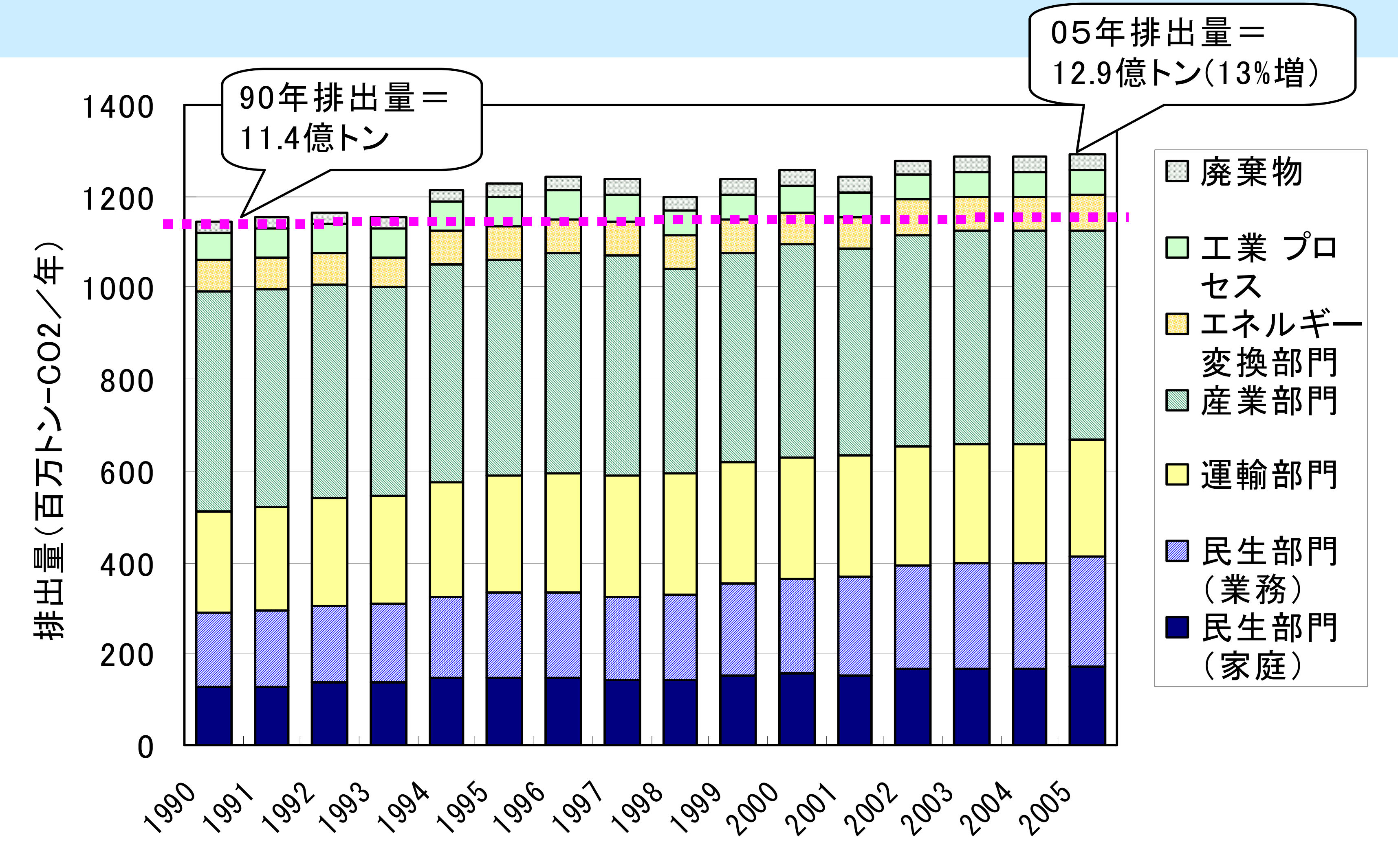
住宅/建築物の省エネルギー技術とその普及

坂本雄三（東京大学）

1.　温暖化対策と住宅/建築のエネルギー消費
2.　断熱とヒートポンプによる住宅の省エネルギー
3.　建築物の省エネルギー技術と省エネ建築の事例
4.　省エネ住宅/建築の普及と省エネルギー基準

