

[次世代火力発電の早期実現に向けた提言]

2015.7.6

東京大学生産技術研究所 金子祥三

1. 次世代火力検討の前提条件

●3つの新しい方針:

現在、①エネルギーミックス ②2030年CO₂削減目標 ③電力自由化という3つの大きな方針が出た。次世代火力政策も従来とは視点を変え、この3つを視野に入れた、全省を挙げた取り組みが必要であり、また環境省ともうまく連携することが必要である。とにかく視野を広く持ち、どうやったら国益を守れるかを真剣に考え、実行することが重要である。

●エネルギーミックスでの石炭火力26%の設定:

この案は極めて妥当であると考え。理由は下記の通り。

- (1) 化石燃料の96%を輸入に頼る日本は絶対に単一燃料に過度に依存してはならない(これはオイルショックの経験で身に沁みた筈)。このようにエネルギーセキュリティ上、絶対に石炭は必要。
- (2) 天然ガス27%、石炭26%とほぼ半々でバランス良く分担するのが、価格交渉力の上からも望ましい。
- (3) 石炭は安い電力料金の維持の上からも必要。
- (4) 但し、最大の心配はCO₂の増加である。2030年に26%削減という高い目標を実現するための真剣かつ具体的なアクションプランの策定が必要である。

2. 火力発電の効率向上策

●火力発電高効率化のための打ち手:

このためには現在の①第1世代(ボイラ-蒸気タービン)を、一日も早く②第2世代(ダブル複合発電:ガスタービン+蒸気タービン)に置き換え、さらに③第3世代(トリプル複合発電:高温型燃料電池(SOFC+ガスタービン+蒸気タービン)の開発実用化を加速することが必要である。これが実行に移されれば、先ほどの3条件を満足して、なおかつ成功裏に火力発電の高効率化を実現できる。

●石炭火力の高効率化のためのガイドライン:

石炭火力の高効率化のためのガイドラインは必要と考える。理由は下記の通り。

- (1) 石炭火力は設備費が高く、燃料費が安い。従って、せつかく効率を向上

し、燃料費を下げ、CO₂ を下げても基本的には経済的にペイしない（この点が、設備費が安く燃料費が高いため、効率向上が自ずと経済的にも有利となる天然ガスの場合と根本的に異なる）。

- (2) 従って、そのままでは自ら効率を上げようというインセンティブは基本的に働かないので、何らかのガイドラインは必要である。それが省エネ法という形しか無いのであればやむを得ない。
- (3) 但し、規制だけではだめで、“頑張った努力に応じて評価するというインセンティブ”が必要である。特に現在は従来と異なり、“電力自由化”で“kWh 当り単価が1 銭でも安い方が勝ち”という厳しい世界となるので、規制だけでは誰も高効率石炭火力を建設しようという人はいなくなってしまう。効率向上の評価と経済的支援をセットにした制度設計が絶対に必要である。

3. 確実に実現するための施策 [石炭火力の効率向上評価案]

●努力に対応したインセンティブの必要性：

前述のように石炭火力は天然ガス火力と異なり、効率向上が即経済的に有利とはならないので、“石炭火力の高効率に挑戦する志の高い人”に対しては、その努力をしっかりと評価し、努力にふさわしいインセンティブを与える制度を一日も早く整備することが必要である。そうしないとどんな立派なロードマップも結局“画に描いた餅”になってしまう。

特に電力自由化の下では、絶対にこの支援策が必要である。支援策の具体案を以下に示す。

- (1) 今後“石炭火力の CO₂ 削減に積極的に取り組む、志ある事業者”に対しては、相応の高い評価を与えるべきである。
- (2) その評価額は削減 CO₂ 量を 50\$ (5,000 円) /ton-CO₂ 程度として評価するのが妥当と考えられる。[100 万 kW の USC 火力からの年間 CO₂ 発生量を 600 万 ton として、これを 10% (60 万 ton/年) 削減した場合は年間 30 億円に相当する。
- (3) この費用は新たな FIT として認定するか、あるいは同等の支援策を適用する。支援の場合の財源は環境税を充てる。
- (4) これは“志の高い人に与えられるプレミアム”と考えるべきものである。

●具体的な評価案：

- 1) 評価案としては将来の CCS 実現の場合の CCS の実施費用の想定額 (40~70 \$ /ton-CO₂) が妥当であると考えられる。CCS は CO₂ 削減策の切札となると いわれて来たが、現実には欧米でも環境問題のため

に実現が極めて難しくなって来ている。高効率石炭火力は、この実現が極めて難しくなった CCS と同様な CO2 削減を、現時点において前倒しして実現する訳であるから、その評価を CCS 同等として行うことは極めて妥当である。

