

Improving Air Quality in the School Kitchen

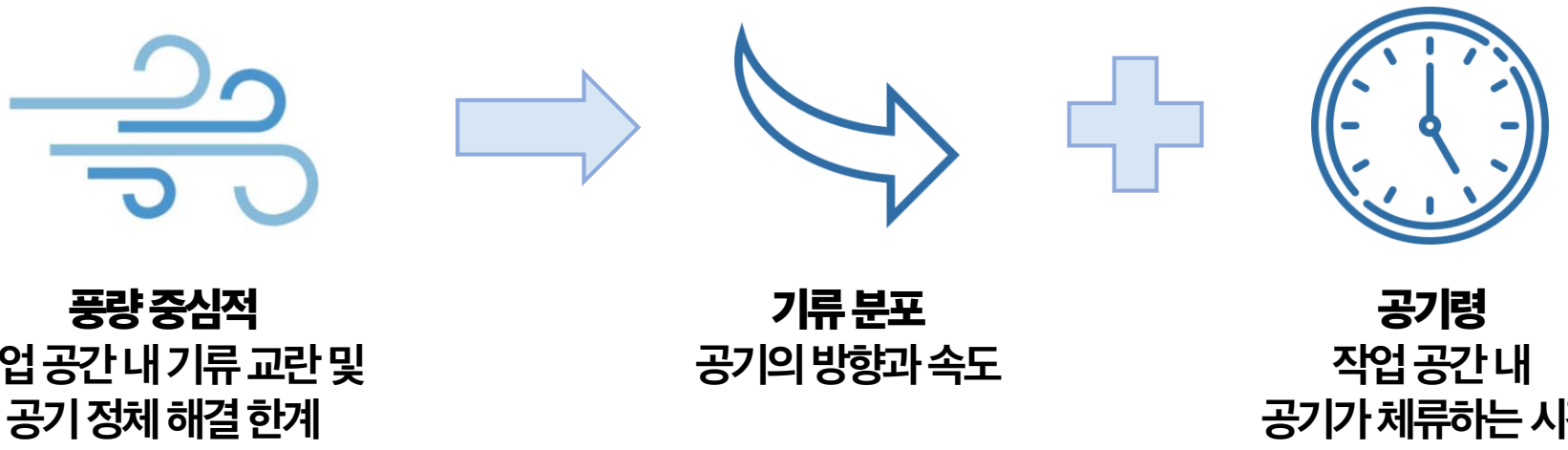
학교 급식 조리실의 공기 환경 개선

조리 시 발생하는 조리 흡은 폐 질환을 유발하는 발암 물질이다. 주 5회 일 평균 2시간씩 조리 흡에 노출되는 급식 조리실 작업자의 근무 환경 개선을 목적으로 실시된 학교 급식 조리실 공기 질 개선 사업은 고용노동부의 공기 질 개선 가이드를 따르는데, 기본적으로 후드를 통해 국소 배기하되 작업 공간에 공기가 정체되지 않도록 공기 질을 설치할 것을 권고하는 반면, 풍량 중심적인 공기 질을 설치 기준을 제시하고 있다. 풍량이 과할 시 가류 교환을 유발하여 작업 공간 내에 외류를 형성하고 공기를 정체시키는 요인으로 작용할 수 있다는 점에서 가류 분포 또한 고려 대상이 되어야 한다고 생각해 이 주제를 선정했다. 따라서 후드 포집 효율과 공기 질 측정에서의 가류 분포 최적화 설계를 진행해 기존의 풍량 중심 설계 대비 개선된 공기 질 환경을 조성하고자 한다.

1. 설계 배경 & 설계방향

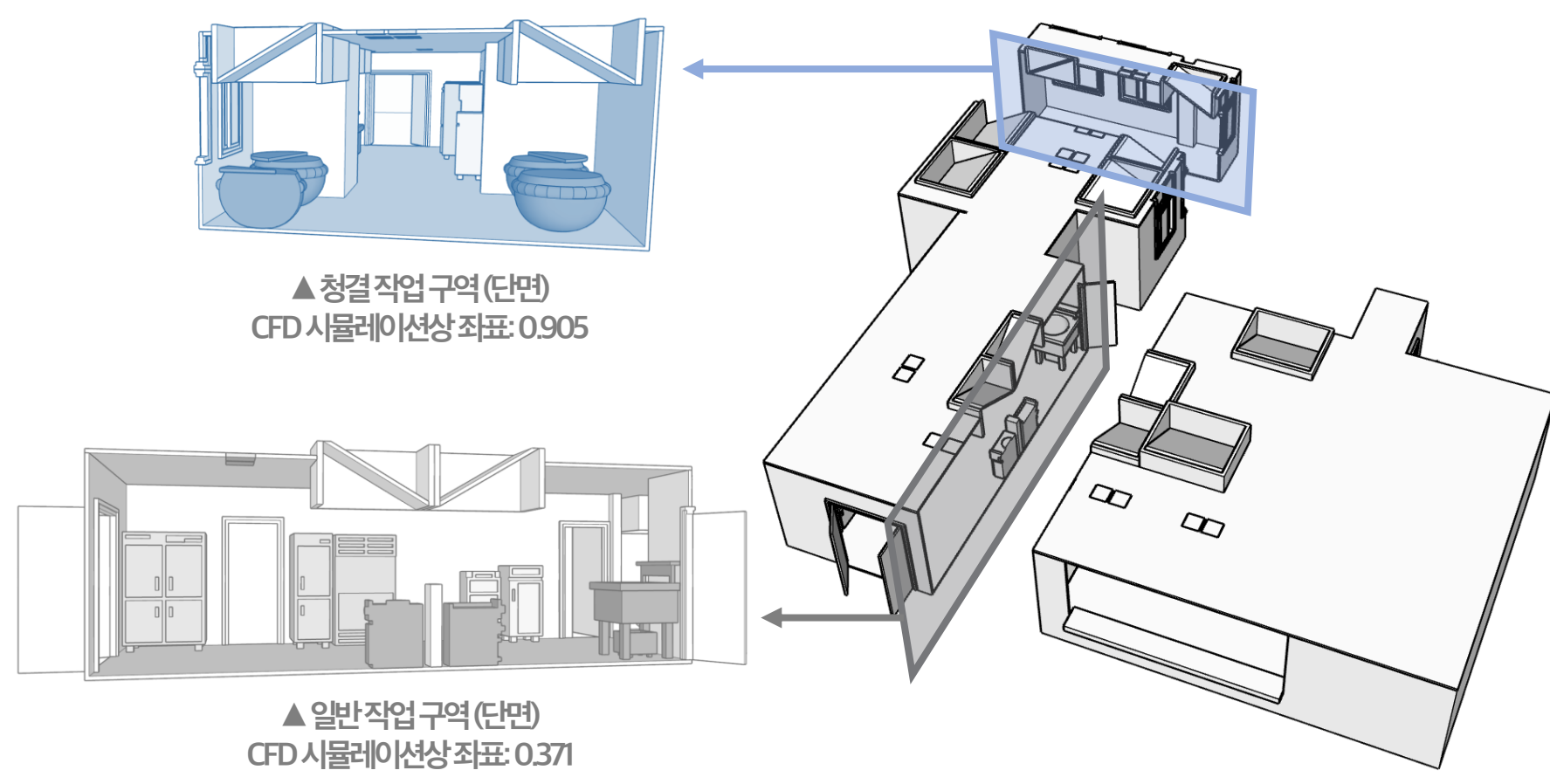
단순히 풍량에 대한 성능 기준만 충족하면 급식 조리실 작업자에게 쾌적한 공기 질 환경을 조성해줄 수 있을까?

