

# 住宅・建築分野のグリーンイノベーション ～行政と技術～

## ■ グリーンイノベーション※の技術と行政の概要

～最近の話題、あゆみ、目標、断熱と健康、ヒートポンプの進化、  
建築物省エネ法

## ■ ZEHの定義と普及

## ■ エアコンと住宅全館空調

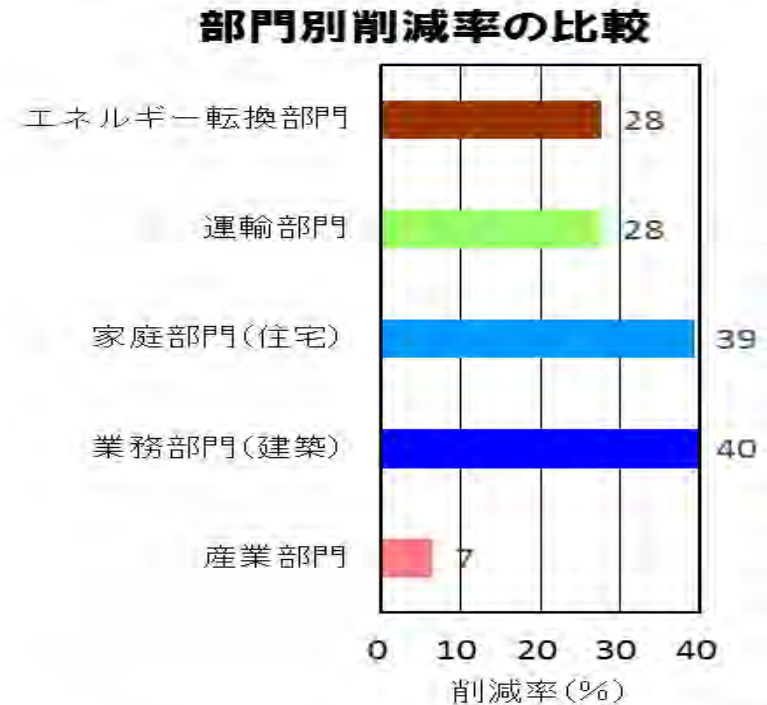
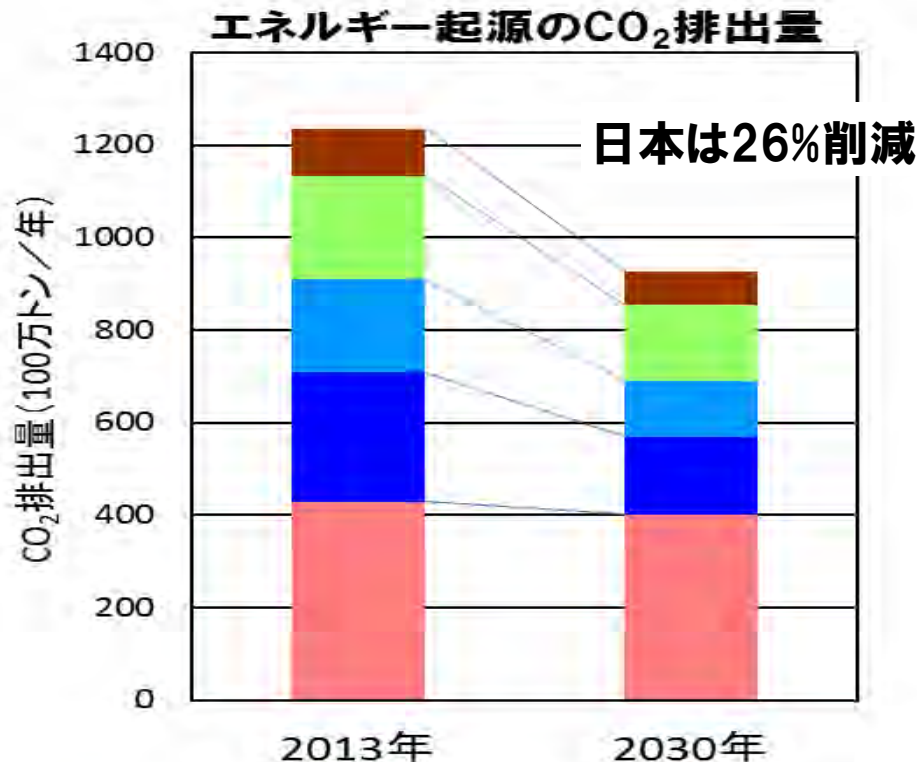
## ■ コロナ禍と換気の再認識

※グリーンイノベーション＝グリーン化＝グリーン成長戦略＝脱炭素化  
＝サステナブル～温暖化対策～エコ化～地球環境保全

坂本雄三（東京大学名誉教授）

# パリ協定がグリーンイノベーション政策の根拠

日本の目標CO<sub>2</sub>削減率は26%(さらに、民生部門(住宅・建築)の削減率は40%の高率)である。



# 日本のグリーン成長戦略と脱炭素社会の実現

## グリーン成長戦略

トップ 社会 エンタメ 国際 経済 スポーツ 特集 番組 投稿

トップ 政治 菅総理が初所信表明「脱炭素社会の実現」を

### 菅総理が初所信表明「脱炭素社会の実現」を

ツイートする シェアする

2020年10月26日 15:05



菅政権が発足して初めての臨時国会が26日に召集され、菅総理大臣が国会で所信表明演説を行いました。菅総理は演説の目玉として「脱炭素社会の実現」を打ち出し、2050年までに温室効果ガスの排出を実質ゼロにする目標を宣言しました。

## 住宅の省エネ基準レベルアップのニュース

省エネ住宅に上位等級 国交省、脱炭素へ新基準検討

経済 フォローする

2020年12月12日 23:00 [有料会員限定]

日経電子版

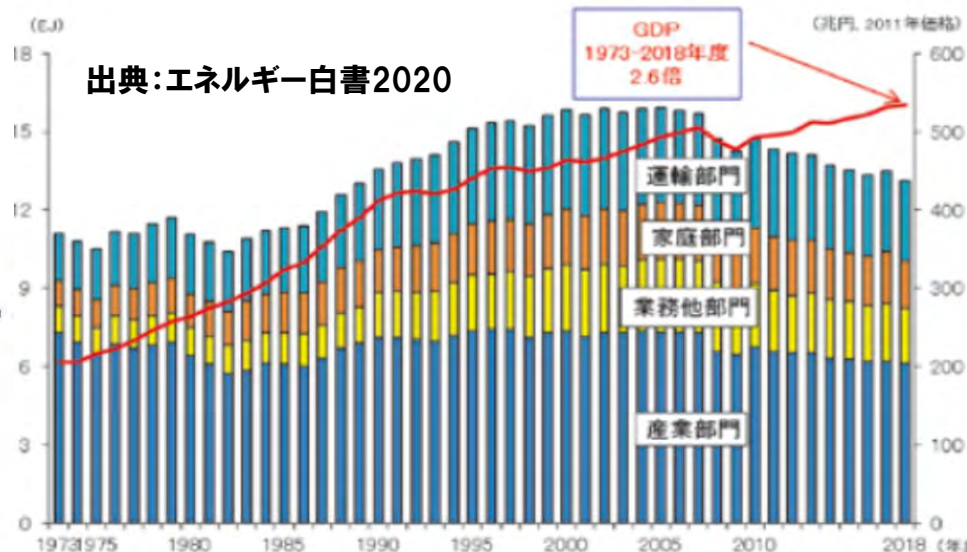
保存



国土交通省は省エネルギー住宅の新しい基準をつくる検討に入る。現在は4等級ある断熱の性能表示制度を改め、より高性能の5段階目を設ける。2021年春から、省エネ性能が高いほど家電などと交換できるポイントを多く付与する制度も始める。日本の二酸化炭素（CO2）排出量の約15%を占める家庭部門の排出削減に向けて省エネ住宅の普及を促す。

## 日本のエネルギー消費は減少傾向

出典：エネルギー白書2020





# 住宅・建築のグリーンイノベーションにおける4要素

## ①省エネルギー

高性能外皮  
高効率設備

省エネが第一歩  
であり、基本

脱炭素社会  
の住宅・建築

## ②創エネルギー

太陽光発電など

## ④長寿命住宅・建築

リフォーム・メンテ・  
継承

## ③材料・工法の省CO2

木造化など



# 21世紀における木造化は都市木造(中高層木造)



BC大学の18階建学生寮  
(カナダ・バンクーバー)



仙台で建設された10階建の  
共同住宅(鉄骨+CLT+燃  
エンウッド)



出典:HUGのHP



ウィーンのHohoプロジェ  
クト完成予想図

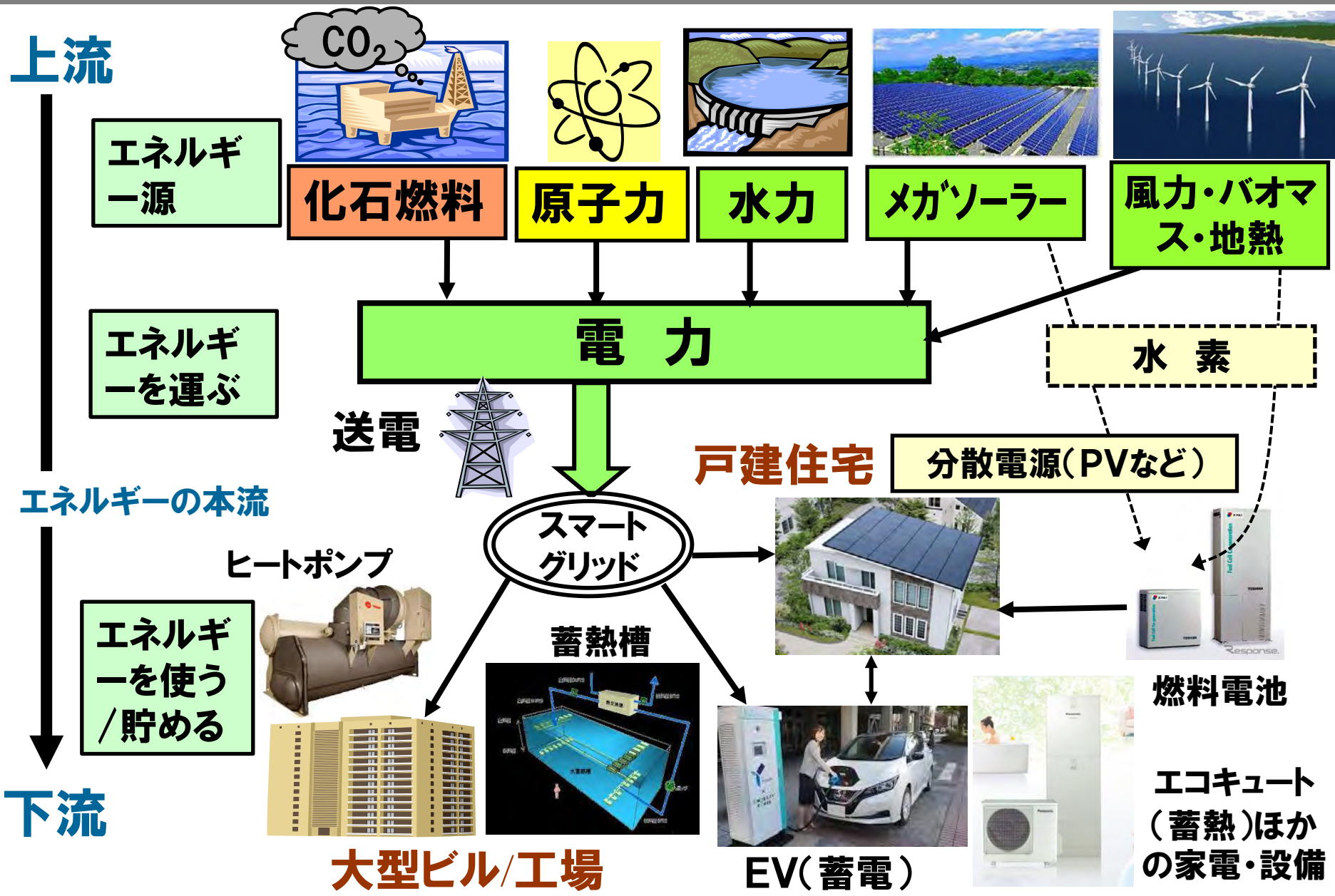
都市木造も広義のグリーン化の一つ。  
都市木造では防火対策の低価格化がカギ。



# 省エネ行政・技術の半世紀の歩み

時代	社会・行政のトピック	主にビル建築の 技術やトピック	主に戸建住宅の 技術やトピック	電気・機械技術の トピック
1970 年代	ローマクラブ <b>オイルショック</b>  省エネセンターの創設 <b>省エネ法</b>	HASP/ACLD シックビルディング 全熱交換機 蓄熱槽 吸収式冷凍機	断熱材 寒住法改正	<b>ヒートポンプエアコン</b>
1980 年代	建築物の省エネ基準 IBECの創設	PALとCEC 熱線反射ガラス ダブルスキン ビルマルチエアコン ガスヒートポンプ 自然通風 昼光利用	太陽熱温水器 パッシブソーラーハウス 建設省総プロ <b>高断熱・高気密</b> Q値とC値 外壁の通気層	
1990 年代	地球温暖化問題 ヒートアイランド問題 アジェンダ21  家電のトップランナー基準 <b>京都議定書</b>	HASP/ACSS 床吹き出し空調 氷蓄熱冷房システム タスク＆アンビエント エアフローウィンドー <b>サステナブル建築</b> CASBEE BEMS	新住協 R2000住宅  外断熱・外張断熱 SMASH シックハウス <b>低放射複層ガラス</b> 樹脂サッシ	<b>コージェネレーション インバーター技術</b>  VAV,VWV
2000 年代	地熱利用の促進 品確法と住宅性能表示制度	<b>コミッショニング</b> 省エネ改修 モジュールチラー デシカント空調 BEST	オール電化住宅 <b>エコキュート</b> エコジョーズ 住宅換気の義務化 断熱リフォーム	照明制御技術 <b>LED</b> <b>太陽光発電の効率向上</b>
2010 年代	<b>エコポイント(住宅・家電)</b> <b>FIT制度</b> 震災による原発停止 <b>建築物省エネ法</b> <b>パリ協定</b>  SDGs	ZEB 木造振興  <b>省エネ基準の義務化</b> <b>1次エネルギー消費計算</b>	エコハウス <b>ZEH</b> HEAT20 <b>断熱と健康(血圧低下)</b> HEMS 全館空調 希ガス入り3層ガラス	ブラシレス直流モーター 燃料電池 蓄電池

# 目標は「優れた」エネルギー供給・消費システム



# 建材・住宅設備の技術革新は目覚ましい

窓

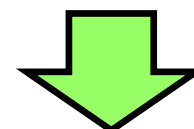
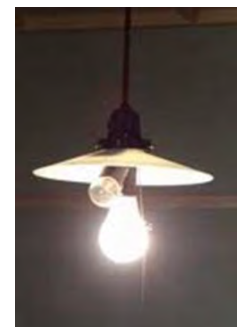
暖冷房・換気

給湯・浴室

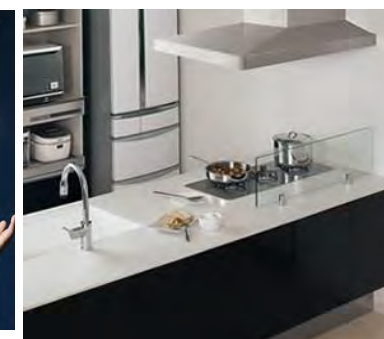
照明

厨房設備

昔



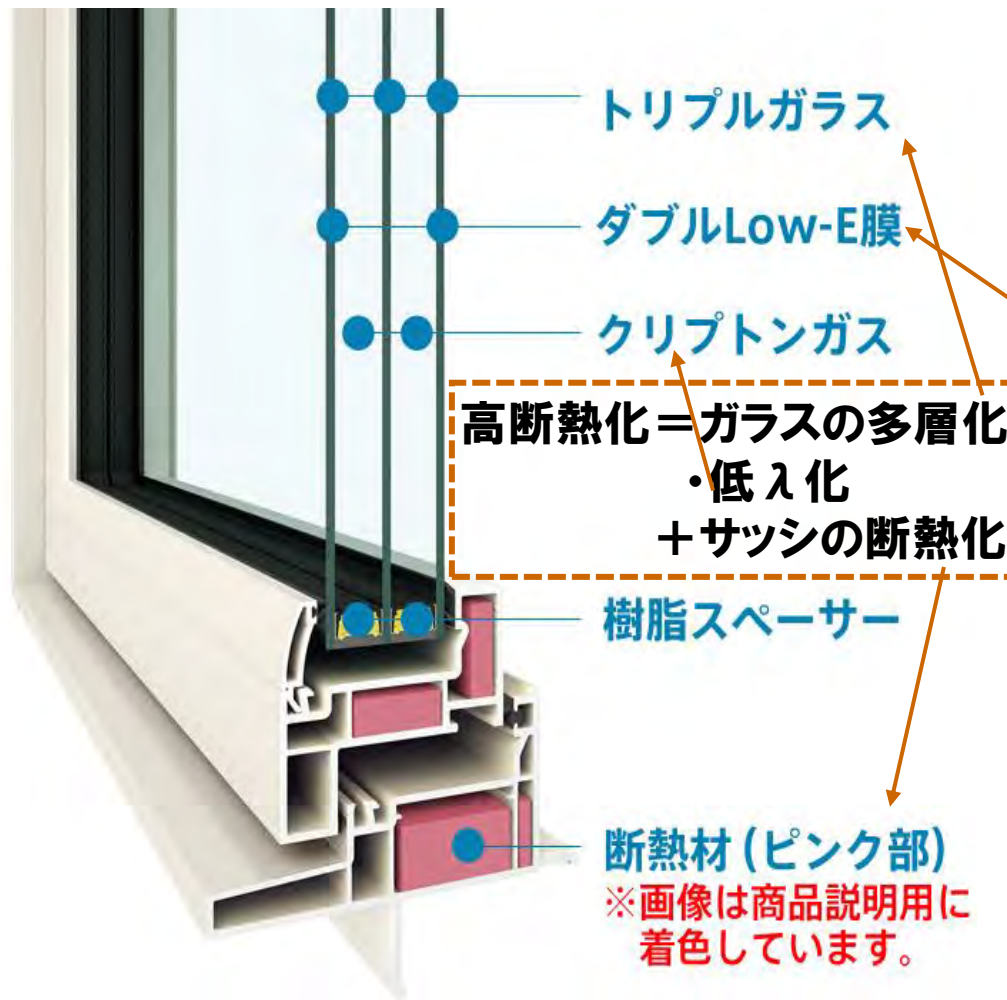
今



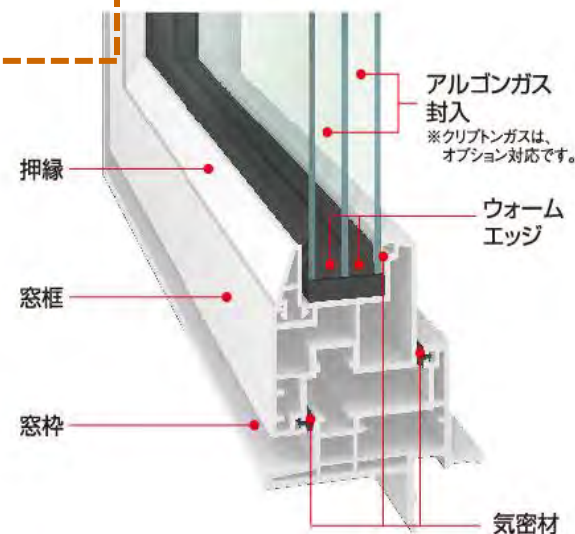
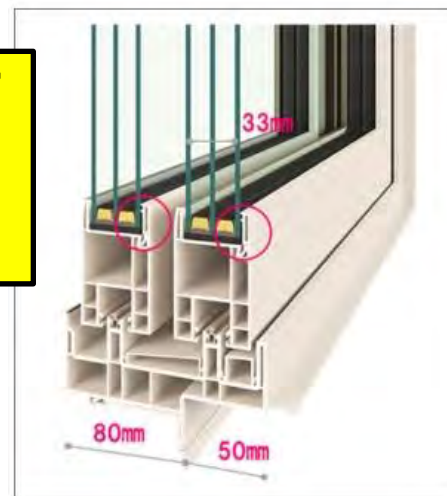
建材や住宅設備はここ20～30年で大きな技術革新をとげた。スマート化（省エネ・機能化）とウェルネス化（快適・利便・安全）が著しい。



# 窓の高断熱化(樹脂・3層ガラス)も技術革新の一つ



引き違い窓の樹脂サッシ・3層ガラスも登場  
YKK APW430



樹脂サッシも3層ガラスを導入  
YKK APW430+  $U値 = 0.78W/m^2K$

エクセルシャノンの樹脂サッシ  
 $U値 = 0.8W/m^2K$

# 戸建住宅の高断熱化動向(HEAT20のG1～G3)

表 日本の各断熱水準における $U_A$ 値 ( $W/(m^2 \cdot K)$ ) の基準値(戸建住宅)

		地域区分							
		1	2	3	4	5	6	7	8
建築物省エネ法(H28年政府基準)		0.46		0.56	0.75	0.87			設定なし
HEAT20 委員会	G1水準	0.34		0.38	0.46	0.48	0.56		
	G2水準	0.28			0.34		0.46		
	G3水準(未確定)	0.20			0.23		0.26		
政府の補助金 などの要件	外皮強化基準	0.40		0.50	0.60				
	外皮性能の更なる強化	0.30		0.40			0.50		

$U_A$ 値とは



単位温度差当たりの  
総熱損失量 ※2  
外皮表面積

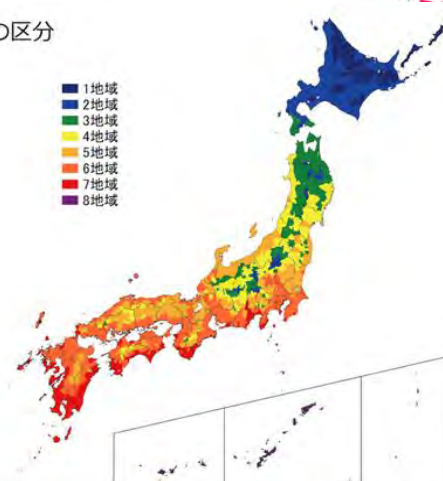
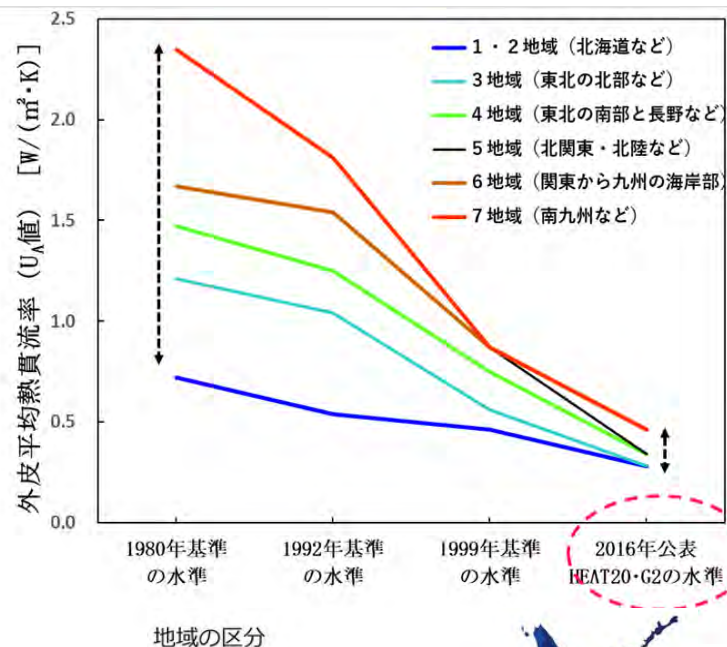
外皮平均  
熱貫流率 ( $U_A$ 値) =



鹿児島の高断熱住宅

( $U_A = 0.36$ 、写真提供: 松下孝建設)

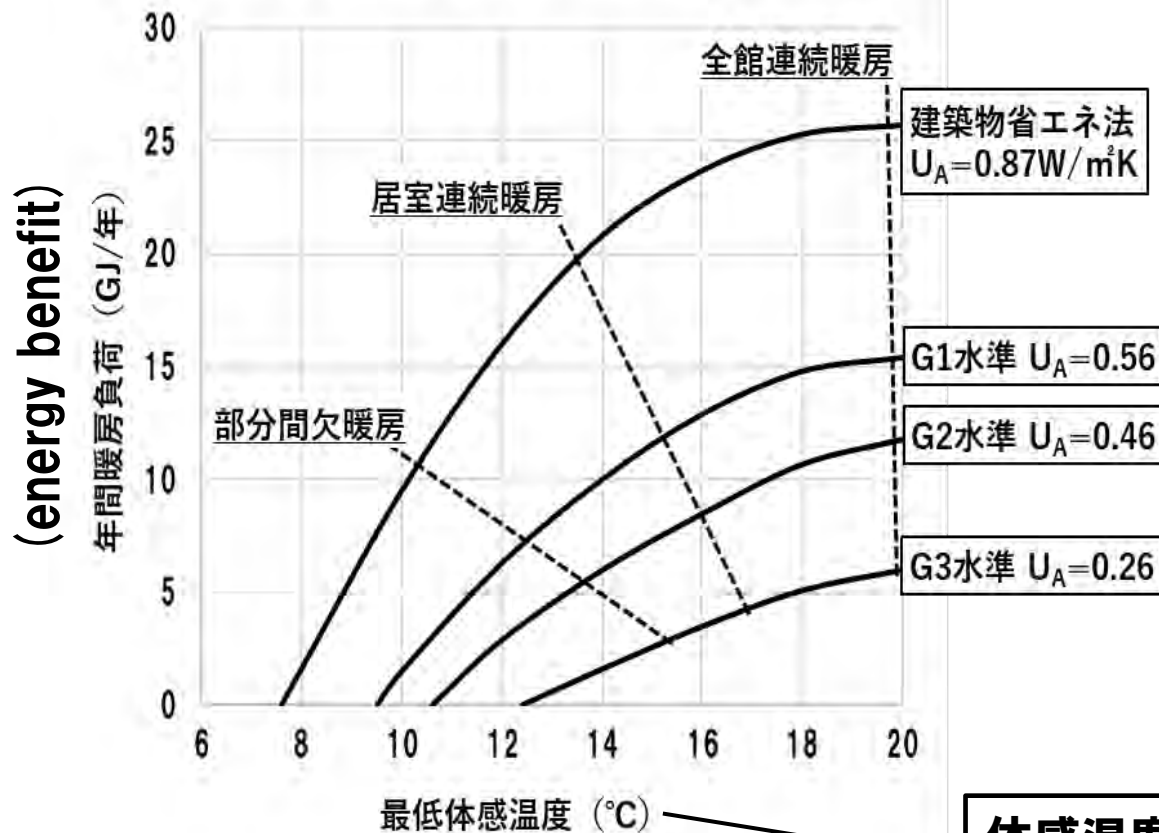
## 断熱基準値 ( $U_A$ ) の変遷



# 高断熱化の効果(N-E BenefitとE Benefit)

## 最低体感温度 (N-E Benefit) & 年間暖房負荷 (E Benefit) のチャート

図 各断熱水準における体感温度と暖房負荷（東京、戸建の例）



(non-energy benefit)

