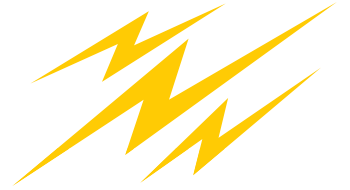


生活者のための



# エネルギー一読本



## はじめに

2011年3月に発生した東日本大震災に伴う原子力発電所の停止により、日本の電力の安定供給が揺らいでいます。この間、将来のエネルギーのあり方に関する議論が交わされていますが、エネルギー事業者や産業界だけでなく、生活者も我が事としてエネルギー供給の仕組みや節電や省エネなど、エネルギーに関する基礎知識（エネルギー・リテラシー）を身につけることが重要となってきました。

これを受けて、生活者の視点で研究・実践活動を行っているエネルギー・文化研究所（CEL）は、エネルギーに関する基本的な情報をやさしい言葉で正確に伝える責務があると考え、年3回発行している情報誌CELに「エネルギー講座」の連載を開始しました。毎号、CELの研究員が社内外の専門家の支援を受けつつ、生活者が知っておくべきエネルギーの基本的な知識を分かりやすく紹介しています。

2012年7月発行のCEL101号から始まったエネルギー講座は、2014年3月発行のCEL106号でちょうど10回となり、連載を終了しました。ウェブサイトにも掲載してきましたが、この度、全10回の講座を抜き刷りにして1冊の「エネルギー読本」として冊子化しました。生活者視点で、家庭でのエネルギーの使われ方や省エネルギー、住まいとエネルギーについて解説し、さらに電気や都市ガスの供給システムや制度の紹介、最後に、将来に向けての2つのライフスタイル・シナリオを提示し、読者にこれからの暮らしとエネルギーについて考えていただく構成となっています。

自給率4%とエネルギー資源が極めて少ない日本では、エネルギー供給者だけではなく、私たち利用者もエネルギー問題について考え、取り組んで行く必要があります。このエネルギー読本が、日々の生活において、賢くエネルギーを使って豊かな暮らしと社会を実現するための一助になることを祈っています。

2014年4月

大阪ガス株式会社 エネルギー・文化研究所（CEL）

所長 木全 吉彦

# 生活者のためのエネルギー読本目次

エネルギー講座を開講するに当たって	5
第1講 生活リテラシー	6
第2講 家庭で使われるエネルギー	9
第3講 家庭でできる省エネルギー	13
第4講 住まいとエネルギー	17
第5講 賢く住む家(スマートハウス)	21
第6講 電力供給システム	27
第7講 電気事業制度	36
第8講 都市ガス供給システム	40
第9講 家庭や地域の創エネルギー	46
第10講 将来へ向けてのシナリオ	50



# 暮らしとエネルギー

エネルギーに対する関心が高まる中、その正しい知識や情報を得る機会は限られています。本講座では、エネルギーについて生活者の視点で分かりやすく解説していきます。全体監修に大阪大学の下田吉之教授を招き、第1講では梶山女学園大学の東珠実教授に消費者教育の観点から講座の意義を語っていただきました。

## エネルギー講座を開講するに当たって

大阪大学大学院教授 下田吉之

以前からの地球温暖化問題に加え、昨年春の福島第一原子力発電所の事故、それに続く関東での大規模な計画停電、全国的に広まる節電要請など、今や「エネルギー」は市民の大きな関心事となっている。

これまで長い間、私たちは資源や環境の制約をあまり感じることなく、エネルギーに支えられた生活を送ってきた。我が国で家庭部門が消費するエネルギー量は過去50年間で数倍に増加している。古くは1960年代の「三種の神器」というキャッチフレーズで知られる家庭電化製品の普及から、最近の携帯電話やパソコンなど情報革命まで、私たちの生活の変化は、同時にエネルギー消費の急増をもたらした。今や広域化・大規模化したエネルギーシステムの支え無しには私たちの生活はままならない。何万年と続く人類の歴史のわずかな世代前には、自分の住まいの周辺から得られる燃料でほとんどのエネルギーが賄われていたことが信じられないほどである。

しかし、私たちのエネルギー消費量が数倍になったにもかかわらず生活の質が「数倍」になったという感覚はない。また、エネルギーは物や水など他の資源のように見ることができないことから、自分の暮らしを支えるためにどの程度のエネルギー資源が消費されているのか、機器毎のエネル

ギー消費の大きさとそれがもたらすサービスを比較して、どこに無駄があるのかを感覚的に把握することは難しい。さらには各家庭に届けられるエネルギーが、世界各地からどのように運ばれ、いかに変換されているかを認識することはほとんど困難である。しかしながら、現在我が国が直面するエネルギー問題においては、市民一人ひとりが正しい情報のもとに、合理的な判断と選択を行うことが何よりも必要となっている。そのためには、エネルギーリテラシー（エネルギーを賢く使うための基礎知識）を身につけることが重要である。

本講座はこのような問題意識のもと計画されたが、何よりあまり前例の無い試みであり、その目的を達成するには読者からのフィードバックを得ながら方向を修正していくことが大事だと考えている。どうか忌憚ないご意見をお寄せいただきたい。

CEL

● ● ● ● ●  
下田吉之（しもだ・よしゆき）

大阪大学大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻教授。  
1985年大阪大学工学部卒業。90年大阪大学大学院工学研究科環境工学専攻修了。専門分野は、都市民生用エネルギーシステムに関する研究、都市気象、エネルギーシステムの環境影響評価。主な著書は「都市のリ・デザイン」（共著・学芸出版社）など。





エネルギー講座  
暮らしとエネルギー  
連載

【第2講】

「家庭で使われるエネルギー」

当麻 潔

大阪ガス(株)エネルギー・文化研究所 研究員

テラシーは何かと考えると、人間関係を活用する能力ではないかと感じます。人と人のつながりをうまく生活の中に取り入れ、より良く生きることが苦手な人が多いのではないのでしょうか。大切なのは、他者との関係の中で生まれる社会性や倫理観です。自分の行動が周りの人に与える影響を考慮して行動する、他者のために何かができる自分になる、そんな消費者市民的な生き方が、いま求められています。そして、生活の諸資源を、相互のバランスを取りながらうまく活用し、社会的な価値にも目を向けながら、生活目標を効率よく実現できる能力が必要とされています。

エネルギー・リテラシー  
向上のために

エネルギーは、生活に必要な非人的資源の中でとても大きな存在です。エネルギーの活用の仕方が、生命の維持や豊かな生活と深く関わってくるからです。私たちがガスや電気などのエネルギーを享受できる仕組みは、人が健康で文化的な最低限の生活を送るために必要な社会資本であり、社会全体で維持していくべき重要な生活資源で

あるといえます。こうした点から、現代的倫理的消費や環境問題、消費者のライフスタイルを考える上で、エネルギーは象徴的な存在となっています。

省エネやCO<sub>2</sub>削減には、日常生活での地道な努力よりも高効率機器の開発の方が効果的であるかもしれません。しかし、一人ひとりの省エネ行動の効果はわずかずつであっても、問題意識を持ち続け、行動することこそが大切であると考えます。環境のためにエネルギーの使い方を工夫する、省エネ型の機器をよく考えて選択する。こうして身に付けた習慣や態度は、その人の生涯にわたる様々な生活場面で発揮されます。また、その人を取り巻く他者へも広く波及していきます。

エネルギーを賢く使うということは、エネルギーについての仕組みや成り立ちなどの基本的なことを知った上で、私たちのライフスタイルを少し変えてみることから始まります。苦しい我慢を強いる方法では長続きしません。楽しく・気軽に・快適にできることが持続可能にするポイントです。エネルギーの利用においても「私もやってみよう」「私にもできる」と思えるモデルがあれば、消費者がライフスタイルを変え

そもそもエネルギーとは？

わたしたちの豊かで快適な生活・暮らしは、電気や都市ガス等のエネルギーの供給によって支えられています。

では、そもそもエネルギーとは何なのでしょう？ エネルギーとは、「仕事をする能力」とされています。エネルギーには、ものが高いところにある時に持っている「位置エネルギー」、ものが動く時に持っている「運動エネルギー」、ものを暖めたりする「熱エネルギー」、電化製品を動かす「電気エネルギー」、太陽や照明の「光エネルギー」、化学結合によってそのものに蓄えられている「化学エネルギー」等があります。そして、エネルギーはいろいろな形に変わります。例えば、自動車は、「化学エネルギー」であるガソリンが燃焼により「熱エネルギー」に変わり、さらにエンジンにより「運動エネルギー」に変わることにより動きます。ただし、エネルギーは形を変えても、もともと持っていたエネルギーの量は変わりません（これを熱力学第一法則…エネルギー保存則といいます）。

エネルギーの大きさは全て「J」…ジュール

る手助けとなるのではないのでしょうか。私益と公益と公益をバランスよく志向し、持続可能なライフスタイルの実現をめざしたいものです。

（本稿は、東教授へのインタビューをもとにCEL編集部がまとめたものです。）

東 珠実(あずま・たまみ)

相山女学園大学現代マネジメント学部教授・博士(商学)。1959年生まれ。82年静岡大学教育学部卒業。87年中京大学商学研究科博士課程単位取得満期退学。2011年ベスト消費者サポーター賞(消費者庁)受賞。専門分野は消費者教育、生活経営学。主な著書は『現代日本の消費とマーケティング』(共著・税務経理協会)、『規制改革と家庭経済の再構築』(共著・健帛社)など。



ル」で表します。また、電気エネルギーの場合は、電力(W…ワット)と時間(h)の組み合わせとして「Wh(ワット時)」で表すことができます。

この電気エネルギーの単位でよく間違えられるのは、「W」と「Wh」の使い分けです。ヘアドライヤーを例にとりて説明しますと、その能力は電気のパワーである消費電力で表されます。それが「W」です。1200Wのヘアドライヤーを20分使った場合、使用したエネルギー量を電力量といい、その単位は(電力)×(使用時間)「Wh」で表します。20分使用した場合、1200W×20分/60分=400Whの電力量を使用したことになり、その使ったエネルギー分を電力会社に電気代として支払っています。

わたしたちの暮らしを支えるエネルギー

支えるエネルギー

わたしたちの日々の生活・暮らしを支えるエネルギーには、「電気エネルギー」、「熱エネルギー」、「運動エネルギー」等があります。これらのエネルギーの中で、「熱エネルギー」は家庭全体のエネルギーの中で大きな割合を占めています。熱の供給方法として



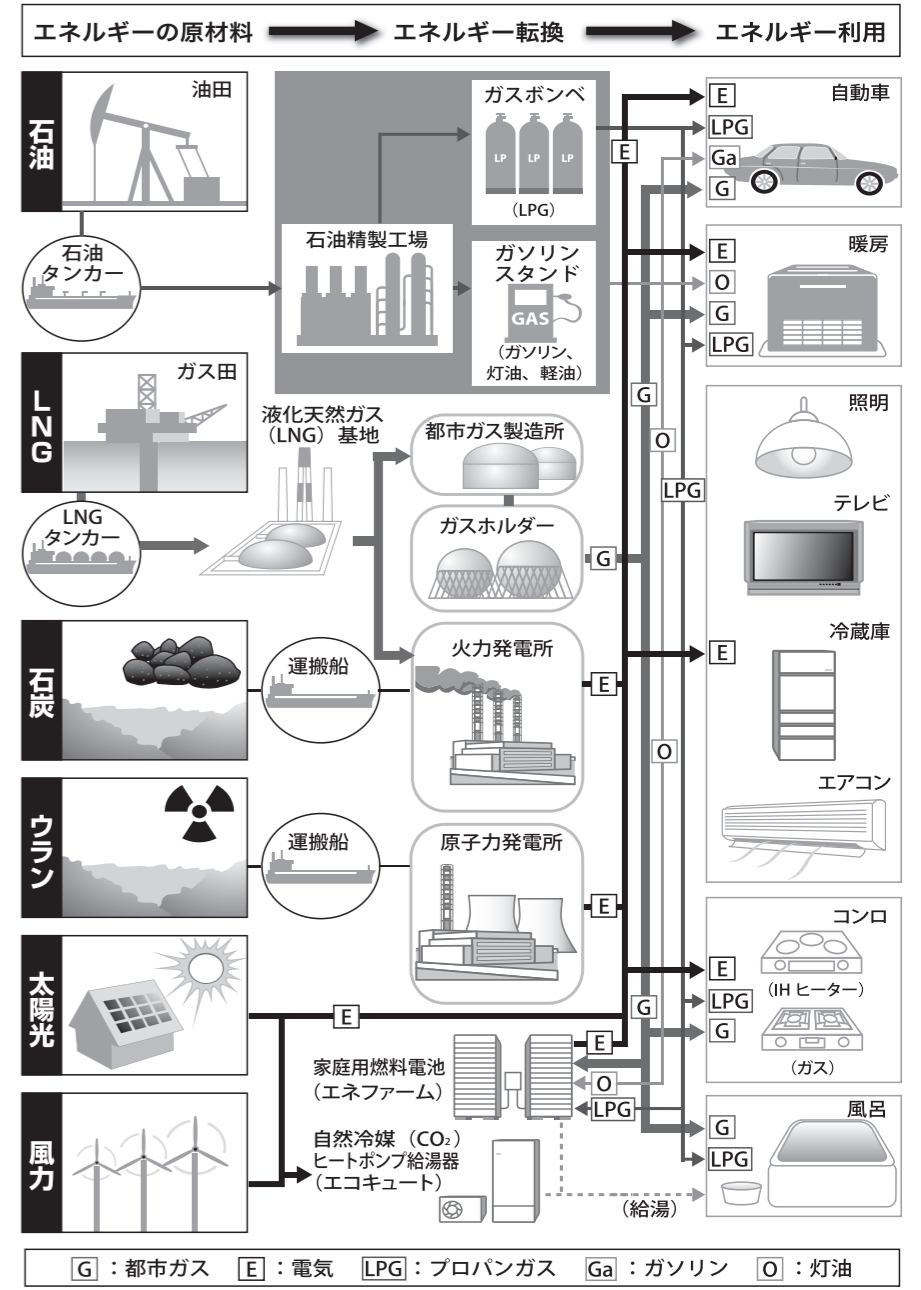
は、燃料(都市ガス、プロパンガス、灯油等)の燃焼、電熱、ヒートポンプ(屋内から屋外、屋外から屋内へと空気中の熱をくみ上げて移すことで、使ったエネルギー以上の熱エネルギーを得るシステム)があります。熱エネルギーを生み出す機器の選択によって、都市ガス、プロパンガス、灯油、電気等のエネルギーを選択することができます。

機器の選択においては、ただ単に機器のカタログに記載されている効率だけに目を向けるのではなく、家庭に届けられるエネルギーがどのようにつくられているのか、CO<sub>2</sub>排出等の環境性はどうか、快適性や使う側のライフスタイル、住環境等に適しているかどうか等、総合的に判断する必要があります。

### エネルギーの原料は

#### ほとんど輸入に頼っている

では、電気、ガス等のエネルギーは、どのような流れで家庭まで届くのでしょうか(図1)。エネルギーをつくるための原料として、石油、天然ガス、石炭、ウラン、そして太陽光や風力等の再生可能エネルギーが



【図1】家庭にエネルギーが届くまで (出所) 資源エネルギー庁「日本のエネルギー2010」より作成

### エネルギー転換の際に

#### 大きなロスが発生

あります。これらのエネルギー資源を「一次エネルギー」といいます。石油、天然ガス、石炭の化石エネルギーはほとんど海外から輸入しています。したがって、日本のエネルギー自給率は4%(水力1.2%、天然ガス0.7%、石油0.2%、地熱・太陽光等再生可能エネルギー0.6%、廃棄物等1.3%)と海外と比較して極めて低くなっています。

わたしたちが暮らしの中で使っている電気、都市ガス、プロパンガス、灯油、ガソリンは、一次エネルギーがエネルギー転換されたもので、「二次エネルギー」といいます。電気は、石油、天然ガス、石炭、ウラン、

水力が発電所でエネルギー転換され、電線を通じて家庭に送られています。電気は貯蔵することができないため、家庭や工場を使う電気の量に合わせて発電されています。一方、都市ガスはLNG(液化天然ガス)が都市ガス製造所でエネルギー転換され、パイプラインを通じて家庭まで送られています。ガスタンクや圧力の余裕等で一定量は貯蔵できるので、需要の変動に大きな影響を受けずに製造することができます。また、プロパンガス、灯油、ガソリンは、石油から精製工場にてエネルギー転換され、これらは液体のためタンクで大量に貯蔵できます。

二次エネルギーに転換されず、一部石炭等、一次エネルギーのまま使われるものもあります。これら需要先で使われるエネルギーを、「二次エネルギーも含めて「最終エネルギー」といいます。

一次エネルギーがエネルギー転換され二次エネルギーになり最終エネルギーとして使われる全体のエネルギー量の変化を見てみますと、一次エネルギーのうち43%が発電用に使われています。発電の際には投入原料の59%という大きなエネルギーロスが発生し、送電の際のロスを含めると、家庭に届くのは発電に投入されたエネルギーの37%

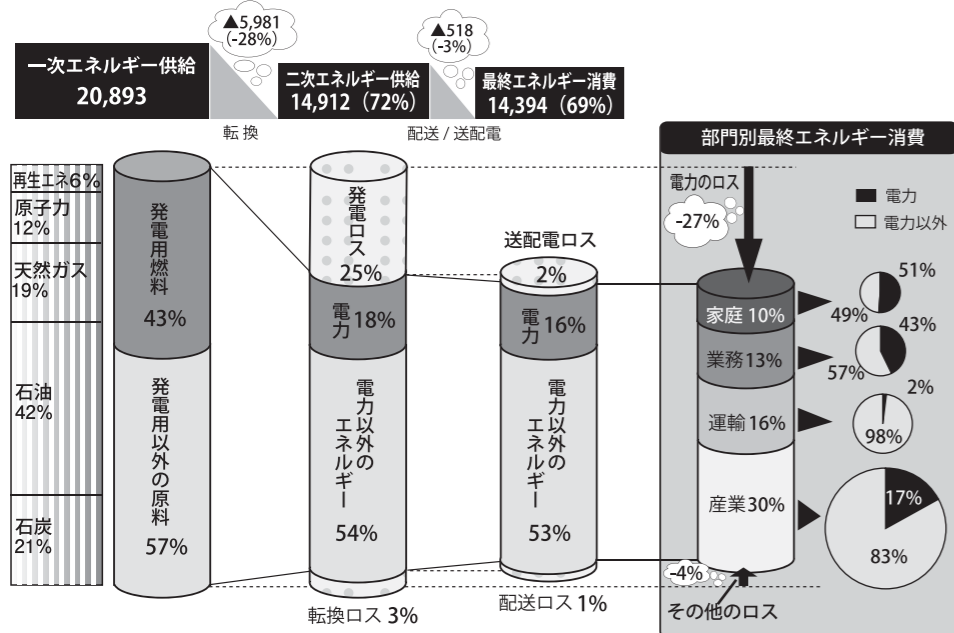
なっています。電力以外の燃料の転換や配送時のロスもあり、エネルギー転換等での全ロスは31%(電力・27%、その他・4%)になっています。このように、エネルギーを他の種類のエネルギーに変換する際、必ず一部が温度の低い、有効に利用することの困難な熱エネルギーに変換され、最終的には周囲に捨てられます(エネルギーの量を論じた熱力学第一法則に対し、これをエネルギーの質と方向性を論じた熱力学第二法則といえます)。このエネルギー転換時のロスをいかに少なくするかがエネルギー自給率の小さい我が国の大きな課題です(図2)。

### 家庭でのエネルギー消費の現状

「エネルギー白書2011」によると、最終エネルギー消費の部門別内訳は、家庭部門が14%、業務部門が19%、運輸部門は24%、産業部門は43%となっています。1973年のオイルショック以降、産業部門は生産額が伸びているにもかかわらず横ばい、一方、家庭用と業務用を合わせた民生部門および運輸部門は増加しています。特に民生部門の伸びが大きく、2009年度は73年の2.4倍となっています(家庭部門2.1倍、業務部門

2.7倍)。生活の利便性や快適性を追求する生活者のライフスタイルの変化、世帯数の増加、電化製品の多品種化・大型化等が大きな要因だと思われます。

用途別では、いろいろな種類の電化製品の登場、テレビの大型化や保有台数の増加、パソコンの使用等により、電化製品や照明等の使用の伸びが大きく、全体の36%を占



【図2】エネルギー転換とそのロス(単位: 10<sup>15</sup>J) (出所) 経済産業省「エネルギー白書2011」より作成 ※図中の割合(%)はすべて一次エネルギー量(20,893)を基準に算出。四捨五入等の誤差を含む。

エネルギー講座  
暮らしとエネルギー  
連載

【第3講】

「家庭でできる省エネルギー」

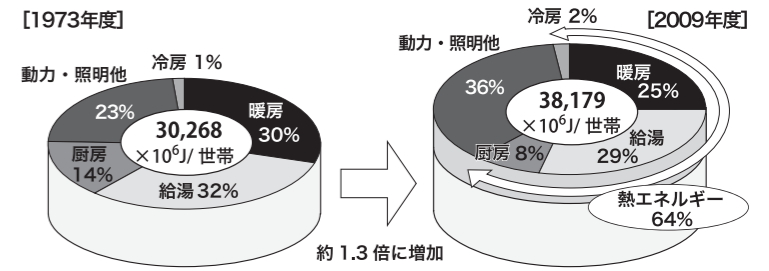
志波 徹

大阪ガス(株)エネルギー・文化研究所 研究員

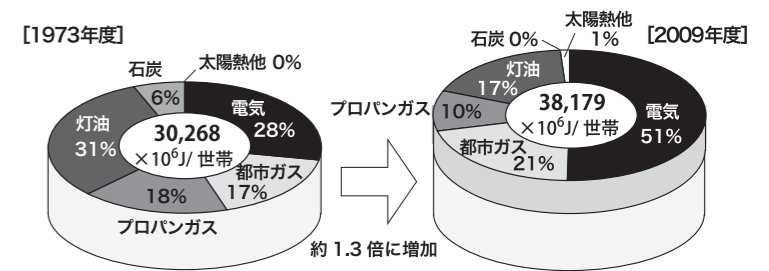
めていきます。ただし、給湯の29%、暖房の25%がそれに続き、冷房や調理も含めた熱エネルギー全体では、依然として約6割と大きなウエイトを占めています(図3)。

