

여름철 파워요트 실내환경 성능에 관한 연구

이한석* · 도근영† · 임덕민** · 김학철***

*, † 한국해양대학교 해양공간건축학부 교수, ** 한국해양대학교 대학원 석사과정, *** (주)파워마린 대표

A Study on Indoor Environment Performances of Power Yacht in Summer Season

Lee, Han-Seok* · Doe, Guen-Young† · Lim, Duck-Min** · Kim, Hak-chul***

*, † Division of Architecture & Ocean Space, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

** Graduate school of National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

*** Power marine co. Ltd, Busan yachting center 4-4 #1393, Busan 612-797, Korea

요 약 : 본 연구에서는 슈퍼요트의 쾌적한 실내환경조성을 목적으로 기초자료를 수집하였으며, 요트가 주로 운항되는 여름철 실내공간에 형성되는 실내환경성능에 대해 실측을 통해 분석함으로써 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 외부와 연결된 살롱의 문을 닫을 경우 선박배기가스의 실내유입은 거의 없으나 문을 여는 경우에는 급속히 실내공기가 오염되므로 쾌적한 실내공기환경을 유지하기 위해 실내환기방법 및 환기량에 대한 대책이 필요하다
- 2) 운항 시에는 모든 실이 선원보호 소음규제치인 60dB을 넘고 있어 실내의 소음대책이 시급하다
- 3) State cabin과 Guest cabin은 에어컨가동에 의해 과냉됨으로써 실내 환경이 쾌적범위를 벗어나고 있어 이에 대한 대책이 필요하다.

핵심용어 : 슈퍼요트, 파워요트, 실내환경성능, 쾌적성, 온열환경, 환기, 소음

Abstract : In this study, the basic data were collected for improving the amenity of indoor environment of a super yacht and the performance of indoor environment was analyzed by utilizing measured data during summer period. Through the results of examination, the following conclusions are drawn.

- 1) It is estimated that, in case of closing the door of Saloon connected with outside, there is little inflow of exhaust gas, but when the door is open, the indoor-air might be polluted so fast. Therefore, it is necessary to make a counterplan about the method of ventilation and amount of ventilation to keep the indoor aerial environment agreeable.
- 2) It is urgent to conceive countermeasure against engine noise because the noise level of all rooms exceeds 60dB, which is regulation of noise for protecting crew established in ship's classification, during the sailing.
- 3) State cabin and Guest cabin are super cooled by operating air conditioner exceeding agreeableness extent and it is needed to prevent them.

Key words : super yacht, power yacht, indoor environment performance, comfort, thermal environment, ventilation, noise

1. 서 론

최근 국내에서 해양레저 활동에 대한 인식이 고취됨에 따라 상선 이외의 레저용 선박에 대한 관심이 높아져가고 있다. 특히 슈퍼요트는 크루즈 선박과 함께 부가가치가 매우 높기 때문에 레저선박산업의 중심이 될 것으로 기대된다.

슈퍼요트는 길이 24m 이상의 레저용 선박으로서 물의 침입과 틈새바람을 막기 위한 수밀구조로 되어 있어 기밀성이 매우 높으며 일반건축물에 비해 실내공간의 폐쇄성이 강하다고 할 수 있다. 이에 따라 실내공간에서 공기오염이 발생할 가능성이 매우 높으며 이 경우 승객과 선원 모두에게 불쾌감과 건강의

손상을 일으킬 수 있다. 또한 슈퍼요트는 침실, 살롱, 주방, 화장실 등 승선자의 생활공간과 엔진룸 및 발전기실 등 선박운항을 위한 장비를 수용하는 공간을 선체라는 한정된 공간 속에 모두 수용하기 때문에 승선자의 쾌적성을 확보하기 위해서는 쾌적한 온열환경의 유지뿐만 아니라 환기, 소음방지, 선박배기가스 유입방지 등이 매우 중요하다.

