温暖化対策と
ハウス・オブ・ザ・イヤー・
イン・エレクトリック

坂本雄三（東京大学）

1. 温暖化対策の動向
2. 省エネルギーを支える断熱とヒートポンプ
3. ハウス・オブ・ザ・イヤ・イン・エレクトリックの表彰

HOUSE
OF THE YEAR
IN ELECTRIC

１．温暖化対策の動向

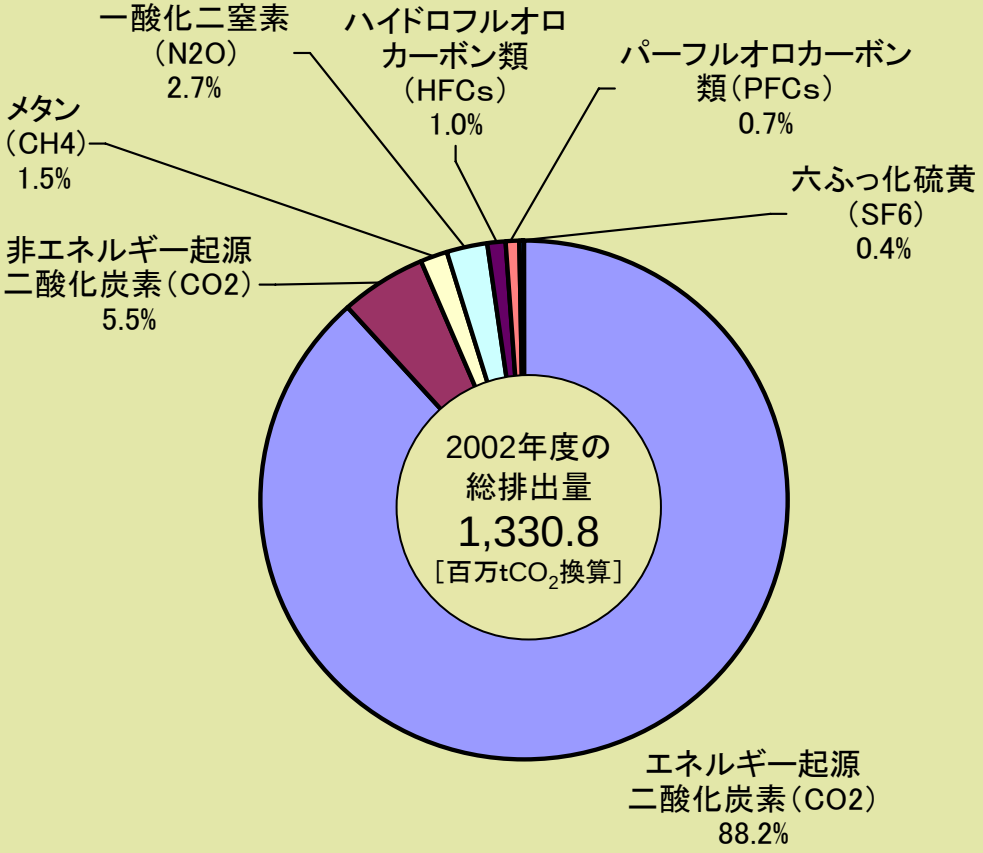
地球温暖化問題の世界問題化

◆アル・ゴアの「不都合な真実」
◆IPCC第４次評価報告書（温暖化の原因を認定）
◆国連安保理での英国の演説“Climate Security”
◆ハイリゲンダム・サミットでの提案
◆日本政府の「美しい星50構想」
◆京都議定書の目標達成のための１人１日１kgのCO2削減
◆アル・ゴアとIPCCのノーベル平和賞の受賞
◆洞爺湖サミットでの合意「2050年までにCO2を50%削減」

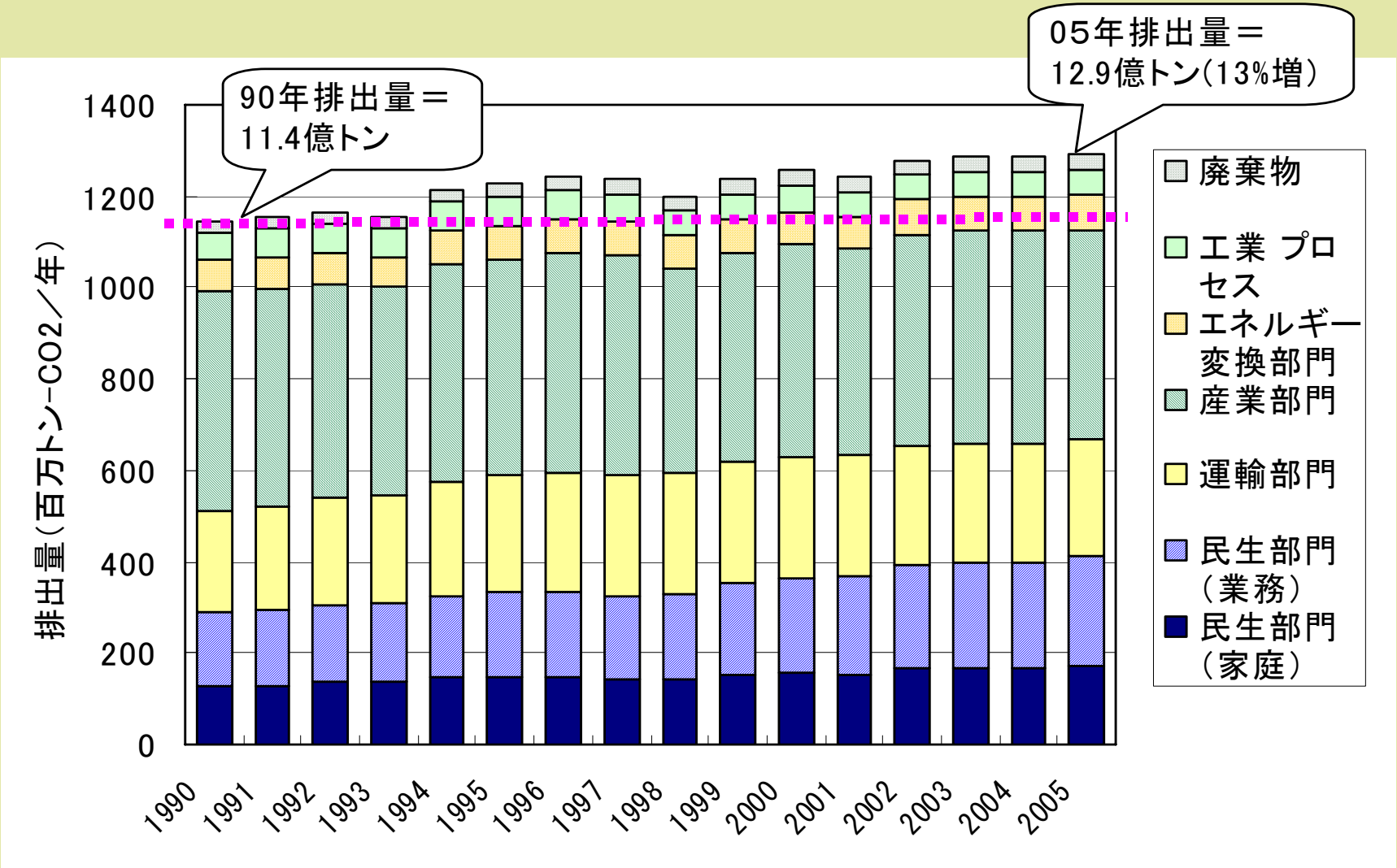
京都議定書の概要

・1997年12月のCOP3で採択された。
・2005年2月16日に国際条約として発効。
・日本では**約9割が、エネルギー起源二酸化炭素（CO_2）**である。

● 温室効果ガス（6種類）：
二酸化炭素（CO_2）、メタン（CH_4）、一酸化二窒素（N_2O）、代替フロン等3ガス（HFC、PFC、SF_6）
● **約束期間：2008年～2012年の5年間**
● 日本の削減率：▲6％
● 発効要件
・条約の締約国の55か国以上が批准
・排出義務を負う国（先進国）のうち、1990年のCO_2排出量の55％を占める国が批准