エネルギー源別では、灯油は下降傾向、都市ガスは横ばいなのに対し、電気は大きく増加し、2009年度の電気のシェアは51%と全体の約半分を占めています(図4)。

家庭でのエネルギー消費の増加には、生活者のライフスタイルの関わりも大きく、今後、エコライフスタイルへの変革が重要となってきます。



【図3】 世帯当たりの用途別最終エネルギー消費の推移



【図4】 世帯当たりのエネルギー源の推移  
(出所) 図3・4共：経済産業省「エネルギー白書2011」より作成

これからの暮らしの中のエネルギーについて

持続可能な生活・社会の実現のためには、エネルギーの供給側での安定供給・環境負荷抑制と需要側での省エネルギーの双方の対策が必要です。家庭でのエネルギー消費が大きく伸びていることから、まずは、無駄を省き、省エネルギーを進めなければなりません。そして、自分が使っているエネルギーの実態を把握し、できることから省エネ・エコライフスタイルへ変革していくことが必要です。さらに、暮らしの中でのエネルギーを考える際に、エネルギーに関する基礎的な知識を身につけることも重要です。目に見える機器だけではなく、目に見えないエネルギーについて、一次エネルギーなのか二次エネルギーなのか、エネルギーシステムの上流はどうなっているのか、例えば、そのエネルギーがつけられる過程やその原料は何なのか、また、CO<sub>2</sub>や廃棄物等環境に与える影響はどうかなど、正しい情報をもとに総合的に評価して、自分のライフスタイルに合ったエネルギーを正しく判断し選択することが必要です。

ガスや電気などの家庭のエネルギーは、生活が豊かになるとともに、増加してきました。電気洗濯機、電気冷蔵庫、白黒テレビが三種の神器といわれるようになった昭和30年以降、家電機器の種類が増えるとともに、普及率も上昇しました。また、都市ガスやプロパンガスを燃料とする厨房機器や風呂釜の普及も同時に進み、住宅内の利便性や快適性は大幅に向上する一方、エネルギー消費も増加してきました。家庭部門の最終エネルギー消費量は、1973年度に対し、2009年度は、2.1倍に増加しています。

それだけに、地球温暖化を抑制するため私たちが生活者ができることとして、家庭内の省エネルギーは大変重要な意味を持ちます。

本講では、家庭で取り組める省エネルギーについて説明します。

自宅のエネルギーを知る

家庭でのエネルギー使用状況は、その家によって異なります。省エネルギーを図っていくにあたり、実態をおおまかに掴んでおく効果が具体的に見えるので有効です。

住宅のポテンシャルを活かす住まい方・ライフスタイルを

住宅は建ててから廃棄まで長い運用期間があり、その生涯を通して消費エネルギーを減らし、太陽光や太陽熱など再生可能エネルギーを利用していくことが必要だ。家庭における世帯人数別のデータを探ってみると、エネルギー消費は増加傾向にある。要因として考えられるのが、各種家電の保有台数の増加だ。格段に台数が増加した家電機器としては、エアコン、温水洗浄便座、液晶・プラズマTV、パソコン、携帯電話等が挙げられる。技術革新や性能向上によって一台あたりの年間電力消費量は大幅に削減されているが、保有台数増加の勢いには及ばない。通風などの自然エネルギーを有効利用するためのデザインを施し、高い断熱性能、高効率機器を備えた住宅であっても、そこで暮らす人のライフスタイルによってはエネルギー消費が大きく変わることに留意したい。住宅のポテンシャルを活かすための住まい方が重要だ。また、住宅供給者には、快適性や健康を満ち、建築や設備の工夫、制御技術で省エネを実現できる選択肢を広げていくことが求められる。東日本大震災以降、省エネや節電についての意識は高まっているが、極端な無理や我慢は長続きしないし、健康を害しては元も子もない。



秋元 孝之

あきもと・たかし  
芝浦工業大学工学部  
建築工学科 教授  
博士(工学)

電気、ガス、水道については、月1回(または2ヵ月に1回)の検針票で把握できずし、事業者にお問い合わせをすれば、1年分程度を教えてください。同時に暖房用の灯油、さらには、熱量換算すると意外に大きい自動車やバイクのガソリンの消費量もわかっているとよいでしょう。このようなエネルギーの消費量を前年同月のデータと比較することにより、省エネルギー行動の結果が確認できます。

さらに、電気・ガス・水道については、1日や1時間毎などのより詳細な使用状況を表示するシステムも徐々に普及してきています。ホームエネルギーマネジメントシステム(HOME Energy Management System: HEMS(ヘムス))と呼ばれるシステム(図1)です。パソコンや携帯電話、スマートフォンなどで自宅の電気・ガス・水道の使用状況がより細かくわかり、省エネアドバイスをしてくれるものもあります。表示できる内容は各システムによって異なりますので事前に確認が必要です。このようなHEMSを導入すれば、家庭内での行動とエネルギー使用量とが関係付けられるので、省エネの効果もわかりやすくなります。このように、まず自宅のエネルギーの実



態を把握し、さらに適切なアプローチでエネルギーを削減していくことで、快適性や利便性と省エネルギーを両立することが可能になります。

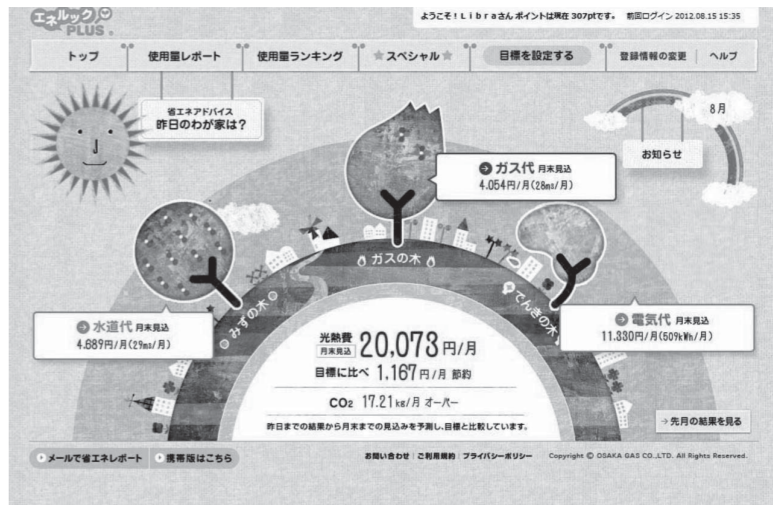
## 住宅の熱的性能を向上させる

「エネルギー白書2011」によると住宅で消費するエネルギーの中で、冷暖房が占める割合は、平均で約27%です。住宅の断熱性能を向上させると、このエネルギーが年間を通じて削減でき、非常に有効です。

新築する場合は、屋根(または天井)、壁、基礎(または床)に十分な断熱材を入れます。窓は壁に比べると出入りする熱が大きいので重要なポイントです。二重ガラスや樹脂サッシなど断熱性の高いものになります。既築住宅の場合は、リフォームで対応します。少々、手間とコストがかかりますが、冷暖房が効きやすくなり、また室内の温度差や空調をしていない部屋との温度差がより小さくなる、体への負担が低減される、結露が少なくなりカビのリスクも低減できるなど、エネルギーや光熱費削減といった直接的な効果だけでなく、生活において少なからずメリットが得られます。

また、これらの機器は、一般的に消費電力も大きいので、家庭用電力消費の多い時間帯をできるだけ避けて使用するなどの配慮も必要です。次に、電気を熱として使用する機器として、ヒートポンプ式のものがあります。エアコンやヒートポンプ式給湯器等です。これらの機器は、消費電力に対して数倍の熱を出すことができるので、電気ヒーター等で加熱する機器に比べると大幅にエネルギーを削減できます。

ただし、運転条件により効率はかなり変動し、実使用状態では、カタログに記載されている効率よりも低下する場合があります。例えば、ヒートポンプ式給湯器は、深夜電力でお湯を沸かして貯湯しますが、お湯の使用量や使用時間帯にばらつきがある家庭では効率が低くなったり、選択する使用モードによって効率も変動したりするといわれています。一方、ガスや灯油の給湯器は、ヒートポンプ式給湯器のような高効率は出ませんが、瞬間の加熱能力が高いことからその時に必要な分だけを沸かしますので、エネルギーの無駄が少なくなります。また、来客等で給湯使用量が急増加しても湯切れの心配がなく、給湯の使用量が変わっ



【図1】HEMSのサンプル画面(大阪ガスの「エネルック PLUS」)

また、日射のコントロールも重要です。

冬期は日射を入れて、部屋を温めるようにする一方、夏期は日射を遮ります。ブラインドやカーテンなど窓の内側ではなく、庇やすだれ、オーニング(日除け)など窓の外側で遮るものが効果的です。

このように、まず住宅側の対応をしておかなければ、設備やライフスタイルによる省エネルギーが有効に働きませんので、可能な限りの対策をしておきたいものです。

た場合でも効率が変わらないので安心して使用できます。最近のガス給湯器は、潜熱回収型給湯器として効率の高いものが主流になっています。従来のガス給湯器では、排気ロスとして大気中に放出されていた潜熱(水蒸気として大気に放出されていた熱量)を回収し、給水を予め加熱する仕組みを内蔵することにより、給湯のエネルギー利用率を95%まで高めています。年間平均での効率は、家庭によってどちらの給湯器が優位であるかわりしますので、お湯の使用状況や今後の家族数、ライフスタイルの変化なども考慮して決定する必要があります。

また、エネルギー利用効率を高めるシステムとして、家庭用燃料電池システムが普及しつつあります。都市ガスやLPGから電気をつくり、同時に発生する排熱を給湯や暖房に活用します。大規模集中型発電所では、発電時に一次エネルギーのうち約6割が熱として捨てられ、家庭で電気エネルギーとして利用されるのは約37%ですが、家庭用燃料電池システムであれば、発電時の排熱を給湯や暖房に利用できるのです。エネルギー利用効率を85%(高位発熱量基準※)まで高めることができます。

1戸の住宅に燃料電池と太陽光発電を同時

## 省エネルギー機器を導入する

続いて、設備機器での省エネルギーです。家庭内では、様々な機器が使われますが、機器の選択にあたっては、消費エネルギーが少ないだけでなく、温暖化ガスであるCO<sub>2</sub>排出量が少ないものが望ましく、また、電力需給が厳しい現在、家庭用電力消費のピークを押し上げないような機器の選択や使い方も必要です。

このためには、まず電気とガスの使い分けを上手にすることが重要です。第2講で説明があったように、電気は石油や天然ガス(一次エネルギー)で得られた熱で発電(二次エネルギー)しますが、家庭に届くのは約37%(最終エネルギー)です。したがって、電気を熱として利用する場合、電気ヒーター等で熱にすると、一次エネルギーの利用効率は37%以下と低くなってしまいます。例えば、電気ストーブ、オイルヒーター、トースター、電気オーブン、電気炊飯器、電気温水器、IHクッキングヒーターなどです。ガス熱源のものや、後述するヒートポンプ式の機器に置き換えができれば、一次エネルギーの利用効率を高くすることができます。



【図2】統一省エネラベル

に設置するダブル発電システムもあります。この場合、家庭では、燃料電池で発電した電力を優先的に使用し、次に太陽光で発電した電力を使用します。これでも不足する場合は、電力会社から電力を購入します。太陽光発電のみを設置した場合に比べると、住宅からの余剰電力を増やすことができます。経済性だけでなく、自然エネルギーで発電した電力を周辺の住宅で使ってもらえるため、地域の自給率向上に寄与します。

また、最近の家庭用機器は、以前に比べると効率が向上しています。冷蔵庫やエアコン等には、統一省エネラベル(図2)により、省エネ性能が表示されていますので、購入時には目安にして効率の高い機器を選びたいものです。例えば、冷蔵庫は、この約25年間に、容量あたりの消費電力は5分の1程度になっていくそうです。しかし、個別に見ると、容量の大小と消費電力の大小は逆転している場合もあります。適正な容量で、かつ消費電力も少ない表示のもの

(※) 燃料ガスを完全に燃焼させた時に生成する水蒸気の凝縮潜熱を発熱量に含めた熱量を基準とする。水蒸気の凝縮潜熱を差し引いた発熱量を基準とする低位発熱量基準では、燃料電池のエネルギー利用効率は94%となる。



【第4講】

# 住まいとエネルギー

監修：下田 吉之 大阪大学大学院 教授

## 濱 恵介

大阪ガス(株)エネルギー・文化研究所 顧問

を購入する必要があります。テレビも同様で、必要以上に大き過ぎる画面のものや消費電力が大きなものを選択しないようにしなければいけません。

照明については、白熱電球をLEDや蛍光灯に替えることで、エネルギーを削減することができます。

一方、設備機器は使用時の快適性も重要な要素となります。冷暖房では、消費エネルギーの点では高効率ヒートポンプ式エアコンが有利ですが、暖房感の不足を感じて温度を高めに設定してしまう人や風を不快に感じる人も多いようです。床暖房は風がなく、部屋の上下で温度差の少ない輻射暖房を実現できるので、住宅の中で用途や好みにあわせて適切に組み合わせることが必要です。

### ライフスタイルを工夫する

住宅の断熱性能を向上させ、省エネ設備を導入して達成できた省エネルギーも、最終的には、使う人の心がけ次第で、その効果が相殺されてしまう場合もあります。

まず、無駄になっているエネルギーを少しでも減らします。照明やテレビ等を不要な時にこまめに消すことは、無駄を省く第

一步です。照明では、不要な電球は間引きをする、ワット数の小さい電球に替えることも有効です。冷蔵庫は、いくら最新型であっても、内容を詰め込みすぎると、冷えにくかったり、電力消費が増えたりします。

エアコンは、着衣の工夫により設定温度を調整するほか、こまめにフィルターの掃除をしたりすることでエネルギーを削減できます。

その他、パソコンのモデムや携帯電話充電器など、無意識のまま常時通電している場合もありますので、家の中の電気機器をリストアップし、常にコンセントに差ししておかなければいけないかをチェックする必要があります。

また、徒歩や自転車、公共交通機関で行ける場合には自動車の利用を控えることも重要です。

省エネルギーは、まずエネルギーの無駄をなくすることが第一歩です。また、利便性や快適性を高めるこれらの機器は、数年前、数十年前は、なくても当たり前であったものばかりです。本当に必要なものを無駄なく利用して、省エネルギーを心掛けていきたいものです。

CEL

「住まい」という用語は、定義がやや曖昧です。「住居」とも書き基本的には住宅を意味しますが、そこで営まれる生活や情景を含めて使われる場合が多いようです。そのような理解のもと、第4講では暮らし方を視野に入れた住宅とエネルギーの関係について、その意味、望ましい利用の形、付き合い方などを考察します。

### 住まいはエネルギーの実感に最適

部門別最終エネルギー消費の統計によれば、家庭用エネルギーの占める割合は15%弱です。しかし家庭用(住まいのエネルギー)には特別な意味があります。その大きな特徴は、産業部門や業務用と異なり、生活者が主役で、本人がエネルギーを選び、利用し、費用を負担し、評価できる立場にあることです。

例えば、企業や行政機関で環境対策に重要な役割を果たしている人でも、家に帰れば一生活者です。住まいにおけるエネルギー選択、省エネなどがきちんと実践できれば、その人が携わる業務や政策づくりにおいても正しい判断につながるでしょう。次に、家庭は子育ての現場です。未来を背

### 家庭の省エネの役割を考える

有限なエネルギー・資源をムダなく、少しでも多く子孫に、地球環境を良好に、また、生活を豊かに、生活コストの削減等々、家庭での省エネ推進には、人それぞれ様々な思いや理由があると思いますが、大切なことは、「何のため」、「誰のため」の省エネなのかを明確に意識し、暮らしの根幹として位置づけ、その実践では「見直し」ながら「継続」していくことです。

このように記すと非常に難しく思えますが、要は意識しなくても省エネがはかられている、あるいは省エネ行動が実践されている。つまり、私たちの暮らしのあり方が、省エネ・省資源を基に考えられているか、ということになります。もちろん、ものが潤沢にある等の豊かさを否定するものではありませんが、あらゆる場面において、「ものを大切に」し、使う場合は「効率よく使う」ことが暮らしの原点であり、その積み重ねこそが家庭の省エネの役割でもあります。

そして、私たちの省エネ行動が、家庭から地域へ、地域から国へ、国から世界へ、「家庭の省エネの輪」として広がるのが究極的なあり方と考えます。このような視点で、省エネ実践初歩の方も、ベテランの方も、ご自分の家庭の省エネについて、いま一度思いを巡らせてはいかがでしょうか。



澤田 武男  
さわだ・たけお  
一般財団法人省エネルギーセンター  
家庭・地域省エネ普及本部長

負う子供・青少年たちに価値観や生活態度を植え付ける重要な場所が住まいです。エネルギーについても意識して向き合い取り扱うことで、正しい判断力や行動様式を身に付けさせることができます。

さらに、住宅を建てたり改修したりする際に、エネルギーに関する正しい知識を持っているか否かによって、その後何十年にもわたって住み心地や光熱費、そして温室効果ガスの排出量などに影響が及びます。

住宅の性能や設備だけでなく、実践される生活スタイルも含め、住まいはエネルギーを学び実感できる最高の舞台なのです。

### 断熱は健康・快適・省エネの一石三鳥

住宅づくりにおけるエネルギー対策には、さまざまなアプローチがあります。設備については他稿に譲るとして、ここでは機械力に頼らない工夫で居心地を確保する方法(パッシブデザイン)を考えます。その中で最も重要な「断熱」と「日射遮蔽」について見てみましょう。

住宅を含め全ての建築は外部の厳しい気温条件からわれわれ自身の体を守ることを大きな目的としていますから、熱の損失と



不要な流入を防ぐことは住宅が備えるべき性能の基本です。

気密性の確保を前提として、高い断熱性能は暖房用のエネルギー消費を減らすばかりか、日常の快適性や健康性など居心地が良く安全な住まいづくりのための必須要件です。

例えば、断熱性に優れた住宅では各部の温度差が少なくなり、足元が冷える不快感が抑えられ、夜間の暖房停止時にも室温低下が少なく脳卒中など低温による健康リスクが避けられます。したがって、断熱の効用はエネルギー消費量や暖房費の節減だけで評価すべきではありません。

近年、引用される断熱性を評価する基準には、新省エネルギー基準（平成4年基準）と次世代省エネルギー基準（平成11年基準）があります。いずれも熱損失係数（Q値、内外の温度差1℃につき単位時間あたり建物外皮から流れ出る熱量を延べ床面積で割った値、単位はW/m<sup>2</sup>・K）で評価します。主な大都市圏がある第Ⅳ地域（旧称）において、前者が4・2、後者では2・7と定められています。同じ室温を保つ場合、後者では36%も少ないエネルギーで済みます。ちなみに、旧省エネルギー基準（昭和55年基準）では5・2でしたから、

の日射を直接電気に変えて使えます。自家消費する分以外は配電網に「逆潮流」して電力会社に売ることができ、環境負荷の極めて少ない電気がつくれる利点の他、生活者のエネルギーに関する意識や態度にも好ましい効果をもたらします。電気は電力会社から買うものと受身的に捉えるのと異なり、電気を自宅につくれば、消費者から生産者へ立場を転換させます。それが節電意識や省エネ行動につながるのだと思われまます。

熱として使うエネルギーは、わざわざ電気に転換せず太陽熱をそのまま使うのが合理的です。太陽熱温水器は太陽熱で直接水を温めるという極めて明快な装置です。家庭用エネルギーの約3割を占める給湯



【写真2】薪ストーブ

次世代省エネルギー基準のほぼ半分性能です。

断熱性を確保する方法はさまざまですが詳細を述べる紙幅はありませんが、いくつかのキーワードで理解が深まります。内断熱・外断熱工法、複層ガラス、二重窓、断熱戸・断熱雨戸などを手掛かりに特徴や費用対効果を調べてみましょう。中でも断熱雨戸は効果が大きく、普及させたい手法の筆頭です（写真1）。

もうひとつ、夏の冷房エネルギーを少なくする（むしろ不要にする）には、太陽の直射を遮ることが最も有効な手段です。これは「日射遮蔽」と呼ばれ、断熱が熱の「伝導」を遮るのに対し、直射日光という熱の「放射」を遮るものです。すだれ・よしず、外部



【写真1】断熱雨戸

用の過半が太陽エネルギーでまかなえるのですから、省エネ効果は大きいです。最近では真空管ヒートパイプによる安価で高性能な製品も出回り、投資回収が容易になりました。太陽熱利用の多面的な拡大が期待されます。

住まいにおける最も身近なバイオマス（生物起源のエネルギー源）利用は、焚き木や木質ペレットをストーブで燃やすことでしょうか。つまり現代の、太陽エネルギーが固定化された燃料の利用です。半世紀前までは台所でのご飯炊き、風呂沸かしなどには焚き木が使われていました。今日、敷地内で得られる燃料は庭木の剪定枝ですが、地域の公園や街路樹などから出る剪定枝など、コミュニティとして捉えられ、暖房エネルギーの一定割合を太陽エネルギーでまかなえます。焚き木を準備し、ストーブでその燃える様子を見ながら暖を採ることは冬の喜びであり、心の癒しや家族団欒の手段ともなります（写真2）。

