

## エネルギー情勢懇談会（第7回）

日時 平成30年2月27日（火） 14：00～17：06

場所 経済産業省 本館17階 第1～3共用会議室

### ○小澤資源エネルギー政策統括調整官

それでは定刻になりましたので、ただいまから第7回エネルギー情勢懇談会を開催いたします。

本日は飯島委員と五神委員がご欠席でございます。

それでは、冒頭、最初に世耕大臣から一言お願いいたします。

### ○世耕経済産業大臣

皆さんこんにちは。本日はご多忙のところ、お集まりをいただきまして、ありがとうございます。

いつも挨拶だけして終わりだったんですが、きょうは国会が少しお休みになりましたので、まとまった時間、お話を聞かせていただくことができるというふうに思っています。

また、ジョン・ホプキンスCEOとホセ・レイエスCTO、そしてアルン・マジュマダール教授におかれては、米国から、そしてこの懇談会のためにお越しをいただきました。

そして、ファティ・ピロル事務局長におかれては、フランスからお越しをいただき、後半からご出席をいただきます。

はるばる日本まで来ていただいたことを、心から感謝申し上げたいと思います。

世界の国々はパリ協定を踏まえて、2050年を視野に脱炭素化に向けて動き始めております。再エネへの投資が拡大するとともに、EVを初めとした運輸部門の電動化、そして水素などの技術開発も進んでおります。

一方で、脱炭素化に向けたシナリオは、コストですとか、技術の動向によって、まだまだ不確実な状況であります。

これまでこの懇談会では、内外の第一線でご活躍をされている経営者、有識者の方々をお招きして、長期の需給シナリオ、各国の温暖化対策、エネルギー企業の戦略、水素、蓄電池、モビリティ戦略など、さまざまな分野について議論を深めてまいりました。その共通項であり、2050年を語る上で欠かせない要素は、やはり技術とイノベーションだというふうに思います。

きょうは、将来の原子力の可能性に着目をした技術の状況、AI、IoTなどデジタル技術が電力システムや分散型エネルギー社会に与える影響、そして、2050年へ向けた世界のエネルギー情勢について、多くのご示唆をいただきたいというふうに思います。

本日の議論を十分に参考にさせていただきながら、中長期の戦略と施策につなげてまいりたいというふうに思います。

きょうはどうぞよろしく願いいたします。

○小澤資源エネルギー政策統括調整官

ありがとうございました。

それでは、今回も前回と同様、前半、後半に分けて議論を進めたいと思います。

まず、前半は前回から引き続きまして、エネルギー分野の次世代技術、イノベーションの動向について、2つのプレゼンテーションをお聞きいたします。

大臣からもございましたが、米国のニュースケール社から来ていただきましたレイエスCTO、それからジョン・ホプキンズCEOから小型原子炉の技術の動向。それから、スタンフォード大学からお越しいただきましたアルン・マジュマダール教授から、エネルギーシステムに関する技術革新、この2つにつきまして、まずお話をいただきます。

後半はIEAのファティ・ビロル事務局長から、中長期的な世界のエネルギー動向につきましてお話を伺って、取りまとめに向けた議論の参考にさせていただきたいというふうに思います。

まず、前半は2つのプレゼンテーションをお聞きしますが、資料3にございますように、事前に2つのニュースケール社とマジュマダール教授には質問事項を事前に投げてございます。脱炭素化、カーボンフリーに向けた技術の動向、見通し、あるいは国に求める役割。それからそれぞれの分野における戦略、さらにはその技術の動向等々についてどのようにお考えかということ質問として事前に投げかけてございます。

資料4は事務局でまとめました次世代技術・イノベーションの動向について整理したものです。これは、前回もお配りした内容でございますので、説明は割愛させていただきます。

それではまず、ニュースケール社のレイエスCTO、ホプキンズCEOからプレゼンテーションをお願いいたします。20分程度でできればお願いいたします。

○レイエス氏

ご来席の皆様、本当に本日は呼んでいただきありがとうございます。光栄です。

我々の設計のイノベーションについてお話させていただきます、ホセ・レイエスと申します。最高技術責任者兼共同創業者です。同行したものはジョン・ホプキンズでございまして、最高経営責任者であります。

私は技術中心に、ホプキンズさんのほうは、経済性中心にお話をさせていただきます。いいお話ができることを期待しております。

本当に改めて、ご招待いただきありがとうございます。

何枚もスライド、40枚ぐらい用意してまいりましたので、10枚ぐらいしかカバーできないんですけども、きょうはもう情報盛りだくさんでございます。参考用に、ぜひごらんになってください。お暇があれば。

私のほうはちょっと重要なものだけ、かいつまんでご説明します。

未来を予見するベストな方法というのは、自分でつくっちゃうことだ。発明することだというふうに言われています。ニュースケールパワーはイノベーションカンパニーなんです。そして、人、地球、繁栄に集中しております。そして、先端端的な技術を進展させる水、電力、熱をつくる、そして世界中の人々の生活水準向上を目指しております。

3番目にまいります。ここでカンパニーの説明をしております。

基本的には我々の設計というのは2000年にさかのぼるんですね。私、オレゴン州立大学の教授をやっていました、当時。そして、リサーチプログラムの一環として始まったんです。そもそも。最初、真っさらから始まりました。白紙からです。いろんな教訓を生かしました。

NRC10年間勤めておりました。そして大学には30年いたんですね。その知見を総集集したんです。最も安全性の高い原子力デザインをやろうというふうに思いました。世界一。

そして、ニュースケールパワーを2007年に共同創設いたしました。そして、3つの基本的な特許から出発したんです。

そして、いろんなイノベーションが起こっているんで、もう若い優秀なエンジニアが何人も働いてくれています。400件以上の特許が付与された、もしくは出願中です。20カ国に対して。とてもイノベーション進んでいます。800名のエンジニアがこのプロジェクトに従事しています。最初からです。

そして、最初のSMRとして、設計認証を申請した会社であるんですね。NRCに対してということですが、アメリカの。そして、今唯一のSMRとして申請し、現在審査を受けているものがあります。

今までのところ、7億ドル以上を投資いたしました技術及び設計が大いに進んでまいりました。民間資本も入っています。フルーワ社が中心なんですけれども、あと、エネルギー省からも資金をいただいております。

最初のお客様は、ユタの合同電力事業者なんですけれども、もうスケジュールどおり進んでおります。商業化ということで、2026年を目途としております。余り遠くない未来です。でも今まで長い道のりをたどってまいりました。

ということで、本論に早速入りたいというふうに思います。技術をご説明しますね。

最も簡単な方法は動画をお見せすることなので、動画、よろしいでしょうか。私が口頭で説明

つけさせていただきます。

こちらのほうは、とてもハイレベルな形でリアクターモジュールです。ここに格納器があるんですね。そして、圧力容器があります。

これは、軽水炉ケイなんです。加圧下されております。自然循環で動きます。ということで、制御棒がこういうふうになって、コアで加熱される、水が加熱される、そしてこれが上昇するんですね。というのは、冷たい水よりも密度が低いからということで、こうやって上に上がっていくわけでありませう。

これは冷却ポンプはついていないです。自然循環だけで行っています。そして、水が上に上昇いたします。そして、2つのヘリカルステルムジェネレーターがあつて、熱を除去するわけですね。そして、冷たくなった水は下に下がる、温かい水は上に上がるということで自然循環が発生するんです。

私、3分の1のスケールでもう1基つくりまして、テストしております。うまくいっています。実証実験では3分の1のスケールで。

二次元のほうにはポンプがあるんですね。フィードウォーターシステムというのがついております。水が入るわけですね。このヘリカル、チューブの中に入ると、水が沸騰されて、蒸気が発生する。そしてそれがリアクターを離れて、タービンジェネレーターに入っていくわけですね。これがタービンとジェネレーターですね。

これは移動式のものなんです。ということで、化石燃料業界が使っているものです。それで、スキッドマウントのタービンジェネレーターが50メガワット分ということでやるわけですね。

カーボンフリーということになっているわけで、スタンダードランニングサイクルで動きます。皆さんよくご存じのことですが、これはコンデンサーボックスなんですね。これ、とっても小型なので、水冷却もできるし、空気冷却も両方できます。これ、国情によるということ、いろいろお話をさせていただいているんです。十分水がないところもある。だから、空気冷却を使うということもあります。ですから、水源から遠くに位置できる。

そして、コンデンサーから水が戻ってくるんですね。ヘリカルコイルスチームジェネレーターの下の方に来る。そして、チューブの中で水が沸騰する。そして、前のサイクルをもう一回反復するということになります。

それでは、13ページにジャンプしたいと思います。ここでレイアウトが載っています。原子炉建屋断面なんですけれども、これは現在の設計で、NRCに申請しているものです。

12のモジュールがつけられています。各モジュールが50メガワットの電力を発電します。12のモジュールでトータルで600メガワットということになります。

モジュールそれぞれは小さいんですけども、追加することができるわけです。そして、電力を増大させることができます。

モデルは工場で作ります。そして、3つか5つに分けて鉄道とかトラック、船で運びます。別々に運ぶことができるわけです。

これ、モジュールの設置です。ですから、建設が終わった、それでモジュールを設置するということになるわけです。

これはモジュールが1個入ってきたわけです。5つのモジュールがそれぞれの個別のベースにあります。

これ、断面図なので、向こう側にあと6モジュールつくっていったようなイメージです。

通常運転のときにはリアクターと格納器というのは水中プールに入っているんですね。そして、地下に埋まっているので、これが重要なんです。地下に埋まっていて、プールに入っているということで、これによって、大きな耐震性があるということです。

これは、カテゴリー1の耐震性を持っている建屋でありまして、プールがあつて、これは最終的なヒートシンクになるわけです。

安全性に必要な分というのは、全部この建屋に格納されているんです。これについては後でお話したいと思います。外部電源とか、外部の水は要らないんです。

そして、無制限に対応可能なんですね、このデザインというのは。全然、従前のものとは違うということです。

29の電力会社とやっています。ニュースケールアドバイザーボードの方々に、いろんなインプットをデザインいただいております。事業会社は気に入っていただいております。

各モジュール専門のタービンジェネレーターセットがついているところがいいと、だから追加することはできるんです。必要に応じてモジュールの数を。

それから、燃料を取りかえるときもスタガードでずらして行うことができるので、1つのモジュールを出して、そのリフューリングのプールに入れると。そして、燃料を取りかえると。そして、残りの11はちゃんと稼働するということで、365日ずっと途絶することはないということで。1回メンテするときに取り出すのは50メガワットということでもあります。

燃料を交換ですとか、スタガードリフューリングということになっているので、少人数で済むんですね。燃料を取りかえるときも。

典型的でしたら、800から1,200人ぐらいのコントラクターを持ってきて、セキュリティアークライアランスをいちいちとって、物理的な訓練をやる。

しかし、この場合はもう37の燃料集合体しか1モジュール当たりついていないから、メンテ

も迅速にできるわけです。要員も少なく済むと。サイト上でできるということになります。燃料取りかえも。シングルシャフトリスクも除去できるわけです。

大型プラントの課題というのは、小っちゃなパートがタービンにあると。そしてそのパーツが壊れてしまうと1,000メガワットもふいになってしまうんですけども、これはマルチのタービンがついているから、1つのモジュールだけが除去されるということで、550メガワット分はちゃんと稼働できるということです。600メガワット分の。

耐震性なんですけれども、これは地中に埋まっているので、地震動が起こっても、例えば、建屋に地震動が起こっても、結局1.1とか1.2Gは対応することができるとっても頑健な耐震性を持っているわけでありまして。3から12ヘルツということでありまして。ポイント5Gといったようなことで、アクセレーションということですから、耐震性はとても頑強だということです。

これはレイアウトです。12のモジュールを持ったプラントのもので。2パック、2つのモジュール、4つのモジュールのものも考えているんです。パックとして。0.14平方キロということになります。14ヘクタール以下、34.5エーカーということです。防護地域というのが。

シリンダ形状になっているなら、シリンダを持ってケイを減らすことができるわけです。同じ壁の厚さでもってプレッシャーを上げることができる。だから、我々のデザインとしては、デザインレイティングというのは、7メガパスカルということです。

格納体、これは普通のものよりも10から15倍圧力に耐え得るということで、真空状態が格納器の中にあるので、これによって断熱を入れる必要がなくなるということです。

また、ほとんどこの格納器の中には、運転中は酸素が少ないので、水素が発生しても酸素と反応して爆発が起きるとかそういうことはあり得ないということです。これも、デザイン上の1つの大きなメリットになっています。

パッシブセーフティーの話なんですけれども、これもまさに究極のパッシブセーフティーと言えます。ACDCパワーも要らないんですね。100%パッシブなシステムになっているので、申し上げたように全ての12モジュールはそれぞれ地中のプールに入っていて、究極なヒートシンクの体をなしているということです。コアが少ない160メガワットサーマルです。閉鎖したとしても、コントロールウッドが重力で動く、制御棒が10から11メガワットに数秒で下がると。そして崩壊熱が大体1メガワットぐらいに下がるということでありまして。トレーニングリアクター並みになるということです。大学に置いてある。

何にもよらないで、水も入れない、冷却もしない、そのまま放っておいたとしても、3日から30日の上で、水は沸騰するけれども崩壊熱はどんどん除去される。30日とると400キロワ

ットにまで崩壊熱の除去が進むということでもあります。ですから、最終的には全部崩壊熱を除去することはできるんです。

そして、ツーフェーズのボーリングシステムがあって、空気冷却であるということで、そのいいところというのは、核の燃料というのはずっと冷却されるんです、無制限の時間において。コンピューターも要らないし、運転員の活動も要らないし、ACDC電源も要らないし、水も加えなくていいということでもありますので、とても頑健な形で安全性が確保されているということでもあります。商業炉でこんな安全性の高いものはほかには見当たらないんです、既製のものです。

あと、プラントリスクの低減も考えております。安全性には2つの面があるんですね。

まず、1つのリスクは故障の頻度です。事象が起こるもの、例えば炉心損傷確率です。それから、結果なんですけれども、まず最初に大幅に故障の頻度を下げました。ここのチャートに見られるように、現在のこのものなんですけれども、これがNRCの目標です。これがそのものです。

炉心損傷確率というのは、1,000年に1度でなくて、1万年に1度の確率でしか許せないということなんです。今ですと、PWR、BWR両方においても、またこの先端的なパッシブプラントにおいても、かなりの確率を持って、この確率を増しているんですね。バルブの数も少ないと冗長性が多いということからきているわけです。

