

신재생에너지와 액티브 ZEB 기술

성균관대학교

송 두 삼

1. ZEB(Zero Energy Building)
2. 신재생에너지 = 태양에너지 = PV?
3. ZEB와 Active System

Zero-Energy Buildings

Cost-effective Zero-Energy Buildings (ZEBs)

Zero-Energy Buildings

- 제로에너지건물 : low-cost, locally available, nonpolluting, renewable sources로 건물의 모든 에너지수요를 충당 → 엄밀한 의미에서 ZEB는 연간 에너지 소요량에 부합되는 또는 초과하는 에너지를 site에서 해결해야 함.
- Grid Connection이 필요
 - Grid connection이 없이 ZEB 달성하는 것은 현 시점의 에너지 generation 또는 storage 기술로는 경제적이지 못함.
 - Off-site ZEB도 고려해야 함.

Cost-effective Zero-Energy Buildings (ZEBs)

Zero-Energy Buildings-정의

- Net zero site energy
- Net zero source energy
- Net zero energy costs
- Net zero energy emissions

Rf.) P. Torcellini, S. Pless, and M. Deru, Zero Energy Buildings:
A Critical Look at the Definition, National Renewable Energy Laboratory

Cost-effective Zero-Energy Buildings (ZEBs)

Zero-Energy Buildings-정의

- **Net zero site energy** : 대상건물 또는 사이트에서 요구되는 최소한의 에너지를 생산 (A site ZEB produces at least as much energy as it uses in a year, when accounted for at the site.)
- **Net zero source energy** : 에너지 생산 소스(사이트에서 생산, 전달되는 1차에너지)가 사이트에서 연간에 걸쳐 소요되는 에너지를 생산 (A source ZEB produces at least as much energy as it uses in a year, when accounted for at the source. Source energy refers to the primary energy used to generate and deliver the energy to the site. To calculate a building's total source energy, imported and exported energy is multiplied by the appropriate site-to-source conversion multipliers.)

Cost-effective Zero-Energy Buildings (ZEBs)

Zero-Energy Buildings-정의

- **Net zero energy costs** : 연간 에너지비용은 (에너지 생산)수입과 (에너지사용)지출이 동일하여 결과적으로 제로가 되어야 함. (In a cost ZEB, the amount of money the utility pays the building owner for the energy the building exports to the grid is at least equal to the amount the owner pays the utility for the energy services and energy used over the year.)
- **Net zero energy emissions** : net-zero emissions building은 온난화가스를 발생시키는 grid energy source를 사용하는 에너지에 의한 배출량을 상쇄시킬 수 있는 emissions-free renewable energy를 생산해야 함. (A net-zero emissions building produces at least as much emissions-free renewable energy as it uses from emissions-producing energy sources.)

Cost-effective Zero-Energy Buildings (ZEBs)

Key-point of ZEB

- **신재생에너지 적용 우선순서** (Ranking of renewable energy sources in order of preferred application)
 - **에너지 절약적인 건축디자인을 통해 전반적인 에너지요구량을 최소화하고 이를 통해 환경부하를 최소화 아울러 반송, 변환손실을 최소화할 것.** (Minimize overall energy demand or environmental impact by encouraging energy-efficient building designs and reducing transportation and conversion losses.)
 - **건물 생애주기 동안에 가용해야 함.** (Will be available over the lifetime of the building.)
 - **흔하게 사용할 수 있어야 하며, 향후 다른 ZEB에도 적용 가능성이 높을 것.** (Are widely available and have high replication potential for future ZEBs.)

Cost-effective Zero-Energy Buildings (ZEBs)

Key-point of ZEB

● 신재생에너지 적용 우선순서

Option	ZEB supply-side options	Examples
0	Reduce site energy use through low-energy building technologies	Day-lighting, high-efficiency HVAC equipment, natural ventilation, evaporative cooling, etc.
On-Site Options		
1	Use renewable energy sources available within the building's footprint	PV, solar hot water, and wind located on the building.
2	Use renewable energy sources available at the site	PV, solar hot water, low-impact hydro, and wind located on-site, but not on the building.

Cost-effective Zero-Energy Buildings (ZEBs)

Key-point of ZEB

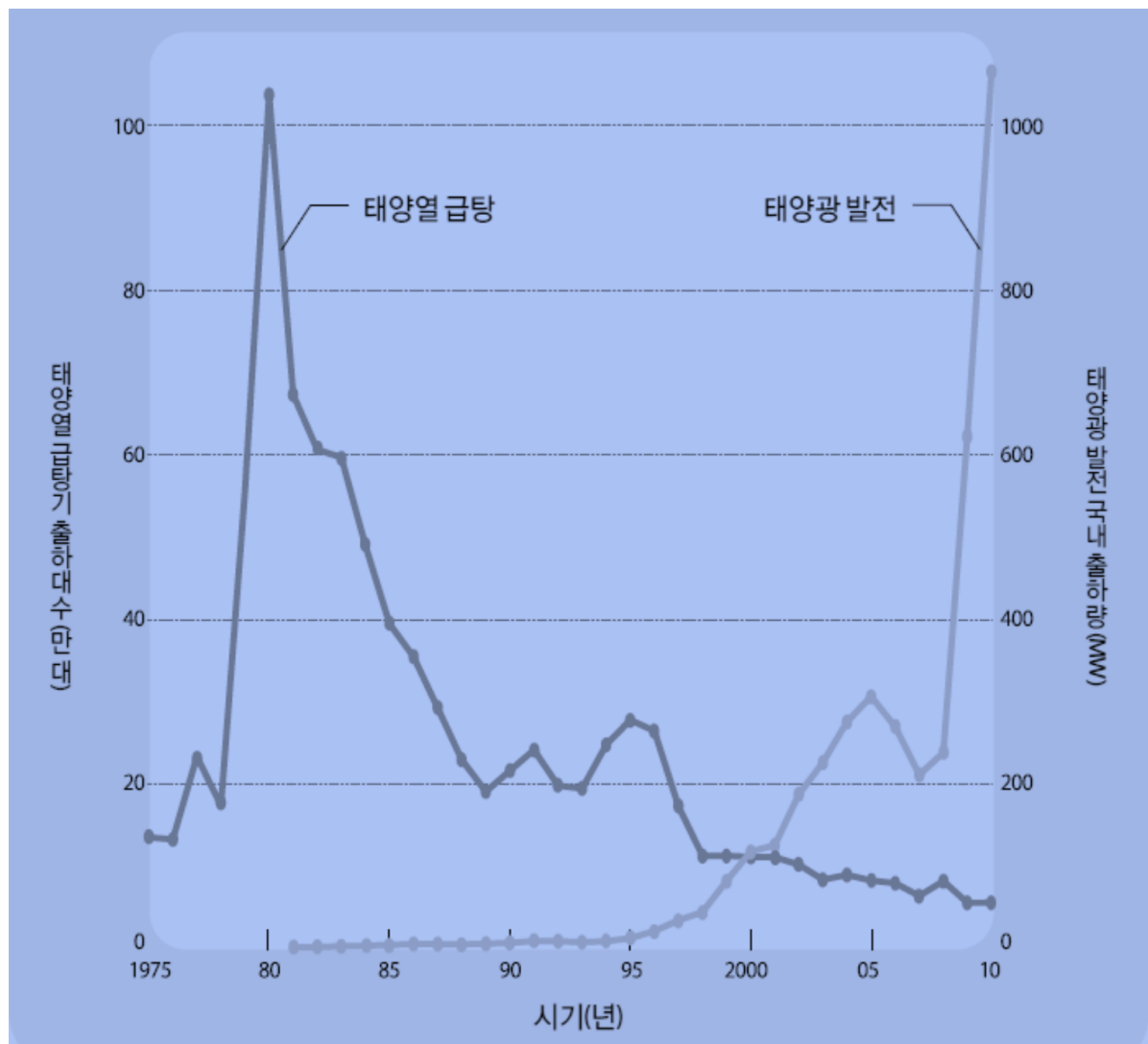
● 신재생에너지 적용 우선순서

Option	ZEB supply-side options	Examples
Off-Site Options		
3	Use renewable energy sources available off site to generate energy on site	Biomass, wood pellets, ethanol, or biodiesel that can be imported from off site, or waste streams from on-site processes that can be used on-site to generate electricity and heat.
4	Purchase off-site renewable energy sources	Utility-based wind , PV, emissions credits, or other “green” purchasing options. Hydroelectric is sometimes considered.

신재생에너지 = 태양에너지 = PV?

Renewable Energy = Solar Energy = PV?

태양광발전 vs. 태양열시스템



Rf.) 송두삼 역(2016), 우리가 모르는 에코하우스의 진실, 씨아이알

태양광발전 or 태양열시스템

태양광발전 vs. 태양열시스템



전기는 사과 주스!



