

船舶勤務者の 疲勞度와 海難事故의 相關關係에 관한 調査 · 研究

이 형 기* · 박 진 수*

* 한국해양대학교 해사산업대학원

** 한국해양대학교 해사대학 부교수

A study on the relationship between crew's fatigue and Marine casualty

H. K. Lee and J. S. Park***

〈목 차〉

1. 서 론
 2. 이론적 배경
 3. 해난 사고의 분석
 4. 피로도 측정과 설문 조사 · 분석
 5. 결 론
- 참고문헌

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경

선박 근무자는 다른 수송 기관 종사자와는 달리 인간의 일반적인 생활권을 떠나 비교적 느린 속도로 장거리를 연속적으로 이동하는 선박이라는 특수한 환경에 장기간 고립된 상태로 근무하게 된다. 또한 제한된 공간, 한정된 인원, 단조로운 생활 속에서 1일 24시간을 연속적으로 구속당함으로써 쉽게 피로해지며, 또 이렇게 쌓인 피로를 회복시키기도

어렵다.¹⁾ 따라서 선박 근무자가 느끼는 피로는 인적 과실에 의한 해난 사고에 적지 않은 영향을 미치리라 생각된다. 지금까지 피로도에 관한 연구는 주로 실험실에서 생리학적 검사 혹은 의학적 검사의 형태로 진행되었으며,²⁾ 특수한 선박 환경에서의 기기조작, 감시 작업, 검사작업 등에 종사하는 선박 근무자의 인지·판단 능력에 큰 영향을 주는 피로도에 관한 자료 수집 및 분석이 극히 미흡한 실정이다.³⁾

1.2 연구의 목적

최근 10년(1988~1997)간의 전체 해난 사고의 원인별 통계를 분석하면 직접적인 인적 과실이 2,770건으로 전체 해난 사고의 66.5%를 차지하고, 기관 기기, 부속장치 등의 점검·정비 및 조작 불량 등 인적 과실로 보아야 하는 것들이 505건으로 전체 해난 사고의 11.9%를 차지하여 전체 해난 사고의 77.4%가 인적 과실에 의하여 발생하고 있다. 특히 해난 사고의 범위를 교통 환경을 개선할 경우 해난 사고의 발생을 미연에 방지할 수 있는 교통 관련 해난 사고(충돌, 좌초, 접촉)로 한정할 경우, 인적과실은 93.1%를 차지한다⁴⁾. 또한 이러한 해난 사고는 발생빈도 면에서 시간대 별로 유의한 차이를 보이고 있다. 인적 과실이 이러한 해난 사고의 근본 원인으로 적지 않게 작용한 것이고, 시간대의 변화에 따라 그 작용의 정도도 변하여, 해난 사고가 시간대 별로 유의한 차이가 발생한다고 생각된다.

본 연구에서는 선교에서 주·야로 교대 근무하는 실습항해사를 대상으로, 항해 당직 근무중 시간별·일자별로 어떠한 피로 상태에 있는지 피로도 측정을 통하여 정신 피로도를 정량적으로 밝히고자 한다. 또한 설문 조사를 통하여 인간이 느끼는 피로의 자각증상을 조사하여, 그 결과를 해난 사고 현황과 비교·분석함으로써 해난 사고와 피로의 연관성을 규명하고자 한다. 또한 설문조사를 바탕으로 선박 근무 환경을 이해하고, 근무 환경 개선을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

1.3 연구의 방법 및 제한점

본 연구에서는 한국해양대학교 실습선 한바다호에 승선 실습중인 학생을 연구대상으로 선정하였다.

연구 방법으로는

첫째, 실습중인 학생 104명(남자 89명, 여자 15명)을 대상으로 피로의 자각증상 즉, 신체적 피로, 정신적 증상 및 신경 감각적 증상을 살펴보고, 피로의 원인, 피로 시간대, 피

로의 누적 상태를 알기 위하여 일정 기간의 선교 당직을 경험해 본 후 설문 조사를 실시⁵⁶⁾하였으며, 항목별 응답 비율로 그 결과를 산출하였다.

둘째, 실습선 한바다호의 실습항해중 선교에서 실습중인 학생 13명(남자 8명, 여자 5명)을 대상으로 피로도 측정기(Flicker Test)에 의한 정신 피로도를 2시간 간격으로 측정하였다. 피로도 측정기에 의한 측정치는 SPSS PC⁺를 이용하여 항목별로 평균(Mean : M), 표준편차(Standard Deviation : S.D), 변이계수(Coefficient of Variation : C.V)를 산출하였다.

셋째, 해난 사고 심판 사례집을 통하여 최근 5년간(1993~1997년)의 전체 해난 사고 현황 및 교통 관련 해난 사고의 발생 시간대를 조사하였다.

위와 같이 설문 조사를 통해 얻어진 신체적, 정신적, 신경 감각적 증상을 종합하여 피험자가 총체적으로 느끼는 피로도 및 피로도 측정기에 의해 구해진 정신피로도가 최근 5년(1993년~1997년) 동안의 교통 관련 해난 사고와 상관관계를 가지고 있는지의 여부를 SPSS PC⁺를 이용하여 분석하였다.

연구의 제한점으로는

첫째, 본 연구의 피험자는 선박 근무자중 선교에서 근무하는 자에 한정하였다.

둘째, 피험자의 생리적 요인과 실험시의 심리적 요인을 동일하게 통제하지 못했다.

셋째, 선박이 처한 환경을 동일하게 통제하지 못했다.

제 2 장 이론적 배경

2.1 피로의 정의

피로란 어떤 일을 할 때 그 일을 계속하는 것에 싫증이 나서 일의 능률이 저하되는 상태를 말하는 것으로 반드시 신체 활동의 결과로 일어나는 현상⁷⁾을 말하며, 이것은 작업 능률을 저하시킬 뿐 아니라 생리적 상태 및 정상적인 기능을 저하하는 것으로 정의되고 있다⁸⁾.

따라서 인간 피로의 탐구는 근로 생활의 적정화, 근로 조건의 적절성을 구하는 지표이며, 구체적인 근로 조건, 작업 방법을 개선하는 의의를 지니게 된다⁹⁾.

