

# 高断熱化による

## 「良い暮らしの実現」と「省エネ・脱炭素への貢献」

～健康で快適に自立して暮らし、地球温暖化防止にも貢献～

- ◆ カーボンニュートラル(脱炭素)と省エネに関わる政治・行政の話題(外交や省エネ政策)
- ◆ 高断熱化と断熱改修(リフォーム)の推進

坂本雄三(東京大学名誉教授)

# 世界が競うカーボンニュートラル



## 各国の脱炭素 アドバラン合戦

### 各国・地域の温室効果ガス削減の 2030年目標

出典: 読売新聞

日本	46%減(30年度。13年度比)
米国	50~52%減(05年比)
欧州連合(EU)	55%減(1990年比)
英国	78%減(35年目標。90年比)
中国	30年までにCO <sub>2</sub> 排出量を減少に 転じさせ、60年までに実質ゼロに



COP26

今年はCOP27

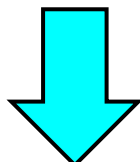
# パリ協定が日本の脱炭素政策の根幹

【パリ協定】2015年12月締約



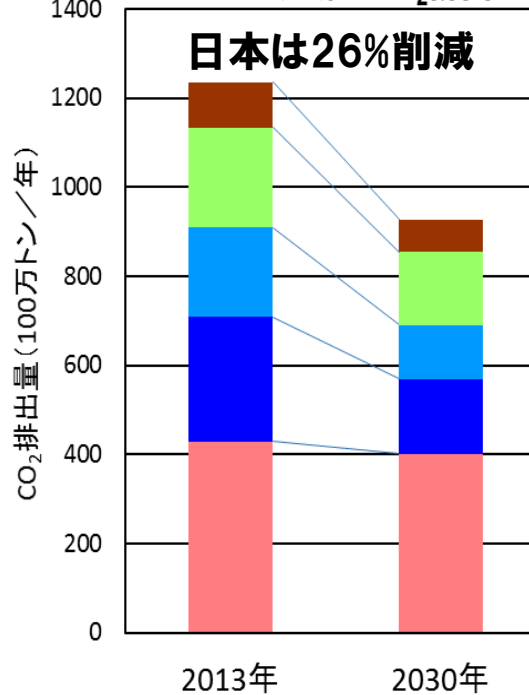
日本の温室効果ガス削減の目標値は26%(2013年度比)。民生部門(住宅・建築)では、40%の削減率。

パリ協定の内容を達成すべく、日本の脱炭素政策は進められてきた。

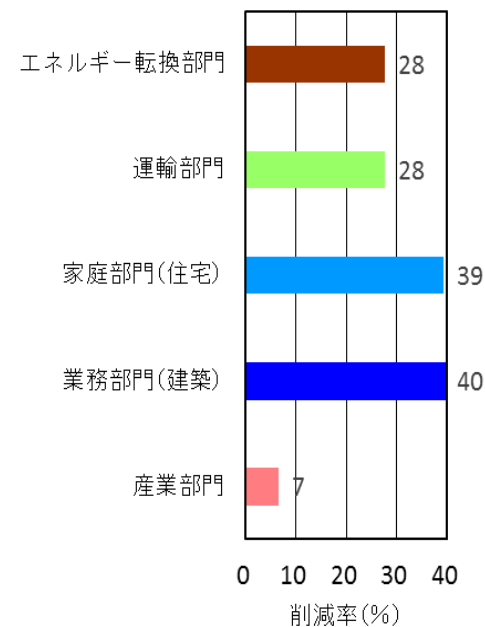


菅首相宣言(46%削減)に整合するように、政策が改められるか？

エネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出量



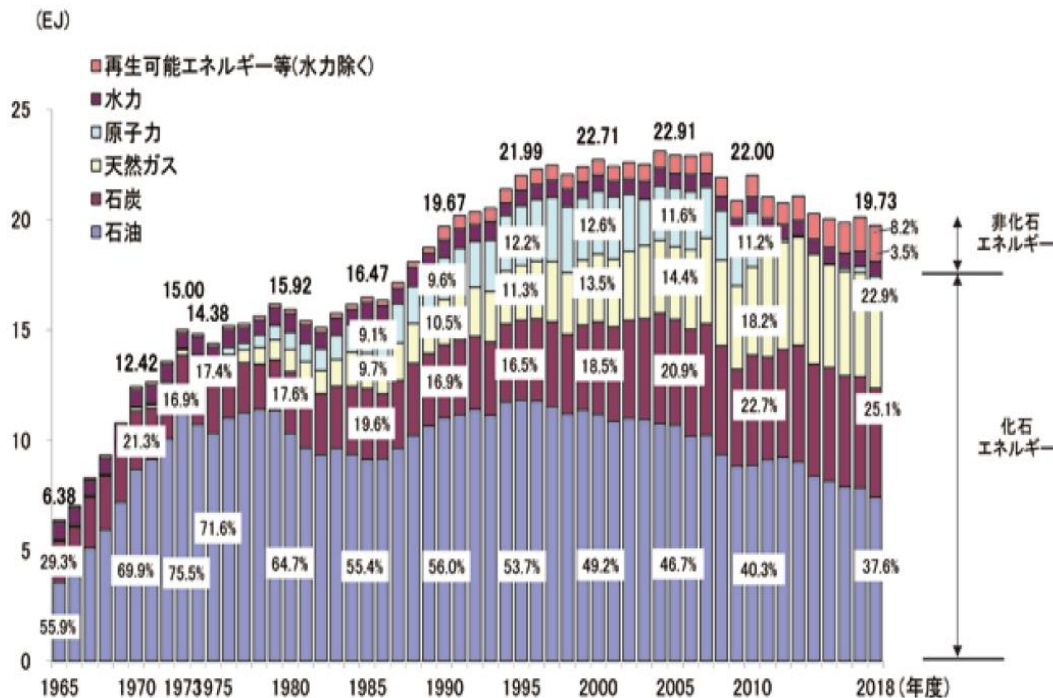
部門別削減率の比較



■ 産業部門 ■ 業務部門(建築) ■ 家庭部門(住宅) ■ 運輸部門 ■ エネルギー転換部門

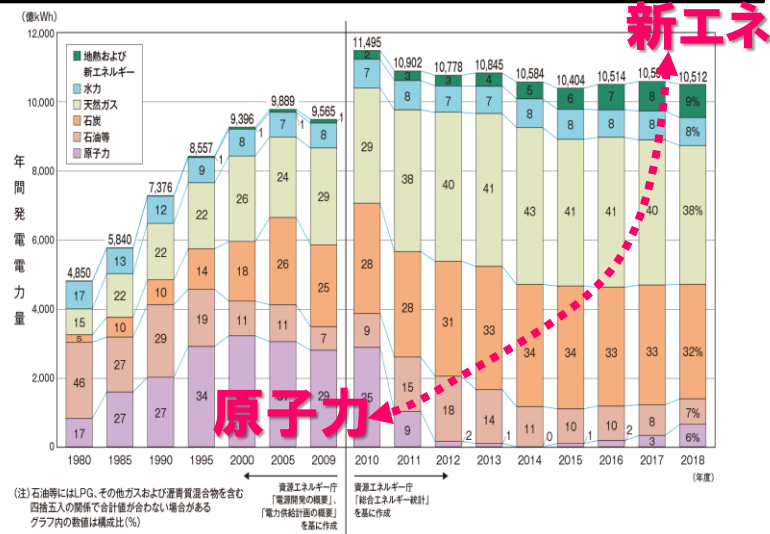
# エネルギー統計を見てCO<sub>2</sub>排出の現状を知ろう

## 供給1次エネルギーの内訳



- 図1 エネルギー白書2020,p106、経済産業省
- 図2 原子力・エネルギー図面集、電気事業連合会
- 図3 エネルギー白書2020,p102、経済産業省

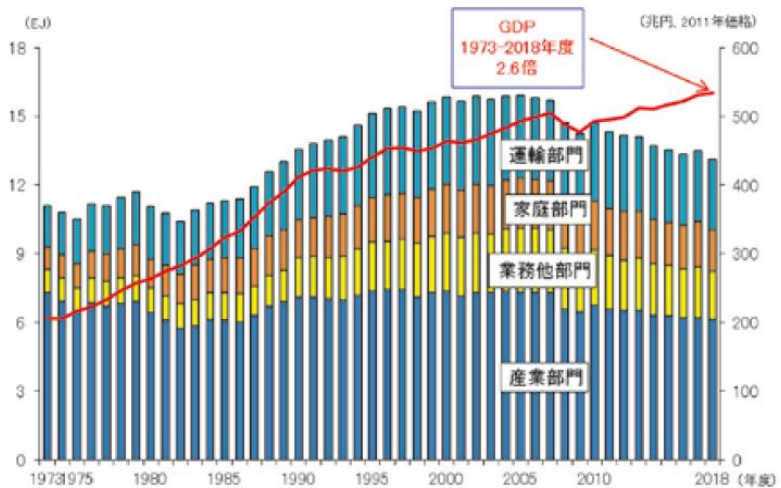
## 電力：新エネは原子力をカバーできず



(注) 石油等にはLPG、その他ガスおよび酒粕質混合物を含む  
四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある  
「電力供給計画の概要」を基に作成  
資源エネルギー庁「電力供給計画の概要」を基に作成

## 最終エネルギー消費量の推移

(2005年から減少傾向：省エネ政策の効果)



# 住宅・建築における脱炭素戦略(4つの方策)

## ①省エネルギー

高性能外皮  
高効率設備

## ②創エネルギー

太陽光発電など

省エネが第一歩  
であり、基本

脱炭素社会  
の住宅・建築  
(省エネより大きな概念)

