

## 기계식 환기시스템에 의한 선내 오염물질 확산 특성 예측 황 광 일†

(원고접수일 : 2011년 6월 15일, 원고수정일 : 2011년 8월 4일, 심사완료일 : 2011년 10월 26일)

### A Prediction on Indoor Contaminant Diffusion Characteristics of a Training Ship by Mechanical Ventilation System

Kwang-Il Hwang†

**요 약 :** 본 연구는 기계식 환기장치에 의한 선박 선실 내의 환경오염물질 확산특성을 파악한 것으로, 연구성과는 다음과 같다. 오염발생 선실 내에서는 오염발생 35분 경과 후 오염물질이 대부분 제거되었고, 신선외기 도입율 변화에 따른 영향은 무시할 수 있었다. 오염원 선실에 인접한 선실의 오염물질 제거시간은 65분~100분 정도로 신선외기 도입율에 따라 차이가 발생했다. 상부 데크에 오염원 선실이 있는 경우가 하부 데크에 오염원 선실이 있는 경우에 비해, 오염농도는 10배 정도 높지만, 대표 공간 중 오염된 공간의 수는 오히려 1/2에 불과했다. 그러나 전체공간을 대상으로 한 평가에서는, 상부 데크에서 오염물질이 발생한 경우에는 Upper 데크 이상 상부 데크 내 공간의 50% 이상이 평가기준 0.001%, 0.01%, 0.1% 일 때 오염될 것으로 예측되었고, 하부 데크에서 오염물질이 발생하는 경우에는 하부 데크를 중심으로 오염공간이 많지만 오염판단기준 0.01%일 때에는 Shelter 데크 이상의 상부 데크에서도 오염선실이 나타났다. 한편, 신선외기 도입량 변화에 따른 오염농도 및 오염공간 비율을 분석한 결과 설계용량 대비 75% 이상의 외기가 도입될 때 선실 내 오염수준이 낮아지는 것으로 평가되었다.

**주제어 :** 선박공조, 실내공기질, 오염물질, 기계환기, 쾌적성

**Abstract:** This study performed the prediction about the indoor contaminant's diffusion characteristics which can be affected by the mechanical ventilation system on a training ship. The results are as followings. It is clear that the contaminants are spread to most of the indoors, regardless of the contamination beginning zone. About 65~100 minutes later, the contaminant densities of whole indoor zones are evaluated as clean. Comparing the contamination beginning zone being located at higher deck(scenario A) to the contamination beginning zone being located at lower deck(scenario B), although the contaminant density by scenario A is 10 times higher than that by scenario B, the number of contaminated zones are 50% less. The contaminant densities are evaluated as to be rapidly decreased when the outside air induction ratio against design volume is over 75%.

**Key words:** Marine HVAC, IAQ (Indoor air quality), Contaminant, Mechanical ventilation, Comfort

## 1. 서 론

### 1.1 연구 배경과 목적

개인의 소득 수준 향상과 함께 환경과 건강에 대한 관심이 증가하였다. 이에 정부는 “다중이용시설 등의 실내공기질관리법”[1] 등의 법률을 제정하

여 많은 사람들이 활동하는 다양한 공간에서의 실내공기질, 즉 실내 오염물질 발생량을 관리하고 있다. 그러나 이 법률에서 규정하고 있는 실내공간은 공동주택, 터미널(항만터미널 포함), 병원, 박물관 등 육상 건물에 국한된 것으로, 선박을 비롯한 해

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

상구조물 내 활동공간에 관한 사항은 포함되지 않았다. 또한 FTA(국제자유무역)에 의한 해상물동량 증가로 승조원의 승선시간이 증가하였고, 고부가가치 선박 중 승객과 승조원의 승선시간이 매우 긴 크루즈선과 해양플랜트 구조물의 기술개발을 수행하고 있으나 아직까지 국내에서 선실내 환경에 대한 인식은 부족한 실정이다.

고기밀성 구조를 갖는 선박은 선내와 선외 간의 자연스러운 환기(Air leakage)가 발생하기 어렵기 때문에, 실내에 존재하는 다양한 오염물질은 적절한 환기 혹은 제거과정이 없을 경우 빠른 속도로 선내로 확산되고 승조원의 호흡기를 통해 건강을 위협하게 된다. 일반인들의 예상과 달리, 대부분의 승조원들은 입출항시를 제외한 대부분의 시간을 선실에서 보내기 때문에 오히려 육상 생활자보다 실내 체류시간이 긴 상황에서 승조원의 근무환경을 개선하고 건강을 지켜주는 기술은 매우 중요하다.

