

第1回

「未来を予測する」

米国 コンサルタント ゲイル・H・マーカス



プロフィール (2008年1月時点)

略歴：

マサチューセッツ工科大学 (MIT) で原子力工学博士取得 (米国で女性初) 後、1980~1985年に議会調査局科学政策研究部で科学技術政策の分析、エネルギー、原子力発電、リスク評価管理の政策分析に従事。

1999年まで、米国原子力規制委員会 (NRC) 職員として、原子炉規制局 (NRR) 原子炉プロジェクト III-3 部長、新型炉プロジェクト部長、NRC 委員技術補佐、原子炉安全諮問委員会/放射性廃棄物諮問委員会 (ACRS/ACNW) 副室長などを歴任。この間、日本に2度滞在しており、1992年に5ヶ月間、通商産業省で日本の ABWR 許認可の調査、1998年から1年間、東京工業大学原子炉工学研究所の客員教授として日米の規制方針の比較研究を行った。

2004年まで、米国エネルギー省 (DOE) 原子力科学技術局主席副局長として、次世代炉開発などのプログラムを担当。この間、2001~2002年には米国原子力学会 (ANS) 会長に就任。

2007年まで、OECD 原子力機関 (NEA) 副事務局長として3年間パリに赴任。

現在は、原子力発電技術・政策の個人コンサルタント。

委員：

ANS フェロー、米国科学振興協会 (AAAS) フェロー、米国研究審議会委員、MIT 原子力工学科評議委員、AAAS 工学分野委員長

著書：

技術論文・出版物は多数。主に原子力規制政策、エネルギー技術・政策、リスク評価・管理、国際原子力政策、新型炉技術関連。

連載初回にふさわしいテーマを考えていたら、ヨギ・ベラのある言葉を思い出した。ヨギ・ベラは、つじつまがあわない数々の名 (迷) 言で有名な元大リーグ選手である。素朴ながら達観した数々の語録の中で、私は「予測なんてできない、特に 未来についてはね

(It is hard to make predictions, especially about the future.)」という言葉が気に入っている。(この偉大な米国の哲学者の語録は、Google でヨギ・ベラを検索するか http://en.wikiquote.org/wiki/Yogi_Berra を参照)。

エネルギー需要及びエネルギー源に対する見方のここ数年の大きな変化を考えていたら、この言葉を思

い出した。つい最近まで誰も地球温暖化という言葉を知らなかったし、世界で最も人口が多い国々の経済がこれほど急速に成長するなど考えてもいなかった。これらのトレンドをもっと前に予測できただろうか？

ほんの一握りではあるが、先見の明がある人は居たかもしれない。大多数が、何か行動を起こさなければいけないと考えるほど現実的な問題と思わなかっただけかもしれない。多分、予測の難しさよりも、遠い先まで考えた確率の低そうな潜在的な問題に行動を起こすかどうか、その判断の難しさが問題なのだろう。

地球温暖化よりわかりやすい最近の問題は他にも

ある。私は、省エネや石油消費量削減のための新技術に関わる予想外の事実が特に気になっている。至近の例を挙げれば、(1)省エネの電球型蛍光灯に含まれる水銀による環境汚染と、(2)バイオエタノール用とうもろこし栽培のための農地転用増加も一因である食糧価格の高騰である。これらは主に米国で議論されているが、私は世界的な問題と考えている。

これらのトレンドをもっと前に予測できただろうか？

答えはイエスだろう。とうもろこしからバイオエタノールを生産すれば、食糧供給、食糧価格に影響が出るかもしれないという話は数年前からあった。しかし、他の要因（干ばつ、原油価格高騰など）がそのプロセスをこれほど過熱させるとは、多分、予測できなかった。米国では、数年後に白熱電球の製造・販売を禁止する方向にある。水銀が有害であることは周知の事実なのに、水銀を回収する計画をスタートしないまま白熱電球を禁止するようだ。

