

# 住宅・建築のための新しいエネルギー技術の開発

首席研究員 坊垣 和明

## 目次

- I はじめに
  - II 研究の背景
    - 1) 新しいエネルギー技術の省エネ性
    - 2) 住宅における負荷の実態
    - 3) 貯める技術の必要性
  - III 蓄電装置を組み込んだエネルギーシステムの開発
    - 1) 開発の経緯
    - 2) システムの概要
    - 3) 蓄電装置の開発
    - 4) プロトタイプ構築
    - 5) 効果の検証
  - IV 今後の展開
  - V 地球温暖化防止への取り組み
    - 1) 温暖化防止に必要なこと
    - 2) 住宅・建築・都市分野における取り組みのあり方
    - 3) 地球温暖化防止は可能か
  - VI おわりに
- 参考文献

## I はじめに

京都議定書が発効し、間近に迫った第一約束期間（2008～2012年）における温暖化ガス削減目標の達成に向けて、様々な取り組みが行われている。一般家庭を含む民生部門においても、1990年以降一貫した増加傾向が続いていることから、その排出抑制への要求は一段と厳しさを増している。

住宅用の新しい省エネルギー技術として、太陽光発電はすでに普及段階に入っているが、必ずしも効果的な利用に至っていない。また、燃料電池等の新技術の開発が行われているものの、これらを一般的な住宅に単純に導入しても直ちに高い効果が得られるものではなく、普及に向けての課題は多い。一方で、さらなる温暖化ガス排出抑制には全く新しい技術や技術体系の創

出も必要と考えられる。

このような新しい省エネルギー技術に関して、建築研究所が実施した研究開発の事例を紹介するとともに、今後の可能性や予測される効果を解説する。

## II 研究の背景

### 1) 新しいエネルギー技術の省エネ性

燃料電池が次世代のエネルギー技術として強い関心を集めるようになってから久しい。燃料電池自動車为首相官邸に導入されているし、住宅向けとしても、実証実験を経て数百台規模でのモニター供給が行われている。しかしながら、当初の予想ほどは普及の足取りは軽くないのが実状ではないだろうか。

製造コストが下がらないなどいくつかの理由が考えられるが、省エネルギー性能や光熱費削減効果がさほど高くない点も課題の一つにあげることができる。

図1は、燃料電池導入の省エネルギー性能を比較したものであるが、10%程度の削減が期待できることが示されている。いくつかの資料を総合しても、その効果はせいぜい15%程度である。もちろん、燃料電池には有害な排気ガスが出ないなどの利点もあるが、もっと大きな経済性のメリットが求められているのではないだろうか。

