



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

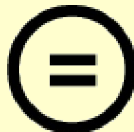
다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공 학 석 사 학 위 논 문

초등학교 화장실

겨울철 열환경 개선을 위한 연구



2014년 8월

부경대학교 산업대학원

냉동공조공학과

김 문 기

공학석사 학위논문

초등학교 화장실

겨울철 열환경 개선을 위한 연구

지도교수 금 중 수

이 論文을 工學碩士學位論文으로 提出함.

2014년 8월

부경대학교 산업대학원

냉동공조공학과

김 문 기

김문기의 공학석사 학위논문을 인준함

2014년 8월



주 심 공학박사 김 종 수 (인)

위 원 공학박사 최 광 환 (인)

위 원 공학박사 금 종 수 (인)

목 차

그림 목록	iii
표 목록	v
Abstract	vi
제1장 서 론	1
1.1 연구 배경 및 목적	1
1.2 기존 연구	3
1.3 연구의 내용 및 방법	5
1.3.1 연구 방법	5
1.3.2 연구 내용	5
1.3.1 연구 범위	6
제2장 학교 화장실 성능 및 기준	7
2.1 학교 화장실의 성능 요구 분석	7
2.2 학교 화장실 기준	11
2.3 학교 화장실 환경의 변화	17
2.4 학교 건물 용도별 열환경 계획	18

제3장 실측대상 및 분석방법	19
3.1 대상 건물의 개요	19
3.2 설문 참여 학생 수 및 설문항목	21
3.3 실측 장비	23
3.4 CFD 프로그램	24
제4장 결과 및 해석	26
4.1 설문 결과	26
4.2 실측 결과	30
4.3 CFD 해석	38
제5장 결 론	51
참고문헌	52
감사의 글	54



그림 목록

그림. 1 측정 대상학교의 화장실 모습	16
그림. 2 설문항목	18
그림. 3 CFD 해석 과정	21
그림. 4 화장실 사용 비율	22
그림. 5 소변기 사용 비율	22
그림. 6 대변기 사용 비율	23
그림. 7 대변기 사용 시 불편한 점 비율	23
그림. 8 서양식 변기에서 부위별 차게 느끼는 비율	24
그림. 9 동양식 변기에서 부위별 차게 느끼는 비율	25
그림. 10 외기온도에 따른 학교별 화장실 내부 온도 변화	26
그림. 11 학교별 화장실 내부 습도 변화	27
그림. 12 노후 초등학교 화장실 내부 온습도	28
그림. 13 신설 초등학교 화장실 내부 온습도	28
그림. 14 노후 초등학교 대변 공간 내부 주변온도	29
그림. 15 신설 초등학교 대변 공간 내부 주변온도	29
그림. 16 화장실 대변기 주변 표면온도 비교	30
그림. 17 교실 내부 온도 경시 변화	31
그림. 18 교실 내부 습도 경시 변화	31

그림. 19 교실 내부의 온도 비교	32
그림. 20 화장실 대변 공간 Mesh 적용 및 생성 단면도	35
그림. 21 방열패널 온도에 따른 공간 온도분포	39
그림. 22 온도분포(Case 1: 30℃, 0.1m)	40
그림. 23 온도분포(Case 2: 30℃, 0.5m)	40
그림. 24 온도분포(Case 3: 30℃, 0.7m)	41
그림. 25 온도분포(Case 4: 40℃, 0.1m)	41
그림. 26 온도분포(Case 5: 40℃, 0.5m)	42
그림. 27 온도분포(Case 6: 40℃, 0.7m)	42
그림. 28 온도분포(Case 7: 50℃, 0.1m)	43
그림. 29 온도분포(Case 8: 50℃, 0.5m)	43
그림. 30 온도분포(Case 9: 50℃, 0.7m)	44
그림. 31 기류분포	45

표 목 록

표 1 학교 건물 용도별 열환경 특징 및 설계 시 고려사항	15
표 2 대상 학교의 화장실 현황	16
표 3 학교별 설문대상 현황	17
표 4 실측 측정 장비 및 측정 방법	19
표 5 화장실 대변공간 및 교실 내부 온열환경 비교	33
표 6 시뮬레이션 Case study	34



The study of thermal environment improvement of elementary school toilet in winter

Kim Moon Ki

*Department of Refrigeration and Air Conditioning Engineering,
Graduate School of Industry, Pukyong National University*

Abstract

Toilets in elementary school are equipped with heating system to prevent them from rupturing in winter. However, if elementary students use the toilets which don't have heating system, they may feel cold or chilly when they use them in winter or in-between seasons. The survey on the image of closet bowl shows children regard it as "a dark, cold and stinky space". This paper will present how to enhance the environment of toilets by reflecting the status of elementary schools on basic design data and remodeling or repairing existing toilets in order to improve the installing space environment of closet bowl. For the purpose of improving toilets in elementary school, two new and two old elementary schools were chosen for research.

The research includes the questionnaire survey on 440 students in the new and old elementary schools. In addition, the temperature and humidity in class and around closet bowl in toilet were measured. The optimal thermal environment was drawn by remodelling around closet bowl in toilet to simulate depending on the location of radiation panels. The conclusions of this paper are as follow;

1) The result of questionnaire survey on elementary school students showed that the rate of using toilets are high, but the rate of using urinals were higher than that of closet bowls. There are possibly many reasons for it, but, considering from the aspect of enhancing the toilet environment, the main reason is attributed to the smell and coldness of closet bowls.

2) When the temperatures in class, toilet and around closet bowl at the new and old schools were measured, the temperature in the old schools was lowered than that of the new schools. This implies that the old school is in worse thermal environment than the new school. Therefore, this aspect should be reflected into remodelling toilets in the future.

3) The result of simulation on the optimal location of radiator showed that the thermal environment around closet bowl was enhanced when a radiator(surface temperature 50°C) was installed, 0.1m from the toilet floor, to the left and right side of closet bowl.



제 1 장 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

학교 건물은 교육활동 공간이며 학생과 교사들의 생활공간이기도 하다. 즉 학교시설은 학생들이 살아가는 장소이며, 학생들이 좋은 교육 환경속에서 교육되어 질 때만이 그들의 타고난 개성을 밖으로 표출하게 되고 이를 계발시켜 조화로운 인간으로 교육될 수 있다. 현대 교육은 인지적 영역만을 강조하던 과거와는 달리 정의적(affective)이며 감성적인 측면에 대한 교육을 강조하고 있다. 이러한 정의적 영역에 대한 교육은 교과서나 수업시간의 교육활동을 통하여 이룰 수 있는 것은 아니며, 오랜 시간 생활환경 내에서 스스로 느끼고 경험하는 것을 통해 발달시켜 나갈 수 있는 것이며, 교육시설은 이러한 정의적 영역에 대한 교육을 담당하는 중요한 생활 환경적 요소이다[1-4].

학교시설은 학생 수용 공간 혹은 학습공간으로만 인식되어져 교수, 학습의 기능을 충족시키는 주안점을 두어 왔지만, 생활수준의 향상과 더불어 최근에는 학교 보건 및 위생설비 관련 환경시설에 많은 관심을 기울이고 있는 실정이다.

겨울철 초등학교 화장실의 경우 주로 동파방지의 관점에서 화장실 내부에 난방장치가 구비되어 있다. 그러나 난방장치가 구비되어 있지 않은 화장실의 경우 겨울철 및 환절기에 초등생에게 있어 화장실 내부는 춥거나 서

늘한 것으로 판단된다. 또한 화장실 대변기 관련 설문조사 결과 화장실에 대한 이미지로서 “어둡고 좁고 악취 풍기는 공간”으로 인식하고 있음을 알 수 있다. 각 지역 교육청 자료에 의하면 “학교 노후 화장실 환경개선”은 10년~12년을 주기로 수선하고 있으며, 사용자인 학부모, 관리자 등이 참석하여 현황, 설계 방향, 요구사항 등 설계협의회를 통해 의견 조율 후 설계에 반영하고 있는 실정이다[1,5,7].

이에 화장실 대변기 설치 공간의 환경을 개선하기 위한 기초 설계자료 및 기존 화장실 개.보수 시 초등학교 현황을 반영하여 화장실 환경을 개선할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

본 논문은 초등학교 화장실의 환경 개선을 위해 부산시내에 있는 신설 초등학교 2개교, 노후 초등학교 2개교를 선정하여 연구를 수행하였다.

연구내용은 신설 및 노후 초등학교 학생 440명을 대상으로 설문조사를 진행하였고, 또한 화장실 대변기 주변 및 교실의 온도 및 습도 측정을 수행하였다. 또한 화장실 내부의 열환경 개선을 위하여 화장실 대변기 주변을 모델링하여 방열패널 위치에 따른 시뮬레이션을 수행하여 최적의 난방 방안을 도출하였다.

1.2 기존 연구

윤현영은 초등학교 저학년 아동들이 사용하는 화장실의 현황과 실태를 알아보고 문제점을 파악하여, 향후 새롭게 지어질 초등학교에서 사용자의 행위에 따른 행태적 특성을 반영, 심리적인 측면에서 안정을 갖는 화장실 공간으로 개선하기 위한 디자인 방향을 제시하는 것을 목적으로 연구가 진행되었다. 연구 내용은 2005년 이후 개교한 서울지역 5개교를 대상으로 시설현황, 실측, 설문조사 등을 수행하였다[3].

한국교육개발원에 의해 “초·중등학교 화장실 리모델링에 관한 연구”가 수행되었다. 수행된 연구는 학교 화장실 요구 성능을 안전성, 위생성, 쾌적성, 무해성으로 정하고 이에 적합한 리모델링 설계 지침을 제시하였다. 특히 특색화장실 계획에서는 녹색에너지의 활용방안, 수자원 보전 기술 활용방안, 수자원 보전기술 활용방안, 재활용 소재 활용과 무접촉 기술을 활용한 그린 화장실 방안들을 제시하여 쾌적하고 깨끗한 학교 화장실을 조성하는데 요구되는 가이드 라인을 제시하고자 하였다[1].

부산광역시 교육청에서는 지난 2009년부터 2013년까지 부산 시내 신설 학교 및 리모델링 학교 35개교(초등학교 22, 중고등학교 11, 특수 2)를 대상으로 사용자 평가를 학생, 교직원, 학부모를 대상으로 진행하였다. 사용자 평가 내용 중 학교 화장실 관련 항목은 변기수, 대변칸 넓이, 적합한 변기 타입 등이고, 평가 결과 학생 화장실의 변기수는 적정하지만, 대변

칸이 좁아서 불편하고, 선호하는 대변기 타입은 서양식이라고 하였다. 그러나 화장실 내의 온열 및 공기환경에 관한 항목은 설문내용이 제외되어 있는 상황이다[1].



1.3 연구의 내용 및 방법

1.3.1 연구 방법

1) 연구 방법

본 연구는 기존 학교에서 화장실을 리모델링하거나 학교를 신축할 경우 화장실 계획 및 설계 시 활용할 수 있는 지침(guideline)을 제시하는 데 있다. 따라서 화장실 환경 계획 요소를 도출하기 위해 문헌조사, 설문조사, 실측, 시뮬레이션 등을 실시하여 기초 정보를 수집 분석하였다.

2) 설문조사 방법과 내용

설문조사는 2014. 03.19 - 03.21일까지 부산광역시 남구 소재 초등학교 학생을 대상으로, 학교 화장실을 이용하면서 느낀 문제점에 대하여 설문조사를 하였다. 조사 대상 학교는 4개 학교 총 18학급을 대상으로 실시하였다. 주요 설문내용은 설문대상자가 초등학교생이라는 점을 고려하여 화장실 이용 및 사용빈도 현황, 화장실 이용 시 불편한 점, 대변기 주변 환경 온열감 등으로 단순하게 구성하였다. 설문조사에 응한 학생수는 초등학교 남학생 236명, 여학생 204명 등 총 440명이었다.

1.3.2 연구내용

1) 초등학교 교실 및 화장실 대변기 주변 온열환경 측정, 분석

- 교실 및 화장실 실내 온도 및 습도 측정
- 화장실 위치 및 구조

2) 화장실 환경개선을 위한 CFD

- 난방패널 위치에 따른 대변기 주변 열환경 분석
- 난방패널 크기 및 발열량

1.3.3 연구의 범위

본 연구에서의 대상학교는 초등학교로 한정하고, 연구 결과의 적용범위는 초등학교의 학생 화장실에 적용되며, 교사화장실과 장애인 화장실은 포함하지 않는다.



제 2 장 학교 화장실 성능 및 기준

2.1 학교 화장실의 성능 요구 분석[5,6,8,15]

학교는 학생과 교직원이 장시간 거주하는 생활공간이다. 학교 화장실은 거주 공간 중 위생공간에 해당되며, 무엇보다도 안전하고 위생적이고 쾌적하여야 하며 밝고 명량한 공간이어야 한다.