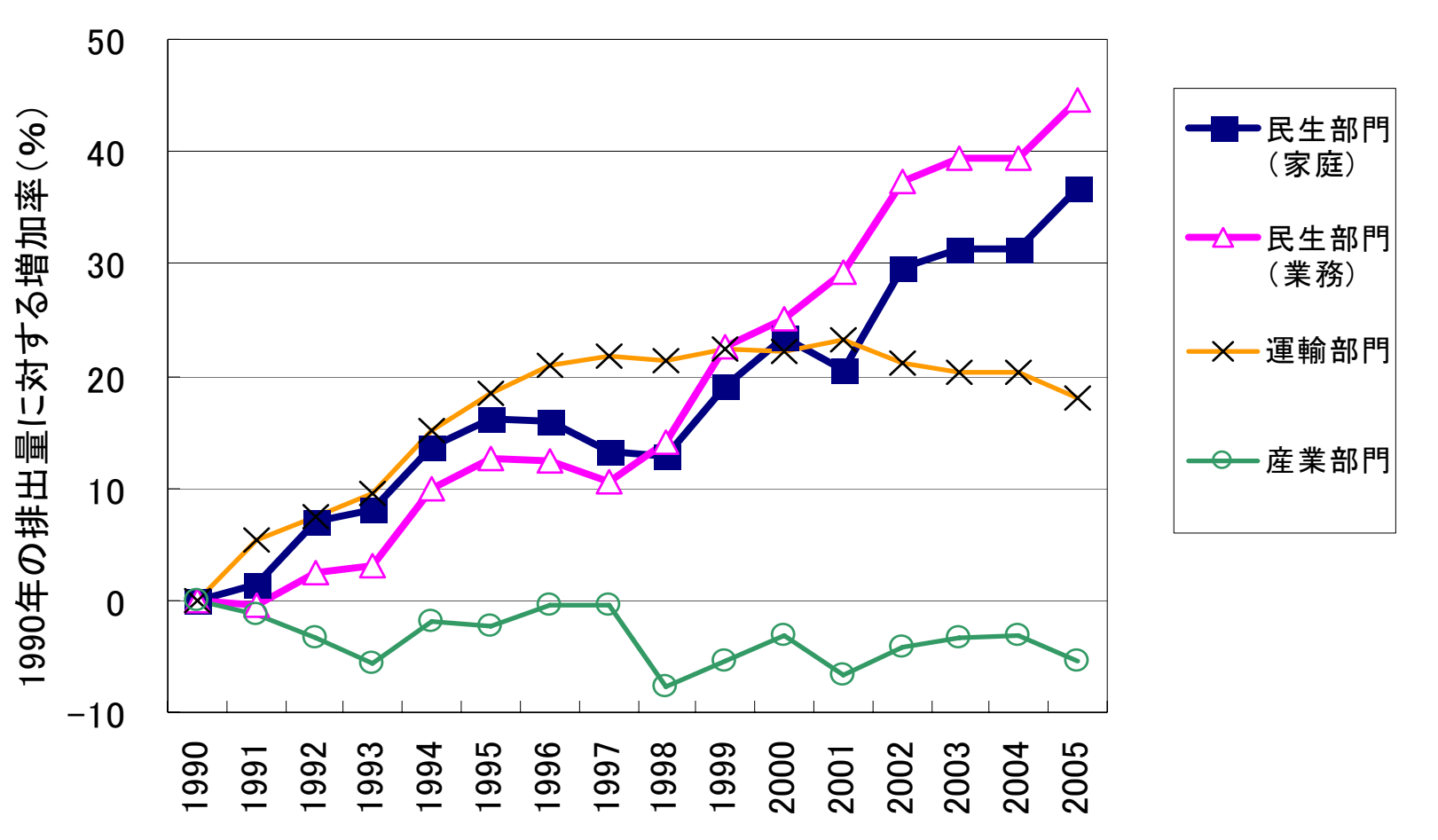


日本のCO2排出量の推移



【出展】全国地球温暖化防止活動推進センターホームページ

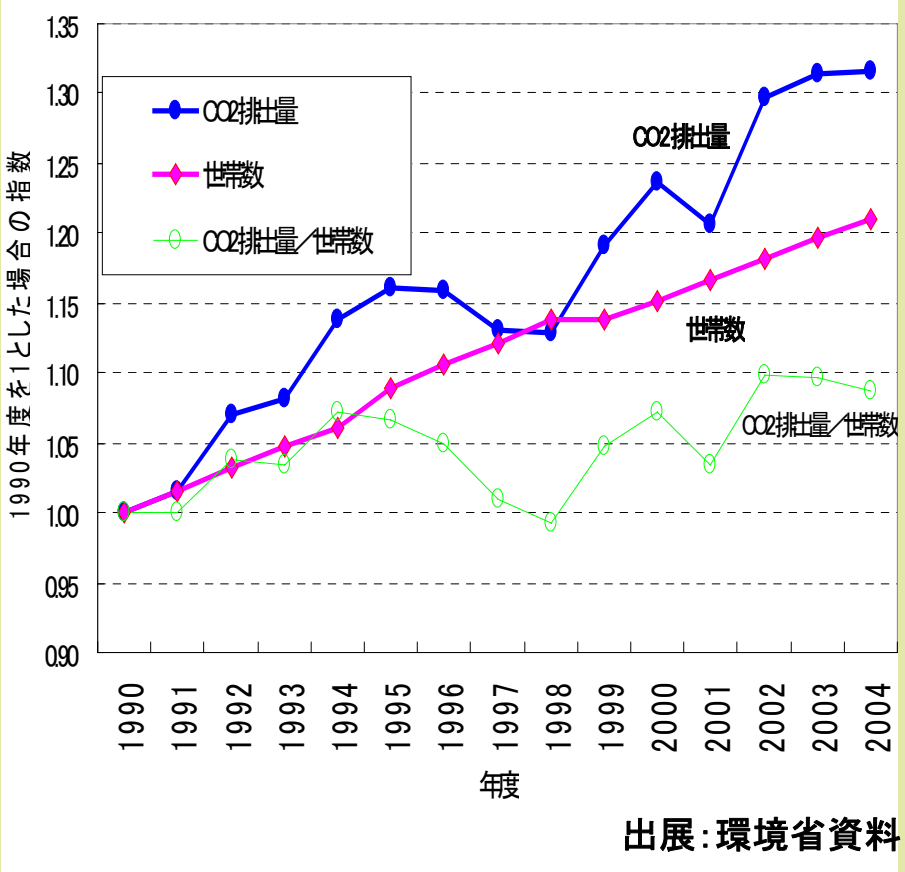
部門別のCO_2排出量の増加率
（対90年比）



【出展】全国地球温暖化防止活動推進センターホームページ

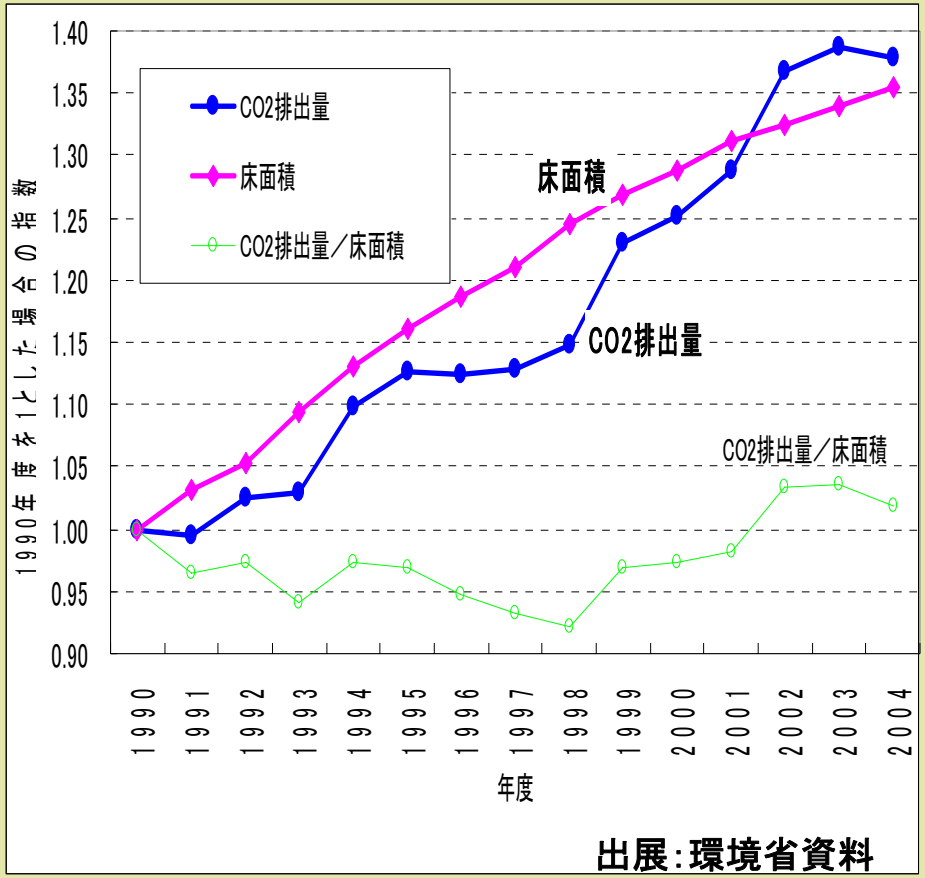
民生部門のCO2排出量が増大する原因

世帯あたりの家庭用CO2排出量



出展:環境省資料

床面積あたりの業務用CO2排出量



出展:環境省資料

世帯数や建築床面積の増大が民生部門のCO_2排出量が増大する原因か？

民生分野の省エネ手法と目標削減量

省エネ手法	CO_2削減量（万トン）
●住宅・建築の省エネ基準の普及	3,400
住宅（新築の普及率21%→50%）	850
建築（新築の普及率65%→80%）	2,550
●家電機器・OA機器の効率改善等	3,880
●BEMS&HEMSの普及とESCOの推進	1,120
●燃焼機器等の効率改善	490
●高効率照明の普及	340
●高効率給湯器（エコキュートなど）の普及	340
●待機電力の削減	150
合計	9,720万トン

京都議定書目標達成計画の追加対策：3,740万トン（2008.3閣議決定）
住宅・建築の省エネ性能向上　200万トン
省エネききなどの普及　130万トン

省エネ法と建築・住宅の省エネ基準

省エネ法

- 工場に係る措置
- 輸送に係る措置（新規）
- 建築物に係る措置（国交省）
  - **建築の省エネ基準**
    - ①外皮の省エネ化＝断熱・日射遮蔽による熱負荷の低減（PAL又は仕様規定で評価）
    - ②設備の省エネ化＝適正なゾーニングと機器容量、高効率機器の採用による設備システムの効率向上（ＣＥＣ又は仕様規定で評価）
  - **住宅の省エネ基準**
    - ①熱負荷の低減（断熱、気密、日射遮蔽、ﾊﾟｯｼﾌﾞｿｰﾗｰによる）
    - ※集合住宅のセントラル設備は対象へ
    - ※住戸設備よる省エネも検討中
- 機械・器具に係る措置（経産省）

京都議定書と省エネ施策の動向

2005.2　京都議定書の発効

2005.4　京都議定書目標達成計画の公表

2006.4　改正省エネ法・改正温対法の施行

2008.4　改正京都議定書目標達成計画の公表

2008.5　省エネ法の更なる改正・強化

2009.3　改正省エネ基準の告示

省エネ法（省エネ基準）の改正

省エネ法の改正（2008.5に成立）に伴い、住宅の省エネ基準は以下のように改正される。

建築用途	床面積の範囲	改正の内容
住宅	300㎡未満	**①建売住宅事業者に対するトップランナー基準（外皮と設備の総合的基準）の新設.2009.4から施行.**
		②構法別仕様基準の多様化（伝統木造、ALC鉄骨造、・・・）.2009.4から施行
住宅及び建築	300～2000㎡	省エネ措置の届出の義務化.2010.4から施行.
	2000㎡超	省エネ措置の違反に対する命令・罰則規定の導入.2009.4から施行.

- 登録建築物調査機関による維持保全状況の調査の制度化
- 省エネ性能の表示に関する指導・助言
- 消費者に対する省エネ性能の表示・情報提供
- 住宅の設計・施工指針の簡素化（気密・防露に関する事項）
- 2000㎡以下の非住宅に対する簡易評価法の策定

省エネ住宅・建築への政策的支援

国土交通省関係のみの支援策（他の省庁のものは省略）

●税制での支援

①住宅の省エネリフォーム（断熱改修）に対するローン減税（所得税＋固定資産税）を2008年度から実施。

②省エネ性能の高い（PAL・CECが基準値より10～20％減）ビルに対するエネ革税制の拡充（所得税・法人税・事業税などの減税）

●補助金による支援

①先導的な省CO2（省エネ）住宅・ビルの実施プロジェクに対する50億円の補助（補助率50％）

②超長期住宅支援における省エネ性能（等級4に適合）の要求

超長期住宅への政策支援
【200年住宅構想】

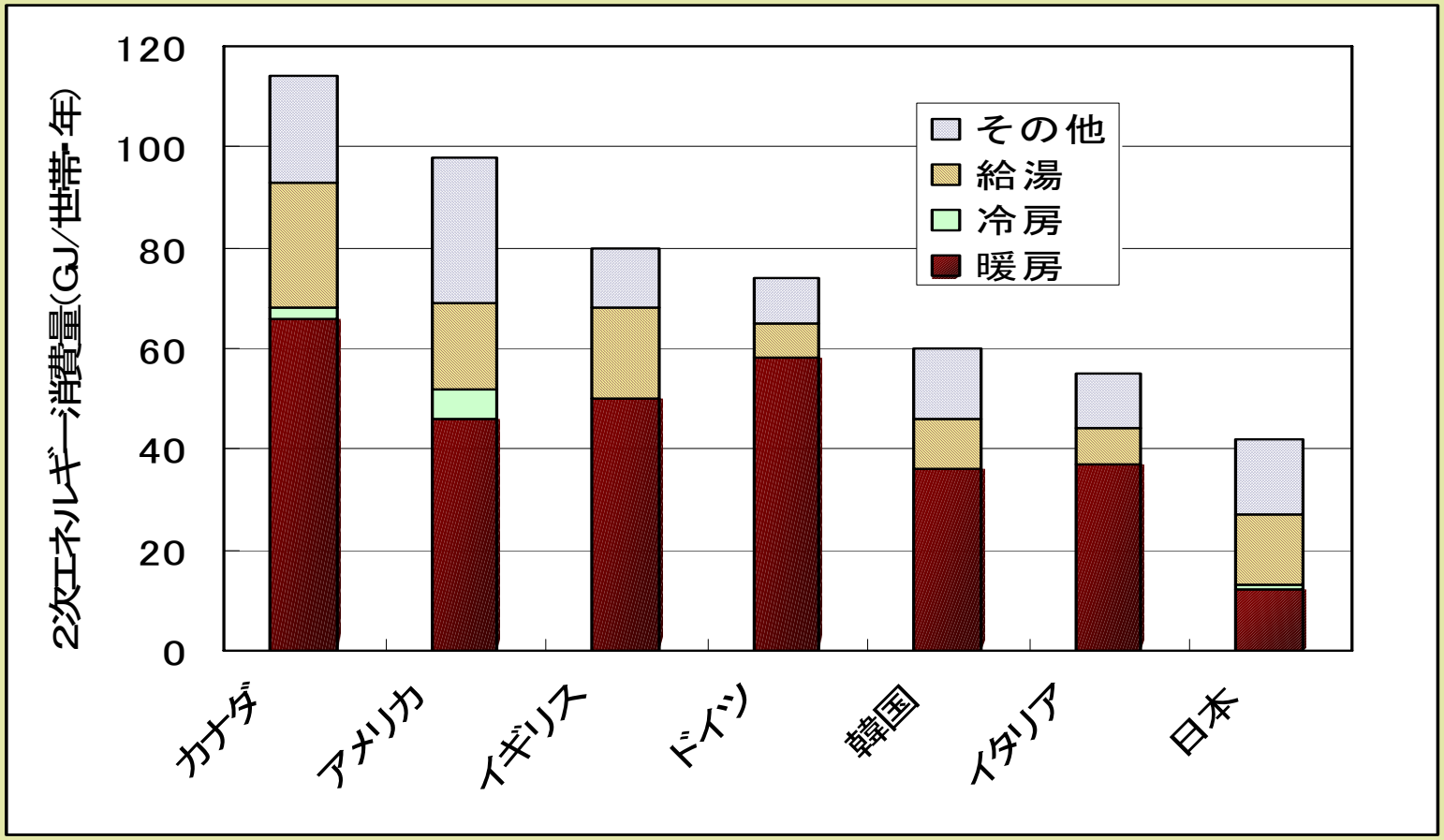
自民党の提案→国交省で制度を実現
→先導的モデル事業に130億円の補助金
（性能表示での最高等級の取得が条件）

12の政策提言

1. 超長期住宅ガイドラインの策定
2. 住宅履歴書の整備
3. マンションなどの新たな管理方式
4. リフォーム支援（ローン）
5. 性能・品質に関する情報提供
6. 取引に関する情報提供
7. 住替え・二地域居住（ローン）
8. スケルトン・インフィル住宅の支援ローン
9. 資産価値を活用したローン
10. 税負担の軽減
11. **先導的モデル事業の実施**
12. 良好なまちなみの形成・維持

