

## 신조 운항실습선의 봄철 실내 온열환경 실측평가

신동걸\* · 이진욱\*\* · 이형기\*\* · 박윤철\*\*\* · 황광일†

(원고접수일 : 2007년 9월 10일, 심사완료일 : 2007년 11월 6일)

### A Measurement and Evaluation on the Indoor Thermal Conditions in Spring of a New Training ship

Dong-Keol Shin\* · Jin-Uk Lee\*\* · Hyong-Ki Lee\*\* · Youn-Cheol Park\*\*\* · Kwang-il Hwang†

**Abstract** : The purpose of this study is to measure and analyze the ship's indoor thermal conditions and also to integrate experimental database of those, supplied and controlled by ship's HVAC. On this study, temperature, humidity and air volume of 6 different needs' cabin are measured on a newly-launched training ship during 2nd through 5th of April, 2007. Followings are the results of this study. (1)Because only partial loads are needed in spring season, the air volume from diffusers are measured as below 20%. (2)The temperatures are ranged between 20~25°C and those are within comfort temperature range proposed by AHREA. (3)But humidities in cabins are very low and it could be the reason of a cold and/or a skin disease. (4)From the student cabins' measurements which have different supply diffuser(s), it is clear that the design is suitable for this case. (5)Because of low humidity, only 16.1% among the measured data are satisfied with the comfort standard range proposed by ASHREA. To improve the predictability and the comfort, HVAC should maintain the humidity as 40~60%.

**Key words** : Ship(선박), HVAC(공조), Indoor(실내), Thermal condition(온열환경)

## 1. 서 론

### 1.1 연구배경과 목적

국가와 국가, 지역과 지역 사이의 자유무역협정 (Free Trade Agreement, FTA)이 추진되면서 상선(商船)에 의한 물류량이 급증하고 있다. 상선들의 이동거리와 승조원들의 승선시간은 비례

적으로 증가하고, 승조원들은 승선 시의 쾌적한 근무환경에 대해 더욱 관심을 갖게 되었다. 승선 시의 근무환경, 즉 선내 온열환경이 쾌적하지 못한 조건에서는 인체의 혈압과 심박수가 불안해지고 심리적 혹은 정신적 스트레스를 유발하는 문제를 발생시키기<sup>[1]</sup> 때문에 승조원의 생산성 향상을 위해서는 쾌적한 실내환경이 제공되어야만 한다. 그러나 육상의 건물용 냉난방 공조기기(HVAC)

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

\* 한국해양대학교 대학원 냉동공조공학전공

\*\* 한국해양대학교 운항훈련원

\*\*\* 제주대학교 기계에너지시스템공학부

와 달리, 원항 선박의 냉난방 공조기기는 다양한 지역의 급변하는 외기조건을 만족시켜야만 하기 때문에 공조기기의 설계, 운전, 유지관리가 매우 어려운 것이 현실이다.

한편, 우리나라는 세계 1위의 조선 강국으로써 경쟁국들과의 차별화를 위해 고부가가치선박인 크루즈(Cruise)선 건조를 위해 2007년 하반기부터 본격적인 기술개발을 추진할 계획이다. 크루즈선은 건조비용 전체의 약 50%를 거주구의 공실과 객실이 차지할 만큼 실내환경이 주요한 요소임이 분명하다. 또한 승객은 고가(高價)의 비용을 지불하고 승선하기 때문에 육상의 고급호텔보다 더욱 쾌적한 실내환경을 기대할 것이다. 그러나 2007년 6월 현재 우리나라는 13척의 중소형 여객선을 건조한 경험을 갖고 있으나 대형 크루즈선을 건조한 실적은 없다.

승조원들의 근무환경을 개선하여 생산성을 향상시키고, 크루즈선 승객들에게 쾌적한 환경을 제공하기 위해서는 현재 운항 중인 선박의 공조기기 운항실태조사와 관련기술의 개발이 시급히 이루어져야만 한다.