공기의 움직임을 파악하고 공기가 얼마나 정체되는지에 대한 정량적인 수치도 고려되어야 하지 않을까?

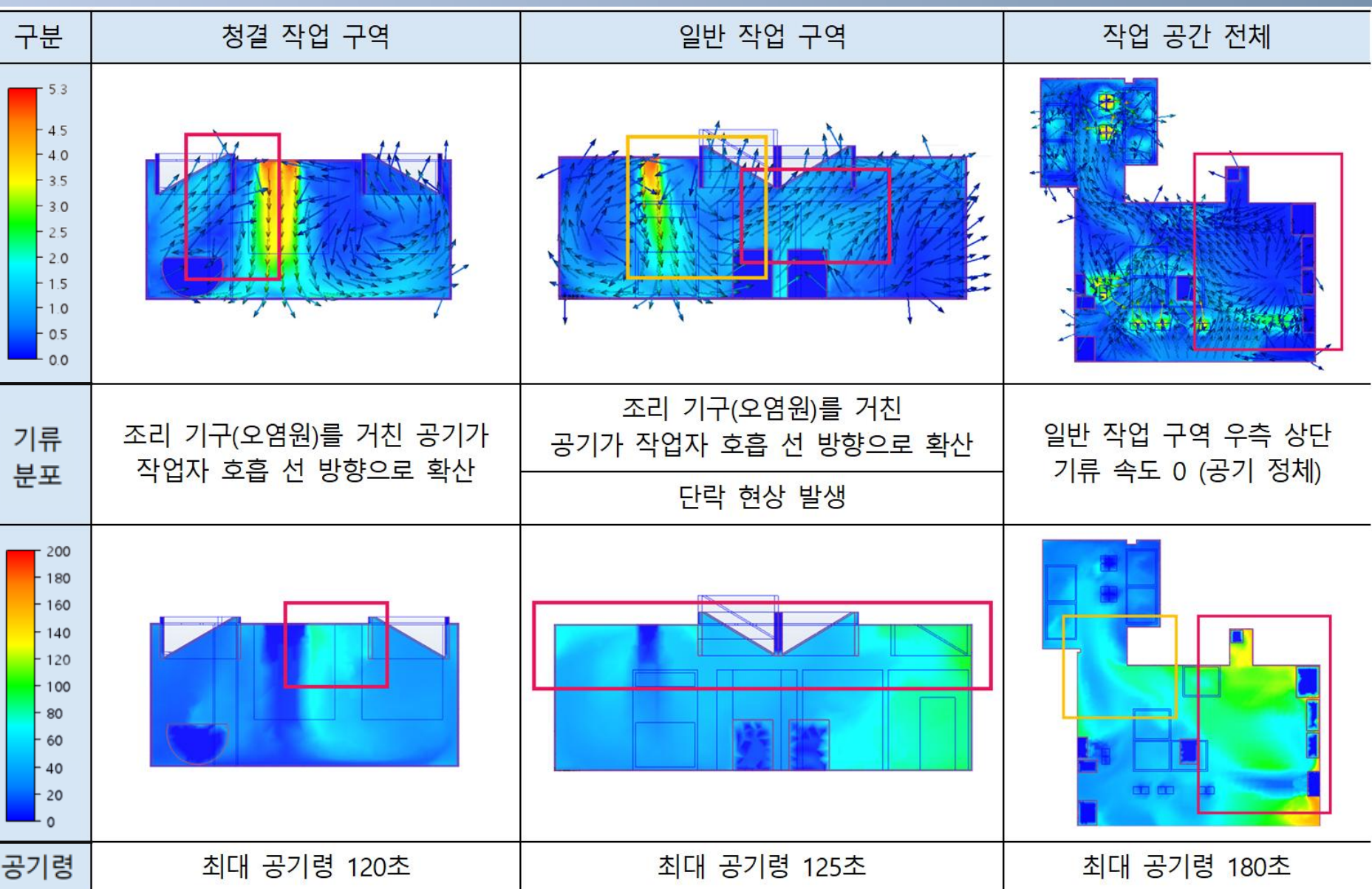


4. 작업 구역별 공기 질 환경 파악 지점

* 평면은 작업자 호흡선 부근의 공기 질 환경을 파악하고자 작업자 평균 신장 159.4cm 기준 145cm 높이에서 지점 (CFD 시뮬레이션상 좌표: 0.468)