1) 안전성

학교시설은 많은 학생들이 거의 하루 중 절반이상을 생활하는 공간이며 특히 어린 아동과 지체부자유 학생이 학습과 생활이 이루어지는 장소로서 사소한 부주의와 인식부족으로 인하여 안전사고가 발생할 수 있는 개연성을 가지고 있어 화장실 설계 및 계획에서도 이에 대한 방지 대책이 마련되어야 한다. 안전한 화장실을 위해서는 다음과 같은 점을 설계 시 고려해야 한다.

- ①화장실을 학교 교사 내에 적절히 분산하고 적정 변기를 확보하여 쉬는 시간에 학생들이 한꺼번에 모이지 않도록 한다.
- ②화장실 변기와 세면대 등의 크기와 설치 높이는 학생들이 편리하게 사용할 수 있도록 계획한다.
- ③화장실 바닥표면은 물에 젖어도 미끄러지지 않는 재질로 마감한다.
- ④화장실 배수는 항상 잘되는 구조로 하여 바닥이 항상 건조한 상태를 유

지한다.

⑤화장실내에 노출되는 벽체의 옆면은 그 모서리에 코너비드 등을 사용하거나 둥글게 한다.

⑥칸막이 박스의 문은 안쪽으로 열리도록 하고 사용하지 않을 경우에는 문이 열린 상태로 있도록 한다.

⑦칸막이벽과 문은 걸레받이를 포함하여 약 1.8m 높이로 설치한다.

⑧화장실 진입문은 가급적 설치하지 않는 구조로 하고 설치할 경우에는 작동이 잘 되는 두 문짝으로 한다.

⑨장애우 화장실은 특수학급 교실 가까이에 위치하도록 하고 장애인 편의시설 설치 매뉴얼에 적합하게 계획한다.

⑩복도측과 화장실 입구 부분은 턱을 두지 않도록 한다.

2) 위생성

학교에서 쾌적하고 건강한 생활을 하기 위해서는 학교시설 및 설비 등은 위생적이어야 한다. 학교 시설의 대표적인 위생공간인 화장실은 각종 병원균과 박테리아 등으로부터 자유로울 수 있는 청결유지가 중요하다. 특히 병리학적 측면에서도 학교 화장실내 비누, 온수 공급 그리고 손 세척 설비의 공급은 필수적이다. 즉 학생들이 손을 적절하게 씻지 않는다면 병의 전염에 직접적으로 노출되며 또한 다른 학생들에게도 병원균의 전파를 유발

하기 때문이다.

①화장실 계획 시에는 유지관리 특히 청결관리에 용이하도록 하며, 적어도 하루에 2회 이상 청소를 실시하여야 한다.

②화장실 냄새를 최소화하기 위한 환기, 공기 청정기 혹은 자동 화장실 물 내리는 설비 등을 고려한다.

③음수설비는 화장실내에 두지 않는다.

④여학생 화장실에는 위생대 처리를 위한 설비를 갖춘다.

⑤학교화장실의 전 변기는 자동 세정(automatic flush)을 권장한다.

⑥대변기는 양식변기를 주로 하고 이 경우 일회용 변기 커버를 비치하거나 하루 2회 이상 청소하여야 한다.

⑦대변기 세정 시 세정수의 확산을 최소화하도록 조절한다.

⑧세면대에는 비누, 온수 공급, 손 세척 설비의 공급이 필수적이다.

⑨세면기는 각 화장실내 변기 수 정도로 구비하여야 한다.

⑩세면대에는 위생적인 위치에 종이 타올이 구비되어야 하며, 이 보다는 자동 손 드라이기가 보다 경제적이고 위생적인 대안으로 제시된다.

3) 쾌적성

학교시설의 기본적인 목적 중 하나는 쾌적한 공간을 만드는 것이다. 쾌적성이란 인간의 심리적, 생리적 반응을 나타내는 것으로 주위 환경에 대

하여 만족하는 마음의 상태라 할 수 있다. 그러므로 이것을 단일수치의 지표로 나타내기는 매우 어렵다. 예를 들면, 실의 온도는 알맞다 하더라도 시끄럽거나 또는, 밝기는 적당하지만 대단히 더운 환경 하에서는 총합적인 쾌적함을 느낄 수 없다. 정전이나 단수의 경우에도 현대 생활에서는 상당한 불편을 느끼게 되므로 넓은 의미로 볼 때는 쾌적하다고 할 수 없다. 즉, 여러 가지 환경 요소 중 하나라도 쾌적하지 않으면 결코 쾌적한 환경이 아니다.

따라서 쾌적한 화장실이란 미적으로 불쾌하지 않으며, 학생들의 사용을 위한 적정수준의 온도, 습도, 환기, 소음 환경을 의미하며, 냄새가 나고 변기에서 발생하는 소음 등은 학생들이 화장실 사용을 기피하는 원인이 되고 있다.

- ① 밝고 화려한 화장실은 학생들의 사기를 높이며, 화장실 계획과 설계과정에 학생들을 참여하도록 하여 주인의식과 자부심을 가지게 한다.
- ② 화장실은 적절한 조도와 온도 및 환기를 유지하도록 한다.
- ③ 화장실 냄새를 최소화하기 위한 환기, 공기 청정기 혹은 자동 변기 세정설비 등을 고려한다.

4) 무해성

학교 환경은 학생들에게 해롭지 않아야 한다. 학교 외부뿐만 아니라 내부

공간에 있어서도 이에 대한 고려가 필요하다. 특히 청소년기의 학생들의 경우 성(性)에 대한 관심이 높아 이에 대한 적절한 보호 장치가 필요하다.

또한 화장실은 학교 폭력이 쉽게 일어나기 쉬운 장소로서 항상 밝은 환경으로 조성하여 교내에서 학내 왕따 등 학교 폭력이 일어나는 장소로 이용되지 않도록 유념하여야 한다.

- ① 화장실은 적절한 조도를 가지도록 하고 항상 밝게 유지한다.
- ② 화장실은 남녀가 분리되도록 하고, 교직원 화장실은 별도로 계획한다.
- ③ 화장실 진입부에 CCTV를 설치할 경우 화장실 내부가 조망되어서는 안된다.
- ④ 변기 주변이 외부 혹은 복도 측에서 보여서는 안된다.
- ⑤ 학교화장실에도 소변기 사이에는 될 수 있는 대로 적절한 스크린 장치를 한다.
- ⑥ 큐비클의 잠금 장치는 안에서 원활하게 사용하도록 하며, 비상시를 대비하여 밖에서도 열 수 있는 구조로 한다.

2.2 학교 화장실 기준

1) 학교시설·설비 기준령에서의 화장실 기준

1997년 제정된 『고등학교 이하 각급학교 설립 운영규정』 이전의 학교시설·설비 기준령에 따르면 제3차 개정 당시(1973년) 학생 대변기를 학급당

1.5개 이상 두도록 처음으로 규정하고 있으며 소변기수는 필요한 수로 배치하도록 하고 있으며, 교직원용 변기에 대한 언급은 없었다. 이 기준령은 1989년 14차 개정에 이르러 교직원 대변기 수를 30명당 1개 이상 두도록 하였으며 대변기 수는 학생 30인당 1개 이상 설치하도록 하고 있다.

이러한 교직원 수와 학생수에 의한 변기수 산정은 보다 적정하고 현실적인 규정으로 평가될 수 있으나 남녀 학생에 대한 고려가 없다는 점에서 현재 여학생 화장실 변기수가 부족한 현상을 초래하는 결과를 가져왔다.

이후 이 기준은 폐지되고 새로 제정된 『고등학교 이하 각급학교 설립 운영규정』에서는 화장실에 대한 기준은 제외되었다.

2) 학교보건법에서의 화장실 설치 및 유지관리 기준

1998년에 개정된 학교보건법은 종전 ‘변소’를 ‘화장실’이라는 표현으로 설치에 대한 법 기준은 마련하였으나, 세부기준은 2002년 학교보건법시행규칙(교육인적자원부령)이 제정되어 화장실의 설치기준(별표3)은

- ① 학생 및 교직원이 쉽고 편리하게 이용할 수 있도록 남녀 구분하되 필요한 면적과 변기수를 확보하고,
- ② 대.소변기는 수세식으로 하며,
- ③ 출입구는 남자용과 여자용이 구분되도록 따로 설치할 것

④ 대변기 칸막이 안에는 소지품을 두거나 옷을 걸 수 있는 설비를 하고,

⑤ 화장실 안에는 손 씻는 시설과 소독시설 등을 갖추도록 하였다.

한편 화장실의 유지관리기준도 함께 마련되어(별표3)

① 항상 청결이 유지되도록 청소하고 위생적으로 관리할 것

② 악취의 발생과 해충의 발생·번식을 방지하도록 화장실의 내·외부를 4월부터 9월까지 주 3회이상, 10월부터 다음해 3월까지 주1회 이상 소독 실시하도록 하였다.

또한 학교장은 교사 안에서의 환경위생을 유지관리하기 위하여 소속 교직원 중에서 환경위생에 관한 업무를 관리하는 자를 지정하여 관리하도록 하였다.

3) 공중화장실 등에 관한 법률에서의 화장실 설치 기준

2004년도 제정된 이 법에서의 “공중화장실”이란 공중(公衆)이 이용하도록 제공하기 위하여 국가, 지방자치단체, 법인 또는 개인 설치하는 화장실을 말하며, 그 적용범위는 공용시설 또는 공공용시설로서 학교도 포함되어 이 법에서 정하는 기준에 만족하여야 한다.

설치기준으로는 “공중화장실 등은 남녀화장실을 구분하여야 하며, 여성화장실의 대변기 수는 남성화장실의 대·소변기 수의 합 이상이 되도록 설치

제 2 장 학교 화장실 성능 및 기준

하여야 한다” 고 되어 있어 학교 신설 및 개량시 남녀 구분, 남녀 변기수 1:1이상으로 설치 하고 있다. 한편, 남녀 합한 전체 연면적은 33제곱미터 이상으로 하고 대변기 7개(남자용 2개, 여자용5개) 이상, 소변기 3개 이상을 설치하도록 하였다. 또한 대변기 칸막이 규격은 85cm × 115cm 이상(서양식일 경우 130cm이상)으로 하여야 한다. 그 외의 기준은 학교보건법과 거의 비슷한 항목으로 기준을 정하였다.(공중화장실 등에 관한 법률 시행령 제6조제3항에서 정한 별표 “공중화장실 등의 설치기준” 참조)

또 시행령 제7조에 따라 공중화장실의 관리기준은

① 관리인을 두어 위생적으로 관리하고, 입구에 관리인의 실명과 연락처를 게시할 것

② 악취의 발산과 해충의 발생, 번식을 방지하기 위하여 공중화장실의 내.외부를 4월부터 9월까지는 주 3회 이상, 10월부터 다음해 3월까지는 주 1회 이상 소독할 것

등을 공중화장실 설치 또는 소유, 관리하는 자가 별도의 관리인을 지정하여 관리하도록 하였다.

4) 학교시설 지침서

1972년 유네스코 한국위원회에서 마련한 학교시설 지침서에서는 초등학교 저학년의 화장실은 일반교실과 직결하는 곳에 위치시키고 중등학교에

있어서는 화장실 이용자수에 맞추어 생활하는 장소에 가깝게 설치하도록 하고 있다. 교사의 배치에 따라 휴식시간 중에도 옥외운동장이나 교정에서 직접 출입이 가능한 장소에도 설치하도록 권장하고 있다.

5) 학교화장실 계획 참고 문헌에서의 기준

윤천근의 「건축계획」에서는 초등학교 저학년 화장실을 교실에 인접 (35m거리)이내 하여 설치하도록 고학년의 경우에도 50m이상 떨어질 수 없도록 하고 있다. 세면장은 운동 후, 작업후, 식사 전에 손을 씻도록 4학급에 1개소 정도 분산 설치하도록 하고 식수장은 학생 75-100명당 1개씩 두도록 하고 있다.

또한 안영배 외 「건축 계획론」에서는 학교시설의 화장실에 대하여 남자용과 여자용으로 구별하도록 하고 있으며 그 보행거리는 30-50m 이내로 하도록 하고 있다, 초등학교 저학년의 경우 각 교실 마다 부속시키거나 2-3학급마다 설치하도록 하고 있다.

