

신조 8,500GT 화학물 운반선의 여름철 선실 내 온열환경 실측평가

황광일† · 도근영* · 조효제** · 이상우*** · 신동걸*** · 임성택****
(원고접수일 : 2008년 4월 29일, 원고수정일 : 2008년 7월 16일, 심사완료일 : 2008년 7월 17일)

A Measurement and Evaluation of the Indoor Thermal Conditions in Summer of a Newly-Launched 8,500GT Chemical Carrier

Kwang-il Hwang† · Geun-young Doe* · Hyo-jae Cho** ·
Sang-woo Woo*** · Dong-keol Shin*** · Seong-taek Lim****

Abstract : The purpose of this study is to measure and analyze the indoor thermal conditions of a 8,500GT class chemical carrier which was launched on July 2007. The measurement was operated from 4th June to 5th June 2007, just before handing over to Owner. Followings are the results of this study. (1)The temperature variations of supply air were related to the outdoor temperature variations, but the humidity was stable at 65~80%. (2)The temperature variations at the representative position of bridge, restaurant, crew's cabin showed gentle slopes, but that of conference room was very steep. The humidities of bridge and restaurant were unstable because of outdoor-contact and cooking, respectively. (4)The temperature and humidity of ECR(Engine Control Room) which was designed to supply heating and cooling by PAC(Package Air Conditioner) were directly affected by the operating conditions of PAC. (5)The measured supply air volume from dampers of bridge, crew's cabin and conference room were satisfied with the design supply air volume. (5)For the improvement of the indoor thermal conditions, the temperature of crew's cabin and restaurant, and the humidity of conference room, and the temperature and humidity of bridge should be controlled, respectively.

Key words : Chemical carrier(화학운반선), Marine HVAC(선박공조), Thermal condition(온열환경)

1. 서 론

1.1 연구배경과 목적

자유무역협정(Free Trade Agreement, FTA)

이 체결되기 시작하면서 해상 운송수단을 이용한 국가 간의 물동량은 더욱 빠른 속도로 증가하고 있으나, 선박 운항을 위한 전문분야별 신규인력의 공급이 원활하지 않기 때문에, 기존 승선 인력들의 승선시간은 비례적으로 증가하고 있다.

† 교신저자(한국해양대학교 기계·정보공학부, E-mail : hwangki@hhu.ac.kr, Tel : 051)410-4368)

* 한국해양대학교 해양공간건축학부

** 한국해양대학교 해양시스템공학부

*** 한국해양대학교 대학원 냉동공조공학과

**** 한국해양대학교 대학원 해양건축공학과

장기 승선에 따른 선상의 근무 환경은 매우 중요한 요소이다. 양호한 근무환경을 제공함으로써 선상 근무자의 업무 효율성과 생산성을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 선내 거주 편의성도 함께 확보할 수 있기 때문이다.

그러나 승선 시의 근무환경, 즉 선내 온열환경이 쾌적하지 못한 조건에서는 인체의 혈압과 심박수가 불안해지고 심리적 혹은 정신적 스트레스를 유발하는 문제를 발생시키기⁽¹⁾ 때문에 승조원의 생산성 향상을 위해서는 일정한 수준의 실내환경이 유지되어야 함에도 불구하고, 지금까지 선박은 화물 운송이라는 기능만이 강조되었고 승조원들의 생산성 향상을 위한 선내 근무환경 개선에 대한 관심은 상대적으로 부족한 실정이다. 그러므로 승조원들의 근무환경개선을 위해서는 현재 운항 중인 선박의 공조기기 운항상태의 실측조사와 관련기술개발이 시급히 이루어져야만 한다.

본 연구는 8,500GT 규모의 화학물 운반선을 대상으로 선내 온열환경에 대한 실측조사를 수행하여 선내 쾌적성을 평가하여 문제점을 파악하고 개선방향을 제시하며, 또한 선박공조 데이터베이스 구축을 목적으로 한다.

