

소규모 주거시설에 적용 가능한 환기 시스템

Ventilation System Applicable to Small Residential Facilities

191787 이연수, 175331 이수용, 191723 김태훈

연구 배경

질병 유발

Household air pollution and health

22 September 2021

Key facts

- Around 2.8 billion people cook using polluting open fires or simple stoves fuelled by kerosene, biomass (wood, animal dung and crop waste) and coal.
- Each year, close to 4 million people die prematurely from illness attributable to household air pollution from inefficient cooking practices using polluting stoves paired with solid fuels and kerosene.
- Household air pollution causes noncommunicable diseases including stroke, ischaemic heart disease, chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and lung cancer.
- Close to half of deaths due to pneumonia among children under 5 years of age are caused by particulate matter (soot) inhaled from household air pollution.

매년 약 400만 명이 실내공기질 오염으로 인한 질병으로 조기사망한다. 오염된 실내 공기는 뇌졸중, 허혈성 심장병, 만성 폐쇄성 폐질환(COPD) 및 폐암을 포함한 비전염성 질병을 유발한다.
- WHO 세계보건기구 -

주거시설 공기 오염

| 항목 | 육류 튀기기 | 육류 삶기 | 육류 굽기 | 생선 굽기 |
|------------|---------|-------|-------|---------|
| 초미세먼지 | 269.0 | 119.0 | 878.0 | 3,480.0 |
| 총휘발성 유기화합물 | 1,464.4 | 656.6 | 973.3 | 1,520.9 |

일반주택 평균 초미세먼지: 48.9
총휘발성 유기화합물: 635.6

조리방법에 따른 오염물질 발생농도 출처: 국립환경과학원

주거시설 내 오염물질 최대 발생 장소는 주방이다. 실내 오염물질인 **미세먼지와 휘발성 유기 화합물**은 주로 **조리 시 발생**하며 육류의 경우 $878 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 생선 굽기의 경우 $3,480 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타난다.

정책 검토

“소규모 주거시설” 표적 정책의 부재

30가구 이상 아파트 환기설비 설치 의무화... 민간노인요양시설도 적용

100가구 이상 공동주택 대상(법) - 30가구 이상 확대
노인요양원·어린이집·시설·노인복지관 등 설치 의무화

보통 사람들은 주거시설에 환기설비가 아주 잘 갖춰져 있다고 생각한다. 하지만 실상은 그러하지 못하다. 현재 **환기설비 설치 의무화**로 선정된 곳은 30가구 이상 공동주택, 민간노인요양시설, 어린이 놀이시설, 영하관 뿐 **소형 주거시설**에 대한 규정은 어디에도 찾아볼 수가 없다.

연구 요약

1. 주거시설 실내 공기질 오염으로 인한 피해 분석
2. 주거시설 내 주방으로 연구대상 구체화
3. 소형 주거시설의 주방 형태 분석으로 실험 설계 (일체형 주방) → 창을 통한 환기 효과 강화가 필요하다
- 기존 창에 적용 가능한 환기 시스템 도입 및 자동화 필요하다

| 공기청정기 | 건물 자체 기계설비 | 환기 |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 필터 내 유독물질 방출 필터 청소/교체 필요 밀폐된 공간에서 사용 시 이산화탄소 농도 증가 | <ul style="list-style-type: none"> 소규모 주거시설 관련 설치에 대한 법적 규제 X 기존 건축물에 설치 곤란 | <ul style="list-style-type: none"> 공기청정기, 건물 자체 기계설비 사용 곤란으로 환기 필수 실내 공기오염 정도 인간이 쉽게 인지할 수 없음 |

연구 환경

“소규모 주거시설에 사용 가능한 환기 시스템 고안”



건축 음향학에서는 호에 대한 정량적인 인상으로 평가, 예측하기에 한계가 있어 **축소모형 실험**을 진행한다. 실제 모형보다 스케일을 작게 만드는 것으로서 잔향감, 명료도, 음의 크기, 강감각 등의 주관적 인상까지 판단할 수 있다.

