

2025 제로에너지건축 전문인력 양성교육

보급형 입문교육



2025
제로에너지건축
전문인력 양성교육

보급형 입문교육 5기(군산대)

Contents

2025 제로에너지건축 전문인력 양성교육
보급형 입문교육 5기(군산대)



PART
A

ZEB 소개

A.1 제로에너지건축물(ZEB) 제도 및 정책	8
1. ZEB 개요	8
2. ZEB 정책 동향	10
3. ZEB 체계 및 추진방향	14
4. ZEB 사례	20



PART
B

ZEB 기술

B.1 ZEB 패시브 기술 개요	30
1. 패시브 기술 개념	30
2. 패시브 요소 기술1	36
3. 패시브 요소 기술2	41
B.2 ZEB 액티브 기술 개요	46
1. 액티브 기술의 기본 개념	46
2. 공조설비 개요	56
3. 열원/급탕/조명설비 개요	68
B.3 ZEB 신재생 기술 개요	78
1. 신재생 기초 및 지열	78
2. 태양광 및 태양열	90
3. 기타 신재생 기술	100



2025
제로에너지건축
전문인력 양성교육

보급형 입문교육



ZERO ENERGY BUILDING
TRAINING TO BE PROFESSIONALS

PART A

ZEB 소개

[A.1]

제로에너지건축물(ZEB) 제도 및 정책

ZEB 개요

ZEB 정책 동향

ZEB 체계 및 추진방향

ZEB 사례

A.1

제로에너지건축물(ZEB) 제도 및 정책

교육 목표

ZEB 제도 및 정책

- * ZEB 다양한 정의 및 법적 정의의 이해
- * ZEB 구성요소(Passive, Active, New & Renewable) 및 각 요소별 적용 기술에 대한 이해
- * 국내 정책 흐름 및 제로에너지건축물 보급 확산 배경 이해
- * 제로에너지건축물 로드맵 이해
- * ZEB 인증 운영체계 이해 및 보급 활성화를 위한 추진 방향
- * ZEB 사례를 통해 적용 기술 및 최적화 컨설팅 지원사업 이해

1 ZEB 개요

◎ 제로에너지건축물의 다양한 정의

- 제로에너지건축물(Zero Energy Building, ZEB)에 대한 정의는 국가별 기술 및 경제적 여건에 따라 다르게 통용

제로에너지건축물
정의

[녹색건축물 조성 지원법 제2조(정의)] 제4호 “제로에너지건축물”이란 건축물에 필요한 에너지부하를 최소화하고 신에너지 및 재생에너지를 활용하여 에너지 소요량을 최소화하는 녹색건축물을 말한다

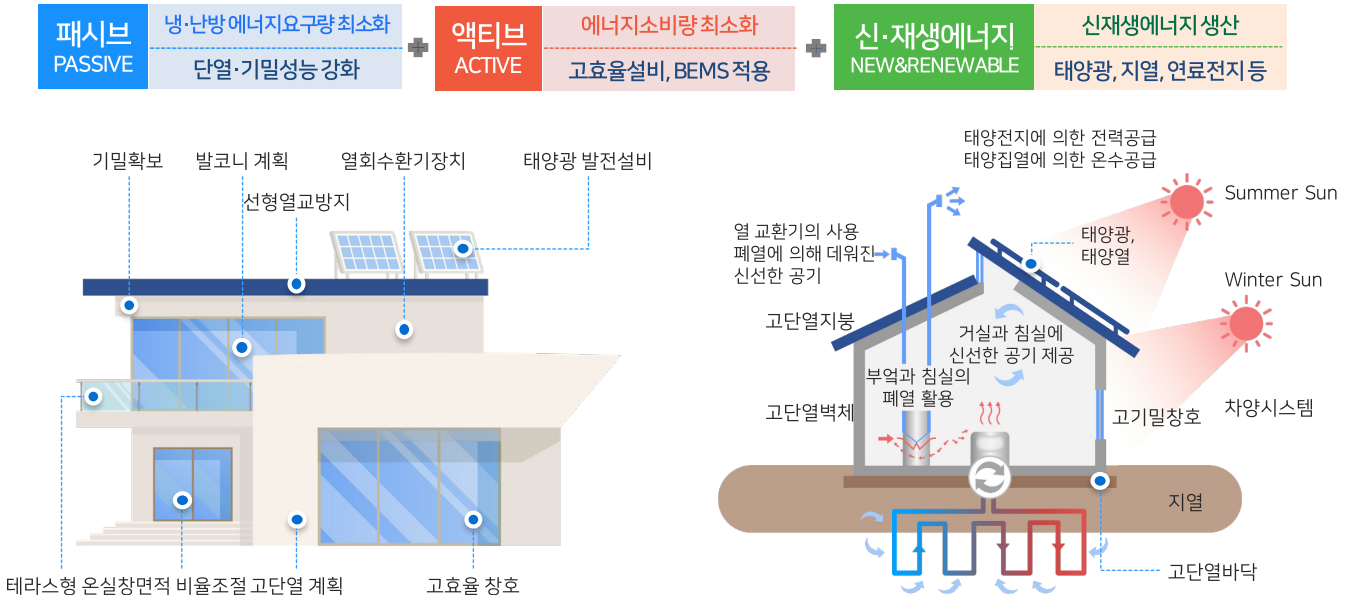
제로에너지건축물 수준



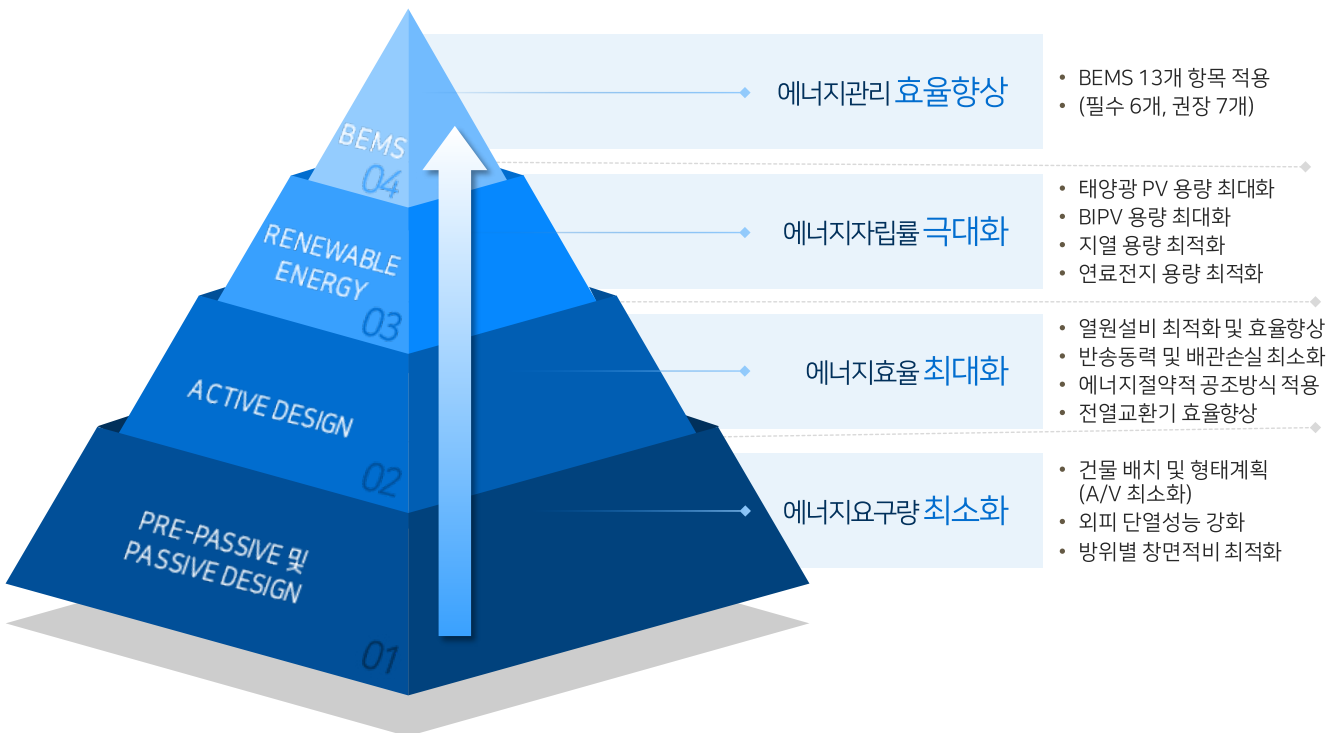
주요 국가



◎ 제로에너지건축물의 기술요소



◎ 제로에너지건축물 에너지 통합 설계

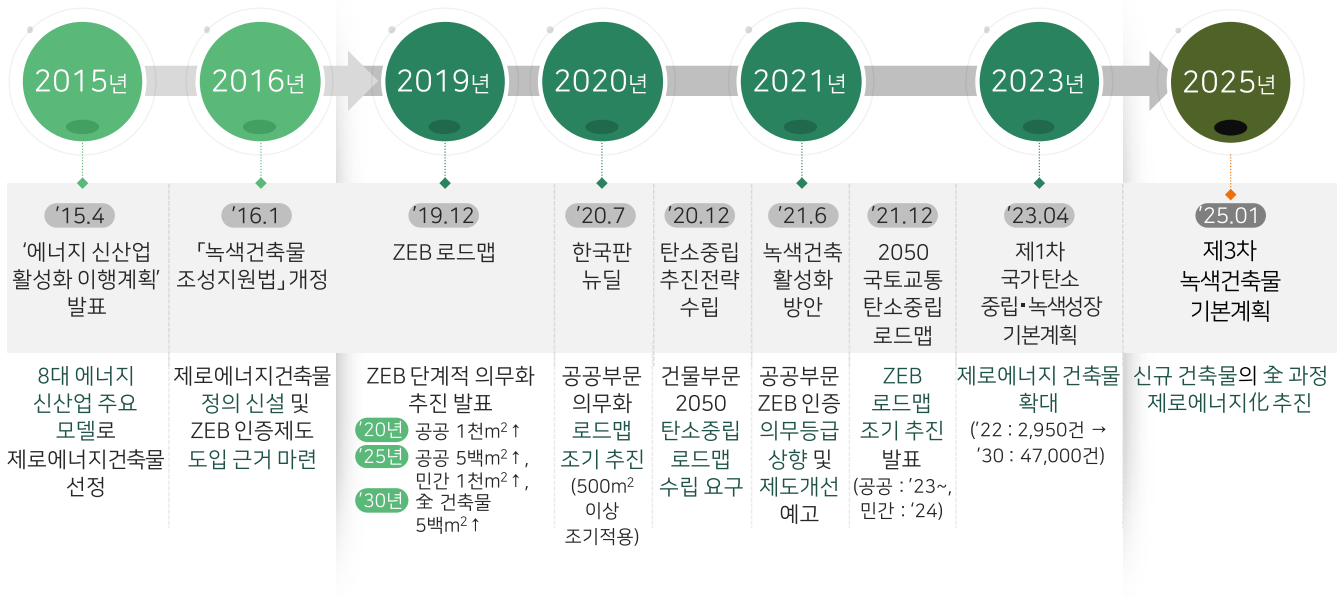


- 에너지 통합 설계의 네 단계 방안으로는 패시브 기술을 통한 에너지요구량 최소화, 액티브 디자인 기술을 통한 에너지효율 최대화, 신재생에너지 설비 용량 최적화를 통한 에너지자립률 극대화, 지속적인 에너지 관리를 위한 건물에너지모니터링시스템 설치가 있음

2 ZEB 정책 동향

◎ 국내 ZEB 정책 흐름

- 2017년에 ZEB 인증제도를 최초로 시행한 이후, ZEB 확산을 위한 단계적인 로드맵 수립과 제도 이행을 통하여 건물부문 국가 탄소중립 및 온실가스 감축 추진



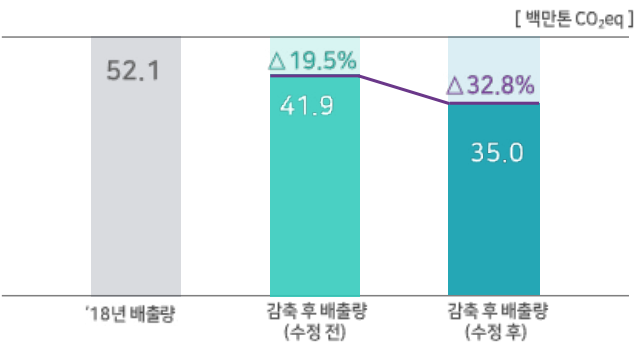
- 2050년까지 "국민의 생활 터전이 되는 모든 공간과 이동수단의 탄소 중립"을 목표로 건물, 교통, 국토와 도시, 국외 감축 분야에서 탄소 중립을 위한 다양한 과제를 추진하는 현행 적용 중인 의무화 로드맵
- 정부가 제로에너지건축물을 국가 건설부문 탄소 중립 및 온실가스 감축의 핵심 수단으로 여기고 있으며 보다 더 적극적인 노력으로 탄소 중립과 온실가스 감축하려는 정부의 의지가 내포되어 있음

◎ 제로에너지건축물 보급 확산 배경

- 2018년 배출량 기준에서 2030년까지 온실가스 감축 목표를 26.3%→40%로 상향하여 감축하는 도전적인 계획 발표
- 단순히 덜 쓰는 것이 아닌 건축의 최초 설계계획 단계부터 적극적으로 조치를 취해야 한다는 의미
- 건물은 한번 지으면 최소 30년 이상 유지되는 특성이 있어 초기에 건물 에너지 성능을 확보하는 것이 매우 중요

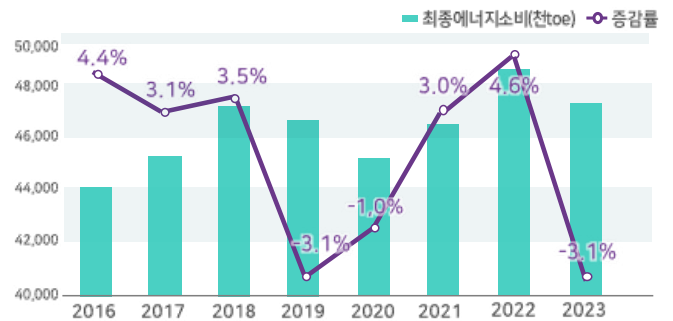
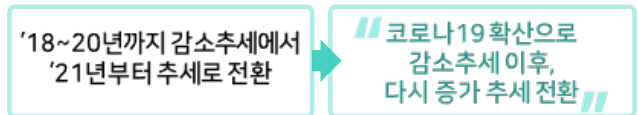
국가 NDC 상향 2018년 배출량 기준 2030년까지 온실가스 감축 26.3% ▶▶ 40%

건물부문 온실가스 감축 목표



NDC 상향에 따른 온실가스 감축 목표 증가

건물부문 에너지소비 현황

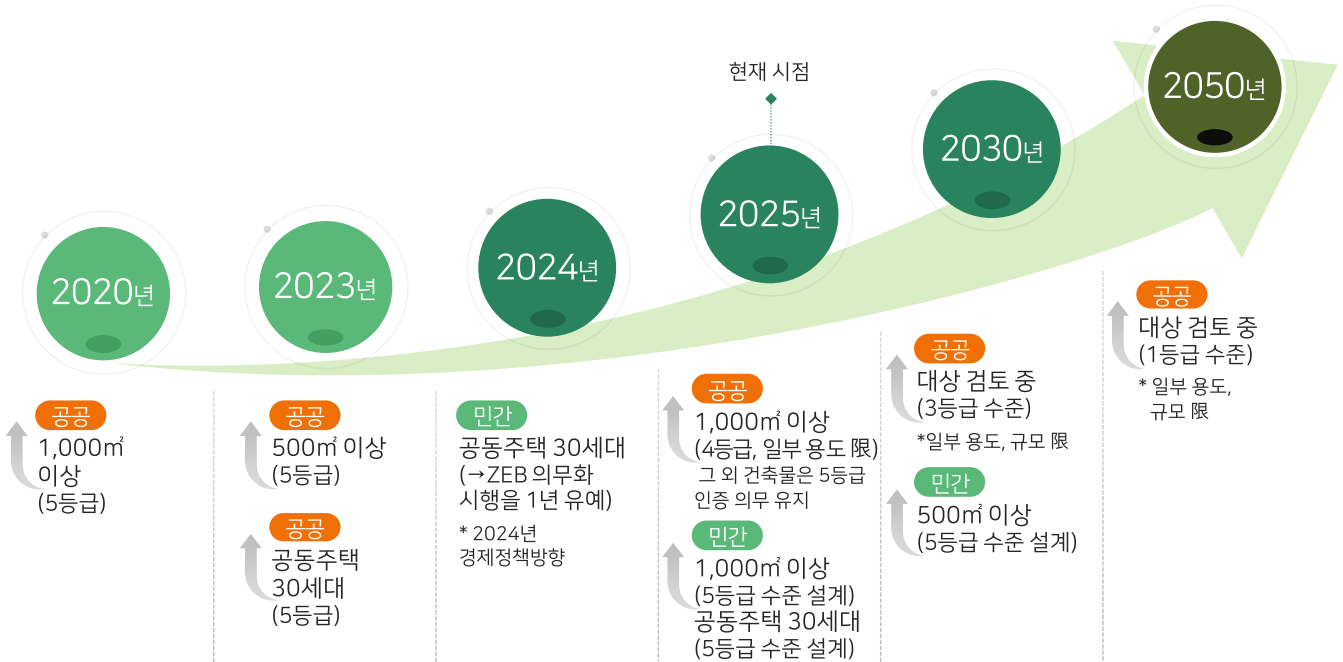


건물부문(가정·상업·공공) 최종에너지소비실적 추이

국가 NDC 달성과 에너지·경제적 측면에서 **한번 지으면 최소 30년 이상 유지되는 건축물 특성상 초기에 건물 에너지 성능을 확보하는 것이 중요**

◎ 제로에너지건축물 로드맵

- 정부는 2020년부터 연면적 1천m² 이상 신축 건물(공공 限)을 시작으로 단계적 의무화 추진
- 공공부문이 에너지절감 기술을 적극 활용하여 민간부문의 참여를 유도하는 방향으로 설계



◎ 참고서적 및 사이트

1. https://zeb.energy.or.kr/BC/BC00/BC00_01_001.do
2. https://www.energy.or.kr/web/kem_home_new/new_main.asp
3. https://www.energy.or.kr/web/kem_home_new/ener_efficiency/building_08.asp
4. 「2030 국가 온실가스 감축 로드맵 수정안(18.7)」
5. 「제로에너지건축 보급 확산 방안(19.6)」
6. 「제2차 녹색건축물 기본계획(19.12)」
7. 「한국판 뉴딜 종합계획(20.7)」
8. 「탄소중립 선언」(20.10) 및 「2050 탄소중립 추진전략(20.12)」
9. 「국가 온실가스 감축목표 갱신 계획(20.12)」
10. 「제2차 녹색건축물 기본계획」 변경(21.04)」
11. 「2050년 탄소중립 달성을 위한 녹색건축 활성화 방안(21.06)」
12. 「탄소중립·녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획」(23.04)
13. 「제3차 녹색건축물 기본계획」 변경(24.12)」

3 ZEB 체계 및 추진방향

◎ ZEB 인증 운영체계

- 제로에너지건축물 인증제도는 국토교통부, 산업통상자원부 주관 공동 운영, 한국에너지공단은 운영기관으로서 제도 운영 수행
- 실제 인증 업무를 수행하는 인증기관은 한국녹색기후기술원, 한국교육녹색환경연구원, 한국부동산원, 한국생산성본부인증원, 한국환경건축연구원, 한국건설생활환경시험연구원 등 총 6개 기관으로 지정되어 있음



- ZEB 인증의 법적 근거는 녹색건축물 조성지원법 제2조, 제17조, 제41조로 구성되어 있으며 취득에 따른 인센티브 및 인증대상 건축물, 의무대상 건축물 등은 동법 시행령에 나와 있음
- 건축물 에너지효율등급 인증과 ZEB 인증에 관한 규칙에는 인증기관의 지정, 인증 신청, 평가와 인증서 발급 등이 있으며 인증 신청 보완, 재인증 및 재평가 등은 건축물 에너지효율등급 인증 및 ZEB 인증 기준을 따름

구분	법규명	주요 내용
법률	「녹색건축물 조성 지원법」	(제2조) 제로에너지건축물의 정의 (제17조) 제로에너지건축물 인증제도 (제41조) 인증결과 미표시 및 사용승인 시 관련 서류 미첨부에 따른 과태료
대통령령	「녹색건축물 조성 지원법 시행령」	(제11조) 제로에너지건축물 건축기준 완화 (제12조) 인증 대상 건축물, 의무 대상 건축물
국토교통부령 산업통상자원부령	「제로에너지건축물 인증에 관한 규칙」	운영기관 및 인증기관의 지정 등 인증 신청, 평가, 기준, 발급 등 재평가 요청, 예비인증, 실태조사 등 인증운영위원회의 구성 및 운영 등
국토교통부 고시 산업통상자원부 고시	「제로에너지건축물 인증 기준」	인증신청 보완, 반려, 기준 및 등급 등 재인증 및 재평가, 위원회 운영 등

◎ 현행 ZEB 인증 기준

- ZEB 인증 취득을 위해서는 제1호 또는 제2호와 제3호를 만족하여야 함
- 인증 등급은 제1호 또는 제2호 중 높은 등급 산정 기준을 ZEB 인증 등급으로 함
- 에너지자립률은 건축물의 단위 면적당 1차에너지 소비량 대비 1차에너지 생산량의 비율

제로에너지건축물 인증기준

제 1호
단위면적당
1차 에너지 소요량

- 건축물의 단위면적당 전체 1차에너지소요량 산출 및 평가

[kWh/m²·y]

등급	주거용	비주거용
ZEB +등급	-10 미만	-70 미만
ZEB 1등급	10 미만	-30 미만
ZEB 2등급	30 미만	10 미만
ZEB 3등급	50 미만	50 미만
ZEB 4등급	70 미만	90 미만
ZEB 5등급	90 미만	130 미만

제2호
에너지자립률
20% 이상

- 건축물의 단위면적당 1차에너지 소비량 대비 1차 에너지생산량의 비율로, 20%이상 달성해야 함

- 냉방/난방/급탕/조명/환기 소비량 및 신·재생에너지 생산량 평가

[%]

등급	자립률
ZEB +등급	120이상
ZEB 1등급	100이상 120미만
ZEB 2등급	80이상 100미만
ZEB 3등급	60이상 80미만
ZEB 4등급	40이상 60미만
ZEB 5등급	20이상 40미만

제3호
건축물에너지관리시스템
(BEMS) 설치 여부 확인

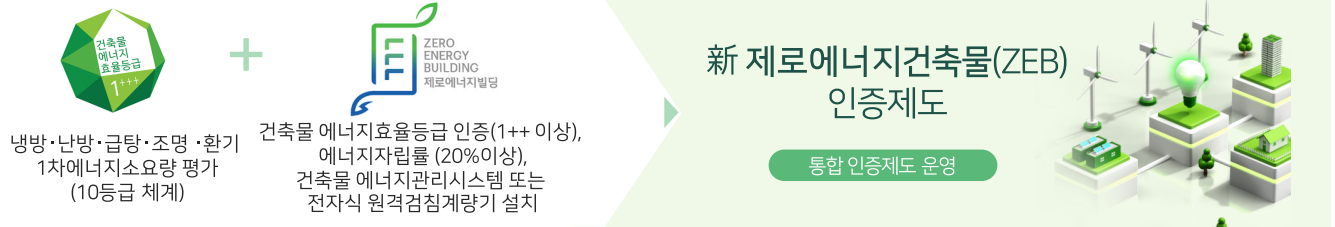
- 건축물 에너지효율화를 위한 기능을 갖추고 지속적으로 운영 및 관리되고 있는지 평가

시스템별 평가항목

건물에너지관리시스템 (BEMS) 13개 항목 (필수 6개, 권장7개)

◎ (참고) 통합 ZEB 인증제도(2025.1.1.~)

- 2025년 1월 1일부터 신규 건축 허가를 받는 건축물은 통합된 '제로에너지건축물 인증제도' 적용



통합 제로에너지건축물(ZEB) 인증 기본 방향

방향 1	방향 2	방향 3
<p>최소한의 변화</p> <p>✓ 現 인증 기준인 ①에너지자립률은 유지하되, ② 1차 에너지 소요량 기준을 추가하여 제도 수용성 강화 * 신청자가 기준을 선택하여 인증 취득</p>	<p>등급체계 간소화</p> <p>✓ 건축물에너지효율등급 인증제도 內 실효성과 수요가 없는 하위등급 삭제 * 건축물 에너지효율등급 : 7등급 ~ 1+++ 등급</p>	<p>ZEB 등급체계 확장</p> <p>✓ 진취적인 ZEB 확산을 위한 ZEB Plus 등급 신설 (에너지자립률 120% 이상)</p>

통합 제로에너지건축물(ZEB) 인증제도의 세부 평가기준은 ZEB 홈페이지(<https://zebenera.or.kr>)에서 확인 가능

◎ 현행 ZEB 인증 기준

에너지소요량 = 건축물에 설치된 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기에서 소요되는 에너지량 (5종 용도별평가)

에너지 소요량 산정방법(단위면적당)

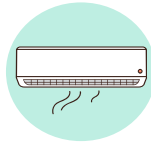
$$\Sigma(\text{해당 에너지소요량} \div \text{해당 에너지가 요구되는 공간의 바닥면적})$$

[난방에너지] +



난방에너지소요량
난방에너지가 요구되는
공간의바닥면적

[냉방에너지] +



냉방에너지소요량
냉방에너지가 요구되는
공간의바닥면적

[급탕에너지] +



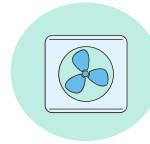
급탕에너지소요량
급탕에너지가 요구되는
공간의 바닥면적

[조명에너지] +



조명에너지소요량
조명에너지가 요구되는
공간의 바닥면적

[환기에너지]



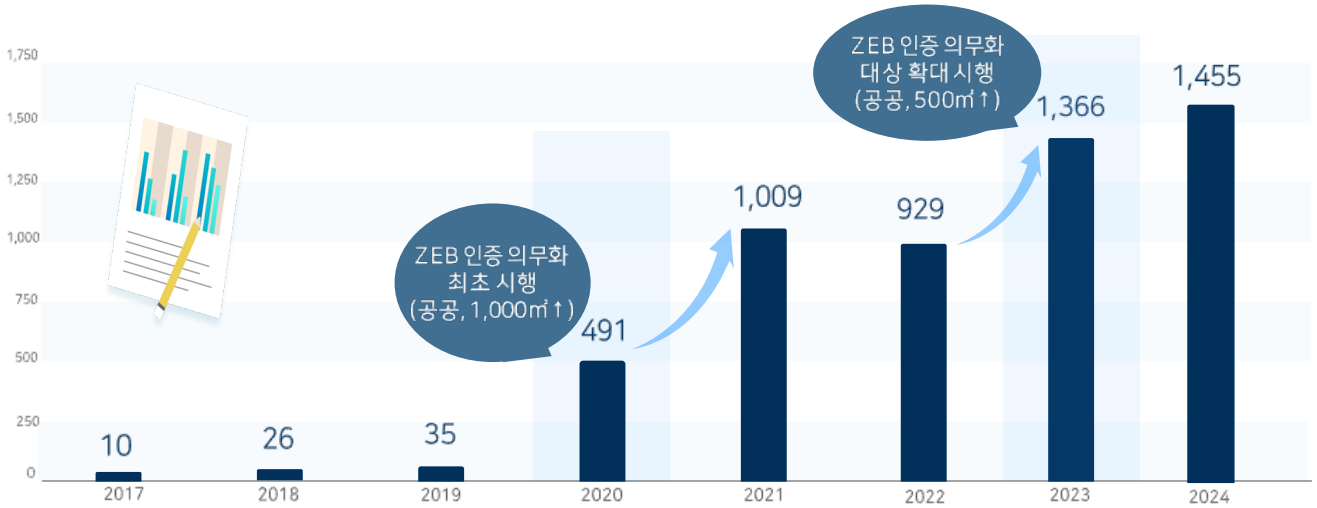
환기에너지소요량
환기에너지가 요구되는
공간의 바닥면적

- ※ 냉방설비가 없는 주거용 건축물(단독주택 및 기숙사를 제외한 공동주택)의 경우는 냉방 평가 항목을 제외
- ※ 단위면적당 1차에너지소요량 = 단위면적당 에너지소요량 × 1차에너지환산계수
- ※ 신·재생에너지 생산량은 에너지소요량에 반영되어 효율등급 평가에 포함

등급	주거용 건축물	주거용 이외의 건축물
	연간 단위면적당 1차 에너지 소요량 (kWh/㎡·년)	연간 단위면적당 1차 에너지 소요량 (kWh/㎡·년)
ZEB +등급	-10 미만	-70미만
ZEB 1등급	10 미만	-30 미만
ZEB 2등급	30 미만	10미만
ZEB 3등급	50 미만	50 미만
ZEB 4등급	70 미만	90 미만
ZEB 5등급	90 미만	130 미만

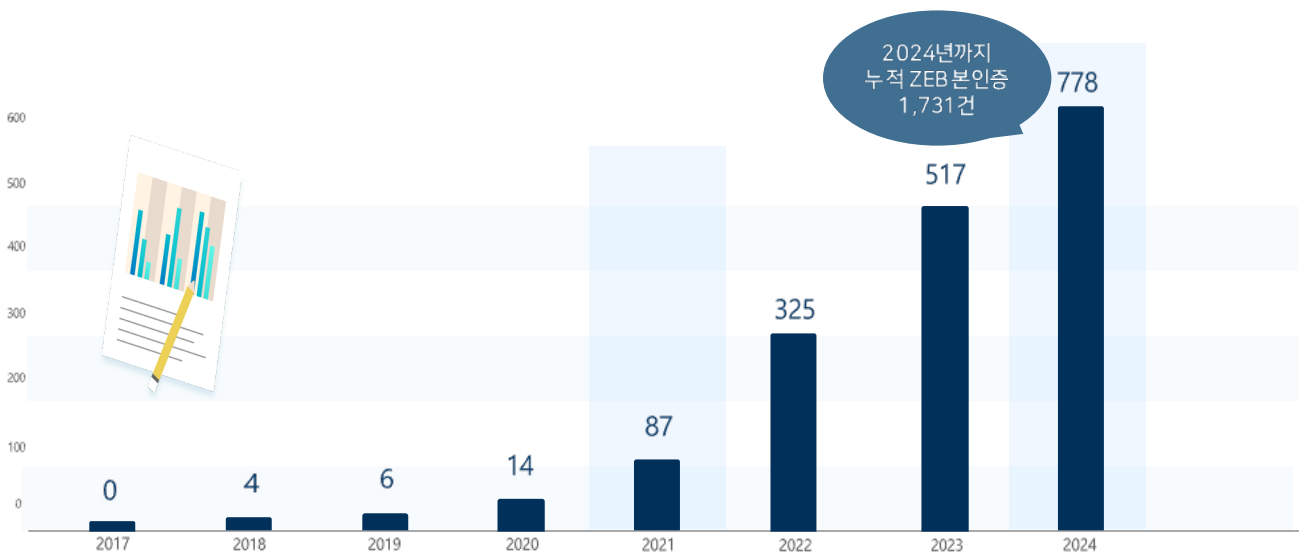
◎ ZEB 인증 현황 | 예비인증 현황

- 2017년 ZEB 인증제도 시행 이후, '20년 공공부문에 대한 ZEB 의무화 시행 시점을 기준으로 인증 건수 증가
- '21년 많은 증가를 보이며 '22년 안정화되어 예비인증 건수 다소 감소
- '23년 의무 대상 확대 시행되며 인증 건수 대폭 증가



◎ ZEB 인증 현황 | 본인증 현황

- 2017년 ZEB 인증제도 시행 이후, '21년부터 본격적인 건축물의 준공이 시작되어 인증 증가 추세
- 평균 공사 기간인 2년을 간격으로 본인증 건수 증가



◎ ZEB 인증 현황

ZEB 인증 현황 '20년 ZEB 인증 의무화 시행으로 증가(국토부 발표, ZEB로드맵에 따라 증가 예상)

☑ 연도별 제로에너지건축물 예비 및 본 인증 실적

구분	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	합계
예비 인증	10	26	35	491	1,009	929	1,366	1,455	5,321
본 인증	-	4	6	14	87	325	517	778	1,731
합 계	10 (0.14%)	30(0.42%)	41(0.58%)	505(7.16%)	1,096(15.54%)	1,254(17.78%)	1,883(26.70%)	2,233(31.66%)	7,052(100%)

공공 ZEB 의무화 최초 시행 (연면적 1,000㎡이상, 2020년 1월~) 공공 ZEB 의무화 대상 확대 (연면적 1,000㎡ → 500㎡ 이상, 2023년 1월~)