이에 본 연구에서는 운항 중인 선박의 선내 온열환경에 대한 실측조사를 통해 현황을 분명히 하고 개선방향을 제시하며 향후 선박용 공조기 설계의 경험적 참고자료가 될 실내온열환경 데이터베이스 구축을 목적으로 신조운항실습선을 대상으로 한 사례연구를 수행한다.

## 1.2 기존연구 고찰

선박의 선실 내 온열환경과 관련된 연구로는 황광일 등<sup>(2)</sup>이 원항여객선의 다양한 객실에 대한 실내 온열환경을 실측하여 선실의 위치에 따라 온열환경에 차이가 있으며 선실 내부의 가구배치 등 구조에 따라 동일 공간 내에서도 4~6℃의 온도불균형이 발생하고 있음을 보고하였다. 장미숙 등<sup>(3)</sup>은 함정의 조타실과 통신실, 기관실의 열적 불만족을 6가지 물리적, 주관적 온열요소로 측정하여 승조원들이 높은 온도와 낮은 습도의 불쾌적인 상태에서 근무한다고 평가하였다. 또한 도근영 등<sup>(4)</sup>은 상선의 공조설비는 외기부하의 변화에 대응할 수 있어야 하며, 육상 건물에 비해 상대적으로 높은 상선

의 기밀성으로 인해 환기량을 더욱 증가시켜야 한다고 제안하였다.

## 2. 측정개요

### 2.1 선박개요<sup>(5)</sup>

본 연구에서는 원양과 근해를 운항하며 해양전문인력을 양성할 목적으로 2005년12월에 건조된 운항실습선을 측정하였다. Navigation and Bridge deck, Boat deck, Shelter deck, Upper deck, Main deck, 2nd deck 등 총6개의 deck로 구성된 본 측정대상 선박의 외관과 개요를 Fig. 1과 Table 1에 정리하였다.

본 측정선박에는 5대의 AHU(Air Handling Unit)가 선내냉난방 및 환기를 위해 운전 중이며, 브릿지(Bridge)에는 고온배열(高溫排熱)량이 많은 운항용 정밀기기들을 보호하기 위해 2대의 패키지 에어컨(Package Air-conditioner, PAC)을 선내에 별도 설치하여 AHU와 함께 실내부하를 담당하도록 설계되었다. Fig. 2는 각 AHU로부터 deck별, 선실별로 전개되는 주관(main duct)의 공급계통 개념도를 나타내고, Table 2는 각 AHU의 설계부하용량을 정리한 것이다.

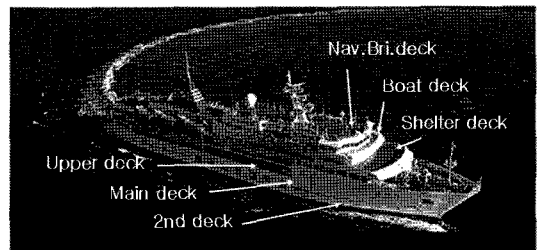


Fig. 1 The external appearance of the training ship

Table 1 The specifications of the training ship

Length	117.20 m	Width	17.80 m
Weight	6,686GT	DLWL	5.9m
People	Total 246 (Crew 42, Trainee 204)		
Speed	Max.19, Av. 17.5 kts		

