

승선 중 알코올이 선박운항능력에 미치는 영향에 관한 연구

양찬수* · 양영훈* · 김홍태* · 공인영* · 이봉왕*

*한국해양연구원 해양시스템안전연구소

305-343 대전광역시 유성구 장동 171

Study on Ship Operational Ability under the Influence of Alcohol

Chan-Su Yang* · Young-Hoon Yang* · Hong-Tae Kim* · In-Young Gong* · Bong-Wang Lee*

* Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering/KORDI

171 Jang-dong, Yuseong-gu, Daejeon, 305-343 KOREA

요약 : 알코올이 인간의 행동과 수행도에 미치는 영향에 대한 연구는 항공기와 자동차의 운전을 중심으로 많이 이루어져 왔으며, 기존의 연구를 통해 선박의 당직 전 및 당직 중의 음주는 안전운항에 큰 영향을 미친다고 할 수 있다. 본 연구에서는 승선 중 음주 실태를 파악하기 위하여, 선택형 설문지를 교육증인 사관들에게 배포하여 얻어진 118명으로부터의 결과를 조사하였다. 알코올 의존도에 관한 자가진단결과에 따르면, 조사대상자의 27% 이상이 알코올 남용 증세를 나타내었다. 또한, 승선 중 음주 현황 및 인식에 관한 결과를 바탕으로, 선박운항 시뮬레이터를 이용한 음주 운항 시나리오를 마련하였으며, 알코올이 선박운항능력에 미치는 영향을 알아보았다. 실험결과를 분석한 결과, 알코올의 섭취가 선박운항능력을 다소 저하시키는 것으로 나타났다. 이러한 분석결과는 앞으로 선박운항자의 피로에 의한 해양사고 발생을 근본적으로 줄이기 위한 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다.

핵심용어 : 선박운항능력, 알코올, 선박 운항 시뮬레이터

ABSTRACT : Based on the previous studies on alcohol effects on human behavior and performance in transportation system such as airplane and car driving, the alcohol exposure before and on watch of a ship has a great influence on subsequent behavior. In this paper, to examine the drinking status of officers on board multiple choice questionnaires are circularized under instruction and surveyed for 118 officers. According to the results of the questionnaire survey on alcohol dependance (Alcoholism) that was invented by WHO, over 27 % of those surveyed represented alcohol abuse symptoms. In addition to that, the existing state and awareness for on-board-drinking was summarized to make a scenario of drunk-operation with a ship handling simulator to investigate the effect of alcohol (0.08 g% blood alcohol concentrations) on ship operational performance. A main effect for alcohol was found indicating that ship operational performance was comparatively 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, alcohol, ship handling simulator

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 인적 요인에 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].

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

* yangcs@kriso.re.kr, 042)868-7276

mmu77@kriso.re.kr, 042)868-7893

kht@kriso.re.kr, 042)868-7236

iygong@kriso.re.kr, 042)868-7261

neoyilin@kriso.re.kr, 042)868-7206

사고를 하는 “지식 베이스 행동”으로 분류했다. 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].

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

2. 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 뿐만 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 감수할 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 운전에 있어 알코올의 효과

1978년 미국 NHTSA(National Highway Traffic Safety Administration)에서는 처음으로 알코올이 자동차 운전에 미

치는 영향을 종합적으로 연구를 수행하였다. 1989년에는 기존의 연구에 대한 분석 자료들이 Moskowitz와 Robinson에 의해 정리되었다[11].

여기서는 도로교통안전관리공단에서 개발한 운전자 교통소양교육 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 조종에 있어서 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 알코올성 분이 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, 1970년 대에는 13~19%까지 사고 낮춰진 것으로 보고되었다.[13],[14], [15].

실험을 통한 결과를 보면 Aksnes 등[16]은 미량의 알코올 섭취가 비행연습장치(Link trainer)에서 파일럿의 수행도를 감소시키는 것을 찾아냈다.

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 보고하였다. 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 잃는다고 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, 100시간 이상의 시뮬레이터 경험이 있는 38명의 해양대학 학생들을 대상으로 실험을 수행하였다. 이 연구에서는 알코올에 의한 선박 운항능력의 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 수행 능력 감소를 인식할 수 없다는 것을 보여주고 있다.

Marsden & Leach[21]는 알코올과 카페인의 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 250mg 을 제공하였다. 실험은 비슷하게 생긴 영어문자의 조합을 찾는 VST(visual search task)와 해도상에 표시된 기호 및 수십, 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.

