

# 알코올이 선박운항능력에 미치는 영향

김홍태\* · 양찬수\* · 이봉왕\* · 양영훈\* · 김선영\*

\*한국해양연구원 해양시스템안전연구소

## Effects of Alcohol Exposure on Ship Operational Ability

Hong-Tae Kim\* · Chan-Su Yang\* · Bong-Wang Lee\* · Young-Hoon Yang\* · Sun-Young Kim\*

\* Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering/KORDI

요 약 : 국내의 해양사고 통계에 의하면, 해양사고의 80% 내외가 직접 또는 간접적으로 인적요인에 기인한 것으로 보고되고 있다. 이러한 인적요인 가운데, 해상승무원의 피로요인은 장시간 소요되는 선박의 운항과정에서 발생할 수 있는 사고의 주된 요인이다. 해상 승무원의 피로를 유발하는 요인으로는 수면시간, 운항일정, 업무량, 휴식시간, 알코올 섭취, 건강상태, 근로 및 승선여건 및 각종 스트레스 등이 포함된다. 본 연구에서는 이러한 피로유발 요인들 중에서 알코올의 영향이 선박운항능력에 미치는 영향을 알아보기 위해, 선박운항 시뮬레이터를 이용한 실험을 수행하였다. 실험결과를 분석한 결과, 알코올의 섭취가 선박운항능력을 상당히 저하시키는 것으로 나타났다. 이러한 분석결과는 앞으로 선박운항자의 피로에 의한 해양사고 발생을 근본적으로 줄이기 위한 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

핵심용어 : 선박운항능력, 인적 요인, 피로요인, 알코올

ABSTRACT : It has been estimated that up to 80% of all marine accidents have human elements as a cause. Out of these, human elements of crew fatigue is main causes of marine accident. Crew fatigue involves sleep, schedule, workload, off-time, alcohol, health and stress. With a ship handling simulator, the effect of alcohol on ship operational performance is studied for each 0.05 and 0.08 g% blood alcohol concentrations. A main effect for alcohol was found indicating that ship operational performance was significantly impaired by this alcohol relative to performance in the non-alcohol condition. The results of this research can be applied to minimize marine accidents as basic data.

KEY WORDS : Ship Operational Ability, Human Element, Fatigue Factor, Alcohol

### 1. 서 론

우리나라 해양사고의 80% 내외가 직접 또는 간접적으로 인적요인에 기인한 것은 이미 알려진 바이다. 이러한 현상은 국내에 국한된 문제가 아니라, 전 세계적으로도 비슷한 경향을 보이고 있다. 이에 따라 1990년대 초반에 들어서 이러한 인적요인에 기인하는 사고의 원인을 줄이기 위하여 국제적인 차원에서 국제해사기구(International Maritime Organization ; IMO)와 해운관련 단체 및 세계 각국의 연구기관 등에서 이 분야에 대한 관심과 연구, 조사가 이루어지고 있다. 최근 국내에서도 인적요인으로 인한 사고를 줄이기 위해 다각적인 관심이 모아지고 있다[1][2].

선박운항에 있어서 운항 과실, 항해 장비의 취급 불량, 피로 등의 요인이 인적 요인의 범주에 속하는 것으로 파악되고 있다. 이 가운데 피로요인은 장시간 소요되는 선박의 운항과정에서 발생할 수 있는 사고발생의 주된 요인이다. 이러한 피로의 유발요

인은 수면시간, 운항일정, 업무량, 휴식시간, 알코올 섭취, 건강상태(질병), 근로 및 승선여건 및 각종 스트레스 등이 포함된다. 본 연구에서는 이러한 피로유발 요인들 중에서알코올이 선박운항능력에 미치는 영향을 알아보기 위해, 선박운항 시뮬레이터를 이용한 실험을 수행하였다.

### 2. 인적과실과 피로

#### 2.1 인적과실의 발생과정

해양사고를 이해하는데 있어서, 인적요인과 인간과실(human error)을 명확하게 구분할 필요가 있다. 왜냐하면 해양사고의 80% 이상이 인적요인에 의한 사고라는 말을 하면서 인적요인과 인간과실을 혼동하게 되면, 사고의 원인이 선원 개인의 문제로 귀착되어 근본적인 원인을 파악하지 못하게 되는 오류를 발생하게 된다.

인적요인에 의한 해양사고를 근본적으로 줄이기 위해서는

사고의 발생에 이르기까지의 선원의 인지행동과정을 분석할 필요가 있다.

Takemoto 등[3]은 Rasmussen의 SRK 모델을 해양사고에 맞게 수정한 항해자의 인지행동모델을 항해자의 지각의 유형에 따라 무의식적인 조건반사 행동인 “스킬 베이스 행동”, 의식적이지만, 패턴화된 “룰 베이스 행동”, 의식적으로 추상적 논리적 사고를 하는 “지식 베이스 행동”으로 분류했다(Fig. 1 참조)

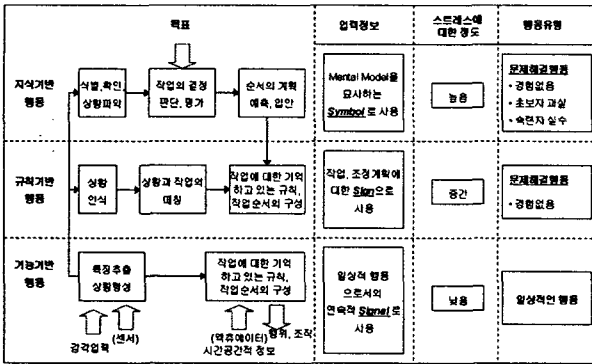


Fig. 1 항해자의 인지행동모델

인적요인에 의한 해양사고를 근본적으로 줄이기 위해서는 사고의 발생에 이르기까지의 선원의 인지행동과정을 분석할 필요가 있다.