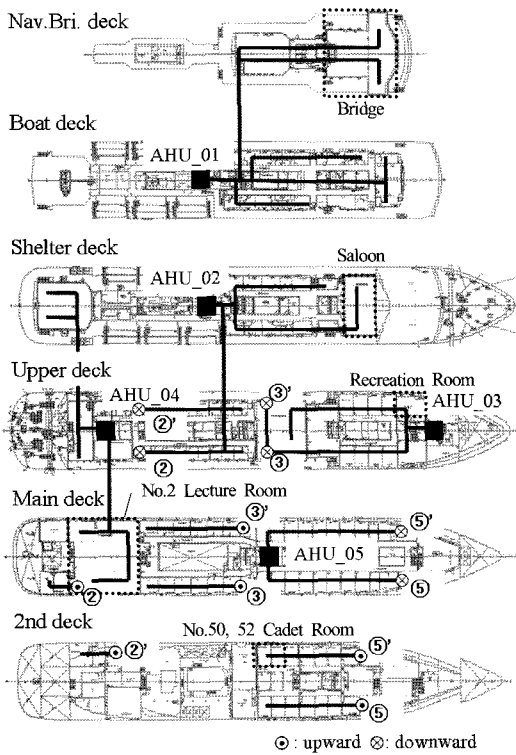


Fig. 2 AHU schematic diagram of the ship and the locations of the measured cabins

Table 2 Specifications of each AHUs

AHU No.	Heating Capacity [kcal/h]	Cooling Capacity [kcal/h]	Designed air supply volume [CMH]
1	120,400	190,920	15,255
2	89,440	141,040	11,290
3	108,380	170,280	12,160
4	113,520	177,160	13,365
5	135,000	188,820	14,965

2.2 측정선실의 개요

측정선실은 각 AHU별로 구분되는 선실 중 용도가 다른 브릿지, 살롱, 휴게실, 강의실, 학생선실 등 5개실과 학생선실 중 취출구의 구조가 다른 1실 등 총 6개의 선실을 선정하였다. 각 측정선실의 위치를 Fig. 2에 점선으로 나타내었고, 각 선실의 개요는 Table 3에 정리하였다.

Table 3 Outlines of the measured cabins

Measured cabins			Volume [m <sup>3</sup> ] (floor area × height)
Name	Indoor	Diffuser	
Bridge			- .189m <sup>2</sup> × 2m -.diffuser 24 units
Saloon			- .94.5m <sup>2</sup> × 2m -.Plenum diffuser
Recreation			- .27.7m <sup>2</sup> × 2m -.diffuser 4 units
Lecture No.2			- .200.9m <sup>2</sup> × 2m -.Plenum diffuser
Cadet No.50			- .15.2m <sup>2</sup> × 2m -.diffuser 1 unit
Cadet No.52			- .15.2m <sup>2</sup> × 2m -.diffuser 2 units

2.3 측정항목과 방법

본 연구에서는 온도, 습도, 풍량을 측정하여 각 선실의 온열환경을 평가하였고, 측정방법은 다음과 같다. 브릿지, 강의실, 세미나실, 학생선실(Cadet no. 50)에 대해서는 각 선실의 바닥면 중앙에서 1.2 m 높이로 설정한 중앙점의 온도와 습도를 10 분 간격으로 자동측정 기록하였고, 상기 각 선실의 취출구와 학생의 빈번한 출입으로 인해 측정장비 설치가 어려운 휴게실의 중앙점과 취출구의 온도와 습도는 포터블 온습도계를 이용하여 2시간 간격으로 측정하였다. 또한, 인접한 학생선실임에도 취출구의 개수와 사양이 다른 Cadet no.50과 no.52의 경우에는 취출구 차이에 따른 실내온도분포를 평가하기 위해 각각의 선실 내에 20개의 측정 포인트를 균등히 설정하고 T-type 열전대와 DAQ(Data Aquisition)를 이용해 1분 간격으로 온도를 측정하였다.

한편, 본 측정선박의 공조기기(AHU)는 정풍량(CAV)방식으로 선실 내 공조를 수행하고 있기 때문에, 8시간 간격으로 하루 3회씩 각 선실 취출구로부터의 토출풍량을 측정하였다.

또한 측정기간 중에는 브릿지를 제외한 측정공간의 출입문은 통제하여 인위적인 변화가 발생하지 않도록 하였다.