최근 5년간 음주운항 단속(해상교통안전법에 의해 해양경찰청 집행)결과에 따르면, 매년 평균 40건 이상 적발되고 있다.

<Table 1>에는 단속에 적발된 운항자의 연도별 평균 BAC 와 최대 BAC를 나타내었다. 최근 5년간 음주운항 단속에 적발된 운항자의 평균 BAC는 0.15%로 국내 음주운항 단속 기준인 0.08%보다 약 2배정도 높은 수치를 나타내었으며, 최대 BAC는 0.5% 이었다.

<Table 1> 최근 5년 간 음주운항 단속에 적발된 운항자의 평균 BAC 및 최대 BAC

구분	평균 BAC	최대 BAC
'00	0.15%	0.34%
'01	0.16%	0.34%
'02	0.17%	0.41%

'03	0.15%	0.5%
'04.6.30현재	0.13%	0.24%
평균	0.15%	0.37%

3. 승선 중 음주관련 설문조사

상선에 대한 음주 운항의 실태를 파악하기 위하여 한국해양 수산연수원에서 교육중인 사관직급 이상의 항해사 118명에게 설문조사를 하였다. 설문 응답자의 약 84 %는 2등 항해사 기관사 이상의 직책을 갖고 있었다. 설문지의 구성은 승선 경력 3년 이상의 항해사 및 기관사 9명을 대상으로 예비 설문 조사를 실시하였으며, 문항 분석 과정을 통하여 최종 설문지를 구성하였다. 설문지의 구성은 아래와 같다.

- ① 승선 중 음주 현황 조사 : 실제 승선 생활 중 1항차 동안 음주를 하는 횟수 및 당직 전 음주현황 여부 등
- ② 음주운항에 대한 인식 : 승선 중 음주 운항 허용 여부 및 정도
- ③ 승선 중 음주와 관련 선내 교육 및 국내외 규정 이해 준수 여부 : 회사에서 규정한 음주 관련 사규 및 국내외 규정, 법규 준수 여부
- ④ 승선 근무자들의 알코올 의존도 자가 진단

3.1 승선 중 음주 현황

Fig. 1은 평균 항해일수에 대한 선내 회식이나 술자리 횟수의 비율을 나타낸 것이다. 항해일수의 25 %이상의 기간 동안 60 % 정도가 술을 접할 수 있는 기회가 주어지는 것을 알 수 있다.

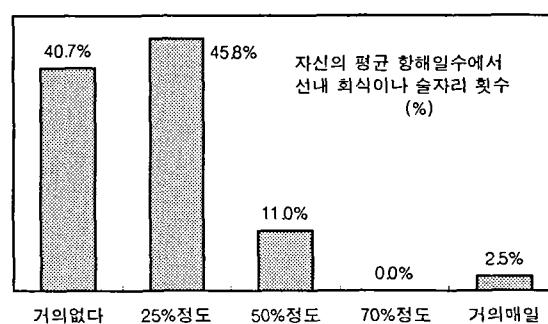


Fig. 1 평균 항해일수에 대한 선내 회식이나 술자리 횟수

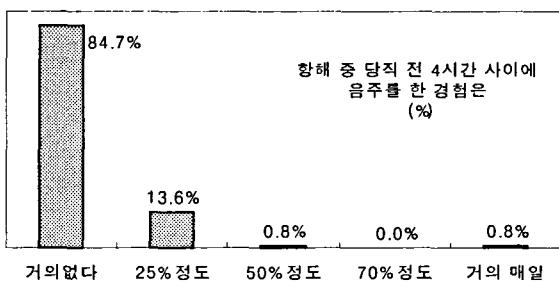


Fig. 2 평균 항해일수에 대한 항해중 당직전 4시간 사이 음주 경험

또한, 반 이상(약 52 %)의 승무원들은 항해일수의 25 %이상의 기간 동안 음주를 하고 있는 것으로 나타났다. 하지만, Fig. 2에서 당직 전 4시간 동안에 음주를 한 사람은 약 15 %로 주로 당직에 영향이 없는 시간대에 음주하고 있는 것으로 판단된다. 이것은 원양항해와 연안항해에서 비슷한 비율을 나타내고 있다.

위와 같은 경향에 반하여, 타인이 당직 전 4시간 동안 음주를 한 것을 목격한 적이 있느냐는 질문에 대해서는 약 67 %가 동의하여 실질적으로는 15 % 이상의 사관들이 음주를 하는 것으로 추정된다.