また、太陽光発電においても、発電のタイミングと住宅での使用タイミングが合わないため、発電量の50%程度が自家使用されるに過ぎない。

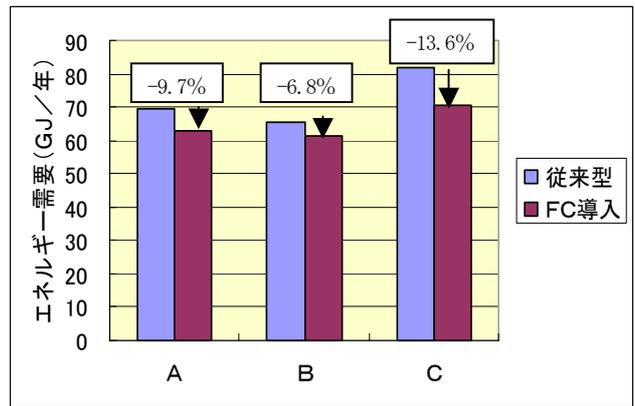


図1 燃料電池 (FC) 導入による省エネ効果試算例

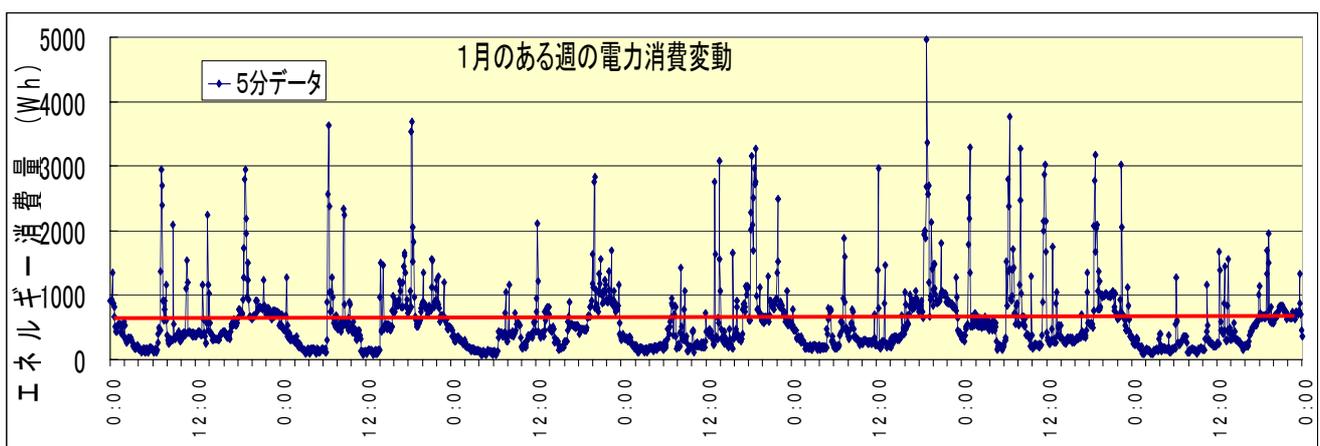
## 2) 住宅における負荷の実態

図2は、ある住宅の1週間における5分間積算電力量での負荷変動を示したものである。最大で5kWhに達しており、実際の住宅での電力負荷が極めて大きく変動することがわかる。1分データ、あるいは瞬時のデータではもっと大きな最大負荷が生じているであろう。この住宅では、主にピークが食事時に発生していると考えられることから、電子レンジ等の厨房機器によるピークの発生と推測される。一方で、深夜の電力消費は最大負荷の1/20以下である。

住戸による違いはあるにしても、このような最大負荷の発生状況は似たり寄ったりと考えられる。

## 3) 貯める技術の必要性

図2のような負荷変動の住宅において、通常のコージェネシステムでは変動への追従が難しく、系統電力に依存せざるを得ない部分が多い。燃料電池コージェネの省エネルギー性能が最大15%程度にとどまっているのは、系統への依存割合が高いことによると考えられる。一時的に大きなピークが出現するものの、ピークは比較的短時間でその積算電力量はさほど大きくない。したがって、ピーク発生時に必要な電気を貯めることができれば、系統への依存を大幅に削減でき、省エネルギー効果の改善が可能となろう。また、太陽光発電における需給の関係においても、蓄電の効果は大きい。



この期間の平均消費電力が560Whであるにもかかわらず、ピーク（5分間積算の最大値）はその10倍の5kWhに達する。（日本建築学会による新潟県内の戸建て住宅における実測データより）