(なお 6/22 の第 2 回次世代火力協議会の NEDO 資料 (資料 2-1、p.5) によれば、CCS 費用は陸上基地からの分離回収のみで 3 円/kWh または 3,500 円/ton-CO2、輸送貯蔵を含むと 4.9 円/kWh または 6,187 円/ton-CO2 と試算されている。)

2) 試算例：現在の USC から 10%CO2 を削減する場合

a. 100 万 kW の USC 石炭火力から 10%効率を向上した場合、年間発生 CO2 量約 600 万 ton の 10%が削減されるとすると、60 万 ton/年の CO2 削減量に相当する。これを 50\$/ton-CO2 (5,000 円/ton-CO2) で評価すると 年間 30 億円となる。従って年間、30 億円として評価することができる。

b. 一方、石炭火力にバイオマスを混焼すると、その量だけ CO2 を削減したものと見なすことができる。10%バイオマス混焼と仮定すると、同様に 60 万 ton の CO2 削減となる。

現在バイオマス (混焼) 発電は FIT による支援を受けられるから、FIT 額は 22 円/kWh (木質系バイオマスで 2000kW 以上の場合) であるので、年間の支援相当額は (石炭での発電原価を 10 円/kWh として)
 $1,000,000\text{kW} \times 0.1 \times (22 - 10) \text{円/kWh} \times 8,760\text{h} \times 0.8 = \text{84.1 億円}$ となる。

c. 以上のようにバイオマス混焼の場合の FIT 額に較べて、1/3 程度の負担額であり、その分だけ国民負担が少なくなることになり、有利である。また現在の大量バイオマス利用は、実質的にすべて海外からの輸入であり、日本の森林保護や林業再生には直接には役に立っていないことを考えると、更に本提案の優位性が高まる。

3) 現実に太陽光などの再生可能エネルギーの FIT 制度によって膨大な経済支援が行われ、国民に多大の負担をかけていることを考えると、その数十分の一程度の支援額である本案は、

①安定した電源の確保 ②エネルギーセキュリティの確保 ③安い電力の供給、というかけがえのない利点を有しており、ぜひ採用すべき制度であると考えられる。

[補足説明資料]

1. 今後の石炭火力のあるべき姿

- 現在の①第1世代（ボイラ+蒸気タービン；USCを含む）から、②第2世代（ダブル複合発電：ガスタービン+蒸気タービン）を最短で実現し、③第3世代（トリプル複合発電：燃料電池+ガスタービン+蒸気タービン）の開発実用化を加速すべきである。
- 第1回 次世代火力協議会（2015/6/16）配布資料の中に、今後のあるべき姿が明確に述べられている。（図1、図2）
- 具体的には **2020年頃にIGCCの実現、2030年頃にGTFC、IGFCの実現**である。