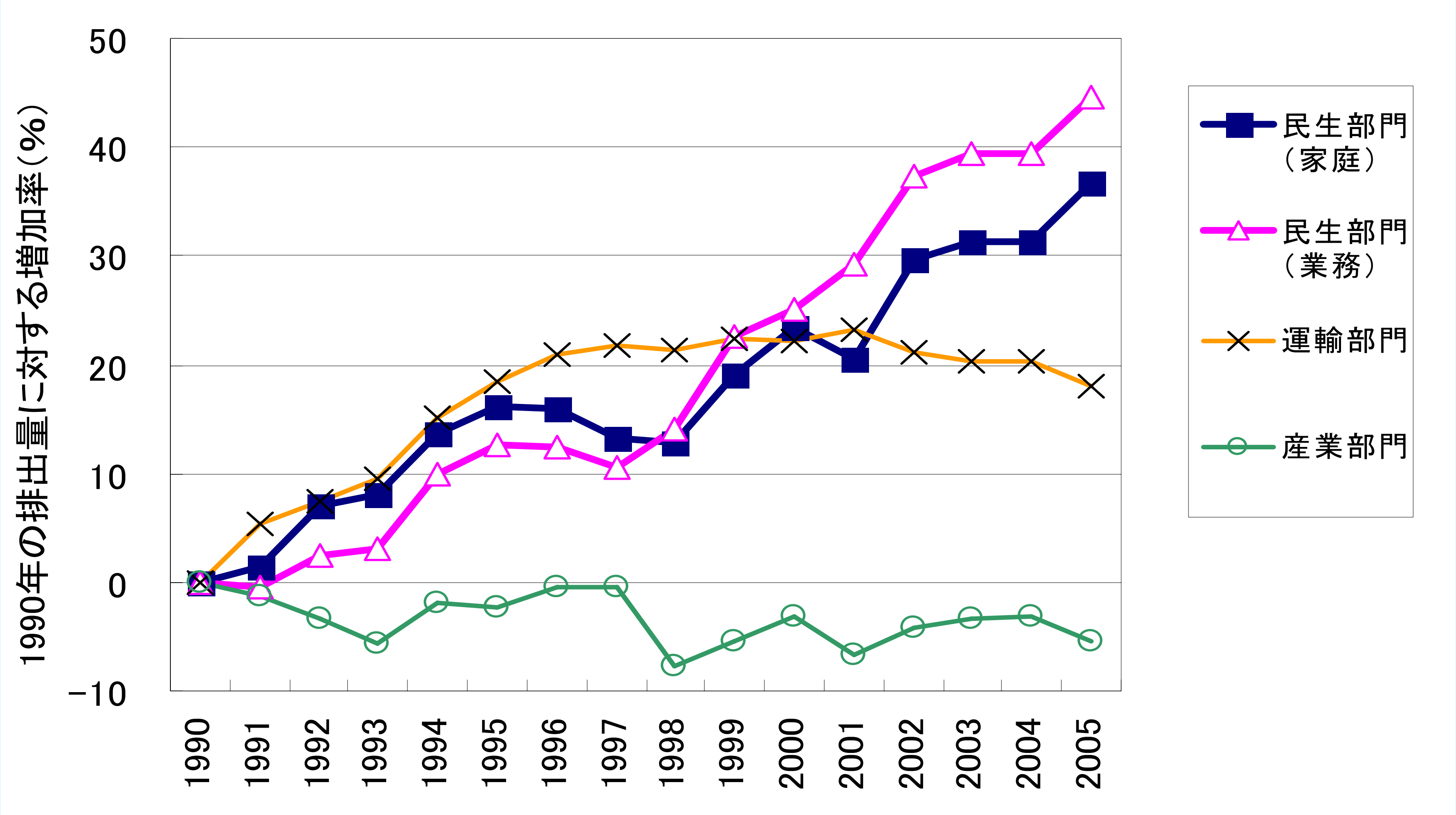
１　温暖化対策と
住宅/建築のエネルギー消費

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

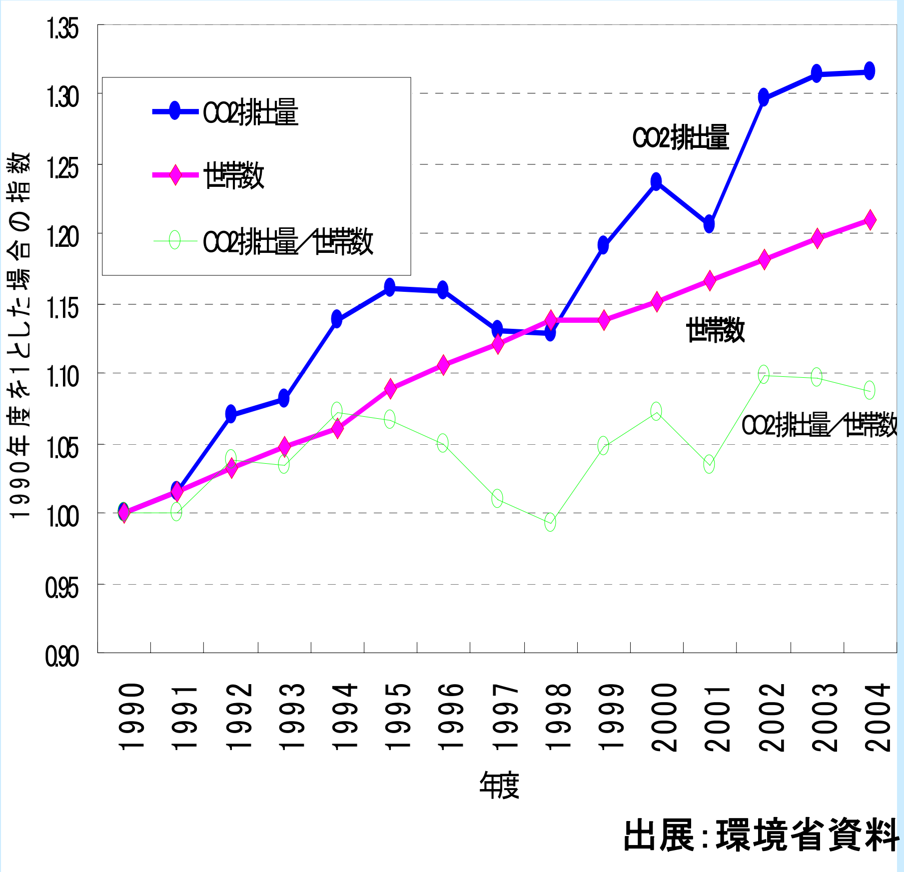
部門別のCO_2排出量の増加率（対90年比）



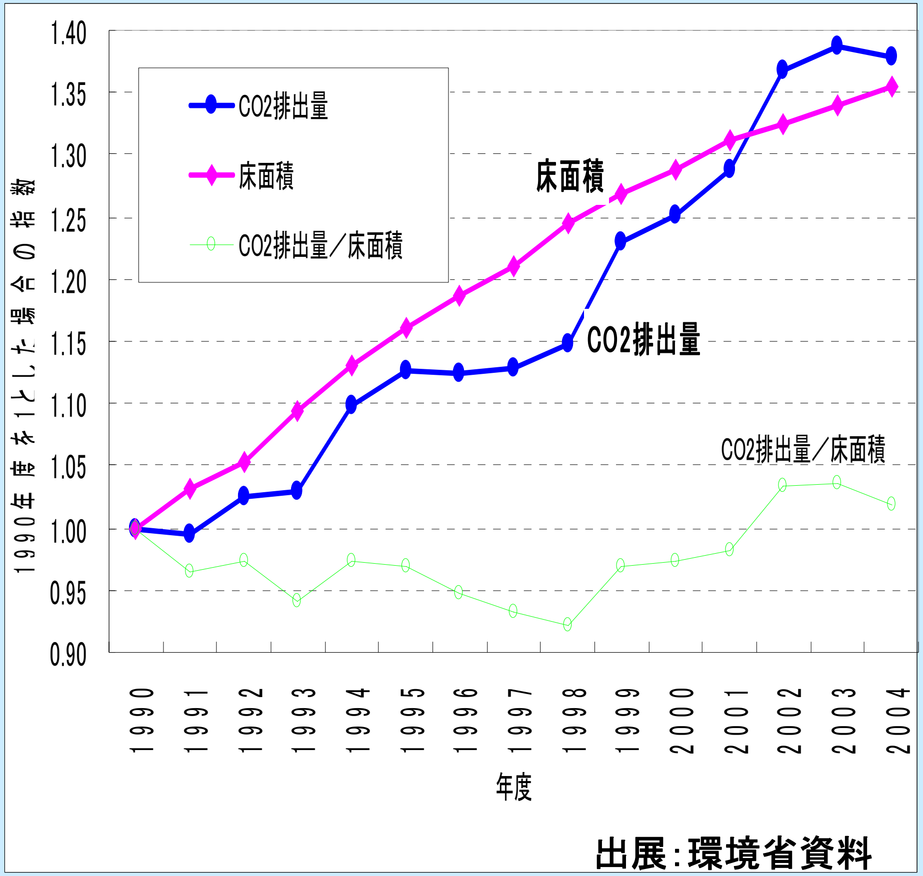
【出展】全国地球温暖化防止活動推進センターホームページ

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



床面積あたりの業務用CO2排出量



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？

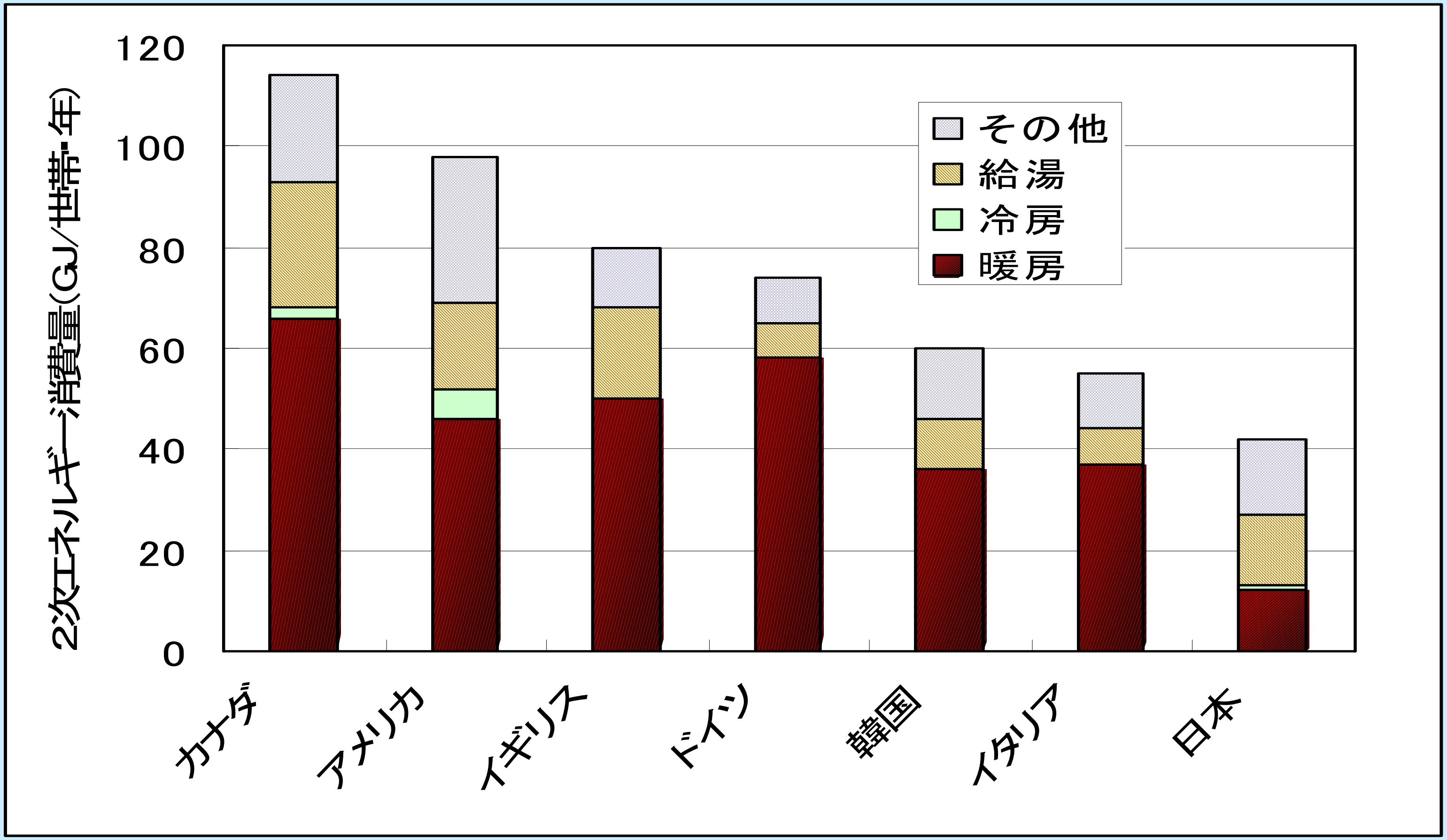
民生分野の省エネ手法と目標削減量

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

２　断熱とヒートポンプによる
住宅の省エネルギー

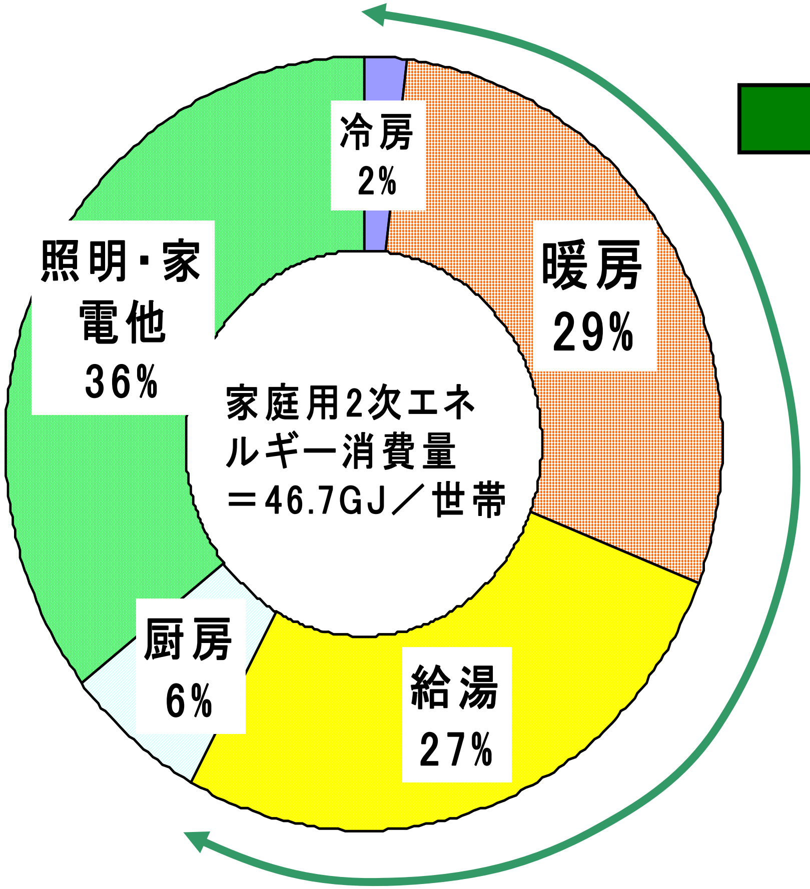
住宅用エネルギー消費の国別比較



- 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）

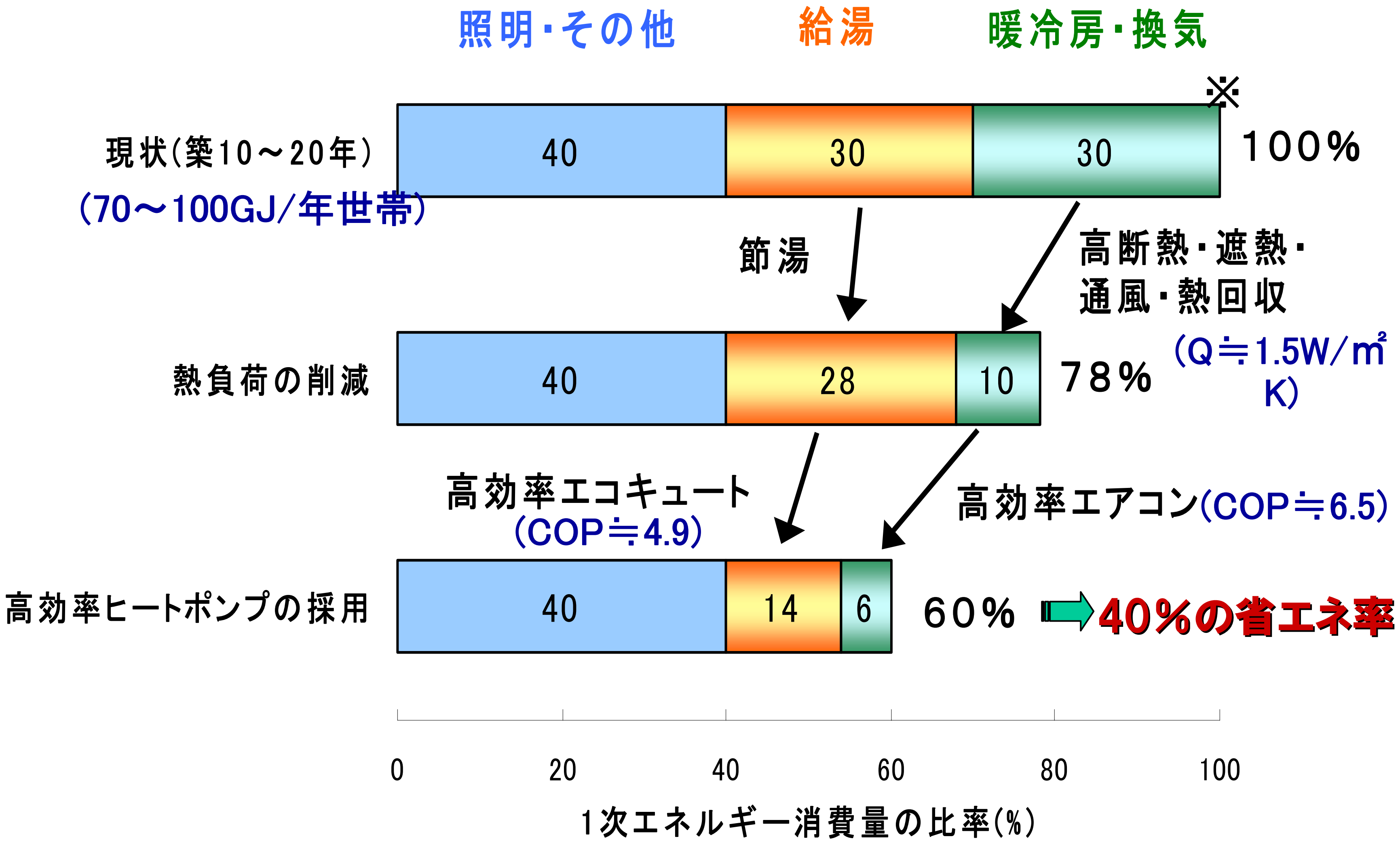
住宅のエネルギー消費と省エネ対策の基本



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

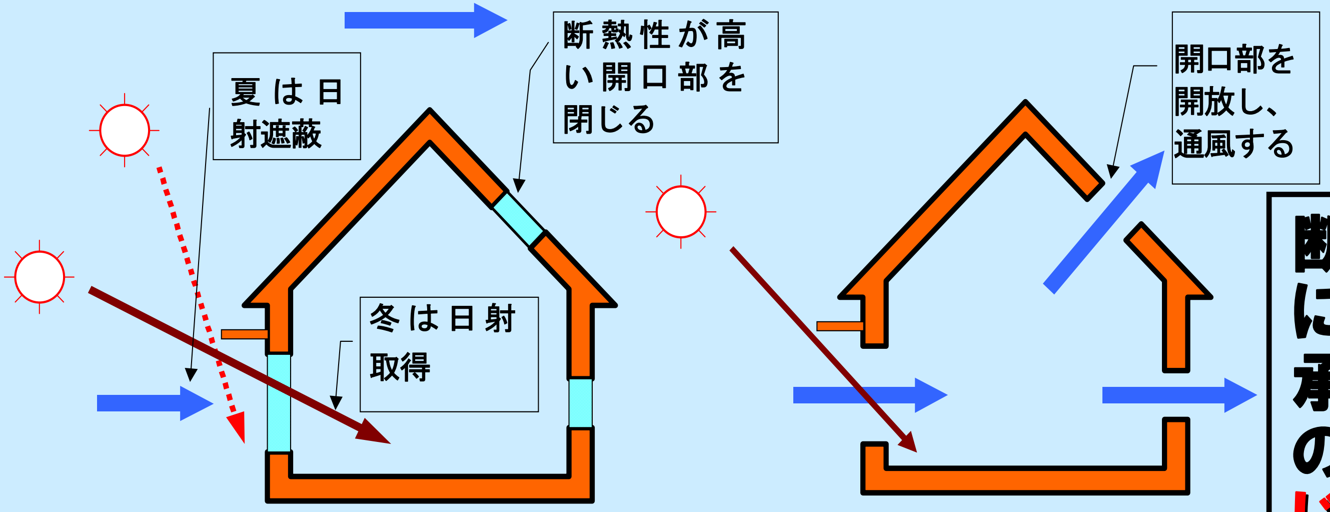
高断熱とヒートポンプで40%の省エネが可能



※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。

住宅の断熱化の進め方

伝統木造住宅(開く住まい。これをエコハウスと見なす人が多い)への配慮が必要



閉じる（冬と夏）　　開ける（春と秋）

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)する→**閉じると開けるの兼備**

“住宅・省エネ基準の理念”

