

# 第 31 回福島県エネルギー政策検討会 議 事 録

日 時： 平成 1 6 年 5 月 3 1 日(月)10:00 ~ 11:30

場 所： 杉妻会館 4 階「牡丹」(福島市)

**事務局**：第 31 回エネルギー政策検討会を開催いたします。始めに講師のご紹介を申し上げます。本日は講演いただきます、スティーブ・フェッター先生はアメリカ・メリーランド大学の公共政策学部にご在籍で、物理学者でいらっしゃいます。軍備制限、核不拡散、原子力、人体への放射線の影響、気候変動問題、エネルギー供給等を専門にご研究されておられます。スタンフォード大学国際安全保障軍備整備研究所、ハーバード大学科学国際関係研究所、マサチューセッツ工科大学核融合研究所等の客員研究員としてご活躍中です。カリフォルニア大学バークレー校でエネルギーと資源に関して博士号、マサチューセッツ工科大学で物理学の理学士号を取得されております。ハーバード大学の研究グループが 2003 年 12 月にまとめた報告書、「再処理 VS 直接処分の経済学」を作成したメンバーのおひとりでいらっしゃいます。

**司会**：おはようございます。進行役を務めさせていただきます。よろしくお願いいたします。

**検討会メンバー**：フェッター教授におかれましては、遠路本県においでいただきまして、厚く御礼を申し上げます。本県はわが国最大の発電県でありまして、首都圏の電力の約 4 分の 1 を供給しております。県内には水力、火力、地熱、原子力の各発電所がありますが、特に原子力については現在 10 基、合計 9 百 10 万キロワットの原子炉を有しております。本県としてはこれまでエネルギー政策は国策であると受け止め、協力してまいりましたが、使用済み燃料の搬出に関する約束を国から反故にされたり、国民理解が後退している中、プルサーマルを強行しようとする動きが見られ、さらには新規電源、立地開発を一方向的に凍結されたりいたしました。

国や事業者がエネルギー政策を国策として一方向的に推し進めるということでは、電源立地地域は重大な影響を受けかねないとの危機感から、2001 年 5 月、私を会長とするエネルギー政策検討会を設置し、エネルギー政策の検討を行ってまいりました。これまでほぼ 3 年間、30 回に渡って著名な講師の方々との意見交換等を行いながら、検討を進めてきております。その検討の過程において、エネルギー政策について様々な疑問が生じたため、2002 年 9 月には中間取りまとめを行いました。その中で核燃料サイクルについてはいったん立ち止まり、全量再処理と直接処分等、他のオプションとの比較を行うなど、適切な情報公開を進めながら、今後のあり方を国民に問うべきであると提言を行ったところであります。

核燃料サイクルにつきましては、本県のみならず、有識者、さらにはマスコミから資源の節約、経済性、プルトニウムバランス、高速増殖炉の実現可能性などについて、多くの疑問が投げかけられ、再検討やさらなる議論を求める声が高まりつつあります。このような中、フェッター教授のお話をお聞きできることは本県にとっても、また、わが国

にとっても、時宜を得たものであると考えております。有意義なお話を聴かせていただけるものと期待しておりますので、どうぞよろしくお願い申し上げます。ありがとうございます。

**司会**：それでは、これからフェッター先生にご講演をいただくわけですが、1時間ほどご講演をいただきました後、質疑応答をさせていただきたいと思います。では先生よろしくお願いいたします。

**スティーブ・フェッター教授（メリーランド大学公共政策学部）**：ありがとうございます。知事、福島県にご招待いただきましてありがとうございます。私がハーバード大学の同僚と行ってきた研究結果を発表させていただきます。再処理・リサイクルと直接処分の経済性の比較ということで研究をしてみました。基本的な問題は新しいものではありません。既に30年以上前から研究されてきたことです。使用済み燃料を直接処分し、地層処分場に処分することのほうがよいのか、それとも燃料を再処理してプルトニウム、そして燃焼されていないウランを回収し、新燃料としてリサイクルするほうがよいのかという問題です。そして、この問題についてはアメリカ、そして日本で、また世界でいくつかの理由から注目を集めています。まずは使用済み燃料が原子炉で蓄積されているということがあります。また、分離プルトニウムが再処理工場で蓄積しているという問題もあります。また、アメリカでは地層処分場の処分容量についての懸念もあります。今、作られている使用済み燃料に関してその処分容量があるのかどうかということです。また、核、原子力がワンスルー・サイクルで持続可能性があるのか。それとも再処理でウランの資源をさらに寿命を延ばしていく必要があるのかという懸念があります。民間核燃料サイクルと核兵器の拡散との結びつきという問題もあります。また、拡散に対する様々な燃料サイクルのオプションとしての抵抗性がどれくらいあるのかという問題があります。

私たちの研究はコストに注目しました。もちろんコストだけが唯一の問題ではないことは認識しています。そしてまた最重要の要素でもないことも認識しています。他にも重要な要因はあります。燃料サイクルの選択肢を比較する上で、環境、保安、公衆衛生の問題、エネルギーの安全保障、核不拡散の問題、また廃棄物の管理、こういったことも非常に重要です。しかし、経済性も重要であり、その重要性は電力市場が競争導入されることによって、増してきています。アメリカでも、また日本でもそうだと思いますが、規制緩和が行われ、競争が導入されています。核、原子力産業の中でもコストの差異というのが、様々なエネルギー形態の競争力を見る上で重要です。

現在一般的に認識されていることとして、再処理のほうが直接処分よりも高くつくとい

うことがあります。例えば、最近、フランス政府のために行われた研究がありました。昨年行われたものですが、再処理は新燃料の電力よりも5%高くなると。そして、数百億ドルもの電力料金をこの再処理のために原子炉の寿命期間中、消費者が払わなければいけないという結果が出ました。しかし、問題はこのコストの差がどれくらいであって、それがどれくらい続くかということです。通常、再処理を進める側の人たちは、その差は比較的少ないと言います。ほんの数パーセントだと。例えば5パーセントくらい電力料金が上がるだけと主張します。またさらに、推進側はそのコスト差はすぐになくなる、というのは電力需要が増加しウランの資源を枯渇し、また、高価になることによって消えてくると。つまり、あまり遠い将来でない時に再処理が経済性を持つことになると主張しています。そして、結局的には直接処分よりも安く上がると主張しています。

しかし、私たちの結論ではこのコスト差は非常に大きい、そしておそらくは、長期間この差は消えない、少なくとも75年から100年は消えない、あるいはそれ以上に続くかもしれない、という結論に達しています。私のこれからの発表の概要については、このスライドの順に行ってきます。まずは、直接処分のコストと再処理・リサイクルを軽水炉で行った場合のコストを比較します。商業運転の今の日本の原子炉、そしてアメリカの原子炉はすべて軽水炉です。そして、均衡するウラン価格を計算していきます。この計算価格は、この価格であれば、再処理・リサイクルが直接処分と同じ価格になるという価格です。もしウランが安価であれば、直接処分のほうが安いわけです。ウランが非常に高くなれば再処理のほうが安くあがるという価格です。ウランの直接処分と再処理・リサイクルのコストが一緒になる水準があります。それが均衡価格です。それ以外にも均衡価格を他のパラメーターについても見ていきました。例えば、再処理のコストです。ウランの価格が一定だとすれば、再処理の価格で電力料金が直接処分そして再処理で同じになる水準を計算しました。また、再処理価格、そしてウランの価格が一定であった場合には、発電単価がその再処理によってどれだけ高くなるかを計算しました。さらに、直接処分と軽水炉での燃料サイクルと高速増殖炉でのリサイクルとを比較しました。軽水炉のリサイクルは長期的な原子力エネルギーの解決策とは見られていません。これは単に中間的な措置と考えられています。今後、高速増殖炉に移行するまでの中間ステップ、そして高速増殖炉にいて燃料サイクルを完全にクローズのものにするというものです。ですから軽水炉の直接処分と究極的な原子力エネルギーの姿と見られる高速増殖炉とのリサイクルとを比較します。そして、ウランの価格がいくらであれば、高速増殖炉のリサイクルが経済性を持つかを見ていきます。