これらの太陽エネルギー利用は、単なるエネルギーの獲得にとどまらず、省エネ意識を高める効果があり、環境を守りつつ心地よい暮らしの実現に極めて有益です。

ブラインド、オーニング、緑のカーテン、壁面緑化などは、いずれもこの効果を高めます。一方、風通しの良さはある程度までの暑さ対策には有効ですが、外気温が体温近くまで上がると、もはや役に立ちません。

住宅建築における断熱と日射遮蔽は、空調設備に頼らず快適な室内環境をつくるための基本です。いずれもエネルギー消費を節減するばかりか、仮にエネルギー供給が途絶した状態でも、命を守るのに必要な最低限の熱環境を保つ基本になります。これは、外部環境から生命・財産を守るシェルターとしての役割を担う建築の原点と直結しています。

なお、春と秋に代表される快適な季節は、住宅はおおらかに開放し自然の快適さを取り入れたらよいでしょう。もともと、騒音や大気汚染さらには侵入犯など、別な要因が関わってそう簡単でないのは、現代社会の抱える大きな問題です。

### ●●●●● 自宅で太陽エネルギーを獲得する

●●●●●  
住まいのエネルギーで最もワクワクするのは、太陽エネルギーの獲得です。太陽光発電は、設備さえ整えば長期にわたり無料

### ●●●●● 今ある住宅を

#### ●●●●● 省エネ・エコ住宅に改修する

●●●●●  
今使っている家を取り壊さず、新たに建築しないことは、資源の有効利用と廃棄物の発生抑制に直結します。建材の生産と廃棄物処理にはエネルギーを必要としますから、既存の住宅を住みやすく改修しながら断熱性と気密性を高めれば、ライフサイクルとしての省エネ効果は格段に増します。さらに太陽エネルギーの利用を組み込んだ省エネ・エコ改修は、住まいを進化させる面白さを教えてください。

●●●●●  
目の前にある建物を基本に住まいを考えることは、出来上がりの姿を確実に予測できる手法です。質の高い建物の構造や素材は長く使われて問題なかったという証明付きです。新築が改修より常に優れているとは限らないのです。

●●●●●  
都市景観の点からも、景観が変わりすぎる街は好ましくありません。美しい建物群は時間を経て形づくられるもので、落ち着きがあり愛着の持てるわが街をつくるには建築（住宅）の長寿命化が欠かせません。既築住宅の省エネ・エコ改修は、新築と並んでこれからの住まいづくりの柱となっていくでしょう。



エネルギー講座  
暮らしとエネルギー  
連載

【第5講】

賢く住む家(スマートハウス)

監修：下田 吉之 大阪大学大学院 教授

丹羽 哲也

大阪ガス(株)エンジニアリング部  
スマートエネルギーハウス推進室 室長

2011年3月11日の東日本大震災および原子力発電所の事故により、エネルギーセキュリティに対する関心が高まったこともあり、通信会社、家電メーカー、ハウスメーカー、エネルギー事業者、さらに自動車メーカーなどが競ってあるいは協力して、スマートハウスの開発を進めています。スマートハウスは、今後の省エネルギーの推進、再生可能エネルギーの活用、エネルギーセキュリティの確保などから不可欠なものになっていくと思われる。今回は、大阪ガス(株)社員家族による居住実験プロジェクトを推進しているスマートエネルギーハウス推進室・丹羽室長に、スマートハウスの現状、実証試験の状況そしてこれからのスマートハウスの方向性などについて聞きました(CEL編集室)。

スマートハウスとは？

スマートハウス＝賢い住宅とは、ICT(情報通信技術)を使って家庭内のエネルギー消費が最適に制御された住宅のことを言います。具体的には、太陽光発電や燃料電池などの「創エネルギー機器」と家電機器や住宅設備を組み合わせてコントロールし、エネルギーを上手に使うことを可能とした省エネ住宅のことです。

「創エネルギー機器」とは、例えば、電気の場合、発電所から送られて来る電気に対して自宅で発電する言わば「マイホーム発電」と言われるもののように、ここでは使用する場でエネルギーを創る(正確には変換する)機器を指します。「太陽光発電」や「燃料電池」がその代表です。



小玉 祐一郎

こだま・ゆういちろう

神戸芸術工科大学  
環境・建築デザイン学科 教授

●●●●●  
面白く元気になる

エネルギーとの付き合い

「住まいの省エネなんて節約・我慢か、なんだかケチ臭いな」と考えてはいませんか。視点や行動を変えれば、エネルギーとの積極的な付き合いは意外と面白いものなのです。

手はじめはエネルギー消費実態を把握すること。毎月の自宅における電力・ガス・灯油の消費量を数値で確認することで、エネルギーへの関心が高まります。伝票整理でもよいのですが、決めた日に自らメーターを検針すると一層意識が高まります。

目に見える太陽エネルギー利用は特に面白いです。太陽熱調理器(ソーラークッカー)は最も



【写真3】太陽熱調理器(ソーラークッカー)

わかりやすい装置です。パラボラ形の集熱器の中心部は高温になり、30分ほどで1リットルの水が沸騰し、2合のご飯が炊けます(写真3)。

面倒な作業を家電製品などにまかせることで、家事は確かに楽になりました。その結果エネルギー多消費型の生活を招いたのは確かとして、同時にさまざまな生活の価値を失ったことにわれわれは気付いているのでしょうか。例えば、家族の助け合い、家事の技術や知恵の伝承、さらには家族の会話や労働による達成感などです。

省エネルギーのためだけでなく、現代生活の充実ないし質の向上には、省きすぎた時間・暇を取り戻すことが必要と私は確信します。家事は実に多様でそれぞれに知恵を出し、体を動かすことが求められます。筋肉と頭を使うことで、体が元気になり、気分も爽快になります。

エネルギーとの付き合いを軸に、手間をかける暮らし方と豊かな心を取り戻してみませんか。

その際大切なのは、際限なく便利・快適を追い求めないことです。エネルギーを利用しながら自然環境の保全と生きる喜びを両立させるには、未来世代のことを想いつつ欲と現実の間でほどの折り合い点を見つけ、自分らしいエコな暮らし方を見つけ出すことが必要だと思います。

CEL

ローエネルギー利用という発想の転換

エネルギーが潤沢に使えるようになったのは20世紀の後半、長い人間の歴史を考えると、ついこの間のことです。その大きな恩恵のあまり、私たちは電気やガス、石油の供給が滞ると禁断症状が現れる「エネルギー中毒」に陥っているフシもあります。他方、これらとは別に、太陽や風、気温の変化など、密度が低いゆえに使い方に工夫の要るエネルギーもあります。前者をハイエネルギー、後者をローエネルギーと区別することができます。

考えてみると、住宅のエネルギー用途は、暖冷房にしても、給湯にしてもそれほど高い温度が必要なわけではなく、ローエネルギーで賄える部分も多いのです。パッシブデザインやソーラー給湯はその代表的なものです。

現代社会でのハイエネルギーの需要は増える一方ですが、もし、私たちがハイとローの使い分けができれば、3.11以後の逼迫したエネルギー事情もずいぶん緩和されるのではないのでしょうか。

パッシブデザインには、自然と交感するという楽しみもあります。ハイエネルギー中毒に陥って見失った住まいの魅力を取り戻し、持続可能な社会を見据え、自然にも社会にも開かれたライフスタイルを再構築する糸口になるでしょう。

燃料電池は発電するだけでなく、お湯を創

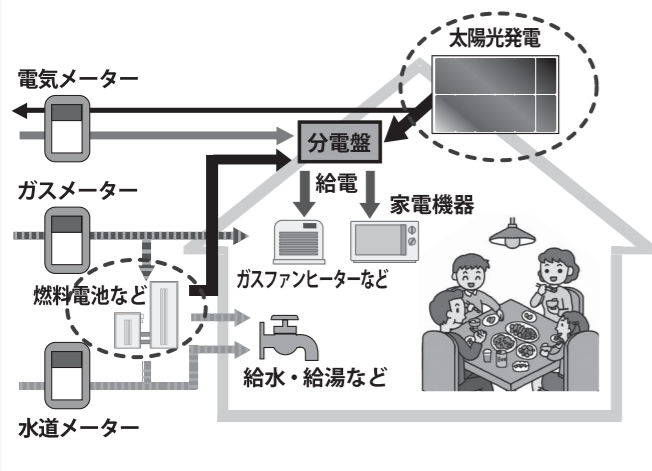
ることもできます。都市ガスまたはLPガスに含まれる水素と空気中の酸素を反応させて発電しますが、その時に反応熱も出ます。

その熱を使ってお湯を沸かすのです。このように、例えば、ガスのようなひとつの原料から、「電気」と「熱」の2つのものを創り出すシステムをコージェネレーションと言います。

コージェネレーションはもともと工場やビルなど規模の大きな業務用途として使われてきました。家庭用のコージェネレーションは約10年前から販売されています。ガスエンジンを使って発電する「エコウィル」が

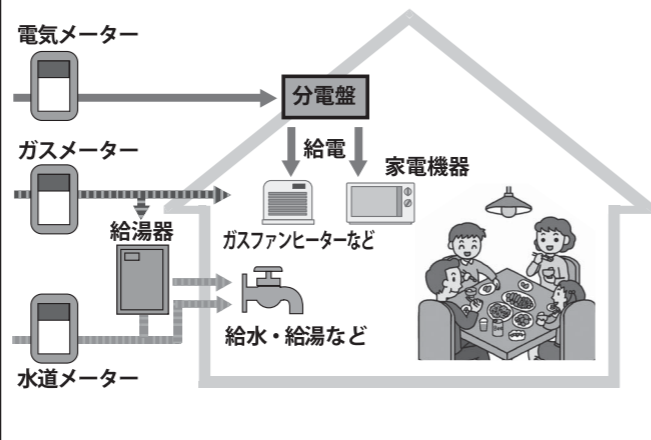
2003年、燃料電池タイプの「エネファーム」が2009年に発売されました。いずれも電気とお湯の両方を創ることができ、発電時の排熱も利用した給湯器の機能も兼ねています(図1)。

再生可能エネルギー・分散電源の有効活用により  
省エネルギー・低炭素を実現



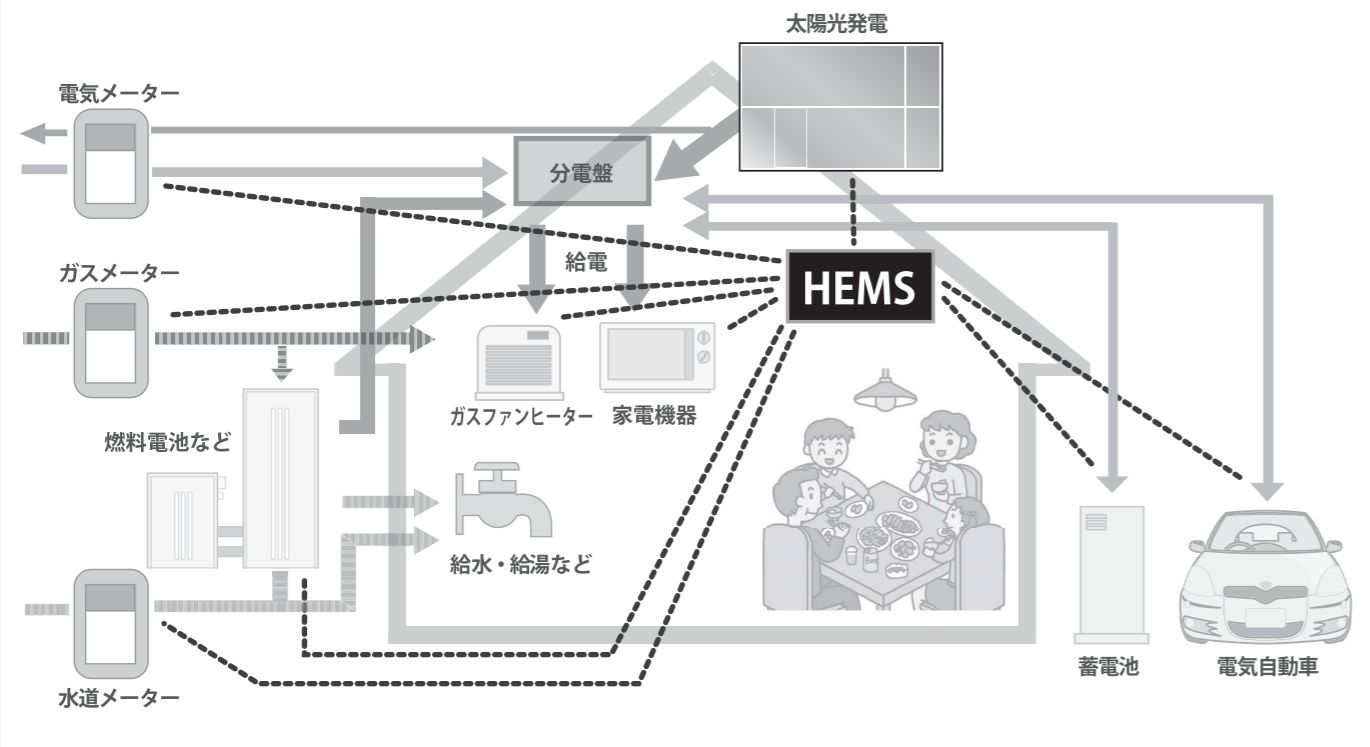
【図4】創エネ機器が導入されたエネルギーシステム

個々の機器・設備が独立  
それぞれが高効率・快適性・利便性を追求

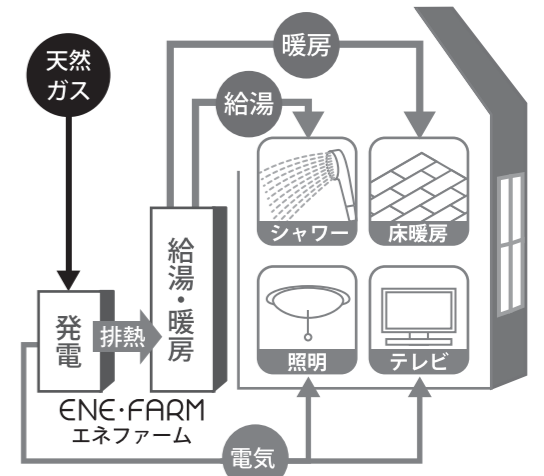


【図3】従来のエネルギーシステム

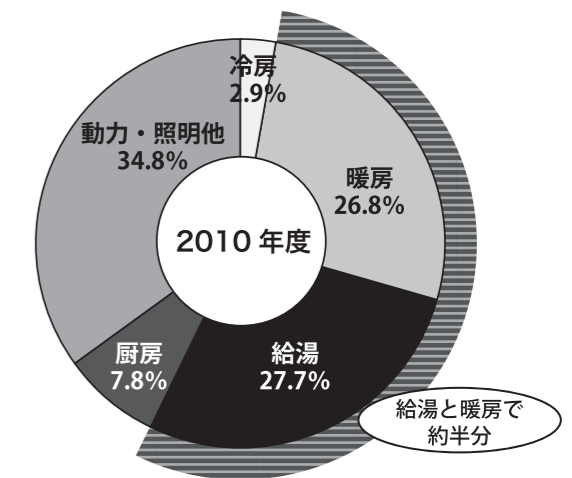
各機器の組み合わせ、相互作用、最適制御により  
セキュリティ・利便性・さらなる省エネ・低炭素を実現



【図5】スマートハウスのエネルギーシステム



【図1】家庭用コージェネレーション



【図2】家庭部門におけるエネルギー消費の用途別内訳  
(出所) 経済産業省「エネルギー白書2012」より作成

家庭用部門は大幅なCO<sub>2</sub>排出量の削減と省エネルギーが求められる分野です。省エネルギーと言うと、まず電気に目が行きがちですが、熱エネルギーの省エネも重要です。一般家庭の平均的なエネルギーの消費量を見てみると、給湯と暖房で約半分を占めていることがわかります(図2)。そのため、私たちは日ごろから電気と熱の両方の省エネを意識しておく必要があります。しかし、省エネと言っても日々の生活の中でただ我慢をするだけでは長続きがしません。快適で便利な生活と省エネの両立が重要です。その実現に必要な技術が住まい手の要求に応じて機器の稼働を適切にコント

ロールするICT技術であり、ICTを搭載したスマートハウスの普及が期待されています。また震災以降、エネルギーセキュリティの問題がクローズアップされ、スマートハウスに対する期待に変化が起きました。すなわち本来の目的に加え、電力供給不足への対応、非常時にも安心して生活できる設備などです。これまで、需要側(家庭)が消費する電力は供給側(発電所)がそれに合わせて発電し、供給するというものでした。しかし、現在は需要側にも供給側の状況に応じて電力使用量を抑制したり、時間をずらしたりする使い方が求められつつあります。

従来のエネルギーシステムは、発電所で発電された電気が分電盤を通して家庭内に供給されて家電機器や照明器具などの電気機器につながっており、給湯器やファンヒーターなどの機器にはガスや電気がそれぞれに供給されていました。省エネルギーの実現とはすなわち、供給側の立場で言う「それぞれの機器効率を向上させる」として(図3)。

太陽光発電や燃料電池などの創エネ機器が普及すると、分電盤には発電所の電気と創エネ機器の電気が混ざって流れるようになります。これらの機器をうまく組み合わせることで省エネを図ることができ

スマートハウスを構成するエネルギーシステム

創エネ機器や蓄エネ機器が採用されるようになって、家庭のエネルギーシステムは複雑になってきました。

従来のエネルギーシステムは、発電所で発電された電気が分電盤を通して家庭内に供給されて家電機器や照明器具などの電気機器につながっており、給湯器やファンヒーターなどの機器にはガスや電気がそれぞれに供給されていました。省エネルギーの実現とはすなわち、供給側の立場で言う「それぞれの機器効率を向上させる」として(図3)。

太陽光発電や燃料電池などの創エネ機器が普及すると、分電盤には発電所の電気と創エネ機器の電気が混ざって流れるようになります。これらの機器をうまく組み合わせることで省エネを図ることができ



## ◆「実証住宅」居住者の声

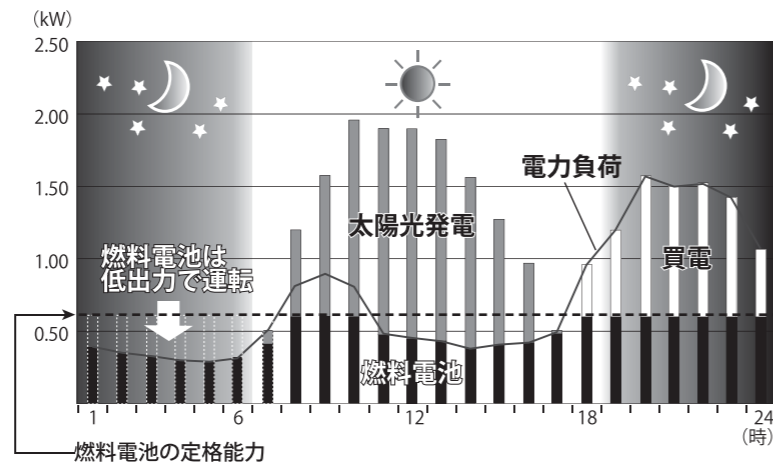
### 3電池で意識せずに節電・省エネが実現

スマートエネルギーハウスに住み始めて約2年、これまでは燃料電池・太陽電池・蓄電池といった3電池が家にあることで、無意識のうちに節電や省エネができた。日々の暮らしの中で、我慢して節電や省エネをするには限界がある。その点では3電池が私達の知らないところでうまく動いてくれているのでありがたい。これからは、節電や省エネといった点だけでなく、いかに快適に

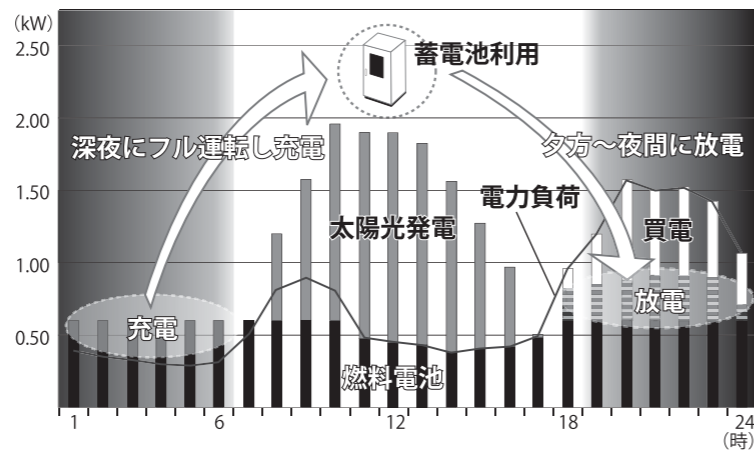
暮らせるかという点についても実証を行う。外気や自然光を積極的に取り入れることでエアコンをあまり使わなくても快適に過ごせたり、暑さ寒さの厳しい時期でも帰宅時や起床時に部屋がひとりでも快適な状態になっている。こんな生活がHEMSやスマートフォンが実現してくれるという。これまでも日々、十分快適に過ごしてきたが、この先の進化が楽しみだ。



暮らせるかという点についても実証を行う。外気や自然光を積極的に取り入れることでエアコンをあまり使わなくても快適に過ごせたり、暑さ寒さの厳しい時期でも帰宅時や起床時に部屋がひとりでも快適な状態になっている。こんな生活がHEMSやスマートフォンが実現してくれるという。これまでも日々、十分快適に過ごしてきたが、この先の進化が楽しみだ。



#### 制御実施



【図6】3電池の制御による省エネ実現例（イメージ）

その時にはエネルギーをロス（消費）します。そのため単純に充電を繰り返しているだけでは増エネになります。これは電気自動車でも同じことが言えます。

一方、蓄電池と燃料電池（SOFC）の組み合わせについて考えてみましょう。燃料電池は通常、夜中などの電気使用量が少ない時は能力を絞って連続運転をします。太陽電池のように余った電気を外部に売ることができないからです。しかし、蓄電池と組み合わせると余った電気を貯めることができるため、燃料