## 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(植林による  
大気中炭素の吸  
収・固定化)



# 省エネ基準の趣旨 = 「外皮 + 設備」の省エネ対策

① 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

Panasonic  
ideas for life



ECO  
NAVI



自然エネルギー

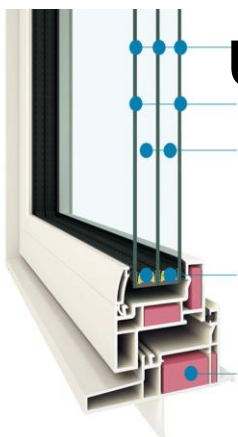
生活 / 使い方



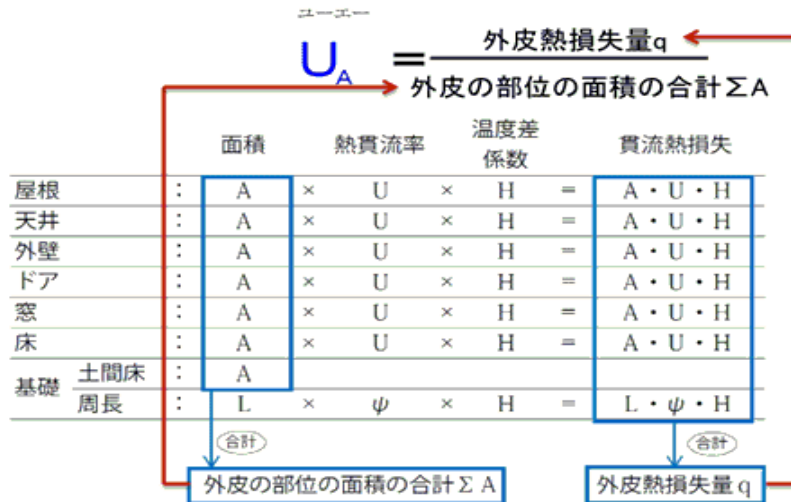
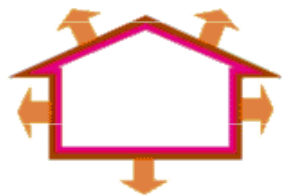
$U_w = 0.78 \text{ W/m}^2\text{K}$

② 1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。

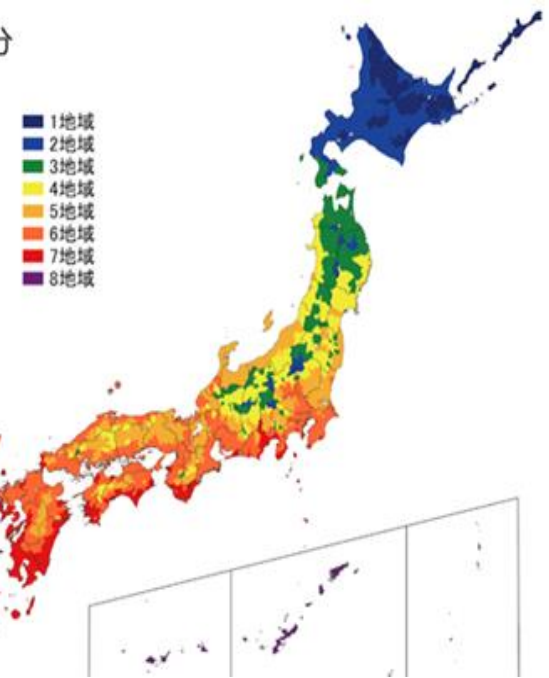


# 住宅外皮の省エネ対策(基準): 評価指標( $U_A$ と $\eta_{AC}$ )



地域区分	1	2	3	4	5	6	7	8
外皮平均熱貫流率 の基準値: $U_A$ [W / (m <sup>2</sup> · K)]	0.46	0.46	0.56	0.75	0.87	0.87	0.87	—

地域の区分

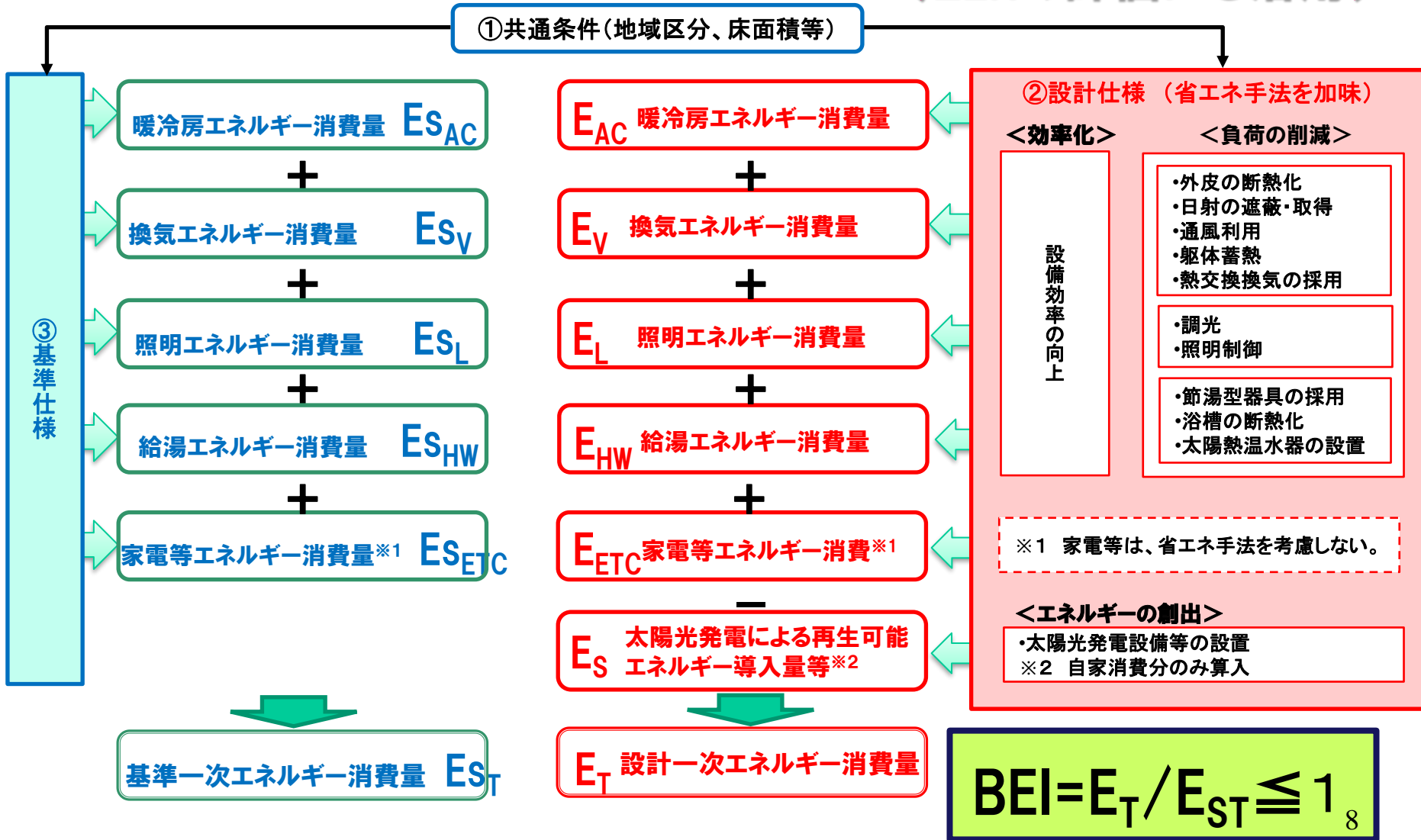


地域区分	1	2	3	4	5	6	7	8
冷房期の平均日射 熱取得率の基準値 $\eta_{AC}$ [%]	—	—	—	—	3.0	2.8	2.7	3.2

# 住宅の1次エネルギー消費量の計算とBEI評価

(ここは住宅の例だが、建築も類似)

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)



# 住宅・建築の省エネ基準は適合義務化へ

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	<b>「届出」の義務 ⇒適合義務へ(2025年)</b>
中規模 (300～2000㎡)		2021年度から施行済み	
小規模 (300㎡未満)	<b>説明義務⇒適合義務へ(2025年)</b>		

2025年以降、全建築物に対して「適合義務」が課せられることに建築物省エネ法は改正された。つまり「黄色の部分」はなくなる。

# 住宅性能表示での断熱性能上位等級の告示 (断熱等性能等級と1次エネルギー消費量等級)

断熱等性能等級(等級6・7は2022年10月1日施行)

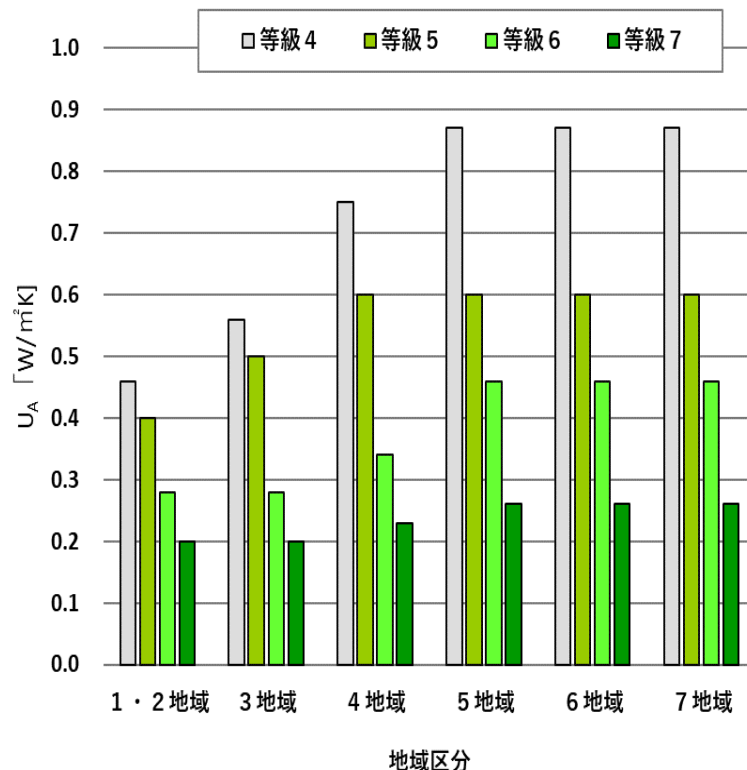
U <sub>A</sub> [W/(m <sup>2</sup> ・K)] の基準値(基準値以下が基準適合)							
等級の区分	等級2	等級3	等級4	等級5	等級6	等級7	
基準値のリファレンス	1980年基準	1992年基準	建築物省エネ法	ZEH要件(外皮強化)	HEAT20 G2水準	HEAT20 G3水準	
地域区分	1・2地域	0.72	0.54	0.46	0.40	0.28	0.20
	3地域	1.21	1.04	0.56	0.50	0.28	0.20
	4地域	1.47	1.25	0.75	0.60	0.34	0.23
	5地域	1.67	1.54	0.87	0.60	0.46※	0.26※
	6地域	1.67	1.54	0.87	0.60	0.46	0.26
	7地域	2.35	1.81	0.87	0.60	0.46	0.26