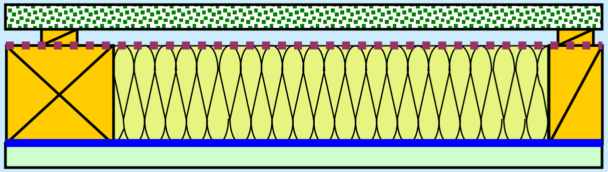
戦後の住宅の実状

コンクリート集合住宅、アルミサッシ、ボード材の普及によって、建物が気密化され、換気量が減少する。
→結露（開放型ストーブによる）とシックハウスの要因になった。

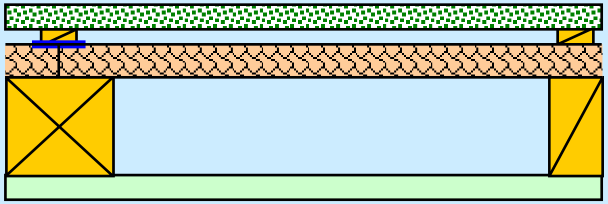
寒冷地においては、断熱化が始まるが、壁体内部の防湿・気密化が伴わないため、内部結露の被害が起きたり、断熱効果が半減したりした。

最近の木造断熱工法（認定されたもの）

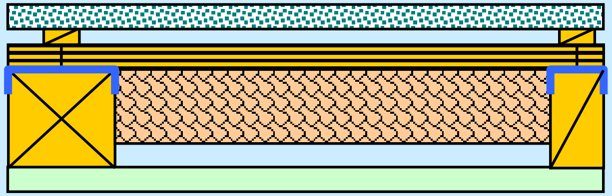
断熱・気密・防露の3要素の確保に注目



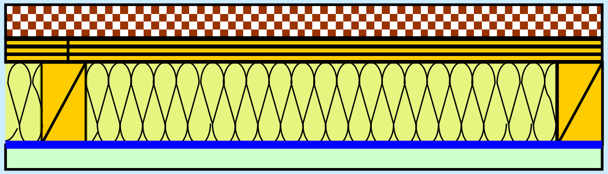
在来軸組・充填断熱
（防湿気密層の連続性が確保されたもの）



在来軸組・外張断熱



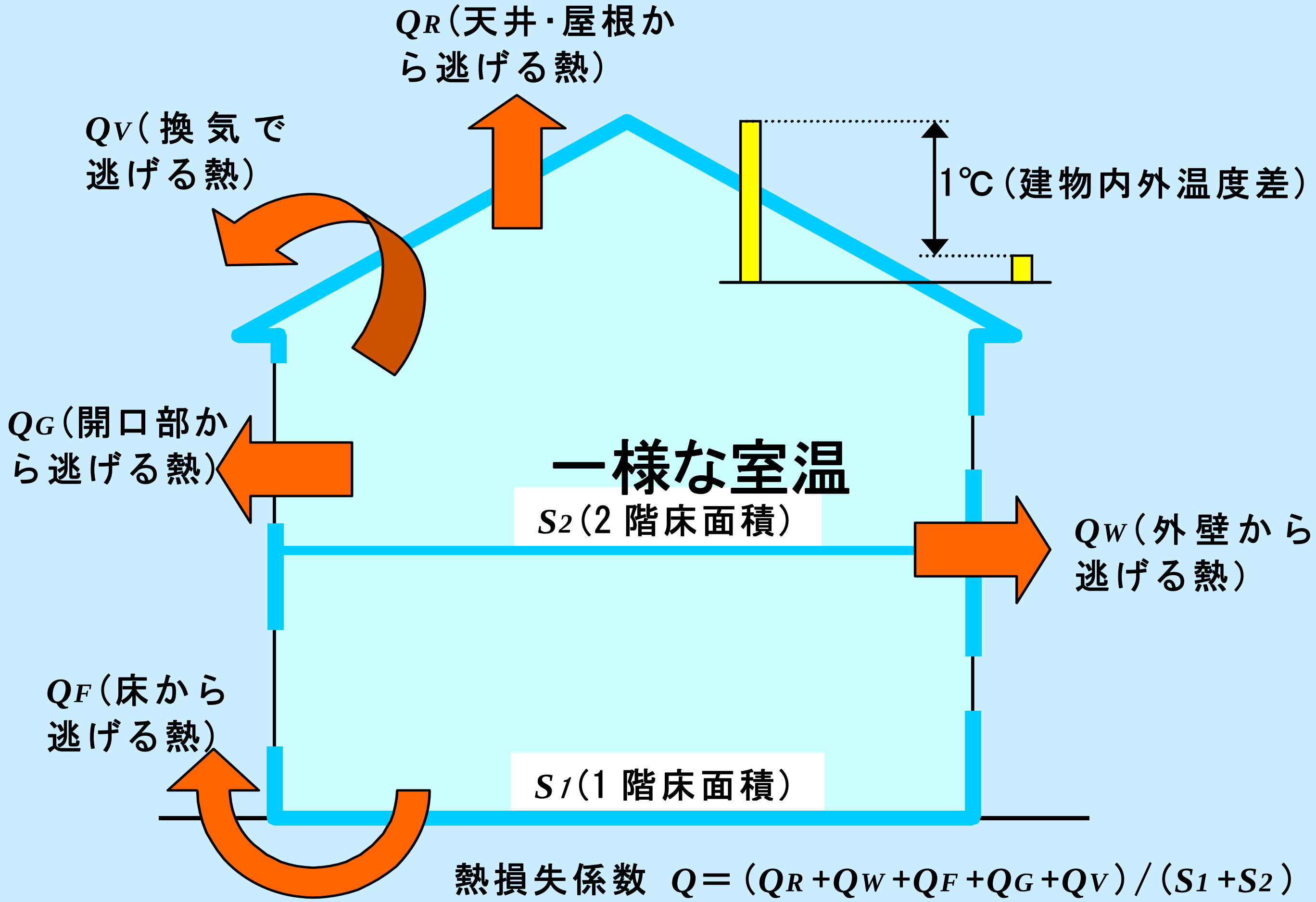
在来軸組・断熱パネル



枠組壁工法・充填断熱
（防湿気密層の連続性が確保されたもの）

- 石膏ボード
- サイディング
- 合板
- モルタル
- 繊維系断熱材
- プラスチック系断熱材
- 気密材
- 透湿防水シート

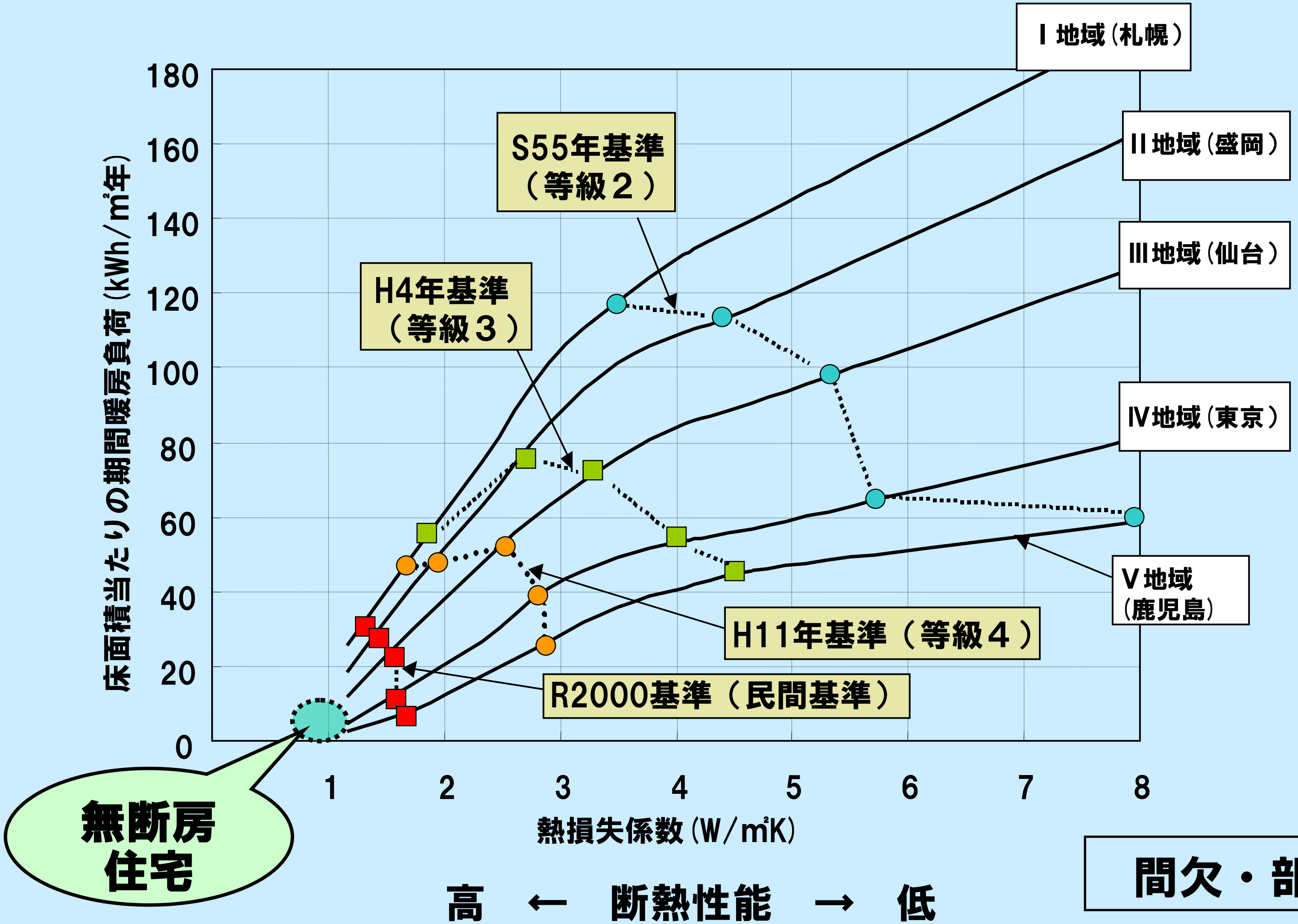
断熱性の評価指標(Q値:熱損失係数)



