
Zero Energy Building 최적솔루션

복사냉난방시스템

Radiant Heating & Cooling System



2017. 09. 28.



1. 패시브하우스의 부하 패턴

2. 최적솔루션 복사냉난방시스템

- 2.1 복사냉난방시스템의 정의와 특징점
- 2.2 복사냉난방시스템과 DOAS System
- 2.3 복사냉난방시스템과 쾌적한 실내환경

3. 복사냉난방시스템의 구성

4. 적용 사례 – 풀무원로하스(패시브하우스)



⊙ 국내 주택의 에너지사용량 분석

- 난방에너지가 전체에너지의 약 65%를 차지함
- 패시브주택은 아무런 기계적 장치없이 난방에너지를 95% 감소시킴
- 여기에 적당한 량의 신재생에너지를 사용함으로써 제로에너지주택이 가능해 짐





패시브하우스의 기준들

열관류율(U값)의 범위는 아래와 같다.

벽	0.09 ~ 0.15 W/m ² K
바닥	0.08 ~ 0.15 W/m ² K
지붕	0.07 ~ 0.15 W/m ² K
창호	0.8 ~ 1.0 W/m ² K
통창호(Mounted window)	0.6 ~ 0.85 W/m ² K
현관문	0.4 ~ 0.8 W/m ² K

열회수율 75%이상인 환기장치

외기

폐기(실외배기)

단열
 $U < 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_w < 0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$
열교없음

기밀성:
 $N_{50} < 0.6$

배기

급기

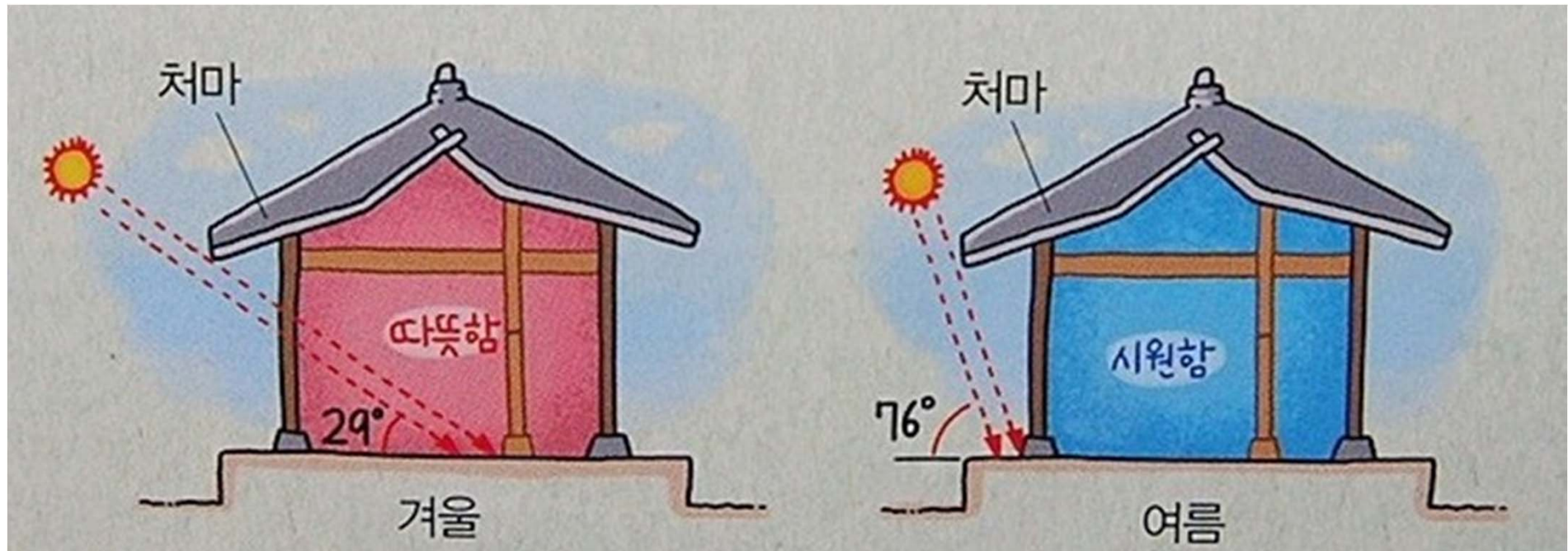
난방에너지 소비 $\leq 15 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$
냉방에너지 소비 $\leq 15 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$
일차에너지 소비 $\leq 120 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$
건물 기밀성 $\leq 0.6 / \text{h}$
건물 난방부하 $\leq 10 \text{ W/m}^2$
26도 이상 비율 $\leq 10 \%$

3중 로이유리/Ar
 $U_w < 0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $G = 50-55\%$
G: 유리의 열투과율

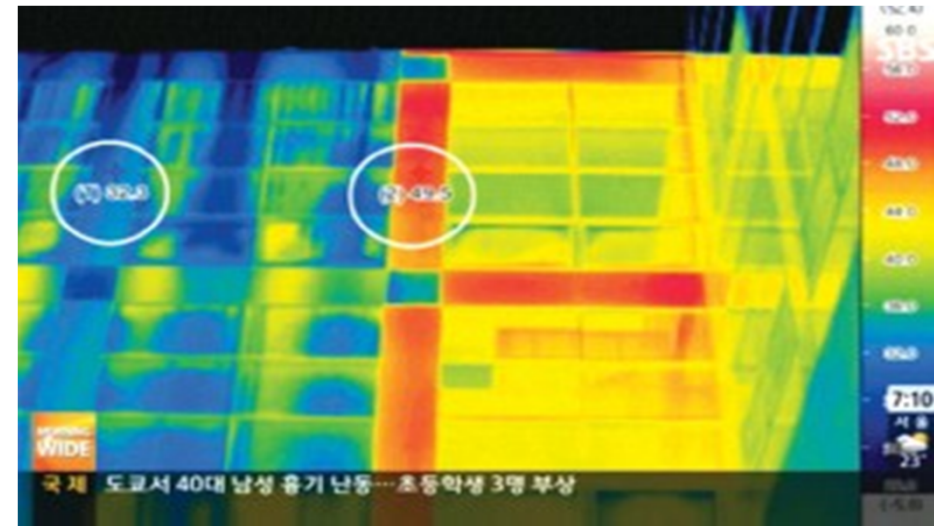
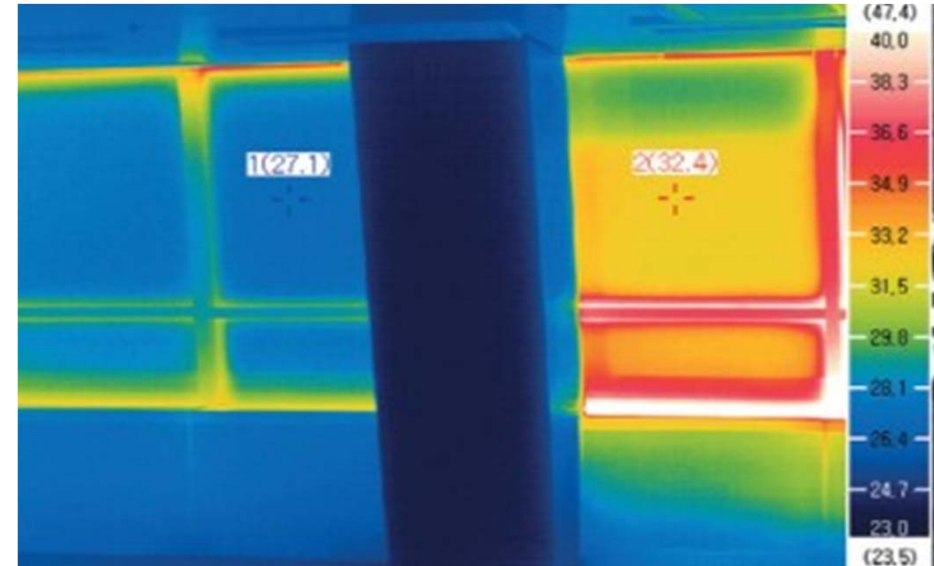
1. 패시브하우스의 부하패턴













2.1 복사냉난방시스템의 정의와 특징점

◆ 천정/벽이나 바닥에 설치된 복사패널을 이용한 복사열과 이로 인한 자연대류 효과를 이용하는 냉난방방식

◆ASHRAE * 정의 :

공간과의 열교환 중 복사의 비율이 50% 이상인 냉난방

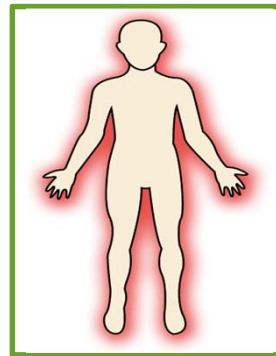
*[ASHRAE(미국공기조화냉동공조학회) handbook, 2000]



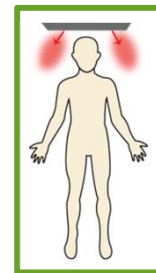
현존 최고의 쾌적환경

- 이상적인 실내온도 분포
- 조용한 실내환경(20~25 dB)
- 최고의 실내공기질(IAQ)유지
- 높은 열 쾌적성
- 기류에 의한 불쾌감 제로

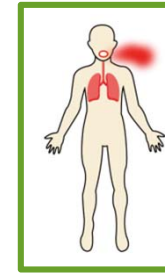
인체와
공간의
열교환
비율



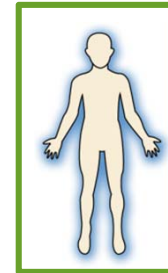
복사 62%



대류 15%

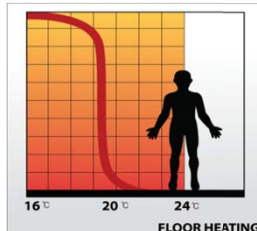
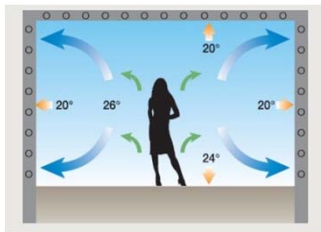


호흡 10%



증발 13%

복사
방식



대류방식

Human Heat Balance

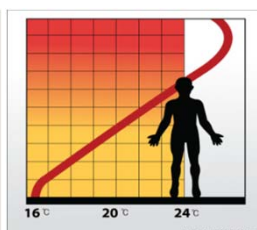
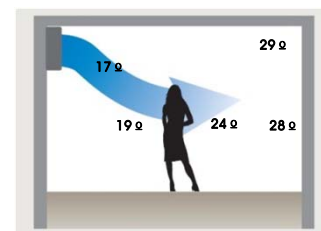
Approx. 100W = 340BTU/h