※ 5地域の等級6・7はHEAT20よりややレベルが低い。

## 1次エネルギー消費量等級

BEI [比率] の基準値(基準値以下が基準適合)		
等級4	等級5	等級6
1.0	0.9	0.8

## 断熱等性能等級の比較グラフ



- 省エネ基準(等級4)の義務化も国会を通過。
- 施行は2025年。

# 「良い暮らしの実現」と「省エネ・脱炭素への貢献」

良い暮らし  
well-being  
wellness

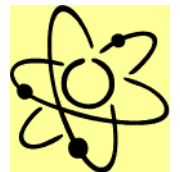
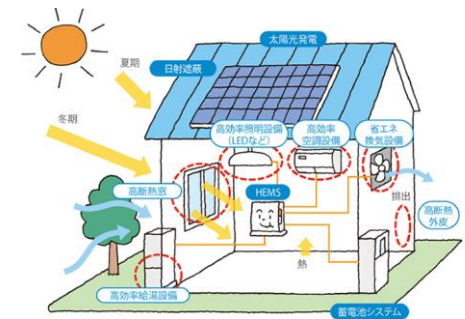
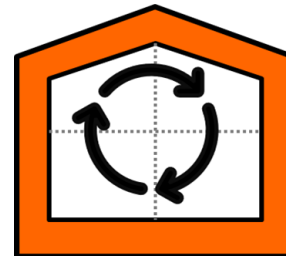
省エネ・脱炭素  
saving energy &  
carbon neutral



優れたエネルギーシステム  
excellent energy system  
高断熱はその最重要要素

「良い暮らし」は「温度ストレスがない」=「健康」

「省エネ・脱炭素」は「高断熱」から



# 優れた建材・住宅設備によって良い暮らしを！

窓

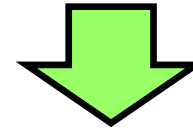
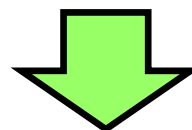
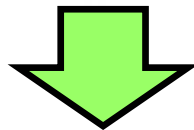
暖冷房・換気

給湯・浴室

照明

厨房設備

昔



今



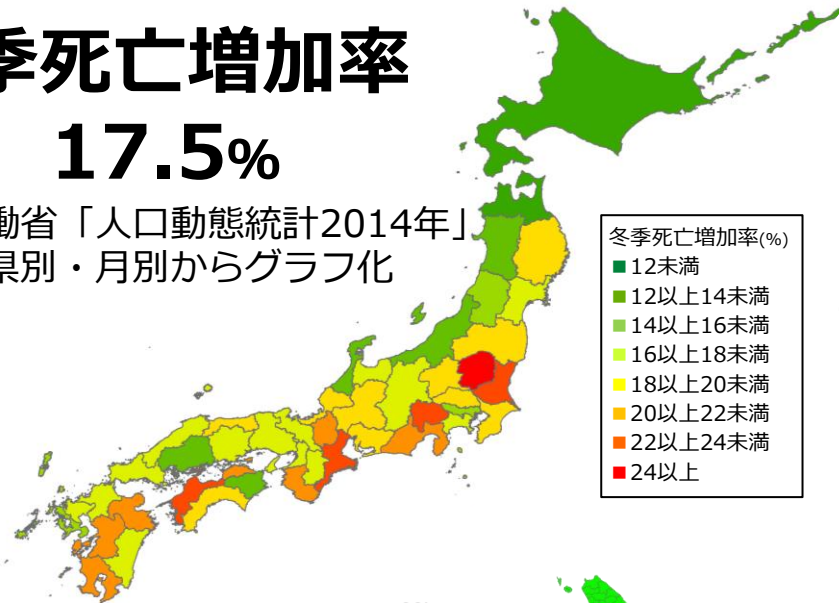
建材や住宅設備はここ20～30年で大きな技術革新をとげた。スマート化（省エネ・機能化）とウェルネス化（快適・利便・安全）が著しい。

# 断熱住宅の普及と冬季死亡増加率の低下

## 冬季死亡増加率

全国 **17.5%**

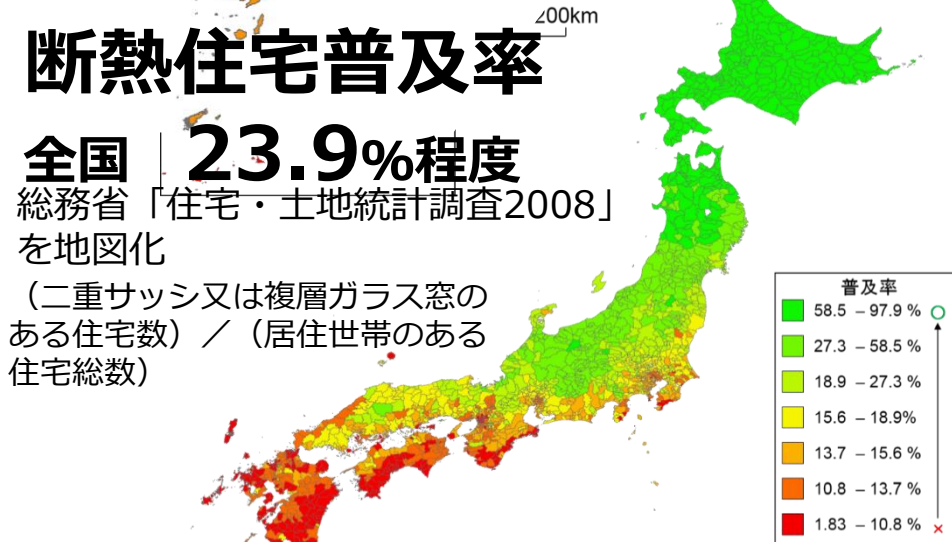
厚生労働省「人口動態統計2014年」  
都道府県別・月別からグラフ化



## 断熱住宅普及率

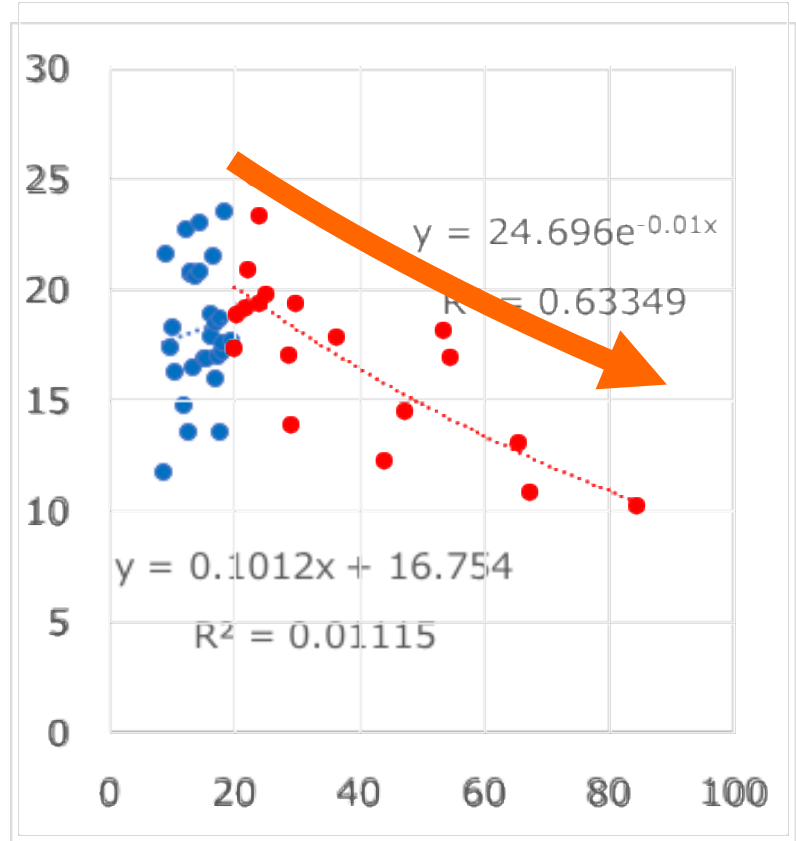
全国 **23.9%程度**

総務省「住宅・土地統計調査2008」  
を地図化



出典:伊香賀俊治(慶大)