こうしたウランの均衡価格を計算して、その後、ではどれくらいウランの資源があるのかも見てきました。その価格以下でのウラン資源です。つまり、これが究極的な経済性の問題であるからです。ウランの資源があまりにも高くなって、再処理が経済性を持つ

ことになるのかどうかということが問題だからです。また、経済要因以外の要因もみていきます。そして今、アメリカで議論となっているのが地層処分場の容量、そして地層処分場の容量を増やしていくことができるかどうかという問題です。また、他にも経済と関係ないものとして、エネルギー安全保障、公衆衛生、安全保障、核不拡散という問題があります。それについても最後に触れていきます。

ではまず、直接処分と再処理・リサイクルを軽水炉で比べた場合についてお話をします。この経済的な計算を行った時に、まず電力会社の観点から見てみました。つまり、使用済み燃料を廃棄する、そしてこの使用済み燃料をリサイクルするのか、それとも直接処分をしてしまうのか、地層処分場に処分するのかどうかを判断する段階にあると考えました。そして、もし直接処分と決めたということであれば、中間的な措置も入れました。つまり、使用済み燃料をドライキャスクの貯蔵施設に中間貯蔵するということ。これを数10年、40年から60年中間貯蔵することも考慮しました。これは必ずしもそうだとはいりません。原子炉で、特に新しい原子炉の場合には十分に全ての使用済み燃料を原子炉の寿命期間中サイトで貯蔵しておく容量もあります。しかし、日本のほとんどの原子炉の場合には、そのキャパシティはないと思います。ですから地層処分場がまだないということであれば、使用済み燃料をどこかに貯蔵しておかなければなりません。処分場が稼動するまでは貯蔵しておく必要があります。処分場が稼動したら使用済み燃料を直接処分場に送ることができます。原子炉はさらに燃料を交換しなければなりません。ということで、ウランを採掘し、それを六フッ化ウランに変え、濃縮をし、低濃縮ウランを精製し原子炉に燃料の交換をして新しい燃料を装荷していく必要があります。これがワンスルー、つまり直接処分の燃料サイクルと呼ばれるものです。

この燃料サイクルはアメリカで1975年以降採用されており、また、数カ国、スウェーデンなどでも採用されています。今それ以外に変わる代替的な選択肢としてあるのが、使用済みの低濃縮ウラン燃料の再処理です。そしてその再処理の中で使用済み燃料を切断し、硝酸で溶かし、三つのメインストリームに分割します。ひとつがウラン。これは使用済み燃料の94パーセントを占めています。そのウランが回収されます。それはさらに濃縮し、燃料にすることもできます。ただリサイクルしたウランは、天然ウランに比べると魅力は少ないと言えます。ウランが現在低価格であることを考えると、リサイクルしたウランの経済的な魅力は少ないと言えます。ですからイギリスやフランスでは、この回収したウランは単に貯蔵されています。また、その他残りの4パーセントですが、ガラス固化を行い、高レベル放射線廃棄物として地層処分場で処分されます。最後に残った1パーセント、プルトニウムですが、これは回収します。そしてMOX燃料にします。劣化ウランとプルトニウムを混合することによってMOX燃料を加工します。これはウランの濃縮によって出てくる副産物です。そしてMOX燃料を軽水炉に入れ、原子

炉の燃料として使います。現時点で MOX 燃料の使用済み燃料は再処理されていません。フランスでは MOX 燃料の使用済み燃料は、これ以上再処理はせずに、恒久的に処分されるということで貯蔵されています。ただひとつ、この使用済み燃料の MOX 燃料を再処理することも考えられますが、プルトニウムは再処理を重ねる毎に燃料としての適性が失われていきます。しかし、それは私たちの分析には直接影響はありません。

経済性を比べていくためには、それぞれの燃料サイクルのステップ、段階毎にコストを考えていかなければなりません。中央値を分析の中で考えました。直接処分の燃料サイクルでは、それぞれの段階の価格は非常に安定しており、よく知られています。と言いますのは、自由な競争市場、開かれた市場がウランの採掘にもありますし、ウランの現在の価格は 1 キログラムあたり 40 ドルくらいです。ウランの転換、濃縮、そして低濃縮ウランの燃料加工、こういったことはすべて既に確立された競争市場になっています。また、中間貯蔵に関しても、市場性はそれほどありませんけれども、価格としてはかなり確立されたものがあります。アメリカの既存の原子炉におきましては、中間貯蔵は 1 キログラムあたり 100 ドルくらいとなっています。日本ではもう少し高いと思います。また、直接処分のほうでは、地層処分のコストは非常に不透明です。1 キログラムあたり 400 ドルとここに書いていますが、これはアメリカにおける推定値です。ヤッカマウンテンでは実際にはもう少し高くなると思います。ヤッカマウンテンの処分場のコストは全体として 1 キログラムあたり 350 ドルとなっています。また、再処理の燃料サイクルのコストは不確実です。競争市場は再処理、MOX 燃料の加工サービスには確立されていないためです。こうした価格はすべてほんの少数のフランス核燃料会社 (COGEMA)、あるいは英国原子燃料会社 (BNFL) といった会社によって秘密にされています。ここで私たちが推定しているのは非常に低い価格です。私は、これはかなり再処理のケースに有利な形で見ています。再処理の価格としてここに出ている COGEMA、あるいは BNFL と出ているもの、MOX 燃料加工の価格は、実際には OGEMA、BNFL ではもっとこれよりも大幅に高かったと思います。また、高レベル放射線廃棄物ですが、この地層処分処理はかなり使用済み燃料よりも安くなると見られています。廃棄物の中にはプルトニウム、ウランが既に含まれていないということで放射性が低く、容量も少ないからです。ですから 50 パーセントここで地層処分のコストが節減できると考えています。これは非常に楽観的だと見えています。

これはわれわれの分析の結果ですが、ヤッカマウンテンでエネルギー省が行っている分析結果を参考に出した数字です。日本でのコストですが、かなりこれよりも高い数字になると推定されているとうかがっております。六ヶ所村の施設のトータルコストを考え、これを使用済み燃料、六ヶ所で再処理する全ての量で割りますと、コストは再処理で 1 キロあたり 3000 ドルという値になります。六ヶ所の MOX 燃料加工の運転コスト、そ

してそこで作られるMOX燃料の量で計算しますと1キロあたり2700ドルになります。さらに高レベル放射線廃棄物の地層処分、これを使用済みの量で割りますと、すなわち、この廃棄物を出すためのMOX燃料として再処理の量で割るということをすると、再処理は日本でやったときには非常に割高になる計算になるわけです。ここにあげている数字は、アメリカを想定したものです。これはかなり再処理にとって有利な推定になるわけです。これらのプライスに関して、ウランの均衡となるプライスを計算しました。その他、再処理といった燃料サイクルのサービスの均衡プライスも計算しました。そしてこれをベースに、発電コストがどう変わってくるのかを計算しました。すなわち、再処理をすることによって、発電コストがどれだけ上がるかを計算したわけです。

