

## 省エネルギー消費生活

—住宅へのコージェネレーション・システムの導入—

Energy-Saving Lifestyle

—Installation of the Co-generation to a Residence—

光 武 幸  
山 本 純

### 要 旨

エネルギー資源や地球温暖化防止の問題を考える時に、生活上必要とされるエネルギー消費を如何に減少させるかという視点を無視するわけにはいかない。本稿は、暖房用エネルギー消費の多い北海道において、集合住宅にコージェネレーション・システム（熱電併給）を導入したことによる家庭での電気・暖房・給湯などのエネルギー消費の変化に対して住民はどのように評価し、またシステムが生活にもたらした効用、住民の温暖化防止意識などの変化について、アンケート調査に基づいて検討した。その結果、コージェネレーション・システムは消費生活上、エネルギー消費支出の削減に有効に働き、また生活に快適性をもたらすなどの効用があることが示された。

### 目 次

はじめに —今、熱い環境問題とは—

第1節 消費生活におけるエネルギー消費と環境問題

1. 消費生活上のエネルギー消費
2. 二酸化炭素の排出と消費生活との関係

第2節 省エネルギー生活とコージェネレーション・システム

1. コージェネレーション・システムの特性
  - (1) コージェネレーション・システムの省エネルギー性
  - (2) 地球温暖化防止に寄与する天然ガスコージェネレーション・システム
2. コージェネレーション・システムの利用実態
  - (1) 民生部門における導入状況
  - (2) 家庭部門における導入状況
3. 住民が評価するコージェネレーション・システム
  - (1) コージェネレーション・システム設置の集合住宅（分譲マンション）
  - (2) 集合住宅居住者のコージェネレーション・システムについての意識調査

結び

はじめに —今、熱い環境問題とは—

企業の生産活動に伴って発生した大規模な公害が影を潜めても、人間の営みが続く限り様々な形で環境に負荷を与え環境問題が発生している。21世紀に入って10年を経ようとする今、20世紀を凌駕した大量生産・大量消費・大量廃棄型社会のつけが、深刻な地球環境問題を引き起している。より豊かで便利な暮らしを求めるライフスタイルが、世界的にエネルギー需要を増加せしめ、また、先進諸国といわれる高度に発達した経済システムを持つ国々は、膨大なエネルギー消費なくしては国の発展はあり得ない。今や世界経済を語る時に、将来の牽引力とも目される中国やインドにおいて、エネルギー消費は急激な増加を示し、また開発途上国の経済成長のために、エネルギー消費の増加は避けられない。

このような中で、限りあるエネルギー資源を如何に効率よく利用し、そしてエネルギー消費によって引き起こされる環境問題、特に地球温暖化を如何に抑制していくのか、これらの問題を解決することは、今や世界全体の課題である。

エネルギー利用は極めて政治的、経済的側面を有する複雑な問題でもあり、したがって地球温暖化の

問題の解決にあたっても政治的・経済的側面、そして科学的知見の検討なくしては難しい点がある。しかし、ここではあくまでも化石燃料が実際に利用され、そしてその燃焼に基づいて発生した CO<sub>2</sub> などの温室効果ガスが地球温暖化<sup>1)</sup>に大いに関係している環境問題と捉えて本稿を構成する。

この二酸化炭素などの温室効果ガスの発生は人間の活動（経済活動や国民生活など）が大いに関係している。生活を営む上にエネルギーの利用は欠かせない。そのエネルギー利用が CO<sub>2</sub> などを排出し地球温暖化にかかわっている以上、大量エネルギー消費型の社会から資源節約型、環境共生型社会へ転換することが迫られている。現在の環境問題は、その解決策に生活者がどのように関わればよいのか、環境に配慮した生活を営もうとする人々の意識なくして解決することのできない極めて身近な問題である。最近の身近なかかわり方の例として「クールビズ」があげられる。ネクタイをしない、上着も着ないで、建物の冷房の温度を上げて涼しく働ける夏の軽装のことである。クールビズの地球温暖化防止への貢献度は、ビルの設定温度を平均 26 度から 28 度に上げることで、二酸化炭素の排出量を 160 万トンから 180 万トン削減でき、京都議定書目標達成においてオフィスに期待される二酸化炭素削減量の 5～9% に該当する<sup>2)</sup>。背広を着ない、ネクタイを締めない働き方が、地球温暖化防止に貢献できるのである。生活者がエネルギー問題を自分のこととして捉え、省エネルギーを心がけた生活スタイルに切り替えていくことが、地球温暖化防止へのスタートである。

そこで本稿では、「住宅・建築分野の環境対策のあり方に関する建議」<sup>3)</sup>（1998 年）において「住宅・建築物の使用段階でのエネルギー消費量は増加しており、特に家庭部門のエネルギー消費増加が著しい」ため、「消費者においても、取得・居住・使用の段階において対策に取組むことが必要である」という考えに鑑み、冬季の暖房利用で他府県よりも多くの家庭用エネルギーを消費している北海道の住生活におけるエネルギー消費に視点を定めて以下の点から検討を行う。熱電併給設備でエネルギー節約型といわれるコージェネレーション・システムを取上げ、①住宅に導入されたこのシステムに対して、住民はエネルギーの有効利用設備としての評価をなしているのか、また②この設備が生活にもたらしたものは何か、住民の意識の中から探り出し、さらに③このシステムの利用によって、住民の環境への配慮意識が醸成されているのか、について検討する。

## 第 1 節 消費生活におけるエネルギー消費と環境問題

### 1. 消費生活上のエネルギー消費

エネルギー消費を消費生活の上から考えることは、生活上必要とされるエネルギーを如何に効率よく利用し、そして生活する事によって生じる環境への負荷をいかに少なくするのか、という視点から考えることでもある。

我が国における消費生活上のエネルギー消費の推移<sup>4)</sup>は、統計的には最終エネルギー消費のうちの家庭部門と旅客部門のエネルギー消費から、ある程度推測することが可能である。1990 年以降の家庭部門におけるエネルギー消費の推移をみると、1990 年以降現在まで、対前年度マイナスの年は存在したが、基本的には増加傾向で推移してきた。1999 年度は 1990 年度比で 20% の増加であり、2005 年度は 31.6% 増の 55,771 (10<sup>10</sup> kcal) に達した。旅客部門においては家庭部門よりもより顕著に増加傾向で推移し、1997 年度において、すでに 1990 年度比で約 30% 増の 57,480 (10<sup>10</sup> kcal)、2005 年度は 33% 増の 58,971 (10<sup>10</sup> kcal) である。2006 年度は対前年度多少の減少がみられるが、それでも其々 53,581, 57,857 (10<sup>10</sup> kcal) という大量の消費である。

快適な生活を志向すれば冷暖房器具を家庭に設置し、温水洗浄便座を利用し、利便性を求めている食器洗浄乾燥機や衣類乾燥機を設置し、自動車で近くのスーパーへというのが、わが国の今の消費生活である。そして鉄道輸送よりもより多くのエネルギーを消費する航空機を多くの人が利用するようになり、また生活の高度化は、旅行などのサービス財をより多く購入する生活スタイルへと変化させた。これらすべてがエネルギーの消費なくして実現されえない。それを証明するかのように、家計支出に占めるエネルギーへの消費支出は、1979 年の第 2 次オイルショック以降現在まで、ほぼ一貫して増加傾向を示してきた。2004 年度は 1990 年度比で 1% 増である<sup>5)</sup>。一見するとそれほど伸び率とは思われないが、例えば、可処分所得 450 万円の家庭では、年間 45,000 円もエネルギー消費にかかる支出が増えたことになる。