또한 항해자의 정보처리 과정은 다음과 같이 정리하였다.

- ① 시각, ARPA레이더, 음향신호 등의 정보검출
- ② 검출한 정보에서 충돌의 가능성을 판단
- ③ 필요시 방향, 속력 변경 등의 조치 결정
- ④ 결정한 내용을 실행 또는 지시

이러한 정보 처리과정에서 항해자의 인간과실은 다양한 형태로 나타날 수 있다. 주된 내용으로는 업무 누락, 업무 혼선, 과다한 조치, 미흡한 조치 등이 있다. 이러한 인간과실은 항해자의 정보처리과정에 있어서 각각의 단계에서 발생하고, 각 과실의 배경으로 작용하고 있기 때문에, 과실에 의한 사고의 원인 구명을 한층 더 복잡하게 한다.

즉, 선원의 과실발생 과정은 Fig. 2와 같이 나타낼 수 있으며, 주된 내용은 먼저 과실을 가져온 요인이 있고, 그것을 계기로 항해자의 정보처리 체계에 다양한 외부 환경이 작용해, 최종적으로 잘못된 행동을 하는 것이다.

이러한 선원과실의 발생과정에 대한 이론적 검토를 통해 해양사고 조사단계에서 잠재적 과실(latent failures)에 대한 파악이 가능하게 되고, 앞서 소개한 해양사고 분석모델을 이용해 정확한 원인 분석이 가능할 것이다.

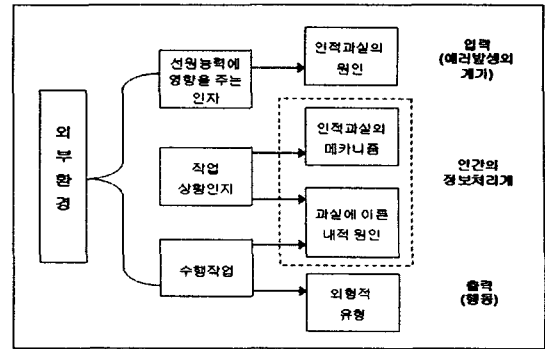


Fig. 2 선원의 인간과실 발생과정

## 2.2 선원 피로

IMO에서는 선원 피로에 관하여 MSC(Maritime Safety Committee)를 중심으로 통신연락작업반 활동을 통하여, 인적 요소의 체계적 정량화를 위하여 HEAP(Human Effect Analysing Process)에 작성이 이루어졌다. MSC의 통신작업반에서는 선원의 피로가 해상사고를 일으키는 인적 과실 중에서 가장 중요한 요인으로 파악하고, “Fatigue Guidance”를 계속 업데이트하고 있다[4]. Table 1에서 보는 바와 같이 “Fatigue Guidance”에서는 Module 1에서 기본적인 피로에 대한 정의, 피로의 원인(선원 요소, 관리 요소, 선박 요소, 환경 요소), 피로의 이해 등에 대한 내용을 정리하고 있으며, Module 2에서 Module 9까지는 선박 운항에 관련된 직종별로 피로에 대한 원인 및 방지대책을 제시하고 있다.

Table 1 IMO의 Fatigue Guidance

Module	Item
Module 1	Fatigue
Module 2	Fatigue and the Ratings
Module 3	Fatigue and the Ships Officers
Module 4	Fatigue and the Masters
Module 5	Fatigue & the Training Institutions & Mgt. Personnel in charge of Training
Module 6	Shipboard Fatigue & the Owners/ Operators/Managers
Module 7	Shipboard Fatigue & the Naval Architects
Module 8	Fatigue and the Maritime Pilot
Module 9	Fatigue and Tugboat Personnel

지금까지 IMO MSC를 통하여 많은 문서가 작성되었지만, 구체적이고 현실적인 면이 약하며, 이러한 이유는 선원의 피로문제가 단순한 규정의 제정으로 해결할 수 있는 문제가 아니기 때문이다. 선원의 피로는 대형사고 뿐만 아니라 ‘near miss’의 근본적인 원인이 됨으로, 피로의 방지 혹은 완화를 위한 기초연구 및 교육과정의 개발이 신속하게 이루어져야 할 것이다.

### 3. 알코올과 인간수행능력

항공기 조종, 자동차 운전, 선박 운항 등과 같은 복잡한 작업의 수행을 위해서는 높은 수준의 인지 기능(cognitive function)과 정신 운동학적 능력(psychomotor skill)을 요구하는데, [5] 알코올은 섭취했을 때 뿐 만 아니라 술에서 깨어난 후에도 이러한 작업 수행도를 낮추는 경향이 있다. [6], [16] 특히 비행기 조종사들의 알코올의 섭취는 치명적인 사고로 이어질 수 있다. [6], [7] 여기서, 인지 기능은 인지구조의 구성요소로 인지구조 변용을 좌우하는 중요한 역할을 한다.