6) 각 교육청 화장실 면적 기준 분석

인천시 교육청, 대전시 교육청, 강원도 교육청 등이 화장실 면적에 대한 기준을 마련하고 있으며 타 교육청에서는 공유면적에 합산하고 있다. 그리고 그 기준 역시 교육청별로 다양하며 인천시교육청은 1 학급당 11㎡,

제 2 장 학교 화장실 성능 및 기준

대전시 교육청은 단위면적 31.5㎡로 두고 학급수에 따라 적정수를 곱하여 산정하고 있으며, 강원도 교육청은 학급수별로 차이를 두어 1개실(67.5㎡) 씩 증가하는 방법으로 산정하고 있다. 특히, 부산시교육청에서는 2009년도 초등학교 24학급일 경우 1실 504.9제곱미터, 36학급일 경우 18실 826.2제곱미터(1실 기준 45.9제곱미터) 등으로 학급수에 따라 화장실 면적기준을 마련하여 시행해 오다가, 2013년부터는 공유면적으로 적용하여 건축연면적, 학급 규모, 지역여건 등과 사용자의 편리성을 고려하여 최적의 면적으로 설치하고 있다.



2.3 학교 화장실 환경의 변화

1) 1980년대

1980년대 초등학교 화장실은 화장실 냄새와 소음으로부터 이격하기 위해서 교실로부터 먼 곳에 배치하였다. 화장실의 크기는 교실 모듈의 1/2로 하고, 남녀 화장실을 1/2씩 나누어 계획하였다. 화장실 전실에는 세면기가 있고, 청소함이 노출되어 청결유지를 어렵게 하였다.

2) 1990년대

1980년대와 달리 학생들이 화장실로 접근을 용이하게 설계하여, 복도를 통해 남녀 화장실로 진입하도록 하였다. 전실에 세면기가 있고, 청소함이 노출되어 청결유지를 어렵게 하였다.

3) 2000년대

1990년대 이전과 달리 학교 화장실의 개념을 단순히 용변을 보는 공간이 아니라 휴식과 미용을 위한 공간으로 고려하게 되었다. 이전에 교사동 익부나 후면에 배치하던 것과 달리 교사도 전면으로 남향 배치하여 쾌적한 환경을 도모하였다.

2.4 학교 건물 용도별 열환경 계획

학교 건물은 다양한 용도의 실로 구성되고 사용목적과 사용상태가 다르므로 각 공간의 특성을 충분히 파악하여 에너지 절약적 이면서도 쾌적한 실내공간을 창출해야 한다. 초중고 학교의 경우 학년이나 학교에 따라 이용 패턴에 차이가 있지만 각 실의 열환경 조건 및 주요 고려사항을 정리하면 다음과 같다[8,9,10].

표 1 학교 건물 용도별 열환경 특징 및 설계 시 고려사항

구 분		특 징	주 요 고려 사항
학습 공간	일반교과 교실	고밀도, 장시간 거주	충분한 환기, 쾌적한 온열환경 유지
	과학 실험실	유해가스나 악취 발생	충분한 환기, 개별 환기설비
	미술 공작실	분진 및 오염물질 발생	
	조리 실습실	유해가스나 악취 발생	
	컴퓨터실	정전기 및 장비손상	습도제어
	음악실, 시청각실	소음원, 차광장치	방음을 고려한 환기계획
홈베이스		휴식 공간, 이동빈도 크고 단시간 거주	엄격한 온열환경 조절보다는 외부기후환경을 느낄 수 있도록
교과연구실, 관리실		연구 및 휴식공간, 저밀도, 장시간 거주	쾌적한 온열환경 유지, 사용패턴을 고려한 조닝
체육관, 강당		고밀도, 간헐적 사용	개별조닝, 충분한 환기 및 통풍 계획
화장실		악취발생, 간헐적 사용	충분한 환기, 개별 환기설비, 동파대책
복도 및 계단실		이동 공간, 단시간 거주	온열환경 제어 없는 완충 공간, 겨울철 계단실의 굴뚝효과 방지 대책

제 3 장 실측대상 및 분석방법

3.1 대상 학교의 개요

표 2 대상 학교의 일반 현황

학교	교사 신축년도	학급수	학생수	교직원수	건축연면적	비고
DH	1974	33	634	47	7919.9	노후
SC	1992	16	197	22	5831.8	노후
DC	2010	27	455	41	8773.7	신설
ORD	2008	21	575	35	7754.8	신설

표 3 대상 학교의 화장실 현황

학교	화장실		소변기 개수[개]	대변 공간 벽체 타입	대변 공간 넓이[m ²]	대변기 타입에 따른 갯수	
	실 수	총면적 [m ²]				서양식	동양식
DH	20	359	46	벽돌조적	1.2	24	44
SC	18	300	30	벽돌조적	1.2	15	34
DC	24	660	40	경량칸막이	1.43	64	20
ORD	26	395	34	경량칸막이	1.43	65	11



그림 1 측정 대상학교의 화장실 모습



3.2 설문 참여 학생 수 및 설문항목

설문에 참여한 학생 현황 및 설문항목을 표 3 및 그림 2에 나타냈다. 설문 대상은 남학생 236명, 여학생 204명으로 총 440명이 그림 2의 설문항목에 대하여 응답하였다.

표 4 학교별 설문대상 현황

초등 학교명	학 년 별 / 성 별									합계		
	3~4학년			5학년			6학년					
	남	여	소계	남	여	소계	남	여	소계	남	여	계
DH	0	0	0	25	17	42	20	22	42	45	39	84
SC	24	26	50	23	12	35	21	15	36	68	53	121
DC	0	0	0	31	29	60	34	19	53	65	48	113
ORD	0	0	0	44	50	94	14	14	28	58	64	122
소계	24	26	50	123	108	231	89	70	159	236	204	440

I. 학교에서 화장실을 사용하고 있습니까?

- ① 예
② 아니오

II. 학교 화장실 사용시 소변기 또는 대변기를 사용합니까?

- ① 소변기: ☒ 사용한다 ☐ 사용하지 않음

- ② 대변기: ☒ 사용한다 ☐ 사용하지 않음

III. 학교 화장실에서 대변을 볼 때 불편한 점은 무엇입니까?

- ① 추위 때문에 불편하다.
- ② 더워서 불편하다.
- ③ 냄새가 나서 불편하다.
- ④ 화장실이 어두워서 불편하다.
- ⑤ 집에서 사용하는 변기와 달라서 불편하다.

IV. 화장실 대변기 사용시 가장 차갑다고 느끼는 부분은 어느 부분입니까?



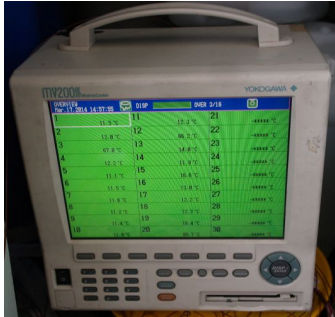
- | | |
|----------|----------|
| ① 화장실 벽 | ① 화장실 벽 |
| ② 변기 몸체 | ② 변기 몸체 |
| ③ 화장실 바닥 | ③ 화장실 바닥 |

- ① 화장실 벽
- ② 변기 몸체
- ③ 화장실 바닥

그림 2 설문항목

3.3 실측 장비

표 5 실측 측정 장비 및 측정 방법

측정 장비	측정 방법
데이터로그 	급기에서 배기 방향으로 벽체 온도 변화 측정
T&D TR-72U 	11개 측정 점에서 2분 간격으로 온·습도 데이터 수집

화장실 및 교실 내 온열환경을 측정하기 위한 장비는 표 4와 같으며, 기본적으로 열전대를 이용하여 화장실 대변 공간의 온도를 측정하기 위한 데이터 로그와 화장실 대변 공간 및 교실내부 온도 및 습도를 측정하기 위한 휴대용 온습도 장치를 이용하였다. 데이터 로그는 화장실 대변공간 내부에서 급기에서 배기 방향으로 벽체, 대변기, 창문 등의 표면 온도를 연속으로 측정하였다. 휴대용 온습도 측정 장치는 교실 및 화장실 11개 측정 점에서 2분 간격으로 온도 및 습도 데이터를 측정하였다.

3.4 CFD 프로그램

본 해석에서는 열유체 해석 프로그램 중 세계적으로 가장 지명도가 높으며, 사용자가 가장 많은 상용 열·유동 해석 프로그램인 STAR-CCM+를 이용하여 해석을 수행하였다.

Star CCM+는 Star-CD의 해석환경을 사용자의 편의성을 향상시키기 위해 윈도우즈 시스템에 적용한 프로그램이다. STAR-CCM+는 기존의 Star-CD 계산의 대부분이 가능하다.

STAR-CD는 영국 Imperial College의 A.D. Gosman교수 연구 그룹에 의해 개발되어 1985년경에 상용화 되어 오늘날 가장 강력한 성능을 자랑하는 범용 CFD S/W로 미국, 영국, 독일, 일본, 프랑스 등 선진국에서 널리 사용되고 있는 열유체 해석소프트웨어이다.

STAR-CD는 전 세계적으로 약 5,000 카피 이상이 판매되어 사용 중에 있으며, 이중 약 95%가 산업체의 연구소 등에서 제품 개발에 사용되고 있으며, 일본의 경우 산업체 상용 CFD S/W 시장의 약 65%를 차지하는 등 비약적인 성장을 계속하고 있다. 그림 3에 해석과정을 나타냈다.

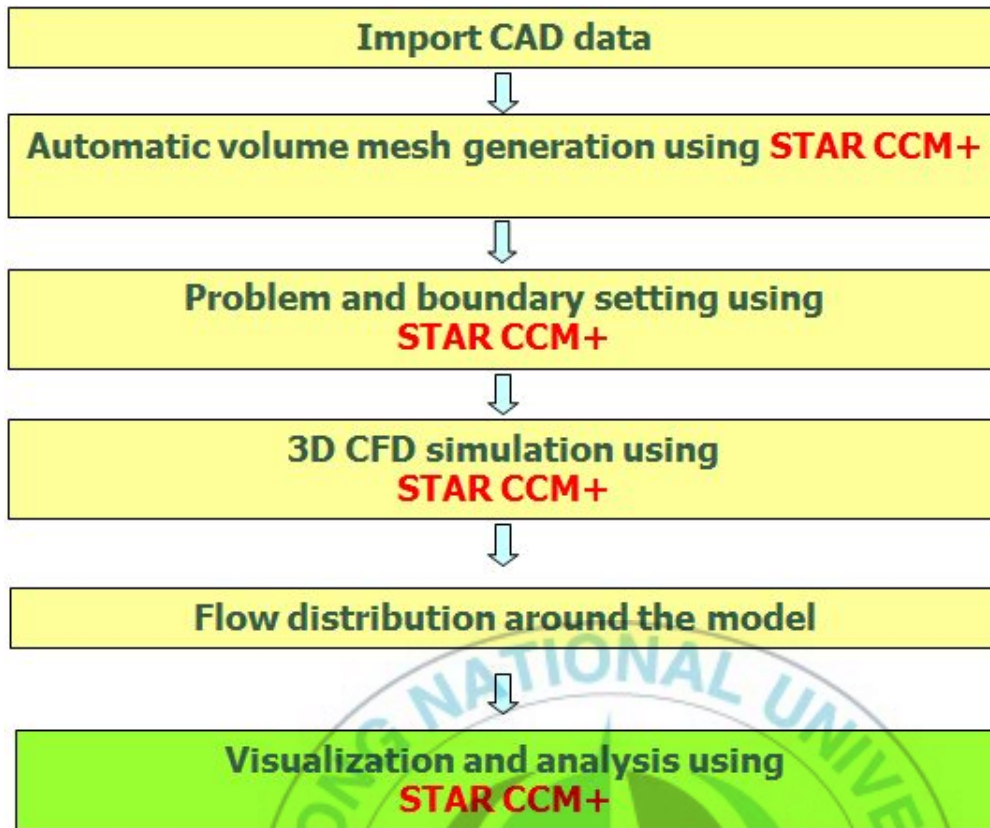


그림 3 CFD 해석 과정

제 4 장 결과 및 해석

4.1 설문 결과

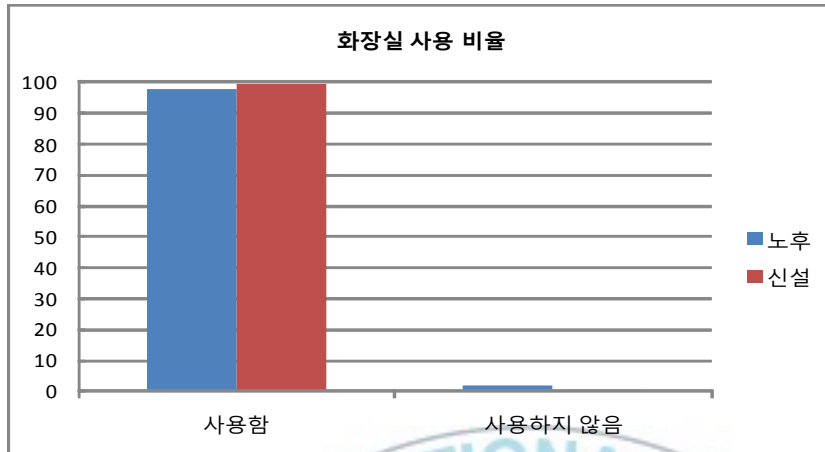


그림 4 화장실 사용 비율

그림 4는 화장실 사용 비율 나타낸 것으로 노후 및 신설 모두 초등생 대부분이 학교에서 화장실을 사용하고 있음을 알 수 있다.