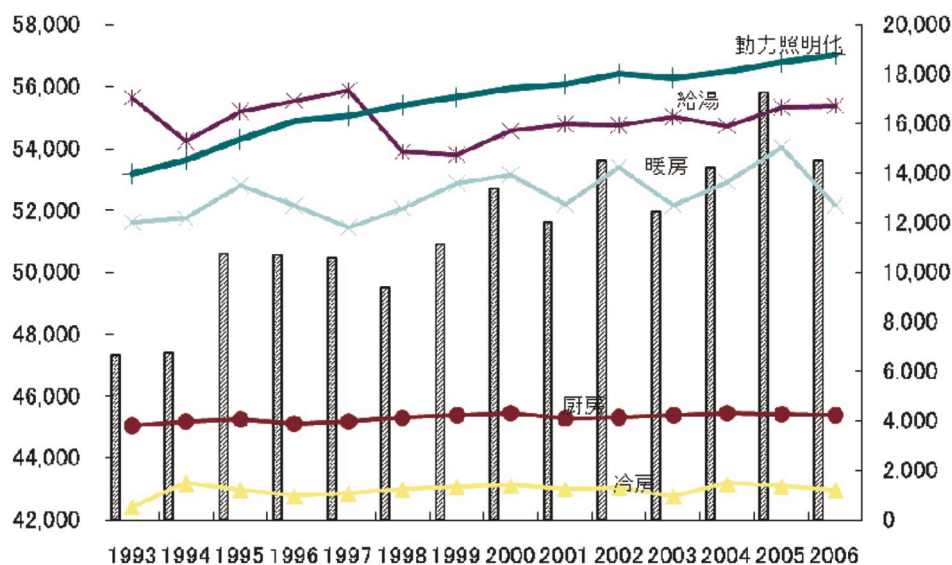
また、日米英独 4 カ国の一人当たり及び世帯当たりの家庭用エネルギー消費の推移<sup>6)</sup>をみると、日本と米英独との顕著な違いは、30 年以上に渡って、我が国の家庭のエネルギー消費は、ずっと増加基調を維持していることである。確かに、日本の家庭は、

アメリカ、イギリス、ドイツに比較してエネルギーの消費量は少ない。この消費量の少なさは、暖房用に使われるエネルギー消費量の差が大きくかわっており、北海道を除くと暖房用エネルギーの利用が少ないわが国は、英独の 1/3 程度に収まっている。しかし、世帯の構成員が減少しているにもかかわらず、世帯当たりのエネルギー消費量は、米英独とは明らかに異なる推移を示し、増加し続けていることである。確かに、世帯を構成する人数が少なくなっても世帯数が増えれば生活上のエネルギー消費が増えることは、暖房や冷房の使われ方や家庭内の家電製品からも容易に想像されることである。米英独の家庭用エネルギー消費が減少ないし横ばい傾向にあることから考えると、世帯数が増えるとエネルギー消費がある程度増えるのは止むを得ないにしても、消費量を抑える努力、つまりエネルギーの利用方法の工夫が、わが国においては足りなかったとも言えるのではないだろうか。そのことが米英独とは異なり、右肩上がりの状況を生み出してきたという見方もできよう。

そこで具体的に、1993 年以降の家庭部門における用途別エネルギー消費の推移<sup>7)</sup>を見ることにする(図表 1-1)。家庭用エネルギー消費は、暖房用、給湯用、冷房用、厨房用、動力・照明他(家電機器の使用など)の 5 用途に分類され、2005、2006 年度の消費量総計は 1993 年度比でそれぞれ 17.8%、13.3%増で 55,771、53,581 (10<sup>10</sup> kcal) である。動力・照明他分野における消費エネルギーは、ほぼ一貫して増加傾向を示し、一方で、厨房用は横ばいないし減少傾向を示した。家電製品の普及、大型化そ

して豊かなライフスタイルを実現すべく様々な電化製品が家庭内に入ってきたことが、動力・照明他用エネルギー需要を増加せしめ、また、蛇口を捻れば直ぐお湯が出てくる生活スタイルがエネルギー消費の増加をもたらしている。一方で厨房用のエネルギー消費の増加がほとんど見られないのは、外食や中食増加の影響があるのかもしれない。また、暖房や冷房に消費されるエネルギーは、言うまでもなくその年の天候に左右され、暖冬や冷夏の年には、エネルギー消費量が減少するという気候との関係が、グラフに示されている。因みに、2006 年度における 5 分類の構成比は、動力・照明他 35.1%、給湯 31.2%、暖房 23.7%、厨房 7.9%、冷房 2.2%である。

家庭でのエネルギー消費を抑制するには、省エネ型の機器を選択・購入すると同時に、生活者自身の意識改革が求められる。家庭で消費される電気エネルギーの約 65%がエアコン、冷蔵庫、照明器具、テレビに使われ、また、家庭の全消費電力量の 9.7%が待機時消費電力量である<sup>8)</sup>。待機時消費電力とは家電製品を利用していないのに、コンセントにつないでおくだけで電力を消費することであり、1 世帯平均で年間 437 kWh、電気料金で約 1 万円になるという。ビデオデッキ、ガス給湯器、オーディオコンポで待機消費電力量の 40%を占める<sup>9)</sup>。使わない家電製品のプラグをこまめに抜くという最も簡単なことをする意識を持つこと、そして待機時消費電力をチェックして商品を購入する心構えを持つことが消費生活におけるエネルギーを見つめる第 1 歩である。



図表 1-1 家庭部門用途別エネルギー消費量 (単位 10<sup>10</sup> kcal)

出所:「エネルギー・経済統計要覧'08」から作成

## 2. 二酸化炭素排出と消費生活との関係

地球温暖化の原因物質<sup>10)</sup>のひとつである炭酸ガスの排出をわが国のエネルギー起源の二酸化炭素の排出量(炭素換算, 化石燃料+電力按分分)<sup>11)</sup>の推移でみることにする。1980年代, 90年代ともに増加し続け, 1990年度2億7千万 ton-C, 1999年度に3億 ton-Cを突破し, 2000年度は3億5百万 ton-Cに達した。翌年は一転2.1%減となったが, 2002年度以降, 再び増加傾向を示し, 2005年度3億1,650万 ton-C, 2006年度は再び減少に転じ3億800万 ton-Cであった。これは1990年度に比較して14%増であり, 京都議定書が定める温室効果ガス削減どころか増加である。