3.2 음주 운항에 대한 인식

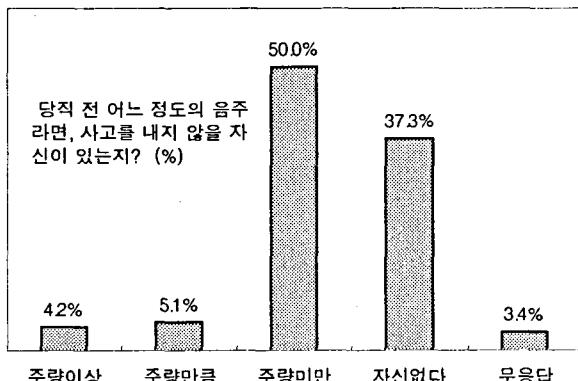


Fig. 3 사고를 내지 않을 정도의 음주량(당직 전)

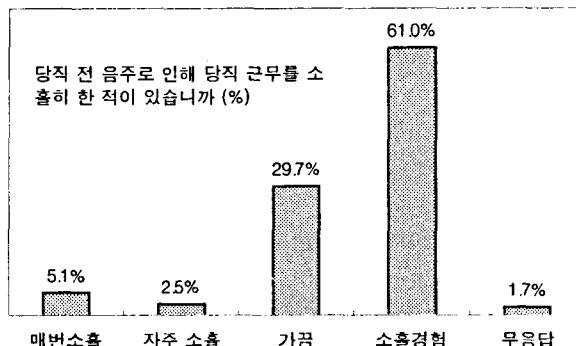


Fig. 4 당직 전 음주로 인한 당직 근무소홀 여부

당직에 임할 때 당직자의 음주 상태에 대한 질문에 대해서, 약 27 %는 소주 2 잔(22 %)에서 소주 4잔(5 %)까지는 문제가 없을 것이라고 답하였다. 이는 혈중 알코올 농도 0.05 %에서 0.08 % 정도의 범위에 해당하는 것으로, 자동차운전에서는 사고발생 확율이 2~5배 높은 위험성을 안고 있다. 이는 사고와 알코올과의 직접적인 연관이 없다고 생각하는데서 비롯된다고 판단된다. 즉, 15 % 정도는 음주를 하여도 충분히 사고를 내지 않을 것이라는 확신을 가지고 있었다. 또한 Fig. 3에서와 같이 자신의 주량 미만이라면, 60 %에 가까운 사람들이 사고를 내지 않을 자신 있다고 하였다. 하지만, 실질적으로 음주로 인한 당직 소홀의 경험이 대부분 있다고 하여 알코올에 의한 무모한 자신감이 생기고 있다는 점을 찾을 수 있다 (Fig. 4).

3.3 승선 중 음주와 관련 선내 교육 및 국내외 규정 이해 준수 여부

국내외 규정 이해에 있어서는 응답자 중 반 정도만이 음주와 관련된 규정을 알고 있다고 하였다. 또한 음주와 관련하여 선내 교육은 27.1 %만이 제대로 이루어지고 있다고 하여 고급 사관들의 선내 교육에 대한 인식이 부족한 것으로 나타났다 (Fig. 5).

미국을 기항하는 선박들은 매월 1회 또는 승조원이 1/3 이상 교체된 경우 출항 후 24시간 이내에 DRUG&ALCOHOL 교육을 실시하게 되어 있다.

3.4 승선 근무자들의 알코올 의존도 자가 진단

승선 생활 중 어느 정도 알코올에 의존해서 생활하는지를 알아보기 위하여 세계보건기구(WHO)에서 만든 자가진단표를 이용하여 실시하였다. 총 10개의 문항으로 이루어져 있으며, 각 문항의 번호마다 점수를 다르게 하여 총 합계의 점수를 토대로 다음과 같이 판단한다.

- ① 12점 이상: 상습적인 과음자로 주의가 필요.
- ② 20점 이상: '문제 음주자' 또는 '잠재적 알코올 의존증 환자'로 내과, 정신과 의사의 상담 등 '적절한 조치'가 필요.
- ③ 24점 이상: 알코올 의존증 환자로 분류되며, 정신과 치료가 필요.