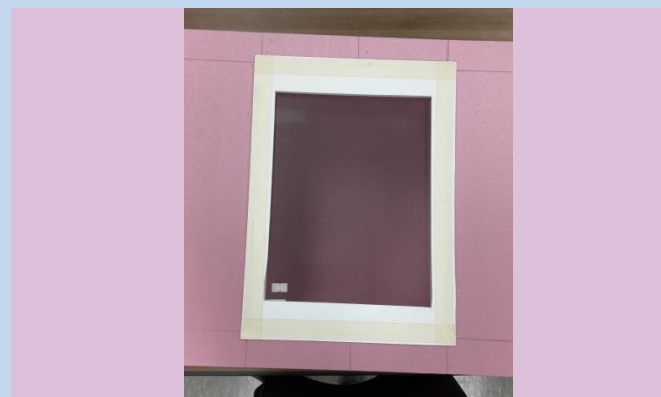
판단하려는 미세먼지의 농도 또한 마찬가지로 실제 건물 실내에서 공기질을 평가, 분석하기에 한계가 있다고 판단하여 축소모형 실험을 진행하였다.

| 실제 공간 | 모형 사이즈 |
|------------------------|----------------------|
| 환기 팬: 210mm X 210mm | 환기 팬: 30mm X 30mm |
| 원룸 면적: 3000mm X 5000mm | 모형 면적: 428mm X 714mm |
| 창 면적: 1400mm X 1200mm | 창 면적: 200mm X 171mm |

X 1/7

모형 상세

1



장비를 분출할 수 있고 센서의 값을 확인할 수 있는 개구부



2



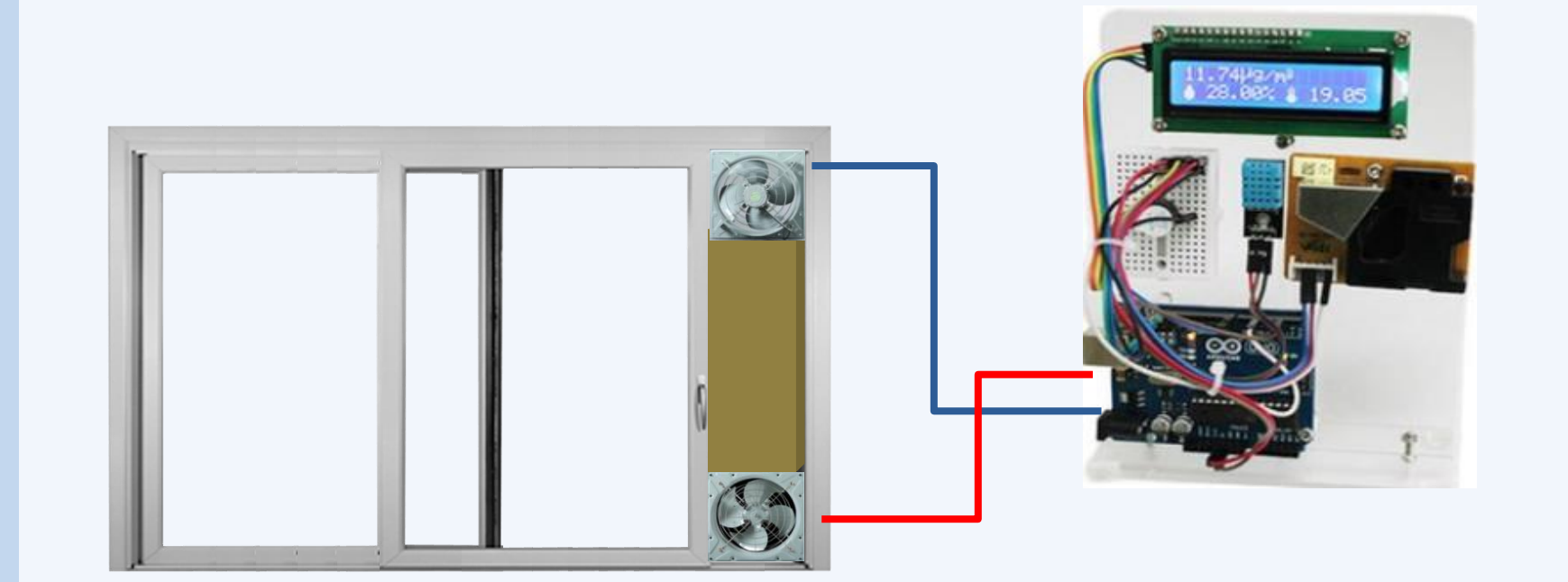
실험 진행 상 미세먼지 감지 센서, 미세먼지 발생 장비(향초), 팬 모터, 아두이노 장비를 배치할 공간