きます（図4）。

さらに、蓄電池（定置型）や蓄電池を搭載した電気自動車（EV）やプラグインハイブリッド車（PHV）なども家庭のエネルギーシステムを構成するようになります。最近では、電気自動車は単に充電するだけでなく、定置型の蓄電池と同じように家に電気を供給するV2H（Vehicle to Home）も提案されています。

これらの複雑なエネルギーシステムを賢く使えるようマネジメントする中枢に位置するものが、第3講でも紹介されたHEMS（Home Energy Management System）です（図5）。HEMSは大きく3つの機能に分けられます。

機能1…エネルギー使用状況の見える化、アドバイス

機能2…機器の遠隔操作

機能3…機器間の相互最適制御

HEMSは、機器リモコン発展形、タブレット、スマートフォンなど様々なハードウェアを母体に、各企業が商品化をしていますが、現在のところは機能が1が中心で、機能2以降を搭載したものはわずか、機能3は実質上まだ開発段階です。

### 創エネ機器とスマートハウス

スマートハウスを構成する重要な要素が創エネ機器です。ガスエンジン式の「エコウィル」や燃料電池「エネファーム」は、都市ガスまたはLPガスを使って電気と熱の両方を供給します。発電量は家の電気使用量や熱の使用量などから最も省エネになるよう制御されます。太陽光発電は、自然エネルギーを使って発電ができます。発電量は制御できませんが、必要分を自家消費し、余った分は系統（電力会社）に売ることができます。

「エコウィル」や燃料電池「エネファーム」と太陽光発電を併設すると、相互の運転に特別な制御を加えることなく、さらに省エネ性をアップするとともに、電力需要ピークの緩和に貢献することができます。つまり、この段階ですである程度スマートハウスに期待される要件は果たしていると言えます。

### スマートハウス開発事例

大阪ガスではこれからのスマートハウスとして、燃料電池（SOFC）※1・太陽電池・蓄電池の3つの電池を組み合わせた「3電



実証住宅

池「住宅を「スマートエネルギーハウス」として開発を進め、2011年2月から実証試験を始めました。奈良県北葛城郡に実証住宅を建て、実際に人が住みながら省エネ性や快適性の評価を行っています（※2）（写真）。

蓄電池の活用にあたっては以下のことに留意する必要があります。蓄電池は電気を充電し、必要な時に放電することができません。非常時のために電気を貯めておき、電力需要が大きい時に放電して自家使用することにより、停電への備え、節電・ピークカットに貢献できます。しかし、充電、放電をす

## ●●●●● これからのスマートハウス

これまで、創エネルギー機器、蓄エネルギー機器を中心に述べてきましたが、実際の家は、照明、空調、給湯、調理、各種家電、窓、建具、建材等様々な用途や設備の集合体です。まずハードの課題として、これらの設備群が密接に関連し合って制御できる環境を創ることが挙げられます。各家電やエネルギーシステムが共通の言語で通信できるしくみづくりを喫緊の課題として国レベルで検討、実証が進められています(※4)。

また従来の住宅設備に比べ、コストがかかるため、スマートハウスが普及していくためには、初期投資が回収可能なメリットの創出とコストダウンが必要になります。

次にソフトの課題。住まい手のプロフィールや住まい方はバリエーションに富み、画一的なものはありません。スマートハウスはこうした個々の住まい手に快適、安心、省エネ、経済的などの価値を提供するものであり、そのバリエーションに対応する柔軟性を持つ必要があります。また住まい手にとってわかりやすく、使い勝手のいいものでなくてはなりません。設備群をどのように制御するのか、そして住まい

手とのインターフェイスのあり方、住まい手の暮らしや視線に立った、まさにソフトの部分が重要な鍵を握ると言えるでしょう。

家の主役はあくまで住まい手であり、スマートハウスに不可欠な情報通信技術はその住まい手を支援するツールにすぎません。今後ますます「スマート」なサービスが提供されていく中で、提供する側は住まい手の暮らしの支援になっているか、住まい手は暮らしに役立つものを選択できているか、意識しておくことが大切です。

CEL

(※1) SOFC (Solid Oxide Fuel Cell) : 固体酸化燃料電池

形燃料電池。燃料電池の中でも特に発電効率が高く、大規模発電所と同等の発電効率がある。

(※2) 積水ハウス株式会社と共同実施。

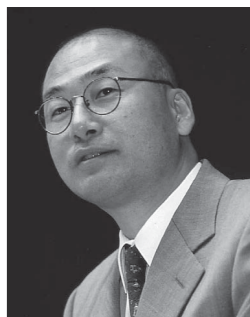
(※3) 排出削減103% (3電池でCO<sub>2</sub>排出量を削減し、さらに太陽電池の売電分で火力発電所のCO<sub>2</sub>排出を削減したとして、消費した分と差し引きゼロを超えてさらに3%削減)。

(※4) 経済産業省「エネルギーマネジメントシステム標準化における接続・制御技術研究事業」。

早稲田大学がこの事業で国から補助を受け、産学官の研究・開発施設「Energy Management System (EMS) 新宿実証センター」を開設。電気・ガス事業者、通信事業者、ハウスメーカー、自動車メーカーなど26法人がこれに協力。

## スマートハウス

数年前からスマートフォンを使用するようになった。何かと便利なのだが、電話をかける回数は減っているように思う。通勤電車でも座っている人も立っている人も小さなスマホに黙って一斉に指を滑らす姿を見るのは実に滑稽な気がする。二つに折れる携帯電話をまだ使用しているのは、恥ずかしいという人まで出てきた。そのスマートが住宅にも進出して「スマートハウス」が大流行だ。何か、今までの住宅の問題を一気に解決してくれそうな気がする。ちょっと待って欲しい。スマートハウスに住めば幸せな住生活を送ることが約束されているのであれば話は簡単だ。現在のスマートハウスは家電機器やエネルギー機器をIT技術で結び制御して省エネや利便性を向上させようとする意味で使用されている。しかし、ハードが先行している気がしてならない。そのような意味で家電製品を単純に接続するだけのスマートハウスは早晚淘汰されてしまうであろう。ITの発展により生活やライフスタイルがどのように変化して行くかが想像できないと駄目である。それならば君は想像できるのかと聞かれれば、明確にはわからない。現在、電機、住宅、IT、エネルギーなど、各業界でさまざまな取り組みが行われている。その切磋琢磨の中から、近い将来、豊かな生活を提供してくれる本当の意味でのスマートハウスが出てくることを期待している。



田辺 新一

たなべ・しんいち

早稲田大学建築学科 教授

## Lectures on Energy

Supervised by Shimoda Yoshiyuki, text by Tomma Kiyoshi

# 電力供給システム

## 第六講

エネルギー講座 暮らしとエネルギー

## 電気を作り届けるしくみを知る

下田 吉之 監修

大阪大学大学院教授

当麻 潔

大阪ガス株式会社エネルギー文化研究所研究員

## 電気のしくみを知ろう

私たちの生活に電気はなくてはならないものです。電気はエネルギーの一種で、単位時間あたりの電気の仕事量が「電力」です。「電力」を決めるのが、電子が流れる量である「電流」と、電子を流そうとする圧力である「電圧」です。「電力(W)」は「電圧(V)」と「電流(A)」の積で求められます。

「電力(W)」に時間(h)をかければ、電気が実際に行った仕

事量である「電力量(Wh)」となります。水道に例えれば、水道の蛇口から出る水の勢い(単位時間あたりに流れる水の量)が「W」で、容器に溜まった水の総量が「Wh」です。「W」は、発電設備の発電出力(能力)やピーク電力需要を表すのに用いられ、「Wh」は、月間(年間)電力使用量に用いられます。私たちが日常生活で使っている電気には、「直流(DC: Direct Current)」や「交流(AC: Alternating Current)」があります。「直流」とは、常に一定方向に流れる電流のことであり、



Table 1 発電方式の比較表

## さまざまな発電方式とそのメリット、デメリット

方式	メリット	デメリット	発電コスト(円/kWh)
 <b>原子力</b> Nuclear	<ul style="list-style-type: none"> <li>●発電時CO<sub>2</sub>を排出しない</li> <li>●ウラン資源が広く分布し、供給安定性は高い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●社会的受容性に問題</li> <li>●放射性廃棄物の処理処分方法が確立していない</li> </ul>	¥8.9～
 <b>石炭</b> Coal	<ul style="list-style-type: none"> <li>●資源量が広くまた多くあり、供給安定性は高い</li> <li>●他の化石燃料と比較して、低価格で安定している</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●化石燃料のなかでCO<sub>2</sub>の排出が最も多い (CO<sub>2</sub>排出量: 石炭&gt;石油&gt;天然ガス)</li> </ul>	¥10.3～10.6
 <b>石油</b> Petroleum	<ul style="list-style-type: none"> <li>●需要変化への対応に優れている</li> <li>●燃料貯蔵が容易である</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●CO<sub>2</sub>の排出が多い</li> <li>●中東への依存度が高く、供給安定性に懸念がある</li> <li>●燃料価格が高い</li> </ul>	¥25.1～28.0 <small>(利用率50%)</small>
 <b>天然ガス (LNG)</b> Natural Gas	<ul style="list-style-type: none"> <li>●高効率で需要変化への対応に優れる</li> <li>●燃料の調達先が分散しており、長期契約が中心であるため、比較的供給安定性は高い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●CO<sub>2</sub>を排出する (化石燃料のなかでは最も少ない)</li> <li>●燃料および輸送費が高い</li> <li>●インフラ整備が必要</li> </ul>	¥10.9～11.4
 <b>太陽光</b> Solar	<ul style="list-style-type: none"> <li>●発電時CO<sub>2</sub>を排出しない</li> <li>●資源の制約がない</li> <li>●戸建住宅に容易に設置可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●天候や時間帯により出力が変動し、発電が不安定</li> </ul>	¥9.9～20.0 <small>(住宅用)</small>
 <b>水力</b> Water	<ul style="list-style-type: none"> <li>●発電時CO<sub>2</sub>を排出しない</li> <li>●需要変化への対応に用いられる(揚水発電)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●大規模な新規開発が困難</li> <li>●渇水時に発電が困難</li> </ul>	¥19.1～22.0 <small>(小水力)</small>
 <b>風力</b> Wind	<ul style="list-style-type: none"> <li>●発電時CO<sub>2</sub>を排出しない</li> <li>●資源の制約がない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●風況により出力が変化し、発電が不安定</li> <li>●電線、景観や低周波騒音の問題等立地場所が限定される</li> </ul>	¥8.8～17.3 <small>(陸上)</small>
 <b>地熱</b> Geothermal	<ul style="list-style-type: none"> <li>●天候に左右されず、供給安定性に優れる</li> <li>●世界有数の火山国であり、ポテンシャルは大きい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●適応地の多くが国立公園内にあり、また、温泉泉源の枯渇懸念が温泉組合にあり、建設に制約</li> </ul>	¥9.2～11.6
 <b>バイオマス</b> Biomass	<ul style="list-style-type: none"> <li>●過去数十年の大气のCO<sub>2</sub>を生物が光合成したものであり、トータルでCO<sub>2</sub>フリー</li> <li>●安定した出力が得られる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●資源回収システムが未整備</li> </ul>	¥17.4～32.2 <small>(木質専焼)</small>

※1: メリット、デメリットは、CELでの整理 ※2: 発電コストは、エネルギー・環境会議「コスト等検証委員会報告書(2011年12月19日)」より

化石エネルギー

再生可能エネルギー

乾電池や自動車のバッテリーのように、プラス極からマイナス極に移動します。「交流」とは、電流の流れの方向と大きさ(電圧)が周期的に変化する電流のことで、家庭用の電源は交流です。直流で動くパソコンなどの電化製品は、アダプターを使って、交流から直流に変換しています。

「交流」は、電流(電圧)を縦軸、時間を横軸で表すと、グラフがサインカーブという波形(プラスの山とマイナスの山をひとつの波形とした繰り返し波形)を描きます。1秒間に繰り返しされる電流(電圧)の変化の回数を「周波数(Hz:ヘルツ)」といいます。日本では、静岡県富士川から新潟県糸魚川あたりを境に、東日本では50Hz、西日本では60Hzが用いられます。2つの周波数の電気が用いられた経緯は、初めて発電機を輸入した明治時代に、関東ではドイツ製の50Hz用、関西ではアメリカ製の60Hz用を採用したためです。周波数を全国統一するには、莫大な費用と時間がかかるため、現在でもそのままになっています。

## 電力供給システム

### 1 多様な発電方式

私たちが家庭で使っている電気はどのように作られ、届けられるのでしょうか。届けるには、遠く離れた発電所で作られ、高い電圧で発電所から送り出され、送電線→変電所→配電線→引込線を経て、家庭に届けられています(Chart1)。

発電の方式には、「火力発電」「原子力発電」および「再生可能エネルギー発電(水力発電を含む)」があります。

「火力発電」は、化石燃料を燃やしたときに発生する熱エネルギー(高温高圧の水蒸気)でタービン発電機を回して電気を起こします。発電に使用される化石燃料としては、「石炭」「石油」「天然ガス(LNG:液化天然ガス)」があります。

「原子力発電」は、原子炉の中でウランを核分裂させ、できた中性子の速度を下げて核分裂を連続させ、そのとき発生する熱で高温高圧の蒸気を作り、タービンを回して電気を起こします。「再生可能エネルギー発電」は、化石燃料以外のエネルギー源のうち、永続的に利用することができる再生可能エネルギーを

電気がどのように作られ、届けられるのでしょうか。届けるには、遠く離れた発電所で作られ、高い電圧で発電所から送り出され、送電線→変電所→配電線→引込線を経て、家庭に届けられています(Chart1)。

### 2 期待される再生可能エネルギー発電

再生可能エネルギー発電は、発電時にCO<sub>2</sub>を発生しない、純国産エネルギーを用いた発電方式であり、燃料を輸入する必要がなく、持続可能性の観点からも、導入促進が必要です。ところが、わが国の再生可能エネルギーの導入率は、2011年度の発電電力量ベースで1.4%(「エネルギー白書2012」)であり、一方、ドイツは15.4%、イギリスは2.8%(いずれもENTSOE:欧州送電会社協会による2011年データ)となっており(いずれも水力を除く)、海外と比較しても極めて低い状況にあります。そこで、再生可能エネルギーの導入促進のため、2012年7月に「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」がスタートしました。

再生可能エネルギーといえば、「太陽光発電」や「風力発電」をイメージする人が多いのですが、日本は有数の火山国であるため「地熱発電」のポテンシャルも大きく、また、建築廃材や家畜の排泄物などの廃棄物系から森林などの木質系まで多様なバイオマスを活用した「バイオマス発電」も有用な再生可能エネルギー発電です。

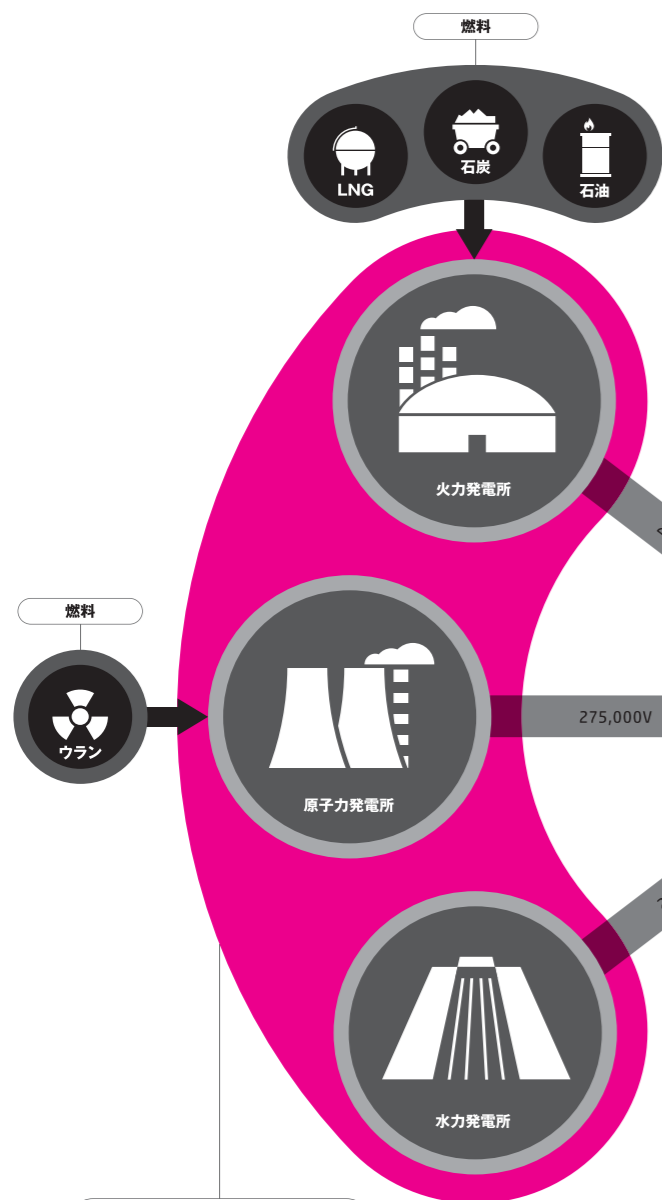
使って行う発電です。再生可能エネルギーには、「太陽光」「風力」「太陽熱」「バイオマス」「水力」「地熱」などがあります。「水力発電」は、水が高いところから低いところに流れ落ちる力を利用して水車を回し、水車と直結した発電機で電気を起こします。河川の流れをそのまま利用した「流れ込み式」、河川の流れをせき止め、水を貯める調整池を利用した「調整池式」、大規模なダムに大量の水を貯める「貯水池式」、発電所の上部と下部に調整池を作り、発電に用いて下部池に貯まった水を必要の少ない夜間の電力で上部池に汲み上げ、需要の多い昼間に再度発電を行う「揚水式」があります。揚水式発電は、昼間と夜間の需要の凸凹をならして、発電所の稼働率を向上させるための蓄電池の役割を果たしています。

各発電方式の比較を3E(エネルギー・セキュリティ、環境性:CO<sub>2</sub>排出量、経済性)+S(安全性)の観点から行い、「Table1」にまとめました。また、政府が試算した発電コストも参考に記載しました。

# 発電された電力が家庭に届くまで

## 発電

おもな発電の方式には、水力、火力、原子力発電がある



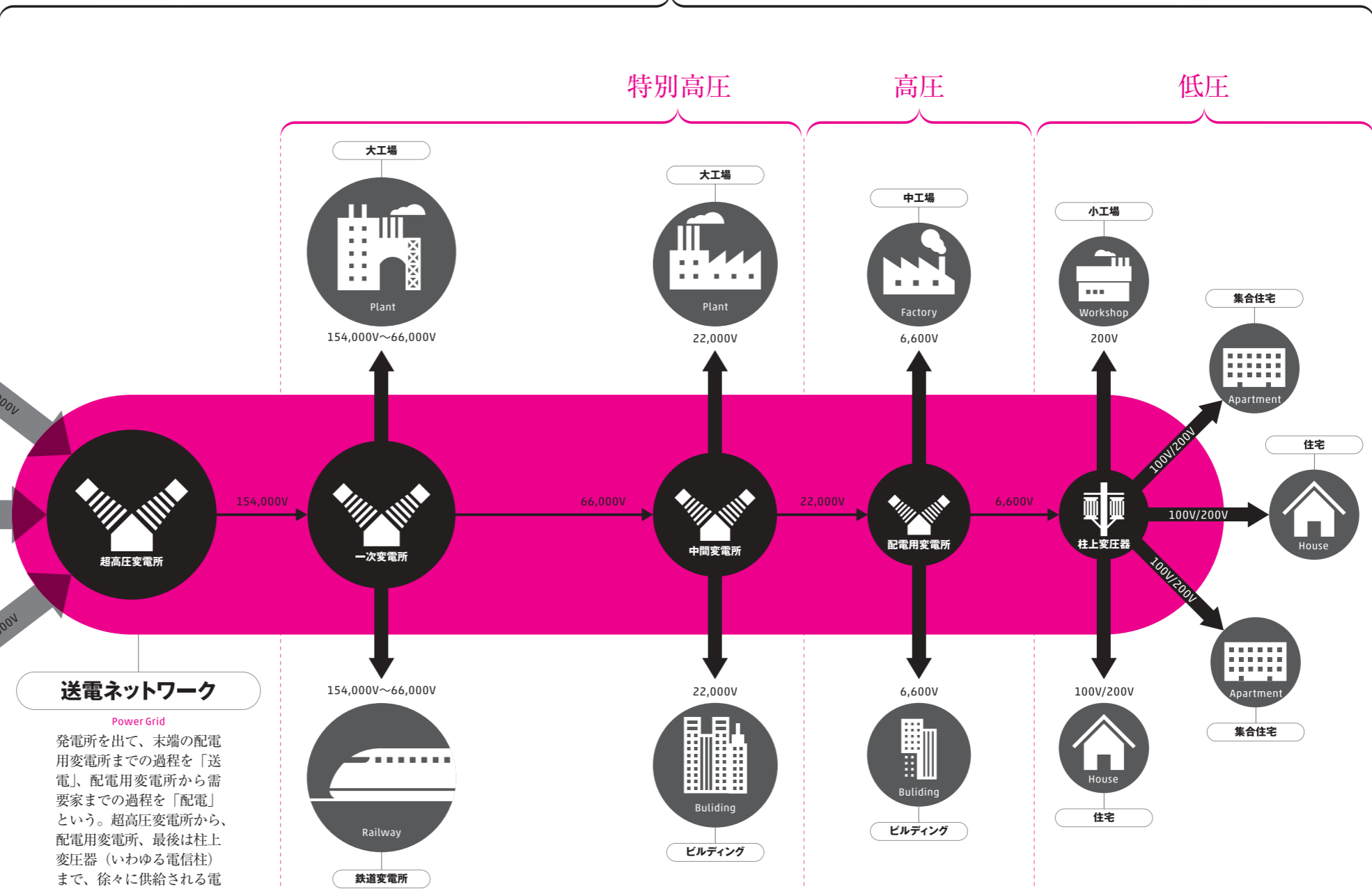
### 三大発電

The Three Major Power Systems

火力、原子力、水力による発電量の合計が総発電量のほぼ95%以上を占めるため、これらは「三大発電」と総称されている。太陽光、地熱、風力などの再生可能エネルギーによる発電は、2011年度段階で、まだ総発電量の14%しかない。