大量のシミュレーション結果から作成された。

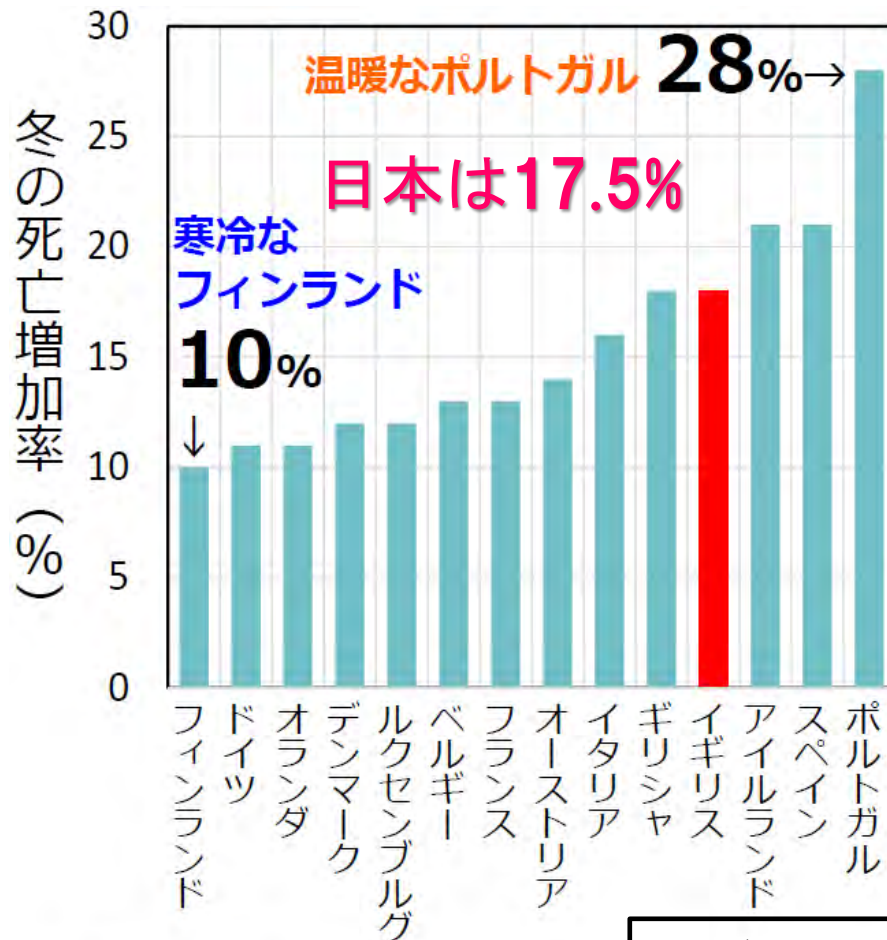
- ① チャート上に $U_A$ の等値線を描ける。
- ② 暖房方式別に傾きが異なる直線となる。

環境・設備設計において有用性が高いチャートである。

体感温度(作用温度)はおおむねこの温度を下回らない。



# 「暖かな室温が健康に好影響」は世界の常識



英国保健省年次報告書 (2010.3)



Ikaga Lab., Keio University (Yukie HAYASHI)

世界保健機関 (WHO) も健康を守る  
室温として18℃を推奨した。

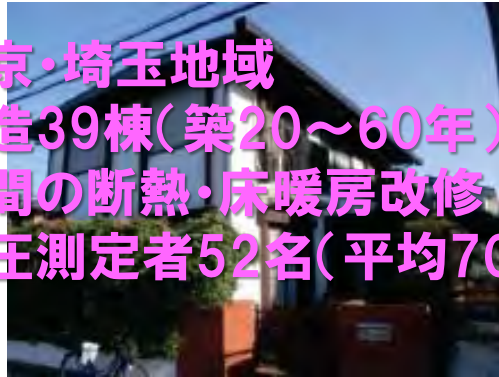
Topic	Recommendation	World Health Organization
<b>Crowding</b> 	Strategies should be developed and implemented to prevent and reduce household crowding.	
<b>Indoor cold and insulation</b> 	<p>Indoor housing temperatures should be high enough to protect residents from the harmful health effects of cold. For countries with temperate or colder climates, <u>18 °C has been proposed</u> as a safe and well-balanced indoor temperature to protect the health of general populations during cold seasons.</p> <p>In climate zones with a cold season, efficient and safe thermal insulation should be installed in new housing and retrofitted in existing housing.</p>	

温暖地の建物は断熱性が低いため冬の室温が低い  
が、欧州では国民の健康を守るため、それを改  
善しようという動きが現れはじめた。

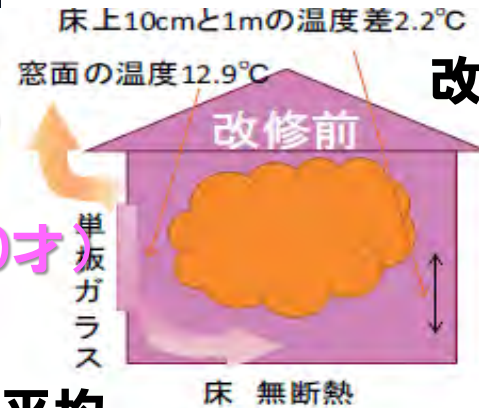
# ‘Non-Energy Benefit’ の事例 (温熱環境改修による血圧低下の効果)

## 健康長寿住宅エビデンス取得委員会の報告

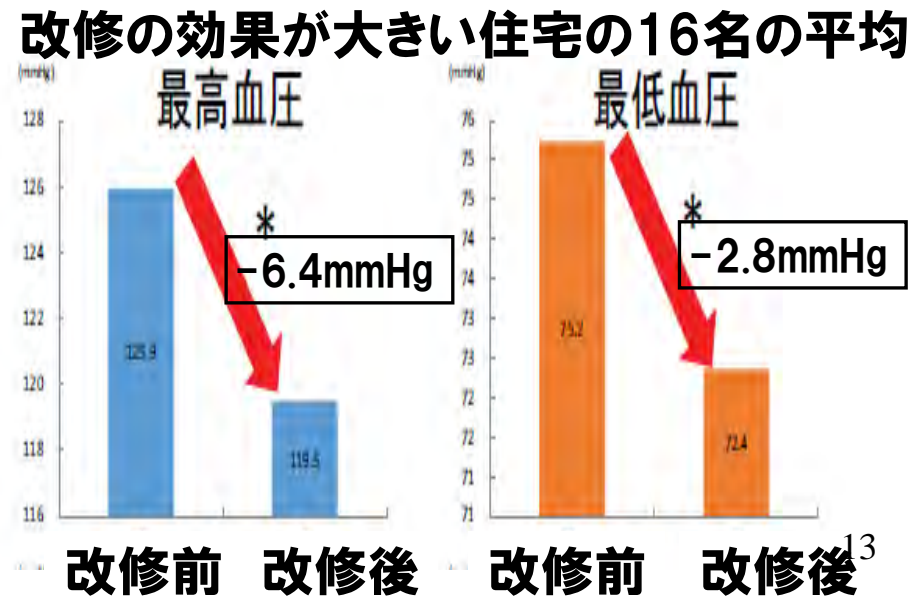
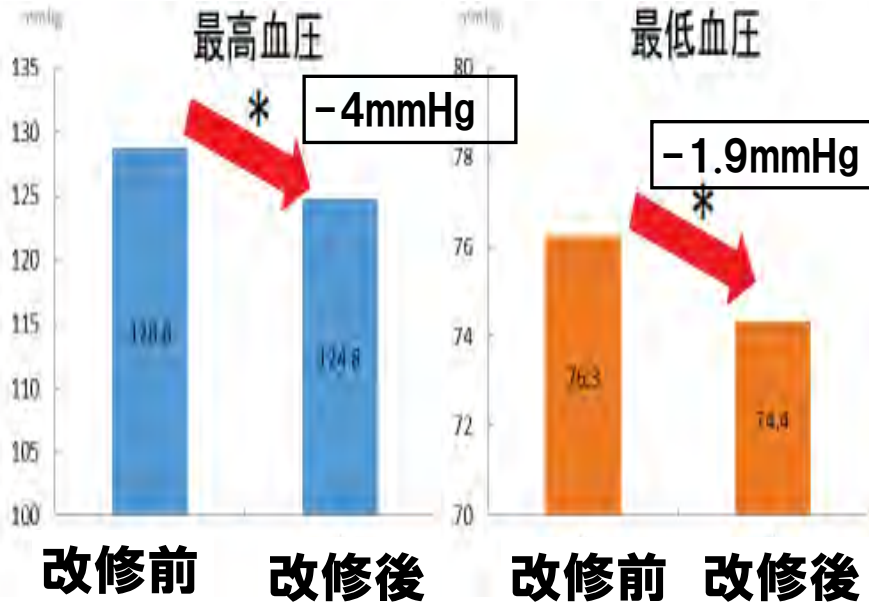
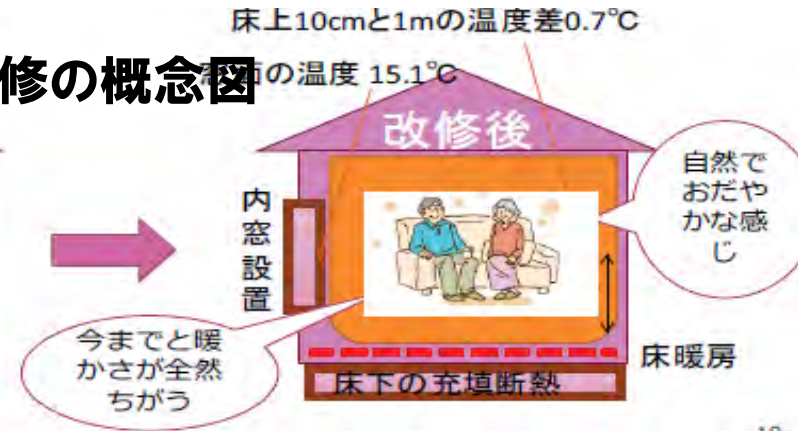
東京・埼玉地域  
木造39棟(築20~60年)  
居間の断熱・床暖房改修  
血圧測定者52名(平均70才)



52名全員の全日の平均

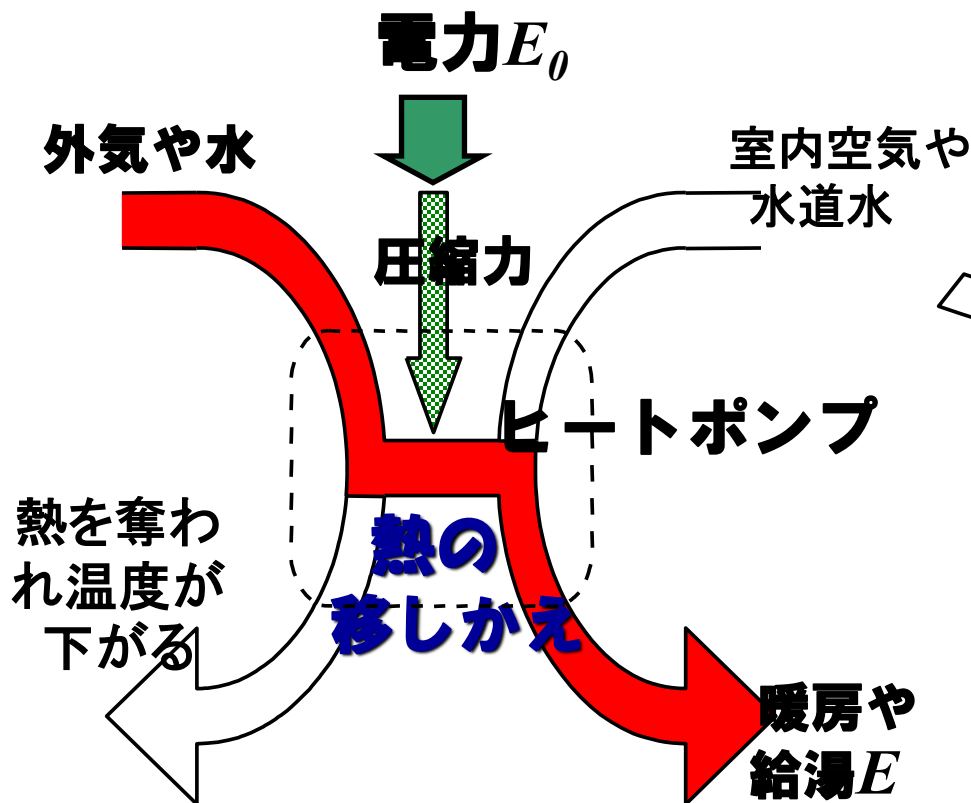


### 改修の概念図



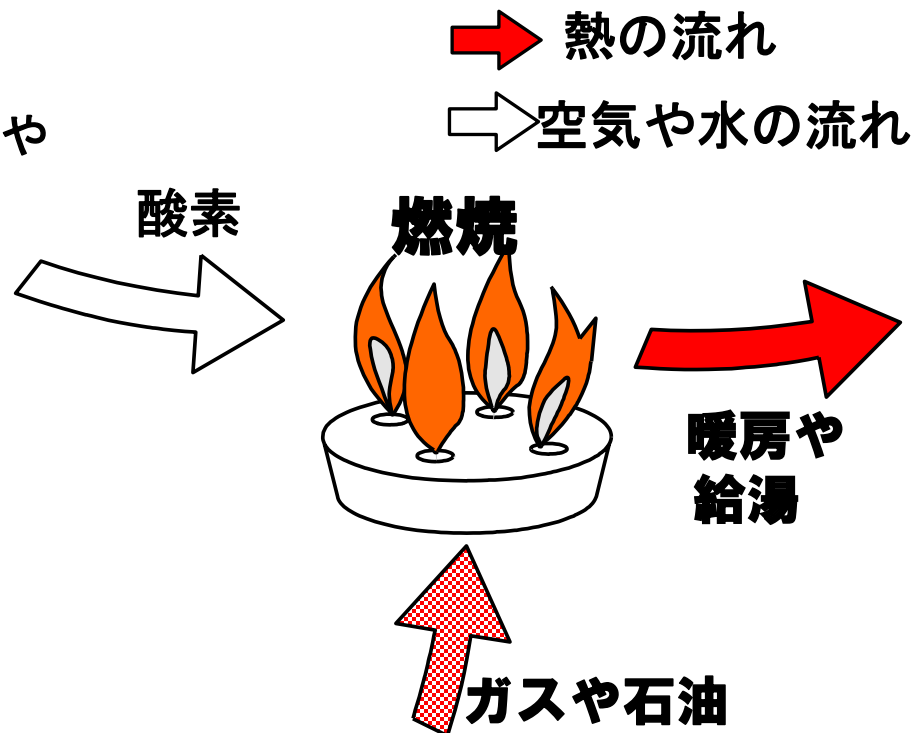
# ヒートポンプの高い省エネ性(COP\*で示す)

\*COP=coefficient of performance



加熱量 = 移しかえた熱量  
< 圧縮仕事の約10倍  
 $COP = E / E_0 > 3$

**A. ヒートポンプによる加熱**



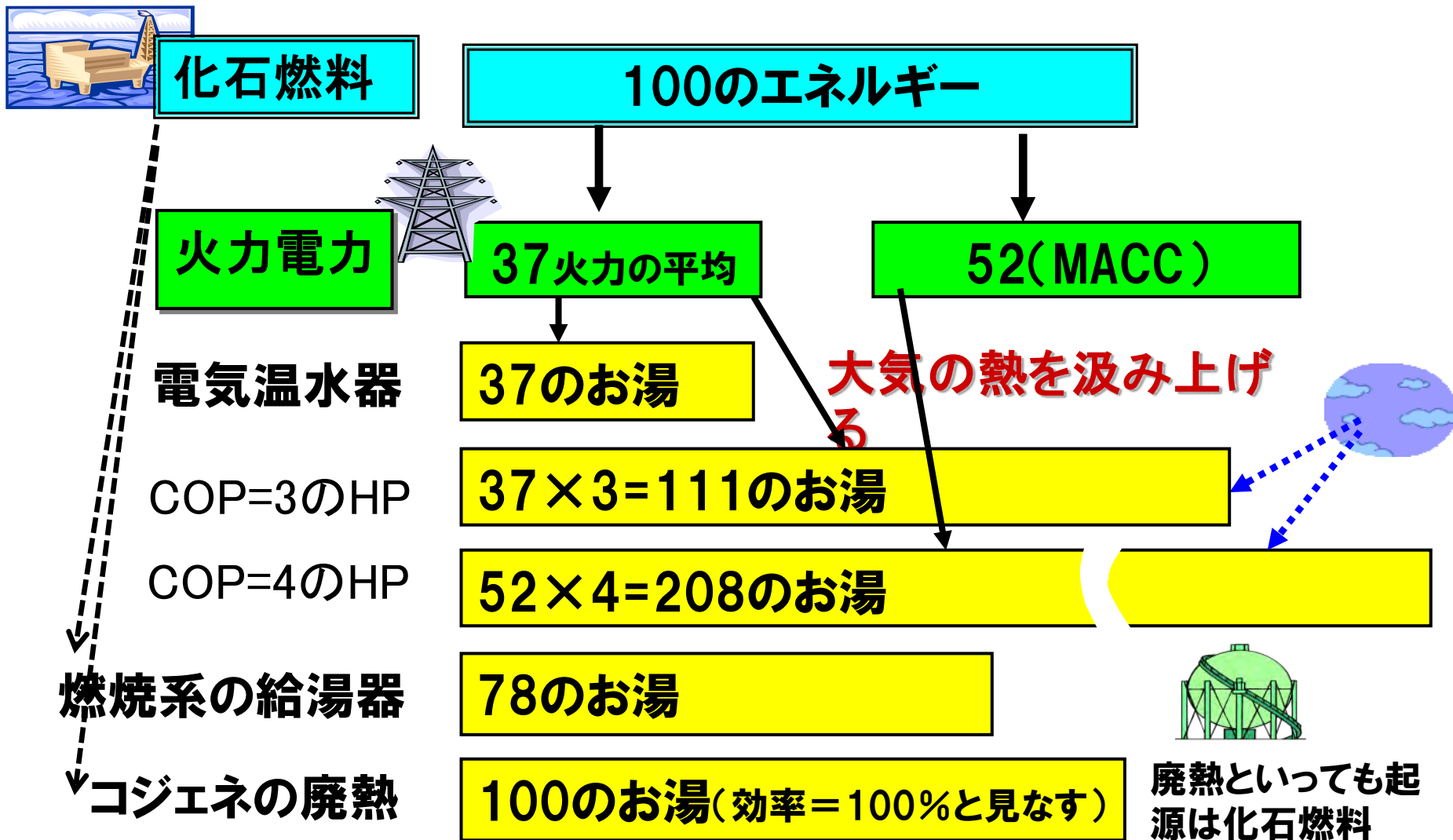
加熱量 = 燃料の熱量 - ロス熱量  
< 燃料の熱量

**B. 燃焼による加熱**



# ヒートポンプは大気熱(再生可能エネ)を利用

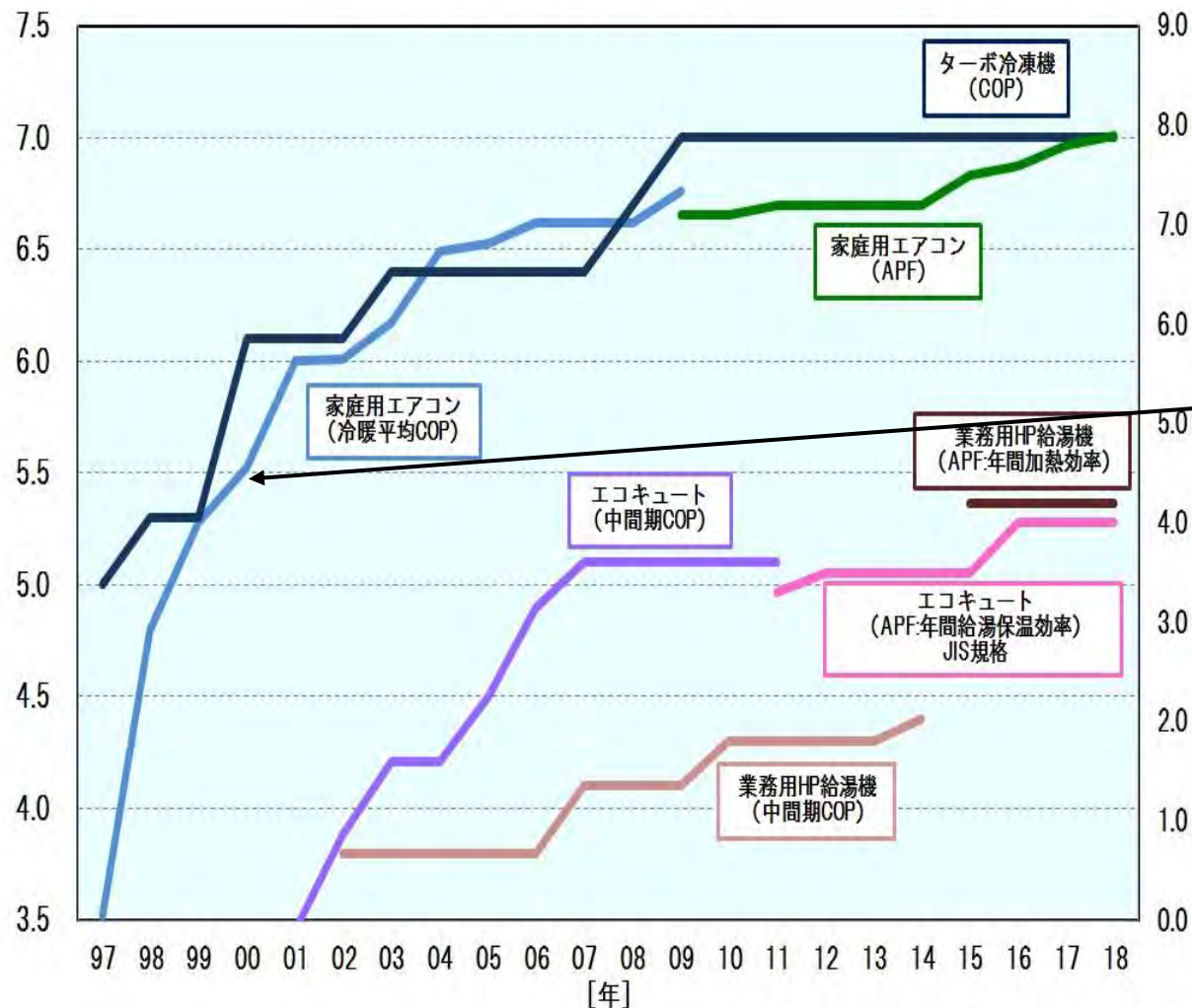
## HP給湯機(エコキュート)における例



# エアコンなどのヒートポンプの効率向上の推移

COP (coefficient of performance)

APF (annual performance factor)

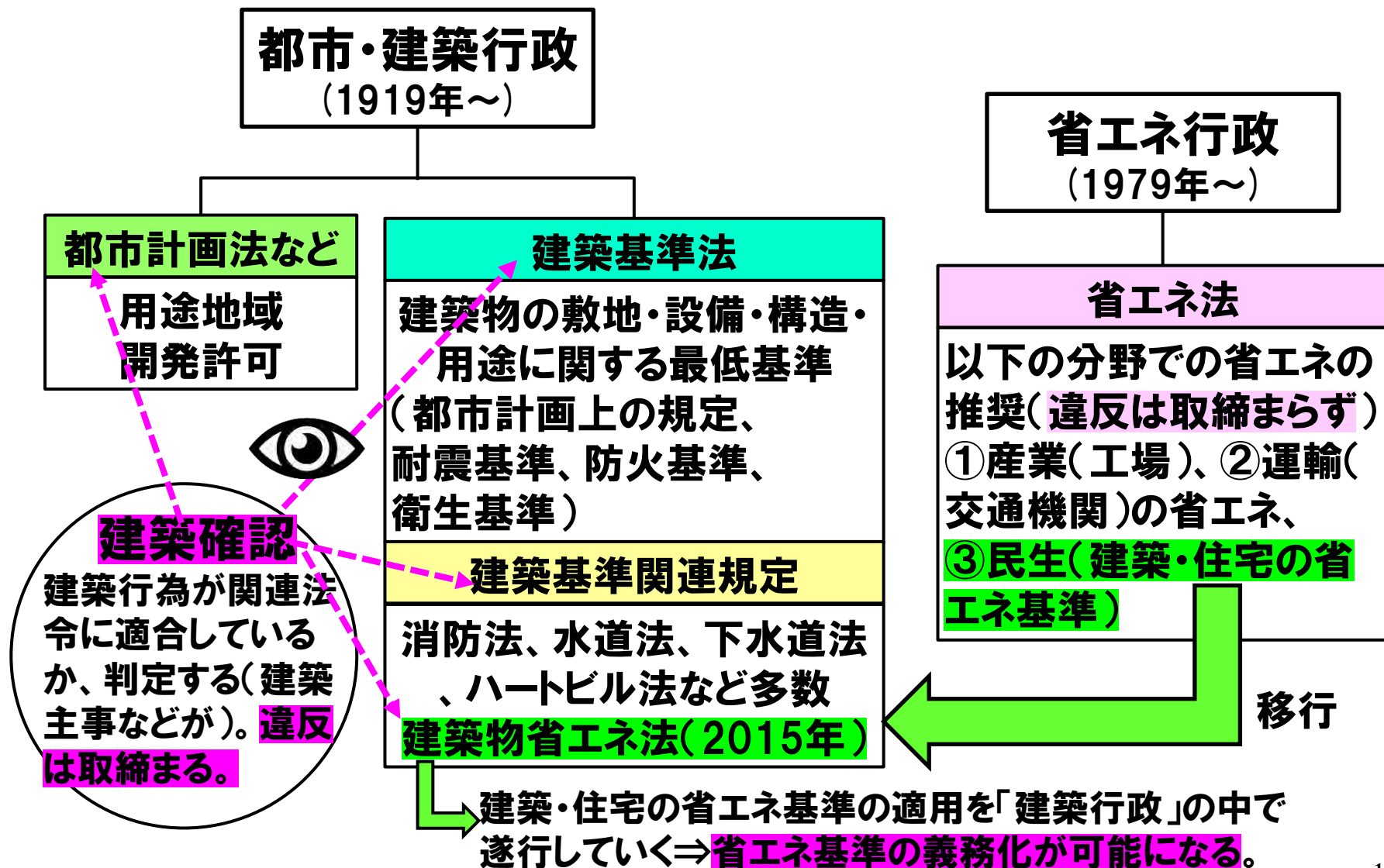


APFとは1年間の外気温の変動も勘案して算定したCOP(実際の建物で使用されたときのCOPに近い)