3



소형 주거시설의 효과적인 환기 방법을 도출하기 위한 가변적인 환기팬 모형

연구 계획

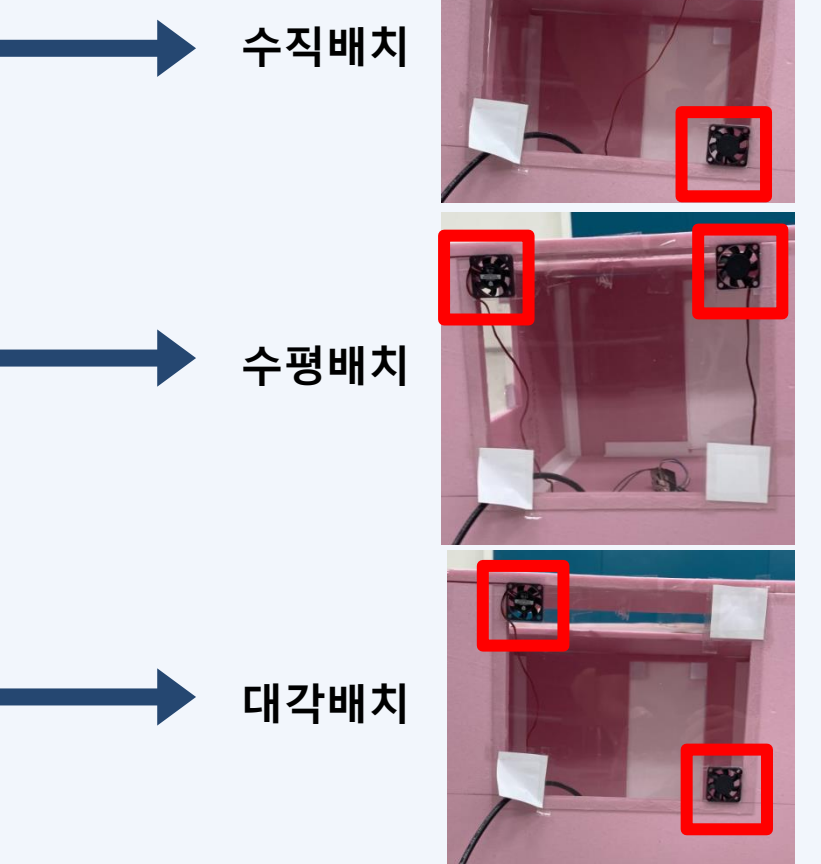


1. 소규모 주거시설에 사용 가능한 환기 시스템 고안

1. 소규모 주거시설에 사용 가능한 환기 시스템 고안
2. CASE STUDY 통해 효율적인 환기 시스템 제시
3. 자동화 프로세스 제작
4. 모델링 고안

실험 방법

CASE STUDY (1) 레이아웃 설정 (한 개인 경우)



(2) 레이아웃 설정 (창 두 개인 경우)