그림 5 소변기 사용 비율

그림 5는 학교에서 소변기 사용 비율을 나타낸 것으로 초등생 대부분이

학교에서 소변기를 사용하고 있는 것으로 나타났다.

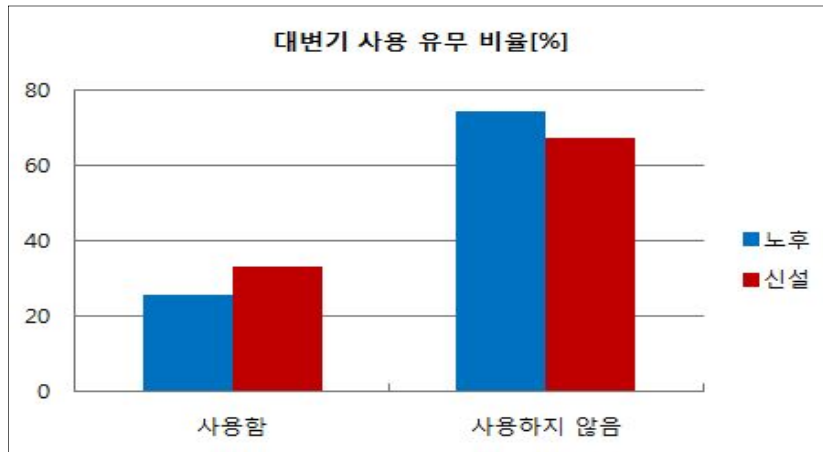


그림 6 대변기 사용 비율

그림 6은 학교에서 대변기 사용비율을 나타낸 것이다. 화장실 사용유무, 소변기 사용유무를 고려할 때, 상대적으로 학교에서 대변기를 사용하는 비율이 낮게 나타났다. 그러나 노후학교에 비해 신설학교에서 사용비율이 높음을 알 수 있다.

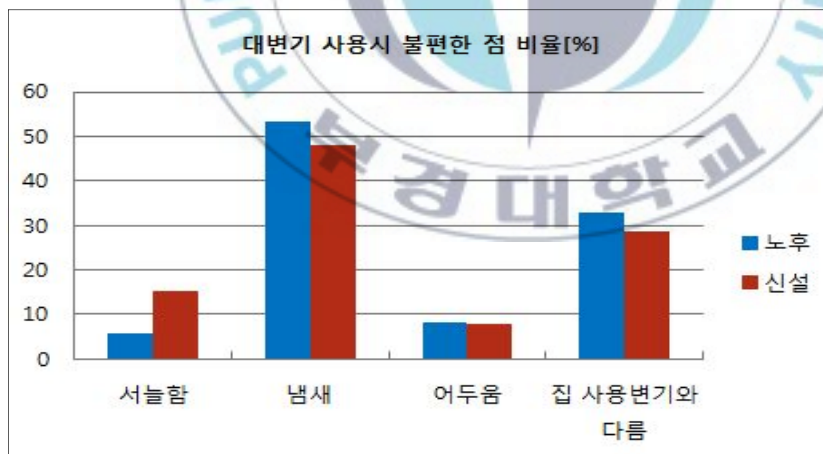


그림 7 대변기 사용 시 불편한 점 비율

그림 7은 학교에서 대변기 사용 시 불편한 점을 나타낸 것이다. 가장 많은 응답이 나온 항목은 신설 및 노후 학교 모두 화장실에서 냄새가 발생하는 것이고, 다음은 집에서 사용하는 변기와 다르다는 점이다. 또한 화장실이 서늘해서 불편하다고 하였다. 따라서 변기 문제를 제외하면 화장실의 대변기 주위 공간은 냄새 및 서늘함 등이 대변기 사용 시 불편한 요소임을 알 수 있다.

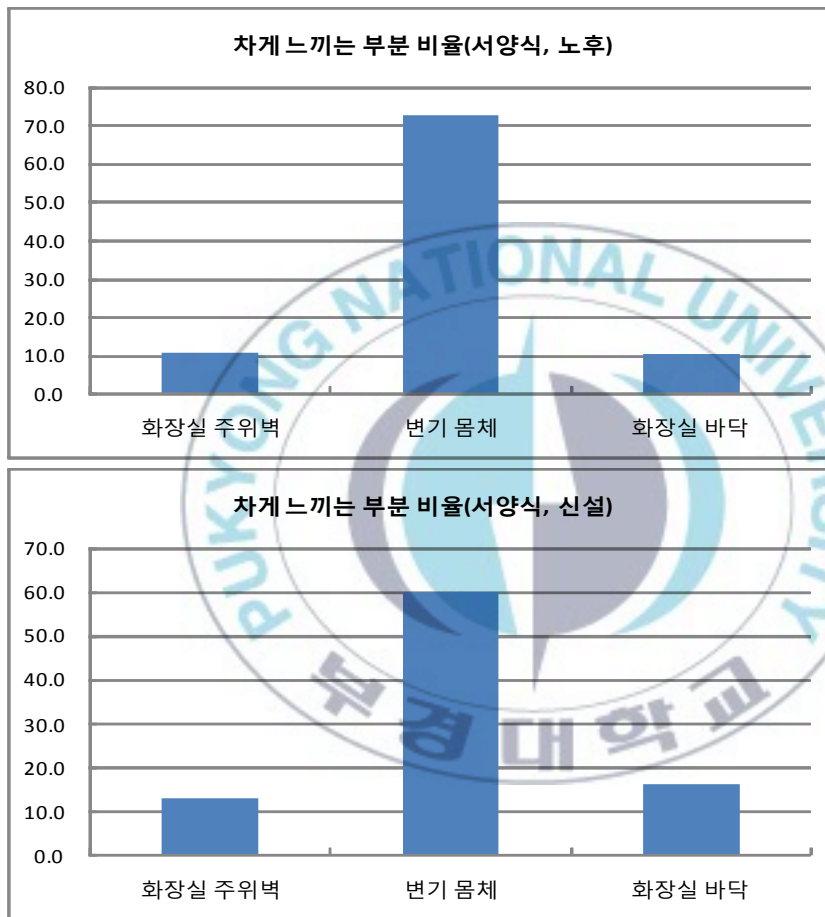


그림 8 서양식 변기에서 부위별 차게 느끼는 비율

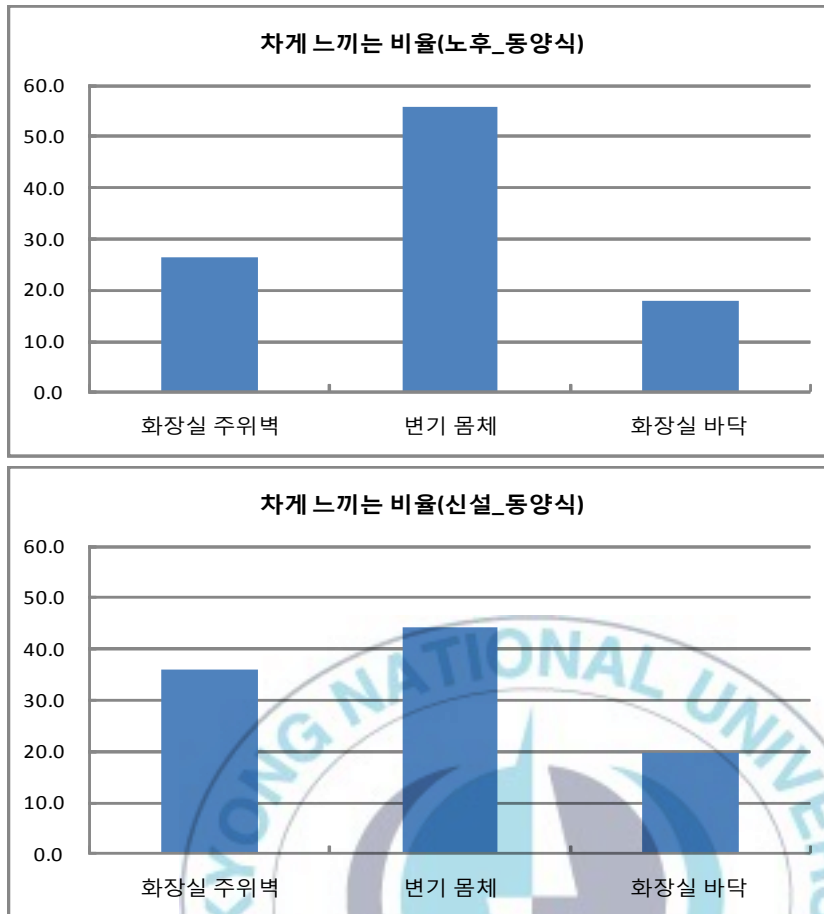


그림 9 동양식 변기에서 부위별 차게 느끼는 비율

그림 8, 9는 변기 종류별로 변기 사용 시 사용자 들이 차갑게 느끼는 부위별 비율이다. 서양식 변기의 경우 신체가 접촉하는 변기 몸체의 비율이 가장 높았다. 동양식 변기의 경우에는 서양식 변기와 마찬가지로 변기 몸체의 비율이 높았지만, 주위 벽 또는 바닥의 비율은 서양식 보다 높게 나타났다.

따라서 서양식 및 동양식 변기를 고려할 때 변기 자체를 개선할 필요가 있지만, 현실적인 방안은 화장실 대변기 주위 벽을 활용하여 서늘함을 제거하는 것이 필요하다고 판단된다.

4.2 실측 결과

1) 초등학교 화장실 내부 실측

실측 대상초등학교는 신설 초등학교인 ORD, DC 초등학교와 노후화된 SC, DH초등학교를 대상으로 하였다. 온도 및 습도 측정기간은 2014년 03월 15일 오전 9시부터 03월 17일 오전 9시까지 총 48시간을 측정하였다.

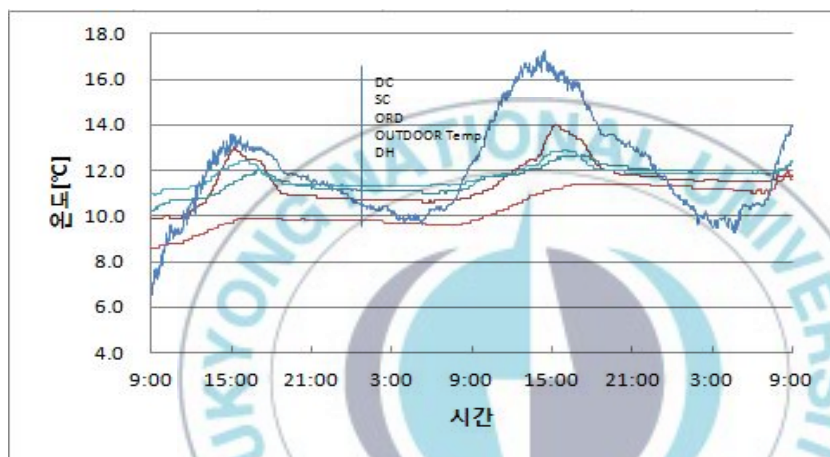


그림 10 외기온도에 따른 학교별 화장실 내부 온도 변화

그림 10은 외기온도에 따른 학교별 화장실 내부 온도 변화를 나타낸 것이다. 대상학교 모두 화장실에 난방기기가 설치되어 있지 않은 상황이다. 외기온도는 오전에 최저 약 7°C에서 오후에 최고 17°C로 온도변화폭이 약 10°C로 나타났다. 화장실내 온도는 최저 9°C에서 최고 14°C로 외기온도 변화폭의 절반 정도를 나타냈다. 특히 노후 학교인 DH 초등학교의 경

우 학생들이 수업을 받는 시간을 고려할 때 화장실 내부의 온도는 9℃에서 10℃ 정도를 나타내었다. 반면에 신설학교인 DC초등학교의 경우 노후 학교인 DH에 비해 약 1-2℃ 높게 나타났다. 외기온도가 17℃까지 상승한 경우에도 신설인 ORD 초등학교가 노후 초등학교인 DH에 비해 3℃정도 높았지만, 전반적으로 학교 화장실 내부의 온도가 낮게 형성되고 있음을 알 수 있다.

