

신조 운항실습선의 여름철 실내 온열환경 실측평가

신동걸* · 이진욱** · 이형기** · 황광일†

(원고접수일 : 2008년 1월 29일, 심사완료일 : 2008년 2월 26일)

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

Dong-Keol Shin* · Jin-Uk Lee** · Hyong-Ki Lee** · 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 which are supplied and controlled by marine HVAC. On this study, temperature, humidity and air volume of 6 different needs' cabin are measured like previous report on a newly-launched training ship during 25th through 27th of July, 2007. Followings are the results of this study. (1)The air supply volumes to each cabins are measured 250CMH(Recreation room), 800CMH(Conference room), 1,000CMH(Bridge), 5,100CMH(Lecture room) respectively. (2)The temperatures are maintained at 21~27°C in almost cabins through measuring period, but the temperatures are fluctuated over $\pm 4^{\circ}\text{C}$ at the bridge and conference room. (3)The relative humidities are shown between 40~60% known as comfort conditions, but the conference room is needed to dehumidified because of over 70% humidity. (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 temperature diversities, only 32% among the measured data are satisfied with the comfort standard range proposed by ASHREA.

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

1. 서 론

세계적인 경제성장과 개인의 경제수준 향상으로 크루즈 여행에 대한 관심이 점차 증가하고 있다. 2005년 현재 전 세계에서 연간 약 1,440만명인 크루즈선(船) 이용객수가 2020년에는 2배 수준인

2,700만명으로 증가가 예상됨에 따라 새로이 112척(2,500선실 기준)의 신조 크루즈선이 필요할 것으로 추정된다¹⁾. 한편 FTA(Free Trade Agreement, 자유무역협정)에 따라 해운 물류량이 급증하여 상선 승조원들의 승선시간은 비례적으로 증가하고 있으며, 승조원들은 승선 시의 쾌적한

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

* 한국해양대학교 대학원 냉동공조공학전공

** 한국해양대학교 운항훈련원 교수

근무환경에 대해 더욱 관심을 갖게 되었다.

우리나라는 세계 1위의 조선 강국이지만 선내 공조환경에 대한 데이터 축적이 미흡한 실정으로, 승조원들의 근무환경을 개선하여 생산성을 향상시키고, 크루즈선 승객들에게 쾌적한 환경을 제공하기 위해서는 현재 운항 중인 선박의 공조기기 운항실태 조사와 관련기술의 개발이 시급히 이루어져야만 한다.

본 연구의 피측정 선박에 대한 봄철 연구에서, 일반적으로 선실로의 공급풍량이 설계풍량에 비해 매우 적은 것을 알 수 있었고, 선실은 온도에 비해 매우 낮은 습도로 인해 쾌적범위에 포함되는 비율이 불과 16% 정도임을 알 수 있었다^[2].

상기 연구와 연속성을 갖는 본 연구는 외기조건이 다른 여름철의 선실 내의 온열환경에 대한 실측 조사를 통해 현황을 분명히 함으로써 향후 선박용 공조기 설계의 경험적 참고자료가 될 실내온열환경 데이터베이스 구축을 목적으로 한다.

2. 측정개요

2.1 선박개요^[3]

본 연구의 피측정선박은 총6개의 deck로 구성된 운항실습선으로 2005년 12월에 건조되었고 선박개요를 Fig.1, Table 1에 정리하였다.