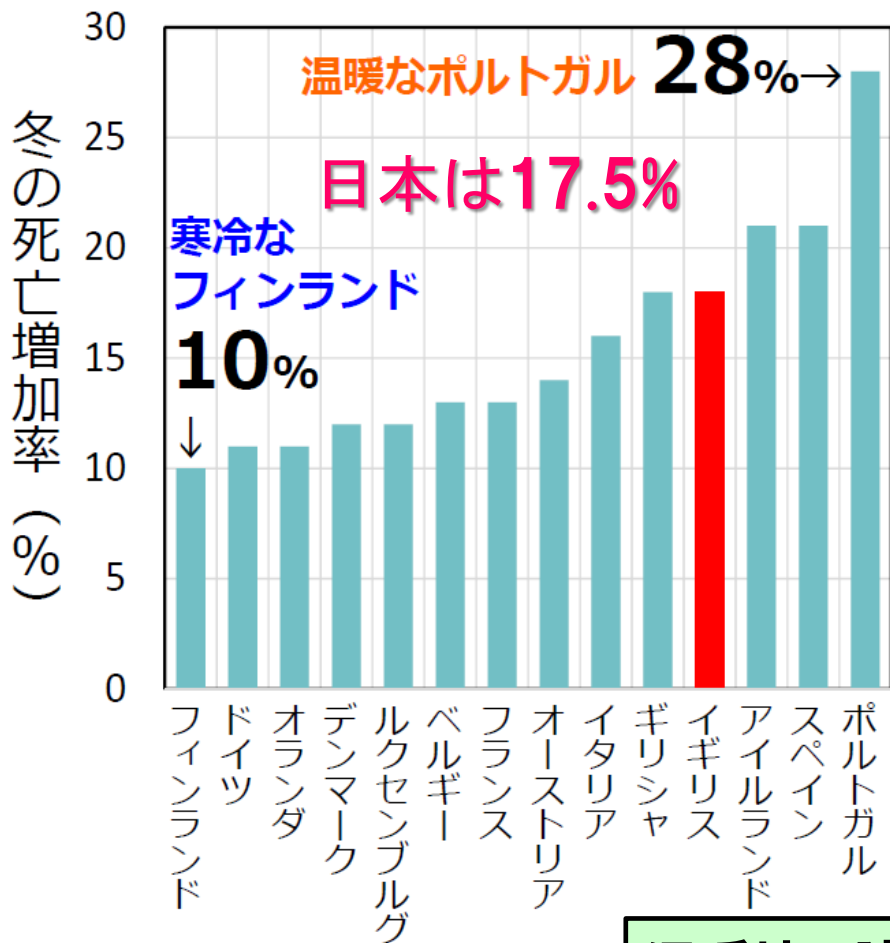
冬季死亡増加率 (%)



高断熱住宅普及率 (%)

断熱住宅の普及が疾病予防・  
介護予防に寄与する可能性が  
示唆される。

# 「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)



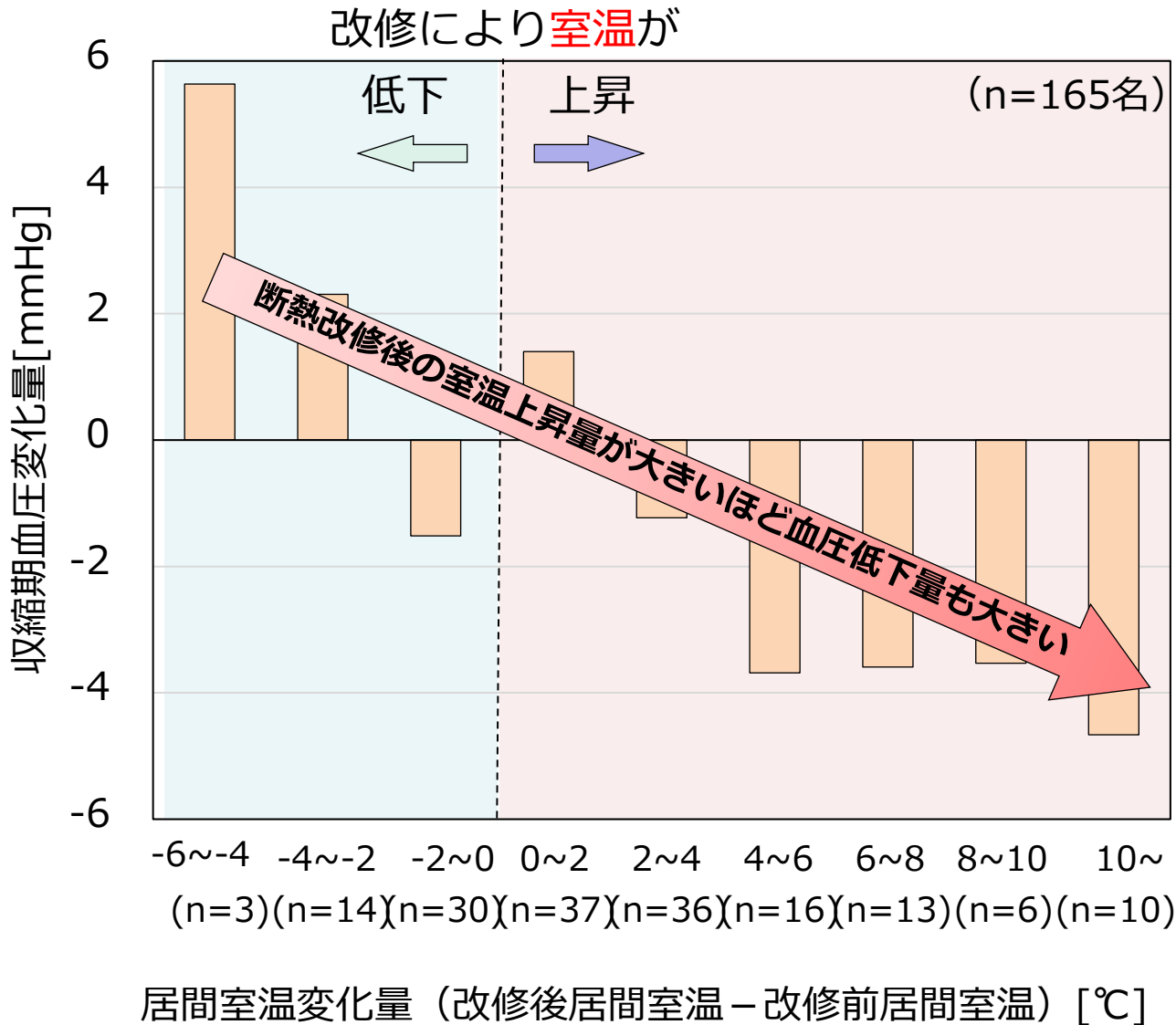
Ikaga Lab., Keio University (Yukie HAYASHI)

世界保健機関 (WHO) も健康を守る室温として18°C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、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。

# 断熱改修後の室温が上昇するほど血圧も低下



## 断熱改修の効果について

改修後に室温が平均 3.3°C 上昇(10°C 以上上昇した住宅もあり)した一方で、室温が平均 1.6°C 低下した例もあり、暖房の適切な使用を呼びかけることも大切と考えられる。

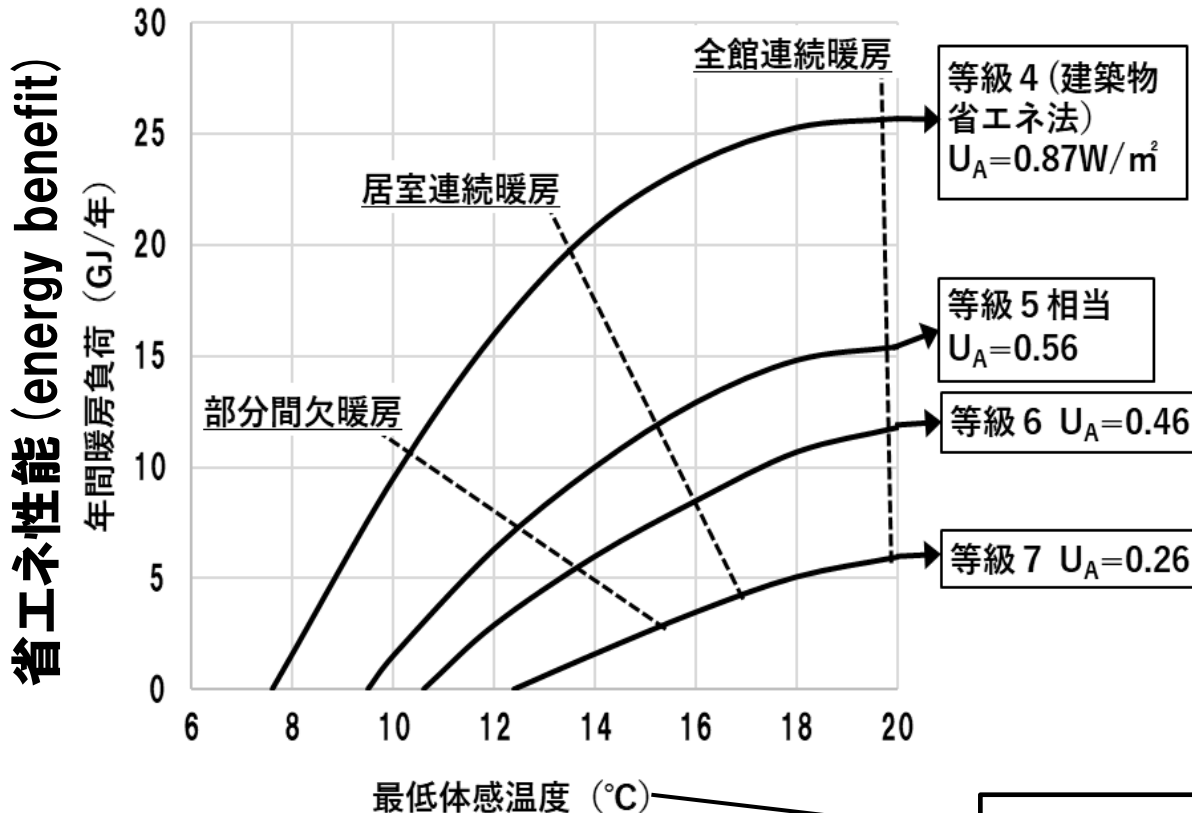
出典: 伊香賀俊治(慶大)

# 省エネ性能と「良い暮らし」をグラフで示す

～HEAT20※が提案する外皮断熱の水準～

大量のシミュレーション結果から以下のチャートを作成した。

東京、戸建（省エネ基準検討モデル）



※

20年先を見据えた高断熱住宅研究会

HEAT 20

- 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。

良い暮らし性能 (non-energy benefit)