이에 본 연구에서는 고기밀성 상태에서 운항되는 선박 선실 내에서 환경오염물질이 발생할 경우를 가상하여 기계식 환기장치에 의한 환경오염물질 확산특성을 파악하였다. 본 연구결과는 향후 선박공조설비설계와 선내공기질 환경개선의 기초 자료로 활용될 것으로 기대한다.

1.2 기존연구 고찰

인간에게 유해한 대표적 환경오염물질 중 일산화탄소(CO)는 질식성 가스이고, 질소산화물(NO<sub>2</sub>)과 포름알데히드(HCHO)는 폐질환의 원인으로써 사망 등 치명적 상해를 일으킬 수 있으며, 대표적 휘발성유기화합물(VOCs)인 벤젠, 톨루엔, 자일렌 등에 장시간 노출될 경우 호흡장애, 의식불명, 성장장애가 발생할 수 있다는 의학적 연구성과는 다수 있으나[2], 선내 오염물질 특성과 관련된 연구는 매우 부족한 실정이다.

선실내 공기질에 관해서는, 운항실습선을 대상으로 한 실태조사를 통해 TVOC, HCHO 등의 측정농도가 전술한 법률의 권고기준을 만족하고 있는 것으로 평가하였고[3], 선박의 실내공기질 관련법 제정에 필요한 기초자료 제공을 목적으로 신조선박에 대한 실내공기질을 측정된 결과 이산화황을 제외한 오염물질의 농도가 양호한 것으로 분석하

였다[4]. 또한 환기가 선실 내 공기질에 미치는 영향에 대해서는 환기류의 거동 및 환기율을 평가하고 인체의 호흡에 따른 이산화탄소의 발생 및 분배를 평가할 수 있는 방법을 연구한 사례가 있다[5]. 이와 같이 선실내 공기질 관련 연구의 관점이 실측 평가 혹은 특정선실의 구조적 형태에 중점을 두고 있는데 반하여, 건물을 대상으로 한 연구 중에는 미생물오염원이 존재하는 재실공간에서 미생물오염원의 거동특성을 파악하기 위한 멀티존(Multi zone) 시뮬레이션을 수행한 연구[6]와 생물안전 3등급 연구시설에서 주요 관리 대상인 공기를 통한 감염방지를 위한 멀티존 압력체계 검증을 위한 시나리오 분석을 수행한 연구[7] 등 공간과 공간 사이의 공기유동에 의한 오염물질 확산 특성을 분석한 사례를 확인할 수 있었다.

2. 연구 범위와 방법

2.1 실습선 개요

해기사 전문인력 양성을 목적으로 2005년 12월에 건조된 본 실습선은 Figure 1에 보이는 바와 같이 총6개의 데크로 구성되었고 전반적인 개요는 Table 1과 같다.

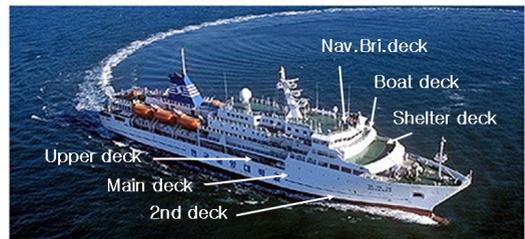


Figure 1: The external appearance of the ship.

Table 1: The external appearance of the ship.

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

선내 환기시스템의 기본 개념은 선실에는 급기(Supply air)중심의 양압(Positive pressure)을, 복도 등은 흡기(Return air)중심의 음압(Negative pressure) 구

조로써 선실내외의 압력차에 의해 선실내 공기가 복도 등 개방공간을 거쳐 AHU(Air Handling Unit)으로 환기되는 기류가 형성되도록 설계되었다.

본 실습선에서는 5대의 AHU(Air handling Unit)으로 6개 데크 전체에 대한 냉난방과 환기를 수행한다. 각 AHU의 공급범위는 Figure 2에 표시된 것과 같이 2개~4개의 데크를 대상으로 하며, 각 데크는 수요에 따라 1개~3개의 AHU로부터 공조환경을 제공받는다.