2. 省エネルギーを支える
断熱とヒートポンプ

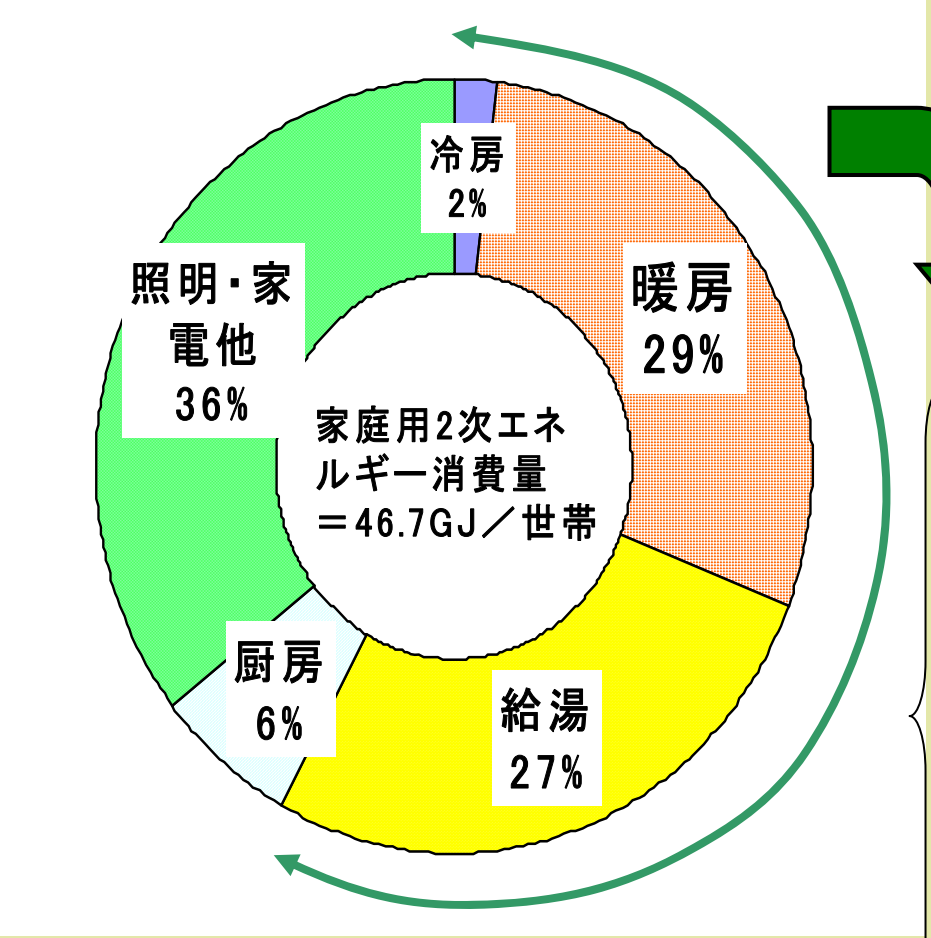
住宅用エネルギー消費の国別比較



- 日本は暖房が極端に少ない
- どの国も熱需要が多い

2001年の消費量
（出典：住環境計画研究所）

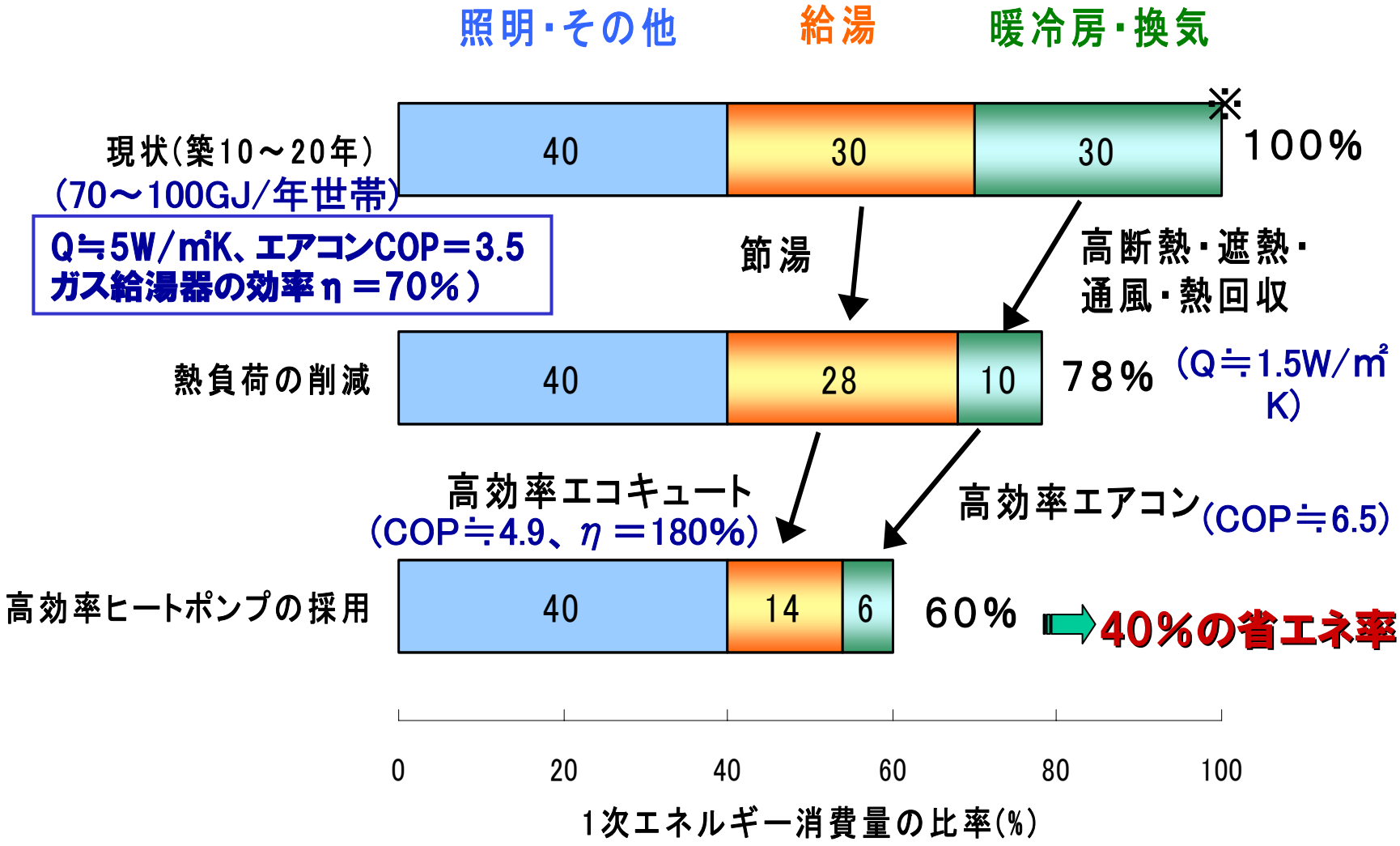
住宅のエネルギー消費と省エネ対策の基本



約60％が暖冷房と給湯

1. 熱を大切にする
   →外皮の熱性能の向上（高断熱・日射遮蔽・通風）
2. 熱を上手につくる
   →設備機器の効率向上（ヒートポンプの活用）
3. 自然エネルギー（太陽光・熱など）の活用

高断熱とヒートポンプで40%の省エネが可能



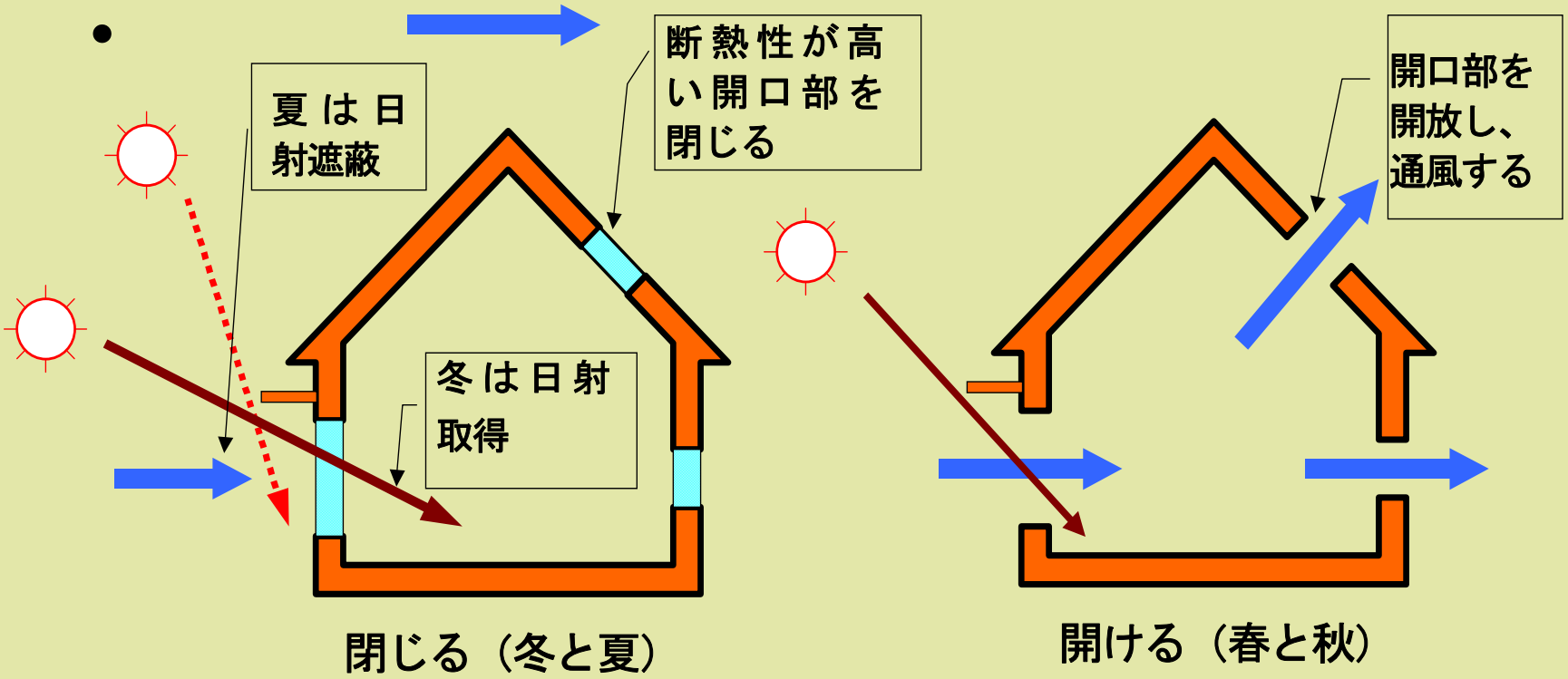
※暖冷房と給湯の消費量比率が実態調査の平均値よりやや多目の想定になっている。

住宅・建築の省エネ対策の基本

1. 建物の断熱化・日射遮蔽（暖冷房負荷の削減）
   →熱を大切にする
   住宅・建築の省エネ基準に盛り込む
2. 設備機器の効率向上とそのためのメンテ
   →熱を上手につくる
   建築の省エネ基準にはすでに盛り込む。機器メーカーに対しては誘導（トップランナー方式）。今後は「住宅の省エネ基準」への反映が課題。
3. 自然エネルギーの活用
   アクティブ：太陽熱利用と太陽光発電の推奨（課題）
   パッシブ：自然通風と自然採光の活用・推奨