最低体感温度(作用温度)とはおおむねこの温度を下回らないという意味。

# 「良い暮らし性能」のビジュアルな表示

- 部分間欠運転（東京）で比較

青色: 体感温度 < 15°C の時間帯。  
オレンジ色: 15°C 以上の暖かな温度。

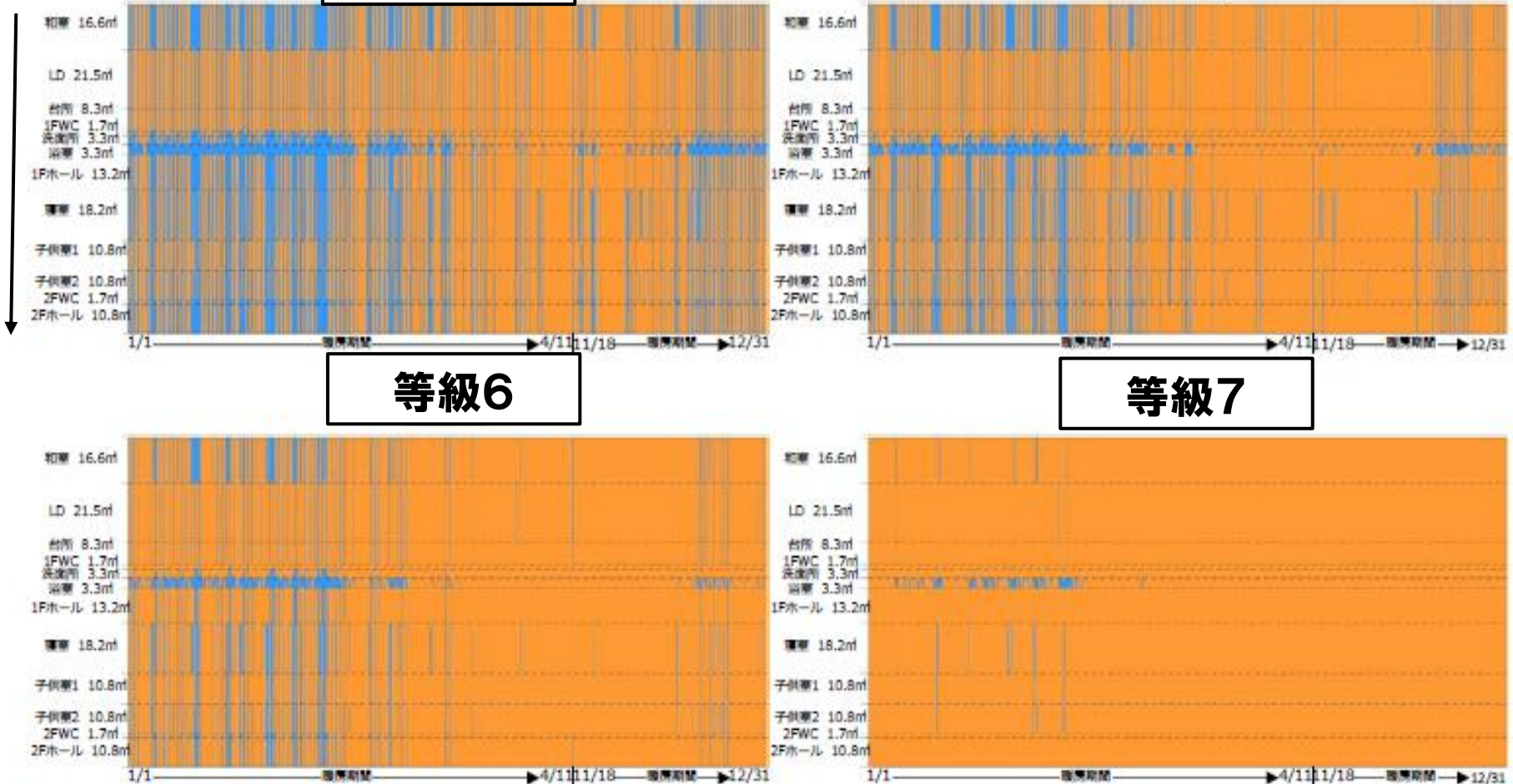
部屋名

等級4

等級5

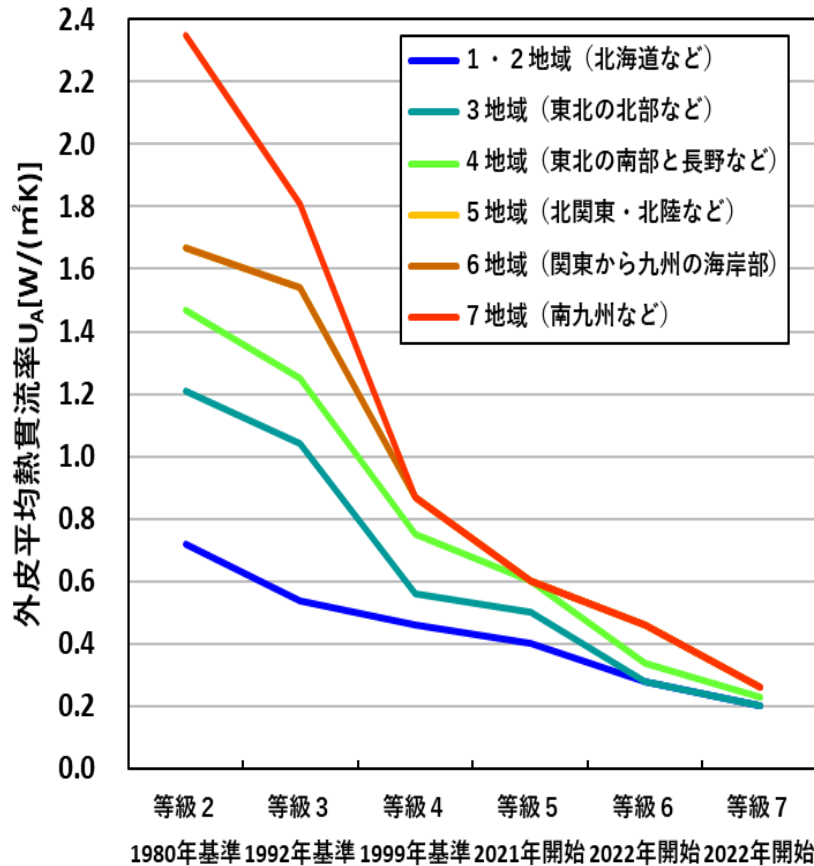
等級6

等級7



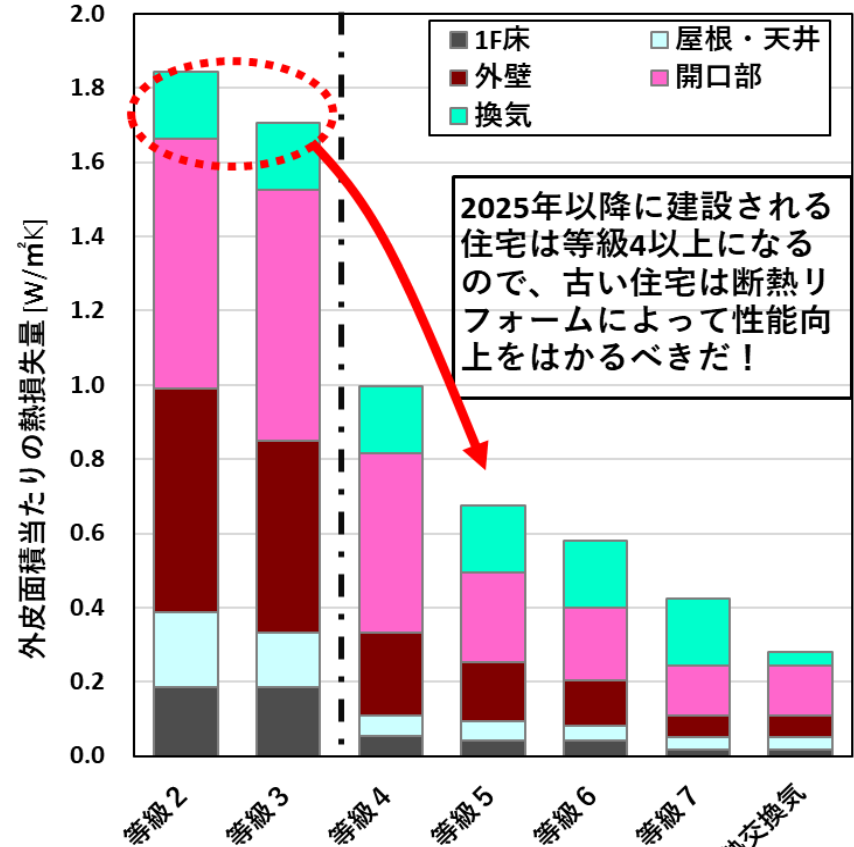
# 断熱改修が必要な理由①(断熱性能の進歩)