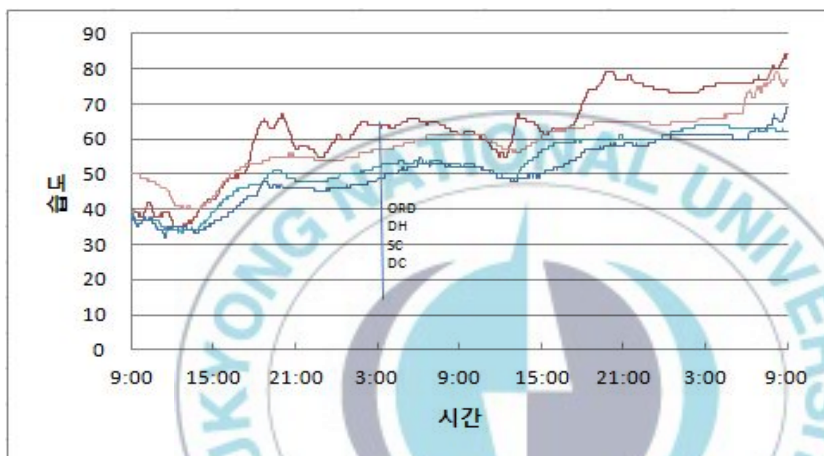


그림 11 학교별 화장실 내부 습도 변화

그림 11은 학교별 화장실 내부의 습도 변화를 나타낸 것이다. 습도 측정 기간은 2014년 3월 15일부터 3월 17일까지 총 48시간을 측정하였다. 습도는 전반적으로 40-60%를 나타내고 있지만, 특히 해안가에 위치한 ORD 초등학교의 경우 타 학교에 비해 습도가 높게 나타나고 있음을 알 수 있다.

그림 12, 13은 학교 운영시간 동안 신설 및 노후 초등학교의 온도 및 습도 변화를 나타낸 것이다. 상대습도는 노후 학교의 경우 50% 전후를 나타냈지만, 기밀화 된 신설 학교의 경우 약 80% 전후를 나타내었다. 내부 온도는 노후 초등학교의 경우 약 8-9.5℃ 정도를 나타냈고, 신설의 경우 약 12-15℃ 나타내어, 노후에 비해 온도가 높게 나타났다.

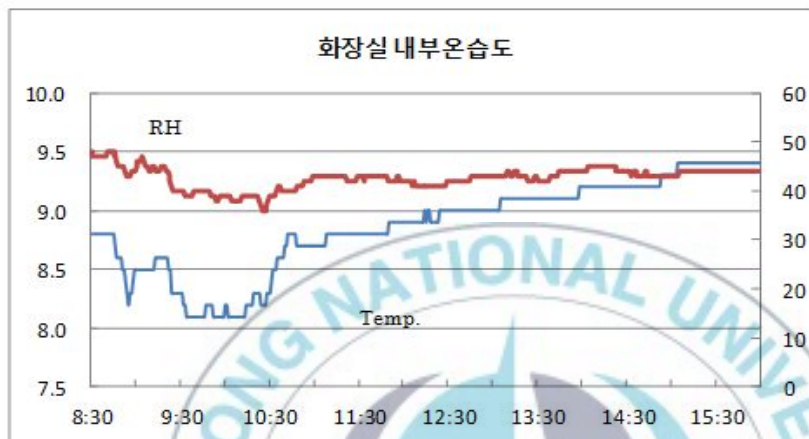


그림 12 노후 초등학교 화장실 내부 온습도(DH)

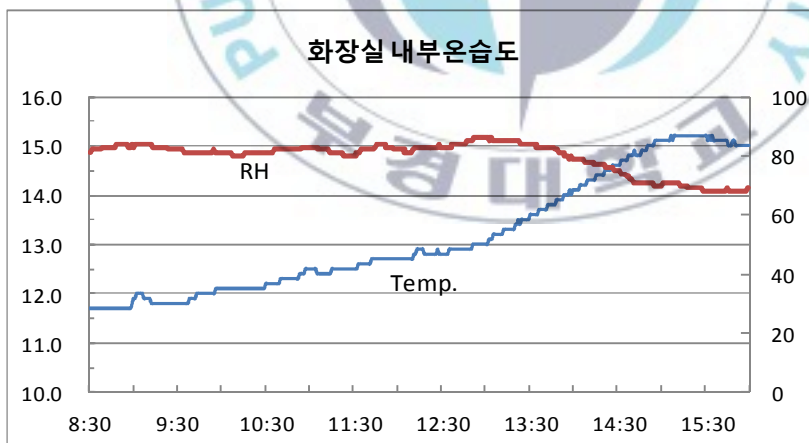


그림 13 신설 초등학교 화장실 내부 온습도(ORD)

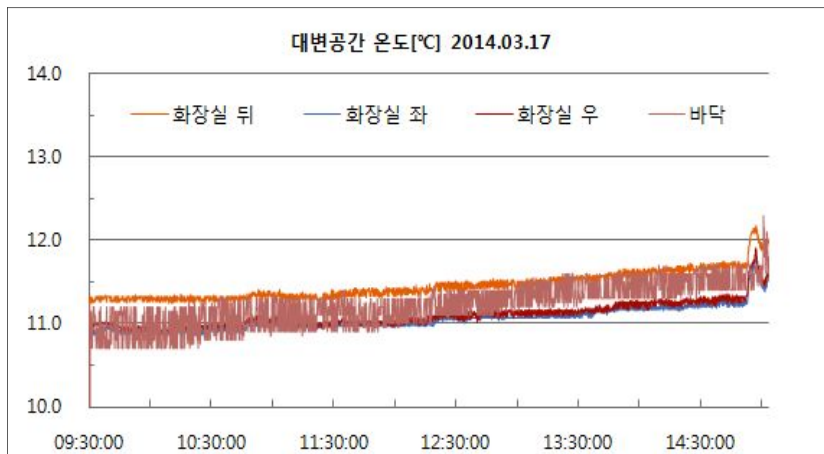


그림 14 노후 초등학교 대변 공간 내부 주변온도

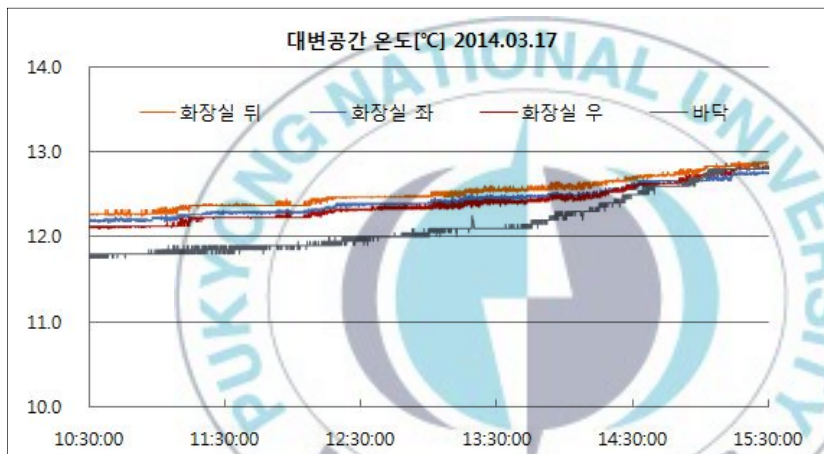


그림 15 신설 초등학교 대변 공간 내부 주변온도

그림 14, 15는 노후 및 신설 초등학교의 화장실 대변공간의 내부 온도이다. 측정부위는 대변기를 중심으로 뒷면, 좌우면, 바닥면 등을 측정하였다. 측정은 학교에서 학생들이 주로 생활하는 시간대를 고려하였다. 측정결과 노후 초등학교의 경우 약 11-12℃, 신설 초등학교의 경우 약 12-13℃로 신설 초등학교가 노후 초등학교에 비해 약 1℃ 높았고, 양측 모두 오전에 비해 오후에 온도가 높았다.

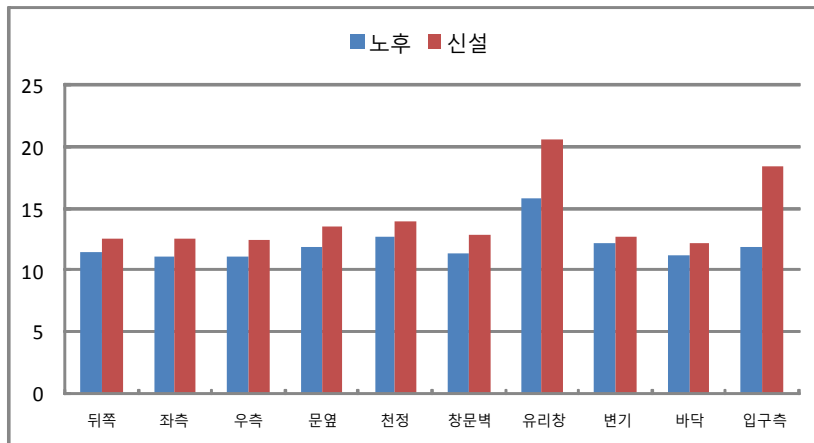


그림 16 화장실 대변기 주변 표면 온도 비교

그림 16은 화장실 대변기 주변 내부의 표면온도를 그림 14, 15와 달리 보다 세부적으로 대변공간을 구성하는 건축 부위별로 나타낸 것이다. 측정일은 3월 17일이고, 이때 외기온도는 평균 16.6℃이었다. 전반적으로 신설 학교가 노후학교에 비해 온도가 높았고, 특히 유리창 및 복도와 연결된 부분에서 신설 학교 측의 온도가 높게 나타났다. 이러한 차이는 노후에 비해 신설측이 유리창의 단열효과가 높고, 또한 화장실 배치 구조 차이로 인하여 발생한 것으로 사료된다.

2) 초등학교 교실 온열환경 실측

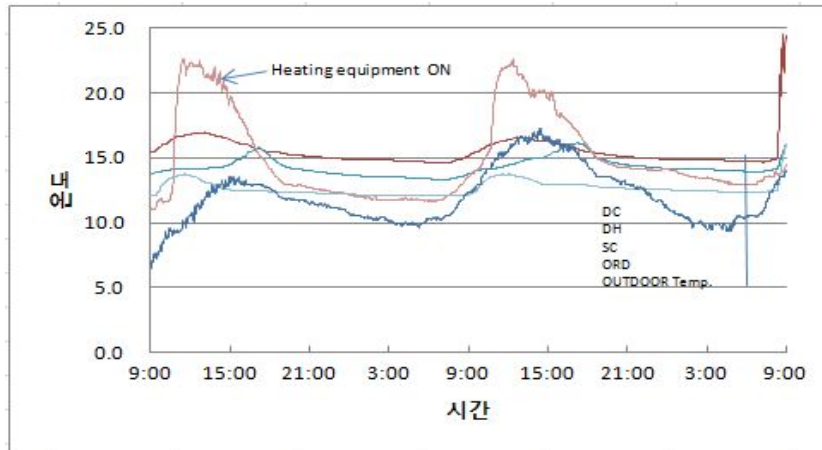


그림 17 교실 내부 온도 경시 변화

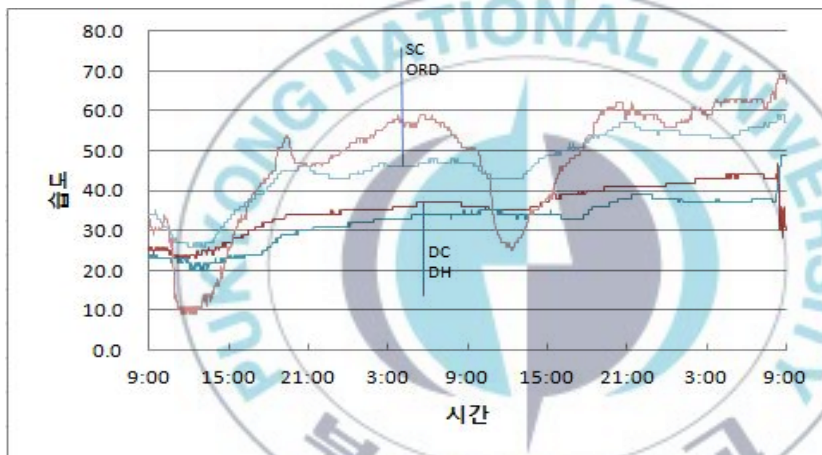


그림 18 교실 내부 습도 경시변화

그림 17, 18은 교실 내부 온도 및 습도 경시변화이다. 측정은 2014년 3월 15일 오전 9시부터 17일 오전 9시까지 총 48시간을 측정하였다. 교실 내 온도의 경우 전반적으로 유사하였지만, 해안가에 위치한 ORD학교

측이 낮게 나타났다. 또한 SC학교는 오전 시간 난방기 가동으로 인해 온도가 높게 나타났음을 알 수 있다.

교실 내 습도는 전반적으로 30-60%를 나타내었고, 화장실에 비해 온도가 높은 관계로 인하여 상대습도는 낮게 유지되었다.