家庭用エアコンのエネルギー効率 (COP) は1990年代に著しく向上した。以下はその理由。

- ①インバータの搭載
- ②コンプレッサの圧縮方式の改良
- ③熱交換コイルの熱伝達の改良(表面積の拡大など)

# 建築物省エネ法によって省エネ基準は義務化へ





# 省エネ基準の適合に関わる規制強化

## (建築物省エネ法の2019年の改正と2021年度からの施行)

建物の規模	建築(非住宅)	住宅
大規模 (2000㎡以上)	適合義務 (2017年度から施行済み)	・ 現行の「届出」に加えて、所管行政庁の指示・命令を強化。 ・ 民間審査機関の評価の場合には、適合審査手続を簡素化。
中規模 (300～2000㎡)	適合義務 (2021年度から施行)	
小規模 (300㎡未満)	・ 確認申請での規制はない(現在と同じ)。 ・ 建築主に適合責務。 ・ 建築士に適合/不適合の説明(対建築主)義務づける。 ⇒具体的にどんな方法で実施されるのか、注視すべし。 ・ 大手の注文戸建住宅事業者に現行のトップランナー制度※を適用する。	

※住宅事業建築主の判断基準:150戸/年以上を供給する建売販売業者は、供給する住宅の平均値で省エネ基準(外皮&1次エネ)を満たさなければならない。

# 省エネ基準の適合に関する新たな説明制度とは？

- ◆ 新制度は国交省の主導の下につくられることになるが、まだ全貌が見えない。省エネ基準の適合／非適合を簡単に表示するアプリなどがつくられるらしい。
- ◆ 建築士会、事務所協会連合会、JBN、全建連などの民間の団体が新制度の運用を担うことになるのかもしれない？
- ◆ この制度がうまく機能すれば、実質的な義務化になるかもしれない。
- ◆ だが、所詮、  
**省エネ基準＝最低の断熱基準**  
現実には、より**高レベルの断熱化**が進行している。



# 省エネ基準の趣旨＝「外皮＋設備」の省エネ対策

②外皮の省エネ対策  
(断熱・日射遮蔽)

設備の省エネ対策  
(高効率設備、適正使用)

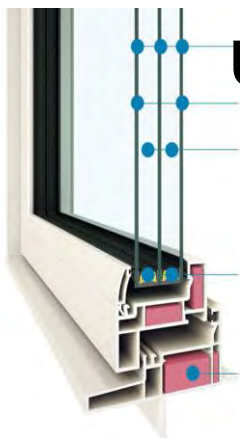
総合的な省  
エネ性能

自然エネルギー

生活／使い方

①1次エネルギー消費量の計算

1次エネ＝電気も含めて、必要な化石燃料のエネルギー。  
原子力発電も火力発電とみなす。  
CO<sub>2</sub>排出とは換算方法が異なる。



Panasonic  
ideas for life



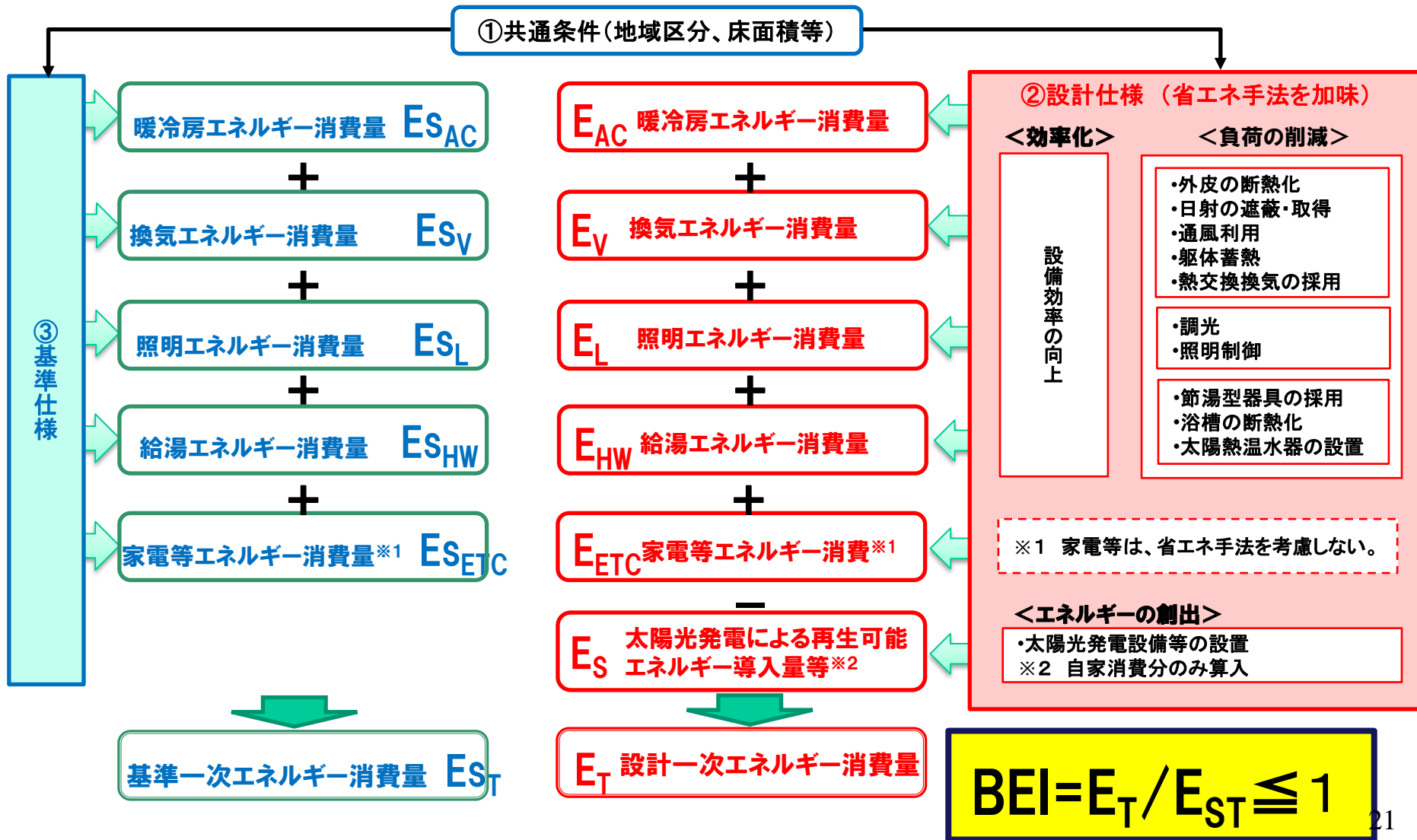
ECO  
NAVI



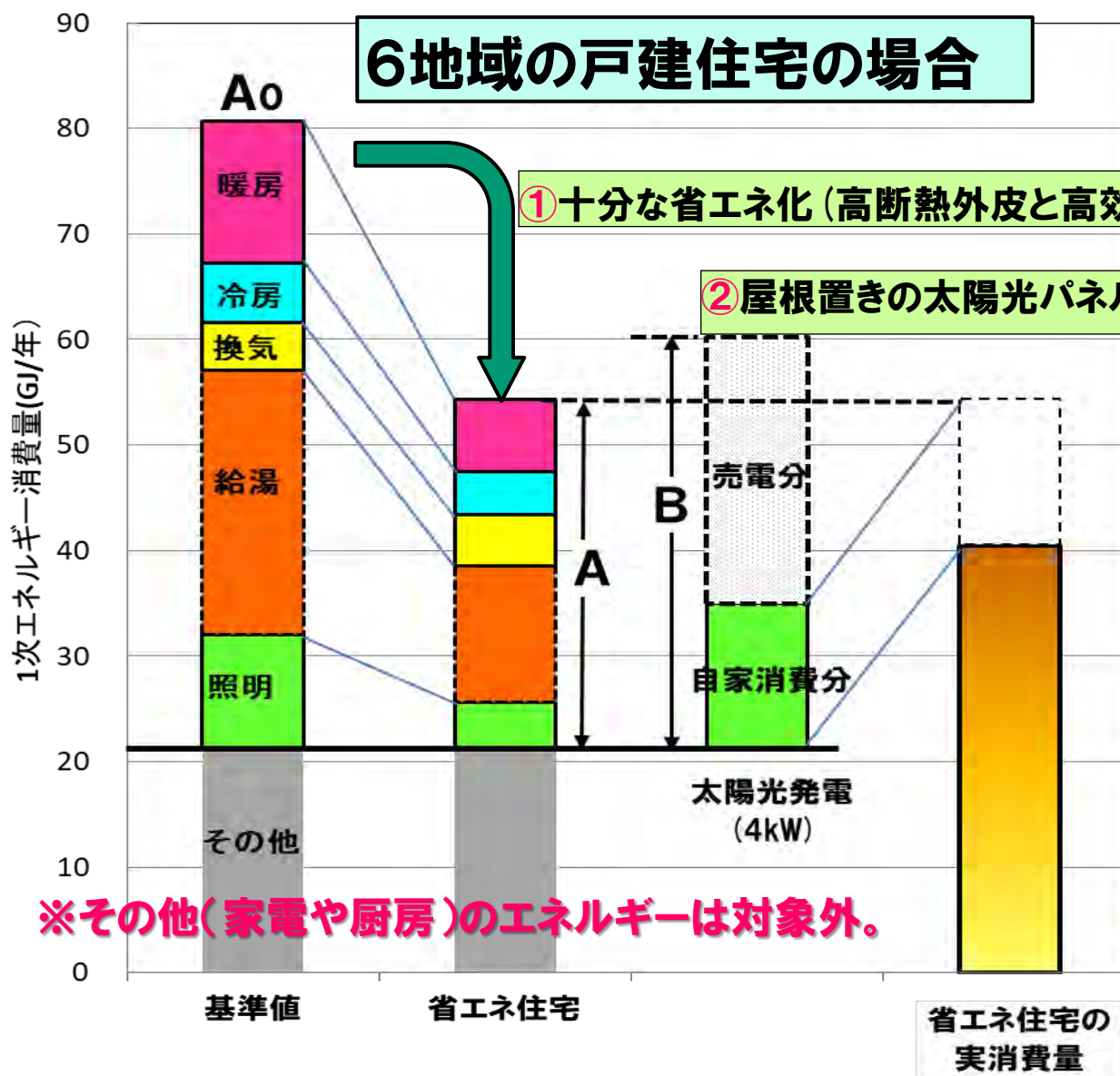


# 1次エネルギー消費量の計算とBEI評価(住宅)

実際のエネ消費量計算は建研のwebsiteで行う(ZEHの評価にも活用)



# ZEH※は1次エネルギー計算によって定義



※ZEH=ネット・ゼロ・エネルギー住宅

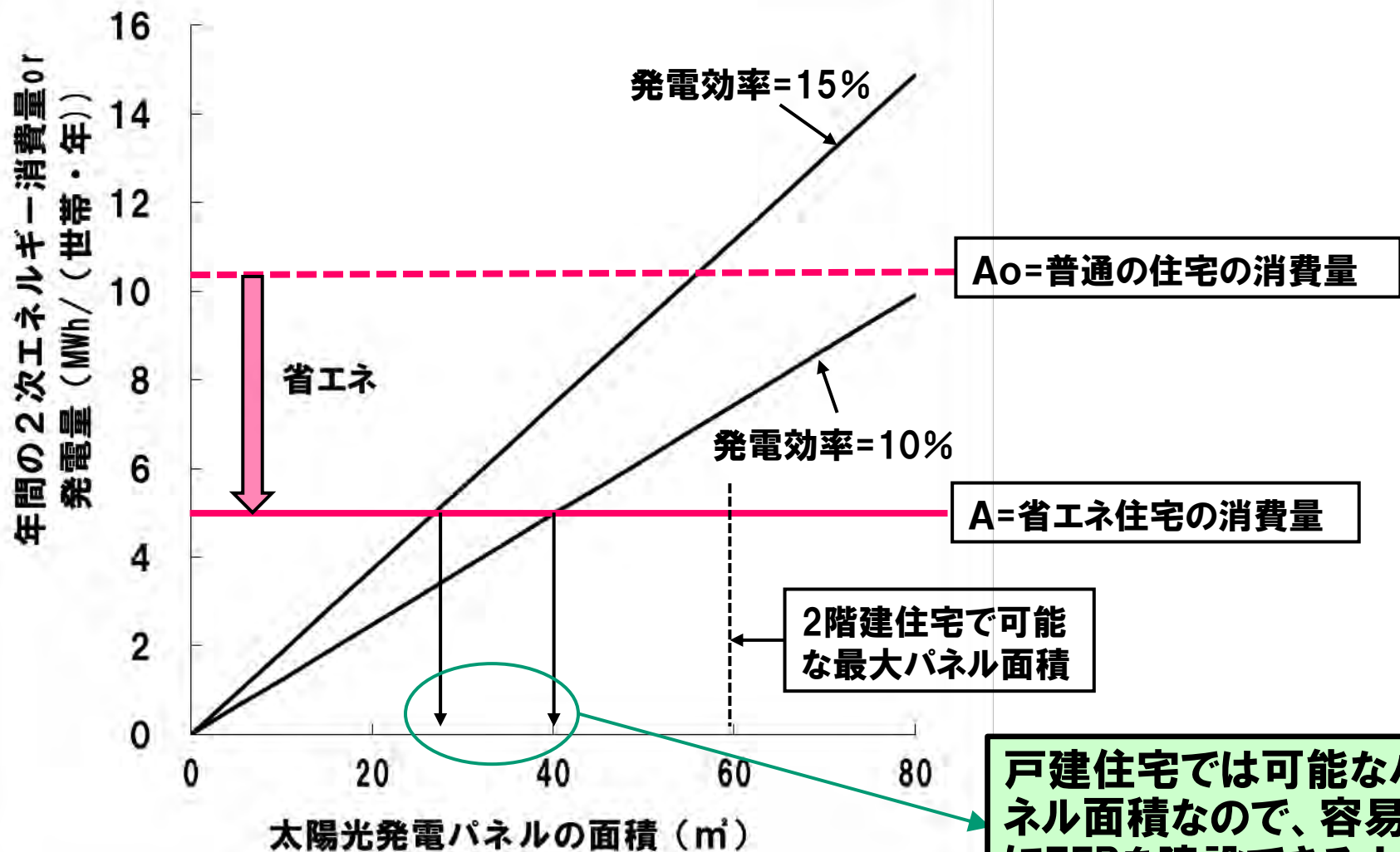
●  $A \leq B$  なら ZEH  
●  $0.75 \times A \leq B$  でも Nearly ZEH