1.2 기존연구 고찰

선박의 선내 온열환경과 관련된 연구로는 황광일 등⁽²⁾이 원항여객선의 다양한 객실에 대한 실내 온열환경을 실측하여 선실의 위치에 따라 온열환경에 차이가 있으며 선실 내부의 가구배치에 따라 동일 공간 내에서도 4~6℃의 온도불균형이 발생했음을 보고하였다. 봄과 여름에 동일한 신조 실습선을 대상으로 수행된 연구에서 황광일 등^{(3),(4)}은 측정된 선실 내 온도와 습도 상태로부터 봄에는 16%, 여름에는 32%만이 공조환경 쾌적범위에 포함됨을 밝혔다. 한편 도근영 등⁽⁵⁾은 상선의 공조설비는 외기부하의 변화에 대응할 수 있어야 하며, 육상 건물에 비해 상대적으로 높은 상선의 기밀성으로 인해 환기량을 더욱 증가시켜야 한다고 제안하였다.

2. 측정개요

2.1 선박 및 선실 개요

본 연구의 피측정선박은 2007년 6월에 건조된 화학물 운반선으로, 동 조선소에서는 2010년 말까지 35척의 동형선(同型船)이 건조될 예정이다. 총6개의 deck로 구성된 피측정선박의 개요는 Fig.1, Table 1과 같다.

본선에는 승조원의 활동공간으로 총 33개의 선실이 Navigation deck(1), Captain deck(6), B deck(7), A deck(9), Pooper deck(6), Upper deck(4)에 분포한다. 본 연구에서는 그 용도가 다르고 활용빈도가 높은 브릿지, 회의실, 식당, 선실, ECR(Engine Control Room)을 측정대상으로 선정하였고, 각 선실의 개요를 Table 2에 정리하였다. 모든 선실에는 정풍량(Constant Air Volume, CAV)방식으로 급기되며, Bridge 실내는 다른 공간과 달리 국부공조(spot cooling)로 설계되었기 때문에 Punkar Louver가 설치되었고, ECR은 PAC(Package Air Conditioner)에 의해 공조된다. 측정된 모든 선실은 실내온도 27℃, 상대습도 50%, 그리고 가습장치는 겨울철에만 가동되는 조건으로 설계되었다.












Fig. 1 The external appearance of the ship

Table 1 The specifications of the ship

Weight	8,500 GT (13,000 DWT)		
Length	107.5 m	CLASS	ABS
M/E	6,060 PS	Speed	13.8 KT

Table 2 Outlines of the measured cabins

Name [Space Volume]	Interiors	Damper	Supply Air (design volume)
Bridge [160m ³]			2,451 CMH
Conference Room [37.7m ³]			188 CMH
Restaurant [74m ³]			578 CMH
Crew's cabin [26.2m ³]			161 CMH
ECR room [123.5m ³]		PAC	-

2.2 측정항목과 방법

본 연구에서는 브릿지, 회의실, 식당, 선원 선실, ECR 내의 온열환경을 평가하기 위해 각 선실 중앙점의 온도와 습도를 10분 간격으로 자동측정 기록하였고, 승조원들의 잦은 이동으로 인해 측정장비 설치가 어려운 각 선실 앞 복도의 온열환경은 포터블 온습도계를 이용하여 2시간 간격으로 측정하였다. 본 연구에서는 선실의 대표점으로써, 각 선실 바닥면의 중심에서 수직높이 1.2m 위치를 중앙점으로 정의하였다.

또한, 각 선실의 댐퍼를 통해 실내로 공급되는 급기량은 2시간 간격으로 측정하였다.

3. 실측결과 및 분석

3.1 측정기간 및 실외조건

측정 일시는 2006년 6월 4일 오전 9시부터 5일 오전 6시까지이며, 측정 시간은 총 21시간이다. 측정기간 중의 항로는, 선주에게 인도 전 최종 시운전을 목적으로 출항한 상태였기 때문에, 경상남도 거제항을 출발하여 남해안 해상에서 시운전을 실시한 뒤 거제항으로 귀항하는 구간이다. 측정기간 중 거제항의 기상조건은 Fig. 2에 나타난 것과 같이, 온도는 20~26℃, 습도는 50~85%의 분포로 우

리나라 남해안의 전형적인 초여름기상조건임을 알 수 있다⁽⁶⁾.