ですから、大体このここに書いてある年分の1未満ということでもあります。それぞれのコンポーネントについても、いろいろ分析をしているわけです。10億年に1回、炉心損傷が起こる確率になります。

結果はどういうふうになるのでしょうか、ワーストケースの場合に。

わかったことは、追加的なバリアーで多層防護をやっているんで、リアクターベッセルもあるし、格納器もあるし、圧力容器もあるし。普通は大気に置かれて暴露を受けるわけなんですけれども、我が社の場合には、ステンレススチールでライニングしたコンクリートである地中のプールにあると、生体遮蔽もついていると。そして耐震性が頑健な建屋の中におさめられているということです。

ということは、我々の分析によるとEPZのとり方が変わってくるんですね。緊急時計画区域。サイトバウンダリーでワーストな事故が起こったとしても、境界EPZで済むということになります。サイト境界EPZ。

これは、大きな進捗なんです。普通だったら、半径16キロのような面積をとるけれども、そんなEPZは必要ないということで、商業用のガイドラインの中でも十分遵守してこの安全性というのはサイト境界内で全部確保できるということになっております。これは、大幅な進展なんです。そして、この情報はもう規制当局に提出済みです。

テネシーバレーオーソリティー、TVAということなんですけれども、これで早目にサイト許可を取ろうとしています。

実際の建設場所というのはクリンチリバーになるんですけれども、その中で緊急プランニングをしたと。そして我々の出した分析の数値を使って文書が提出されております。

そのとき出したプレスリリースをここに付けておきました。主要事象の起こる確率に関するものです。もう7,000万ドルぐらいかけてテストを行いました。

国際連携もやっていました。イタリア、カナダ、フランス、ドイツとやっています。常に国際協力をやっていきたいというふうに思っています。後で触れますけれども、ぜひ日本とも協力したいと思っています。日本の大学は優秀ですし、国立研究所もとても能力が高い。

昔は原研と呼ばれていると思いますけれども、今は原子力庁でしょうか。本当に世界第一級の設備を持ってAP600について何年も前に共同させていただきました。

新しいレベルの強靱性もプラントで確保いたしました。グリッドを失ったとしても、どんなモジュールでも全てのエンタイアロードを引き受けるからできると。スタンバイ状況ができています。グリッドが、準備がいたら即その電源を供給できるようになるわけです。

それでは、ホプキンスさんに、経済性についてはQ&Aのときに答えてもらいたいと思います。

このスライドをぜひお目にかけてくださったんですけれども、我々は複数の原子力の応用を考えているんです。脱炭素化を進めていかななくてはいけないので、原子力エネルギーは電力の発電にも使うけれども、ほかの応用用途もあるということなんです。

共同研究をアイダホ国立研究所と行いました。淡水化にも使えるんです。水素の生産にも使えるんですね。6つのモジュールプラントで高温スチーム電解をすることによって、200メガワットぐらいの水素をつくることできる。

ロードフォールスタディーもやりました、最初のお客さんと。多くの電気事業者は風力発電所を持っています、このごろ。太陽光発電もやっていると。

1つの課題というのは、グリッドの安定性なんです。ということは、我々のデザインは3つ、ロードファーロイング、負荷に応じて追従運転ができるようになってはいるんです。小型モジュールなので、負荷に応じてバランスをとることができるんです。追加運転ができる、追従運転ができる、だから原子力と再生可能エネルギーを組み合わせることができるんです。比較的小さなモジュールなんですけれども、いろんなやり方ができます。追従運転ということで。

もしよろしければ、後でご質問いただければ詳しく話せます。

あと、またレギュレーター等のコミュニケーションの話ですけれども、コミュニケーションが本当に重要なんですね。

通りを隔てたNRCのところ、ワシントンDCで、オフィスを持っています、NRCから。

1万2,000ページにもものぼる設計承認文書を出しました。この中に詳細なデザインが入っています。この申請書は公表されております。オンラインで読めますので、皆さんごらんになってください。何か、今晚やることないなど、眠れないなどということは、1万2,000ページありますから、ぜひ読んでください。NRCのウェブサイトに乗っていますので。

そろそろ終わります。これが、終わりのスライドです。

日本も脱炭素化を考えておられるということであり、日本は理想的な位置につけておられると思うんですね、我が社のテクノロジーについては。

まず、既存のインフラが強いということです。原発の許可体制も整っておられると。

もちろん、新しい具体的なSMR用の規制は必要かと思えますけれども、規制当局は大いに喜んでアメリカ側は情報を共有させていただきますので、日本側と。

あと、日本は強い製造力もお持ちです。

ということで、これ、比較的小さなものなので、日本の製造業にぴったりとはまると思うんですね、楽に。これは、新しいSMR産業を日本に、またアジアで築いてくれるものと思います。

それからまた、商業原子炉の建設とかオペレーションにも十分皆さん専門知識をお持ちです。これは役立つわけです。世界一流の試験及び研究能力をお持ちです、国立研究所や日本の大学において。

ということで、ぜひ皆さんと共同させていただいて、イタリアとカナダやその他と同じように協力させていただければうれしいです。

大きなチャンスがあると思うんです。もちろん、社会的需要も重要であります、日本において。国として、政府として原子力エネルギーにコミットする、そして国民に対しての教育、啓蒙が必要かと思えます。

以上です。皆様、ご清聴どうもありがとうございました。何なりとご質問なさってください。

○小澤資源エネルギー政策統括調整官

レイエスCTO、ありがとうございました。

引き続き、マジュマダール教授からプレゼンテーションをお願いして、その後にまとめてご質問させていただきたいと思えます。

それでは、マジュマダール教授、お願いします。

○マジュマダール氏

まず、冒頭に当たりまして、本当に大臣を初めまして、また長官、また小澤さん、本当に皆様方、きょうはご招待いただいて大変ありがとうございました。

では、席をかえます。

改めて、本当にご招待いただきありがとうございます。

せっかくの機会でございますので、中西さん、タマオキさん、またトモザワさん、いろいろお世話いただきどうもありがとうございます。

フルカワさん、NEDOの方ですけれども、またヨベさんとかカメヤマさんにもお世話になっています。どうもありがとうございます。

エネルギーについて話すということで、私の経験からきょうはお話し申し上げます。学術研究者として。

またオバマ政権で政府に入ってきたこともあったんですね、エネルギー省で。その経験も生かして、またグーグルで勤めていた経験もあるので、全てを合算してお話しをしたいというふうに思っています。

エネルギーの転換というのが話題になっているんですけれども、皆さんもまさに転換中ですよね。この中で重要なことは、バランスをとるということなんです。セキュリティを一方に、アフオーダビリティも、そして環境もということです。このうち1つを失っても、もう長期的に持続不可能になってしまうんですね。

ということで、それを前提として申し上げて、まずこの変換、転換について考えてみたいと思います。

最初にイノベーションです。イノベーションについては、たくさんの方が言われていると思うんですけれども、どんな種類のイノベーションなのかというところから考えてみたいと思います。

ちょっと歴史を振り返ってみます。200年前の生活、どういうものでありましたか。昔はこの馬車で移動していたわけですよね、幌馬車とか。そして照明には石油を使っていたと。そして250年間、これは人類の歴史からいったら本当に短い期間なんですけれども、これで100%転換したわけです。

今はどうでしょうか。300、200馬力のものを使うようになった車両について、新幹線だったら1万馬力、飛行機だったら10万馬力ですね。そして、照明のためには電気を使うようになりました。200年前だったら考えられなかったことです。

スティーブン・チューさんと私で共著したペーパーがあって、これは産業革命、馬の力から馬力に移ったというふうにペーパーを書きました。今は、人々というのは、じゃ、どのイノベーションが向こう50年、100年つくらんだろうということを考えています。

重要なことは、幌馬車からどうやって馬力に移ったのか、車に移ったのかということなんです

けれども、どんなイノベーションでも、既存の技術についても、やればやるほどお安くなります。コストは。そして、パフォーマンスは上がるんですね。馬車についても、より軽量化したもの、いい車輪をつけた、強い馬をつけたということをやってきた。そして、イノベーション、今でも続いているわけです。

当時も変換があったわけですね、転換が。つまり、モビリティを変えるということで、自動車が導入されたんです。

当初も、もちろんお金はかかったけれども転換ではあった。失敗したものも数々あった。でも失敗もイノベーションの一環ですから。

そして、この転換的なアイデアがどんどん出てきたと。そして、全てじゃないけれども、一部はポテンシャルが大であったんです。そして、より早く、より安く、よりよくなったということですね。これが、イノベーションです。そして、破壊的なイノベーションになったということです。

今の段階において、この100年ぐらいエネルギー産業は安定化してまいりました。

そして、今はどうでしょうか。今後、前進しなくてはならないと。そして、変換とかもう一回転換とか考える。破壊的なイノベーションは何なのかということを考えなくてはならない時代にまた入ったということです。

皆さんも同意してくださると思いますけれども、主要な変革、北米で起こりました。アメリカですね。米加墨ということで、非在来の資源が出てきた。もうOPECだけが石油価格をコントロールするわけじゃない。我々もコントロールを持つようになったということで、これによって大量のLNGが売買されるようになりました。天然ガスへのアクセスも増したと。

あとどのくらい出てくるということです。どこまで安くなるのかというのが問題ですよ。大体この炭化水素の15%、20%を掘削している。そして地中には残り85%ぐらい残っているわけです。炭化水素回収率を上げることができる。そうすると、もっとコストは下がるわけですね。

二次回収とかもっとやれば。ということで、今や破壊的なプロセスが今でも続行中ということなんです。

スタンフォード大学にはナチュラルガスイニシアチブというのがあります。上流、中流、下流を見るLNGトレーニングとか、地政学とか、いろんな側面から天然ガスについて分析しています。

今真ただ中のエネルギー革命がある。それは、再エネの話です。

再エネ10年前、私当時エネルギー省にいたんですけども、こんなに安くなるなんて想像し

ていませんでした。これ10年で起こった変化ですから。

問題はあとどのくらい余地が残っているのかということです。風力、太陽光のパフォーマンスを見ていると、まだまだ大きな余地を残している。コスト安ということで、一番安い電力ができるかもしれないわけです。グローバルに見ても、いろいろ再エネ活用が進んでいると。特に太陽光と風力が。で、課題というのは、別に発電コストではないです。どうやって系統に統合させるのが問題です。

というのは、送電網というのは、エレクトリシーグリッド、今日の姿というのは、テスラエッジソンアーキテクチャーと呼んでいるんです。別に変動電源を念頭に置いてつくられたものではないですね。風力とか、デイスীগエルとか。火力発電を想定してつくられたものであります。だから発電コストじゃなくて、系統連系コストも改良しなくちゃいけないということです。後で詳述したいと思います。スタンフォードも重視している問題であります。

再エネ革命が残っているけれども、それに加えてデジタル革命も起こっているわけです。シリコンバレー、もうシリコンバレーに囲まれているんです、スタンフォード大学は。これが大きなインパクトを持つわけです。エネルギーの自動化ということについて。もちろん変動電源もあると。それに加えて、いろいろ分散電源が出てくるんです。蓄電とか、畜エネルギーとか、ネットワーク化した道路とか。ですから、両面でグリッドボラティリティーが起こるということであります。電話で全ておさめるということとはできない。自動化も進むと。

そしてデジタルワールドのタイミングがとっても重要なんです。というのは、今こそまとめ上げる時期にきているからです。

スタンフォード大学においては、イニシアチブを始めました。B i t s & W a t t s イニシアチブと呼ばれて、ワッツというのはエネルギーのことです。ビットというのはデータのことを指しています。

そしてこのボラティリティー管理が必要なんです。そして、新しいサービスを電気に入れる。そして電気の変革、転換を起こすということです。技術だけでなく、規制の問題、マーケットの問題、ビジネスモデルの問題でもあるわけです。そして、全体的に見るようにしています、できるだけ問題を。

もう1つの革命もあるんです。それは貯蔵の問題です。蓄電の問題です。10年前にリチウムイオンバッテリーのコストというのは、大体1キロワットアワー当たり1,000ドルでした。でも今は200ドルにまでバッテリーパックが下がっています。5分の1に10年で下がったんです。どこまで下がるでしょうか。まだまだ余地が残っているんです。どんどん下がり得るわけです。データもあります。

運輸部門については、ロードマップがあるわけです。大体1キロワットアワー当たり100ドルに、向こう5年、7年、10年ぐらいで行き着くと思います。100ドルになるわけですね、キロワットアワー。ということは、この電力化された運輸、車というのはコスト効果大になるということです。ガソリン車と比肩するようになるということです。20年で大きくこの電力化した運輸体系が普及すると思います。

どこまでいくんでしょうか。どこまで続くんでしょうか。

今日バッテリーというのは、蓄電池はグラファイト、黒鉛のようなものでアノードはつくられていると。そして陽極のほうはコバルト、ニッケル、マンガンが使われているわけです。これは現代の世界です。でも、シリコンをちょっと加えると、今でもやっているんです。そうすると膨大に能力が増す。シリコンはグラファイトよりも、リチウムももっともっと捕獲することができるわけです。カソードもコバルト、ニッケル、マンガンを硫黄にかえるだけで、さらに容量アップできるわけです。

ということで、大きな変化が起こりつつあると、蓄電池の世界に。リチウムイオンバッテリー以上のものができるということです。これで十分なんでしょうか。

運輸用でしたらコスト競争力があると思います。でもグリッドスケールの貯蔵には適さないと。グリッドスケールの貯蔵だと、リチウムイオン電池は4時間ぐらいはもつでしょう。技術はあると。もうそこまできています。でも8時間ということになると、コスト効果が出ないんです。再エネは安いかもしれないけれども、バックアップがないとランピングがないとだめですよ。原子力があるかもしれないけれども、そうじゃないとだめだということになると。複数日使うということになると、リチウムイオンではだめだと。鉄とか硫黄とかというのが必要になるわけです。ナトリウムとか。コストとか安全性も確保しなくてはならないと。ですから、多量のアレンジをやらないと安全性の高いコスト安にはつながらないということでもあります。

低炭素燃料とかケミカルという話もあります。燃料化学製品なんですけれども、未来のニーズを見かわせるために、でも電源は変動するということであったら、再エネを水素に転換することです。水素はとても重要なんです。そして水素のものは水ですから、大体1キログラム5ドルです。でも2ドルにならないとコスト競争力はつかないということです、水素は。そのために、再エネは価格、もっと30ドル以下にメガワットアワーで下がらないとだめなわけです。