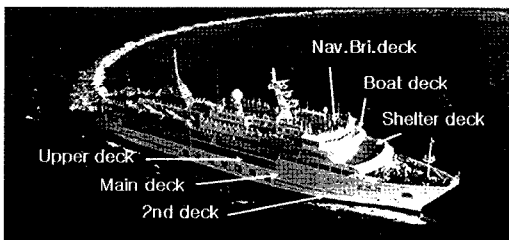


Fig. 1 The external appearance of the training ship

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		

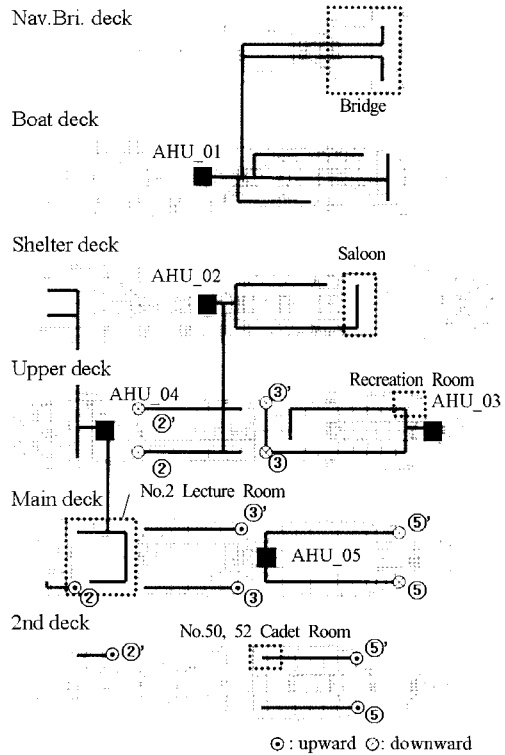


Fig. 2 AHU schematic diagram of the ship and the locations of the measured cabins

본 측정선박은 AHU(Air Handling Unit) 5대로 선내 모든 공간의 냉난방 및 환기를 공급하고 있으나, 브릿지(Bridge)에는 고온배열(高温排熱)량이 많은 운항용 정밀기기를 보호하기 위해 실내에 패키지 에어컨(Package Air-conditioner, PAC) 2대를 추가 설치하여 AHU와 함께 실내부하를 담당하고 있다. Fig. 2는 각 AHU로부터의 deck별, 선실별로 전개되는 주관(main duct)의 공급계통 개념도를 나타내고, Table 2는 각 AHU의 설계부하용량을 정리한 것이다.













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	13,655
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 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 ³] (floor area × height)
Name	Indoor	Diffuser	
Bridge			- 189m ² × 2m - diffuser 24 units
Saloon			- 94.5m ² × 2m - Plenum diffuser
Recreation			- 27.7m ² × 2m - diffuser 4 units
Lecture No.2			- 200.9m ² × 2m - Plenum diffuser
Cadet No.50			- 15.2m ² × 2m - diffuser 1 unit
Cadet No.52			- 15.2m ² × 2m - diffuser 2 units

2.3 측정항목과 방법

본 연구에서는 선실 내 온열환경을 평가하기 위해 브릿지, 강의실, 세미나실, 학생선실(Cadet no. 50)의 각 중앙점 온도와 습도를 10분 간격으로 자동측정 기록하였고, 학생의 빈번한 출입으로 인해 측정장비 설치가 어려운 휴게실은 포터블 온습도계를 이용하여 2시간 간격으로 측정하였다. 또한, 인접한 학생선실임에도 취출구의 개수와 풍량이 다른 Cadet no.50과 no.52에 대해서는 실내 온도분포를 상세히 평가하기 위해 20개씩의 온도 측정 포인트를 각각 균등히 설정하고 T-type 열전대와 Data logger를 이용해 1분 간격으로 측정하였다.

한편, 정풍량(CAV)방식으로 운전되는 공조기기(AHU)로부터 각 선실 취출구로의 토출풍량은 측정기간 동안 3회 실시하였다.

3. 실측결과 및 분석

3.1 측정기간 및 실외조건

측정 일시는 2007년 7월 25일 오전 9시부터 27일 오전 9시까지이며, 측정 시간은 총 48시간이다. 항로는 부산을 출발하여 독도와 울릉도를 경유 다시 부산으로 귀항하는 구간이다. 측정기간 중의 외기 온습도 조건은 Fig. 4에 나타난 것과 같이, 온도는 23~32℃, 습도는 50~95%의 분포로 우리나라 해안기후의 전형적인 여름철 기상조건임을 알 수 있다^[6].

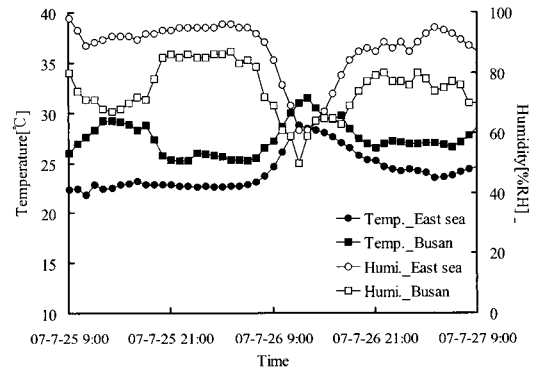


Fig. 4 Temperature and Humidity variations of outdoor on July 25th, 26th and 27th, 2007

3.2 공간별 실측결과

3.2.1 브릿지(Bridge)

브릿지의 내부는 기능적으로 운항실무와 관련된 승조원이 전방에 위치하고 학생들은 담당 사관과 함께 후방에 위치하여 수업과 운항 실습을 겸하고 있다.

