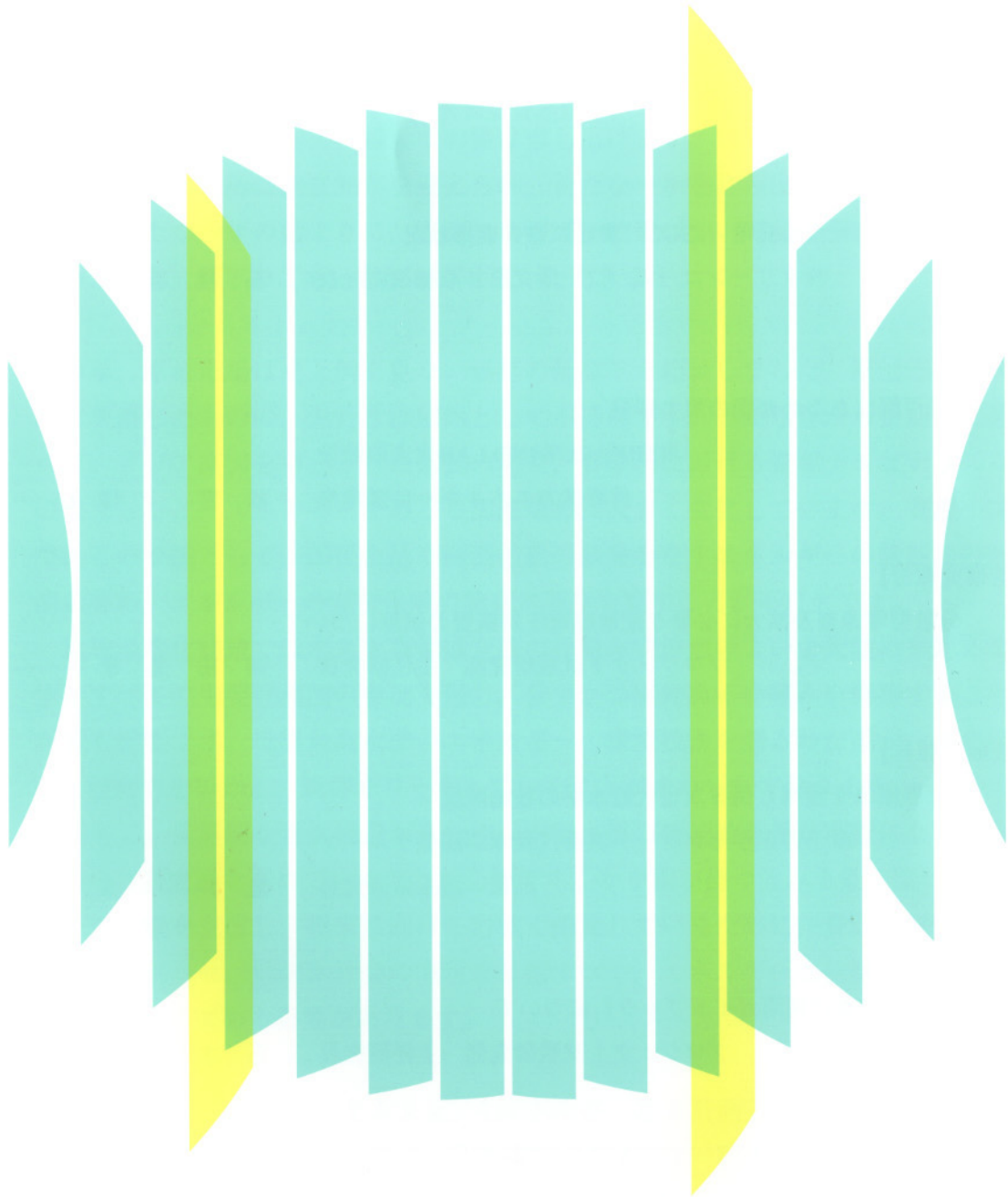


# 季報 エネルギー総合工学

Vol. 31 No. 4 2009. 1.



財団法人 エネルギー総合工学研究所  
THE INSTITUTE OF APPLIED ENERGY

# 目 次

## 【巻頭言】 年頭所感

経済産業省 資源エネルギー庁 長官 石 田 徹 …… 1

## 【寄稿】

### 世界と日本の地熱エネルギー開発動向

(独) 産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門

地熱資源研究グループ長 村 岡 洋 文 …… 5

## 【寄稿】

### 石炭ガス化複合発電（IGCC）実証試験の進捗状況

(株)クリーンコールパワー研究所 取締役副社長

石 橋 喜 孝 …… 13

## 【寄稿】

### 瀬戸際にあるわが国の風力開発

(株)HIKARUWIND.LAB代表取締役

世界風力エネルギー会議理事 松 宮 輝 …… 23

## 【調査研究報告】

### 分散型電源普及拡大に必要な配電線電圧対策費の試算について

プロジェクト試験研究部 主任研究員 浦 田 浩 孝 …… 31

## 【調査研究報告】

### 世界標準を獲得し得る次世代軽水炉の技術開発

原子力工学センター 次世代軽水炉開発グループ

部長 副主席研究員 笠 井 滋 …… 41

## 【調査研究報告】

### 『水素の有効利用ガイドブック』について

プロジェクト試験研究部 主任研究員 石 本 祐 樹 …… 49

【研究所の動き】 …… 52

【編集後記】 …… 54

# 巻頭言

## 年頭所感

石田 徹

（経済産業省  
資源エネルギー庁長官）



平成21年の新春を迎え、謹んでお慶び申し上げます。昨年、財団法人エネルギー総合工学研究所は創立30年を迎えられ、新たな一步を踏み出される一年となります。新たな一年の始まりに、資源エネルギー政策について私の所感を述べさせていただきます、新年のごあいさつとさせていただきます。

昨年、原油市場は史上例を見ない価格の乱高下を経験しました。原油価格は大幅に下落したものの、先行きは依然として不透明です。しかしながら長期的に見れば、アジア諸国を中心とした需要の増大、資源国における資源ナショナリズムの高まりなど、エネルギーをめぐる国際情勢は大きく変化しています。資源小国であるわが国として、国民生活や経済活動の基盤をなすエネルギーの諸制約の解消に努め、エネルギーの安全保障の確立に万全を期することが不可欠です。

地球温暖化問題ではポスト京都議定書の枠組み交渉がいよいよ大詰めを迎えます。すべての主要経済国の参加を保ち、公平かつ実効ある枠組みを構築することが最も重要です。世界最高水準のエネルギー・環境技術を誇るわが国が、その経験と技術力をいかし、世界をリードしていくことが求められております。

加えて、世界的な景気後退が進む中、内需主導の持続的成長が可能になるよう経済の体質変換を進めていくことが必要です。わが国が持つ強みを最大限いかし、現下の危機を克服し、将来に向けて力強く成長していくために、資源生産性を抜本的に向上させ、低炭素社会の実現を目指すべく、エネルギー需給構造の高度化を思い切って進める必要があります。

このような昨今の情勢をふまえ、「エネルギー基本計画」で示された3つのE（供給安定性、環境配慮、効率性）を基本に、エネルギー問題と地球温暖化問題の一体的解決に向け、以下のとおり全力で取り組んでまいります。

まず、資源エネルギーの安定供給確保を図るべく、資源保有国のニーズに応じた戦略的な資源外交を展開していきます。そのため、あらゆる機会を捉えて資源

国のニーズに応じたきめ細かな資源外交を展開し、わが国の資源・エネルギーの安全保障を確保してまいります。

さらに、昨年の原油価格の乱高下の経験を踏まえ、産油国への働きかけ、省エネの推進や再生可能エネルギーの導入促進によるファンダメンタルズの改善、商品先物市場の透明性向上など、原油市場の安定化に向け積極的に取り組んでまいります。

一方、わが国のエネルギーは石油代替エネルギー政策の結果、大幅に石油依存度を低下させてきたものの、依然として化石燃料に大きく依存する構造にあります。わが国のエネルギー需給構造を強靱にしていくためには、非化石エネルギーの導入を拡大し、革新的エネルギー技術や未利用エネルギーなどの開発を進めるとともに、化石燃料については徹底的に高度・有効利用を図っていく必要があります。このため、総合資源エネルギー調査会における審議を踏まえ、必要な対応をしてまいります。

需要面の対策では、短中期的には省エネルギーの推進が欠かせません。昨年改正いたしました省エネ法の着実な執行を行うとともに、高効率給湯器や家庭用燃料電池、新たな税制を活用した省エネ住宅の推進など省エネ効果の高い機器・住宅・ビル等の導入促進を進めることで、規制と支援の両面から省エネルギーを推進してまいります。

長期的には革新的技術の開発が必要となります。昨年取りまとめた「Cool Earth - エネルギー革新技術計画」に基づき、CCS（二酸化炭素回収・貯留技術）や革新的太陽光発電など21の革新的技術開発を進めてまいります。

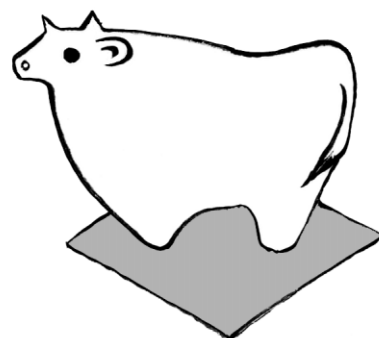
供給面の対策では、太陽光、風力、バイオマスなどの再生可能エネルギーの導入拡大が重要となります。特に、わが国の強みである太陽電池や蓄電池等の世界最先端の技術を最大限いかし、太陽光社会を世界に先駆けて実現いたします。そのために、住宅太陽光発電導入補助金の執行体制を迅速に整えるとともに、昨年11月に取りまとめた「太陽光発電の導入拡大のためのアクションプラン」に関係省庁とも連携しながら着実に取り組んでまいります。

また、原子力は供給安定性に優れ、発電過程で二酸化炭素を排出しないことから、安定供給と地球温暖化問題を一体的に解決する上でのかなめです。徹底した安全を大前提として、立地地域をはじめとする国民の皆様方の御理解・御協力を得つつ、核燃料サイクルを含む原子力を推進いたします。

エネルギー問題は長期的視野の下に取り組まれるべき問題であるため、我々世代のみならず、将来世代が享受する利便や負担を想定しつつ、来る経済社会環境

の変化に耐えうるバランスの取れた政策を構築することが重要です。そのためには、以上のような取組を十分に進展させつつも、エネルギー政策全体について不断に検証していくことが必要です。

こうした政策の推進は、政府のみでなし得るものではなく、産業界や消費者の皆様など、国民各界各層の御理解と御協力があって初めて実現できるものです。今後とも皆様のお力を賜りますことを願い申し上げ、新年のごあいさつとさせていただきます。



[寄稿]

## 世界と日本の地熱エネルギー開発動向

村岡 洋文 ( (独)産業技術総合研究所 地圏資源環境  
研究部門 地熱資源研究グループ長 )



### 1. はじめに

わが国は米国やインドネシアと並び、世界の三大地熱資源大国である。エネルギー資源のほとんどを輸入に頼っているわが国にとって、地熱資源は世界に誇り得る数少ない地下エネルギー資源である。しかも、再生可能エネルギー資源であり、安定電源であり、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出量からみてもクリーン電源である。

わが国は第一次石油危機の翌年(1974年)に「サンシャイン計画」をスタートさせ、第二次石油危機の翌々年(1980年)にはNEDO(当時は新エネルギー総合開発機構)を発足させた。その中で、地熱は常に主要な開発対象であった。わが国の地熱開発に関する組織的な取り組みは1990年代半ばまで、先進的であり、世界をリードしていた。その結果、1990年代前半には、地熱発電<sup>※1</sup>設備容量が倍増している。しかし、バブル崩壊(1991年)やアジア通貨危機(1997年)を経て、わが国の経済は不況期に入った。1997年には、税収不足等を背景に、「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法(新エネ法)」で、地熱が「新エネルギー」から除外された。その結果、地熱は研究開発の停止を始め、様々なインセンティブを失い、地熱発電開発市場が一挙に冷

え込むこととなった。小規模な開発を除き、その状態は今日まで続いている。地熱は2008年4月の新エネ法施行令改正によって、「バイナリー発電」<sup>※2</sup>に限り、「新エネルギー」に復帰したものの、市場はまだ冷え込んだままである。

一方、世界では地球温暖化や原油価格の高騰を受けて、エネルギーのパラダイムシフトが進み、地熱発電開発が急増している。とくに、最近の特筆すべき傾向は、ドイツやオーストラリアなど、火山や高温地熱資源に恵まれていない国々までが、深度3.5~4.5 kmに至る大深度の掘削を行って、地熱発電開発を積極的に推進していることである。

このような世界的潮流にあって、わが国は一步先んじていた過去の栄光にもかかわらず、最近10年間、世界の主要地熱資源国の中で、唯一、地熱発電開発を停滞させてきた。この状況は海外にも不思議に映り、2008年6月6日の上智大学講演会で、地球環境研究者レスター・ブラウンをして、「日本は何故地熱発電を使わないのか?」と発言させた<sup>(1)</sup>。

本報では、地熱資源大国としてのわが国、活発な世界の地熱開発動向、低迷するわが国の地熱開発動向を紹介し、わが国の地熱開発の今後の課題と展望を探る。

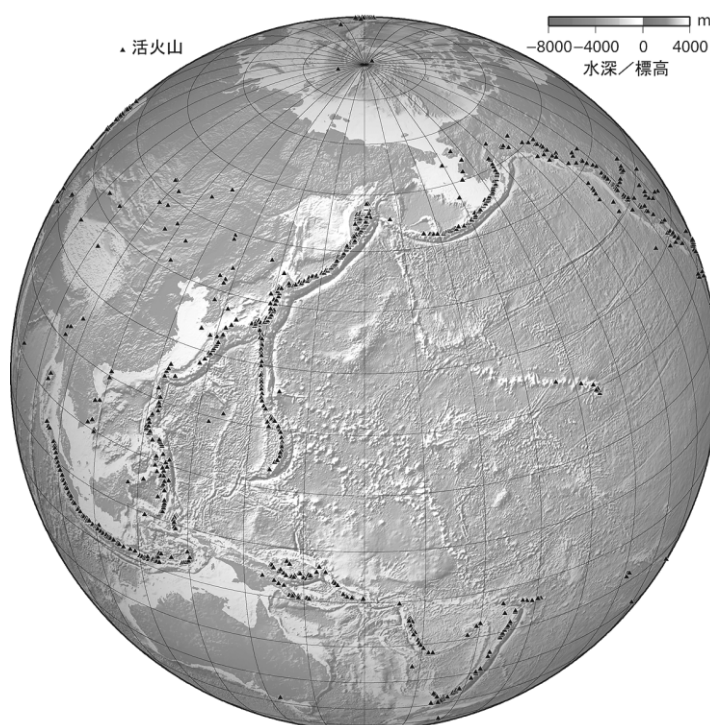
※1 地熱発電とは、地下の蒸気・熱水を取り出して、直接その蒸気でタービンを回したり、その熱を低沸点媒体に伝えてタービンを回したりする発電方式のことである。

※2 バイナリー発電とは、地下の熱水がやや低温の場合に、その熱をより低温で沸騰する媒体に伝え、その媒体の蒸気相でタービンを回す発電方式のことである。

## 2. 地熱資源大国日本

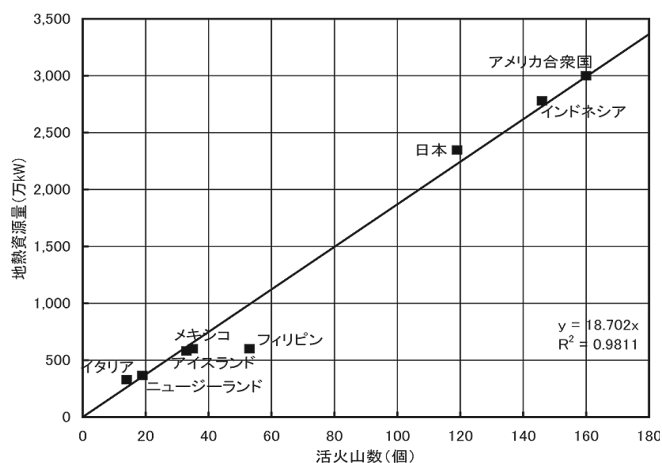
地下3 km程度より浅い深度で150～370℃に達するような高温熱水系はほぼ火山性熱水系であり，地下水が複成火山（繰り返し噴火する火山）直下のマグマ溜まりやその固結物である高温深成岩体に温められて形成される。そのため，世界各国の高温熱水系資源量はおよそ当該国の活火山の数に比例する<sup>(2)</sup>（図1，

図2）。世界各国の活火山の数を比べると，多い方から米国が160個，インドネシアが146個，日本が119個であり<sup>(3)</sup>（わが国は気象庁の公式数108個と異なるが一律比較のためこれを使う），この3カ国が他を圧倒する三大地熱資源大国であることがわかる（図2）。特に，わが国は国土面積が世界の陸域の0.25%に過ぎないが，世界の活火山の7.56%を擁している。つまり，地熱資源分布密度の高さは世界最高



（出所：スミソニアン国立自然史博物館の活火山位置データ2008を基に作成）

図1 米国，インドネシア，日本の活火山分布



（出所：Stefansson, 2005を基に作成）

図2 活火山数と地熱資源量との正相関

水準にある。最近の我々の研究によれば、わが国の150℃以上の浅部熱水系資源は2,347万kW（×30年間）と見積られる<sup>(4)</sup>。このような広域の資源量評価は大きな誤差を伴うが、活火山数との正相関関係を利用すれば、およその妥当性を確認することができる（図2）。この資源量は、在来型の地熱発電技術で開発可能な深度3 km程度までの熱水系地熱資源量である。

技術開発によって、より深部の熱エネルギーを利用する後述の「EGS発電」,「マグマ近傍超臨界流体発電」,「マグマ発電」などを実現すれば、火山国のわが国にはさらに膨大な地熱資源量が見込まれることは言うまでもない。

### 3. 世界の現状と動向

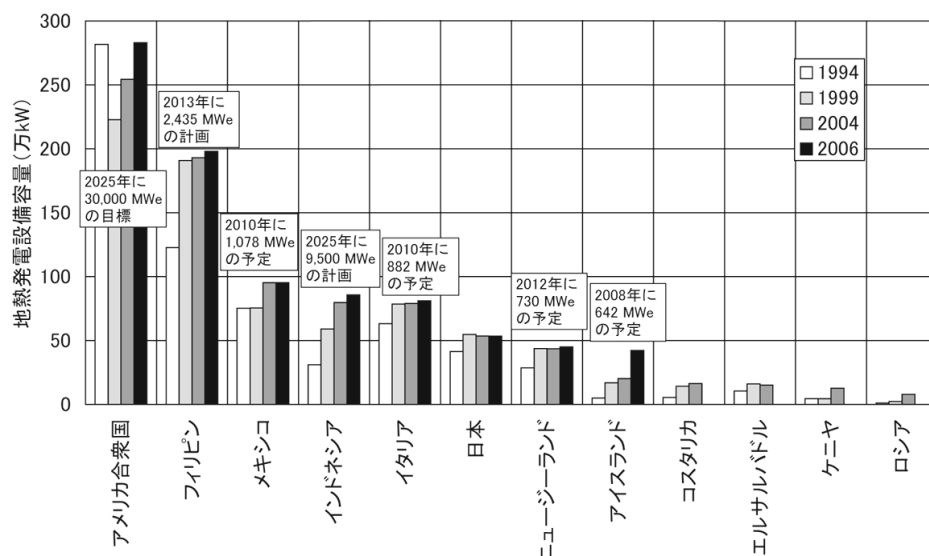
#### （1）世界全体

世界第8位までの地熱発電国の1999年から2006年にかけての地熱発電設備容量は、米国27.1%増、フィリピン3.7%増、メキシコ26.2%増、インドネシア45.3%増、イタリア3.3%増、日本2.4%減、ニュージーランド3.0%増、アイスランド148.2%増である<sup>(5)(6)</sup>（図3）。このように世界の主要地熱資源国は、

地球温暖化危機や原油価格高騰を背景として、地熱発電の開発を着実に伸ばしている。加えて、最近の特筆すべき傾向は、ドイツやオーストラリアなど活火山や高温地熱資源に恵まれていない諸国までが、本格的に地熱発電開発を推進しつつあることである。このような世界的潮流にあって、最近10年間、主要地熱資源国の中で、地熱発電開発を停滞させている国はわが国のみである（図3）。これは政府が1997年に地熱を「新エネルギー」から除外し、開発目標や技術開発や優遇政策を一挙に後退させてしまった結果である。残念ながら世界の地熱開発においては、日本の閉塞感が際立っているというのが現状である。