## 送電

電気は、供給時の電圧が高い順に、各需要家へと届けられる



### 送電ネットワーク

Power Grid

発電所を出て、末端の配電用変電所までの過程を「送電」、配電用変電所から需要家までの過程を「配電」という。超高压変電所から、配電用変電所、最後は柱上変圧器（いわゆる電信柱）まで、徐々に供給される電圧が下がっていく。

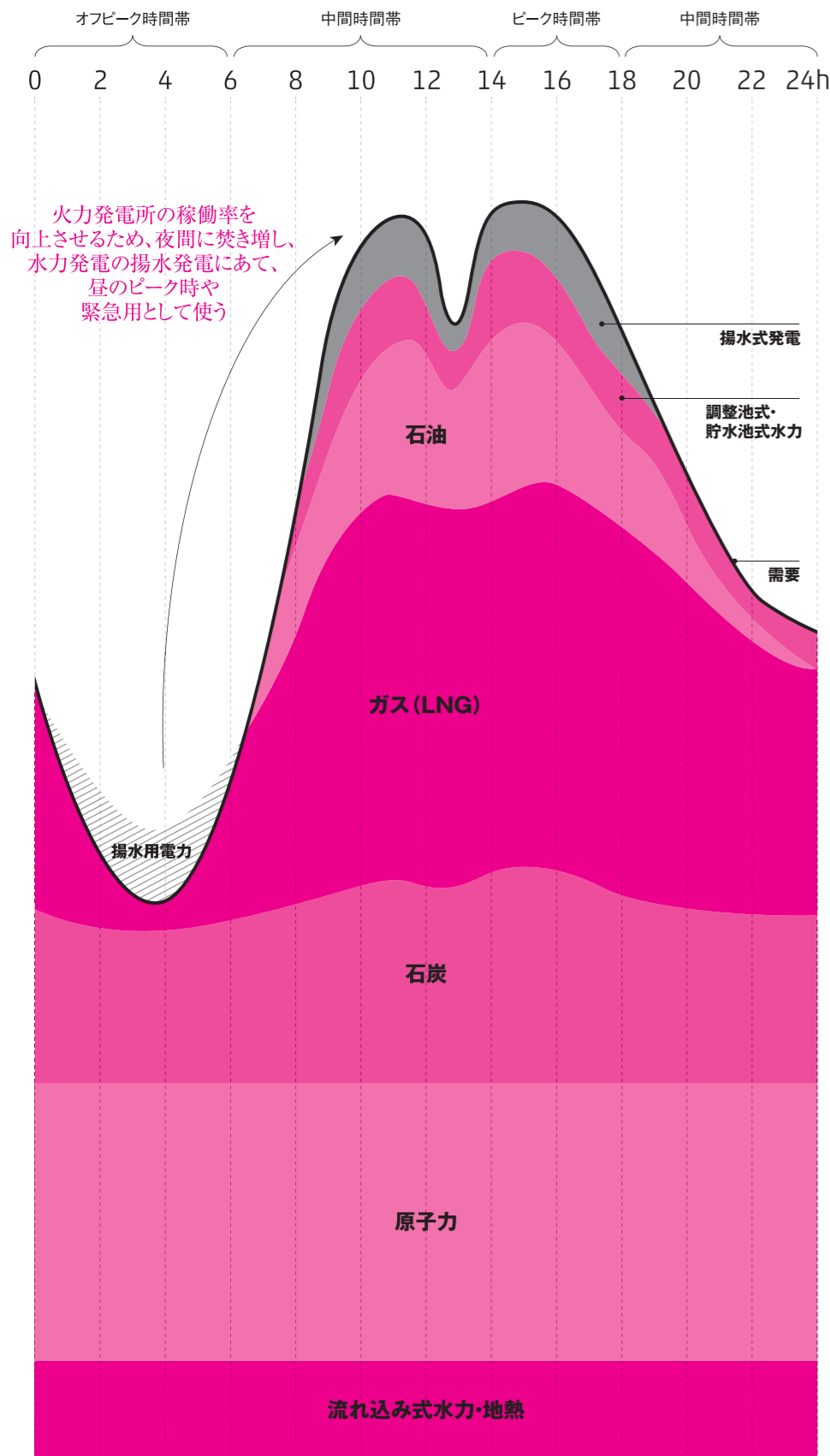
大規模発電所で作られた電気は、さまざまな送配電設備を経て需要家に届けられる。こうした供給システムは大規模集中型と呼ばれる

電線に電気を通す際に、電気抵抗によって電気エネルギーの一部が熱となって空中に放散されることを送電ロスという。発電所から需要家までの距離は長いので、送電ロスを少なくするために、発電所からはいったん電圧を高くして送電され、何カ所かの変電所を経て電圧を下げながら需要家に届けられる、という工夫がなされている。



## 24時間供給量をコントロールする工夫

3.11東日本大震災前のイメージ図



料電池、コージェネレーション等の電源を「分散型電源」といいます。3・11東日本大震災に伴う原子力発電所の停止による計画停電や、全国的な電力需給の逼迫から、この分散型電源の重要性が高まっています。

分散型電源は、防災対応等の緊急時に既存の電力会社の電力に依存しない自立型としての活用が可能であり、需要地と近接して設置するため送電時のエネルギー損失を低減できる利点があります。

また、燃料電池やガスエンジン等のコージェネレーションによる排熱を近接した需要地で有効利用することができ、エネル

ギー総合効率が高まります。

一方、出力が不安定な太陽光発電や風力発電等が大量に電力系統に接続された場合、周波数の乱れや余剰電力の発生、配電網の特定地点での電圧上昇等の問題が生じる懸念もあります。

今後、大規模集中型と分散型の連携による、電力の安定供給のための技術開発や仕組みが必要となってきます。

**これからの電力システム**

分散型電源と大規模集中型電源とをネットワーク化し、電力

それぞれの電源には、コスト構造に特徴がある。24時間、需要に応じた量を安定供給し、かつ発電コスト全体が最も安価になるように、各電源を組み合わせる運転パターンを決定している。

地球温暖化対策としても有効であり、今後の導入促進が期待されます。

### 3 バランスのとれた電源構成

わが国の電源構成を見ても、1963年度に火力発電の出力が水力発電を上回り、その後、石炭火力から石油火力への転換が行われ、大容量・高効率の石油火力発電が増加しました。1973年度の第一次オイルショックを契機に、原子力、LNGが石油代替電源として積極的に開発され、電源の多様化が進められました。その結果、わが国の電源構成は、他国と比較して、原子力、化石燃料(石炭、石油、LNG)、水力のバランスがとれた構成となっていました。

一日の電源構成は、運転特性、経済性等を考慮して、多様な電源を組み合わせ、各電源を、「ピーク」「ミドル」「ベース」の供給力に振り分けています。

3・11の東日本大震災に伴う東京電力の福島第一原子力発電所の事故以降、原子力発電所の停止が相次ぎ、2011年度はLNG火力発電の構成比が40%と最も多くなっています。LNG火力発電は、近年コンバインドサイクル(ガスタービンの排熱を利用してさらに蒸気タービンを回して発電する方式)で、50%以上の発電効率を実現しており、今後の火力発電の主流になると思われます。

### 4 電気は送配電線を通じて家庭まで届きます

発電所で作られた電気は、需要家までさまざまな電力設備を経て届けられます。電線に電気を通すと、電気抵抗により、電気エネルギーの一部が熱となって空中に放散されます。これを送電ロスといいます。通常、発電所から需要家までの距離が長い場合、発電所から電気を高い電圧で送電することで、少ない電流でも送電ロスを少なく送ることが可能になります。そのため、一般的には、27万5000〜50万Vと非常に高い電圧で送電されます。送電ロスは、「直流送電」の方が少ないのですが、電圧を変えることが難しく、変圧器で簡単に電圧を変えられる「交流送電」が主流となっています。

発電所から「送電線」を通じて高圧で送られた電気は、何か

発電所で作られた電気は、需要家までさまざまな電力設備を経て届けられます。電線に電気を通すと、電気抵抗により、電気エネルギーの一部が熱となって空中に放散されます。これを送電ロスといいます。通常、発電所から需要家までの距離が長い場合、発電所から電気を高い電圧で送電することで、少ない電流でも送電ロスを少なく送ることが可能になります。そのため、一般的には、27万5000〜50万Vと非常に高い電圧で送電されます。送電ロスは、「直流送電」の方が少ないのですが、電圧を変えることが難しく、変圧器で簡単に電圧を変えられる「交流送電」が主流となっています。

所かの変電所を経て、電圧が下げられ、配電用変電所で一般家庭に電気を供給するため6600Vまで下げられます。そこから、「配電線」を通じて、電柱に設置されている「柱上変圧器」で100Vまたは200Vにまで下げられ、一般家庭に届けられています。

### 電気の需要と供給のバランス

電気は貯蔵することができないため、安定した電気を供給するためには、変動する需要(消費量)に対して、供給(発電量)を時々刻々と一致させる必要があります。これを「同時同量」といいます。

この需要と供給のバランスが崩れると、周波数や電圧等、電気の品質に影響します。需要に対して供給が多いと、周波数が上昇し、少ないと下降します。3・11の東日本大震災直後、東京電力は管内で計画停電を実施しましたが、これも原子力発電所および火力発電所が停止し、需要に対応するだけの電力供給量が確保できなかったためです。通常、故障による停止や景気の変化、猛暑に備えて、夏季のピーク需要に対して8〜10%程度余裕を持って供給を準備する必要があると言われています。

電力会社は、周波数の偏差が0.1〜0.3Hz以下になるようにコントロールしています。電気の使用状況は、一日のなかでも朝、昼、夜で大きく変化し、季節によっても異なります(Chart 2)。常に、電気の使用状況に合わせて発電所の発電量をコントロールする必要があります。各電力会社の「中央給電指令所」が発電所に指令を出し調整しています。

同時同量を行うため、3・11東日本大震災時のように発電所が停止した場合も想定し、異なる周波数間も含めた、全国規模の融通による、電力安定供給体制の強化が必要とされています。

### 大規模集中型から分散型へ

従来型の、需要家から遠い沿岸部に建設された大規模発電所から送配電線を経て需要家に電気を届ける「大規模集中型電源」に対して、需要家近辺に分散して設置した太陽光発電、燃



のライフスタイルの変革までも幅広く含むエリア単位の次世代エネルギー・社会システムが導入されたコミュニティを「スマートコミュニティ」といいます。今後の新たなエネルギー・社会システムとして期待されており、京阪奈、北九州、横浜、名古屋等で実証試験が行われています。

## エネルギー・リテラシー向上のために

電気は私たちの生活には不可欠なエネルギーです。電力をはじめとするエネルギーの選択には、供給安定性、環境性、経済性、持続可能性等を考慮した合理的な判断が必要です。そのためにはエネルギー・リテラシー（エネルギーを賢く使うための基礎知識）を身につけることと、継続的なリテラシーの向上が重要となります。このエネルギー講座が読者のエネルギー・リテラシーの向上に貢献できるものと確信しています。

を効率よく（賢く）マネジメントするシステムである「スマートグリッド」が注目されています。これは、太陽光発電や風力発電等、出力が自然条件に左右される再生可能エネルギーを大量に導入しつつ、安定的な電力供給を確保するため、バックアップ電源や大容量蓄電池等の電力系統側の対策だけではなく、情報通信技術（ICT）を用いて需要側での対策も講じ、効率的に需給バランスをとり、電力の安定供給を実現する電力送配電網のことです。

さらに電力に加えて、熱も併せたトータルのエネルギーをICTを用いて制御するネットワークを「スマートエネルギーネットワーク」といいます。再生可能エネルギーと合わせてコージェネレーションを地域全体で制御して、発電の際に発生する排熱を電力と共に地域ネットワーク内で活用・最適化するものです。また、コージェネレーションの運用により、再生可能エネルギーの出力変動を平滑化する効果も期待できます。さらに、電力と熱に加えて、地域の交通システムや水、市民

Column

## 岐路に立つ電気事業

電気事業は、福島第一原子力発電所事故以降、大きな岐路に立っています。これまで電力供給において重要な役割を果たしてきた原子力発電の安全性への懸念から、安全審査を中心に、その位置づけの見直しも検討されています。これに伴い、ほとんどの原子力発電所の停止が続いていることで夏場・冬場の節電が求められるようになるとともに、電力会社の化石燃料の購入費用が増加し、東京電力、関西電力および九州電力の電気料金値上げが行われ、さらに東北電力、四国電力そして北海道電力でも同様に値上げが行われる予定になっています。また2012年



Ogasawara Jyunichi

7月から再生可能エネルギー発電の固定価格買取制度が開始され、メガソーラーなどの太陽光発電の設置が進んでいます。さらにこれまで大口需要家を中心に自由化が進められてきました。が、今回はより一歩踏み込んで電力会社の送配電部門の法的分離と全面自由化（家庭も電力会社を自由に選択する制度で、2016年度から開始予定）を行うことになりました。スマートグリッドや分散型電源、省エネルギー・サービスなど、新しい動きも見られます。今後は皆さんの電力会社やさまざまな関連サービスの選択により、電気事業の新しい姿が決まっていくこととなります。

## 小笠原潤一

（財）日本エネルギー経済研究所  
電力石炭エリート  
電力グループマネージャー  
研究主幹

## 第七講

## 電気事業制度

## 自由化時代に向けての現状と課題

## 下田吉之 監修

大阪大学大学院教授

## 当麻 潔

大阪ガス㈱エネルギー文化研究所研究員

## 電気の自由化に伴い新たな電気事業者が参入

わが国は、電気事業法により電気事業の運営が規制されており、この法律によって、事業者の種類が規定されています。Table 1に示すように、地域の電力会社（北海道電力から沖縄電力までの10社があり、「一般電気事業者」と言います）以外に、「卸電気事業者」、「卸供給事業者」、「新電力（特定規模電気事業者）」などが存在しています。

わが国は、電気事業法により電気事業の運営が規制されており、この法律によって、事業者の種類が規定されています。

Table 1に示すように、地域の電力会社（北海道電力から沖

この状況にあって、国際的に割高な水準にあったわが国の電気料金の高コスト構造に関する指摘等を踏まえ、1995（平成7）年に卸電気事業者の参入許可の原則撤廃（IPP事業者の参入）という第1次制度改革がなされました。続いて、1999（平成11）年の第2次制度改革（大規模工場やデパート等契約電力2000kW以上の特別高圧需要家を対象とした部分自由化）、2003（平成15）年の第3次制度改革（中規模工場やスーパーマーケット等契約電力50kW以上の高圧需要家まで自由化範囲の拡大を行った）、2008（平成20）年の第4次制度改革（卸電力取引所の取引活性化に向けた改革）が行われました。これらの制度改革により、発電部門における競争原理が導入されるとともに、小売部門において部分自由化が実現し、2011年時点で、全需要の62%が自由化市場となっています。

ただし、自由化市場における新電力のシェアは、現在では3.6%程度でしかありません。地域別に見ると、関東や関西等の大都市圏においては比較的高いものの、地方においては非常に低く、ほとんどない地域もあります。依然として、一般電気事業者による事実上の独占という市場構造は基本的に変わっていません。

## 3.11 東日本大震災を契機に明らかになった問題点

2011年3月11日に発生した東日本大震災とそれに伴う太平洋沿岸の原子力発電所や火力発電所の停止により、関東地区では電力供給量が不足し、計画停電が実施されました。また、その後も長期間にわたって全国

のほとんどの原子力発電所の停止が続き、関西地区を中心に電力需給が逼迫しました。さらに電気料金の値上げが実施され、電力供給の安定性や価格等、現行の電力システムが抱えるさまざまな問題や限界が明らかになりました。

2013年2月に発表された政府の「電力システム改革専門委員会」の報告書では、3・11東日本大震災がもたらした環境変化として以下の5つを挙げています。

3・11東日本大震災を契機に、わが国の電力供給システムと電気事業制度について、さまざまな問題点や限界が明らかになっています。

こうした現状を踏まえ、2013年4月に「電力システムに関する改革方針」が閣議決定されました。前号のエネルギー講座第六講「電力供給システム」に続き、今回は、これまでの電気事業制度改革を振り返り、明らかになった問題点を整理し、今回閣議決定された新たな制度改革について考えてみます。

## これまでの電気事業制度改革

戦後、わが国の国民生活と企業活動、経済成長は、低廉で安定的な供給がなされてきた「電気」によって支えられてきたと言っても過言ではありません。

垂直一貫体制（発電部門、送配電部門、小売部門が同じ電力会社）による地域独占、原価回収が保証された電気料金設定という電気事業制度の下、大規模電源の確保と各地域への供給保障を実現してきました。

- ① 基幹電源と位置づけられていた原子力発電への信頼が大きく揺らいだ。
- ② 大規模電源の供給力確保のリスク、需給調整の柔軟性の欠如が露呈した。節電等の需要側の工夫や分散型電源が、需給調整させるための手段として期待されるようになった。
- ③ 需給の逼迫に対して、他地域からの電気の融通での対応において、東西の周波数の違い、周波数変換設備や一部の連系線容量の制約等により、供給力の広域的な活用に限界があった。
- ④ 電力を選択したいという国民意識が高まり、また、多くの需要家がピーク時の電力使用量の制約が大きな経済価値を持つことに気が付いた。
- ⑤ 再生可能エネルギーやコージェネレーション等多様な供給力の活用がこれまで以上に求められるようになった。また、これらのいっそうの活用を図るためには、高い需給調整能力や地域を連系する送配電網の整備が求められる。

## 新たな電気事業制度改革

3・11東日本大震災を契機に明らかになったこれらの問題点に対して、以下の3つの目的からなる新たな電気事業制度および電力システムの改革が検討されました。

- ① 安定供給を確保する
- ② 電気料金を最大限抑制する
- ③ 需要家の選択肢や事業者の事業機会を拡大する

検討の結果、以下の3段階による電力システム改革方針が示され、2013年4月に閣議決定されました。

① 広域的運営推進機関の設立——2015（平成27）年を目途に平常時、災害等による需給逼迫時を問わず、需給調整を行う「広域的運営推進機関」が設立されます。これにより、安定供給体制の抜本的強化、電力コスト低減を図るため、従来の区域（エリア）概念を超えた全国規模での需給調整機能を強化することになります。

Table 1

## おもな電気事業者

種類	【形態】 概要	事業者例
<b>一般電気事業者</b>	【発電・送電・小売】 各地域で一般の需要に応じ、電気を供給する事業者。発電・送配電設備を自社保有。	東京電力、関西電力等10社
<b>卸電気事業者</b>	【発電・卸売】 一般電気事業者に電気を卸売する事業者で、200万kW超の供給設備を有する事業者。	電源開発（J-POWER）、日本原子力発電
<b>卸供給事業者（IPP事業者）</b>	【発電・卸売】 一般電気事業者に一定規模（*1）を超える卸売を行う事業者。	新日鐵住金、JX日鉱日石エネルギー、神戸製鋼所、出光興産等
<b>新電力（特定規模電気事業者）</b>	【発電・小売】 特定規模需要（原則50kW以上の大口需要）に応じ、電気を供給する事業者。	エネット、丸紅、JX日鉱日石エネルギー、新日鐵住金エンジニアリング等

（\*1） 5年以上10万kW超、もしくは10年以上1,000kW超

電気事業の自由化が進むにつれ、新規参入が増えている。2013年9月10日現在、新電力は100社に達している。



②電力小売の全面自由化——2016（平成28）年を目途に家庭部門を含めたすべての需要家が電力供給会社を選択できるようにするため、小売の全面自由化が行われることとなります。すなわち、従来企業が行ってきたように家庭も自由に電力会社を選べるようになります。さらに、発電においても卸規制が撤廃されます。

③発送電分離——2018（平成30）～2020（平成32）年を目途に電力会社の送配電部門を別会社にする発送電分離が行われます。発電事業者や小売電気事業者が公平に送配電線を利用できるようにになります。また、電気の小売料金の規制が完全撤廃され、競争原理で電気料金が決まるようになります。

## 欧米での自由化の状況

わが国の電気事業は、地域別分割、地域独占、発送電一貫経営、民営という特徴があり、欧米と比べて自由化の導入が遅れていました。

欧州は、EU電力指令（加盟国の共通規則）により1996年に小売市場の段階的な自由化が始まり、2007年までにすべての需要家を対象とした小売自由化が実施されています。

一方、米国は州単位で自由化が進められており、1997年に北東部のロードアイランド州で産業用需要家に限定した自由化が実施されて以来、2011年1月現在で、自由化されたのは15州+ワシントンDCにとどまっています（資源エネルギー庁の資料による）。自由化によりユーザーは多くの電力会社から多様なメニューの提案を受け、自由に電力会社・電気を選ぶことができるようになりました。

しかし、米国カリフォルニア州では2000～2001年に電力の供給不足によって電力価格が高騰し、電力危機が起こりました。また、2003年には送電網の管理の不備により北米大停電が発生しています。さらに、欧・米ともに、料金は自由化後むしろ上昇した例もあるなど、その評価は難しい状況です。

