

선박 선실 내의 실내공기환경 실태 조사에 관한 연구 - 원항 여객선 선실의 동절기 온열환경 -

황광일† · 우상우* · 심재건** · 박민강** · 문태일***

(원고접수일 : 2007년 2월 1일, 심사완료일 : 2007년 4월 3일)

A Measurement Study on the Thermal Conditions in Cabins of a Long Cruise Passenger ship in the Winter

Kwang-il Hwang† · Sang-Woo Woo* · Jae-Gun Shim** · Min-Kang Park** · Tae-il Moon***

Abstract : The purpose of this study is to measure the thermal conditions of the various cabins in a long cruise passenger ship which is an integration of the high level technological know-how. We did an experiment and found out the following problems. (1) The temperature from the damper is stable but the humidity varies lower. (2) Comparing A deck-located cabins to B deck-located cabins, A-deck located cabins' temperatures are higher because of the 24% more air supply. (3) More influences from outdoor climate makes the temperature of the outside cabin lower than the inside cabin. (4) In some cabins, there are vertical temperature differences of 4~6°C. (5) And 2~4°C temperature differences are occurred at between 2-story bed. (6) Repeatability of measurement results are confirmed by 2 times measurements.

Key words : Cruiser(크루저), Cabin(선실), Thermal Conditions(온열환경)

1. 서 론

1.1 연구배경과 목적

2005년 우리나라의 선박수주량은 1,450만CGT로 2위인 EU의 850만CGT와 2배 가까운 격차가 벌어졌고, 끊임없는 기술개발과 원가경쟁력 확보를 통해 세계 조선 산업을 선도하고 있는 것으로 국제적으로 평가받고 있다. 그러나 최근 발표된 세계조

선통계 자료에 의하면 중국은 국가차원의 지원과 저임금 노동력이 결합하여 조선산업이 급속히 발전하고 있으며, 2005년도 중국의 선박 수주량은 700만 CGT를 달성함으로써 국가기준으로는 일본을 제치고 세계 2대 조선국으로 부상하고 있는 상황이다^{[1],[2]}.

이러한 세계동향 안에서 우리나라 조선산업이 향후에도 강자로 남기 위해서는 대형 여객선(이하 크

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

† 한국해양대학교 대학원 냉동공조공학전공

** 한국해양대학교 기계·정보공학부 졸업

*** 한국해양대학교 기계·정보공학부 재학

루즈선)을 비롯한 초대형 컨테이너선, LNG선, FPSO(부유식 원유생산저장설비 선박, Floating Production Storage Offloading) 등 고부가가치 선박에 대한 기술개발이 적극적으로 추진되어야만 한다. 최근 들어 LNG선, FPSO와 같은 고부가 가치 선종의 수주 물량이 늘어나기 시작했으나, 척당 5~10억 달러가 넘는 크루즈선의 경우에는 유럽 조선업체들로부터의 기술이전이 쉽지 않으며 관련된 핵심원천기술을 확보하기 위해서는 많은 시간이 필요한 상황이다.

크루즈선 설계 및 운항기술에서 가장 중요한 부분 중의 하나가 승객에게는 승선 시의 쾌적성과 편리성을 제공하고, 승조원에게는 생산성 향상을 위한 쾌적한 근무환경을 제공하는 것이다. 이러한 쾌적한 실내환경을 제공하기 위한 방법 중의 하나가 실내 온열환경을 최적의 상태로 공급, 유지, 제어할 수 있는 선박공조기술이다.

본 연구는 크루즈선 설계 및 운항 관련기술 개발의 첫 단계로써 현재 운항 중인 원항 여객선의 선실 내 온열환경에 대한 실태조사를 수행하여, 데이터를 분석하고 향후 설계지원을 위한 DB 구축을 목적으로 하고 있다.