住宅の省エネ基準（次世代基準）の趣旨

閉じる機能と開く機能の兼備



断熱性の向上と共に、日本らしさも継承（大きな開口と夏の日除け）→外皮の規制のみ

無暖房住宅（超高断熱）の商品化

無暖房の家「ハイパーエコ0.7」

特許申請中

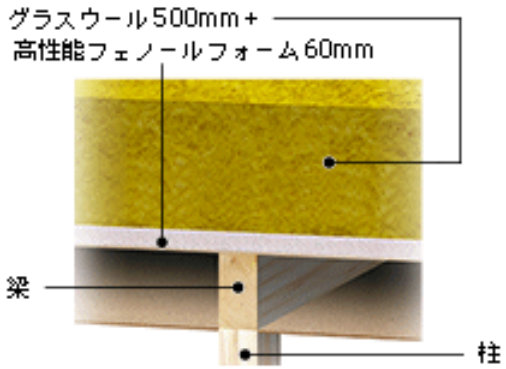
超エコテクノロジーを実現外張り＋充填＋内張り（トリプル断熱）

断熱性能（Q値の目安）	気密性能（C値の目安）	冷暖房性能
0.7～0.95W/m²k	0.47cm²/m² 平均施工実績	1台で150～120畳可能

冷暖房消費エネルギーCO²排出量（kg/年）（松本）

一般住宅	ハイパーエコ0.7（松本）	CO²削減率
3,583	548	約6.5倍（－84.7%）

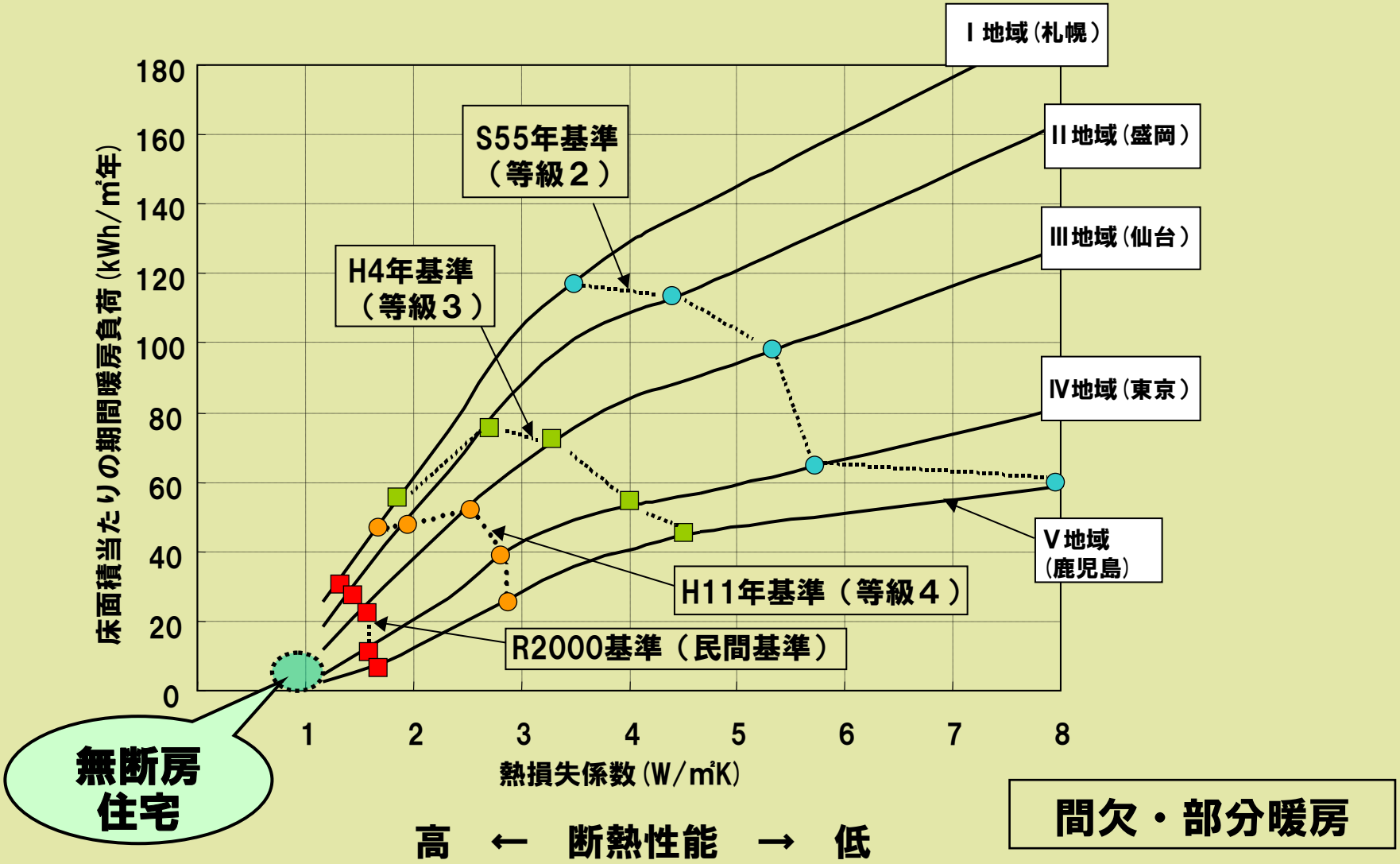
天井部断熱材



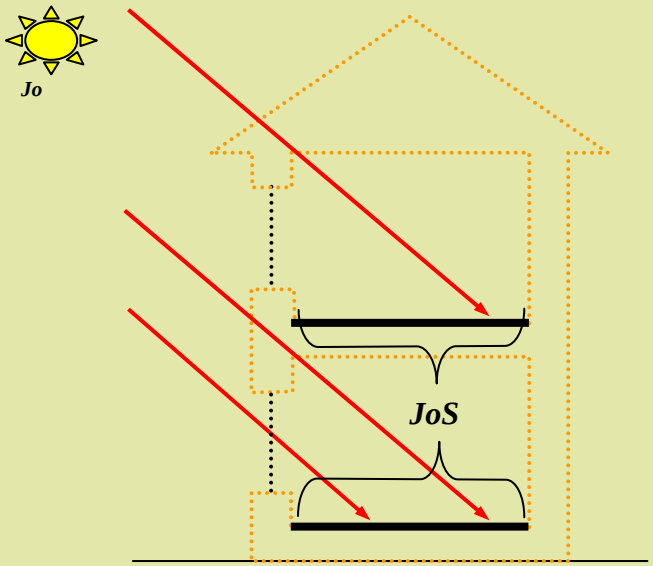
樹脂サッシ＋アルゴン入りLow－E複層ガラス

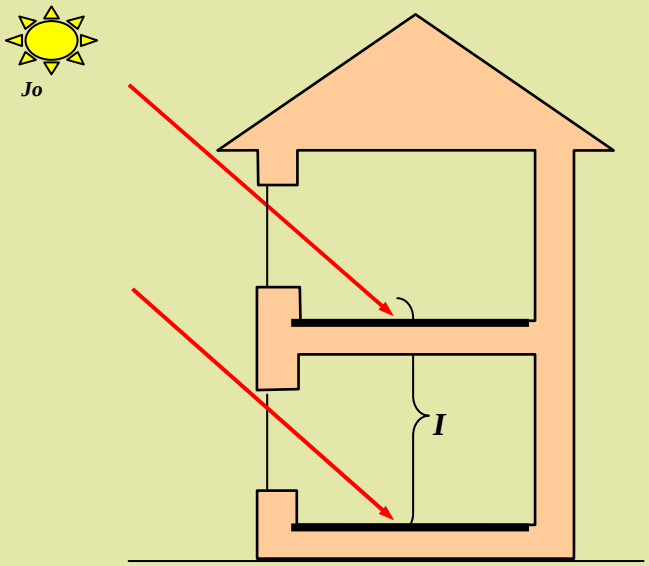
サンワホームHPより

各省エネ基準におけるQ値と期間暖房負荷



夏期日射取得係数と防暑対策



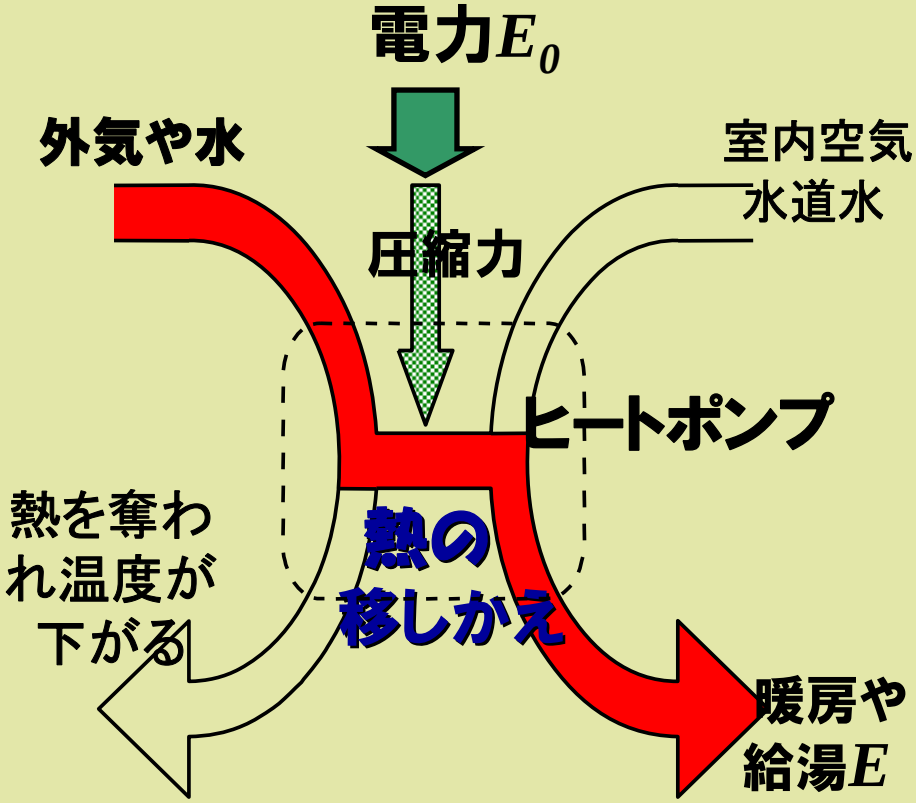


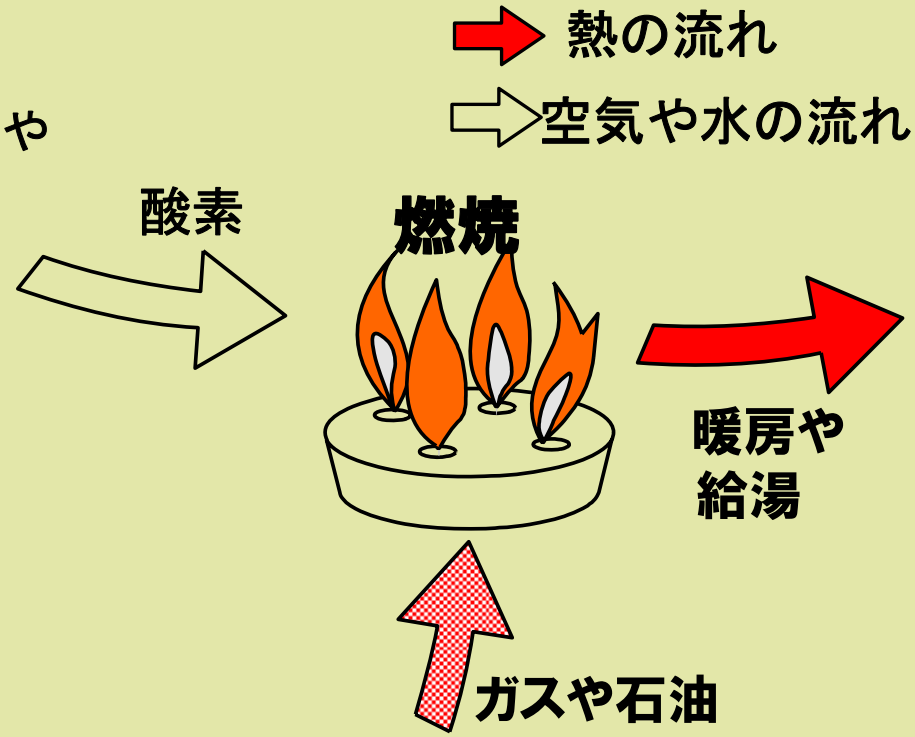
日射取得係数 $\mu = I / (JoS)$

（日射）熱取得$=I=\mu \cdot S \cdot Jo$　　Jo:屋外の水平面全天日射

省エネ基準ではμc（夏期のμ）に基準値が設けられており、防暑対策も求めている。

ヒートポンプにおける加熱の原理





加熱量＝移しかえた熱量
＜圧縮仕事の約１０倍
COP＝ E／ E_0 ≒３

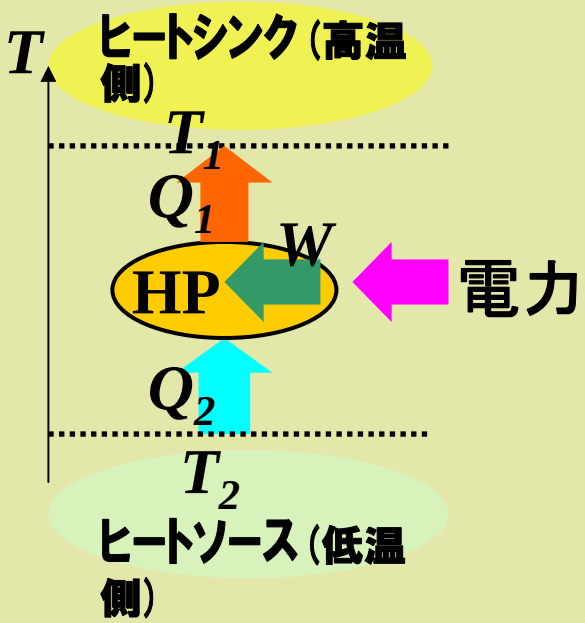
A. ヒートポンプによる加熱

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

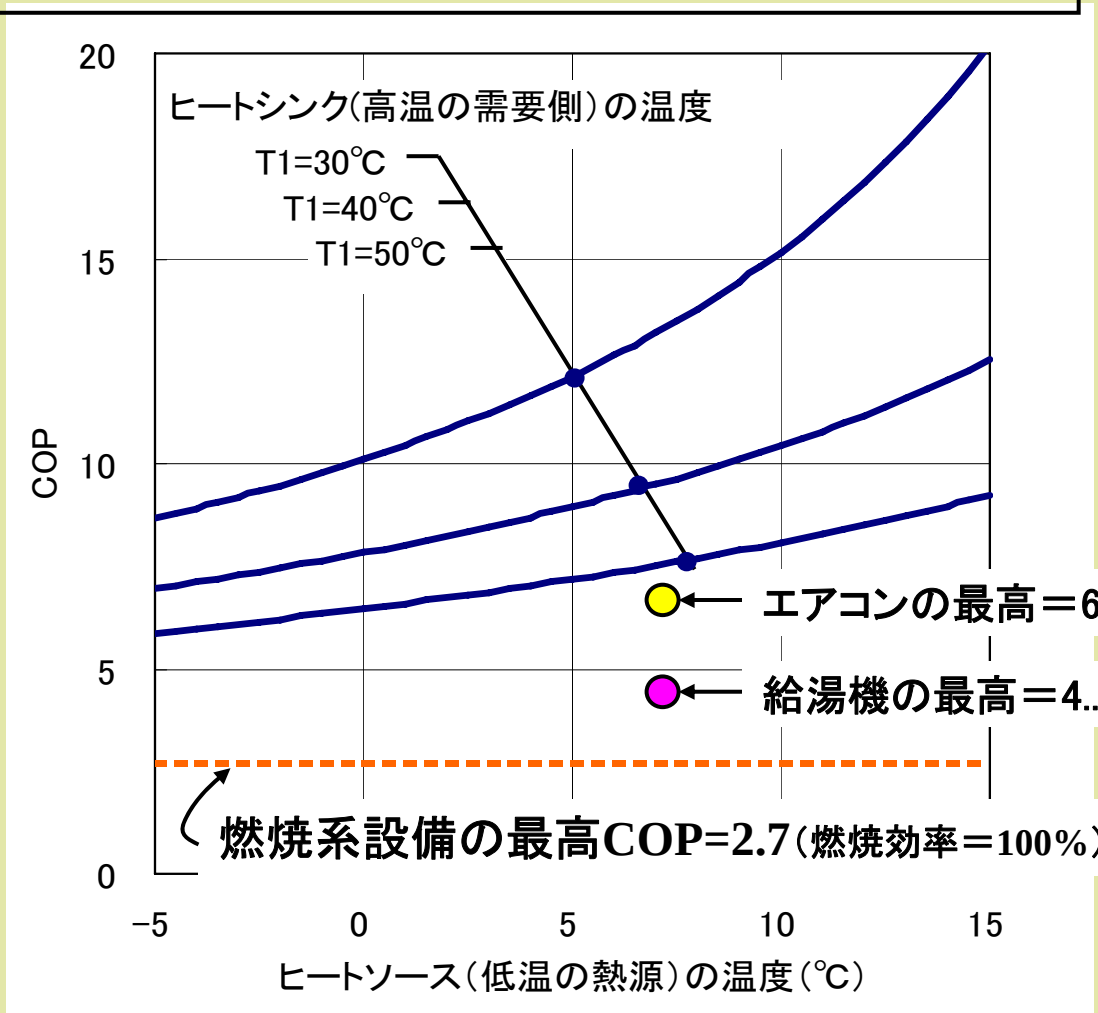
ヒートポンプは省エネにおける期待の星

HPの理論効率(理想COP)は非常に高く、省エネ機器として、高いポテンシャルを有する。