図2 実際の住宅における電力負荷変動

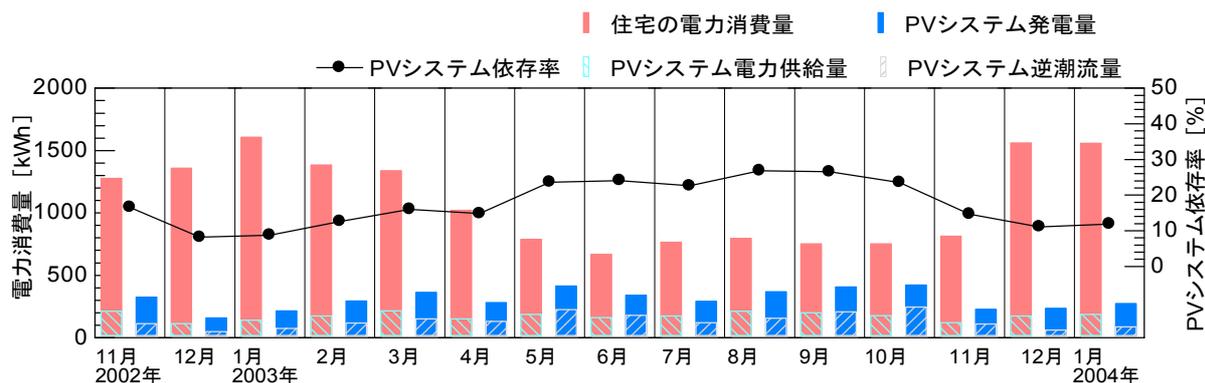


図3 太陽光発電を設置した住宅における発生電力と電力消費量<sup>1)</sup>

太陽光発電装置はすでに十数万戸の住宅に設置されているが、住宅で利用される電気量は発電総量の50%程度ではないかと推測される。図3は九州地区での太陽光発電システムを設置した住戸における発電量や自家消費量を示したものである。この住戸では全体の電力消費が大きいことを反映して、自家消費は60%以上を超えているが、これは例外的に高い利用率といえるであろう。風力発電については、住宅での利用はまだごくわずかである。また、これらの自然エネルギー利用発電の品質は必ずしも良くないため、系統への逆潮流を積極的に受け入れにくい状況がある。

これらを解決する方法として、電気を貯める技術が不可欠である。電気を貯めることで、需給のアンバランスを是正して新技術による発電電力をオンサイトで有効に利用できるだけでなく、各住戸に設置された蓄電装置は電力のミニダムとなり、普及が進めばダム容量は大幅に増加し、わが国全体の負荷の平準化に大きく寄与することが可能となる。

### III 蓄電装置を組み込んだエネルギーシステムの開発

#### 1) 開発の経緯

すでに示したとおり、新エネルギー技術による発電のより効果的な利用のためには電気を貯める技術の導入が効果的である。

そこで、安全で高効率な蓄電装置を開発し、それを導入したエネルギーシステムを構築することによって負荷を平準化し、燃料電池等の新エネルギー技術の飛躍的な利用効率の向上を図ることをねらいとした技術開発を行うこととした。

蓄電技術としては、最近性能向上が著しい電気二重層（キャパシタ）に着目した。これは、キャパシタが安全で極めて耐久性に優れた蓄電システムであり、住宅用として優れた特性を有していると考えられたからである。もちろん、現状では蓄電容量やコストの課題があり、実用化に向けてこれらの課題をクリ

アする必要がある。

研究開発は、建築研究開発コンソーシアムをベースとして公募した相手方との共同研究によって行うこととし、建築研究所と（株）パワーシステムの共同開発としてスタートした。

この共同研究は、国土交通省による平成17年および18年度の「住宅・建築関連先端技術開発助成事業」に採択され実施しているものである。

#### 2) システムの概要

蓄電装置を持つ住宅用エネルギーシステムは、キャパシタ蓄電装置を核として、燃料電池等の電源装置、負荷発生装置、および、全体の制御システムで構成される。

住宅の実際の電力負荷に応じて負荷発生装置で電力を消費し、必要な電力は燃料電池コージェネ、ガスエンジンコージェネあるいは蓄電装置あるいは商用電源から供給される。熱需要に対しては、コージェネやヒートポンプ給湯器の各々の貯湯槽から負荷に応じて供給される。熱と電力の負荷を与え、供給をコントロールするのが全体の制御システムである。