### 3. 실측결과 및 분석

#### 3.1 측정기간 및 실외조건

측정 일시는 2007년 4월 2일부터 5일까지이며, 1차 측정은 부산에서 제주도로 운항한 4월 2일 9시부터 명일 9시까지, 2차 측정은 제주에서 부산으로 운항한 4월 4일 9시부터 명일 9시까지 실시하였다. 측정기간 중의 외기 온도습도 조건은 Fig. 4에 나타난 것과 같이, 온도는 7~15℃, 습도는 20~60%의 분포로 우리나라 남해안의 전형적인 봄철 기상조건임을 알 수 있다<sup>(6)</sup>.

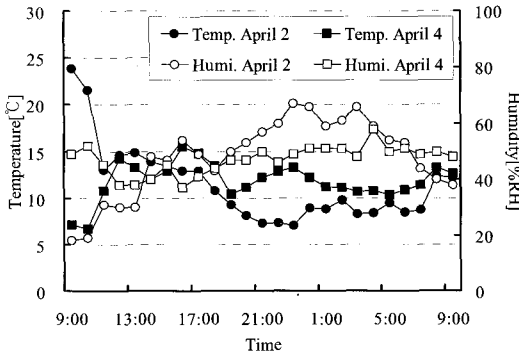


Fig. 4 Temperature and Humidity variations of outdoor on April 2nd and 4th, 2007

#### 3.2 공간별 실측결과

##### 3.2.1 브릿지(Bridge)

브릿지의 내부는 커튼으로 구분되어 운항에 관련된 승조원이 전방에 위치하고 학생들은 담당 사관과 함께 후방에 위치하여 수업과 운항 실습을 겸하고 있는 공간이다.

Fig. 5는 브릿지의 취출풍량과 설계풍량을 비교하여 나타낸 것으로, 측정된 풍량이 평균 1,100CMH로 설계풍량 5,900CMH의 약 20% 수준임을 알 수 있다.

브릿지의 실내평균온도는 약 23℃이고 온도변화의 폭도 ± 2℃로 사람이 가장 쾌적함을 느끼는 안정적인 환경을 제공하고 있다. 그러나 취출구로부터의 급기온도는 측정기간 중 31~24℃로 측정되

었고, 4월 2일과 달리 4월 4일의 온도변화, AHU 공급온도와 실내 취출구 급기온도 차가 크게 나타남을 Fig.6에서 알 수 있다.

한편, 습도는 취출구의 급기와 실내 공조공간 모두에서 10~25% 사이의 분포로 매우 건조한 상태임을 Fig. 7에 나타내었다.

##### 3.2.2 회의실(Saloon)

회의실은 전방과 양 측면은 외기와 접하고 있고 후방은 복도와 접하고 있으며 위아래는 공조공간과 접하고 있다.

Fig. 8은 회의실의 온열환경을 구성하는 AHU의 공급온도, 취출구의 급기온도, 실내온도가 모두 23℃의 매우 안정적인 조건을 나타내고 있음을 보여준다.

그러나 회의실의 습도는 Fig. 9에 나타난 것과 같이 15~25% 사이로 측정되었고 이는 브릿지보다 5% 정도 높은 상태이기는 하지만, 이 수치 역시 매우 건조한 상태로 평가된다.