そこで, 2006年度における二酸化炭素排出量の部門別内訳(化石燃料+電力按分分)<sup>11)</sup>を示す。産業部門(製造業, 農林・水産・鉱業)が最も多く全体の44.6%を占め, 次いで民生部門32.6%, 運輸部門の22.8%である。民生部門の構成要素である家庭部門は16.7%, 業務部門は15.9%, 運輸部門の構成要素である旅客部門は14.7%である。伸び率は産業部門において減少傾向がみられる。不況の影響がある一方で, 産業構造の高度化やエネルギーの利用効率を高めるなどの努力によるものである。一方, 業務部門, 家庭部門, 旅客部門における二酸化炭素の排出量の増加は大きく, 2006年度は1990年度に比較して, 業務部門では34.8%, 家庭部門29.4%, 運輸部門20.3%の増加であった。オフィスビルや商業施設等の床面積の増大や, 次から次と市場投入される新型家電製品の使用の増加, 自家用車の保有台数の増加等, 工作上, 生活上の利便性・快適性を求めた結果である。

家庭部門からのCO<sub>2</sub>の排出が年々増加傾向を示し, 基準年比つまり1990年度比29.4%増となり, 京都議定書の削減目標から大きく外れている。このような現象について以下の二つの研究報告を参考にしたい。

大藪ら<sup>12)</sup>は1980年から20年間のライフスタイルの変化を家計消費支出の変化と家庭から排出される炭酸ガスとの関係で検討した。それによると, 家計支出はバブル崩壊の影響もあり, 20年間で6%増にすぎなかったが, 炭酸ガスの排出量はバブル崩壊後でも増加し続け, 家計支出増の4倍の24%の増加をみた。その原因は, 交通・通信による排出量が20年間で1.6倍, 光熱・水道による排出量は1.4倍, しかも光熱・水道からの排出量の絶対値はそもそも大きいので, 家計消費に伴う炭酸ガス排出量の増加

に, この費目が大きく影響を与えていると指摘する。さらに電気エネルギーを利用した生活に利便性をもたらす商品の数々, 自動車に依存するライフスタイルが広い年齢層に拡大したことが炭酸ガス排出の増加要因とした。

中村ら<sup>13)</sup>の研究では, 年間世帯あたりの二酸化炭素発生量を, 単身世帯では1,630 kg-C, 2人以上の世帯では3,250 kg-Cと推計した。発生量の多い品目は電気, 食料, ガソリン, 灯油, 教養娯楽, 都市ガスであり, これらの項目だけで家庭から発生する二酸化炭素の64%~68%を占める。また, 家庭(除く単身世帯)での直接的なエネルギー消費である電気, 灯油, 都市ガス, LPGからの発生量は, 全体の34%を占め, ガソリン利用に基づくものは10%であるという。

このような研究報告から示唆されることは, 快適なライフスタイルを志向することが電気エネルギーや熱エネルギーの消費増につながり, 地球温暖化の原因物質である二酸化炭素を排出する要因となっていることである。

一方, 環境省の推計から1世帯あたり, 1人当たりのCO<sub>2</sub>排出量の推移をみると, 1世帯当たりのCO<sub>2</sub>排出量はむしろ減少傾向にある。1990年度は1世帯あたりのCO<sub>2</sub>排出量は25.47 ton-CO<sub>2</sub>であったが, 2002年度では24.14 ton-CO<sub>2</sub>である。にもかかわらず家庭部門では全体として増加傾向を示したことは, 世帯数の増加と1人当たりのCO<sub>2</sub>排出量が増加したことによる。1990年度では1人あたり年間のCO<sub>2</sub>排出量は9.08 ton-CO<sub>2</sub>であったが, 2002年度では9.79 ton-CO<sub>2</sub>にまで増加している。世帯構成員数が少なくなると, 世帯あたりのエネルギー需要は少なくなるであろう。したがって, CO<sub>2</sub>排出についても減少が認められる。しかし, 世帯数が増えれば, 世帯構成員の減少がもたらすエネルギー需要の減少量以上にエネルギー需要が増えるものと思われる。それは3人世帯から2人世帯と単身世帯に分化した場合, 1世帯に必要なエネルギーが新たに加わるからである。世帯数の増加がエネルギー需要を押し上げ, その結果, 1人あたりのCO<sub>2</sub>排出量の増加を招いていると思われる。世帯数の増加がもたらすエネルギー消費の増加を抑制するためには, 1世帯当たりのエネルギー消費量を抑制することが必要である。世帯構成員の減少分だけが反映される世帯当たりのエネルギー消費の減少だけではなく, 世帯で消費されるエネルギー消費を見直さなければ, 家庭におけるエネルギー消費量は減少しない。消費されるエネルギーの量が減少して, 排出されるCO<sub>2</sub>

の量も削減される。最近では自治体が環境家計簿<sup>14)</sup>においてCO<sub>2</sub>排出量の計算式も掲載するなど、家庭部門におけるエネルギー利用、CO<sub>2</sub>排出抑制の取り組みが積極的に行われている。

2005年2月16日に京都議定書が発効し、わが国は2012年までに温室効果ガスを6%削減しなければならない。しかし、現実には削減どころか増加である。そのような中で2005年4月に閣議決定された京都議定書目標達成計画では「環境負荷の少ない健全な経済の発展や質の高い国民生活の実現を図りながら温室効果ガスの排出を(6%)削減すべく、省エネ機器の開発・普及、エネルギー利用効率の改善、技術開発の一層の加速化、環境意識の向上に加え、広範な社会経済システムの転換を伴う地球温暖化対策を大胆に実行する」<sup>15)</sup>と述べられている。そしてこれを実行するのは、わが国を構成するすべての主体であり、行政だけでも企業だけでもなく、国民一人ひとりが温室効果ガス削減に努力し、各主体が連携を強めていくことだという。私たちが効率的なエネルギー利用・省エネルギー消費生活を考えることが温室効果ガス削減に貢献することに繋がる。

そこで、世帯で消費されるエネルギー消費量を減少させる一つの手段として、熱電併給設備であるコージェネレーション・システムを取り上げ、このシステムの特徴、システムを導入した住宅に居住する住民のシステムに対する評価等について以下検討する。

