

21世紀のエネルギーインフラ整備
に向けて

事業戦略室長 黒川 俊夫

はじめに

我が国では、エネルギーの供給責任は、国民のエネルギー安全保障を国が担保するためのさまざまな規制の下に、民間、いわゆる公益事業者にゆだねられてきた。このさまざまな規制が、結果として、民間の効率性をそぐことになり、日本のエネルギー価格が高止まりしてきた。

80年代における日本経済の国際化の進展とともに、産業界が国際競争力に打ち勝つためには、低廉なエネルギーの確保が不可欠との声が大きくなった。そして、90年代に入り、石油業界の製品輸入の自由化に続き、電力・ガスの公益事業部門に市場原理（競争原理）を導入するための諸施策と規制緩和や規制撤廃による効率化が進められ、2000年代に入り一層加速されつつある。

それでは、日本のエネルギー供給インフラは21世紀に渡り磐石なのだろうか。また既存インフラが21世紀のエネルギー供給インフラでありつづけることができるのだろうか。国民の地球環境保全意識や生活環境改善意識の高まりにより、環境負荷のより少ない天然ガス等のエネルギーへの転換と再生可能エネルギー（自然エネルギー）の導入への関心が広まっている。

また、次世代エネルギーとして水素が戦略的エネルギーとして脚光をあびており、水素エネルギー活用の鍵となる燃料電池技術の研究開発が国際間競争的になっている。残念ながら、将来の水素エネルギーインフラ整備についての議論はまだ乏しい。

ここでは、21世紀の環境に優しいエネルギーインフラの整備に向けて、基幹インフラを国レベルのマクロの視点から、基幹インフラを補完するインフラ（補完インフラ）を民間レベルのミクロ視点から論点を整理する。

技術革新が集中から分散の社会システムに変える

エネルギー分野で「規模の経済」原則を技術の革新が否定した良い例が電力である。最近までは、立地の制約や環境の問題もあり、長距離送電ロスを考えても大型発

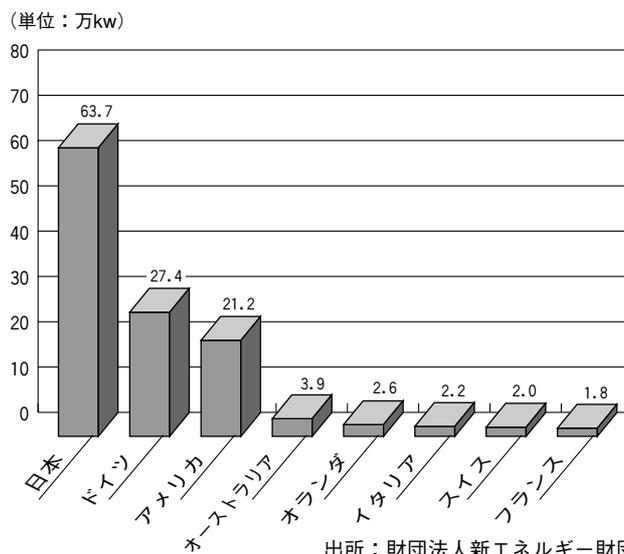
電所の集中的な建設投資が規模の経済により有利であった。

航空機用ガスタービンエンジンの量産化によるコストダウンが発電設備への転用を促進させ、分散化と低価格化に貢献している。また、コジェネレーション（熱電併給発電；コジェネ）技術の進歩で、安い燃料が自前で確保できる工場などはコジェネ設備の建設投資を行い、電力会社からの購買電力より安い価格で自己電源を持つようになっている。このような状況にある事業者のなかには、電力の自由化も追い風になり、電力と熱の外販を含めたエネルギー供給事業として積極的な取り組みをはじめているところも多く出てきている。

一方、国民の環境意識の高まりから、自然エネルギーや再生可能エネルギーが、新エネルギーとして、国民の関心が高まり、太陽電池、風力、バイオマスなどによる発電が進んでいる。

なかでも、太陽光発電は、政府や地方自治体による補助金の後押しが効を奏して、一般家庭を中心に小型太陽電池が普及し、我が国は世界一の太陽発電設置能力を持つにいたっている（[図1]参照）。また、太陽電池の製造においても、大手家電メーカーを中心に積極的な設備投資が行われ、今や世界最大の能力を持ち、輸出比率は30%を超えるまでに成長した。新エネルギー分野で唯一世界に誇れるものである。