2.2 인체의 피로도

2.2.1 생리적 피로

인체가 외부로부터 영양을 받아들여 이것을 신체의 구성성분으로 합성하고, 또 이를 분해해서 에너지를 얻으며 필요치 않은 물질을 외부로 배출하는 과정을 물질대사(metabolism)라 한다. 그리고 체내에서 유기물을 분해해서 사용하는 데에는 반드시 에너지의 전환이 뒤따르게 되는데, 이것을 에너지 대사(energy metabolic)라 한다. 이 대사는 단위 시간에 유리되어진 에너지의 양을 나타내며 그 단위는 일반적으로 칼로리(Kcal 혹은 cal)를 사용한다. 이것은 어떤 작업이 인체에 미치는 강도를 알기 위한 방법으로 이용된다.

에너지 대사를 측정할 수 있는 방법은 다음과 같다.

첫째, 심장 주기를 나타내는 심박수(heart rate)이다¹⁰⁾. 작업을 통한 심박수의 변화는 작업의 종류(정적 또는 동적 작업), 신체 활동 부위, 환경 온도, 정서적 불안 등의 영향을 받는다. 이러한 심박수의 측정은 근육 활동시 산소 운반 등의 변화를 가장 간편하게 알 수 있기 때문에 작업이 인체에 끼치는 생리적 부담의 척도의 하나로서 활용된다.

둘째, 신체 활동시 수요되는 에너지의 증가로 인한 산소 소비량이다. 이것은 운동부하의 증가에 비례하여 증가하며, 신체 활동시의 산소 섭취량의 변화로써 유산소 능력의 변화 양상을 알 수 있기 때문에 작업부하를 나타낼 수 있다.

2.2.2 국소 근육의 피로

신체 활동은 근육의 수축과 이완 작용으로 이루어진다. 근육의 수축은 힘을 발생시키기 위한 근육의 능동적인 작용을 말하며, 운동을 담당하는 중추의 신경세포에서 나온 운동신경이 지배하는 근섬유는 하나의 단위로서 수축하고 이완하게 되는데, 이때 근육에 발생한 활동 전위를 도출하고 기록한 것을 근전도(electromyography : E.M.G)라고 한다. 이것은 근전체의 활동 수준을 반영하고 그 적분치 또는 스파크 빈도는 근의 장력, 운동 속도와 밀접한 관계를 가지고 있다. 그리고 근전도는 작업이나 스포츠 등의 신체 운동이 근육 피로에 얼마만큼 영향을 미치며, 피로가 어느 근육에서 주로 발생하는지를 알아보는데 이용된다.

2.2.3 정신 피로

광원을 상당한 속도로 점멸시키면 깜박이면서 보인다. 만일 점멸의 빈도를 점점 높여

가면 어떤 시점에서 깜박이던 것이 사라지고 일정하게 연속된 빛으로서 느낄 수 있게 될 것이다. 이 현상을 깜박이기의 융합이라고 하며, 이 깜박이기의 융합을 일으키기 시작할 때의 점멸 주파수를 깜박이기의 융합주파수, 또는 간단히 프리커치(critical flicker fusion frequency, CFF)라고 한다. 프리커 치의 단위는 초당 점멸 횟수를 사이클로 표시한 c/s (cycle per second)이다.

이러한 깜박이기의 융합은 눈의 망막에서도 느끼지만 그 빈도수의 절반만큼 대뇌피질의 시각영역을 담당하고 있는 시각중추에서도 느끼게 된다. 이는 눈의 망막과 대뇌피질의 시각중추가 연결되어 있어 대뇌피질의 흥분 혹은 긴장도가 눈의 망막에 영향을 준다는 것을 의미한다.

프리커 치는 정신 피로의 척도로 사용되며, 일반 사무 관계, 단순 작업, 현장 감시 작업의 정신피로 파악에 유효하다.

프리커 치의 주요 특징은 다음과 같다.

- 1) 조명 강도의 대수치에 선형적으로 비례한다.
- 2) 시표와 주위의 휘도가 같을 때에 프리커 치는 최대가 된다.
- 3) 색은 영향을 주지 않는다.
- 4) 암조음시는 프리커 치 감소한다.
- 5) 프리커 치가 사람들 사이에는 큰 차이가 있으나, 개인의 경우에는 일관성 있다.

2.2.3.1 프리커 치의 광자극

프리커 치를 광자극은 망막의 시세포에 의해 받아들여지는 것이므로 시세포의 감수성이 변화하면 시각중추에서 일어나는 융합의 빈도도 변화하는 것이 당연할 것이다. 그래서 프리커 치를 측정할 때에는 부여할 광자극의 조건을 일정하게 해 두어야 한다. 명멸이 융합하는 것처럼 보일 때의 밝기에 대해서는 Talbot-Plateau의 법칙이 성립한다. 즉, t_1 초간 L_1 의 휘도, t_2 초간 L_2 의 휘도로서 교대로 융합할 때 눈에 느껴지는 밝기는 :

$$L = \frac{t_1 L_1 + t_2 L_2}{t_1 + t_2}$$

에 의해 정해지는 휘도 L 을 가진 연속광의 밝기에 대응한다.

2.2.3.2 프리커 치의 측정장치 및 방법

프리커 치의 측정 장치는 다음의 4가지 방식으로 대별할 수 있다.

첫째, 회전 원판 방식으로, 밝은 속에 해당하는 부분을 백색 또는 고반사율의 것으로 하며, 어두운 곳은 흑색 또는 저반사율의 것으로 한 원판을 회전시키는 것이다.

둘째, 회전 선형판 방식으로, 일반적으로 가장 많이 쓰이는 방식으로 광원에서의 광을

선형의 부분으로 차단하고, 선형판의 회전에 의해 단속광을 얻는 것이다.

셋째, 회전 편광 필터 방식으로, 광원의 앞에 한 장의 편광 필터를 두고, 그 앞에 다른 편광 필터를 회전시키는 것이다

넷째, 전기회로를 이용하는 방식으로, 펄스 발생기(pulse generator)로 얻어지는 전기적 펄스를 방전관을 이용하여 광의 펄스로 하는 방법이다. 특히 전압에 따른 휘도의 펄스형의 광자극을 연속적으로 고빈도로 발사할 수 있는 증폭변조관(glow-modulator)을 이용하는 방법은 빈도, 파형 및 휘도를 자유롭게 변화시킬 수 있으므로 편리하다.

