

완전폐쇄형 흡연부스 최적화 및 모니터링 도입을 통한 All-in-One 시스템 구축

All-in-One System through the Optimization of Fully Enclosed Smoking Booths and the Introduction of Monitoring

담배 냄새 싫조 _ 김서현, 김예진, 김지우, 정채인

서울시립대학교 환경공학부



서론

- 2015년 국민건강증진법 개정으로 실내 흡연이 제한되고, 실외 금연구역이 확대됨에 따라 다양한 공공장소에 흡연부스가 설치되었음.
- 현재 서울시의 흡연시설 중 개방형 흡연부스의 비중이 높아(65%) 대기 오염과 간접흡연 피해가 발생하고 있음.
- 일부 설치된 폐쇄형 흡연부스 또한 높은 설치 비용과 사후 관리의 부족으로 인해 흡연자의 이용률이 낮은 실정임.

본 설계는 이러한 문제를 해결하기 위해 완전폐쇄형 흡연부스의 최적화 및 모니터링 기술을 도입한 All-in-One 시스템을 구축하는 것을 목표로 함.

개요



"담배 연기 간접 흡연 피해 최소화 & 오염물질 관리"

설계 내용

환기량 및 오염물질 발생량 산정

(1) 환기량

<해외 실내 흡연부스 환기기준>
일본: 50 ACH(시간당 50회 공기교환)를 권장
미국: 60~100 ACH의 환기횟수를 권장

$Q = ACH \times V$

Q: 환기량(m³/h)
ACH: 시간당 공기 교환 횟수
V: 공간의 부피(m³)

$70 \times (4 \times 25 \times 2.7) \text{m}^3 = 1890 \text{m}^3/\text{h}$

(2) 오염물질 발생량

가정1 → 1일 평균 흡연부스 이용인원 → 1400 명/일

가정2 → 1인 1일 흡연부스 흡연량 → 3.35 개비/일

4,694 개비/일

물질	식	발생량 (μg/m ³ /일)
PM10	32μg/m ³ /개비 × 4964개비/day	152,555
TVOC	88.53μg/m ³ /개비 × 4964개비/day	415,559.82

568,114.84 μg/m³/일

필터 세척주기 산정

집진부 필터

→ Pre CCF(Ceramic Catalyst Filter) → Carbon

CCF 필터 최대 부하량 21.6g/L (250Pa)

1atm 변환 → $\frac{0.0533g}{L} = 53,300 \text{mg}/\text{m}^3$

일일 발생량 필터 3개 → 281.46 day

흡연부스 설비규격 산정

(1) 상단 집진부

$Q = A \times v \times 3600$

Q: 집진기 1개당 환기량(m³/hr),
A: 집진기 면적(m²), v: 공기 흐름 속도(m/s)

$Q = \frac{1890}{3} = 630 \text{m}^3/\text{h}$

$v = 0.2 \text{m}/\text{s}$

$A = 0.875 \text{m}^2$
 $D = 0.935 \text{m}$

(2) 댐퍼 및 배관

$Q = Q_{max} \times \sin\theta$

sinθ: 댐퍼 개폐 각도(°)
Q_{max}: 댐퍼가 90° 열렸을 때 최대 공기 흐름량 (m³/hr)

30% 배출
θ = 17.5°

$A_{pipe} = \frac{Q}{v} = \frac{\pi}{4} D^2$

v: 공기 흐름 속도(m/s), D: 배관의 직경(m),
Q: 공기 흐름량(m³/s), A_{pipe}: 배관의 필요 면적(m²)