☑ 등급별 제로에너지건축물 예비 및 본 인증 실적

구분	ZEB 1	ZEB 2	ZEB 3	ZEB 4	ZEB 5	합계
예비 인증	165	145	412	1,245	3,354	5,321
본 인증	116	93	242	498	782	1,731
합 계	281(3.98%)	238(3.37%)	654(9.27%)	1,743(24.72%)	4,136(58.65%)	7,052(100%)

ZEB 4등급 이상이 전체의 약 40%

→제로에너지건축물인증시스템홈페이지 (<https://zebenergy.or.kr>) 내실시간 조회가능

4 ZEB 사례

◎ 판교 제2테크노밸리 기업지원허브

- 국내 최초 제로에너지건축물 본인증 취득 사례
- 연면적 약 8만m²의 대형 건축물을 제로에너지화



건물명	판교 제2테크노밸리기업지원허브	대지위치	경기 성남시 수정구 대왕판교로 815
건축주	한국토지주택공사	준공일	2017.10.17.
효율등급	1++	규모	지하2층, 지상8층
연면적	78,802.08 m ²		


구분	요구량	소요량	1차소요량	등급용1차소요량
난방에너지	34.7 W/m ² ·K	28.4 W/m ² ·K	46.1 W/m ² ·K	45.2 W/m ² ·K
냉방에너지	18.9 W/m ² ·K	18.7 W/m ² ·K	27.0 W/m ² ·K	26.5 W/m ² ·K
급탕에너지	12.2 W/m ² ·K	19.0 W/m ² ·K	15.8 W/m ² ·K	9.7 W/m ² ·K
조명에너지	11.0 W/m ² ·K	8.4 W/m ² ·K	23.2 W/m ² ·K	19.9 W/m ² ·K
환기에너지	0 W/m ² ·K	13.0 W/m ² ·K	35.6 W/m ² ·K	35.9 W/m ² ·K
신재생에너지	0 W/m ² ·K	-17.3 W/m ² ·K	-37.4 W/m ² ·K	0 W/m ² ·K
합계	76.9 W/m ² ·K	87.5 W/m ² ·K	147.7 W/m ² ·K	137.2 W/m ² ·K

1차에너지소비량	신재생에너지 생산량	에너지지킴률
185.12 kWh/m ² ·년	37.39 kWh/m ² ·년	20.2% (5등급)

● 적용 기술


PASSIVE 적용기술

01. 로이삼중창 (법적기준 대비 38% ↑)

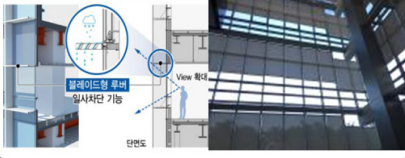


공기층
Low-E 코팅
알루미늄

02. 외단열 공법(단열성능 1.7배 강화)




03. 차양일체형 외피(냉방부하 0.3% ↓)



복합일체형 외피
일사차단 기능
단면도

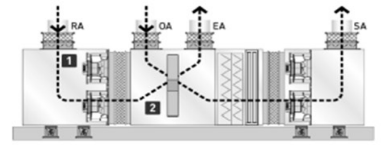
ACTIVE 적용기술

01. 외기냉방 공조 시스템

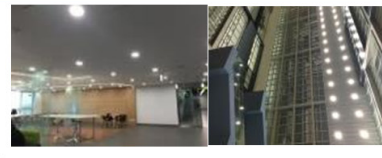


외기냉방용 덕트 신설
배기팬
실외기
서버실
동공회전기
외기냉방 배기

02. 공조기 전열교환기



03. 고효율 LED(4.18W/㎡)



신재생 설비

01. PV(612.75kWp), BIPV(13.44kWp) 설치



02. 지열히트펌프(2,931.96kW) 설치



03. UES(1,875Kva) 설치



상시
UES 625KVA
UES 625KVA
UES 625KVA
Server
1,875KVA
30분 공급


예비
UES 625KVA
Peak-Cut
750KVA
2시간 방전

Lithium Ion Battery

※ UES = UPS + ESS
※ UPS : 무정전 전원 공급장치(Uninterruptible Power Supply) ※ ESS : 에너지 저장장치(Energy Storage System)

◎ LG ThinkQ Home

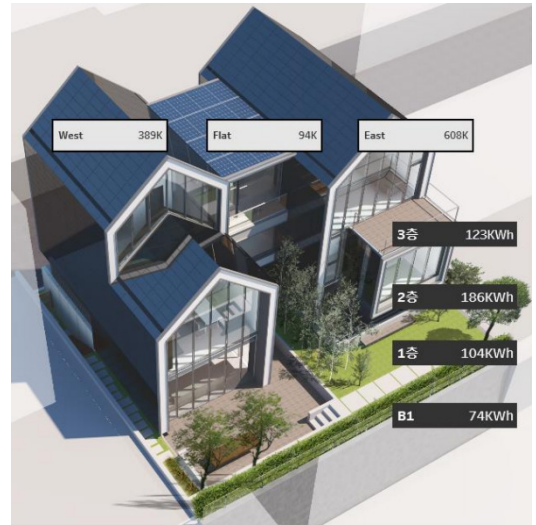
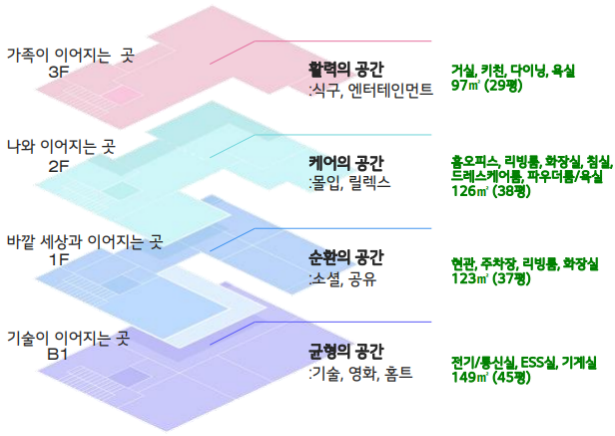
- 제로에너지건축물 인증제도 최초 1등급 취득 사례
- 단독주택 최초의 ZEB 인증 사례

건축주	(주)LG전자	
소재지	경기 성남시 분당구 산운로185번길 14-6	
대지면적	295.3056㎡	
건축면적	128.54㎡	
연면적	499.79㎡	
규모	지하1층 / 지상3층	
주용도	단독주택	
준공일	2020년 11월	
인증경과	<ul style="list-style-type: none"> · 건축물에너지효율등급 예비인증 취득(1+++ 등급, '20.2.6) · ZEB 예비인증 취득(2등급, 자립률 85.05%, '20.2.12) · 건축물에너지효율등급 본인증 취득(1+++ 등급, '20.10.16) · ZEB 본인증 취득(1등급, 자립률 121.6%, '20.11.13) 	

※ 본인증 평가결과

건축물 에너지효율등급	1+++	제로에너지등급(자립률)	1등급 (121.6%)
단위면적당 1차에너지소비량 (kWh/m ² ·년)	255.6	단위면적당 1차에너지생산량 (kWh/m ² ·년)	310.9
건물에너지관리 적용현황	건물에너지관리시스템		
주요Passive기술	<ul style="list-style-type: none"> · 창세트 커튼월(Low-E 삼중유리 사용) 적용 · 벽체, 지붕 외단열 시공(PF보드/준불연단열재) · 기밀 취약부위(창, 배관, 덕트, 전선 등) 기밀 시공 · 열손실 저감 위한 창면적비 최적화(방위별 특성 고려, 평균 창면적비 22.14%) 		
주요Active기술	<ul style="list-style-type: none"> · 통합배관방식(2관식) 지역난방 시스템(급탕, 난방 열교환기 적용) · 고효율 전열교환환기장치, LED조명(100%) 및 개별 조명제어 · BEMS 이용 자동제어장치(zone별 제어설비 적용) 		
주요 신재생 기술	<ul style="list-style-type: none"> · 지붕(경사·수평) 및 외벽 활용 태양광 발전(PV, BIPV/총 55.765kWp) · 연료전지 설치(1kW) 		

층별 컨셉/공간/건축 규모



홈에너지

BIPV, ESS, HEMS

스마트홈

홈통합게이트웨이, 복합센서,
스마트미러, 모바일어플리케이션

유지관리

솔루션의 성능관리 및
업그레이드



홈 통합 솔루션

◎ 힐스테이트 레이크 송도

- 국내 최초 주거형(아파트) 제로에너지건축물 본인증 취득
- 고품형 제로에너지 시범단지



건물명	힐스테이트레이크송도	대지위치	인천광역시 연수구 송도동 397-11
건축주	송도랜드마크시티	준공일	2019.06.30.
효율등급	1++	규모	지하2층, 지상36층
연면적	155,833.02 m ²		

구분	요구량	소요량	1차 소요량	등급용 1차소요량
난방에너지	33.1W/m ² ·K	43.9W/m ² ·K	33.3W/m ² ·K	33.3W/m ² ·K
냉방에너지	0W/m ² ·K	0W/m ² ·K	0W/m ² ·K	0W/m ² ·K
급탕에너지	30.7W/m ² ·K	37.5W/m ² ·K	27.8W/m ² ·K	27.8W/m ² ·K
조명에너지	9.6W/m ² ·K	4.3W/m ² ·K	11.8W/m ² ·K	11.8W/m ² ·K
환기에너지	0W/m ² ·K	1.8W/m ² ·K	4.9W/m ² ·K	4.9W/m ² ·K
신재생에너지	0W/m ² ·K	-8.6W/m ² ·K	-23.7W/m ² ·K	0W/m ² ·K
합계	73.4W/m ² ·K	87.4W/m ² ·K	77.8W/m ² ·K	77.8W/m ² ·K

1차에너지소비량	신재생에너지 생산량	에너지자립률
101.50 kWh/m ² ·년	23.72 kWh/m ² ·년	23.37% (5등급)

● 적용 기술

PASSIVE 적용기술

01. 로이이중창 (법적기준대비 42% ↑)

02. 경질우레탄 (법적기준대비 42~58% ↑)

03. 전 세대 기밀성능 2.0회/h 미만

ACTIVE 적용기술

01. LED 조명기기 (조명밀도5.11W/m²)

02. 고효율 전열교환기 (난방73.5%, 냉방66.6%)

03. 지역난방 콤팩트 설치

난방 : 6,063.95kW
급탕 : 3,088.37kW

신재생 설비

01. PV(773.52kWp) 설치 (효율 20.3%)

02. 연료전지(1kW) 설치 (효율 86.12%)

제품 인증서

신재생에너지지원사업

◎ 동탄7동 도서관(왕배푸른숲 도서관)

- 국내 최초 공공부문 제로에너지건축 1등급 취득 사례
- 예비인증 단계 5등급 인증 계획, 컨설팅을 통해 본인증 1등급 상향 취득



구분	내용
건물명	동탄7동 도서관(왕배푸른숲 도서관)
대지위치	경기도 화성시 동탄 택지구 제 14호 근린공원
용도	교육연구시설(도서관)
대지면적	282,284.00㎡
건축면적	1,237.12㎡
연면적	2,195.54㎡
규모	지상2층

- ZEB 예비인증서 및 본인인증서

예비인증서 제로에너지 5등급

제로에너지건축물 예비인증서	
건축물 개요	인증번호
건축물명 : 왕배푸른숲 도서관	인증번호 : 20250622-1231-0171
승공연도 : 2026.06.30	평가자 : 이주영
주 소 : 김원중에너지연구소 / 동탄7동 주민자치센터 12주단지 1231-01, 1231-02	인증기관 : 한국녹색기후기술원
층 수 : 지상 2층 / 지하 1층	발령기간 : 한국에너지공단
연 면 적 : 653.28 (㎡)	사용승인 또는 사용검사 완료일
건축물의 주요 용도 : 제1종 근린생활시설	인증 등급
상가차 : (주)정체이중화건축사사무소	제로에너지건축물 인증 등급 : 5 등급
건축물 대지 및 상해내지 및 제에너지 설비 주소 :	<input type="checkbox"/> 에너지 자립률(%) 합 계 : 24.99 %
	대지 내 : 24.99 %
	대지 외 : 0.00 %
	<input type="checkbox"/> 연간 단위면적당 1차 에너지 소모량(kWh/㎡·년) : 172.0 kWh/㎡·년

연간 단위면적당 1차 에너지 소모량

172.0 kWh/㎡·년

에너지 자립률

24.99%

1차에너지소요량 172.0kWh/㎡y
에너지 자립률 24.99%

본인증서 제로에너지 +등급

제로에너지건축물 인증서	
건축물 개요	인증번호
건축물명 : 왕배푸른숲 도서관	인증번호 : 20250430-2241-0127
승공연도 : 2025.05.02	평가자 : 김항기
주 소 : 경기광역시 금곡로527번길 33	인증기관 : 한국녹색기후기술원
층 수 : 지상 2층 / 지하 1층	발령기관 : 한국에너지공단
연 면 적 : 499.47 (㎡)	유효기간 : 2025.04.30 ~ 2035.04.30
건축물의 주요 용도 : 교육시설	제로에너지건축물 인증 등급
상가차 : 다다건축사사무소	제로에너지건축물 인증 등급 : + 등급
공사감리자 : (주)스파라넷	<input type="checkbox"/> 에너지 자립률(%) 합 계 : 130.99 %
건축물 대지 및 상해내지 및 제에너지 설비 주소 :	대지 내 : 130.99 %
	대지 외 : 0.00 %
	<input type="checkbox"/> 연간 단위면적당 1차 에너지 소모량(kWh/㎡·년) : -41.5 kWh/㎡·년

연간 단위면적당 1차 에너지 소모량

-41.5 kWh/㎡·년

에너지 자립률

130.99%

1차에너지소요량 -41.5kWh/㎡y
에너지 자립률 130.99%

◎ 제로에너지건축물 기술요소 참고서 및 우수사례집

- ZEB 보급과 확산을 위한 한국에너지공단 건설링 지원사업 관련 간행물

제로에너지건축물 인증 홈페이지(<https://zeb.energy.or.kr>) → “공지사항”

ZEB 인증
기술요소 참고서



2022.03 최초 발간
(2024.04 최신본 게시 중)

ZEB 건설링 지원
우수사례집



2022.03 최초 발간
(2024.04 최신본 게시 중)

◎ 참고서적 및 사이트

1. https://zeb.energy.or.kr/BC/BC00/BC00_01_001.do
2. https://www.energy.or.kr/web/kem_home_new/new_main.asp
3. https://www.energy.or.kr/web/kem_home_new/ener_efficiency/building_08.asp
4. 녹색건축물 조성 지원법 및 시행령
5. 제로에너지건축물 인증에 관한 규칙
6. 제로에너지건축물 인증 기준
7. 건축물의 에너지절약 설계기준

2025
제로에너지건축
전문인력 양성교육

보급형 입문교육



ZERO ENERGY BUILDING
TRAINING TO BE PROFESSIONALS

PART B

ZEB 기술

[B.1]

ZEB 패시브 기술 개요

패시브 기술 개념

패시브 요소 기술1

패시브 요소 기술2

[B.2]

ZEB 액티브 기술 개요

액티브 기술의 기본 개념

공조설비 개요

열원/급탕/조명설비 개요

[B.3]

ZEB 신재생 기술 개요

신재생 기초 및 지열

태양광 및 태양열

기타 신재생 기술

B.1

ZEB 패시브 기술 개요

교육 목표

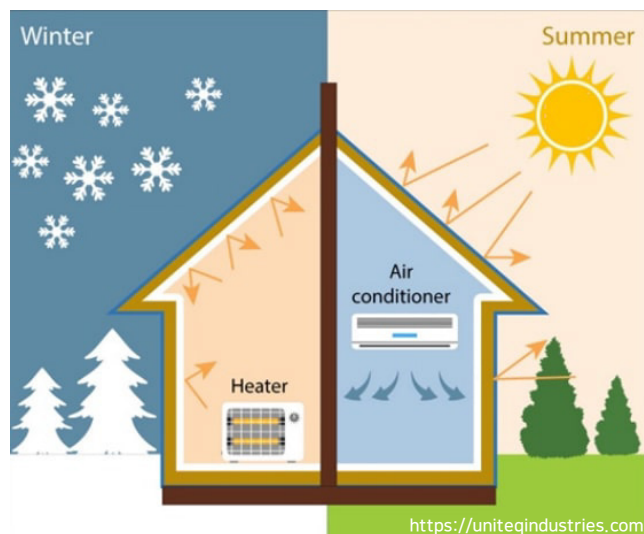
ZEB 패시브
기술 개요

- * ZEB 구현을 위한 건물의 에너지 사용 흐름의 이해
- * ZEB 구현을 위해 우선적으로 적용해야 하는 패시브 개념의 이해
- * 건물배치와 형상이 건물의 에너지성능에 미치는 영향력의 이해
- * 고단열, 고기밀 관련 기술들의 주요 내용 이해
- * 창호 성능 관련 용어 학습 및 관련 개념 이해
- * 자연채광 및 자연환기의 효과와 방식 이해

1 패시브 기술 개념

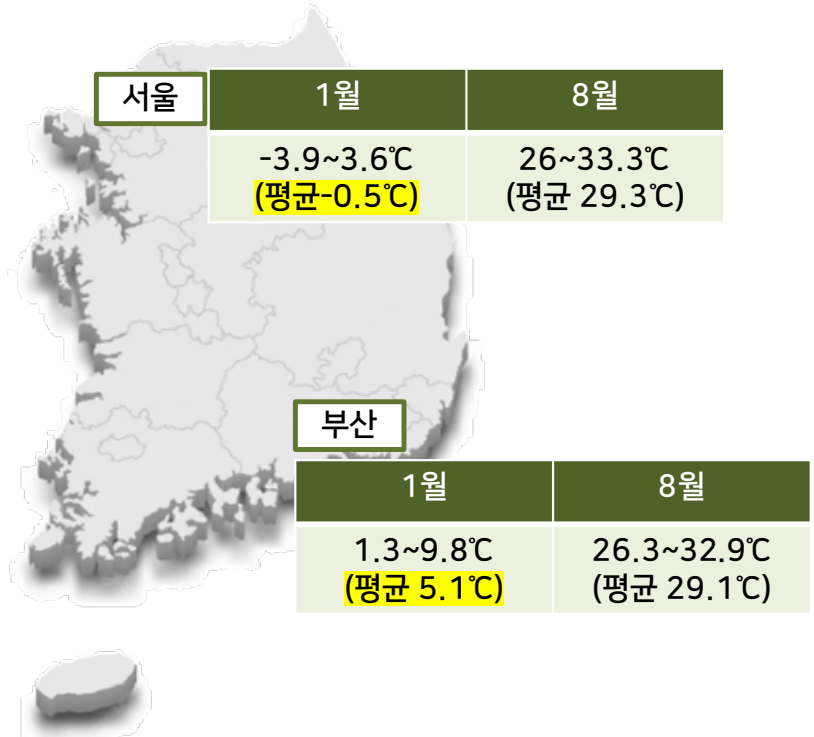
◎ 건축물의 역할

- 건축물의 역할 중 하나는 실내환경을 쾌적조건으로 유지하는 것
- 여름에는 실외로부터 유입되는 열을 차단하고, 실내에서 발생하는 열을 제거해야 함(냉방)
- 겨울에는 실외로 유출되는 열을 차단하고, 실내에 열을 발생시켜야 함(난방)



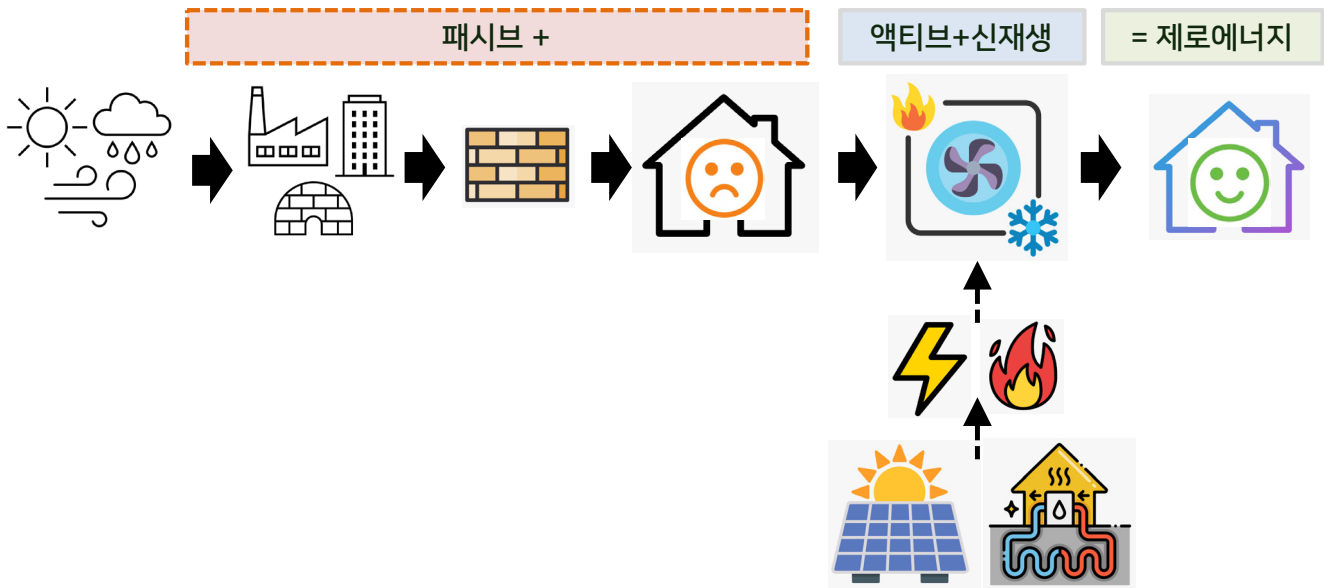
◎ 외부환경(기후)

- 우리나라는 사계절 기후로 여름에는 덥고 습하고 겨울에는 춥고 건조함
- 또한 지역별로도 기후차이가 발생함(중부, 남부, 제주)



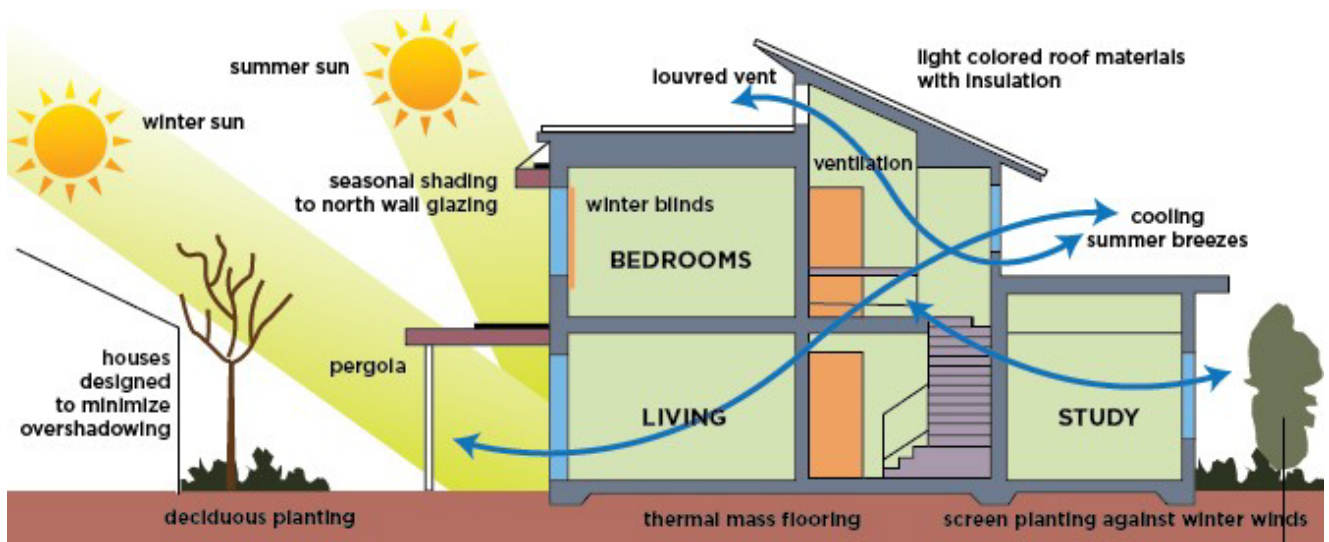
◎ 건물에서의 에너지 사용 흐름과 ZEB

- 패시브 설계 - 외피 성능 등에 의해 1차적으로 실내환경이 결정 될 때, 요구되는 에너지를 최소화시키는 것
- 액티브 설계 - 1차적으로 결정된 실내환경을 건물 사용자가 원하는 조건으로 개선하기 위해 투입되는 설비
- ZEB 구현 개념 - 액티브 설비 운영을 위해 필요한 에너지를 신재생에너지로부터 생산하는 것
- 패시브 설계는 액티브와 신재생 도입 전에 실시되며, 건물의 에너지 체력(Potential)을 강화



◎ 패시브 디자인

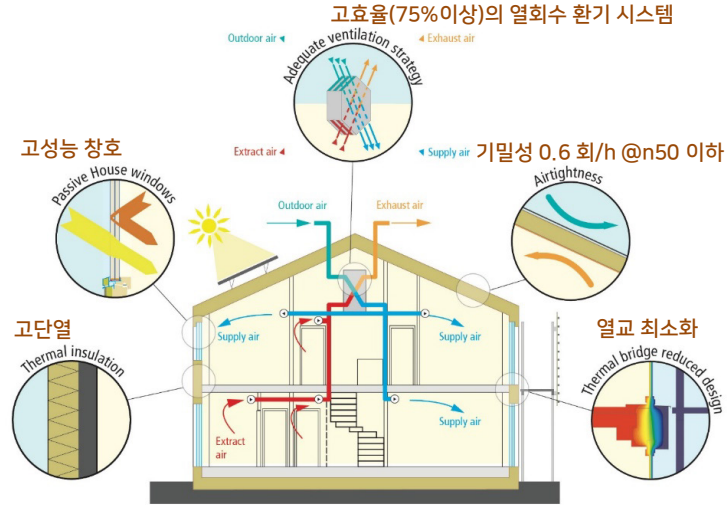
- 쾌적한 실내환경을 조성하면서 에너지 사용량이 낮은 건물을 구현하기 위해 자연에너지를 활용한 건축계획 기법
- 건축계획 기법: 건물 배치 및 형상, 단열과 기밀, 환기, 일사 조절 등



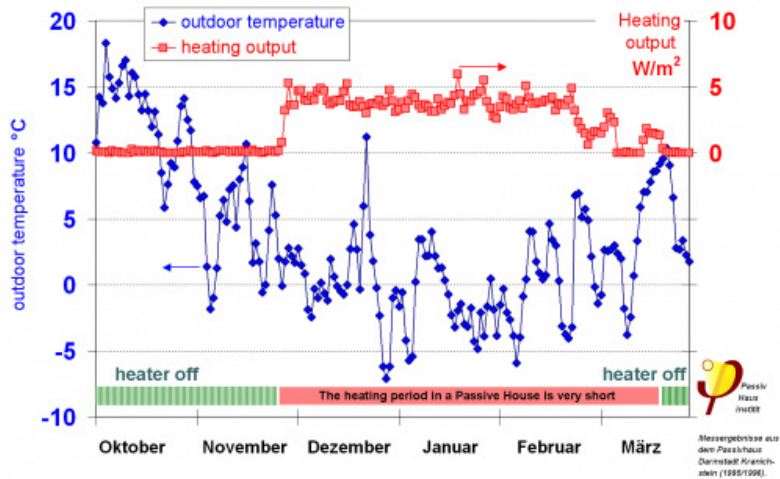
Source: <https://greenhome.osu.edu/passive-design>

◎ 패시브 하우스

- 별도의 난방 또는 냉방 시스템 없이도 쾌적한 실내 환경을 유지할 수 있도록 설계된 초고효율 에너지 주택



<https://passiv.de/>



- 독일에서 처음 시작된 개념으로 국내 건축적 특징과 기후조건 등을 고려하여 1차에너지소요량 기준 상이
- 국내 패시브하우스 인증과 ZEB 인증의 경우 가전기기 소비량을 고려하지 않으나, 독일 패시브 하우스인증은 포함

◎ 패시브 기술의 종류

- 건물 배치 및 형상 / 외피의 단열과 기밀 / 일사조절 / 자연환기



◎ 패시브 기술의 특징

- 운영비용(에너지) 불필요
- 건축물 계획단계에서 적용
- 우선적 수단
- 건물 운영단계 온실가스 배출 없음

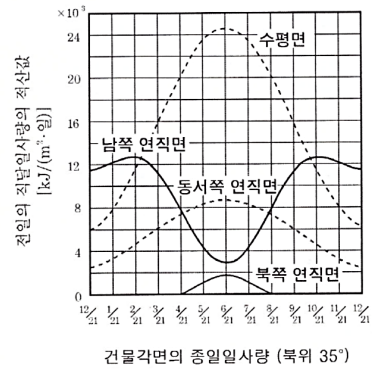
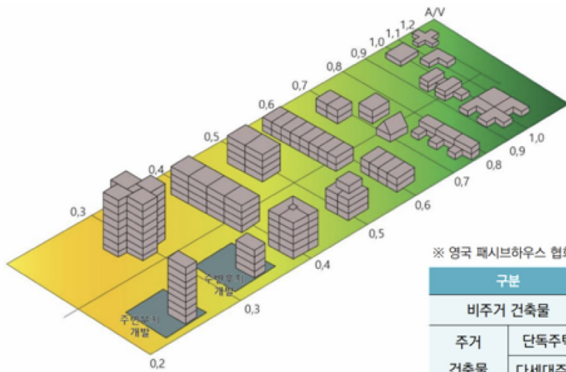
◎ 참고서적 및 사이트

1. <https://uniteqindustries.com>
2. <https://greenhome.osu.edu/passive-design>
3. <https://passiv.de/>
4. 기상자료개방포털

2 패시브 요소 기술1

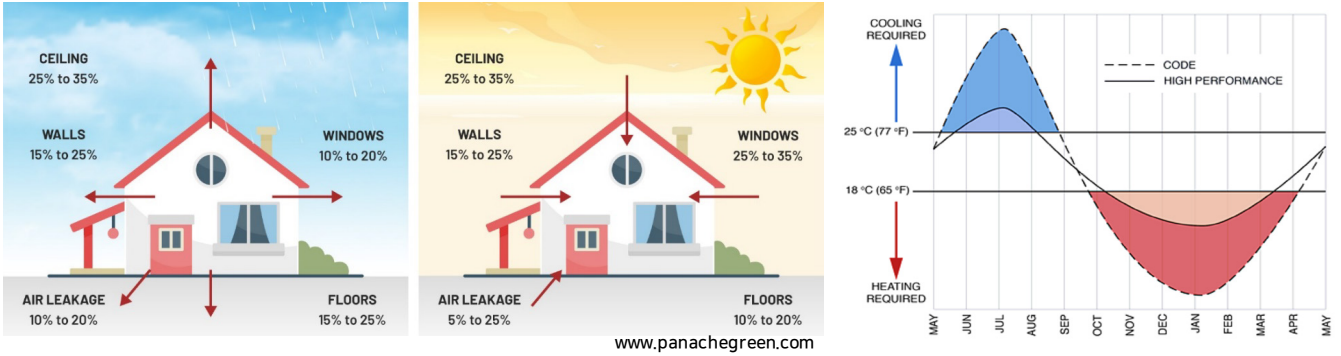
◎ 건물 배치 및 형태계획

- 동일한 형태여도 방위에 따라 열손실과 열 취득에 현저한 차이가 발생함
- 외기와 접하는 면적이 클수록 열손실이 증가하므로 단순한 형태를 지향
- 정방형에 가까울수록 연간 부하 감소(연기와 면하는 면적이 적으므로)
- 장방형 계획 시, 동서축으로 길게 계획하는 것이 유리함



◎ 고단열 외피

- 단열: 외피에서 발생하는 열이동을 차단하는 것
- 외피의 단열성능이 좋음 = 외기변화에 민감하지 않음

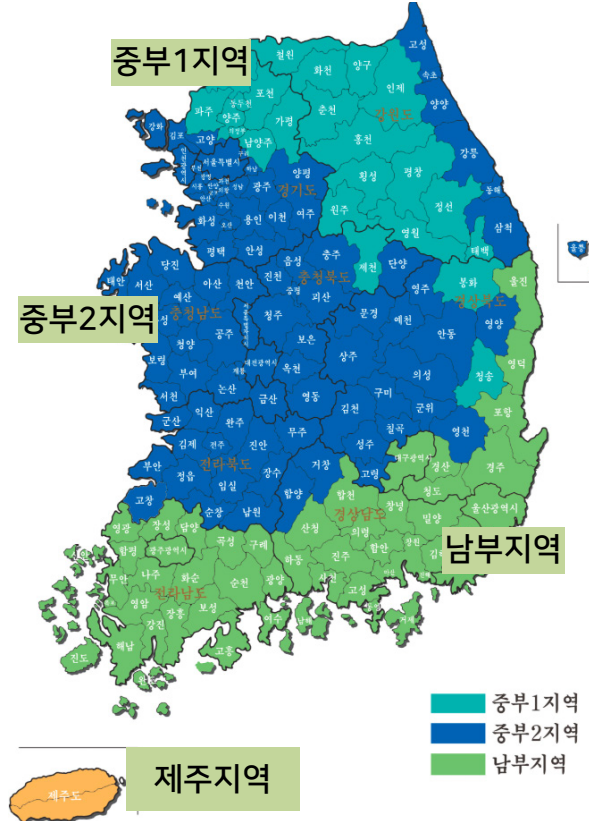


- 외피의 단열성능은 열관류율(U-value [$W/m^2 K$])로 정의
- 열관류율: 실내외 온도차가 1K일 때 단위 면적당 전달되는 열량
- 열관류율 값이 낮을수록 외피의 단열성능이 우수