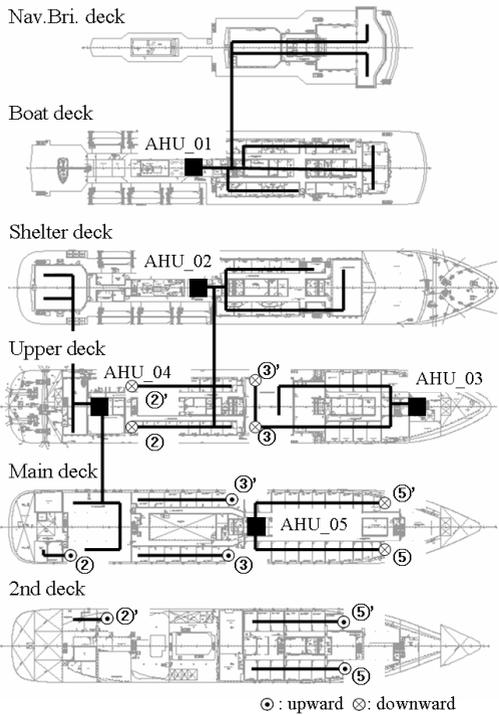


Figure 2: AHU schematic diagram of the ship.

Table 2는 AHU No.1~No.5의 신선외기 도입용량(OA, Outdoor air volume)과 배기용량(EA, Exhaust air volume)을, Table 3은 AHU와 별도로 선내 공기 배출을 위한 배기전용 덕트시스템의 용량(EA)을 정리한 것이다. Table 2와 Table 3의 OA와 EA의 각 총량을 비교해 보면 EA(42,185m³/h)가 OA(31,720m³/h)의 1.33배 많게 설계되었음을 알 수 있다. 또한 본 실습선의 하부 데크에는 선내 공기환경 개선을 목적으로 데크 사이의 환기(Air circulation) 시스템

을 구축하였는데 이를 Table 4에 정리하였다.

이상과 같이 본 선박은 평면적 관점과 설비적 관점에서 실내공기가 자연스럽게 혼합되는 구조를 갖고 있지만, 이는 역설적으로 선내에서 오염물질이 발생한다면 기계적 환기시스템에 의해 선내 전체로 쉽게 확산될 수 있음을 의미하기도 한다.

Table 2: OA and EA capacities of each AHU.

No. of AHU	Outdoor air volume (OA) [m³/h]	Exhaust air volume (EA) [m³/h]
1	6,865	2,965
2	5,080	3,895
3	6,145	3,050
4	6,895	-
5	6,735	4,485
Sum	31,720	14,395

Table 3: OA and EA volume of each AHUs.

Deck	Exhaust air volume (EA) [m³/h]
Navi.&Bri. deck	655
Shelter deck	4,380
Upper deck	13,715
Main deck	4,395
Second deck	4,645
Sum	27,790

Table 4: Air circulation volume between decks.

Direction		Air volume [m³/h]
From	To	
Navi.&Bri. deck	Boat deck	8,830
Main deck	Second deck	6,235
Sum		15,065

2.2 시뮬레이션 툴 및 모델링

본 연구에서는 환기해석 프로그램으로 미국국립 표준연구소(NIST)가 개발하여 세계적으로 그 성능을 인정받고 있는 CONTAM 3.0을 사용하였다[8, 9]. CONTAM은 CO, HCHO, TVOC 등 다양한 화학적 오염물질에 대한 해석모델을 제공하며, 공간 사이의 압력차에 의해 질량유량이 발생한다고 가정하여 멀티존 해석을 수행한다. 멀티존을 해석하기 위한 CONTAM의 지배방정식은 다음 식(1)과 같다.

$$\frac{dm_{\alpha,i}}{dt} = -R_{\alpha,i}C_{\alpha,i} - \sum_j F_{i,j}C_{\alpha,i} + \sum_j F_{j,i}(1 - \eta_{\alpha,j,i})C_{\alpha,j} + m_i \sum_{\beta} k_{\alpha,\beta} C_{\beta,i} + G_{\alpha,i} \quad \dots (1)$$