#### （2）米国

トップランナーの米国は、1980年代後半から世界最大の地熱開発地域ザ・ガイザーズ（蒸気卓越型地熱系）において、過剰開発、流体の地下非還元の結果、生産流体の劇的な減衰を経験した。このとき、米国がフィリピンに抜かれるのは時間の問題とみられたが、米国は地下還元の実施で、瞬く間に地熱発電急増の現状を回復している。2006年には米国エネルギー省の地熱技術プログラムの一環として、マサチューセッツ工科大学が地熱専門家



（出所：Bertani 2005, IEA Geothermal Energy Annual Report 2006（2007）を基に作成）

図3 主要地熱資源国の地熱発電開発計画動向

18名を集め、EGS（Enhanced or Engineered Geothermal System）発電（高温岩体発電の発展形であり、人工造成した地下亀裂に人工的に水を注入して発電する方式）の将来性を検討した。その結果、EGS発電は非火山地域を含めて全米で利用でき、この方法により地下深度10 kmまでを開発すれば、2050年には全米で少なくとも1億kWの発電が可能という意欲的な展望を発表した<sup>(7)</sup>。

### （3）アイスランド

アイスランドは地熱立国を具現した国であり、2007年末現在、一次エネルギー需要の66%を地熱で賄っている。とくに地熱直接利用の貢献が大きく、全家庭の約88%への地熱熱水供給を実現している。同国は地熱発電開発についても、2004～2006年の2年間に倍増させており、2008年内に発電設備容量でニュージーランドと日本を抜く趨勢にある（図3）。同国の人口がわずか31万人であることを考えると、これは驚異的なことといえる。

### （4）オーストラリア

オーストラリアには火山性の熱水系はほとんど賦存しない。しかし、オーストラリアの花崗岩は日本の花崗岩に比べて、10倍もウラン、トリウム、カリウムなどの放射性同位元素に富んでいる。そのため、花崗岩体分

布域では放射性同位元素の崩壊熱によって、地下温度がかなり高い。現在、33社が地熱開発ライセンスを取得し、各地の花崗岩分布地域でEGS発電の開発を進めている。最も先頭を走っているジオダイナミクス社はクーパー盆地で、EGS発電開発を進めており、深度4.4 kmまで掘削して、すでに地下温度250℃に達している。2009年初頭には1,000 kWのパイロット発電所の運転を開始し、2015年には50万kWの発電を目指している。

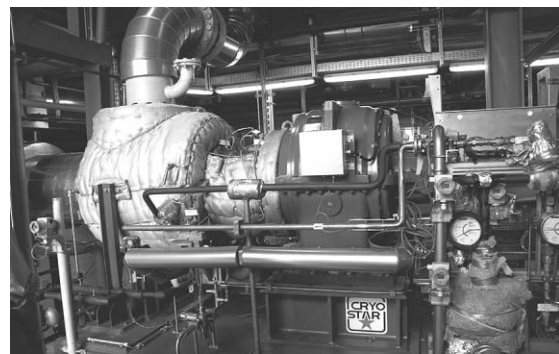
なお、世界最初のEGS発電は欧州連合（EU）が中心となって開発してきたライン地溝帯のソルツ（フランス側）のパイロット発電所1,500 kWであり、2008年6月に運転を開始している。

### （5）ドイツ

ドイツには火山性の熱水系もなければ、放射性同位元素に富んだ花崗岩体もない。それにもかかわらず、ドイツは浸透率（水の流れ易さ）の比較的高い北部堆積盆地、ライン地溝帯、アルプス北部モラッセ堆積帯を利用して、それぞれの地域に、深層熱水による地熱発電所を1つずつ稼働させている。このうち、2007年11月に運転を開始したライン地溝帯ランダウの2,500 kW（ランキンサイクル発電）とモラッセ堆積帯Unterhachingの3,500 kW（カーリーナサイクル発電<sup>※3</sup>）（図4）はそれぞれ、



〔深度3,446m生産井〕



〔タービン発電機〕

図4 独Unterhachingの生産井とタービン発電機

※3 カーリーナサイクル発電とは、Aleksandr I. Kalin博士が1980年に考案したアンモニア・水2成分系媒体を使うバイナリー発電の一方式であり、2成分系媒体のため、1成分系媒体のランキンサイクル発電より発電効率が低い。

深度3.3 kmと3.4 kmまで掘削しても、熱水温度が150℃と120℃に過ぎない。わが国に比べて、はるかに厳しい条件下で開発している。しかし、両者とも、ほぼ4年という短い期間で開発された。その原動力はひとえに1 kWh当たり15ユーロセント（約23円）という優遇価格での買い取り義務を定めた固定買取価格制度にある。ドイツはこれでも飽き足らず、2009年1月からは、この価格を20ユーロセント（約30円）に引き上げる予定である。ドイツの事例は、もし国を挙げて開発する気になれば、資源の乏しさという究極の障壁さえ、乗り越えられることを実証している。

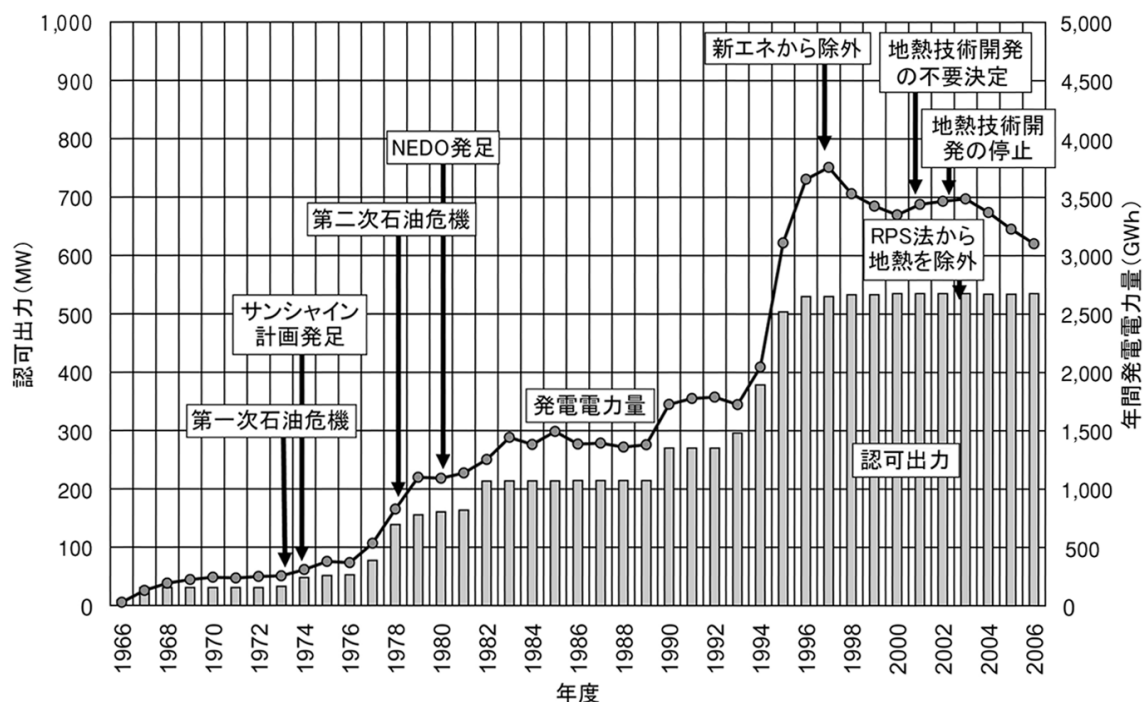
#### 4. 日本の現状と動向

2006年度末のわが国の地熱発電所は事業用と自家用とを合わせて18地点で、その認可出力は合計535.26MWである。認可出力は1999年度以来、ほとんど停滞している<sup>(8)</sup>（図5）。

世界の主要地熱資源国の中で、日本の地熱発電開発のみが停滞している理由は、

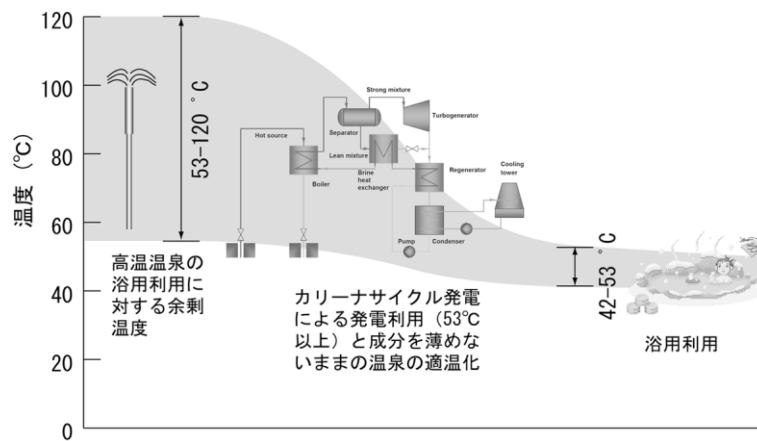
- ① 国の政策的導入目標が0となっている、
- ② 初期投資リスクに対する国のコスト優遇策が他国に比べて低い（例えば、蒸気フラッシュ発電をRPS [Renewable Portfolio Standard] 法の対象外としているのはわが国のみ）、
- ③ 許認可優遇策が低い（ドイツの「再生可能エネルギー法」やインドネシアの「地熱法」のような一括法がなく、多数の個別法の適用を受けるため、長い開発リードタイムを要する）、
- ④ 地熱技術開発が2002年度に停止された（主要地熱資源国ではわが国のみ）、

等々による。また、わが国特有の障壁として、ほとんどの火山地熱地域を網羅した国立公園の開発規制と2007年3月現在28,154個も存在する温泉泉源との摩擦の問題がある。例えば、最近の我々の研究によれば、日本の150℃以上の熱水系資源分布域の81.9%が国立公園の特別保護地区・特別地域にあって、開発が規制されている<sup>(4)</sup>。これらほとんど全ての障壁は政策的に克服可能である。



（出所：火力原子力発電協会、2008年のデータを基に作成）

図5 わが国の地熱発電開発動向



(出所：村岡，2007)

図6 温泉発電の概念

## 5. 今後の課題と展望

蒸気フラッシュ発電については，国立公園の特別保護地区・特別地域における開発規制を大幅に緩和すべきである。生態系保護の重要性はいうまでもないが，ほとんどの火山を保護する必要はないし，これによってクリーンエネルギーの開発が停滞し，マクロな地球環境が破壊されてしまうならば，主客転倒になるだろう。これまで地熱発電開発は開発規制のない地熱地域の周辺部で試みられてきたため，資源の品位が低く，既存の温泉との摩擦が一層，顕在化されることとなった。国立公園における開発規制の緩和によって，わが国は初めて真の地熱資源大国になり得るだろう。蒸気フラッシュ発電など比較的大型の地熱発電開発は，国立公園の規制緩和を実現することによって，飛躍的な進展が期待される。他方，28,154個も存在する温泉はわが国の文化であり，貴重な地熱資源である。しかし，わが国では高温の温泉が浴用利用にしか使われておらず，浴用温度以上の熱エネルギーは全て捨てられてきた。現在では，カーリーナサイクル発電を始め，100℃未満の熱水で発電を行うことが可能である。これを高温温泉の上流側に導入すれば，発電ができることに加えて，温泉成分を薄めないまま，浴用温度に適

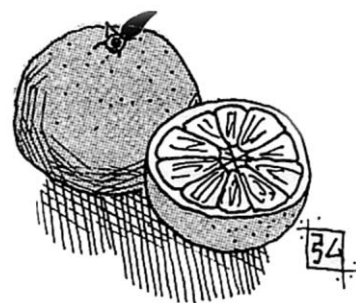
温化することができる<sup>(9)</sup> (図6)。この利用方法は新たな掘削を必要としないため，これまで反対運動等で地熱発電開発が諦められてきた，大規模な温泉地域ほど効果的な普及が期待される。カーリーナサイクル発電技術は前述のUnterhaching地熱発電所など，比較的大型のものについてはすでに実用化されている。これを温泉発電に適用するためには，温泉湧出量に見合ったできるだけ小型の発電システムを開発し，温泉沈殿物による熱交換器の目詰まり防止技術などを開発することが必要である。そこで，地熱技術開発株式会社（委託先）と産総研（再委託先）はNEDO新エネルギーベンチャー技術革新事業に『温泉エコジェネシステムの開発』を応募し，平成19年度にはフェーズⅠに，平成20年度にはフェーズⅡに採択され，平成21年度に完結の予定である。目標は50kW級カーリーナサイクル発電システムの開発であり，本体製作を地熱技術開発株式会社が，市場規模評価や沈殿物除去技術を産総研が担当している。このように小型・低温地熱発電技術も今後の1つの方向と考える。

最後に，いまわが国の地熱発電開発に最も期待されることはやはり，エネルギー政策のパラダイムシフトであろう。何故ならば，わが国の地熱発電開発の障壁はほとんど政策的に克服可能だからである。そして，このこと

は、わが国の地熱発電開発の将来がむしろ楽観的であり、今後の規制緩和等によっては、大きなコマーシャルチャンスを内包することを意味している。地熱資源大国日本の地熱エネルギー開発は現在の停滞のままで終わってはならないし、終わらせてはならない。

#### 参考文献

- (1) 6月23日東京新聞
- (2) Stefansson, V., World geothermal assessment. Proceedings of the World Geothermal Congress 2005 (CD-ROM), Antalya, Turkey, 6p., (2005)
- (3) Smithsonian National Museum of Natural History Global Volcanism Program. <http://www.volcano.si.edu/world/allvolcs.htm>, (2008)
- (4) 村岡洋文・阪口圭一・佐々木進・駒澤正夫, 日本の熱水系資源量評価2008 (要旨). 日本地熱学会平成20年度学術講演会講演要旨集, 1p. (印刷中), (2008)
- (5) Bertani, R., World geothermal power generation in the period 2001-2005. *Geothermics*, 34, 651-690, (2005)
- (6) International Energy Agency "Geothermal Implementing Agreement, IEA Geothermal Energy Annual Report 2006." 234p., (2007)
- (7) Tester, J.W. and an MIT-led interdisciplinary panel, "The Future of Geothermal Energy : Impact of Enhanced Geothermal Systems (EGS) on the United States in the 21st Century. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, MA," USA. 358 p., (2006)
- (8) 火力原子力発電技術協会, 地熱発電の現状と動向 2007年, 99 p., (2008)
- (9) 村岡洋文, 日本の地熱エネルギー開発凋落の現状と将来復活の可能性. 日本エネルギー学会誌, 86, 153-160., (2007)



[寄稿]

## 石炭ガス化複合発電 (IGCC) 実証試験の進捗状況

石橋 喜孝

(株)クリーンコールパワー研究所  
取締役副社長



### 1. はじめに

地球温暖化対策のために、原子力、あるいは風力や太陽光といった新エネルギーの導入が進められているところであるが、エネルギー安定供給のためには、埋蔵量が豊富で世界中に広く分布している石炭に頼らざるを得ないのが現実である。発電電力のなかで石炭火力の占める割合は、日本では25%程度であるが、米国では50%強、中国では約80%であり、世界的に見れば、石炭は今でも発電用燃料の主流である。特に、米国や中国では、古くて発電効率の低い石炭火力が数多く稼動し多くの二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) を排出しているのが現状であり、高効率な石炭火力の開発は急務と言える。

現在日本で建設される微粉炭火力は、ほとんどが蒸気温度600℃程度の超々臨界圧 (USC) ボイラを採用し、世界でもトップクラスの熱効率を誇っている。しかし、送電端効率は42%程度 (LHV) であり、さらに蒸気温度を上昇させても大幅な効率向上は望めない。そこで、石炭をガス化し、ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせた複合発電、すなわち「石炭ガス化複合発電 (IGCC)」を導入できれば、商用段階で送電端効率48~50%が可能となり、微粉炭火力に対して約2割の効率向上が可能となる。

(株)クリーンコールパワー研究所 (CCP) は、日本がこれまで開発してきた「空気吹きIGCC」技術を完成させるため、開発の最終段階であ

る実証プラントの建設、運転試験を行うために設立された。実証プラントは、福島県いわき市の常磐共同火力(株)構内にて、2007年9月に建設が完了し、既に運転を開始してほぼ1年が経過した。運転試験は計画通り順調に進捗しており、2008年9月には、IGCC信頼性検証のための長期連続運転試験が成功裏に終了し、IGCCの商用化にむけて大きく前進したところである。

### 2. 海外IGCCとの比較

欧米においても、1990年代からIGCCの実証プロジェクトが進められている。その概要を表1に示す。海外プロジェクトの共通の特徴は、ガス化炉の方式が「酸素吹き」だということである。石炭ガス化の際に使う酸素を製造するのに多くの動力を要するため、所内動力が大きくなり、送電端効率が低くなるのが難点である。

また、石炭を圧力の高いガス化炉に供給する際、ヨーロッパのIGCCは、乾いた微粉炭のまま供給する (ドライフィード) が、米国のIGCCは、水に溶いてスラリーにしてポンプで送り込む方式を採用しているため、米国のIGCCではさらに効率が低下する。

これに対し、日本のIGCCは、技術的難度は高くなるものの、石炭ガス化では「空気吹き」を、さらに、石炭供給ではドライフィードを採用しているため、世界のどのIGCCより高い送電端効率が得られるIGCCと言える。

表1 海外IGCCとの比較

| プロジェクト名<br>立地点  | Buggenum<br>オランダ            | Puertollano<br>スペイン           | Wabash River<br>米国                          | Tampa<br>米国               | 勿来<br>日本                  |
|-----------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| ガス化炉形式          | 酸素吹き<br>ドライフィード<br>(Shell炉) | 酸素吹き<br>ドライフィード<br>(Plenflo炉) | 酸素吹き<br>スラリーフィード<br>(E-Gas <sup>TM</sup> 炉) | 酸素吹き<br>スラリーフィード<br>(GE炉) | 空気吹き<br>ドライフィード<br>(MHI炉) |
| ガス化炉容量          | 2,000 t/d                   | 2,600 t/d                     | 2,500 t/d                                   | 2,500 t/d                 | 1,700 t/d                 |
| 発電端出力<br>(適用GT) | 284MW<br>1,100℃級GT          | 335MW<br>1,300℃級GT            | 296MW<br>1,300℃級GT                          | 322MW<br>1,300℃級GT        | 250MW<br>1,200℃級GT        |
| 実証試験<br>開始時期    | 1994年1月<br>1998年商用運転        | 1997年11月<br>現在商用に移行           | 1995年10月<br>2000年商用運転                       | 1996年9月<br>2001年商用運転      | 2007年9月                   |

### 3. IGCCの特徴

#### (1) 高い発電効率

日本の微粉炭火力では、効率向上のために、早くから超臨界圧ボイラを採用し、40%程度(LHV)の送電端効率で運転を行っていた。最近では、さらに蒸気の圧力と温度を上昇させた超々臨界圧USC条件を採用し、42%程度の効率となっている。さらに蒸気の圧力と温度を上昇させれば、効率は向上するが、材料の制約からなかなか難しいのが現状である。

ここにIGCCを適用すると、1,200℃級GTと組み合わせて42%程度、1,300℃級GTと組み合わせると45～46%程度、1,500℃級GTと組み合わせれば48～50%の送電端効率を得ることができる。

我々の実証プラントは、出力規模を商用機の半分の25万kWに抑えるために、1,200℃級タービン(GT)を採用しているため、送電端効率はUSCプラントと同等の42%程度に留まっているが、商用機段階では、現在LNG火力で採用されている1,500℃級GTと組み合わせ、出力50～60万kW、送電端効率48～50%程度が達成できる見込みである。

#### (2) 適用炭種の拡大

微粉炭ボイラは、燃焼温度が1,400℃程度であるため、石炭灰は熔融せずにフライアッシュとして回収される。微粉炭ボイラに、灰融点の低い石炭を使用すると、ボイラ壁に熔融灰が付着して伝熱障害を起こす。