일반적인 화력발전소의 발전효율은 37% 정도

↓
사용한 전기의 2.7배의 연료를 태우고 있다!
(전기는 귀중한 에너지)

전기가 되지 못한
열은 모두 낭비로

그 몇배나 되는 연료를 발전소
에서 태우고 있다(1차 에너지).

1의 전기를 집에 보내기 위
해서는... (2차 에너지)



사과를 짜내면 주스가
되는 것은 일부일 뿐

1차 에너지 환산

2차 에너지 환산



태양광발전 or 태양열시스템

태양광발전 vs. 태양열시스템



같은 태양에너지 어느 쪽이 득인가?



태양광 발전

발전소에서 태우는 연료는 2.7배나 절약할 수 있다.



태양열 이용

태양열 온수기에서는 태양에너지의 40-50% 정도가 뜨거운 물로...
<단, 열은 낮은 레벨의 에너지>

태양광 발전은
발전효율은 10%
약간이지만...

태양광
발전

태양열
이용

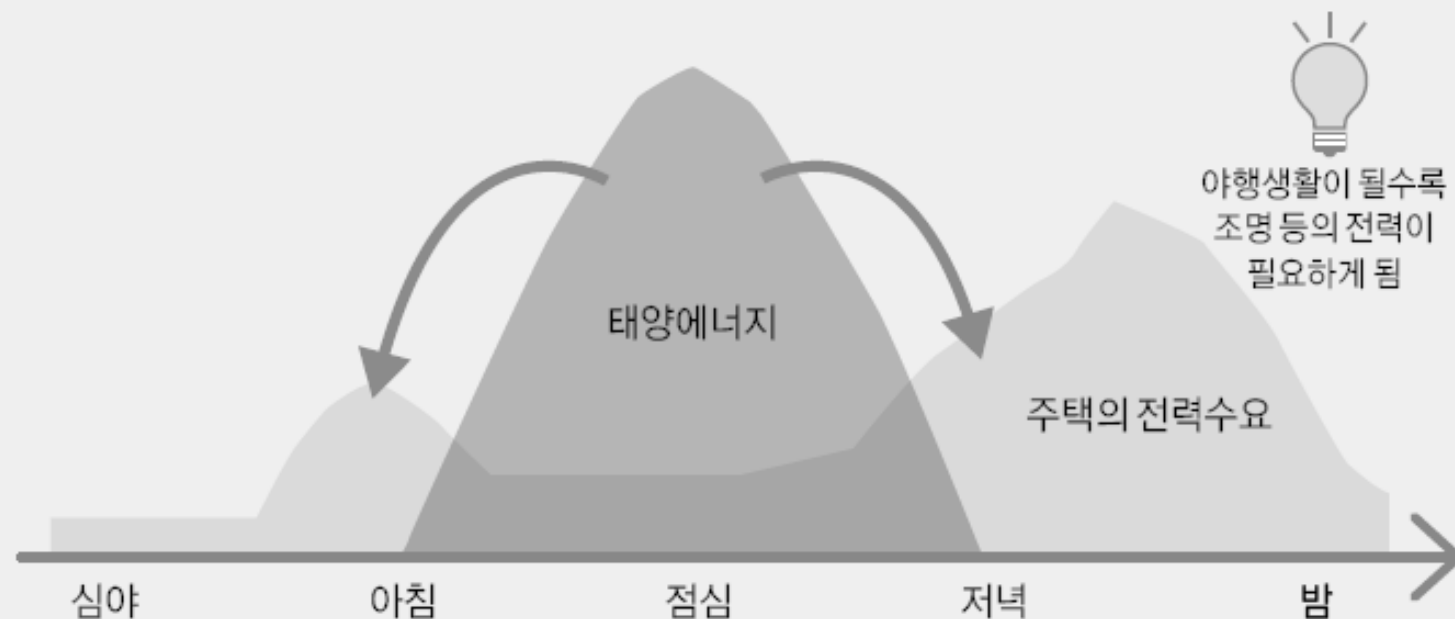
1차 에너지 환산

2차 에너지 환산

태양에너지의 한계

태양에너지와 전력수요에는 항상 시간차가 발생

태양에너지와 에너지 수요의 시각분포. 1일 중에도 1년 내내도 태양에너지와 에너지 수요는 완전히 역전되어 있다. 결국은 태양에너지의 부족을 채우기 위해 전기를 사용하는 것이므로 지극히 당연하다.