熱損失係数 $Q = (Q_R + Q_W + Q_F + Q_G + Q_V) / (S_1 + S_2)$

Q値は小さい方が断熱性が高い

Q値による断熱性能と省エネ基準の評価

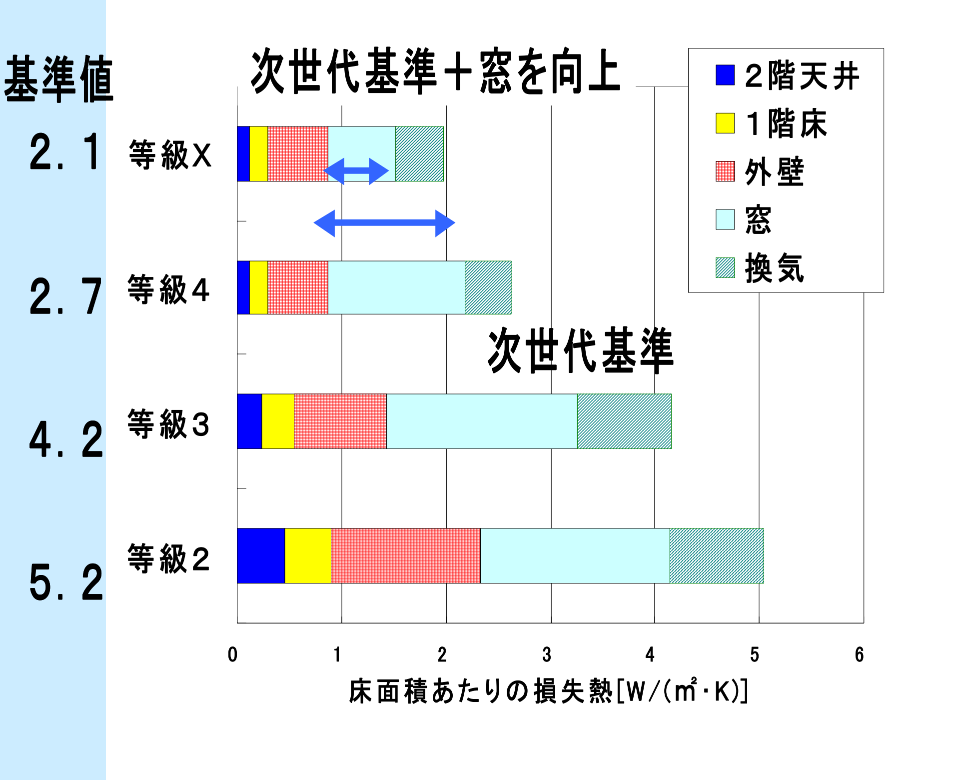


高 ← 断熱性能 → 低

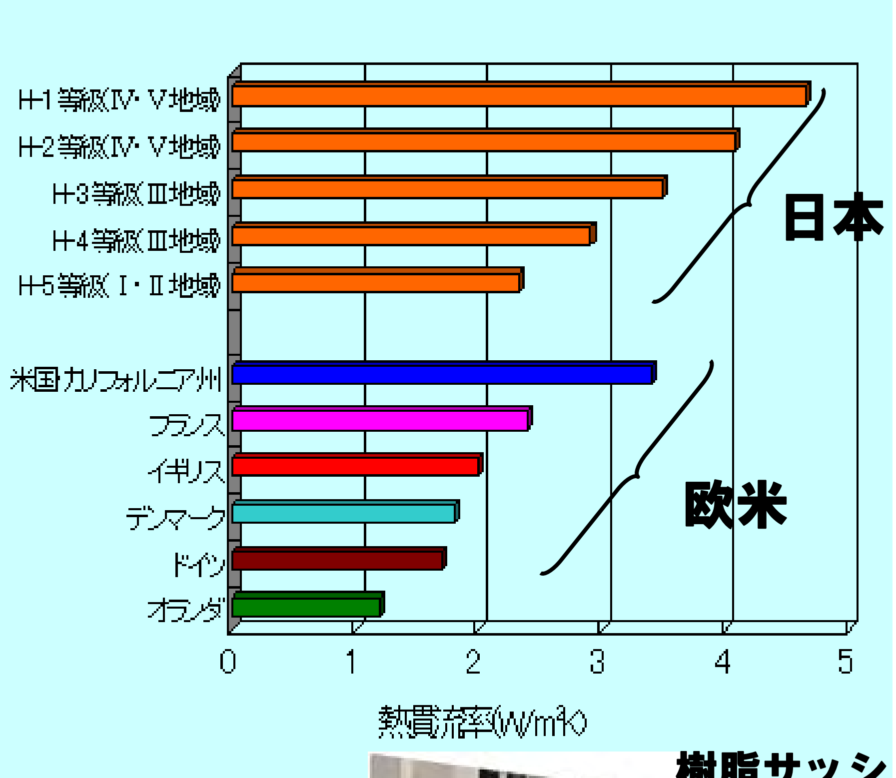
間欠・部分暖房

窓からの熱損失と窓の断熱基準

●建物全体の熱損失量の部位別内訳



●窓の断熱基準の国際比較

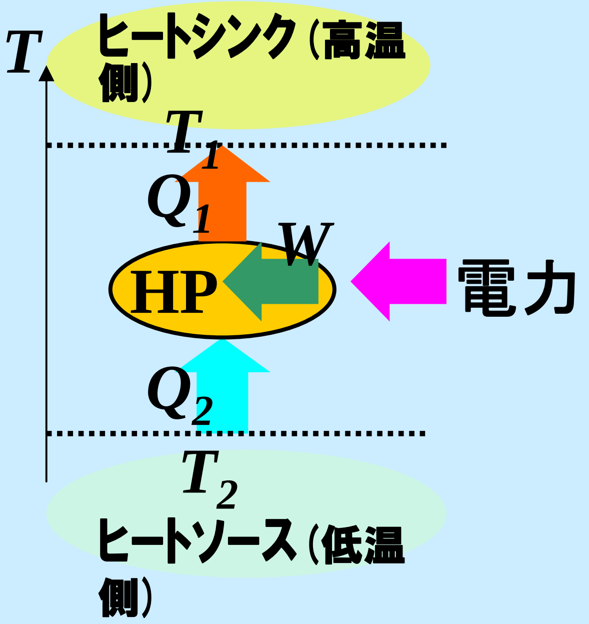


樹脂サッシ＋アルゴン入りLow−E複層ガラス：K=1.5W/m²K

日本の断熱基準に従って建てると、建物全体の熱損失量において、窓からの熱損失量の比率が非常に大きくなる。これは、日本の窓の断熱基準が非常に低いためである。よって、今後、日本では窓の高断熱化を重点的に推進していく必要がある。

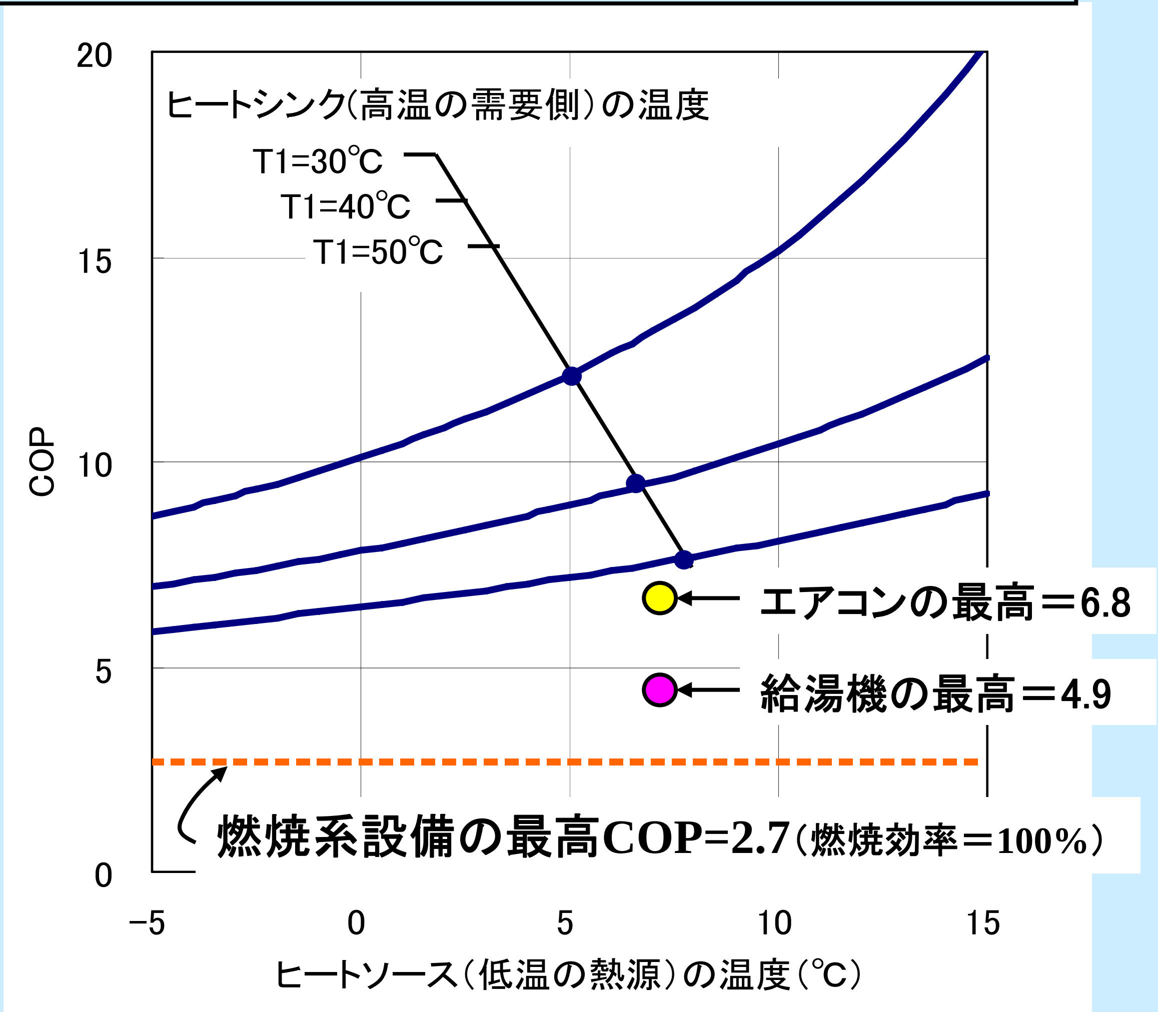
熱供給機器におけるヒートポンプの優位性

日本のような温暖地においては、HPの理論効率は非常に高く、省エネ機器として、高いポテンシャルを有する。



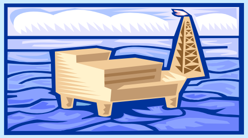
高温の需要側で、

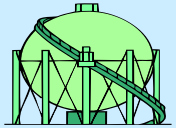
$$COP = \frac{Q_1}{W} = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$



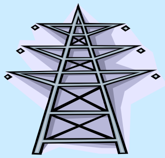
エコキュート(HP給湯器)の省エネ性

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)