최근 해양레저 활동에 대한 관심이 높아짐에 따라 슈퍼요트와 크루즈선박 등에 관한 연구가 시작되고 있으나 주로 외관 및 실내공간계획 등 실내디자인에 관한 연구(이 외, 2006; 이와 변, 2007)가 대부분이며 선박의 실내 환경에 대해 검토한 연구사례는 찾아보기 힘들다.

* 대표저자 : 이한석(중신회원), hansk@hhu.ac.kr 051)410-4581

** 정회원, hdmlim@hhu.ac.kr 051)410-4949

*** 정회원, powermarine89@gmail.com 051)741-4332

† 교신저자 : 도근영(중신회원), gydoe@hhu.ac.kr 051)410-4583

한편 선박의 실내 환경에 관한 몇몇 연구사례는 있으나 슈퍼요트에 비해 규모가 매우 큰 상선과 실습선을 대상(도 외, 2006; 도 외, 2007; 신 외, 2007; 신 외, 2008; 황, 2006; 황 외, 2007)으로 하거나 선박의 사용목적이 특수한 해양경찰 선박을 대상으로 한 연구사례(조 외, 2002)로서 슈퍼요트의 쾌적한 실내 환경을 조성하기 위한 기초 자료로 활용하기에는 어려움이 있다.

따라서 본 연구에서는 슈퍼요트의 쾌적한 실내 환경을 조성하기 위한 기초 자료를 수집하기 위해 요트가 주로 운항되는 여름철에 온열환경, 공기오염, 소음 등 실내 환경성능을 실측하고 분석하여 실내 환경의 문제점과 대책을 제시하였다.

2. 요트의 실내 환경 성능

슈퍼요트를 포함한 파워요트는 육상에서 이용되는 일반건축물이나 육상 교통기관에 비해 안전성 및 공간적 제약 등에 의해 다음과 같은 특수성을 가지고 있다.

첫째, 선박과 동일하게 요트의 외피(선체)는 수침을 막기 위한 수밀구조이기 때문에 일반 건축물에 비해 외피의 기밀성이 매우 높아 창 등을 통한 틈새바람이 거의 없다. 이 때문에 환기 설비에 의해 충분히 환기되지 않을 경우 실내 공기질이 악화될 가능성이 높다.

둘째, 크기 않은 선체에 의해 실내 공간이 좁기 때문에 각 실은 문으로 구획되어 있으나 각 실의 환기 등의 이유로 공기의 유동은 원룸 형태에 유사하다고 할 수 있다.

셋째, 요트 특히 파워요트의 경우에는 운항에 필요한 엔진, 기타 기기작동을 위한 전기를 만드는 발전기 등이 설치된 기계실이 거주 공간에 인접하여 배치되기 때문에 소음, 진동, 배기가스의 유입 등에 대한 대책이 매우 중요하다.

이와 같은 요트의 특수성 때문에 호흡에 의한 이산화탄소 발생, 엔진의 연소과정에서의 배기가스 유입 등과 같이 실내 오염물질 발생에 의해 실내 공기가 오염될 가능성이 높으며 소음, 공기오염으로 인해 실내공간의 쾌적성이 저해될 수 있으며 승선자의 건강까지도 해칠 수 있다. 특히 슈퍼요트의 경우는 호텔 이상의 쾌적성을 요하기 때문에 실내의 공기질을 포함한 실내 환경의 쾌적성을 확보해야만 한다.



Fig. 1 Facade of tested power yacht

Table 1 Specifications of tested yacht

크 기	전체 길이 : 61ft 8in 건조중량 : 22.5ton
실 구성	Saloon, State cabin, Guest cabin(2) Toilet(2), Crew cabin, Galley
최대속력	30 knots
엔진마력	2 × Man D2848 LE403 800hp
발전기 능력	12kW (방음장치)
에어컨	히트 펌프식 냉난방 시스템

따라서 재실자의 쾌적함과 건강을 위해서 실내 공기환경 뿐만 아니라 온열 환경, 기류, 조명, 소음 등을 포함하는 실내 환경의 질(IEQ, Indoor Environmental Quality)에 대한 전반적인 성능검토가 필요하다.