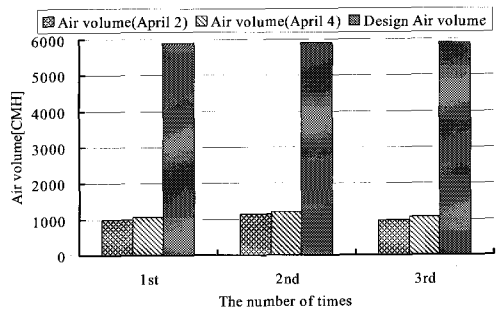


Fig. 5 Air volume into Bridge

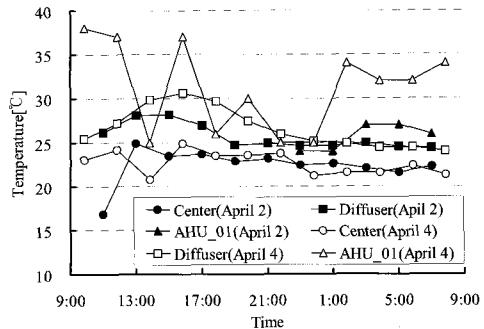


Fig. 6 Temperature in Bridge

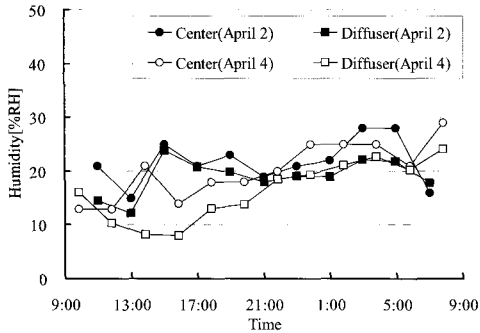


Fig. 7 Humidity in Bridge

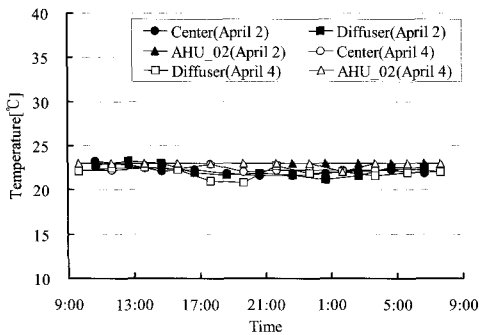


Fig. 8 Temperature in Saloon

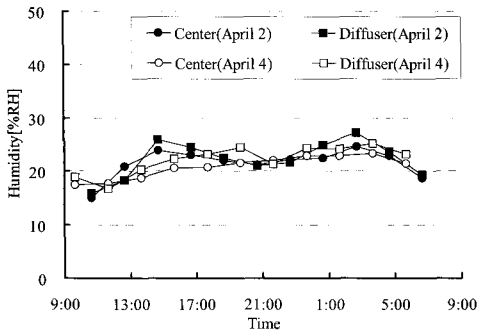


Fig. 9 Humidity in Saloon

### 3.2.3 휴게실(Recreation room)

휴게실의 좌측면은 외기와 접해있고 우측면은 공조되지 않는 복도와 접해있으며 다른 4개면은 공조되는 공간과 접해있다.

Fig. 10은 휴게실 취출구로부터의 토출풍량 측정결과로, 측정풍량이 설계풍량의 약 12% 정도임을 보여주고 있다. 휴게실의 온도는 Fig. 11에 나타나 것과 같이 평균 25°C이고 ± 2.5°C의 온도변

화로 쾌적한 조건을 보이고 있다. 그러나 휴게실 역시 최고습도가 30%가 되지 않는 건조한 조건임을 Fig. 12에 표시하였다.