戸建住宅なら、屋根面積の比率が高いため、ZEHは容易。

# エネルギー消費量と発電量の関係(東京の戸建住宅)

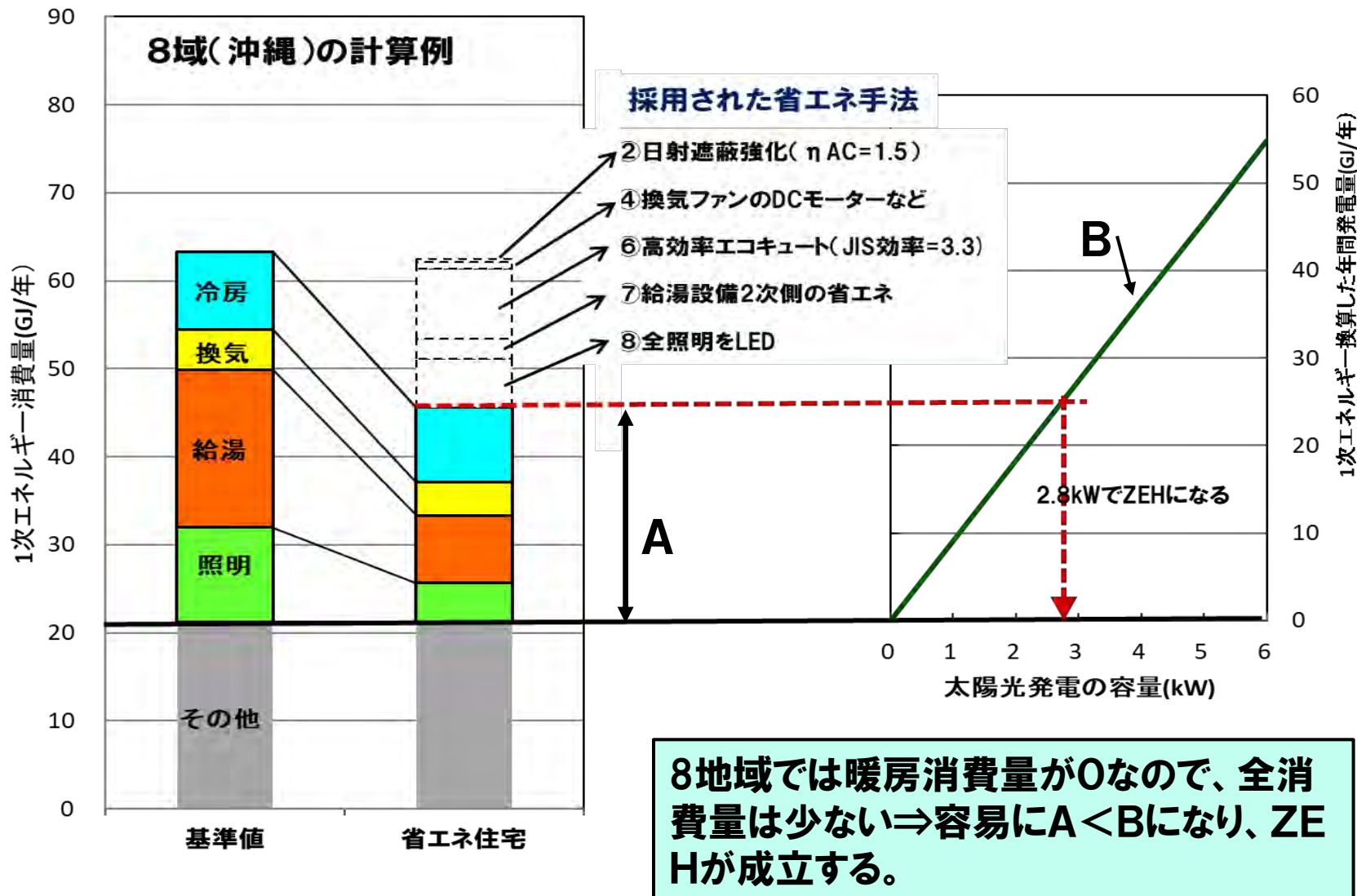
※その他消費を除く住宅設備の消費のみ



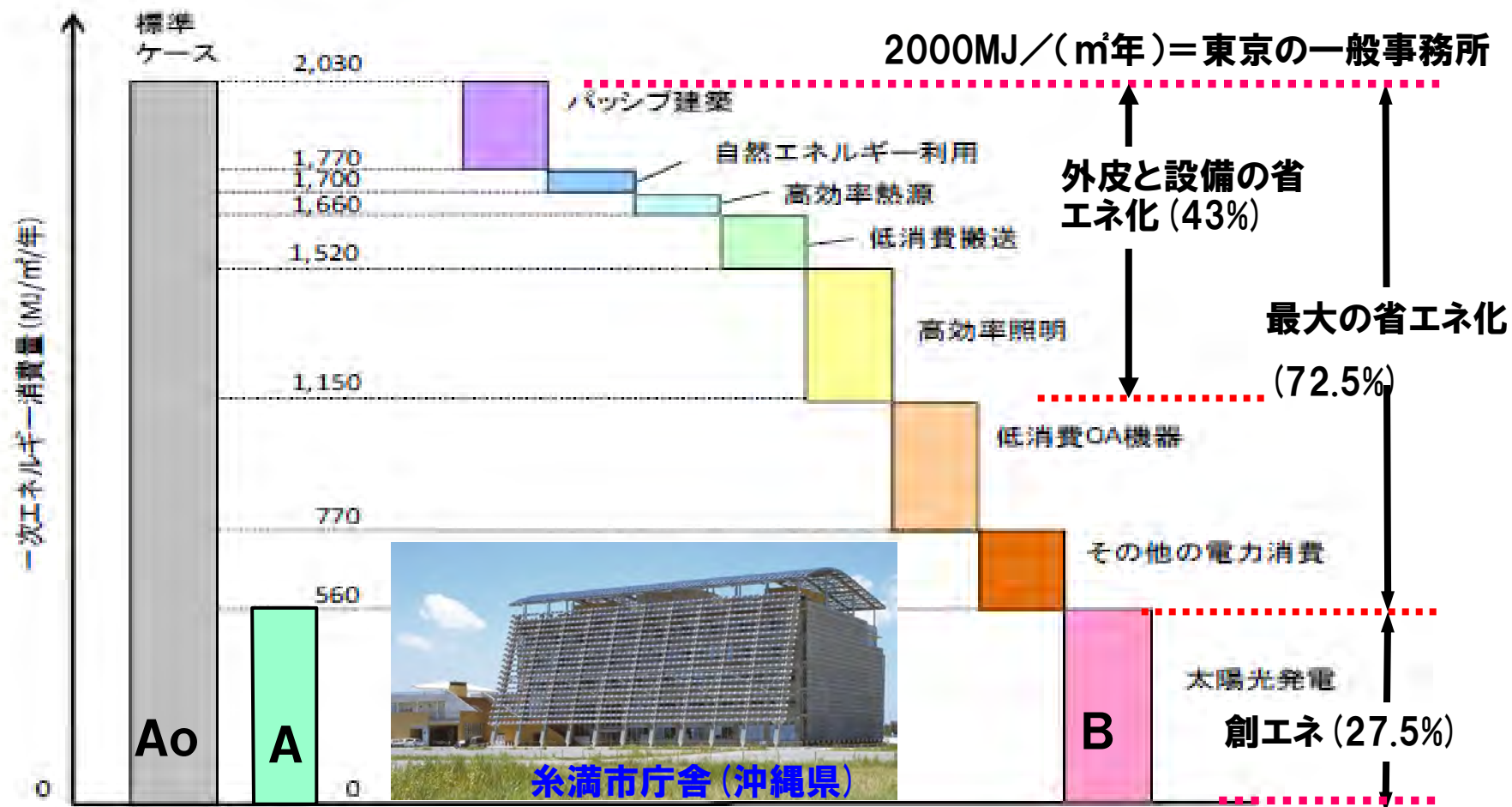
戸建住宅では可能なパネル面積なので、容易にZEBを建設できる！



# 8地域(沖縄県)ではZEHが容易



# ZEB(ゼロエネビル)は低層でも難しいか？

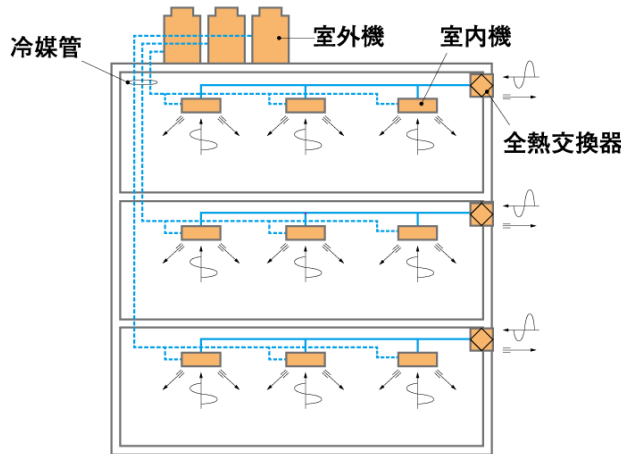


「ZEBの実現と展開に関する研究会」報告書より

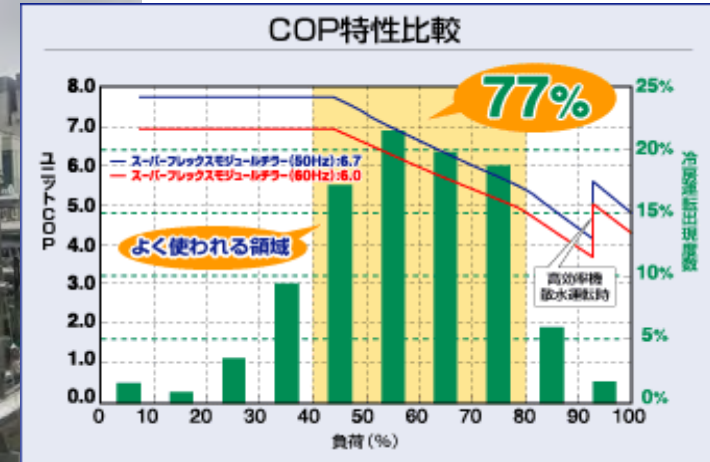
**A ≤ Bにするためには、最大の省エネ化が必要になる。**

# 事務所建築の省エネは空調と照明がカギ

## 個別分散空調(ビルマル)



## 熱源台数制御(モジュールチラー)



## LEDなどの省エネ光源」



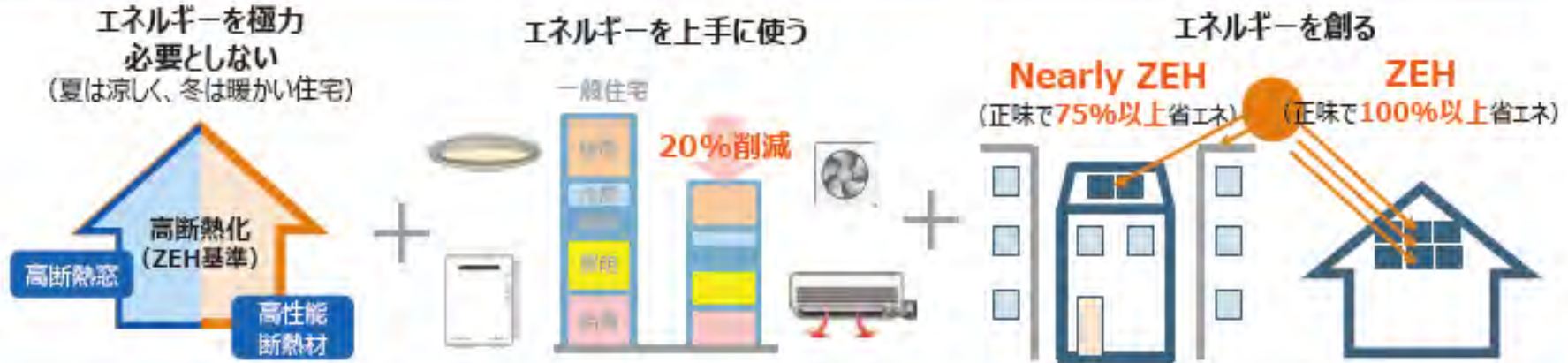
## 人感センサーなどの制御





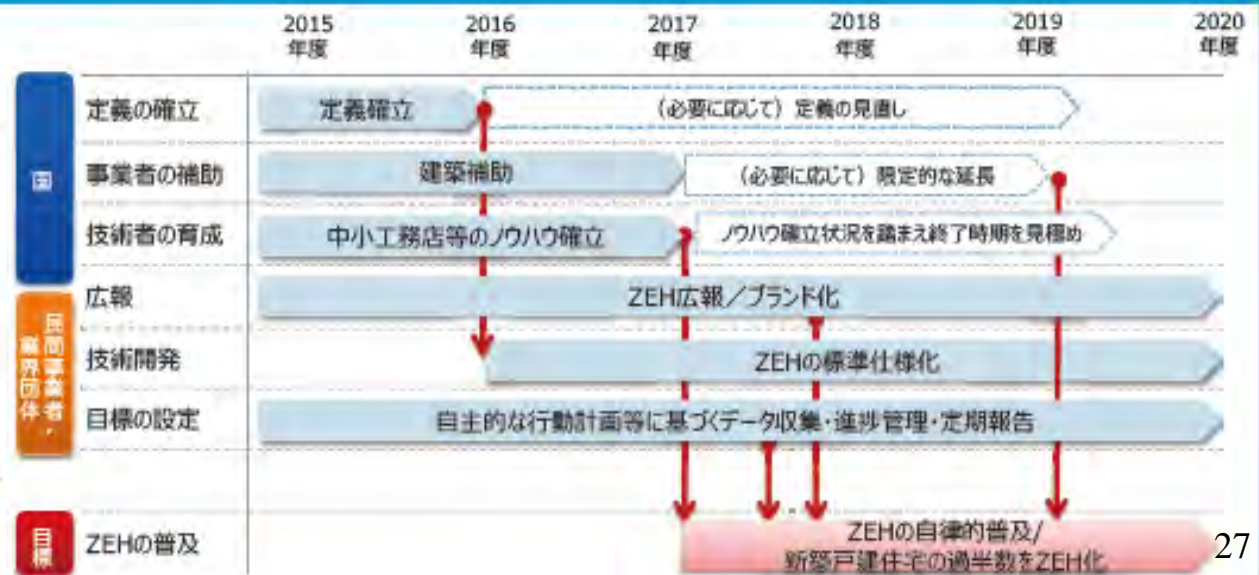
# 政府によるZEHの推進(ロードマップ)

- 2020年までに標準的な新築住宅で、2030年までに<sup>ゼロ</sup>新築住宅の平均でZEH（ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）の実現を目指す。（エネルギー基本計画）（出典：経産省2017.11）



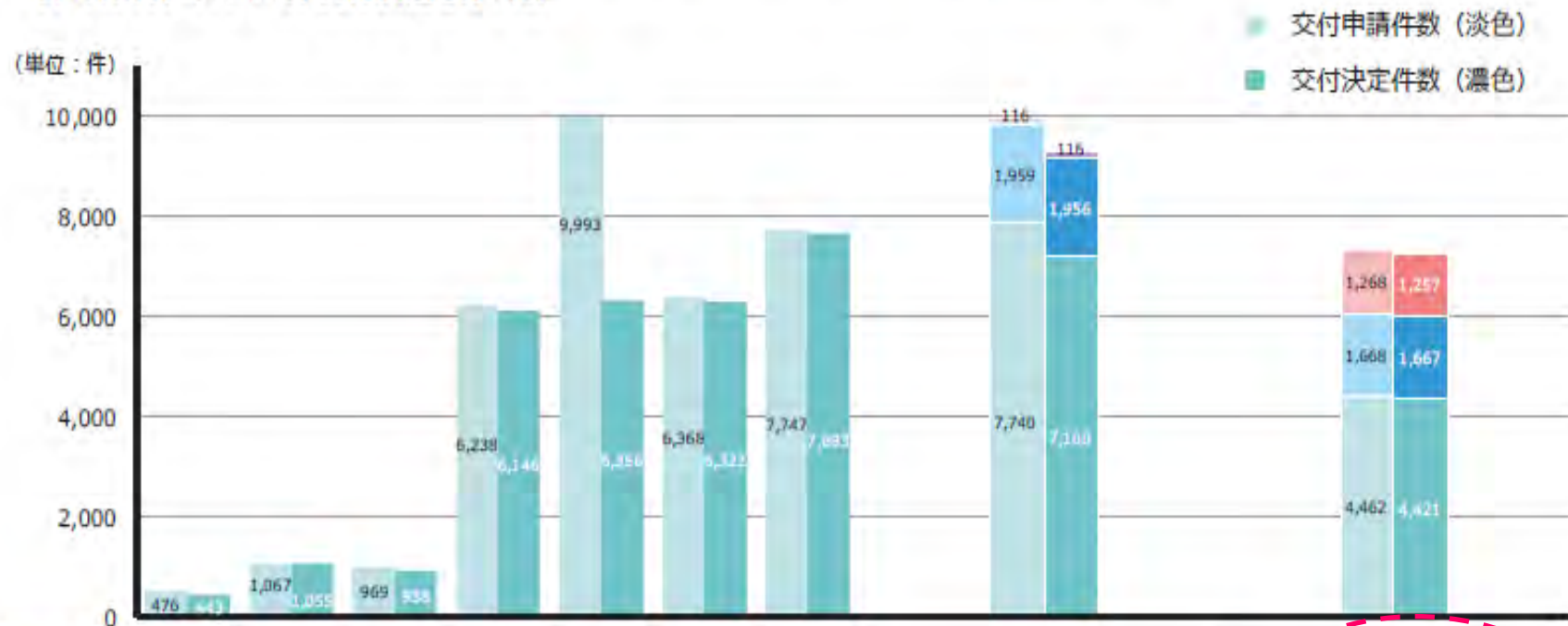
## ZEHロードマップ

- 2020年までに新築注文戸建住宅の過半数でのZEHの実現を目標
- 国の補助事業を通じて、民間事業者における自主的な取組みを後押しする仕組みを2016年度より導入 (ZEHビルダー登録制度)
- 補助対象の住宅に係る住まれ方や光熱費等のデータを収集・分析し、その結果を広く公開



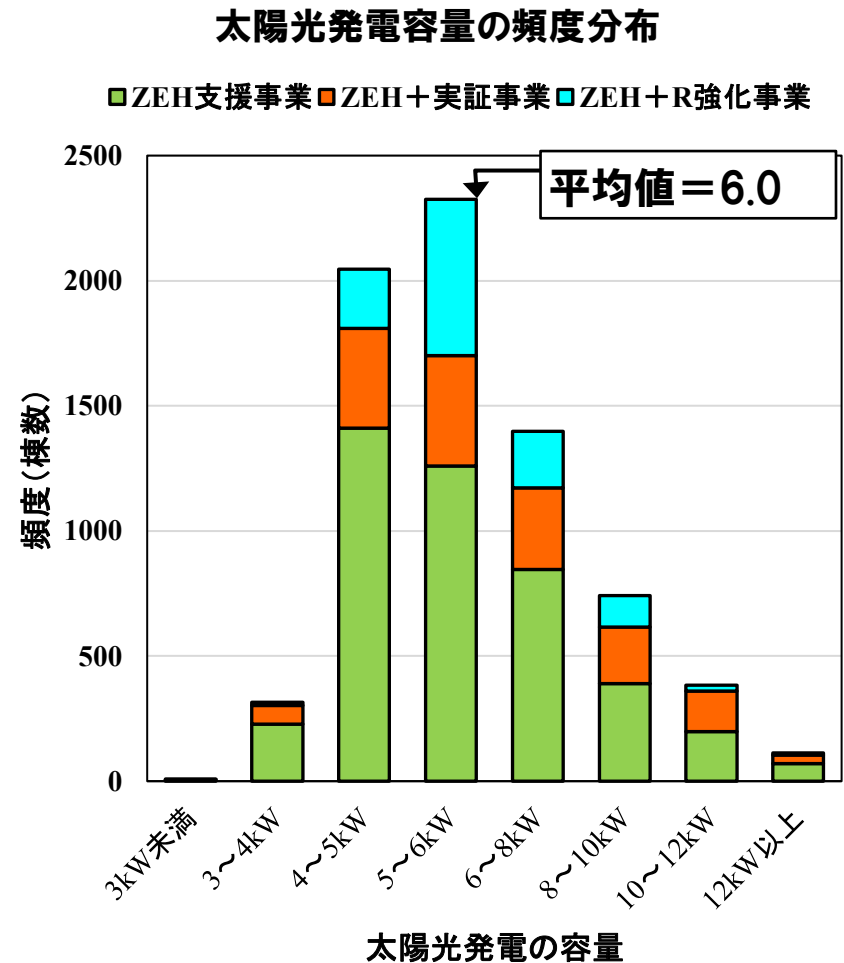
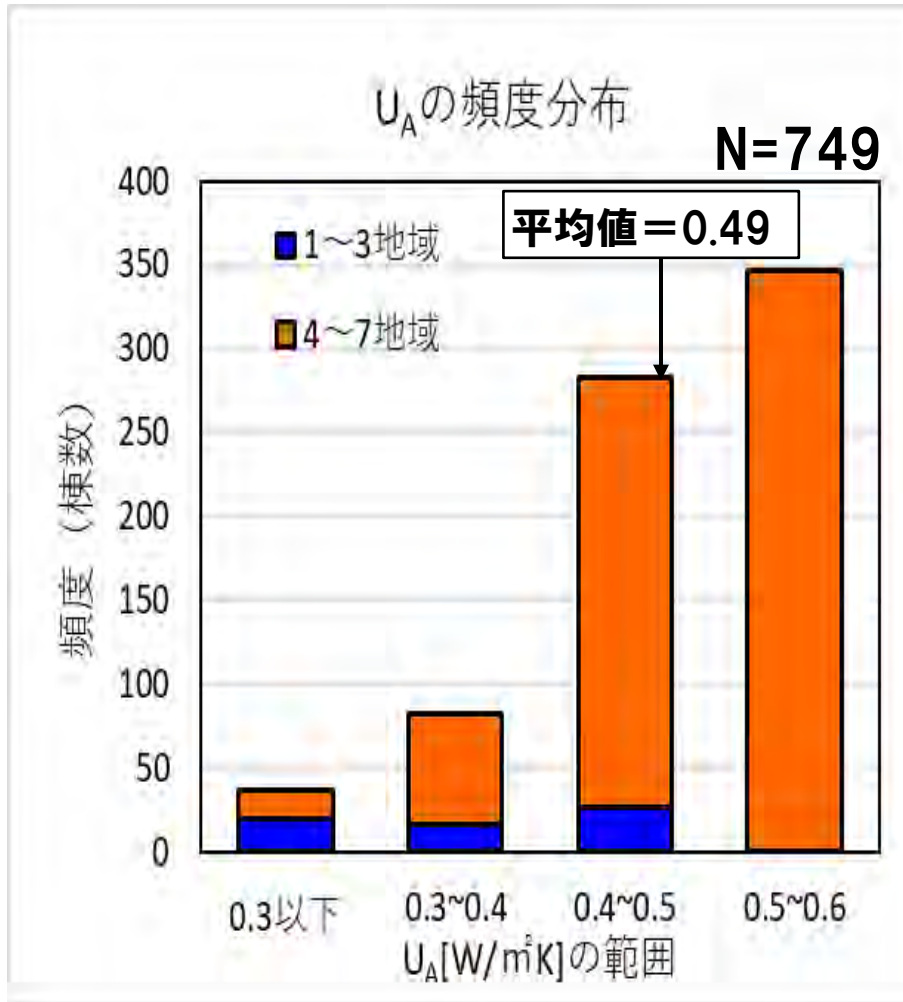
# ZEH補助金(行政での支援)の推移

➤ H31年度は、ZEH支援事業:4,421戸、ZEH+実証事業:1,667戸、ZEH+R強化事業:1,257戸  
計:7,345戸について、交付決定を行った。(出典:経産省2019)



年度	H24	H25	H26	H26補正	H28	H28補正	H29	H30			H31		
交付申請件数	476	1,067	969	6,238	9,993	6,368	7,747	ZEH支援事業	7,740	9,815	ZEH支援事業	4,462	7,398
								ZEH+実証事業	1,959		ZEH+実証事業	1,668	
								戸建分譲ZEH実証事業	116		ZEH+R強化事業	1,268	
交付決定件数	443	1,055	938	6,146	6,356	6,322	7,693	ZEH支援事業	7,100	9,172	ZEH支援事業	4,421	7,345
								ZEH+実証事業	1,956		ZEH+実証事業	1,667	
								戸建分譲ZEH実証事業	116		ZEH+R強化事業	1,257	

# ZEH補助金交付住宅の断熱性能とPV容量





# ZEH-M(集合住宅のZEH)と「ZEH+α」の助成

(出典:経産省2018.11)

## 『ZEH-M』

(住棟全体で正味100%以上省エネ)

または

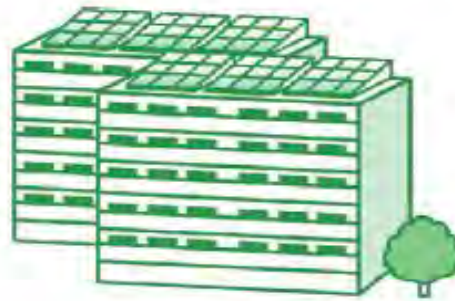
## Nearly ZE-H-M

(住棟全体で正味75%以上省エネ)



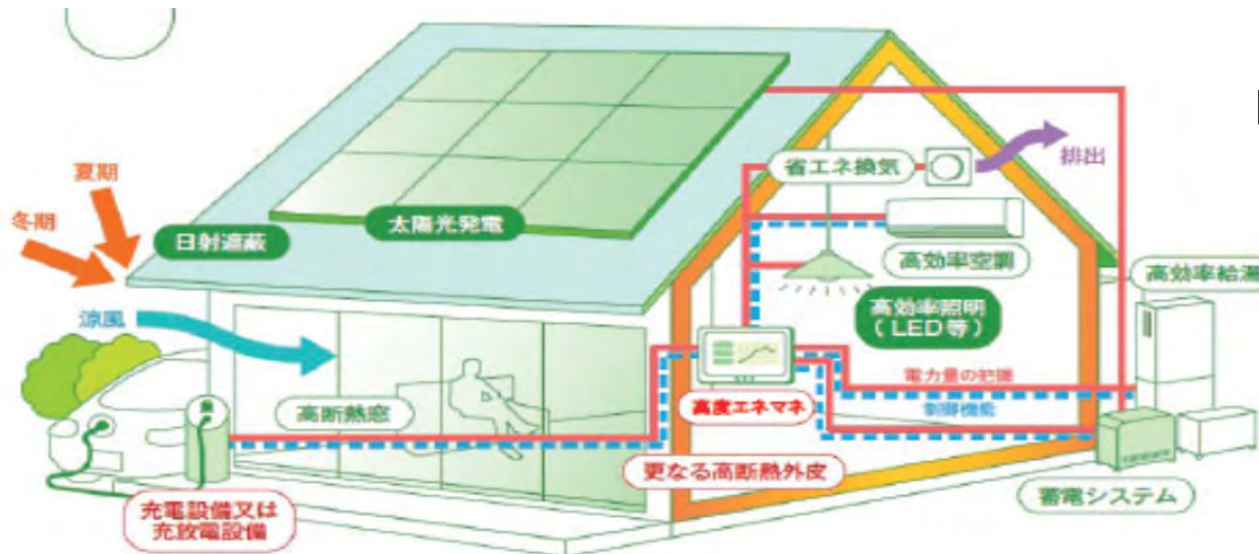
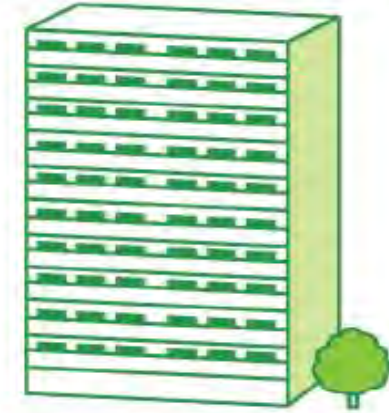
## ZEH-M Ready

(住棟全体で正味50%以上省エネ)



## ZEH-M Oriented

(住棟全体で正味20%以上省エネ)



「ZEH+α」のαは？

- ・充電設備
- ・高断熱外皮
- ・高度エネマネ

# ハウス・オブ・ザ・イヤー・イン・エナジー(以下「H/Y」) (ZEHの民間表彰)

- ・ 2007年に、(一財)地域開発センターが電事連の支援を受けて創設した省エネ住宅(シリーズもの)を表彰する民間の取り組み。
- ・ **省エネ基準の計算方法(web・プロ)**を用いて省エネ性能(断熱性と1次エネ消費量)を評価する。つまり、ゼロエネ住宅(ZEH)が評価される仕組みになっている。  
評価点(100点) = 断熱性30点 + 1次エネ消費量30点  
+ その他の手法と普及性(販売戸数)40点
- ・ ZEHの促進に一役買っている。



# H/Y2019年度までの応募と表彰

回数	年度	応募 シリーズ数	大賞 数	特別 (優秀)賞	優秀賞	大賞受賞企業	特記事項
12	2019	264	4	82	157	リベスト、コージーホーム、 アイディール、Isdesign建築設計	
11	2018	227	3	68	144	泉北ホーム、住まいのウチイケ、 鈴木環境建設	採点基準の小変更
10	2017	215	4	63	137	ヤマト住建、セイダイ、 島野工務店、Isdesign建築設計	応募案件の質が向上した ので上位の賞の数を増加
9	2016	214	3	36	138	エルクホームズ、健康住宅、 北信商建	応募が増加したので、大賞 も3つに増やす
8	2015	128	2	29	87	一条工務店、アイ・ホーム	
7	2014	102	2	24	68	アエラホーム、ヤマト住建	
6	2013	57	1	18	30	松下孝建設	
5	2012	54	1	11	28	一条工務店	H/Y in energyに改称
	2011	東日本大震災のため中止					
4	2010	53	2	23	23	新昭和、松美造園建設工業	リフォーム部門と低層賃貸部 門も設ける
3	2009	43	2	9	27	日野建ホーム、フィアスホーム	
2	2008	28	2	8	12	パナホーム、サンワホーム	
1	2007	19	2	4	8	一条工務店、スウェーデンハウス	H/Y in electricとしてス タート



# 地方ビルダーがH／Yの大賞を多く受賞している (理由:木造は高断熱化への対応が素早くできた)



松下孝建設(鹿児島)2013年度



ヤマト住建(神戸)2014年度



北信商建(長野)2016年度



エルクホームズ(山口)2016年度



島野工務店(栃木)2017年度



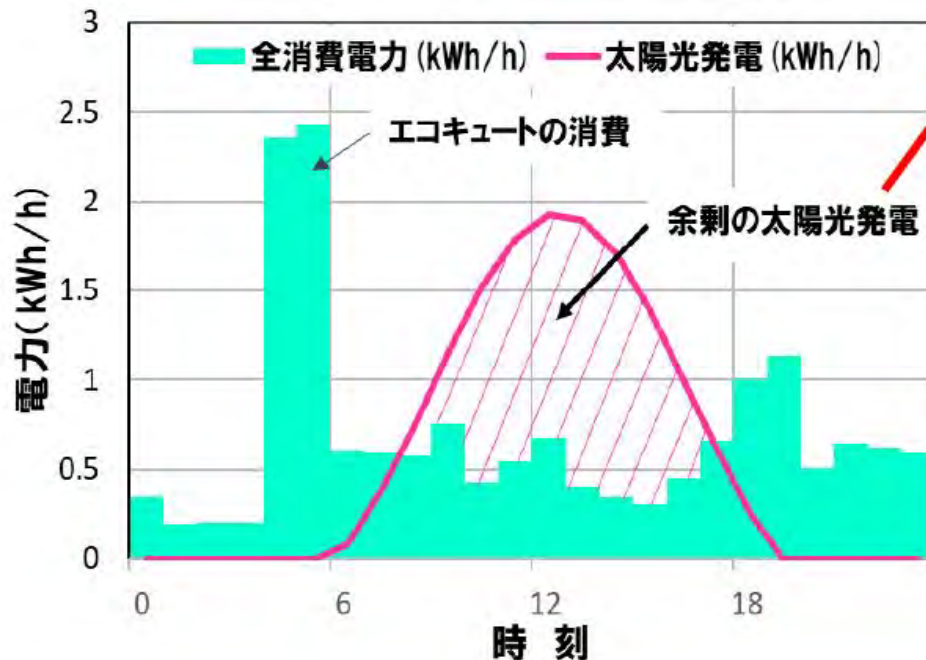
住まいのウチイケ(北海道)  
2018年度



# ZEHの課題は蓄エネによる自家消費率の向上

- ・ 現在は余剰太陽光発電を売電。売電の年間比率は50～70%、自家消費率は30～50%と低い。
- ・ 太陽光発電量の自家消費を高めることが課題

余剰の太陽光電力の計算例(3地域、8月の晴天日)



① 電力会社に売る (売電)、  
(現在のZEH)

FITが終了すると、安い価格で売ることになる。これからは②と③を目指す!