v = 7m/s
A = 0.0525 m², D = 0.26m

(3) 하단 공기 유입 노즐

$Q = A \times v$

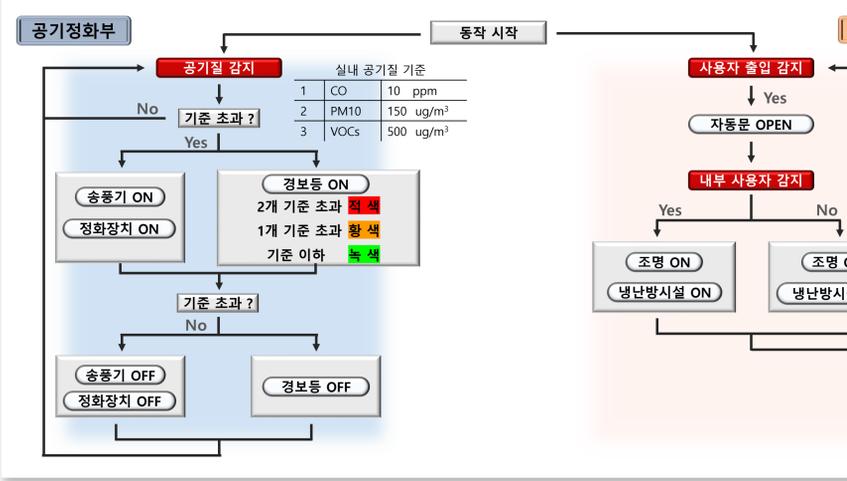
Q: 공기 흐름량(m³/hr),
A: 총 노즐 면적(m²), v: 공기 흐름 속도(m/s)

$Q = 1,323 \text{m}^3/\text{h}$

$v = 0.2 \text{m}/\text{s}$

D = 5cm → A = 1.84 m²
총 937개(78x12)의 노즐 필요

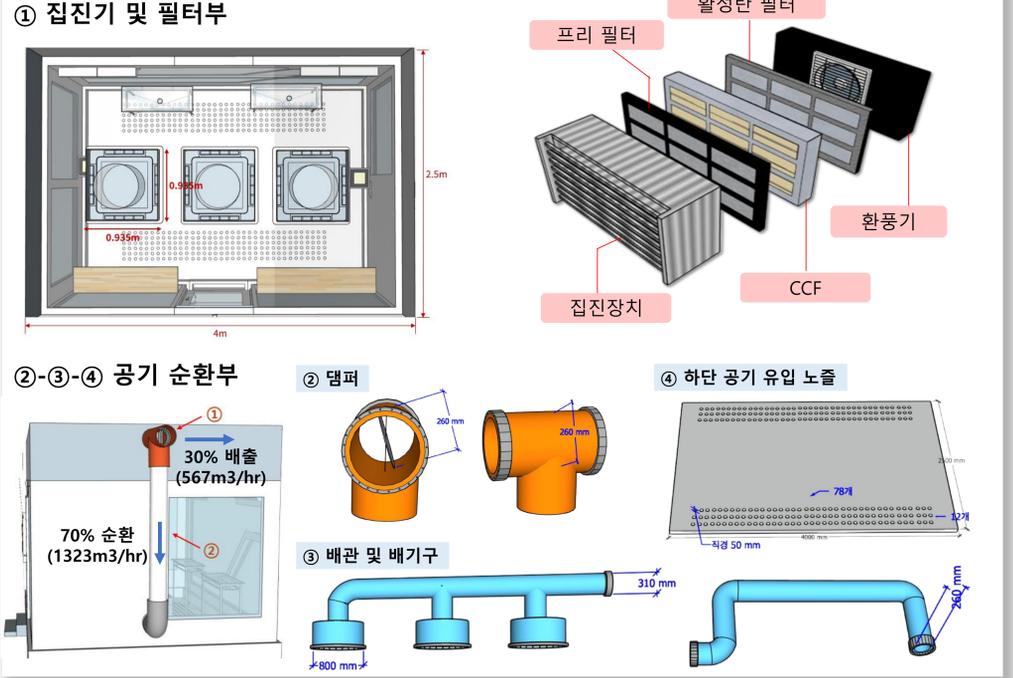
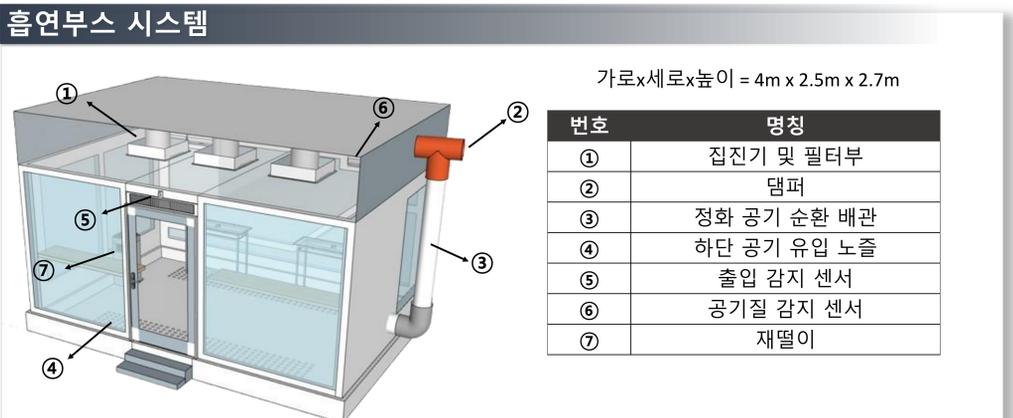
센서부 회로설계