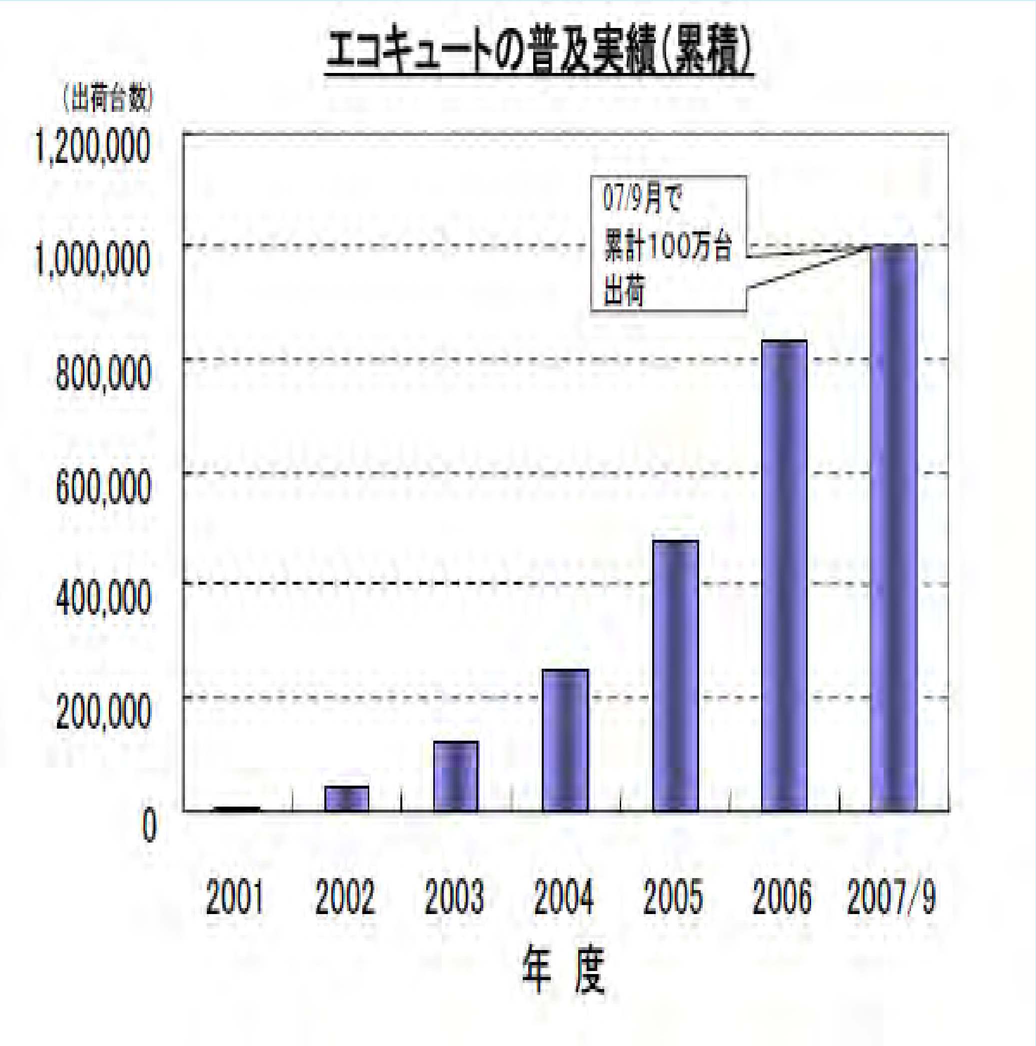
78のお湯　燃焼系の給湯器

: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。

②省CO_2の観点では、原子力発電の影響で、さらに効果的。

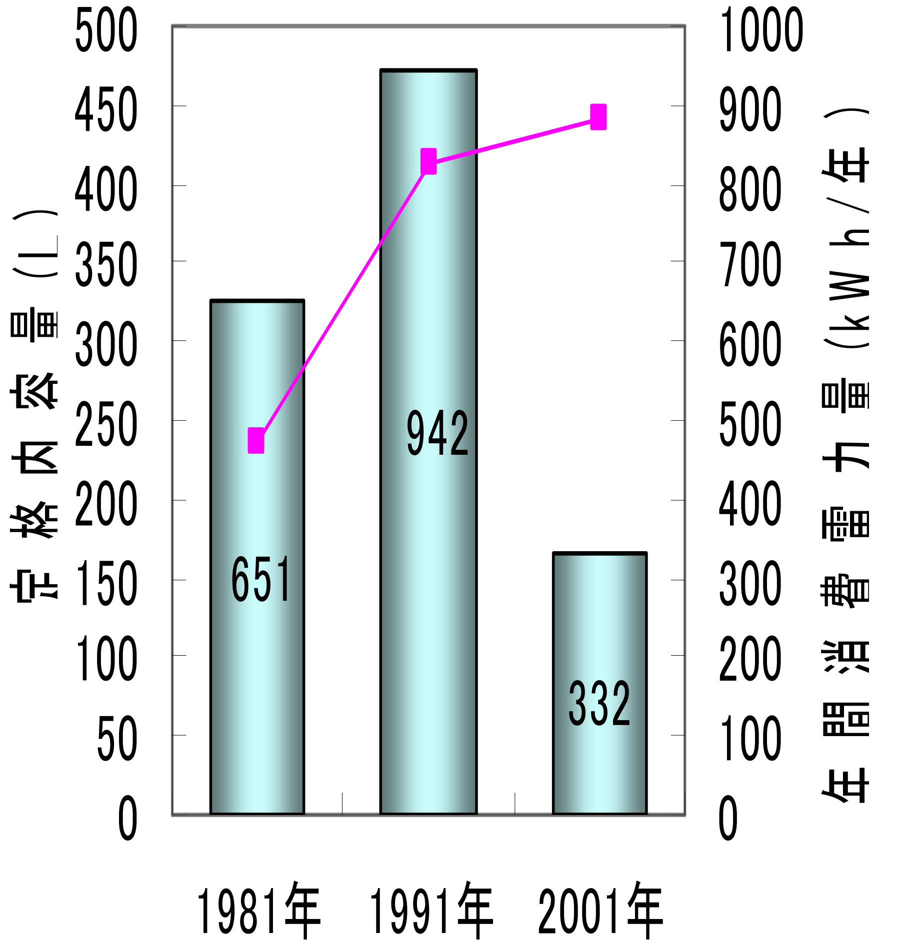
エコキュートは累積100万台を突破



●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」。多額の開発資金が投ぜられているが、未だ日本の省エネに貢献せず。

冷蔵庫の効率向上も断熱とHPの改良によるもの



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）

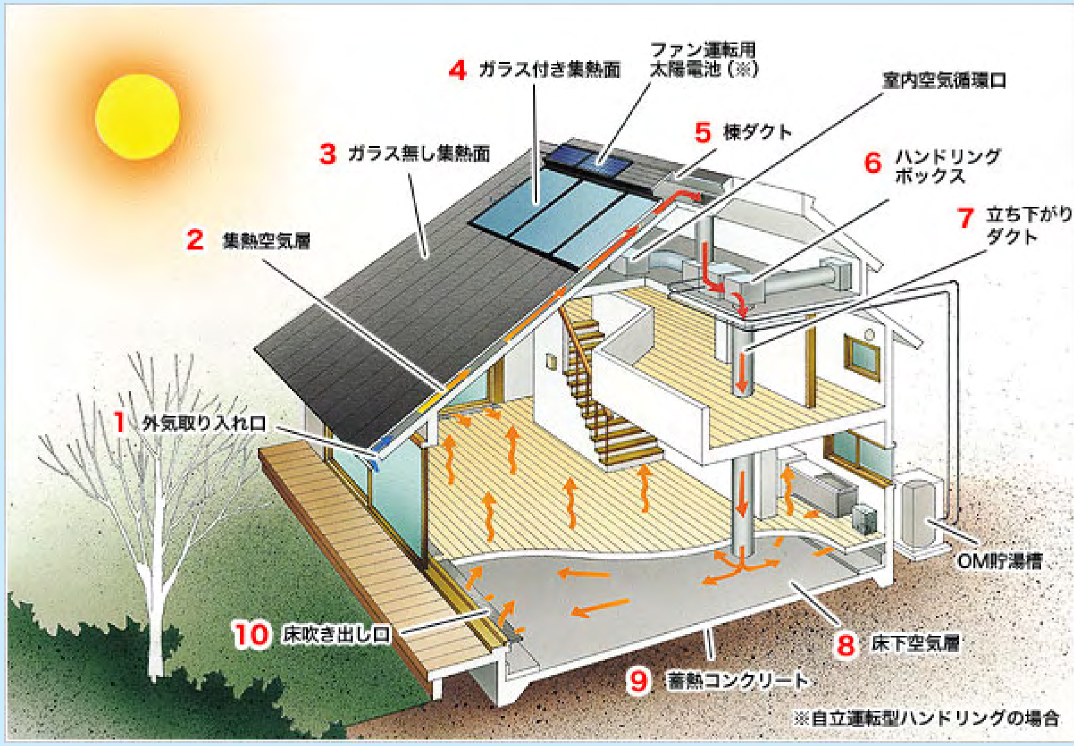
現代の電化住宅は省エネ住宅

	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%	

◆ 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。

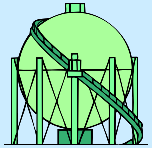
太陽光・太陽熱の利用

太陽光発電によるゼロエネルギー住宅(ミサワホームより)



空気式太陽熱暖房・給湯システム
（OMソーラーより）

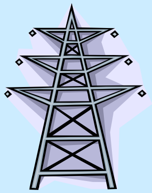
コージェネレーションによる廃熱利用



化石燃料
100%

発電機

電気：E%



廃熱：H%＝100−E

発電の種類	火力発電所		家庭用コジェネ	
	全国平均値	最新機	エコウィル（ガスエンジン）	ライフエル（燃料電池）
E（電気）	37%	48%	20%	33%
H（廃熱）	63%	52%	80%	67%