프릭커 치의 측정방법은 극한법(상승계열·하강계열), 조정법, 항상법 등의 방식이 있으며, 결과는 방법에 따라 다르다. 또한 상승 계열과 하강 계열 등에서는 변화율을 일정하게 하지 않으면 이에 따른 프릭커 치는 영향을 받는다.

2.2.3.3 프릭커 치의 규정 조건

(1) 검사광의 휘도

검사광의 휘도가 높아지면 프릭커 치는 상승한다. 어떤 한정된 휘도 범위에서:

$$F = a \log L + b$$

F : 프릭커치 L : 검사광 휘도 a, b : 상수

즉 Ferry-Porter의 법칙(Ferry-Porter's Law)이 성립된다. 상수 a값은 Porter에 의하여 원추시에서는 10~15, 간상시에서는 1~2라고 보고되어 졌고, 원추시에서 간상시로의 이행은 겨우 0.2 lux 정도에 불과하다고 보고했다. 이 법칙의 적용 가능한 범위는 검사광 휘도당 약 5 log 단위 정도이고 너무 고휘도가 되면 적용될 수 없으며, 중심시에서 검사광의 크기가 8° 30' 까지 이 법칙이 성립된다. 또한 검사광이 색광인 경우에는 프릭커 치와 휘도의 대수와의 관계에서 이 법칙에 나타나는 것처럼 직선이 되지 않고 조금 구부러진(만곡한)것으로 된다. 파장에 의한 차이는 검사광의 휘도가 낮은 경우에 현저하다.

(2) 검사광의 크기

검사광의 크기가 커지면 프릭커 치는 상승한다. 크기의 대수와 프릭커 치 사이에는 직선적인 관계가 존재한다는 사실이 명백하게 알려져 있다.

이 관계는 :

$$F = a \log A + d$$

A : 검사광의 크기 c, d : 상수

의 식으로 정리되어 Granit-Harper의 법칙으로 불려진다.

제 3 장 해난 사고의 분석

3.1 사고 종류별 해난사고 현황

5년간(1993년~1997년)의 전체 해난 사고의 사고 종류별 현황은 <표 1>과 같다. 전체 해난 사고 중 교통 관련 해난 사고인 충돌, 접촉, 좌초가 차지하는 비율은 35.7%이며 동 기간 접촉은 감소되고 있으나, 충돌, 좌초의 경우는 대체로 증가되는 경향이 있다.

<표 1> 전체 해난 사고의 종류별 현황

종류 연도	충돌	접촉	좌초	화재 폭발	침몰	기관 손상	조난	시설물 손상	인명 사상	운항 저해	기타
'93	117	14	49	41	64	144	34	2	10	2	52
'94	156	22	78	59	92	160	66	1	5	8	52
'93	183	10	69	49	75	189	49	1	8	21	55
'93	170	15	67	41	56	159	18	1	15	60	59
'93	181	9	85	68	99	236	47	2	6	56	51
계	807	70	348	258	386	888	214	7	44	147	269
구성비 (%)	23.5	2.1	10.1	7.5	11.2	25.8	6.2	0.2	1.3	4.3	7.8

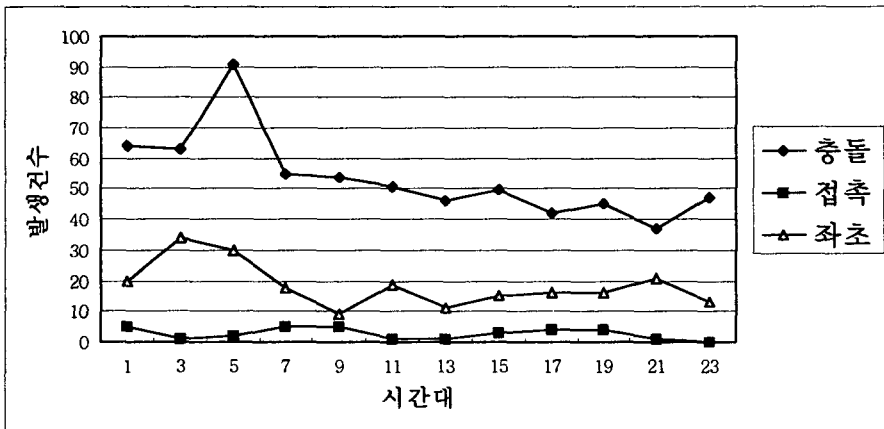
3.2 사고 시간대별 해난사고 현황

최근 5년간(1993년~1997년)의 전체 해난 사고의 시간대별 발생 현황은 <표 2>와 같다. 표에서 보는 바와 같이 전체 해난 사고는 04시~08시 사이에 가장 많이 발생하여 전체의 19.5%를 차지하고, 그 다음으로는 12시~16시, 08시~12시, 16시~20시로서 17.0%~17.5%의 비슷한 비율로 해난 사고가 발생하였으며, 20시~24시의 해난 사고가 13.4%로 가장 낮은 것으로 나타났다.

<표 2> 전체 해난 사고의 시간대별 발생현황

종류 년도	0시 ~4시	4시 ~8시	8시 ~12시	12시 ~16시	16시 ~20시	20시 ~24시	미 상
'93	68	107	89	103	92	65	5
'94	86	146	123	123	106	93	24
'95	111	129	121	123	120	93	12
'96	90	123	110	120	115	94	9
'97	118	167	147	136	150	117	5
계	473	672	590	603	583	462	55
구성비 (%)	13.8	19.5	17.2	17.5	17.0	13.4	1.6

<그림 1>는 최근 5년 동안의 교통 관련 해난 사고에서 충돌, 좌초, 접촉의 발생건수를 시간대별로 표시한 것이다.