1.2 기존연구 고찰

원항여객선의 선실내 온열환경에 대한 기존연구 성과를 찾을 수 없었으나 본 연구에서는 다음과 같은 연구를 참고하였다. 장 등^[6]은 함정의 조타실, 통신실, 기관실의 열적 불만족을 6가지 물리적, 주관적 온열요소로 평가하였고, 또한 연구선을 대상으로 각 선실의 온열환경, 공기환경, 소음 등을 분석 평가하였다^[7]. 또한 도 등^[8]은 해상호텔의 공조 설비에 관한 연구를 수행하였다.

2. 연구의 범위와 방법

2.1 측정 선박과 선실의 개요

본 연구의 측정대상 선박은 주중은 한국과 일본을 왕복 운항하고, 주말에는 부산연안을 운항하는

크루저급 여객선으로써, 1997년 3월에 건조되어, 2002년 4월부터 현재 노선에서 운항되고 있다. 선박 개요, 선체의 각 deck 위치와 선실 구분의 개념도를 Table 1과 Fig. 1에 정리하였다.

측정대상 선박은 일반승객용으로 내부구조가 다른 4종류의 선실(AO type, AI type, BO type, BI type)을 운영하고 있었으며, 본 연구에서는 종류별 선실에 대한 온열환경을 측정하였다. 측정선실의 크기 및 내부구조, 그리고 측정포인트(바닥으로부터 1.0m 높이기준)를 Table 2, Fig. 2에 정리하였다. 단, 온도를 DAQ (Data Aquisition System)로 측정한 AO type, BO type 선실의 경우에는 수평위치별로 바닥에서 0.6m, 1.2m, 1.8m 높이를 측정 포인트로 하였고, 취출풍량은 취출구(damper)에서 측정하였다.

Table 1 Specifications of the measured ship

Weight	GRT : 9,690ton DWT : 4,249ton
Length×Breadth×Depth	160m×25m×13.5m
Speed	23.10 knot
Boarding Persons	550 persons

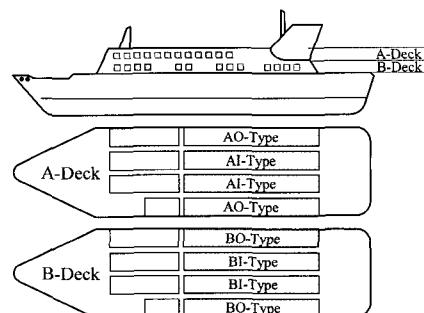


Fig. 1 Side view of the measured ship and the classification of the passenger cabins

Table 2 Specifications of the measured cabins

Type	Size W*D*H (mm)	No. of Passenger	No. of Window	Measured by
AO	486.5x306x220	2	1	DAQ/Portable
AI	489x268.5x213	4	0	Portable
BO	486.5x306x220	4	1	DAQ/Portable
BI	244x268x222	4	0	Portable

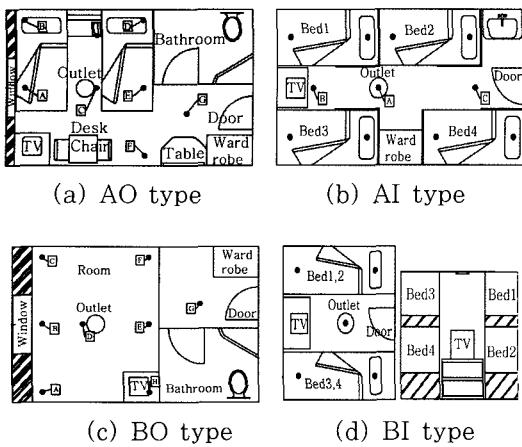


Fig. 2 Inside view and the measuring points of cabins

2.2 측정장비와 측정방법

본 연구의 주요측정항목은 온도, 습도, 풍량 등이며, 측정에 사용된 장비 사양을 Table 3에 정리하였다. 각 항목별 측정 방법은 다음과 같다. 외기면하고 있는 외측선실(Outside cabin)인 AO type과 BO type의 경우에는 열전대와 DAQ를 이용해 온도를 1분 간격으로 측정하였고, 내측선실(Inside cabin)인 AI type, BI type의 경우에는 온습도계, 비접촉식 적외선온도계 등 이동식 온습도계를 사용하여 19시부터 익일 7시까지 12시간 동안 1시간 간격으로 측정하였다. 단, 실측에 앞서 임의 측정점에 대한 3종류 온도계의 측정값이 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 이내임을 확인하였다. 또한 정풍량방식인 취출풍량의 변동을 확인하기 위해 선실별로 3회씩(20시, 24시, 익일 6시)만 측정하였다.