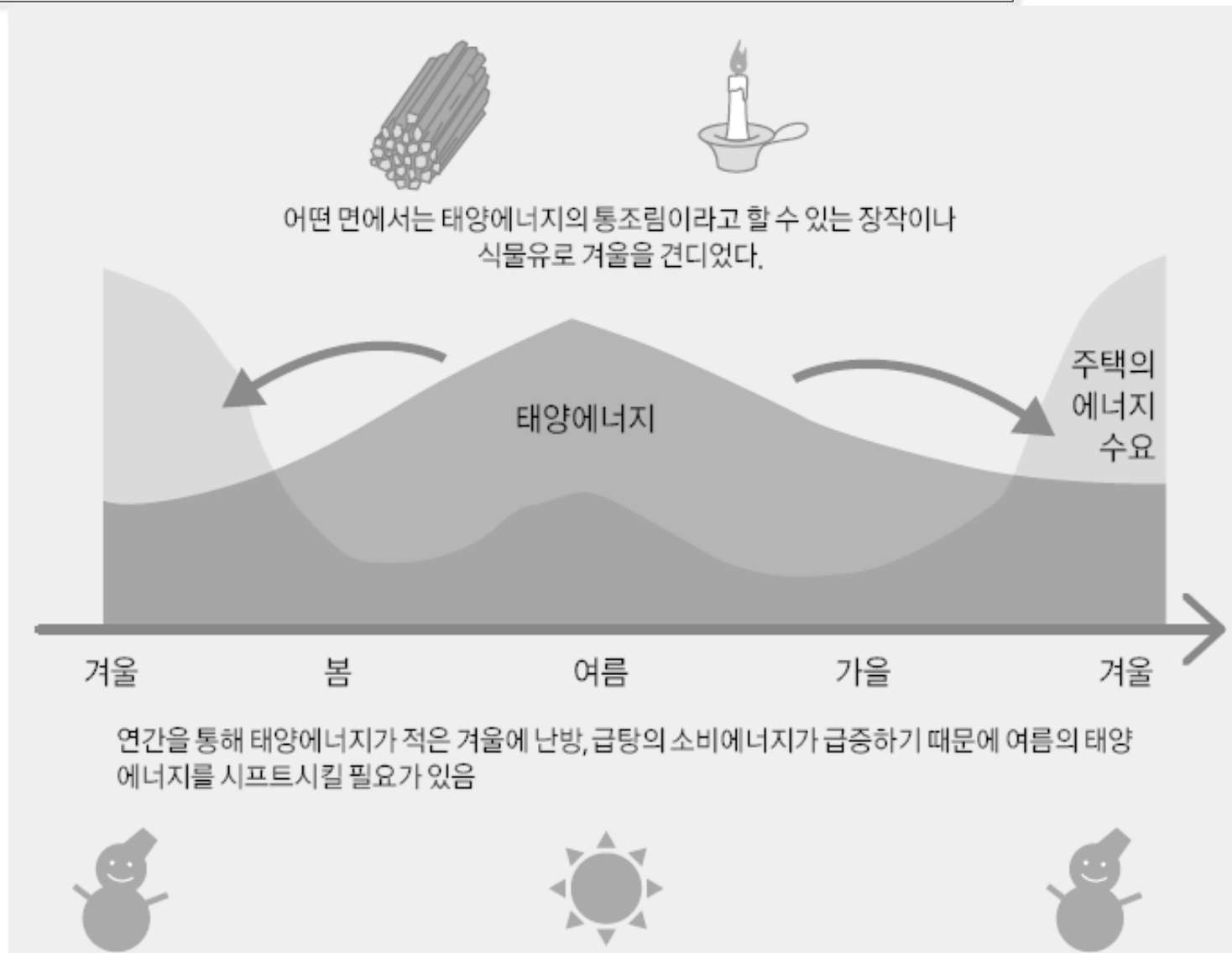


하루 중에서는 태양에너지가 제로인 밤에 가전, 조명, 급탕의 소비에너지가 급증하므로 낮의 태양에너지를 밤~아침으로 시프트시키는 작업이 필요



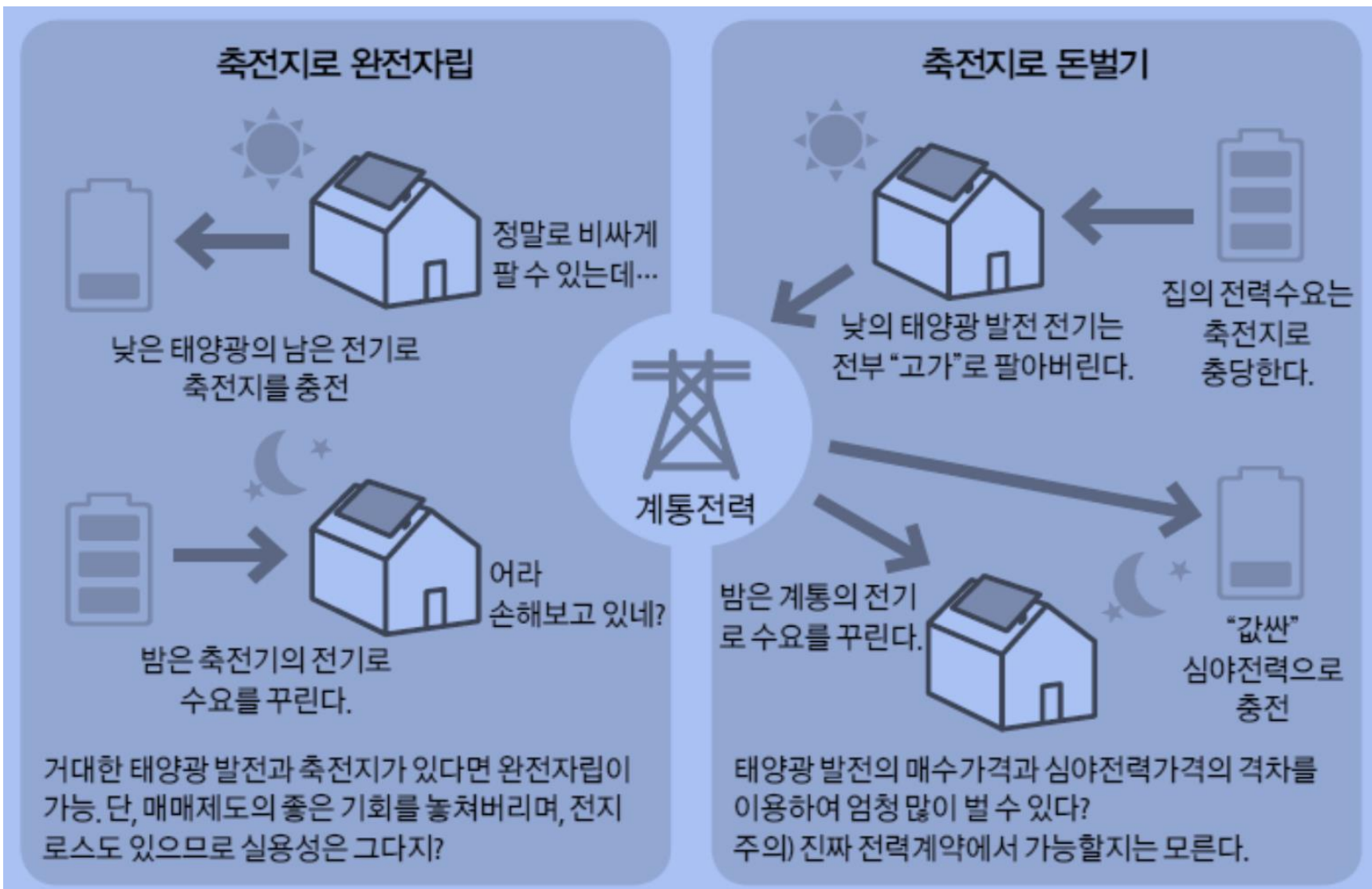
태양에너지의 한계

태양에너지와 전력수요에는 항상 시간차가 발생



완전자립에는 경제성이 없다.