5. 한계 급식 조리실의 공기 질 환경 파악 (CFD 시뮬레이션)

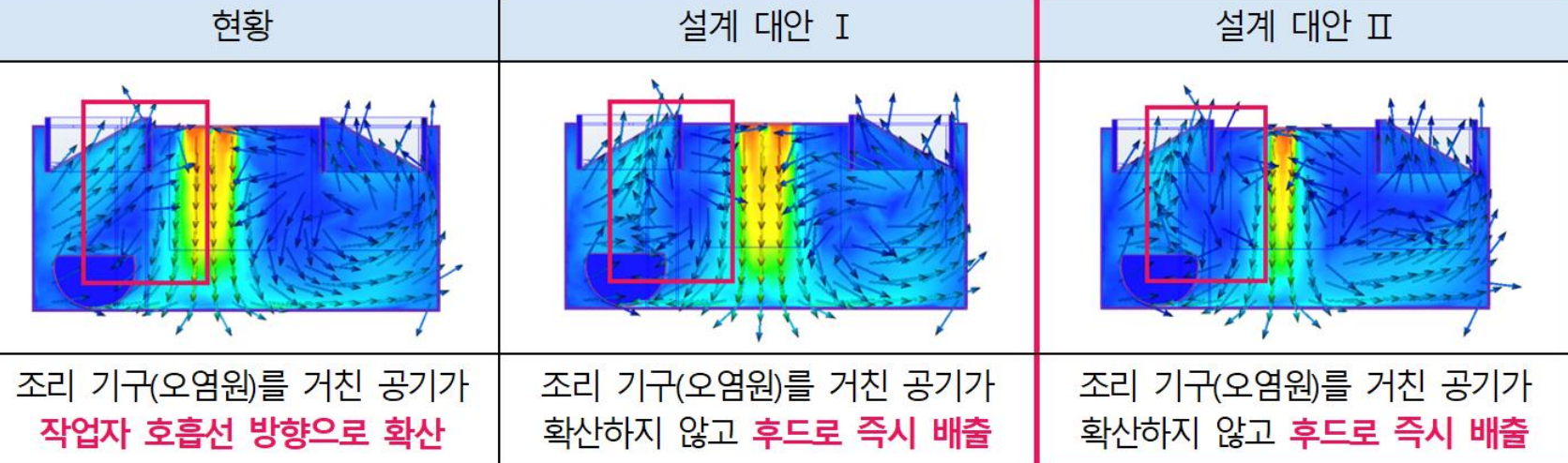


7-1. 설계 대안 청결 작업 구역 (단면)

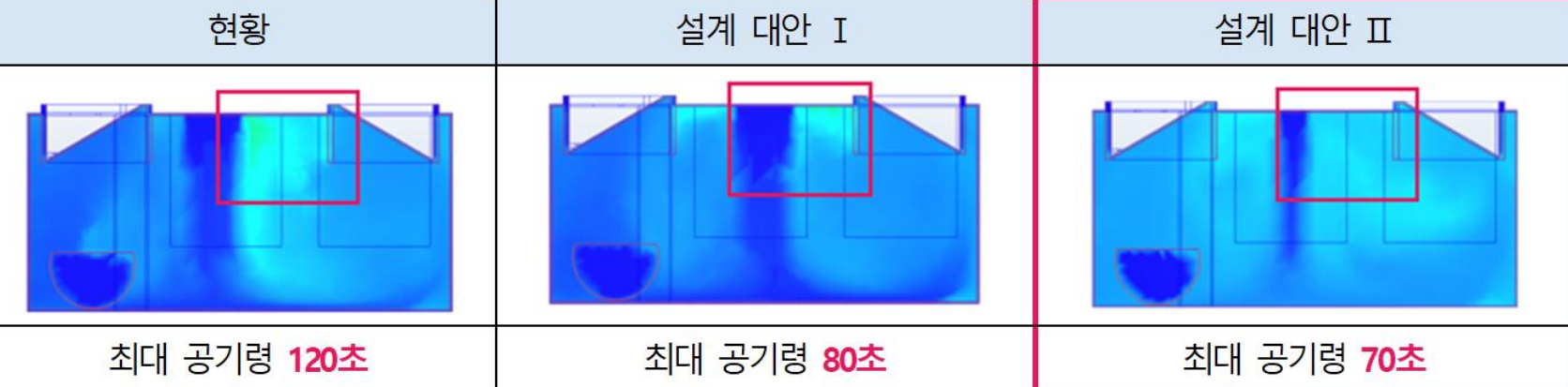
· 급기구 위치 설계

구분	현황	설계 대안 I	설계 대안 II
도면			
이격 거리	왼쪽 450mm 오른쪽 1,170mm	양쪽 810mm (정중앙으로 이동)	양쪽 1,010mm (정중앙으로 이동)
급기구 개수	8개	8개	4개 (4개 제거)
대안 소개	급기구 편중 배치	급기구 양쪽 후드의 정중앙으로 이동	급기구 양쪽 후드의 정중앙으로 이동