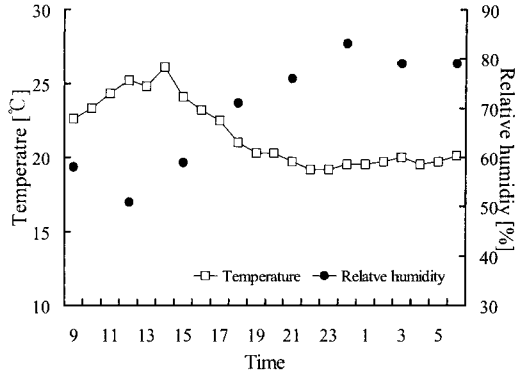


Fig. 2 Temperature and Humidity variations of outdoor on June 4th and 5th, 2007

3.2 선실별 온·습도 환경

(1) 선실별 급기의 온열환경

각 선실로 공급되는 공기의 온도와 습도를 Fig. 3, Fig. 4에 나타내었다. 해상의 외기온도가 높은 6월 4일 15시 이전 시간대에는 실내로 공급되는 급기온도가 낮고, 해상 온도가 일정한 19시 이후에는 급기온도가 16±1℃로 매우 안정적임을 보여준다. 그러나 습도의 경우에는 해상의 습도변화에 상관없이 65~80%의 높은 범위에서 비교적 일정한 상태로 공급되고 있었다.

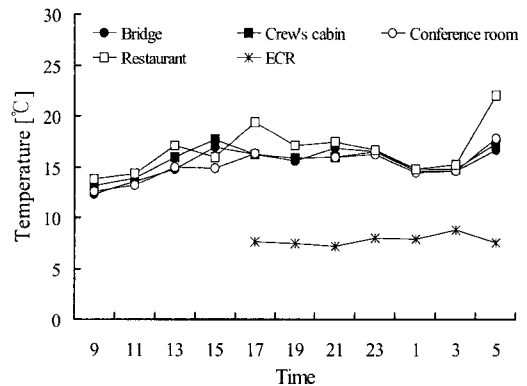


Fig. 3 Temperature variations of supply air

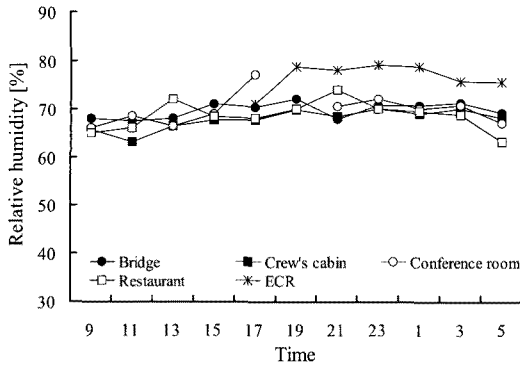


Fig. 4 Humidity variations of supply air

(2) 선실내 온열환경

각 선실의 온도가 18~25℃ 범위에 있음을 Fig. 5에 나타내었다. 브릿지, 식당, 선원선실의 각 선실 내 중앙점의 온도변화는 매우 완만했지만, 회의실은 승조원들의 잦은 출입으로 인해 실내온도가 심하게 변동하고 있음을 알 수 있다.

또한 Fig. 6의 측정결과에서, 6월 4일 측정된 선원선실의 습도는 50~60%로 유지되었으나 브릿지와 식당은 50~78%의 변화를 보였다. 이는 선원선실과 달리 브릿지는 외부로 개방되는 시간이 상대적으로 많고, 식당은 음식물 조리에 따른 습도 변화 요인이 작용한 것으로 판단된다.

한편, ECR(Engine Control Room)은 다른 선실과 달리 독립된 PAC에 의해 냉난방을 하고 있다. Fig. 7은 ECR의 온습도 측정결과를 나타낸 것으로 실내온도는 20~28℃, 습도는 43~75%이고, PAC의 가동상태, 즉 On-Off에 따른 급격한 온습도 변화를 확인할 수 있다.