歴史始まって、初めて現代向こう5年、10年間で初めてカーボンフリーエネルギーが安くなるということです。今までにないぐらいということで。ですから、チャンスはいろいろあると。

でも課題もあるんです。どういう経路をやるか、エレクトロケミカル、電気化学、光化学、どういう経路をとるかというのが問題ですね。水素を水からつくりだす、どうやって安くやるかと

というのは課題です。まだ、やり方は定まっていないんです。コスト安にできないということで。

もう1つはメタンの変換です。低カーボンです。これをメタノールに直接変換するという事です。まだわからないんです。研究開発が足りないんです。でも一旦水素ができて、CO<sub>2</sub>を燃料に転換することはできる。もしくはメタノールについてLNGのように冷蔵不要ということになると、運輸コストとかインフラコストが燃料を動かすためのですけども、そうすると1ガロン当たり2セントになるということなんです。ですから、ローカーボンエネルギーを液体燃料にどう変えるのかという話です。エネルギー密度はずっとバッテリーよりも高くなるので。これに注力すべきです。長期的な視野に立ちたいのであったら。

いろいろオプションがあるんです。どうやって費用対効果を高めつつ、脱炭素化を実現できるのか。幾つかオプションがあります。まず、コールからナチュラルガスに転換させるということです。グローバルに安価な天然ガスとか低炭素燃料、メタノールなどを手に入れるということです。

2番目はグリッドを脱炭素化させるということです。再エネの統合を使うということです。そして原子力エネルギーのコストを削減させる。それからCCUもやるということです。CCUSということです。

それからEV化とか電動化を入れるわけです。運輸部門で。航空機の電動化はとても難しい。長距離トラックも難しい。だから液体燃料が必要。そのためには、ローカーボンにするメタノール、水素、もしくはゼロネット炭素燃料になるけれども、そのためには研究開発を一層進めないといけないんです。

代替原料も発見しなくちゃいけないんです。産業用の熱のためです。産業用の熱というのは、とても脱炭素化が難しいものです。鉄鋼メーカーとかコンクリートとか石化産業です。

また、食品で無駄が出ているわけですけども、ロスが。そしてこれが炭素排出源になっているんです。中国とかアメリカ、そして食品排出がとても多いんです。食品のロス、無駄が。

最後、エネルギー効率、省エネの話です。冷却技術というのは、今後とても重要になります。というのは、ほとんどの経済成長の源は今や熱帯地域に移っているからです。HCFCとか冷却材の話ですけども、これどんどんフロン材が退出すると。だから冷却するための冷却材がほかの代替原料が必要になってくるということなんです。だからもっと研究開発を行わなくてはならないということです。

全エネルギーのシナリオを考えてみますと、今やティッピングポイント、転換点に立っているということです。大きな変革を控えている。100年余りの間で初めてということです。

石油、ガス、電力、インフラはつくりました。配電システムもつくりました。これが今、大き

く脱炭素化ということで、課題化されていると。デジタル化、自動化が進んでいるということで。

イノベーションを眺めてみますと、そして破壊的なイノベーションということを考えてみると、インクルメンタルなイノベーションと組み合わせてやっていかなくちやいけないということです。技術だけではなく、やっぱりポリシーもとても重要になるということなんです。2つがそろって初めて技術発展が進むということなんです。一貫性も持っていないくちやいけません。けんかしているだけではだめだと。そうすると、エネルギーが散逸してしまうわけなんです。

メイティの方から依頼を受けまして、ARPA-Eの話をしてほしいというものでありまして、ダーパートに行っているんですけども、エネルギー省内にある機関なんです。私、光栄にもオバマ政権のときに、この共同創設者になったんです。この機関の、計画局の。どういう使命があるのか、どこまで成功したのか、どうやってイノベーションやっているのか、少しご紹介したいと思います。

数分お借りいたしまして、お話しします。これはDARPAのような形でつくられました。DARPAは1958年につくられた、スポットニック対策のためにつくられたんです。アメリカが冷戦で脅威にさらされると思っていたからです。DARPAのイノベーションがやって、その後インターネットが出た、ステルス技術も生まれたわけです。たくさんICTとか防衛技術が生まれました。そして、ARPA-Eのほうも同じようなことをやろうと思っています。

まず、排出を削減する、輸入を減らす、高効率化するということです。これが我々のミッションなんです。先進エネルギー技術においては。アメリカがリーダーになるように、そして先端エネルギー技術をアメリカでつくる、世界で優位を誇るということが使命になっているわけです。そして破壊的及び変換的なイノベーションがあるんで、たくさんインクルメンタルなイノベーションはあるけれども、画期的なものが今必要ということで、この計画局ができたんです。これは法律によってつくられました。エネルギー長官に直結しているんです。私は直接チュー長官にレポートしていました。さらに、エネルギーの副長官代理にもなったわけです。もしくは代行にもなったわけです。DOEの破壊的なイノベーションと変革的なイノベーションとインクルメンタルなイノベーションのギャップを埋めようということで、私も担当官になったわけです。

何をやったかと、2010年、2011年のころ、思い起こしてください。当時というのは、クリティカルマテリアルというものが、例えばレアアースの磁石ですとか、これが地政学的問題になっちゃったところです。アメリカで感じていました。これは、サプライチェーン上の問題にアメリカでもなるというふうに思いました。磁石とかが絡んでいたからということで、ジェネレーター、モーターに必要ですよ、磁石が。

ということで、このレアアースのマグネットに対抗できるような破壊的なイノベーションが必

要ということになって、REACTというのをつくったわけです。リスクを含む技術におけるレアアース代替の略なんですけれども、マグネットをつくりましょうと、磁石を。レアアースは使わないと。

しかし、パフォーマンスとかコストはレアアースをしのぐものをつくろうということになったわけです。これができたらもうレアアースなんて必要なくなるので。

そしてマークジョンソンプログラムディレクターが来て、2,200万ドルぐらいやって、14件のプロジェクトを組みまして、新しいマグネット磁石のマテリアルをつくった。これで全くゲームチェンジャーになったわけです。モーターとかジェネレーター用の材質として。

こういった形の破壊的なイノベーションが必要、エネルギー安全補償でも同じことをやりたいと思いました。大体5億ドルぐらい費やして、それぞれのプログラムというのは15案件ぐらいあるんですけれども、全部は時間制約があるので説明できないんですけれども、運輸とまた定置型のパワーセクター用のものを考えました。これは、みんな変革的なアイデアが源泉になっていたんです。将来破壊的なイノベーションになるかもしれないということでやりました。

以上です。どうも。ご質問あったらお聞きになってください。

#### ○小澤資源エネルギー政策統括調整官

マジュマダール教授、ありがとうございました。

それでは、ここから自由討議に入りたいと思います。ゲストスピーカーに対するご質問等、あるいは、もちろんご意見でも構いません。いただければと思います。ネームプレートを立てていただければ指名をさせていただきます。

それでは、枝廣委員、お願いいたします。

#### ○枝廣委員

ありがとうございました。それぞれにご質問させてください。

まず、ニュースケールの原子力の新しい小型のものについてなんですけど、これ、地下に入れるので安全だというお話でした。これが適している地盤とか、例えば日本は非常に地震が多い国なんですけど、そういったことを考えたときに、どういう適地を考えていらっしゃるのかというのが1つ。

それから、ほかの方からもご質問同じように出るかと思うんですが、この原子力発電所で発電するときの発電効率とかコストとか、もしくは、この方式でやった場合の核廃棄物、これについては、これまでの従来型と何か差があるのか、強みがあるのか教えてください。

それから、マジュマダールさんにも2つ教えていただきたいことがあります。

1つは、グリッドが過去のもので変動に耐え得るものではないというお話がありました。今、

日本では再生可能エネルギーをふやそうとして、従来型のグリッドを何とか太くしようと、今のネットワークを太くしようとするのと同時に、新しいもっと分散型のネットワークもつくらないといけない。この両方を進めないといけないという状況なんです、何かそのいい進め方のお手本のような事例があったら教えていただきたい。

もう1つは、2050年のエネルギーの状況を考えている委員会ですので、このBits & Wattsのデジタル化によってエネルギーをよりよくコントロールしていくという、これの技術もしくはいろいろな技術開発の中で、2050年をにらんだときに、私たちが何か参考にできるものがあれば教えてください。

以上です。

○小澤資源エネルギー政策統括調整官

それでは順に、レイエスさん、それからマジュマダールさん。

○レイエス氏

どうも、ご質問いただいてありがとうございます。

まず、耐震性の話なんですけれども、これは、地中に埋まっているものなんです。幾つかやりました、このデザインのために。最初に分析いたしました。まず分析ツールもつくりました。土壌の反応を調べたわけです、インターアクションを。そしてベンチマークもとって既存のところと比べてみました。そして、新しいデザインを前進させるためにはさらにツールが必要ということになります。ハードロックデザインというのも見ました。あとソフトソイルも見てみたわけです。で、いろんな地盤を示してみました。それぞれのサイト、それぞれ微妙に違うんです。でも、我々はサイト別に耐震性を考えるということをやっています。境界分析もやっています。建屋のデザインについては、耐震性ということについては、ピークの地震波の加速も考えています。0.2Gぐらいということで。耐震性の頑健性というのはかなり上がっていると理解しています。より周波数が高い0.5Gということなんですけれども、大体0.3Gというところを基準にやっているけれども、我々の設計は0.5Gということで、より先端的だということなんです。

ツールも開発しています。水関連ということ、モジュールの水の話なんですけれども、これも興味深いものでありました。これによってエネルギーの散逸が起こるということで、その観点からもベネフィットがあります。

それから、第2番目のご質問は、経済性、効率の話だったと思うんですけれども、基本的には、この熱効率は33%ということで従来のものと変わらないと思います。とてもシンプルです。スーパーヒーテッドスチームを使うセパレーターとかドライヤーは二次系で要らないわけです。ですからその分コストを削減することが大幅にできます。熱効率は大体同じようなものです、従来

のものと。でも、ポンプフローが必要ないわけです。自然循環だけでやると、流速が低いと。そして、ヘリカルコイルを使っているんで、その分このユニットごとの面積が広くとれるということになるわけです。ですから、熱効率ほかのデザインに負けないようになっています。

核廃棄物については、17掛ける17の燃料集合体を標準型で使っています。2メートルの長さです。ほかの燃料タイプは使いたくなかったんです。今の規制を遵守したいというふうに思ったからです、核廃棄物については。

コストについてはホプキンズさんのほうに答えてもらいます。

○ホプキンズ氏

ホセが言いましたように、このプロセスは2000年に始まっている、エネルギー省のマルチプルアプリケーション小型軽水炉プログラムの中で始まったわけです。よりよく、早く、安全性高くということで。

商業性のことは、その後考えなかった。でも2011年にフルワー社で、経済性を考えた、上場会社ですから、これ商業化できないかなということ考えて、ターゲットチームをつくってコスト回避だとか分析していました。どうやってデザインを、工夫することによって、品質は下げることなく、安全性も下げることなくコスト削減できないかなということで、エンジニアリングコンストラクションカンパニーということで、JGCとかいろいろなところと組んでさらに分析してみたわけです。最初は、その1万5,000のボトムアップエスティメートをやって、何とか施設全体で下げることできないかなと思って、アライバルは1つです。天然ガスなんです、アメリカでは。で、1ミリオンBTUで2ドル、3ドルということになると、大体4ドル80セント、5ドルにならないとブレークイーブンにならない、とんとんにならないわけです。

ですから、アメリカの場合には、お客さんナンバーワンのために、どうやってコストを減らすのかということ考えた。だからタックスクレジットや補助金とかローン保証とか、政府からある程度テコ入れしていただいて競争力を上げようと今しています。そして、その分コストを下げようとしています。

○マジュマダール氏

どうも、枝廣先生、ご質問いただいてどうもありがとうございます。

最も重要な点、グリッドストラクチャーについてご質問いただきました。テスラエジソンのアーキテクチャーは全然これには向いていなかったということであるので、ですから我々が考えているのはエネルギーのコストだけではないんです。シナジーコストのことも考えているわけです。これは鍵ですから、未来は。

なぜなら、このランピングの世界に入りつつあるからです。変動がある、だから何かバックア

ップが必要なんです。そのためのコストを、再エネをグリッドに入れるときに吸収していかなくちゃいけないわけです。一番安い方法は長距離電送です。送電です。エネルギーが発電されているところを消費者に届けるということですから、アメリカの場合には幸いに時間帯がいろいろあるんです。これで助かっているわけです。でもアメリカは、なかなか送電線つくるのが大変な国でもあるんですけれども。

それから第2の部分というのは、じゃ、2番目に安いものは何なのかということです。これは、揚水発電なんです。大体10ドルから20ドルということです、レトロフィットすると、1キロワットアワー当たり。レトロフィットじゃないと100ドルぐらいです。真っさらからつくるといことになると。これでランプアップもできる。でも、キャパシティを確保しなくちゃいけない。原子力発電もあるけれども、水力発電によって、原発もレトロフィットしなくちゃいけないということで、日本もそうかもしれませんけれども。

それから、3番目は天然ガスです。ダンピングのために。多くの人が言っています。100%再エネ転換できるとおっしゃる方もいるけれども、そうかもしれない、でもコスト効果は出ないわけです。だから、移行プランが必要なんです。天然ガスがこの移行になり得るということです。でも、カーボン排出がありますから。

ですから、どうやって質の違う未来をひらくのかということです。カーボンニュートラルなメタノールとかメタンを使う手もあるんですけれども。で、運輸のみだけの話ではないです。もしくは、安い蓄電池をつくる。もしくは両方やるということなんです。未来をプランニングするというのは大変です。未来予測できないので。

ということで、真の意味で必要なことはオプションを考えるということです。オプションをいろいろ用意するということなんです、今の段階で。これが重要かと思います。これは、研究開発だけの話ではない、ポリシーも絡んでくる話ですから、いろいろ実験してみましようということです。

今や、新しい世界に突入しようと思っているんです。でも、過去のデータは使いものにならないんです。過去から未来を学ぶということはできないわけです、今の段階というのは。これは共通だと思います。

2050のBits&Wattsイニシアチブの話なんですけれども、今や我々というのは、新しい自動化革命の時代に突入したと思っています。なぜか。これは分散コンピューターのおかげ、ネットワーキングのおかげ、それからアルゴリズムのおかげなんです。もう学習できる能力をつけたわけです。いわゆるディープラーニングとか深層学習とかAIとかという話です。学習は、機械のほうが人間より早いわけです。技術的なものについては。感情の話ではないんです。