Table 3 Specifications of the measuring instruments

Instruments	Model	Specifications
Balometer	EBT-721	Air Volume : 42~4250m ³ /h Air Speed : 0.125~40m/s Humidity : 0~95% Temp. : -40°C~250°C
Thermo-hygrometer	HT-3006	Humidity : 10%~95% Temp. : -50°C ~ 1230°C
	C.A 846	Humidity : 0%~100% Temp. : -20°C~60°C
Infrared thermometer	Testo 860	Temp. : -30°C ~ 900°C
DAQ	MX-100	
Thermo couple	Type T	Temp. : -200°C~350°C

2.3 측정기간 및 외기조건

측정은 Table 4에 나타난 것과 같이 2차에 걸쳐 수행하였고 측정기간 중 실측한 외기조건은 Fig. 3에 나타난 바와 같다. 단, 본 연구에서는 4종류의 선실을 모두 측정한 2차 측정결과를 주요 해석대상으로 한다.

Table 4 Measurement Dates

Deck	Type of cabin	Dates
A	AI type	2006.2.11~12 (1st measurement)
B		
A	AO type	2006.2.18~19 (2nd measurement)
A		
B	BO type	
B	BI type	

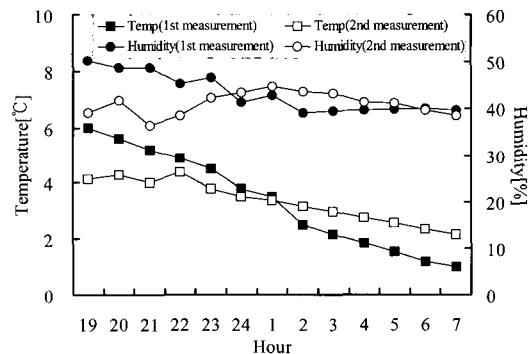


Fig. 3 Temperature and humidity conditions of outside ship

3. 실측결과 및 분석

3.1 실별 온습도 공급조건

3.1.1 취출구의 취출풍량

각 선실별 취출풍량의 측정결과를 Fig. 4에 나타낸다. A deck에 위치한 AO type, AI type 선실의 평균취출풍량은 260CMH, B deck에 위치한 BO type, BI type 선실의 평균취출풍량은 190CMH로 약 27%의 차이를 보이고 있으나, A, B 각 deck에 속한 선실 사이에는 표준편차가

12.1CMH, 9.2CMH 정도로 차이가 거의 발생하지 않고 있다. 이는 공조계통이 deck별로 분리돼 있고 정풍량방식(CAV)으로 운전되고 있기 때문이다.

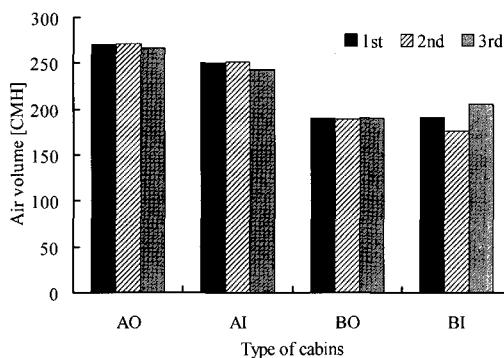


Fig. 4 Air volumes of each cabins

3.1.2 취출기류의 온습도

내측선실(Inside cabin)인 AI type과 BI type 선실 취출기류의 온습도 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 취출온도는 약 26~28°C 정도로 매우 안정적이지만, 취출공기의 습도는 측정시간동안 20% 미만의 건조한 상태를 나타내고 있으며 시간이 경과할 수록 더욱 낮아지는 경향을 보이고 있었다.