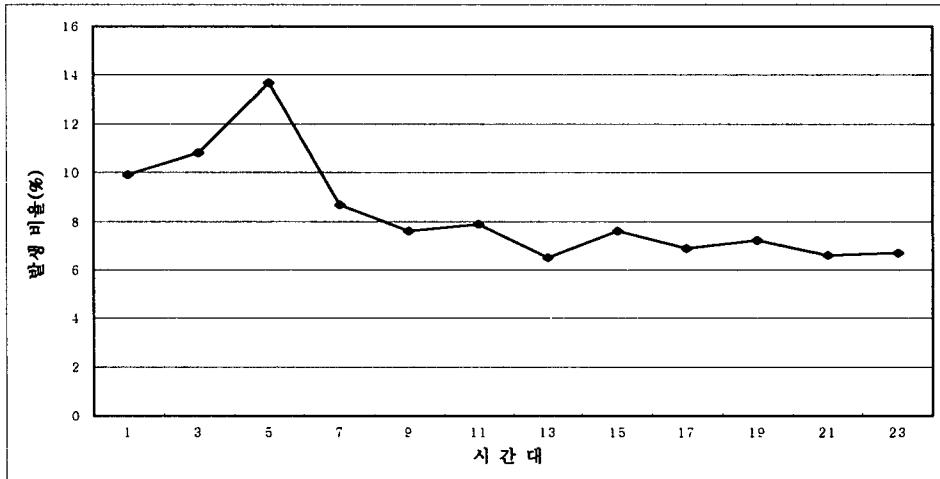


<그림 1> 시간대별 충돌, 좌초, 접촉 발생건수 비교

<그림 1>에서 처럼 교통 관련 해난 사고는 충돌, 좌초, 접촉의 순으로 발생하며 충돌이 좌초 및 접촉에 비해 월등히 많음을 알 수 있다. 각각의 해난 사고에서 시간대별 발생건수를 살펴보면, 충돌의 경우는 04시~06시 사이에서의 발생 비율이 타 시간대에 비해 월등히 높고, 전체적으로 00시~12시 사이의 해난 사고가 12시~24시 사이의 해난 사고에 비해 많음을 알 수 있다. 좌초의 경우는 02시~04시와 04시~06시 사이의 해난 사

고 건수가 비슷하게 발생하며, 타 시간대에 비해 상당히 많음을 알 수 있다. 그러나 08시~10시, 12시~14시 사이의 좌초 사고 발생 건수는 타 시간대에 비해 상대적으로 적었다. 접촉의 경우는 06시~10시, 16시~20시 사이에 비슷한 수준으로 해난 사고가 발생했으며, 타 시간대에 비해 많이 발생했음을 알 수 있다.

<그림 2>은 시간대별로 교통 관련 해난 사고 전체의 발생 빈도를 표시한 것이다.



<그림 2> 전체 교통 관련 해난 사고의 시간대별 발생빈도

<그림 2>를 보면 교통 관련 해난 사고는 충돌, 좌초, 접촉의 순으로 발생하였으며, 충돌이 좌초 및 접촉에 비해 월등히 많음을 알 수 있다. 각각의 해난 사고에서 시간대별 발생건수를 살펴보면 충돌의 경우는 04시~06시 사이의 해난 사고 발생 빈도가 타 시간대에 비해 월등히 높고, 그 다음으로 02시~04시, 00시~02시, 14시~16시, 18시~20시의 순서이다.

제 4 장 피로도 측정과 설문 조사·분석

4.1 정신 피로도 측정 및 분석

4.1.1 정신 피로도 측정

정신 피로도 측정은 실습선 한바다호에서 1998년 2학기에 승선 실습한 학생 104명(남

학생 89명, 여학생 15명)중 1당직조로 편성된 13명의 학생을 대상으로 하였고, 정신 피로도 측정기(Flicker Tester)를 이용하여 선교에서 항해 당직 근무 중 2시간 간격으로 정신 피로도를 측정하였다.

피험자의 신체적 특성은 <표 3>과 같다.

<표 3> 피험자의 신체적 특성

성 별	연 령	신 장	체 중
남 자	21.5 ±0.5	173.1±5.0	68.3±9.8
여 자	20.6 ±0.5	162.8±5.0	56.6±4.4

정신피로도 측정에 이용된 장비는 피로검사기(竹井機器工業(株), T.K.K.)로 이 장치는 한 손으로 버튼을 누른 상태에서 투시 창으로 점점 빠르게 반짝이는 광원을 보고 있다가 이 깜박임이 일정하게 연속된 빛으로 느껴질 때 쥐고 있던 버튼을 놓으면 기기의 표시 창에 초당 반짝임 횟수, 즉 프리커 치(Critical Flicker Frequency, CFF)가 기록된다. 오차를 줄이기 위하여 매 측정시 개인당 연속 2회를 실시하였으며, 그 평균치를 분석에 이용하였다.

이 프리커 치는 개인차가 있어 개인간 혹은 집단간에는 큰 차이가 있으나 한 개인 혹은 한 집단의 프리커 치는 상당한 일관성을 가지므로 정신 피로도 측정은 한 집단의 항해 중 연속된 24시간의 정신 피로도를 측정하기 위하여 3차례에 걸쳐 측정하였다. 측정일자에 관한 상세 내용은 <표 4>와 같다. 학사 일정에 따라 운항되는 한바다호의 항해 일정 상 일정한 시간 간격을 두고 행해졌다.

<표 4> 정신 피로도 측정 일정 및 기상

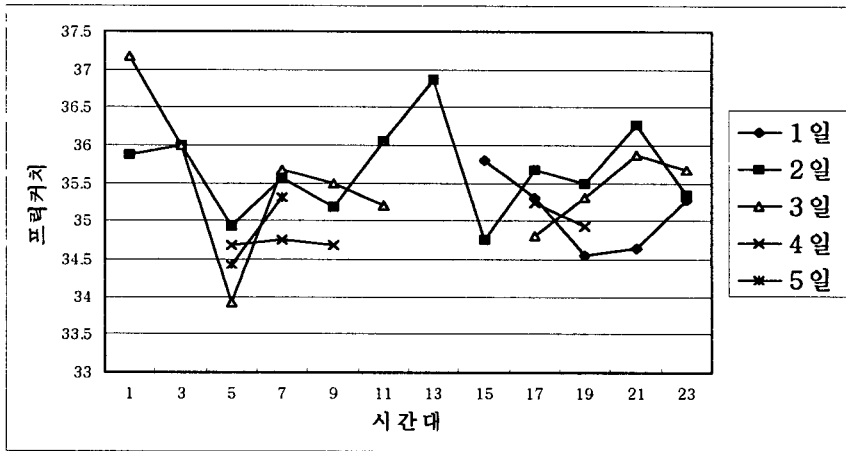
	항 해 기 간	측 정 일 시	항 해 구 역	기 상 상 태
1 차 측정	1998년 9월 22일 1006시 ~ 1998년 9월 24일 1018시	당 직: 2 항사 시 간: 01시,03시, 13시,15시	한 국 연 안 (남 해 안)	풍속:22~27kts 파고:13~20fts 황요: 3° ~ 4° 중요: 심함
2 차 측정	1998년 10월 15일 1048시 ~ 1998년 10월 19일 1106시	당 직: 1 항사 시 간: 05시,07시, 17시,19시	한 국 연 안 (서 해 안)	풍속:28~33kts 파고:13~20fts 황요: 3° ~ 4° 중요: 심함
3 차 측정	1998년 11월 30일 1030시 ~ 1998년 12월 3일 1018시	당 직: 3 항사 시 간: 09시,11시, 21시,23시	한 국 연 안 (남 해 안)	풍속:15~20kts 파고: 5~10fts 황요: 2° ~ 3° 중요: 약함