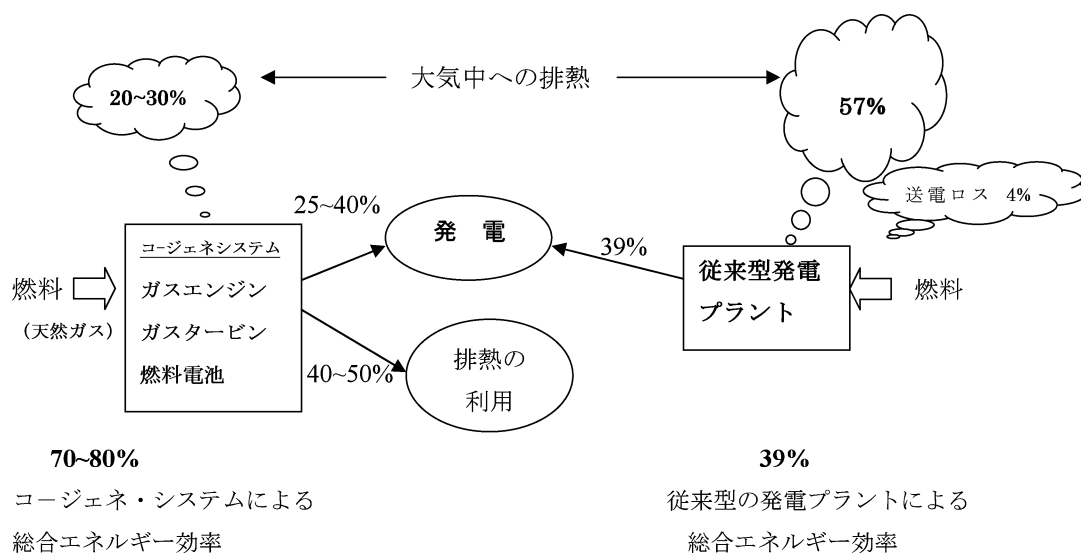
## 第2節 省エネルギー生活とコージェネレーション・システム

### 1. コージェネレーション・システムの特性

#### (1) コージェネレーション・システムの省エネルギー性

コージェネレーション・システムはひとつのエネルギーから複数のエネルギー（例えば電気と熱）を取り出すシステムであり、ガスエンジン方式、ガスタービン方式、そして電気化学的に発電する燃料電池のタイプがある<sup>16)</sup>。このシステムは、単一、あるいは複数の装置から成り立ち、たとえば都市ガス等の燃料を燃焼して1,500℃以上の高温エネルギーを発生させて発電機を回して電気エネルギーをつくり、同時にこの時発生した排熱を回収して冷暖房や給湯に利用するシステムである。したがって、エネルギー効率を高める省エネルギー性の高いシステムである。図表2-1に従来型の発電システムとコージェネレーション・システムによるエネルギー利用の概念図を示す。

コージェネレーション・システムの燃料効率をみると、投入された燃料の25%から40%が発電に転換される。伝統的発電プラントでは、投入された燃料の約60%が排熱となって大気中に排出されたのに対し、コージェネレーション・システムでは排熱利用率が40~50%であるため、大気中に排出される排熱は20%~30%に抑えられる。したがって、総合エネルギー効率で2倍、大気中に排出される排熱は1/2~1/3と大幅に減少する。また、コージェネレー



図表2-1 コージェネレーション・システムと従来型発電プラントとのエネルギー効率比較

資料：The Japan Gas Association “Gas Facts in Japan 2002” から作成

ション・システムは電気や熱エネルギーを必要とする場所において発電等を行うオンサイトシステムであり、3～4％程度とみなされている送電ロスも発生しないという特徴も有する。コージェネレーション・システムを利用した場合と、商用電力とボイラーを使う従来型のシステムとでは、エネルギー使用量を約25％削減できるという報告もある<sup>17)</sup>。このように、コージェネレーション・システムは、エネルギーの利用効率を高め、省エネルギーに寄与するシステムである。

## (2) 地球温暖化防止に寄与する天然ガスコージェネレーション・システム

燃料電池タイプのコージェネレーション・システムでは、化石燃料以外にバイオガスなども利用されるが、ガスエンジン、ガスタービン型では化石燃料が利用される。そのうちでも天然ガスを利用するメリットは、温室効果ガスとして最も影響力の高いCO<sub>2</sub>を削減できる点にある。CO<sub>2</sub>の排出は天然ガス燃焼の場合、石油燃焼の7割程度に抑えられ<sup>18)</sup>、民生用に利用されているガスエンジン、ガスタービンタイプのコージェネレーション・システムは、その8割～9割が天然ガスの利用である<sup>19)</sup>。

そこで、天然ガスコージェネレーション・システムでつくられる電気エネルギーと熱エネルギーの同じ量を、従来型システムを用いて、つまり商用電力と都市ガスボイラーを使ってつくりだす場合に、両者で排出されるCO<sub>2</sub>の量を比較した例を示す(図表2-2)。天然ガス0.29 m<sup>3</sup>をコージェネレーション・システムで燃焼させて電力1 kWh、熱エネルギー1.4 Mcalを作り出す(発電効率30%、排熱回収率50%)ときに発生するCO<sub>2</sub>の量は、炭素換算で185 gと計算される。一方、従来型システムを用いると、発電効率38%として石炭・石油・LNGを火力発電所

で燃焼させると、発生するCO<sub>2</sub>の量は炭素換算で175 g、また天然ガス0.16 gを熱効率90%としてガスボイラーで燃焼して同じ量の熱エネルギーを作り出すと、発生するCO<sub>2</sub>の量は炭素換算で103 g、合計278 gが排出される。したがって発生するCO<sub>2</sub>の量は、コージェネレーション・システムでは従来型プラントよりも33.5%削減できる。

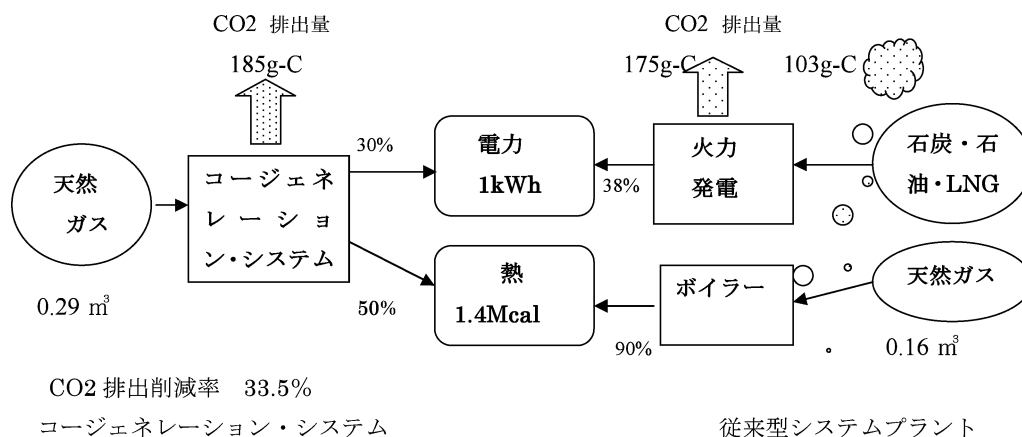
以上みてきたように、コージェネレーション・システムは、エネルギー効率の点においても、またCO<sub>2</sub>排出削減の点でも優れたシステムであると言える。

## 2. コージェネレーション・システムの利用実態

### (1) 民生部門における導入状況

天然ガスコージェネレーション・システムの利用は1981年、128 kWのガスエンジンが国立競技場に設置されたことにはじまる。その後、徐々に産業部門を中心に導入が進められてきたが、この2、3年急激に増加傾向が認められる。1998年度に1,000件を突破し、それから5年後の2003年度に5,000件を超え、翌年度は対前年度2.38倍の13,783件、さらに2005年度は25,698件と急激な増加を示している。それとともに発電量も増え、2005年度は2000年度の倍以上の359.3万kWである<sup>20)</sup>。この量は電気事業者の発電容量の数%にまだすぎないが、導入は確実に進んできているといえる。

コージェネレーションがどのような分野で導入され、稼働されているのかを見ると、7割以上が民生部門(業務部門と家庭部門から構成される)であり、産業部門は3割弱である。しかし、産業部門におけるコージェネレーション・システムは大規模であり、そのためこのシステムによる発電量の約8割を産業部門が占める。不況に基づく産業活動の停滞により