- 단,  $m_{\alpha,i}$  : 구역(Zone) i에서 오염원  $\alpha$ 의 질량[kg]
- $t$  : 시간
- $R_{\alpha,i}$  : 구역 i에서 오염원  $\alpha$ 의 제거율
- $C_{\alpha(\beta),i}$  : 구역 i에서 오염원  $\alpha(\beta)$ 의 질량비율
- $F_{i,j}$  : 구역 i에서 구역 j로 흐르는 공기유량[kg]
- $\eta_{\alpha,i,j}$  : 구역 i에서 구역 j로 흐를 때 오염원  $\alpha$ 에 대한 필터효율
- $m_i$  : 구역 i에서 공기의 질량[kg]
- $m_{\alpha,i}$  : 구역 i에서 오염원  $\alpha$ 의 질량[kg]
- $k_{\alpha,\beta}$  : 구역 i에서 오염원  $\alpha$ 와  $\beta$ 의 운동반응계수
- $G_{\alpha,i}$  : 구역 i에서 오염원  $\alpha$ 의 발생량[kg]

Figure 3은 본 실습선의 모든 데크를 CONTAM을 이용하여 모델링한 것으로, AHU의 덕트계통, 각 데크의 배기(EA)전용 덕트계통, 데크 간 환기전용 덕트 등 설계도면 상의 모든 환기계통을 반영하였다.

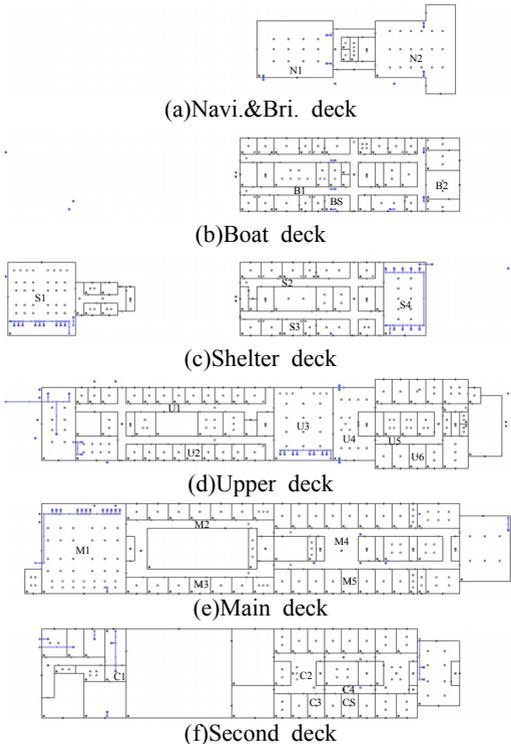


Figure 3: Air network modeling by CONTAM 3 and locations of sample zones for scenarios.

### 2.3 시뮬레이션 조건

기계식 환기시스템에 의한 오염물질 확산특성을 파악하기 위해 본 연구에서는 각 AHU의 신선외기 도입량을 주요변수로 설정하였다. 이는 환기(Ventilation)의 4 요소인 신선외기(OA, Outside air), 급기(SA, Supply air), 환기(RA, Return air), 배기(EA, Exhaust air) 중, 신선외기가 도입됨으로써 실내의 오염물질 농도를 낮추고 배기(EA)를 통해 외부로 배출할 수 있는데, 본 실습선에서는 신선외기가 AHU에 의해서만 도입되기 때문이다.

한편, 본 연구에서는 대표적 환경오염물질로써 인체에 유해한 포름알데히드(HCHO)를 오염원으로 선정하였고, 시간경과에 따른 공간별 포름알데히드의 상대적 변화량을 비교하여 확산특성을 평가하였다. 시뮬레이션 조건을 정리하면 다음과 같다.

- ①오염물질 : Formaldehyde(HCHO, 30kg/kmol)
- ②신선외기 도입율 : 0%, 25%, 50%, 75%, 100%
- ③오염물질 발생 지점
  - Scenario A : BS(Figure 3(b))에서만 발생
  - Scenario B : CS(Figure 3(f))에서만 발생

## 3. 시뮬레이션 결과 및 분석

### 3.1 오염원 선실과 인접 공간

Figure 4의 (A-a), (B-a)은 오염발생 35분 경과 후 오염발생 선실 내에서는 오염물질이 대부분 제거(0%/min)됨을 보여주고 있으며, 신선외기 도입율 변화에 따른 영향은 무시할 수 있다. 그러나 오염 선실의 오염물질이 선실내외의 압력차에 의해 가장 먼저 유입되는 인접 복도의 경우에는 시나리오 A가 50분(A-b), 시나리오 B는 80분(B-b) 가량 소요되어 제거 시간이 증가됨을 보여준다. 한편 인접선실은 오염물질이 AHU의 신선외기와 혼합된 후 공급되는 공간으로, 그림(A-c, B-c)에 나타난 것과 같이 제거시간은 신선외기 도입율에 따라 65분~100분 정도 소요되며 신선외기 도입율의 영향을 많이 받고 있음을 알 수 있다.