海や川に棄てる

暖房や給湯に利用する → 省エネ（発電効率の低さを挽回すれば）

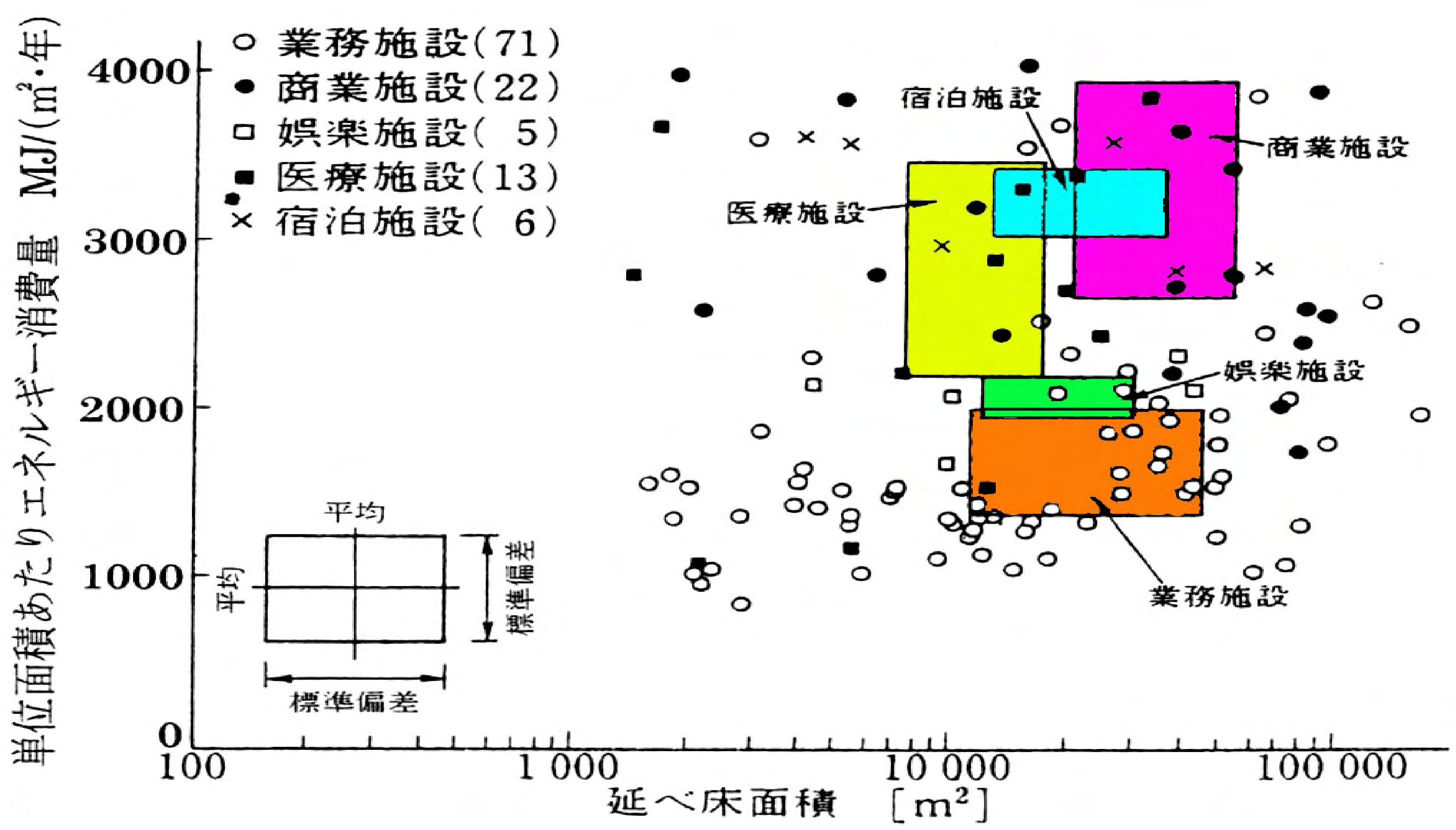
エコウィルは発電効率が低い。

燃料電池は価格が高い上に、課題も多い。

３．建築物の省エネルギー技術と省エネ建築の事例

非住宅建築物のエネルギー消費の実態

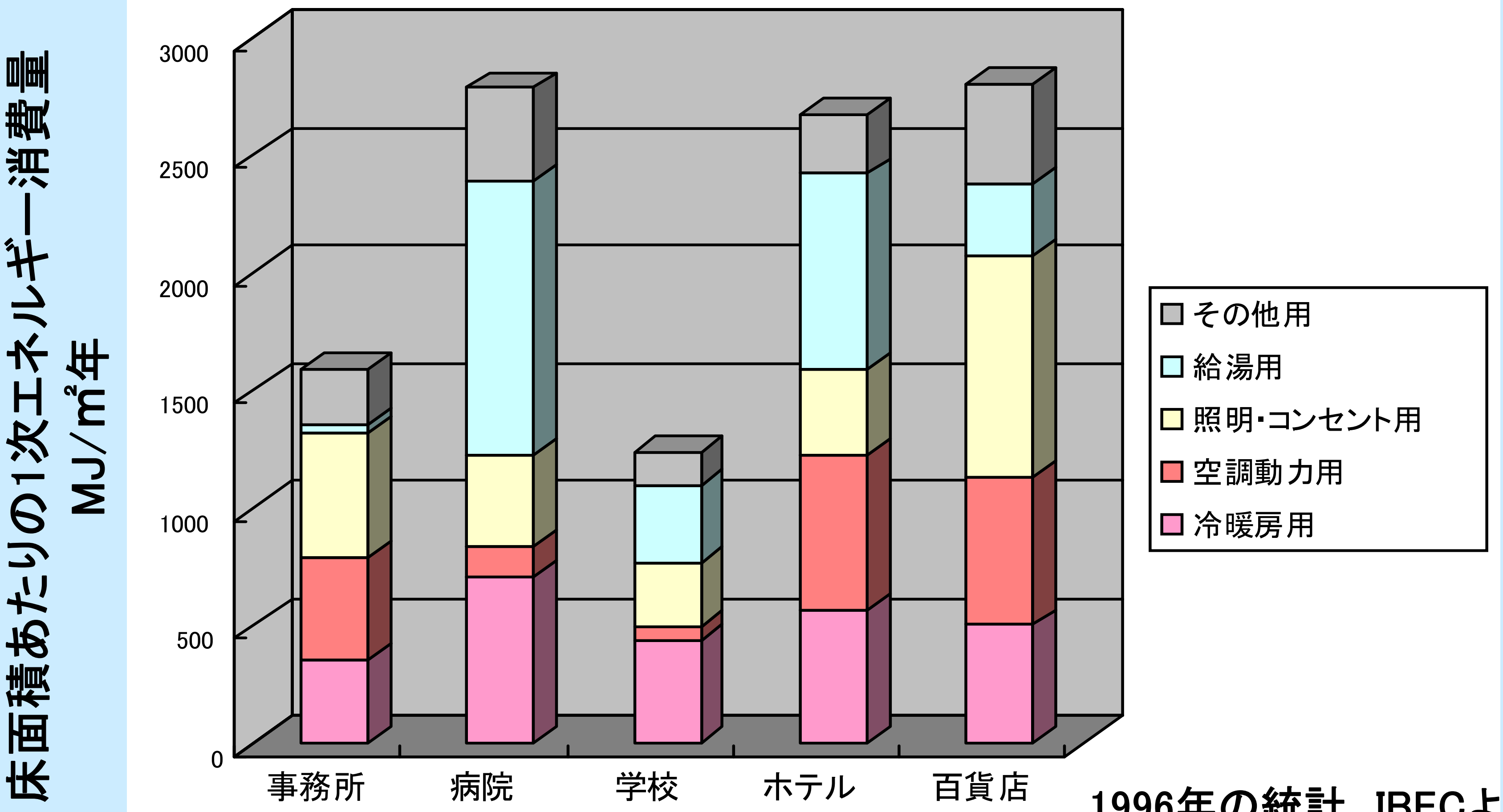
建築用途などによるバラツキが大きい。



尾島、村上,1990より

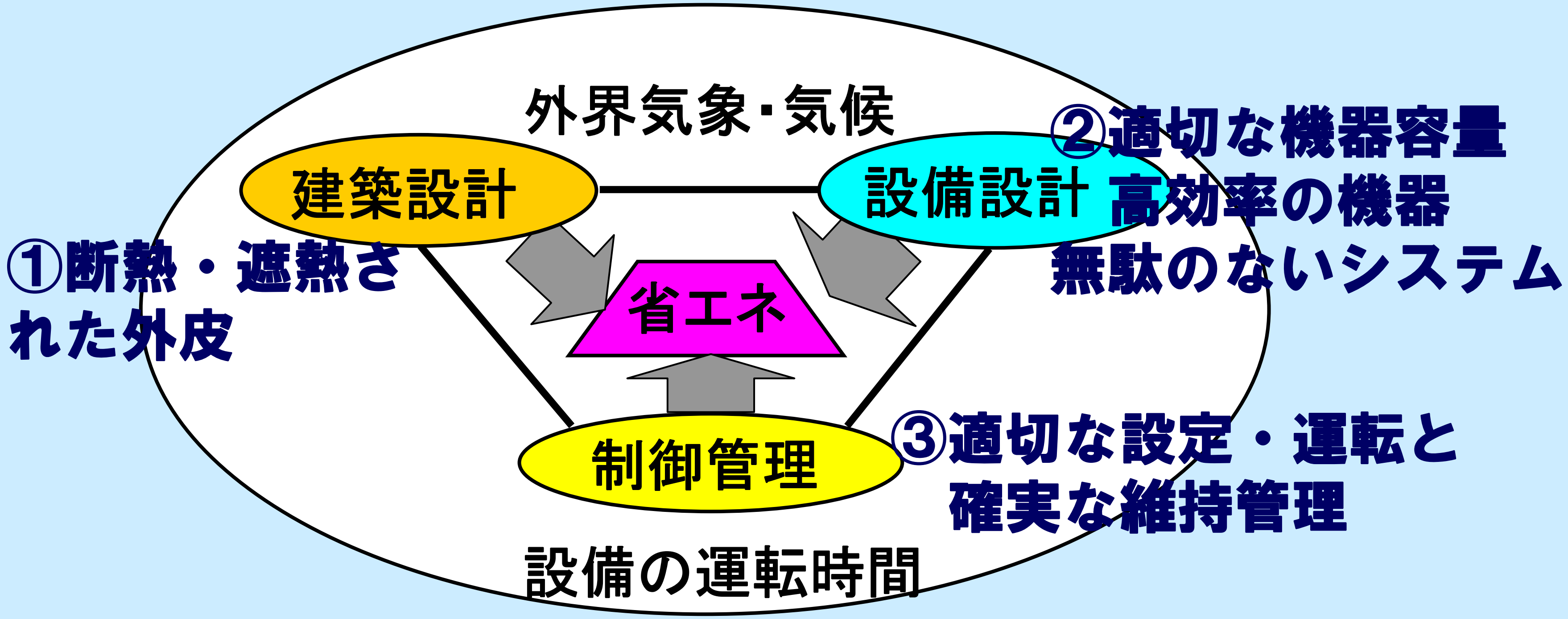
建築用途別のエネルギー消費内訳

どの建築用途でも空調と照明の消費が多い



1996年の統計、IBECより

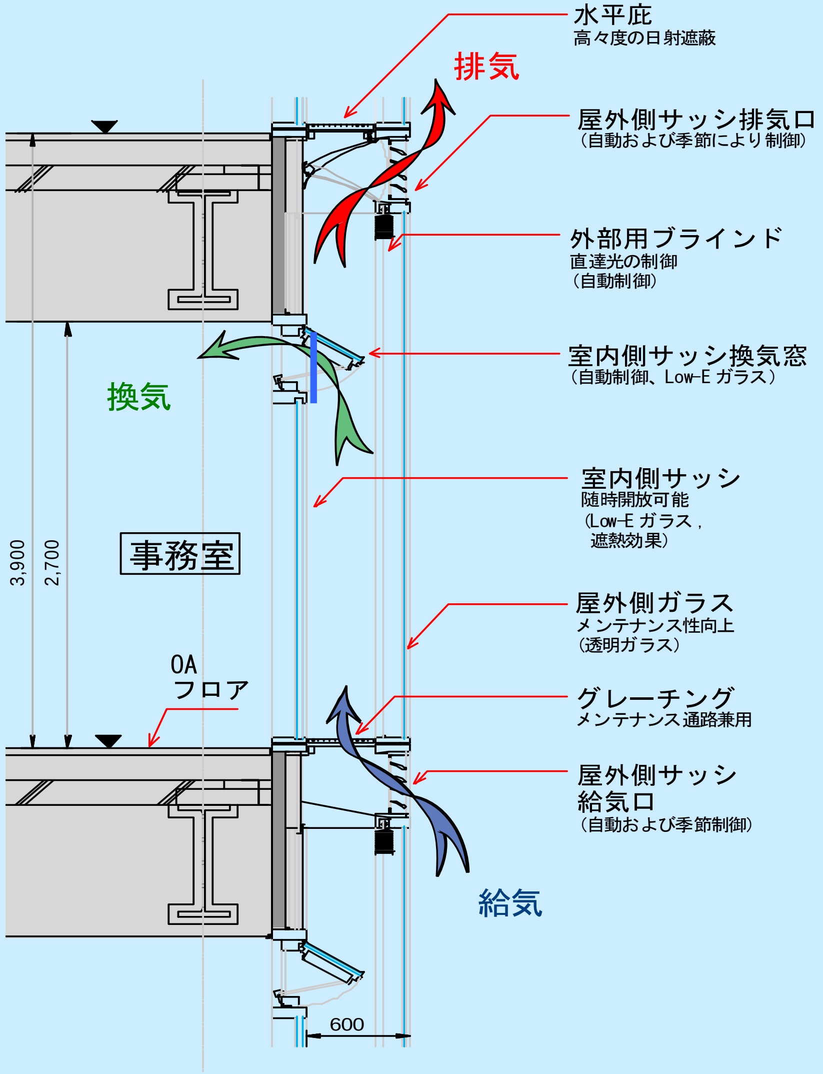
住宅・建築の省エネ戦略



①、②、③の三者が連携・噛み合うことによって、本当の省エネが達成される。

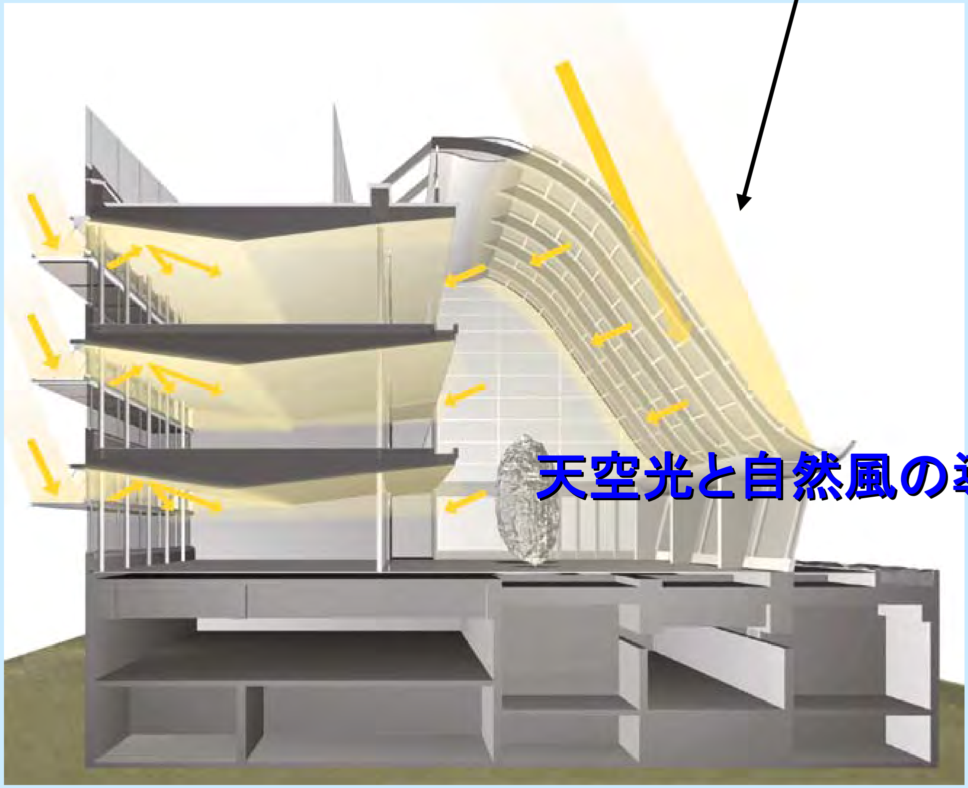
外皮のパッシブデザイン

① ダブルスキンファサード（断熱・日射遮蔽・通風・採光）



②北面の大開口による大規模な通風と自然採光
:アースポート 東京ガス港北NTビル(横浜市)