② 自宅で蓄エネし、夜に使ったり(給湯)、EVに使用する。  
(これからのZEH+)

③ 配電網の中で蓄電し、必要  
なときに使用する。  
(将来のスマートグリッド)



蓄電池

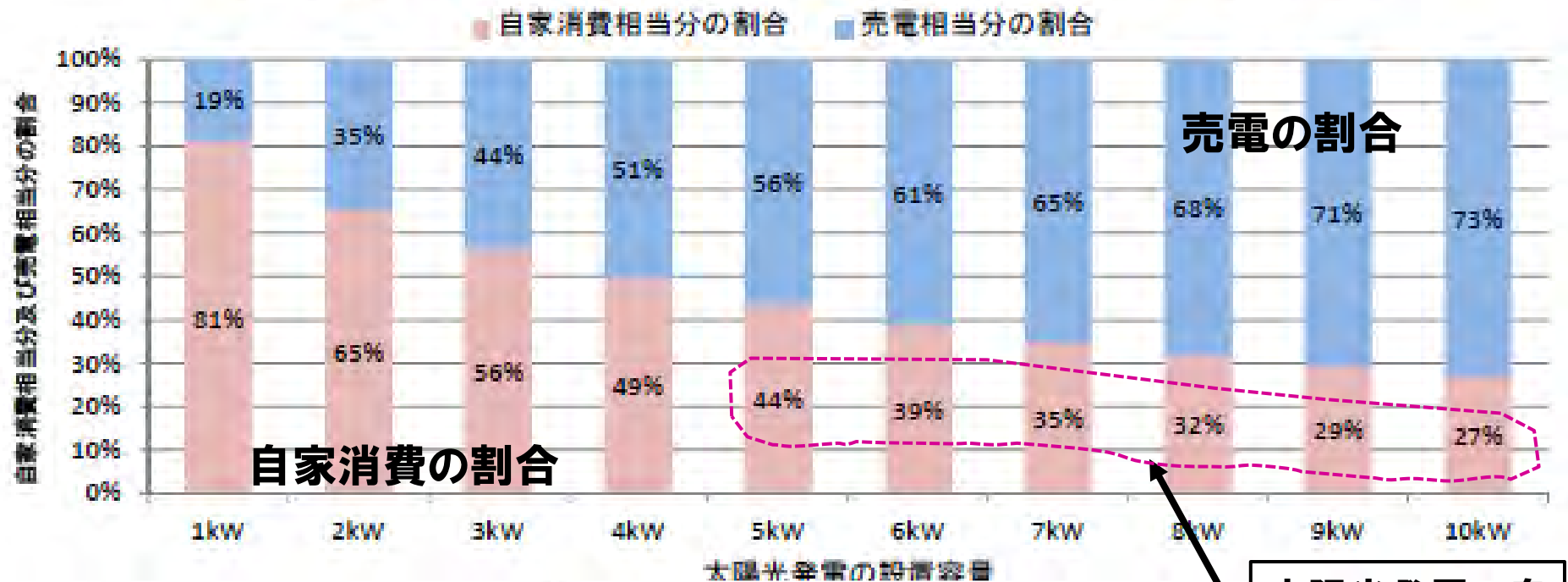


エコキュート



電気自動車

# 省エネ基準での太陽光発電の自家消費と売電



## <試算条件>

地域: 6地域 (旧 IVb 地域)  
 設置方位: 南  
 傾斜角: 30度  
 建て方: 戸建住宅  
 延床面積 120㎡  
 空調方式: 部分間欠空調  
 (暖冷房: エアコン)  
 給湯、換気、照明: 標準設備

設備・家電によって消費される  
1次エネルギー消費量

太陽光発電の自家消費率はかなり低い

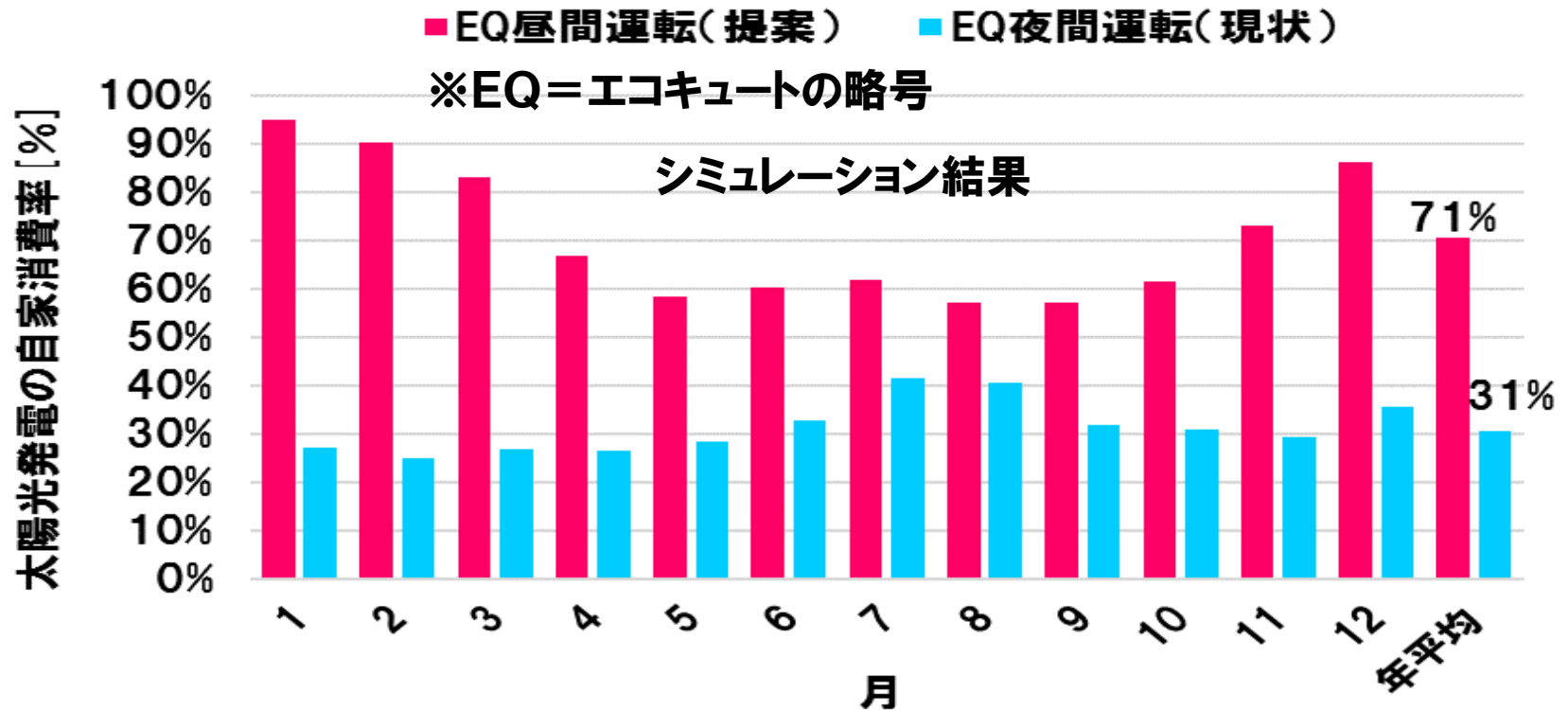
太陽光発電によるエネルギー  
 自家消費分 売電分

設計1次エネルギー消費量

削減分

建築設備としての  
PVを評価する

# エコキュートの昼間運転によるPV自家消費率の向上



## EQ昼間運転は太陽光自家消費率の向上に寄与できる

- PV所有の家庭にとっては、PV電力を安く売るより、自家消費を増やした方が経済的である。
- 電力会社にとってもPV用設備の負担が減少する。
- 現在、国交省プロジェクトにおいて、実証実測中。



# 宮古島のVPP (virtual power plant) 事業の紹介



宮古島市  
面積: 204km<sup>2</sup>  
人口: 55,000人

## 島嶼型スマートコミュニティ実証事業

VPP事業の発展によって、エネルギー自給率を**3%⇒49%へ**(太陽光発電では22MW⇒208MWへ)

### <来間島RE100%自活実証>~H28

来間島において、太陽光発電及び地域蓄電池システムを導入し、小規模離島における再エネ100%自活モデルを構築する。

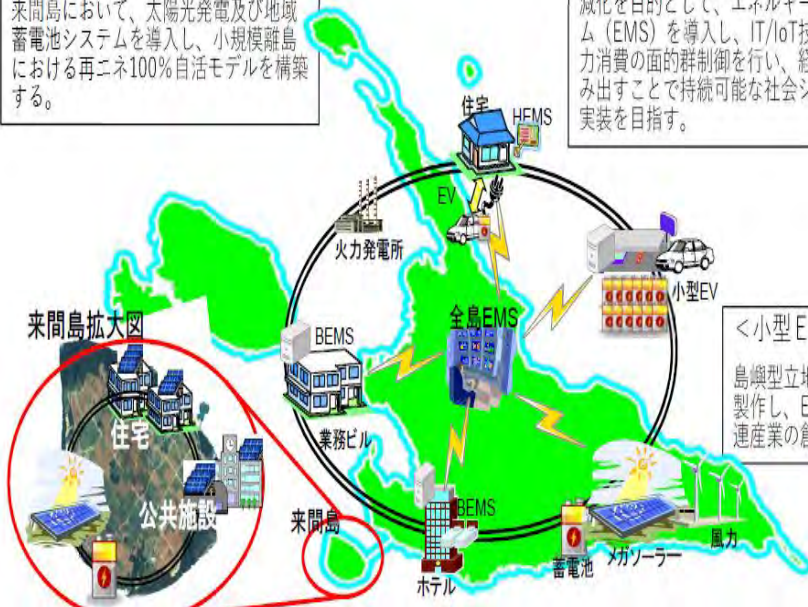
### <宮古島市全島EMS実証>

~H32

再エネの効率的利用やエネルギー供給コスト低減化を目的として、エネルギー需給管理システム(EMS)を導入し、IT/IoT技術を活用して電力消費の面的群制御を行い、経済メリットを生み出すことで持続可能な社会システムとしての実装を目指す。

### <小型EV製作実証>~H26

島嶼型立地に適した小型EVを製作し、EVの技術蓄積及び関連産業の創出に資する。



### 指標③エネルギー自給率

基準年：平成28年度(2016)

2030年目標：

2050年目標：

2.88%

22.05%

48.85%

	2016年	2030年	2050年
省エネ(電力)(%)	-	20.6	24.0
省エネ(燃料)(%)	-	17.5	20.8
EV(万台)	0	1.3	3.0
太陽光(MW)	22	128	208
風力(MW)	4.8	6.9	36.9
CO2排出量(万t-CO2)	33.3	20.1	9.9
CO2削減率(%)	-	37.3%	69.1%
再エネ電力比率(%)	12.0%	55.1%	91.9%
エネルギー自給率(%)	2.88%	22.05%	48.85%



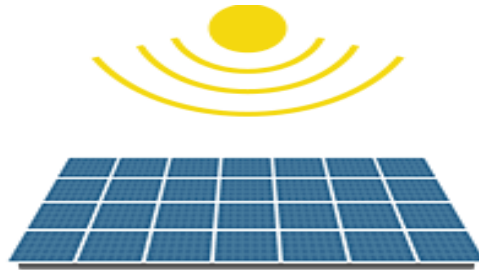
太陽光電気エネルギーを **制御技術** で整える  
エリアアグリゲーション事業



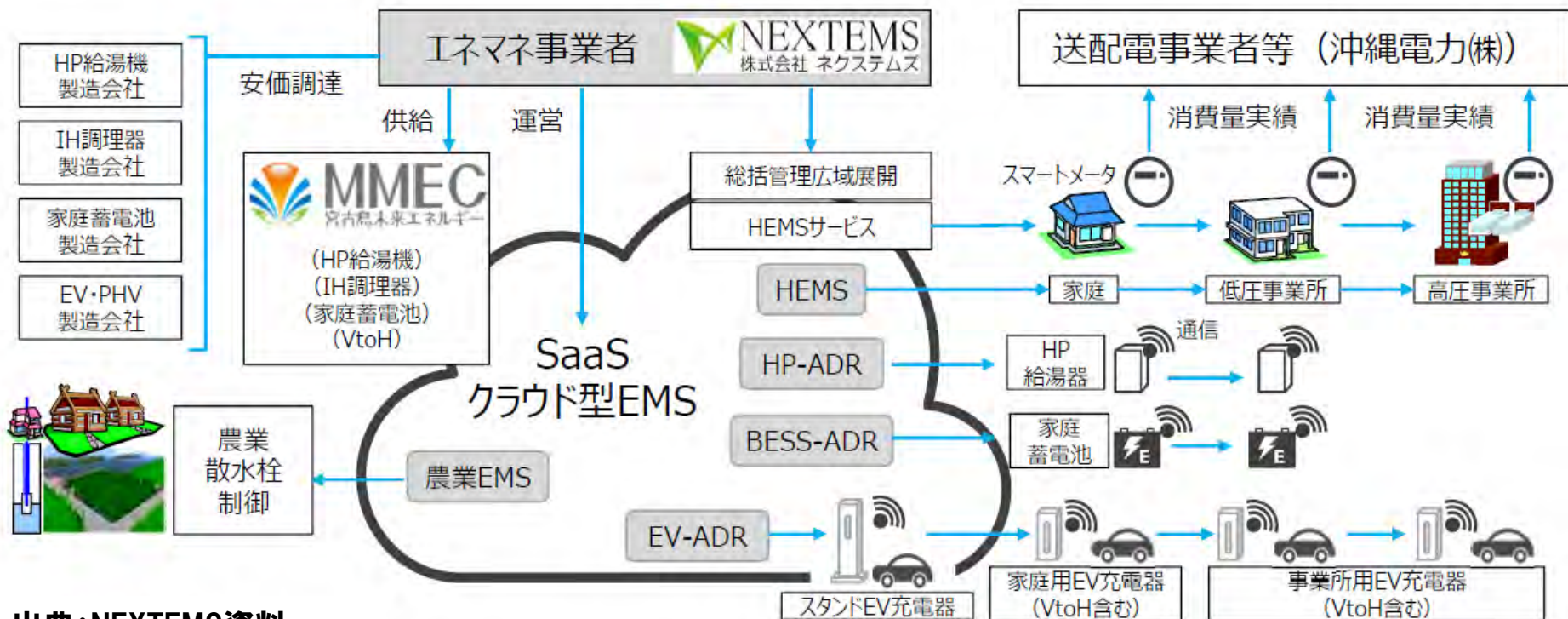
太陽光電気エネルギーを **無料設置** で届ける  
エネルギー供給事業



# 宮古島のVPP事業のしくみ



- 地場産エネルギーのほとんどは太陽光を予定
- PVパネルの主たる設置場所は、島内の住宅・建築。

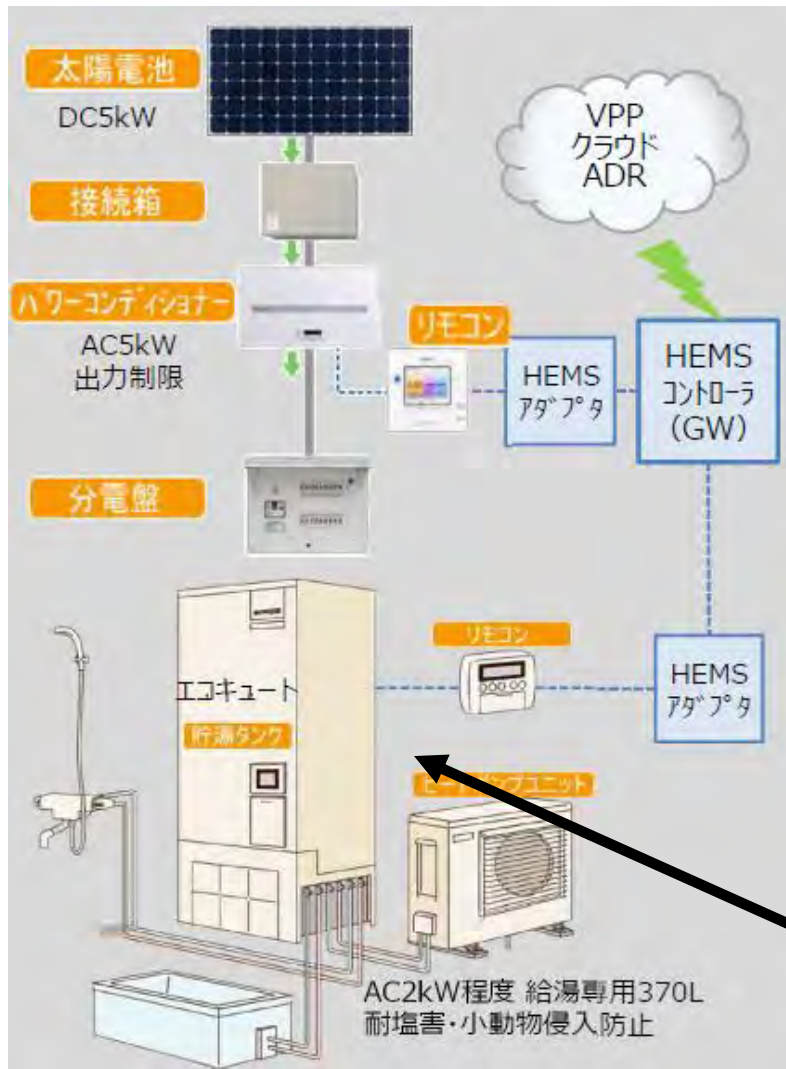


**出典：NEXTEMS資料**

**電力と熱(給湯)を家庭・事業所に供給して収益をあげる。**

# PV発電とEQ/蓄電池によるエコ電力事業の実践

## エネルギー設備機器一式



## 日経新聞(2021/1/22記事)

沖縄電力が、太陽光・蓄電池の無償設置と併せた戸建住宅用の**電力商品(通常より安い電力単価)**を4月から販売する。



エネルギー設備機器の調達と設置はMMECが行い、居住者はその設置場所を提供するだけ。



# エアコンと住宅全館空調

エアコンを利用した住宅全館空調の商品化が盛んになった。



これらは改良の余地がある

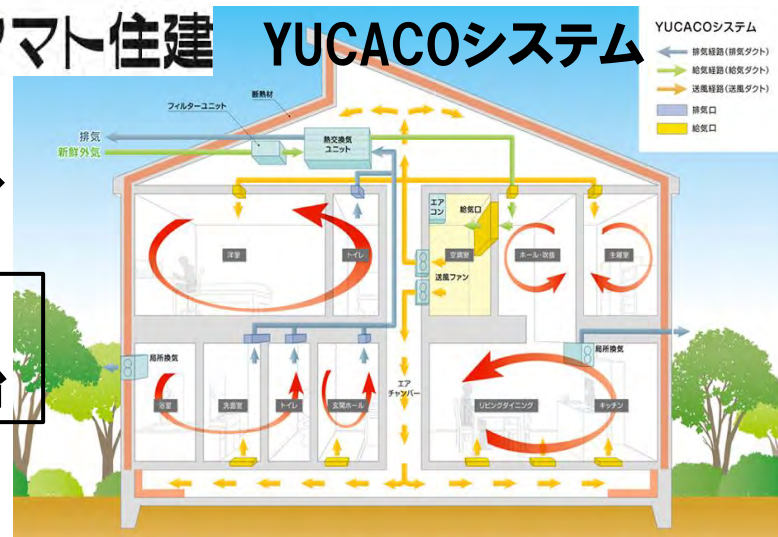


室外機：  
多数⇒1台



ヤマト住建

YUCACOシステム



室内機：  
壁掛1台⇒  
床吹多数

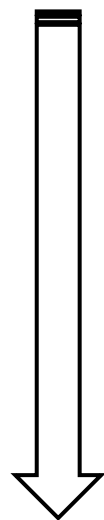


三菱グループのマン  
ション全館空調

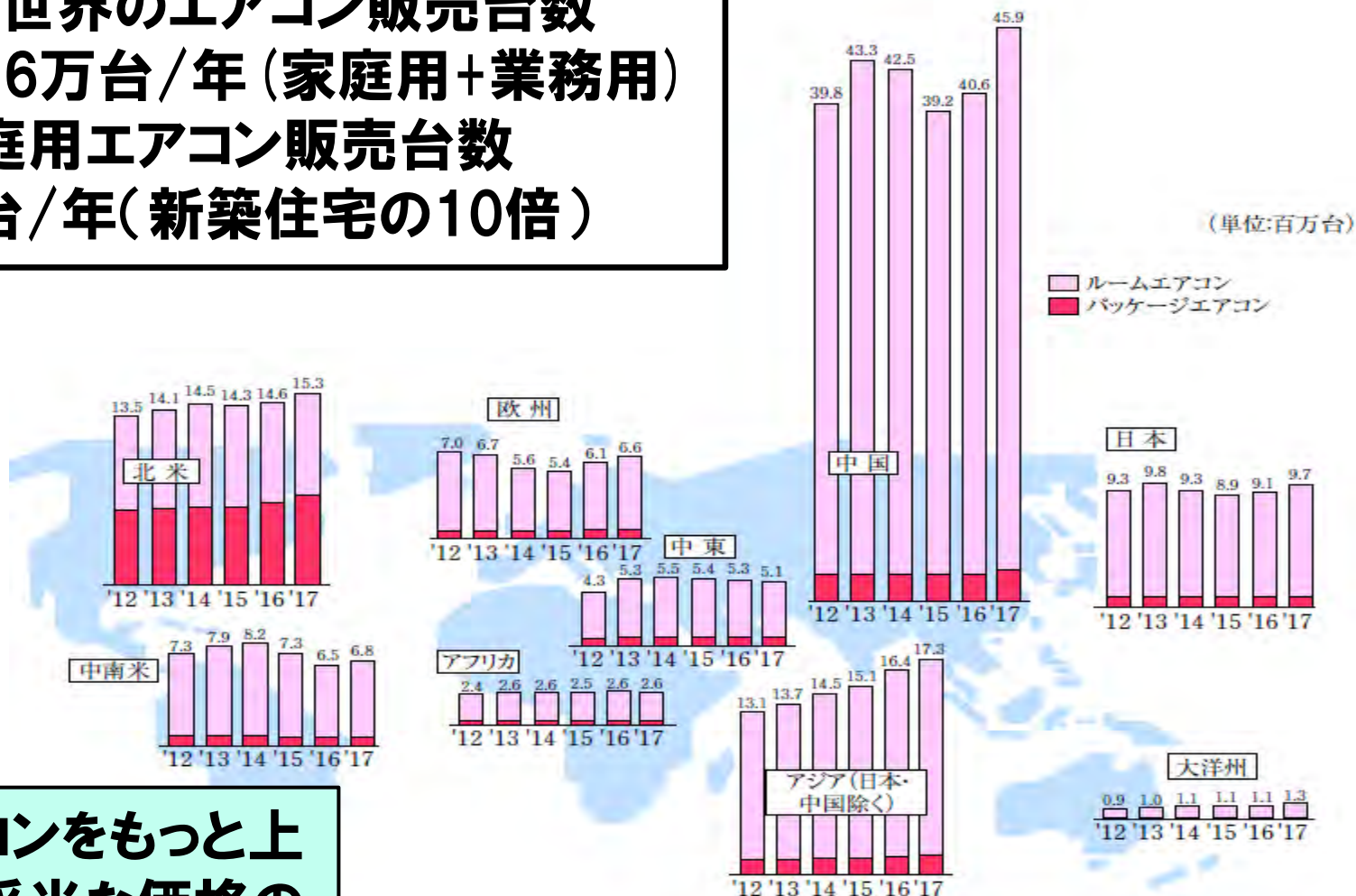


# 世界中がエアコン(冷房+暖房+空気清浄)を求める

- 2017年の世界のエアコン販売台数  
= 1億1056万台/年(家庭用+業務用)
- 日本の家庭用エアコン販売台数  
~800万台/年(新築住宅の10倍)



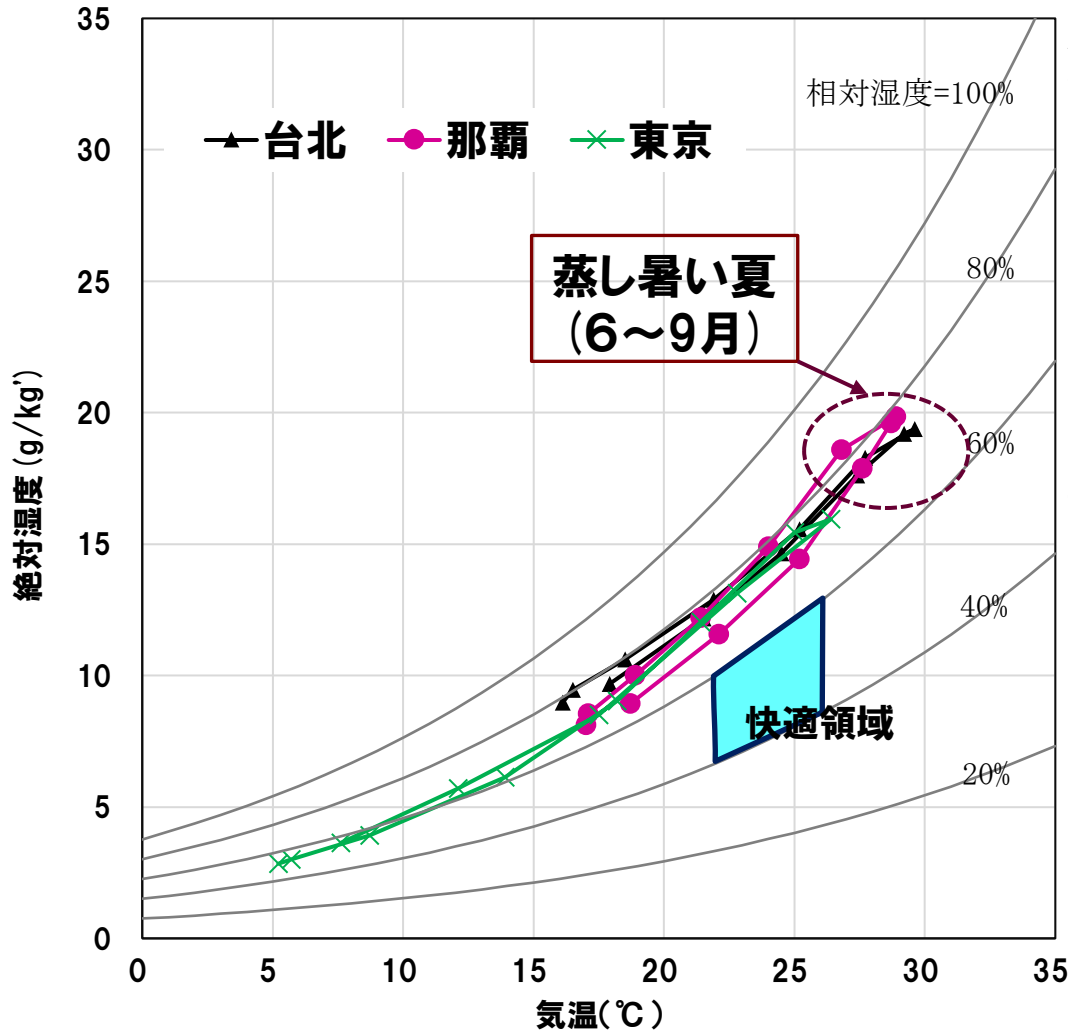
住宅でエアコンをもっと上手に使う⇒妥当な価格の「住宅全館空調の開発」





# 日本の蒸し暑い夏の気候と不快感

湿り空気線図上の気温と湿度の月平均値



## PMV (predicted mean vote) について

温熱感覚に影響を与える6要素から計算できる「暑い・寒い」という感覚の指標である。

※例えば、那覇の7月の月平均の気候

気温=28.9℃

相対湿度=78%

放射=29.6℃(気温と等しいと仮定)

気流=0.1m/s(微風を仮定)

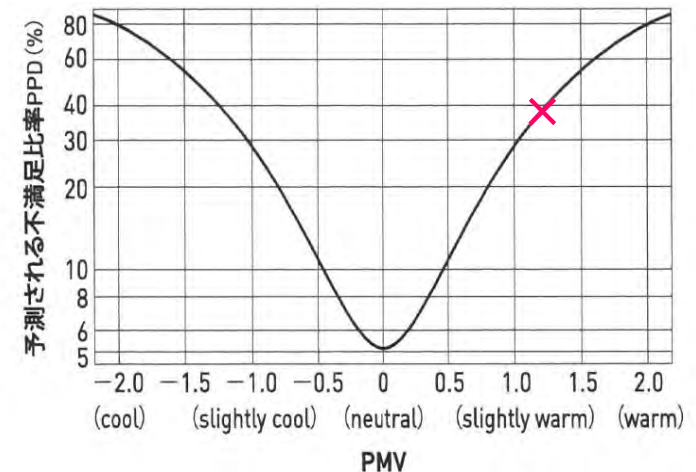
活動量=1met(休息を仮定)

着衣量=0.4clo(ごく軽装を仮定)