技術的に限ったら機械のほうが飲み込みが早いということがあるので、これを使わない手はないわけです。自動化をレバレッジにする。そうじゃないとおくれをとってしまうんです。これ、前向きにいろいろ使えるはずですが。ボラティリティーの管理にも、分散ネットワークデバイスを管理するにも使えるはずですが。自動化技術というのは、発電して、貯蔵して、使うということなんですけれども、エネルギーを。人間ができない自動化が必要なわけですが、機械による。普通はデータを使って、そして、直接コントロール最適化をやって行ってきたんですけども、今後はこのデータ貯蔵できるか、何か学ぶところができるかということが新しい時代だということです。

AlphaGoってありましたよね。人間を負かしたわけですが、碁のチャンピオンを。碁のチャンピオンが言いました。こんなの初めて見たと。すごいと、機械がここまでできるとは言っていたわけですから、そういう世界に来たということです。

じゃ、そういう世界、規制枠組みはどうなるんでしょうか。ビジネスモデル何があれば消費者にサービスを届けることができるんでしょうか、まだわからないんです。今入ったばかりなので、この時代に。

○小澤資源エネルギー政策統括調整官

ありがとうございます。

それでは、山崎委員、お願いします。

○山崎委員

どうもありがとうございます。それぞれにご質問させてください。

まずニュースケールさんのレイエスCTOとホプキンズCEOですけれども、ユタ州が最初の顧客だということでお話をいただきました。

スライドの中には、例えば風力との統合研究ですとか、あるいは多様なエネルギープラットフォームとしてのイニシアチブということもご紹介くださいました。その中で、ユタ州に関する取り組みを教えてくださいたいのですが、風力との統合の中で、例えば風力で起こるエネルギー供給の変動を、このSMRで吸収しようとされているとか、ユタ州における統合的な電力の研究の取り組みをもう少し教えてください。

もう一点質問なんですけれども、先ほど枝廣委員からもありましたが、立地に関してなんですけれども、外部の、例えば電力、外部の水は不要ということでした。ということは、内陸の例えば湖とか川に接していない、本当に内陸地でも問題ないと、廃熱の観点からも問題ないとお考えでしょうか。

次が、スタンフォードのマジュマダール教授ですけれども、グリッドのお話、大変示唆に富んでおりまして、その中で産業用の熱は、ただ脱カーボンが難しいというお話もありました。

エネルギーを考えたときに、電気と熱とを完全に独立して考えるのではなくて、一緒に考えられるところは考えるべきだと、私自身は思うのですけれども、例えば産業用の熱に関しまして、脱カーボンに関して何か示唆があれば教えてください。

以上です。

○レイエス氏

どうもご質問いただいてありがとうございます。

まず最初のプロジェクトはユタ州関連だったんですが、ユーアンプーと呼ばれていて、ユタ州共同電力公社と呼ばれているんですけれども、多くの電力事業者と同じように風力発電をやっています。研究をやってくれと言われました。ニュースケールプラントがどうやって負荷に応じて追従運転できるのか調べてほしいと言われたんです。やっぱりグリッド上の安定性の話があったんですね。パワーインプットはあるけれども、どうやって安定化するかということで、3つのアプローチを考えています、追従運転については。

まず、セントラルコントロールロードというのがあって、この制御棒を自在に上下に動かすことができるわけです。ランピング調整ができるということなんです。

そして追従運転がやりやすくなるわけです。数時間単位、数日単位ということで。

直近にもっと必要という場合には非常に小型なので、100%スチームをバイパスすることができるんです、タービンからコンデンサーに至るまでということで。

ということで、当初は研究でわかったことなんですけれども、スチームバイパスを使おうというふうに考えました。そして出力を下げるわけですね、風況がいいときはということで。それで追従で調整ができるということです。

それからもう一つ考えたのは、どうやってもっと効率アップできるのか。スチームバイパスを減らす、そしてエネルギーを無駄にしないようにするにはどうしたらいいかということを考えてので、3番目はロードシェイピングと呼ばれているものなんですけれども、特に水力発電がたくさんあるようなところでは、日によって違うわけですね。日によっては発電量が多いと。

必要な場合には、1基、2基とか、簡単にモジュールを止めることができるわけです、その分。そして電力調整が全体としてできるということで、いろんなやり方があります、調整は、再エネとの。

そして、エネルギープラントフォームの多様化というのも重要視しております。水素生産の話も申しあげましたけれども、大きな突破口が開かれつつあるんですね。今、高温蒸気を使った電解について研究をやっています。それほど高温は必要ない、それでも水素が出るということになっているわけで、これは非常に熱、原子力とうまくいくんじゃないか。

カーボンフリープロジェクトについては、とても野心的でワクワクするようなプロジェクトです。電気事業者が最先端に立っているわけです。彼らが率先して脱炭素化したいというふうに言っているわけですね。いろんなことを考えて、財務のことも考えて、我々のデザインの経済性にも注目してくれているんです。全世界的なトレンドです。経済性を十分確保することができるんです。

あと外部電源の話なんですけれども、我々のデザインというのは比較的小さなコンデンサー複数機がついているので、空気冷却ができるわけです。だから湖とか川から水をとってくる必要はない。これはヒートシンクですけど、でも空気を使えるということで、でもペナルティはかかるわけですね。

例えば我々の分析によると、プラントを内陸に移すと、沿岸地域から、そして空気冷却だけにするというのももちろんできるんです。

でも、METで47メガワットを毎月、もしくは7ぐらい、1モジュールぐらいというのが44から45に下がってしまう、もしくは43から44に下がるということがある。ということは7%ぐらいペナルティを払わされてしまうという形になるんですね、空気冷却するから、内陸でということ。でも水がないところでも大丈夫ということなんですね、逆に言えば。ですから、この節水にも役立つ方法だということです。

ホブキンズさん、何かありますか、経済性について。

ないみたいです。

あるということで。

○マジュマダール氏

それでは山崎さん、産業用の熱についてご質問いただいて、どうもありがとうございます。

これが本当に無理ではないけれども、不可能ではないけれども脱炭素化はとても難しい分野なんです。ぜひ成功されることを祈っています、原子力の分野で。

というのは、電力どれぐらい効率よく発電できるのかということになると、これは35とか33%の話なんです。ということは、熱のコストは3倍ぐらい電力のコストよりも低いということになるわけです。だからこれがとても重要な要素ということです。カーボンフリーの熱を得られたら、とてもよろしいということです。

それから、2番目はいろんな形で水素がつくれるということなんですね。

一旦、水素が生産されると、例えば酸化鉄から鉄鋼にいきたいというのであったら、カーボンを使わないで酸素を除去するという手があるということです。問題はあるけれども、再エネとかカーボンフリーの電力から水素をつくりだすと、そしてそれを産業用の熱に使うということは、

やろうと思えばできるわけです。

もしくは、この暖房を電動化することができるわけです、ちょっと難しそうに聞こえるかもしれませんがけれども。このインダクティブヒート、誘導加熱というのを使えるわけですね。今でも使ってますけれども。

産業用の熱のスケールアップを考えなくちゃいけない、ヒートポンプを使って高温ヒートポンプが使えるということです。この技術も今後つくっていかなくてはいけないということです。これが産業用熱の見方ではないでしょうか。でも、実際にやるのはなかなか大変なんですけど。

○事務局

ありがとうございました。

それでは、坂根委員お願いいたします。

○坂根委員

ニュースケールのレイエスさんにお聞きしたいのですが、私の原子力発電技術についての知識は、日本の平均的国民レベルのちょっと上の程度ですから、少し的外れな質問でしたらご容赦ください。

資料の18ページにプラントリスクの比較が出ています。

私の理解では、PWRという加圧水型の原子炉は原子力潜水艦向けのところから始まったと理解しておりますけれども、原子力潜水艦の故障率のリスクというのをここに書くとしたらどのレベルに来るのかということと、それから今ご説明いただいたお話について、多分出力レベルが発電用と原子力潜水艦では全く違うと思いますが、もし今回のSMRの技術が実用化できるとすると、原子力潜水艦のほうも変わっていく可能性があるのかどうなのか。

もし全くピンぼけな質問でしたら、無視を。

○レイエス氏

どうもご質問いただいてありがとうございます。

こういったレンジで50メガワット級ということで、これがニュースケールでやっているデザインなんですけれども、これは比較対象ということになるとちょっと原潜よりも大きいことになるかもしれない。海軍の技術には詳しくないんですね。なかなかシェアしてもらえないので、内情を知らないのので何とも言えないんですが、比較的小さいということです。

そして運転の歴史もいいものですよね。ですから、もし彼らが情報を開示してくれたらもっとニュースケールのものも早く発展したと思うんですけど、軍の話なので技術の共有はできないということです。

でも、いろんなスペックを考えています。いろんなアプリケーションも考えています。

例えばこの規模ですから、沖合のプラットフォームに使えるかな、オフショアプラットフォームにも使えるんじゃないかなということは考えています。

詳しいことは申し上げられないんですけど、こういったタイプの炉というのは歴史が長いと。リスク評価についてもかなりいい実績があるということは確かです。

どうもありがとうございます。

○事務局

ありがとうございました。

それでは、船橋委員お願いいたします。

○船橋委員

ありがとうございました。

特にマジマダール先生に伺いたいと思うんですけども、福島原発事故が起きた後、私もシンクタンクの民間事故調で事故の検証と、危機の検証をやっていたんですけども、そのときにステーブン・チューエネルギー省長官にもインタビューをいたしまして、非常に懇切丁寧にいろいろ教えていただきました。

そのときも含めてですけども、日本の福島の教訓の一つに安全神話というのがありまして、それは現在動いている、今使っているこれがベストであると、最も安全であるという想定ですね。ですから、さらに新しい技術革新をそこに導入するとか、それはプロダクトにしてもプロセスにしても、そのようなことをしようとする、そのこと自体が今あるものが十分に安全でない、不完全であるということになってしまう。

ですから、それはしないということによって今最も安全である、ぜひ安心して下さいというふうに国民、住民の理解を得ようとする。これが安全神話なんですけれども。

この安全神話は、次の2つの問題を引き起こすこととなります。

1つは、バックフィットを遮断してしまうということですね。常に改善して技術の新しいもの、最先端のもの、これを取り込んでより安全なものにするとそのようなバックフィットができなくなってしまう。

2つ目は、レジリエンスの概念を抑圧してしまう。

つまり、今あるものは完全なのでこれは破られることはないから、破られたと想定して、それをどういうふうに立て直し、復元力を増すかという発想も、そういうラーニングプロセスの芽も摘んでしまう。

この2つのわなにはまってしまった。これが福島の教訓の一つなんですけれども、質問は、もしSMRのような斬新な技術を持ったシステムも導入しようというときに、これはやっぱり相当

住民も国民も不安を持つと思うんですね。

そのようなときに、これは例えばやっぱり国・政府がまずはそこでそれを取り入れて責任をより持って、特にリスク管理もして、それでやってみせるというようなことで、徐々に社会実装していくのが望ましいのか、あるいはアメリカの場合も基本的にはそういうものも含めてやられてきているのか。

先ほどのお話を伺いますと、やはり国の役割というのは非常に大きかったと思うんですけども、その点、つまり新しい技術を入れてこれだけの大きな巨大ニーズで、リスクが極めて大きい技術の政府の役割というのはどういうふうに位置づけるべきかと、これが第1点。

もう一つは、分散型、特にインターネット・オブ・エナジーのような形でAIも入れて、さっきおっしゃったようにディープラーニングもというような形で進めていくときに、人間と機械の共同作業になると思うんですけども、このリスクの評価も管理も。そのときの最適の組み合わせというものに何か一つビジョンがあるのか、今までの経験の中で少しはそういうヒントがあるのか、その辺を伺えればと思います。

○マジュマダール氏

どうも船橋さん、とても難しい質問をいただきました。

新しい技術及びリスクの分野においては、もう常にこれはつきもの問題なんですね、新しい技術、みんなリスクがどこかにあります。

例えば、福島の実験からいいにしても、私当時、エネルギー省にいたんですけども、チュー長官と連携していました。

ちょうど、ディープウォーターホライズンの事件が終わって、何か油濁流出があったということで、その対策に上がっていたわけです。エネルギー省というのは、何か自然災害省みたいなというふうに言っていたんですけども。

原子力のリスク及び太陽光電池の話ですけども、そのリスクはまた違うということです。

人間のかかわり度の話なんですけども、原子力に人間がかかわるということは、太陽光発電とか天然ガスを扱うとかとはまた違うということですね。それはわかったわけです、もう文字どおり、教訓も見て。

より小型化させると、モジュールを小型化いたしました。SMRがまさにそうですね。もしくは太陽光発電でも風力発電においては、みんな小型モジュール型です。

実験できると、そしてリスクを早目に削減することができるわけです、小型なだけに、1つ大きなプラントをつくるよりも。実験できるということじゃないでしょうか。最初に全て正しくやるということとはできないんですね。

ですから、とりあえず小型化してみると、そうするとリスク管理は最適化でき得るということだと思います。小さいからこそ。

それから第2点として申し上げたいのは、アメリカの歴史を考えると、いつでも新しい技術が出てくると、それが情報技術でも、その他通信技術であっても、新しいものが出るたびに政府が最初のカスタマーになってくれたんですね。

これも私、期待しているんですけども、今回も海軍の話が出ましたけれども、さっき、国防総省がSMRの第1号のお客さんになってほしいというふうに思います。そうすると、リスクがマーケットで減るんですね、それだけで。そして、商業界にとってもリスクが減ることになります。

アメリカでとてもうまくいったところがあるんですね。技術にかかわらず、政府が新しい技術をサポートするとお金を出して買ってくれた、それで成功したということがあって、まさにシリコンバレーがそうです。ベンチャーキャピタリストが建てたわけじゃない、政府があったからシリコンバレーがあそこまで行ったんですね。ベンチャーキャピタリストが出てきたのはもっと後ですから、政府に追随して出てきたわけです。

あと、分散型のエネルギーシステムとか機械学習とかの話がありました。

人と機械、どうやって一番インターフェイスをとることができるのかというご質問だったんですけども、私が考えるに、アルゴリズムベースでの話であったら、例えばたくさんさんのデータをベースにしてアルゴリズムをベースにして意思決定をするということになると、人間が機械を負かすのは大変です。

でも、機械にできないことがある。それは、何をやるべきか、何をやらざるべきか、制約をかけるということです。制約をかけるのは人間なんですね、常に。

人間は、これをやるべきかどうかというところの判断を下すということです、機械のために。技術的にも、また人間に対してのインパクトも考えて制約条件をつけるかつけないか決めるのが人間の役割だということです。