3. 측정개요

3.1 측정대상 요트의 개요

슈퍼요트는 75ft(24m) 이상의 요트를 지칭하며 대부분 엔진으로 구동되고 있다. 75ft 이상의 슈퍼요트는 현재 국내에서 거의 찾을 수 없어 본 연구에서는 부산 수영만 요트경기장에 계류되어 있는 요트 중 가장 큰 요트를 측정대상으로 하였다. Fig. 1과 Table 1에 측정대상으로 한 요트의 외관 및 사양을 나타내며 측정대상 요트는 엔진으로 구동되는 파워요트이다.

3.2 측정개요

파워요트와 같이 엔진을 가진 요트의 경우 선체가 작고 실내 공간이 좁아 거주공간과 인접하여 엔진, 발전기 등이 수납된 기계실이 배치되므로 엔진, 발전기 운전 시에 발생하는 배기가스가 실내로 유입될 가능성이 높기 때문에 배기가스의 유입 유무를 확인하기 위해 일산화탄소(CO)의 농도를 측정하였다. Table 2에 본 연구에서 측정한 항목 5가지와 측정 장치를 나타낸다.

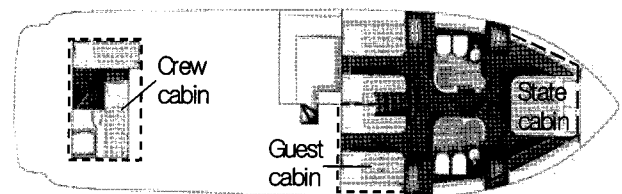
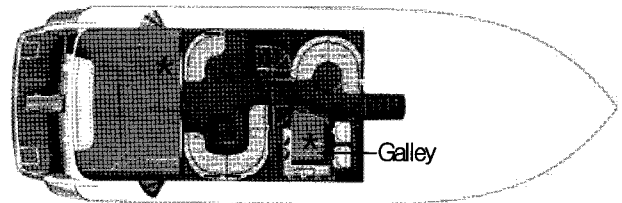


Fig. 2 Measurement points of tested Yacht

측정일시는 2008년 8월 6일 10시부터 17시까지의 7시간이며 오전은 요트가 정박된 상태였으며 오후에는 요트를 운항한 상태였다. 이때의 해상은 파고 1~2m 정도, 풍속 6.9m/s의 동북동풍이 불고 있었다.

측정 위치는 Fig. 2 요트의 평면도에 나타난 것과 같이 Saloon, State cabin, Crew cabin, Galley, Saloon 뒤 갑판과 2개의 Guest cabin 중 한 곳, 계 6지점에서 일산화탄소, 이산화탄소, 온도, 습도, 소음의 5개 항목을 측정하였다. 온도와 습도는 각 지점에서 5분 간격으로 연속 측정하였으며 일산화탄소, 이산화탄소, 소음(등가소음도)은 30~60분 간격으로 각 지점에서 이동 측정하였다.

4. 측정결과 분석

4.1 공기 환경성능의 측정결과

일산화탄소의 농도 측정결과를 Table 3에 나타낸다. 정박 시에도 발전기를 가동하고 있었지만 실내에서는 일산화탄소가 전혀 감지되지 않았다. 한편 9knots와 20knots로 운항하고 있을 때에도 실내에서 일산화탄소가 거의 감지되지 않았으나 17knots로 운항할 때에는 일산화탄소가 4.6ppm까지 감지되었다. Saloon과 뒤 갑판사이의 문을 완전히 개방한 상태에서 측정한 Saloon의 일산화탄소의 농도는 7ppm으로 유지기준인 10ppm¹⁾에 가까운 값이었던 것을 고려하면 17knots로 운항할 때 일산화탄소 농도가 높아진 것은 Saloon 문의 개방(Crew cabin의 소음과 일산화탄소를 측정하기 위한 출입)에 의한 영향이라 생각되며 Saloon의 문만 닫는다면 엔진 등의 배기가스가 실내로 유입되는 경우는 거의 없다고 생각된다. 실제로 요트의 운항규정에는 운항 중에는 안전을 위하여 Saloon의 문을 닫게 되어 있다.

