

사무실 및 작업장 실내 공기질과 대응방안

박 세 호

시엠시 엔지니어링

SHPark@korea.melchers.de

발표내용

- 실내공기오염
- 실내 화학물질(VOC) 오염
- 건축자재 인증제도 및 실내환경 인증제도
- SBS 및 실내 공기질 대응방안(일본)
- 사무공간 및 작업자를 위한 실내 공기질 대응방안
- 결 론

W H O(세계보건기구) 의 건강에 대한 정의

WHO 헌장 前文 에 건강의 정의 (1948년 설립)

『건강이란 신체적、정신적、또는 사회적으로 완전히 양호한 상태를 말하며, 단순히 질병이나 병약한 상태를 말하는 것이 아니다』

건강은 의사에게 진료를 받아야 하는 질병을 취급하는 것이 아니라 비의학적인 측면에서 취급하는 영역까지 매우 넓은 의미를 갖는다。

이러한 정신을 기초로 각국에서는 건물 관련한 보건, 위생적인 환경을 확보하기 위한 『건축물의 위생적인 환경확보에 관한 법률을 제정하여 시행하고 있다。

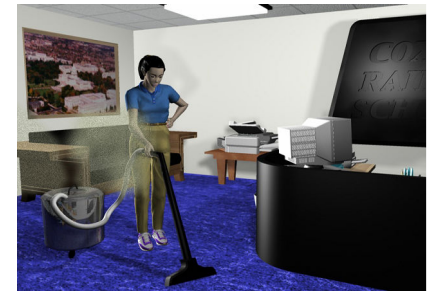
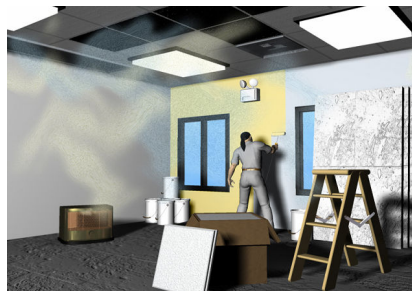
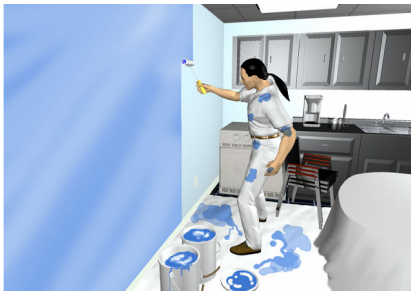
W H O는 2000년 5월에 「모든 인간은 건강한 공기를 호흡할 권리가 있다」 라고 선언하였다。

건강한 거주환경

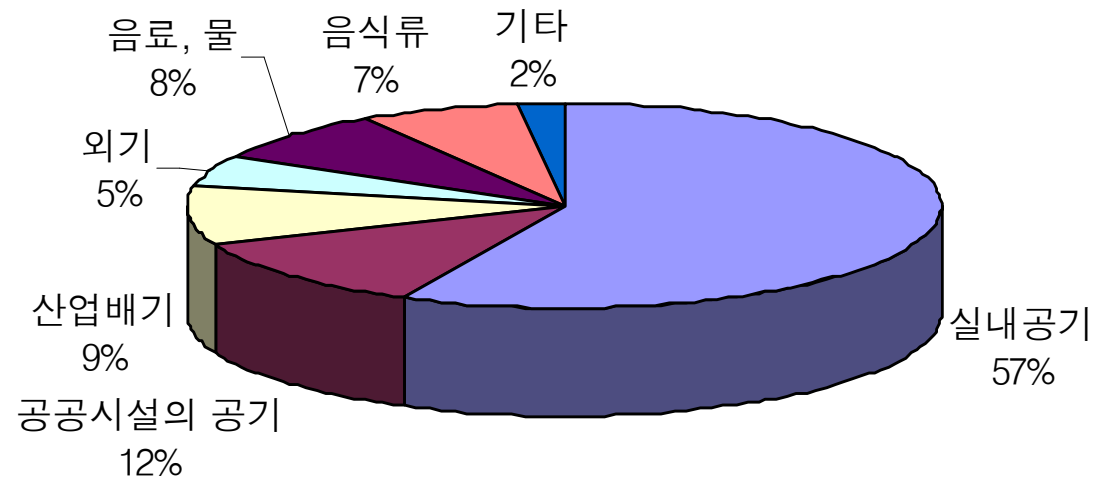
- WHO(세계보건기구) 정의

“쾌적하고 건강한 주거환경이란 구조적으로 안정되고 사고에 의한 위험성이 없으며, 여기에 살고 있는 사람마다 만족한 생활을 할 수 있는 충분한 공간환경을 보장하는 것”

『건강 주택』, 『건강 자재』, 『무공해 건축자재』, 『화학물질 과민증』

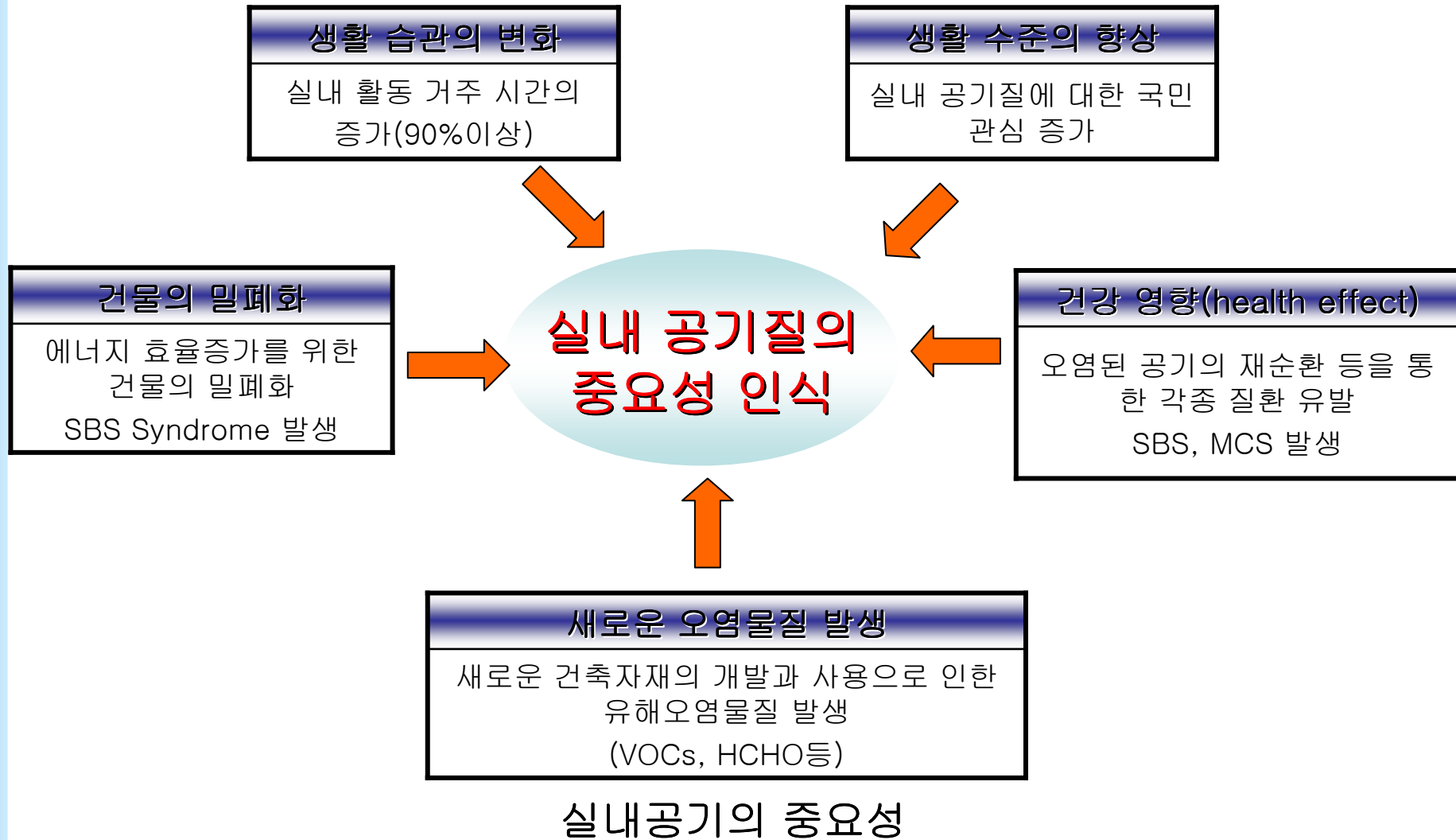


인체의 물질 섭취량





실내 공기질의 중요성



■ 전통 가옥

- ▶ 풍수지리, 양택론에 의한 전통가옥
(초가집, 기와집 등 전통 가옥)
- ▶ 여름철 시원하고 겨울철 따뜻한 실내의
거주환경 유지
- ▶ 주거의 형태 - 지역, 기후, 지형에 따른
건축양식과 주거형성



■ 60-70년대 가옥 - 개량주택의 등장

- ▶ 경제개발 5개년 계획, 새마을 운동 전개,
주거환경 개선
- ▶ 블록조, 슬레이트 지붕 구조의 가옥형태 출현
- ▶ 도시지역의 주거용 건물 보급율의 확대 필요
- 저층아파트의 등장 - 점차로 고층화
- ▶ 알루미늄 창호 등장 - 창호의 공장생산 시대
- ▶ 주택내부의 연탄 보일러 등장
(불안전 연소에 의한 CO 중독사고 빈번)



한강아파트단지 : 1966-1971

■ 80년대: 1,2차 에너지 위기 이후 주거환경 변화

- ▶ 고기밀 알루미늄 샷시, 플라스틱 샷시의 보급
- ▶ 주거용 건물의 대량보급 필요에 따라 고층화, 공동주택의 보급확산 - 분양가격의 제한으로 아파트구조의 획일성 정착
- ▶ 기밀성능, 단열성능의 향상 - 최소환기량
- ▶ 실내 공기환경의 악화, 결로 문제 발생
- ▶ 난방효과의 향상을 위한 개량주택 등장, 보급
- ▶ 화석연료의 고갈성, 지구환경의 악화
- ▶ 새로운 개념의 에너지 절약기준의 필요성
(에너지자원의 유효이용과 대체에너지 개발)



대구 신천 주공아파트 : 1987-1989

■ 90년대 주거

- ▶ 200만호 주택보급 정책, 신도시개발, 고층아파트의 전국 확산
- ▶ 새로운 건축자재 등장
- ▶ 알루미늄 창호 및 플라스틱 창호의 성능 개선
- ▶ 고기밀/고단열 주거형태 등장
 - 실내오염물질의 증가(HCHO, VOCs 등)
- ▶ 실내 환경의 쾌적성, 건강성 요구
 - 특히 주거용 건물의 환기의 필요성 대두
- ▶ 아파트의 분양가격 제한 유지, 아파트 구조의 획일성

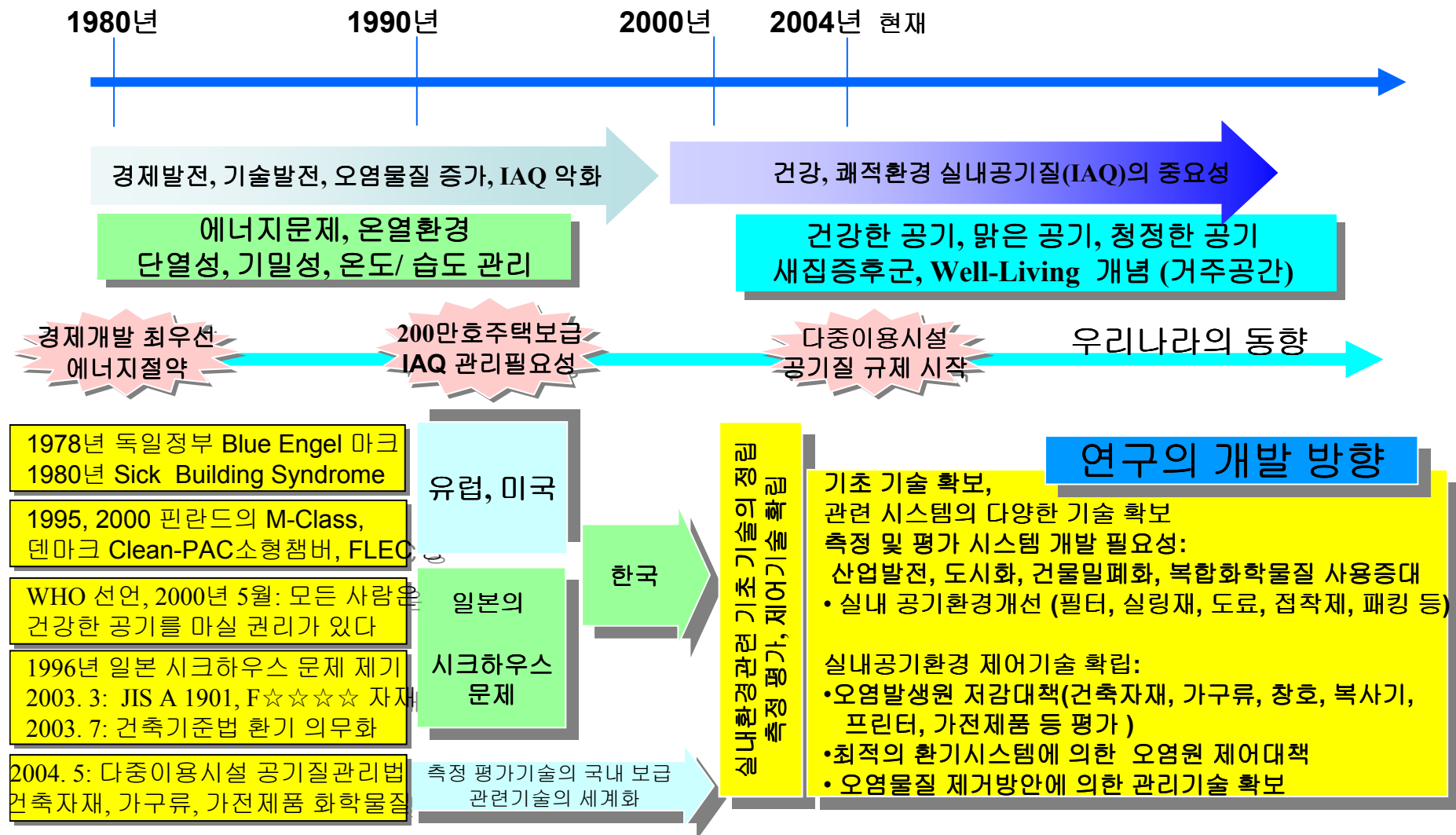


■ 2000년대 - 기후변화협약과 지구온난화 등 관심고조

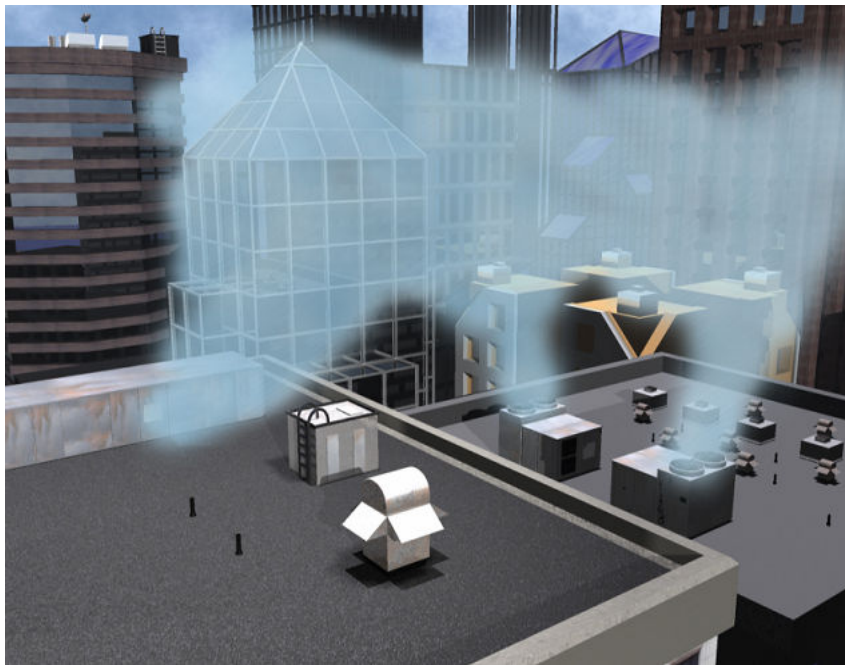
- ▶ 환경에 대한 관심과 실내의 쾌적성 요구 증가
- ▶ 환경친화 아파트의 등장
- ▶ 차별화된 고급형 아파트의 보급
- ▶ 계획환기의 개념 등장(자연환기 + 기계환기)
- ▶ 체계적 환기에 대한 연구 및 기술개발의 필요
- ▶ 에너지 절약형 냉난방 시스템의 필요
(냉난방/환기용 에너지 절약)
- ▶ 전열교환기에 의한 배열회수 장치의 보급
- ▶ 건강하고 쾌적한 주거환경, 주거문화의 정착



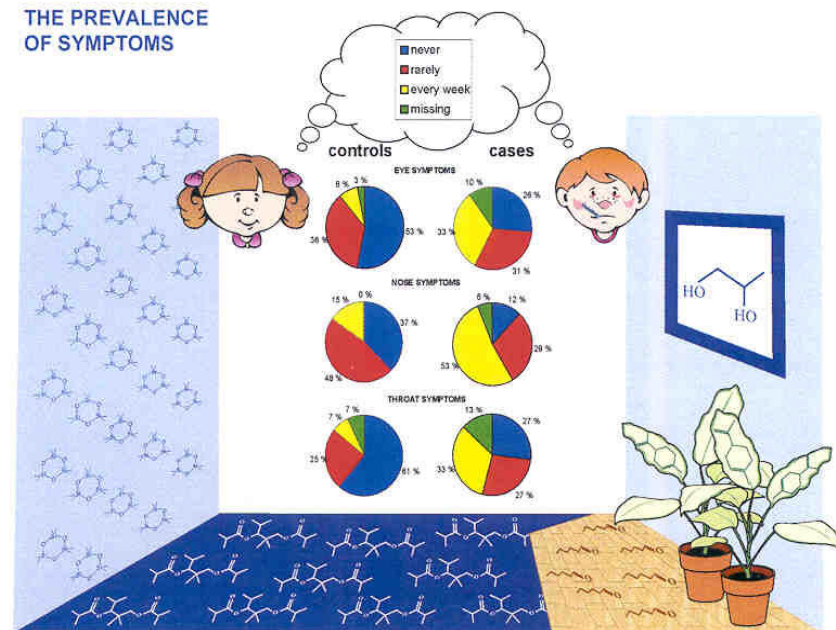
연구개발의 필요성



오염원의 증가



THE PREVALENCE OF SYMPTOMS



VOCs 물질의 발생원

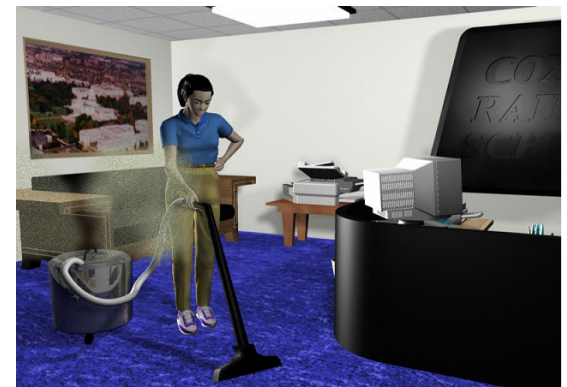
- 실내의 공기중에 화학물질의 농도 증가 원인
 - 화학공업의 발달로 복합화학물질을 이용한 새로운 건축자재의 보급. 증가
 - 노무비 절감, 숙련공 부족으로 인한 공법의 변화로 접착재의 사용량 증가.
 - 천연재료의 고갈, 인공 건자재의 증가로 화학물질 사용량이 증대
지구환경 및 자원, 사회적, 경제적인 요인
 - 에너지절약을 위하여 건축물의 단열성능, 기밀성능 향상, 환기부하의 경감.