の下で計算すると、

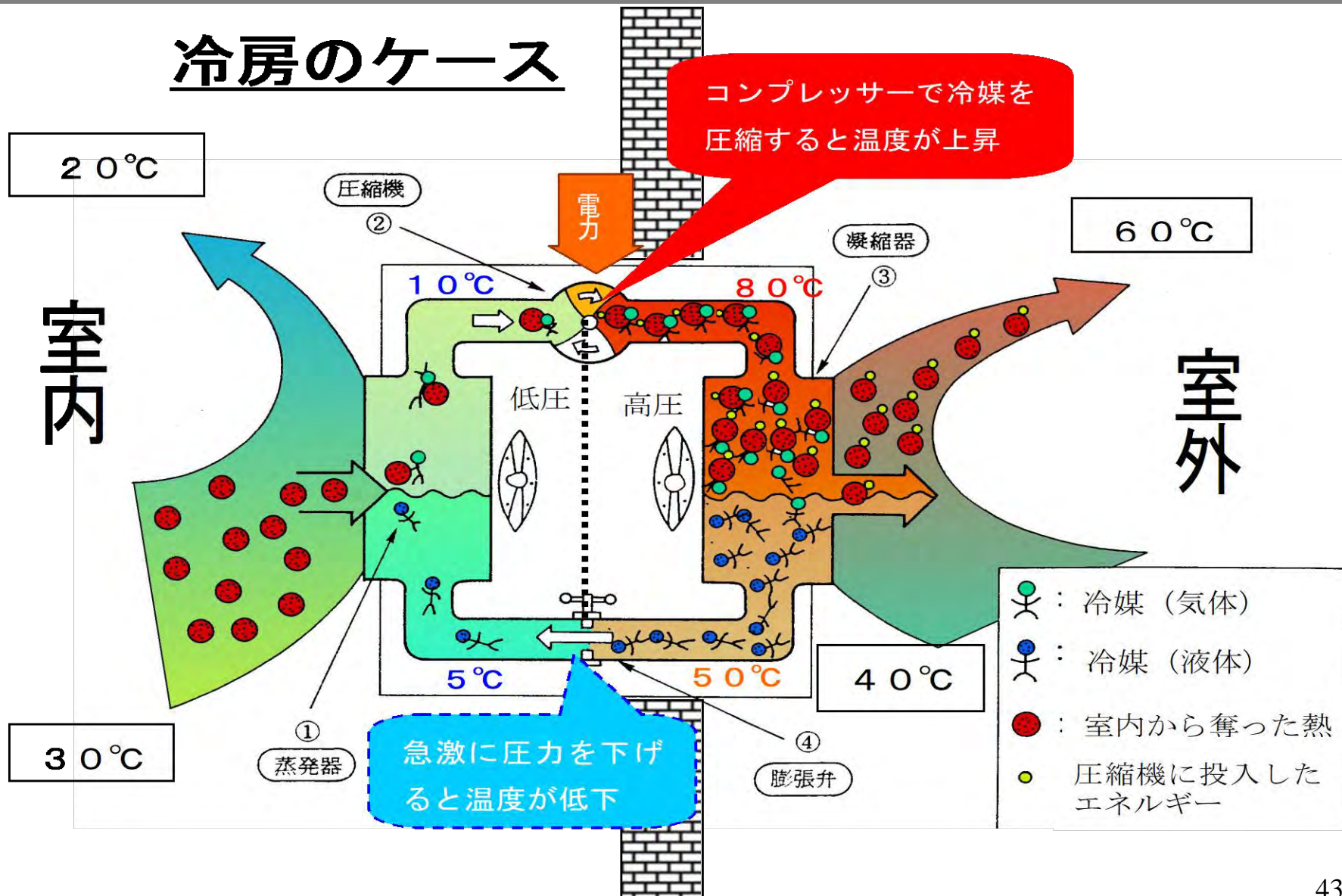
**PMV=1.21、PPD=36%**

であり、1/3以上の人が不快である。



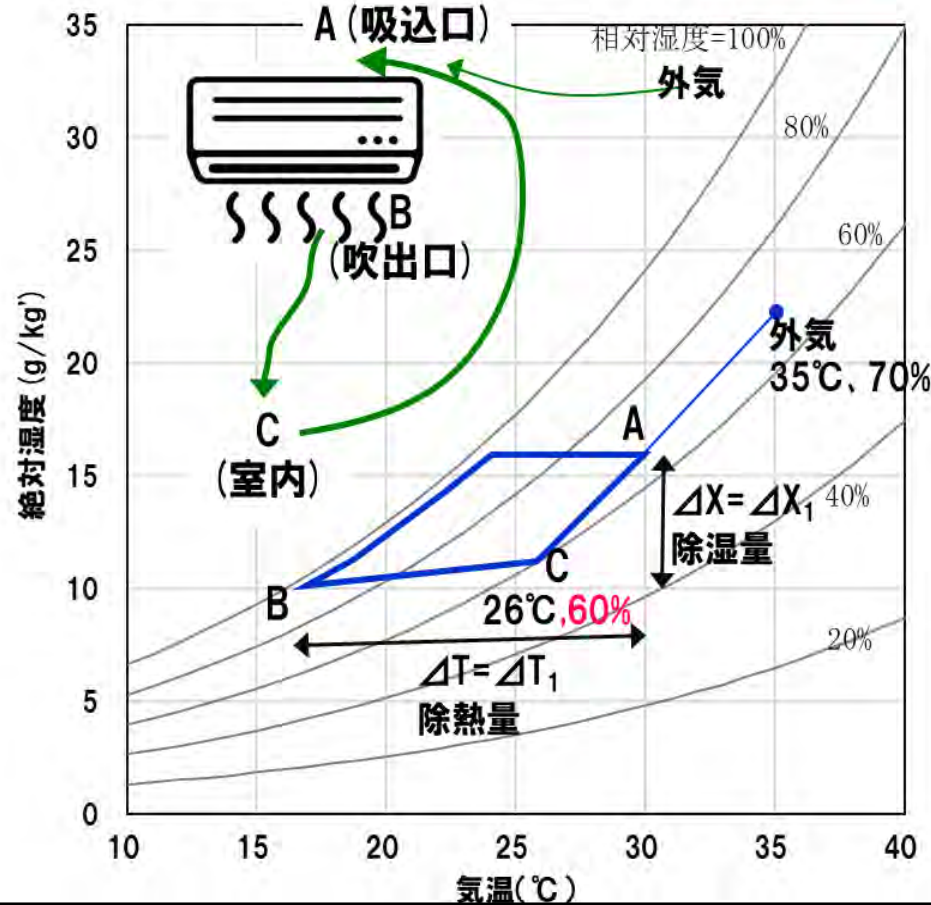
# エアコンによる冷房の原理(電動ヒートポンプ)

## 冷房のケース

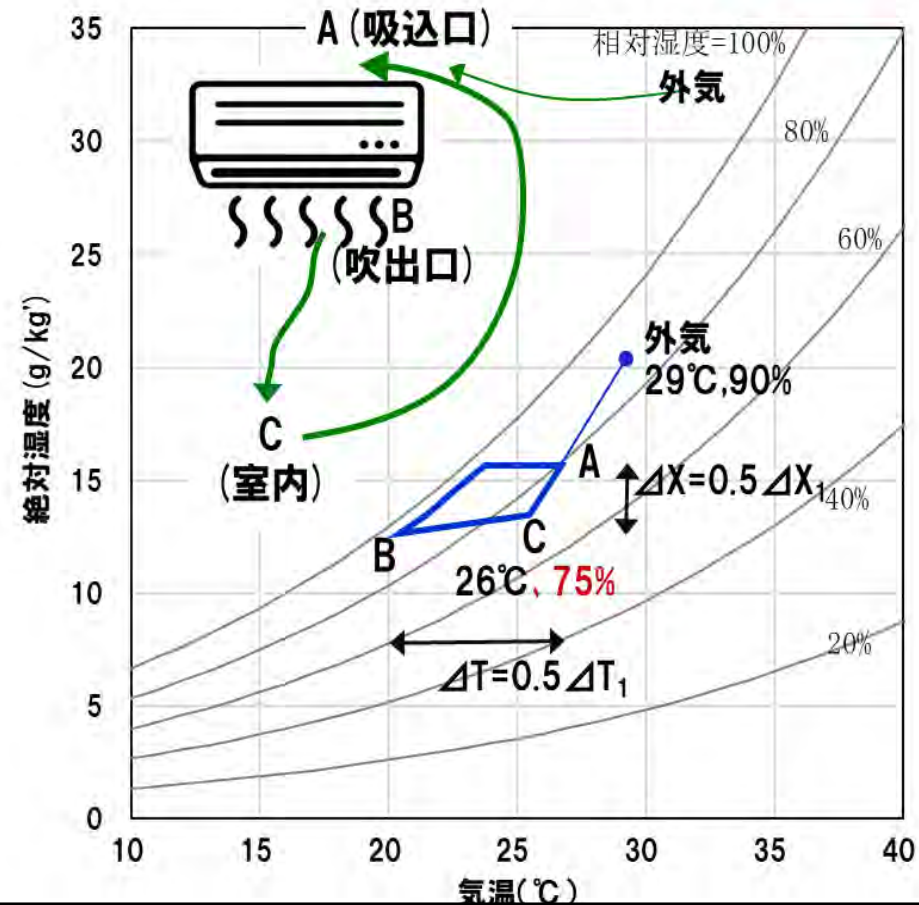


# 除湿の方法(エアコンによる冷却除湿)

エアコン(直膨コイル)による除湿(外気が**高温多湿**)



エアコン(直膨コイル)による除湿(外気が**中温多湿**)



- ①エアコンによる冷却除湿は外気が**高温多湿**の場合は上手いく。
- ②しかし、外気が**中温多湿**の場合は室温を下げなければ、室の湿度は高くなる。
- ③よって湿度を60%以下にするには**再熱 (reheat)** が必要になる(エアコンの課題)。



# パッシブ対策とエアコン(冷房・除湿)は対立しない

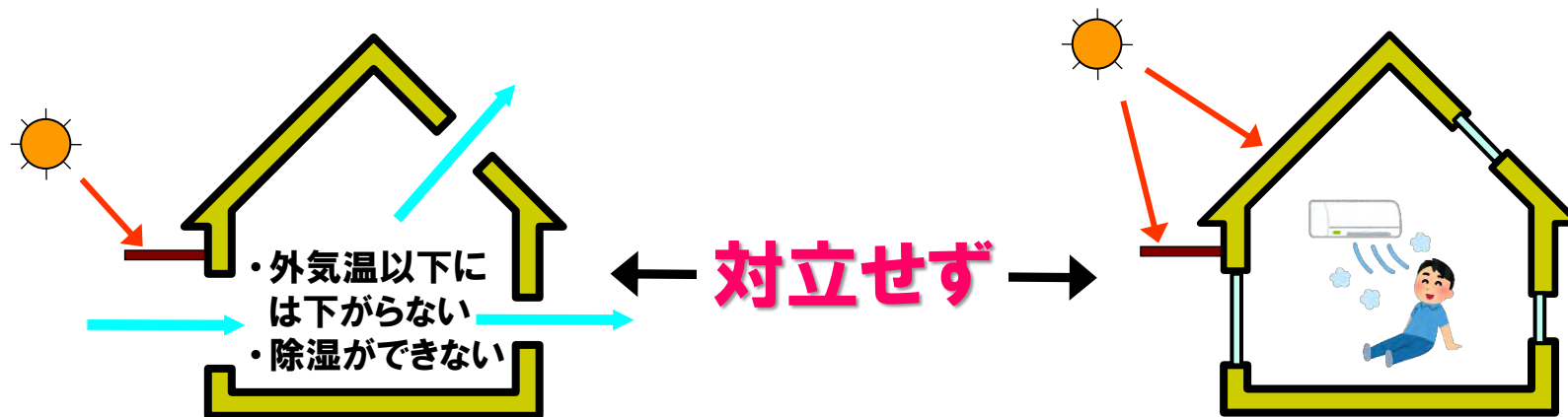


日本の伝統木造建に見られる暑さ対策は：

**日よけと通風**

(パッシブ対策)

日本の建築関係者にはパッシブを賞賛し、冷房は不要だという人もいた。



春・秋など外気が快適なときは、**日よけと通風**による暑さ対策(パッシブ)

夏の猛暑のときは**日よけと断熱(遮熱)・気密**によるパッシブ的な対策とエアコンによる冷房・除湿(アクティブ)



# 日本の小中学校にも本格的にエアコンが設置される

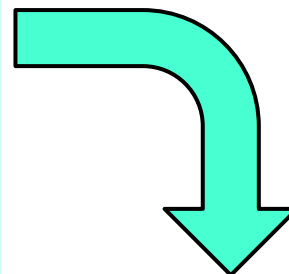
熱中症搬送3カ月で7万人超、年間最多すでに更新 死者138人 消防庁集計

2018.8.7 11:02 (産経新聞)

総務省消防庁は7日、熱中症のため4月30日～8月5日の約3カ月に救急搬送されたのは累計7万1266人で、年間で過去最多だった平成25年(6月1日～9月30日)の5万8729人を既に上回ったとの速報値を発表した。死亡したのは138人だった。

日本列島が長期にわたり高気圧に覆われ、7月23日に埼玉県熊谷市で国内観測史上最高の41.1度を記録するなど、各地で猛烈な暑さが続いたためだ。

2018年の夏は暑かった



## 全小中学校にエアコン設置 政府、来夏までに

経済

2018/9/29 0:30 | 日本経済新聞 電子版

保存 共有 その他

政府は公立の小中学校へのエアコン設置を急ぐ方針だ。全国各地で最高気温の更新が相次いだ今夏は、学校で熱中症になる子供も多かった。このため来年夏に間に合うよう、主に春休み期間中に工事することを目指す。ただ普通教室だけで20万近い教室への設置が必要な計算で、メーカーの供給体制や工事が追いつかない可能性もある。

文部科学省の調査によると、公立の小中学校の普通教室の冷房設置率は全国平均で49.6%。音楽室…

# YUCACOシステムの開発動機(もっとエアコンを効果的に)

## YUCACOシステムとは

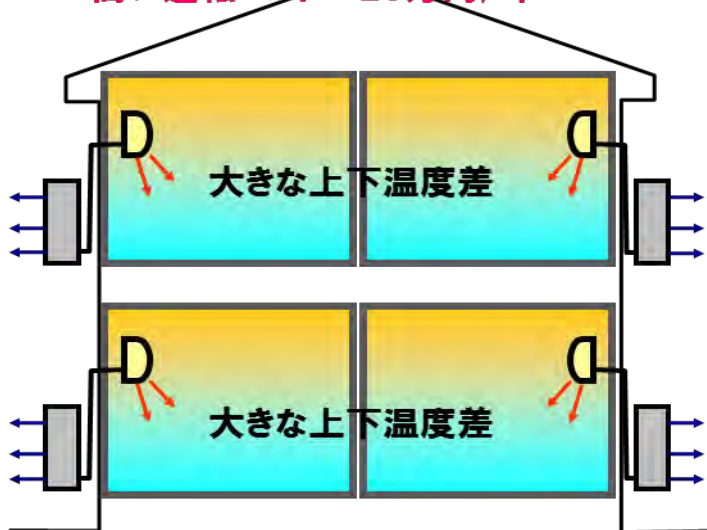
‘YUCACO’ derives from ‘Your Uniform Conditioned Air Configuration’.

- ◆ 安価で一般的な設備機器(壁掛けエアコンや送風ファン)を用いて、工務店でも設計・施工できるように開発した**リーズナブルな価格の全館空調システム**である。
- ◆ 居住者は省エネをリッチに楽しむ(**省エネ手法の活用によるプチ贅沢**)

### ①高断熱・高気密+②高効率エアコン+③高効率小型ファン

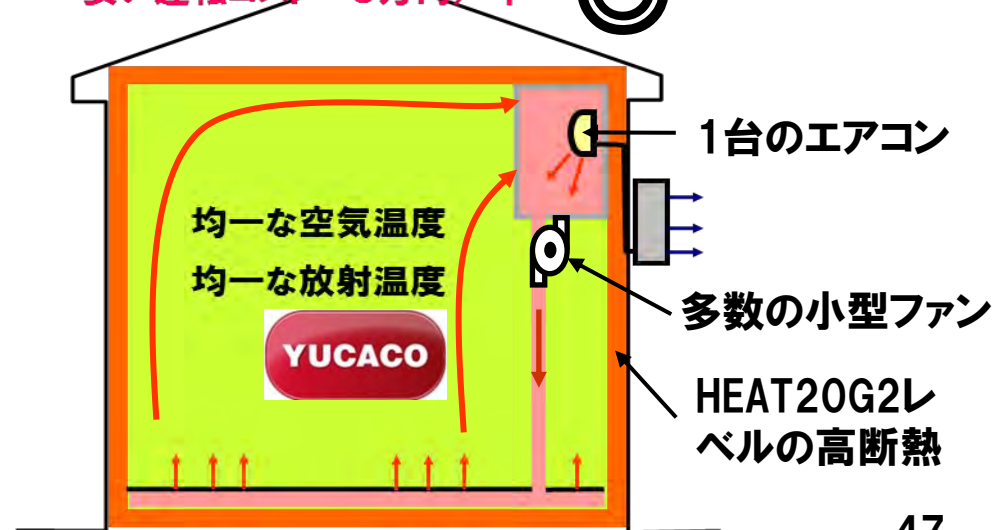
低断熱+多数の廉価なエアコン

- ・安い初期コスト~30万円
- ・高い運転コスト~20万円/年



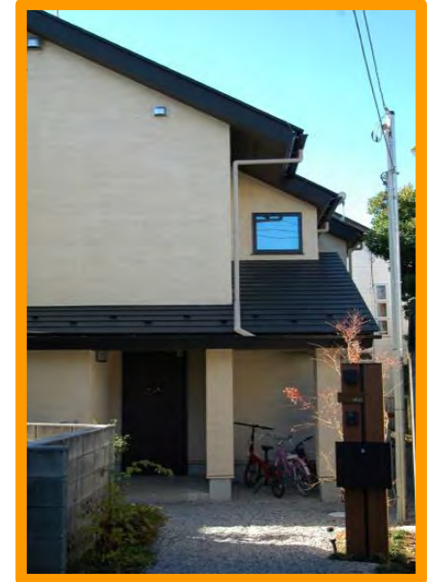
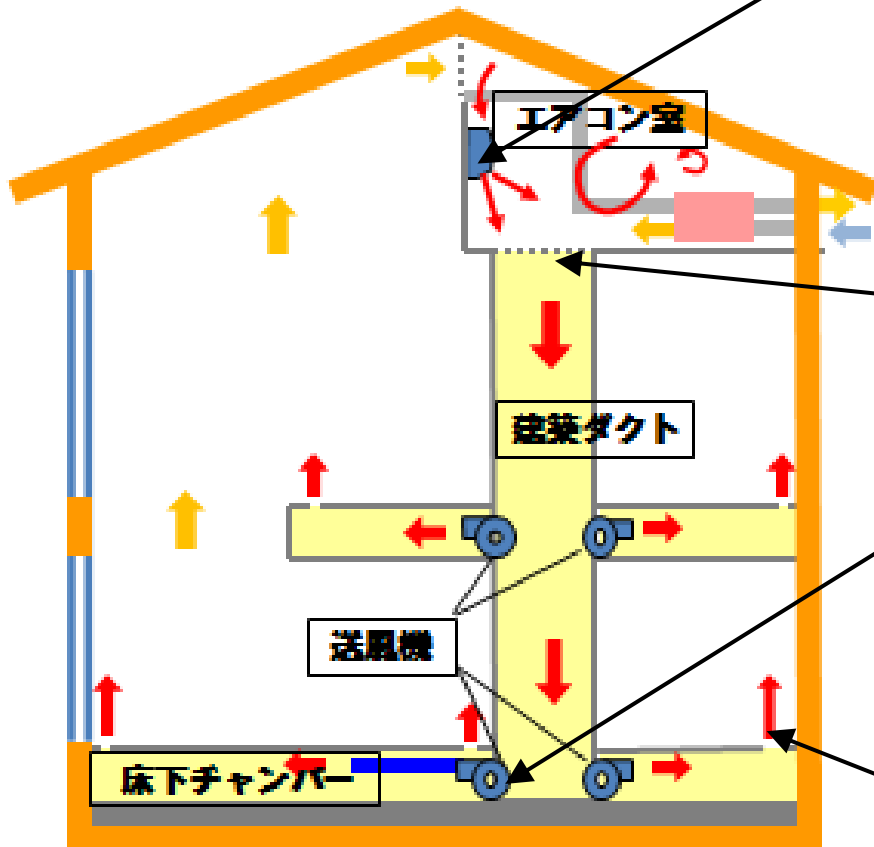
高断熱+1台の高効率エアコン

- ・妥当な初期コスト~100万円
- ・安い運転コスト~5万円/年



# YUCACOシステム第1号(東京都三鷹のI邸)

床下チャンバー方式なので、冬季に床面が暖かく快適である。

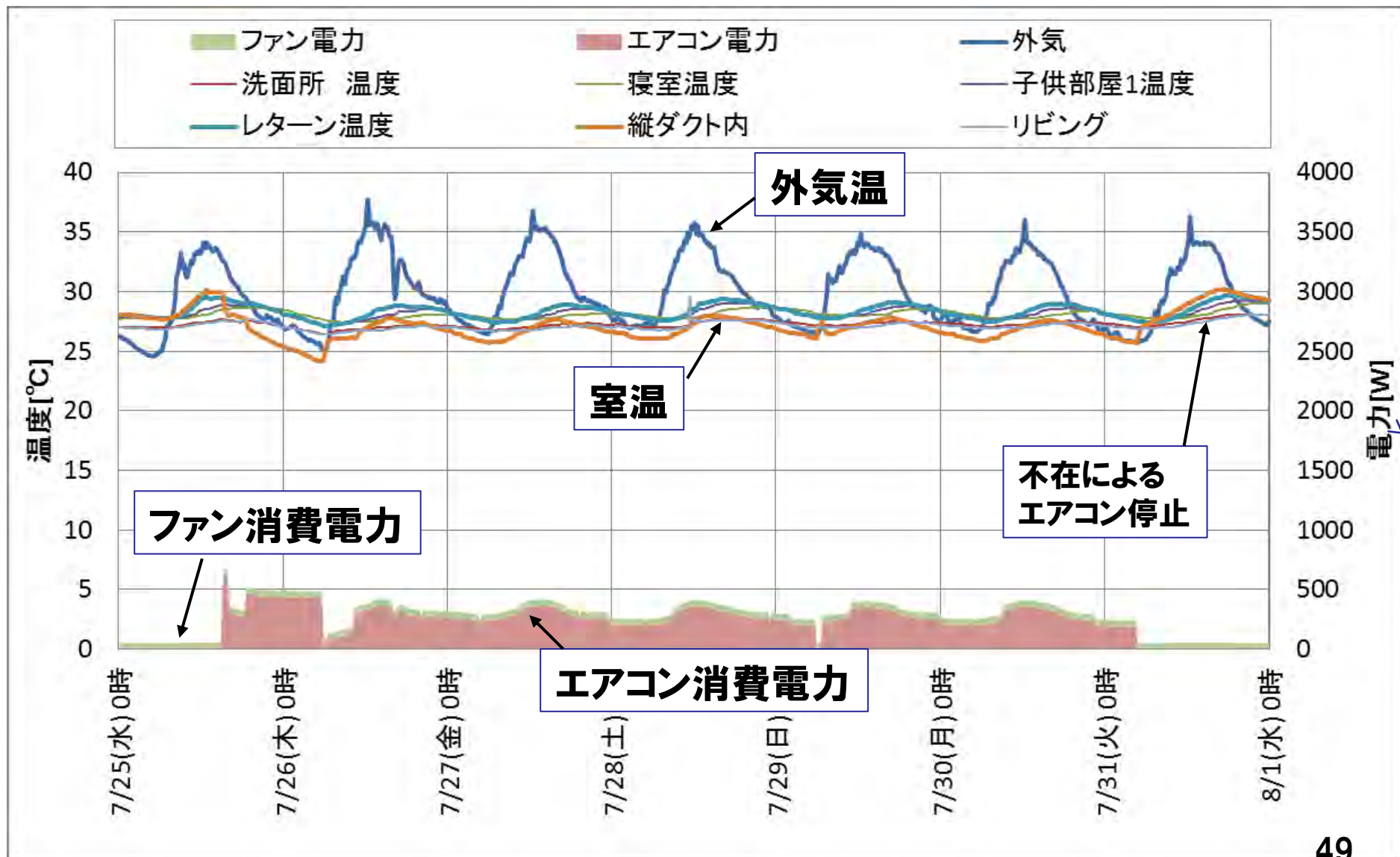


## I邸の性能/仕様

- $U_A = 0.38 \text{ W/m}^2\text{K}$
- $\eta_{AC} = 0.8\%$
- エアコン = 3.4kW
- 循環風量 =  $2000 \text{ m}^3/\text{h}$