· 가류 분포 측면에서의 공기 질 환경 분석



· 공기 질 측면에서의 공기 질 환경 분석



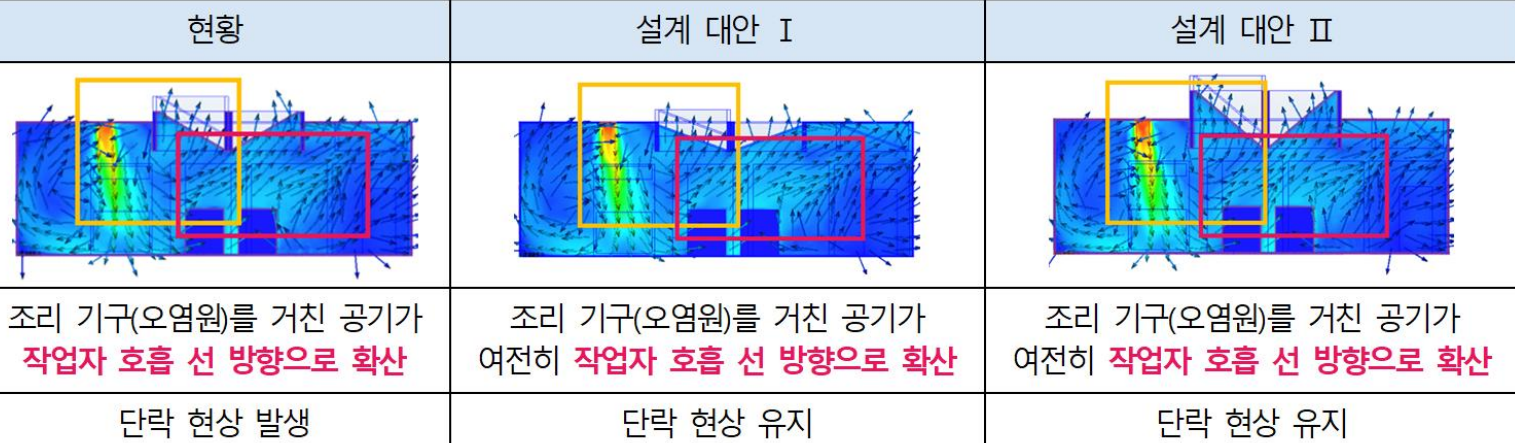
7-3. 설계 대안 일반 작업 구역 (단면)

* 고용노동부의 공기 질 설치 기준에 의하면, 후드 면 경사의 적정 각도는 '45~60도'로 규정하고 있는 반면, 교육부의 학교 급식 위생 관리 지침서에서는 '30도 정도'로 규정하고 있다.

· 후드 면 경사 설계

구분	현황	설계 대안 I	설계 대안 II
도면			
각도	후드 면 경사 30도	후드 면 경사 20도	후드 면 경사 40도
후드 개수	4개	4개	4개
대안 소개	필터 면적 2.57m²	필터 면적 2.37m²	필터 면적 2.91m²

· 가류 분포 측면에서의 공기 질 환경 분석



2. 설계 대상 건물의 현황

· 설계 대상 건물 선정 이유

① 2024년 리모델링 진행 → 공기 질 설치 기준 모두 충족하는 작업 공간 대상 공기 질 환경 분석 가능 (풍량 중심적인 가이드의 보완 필요 지점 파악 유리)

고용노동부 학교 급식 조리실 공기 질 설치 가이드 중 급기 설치 관련 규정			
총 급기량	총 배기량	급기량/배기량	
		현황	관련 규정
8,944m³/s	13,235m³/s	67.58%	총 배기량의 90% 이하

고용노동부 학교 급식 조리실 공기 질 설치 가이드 중 풍량 관련 규정			
바닥 면적	총 급기량	단위 면적당 풍량	
		현황	관련 규정
122.76m²	8,944m³/s	분당 급기량 536.64/24.552 = 21.86배 초과	1m² 당 0.2m³/min → 24.552m³/min (0.409m³/s) 확보

고용노동부 학교 급식 조리실 공기 질 설치 가이드 중 후드 개구면 유속 관련 규정			
후드와 인접한 조리 기구		후드 개구면 유속	
현황	관련 규정	현황	관련 규정
가스 자동 취사기	법률 근거	0.723m/s	0.5m/s 이상
가스 회전식 튀김/볶음솥	튀김솥 근거	1.031m/s	0.7m/s 이상
가스/스팀 회전식 국솥	국솥 근거	0.672m/s	0.5m/s 이상

② 전북특별자치도 및 군산시 대비 수업 교원 1인당 학생 수와 학급 평균 학생 수가 많음 → 만들어야 할 급식의 절대적인 양이 많음 = 많은 양의 환기를 필요로 함