#### 3) 蓄電装置の開発

全体システムの心臓部となるのが蓄電装置である。蓄電には電気二重層（キャパシタ）を用いることとしたが、従来の電気二重層（キャパシタ）は、主として燃料電池車やハイブリッド車などの車載用として開発されたものであり、使用特性の異なる住宅には必ずしも適さない。そこで、住宅用としてより効果的に使用できるように改良を行い、まず蓄電容量2.7kWhの住宅用蓄電装置を開発し、これを平成17年度に構築したプロトタイプに使用した。平成18年度には蓄電密度が2倍に性能向上した次世代型の蓄電装置0.5kWhを追加した。



写真1 プロトタイプ外観 (黒箱がキャパシタバンク)

#### 4) プロトタイプの構築

必要な蓄電容量設定のための事前の検討に基づいて、蓄電装置を組み込んだ住宅用エネルギーシステムの設計を行い、プロトタイプを製作した。平成17年度版のプロトタイプは、蓄電容量2.7kWhの蓄電装置を持ち、燃料電池(最大出力800Wh)、商用電源等から供給される電力を適宜蓄電・放電しながら負荷発生装置(最大5kWh、1A単位で制御可能)で実態に応じたエネルギーを消費する構造となっている。

これは、実用レベルの蓄電容量を持つ世界で初めての住宅用システムである。

引き続き、平成18年度には蓄電容量を0.5kWh増加させるとともに、太陽光発電装置、ガスエンジンコージェネ、ヒートポンプ給湯器などのエネルギー発生側の装置を追加したシステムを構築した。

これら機器と蓄電装置を組み合わせ、住宅の負荷に応じて最も効果的なシステムを検討しようとするものである。

#### 5) 効果の検証

##### (1) 平成17年度の検証

平成17年度の検証実験では、収集した様々な電力負荷パターンを再現させて、本システムの省エネ効果や効率的運用方法などを明らかにすることとした。

検証実験は、実態データに基づいたエネルギー消費パターンにしたがって負荷を発生させ、燃料電池等による電力の供給と蓄電を行って、その省エネルギー効果を明らかにしようとするものである。なお、検証実験は電力負荷のみについて行った。その結果、以下のようなことが明らかになった。



図4 プロトタイプ報道資料

- ① 2.7kWhの蓄電容量に対してプロトタイプでは75%の有効蓄電量を設定した。(本来、有効蓄電量として最大94%が設定可能であるが、プロトタイプでは安全率を考慮し、75%とした。)検証実験では実際の蓄電量として設定蓄電量通りの約2.0kWhが有効に利用でき、住宅用としての利用が可能であることを確かめた。
- ② 実測結果による充電、および放電の効率、各々約90%、83%であった。したがって、充放電の総合効率は約75%となる。シミュレーションの結果を図5に示したが、電力消費が少ない住戸では相対的に放電ロスが大きくなっている。
- ③ 検証実験では逆潮を可能とするシステムのみについて行ったが、逆潮ありの場合との比較では蓄電を用いることの効果は認められなかった。すなわち、逆潮は充電並びに放電の効率が100%の蓄電装置と等価と見なせるものであり、充放電効率が75%の蓄電装置では逆潮を上回することは不可能である。しかし、蓄電の最も有利な運用方法、あるいは、逆潮無し自立型システム等においてより大きい効果を発揮する条件が見いだせると考えられる。
- ④ 短時間に大きな消費電力を生じる電子レンジやドライヤーなどによるピークをカットし負荷を平準化するには有効であることが確認された。
- ⑤ 太陽光や風力による発電では蓄電が効果的であると考えられることから、これらと組み合わせた「自立型システム」における効用を明確にし、開発・実用化の方向を見定めるべきであると考えられる。