자료	일반적인 단열재 10cm	비드법 1호(EPS) 10cm	진공단열재(실리카) 10cm
U-Value 예시	0.4	0.34	0.08

◎ 고단열 외피 | 외피 성능 규정

- '건축물의 에너지절약설계기준'의 별표1 '지역별 건축물 부위의 열관류율표'
- 최소한의 단열성능 규정이며, ZEB 구현을 위해 상향된 단열성능으로 설계 가능


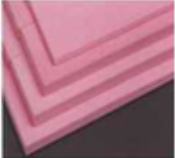
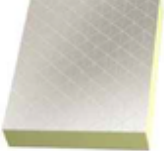
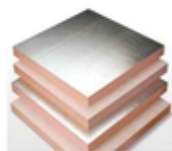




(단위: W/m²·K)

공동주택	중부1	중부2	남부	제주도
외벽	0.15	0.17	0.22	0.29
지붕	0.15	0.15	0.18	0.25
바닥난방	0.15	0.17	0.22	0.29

◎ 고단열 외피 | 단열재의 종류와 선정

- 유기질과 무기질로 구분
- 재료의 단열을 포함한 성능, 불연성능, 가격 등을 고려하여 최적의 단열재 선정

구분	유기질 단열재				무기질 단열재	
	EPS	XPS	PUR	PF	그라스울	미네랄울
제품모습						
KS 규격	KSM 3808	KSM 3808	KSM 3809	KSM 4898	KSL 9102	KSL 9102
단열성	0.031~0.043	0.027~0.033	0.024~0.029	0.022~0.039	0.032~0.036	0.034~0.039
불연성	연소성	연소성	연소성	준불연성	불연성	불연성
특징	가격 저렴	물성 우수	단열성 우수	단열성 우수	화재 안전	화재 안전

https://www.kharn.kr/data/photos/20200415/art_15863299828646_451427.png

◎ 고단열 외피 | 단열재의 위치

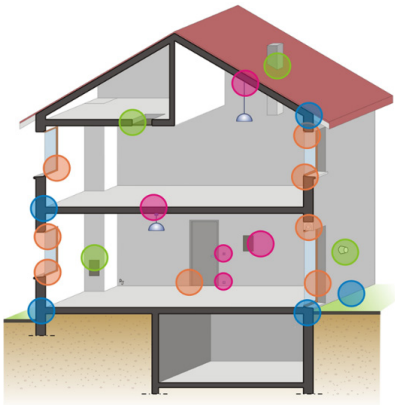
- 단열재 위치에 따라 내단열, 중단열, 외단열로 구분
- 열교(Heat bridge)를 최소화 하고 표면 결로 발생을 막기 위하여 단열재 위치 선정이 중요
- 열교: 외피 내외를 통한 열적 이동경로



◎ 고기밀 외피 | 건물의 기밀성능

- 건물에서는 다양한 경로로 침기가 발생하며 이는 에너지 손실과 쾌적성 저하 야기
- 가장 대표적인 기밀성능의 정의는 시간당 환기횟수(ACH50, N50)
- 현장측정(Blower Door Test)을 통해 실내외 압력차를 50pa로 조정했을 때의 침기량 확인 가능
(0.5 ach = 1시간동안 체적의 50% 교환됨)

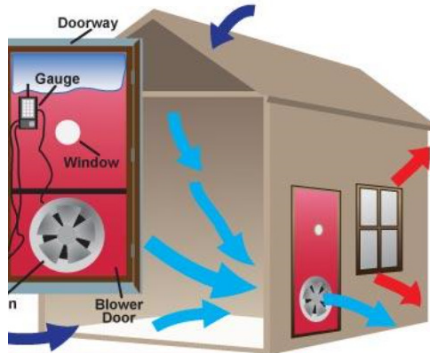
침기발생 부위



- 건식구조에서 벽과 다른 벽 또는 바닥과의 접합부
- 창틀과 구조체와의 접합부
- 전기기구를 위한 공배관
- 기계설비를 위한 각종 개구부

<https://www.phiko.kr/>

Blower door test



<https://images.finehomebuilding.com/>

기밀시공의 예



www.daumcdn.net/cfile276

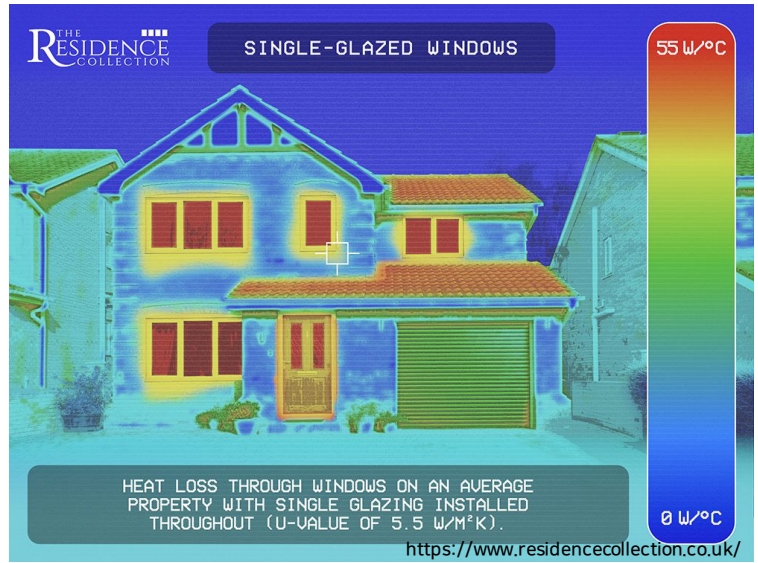


www.woodn-home.com

3 패시브 요소 기술2

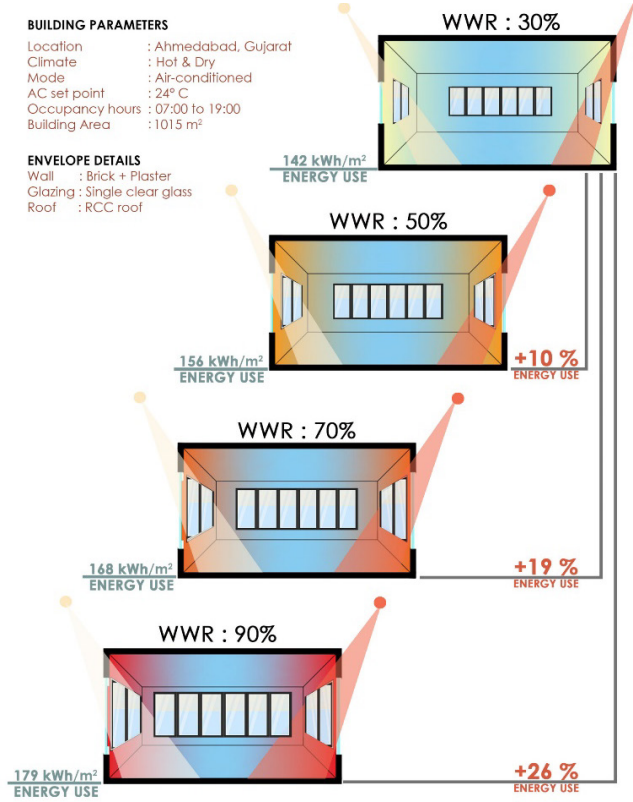
◎ 다양한 창의 역할

- Natural Lighting
- Thermal Insulation
- Ventilation
- Solar Gain
- Noise Reduction
- Visual Comfort



◎ 창면적비

- 창면적비(WWR, Window-Wall Ratio): 외피 면적 중 창호 면적이 차지하는 비율
- 작은 창면적비는 에너지 절감에 도움이 될 수 있으나, 자연 채광이 부족할 우려가 있으므로 조화로운 계획 필요



[별표 4] 친환경주택의 창면적비 기준

기준	Bay 수	1	2	3	4	5
	창면적비		20%이하	25%이하	31%이하	38%이하
기타	창면적비[%] = (0.0689×Bay 수 + 0.1044)×100 계산값 이하					

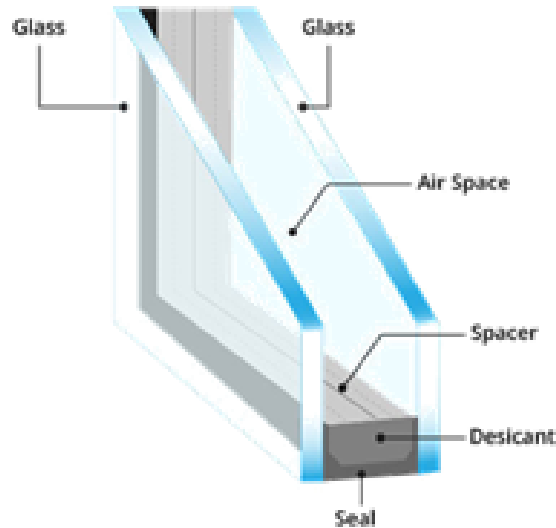
단, 펜트하우스, 테라스하우스, 복층형 및 3면개방형 등 특이평면은 실제 창 면적비를 계산하여 입력

에너지절약형 친환경주택의 건설기준

[시행 2022. 5. 2.] [국토교통부고시 제2022-235호, 2022. 5. 2., 일부개정]

◎ 고효율 창호 | 고단열 고기밀 창호

- 창호의 성능 향상을 위해서는 유리 표면의 코팅, 다중 유리 적용(중공층 및 스페이서), 프레임 고성능화 필요
- Low-e 코팅: 창을 통한 복사열전달을 줄이기 위한 저방사율의 금속/금속산화물 박막
- 중공층에 Air보다 열전도율이 낮은 가스(Argon, Krypton) 주입도 가능



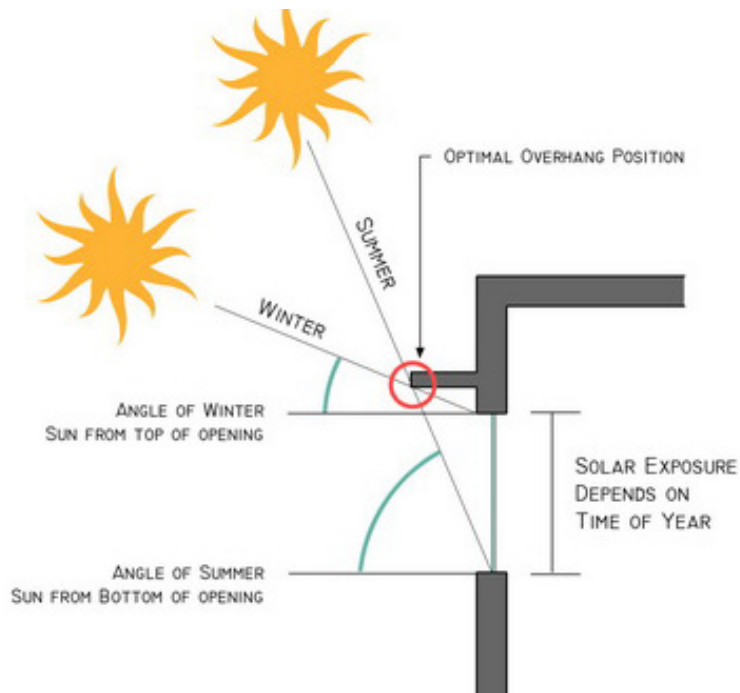
- 창호의 열적 성능은 열관류율(U-value [$W/m^2 \cdot K$])과 일사취득계수(SHGC)로 정의
- 유리 및 프레임의 조합에 의해 창호의 U-value 결정
- SHGC는 창 외표면에 도달한 일사량 대비 투과되어 실내로 유입된 일사량의 비율을 의미하며, 0~1사이의 값으로 높을수록 난방에 기여하고 낮을수록 냉방에 기여

(단위: $W/m^2 \cdot K$)

구분	중부1	중부2	남부	제주도
공동주택	0.9	1.0	1.2	1.6
공동주택 외	1.3	1.5	1.8	2.2

◎ 차양장치 | 일사조절을 위한 차양

- 여름철 창으로 유입되는 태양일사는 실내를 뜨겁게 하여 냉방 부하를 가중
- 설치위치에 따라 외부 차양, 내부 차양, 유리간 차양으로 구분
- 가동여부에 따라 고정형과 가동형으로 구분
- 녹색건축물 조정지원법에 따라 에너지 소비 절감을 위해 차양 설치가 의무인 건축물 존재



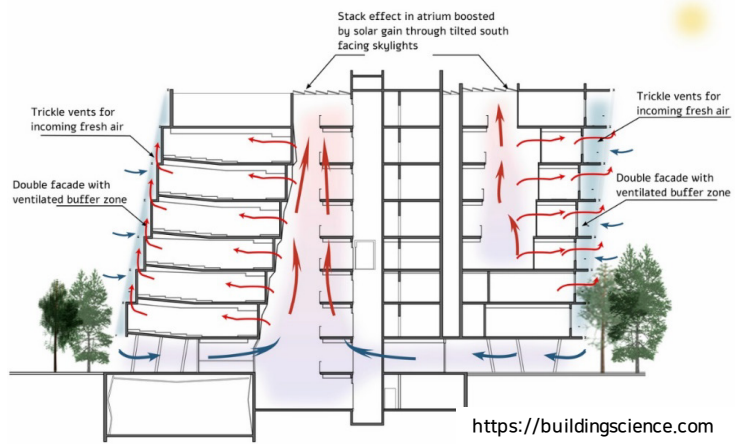
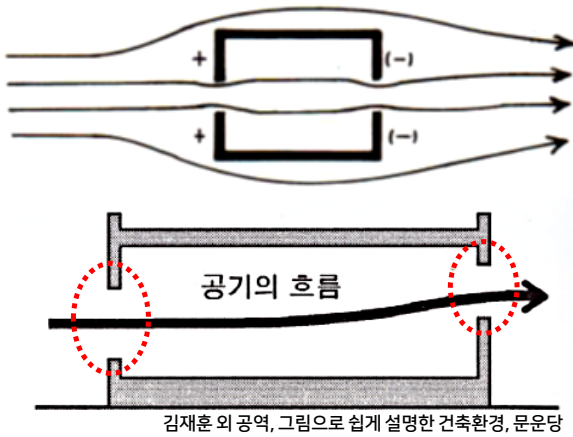
<http://tboake.com/carbon-aia/strategies1b.html>



열관류율	외벽	0.189 W/m ² ·K
	지붕	0.131 W/m ² ·K
	바닥	0.187 W/m ² ·K
	창호	0.941 W/m ² ·K
	현관문	0.631 W/m ² ·K
기밀성능(n50)		0.43 회/h

◎ 자연환기

- 동력을 사용하지 않고 풍력(압력차)이나 실내외 온도차(중력환기) 등 자연히 힘에 의한 환기
- 맞통풍(cross ventilation): 바람이 불어오는 쪽과 바람이 불어나가는 쪽에 각각 개구부를 두어 환기
- 외기냉방: 야간에 상대적으로 낮은 외기를 유입하여 실내 온도를 낮추는 방법
- 자연환기를 통해 실내 오염물질을 저감시킬 수 있으나, 공조 처리된 실내공기가 버려지면 에너지 낭비
- 자연환기는 외부 공기 환경 상태에 따라 진행되어야 함



- 즉, 자연환기는 경우에 따라 환기량이 불안정하거나 불충분한 경우가 있으므로 기계환기와의 병행 필요

B.2

ZEB 액티브 기술 개요

교육 목표

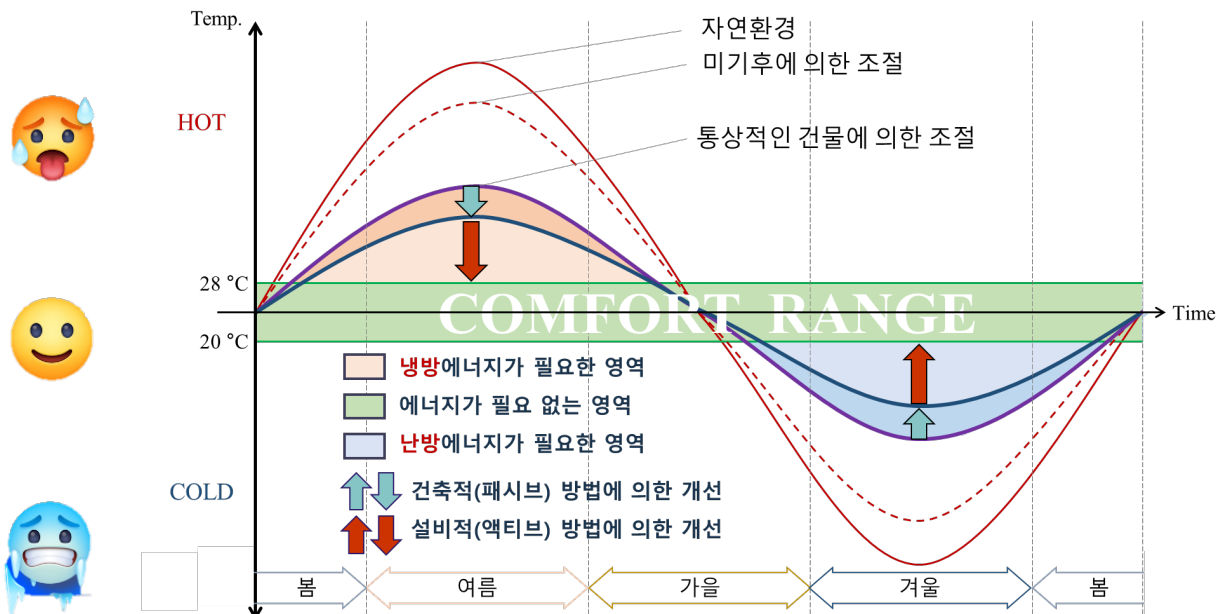
ZEB 액티브 기술 개요

- * 패시브 기술과 대비되는 액티브 기술의 의미와 역할을 이해
- * 제로에너지 빌딩 구현을 위한 설계 전략에 대한 이해 - 패시브와 액티브 기술의 조화
- * 액티브 기술을 구성하는 설비 시스템의 분류 및 세부 요소기술에 대한 개괄

1 액티브 기술의 기본 개념

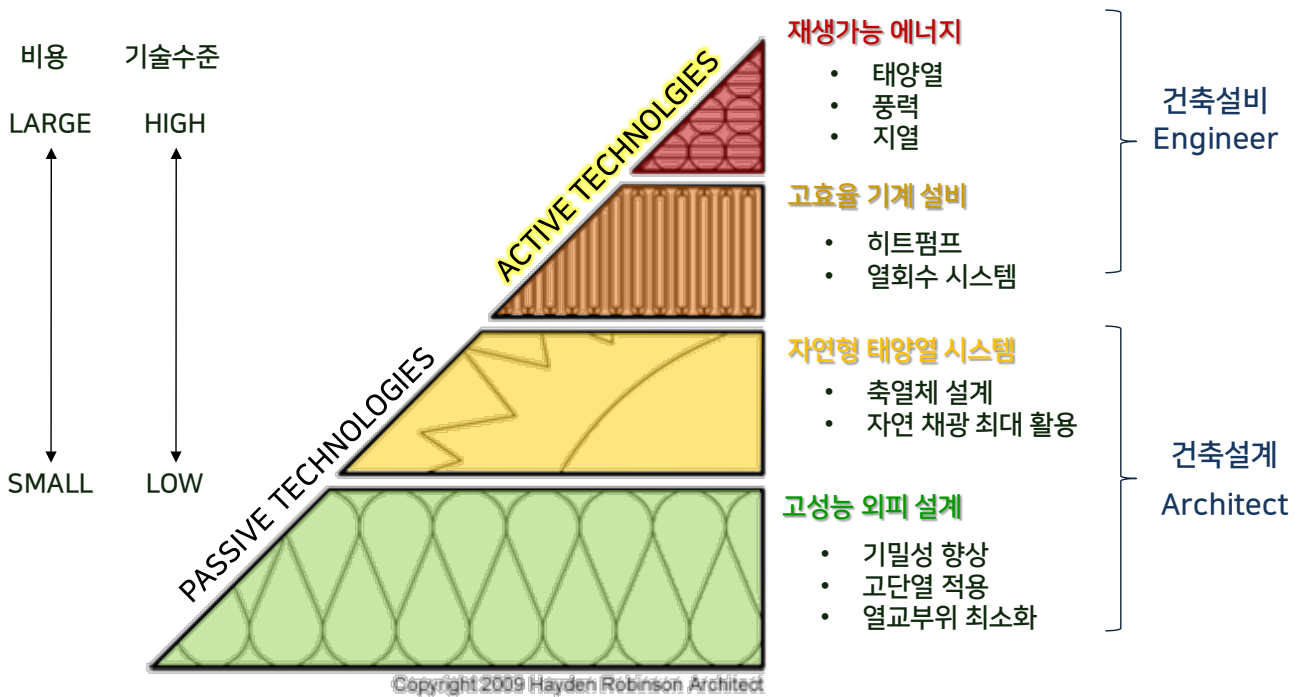
◎ 건물의 환경조절 개념

- 패시브 기술: 건물의 형태, 구조 및 외피 계획 등을 통하여 기계적 장치의 도움 없이 실내 환경 조건을 인간의 감각적 요구에 적합하도록 조절하는 방법
- 액티브 기술: 건물 내부의 환경 조절을 위하여 기계적인 설비를 이용하는 적극적인 실내환경 조절 방법



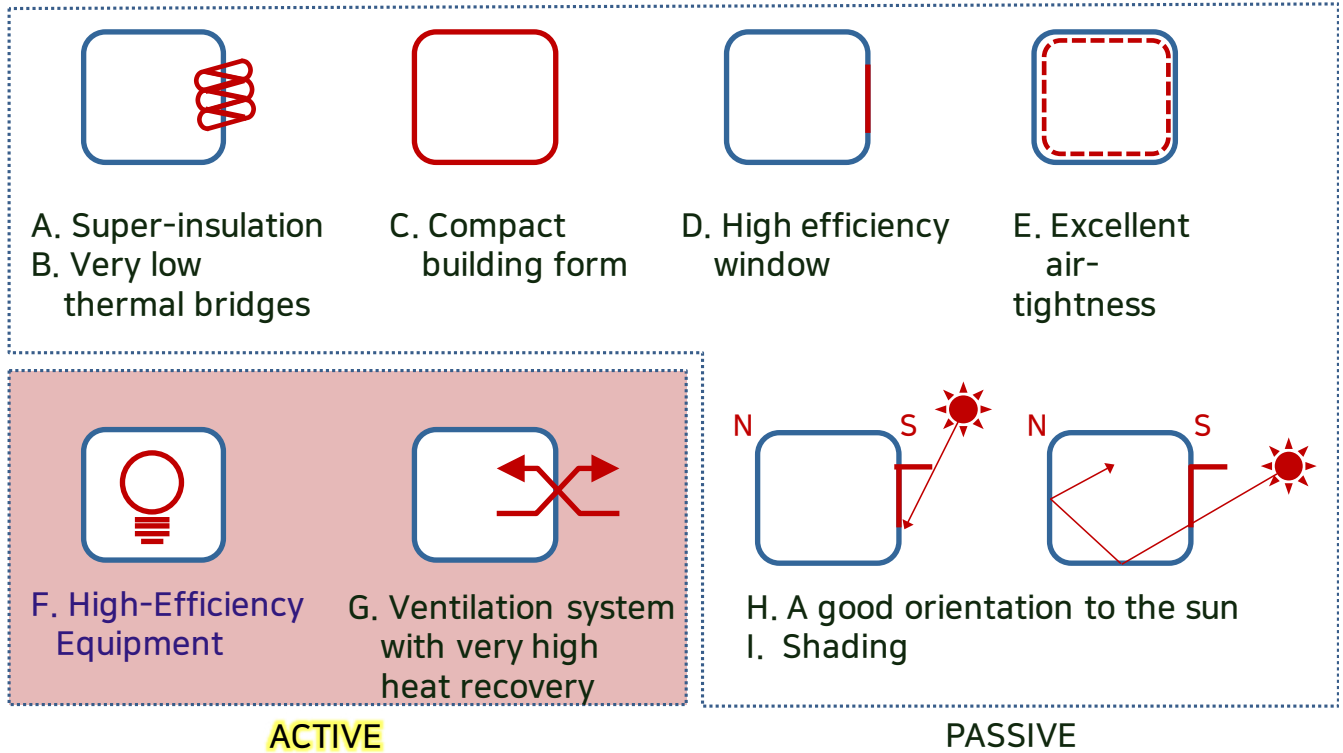
◎ 액티브 기술의 위계

- 주로 건축설계(디자인) 단계에서 패시브 기술을 결정한다면, 엔지니어링 단계에서 액티브 기술을 결정함
- 일반적으로 패시브 기술은 기술수준과 비용이 낮지만, 그 효과는 매우 큼
- 그에 반해 액티브 기술은 기술수준과 비용이 높지만 그 효과는 패시브 기술에 비해 상대적으로 낮음
- 따라서 패시브 기술을 먼저 합리적으로 적용하고, 나머지를 액티브 기술로 보완하는 것이 바람직



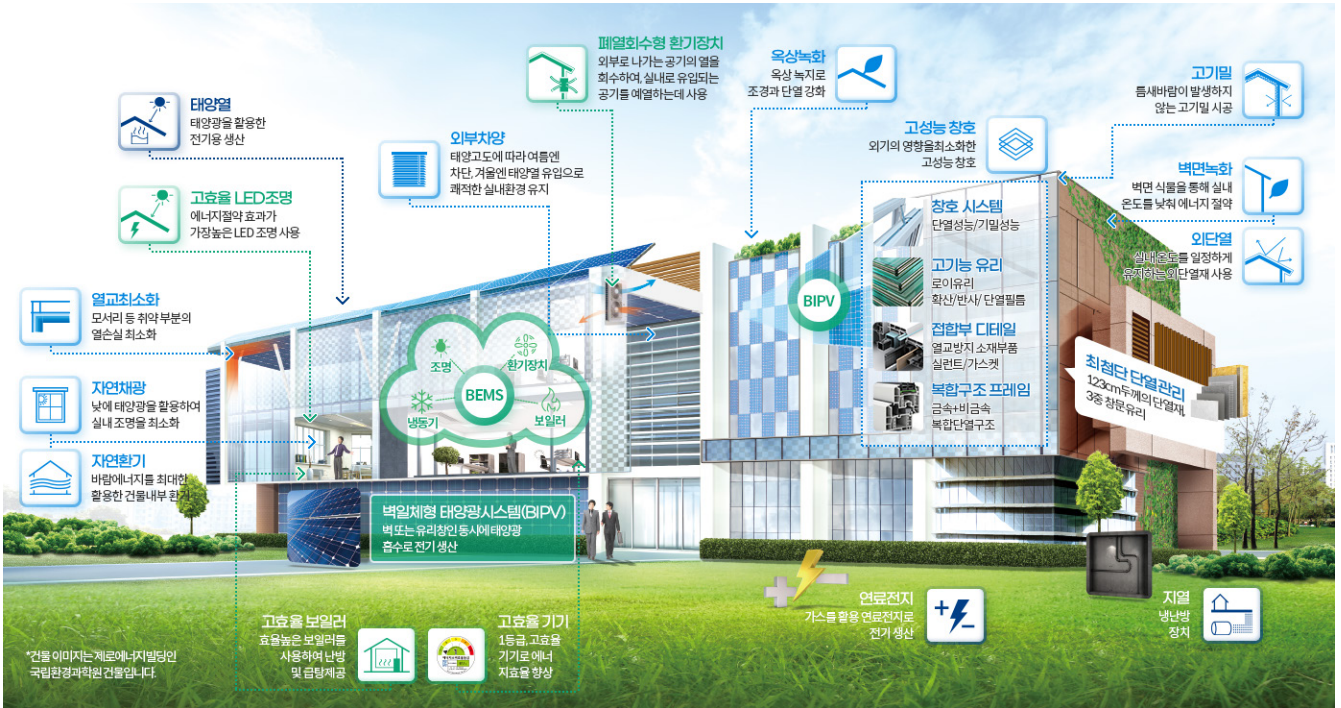
◎ 패시브 하우스에서도 액티브 기술이

- 최소한의 냉난방으로 실내환경을 유지할 수 있는 패시브 하우스도 액티브 기술 적용이 필요함
- 액티브 기술 적용에 따른 에너지 소비 최소화를 위해 고효율의 조명 및 설비, 열회수 효율이 높은 환기 시스템 등 고려



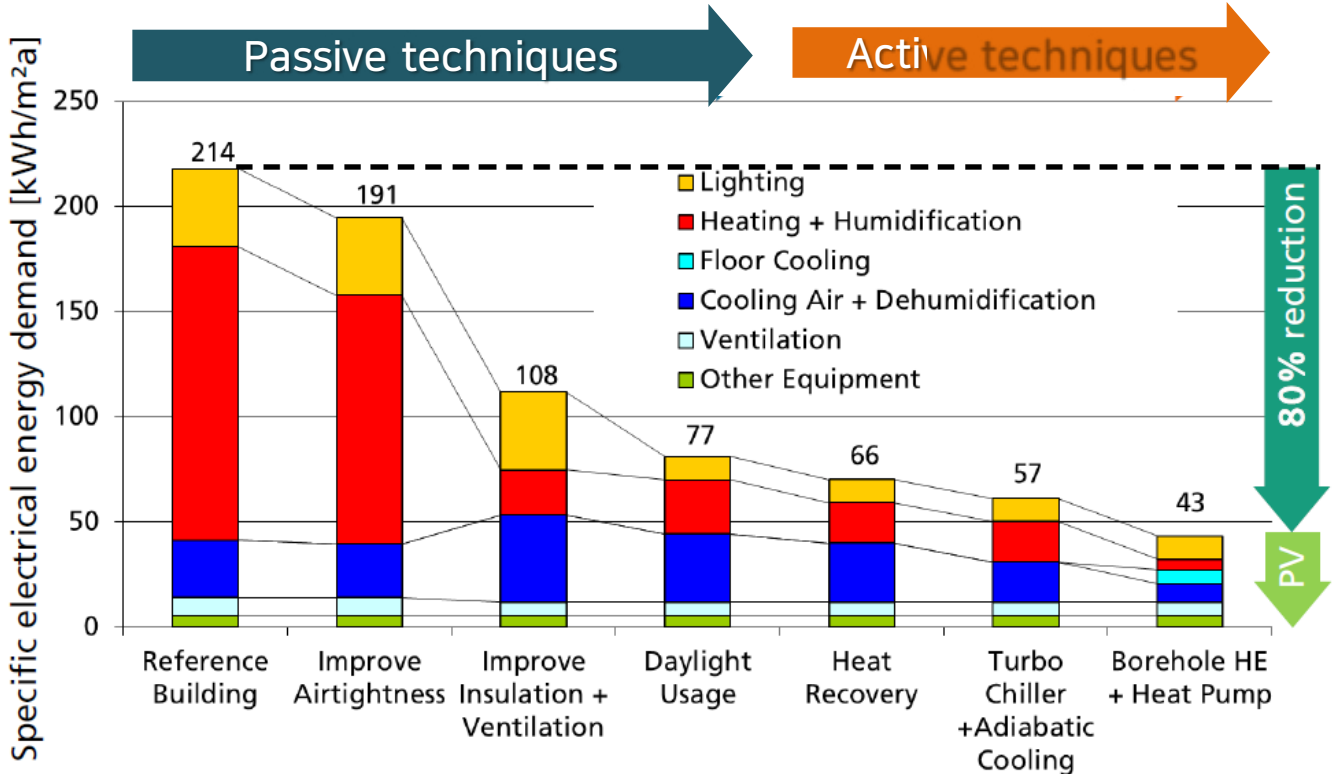
◎ 액티브 기술 적용 사례(비주거 건물)

● 국립환경과학원 지구환경 연구동(2011, 인천 서구)