알코올 의존이란 전통적인 음주 습관의 영역을 넘거나, 지

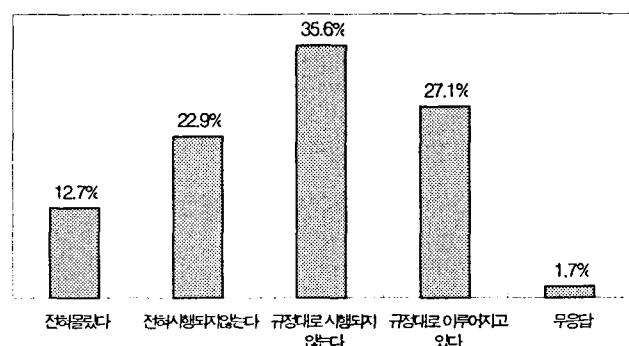


Fig. 5 음주와 관련 선내 교육 시행 여부

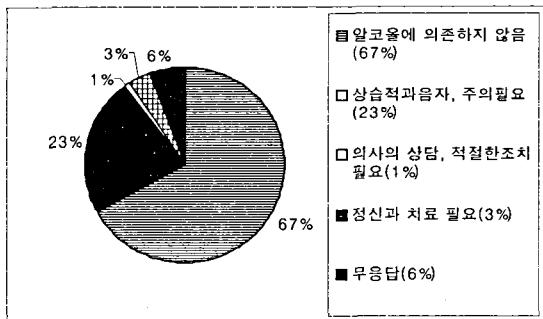


Fig. 6 알코올 의존도 자가 진단 결과

역 사회 전체의 사회적인 음주 습관의 범위를 넘어 음주하는 것을 말한다. 따라서 그에 따른 병적인지나 그 인자가 얼마만큼 유전, 체질 또는 신체적 대사에 영향을 받고 있는가는 무관하다.

Fig. 6은 알코올 의존도에 대한 자가 진단 결과를 나타낸 것이다. 대략 27 % 정도는 상습적인 과음자이며, 3 %는 알코올 의존증 환자인 것으로 나타났다.

4. 알코올과 선박운항능력의 관련성 실험

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 이상이었으며, 평균나이는 23.1 세, 평균체중은 66kg 그리고 평균신장은 175cm였다. 실험 전 일부터 피실험자로 하여금 흡연, 커피, 알코올, 각성제나 흥분제 등의 제약을 복용을 하지 않도록 하였다.

또한 선박운항에 있어 전문가라고 할 수 있는 도선사에 대한 실험을 실시하여, 학생들의 결과와 비교를 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. (Fig. 7)

Fig. 8은 시뮬레이션의 개요 및 환경조건의 예를 나타낸 것이다. 자선은 정해진 항로(항로폭 300m)를 반시계방향으로 선회하여 제자리로 돌아오면 종료하였다. 시뮬레이터에 의한 시간적 문제점을 줄이기 위하여 레이더와 시뮬레이터의 화면을 동시에 이용하도록 하였다. 자선은 길이 84m, 선폭 9.7m인 군함이고, 타선은 길이 354m, 선폭 55m인 12,000TEU 컨테이너 선박이다.

또한 항로의 식별 및 위치를 명확히 하기 위하여 레이더에 격자선, 부표, 선박이 나타나도록 하였다. 학습 효과를 줄이고, 피실험자의 적극적인 참여를 유도하기 위하여 외력(바