정신 피로도 측정에 있어 하나의 변수로서 항해 중 기상상태의 변화에 따른 한바다호의 동요를 들 수 있다. 가능한 동일한 환경아래에서 측정하려 하였으나 실선 운항 중에 얻은 자료라는 한계로 인하여 환경을 동일하게 제어하지는 못하였다.

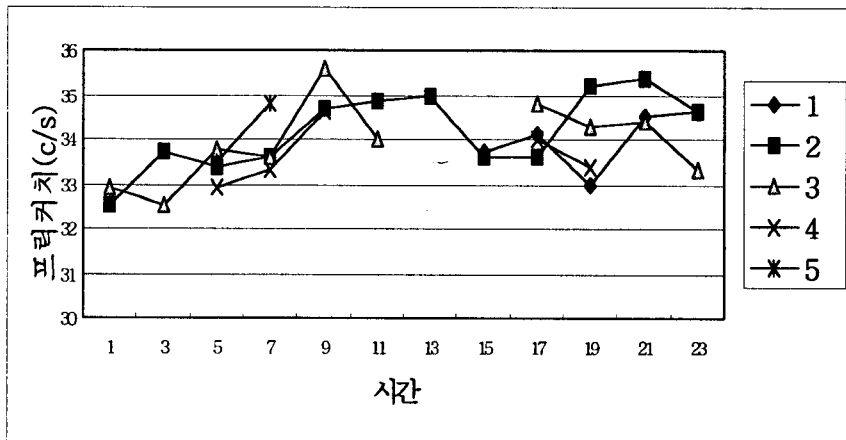
4.1.2 정신 피로도 측정 결과

정신피로도 측정 결과는 다음의 두 가지를 중점을 두어 분석하였다.

첫째, 출항 이후 항해일수가 경과되면서 피실험자가 동일한 시간대에 느끼는 정신 피로도를 남·여로 구분하여 남자는 <그림 3>에 여자는 <그림 4>에 그 결과를 표시하였다.



<그림 3> 항해일수 경과에 따른 시간별 정신 피로도 변화(남자)



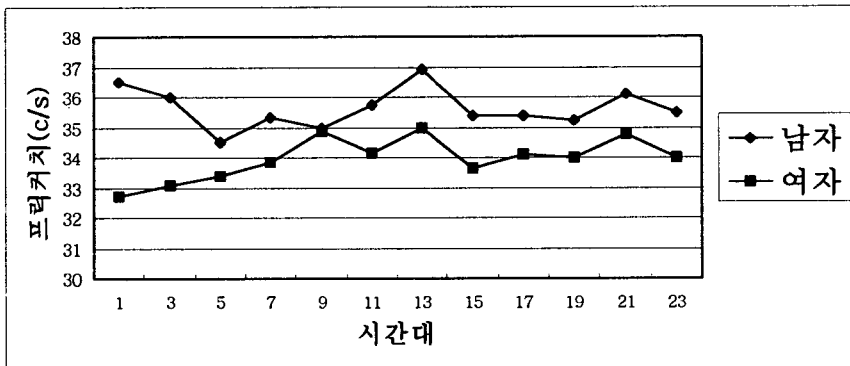
<그림 4> 항해일수 경과에 따른 시간별 정신 피로도 변화(여자)

남자의 항해일수에 따른 정신 피로도 변화를 그림으로 나타낸 것이다. 그림에서 남자는 출항 1일째와 4일째에 비슷한 정신 피로도를 보이나, 2일째와 3일째의 경우 00시~02시 사이에서 약간 차이가 있으나 전체적으로 비슷한 정도임을 알 수 있으며, 출항 후 1일째와 4일째에 2일째와 3일째보다 정신 피로를 많이 느끼는 것을 알 수 있다.

여자의 항해일수에 따른 정신 피로도 변화를 그림으로 나타낸 것이다. 그림에서 여자는 출항 2일, 3일, 4일째에 비슷한 정신 피로도를 보이며, 이때 느끼는 정신 피로가 출항 1일째 느끼는 정신 피로보다 덜 하다는 것을 알 수 있다.

둘째, 측정된 결과를 시간대별로 평균하여 항해중의 시간별 정신 피로도를 남·여로 구분하였다.

남·여의 시간대별 정신 피로도 변화를 표시한 것이다.



<그림 5> 남·여의 시간별 정신 피로도 변화

남자의 경우 04시~06시 사이에 가장 피로한 것으로 나타났고, 두 번째로 피로한 시간대는 08시~10시 사이로 측정되었으며, 세 번째는 06시~08시, 14시~20시로 나타났다. 여자의 경우는 00시~02시 사이가 가장 피로한 것으로 나타났으며, 이러한 피로는 조금씩 나아지지만 06시까지 계속되어 타 시간대에 비해 피로한 상태임을 나타내고, 06시~08시, 14시~16시에서도 상당한 피로를 느끼는 것으로 나타난다. 남·여 간의 시간대별 피로도 변화는 전체적으로 비슷하지만 00시~04시 사이에서 여자는 타 시간에 비해 극도의 피로를 느끼는 반면, 남자는 오히려 타 시간에 비해 피로를 적게 느끼는 현상이 나타났으며, 08시~10시에서 남자는 주변 시간에 비해 피로를 많이 느끼는 반면, 여자는 10시~12시에 주변 시간에 비해 피로를 많이 느끼는 것으로 나타났다.

교통 관련 해난 사고와 정신 피로의 상관 관계를 알아보기 위한 분석기법으로는 스피어만(Spearman)의 순위상관관계를 이용하였다. 순위상관계수는 두변량의 n개의 측정값에

각각 순위를 붙여, 순위쌍 (x_i, y_i) 를 정하고 순위 x 와 순위 y 사이의 상관계 수로서 :

$$r_s(\text{순위상관계수}) = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n(n^2 - 1)}$$

로 정의한다¹¹⁾.