Fig. 5는 3회 측정된 브릿지로의 취출풍량을 나타낸 것으로, 취출풍량은 평균 1,000CMH이고 측정값 사이의 차이는 크지 않았다. 브릿지의 실내평균온도는 약 25℃이나 온도변화의 폭이 ± 4℃로 크게 나타나 온열환경의 불균형이 심한 것을 Fig. 6에서 알 수 있다. 낮 시간인 오후 3시와 4시 사이, AHU_01은 18℃로 공급하고 있지만 취출구 온도가 30℃를 넘는 것으로 관측되어 AHU 공급

온도와 실내 취출구 급기 온도차가 크게 나타나 열(熱)수송에 문제점을 보여주고 있다. 한편, 습도는 취출구의 급기와 실내에서 40~60% 사이의 고른 분포를 보이고 있어 적절한 습도를 유지 하고 있는 것을 Fig. 7에서 알 수 있다.

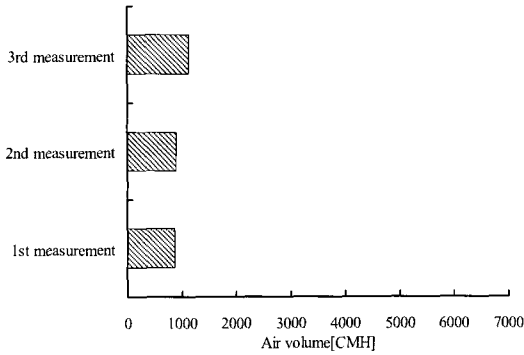


Fig. 5 Air volume into Bridge

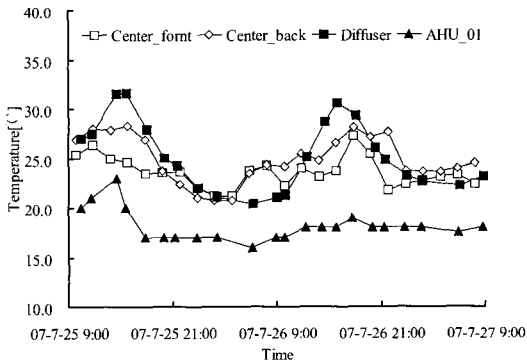


Fig. 6 Temperature in Bridge

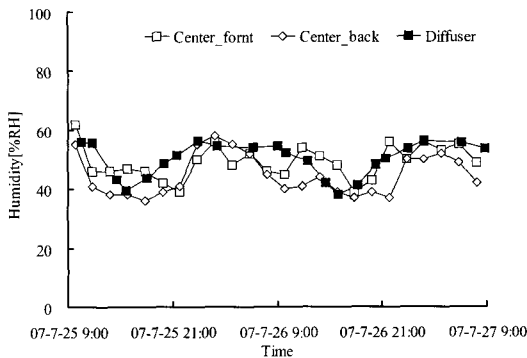


Fig. 7 Humidity in Bridge

3.2.2 회의실(Saloon)

