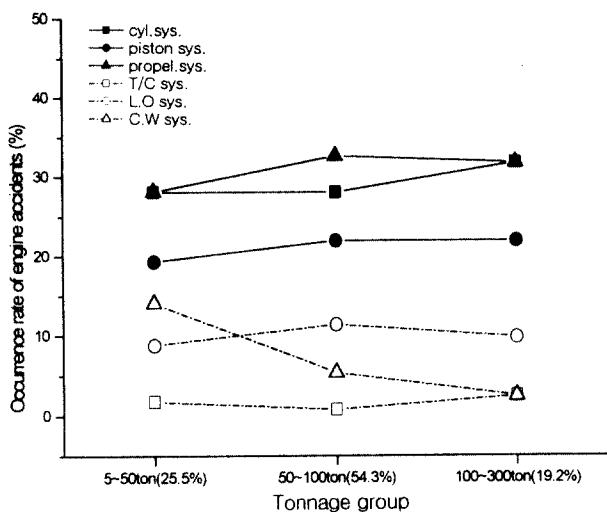


Fig. 7 Occurrence rate of engine accidents according to tonnage groups

~700 ps의 기관까지는 기관손상률이 증가하지만 700 ps 이상에서는 감소하였고, 피스톤계의 손상률은 기관출력이 클수록 증가했다. 한편, 윤활유계와 냉각수계의 손상률은 기관출력이 클수록 점차 감소하는 추세를 나타내고 있다. 특히, 700 ps 이상의 주기관이 탑재된 어선에서는 추진축계의 손상률이 큰 폭으로 증가하였음을 보여주고 있다. 이는 주기관출력이 큰 어선의 대부분이 저인망이나 안강망 어선으로 이들 선박의 조업특성과 관련이 있다고 생각된다.

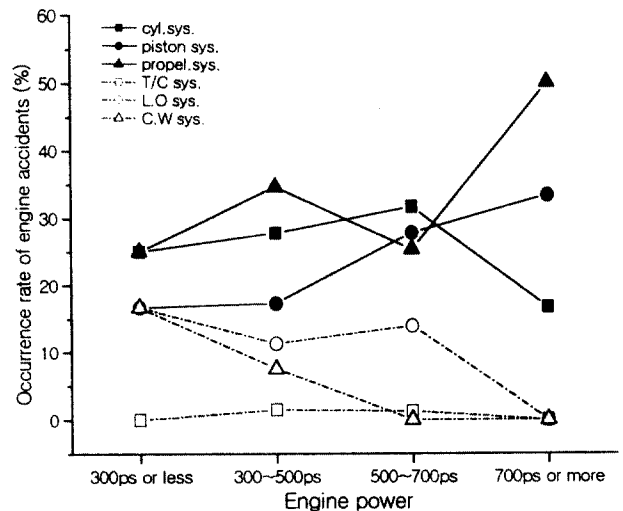


Fig. 8 Occurrence rate of engine accidents according to engine power

4. 다변량분석법에 의한 기관손상 사고분석

기관손상 사고를 종합적으로 분석하고자 다변량 분석법 중 주성분 분석법을 이용하였다. 주성분 분석법이란 서로 상관이 있는 다변량의 데이터가 갖고 있는 정보를 그 목적에 대응하여 통합하기 위한 통계적 수법이다.

Fig. 9는 제1, 제2 주성분을 Z_1 , Z_2 축으로 하여 각 인자부하량(factor loading)의 산포도를 나타낸 그림이다. 모든 변량의 인자부하량은 Z_1 축의 (+) 방향에 위치하므로 Z_1 축은 각 변량의 출현률을 의미한다.⁷⁾ 즉, 6실린더기관(#27), 기관출력 300~500 ps인 주기관(#24), 50~100톤의 어선(#31), 안강망어업(#14), F회사의 기관(#20), 추진축계 손상(#3) 순으로 기관손상 발생률이 높음을 알 수 있다.