一方、IGCCのコンバスタでは、燃焼温度が

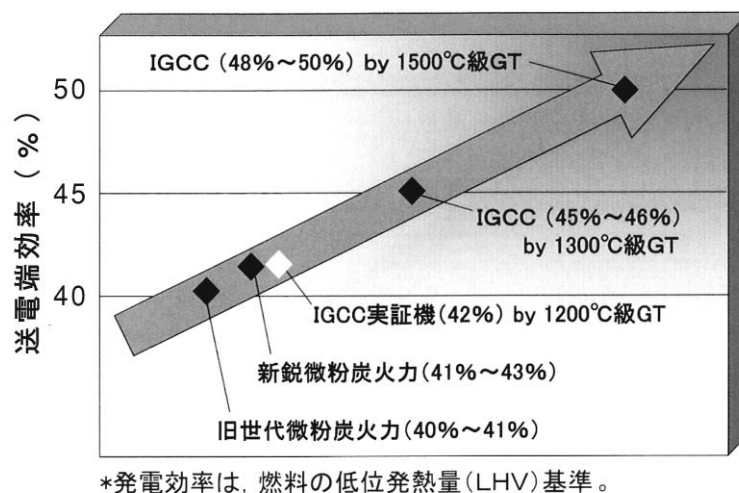


図1 石炭火力発電の発電効率の推移

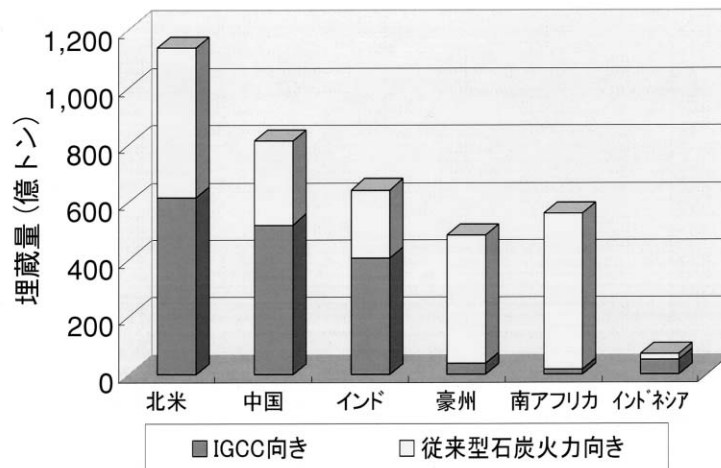


図2 灰溶融点別の石炭埋蔵量

1,800℃程度と高いため、石炭灰は溶融状態となり、ガラス質の水砕スラグとして排出される。従って、IGCCの場合は、微粉炭火力とは逆に、灰融点の低い石炭の方が使い易い。図2に示すとおり、IGCC向きの灰融点の低い石炭は、北米、中国、インド、インドネシア等に広く分布している。

このように、IGCCでは、微粉炭火力で使い難い石炭が使えるため、IGCCの導入により、日本全体で利用できる石炭の種類が拡大できるメリットもある。

### (3) スラグ（石炭灰）の有効利用

IGCCのガス化炉から排出されるスラグは、灰が溶融することによる容積の減少と、熱効率が低いことによる発生量の減少により、発電電力量当たりの石炭灰の容積は、微粉炭火力のフライアッシュの半分程度となる。

また、溶融スラグは、ガラス化しているため、微量物質の溶出がほとんど無く、有効利用した際の環境影響も少ない。溶融スラグは、砂あるいは小石状であるため、従来のセメント原料としての利用の他、路盤材や、アスファルト、コンクリートの骨材など、土木材料としての有効利用も期待される。

### (4) 環境特性の向上

高効率化に伴い、硫化物（SOx）、窒素酸化

物（NOx）、ばいじんの排出原単位が低減される。また、複合発電のため微粉炭火力に比べ温排水量は約3割低減される。さらに、微粉炭火力では排煙脱硫装置で多量の用水を使用するが、IGCCはガスタービンの燃料である石炭ガスの段階で脱硫するため処理量が少なく、用水の使用量が低減される。

このようにIGCCのメリットは様々あるが、課題は、設備が複雑となり安定運転が難しいことである。

## 4. 空気吹きIGCCの開発の歴史

空気吹きIGCCの開発のスタートは、1983年、電力中央研究所に設けられた石炭処理量2t/日のプロセス・デベロップメント・ユニットである。次に200t/日、2.5万kW相当のパイロットプラント、そして今回の1,700t/日、25万kWの実証プラントと、段階的にスケールアップを行いながら開発を進めてきた。この間、実に25年という歳月がかかった。

パイロットプラントでは、ガス精製設備は、より効率の高い乾式を採用していたが、実証プラントでは、信頼性を重視して湿式ガス精製に変更した。そこで、一旦、24t/日規模にスケールダウンして、湿式ガス精製を含めた一貫試験設備で確認試験を行い、ここでの知見も含めて、実証プラントの設計に反映した。

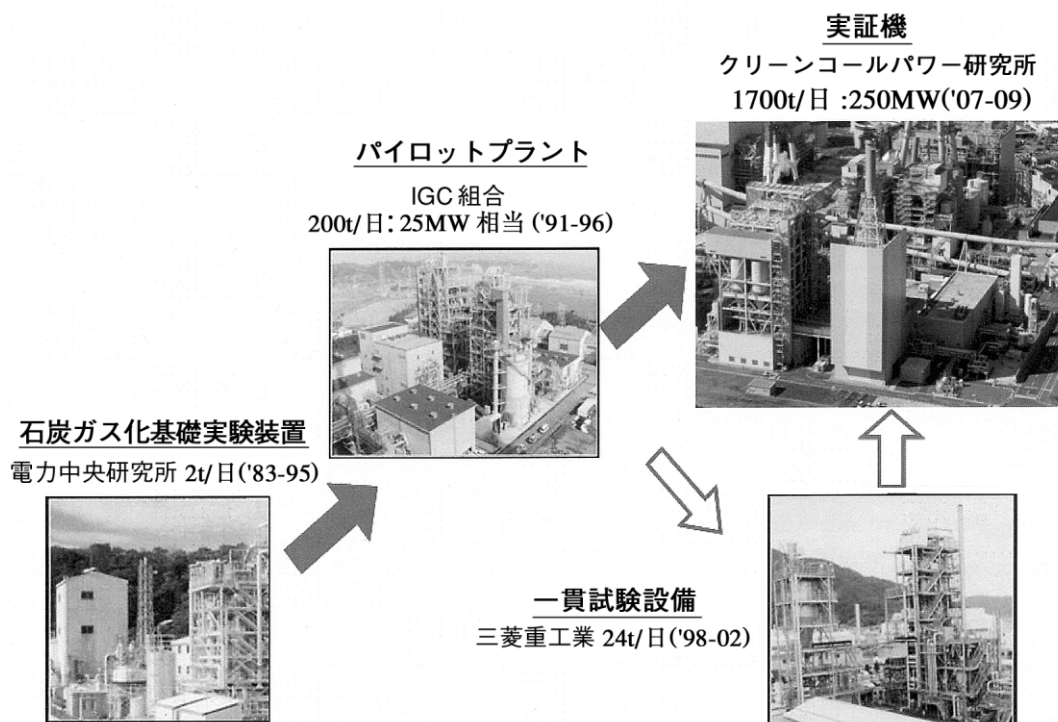


図3 空気吹きIGCC開発の歴史

商用機の規模は、50～60万kWであるので、実証プラントからは約2倍のスケールアップとなる。

## 5. IGCC実証機の概要

### (1) 実施体制

(株)クリーンコールパワー研究所は、IGCC実証プラントの試験研究を実施する目的で、北海道から九州までの日本の9電力会社、そして電源開発株式会社の出資により、2001年6

月に設立された。

実施体制は図4に示すとおり、出資会社に電力中央研究所を加えた11法人から試験費用の70%と必要な要員の提供を受け、CCPを含めた12法人で共同研究契約を結び、CCPが代表して試験を推進している。

また経済産業省から30%の補助金を受け、設置場所である常磐共同火力からは運転要員等の提供を受け、さらに設備の設計、建設は三菱重工業に発注して試験を実施している。

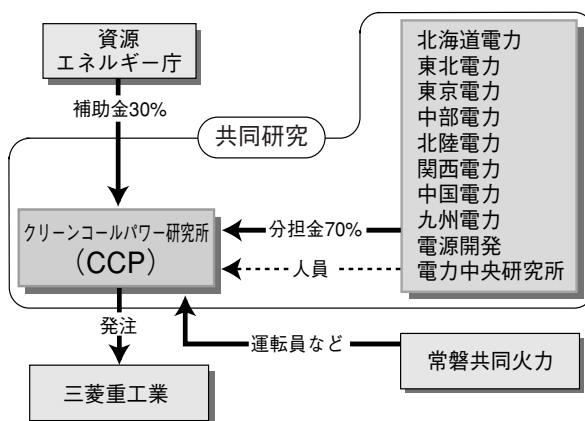


図4 IGCC実証試験体制

表2 実証プロジェクトスケジュール

| 年度       | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 事前検証試験   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 実証機設計    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 環境アセスメント |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 実証機建設    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 試験運転     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

## (2) 実証プロジェクト全体スケジュール

実証機プロジェクトは、CCP研究所が設立した2001年6月からスタートした。

全体として9年間のプロジェクトであるが、最初の3年間で設備の設計と環境アセスメント、次の3年間で建設、最後の約2年半が運転試験のスケジュールである。

建設は2007年9月20日に完了し、そこからガス化炉を点火して運転試験が始まった。試験開始からまもなく1年になろうとしているが、運転試験は計画通り順調に進捗している。

## (3) 実証機の設備構成・仕様

IGCC実証機は、ガス化炉設備、ガス精製設備、複合発電設備から構成されている。

まず微粉炭にした石炭と、ガス化剤としての空気をガス化炉内に送り込み、ガス化反応を起こさせる。石炭灰は高温のため溶融し、スラグホッパからスラグとして排出される。発生した石炭ガスは、シンガスクーラと呼ばれる熱交換器を通してガスを冷却しながら蒸気を発生させる。冷却されたガスの中には、チャーと呼ばれる未燃分が多く含まれているため、これをポー

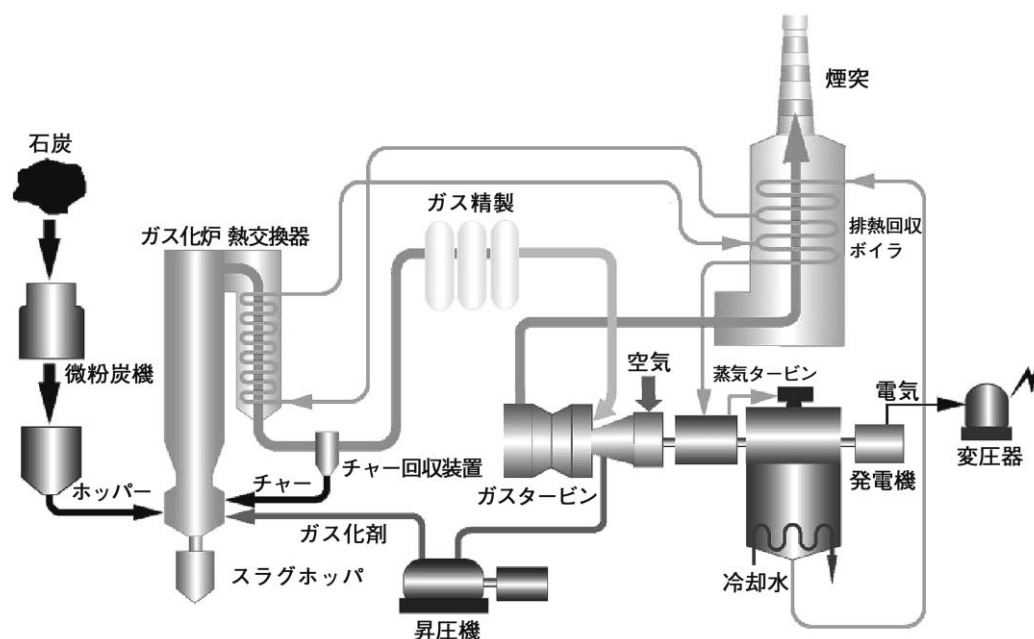


図5 IGCC実証機の系統図

表3 IGCC実証機の仕様

|               |                      |                       |
|---------------|----------------------|-----------------------|
| 出力            | 250MW                |                       |
| 石炭使用量         | 約1,700 t/日           |                       |
| 方式            | ガス化炉                 | 乾式給炭空気吹き加圧二段噴流床       |
|               | ガス精製                 | 湿式ガス精製＋石膏回収           |
|               | ガスタービン               | 1,200℃級               |
| 目標熱効率         | 発電端                  | 48 %                  |
|               | 送電端                  | 42 %                  |
| 環境特性<br>(目標値) | SO <sub>x</sub> 排出濃度 | 8 ppm                 |
|               | NO <sub>x</sub> 排出濃度 | 5 ppm                 |
|               | ばいじん排出濃度             | 4 mg/m <sup>3</sup> N |

※ 熱効率は低位発熱量（LHV）基準，排出濃度はO<sub>2</sub>16%換算。

ラスフィルターで分離して，チャーはガス化炉にリサイクルして燃焼させる。

チャーが除かれた石炭ガス中には，まだ窒素化合物，硫黄化合物などの不純物が含まれているため，湿式のガス精製設備でこれらを取り除く。きれいになった石炭ガスはガスタービンで燃焼させ，その燃焼排ガスを排熱回収ボイラ（HRSG）に通して蒸気を発生させる。シンガスクーラで発生した蒸気と，HRSGで発生した蒸気を合わせて蒸気タービンを駆動させ，複合発電を行う。

このように，IGCCは，「ガス化炉」「ガス精製」「複合発電」が，相互に物質やエネルギーをやり取りしながら，トータルで最適な性能が出るように上手に統合化させている。

IGCC実証機の仕様は，表3の通りである。出力規模を25万kWに抑えるために1,200℃級のガスタービンを使用しており，このため送電端熱効率は42%とやや低目であるが，商用段階では1,500℃級ガスタービンの採用により，送電端効率は48%を超える見込みである。

完成したIGCC実証機の全景を図6に示す。

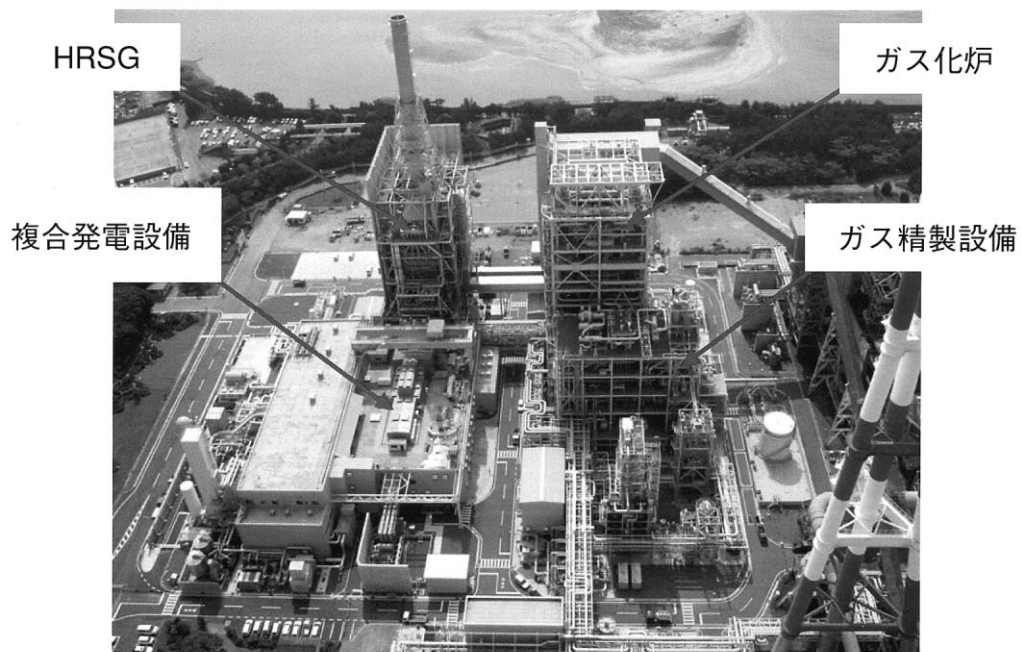


図6 IGCC実証機の全景

中央道路から右半分がガス化炉設備とガス精製設備であり、ガス化炉の架構の高さは60mである。

左側半分がコンバインドサイクル設備であり、左手前がタービン建屋で、タービフロア上にはガスタービン、蒸気タービン、発電機が一軸に並んでいるのが見える。その左奥が排熱回収ボイラ（HRSG）と煙突であり、煙突の高さは100mである。煙突は海外で実績の多いHRSG直上設置型であり、スペースの削減とコストダウンを図っている。

## 6. 約1年間の運転試験の結果

### （1）運転試験（RUN）の推移

2007年9月20日に建設を完了し、まず初めは、ガス化炉を灯油で点火し、灯油焚での調整試験を行った。その後、10月10日にガス化炉に石炭を投入し、ここからRUN1を開始した。

その後、RUN2にてガス化炉の単独調整を行い、12月に入ってRUN3でガスタービンに石炭ガスを送り、石炭ガス複合発電を開始し、

RUN4にて50%負荷運転、および50%負荷遮断試験を行った。

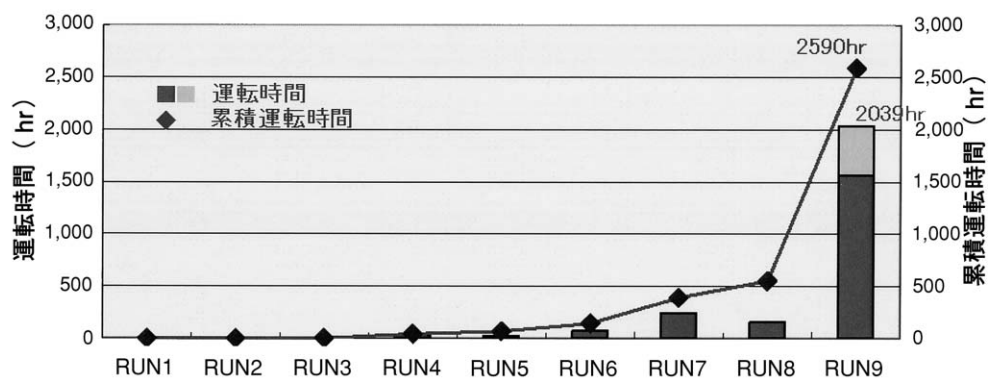
ガス化炉の初期調整段階では、微粉炭流量の変動が大きく、ガス化炉トリップを2度経験したが、微粉炭供給ホッパへの窒素供給方法の調整、微粉炭流量制御弁の調整等により微粉炭の安定搬送が可能となり、その後はガス化炉の安定運転が可能となった。

2008年1月にはRUN5で75%負荷運転、75%負荷遮断試験を行った後、3月にはRUN6で100%負荷運転、および100%負荷遮断試験を終了させ、当初計画どおり、2007年度中の定格出力運転を達成した。

そして4月にはRUN7にて、各負荷帯での静特性、動特性試験を行い、性能確認も行った。この段階では、期間もそれ程かけられないため、簡易な制御調整に留めた。

その後、設備点検および若干の設備改造を行い、5月末にRUN8で健全性確認試験を行った後、6月10日からRUN9として、2,000時間を目標とする長期連続運転試験に入った。

図7において、棒グラフの高さは、各RUN



|       |                  |                   |
|-------|------------------|-------------------|
| RUN 1 | 2007年10/10～      | ガス化炉石炭投入          |
| RUN 2 | 11/29～11/30      | ガス化炉単独調整          |
| RUN 3 | 12/ 5～12/ 7      | GT燃料切替（灯油→石炭ガス）   |
| RUN 4 | 12/18～12/21      | 50%負荷運転，負荷遮断      |
| RUN 5 | 2008年 1/ 9～ 1/11 | 75%負荷運転，負荷遮断      |
| RUN 6 | 3/ 3～ 3/ 7       | 100%負荷運転，負荷遮断     |
| RUN 7 | 3/28～ 4/ 7       | 各負荷静特性，動特性試験，性能確認 |
| RUN 8 | 5/26～ 6/ 2       | 健全性確認試験           |
| RUN 9 | 6/10～ 9/17       | 長時間連続運転           |

図7 RUN項目と運転時間の推移

毎の石炭ガス複合発電を行った運転時間を示しているが、RUN 9において一気に運転時間を伸ばし、2,039時間の長時間運転を達成した。なお、1,568時間連続運転の後、1度停止・再起動を行っているが、これはIGCCの信頼性とは全く関係のない事象による停止であったことから、我々の所期目標である「IGCCが夏場の3カ月間（約2,000時間）を連続運転できる信頼性の検証」はできたと判断している。

## （２）プラント性能データ

表４は、RUN 7において、25万kW、100％負荷運転時の性能データを示す。

ガスタービンと蒸気タービンの出力は、それぞれ124.2MWと、125.8MWであり、ほぼ1：1の出力比である。一般にLNG火力では、ガスタービンと蒸気タービンの出力比は2：1になるが、IGCCでは1：1になるのが特徴である。

送電端効率は、42.4％（LHV）であり、ほぼ目標値を達成した。その他の性能データ、あるいは環境データは表４に示す通りであり、いずれの数値も、計画通り、あるいは計画を上回る数値が得られている。

なお、送電端効率については、まだ粗調整

の段階でのデータであり、今後の運転最適化試験の中で、さらに高い数値を目指すこととしている。

## （３）今後の運転試験スケジュール

現在は長期連続運転試験後の開放点検を行っているが、2009年1月早々より、試験運転を再開し、それ以降は、下記の運転試験を予定している。

### ① 運転最適化試験（2009年1月）

運転パラメーターを変化させ、送電端効率の向上を目指すと共に、負荷変化率の向上試験等も実施する。

### ② 炭種変化試験（2009年1月～2月）

現在使用している中国の神華炭に加え、北米のPRB炭、インドネシア炭によるガス化試験も行う。これらはいずれも亜瀝青炭であり、空気吹きIGCCで亜瀝青炭もガス化できることを実証する。