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

회의실의 취출풍량은 평균 800CMH로 측정되었으나, 측정값 사이에 변동이 심한 것을 Fig. 8에서

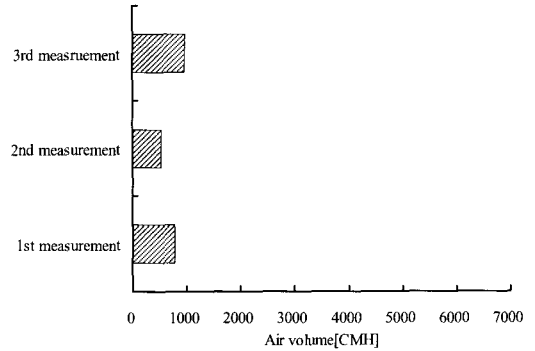


Fig. 8 Air volume into Saloon

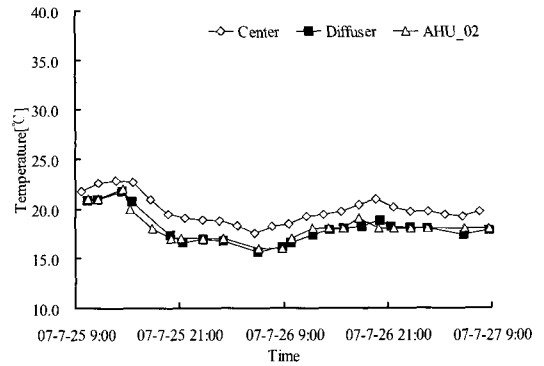


Fig. 9 Temperature in Saloon

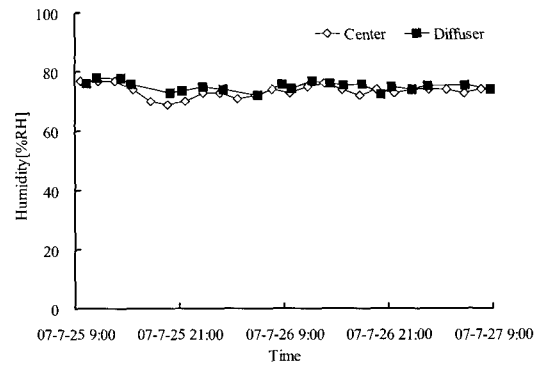


Fig. 10 Humidity in Saloon

3.2.3 휴게실(Recreation room)

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

Fig. 11은 휴게실 취출구로부터의 토출풍량 측정결과로, 평균 250CMH를 나타낸다. 휴게실의 온도는 Fig. 12에 나타나 것과 같이 평균 25°C이고 ± 1°C의 온도변화로 비교적 쾌적한 조건을 보이고 있다. 그리고 취출구의 평균온도는 약19°C로 AHU_03 공급온도와 차이가 2°C 미만인 매우 비슷한 상태를 보여 AHU와 취출구 간의 열수송이 비교적 원활하다고 분석된다. 그리고 실내 온도와 취출구의 온도를 비교해 보았을 때 풍량이 적절히 도입되고 있음을 실내 온도변화를 통해 알 수 있다. 한편 휴게실의 습도는 Fig. 13과 같이 50%~70% 분포로 측정되었다.

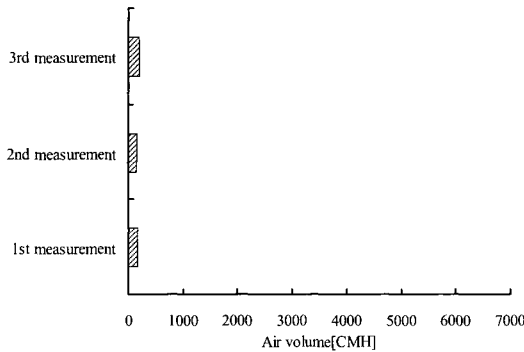


Fig. 11 Air volume into Recreation cabin

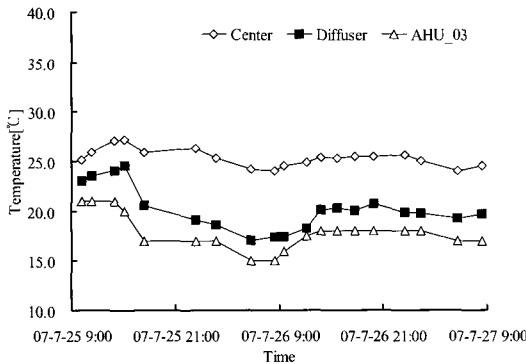


Fig. 12 Temperature in Recreation cabin

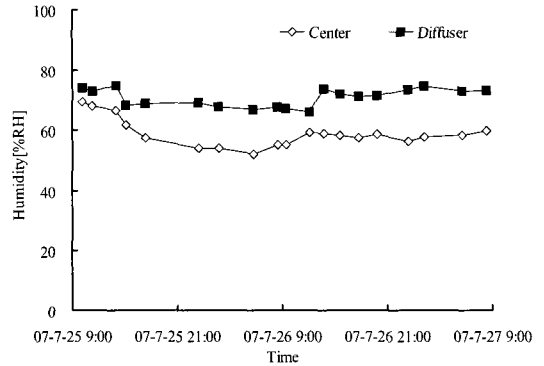


Fig. 13 Humidity in Recreation cabin

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.