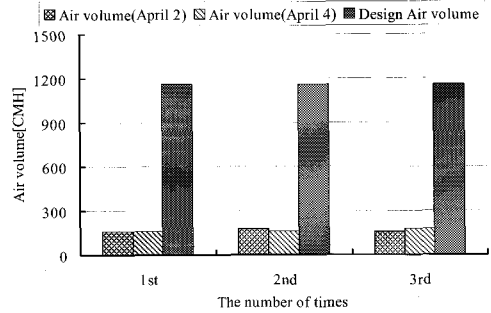


Fig. 10 Air volume into Recreation cabin

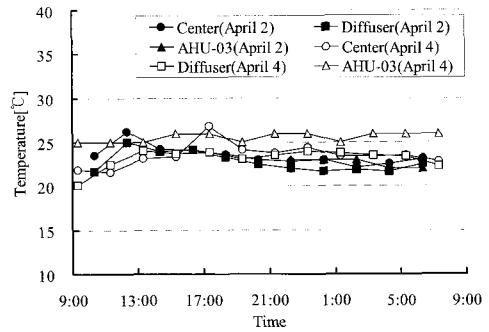


Fig. 11 Temperature in Recreation cabin

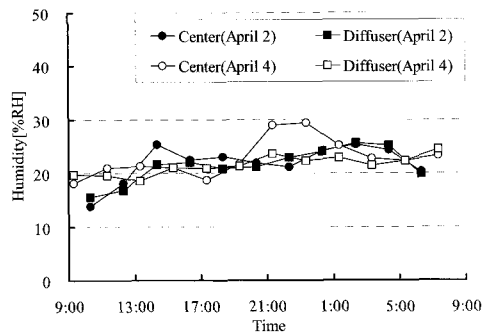


Fig. 12 Humidity in Recreation cabin

### 3.2.4 강의실(Lecture room)

강의실은 창측 2면이 외기와 접해있고, 상하층은 공조되는 공간과 접해 있으며 다른 2개면은 공조되지 않는 복도와 접해 있다. 본 선실은 학생들의 강의와 식당으로 쓰인다.

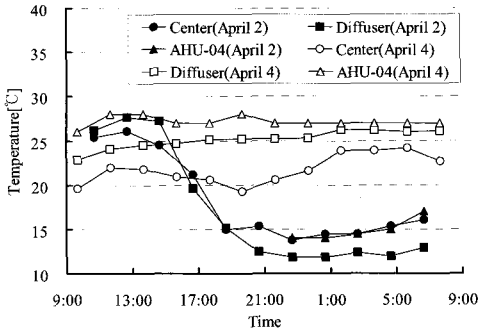


Fig. 13 Temperature in Lecture cabin

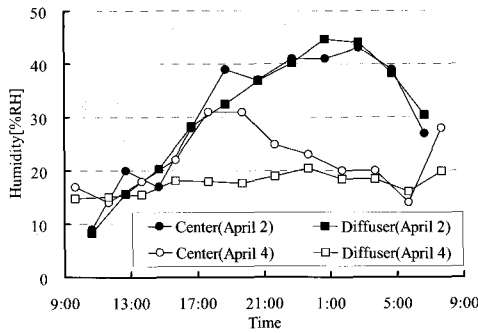


Fig. 14 Humidity in Lecture cabin

측정기간 중인 4월 2일에 강의실의 공조환경을 제공하는 AHU\_04에 작동오류 발생하였고, 외기와 접하는 유리창이 많은 본 강의실은 오류발생 4시간 만에 실내온습도가 외기온습도(Fig. 4)에 근접하게 됨을 Fig. 13, 14은 설명하고 있다. 그러나 AHU-04가 정상적으로 작동한 4월 4일의 강의실은 쾌적하게 느끼는 19~24°C의 온도분포, 매우 건조한 15~20% 습도로 측정되었다.

3.2.5 학생선실(Cadet No.50, 52)

학생선실은 학생 4인이 거주할 수 있는 공간으로 좌측에 외기와 접하는 스커틀이 있고 우측은 복도와 접하고 있으며 상하층은 공조공간이다. 특히 학생선실인 #50선실, #52선실은 내부구조가 동일함에도 불구하고 취출구의 개수, 용량을 각기 달리하고 있다.

Fig. 15는 각 선실 내 개방공간을 균등히 하여 선정된 20개의 측정 포인트를 나타낸 그림이고, Fig. 16, 17은 4월 4일의 두 선실의 온도 분포를

나타낸 것이다. 취출구 조건이 상이하지만 두 선실 모두 평균 23°C± 1°C의 이상적인 온도 분포를 보인다. 이는 50호실과 달리, ECR(기관체어실)과 접하고 있는 52호실은 ECR 내 발열기로부터의 전열 부하 영향을 고려하여 취출구 개수와 공급풍량을 증가시켰는데, 이러한 설계조건이 타당했음을 보여주는 결과로 분석된다.