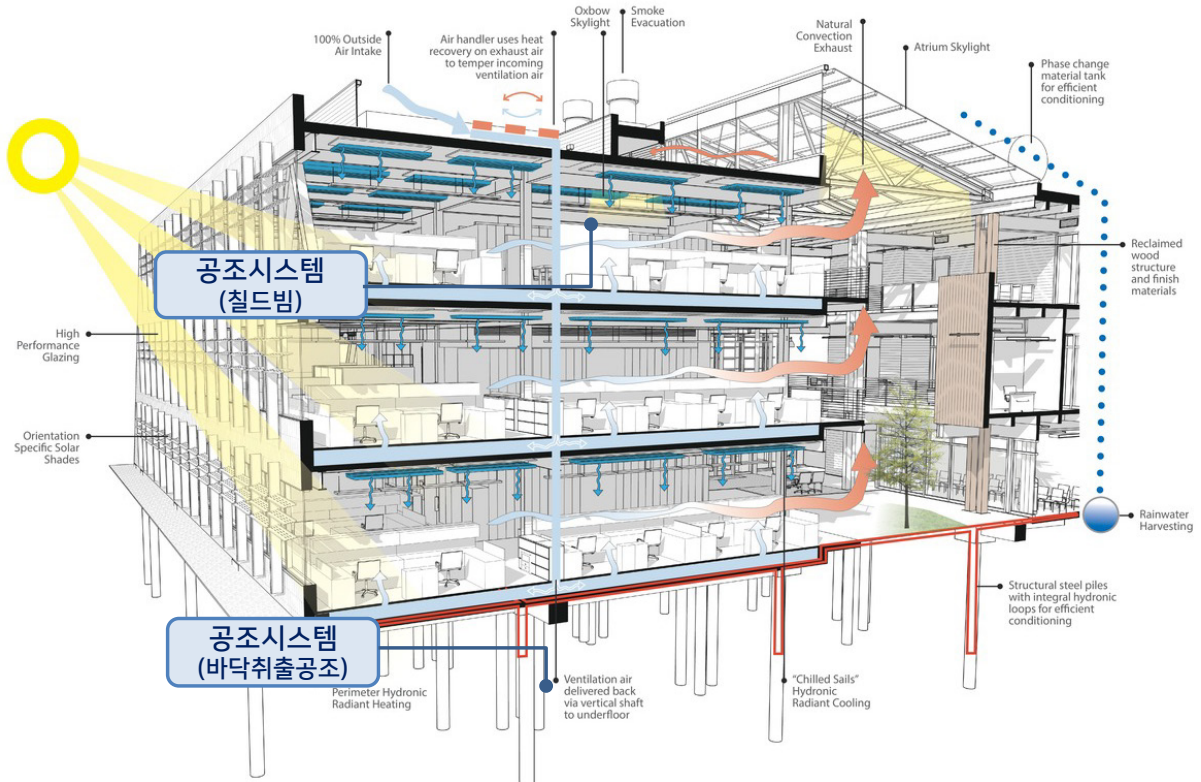
◎ 액티브 기술에 의한 에너지 절감 예시

- 서울 에너지 드림 센터(2012, 서울 마포구 상암동)
- 고단열·고기밀 외피, 자연채광 등 패시브 기술로 냉난방부하 저감
- 복사냉난방, 열회수, 지열히트펌프 등의 액티브 기술로 에너지 절감



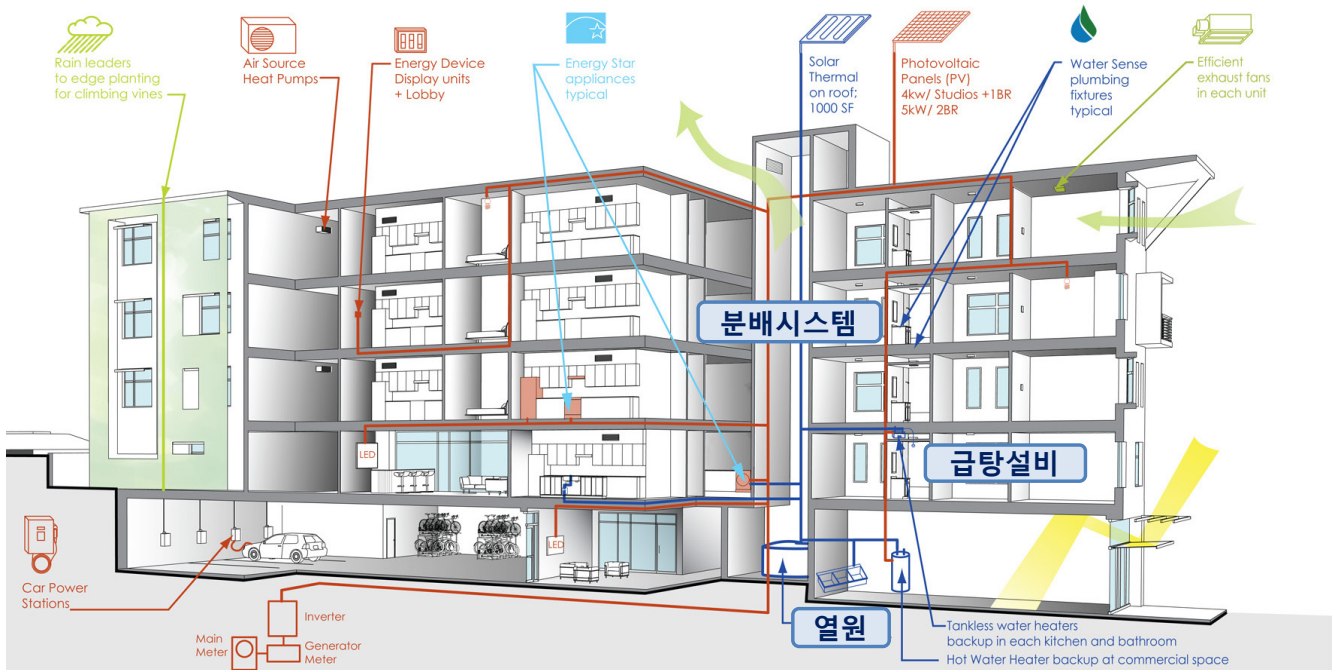
◎ 공조 시스템

- 실내의 온습도를 쾌적조건에 맞게 제어하고, 실내 오염물질을 제거하여 공기를 청정하게 유지 (환기)



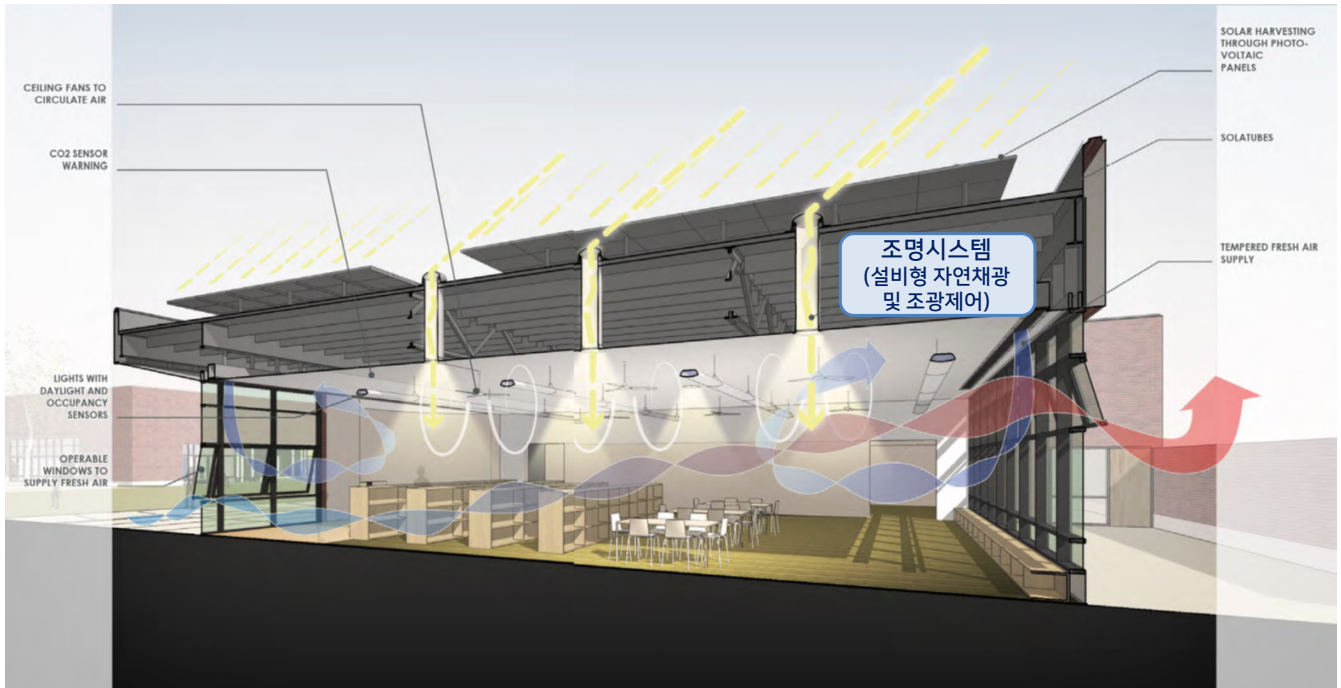
◎ 열원 및 분배 시스템, 급탕 설비

- 열원: 냉난방에 필요한 냉수, 온수, 증기를 생산 (보일러, 냉동기 등)
- 분배 시스템: 냉온수 또는 냉온풍을 냉난방이 필요한 곳으로 운반 (펌프, 송풍기, 배관, 덕트 등)
- 급탕 설비: 위생설비(세수, 목욕, 세탁 등)에 필요한 온수를 공급 (보일러, 온수기 등)



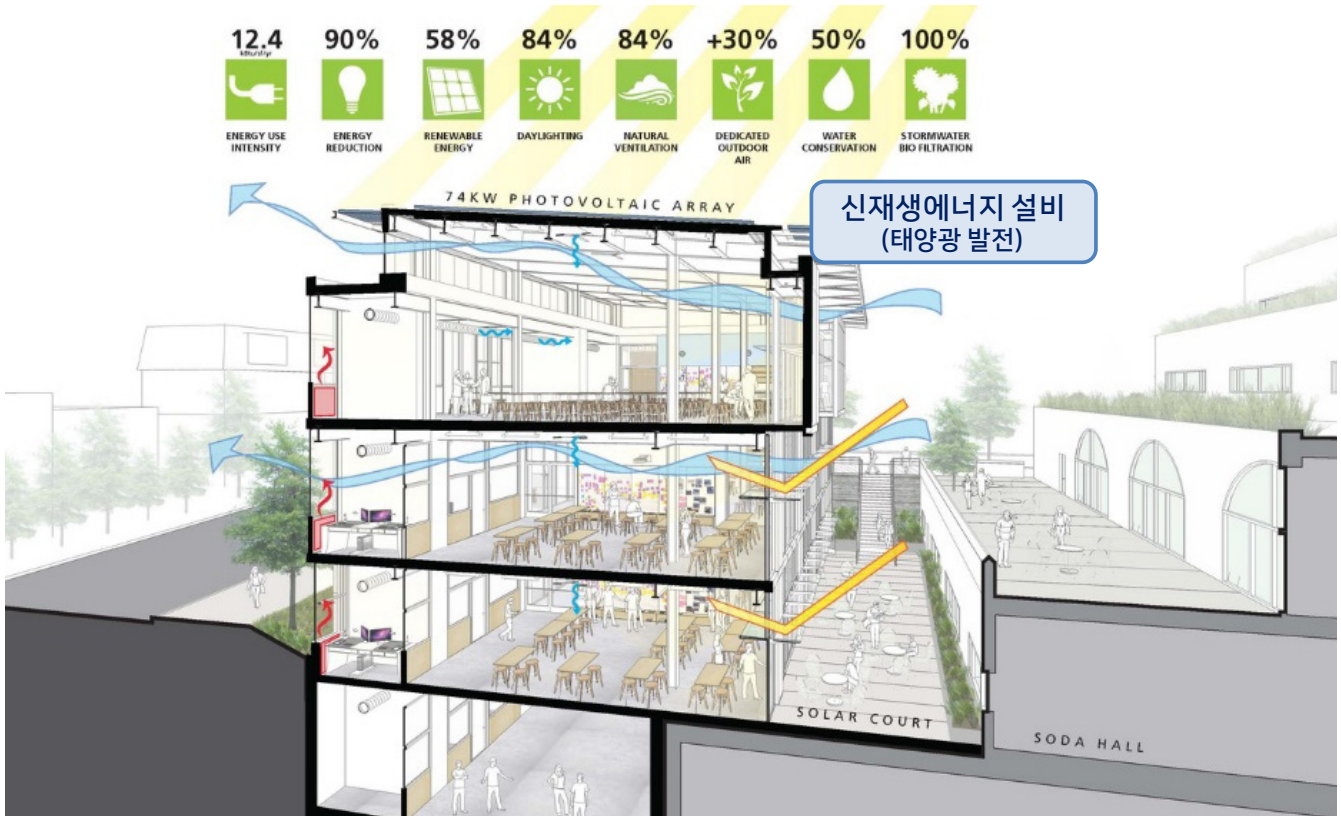
◎ 조명 시스템

- 조명 시스템: 자연광과 인공조명의 조화를 통해 조명 에너지를 절감하면서 쾌적한 빛환경을 제공
- 자연 채광은 에너지가 들지 않는 등의 장점이 있으나, 항상 이용할 수 없으므로 인공 조명을 통한 보완 필요



◎ 신재생에너지 설비

- 전기, 급탕 등은 외부 에너지원에 의존하므로 제로에너지 빌딩 구현을 위해서는 자연 에너지를 적극 활용해야 함
- 태양광, 태양열, 지열 등 자연에너지를 이용하여 건물에 필요한 전력 또는 열을 생산



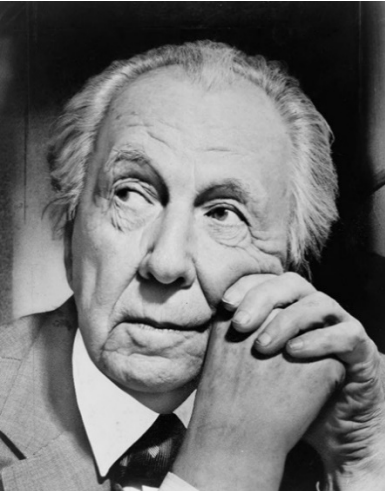
◎ 참고서적 및 사이트

1. Lechner, N. (2014). Heating, cooling, lighting: Sustainable design methods for architects. John wiley & sons
2. American Institute of Architect. (2007). Sustainability 2030
3. Dean, E. (2014). Zero Net Energy Case Study Buildings. Pacific Gas and Electric Company
4. 황석호 (2011) 저에너지 친환경 공동주택 기술 및 적용사례, 한국건축친환경설비영남학회 기술세미나
5. https://zeb.energy.or.kr/BC/BC02/BC02_03_001.do
6. https://passipedia.org/basics/what_is_a_passive_house
7. <https://blogstudiog.com/2014/09/30/zero-net-energy-best-practices/>
8. <https://www.archdaily.com/795685/jacobs-institute-for-design-innovation-lms-architects>
9. <https://www.aiatopten.org/node/204>

2 공조설비 개요

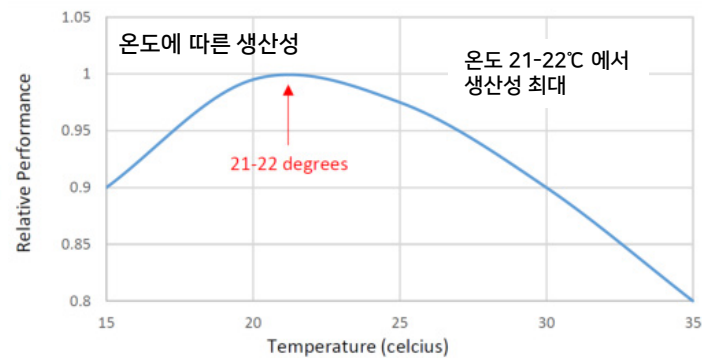
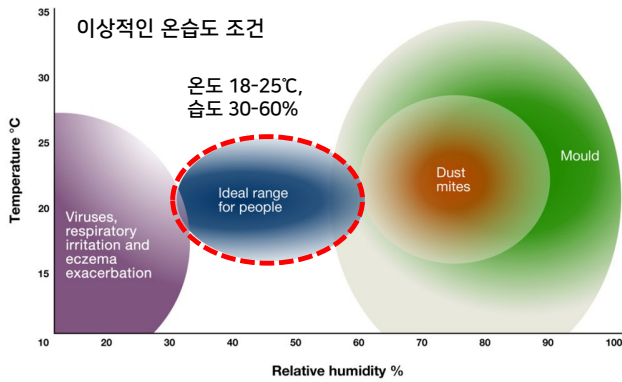
◎ 공조설비의 의미

- 공조시스템의 중요성: 사람이 생활하기에 쾌적한 실내 기후(indoor climate)를 형성하고, 보건/위생 측면에서 적합한 온습도 조건을 제공하며 활동의 생산성 향상에도 기여



도쿄는 그 때까지 내가 가본 곳 중에서 이탈리아를 제외하고는 가장 추운 곳 같았다. ...식사가 끝난 후에 남작은 아래층의 한국방이라 불리는 방으로 우리를 안내했다.
...그런데, 기온이 갑자기 바뀐 것 같았다. 마치 봄이 온 듯했다. 눈에 보이는 난방시설도 없었고, 이것으로 난방이 되는구나 하고 바로 알 수 있을 만한 어떤 것도 없었다. 그건 정말이지 난방여부의 문제가 아니라 하나의 기후적 사건이었다.

- Frank Lloyd Wright



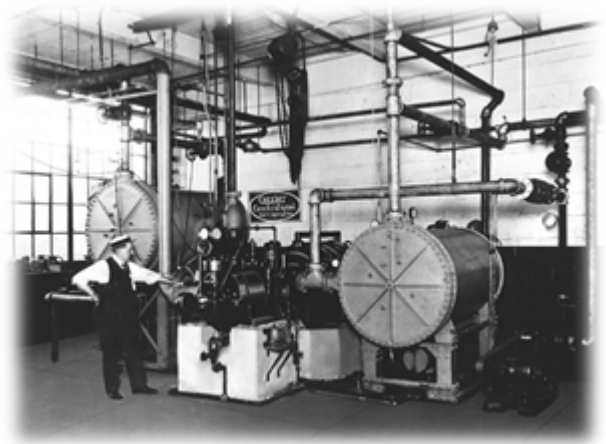
◎ 공조설비의 의미

- 공조시스템의 역할: 온도와 습도를 제어, 공기의 흐름과 환기를 제어, 공기를 청정하게 하는
- 공조시스템은 윌리스 캐리어가 1902년, 높은 습도로 인한 인쇄물 품질 저하 해결을 위해 만든 냉방장치에서 시작



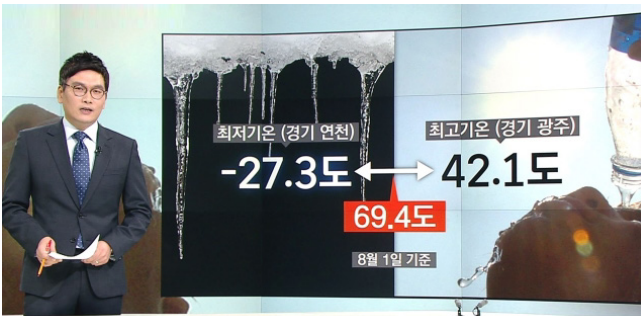
Air conditioning must perform four basic functions:

1. control temperature
2. control humidity
3. control air circulation and ventilation
4. cleanse the air.



Carrier가 발명한 최초의 냉방장치(1902)

- 기후변화로 인한 환경의 극심한 변화, 미세먼지 등 공기오염 문제가 심화됨에 따라 공조시스템의 역할이 더욱 중요해짐



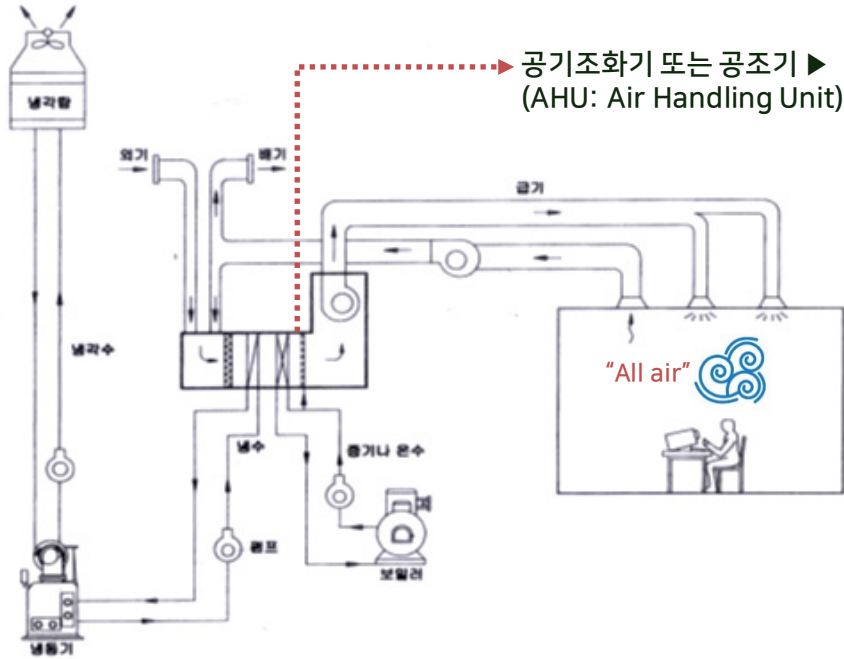
기후 변동성 및 기상 이변 증가



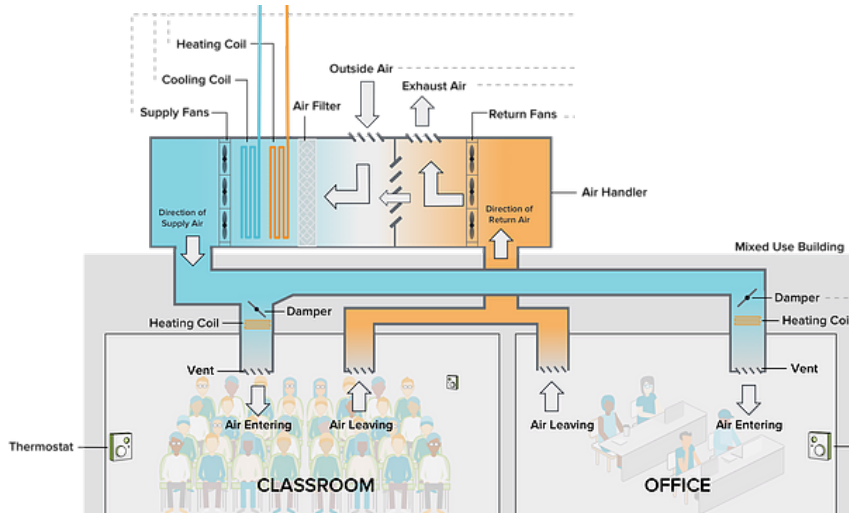
공기 오염 심화

◎ 공조 방식 | 전공기 방식

- 전공기 방식(All-air system): 공조 대상 공간에 공기를 직접 보내어 냉난방과 환기 해결
- 실내 오염공기 제거와 청정도 유지에 가장 유리하여 환기가 중요한 사무소, 병원, 식당, 극장 등에 적합



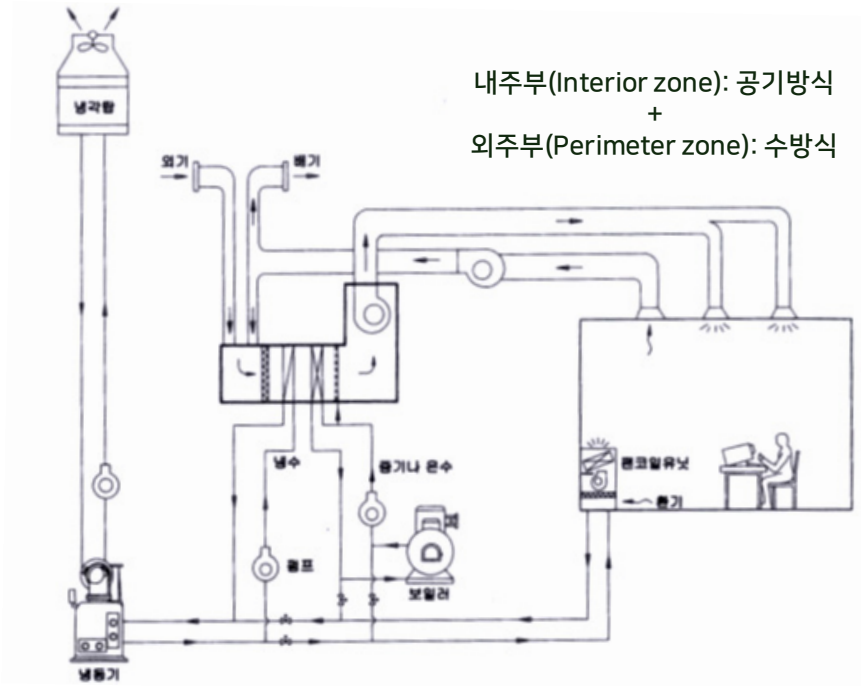
전공기 방식 공조시스템 구성



전공기 방식 공조시스템에서 공기의 흐름

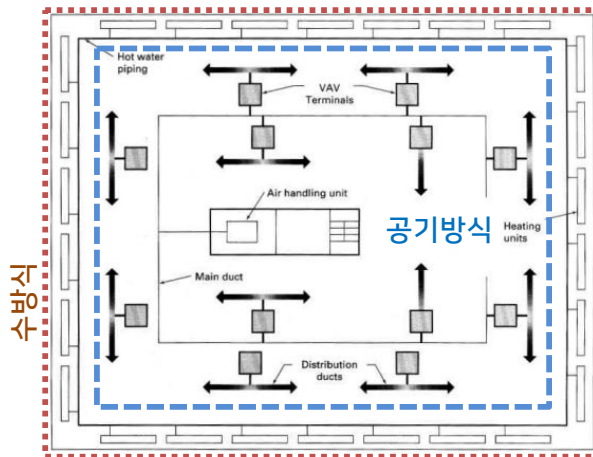
◎ 공조 방식 | 공기-수방식

- 공기-수방식(Air-Water system): 공기방식과 수방식을 병용
- 환기 및 기류형성에 유리한 전공기방식의 장점과 제어가 용이한 수방식의 장점 결합
- 부하가 안정적인 내부는 공기방식으로 부하 변동이 큰 외주부는 수방식으로 조합하여 처리

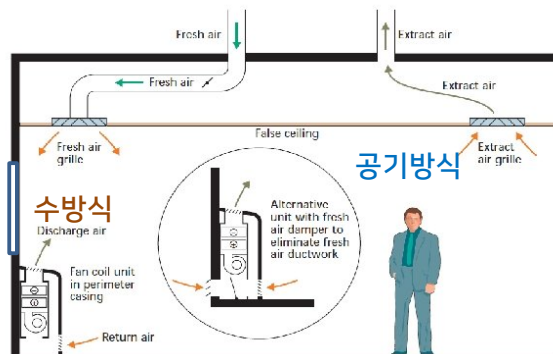


내주부(Interior zone): 공기방식
+
외주부(Perimeter zone): 수방식

공기-수방식 공조시스템 구성

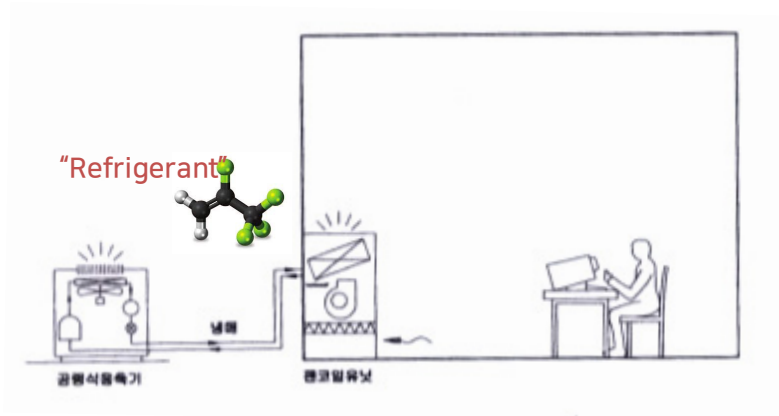


외주부

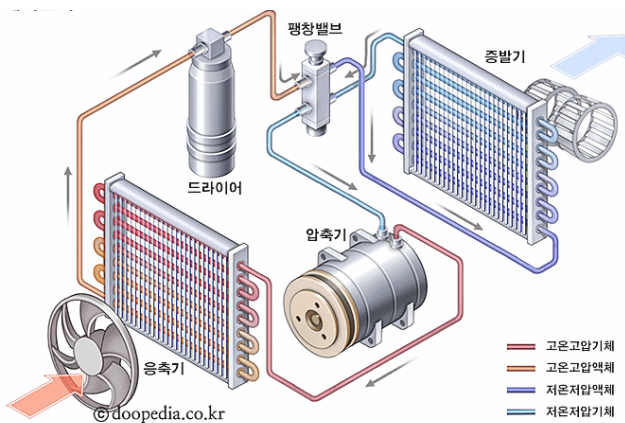


◎ 공조 방식 | 냉매 방식

- 냉매방식(Refrigerant system): 냉매에 의해 실내공기를 냉각/가열
- 냉매는 실내공기에서 흡수한 열을 외기/물/지중에 방출하거나(냉방), 외기/물/지중에서 흡수한 열을 실내로 방출(난방)
- 개별운전이 가능하여 사무소 건물의 외부존(Perimeter zone)이나 주택, 호텔 등 거주 인원이 적은 건물에 적합



냉매방식 공조시스템 구성



냉매에 의한 냉각 사이클



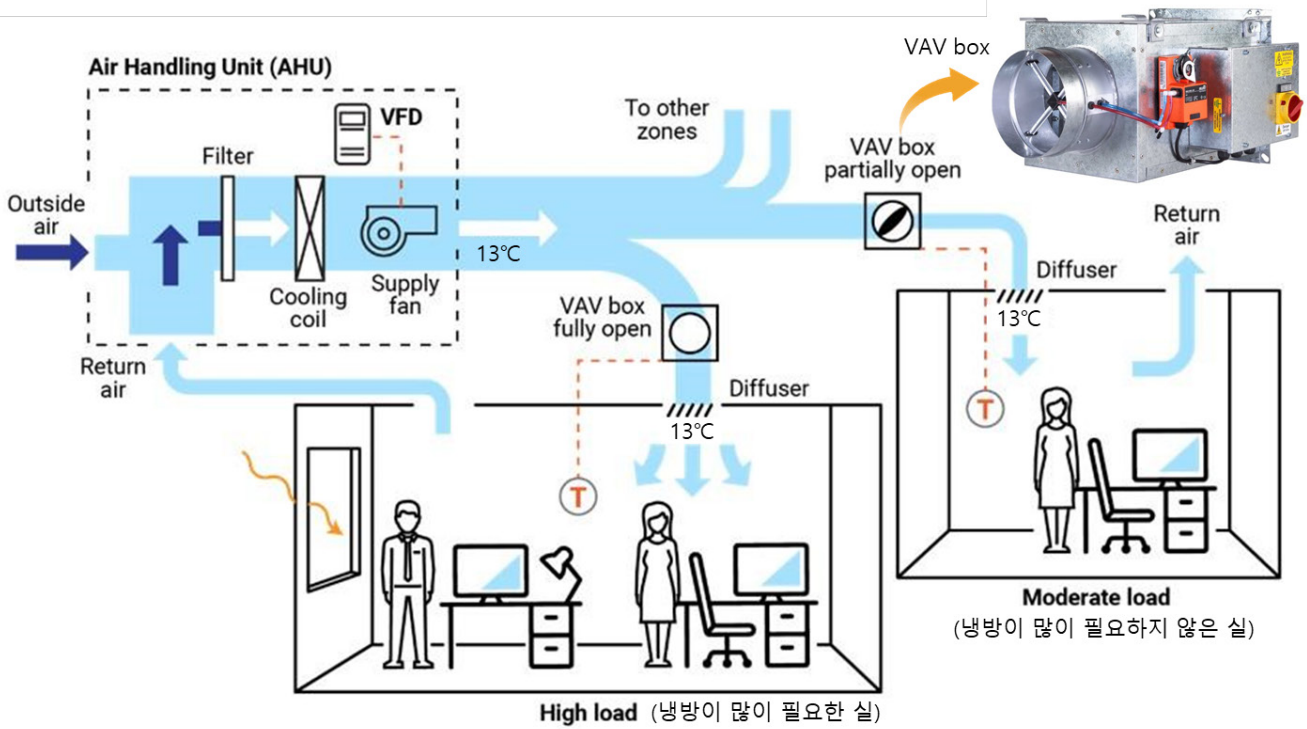
창문형 에어컨



멀티 에어컨 시스템

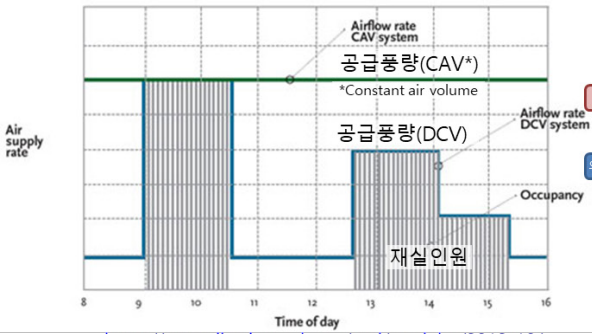
◎ 변풍량 시스템(VAV: Variable Air Volume)