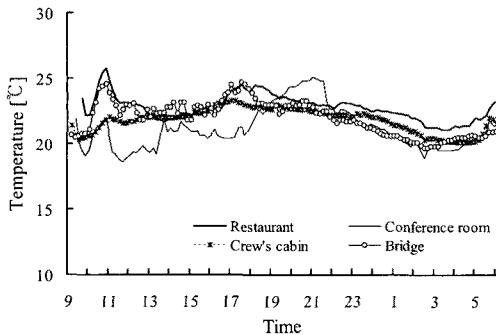


Fig. 5 Temperature variations of each cabins

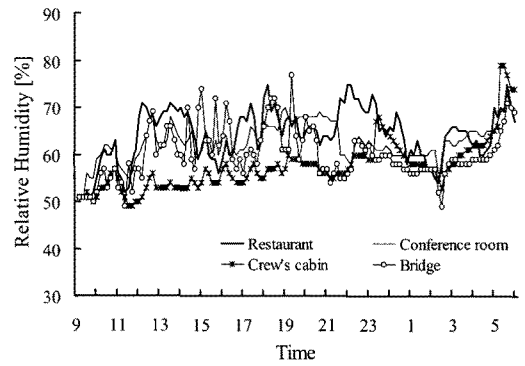


Fig. 6 Humidity variations of each cabins

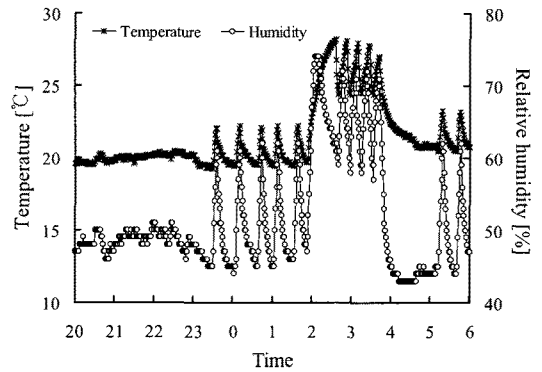


Fig. 7 Temperature and humidity variations of ECR

(3) 데크별 복도의 온·습도 환경

선박의 복도는 외기에 노출된 공간과 실내 거주 구역을 연결하는 환경적 완충지대로, 겨울철 혹은 여름철과 같이 내외 공간의 온열환경에 차이가 큰 계절에는 승조원들의 내외간 이동 시 열충격(Thermal shock)을 받지 않고 변화된 공조환경에 빠르게 적응할 수 있도록 공조조건이 제공되어야만 한다.

Navigation deck를 제외한 5개 deck에 대해 측정한 결과를 Fig. 8과 Fig. 9에 나타내었다. 선박 최하단에 위치한 Upper deck의 복도를 제외한 모든 deck 복도의 온도는 외기온도(Fig. 2)와 각 deck에 위치한 실내온도(Fig. 5)와 비슷한 상태로 측정되었다. 그러나 Poop deck의 복도를 제외한 모든 deck 복도의 습도는 대부분 50~60% 수준으로, 이는 외기습도(Fig. 3)와 선실 내 습도(Fig. 6)의 변화폭에 비해 안정적인 상태로 평가

할 수 있다.

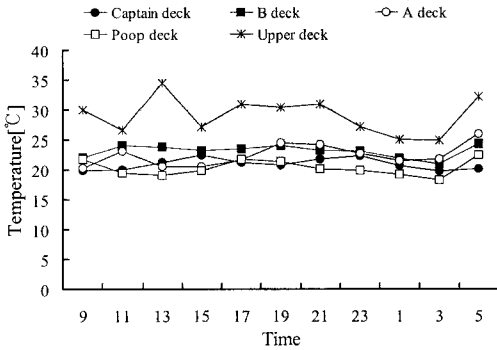


Fig. 8 Temperatures of each Decks' corridors

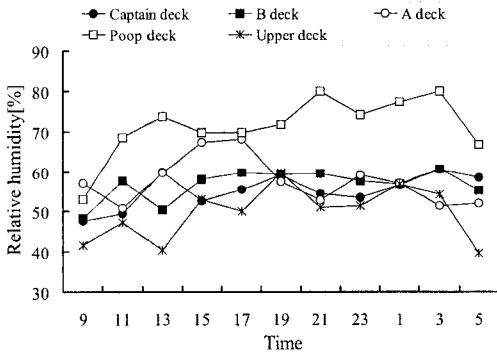


Fig. 9 Humidities of each Decks' corridors

3.3 선실별 환기 회수

실내의 오염된 공기를 제거하고 신선한 외기를 도입하는 것도 쾌적한 실내환경을 제공하는 중요한 요소이다. 이에 본 연구에서는 각 선실의 설계풍량과 실측풍량을 비교함으로써 시공의 적정성을 평가하고자 한다.