### ③ 耐久性確認試験（2009年5月～12月）

約5,000時間の運転を行い、設備の耐久性確認を行う。

表４ プラント性能データ

|                                   |                               |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| 大気温度                              | 13.1℃                         |
| 発電機出力                             | 250.0 MW                      |
| GT出力                              | 124.2 MW                      |
| ST出力                              | 125.8 MW                      |
| 送電端効率                             | 42.4 % (LHV)                  |
| 冷ガス効率                             | 75.3 %                        |
| 炭素転換率                             | 99.9 %以上                      |
| 生成ガス発熱量 (LHV)                     | 5.2 MJ/m <sup>3</sup> N       |
| 生成ガス組成                            | CO 30.5%                      |
|                                   | CO <sub>2</sub> 2.8%          |
|                                   | H <sub>2</sub> 10.5%          |
|                                   | CH <sub>4</sub> 0.7%          |
|                                   | N <sub>2</sub> & others 55.5% |
| 排ガス環境値<br>(16% O <sub>2</sub> 換算) | SO <sub>x</sub> 1.0 ppm       |
|                                   | NO <sub>x</sub> 3.4 ppm       |
|                                   | ばいじん <0.1 g/m <sup>3</sup> N  |

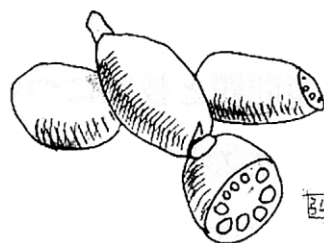
## 7. まとめ

日本が開発を進めている空気吹きIGCCは、世界でも最高の送電端効率が得られるIGCCである。この技術が完成すれば、石油火力と同等のCO<sub>2</sub>発生量で石炭火力発電が可能となり、資源の節約と同時に、地球温暖化対策にも大きく貢献することができる。

実証機の運転試験を開始してから約1年が経

過したが、既に定格出力での安定運転が可能となり、さらにIGCCの信頼性を確認するための長時間連続運転試験も成功裏に終了し、商用化に向けて大きく前進している状況にある。

今後も、予定されている運転試験を計画どおり進め、高効率、高信頼性、かつ価格的にも国際競争力のある空気吹きIGCCを完成させていく予定である。



[寄稿]

## 瀬戸際にあるわが国の風力開発

松宮 輝

(株)HIKARUWIND.LAB代表取締役  
世界風力エネルギー会議理事



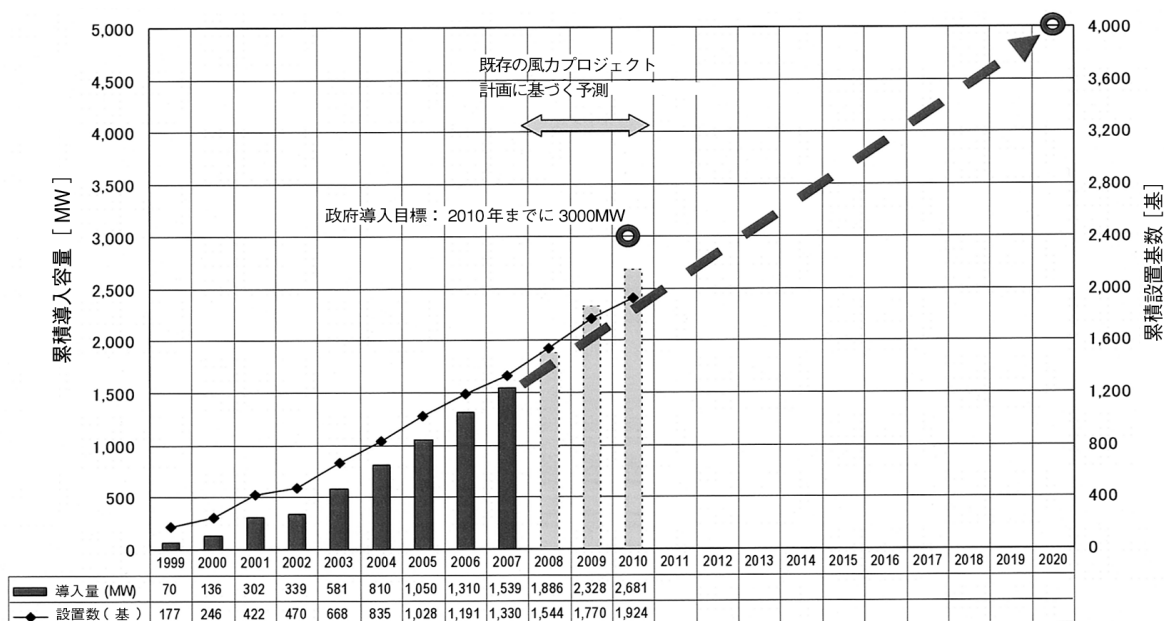
### 1. はじめに

かつては風力発電設備導入容量世界ランキングリストで第7位まで登った日本であったが、現在は13位に下がった。“瀬戸際にある”と感じるのは、転落したからではない。出口がない、光が射さない、からである。数えればありとあらゆる悪条件が重なった。日本の厳しい気象条件、島国であるがゆえに孤立した電力系統、起伏の多い陸地と水深の深い海域。洋上風力開発の遅れ。

政府・NEDOにおいては、風力発電電力系統安定化事業、日本型風力発電ガイドライン策定事業、建築基準法改定、など導入促進と安全向

上を目的とした事業が進められ、その結果貴重な技術的蓄積が得られているものの、風力開発の前進と有機的にリンクしているか疑問視される面がある。端的に言えば、2010年300万kW目標も危ぶまれる現状に象徴される。

この機会に、どうしたら瀬戸際から脱出できるかを問い直したい。環境・エネルギー問題は遍く政治的・経済的政策と関連しており、一介の風力研究者が議論を尽くすことはなかなかの困難な仕事である。しかしながら、本稿を通じ、直感や問題意識を諸兄にぶつけ、一体となって思慮・憂慮を重ね、打開の糸口を見出したい。



(出所：NEDO調査データ (2007年末)，経済産業省)

図1 わが国の長期需給見通し：2020年に4,910MW (最大ケース)

## 2. 最初の疑問符

図1は2008年1月1日時点のわが国の風力開発の到達点を示す。図中2つの丸が表示されているが、2010年のものはわが国政府目標値の300万kW風力設備容量である。また2020年のものは長期需給見通しの値（491万kW）である。一見、2000年に入って極めて健全な、つまりはストレートに前進する直線的な成長が展望されているようである。

しかし、このグラフは実に恐ろしい未来を語っている。

図2は世界の風力開発の推移を示す。2008年7月時点で102GWであり、2001年の7倍となった。

現状で日本の風力設備容量は対世界比で約 $1.5/102=1.5\%$ でしかないが、エネルギー消費量、二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）排出量が日本はこのレベルであろうか？そして、特に大きな相違は成長関数のパターンである。日本が直線的なのに対し、世界は指数関数的なのである。すでに遅れつつある日本が、この成長曲線の差を持って将来を展望すると、おや？と感じないものはいない。2つのグラフは、日本と

世界の差はさらに開くと予測する。ここに“日本が瀬戸際にある”と感じる第一の根拠がある。

## 3. 風力国際動向の再点検

日本も世界も、温暖化防止と再生化のエネルギーの利用促進に最大限の努力をしてきたことは事実である。わが国でも風力発電事業者に対する導入促進補助事業に多額の予算が投入されてきた。それゆえ、時期が来れば増加傾向は緩和され、指数的成長から直線へと減衰することもありうる。

では、わが国は直線に転じてもいいほどに、やるべきことはやったか、といえは決してそうではない。

なすべきことを尽くさないままに後退しているというのが直感である。この直感が本当かどうかを確かめるためにもう少し世界を見てみたい。

図3は大陸別風力開発の現状である。61%を閉めるのはヨーロッパ大陸であり、米国とともに長年風力開発に傾注してきた結果であり、納得であろう。EU諸国では、発電効率の

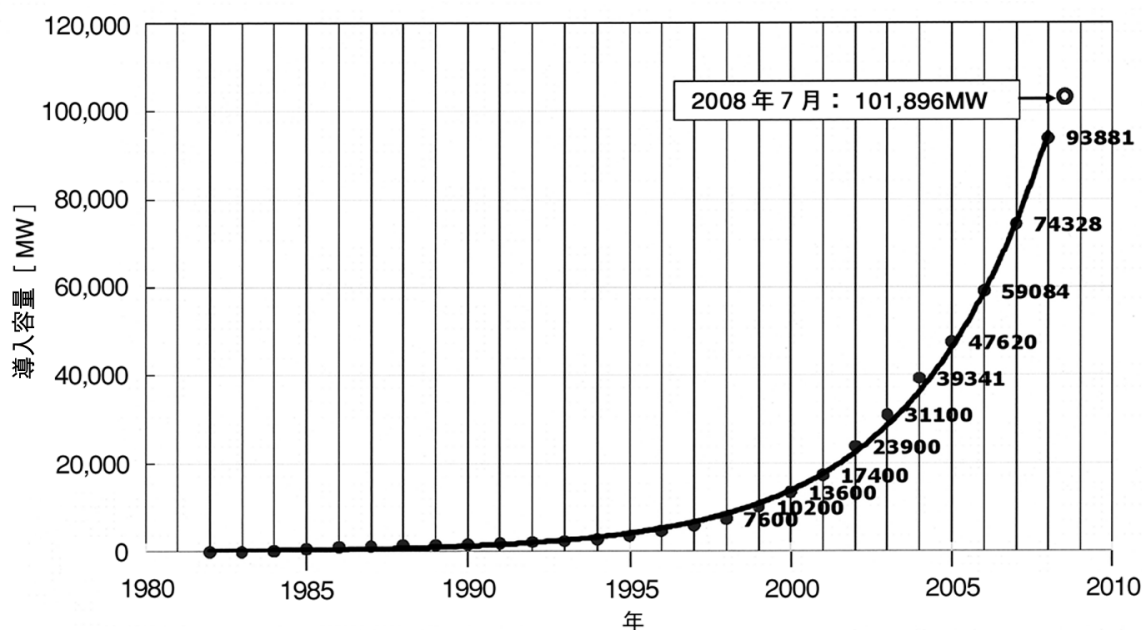


図2 世界の風力開発の推移（2008年7月時点）

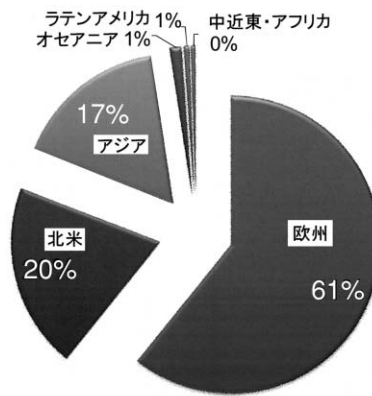


図3 大陸毎の風力開発状況

良い風力エネルギーが再生可能エネルギー開発の主流のみならず、全エネルギーの開発のなかでの主流である。ちなみに、欧州における原子力宗主国のフランスでさえ、日本を抜き第9位に浮上している。20%は北米であり、この主力は米国とカナダである。2007年は、米国だけでなく、水力の豊かなカナダでも風力開発が進んだ。

さて、第三位がアジア大陸であり、その主

導国はインド、中国である。これは両国における経済成長の反映である。

図4は、2007年ベスト13ランキングである。日本は13位に転落したので13位までを包含した。インド、中国が世界の4、5位を占めるなど、アジアにおける風力設備は急増している（下段のグラフ）。中段のグラフは2007年の設備容量の増加を示す。わずか1年間で米国は5,000MWを建設し、スペイン、中国は

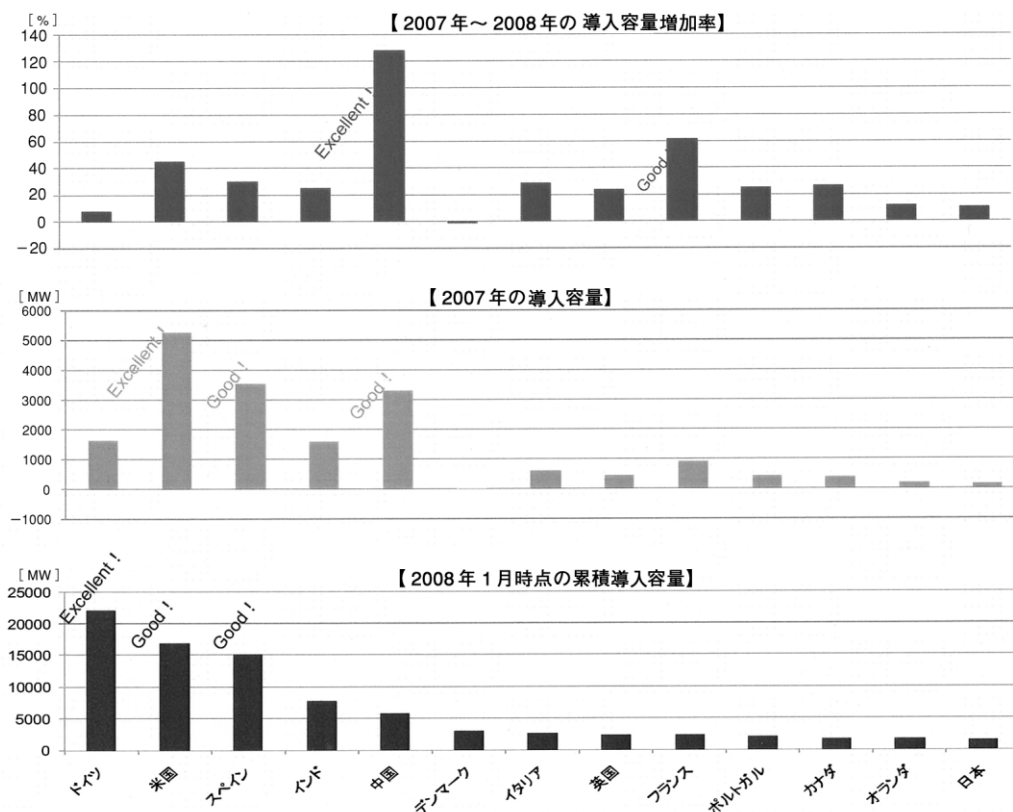


図4 国際ベスト13ランキング

3,000MWを超えている。上段のグラフは2007年の年間増分を示すが、中国は前年比130%弱、フランスは60%を増加させた。我々が認識すべきことは、風力開発が従来のデンマーク、ドイツ、スペイン、米国の専売特許ではなく、欧州内でも拡散し、また大陸間でもその傾向が拡大していることである。

こうした中で、各国、各大陸の風力エネルギー協会の国際連合体であるGWEC（世界風力エネルギー会議）は2008年秋の風力国際学会（Global Wind Power）の北京大会に続き、2年後はインド開催を決定し、さらに2年後の2012年にはブラジル開催を予定している。世界の風力は南米へと向かう。それどころではない。旧東欧圏ではすでに風力開発が活性化しているが、いまやトルコ、エジプトなど中近東、アフリカからも相次ぐ国際会議の案内が飛び交う。

このように風力エネルギー開発は国際舞台ではエネルギー開発のmain streamであるが、わが国では、見栄えがよいために、多くの企業のテレビコマーシャルでは活躍するものの、導入実態は逆に多くの規制で縛られており、エネルギー開発の主力としての位置づけからは程遠い。

どの国にもエネルギー資源の特性・個性があるから、特定のエネルギー資源を一律に世界平均並みとすることはできない。個々のエネルギー資源の優位性を生かすのが各国の政策である。産油国の優位性は言うに及ばないが、例えばスウェーデンは50%を水力が賄っている。では日本にどのような特技があるかといえば、無い。特徴的な資源はなく、あるのは工業力である。それでも再生可能エネルギーはそのエネルギーが持つ普遍性があり、すなわち、両極地圏から離れれば地球上どこでも太陽光を浴び、また太陽日射によりもたらされる大気流、つまり風も地球上遍く分布する。さらに洋上のエネルギーを含めれば、風力は高密度の固有のエネルギー資源を持たない日本にとっては貴重な選択肢である。

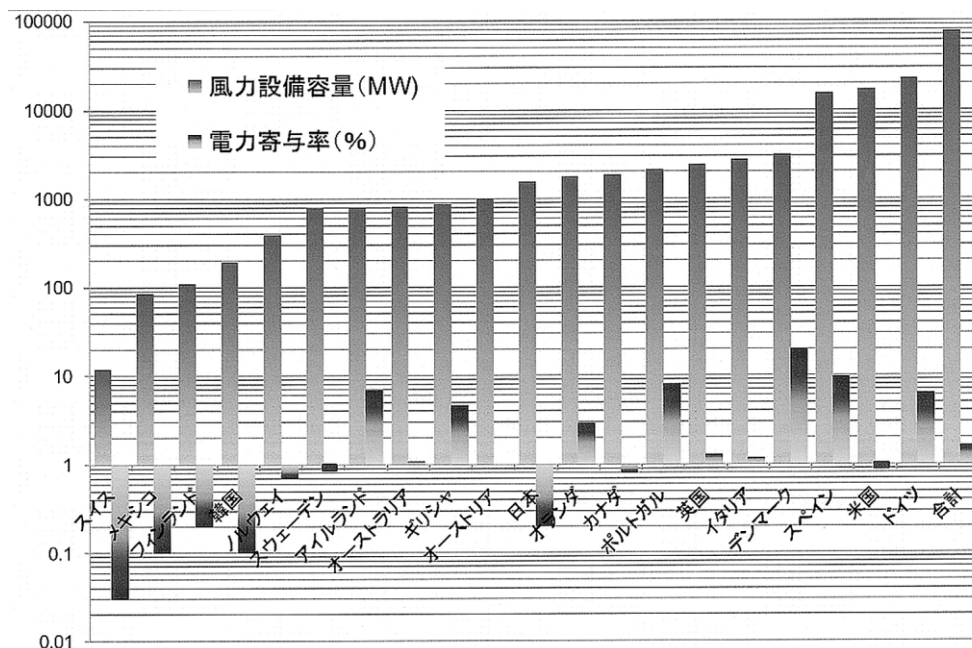
しかし、わが国の実態はエネルギー開発の状況は全く農業と同じで、安価な食料やエネルギー資源を輸入する体質が残存し、自給への強い努力が見えない。海外依存体質は、食料の農薬混入などの安全問題まで発生する。エネルギーは食料と並んで国民の安全と活力を確保する基幹産業であるが、EU諸国に見られるような有意な政策決定は見えない。

#### 4. 風力の電力生産への貢献度

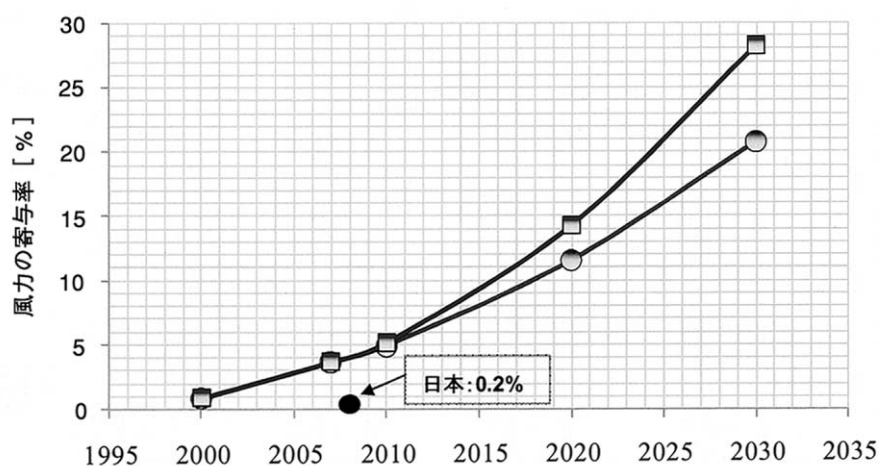
風力は実社会のどれだけ貢献ができているのであろうか？

筆者は電力生産における風力発電の割合、これを貢献度あるいは寄与率と定義して評価指標としている。風力エネルギーの利用形態は古くは揚水、製粉などの動力利用があったが、現代の主流は電力生産であり、上記の貢献度を持って分析しても大きな間違いはない。

石油危機が勃発した1970年代、産油国への対応の必要性から欧米OECD諸国はIEA（国際エネルギー機関）のもとで風力を含めた再生可能エネルギー開発の共同研究を開始した。風力共同研究の実施協定はIEA R&D WIND（さらに略してIEA WIND）と呼ばれる。日本も1978年から参画した。もちろん、大きなエネルギー消費国であり、典型的な石油の海外依存国であるからである。発足後、30年を経た現在、IEA WIND参加国の状態は図5の通りである（2008年1月）。IEA WIND参加国の総設備容量は全世界の約80%を占める。さて、風力の開発規模はこの時点では、ドイツ、米国、スペイン、デンマークの順であるが、電力寄与率ではデンマーク、スペイン、アイルランド、ドイツ、ギリシャの順である。デンマークは20%、スペイン10%、ドイツ6%といった見当である。ここで、縦軸は対数であることに注意されたい。1%未満のグラフは下方に伸びている。従って、日本はその中の一員であって、0.2%のレベルである。デンマークの100分の1、スペインの50分の1、ドイ