순위상관계수는 두 변량이 정규분포를 만족하지 못하는 경우 및 표본의 수가 작을 때 에 이용된다. 상관계수는 -1에서 +1까지의 값을 지닌다. 완전한 정(+)의 상관관계에 있다 면 상관계수는 +1이며 완전한 음의 상관관계에 있다면 그 값은 -1이다. 두 변수간의 상 관관계의 계수의 절대값이 1.00이면 완전한 상관관계이며, 0.90이면 매우 높은 상관관계, 0.70~0.80이면 상관관계가 높다고 말할 수 있으며, 0.50~0.60이면 적절한 관계, 그리고 0.40 이하면 약한 관계가 있다고 말할 수 있다¹²⁾.

교통 관련 해난 사고와 정신 피로의 상관관계는 남자의 경우 24시간 동안에는 -0.322 로 약한 상관관계로 나타났으나, 정신 피로도의 추출 자료가 비교적 충분치 못한 00시~ 04시, 10시~16시를 제외한 나머지 시간대에서는 -0.8929로 매우 높은 상관관계를 가졌 다. 여자의 경우는 24시간 동안의 상관관계 계수는 -0.7671로, 00시~04시, 10시~16시를 제외한 시간대에서는 -0.6071로 나타남으로써 높은 상관관계가 확인되었다.

4.2 설문 조사 분석

설문 조사는 학생 104명(남학생 89명, 여학생 15명)을 대상으로 피로의 자각증상, 피로 의 원인, 피로가 최대로 느껴지는 시간대 및 항해 중 가장 피로가 느껴지는 날짜 등 크 게 4개 항목에 걸쳐 1998년 12월 16일 2200시~2230시까지 설문 조사를 실시하였다.

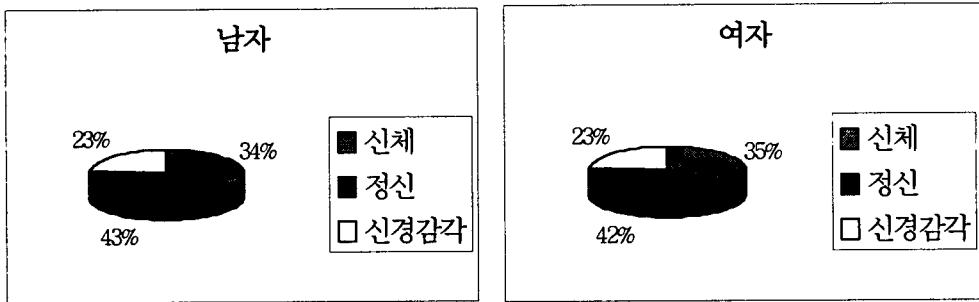
4.2.1 피로의 자각증상

실습선에서 승선 실습하고 있는 학생들이 항해중 신체적, 정신적, 신경 감각적으로 느 끼는 피로에 대하여 자신에게 해당하는 항목을 표시하도록 하였으며 시간의 제약은 주지 않았다.

설문 조사 결과 남·여 모두 정신적 증상, 신체적 증상, 신경 감각적 증상의 순으로 피 로를 느꼈으며 <표 5>와 <그림 6>에 그 결과를 표시하였다.

<표 5> 피로의 자각 증상 값

	신체적 증상	정신적 증상	신경 감각적 증상	총 계
남자	406 (34.0%)	513 (42.7%)	280 (23.3%)	1119
여자	67 (35.4%)	78 (41.3%)	44 (23.3%)	189
총계	473 (34.2%)	591 (42.6%)	324 (23.3%)	1388



<그림 6> 피로의 자각 증상

또한 남·여별로 신체적, 정신적, 신경 감각적으로 피로를 느끼는 내용과 순서를 남자는 <표 6>에, 여자는 <표 7>에 표시하였다. 남·여가 느끼는 피로는 여자에게 신체적 증상에서 어깨가 빠근한 상태 및 신경 감각적 증상에서 손발 떨림이 남자에 비해 많이 나타나는 것 이외에는 신체적, 정신적, 신경 감각적 증상에서 비슷하게 나타났다.

<표 6> 피로의 내용 및 순서 (남자)

순 위	신체적 증상	정신적 증상	신경 감각적 증상
1	침이 마름(71)	집중이 안됨(90)	눈의 피로(77)
2	몸이 뻣뻣(65)	졸림(61)	입맛이 변함(41)
3	전신이 나른(54)	머리가 멍하다(58)	동작착오(36)
4	하품(52)	기억능력감퇴(56)	자세불량(35)
5	머리가 무겁다(43)	의욕감퇴(54)	손발 떨림(25)
6	가슴 답답(36)	말하기 싫음(46)	눈부심(21)
7	어깨 빠근(32)	자신감 상실(42)	현기증(14)
8	골치가 아프다(30)	걱정발생(39)	발이 휘청(13)
9	식은 땀(15)	마음산란(34)	눈꺼풀 경련(12)
10	발이 나른(8)	초조감(33)	손발 떨림(6)
총 계	406	513	280

<표 7> 피로의 내용 및 순서 (여자)

순위	신체적 증상	정신적 증상	신경 감각적 증상
1	어깨가 빠근(10)	집중이 안됨(16)	눈의 피로(9)
2	침이 마름(10)	졸림(11)	손이 떨림(8)
3	하품(9)	기억력 감퇴(11)	입맛이 변함(7)
4	몸이 뻣뻣(8)	머리가 멍하다(10)	발이 휘청(6)
5	머리가 무겁다(8)	의욕감퇴(8)	자세불량(4)
6	전신이 나른(7)	말하기 싫음(6)	현기증(4)
7	가슴답답(6)	자신감 상실(4)	눈부심(3)
8	골치가 아프다(6)	초조감(4)	동작착오(2)
9	발이 나른(8)	마음산란(3)	손발떨림(6)
10	식은 땀(0)	걱정발생(3)	눈꺼풀 경련(0)
총 계	67	78	44

4.2.2 피로의 원인

설문조사에서 피실험자가 피로의 원인으로 가장 크게 작용하는 것부터 순차적으로 기록하여 우선 순위에 따라 가중치를 부여하였다. <표 8>는 피로의 원인에 대한 가중치를 보여주고 있다.

