

これからの エネルギー政策の展望と 熱供給事業の役割

小宮山 宏

三菱総合研究所 理事長・東京大学 総長顧問

柏木 孝夫

東京工業大学 特命教授

熱の有効利用が大きなテーマ

柏木 本日は日本熱供給事業協会設立 40 周年の記念対談ということで、「これからのエネルギー政策の展望と熱供給事業の役割」をテーマに小宮山先生とお話していきます。

さて、この 10 年間の熱供給事業を振り返ってみますと、それほど普及が進まなかったという印象があります。電気事業というのは、同じ 10 年間の中で、再生可能エネルギーの固定価格買取制度（フィードインタリフ）など、随分大きな制度が入って、いろいろな変化があったわけです。その点、熱というのは計量しにくいということがあるのか、制度的にもそれほど強烈なインセンティブが付けられなかったことが、熱供給事業の停滞を招いてしまった一因となっているのかなと思います。

小宮山 そういう面はあったかもしれませんね。

熱供給事業というのは、主に冷房と暖房ということになりますが、世界レベルで言えば、単独で一番使っているエネルギーは暖房です。これからのエネルギー利用の形を考えると、例えば 40℃ くらいの熱をつくるのに、燃料を燃やしてその熱を供給するというような話は、熱力

学的にはなくなるように思います。環境温度と同じレベルの低温熱であれば、エネルギーをほとんど消費しなくても供給できるはずです。しかし現実には、お風呂や暖房に、燃焼によってつくられた熱を非常にたくさん使ってきたわけですね。

柏木 そうですね。熱量的には冷房より暖房の方が大きいんですよね。

小宮山 そのレベルの熱は、熱力学的に言うと本来は 30 分の 1 くらいのエネルギーで供給できます。それは例えばヒートポンプなどの技術が出てきたということもあって、可能になったということです。これは、これからの大きな流れだと思います。

柏木 内閣府の中にグリーンイノベーション戦略協議会というのがありまして、やはり熱の有効利用というのが大きなテーマの一つになっています。燃焼を伴うような、エクセルギーが高い、非常に高温の熱源でお風呂のお湯を沸かすというのは、エントロピーを増大させるだけですから、その意味ではなるべく、今おっしゃったような需要側の温度に近い熱源を見つけてくることが重要になります。

例えば燃料電池で化学的に電気をつくり、その排熱で

熱需要を賄っていくとか、高温の熱などが持っているエクセルギーから何らかのかたちで電気を取り出した後の排熱で、冷暖房などの熱需要を賄っていく。そういう方向に行くのでしょうか。

小宮山 中国の一人っ子政策の成功や、先進国では少子化問題で苦しんでいるといったことを考えると、地球の人口が爆発的に増えることもありませんし、消費が減っていく中でエネルギーの効率を上げていくということが、ここから10年のトレンドになるのではないのでしょうか。

鍵は「スマート」

柏木 私は、「熱というのはエネルギーの墓場だ」といつも言うんですが、エネルギーというのは、最終的に熱で散失していくわけです。そこを押さえるということは、どういう上位系のシステムが合理的なのかということを考えることです。ですから、ある意味では熱を制するということは、エネルギーシステム全体を制することにもつながります。

小宮山 そう思いますね。

柏木 電力業界とガス業界というように、今までは業界が全部縦割りだったのが、需要側で電気と熱の供給が融合されてくると、業界自体も同じようにかみ合うようにしていかなければならないのではないかと考えます。

小宮山 私も基本コンセプトは同じですが、やはり柏木先生はどちらかと言うと、システムの上流を考えていますね。

柏木 そうですね。

小宮山 産業が大事ともよくおっしゃっています。私も産業は重要だと思います。でも問題は、それをどこでどうやって実現するかだと思うんです。私はそれがスマートシティやスマートグリッドなどではないかと思っています。スマートグリッドができて、そこに家庭がぶら下がり、コンビニがぶら下がり、それに応じて産業も再編されていくのがいいのではないかと。ですから供給システムである上流側と、需要がある下流側のどちらから考えるか。それは同じことを考えることではありますが、その鍵になるのは、スマートシティという地域だと思うんですよ。