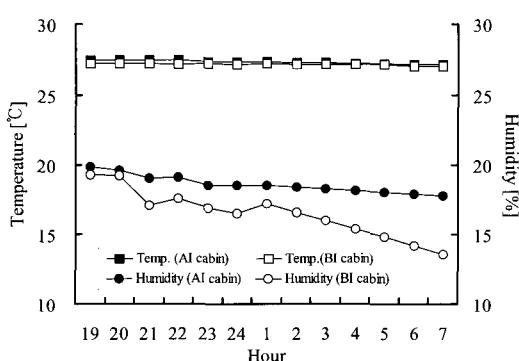


Fig. 5 Temperature and humidity of airflow from damper

3.1.3 선실과 복도의 온습도 환경

각 선실의 시각별 온도변화가 Fig. 6에 나타난 것과 같이 선실의 위치에 따라 온도분포가 다르게

나타나고 있다. 즉, 직접적으로 외기의 영향을 받는 외측선실(AO type, BO type)보다 내측선실(AI type, BI type)의 온도가 높게 나타나고 있으며, 선실의 내측, 외측 위치가 같을 때는 A deck 선실(AO type, AI type)이 B deck 선실(BO type, BI type)보다 온도가 높게 측정되었는데, 이는 A deck 선실은 취출풍량이 많고(Fig. 4 참조) 선실 바닥에 인접한 B deck가 공조공간으로 열손실이 없을 것으로 판단되지만, B deck의 선실바닥은 공조를 시행하지 않는 화물적재용 공간에 접해있어 열손실이 발생할 수 있는 구조이기 때문이다.

한편, Fig. 6에 나타난 AI, BI 선실의 실내 평균 습도는 취출기류(Fig. 5 참조)에 비해 상대적으로 습도가 높은 복도 공기의 영향때문에 높게 나타나며, 시간이 경과함에 따라 차이가 없어지는 경향을 보이고 있다. 각 선실 밖 복도의 습도는 Fig. 7에 나타난 것과 같이 심한 변화를 보이고 있는데 이는 승객들이 밤늦게까지 여흥을 즐기며 갑판으로의 잦은 입출입으로 인해 습도가 높은 해풍(Fig. 3 참조)의 영향을 받았기 때문이다.

3.2 선실별 상세 온열환경

3.2.1 실별 세부 온도 변화

전술한 바와 같이 AO type 선실과 BO type 선실에는 각각 20개, 19개의 측정포인트를 입체격자로 위치를 정하고 열전대와 DAQ를 사용하여 1분 단위로 측정하였다. Fig. 8과 9에 나타난 측정결과에 의하면, AO type 선실은 전반적으로 20~23°C의 온도분포인 반면, BO type 선실은 17~22°C의 온도분포 측정되었고 BO type 선실에서는 외기의 영향을 받는 창측과 비공조공간과 접하고 있는 선실 바닥부근에서의 온도가 낮게 나타나고 있다.

AI type 선실과 BI type 선실의 온도 분포를 Fig. 10과 Fig. 11에 나타내었다. AI type 선실의 취출구와 4개 침대의 측정포인트에서 모두 26°C 내외의 온도분포를 보이고 있으나, BI type 선실에서는 취출구에서 가까운 2층 침대(Bed 1, Bed 3)가 1층 침대(Bed 2, Bed 4)보다 약 2~4°C 높게 나타나는 등 침대 층간 온도차가 발생하고 있었다.