인간 수행도에 있어서, 알코올은 인지 기능과 정신 운동학적 능력에 영향을 미쳐, 대부분의 위험을 감소할 수 있다는 상태로 이르게 되어 자신의 행동의 결과에 대해서 충분한 예측을 하지 못하게 된다. [8] 또한 술 마신 다음날에도 알코올의 영향이 남아 있으므로 경계 소홀, 집중력 감소, 걱정 증가의 현상이 나타나며 [8], [9], [10], 항공기 조종, 자동차 운전과 같은 업무를 위해 요구되는 정보 처리, 기억, 언어 표현력, 반응시간, 주의, 경계, 업무의 추리와 인식 등과 같은 인지적 기능 대부분에 영향을 미친다. 심각한 영향을 미치는 것으로는 정보 처리와 기억, 특히 작업기억 또는 단기기억에 영향을 미치며, 입력, 회상, 정보 구조, 반응시간의 증가를 이끌어 많은 과실을 유발 시킨다. 알코올은 주의력을 감소시키며, BAC 0.015%일 때 두 개의 정보 채널을 동시에 모니터링 하는 것과 같은 주의력 분산을 요구하는 작업에서 수행도 감소의 원인이 된다. 그리고 낮은 알코올 농도는 어떠한 대상을 추적(tracking)하는 작업과 같은 정신 운동의 수행도를 감소시킨다. [7]

#### 2.1 자동차 운전에서 알코올의 효과

1978년 미국 NHTSA(National Highway Traffic Safety Administration)에서는 처음으로 알코올이 자동차 운전에서 미치는 영향을 종합적으로 연구를 수행하였다. 1989년에는 기존의 연구에 대한 분석 자료들이 Moskowitz와 Robinson에 의해 정리되었다. [11].

여기서는 도로교통안전관리공단에서 개발한 운전자 교통 소양교육 프로그램[9]을 보면 BAC 0.05%이하에서는 긴급 사태 대처 상황에서 반응시간이 길어지고, 시력이 15% 정도 감소한다. BAC 0.08% 이상에서는 시력의 약 25%가 감소하고, 집중력이 명백히 떨어지게 된다.

BAC에 따른 음주에 따른 사고 위험도를 보면 BAC 0.05%는 음주를 하지 않았을 때보다 사고 확률이 2배, 만취상태인 0.10%는 6배, 0.15%는 25배로 증가한다. 즉, 알콜도수 24도의 술을 2잔 반(120ml)을 마시고 운전을 하면 마시지 않은 사람보다 사고 발생률이 약 2배까지 증가할 수 있다.

#### 2.2 항공기 조종에서 알코올 효과

각국의 알코올 관련 항공기 사고를 살펴보면 영국의 경우 1964~1973년 사이에 11.6%가 알코올로 인한 사고였으며, [35]

핀란드는 1961~1970년 사이에 12%(41명의 파일럿 중 5명)가 알코올과 관련 되었다. 또한 호주에서는 1977년 9%가 알코올과 관련된 것으로 밝혀졌다. [11] 그러나 치명적인 항공기 사고에 있어서 조종사들의 10~30%가량이 피와 조직에서 알코올성분이 확인되었으며, [8], [12], [13] Gibbons HL 등(1966)의 조사에 의하면 1965년 미국 남서부 지역에서의 치명적 항공기 사고들의 30%에서 BAC가 0.015%보다 높은 것으로 보고되었다. [14]

1971년 FAA(Federal Aviation Administration)에서는 알코올에 의한 항공기 사고를 막기 위하여 비행 8시간 전 음주 금지(the 8-hour "bottle-to-throttle rule")를 도입하였고, 1970년대에는 13~19%까지 사고 낮춰진 것으로 보고되었다. [13], [14], [15].

비행에 있어 알코올이 주는 영향에는 공간 방향 상실이 있으며, 이는 "지형 등의 기준점에 대한 비행 속도 또는 고도 및 비행기의 상태를 정확하게 해석하는데 있어 조종사의 무능력"으로 표현할 수 있다. 만약 방향 감각 상실 상태가 즉시 인지되지 못하면 항공기 제어 불능 상태로 이어지게 된다. 또한 몸의 위치감각이나 운동감각을 중추에 전달하는 전정 기관에 좋지 않은 영향을 주며, 안구의 운동능력을 감소시킨다.

실험을 통한 결과를 보면 Aksnes 등[16]은 미량의 알코올 섭취가 비행연습장치(Link trainer)에서 파일럿의 수행도를 감소시키는 것을 찾아냈다. BAC 0.05%일 때 복합적인 기술을 요하는 과제(complex skill-based task)를 수행하는데 있어 수행도가 충분히 감소되고, 0.02%에서도 감소됨을 보고하였다. 이후 다양한 레벨에서의 BAC에서 파일럿의 수행도에 대한 연구가 이루어 졌으며 마찬가지로 수행도가 감소함을 보였다. BAC가 0.08% ~ 0.10% 범위인 시뮬레이터에서의 파일럿 수행도가 전체적으로 감소됨을 보였으며, 무선 통신의 감소, 의사소통의 에러 증가, 조종석에서의 모니터링 주의 감소, 경계 실패, 부족한 의사 결정, 기본적인 조종 기술들의 저하 그리고 비행(flying) 절차 방법의 오류 등을 포함한 수행도가 감소됨을 보고하고 있으며, 낮은 BAC에서도 파일럿의 수행도를 감소시키는 것을 알아냈다.