35%	Radiation
40%	Convection
25%	Evaporation

복사방식

50%
30%
20%

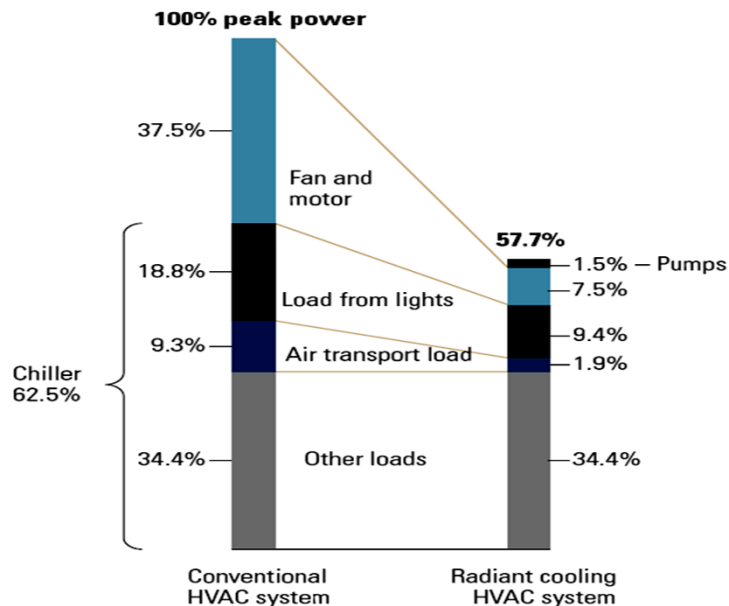
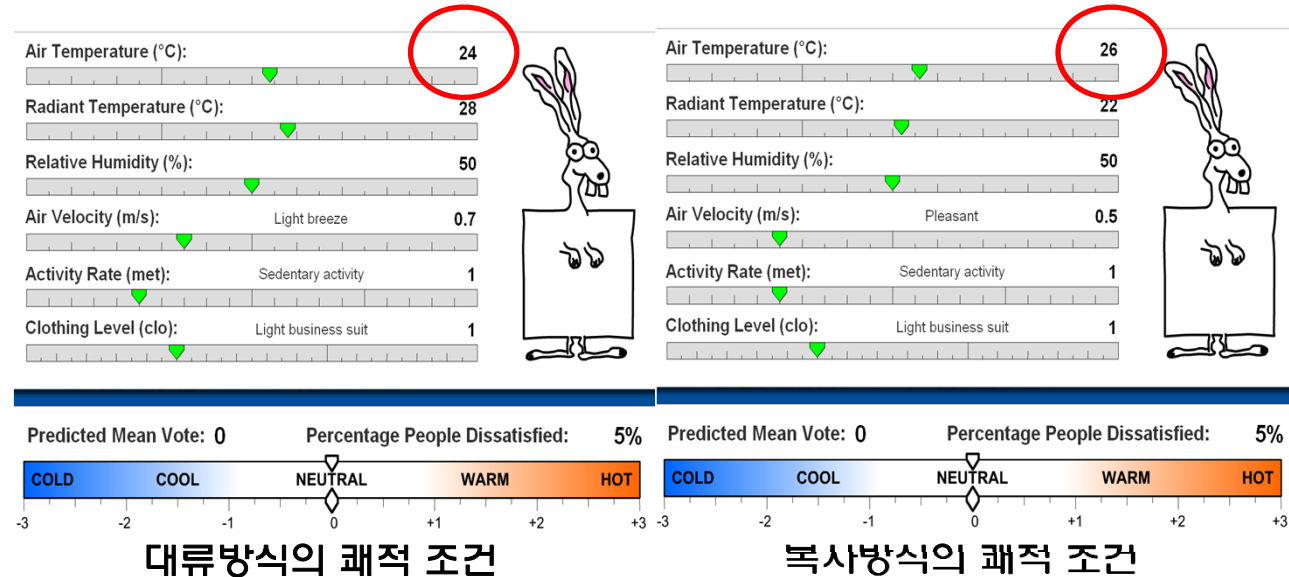
강제
대류
방식





초저에너지 SYSTEM

- 열반송 동력비(~30% ↓)
- 실내 설정온도(~10% ↓)
- 장비의 에너지효율(~20% ↑)
- 필요공간만의 냉난방 (~20% ↓)
- 친환경(Eco-friendly) 조화



✓실내설정온도를 1~2°C 낮출수있다
복사패널과 인체의 직접적인 열교환이 이루어지므로
실내온도를 기존 대류방식보다 1~2°C 낮게(난방), 높게(냉방)
설정해도 동일한 냉온열감을 느낌



건축적 효율성

- 우수한 공간 활용성
- 설비와 건물디자인의 조화
- 천장마감공사 불필요
- 우수한 층간 차음효과
- 층고 감소



Invisible cooling & heating system



Reduce ...

공조실 (~30%↓)
덕트샤프트 (~30%↓)
천정내 공간(층고~30cm↓)
냉난방기기 노출(x)
층간소음 (~20dB↓)
건축비 ↓

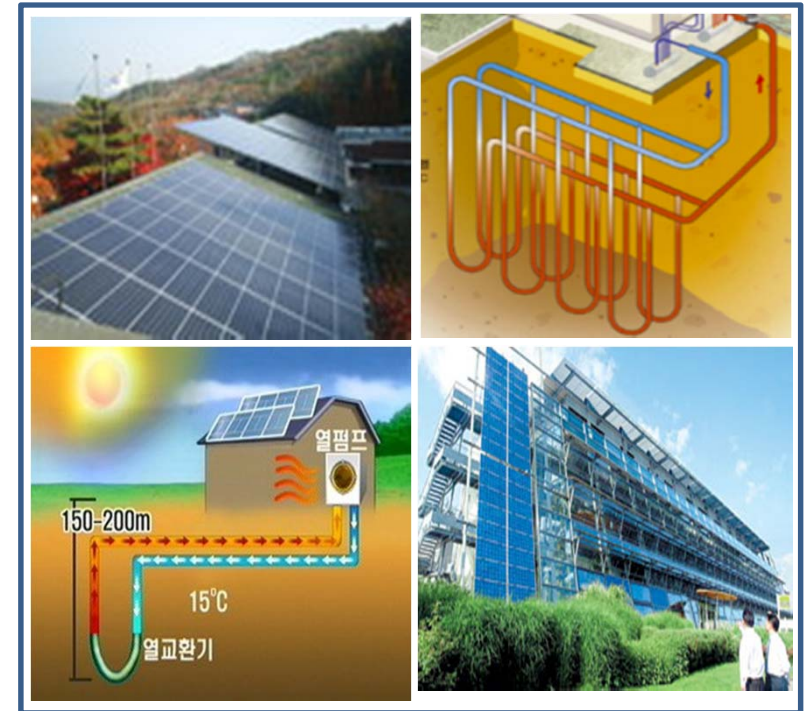
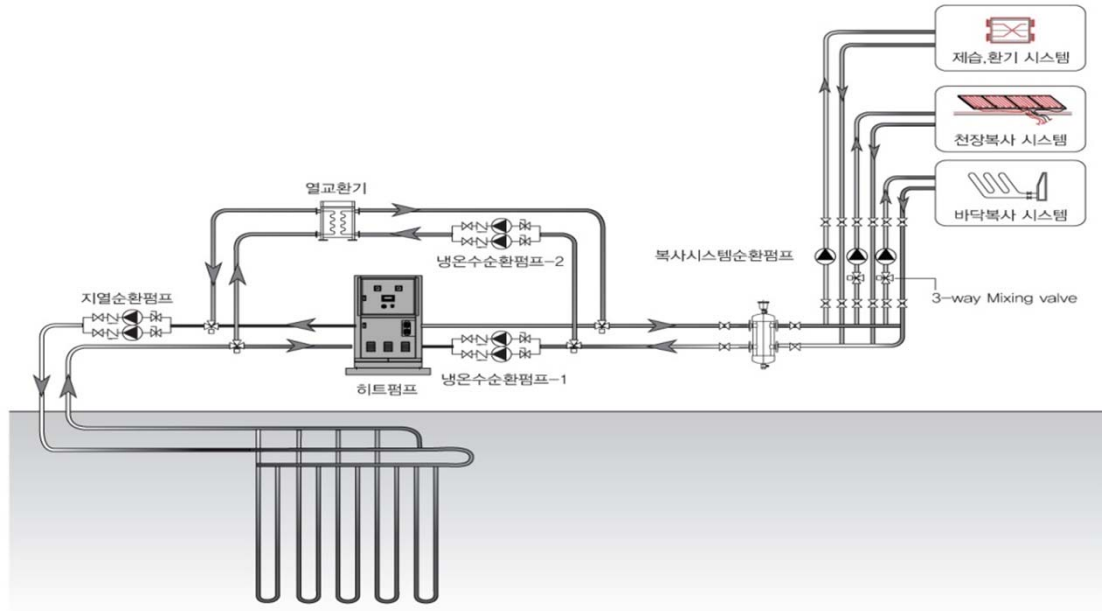
Increase ...

공기질 ↑
수익성 ↑
Ceiling height ↑
SPACE 활용 ↑
층고제한해결
쾌적성 ↑
에너지절감
디자인 요소
분양임대면적 ↑



👉 열원 용량 타 시스템 대비 55~65%로 선정가능!

- 고온냉수 냉방, 저온온수 난방이 가능하여
신재생에너지를 열원으로 사용하기에
매우 적합한 **저액서지 시스템**
- 열원운전이 최소화됨으로 열원 전력비 감소
(중간기 PUMP 동력만으로 냉방가능)





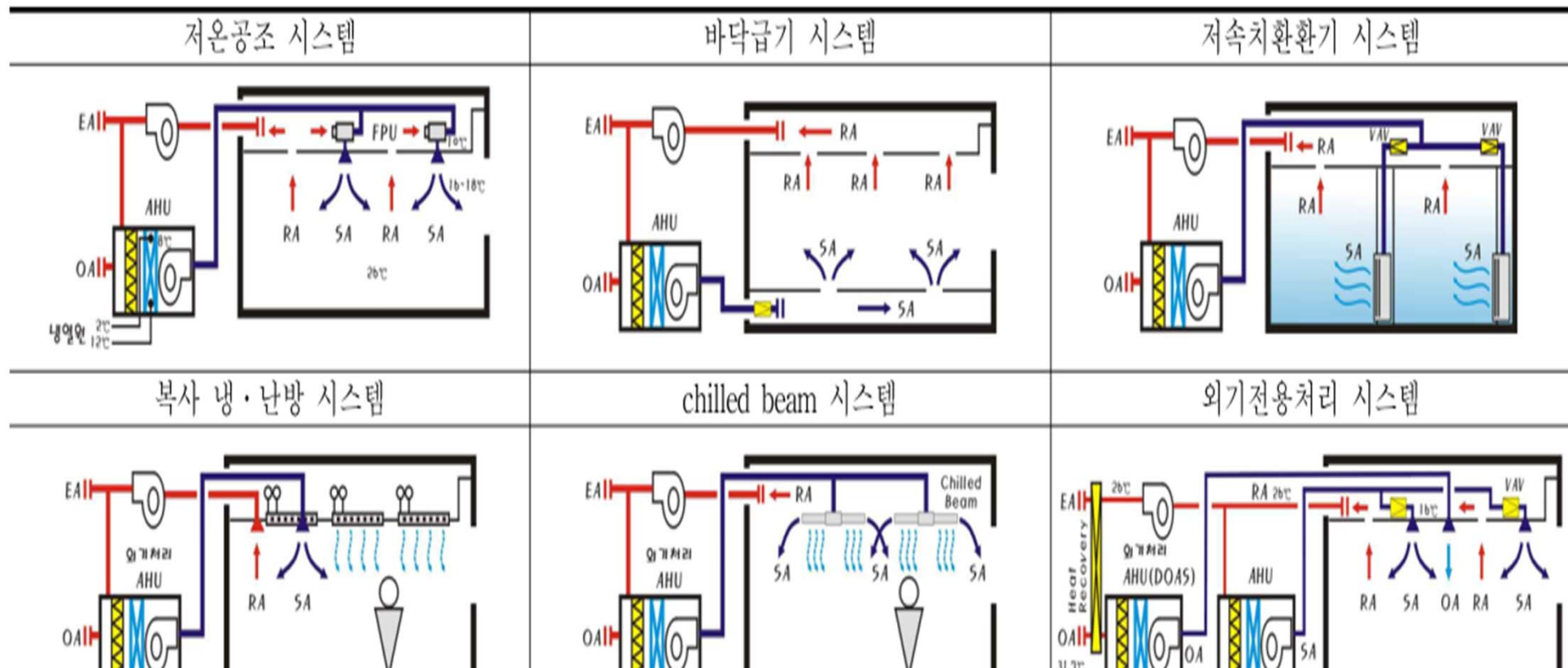
항목	에너지절감율	내 용
열적쾌적성우수	약 10%	실내온도를 1도 낮게(난방), 높게(냉방)설정함에 따른 에너지 절감
축열/축냉기능	약 15%	건축구조물 즉 바닥, 벽체 혹은 천정 등에 축열(축냉)을 시키고 이를 값은 다시 사용되어질 수 있기 때문에 이로 인한 에너지 절감
COP증가	약 10%	상대적으로 높은 온도의 냉수(15℃), 낮은 온도의 온수(38℃)를 이용하므로 장비 효율증가에 따른 전력부하 절감
열반송동력비	약 30%	열반송을 Air 대신 물을 이용하므로 fan 모터 대비 펌프 모터 의 전력부하 절감
제습부하	약 5%~10%	제습부하를 복사패널이 담당하지 않기 때문에 냉동기 용량 절감가능 및 그에 따른 전력부하 절감
전체	최소 약 30%	All Air System 대비