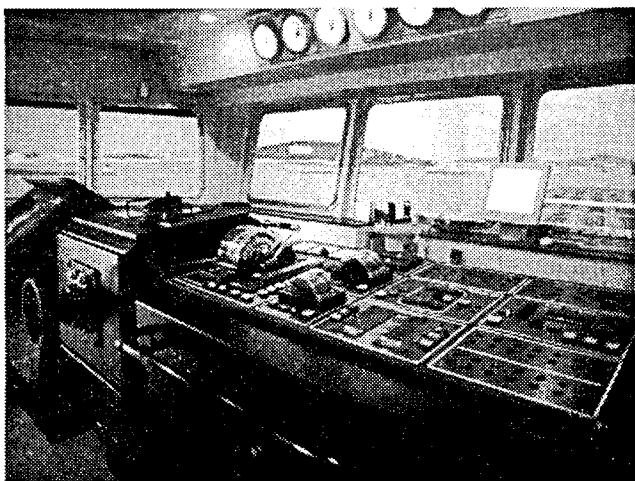


Fig. 7 선박운항 시뮬레이터

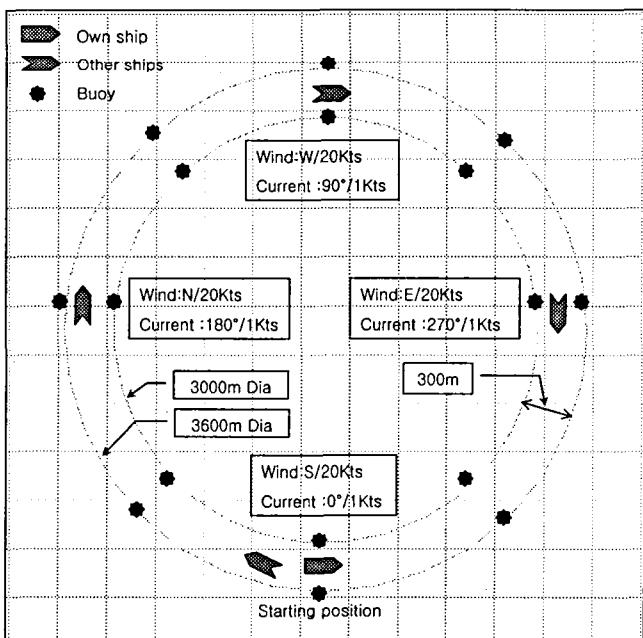


Fig. 8 시뮬레이션 개요 및 환경 조건의 예

람과 조류)은 90도 간격으로 변경시키고 최종적인 합력은 동일하도록 조절하였다. 초기 시작 위치에서 반시계 방향으로 출발하여 약 3~4분 간격으로 타선과 조우하게 하였으며, 항로를 항해하여 시작 지점으로 돌아오는데 모두 8번 타선과 조우하게 하였다.

4.1.3 실험계획

알코올 섭취를 위한 재료로써 40도 보드카와 탄산음료를 준비하였다. 두 재료를 정확한 비율로 혼합하기 위해 실험용 비이커를 사용하였으며, 피실험자들이 음료 섭취시 냄새를 맡지 못하도록 하기 위하여 두껑이 있는 컵을 준비하였다. BAC를 측정하기 위하여 원바이오사에서 제작한 휴대용음주측정기인 CA-2000 Model을 사용하였다. 심전도를 측정하기 위하여 LAXTHA 사에서 제작한 QECG-3 Model을 사용하였으며 이

것은 표준 유도를 통한 심전도를 측정할 수 있는 장치이다.

실험변수로 독립변수는 2수준의 알코올 농도(BAC Zero, 그리고 BAC 0.08)이며 종속변수는 선박운항능력과 분당 심박수(heart rate), 심박변이도(heart rate variability)로 하였다. 탄산음료만으로 만들어진 BAC Zero, 탄산음료에 알코올농도 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. 실험 종료 후, 피실험자의 정신적 부하를 측정하기 위해 주관적 측정방법인 NASA-TLX(Nasa Taskload Index)를 사용하였다. NASA-TLX는 정신적 요구(mental demand), 신체적 요구(physical demand), 시간적 요구(temporal demand), 수행도(performance), 노력수준(effort) 및 좌절수준(frustration)의 6 가지 항목으로 나뉜다.

4.2 실험결과

현재까지 발표된 작업부하 측정기법들은 다음과 같은 3가지 범위에 포함된다.

- 수행도 기준 측정방법
- 생리학적 측정방법
- 주관적 측정방법

본 연구에서는 알코올이 선박운항 능력에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 위의 3가지 범위를 모두 포함할 수 있도록 시뮬레이터를 이용한 수행도, 심전도 측정기를 이용한 생체신호, NASA-TLX를 이용한 정신부하 측정을 수행하였다. 도선사에 대한 실험에서 도선사 A는 BAC 0.00~0.08%의 2가지 수준에서 실험을 실시하였고 도선사 B는 BAC 0.08%에서 항로를 2번 선회하였으며, 도선사 C는 BAC 0.00%에서 시뮬레이션을 실시하였다. 분석 결과를 요약하면 다음과 같다.

4.2.1 시뮬레이터 수행결과

Fig. 9과 10, 11은 학생과 도선사에 대한 타사용지수 및 총시뮬레이션 시간, 운항 선속의 비교그림이다. 학생의 경우, 음주에 의해 타사용은 줄어드는 반면 총 경과시간은 1분 이상 증가하였다. 도선사의 경우는 타사용지수가 줄어들고 시간도 줄어들었다. 운항 선속에 있어서 학생의 경우, 음주에 의해 선속이 약 1 knot 줄어든 반면 도선사의 경우는 선속이 다소 증가하였다.