Billings 등[18]은 보잉 727기 시뮬레이터를 사용하여 알코올을 섭취 후 항공기를 1시간 동안 운항하게 하였다. 그 결과 알코올의 섭취량에 따라 주의 경계의 실패, 비행 절차 및 계획의 오류들이 증가하는 것을 발견하였으며, 수행도 감소는 가장 낮은 BAC 수준에서도 발견되었다고 보고하였다.

Smith and Harris[19]는 BAC 0.04%보다 낮은 상태에서 비행사들의 무전 교환 능력이 명확하게 감소됨을 찾아냈으나, 비행 기술 등은 명확하게 감소하지 않았다고 보고 하였다. 그러나 다른 연구에서 BAC가 0.02% 보다 작을 때 항공기의 이착륙에서 파일럿의 수행도가 낮아짐을 발견하였다.

Ross 등[20]은 BAC 0.04% 와 그 이하에서 비행 수행 능력이 감소하였고, Billings 등[17]은 경비행기 "Cessna 172"를 사용하여 BAC 0.04%, 0.12%의 두 레벨에 대해서 실험을 하여 0.04% 일 때 비 음주 상태 일 때 보다 두 배 이상의 비행절차 오류와 1번의 비행 조종능력을 잃었으며, 0.12% 일 때 세 배 이상의 비행절차 오류와 16번의 비행 조종능력을 잃는 다고 보고하였다.

### 2.3 선박운항과 알코올

선박운항 분야에서, 알코올이 항해사의 운항능력에 미치는 영향에 대한 연구는 부족한 실정이다. 시뮬레이터를 이용한 제한적인 연구가 부분적으로 수행되었는데, 이를 정리하면 다음과 같다.

Howland 등[20]은 상선의 운항 시에 BAC 0.04%가 충돌 회피에 어떠한 영향을 주는지를 알아보기 위하여, 100시간이상의 시뮬레이터 경험이 있는 38명의 해양대학 학생들을 대상으로 실험을 수행하였다. 이 연구에서는 알코올에 의한 선박운항능력의 변화를 알아보기 위하여, 주어진 시나리오를 가지고 비음주 상태와 음주 상태에서의 시뮬레이션 수행능력을 분석하였다. 또한 음주 상태에서 실시한 시뮬레이션에서는 피실험자 중 몇 명에게는 알코올 성분이 없는 음료수를 알코올 음료로 인식시켜 (placebo, 이하 플라시보) 수행능력 실험을 실시하였다. 실험결과 BAC 0.04%에서 수행능력이 감소하였으나, 음주를 한 피실험자들은 수행도가 음주 전보다 좋아졌거나, 차이가 없다고 대답하여, 이는 BAC 0.04%에서는 자신의 수행능력 감소를 인식할 수 없다는 것을 보여주고 있다. Fig. 3은 비음주 상태인 day1 실험과 음주 혹은 플라시보 상태에서 실시한 day2 실험과의 수행능력을 보여주고 있다. 높은 점수 일수록 수행능력이 좋은 것을 의미한다. 플라시보 상태에서는 수행능력에 차이가 없으나, 음주상태에서는 수행능력이 감소한 것을 보여주고 있다. Fig. 4는 day1 과 day2에서 실시한 시뮬레이션에서 피실험자들에게 알코올(BAC 0.04%)이 수행능력에 영향을 주었는가에 대해 질문을 하였으며 70% 이상이 시뮬레이션 수행능력에 알코올의 영향이 없거나 오히려 수행능력이 좋다고 답한 것을 보여주고 있다.

Marsden & Leach[21]은 알코올과 카페인에 항해능력에 미치는 영향을 알아보기 위해, 12명의 선원을 대상으로 비음주 상태와, 음주상태, 카페인만 섭취상태, 음주와 카페인을 동시에 섭취한 상태로 4가지 조건에 대해서 실험을 실시하였다. 그리고, 알코올 40%인 위스키 75ml와 무설탕의 커피 250mg을 제공하였다. 실험은 비슷하게 생긴 영어문자의 조합을 찾는 VST(visual search task)와 해도상에 표시된 기호 및 수심, 위험지역을 찾는 Chart Search(navigational search), 항해 중 발생하는 문제를 해결하는 Navitask(navigational problem-solving task)에 대한 수행도 평가실험을 실시하였다. 실험 결과, VST 작업에서는 4가지 조건에서 차이가 없었으며, Chart Search 및 Navitask 작업에서는 비음주 상태 수행도가 다른 3가지 조건일 때 보다 좋은 결과를 보였다.

선박운항과 알코올에 대한 연구가 아직까지 많이 이루어지지 않아 일부 결과에서 기대되는 것과 다소 다르게 나타나고 있는 것을 알 수 있다.