北面の大開口



③寒冷地における高断熱・通風・採光の採用
：北海道立北方建築総合研究所（旭川市）

地域でつくる人間中心の環境建築
高断熱、自然採光、自然通風

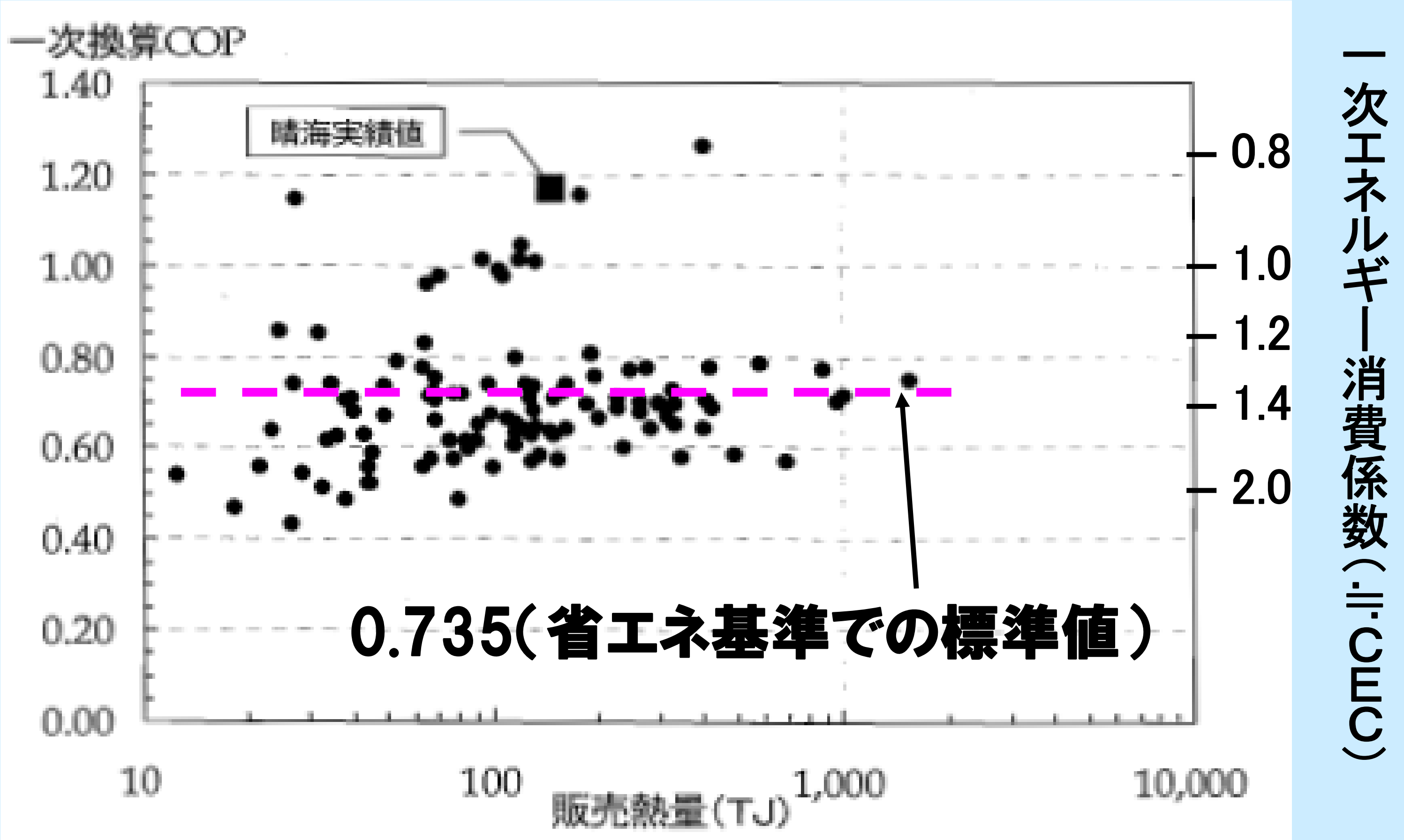
④亜熱帯における遮熱・太陽光利用・通風
：糸満市庁舎（沖縄県）

太陽電池つき日射遮蔽ルーバー

アマハジ

空調熱源のエネルギー効率の実態

図は地域冷暖房のプラント（冷房用熱供給が支配的）における1次COPの実績値
⇒同じHPの家庭用エアコンと比べると著しく悪いものが多い。



出典：熱供給事業便覧

建築の空調熱源機でもHPは高効率

種別		熱源	1次エネルギー効率	2次エネCOP
吸収式冷凍機	2重効用	蒸気	1.00	
	2重効用・超高効率型		1.35	
	3重効用		1.41	
	2重効用	直焚	0.98	
	2重効用・超高効率型		1.33	
スクリュー冷凍機・高効率型		電力	1.93	5.27
ターボ冷凍機	従来型		1.65	4.50
	高効率型		2.31	6.31

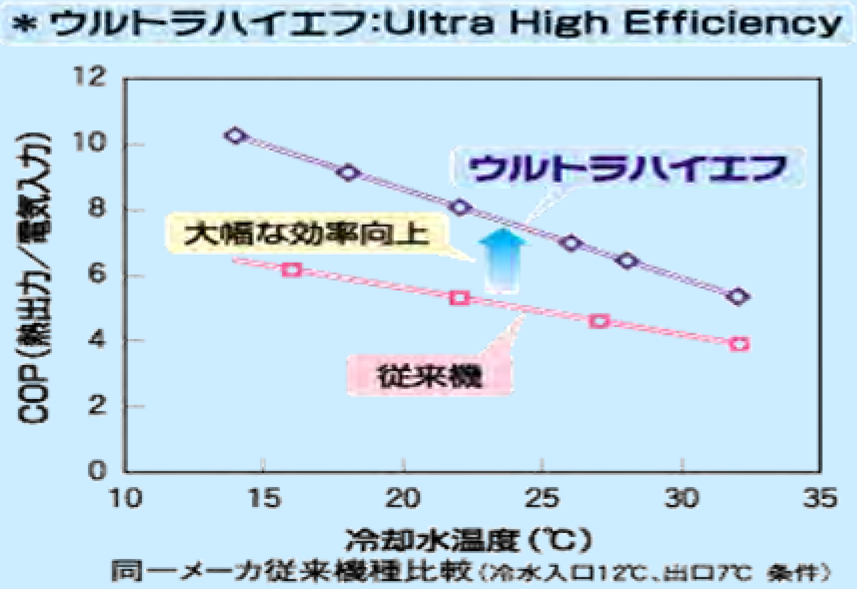
田中俊六より

電動冷凍機(HP)は吸収式より効率がよい。

ヒートポンプ冷凍機の改良

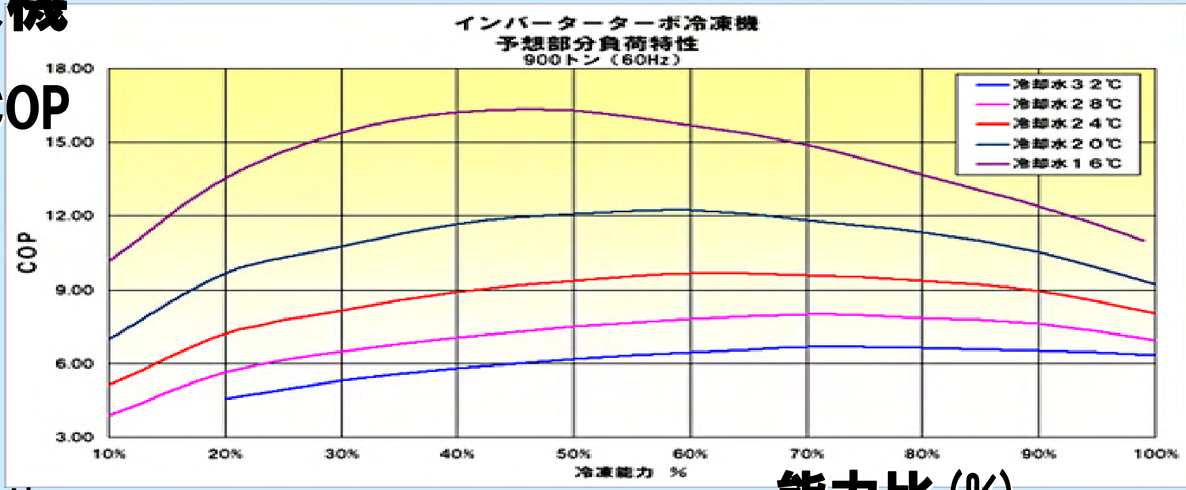
●高効率HPチラー

1999年度省エネ大賞受賞：省エネセンターHPより



●インバーターターボ冷凍機

COP

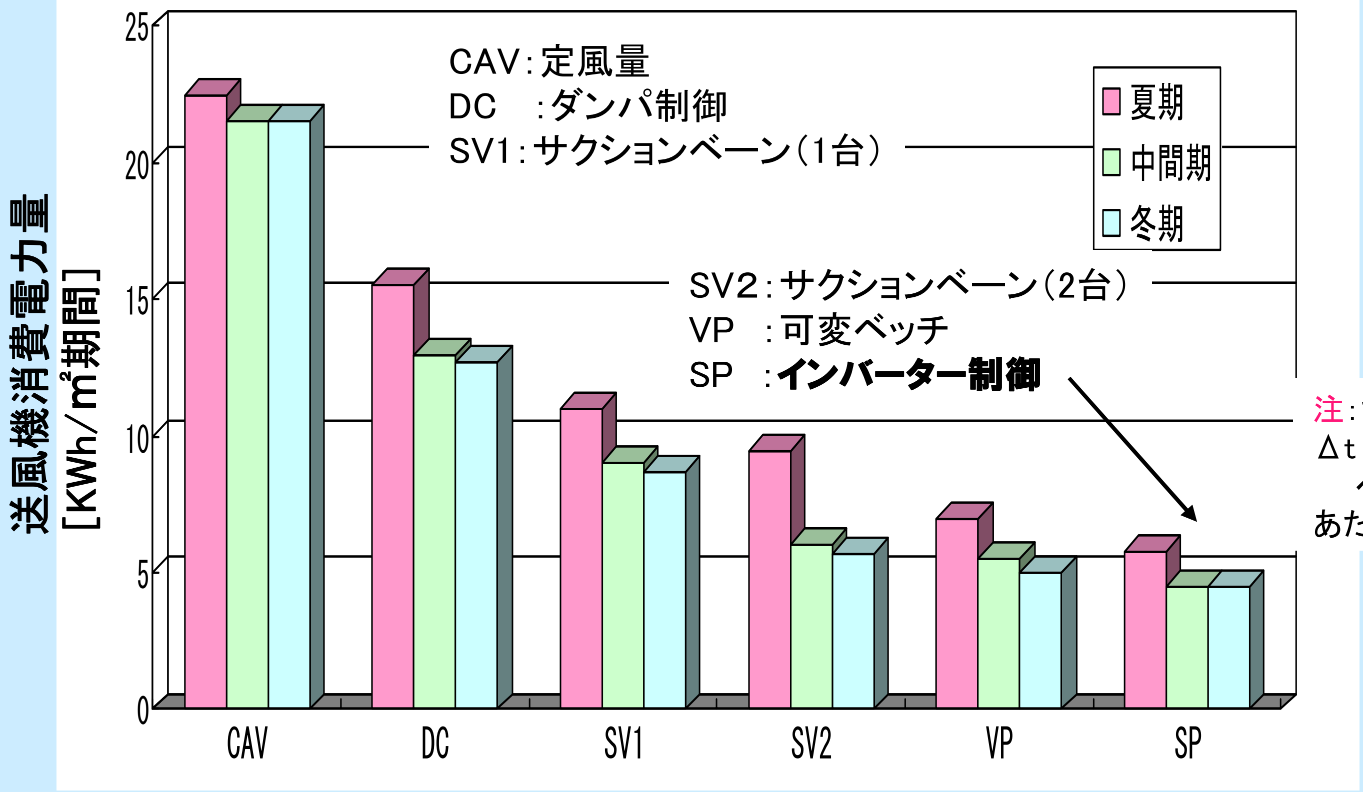


トレイン・ジャパンHPより

能力比（%）

インバーター制御による年間搬送動力の削減

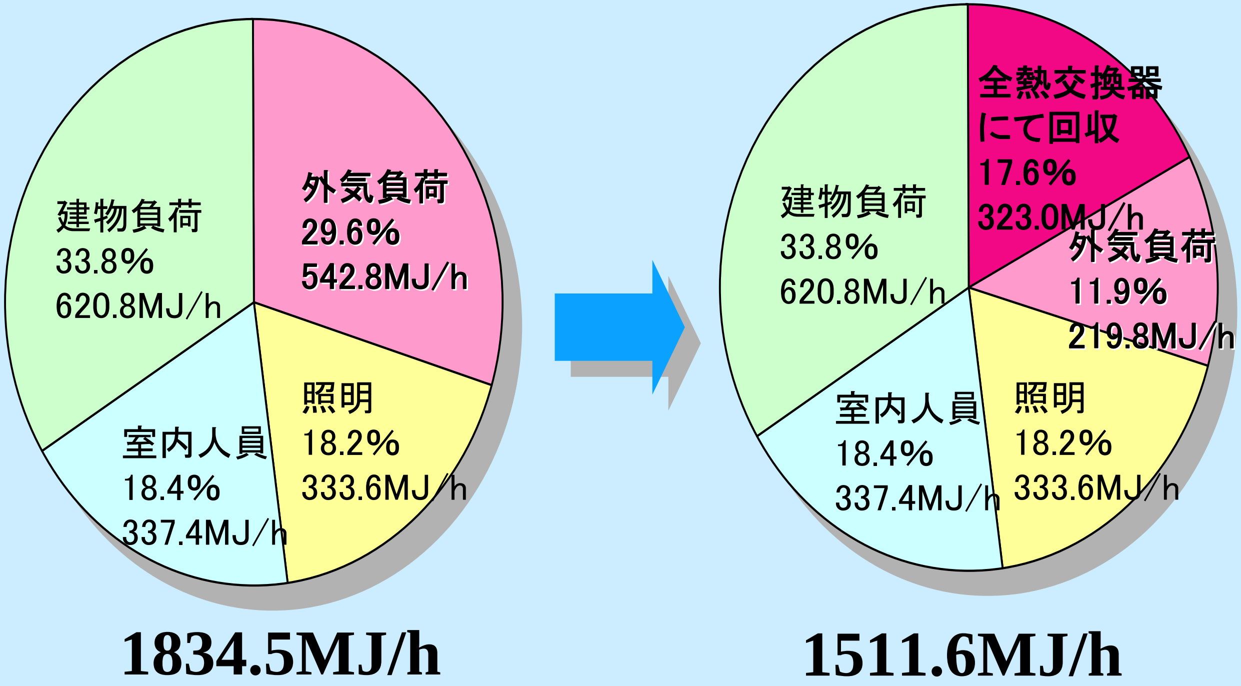
①VAVによる送風機動力の削減(cf.下図)
②VWVによる空調用送水動力の削減