[図1] 世界の太陽電池普及状況



最近、21世紀のエネルギーとして世界の注目を集めているのが燃料電池のエネルギー源として欠かせない水素である。

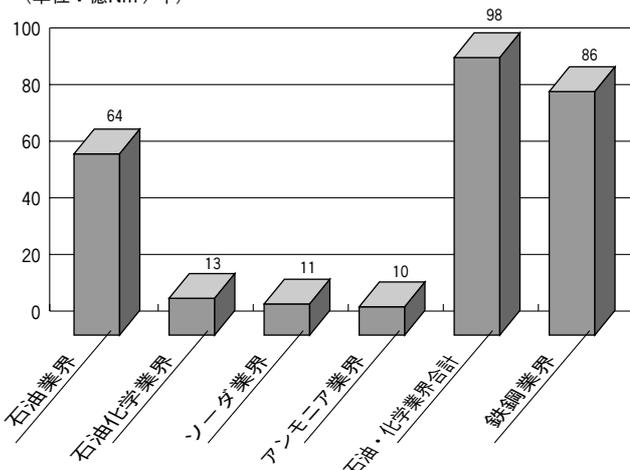
水素は、古くから石油精製工場で石油に含まれる硫黄や窒素を除去して、きれいな石油製品をつくるために大量に生産され大量に消費されてきた。我が国の石油精製工場で消費されている水素の量は、年間約145億Nm³に達する。

政府により2020年に500万台の燃料電池自動車の導入目標が掲げられているが、その水素需要量が約38億Nm³である。既に石油産業では、2020年の燃料電池自動車用水素需要の3.8倍を消費していることになる。

その他に、石油化学工場、苛性ソーダ工場、アンモニア工場、製鉄所のコークス工場等から副生的に発生している。石油精製の水素製造装置の余力分を含め、これらの工場の水素発生源から回収可能な水素量は、2020年で約164億Nm³である（[図2]参照）。

【図2】2020年における我が国の水素供給ポテンシャル

（単位：億Nm³/年）



出所：価値総合研究所推計

燃料電池自動車以外の燃料電池の使われ方は発電である。発電効率が極めて高いのが特徴で、業務用や一般家庭用の小規模な発電機器（1kW～数100kW）としての活用である。廃熱回収との一体化したシステム（小型のコジェネ）で高い省エネルギー（省エネ）効果が期待できることから商品開発が進められている。一般に定置型燃料電池と呼ばれ、水素を製造する改質器と燃料電池が一体化したものであるが、水素が確保できる所や供給が可能などでは改質器は必要ない。

水素は次世代のエネルギーとして開発が緒についたところであり、現在のところは水素エネルギーの供給価格

も燃料電池自動車価格や燃料電池価格は極めて高いことから、商品としての競争力を持たないが、21世紀のエネルギーとしての水素の位置付けは変わらない。

ここで重要な視点は、エネルギーに係わる技術革新が、国民のエネルギー選択肢の幅を大幅に広めてきていることである。単一エネルギー（モノ・エネルギー）から多様なエネルギー（マルチ・エネルギー）の登場が、集中型エネルギー社会から分散型エネルギー社会に移行させていく状況を再認識することである。

次世代を担う基幹エネルギーインフラ投資 －天然ガス広域幹線パイプラインネットワーク－

これまでのエネルギーインフラ造りは、過去の石炭から石油へのシフトに代表されるように単一エネルギー資源をベースにした最適システムの構築であったり、電気に代表されるような大規模・集中型電源をベースにした我が国全体の最適システムの導入であったりした。これは、規模の経済を追及することがコストの低減につながるとされた概念に導かれたものであった。

都市ガス事業においては、需要密度の高い地域を中心にした地域集中・分散型の最適化を志向した政策が、超長期的にみて国民が期待するユニバーサルサービスを提供するはずの国内ガスパイプライン網の整備を社会インフラとして位置付けることが出来なかった原因である。

理由は、天然ガス資源が乏しく、海外からLNG（液化天然ガス）輸入せざるを得なかったこと、大量需要地域にLNG基地をつくり地域限定のパイプライン整備をすることが、民間企業である都市ガス事業者として、経済合理性があったからである。社会インフラ整備事業投資が民間の経済合理性で判断されることはない。

天然ガスエネルギーの安定供給を社会インフラと位置付けた国内縦断幹線ガスパイプラインが整備されていれば、電力を含めた21世紀のエネルギー供給システムは極めて柔軟かつ効率的なものになったであろうことは想像できる。

都市ガスが一次エネルギー、電力が二次エネルギー（一次エネルギーを二次エネルギー転換したもの）と性格を異にするエネルギーではあるが、都市ガスを使って電力を発電する分散型であれば、都市ガスは二次エネルギーと同じだともいえる。