2.2 복사냉난방시스템과 DOAS System

외기전담공조 (Dedicated Outdoor Air-Cond. System)

실내에 공급되는 공기 중 신선외기만을 별도로 처리하는 **AI-O/A** 공조방식





2.2 복사냉난방시스템과 DOAS System

외기전담 공조시스템 적용에 따른 에너지성능
및 실내 공기질 개선에 관한 연구 中

1. 서 론

현대의 도시 중심부에 신축되는 건물은 지가상승과 토지이용의 극대화를 위하여 대부분이 고층화 되면서 높은 풍압을 견디기 위해 건물의 외피는 더욱더 기밀화, 밀폐화, 무창화되고 있는 실정이다. 또한 실내 공간의 생산성을 향상시키고, 업무 효율을 극대화시키기 위해 사무 자동화가 되고 있으며 이는 실내 발열부하를 증가시켜 건물의 냉방 에너지 증가에 막대한 영향을 미치고 있다.

현재 대부분의 상용건물들이 자연환기보다 기계환기에 의존하여 외기를 도입하고 있으나 에너지 절약을 위해 최소 외기량을 도입하고 있는 실정이다. 이는 실내 재실자들 모두에게 적절한 환기량을 제공하지 못하

고 있으며 실내 공기질을 악화시키고 있다. 이러한 실내 환경에서 재실자들이 장시간 노출될 경우 불쾌감과 두통, 눈의 통증, 피로감을 느끼게 심할 경우 업무 효율에 까지 영향을 받게 된다.

이러한 공조시스템의 문제점을 해결하기 위해 쾌적한 실내 환경을 제공하며 에너지 절약을 도모할 수 있는 방안으로 현재 미국에서는 100% 외기를 실내로 도입하는 외기전담 공조시스템에 대한 연구가 진행 중이다. 기존 연구 사례로서 미국 Penn state university의 외기전담 공조시스템의 연구에서는 실내 현열부하 장치로서 천정형 냉각 패널이 결합된 외기전담 공조시스템과 VAV 시스템을 동일한 건물에 적용하여 경제성을 평가한 결과 초기 투자비용에서 \$19.47/m²가 절약되는 것으로 나타났고, 연간 \$1.22/m²의 운영비가 절감되는 것으로 나타났다. 초기투자 비용의 감소 원인은 외기전담 공조시스템의 구성 요소들의 용량과 규모가 VAV 시스템에 비해 감소되기 때문이며 결과적으로 에너지 소비량이 감소됨에 따라 막대한 경제적인

교신저자: 허정호 (우130-743) 서울시 동대문구 전농동 산 90번지 서울시립대학교 건축공학과
전화번호: 02-2210-2616
E-mail: huhj0715@uos.ac.kr

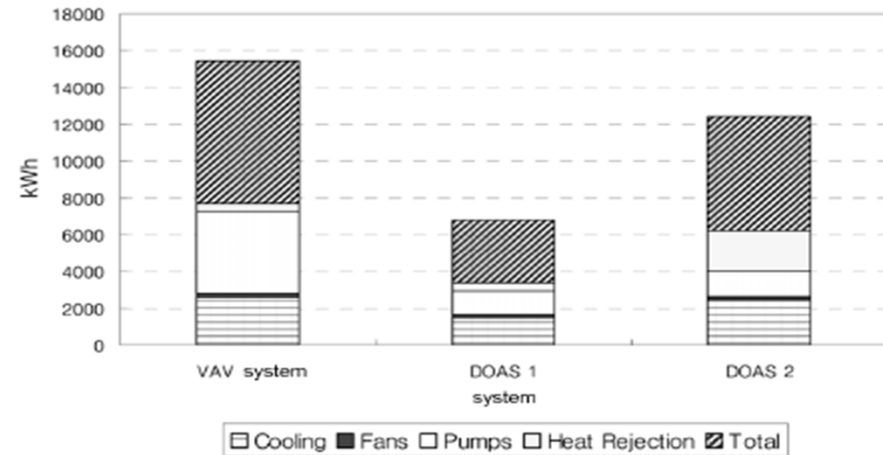


2.2 복사냉난방시스템과 DOAS System

외기전담 공조시스템 적용에 따른 에너지성능
및 실내 공기질 개선에 관한 연구 中

2.1. 외기전담 공조시스템

일반적인 상용 건물의 공조시스템에서 현열과 잠열 부하를 동시에 제어하는 것은 매우 어렵다고 할 수 있다. 외기전담 공조시스템은 외기가 실내로 전달되는 과정 중 도입 초기단계에서 외기전담공조 유닛 (Dedicated Outdoor Air unit)을 이용하여 도입공기의 수분을 제거하여 노점온도를 실내의 노점온도보다 낮은 상태로 변화시켜 완전 건조 상태로 실내로 전달한다. 이러한 전 처리과정(pre-conditioning)을 거쳐 실내로 도입된 공기는 차고, 건조한 상태로 실내의 잠열부하를 제어한다. 외기전담 공조시스템은 실내의 잠열부하만을 담당하기 때문에 외기의 도입 풍량이 변풍량 시스템에 비해 30%에서 최대 50%까지 감소되며 소량의 외기도입으로 공조기의 규모와 팬의 용량을 축소시킬 수 있다. 또한 100% 외기를 이용하여 환기를 실시하고, 실내 공기의 재순환이 이루어지지 않으므로 쾌적한 실내 공기질을 유지할 수 있다. 외기전담 공조시스템과 결합된 터미널 유닛이 실내의 현열부하를 담당함으로써 현열과 잠열부하의 동시제어가 가능하게 되고 에너지 소비량을 감소시키며 재실자들에게 쾌적한 실내공간을 제공할 수 있다. Fig. 1은 시스템의 구성을



		Chiller	Fans	Pump	Heat Rejection	Total (kWh)
	VAV system	2,592	233	4,470	437	7,731
	DOAS 1	1,511	179	1,258	441	3,389
	DOAS 2	2,473	191	1,350	2,204	6,217
Energy saving rate (%)	DOAS1	42.7	23	71.8	-	56
	DOAS2	4.6	18	69.7	-	19.6



2.2 복사냉난방시스템과 DOAS System

학교건물에 적용된 DOAS의 병렬냉방시스템
종류에 따른 에너지 절감 효과 분석 中

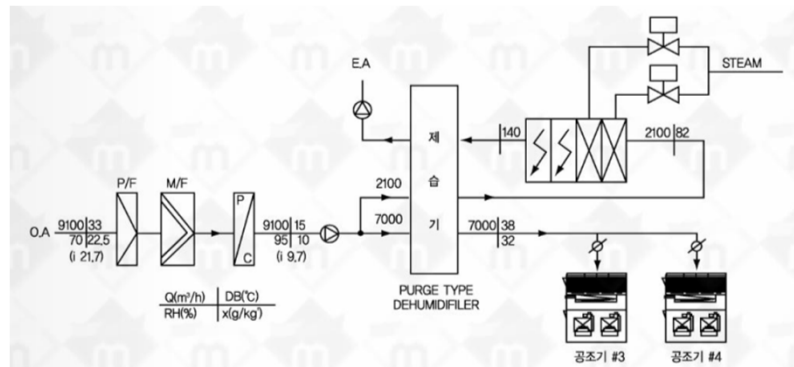
■ 데시칸트제습방식

외기도입량의 비율이 총 급기풍량의 15~20% 이상일 경우

노점온도가 10~15℃ 이하일 경우

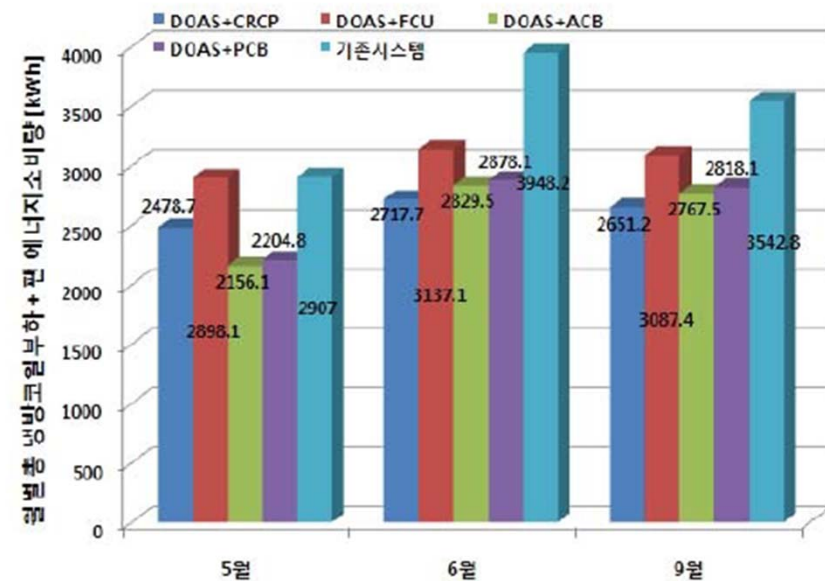
실내현열부하가 0.7~0.8 이하일 경우

세균번식을 방지할 필요가 있을 경우



(1) 월별 총 냉방코일부하 산정 결과 DOAS+병렬냉방시스템이 기존시스템에 비해서 26% 정도의 냉방코일부하를 저감할 수 있는 것으로 나타났다.

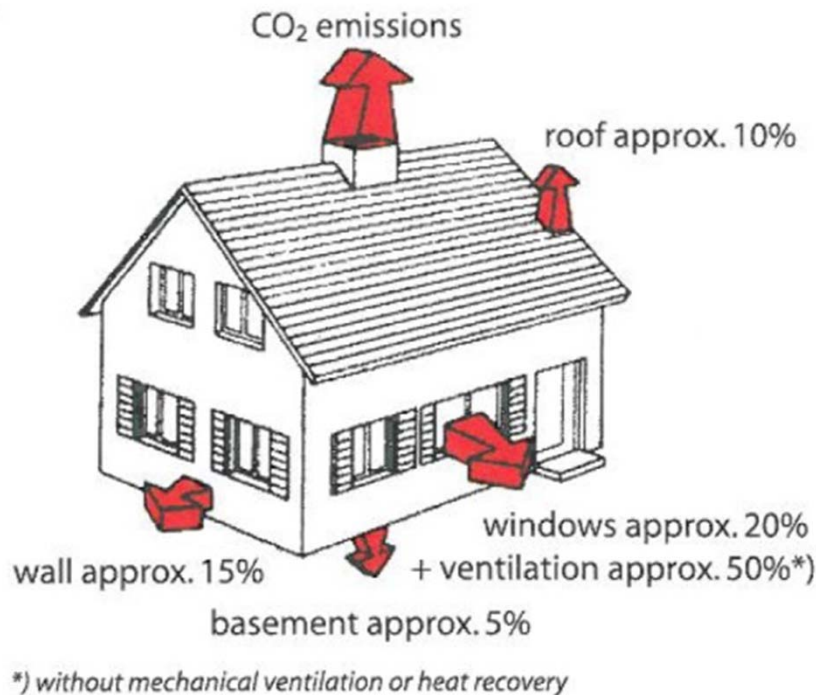
(2) 연간 운전에너지소비량에 있어서는 DOAS+병렬냉방시스템이 기존 시스템에 비해서 13%~27% 운전에너지 절감할 수 있는 것으로 나타났다.