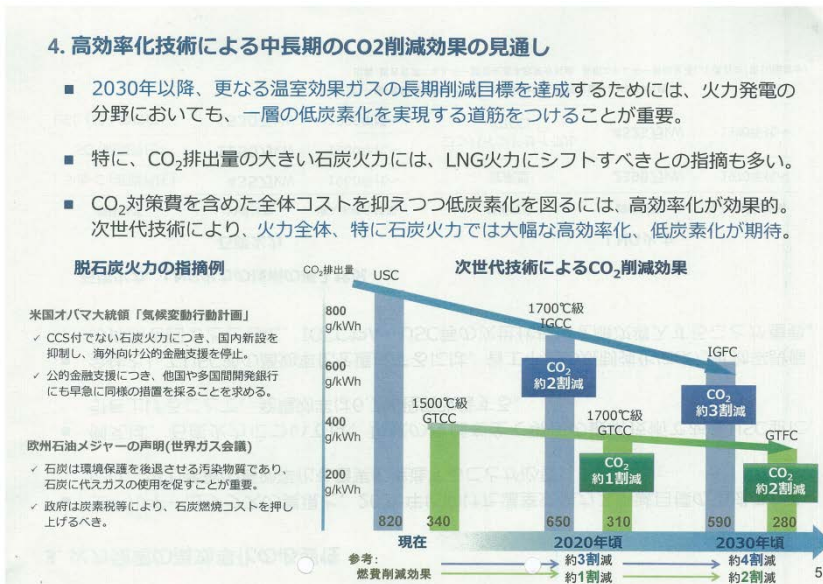


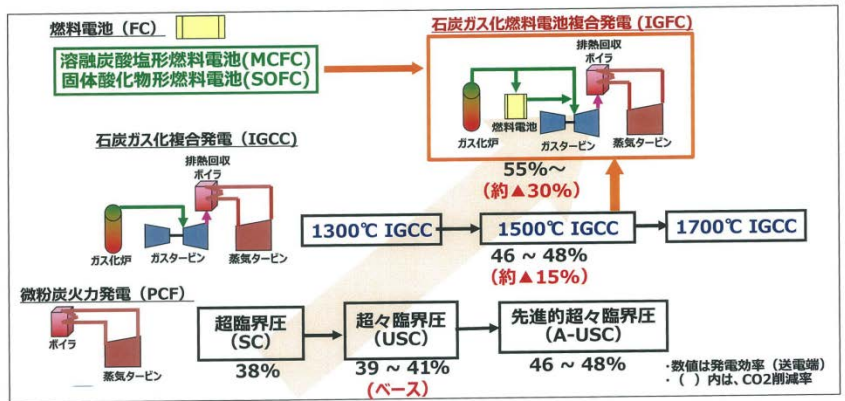
図1

②石炭火力発電の効率化 - 究極の高効率発電技術IGFC開発

POWER

図 2

- 我が国の石炭火力は、微粉炭火力（PCF）の超々臨界圧（USC）が主流だが、更なる高効率化に向け、石炭をガス化した複合発電方式の技術開発を進めている。
- 究極の複合化技術であるIGFCの実用化により1.4%以上の発電効率向上が可能となる。その結果、USC比で約3.0%のCO₂排出量を低減。



2. 安倍首相の5月21日挨拶

安倍首相演説

[第21回国際交流会議「アジアの未来」晚餐会における安倍首相スピーチ]

(2015年5月21日開催)

(首相官邸HPより：http://www.kantei.go.jp/jp/97_abe/statement/2015/0521speech.html)

・毎年、新緑の美しい季節に、ここ東京に、アジアのリーダーたちが集い、そしてアジアの未来を議論する。この素晴らしいシンポジウムがスタートしたのは、20年前でありました。

・さらには、アジアの資源とも呼ぶべき、石炭を、もっと効率的に活用してはどうでしょう。

石炭火力発電は、世界の発電量の4割を担うにもかかわらず、地球温暖化の元凶のように入れられ、敬遠されがちです。しかし、それもまた、イノベーションによって、解決できる問題です。

日本は、高温で石炭を燃焼する技術で、すでに世界の平均を大幅に上回る効率を実現しています。この日本の技術が、米国、中国、インドに広まるだけで、年15億トンの温室効果ガスが削減される。日本が、産業革命前に逆戻りして、排出ゼロになる、それ以上の効果がもたらされます。

さらに、石炭をガス化して燃焼する最新の技術を用いれば、効率は格段に向上します。さらに、燃料電池をつけるなど技術を進化させていけば、石炭を使って天然ガス火力並みのCO₂排出量に抑えることも、十分可能となります。

それだけではありません。ガス化する技術を用いることによって、これまで石炭火力には不向きだとされてきた、褐炭が、有望な資源となってくるのです。

エルベグドルジ大統領。この2年で5回以上も会談を重ねてきた親友ですから、正直に申し上げます。

モンゴルに日本のガス化技術を導入すれば、モンゴルの大地に眠る、たくさんの褐炭が、宝の山となります。

私と大統領でリードしてきた、日・モンゴルEPAは、民間における自由なライセンス契約を可能とするものです。EPAを早期に発効させることで、日本とモンゴルの間で、様々な技術協力や投資が加速することは間違いありません。

モンゴルだけではなくありません。タイや、インドネシアにも、褐炭は、たくさん分布しています。

アジアならではの、石炭火力の分野で、更なるイノベーションを、共に、生み出すことによって、伸び行くエネルギー需要に応えていきたいと考えています。

.....

・これまで、インフラ・ファイナンスにおいては、その短期的なリスクについて、必要以上に、現地政府に支払い保証を求める。そんなやり方が、まかりとおってきました。

日本政府は、そうした慣習を変えていきます。

JBICを通じてリスク・マネーを供給する、新たな制度を立ち上げます。JBICが短期的な採算リスクを積極的にとり、現地政府に保証を求めるやり方を改めます。

この資金をどんどん活用していただくことで、長い目で見て、質の高いインフラ、イノベーティブなインフラを、アジアに広げていきたいと考えています。

「量よりも質」などと、牽強付会するつもりはありません。アジアには、毎年100兆円にものぼる、旺盛なインフラ需要があります。「質も量も」。二兎を追う野心的なチャレンジこそ、アジアには似合います。

しかし、これだけの需要を、公的資金だけで賄うという発想には、限界があります。需要が大きいためこそ、むしろ、私たちは、もっと、民間の多様な資金が、アジアに流れこむ仕組みを考えなければなりません。

ADBは、このほど融資能力を5割増やし、さらなる増資も検討しています。とりわけ、民間セクターへの貸付を拡大しようとしています。日本は、この決断を、大いに歓迎します。

さらに、融資にとどまることなく、民間セクターへの出資も拡大すべきです。JICAが、ADBと協力して、民間のインフラ・プロジェクトへの出融資を行う、新たな仕組みを設けます。ADBの民間向け出資能力は、従来の3倍に増える予定です。

