

2012年11月

キャノングローバル戦略研究所

CIGS 湯原研究主幹

「2012年中国国際エネルギーフォーラム」

講演録

会場のみなさまこんにちは。日本国キャノングローバル戦略研究所で理事/研究主幹をしている湯原と申します。本日はこのような素晴らしい機会を与えて頂き、主催者であり、本分科会のチェアマンである國務院参事室の石定環先生に心より感謝いたします。石先生 ありがとうございます。

私は海洋工学やエネルギー工学を専門としています。これまで東京大学やシンクタンクであるキャノングローバル戦略研究所において長年活動を行ってきました。現在は日本国政府内閣官房の総合海洋政策本部参与会議の参与として、今後5年の海洋政策の計画にも関わっています。

さて、本日お話する内容を簡単に説明いたします。いろいろとお話をしたいことはありますが、本日は3点に絞りました。第一に、日本政府のエネルギー基本政策見直しについて紹介いたします。第二に、日本における再生可能エネルギーの現状と展望について、特に太陽光、風力、及び蓄電池についてお話いたします。第三に、今後の提案として、日本と中国が再生可能エネルギーの開発と普及について協力すべきこと、特に新しいコンセプトのもとでの協力関係の構築についてお話いたします。

それでは、第一に、日本のエネルギー政策、すなわち長期エネルギー構成の見直しについてご説明いたします。2011年の福島第一原子力発電所の事故の反省の上に、原子力への依存を減らすためエネルギー計画見直しが検討されました。2010年に策定された現行のエネルギー基本計画では、全電源に占める原子力の割合を「2030年には50%とする」こととしています。これに対して、福島第一発電所事故後のエネルギー見直しでは、政府内の大臣クラスが国家戦略室エネルギー・環境会議において、原子力の割合を2030年に「25%」、「15%」、「0%」とする3案を検討してきました。世論調査では、福島事故の影響で国民の大半が「原子力に依存しないエネルギー社会」を望んでいるこ

とが伝えられました。また、原子力の推進が選挙に影響することは明らかでした。今年9月に、前出の政府の会議では2030年に「原子力の割合を0%」とする選択する旨の結論を出したのです。

しかし、経団連や労働組合である連合が、この「2030年原子力0%」に反対したため、閣議決定ができないまま終わりました。現在でも、この見直し案は棚上げされたままになっており、次期政権によって、改めて再検討されることになると考えられています。

私を含め、多くの専門家が「原子力と再生可能エネルギーは将来のエネルギー源の担い手であり、枯渇する化石燃料に代わり、どちらも重要な役割を持つ」と考えています。特に地球温暖化対策やエネルギーセキュリティの観点からも、原子力エネルギーは欠かせないエネルギー源であることは明らかです。福島第一原子力発電所の事故の原因は技術的には克服可能であり、現在世界で建設中の原子炉は「第三世代後半」と呼ばれる安全上遥かに進化した原子炉であります。

第二に、福島第一原子力発電所事故以来、強かに推進されている太陽光/風力/蓄電池などの再生可能エネルギーと関連技術について、日本の現状と展望についてお話をいたします。

日本ではこれまで、再生可能エネルギーの導入に関しては、政府・電力会社とも比較的消極的でした。固定価格買取（FIT）の制度作りが遅れ、また導入目標も低かったのです。しかしながら、福島原発の事故で状況が一変し、再生可能エネルギー全般の買取制度が早急に法律化され、今年7月から始まりました。

いずれにしろ、新しいエネルギー政策では、現在のエネルギー基本計画に書かれている「2030年に原子力依存度50%」から、数値はどうかあれ「原子力への依存度を減らす」という基本的な方向は変わらないと考えています。その結果として、再生可能エネルギーへの依存度が増加し、全電源に占める割合では、再生可能エネルギーは「2030年に30%前後」が今後の目標になると考えられます。日本ではこれまで、再生可能エネルギーが全電源に占める割合は10%であり、その10%のうち的大部分となる7%が水力発電によるものです。簡単な計算ですぐにわかると思いますが、日本での水力発電以外の再生可能エネルギーの導入は少なく、現状では3%程度なのです。水力発電はすでに開発され尽くしているため、他の再生可能エネルギーとしては太陽光と風力発電の役割が大きく、全電源に対して、それぞれ10%程度の割合が期待されるところです。

ここで、全電源に占める再生可能エネルギーの割合についてもう少しお話いたします。先ほどご説明した、日本政府で検討したシナリオ1（2030年に原子力0%）とシナリオ2（2030年に原子力15%）の場合について、全電源に占める再生可能エネルギーの割合を示したのがこの表です（スライド3）。資源量を確定し、導入可能ポテンシャルを設