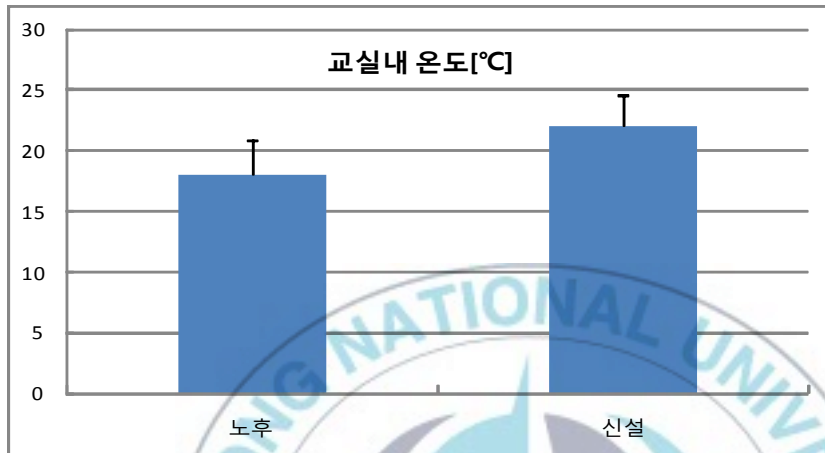


그림 19 교실 내부의 온도 비교($p < 0.00$)

그림 19는 교실 내부의 실내온도를 비교한 것이다. 측정시간은 학생들이 교실에 입실하여 1교시가 시작되는 9시부터 수업이 종료하여 하교하는 오후 4까지의 평균온도이다. 노후화된 학교의 경우 신설 학교에 비해 실내온도가 떨어져 있는 것을 알 수 있다.

3) 초등학교 화장실 및 교실 온열환경 추정

표 5는 신설 및 노후학교의 화장실 대변기 공간 내 및 교실에서 학생들의 온열감을 PMV 및 PPD지표를 활용하여 계산한 것이다[12-14]. 계산

제 4 장 실측결과 및 CFD 해석

조건은 화장실과 교실을 별도로 하였고, 화장실의 경우 평균복사온도, 실온, 습도는 실측한 벽면 온도를 이용하였고, 기류, 활동량, 착의량은 추정치를 사용하였다. 착의량은 “초등학생을 위한 적정착용의복”을 참조하여 1.14clo로 정하였다[11]. 화장실 대변기 공간은 신설 및 노후 모두 열환경이 열악함을 알 수 있다. 반면에 교실 내 온열환경은 신설인 경우 쾌적 영역에 속함을 알 수 있지만, 노후학교의 경우 열환경이 열악함을 알 수 있다.

표 6 화장실 대변공간 및 교실 내부 온열환경 비교

	노후		신설	
	화장실 (대변 공간)	교실	화장실 (대변 공간)	교실
PMV	-2.9	-1.3	-2.4	0.3
PPD	98.6	50.3	91.1	6.9
계산 기준	외기온을 고려한 초등학생 착의량 0.9 clo, 활동량 1.0 met 평균복사온도=실온 기류: 0.1 m/s 화장실 및 교실 온습도: 실측값			

특히 신설학교의 경우 교실에서 느끼는 온열감과 화장실 대변기 공간에서 느끼는 온열감 사이에 큰 차이가 존재함을 알 수 있다. 이러한 점은 대변기 사용 시 불편한 점에 대한 설문조사 결과에서 나온 서늘함의 비율이 노후보다 신설에서 크게 나온 것과 일치함을 알 수 있다.

4.3 CFD 해석

1) 해석 목적

- ① 화장실 대변 공간내 적정 방열원의 위치를 선정하여, 화장실 대변공간 내 온도 및 기류 분포를 예측한다.
- ② 방열원의 표면온도를 결정하기 위한 Case study를 수행하여 대변공간을 이용하는 대상을 고려한 최적의 표면온도를 결정한다.
- ③ 대변 공간 내 방열원 위치에 따른 대변기 주위 공간의 기류흐름을 예측하여 자연대류를 통한 환기 가능성을 확인하여, 대변공간에서 발생되는 냄새의 배기가능성을 유추한다.

표 7 시뮬레이션 Case study

Case	Heating Panel Temperature[℃]	Heating Panel Position[m]
Case 1	30℃	0.1m(다리)
Case 2		0.5m (목)
Case 3		0.7m(머리)
Case 4	40℃	0.1m(다리)
Case 5		0.5m (목)
Case 6		0.7m(머리)
Case 7	50℃	0.1m(다리)
Case 8		0.5m (목)
Case 9		0.7m(머리)

2) 해석 방법

①격자 생성 기준



그림 20 화장실 대변 공간 Mesh 적용 및 생성 단면도

화장실 대변 공간 사이즈는 $1000 \times 1100 \times 1800\text{mm}$ 이고, 방열기 사이즈는 $250 \times 200\text{mm}$ 로 전체 격자수는 약 54만개로 이루어져 있다. 벽체는 기본

적으로 직사각형 형태를 이루고 있어 Trimmer Mesh를 사용하였고, 공기는 벽체와 면한 굴곡부가 많이 있어 원활한 해석을 위하여 Polyhedral Mesh를 사용하였다(그림 20 참조).

②해석 이론

- 비압축성 유체

검토대상이 되는 유속은 일반적으로 15m/s를 넘지 않으므로 공기의 압축성 영향을 무시하고 비압축성 유체로서 간주한다.

- 정상류

환기 시 급기 및 배기되는 공기의 흐름은 시간에 따라 변화가 없는 정상류로 취급한다.

- 공기의 성질

환기하는 공기는 송·배기를 불문하고 순수 공기로 본다. 따라서, 다음 값으로 사용한다.

비중 $\gamma = 12 \text{ N/m}^3$

밀도 $\rho = 1.224 \text{ N} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4$

동점성 계수 $V = 1.52 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

- 물리해석에 사용되는 방정식

연속의 식 :

$$\frac{\partial u_j}{\partial x_j} = 0$$

운동량 수송 방정식 :

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_j u_i)}{\partial x_j} \\ = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \left\{ (\mu + \mu_t) \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) + F_i \right\} \end{aligned}$$

스칼라양 ψ 의 수송 방정식 :

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho \psi)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_j \psi)}{\partial x_j} \\ = \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ (\Gamma^\psi + \Gamma_t^\psi) \frac{\partial \psi}{\partial x_j} \right\} + S_\psi \end{aligned}$$

k 의 수송 방정식 :

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_j k)}{\partial x_j} \\ = \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ \left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right\} + G + B - \rho \epsilon \end{aligned}$$

ϵ 의 수송 방정식 :

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho \epsilon)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_j \epsilon)}{\partial x_j} \\ = \frac{\partial}{\partial x_j} \left\{ \left(\mu + \frac{\mu_\epsilon}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right\} \\ + C_1 \frac{\epsilon}{k} (G + B) - C_2 \rho \frac{\epsilon^2}{k} \end{aligned}$$

위와 같은 지배방정식을 사용하여 공기층의 물리적 해석을 진행하였다.
콘크리트 벽체는 일반적인 Solid energy temperature에 관한 내용을 해석하였고, 각 물질 사이에 해석은 공기와 벽체간의 interface를 사용하여 해석하였다.



③방열패널 온도에 따른 높이별 온도분포 해석결과

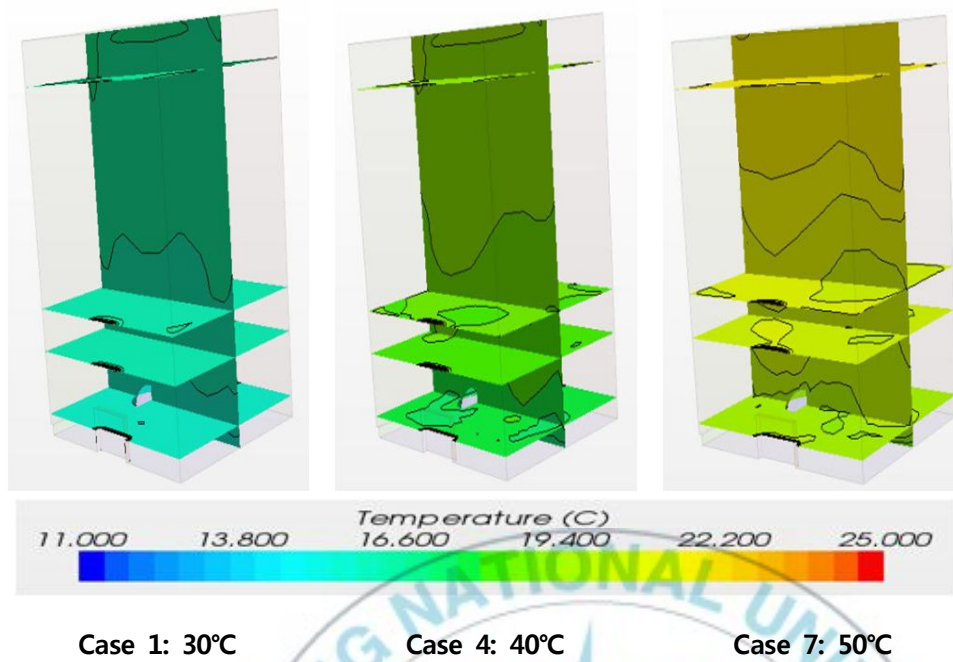


그림 21 방열패널 온도에 따른 공간 온도분포

그림 21은 화장실 대변공간에 설치할 방열 패널의 온도에 따른 대변 공간 내 높이별 온도분포를 나타낸 것이다. 온도분포 해석 결과 방열 패널 온도가 50℃인 경우 가장 양호한 온열환경을 나타냈다. 그림 22 - 그림 30은 방열패널 위치 및 온도에 따른 온도 분포를 나타낸 것이다. 온도는 화장실 높이별 평면, 단면으로 구분하여 방열 패널 위치별로 온도 분포를 나타냈다. 방열 패널 온도가 30℃와 40℃의 경우 화장실 대변공간의 온도가 낮아 온열환경이 개선되지 않는 것으로 나타났다.

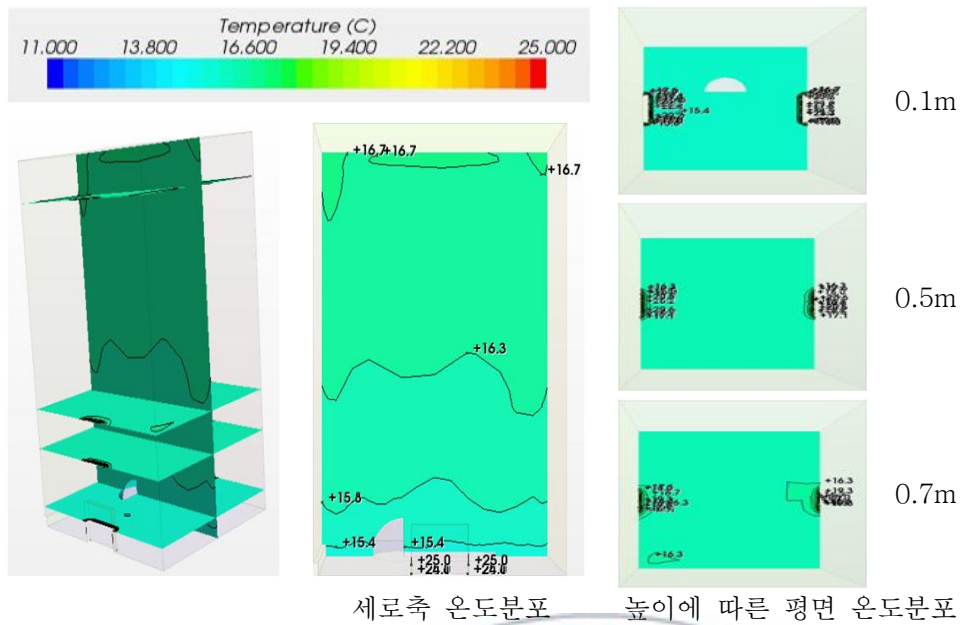


그림 22 온도분포(Case 1: 30°C, 0.1m)