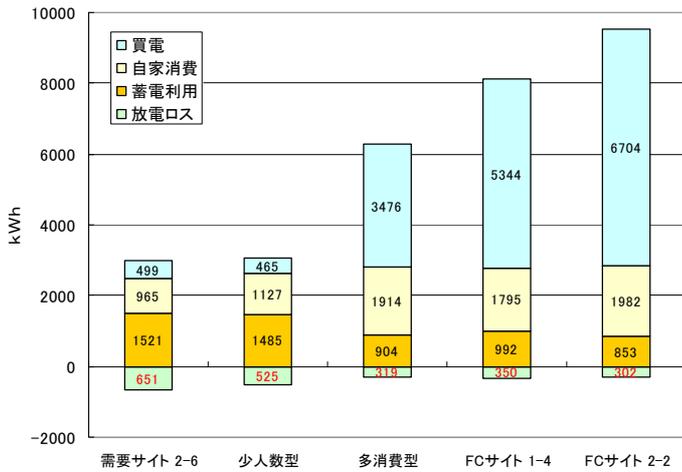


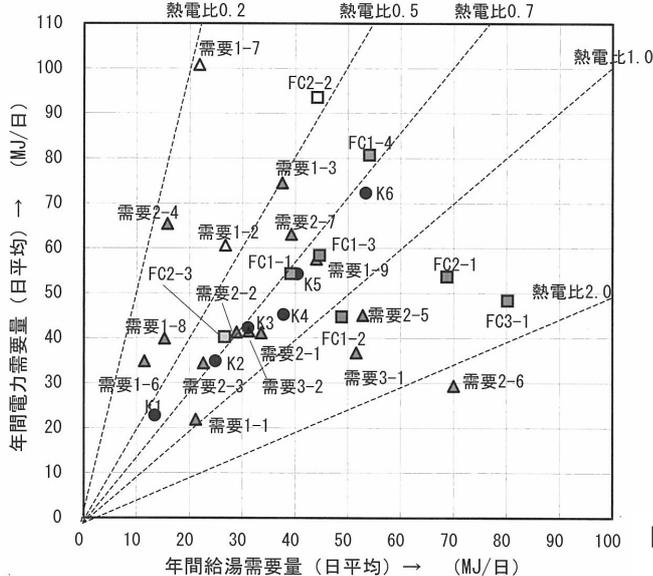
図5 シミュレーション結果

放電ロス（図のマイナス側）が意外と大きい

(2) 平成18年度の検証

平成18年度には、太陽光などの自然エネルギー発電、コージェネシステム、ヒートポンプ給湯器などと組み合わせた自立型システムとして、その省エネルギー効果の検証やシステムの最適化を検討している。

例えば、太陽光発電とヒートポンプ給湯器を組み合わせることで、昼間の発電による余剰電力で効率的にお湯を作るとともに太陽光発電電力の自家消費割合を高める、などの効果を検証しようとするのである。



IV 今後の展開

住宅のエネルギー消費の様態は極めて多様である。図6に熱需要と電力需要の関係を示したが、熱電比（熱需要／電力需要）にも、需要量そのものにも極めて大きな住戸差がある。これらの全てに適するシステムが存在するはずはなく、需要の特性に応じて適したシステムは異なる。また、需要そのものも居住者の住まい方によって大きく変動する。これらの特性を考慮して、最適なシステム構成を明らかにしていく必要がある。

また、住宅にとどまらず、建築や都市レベルへの対象の拡大も不可欠である。建築は、用途によってさらに需要の状況は多様である。都市については、街区・地域レベルでの面的なシステム構築が当面の対象と考えられるが、集合することによる負荷の平準化が期待され、これはコージェネシステム等の導入を容易にする要素として歓迎される。

一方で、蓄電技術に関しては、実用化・商品化に向けてサイズ（性能）と価格の飛躍的な改善が必要である。作成したプロトタイプにおけるキャパシタバンクは約1.5m立方の大きさがあり、中型の冷蔵庫4個分に相当する。平成18年度に導入した次世代キャパシタでは、約50%の性能向上が達成されており、さらに3～5年程度で1/5程度にサイズとコストを圧縮することが可能と予測されているが、市場化のためにはこの水準が最低限必要と考えられる。また、有効な市場と要求性能を明確にし、それに向けた開発も必要である。