この表(図表8)ですが、これが均衡価格の表になります。最初の2行を特にご覧にいただきたいと思います。まず1行目ですが、再処理が1キロあたり1000ドルしかしないとしても、MOX燃料加工が1500ドルかかり、中間貯蔵が200ドルかかります。そして再処理をすることによって、1キロあたり地層処分コストが200ドル浮くとするならば、再処理がコストとして最終処分、直接処分と同じになるためには、ウランの価格が370ドルにならないと均衡しないことになります。これは現在のウラン価格のおよそ10倍の価格ということになります。同様にウランの価格が若干上がって50ドルになったとします。そして他のコストは全て同じだと考えますと、再処理のコストが420ドルに下がらないと均衡しないことになります。そうしないと再処理と直接処分、発電コストがイコールにならないということです。420ドルと書いてありますが、六ヶ所村の場合には再処理のコストはおよそ3000ドルというのが現在の数字です。すなわち、現在の7分の1ぐらいに再処理のコストを下げないと、例えばウランの価格が少々上がったとしても、再処理が直接処分と比べて均衡しないことになります。

こちらのグラフ(図表10)、詳しくは説明しませんが、ひとつだけ指摘をいたしますと六ヶ所村は、グラフから外れたこの辺りになってしまうということです。今、ポインターで示した全く右のほうです。そして再処理にとってのベストケース、全てのパラメーターを全てベストケースで計算したとしても、すなわち、地層処分のコストが、再処理のほうがずっと安い、そしてMOX燃料加工がずっと今より安い、このように全て再処理のほうが有利になるような条件で想定をしても、ウラン価格が均衡するためにはとても高くなることになります。すなわち、再処理コストが2000ドル、3000ドルかかると、ウランがかなり高くない限り、採算がとれないということになります。そうなりますと、再処理によって発電コストが上がることになります。それを示したのがこのグラフです。ここでも六ヶ所がこのグラフの中に納まりきりません。1キロあたり3000ドル再処理にかかると先ほど申し上げました。現在のウラン価格、これが1キロあたり40ドルですので、六ヶ所の場合は、1キロワット時あたり1ミルと

いう 1000 分の 1 ドル上がることになります。すなわち発電コスト全体に対しては 10 パーセント程のコストの増加になります。ウラン価格が上がりますと、そのコスト差は縮小しますが、それでも再処理が高いとなりますと、ウラン価格がかなり上昇しないと同じ発電コストにはならないことになります。ウランの値段が本当に高くなったとして、例えば 1 キロあたり 240 ドルになったとしましょう。それでも再処理、リサイクルは再処理価格が 1000 ドルよりも高い場合にはどうしても割高になってしまうということになります。

次のグラフは時間の関係上、飛ばします。特に強調したいのは、今申し上げた結果、これは再処理にとって極めて有利な前提だと思っています。計算の各段階で再処理には、いわゆる疑わしいものは罰せずと言いますか、再処理のほうが有利なるような条件を選びました。例えば再処理と MOX 燃料加工の中央値は実際より相当低く設定しております。今、電力会社にかかっている加工料金よりも早く低くしております。それからプルトニウム、貯蔵コストは入れておりませんし、アメリカシウムの除去、これは貯蔵している間にプルトニウムで蓄積するものですが、これを除去するためのコストも入れておりません。また MOX 利用に伴う許認可の費用は入れておりませんし、MOX 燃料を輸送する際にセキュリティを高めなくてはならないための費用、あるいは MOX 燃料をプルサーマルで使うときにかかる余計な保安上の費用も見込んでいません。また、直接処分に伴う中間貯蔵費用を高めに見積もっています。場合によっては中間貯蔵が必要ない場合もあるわけですが、それでもこのような見積もりをしております。またこのレベル、放射線廃棄物の処分コストの低下をかなり多めに見ています。さらに使用済み MOX 燃料を直接処分するのが現在の計画ですが、使用済みウラン燃料にかかる処分コストと同じという前提で計算しています。使用済み MOX 燃料のほうが使用済みウラン燃料よりも放射性は高いと。そして、ずっと温度も高いにもかかわらず、その処分にかかるコストは同じであると計算しております。ですが、できるだけ再処理が有利となるような前提で考えると考えましたので、使用済み MOX 燃料と使用済みウラン燃料処分コストは同等と計算をしています。直接処分とそれからいわゆるプルサーマル、軽水炉で MOX 燃料を燃やすものの比較であります。

次に軽水炉と高速増殖炉 (FBR) のコストの比較をしてみたいと思います。FBR とは長期的な方向性と言われているものです。ウランの最も効率のよい使い方が FBR で燃やすやり方であるからです。(図表 13) 上半分ですが、これは先ほどと同じです。直接処分のサイクルを示しているのが上半分です。下の赤い矢印ですが、これは FBR、高速増殖炉のサイクルです。高速増殖炉から出てくるプルトニウム、あるいは回収ウランなどが燃料加工、そして場合によってはその他のアクチニド、アメリカシウム、こういったマイナーアクチニドなども燃料として加工をされると。そして、高速増殖炉でまた燃や

すというサイクルになります。唯一処分されるのが高レベル放射線廃棄物となります。これは処分場に送られます。先ほどの比較では、どちらの燃料サイクルでも軽水炉ということで同じ軽水炉で燃やしていたわけですが、ここでは軽水炉と高速増殖炉という炉の形が違いますので、炉のコストそのものの違いを勘案しなくてはなりません。これは重要な点です。

FBR というのは、軽水炉と比べてかなり割高です。われわれの想定では高速増殖炉、今申し上げたように、実際にはかなり価格が違うのですが、それほど違わないと考えております。(図表 1 4) 高速増殖炉では 1 キロワットあたり 200 ドルだけ高めにつく、すなわち、これは 10 パーセントの差と見ております。これは実勢よりもかなり違うものです。例えば、フランスの経験では高速増殖炉、50 パーセント割高、というのが値ですが、今回の計算ではせいぜい 10 パーセントほどと見ております。例えば、再処理、資本費の差が 200 ドルしかないということであるならば、ウランの価格は均衡価格になるということになります。すなわち、340 ドルであるならば、直接処分と、それから FBR と同じコストになるということであります。ということで、やはりウランの価格がかなり上がらないと FBR と軽水炉のワンスルーのサイクルは同じコストにならないということになります。ウランがキロあたり 50 ドルということになりますと、FBR のほうが軽水炉よりはるかに安くないと、すなわち、5 パーセントぐらい割安に作れるということでない、均衡が取れないことになります。これは再処理という余計なコストがかかるからです。また、FBR が軽水炉よりもどうしても割高になるということは避けられません。そしてウランが比較的安価であるということになりますと再処理が 0 円、すなわち全くコストがかからないとしても、全体として、発電コストは FBR のほうが高くなってしまふということになります。

これは(図表 1 5) FBR と軽水炉、これは均衡ウラン価格で資本費がどれだけ差が出るかを見たものです。これは FBR をどこが所有・運転するかでかなり変わってきます。すなわち、国がやっているのか、それとも、公営企業なのかということはかなり違うからです。そして完全民営は独立した発電事業者の場合です。ここの参考としては真中の公益企業、ユーティリティ、日本の電力会社はすべてこのカテゴリーに入りますが、規制を受けている電力会社で考えてみます。(図表 1 6) 差が 200 ドルであるとし、そして、公営企業がこれを運転しているということになりますと、均衡ウラン価格は 340 ドルになります。FBR と軽水炉のコストがそれほど変わらないということであっても、ウラン価格がかなり高めでないと(130 ドル/kg)、両方は均衡しないことになりません。