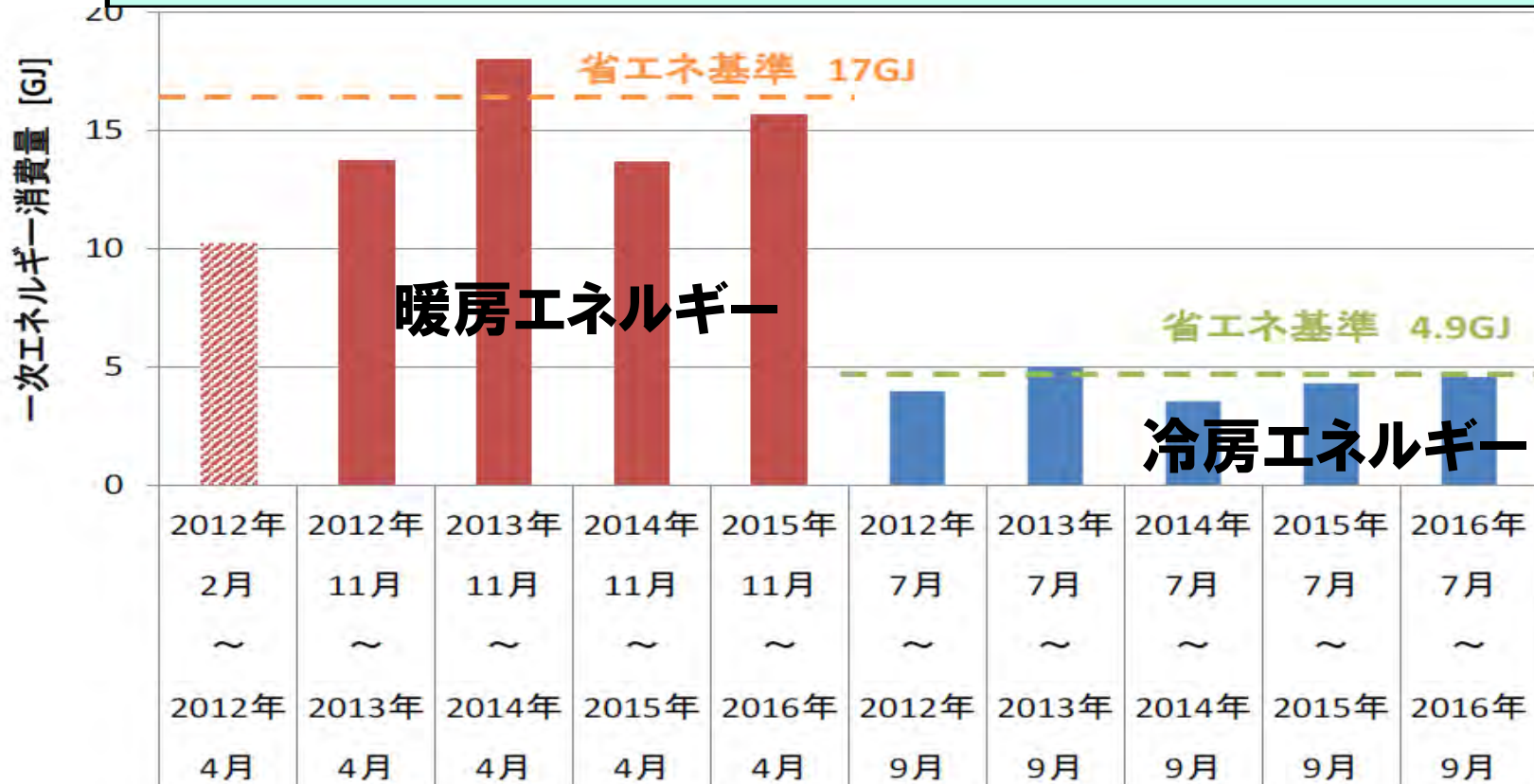
# YUCACOシステムの検証(①邸の夏の室温と消費電力)





# YUCACOシステムの検証(②I邸の年間暖冷房エネルギー)

下記は、東京三鷹のI邸(132㎡)における5年間の実際のデータ。  
年間暖冷房費5万円の目標はほぼ達成している。



1次エネルギー消費量 ~ 15(暖房) + 5(冷房) = 20GJ/年  
 年間暖冷房費 =  $20 \div 9.76 \times 26000 \sim 53,000$  円/年  
 (ただし、電力単価 = 26円/kWh)

# 商品化された住宅全館空調と風量による分類

企業名	商品名	空調風量と制御 (VAV*)
三菱地所ホーム	エアロテック	中風量・中温度差 + VAV
FHA	マツハ	大風量・小温度差 VAVは設置しない
YUCACOシステム研究会	YUCACO	
アズビル	きくばり	不明
デンソー	PARADIA	不明
桧家	Z空調	中風量・中温度差
三井ホーム	スマートブリーズ	中風量・中温度差 + VAV
パナソニックホームズ	エアロハス	中風量・中温度差 + VAV
日本アクア	風雲時	不明
アイフルホーム	全館空調	不明
OMソーラー	OMX	不明

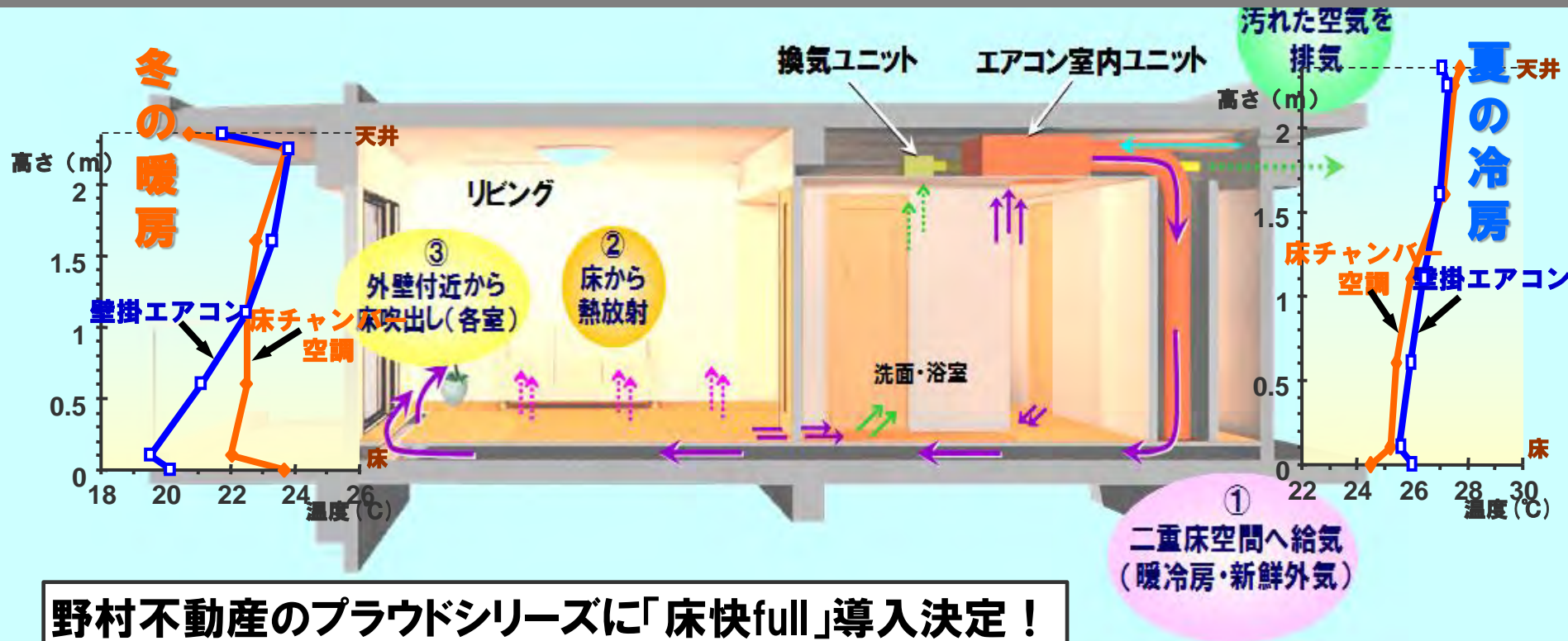
\*VAV=室温に応じた自動風量制御

空調熱量 [W] = 0.35 × 風量 (V) × 温度差 (ΔT)  
 なので、V [m³/h] と ΔT [K] の組合せによってシステムを分類できる。  
 ΔT = 室温 - 吹出温度

空調風量と温度差による分類	最大全館風量(V)の目安	温度差(ΔT)の目安
<b>大</b> 風量・小温度差	2000m³/h以上	3~5K
<b>中</b> 風量・中温度差	1200~1800m³/h	6~8K
<b>小</b> 風量・大温度差	1000m³/h以下 エアコンに付いているファンは、最大で600m³/h	10K以上 :冷房時の結露に注

【計算条件】床面積 ≒ 120m²  
 U<sub>A</sub> ≒ 0.46W/m²K、η<sub>AC</sub> ≒ 2.3%

# マンションのYUCACOシステムも動き出す



## 野村不動産のプライウドシリーズに「床快full」導入決定！

2019年11月15日  
野村不動産株式会社

### 3.導入予定プロジェクト

物件名	プライウドタワー亀戸クロス
所在地	東京都江東区亀戸六丁目31番1号9階 (地番)
交通	J R総武線「亀戸」駅 徒歩2分
総戸数	934 戸
階数	地上25階 地下2階建て
敷地面積	24,823.24m <sup>2</sup> (※小学校敷地面積1,633.98m <sup>2</sup> 含む)
専有面積	29,744m <sup>2</sup> ~ 138,444m <sup>2</sup> (トランクルーム面積0.59m <sup>2</sup> ~7.67m <sup>2</sup> 含む)
竣工	2022年1月下旬 (予定)
公式HP	<a href="https://www.proud-web.jp/mansion/b115280/">https://www.proud-web.jp/mansion/b115280/</a>

※一部住戸除く



「プライウドタワー亀戸クロス 完成予想パース」

リリースカテゴリ	都市田舎コンパクト	都市再生・地方創生	グローバルへの取組み	不動産テック
電化方針	健康・介護ニーズ	社会課題	定期報告・レポート	

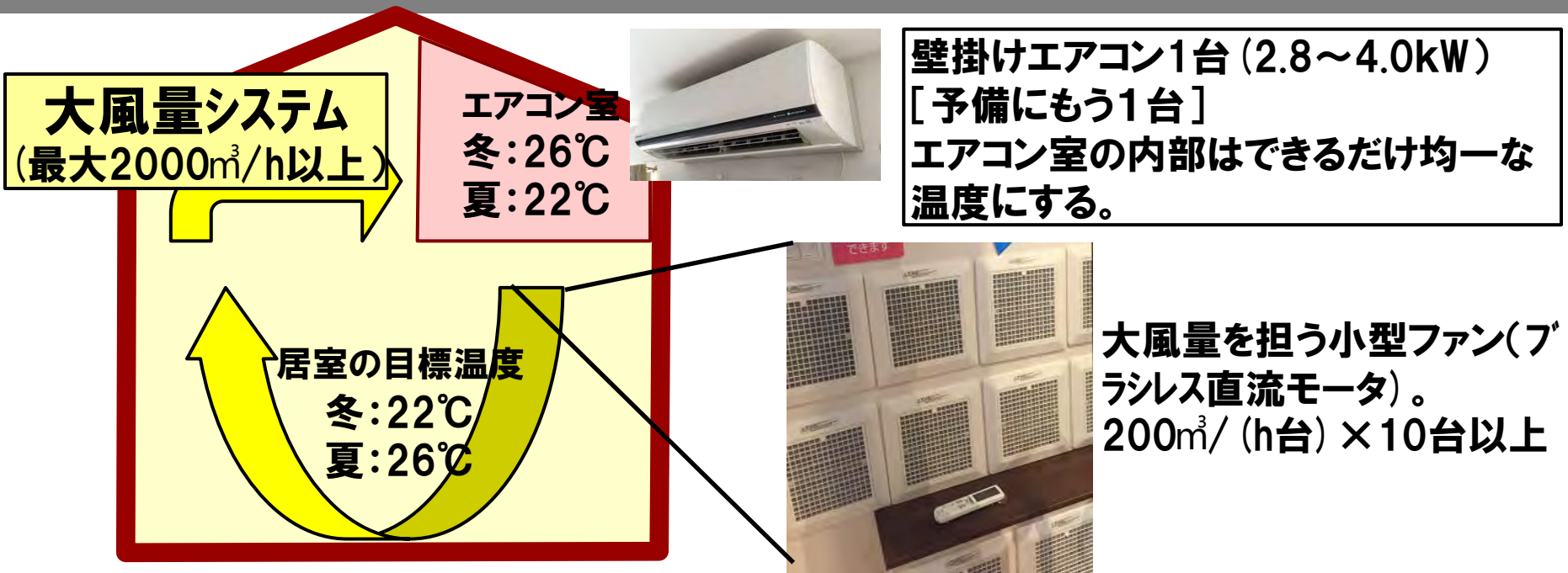
「プライウドシリーズ初」

環境負荷低減を図りながら、健康で心地よい暮らしを実現する床空調システムの取り組み

『床快 full (ゆかいふる) ※』発表

野村不動産株式会社 (本社：東京都新宿区 / 代表取締役社長：宮崎 誠一) は、当社グループにおける分譲マンションの CO2 削減への取組みの一環として、また、健康で快適な暮らしを実現する取組みとして「床快 full (ゆかいふる)」の導入を決定しましたのでお知らせいたします。

# 大風量・小温度差空調の利点



大風量・小温度差システムは厳格な風量調整が不要になるので、以下の利点がある。

- VAV装置が不要になるので、**低コスト**である。
- 吹出温度が室温に近いので、風量調整しなくても、暑すぎ、寒すぎにならない。
- エネルギー消費が少ない高効率送風ファン(ブラシレス直流)を使用するので、大風量は増エネにならない。



# 大風量空気循環を利用した除・加湿と空気清浄

空調(空気調和)とは、以下を適切に制御する装置とされる。

- ◆ 温度⇒エアコンでOK
- ◆ 湿度⇒エアコン+除湿機+加湿器
- ◆ 空気清浄性(粉塵濃度、細菌濃度、臭い)など  
⇒換気+集塵機+除菌・脱臭機

空気循環式的全館空調では、エアコン室に、**エアコンや熱交換換気装置、除湿機、加湿機、空気清浄機、集塵機、除菌・脱臭機**などを設置すれば、**集中的に上記の空調要素を制御できる**メリットがある。

”温度調整 +  $\alpha$ ”

## プラス $\alpha$ の機器

の要因を



FY-23KBD1



# コロナ禍と換気の重要性の再認識

新型コロナウイルスの集団発生防止にご協力をお願いします

## 3つの「密」を避けましょう！

①換気の悪い  
**密閉空間**

②多数が集まる  
**密集場所**

③近所で会話や  
発声をする  
**密接場面**

新型コロナウイルスへの対策として、クラスター(集団)の発生を防止することが重要です。  
日頃の生活の中で3つの「密」が重ならないよう工夫しましょう。

3つの条件がそろう場所が  
クラスター(集団)発生の  
リスクが高い！

※3つの条件のほか、共同で使う物品には  
消毒などを付けてください。

首相官邸 厚生労働省 厚労省 コロナ



- 「三密(密閉、密集、密接)の回避」が感染抑制のための有力な手段となる。
- 換気＝「密閉」を回避する手段。
- 換気は強力な予防方法ではないが、誰でもできる有効な感染抑制手段。

# 空調・換気の法令での目標(室内環境基準)

**建築物衛生法**や**建築基準法**では、居住者の健康維持と衛生上の目的から、室内環境の基準値(空調や換気の目標値)を定めている。

- ①室内の温度:  $17 \sim 28^{\circ}\text{C}$
- ②室内の湿度:  $40 \sim 70\%$
- ③室内の気流:  $0.5\text{m/s}$ 以下
- ④室内の空気清浄性(換気の目的)

**$\text{CO}_2$ 濃度  $\leq 1000\text{ppm}$**

ホルムアルデヒド濃度  $\leq 0.1\text{mg}/\text{m}^3$

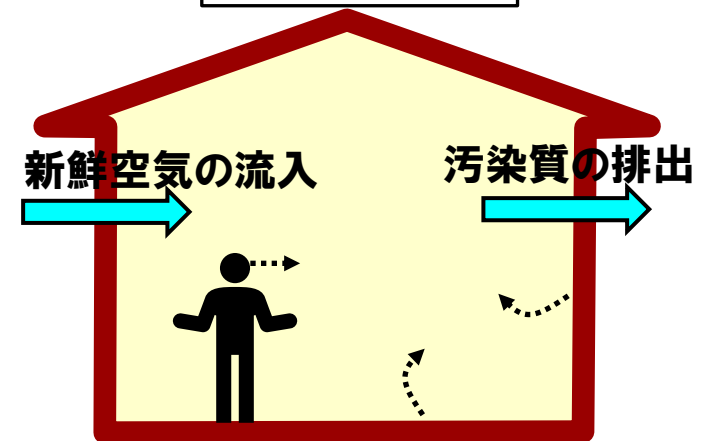
浮遊粉塵量  $\leq 0.15\text{mg}/\text{m}^3$

CO濃度  $\leq 10\text{ppm}$

濃度の目標値は無理か？

コロナウィルス？

## 換気の役割



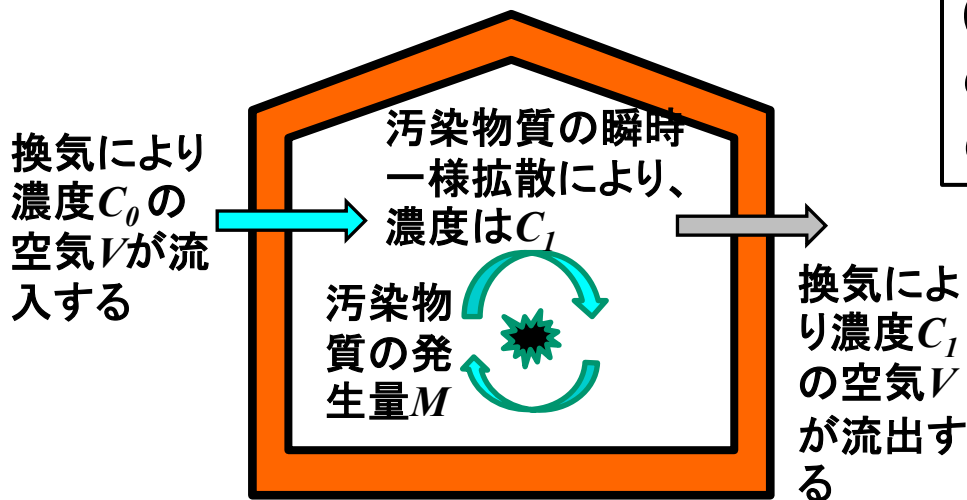
排出すべき室内の汚染質

人間の呼気( $\text{CO}_2$ )  
建材・家具からの化学物質  
粉塵、燃焼ガス



# 換気による汚染質濃度の希釈効果と必要換気量

瞬時一様拡散の仮定



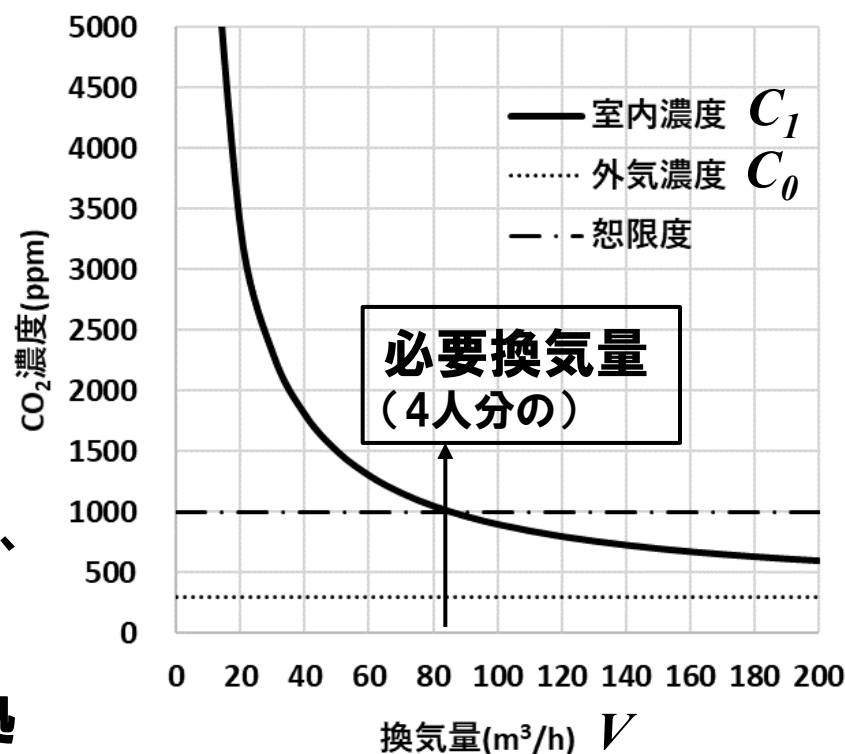
$$C_1 = C_0 + M/V \quad \cdots (1)$$

換気量が多いほど濃度は低下する。  
濃度の恕限度(許容濃度)が与えられれば、  
必要換気量が定まる。

$\text{CO}_2$ の恕限度 = 1000ppmより、  
必要換気量 =  $20\text{m}^3/(\text{h人}) \Rightarrow$  法令の根拠  
 $\Rightarrow 0.5\text{回/h}$  (住宅の標準的な換気回数)

$M = 0.06\text{m}^3/\text{h}$  (4人分の呼気に含まれる  
 $\text{CO}_2$ の発生量)

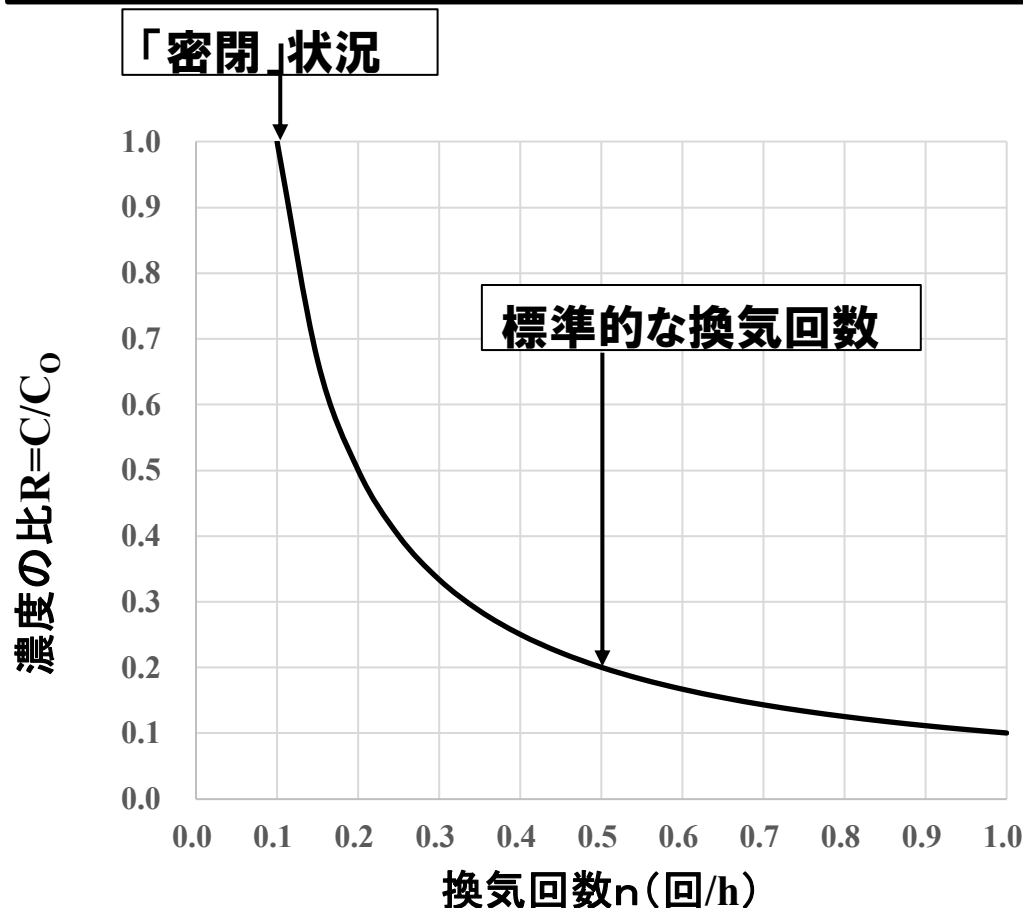
$C_0 = 300\text{ppm}$  ( $1\text{ppm} = 10^{-6}\text{m}^3/\text{m}^3$ )  
の場合の(1)式のグラフ



# 換気量の増大による濃度低下と感染リスクの低下

空気中を漂う物質(ウィルス)は、換気量の増大によって濃度が低下する。

⇒濃度低下＝感染リスクの低下



コロナウィルスを想定して、(1)式で、 $C_0=0$ とすれば

$C_1 = M/V$ となる。

①「密閉」状況での仮定

$n$  (換気回数) = 0.1回/h

$C_0 = M / (0.1B)$

$B$  = 建物の気積 ( $m^3/h$ )