キャパシタ蓄電装置が有効な市場として、離島や僻地などの自立型システムが有効な地域、災害時の自立性が求められる場合、インフラの整備が遅れている開発途上国などが想定される。

また、太陽光・風力・燃料電池等の新エネルギーの有効活用のためにも不可欠な技術であり、市場の大幅な拡大が期待される。

- 凡例
- △：需要サイト
  - ：FCサイト
  - ：K1～K6は参考値（日本建築学会実態調査による推定値：1～6は世帯人数を示す）
- [実測結果の世帯人数]
- ：2人世帯
  - ：3人世帯
  - ：4人世帯
  - ：5人世帯
  - ：6人世帯

図6 測定住戸における熱需要と電力需要の関係<sup>2)</sup>

熱電比（熱需要／電力需要）は住戸によって大きく異なる

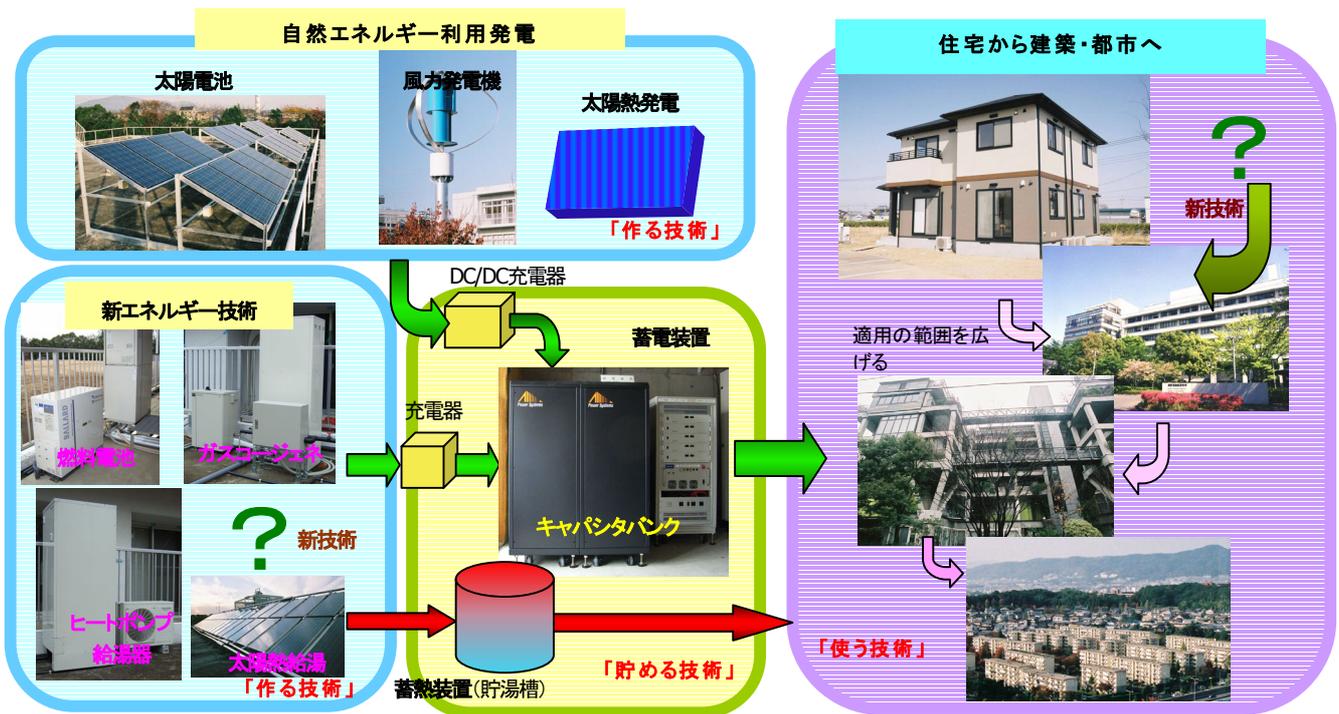


図7 蓄電装置を組み込んだエネルギーシステム開発のイメージ

## V 地球温暖化防止への取り組み

### 1) 温暖化防止に必要なこと

民生用のエネルギー消費が増加の一途をたどり（図8参照）、京都議定書の目標の達成に向けて極めて厳しい状況に至っている。残念ながらまだそのような緊迫感がないのが実状であるが、1990年以降10%以上増加した二酸化炭素排出量を1990年ベースに戻す（図9参照）ことは容易ではない。このままではほとんど不可能ではないかと危惧される。

その対策の手順の第一歩は、どこにエネルギーを使っているかを知ることである。これすらあまり明確でないのが実状であろう。これを明らかにし、消費の多い分野への対策を集中的に行うのが効果的である。