こちらは FBR と軽水炉の発電コストを比較したのですが、ウラン価格の関数として、

資本費差が、これは電力会社が公益企業であるという場合で、どれくらいになるかということになります。今、40ドルがウラン価格ですが、軽水炉よりもFBRのほうがログとして200ドル高いということになりますと、1キロワット時あたり7ミル高くなることになります。これはおよそ10パーセントの発電コスト上昇になります。ウラン価格がさらに上がりますと、この差は小さくなります。というのもFBRはウランの使用に関しては効率性が高いからです。しかしながら、ウラン価格がかなり高くなると、340ドルまで上がらないと発電コストがイコールにはならないということになります。

(図表18)均衡ウラン価格ですが、ここでもう一度強調しておきたいことですが、この中央値は非常に再処理に有利になっています。そしてこの中央値に関してはウランの均衡価格340ドル以上と見ています。再処理にとってベストのケースとしても、直接処分の価格が全て今考えているよりも高くなったと考え、再処理、リサイクルのコストが今考えているよりもずっと低くなったと考えたとしても、ウランの均衡価格は1キログラムあたり130ドルとなります。ということで、当然これで問題が出てきます。どのくらいこの価格でウランの資源があるのかということです。再処理を進めるひとつの理由、そして高速増殖炉を進めていく大きな理由は、直接処分ではウランが枯渇してしまうということだからです。ですから再処理をして、増殖炉に究極的にはいかなければいけない、ウランが枯渇するからだと言っています。

ということで、ウランの資源はどれだけあるかという問題になります。OECDによる正式な推定があります。2年に1回出てくるもので、レッドブックと呼ばれます。OECDは情報を多くの国から収集します。ウランの資源、埋蔵量についての情報を収集しています。そして1キログラムあたり130ドルの価格だと、1600万トンのウランが入手可能としています。しかし、私たちは、これはかなり過小評価だと見ています。それにはいくつかの理由があります。まずはオーストラリアのような国、多くの国では資源が非常に豊富です。低コスト、高品質のウランがあるということで、どれくらいウランが、より高い価格であるかについては、ほとんど情報を集めていないと言えます。また、非在来型の資源、低品位のウランの資源、例えばリン酸塩、あるいはその他、銅の金属の中に含まれているようなウラン資源はこの推定の中には入っていません。現在でもウランの回収は銅の鉱山からも50ドル以下でできることが実証されています。しかし、それは2次的な回収です。つまり、ウランを他の鉱物を採掘する副産物として出している。これはOECDの推定値には入っていません。また、もうひとつ非常に重要なこととして、ウランの価格はここ20年間非常に低価格で抑えられています。基本的にウランの探査への投資はほとんど行われていません。ですからウランの価格がもし上昇すれば、これによって探査が刺激されかなりたくさん、より多くのウランが発見されると見ています。

ということで、最終的にどれくらいの可採埋蔵量があるのかについてのおおよその推定を試してみました。まずはレッドブックでは、現在の価格で 200 万トンあると推定しています。これはかなり信頼できる数値であると私たちは見ています。さらに従来のな経済学の中では、価格が上がれば供給が上がるという考え方です。これは長期的な価格の弾力性ということです。例えば、世界の原子力機関の議長がこういったとします。ウランの価格が現行の倍になれば、それによって利用できる埋蔵量が 10 倍増えるだろうと言っています。もしこれが本当であれば、価格が 40 ドルから 80 ドルになれば埋蔵量で利用できる量が 200 万トンから 2000 万トンになります。これは OECD の推定値を大きく上回ります。地質学者が、最終的にはどれくらいのウランが可採埋蔵量としてあるのかを研究したそのひとつの中で、平均してウラン鉱石の品位は 10 分の 1 になるごとに、つまり 2 パーセントウランが含まれている鉱石から 0.1 パーセントにまで下がると、ウランの資源量が 300 倍に増えると言っています。ですから、抽出のコストが鉱石の品位に比例すると考えますと、つまり、品位が 10 分の 1 になると鉱石を 10 倍採掘しなければ同じだけのウランの量を抽出できない、といったことを仮定しますと、例えば 200 万トンのウランが 40 ドルでは埋蔵量としてあるとすれば、4000 万トンのウランが 1 キログラムあたり 130 ドルの価格では埋蔵量として出てくることになります。ということで、正式な OECD の推定値、レッドブックでは 1600 万トンということになります。

ドゥフェイエズとマクレガー、彼らはプリンストン大学の地質学の専門家ですが、この人たちの推定によると 4000 万トンになります。私が最初に読んだ研究結果ですが、価格が 2 倍になると埋蔵量が 10 倍になると。これに従いますと、130 ドル以上の価格ですと 1 億トン以上になります。エネルギー省の私がメンバーになっている委員会の調査では、アメリカの様々な採掘方法に基づいての埋蔵量を調査し、その結果では 3400 万トンが世界中で 1 キログラムあたり 130 ドルの価格であれば埋蔵量としてあるだろうという結論を出しています。これを全て集めて考えて、ウランの埋蔵資源と実際に世界でワンスルーの直接処分の燃料サイクルで使われる量を比べてみました。

エネルギーのシナリオとしては、ウィーン国際応用システム分析研究所と世界エネルギー会議が数年前に行ったシナリオに基づいて行いました。人口、経済成長、気候変動に対する政策などから、世界のエネルギー使用についての 6 つのシナリオを出しています。シナリオの中では、原子力をさらに魅力的にする炭素税などを盛り込んだものもあります。これから 100 年間の原子力発電によるウラン消費量を推定したものです。これが、一番成長が大きいと見たときのシナリオです。このシナリオを見まして、例えばワンスルーの直接処分のサイクルがこの全てのウランに対して使われたとして、どれだけのウランが最終的に消費されるかを見てみました。その結果がこれです。最も原子力発電の成長が大きいとみたシナリオの中で、OECD では、130 ドル以下では 1700

万トンのウランの埋蔵量があると言っているわけですが、そこに達するのが75年後になります。しかし、この推定値は非常に低すぎると見ています。通常、この価格ではこの2倍は埋蔵量があると見ています。その場合には一番電力増加量が高いと見られるシナリオでも、ウランの埋蔵量をこれから100年間で使い尽くすことはないわけです。この1キログラムあたりこの130ドルという価格は均衡価格よりもずっと低いわけです。つまり再処理の均衡価格よりもずっと低いわけです。こうした分析から出した結論ですが、経済性だけに基くと、再処理は高速増殖炉でも軽水炉でも経済性を持つことは少なくともこの1世紀ではないだろうということです。ということで高速増殖炉での再処理は、100年はないとしても少なくとも50年は先延ばしできるだろうということになったわけです。もちろん経済性だけが大切な点ではありません。他にも考慮すべき点があります。例えば再処理が地層処分場に与える影響あるいはエネルギー安全保障の問題、核不拡散の問題、環境、公衆衛生の問題があります。これについてひとつひとつ触れてみたいと思います。

この再処理の処理場の要件に与える影響ですが、これは最近アメリカで非常に注目を集めています。というのはヤッカマウンテンではすべてのアメリカの原子力から出てくる使用済み燃料を処理できないのではないかと懸念があるからです。もしそうなれば、新しい2つめの処分場を建設しなければなりません。ヤッカマウンテンの処分容量を議会は意図的に低くしたわけです。技術的な水準は高いわけです。ヤッカマウンテンは12万トンの使用済み燃料を処分できます。そうすると現在の原子力から出される使用済み燃料をすべて処分できることになります。しかし、アメリカの原子力の推進派は新しい原子炉の建設を進めたいわけです。ということで新原子炉の建設にはさらに新しい処分場が必要になるということが懸念されています。ワンスルーの燃料サイクルの政策になると、そのようなことが懸念されるわけです。ですから精神的な燃料サイクルのイニシアティブの中でこの再処理によってさらにヤッカマウンテンに廃棄物を貯蔵できることになるのではないかと考えています。