강의실의 취출풍량 측정결과를 Fig. 14에 나타내었다. 강의실의 취출풍량은 다른 선실과는 다르게 취출구의 형식이 플레넘(Plenum type)으로 회의실과 비슷하다. 평균 취출풍량은 5,100CMH로 나타났지만, 취출풍량의 변화가 4,000~6,250CMH로 불안정한 것으로 나타났다. 그리고 Fig. 15에 나타난 것과 같이 온도변화는 ± 4°C로 비교적 크게 나타났는데 이는 26일 오후 5시부터 8시까지 식사 시의 환기를 위해 기관실과 타기실 통로로 연결되어 있는 뒷문을 개방하여 30°C이상의 고온이 강의실로 흡입되었기 때문이다. 평소 강의실은 식당과 강의실로 같이 쓰이고 있기 때문에

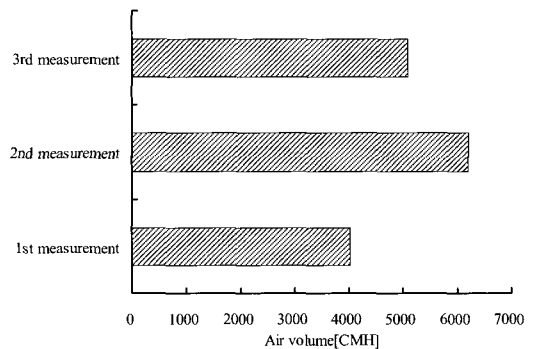


Fig. 14 Air volume into Lecture cabin

식사 시간에 항상 뒷문을 개방하므로 외부 침입공기가 강의실 온열 환경에 상당한 영향이 미치고 있음을 알 수 있다. 한편, 습도는 다른 선실과 마찬가지로 50%~60% 사이에 변화를 보이고 있음을 Fig. 16에 의해 알 수 있다.

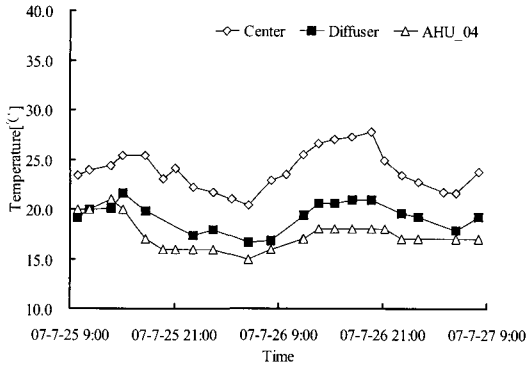


Fig. 15 Temperature in Lecture cabin

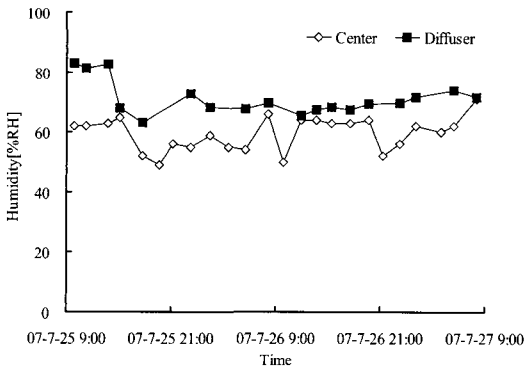


Fig. 16 Humidity in Lecture cabin

3.2.5 학생선실(Cadet No.50, 52)

학생선실은 학생 4인의 거주공간으로 우측에 외기와 접하는 스키텔이 있고 좌측은 복도와 접하고 있으며 상하층은 공조공간이다. Fig. 17에 나타난 것과 같이 학생선실 No.50과 No.52는 내부구조가 동일함에도 불구하고 취출구의 개수와 풍량이 다르게 설계되었다. 총 20개의 온도 측정포인트 중 10개 포인트는 선실내 온열환경에 영향을 줄 수 있는 벽과 천정, 바닥, 취출구, 배기구를 측정하였고 나머지 10개의 포인트는 선실내 공간을 균등히 나

누어 온도분포를 측정하였다. 온도분포 그림은 Fig. 18, 19에 나타내었으며 온도 분포의 편차가 1°C정도 차이가 나는 것을 알 수 있다.