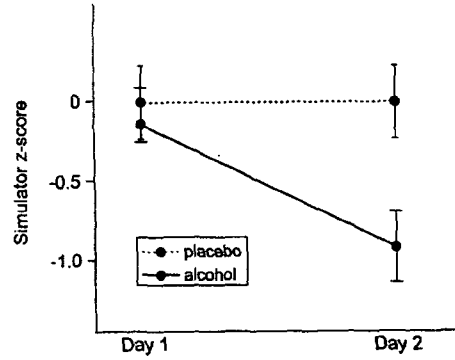


Fig. 3 시뮬레이션 수행능력 평가에 대한 알코올 영향

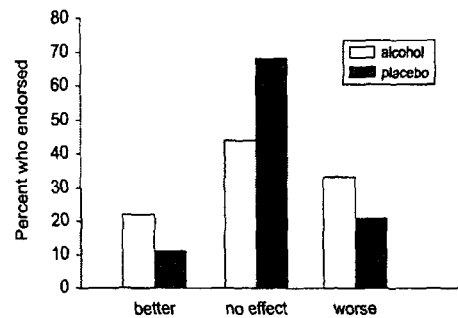


Fig. 4 수행능력의 알코올 영향에 대한 피실험자의 평가

## 4. 알코올과 선박운항능력의 관련성 실험

선원의 피로에 직접적 영향을 미치는 요인으로서 현재까지 알려진 것은 알코올/약물, 수면시간, 스트레스, 근로 및 승선여건, 휴식시간, 건강상태, 운항일정, 업무량 등이 대표적인 것이다. 이러한 요인들 중에서 실험을 통한 정량적 측정이 가능한 것은 알코올/약물 및 수면 등과 관련된 한정된 범위 정도이며, 대부분의 나머지 요인에 대한 분석은 직접 인터뷰나 설문지 등을 통한 조사방법이 유효하다.

본 연구에서는 선원 피로 유발요인 중 정량적 측정이 용이한 알코올이 선박운항능력에 미치는 영향을 평가해 보고자 다음과 같은 실험을 실시하였다.

### 4.1 실험방법

#### 4.1.1 피실험자

실험은 시뮬레이터 사용 경력 100시간 이상자로 승선경력이 있는 목포해양대학교 4학년 학생 8명을 대상으로 실시하였다. 피실험자의 주량은 소주 반병 이상이었고, 평균나이는 23.1세, 평균체중은 66kg 그리고 평균신장은 175cm였다. 실험 전일부터 피실험자로 하여금 흡연, 커피, 알코올, 각성제나 흥분제 등의 제약을 복용을 하지 않도록 하였다.

#### 4.1.2 실험장비

모의 항행 선박 운항 실험은 한국해양연구원 해양시스템안전연구소에서 자체 기술로 개발하여 운용하고 있는 3차원 전기능

선박운항 시뮬레이터시스템(FMBS: Full Mission Bridge Simulator)을 이용하여 수행되었다. 이 시스템은 5개의 구형(Spherical) 화면을 사용하여 수평 시야각 225도의 전경을 선박 운항자에게 실시간으로 제공한다. Fig. 5는 본 시뮬레이터 시스템의 선교 모습을 보여주고 있다. 선교에는 조타기, 엔진 텔레그라프(좌현 및 우현), 레이더 등의 항해 장비와 선속지시기, rpm 지시기, 선회속도 지시기, 타각 지시기, 풍향/풍속 지시기 등을 갖추고 일반적인 선박의 선교에서 제공하는 모든 기능을 제공한다. Fig. 6은 시뮬레이터 제어실의 광경이다.

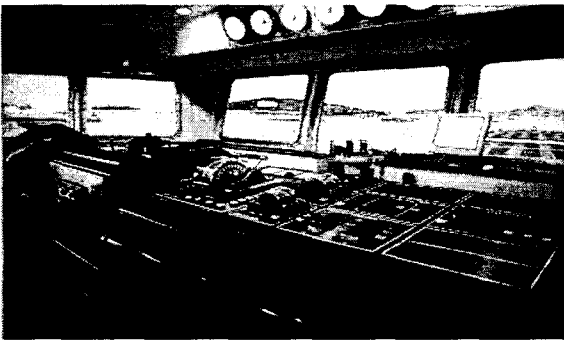


Fig. 5 선박운항 시뮬레이터



Fig. 6 선박운항 시뮬레이터 시스템 통제 Console

실험에 사용된 시나리오는 격자형으로 구성된 것으로 부표와 부표사이를 지나도록 되어 있으며 항행 중 나타나는 타선을 피하여 완주하도록 하였다. 시나리오를 실시하는 동안 부표 또는 타선과 충돌할 경우 사고로 판단, 시뮬레이터가 자동으로 멈추도록 하였다. Fig. 7은 모의 항행 실험에 사용된 시나리오를 보여준다.

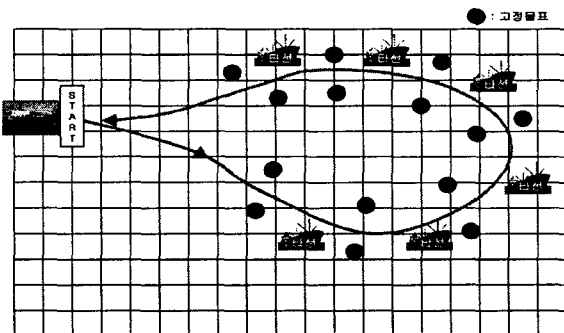


Fig. 7 모의 항행 실험에 사용된 시나리오

알코올 섭취를 위한 재료로써 40도 보드카와 탄산음료를 준비

하였다. 두 재료를 정확한 비율로 혼합하기 위해 실험용 비이커를 사용하였으며, 피실험자들이 음료 섭취시 냄새를 맡지 못하도록 하기 위하여 두껍이 있는 컵을 준비하였다. BAC를 측정하기 위하여 원바이오사에서 제작한 휴대용음주측정기인 CA-2000 Model을 사용하였다. 심전도를 측정하기 위하여 LAXTHA 사에서 제작한 QECG-3 Model을 사용하였으며 이것은 표준 유도를 통한 심전도를 측정할 수 있는 장치이다. LAXTHA 사에서 제작한 Telescan 프로그램을 사용하여 피실험자의 심전도 데이터를 획득하였으며, 사후 분석을 실시하였다.