Table 4에 이산화탄소의 농도측정결과를 나타낸다. 정박 시에는 State cabin과 Toilet에서 이산화탄소의 농도가 유지기준인 1,000ppm¹⁾을 조금 초과하고 있으나 State cabin, Guest cabin, Crew cabin에서는 이산화탄소의 농도가 유지기준 이하로 나타났다. 한편, 운항을 시작한 후 30분 경과한 14시 30분에 측정된 이산화탄소 농도는 Toilet을 제외하면 모두 기준농도 이하였으나 1시간 정도 경과한 15시 10분경에는 모든 실의 이산화탄소 농도가 기준농도인 1,000ppm을 초과하고 있다.

정박 시의 경우에는 승선한 6인이 실내사진 촬영, 측정을 제외한 대부분의 시간에 실외에 있었고 실내의 출입이 많았기 때문에 이산화탄소 농도가 그다지 상승하지 않았던 것으로 생각된다. 그러나 운항 시에는 요트를 운전할 전문가 2인이 추가로 승선하여 8인이 승선하고 있는 상태였으며 안전을 위해 실내에 머무는 시간이 많았던 관계로 이산화탄소의 농도가 큰 폭으로 상승하게 된 것으로 생각된다.

Saloon의 실내용적은 38m³ 정도에 불과하기 때문에 실내에서

경 작업을 하는 한사람의 호흡에 의해 발생하는 이산화탄소량 0.022m³/h · 인²만으로도 환기가 되지 않는다면 시간당 약 570ppm이 증가하게 되지만 측정결과는 다수의 사람이 있었던 것에 비하면 이산화탄소 농도의 증가는 작은 폭이었으므로 어느 정도 환기(실내의 출입에 의한 것도 포함)가 되고 있다고 하겠지만 기준농도 이하로 유지하기 위한 충분한 환기라고는 할 수 없다. 따라서 실내의 공기오염을 방지하기 위한 환기방법 및 환기량에 대한 검토가 필요하다고 하겠다.

Table 2 Measurement items and instruments

	측정항목	측정기기
온열환경	온도 습도	SK-L200TH (Data logger+습도감지선)
공기환경	일산화탄소(CO) 이산화탄소(CO ₂)	IAQ Monitor 2332
음 환경	소음	NA - 27 (소음계)

Table 3 Concentration of carbon monoxide (CO)

	정박시 (ppm)	운항시(ppm)			
		9 knots	17 knots	20 knots	Saloon Door open
Saloon	0.0	0.0	4.6	0.0	7.0
State cabin	0.0	0.0	1.7	1.7	-
Guest cabin	0.0	0.0	3.1	1.0	-
Crew cabin	0.0	0.0	3.4	0.0	-
Toilet	0.0	0.0	0.0	1.0	-

Table 4 Concentration of carbon dioxide (CO₂)

	정박시(ppm)			운항시(ppm)		
	10:00	10:30	11:30	14:30	15:10	15:40
Saloon	541	636	625	595	1,309	720
State cabin	755	1,012	1,036	840	1,252	1,689
Guest cabin	585	852	746	713	1,275	1,107
Crew cabin	565	548	523	466	1,062	965
Toilet	726	1140	1114	1023	1280	1720