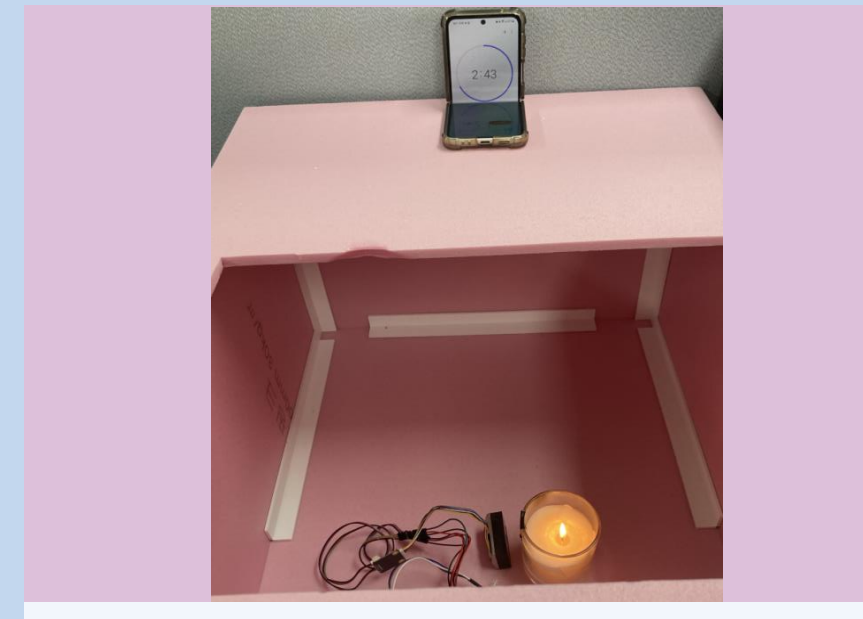
창 하나 마다 팬 모터를 하나씩 배치하는 것으로 레이아웃 형태는 창 한 개인 경우와 동일하게 수평으로 상부에 급기와 배기팬을 설치하는 것과 대각선으로 상, 하로 설치하는 것이다.