## 電気を選べるリテラシーを身につけましょう

電力の小売の全面自由化や発送電分離が進められようとしています。電気料金の規制が撤廃され、複数の電力会社から、あたかも携帯電話サービスのようになざまな料金メニューが提示されます。私たちは、それら多様な選択肢から低価格の電気や新たなサービス、地球環境への貢献などのメリットを享受できる可能性が高いでしょう。同時に自由化が先行している欧米の状況に見られるように、価格（料金値上がり）リスクや、発送電分離後、多数の事業者の参入により、需給調整の複雑化に起因する供給リスク（停電）等も考えられます。エネルギー自給率の極端に低い「離島」のようなわが国において、どのようなエネルギー供給体制が望ましいのでしょうか。

電気の全面自由化時代に向けて、私たちは、正しいエネルギー・電気に関するリテラシーを身につけ、合理的な判断と選択を行うことが重要であり必要となってきます。今後も、このエネルギー講座を通じて、エネルギーのことを一緒に考えていきたいと思っています。

### Column

## 安定供給のための発電容量確保

電気事業では発電と消費が一致してはならず、安定的な供給の確保と有効な市場競争のためには、需要変動に耐えられる発電容量が必要になる。しかし、発電施設は相対的に巨額でリードタイムが長いので、変動が大きい実需だけの市場評価では、十分な発電容量が確保されない可能性が大きい。それを回避するには、市場の実需とは別に発電容量を確保するための措置が必要になる。

わが国のシステム改革の考え方では、小売事業者に対し需要に応じた発電容量の確保を義務づけることになっており、将来発電できる能力につい

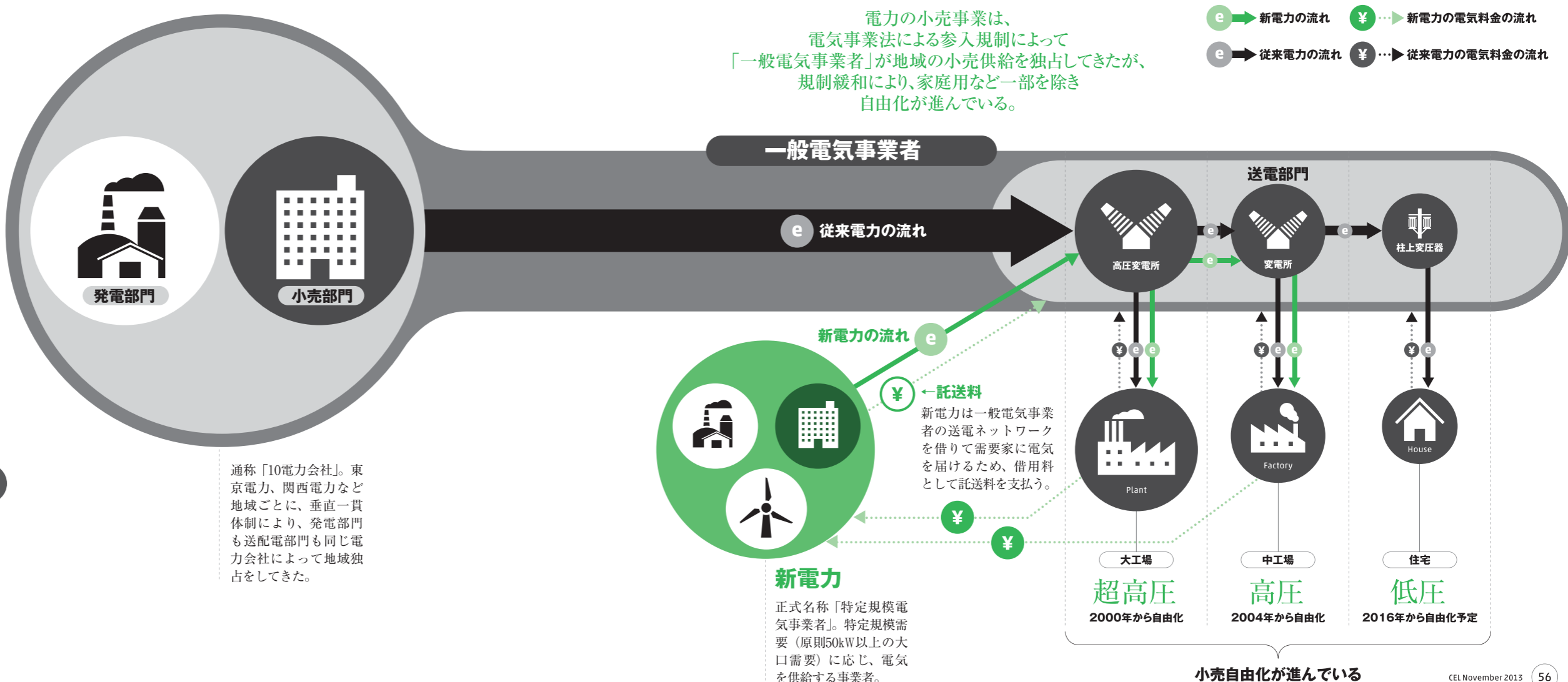


Yamauchi Hiroataka

て系統運用者、小売事業者等が取引できる市場（容量市場）の創設が必要との指摘がある。ただ、問題は、欧米の事例から見ると、この容量市場が簡単に機能しないことである。容量市場の価格はその市場の需給を反映して上下するが、例えばアメリカ北東部の独立系統運用機関の事例では、価格の変動が大きく、やはり投資インセンティブにならないと指摘されている。この点、これまでの議論では、公的な入札制度による容量確保等が提案されている。しかし、過度に政府が介入すれば本来のシステム改革の意義に反することは明らかである。慎重な検討を望む。

一橋大学大学院商学研究科教授 山内弘隆

Chart 1 自由化する電力の小売事業



## 第八講

## 都市ガス供給システム

ガスを作り届けるしくみを知る

## 下田 吉之 監修

大阪大学大学院教授

## 当麻 潔

大阪ガス㈱エネルギー文化研究所研究員

## ガス体エネルギーとは

エネルギーとしてのガスには、主として「天然ガス」および「LPGガス (Liquefied Petroleum Gas)」があり、これらは、「ガス体エネルギー」と言われています。

「天然ガス」は、メタンを主成分とし、主にガス田から生産されます。ガス体であるため、気体の状態でパイプライン輸送するか、冷却により液体にして、液化天然ガス (Liquefied Natural Gas 以下、LNG) としてタンカーで輸送されています。

一方、「LPGガス」は、油田や天然ガス田、石油精製時に発生するガスから取り出したプロパン、ブタン等を主成分としており、常温で容易に液化できる気体燃料で、液体の状態での貯蔵、配送が行われています。

エネルギー講座第八講では、

電力とともにライフラインを構成する

もうひとつの重要なエネルギーである

都市ガスの供給システムを取り上げます。

都市ガスの原料である「天然ガス」について学び、

さらに「都市ガス供給システム」の現状と

今後について考えてみます。

「ガス体エネルギー」は、化石燃料のなかで最もCO<sub>2</sub>排出が少なく、また、窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) や硫黄酸化物 (SO<sub>x</sub>) も少ない燃料です。さらに黒煙等の粒子状物質 (PM) の排出がない、クリーンなエネルギーと言えます。

現行のエネルギー基本計画において、天然ガスは「低炭素社会の早期実現に向けて重要なエネルギー源である」、LPGガスは「低炭素社会の実現に資する利用を促進する」と位置づけられています。

第八講では、ガス体エネルギーのうち、「天然ガス」(一次エネルギー) を取り上げ、また家庭のエネルギー消費において電気に次いで消費量が多い、天然ガスを原料とした「都市ガス」(二次エネルギー) について考えてみます。

## クリーンなエネルギー「天然ガス」

「天然ガス」は、大昔の動物や植物が長い時間をかけてエネルギー資源に変化したもので、その性状は、石炭や石油等、他の化石燃料と比較して、CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>の排出量が少なく、SO<sub>x</sub>は排出しません (Chart 1)。

天然ガスは、世界中に分布しているため、供給安定性が高く、また、可採年数は約60年と、石油と比較して10年以上も長いのが特徴です(近年、北米におけるシェールガス開発の進展により、大幅に増加する見込み)。わが国の天然ガスは、97%が輸入で、発電用に7割、都市ガス用に3割が使われています。国内では、わずかですが、新潟を中心に天然ガスを生産しています。輸入にあたっては、LNGとしてタンカーで輸送されます。この形で輸入しているのは日本や韓国が中心であり、ほとんどの国は気体の状態でパイプライン輸送しています。

## 都市ガス供給システムについて

都市ガスは、天然ガスを原料とする無色の気体で、付臭をしてあるためガス臭を有し、空気よりも軽いという特徴があります。

都市ガス事業者は、電気事業者と同様に公益性が高く、どちらも供給区域内で独占供給を認められているなど、その供給システムには似通った点があります。一方、電気事業者は10社で全国の電気供給を行っており、沖縄電力を除く9社の電力網がつながって他事業者への電力融通が可能なのに対し、都市ガス事業者は、全国に大小209社が点在しており、一部を除いてパイプラインが繋がっていないという特徴があります。

都市ガスを供給する事業者は、全国で209事業者(私営・180、公営・29)あり、供給戸数は、2904万1000件あります(平成24年3月末現在)。都市ガス総需要の約8割が東京ガス、大阪ガス、東邦ガスおよび西部ガスの大手4社による供給となっています (Chart 2)。供給区域は、全国に点在していますが、日本の国土の約5・5%に過ぎず、いわゆる「白地地域」が広く存在しています (Chart 3)。ここではボンベに

よるLPGガスの供給が広く行われており、全国規模での都市ガスパイプライン網ができていないのが現状です。

## 1

海外の  
ガス田・日本の  
LNG基地まで

天然ガスには、主成分のメタンの他に、水分、重質炭化水素、硫黄、二酸化炭素等の不純物が含まれています。日本に輸出する際はマイナス162℃まで冷却・液化し、この過程でこれらの不純物は分離・除去(精製)され、クリーンなLNGとなつて専用のタンカーで輸送されています。

## 2

国内の  
都市ガス  
製造所

海外の液化基地から運ばれてきたマイナス162℃のLNGは、液体のままLNG基地のタンクに一時貯蔵されま

す。次に、都市ガス製造所で海水によって温められて気化し、600倍の体積となります。LNGが気化される際のマイナス162℃という冷熱は、さまざまな分野で有効活用されています。冷熱を利用し、空気を液化分離してできた液化窒素や液化酸素等は、産業界や医療機関等で広く使われています。また、製油所等で発生する純度の高い炭酸ガスを液化し、液化炭酸ガスやドライアイスも製造されています。さらに、冷熱を利用して発電を行い、できた電気を製造所内で使用し購入電力の削減が行われています。

なお、LNGは産地ごとに熱量が異なるため、LPGガスを用いて厳密な熱量調整を行い、さらに、万が一の漏洩に備えて付臭を行い、ガスパイプラインを通じて都市ガスとして送出されます。

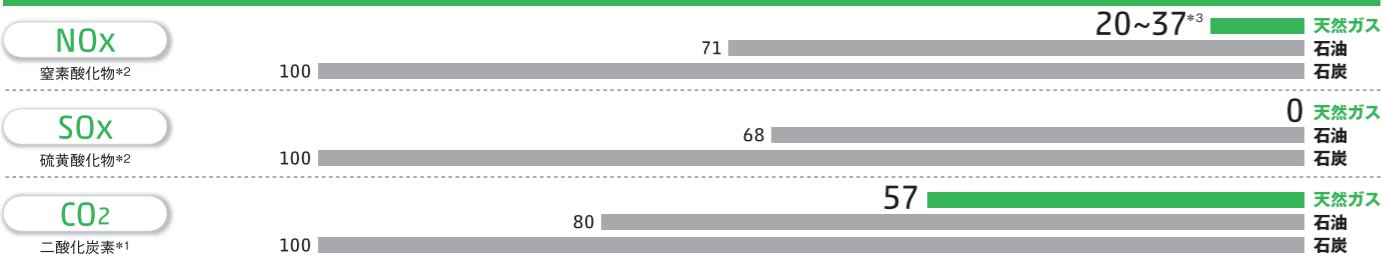
## 3

都市ガス製造所、  
工場ビル、  
家庭まで

都市ガス製造所から消費地に向けては、高圧パイプラインで送出されます。その後、圧器と同様に、ガバナ(整圧器)という圧力調整器を通すことで高圧から中圧、低圧へと段階的に圧力を下げながら送られます。大規模な工場や業務用施設へは中圧で、小規模施設や一

Chart 1

## 化石燃料の中では最もクリーンな天然ガス



3種の化石燃料の燃焼生成物発生量を比較した結果。石炭の場合を100として、石油、天然ガスと比較した。

\*1 火力発電所大気影響評価技術実証調査報告書(1990年3月、エネルギー総合工学研究所)

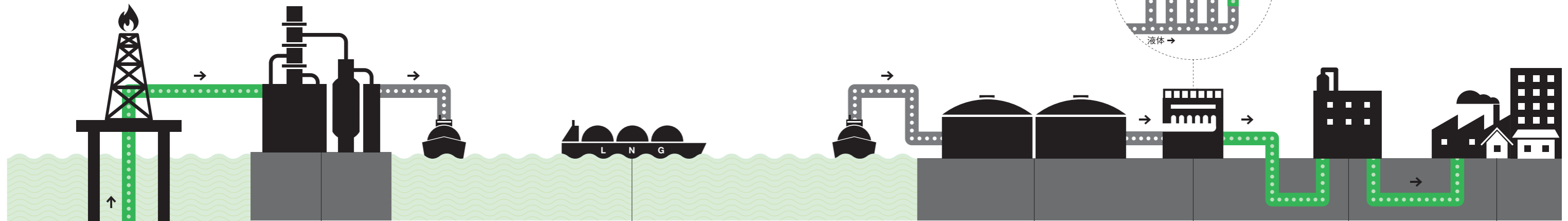
\*2 [IEA (国際エネルギー機関) Natural Gas Prospects to 2010] (1986)

\*3 天然ガス中のN<sub>2</sub>(窒素)分は微量であり、発生するNO<sub>x</sub>のほとんどは高温燃焼の過程で空気中のN<sub>2</sub>とO<sub>2</sub>(酸素)が反応して発生する、いわゆるサーマルNO<sub>x</sub>であり、その量は燃焼状態によって変わる。



## ガスが家庭に届くまで

海外のガス田から採掘された天然ガスは、冷却・液化されたLNGとなり、タンカーで日本まで運ばれる。その後、ふたたび気化し、パイプラインを通過して、各家庭まで届けられる。



**精製・冷却・液化**  
 気体の天然ガスを-162℃まで冷却すると、液化してLNGになる。体積ももとの約600分の1になる。この過程で不純物は分離・除去される。

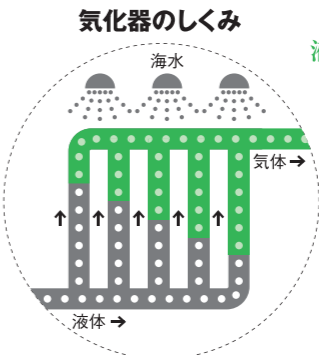
**LNGタンカー**  
 LNGは専用タンカーに載せられ、日本まで運ばれる。

**LNGタンク**  
 日本に到着したLNGは、液体のまま、いったんLNG基地のタンクに貯蔵される。

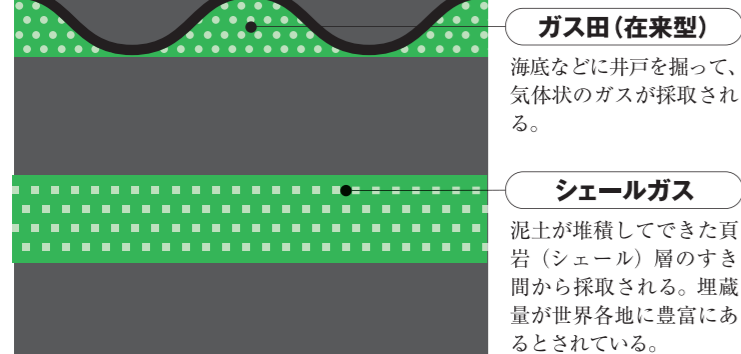
**気化器**  
 都市ガス製造所で、-162℃のLNGは、海水によって温められ気化する。

**熱量調整装置**  
 LPガスを加えて所定の熱量に調整される。万一の漏洩に備えて臭いを付けられる。

**都市ガス消費地**



-162℃という冷熱を利用し、液化窒素や液化炭酸ガス製造などが行われている。

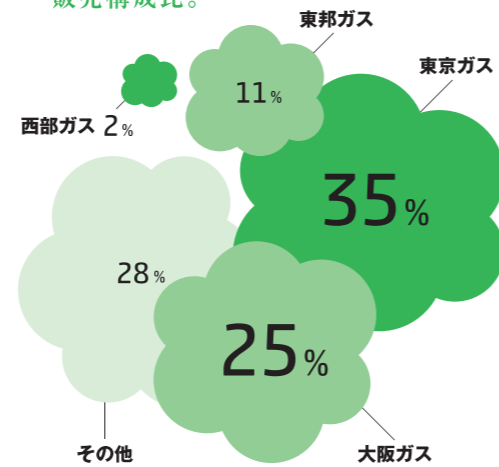


**ガス田 (在来型)**  
 海底などに井戸を掘って、気体状のガスが採取される。

**シェールガス**  
 泥土が堆積してできた頁岩 (シェール) 層のすき間から採取される。埋蔵量が世界各地に豊富にあるとされている。

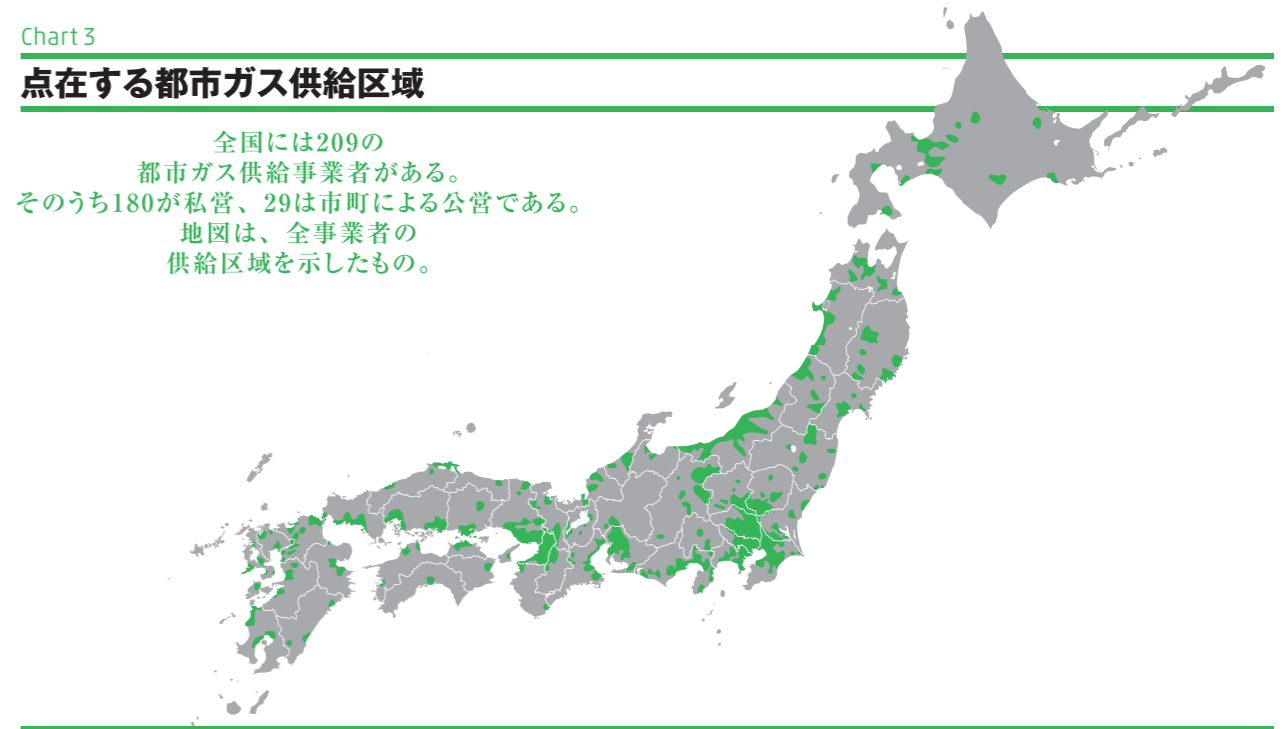
### Chart 2 都市ガスの販売構成比

グラフは、2012年度の事業者別都市ガス販売構成比。



### Chart 3 点在する都市ガス供給区域

全国には209の都市ガス供給事業者がある。そのうち180が私营、29は市町による公営である。地図は、全事業者の供給区域を示したものの。



般家庭へは低圧で供給されます。都市ガスは、暖房、給湯、調理などの加熱用の他、コージェネレーション（熱電併給）、ビルの冷房、さらにはバスやトラックなど天然ガス自動車の燃料としても使われています。

## これからのガスエネルギー

### 1 非在来型天然ガス

近年、石炭層中に含まれるメタンガスであるコールベツドメタンや頁岩（シエール）層から採取されるシエールガスなど、在来型のガス田以外から生産される天然ガス（「非在来型天然ガス」という）が注目されています。

シエールガスについては、2008年にアメリカで採掘技術の革新が起り、大量に効率的な採掘ができるようになったことが、「シエールガス革命」とも言われています。シエールガスの生産拡大を受け、アメリカのLNG輸入見直しは大幅に減少し、近い将来、ガスの純輸出になると言われています。シエールガスは世界中に分布し、天然ガスの可採埋蔵量を倍増（約60年分→約120年分）させると言われています（平成25年4月資源エネルギー庁）。