#### 4.1.3 실험계획

실험변수로 독립변수는 3수준의 알코올 농도(BAC Zero, BAC 0.05 그리고 BAC 0.08)이며 종속변수는 분당 심박수(heart rate)와 심박변이도(heart rate variability)를 사용하여 3x1 between subject design으로 총 8명을 대상으로 실시하였다. 탄산음료만으로 만들어진 BAC Zero, 탄산음료에 알코올농도 40%의 주류를 4:1로 희석하여 혈중알코올 농도 0.05-0.06를 그리고 탄산음료에 알코올 농도 40%의 주류를 3:1로 희석하여 혈중알코올 농도 0.08-0.09를 만들었다[22]. 알코올의 섭취 효과를 알아보기 위해 알코올의 혼합 여부는 말하지 않았다.

#### 4.1.4 실험절차

피실험자들은 다른 실험자가 본 실험에 임하는 동안 대기소에서 편안하게 쉬도록 하였다. 이 중 다음 실험에 참가할 피실험자에게 실험용 음료를 제공하여 섭취하도록 한 후 대기하도록 하였다. 피실험자는 실험 준비실에서 휴식을 취하는 동안 제공된 음료를 약 5분간에 걸쳐 섭취하게 된다. 약 30분 후 시뮬레이터실에 입실하여 몸에 심전도 장비를 장착 후 의자에 앉아 편히 쉬게 하였다. 이때 5분간 실험하기 전의 심박수를 측정하였으며 측정이 끝난 후 모의 항행 실험을 실시하였다. 모의 항행 실험을 실시하는 동안에도 심박수를 계속 측정하였다. 모의 항행 실험에서의 시나리오를 끝마치고 난 후 다시 5분간 실험 후의 심박수를 측정하였으며, 이로써 모든 실험을 종료하였다.

실험 종료 후, 피실험자의 정신적 부하를 측정하기 위해 주관적 측정방법인 NASA-TLX(Nasa Taskload Index)를 사용하였다. NSAS-TLX는 정신적 요구(mental demand), 신체적 요구(physical demand), 시간적 요구(temporal demand), 수행도(performance), 노력수준(effort) 및 좌절수준(frustration)의 6가지 항목으로 나뉜다. 다음 피실험자도 마찬가지로 실험을 실시하였다. 1인당 실험시간은 약 50분간 진행되었다. 실험은 전체적으로 2주에 걸쳐 3일간 진행되었다.

#### 4.2 실험결과

현재까지 발표된 작업부하 측정기법들은 다음과 같은 3가지 범위에 포함된다.

- 생리학적 측정방법

- 수행도 기준 측정방법
- 주관적 측정방법

본 연구에서는 알코올이 선박운항 능력에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 위의 3가지 범위를 모두 포함할 수 있도록 심전도 측정기를 이용한 생체신호, 시뮬레이터를 이용한 수행도 및 NASA-TLX를 이용한 정신부하 측정을 수행하였다. 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

#### 4.2.1 생체신호 측정 결과

Fig. 8과 Fig. 9의 알코올 섭취에 따른 심박변이도와 심박수에 대한 비교분석을 위해서, 5% 유의수준의 paired-wised t-test를 실시하였다. 분석결과, 심박변이도는 알코올 섭취에 따라 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(BAC 0.0-BAC 0.05 :  $p=0.425$ , BAC 0.0-BAC 0.08 :  $p=0.069$ , BAC 0.05-BAC 0.08 :  $p=0.305$ ).

같은 방법으로 분석한 심박수에 대한 결과에서는 알코올 섭취에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(BAC 0.0-BAC 0.05 :  $p=0.043$ , BAC 0.0-BAC 0.08 :  $p=0.009$ , BAC 0.05-BAC 0.08 :  $p=0.936$ ). 즉, 알코올 섭취 유무에 따라 심박수가 변화하는 것으로 나타났다. BAC 0.05와 BAC 0.08 간의 심박수의 차이는 나타나지 않았다.

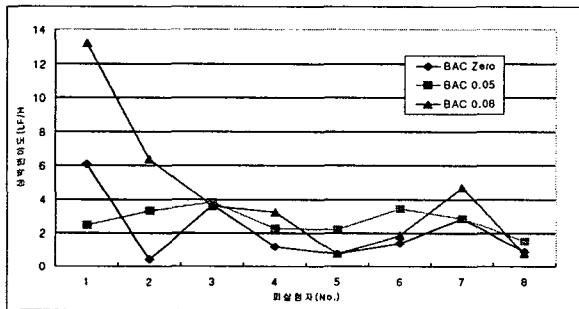


Fig. 8 알코올 섭취에 따른 심박변이도의 변화

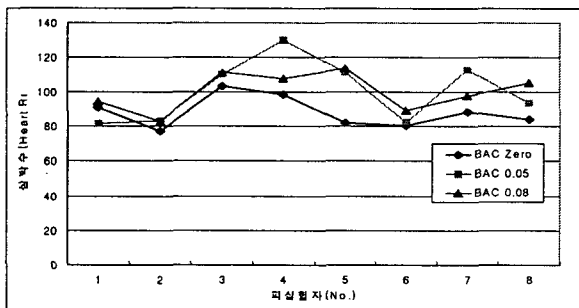


Fig. 9 알코올 섭취에 따른 심박수의 변화

#### 4.2.2 시뮬레이터 수행 결과

Fig. 10과 Fig. 11의 알코올 섭취에 따른 운항시간과 평균선속에 대한 비교분석을 위해서, 5% 유의수준의 paired-wised t-test를 실시하였다. 분석결과, 시뮬레이터를 통한 전체운항시간은 알코올 섭취에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다

(BAC 0.0-BAC 0.05 :  $p=0.078$ , BAC 0.0-BAC 0.08 :  $p=0.020$ , BAC 0.05-BAC 0.08 :  $p=0.047$ ).