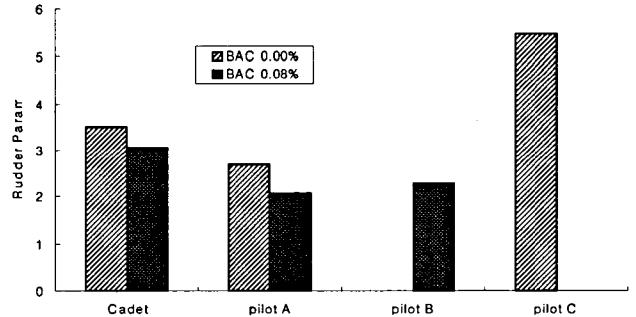


Fig. 9 타사용지수의 비교

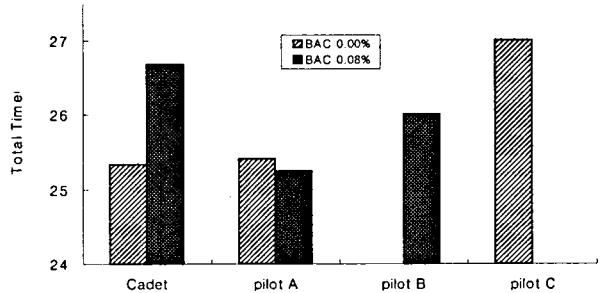


Fig. 10 총 경과 시간의 비교

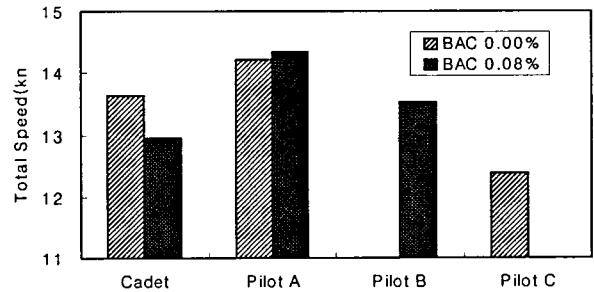


Fig. 11 평균 운항 선속의 비교

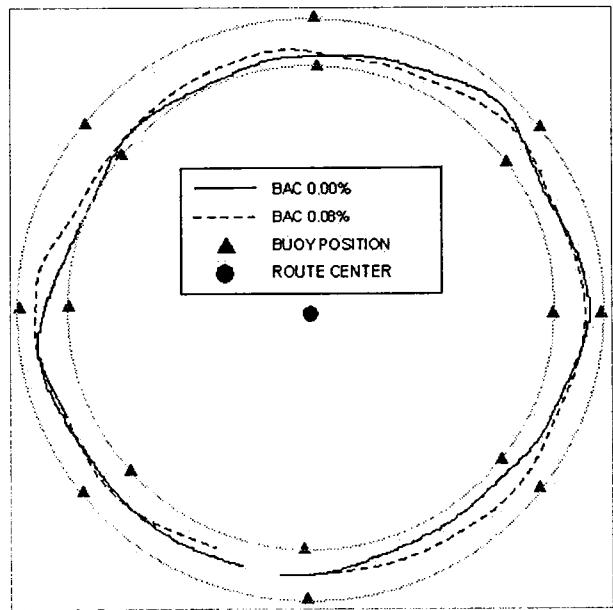


Fig. 12 학생 8명에 대한 음주전후 평균 운항 궤적

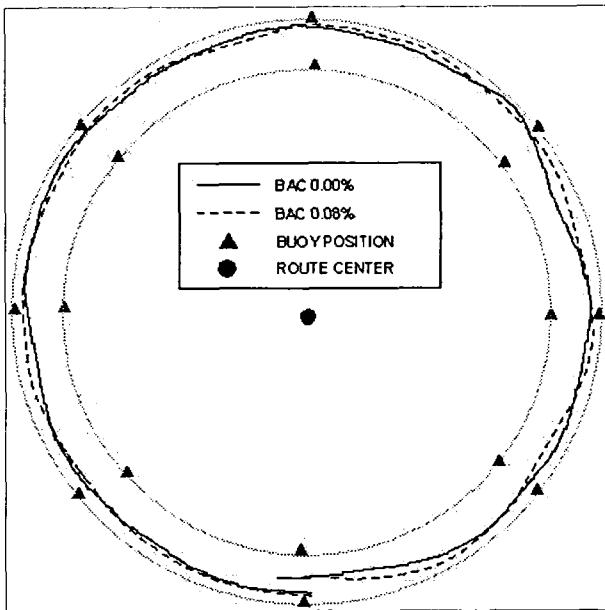


Fig. 13 도선사 A의 음주 전후 케적

Fig. 12은 학생 8명에 대한 음주전후 평균 운항 케적 비교한 것이다. 전체적으로 케적의 평균반지름과 표준편차가 BAC 0.08 %에서 더 크게 나왔다. Fig. 13는 선박운항에 있어 전문가인 도선사A에 대한 실험결과이다. 학생들을 대상으로 한 결과(Fig.14)보다도 운항능력이 좋다는 것을 알 수 있다. 또한 BAC의 변화(0.0, 0.08)에 따른 차이도 거의 없는 것으로 보인다. 하지만, BAC 0.08 %의 경우 0.00 %보다 케적의 평균반지름과 표준편차에 있어서는 11m와 0.5만큼 더 크게 나왔다.

Table 2의 피실험자 음주전후 케적에 대한 등그런 원형의 정도를 나타내는 원형률(Roundness)을 보면, 학생들의 경우 음주 전의 케적이 음주 후의 케적 보다 원형의 형태를 나타냈으며 도선사의 경우 음주전후의 차이 없이 원형에 가까운 원형률을 나타냈다. 여기서 원형률은 개체의 면적에 대한 둘레의 비로 나타낸 값이다[24].

Table 2 음주전후의 케적에 대한 평균 원형률