## 住宅性能表示の断熱等級における基準値(U<sub>A</sub>値)



【基準値が公表された年】

## 6地域の各基準値における熱損失内訳の比較



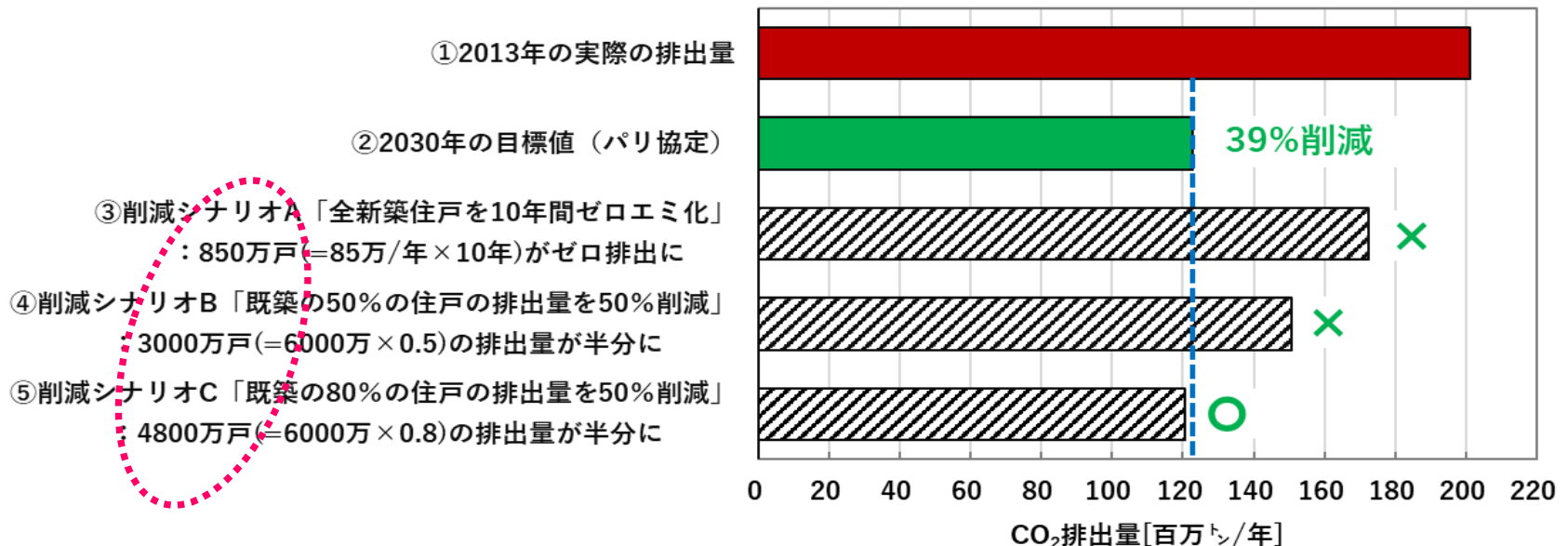
開口部と外壁の熱損失減少に注目!

# 断熱改修が必要な理由②(CO<sub>2</sub>削減の目標達成)

日本の統計データ  
(最近)

- ◆ 人口～12000万人
- ◆ 既築～6000万戸(世帯)
- ◆ 新築～85万戸(世帯)/年
- ◆ 空き家～800万戸
- ◆ 省エネ基準適合率～60%=48万戸/年
- ◆ ZEH新築～6万戸/年:正味でCO<sub>2</sub>排出量がゼロになるものもある。

日本の住宅部門のCO<sub>2</sub>排出削減の検討



既築(ストック)に対策を講じることが重要⇒断熱改修へ

# 住宅の省エネ化の支援強化(閣議決定2022.11.8)

## (1) 住宅の断熱性能向上のための先進的設備導入促進事業等 【経済産業省・環境省】(1,000億円)

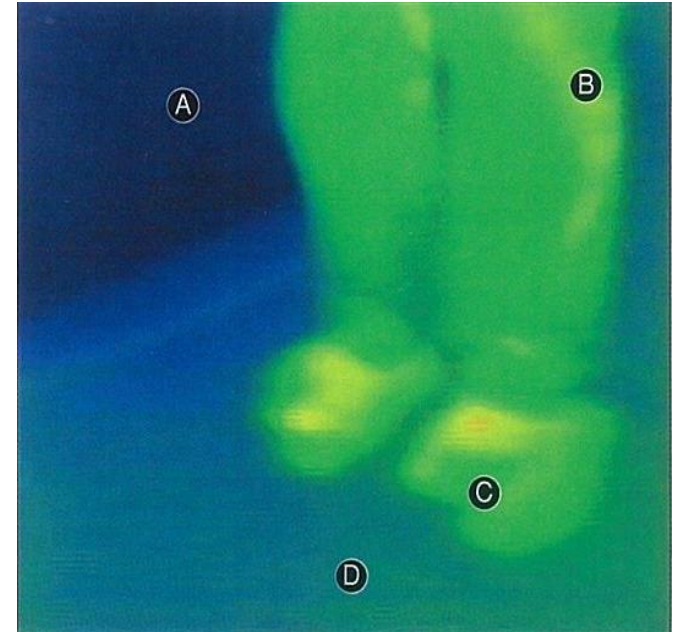
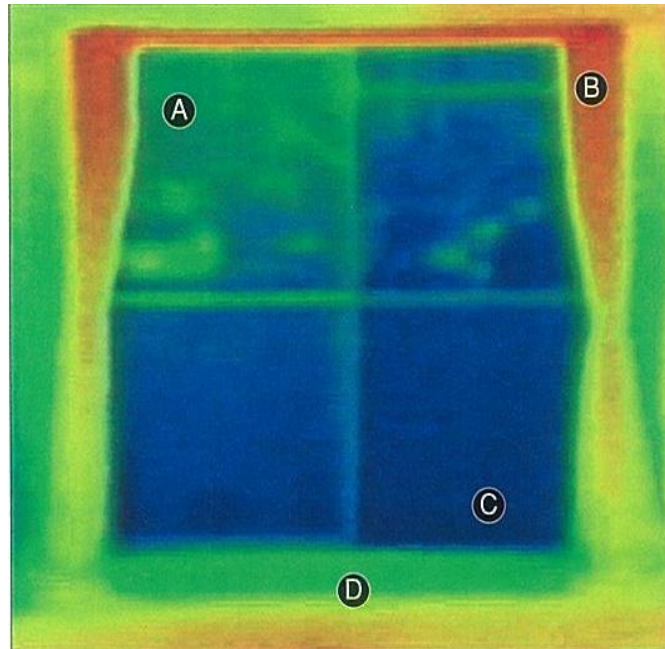
- ・補助金は、断熱改修工事を行う事業者の申請に基づき、住宅所有者に補助金全額が還元されることを条件に、当該事業者に対して交付。
- ・高断熱窓(熱貫流率(Uw値)1.9以下等、建材トップランナー制度2030年目標水準値を超えるもの等、一定の基準を満たすもの)への断熱改修工事に対して支援。
- ・工事内容に応じて定額交付。(補助率1/2相当等。1戸あたり最大200万円を交付)

## (2) 高効率給湯器導入促進による家庭部門の省エネルギー推進 事業費補助金【経済産業省】(300億円)

## (3) こどもエコすまい支援事業【国土交通省】(1,500億円)

- ・新築:高い省エネ性能(ZEHレベル)を有する新築住宅の取得に対して支援。子育て世帯・若者夫婦世帯を対象とし、1戸あたり100万円の補助金。
- ・リフォーム:住宅の窓・壁等に対する一定の断熱改修や、一定のエコ住宅設備の設置等の省エネリフォームを行う場合に工事内容に応じた定額を支援。

# 一時代前の窓 (アルミサッシ・単板ガラス) は「寒い」



出典:『快適窓学 リフォーム編/樹脂サッシ普及促進委員会』

暖房設定温度が $22^{\circ}\text{C}$ にもかかわらず、窓付近の体感温度は、放射熱伝達の影響によって $18^{\circ}\text{C}$ である。

⇒ 肌寒い ⇒ 暖房設定温度を上げる ⇒ エネルギー消費が増大。

【対策】窓・壁などの断熱性能を上げることで、体感温度は $2^{\circ}\text{C}$ 上昇する。

窓の断熱化が重要

# 一時代前の外壁断熱(気密と防露が不十分)

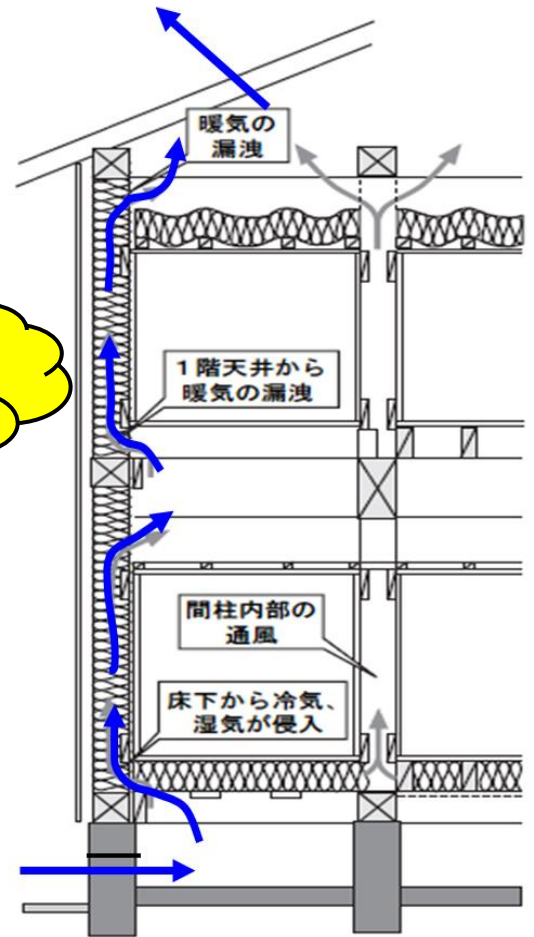
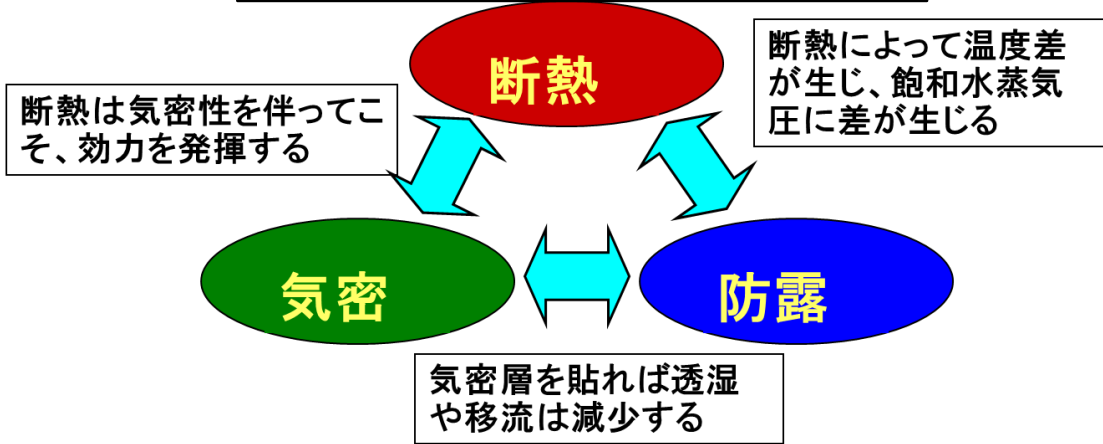