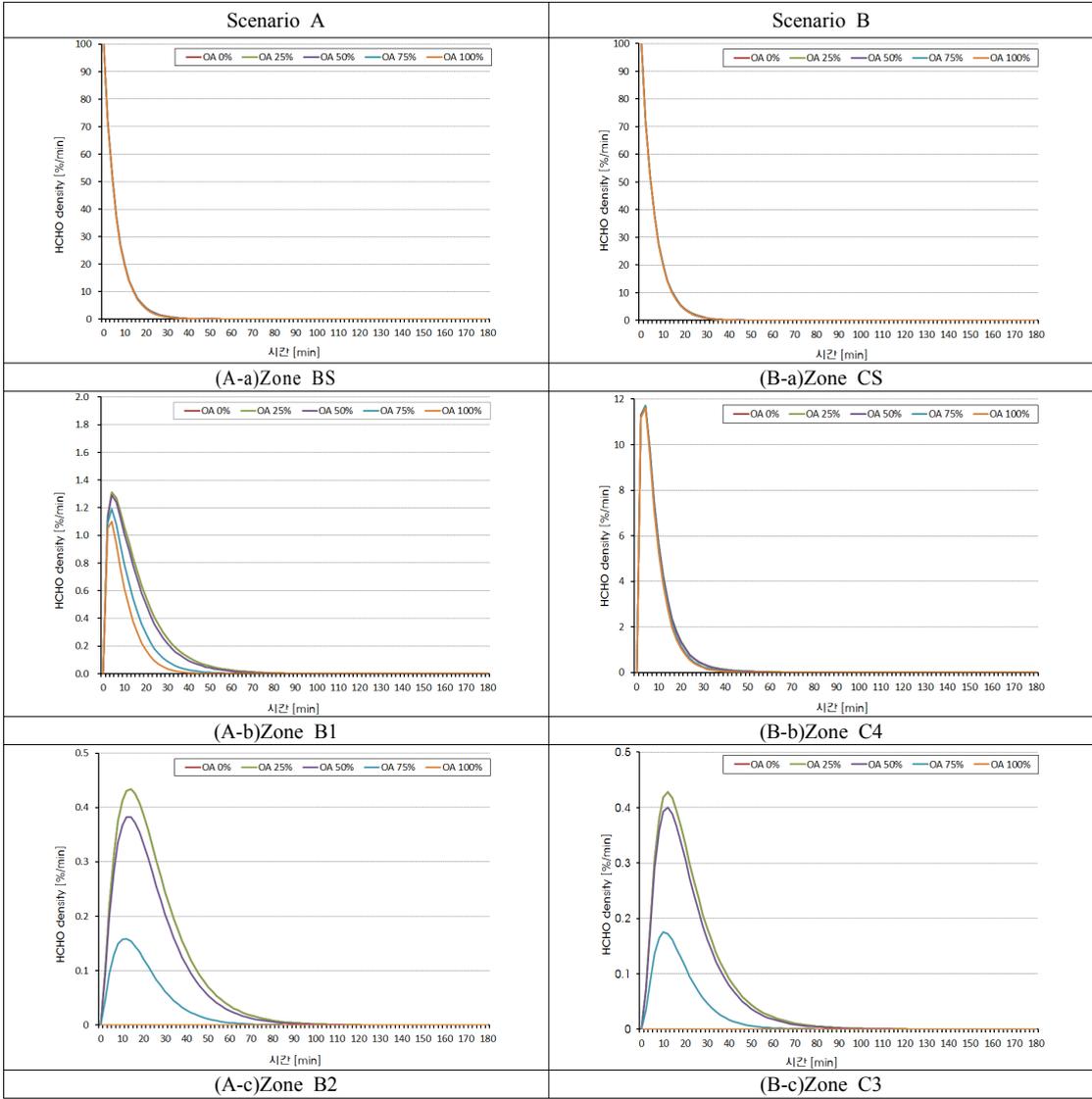


Figure 4: HCHO density changes at contamination beginning cabin and nearby zones

3.2 각 데크의 용도별 주요 공간

Figure 3에 표시한 선내 대표 공간의 최대오염농도를 평가한 결과를 Table 5와 Table 6에 정리하였다. 오염물질의 발생위치가 다른 시나리오 A와 B를 비교해보면, 오염농도는 시나리오 A가 시나리오 B에 비해 10정도 높지만, 오염공간은 시나리오 B가 시나리오 A의 2배 정도 많은 것으로 평가되었다. 이는 Boat 데크에 위치하는 시나리오 A의 발생

선실은 AHU No.1에 의해서만 환기되고 하부 데크와는 계단 등을 통해서만 연결되어 있기 때문에 오염물질 확산이 상대적으로 어려운 반면, 시나리오 B의 경우에는 Second 데크가 Main 데크와 순환덕트를 통해 연결돼 있고 Main 데크는 3대의 AHU에 의해 환기되고 있기 때문에 오염물질이 이 3대의 AHU를 경유해 선내 대부분의 공간으로 전파되기 때문에 오염공간 수는 많고 공간대비 절대량으로

표시되는 농도는 낮게 평가된 것으로 분석된다.

**Table 5:** Contamination density for scenario A.

[per mille, 0.1%]

Deck	Zone	OA ratio				
		0	25	50	75	100
Navi&Bri	N1	5.37	5.37	4.94	3.01	1.60
	N2	5.54	5.54	4.91	2.11	-
Boat	B1	13.10	13.10	12.90	11.90	11.00
	B2	4.34	4.34	3.82	1.59	-
Shelter	BS	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	S1	-	-	-	-	-
Shelter	S2	37.70	37.70	37.70	37.20	36.70
	S3	5.42	5.42	5.34	2.60	-
	S4	6.79	6.79	6.70	3.31	-
	S5	-	-	-	-	-
Upper	U1	4.82	4.82	4.80	3.98	3.27