건축재료

－ 건축재료, 내장(마감)재료, 페인트, 접착제 등



- 건물의 유지관리 및 청소용 세제
 - 청소, 방충, 냄새제거, 윤내기 작업, 보수작업 등
 - 도색작업에 사용되는 페인트, 용해제 등
 - 건물의 유지관리 및 청소용 세제
 - 복사기의 사용과 사진의 인화작업 등에서 VOCs 방출
- 연소과정에서의 방출
 - 실내에서 연소기구 사용, 담배의 흡연
 - 가스기구 연소과정에서 다량의 포름알데히드 방출
 - 흡연과정: VOCs 와 SVOCs 물질 방출
- 재실자 활동
 - 인체도 VOC 발생원 취급
 - 인체의 체취(Body Odor): 환기량 설정의 기본척도로 활용
 - 인체 방출 VOC물질: 알코올성분,알데히드,케톤,톨루엔,페놀 등 12종류이상
 - 메탄(74mg/인.일)과 아세톤(51mg/인.일)이 가장 많이 방출
 - 화장품, 향수 등의 사용도 VOCs 발생원인



화학물질 오염문제와 대응(日本)

일본 씨크하우스(sick house)란

▶ 주택 내부의 공기환경에 관한 문제

장시간 거주자: 머리가 무겁고, 목이 아프고 기분이 나빠지는 상태와 이러한 증상이 발생하는 주택을 통칭하는 용어 , 일반건물의 건물증후군(SBS:sick building syndrome)과 같은 개념

▶ 주택의 고기밀화, 고단열화의 영향

▶ 1996년 5월 7일: 일본 중의원에 Sick House 증후군에 관한 문제 상정

주거용 건물에 대한 환경문제의 일반화

▶ 1996.7 건강주택연구회 출범 (2년간 연구활동)

일본의 정부기관(건설성, 후생성, 통산성, 임야청)

주택의 신축, 개축 건물에 입주 예정인 거주자에 자료제공

주택의 화학물질 오염에 관한 지침(guide line) 제정

건축자재 발생 유해물질 300여 종류의 화학물질 중에서

인체에 미치는 영향이 큰 3종류의 화학물질, 3종류의 화학약품 선정

● 3종의 화학물질: 포름알데히드,톨루엔, 자일렌

● 3종의 화학약품: 목재보존재, 가소제, 방충제

▶ 1998.4. 과학기술청의 과학기술 진흥조정기금

「실내 화학물질 오염 규명과 건강, 위생 거주환경의 개발」

과학기술청 과학기술진흥비조성-1998년 3개년 연구수행

쾌적건강한 주택에 관한 검토회의: IAPOC 연구 (5개 기관)

▶ 주택의 화학물질오염의 실태조사와 상담건수

. 1998년 1월 25일 아사히신문 1면 기사화:

「발암성물질 HCHO 주택실내 농도 외부의 7.8배」

. WHO 가이드라인에 비하여 신축주택 수십배, TVOC 1000 배이상

. 일본변호사협회

▶ 주택의 화학물질오염의 대책 수립

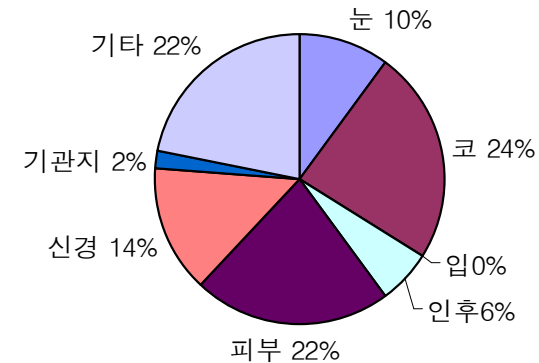
. 2003년 1월 건축자재의 새로운 등급제도 시행

. 2003년 7월 건축기준법의 환기시설의 적용, 상시환기 및 환기량 증가

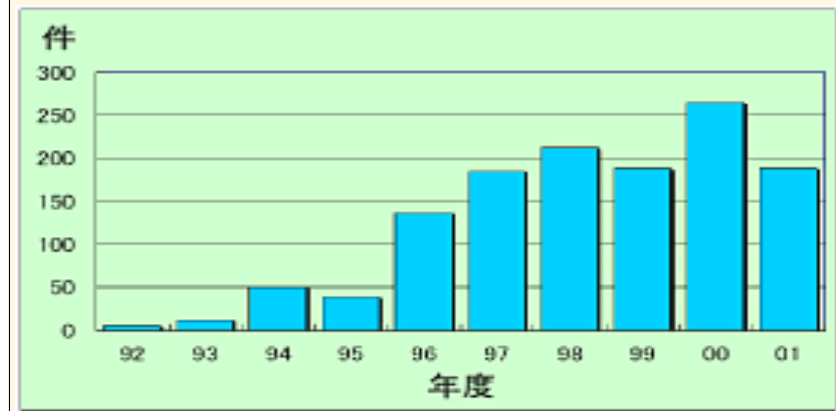
건강피해 상담사례:

- Better Living, PL센터
 - 재단법인 Better living(BL) 설립 - 1973년
 - 주택 보급의 질적인 측면의 중요성 강조
 - 우량한 주택 부품의 개발과 보급, 주거 생활수준의 향상 목적
- PL법(제조물 책임법)-1994년 6월 제정
 - 제조물의 결함으로부터 생명, 신체, 재산, 피해 보상책임
 - 목적:국민생활 안정향상과 국민경제의 건전한 발전」
 - 재단법인 BL, 주택 부품의 PL센터 운영
- PL센터 건강피해 사례
 - 전체 상담건수의 310 건 VOC관련(35%)
 - VOC관련 건수 중 54%가 인체의 피해 호소

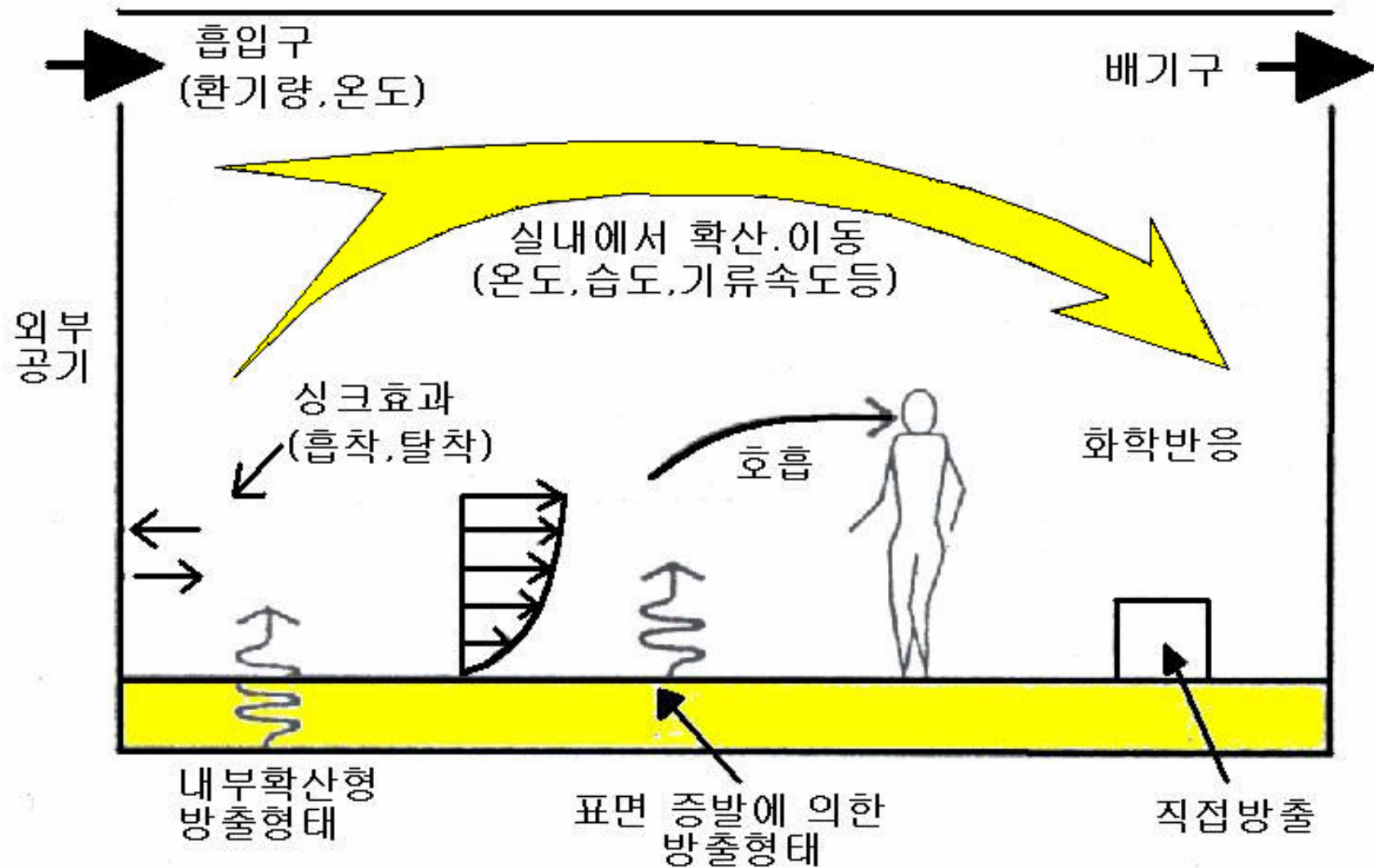
VOC/화학물질 관련 인체의 부위별 피해상담 비율(%)



VOC 관련 상담건 수의 변화추세

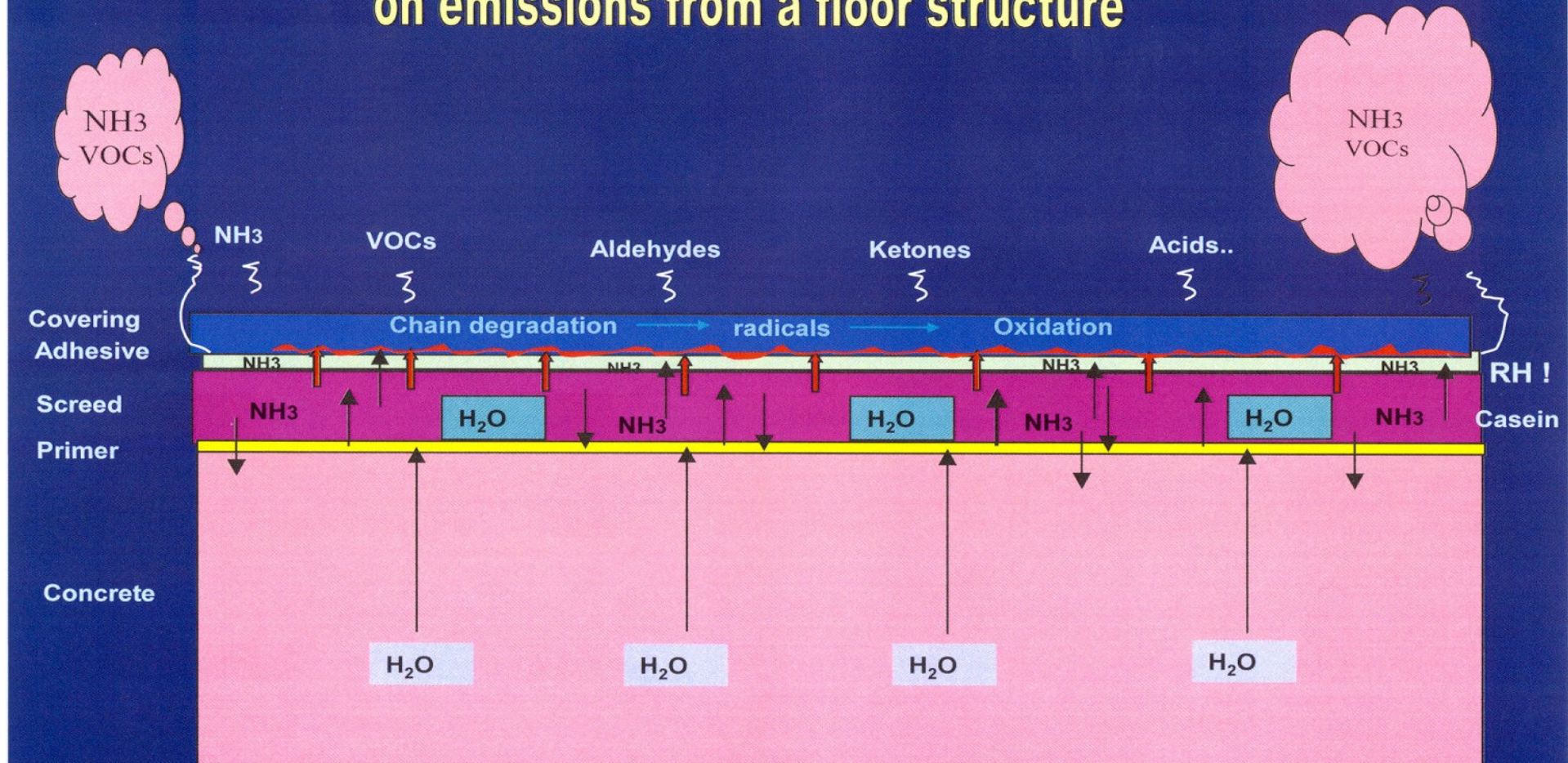


건축자재 방출 화학물질 이동경로



건축자재 방출 화학물질 이동경로

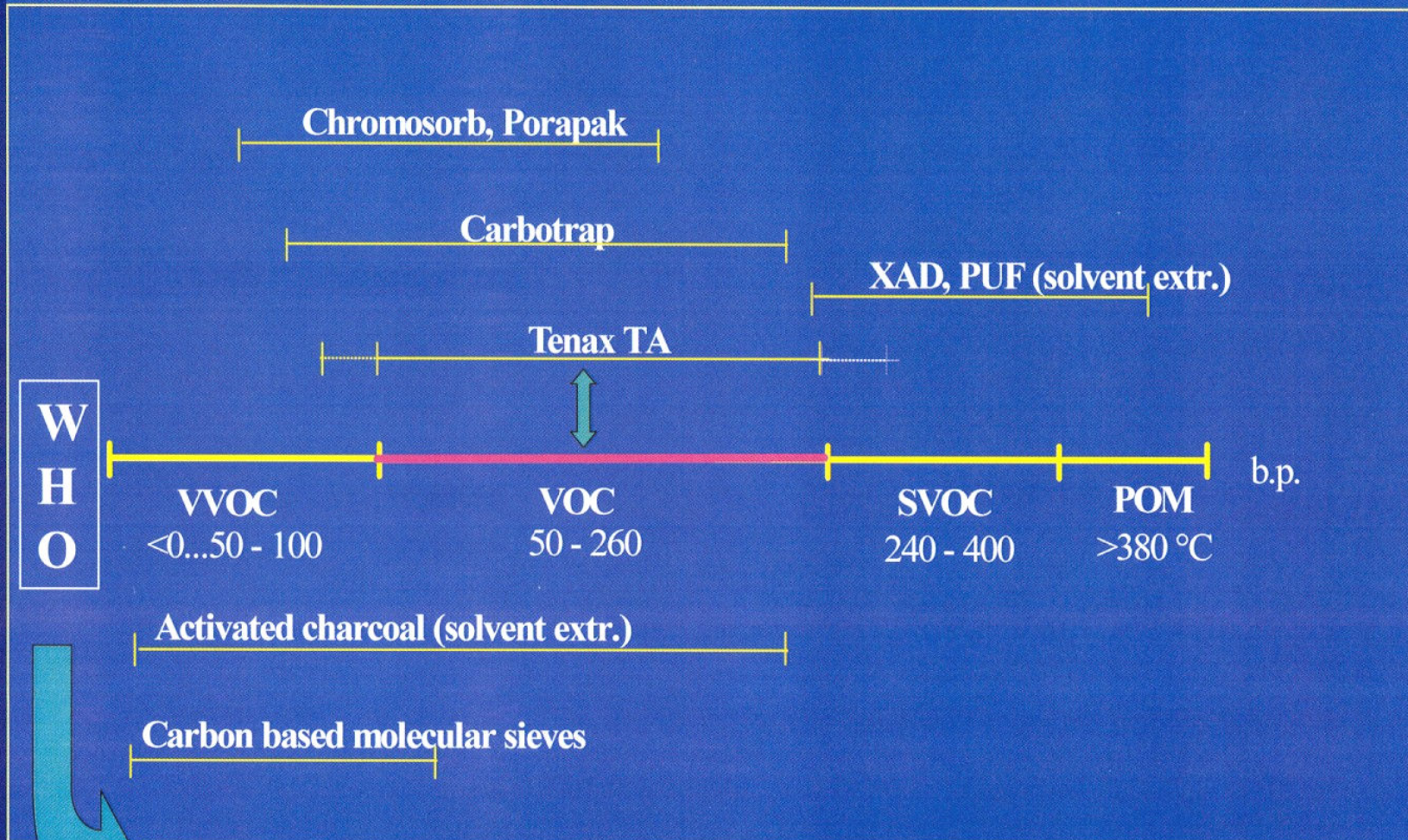
Example of the effects of moisture and oxidation on emissions from a floor structure