気密化は「壁体気流」を防ぎ、断熱効果を向上させる

- ・外壁は断熱(10Kグラスウール50mm)
- ・防湿・気密シートは別張りでない

断熱性が足りない

断熱・気密・防露は三位一体



# 断熱改修用の建材(内窓・断熱材)も整備された

(外皮の技術革新が実現し、断熱改修もやりやすくなった)



最安値更新!  
工事費込特価

基本工事費込お支払い価格

38,923円(税込)

幅800mm×高さ600mm 引き違い 単板ガラス3mm1窓の場合



省エネ  
快適

通常販売価格21,292円(税込)

エコ内窓  
2重窓 プラマードU



WALL  
IN-PLUS (19-4-0791)

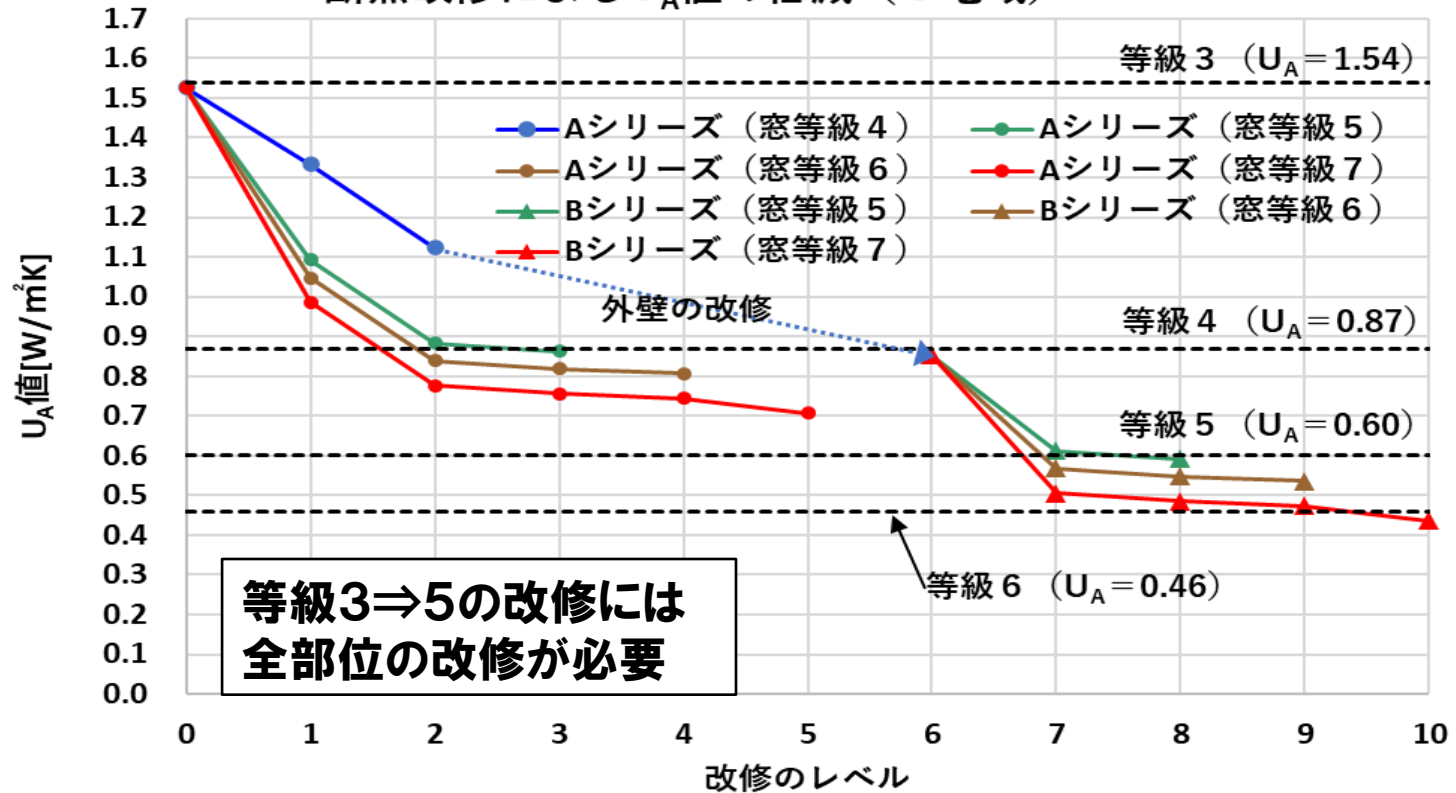


FLOOR  
IN-PLUS (19-4-0791)

内窓:30~50万円  
断熱(材工こみ)  
:60万円以上

# 断熱改修の目標と計画

断熱改修によるU<sub>A</sub>値の低減（6地域）

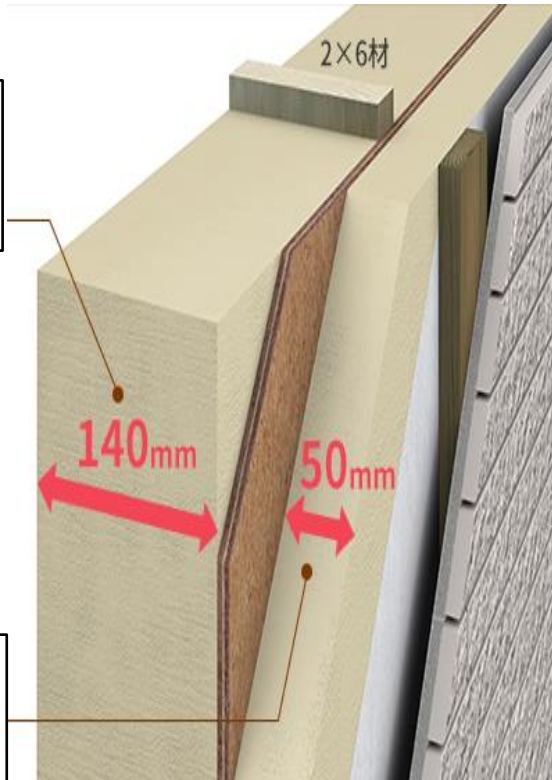


改修レベル	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
窓		○ 等級4～7 の4種	○ 等級4～7 の4種	○ 等級5～7 の3種	○ 等級6・7 の2種	○ 等級7		○ 等級5～7 の3種	○ 等級5～7 の3種	○ 等級6・7 の2種	○ 等級7
床と天井	等級3	× 等級3	○ 等級4	○ 等級5	○ 等級6	○ 等級7	等級4	× 等級4	○ 等級5	○ 等級6	○ 等級7
外壁		× 等級3	× 等級3	× 等級3	× 等級3	× 等級3		× 等級4	× 等級4	× 等級4	× 等級4