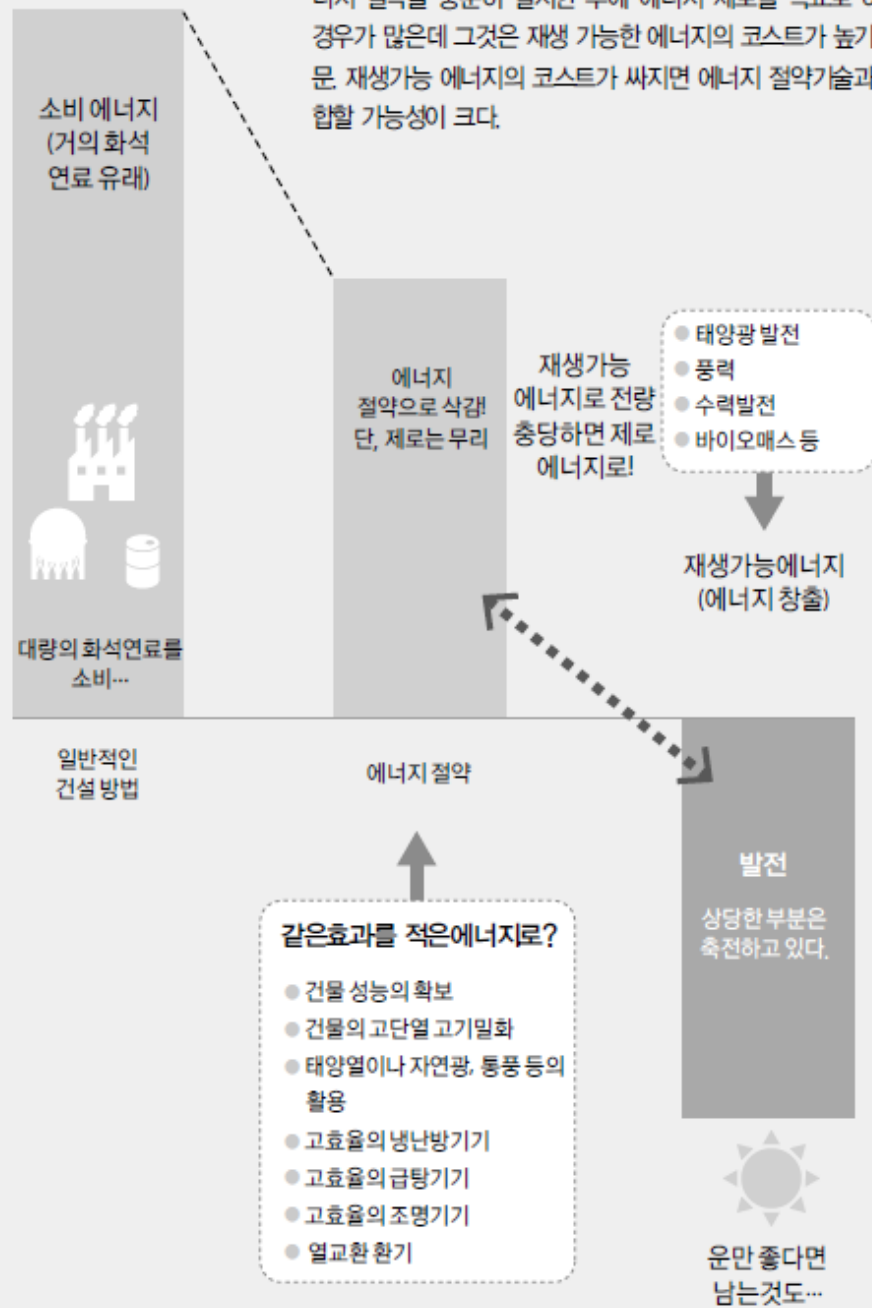
태양에너지+ESS의 경제성



에너지절약 보다는 에너지제로

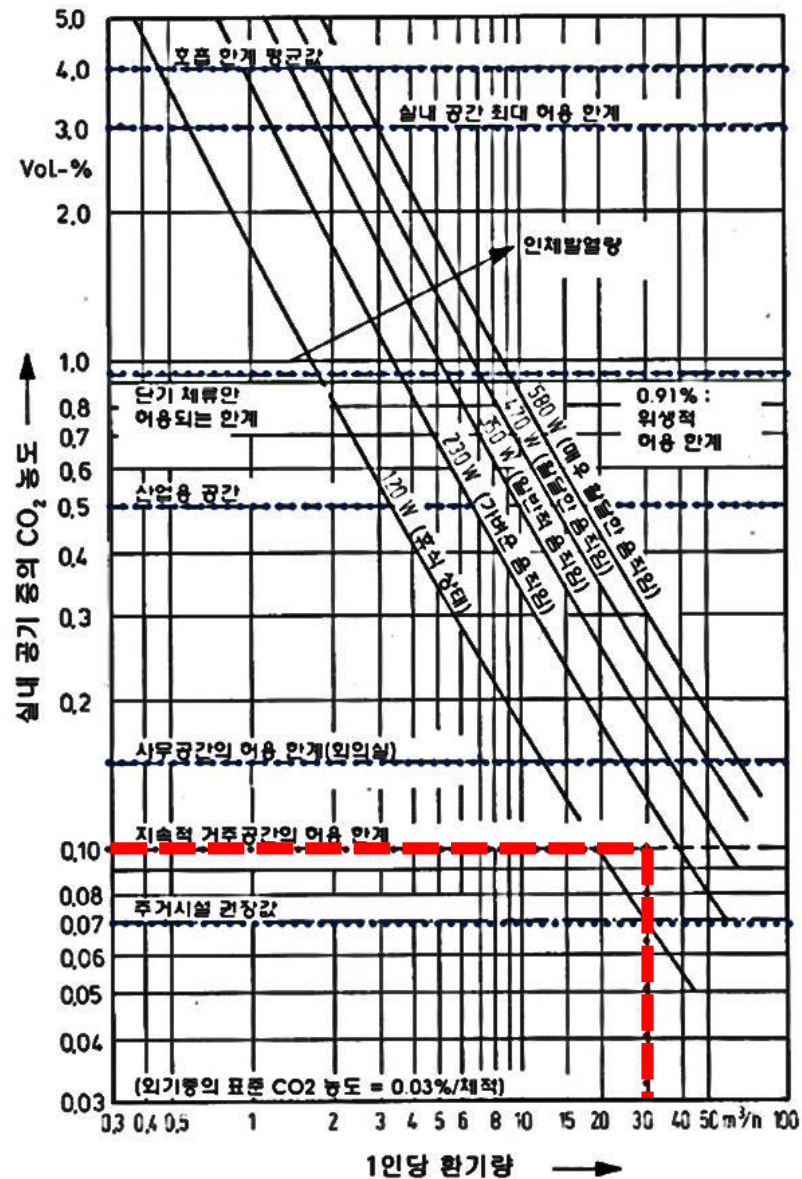
- 에너지절약으로 에너지제로를 달성하는 것은 불가능
- 결국 에너지생산은 필수

에너지 절약만으로 에너지 제로는 무리지만 재생 가능 에너지를 전량 충당하면 에너지 제로 달성이 가능. 현 상황에서는 에너지 절약을 충분히 실시한 후에 에너지 제로를 목표로 하는 경우가 많은데 그것은 재생 가능한 에너지의 코스트가 높기 때문. 재생가능 에너지의 코스트가 싸지면 에너지 절약기술과 결합할 가능성이 크다.



ZEB와 Active system

ZEB와 Active system



독일의 주거시설 1인당 점유 면적은 30m²

1인당 단위 시간당 필요 공기량이 30m³/PER

Passive House 기준-난방부하

The required ventilation rate for heating or cooling is calculated from the following:

$$q_{v,SUP} = \frac{\Phi}{\rho \times c_p |\theta_{a,IDA} - \theta_{SUP}|} \quad (6)$$

where: $q_{v,SUP}$ is the volume flow rate of supply air in $m^3.s^{-1}$

Φ is the thermal load in W

ρ is the density of air in $kg.m^{-3}$

c_p is the thermal capacity of air in $J.kg^{-1}.K^{-1}$

$\theta_{a,IDA}$ is the temperature of the room air in $^{\circ}C$

θ_{SUP} is the temperature of the supply air in $^{\circ}C$

공기의 열용량 (C_p) = $1.005 kJ/(kgK)$ = $0.279 Wh/(kgK)$

공기의 밀도 (P) = $1.204 kg/m^3$

난방 코일에서 최대 공기 가열 온도 (θ_{aIDA}) $\approx 52^{\circ}C$

열교환환기장치에서 공급되는 온도 (θ_{SUP}) $\approx 17^{\circ}C$

Ref.) Ventilation for non-residential buildings - Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems, EUROPEAN STANDARD NORME EUROPÉENNE EUROPÄISCHE NORM

Passive House 기준-난방부하

The required ventilation rate for heating or cooling is calculated from the following:

$$q_{v,SUP} = \frac{\Phi}{\rho \times c_p |\theta_{a,IDA} - \theta_{SUP}|} \quad (6)$$

where: $q_{v,SUP}$ is the volume flow rate of supply air in $m^3 \cdot s^{-1}$

Φ is the thermal load in W

ρ is the density of air in $kg \cdot m^{-3}$

c_p is the thermal capacity of air in $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$

$\theta_{a,IDA}$ is the temperature of the room air in $^{\circ}C$

θ_{SUP} is the temperature of the supply air in $^{\circ}C$

$$P(\text{난방})/m^2 = (V_p/V) \cdot \Delta\theta \cdot C_p \cdot \rho = 1 m^3/m^2 \cdot h \times 35K \times 0.279 Wh/(kgK) \times 1.204 kg/m^3 = 11.757 W/m^2$$

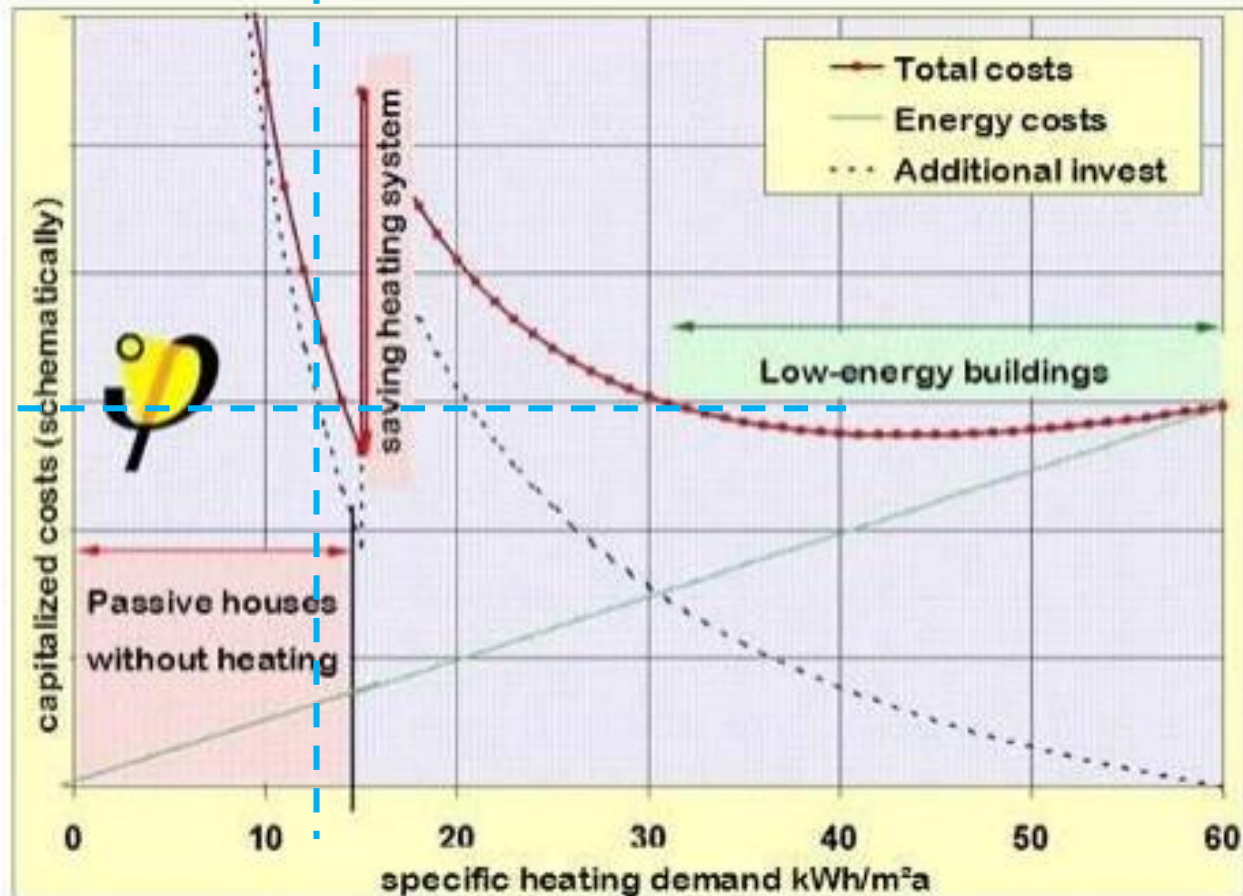
이를 전체 주택에서 난방이 필요한 면적으로 보면 전체면적의 약 85%이므로
 $P(\text{난방면적})/m^2 = 11.757 W/m^2 \times 0.85 = 9.9935 W/m^2 \approx 10 W/m^2$

Passive House 기준-난방부하

- 패시브 하우스 건물외피 의 가장 기본적인 요구조건은 자동적인 환기 시스템의 구비 (즉 이전에 사용되었던 잘 활용되던 관습적인 난방 시스템이 필요 없는 집)를 의미.
- 자동 환기 시스템은 방의 최소한의 이용 가능한 최소한의 공기를 사용함으로써 온도 조절.
- 만약 건물의 열손실이 10 W/m^2 이하가 되면, 이 전에 이용되던 난방 시스템은 더 이상 필요 없음을 의미.
- 거주목적 건물의 난방 요구량은 유입 공기의 재가열을 통해 이루어 질 수 있음.
- 관습적인 난방시스템 없이도 최종 에너지의 요구량은 에너지 사용가격 만큼 줄어 들 수 있다. 또한 이러한 이점은 더 이상 난방 시스템이 필요하지 않다는 것임.
- 결과적으로 패시브 하우스의 경제성은 $15.0 \text{ kWh/m}^2 \text{ year}$ 에서 가장 최적.