화학물질의 분류(Classification for VOCs by WHO)

구 분	약 칭	비등점의 범위	포집방법 (sampling method)
고휘발성 유기화학물질 very volatile organic compounds	VVOC	$< 0^{\circ}\text{C} \sim 50-100^{\circ}\text{C}$	Batch Sampling, 활성탄에 흡착
휘발성 유기화학물질 volatile organic compounds	VOC	$50-100^{\circ}\text{C} \sim 240-260^{\circ}\text{C}$	고형 흡착제에 흡착
반휘발성 유기화학물질 semi-volatile organic compounds	SVOC	$240-260^{\circ}\text{C} \sim 380-400^{\circ}\text{C}$	폴리우레탄 폼에 흡착 또는 XAD-2 수지에 흡착
고형상태의 유기화학물질 particle-bound organic compounds	POM	$> 380^{\circ}\text{C}$	필터로 포집

Sampling and analysis of VOCs



Draft ISO/DIS 16000-6 for material emissions and indoor air quality

VOCs의 중요성

환경학적측면



1. 오존의 생성인자
2. 성층권 오존층 파괴
3. 지구의 온난화
4. 대기에서의 장기체류

보건학적측면



1. 감각능력에 영향
2. 일시적인 최면효과
3. 발암성, 유전독성
4. 중추신경과 말초신경 장애

주요 VOCs 물질과 발생원(실내)

VOCs 물질	주요발생원
벤젠	연기, 세척 및 청소용품, 페인트 제거제, 접착제 등
디클로로벤젠	방향제, 쯤약 등
펜타클로로벤젠	목재 보존재, 곰팡이 제거제, 제충제 등
부틸아세테이트	락커 등
톨루엔, 자일렌	페인트, 바닥용 왁스, 니스, 염료착제, 등유용 난방기구 등
스틸렌	담배연기, 코킹제, 발포형 단열재, 섬유형 보오드 등

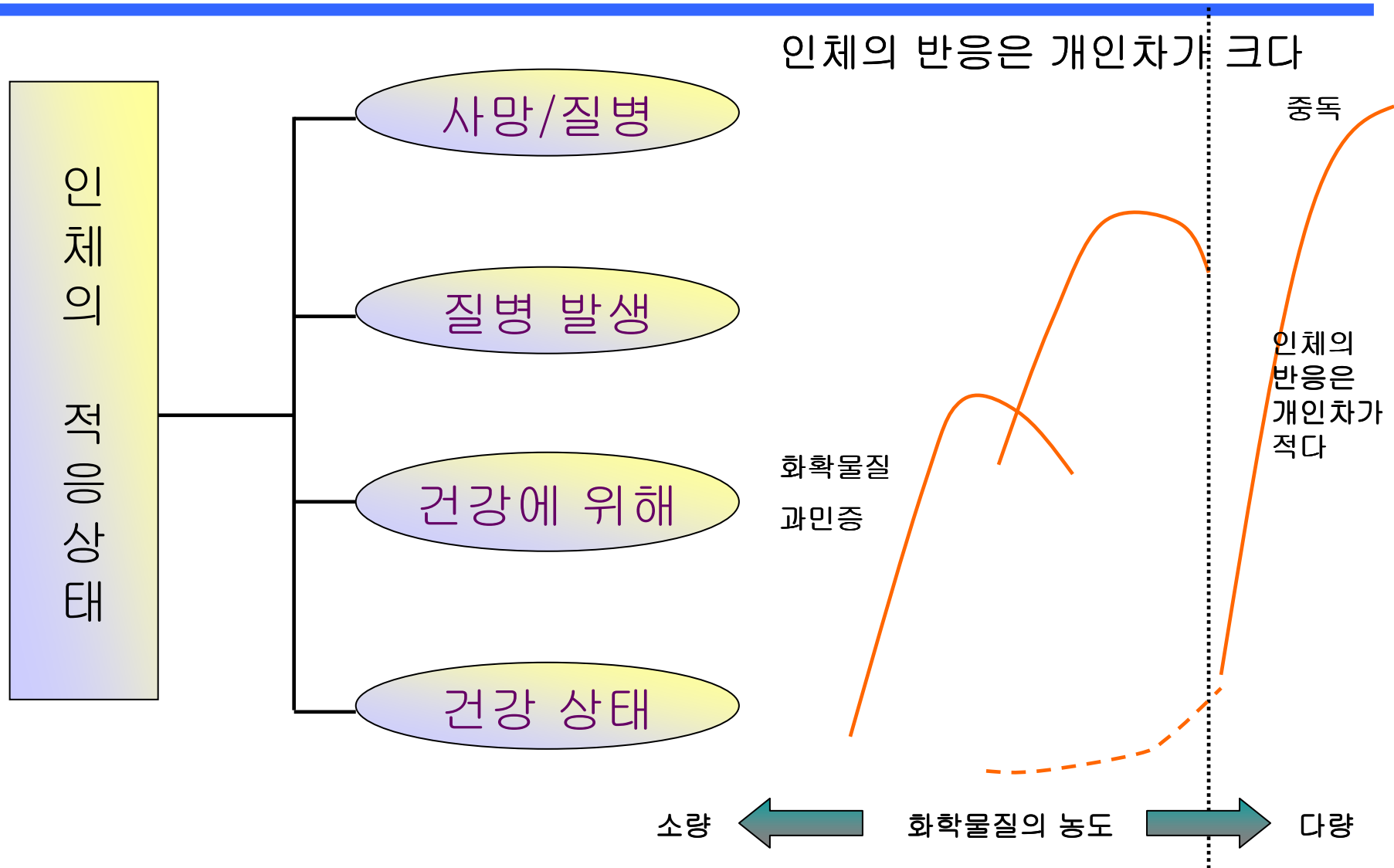


그림 3. VOCs 농도와 건강에 미치는 영향

VOCs 농도와 건강에 미치는 영향

분 류	농 도(TVOC) [mg/m3]
영향이 없음	< 0.3
건강영향 발생 가능	0.3 ~ 3.0
건강영향 발생	3.0 ~ 25
독성 범위	> 25

IAQ 관련 연구 및 제도

친환경 건축자재 및 실내환경 인증제도

건강주거 및 쾌적환경의 실현

건강 주거 및 쾌적환경 구현

오염원의
규명

새집증후군
(SHS)

복합화학물질
과민증(MCS)

빌딩증후군
(SBS)

오염물질 측정 및 평가

건축자재

복사기
프린터
사무기기
업무용

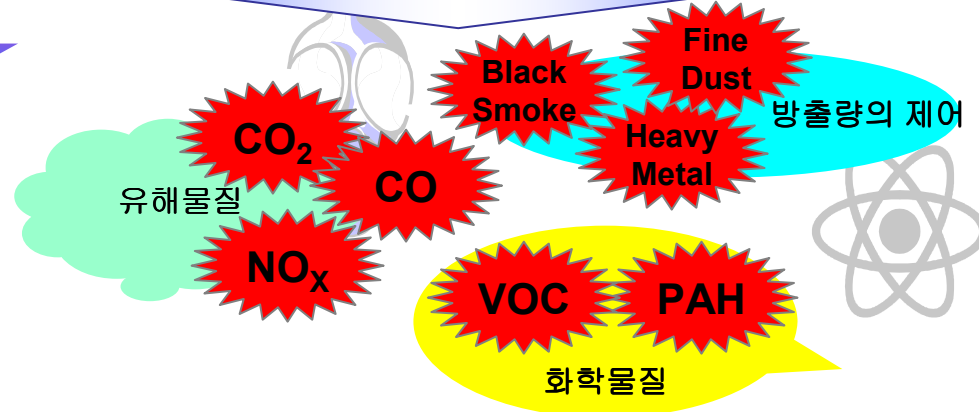
클린룸
자재/장치
산업기기
자동차

가구류
창호/출입문
냉장고/TV

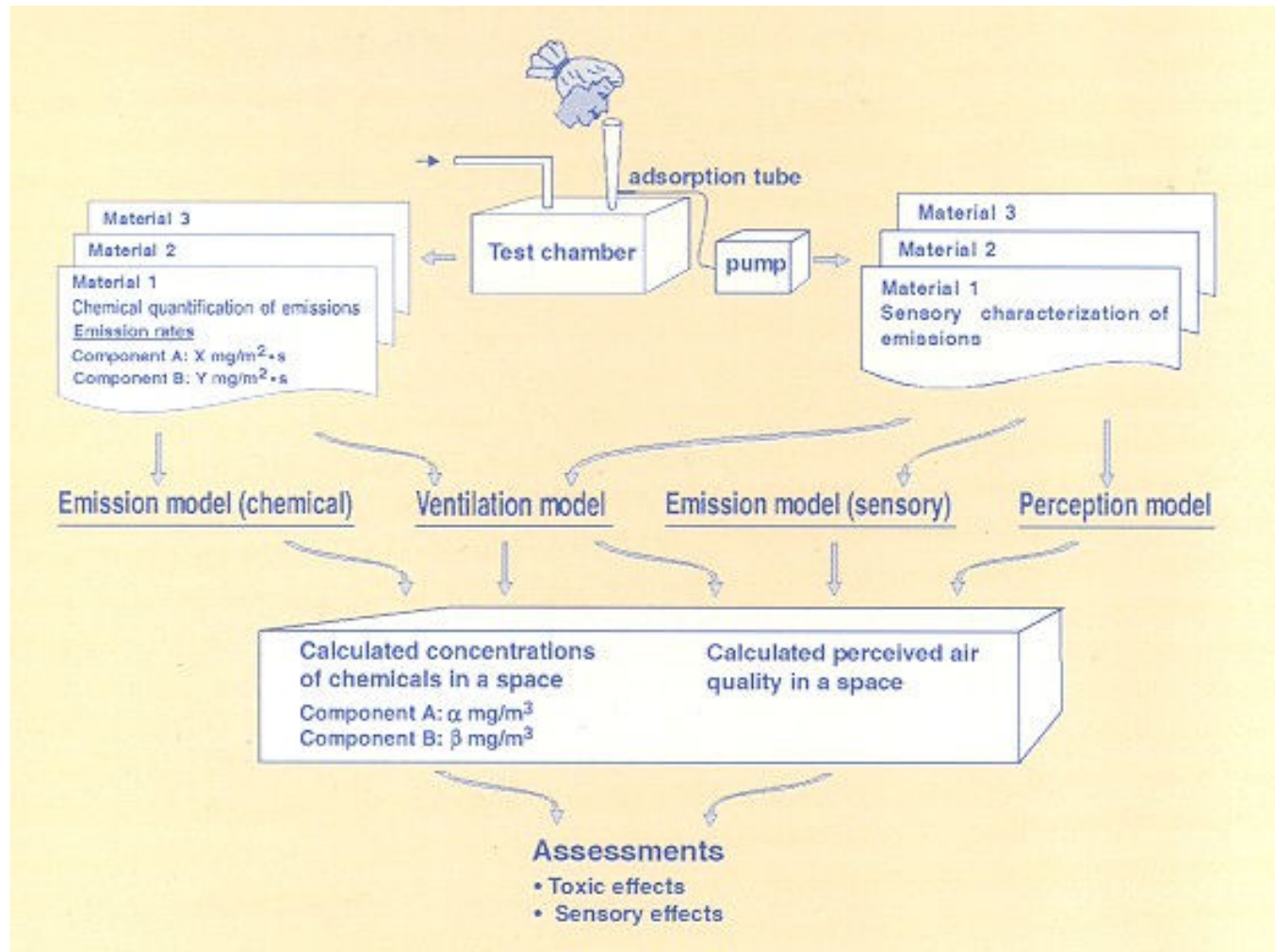


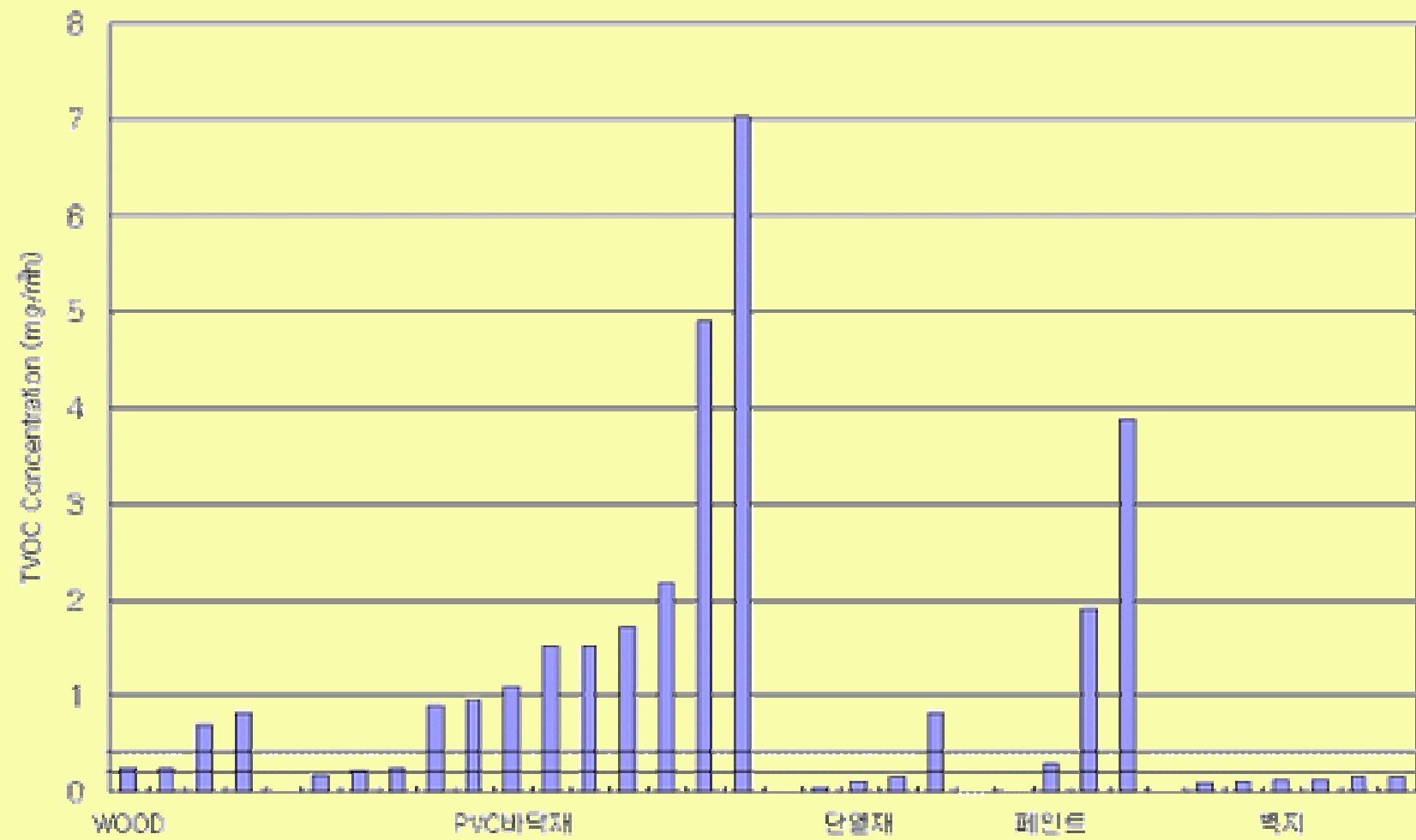
쾌적, 건강한 환경 구현

다중이용시설 실내공기질관리법
오염 물질의 제거 기술



IAQ 관련 연구





건축자재의 **VOCs, HCHO** 방출실험법 기준

ENV13419-1 : 1999 Building products - Determination of the emission of Volatile organic compounds - Part 1 : Emission test chamber Method

ENV13419-3:1999 Building products - Determination of the emission of Volatile organic compounds - Part 3 : Procedure for sampling, storage of samples and preparation of test specimens

ASTM D 5116 : 1990 Standard guide for small-scale environmental Chamber determinations of organic emissions from indoor materials/products

JIS Z 8703 : 1983 시험장소의 표준상태

JIS A 1901 : 2003 소형챔버법

ISO/DIS 16000-3

Indoor air - Part 3 : Determination of Formaldehyde and other carbonyl compounds - Active sampling method

ISO/CD 16000-6

Indoor air - Part 6 : Determination of volatile organic compounds in indoor and chamber air by active sampling on TenaxTA, thermal desorption and gas – chromatography MSD/FID

ECA Total volatile organic compounds(TVOC) in indoor air quality

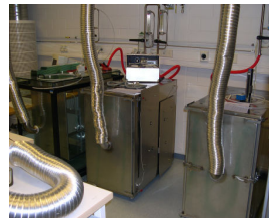
건축자재의 **VOCs, HCHO** 방출실험

- 미국ASTM과 유럽ECA의 챔버규격

구 분		ASTM	ECA
용 적	소형챔버	0.02 ~ 1.0m³	0.02 ~ 1.0m³
	대형챔버	None (22m ³)	12 ~ 80m³
	구분용량	5m³	1m³
측정조건	온 도	25 ± 1℃	23 ± 0.5℃
	상대습도	50 ± 4%	45 ± 3%
	환기횟수	0.5 ± 0.05회/h	1 ± 0.03회/h

외국의 현황: 유럽 (Finland, Denmark)

구 분		ASTM	ECA
용적	소형 챔버	0.02 ~ 1.0m ³	0.02 ~ 1.0m ³
	대형 챔버	22m ³	12 ~ 80m ³
	구분용량	5m ³	1m ³
측정조건	온도	25 ± 1°C	23 ± 0.5°C
	상대습도	50 ± 4%	45 ± 3%
	환기횟수	0.5 ± 0.05회/h	1 ± 0.03회/h



외국의 현황: 일본

규격	규격명
JIS A 1901	建築材料の揮発性有機化合物(VOC)、ホルムアルデヒド及びカルボニル化合物放散量測定方法—小形チャンバー法

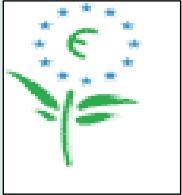
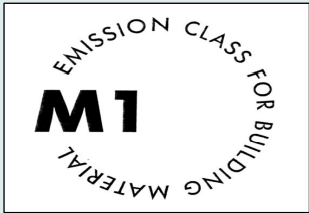
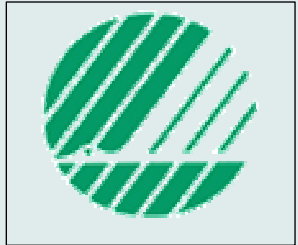