これらは、エネルギー関連の技術導入におけるこれまでの長い歴史で経験してきた様々な問題の一例にすぎない。自動車が誕生して間もない頃、自動車は、街に馬車が増えることによる非常に深刻な汚染の問題を解消できる技術だと誰もが考えた。排気ガスが健康に与える影響は誰も理解していなかったし、排気ガスが深刻な問題になるほど自動車の利用が増えるとは誰も考えなかった。原子力発電の黎明期も同様で、目下の問題の解決策としてしか考えず、現在議論されている問題は誰も予測していなかった。

多分、私達に本当に必要なのは完璧に予測する力ではなく、堅固かつ状況に対応できる基盤であり、様々なシナリオに対応できる解決策だろう。地球温暖化やエネルギー・セキュリティのトレンドに対する最善の策の中には、次のように、おばあさん達が口にする言葉があてはまるものがあるようだ。

バランスの良い食事が大切。原子力発電だけ、再生可能エネルギーだけ、エネルギー効率向上だけでは問

題を解決できない。解決策はこれら全てであり、他もある。原油調達先も同様で、（不安定または敵対関係にある場合には特に）一国依存はできない。

雨の日に備えること。これまでどおりに続けることができるとは限らないし、何事もうまくいくとは限らない。先々の備えが必要である。より効率的に資源を利用し、より汚染の少ない、より進んだ技術の開発が必要である。石炭燃焼から炭素を除去または隔離する方法の開発、今日の懸念を解決する原子力発電所の設計、再生可能エネルギーの費用対効果の向上、需要を満足する代替輸送手段の開発、核融合の追求が必要である。新たな資源供給源（タールサンドから化石燃料、海水からウラン）や新たな燃料（原子力発電のトリウム燃料）など、化石燃料や原子力の資源の一層の探求が必要である。

倏約すること。全てを効率的に利用しなければならない。つまり、発電、送電、利用のいずれも効率を向上させなければならない。新たな発電技術もこれに該当する。

清潔が大切。エネルギー需要を満足しても健康を害するようでは意味がない。化石燃料のクリーン化または原子力発電及び再生可能エネルギーの利用拡大により、粒子状物質及び炭素の排出を抑えなければならない。固体廃棄物の問題もある。原子力発電においては、使用済み燃料に関する全てのオプション（短期・長期貯蔵、燃料のエネルギー価値の一層の利用）を検討することを意味している。

卵を全部 1 つの籠に入れてはいけない。原子力発電、再生可能エネルギー、クリーン石炭、炭素隔離など、どれか1つの技術だけに頼ることはできない。特に、未開発の技術または未発見の資源をあてにはできない。目標を達成できる研究もあれば、そうでないものもある。複数の代替案を追求する必要がある。

おばあさんが言わないことを 1 つ追加するなら**何もかも、もっと必要。**私達は、今以上の電力、今以上の輸送燃料を必要としている。経済がコンピュータ、

通信、輸送にこれまで以上に依存するようになっているので、発展途上国の需要が大幅に増加するだけでなく、先進国の需要もある程度増加する。

地球温暖化や安定供給などの問題を考えると、様々なエネルギー技術の継続的な開発・利用、低炭素排出技術の重視、そして世界の様々な場所に存在する燃料資源を利用できる技術に目を向ける必要があるという結論に至る。