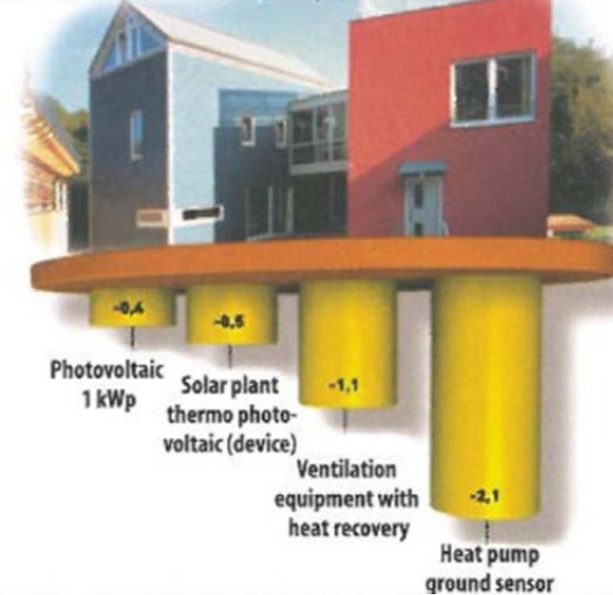
2.3 복사냉난방시스템과 쾌적한 실내환경

■ 패시브하우스의 공조방식



Reduction of carbon dioxide emissions of dwellings

Reduction of CO₂ tons per year



단열 및 기밀에 중점을 두고 최소한의 에너지사용량을 추구하는 패시브하우스는

“DOAS + 복사냉난방시스템”의 적용으로 최고의 에너지절감 및

친환경 신재생에너지의 적극적인 활용이 가능하다.



2.3 복사냉난방시스템과 쾌적한 실내환경

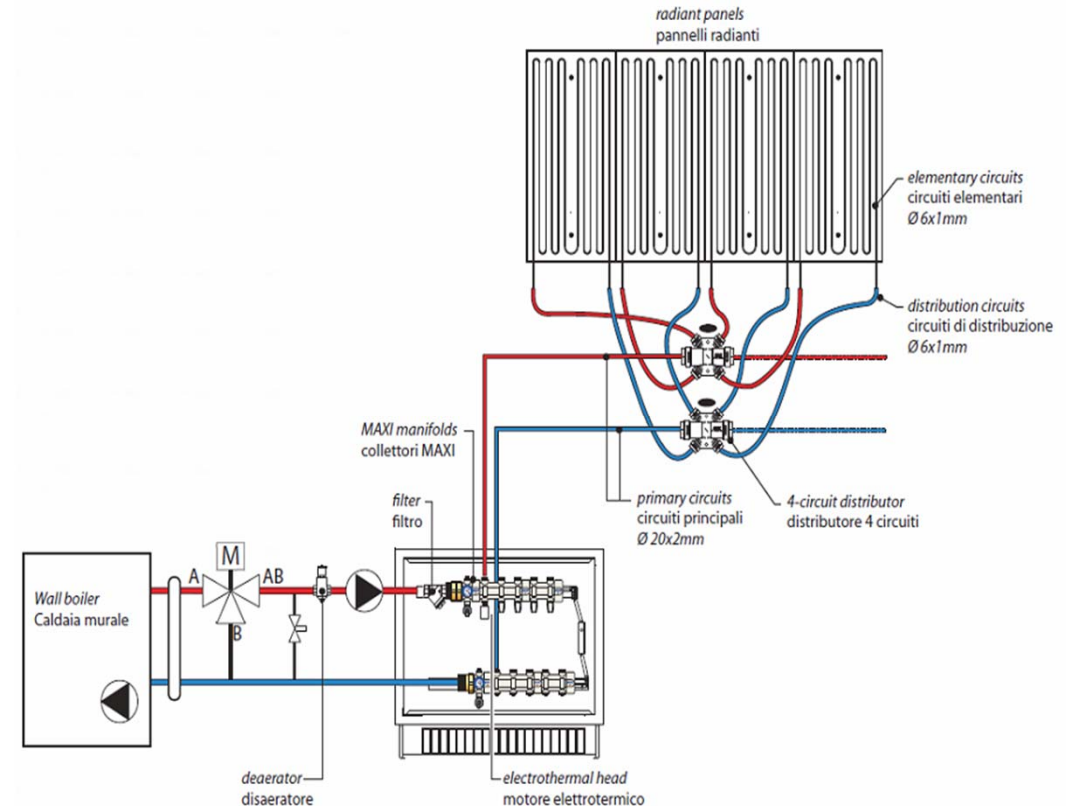
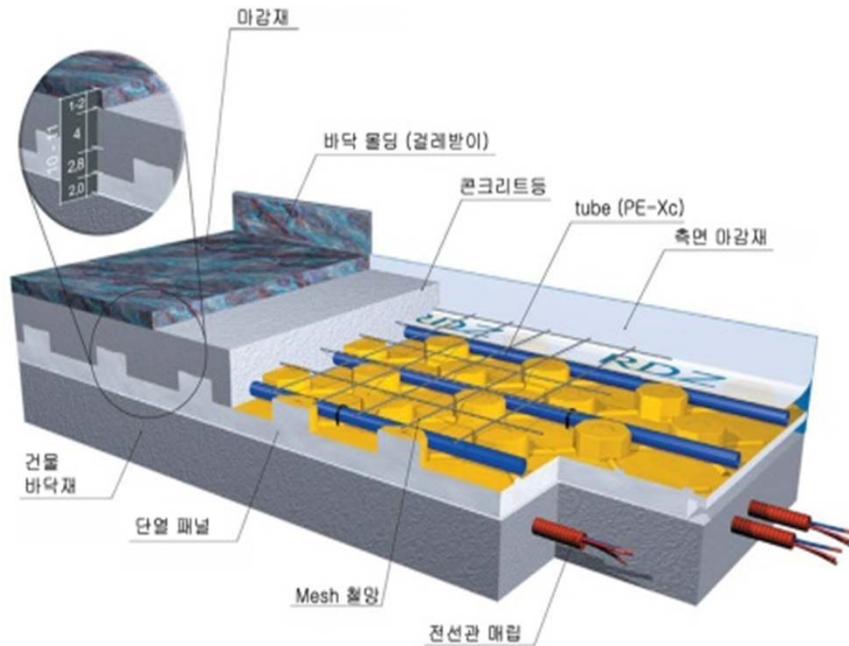


- 냉난방과 환기의 별도 운전
- 기기의 노출
- 소음의 노출
- 과도한 기류
- 제습기능 저하
- 기류의 불쾌감
- 세균과 곰팡이 유발



2.3 복사냉난방시스템과 쾌적한 실내환경

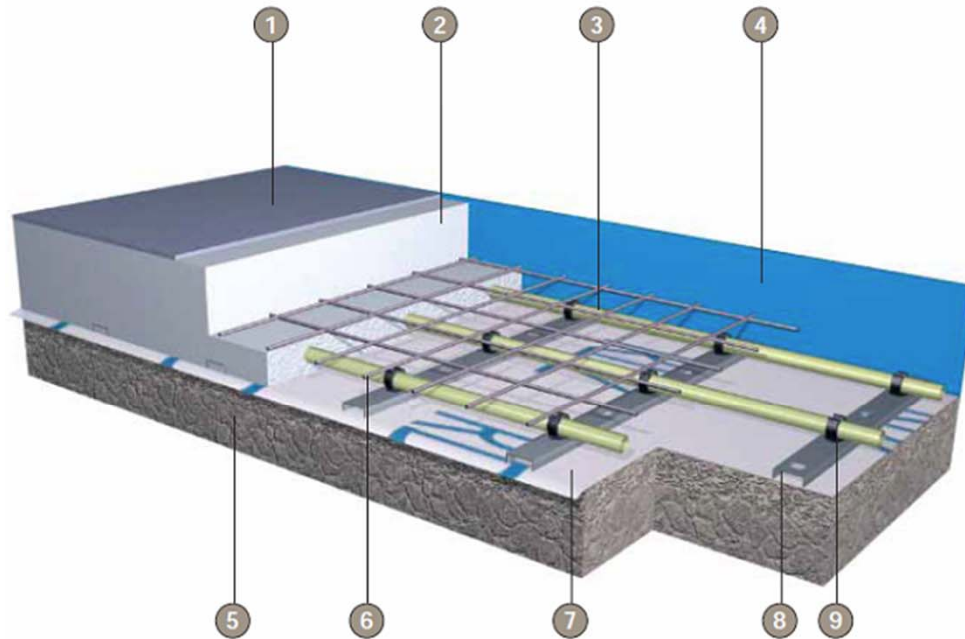
– 복사냉난방시스템





2.3 복사냉난방시스템과 쾌적한 실내환경

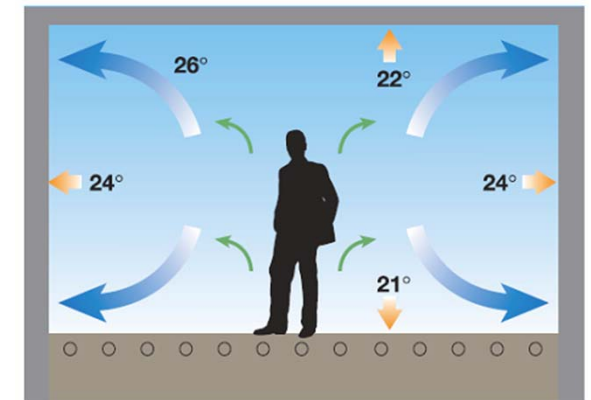
– 구체축열



System Components

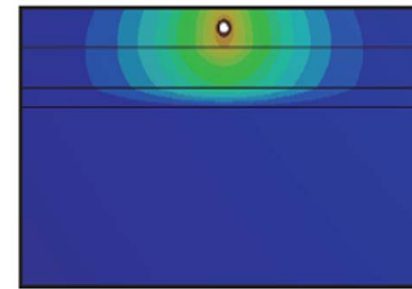
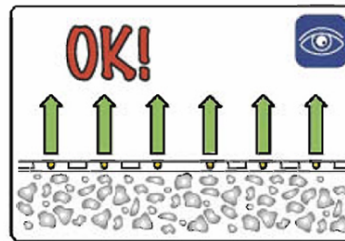
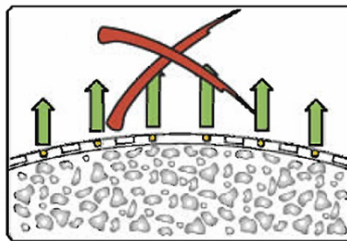
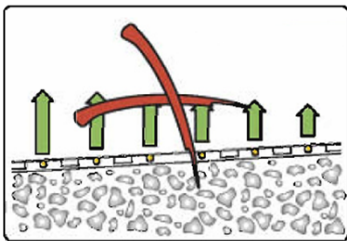
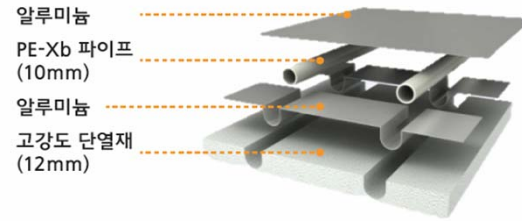
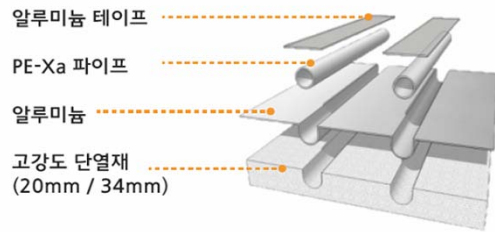
- 1 Quartz
- 2 Screed
- 3 PE-Xc pipe: 20-16
- 4 Industrial perimeter belt
- 5 Fixed rolled screed
- 6 Reinforced mesh
- 7 Nylon
- 8 Modulbarra
- 9 Duoclips