일본 「화학물질 제어 실험실」 주요제원

대표물질의 평가예	챔버의 성능 및 측정치
포름알데히드(HCHO)	2 μ g/m ³ (2 μ g/m ³ 이하)
톨루엔	5 μ g/m ³ (1 μ g/m ³ 이하)
프탈산 2-에틸헥실	0.01 μ g/m ³ 이하
총휘발성유기화합물(TVOC)	5 μ g/m ³ (1 μ g/m ³ 이하)
二酸化窒素 (NO ₂)	0.0005ppm以下



● 주요 선진국의 건축자재의 환경표지 제도

구분	환경마크	특징	보호 대상
유럽연합		-EU의 15개의 회원국에서 사용 -음식, 음료, 약품을 제외한 모든 제품 -전과정 평가를 통한 cradle to grave 방식	환경, 건강
핀란드		-실내공기질과 연계한 종합 등급제 -마감재 종류의 구분 없이 방출량으로 등급을 부여	환경, 건강, 실내공기질
독일		-최초의 환경표지 제도 -환경마크 부착 제품 판매액의 20%를 인증기관에 납부	환경, 건강
북유럽 연합		-제품의 전과정을 고려한 환경평가 -품질성능도 평가 -알레르기 반응 등 건강에 대해 고려 -생물학적 실험 실시 -판매중인 제품에 대한 검사 실시	환경, 건강

구분	환경마크	특징	보호 대상
덴마크, 노르웨이		- 실내공기에 영향을 주는 가구와 다른 제품의 영향도 고려 - 저장, 이동, 설치, 사용, 청소 및 유지 등을 포함하는 indoor-relevant time value개념	환경, 건강, 실내공기질
미국		- 각종 국제기준에 부합하는 범용적인 프로그램 - 제조과정과 제조시설을 인증평가에 반영 - 인증 후에도 지속적인 관리	환경, 건강
		- 친환경 제품정보를 제공하는 Choose Green Report발간 - 주 법률에 근거하여 정부와 연계한 GYGP(Greening Your Government Program)진행	환경, 건강
캐나다		- 인증업체에 market incentive 제공 - 환경적 QA/QC실시	환경, 건강

실내환경 인증제도 건축자재의 품질인증 제도

■ FINLAND의 마감재료의 선정과 실내 환경

Classification of Indoor Climate, 2000

Classification of Indoor Climate, Construction and Finishing
Materials, 1995

■ Joint CIB-ISIAQ TG42, 2002

Performance Criteria of Building for Health and Comfort (Draft)

마감재료의 선정과 실내 환경

실내환경의 질을 분류영역 S1, S2, S3

영역 S1: TVOC: 0.2mg/m³ 이하, HCHO : 0.03mg/m³ 이하

영역 S2: 0.3mg/m³ 이하 0.05mg/m³ 이하

영역 S3: 0.6mg/m³ 이하 0.1 mg/m³ 이하

분류 영역 S1일 때 마감재료 분류 M1 적용

영역 S2일 때 마감재료 분류 M2 적용

Classification of Indoor Climate, 2000

항 목	단위	등급 기준		
		S1	S2	S3
라돈	Bq/m³	100	100	200
이산화탄소 (CO2)	ppm	700	900	1200
암모니아, 아민 (NH3)	μg/m³	30	30	40
포름알데히드 (HCHO)	μg/m³	30	50	100
VOCs (TVOC)	μg/m³	200	300	600
일산화탄소 (CO)	mg/m³	2	3	8
오존 (O3)	μg/m³	20	50	80
냄새		3	4	5.5
분진 (PM10)	μg/m³	20	40	50



FINLAND의 마감재료의 분류

구분	M1	M2	M3
VOCs	0.2 mg/m ² h	0.4 mg/m ² h	M2에서 정의한 범위를 넘는 물질
포름알데히드	0.05 mg/m ² h	0.125 mg/m ² h	
암모니아	0.03 mg/m ² h	0.06 mg/m ² h	
발암성 물질	0.005 mg/m ² h	0.005 mg/m ² h	
냄새	무취성의 재료 (냄새에 대한 불만족도 15%이하)	강한 냄새가 나지 않는 재 료(냄새에 대한 불만족도 30%이하)	
기타	플라스터 등에는 카세인이 포함되지 않아야 함		
대상자재	바닥재, 페인트, 니스, 보드류, 광물섬유, 플라스터, 첨가제 등		

- 독일 EMICODE 등급
- 1997년 접착제 생산업체
- GEV(Gemeinschaft Emissionskontrollierte Verlege- werkstoffe)
- 건축자재(실내공기환경) 인증기준: TVOC 등급, 프라이머, 모르타르, 접착제

- 독일정부의 Blue Angel
- Eco-Label(RAL-UZ38 rev) 등급분류
- UBA (Federal Environmental Agency), BAM (Federal Institute for Materials)
- 포름알데히드(0.1ppm), VOCs(<250g/L:액상 자재, <300 μ g/m³:일반 자재) 실내공기환경과 오염물질 인증기준
- 제품포장, 재생원료 사용률, 사후처리 등도 인증기준에 포함.

- 일본: 건설성, 후생성, 농림성 등 정부
- JIS, JAS(일본농림규격, 농림성과 합판공업조합)
- 실내공기환경 오염에 관한 지침을 제정하였으며
- 건설성에서는 2000년 6월 주택품질확보촉진법 고시
- 실내공기환경에 대한 성능평가기준: 포름알데히드, 파티클보오드, 합판, 목재집성판, 복합바닥재 제품에 대한 Labeling 실시.
- 2003년 1월: 화학물질 Labeling 기준 강화(JIS,JAS 등)
- 2003년 7월: 건축기준법 환기관련 기준 강화

미국의
green guard
인증 기준

구 분	성 분	기 준
접착제 일반건축재 바닥재	TVOCs	0.50mg/m ³
	Formaldehyde	0.05ppm
	Total aldehydes	0.1ppm
	4-phenylcyclohexene	0.0065mg/m ³
	Styrene	0.70mg/m ³
가정용 기구	TVOCs	0.50mg/m ³
	Formaldehyde	0.05ppm
	Total aldehydes	0.1ppm
천정재 단열재	TVOCs	0.50mg/m ³
	Formaldehyde	0.05ppm
	Total aldehydes	0.1ppm
	분진	0.05mg/m ³
사무가구 (의자, 데스크, 테이블 등)	TVOCs	0.25mg/m ³
	Formaldehyde	0.025ppm
	Total aldehydes	0.05ppm
	4-phenylcyclohexene	0.00325mg/m ³
페인트	TVOCs	0.50mg/m ³
	Formaldehyde	0.05ppm
	Total aldehydes	0.1ppm
	Styrene	0.070mg/m ³
벽지 직물 가구(워크스테이션)	TVOCs	0.50mg/m ³
	Formaldehyde	0.05ppm
	Total aldehydes	0.1ppm
	4-phenylcyclohexene	0.0065mg/m ³

캐나다

- Environmental ChoiceM Program

- 캐나다 환경부에서 1988년 실시
- 29개 생활용품에 대해 환경에 유해한 정도, 재활용성, 인체 유해성, 폐기물활용 등을 평가하여 친환경 마크 부여
- 첩착제, 페인트, 카펫 등의 건자재 포함
- 용도별로 VOCs 함유량 및 독성물질 기준 지정

종 류	성 분	기 준	비 고
페인트	VOCs 함량	200g/L 이하	
카펫	TVOC	0.25mg/m ² h	24시간 이후
	포름알데히드	0.02mg/m ² h	48시간 이후
카펫접착제	TVOC	0.05mg/m ² h	72시간 이후
	포름알데히드	0.02mg/m ² h	72시간 이후

우리나라의 현황

● 국내 환경표지제도

개요	환경라벨
우리나라의 환경표지(일명 환경마크)제도는 1992년 환경부에 의해 도입되었으며, 1994년 설립된 환경마크협회에 의해 운영되고 있다. 선진국에 비해 아직까지 운영성과는 미약한 편이나, 제도개선을 통하여 동 제도에 참여하는 기업 수가 빠르게 증가하고 있다. 2003년 7월 현재 598개 제품이 환경표지를 사용하고 있다.	환경표지
	

● 친환경 건축자재 인증제도(한국공기청정협회 단체표준 인증)

개요	환경라벨
건축자재의 오염물질 방출에 관한 인증은 유럽과 미국 등에서 매우 활발하게 진행되어 왔으며, 1997년 일본에서 실시되어 왔고(2003년 3월 관련조항 보완 및 기준강화)과 2003년부터 중국에서도 실시하고 있다. 이에 우리나라에서도 “다중이용시설 등의 실내공기질관리법”과 관련하여 건축자재의 등급화가 필요하게 되었다. 사단법인 한국공기청정협회는 건축자재의 인증등급안을 마련하여 2003년 12월 부터 시행하기 위하여 관련사항을 준비하고 있다.	환경표지
	

친환경 건축자재 단체인증제도

- (1) 국내외서 생산되는 건축자재의 VOCs, HCHO 방출강도 측정
- (2) 인증기관의 엄격한 품질시험의 결과에 따라 5가지 등급(HB마크) 부여
- (3) 건물내장재로 사용되는 일반재료와 페인트, 접착제에 주로 적용

구분		일반자재	페인트	접착제
표시(5개) ○○○○○	TVOC	0.10 미만	0.10 미만	0.25 미만
	HCHO	0.03 미만	0.03 미만	0.06 미만
표시(4개) ○○○○	TVOC	0.10 이상 ~ 0.2 미만	0.10 이상 ~ 0.2 미만	0.25 이상 ~ 0.50 미만
	HCHO	0.03 이상 ~ 0.05 미만	0.03 이상 ~ 0.05 미만	0.06 이상 ~ 0.12 미만
표시(3개) ○○○	TVOC	0.20 이상 ~ 0.40 미만	0.20 이상 ~ 0.40 미만	0.50 이상 ~ 1.50 미만
	HCHO	0.05 이상 ~ 0.12 미만	0.05 이상 ~ 0.12 미만	0.12 이상 ~ 0.40 미만
표시(2개) ○○	TVOC	0.40 이상 ~ 2.00 미만	0.40 이상 ~ 2.00 미만	1.50 이상 ~ 5.00 미만
	HCHO	0.12 이상 ~ 0.60 미만	0.12 이상 ~ 0.60 미만	0.40 이상 ~ 2.00 미만
표시(1개) ○	TVOC	2.00 이상 ~ 4.00 미만	2.00 이상 ~ 4.00 미만	5.00 이상 ~ 10.00 미만
	HCHO	0.60 이상 ~ 1.25 미만	0.60 이상 ~ 1.25 미만	2.00 이상 ~ 4.00 미만



- ⑤ HB ★★★★★ : 최우수
- ④ HB ★★★★ : 우수
- ③ HB ★★★ : 양호
- ② HB ★★ : 일반 I
- ① HB ★ : 일반 II

단위 : mg/m²*h

우리나라의 현황

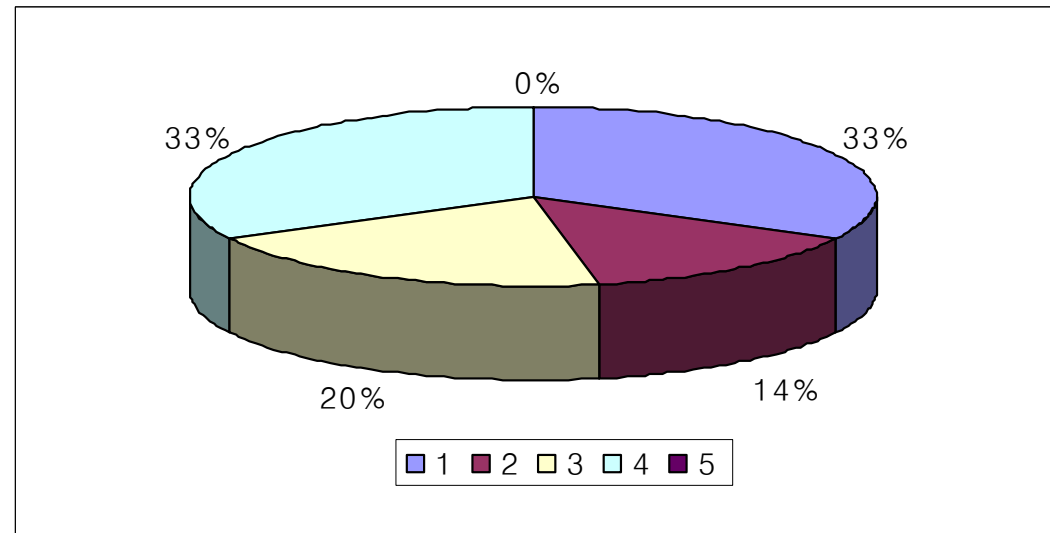


small chamber 법에 의한 화학물질 측정장치
제작: 3S - Korea, 2003년 12월 출시

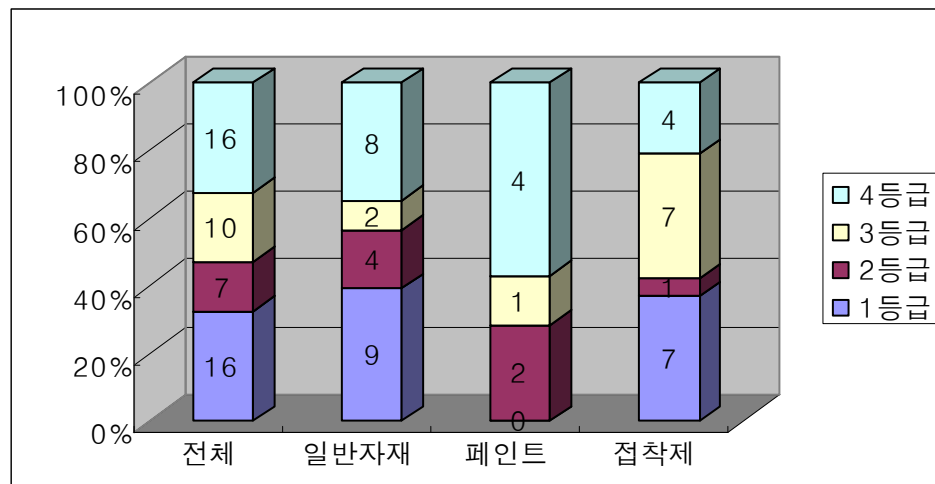


친환경 건축자재 인증 현황

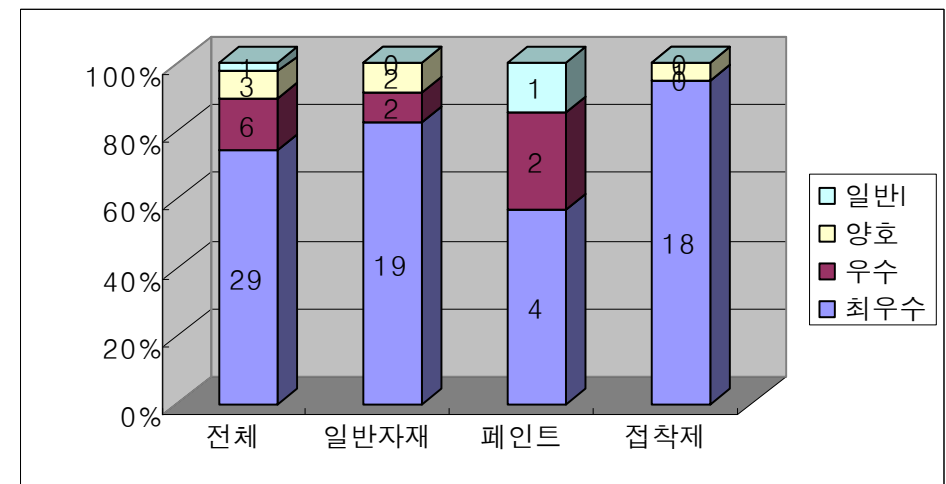
총 49종 자재 (1차: 18종, 2차: 31종)
 액상자재 26 종 (접착제 19, 페인트 7)
 일반자재 23 종
 바닥재 11 종
 벽지 6 종
 필름류 2 종
 합판 3 종
 글라스울 1 종



친환경 건축자재 인증 현황



HCHO 방출농도에 의한 평가 (참고자료)



IAQ 관련 연구 및 제도

S.B.S 와 실내공기질 대응방안 (일본)

일본의 Sick House 대책



● 일본 - Sick House 대책을 위한 강제 규제

1. 클로로피리포스(방충제) 첨가 건축자재 사용금지
2. HCHO 방출 건축자재의 사용제한
3. 24시간 (상시) 환기가 가능한 환기설비의 설치 의무화

건축자재의 사용제한

계산방법

- (1) 환기설비의 환기회수 를 설정한다.
- (2) HCHO 방출 건축자재의 사용면적을 조사한다.
(제 2 종은 몇 m², 제 3 종은 몇 m² ?)
- (3) 아래 표에서 계수 적용 (제 2 종은 N₂, 제 3 종은 N₃ 계수) 를 수식에서
합산하여 계산한다.
- (4) 산출된 수치를 바닥면적 이하가 될 때 사용가능.

$$\begin{array}{c}
 \text{第2種対象} \\
 \mathbf{N_2 S_2} \\
 \text{(上表Nの数值) (対象面積)}
 \end{array}
 +
 \begin{array}{c}
 \text{第3種対象} \\
 \mathbf{N_3 S_3} \\
 \text{(上表Nの数值) (対象面積)}
 \end{array}
 \leq
 \begin{array}{c}
 \mathbf{A} \\
 \text{(居室の床面積)}
 \end{array}$$

거실의 종류	환기회수	N ₂ 第2種の 계수	N ₃ 第3種の 계수
주택의 거실	0. 7 회/h 이상	1. 2	0. 2 0
	0. 5 회/h - 0. 7 / h 회/h	2. 8	0. 5 0
주택 이외의 거실	0. 7 회/h 이상	0. 8 8	0. 1 5
	0. 5 회/h - 0. 7 회/h	1. 4	0. 2 5
	0. 3 회/h - 0. 5 회/h 미만	3. 0	0. 5 0