	U2	5.42	5.42	5.35	2.60	-
	U3	-	-	-	-	-
	U4	-	-	-	-	-
	U5	-	-	-	-	-
	U6	-	-	-	-	-
Main	M1	-	-	-	-	-
	M2	-	-	-	-	-
	M3	-	-	-	-	-
	M4	-	-	-	-	-
	M5	-	-	-	-	-
Secondc	C1	0.02	0.02	0.02	0.01	-
	C2	-	-	-	-	-
	C3	-	-	-	-	-
	C4	-	-	-	-	-
	CS	-	-	-	-	-

**Table 6:** Contamination density for scenario B.

[per mille, 0.1%]

Deck	Zone	OA ratio				
		0	25	50	75	100
Navi&Bri	N1	0.11	0.11	0.10	0.03	-
	N2	0.02	0.02	0.01	0.00	-
Boat	B1	0.04	0.04	0.03	0.01	-
	B2	0.02	0.02	0.01	0.00	-
	BS	0.02	0.02	0.01	0.00	-
Shelter	S1	-	-	-	-	-
	S2	0.15	0.15	0.13	0.04	-
	S3	0.03	0.03	0.02	0.00	-
Upper	S4	0.03	0.03	0.03	0.00	-
	U1	1.07	1.07	1.04	0.84	0.70
	U2	0.03	0.03	0.02	0.00	-
	U3	0.40	0.40	0.34	0.13	-
	U4	0.50	0.50	0.43	0.16	-
	U5	0.59	0.59	0.51	0.18	-
Main	U6	0.56	0.56	0.48	0.17	-
	M1	-	-	-	-	-
	M2	4.29	4.29	4.23	3.77	3.37
	M3	0.58	0.58	0.50	0.18	-
	M4	12.00	12.00	11.90	10.90	10.10
Secondc	M5	3.79	3.79	3.53	1.53	-
	C1	1.91	1.91	1.86	1.53	1.29
	C2	13.10	13.10	13.00	12.00	11.10
	C3	4.28	4.28	4.00	1.75	-
	C4	117	117	117	117	116
CS	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	