- 냉방부하에 따라 실내에 공급하는 공기의 양(송풍량)을 변화
- 송풍량을 감소시킴에 따라 송풍기(Fan)의 에너지 소비량이 감소되어 에너지 절약적인 냉방이 가능

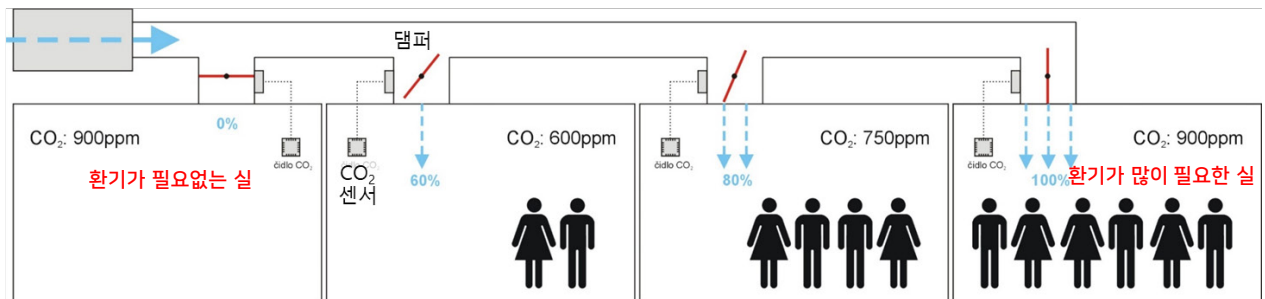
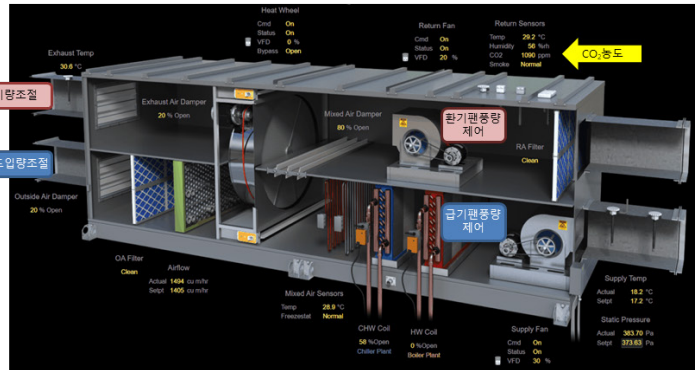


◎ 수요기반환기 (DCV: Demand Controlled Ventilation)

- 환기수요(예: 재실인원)에 따라 실내에 공급되는 외기의 양을 조절
- 재실 스케줄, 실내 CO2 농도에 따라 팬 풍량이나 존별 댐퍼의 개도를 조절



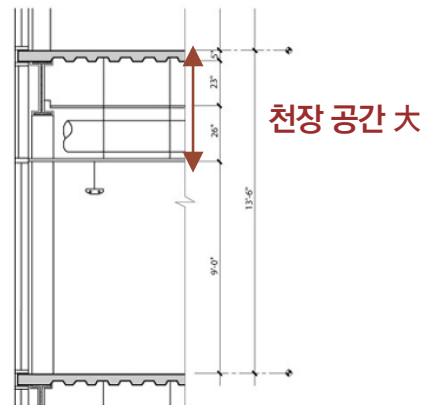
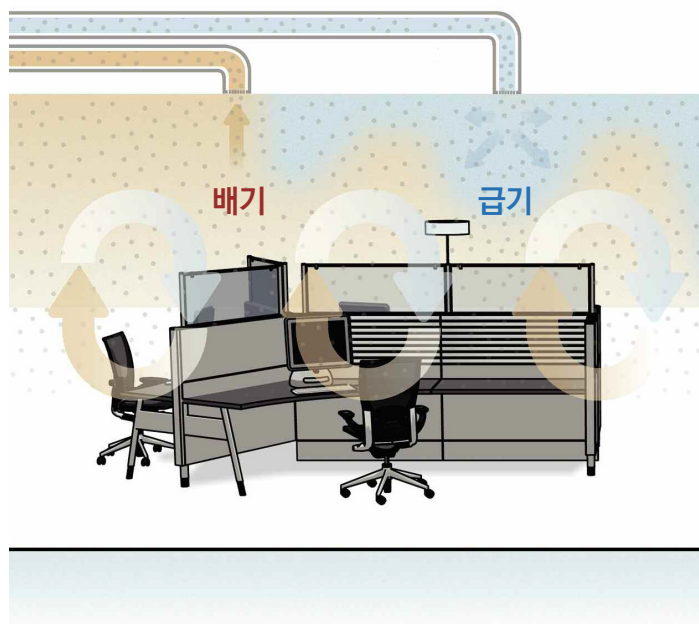
<https://www.cibsejournal.com/cpd/modules/2012-10/>



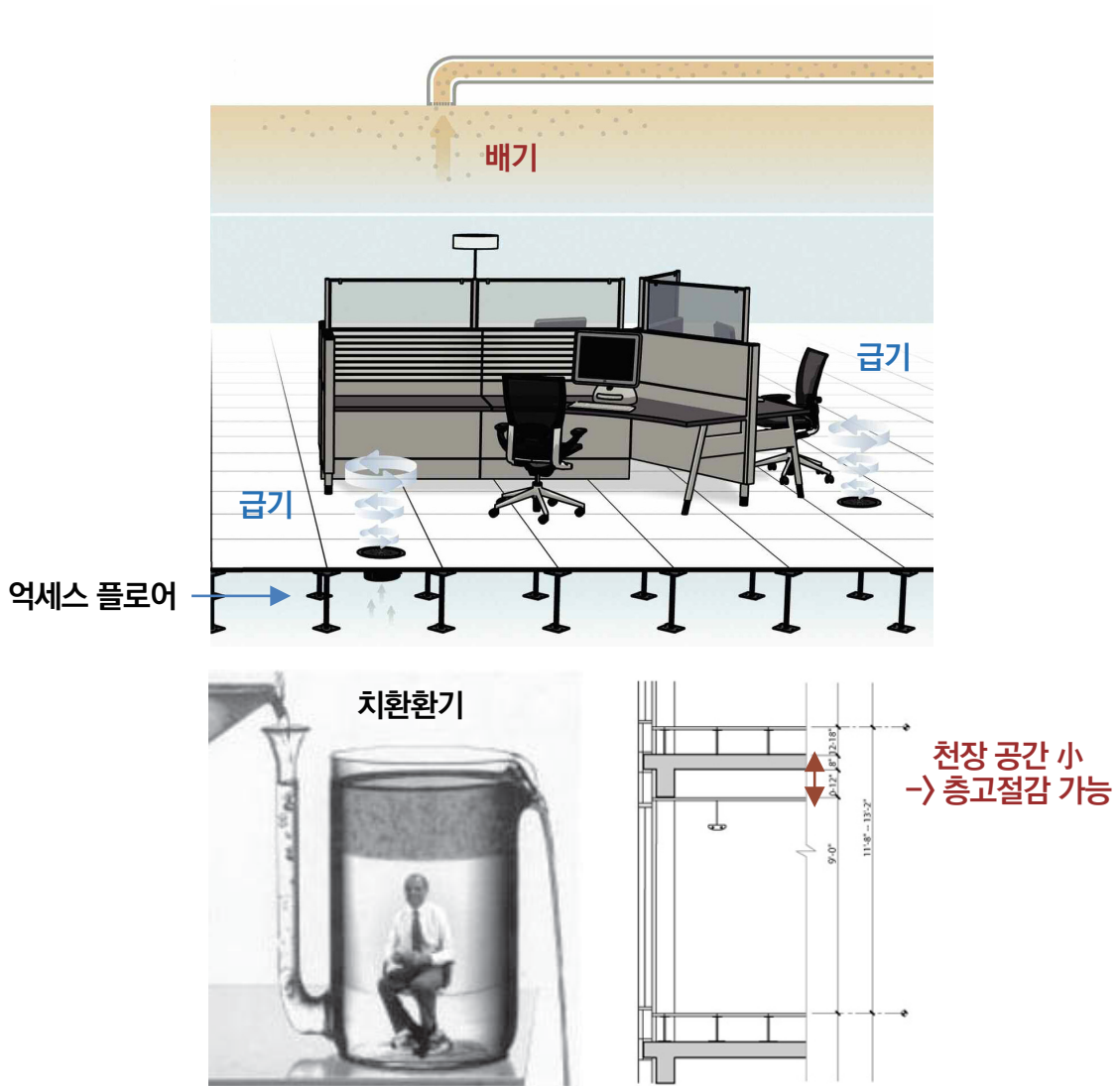
◎ 바닥취출 공조 (UFAD: Underfloor Air Distribution)

- 바닥 하부공간(액세스 플로어(Access floor))으로 공조공기를 급기하고 천장에서 흡입
- 거주역(사람이 머무는 영역)의 보다 나은 쾌적성 확보에 유리 (사무소 공간, 극장 등 대공간에 효율적)

- 일반공조시스템(Overhead Air Distribution)

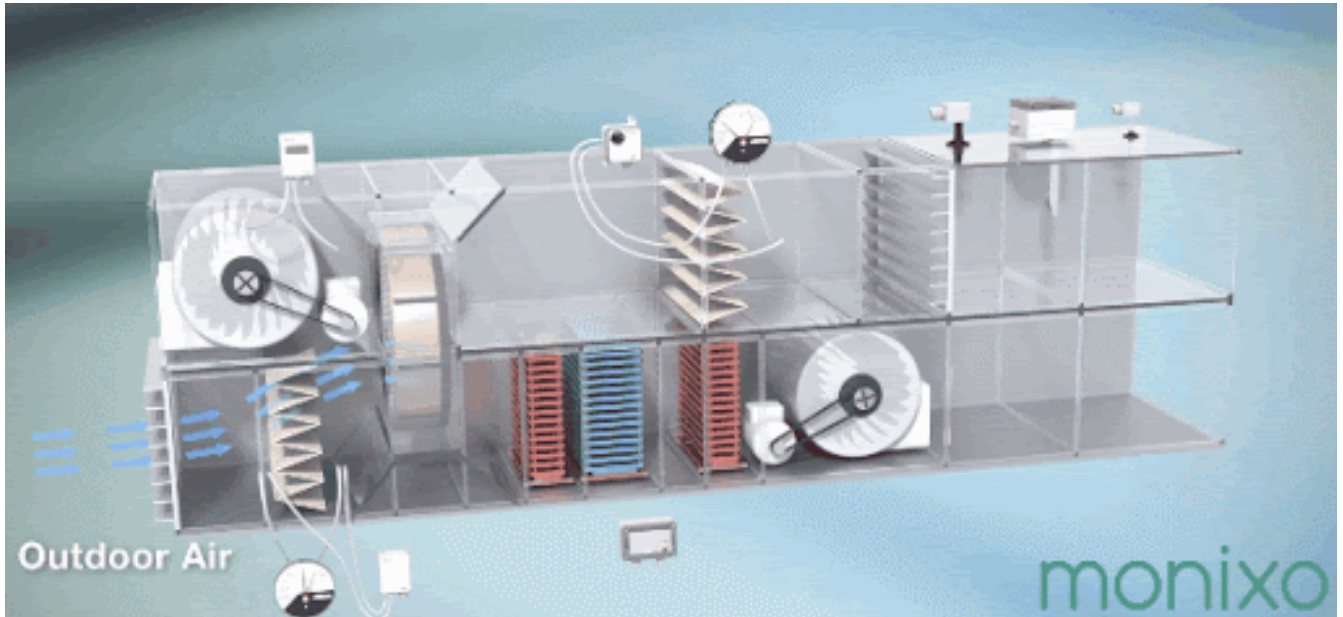


● 바닥취출공조(Underfloor Air Distribution)



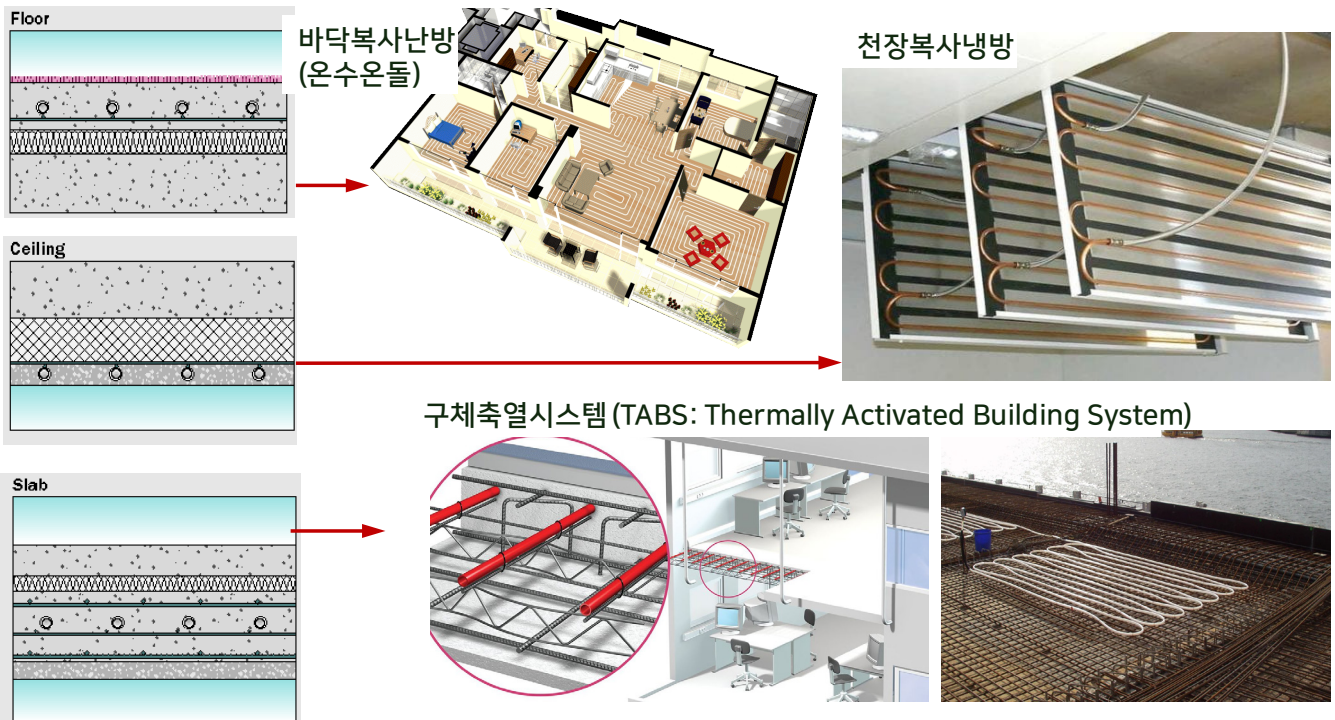
◎ 열회수 시스템(Heat Recovery System)

- 실내의 오염된 공기를 외부로 배출하고 신선한 외기를 실내로 공급하는 과정에서, 실내공기가 갖고 있는 열에너지를 회수하여 실내로 들어오는 외기에 공급
- 겨울철에는 실내로 들어오는 외기의 온도와 습도를 높여 난방과 가습에 필요한 에너지를 낮춤
- 여름철에는 실내로 들어오는 외기의 온도와 습도를 낮춰 냉방과 제습에 필요한 에너지를 낮춤
- 원형(Rotary type)과 판형(Plate type) 열교환기 활용



◎ 복사냉난방시스템(Radiant Heating and Cooling System)

- 천장, 바닥, 벽면 또는 패널에 매설된 배관에 냉온수를 순환시켜 냉난방
- 겨울철에는 실내온도가 낮아도 표면온도가 높아 쾌적 달성이 가능하며 이로 인해 에너지 절감이 가능함
- 여름철에는 실내온도가 높아도 표면온도가 낮아 쾌적하게 유지될 수 있음



◎ 참고서적 및 사이트

1. 김재수 (2013). 건축설비, 도서출판 서우
2. Cho, J. et al. (2008). Integrative sustainable design strategies for energy and water efficiency: The case of the Ewha Campus Complex in Korea, Proceedings of SB08
3. Rhee, K. N., Olesen, B. W., & Kim, K. W. (2017). Ten questions about radiant heating and cooling systems. Building and Environment, 112, 367-381.
4. Rhee, K. N., et al. (2021). Experimental investigation on the control performance of an active chilled beam system under dynamic cooling loads. Applied Thermal Engineering, 194, 117069.
5. <https://www.pnnl.gov/projects/best-practices/variable-air-volume-systems>
6. <https://www.cibsejournal.com/cpd/modules/2012-10/>
7. <https://www.ibec.or.jp/jsbd/A/features.htm>

3 열원/급탕/조명설비 개요

◎ 열원설비 | 온열원

- 난방 또는 가습, 급탕에 필요한 온수 또는 증기를 생산
- 주철제 보일러, 노통연관 보일러, 수관 보일러, 관류 보일러, 전기 보일러, 가정용 소형 가스 보일러 등
- 가스나 석유등의 화석연료 또는 전기로 증기 또는 온수를 생산하여 난방, 가습, 급탕에 사용
- 컨덴싱 보일러는 배기가스에서 열을 회수하여 효율을 더 높인 것

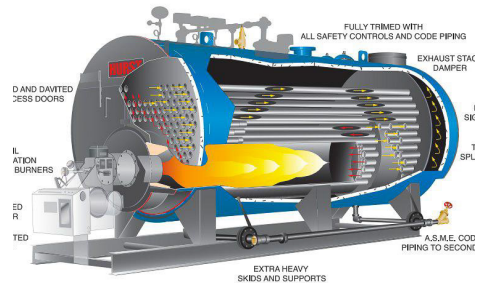
● 대형 보일러



주철제 보일러



노통연관 보일러

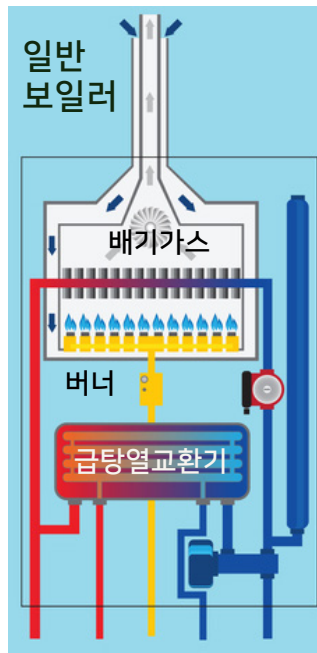


수관 보일러

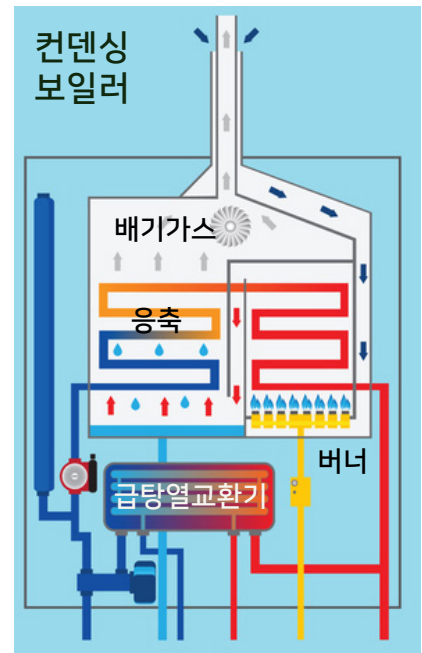


관류 보일러

● 가정용 소형 가스 보일러



난방출수 급탕 난방환수

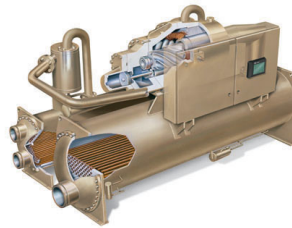
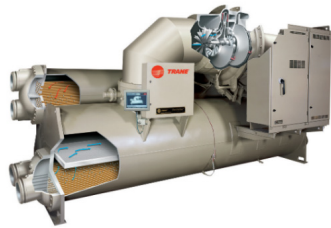


난방환수 급탕 난방출수

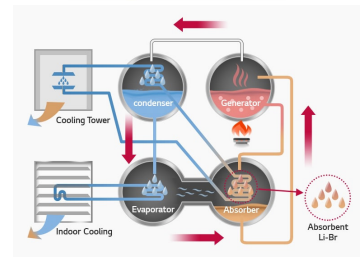
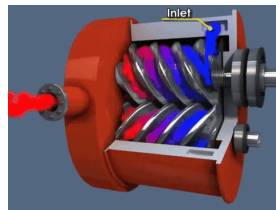
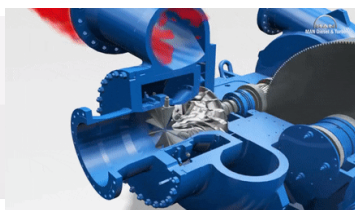
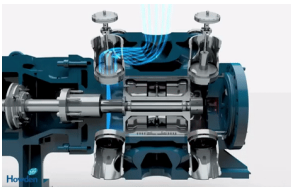
◎ 열원설비 | 냉열원

- 냉방에 필요한 냉수 (경우에 따라 얼음)를 생산
- 압축식 냉동기: 냉매 재사용을 위해 (냉매 압력을 높이기 위해) 압축기로 냉매를 압축시키는 방식
- 흡수식 냉동기: 냉매 재사용을 위해 (냉매 압력을 높이기 위해) 열에너지를 투입시키는 방식

압축식 냉동기



흡수식 냉동기



왕복동식 냉동기

-피스톤 왕복으로 냉매 압축

터보식 냉동기

-원심력으로 냉매 압축

스크류식 냉동기

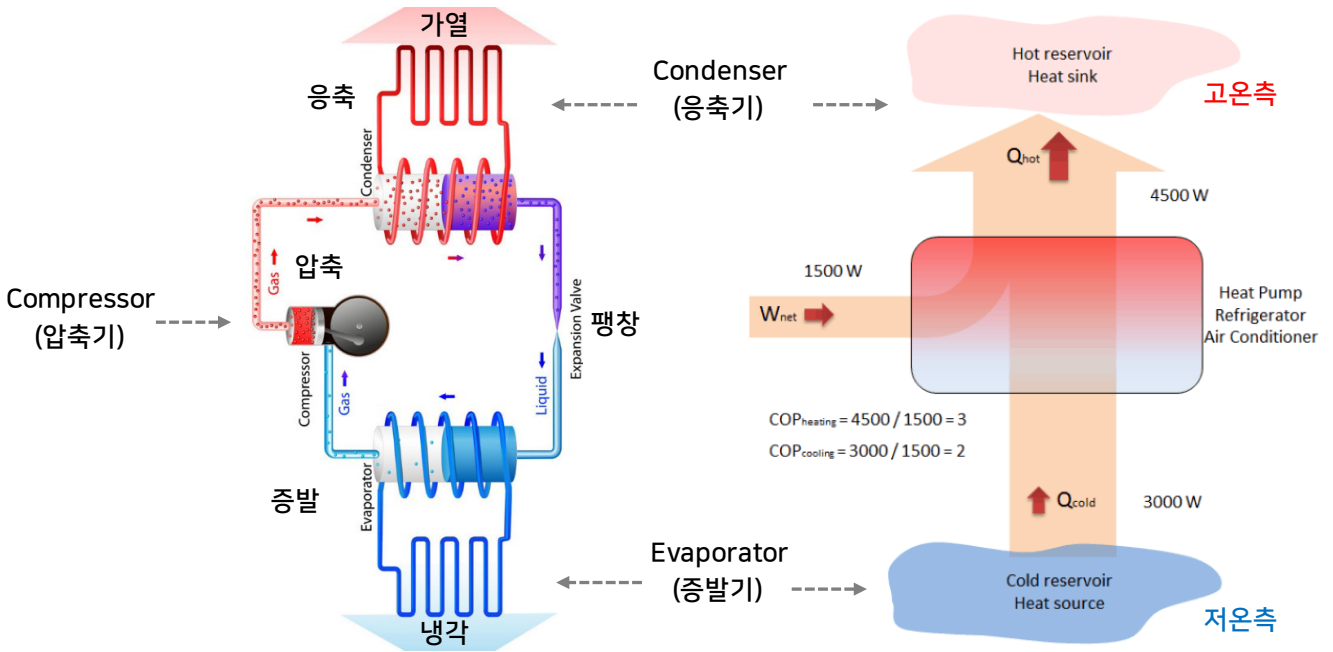
-나사의 압착으로 냉매 압축

흡수식 냉동기

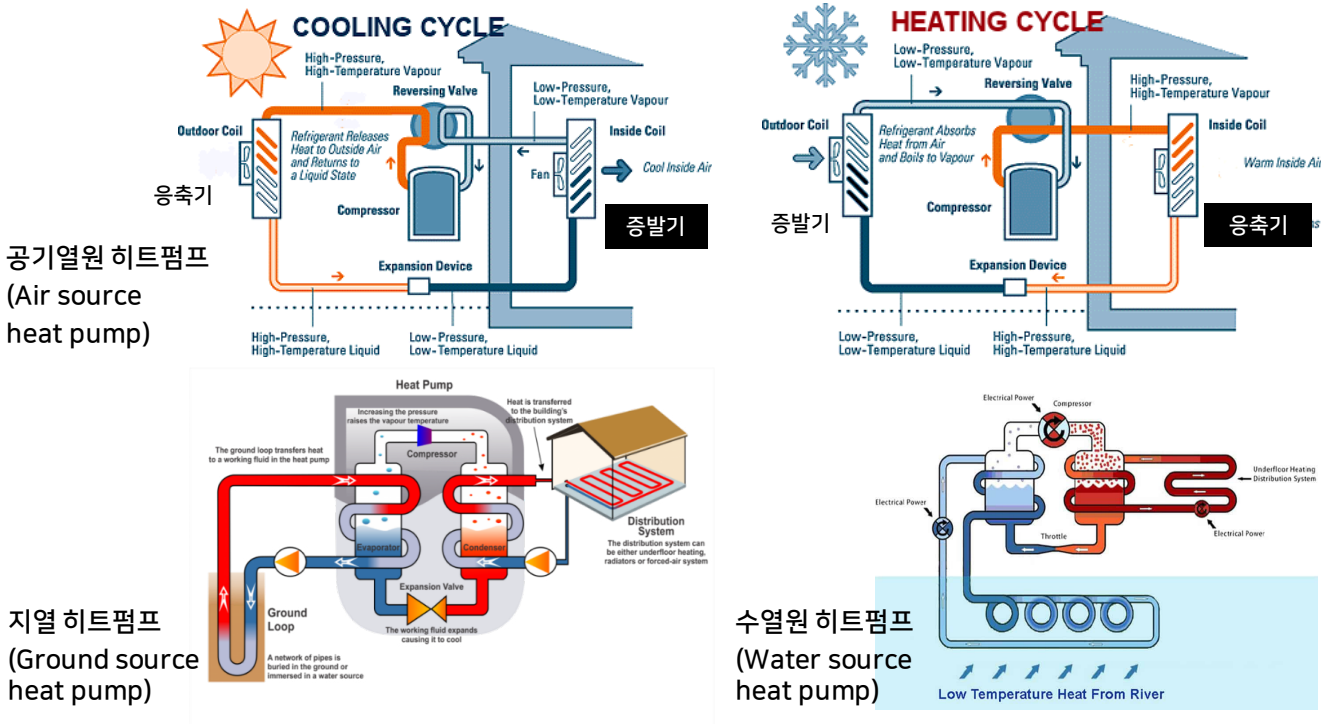
-보일러, 태양열 등으로 냉매 재생

◎ 열원설비 | 히트펌프

- 일반적인 냉각 사이클에서는 냉매가 증발-압축-응축-팽창의 과정을 순환
- 히트펌프에서는 저온측(Heat source)에 증발기를, 고온측(Heat sink)에 응축기가 있도록 하여 저온물질로부터 열을 얻어 공조 및 급탕에 활용 (즉 온도가 낮은 곳에서 높은 곳으로 열을 끌어올리는 장치)

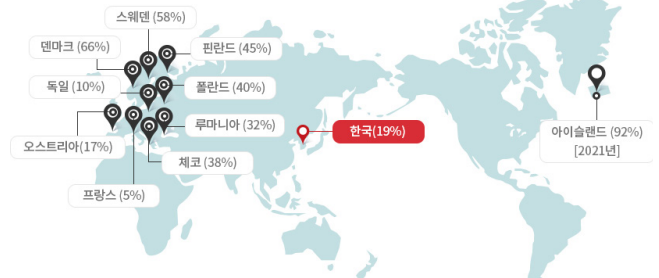
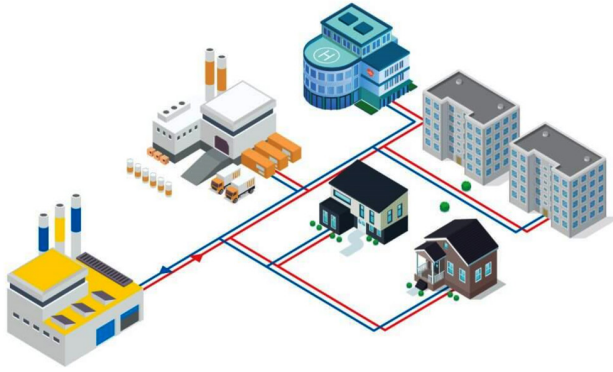


- 계절에 따라 증발기-응축기 위치를 바꾸어 냉방과 난방을 절환
- 열의 근원, 즉 Heat source에 따라 공기열원 히트펌프, 지열 히트펌프, 수열원 히트펌프로 구분

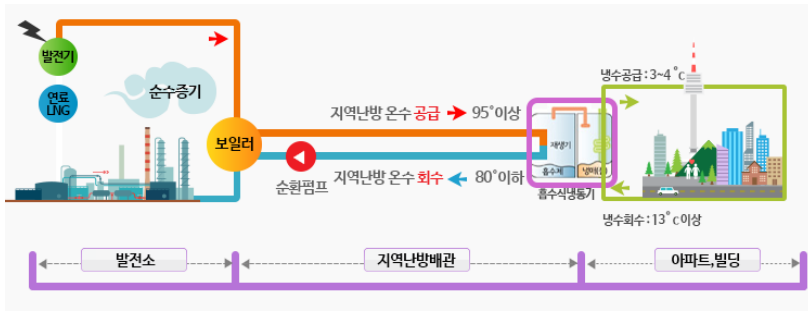


◎ 열원설비 | 지역 냉난방

- 대규모 열병합 발전소(CHP: Combined Heat and Power) 또는 자원회수시설에서 생산된 열을 배관을 통해 건물 기계실까지 공급하여 냉난방 또는 급탕에 활용
- 배관망에서의 열손실 문제는 있으나 집단에너지 이용을 통한 환경부하 저감, 관리의 용이성이 장점

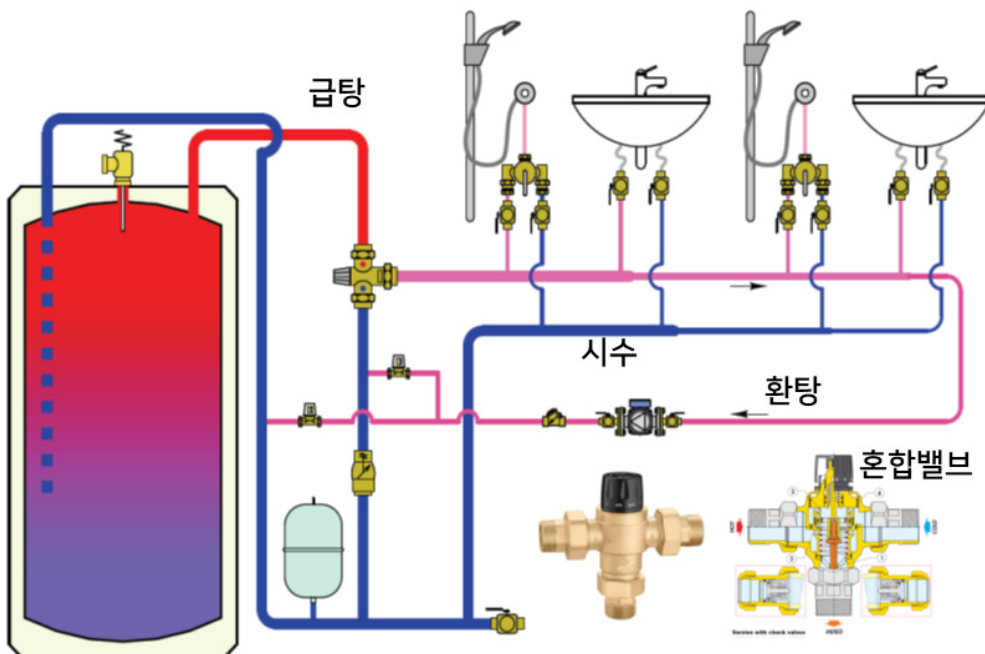
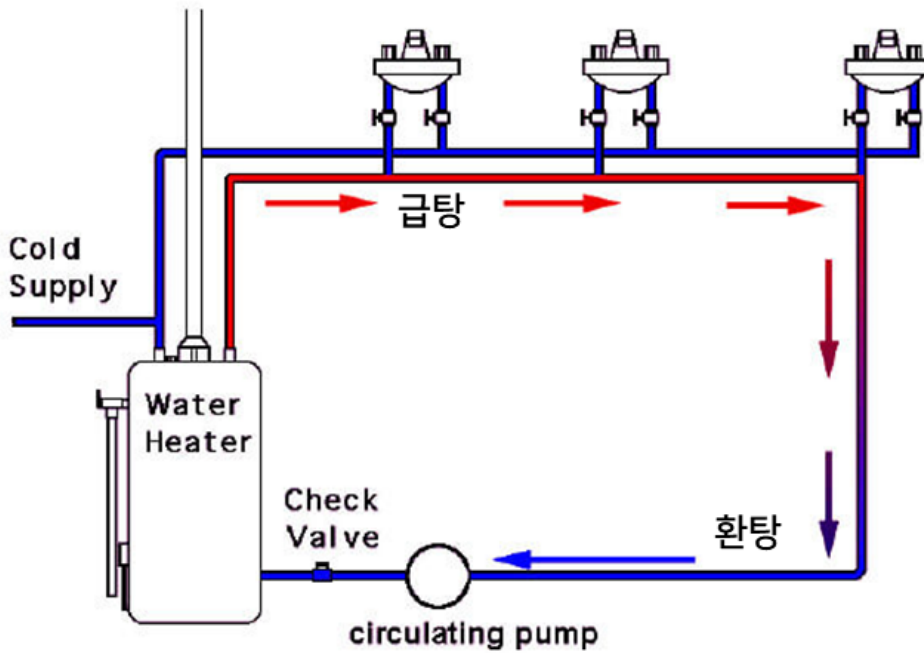