심야전력 등을 이용하여
구조체에 축열하므로
부하의 분산처리 효과 우수





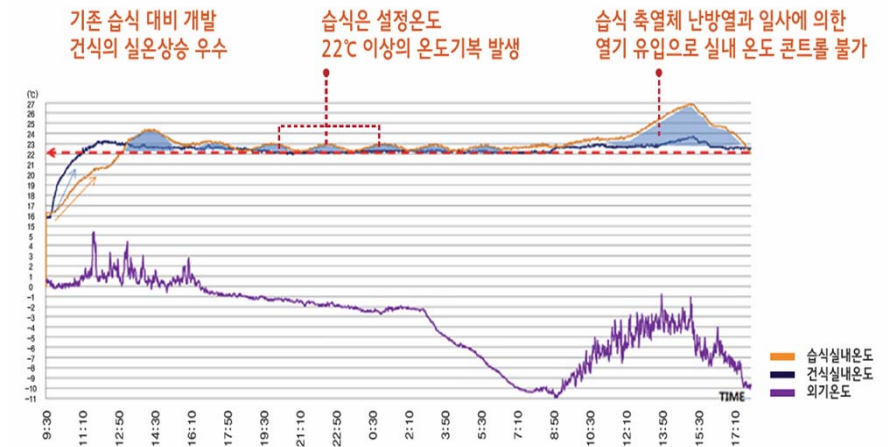
2.3 복사냉난방시스템과 쾌적한 실내환경 - 건식시스템



습식시스템



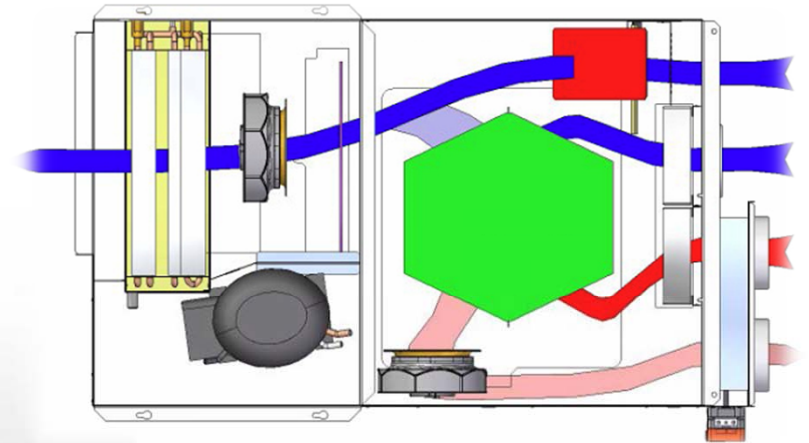
건식시스템





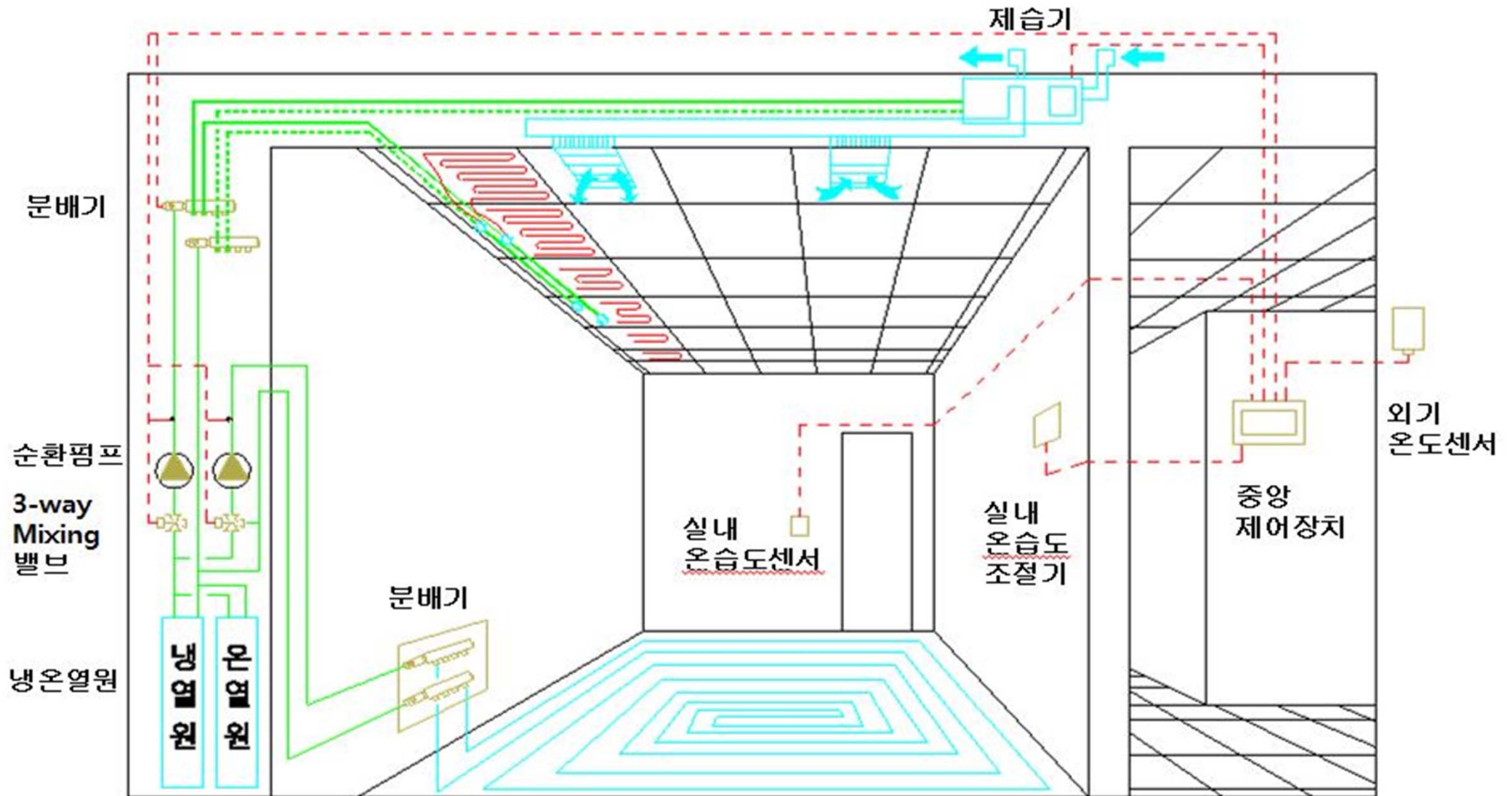
2.3 복사냉난방시스템과 쾌적한 실내환경

– 제습환기장치



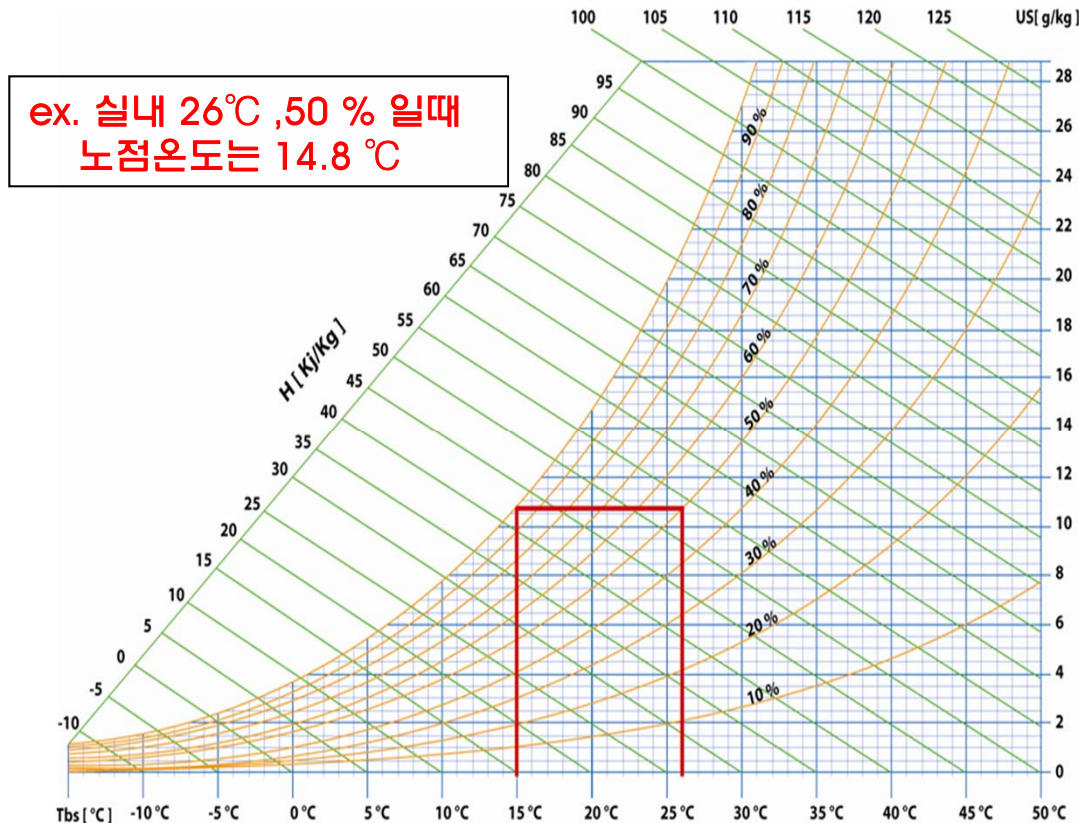


3.1 복사냉난방 SYSTEM 구성





3.2 결로방지 Process



완벽한 결로방지

1단계

제습환기 (공조기)
실내온습도센서의 감지에 의해 습도증가시 제습기의 제습운전으로 결로가 발생하지 않도록 자동운전

2단계

수온제어 (복사냉난방시스템)
1단계 관리에도 불구하고 특이한 상황발생으로 실내습도가 높아져 결로상태를 감지할 경우 배관내의 냉수온도를 상승시켜 패널의 표면온도를 노점온도 이상으로 유지하도록 자동운전

3단계

System 정지(shut off)

실내 26°C ,50 % 일때 바닥표면의 온도가 14.8 °C 이상이면 결로가 생기지 않으며, 실제운전시 바닥패널의 표면온도는 20 °C 이상으로 운전되어 결로의 위험은 없다.