Table 5 Noise levels at anchored situation

발전기 가동유무	OFF	ON	ON
에어컨 가동유무	OFF	OFF	ON
측정지점	소음치(dB)		
Saloon	32	45	50
State cabin	31	39	42
Guest cabin	37	37	48
Crew cabin	38	59	62
Toilet	35	41	46

1) 환경부, 다중이용시설 등의 실내공기질관리법 시행규칙 제3조

2) 今井与藏 저, 윤혜림·여명석 공역, (그림으로 해석한) 건축환경공학 p. 130

Table 6 Noise levels with sailing speed variation

	운항속도별 소음치(dB)		
	9 knots	17 knots	20 knots
Saloon	75	77	80
State cabin	66	71	73
Guest cabin	66	67	-
Crew cabin	86	90	-
Toilet	-	-	-

Table 7 Noise level of each equipment

	발전기 소음	에어컨 소음	엔진 소음
Saloon	45	48	75
State cabin	38	39	66
Guest cabin	-	48	66
Crew cabin	59	59	86
Toilet	40	44	-
평균	45.5	47.6	73.3

4.2 음 환경성능의 측정결과

정박 시의 소음측정 결과를 Table 5에 나타낸다. 정박 중에 발전기와 에어컨을 가동하지 않은 상태에서의 소음치는 40dB 이하였으며, Guest cabin과 Crew cabin에서의 소음 값이 나머지실에 비해 조금 높은 것은 벨러스트 수 처리 과정에 배관에서 발생하는 소음의 영향이라고 사료된다.

한편, 발전기만을 가동한 상태에서의 소음은 Guest cabin을 제외하고 소음치가 모두 상승하였으며 특히 발전기가 설치된 기계실의 바로 위와 옆에 있는 Saloon과 Crew cabin은 소음의 증가치가 13dB, 21dB에 달하고 있다. 또, 발전기와 에어컨을 모두 가동한 상태에서는 두 기기를 가동하지 않은 상태에 비해 모든 실의 소음치가 10dB 이상 증가하였으며 발전기만 가동한 상태에 비해 Guest cabin은 11dB, 다른 실은 3~5dB 증가했다.

발전기와 에어컨을 모두 가동한 상태의 Crew cabin을 제외하면 정박한 상태에서의 소음치는 측정결과는 선원보호 소음 규제치인 60dB³⁾을 넘지 않고 있다.

한편, 운항 시(발전기와 에어컨 모두 가동한 상태)의 소음측정 결과는 Table 6과 같으며 운항 속도의 증가에 따른 소음치의 증가는 5dB 이하였다. 그러나 모든 실의 소음치가 선원보호 소음 규제치를 넘고 있으며 특히 엔진이 있는 기계실의 상부와 바로 옆에 있는 Saloon과 Crew cabin의 소음치가 타실에 비해 매우 높게 나타나 소음대책의 필요성이 시급하다 할 수 있다.

Table 5와 Table 6의 소음치를 토대로 암소음 보정⁴⁾을 하여 각 기기의 소음치를 계산한 결과가 Table 7이며 5개실의 평균이 발전기는 45.5dB, 에어컨은 47.5dB, 엔진은 73.3dB로 나타났으며 소음 대책을 강구함에 있어서 엔진 소음에 대한 대책이 가

장 우선 되어야한다는 것을 알 수 있다.

4.3 온열 환경성능의 측정결과

측정일은 평균 외기온이 28.4℃, 상대습도가 65.5%인 맑은 날이었다. 에어컨은 Table 8에 나타내는 것과 같이 11시 30분~12시 40분(정박시)과 14시 30분부터 실험 종료까지 두 차례 가동하였다. 다만 Crew cabin은 사람이 지내기에는 너무 좁고, 엔진과 발전기 소음 등, 사용 환경이 열악한 것과 실험대상 요트는 선상에서 1박 이상 하는 경우가 없기 때문에 창고로 활용하고 있어 에어컨은 실측 중 모두 Off상태였으므로 분석에서는 제외하였다.