図表2-2 コージェネレーション・システムと従来型システムプラントによるCO<sub>2</sub>排出量比較  
天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル 2002 から引用

産業部門における導入は減少し、代わって1996年以降は特に民生部門での導入が多く、毎年導入されるコージェネレーションの8割以上が民生部門である。民生部門での導入が進んできている背景には、小型ガスエンジンやマイクロガスタービンなどの小型コージェネレーション・システムの開発が大きく寄与し、しかも熱需要の多い業務部門の要請にコージェネレーション・システムが適しているからに他ならない。病院やスーパー、ホテル、複合娯楽施設などの業務部門においてコージェネレーション・システムを導入するところが増えているのは、まさにこの優れた点による。札幌市を例にとると、札幌市立病院、JRタワー、ホテルシェラトン新札幌、観光施設としても知られているサッポロファクトリーなどがあげられる。

## (2) 家庭部門における導入状況

家庭部門へのコージェネレーション・システムの導入は2000年に入ってから本格的に始まった。集合住宅への導入は、2001年札幌市のマンションに取り入れられ、2003年には大阪ガスが一戸建て住宅を対象にエコウィル(ECOWILL)を市場投入した。天然ガスを燃料とした1kwの小型ガスエンジンを家庭に設置して発電し、このとき発生する熱を給湯や暖房、浴室暖房乾燥機に利用するものである。従来型システムである電力を買い、ガスで給湯・暖房する場合に比較して、このシステムでは燃料消費量を20%、炭酸ガスの発生量を30%削減でき、排熱回収率は65%になる。総合エネルギー効率は85%であり、従来型システムの約3倍の効率性を有し、経済性にも優れた年間数万円の削減になるという<sup>21)</sup>。エコウィルはこの年、目標売上台数(2,000台)を超える3,181台の販売実績をあげ、2007年度までの累積販売台数は45,722台<sup>22)</sup>にのぼる。エコウィルは大阪ガスだけではなく、北ガス、東邦ガス、西部ガス、そして2006年からは東京ガスも参画しての販売である。さらに、東京ガスは家庭用燃料電池コージェネレーション・システム「ライフエル」を世界に先駆けて市場投入するなど、家庭用コージェネレーション・システムの販売・導入が活発化してきている。

一方、集合住宅においては2001年6月に札幌市においてコージェネレーション・システムの導入が図られた。北海道は冬季には雪が降り、暖房施設は欠かせない。北海道における家庭部門でのエネルギー消費は、他府県に比較し極めて多く、約7割が暖房に利用される。他府県が28%~29%程度であるのと比較し、際立った違いをみせている。排熱を冬の暖

房に利用することのできるコージェネレーション・システムは、省エネルギー生活の点から言っても北海道の家庭にとっては有用なものとの認識のもとで取り組まれたものである。世帯において省エネルギーを達成し、地球温暖化防止に寄与するエネルギーの使い方のひとつの方策としてコージェネレーション・システムの家庭への導入が始まっているのである。

## 3. 住民が評価するコージェネレーション・システム

コージェネレーション・システムを設置する集合住宅に居住する人たちは、快適なライフスタイルを維持しながら、しかも省エネルギーを達成し、エネルギー利用コストも低下させるものとコージェネレーション・システムを評価するのだろうか、札幌の集合住宅を例にみることにする。

### (1) コージェネレーション・システム設置の集合住宅(分譲マンション)

#### (1-1) 集合住宅の建物概要

一般住宅としてコージェネレーション・システムを有する集合住宅(分譲マンション)は、2001年6月、札幌市白石区に建設された。翌年(2002年9月)、その近くにさらに一棟が完成し、これら2棟が札幌における天然ガスコージェネレーション設備を有する集合住宅である。また、2003年には石油コージェネレーション・システムを設置した小規模集合住宅も札幌市に建設された。

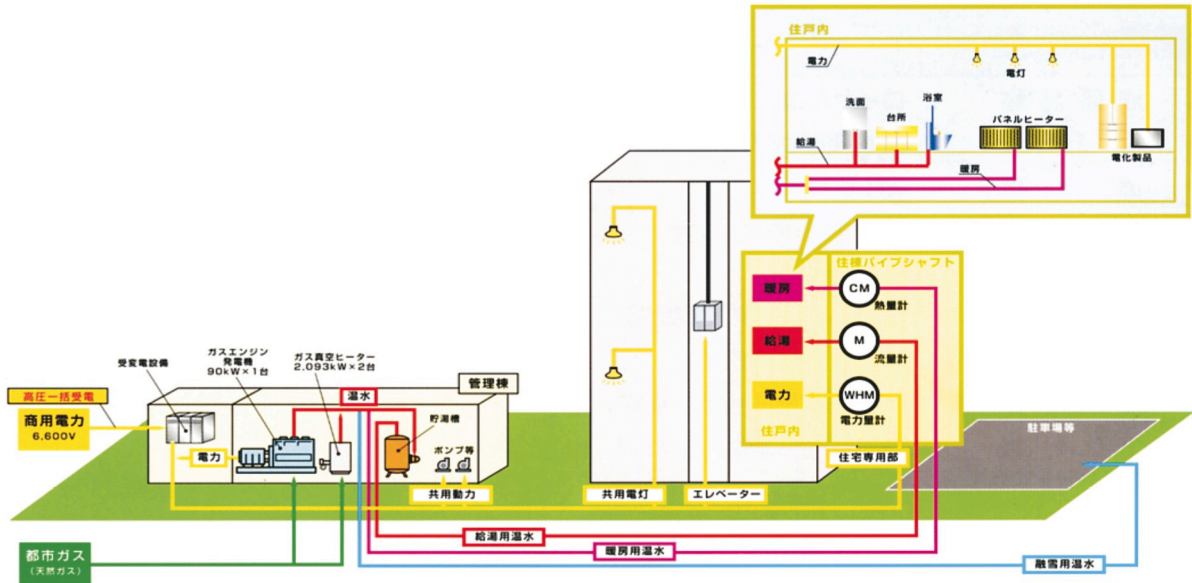
調査の対象となった建物は、上記の二つの集合住宅であり、地下1階、地上15階建て、総戸数223戸と同様に123戸の集合住宅であり店舗などは入っていない。地下鉄駅から歩いて数分という好立地条件にある。敷地内は住宅棟と管理棟および駐車場から構成される。

#### (1-2) 天然ガスコージェネレーション・システムの概要<sup>23)</sup>

2ヵ所の集合住宅のコージェネレーション・システムに大きな差異はないので、2001年に建てられた集合住宅を例に、コージェネレーション・システムの概要を述べる。住宅棟と約10m離れて建つ管理棟には、90kwのガスエンジン発電機1台とガス真空ヒーター(給湯・暖房用 2,093kw)2台、および電力会社から買電のための受変電設備(6,600V→210V)が設置され、図表2-3に示されるようなシステムで、家庭で必要とされるエネルギーを供給する仕組みである。

コージェネレーション・システムの稼動には、平





図表 2-3 コージェネレーション・システムの概念図 (イメージ図)