ただここで申し上げたいのは、再処理そしてリサイクルは現在のやり方、つまりプルトニウムが軽水炉でリサイクルされることになるとそういった効果はもたらさないということを申し上げたいと思います。というのはマイナーアクチニド、特にアメリカシウムが蓄積するということで、熱出力が高レベル放射性廃棄物の中で1キロワットあたり増加します。ということで再処理、そしてリサイクル、今日本で計画しているものでは、処分場の処分容量をさらに増やすという効果はありません。処分場の処分容量を増やすためにはリサイクルをすべてに対して行わなければいけません。プルトニウムだけではなく、アメリカシウム、ネプツニウムなどマイナーアクチニドのすべてをリサイクルしなければなりません。そしてさらには高速炉でリサイクルする必要があります。マイナー

アクチニドを燃やすことができる炉でなければなりません。ですから処分場の処分容量を増大するためには高速炉を建設しなければなりません。そしてすべてをリサイクルする必要があります。マイナーアクチニドすべてをリサイクルする必要があるわけです。

ここで重要なのは、これによって再処理、燃料加工がさらに高くなる、高価になるということです。先ほどの分析の中でご紹介した数値よりも高くなるということです。先ほどの高速炉の分析は、1キログラムあたりの再処理を1000ドル、MOX燃料の製造価格を1500ドルとみています。第4世代原子炉（Generation IV，GEN-IV）のエネルギー省の調査によりますと、より複雑な分離、燃料加工が必要になるということです。マイナーアクチニドをリサイクルするためにはもっと複雑なプロセスが必要です。それは、2倍くらい高くつく、通常の高速炉のリサイクルよりも2倍かかるということです。これによって高速炉からの電力料金がさらに高くなるわけです。例えば、高速増殖炉が軽水炉とコストが同じだったとしても発電料金は1キロワットあたり6ミル高くなるわけです。これは電力料金の10%増大につながります。そして高速炉の建設費がもっと高いとすれば、キロワットあたり16ミル高くなります。これはかなり大幅な増加になります。幸運なことに、すべての国がアメリカと同じ立場にあるわけではありません。ですから処分容量を大幅に増やすことができます。

アメリカだけが唯一最終的なヤッカマウンテンという地層処分場を決定してしまったわけですが、例えばスウェーデンのような国はもっとトンネルを掘ればいいわけです。そして使用済み燃料を処分することができます。また将来的には、使用済み燃料を外国から受け入れることがあるかもしれませんが、例えばロシアは他国からの使用済み燃料を受け入れるというかもしれませんが、その場合、アメリカはさらに処分スペースを建設する必要はありません。直接処分にしたとしても追加する必要はないわけです。また私の考えでは、こうしたアメリカで言われている懸念は、政治的に難しいだろうという懸念があるためだと思います。ヤッカマウンテンをさらに拡大する、2つめの処分場を作ることなどは政治的に難しいという認識があるからだと思います。しかしアメリカでは、再処理のための高速炉の再処理のプラントを作るとは難しいわけです。このほうが本当は処分場をつくることよりももっと難しいと考えます。

エネルギーセキュリティーは日本でも非常に大きな問題になっていると承知しております。確かこれがもともと再処理を正当化する主な理由としていわれていた点だと思います。ウラン資源をもっとうまく活用するということです。しかし、ウランのソースはますます多角化しています。ウランを生産している国は増えています。カナダ、オーストラリア、アメリカ、ロシア、カザフスタン、ウズベキスタン、南アフリカなど、そして今ではブラジルも供給を始めています。主要なウラン供給国となっています。ですから

ら当面の間はこの点は、問題はないでしょう。どこからウランを廉価で公開市場で買えるかという問題はないこととなります。しかしそういった懸念があったという場合には戦略的なウラン備蓄を日本も作っていくことができるでしょう。アメリカの戦略石油備蓄のようなものです。これによって再処理コストは下げることができます。例えば、20年分のウランを日本が買ってその資金は1キロワット時あたり原子力の発電コスト1ミル上げることでもかなうことができるでしょう。これは再処理を行うよりも割安にできるやり方になります。

核不拡散も燃料サイクルの中では非常に重要な点です。特にアメリカにおいてはこれが大きな理由となって、70年代半ば再処理はしないでワンススルー、直接処分方式を取ることを決めたわけです。ここでいくつか指摘したいことがあります。ひとつは再処理と分離プルトニウムの蓄積、これは特に核を保有していない国にとっては近隣諸国の間で懸念を生む可能性があるということです。このプルトニウム、最終的に何をするつもりなのかという疑惑です。2つ目、プルトニウム、これは保障措置をするのが非常に難しいというものです。IAEAのセーフガード、保障措置、すなわち分離、かなりの量のプルトニウム、これは8キロですが、これが別の形で流用されたときにこれをタイムリーに検知をすること。ここでいうタイムリーというのは1カ月なのですが、この基準をあてはめるのはかなり難しいと思います。例えば六ヶ所村で取られている技術の問題もありますし、在庫管理、これは10倍、いわゆる有意量の10倍のレベルでなくてはならないとなっています。こうなると他の国々では懸念が生まれることとなります。これは単なる計量管理の誤差だったのか、それとも本当に流用があったのかという疑惑です。

それからもうひとつ、これはアメリカで最も重要な点とされているものですが、他の国々にとって良好事例となるということです。国によって基準がバラバラにならないようにするということです。個人的に私は日本に対して何の懸念も持っていません。日本の場合にはプルトニウムをMOX燃料の中で使うのはまったく問題がないと思っていますが、それよりも私は韓国に懸念を持っていますし、北朝鮮に対してはもっと大きな懸念を持っています。基準が国によって違うということになりますと全体としてまとめていくのは大変です。例えば日本は再処理をしてもいい、というのも日本は責任のある国だからと。ところが韓国は再処理してはならない、あるいは台湾は再処理してはならない、なぜならばこれらの国々は責任感が劣っているからということにしてしまいますと、これはとても通用しないでしょう。韓国や台湾、中国でも私は講演を何度もしていますが、その度にこれは質問として出されるものです。なぜ他の国々は再処理が認められないのになぜ日本だけ再処理をしてもいいのかという問題です。

公衆衛生と環境という面ですが、きちんと運用をしていけばどちらも安全だと思い

ますが、2つ申し上げたいと思います。再処理をいたしますと事故の確率は高まるということ。放射性、高放射性の物質がエネルギーの化学ソースがあるところで使われることとなります。例えば再処理工場では大きな事故が、例えばロシアでおきています。これは主要な問題点のひとつとはなっていないかもしれませんが、再処理に反対する上でのひとつの大きな理由になるでしょう。それからもうひとつは再処理をすることによって、公衆衛生上かなりプラスがあると言われていています。すなわち放射性廃棄物の処分ということで、この放射性廃棄物から再処理をすればプルトニウムが除去されることになるので、この廃棄物を処分したほうが安全ではないかと主張されるわけです。しかしアメリカ、スウェーデン、フランス、カナダなどで行われた研究によると、地層処分からの公衆衛生のリスクはプルトニウムが主要因ではありません。なぜならばプルトニウムは水に溶けないからです。水溶性ではありません。ほとんどの場合リスクはどこにあるかといえ、長期分裂製物質ということになります。すなわちプルトニウムが入っていないことでは地層処分のリスクが軽減されることにはならないということです。用意してきた講演は以上です。ご静聴ありがとうございました。ご質問があれば喜んでお答えいたします。