Table 8 Operating status of air conditioner

시간(시)	10	11	12	13	14	15	16	17
에어컨 가동	off	on	off	off	on	on	on	on
운항 상황		정박 시					운항 시	

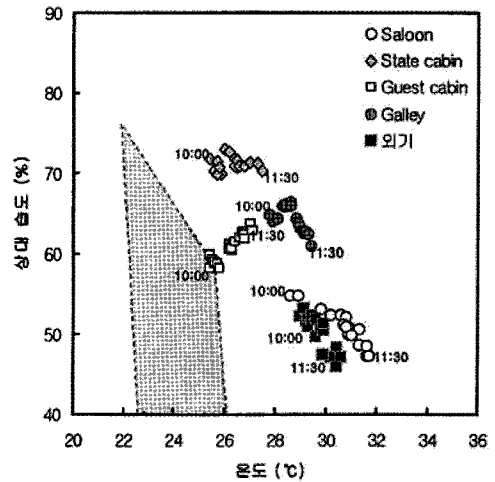


Fig. 3 Climograph(anchored/off/10:30~11:30)

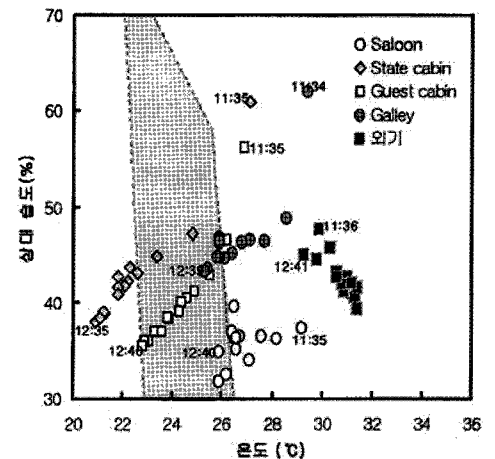


Fig. 4 Climograph(anchored/on/11:30~12:40)

3) '한국 선급'에 문의한 결과, 선박의 소음에 대한 보호규정은 SOLAS 및 선급에 언급되어 있다고 하지만 정확한 수치로 규정되어 있지 않아 본 연구에서는 '선원보호 소음 규제치'를 적용했음.
 4) 환경부, 소음 진동 공경시험 p. 17_ 5.2장

Fig 3~6은 시간 및 에어컨의 가동 상황별로 나누어 각 공간의 온습도 상황을 나타낸 것으로 그림 안의 다각형으로 나타낸 음영역은 미국 공조 냉동기술자 협회의 ASHRAE 55-92에 의한 쾌적범위를 나타낸다.

Fig. 3은 측정개시부터 11시 30분까지 에어컨을 가동하지 않은 상태(정박 중)에서의 온습도 측정결과이다. Saloon과Galley의 기온은 외기온과 1℃정도의 차가 있었으나 State cabin과 Guest cabin의 기온은 외기온보다 3~5℃ 낮게 유지되고 있었으며 습도는 모든 실이 외기보다 높았으며 모든 실이 쾌적 범위를 벗어난 상태였다.

Fig. 4는 Fig. 3에 뒤이어 에어컨을 가동한 경우(11시 30분~12시 40분, 정박 중)의 온습도 측정결과로 시간이 지남에 따라 각 실의 온도와 습도가 낮아지고 있다. 에어컨 가동 후 약 20분 정도에 Saloon, Galley, Guest cabin의 온습도가 쾌적 범위 안으로 들어가지만 State Cabin의 경우는 20분 정도 경과 후에 쾌적 범위를 벗어나 과냉되고 있다.