에너지경제연구원(2024), 국내외 집단에너지 학술 및 정보교류 사업



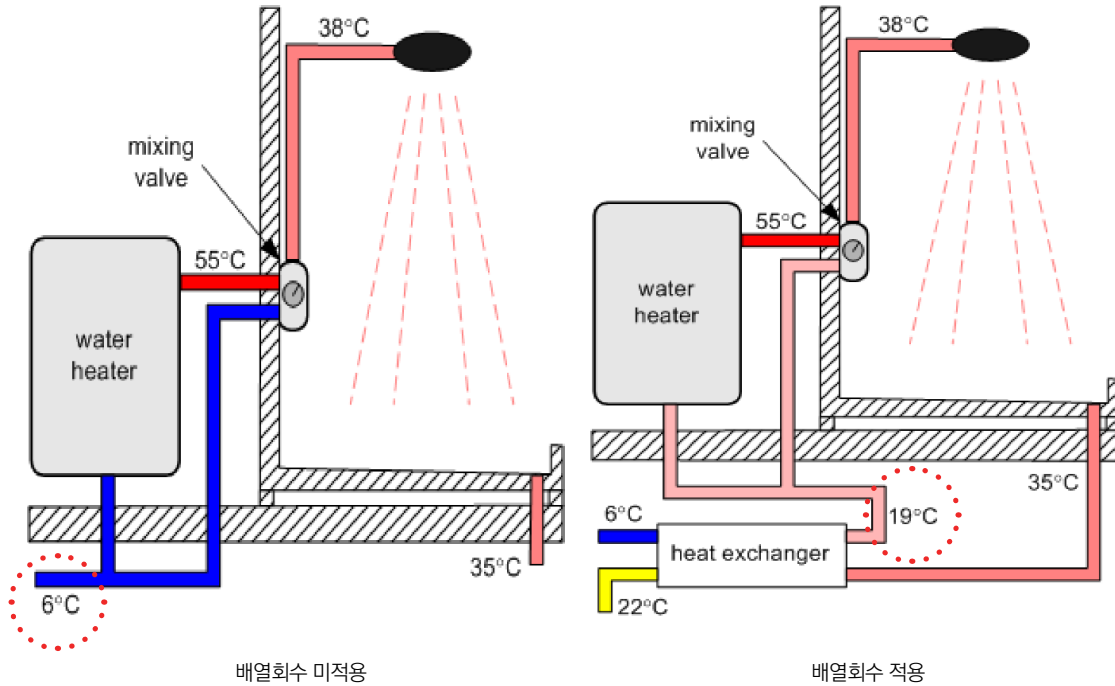
◎ 급탕설비 | 기본 요건

- 건물의 난방부하는 단열기준 강화에 따라 크게 저감 되었지만 급탕부하는 변화가 없어 절감할 필요가 있음
- 급탕 사용 시 온수대기시간이 길어져 물사용량 및 열원 에너지가 증가하는 문제 발생
- 배관 내에 잔존하는 온수는 라지오넬라균의 증식을 유발할 수도 있음
- 급탕 사용이 중단되고 온수배관 내에 있는 온수를 회수하는 환탕 배관(Recirculation loop) 설치 필요



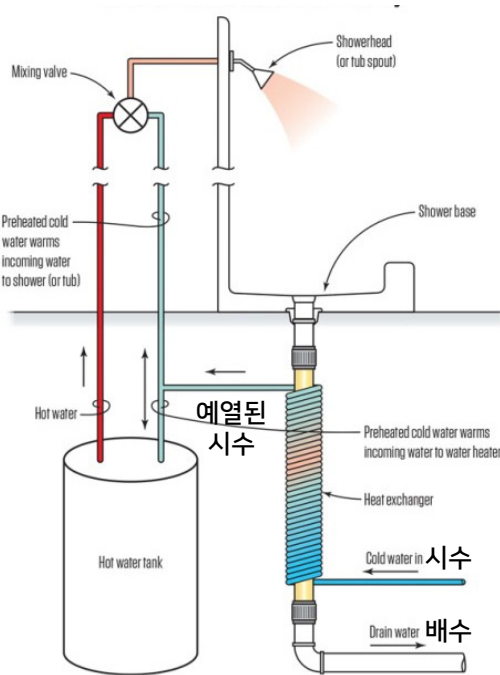
◎ 에너지 절약 급탕 설비

- 탕에서 버려지는 열을 회수하여, 시수를 예열함으로써 보일러의 가열량을 줄여주는 방법으로도 급탕 에너지 절감 가능
- 이를 급탕배열회수(DWHR: Drain Water Heat Recovery)라 하며, 열원 에너지 절감, 열원 용량 감소 효과를 기대



배열회수 미적용

배열회수 적용

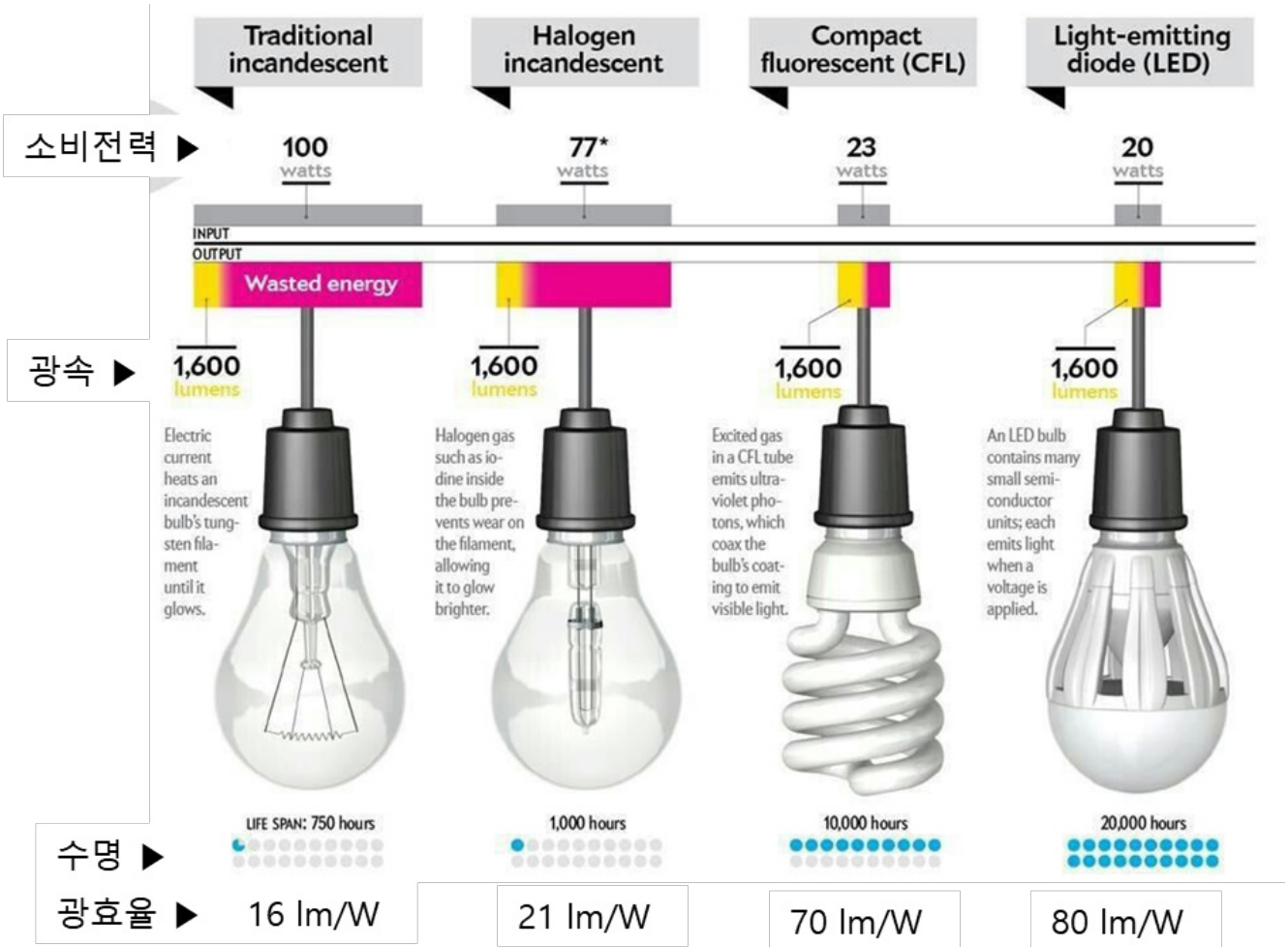


수직형 열교환기



◎ 고효율 광원

- 조명은 빛 외에도 열 형태로 많은 에너지가 손실되어 조명에너지와 냉방에너지를 증가시키는 요인이 됨
- 동일한 소비전력으로 많은 빛을 낼 수 있는, 즉 광효율(Lighting efficiency)이 높은 광원을 써야 함



● 광원 사양 사례

LUMILUX T5 HE



제품장점

- 우수한 경제성 및 효율
- LUMILUX T8 보다 최대 20% 높은 경제성
- 유사한 T8 램프 보다 최대 50 % 체적 감소

적용분야

- 공공 건물
- 사무실
- 상점
- 슈퍼마켓 및 백화점
- 산업
- 적합한 조명기기에서만 실외 적용이 가능

제품특징

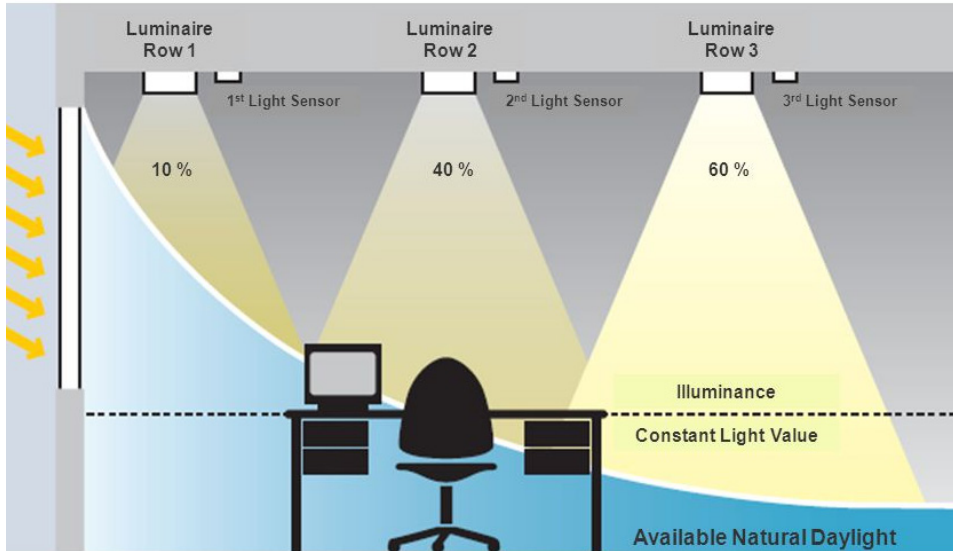
- 광효율: 최대 104 lm/W
- 매우 우수한 광속 유지율: 램프 수명 기간 내내 90% 이상
- 긴 평균 수명: 최대 24,000 시간(QUICKTRONIC ECG 사용시)
- 우수한 연색성 그룹: 1B (R_a: 80...89)
- 디밍 가능

공칭 전압	220 V
공칭 전력	14.0 W
정격 램프효율 (고주파 25 °C)	86 lm/W
기준 전력	14.00 W
정격 광속	1200 lm

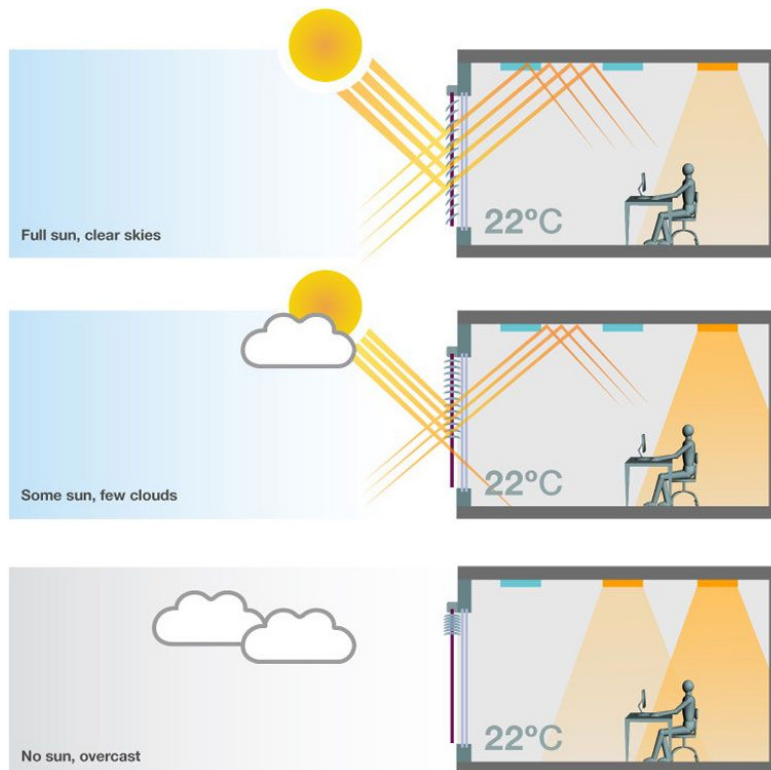
- 광속= 광원에서 나오는 빛의 총량 (Lumen)
- 광효율 = 광속/소비전력

◎ 조광 제어

- 자연채광과 인공조명을 조화시켜 쾌적한 빛환경을 확보하고 조명에너지를 절감
- 주광(Daylight)을 실내에 도입하여 인공조명과 연계하여 빛환경을 조절하는 방식
- 광센서로 주광을 감지하고, 적정 조도 유지에 필요한 만큼 조명 출력을 제어하여 조명 에너지를 절감



창문과의 거리에 따라 조명출력을 제어하는 조광제어 개념



차양장치와 연계한 조광제어 개념

◎ 참고서적 및 사이트

1. 김재수 (2013). 건축설비, 도서출판 서우
2. Baldi, S. et al. (2017). Real-time monitoring energy efficiency and performance degradation of condensing boilers. *Energy Conversion and Management*, 136, 329–339.
3. Hootman, T. (2012). *Net zero energy design: a guide for commercial architecture*. John Wiley & Sons.
4. Zhang, X., Rhee, K. N., Jung, G. J., & Kim, C. (2024). Exploring energy efficiency and savings potential of a horizontal domestic drain water heat recovery system in high-rise apartment buildings. *Energy and Buildings*, 325, 115038.
5. <https://www.kdhc.co.kr/kdhc/main/main.do>
6. <https://www.i-se.co.kr/index>
7. <https://kr.lgeaircon.com>
8. <http://renewability.com/>
9. <https://www.meanderhr.com/>
10. <https://www.caleffi.com/>

B.3

ZEB 신재생 기술 개요

교육 목표

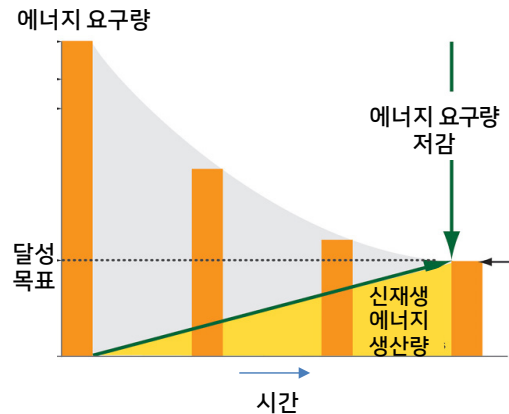
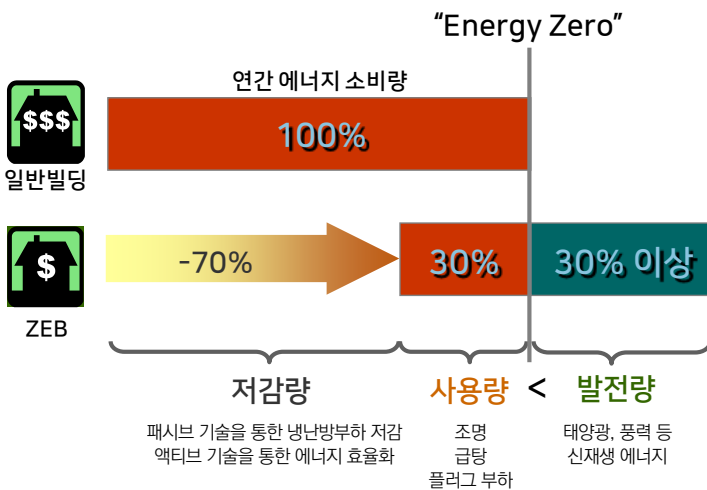
ZEB 신재생 기술 개요

- * 제로에너지 빌딩 구현을 위한 신재생 기술의 필요성 이해
- * 신재생 기술의 정의 및 특징 이해
- * 지열을 이용한 건물 냉난방 및 급탕 기술 이해

1 신재생 기초 및 지열

◎ ZEB 달성 개념

- 건물 효율화(패시브+액티브 기술)를 통해 에너지 요구량을 큰 폭으로 저감한 후,
- 신재생에너지 등을 통해 사용량을 초과하는 에너지를 생산하여
- 연간 에너지 수지(收支)를 “0” 또는 “+”로 유지



◎ 신재생 에너지 정의

- 기존의 화석연료를 변환시켜 이용하거나 햇빛·물·지열·강수·생물유기체 등을 포함하여 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지(신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법 제2조)
- 신에너지 : 수소에너지, 연료전지, 석탄액화·가스화에너지 및 중질잔사유(重質殘渣油) 가스화 에너지
- 재생에너지 : 태양에너지, 풍력, 수력, 해양에너지, 지열에너지, 바이오에너지, 폐기물에너지

◎ 신재생 에너지 특징

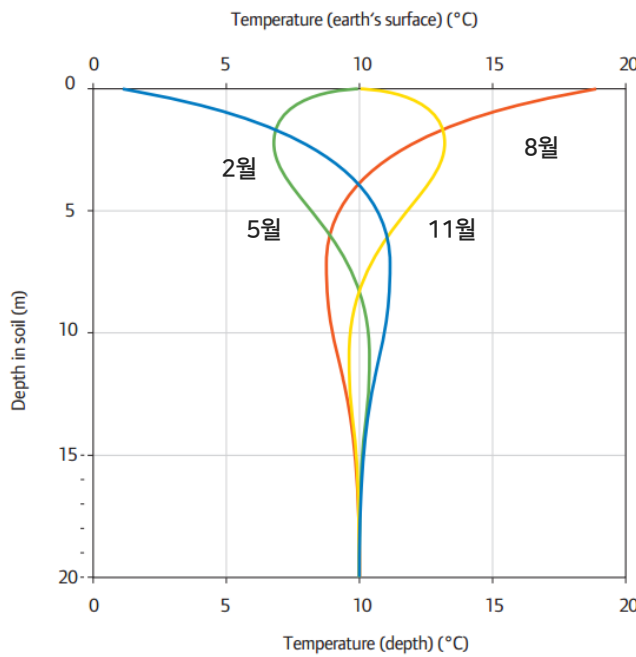
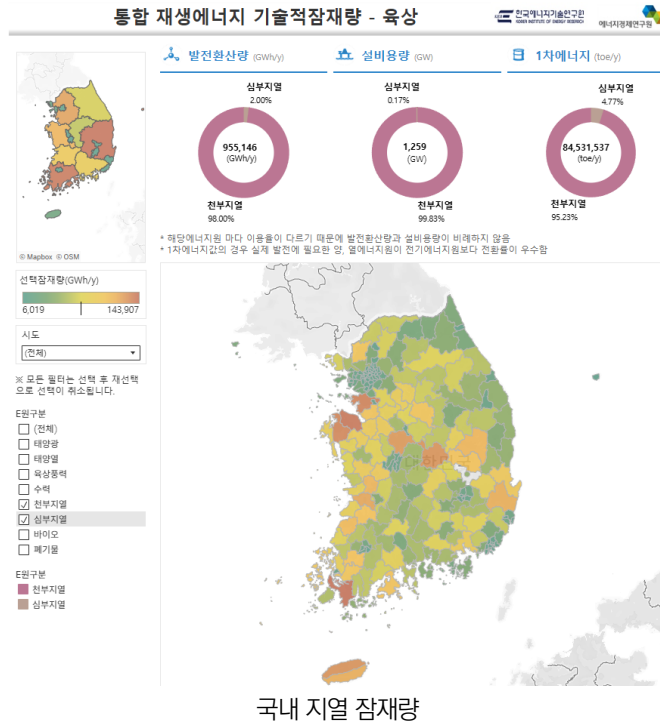
구분	체험세대
공공미래 에너지	시장창출 및 경제성 확보를 위한 장기적인 개발 보급 정책 필요
환경친화형 청정 에너지	화석연료 사용에 의한 CO ₂ 발생이 거의 없음
비고갈성 에너지	태양, 바람 등을 활용하여 무한 재생이 가능한 에너지
기술에너지	연구개발에 의해 에너지 자원 확보가 가능

◎ 신재생 에너지 중요성

- 화석연료의 고갈로 인한 자원확보 경쟁 및 고유가의 지속 등으로 에너지 공급방식의 다양화 필요
- 기후변화협약 등 환경규제에 대응하기 위한 청정에너지 비중 확대 필요
- 신재생에너지 산업은 IT, BT, NT 산업과 더불어 차세대 산업으로 시장규모가 급격히 팽창 중인 미래 산업

◎ 지열 에너지 개요

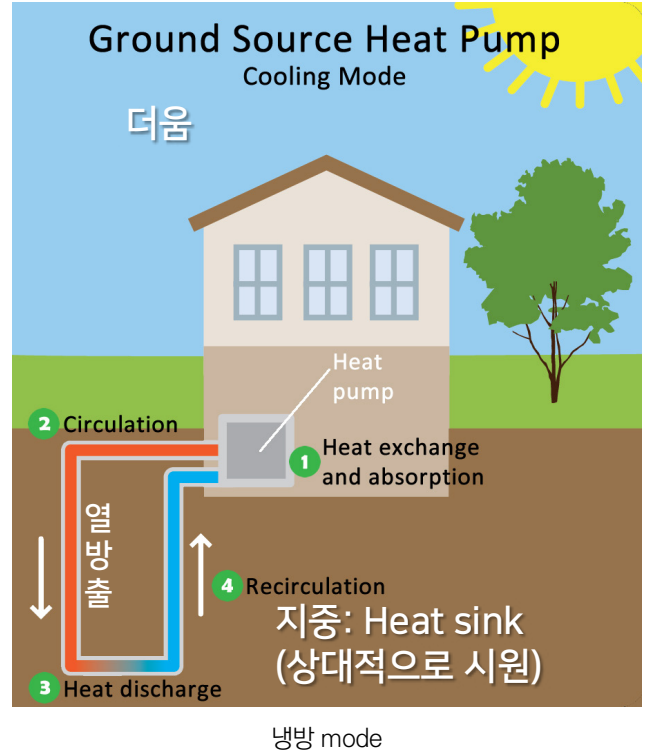
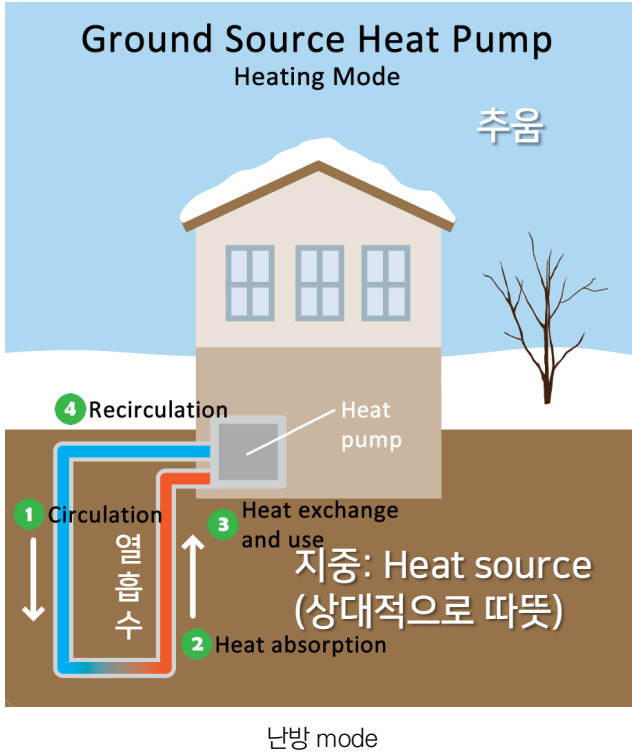
- 지하의 열을 냉·난방 시스템에 이용하거나 발전에 활용하는 기술
- 지중 온도는 하절기에 기온보다 낮고, 동절기에 기온보다 높아 냉난방에 활용 가능
- 지중온도의 안정성으로 혹서기나 혹한기에도 냉·난방의 성능 저하가 낮음
- 지속가능(sustainable), 재생가능한(renewable) 열원이며, 연중 온도의 변화가 거의 없는 장점



깊이별 지중온도 변화

◎ 지열 냉난방 시스템

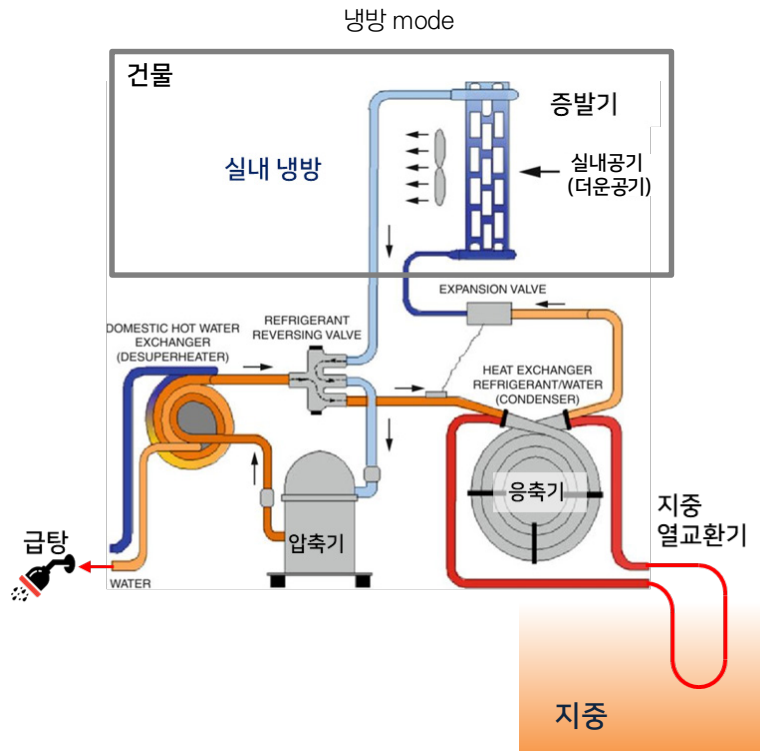
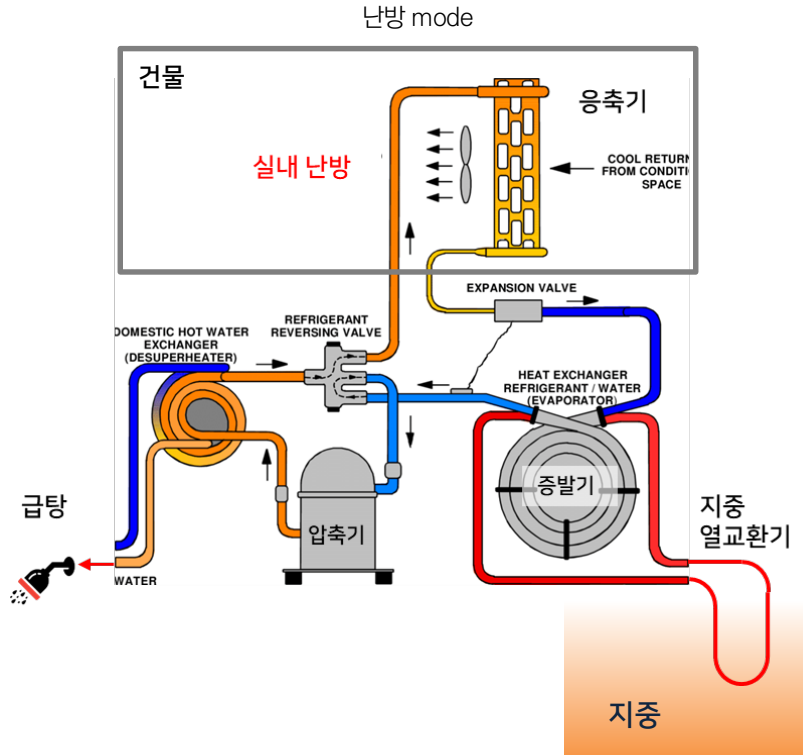
- 연중 일정한 온도를 유지하는 지하열원을 이용하여 냉난방 및 급탕을 동시에 해결
- 겨울에는 따뜻한 지중열을 흡수하여 난방하며, 여름에는 차가운 지중으로 더운 열을 버려 냉방
- 냉난방에 화석연료를 사용하지 않으며, 단지 원하는 온도와 효율을 높이기 위해 지열히트펌프를 사용



- 겨울철에는 지중이 heat source, 여름철에는 지중이 heat sink가 됨

◎ 지열 히트펌프

- 난방: 지중이 heat source (열흡수), 실내측이 응축기 (열방출)
- 냉방: 지중이 heat sink (열방출), 실내측이 증발기 (열흡수)
- 급탕: 압축기를 지나 고온상태가 된 냉매와 열교환하여 온수를 생산



◎ 지중 열교환기

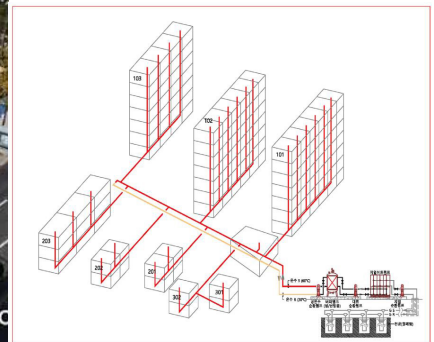
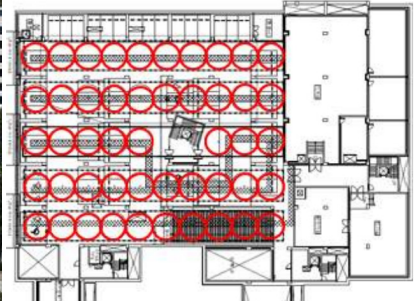
- 지열 냉난방 시스템에서 지중의 열을 흡수하거나, 지중으로 열을 방출하는 중요한 역할을 수행
- 지열을 회수하는 열교환기의 회로 구성에 따라 폐쇄형과 개방형으로 구분



- 폐쇄형 : 지중 열교환기의 배관내에 열교환을 위한 열매가 순환하는 형태 (수직형, 수평형, 말뚝형)
- 개방형 : 지하수를 열매로 직접 활용하는 형태. 우물관정형 (SCW: Standing column well)