出所：北ガスパンフレットより

日モードと休日モードが設定され、平日の昼間はガスエンジンによる発電を優先し、夜は低額な夜間料金を利用して、電力会社からの商用電力を優先して利用する。一方休日は、終日受電優先運転を行なう。平日・休日モードの切替は、年間プログラムタイマーにより、自動的に行なわれる。熱供給システムは給湯系2管、暖房系2管の4管方式を採用している。冬期における駐車場の融雪にも温水が利用される。北海道という地域ゆえ、排熱の冷房利用はない。

集合住宅に設置されているコージェネレーション・システムの特長値をみると、排熱回収量は年間2,796 GJ(ギガジュール)、排熱利用率96.5%、総合エネルギー効率73.1%と、高い省エネ効果を示す。この集合住宅においては、年間電力負荷の約30%をコージェネレーション・システムにより発電し、年間熱負荷の約17%を排熱回収によって賄う。つまりコージェネレーション・システムへの依存率は電気で30%、給湯+暖房が必要とされる熱エネルギーの17%である。熱エネルギーの利用が多いため、排熱利用率が高くても、必要熱エネルギーの2割程度しか充足しえず、残りは商用電力の買電によって賄っている。

## (2) 集合住宅居住者のコージェネレーション・システムについての意識調査

### (2-1) 調査の目的

日本において数少ないコージェネレーション・システム設置の集合住宅に住む人達は、このシステムをどのように評価し、そしてこのような住宅に住んだことによって生活上の意識変化（省エネや環境へ

の配慮など）はもたらされたのだろうか。その検討を通して省エネルギー設備設置の消費生活上における有用性について考える。

### (2-2) 調査の概要

2003年度調査

調査対象者：総戸数223戸の居住者

{回収率：24.7% (55 サンプル)}

調査期間：2003.3.18～3.25

調査方法：留め置き法

2006年度調査

調査対象者：総個数123戸の居住者

{回収率：78.0% (96 サンプル)}

調査期間：2006.2.17～2.23

調査方法：留め置き法

### (2-3) 調査結果および考察

#### (2-3-1) コージェネレーション・システムの認知

「コージェネレーション」は必ずしもポピュラーな言葉とはいえない中で、居住者はいつコージェネレーションを知ったのだろうか。「分譲マンションを購入する時だった」が2003年調査では78.2%、2006年調査では64.6%であり、「購入するかなり以前」から知っていたのはそれぞれ12.7%、14.6%であった。また調査時点で知ったという住人もそれぞれ9.1%、10.4%存在した。

分譲マンション購入が現実のものとなる以前において、コージェネレーションについての認知は決して高かったわけではない。しかし、購入の意思決定において、この設備の存在が要因として働いたのだろうか。03調査では「かなり強い要因であった」



25.0%,「やや強い要因であった」23.1%と約半数が、このシステムの設置が購買の意思決定において影響を与えたことを示している。しかし、06年調査ではかなり強い要因、やや強い要因と回答したものをあわせても20.8%にすぎない。ただ、弱いながらも一つの購買要因としてこのシステムの存在があったと回答した者を加えると49%に達する。この結果からみると、住民はコージェネレーション・システムがあるからこそ、このマンションを購入したのだと考えるよりは、コージェネレーション・システムは購買の意思決定のひとつの要因であるのは間違いないが、むしろ他の要因、つまり立地条件の良さなどがあったのではないかと推察される。

#### (2-3-2) コージェネレーション・システムのイメージ

入居以前にコージェネレーションの認知が必ずしも高かったわけではないが、調査対象者は集合住宅に入居して数年経ち、このシステムについて何らかのイメージが形成されていると考えられる。そこでこのシステムをどのようなものと捉えているのだろうか。システムに対するイメージから探ってみることにする。イメージについては自由回答形式で回答

を求め、図表2-4に示す5～6のカテゴリーに分類した。

03年調査では「特にない」「わからない」と回答したものが7.3%、未記入のものが21.8%であり、中には購入のとき説明を受けたがわからなかったという意見もみられた。残りの70.9% (39 サンプル) を分析に供した。

03年調査で最も多いイメージは「省エネ効果」に代表されるもので76.5%を占めた。次いで、「環境」面に関するイメージで28.2%、生活上の「快適性・安全性」の25.6%、「熱電併給」の17.9%、そして「経済性」の7.7%であった。コージェネレーション・システムが排熱を回収して利用するエネルギーの有効利用設備であるゆえに、省エネルギー性そのものとイメージする割合が高いことが示された。環境面から捉えたイメージとして、天然ガスをエネルギー源として使う、そして排熱を回収して再利用することからクリーンであること、環境に優しいとイメージされる割合が高いことも示された。一方、生活面からのイメージとしては、集中暖房でいつでも部屋の中が暖かく、蛇口を捻るといつでもお湯が出てくる生活は、快適な生活、便利な生活を提供するもの

図表2-4 コージェネレーション・システムのイメージ

2003 年調査		2006 年調査	
省エネルギー効果	76.5%	省エネルギー効果	31.9%
エネルギー効率が良い エネルギーの有効利用 省エネ 廃熱利用		熱効率が良い 効果的なエネルギーシステム 省エネ	
環 境	28.2%	環 境	36.2%
クリーン 環境にやさしい エコロジー 天然ガス		クリーン 環境にやさしい CO <sub>2</sub> 削減 地球温暖化防止 天然ガス	
快適性・安全性	25.6%	快適性・安全性	23.2%
快適な生活 集中暖房 便利な 部屋がきれい		室内全体が暖かい 便利 湯がいつでも使える 集中暖房	
経済性	7.7%	経済性	18.8%
低料金 経済的		低コスト 光熱費が安い	
熱電併給	17.9%	その他	
自家発電 熱と電気をつくる		北国に最適な設備	
その他			
画期的 先進的技術			

だと捉えられている。また、火元が一括管理されることから、各戸の住民にとって安全であると捉えられ、また、商用電力が長時間停電になっても水と暖房を確保できる設備でもあることから住民に安心感をももたらししていることが窺える。経済的な側面からみると、光熱費が安く経済的であると感じていることも示されたが、決して数は多くはなかった。「熱電併給」は省エネルギー効果に分類することも可能であるが、ここではイメージとしてあまり多くはないとはいえ、あえて別のカテゴリーとして取り出したのは、コージェネレーション・システムのハード面の理解がえられているかどうかという点からである。コージェネレーション・システムが設置された場所で電気と熱を作り出すオンサイトシステムであることや発電しても足りない分は買電すると、ハード面から明確にイメージしている回答者も存在した。

一方、06年調査では未記入21.9%、「特にない」「わからない」6.3%を除いた71.9%（69サンプル）について解析を行った。03年調査結果とは異なり、最も多いイメージは36.2%の環境面から捕らえられるものであった。03年調査ではイメージされなかった「CO<sub>2</sub>削減」「地球温暖化防止」というキーワードが示され、環境面からでもこのシステムが優れていることを住民の4割近い人たちが、イメージとしてさえ持つようになったことが示された。次いで、「省エネルギー効果」の31.9%であったが、03年調査に比較し大幅に減少した。生活面からのイメージでは、03年調査と同様に快適な生活、便利な生活をもたらししていると捕えられており、23.2%を占めた。また、経済的側面から光熱費が安い、低コストであるというイメージは03年調査よりも高く18.8%を占めた。