また、「メタンハイドレート」も注目されています。「メタンハイドレート」とは、メタンと水が低温・高圧の状態で結晶化した物質で、「燃える氷」とも呼ばれています。わが国周辺の海域に相当量が存在していると見込まれており、経済的な採掘技術が確立されれば、将来の天然ガス資源になると期待されています。2013年3月、渥美半島（志摩半島沖合いにて、深海にあるメタンハイドレート層からメタンガスを抽出すること）に世界で初めて成功しました。2018年度を目途に商業化実現に向けた研究開発が進められています。日本近海の埋蔵量は、わが国の天然ガス消費量の約100年分との推計もあります。

### 2 バイオガスと都市ガスの融合

都市ガスと一緒に用いることができるガスに「バイオガス」があります。「バイオガス」とは、家畜排泄物、下水汚泥、

されるものの、廉価な市場価格による調達につながる可能性があります。

調達ソースを多様化して日本の買主が調達の代替性を複数有することで、売主との価格交渉を優位とし、安定的かつ廉価な調達につなげることで、さらには国際パイプラインなどLNG以外の輸入手段の構築についても検討の必要性が提唱されています。

### 2 安定供給

各都市ガス事業者においては、災害時を含めた安定供給のために、製造設備や導管網の耐震性の向上など、さらなる強靱化に向けた取り組みが行われています。さらに、今後いっそうの天然ガスシフトに資するため、天然ガスパイプライン網の拡充、広域ネットワーク化の必要性についても、指摘があるところでは、

### 3 自由化

都市ガス事業は、電気事業より4年早い1995年に、年間契約数量200万m<sup>3</sup>以上の大口需要家を対象とした小売りの部分自由化が導入されました。数次の制度改革が行われ、現在の自由化範囲は年間契約数量10万m<sup>3</sup>以上（全需要の6割強）

## Column

### 「アジアプレミアム」の解消を

原子力の利用が制限されている今、天然ガス、そして都市ガスに対する期待が高まっている。この期待に応えるには、安定的で経済的な原料LNGの供給を確保することが必須となる。

安定供給については、天然ガス生産から都市ガス製造・供給に至るまで磐石の体制を築き上げ、LNG導入以来、半世紀近く堅持してきた。将来も揺らぐことなく考えにくい。

しかし、ここ数年、米国、欧州とわが国のLNG購入価格は大きく乖離している。わが国着価格は2013年、100万Btuあたり16\$を超えているのに対し、米国着は4〜5\$で推移している。この値差はアジアプレミアムと称されている。値差拡大



Morita Koji

（財）日本エネルギー経済研究所理事（化石エネルギー電力エリート）担任 森田 浩仁

の主要因は、原油価格に連動するLNG価格決定方式にある。かつては石油代替として緩やかに原油に連動する妥当な方式であったが、LNG需給逼迫時期を経て、現行の連動密度の高い方式に変更された。そして、原油価格は近年恒常的にバレルあたり100ドルを超えている。

LNG需給は中期的にみて緩和に向かうだろう。この機を捉え、北米やアフリカなど新規供給ソースからの調達や国際パイプラインの可能性を探る。また米国や欧州のガス価格に連動した価格決定方式を模索するなどさまざまな工夫を凝らし、アジアプレミアムを解消を急ぐ必要がある。

食品廃棄物等のバイオマス（生物由来の資源）をガス化したもので、再生可能エネルギーのひとつです。バイオガスは、需要地での発電利用（都市ガスと混合して燃焼させる場合が多い）やボイラでの熱利用、輸送用燃料として利用されています。また、都市ガス事業者の導管網に注入し、都市ガスとして利用されるケースも出てきました。ただし、バイオガスのメタン成分は約40〜60%程度と熱量が低く、不純物等が混在しているため、都市ガス導管網に注入する際には、精製および増熱・付臭等が必要となります。

### 今後の都市ガス事業について

都市ガスは化石燃料のなかで最も環境負荷が小さく、その取り扱いが容易であることから、さらなる利用拡大が提唱されています。加えて3・11東日本大震災を契機として、従来の大規模集中型電源とそれを送電する系統のみに依存する現行の電力システムに、災害や事故等による供給の途絶などのリスクが認識されたことで、消費地で発電する「分散型電源」の重要性が増しています。その中核として、発電時の排熱も有効利用できるガスコージェネレーションの普及拡大への期待が高まっています。ただし、次に挙げる課題もあります。

### 1

#### 原料調達の多様化

都市ガスの原料である天然ガスの世界分布は、中東依存率が38%と、同依存率48%の原油と比較して、地域的な偏りが小さく、地政学的リスクが低い状況です。ただし、ガス田からパイプラインで天然ガスを供給する手段を有する欧米と異なり、わが国の天然ガスの輸入手段はLNGのみです。また、わが国のLNG輸入は、当初は石油の代替を意図していたため、その価格は日本向け原油平均価格に連動しています（長期契約のもの）。その結果、目下の原油高騰の状況下では、LNGの需給に関係なく高騰することとなります。

今後の方策として、例えばシエールガス革命によって市場価格が低水準で推移している米国から天然ガスを調達し、液化して輸入することを想定すると、液化および輸送コストが上乗せ

であり、新規参入率は、電気の3・6%に対し約5倍の17%となつています。

3・11の大震災以降、電気事業のさらなる制度改革が検討され、電気の小売業への全面自由化が2016年を目途に行われることが閣議決定されていますが、都市ガス事業についても、制度改革の検討が始まっています。

### おわりに

都市ガスは、他の燃料と比べてクリーンなエネルギーですが、限りある化石燃料でもあります。よりいっそうの高度利用とそれによるCO<sub>2</sub>削減を実現するための技術開発やコストダウン、また、安定的かつ低廉な天然ガス資源の確保、ガス供給ネットワークの強化などの中長期的な取り組みが必要です。

今後、エネルギーセキュリティをさらに高めながら、再生可能エネルギーや大規模集中型電源との新たなエネルギーベストミックスに向けた取り組みが期待されます。

私たち生活者にも、電気だけではなく、熱エネルギーや都市ガスについての知識も深め、エネルギーにより高い関心を持つことが望まれています。



## 第九講

## 家庭や地域の創エネルギー

生活者にも取り組めるエネルギーづくり

生活者にも取り組むことができる  
エネルギー対策として、まず「省エネルギー」があります。  
次に、家庭で自らエネルギーを創り出す  
「創エネルギー」が挙げられます。  
今回は、この「創エネルギー」について、  
その代表である発電を中心に  
考えてみたいと思います。

## 創エネルギーとは

生活者自らがエネルギーを創り出す「創エネルギー（創エネ）」の代表は発電です。家庭で創る電気は分散型電源であり、3・11東日本大震災以降の電力不足対策に貢献することができます。

私たち生活者が家庭でできる創エネは2つに分類できます。1つ目は、「太陽光発電」のように、私たちのまわりの自然エネルギーを濃縮して利用する創エネ。2つ目は、「燃料電池」などのコージェネレーション。これは、沿岸部の大規模火力発電所では今まで海へ捨てていた排熱を、家庭ではその場で有効利用するもので、すなわち未利用エネルギーを価値化し、電気

と熱を利用する創エネです。

家庭に  
おける  
創エネルギー

Type 1

エネルギー濃縮タイプ

## 太陽光発電

太陽光発電は、発電時にCO<sub>2</sub>の排出や騒音がない、メンテナンスが容易、長寿命などのメリットがあります。一方、天候や日照に左右され出力が不安定、夜間は発電しない、発電効率が7〜18%と低く、製造コストが高いなどのデメリットもあり

ます。補助金や固定価格買取制度などにより、これまで家庭で最も導入されている創エネです。

## 太陽熱利用システム

太陽熱利用システムには、集熱器とお湯を貯める部分が完全に分離している「ソーラーシステム」と、集熱器とお湯を貯める部分が一体化された「太陽熱温水器」があります。天候や日照の影響を受けるというデメリットがありますが、エネルギー効率は40〜60%と高く、家庭の熱需要の省エネ推進のため今後さらなる普及が期待されます。

## バイオマス利用

家庭でできるバイオマスのエネルギー利用として、庭や近隣で発生する剪定枝等を燃料とする方法があります。この木質バイオマスは、燃焼によりCO<sub>2</sub>は発生しますが、樹木は太陽エネルギーを浴びて成長する過程で同量のCO<sub>2</sub>を吸収していることから、カーボンニュートラルといえます。剪定枝等を使用した薪ストーブは、暖房エネルギーの削減に大きく寄与します。体が温まるのはもちろんですが、燃える炎に心も温まります。

## 地中熱利用

地中熱は、季節を問わずほぼ一定(地下10mで約18℃)であり、夏は冷熱源、冬は温熱源として利用することができます。

Type 2

未利用エネルギーの価値化タイプ

## 燃料電池などのコージェネレーション

コージェネレーション・システムは、大規模火力発電所では発電時に捨ててしまう発電時の熱を、家庭で給湯や暖房に利用する(=経済的価値を付ける)ことができる高効率な分散型システムです。燃料電池の総合熱効率(発電+熱利用)は85%と高く(エネルギー講座第三講「102号74頁」参照)、大型火力発電所に匹敵する発電効率を達成する研究開発も行われています。

Table 1

## 再生可能エネルギー固定価格買取制度(FIT)のあらまし

再生可能エネルギーの導入促進のために、「再生可能エネルギー固定価格買取制度」が2012年7月よりスタートした。買取価格や買取期間は、電源ごとに、事業が効率的に行われた場合に必要となるコストをもとに適正な利潤等を勘案し、中立的な「調達価格等算定委員会」の意見も参考にして決められる。設備利用率とは、発電設備の最大出力値に対して、実際に発電した発電量の比率を表す指標のこと。(右のデータは2013年度。出典：資源エネルギー庁「再生可能エネルギー固定価格買取制度ガイドブック」等)

電源	調達区分	調達価格※	買取期間	設備利用率	
Solar	10kW以上	37.80円	20年	12%	
	10kW未満(余剰買取)	38.00円			
	10kW未満(W発電・余剰買取)	31.00円			
Wind	20kW以上	23.10円	20年	20%	
	20kW未満	57.75円			
Geothermal	1.5万kW以上	27.30円	15年	80%	
	1.5万kW未満	42.00円			
Hydro	1,000kW以上30,000kW未満	25.20円	20年	60%	
	200kW以上1,000kW未満	30.45円			
	200kW未満	35.70円			
Biomass	ガス化 固形燃料燃焼	下水汚泥	40.95円	20年	80%
		家畜糞尿	40.95円		
		未利用木材	33.60円		
		一般木材	25.20円		
		一般廃棄物	17.85円		
		下水汚泥	17.85円		
		リサイクル木材	13.65円		

※調達価格(円/kWh:税込)



Chart 1

### さまざまな再生可能エネルギーと創エネルギーへの取り組み

※再生可能電力=再生可能エネルギーで発電した電力

一般電気事業者、新電力、市民・地域共同発電所、個人住宅まで、さまざまなレベルでエネルギーが生産される。生活者はそれらを選び、使い、投資することで、エネルギーの生産・供給にも参画できる。

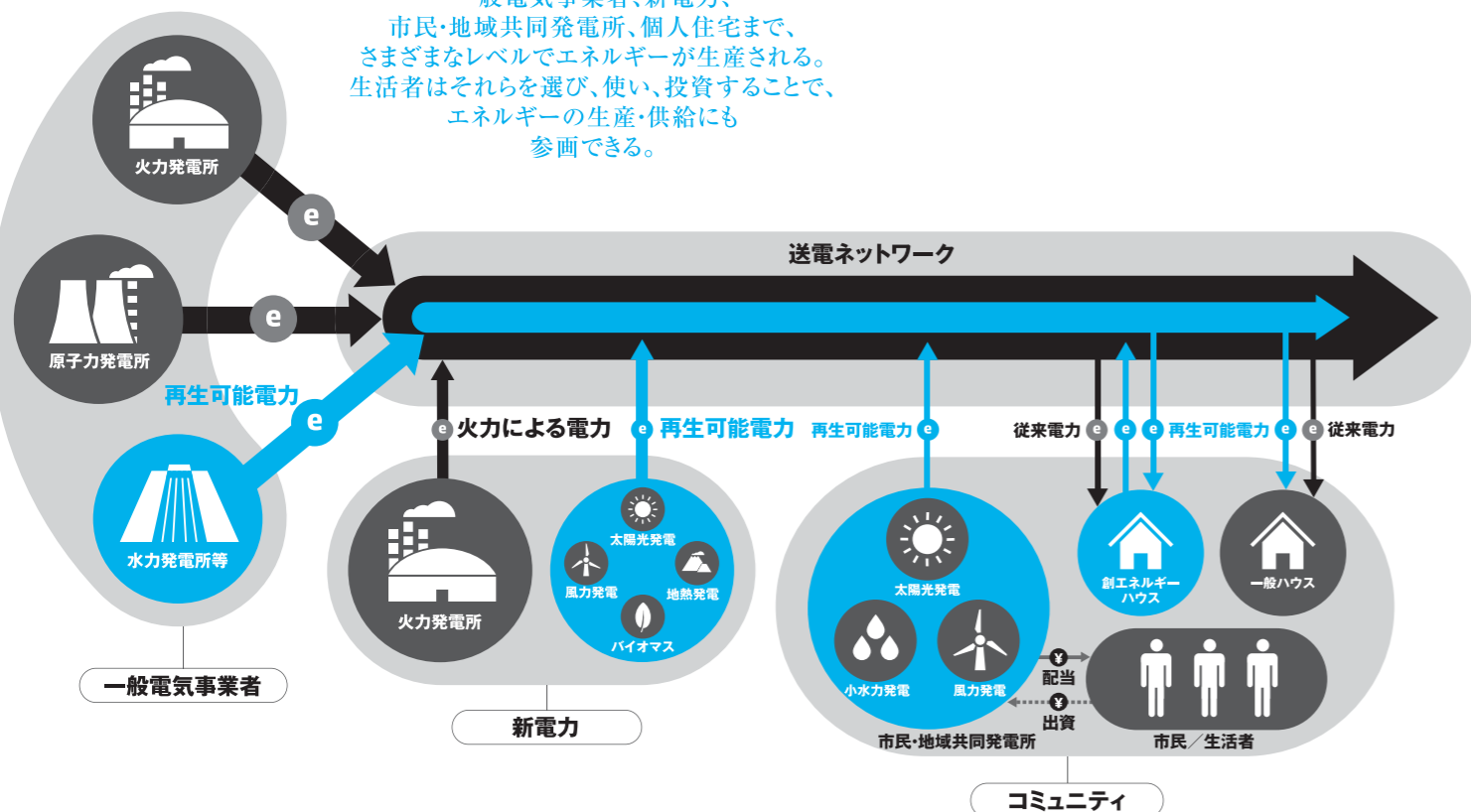
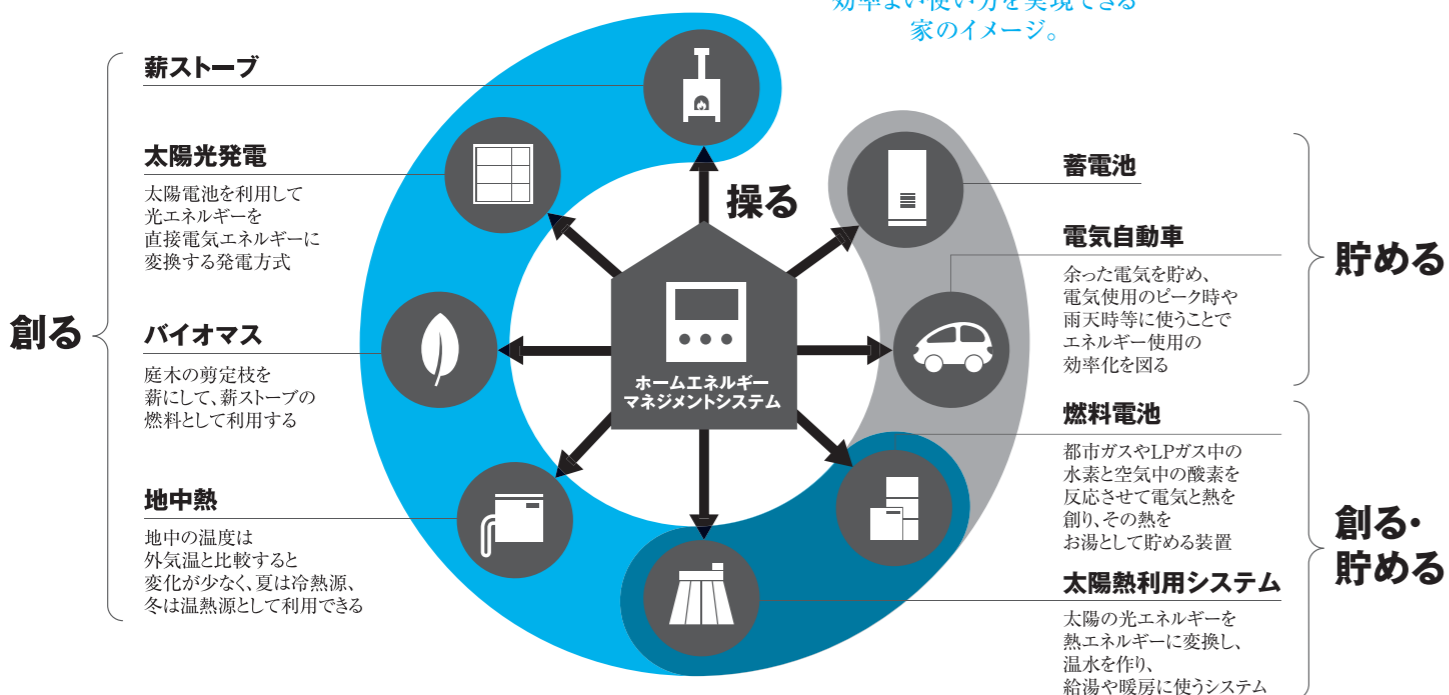


Chart 2

### 創エネルギーハウスの機能と設備

エネルギーを創り・貯める機能を、家庭内のさまざまな設備に振り分け、効率よい使い方を実現できる家のイメージ。



### 創エネには蓄エネとの組み合わせが必要

家庭での創エネは、エネルギーを貯める蓄エネ（蓄エネ）やエネルギー融通とうまく組み合わせることで、そのポテンシャルを最大限発揮でき、エネルギーを効率よく、無駄なく使うことができます。蓄エネでは、熱に関しては燃料電池や太陽熱利用システムでできたお湯を貯湯槽に溜め、お風呂の給湯など使いたいときに使うことが可能です。太陽光発電や燃料電池で創った電気が余った場合は、家庭用蓄電池や電気自動車（EV）やプラグインハイブリッド自動車（PHEV）の電池に貯め、自動車の動力にするほか、雨天や夜間の太陽光発電ができないときなどに使えます。蓄エネは、停電時の備え、節電・ピークカットにも貢献できます。課題としては、コスト、充放電時や蓄熱時のロス削減、寿命などが挙げられます。必要なエネルギーを上回るエネルギーが獲得できた際には、近隣におすす分けするエネルギー融通ができれば、蓄エネのようなロスが発生せず、効率的にエネルギーを使うことが可能となります。

### 地域における創エネルギー 市民・地域共同発電所への参画

2012年7月より再生可能エネルギーの導入促進のために、「再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT）」がスタートしています。発電した電気を電力会社が決められた価格で長期に買い取る制度で、電力会社が買い取るコスト負担は電気の利用者全員から賦課金という形で集められます。対象となる再生可能エネルギーは、「太陽光」、「風力」、「小水力（3万kW未満）」、「地熱」、「バイオマス」の5種類です（Table 1）。この制度により長期に安定的な収入が約束されることを受け、コミュニティで市民が出資して、再生可能エネルギーを活用した発電所（市民・地域共同発電所）を建設し、地域で創エネ

ギーに取り組むことができます。これは同時に地域活性化にも役立つと考えられ、市民の出資により、各地に、太陽光発電所、風力発電所、バイオマス発電所、水力発電所等が建設され、2013年3月末で約2300万kWが設備認定されています。

### 再生可能エネルギーの導入促進

再生可能エネルギーの導入促進策として自宅や市民・地域共同発電所での創エネがあります。この他に、近い将来、再生可能エネルギーで発電した電気を選択して購入することもできるようになります。電力の自由化が進められており、2016年には一般家庭でも電力会社を選ぶことが可能となる予定です。この改革により、従来の電力会社からだけでなく、風力発電やメガソーラー発電など再生可能エネルギーを活用して発電している新電力会社からの電力購入が可能となります（Chart 1）。

### まとめ

3・11東日本大震災以降の電力安定供給の危機を契機に、大規模集中エネルギーシステムを補完する分散型エネルギーシステムの有効性に注目が集まっています。需要家が自らエネルギーを創る創エネはまさに分散型です。電気を創る創エネだけでなく、家庭の用途別エネルギーの半分以上を熱需要が占めることから見て、熱を創る創エネも重要となってきます。

今、コミュニティ内で、市民・地域共同発電所が建設されており、創エネが自宅からコミュニティへと広がっています。今後、私たちは、自ら自宅やコミュニティでエネルギーを創り出し、再生可能エネルギーを含めたベストミックス・エネルギーを選び、自助・公助・共助として互助による停電時や災害時でも対応できるようなエネルギー安定供給システムの構築に、少しでも貢献したいものです。

### Column

### 持続可能なエネルギー社会構築に向けて

日本環境学会 前会長 和田 武



21世紀は、私たち市民や地域主体がエネルギーを創る時代になるでしょう。今後、普及が期待される再生可能エネルギーやコージェネレーションなどは、小規模分散型で多数設置する必要がありますが、市民や地域主体の取り組みに適しているのです。

ドイツでは、太陽光発電や風力発電など再生可能エネルギー発電が飛躍的に伸びていますが、その半分以上が市民や農民たちを中心に導入されています。デンマークでは総電力の30%以上を供給する風力発電の約80%が個人あるいは共同の地域住民所有です。また、コージェネ、バイオマス、太陽熱、地中熱などを活用する地域暖房システムを自治体や住民たちの地域暖房企業が経営して