ツの30分の1という貢献度の実態は何を物語るのであろうか？貢献できていないということは、期待されていない、ということであらうか？これと、前述の指数関数的成長と直線的成長のギャップを考えると、図5において、わが国は今後ともひたすら下方へ棒グラフを



|                        | 2000  | 2007  | 2010  | 2020  | 2030  |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 風力発電電力量 (TWh)          | 23    | 119   | 176   | 477   | 935   |
| 電力需要-レファレンスケース (TWh)   | 2,577 | 3,243 | 3,554 | 4,107 | 4,503 |
| 電力需要-RE&Eff. ケース (TWh) | 2,577 | 3,243 | 3,383 | 3,345 | 3,322 |
| 風力発電シェア (レファレンスケース)    | 0.9%  | 3.7%  | 5.0%  | 11.6% | 20.8% |
| 風力発電シェア (RE&Eff. ケース)  | 0.9%  | 3.7%  | 5.2%  | 14.3% | 28.2% |
| 風力で賄う電力需要 (家庭数に占める割合)  |       | 15%   | 21%   | 49%   | 84%   |

\* European Commission, 2006: Combined High Renewables and Energy Efficiency Case

(出所：Eurelectric, EWEA and European Commissionのデータを基に作成)

図6 EU諸国の将来展望と日本

んでいる。日本は長期需給計画では約5,000MWであるから、2008年月1,500MW、0.2%をベースに考えると約0.7%と算定され、まだ1%が見えない。風力貢献度を高めるための国の事業としては、風力発電系統安定化事業が挙げられる。これは、不安定な風力発電出力を蓄電池を併設して平滑化し、電力系統の安定性を確保するための実証試験であった。しかし、欧米にはわが国の発電規模レベルでコストが大幅に増加するような風力発電所を建設する発想はこれまでは無い。むしろ系統の柔軟性確保、たとえば系統のループ化や、他国間との連系であり、欧州、中近東、アフリカを結ぶスーパーグリッド構想が浮上している。また風力発電事業者が電力系統を活用できることを法的に指導する電力買取義務を制定している国も多い。しかし日本では、電力系統は国民が利用する電力の配給網であり、公共資材であるという認識が極めて低い。こうした現実も、風力開発は国際潮流から離脱するわが国の瀬戸際の状況が覗える。あたかも鎖国を行い、そのまま埋もれるかのような危機感がある。

## 5. わが国の特異な気象条件

台風による倒壊事故等の被害など、日本の気象条件は現代風力技術の育成母体となった欧州のそれとは異なっている。それがゆえに日本に風車が根付かない根拠として気象条件が挙げられることもある。しかしそこは現代技術の力が発揮できる。強度設計、疲労設計は予想される荷重条件が適正に推定されれば問題ない。次いで出てくる議論は、日本の気象条件のもとでは欧州基準が色濃いIEC国際標準は役に立たず、わが国独自の安全基準が必要である、というものである。風力導入促進のために、80%以上もの海外製の風力発電設備を導入しながら、事故が発生したらIEC国際標準が悪いとするのは八つ当たりとも思えなくも無い。全ての工業生産物がそうであるよ

うに、安全設計はそれが使用される環境、その環境下における外部荷重によって決まる。NEDOの風力発電ガイドライン策定事業では、環境の観測及びモデル化を行なったが、それはIEC標準の技術体系と比較するとまだほんの一部を埋めるものでしかない。また、わが国の特異な環境に対抗する風車本体の技術開発はといえば、風車メーカーが独自に努力しているだけで、欧米のように政府や業界が結束して取り組む状況には無い。政府による風力研究開発は久しく途絶えていたが、2008年度にわずかに復活した。それでも風車本体の研究開発はまだ認められていない。

特異で厳しい気象条件はハリケーン、サイクロン、竜巻、ブリザード、砂嵐、雪氷、流水（洋上風車で）など全世界至る所に分布する。日本だけの課題ではない。こうした気象条件下での風力利用を発展させるために、欧米では必要な研究開発を行っている。寒冷地風力技術開発や深海洋上風車などはIEA WINDでも行なわれている（予算上の理由で、日本は参加できなかったが）。

環境が厳しければそれに打ち克つ技術を開発すべきである。風資源評価から風力発電技術、そして電力利用技術までの一連の有機的な国レベルの研究開発が放置されていること自体、筆者は瀬戸際をすぐ背後に感ずる。

## 6. 風力開発ロードマップの不在

瀬戸際は無いほうがよい。しかし、もう瀬戸際に落ちてしまったのかと思わせるのが図7である。これは総合科学技術会議のわが国の革新的環境エネルギー技術の普及見通しのビジョンを示している。厳しい環境を突破すべき風力技術はどう展望されているか、と期待に胸を弾ませて探すが見当たらない。いや、1つだけある。それは図の左端であり、2006、2007年の過去のものとなっている。2010年より先にはもう途絶えてしまうようだ。

日本では、風力エネルギー開発が環境・エ



エネルギー分野の主要部門と判断する欧州とは大きな相違がある。EWEAやGWECなどの風力国際組織は、この世界金融危機に襲われた中、COP14はどうなるのか、環境課題が不況対応で後回しにされはしないか、温暖化防止に向けて新たな数値目標が決まるはずのCOP15（2009年12月予定）で成果は出せるのか、と心配している。大きな国際学会のたび

に、目標とロードマップの策定が何よりも重要だ、それなしでは、高い目標は実現できない、との主張がなされるが、まさに、同感である。

本稿がきっかけとなり、わが国の風力ロードマップが策定された時、我々はわが国固有の瀬戸際の危機から脱する第一歩と判ずることとしたい。

## 分散型電源普及拡大に必要な 配電線電圧対策費の試算について

浦田 浩孝 (プロジェクト試験研究部  
主任研究員)



### 1. はじめに

近年、地球環境問題への関心の高まり等の理由から再生可能エネルギーを中心とした分散型電源（DG）の普及が進展しつつある。一方、分散型電源の電力系統への大量導入（連系）による電力品質への影響に関する問題点として、「①電圧（上昇）問題」、「②単独運転問題」、「③変電所バンク逆流問題」等が指摘されており、<sup>(1)</sup>中でも「①電圧（上昇）問題」は最も早期の顕在化が懸念されている。

現在、分散型電源が系統連系する際の個々の対策は原因者負担を原則に行われているが、今後、大量に連系された場合、大規模な設備強化が必要となり得るが、現状ではその費用負担者は決まっていない。

太陽光発電を中心とする分散型電源の大量

連系が避けられない情勢の下、電力系統の強化対策費の手当てが必要となるが、その負担者を決めるためにも費用の見積もりを行うことが不可欠である。

（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）委託事業の「新電力ネットワークシステム実証研究・新電力ネットワーク技術に係る総合調査」（平成16年度～19年度）の中で、国内における配電線電圧対策費の総額を試算し、標準シナリオにおいて、2050年までの電圧対策費が2兆8,932億円（年平均642億円）、進展シナリオにおいて、8兆1,469億円（年平均1,811億円）必要との結果が得られた。当研究所は図1の「新電力ネットワーク技術に係る総合調査」を行ってきた。本稿では、この試算の導出過程を紹介する。

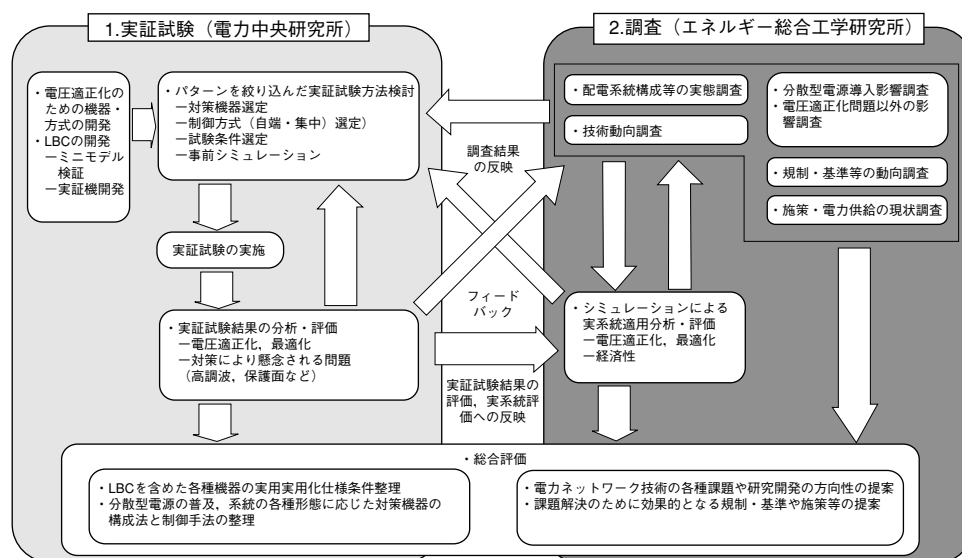


図1 新電力ネットワークシステム実証研究・新電力ネットワーク技術に係る総合調査の構成

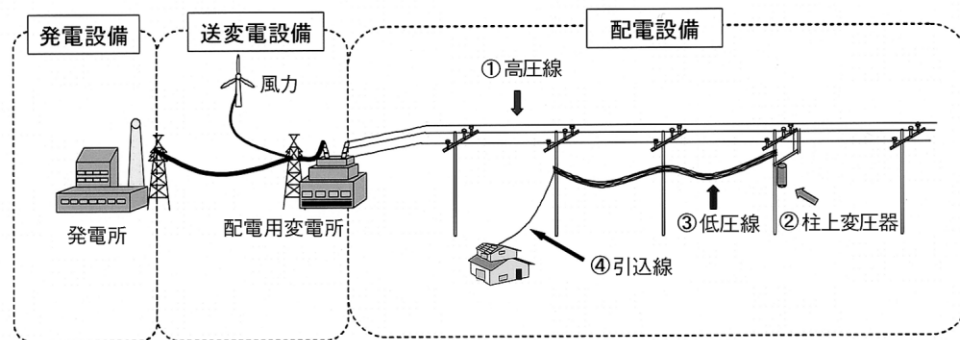


図2 電力システムイメージ

## 2. 検討の概要

図2に、電力システムイメージを示す。国内の配電線は6万回線以上あり、供給地区、運用容量、幹線巨長など様々に異なっている。

このことを踏まえた本検討の流れを図3に示す。まず、①技術的な検討として、モデル化した全配電線に対して、選定した対策（SVC設置等）の電圧調整効果（分散型電源の導入限界）を求め、次に、②想定した1年毎の分散型電源導入シナリオを元に、③対策について複数の選択肢がある場合は、最も経済的な方法を1つだけを選定した。

そして、モデル化した国内6万回線余の全ての配電線毎に2005年から2050年までの経過

表1 モデル配電線の設備容量と最大負荷

| 地区  | 容量区分 | 設備容量 (kW) | 最大負荷 (kW) |
|-----|------|-----------|-----------|
| 繁華街 | 大容量  | 5,300     | 3,700     |
|     | 一般容量 | 3,500     | 2,500     |
| 工場  | 大容量  | 5,300     | 3,700     |
|     | 一般容量 | 3,500     | 2,500     |
| 住宅  | 大容量  | 5,300     | 3,700     |
|     | 一般容量 | 2,800     | 2,000     |
| 農山村 | 大容量  | 5,300     | 3,700     |
|     | 一般容量 | 3,500     | 2,500     |

年毎の対策の要否を検討し、電圧対策機器の設置台数を元に毎年の発生費用（減価償却費、修繕費、機器損失、固定資産税、用地費、点検費）を積算した。

## 3. 技術的電圧対策の検討

### (1) 配電線8モデル

本検討では、電気協同研究報告書<sup>(2)</sup>のモデルをもとに、表1に示す8モデル（4地区×2配電線容量）を設定し、図4に示す幹線部分の架空電線種比率を一定にした伸縮モデルで検討を行った。表1の設備容量は、電線の許容電流から求め、最大負荷は設備容量の70%の値とした。

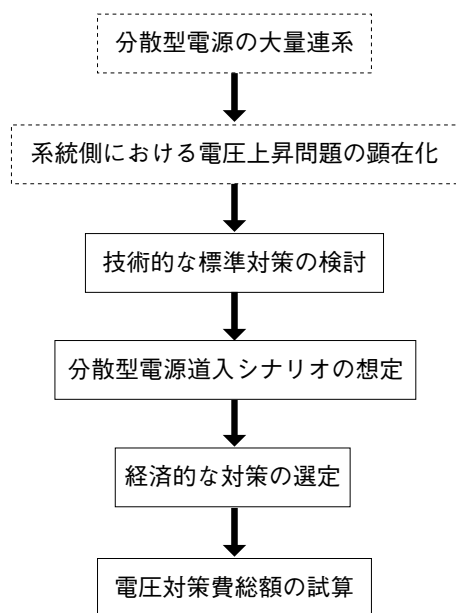
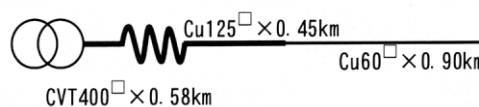


図3 本検討の流れ

図4 配電線伸縮モデル

## (2) 対策機器

本検討において、選定した対策は、高压機器設置によるものとし、既存機器である、高压自動電圧調整器（SVR）、静止型無効電力補償装置（SVC）および新しく開発されたループバランスコントローラ（LBC）の単独または2台組合せ設置によるものとした（①SVR、②SVC1台、③SVC2台、④LBC300kVA、⑤LBC500kVA、⑥LBC1000kVA、⑦SVR+SVC、⑧SVR+LBC300kVA、⑨SVR+LBC500kVA、⑩

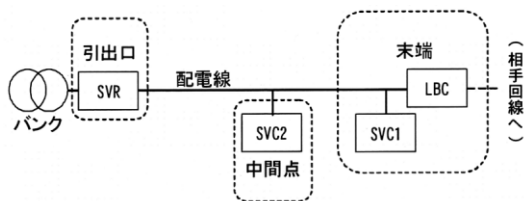


図5 対策機器の設置位置

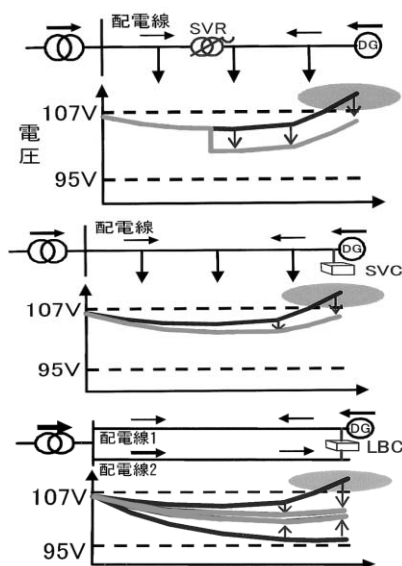


図6 対策機器による電圧調整イメージ

SVR+LBC1000kVA)。なお、2台組合せの場合は集中制御を前提としている。図5に機器の設置位置を、図6に対策機器による電圧調整イメージを示す。

## (3) 対策の一般化

上記配電線モデル、対策機器により、分散型電源が系統に大量連系したときの電圧対策機器の電圧調整効果をシミュレーションにより評価した。具体的には、分散型電源連系に伴う高压上昇可能マージンを30Vと見積もり、8モデルそれぞれについて、幹線亘長をパラメータ（100m刻み）として設備容量に対する分散型電源の限界導入量の比率（限界導入率）を導出した。分散型電源が系統連系したときの電圧シミュレーションは、年間を通じて最も条件が厳しいと考えられる「重負荷時（夏期）」と「軽負荷時（中間期）」を各1日（24時間）、合計48時間で行った。図7に示すように、電圧観測点は100m毎（幹線亘長が10kmを超える場合は99分割）とし、負荷と分散型電源の分布は均等、刻み時間は10分間とした。また、分散型電源の種類は繁華街・工場地区は出力一定型の同期発電機、住宅・農山村地区は日射強度に比例する出力変動型の太陽光発電とした。導出プログラムのフローを図8に示す。

まず、モデル（供給地区、配電線容量区分）と配電線の幹線亘長を決め、次に、負荷中心点の電圧が基準値（需要が最大の時の到達電圧）を維持するよう、時間経過に伴う変電所送出電圧（プロコン方式）を決定し、観測点

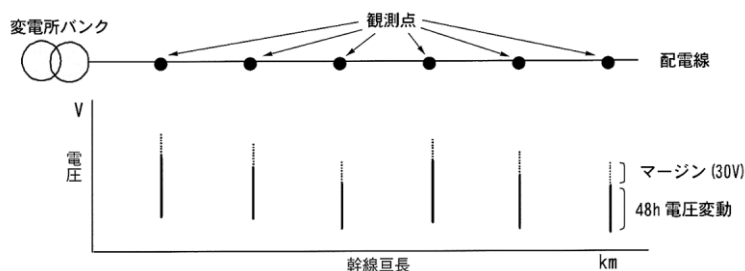


図7 負荷、分散型電源分布、観測点

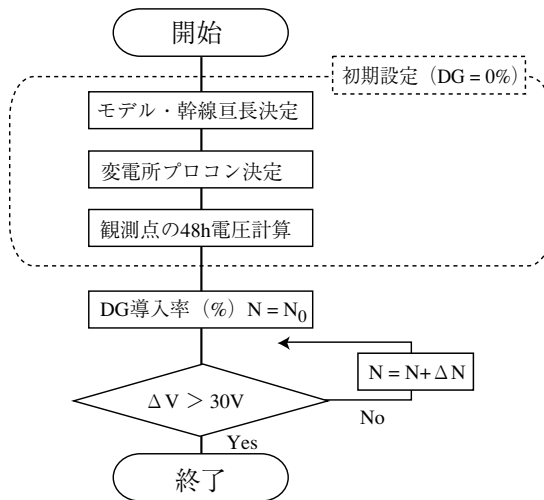


図8 限界導入率導出プログラムのフロー図

での負荷変動に伴う48時間の電圧変動を記録する。ここで記録された最高電圧から30Vの電圧上昇マージンを見積もって、配電線容量に対する分散型電源導入率を徐々に上げ、観測点の電圧上昇幅が30Vになるまで48時間の計算を繰り返し限界導入率を確定させる。同様に、対策時の限界導入率も、対策機器動作時の分散型電源連系による電圧上昇幅が30Vとなった時を対策時の限界とした。

8 モデルのうち、結果の一例（繁華街地

区・大容量回線）を図9に示す。

限界導入率曲線から、幹線巨長に応じて対策が必要となる分散型電源導入量を知ることができる。また、各対策による限界導入率曲線から対策毎の電圧調整効果が分かる。つまり、将来予想される分散型電源導入量に対して、対策が必要となる時期と予想される分散型電源導入率に対する技術的に対応可能な対策を知ることができる。図9中「●」印に示す幹線巨長3.3kmの「対策なし」時の限界導入