高温の需要側で、

$$COP = \frac{Q_1}{W} = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$



エコキュート（HP給湯器）の省エネ性

100のエネルギーの化石燃料

37の電力

37のお湯　従来の電気温水器

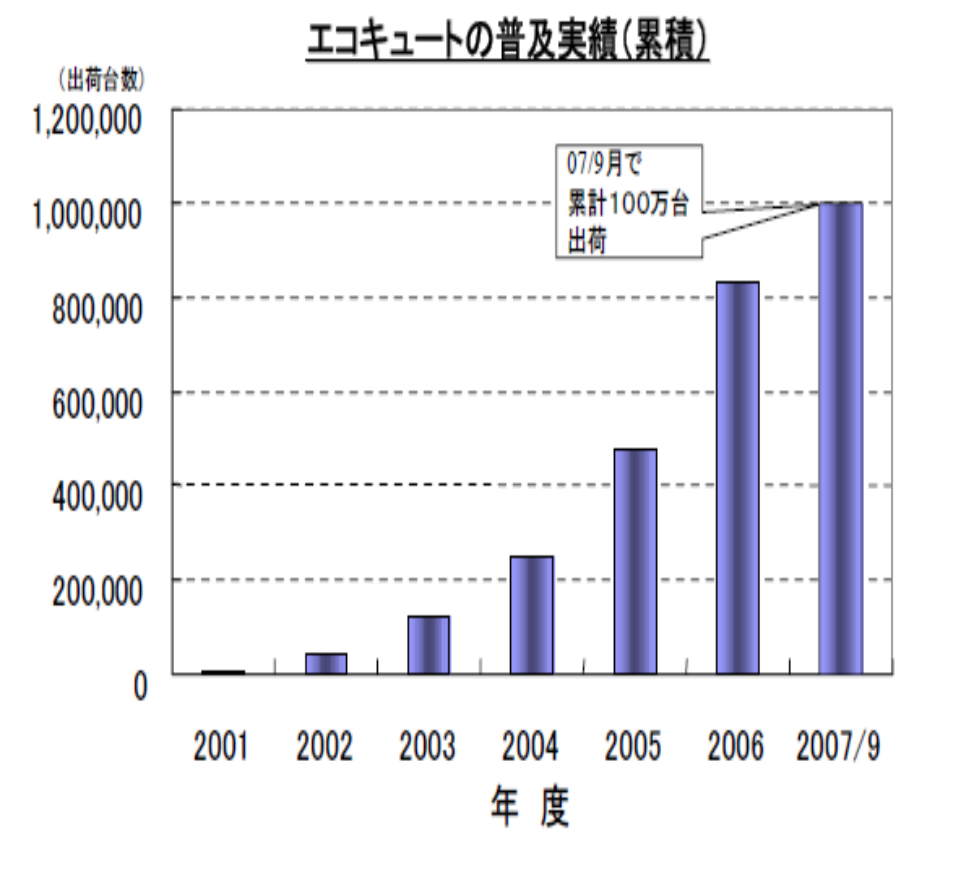
大気の熱を水道水に移し替える

111以上のお湯　COP≒3　エコキュート（ヒートポンプ給湯器）

78のお湯　燃焼系の給湯器
：エコジョーズ（潜熱回収ボイラー）でも93

①寒冷地タイプのエコキュートも開発された。
②CO_2排出量では、原子力発電の効果で、さらに差が開く。

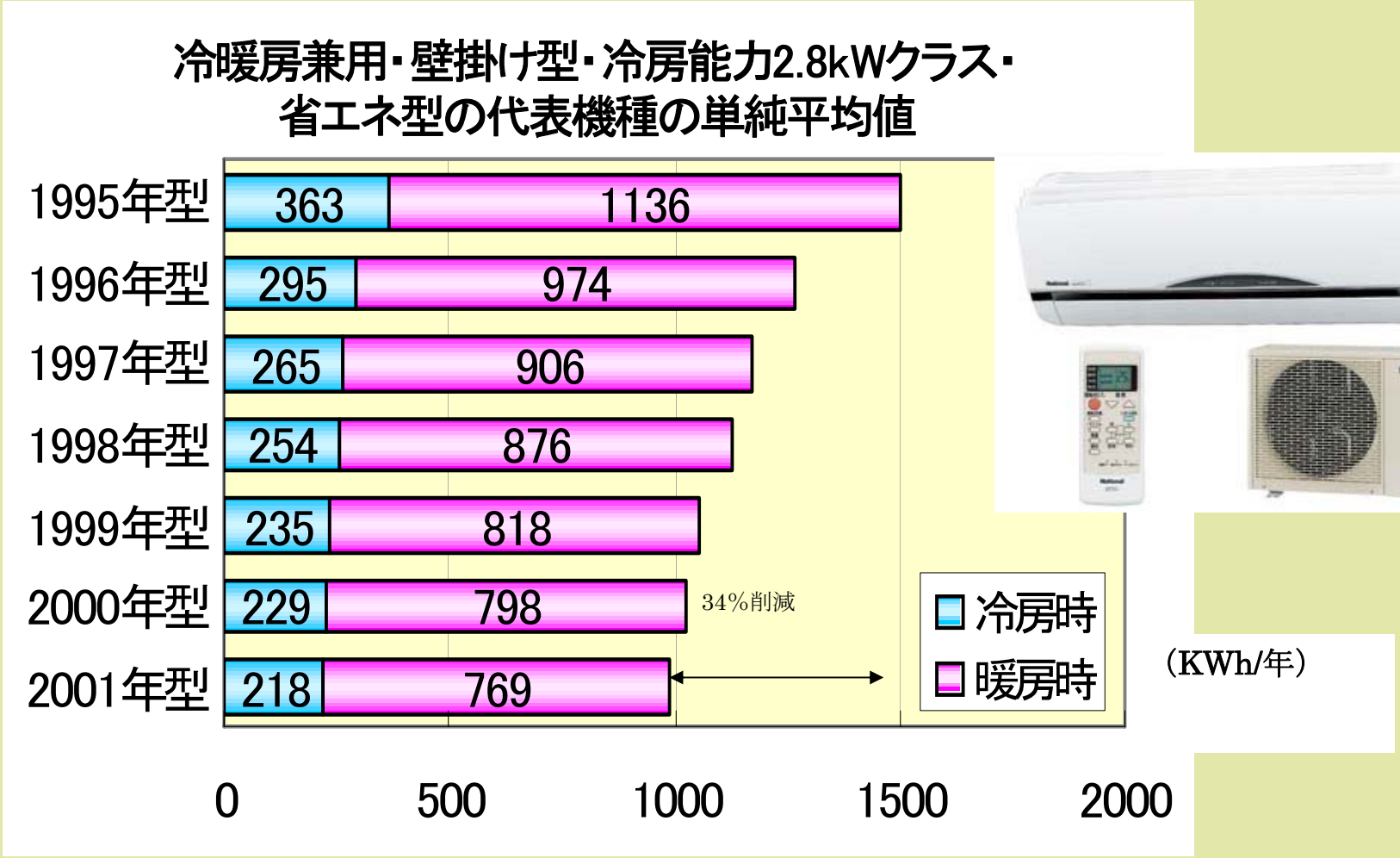
エコキュートは累積100万台を突破



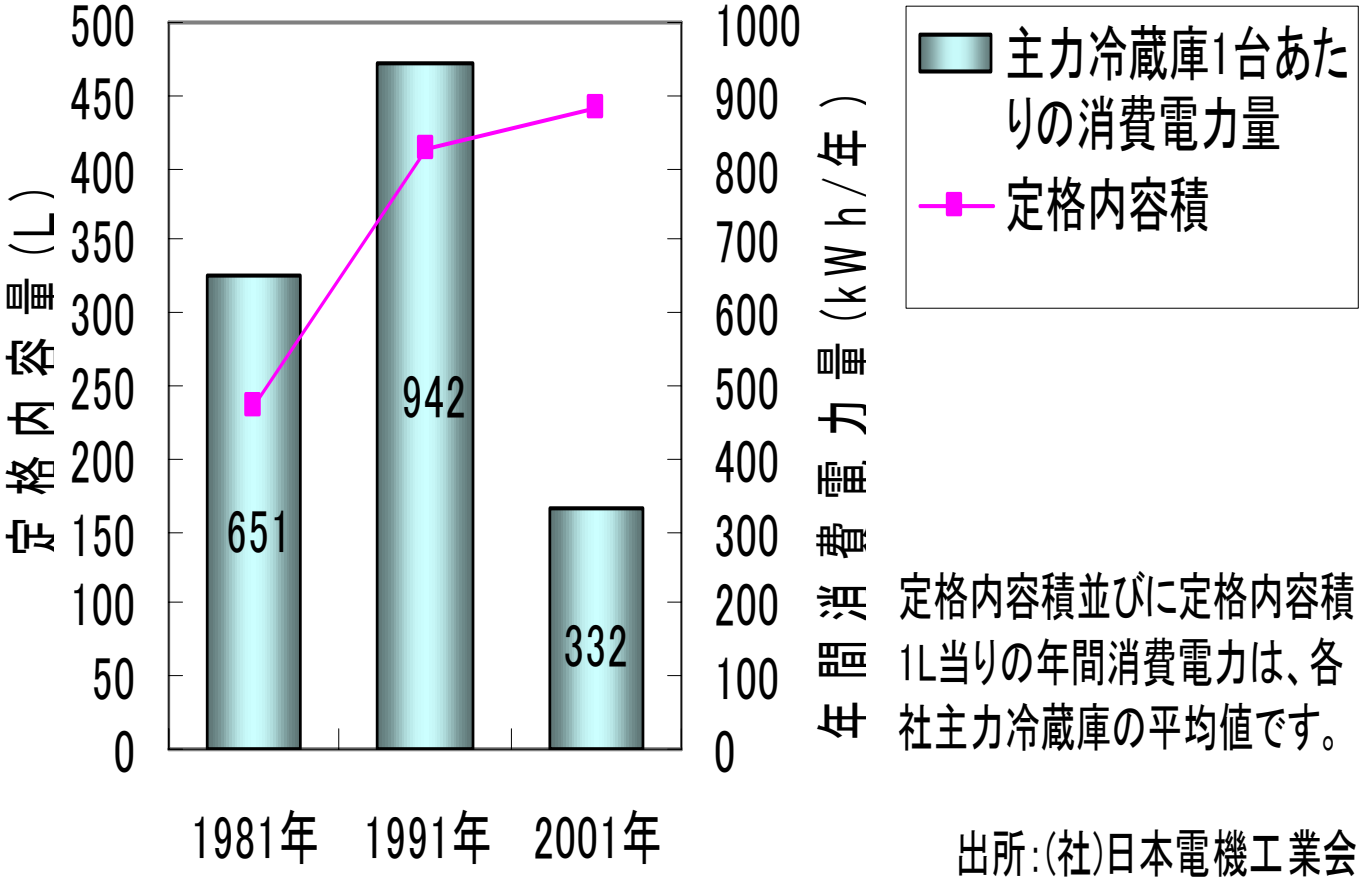
●エコキュートは価格もリーズナブルで既に普及し、日本の省エネに貢献している。HPは成熟技術。

●燃料電池は価格も高く、普及のめどがたっていない「夢の商品」。まだ省エネに貢献せず。

家庭用エアコン（HP）の効率向上



冷蔵庫の効率向上も断熱とHPの改良



定格内容積並びに定格内容積1L当りの年間消費電力は、各社主力冷蔵庫の平均値です。

出所:(社)日本電機工業会

真空断熱材U-Vacuaを搭載した記念すべき第一号機The ノンフロン冷蔵庫NR-E461U（2002.10）

現代の電化住宅は省エネ住宅

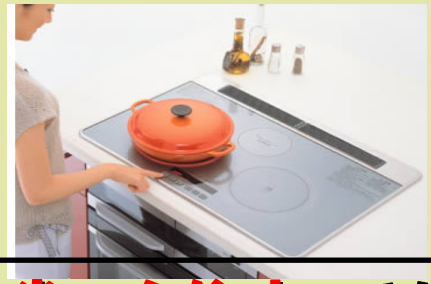
	従来の機器	現代の機器	
暖房	燃焼系暖房器具	高効率エアコン	建物の高い断熱性が快適性をサポート
	78% →	200%以上	
給湯	燃焼系給湯器	ヒートポンプ給湯機	
	78% →	111%以上	
調理	ガスコンロ	IHクッキングヒーター	高い安全性と清潔な環境
	30% →	33%	

下 家庭用ガス機器 撤退

松 来春メド 収益改善見込めず

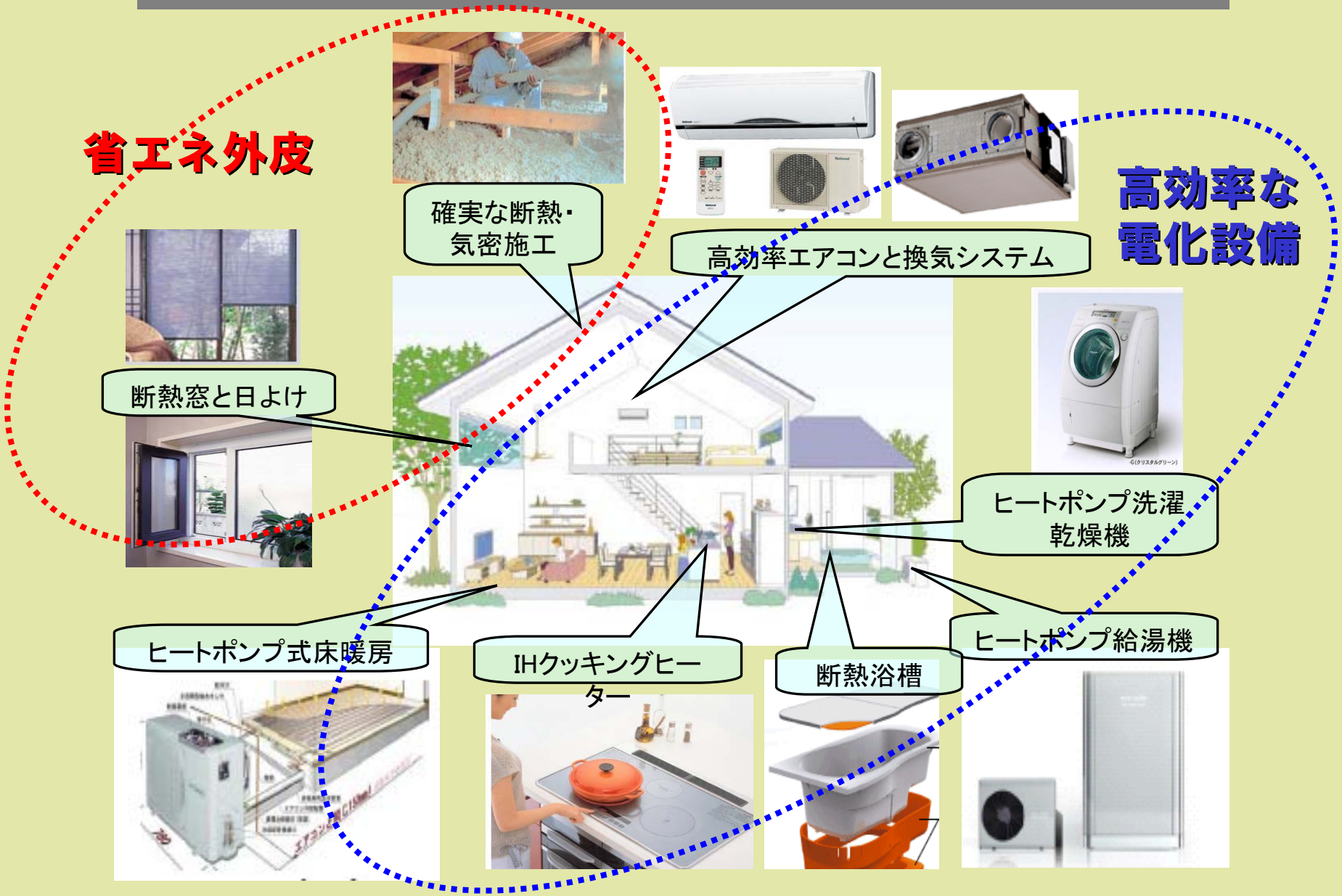
松下電器産業は十日、給湯器やコンロなどの家庭用ガス機器の生産・販売から撤退することを明らかにした。台所や風呂