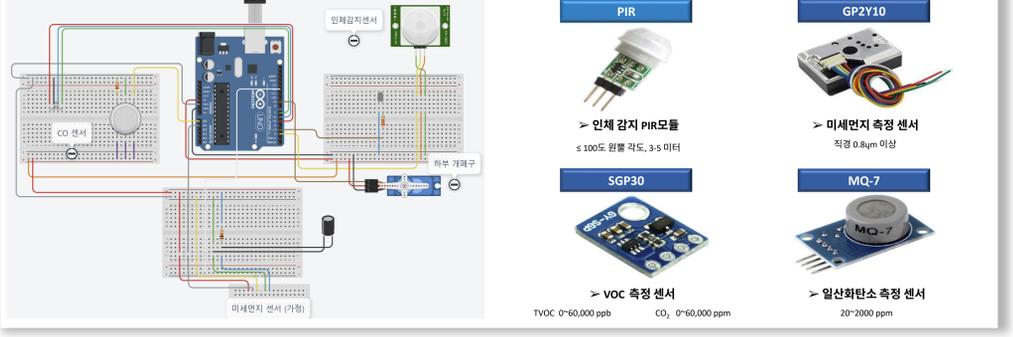
기대 효과

All-in-One 완전폐쇄형 흡연부스 설계는 기존 흡연부스의 높은 설치 비용과 낮은 공기 정화율을 개선하고, 모니터링 시스템을 통해 시설 유지 및 관리 효율을 크게 향상시킬 것으로 기대됨.

상세 구조



모니터링 시스템



경제성 분석

	비교군 (주) 에어로메이트	설계물 All-in-One 흡연부스
초기비용	27,690,000	29,456,087
유지보수비용	13,098,888	15,737,354
전력비용	a	a - 34,335,383
총액	40,788,888	10,193,441

저감비용: 29,930,830

초기비용: 29,456,087 ₩
바닥제작, 외형 제작, 투시부, 클린설비, 기타, 옵션, 센서

유지보수비용(20년): 15,737,354 ₩
배관 교체, 필터 교체, 부스 청소

전력비용(20년): - 34,335,383 ₩

- 모니터링시스템에 따른 에너지 절감
- 1) 냉난방 저감비용 = 14.763 kw/day = 598218.9 ₩/year
- 2) 조명 저감비용 = 0.32 kw/day = 12966.88 ₩/year

완전폐쇄형 흡연부스에 따른 에너지 절감 = 41.78 kw/day = 1,105,583 ₩/year