# 現代における最高の断熱 (外壁ダブル断熱と樹脂サッシ・3層ガラス)

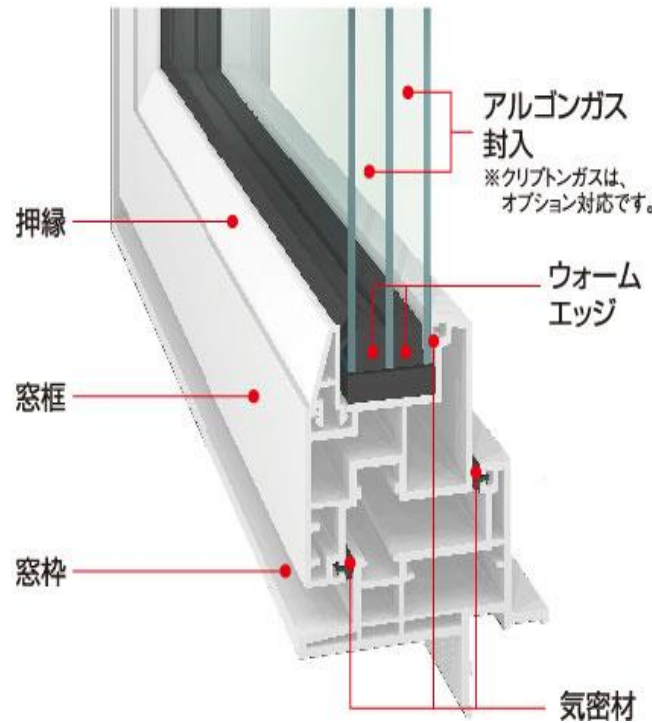
I工務店のダブル断熱  
U値 = 0.2W/m<sup>2</sup>K

硬質ウレタンフォーム



硬質ウレタンフォーム

EX社の  
樹脂サッシ・3層ガラス  
U値 = 0.8W/m<sup>2</sup>K



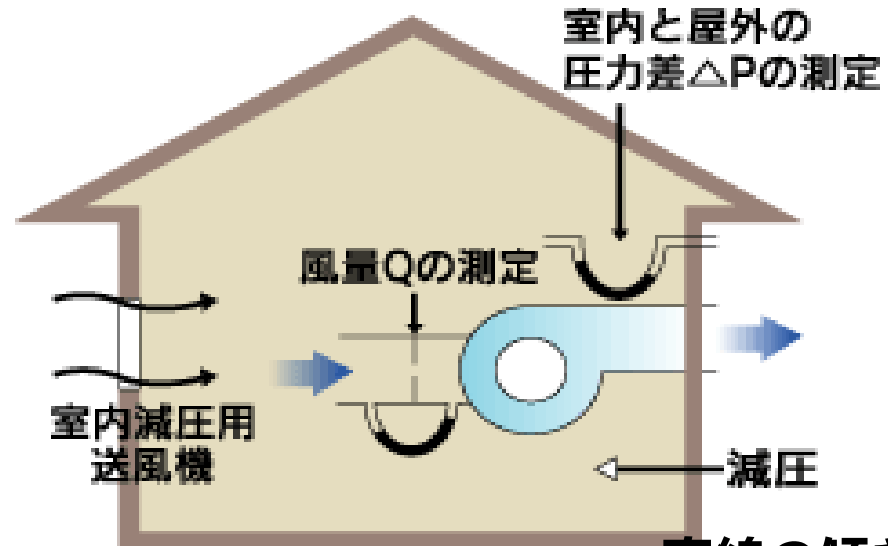
超高断熱窓SPG  
U = 0.52W/m<sup>2</sup>K



高断熱化 = サッシの断熱化・気密化  
+ ガラスの多層化・低放射化・真空化

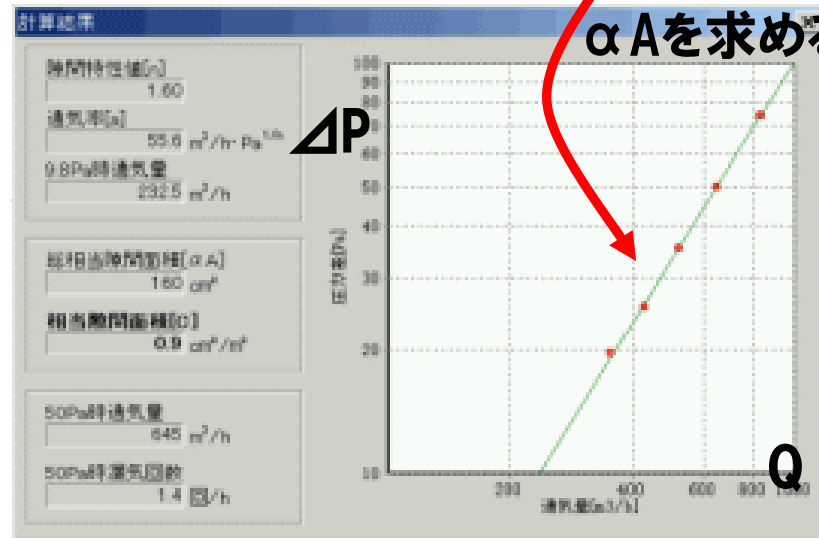
# 気密性の実測も必要です

(気密性が悪ければ、断熱改修しても効果は半減)



直線の傾きから  
 $\alpha A$ を求める

$$Q = 0.36 \times \alpha A \times \sqrt{\frac{2}{\rho} \times \Delta P}$$



C値(床面積あたりの相当隙間面積)

$$C = \alpha A / S$$

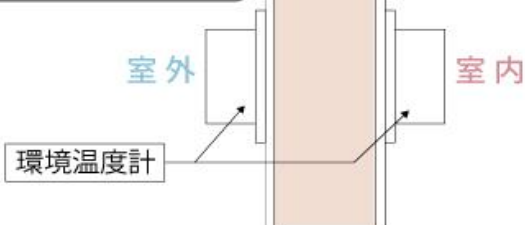
# 断熱診断の方法(JJJ断熱診断:U値の実測)

一級建築士事務所・北海道知事登録(石)第3458号  
**J 建築システム株式会社**  
J ARCHITECTURE SYSTEM INC.

環境温度計(室内)



無線接続で  
室外設置も簡単



【センサ設置断面イメージ】

## ■ 診断の手順

1. 測定対象部位(壁・天井・床)の室内外に環境温度計を設置
2. PCに赤外線カメラ、データを受信するセンサ受信機を接続
3. 環境温度計(室内)を含む測定部位面を赤外線カメラで撮影
4. 測定プログラム内でU値(熱貫流率)をリアルタイム表示
5. 測定データを集計して、平均による実測U値を算出

温度分解能の優れた  
高性能赤外線カメラ



赤外線カメラ  
【Jフリー】

初期設定のみで  
センサ簡単接続



【センサ受信機】



【Jソフト+PC】

# JJJ断熱診断の実施例と検証(出典:服部哲幸)



## JJJ断熱診断システムによるA棟外壁のU値の実測



出典: J建築ホームページ

記号	説明	計測数値 (1時間平均)	計測機
h	総合熱伝達率	12.13W/m <sup>2</sup> K	専用センサー
θ <sub>ni</sub>	室内側環境温度	18.33°C	SAT計
θ <sub>no</sub>	外気側環境温度	-0.66°C	SAT計
θ <sub>s</sub>	室内側表面温度	18.88°C	サーモカメラ

$$\text{外壁の実測U値} = \frac{h(\theta_{ni} - \theta_s)}{(\theta_{ni} - \theta_{no})} = 0.34\text{W/m}^2\text{K}$$

$$\text{外壁の計算U値} = 0.396\text{W/m}^2\text{K} \leftarrow \text{近い}$$

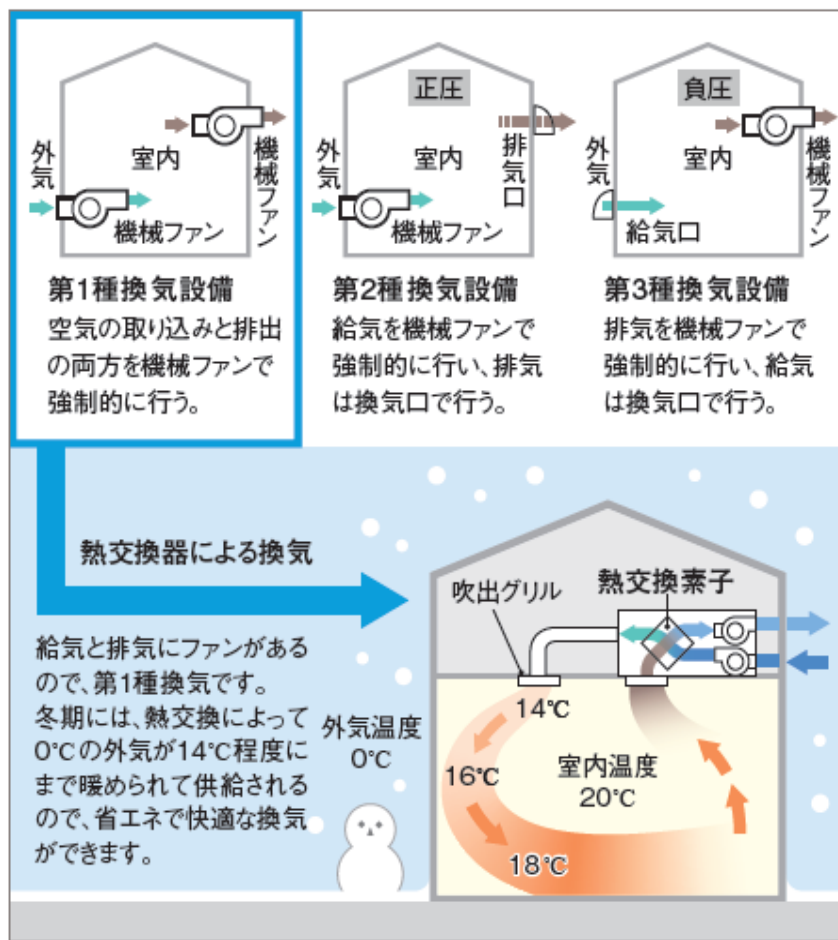
# 全熱交換換気(空気清浄と省エネの両立)

～コロナ禍によって十分な換気は必要不可欠なものとなった～

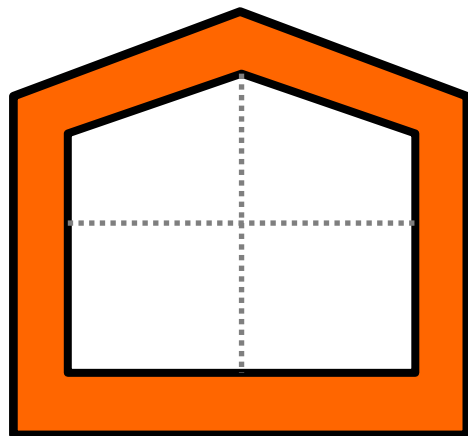
全熱(顕熱+潜熱)交換換気システムは近年進歩した。年間を通して、十分な換気の確保と省エネを両立させることが可能になった。

- 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

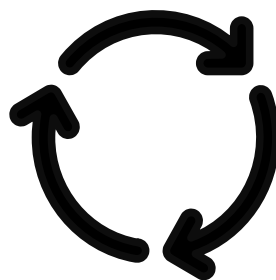


# 高断熱に加えて室内空気の循環が必要である (良い暮らし [良好な温熱環境] は高断熱化だけでは達成できない)



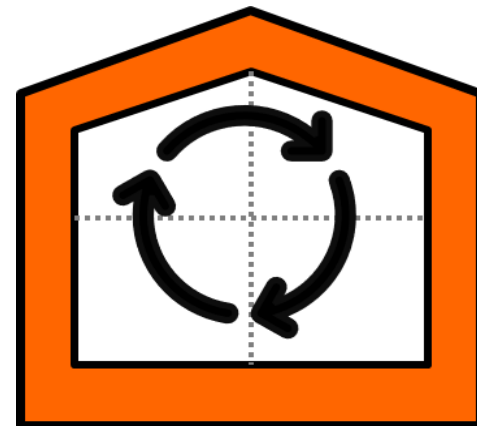
高断熱外皮

+



室内空気の循環

=



建物内全体が  
良好な温熱環境

「高断熱 + 全館空調システム」によって実現される

# まとめ

- ① 世界的なカーボンニュートラルの動きに日本も「協調」せざるを得なく、政府は省エネ対策と化石燃料消費の低減策(=再生可能エネや原発?)を進めていくことは必至である。
- ② 住宅においては、高断熱化とZEHが重点施策である。
- ③ 高断熱化によって「良い暮らしの実現」と「省エネ・脱炭素への貢献」が達成される。
- ④ リフォーム用の建材も整備されているので、断熱リフォームを進めよう！

ご清聴、ありがとうございました。