二〇〇七年三月末までに

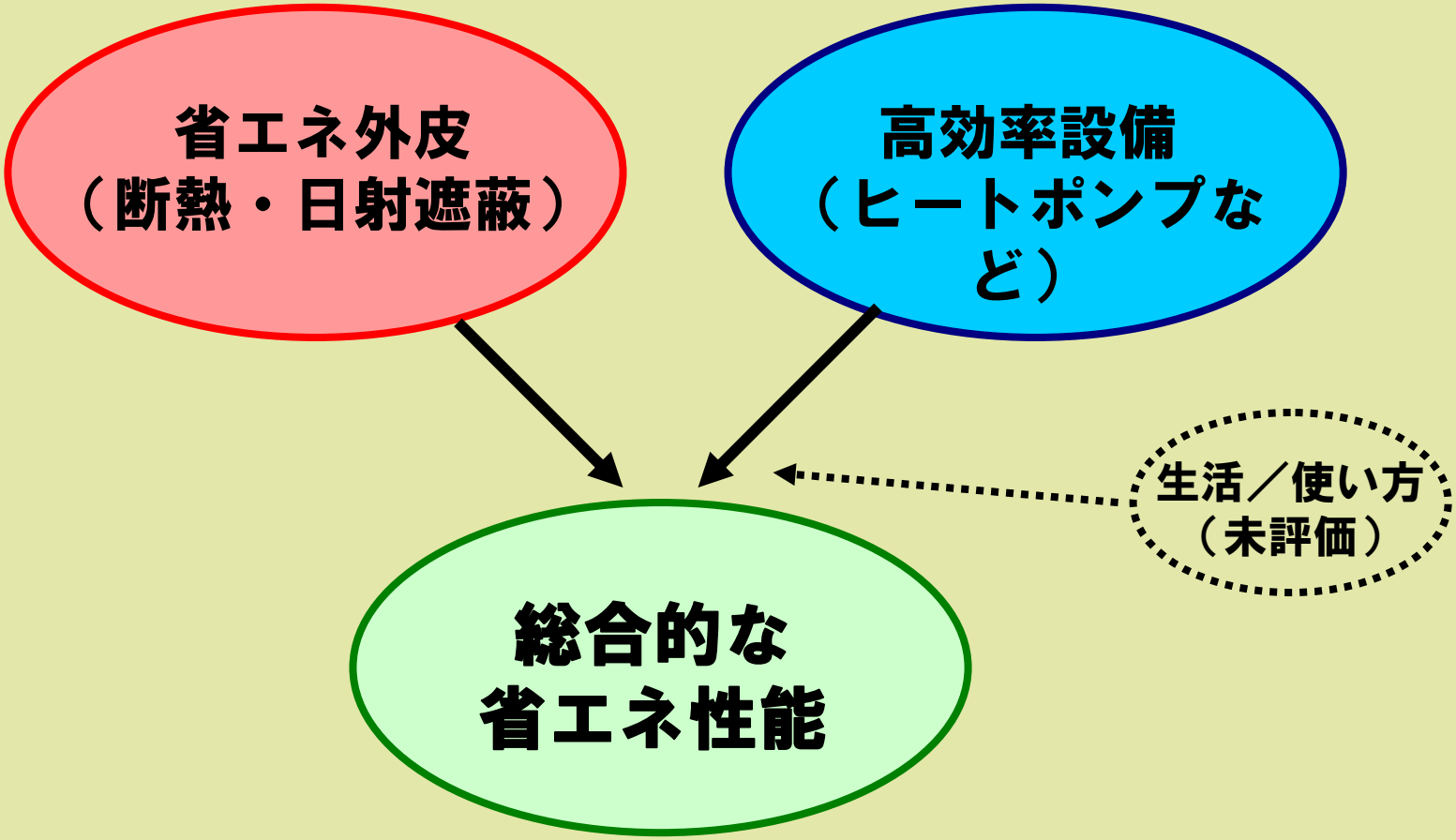


◆ 現代の電化住宅は「**快適・安全な省エネ住宅**」であり、それを支える技術が**断熱**、**HP（エアコンとエコキュート）**、**IH**である。

省エネ電化住宅における要素技術



外皮と設備の総合化による省エネルギー



ドイツの省エネ住宅（パッシブハウス）

	ドイツの パッシブハウス	日本の 家庭の平均
床面積あたりの2次エネ （kWh/㎡年）	15	100
床面積あたりの1次エネ （MJ/㎡年）	146	973
100㎡住宅の1次エネ （GJ/戸年）	14.6	97.3

高断熱・地中熱ヒートポンプ・IH・PVなどによって、日本の平均的家庭の15%のエネルギー消費（省エネ率＝85%）を実現！

木造住宅の省エネリフォームの好例

1972年竣工（築35年）、周南市

2008年改修

●改修内容
①躯体の断熱気密化（外断熱）
②開口部（窓）の高性能化（断熱性・日射遮蔽性の強化）
③高効率電化設備の設置（エアコン、給湯器、IHなど）
④外装の取替え（塩ビサイディング）
⑤耐震性強化

●保存したもの
①木の軸組み
②土壁

窓の高性能化

●窓の仕様＝樹脂サッシ＋遮熱
Low-E・アルゴン入りガラス

K=1.3W/(㎡・K)、η ＝0.42

高効率電化設備の設置

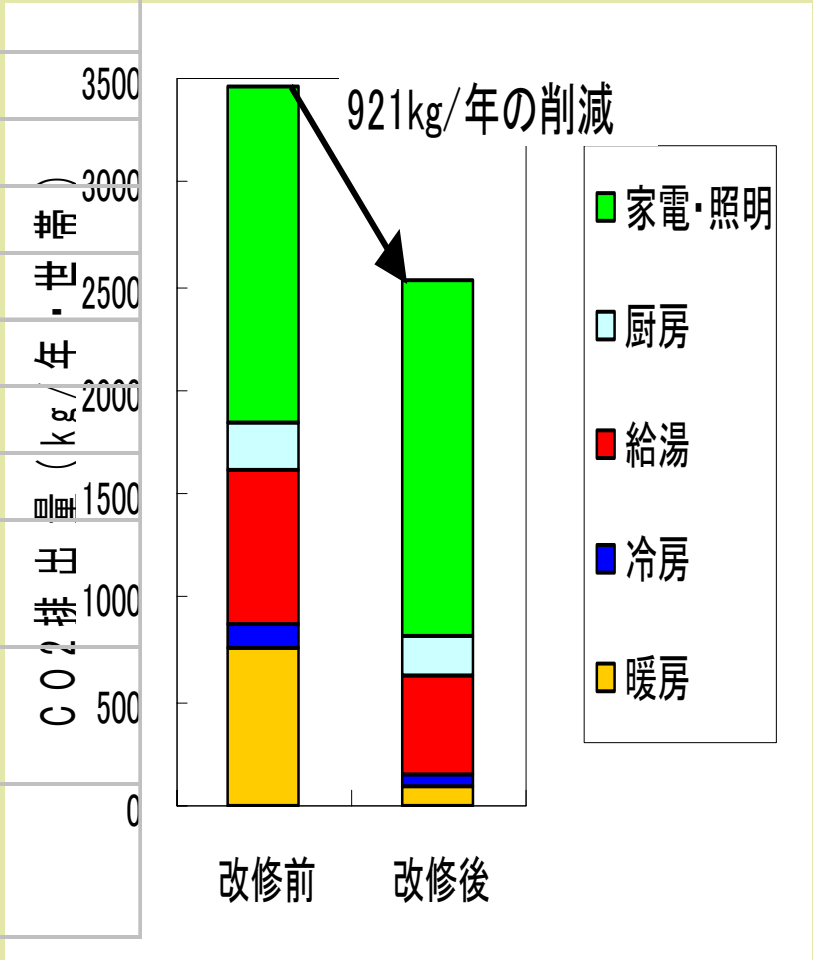
高効率エアコン
:COP≒6

エコキュート:
1次エネ効率
≒115%

IHヒーター:
1次エネ効率
≒33%

省エネ改修のCO2削減効果

用途	CO2排出量(kg/年・世帯) ※		
	改修前	改修後	計算式
暖房	755	102	755×0.27×0.5
冷房	118	48	118×0.81×0.5
給湯	747	471	747×0.63
厨房	221	199	221×0.9
家電・照明	1618	1717	1618+99
合計	3458	2537	
CO2削減量＝3458-2537＝921kg/(年・世帯)			