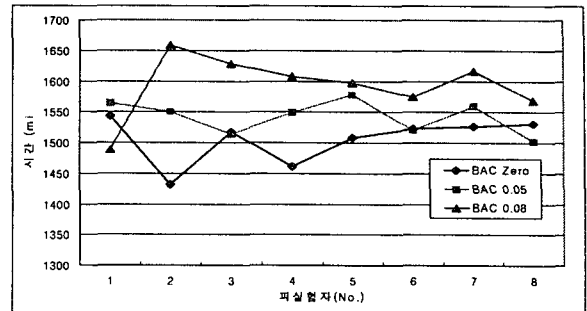


Fig. 10 알코올 섭취에 따른 전체 운항시간의 변화

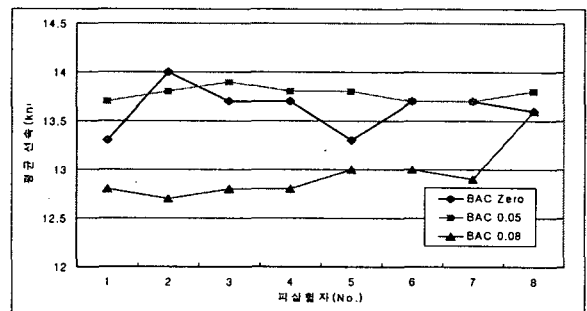


Fig. 11 알코올 섭취에 따른 운항 중 평균선속의 변화

같은 방법으로 분석한 평균선속에 대한 결과에서도 알코올 섭취에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(BAC 0.0-BAC 0.05 :  $p=0.104$ , BAC 0.0-BAC 0.08 :  $p=0.002$ , BAC 0.05-BAC 0.08 :  $p=0.000$ ).

즉, 전체 운항시간과 평균선속에서 모두 BAC 0.00와 BAC 0.05 간의 차이는 나타나지 않았으나, 나머지 부분에서는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다.

#### 4.2.3 정신적 부하 측정 결과

Fig. 12의 알코올 섭취에 따른 정신적 부하의 변화에 대한 비교분석을 위해서, 5% 유의수준의 paired-wised t-test를 실시하였다. 분석결과, 피실험자별로 알코올 섭취에 따라 정신적 부하의 차이가 있는 것으로 나타났다(BAC 0.0-BAC 0.05 :  $p=0.340$ , BAC 0.0-BAC 0.08 :  $p=0.005$ , BAC 0.05-BAC 0.08 :  $p=0.012$ ). 즉, 정신적 부하의 변화에 있어서 BAC 0.00와 BAC 0.05 간의 차이는 나타나지 않았으나, 나머지 부분에서는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다.

Fig. 13의 알코올 섭취에 따른 정신적 부하의 세부항목별 변화에 대한 비교분석에서도 알코올의 농도에 따라 세부항목별로 차이가 있는 것으로 나타났다. 특히, 피실험자들이 “정신적 요구”항목과 “노력” 항목에서 높은 정신적 부하를 느끼는 것으로 나타났다.

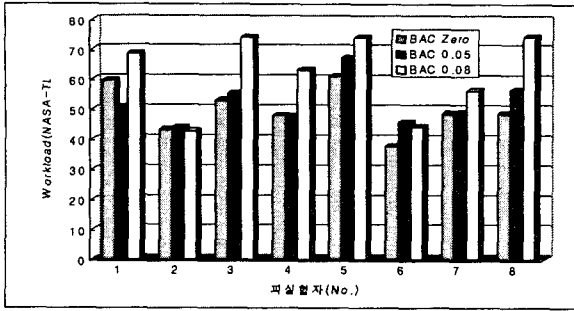


Fig. 12 알코올 섭취에 따른 정신적 부하의 변화

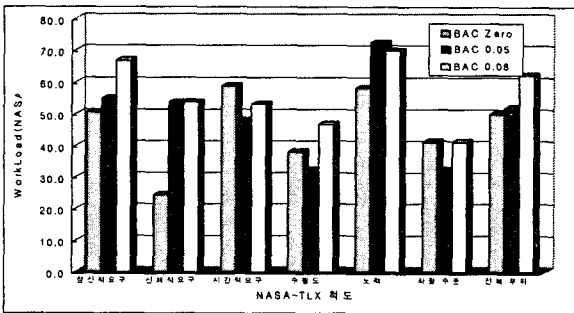


Fig. 13 알코올 섭취에 따른 세부항목별 정신적 부하의 변화

### 5. 결론

본 연구에서는 해상승무원의 피로를 유발하는 요인들 중에서, 알코올이 선박운항능력에 미치는 영향을 알아보기 위해, 선박운항 시뮬레이터를 이용한 실험을 수행하였다. 8명의 20대 피실험자를 대상으로, BAC의 변화(0.0, 0.05, 0.08)에 따른 선박운항능력의 차이를 실험을 통하여 검증하였다.