ZEB와 Active system

Passive House 기준-난방부하 & 경제성



Cost as a function of the specific heating demand (PHI 2009, online)

Ref. PHI 2009, Passive house institute online

Passive House 기준-난방부하 & 경제성

- The Passive House heating demand criterion of 15 kWh/(m²yr) typically relates to a heating load of 10W/m² in Central European climates.
- However, it is only supposed to serve as a rough benchmark which may vary with different climatic conditions: in Stockholm a house with a heating load of 10W/m² may use more like 20kWh/(m²yr); in Rome it might be as low as 10kWh/(m²yr).
- The Passive House criteria allow buildings to go by either criterion - the 15 kWh/(m²yr) heat demand OR the 10W/m² heating load.

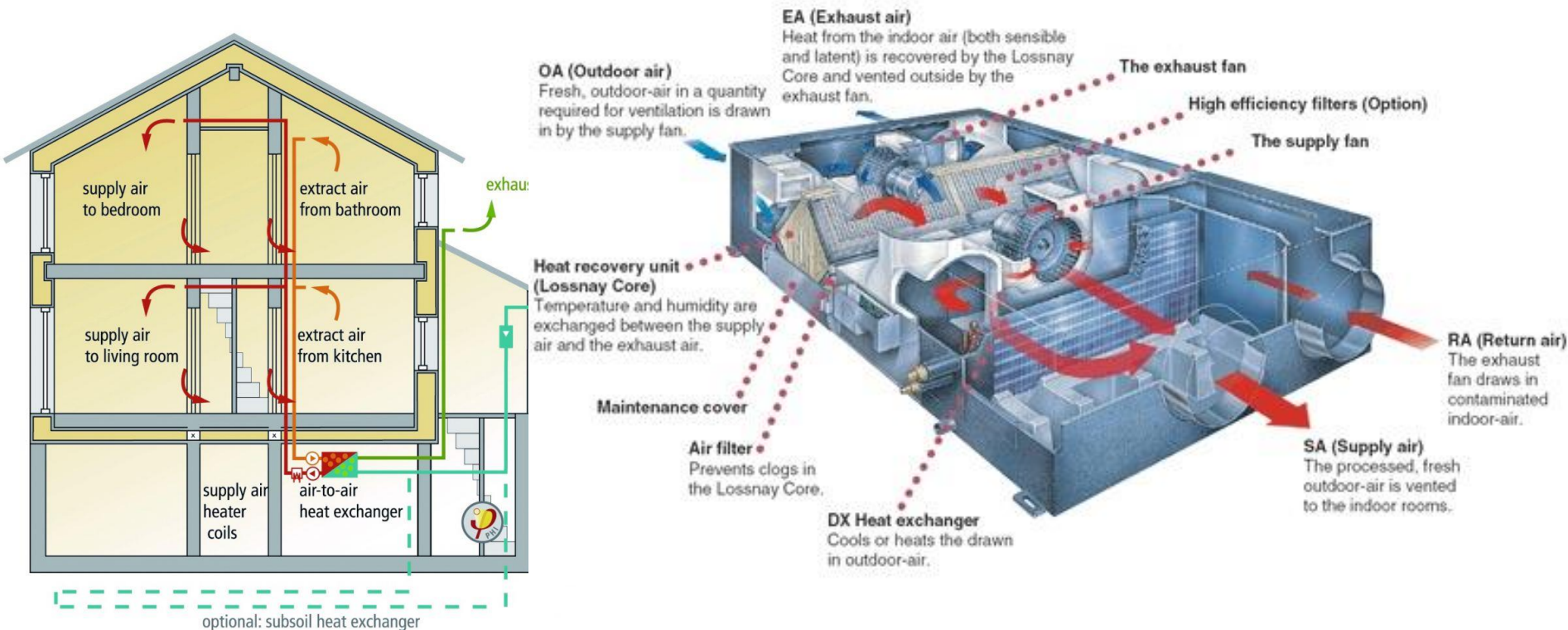
Ref. https://passipedia.org/basics/the_passive_house_-_definition

ZEB와 Active system

ZEB 공조시스템-ventilation system

Ventilation with Heat Pump

- Options of night bypass cooling, heating/cooling via heat pump are available



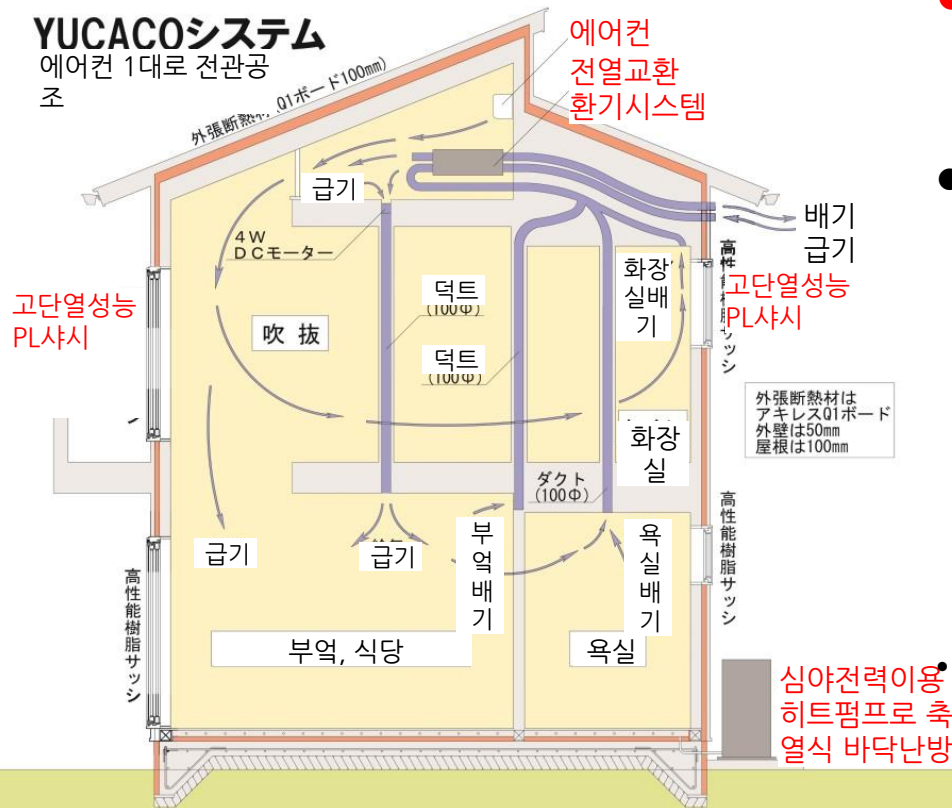
<http://passivehouse.com.au/page/ventilation---heat-energy-recovery>

ZEB 공조시스템- YUCAO

YUCAO : Your Uniform Conditioned Air Configuration

YUCACO시스템

에어컨 1대로 전관공조



- 동경대학 명예교수인 Yuzo Sakamoto 교수가 제안
 - 고기밀, 고단열 구체성을 가지는 주택을 고효율 에어컨 1대로 전체 거주공간(전관, 全館)을 냉난방, 환기를 실시하는 시스템
 - 에어컨의 필요한 냉방능력
 - 필요 냉방능력 (W) = Q-value (W/㎡K) × 바닥면적 (㎡) × 내외온도차 (℃ = K)
 - 여기서 Q값(종합열관류율)을 1.3W/㎡K, 바닥면적을 120㎡, 외기온도 5℃, 실내온도 22℃라고 하면,
 - $2652W = 1.3W/㎡K \times 120㎡ \times 17℃$,
- 즉 정격 **2.65kW**의 에어컨으로 전관 난방이 가능
- 여름은 실내외 온도차가 겨울보다 작기 때문에 에어컨 용량에 여유가 있음. 그러나 실내 발열 등에 따른 용량 증가도 차양등을 설치, 일사차폐를 통해 에어컨 1대로 전관 냉방이 가능