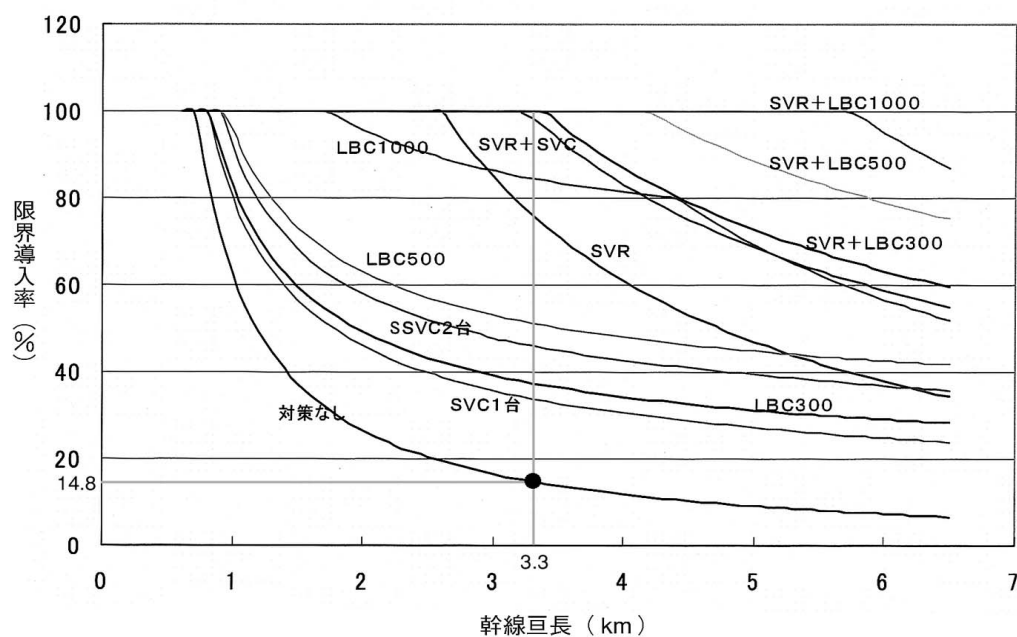


図9 繁華街地区・大容量回線モデルにおけるDGの限界導入率曲線

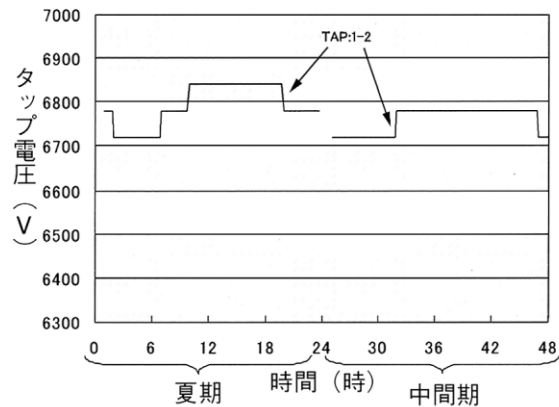


図10 変電所送出電圧（幹線巨長：3.3km）

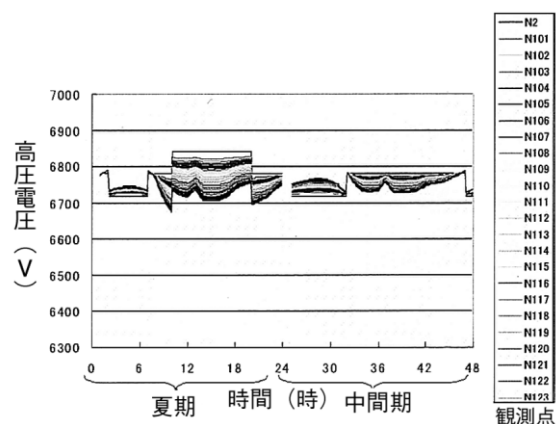


図11 限界時の各観測点での電圧推移

率は14.8%である。このときの変電所送出電圧と限界時の各観測点での電圧推移をそれぞれ図10、図11に示す。

#### 4. 分散型電源導入シナリオの作成

2050年までに表2の分散型電源が導入される

と仮定した。電源の種類については、太陽光発電、風力発電、廃棄物発電、バイオマス発電（以上、住宅・農山村地区／出力変動型）、燃料電池を含むコージェネレーションシステム（以上、繁華街・工場地区／出力一定型）とした。

また、普及のケースについて、標準シナリオと進展シナリオの2ケースとした。

表2 分散型電源導入シナリオ作成に用いた連系容量

（単位：万kW）

|          | 2010年 |       | 2020年 |       | 2030年 |        | 2050年 |        |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
|          | 標準    | 進展    | 標準    | 進展    | 標準    | 進展     | 標準    | 進展     |
| 繁華街・工場地域 | 343   | 781   | 802   | 1,871 | 1,260 | 2,961  | 1,680 | 3,250  |
| 住宅・農山村地域 | 523   | 1,232 | 878   | 5,258 | 1,232 | 9,283  | 4,950 | 9,830  |
| 合計（全体）   | 866   | 2,013 | 1,680 | 7,129 | 2,492 | 12,244 | 6,630 | 13,080 |

参考文献：

総合資源エネルギー調査会 総合部会／需給部会『今後のエネルギー政策について』（平成13年7月）

資源エネルギー庁『新エネルギー導入拡大に向けて』平成16年9月

総合資源エネルギー調査会 需給部会『2030年のエネルギー需給展望』（平成17年3月）

その他の新エネルギー関連データ

### (1) 経過年に関する想定

- ① 2010年の想定：標準ケース，進展ケースとも公開されている情報が多く，各発電種別の合計を適用
- ② 2030年の想定：標準ケース，進展ケースとも公開されている情報は多く，各発電種別の合計を適用
- ③ 2020年の想定：標準ケース，進展ケースとも公開されている情報はほとんどなく，2010年から2030年の中間値と仮定
- ④ 2050年の想定：標準ケース，進展ケースとも公開されている情報はなく，物理的限界潜在量（理論値）により仮定された実際の潜在量のAケースおよびBケースをそれぞれ進展ケース，標準ケースと仮定

### (2) 国内の配電線容量

電力会社ヒアリング調査結果等を元に，国内の配電線設備容量合計を2億7,000万kWと見積もり，この容量が2050年まで一定と仮定した。

### (3) 近似曲線を用いた平滑化・導入ばらつき

上記の分散型電源導入量と国内の総配電線容量を元に導入率を求めると区分的に直線であるグラフとなるが，今回，ロジスティック関数により近似曲線を用いて平滑化を行った。

また，分散型電源の普及の仕方は配電線毎に一定のばらつきがあると仮定し，平均的な導入率を基準（＝1）として，3分の1（ $\div 0.33$ ），3分の5（ $\div 1.67$ ）の3つのばらつきを考慮したシナリオを作成した。

普及のばらつきを考慮した配電線設備容量に対するGD導入シナリオを図12に示す。

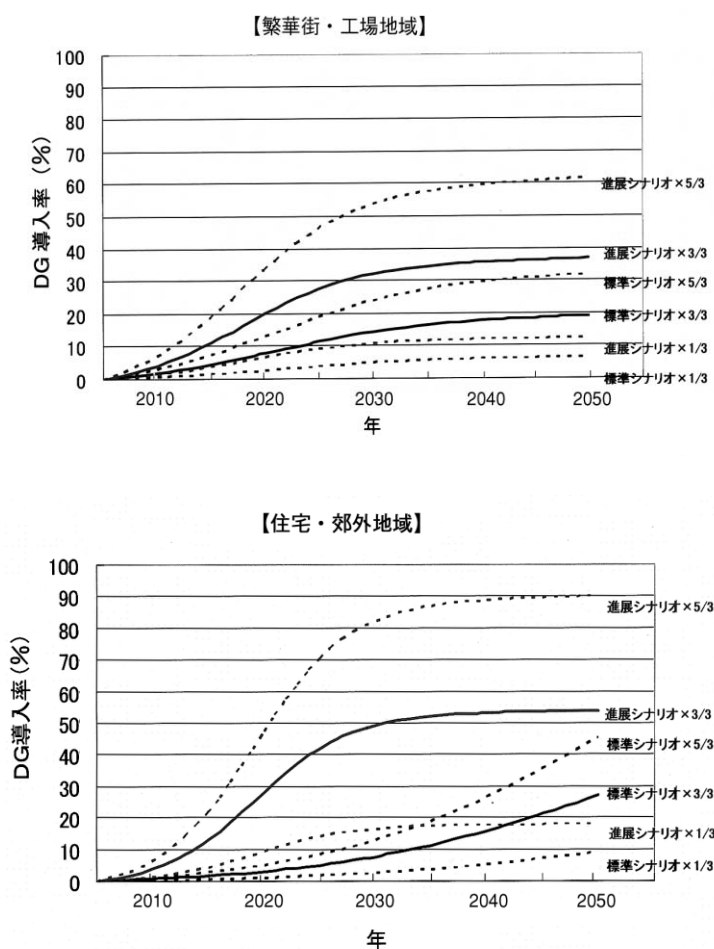


図12 ばらつきを考慮したDG導入シナリオ

## 5. 電圧対策費総額の試算

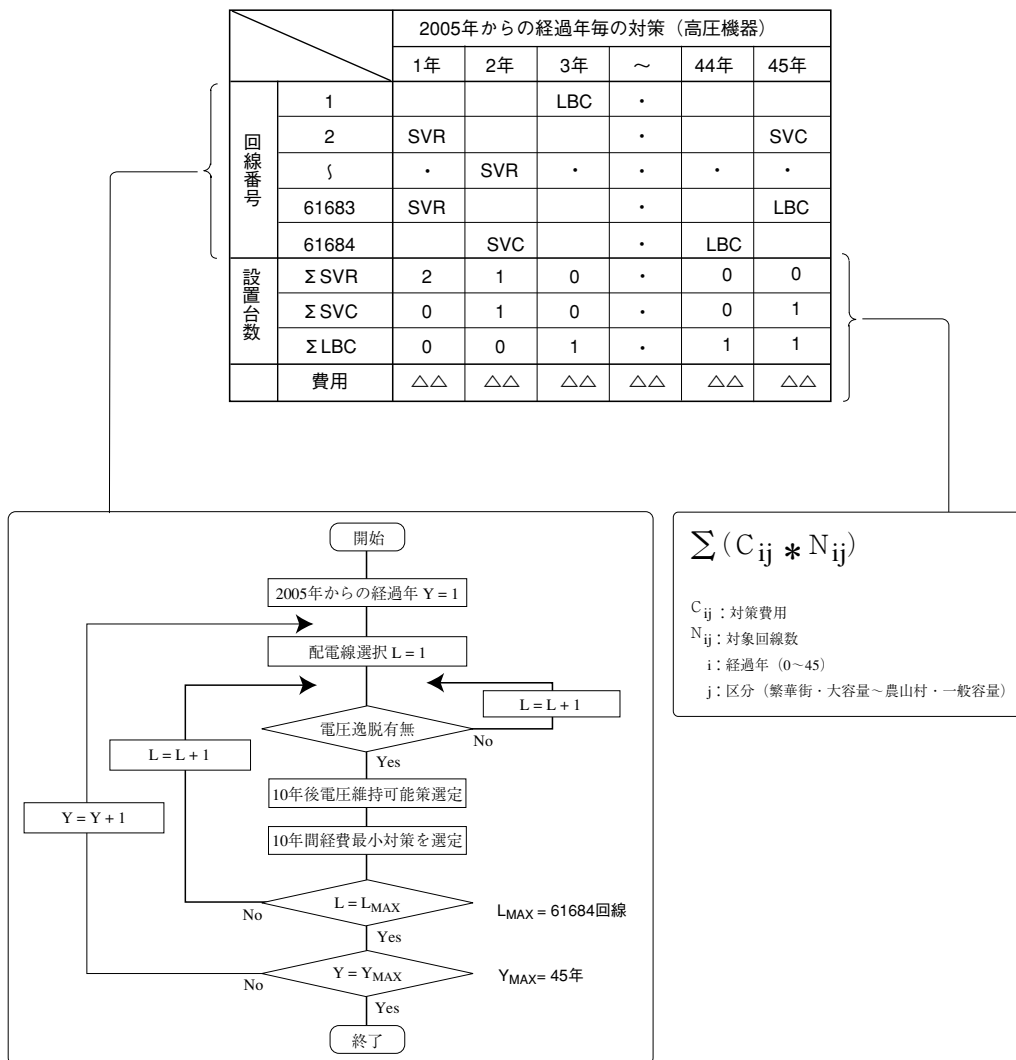
実際に対策を講じる際には、技術的に満足する複数の対策の中から最も経済性に優れた対策を選定する必要がある。本検討では、電圧対策費の試算に当たって、原価比較法※により10年間の各対策の経費を比較評価し、最も経済的な対策を選定した。総額試算のイメージは表3のとおりである。

全ての配電線の2050年までの電圧対策を毎年求め、対策毎に発生する経費合計を積算した。なお、対策は高圧機器設置を原則とした

が、幹線亘長が長い配電線など、高圧機器設置による電圧調整効果の限界を超える導入の場合は、近年開発された柱上変圧器二次側に設置する自動タップ型柱上変圧器（パワエレ機器）により積算した。適用した条件は表4に示す。

標準シナリオおよび進展シナリオによる試算結果を図13に示す。標準シナリオにおいては、2050年までの電圧対策費は2兆8,932億円（年平均642億円）、進展シナリオにおいては、8兆1,469億円（年平均1,811億円）必要との結果が得られた。

表3 電圧対策総額の試算イメージ



※原価比較法とは、n年間に亘る積算年経費を現在価値Cで比較する手法。Cは第n年度における年経費を $C_n$ 、金利（利率）を $i$ とすれば次式のようなになる。
$$C = \sum \frac{C_n}{(1+i)^n}$$

表 4 試算に用いた条件

|                       |     | SVR     | SVC     | LBC<br>(300)     | LBC<br>(500)     | LBC<br>(1000)    | 自動<br>タップTr   |
|-----------------------|-----|---------|---------|------------------|------------------|------------------|---------------|
| 初期コスト<br>(工事費+資材費)    | 千円  | 7,000   | 15,000  | 24,000<br>(目標価格) | 30,000<br>(目標価格) | 60,000<br>(目標価格) | 600<br>(目標価格) |
| 償却年数                  | 年   | 18      | 18      | 15               | 15               | 15               | 18            |
| 定率法年間償却率              |     | 0.12008 | 0.12008 | 0.14230          | 0.14230          | 0.14230          | 0.12008       |
| 通常メンテ<br>ナンス費用        | 円/年 | 73,200  | 73,200  | 73,200           | 73,200           | 73,200           | 0             |
| 用地費                   | 円/年 | 24,000  | 24,000  | 24,000           | 24,000           | 24,000           | 0             |
| 初期修繕比率 <sup>(3)</sup> | %   | 1.45    | 1.45    | 1.45             | 1.45             | 1.45             | 1.45          |
| 損失の算定に<br>用いる常時損失     | kW  | 0.7     | 4       | 7                | 7                | 33               | 1.54          |
| 年間損失 <sup>※1</sup>    | kWh | 6,132   | 35,040  | 61,320           | 61,320           | 289,080          | 13,490        |
| 年間損失 <sup>※2</sup>    | 円/年 | 24,528  | 140,160 | 245,280          | 245,280          | 1,156,320        | 53,962        |

※1：負荷率を20%とし、上記常時損失×8,760hで算出した。

※2：上記年間損失×4円/kWhで算出した。

固定値を用いるもの：年利子率(4%)，法定耐用年数(18年または15年)，残存価額(10%)，  
固定資産税率(1.4%)，検討期間(10年)，電力量価値(4円/kWh)

仮定した値を用いるもの：初期投資（資材費，工事費），運転維持費用，修繕費，用地費  
実証試験・シミュレーションの値を用いるもの：機器損失

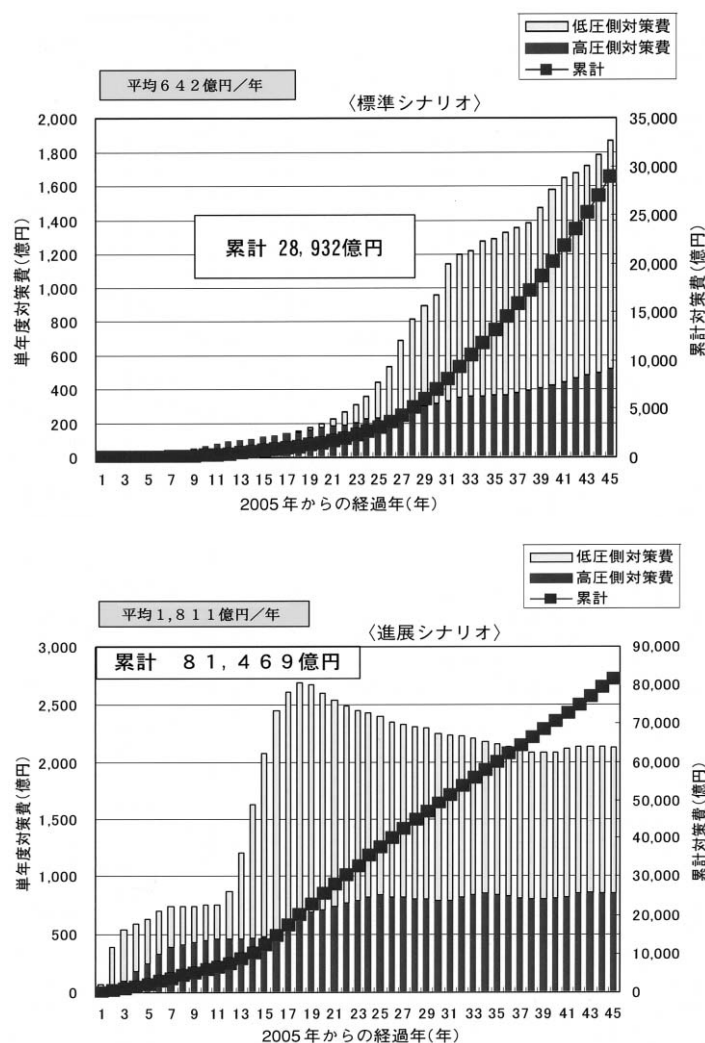


図13 電圧対策費総額の試算結果（標準シナリオ，進展シナリオ）

## 6. まとめ

本検討では、分散型電源が系統に大量連系した時の課題のうち、最も緊急性が高いと思われる配電線電圧対策に焦点を当て、技術的対策検討、経済的手法による対策評価および想定した分散型電源導入シナリオに基づく電圧対策費総額を試算した。

技術的検討においては、高圧機器設置による対策の電圧調整効果をシミュレーションにより評価し、配電線の幹線亘長等の違いによる分散型電源の限界導入率を求めることで、対策が必要となる時期を示した。

経済的検討においては、技術的に対応可能な複数の対策から最も経済的なものを選定し、2050年までの想定した分散型電源導入シナリオに基づき、モデル化した国内の全配電線に対して、経年毎の対策要否を検討し、各年の費用積算により、国内で必要な電圧対策費試算の手法を示した。

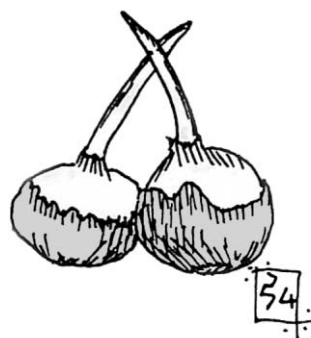
国内における電圧対策費試算結果については、今回、対策を機器設置に限定しており、太線化等の対策は考慮していないが、費用負担のあり方を検討するための概算としては十分意味があるものとする。

分散型電源大量導入時の電力系統強化費用負担のあり方検討については、現在、資源エネルギー庁主催の「低炭素電力供給システムに関する研究会新エネルギー大量導入に伴う系統安定化対策・コスト負担検討小委員会」において検討が進められているが、実際の対策においては、メーカー側の資材供給力、工事能力等の問題から影響の顕在化直前の対策開始では間に合わない可能性があるため、対策費用の手当てを早期に実現し、系統強化対策の計画を行う必要があると思われる。

本検討を実施するにあたり、助言をいただいたNEDO技術開発機構および関係者各位に謝意を表す。

### 参考文献

- (1)「電力系統制御システム技術検討会」報告書，エネルギー総合工学研究所，2004年6月
- (2)「電気共同研究第60巻第2号」，電気共同研究，2005年3月
- (3)「配電技術総合マニュアル」，オーム社，1991年



[寄稿]

## 世界標準を獲得し得る次世代軽水炉の技術開発

笠井 滋 (原子力工学センター 次世代軽水炉開発  
グループ 部長 副主席研究員)



### 1. はじめに

平成20年4月から、当研究所が実施主体となり、国内原子炉メーカー3社が参加して開始された次世代軽水炉開発は、APWR、ABWR開発以来、日本が20年ぶりに進めるナショナルプロジェクトである。次世代軽水炉の開発に至った背景や、次世代軽水炉の目的、コンセプトをまとめ、世界市場を視野に2030年の実用化を目指した取り組みについて紹介する。

### 2. 次世代軽水炉開発の背景と必要性

原子力は、エネルギーセキュリティや二酸化炭素排出削減の観点から有望なエネルギーであり、世界的にも「原子力リネッサンス」とよばれる再評価が進められている。米国においてはスリーマイル島原発事故以来30年ぶ

りの新設計画として、約30件の一括許認可手続が計画・進行中である。EUにおいても、フィンランドで5基目の原子炉が建設中、フランスで1基新規建設中など、原子力政策見直しの動きが広まってきている。また、ロシア、中国、インドにおいては、数10基におよぶ大規模な新設計画が発表されている。

わが国では、1970年3月に軽水炉第1号機である敦賀1号機が運転開始して以来、現在55基、総出力4958万KWの軽水炉が稼働している。軽水炉第1号機の稼働から60年が経過する2030年前後には、図1に示すように、原子力発電所の代替炉建設の需要開始が見込まれ、その需要への備えが必要であり、わが国の原子力産業の技術および人材の維持を図るとともに、国際展開を進めるためには、世界市場で優位に立てるような技術力を強化することが必要となる。