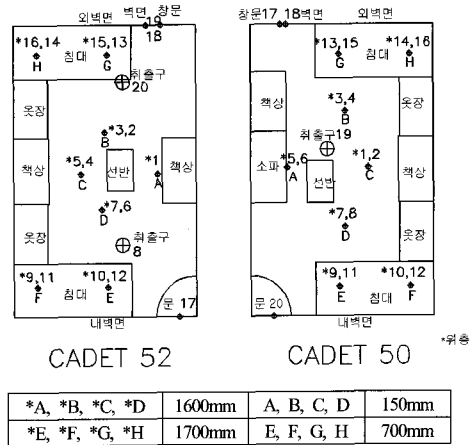


Fig. 15 Measured points of cadet no. 50, 52

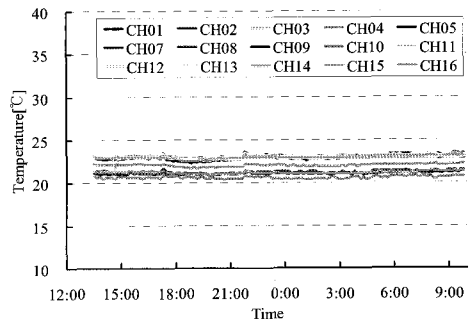


Fig. 16 Temperature variations of Cadet no.50

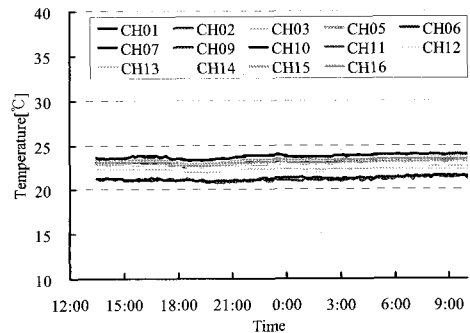


Fig. 17 Temperature variations of Cadet no. 52

또한 선실 내부의 상하온도차, 좌우온도차를 표시한 것이 Fig. 18이다. 같은 높이에서 좌우간의 온도차는 1°C미만이지만 실내 중앙위치에서는 상하간 2~3°C의 온도차가 발생하고 있다.

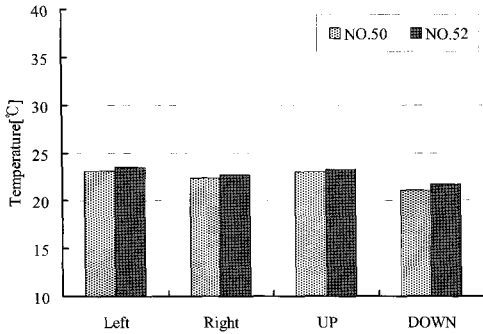


Fig. 18 Temperatures differences of Cadet no. 50 and 52

### 3.3 쾌적성 평가

ASHRAE가 제시한 쾌적범위<sup>(7)</sup>를 활용해 측정된 각 선실의 쾌적성을 객관적으로 평가하였다. 평가결과를 보여주고 있는 Fig. 19에서 명확히 알 수 있는 것과 같이, 사람이 쾌적함을 느끼는 온도 범위(21~27°C)에 포함되는 비율은 65%로 높게 나타나고 있지만 낮은 습도로 인해, 쾌적습도 범위에 포함되는 비율은 불과 16.1%에 불과하다. 장기 승선 시 낮은 습도에 장기간 노출될 경우 기관지가 건조해져 감기에 걸리기 쉬워지고 피부 표면이 건조해져 각질이 생기는 원인이 되기 때문에 항상 40~60%의 습도를 유지해야만 한다.