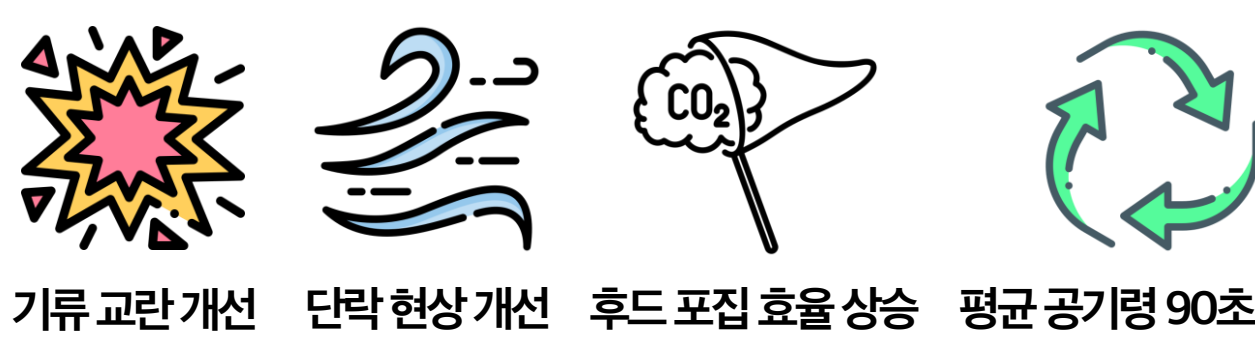
· 설계 대상 건물 현황

	건물명	군산 용문초등학교
	주소	전북특별자치도 군산시 미로로 32-8, (미로동 898-8)
	준공연도	1동 2002-12-09, 2동 2009-08-25 (사용승인일)
	전체 학생 수	528명 (남 260명, 여 268명)
급식 조리실	리모델링 이력	군산 용문초 식생활관 환기 설비 개선 전기 공사 (2024)
	바닥 면적	122.72m ²
	층고	2.6m
	작업자 수	7명

6. 설계 목표 수립

작업 구역별 설계 대안 마련

가류 분포 및 공기 질 측면 설계



* 단락 현상(Short-circuiting)이란 급기구를 통해 유입된 공기가 작업 공간을 충분히 순환하지 않아 실내를 제대로 환기시키지 못하고 곧바로 후드를 통해 배출되어 버리는 현상을 말함

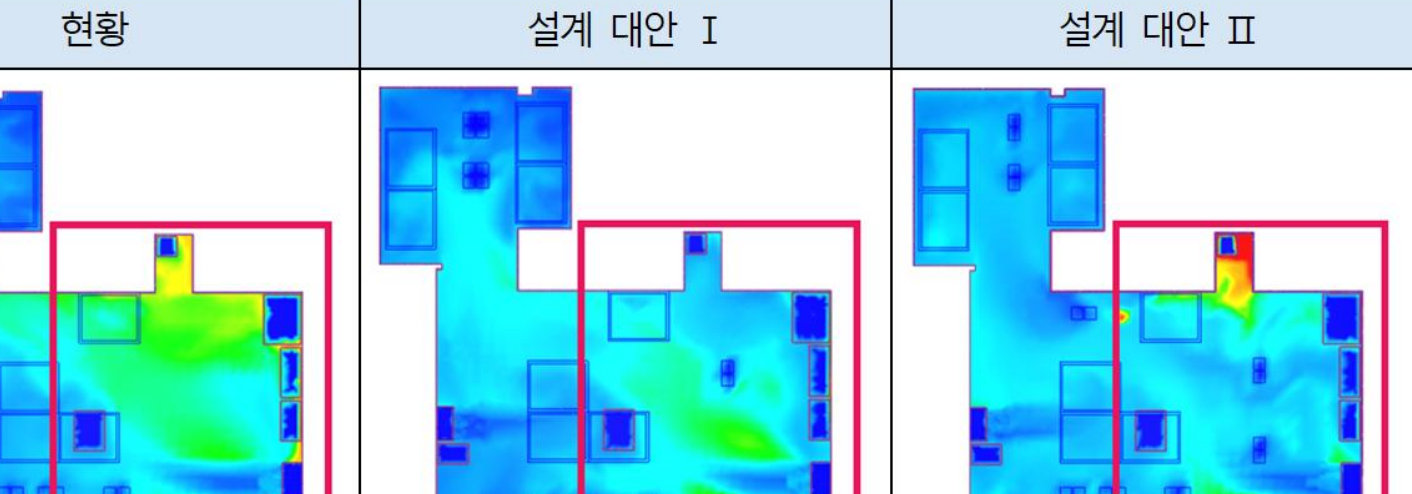
** 가류 분포 (가류 이동 속도 및 방향): < > (속도가 낮음 - 높음) < > (가류가 체류하는 시간) < > (시간이 짧음 - 길)

7-2. 설계 대안 작업 공간 전체 (평면)

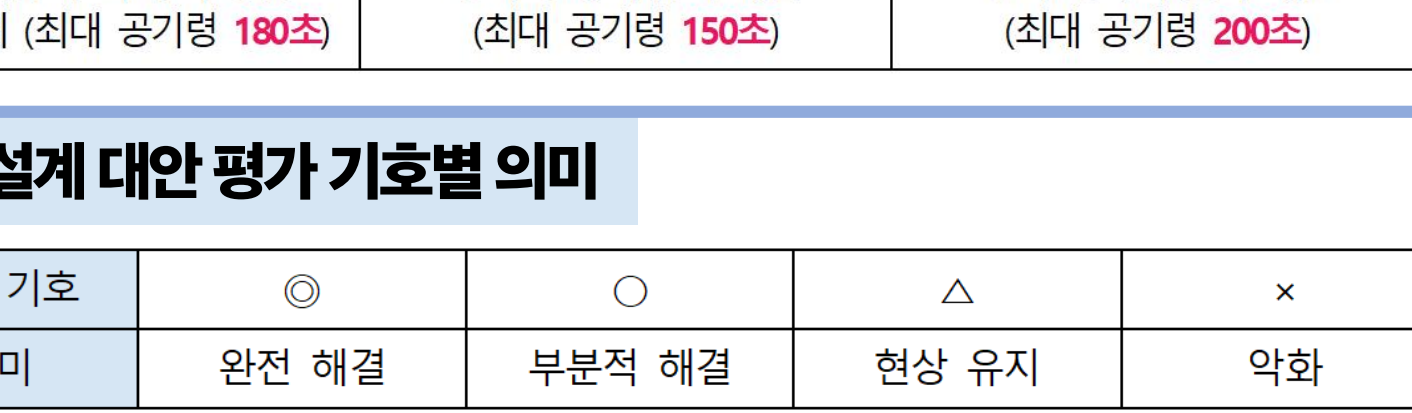
· 급기구 위치 설계

구분	현황	설계 대안 I	설계 대안 II
도면			
급기구 개수	정결 8개 / 일반 8개	정결 8개 / 일반 8개	정결 4개 / 일반 12개
대안 소개	일반 작업 구역 우측 상단 공기 질 (최대 공기 질 180초)	에어컨 앞 급기구 2개 우측 상단으로 이동	+ 청결 작업 구역 급기구 4개 일반 작업 구역으로 이동