日本政府も、民間とパートナーシップを組んでインフラ整備を進めるアジア各国への支援を拡大します。今後5年間で4兆円を超える支援を行ってまいります。

・日本は、こうした新たなイニシアティブをスタートします。ADBと連携しながら、5年間で、総額約1100億ドル、13兆円規模の、イノベーティブなインフラ資金を、アジアに提供してまいります。

そのことにより、世界中から、さらに多様な資金をアジアに呼び込み、このアジアという場所を、

ダイナミックなイノベーションが開花する大地へと、変えていきたい、と考えています。

.....
・質の良いものをこしらえる。

そして、アジアの人たちと、共に考え、共に歩む。

その中から、きっと、アジアがこれから直面するであろう、様々な課題を解決できる、素晴らしいイノベーションを生み出すことができるに違いありません。

アジアの未来を切り拓くキーワードは、ただ一つ。

「Be innovative」。

日本は、その中で、出来る限りの努力を行う覚悟であります。

ありがとうございました。

3. 日本の石炭火力設備容量

亜臨界圧 :	480 万 kW (12.3%)	(+自家発 230 万 kW) =	710 万 kW
超臨界圧 :	1450 万 kW (37.3%)	}	87.7%
<u>USC :</u>	<u>1960 万 kW (50.4%)</u>		
合計 :	3890 万 kW		

- ・このように日本の石炭火力は既に 50%が USC であり、さらに超臨界圧を加えると 88%が高効率石炭火力である。従って既設の亜臨界圧プラントをUSCに置き換えても、その効果は12%分でしかない。
- ・超臨界圧を USC に置き換えても効率は 4%しか向上しない。これは膨大な費用をかけても効果的ではないといえる。
- ・超臨界圧のリプレイスは 15%の効率向上が図れるIGCCにすべきである。

4. 中国の状況

- ・一方、中国は国を挙げて石炭火力の高効率化に取り組んでおり、2006年に最初の USC プラントが日本からのライセンスで運転を開始した。USC の生産能力は日本の 10 倍、運転中のプラントは 5 倍と言われている。
- ・中国の100 万kW USCプラントは 63 基 : 6337 万kWが運転中である。(2012 年末現在)。日本は 10 基 : 1010 万kWである。
- ・さらに日本技術からの脱却を目指して、2012 年に中国のすべてのメーカーが参加して、世界最高の効率を誇る2 段再熱USCプラントを 66 万kW2 基、100 万 kW1 基。計 3 基を建設する計画がスタートした。
- ・最近の報道によると、この 66 万kW USC2 段再熱プラントは2015 年 6 月 1 日に試運転を開始した、とのことである。今後、“日本のUSCより

2%も効率の高い、中国独自の USC の開発に成功”と世界に喧伝するものと思われる。

- ・最近の国際マーケットではもはや USC が標準となっており、仕様上、性能上は中国と日本の差は無い。価格は半分であるので、日本メーカーは苦戦を強いられている。

5. USC から IGCC への一日も早い移行を

- ・このように USC は開発から 20 年も経った従来技術であり、決して新技術ではない。また国際競争力も急速に失われており、輸出市場も厳しい状況にある。一日も早く国内の石炭火力を IGCC に置き換え、輸入燃料費の削減、CO₂削減目標の達成を実現すべきである。
- ・しかし電力自由化のもとではこのような画期的な効率向上は“画に描いた餅”で実現されないので、効果的な支援策と組合せた国を挙げた取り組みが必要である。

6. 出力 11 万 2500kw 未満の小規模石炭火力の取り扱い

- ・効率向上のためのガイドラインは必要と思うが、小容量火力にはそれなりの良さもあり、過剰に規制することは不要と考える。理由は下記の通り。

(1) 再生可能エネルギー増加時のバックアップ

- ① ドイツの実情からもわかるように、太陽光や風力などの変動型の再生可能エネルギーが増加すると、これと同量のバックアップ火力が必要になる。11 万 kW 級の電力が各地にできると、各地域において増加する変動型再生可能エネルギーを補完することが可能となる。
- ② 蒸気タービンと連結された同期発電機は系統安定化に大きく貢献する。この慣性力による周波数安定化機能は、各種の系統安定化対策の中で、最も安価で最も効果的なものである。

(2) 規模が比較的小さいので、バイオマス混焼など将来の地域貢献、森林再生、林業復興などに大きく寄与できる可能性がある

(3) 世界最高効率で最もクリーンな小容量石炭火力を日本がいち早く商用化すれば製品の輸出や国際協力で世界に大きく貢献できる。世界の各国は小国も多く、小容量のクリーンな石炭火力を喉から手がでるほど欲しがっている。(60 万 kW や 100 万 kW の USC は大きすぎて、それらの国には役に立たない)

---- (例) モンゴルの全発電設備容量は 90 万kWしかない。