幸い、住宅については日本建築学会等で詳細なエネルギー消費の調査と分析が行われ、実態が明らかになってきた。非住宅については、ようやく調査等の作業が緒に付いたところである。

これらの結果や一般的な資料より、多くのエネルギーを消費するのは、住宅では給湯と暖房、オフィスでは空調と照明である。もちろん、住宅では地域差が大きいし、非住宅でも用途による違いは明らかである。

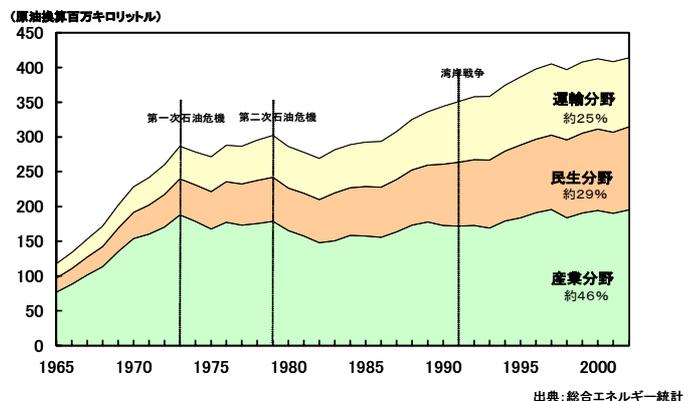


図8 分野別エネルギー消費の変化

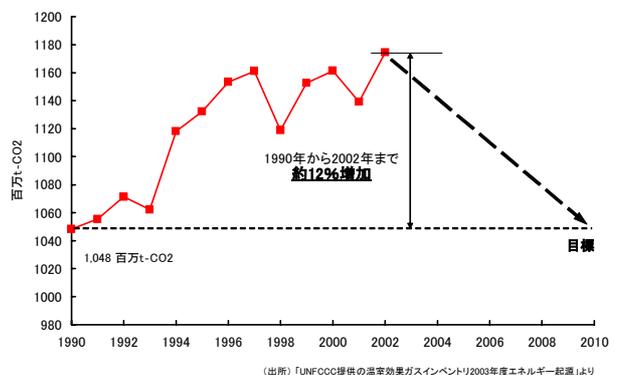


図9 民生部門における二酸化炭素排出量の推移

## 2) 住宅・建築・都市分野における取り組みのあり方

多く使うところを減らすのは自明であるが、なかでも住宅では給湯用、一般建築では空調と照明を減らすのが効果的である。

ここで、最も効果があるのはエネルギー消費を「減らす」のではなく「なくす」こと、エネルギーを使わないことである。車に乗らない、暖房をしない、などなど。これも当たり前のことではあるが、現実には容易ではない。図10は、暖房しないことを宣言したことが記事になった例である。記事になるほどにニュースバリューがあるというわけであるが、さて、同じような状況にある他の省庁ではどうなのであろうか？あるいは、一般のオフィスビルでも事情は似通っていると思われるが、止めたという声は聞かない。