**Table 7:** Ratio of polluted zone for scenario A.

Criteria [%]	OA ratio [%]	Deck					
		Navi	Boat	Shelter	Upper	Main	Second
1	0	-	8.6	13.8	1.7	-	-
	25	-	8.6	13.8	1.7	-	-
	50	-	8.6	13.8	1.7	-	-
	75	-	8.6	13.8	1.7	-	-
	100	-	8.6	13.8	1.7	-	-
0.1	0	100.0	85.7	79.3	50.0	1.9	7.1
	25	100.0	85.7	79.3	50.0	1.9	7.1
	50	100.0	85.7	79.3	50.0	1.9	7.1
	75	100.0	85.7	79.3	50.0	1.9	7.1
	100	71.4	17.1	13.8	8.6	-	-
0.01	0	100.0	85.7	79.3	51.7	1.9	7.1
	25	100.0	85.7	79.3	51.7	1.9	7.1
	50	100.0	85.7	79.3	51.7	1.9	7.1
	75	100.0	85.7	79.3	51.7	1.9	7.1
	100	71.4	17.1	13.8	12.1	-	-
0.001	0	100.0	85.7	79.3	51.7	1.9	7.1
	25	100.0	85.7	79.3	51.7	1.9	7.1
	50	100.0	85.7	79.3	51.7	1.9	7.1
	75	100.0	85.7	79.3	51.7	1.9	14.3
	100	71.4	17.1	13.8	12.1	-	-

신선외기 도입량의 영향은 시나리오 A, B 모두 설계용량 대비 75%일 때 오염농도가 크게 변하기 시작함을 알 수 있다.

3.3 데크별 오염공간 비율

3.2절의 선실을 포함한 전체 선내를 대상으로 기계식 환기설비에 의한 오염물질 확산 성능을 파악하기 위해, 시나리오 A와 시나리오 B 각각에서의 오염된 공간 비율을 평가하였다. 오염된 공간의 비율을 평가하기 위한 오염공간 판단기준을 1%, 0.1%, 0.01%, 0.001%로 하였고 평가결과를 **Table 7, 8**에 정리하였다. 이와 같이 상대적 기준으로 평가한 것은, 발생량이 현장에 따라 유동적인 상황에서 절대적 수치로 각 선실의 안전성과 위험성을 구분하는 것보다 상대적 가치를 평가한 결과표가 현

장에서 상황별로 활용하기 용이할 것으로 기대하기 때문이다.

Boat 데크에서 오염물질이 발생한 시나리오 A에 관한 시뮬레이션 결과, Upper 데크 이상의 상부 데크에서는 오염공간 판단기준 0.001%~0.1%일 때 50% 이상의 공간이 오염되고 Main 데크, Second 데크 등 하부 데크 공간의 오염비율은 매우 낮게 평가되었다.

**Table 8:** Ratio of polluted zone for scenario B.

Criteria [%]	OA ratio [%]	Deck					
		Navi	Boat	Shelter	Upper	Main	Second
1	0	-	-	-	-	1.9	7.1
	25	-	-	-	-	1.9	7.1
	50	-	-	-	-	1.9	7.1
	75	-	-	-	-	1.9	7.1
	100	-	-	-	-	1.9	7.1
0.1	0	-	-	-	8.6	66.0	76.2
	25	-	-	-	8.6	66.0	76.2
	50	-	-	-	8.6	66.0	76.2
	75	-	-	-	5.2	66.0	73.8
	100	-	-	-	5.2	32.1	26.2
0.01	0	71.4	5.7	13.8	55.2	90.6	78.6
	25	71.4	5.7	13.8	55.2	90.6	78.6
	50	57.1	5.7	13.8	55.2	90.6	78.6
	75	-	-	3.4	51.7	90.6	78.6
	100	-	-	-	13.8	32.1	28.6
0.001	0	100.0	85.7	82.8	93.1	92.5	85.7
	25	100.0	85.7	82.8	93.1	92.5	85.7
	50	100.0	85.7	82.8	93.1	92.5	85.7
	75	71.4	5.7	13.8	55.2	90.6	78.6
	100	-	-	-	17.2	32.1	28.6

Second 데크에서 오염물질이 발생하는 시나리오 B의 경우에는 하부 데크를 중심으로 오염공간 비율이 높으며 또한 Shelter 데크 이상의 상부 데크에서 신선외기 도입율이 50% 이하이고 오염공간 판단기준이 0.01%일 때 Navi & Bri 데크의 57% 이상이 오염될 것으로 예측되었다.