에어컨을 1시간 정도 가동한 후 에어컨을 정지한 상태(12시 40분~14시 30분, 정박 중)에서 각 실의 온습도를 측정 결과가 Fig. 5이다. Saloon과 Galley는 상대습도의 변화는 거의 없이 기온이 상승하고 있으며 Saloon의 경우는 두 시간 정도에 외기 온보다 약 3℃ 높은 31.5℃까지 상승하였다. 한편 State cabin과 Guest cabin은 온도 상승과 함께 상대습도도 10%정도 상승하고 있다. 이러한 상대습도의 상승은 Saloon으로부터의 습기 유입이 원인이라 생각된다.

또 Fig 6은 운항 시에 에어컨을 가동한 경우(14시 30분~17시)이며 상대적으로 기온이 높았던 Saloon과 Galley는 에어컨 가동 후 30분정도에 쾌적 범위로 들어갔으나 State cabin은 에어컨 가동 후 얼마 되지 않아 쾌적 범위를 벗어나 과냉되고 있으며 Guest cabin도 1시간 30분 정도 경과한 시점에서 과냉되어 쾌적 범위를 벗어나고 있다.

따라서 State cabin과 Guest cabin은 에어컨에서의 취출 공기 온도나 양을 조절할 수 있도록 하여 실이 과냉되는 것을 방지할 수 있도록 해야 할 필요가 있다.

5. 결 론

본 연구는 파워요트의 쾌적성 실내 환경을 조성하기 위한 기초 자료를 수집을 위해 파워요트를 대상으로 실내에 형성되는 여름철 실내 환경에 대해 실측을 통해 검토하였으며 검토 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 외부와 연결된 Saloon의 문을 닫을 경우 엔진 연소에 의해 발생하는 일산화탄소 등 배기가스의 유입은 거의 없을 것으로 판단된다.
- 2) 요트 실내 공간의 용적이 작아 재실자의 호흡만으로도 이산화탄소 농도가 큰 폭으로 증가할 수 있기 때문에 실내의 쾌적한 공기환경을 유지하기 위해서는 환기방법 및 환기량에 대한 검토가 필요하다.
- 3) 발전기, 엔진이 설치된 기계실과 가까운 Saloon과 Crew cabin의 소음치가 타 실에 비해 높으며 운항 시에는 모든 실이 선원보호 소음 규제치인 60dB를 넘고 있어 소음 대책이 시급하다. 특히 엔진 소음이 73.3dB로 엔진 소음의 방지대책이 시급하다.
- 4) Saloon과 Galley는 에어컨을 가동하여 온습도를 제어함으로써 쾌적 상태를 유지할 수 있지만 State cabin과 Guest cabin은 에어컨 가동에 의해 과냉되어 쾌적 범위를 벗어나고 있어 에어컨에서 취출되는 공기의 온도나 양을 조절하여 과냉되는 것을 방지할 필요가 있다.

후 기

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2006-000-105 41-0) 지원으로 수행되었음.

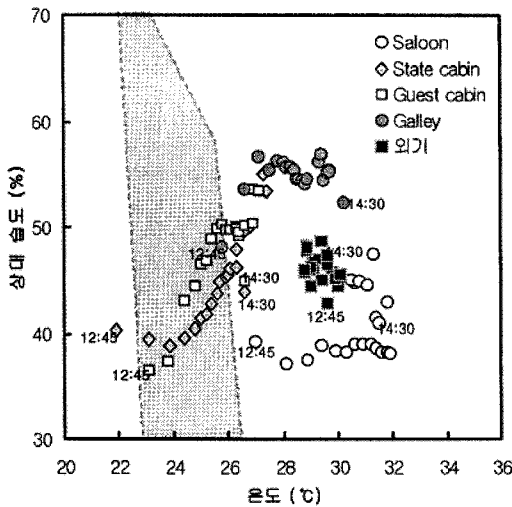


Fig. 5 Climograph(anchored/off/12:40~14:30)