06年調査では、イメージとは別にコージェネレーション・システムの住宅に住んで良かった点を尋ねたところ、「快適な室温の維持」「お湯がいつでも使える」「部屋の中にボイラーがなくて、部屋が広く使える」など「快適性・利便性」を評価するものが39.3%、ついで「光熱費が安い」「暖房機器の整備不要」などの「経済性」を長所としたのが37.5%、さらに「原油の高騰に左右されない」「停電がない」「ロードヒーティングがある」などといった意見がみられ、コージェネレーション設備を有する住居に住むことによって、居住者は従来の住まいでは得られなかった満足を感じていることが窺える。

住民がコージェネレーションに抱くこのようなイメージや実際にメリットと感じた点は、コージェネ

レーション・システムを提供する側（企業）が、このシステムの特徴として強調する「省エネルギー性」「環境保全性」「経済性」「エネルギー供給信頼性」「戦力負荷平準化効果」<sup>17)</sup>を消費者の立場から実感と表現したとすることができる。

#### (2-3-3) コージェネレーション・システムが生活にもたらしたもの

コージェネレーション・システムのイメージのひとつに、生活の快適性が存在したが、イメージとは別に、このシステムがある住宅に実際に住んでいる人々は、生活の快適性をどのように評価したのだろうか。快適性を5段階評価した結果をみると、03年調査では「かなり快適」と評価したのは52.7%にのぼる。「やや快適」が21.8%であるので75%ほどの人たちが快適であると高く評価した。「あまり快適でない」「ほとんど快適でない」という評価はゼロであった。06年調査でも「かなり快適」31.6%、「やや快適」41.4%と同様な結果が得られた。この高い快適性が示すように、コージェネレーション・システムが集合住宅に存在することの有益性について、03年調査、06年調査で次のような結果が得られた。「かなり有益である」は、03年調査50%、06年調査26.3%、「やや有益である」33.3%、47.5%と7割以上の住民が有益だと評価している。無駄な設備だと考えたのは、それぞれ僅か3.8%、2.5%であった。「かなり無駄」と評価する人は快適性において「普通」と評価しており、その評価を反映したものと思われる。

コージェネレーション・システムを有する住宅に住むことになって、経済面からの満足は生まれたのだろうか。つまり従来と比べて支払う光熱費は安くなったのだろうか。03年調査では「かなり安くなった」と感じている人は41.5%、「やや安くなった」41.5%、「どちらでもない」9.4%、「やや高くなった」7.5%であった。このように、8割以上の人々が安くなったと感じており、従来よりも光熱費が少しでも高くなったと感じている人は1割にも満たなかった。一方、06年調査では「かなり安くなった」17%、「やや安くなった」43.6%、「どちらでもない」20.2%、「やや高くなった」12.8%、「かなり高くなった」6.4%であった。03年調査では8割以上の回答者が、光熱費が安くなったと実感したが、06年調査では6割程度である。

調査では、あくまでも以前の住居との関連でコスト感を探ったものであり、03年調査時点において、住民の話から想定すると、冬の1ヶ月あたりの平均光熱費は1万5千円前後ではないかと推測され

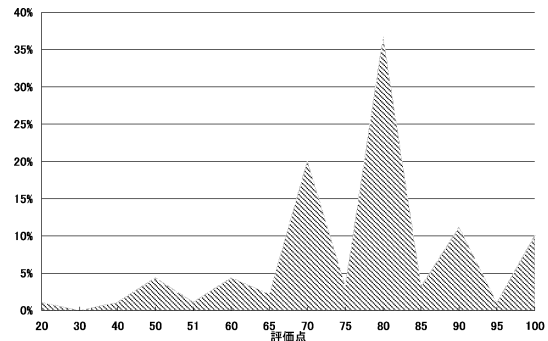
た。一方、06年調査では1ヶ月の平均光熱費は16,332円(最頻値20,000円、標準偏差6,543円)という額が明らかとなった。札幌市の一戸建て住宅やコージェネレーション設備のない分譲マンションに住む人々が支払う光熱費に比べて、この金額が安いのは明らかである。特に、灯油高騰時には、その低料金を実感するのではないだろうか。

#### (2-3-4) コージェネレーション・システムの評価

06年調査から、住民のコージェネレーション・システムに対する評価を点数づけによって示す(図表2-5)。満点を100点とし、点数が低いほど低評価であることを示す。結果は高得点側にシフトしており、50点以下と評価したのは、僅か6.7%であった。一方、満点は10%あり、80点以上が62.2%を占めた。最頻値は80点の36.7%、平均値は77.3点であった。

このように、コージェネレーション・システムを高く評価したのは、どのような要因によるのか。これを検討するために、評価点とコージェネレーション・システムの設置によって得られた住民の「安心感」や「生活上の快適性」、光熱費が安くなるという「経済性」、そしてシステムが有する「地球温暖化防止への寄与」という関係から検討を行った。具体的には、評価点とこれら要因との二変数間の相関関係に基づく検討である。

その結果、「安心感」と「生活上の快適性」については有意水準1%で相関が認められたが、「経済性」「地球温暖化防止への寄与」では相関関係は認められなかった。言うまでもないが、コージェネレーション・システムが「経済性」「地球温暖化防止への寄与」が認められないというのではなく、システムの評価の高低が「経済性」「地球温暖化防止への寄与」とあまり関係がないということを示しているにすぎない。また、コージェネレーション・システムを高く評価した人は、このシステムがあることによって生活上の快適性を実感したり、安心感を持ったということを同様に示したというにすぎない。



図表2-5 コージェネレーション・システムの評価

#### (2-3-5) コージェネレーション・システム設置と住民の生活上の意識変化

コージェネレーション・システム設置のマンションに居住することによって、住民に消費生活上、何らかの意識変化があったのだろうか。今までよりも特に関心を持つようになった事項との関係で検討する。

図表2-6に見られるように、03年調査と06年調査間で顕著な違いは示されていない。地球温暖化以外に、06調査では03調査よりも関心が高い項目はない。それは入居してから期間が長くなったゆえに、特に、コージェネレーション設備がある住宅に入居したことがきっかけに関心を持つようになったという意識を持たなくなった結果かもしれない。そのような中であっても、光熱費に関しては約7割から8割の人たちが、また省エネルギーについても約4割から5割に関心を持つようになったと認識している。光熱費に関心を持つようになったということは、気にしないでエネルギーをどんどん消費しようという感情には結びつかないと思われるし、そのことが省エネルギーに対する関心を向上させ、無駄にエネルギーを使わないという意識を醸成しているのではないかと推察する。ただ、今回の調査では地球温暖化への関心がそれほど高くは示されなかったが、それはコージェネレーション設備のある住宅に住むことを契機としてではなく、入居以前から関心

図表2-6 従来よりも関心を持つようになった事柄(複数回答)

	03年調査 (n=54)	06年調査 (n=80)
エネルギー資源	37.7%	26.3%
省エネルギー	49.1	41.3
地球温暖化	20.8	22.5
環境問題(除、地球温暖化)	26.4	25.0
光熱費(電気・ガス)	77.4	63.3
電気などの料金設定の仕組み	35.8	22.5
天然ガス	—	28.8
特になし	11.3	2.5