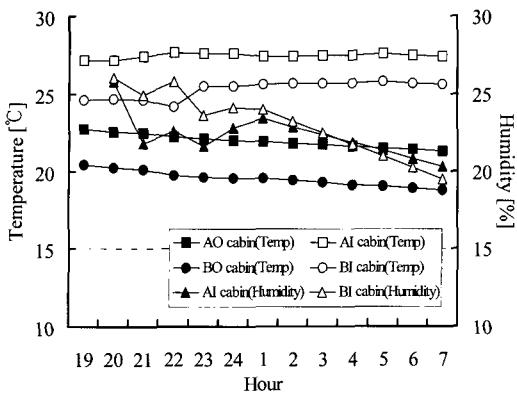


Fig. 6 Average temperature and humidity variations in cabins

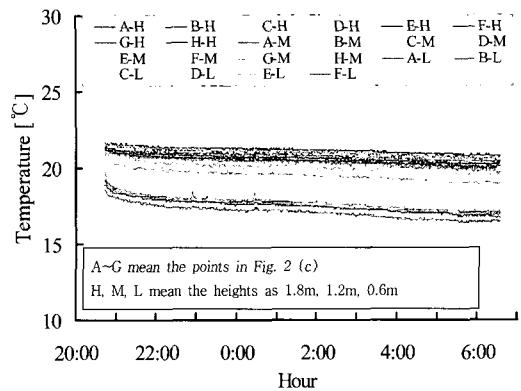


Fig. 9 Temp. variations of each points in BO type cabin

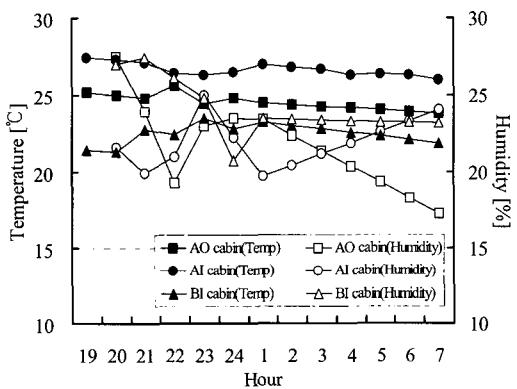


Fig. 7 Temperature and humidity variations of corridors

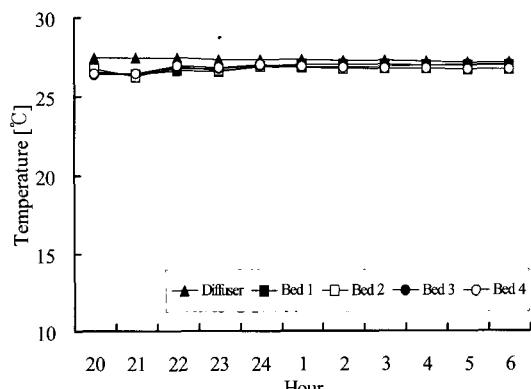


Fig. 10 Temperature variations of each measurement points in AI type cabin

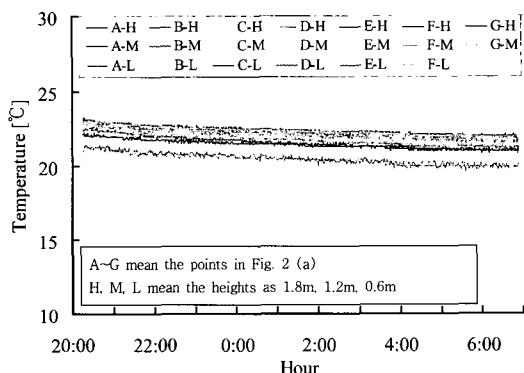


Fig. 8 Temp. variations of each points in AO type cabin

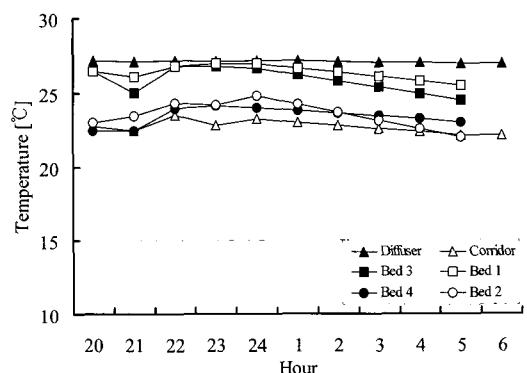


Fig. 11 Temperature variations of each measurement points in BI type cabin

3.2.2 높이에 따른 온도 변화