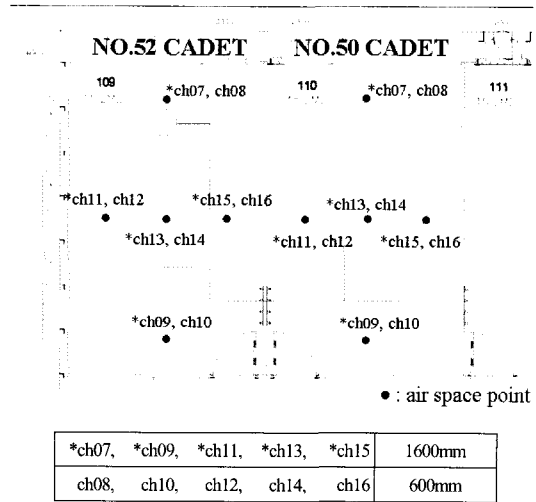


Fig. 17 Measured points of cadet no. 50, 52

이는 50호실과 달리, ECR(기관조정실)과 접하고 있는 52호실은 ECR 내 발열기로부터의 전열부하 영향을 고려하여 취출구 개수와 공급풍량을 증가시켰는데, 이러한 설계조건이 타당했음을 보여주는 결과로 분석된다. 또한 선실 내부의 상하온도차, 좌우온도차를 표시한 것이 Fig. 20이다. 선실의 상하 좌우 온도차가 1°C미만으로 나타나 선실내의 온도분포는 고르게 나타났다.