3.2 결로방지 Process

공기상태에 따른 노점온도

상대습도(%) 건구온도(°C)	40	45	50	55	60	65	70	75	80
22	7.8	9.5	11.1	12.6	13.9	15.1	16.3	17.4	18.4
23	8.7	10.4	12	13.5	14.8	16.1	17.2	18.3	19.4
24	9.6	11.3	12.9	14.4	15.8	17	18.2	19.3	20.3
25	10.5	12.3	13.9	15.3	16.7	18	19.1	20.3	21.3
26	11.4	13.2	14.8	16.3	17.6	18.8	20.1	21.2	22.3
27	12.3	14.1	15.7	17.2	18.6	19.9	21.1	22.2	23.2
28	13.2	15	16.6	18.1	19.5	20.8	22	23.2	24.2
29	14	15.9	17.5	19	20.4	21.8	23	24.1	25.2
30	14.9	16.8	18.4	20	21.4	22.7	23.9	25.1	26.2

- ① 실내 온습도를 지속적으로 관리하여 복사패널 표면에서 결로가 발생 되지 않도록 노점관리 수행
- ② 바닥 복사패널의 평균 표면온도는 20~22°C이므로 실내 노점온도가 15~19°C 미만이면 결로 미발생
- ③ 제습기가 함께 가동되어 실내 평균 상대습도는 50% ~ 60% 범위내로 유지
즉, 노점온도는 평균 15°C ~ 17°C 내로 관리되므로 표면 결로에 대한 문제는 발생되지 않음.



3.2 결로방지 Process

수온조절(외기보상 및 결로방지)시스템

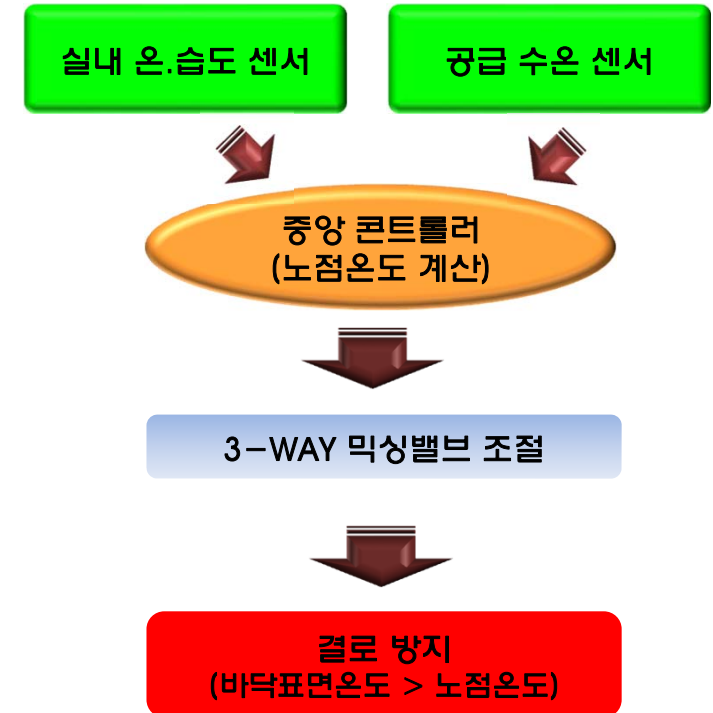
- 외기온도센서 (외기보상운전)
- 실내온습도센서 (실내노점온도관리)
- 공급수온센서 (공급수온관리)

A. 외기온도보상제어

외기온도센서에서 감지된 외기온도에 의해 통합제어장치에서
에너지절약을 위한 적절한 공급수의 온도를 계산

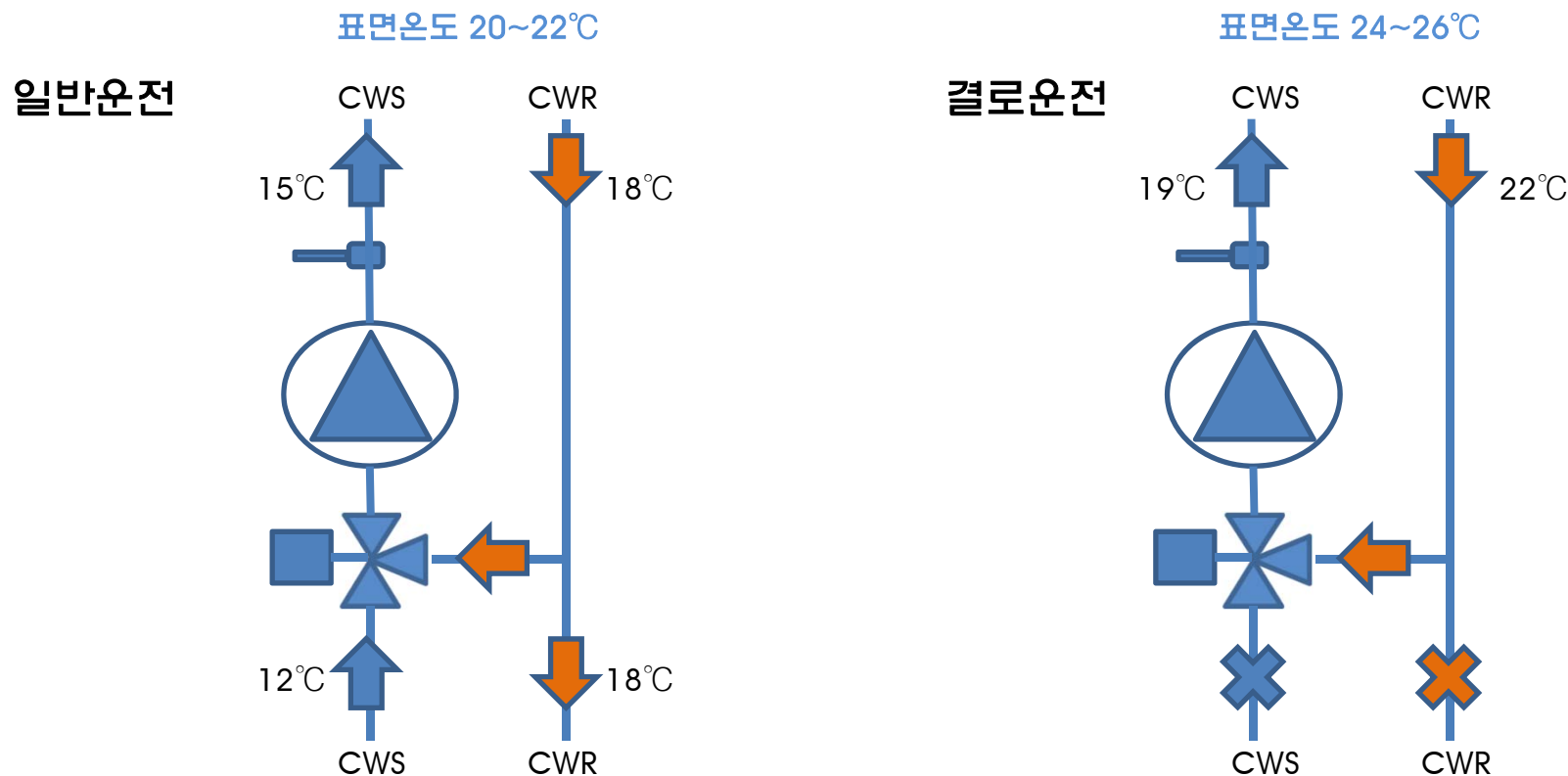
B. 결로제어

- 1) 실내온습도센서에서 감지된 실내온습도에 의해 노점온도를 계산하여
로비 바닥표면의 온도가 노점온도 이하로 되지 않도록 공급수온을 결정
- 2) 공급수온센서에서 측정된 실제 공급수의 온도와 계산된 온도를 지속적으로 비교하여
3-WAY 믹싱밸브를 통해 비레(피드백)제어
- 3) 바닥 표면온도를 냉방시 약 20~22℃, 난방시 약 30℃내외로 제어

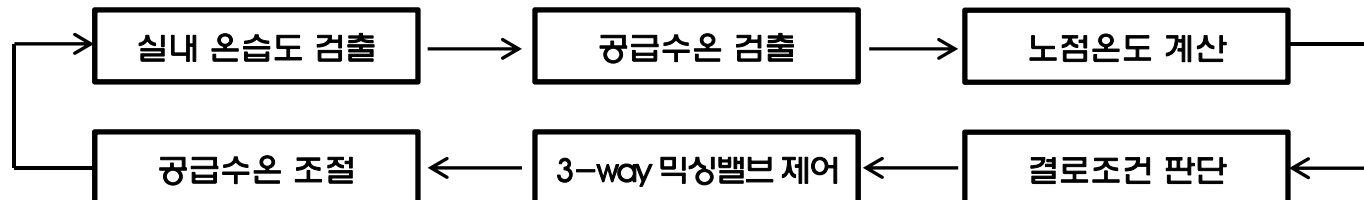




3.2 결로방지 Process



결로 제어
Sequence





4.1 패시브하우스의 복사냉난방시스템



‘LOHAS 숲체원’

패시브 하우스 독일 인증을 목표로

1) 외단열시스템 (외벽의 두께 670mm
콘크리트 250mm + 셀룰로즈 단열재
300mm + 목재마감 120mm)

2) 고단열, 고기밀, 고기능 창호로

건물 냉난방 부하가 매우 적음

– 신재생 에너지인 지열/태양열을 이용

– 복사 냉난방 시스템을 건물의

전공간에 채택하여 쾌적성 향상과

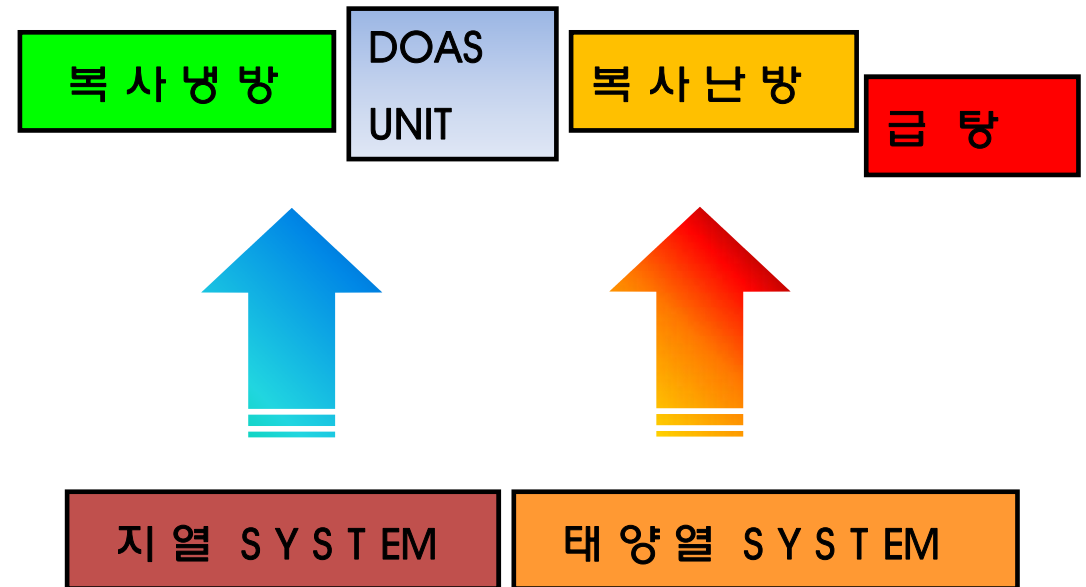
저에너지 사용 실현





4.2 열원 및 공조배관 계획

- 냉난방은 초저에너지 사용방식인
복사냉난방 + 전외기공조(DOAS)시스템 적용
- 냉방은 지열을 히트펌프 구동 없이
직접 열교환 하여 냉방수(17°C)로 사용
- 난방은 태양열 온수(40°C)를 사용
- 공조기는 직접 팽창식 냉각코일로
냉방수는 예냉코일에,
태양열 온수는 하계 재열코일에 열원으로 사용