(3) 배기, 맞풍의 경우

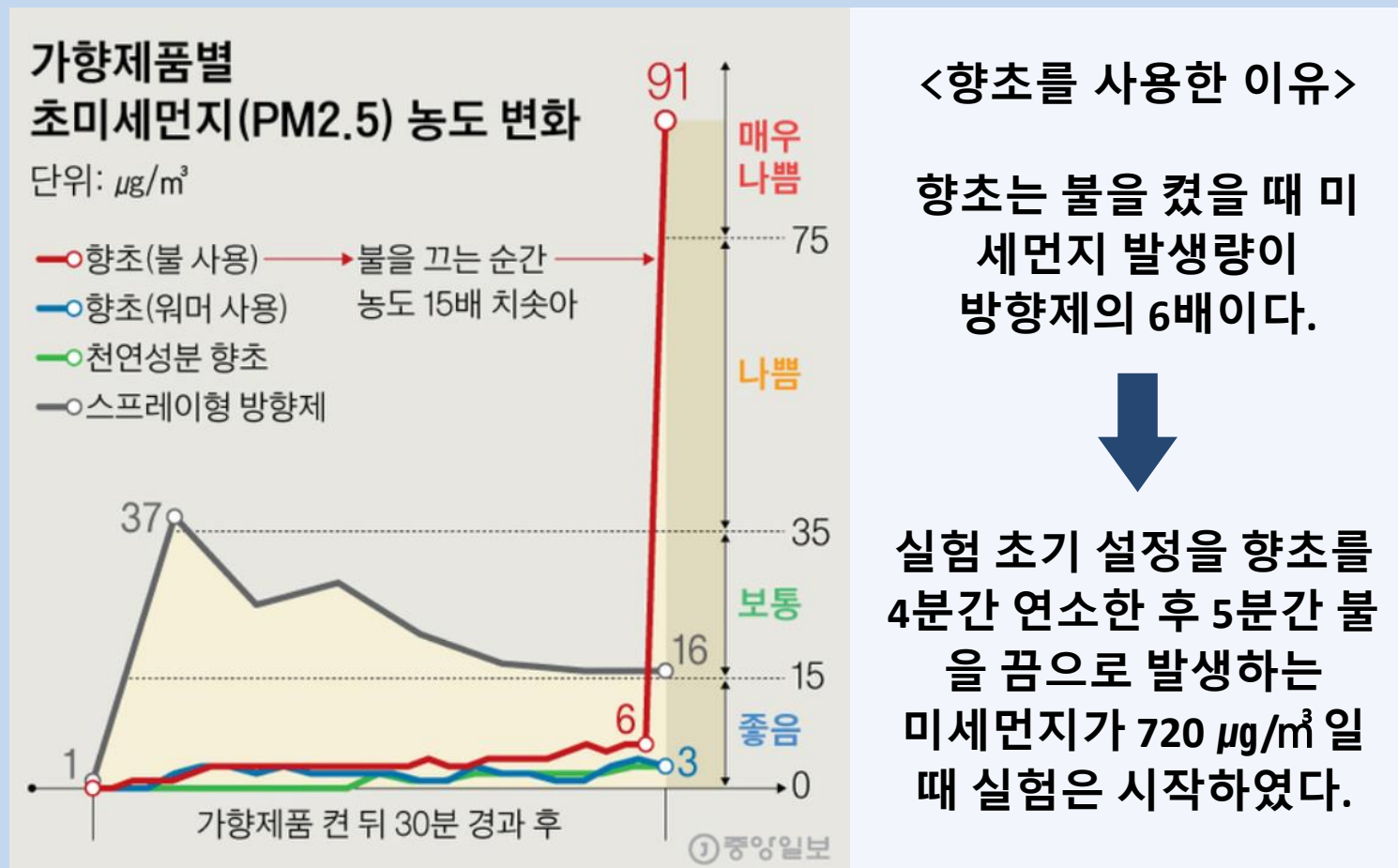


급기팬과 배기팬을 모두 사용하는 것이 아닌 배기팬만 설치했을 경우와, 급기와 배기팬을 일직선 상에 배치하는 것이다.

실험 과정

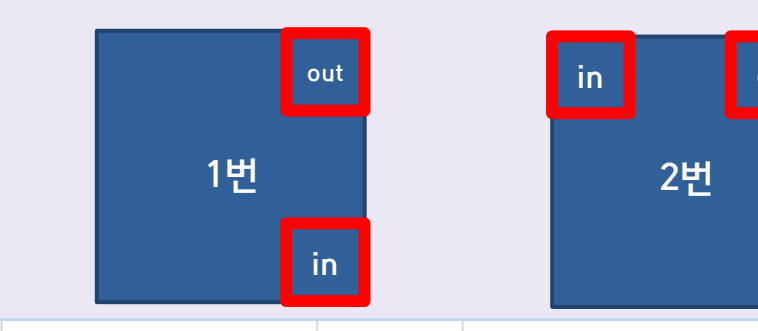


모형 내에서 향초 4분간 연소 불 끄고 두경 덮어 5분간 지속(연기 발생) 미세먼지 $720 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도에서 실험 시작



연구 결과 및 분석

(1) 레이아웃 설정 (창 한 개인 경우)



| 1번 레이아웃(상·하 배기) | 2번 레이아웃(상·하 배기) | 3번 레이아웃(상·하 배기) |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1차 09:52 | 1차 09:57 | 1차 08:26 |
| 2차 08:54 | 2차 10:10 | 2차 08:43 |
| 3차 09:33 | 3차 10:43 | 3차 08:55 |
| 4차 09:35 | 4차 10:19 | 4차 08:30 |
| 5차 08:50 | 5차 09:31 | 5차 08:20 |
| 6차 09:24 | 6차 10:43 | 6차 09:18 |
| 7차 09:48 | 7차 10:38 | 7차 08:54 |
| 8차 09:36 | 8차 11:09 | 8차 09:11 |
| 9차 10:08 | 9차 10:42 | 9차 09:37 |
| 10차 09:54 | 10차 10:58 | 10차 08:45 |
| 평균 09:33 | 평균 10:29 | 평균 08:52 |

수직으로 설치한 경우는 상부 팬이 공기를 내부에서 외부로 배출하는 방향으로, 하부 팬이 외부에서 내부로 유입시키는 방향으로 설치하였고, 실내 미세먼지 농도가 설정 기준까지 떨어지는데 평균적으로 9분 33초가 걸렸다. 수평으로 설치한 경우 10회 실험 후 평균값이 10분 8초로 측정되었다. 대각선으로 설치한 경우 역시 상부 팬이 배출, 하부 팬이 유입하는 형태였고, 8분 35초로 가장 빠른 시간 내에 실내 미세먼지가 외부로 빠져나갔음을 알 수 있었다.