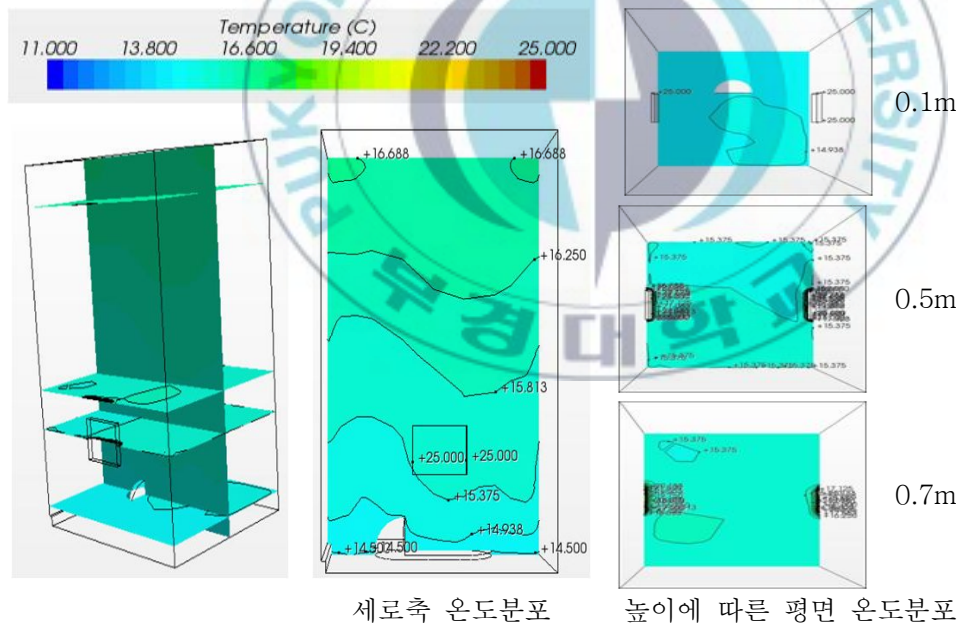


그림 23 온도분포(Case 2: 30°C, 0.5m)

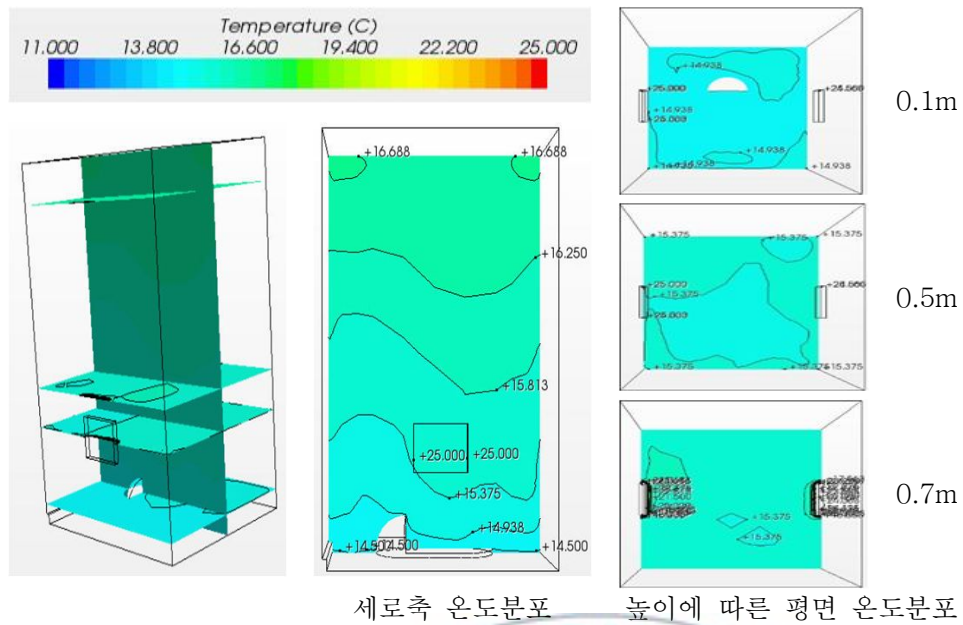


그림 24 온도분포(Case 3: 30°C, 0.7m)

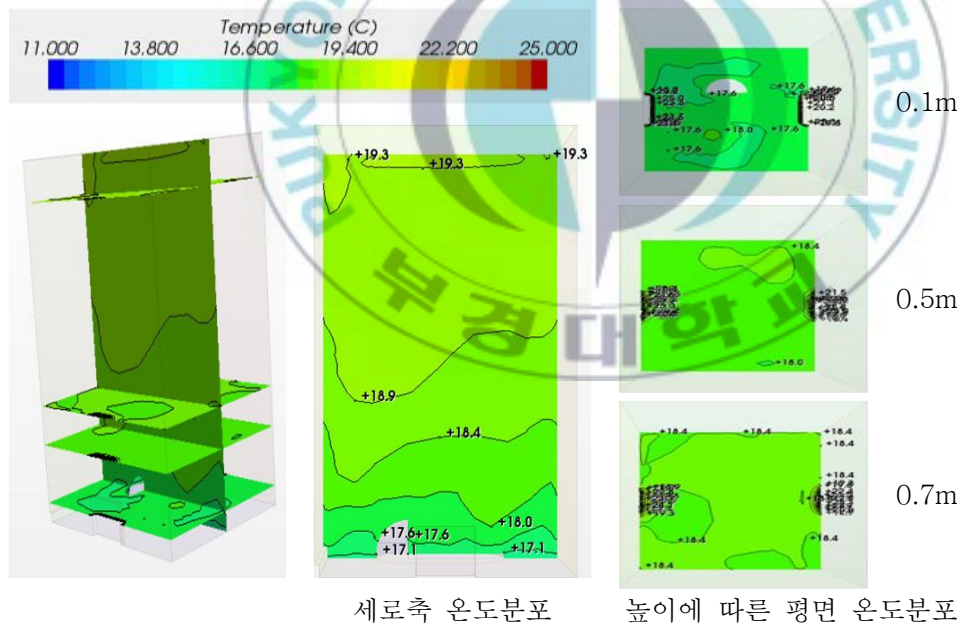


그림 25 온도분포(Case 4: 40°C, 0.1m)

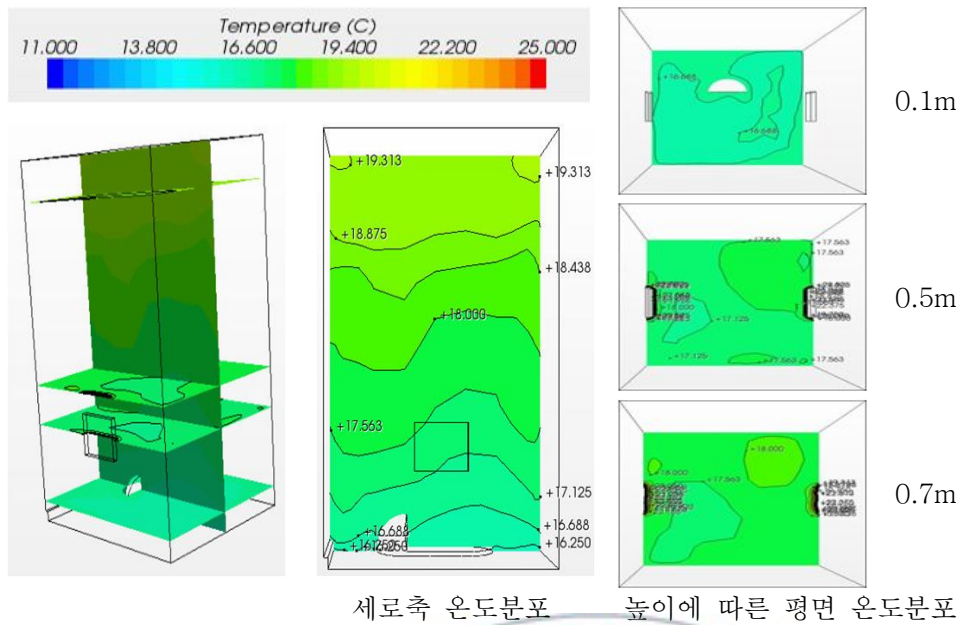


그림 26 온도분포(Case 5: 40°C, 0.5m)

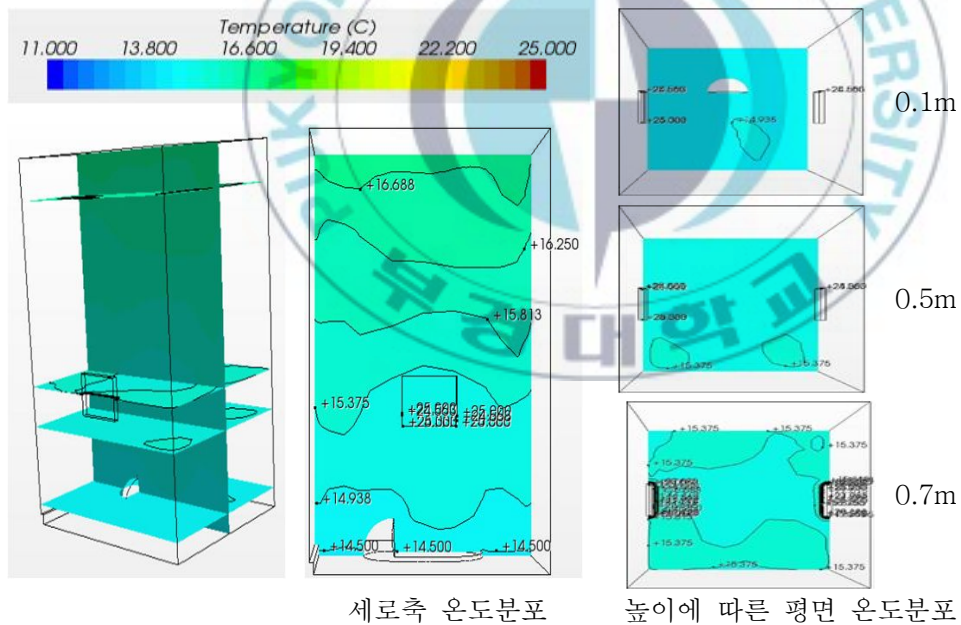


그림 27 온도분포(Case 6: 40°C, 0.7m)

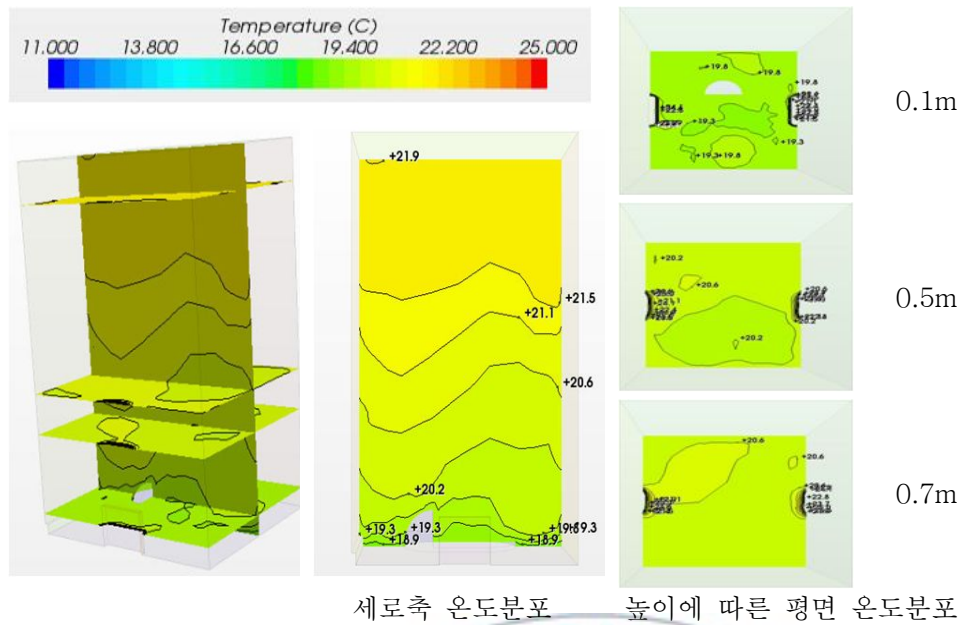


그림 28 온도분포(Case 7: 50°C, 0.1m)

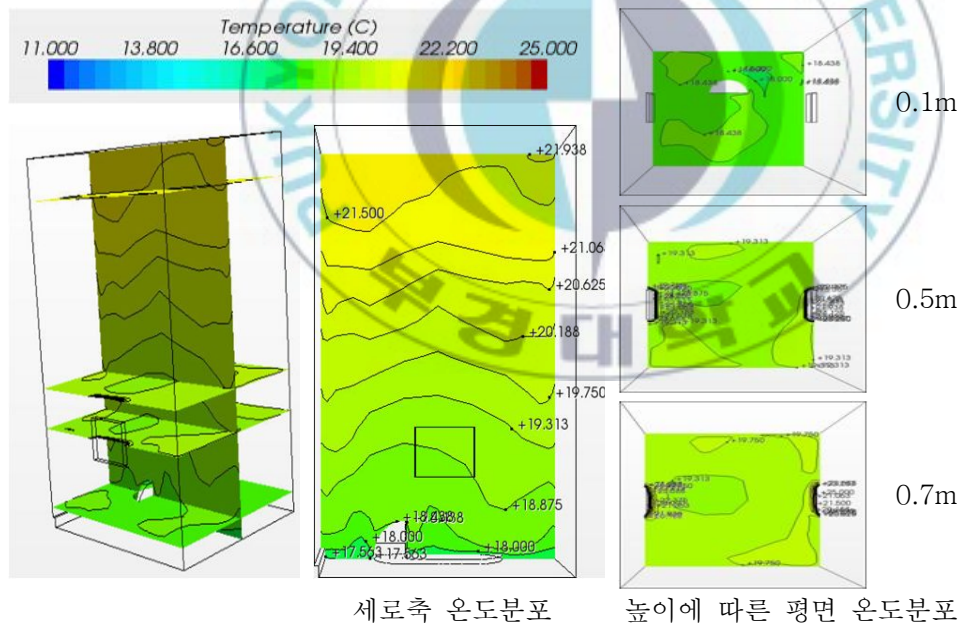


그림 29 온도분포(Case 8: 50°C, 0.5m)