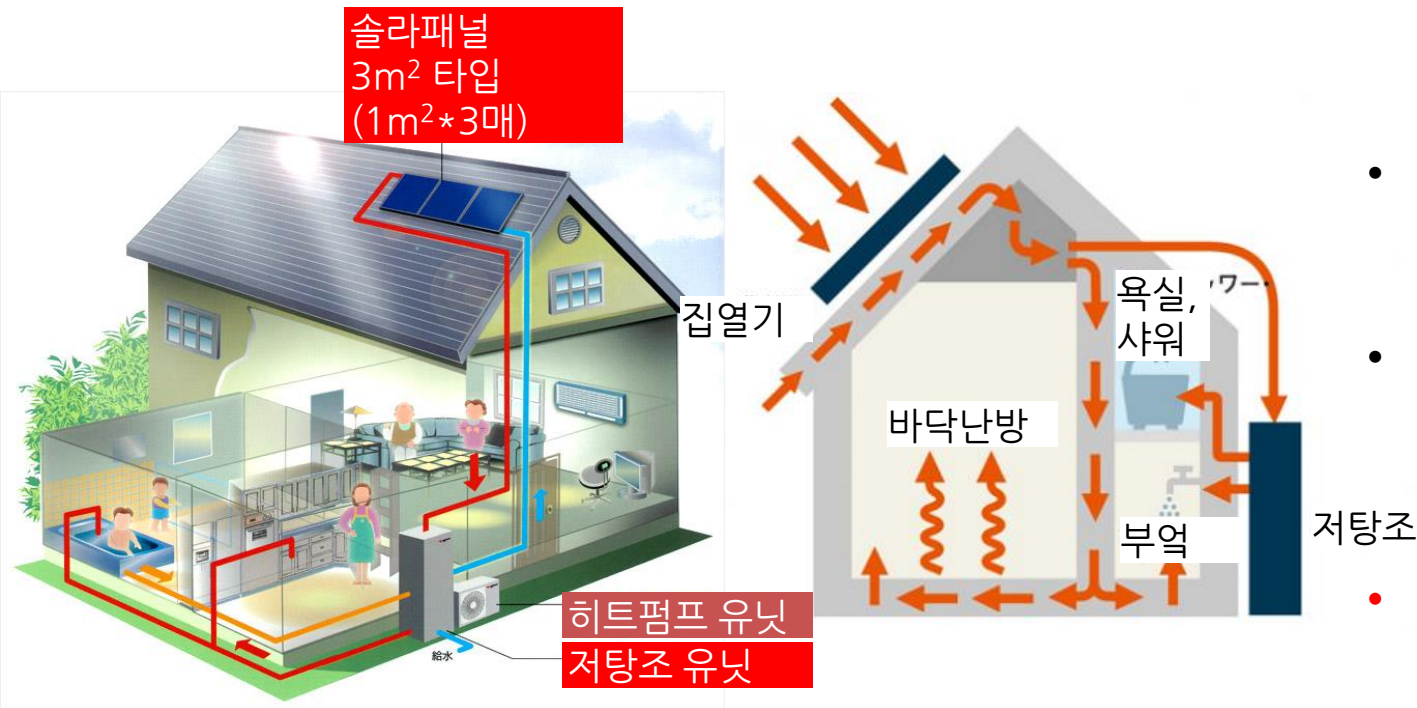
ZEB 공조시스템- YUCAO

국내 설치 에어컨 용량

		아파트
에어컨		4인 기준
평형	냉방능력(W)	실 평수 x 239 = 냉방능력(W)
4	1,800	8~9평
6	2,300	10~12평
8	3,200	13~16평
10	4,000	17~19평
12	4,700	20평
13	5,200	21~25평
15	6,000	26~29평
18	7,200	30~35평

7.2 kW

ZEB 공조시스템- ecocute



● 에코큐트 솔라히트

- 공기열+태양열 2가지의 재생에너지를 효율적으로 조합
- 날씨 예측, 급탕사용량 학습으로 불필요한 에너지 생산을 최소화
- 태양열시스템의 집열기로 취득한 태양열로 저탱조 온수의 온도를 상승
- 에코큐트의 연간 급탕 효율 3.0
- 연간시스템 효율 5.0으로 향상
- 이를 통해 가정용 급탕에너지의 약 80%를 재생에너지로 대체

● 액체집열 + 급탕 히트펌프의 조합 (급탕부하 절감 효과가 큼)