(2) 레이아웃 설정 (창 두 개인 경우)



| 1번 레이아웃(상·하 배기) | 2번 레이아웃(상·하 배기) | 3번 레이아웃(상·하 배기) |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1차 10:38 | 1차 08:53 | |
| 2차 12:12 | 2차 07:55 | |
| 3차 11:12 | 3차 08:23 | |
| 4차 11:35 | 4차 08:14 | |
| 5차 11:50 | 5차 07:44 | |
| 6차 11:05 | 6차 08:19 | |
| 7차 12:18 | 7차 08:52 | |
| 8차 12:13 | 8차 08:36 | |
| 9차 11:48 | 9차 07:46 | |
| 10차 11:36 | 10차 07:58 | |
| 평균 11:45 | 평균 08:15 | |

원룸 골 방의 경우 창이 두 개가 될 수 있기 때문에 창이 두 개인 경우 가능한 레이아웃을 고려해 보았다. 창이 두 개인 경우 레이아웃도 동일하게 창 하나에 레이아웃과 동일하게 창 하나에 내부에서 외부로 배출하는 상부 팬을 설치하고 다른 창에 외부에서 내부로 공기를 유입시키는 대각선 형태의 레이아웃이 실험 10회 실시한 결과 8분 19초로 효과적이라는 것을 확인하였다.