柏木 私もそれは同感です。

小宮山 ですから考えるべきは、生活だと思うんですね。

柏木 そうですね。私もスマートコミュニティなどが、これからの日本の成長戦略産業の一つだと考えています。例えば冷暖房のようなエネルギー消費のピークが発生してしまうシステムを、需要側でどういうふうによく調整して、上位にある大規模型の電源システムにピークを与えないようなかたちでまちづくりを進めるか。そのまちづくりの中で電源立地をして熱導管を設置できれば、地域熱供給が可能になります。さらに、その中でスマート化を進めることによって、電力の平準化を図れば、上位系の大規模集中型の電源も、負荷の推移がフルフラットに近いかたちで動かすことができるようになる。すると、余計な設備がいらなくなりますし、国民経済的にもうまくいくわけです。大規模集中型の電源と地域熱供給





小宮山 宏 Komiyama Hiroshi

1944年生まれ。1967年東京大学工学部化学工学科卒業。1969年東京大学大学院工学系研究科化学工学専攻修士課程修了。1972年同博士課程修了。工学博士。1988年東京大学工学部教授に着任以来、同大学院工学系研究科長・工学部長、副学長等を歴任し、2005年より東京大学総長を務める。2009年より東京大学総長顧問、(株)三菱総合研究所理事長。専門は、化学システム工学、地球環境工学、知識の構造化。主な著書に、「地球持続の技術」(岩波新書、1999年)、「Vision 2050: Roadmap for a Sustainable Earth」(Springer、2008年)、「低炭素社会」(幻冬舎、2010年)、「日本『再創造』—ブラチナ社会の実現に向けて—」(東洋経済新報社、2011年)などがある。

を絡めたスマートコミュニティ、これがうまく兼ね合ったところが、日本のインフラ輸出においても、主力製品の一つになって経済成長を後押しするような気がします。

インフラ関連の公共事業を

小宮山 今アメリカは不景気で、スティグリッツ教授やクルーグマン教授などのノーベル賞経済学賞受賞者の方たちの本を読みますと、結局公共事業をやりなさいと言っているんですよね。公共事業に財政出動しなさい、GDPと同じくらいの赤字なんて大したことはありませんと書いています。

柏木 インフラ関連の公共事業ですね。

小宮山 そうです。アメリカには新幹線はないし、送電網も非常に古いし、いくらでもやらなければならない公共事業があります。日本はそういう国のインフラと比べると、もう少し進んでいますね。ですから日本で何をやるかと言うと、やはり次世代に向けた新しいエネルギーシステムに投資をして、集中型の発電所から電気を配るというやり方から、各所で出来てくる分散型のエネルギーをどうやってうまくネットワークしていくかということをやっていく。その方向性は、大きく言うと公共投資

のビジネスチャンスであるとも思うんです。その中で家庭、オフィスのエネルギーくらいは、自然エネルギーやスマートグリッド内の需給調整でほとんど賄えてしまえるようにする。そして工場とかそういうところには集中型の発電所からのエネルギーが行く。私はそんな途中経過をたどるようなエネルギーシステム再構築のビジョンを持っているんです。

柏木 私も同意見です。

熱電併給システムの普及促進

柏木 私は経済産業省の資源エネルギー調査会に設置された基本問題委員会の委員を務めています。そこでは今後の原子力発電の比率や、再生可能エネルギーをどう入れるか、火力発電をどうするかということを全て一括して検討を進めています。その中で3つのシナリオをつくりましたが、どのシナリオでも全発電量の15%程度、2030年までに1,500億kWhは、熱電併給システム型の発電システムを入れるべきという話になっています。これは単に排熱を捨てている普通の火力発電とは違って、熱需要があるところに電源立地をするのだから合理的ということで、全委員が賛同しました。

ではそうした電源となるコージェネの整備をどうやって進めるか。いちばん合理的なのは、既存の地域熱供給があるところに電源立地をすることです。そしてその熱製造を排熱で全部賄ってしまう。今まで熱製造を担っていたボイラーを、エンジンやタービンと排熱ボイラーに置き換えるわけです。どのような発電システムが追加されるかは熱需要の大きさによって変わってくると思うんですが、熱需要にあわせた運用をすると、余剰電力が出てきますから、電力のシステム改革をきちっとした上で、こういうシステムの導入を進めるのが大きな流れになります。

小宮山 そうでしょうね。

柏木 もう一つ考えたいのが、産業部門のエネルギー供給システムです。比較的低温の熱需要があるところには電源立地を進めてもらう。これは老朽化した発電所の代替として熱電併給システムを導入していくという取り組みです。1979年のIEAの勧告で、ベースロード用の石油火力の新設を禁止しましたよね。つまり、今残っている石油火力発電所はかなり老朽化しているものになるわけですが、電力会社はピーク対応のために残してきたわけです。その代わりに例えば天然ガスや、石油でも構わ