· 공기 질 측면에서의 공기 질 환경 분석



· 공기 질 측면에서의 공기 질 환경 분석



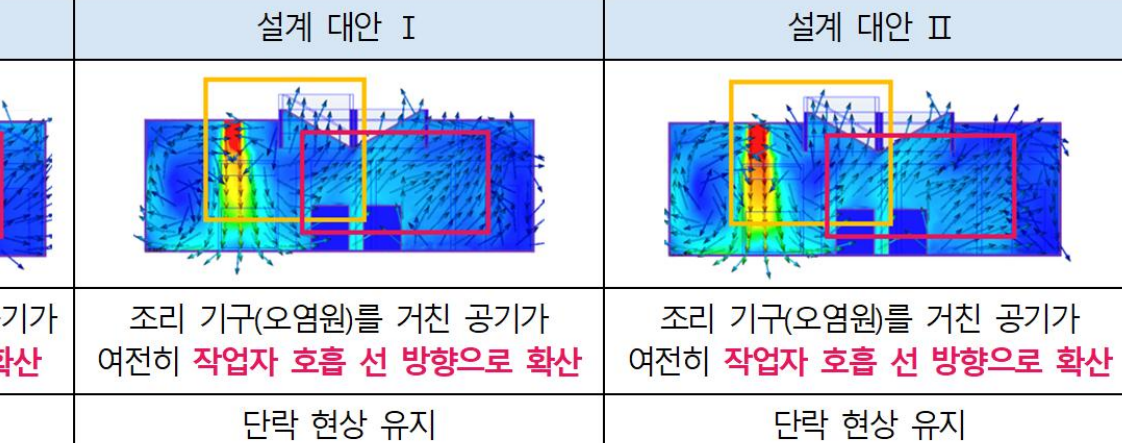
8-1. 설계 대안 평가 기호별 의미

평가 기호	○	△	×
의미	완전 해결	부분적 해결	현상 유지

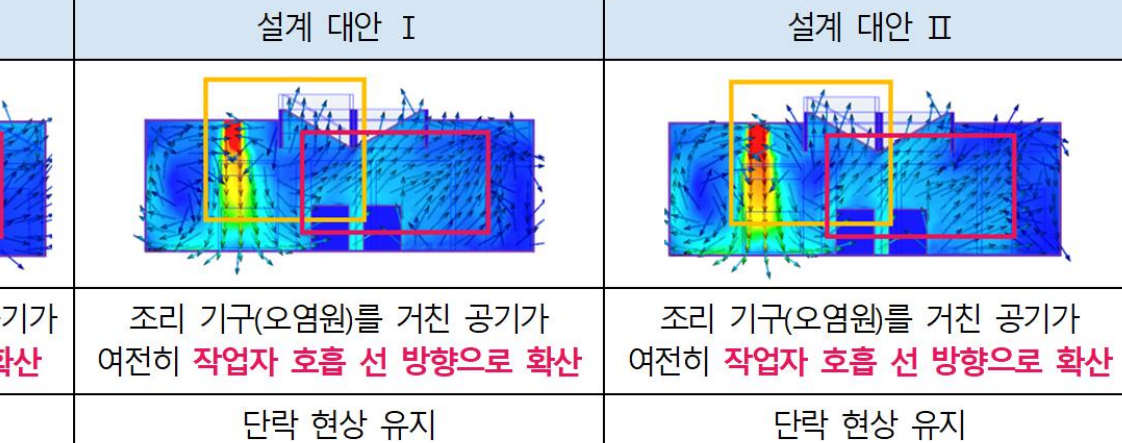
· 급기구 풍량 감소/증가 설계

구분	현황	설계 대안 I	설계 대안 II
급기구 풍량	0.559m/s	0.391m/s (30% 감소) 0.727m/s (30% 증가)	0.279m/s (50% 감소) 0.839m/s (50% 증가)