があったとみることも可能であろう。いづれにしても光熱費に関心を持つことを通して、省エネルギーを心がけ、それが結果的に地球温暖化防止へ寄与することに連なっているのは事実である。

また、06年調査では天然ガスの項目を設定したところ、約3割の回答者が、天然ガスについて関心を持っていることが示された。札幌市内および近郊の都市に供給されているガスは、北海道苫小牧の勇払ガス田で採掘される天然ガスが、パイプラインで輸送され利用に供されている。コージェネレーション・システムの燃料も、このガスを利用しており、そのことが天然ガスへの関心を生み出しているのかもしれない。住民の42.6%が、エネルギーの地産地消をしていると認識していることは、この事実を把握していると言えよう。そして、天然ガスを利用しているのでクリーンであるという認識をもたれていることが今回の調査でも示されている。

## 結び

我が国の家庭用エネルギー消費は、快適なライフスタイルの維持・発展のもと一貫して増加基調で推移してきた。しかし、今や省エネルギー化を進め、地球温暖化防止に努めなければならないのは世界の流れである。とはいえ、さまざまな利便性を享受している消費生活の変更を無理強いしたとしても、また日本で最も多くの暖房用エネルギーを消費する北海道において、暖房を我慢する生活を強いたとしても多くの人の共感を得ることはできない。そこで、現在のライフスタイルを維持しながら、しかも省エネルギー消費生活をおくり、地球温暖化防止に寄与することのできるひとつの例と捕えられているコージェネレーション・システムについて検討を行った。

コージェネレーション・システム設置の住宅に住む人々は、このシステムを省エネルギー性の点から高く評価をし、また、生活をする上においても効用の高いものと評価をなした。経済的な効用、生活上の快適さ、安心感などがコージェネレーション・システムによってもたらされていることが示された。

さらに、コージェネレーション・システムは、一方で住民に環境問題への関心を高めているのではないかと推察された。このシステムが、「環境にやさしい」「炭酸ガスの削減」などといったフレーズでイメージされる割合が、省エネルギーのイメージに次いで高く、また、コージェネレーション・システム設置の住居に居住したことによって地球温暖化や他の環境問題への関心が高まったことが明らかにされている。さらに、このシステムの利用拡大が進むこ

とを望ましいと評価するなど、住民はコージェネレーション・システムの効用を認めている。北海道は暖房へのエネルギー消費が大きく、しかも暖房なくしては生活できない。暖房エネルギー消費の大きさゆえに、札幌における家庭部門のエネルギー消費は、戸建住宅の場合、東京の1.98倍、名古屋の2.36倍、集合住宅では東京の1.38倍、福岡の1.46倍も多い。この現実の中で、コージェネレーション・システムの存在は、省エネルギー、地球温暖化防止への寄与、快適なライフスタイルの維持といった観点からも必要なシステムであると思われる。

この2、3年、集合住宅へのコージェネレーション・システムの導入を推し進めるために、システムの研究が一段と進められている。導入コストとメンテナンスコストの低下などの問題もクリアしつつ、集合住宅は言うに及ばず戸建住宅への更なる普及を期待したい。

アメリカでは地球温暖化の問題を直視しない人のことを「クライメート・モンキー（気候猿）」という<sup>24)</sup>。日光東照宮の「見ざる 聞かざる 言わざる」の三猿を思い起こしていただければよい。クライメート・モンキーを社会において沢山作らないように、地球温暖化についての科学的知見、社会経済的な情報を的確に人々に伝え、そして人々がエネルギーの利用を直視することを通して、積極的に温暖化防止に取り組んでいかなくてはならないという意識を醸成することが消費生活上、極めて重要なことである。

## 参考文献

- 1) 二酸化炭素の濃度が約2倍になると、夏の平均気温が約4℃上昇し、その結果、真夏日が2004年に比較して約2倍の120日前後になり豪雨の回数も増えるという予測がなされている。（朝日新聞 2005.2.5）
- 2) 朝日新聞 2005年6月8日社説
- 3) 建築審議会建議「住宅・建築分野の環境対策のあり方に関する建議」平成10年6月
- 4) 日本エネルギー経済研究所編『'08 エネルギー・経済統計要覧』（財省エネルギーセンター（2008）
- 5) 資源エネルギー庁『エネルギー白書 2006 版』
- 6) 環境省『H 20 版環境白書 循環型社会白書』
- 7) 日本エネルギー経済研究所『エネルギー・経済統計要覧（2005年版）』省エネルギーセンター（2005）
- 8) 省エネルギーセンター「省エネ性能カタログ」2004・冬号
- 9) 省エネルギーセンター「平成16年度待機時消費

## 電力調査」

- 10) 温室効果ガスといわれ、二酸化炭素以外にメタン、フロン、一酸化二窒素などがある。

2002 年度における二酸化炭素を除いた原因物質は、一酸化二窒素 2.7%，メタン 1.5%，フロン 1.0%，その他 1.1%

- 11) 日本エネルギー経済研究所 前掲書 2005 年版 EDMC の推計で、電力按分分とは、発電に伴う排出量を各部門の電力消費量に応じて配分した二酸化炭素排出量のこと。
- 12) 大藪千穂，杉原利治「家計消費と CO<sub>2</sub> 排出量から見る 20 年間のライフスタイルの変化」生活経済学研究 Vol.16, 211-218 (2001)
- 13) 中村昌広，乙間末廣「家計消費に由来する二酸化炭素発生量」環境科学会誌 Vol.17, No.5, 389-401 (2004)
- 14) 室蘭市の環境家計簿の計算式

<http://www.city.muroran.lg.jp/main/org3300/img/co2.pdf>

項目	CO <sub>2</sub> 排出量 (キログラム)
電気	使用量 (kwh) × 0.51
都市ガス	〃 (m <sup>3</sup> ) × 1.0
プロパンガス	〃 (m <sup>3</sup> ) × 6.4
灯油	〃 (ℓ) × 2.5
ガソリン	〃 (ℓ) × 2.3
軽油	〃 (ℓ) × 2.6
水道	〃 (m <sup>3</sup> ) × 0.36

- 15) 環境省「京都議定書目標達成計画」2005 年 4 月
- 16) A 重油・軽油・灯油を燃料とするディーゼル・エンジンタイプのものもある。
- 17) 日本エネルギー学会編『天然ガスコジェネレーション計画・設計マニュアル 2002』  
日本工業出版
- 18) 炭酸ガスの排出量は、石炭と 100 とすると石油は 80，天然ガスは 57  
(財)エネルギー総合工学研究所「火力発電所大気影響評価技術実証調査報告書」1990
- 19) クリーンエネルギー vol.14 No.5, 日本工業出版 (2005)
- 20) <http://www.gas.or.jp/cogene/contents>  
2009.3.21 参照
- 21) 大阪ガス マイホーム発電エコウィルパンフレット
- 22) 大阪ガスホームページ
- 23) 北ガス内部資料
- 24) 朝日新聞 2005 年 6 月 7 日

本論文は「2005 年度札幌学院大学研究促進奨励金 (共同研究)」に基づく研究の一部であることを申し添えます。

(みつたけ みゆき 市場調査論)

(やまもと じゅん 交通論)