Fig. 12와 13은 실내 평균 온도가 가장 낮게 측정된 오전 6시의 AO type 선실과 BO type 선실의 수평위치별 수직온도분포를 나타낸 그래프이다. AO type 선실과 BO type 선실을 비교하면, AO type 선실은 전체적인 온도가 높고 외기의 영향을 강하게 받는 창문에 인접한 위치 A의 3 측정포인트를 제외하면 높이에 따른 온도차이가 1°C 이내로 측정된 반면 BO type 선실의 경우에는 2m 높이의 선실 내에서 높이에 따른 온도차이가 4~6°C 정도로 심한 온도 불균형이 발생하고 있었다. 특히 BO Type 선실에서 상부와 하부 사이에 온도차이가 크게 발생하는 것은 선실바닥과 인접한 화물 적재용 공간이 비공조공간이기 때문에 선실바닥면을 통한 열손실이 발생하기 때문으로 분석된다.

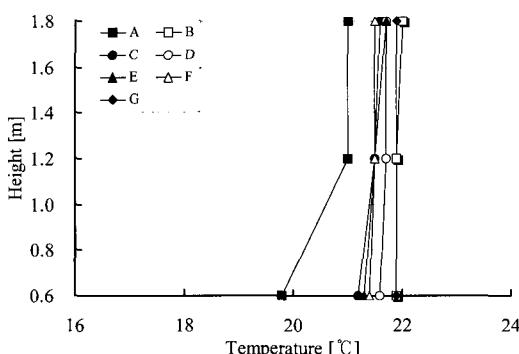


Fig. 12 Vertical temperatures distributions in AO type cabin

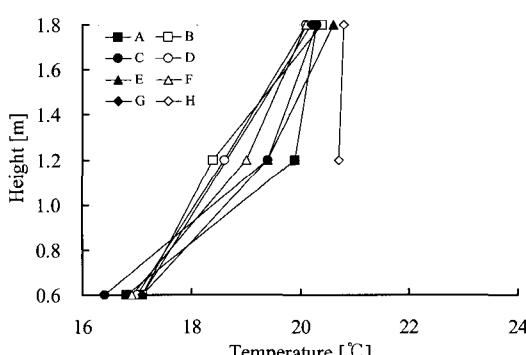


Fig. 13 Vertical temperatures distributions in BO type cabin

3.3 선실내 온열환경의 재현성 평가

전술한 바와 같이 본 연구에서는 재현성 평가를 위해 2006년 2월 11~12일과 2006년 2월 18~19일에 측정을 실시하였다. AI type 선실에 대한 2차례의 측정결과, Fig. 14에 나타난 것과 같이 시간별 온도변화가 매우 유사하다는 것을 알 수 있으며, 이를 통해 온열환경의 재현성을 확인할 수 있다.