피실험자	BAC 0.00%	BAC 0.08%
학생	0.83	0.88
도선사 A	0.85	0.97

4.2.2 생체신호 측정 결과

Fig. 14과 Fig. 15의 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 0.08 : p=0.069).

같은 방법으로 분석한 심박수에 대한 결과에서는 알코올 섭

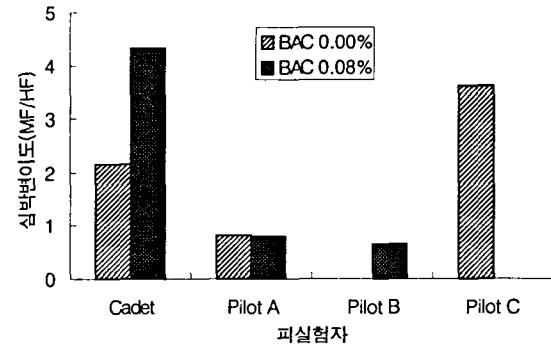


Fig. 14 학생들의 평균 심박변이도와 도선사의 심박변이도 비교

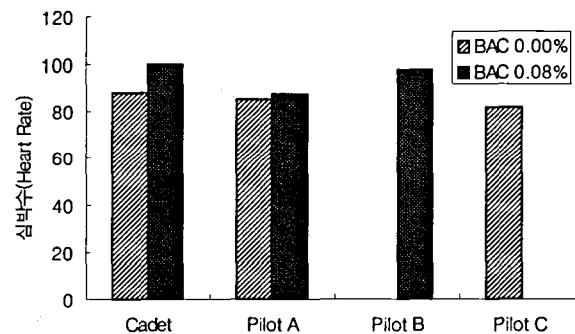


Fig. 15 학생들의 평균 심박수와 도선사의 심박수 비교

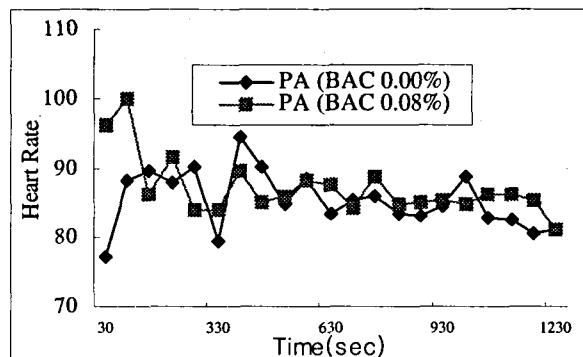


Fig. 16 도선사의 시간별 심박수 변화

취에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(BAC 0.0-BAC 0.08 : p=0.009). 즉, 알코올 섭취 유무에 따라 심박수가 변화하는 것으로 나타났다.

Fig. 16은도선사가 시뮬레이션동안 나타낸 심박수의 시간변화를 표시한 것이다. BAC와 관계없이 초기의 심박수는 높으나 서서히 안정단계로 가고 있는 것을 알 수 있다.

4.2.3 정신적 부하 측정 결과

Fig. 17의 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 0.08 :

p=0.005). 즉, 정신적 부하의 변화에 있어서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다.