定して、その範囲内での再生可能エネルギーの導入量を検討したものです。これは、ともに政府から検討結果として、公表されたものです。1GW が 100 万 kW ですから、いかに大規模に再生可能エネルギーを導入せざるを得ないかがわかると思います。太陽光発電は 1000 万軒の家庭の屋根に設置するとして、60 GW の 規模となります。1GW を原子力発電所 1 基分の規模とすると、太陽光発電だけで原子力発電所 60 基分の設備量が必要となります。しかし、太陽光発電の稼働率は 15%程度ですから、1000 万軒分の太陽光発電は、結局のところ、原発 12 基分の効果しかないのです。

風力発電については、陸上における立地上の制約を考えると、洋上風力に同等の量を期待せざるを得ません。風力発電では、陸上・洋上をあわせて、ほぼ 10%程度の割合を担うことが期待されており、その規模は 60GW です。しかし、太陽光発電と同じく、風力発電も稼働率が低いため、20GW 分にしか相当しないのが現状です。

ここで、再生可能エネルギーのコストとプライスについてお話ししたいと思います。スライド 6 は、日本における発電コストを実績に基づいて整理した政府の資料です。ここでの原子力発電のコストには事故による賠償費用も、使用済み燃料の再処理費用もすべて考慮してあります。それでも原子力発電は火力発電と並んで最も安い電源となっています。火力発電は原子力発電と同等のコストであると言いましたが、今後の燃料費の高騰を考えれば、価格的にはもっと高くなる可能性もあり、不安定であることは否定できません。また、再生可能エネルギーはまだまだ高価であって、とても採算性にのる電源ではありません。このため、再生可能エネルギーでは、R&D による性能向上と規模の拡大による低価格化（スケールメリット）が期待されています。しかし、このコストも欧米に比べて約倍位高いものになっているのが現状です

次にプライスです。一度でも日本で電気料金を支払った方ならわかると思いますが、日本の電気料金は高いです。家庭用は 24 円/kWh（約 2 元）、産業用がその半分の 12 円/kWh（1 元）です。これに、再生可能エネルギーの分が上乗せされるために電気料金はますます高いものになり、将来の電気料金の高価格化が懸念されています。日本政府は、「原子力発電を止めると家庭の光熱費が倍になりますよ」と広報していますが、それでも原発廃止の世論が強いのが現状です。日本の産業界は国際競争力が失われるとして、原発再稼働を訴えており、経済団体連合会もこのままでは、ますます海外に工場移転が進むと警告しています。

次に、スライド 7 ですが、これは固定買取価格を一覧にまとめたものです。固定買取価格 FIT（FEED IN TARIF）は非常に割高になっていることがわかります。海外の再生可能エネルギー事業から見れば、日本は宝の山に見えるのではないのでしょうか。日本は保護主義に走らずに、世界のベンチャーを受け入れて、普及のスピードアップと低価格

化を可能にしなければならないと考えます。これはまた、技術力はあるものの、国際競争力に欠ける日本のメーカーにとってもよいチャンスと考えられます。

次のスライド8は太陽光発電についてです。日本は1980年代から研究開発を実施し、太陽光発電の分野を切り開いてきました。次世代の太陽光発電の研究開発においても、基礎研究から商業化までを同時に進めてきているところです。代表的な数社が国内で競争を続けてきました。海外での太陽光発電事業展開では、勢いあるドイツ、米国、中国のベンチャーがこれ以上のシェアを伸ばしています。

スライド9は2050年までの長期的な展望を示す技術ロードマップです。太陽光発電の性能は次々と上がり、コストがどんどん下がります。2030年代には蓄電池を併設しても、十分に家庭用電気料金なみのコストになって行くでしょう。このコストになれば、多くの発展途上国に恩恵をもたらすのではないのでしょうか。太陽光発電の技術は、まだまだ発展途上にあると言えます。現在、そのエネルギー変換効率はおおむね15%です。しかし、次世代機になると、その効率はおおむね25%から30%を目指して開発が進められています。さらにシリコンを用いない、価格も安い電池CIGS (Cu, In, Ga, Se) 太陽電池等が開発されています。偶然ですが、私どもの研究所の英語名もCIGSです。今日の太陽光発電の未来は、より優れた効率の安価な太陽光発電にかかっているとと言えます。