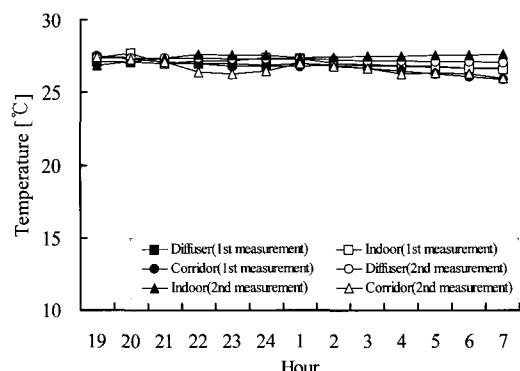


Fig. 14 Different days' temperatures in AI type cabin

4. 결 론

본 연구는 현재 운항되고 있는 원항여객선의 선실내 온열환경에 대한 실태조사를 수행한 것으로 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 취출구로부터의 급기온도는 항상 일정하였으나 습도는 시간이 경과함에 따라 낮아지는 경향을 보이고 있다.
2. A deck 선실의 온도가 B deck 선실보다 2°C 높고, 온도분포가 일정한 A deck와 달리 B deck 선실 상하간에는 4~6°C의 온도불균형을 나타내고 있는데, 이는 선실내로의 취출풍량 차이 27%와 B deck의 경우 선실바닥면이 비공조 공간에 접하고 있기 때문으로 분석된다.
3. 외기와 접하고 창문이 있는 외측선실(Outside cabin)보다 내측선실(Inside cabin)의 온도가 5°C 정도 높게 측정되었다.
4. 2층침대 선실의 경우에는 상층과 하층 사이에 2~4°C의 온도차이를 보이고 있다.

5. 모든 선실의 상대습도는 온도에 비해 매우 낮은 상태인 20% 이하 수준의 매우 건조한 상태로 나타나 재실자의 건강에 좋지 못한 영향을 미칠 것으로 예측된다.
6. 2차례에 걸친 실측을 통해 실험결과의 재현성을 확인할 수 있었다.

본 연구는 현재 운항 중인 선박을 대상으로 한 것으로 측정선박관련 정보가 제한적인 아쉬움이 있으나, 선실의 위치와 내부구조에 따라 선실의 온열환경이 균일하지 못하고, 특히 모든 측정대상 선실에서 습도가 매우 낮다는 문제를 발견하였다. 온도와 습도는 선실 내 퀼적성을 평가하는 중요한 요소이며 향후에는 본 연구에서 제기된 문제들을 개선하기 위한 구체적 대안과 효과에 대해 후속연구를 진행하고자 한다.

후 기

본 연구는 2005년도 한국해양대학교 신진교수정 착연구비 지원사업의 일부로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] 한국조선공업협회(<http://www.koshipa.or.kr>), 조선자료집
- [2] Clarkson, World Shipyard Monitor (2005~2006)
- [3] 富岡節, 船用冷凍機と空氣調和, 成山堂書店, 1978. 9
- [4] 日本造船學會, 船用空氣調和裝置計劃基準·船泊の通氣裝置設計基準, 海文堂, 1970. 9
- [5] 이영삼, 김영모, 여객선, 해인출판사, 2002. 3
- [6] 장미숙, 고창두, 문일성, 이춘주, 김상현, 함정 선내의 온열요소에 대한 조사 연구, 한국해양환경공학회지, Vol.8, No.1, pp.31~38, 2005. 2
- [7] 장미숙, 조용진, 김광수, 박병재, 고창두, 해양 연구원 연구선의 선실 환경 평가, 대한조선학회논문집, 2005.
- [8] 도근영, 송화철, 해상호텔의 공조설비에 관한

연구, 2003년도추계학술발표대회논문집, 한국생태환경건축학회, 2003.11

저 자 소 개



황광일(黃光一)

1964년 4월생. 1988년 고려대학교 기계공학과 졸업(학사), 1991년 고려대학교 대학원 기계공학과 졸업(석사), 1996년 일본 와세다대학 건설공학과 졸업(박사), 1996년~2004년 삼성건설, 삼성전자, 2004년~현재 한국해양대학교 기계정보공학부 조교수



우상우(禹尙禹)

1980년 3월생. 2006년 한국해양대학교 기계정보공학부 냉동공조·에너지시스템공학전공 졸업(학사), 2007년 현재 한국해양대학교 대학원 냉동공조공학과 재학



심재건(沈載建)

1982년 1월생. 2007년 한국해양대학교 기계정보공학부 냉동공조·에너지시스템공학전공 졸업(학사), 2007년 현재 성진지오텍(주) 재직



박민강(朴敏江)

1982년 12월생. 2007년 한국해양대학교 기계정보공학부 냉동공조·에너지시스템공학전공 졸업(학사)



문태일(文泰一)

1981년 4월생. 2007년 현재 한국해양대학교 기계정보공학부 냉동공조·에너지시스템공학전공 재학