換気システムの 계획

計画換気に
必要とされる
主な3要素

1 24時間常時換気

住宅全体を24時間換気することで、汚染物質が滞留することなく、いつもクリーンな状態に保ちます。

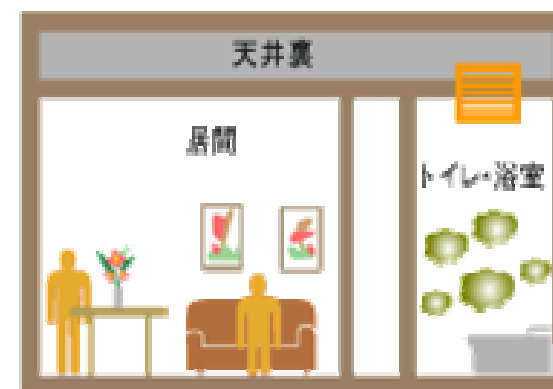
2 小風量換気

冷暖房に影響しないように、小風量で換気をします。

3 換気経路の明確化

汚染空気やにおいなどが長い時間滞留しないように、住宅内の換気経路を明確にする必要があります。

住宅内に少量の空気の流れを絶えず作ることが計画換気です。



IAQ 관련 연구 및 제도

사무공간 및 작업자를 위한 실내 공기질 대응방안



실내 공기질(IAQ) 제어방안

Source Control

건축내장재료
(VOCs, HCHO등)
연소기기(CO, Nox, 분진)
덕트, 설비기기
곰팡이, 집먼지 진드기

Removal Control

공기청정기
에어필터
물리적 흡착
촉매반응 및 화학흡착

Perceived IAQ
실내 공기질

Dilution Control

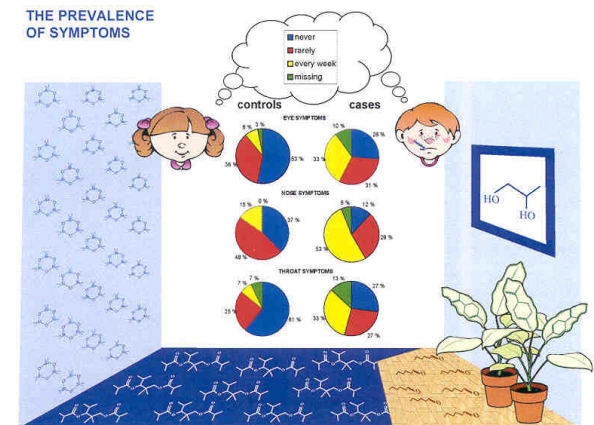
적정한 환기경로 설계
최적의 환기량 확보
전반환기, 국소환기
폐열회수 환기유니트
Hybrid Ventilation

① Source Control

- Building Materials
 - Low emitting materials
Adhesives, Paints, Boards, etc
 - Material database
Emission rate
Time dependent behavior
 - Test methods
Chamber, FLEC, etc



화학물질 방출 건축자재 제거
비휘발성 접착제를 사용한 건축자재 선정 및 시공



⇒ VOCs 물질이 함유되지 않은 건축자재와 가구류 시공 : 가장 효과적인 제어수단

미국: 건축자재나 카펫트 생산업체, 미국 ASHRAE, US EPA의 공동연구
VOCs의 방출량 경감(VOCs의 방출비율이 1/10 정도로 감소)



친환경 건축자재의 품질인증

② Removal Control

- Air Cleaner
 - Package Air Cleaner
 - Filter
 - Bio filter
 - Electrostatic filter
 - Photo-catalytic filter
 - Test methods
 - Gas, Particle

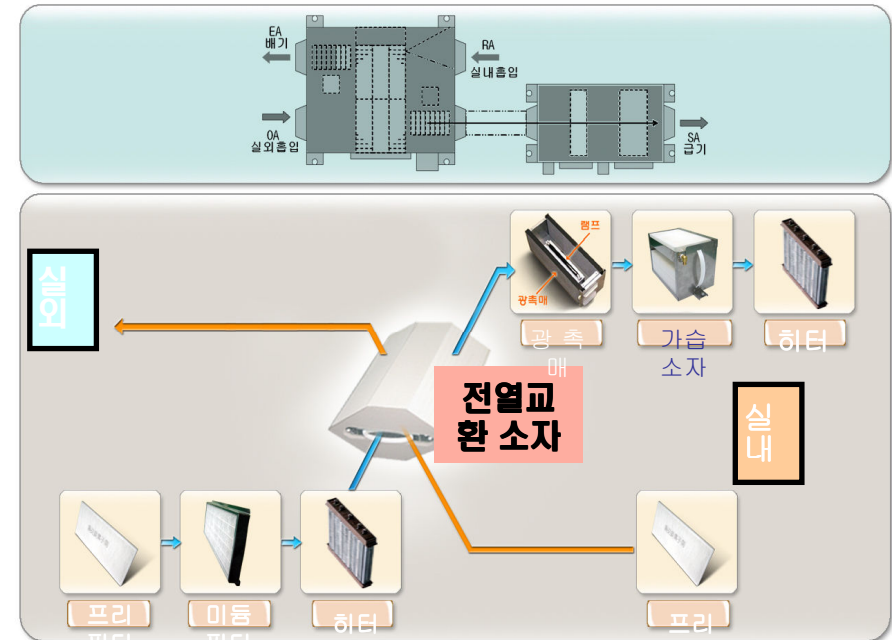


실내공기 청정기의 품질인증



③ Ventilation Control

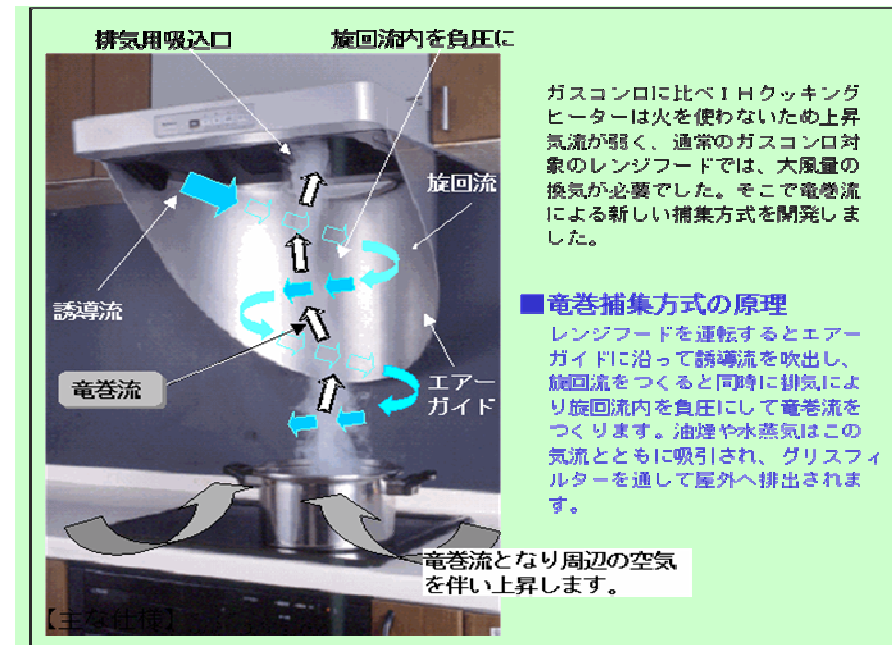
- Local Ventilation
 - Kitchen hood
 - Bathroom exhaust fan
- General Ventilation
 - Total building ventilation system
 - Heat recovery ventilator



실내의 VOCs 물질의 농도를 제거/ 희석

- ① 환기설비의 운전(일반환기방식, 국소환기방식)
- ② 공기정화설비(여과장치)의 운전,
- ③ 원인물질의 제거나 교체 등의 방식 채택

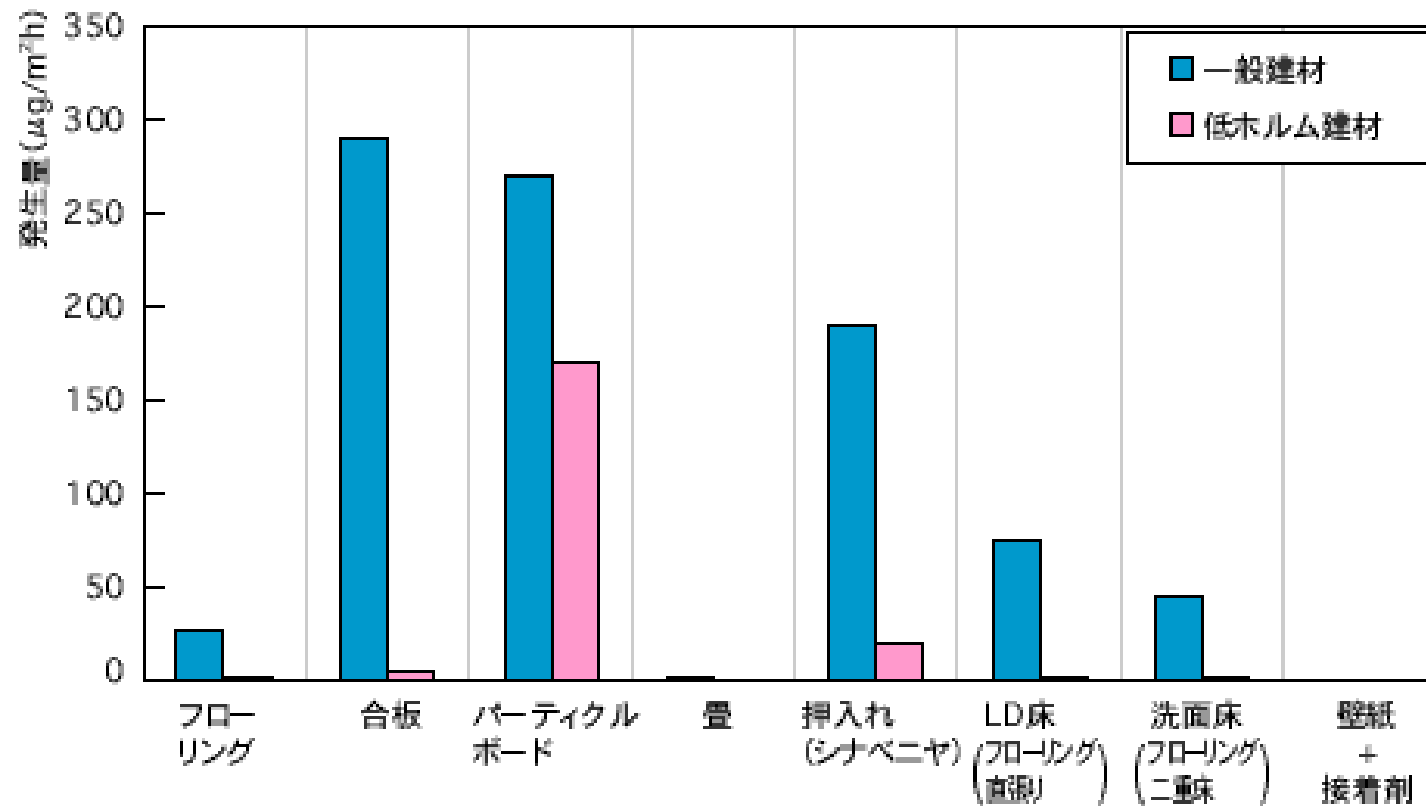
 폐열회수 환기유니트의
품질인증



대책 사례

- (1) 건자재의 방산량
- (2) 환기시스템의 효과
- (3) 흡착재에 의한 제거
- (4) Bake Out 방법

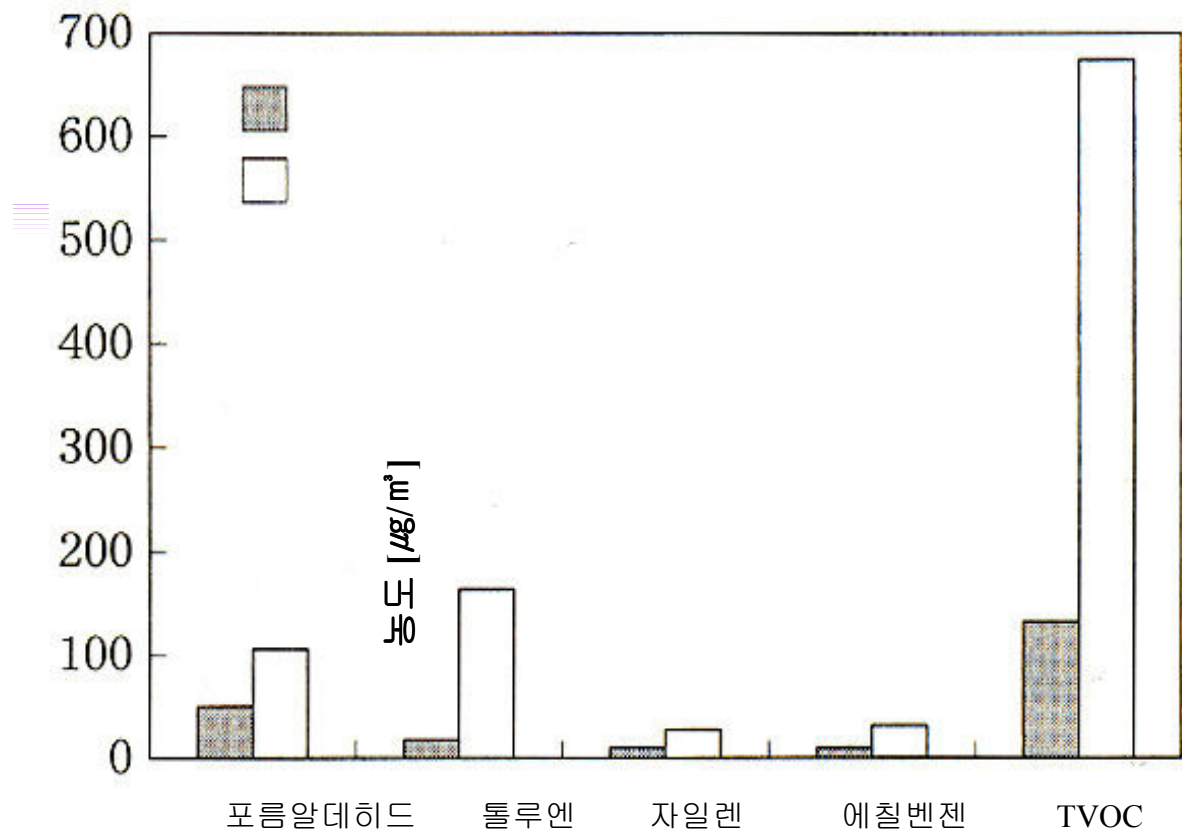
물리적 흡착과 촉매반응 및 화학흡착



대책 사례

- (1) 건자재의 방산량
- (2) 환기시스템의 효과
- (3) 흡착재에 의한 제거
- (4) Bake Out 방법

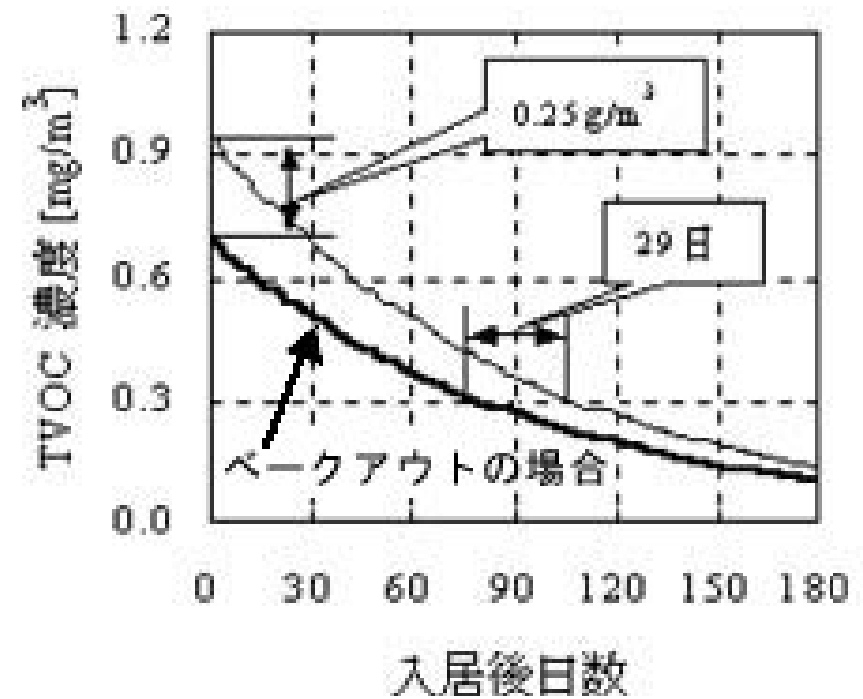
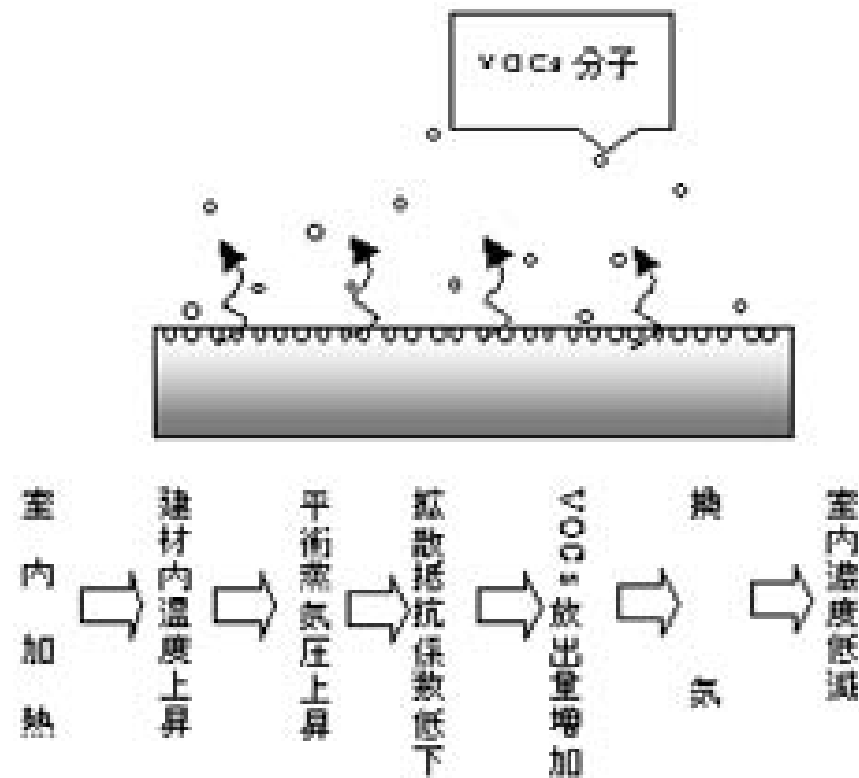
물리적 흡착과 촉매반응 및 화학흡착