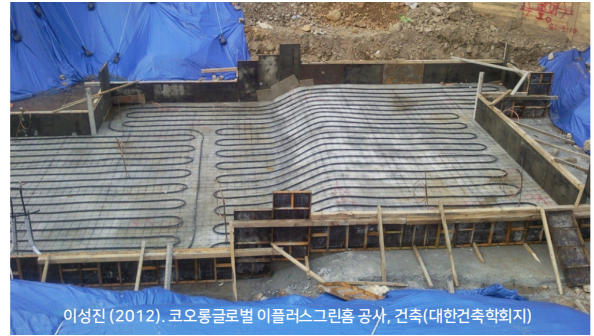
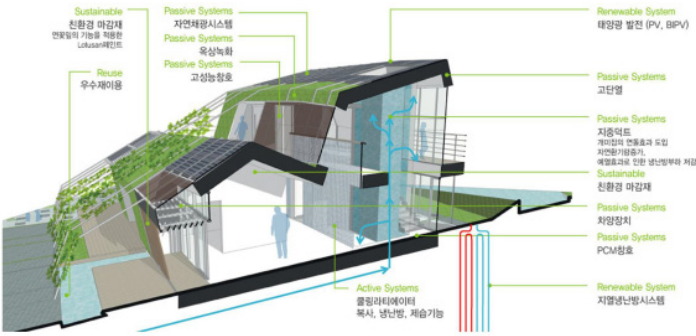
◎ 지열 에너지 활용 사례

- 노원구 제로에너지주택 실증단지



- '09년도 기준주택 대비 에너지사용량 61% 절감, 고효율설비로 13% 저감, 재생에너지로 33%의 에너지 생산 목표
- 지중열교환기 48공(난방용 20공, 급탕용 28공) 깊이 160m 천공, 총 130RT 용량 확보
- 히트펌프를 통해 55°C까지 가열 후 난방 및 급탕용으로 활용

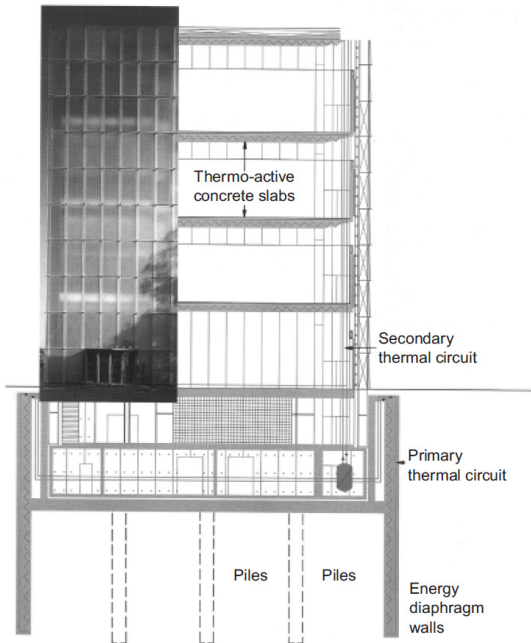
● E+ 그린홈



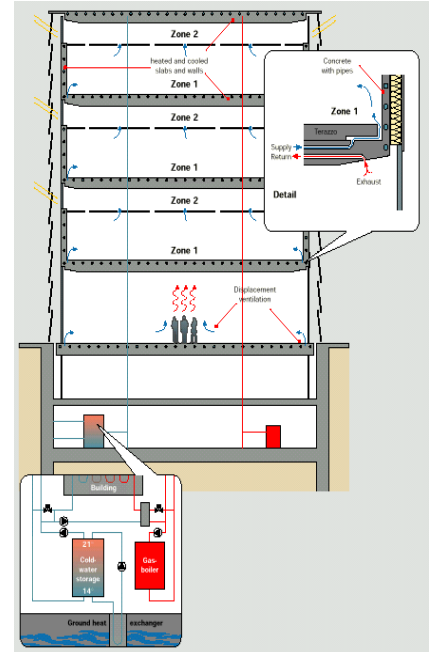
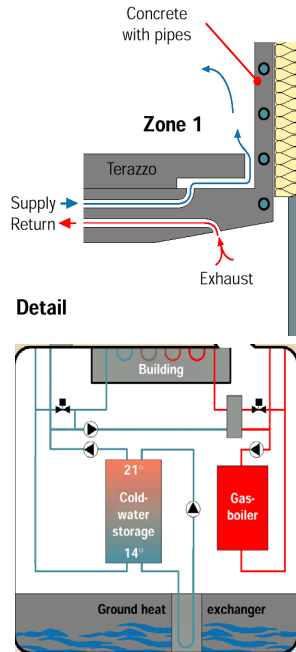
- 수직형 지중열교환기 2개소, 수평형 지중열교환기 1개소 설치하여 FCU 및 바닥복사냉난방에 활용
- 수직형 지중열교환기 중에서 하나는 히트펌프 연계없이 바로 바닥복사냉방에 활용

• Bregenz Art Museum

- 말뚝 및 지하옹벽에 지중 열교환기를 설치하여 지중으로부터 냉열을 흡수
- 14°C의 냉수를 바닥과 벽체에 매립된 냉수배관에 공급하는 구체축열시스템으로 냉방

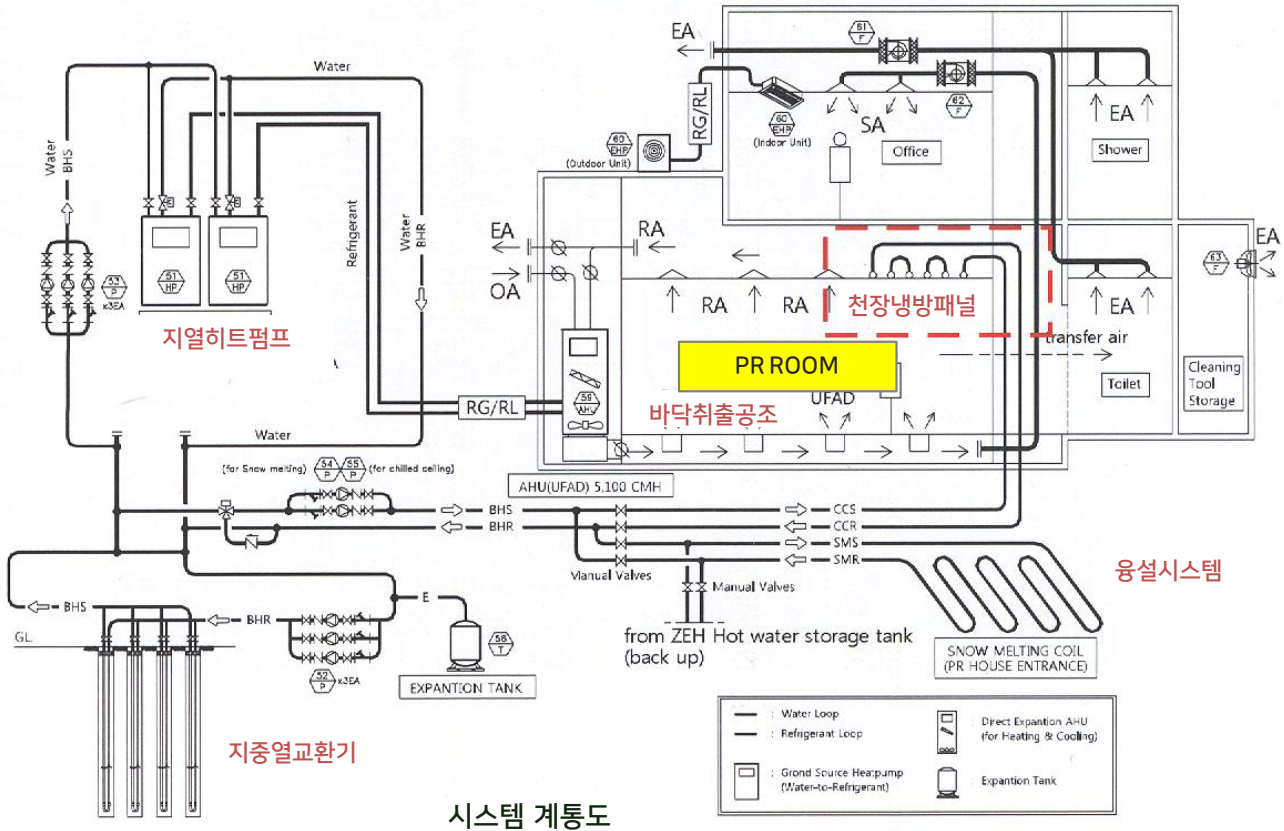


Brandl, H. (2006). Energy foundations and other thermo-active ground structures. *Géotechnique*, 56(2), 81-122.

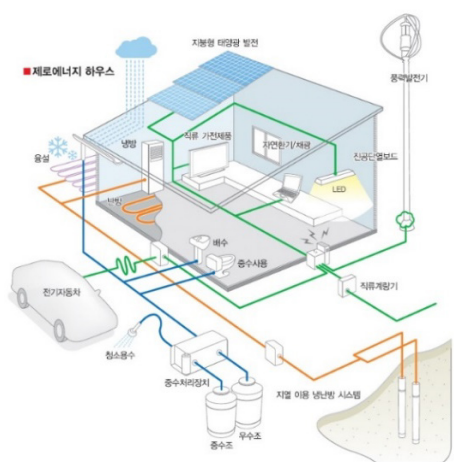


Olesen, B. W., & Liedelt, D. F. (2001). Cooling and heating of buildings by activating their thermal mass with embedded hydronic pipe systems. *Proceedings of the ASHRAE-CIBSE*, Dublin, Ireland, 3-4.

- 그린 투모로우 (Green Tomorrow)
- 지열 히트펌프는 기본적인 냉난방 시스템 (바닥취출공조)에 활용
- 지중 열교환기 열매가 히트펌프를 거치지 않고, 직접 천장냉방패널과 옥외 용설시스템으로 공급되기도 함

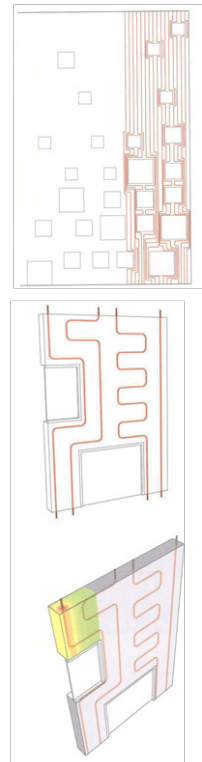
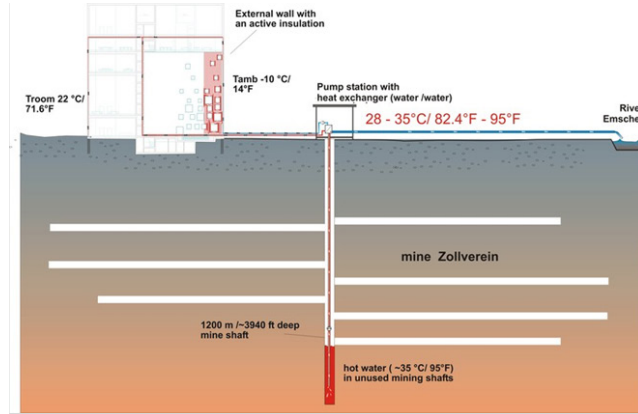
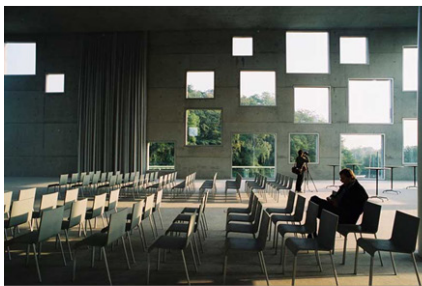


- PR ROOM의 천장냉방패널과 옥외 용설시스템의 지중 열교환기 직결로 고온냉방과 저온용설 시도하였음



옥외 용설시스템

- Zollverein School of Management and Design
- 인근의 폐광으로부터 35°C의 지하수를 끌어올려 벽에 매립된 배관에서 순환되도록 설계
- 온수가 순환되는 벽면이 일종의 동적 단열(active insulation) 기능을 하여 별도의 난방 없이도 쾌적한 실온 유지
- 신재생에너지와 결합된 액티브 기술이 실내환경의 효과적인 제어에 활용되는 사례



Moe, K. (2010). Thermally active surfaces in architecture. Princeton Architectural Press.

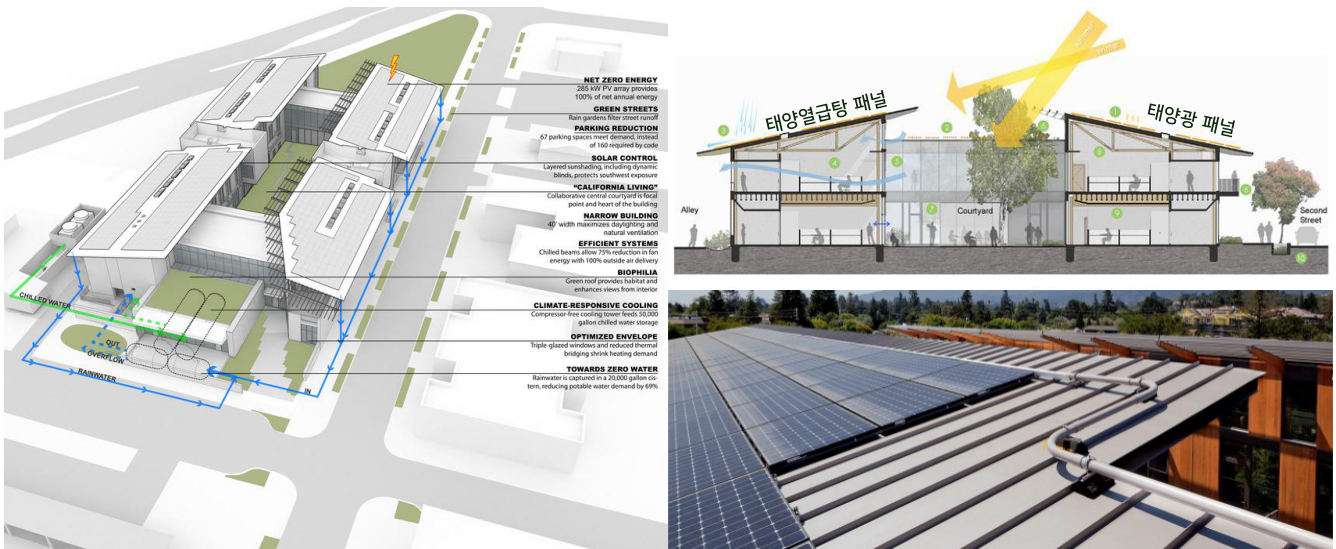
◎ 참고서적 및 사이트

1. 명지대학교 산학협력단 외 (2018). 제로에너지 주택 최적화모델 개발 및 실증단지 구축연구 최종보고서
2. 이성진 (2012). 코오롱글로벌 이플러스그린홈 공사, 건축(대한건축학회지)
3. Fridleifsson et al. (2008). Data from Lund, J.W., Freeston, D.H., and Boyd, T.L., 2005. Direct application of geothermal energy: 2005 Worldwide review. *Geothermics* 34, 691-727.
4. Hurter, S., & Schellschmidt, R. (2003). Atlas of geothermal resources in Europe. *Geothermics*, 32(4-6), 779-787.
5. Brandl, H. (2006). Energy foundations and other thermo-active ground structures. *Géotechnique*, 56(2), 81-122.
6. Olesen, B. W., & Liedelt, D. F. (2001). Cooling and heating of buildings by activating their thermal mass with embedded hydronic pipe systems. Proceedings of the ASHRAE-CIBSE, Dublin, Ireland, 3-4.
7. Moe, K. (2010). *Thermally active surfaces in architecture*. Princeton Architectural Press.
8. <https://home.kepco.co.kr/kepco/SM/C/htmlView/SMCCHP001.do?menuCd=FN29030304>
9. <https://kier-solar.org/user/potential/energy>
10. <https://web.uponor.hk/radiant-cooling-blog/thermally-active-building-systems-with-geothermal-energy-design-basics>
11. <https://www.epa.gov/rhc/geothermal-heating-and-cooling-technologies>
12. https://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?lcmspage=1&id=95080047

2 태양광 및 태양열

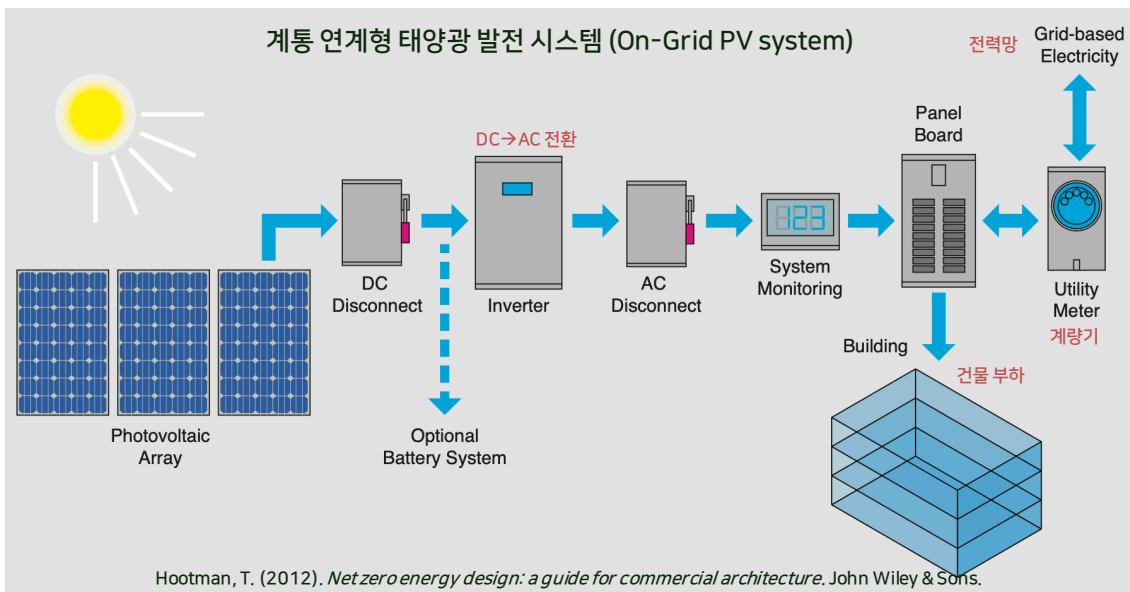
◎ 태양광 발전 기본 개념

- 태양전지(PV: Photovoltaic)를 활용하여 발전하는 태양광발전은 분산형 재생에너지 부문의 핵심
- 비교적 경제적이며 여러 규모로 프로젝트에 통합될 수 있어 ZEB에 가장 흔히 사용됨
- 생산된 전력을 다양한 용도에 이용할 수 있다는 것이 가장 큰 장점



Packard Foundation Headquarters Building

- PV에서 생산된 전기는 인버터로 교류로 변환한 후 건물내 전력 에너지원으로 활용
- 독립형 태양광발전: PV로 생산한 전력을 건물내에서 모두 소비
- 계통 연계형 태양광 발전: 생산한 일부 전기는 배터리로 충전하거나, 전력 계통(Grid)과 연계하여, 생산된 전력 중 잉여분은 전력망으로 내보냄



Hootman, T. (2012). *Net zero energy design: a guide for commercial architecture*. John Wiley & Sons.

◎ 태양광 발전의 형태

- 태양광 발전 초기에는 태양에너지 수집이 용이하도록 옥상, 개활지에 독립적으로 PV를 설치
- 건물내에서의 전력 생산 필요성, 건축 디자인과의 조화, PV 효율 발전으로 인해 건물과 통합된 BIPV (Building-Integrated PV) 적용이 확대



주차장 설치 PV



옥상 거치 PV



지붕 씬글 형태 PV (Solar Shingle)



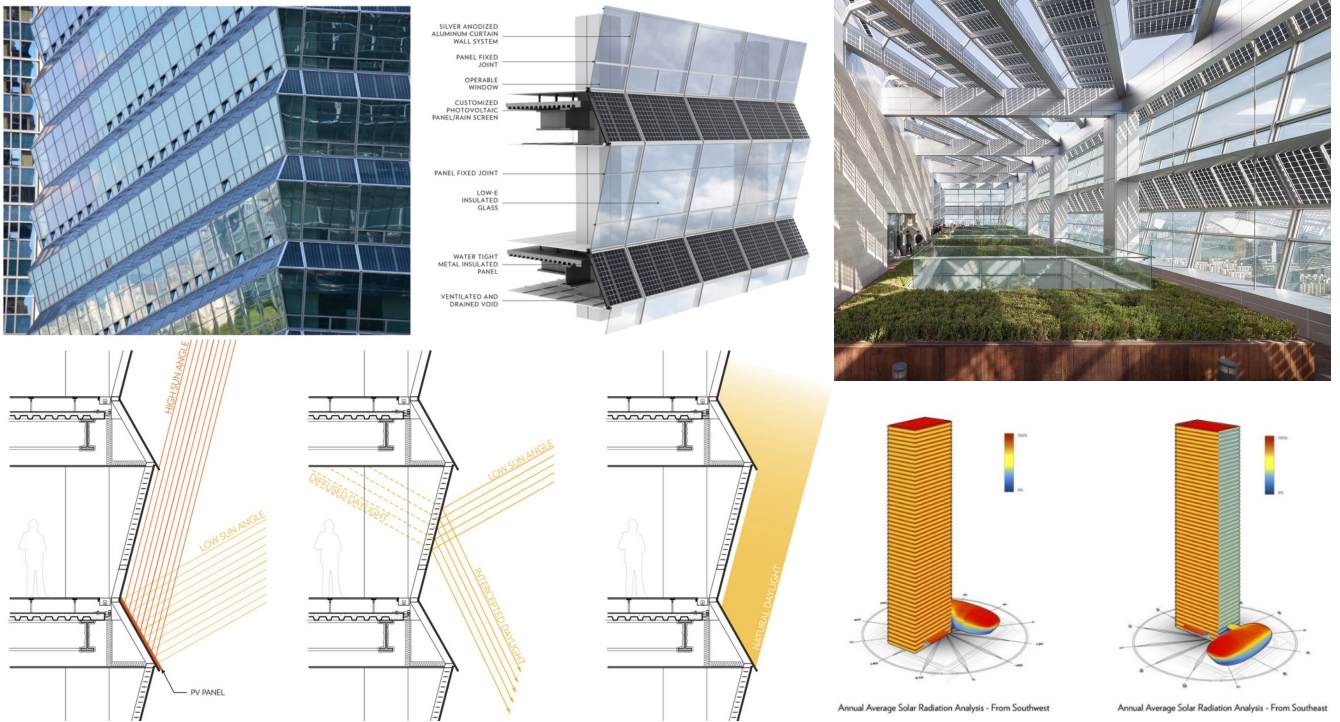
아파트 수직 외벽 설치 PV



아파트 옥상 설치 PV

◎ 건물 통합형 태양광발전(BIPV) 사례

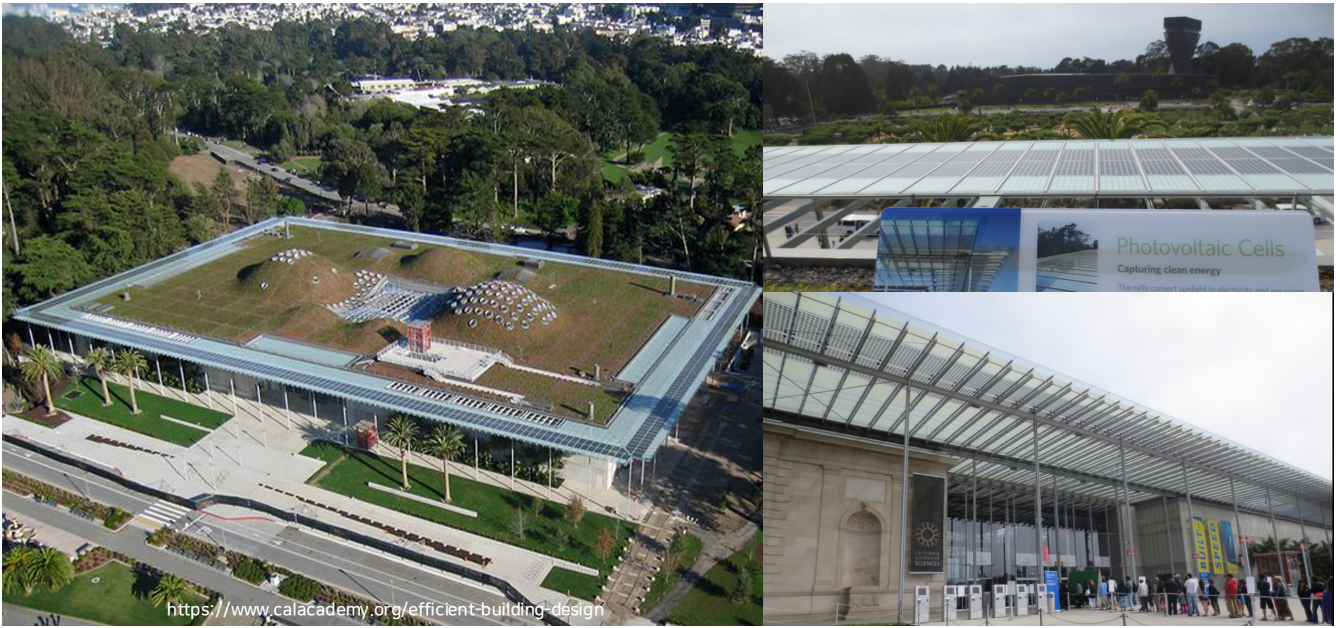
- 전경련 회관
- 커튼월 단면을 지그재그로 계획하고 역경사 부분에는 차양을, 순경사 부분에는 PV 설치
- 역경사 부분은 직달일사가 실내로 유입되는 것을 최소화
- 순경사 부분의 PV는 수직면에 설치했을 때보다 일사 흡수면적을 증가시켜 발전량을 늘리도록 계획



- 애플 신사옥(Apple Park)
- 지붕면 전체에 걸쳐 생산량 14MW의 PV를 설치
- 자연환기를 최대한 활용하여 1년 중 9개월 동안 공조설비 가동 없이 냉난방 가능
- 태양광 발전으로 낮시간 동안 필요한 전력의 75% 공급 (나머지는 바이오연료, 연료전지)

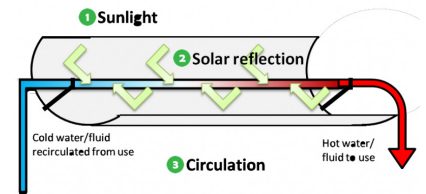
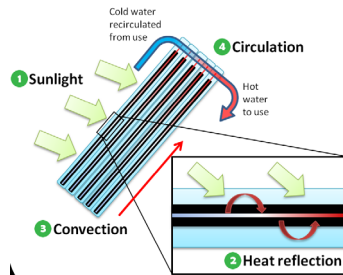
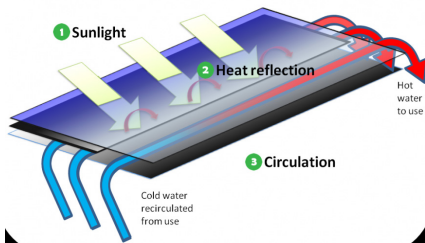


- California Academy of Science
- 자연채광을 위한 천창, 자연환기를 위한 개구부, 우수재활용 및 단열 역할을 겸하는 옥상 정원 'Living Roof' 계획
- 옥상녹화가 된 'Living Roof'의 둘레로 6만개의 태양전지(photo cell)를 배치
- 태양전지가 설치된 지붕은 차양의 역할도 수행하며, PV는 건물에 필요한 에너지의 5%를 공급



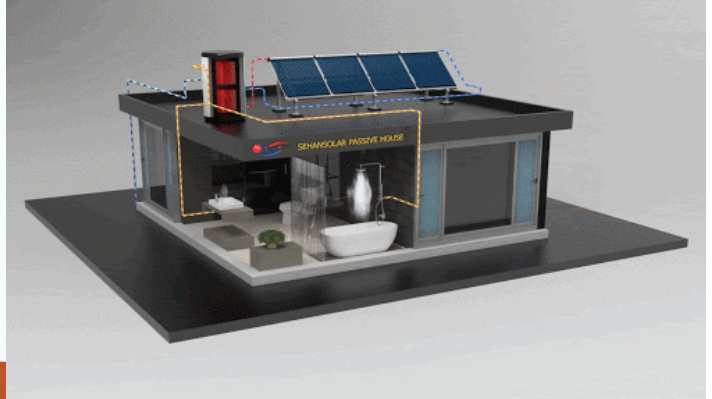
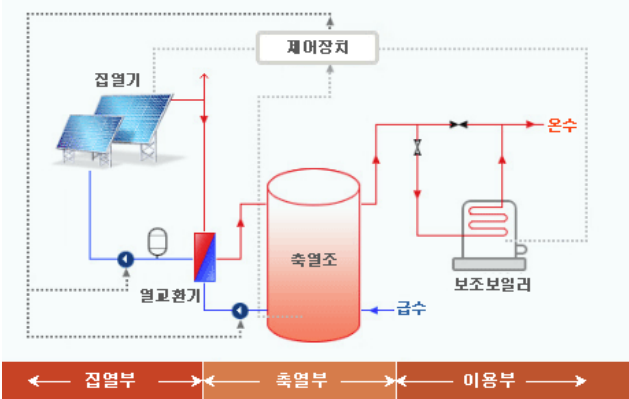
◎ 태양열 급탕 | 집열기

- 평판형: 가장 일반적인 평평한 형태의 집열기로, 투과체, 흡수판, 열매체관, 단열재로 구성
- 진공관형: 튜브 내부를 진공으로 만들어 열손실을 최소화함으로써 높은 온도의 온수를 생산
- 파라볼릭형: 포물선형의 반사판 가운데 집열관을 설치하여 고온의 온수를 생산

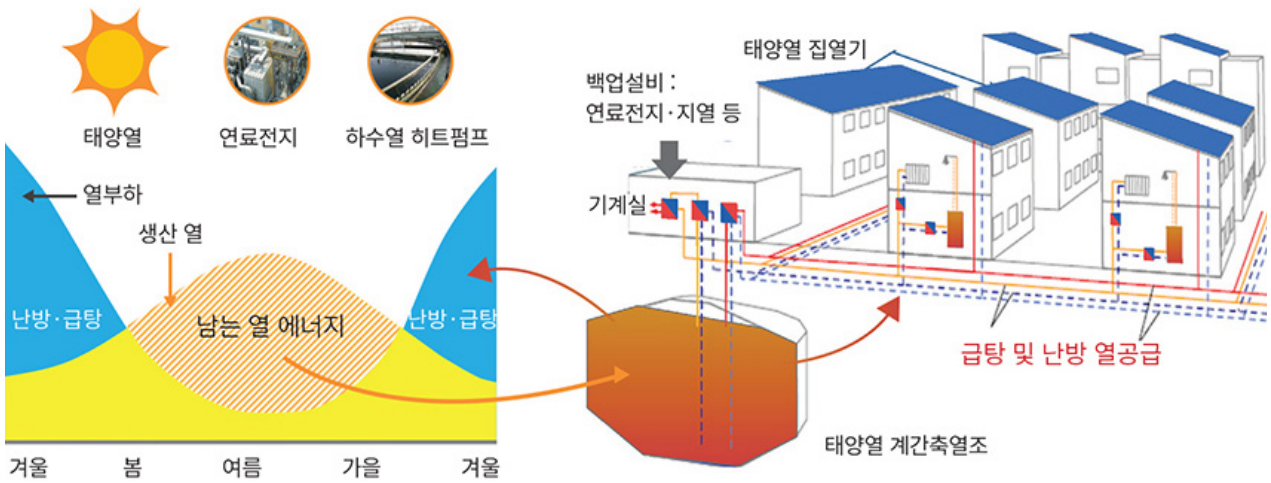


☉ 태양열 급탕 시스템

- 집열부, 축열부, 이용부로 구성되며, 안정적인 급탕 공급을 위해 축열조, 보조보일러 필요
- 하절기 잉여 생산량을 동절기에 활용하기 위한 방법으로, 대규모의 계간(季間)축열조를 적용하는 경우도 있음