(3) 배기, 맞풍의 경우

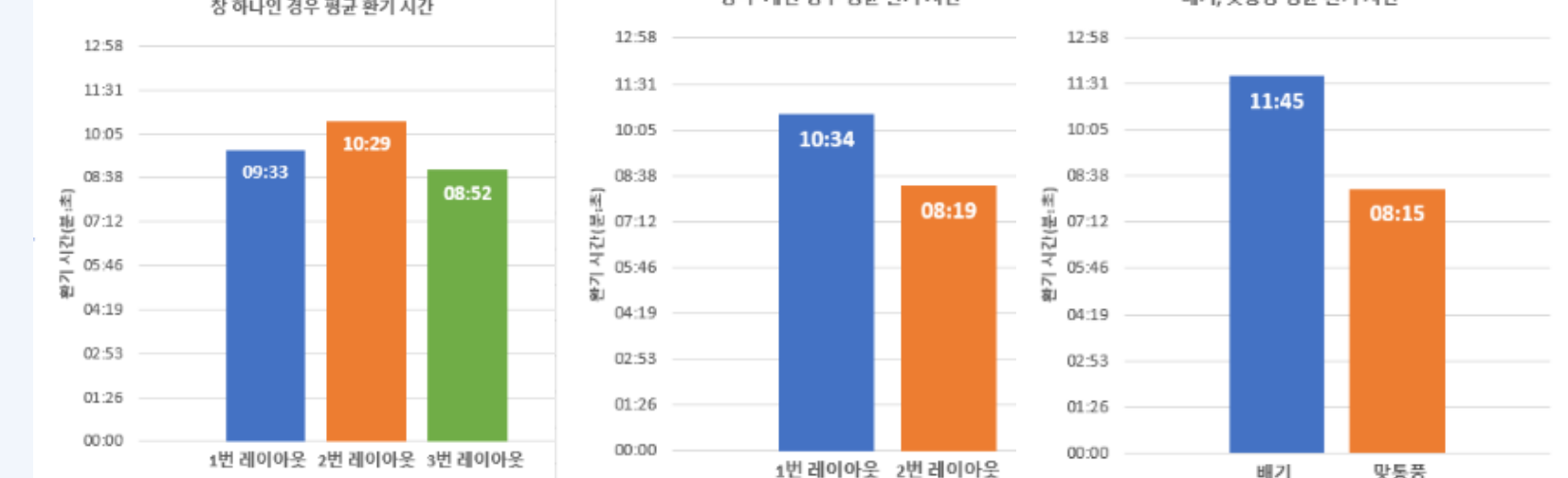


| 배기만 진행 | 맞풍 진행 |
|-----------|-----------|
| 1차 11:37 | 1차 08:40 |
| 2차 12:12 | 2차 07:55 |
| 3차 11:12 | 3차 08:23 |
| 4차 11:35 | 4차 08:14 |
| 5차 11:50 | 5차 07:44 |
| 6차 11:05 | 6차 08:19 |
| 7차 12:18 | 7차 08:52 |
| 8차 12:13 | 8차 08:36 |
| 9차 11:48 | 9차 07:46 |
| 10차 11:36 | 10차 07:58 |
| 평균 11:45 | 평균 08:15 |

현관문 쪽에 팬을 설치해 맞풍을 발생시키는 레이아웃과 배기만 설치했을 경우도 고려해 보았다. 배기만 있을 경우 10회 실시했을 때 평균은 11분 45초, 맞풍의 경우 10회 실시했을 때 평균 8분 15초의 데이터를 얻었다.

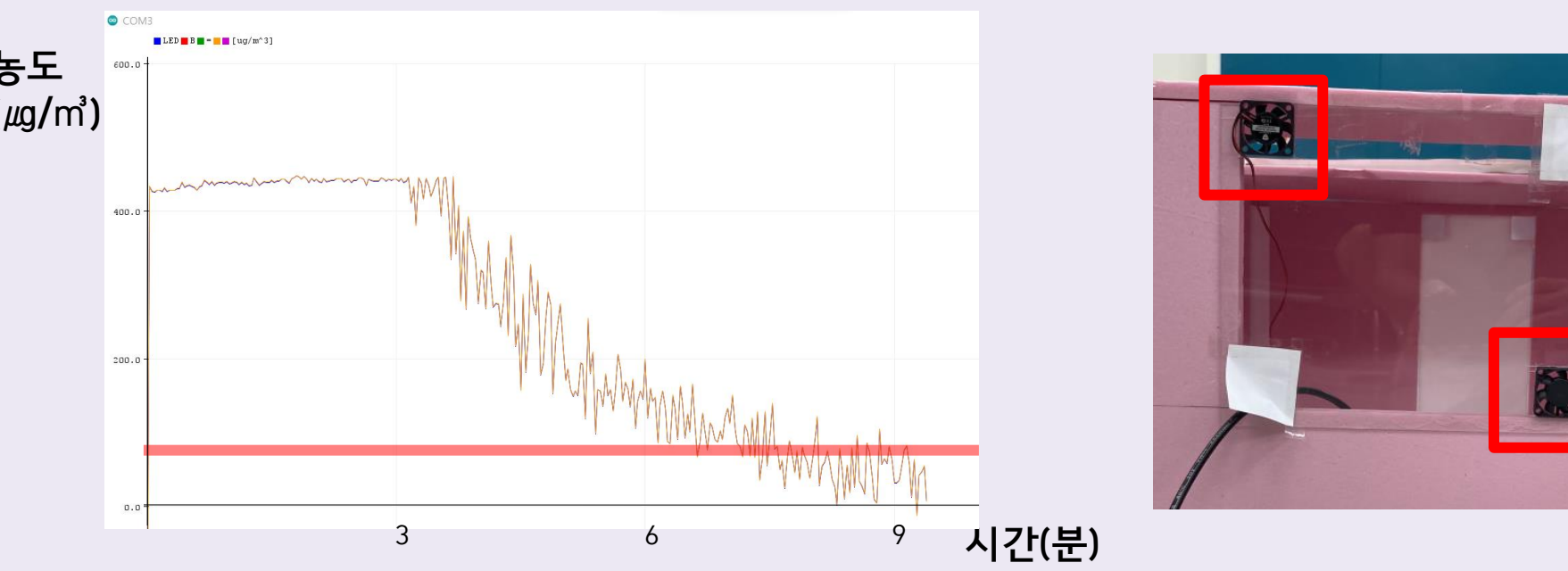
이 실험을 통해 실내 공기 질 개선을 위한 환기는 공기 유통의 흐름을 만드는 것이 환기 효과를 높인다는 것을 알 수 있었다.