ないのですが、排熱をうまく産業部門で使うようなかたちで電源立地をして、その電気は全部系統電力に入れるようにします。そうすると今までの発電所では、冷却のために海に捨てざるを得なかった排熱が有効活用できるようになります。さらにその産業のエリアの隣に町があれば、熱のパイプラインを引くことで民間でも排熱を活用できるようになります。そのような産民複合型の熱電併給というのが入ってくると思うんです。そこにヒートポンプが入る場合もあるし、そういう時代になってくる可能性がありますね。

小宮山 「未来を予測するいちばんよい方法は、未来をつくることだ」と言った人がいますが、そういうことですよね。

熱力学的な矛盾をなくす

柏木 エネルギー業界というのは、これからシステム改革が行なわれていきますよね。電力にしろガスにしろ、公益性のある事業体のシステム改革、あるいはそれらの融合といったことが進展することによって、さらに合理的なエネルギー利用が出来てくると思います。

柏木孝夫 Kashiwagi Takao

1946年東京都生まれ。1972年東京工業大学大学院理工学研究科修士課程修了。工学博士。東京農工大学工学部教授等を経て、2007年より東京工業大学教授。2009年より先進エネルギー国際研究センター長を兼任。現在、東京工業大学特命教授。専門分野は、エネルギー・環境システム、エネルギーシステム解析、冷凍・空気調和。資源エネルギー調査会基本問題委員会委員や、「まちづくりと一体となった熱エネルギーの有効利用に関する研究会」座長など、各種審議会の委員等を多数務める。主な著書に「2050年への挑戦」（電力新報社、編著、1993年）、「天然ガスの高度利用技術—開発研究の最前線—」（NTS、2001年）、「スマート革命」（日経BP社、2010年）などがある。



そういう中で地域熱供給というものは、今後どのような展開が考えられるでしょうか。

小宮山 私は20年くらい前に、日本ガス協会でガス事業の将来を展望するというワーキングの委員長を務めていました。その時の結論が、まさにコージェネと燃料電池だったんですよ。ですから先ほど言っていた低温熱を単なる燃焼によって製造して供給するということは、もうなくなるということが一つ考えられることです。

逆に電炉というのは電熱でスクラップを溶かしているわけです。そういうところの高温熱というのは、エネルギー効率40%の発電でやるのではなく、キューボラという技術もあるわけですから、直接燃焼でやるべきなんです。そういう意味でエクセルギーの考え方に沿った実用化が進むのではないのでしょうか。すなわち、低温熱はコージェネ、あるいはヒートポンプで供給する。そして高温熱は燃焼によって供給するというように、現在、熱力学的に矛盾のあるところを矛盾のないかたちにできるように技術開発がなされていくことが必要でしょうね。そういう意味では、現段階でも、低温熱の部分は未利用エネルギーを活用した地域冷暖房であったり、燃料電池型のコージェネといったものがすでにあって、かなり実現してきていると思います。

柏木 高い温度の熱と低い温度の熱というのは、本来、同じ値段ではないはずなんですよ。蒸気のような高い温度の熱は、使い道としては電気も取れるし、熱量も使えるし、排熱も使えます。ですからやはり熱というもの、クオリティを考えた熱供給のあり方を考えないといけないでしょうね。少なくとも人類が無理をすることなく暮らしていくのに必要な熱需要というのは、タンパク質がおかしくならない程度の60℃以下でしょう。そのくらいの熱需要であれば、その温度に近い何らかの熱源をうまく使って供給するようなシステムを構築することが将来的な展望です。

その一つが、例えば燃焼による高温のエネルギーであれば、まずエンジンなどで発電してもコージェネとして排熱を有効利用するべきですし、あるいは燃料から水素を取り出して、燃料電池で化学的に電気を出して、その排熱で熱を賄う場合も考えられます。また、大規模集中

型の電源というのは必ず残っていきますから、そういうものの夜間電力をうまく使う。ヒートポンプで蓄熱すれば、電力の負荷平準化ができますし、熱も供給できます。

小宮山 ヒートポンプは蓄熱槽と組み合わせると、さらにより効果を発揮しますね。

柏木 ええ。ヒートポンプはいい熱源があれば何倍もの効果を発揮します。そういう意味ではそうしたものをうまく統合的に組み合わせていったところが、これからの熱供給の形なのでしょうね。