<http://solar.yazaki-group.com/product/ecocute.html>

ZEB 공조시스템- DAIKIN

- エア カルデット PLUS-DAIKIN
- (일)다이킨
- 환기+공기정화+가습+제습+냉난방

도입한 외기를 냉난방,
가습/제습

공기는 덕트를 통해 각실로
공급

쾌적온도, 습도의 공
기가 급기

제습/환기유닛

냉난방유닛

취출구

도입한 외기에 포함된 먼지,
유해물질 등의 오염을 제거,
공기를 청정하게 함. 아울러
실내 오염된 공기 또는 습기를
배출

외부로 부터 신선공기를
유입-외기 유입구

공기는 매우 낮은 풍
속의 기류로 실내로
이동

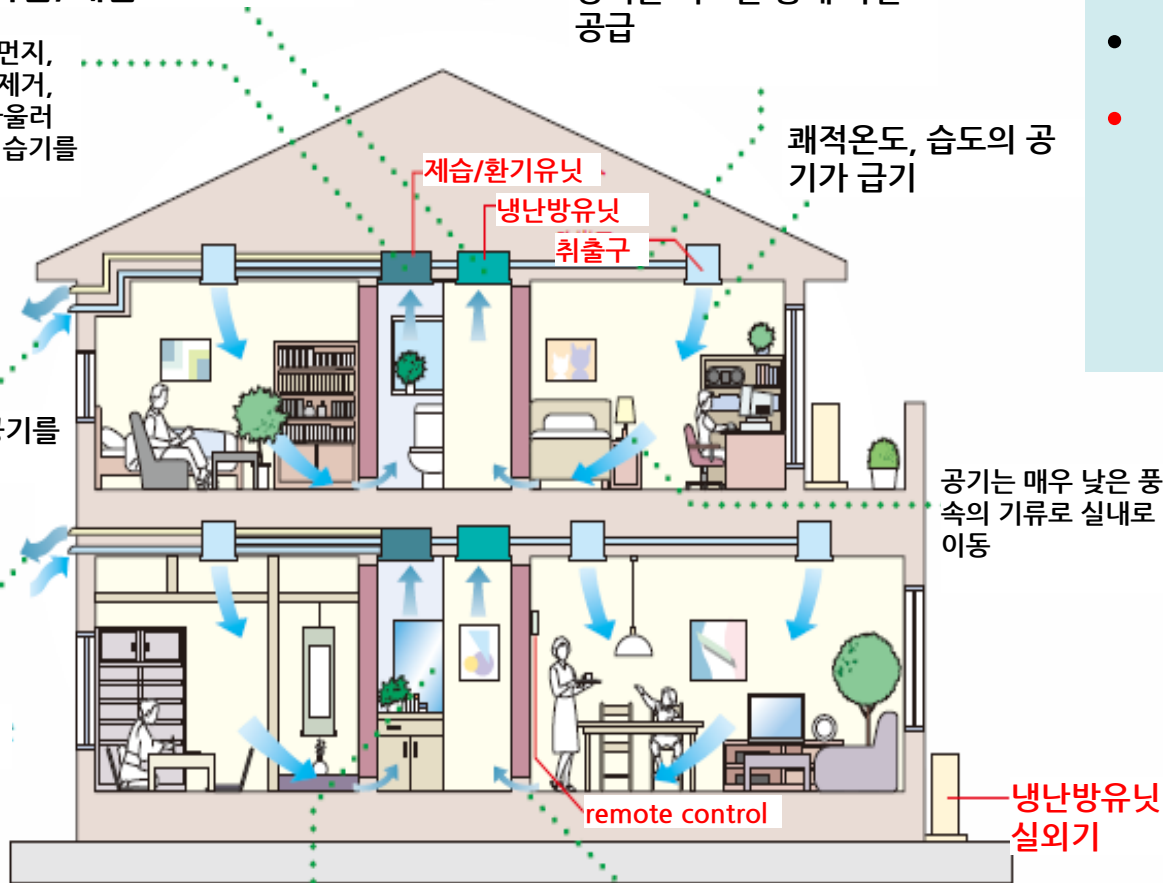
실내 오염된 공기를
배출

remote control

냉난방유닛
실외기

화장실, 욕실 등의 유틸리티존으로 부터의 오
염된 공기는 환기유닛을 통해 배기

도입한 외기를 냉난방, 가습/
제습



ZEB 공조시스템- Smart Breeze-MITSUI HOME

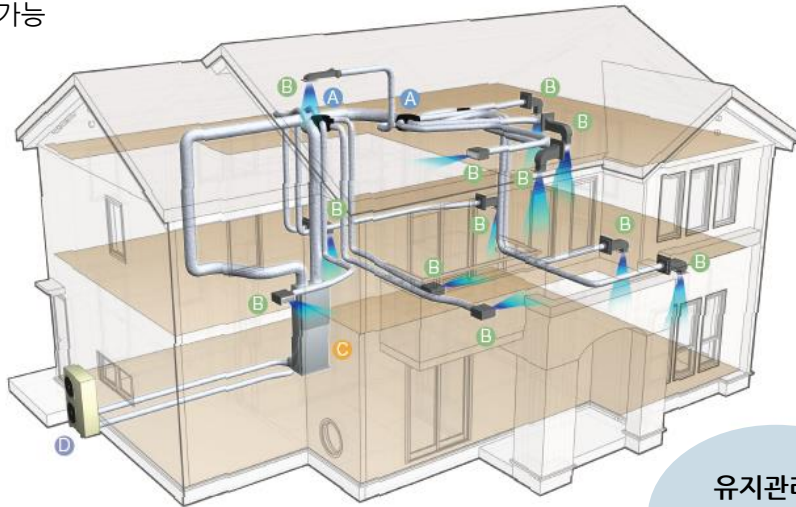
A. 분기챔버

분기챔버는 작은 창고(벽내부)에 설치 공간을 유효하게 사용할 수 있다.



B. 취출 그릴

개별공조와 달리 실에는 취출구가 설치될 뿐, 실내 인테리어를 손상시키지 않는다.



리모트컨트롤러
실 전체의 온도조절(가습스위치 포함)



유지관리가 용이한
심플시스템

D. 실외기

실외기 1대로 전체를 담당(210m2까지)



C. 실내기(공조기)

냉방, 난방, 제습, 가습, 환기, 공기청정, 탈취 기능



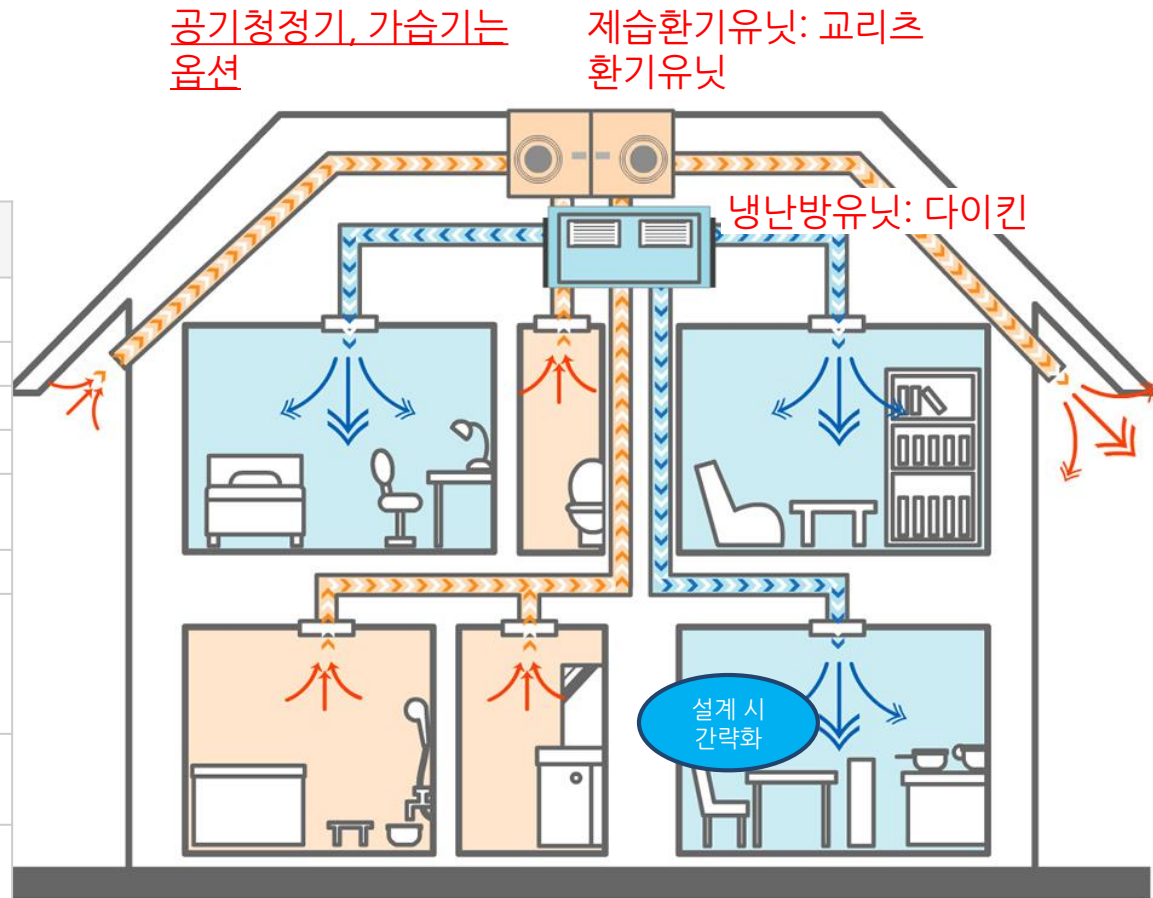
- Smart Breeze-MITSUI HOME
- 환기+공기정화+가습+제습+냉난방



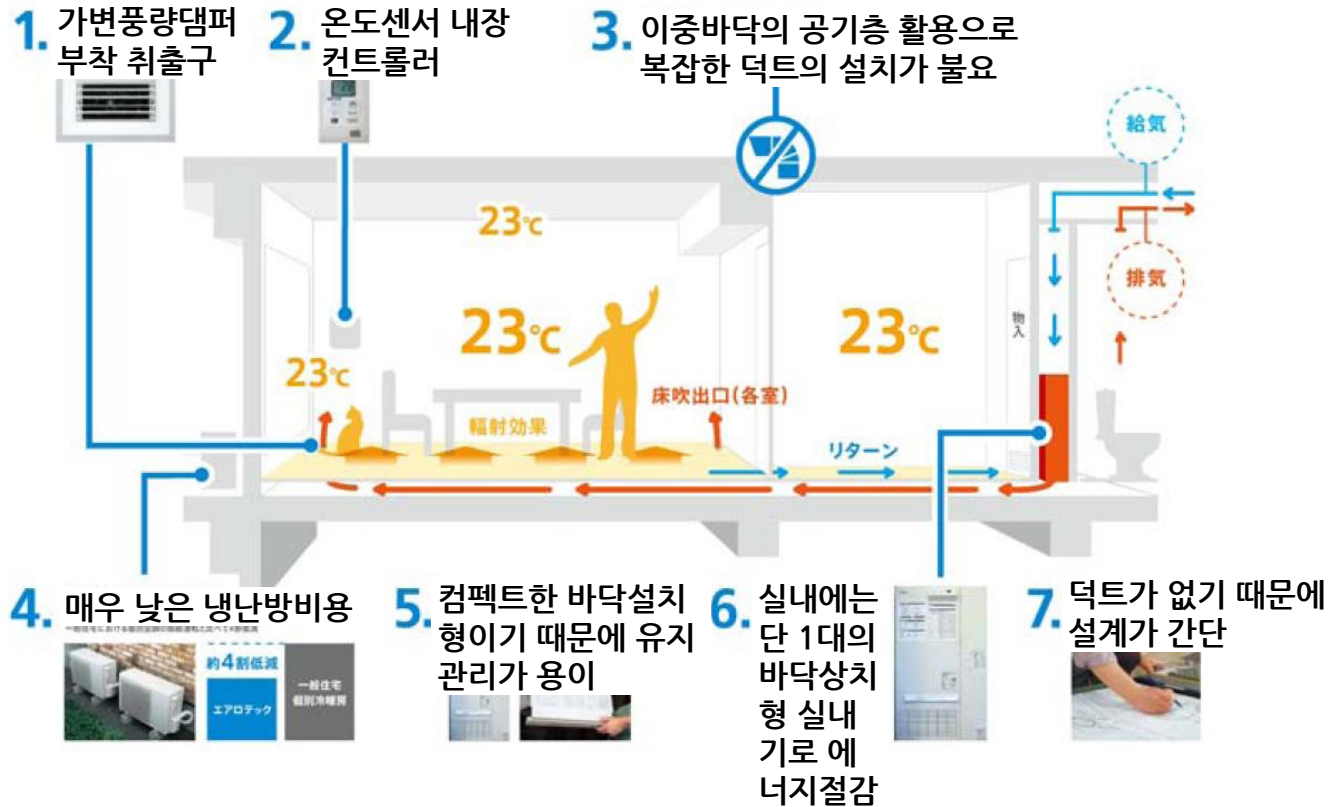
ZEB 공조시스템- Yamakata-va 전관공조

Yamakata-va 전관공조

건평(공조존)	30~34 평	32~44 평	45~50 평	51~65 평
납입기종	인버터	인버터	인버터	인버터
	3마력 1대	4마력 1대	5마력 1대	6마력 1대
환기기기	1대	1대	1대	1대
배기환기구	10개소	10~12 개소	10~14 개소	10~16 개소
공조취출구	4개소	5개소	6개소	8개소
전기료(월평균) 24h 365일 운전 (환기포함)	약7,000 円~ 8,000円	약8,000 円~ 9,000円	약9,000 円~ 11,000 円	약11,000 円~ 13,000 円
환기기기/ 공사비 포함 가격	A社	約200万 円~	約220万 円~	約240万 円~
	B社	約220万 円~	約240万 円~	約260万 円~