또한 신선외기 도입량 변화에 따른 오염공간 비율을 분석한 결과 설계용량 대비 75%와 100% 사이에서 오염공간 비율이 급감함을 보이고 있다.

### 4. 결 론

본 연구는 기계식 환기장치에 의한 선박 선실 내의 환경오염물질 확산특성을 파악한 것으로, 연

구성과를 정리하면 다음과 같다.

(1)오염발생 선실 내에서는 오염발생 35분 경과 후 오염물질이 대부분 제거(0%/min)되었고, 신선외기 도입율 변화에 따른 영향은 무시할 수 있다.

(2)인접선실은 오염물질이 AHU의 신선외기와 혼합된 후 공급되는 공간으로, 오염물질 제거시간은 신선외기 도입율에 따라 65분~100분 정도 소요되며 신선외기 도입율의 영향을 많이 받는다.

(3) 상부 데크에 오염원 선실이 있는 경우가 하부데크에 오염원 선실이 있는 경우에 비해, 오염농도는 10배 정도 높지만, 오염된 공간 수는 오히려 1/2에 적어지는데 이는 상부 데크가 AHU 1대로만 환기되고 하부 데크와는 계단 등을 통해서만 연결되기 때문에 오염물질 확산이 상대적으로 어려운 반면, 하부 데크는 데크 간 순환덕트와 여러대의 AHU에 의해 환기되고 있기 때문에 오염물질이 AHU를 경유해 선내 대부분의 공간으로 전파되기 때문이다.

(4)상부 데크에서 오염물질이 발생한 경우 Upper 데크 이상 상부 데크 내 공간의 50% 이상이 평가 기준 0.001%~0.1%일 때 오염될 것으로 예측되고, 하부 데크에서 오염물질이 발생하는 경우에는 하부 데크를 중심으로 오염공간이 많지만 Shelter 데크 이상의 상부 데크에서도 오염판단기준 0.01%일 때 오염선실이 나타났다.

(5)신선외기 도입량 변화에 따른 오염농도 및 오염공간 비율을 분석한 결과 설계용량 대비 75% 이상일 때 오염수준이 낮아지는 것으로 평가되었다.

### 후 기

이 논문은 2010년도 부산광역시와 부산테크노파크의 지원으로 수행된 산학공동기술혁신사업(No.2010-5420)의 연구결과임.

### 참고문헌

[1] 환경부, 다중이용시설 등의 실내공기질관리법, 법률 제10312호, 2010.05.25(일부개정)  
 [2] 한국실내공기·산소연구회, 실내공기와 건강, 신광문화사, 2004.  
 [3] 신동걸, 이상우, 이진욱, 이형기, 황광일, “신조

운항실습선의 공기질 환경 실태 조사”, 2007년  
도 한국마린엔지니어링학회 전기학술대회 논문  
집, pp. 195-196, 2007.

- [4] 도근영, 이한석, 이윤규, 이형기, “새로 건조된 선박의 실내공기환경 조사 연구”, 한국항해항만학회지, 제31권, 제5호, pp. 427-434, 2007.
- [5] 김학선, 이승수, 이춘주, 장미숙, “밀폐 선실 공간의 공기질에 미치는 환기 영향 전산해석”, 한국풍공학회지, 제9권, 제1호, pp. 97-102, 2005.
- [6] 최상근, 이현우, 홍진관, “실내 미생물오염 전파방지를 위한 멀티존 모델링에 관한 연구”, 설비공학논문집, 제18권, 제11호, pp. 933-940, 2006.
- [7] 이현우, 최상근, 홍진관, “멀티존 시뮬레이션을 이용한 생물안전 3등급(BSL3)시설의 설계 검증에 관한 연구”, 대한설비공학회 2009 하계학술 발표대회논문집, pp. 745-750, 2009.
- [8] George N.Walton and W. Stuart Dols, CONTAM User Guide and Program Documentation, NISTIR 7251, 2010.
- [9] D.M., Lorenzetti, “Assessing multizone airflow simulation software”, Indoor Air, pp. 267-271, 2002.

## 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 기계·에너지시스템공학부(교수). 관심분야: 선박공조, 화재안전, 신재생에너지, 에너지시스템설계