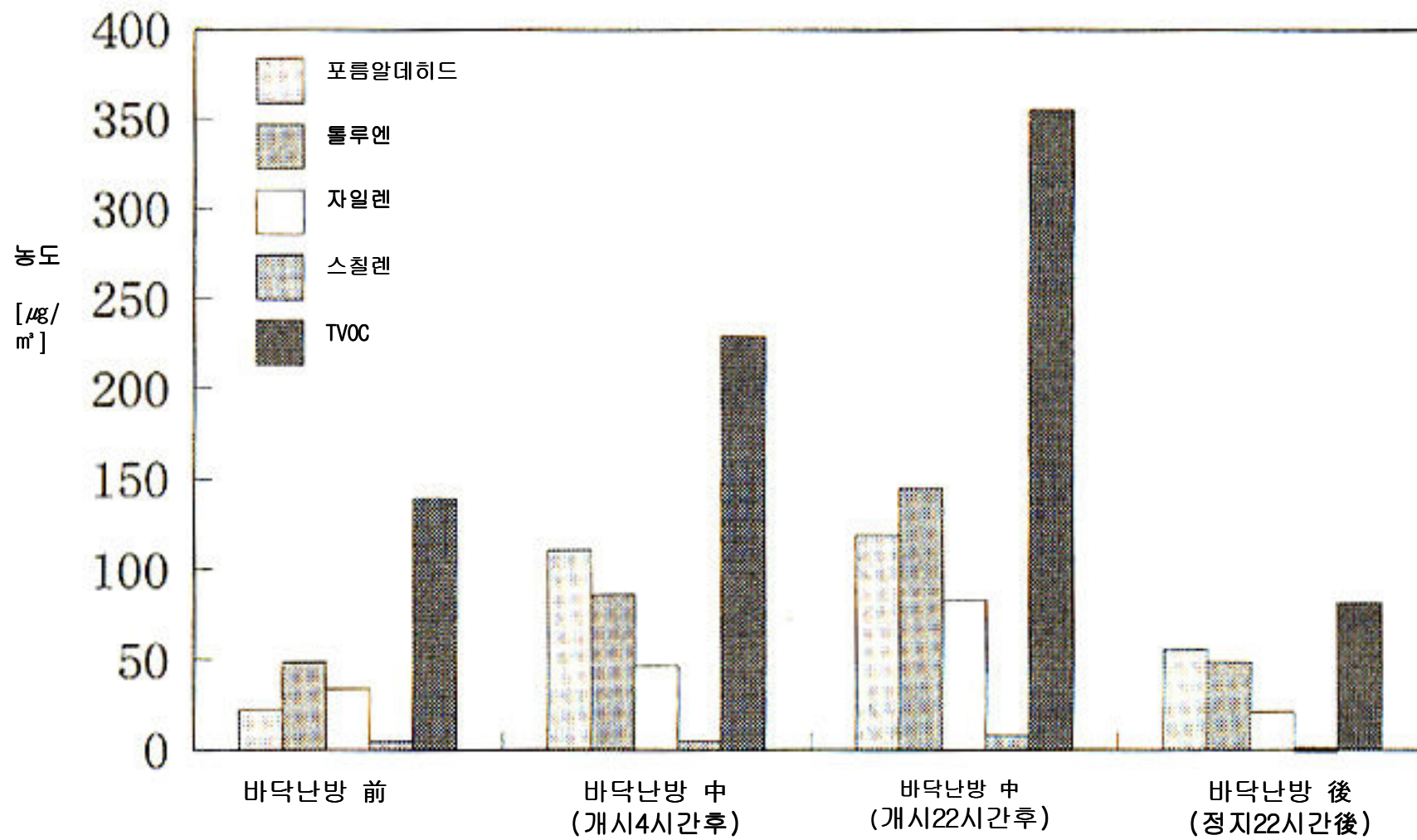
환기유무에 따른 실내공기질 비교 (일본의 사례)

Takenaka Corporation (株)竹中工務店

- (1) 건자재의 방산량
- (2) 환기시스템의 효과
- (3) 흡착재에 의한 제거
- (4) **Bake Out** 방법



Bake Out 방법



실내의 VOCs 농도 경감 대책

1) 건축자재의 선정

화학물질 방출 건축자재 제거

비휘발성 접착제를 사용한 건축자재 선정 및 시공

⇨ VOCs 물질이 함유되지 않은 건축자재와 가구류 시공

: 가장 효과적인 제어수단

미국: 건축자재나 카펫트 생산업체, 미국 ASHRAE, US EPA의 공동연구
VOCs의 방출량 경감(VOCs의 방출비율이 1/10 정도로 감소)

2) 실내의 VOCs 물질의 농도를 제거/ 희석

① 환기설비의 운전(일반환기방식, 국소환기방식)

② 공기정화설비(여과장치)의 운전,

③ 원인물질의 제거나 교체 등의 방식 채택

3) 베이크아웃(bakeout) 방법

신축건물의 경우에 실내온도를 30 °C 이상(40 °C 이하) 가열

최근에는 실내의 VOCs 물질을 제어하기 위한 효과적인 수단

건축자재에 함유된 휘발성 VOCs 물질의 방출 일시적으로 촉진

다량의 VOCs 물질을 강제로 방출시키는 방법

건축자재의 종류에 따라 다르지만 방출량이 20 - 35% 정도가 감소됨

공기청정기(AIR CLEANER)





공기청정기 사용전

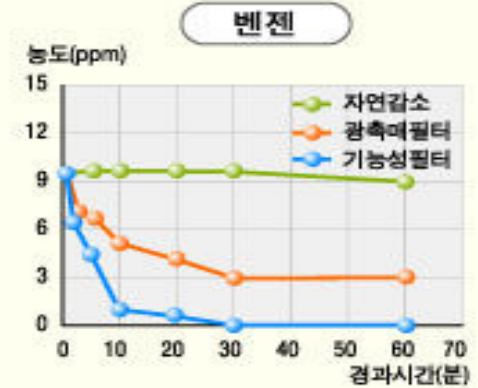
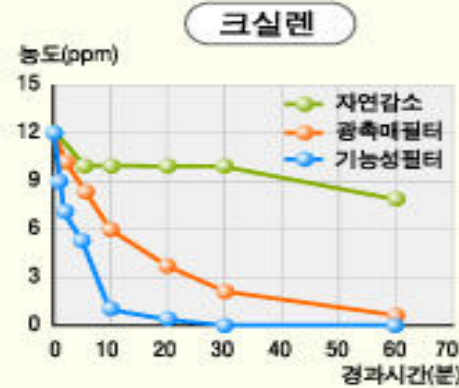
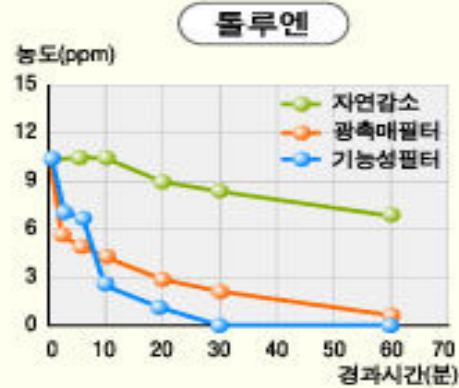


공기청정기 사용후

정격풍량	실내 공기의 흐름과 순환을 위한 구동력 필요 CMM
집진효율	HEPA 필터, ULPA 필터 (포집효율 99.97 %이상)
정화용량 (처리용량)	실내 공기의 흐름과 순환, 청정기의 적용면적 m^3/min
오존발생량	전기식 집진장치의 처리방식에 의하여 오존발생가능 ppm
소음	풍량 유지, 유로의 설계, 송풍기 성능에 따라 소음발생 dB
탈취효율	탈취용 필터, 냄새제거, 활성탄 필터나 광촉매 필터 사용



저소음 운전
취침에 방해되지 않는
최저소음(20dB) 운전



※일본 오사카 산업기술 연구소 2003년 1월

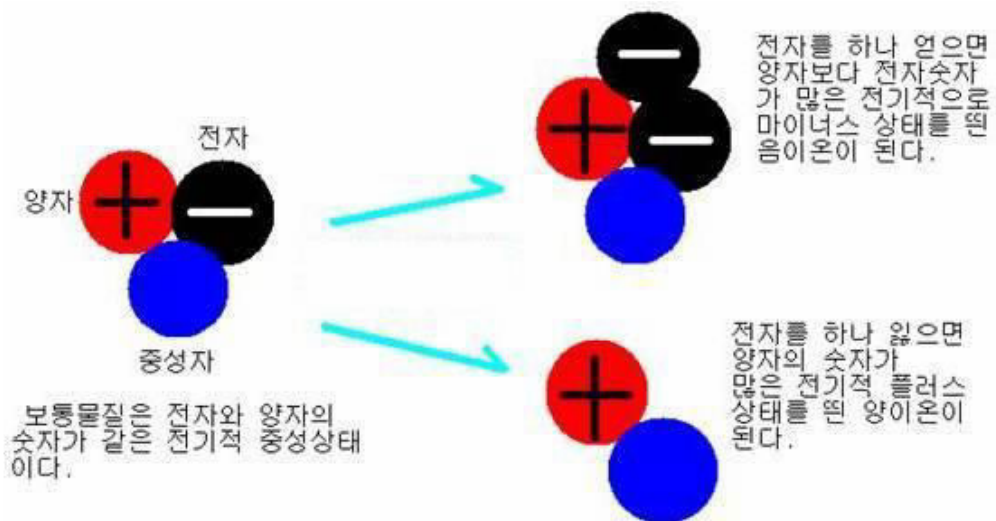
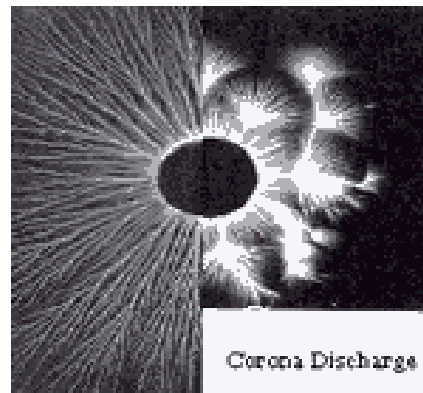
공기청정기의 성능

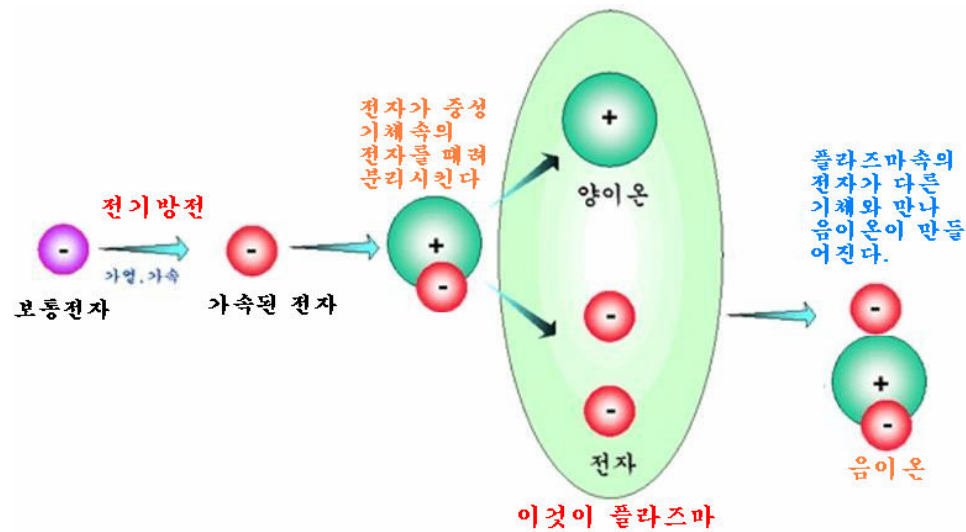


이지(EZ)필터 관리시스템
청소부터 교체까지 쉽고 깨끗하고 편리

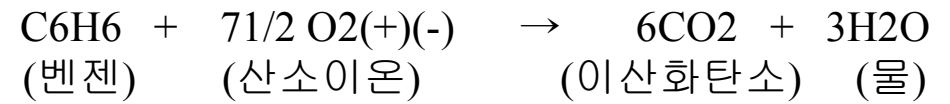
공기청정기

≡≡≡ 사용기관인 독일 **SimensVT**의 의뢰로 실내공기 환경분석
전문기업인 **VDI Partner**의 **Winkens**박사가 측정한 결과 공기 중
VOC가 효과적으로 제거됨은 물론 일본의 한 실험에서도
포름알데히드 톨루엔 벤젠 자일렌 스티렌 등 대표적인 **VOC**성분이
3시간 이내에 **99.84%**까지 제거되었습니다 (판매업체 홍보자료)

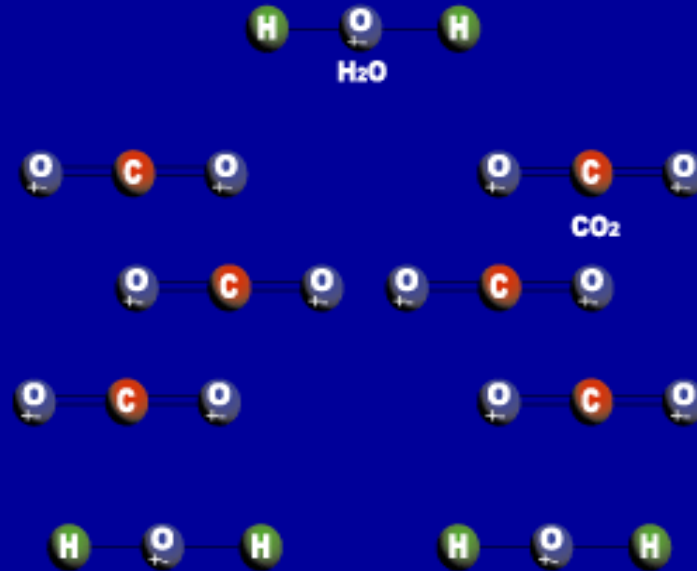
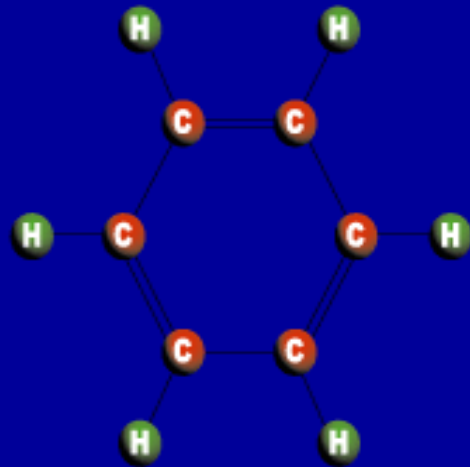




공기청정기



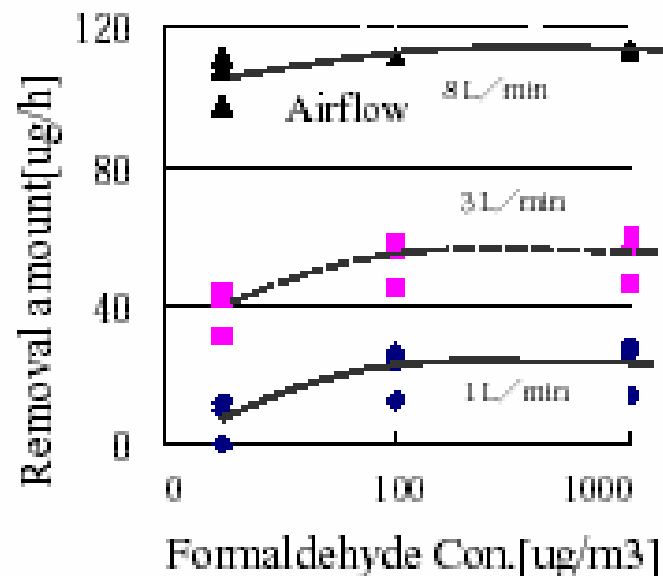
▶ ionair는 포름알데히드, 벤젠, 톨루엔 등 VOC(휘발성유기물질)를 제거합니다



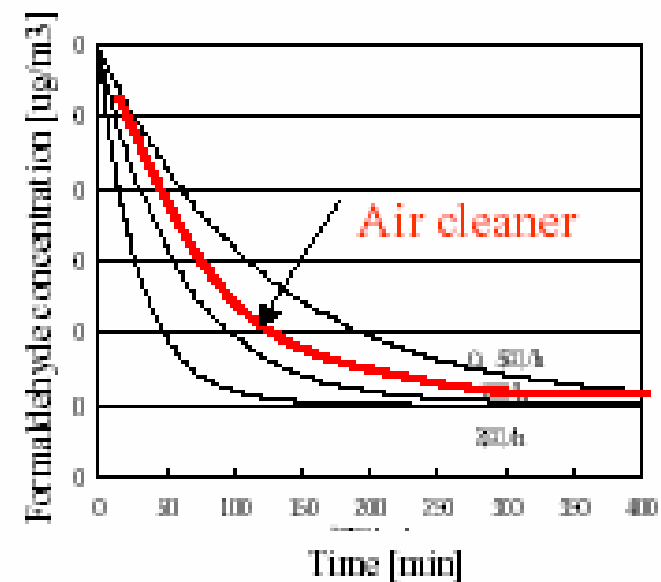
공기청정기의 화학물질 제거효율

□ Source Control

1) Air Cleaner with TiO_2 Photocatalyst & UV Lamp



Removal amount



Corresponding ventilation rates*

실내 VOCs물질의 제어방법과 효과

실내 VOCs물질의 제어방법	제어방안의 효과 및 특성	비 고
① 원인물질의 제거 또는 교체 방식	오염발생원의 근본적 제거. 많은 비용과 노력 소요: 자재비용과 인건비 추가 지출. 건축자재, 접착제, 실링재료 선정 중요.	생산업체의 Non-Toxic 자재 개발 노력 요구. 가장 선진화된 방법.
② 환기설비의 운전 일반(전반)환기방식 국소환기방식	건물의 환기횟수 증가 방법. 건물의 환기성능에 따라 제거효율 변화.	환기량의 증가로 인한 에너지 소비의 증가. 환기량이 감소되면 또다시 오염물질이 방출.
③ 공기정화설비 (여과장치)의 운전,	공기정화기에 의한 공기여과 방법. VOCs 물질의 제거효과 미약. 활성탄 필터: VOCs물질의 일부만 흡착 가능, 제거량 매우 제한적임.	좁은 공간의 오염물질을 제거 수단으로 활용. 건물 전체에 적용할 경우에 제거성능이 낮고 비용이 많이 소요.
④ 베이크아웃 (bakeout) 방법	건축재료의 표면에 존재하는 VOCs만 방출. 포름알데히드와 같이 재료의 전체층에 두텁게 존재하는 발생원에 대해서는 큰 효과가 없는 것으로 분석됨.	실내의 가열로 인한 페인트, 코팅재료의 균열, 유리창의 균열, 목재류나 신축이음 등의 뒤틀림 발생에 주의.