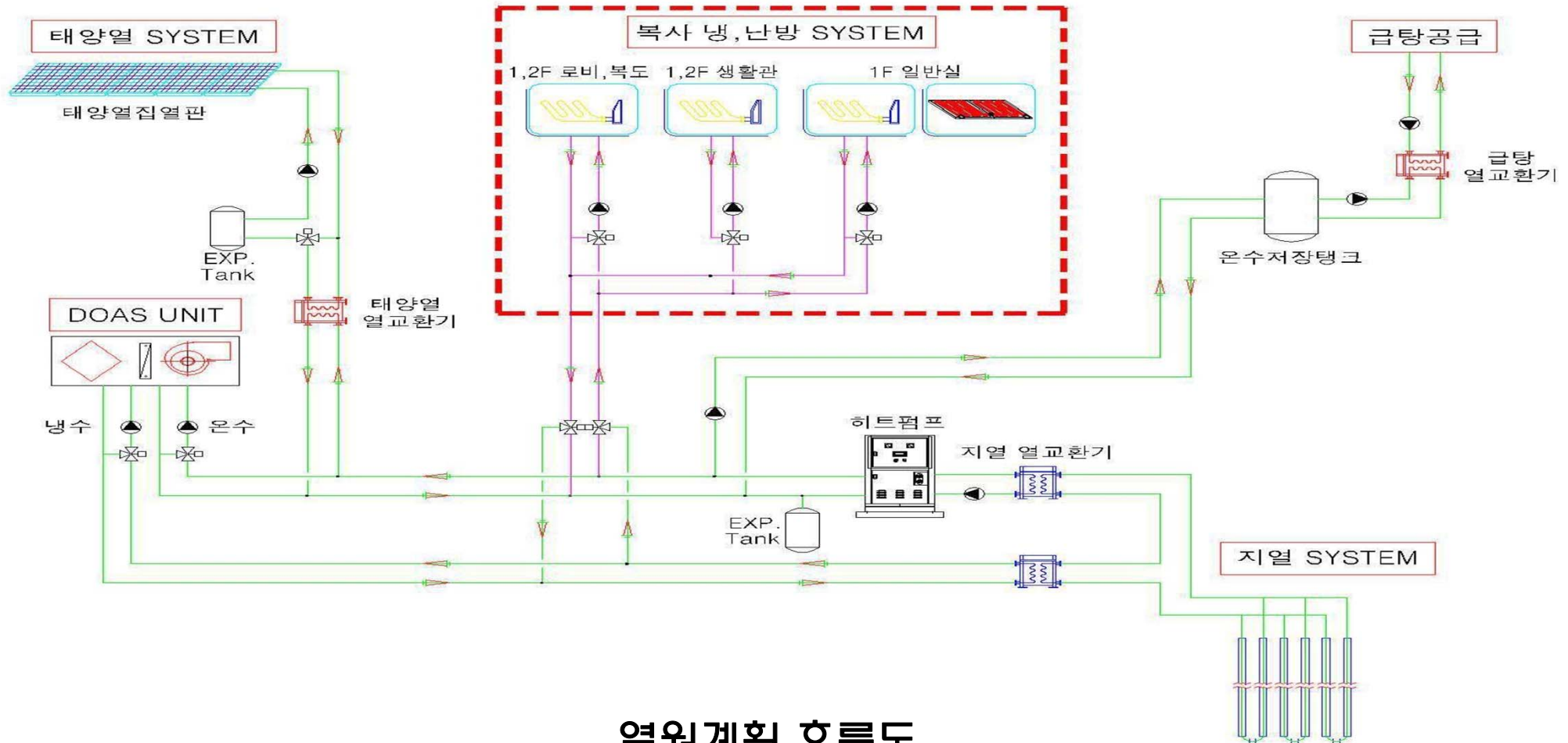


< 열원공급 계획 >

열원계획 개념



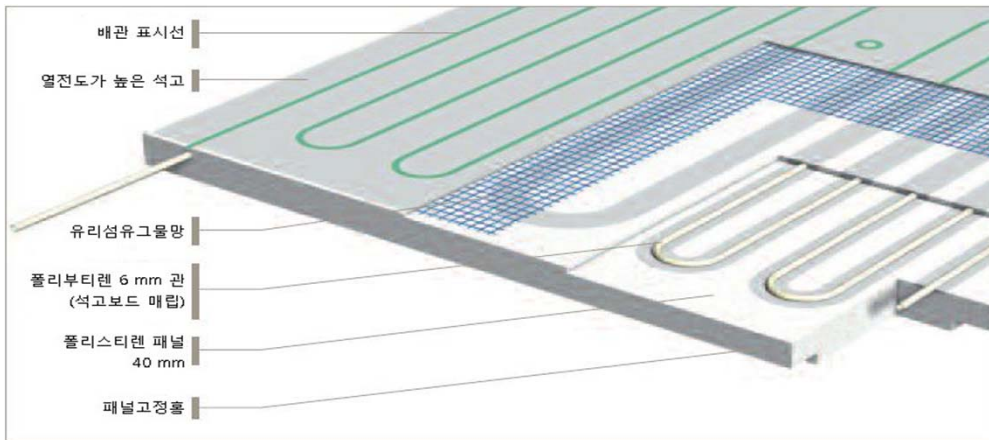
4.2 열원 및 공조배관 계획



열원계획 흐름도

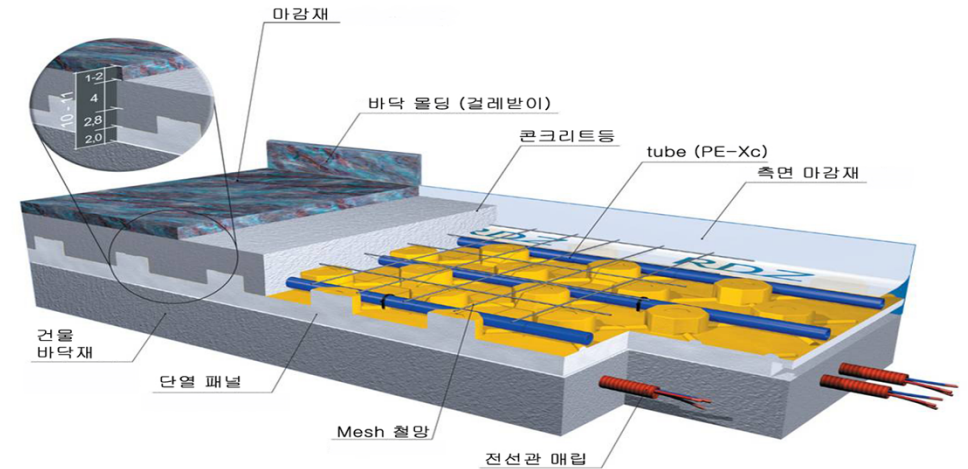
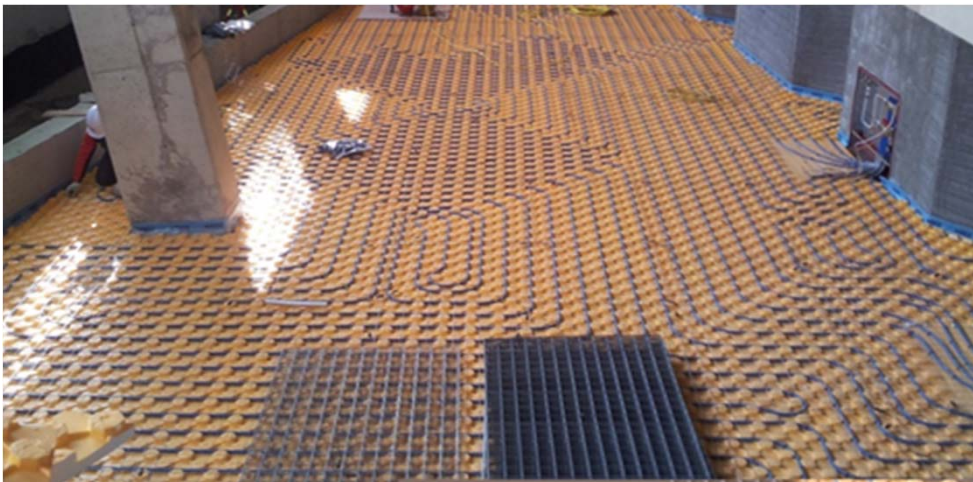