- 계간 축열 개념

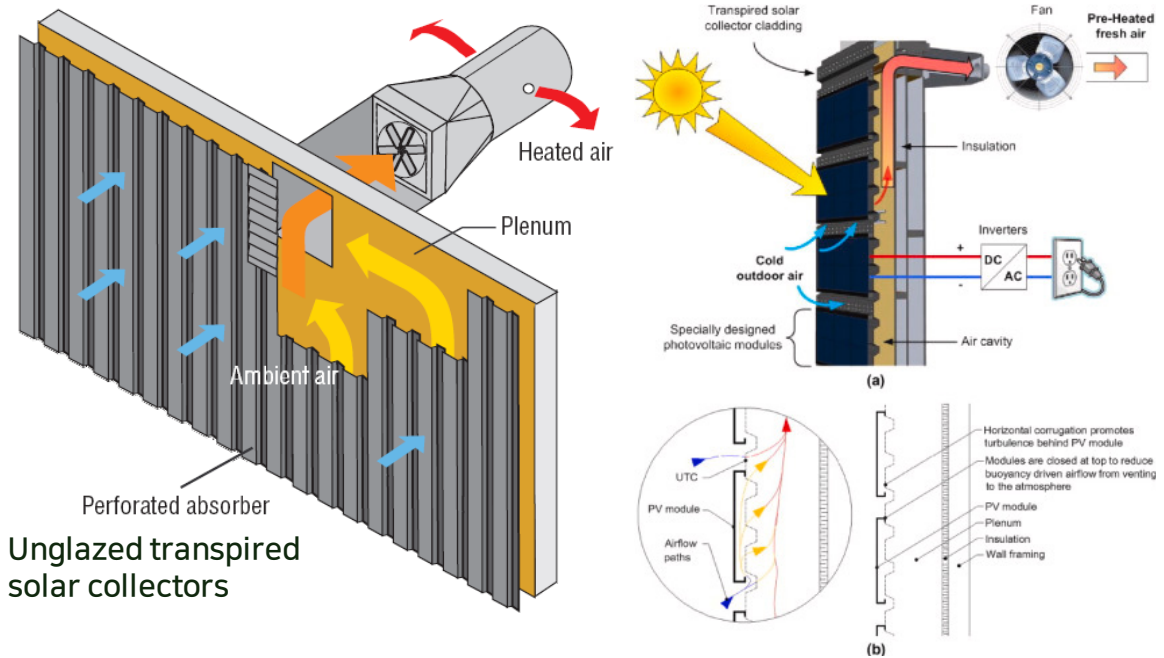


- 충북 진천 혁신도시 내 친환경에너지 타운에는 지열과 태양열로 생산된 온수를 저장하는 계간축열조가 설치되어 있음

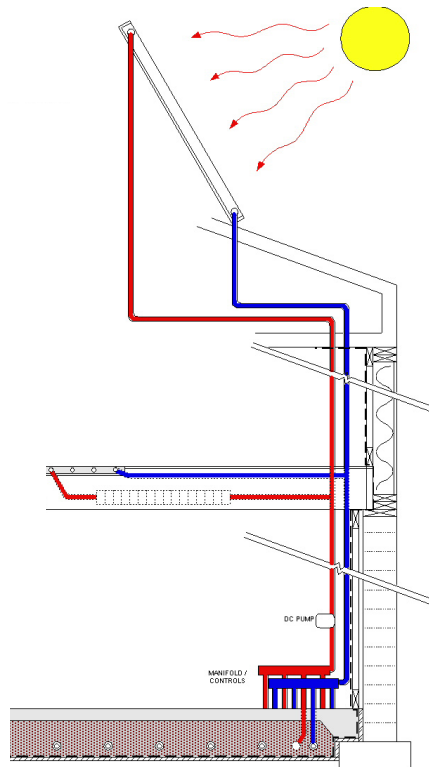


☉ 태양열 난방

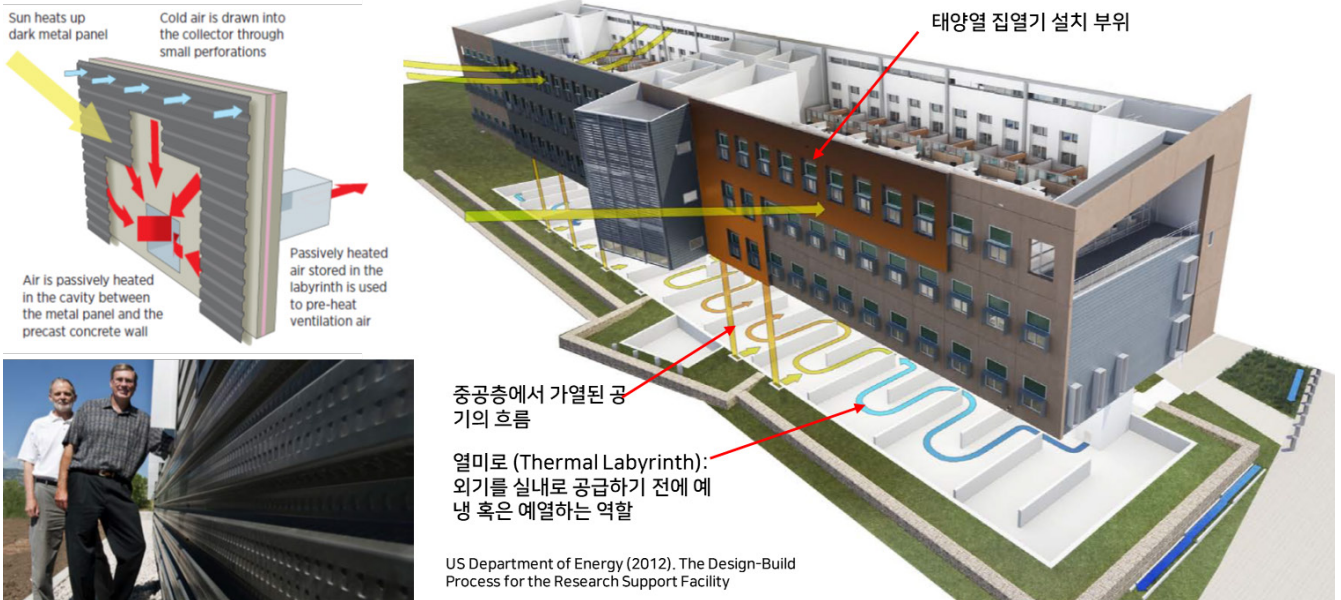
- 태양열 공기난방 (Solar air heating)
- 집열기(흡수율이 높은 금속재) 후면의 공기층을 가열, 가열된 공기를 실내 난방에 활용하거나 환기부하 절감에 활용



- 태양열 이용 저온복사난방
- 복사난방시스템이 저온수로도 난방이 가능함에 착안하여, 태양열로 생산된 온수를 구조체에 순환시켜 난방

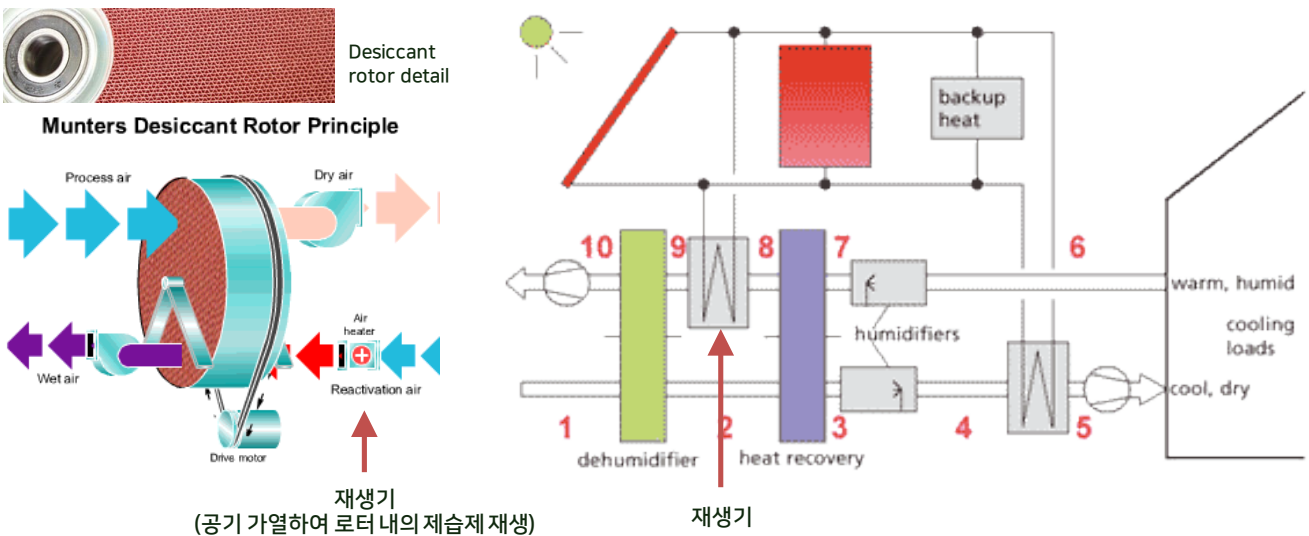


- NREL 연구소 연구지원시설의 남쪽 외벽 일부에 태양열 집열기(Transpired solar collector) 설치
- 동절기 맑은 날에 차가운 공기가 집열기를 통과하여 후면 중공층에서 가열된 후 건물 하부의 열미로(Thermal labyrinth)로 이동 → 공조기가 처리해야 하는 환기부하를 저감시킴



☉ 태양열 냉방

- 공기 중의 습도를 낮춰서 냉방 목적을 달성하는 것을 제습 냉방이라 함
- 제습 냉방은 주로 제습제를 활용하는데, 습기를 흡수한 제습제를 재생하여 다시 쓸 수 있도록 가열하는 것이 중요
- 기존 화학제습에서는 가스나 전기를 재생열원으로 활용하나, 태양열을 재생열원으로 활용할 수 있으며, 이는 하계 잉여 태양열을 활용하는 대안이 될 수 있음



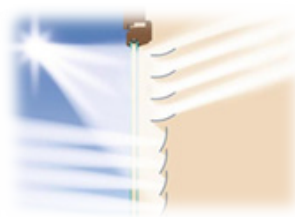
◎ 참고서적 및 사이트

1. US Department of Energy (2012). The Design-Build Process for the Research Support Facility
2. Ochs, F. et al. (2008). Solar assisted district heating system with seasonal thermal energy storage in Eggenstein-Leopoldshafen. Lisboa: In EuroSun.
3. US ACE (2011). Central Solar Hot Water System Design Guide
4. Hootman, T. (2012). Net zero energy design: a guide for commercial architecture. John Wiley & Sons.
5. <https://www.aiatopten.org/node/403>
6. <http://www.dasstech.com/en/pv-inverter/>
7. <https://urbannext.net/fki-tower/>
8. https://en.wikipedia.org/wiki/Apple_Park
9. <https://www.calacademy.org/efficient-building-design>
10. <https://greenhome.kemco.or.kr/ext/itr/intr/solarHeatIntro.do>
11. <http://www.sehansolar.co.kr/page/product1.php>
12. https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Solar_thermal_systems
13. http://www.eurotubeuropa.it/english/NL/2015/07/nl_07_4.html
14. <https://www.munters.com/ko/campaigns/airt-campaigns/munters-dessicant-rotor>

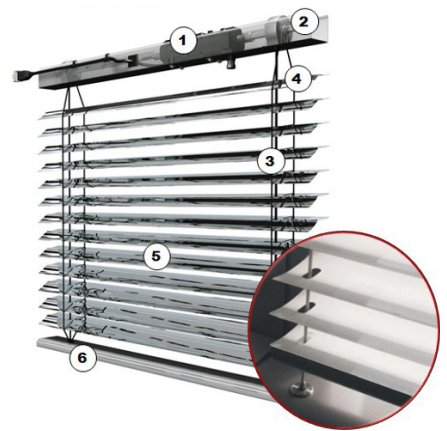
3 기타 신재생 기술

◎ 집광형 채광 시스템 개요

- 반사율이 높은 베네시안 블라인드(Venetian blind)의 형태로, 자연광의 입사각에 따라 슬랫(Slat) 각도를 변화시켜 실내로 자연광을 유입 → 조명에너지 절감, 눈부심(현휘) 차단, 냉방에너지 절감 효과
- 상부는 개방하여 실내로 자연광을 최대한 유입하고, 하부는 폐쇄하여 직사일광을 차단
- 2018년 신재생에너지로 지정 고시 (한국에너지공단 신재생에너지센터 공고 제2018-5호)



[집광채광 루버 구성 요소]



- | | |
|------------|-----------|
| ① 구동모터 | ② 보호커버 |
| ③ 상하부 조절장치 | ④ 각도 조절장치 |
| ⑤ 루버(슬랫) | ⑥ 하부 지지대 |



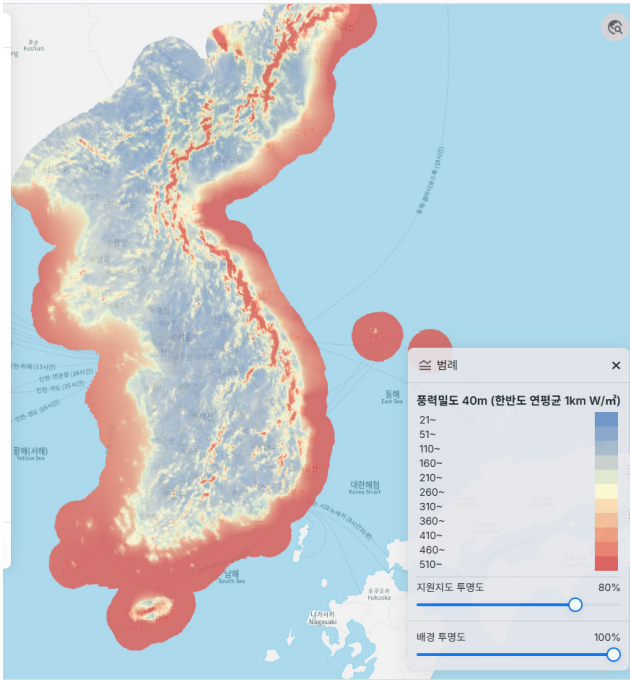
◎ 집광형 채광 시스템 사례

- 사무소 건물, 학교, 도서관, 주택 등 다양한 용도의 건물에 적용
- 상부로 유입되는 자연채광은 천장면을 밝히면서 실내 조도 및 균제도 향상
- 하부는 직사일광을 차단하여 편안한 시환경 제공



◎ 풍력 발전

- 2021년 기준 국내 풍력발전량의 비중은 신재생 에너지 중 7.5%, 전체 발전량 중 0.55%
- 풍력 자원의 분포상 해안/도서 지역, 산악 지역에 국한되어 적용
- 도서 지역의 경우 에너지 자립을 위한 주요 에너지원으로 활용(예: 제주도 CFI-탄소자립섬)



국내 풍력자원분석도(고도 40m 풍력 밀도)



풍력 발전 설비 현황(2019.06 기준)

◎ 건물통합형 풍력 발전

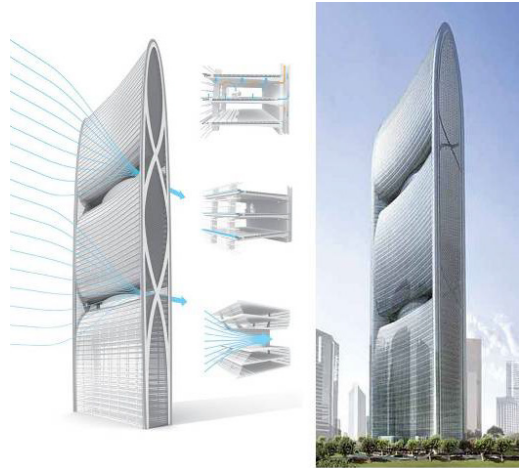
- 건물과 통합된 대형의 풍력 발전(BIWT)은 일부 기념비적인 건물에만 적용, 그 외는 주로 소형 Wind turbine 적용
- 건물의 특정 부위에서 풍속이 증가하도록 건물 매스와 형태를 계획하고, Wind turbine을 건물 디자인의 요소로 활용
- Wind turbine 운전에 따른 소음, 진동이 건물 내부에 전달되지 않도록 하는 설계가 관건



바레인 세계무역센터



영국 Strata Tower



Pearl River Tower

◎ 소형 풍력 발전

- Micro wind turbine을 건물 모서리, 옥상 등 풍속이 국소적으로 높아지는 곳에 설치하여 발전하기도 함
- 수직적 wind turbine(VAWT), 수평축 wind turbine(HAWT) 설치
- 풍력 발전 기능 수행뿐만 아니라 건물 외관을 특징짓는 역할 수행



Logan Airport (Boston)



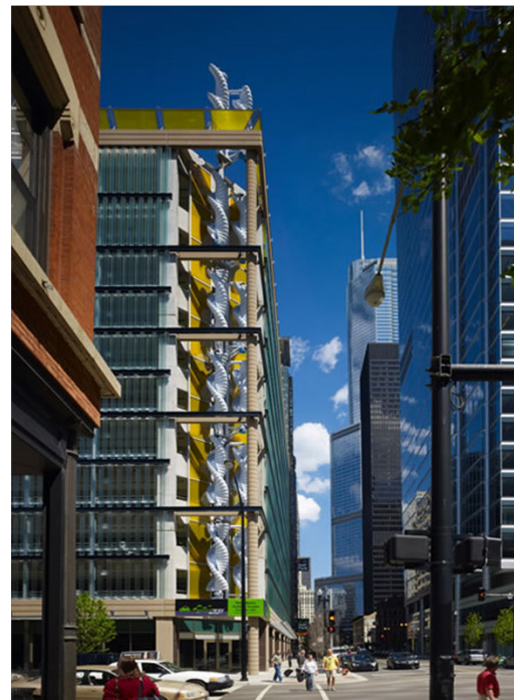
Daito Bunka University (Tokyo)



Light Rail Company (Hague)



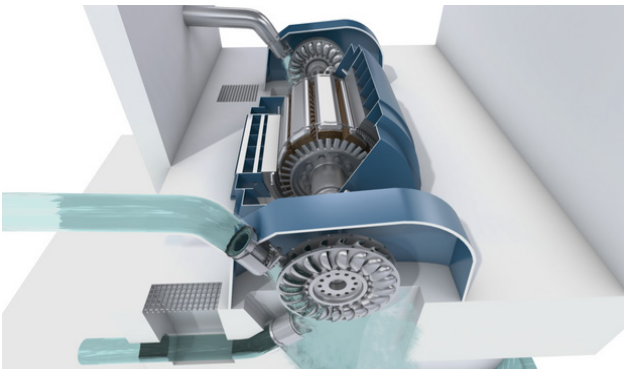
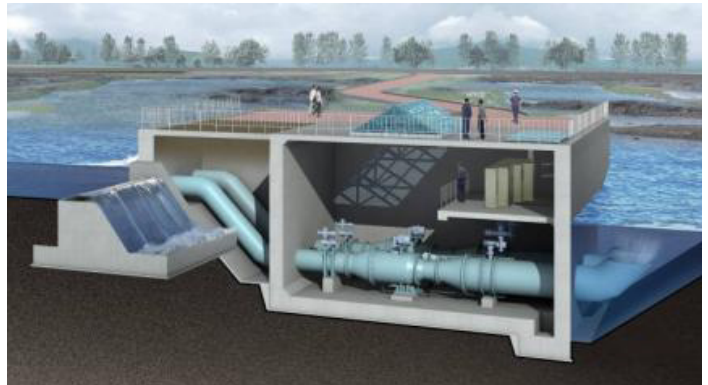
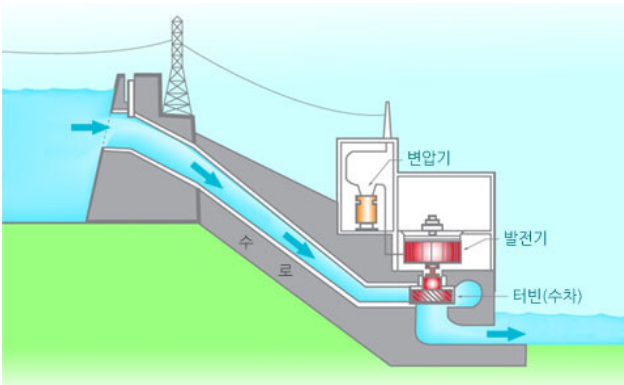
Fairview Homes development (London)



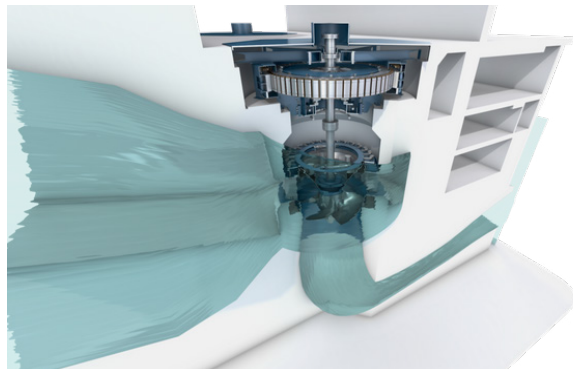
Greenway Self Park (Chicago)

◎ 수력(소수력)

- 수력발전은 물의 유동 및 위치에너지를 이용하여 발전
- '05년 이전에는 시설용량 10MW이하를 소수력으로 규정하였으나, 신규 법(신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법)에서는 소수력을 포함한 수력 전체를 신·재생에너지로 정의
- 상수도 수도관 낙차를 이용하거나 하수 처리장 방류수를 이용하는 소수력 발전도 도입
- 물의 운동에너지를 효과적으로 터빈 회전력으로 변환하는 기술이 필요
- 펄튼 터빈(물레방아 형태), 카플란 터빈(프로펠러 형태) 등이 쓰임



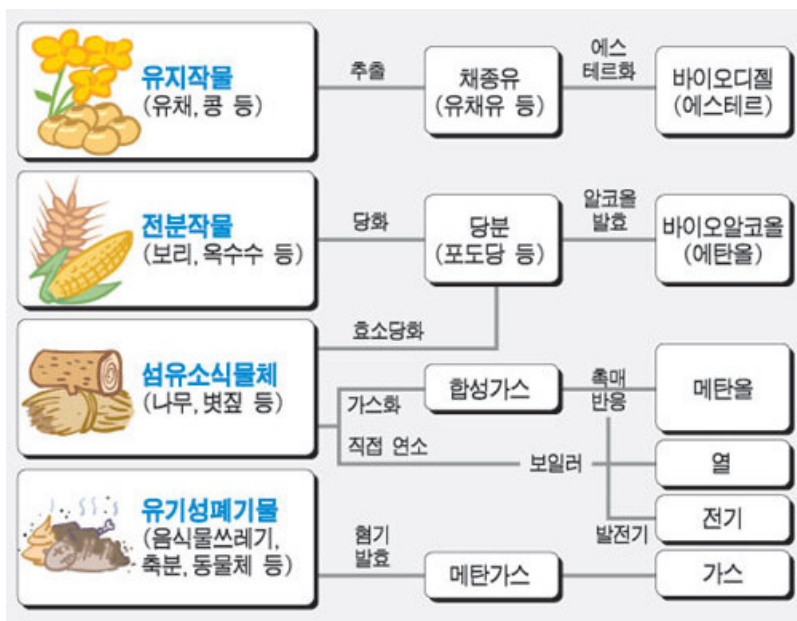
펠튼 터빈(Pelton Turbine)



카플란 터빈(Kaplan Turbine)

◎ 바이오매스

- 태양에너지를 받은 식물과 미생물의 광합성에 의해 생성되는 식물체·균체와 이를 먹고 살아가는 동물체를 포함하는 생물 유기체
- 바이오매스를 직접 또는 변환하여 액체, 가스, 고체연료나 전기·열에너지 형태로 이용
- 목재를 잘게 부순 칩(우드칩)이나 목재를 갈아서 담배꽂초 모양으로 성형한 펠릿도 재생에너지로 분류되며 이들을 연료로 하는 가정용 보일러도 보급 중
- 연소 시 온실가스가 배출되나 화석연료와 달리 대기 중의 CO₂를 순증시키지 않는 탄소중립적 에너지원으로 간주
- 최근 해조류도 바이오매스 제조에 활용



바이오매스 연료 제조과정



바이오 에탄올



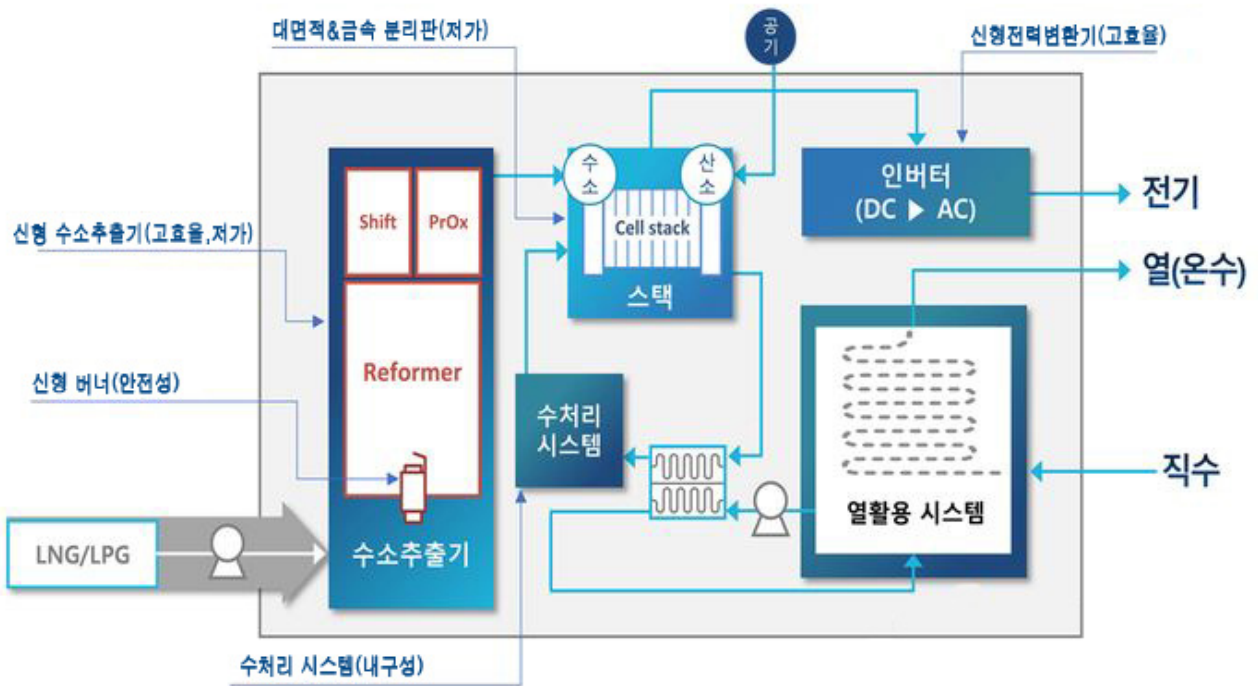
우드 칩



우드 펠릿

◎ 수소 및 연료전지

- 수소(도시가스 추출)와 산소의 전기화학적 반응을 통해 전기와 열을 생산하는 신재생에너지 설비
- 비연소방식으로 발전으로 유해물질 (SOx, NOx, 먼지 등)을 배출하지 않는 청정 에너지원
- 연료가 공급되는 한 재충전 없이 계속해서 전기를 생산, 반응 중 발생된 열은 급탕 및 난방에 이용
- 개질기(화석연료→수소연료 변환), 스택(발전부), 전력변환기(DC→AC 변환), 폐열회수장치
- 호텔, 병원, 다중이용시설 등 많은 양의 급탕부하가 연속적으로 발생하는 건물에 적합



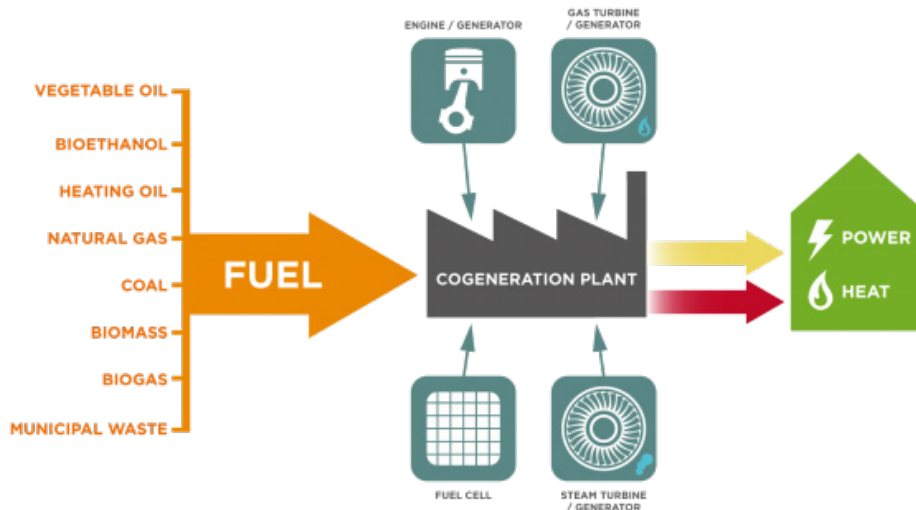
연료전지의 일반적인 구조



연료전지 설치 사례(엘지트윈타워, 용량 48kW)

◎ 폐기물 에너지

- 가연성 폐기물 중 에너지 함량이 높은 폐기물을 고체 연료, 액체 연료, 가스 연료, 폐열 등으로 가공·처리하여 산업 생산활동에 필요한 에너지로 이용하는 것
- 폐기물 신재생 에너지 종류: 성형 고체 연료, 폐유 정제유, 플라스틱 열분해 연료유, 폐기물 소각열
- 성형 고체 연료: 종이, 나무, 플라스틱 등의 가연성 폐기물을 파쇄, 분리, 건조, 성형하여 제조
- 폐유 정제유: 자동차 폐윤활유 등의 폐유를 정제하여 활용
- 폐기물 소각열: 연성 폐기물 소각열 회수에 의한 스팀 생산 및 발전으로의 이용, 열병합 발전의 원료로도 활용



열병합발전(Cogeneration)

전기 생산을 위한 발전기 터빈을 돌리는 과정에서 나오는 폐열을 물 가열에 활용



생활폐기물 연료화(SRF, Solid Refuse Fuel) 발전소



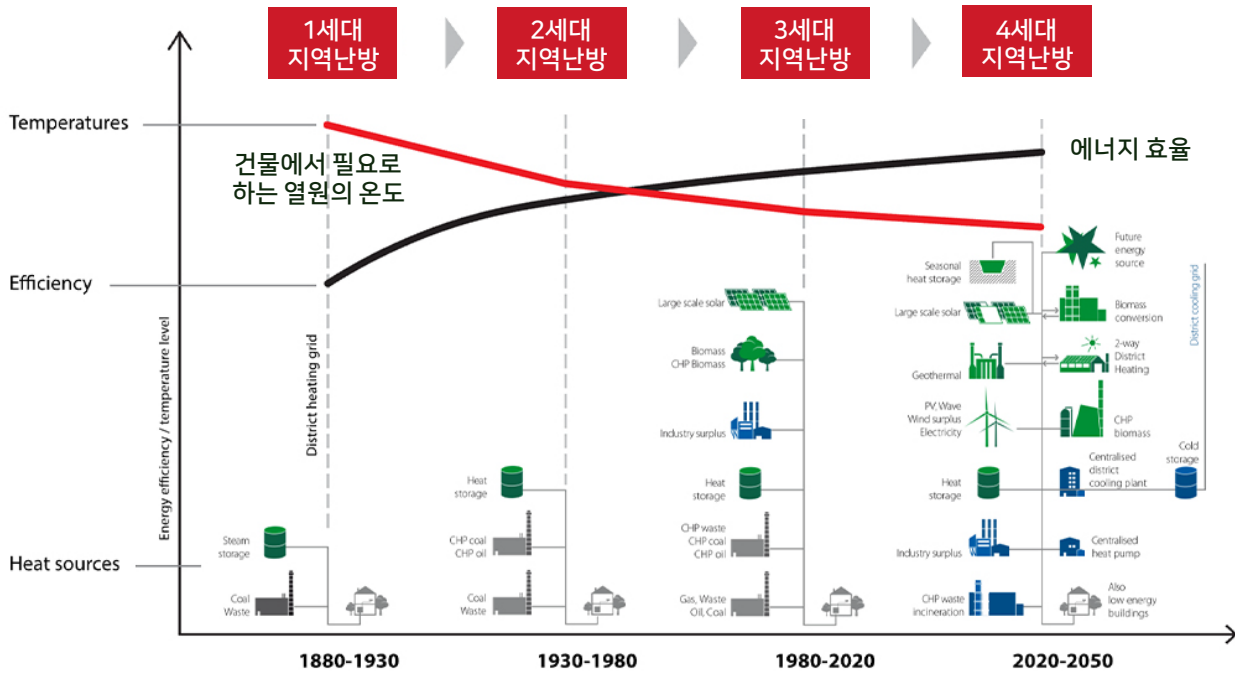
Pellet SRF
(선별 후 건조 성형)



Fluff형 SRF
(선별 후 절단 처리)

◎ 건물 에너지효율과 신재생에너지와의 관계

- 패시브 기술로 냉난방부하가 크게 절감된 최근의 건물 수준에 맞추어, 신재생에너지의 활용 가능성이 높아짐
- 분산 에너지 공급원으로서의 신재생에너지 기술 연구개발, 실용화 필수적



◎ 참고서적 및 사이트

1. US Department of Energy (2012). The Design-Build Process for the Research Support Facility
2. Kim, H. G., et al. (2016). Wind resource assessment for high-rise BIWT using RS-NWP-CFD. Remote Sensing, 8(12), 1019.
3. Thorsen, J. et al. (2020). Distribution of district heating: 4th Generation, Danfoss A/S technical report
4. <https://kier-solar.org/user/gis/map/wd>
5. <http://www.ryanenschede.com/project/sunlight-harvesting/>
6. <http://resourcelab.co.kr/>
7. <http://thesunportal.com/kor>
8. <https://www.aiatopten.org/node/103>
9. <http://www.jeju.go.kr/cfi/index.htm>
10. <https://www.ge.com/renewableenergy/>
11. <http://mplussys.com/>
12. <http://www.s-fuelcell.com/>
13. <http://www.busanene.co.kr/main/sub/business.php>
14. <https://www.theade.co.uk/resources/what-is-combined-heat-and-power>