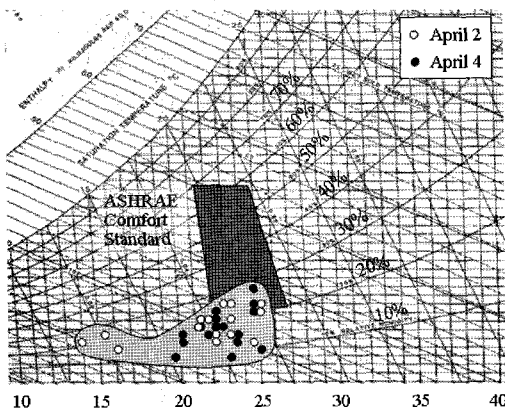


Fig. 19 Measured conditions marked on ASHRAE Comfort standard

## 4. 결 론

본 연구는 선박의 선내 온열환경에 대한 실측조사를 통해 향후 선박용 공조설비 설계의 경험적 참고자료가 될 실내온열환경 데이터베이스 구축을 목적으로 한 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 2005년 12월에 건조된 신조 운항실습선을 대상으로, 2007년 4월 2일부터 5일까지 선내 용도가 다른 6개 공간에 대해 온도, 습도, 풍량을 측정하였다. 연구 성과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 선실 내 취출구로부터의 공급풍량은 평균 20% 미만으로 측정되었다. 이는 봄철이라는 계절적 요인에 따라 난방부하량이 적기 때문이다.
- 2) 모든 선실은 20~25°C의 온도로 유지되고 있어 매우 쾌적한 조건임을 알 수 있다.
- 3) 습도는 매우 건조하여 기관지와 피부 건강에 나쁜 영향을 미치는 것으로 알려진 20% 전후의 분포를 보이고 있다.
- 4) 동일한 용도, 내부구조이지만 취출구 조건이 다른 학생선실(50호실, 52호실)의 온도조건이 매우 유사함을 확인하였다. 이는 본 선실에 대한 설계조건이 타당했음을 보여주는 결과로 분석된다.
- 5) 사람이 쾌적함을 느끼는 온도범위에 포함되는 비율은 65%로 높게 측정되었지만 낮은 습도로 인해 ASHREA가 제시한 쾌적범위에 포함되는 비율은 불과 16.1%에 불과한 것으로 분석되었다. 장기 승선에 따른 승조원의 생산성과 건강을 위해 40~60%의 습도를 유지하여야만 한다.

향후에는 본 연구를 통해 제기된 문제점을 개선하기 위해 쾌적성 향상을 위한 습도 조절방법에 대한 추가적 연구를 추진하고자 한다.

## 참고문헌

- [1] 구학근, 곽효연, “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] 장미숙, 조용진, 김광수, 박병재, 고창두, 해양연구원 연구선의 선실 환경 평가, 대한조선학회 논문집, pp. 483~487, 2005
- [4] 도근영, 송화철, 해상호텔의 공조설비에 관한 연구, 2003년도추계학술발표대회논문집, 한국생태환경건축학회, 2003.11
- [5] 조권희, 이형기, 이진욱, 감문상, "실습선 한바다", 한국해양대학교, 2007
- [6] 기상청, <http://www.kma.go.kr>
- [7] ANSI/ASHREA Standard 55-92 : Thermal environmental conditions for human occupancy, 1992



#### 박윤철(朴潤鐵)

1966년 12월생. 1990년 고려대학교 기계공학과 졸업(학사), 1992년 고려대학교 대학원 기계공학과 졸업(석사), 1997년 고려대학교 대학원 기계공학과 졸업(박사), 2002년~현재 제주대학교 기계에너지시스템공학부

#### 황광일(黃光一)

1964년 04월생. 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



### 저 자 소 개



#### 신동걸(申東傑)

1980년 10월생. 2007년 한국해양대학교 기계정보공학부 졸업(학사), 현재 한국해양대학교 냉동공조학과 대학원 석사과정



#### 이진욱(李鎭旭)

1969년 5월생. 1992년 한국해양대학교 기관공학 졸업(학사), 2007년 한국해양대학교 해사공학(동력기계) 석사, 2005년~현재 한국해양대학교 운항훈련원 조교수, 실습선 한바다호 기관장



#### 이형기(李亨基)

한국해양대학교 항해학과 졸업(학사), 한국해양대학교 해사공학과(석사), 부경대학교 안전공학과 박사과정 수료, 현재 한국해양대학교 운항훈련원 조교수, 실습선 한바다호 선장