4.3 천장 복사냉난방시스템 적용

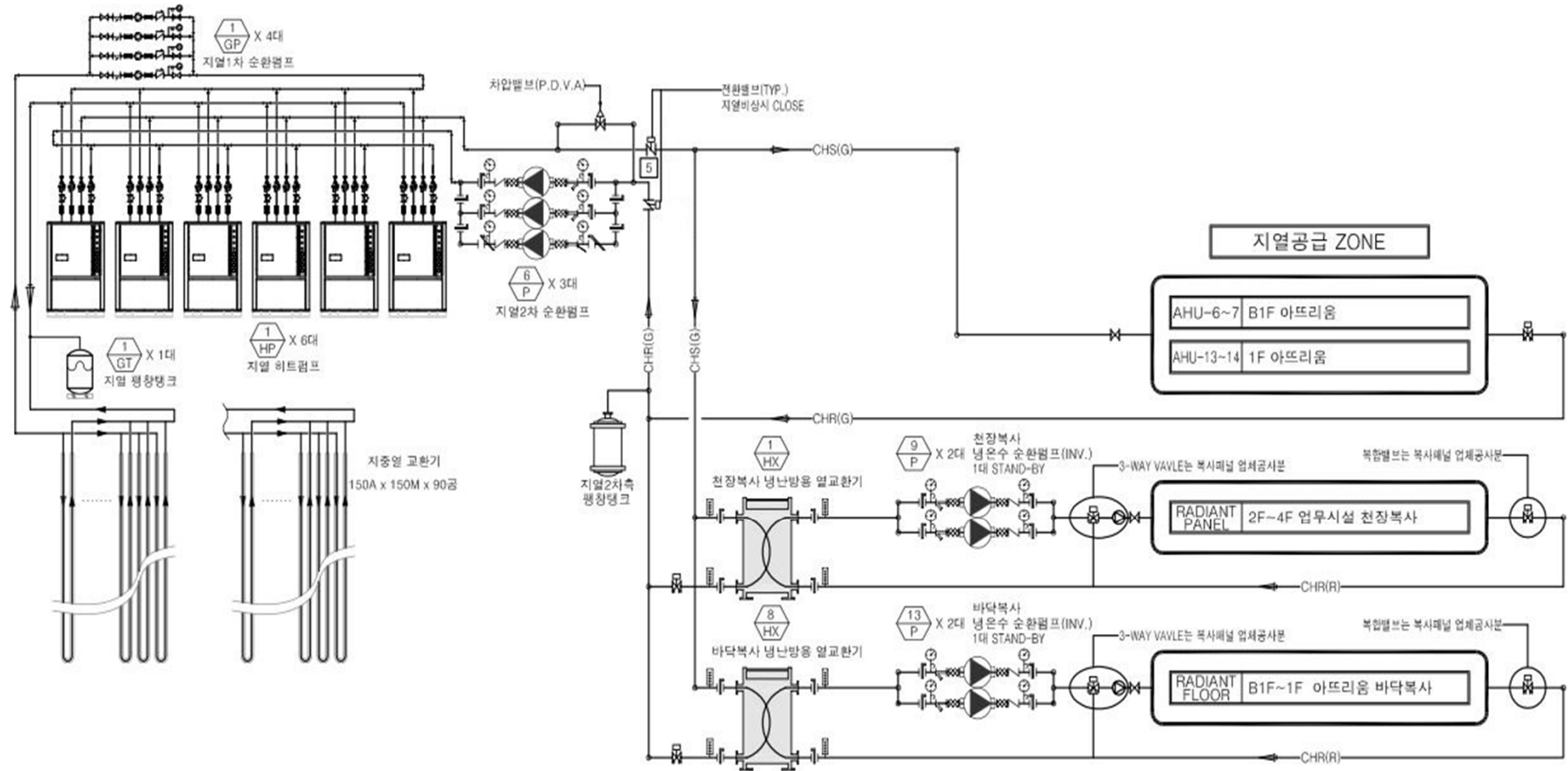




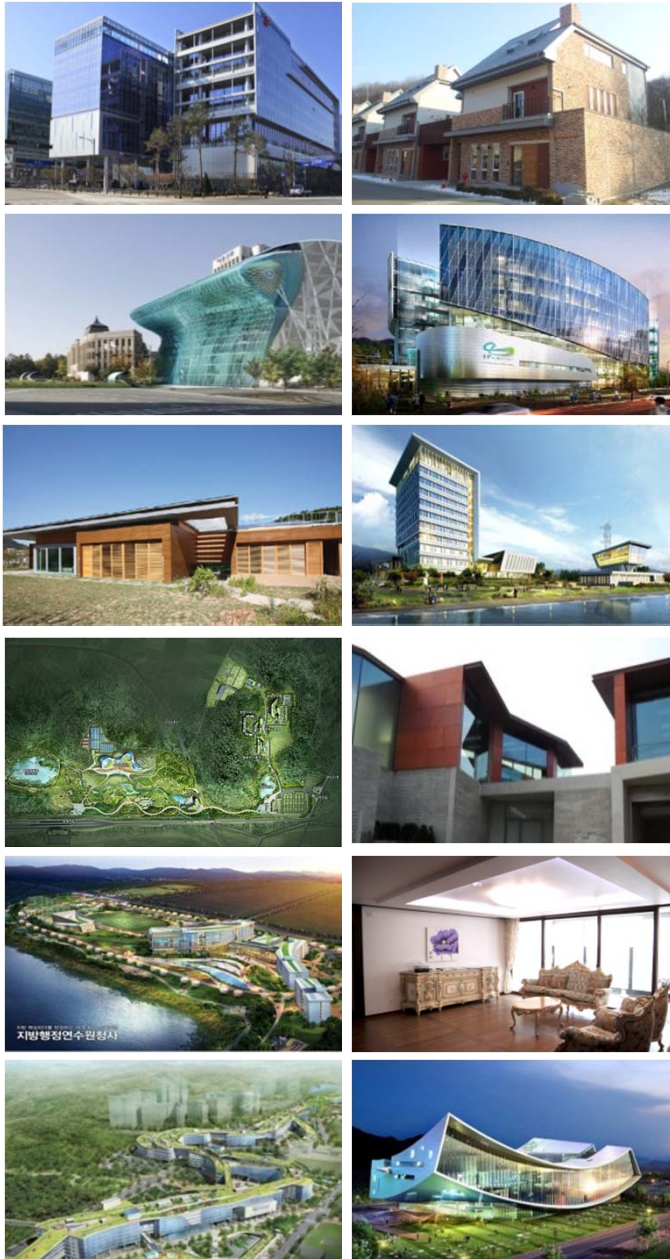
4.4 바닥 복사냉난방시스템 적용



4.5 열원 및 공조배관 계획



복사냉난방 열원흐름도

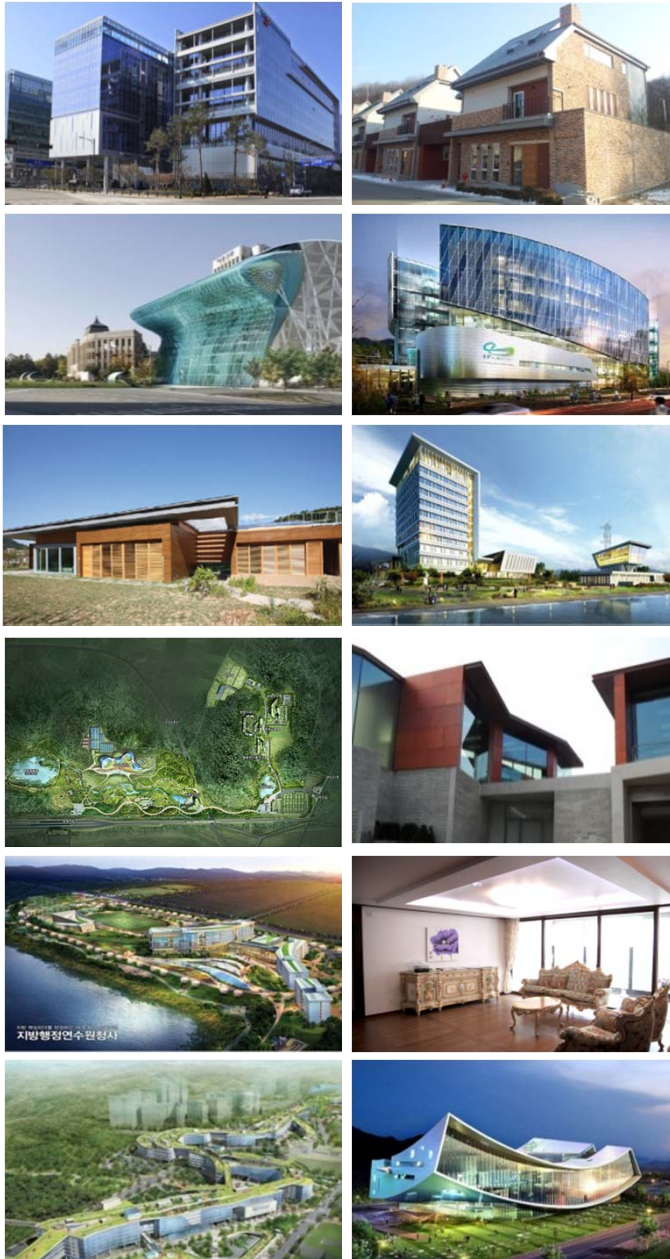


43개
완료

24개
계약

- E080521-01 SK 케미칼연구소
- E081031-01 반포 미주
- E081125-01 서울시청
- E081125-02 세종시정부청사1단계2구역(포스코건설)
- E090312-01 국립생태원
- E090923-01 성북동 미술관
- E091101-01 청라 푸르지오
- E091106-02 행복도시 국립중앙도서관
- E100324-01 R&D 센터
- E100409-01 삼양 show room
- E100419-01 부산 대연 푸르지오
- E101005-01 삼양 show room
- E101025-01 삼양 show room
- E101027-01 삼양 show room
- E101105-01 경록 도청사
- E101105-02 첨단에너지 연구센터
- E101213-01 마산 정부합동청사
- E110307-01 정부중앙청사(청사소장실)
- E110602-01 군자녀기숙사
- E110712-01 SK가스사옥
- E110920-02 용인알토공장
- E111214-01 고양삼송상록아파트
- E120224-01 불무원연수원
- E130117-02 부산 송도가정 마리아수녀회
- E130121-01 오정동 735번지 SEM 창고
- E130712-01 개포 우성 4차 A.P.T 306호
- E140217-01 SK케미칼연구소(lab실 보수공사)
- E140625-01 SM 커뮤니케이션센터
- 산운마을
- 삼양 show room
- 삼양 Test Center
- 수원아파트
- 에코타워
- 제로하우스

- E080801-01 제2 롯데월드타워
- E120724-01 CJ R&D CENTER
- E130117-01 아난티 콘도
- E130214-01 SM 포도나무
- E130311-02 중앙공무원교육원
- E130506-01 인천공항 교통센터 (T2)
- E130621-01 판교 산하연 R&D 센터
- E130716-01 한양교육가람
- E130912-01 삼양 브리마인 콘도
- E130925-01 한국타이어 중앙연구소
- E131011-01 대경대학교 중앙도서관
- E131015-01 서울경제신문빌딩연구센터TK
- E131021-01 삼북비즈니스센터
- E140603-01 삼성우면R&D
- E140703-01 서울재사용플라자
- E140711-01 신흥정보통신센터
- E141017-01 부산 베네딕도수녀원
- E141110-01 연세대학교 무학학사
- E150330-02 부천육아지원센터(건식난방)
- S140614-01 신반포 아크로리버APT



- 약 70여개 진행중**
- E091119-01 관교노인복지관
 - E110215-01 에너지 관리공단 신사옥
 - E120810-01 통골 자이온 아파트 (2015.01.12 사업지연)
 - E131113-01 스위스대사관
 - E140307-01 진천선수촌2단계1공구(선수숙소용 스카이라운지)
 - E140422-01 LG사이언스파크
 - E140429-01 성세재활원
 - E141021-01 해운대 관광 리조트
 - E141106-01 광주바이오연구센터
 - E150212-01 송도 컨벤시아 2단계 (BTL)
 - E150305-01 안성종합병원(건식바닥난방시스템)
 - E150310-01 하남시청(건식바닥난방시스템)
 - E150330-01 부천시청(건식바닥난방시스템)
 - E150330-03 부천시청 직장보육시설(건식난방)
 - E150430-01 장위2구역 코오롱하늘채 보육시설(건식바닥)
 - E150527-01 KJPP리조트 골프리조트(건식바닥난방시스템)
 - E150717-01 코오롱 미래기술원
 - E150805-01 N사 분당신사옥
 - E150911-01 자성한방병원
 - E150918-01 부천상동복지문화센터
 - E151012-01 서소문역사공원
 - E151209-01 새로남중등학교
 - E151218-01 재도림송도국제학교
 - E160120-01 동산마을 리모델링(건식난방)
 - E160126-01 제주 송당리 주택(건식난방+제습환기)
 - E160225-01 장기동 주거복합(건식난방)
 - E160302-01 천안방동동 코오롱하늘채 부속동(건식난방)
 - E160303-01 구미강변 코오롱하늘채 부속동(건식난방)
 - E160308-01 구미강변 코오롱하늘채 부속동(건식난방)
 - E160309-01 부산서기(건식난방)
 - E160311-01 천안공조환경기술 기업사립아파트
 - E160314-01 용평리조트_건식난방(건식난방)
 - E160408-01 한국교육과정평가원
 - E160411-01 경대병원 직원근무지 (침실 건식난방시스템)
 - E160512-01 수원컨벤션센터(우원-현산)
 - E160602-01 따복기숙사(건식난방)
 - E160628-01 새마을 테마파크
 - E160707-01 낙산비치호텔
 - E160712-01 현대GBC
 - E160714-01 진접선 자갈기지(고온복사)
 - E160727-01 새문안교회
 - E160803-01 송파 청소현수현관
 - E160804-01 SEVEN SEAS HOTEL(싱가폴)
 - E160828-01 리안리조트 주택
 - E160909-01 평창 황계리 생활형 숙박시설(복사냉난방 & 건식난방제안)
 - E160928-01 건강보험 심사평가원



당사는 국내에 복사냉난방시스템을 보급하고
국내 최다(약 60여개 이상)의 실적을 보유하여
설계 및 시공의 Know-how를 가지고 있습니다.

시스템의 이해에 도움이 될 수 있도록
Show room과 Model house를 운영하여
직접 체험해 보실 수 있습니다.