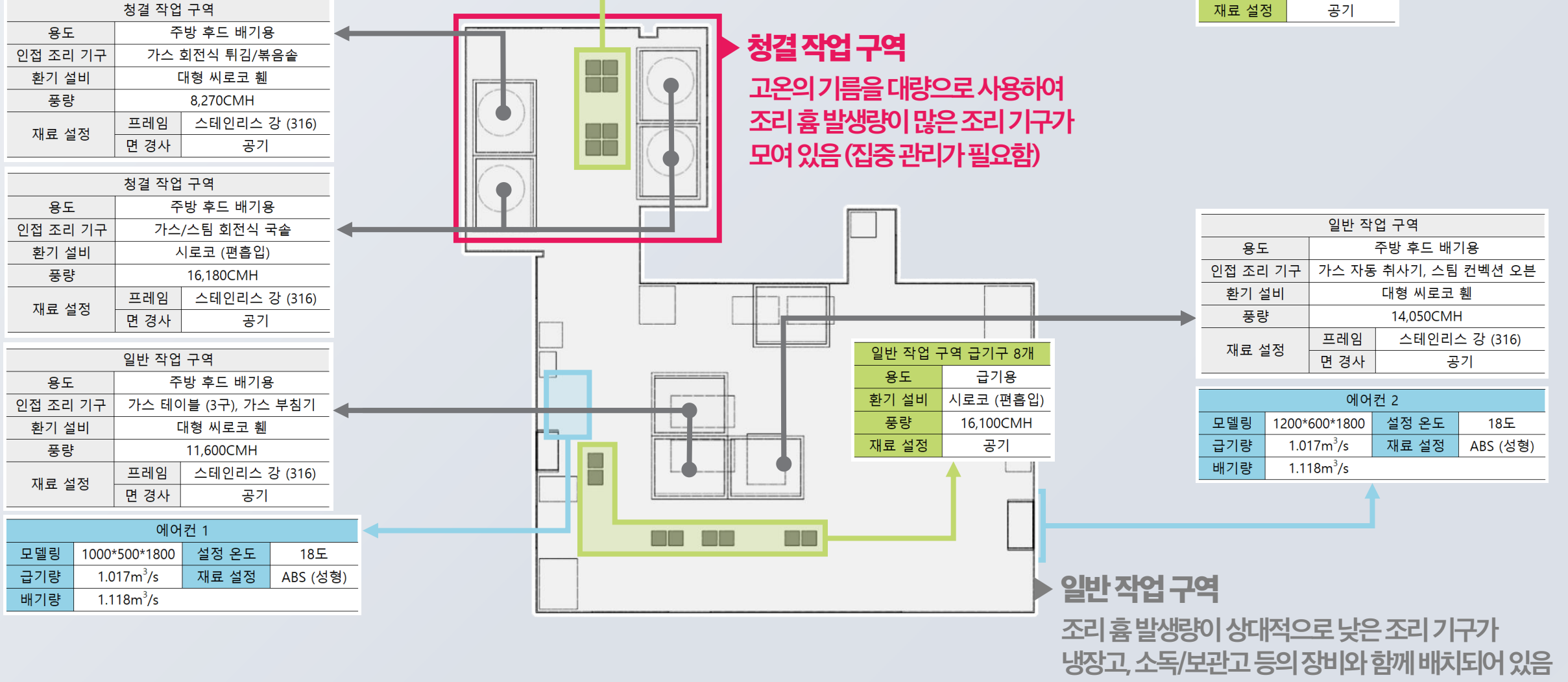
· 가류 분포 측면에서의 공기 질 환경 분석 (풍량 감소)



· 가류 분포 측면에서의 공기 질 환경 분석 (풍량 증가)



· 작업 구역 구역 및 공기 질 설치 현황



3. 작업 공간 3D 모델링 및 경계 조건 설정

· 주요 조리 기구 및 장비 일람표

구분	종류	수량	소비 전력	재료 설정
일반 작업 구역	냉장고	1	1,000W	
	상하 개폐형	1	400W	
	가스 테이블 (3구)	1	6,800W	
	스팀 컨베이어 오븐	1	60,000W	
	알치마 소독고	1	1,500W	
	가스 부침기	1	33,000W	
	고무 장갑 소독고	1	600W	
	가운 소독고	1	1,500W	스테인리스강 (316)
	칼/도마 소독고	1	600W	
	전동 세척기	1	750W	
	가스 자동 취사기	2	26,700W	
	고무 장갑 소독고	1	1,500W	
청결 작업 구역	가스 회전식 국솥	1	36,100W	
	가스 회전식 튀김/볶음솥	1	36,100W	
	스팀 회전식 국솥	2	24,000W	

· 기타 경계 조건 설정

구분	두께	30mm
바닥, 벽체, 천장	표면 열 전달 계수	5W/m²K
	재료 설정	타일
	모델링	4500*1900
식당 - 급식 조리실 개구부	압력	0
	재료 설정	공기

최종 설계 대안

9. 최종 설계 대안 분석 및 결론

구분	현황	최종 설계 대안
도면		
대안 소개	정결 8개 / 일반 8개 후드 - 급기구 간격 750mm 급기구 16개	정중앙으로 이동 + 4개 제거 1,150mm (400mm 후방) 14개 (2개 제거)

· 설계 목표 달성 사항

설계 목표 달성 사항	가류 교환 개선	단락 현상 개선	후드 포집 효율 개선	평균 공기 질 90초 이하
풍량 중심 설계와의 차별점	후드 포집 12.5%를 감소시켰음에도 후드 포집 효율을 상승시켜 제척한 공기 환경 조성	풍량 중심 설계에서 가류 분포와 공기 질 중심 설계로 전환에 쾌적한 공기 환경을 조성함		