例えば、アメリカでチャレンジがあります。多くの屋根置きソーラーパネルとか電気自動車なんですけれども、たくさんのはみんなリッチな人が買うわけですね。

だから、補助金つけてもそれはみんな富裕層になってしまうということで、富裕層はお金があるから蓄電池もできるし屋根置きソーラーパネルもつけることができる、だからより貧しい人たちというのは、そのグリッドの維持のためのお金を払わされているわけです。機械はこれを決めることはできないんですね。やっぱり人間が決めてあげなくちゃいけないと、どうやってバランスをとるのかという話ですから、人間のもの、消費者の選択、平等といったようなことです。

アルゴリズムだけではできない部分があるということです。どこでバランスをとるか決めるのは、社会のために決めるのは人間だということです。

○事務局

ありがとうございました。

それでは、中西委員、お願いいたします。

○中西委員

ありがとうございます。

レイエスさんにお伺いしたいんですけども、この50メガワットのリアクターというのは、そもそもこの単体としては連続運転というか、フルキャパシティーのオペレーションが前提になっているのかという、これ組み合わせてモジュラーでフレキシビリティを出そうとしているのか。

特に、先ほどちょっとウィンドウというのはコンビネーションなんていうことをやると、結構フルでステーブルオペレーションというのがスタンダードにできるかどうかというのはちょっと関心があるものですから、そこをちょっとお聞きしたいことと、それからマジマダールさんには、先ほど来オートメーションということを言われて、これ私たちも我が社はそういうところに一生懸命投資もしているし、何とか商売にしようと思っているんですけども、なかなかインベスターというか、誰がこういう今までと違ってグリッドマネジメントに対してインベストするかというのはここが結構難しく、アメリカの中でもトランスミッションコントロールオペレーターというものにパブリック性を持たせる州とそうでない、あくまでもプライベートセクターでやるとかいろんなバリエーションがあるので、この辺についての将来展望といたしますか、スタンフォードでこういう研究がされて、我々も少しジョインしているんですけども、これをどういう格好で本当に将来本当の大きなグリッドマネジメントに適用できるというふうになって、そのときのインベスターというのはどういう方を想定しているかというのだけちょっとご示唆があればお伺いしたい。

○レイエス氏

どうもご質問いただいてありがとうございます。

普通、原子力プラントのことを考えると、ベースロードプラントとして考えるんですね、連続安定した運転というのをいつも想定しています。電気事業者等をやっている、みんな風力発電もやっているし、太陽光もやっているし、フレキシビリティを狙っているということです。でも、我々としてはある程度フレキシビリティも供与したいというふうに思っています。

だから、ロードが変わると発電も変えられるようにしようということで追従運転ということ

申しあげましたけれども、制御棒を操作することによって追従運転ができる、でもそれだけじゃないんですね、フレキシビリティの源泉は。

スチームバイパスというのがあるわけで、直接タービンにつなげなくて、一部コンデンサーにつなげてしまうということで、そこでエネルギーロスが発生するんですけども、今やろうと思っているのは、AIを使って最適化したいというふうに思っています。

これが解決策になる、そうするとバイパスする分も軽減することができるということで、アーキテクチャーはとてもフレキシブルに富んでいるから十分対応可能ということでしょうか、そうです。

海軍のデザインを想定していただいても結構なんですけれども、そのとおりです、とってもフレキシブルな形になっています、設計上。

○マジユマダール氏

ご質問いただきました自動化とかの話ですよ。

誰が経費を負担するんだという話なんですけれども、自動化はもちろん重要なんですけれども、技術のイノベーションがまず必要だと。

でも、これは必要だけれども十分ではないということですね。イノベーション、マーケットでも必要なんです、価格設定でも必要なんです、エネルギーの。そうすれば、新しいサービスもつくれるし、人々が資金をつけてくれると。

アメリカの場合でしたら、長期資本へのアクセス、低コストの長期資本へのアクセス、エネルギーへの世界ではなかなかないということです。

税制構造からいって、石油、ガス、石炭はサポートしてくれたけれども、MLPと呼ばれているものだけれども、これは、原子力とか、また風力とか太陽光には通用しない、だから税制構造をまず変えなくちゃいけないんです。そうすると、低コストで資金が手に入るようになるからということですね。これは必要だけれども、まだ十分ではないわけです。

やっぱり重要なところは、マーケット構造自体を変えることです、マーケットデザインをよく見ることです。インセンティブが働くようにすると、だから貯蔵もする、送電線もつくるといふふうにうまく回るようにしなくちゃいけないわけです。

いわゆるイノベーションの整合性が重要なんです。技術のイノベーションとマーケットイノベーションと金融のイノベーションが全て一列に並んで、整合性を持つということです。そして、お互いに補充し合う、補強し合うということ、ときどきばらばらに動いちゃうんですね、整合性なくて。だから、難しくなると。

だから、思慮深い政策立案が必要なんです。全てがうまくかみ合うように、整合するようにし

なくちゃいけない。

もちろん、技術トレンドとか金融トレンドを理解する、そしてマーケットデザインを理解することも重要ですね。全部理解できないと、整合性はもたせられないのは大変な作業です。

アメリカもまだそこまで行ってませんから。でもやらなくちゃいけない課題です。

○事務局

ありがとうございます。

それでは、白石委員、お願いします。

○白石委員

お二人ともどうもありがとうございました。非常に勉強になりました。

マジュマダール先生に3つぐらい、関連した質問。全部ARPA-Eについてでございますけれども、きょうのお話を伺っていると、2009年から2012年に、14のプログラムで15のプロジェクトをそれぞれやってきたと。大体3000万ドルから6000万ドルぐらいのお金を使ったと。

仮に、今先生がもう一遍、このARPA-Eをやられるとすれば、それはトランプ大統領には使いたくないかもしれませんけれども、もし今やられるとしたら、同じような資金投入をやりますか、それとも違いますかというのが1つ目です。

それから2つ目は、研究開発においては5年から10年ぐらいで成果の出るものもあれば、15年とか20年ぐらいかかるものもあって、その配分をどう考えられたのかというのが2つ目の質問です。

それから3つ目に、プライベートセクターとの関係、どうされたのかという、教えていただければと思います。

○マジュマダール氏

私は、議会で何度も同じ質問されました。議会にいらしたかもしれませんね、同じようなご質問をなさっているのです。

ARPA-Eをもう一回始めるとしたら、同じようなことをやるかどうかというご質問でしたよね。多分、同じようにすると思います。

というのも、長期的な視野に立たなくちゃいけないからです。短期的な視野では全然だめなんですね。エネルギーが対象ですから、インスタグラムとは違う。インスタグラムのソフトウェアを考えているわけではない、インフラの話ですから。インフラというのは100年もたせなくちゃいけないものですから。

主要な変革が今起こっています。これ100年に一度のことだと思うんですね。

ということは、技術イノベーションをその観点から考えなくちゃいけない。世界的な競争も厳しくなると思います、イノベーションをめぐる。

これはいいことなんです、競争があるということは。大統領が誰であれ、トランプさんであるのであれ、ARPA-Eというのは、ARPAというのは、これはブッシュ政権で始まって、その後、金融危機が襲ってしまっ、その後、オバマ政権になって回復、刺激、パクトが通ったということです。それが経緯だったんですね。今はちょっとやりにくいですが、トランプ政権になって。

後に戻そうというふうにはしているんですけども、でも幸いに共和党の議員がサポートしてくれているので、消滅しないで済んでいる、超党派的なサポートを得ています。イノベーションは超党派ですから、全然政治化していません。

ですから、私もう一回やり直すとしても同じようにやります。

そして、政治的な安定をぜひ保ちたいなというふうに願います、組織で。何か新しいことをワシントンで始めるということになると必ずつぶそうとする人が出てくるんですね。

ビルダーかブロッカーかどっちかということです。つくるほうか、破壊するかどっちかだということで2つに分かれるので、行政府のもちろんサポートも必要ですし、私の場合は、スティーブン・チュー長官からの支持が厚かったんですね。それでできたということです。

そして、コンセンサスづくり、議会とともにやりました。超党派で努力したんです。これは新しいものを立ち上げるんだったら、常に重要なことです。だから、1回やり直すとしても同じようにやると思います。

そして、行政府がサポートしてくれなかったらスタートしないと思います。

というのは、行政府がサポートしてくれないと、もうプロジェクトが成功する確率ゼロだからです。

あと、まさに凶星だったんですけども、エネルギーの場合には、技術というのは実験室からフルの商業化ベースまで10年、20年かかるということで、20年じゃ短めかもしれないぐらいなんです。

ということで、ARPA-Eの、まず国民に対して語りかけることが必要です。議会及びステークホルダーに対しても、我慢強くなってくださいねと説得しなくちゃいけないわけです。

もちろん、成功の予兆を見せることはできるけれども、100%成功するには時間がかかるということです。

でも、成功すれば社会に大きなインパクト出すから、20年かかりますけれども、でも我慢して見守ってくださいというふうに説得しなくちゃいけないんですね。

政府のファンディングのみならず、産業界からのファンディングも何度も必要になるんです、一度でなくて。

あと、官民連携の話ですけれども、これもとっても重要です。

政府は産業にお金を出すべきかどうかというのは議論が分かれるところですね、ワシントンにおいても。なぜならアメリカの政治体制から考えると、これは補助金扱いになるかもしれないからです。これを十分踏まえると。そして、敏感に受け取らなくちゃいけないというふうに思っています。

私のメッセージは簡単なんです。私だったら、どこが源泉であってもベストなアイデアであったらお金をつけます。大学からでも産業界から出ても、アイデアの競争なわけですから、私だったら資金をつけます。

変革の時代であるから、大変革をもたらすようなアイデアを見つけたいということです、全てのアイデアがうまくいくわけではない、でもこれと思うアイデアはうまくいく、変革をもたらしてくれるということです。

いいアイデアを見つけたら、議会がそれはだめだとつぶしにかかったとしても、私は矢面に立ってやり遂げます。産業界のために、本当にアイデアがよかったら。

何しろ、業界に話をつけます、まず。いつもそうやってまいりました。

もちろん、作業界にとってリスクが大き過ぎるから投資できないというものもある、だから早目に話をつけにいくということです、プリコマースシャルの段階というのはなかなか資金がつきにくいものなので。

#### ○事務局

まだまだ質問もあろうかと思いますが、一通り委員の皆様からご質問をいただきましてありがとうございました。

何か一言ございますか。

#### ○世耕経済産業大臣

レイエスさん、ホプキンズさん、そしてマジュマダールさん、本当にきょうは素晴らしいプレゼンテーションをありがとうございました。

私の結びの言葉にかえて、最後、マジュマダール教授に一言質問をさせていただきたいと思えます。

きょうだけでも、いろんな未来へ向けての選択肢というのが提示をされているわけであります。この懇談会、過去来ていただいた有識者からも多くの選択肢が示されました。

我々まさに政治は、その選択肢の中から最も適切な選択肢を選んでいかなければいけないわけ

ですけれども、その選択が全てのことにチャレンジするほど財政的な余裕はありませんし、かといって何かを選んだ場合に、その選択が正しかったのかどうかというのは、答えが出るのに10年か20年かかるわけでありまして。

その辺のリスクのヘッジを我々政治としてどういう形でやっていけばいいのかということについて最後ご質問させていただいて、私の結びの言葉にしたいと思います。

○マジュマダール氏

一番難しい質問をお聞きいただいたと思うんですけれども、リスクの部分というのは、リスクというのは技術の成熟性によってマッチングされなくてはいけないということです。

初期の段階においては、皆さん、リスクをとろうと思っていますよね。初めだから、新しいバッテリーの技術だしということで、これはR&Dの世界の話なのでとてもリスクが高い。うまくいかないアイデアもある、各プロジェクト100万ドルぐらいということで、それだったら許容可能なわけです。初めの段階ですから、でも、もっと進んでもっと後ろの段階に入ってくるとより慎重にならなくてはいけない。どのぐらい資本を入れるのか、どのぐらい効果があるのかということ判断しなくちゃいけないんですね。

私の経験から申し上げますと、ある段階においては、どうしても納税者のお金を使うのはやめて民間資本に切りかわるときが来るということなんですね。

本当に収益が上がるのかという話になるんですけれども、マーケットプルというのはとても重要だと思っています。少なくとも私の理解においては、政府の果たす役割は2つの端にあるというふうに、両端にあるというふうに思います。

ハイリスクのリサーチに投資をしてリスクを軽減するという、そしてマーケットのためのポリシーを立案する。だから民間がついてくる、そして拡大できるようにするということです。

だんだんと、段階が後期に進むにつれて大幅なリスク軽減をしなくてはいけないんですね。だから、下流のほうで余りヘッジしないようにしなくちゃいけない。リスクヘッジするのは上流です。下流に行ってしまうと、もうたくさん投資がされると、マーケットが急変する。そうすると、全然お金がもうからないということになるので、長期的な政策の予見可能性が重要だということです。そうすると、下流におけるリスクヘッジを減らすことができるわけです。

○事務局

ありがとうございました。

それでは、まだまだご質問あると思いますけれども、もしご質問がある場合には事務局のほうにいただければ、また改めてお二方にはご協力をいただければと思います。

本日は、このところでプレゼンテーションと質問を終わりにさせていただきます。

レイエスCPO、それからホプキンスCEO、マジュマダール教授、本当にありがとうございました。

拍手でお送りしたいと思います。(拍手)

ありがとうございました。

それでは、この懇談会で初めて、ちょっと5分だけ休みの時間がとれる余裕ができましたので、大臣は退庁されます。

ありがとうございます。

3時40分に再開をしたいと思います。

よろしく願いいたします。

(休憩)

#### ○事務局

それでは、後半の議題に移りたいと思います。

きょうは第7回目でございますけれども、これまでこの懇談会では、エネルギー需給の将来像、あるいは地政学、温暖化対策、エネルギー事業の戦略、そしてきょうもご議論いただいていますけれども、イノベーションの可能性など、幅広く多岐のテーマにわたって有識者にお話を伺ってまいりました。

ビロル事務局長にお話しいただく前に、資料7をちょっとごらんいただければと思います。

資料7は、本日までの議論、これまでのヒアリングあるいは意見交換で得られた視点というものを整理したものでございます。

基本的には、委員の皆様、それから有識者の皆様からの意見を整理しているものでございますけれども、裏面で4枚の紙になってございますが、ポイントとしてかいつまんで申し上げますと、情勢アプローチということであれば、情勢メガトレンドの方向としては脱炭素化、これはほぼ全員の方がそういったご指摘をしていらっしゃいます。