Fig. 18의 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.

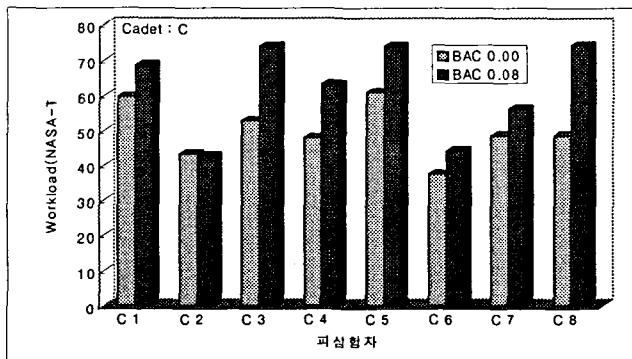


Fig. 17 알코올 섭취에 따른 정신적 부하의 변화

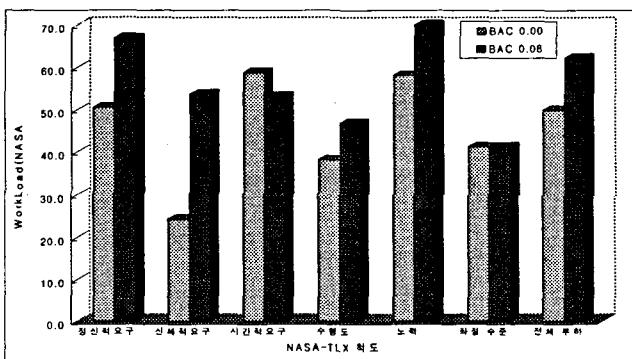


Fig. 18 알코올 섭취에 따른 세부항목별 정신적 부하의 변화

5. 결 론

본 연구에서는 승선 중 음주 현황을 파악하고, 알코올이 선박운항능력에 미치는 영향을 알아보았다. 이를 위해 설문조사와 선박조종시뮬레이터에 의한 실험을 수행하였다.

설문조사 결과에 의하면, 선내 음주에 대한 의식이 부족하고 알코올에 대한 의존도는 높은 것으로 나타났다. 선내 음주에 관한 규정이 사규 및 법규 등으로 있으나, 실질적으로 이행하지 않은 경향이 크다고 판단되며, 이는 규정이 너무 일반적이고 선박생활에 적합하지 않은 측면도 있다고 보인다.

선박조종시뮬레이터를 이용한 실험은, BAC의 변화(0.00, 0.08)에 따른 선박운항능력의 차이를 보기 위하여 이루어졌다. 이를 위해, 1) 심전도 측정기를 이용한 생체신호 및 2) 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 피실험자 본인이 작성한 주관적 정신부하 평가도 알코올의 섭취와 많은 연관성이 있는 것으로 분석되었다. 본 실험에서는 약 30분 정도의 시뮬레이션을 수행하였으나, 실제 선박에서 음주를 하고 운항을 하는 경우는 이와 같은 집중력을 4시간 동안 유지하기 어렵다고 보이므로, 여기서 나타난 선박운항능력 차이보다 더 크게 나타날 것으로 추측된다.

알코올이 선박운항 능력에 미치는 영향을 알아보기 위하여 이러한 분석결과는 앞으로 선박운항자의 피로에 의한 해양사고 발생을 근본적으로 줄이기 위한 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다.

후 기

본 논문의 내용은 해양(연) 해양시스템안전연구소에서 기본연구사업으로 수행중인 “해양위해도 통합관리시스템 기반기술개발”의 연구결과 중 일부임을 밝히며, 실험을 위해 많은 지원을 해준 국립 목포해양대학교 해상운송시스템학부에 사의를 표합니다. 또한 설문조사를 도와주신 한국해양수산연수원의 정대율 교수님, 실험에 적극적으로 참여해준 한국도선사협회 울산지회, 여수지회에 감사드립니다.

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”, 도로교통안전관리 공단, 2002.
- [7] Newman, G. "Alcohol and human performance from an aviation perspective : a Review", March, 2000.
- [8] Modell, J.G, Moiots, 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] Lacefield, 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 Enviro. Med., 44:379-82, 1973.
- [17] Billings, C.E., Denosthermes, R.L., White, T.R., and O'hara, D.B., "Effects of alcohol on pilot performance in simulated flight", Aviat. Space Enviro. 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.
- [24] <http://www.inst.co.kr>