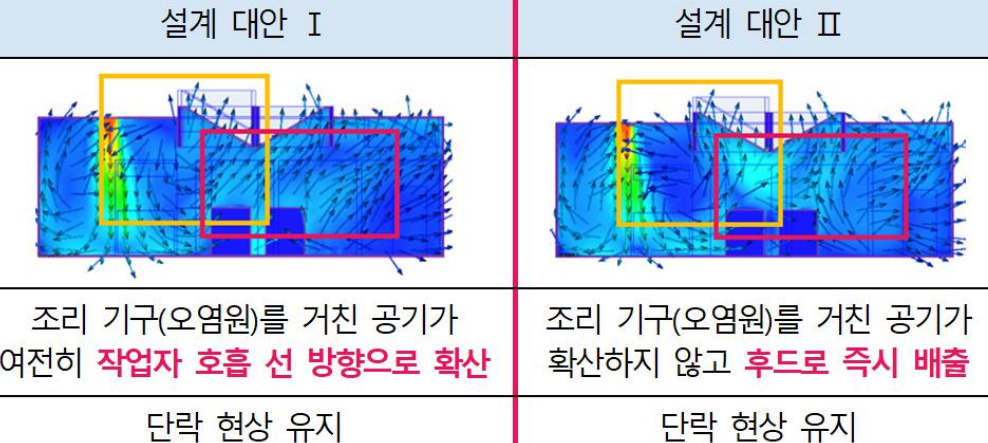
8-2. 설계 대안 평가

설계 변수	구역	설계 목표	설계 대안 I	설계 대안 II
급기구 위치	정결	후드 포집 효율, 공기 질 개선 (평균 공기 질 90초 이하)	810mm ○	1,010mm ◎
	일반		950mm ○	1,150mm ◎
	전체		2개 이동 ○	4개 이동 ○
풍량	감소	단락 현상 개선 및 후드 포집 효율 향상	0.391m³/s ×	0.279m³/s ×
	증가		0.727m³/s △	0.839m³/s △
	후드 면 경사		20도 △	40도 △

· 급기구 위치 설계

구분	현황	설계 대안 I	설계 대안 II
도면			
이격 거리	후드 - 급기구 간격 750mm	950mm (200mm 후방)	1,150mm (400mm 후방)
급기구 개수	8개	8개	8개
대안 소개	급기구를 통해 유입된 공기가 작업자와 직접 접촉함	급기구와 작업자 사이 간격 확보함	급기구와 작업자 사이 간격 확보함

· 가류 분포 측면에서의 공기 질 환경 분석



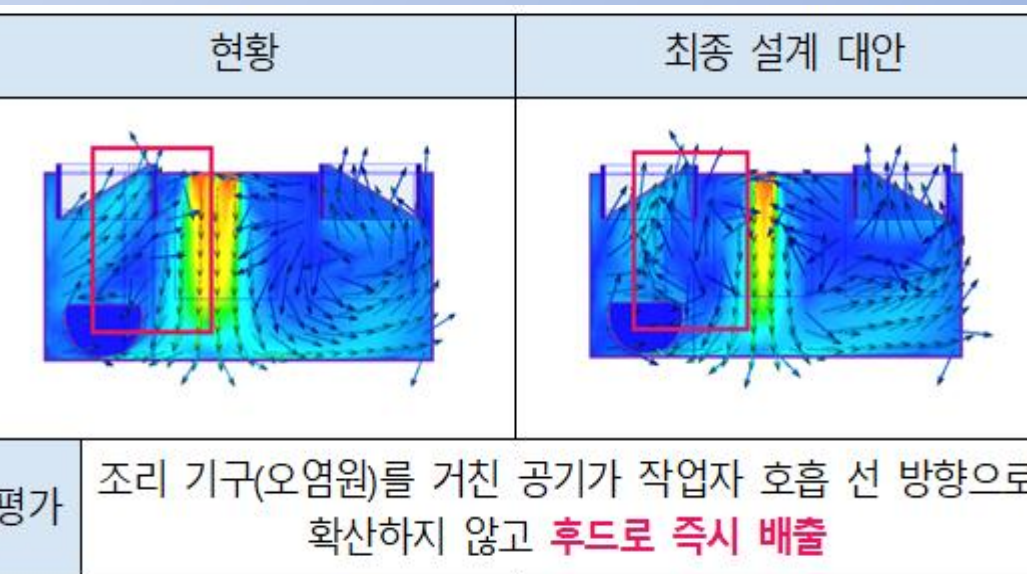
· 공기 질 측면에서의 공기 질 환경 분석



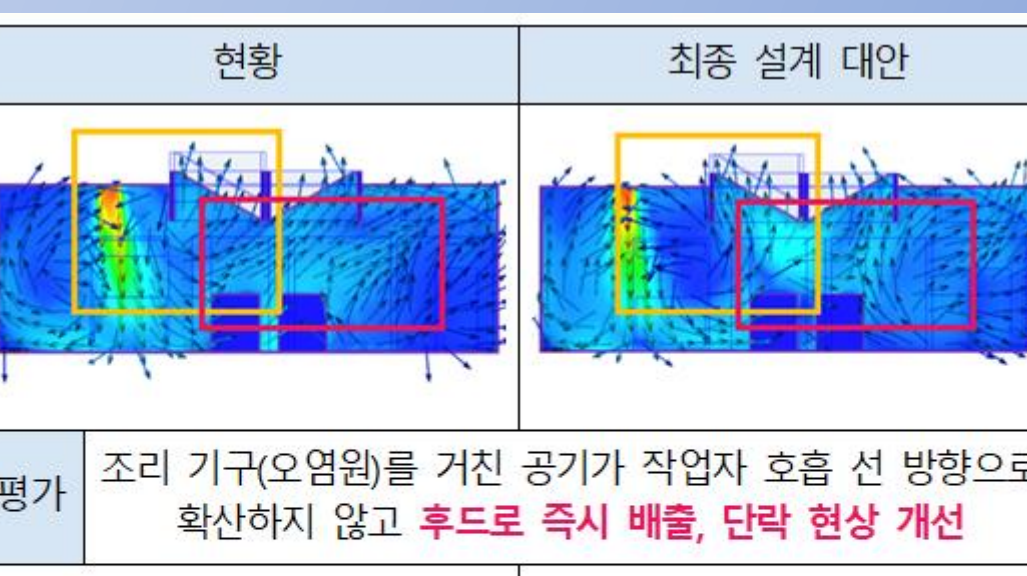
· 공기 질 측면에서의 공기 질 환경 분석



· 최종 설계 분석 청결 작업 구역 (단면)



· 최종 설계 분석 일반 작업 구역 (단면)



· 최종 설계 분석 작업 공간 전체 (평면)