それからデジタル化、分散化といった視点でございます。

それから、大きな共通要素としては、長期的には不確実性あるいは不完全性というものがあるということでございます。

不確実性という意味では、将来の望ましい需要あるいは供給のあり方の予測はなかなか難しいといった視点、そういったご指摘が多かったものと認識しています。

不完全性という意味ではS+3E、考え方としてございますけれども、これを満たす完璧な単独のエネルギーは存在しないといったようなご指摘が多かったということでございます。

多様のアプローチという意味では、野心的な目標の総力戦、パリ協定のような目標の総力戦に

なるといったご指摘が多数ございました。

またその際には、多様性、先取性、成長性、そして柔軟性が重要といったご指摘がございました。

各論では、各エネルギー源、化石燃料、再生可能エネルギー、原子力、火力発電、それぞれの課題、方向性、対応のあり方等についてのご指摘がございました。

最後のページですが、その他ということでは、水素、エネルギーシステム、企業戦略、こうした点について示唆に富むご指摘をそれぞれいただいているということでございます。

こうしたことを念頭に置きながら、これからビロル事務局長に中長期的な世界のエネルギー動向、あるいは政策への提言についてプレゼンテーションをお願いいたします。

20分程度でお願いできればと思います。

○ビロル氏

どうもありがとうございます。

懇談会の皆様、ご同僚の皆様、改めてご挨拶させていただきます。本日伺えてとても光栄に存じております。

情勢懇の方々の前でグローバルなエネルギー問題について語れること、とても光栄に存じます。そして、今後のマーケットの展開がいかに関日本に対して意味を持つのかということでお話しさせていただきます。

日本はとても難しいエネルギー上の課題に直面なさっておられると思うんですね。でも日本だけではないですから、こういう状況下にあられるのは、とても重要なエネルギー上の問題があるということなんです。

そして、この重要なエネルギー問題について正しい決定を下すというのがとても大事になるということです、今後の日本経済にとって。

日本の国民にとっても、何年間にもわたって重要になるということであり、日本の安全保障にとっても大きな意味を持つということでございますので、私のほうからはかなり大局的な話ということで、世界で何が残っているのかお話ししたいというふうに思っております。これは世界全員に影響を与えるものですね。

ということで、向こう20年を見渡すということになりますと、4つの重要な変動があるんじゃないかというふうに思います。4つの世界のエネルギーにおける激変とも呼べると思います。これ全員に影響を与えるものです。

まず、第1点であります。

まずアメリカが確固たる石油・天然ガス分野において、生産においてもグローバルなリーダー

へと、何十年にもわたって変わるということです。

石油については、また天然ガスについてもそうなんですけれども、アメリカが主要産出国になるということです。これで価格にも影響が出る、エネルギー安全保障にも、また貿易の流れにも全世界的に影響を及ぼすということが第1点です。

2番目です。

2つ目の激変です。太陽光発電に関してなんですけれども、これがますます最も安価な多くの国において電源になりつつあるということです。なぜなら、ソーラーのコストが大幅に下がっているからです。

3番目の激変要因です。

中国です。中国はエネルギー政策を変えつつあります。

ということは、グローバルなエネルギーマーケットのトレンドが変わる、グローバルなエネルギー技術のトレンドが変わるということです。

10年前、ご記憶でしょうか。この10年前のことですね、オイルマーケットのトレンドを引っ張ってきた、石炭もそうだったんですけれども、中国は変革しつつあります、またまた。そしてクリーンエネルギー技術を導入しようとしているわけです。ということで、これは世界に影響を落とすということでもあります。

1つ例を挙げます。

これ日本にとっても重要なんですけれども、数カ月前、中国はもう石炭を家庭用の暖房の燃料源に使うのはやめようと、余りにも大気汚染問題が激しいからということで決めたんですね。そして、LNGに転換するというふうにしたわけなんです。そしてその結果、中国のLNG輸入は50%も、ものの数カ月でふえたんです。そしてその結果、LNGの価格はアジア太平洋で倍増してしまったということですね。

ということで、中国で1つ決定をすると、もう石油は、石炭は使わないということになると、ガスの価格がアジア太平洋地域で上がってしまうということになるわけです。というのは中国が輸入をふやすからです。

それから、第4番目の激変要因は電動化です。

エネルギーシステムで経済はどんどん電動化されている、デジタル化も進んでいる。エアコンとかも全部電動化するということです。

そして、電力の消費というのは、一般的なエネルギー消費の2倍のスピードで伸びているんですね、電動化ということで。ですから、電気というのが本当に一番重要なエネルギーキャリアになってきているということです。

ということで、この4つの激変要因があります。アメリカのシェール、石油・ガス、これが石油・ガス世界の生産に影響を及ぼす。太陽光発電、PVがどんどん安くなってきていること。中国が政策転換してクリーンエネルギー化しているということ。そして4番目に、電気消費が旺盛に伸びている。これによって、エネルギーマーケットの力学が大きく変わるということでありませぬ。

だからこそ日本政府は否応なしに、業界も含めてということなんですけれども、世界中の政府も含めて、市民も含めて、この力学を理解することが重要なんです。というのは、規模が大きいですから、この変化の。しかも、急スピードで起こっているということなんです。全然余裕はないということです。

この力学を理解しないでいくということは許されないわけです。正しい戦略をつくって、ビジネスポートフォリオをつくるためになかった話にはできないということです。

このような変化が起こっているので、国際地図における各国の役割もそれなりに変わりつつあります。

例えば、中国、先ほど申し上げたように、クリーンエネルギー化します。より効率アップすると。

その結果、インドをごらんになってください。

インドがエネルギーのデマンドセンターに中国を追い抜いて、リードをとってくるわけですね。インドが中央舞台に躍り出るわけです、強力な成長ということで。

あともう一つの変化は中東です。

中東は主要なエネルギー輸出地域です。でも、今や中東というのは、同時にエネルギー消費地域にもなってきたということですね。経済も伸びているし、人口も伸びているし、海水の淡水化も進んでいるからです。

それから、アメリカの役割も変わります。

というのは、アメリカは主要なエネルギー輸入国だったんです。でも、これが100%変わります。転換します。エネルギー輸出国になるわけです。エネルギーから経済に、経済から安全保障に、安全保障から外交政策に、みんな順繰りに影響を出してまいります。

未来を考えると、いろいろエネルギー構成が変わってくるというのがわかりますが、化石燃料をごらんになってください。

大体、今はグローバルな電源構成の81%を担っています。でも、2040年の中核シナリオになると、化石燃料の占める部分というのはちょっと下がります。でも、まだ4分の3は占めているわけです。でも、原子力と再エネもふえている。でも、これだとパリ協定の目標を達成するこ

とはできないんですね。

ということで、もう一つ違ったシナリオを準備してみました。

これは多くの国が、アジアにおいても採択しているもので、これは持続可能開発シナリオというものであります。これは3つのSDG目標を満たすものです。パリ協定の目標を守ると。エネルギーアクセスを万全に認める。そして、大気汚染を都市で減らすということです。

そして、3つ重要な目標が入っています。これを達成するためには、61%にもなる化石燃料が下がらないとだめだと。

主要な電源は、再エネ及び原子力から来るということになる。もちろん、容認されている国においてということですが、原子力は。

申し上げたように、この電力がとても消費、伸びているんですね。特に、2カ国ご注目いただきたいと思います。中国とインドです。

インドの場合は、ごらんくださいませ、向こう20年間でインドはパワーキャパシティーということで、これはヨーロッパに匹敵するぐらいのものを付け加える、つまり20年間でヨーロッパ1個分がふえるということですね、発電能力ということで。だから、ニューデリーで下す意思決定は、とても我々に対して影響を出すということで、それだけじゃないです。中国もあるわけです。

向こう20年間で中国はアメリカ1個分加わるという感じです、中国分の増加だけで。だから、今はアメリカで起こっていること、例えば、1%、2%揚力がふえるということかもしれないけれども、中国はアメリカそっくり1個分ふえるような勢いで能力がふえるということですね。インドはヨーロッパに匹敵するということですから。ですから、それを踏まえた上で考えなくちゃいけないと。この2カ国が下す意思決定は、我々全員に影響を及ぼすということです。

1トンのカーボンが、例えば大気に放出される、東京から、ニューデリーから、上海から、また、デトロイト、ハンブルグからということなんですけれども、発生源がどこであろうと気候変動に対しての影響は同じですから、ですから、今申し上げたような国が下す決定はますます重要に我々にとってもなってくるということです。

それから、もう一つ申し上げたい問題があります。風力と太陽光発電のコストが、大幅に下がっているということですね。太陽光発電のコストはこの3年間ぐらいで半減しております。さらに、向こう3年で半減するということでもあります。もっともっと安くなるわけです。

2つ提言を書いております。

1つは日本関連の話なんですけれども、多分、日本はまだ余地が残っているので再エネをもっと使えるということです。でも、日本がどのモデルを選ぶのかということもとても重要になって

くるんですね。

例えば、余りにも寛大過ぎるようなFITだとコスト安にはつながらないかもしれません、買取価格が高過ぎると。各国の教訓から学べるわけですが、オークション制度を導入するということは、日本にとっても得策になるのではというふうに思っております。

それから、同時に再エネをふやすだけでは十分ではないということですね。あと、割安になるだけでも十分ではないと。

ほかの国の例をごらんになってください。

やっぱり重要なことは、日本もグリッド関係についてちゃんと整備する、強力なグリッドを用意する、そして、系統連系が全国域で行われるようにしなくてはならないと。そうすれば、再エネをグリッドにもっと円滑に組み込めるようになるはずで、統合という形で。

あと、さらに申し上げたいのは、これもまた重要な点なんですけれども、原子力エネルギーの話です。

アメリカは1960年代以来、ナンバーワンのカントリーとして原子力発電能力を持ってきました。

60年代以来ですね、60年間といいたいでしょうか。

フランスは非常に大きな揚力を持っています、能力を。でも、アメリカもフランスも、新造がとて難しくなっているんですね、原発の。同時に、この寿命を長くするということが今やっているわけです、運転期間を。

経済的に運転されているのが、日本の場合は能力がありました。しかしながら、ご存じのように日本の原子力の展開は皆さんご存じのとおり。しかし、中国はだんだんと旺盛になってきたということですね。

きょう現在、建設中の原発の3分の1は中国、次に続くのはロシアということです。その結果、最近において、中国が世界ナンバーワンのアメリカを抜いて原子力大国になったということです、エネルギーでも。アメリカの政策及びほかの国の政策が変わらなければということなんです、今後、中国がナンバーワンになるということですね。

アメリカの政府は、原子力政策を変えたいと思っているんです。そして、このトレンドを変えたいと思っているということはわかっています、いろいろ直接話を聞いて。でも、今のところだと、中国はナンバーワンの世界第1位の原子力国になるということですね。

多くの国々は世界で一生懸命努力いたしまして、クリーンエネルギー技術を促進しています。IEAにおいても、別にクリーンエネルギー間の技術の差別化はしていません。どんな技術もクリーンだったらウエルカムということで協調的な態度はとっております。再エネ、効率、原子

力エネルギー、カーボンキャプチャーとか、CCUSですとか、みんなクリーンなものでありますから差別はしていない。

しかしながら、クリーンエネルギー技術のトラッキングをやっています。うまくいっているのかのトラッキングをやっているのか、うまくいっているのか、展開が遅過ぎるのか、いろいろチェックはしているんですね、気候変動目標に応じて。

3つのカテゴリーに分けて考えています。40ぐらいのものをトラッキングして、明暗まちまちな結果が出ています。不調なものもあるんですね。赤で書いてあるところ、CCSなどはそうです。余り進捗芳しくないということで、本格的にはなっていないわけです。

新しい建物のエネルギー効率ということについても、今日、今日建てられる3つの建物のうち2つは全然効率についての建物基準がありません。

ということで、上海やムンバイやジャカルタで新しいビルが建っても、1回建ったら40年、50年は使われるわけですから、この間ずっと非効率が続いてしまうということになるんですね、建物関係で。ですから、省エネ及びエネルギー利用効率はとても重要だということです。でも、不調な部分もあるということです。

真ん中に書いてある黄色というか、オレンジの部分というのは、部分的には期待どおり進んでいる、原子力とかはそうです。国によってはやっているところもあるし、おくれをとっているところもあるし、まちまちです。

水素については、いいシグナルも出つつあるということです。特に、燃料電池を使うということで、長距離運送用ですね、特に。グリーンのところに行くとか好調ということで、意を強くするような結果が出ている風力、太陽光、電気自動車です。

でも、この3つの分野における進捗は、これだけでパリ協定は達成できないということですね、目標的には。これだけでは不十分。だから、ほかの技術も動員しないと間に合わないということなんです。

日本の場合なんですけれども、この基本計画が日本にはあるわけなんですけれども、このシナリオによると原子力の再稼働が必要になるということになります。そして、大幅増が再エネで期待されます。そうすると、天然ガスの占める比率は、この中核シナリオでもそれなりに大きいということになります。

でも、もっと先を行きたい、もっと過激に排出を削減したい等々思われるのであれば、もっともっと高い再エネの普及が必要ですし、より強力に原子力エネルギーを使っていかなくちゃいけないということになるわけです。再エネの比率を大幅アップさせるためには大量の連系協定が必要だということですね、系統の連系が。そして、貯存もずっと重要になるということです、現在

のレベルよりも、エネルギーの。

終わりに当たりまして幾つかささやかな、謙虚な気持ちで、IEAの日本に対しての提言ということで少し申し上げられればというふうに思います。

エネルギーの観点から申し上げて強くご提言申し上げたいのは、日本政府がまず政策を採択するに当たっては、全ての燃料、全ての技術を視野に入れて、経済、社会、環境上のベネフィットから考えていただきたいということです、日本の経済のために、日本の国民のために、全てを視野に入れてお考えいただければというふうに思っております。

日本政府が再エネをプッシュなさっていることは、支持申し上げております。特に、風力、太陽光を推進なさっておられるという点、そして、最大限の効力を上げたいと。そして、フレキシビリティも上げると。系統連系についても、もっと強化させるということをサポートしております。

気候変動というのは、本当に大変な問題です。日本も最も尊敬を集めている国の1つとして、重要な国際コミュニティのメンバーとして、気候変動対策を最先に立ってとっていただく国であります。