알코올이 선박운항 능력에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 1) 심전도 측정기를 이용한 생체신호, 2) 시뮬레이터를 이용한 수행도 및 3) NASA-TLX를 이용한 정신부하를 측정하였으며, 이 결과분석을 통하여 알코올의 섭취가 선박운항자의 신체적, 정신적 능력을 상당히 저하시키는 것으로 파악되었다. 특히, 알코올의 섭취가 심박수와 같은 생체신호의 변화는 물론 시뮬레이터를 통한 수행도와도 직접적인 연관성이 있는 것으로 나타났다. 또 피실험자 본인이 작성한 주관적 정신부하 평가도 알코올의 섭취와 많은 연관성이 있는 것으로 분석되었다.

이러한 분석결과는 앞으로 선박운항자의 피로에 의한 해양 사고 발생을 근본적으로 줄이기 위한 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

### 후 기

본 논문의 내용은 해양(연) 해양시스템안전연구소에서 기본 연구사업으로 수행중인 “해양위해도 통합관리시스템 기반기술 개발”의 연구결과 중 일부를 밝히며, 실험을 위해 많은 지원을 해 준 국립 목포해양대학교 해상운송시스템학부에 사의를 표한다.

### 참 고 문 헌

- [1] 김홍태, 양찬수, 박진형, 이종갑, “인적요인 측면에서의 해양위해도 저감”, 대한조선학회 춘계학술대회 논문집, pp. 816-821, 2004.
- [2] 양찬수, 김홍태, “해양사고 요인분석에 관한 고찰”, 대한조선학회 춘계학술대회 논문집, pp. 810-815, 2004.
- [3] Takemoto et al, “On the human error classification of marine collision accidents”, The Journal of the Japan Institute of Navigation, Vol. 106, pp. 39-46, 2002.
- [4] IMO, “Guidance on fatigue mitigation and management”, MSC/Circ. 1014, June, 2001.
- [5] Finnigan, F, Hammersley, R. “The effects of alcohol on performance” in: Smith Ap, Jones DM(eds). Handbook of Human Performance(vol.2). Academic Press; London, 73-125, 1992.
- [6] 이원영, “음주운전감소를 위한 연구과제”, 도로교통안전관리공단, 2002.
- [7] Newman, G. “Alcohol and human performance from an aviation perspective : a Review”, March, 2000.
- [8] Modell, J.G, Moints, J.M. “Drinking and flying- the problem of alcohol use by pilots. New Engl J Med. 323:455-461, 1990.
- [9] 도로교통안전관리공단, “운전자 교통소양교육 프로그램 개발”, p.228, 1999.
- [10] Levine, J.M. and Karras. L., “Effects of alcohol on human accommodation. Aviat Space Environ Med. 48:612-6, 1977.
- [11] Moskowitz, H. and Fiorentino, D., A review of the literature on the effects of low doses of alcohol on driving-related skills(Final report), NHTSA, DOT HS 809 028, April 2000.
- [12] Burton, R.R. and Jaggars, J.L. “Influence of ethyl alcohol ingestion on target task during sustained +Gz centrifugation”. Aerospace Med, 45:290-6, 1974.
- [13] Ryan, L.C. and Mohler, S.R., “Current role of alcohol as a factor in civil aircraft accidents”, Aerospace Med. 50:275-79, 1979.
- [14] Ryan, L.C. and Mohler, S.R., “Intoxicating liquor and the general aviation pilot in 1971”. Aerospace Med. 43:1024-6, 1972.
- [15] Laceyfield, D.J. and Roberts, P.A., “Blossom CW. toxicological findings in fatal civil aviation accidents ; fiscal years 1968-1974”, Aviat Space Environ Med. 6:1030-1032, 1975.
- [16] Aksnes, E.G., “Effect of small doses of alcohol

- upon performance in a Link trainer", *J. Aviat Med* 25:680-8, 1954.
- [17] Billings, C.E., Wick, R.L., Gerke, R.J. and Chase, R.C., "Effects of ethyl alcohol on pilot performance", *Aviat. Space Environ. Med.*, 44:379-82, 1973.
- [17] Billings, C.E., Denosthernes, R.L., White, T.R., and O'hara, D.B., "Effects of alcohol on pilot performance in simulated flight", *Aviat. Space Environ. Med.*, 62:233-235, 1991.
- [19] Smith F.J and Harrise D., "The effects of low blood alcohol levels on pilot's prioritization of tasks during a radio navigation task", *Int J Aviat Psych.* 4:349-358, 1994.
- [20] Ross L.E., Yeazel L.M. and Chau A.W., "Pilot performance with blood alcohol concentrations below 0.04%" *Aviat Space Environ Med.* 63:951-6, 1992.
- [21] Howland. J., "Effects of low-dose alcohol exposure on simulated merchant ship piloting by maritime cadets", *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 33, pp. 257-265, 2001.
- [22] Marsden. G. and Leach. J., "Effects of alcohol and caffeine on maritime navigational skills", *Ergonomics*, Vol. 43, No. 1, pp. 17-26, 2000.
- [23] "Indiana's Driver Manual", Indiana Bureau of Motor Vehicles, 1974.