これは原子力発電にとって何を意味しているか？

私は、原子力発電が今後のエネルギーミックスの魅力的な要素であることを意味していると考えます。原子力発電は二酸化炭素をほとんど排出せず、また資源の多様性をもたらす。ただし、唯一の解決策というわけではない。全ての国にとって正しい選択肢ではないし、輸送燃料としてのニーズを全て満たすわけでもない。また、常に最高レベルの警戒体制で運転しなければならない。原子力発電は、今日及び予想可能な将来において、エネルギーミックスの一要素になり得るものであり、そうあるべきである。また、より効率的な新型炉技術及びウランからより多くのエネルギーを取り出すことができる技術の開発を進めなければならない。さらに、長期的な観点からはウラン資源の枯渇にも対応し始める必要がある。現在の資源量は十分であるが、原子力利用が大規模に増大すればより多くのウランが必要となる。このため、低品位ウラン鉱石からの精錬効率の向上、濃縮プロセスの効率向上、燃焼度の向上及び／または資源リサイクルの効率化だけでなく、新たな資源回収（海水からのウラン回収など）や燃料サイクルにおけるトリウム利用（インドで実施済み）などの開発も必要になるだろう。核拡散及び経済の問題に対しては、全ての国に対する適切な燃料供給管理方策も確立しなければならない。

原子力発電の問題の1つに廃棄物がある。石炭に比べれば廃棄物の量は少ないが、多くの人にとって放射能に対する不安は消えることはない。今日、多くの国がこの難題を抱えている。この問題に関しても、やはり、1つの方策、1つの技術開発に頼ってはいけない。

米国の原子力産業は、長い間、ユッカ・マウンテン処分場の開設をあてにしすぎた。米国は、ユッカ・マウンテン以外の候補地選定を放棄し、再処理の技術開発を放棄し、使用済み燃料を減量あるいは再利用する他の暫定的／恒久的なオプションも十分に検討しなかった。これらの方策は、米国だけでなくこの国でも検討しなければならない。

先に触れたバイオエタノールと省エネ電球の水銀の問題は、放射性廃棄物の問題に比べればタイムスパンが短く問題が限定的なので、将来を予測しやすいだろう。とうもろこしからバイオエタノールを生産すれば、食糧供給、食糧価格に影響を与えることは数年前から予測されていた。他の要因（干ばつ、原油価格の高騰など）がこのプロセスをこれほど過熱させることは予測できなかったが、突然襲ってくる危機を回避する計画は立てておくべきだった。さらに、長期的にはセルロースからエタノールを生産する方法も開発すべきである。米国では数年後に白熱電球の製造・販売が禁止される方向であり、世界中で白熱電球が省エネの電球型蛍光灯に取り替えられつつある。しかし、この電球型蛍光灯には水銀が含まれている。このため、電球型蛍光灯を適切に処分する計画を立てるだけでなく、長期的には水銀を使わない省エネ電球を開発しなければならない。

まとめとして、私はヨギ・ベラに同意せざるを得ない。予測なんてできない、特に未来についてはね。新技術の導入時点では影響は非常に小さく、大規模に導入した場合の影響を予測することが難しい場合がある。状況が何によって変化するかはわからない。気象パターンの変化かもしれないし、経済発展や競合技術の登場かもしれない。従って、予測可能な様々なシナリオに適したエネルギーミックス及び長期的なエネルギー開発計画を策定し、予想外のことが起きた時には短期的に調整できるようにすることが、最も賢明な戦略である。原子力を専門とする人々は、このような地球規模の堅固なエネルギー戦略のニーズの理解促進に大いに貢献すべきである。私達がこの目標を達成すれば、将来、私達は増大するエネルギー需要にクリーンで炭素排出量の少ないエネルギーミックスで対

応できると、少なくとも予測できると言えるだろう。

次回から、原子力関連企業の国際化や廃棄物処分の疑問点など、いくつかの個別の問題に詳しく触れたいと考えています。また、ちょっとおもしろい話も紹介したいと思います。主人が原子力発電所とチーズの関係を書いたらと言っていますが、そんな話題はお好きですか？

お付き合い頂きありがとうございました。次回のエッセイでまたお会いしましょう。私のエッセイに対するあなたの「リアクション」をお寄せください：

ghmarcus @ alum.mit.edu.

(注：@マークは画像で表記しています。メール送信の際は画像を@に変えて下さい。)

2008年7月