ということで、省エネですとか、また、最大限の安全性をもって原子力エネルギーを使う。排出を減らす。コスト最適でやっていくということでもあります。もちろん、再エネもふやすというところで。

ぜひ技術の分野で、R&Dで、日本にリーダーシップをとっていただきたいと。日本の産業界と一緒に、日本政府と一緒に、リーダーであり続けていただきたい。イノベーションをして、輸出していただきたいというふうに思っております。

次は、デジタル化です。

ご存じのように、デジタル化というのは社会、経済を席卷するようになってきています。日本は競争優位をお持ちなんですね、ほかの国に比べて。ぜひ最善の効果を上げていただきたい。フォーカスをここに当てる、そして、デジタル化というのをエネルギー産業政策の一環として捉えていただきたい。

そして、デジタル化によって、もちろん電力系がサイバーセキュリティの問題が脆弱化するということも踏まえていただければというふうに思います。

最後の点なんですけれども、IEAは日本政府のサポートをいつでもさせていただきます。何とぞご用命ください。

以上です。

ご清聴ありがとうございました。

○事務局 ビロル事務局長、ありがとうございました。

包括的なご説明をいただきました。ありがとうございます。

それでは、これから自由な討議に入ります。

いつものように事務局長への質問等あればと思いますが、本日はこれから自由討議でございますけれども、枝廣委員から資料を提出いただいております。

最初に、枝廣委員からその資料のご説明とあわせて少しお話をいただいて、その後、ビロル事務局長への質問等々、委員の間の意見交換にしたいと思います。

よろしく申し上げます。

○枝廣委員

ありがとうございます。

議論のたたき台として、何点か大事だと思っていることをお話しさせていただきたいと思っております。

週末、張り切って資料をつくってございましたら枚数がたくさんになってしまいましたので、パラパラ漫画のようにめくりながら進んでいきたいと思っております。

2枚目にありますが、9つ、今後の取りまとめに向けてお伝えしておきたい点があります。

まず、1点目に入る前に、一番最初のときに申し上げたんですが、エネルギーの政策は、やはり国民への情報提供と、国民のいろいろな意見をもらいながらつくっていくことが大事だと思って、今回の情勢懇のいろいろなデータとか話し合いを伝えるサイトを個人的に立ち上げております。今までのところ、数千人ここを見に来てくれていて、数十人がコメントを残してくれています。その中のコメントも含めてご紹介していきたいと思っております。

まず、1点目、未来の考え方を変える。これは先ほど事務局の取りまとめ案の中にも出てきたことですが、繰り返しの有識者からも不連続、不確実という話がありました。これからの未来というのは複数の経路があるので、従来型の予測は不可能だし、役に立たないと。不確実性を前提とした考え方が必要だと。これまでのエネルギーのつくり方と、エネルギー政策のつくり方と変えていかないといけないということだと思っております。

シェルの方がお話をくださいましたが、その1つのアプローチとして、シナリオプランニングというやり方があります。こういったやり方をこの情勢懇もしくは事務局でぜひ学んで進めていきたいというふうに思っています。

それからもう一つ、恐らく不確実なので、全ての選択肢をバランスよくという言葉があちこちで出てくるような気がします。ただ、気をつけないといけないのは、全てといっても論外な、余りにもコストがかかるとか、余りにも危険なものとか、それは選択肢に入らないということと、

バランスよくというのは等分ではないということを確認しておきたいと思います。

2点目が、今後のエネルギーの需要をベースに考える必要があるということです。

現行のエネルギー基本計画で、そのあたりどのように書いているかを見たんですが、今後に変化するということは書いてあるんですが、どれぐらいのエネルギー需要を満たすためにエネルギー政策をつくるのかということが明確ではありませんでした。いろいろ調べてみたところ、2000年から16年までの間に最終エネルギー消費は14%日本で減っておりますし、1人当たりにしても16%減っております。1人当たりのエネルギー最終消費を調べてみると、やはり着実に減っていること、あと、2030年もこのまま行くと、現行からふえることは恐らくないだろうということが計算できます。

一方で、2050年には、人口は4分の3に減るとということが予測されておりますので、私たちが今考えている2050年の日本のエネルギーを考えるときには、25%程度、1人当たりが変わらないとしても、その小さくなっていくエネルギー需要をどう満たすかということ、これまではふえ続けるエネルギー需要をどう満たすかだったわけですが、考え方を変えていく必要があるだろうということです。

3点目が再エネを高らかに掲げるということです。

実は、もうエネ庁の中では、再エネは主力電源にということは言っているのですが、なかなか国民的にはそういう位置づけになっているというふうには伝わっておりません。これまでのエネルギー基本計画における扱いをちょっと具体的な施策をどういう順番で置いているか、どれぐらいのページを割いているかということはこの週末、計算してみました。ここからわかるように、だんだん再エネの順位は上がっているんですが、割いているページはまだ少ないので、今回は再エネをもっと高らかに掲げていただきたいということを考えています。

あと、再エネ普及を阻む制度等ちゃんと手当てをしていくということと、中長期的な目標値やロードマップもつくっていく必要があるだろうと。今、企業といろいろお話をしていて、再エネ100%化をやりたいと思っているところは多いけれども、なかなか日本はコストが高いということがよく出てきます。そのあたりをちゃんと手当てできていく必要があるかと思っています。

4点目が、これは地域のエネルギーをいかに支えるかということです。

次のページにあるのは私が計算してみたんですが、日本の人口3万人以下の自治体の人口を足すと、小さい自治体ですので、日本全体の8%にしかありません。しかし、その自治体の面積を合計すると48%になる。つまり8%の人たちが48%の国土を守ってくれているとすると、そういった小さい自治体の住みやすさとか経済を支えていくことが必要だと。そういったときに、地域の自治体、地域の経済の最大の漏れ穴になっているのが今、エネルギーです。エネルギーは

域外にその代金が出ていってしまう。これは2,500人の村ですが、毎年7億円が流出しています。

私がかかわっているところでいうと、北海道の下川町、ここも215億の経済規模の町ですが、13億近くがエネルギー代金として出ていっている。下川町は、これを自分たちのバイオマスで——森林がありますので——やった場合どうなるかということを考えたときに、非常に大きな経済効果があるということがわかっています。実際に下川町ではバイオマスボイラーを入れて、まず熱の需給率を高めるということで、現在49%まで来ております。これで恐らく2億円から3億円は流出を回避するということができています。CO2ももちろんたくさん減っているわけですが、こういった地域のエネルギーを地域でつくっていくということをどうやって支援するかということです。これまで余りそういった制度、技術を支援するという仕組みがなかったかと思えます。

参考例はデンマークですが、デンマークはもともと地域のエネルギーを地域のためにというポリシーがあって、そういった政策をずっと打ってきております。これからの日本を考えたときに、これは経産省のジャーナルですが、2030年のエネルギーのイメージと。余り今と変わっていないじゃないかと思わず突っ込みを入れなくなっただけですが、2050年は——これは私のイメージです——かなり違うイメージになってくるだろうと。それぞれ個人の家でオフグリッドが可能になってくるし、そういった電力を地域でやりとりしていくことができるだろう、そんな絵姿を考えています。特にFIT後につくってきたソーラーパークもしくは屋根上の太陽光発電をどうやってそれぞれの地域のエネルギー生産拠点にしていくか、そのための技術開発、制度設計も大事だろうと思っています。

いろいろ地域のエネルギーが大事とこの情勢懇でも言ってきたんですが、いつもスルーされている気がするんですね。考えてみたら、エネ庁が経産省にある限り、経済産業のためのエネルギー以外が考えにくいのかなというふうな気もしております。なので、もしかしたらエネ庁を独立していただくか、もしくは総務省に、今一番地域を考えているのは総務省のような気がするので、地域エネルギー担当部門をつくるか何かそうしてもらわないと、幾ら地域のエネルギーと言っても、いつもいつもスルーされているなということを思っております。

次がベースロード後の世界ということで、ベースロードはこれからなくなりますと、再エネが入ってくると、そういう話がマッティスさんからあったかと思えます。きょうのプレゼンテーションでは、風力がベースロードになって原発が調整電源になると、ああ、そういう世界ももしかしたらあり得るのかなと思いましたが、ベースロードがなくなるという世界を鑑みて、2050年ですので、制度設計をしていく必要があると思っています。

次の6点目が電力以外ですね。

電力の議論をずっと中心にしていますが、エネルギー全体の中では、電力は4分の1にすぎません。先ほども工業用の熱をどうするかという話がありましたが、こういったところをしっかりと考えていく必要があると思っています。

そして、7点目です。

これはエネルギーシフトが求められている中、単なる自由意志ではなくて、どうやってそれにインセンティブを与えていくか、政策ツールをどうするかということを今回の取りまとめでは取り上げる必要があると思っています。シェルの方も1つはカーボンプライシングが大事だということをお話になっていました。

日本は、なかなか炭素に価格をつけるということを産業界がなかなかコストアップになって嫌だという声も聞かれます。それを入れても減らないんじゃないか、経済の足を引っ張るんじゃないか、もう既に日本でも入っていると、そういう話でよく反対をされます。

このあたり、少し調べてみました。炭素価格を入れると、CO<sub>2</sub>はその価格が高ければ高いほど減っているということは大体傾向としては言えますし、これは炭素の生産性は炭素価格を入れているところが上がってきているということです。

経済の足を引っ張るかどうかということに関して言うと、炭素税を導入した国の様子を見ると、導入後も特にGDPが下がっているわけではなくて、デカップリングがちゃんと進んでいるということがわかっていると思います。炭素収入は、企業や国民のために使うというのが基本的な考え方だと思うので、何か二重にとられるとか、そういうことではないということを認識したいと思っています。

日本も既に入っているという声もありますが、確かに一部入っているんですが、どうしても道路・輸送部門に偏っている、カバー率が低いということで、ここはもう少しきちっとした形で何らか炭素価格を含む政策をつくっていく必要がある。中国でパイロットがありますので、もうそれに対応している日本の企業もありますし、国内でも50社近くが社内の炭素価格をもう導入しておりますので、このあたりの知見を集めて、よりよい形でこの価格の制度もしくはその他の政策ツールを検討していく必要があると思っています。

将来の原発の位置づけを考えていく必要がある、これも2回目のときにも申し上げたことですが、なかなか原発をどうするかという話がここでもこれまで余り出ていないと思います。

2050年になると、電力も足りています、コスト的にも大丈夫ですという形で、再エネもしくは再エネプラスバッテリーか何かが入ってきたとして、それでも原発が必要かどうかという議論をどこかで始める必要があると思っています。恐らく科学技術力を保つために必要とか、いろ

いろほかの理由で原発が必要だという声はあると思いますが、それはそれで明示的に議論して、それだったらどういう原発がどれぐらい必要かという話をしていかないと、最初は電力が足りないから原発が必要だと。いえいえ、足りていますということになると、いや、コストが高いから必要だと。

今度、コストの問題もこれまでのさまざまなゲストスピーカーのプレゼンであるように、解決していく方向に行くとしたら、それでも日本に原発が必要かという議論をきちっと2050年に向けてはしていく必要があるだろうと思っています。

核廃棄物に関して特にですが、原発をめぐるでは社会的な合意形成が非常に大変だと思います。時間も恐らく20年、30年、もっとかかるかもしれないと思っています。だけれども、それをどこかで始めないことには進みませんので、2050年をにらんでいるこの情勢懇なので、きちっとその議論をどういった形で社会的な合意形成、プロセスを組み立てていくか話し合う必要があると思っています。

最後の点ですが、このエネルギー政策に国民が参画して我が事化してやっていくことが必要だというふうに思っていますし、エネルギー基本計画でもそれは言葉を変えながら重要性はうたっています。広く意見を聴取し、もしくは参画する。だんだん熱くそれが言われていて、双方向であるとか、国民とともにつくるとか、特に一番最近のもので言うと、コミュニケーションの必要性というのは言われていて、アドバイザリーボードをつくるとか、統計情報をきちっとわかりやすく出すとか、対話を進めるためのコミュニケーションを強化するとか、いろいろ必要性は言っているのですが、なかなか実行に移っていないのではないかと思います。もう認識はされているので、実行をどうしていくかということを決まらなくていいから、きちっと入れていただきたいと思っています。

情報発信というのも、これまでは政府の考えを伝えるためというのが位置づけだったと思いますが、今や再エネ事業者が自分たちの事業ができるかどうかを考えるために必要な情報をきちっと出していくということが必要になってきます。ここは補足資料としてどういった情報が必要で今どういう状況か、海外はどうかということを決まらしたので、後でござんいただければと思います。

各層との双方向コミュニケーション、これも言うはやすしなのですが、具体的に考えて進めていく担当部署もしくは担当者を設置しないと、恐らくまた進まないのではないかと思います。大事なことは、エネルギー政策のPDCAにこのコミュニケーション、国民との一緒につくっていくということに関してもしっかりと進捗を報告して、では、次はどうしていこうかという形で、きちっと進んでいく形で進めることが必要ではないかと。でないと、毎回、毎回必要だ、必要だ、

必要だと言っているのでは進まないというふうに思っております。

残りは補足資料なので見ていただければと思いますが、これまでの議論を通じてもしくはさまざまな方々の、地域も方も含めてご意見を聞いてきた立場として、9つ大事だと思うことを最初の議題として提案させていただきました。ありがとうございました。

○小澤資源エネルギー政策統括調整官

ありがとうございました。

ビロル事務局長から長期的な、世界的な視野からのエネルギー情勢のプレゼンテーションをいただきまして、その上でこれから取りまとめに向けた議論をしていく意味で、いわばキックオフ的に枝廣委員からこれまでの議論を通じたご意見、9つの視座というものをお示しいただいたという状況でございます。

いずれにしても、ビロル局長も来ていただいていますので、ご質問等あればネームプレートを立てていただければと思います。

それでは、坂根委員、お願いいたします。

○坂根委員

ビロルさん、ありがとうございました。

ビロルさんはIEAにかかわっておられるということですが、私は、実は2009年から2013年まで、日本の産業界を代表してCOPに出ました。5回連続出ましたが、私はこの中で非常に失望したのが、当時国連のスキームにあった——今の最新状況はどうかわかりませんが——CDM、クリーン・ディベロップメント・メカニズムだったと思いますが、このスキームに対して私どもの会社、建設機械メーカーのコマツですけれども、ある申請をしたことがあります。