太陽光発電技術は、「科学的研究—技術的研究—製造プロセスの研究」が一体となってスピードとタイミングを重視して進められてきており、今後ますますその傾向が強まると思います。5年経てばシェアも技術も一変してしまいます。このため、研究開発と事業展開を同時に進めて行くことが非常に重要で、今後、技術導入は非常に困難になって行くと考えられます。繰り返しますが、「研究開発と事業開発」を「同時」に行う傾向がますます強まって行くでしょう。このことこそ、太陽光発電が他の再生可能エネルギーと決定的に違うところであると言えます。これはバッテリー（蓄電池）改革と同様です。

一方で、国際的な摩擦も激しくなっています（スライド10）。この10年で太陽光発電は急速に発展し普及しました。中国と欧米では新しいベンチャーが次々と現れました。これらのベンチャーは、その最新技術によりシェアを拡大し、性能とコストで激しい競争を演じてきました。彼らが太陽光発電の普及に多いに貢献したと言えるでしょう。昨年頃から太陽電池の分野では、「国際協力・国際分業」の枠組みが急に壊れてしまいました。米国とドイツのベンチャービジネスが破綻し、欧米における保護主義が台頭したことはみなさまの記憶に新しいところだと思います。さらに太陽光発電の最大市場であったEUにおいて、その経済危機が中国のベンチャーたちを危機に追い込みました。

今後さらに拡大して行く市場であり、かつ多くの途上国が望む技術分野に関しては、

保護主義はその普及を妨げ、健全な発展を阻害することになります。この状況をどう変えて、将来の向かうべき方向を見い出せばよいのでしょうか。そのキーワードは、「イノベーションの国際協力」であると考えます。

スライド 11 では「リバースイノベーション」についてお話します。ここでは事例として、米国 GE 社を取り上げます。米 GE 社は中国に研究所を作り、優秀な中国人の研究者、技術者を雇い、医療技術に関する GE 社の蓄積（固有な技術、特許、研究成果、ノウハウ）を移管しました。中国市場のために独自の医療機器の開発を中国の研究所で開発させたのです。その最大の理由は欧米で開発したものは高価で、中国の病院には適さないからです。米 GE 社は、持ち運びできる、ポータブルな超音波検査機の開発に成功し、中国の病院に普及させました。これは急激に中国の病院に普及し、それとともにコストも大幅に下がりました。そこで、今度はこの製品を、米国をはじめ世界に普及させて、国際的な商品となり、そして医療技術を革新させたのです。これを「リバースイノベーション」と呼びます。この開発モデルは、太陽光発電にこそ適用されるべきであると考えます。

次のスライド 12 では、スマイルカーブについてお話します。先程の米 GE 社の他に、もう一つ示唆に富むモデルがスタン・シーのスマイルモデルです。この絵は、ハイテク製品の研究開発から市場におけるセールスや保守までの各段階の付加価値をグラフ化したものです。両端部程高い付加価値を生み出していることがわかります。この両端部分に新興国がいかに参入し、新製品を生み出す能力を付けるかが非常に重要となります。また、そのことがより広い普及を可能にして、技術開発の恩恵を発展途上国に及ぼすこととなります。国の枠組みを越えたスマイルカーブの達成こそ、いま太陽光発電に求められるあり方であり、電気の恩恵の少ない 40 億人の Bottom of Pyramid の人々に恩恵をもたらすと考えます。これは保護主義ではないと言えます。

スライド 13 に行きます。現在、日本の太陽光発電のトップメーカーのシャープと台湾の FOXCONN 社の間で協議が行われています。この図でわかると思いますが、シャープはスマイルカーブを一貫して有しています。一方台湾の FOXCONN 社は中国に工場を持つ逆スマイルの会社であることがわかります。同社では、売り上げ US\$80Billion で、70 万人の中国人従業員が働いています。両社が提携すればより大きな、付加価値の高いスマイルカーブが形成されることは間違いないでしょう。

スライド 14 では太陽熱についてです。太陽熱はこれから大いに開発と普及が期待される分野です。太陽温水器からさらに発展させて、現在高効率な発電効率と温水利用が可能なプラントが開発されて実証試験中です。この図は集光型太陽熱発電を示しています。日本でも熔融塩を用いた蓄熱機能を有する新しいシステムが提案されています。例

例えば、ゴビ砂漠だけで世界全体の電力を供給できるという試算もあります。太陽光／太陽熱発電、又はコジェネレーションは長期にわたる日中の研究開発と製造、普及、メンテナンス事業の開発によって、両国民だけではなく、発展途上国の人々にも限りない恩恵をもたらすことができると考えます。会場のみなさん、大事なことは、エネルギー確保ではなく、エネルギー供給共同事業こそ我々日中共同の責務であると考えられませんか？