<표 8> 피로의 원인에 대한 가중치

피로 원인의 우선 순위	가 중 치
1	7
2	6
3	5
4	4
5	3
6	2
7	1

이처럼 피로의 원인을 분류하여 가중치를 부여하여 유효 수준을 구할수 있다. 여기서 유효수준이란 어느 한 원인요소가 전체 원인요소에서 차지하는 비율을 의미하며, 원인요소로 언급된 빈도와 가중치를 고려한 것이므로 단순한 빈도에 의해 중요도를 구하는 것보다 훨씬 더 합리적인 지표로 피로의 원인에 대한 순위를 정하는데 유용하게 사용될 수 있다.

피로의 원인에 대한 설문 결과 및 유효수준은 남자는 <표 9>에, 여자는 <표 10>에 표시하였다. 남자는 피로의 원인을 수면 부족, 작업량 과다, 환경 열악, 작업의 미숙련, 과중한 책임감, 인간관계의 마찰, 과격한 노동 순으로 응답하였고, 여자는 환경의 열악, 수면 부족, 과중한 책임감, 작업의 미숙련, 작업량 과다, 인간관계의 마찰, 과격한 노동 순으로 응답하였다. 전체적으로 수면 부족, 환경의 열악, 작업의 미숙련 등의 요소를 피로의 원인으로 지적하였다.

<표 9> 피로의 원인에 대한 설문 결과 및 유효 수준 (남자)

()안은 가중치를 곱한 숫자임

피로의 원인	피로의 우선 순위							유효수준
	1	2	3	4	5	6	7	
수면 부족	18 (126)	13 (78)	15 (75)	6 (24)	7 (21)	3 (6)	7 (7)	4.48
환경열악	17 (119)	13 (78)	7 (28)	6 (24)	6 (18)	12 (24)	5 (5)	4.48
작업량 과다	9 (63)	7 (42)	13 (65)	20 (80)	19 (57)	11 (86)	7 (7)	4.65
인간관계의 마찰	6 (42)	10 (60)	11 (55)	16 (64)	16 (48)	9 (18)	20 (20)	3.49
작업의 미숙련	13 (91)	9 (54)	26 (130)	14 (56)	8 (24)	9 (18)	7 (7)	4.42
과중한 책임감	6 (42)	9 (54)	12 (60)	18 (72)	19 (57)	14 (28)	9 (28)	3.70 (9)
과격한 노동	1 (7)	4 (24)	4 (20)	6 (18)	10 (30)	30 (60)	31 (31)	2.20

<표 10> 피로의 원인에 대한 설문 결과 및 유효수준 (여자)

()안은 가중치를 곱한 숫자임

피로의 원인	피로의 우선 순위							유효수준
	1	2	3	4	5	6	7	
수면 부족	5 (35)	3 (18)	0 (0)	2 (8)	1 (3)	0 (0)	2 (2)	5.07
환경열악	6 (42)	2 (12)	0 (0)	3 (12)	1 (3)	0 (0)	1 (1)	5.38
작업량 과다	0 (0)	3 (18)	1 (5)	0 (0)	3 (9)	1 (2)	3 (3)	3.36
인간관계의 마찰	0 (0)	2 (12)	1 (5)	2 (8)	2 (6)	3 (6)	2 (2)	3.25
작업의 미숙련	3 (21)	2 (12)	2 (20)	1 (4)	1 (3)	5 (10)	0 (0)	4.28
과중한 책임감	1 (7)	1 (6)	6 (30)	1 (4)	1 (3)	0 (0)	1 (1)	4.63
과격한 노동	0 (0)	0 (0)	2 (10)	2 (8)	2 (6)	3 (6)	1 (1)	3.10

4.2.3 시간대별 피로도

설문 조사에서 가장 피로하다고 느껴지는 시간대를 순차적으로 기록하도록 하여 그 우선 순위에 따라 가중치를 부여하였고, 그 가중치는 <표 8>와 같다. 피로 시간에 대한 설문 결과 및 유효수준은 남자는 <표 11>에 여자는 <표 12>에 표시하였다. 남자는 피로시간대를 04시~08시, 00시~04시, 08시~12시, 20시~24시, 12시~16시, 16시~20시 순으로 응답하였고, 여자는 04시~08시, 00시~04시, 20시~24시, 08시~12시, 12시~16시, 16시~20시 순으로 응답하였다. 남·여가 모두 피로를 느끼는 시간대가 유사하였으며 전체적으로 주간보다는 야간에 피로를 느낀다고 응답하였다.

교통 관련 해난 사고와 설문조사의 결과로 나타난 피로의 상관관계를 알아보기 위한 분석기법으로는 역시 스피어만(Spearman)의 순위상관계수를 이용하였다. 교통 관련 해난 사고와 설문조사의 결과로 나타난 피로의 상관관계계수는 남자의 경우 0.817로 상관관계가 상당히 높은 것으로 나타났으며, 여자 또한 0.6577로 비교적 높은 상관 관계가 확인되었다.

<표 11> 피로 시간대에 대한 설문 결과 및 유효수준 (남자)

()안은 가중치를 곱한 숫자임

피로의 원인	피로의 우선 순위						유효수준
	1	2	3	4	5	6	
00시-04시	23 (138)	45 (225)	7 (28)	6 (18)	1 (2)	3 (3)	4.87
04시-08시	47 (282)	25 (125)	7 (52)	3 (9)	0 (0)	1 (1)	5.27
08시-12시	7 (42)	7 (35)	23 (92)	19 (57)	12 (24)	12 (12)	3.28
12시-16시	5 (30)	5 (25)	8 (32)	13 (39)	28 (56)	27 (27)	2.43
16시-20시	0 (0)	1 (5)	7 (28)	22 (66)	31 (62)	24 (24)	2.18
20시-24시	4 (24)	4 (20)	26 (104)	22 (66)	13 (26)	16 (16)	3.01

<표 12> 피로 시간대에 대한 설문 결과 및 유효수준 (여자)

()안은 가중치를 곱한 숫자임

피로의 원인	피로의 우선 순위						유효수준
	1	2	3	4	5	6	
00시-04시	6 (36)	6 (30)	1 (4)	1 (3)	0 (0)	0 (0)	5.07
04시-08시	8 (48)	1 (5)	2 (8)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	5.38
08시-12시	0 (0)	2 (10)	4 (16)	1 (3)	2 (4)	3 (3)	3.36
12시-16시	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (9)	4 (8)	3 (9)	3.25
16시-20시	0 (0)	1 (5)	1 (4)	2 (6)	5 (10)	3 (3)	4.28
20시-24시	0 (0)	1 (5)	4 (16)	5 (15)	1 (2)	1 (1)	4.63

4.2.4 피로의 누적

설문조사에서 항해기간이 길어지면서 피로를 느끼는 강도가 어떻게 변하는지 알아보기 위하여 항해가 시작 된 이후 가장 피로하다고 느껴지는 날짜를 기록하도록 하였다. <표 13>은 항해일수 경과에 따른 피로도에 대한 응답 결과를 나타낸다.