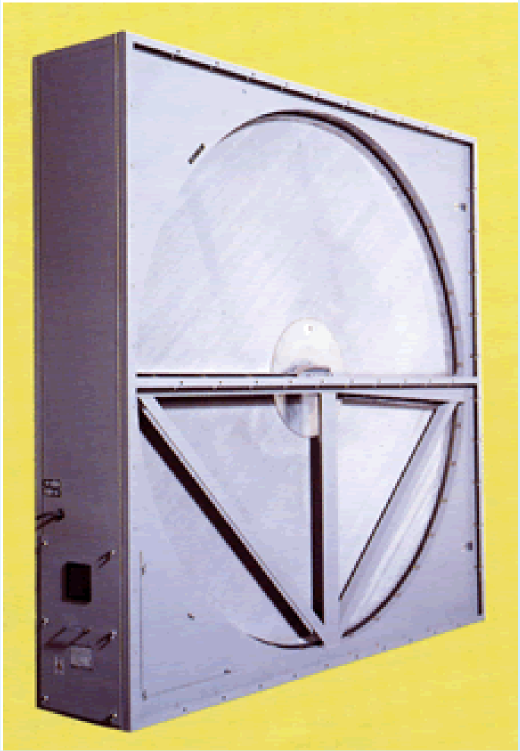


注:ただし、6階分を1空調ゾーン、
Δt = 10℃、ダクト抵抗=0.98Pa
ペリメータゾーンの面積1m²
あたりの消費電力

資料:「建築・設備の省エネルギー技術指針」(社)空気調和・衛生工学会より改変

全熱交換機による熱負荷の削減





資料:「冷凍空調設備の省エネルギーガイドブック」日本冷凍空調設備工業連合会より改変

照明設備の省エネルギー

①Hf照明の導入（ラピッド式蛍光灯に比べ、10～30％省エネ）
②自然採光の活用と調光設備の導入
③赤外線センサによるタスク照明の消灯漏れ防止制御
④ タスク・アンビエント照明方式

エネルギー利用効率化設備の評価

以下の設備は、エネルギー利用効率化設備として、省エネルギーに寄与する。それらの効果は建築物の省エネ基準において評価されている。

①太陽光発電システム

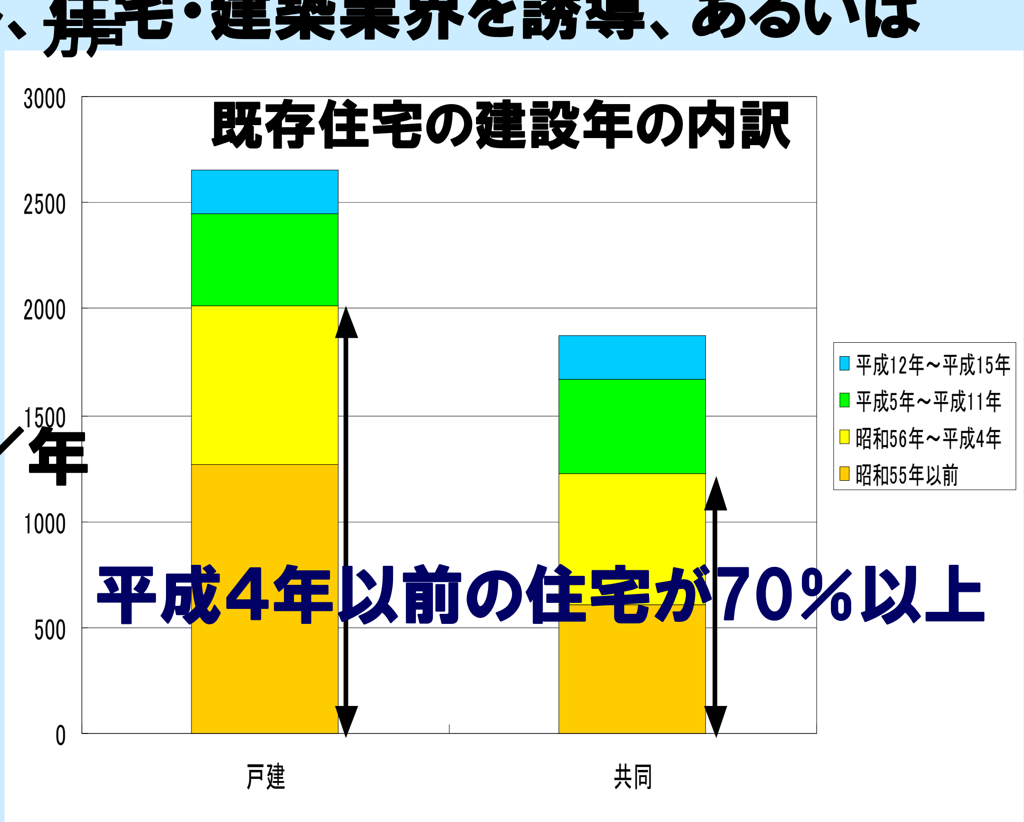
②コージェネレーションシステム

③高効率変圧器

４　省エネ住宅/建築の普及と省エネルギー基準

省エネ住宅／建築の普及のための戦略？

1. 建て主・オーナーや建築業界の自主性に任せても普及するか？
2. 行政が補助金・融資・減税などの支援をすべき（アメの提供）
3. 行政が省エネ基準を策定し、住宅・建築業界を誘導、あるいは取り締まる（ムチの実施）
4. 以上は「新築」の対応策。
   一方、ストックに対しては？
   住宅：ストック4700万戸、
   　フロー100～120万戸／年
   建築：ストック77億m²、
   　フローが1.7～2億m²



地球環境・建築憲章

建築系5団体（学会、士会、事務所協会、家協会、業協会）
の自主的な声明（2001年6月）

◆21世紀の建築のあるべき姿

①長寿命
②自然との共生
③省エネ
④省資源・循環
⑤継承

環境共生建築
green building
sustainable building

関係業界の自主宣言だが、関係者には無関心や認識不足の人も多く、この宣言が、実際の省エネなどにどれだけ有効だったかは不明。

省エネ法と建築・住宅の省エネ基準

省エネ法
1979制定

- 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)
- 機械・器具に係る措置(経産省)

建築の省エネ基準(2002版)

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(1999版)

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
※住戸設備よる省エネも検討中

省エネ法は、建築基準法のように「取り締まり法」ではないので、省エネ基準の浸透には限界があるが、これまでに最も有効な対策となってきた。

住宅／建築の省エネ基準のあゆみ

1979　省エネ法の成立（第２次オイルショックが要因）
1980　住宅の省エネ基準の制定（旧基準）
建築の省エネ基準の制定（PALとCEC/AC、事務所用途）
1992　住宅の省エネ基準の改正（新省エネ基準）
1993　住宅の省エネ基準の改正（CEC/V,L,HW,EVが追加。病院、学校も対象に）
1999　住宅の省エネ基準の改正（次世代省エネ基準の制定）
建築の省エネ基準の強化（COP3対応）。
2002　建築の省エネ措置の届出（新築・増改築2000㎡以上）を義務化。
2006　住宅の省エネ措置の届出（新築・増改築2000㎡以上）の義務化。大規模修繕の届出と定期報告の義務化。
2009　省エネ措置の届出の拡大（300㎡以上）などを予定

省エネ基準の枠組みと運用

基準の対象	基準のタイプ	建築（非住宅）	住宅	
			戸建/集合の専有部	集合の共用部
外皮	性能基準	PAL	年間熱負荷orQ値・μ値	
	仕様基準	ポイント法	K値・η値	
設備（空調・換気・給湯・照明・昇降機）	性能基準	CEC/AC～EV	年間消費エネルギー（2009より一部で実施）	建築の基準に準ずる
	仕様基準	ポイント法		

●省エネ基準の運用方法（使われ方）

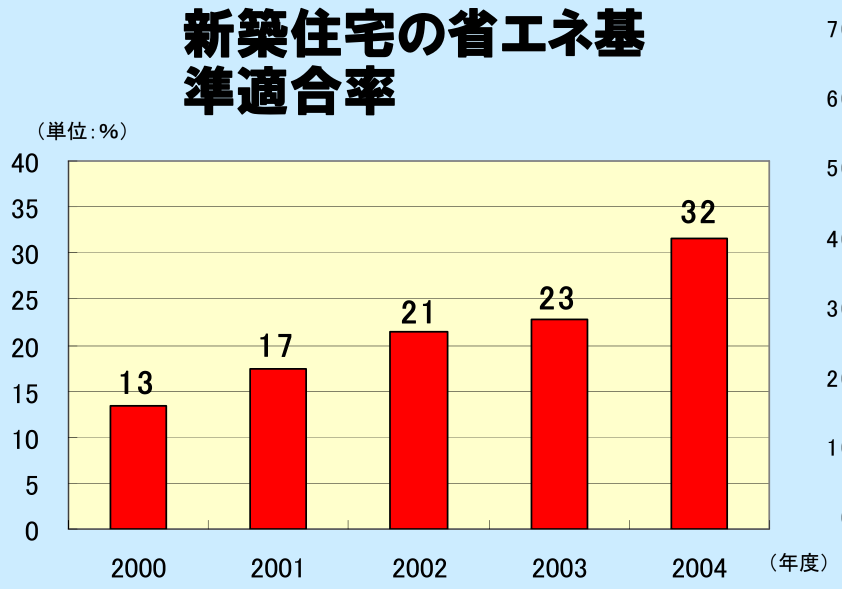
①床面積が2000㎡以上の住宅/建築に対して、建築確認時に、省エネ措置（省エネ基準の遵守）の届出が義務づけられている（2009.3より強化）。

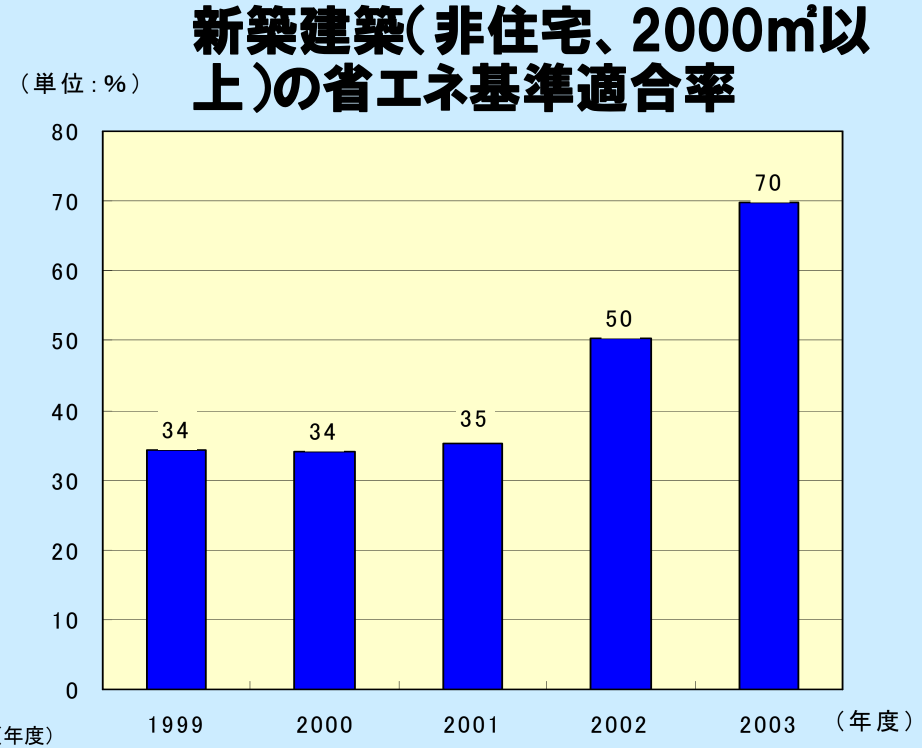
②住宅性能表示において、最高ランクの等級として用いられる。

③住宅金融支援機構の融資基準（フラット35）に用いられる。

④減税（断熱改修ローン・エネ革税制）の判定基準に用いられる。

住宅/建築の省エネ基準の適合率





- 住宅の省エネ基準適合率は、まだ低い。
- 非住宅建築も2000㎡以下に対しては規制がなかった。

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。

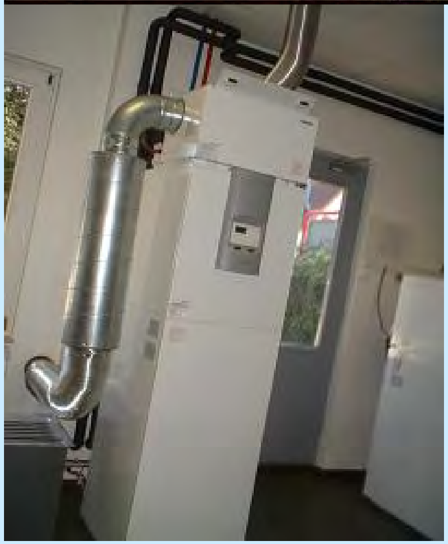
②省エネ性能の高い（**PAL・CECが基準値より10～20％減**）ビルに対するエネ革税制の拡充（所得税・法人税・事業税などの減税）

●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トに対する**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

ドイツも断熱とHP（パッシブハウス）で省エネ



	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！

住宅/建築の省エネ技術はかなり進化・進歩している。しかし、莫大なストックが存在するために、その普及・浸透は遅く、よりインパクトのある対策が講じられないかぎり、住宅/建築全体の省エネ化は長期にわたる「事業」となろう。

おわり

ご清聴、ありがとうございました。