맺 음 말

실내 공기질(IAQ)의 중요성이 인식

- 보건 위생적으로 안전하고 쾌적한 실내환경 유지
- 실내오염물질에 대한 오염원의 종류와 특성, 오염원의 제어방안과 환경오염 방지대책 필요
- 데이터베이스의 구축과 이를 활용한 설계지침과 유지관리방법 체계의 확립

실내환경 규제법규에 따른 개선방안

- 쾌적하고 건강한 거주공간의 공기환경 유지
- 효과적인 설계지침, 관리방법 등 환경기준에 따른 적용방안 정착

건축자재 유해물질 방출강도에 따른 적용방안 정립

- 건축자재에 대한 유해물질의 방출강도 평가기술/적용방안 확립
- 건축재료 선정과 이에 따른 실내환경 평가기법 정립

실내 오염물질 제어 방안의 확립 (환기장치/공기청정기의 활용)

- 실내공기환경 제어를 위한 신소재, 신공법 개발 유도(계획환기 개념의 정착)
- 건축자재의 분류와 성능 평가기법의 개발 및 적용
- 무공해 건축자재의 개발을 촉진시켜 국산 건축자재의 국제경쟁력 확보
- 공기청정기 등의 활용으로 실내 오염물질 제거

다중이용시설 등의 환기설비 설치기준 설정 연구

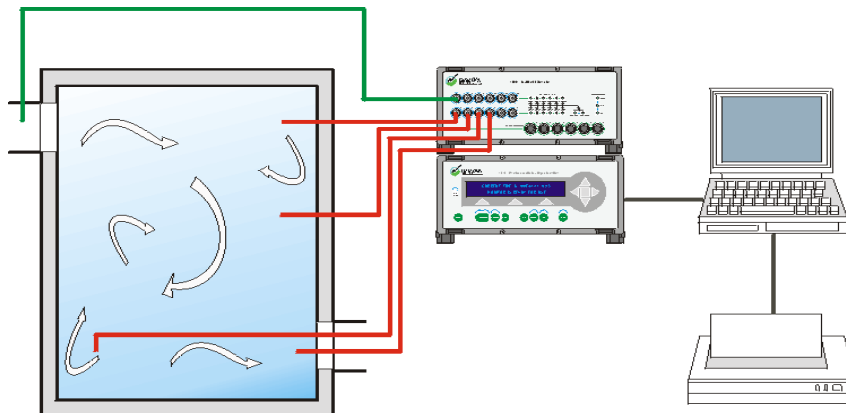
환기량 및 환기효율 평가

■ 환기량 측정 평가

- SF6 (또는 Freon 134A) 를 추적가스(Tracer Gas)로 사용한 농도감쇠법 (Concentration Decay Method)
- 멀티가스모니터(Multi-Gas Monitor)
- 멀티포인트 샘플러/도저(Multipoint Sampler and Doser)
- 환기량 측정 평가방법 제시

■ 환기설비 환기효율 측정방법 제시

- 환기효율의 기본 개념 및 평가방법
- Tracer Gas 에 의한 환기효율 측정방법
- 기타 환기효율 평가방법의 제시



Tracer Gas Measurements

The table on the next page gives an overview of equations used for calculating age of air. An example of how the calculations are made in practice is shown below.

Using the tracer-gas concentration-decay method the room-average age-of-air, $\bar{\tau}$, is given by:

$$\bar{\tau} = \frac{\text{1st moment of measured area} + \text{1st moment of residual area}}{\text{Measured area} + \text{Residual area}}$$

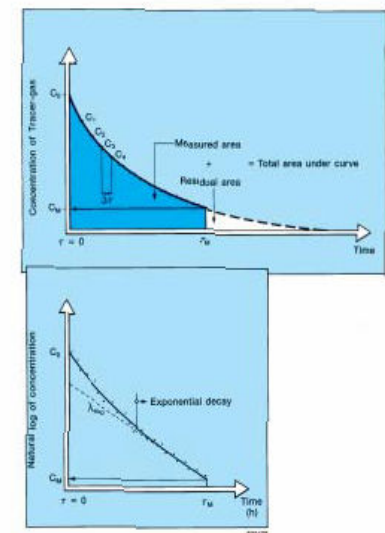
$$\text{Measured area} = \int_0^{\tau_M} (C_j + C_{\infty}) \cdot \Delta\tau + \sum_{j=1}^M C_j \cdot \Delta\tau$$

$$\text{1st moment of measured area} = \int_0^{\tau_M} C_j \cdot \Delta\tau^2 + \int_0^{\tau_M} C_{\infty} \cdot \Delta\tau \cdot \tau_M + \sum_{j=1}^M C_j \cdot \tau_j \cdot \Delta\tau$$

$$\text{Residual area} = \frac{C_{\infty}}{\lambda_{exp}}$$

$$\text{1st moment of residual area} = \frac{C_{\infty}}{\lambda_{exp}} \left(\tau_M + \frac{1}{\lambda_{exp}} \right)$$

where C_j = concentration measurement j
 C_{∞} = final concentration measured
 M = number of measurements
 $\Delta\tau$ = sampling interval
 λ_{exp} = slope in the exponential decay region
 τ_j = time of measurement j
 τ_M = total measuring time, $\tau_M = M \cdot \Delta\tau$



측정개요

■ 측정장면



BTEX 측정장면

온열환경 측정장면



측정개요

■ 측정장면



CO₂, CO가스 측정장면



부유분진 측정장면

▶ 실험장치의 구성 및 실험조건

대상건물 33평형 아파트

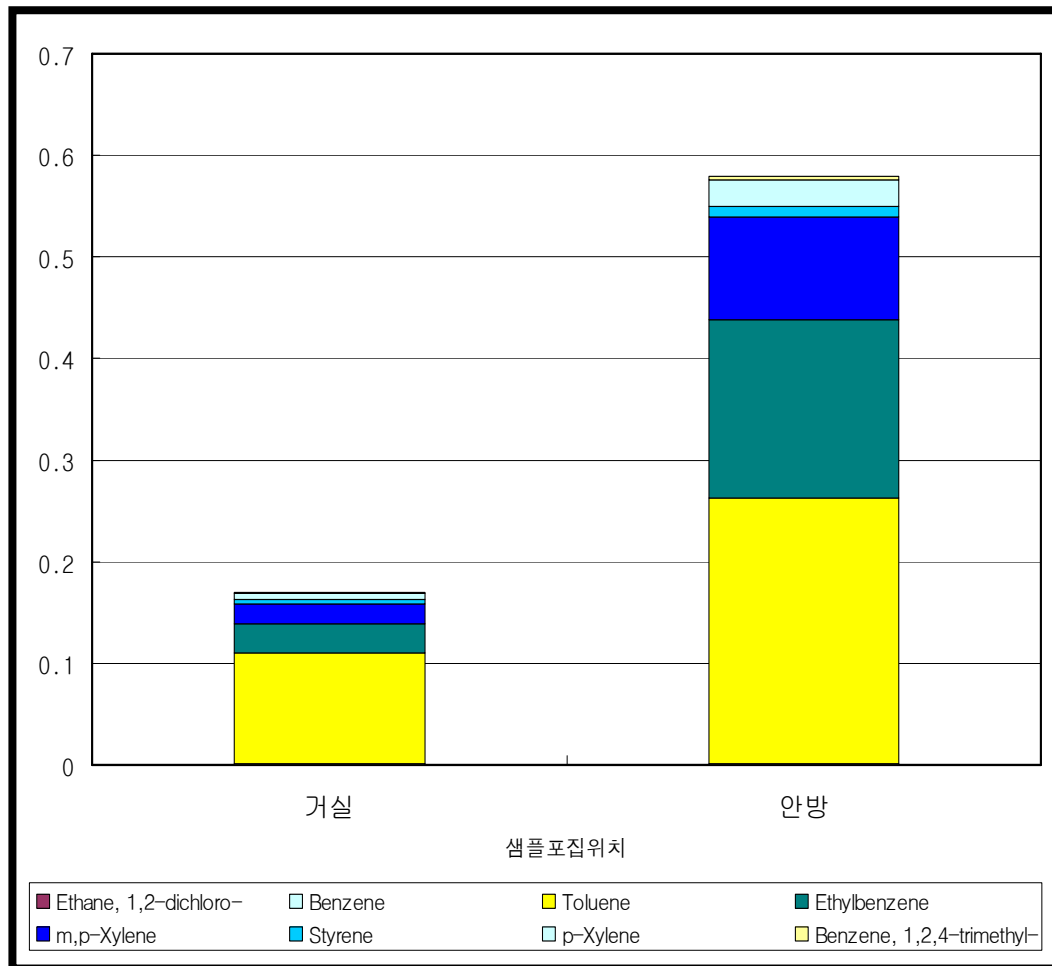
환기장치설치: 안방, 거실

공정 시험방법에 의한 실내 화학물질 측정

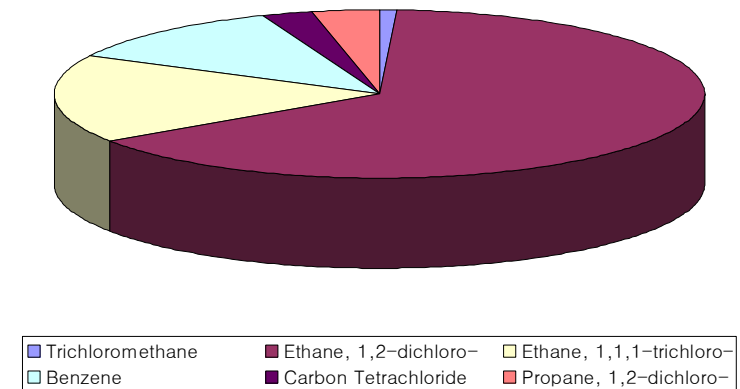
환기장치 가동에 따른 농도변화 측정

측정항목		측정기기
온열 환경	실내외 온습도	TR-72s (디지털 온습도계)
CO2 CO 발생량	CO2 CO 가스농도	MULTI GAS MONITOR
VOCs, HCHO 채취	VOCs, HCHO 농도	TENEX TUBE, DNPH 카트리지
VOCs, HCHO 분석		GC/MS, HPLC
환기횟수	SF-6 농도	MULTI GAS MONITOR
에어펌프	공기포집	SIBATA

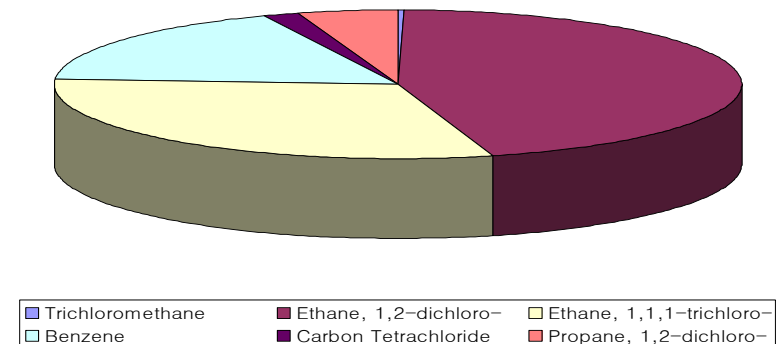
- 안방과 거실에서의 VOC 방출특성



거실



안방



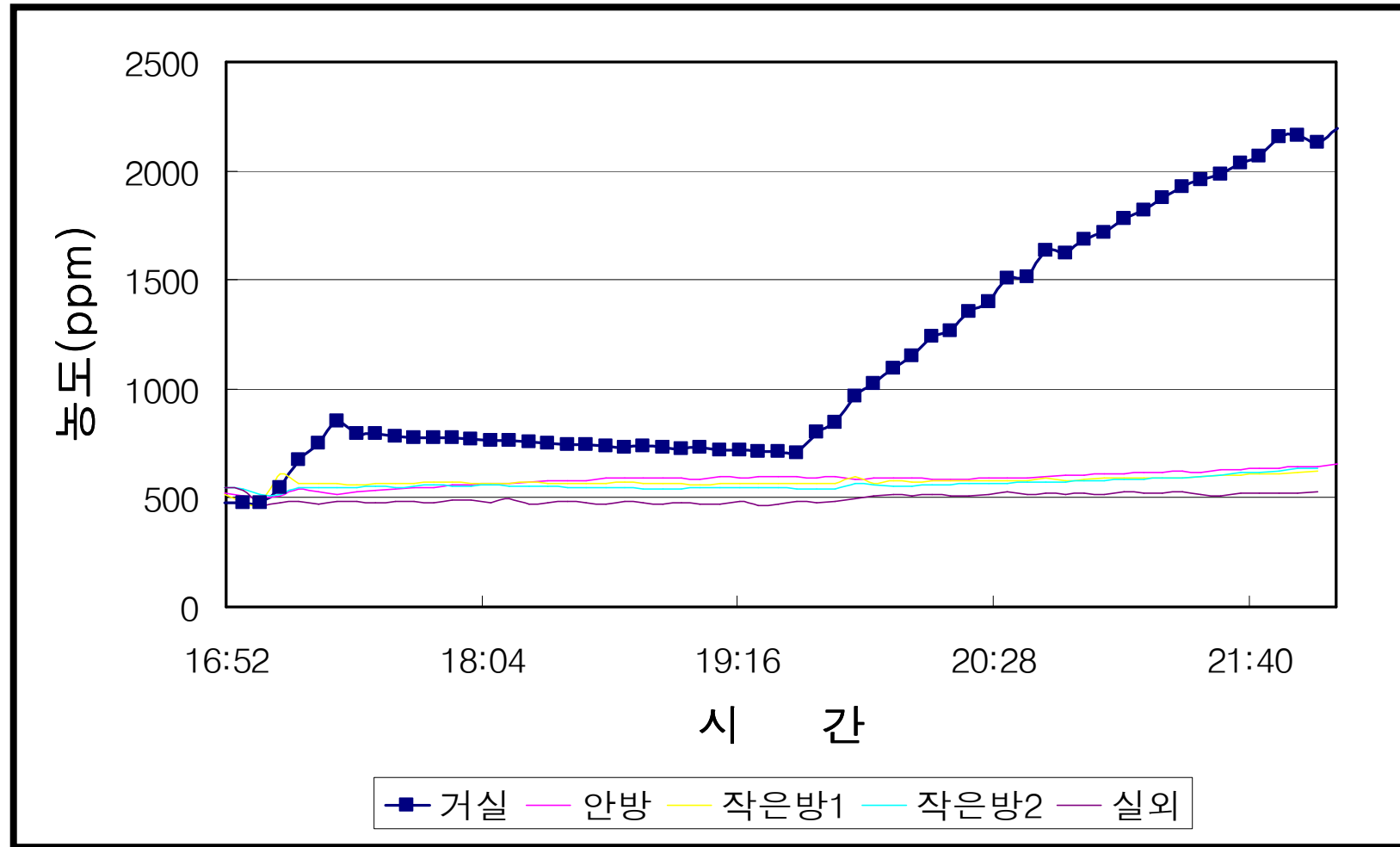
<안방과 거실의 VOC방출농도>

구분 \ 위치	안 방	거 실	실 외
정량물질	0.1695[mg/m ³]	0.5810[mg/m ³]	0.0179[mg/m ³]
Unidentified 물질	5.0902[mg/m ³]	1.9983[mg/m ³]	0.2603[mg/m ³]
총 방출농도	5.2597[mg/m ³]	2.5793[mg/m ³]	0.2782[mg/m ³]