●日本全体でのCO2削減量＝921kg/年×
4700万世帯＝4300万トン/年

●1世帯あたりの光熱費削減量＝921kg/年÷
0.378kg/kWh×21円/kWh＝51,000円/年

※CO2排出量（改修前）はJCCCAのWebサイトより引用

３. ハウス・オブ・ザ・イヤ・イン・エレクトリックの表彰

本表彰の趣旨

外皮と設備の省エネ性能という観点から、電化住宅の省エネ性能を評価・表彰し、もって日本の省エネに寄与する。

省エネ外皮
（断熱・日射遮蔽）

高効率設備
（ヒートポンプ）

総合的な
省エネ性能
（省エネ住宅の評価に関する新たな視点）

【生活／使い方】
4人家族・標準的住まい方（固定）

暖冷房・換気＋給湯のエネルギー消費量の計算

House of the Year in Electric　における主要ポイント

表彰における評価の視点

◆視点１：外皮・設備の省エネルギー性能値・・必須・重要

定められた使用条件の下で、暖冷房・給湯・換気用のエネルギー消費量を算定し、省エネルギー性能値を評価

◆視点２：トータルな省エネルギー性能向上のための工夫と先進性（数値で表現できない取組等）

設備・躯体設計等における工夫、空間設計の工夫、
住まい方への提案（販売時、居住時）等

◆視点３：他の性能と省エネルギー性能とのバランス・連携

快適性、安全性、耐久性、利便性、品質保証等とのバランス・連携等

◆視点４：応募した省エネ住宅の普及に関わる取り組み

コストパフォーマンス、供給実績等

変更点

2007年度：温暖地（Ⅲ～Ⅴ地域）が対象←HPが有効に使える
2008年度：全地域（Ⅰ～Ⅵ地域）が対象←特に寒冷地でのHPの進歩

審査委員会

委 員 長 ： 伊藤　滋
早稲田大学特命教授
（財）日本地域開発センター会長

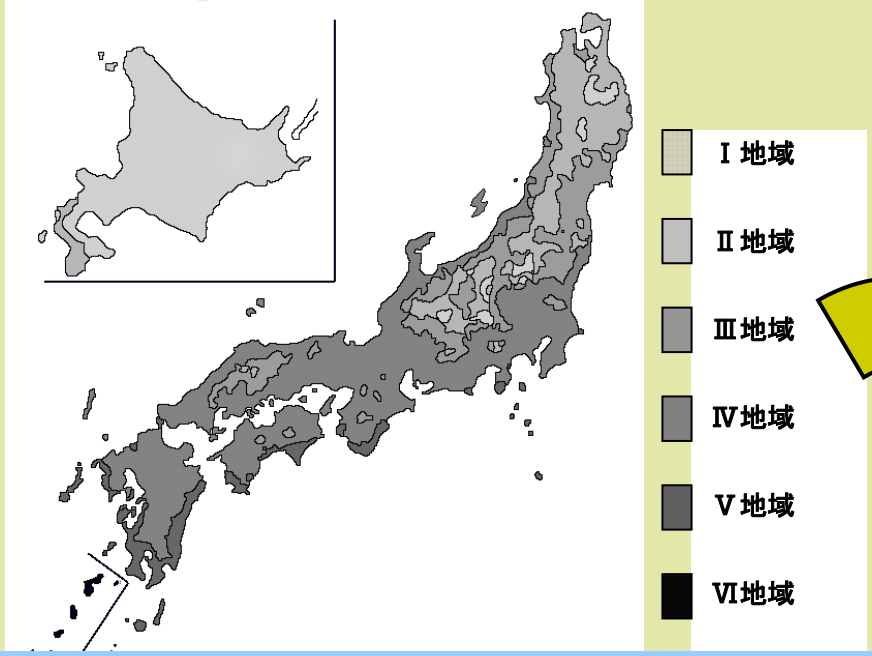
副委員長： 坂本　雄三
東京大学大学院工学系研究科教授

委　　員： 松村　秀一
東京大学大学院工学系研究科教授

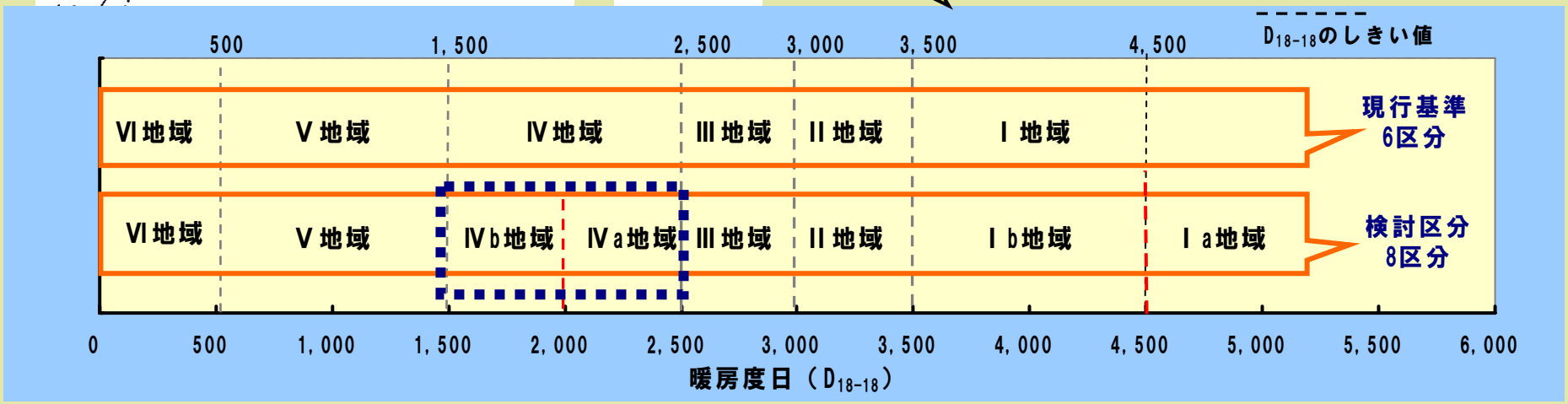
阿曽　香
リクルート 住宅総合研究所　主任研究員

田原　祐子
ベーシック 取締役社長

現行の地域区分の変更



現行の省エネルギー基準における地域区分は、Ⅳ地域の暖房度日の幅が広すぎるので、Ⅳ地域をⅣaとⅣbに２分する。なお、Ⅰ、Ⅱ，Ⅵ地域は今回、対象としない。



対象とする消費用途と*Eco*の計算式

$$Et = Eh + Ec + Ew + Ev$$

Et：対象用途の１次エネルギー消費量（GJ/年）

Eh：暖房の１次エネルギー消費量（GJ/年）

Ec：冷房の１次エネルギー消費量（GJ/年）

Ew：給湯の１次エネルギー消費量（GJ/年）

Ev：換気の１次エネルギー消費量（GJ/年）

◆照明・厨房・情報機器などは対象にしない。

◆太陽エネルギーなどの効果は、*Et*には反映しない。

◆断熱などによる暖冷房負荷削減効果は評価する。

$$Eco = Eref / Et$$

Eco：省エネ指数（大きい方が省エネ性が高い）

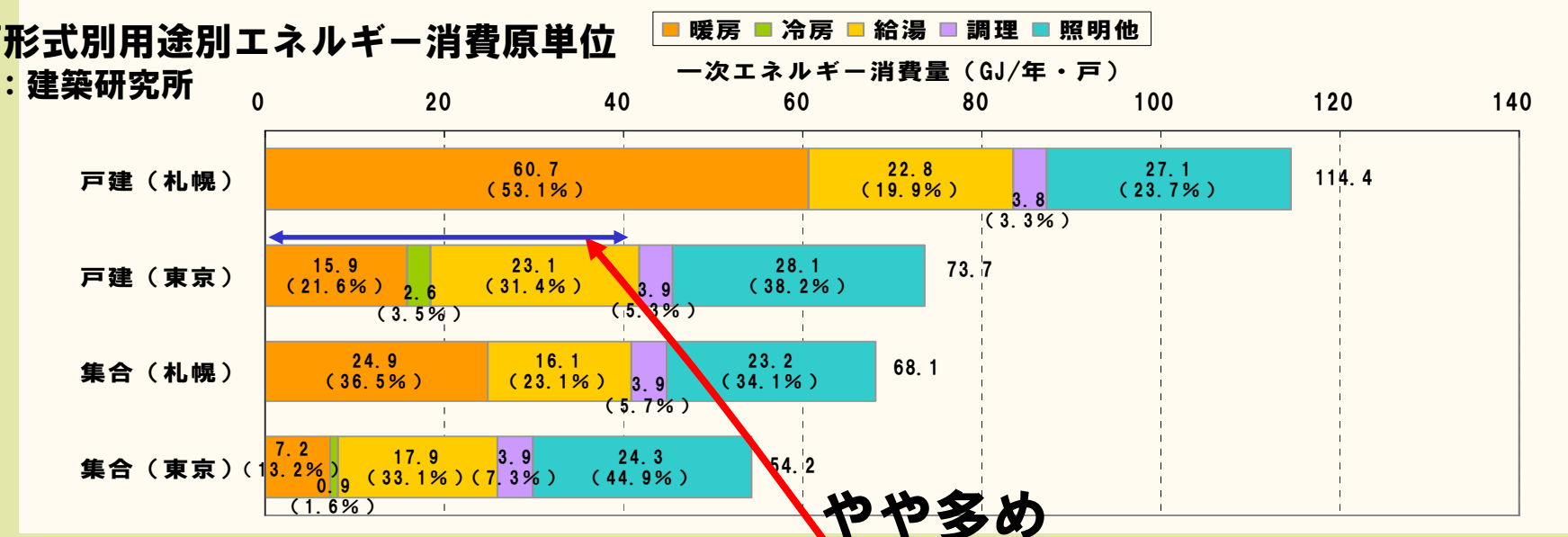
Eref：参照エネルギー消費量（次頁参照）

例えば、600L/年（IV地域、給湯器）

設定仕様：外皮：等級4、エネルギーEco＝0.4、給湯効率＝72.4%

エネルギー消費の実態と参照消費量

住戸形式別用途別エネルギー消費原単位
出典：建築研究所



やや多め

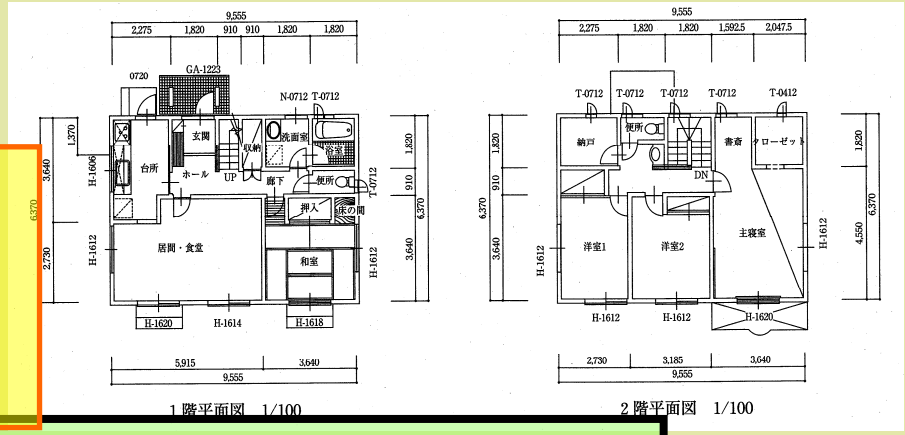
参照消費量,Eref(GJ/(年・世帯))

地域		Ⅰ-a	Ⅰ-b	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ-a	Ⅳ-b	Ⅴ	Ⅵ
想定仕様		外皮＝等級4、石油暖房機η=未定、換気＝0.3W/(m³/h)、石油給湯器η＝72.8%			外皮＝等級4、エアコンCOP=3.17、換気＝0.3W/(m³/h)、ガス給湯器η＝72.8%				
暖房＋冷房+換気	部分間欠運転	未計算			46	40	33	25	未計算
	全館連続運転				50	44	37	30	
給湯	修正M1モード				28	26	23	20	
合計Eo	部分間欠運転				74	66	56	45	
	全館連続運転				78	70	60	50	

暖房／冷房負荷の計算方法

申請住宅の断熱仕様を入力

住宅のプラン・開口率は同一のものを使用（右を参照）



SMASHを用いて期間暖房・冷房負荷※1を算出する。

室別の期間暖房・冷房負荷：L_{kj} [MJ/年] ※2

（HPエアコンの消費量計算のために、外気温区分別(k)、負荷区分別（j：１時間負荷の大きさ別）に算出）

※1各地域の代表地点の気象データを使用する。代表地点は、拡張アメダス気象データ（842地点）の中から選定済み。

※2算出結果に暖冷房の稼働率（0.8）を乗じて算出する。

エアコンのCOP特性

$$COP = COP_O \times c_l \times c_t$$

COP = ある負荷率と外気におけるCOP
COPo= 定格COP（いわゆるカタログ上の効率）
c_l = 負荷率から決まる補正係数
c_t = 外気温から決まる補正係数

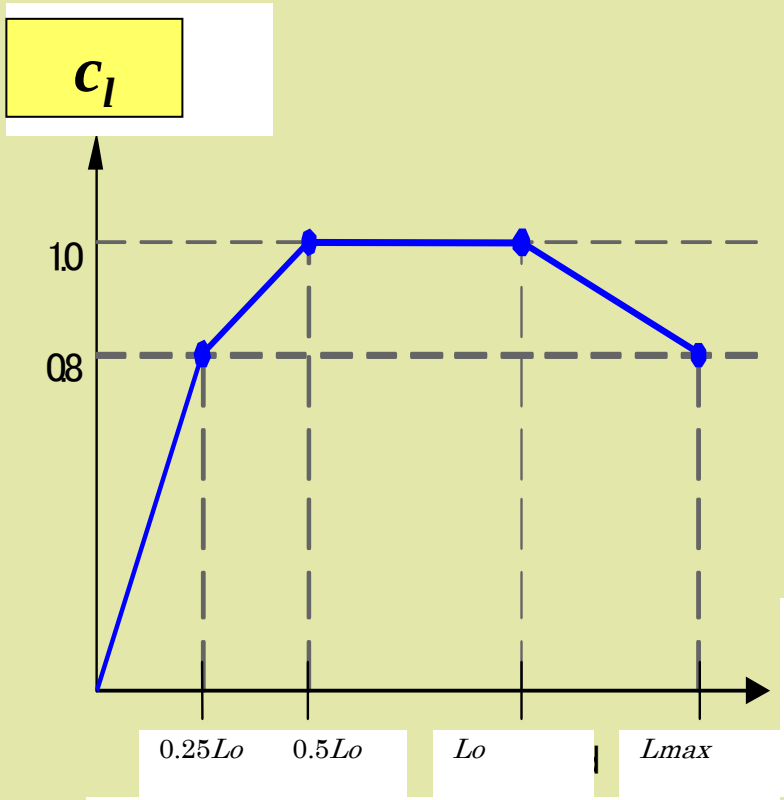


Fig.2 COPの負荷率特性

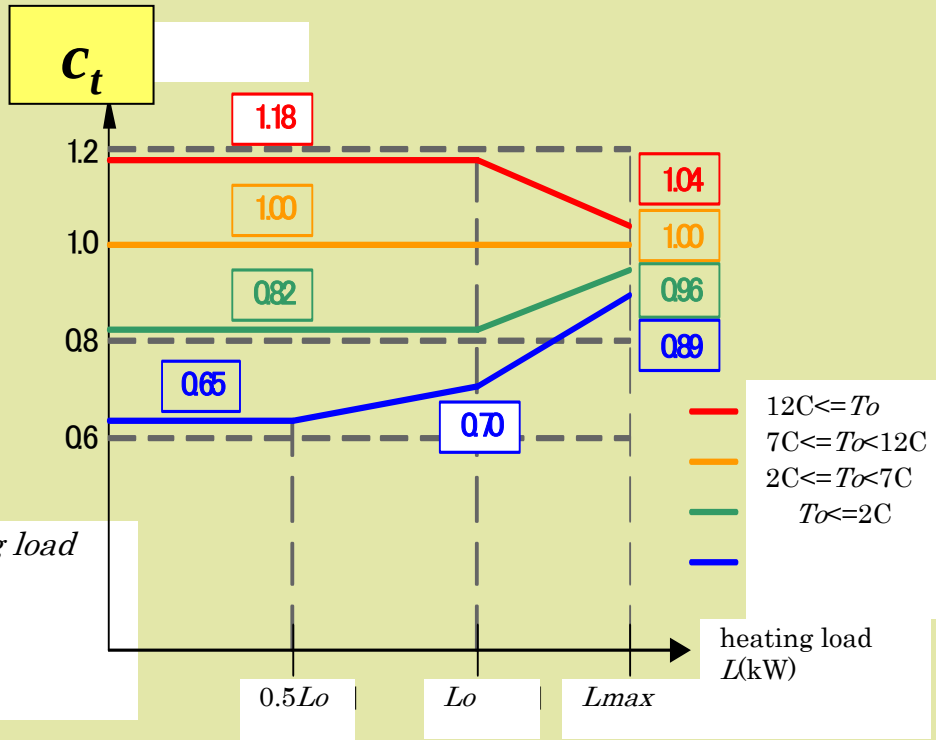


Fig.3 COPの外気温特性

HP温水暖房のCOP特性

金田一の実験式

$$COP = f(T_{out}) / f(7) \times (c_1 r^3 + c_2 r^2 + c_3 r) + 1.0$$

ただし、 $f(T_{out}) = 0.11715\, T_{out} + 2.5178$

$c_1 = -0.12039\, T_{w\text{-}in} + 11.270$

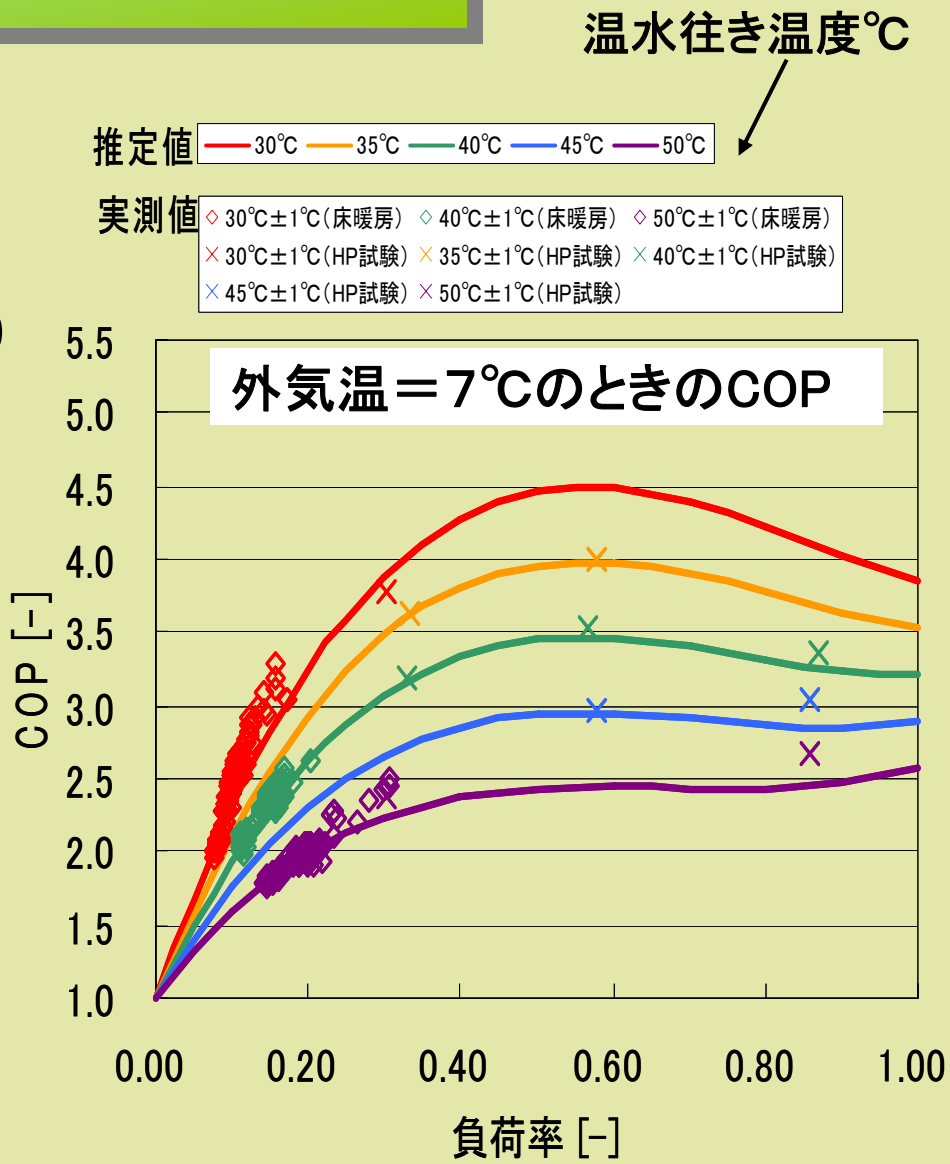
$c_2 = 0.45852\, T_{w\text{-}in} - 33.397$

$c_3 = -0.40182\, T_{w\text{-}in} + 26.888$

r ＝負荷率

T_{out} ＝外気温(℃)

$T_{w\text{-}in}$ ＝温水往き温度(℃)