효율적인 환기 시스템



우리는 이러한 데이터를 근거로 어떠한 형태의 레이아웃이 우리 조가 설정한 소규모 주거시설 공기 질 개선에 효과적인지 설정할 수 있었다. 우선적으로 고려한 사항은 소규모 주거시설의 보편적인 특성이 다. 우리 주변에서 쉽게 관찰할 수 있고 현재 보편적인 원룸, 오피스텔과 같은 소규모 주거시설은 주로 창 하나인 경우와 두 개인 경우가 대부분이다. 따라서 창의 어느 곳이나 설치 가능하며 기존 환기 방식(평균 30분 이상 환기)에 비해 확실한 효과가 나타난 대각선 형태의 레이아웃을 이용한 방식이 우리 조의 목적에 부합 하다는 결론을 내렸다. 즉 실험을 통해 알 수 있었던 궁극적인 것은 소규모 주거시설의 특성 상 창 하나에 흡기를 배기팬을 설치한 레이아웃 공기 질 개선에 좋다는 것이다.

자동화 시스템



마지막으로 실내 공간 공기 질 오염의 주된 오염물질인 미세먼지와, 휘발성 유기 화합물의 특성 상 사람의 인지가 어려웠는데 우리는 위에서 실험 진행 하였던 데이터를 기반으로 자동화 시스템을 구축할 수 있었다. 실내 공기 질 개선을 위해 환기를 진행하여 미세먼지 농도를 낮추는데 이때 미세먼지 농도는 일정한 기울기를 가진 그래프 형태로 낮아지는 것이 아닌 파동의 형태로 점차적으로 감소한다는 것을 알 수 있었는데 우리는 대한환경기준에 기초한 $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상은 매우 나쁨, $36 \sim 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 는 나쁨, $0 \sim 35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 구간은 좋음이라 설정하여 아두이노 센서가 좋음이라는 표시를 시작한 순간부터 30초 지속될 경우 실내 공기 질이 개선되었다고 판단하여 팬이 정지하도록 하는 코딩을 제작하였고 실제로 실험 결과 올바르게 작동이 되는지 확인하였다.

연구 결론

연구 요약 및 결론

1. 사람이 직접 하는 환기는 실내 공기 질을 인지하고 환기를 함.
- 2-1. 미세먼지와 총 휘발성 유기화합물은 사람이 인지하기가 어려움.
- 2-2. 소규모 주거시설의 경우 주방이 일체로 된 경우 댕고 기계화 설비 의무 대상이 아님.
3. 미세먼지와 총 휘발성 유기화합물은 공기청정기로 해결하는데 어려움.
4. 따라서 창을 통한 환기 시스템 및 자동화 시스템이 필요하다.

소규모 주거시설의 특성 상 창 하나에 흡기와 배기팬을 설치하여 공기 유통의 흐름을 만들 수 있는 레이아웃 형태가 공기 질 개선에 좋다.

연구 요약 및 결론

기존 창의 형태 변화 없이 모듈화하여 어느 창에나 적용이 가능하며 창 개폐에 전혀 문제가 없도록 맞춤형으로 설치하였다. 내 외부의 열교환 현상을 방지하기 위해 팬이 작동하는 단열판이 개방되는 시스템도 추가하였다. 또한 기존 주거시설의 권장 환기 시간이 30분 이상인 것에 비해 이러한 공기 유통의 흐름을 만들어 주는 것은 평균 환기 시간 8~10분대로 소규모 주거시설에 최적화된 레이아웃으로 공기 질 개선과 환기시간을 최소화 할 수 있다.