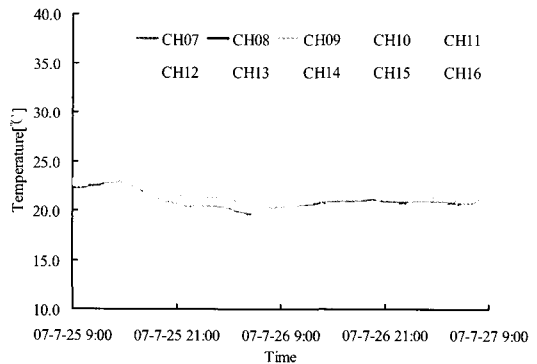


Fig. 18 Temperature variations of Cadet no.50

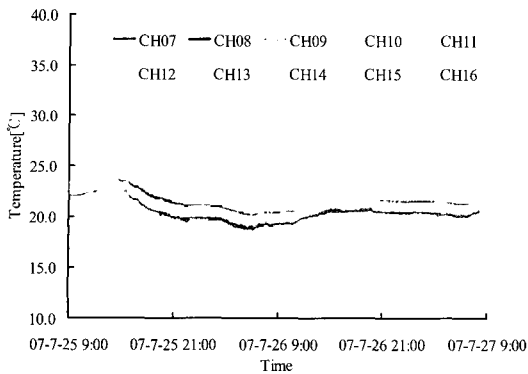


Fig. 19 Temperature variations of Cadet no. 52

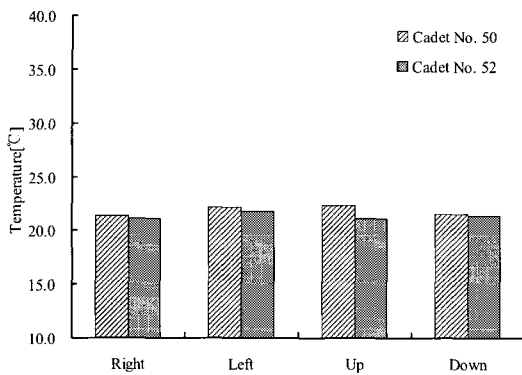


Fig. 20 Temperatures differences of Cadet no. 50 and 52

3.3 쾌적성 평가

ASHRAE가 제시한 쾌적범위⁵⁾를 활용해 본 연구에서 측정된 각 선실의 쾌적성을 객관적으로 평

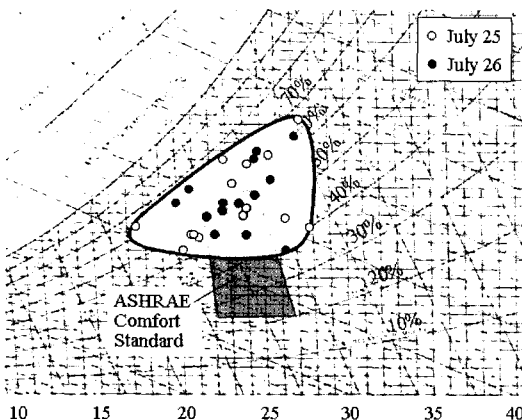


Fig. 19 Measured conditions marked on ASHREA Comfort standard

가한 결과를 Fig. 21에 보여준다. 일반적으로 사람이 쾌적감을 느끼는 습도분포인 40%~65%에 측정결과가 상당부분 포함되었다. 그러나 온도분포는 브릿지와 강의실에서 온도 편차가 심하게 나타나고 회의실 온도가 21℃이하로 관측되는 등 재실자가 쾌적하게 느끼는 온도 범위(21~27℃)를 벗어난 상태가 발생함에 따라 측정결과 중 불과 32%만이 ASHRAE에서 제시한 쾌적성 범위에 포함되었다.

4. 결 론

2007년 7월 25일~27일 동안 수행된 신조 운항 실습선에 대한 실내 온열환경 측정결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 각 선실로의 취출풍량을 측정한 결과, 평균 취출풍량은 1,000CMH(브릿지), 800CMH(회의실), 250CMH(휴게실), 5,100CMH(강의실)로 나타났으나, 공급방식이 정풍량방식임에도 불구하고 측정값 사이에 20% 정도의 차이가 발생하는 경우가 있었다.

2) 회의실을 제외한 모든 선실은 21~27℃의 온도분포로 설계온도조건을 만족하고 있으나 강의실과 브릿지에서의 온도편차가 ± 4℃이상 발생하기 때문에 재실자에게 불쾌감을 유발시킬 수 있다.

3) 습도는 대부분의 선실에서 40~60%의 쾌적범위를 만족하고 있으나, 회의실은 70% 이상의 습도분포로 반드시 제습이 필요한 상태이다.

4) 취출구 조건만이 다른 학생선실(50호실, 52호실)의 온도 측정결과는 매우 유사함을 확인하였다. 이는 본 선실에 대한 설계조건이 타당했음을 보여주는 결과이다.

5) 여름철 실내 환경은 강한 일사와 해수면이 증발하기 쉬운 기상조건 때문에 쾌적한 온열환경을 유지하는데 어려움이 많다. 측정공간 중 일사에 의한 영향을 직접 받는 면적이 가장 넓은 브릿지와 외기 도입이 많은 강의실은 큰 온도변화로 인해 ASHRAE에서 제시한 쾌적 영역을 만족시키지 못했고, 회의실에서는 19℃이하의 온도가 12시간 정도 지속되는 과도한 냉방이 발생하였다. 그러나 휴

계실과 학생 선실의 온도와 습도가 쾌적범위를 만족함에 따라, 본 연구기간 동안의 선실 내 평균 쾌적성 만족도는 약 32%로 평가된다.

참고문헌

- [1] The World Cruise Shipping Industry to 2020, 2005.
- [2] 신동걸, 이진욱, 이형기, 박윤철, 황광일, "신조 운항실습선의 봄철 실내 온열환경 실측평가", 한국마린엔지니어링학회지, Vol.31, No.8, pp.939~946, 2007.11.
- [3] 조권희, 이형기, 이진욱, 감문상, "실습선 한바다", 2007
- [4] 기상청, <http://www.kma.go.kr>
- [5] ANSI/ASHREA Standard 55-92 : Thermal environmental conditions for human occupancy, 1992
- [6] 황광일, 이상우, 심재건, 박민강, 문태일, "선박 선실 내의 실내공기환경 실태 조사에 관한 연구 -원항 여객선 선실의 동절기 온열환경-", 한국마린엔지니어링학회지, Vol.31, No.4, pp.370~376, 2007.5.



이형기(李亨基)

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



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

저 자 소 개



신동걸(申東傑)

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



이진욱(李鎭旭)

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