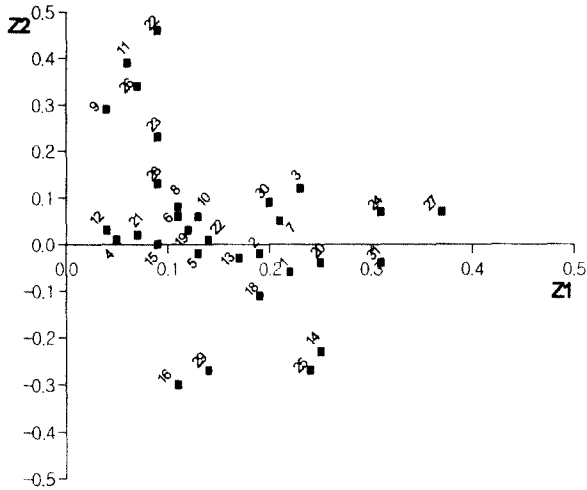


Fig. 9 Dispersion 32 of factors(as to Z_1 and Z_2)

Fig. 10은 제2, 제3주성분을 Z_2 , Z_3 축으로 한 그림으로, Z_2 , Z_3 축은 기관손상 사고와 관련된 각 변량들의 상호 관련 정도를 나타내고 있으며, 인자부하량의 값이 클수록 변량들의 상호 관련성이 높음을 알 수 있다.

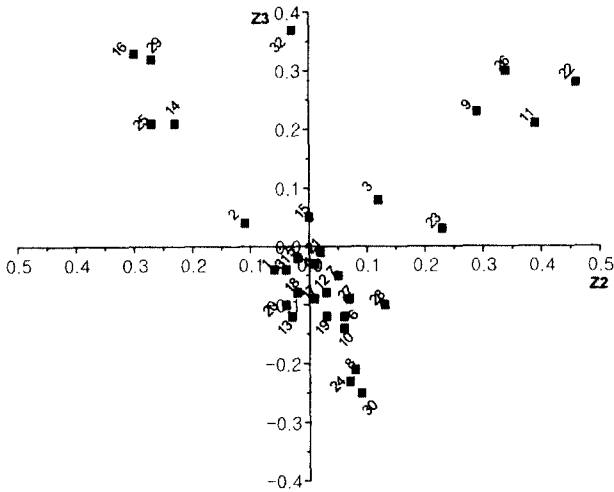


Fig. 10 Dispersion 32 of factors(as to Z_2 and Z_3)

그림에서 $Z_2 < -0.2$, $Z_3 > 0.2$ 에 위치한 B회사의 기관(#16), V-12기통기관(#29), 기관출력 500~700 ps인 주기관(#25), 안강망어업(#14)의 기관손상은 상호 관련이 있음을 알 수 있다. 즉, 안강망어업의 경우 기관손상 사고는 B회사의 기관, V-12기통기관 및 기관출력 500~700 ps인 주기관(#25)에서 많이 발생함을 알 수 있다. $Z_2 > 0.2$, $Z_3 > 0.2$ 에 위치한 변량의 상호 관련성을 보면, 봉수망어업(#9) 및 저인망어업(#11)의 기관손상 사고 특징은 유사함을 알 수 있다. 그리고 $Z_3 < 0.2$ 에 위치한 변량들의 상호 관련성을 보면, 연승어업(#8)의 경우 기관손상 사고는 기관출력 300~500 ps인 주기관(#24), 5~50톤의 어선

(#30)에서 많이 발생함을 알 수 있다.

5. 결 론

95년부터 99년까지 발생한 한국 어선의 기관손상 사고를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 기관손상 사고는 안강망어업, F회사의 주기관, 6실린더 기관, 50~100톤의 어선 및 기관출력 300~500 ps인 주기관에서 가장 많이 발생하였다.
- 2) 주성분분석법을 이용한 기관손상 사고의 종합적인 분석이 가능하였다.

한국 어선의 경우 대부분 개인 선주제의 소규모 형태의 영세선박과 사회전반의 3D업종 기피현상, 선원구성원의 저학력, 첨단 고속기관에 대한 정비능력 부족, 전문교육훈련이수 기회 미비, 특히 한국근해의 수산자원 고갈로 인한 조업해역이 원양화됨에 따른 운항거리의 증가 등 복합적인 원인으로 해양사고가 증가하였고, 이를 줄이기 위해서는 조업전, 귀항후 기관의 철저한 점검과 예방정비, 기관특성에 대한 이해와 수리기록카드를 작성하여 활용함으로써 기관손상 사고를 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 해양수산부·중앙해난 심판원, “해양안전심판사례집”, 1995~2000
2. 해양수산부, “해양수산 통계연보”, 2000
3. 해양경찰청, “해난사고통계연보”, 1995~1999
4. 해양수산부, “한국선원 통계 연보”, 2000
5. 해양수산부, “어선해양사고 방지 대책”, pp. 14~20, 2000. 1.
6. 일본해난방지협회, “海と安全”, pp. 2~5, 2000. 4.
7. 김영식, 윤석훈, 고대권, “해난사고의 주성분 분석” 한국어업기술학회지 제26권 제3호 pp. 303~307, 1990