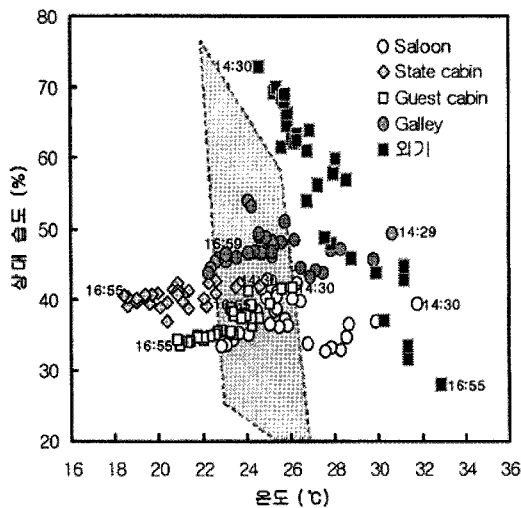


Fig. 6 Climograph(Sailing/on/14:30~17:00)

참 고 문 헌

- [1] 김만희(2006), “국내철도의 공조시스템 현황과 과제”, 대한설비공학회지 ‘설비저널’ v35 n06 pp. 4 - 5.
- [2] 도근영, 이한석, 이윤규(2006), “선박의 실내공기환경 조사 연구”, 한국생태환경건축학회 학술발표대회논문집, 제6권 제1호 pp. 47 - 52.
- [3] 도근영, 이한석, 이윤규, 이형기(2007), “새로 건조된 선박의 실내공기환경 조사연구”, 한국항해항만학회지 제31권 제5호, pp. 427 - 434.
- [4] 신동걸, 이진욱, 이형기, 박윤철, 황광일(2007), “신조 운항 실습선의 봄철 실내온열환경 실측평가”, 한국 마린엔지니어링 학회지, 제31권 제8호, pp. 939 - 946.
- [5] 신동걸, 이진욱, 이형기, 황광일(2008), “신조 운항실습선의 여름철 실내온열환경 실측평가”, 한국 마린엔지니어링 학회지, 제32권 제2호, pp. 276 - 283.
- [6] 이정재, 금종수, 도근영, 김상진, 김종인, 김환용, 이신영, 박희욱, 김재용, 김용경 편역, 건축환경공학, 영국사, p. 120.
- [7] 이한석, 변량선, 정원조(2006), “슈퍼요트 외관디자인 특성에 관한 연구”, 한국생태환경건축학회 추계학술발표대회 논문집, 제 6권 제 2호, pp. 185 - 190.
- [8] 이한석, 변량선(2007), “슈퍼요트의 공간배치와 실내 공간 구획에 관한 연구”, 한국 실내디자인학회 논문집, 통권 65호, pp. 224 - 231.
- [9] 조효제, 도근영, 김동일, 고창두, 김상현(2002), “연안 소형 선박내의 공기오염 및 전자파에 기초한 선상근무 환경의 평가”, 한국항해항만학회지 제 26권 2p5호, pp. 555 - 561.
- [10] 한국 선급(2008), “선급 강선규칙 5편 1장 109”, www.krs.co.kr.
- [11] 환경부(2000), “소음진동 공정시험방법”, 환경부 고시 2000-31.
- [12] 환경부(2004), “실내공기질 공정시험방법”, 환경부고시 2004-84.
- [13] 황광일(2006), “선박 공조덕트의 특성분석에 관한 사례연구”, 한국 마린엔지니어링학회지, 제30권 제2호, pp. 211 - 217.
- [14] 황광일, 이상우, 심재건, 박민강, 문태일(2007), “선박 선실 내의 실내공기환경 실태조사에 관한 연구”, 한국 마린엔지니어링학회지 제31권 제4호 pp. 370 - 376.
- [15] 今井与藏 著, 윤혜림·여명석 공역, (그림으로 해석한) 건축환경공학, 성안당, p. 130.

원고접수일 : 2009년 1월 12일
심사완료일 : 2009년 4월 22일
원고채택일 : 2009년 4월 24일