②一般的な状況

$C = M/V$

よって、

$R = C / C_0 = 0.1/n$  : 左図

③標準的な換気状況

$n = 0.5$ 回/h

$R = C / C_0 = 0.1/0.5 = 0.2$

よって、「密閉」状況に比べれば、濃度は80%低下する  
⇒感染リスクの低下

# 空気清浄機の種類と原理

フィルターの濾過（ろか）作用によって汚染物質を集塵するタイプ

高電圧によって汚染物質に静電気を与え、集塵するタイプ

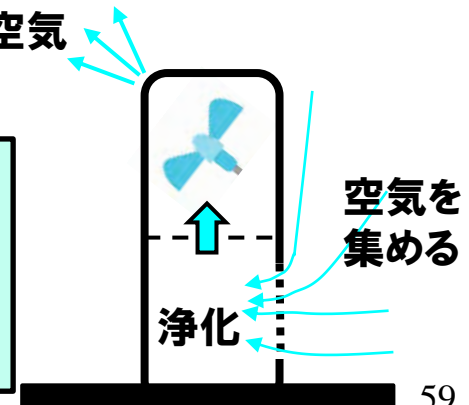
光や紫外線をウィルスなどの汚染物質に照射し、除菌するタイプ

次亜塩素酸水などを浸透させたフィルターにウィルスなどの汚染物質を含む空気を通過させ、除菌するタイプ



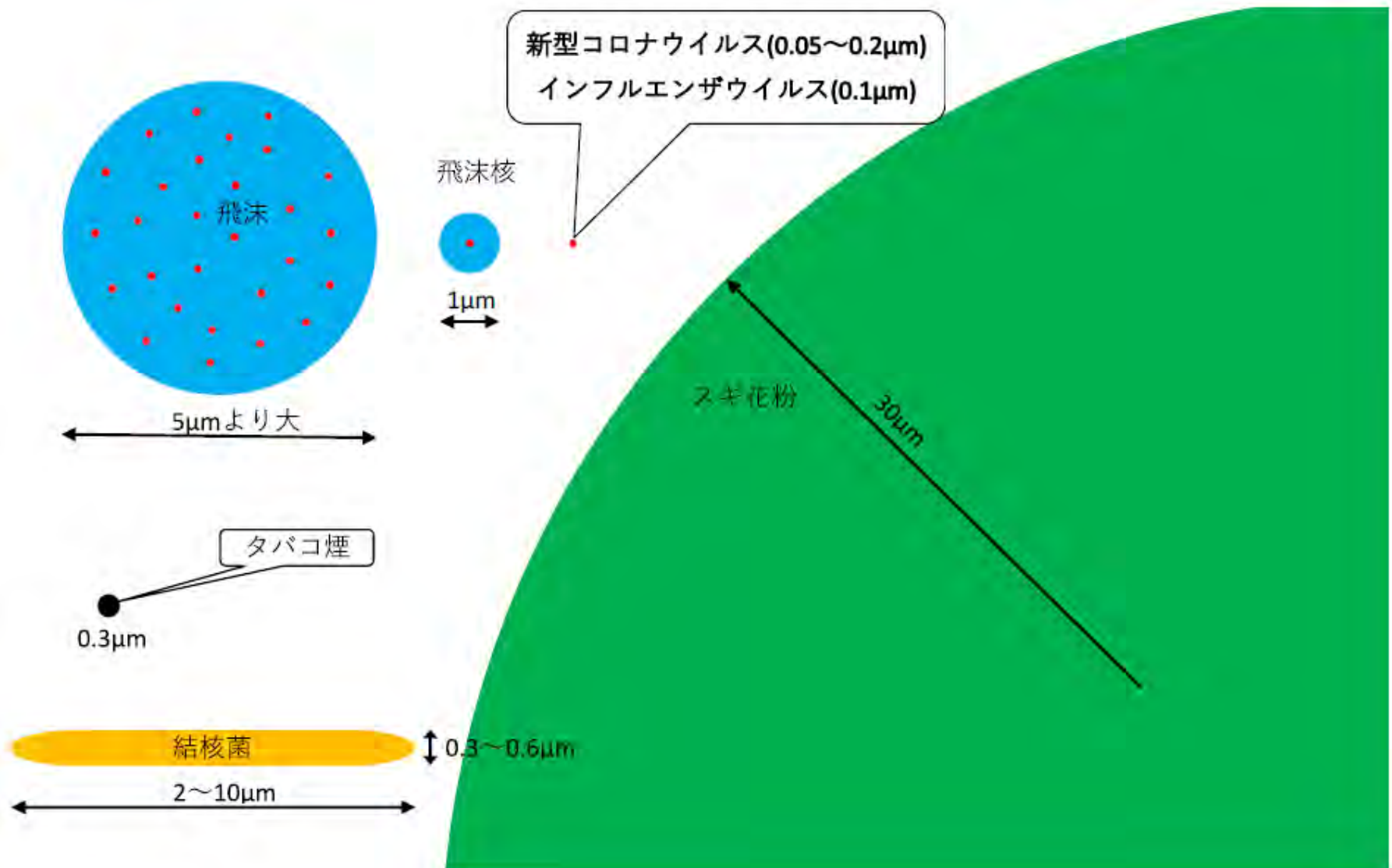
浄化空気

- 浄化する原理は異なっても、**室内の空気をファンでもって寄せ集め**、浄化する手法は**共通**である。
- フィルターの洗浄などのメンテにも留意すべし。

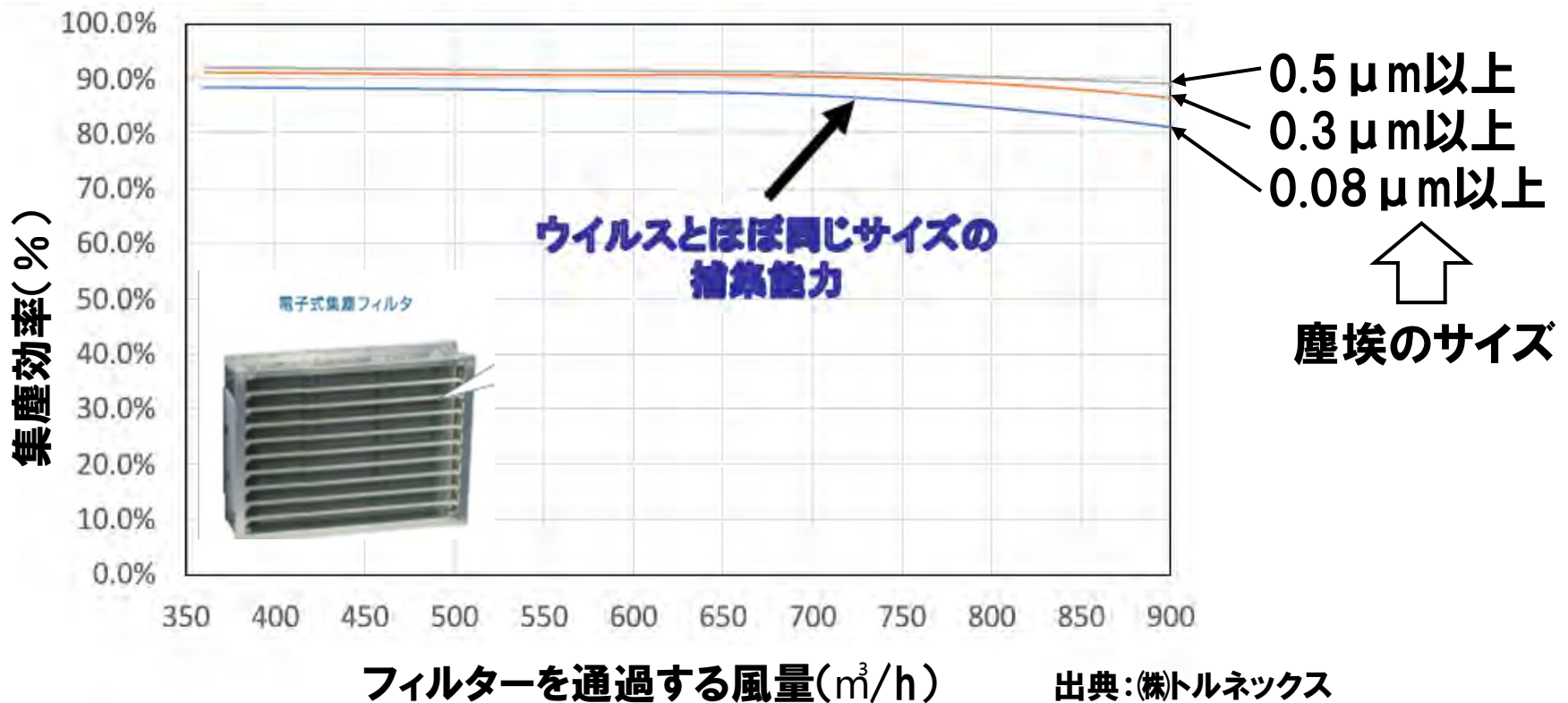




# 浮遊汚染物(塵埃)のサイズの色々



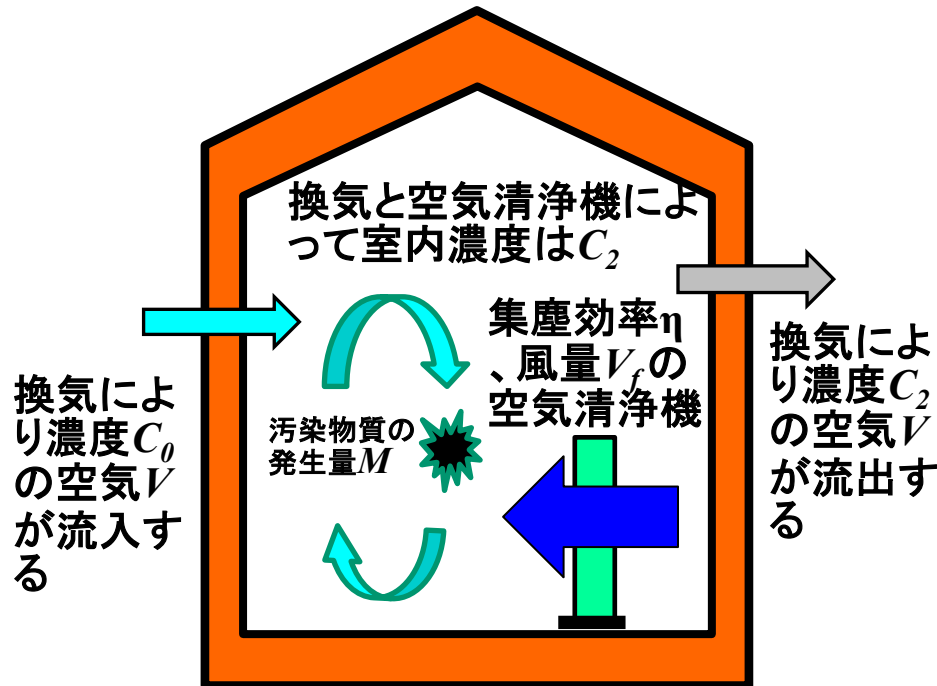
# 電子式集塵フィルターの集塵効率の一例



- このフィルターの集塵効率(塵埃を捕捉する比率)は風量にあまり依存しない。
- このフィルターは、ウイルスと同程度のサイズの塵埃を捕捉する。  
⇒COVID-19も捕捉する可能性が高い。

# 空気清浄機の評価(相当換気量)

## 瞬時一様拡散の仮定



室内での汚染物質の増加量を  $\delta_1$  とすると、

$$\delta_1 = M + C_0 V + (1 - \eta) C_2 V_f$$

室内での汚染物質の減少量を  $\delta_2$  とすると、

$$\delta_2 = C_2 V + C_2 V_f$$

ここで、 $M$  = 汚染物質の発生量 [mg/h]

$C_0$  = 外気の汚染物質濃度 [mg/m<sup>3</sup>]

$C_2$  = 室内の汚染物質濃度 [mg/m<sup>3</sup>]

$V$  = 換気量 [m<sup>3</sup>/h]

$V_f$  = 空気清浄機の風量 [m<sup>3</sup>/h]

$\eta$  = 空気清浄機の集塵効率 [比率]

定常状態を仮定すると、 $\delta_1 = \delta_2$  なので、

$$C_2 = (M + C_0 V) / (V + \eta V_f)$$

を得る。

$\eta V_f$  = **空気清浄機の相当換気量**  
空気清浄機は、あたかも換気量が増大したように作用し、濃度を希釈する。



# 空気清浄機による濃度低下(風量が重要)

前頁において、 $C_0=0$  (ウィルスを想定)とすると、

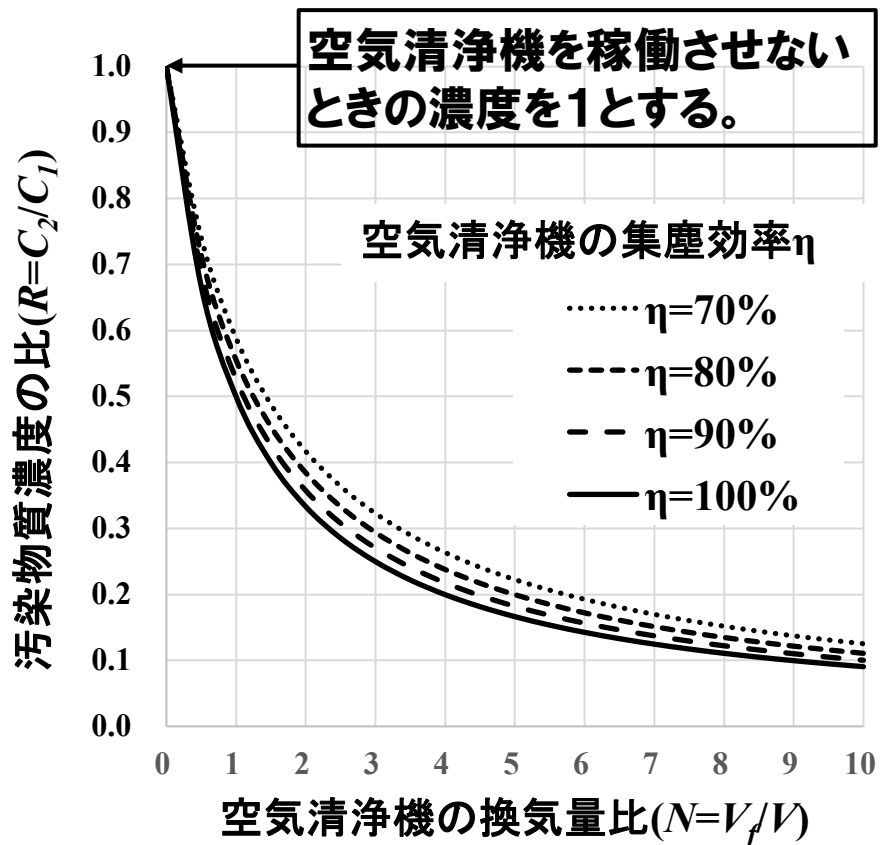
$$C_2 = M / (V + \eta V_f)。$$

上式を $C_1 = M / V$  (清浄機がない場合の濃度式)で除すと、

$$R = C_2 / C_1 = 1 / (1 + \eta N)$$

⇒ 右図

ここで、 $N = V_f / V$ 。



- 空気清浄機の効果(濃度低下)は、空気清浄機の集塵効率より風量の影響の方が大きい。
- 空気清浄機の風量は換気量の3倍以上(300~500m<sup>3</sup>/h)が望ましい。
- 集塵効率は70%以上であれば問題はない。

# 全熱交換換気の勧め(十分な換気の確保と省エネの両立)

近年、全熱(顕熱+潜熱)交換換気システムは非常に進歩した。これによって、年間を通して、十分な換気の確保と省エネを両立させることが可能になった。

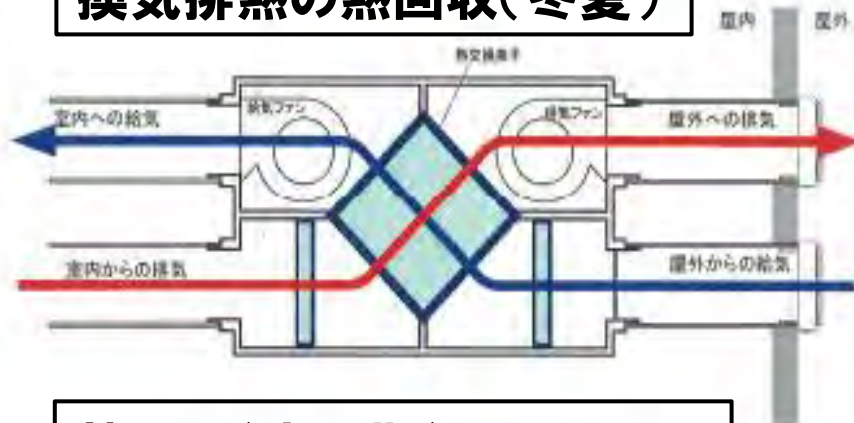
- 全熱交換素子の改良(潜熱交換効率の向上と安定性)
- 熱交換素子周囲の漏気の防止(排気の逆流防止)
- 直交流形から対向流形へ(熱交換効率の向上)
- 中間期などにおけるバイパス制御(省エネ)
- DCブラシレスモーターによる省エネ(省エネ)

## 熱交換換気の方法

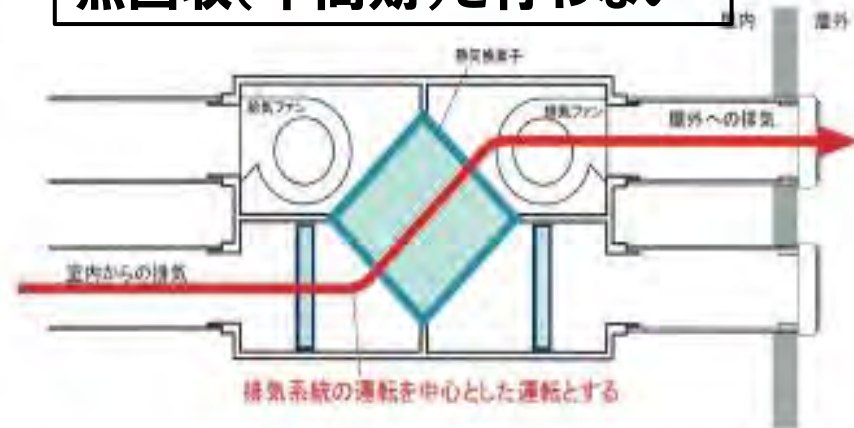


# 熱交換換気の構造と進歩

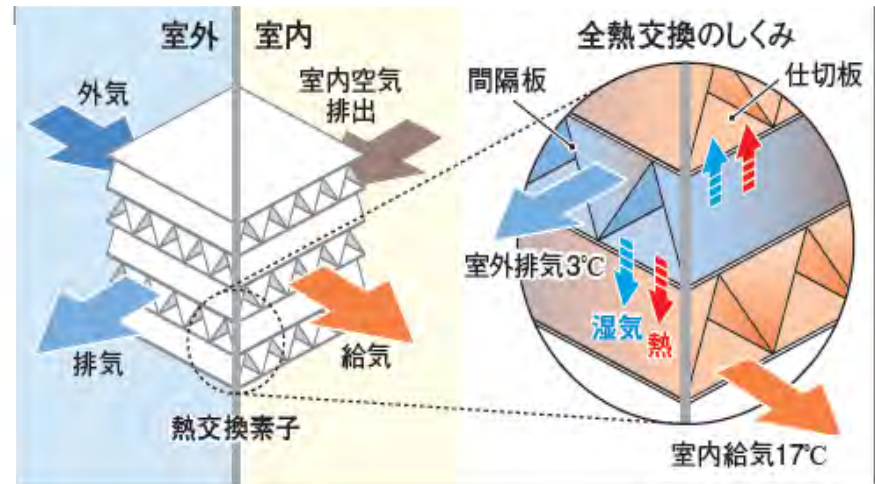
## 換気排熱の熱回収(冬夏)



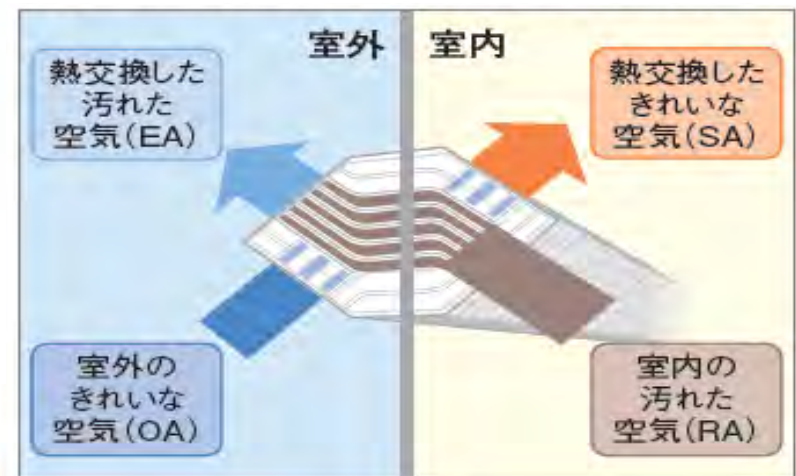
## 熱回収(中間期)を行わない



## 直交流形



## 対向流形(直行流より接触面積が大きい)

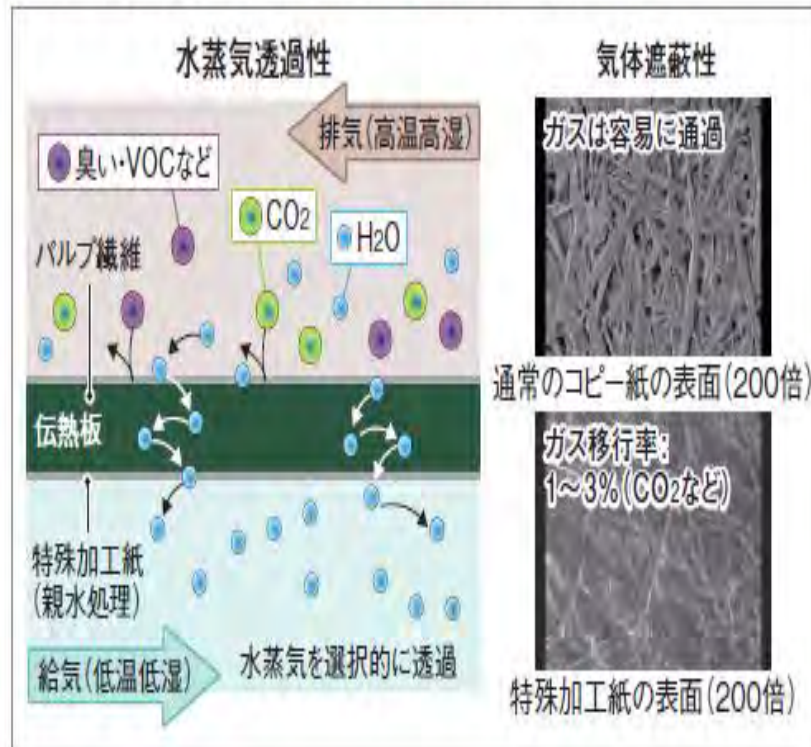




# 熱交換素子の改良と全熱交換換気の特徴

## 熱交換素子の改良

気体は遮蔽、水蒸気は透過する特殊紙を素子に使用する



## 全熱交換換気の特徴

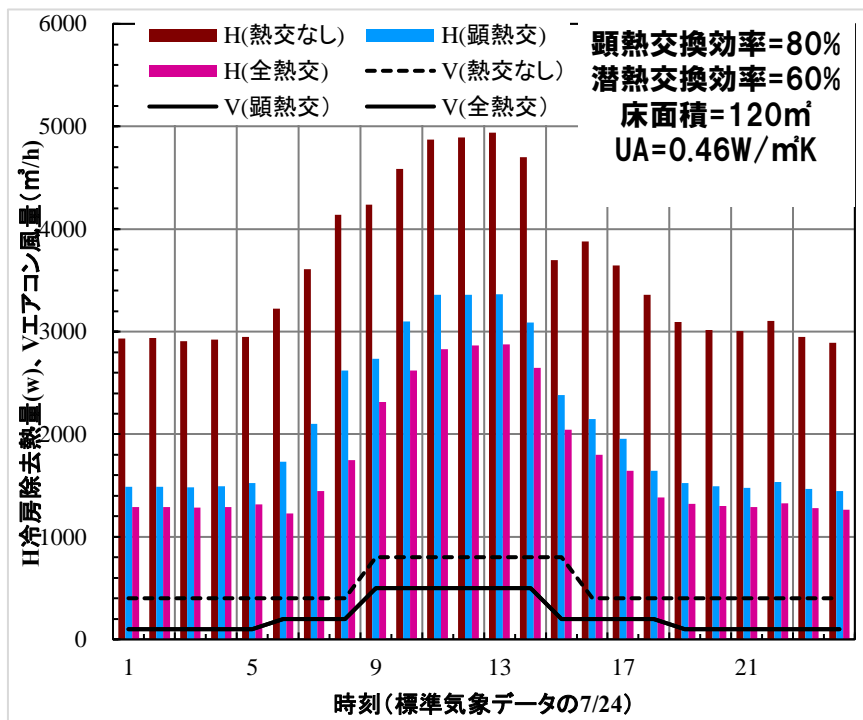
(旧来の主だった顕熱交換換気と比べて)

項目	全熱交換器の特徴など
換気熱負荷の回収	潜熱回収も行うので、冷房負荷が多い地域でも回収熱量が多く、年間を通して省エネ効果が高い。
梅雨季や夏季の室内湿度	換気によって入り込む湿った外気に対して、潜熱交換によって室内湿度に近づけてから室内に取り込むので、室内湿度の上昇を緩和する。
冬季の室内湿度	乾いた外気に対して、潜熱交換によって室内湿度に近づけてから室内に取り込むので、室内の過乾燥(低湿度)を抑制する。
臭気の移行	熱交換素子は、分子径の小さい水蒸気は通すが、分子径の大きい臭いの原因物質やタバコの煙などは通過させない。よって、素子を介した臭気の移行は限定的である。
冬季の本体内の結露・結氷	熱交換素子に透湿性があり潜熱も交換するため、顕熱交換器に比べると、一般に結露は少ない。ただし、寒冷地の極めて低い温度では少量の結露・結氷が出る場合がある。



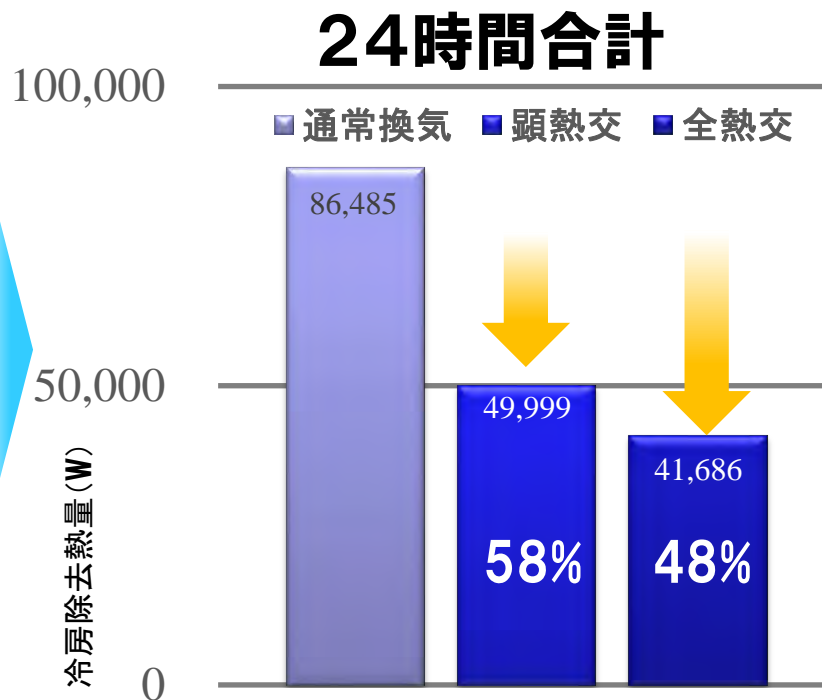
# 熱交換換気(冷房時)の省エネ効果

## 東京の暑い日の除去熱量比較



(定常計算モデルによる)

夏、快適な室内環境(26℃・50%以下)と設定した場合、



夏、冷房負荷を約1/2に削減、快適性と省エネ性に貢献する

# ま と め

- ① 住宅・建築分野のグリーンイノベーションは、日本においては着実に進んでいる。
- ② 住宅・建築分野のグリーンイノベーションは、「CO<sub>2</sub>削減・省エネ」の効果だけではなく、「快適・健康で豊かな暮らし」の実現と表裏一体の関係がある。
- ③ 住宅・建築分野のグリーンイノベーションのキーワードは、断熱・ヒートポンプ・ZEH・空調換気(コロナ禍のため)である。

ご清聴、ありがとうございました。