ZEB 공조시스템- Aero Tech-Mitsubish



- Aero Tech-MITSUBISHI
- 아파트(맨션)용 새로운 공조 시스템
- 기존 천정 덕트방식 대신에 이중바닥의 바닥 공간을 이용



실증주택-동경도 분쿄구 도
입주택



바닥취출구

ZEB 공조시스템- 주택용 통합공조시스템-Samsung

● 주택용 통합공조시스템 - SAMSUNG Elec.

- 냉난방+환기+청정+제습+(가습) 통합공조 구현
- 직팽식 공조기(실외기+전열교환환기+냉난방코일+제습+가습)
- 각 실별 온도설정 가능
- 외기도입 시, 미세먼지, 곰팡이 등의 포자를 제거
- 실내 미세먼지, 화학물질을 외부로 배출
- 쾌적제어, 제습제어, 이벤트제어 등으로 냉난방 속도 개선 및 에너지 사용량 절감 (기존 제어대비 약 13 - 50%의 에너지 절감)

1

실외기+공조기



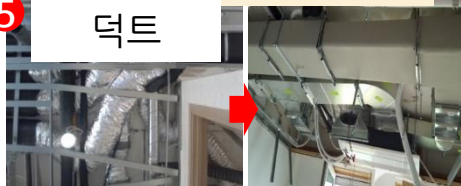
3 4

풍량제 풍량셋팅

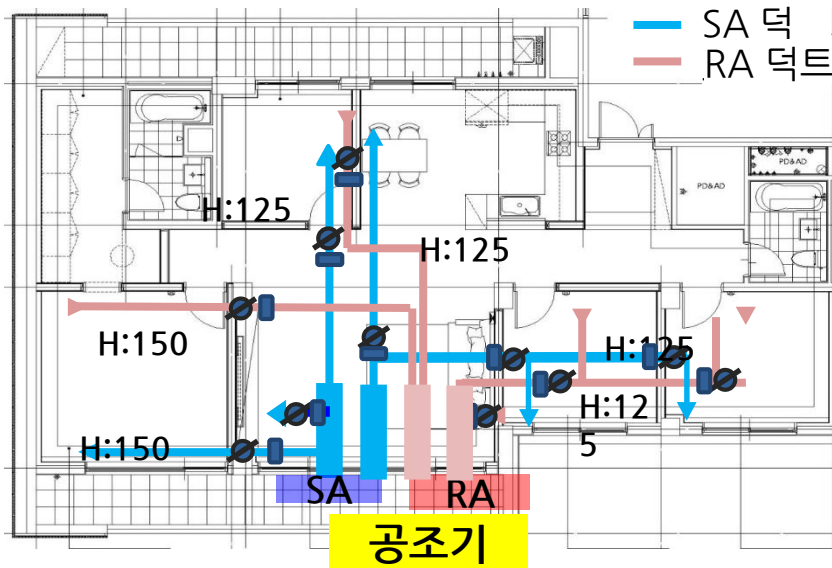


5

덕트

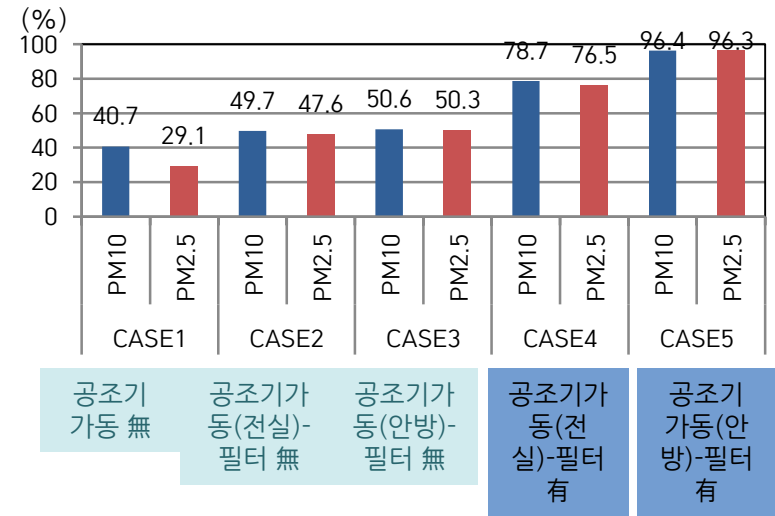


Ø M.V.D
 SA 덕트
 RA 덕트

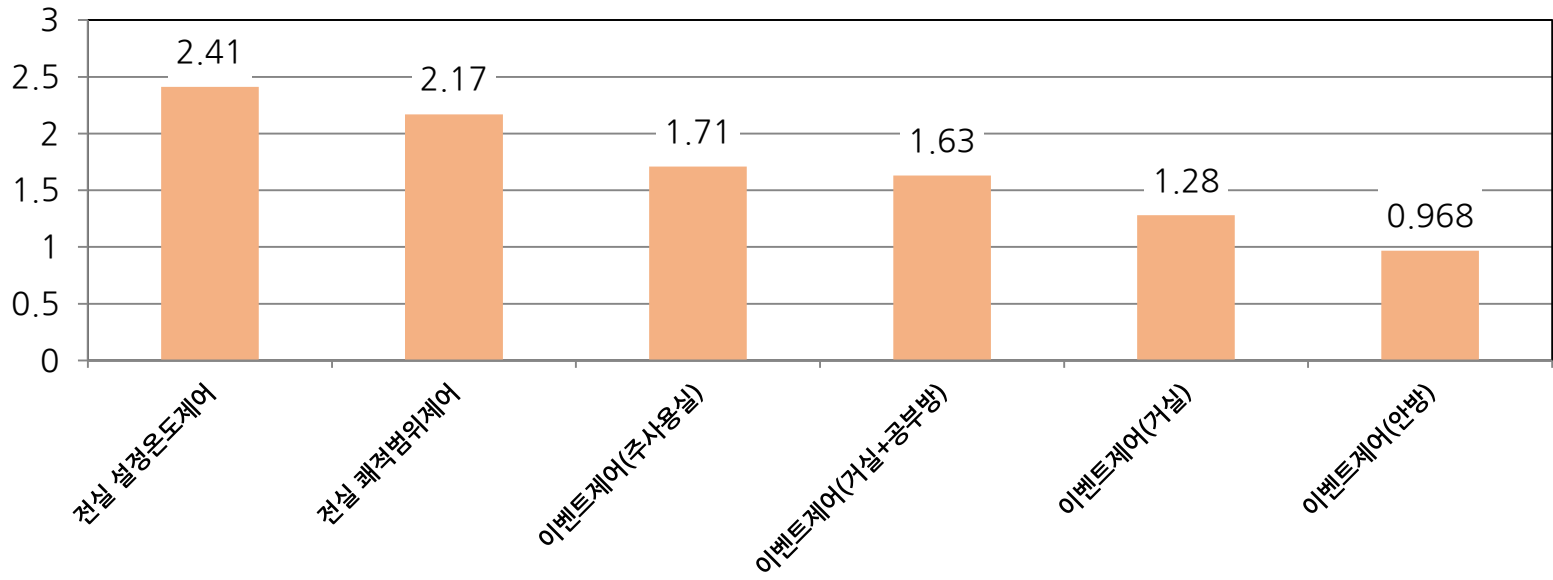


ZEB 공조시스템- 주택용 통합공조시스템-Samsung

- 주택용 통합공조시스템 -SAMSUNG Elec.
- 냉난방+외기냉방+환기+청정+제습+(가습) 통합공조 구현
- 주택의 특성을 고려한 공조시스템 제어-이벤트 제어, 쾌적범위 제어
- 미세먼지 제어를 통한 미세먼지, 초미세먼지를 약 95% 이상 제거
- 기존 천정부착형 에어컨과 동일 수준의 비용으로 통합 공조기 설치 가능



(kW/h)



감사합니다.

성균관대학교 건축환경연구실
dssong@skku.edu