り、人口の60%以上が加入するまで普及させています。両国での最近の再生可能エネルギーの飛躍的普及は、FITなどの実効性ある普及政策とともに市民・地域主導の普及方法が採られてきた結果です。

日本でも2012年7月からFITが施行され、住宅用太陽光発電や市民・地域共同発電所づくりもいっそう進み始めています。市民・地域共同発電所は全国各地に少なくとも458も作られています。今後、さらにそういう取り組みを促進する政策を採用し、私たち市民が主体的・積極的に取り組み、発電や熱利用での創エネが促進され、環境保全、経済発展、エネルギー自給率向上、地域社会の活性化等の社会的影響をもたらす、持続可能なエネルギー社会の構築が可能になるはず

# 将来へ向けてのシナリオ

## 暮らしとエネルギーの過去・現在・未来

エネルギー講座のまとめとして、

暮らしとエネルギーについて、

昔(昭和の時代)を振り返り、現在の状況を再確認し、

そして将来(2050年)を想定します。

「ハイテクライフ」と「スローライフ」の二つのシナリオを示し、

皆さんと一緒にこれからの暮らしとエネルギーについて

考えたいと思います。

下田吉之 監修

大阪大学大学院教授

当麻 潔

大阪ガス㈱エネルギー文化研究所研究員

## 昭和の時代の暮らしとエネルギー

昭和の初期の暮らしは、家電製品は、裸電球とラジオだけ、家事は手作業(手洗い、ほうきとはたき、ぞうきんがけ)、空調は「うちわ」と炭火を入れた「火鉢」そして薪で沸かしたお湯を入れた「湯たんぽ」というように、ほとんどエネルギーを使いませんでした。したがってその当時の電源は、水力発電でほとんど賄うことができ、石炭や石油をわずかしかなかった「水主火従」でした。家庭の燃料は「薪」や「木炭」であり、今から見ればこの時期は、再生可能エネルギーが中心の「少エネ」の時代であったといえます。

1950年代半ばから日本は高度経済成長長期に入り、人口増加と相まってエネルギー消費量が増加しました(Chart 1、

## 現在の暮らしとエネルギー

その後、家庭には複数のエアコンやカラーテレビ、温水洗浄便座等多くの家電製品が普及していきます。さらに、お風呂、台所、洗面所の3

カ所給湯が普及。床暖房や衣類乾燥機、食器洗浄乾燥器なども登場し、豊かな、ある意味では贅沢な生活を送るようになりました。その結果、世帯あたりの人員の減少と合わせて1人あたりのエネルギー消費量は大きく増加。とりわけパソコンや携帯電話などのICT機器や調理家電、「個電」といわれるパーソナルユースの製品の普及などにより、今や家庭のエネルギー消費量の約5割を電気が占めるようになって

Chart 2)。電源も、石油・石炭火力発電が増え、1963年に初めて「火主水従」に移行した後、当時安価だった石油火力を中心に供給力を高めていきます。家庭では、三種の神器と呼ばれるテレビ、洗濯機、冷蔵庫の3種類の家電製品が急速に普及して電気の消費量が増加。また、それまで銭湯に通っていたのが、ガス風呂釜の登場により内風呂が普及し、瞬間湯沸かし器によって台所でもお湯を使うことが可能となり、ガスの消費量も増加しました。そして、1973年の第一次オイルショックを契機に、省エネの技術開発が促進され、生活者の省エネ意識も向上しました。また、脱石油政策のもと、原子力、石炭、LNGなどの石油代替電源の開発や、天然ガスへの都市ガスの原料転換が進められました。

ています。そのため電力供給は、地球温暖化対策をにらんで原子力を軸に、天然ガス火力を組み合わせる一方、再生可能エネルギーの積極的導入を図ろうとしていました。

ところが、3・11の東日本大震災を契機に、原子力発電所が停止し、天然ガスを中心とした火力発電所でその停止分を補完する事態となりました。昭和初期の再生可能エネルギーの時代から、石油の時代、多様化の時代を経て、低炭素エネルギーの時代を指向していたのに、短期的にはふたたび化石エネルギーの時代に逆戻りしたかのように見えます。しかしよく見ると、原子力を補完している天然ガスの利用拡大が進み、一方、大規模集中システムへの信頼性の揺らぎから、小規模分散型シス

これまで日本の総人口増加と相まってエネルギー消費量(=供給量)は増加してきた。特に、1950年代半ばからは日本が高度経済成長長期に入ったことにより、急な増加を示している。今後、人口減にともない、エネルギー消費量の削減も期待される。

Chart 1: 日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧2013」より / Chart 2: 国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口」より

1億2810万人

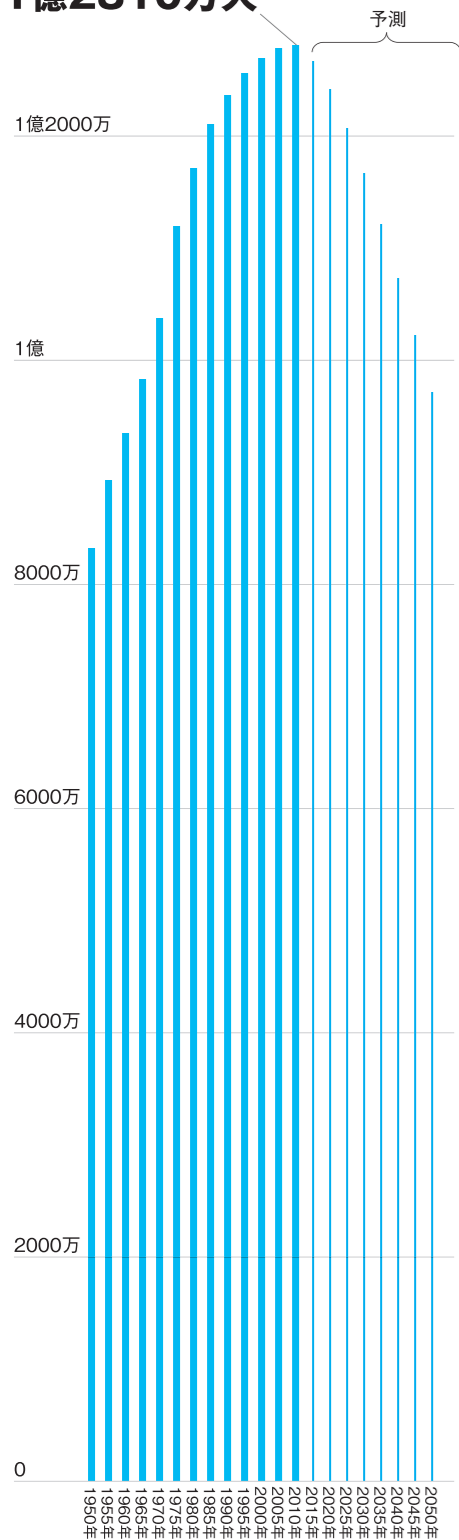


Chart 2

日本の総人口の推移

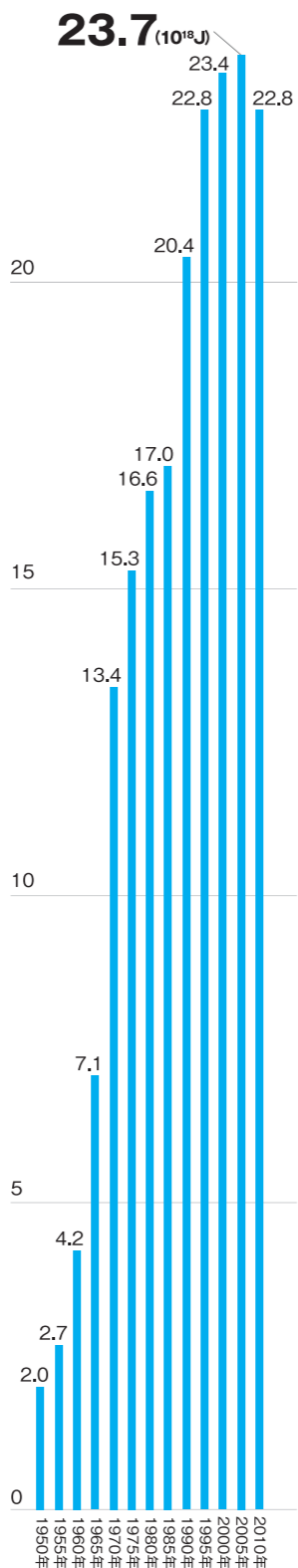


Chart 1

時代とともに  
変わる  
一次エネルギー  
供給量



今から約40年後の2050年を想定した二つの将来シナリオ。  
100億人に近づくとされる世界の総人口と途上国の経済成長、  
それともなう地球温暖化の進行。  
こうしたことを視野に入れながらエネルギーと上手に付き合っていく  
ライフスタイルの選択が必要とされます。



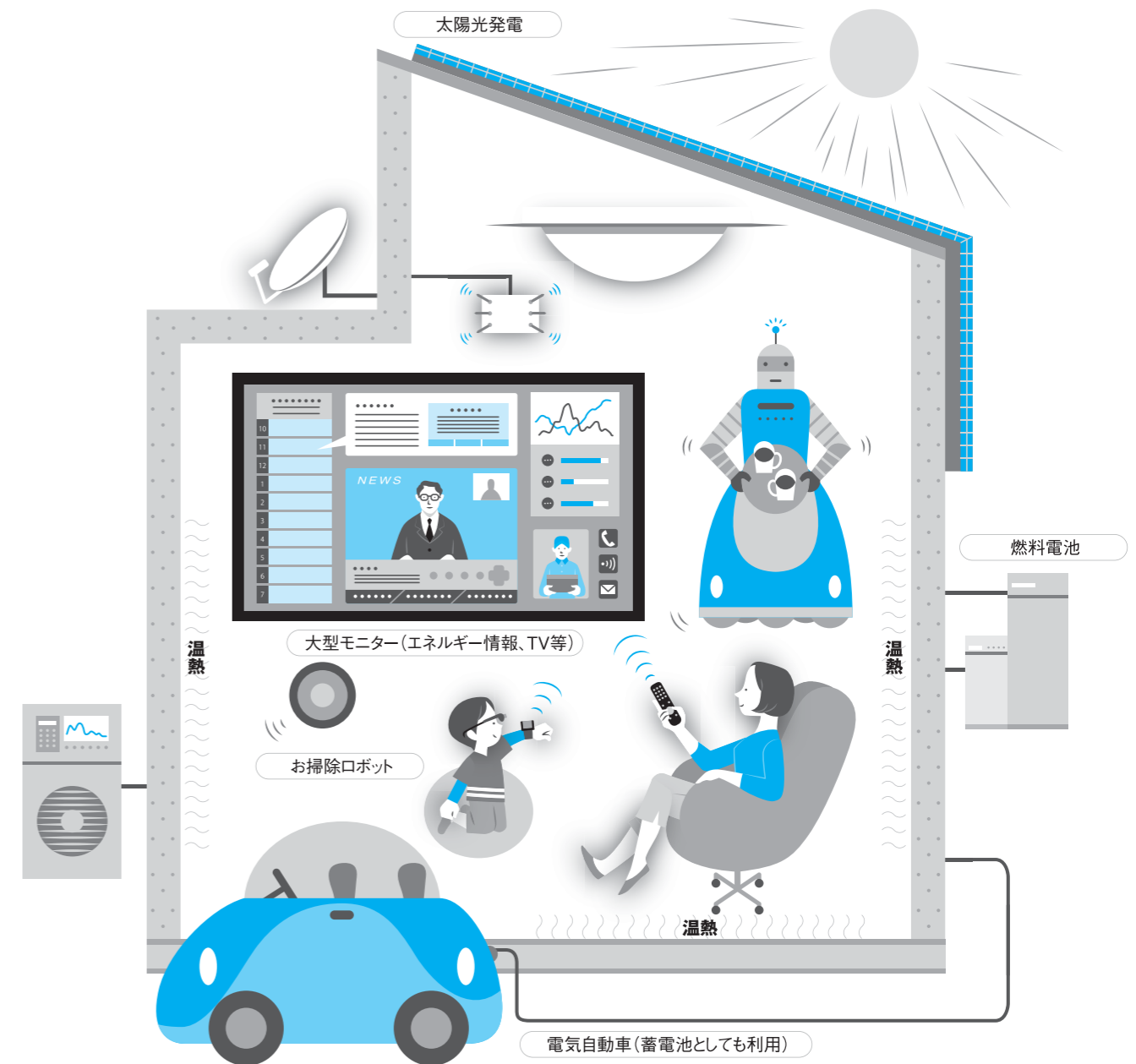
## スローライフ

Slow Life

- ・効率を追求する「ハイテクライフ」とは対極の「スローライフ」。昔に戻り、自然共生住宅で、再生可能エネルギーを最大限活用し、エネルギー消費機器は必要最低限の所有とし、物理的な豊かさよりも、心の豊かさの向上を図るケース。
- ・無駄な消費に敏感になり、浪費しな

いさわやかさを感じ、今までとは違った価値観が醸成され、楽しく心豊かになる「エコライフ」に変わっていきます。

- ・庭には樹木が茂り、家庭菜園があり、土に触れ、天候や害虫などの自然と接し、自給率向上も実現します。手間をいとわず、手間を楽しむライフスタイルです。



## ハイテクライフ

High Technology Life

- ・現在の豊かな暮らしがさらに向上し、より便利で快適な住環境で、地球温暖化や環境問題を意識しなくても、高度な技術とそのマネジメントシステムにより、さまざまな問題に対処できます。
- ・高断熱住宅、高効率機器、ロボットなどの新たな機器、エネルギー・マネジメントシステム等ハイテクに囲まれ

た便利で快適な生活が実現します。

- ・快適性向上のため、エネルギー消費機器が大型化、新たな機器も増加し、現在の技術ではエネルギー消費量が増加します。革新的な技術開発によりエネルギー消費量の大幅な削減を行い、資源制約、環境制約を乗り越えることが必要です。

テムとの組み合わせに関心が高まっています。それにもない、消費地で電気と熱を同時に創って利用するコージェネレーションが注目を浴び、また、再生可能エネルギー固定価格買取制度の導入により、太陽光発電を中心に再生可能エネルギーの普及が加速しています。

加えて、これまでは供給側のみで電力供給システムを構築・運用していたものを、ICTの活用で能動的に需要側の電力消費を調整し、需給バランスをとって、効率的な運用を実現するデマンドレスポンスや、エネルギーの見える化により省エネを行うエネルギー・マネジメント・システム（家庭用：HEMS、ビル用：BEMS）が導入され始めました。

高度成長時代から震災まで、安かった石油が高くなって省エネや石炭、天然ガス等の代替エネルギーで供給を確保した時代を「再生可能エネルギーの時代」と呼ぶならば、震災直後の今は、（緊急避難的に火力・LNGシフトが起こっているもの）これまでのベストミックスからこれからのベストミックスへ転換を模索する移行期と呼べるでしょう。そしてそれを後世から見ると、まさに今こそが再生可能エネルギーの時代に帰するターニングポイントであったということになるのかもしれない。（Chart 4）

## これからの暮らしとエネルギー

2013年9月末にIPCC（気候変動に関する政府間パネル）の第5次評価報告書の第1作業部会の報告が発表されました。地球温暖化は疑う余地がなく、それは人間活動が主要な要因であった可能性が極めて高いとされ、地球温暖化を制限するためには、温室効果ガスの排出量の大幅かつ持続的な削減が必要とされています。世界の人口は増加し、2050年には100億人に近づき、途上国の経済成長を考慮すると、このままでは地球温暖化が今後さらに進行するのは明らかであり、温室効果ガス特にCO<sub>2</sub>の大幅な削減は必須です。

2050年のエネルギーはどうなっているのでしょうか。3・11東日本大震災を契機に、わが国のエネルギー政策は大きく変わろうとしています。太陽光、風力、バイオマスなどの再生可

能エネルギーの導入が促進され、非常に大きなウェイトを占められると思われま

では、これからの暮らしはどうなるのでしょうか。今から約40年後の2050年を想定してみます。二つの将来シナリオを考え、Chart 3として表してみました。

「ハイテクライフ」のケースでは、ロボットなどの新たな機器に囲まれた、より快適で豊かな暮らしが実現します。それらの機器と、燃料電池や太陽光発電の創エネ、電気自動車や蓄電池の蓄エネが、ICTによって最適にコントロールされます。

一方「スローライフ」のケースでは、昔に戻って、自然の風、熱、光、木などを最大限取り入れます。また、家庭菜園で野菜を作るなど体を動かかし家事を行うことで、心豊かに暮らすことができます。

## Column

### 連載終了にあたって

2012年7月以来連載してきた「エネルギー講座」ですが、今号で予定の10講に達し、ひとまず終了となりました。

連載開始時には「現在我が国が直面するエネルギー問題においては、市民一人ひとりが正しい情報のもとに、合理的な判断と選択を行うことが何よりも必要となっている。そのためには、エネルギーリテラシー（エネルギーを賢く使うための基礎知識）を身につけることが重要である。」と書かせていただきましたが、この間、原子力発電所の再稼働に関する議論に始まり、2012年夏の電力需給の逼迫、エネルギー価格の高騰、エネルギーに関する法制度の改革などエネルギーをめぐる社会的関心の高い出来事が続き、この思いをいっそう強くしています。

生活の中で身近に接する「水」「物質（ごみ）」「エネルギー」の中で、エネルギーは「見えない」ことが大きな特質であり、その性質ゆえ、私たちの日々の行動がどのようなエネルギーによるサービスとつながり、どれだけのエネルギーを消費し、それがどのような資源から創造され、環境にどのような影響を与えているのかを感



Shimoda Yoshiyuki

じ取ることには大変難しいことです。今回の第十講に示されているように、私たちの暮らしとエネルギーの関係はこの100年ほど（人類の文明の長い歴史からすればほんの一瞬の間）で大きく変化し、環境に対してより大きな影響をおよぼすようになっていますが、それを日々の生活の中で実感することは困難です。また、連載中にも記述がありましたが、市場の「自由化」は消費者にとってはチャンスであると同時に「責任」を負うことにもつながります。また、選択の幅が広がる中で、環境への影響を考え、地球に暮らす一員として将来世代に対して責任ある選択を行うことも消費者に委ねられます。

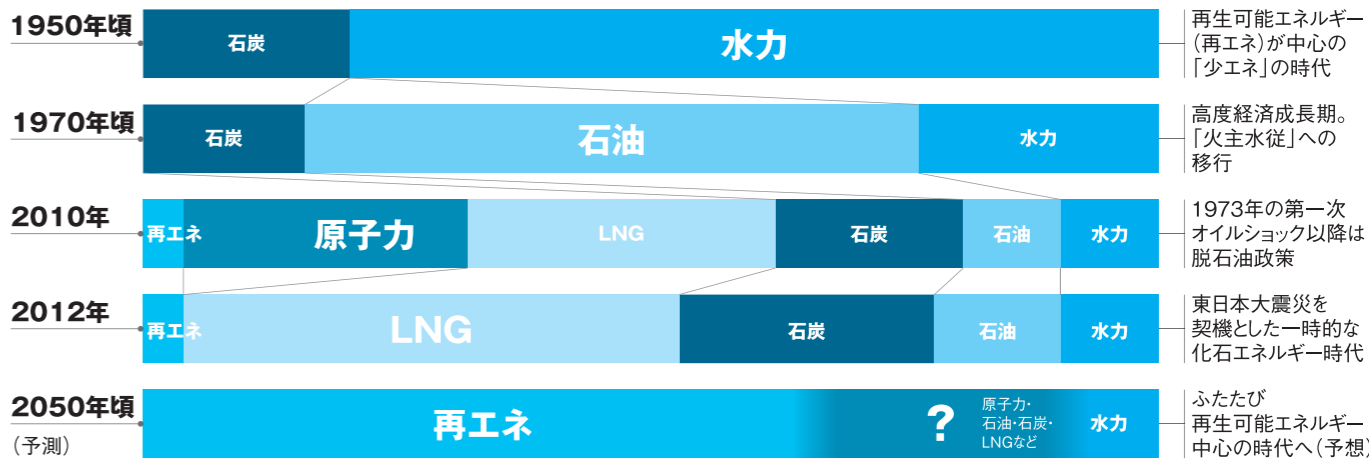
この連載の執筆者、コメントを寄せていただいた各位、連載を企画され、編集に携わられたCEL関係者の皆様の努力により、わかりやすい講座にすることができました。エネルギーをめぐる社会の変化、技術の変化の中で、今回ご紹介したような内容は時々刻々変化していくものと思われま

すので、今後もその時代に応じた「エネルギー講座」が書かれるのが望ましいと考えております。

日本の電源別発電電力量の変化を、時代の推移にあわせて図示した。高度経済成長期、第一次オイルショック、2011年の東日本大震災等が変化の契機となっていることがわかる。

Chart 4

### 時代とともに変わる電源構成 (イメージ図)



資源エネルギー庁「エネルギー白書2013」、電気事業連合会の資料などに基づき作成した。

皆さんはどちらのケースを選択されるでしょうか？

### 最後に

3・11東日本大震災以降、わが国のエネルギー政策は大きく変わろうとしています。省エネルギーの推進、再生可能エネルギーの導入促進、平時の省エネと災害時のセキュリティ確保に貢献する分散型エネルギーシステムへの期待、原子力問題、電気・ガス事業制度改革等、エネルギーは国の問題であると同時に、私たちの問題でもあります。2年間連載してきたこのエネルギー講座をベースに、講演、ウェブサイト等でエネルギー・リテラシー向上活動をさらに進めていきたいと思っています。皆さんもエネルギーに関心を持ち、そのリテラシーを向上させ、正しい判断と選択をされることを期待しています。

大阪大学大学院教授 下田 吉之