**司会**：どうもありがとうございました。30分程度時間がありますので、いろいろご質問等があればお願いいたします。

**検討会メンバー**：非常にわかりやすく、コストを中心のお話でしたが、しかしコストばかりでなく全体的にお話をおうかがいして、わかりやすかったです。日本の学者さんとも日本の原子力委員会なり学会でこういう研究なり、可能だと思のですが、日本の学者さんあるいは原子力委員会等とは先生は、接触なり意見交換等はなさっていらっしゃるのでしょうか。大変テーマから外れた質問ですが。

**スティーブ・フェッター教授（メリーランド大学公共政策学部）**：いえ、まだそういった機会はありません。しかし火曜日にそういった機会、会議があり、日本の専門家の方とお話をする機会があります。

**検討会メンバー**：ありがとうございます。私からばかりでもあれですので、あと1、2だけ簡単に質問しますが、アメリカでは直接処分、あるいは再処理というような議論はどの程度進んでいるのか、というのがひとつ、私もウランが十分、埋蔵量も含めて、これからコストとの関係で埋蔵量等も出てくるということはよく言っているのですが、あなたと同じ研究グループのひとりであるバン上席研究員がウランにその費用がかけられるなら花崗岩や将来的には海水からも安くウランが採り出せるということをして日本の新聞の取材等でもおっしゃっているのですが、その辺、海水との関係等ももしお聞か

せ願えればと思います。それからもうひとつ、安全面も使用済み核燃料をおいておくのに比べて巨大な化学工場である再処理施設は事故の可能性が非常に高いということをおっしゃいましたが、具体的にはどういうことか、ということをお聞かせ願えればと思います。

**スティーブ・フェッター教授 (メリーランド大学公共政策学部)**: はい、ウランはかなり海水の中に混ざっています。50 億トンくらいはあるということになります。これはスライドには入っていなかった数値です。しかし 3ppb という非常に成分量は少ないということです。日本で特にこれは研究が進んでいるのですが、これを採掘するための、あるいは回収するためのコストが非常に高いということです。おそらく 1 キロあたり 300 ドルくらいではないかというのが現在の推定値ですが、これは先ほどの計算した再処理の均衡ウラン価格よりも低いものです。もしもこれだけかかるということだと、ウラン、かなりの量が再処理よりももっと割安で手に入るようになるということになるわけです。そうするとワンスルーのサイクルをかなり長期にわたって使うことができる、何世紀にもわたって再処理をしないですむということになります。ただこれはかなり不確定要素がある部分だと思います。いつも私、これを考えると残念だと思いますのは、ウラン資源の可能性を高めるものを FBR あるいは再処理をやるためにかなりの投資が行われています。それに比べてウランの埋蔵そのものをもっと拡大するような、例えば海水からこれを抽出するというような技術の開発にはほとんど投資がされていないことは残念だと思います。

それから安全性ということで、化学工場だからということですが、残念ながらこれは私の専門外なのですが、例えば臨界の事故の可能性もあるということになります。プルトニウムがあまり沢山あるということになると、例えば現在の六ヶ所村で考えられているようなところではこれは不可能かと思いますが、しかし非常に高エネルギーの化学反応もありえるでしょう。これは数年前実際にロシアであった例です。膨大な量の化学エネルギーが放出されたということです。ですが、これらの可能性がどれくらいなのかは専門外なのでわかりません。ただ、近代型の再処理工場ではこういうのはほとんどありえないだろうとは思いますが、しかし、原子炉での事故と同じようにこれもほとんどありえないといわれているわけですが、しかしゼロではないので勘案すべしということになるわけです。すみません、質問の 1 つ目を忘れてしまったのですが。

**検討会メンバー**: 直接処分か再処理かという議論、アメリカの議論です。アメリカでも…

**スティーブ・フェッター教授 (メリーランド大学公共政策学部)**: はい。もともとの政策的な決定としてワンスルーにするのを決めたのは 75 年のものです。これはフォー

ド政権の時だったのですが、カーター政権で更にこれが継続された。そしてレーガン政権でこれは逆になったのですが、しかしその際には電力業界のほうで再処理は経済性として魅力的ではないということになったわけです。すなわち、政策は変わった後もその方針自体は変わらなかった、すなわち再処理はしないという方針はそのまま続けられたということです。その後、クリントン政権になって、ワンスルーの燃料サイクルをもう一度再確認いたしました。さらにクリントン政権下では再処理を世界的にできるだけ抑えていこうという方針も再確認しました。ただし包括的な核不拡散、そしてきちんとした再処理のプログラムがある日本のような国は例外として、というこの方針が再確認されたわけです。

現ブッシュ政権ですが、原子力政策を見直しまして、再び燃料サイクルを前進させようという門戸を開くことをしました。いわゆる第4世代原子炉 ( Generation IV , GEN - IV ) といわれる次世代の原子炉のプロジェクトです。軽水炉以降の次のものということです。そしてこのプログラムの中ではワンスルーと再処理リサイクル両方を検討しています。まだ結論も提言も出されておられません。まだ検討段階です。これに関連してまた別の高度燃料サイクルというイニシアティブがあります。これもまだ初期の段階です。研究段階としてはまだまだ始めのものです。そこでの焦点となっているのは再処理をどこまでやるのか、そして高速増殖炉、どこまでやればヤッカマウンテンの処分容量を高めることができるのかを探るということです。しかしこれはまだまだ初期研究段階です。ですので、まだ政策上の変更というところまでいっていません。私がみる限りアメリカ国内、産業界のほうでは再処理には感心がないように思います。あるいは高速増殖炉に対しても電力業界としては感心を持っていないようです。

**司会**：他にありませんか。それでは私のほうからひとつですが、先ほどの話、それから先生のお話にもありましたが、経済性という経済的な埋蔵量ということでの議論がなされているわけですが、そうするとウランの自然的な埋蔵量は、こういう分析にはもう考える必要はないと考えていいのかどうか、それがひとつ。それからもうひとつは、私は少し聞き間違えたかもしれませんが、ネプチニウムといった、希少物質の問題、再処理を伴う場合これをご指摘されたようなのですが、その辺の内容についてもう少し詳しく説明していただけないでしょうか。

**スティーブ・フェッター教授 (メリーランド大学公共政策学部)**：私の考えではウランの市場は非常に開かれており、また競争も 1960 年代後半に比べると高くなっていると思います、日本が最初にエネルギー政策を打ち出したときに比べると競争も導入されています。当時は、ソ連はウランを供給していませんでした。そして他の潜在的な供給国、例えば南アフリカ、ブラジルも供給していなかったわけです。ですからもちろんウランの購入に関して自由に公開市場で買えるかどうかという懸念をするのも当然だったわ

けです。またウランの需要も非常に急速に伸びると予測されていました。というのは原子炉の建設が進んでいたからです。しかし原子力の成長は世界の至るところで予想した以上に緩やかだったわけです。同時にウラン市場はさらに開かれたものになってきました。ということで、ロシアだけではなく、カザフスタン、ウズベキスタンも主要な低コストのウランの供給国となっています。ですから、私個人としては特にウランの供給に関して懸念する必要はないと思います。しかしやはり長期的なウランの供給に関しての懸念があることを考えると、これは低コスト、そしてリスクを低めるということ、そのためには戦略的なウランの備蓄を考えることによって対応できると思います。