본 피측정선박은 전술한 것과 같이 정풍량방식으로 실내로 급기하고 있다. 각 선실의 댐퍼에서 측정된 토출 풍량은 선실의 용도와 용적(체적)에 따라 큰 차이를 보이고 있음을 Fig. 10의 측정결과에 나타내었다. 브릿지와 ECR의 급기량은 각각 2,100~3,200CMH(m³/hr)로 매우 많고, 선원선실은 100~200CMH의 적은 풍량을 공급받고 있다.

Table 3에 정리된 것과 같이, 브릿지, 선원선실, 회의실에서 측정된 급기량과 설계급기량 사이

에는 차이가 거의 없지만, 식당은 설계풍량에 비해 1.6배의 공기가 실내로 공급되었다. 또한 일반 상선의 선실 용도별 환기회수 설계기준^[7]과 비교해 볼 때, 선원선실에서 측정된 풍량은 5.4회로 기준회수 10회의 50% 수준으로 분석됨에 따라 선원선실에 대한 설계풍량 자체가 부족한 것으로 평가된다.

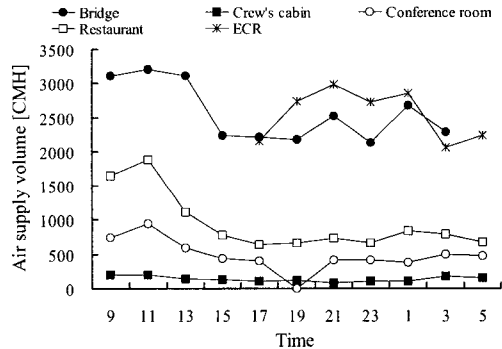


Fig. 10 Supply air volume of each cabins

Table 3 Average supply air volume of each cabins

	Supply air volume [CHM]		Air change rate [No/hr]	
	Designed	Measured	Measured	Ref. ⁷⁾
Bridge	2,451	2,381	14.9	-
Crew cabin	161	141	5.4	10
Conference room	492	480	12.7	15
Restaurant	578	945	12.8	15
ECR	-	2,531	20.5	-

3.4 선실별 쾌적성

본 연구에서 측정된 6월 4일 오후 2시와 6월 5일 오전 2시의 온·습도 조건에 대해 각 선실의 쾌적성을 ASHRAE가 제시한 쾌적범위^[8]를 활용해 객관적으로 평가하였고 그 결과를 Fig. 11에 보여준다. 두 시점(時點)간 변화에 대한 평가결과를 정리하면, 선원선실과 식당은 온도제어, 회의실은 습도제어, 그리고 브릿지는 온도제어와 습도제어를 동시에 해야만 선내 쾌적성이 향상될 것으로 예측된다.

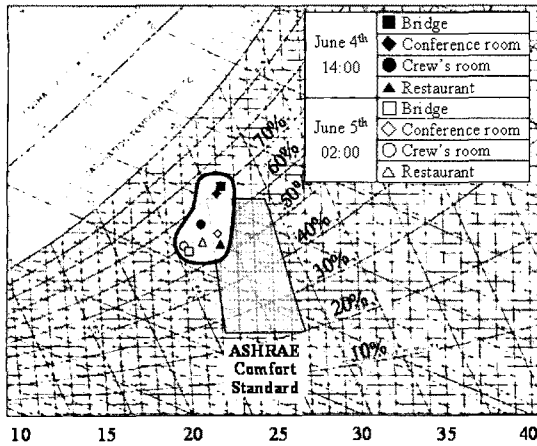


Fig. 11 Measured conditions marked on ASHREA Comfort Standard

4. 결 론

본 연구는 8,500GT 화학물 운반선을 대상으로 2007년 6월 4일 ~ 5일에 실시한 선실 내 온열환경을 실측 평가한 것으로 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 각 선실 내로 공급되는 공기의 온도는 외기에 따라 상대적으로 변하지만, 습도는 선실별로 65~80%의 범위에서 비교적 일정한 상태로 공급되었다.

(2) 브릿지, 식당, 선원선실 각 중앙점의 온도변화는 매우 완만했지만, 회의실은 승조원들의 잦은 출입으로 인해 실내온도가 심하게 변동하였다.