小宮山 そうですね。

柏木 そうなると例えば、片方は電力系のプラントでヒートポンプだけで熱供給をしている地区があって、そのすぐ隣にはガス会社系のプラントで、電源コージェネというかたちで大規模な発電機を入れて、電力は販売し、排熱で熱供給を賄うという地区があったとします。もしこの2地区が一体的なシステムに再構成できれば、コージェネの電気ヒートポンプを動かし、排熱も有効活用するというように、さらに高効率なシステムにできるわけですね。これはすごく重要なことで、既存のストックの連携みたいなものから始めていくということが、社会実装の一手法として大きな成果をもたらすかもしれません。

小宮山 そのようにトータルなシステムから考えていくことが必要です。

熱供給は「快適性」も重要

小宮山 そうした中で、もう一つ考えるべきなのが、快適性だと思います。

柏木 需要側から考えたら、確かにそうですね。

小宮山 今は空調も小さな吹出口からブワーッと風が出てくるのが主流ですけれども、必ずしも外に吹き出す必要はなくて、ビル全体が快適な温度になるように、極論すると壁の中に熱を通して輻射で冷暖房をしてもいいわけです。その方が効率的ですよ。そのように、「快適性」×「システムの効率」というような方向に向かうのではないのでしょうか。そうなってくると、日本もまた、空調技術で世界の先頭を走れますよね。

柏木 日本は高温多湿なんですよ。ビルや住宅1棟だ

となかなか厳しいかもしれませんが、規模が大きな地域熱供給などであれば、冷房の時はそれぞれの建屋の中の空気をまずドライにしてやる。除湿をしてから、ちょっと温度を下げてやるというのがいちばん効率的です。

小宮山 やはりそうですか。

柏木 今は湿度をコントロールするために、温度で調整しているわけです。温度を必要とされるより下げて、水分を絞り出して、それから適温まで温めて供給しています。

小宮山 それはもったいないですね。それを解決できる技術はどう考えますか。

柏木 吸着式冷凍機で脱湿するのがいいと思います。

小宮山 やはり吸着式ですか。

柏木 吸着式冷凍機は、低温の排熱で冷房ができる技術もあるので、室内の暖まった空気を使うとか、あるいは太陽熱を活用するといったことが可能です。

小宮山 なるほど。それは東南アジアや東アジアでも大きな需要がありそうです。

柏木 そうなんです。今導入しているのはスーパーマーケットくらいですね。ドライエアーにして、フロストを避けるのが目的です。

小宮山 なるほど。でもこれからはビルに導入されていくと、だいぶ省エネができていいですね。

柏木 そう思います。まず除湿をしてから温度を下ければ、過度に冷やさずに済むわけですから、エネルギー消

費も少なくできて、快適性も確保できます。

日本も比較的亜熱帯に近い気候になってきた気がしますから、そういう新しいコンセプトというのも重要になるかもしれませんね。

省エネで快適な熱供給へ

小宮山 三菱総合研究所の本社は、一昨年、永田町に移転してきたのですが、今の本社は断熱性能がよくて、それだけでエネルギー消費が平均25%ほど減りました。その後3.11の東日本大震災もあって、現状では明るすぎるということで電灯を間引いて節電をしたりもしたのですが、その結果、今は40%までエネルギー消費が減ってきています。やはり、やればできるんですよね。

柏木 それは同感です。快適性というのは人がどういうふうに感じるかです。ですから下手に冷房は省エネのために28℃でとって、多湿で不快な空間にいさせても、それで本当に作業性が上がるかと言ったら、そんなことがあるはずがありませんね。

小宮山 やはりキーになるのは、湿度ですね。

柏木 要は温度と湿度のバランスを考えること。さらにそのための省エネ型のシステムを導入していくことですね。

小宮山 そうですね。

柏木 快適性が上がれば作業効率も上がります。ですから確かに需要側の快適性という中にこれからの熱供給のあり方がある、と言っていいですね。

今日は、これからのエネルギー政策の方向性を論じる中で、地域熱供給の役割、そして、新しい技術の開発・導入による省エネで快適という次世代型の熱供給の姿というところまでお話を深めることができたように思います。

これからの地域熱供給の展開に期待しましょう。