それからマイナーアクチニドに関してですが、熱原子炉の場合には、これは遅性の中性子になるわけです。そうなるとこの中性子はプルトニウムによって吸収されます。ということで、より重い元素になる。そしてこの重い元素も中性子によって吸収されます。ということで、他の元素、例えばアメリシウム、キュリウムなどが出てきます。これがどんどん蓄積されます。これは熱原子炉においては、蓄積のスピードのほうが燃焼のスピードよりも速いわけです。これが懸念となります。この中には、半減期が長く熱を出すものがあるわけです。ですから、熱サイクルに関して、例えばプルトニウムを軽水炉でリサイクルすることになりますとマイナーアクチニドが蓄積します。そしてネットで使用済み燃料の崩壊熱、熱出力が高まります。それぞれの各サイクルで高まるわけです。それが廃棄物の処分に対しても追加の付加となります。アクチニドは高速炉で燃焼することができます。高速炉ではプルトニウムだけを燃やすということ、そしてウランだけを燃やすということが基本的な考え方でした。しかし最近他のマイナーアクチニドもリサイクルする、例えばネプツニウム、アメリシウム、キュリウム、その他の元素でウランよりも重い元素をリサイクルすることも考えられています。生成よりも分裂のほうがこれは早いわけです。ですから負荷は低減されます。残念ながらこれらを分離する、そしてこの元素を含む燃料を加工するのは高くなります。というのは放射性レベルが高いからです。燃料加工に関しては特に非常に複雑です。こういった元素が存在するために複雑になります。

**司会**：他にありませんか。

**検討会メンバー**：先ほども少しお話があったのですが、アメリカの例えばクリントン民主党政権、あるいはブッシュ共和党政権、二大政党制で政党が変わることにある程度原子力の政策の考え方が少し変わっていく可能性について触れられたのですが、今後も政権が変わることによって、例えば再処理の議論、あるいは直接処分の議論について方向性がやはり変わっていく可能性があるのか、というのを1点教えていただきたいと思います。もうひとつは日本が核燃料サイクル政策をやはり続けていくということ、この方

針について、アメリカはその政党によって少し違うのかもしれませんが、一般的にどのようなスタンスでみているのか。特に日本は特別に核燃料サイクルを核不拡散の中でも続けてもいい特別な待遇を与えられていますが、それはこれからも続けられるのか。アジアの諸国はどう考えているのか。先ほどのものをもう少し詳しく教えていただければと思います。以上です。

**スティーブ・フェッター教授(メリーランド大学公共政策学部):** 最初のご質問ですが、アメリカにおきましては政府の政策、これは原子力の今後に関してはますます重要性が減っていると思います。原子力の方向性、今後の方向性は競争、そして市場原理によって決まるという度合いが高まっています。ですからブッシュ政権が政策を打ち出して、その中で原子力推進を言う、あるいは、FBR、再処理を推進する政策を打ち出したとしても実際にはほとんど影響を与えないということになるでしょう。というのも施設を作るのは電力会社のほうであり、電力会社は競争市場の中に置かれているからです。例えばつい最近通った法律があります。これは原子力発電所に対して補助金が出るということですが、今のところ新たな発電所の建設を表明した電力会社はありません。アメリカでは、新しい炉を作るよりも再処理をすることへのバリアーのほうが高いと思います。どんな電力会社であっても長期にわたって再処理には感心を持たないだろうというのが私の見方です。

2つめの質問、私はアメリカ政府の代表ではありませんので、日本の原子力政策に関して公式なアメリカの見方をここでご紹介することはできません。しかし政府内の多くの人間を知っていますので、そのような人たちに聞いてみますと、核不拡散の担当者であれば再処理が世界中でなくなればそのほうが望ましいと考えています。そのほうがグローバルな規模での禁止がやりやすくなるからです。つまりこの人たちからみると、再処理は北朝鮮も含めて世界的に反対をすると。そしてこれに対しては強く立ち向かっていくほうがやりやすいということになるわけです。それに対して、例えば原子力政策の担当者と話をしますと、その多くはもっと好意的に日本での再処理を見ています。なぜならばその多くが、私からすればそれは誤っているとは思っているのですが、再処理 FBRこそが原子力エネルギーの長期的な方向性だと考えているからです。

**司会:** はい。

**検討会メンバー:** 1点お伺いしたいのですが、今日は経済性の比較を中心に今お話をお伺いしたわけですが、少し見方を変えて、今 FBR そのものも非常にどうなるかわからないと。アメリカなんかはやらないという話になっているわけですが、使用済み燃料の処分の手法ということで、今現在でワンススルーのほうがむしろ再処理よりもベターだ

というようなお考えにたっておられるのかどうか、その辺を少しおうかがいしたいと思います。

**スティーブ・フェッター教授(メリーランド大学公共政策学部)**: そちらのほうがいいとは言いませんが、ほぼ同じだと思います。つまり使用済み燃料の処分は安全性、そしてコスト効率を考えても高レベル放射性廃棄物の処分と同じだと思います。再処理のほうが非常に有利だという理由はないと思います。経済性でも、長期的な公衆衛生、安全性という点からも、あるいはセキュリティという面からも特に有利だということはないと思います。もし何かあるとすれば使用済み燃料の処分がもう少しやりやすいかもしれません。というのは燃料を処分する前に処理する必要はないからです。今の状態でそのまま貯蔵し、何年もドライキャスクで、安全に地上で、低コストで貯蔵できます。そしてキャスクの設計がきちんとしたものであれば、そのキャスクそのものを処分場に直接搬送することができます。そして地層処分場にそのまま置くことができるわけです。ですから非常にこれは簡単な処分法だと言えます。

**司会**: 他にどうですか。はい。

**検討会メンバー**: 今の出納長のお話の関連なのですが、アメリカと日本を比べると、非常に土地の条件、国土の広さなど違うかと思えます。それから住民の意識等が違いますが、今そういう条件が違って先生のコスト比較が違ってこないのか、それともやはり日本の特殊事情があるから考慮すべきなのか、その辺を少しおうかがいしたいと思います。よろしくをお願いします。

**スティーブ・フェッター教授(メリーランド大学公共政策学部)**: コストということでは私どもがこの報告書で使った数字、これは主にアメリカをベースに計算し、アメリカを対象に出したものです。これを、日本を対象に分析したならば、おそらく直接処分のほうがより有利という数値になるのではないかと思います。というのも、直接処分のコストは日本でもおそらくアメリカとそれほど変わらない、少し高めくらいではないかと思えます。それに対して再処理、リサイクルのコストは日本のほうが遥かにアメリカよりも高つくことになるからです。ですから純粋に経済的な点だけを考えますと、直接処分のほうが有利であるという結論はアメリカよりも日本のほうが強くなるのではないかと思います。経済性以外の部分に関しては、なかなか日米比較は難しいと思います。私としてそれは、比較は少し難しいと。私はかなり不拡散のところにウェイトをおくようにしています。そして私は世界的に再処理には強く反対をする立場をとっています。例えば北朝鮮に民生用の再処理をしているかのような見かけをとって欲しくないと思っています。したがって、核不拡散というところに大変ウェイトをおいているのですが、しかし日本にとって再処理がどれくらい他の国と比べて重要なのか、そして他の議論、

他の国の原子力プログラムと比較してどうかという議論はかなり難しいところだと思います。ですからこれはそれぞれの国の事情を考えて、それぞれが考えるべき点ではないかと思います。