브릿지는 외부로 개방되는 시간이 상대적으로 많고, 식당은 음식물을 조리함에 따라 습도변화가 크게 나타났다.

(3) 또한 독립된 PAC에 의해 냉방을 수행하는 ECR은 PAC의 가동상태(On-Off)에 따라 급격하게 온습도가 변하였다.

(4) 대부분 deck의 복도 온도는 외기온도와 각 deck에 위치한 실내온도와 비슷한 상태였지만, 대부분 복도의 습도는 50~60% 수준으로 측정되었다.

(5) 브릿지, 선원선실, 회의실에서 측정된 급기

량과 설계급기량 사이에는 차이가 거의 없지만, 식당은 설계풍량에 비해 1.6배의 공기가 실내로 공급되었다.

(6) 선실내 쾌적성을 향상시키기 위해서는, 선원선실과 식당은 온도, 회의실은 습도, 그리고 브릿지는 온도와 습도를 동시에 제어에 해야만 한다.

참고문헌

- [1] 구학근, 박효연, "저온 작업환경이 인간의 생리적 반응 및 작업 수행도에 미치는 영향", 한국마린엔지니어링학회지, Vol.31, No.5, pp.622~629, 2007.7.
- [2] 황광일, 이상우, 심재건, 박민강, 문태일, "선박 선실 내의 실내공기환경 실태조사에 관한 연구 - 원항 여객선 선실의 동절기 온열환경 -", 한국마린엔지니어링학회지, 제31권 4호, pp.370~376, 2007.5
- [3] 신동걸, 이진욱, 이형기, 박윤철, 황광일, "신조 운항실습선의 봄철 실내 온열환경 실측평가", 한국마린엔지니어링학회지, Vol.31, No.8, pp.939~946, 2007.11
- [4] 신동걸, 이진욱, 이형기, 황광일, "신조 운항실습선의 여름철 실내 온열환경 실측평가", 한국마린엔지니어링학회지, Vol.32, No.2, pp.276~283, 2008.3
- [5] 도근영, 송화철, 해상호텔의 공조설비에 관한 연구, 2003년도추계 학술발표대회논문집, 한국생태환경건축학회, 2003.11
- [6] 기상청, <http://www.kma.go.kr>
- [7] 日本造船學會, 船用空氣調和裝置設計基準 船用通風裝置設計基準
- [8] ANSI/ASHREA Standard 55-92 : Thermal environmental conditions for human occupancy, 1992[1] The World Cruise Shipping Industry to 2020, 2005

저 자 소 개



황광일(黃光一)

1988년 고려대학교 기계공학과 졸업(학사), 1991년 고려대학교 대학원 기계공학과 졸업(석사), 1996년 Waseda Univ. 건설공학과 졸업(박사), 1996년~2004년 삼성건설, 삼성전자, 2004년~현재 한국해양대학교 기계정보공학부



도근영(都根永)

1988년 연세대학교 건축공학과 졸업(학사), 1991년 일본동경공업대 대학원 총합이공학연구과 사회개발공학전공 졸업(석사), 1996년 일본동경공업대 대학원 총합이공학연구과 사회개발공학전공 졸업(박사), 1996년~1998년 삼성건설 기술연구소 선임연구원, 1998년~현재 한국해양대학교 해양공간건축학부



조효제(趙孝濟)

1980년 부산대학교 조선공학과 졸업(학사), 1983년 부산대학교 대학원 조선공학과 졸업(석사), 1992년 동경대학교 선박해양공학과 졸업(박사), 1995년~현재 한국해양대학교 조선해양시스템공학부



우상우(禹尙禹)

2006년 한국해양대학교 기계정보공학부 졸업(학사), 2008년 한국해양대학교 냉동공조공학과 졸업(석사), 현재 한국에너지기술연구원 동력발전연구단 재직



신동걸(申東傑)

2007년 한국해양대학교 기계정보공학부 졸업(학사), 현재 한국해양대학교 냉동공조학과 대학원 석사과정



임성택(林成澤)

2007년 한국해양대학교 해양공간건축학부 졸업(학사), 현재 한국해양대학교 해양건축공학과 대학원 석사과정