忘れられてはいけないエネルギーとして石油がある。正しく言えば「原油」である。我が国は、原油をほぼ全

量輸入に頼っている。この原油を製油所で精製し、ガソリン、灯油、軽油、重油などの石油製品が作られている。重油を除き、他の製品は国民の日常生活に不可欠なものである。

石油製品の供給（流通）インフラは電気と同じように全国くまなく流通網が整備されており、利便性の高い商品である。電力や都市ガスと異なり液体であるのが特徴である。欧米のようにパイプラインによる製品輸送は極めて限定的で、全く整備されていないとあってよい。海上と陸上輸送で効率的なシステムが出来上がっている。

石油は全量輸入であることから、需要地域と製品輸送の最適化による製油所立地が決まる。製油所は小型化の技術革新が全くなく、ひたすら規模の経済が効く装置産業である。

石油製品の 카테고리に入れられたり、ガスのカテゴリに入れられたりするエネルギーにLPG（液化石油ガス）がある。ガス体エネルギーとして都市ガスの供給が経済的に合わない地域にボンベで供給されている。LPGも製油所から発生する量は少なく、需要の約8割は輸入に頼っている。一般消費者が使うエネルギーとしては高い価格の商品である。

そこで、我が国のエネルギーインフラの既存整備状況を社会資本整備の観点からみると、電力と石油はユニバーサルサービスを提供する基盤整備はある程度できていると評価できる。電力は既存電力網の再構築により、分散型電源の現システムへの取り込みが可能である。石油は、既存の石油製品流通システムに次世代の新しいエネルギー商品をどのように乗せるかの工夫で既存インフラの活用が可能である。

問題はガス供給インフラで、全くと言っていいほど未整備である。ユニバーサルサービスを提供できるような基幹インフラである国土を縦貫する天然ガスパイプラインの整備が出来ていないことである。

石油に替わる環境にやさしいエネルギーとして高い評価を受けている天然ガスが全国くまなく供給される仕組みを構築するために不可欠なのが国を縦断する広域基幹天然ガスパイプラインネットワークの早期の整備である。

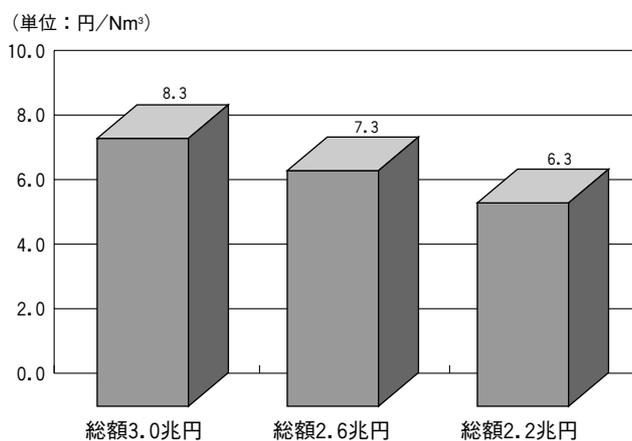
まさに国の主導により21世紀の戦略的な社会資本整備事業として推進されるべきである。パイプライン建設の様々な制約条件になっている規制を緩和・撤廃をし、民間活力を積極的に引き出す施策により、官民の協働プロジェクトとして早期に建設を検討すべきである。

21世紀のエネルギーインフラ投資として、国家財政に大きな影響を及ぼすような投資にはならない。関東から

博多まで約3,700kmの大口径のパイプライン建設は、たかだか3兆円規模の投資に過ぎない。一金融機関の救済に数兆円がつぎ込まれることを考えれば、たいした金額ではない。

この広域幹線天然ガスパイプライン整備事業の経済性を天然ガス輸送料金単価で見ると8.3円/Nm³と算定される。高速道路網のスペースを有効活用できたり、規制緩和・撤廃等によって建設費が相当低減できるとの見通しを加味すると6.3円/Nm³のユニバーサル料金が取れば事業採算が期待できる（[図3]参照）。

【図3】 広域幹線パイプライン総工費と輸送料金単価



出所：価値総合研究所試算

広域幹線天然ガスパイプライン投資金の3兆円規模の資金調達、一寸頭を使えば可能であろう。現在、1,400兆円の個人預貯金が眠っているとされる。個人が銀行に預金をしても利息が0.1%にも満たないことを考えれば、元本が保証されるなら1%を少し超えるぐらいの金利水準であれば簡単に調達できる金額であろう。プロジェクトファイナンスや証券化などの新しい手法を活用した事業化計画（Feasibility Study）の詳細検討が進められるべき時期である。