HP暖冷房のエネルギー消費量の計算法

申請住宅のHP仕様（最大出力や定格COP）を入力する

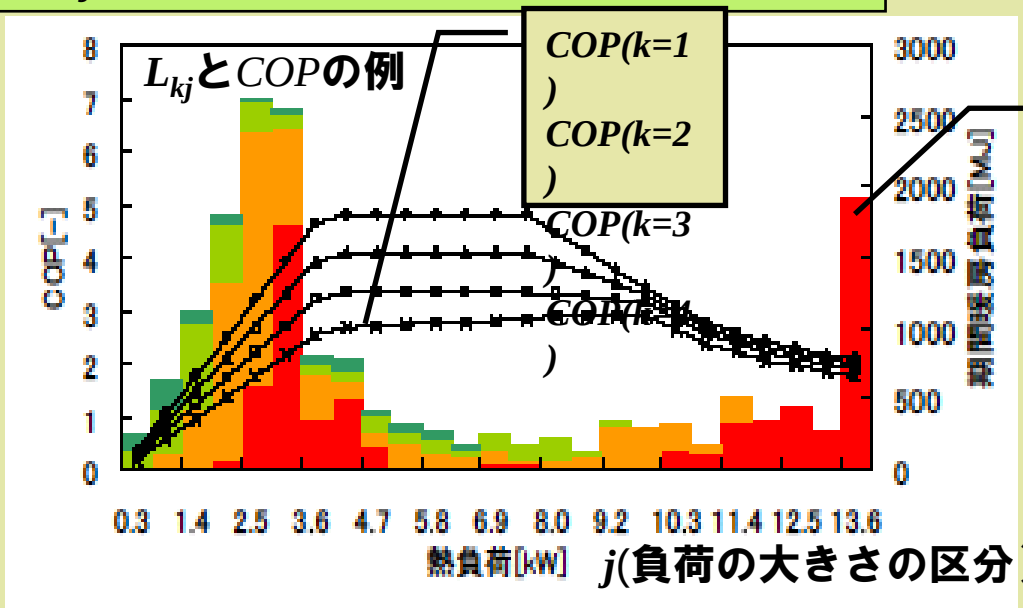
負荷計算の結果(L_{kj})を適用

１次エネ消費量 Eh_i [GJ/年]

$$=\left(\sum_k \sum_j Lkj \div COPkj\right) \div 3.6 \times ECEL \times 10^{-6}$$

COP=熱出力(kW)/入力電力(kW)

$ECEL$=電力の1次エネ換算値＝9,760kJ/kWh



j(負荷の大きさの区分）

L_{kj}（外気温区分別及び負荷区分別の期間負荷）

- k=1：外気温12℃以上
- k=2：外気温7～12℃
- k=3：外気温2～7℃
- k=4：外気温2℃未満

※１室で複数の暖冷房機器が設置されているときは、各機器の使用順序を定め、上記の計算を行い、各機器のエネルギー消費量の合計を求める。

換気設備のエネルギー消費量の計算方法

$$Ev = k \times 8760 \times Lf \times ECEL$$

廃熱回収熱交換器のあるダクトシステムで中間期用バイパス経路がある場合は、このうち4320時間（180日）について消費電力を1/2として計算

Ev：換気1次エネ消費量（GJ/年）

k ：換気方式ごとの補正係数。

第一種換気システムでは0.5、その他は1.0

Lf：ファンの消費電力(W)

Cv ：電力の一次エネルギー換算係数（GJ/Wh）

熱回収熱交換器のあるダクトシステムでは、熱交換器によって暖冷房負荷が軽減されるが、ファンの消費電力が増大する分、エネルギー消費量は増加する。

給湯（エコキュート）エネルギー消費量の計算方法

$$Ew = Cw \times Ct \times \frac{COPref}{COP} \times Lw$$

Ew：給湯の1次エネ消費量（GJ/年）
Lw：修正M1モード※における年間の基準給湯負荷（GJ/年）
Cw：修正M1モード※における参照機器の1次エネルギー消費係数（実験値）
Ct：貯湯タンクの断熱性能係数（高断熱のとき0.95、その他は１）
COPref =4 ：参照機器(*Cw*を測定した機器)のCOP
COP ：当該機器のCOP

※4人家族の場合の平均的な給湯負荷のモード

地域	記号	Ⅰa	Ⅰb	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳa	Ⅳb	Ⅴ	Ⅵ
年間の基準給湯負荷[GJ/年]（修正M1モード）	*Lw*	22.6	22.0	20.4	19.8	19.0	17.1	14.6	11.8
1次エネルギー消費係数	*Cw*	1.11	1.06	1.00	0.97	0.94	0.90	0.86	0.78

節湯機器による給湯負荷の削減

$$Lw = Lwo \times \left(1 - \sum_{i=1}^{n} C_i\right)$$

Lw：節湯機器を使用した場合の年間給湯負荷（GJ/年）

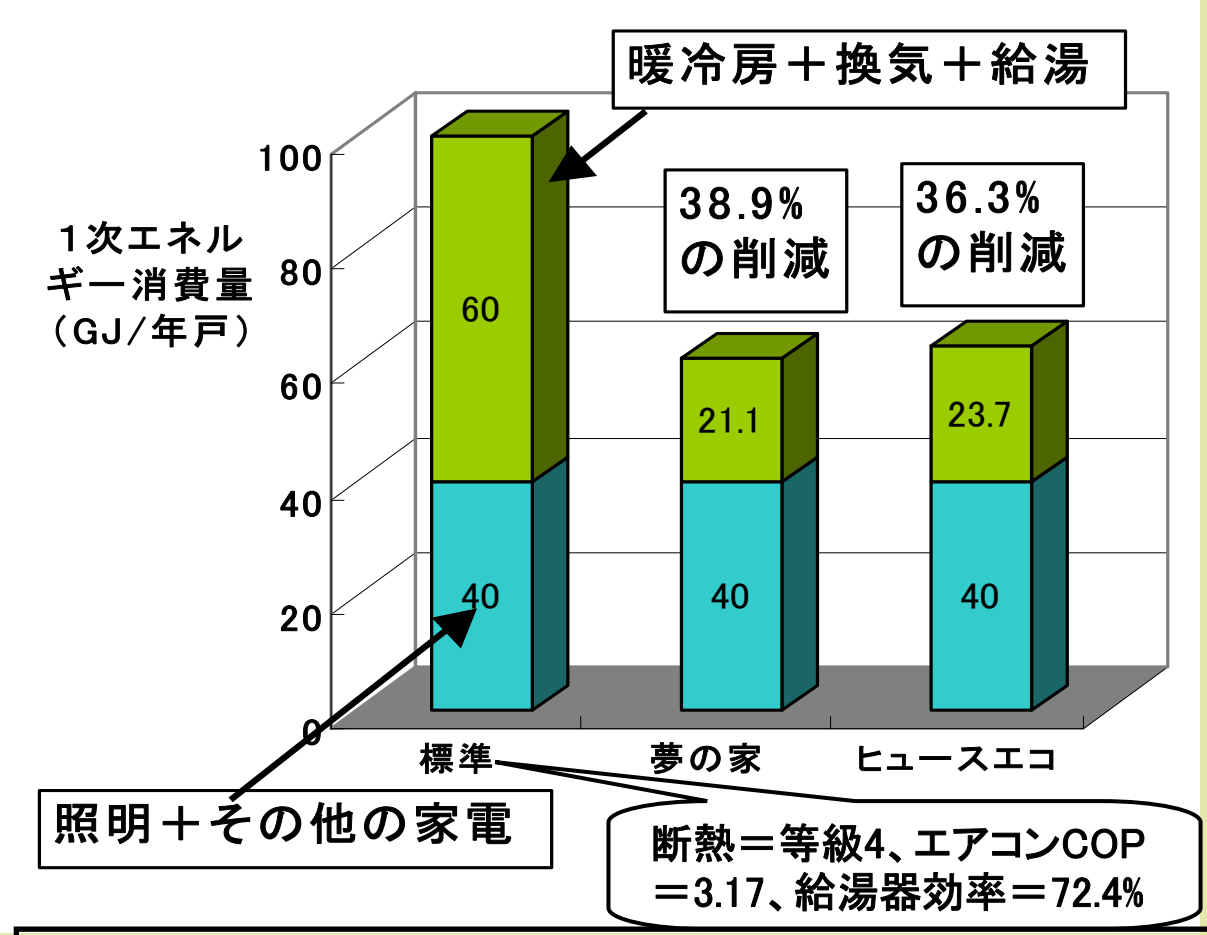
Lwo：節湯機器を使用しない場合の年間基準給湯負荷（前頁のLw）（GJ/年）

C_i ：節湯機器等による削減率（比率）

節湯機器の使用による省エネ効果：C_i

省エネ措置		削減率[%]
浴槽	高断熱性浴槽(熱抵抗1.7m^{2}K/W以上)	5.0
配管	サヤ管小口径配管	5.0
台所	シャワー吐水型水栓	4.0
	止水の容易な水栓	3.0
浴室	節水型シャワーヘッド	4.0
	手元止水シャワー	6.0

2007年度（第1回）の大賞受賞住宅

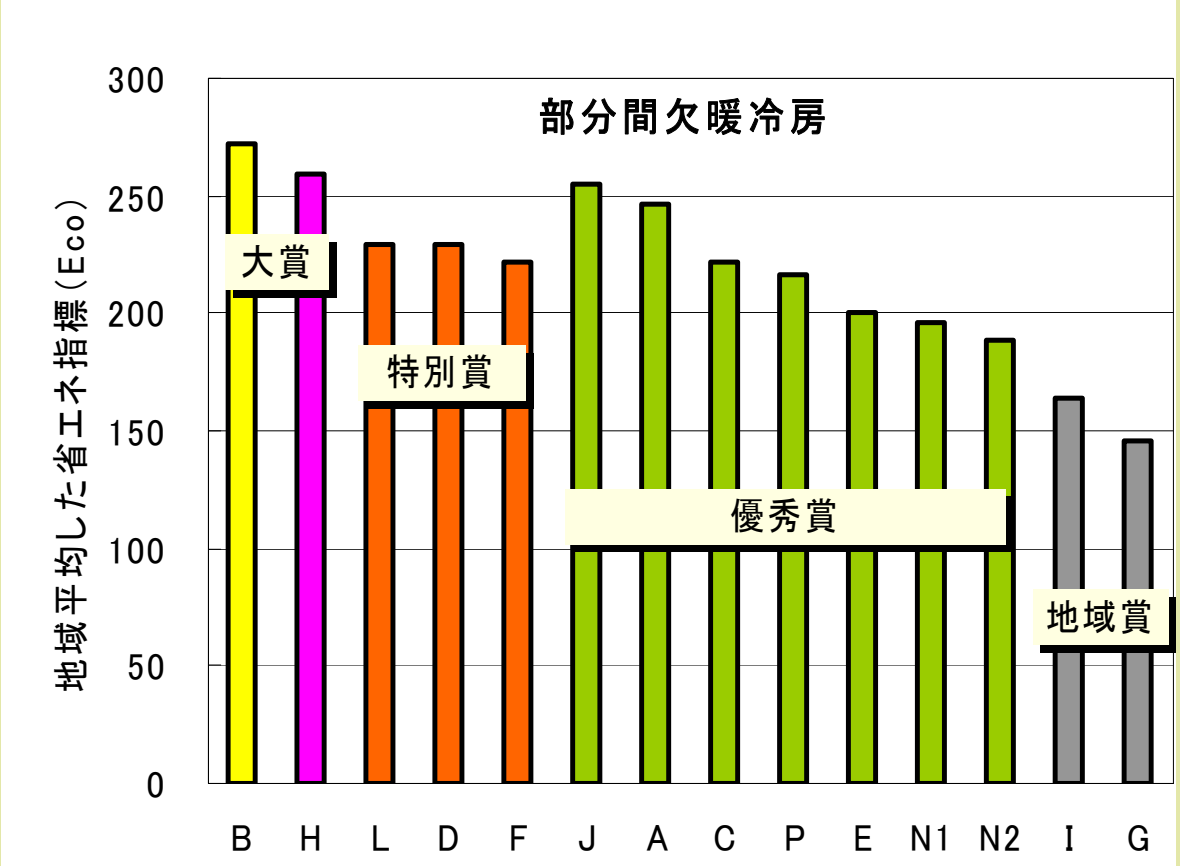


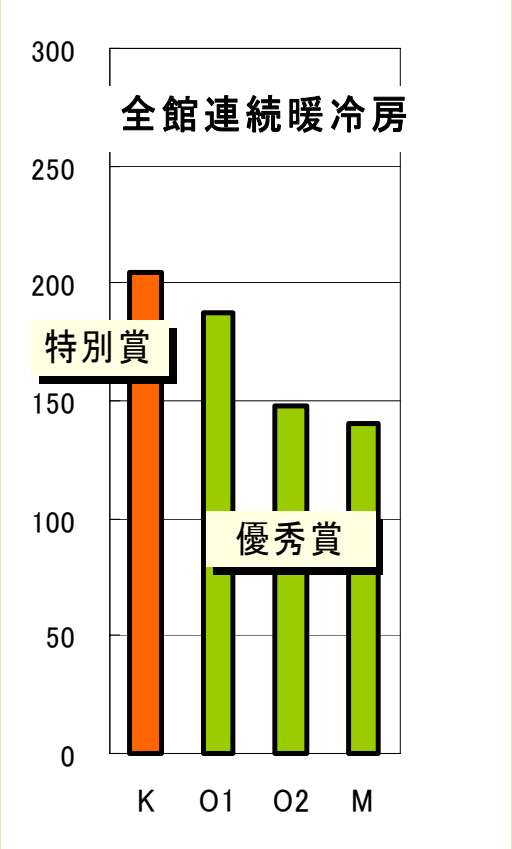
夢の家（一条工務店）

ヒュースエコ
（スウェーデン・ハウス）

【オール電化住宅の省エネ性能コンテスト】
断熱・高効率エアコン・熱交換換気・エコキュートによって、全エネルギー消費に対して40%近い省エネを達成。

2007年度・受賞住宅の省エネ指数（*Eco*）





視点１（省エネ指標）が重視されたが、視点４（普及）なども加味された。

2007年度・大賞受賞住宅の仕様と性能

応募企業	建築		設備		Ⅳb地域の消費エネルギー(GJ/年)				
	断熱仕様	熱性能値	空調・換気仕様	給湯仕様	暖房	冷房	換気	給湯	合計
一条工務店(夢の家	天井:ESP145mm 外壁:ESP120mm 窓:K=1.23W/㎡K (ﾊﾆｶﾑｼｪｰﾄﾞ)	Q=1.06W/㎡K μ=0.030	COP=6.6 60W全熱交 (ﾊﾞｲﾊﾟｽ)	COP=5.1 断熱浴槽	4.5	5.0	2.6	9.0	21.1
スウェーデンハウス (ヒュースエコ)	天井:GW300mm 外壁:GW120mm 窓:K=1.65W/㎡K (ﾚｰｽｶｰﾃﾝ)	Q=1.27W/㎡K μ=0.059	COP=6.48 95W全熱交	COP=4.8 断熱浴槽	3.6	6.1	4.1	9.9	23.7