暖房や冷房でも、車でも、性能を上げて効率を良くすることは必要ではあるが、たとえば、車の燃料消費が1/2になっても2倍乗れば元の木阿弥である。ことほどさように、性能向上に加えて、あるいはそれ以上に使わない工夫が必要であり、そのようにし向ける仕組みが不可欠である。図11、12は筆者の行動とその根拠となった資料である。断熱や気密が効果を発揮するのは、暖冷房効率が上がること以上に暖冷房が必要な期間や時間の短縮効果の方が大きいのである。これに似た工夫の余地はまだまだありそうだが、どうだろう。

また、無駄をなくすことも重要である。最近の浴槽はいつでも快適に使えるように自動的に調節されている。が、その快適な状態は、浴槽を断熱するのではなく大量のエネルギー消費によって維持されているのである。これはなくせる無駄の一例に過ぎない。

伝統建築に見られる技術の活用も、使わないことや無駄をなくすことに通じるであろう。

さらに、ハードだけでは限界があることから、ソフト面での対策、使い方や暮らし方にも注目したい。

## 3) 地球温暖化防止は可能か

エネルギーの流れは、ごくおおざっぱに言って、生成、貯蔵、消費の3つの領域で捉えることができる。住宅・建築・都市分野は、もっぱら消費サイドであるが、これら3領域での総合的な対策が必要である。そして、そこで必要なことは何か？

各分野での小さな技術の積み重ねが重要なことは言うまでもない。自立循環型住宅の目指すところはまさにこの点にあり、その積み重ねが50%削減という大きな力になることを示している。しかし、これだけで地球温暖化防止は可能であろうか？

### 環境省「暖房やめます」

この冬、温暖化対策で  
環境省は27日、今冬、東京・霞が関の同省庁舎の暖房を原則停止すると発表した。地球温暖化対策の一環で、計4トンの二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出量の削減につながることを試算している。昨冬も2月下旬から約1カ月間、暖房を止めたが、人の体温やオフィス機器の放熱によって平均室温が24度ほどに保てたうえ、二十数トンのCO<sub>2</sub>削減効果があったため、期間を拡大する。例外として、休日明けの朝と、室温が17度未満のときは暖房をつける。

図10 新聞記事になった「暖房やめます」宣言



図11 サステナブルな乗り物の典型

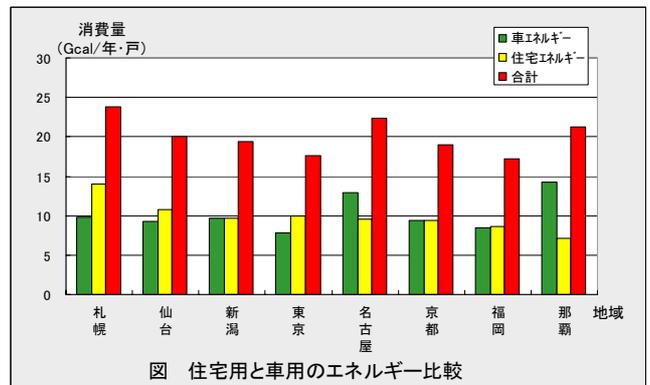


図12 車は家一軒分のエネルギーを使っている

## VI おわりに

地球温暖化防止に向けて残された時間はわずかである。しかし、わが国ではその緊迫感に乏しい。各分野で、長期的ビジョンに則った、真摯な対応が求められている。

### 参考文献

- 1) 平成15年度「住宅内のエネルギー消費に関する全国的な調査」報告書、(社)日本建築学会、平成16年3月
- 2) 「住宅用燃料電池の実用化に関する総合研究」報告書、(財)建築環境・省エネルギー機構、平成18年3月