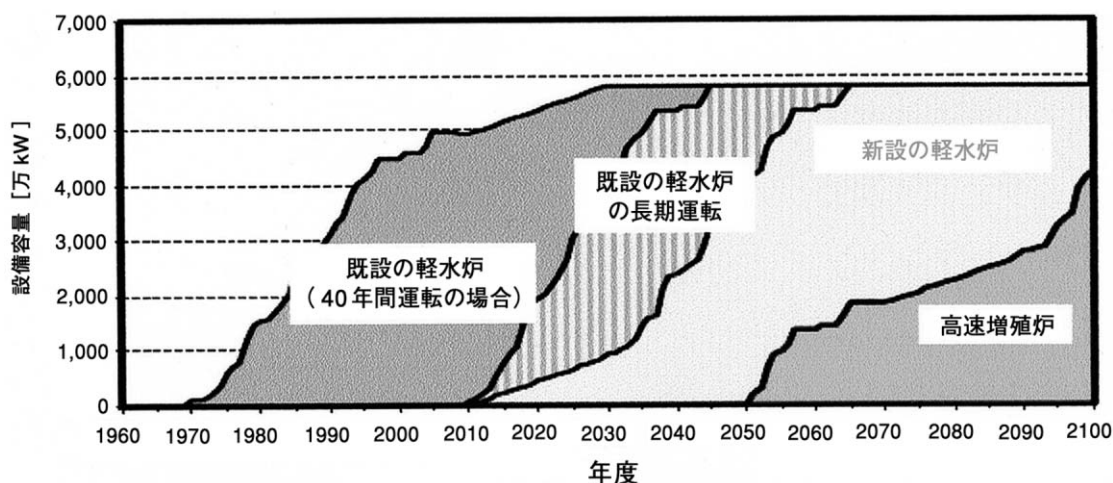


図1 中長期的な方向性（商業用炉）

このような状況のもとに、国内の代替炉建設需要を睨みながら、世界の原子炉市場も視野に入れて、次世代軽水炉の開発に係わる提言・検討が行われてきている。当研究所においては、平成16年から2年間、「原子力発電技術開発のあり方研究会」において、原子力技術開発における課題と対応の基本的方向が示され、また平成18年から2年間、「次世代軽水炉事業可能性調査（FS）研究会」においては、次世代軽水炉のプラント概念、開発すべき要素技術、国、電気事業者、メーカーの役割等が検討された。こうした開発の背景には、国内での新規原子力発電プラント建設が低迷し、メーカー、電気事業者、国それぞれが課題を先送りするといった三すくみの情勢の中で、「70～80年代に集中的に建設された軽水炉の代替需要に対応するため、20年後のエネルギー供給にふさわしい高い安全性と経済性を有する国産軽水炉の開発が不可欠」との関係者の認識があった。

これらの検討結果を踏まえ、平成19年9月、経産省、電事連、電工会から、次世代軽水炉の開発を進めることが発表され、平成20年4

月から当研究所が次世代軽水炉開発の中核機関として、次世代軽水炉の技術開発事業を開始した。

### 3. 次世代軽水炉のプラントコンセプト検討

次世代軽水炉が世界標準を獲得していくためには、国内外の電力要件に対応した安全性、経済性の高いプラントであることが大前提となる。また、次世代軽水炉の市場投入時期が2030年頃であることを考慮すると、その性能は最新の軽水炉（ABWR、APWR、AP1000、EPR、ESBWR等）を凌駕することは当然として、2030年頃に存在する他のライバル炉とも競合できることが必要となる。フィージビリティスタディでは、国内外の電力要件の調査、海外炉との比較検討、海外における開発動向の予測等を実施し、出力規模、プラントコンセプトを検討した。表1に国内の電力要件の具体例を示す。

検討の結果、次世代軽水炉のプラントコンセプトを「2030年頃に世界最高水準の安全性

表1 国内の電力要件の具体例

| 項目        | 主要な目標                                                                                                                  |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| プラント基本条件  | ① 出力：170～180kW<br>(共通技術を採用し、標準化効果を阻害せずに80～100kWにも対応可能)                                                                 |
| 安全性       | ① 炉心損傷頻度： $10^{-5}$ /炉年<br>② 格納容器破損頻度： $10^{-6}$ /炉年<br>③ シビアアクシデント対策を設計で考慮                                            |
| 経済性       | ① 建設単価：成熟期で13万円/kW<br>② 時間稼働率：97%（寿命平均）<br>③ 運転サイクル：24カ月<br>④ プラント設計寿命：80年<br>⑤ 建設期間：30カ月以下（岩盤検査～運転開始）                 |
| 社会的受容性    | ① 事故時退避：短期的避難 $10^{-6}$ 年/炉、長期的移住 $10^{-7}$ /炉年<br>② 外部事象の考慮（地震、津波、航空機落下対策）                                            |
| 運営・運転・保全性 | ① 炉心設計：取出平均燃焼度70GWd/t<br>② 信頼性が高く合理的なメンテナンスが可能<br>③ メンテナンスフリー設計や信頼性重視保全（RCM）状態監視保全（CBM）を考慮した設計<br>④ 保全物量の低減：最新プラントの50% |
| 国際標準化     | ① 国際的な規格基準類へ適合し、諸外国の許認可に対応可能<br>② 立地条件によらず標準的な設計が可能                                                                    |

（出所：日本溶接協会「第41回国内シンポジウム」（平成20年6月17日）、電事連プレゼンテーション資料）

と経済性を有し、社会に受け入れられやすく、現場に優しい、国際標準プラント」と設定した。また、プラント概念設計に対する基本方針は「2030年頃において実証されている技術をベースに、国際的知見を取り入れつつ、適切な裕度を確保して、高い信頼性をより少ない物量で達成する」こととした。その上で、開発する次世代軽水炉は、電気出力170～180万kW級（標準化効果を阻害しない範囲で80～100万kW級も視野）とし、BWR、PWR各1炉型とした。

#### 4. 次世代軽水炉のプラントコンセプトを実現するための技術開発項目（コアコンセプト）

フィージビリティスタディにおいては、プラントコンセプトの実現に向け、① 世界標準を獲得できる高い革新性を有する技術であること、および② 参画する各メーカーに共通性のある基盤的技術であることを基本原則に、電気事業者からの共通リクアイメントに基づき、技術シーズの検討を行い、下記の6つの技術開発項目（コアコンセプト）を抽出した。

##### （1）世界初の濃縮度5%超燃料を用いた原子炉系の開発による、使用済燃料の大幅削減と世界最高の稼働率実現

原子炉の経済性を向上させるためには、設備利用率を向上させることが重要である。次世代軽水炉においては、長期運転サイクル（13→24カ月）の実現により、燃料取替の頻度を現行の約半分に低減し、世界最高水準の稼働率を実現（現行70～80%台→目標97%）することを目標とする。また、長期サイクル運転を効率的、経済的に実施するため、燃料濃縮度が5%を超える燃料を採用して、取り出し平均燃焼度を現行の50GWd/t程度から70GWd/t程度まで上げるとともに、使用済燃料の発生量を約3～4割低減する。

##### （2）免震技術の採用による、立地条件によらない標準化プラントの実現

現行の軽水炉プラントの耐震設計（地震に耐える強固な設計）では、立地条件に応じて個別の設計が必要であり、このためにプラント設計（特に強度設計）の標準化が妨げられているとともに、建設コストの増加を招いている。次世代軽水炉では、免震技術の採用により、プラント設計の標準化を進め、国内の立地自由度の拡大を図るとともに、海外の地震地域向けにも高い競争力を確保することを目標としている。また、建屋や機器の簡素化（コスト低減）、設計想定を超えるような地震に対する安全裕度の拡大（安全性向上）も目標としている。

##### （3）プラント寿命80年とメンテナンス時の被ばく線量の大幅低減（現状の1割以下）を目指した、新材料開発と水化学の融合

次世代軽水炉では、プラント寿命を現行（40～60年程度）から80年にまで大幅に伸ばすことと、メンテナンス時の被ばく線量を大幅に低減することを目標としている。80年という長期間にわたり、中性子照射・高温水による腐食など厳しい条件下において部材の健全性を確保・向上させるため、新材料を開発するとともに、配管・機器への放射性腐食生成物抑制の観点から、水質制御や材料表面制御を総合的に最適化していく。

##### （4）斬新な建設技術の採用による、建設工期の大幅短縮

次世代軽水炉の競争力を高めるためには、短い建設工期で確実にプラントを建設できるということが重要である。次世代軽水炉においては、SC（Steel Plate Reinforced Concrete：鋼板コンクリート）構造や、あらかじめ工場配管や機器類を組み込んだ大型ブロックモジュール工法の採用拡大を図ることにより、現場での建築工事、配管工事や機電据付作業を大幅に削減することで、現行の50カ月程度を大幅に短縮し、約30カ月にすることを目指す。

(5) パッシブ系、アクティブ系の最適組合せによる、世界最高水準の安全性・経済性の同時実現

次世代軽水炉では、現行のABWR、APWRと同等以上の安全性（事故発生確率がこれらを下回ること）を確保しつつ、2030年頃の実用化に相応しい高い経済性を実現することを目標とする。これまでの運転実績から強みを有するアクティブ系設備（ポンプなど動的機器を用いた系統）とパッシブ系設備（重力や沸騰現象などの自然力を活用した系統）を適切に組み合わせ、安全性、建設コスト・保守性の大幅改善、信頼性をかさね備えた新システムを構築する。

(6) 稼働率と安全性を同時に向上させる、世界最先端のプラントデジタル化技術

安全性、信頼性、保守性を向上させるためには、プラント機器・材料などハードウェアに係る技術開発だけでなく、プラント管理などのソフトウェア面の整備も重要である。次世代軽水炉開発においては、センサ・モニタリング技術、情報分析・評価技術、情報提供技術、

情報伝送技術、情報セキュリティ技術などデジタル化に係る先進の技術を活用することにより、プラントを統合的に管理するシステムを構築し、ヒューマンエラーの低減、保守物量の削減、稼働率の向上を目指す。

今年度から開始された次世代軽水炉の技術開発は、図2に示すように、第一に、6つのコアコンセプトを中心に、次世代軽水炉のプラント概念設計を行い、世界標準を獲得できるプラント概念を構築することであり、第二に、コアコンセプトを実現させるための要素技術開発を進め、その実現性、成立性を評価することである。また、プロジェクト推進として、次世代軽水炉が円滑に導入できるよう、必要な規格基準の整備、規制の高度化、戦略的なサプライチェーン構築などを並行して実施することである。

5. 次世代軽水炉の開発体制と開発スケジュール

平成20年4月、次世代軽水炉開発等技術開発補助事業の中核機関として、エネ総研が選

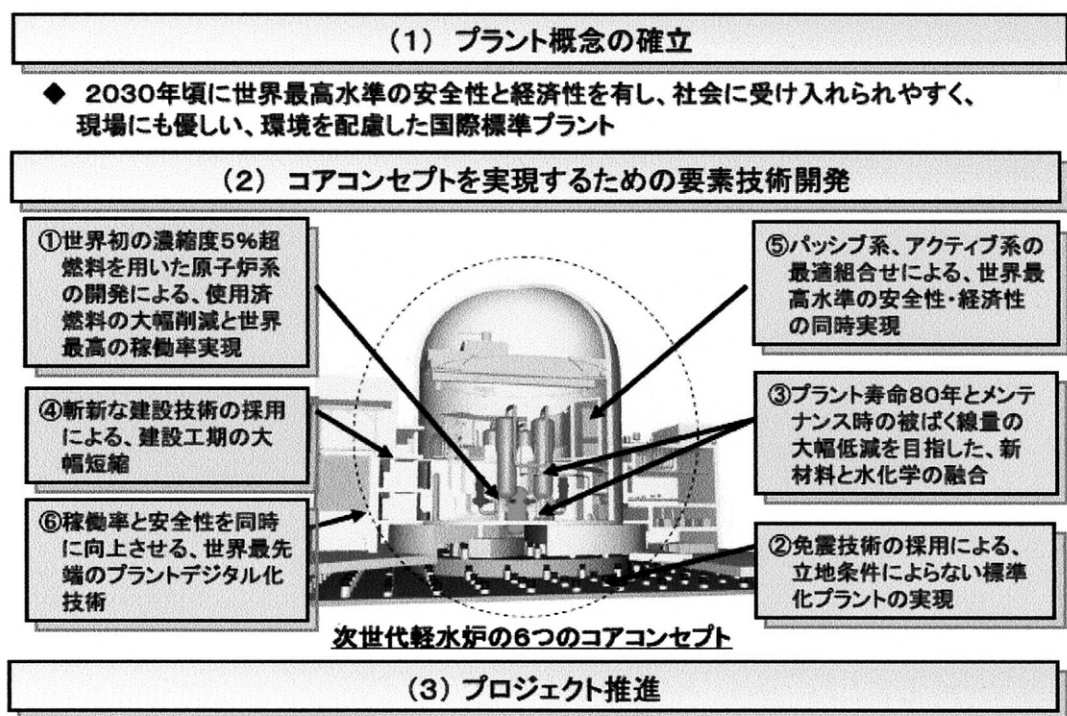


図2 次世代軽水炉の技術開発

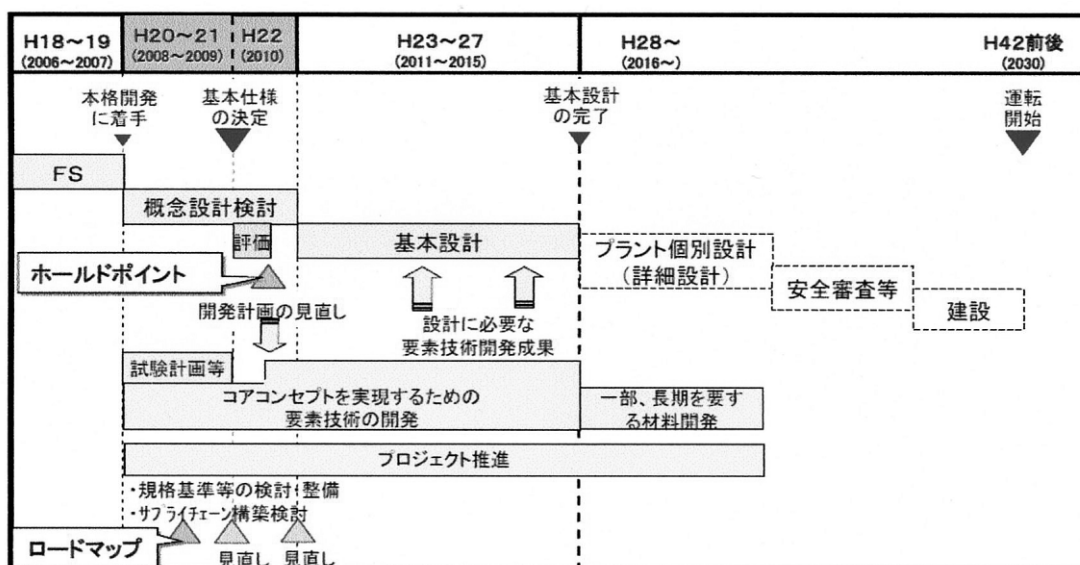


図3 次世代軽水炉の開発スケジュール

定され、プラントメーカ3社（日立GEニュークリアエネジー(株)、三菱重工(株)、(株)東芝、）が参画して技術開発を開始した。また、一部の開発は燃料メーカ、ゼネコン等と協力して実施している。

次世代軽水炉の開発を適正に管理、推進するために、国と電気事業者とも一体となって推進する体制を構築する。具体的には、エネ総研内部に、技術開発に携わる主要な機関の代表者からなる推進委員会を設置し、事業の実施方針、事業の基本計画の決定等を行う。また、外部には、学識経験者等をメンバーとする評価委員会を設置し、技術開発の進捗状況等について評価、助言等をいただき、適切に反映していくことをした。

開発スケジュールの概要を図3に示す。次世代軽水炉の基本設計は今年度から始めて8年間で完了することになっている。当初2年間は、プラント概念の成立性について見通しを得るための設計検討および個々の技術の成立性を評価するための基礎試験を実施する。平成22年度に設定されたホールドポイントにおいて、総合的にその成果と進捗状況の評価を実施し、それ以降の事業計画へ反映するか、見直しをするかの判断を行うことになる。

このようなステップを踏むことにより、長期

の開発期間と多額の費用を要する実規模試験や照射試験等の重要な開発項目に対し、PDCAを回しながら開発を進めることが可能となる。

## 6. 平成22年度までの技術開発計画 (当初3年間)

プラント概念設計の検討では、ホールドポイントまでの2年間で、プラント概念仕様設計を進め、プラントの系統設備、配置計画を具体化し、目標（建設工期、メンテナンス物量、および建設費（建設単価））について達成度の定量評価を含め、世界標準を獲得し得るプラント概念になっているか、目標達成度の評価を実施する。

以下、コアコンセプトごとに具体的な開発内容を紹介する。表2にコアコンセプトを実現させるための要素技術開発項目を示す。

### (1) 濃縮度5%超燃料の開発

濃縮度5%を超える燃料は、世界的にもまだ実用化されていない。このため、本格的な開発に先立って、まずその成立性・有効性を確認することが必要である。このため、燃料サイクルのフロントエンドからバックエンドまでの各施設への影響評価、濃縮度5%超燃

表2 コアコンセプトを実現させるための要素技術開発項目

|                      |                            |
|----------------------|----------------------------|
| ① 濃縮度5%超燃料を用いた原子炉系開発 | 濃縮度5%超燃料の開発                |
|                      | 超高燃焼度化用被覆管開発<br>スペクトルシフト燃料 |
| ② 免震技術               | 免震装置の実証                    |
| ③ 新材料と水化学技術          | 蒸気発生器伝熱管材料の開発              |
|                      | 炉内構造部材開発<br>材料・水化学技術の高度化   |
| ④ 斬新な建設技術            | 斬新な建設工法（SC構造）の開発           |
| ⑤ 先進安全システム           | 先進安全システム開発                 |
| ⑥ プラントデジタル化技術        | プラントデジタル化技術の開発             |

料の健全性、炉心設計への影響評価等が実施する。また、見直しが必要な規制項目を整理する。最初の2年間では、濃縮度5%超燃料導入の影響を定量的に評価し、導入に際して解決困難な技術課題がないこと、導入のメリットがあることを確認する。

燃料被覆管材料については、濃縮度の向上にあわせて、取出平均燃焼度70GWd/tにも対応できる、高い耐腐食性・耐放射線性を有する革新的材料の開発に早期に着手する。最初の2年間では有望な候補材に対して炉外試験を実施し、ホールドポイントまでに、その後の試験に供する候補材を選定する。その後、選定された候補材に対して、照射試験などを実施する。

## （2）免震装置の開発

免震装置は一般の建物にはすでに多くの実績があり、原子力分野においては電気協会（JEAG-4614）にて設計基準がまとめられている。一方、現状では、平成18年9月の「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」改訂により、水平・鉛直の同時入力の影響評価、「残余のリスク」※に関する定量的な評価など、今まで求められていない評価が必要になっている。

平成22年度までは、上記指針に対応するための基礎データの取得を進めるとともに、免震装置導入のコスト削減効果、安全裕度向上効果等を評価することで、免震装置導入の有

効性を示す。その後は、実規模でのデータ取得などを進めるとともに、これに基づく規制高度化を進める。

## （3）材料・水化学の開発

プラント寿命80年を通じて稼働率97%を達成するためには、プラント寿命期間中の大型改造工事を低減する必要がある。

次世代BWRにおいては、炉内構造材の応力腐食割れが主な課題となる。そこで、現行材よりも耐SCC性等を改善した新材料の開発を進めるとともに、水質の最適化を進めることとした。材料開発にあたっては、既往の知見をベースに結晶の粒径や組成を調整した候補材を選定し、炉外試験結果等に基づき、候補材の絞り込みを進める。また、従事者被ばく低減技術に関連して、水質について、炉水中の不純物濃度をより一層低減する高温浄化系や、配管や機器類の表面線量率を低減するための、放射能付着抑制技術や炉水放射能濃度低減技術などの開発を進める。

次世代PWRでは、蒸気発生器伝熱管に着目している。現行の伝熱管材料は、一次冷却水側では優れた耐食性を示しているが二次側の腐食感受性に改善の余地がある。次世代PWRでは熱効率向上の観点から原子炉冷却材温度上昇を想定しており、腐食環境はより厳しくなるので、現行材よりも優れた耐食性を持つ新材料の開発を進める。

※策定された地震動を上回る地震動の影響が施設に及ぶことにより、施設に重大な損傷、大量の放射性物質が放散される事象が発生すること、あるいはそれらの結果として周辺公衆に対して放射線被ばくによる災害を及ぼすことリスク

#### （４）斬新な建設工法（SC構造）の開発

格納容器は事故時に放射性物質を閉じ込める機能を確保するため、高い信頼性が要求される。格納容器内は事故時（LOCA時）に高温高圧になり、パッシブ安全系を用いた場合には、長時間続くことも想定される。格納容器をSC構造とした場合、表面の鋼板が熱膨張することによる座屈の発生や、コンクリートの劣化が技術課題となり、SC構造格納容器の事故時の高温・高圧状態、および事故中又は事故後の地震に対する健全性を評価する必要がある。