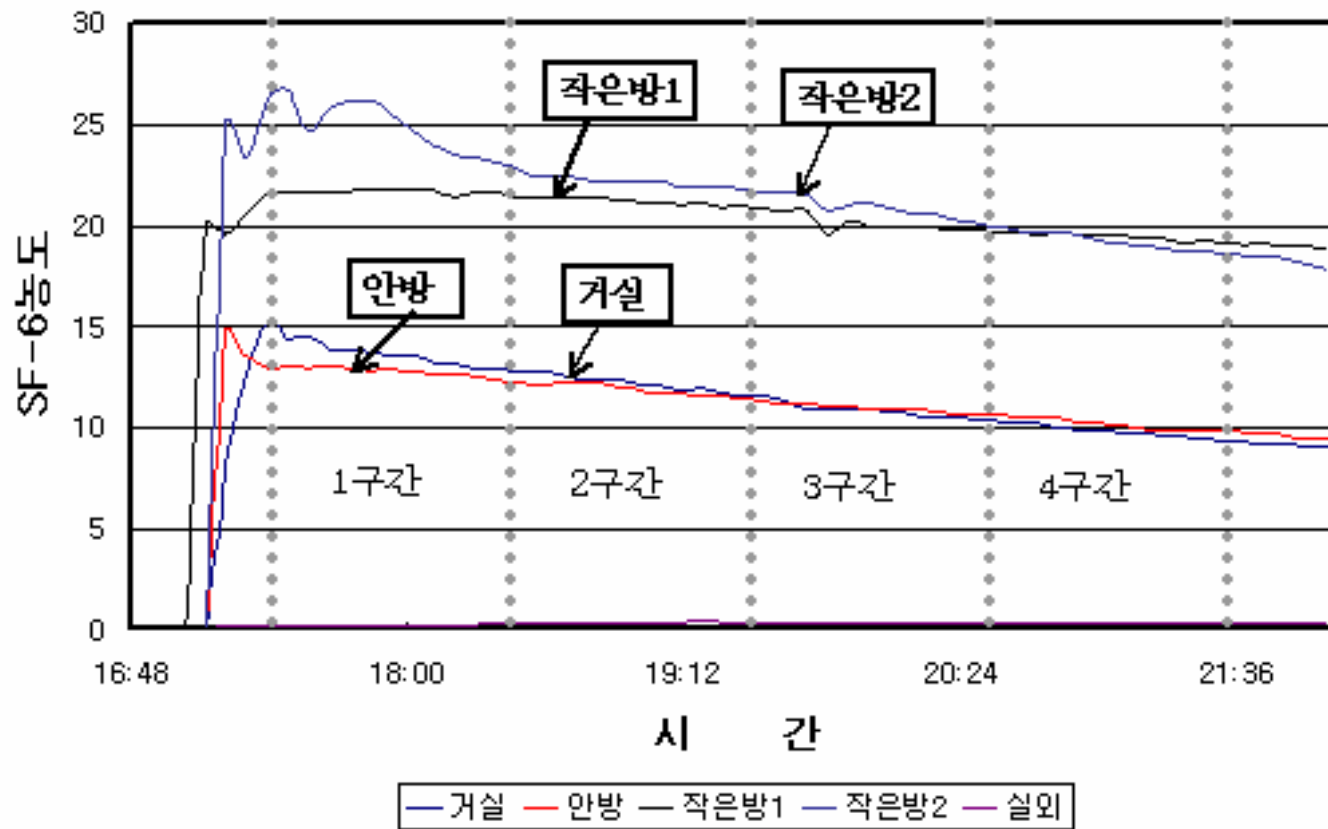
◎안방은 권고기준의 10배이상, 거실은 5배 이상의 농도가
검출

▶ 측정결과 및 분석

- 33평형 아파트의 시간대별 CO2농도



▶ 환기장치 없을 때 SF6농도 변화



◎ 환기장치 비가동시 추적가스 농도 변화

◎ 측정 대상실의 체적 『거실>안방>작은방1>작은방2』

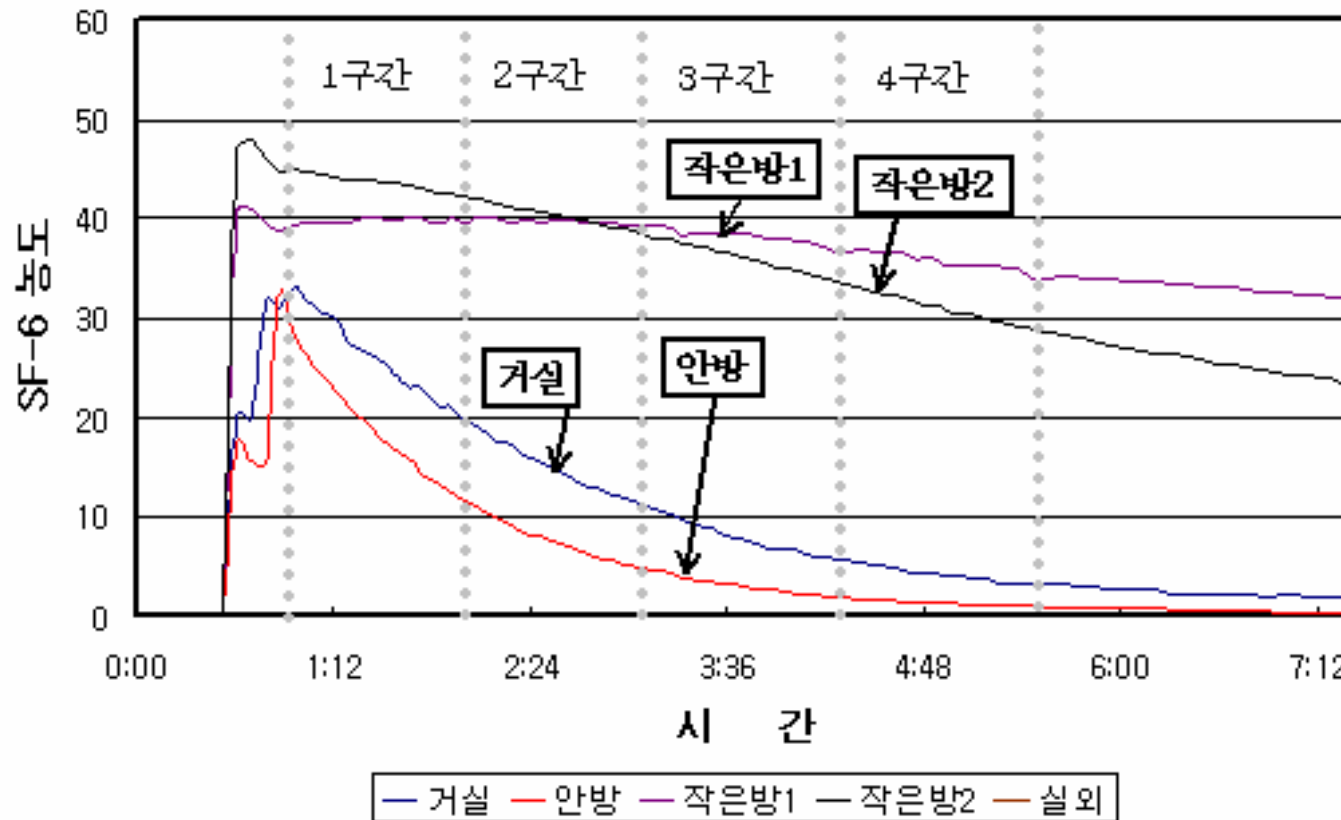
<환기장치 비가동시 각 실의 평균 환기량 [m^3/h]>

위치 구간(시간)	거실	안방	작은방 1	작은방 2
1구간	20.6[m^3/h]	8.8[m^3/h]	2.6[m^3/h]	4.1[m^3/h]
2구간	23.0[m^3/h]	6.5[m^3/h]	1.1[m^3/h]	2.0[m^3/h]
3구간	22.4[m^3/h]	6.3[m^3/h]	3.4[m^3/h]	3.2[m^3/h]
4구간	19.2[m^3/h]	6.1[m^3/h]	2.4[m^3/h]	3.3[m^3/h]
평 균	21.3[m^3/h]	6.9[m^3/h]	2.4[m^3/h]	3.2[m^3/h]

<환기장치 비가동시 각 실의 환기횟수 [회/h]>

위치	거실	안방	작은방1	작은방2
환기횟수	0.22[회/h]	0.18[회/h]	0.10[회/h]	0.15[회/h]

▶ 환기장치 가동시 SF6농도 변화



- ◎ 환기장치 가동시 추적가스 농도 변화
- ◎ 환기장치와 연결된 급기구 및 환기구 는 거실과 안방에만 설치
- ◎ 환기장치에 영향을 받는 안방과 거실은 모두 환기횟수 1[회/h] 이상

<환기장치 가동시 각 실의 평균 환기량 [m^3/h]>

위치 구간(시간)	거실	안방	작은방 1	작은방 2
1구간	75.5[m^3/h]	74.4[m^3/h]	1.5[m^3/h]	3.4[m^3/h]
2구간	104.9[m^3/h]	61.3[m^3/h]	1.0[m^3/h]	3.5[m^3/h]
3구간	116.9[m^3/h]	59.7[m^3/h]	1.8[m^3/h]	3.8[m^3/h]
4구간	92.0[m^3/h]	51.9[m^3/h]	3.0[m^3/h]	5.0[m^3/h]
평 균	97.3[m^3/h]	61.8[m^3/h]	1.8[m^3/h]	3.9[m^3/h]

<환기장치 가동시 각 실의 환기횟수 [회/h]>

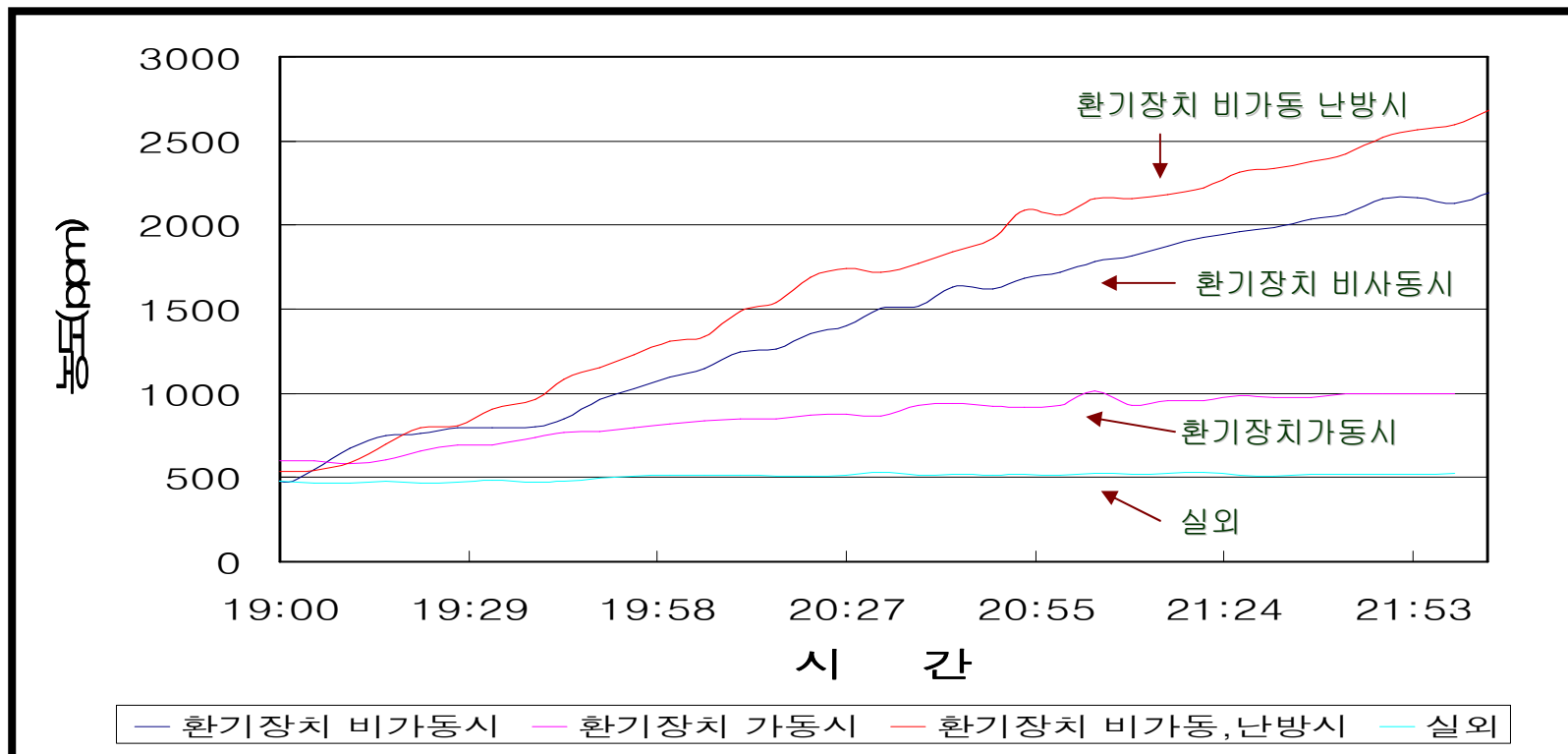
위치	거실	안방	작은방1	작은방2
환기횟수	1.1[회/h]	1.6[회/h]	0.1[회/h]	0.2[회/h]

▶ 난방 유 무에 따른 오염물질 발생특성

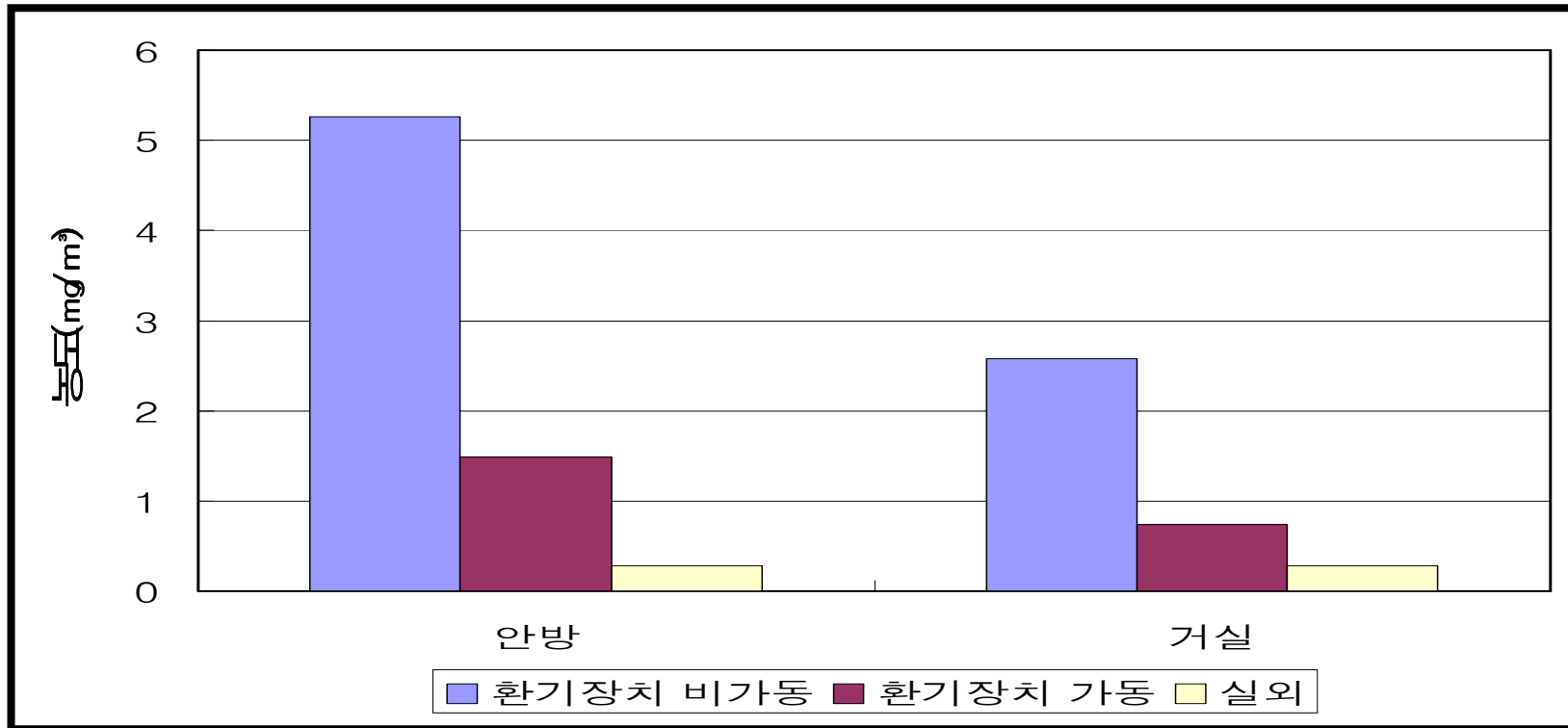
▷ 이산화탄소(CO₂)

-재실인원 3명

<조건별 이산화탄소 발생특성>



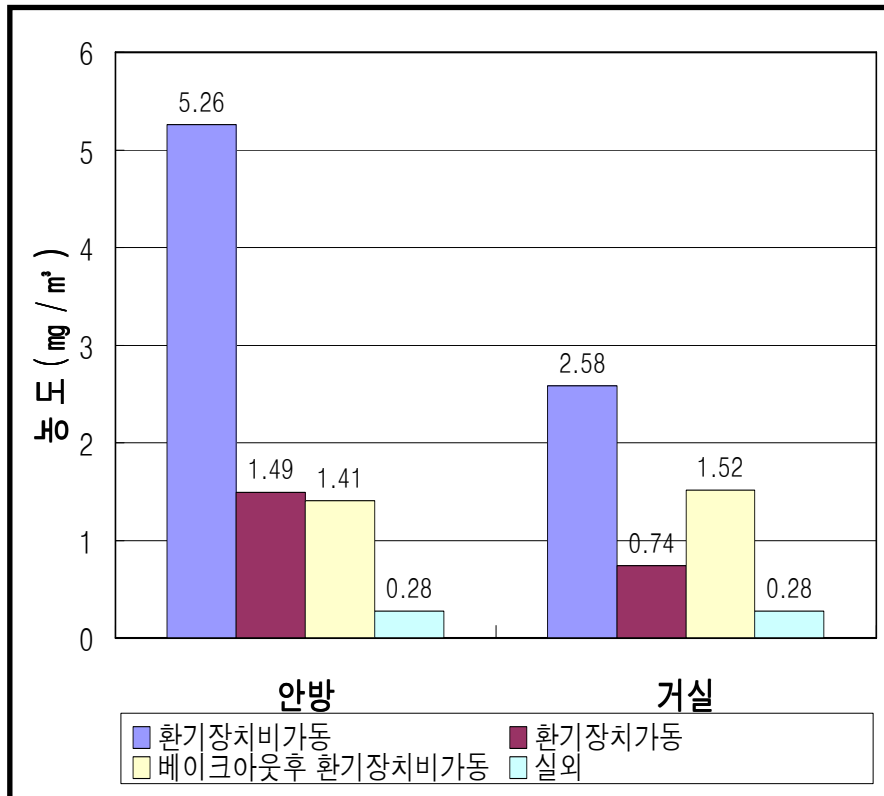
▶ 휘발성유기화합물(VOCs)



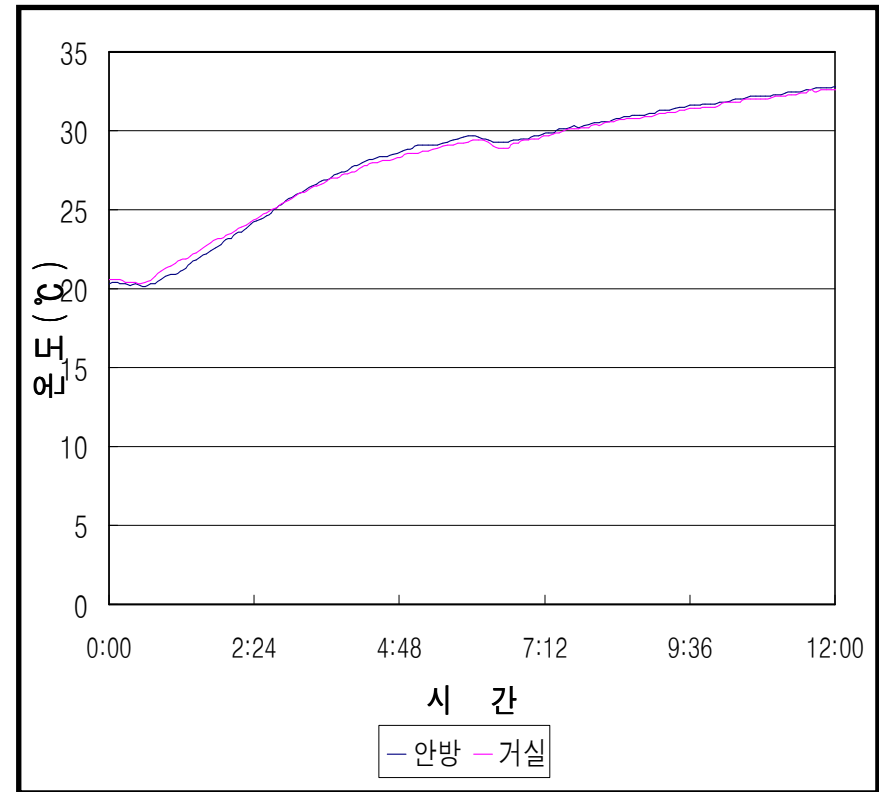
◎환기장치 작동전 안방은 5.26[mg/m³] 거실은 2.58[mg/m³]

◎환기장치 작동후 안방은 1.48[mg/m³] 거실은 0.74[mg/m³]

▷ 휘발성유기화합물(VOCs)



<조건별 휘발성유기화합물 방출특성>



<실내 최대 난방시 온도변화>

◎ 실내의 온도를 최대로 하여 12시간 이상 가열

◎ 방출된 VOCs들은 실외로 5시간을 밀폐한 후 안방과 거실에서 각각 공기를 포집