<표 13> 항해일수 경과에 따른 피로도

항해일수	피로도(%)	
	남 자	여 자
출항 1일째	24(27.6)	5(33.3)
출항 2일째	21(24.1)	3(20.0)
출항 3일째	16(18.4)	2(13.3)
출항 4일째	17(19.5)	3(20.0)
출항 5일째	9(10.3)	2(13.3)

<표 13>에 나타난 것 같이 남·여 모두 출항 1일째와 2일째 되는 날 순으로 피로를 느끼는 것으로 응답하였다. 이는 정신 피로 측정에 의한 피로도 조사에서 남·여 모두 출항 후 1일째가 출항 2일, 3일째에 비해 피로가 많이 측정된 결과와 일치한다.

제 5 장 결 론

교통 관련 사고는 대부분 직·간접적인 인적 과실에 의해 발생하고 있으며, 이러한 사고는 04시~06시 사이에 가장 많이 발생하였고, 00시~08시 사이에 해난 사고의 43.1%가 집중되는 것으로 확인되었다.

실습선 한바다호에서 실습중인 남·여 학생의 피로도 자각증상에 대한 설문조사 결과, 남·여 모두 정신적인 증상을 가장 많이 호소하였고, 신체적, 정신적, 신경 감각적 증상으로 표시한 세부 내용은 유사하였다. 피로의 원인으로는 남녀 모두 수면부족 → 환경열악 → 작업의 미숙련 등을 지적하였으며, 피로 시간대로는 남·여 모두 04시~08시, 00시~04시의 순으로 응답함으로써 타 시간대에 비해 새벽시간에 피로감을 많이 느끼는 것으로 조사되었다. 교통 관련 해난 사고와 선박 승무원의 전체적인 피로감과 상관 관계는 남·여 모두 높게 나타났으며, 남자의 경우가 더욱 높게 나타남을 확인할 수 있었다. 선교에서 근무하는 남·여의 정신 피로도 측정 결과 분석에서 남·여의 시간대별 정신

피로도 변화는 전체적으로는 비슷하게 나타났지만, 00시~04시의 경우 여자는 타 시간대에 비해 극도의 피로를 느끼는 반면, 남자는 오히려 타 시간대에 비해 피로를 적게 느끼는 것으로 나타났다. 교통 관련 해난 사고와 정신 피로도의 상관관계는 남자의 경우 00시~04시를 제외하고는 높은 상관관계를 가지나, 24시간 전체를 비교했을 경우에는 상관관계가 미미하였고, 여자의 경우에는 높은 상관관계가 있음을 알았다.

이상에서 선박 승무원이 느끼는 피로와 교통 관련 해난 사고 사이에는 비교적 높은 상관관계가 있음이 확인되었으며, 피로도 측정 및 설문조사 결과 단순한 정신 피로가 주는 영향보다 신체적, 정신적, 신경 감각적 피로가 복합적으로 작용한 피로감이 교통 관련 해난 사고에 미치는 영향이 크다는 것을 확인하였다.

따라서 교통 관련 해난 사고의 원인으로 대부분을 차지하는 인적 과실에 큰 영향을 주는 이러한 피로를 해소하기 위해 당직 근무전 충분한 휴식을 취함과 동시에, 여가 선용 및 적절한 운동 등 선박 근무자 자체의 노력이 매우 중요하다고 생각된다. 그러나 이에 못지 않게 선박 내부의 시설 및 환경도 선박 근무자의 피로가 효과적으로 해소될 수 있도록 개선되어야 할 것이며, 통항 분리 항로의 설치, 선박 교통 관계의 도입, 항로 표지의 개선 등과 같은 교통 환경도 재정비될 필요가 있다. 또한 이러한 교통 환경 개선 노력은 새벽 시간대에 더욱 철저히 지원될 수 있도록 배려되어야 한다.

본 연구의 한계로는, 정신 피로도 측정에서 선박이 처한 환경을 동일하게 통제하지 못했고, 실습중인 학생을 피실험자로 선정함으로써 실제 선박운항을 책임지고 있는 당직 사관이 느끼는 정신 피로도와의 약간의 차이가 있음을 간과할 수 없으며, 관측의 횟수가 통계적 추정의 신뢰성을 높이는데 충분하지 못했다는 점을 들 수 있다. 따라서 추후 이러한 부분에 대한 보완이 필요하다.

참 고 문 헌

1. 조엄 감수 “圖解 에르고노믹스”, 한국 공업 표준 협회, 1991, pp 172~175
2. 이순요, 미래지향적 인간공학, 박영사, 1992, pp 74
3. 박철법, “주야간부 여고생의 피로도에 관한 연구”, 동아대 과학연구논문집 제 집, 1983, pp 209~226
4. “해난심판사례집”, 해양수산부, 1997
5. 大鳥正光, “波勞 研究” 동문서원, 1981, pp125~128
6. 林 喜男, “인간공학”, 日本規格協會, 1987, pp153~167

7. 윤남식, “체육생리”, 서울신문사, 1973, pp387
8. 産業波勞 研究方法 勞動科學研究所 pp892
9. 문헌 1), pp329
10. 박경수, “인간공학, - 작업 경제학-”, 영지 문화사, 1990, pp175-182
11. 정훈조 외 2명 공저, “전산통계” 이한출판사, 1996, pp375
12. 정충영 외1명 공저 “SPSSWIN을 이용한 통계분석”, 무역경영사, 1996
13. 박진수, “해상교통공학”, 효성출판사, 1998, pp 108-110