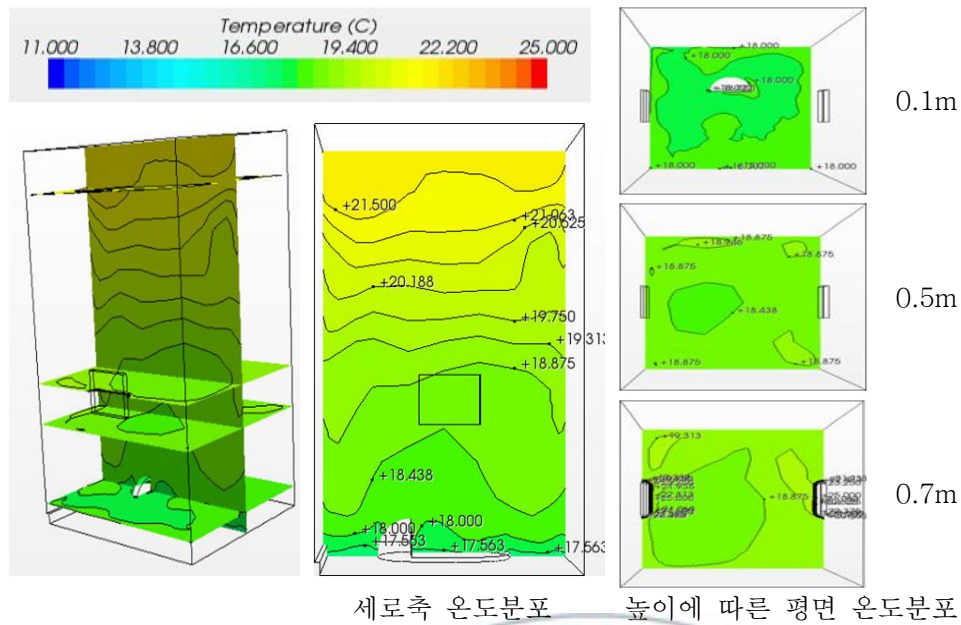


그림 30 온도분포(Case 9: 50℃, 0.7m)



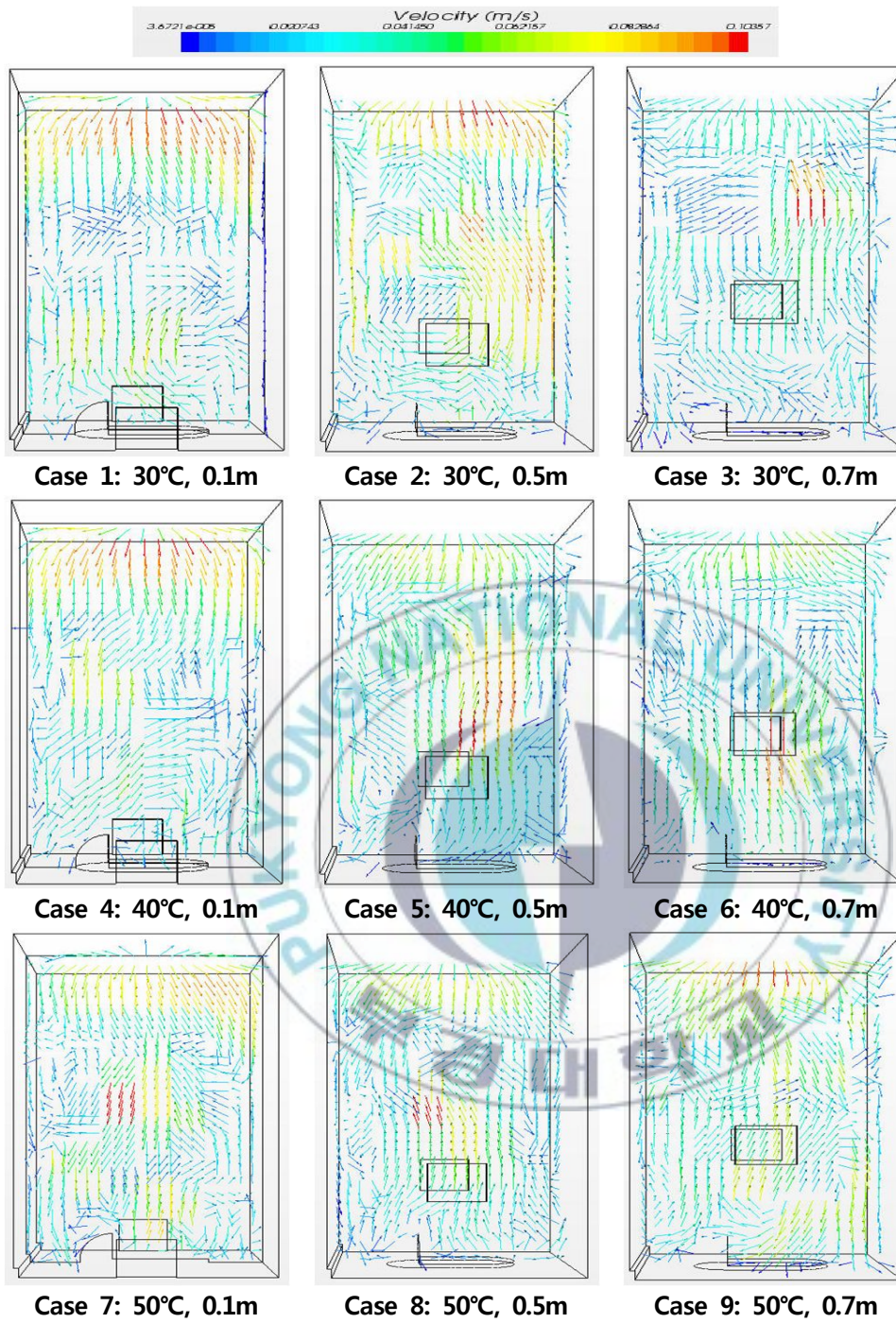


그림 31 기류분포

그림 31은 각 Case 별로 방열 패널 설치 높이와 온도에 따른 수직 기류 분포를 나타낸 것이다. 방열 패널의 온도가 높고 패널 설치 위치가 바닥 아래 인 경우 바닥에서 상부로 기류의 흐름이 촉진되고 있는 것을 알 수 있다. 따라서 방열 패널의 설치 위치가 바닥 근처인 경우 자연대류의 촉진 뿐만 아니라 바닥의 건조 등을 통하여 대변공간에서 문제가 되는 냄새 문제도 해결이 가능할 것으로 판단된다. 다만, 초등학생 들이 사용하는 화장실이라는 관점과 안전한 측면에서 방열표면온도 등에 대한 논의 등도 추가적으로 필요할 것이다.



제 5 장 결론

1)초등학생들을 대상으로 한 설문결과 화장실을 이용하는 비율은 높았지만, 소변기에 비해 대변기의 사용비율은 낮았다. 이는 여러 가지의 원인이 있지만, 화장실 환경개선이라는 측면에서 대변공간의 냄새와 서늘함에 기인하는 것으로 나타났다.

2)신설 및 노후학교의 교실, 화장실, 대변기 주위 공간을 실측한 결과 노후 학교쪽이 신설에 비해 실내온도가 낮게 나타났다. 따라서 노후화된 학교가 신설학교에 비해 열환경이 열악함을 알 수 있고, 향후 리모델링시 이러한 점을 반영할 필요가 있는 것으로 판단된다.

3)화장실 대변기 공간의 온열환경을 개선하기 위해 방열기 최적위치에 관한 시뮬레이션을 수행한 결과 화장실 바닥으로부터 0.1m 높이에 대변기 좌우로 방열기(표면온도 50℃)를 설치한 결과 대변주위공간의 열환경이 개선되는 것으로 나타났다.

이상과 같이 본 연구의 결과는 초등학교의 신설학교 화장실 설치와 기존학교의 노후 화장실 개선시 대변칸의 온열환경을 개선하는데 모델을 제시하으로써 학생들이 쾌적하고 위생적인 활용이 될 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 부산광역시 교육청, 신설학교 사용자 평가결과 보고(2009년-2013년)
2. 한국교육개발원, 2009, 초중등학교 화장실 리모델링에 관한 연구, pp. 53-61
3. 윤현영 외, 2013, 초등학교 저학년 화장실 공간디자인 개선에 관한 연구(서울강서교육지원청 관할 초등학교 사례조사를 바탕으로), 한국실내디자인학회 논문집 22(1), pp. 307-317
4. 이화룡, 2004, 초중등학교 화장실 계획에 관한 연구, 대한건축학회논문집(계획계) 20(11), pp. 103-113
5. 조도연, 2007, 학교 화장실의 현재와 내일에 대한 소고, 한국교육시설학회지 14(2), pp. 109-112
6. 류호섭, 2007, 학교 화장실의 건축적·교육적 의미, 한국교육시설학회지 14(2), pp. 105-108
7. 한종구 외, 2007, 농촌지역 초등학교 화장실의 거주 후 평가 연구, 한국농촌건축학회, 9(1), pp.9-16
8. 홍영기 외, 1997, 초등학교 화장실 유형과 계획방향에 관한 조사 연구, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, pp.53-60
9. 이용규 외, 1999, 철골조 초등학교 거주성 평가에 관한 연구, 대한 건축학회 학술발표대회논문집, pp. 199-204

10. 김상수 외, 2001, 표준설계 초등학교의 거주 후 평가에 의한 개선레벨 도출-서울시 홍제초등학교의 사례, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, pp. 127-130
11. 김성희 외, 2003, 초등학생을 위한 적정 착용 의복, 한국의류학회 학술대회 논문집, pp.50
12. 이정재 외, 2004, 건축환경공학, 시그마프레스
13. 김재수, 2005, 건축환경공학, 도서출판 서우
14. 社團法人 空氣調和衛生工學會, 1997, 快適な溫熱環境のメカニズム
15. 급배수·위생설비의 실무 지식, 1992, 도서출판 한미



감사의 글

바쁜 직장 생활속에서도 평소에 학업에 대한 열망은 많았지만 감히 용기가 나지 않아 망설이다가 뒤늦게 공부를 할 수 있게 조언을 해주시고 본 연구 과정 내내 아낌없는 지도를 해 주신 김종수 교수님께 진심으로 감사의 말씀을 드립니다.

논문 주제부터 실험과 데이터 분석과 결론을 마무리하고 프리젠테이션까지 지도와 조언을 아끼지 않으신 김동규 교수님께도 머리 숙여 감사를 드립니다.

과정 중에 새로운 지식과 좋은 정보들을 제공해주시고 열정적인 수업으로 한 단계 도약이 되도록 많은 지도를 해 주신 윤정인 학과장님을 비롯한 김종수 교수님, 최광환 교수님, 정석권 교수님, 김은필 교수님, 손창효 교수님 등 학교 모든 교수님들께 감사드립니다.

실험 대상학교에서 몸을 아끼지 않고 추위를 이겨내면서 실험장비 설치를 꼼꼼히 함께 해주시고 데이터 분석과 시뮬레이션 까지 협조해 주신 연구생 김민수님께도 고맙다는 인사를 드립니다.

또한 학교 화장실을 실험대상으로 기꺼히 제공해 주시고 학생들의 설문조사를 성의 있게 해주신 DH초, SC초, DC초, ORD초등학교의 교장선생님과 행정실장님, 시설관리자님, 담당 선생님들께도 다시 한번 지면을 빌

어 감사의 인사를 올립니다.

직장에서의 각종 자료들을 아낌없이 제공해주시고 협조해 주신 동료여
러분들께도 감사를 드립니다.

이번 기회에서 느낀 바는 모든 생활과 삶 자체는 많은 사람들과 어울려
서 서로 도와가면서 살아가는 것을 새삼 느끼면서 더불어 살아가는 방법
을 터득하였습니다. 앞으로 살아가면서 도움 받은 분들께 그 은혜를 차츰
갚아가면서 또 내가 도울 일은 없는지 찾아 가면서 살아가리라 마음을 먹
고 다시 한번 모든 분들께 감사를 드립니다.