スライド 15 は風力発電についてです。風力発電も日本は 1980 年代から開発を始めました。私も巨大翼タービンの開発、特に健全性にかかわってきました。当時は 500kW であったものが、いま 10MW (10,000kW) です。日本の風力発電開発は政策的支援も遅れ、普及度合いから見ても欧米、中国に比べて周回遅れの状況にありますが、技術的には国際競争力ある企業もあります。今回の固定価格買取制度によって普及が進むこととなります。EU からの安い風力発電設備によって国内市場を席巻されてきましたが、保護主義は取りませんでした。今後日本のメーカーが数社参入し本格的な風力発電事業が展開されるどころです。

スライド 16 は風力発電の長期ロードマップです。日本では、風力発電の導入目標を風力発電協会が提言しています。今回のエネルギー政策見直しでは、冒頭に申し上げましたが、これを上回る風力発電の導入量を前提としています (2030 年 30GW に対して見直しでは 50GW~60GW)。従って、この線に近い導入が政策的に図られることと考えられます。日本の海域は深い上、台風や高潮・津波等非常に厳しい自然状況下にあることを忘れてはいけません。これに耐える洋上風力発電所を建設するうえでは、様々な新しい課題が多くあるでしょう。商業発電に先立ち、洋上で実証試験を始めています。

太陽光も風力も不安定な再生可能エネルギーなため蓄電池が不可欠です (スライド 17 と 18)。日本では 2008 年から大規模な NaS 電池が導入されて、昼も夜も安定して電力を送り続けています。この成功のもとに、蓄電池の大型化と低コスト化が進み、メガソーラーやウィンドファームに蓄電併設が増え、また様々な再生可能エネルギーと連係して、系統が構成され、また制御されてスマートグリッドの試みが進んでいます。バッテリー革命が再生可能エネルギーによるエネルギー改革を助長していることがわかります。

スライド 19 はエネルギー自立式のエコハウスです。一戸建ての家でも太陽光エネルギーと蓄電で自立し、将来さらに家々が連係してグリッドを組み、コミュニティーのエネルギー自立が進むでしょう。

スライド 20-21 では、気候変動と地球温暖化について少しお話いたします。すでに温室効果ガス (GHG) は 450ppm を超え、これまでの目標値を目標とできなくなりました。そこで温度上昇 2℃を維持し、達成可能な二酸化炭素排出削減カーブが必要である

と考えました。新しいコンセプトによる、温室効果ガスの新しいエミッションカーブを日本の気象学者である松野教授らが提案しました。その内容は 2050 年世界で GHG を 25%削減し、今世紀末には地球の二酸化炭素自然吸収能力以下に押さえ、2100 年代中頃にはゼロエミッションを達成して、温度上昇 2℃以下に押さえるというものです。その制約下で世界のエネルギーコストをミニマムにするような最適化シミュレーションを行いました。再生可能エネルギーと原子力が両輪となって、この温室効果ガスの抑制に貢献していることがわかります。発展途上国にとって、特に原子力と再生可能エネルギーが重要であることは言うまでもありません。

それでは、まとめをいたします。

私の本日の講演では、まず日本のエネルギー政策の見直し状況をご紹介しました。つぎに以下の3点についてお話ししました。

- (1) 再生可能エネルギーの大規模導入は太陽光発電と風力発電がキーであること
- (2) バッテリーと太陽光等の結合がエネルギー自立住宅を可能にし、さらにスマートコミュニティへと発展すること
- (3) リバースイノベーションの推進やスマイルカーブのコンセプトに沿った日中の協力や発展途上国との協力は、先端技術の普及に寄与する。アジアのエネルギー需給を安定化させ、アジアの成長と発展に寄与することができること。

最後になりますが、本日午前中の専門家のみなさんのプレゼンを聞き、付録をつけることにいたしました。その内容は、中国と日本の共通点です。この図（スライド 23-24）では、日本と中国は対外純資産で世界 1、2 を争っています。お金持ち国なのです。しかし、国内投資と海外投資は他の主要国に比べて、もっとも少ないグループにいます。他の主要国に比べて、投資が少ないのです。みなさんはどう考えられますか。

再生可能エネルギーの開発に共同で投資し、再生可能エネルギー機器やプラントを発展途上国に普及させる。これはエネルギーを供給することと同じです。それでは、この言葉で私の講演を締めくくります。"It is more blessed to give than to receive（与うるは受くるより幸なり）" 以上です。ありがとうございました。

了