21世紀の戦略的エネルギーインフラ投資 —水素エネルギーインフラ整備の方向—

石油・電力・ガスに替わる21世紀の新たなエネルギーとして水素がにわかにクローズアップされている。水素エネルギーの活用の鍵となる燃料電池の研究開発が加速されて、実証実験から商品開発の段階に入ったことによる。

自動車業界は既に燃料電池自動車の試作車の生産に入り、試作車が市場に供給され商業生産に向けて実証データの取得に入っている。燃料電池も同様に大手家電メーカーや都市ガス会社、石油会社等で定置型燃料電池の試作販売に向けた準備が着々と進めている。

また、水素製造では石油、天然ガス等の炭化水素を水蒸気により改質する機器（改質器）の研究開発と商業化開発が行われている。既に、水素ステーション（水素SS）の実証実験プラントが13ヶ所建設され、実証実験用の燃料電池自動車に供給されている。

水素社会の到来時期を現時点で予測することは難しいが、21世紀の半ば頃には水素社会が誕生していることは想像できる。19世紀が石炭（固体燃料）、20世紀が石油（液体燃料）、21世紀が水素（ガス燃料）と100年サイクルでエネルギー革新が起こるとみる。

燃料電池自動車用水素供給インフラは、既存の石油業界が保有する石油製品の流通インフラを有効活用することが最も効率的である。現在のガソリン年間販売量が約6,000万KLであり、これを水素に換算すると450億Nm³に相当する。

水素社会移行期の水素供給は石油精製工場の余力水素や化学業界や鉄鋼業界の副生水素の有効活用が最も効率的である。

さて、水素社会の工場や業務用、一般家庭用の定置用燃料電池の水素エネルギー供給インフラ整備のイメージを作るにあたって注意すべき点がある。水素は石炭や石油・天然ガスと異なり、地球上のどこかに偏在して埋蔵されているエネルギーではない。人類が知恵を絞ってどこでも作り出せるエネルギーであることが特徴である。

水素社会における究極の水素供給源は再生可能エネルギーをベースにした水素の製造にある。太陽光発電や風力発電、ごみ発電からの電気を使って水電解をすれば水素が得られる、バイオマスからのメタンや下水処理場の消化ガスからのメタンを水蒸気改質すれば水素が得られる、下水汚泥中の有機物をバクテリアに食わせて水素を発生させる、等の新たな工夫と技術開発で水素を作ることが出来る。

即ち、地球に存在する多様な資源から取り出せるエネルギーである。我が国でも地域に偏在することなく分散している各種の資源から作ることが出来る。このことは分散型のエネルギーインフラネットワークの積上げにより、社会全体のエネルギーインフラを作り上げることが出来ることを意味する。

水素エネルギー供給インフラは、このような水素の製造や発生の特徴を十分考えたネットワーク型のシステム

が構築できるように、色々な社会基盤連動型の発想が重要である。

このことは、水素エネルギーインフラ投資は、これまでのエネルギーインフラ投資や社会インフラ投資に比べ、需要に応じた分散型の小規模投資の積上げで、少しずつ水素社会の本格的な到来に向けた準備を進めていくことが出来ることである。この積上げが、社会インフラとしてシステムチックに構築されていくガイド役が政府の役割である。

おわりに

燃料電池自動車への水素供給インフラの整備は、石油業界が持つ既存の石油製品流通インフラを、関連する業界が協調して、活用する枠組みを作ることで効率的なシステムが構築できると考えられる。

多様な水素源を効果的に活用し、環境にやさしい水素社会に向けた社会インフラ作りには、水素源を保有していたり、水素を発生させることが出来る資源を持つたり、水素を輸送したり、流通させたり出来る施設を保有する人たちが、積極的に水素事業に参画し、投資できる仕組みを作ることが重要である。

例えば、安い電気を使って水電解により水素を作ることが出来ても、それを使ってくれる人まで効率的に運ぶことが出来なければ事業として成立しない。また、投資資金が用意できなければ折角の案も実現できない。

仮に、自治体が持つ下水道管内に水素のパイプライン施設し、需要家まで安価に安全に輸送できるとすれば、その水素は価値を生むことになるし、資金もつくことになる。

このような連携が、水素エネルギー事業を核に、有機的に展開できるように、官民が協力しあうことが必要である。官民がそれぞれの役割を分担することで、リスクも分担され、民間の資金を活用して新しい社会インフラ投資が促進されることになる。

水素社会の到来に向けて、官民のパートナーシップ、いわゆるPPP（Public Private Partnership）による水素供給インフラ作りのプロジェクトに積極的に関与し、成功事例を早く作るよう協力していきたい。