このため、事故時および地震時の各種条件を模擬した試験データを取得し、基本的性能と設計手法の妥当性を確認する。さらに、シミュレーション解析結果等も踏まえて、SC構造格納容器の成立性を見極める。ホールドポイント後は、実機に近い規模・形状にて試験を進めるとともに解析手法を確立し、設計に必要なデータを蓄積し、設計建設規格としてまとめていく。

#### （５）先進安全システムの開発

次世代軽水炉では、アクティブ系、パッシブ系を適切に組み合わせ、簡素な設備・機器数で現行と同等以上の性能を確保する安全システムの検討を行う。また、シビアアクシデントに対しても必要な設計対応を行う。

ホールドポイントでは、検討した安全システムについて、炉心損傷頻度、格納容器破損頻度、経済性などの目標達成度を評価し、プラント概念設計検討において経済性を評価する。ホールドポイント後は、検討された安全システム実現に必要なシーズ技術について、システム全体の有効性確認試験を中心とした研究開発を進めていく。

#### （６）プラントデジタル化の開発

原子力発電プラントに係る多種・多数の情報、設計・製作（プラントメーカー主体）、運転・保守（電気事業者主体）などの各段階で

は個別にデータベース化が進められており、それら各々を活用したシステムの開発が進められている。しかし、プラント安全性・信頼性を確保しながら、プラントトータルライフにわたる運用を高度化していくためには、プラントの設計、製作、建設、運転、保守、廃炉までのトータルライフに係る情報を共有・一元管理し、先進のデジタル技術を用いて利用するシステムの開発が必要である。

プラントデジタル化技術の開発では、トータルライフにわたる業務プロセスと使用されている情報・データを分析整理し、デジタル化技術の活用が有効なニーズを抽出する。また、デジタル化に関する先進のシーズ技術を調査し、2030年を見据えて、プラント総合データベースを核とするトータルマネジメントシステムの全体概念を構築する。さらに、保守物量低減のための保守支援システム、運転員のヒューマンエラー防止のための運転支援システムなどのサブシステムについて概念設計を実施し、この結果を踏まえて、システム実現に必要な新たなシーズ技術の開発、検証を進める計画である。

### 7. 規格・基準整備、規制高度化等の基盤整備（プロジェクト推進）

次世代軽水炉は世界標準を獲得し得る高い革新性を有する技術をベースとしており、開発と一体的に必要な規格・基準の整備を整備する必要がある。また、5%超燃料の実現等、現行の規制では考慮されていない技術開発項目については、次世代軽水炉にふさわしい合理的な規制を提案していくこととしている。

フィージビリティスタディにおいては、次世代軽水炉の目標を達成するために今後規制側との調整が必要な項目を抽出した。下記にその一例を示す。

- ① ウラン濃縮度5%を超える燃料の導入
- ② パッシブ安全系の適用
- ③ 建屋免震設計の適用

#### ④ SC構造の格納容器への適用

これらの項目については、国際展開戦略にも留意しながら、関連する規格・基準の整備、必要な規制高度化の実現に向け、学協会等の関係機関との調整を行い、ロードマップとしてまとめていく。

### 8. まとめ

今年度から、軽水炉としては第三次改良標準化計画以来、約20年ぶりのナショナルプロジェクトとして、次世代軽水炉の開発に着手

した。コアコンセプトとして選定した技術開発は、いずれも実現できれば、ライバル炉に対して優位性を持つことができる、魅力ある技術である。

現在、6つのコアコンセプトの組み合わせを中心に、次世代軽水炉のプラント概念の検討に、鋭意知恵を絞っている段階である。次世代軽水炉のユーザーとなる電気事業者が満足し、世界標準を獲得し得る、魅力あるプラント概念を構築していくとともに、我が国の原子力産業界の発展に貢献していきたいと考えている。

## 『水素の有効利用ガイドブック』について

石本 祐樹 (プロジェクト試験研究部  
主任研究員)



### 1. はじめに

水素は、クリーンなエネルギー媒体として大いに期待されている。しかしながら水素は可燃性であり、爆発あるいは火災を引き起こす危険がある。そのため、水素の普及にあたっては、安全が確保されていなければならないことはいうまでもない。

当研究所は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO技術開発機構）から、「水素社会構築共通基盤整備事業」の一環として「水素基礎物性の研究」を平成17年度から平成19年度まで受託し、国内の規制再点検及び国際標準化活動の動向を踏まえながら、それらの検討に資するデータの取得と評価・予測技術の精度向上のための研究開発を実施した。本研究での一項目として、本研究や他のNEDO技術開発機構の事業において取得された水素安全に関するデータをとりまとめ、技術開発や規制の見直しなどを遂行する水素取り扱い者の安全確保を目的とした「水素の有効利用ガイドブック」の作成を行った。本ガイドブックは、NEDO技術開発機構のホームページ（[http://www.nedo.go.jp/informations/other/200716\\_1/200716\\_1.html](http://www.nedo.go.jp/informations/other/200716_1/200716_1.html)）において電子ファイルが公開されている。本稿では、このガイドブックの作成経緯と概要を紹介する。

### 2. 本ガイドブックの作成経緯

現在、水素・燃料電池関連技術は、世界的

な規模で研究開発や実証事業が行なわれている。これまでは水素は特定の分野（石油精製や化学工業など）において用いられており、その取り扱い方法については長年の経験が蓄積されている。一方、定置用燃料電池、水素ステーションや燃料電池自動車に関連する分野において、新たに水素を取り扱う関係者が増加し、今後の水素社会への移行へ向けて、その数はますます増えるものと考えられる。平成14年度には「水素の物性と安全ガイドブック」がまとめられた。今回はこの内容を大幅に拡張した上で、平成17年度に行われた規制再点検の反映や昨今の技術開発から明らかになった水素の基礎物性ならびに水素関連設備の取り扱いに関する安全技術の情報データを含めた『水素の有効利用ガイドブック』を編集・作成することとした。このガイドブックの目的は、水素の安全に関する技術情報を集約し、提供することで、技術開発や規制再点検、国際標準の提案に関する研究活動を行っている水素を取り扱い関係者の安全を確保し、水素が有効に利用されることに貢献することである。図1にそのガイドブックの利用イメージを示す。

水素の有効利用ガイドブックの作成体制を図2に示す。本ガイドブックは、平成18年度から平成19年度にわたって編集作業が行われた。学識経験者や業界団体からなる水素の有効利用ガイドブック編集委員会（委員長：千葉科学大学平野学長）を設置し、本ガイドブックの位置付けや全体構成等についての助言

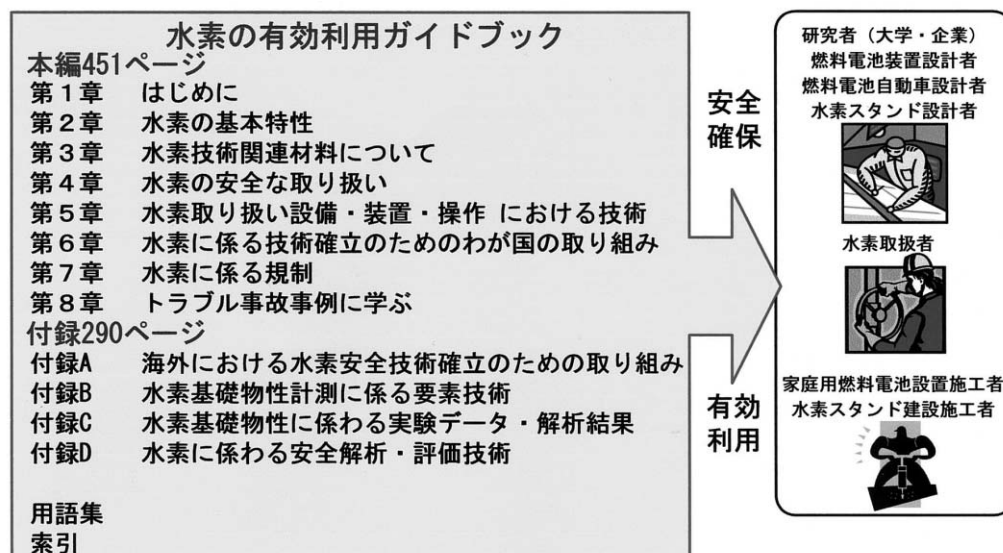


図1 『水素の有効利用ガイドブック』の利用イメージ

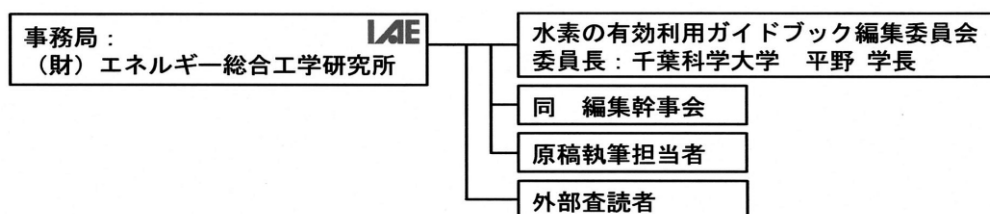


図2 水素の有効利用ガイドブック作成体制

を受けた。またワーキンググループ（WG,平成19年度は編集幹事会と呼称を変更）を設置し、執筆者選定、編集手続き等の具体的作業にかかわる議論を行なった。また、執筆者が作成した原稿は、章毎の編集幹事が内容を調整した。さらに公開前に外部の専門家10数名に査読を依頼し、いただいたコメントをガイドブックへ反映した。

## 2. 水素の有効利用ガイドブックの概要

本ガイドブックの主たる利用者を、装置の取扱者・施工者（プラント・水素ステーションの従業員）、大学・企業の研究者（材料開発など）、企業・研究所の技術開発担当者（燃料電池自動車・水素スタンドの設計者）、政府の政策担当者等と想定した。

想定される利用場面としては、作業や実験

を行なう際の留意事項の確認だけでなく、開発を行なう際の基礎データ参照、水素の取り扱いに関する講習会での教材としての利用も想定し、収録内容を検討、決定した。委員会、ワーキンググループでの議論に基づき、決定された本ガイドブックの構成を表1に示す。ガイドブックは、本編と付録からなり、本編では、水素の安全に係わる内容を中心に収録し、付録には、主として専門家向けのデータを収録することとした。

近年、水素関連技術を解説した書籍は多数出版されているが、本ガイドブックの特徴を下記にまとめる。

- ・本ガイドブックは、安全を切り口にした点が斬新。
- ・その分野の権威による編集委員会・編集幹事会を組織し、収録内容・執筆者を精査。

表1 『水素の有効利用ガイドブック』の構成

| 目次                                 | 主な収録内容                                                                             |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. はじめに                            | 本書の目的、利用方法<br>→研究開発を進める上で、安全に対する心構えを記載                                             |
| 2. 水素の基本特性                         | 水素の物理化学的性質、データシート<br>→圧縮水素、液体水素の物性を網羅的に整理                                          |
| 3. 水素技術関連材料について                    | 容器・配管用金属・非金属材料の特性、水素貯蔵材料の特性<br>→水素関連の材料物性を網羅的に整理                                   |
| 4. 水素の安全な取り扱い                      | 安全について、教育訓練、法令に基づく必要な届出、日常点検<br>→法律に基づく届出、運転上の保安、点検・検査、教育訓練、機器設計等の水素の取り扱いの実際について記載 |
| 5. 水素取り扱い設備・装置・操作における技術            | 製造・輸送・貯蔵・供給・利用に関する技術<br>→水素インフラ（上流～下流まで）について、技術の現状、法規、安全上の注意を網羅                    |
| 6. 水素に係る技術確立のためのわが国の取り組み           | NEDO事業と個々のプロジェクト概要<br>→わが国の水素関連技術開発について「安全」を切り口にとりまとめ                              |
| 7. 水素に係る規制                         | 国内規制と国際標準・基準への展開<br>→高圧ガス保安法をはじめとした国内規制、ISO、IEC、SAE、ASMEなど国際基準・標準策定の動きをとりまとめ       |
| 8. トラブル事故事例に学ぶ                     | 高圧水素にかかる事故の傾向および事故分析事例をとりまとめ                                                       |
| Appendix A: 海外における水素安全技術確立のための取り組み | 米国、EUにおける水素安全に関する動向を整理                                                             |
| Appendix B: 水素基礎物性計測に係る要素技術        | 水素ガス検知器、水素火炎検知器、材料試験方法についてとりまとめ                                                    |
| Appendix C: 水素基礎物性に係わる実験データ・解析結果   | 水素の圧縮・液化、着火・爆燃・爆ごうの実験データ<br>→水素の基礎物性に係る実験を網羅的に整理                                   |
| Appendix D: 水素に係わる安全解析・評価技術        | FCV、定置用燃料電池、水素ステーションの安全に関する評価技術<br>→FCV、定置用FC、水素ステーションの安全解析・評価技術を整理                |

- ・水素インフラの安全技術に関する最高レベルの執筆陣による最新の原稿。
- ・章毎の担当の編集幹事、および外部査読者により内容を吟味。

委員会、幹事会、WGメンバー、40名・団体を超える執筆者の多大なご協力をいただき、平成20年3月に水素の有効利用ガイドブック

が完成した。今後は、水素の取り扱い担当者の安全に貢献すべく広く公開してゆく。

本研究は、経済産業省資源エネルギー庁省エネルギー・新エネルギー部新エネルギー対策課燃料電池推進室およびNEDO技術総合開発機構燃料電池・水素技術開発部のご指導・ご支援のもと、関係各位の多大なご協力により進めることができた。ここに謝意を表する。

## 研究所のうごき

(平成20年10月2日～平成21年1月1日)

### ◇ 月例研究会

#### 第272回月例研究会

日 時：10月31日（金）14:00～16:00

場 所：航空会館 5階501・502会議室

テーマ：

1. 「世界標準を獲得し得る次世代軽水炉の技術開発」  
(財エネルギー総合工学研究所 原子力工学センター 部長(副主席研究員) 笠井 滋)
2. 「今後の原子力発電炉の合理的な廃止措置のあり方についてー具体化する軽水炉廃止措置の実施に向けてー」  
(財エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部 兼 原子力工学センター 副参事 井上 隆)

#### 第273回月例研究会

日 時：11月28日（金）14:00～16:00

場 所：航空会館 5階 501・502会議室

テーマ：

1. 「低炭素社会への転換に向けて」  
(国立環境研究所 温暖化対策評価研究室長 甲斐沼 美紀子 氏)
2. 「CCSに関する最新状況と我が国の貯留ポテンシャル」  
(財地球環境産業技術研究機構 研究企画グループ 専門役 高木 正人 氏)

#### 第274回月例研究会

日 時：12月19日（金）14:00～16:00

場 所：航空会館 5階501・502会議室

テーマ：

1. 「新エネの推進と水素社会構築に向けた政府の取り組み」  
(経済産業省 資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー対策課 新エネルギー等電気利用推進室長(併) 燃料電池推進室長 川原 誠 氏)
2. 「CO<sub>2</sub> captureへの取り組み」  
(電源開発(株) 技術開発センター所長 木村 直和 氏)

### ◇ 外部発表

[講演]

発表者：蛭沢重信

テーマ：高レベル放射性廃棄物管理の意思決定  
立地事例からの考察

発表先：危機管理システム研究学会／事例研究会

日 時：10月6日

発表者：福田健三、石本祐樹

テーマ：水素エネルギー実用化へのトレンド

発表先：工学院大学朝日カレッジ

日 時：10月14日

発表者：蛭沢重信

テーマ：地球環境とエネルギー；原子力の役割

発表先：機械学会・精密工学会共催、山梨講演会

日 時：10月25日

発表者：福田健三、石本祐樹、渡部朝吏

テーマ：水素エネルギー社会の夢

発表先：龍谷大学理工学部20周年記念講演会

日 時：11月1日

発表者：正田知士

テーマ：化石エネルギーと環境問題

発表先：アラブイスラム学院シンポジウム

日 時：11月5日

発表者：蓮池 宏

テーマ：集光太陽熱利用のためのパイプ捲回式集熱器の設計手法の開発

発表先：平成20年度日本太陽エネルギー学会・風力エネルギー協会合同研究発表会（鳥取市）

日 時：11月7日

発表者：時松宏治

テーマ：社会の難題の1つ：核融合開発推進の是非

発表先：原子力委員会核融合専門部会ご意見を聴く会

日 時：11月7日

発表者：浦田浩孝

テーマ：世界におけるスマートメーターの普及の現状等について

発表先：スマートメーターの動向と技術解説セミナー

日 時：11月27日

発表者：内藤正則

テーマ：Analysis of Flow Accelerated Corrosion in  
Piping of Nuclear Power Plants

発表先：原子炉熱流動と安全に関する第6回日韓  
シンポジウム

日 時：11月27日

発表者：坂田 興

テーマ：Cool Earth—エネルギー確信技術計画概要  
とパタゴニア風力水素の紹介

発表先：イワタニ水素エネルギーフォーラム

日 時：12月1日

発表者：時松宏治

テーマ：経済成長、地球温暖化対策とエネルギー  
技術戦略

発表先：プラズマ・核融合学会2008年大会（宇都  
宮大学）

日 時：12月2日

発表者：渡部朝史

テーマ：海外風力発電によって製造された水素の  
国内利用の際のコスト予測

発表先：第28回水素エネルギー協会大会

日 時：12月11日

発表者：蛭沢重信

テーマ：地球環境と原子力の役割次世代軽水炉開  
発

発表先：日揮(株) 社内研修

日 時：12月16日

[論文・寄稿]

発表者：高倉毅，大西徹，鳥飼航洋

テーマ：夢の「効率60%」を目指す複合発電技術  
の歴史と展望

発表先：「エネルギーフォーラム」12月号

日 時：11月30日

発表者：内田 俊介

テーマ：Evaluation Methods for corrosion Damage of  
Components in cooling Systems of Nuclear  
Power Plants by Coupling Analysis of Corrosion  
and Flow Dynamics (II) Evaluation of Corrosive  
Conditions in PWR Secondary cooling System

発表先：日本原子力学会欧文誌（Journal of Nuclear  
Science and Technology）

日 時：12月1日（JNST Vol.45 ,No.12）

## ◇ 人事異動

○11月30日付

（退職）

寺本英司

経理部研究員兼総務部兼プロジェクト試験研究部

○12月1日付

（異動）

金子裕子

原子力工学センター主任研究員

高部文子

プロジェクト試験研究部主任研究員  
兼エネルギー技術情報センター兼総務部

元吉聖子

経理部研究員兼総務部兼企画部兼プロジェクト試験研究部

（兼務）

三宝淳子

プロジェクト試験研究部副参事兼企画部兼総務部

池田郁子

総務部主任研究員兼業務部兼企画部

横尾友美

業務部研究員兼企画部兼総務部兼プロジェクト試験研究部

○12月31日付

（退職）

高野里美

原子力工学センター研究員

## 編集後記

昨年は原油100ドル越えのニュースとともに明けた。眼前に広がるのはどんどん高くなっていく壁だった。今年の正月には、一転、壁は消え去った。見えるのはどこまでも落ち込んでいく深い穴か。

エネルギーを巡る世界の情勢は、政治および経済の混乱の中でまさに流動化し、特に最近の世界的な景気後退に伴うエネルギー価格の低下は、エネルギー関連の投資意欲を減退させ、安定供給、高効率利用技術、非化石エネルギー利用技術等のR & Dに悪影響を及ぼすこと必至であろう。世界的なデフレーションの懸念が深まる中、この分野もしばらくはシュリンクせざるを得ないのかもしれない。しかしながら、化石燃料資源の限界、人口増加、地球温暖化、経済成長に伴うエネルギー需要増大、といった要因が消え去ったわけではない。一時的な後退あるいは足踏みがあるにせよ、取り組まなければならないテーマであり続けることを忘れてはならず、このような苦境にこ

そ、中長期的な観点に立って、エネルギー・資源価格および為替レート的大幅な変動をこれまで以上にダイナミックに組み込んだ戦略構築のために、産官学一致協力の重要性が増していくだろう。幸いなことに、と言う表現は適切でなかろうが、金融工学と異なりエネルギー工学は社会的意義を失わない。悲観に陥ることなく、楽観的な姿勢を保って、夢を追い求めて行きたい。

今回の米国発の金融恐慌の傷跡は誰の目にも分かりやすいが、実は日本はずっと以前から米国流の経済手法の導入に努め、潜在的に社会の脆弱化を進めて来たのではないか。活性化、効率化の名を借りて、金の卵を産む鶏を殺すことをやってきたのではないか。グローバル化の名の下に実施された数多くのアクションの一つ一つを検証して見直す必要もあるだろう。

編集責任者 疋田知士

季報 エネルギー総合工学 第31巻第4号

平成21年1月20日発行

編集発行

財団法人 エネルギー総合工学研究所

〒105-0003 東京都港区西新橋 1-14-2

新橋SYビル（8F）

電話（03）3 5 0 8—8 8 9 4

FAX（03）3 5 0 1—8 0 2 1

<http://www.iae.or.jp/>

---

（印刷）和光堂印刷株式会社

※ 無断転載を禁じます。