**検討会メンバー**：それでは少しお伺いしますが、FBR は日本では夢のサイクルということで説明されて始まってきました。ところがもんじゅが止まっております。そのような中で、MOX を使ったものをサイクルと言い始めているのですが、核燃料サイクルといった場合は FBR なのかプルトニウム方式なのかを教えてくださいということが 1 点。アメリカでも FBR についての実用化はいろいろ研究、検討されていると思うのですが、例えば何年後に、何百年後に商業ベースでなされると考えているのか、またその場合、技術開発等々についての投資がかなり必要になるかと思いますが、別な形での投資がされれば可能になると考えているのかどうかおうかがいします。

**スティーブ・フェッター教授 (メリーランド大学公共政策学部)**：最初のご質問がきちんと理解できたかどうかわかりませんが、最初に私が比較をしたのは軽水炉における純粋なウランと MOX 燃料の比較です。その MOX 燃料の中にはプルトニウムが入っています。これは軽水炉の使用済みの低濃縮ウランから採り出したプルトニウムが入っています。これでご質問の答えになったのかどうか、すいません、ご質問の意図がはっきり理解できなかったかもしれません。

**検討会メンバー**：日本では核燃料サイクルについては最初 FBR のほうを説明がされていました。最近プルサーマルをサイクルという説明がされているのですが、核燃料サイクルといった場合はどれが正しいのか、ということです。

**スティーブ・フェッター教授 (メリーランド大学公共政策学部)**：それは両方です。唯一核燃料サイクルとして今存在するのは軽水炉の燃料サイクルだけです。直接処分であったとしてもあるいは再処理、リサイクルを軽水炉で行うにしても軽水炉しかありません。Fast Breeder Reactor、つまり高速増殖炉の核燃料サイクルは世界にはどこにもありません。もうほとんどの国でそれは途中で中止されています。アメリカでもドイツでも高速炉は放棄されています。またフランスも同様です。そして今はもうロシアと日本が残っているだけです。しかし稼働している商業高速炉は 1 基しか世界にはないと思います。

2 つめの質問ですが、高速炉がいつ商業運転になるのか、なるのかどうかも非常に予測は難しいと言えます。高速炉が軽水炉に対して競争優位を持つとすればまず軽水炉と同じくらい建設費を安くおさえなければなりません。1 キロワットあたりの価格がほぼ同

等にならなければなりません。それは非常に難しいと言えます。今設計され、建設されている高速炉は大幅に軽水炉よりも高価なわけですが、高速炉の建設でもっと安くするやり方を知っている人がいるかどうかもわかりません。そしてもし安くできたとしても高速炉が魅力を持つためにはウランの価格が今よりもずっと高くならなければなりません。ですから私の考えではウランの将来の需要の予測そしてウランの新たな発見がおそらくウランの価格が上がらなければならぬだろうということを考えますと、ウランの価格は高速炉が魅力的になるくらいまで上がることはないと思います。少なくともこれから75年あるいは100年以上にわたってそういった時は来ないと思われまます。ですからアメリカの第4世代原子炉(Generation IV, GEN-IV)というプロジェクトに関して私の立場としては、高速炉はGeneration IVの中で検討する意味はないと思っています。ウランの埋蔵量は豊富にあるので軽水炉、これから次世代の原子炉も支えることができます。そして高速炉はGeneration VあるいはVIで検討すべき課題かもしれません。

**検討会メンバー:** 先生のおっしゃる使用済み燃料の直接処分は一時貯蔵なのかあるいは日本では最終処分は一切考えないままの政策だったのですが、お話を聞いていると最終処分なのか、最終処分は一時的に貯蔵しているという概念も含まれているのか、その辺についてお話をいただければと思います。

**スティーブ・フェッター教授(メリーランド大学公共政策学部):** 最終処分という意味です。アメリカでの考え方は、核燃料は炉から出てきたのとまったく同じ形態のまま処分をするということです。すなわち、炉心の部分、燃料棒の部分を一時的にキャスクに入れる、そしてそのキャスクごとヤッカマウンテンに入れるというものです。物理的な形態、燃料、まったく手を加えないということです。問題は地層処分場が今まだない、世界的にまだできていないという点です。アメリカが最も進んでいるかもしれませんが、しかしまだあと20年くらいしないとヤッカマウンテン使えるようにはならないかもしれません。その間、発電所のほうでは貯蔵場所がなくなります。そこで一時的な対策が必要になるかもしれません。これはドライキャスクでの貯蔵かもしれません。これは炉の冷却水の中から出してそしてドライキャスクの中に入れて、地上で貯蔵、保管をするということです。ドライキャスク貯蔵、これは大変安全性の高いものです。そして比較的割安にできると。ですので、私としては、是非、日本もこのオプションを使用済み燃料に関して、真剣に検討していただきたいと思います。直接処分を進めるということをしばらく棚上げしておいても、決定をするのを伸ばす、それだけの時間ができるということになります。40年から60年、ドライキャスク貯蔵をすることによって、それだけ時間的な余裕ができるということになります。1キロあたり200ドルというのが、現在のコストです。これは再処理コストに比べれば、はるかに安く済むものです。そして、これは六ヶ所村の運転コストよりもはるかに安いものであります。

**司会**：ありがとうございました。先ほどの話ですが、日本の核燃料サイクルは、もちろん、MOX 燃料、プルサーマルも入っていますが FBR を中心に考えて進んできたわけです。それがある時点で FBR そのものが抜け落ちたのです。一方では、核燃料サイクルを進める、進めると言っているものですから、主要な部分が抜け落ちて本当に核燃料サイクルなのかという疑問があるもので、そういう質問をしてもらったという意味であります。私のほうから注釈を付け加えさせていただきます。

まだまだ、いろいろとご議論いただきたいと思いますが、時間も過ぎましたので、ここで検討会を閉じたいと思います。先生、どうもありがとうございました。

**検討会メンバー**：私ども日本の情報公開と言っています。残念ながら都合のいい情報ばかりでなく、都合の悪い情報も含めて公開すべし、と言っているのですが、まだ、そういう体質にはなっていないくらいも日本の場合に見えます。そういう意味で先生のお話は非常に分かりやすく、私どもの疑問にいろいろな形でお答えいただきましてありがとうございました。最終処分の問題は、土地が狭いですから、アメリカよりも日本の場合難しいのではないかと思います。それから、北海道や青森は最終処分場にはならないというようなことは、ある程度意思決定もしておりますので、一時貯蔵は考えざるをえない状況です。同時に、最終処分場がない、あるいは今まで決めてこなかったというのが、核燃サイクルに走らざるをえない今の日本の状況ではないかと思います。具体的に言うと、前の原子力委員長さんが私への手紙で、福島県がプルサーマルを進めないと、使用済み燃料の行き場所がなくなるのだ、ということをおっしゃったので、その言葉に象徴されるように、最終処分場を決めないでここまで来たことが、核燃サイクルに突っ込まざるをえない状況なのかなと思っております。そういう意味で、残念ながら新しい原子力委員会ができて、この前も委員長さんとお会いしていろいろと私どもの考え方も申し上げてきましたが、どうも 40 年前、あるいは夢の核燃サイクルにどうしても囚われているような部分がありますので、先生が、原子力委員長さん、あるいは東京で有識者の皆さんとお会いした時に、どうぞ先生の考え方を大いにご披露いただいて、日本においてそういった議論が展開することを、日本にも私は優秀な学者さん、学会もあるし、あるいは全体的にそういうことを考えられる方々もたくさんいらっしゃると思うので、ひとつ先生の情報を大いにみなさんに開陳していただいて、ご理解いただくように、私のほうから先生にお願いをして、今日、大変すばらしいお話をいただきました御礼の言葉に代えたいと思います。ありがとうございました。

**司会**：以上で検討会を閉会いたします。