私は、太陽光とか風力という大きな取り組みも大事なんですけど、一つ一つ省エネに取り込むとことこの積み上げが非常に大事になって思っています、社内でできることは何でもやろうとしています。具体的に言いますと、ある私どもの日本の工場では、購入電力9割減が実現できました。工場の設計や機械設備の省エネはもちろん、冷暖房には一切電気を使っていません。地下水利用とバイオマス発電した後の熱利用により実現しました。

これは小さな取り組みの例ですが、もう一つ大きな取り組みの例がインドネシアの石炭鉱山で使うバイオディーゼル燃料です。これがCDMに関係しています。

石炭鉱山というのは、世界中にあるわけですが、石炭を掘った後には土を埋め戻して植林もしなさいというレギュレーションがあります。私どもは、石炭を掘った後に植林をするならば、その植林はバイオディーゼルに使えるような生育の早い「ジャトロファ」という植物を植えて、そ

こちらからバイオディーゼル燃料をつくろうと考えました。私どもが販売した大型のダンプトラックがそのインドネシアの石炭鉱山で約1,000台動いておりますが、自分たちで燃料精製プラントをつくって、そのバイオディーゼル燃料を使用すれば、我々コマツが日本の全工場で発生させているCO<sub>2</sub>相当が削減できるということがわかり、インドネシアの1つの鉱山だけでこれだけの効果があるんだから、世界中でやればCO<sub>2</sub>削減にさらに大きな貢献できるのではないかと考えて、プラントをつくることを進めながらCDMに申請しました。

そうすると、社内でそれを検討した資料を出すように言われたのでお見せすると、初期投資したものが省エネ効果により10年後には回収できる内容になっているため、国連側からは、それがビジネスとして10年後に回収できるなら、CDMの対象にはならないと言われ、私どもは非常に大きな失望をしました。

この国では、とにかく国内のCO<sub>2</sub>削減も大事なんですけれども、それには限界があります。だから、国外、特にアジアの国々と共にCO<sub>2</sub>を削減するプロジェクトを、それを国連が認めようと認めまいと、どんどん進めようと言って、我々は2国間オフセットと言っていますが、もう十数カ国とやっています。

これが認められる、認められないにかかわらず、実際に世界中のCO<sub>2</sub>を削減することに意味があるわけで、COPの議論がこういった省エネ技術や、今言ったような具体的な細かい積み上げをする方向に行かないことに大変不満を感じています。

ビロルさんは直接地球温暖化問題の担当ではないと思いますが、ご参考までにこういう不満もあるということをお伝えしておきたいと思います。

○ビロル氏

どうも坂根さん、情報をいただいてありがとうございます。

まず最初に申し上げたいんですけども、エネルギービジネスで産業界が何をなさっているのかよくわかっています。IEAでもビジネスカウンスルというのがございまして、そこから各企業が、特にエネルギー産業が何をなさっているのかよく知ることができるんですね。そして、IEAの事務局長をやっておりますので、名誉職と申しましょうか、ダボスの世界経済フォーラムのエネルギー産業が関与している会にも私は関係しているので、いろいろ情報をとれるので、産業界のなさっていることに私は詳しいんです。

CDMにつきましては、過去形で申し上げるんですが、アイデアはすばらしかったんです。でも、やり方がまずかった、ワークしなかったということなんです。1つか2つ、幾つかの国においてうまくいった例もあったんですけども、でも、一般的に申し上げて、最初はよかったですね、発想はよかったです。

そもそもCO<sub>2</sub>をディベロッピング、アジアで1トン減らしましょうということは、これは先進国で同じ分を減らすよりも8倍ぐらい割安になるはずだというふうに思っていたわけです。だから、世界にとっていいことだ、アジア、欧米にももっといい恩恵がもたらされると思ったんですけれども、残念ながら実行がうまくいかなかったんです。官僚主義的な理由がたたってしまったということなんですね。ですから、もちろん国連の方には尊敬しているけれども、正しい方向で実行されなかったものの一つだと言わざるを得ません。

しかしながら、アジアを見てみますと、アジアの経済成長及びアジアのエネルギー産業におけるエネルギー生産利用というのを見てみると、まだまだポテンシャルが大きいんです。CDMがなかったとしても、そして、その観点から回収できなかったとしても、日本の産業にはまだまだ利益率の高いビジネスチャンスがアジアにたくさんあるはずですよ。ですから、ご活用ください。

そして、同時にカーボンフットプリントも減らせるはずなんですね。省エネですとか、エネルギー節約というのが最も重要なものの一つであります。

まず、建物で省エネをするということですね、おっしゃったように。それからまた、パワーシステムでもエネルギー、省エネできる余地は残っている。それからまた、電気系統全体で省エネする余地が残っているということなんです。これは収入源にもなるはずですよ。そして、同時に環境のためにもなると。CDMがなくてもできるということです。国際的に認知されたカーボンブライズがなくてもできる分野です。

以上です、どうも。

○小澤資源エネルギー政策統括調整官

コメントありがとうございました。

ほかの委員の方。

では、白石委員、お願いします。

○白石委員

どうもありがとうございます。

最初にこれから2040年まで考えると、中国の発電量というのが今のアメリカぐらいになると。それから、インドが今のヨーロッパ分ぐらいふえると。実は、東南アジアは日本ぐらいふえるわけですけれども、中国の場合に、結局そのCO<sub>2</sub>を減らさなきゃいけないということが政治的に非常に大きい課題になるまでに25年ぐらいかかっているわけですね。あるいは、もうひょっとしたら30年ぐらいかかったかもしれない。インドもやっぱりそのくらいかかるというふうに考えたほうがいいんですか。そこのところはどういうふうに考えておられますか。

○ピロル氏

どうもご質問いただいて、ありがとうございます。これもとてもいい質問です。

まず第一に申し上げたいんですけども、中国は気候変動対策が重要だと認識はいたしました。ただ、率直に申し上げて、なぜ中国がクリーンエネルギー技術をこんなに推進しているのか。その理由の一つは、ローカルの都市の公害がひど過ぎるからなんですね。別に全世界の気候変動対策のためにというよりは、自分の都市の公害対策のためにという面が強いわけです。これが初めての環境上の大きな問題です、中国の直面している。

インドについては、もちろんパリ協定の締約国になっています。インドは、太陽光エネルギー、再エネ、原子力エネルギー、推進しています。プラス、インドは経済成長のことも考えていますし、ニューデリーのローカルな公害のことも考えています。また、市民に電気を届けると。でも、気候変動のことは第一には考えていないということです。

誤解なさっていただきたくないんですけども、もちろんインドの政府のやっていることは合意はできます。例えば、人口の5億人、今まで電気を使えなかった。だから、この再エネを使うことを条件づけるというのは、なかなか難しいということです。やっぱり電気を使えるというのは人権の一つですから。ですから、ある場合においては石炭火力も使っています。それを理解できるんですね。でも、できれば高効率な石炭火力で、排出の少ないものを使っていたきたいとは思っているけれどもということですけども。もちろん太陽光発電も強くプッシュしています、インドは。

世界中、各国いろいろ評価できるんですけども、日本、中国、インド、ヨーロッパ諸国、それぞれやっぱりその国情を考えて評価すべきだと思います。政治の優先順位とか、発展段階とか。インドはインドなりに、エネルギー政策を考えているわけです。いろんな技術オプションを考えて、経済的なオプションは何なのか、国民の利害にかなうことは何なのかということをお互いに考えている。その辺も我々は考えてあげなくてはいけないと思います、インドのアプローチについては。

○小澤資源エネルギー政策統括調整官

ありがとうございました。

ほかの委員。

では、中西委員、お願いします。

○中西委員

ありがとうございます。

ビロルさんのおっしゃられることは、我々が日ごろ考え議論していることとかなり同じなので、大変エンカレッジしていただけるプレゼンテーションでしたので、そのことをまず最初に深

く感謝を申し上げたいと思います。

ただ、ここで8ページにあるセントラルシナリオあるいはサステナブル・ディベロップメント・シナリオ、このSDSですが、このいずれも実はライクリーじゃないんですよ。セントラルシナリオは結構近いんですけども、私は、この27%とか56%とかいうリニューアブルスのパーセンテージというのは、大変今の日本にとってはチャレンジングになっています。

ご指摘にありましたように、グリッドが非常に地域ごとにアイソレートされていて、インターコネクションが、実はなかなかどういう格好で整備していくかという議論が収束していないというのが1つ大きなボトルネックになると思っております。その辺は今、IEAとしてもヨーロッパの中のこれはコンチネンタルワイドでインターコネクションを相当整備するということに対して、相当ある意味ではIEAとしても強力にプッシュされているのか、あるいはその辺はEUの中で、閉じた議論でどんどん進んでいくのか。

我々は単にヨーロッパをうらやましいと思うだけじゃなくて、そのアナロジーで、日本の今の特殊なグリッドの形状からどういうふうにしてそれを脱却できるかというこのシナリオメイキングというのは非常に重要だと思っておりますので、それについては何かサジェスションをいただければ、あるいはヨーロッパの動きはどうなっていくかというようなことを言っていただくと大変ありがたいと思います。

○ピロル氏

中西さん、どうもありがとうございます。

ヨーロッパは全然日本と違うんです。私はずっとヨーロッパで過ごしてきたので、ヨーロッパの電力系には詳しいです。エネルギーの留意点とかよくわかっています。全然日本とは違うんですね、いろんな面で。

日本はまず島国であられると。ヨーロッパは大陸だと。ヨーロッパは、いろんなインターコネクションがあります。日本は、同じ国の中でもうまくいっていません。まだまだ完了していないと。ヨーロッパは、多くの国が強力にエネルギーリソースを考えている、リソースを持っているところがある。でも、日本は天然資源がほとんどないということで、ヨーロッパの隣国はいろいろ絡んでいる。だから、エネルギーセキュリティは第一義の重点ではない。でも、日本はその地政学的に考えても、エネルギー上、決して易しいところには位置なさっておられないので、いろんな留意点があるんですね。

ただ、アドバンテージも日本にはあります。日本はとてもイノベーション力を持っておられる国です、ほかの国に比べて。日本は、再エネについては、デンマークとかドイツの例が挙がってくるかもしれないけれども、ドイツはちゃんと隣国があるんですね。フランスとオーストリア、

頼りになりますということで融通してもらえるわけです、電力を。例えば何か塩が足りないなどいったら、とんとんと隣人の家に行って、塩をちょっと分けてくださいと言えるわけですね。でも、日本はそうはいかないと、海に囲まれているから。だから、ドイツはフランスに行って塩をお願いしますと言えるわけで、オーストリアに対してもそうです。水力発電はたくさんあるし、電力が足りなくなったら融通してくださいと言えばいいだけだということですね。ですから、日本の場合はやっぱり違った視点から、ユニークな視点から物事を考えるということだと思えます。

日本の現実には現実であり、島国だということです。これを踏まえるということで、次のことができるんじゃないでしょうか。

まず、考え方、発想を変えるということだと思えます、電力部門について考えるには。日本は我々から見ると、どの発電所をつくるのか、再エネなのか、原子力なのか、ガスなのか、石炭なのかということを考えるということだと思えるけれども、その電源構成を決めるよりも、まずグリッドのことを考えるということじゃないでしょうか。電力体系全体を考える。どうやって電気を一番正しい方法で最も経済性高く、需要が高いところに届けるのかということから考えることもできると思えます。

自動車のことを考えてください。最速の自動車がありますよね。最速自動車、フェラーリでしょうか、世界では。でも、フェラーリが渋滞混雑に巻き込まれたら、もう時速30キロぐらいしか走れないわけですよね、せっかくのフェラーリが。だから、電動化することですよね、電気自動車ということで。日本にとってこれが大事な発電源にもなるということですから、インターコネクションを充実化させる、グリッドをより拡張するといったようなこと、それを踏まえた上で再エネの利用も考えていくということだと思えます。

システム全体のレジリエンスを上げる、そして、伝統的なエネルギー源も使えるようにするということなんです。白黒で片づけられる問題でないことはよくわかります。日本の場合、いろいろニュアンスがあるからということで。石油価格が上がったときにも、日本は十分対策をとられたわけです。ですから、気候変動でもまたまた日本は必ず正しく対応できていると思っています。

#### ○小澤資源エネルギー政策統括調整官

ありがとうございました。

ほかは。

もしよろしければ、私、ちょっと1点だけ質問をさせていただいてよろしいでしょうか。すみません、ファシリテーターであるにもかかわらず。

4ページのところに2040年に向けて発電電力量、中国、インド、それからアジア、アフリカを中心にかなり電力量は伸びていくということが書いてございます。一方で、7ページにはい

ろいろな技術の可能性がオントラックのもの、トラックに乗っていないものがございますけれども、例えばこの中でトラックに乗っていないというもので、石炭火力が高効率の石炭火力とか、CCSと入っていますけれども、ちなみにこの2040年までの見込みで伸びていく電力量の中で、やはりこういった東南アジアとかアフリカのところは石炭火力がそれなりに伸びると、そういった見通しを立てているということでしょうか。

○ピロル氏

そうなんです。東南アジア、インドについては、石炭が今後もふえると思っています。いろいろ意味合いはあるということはそうなんですけれども。ですが、2つの重要な点があるんですが、まず第1点として、石炭火力発電をさらにふやすというのであったら、重要なことは、最も効率の高い石炭火力にするということです。現在は、石炭火力の40%で、東南アジアに設置されているのは臨界圧火なんです。ということは、これは非効率ということですから、だから一旦建てたら40年、50年使わなくちゃいけないから、それを踏まえてつくらなくちゃいけないということです。

それから、もう一つ重要なことはCCUSの話なんですけれども、これはとても重要な技術です。しかしながら、つい最近までなかなか伸びてこなかったんです。つい最近までは、どうして伸びてこなかったのか。2週間前、いいニュースが入ってきたと思うんですね。新しいアメリカの政権が新しい予算を組むに当たって、初めて新しい政権が寛大なCCUSに対してのタックスクレジットを認めたということなんです、プロジェクトに対して。これはとても重要です、税制優遇策ですから。まず1点として、これが弾みになるということなんです。CCUSが進むかもしれない。

そして、CCUSは気候変動対策用に使うということかもしれないけれども、一応推進すること自体はいいことなわけです。ヨーロッパはCCUSを推進しています。イギリスの政府もたくさん予算を割いている。ノルウェー、オランダ、ポーランド、また、IEAもいろいろ国際機関も含めてプッシュしたいというふうに思っています。

11月の会議に向けて、エクソンモービルのCEOですとか、BP、シェル、トタル社、アメリカのエネルギー長官、カナダのエネルギー長官も含めていろいろな人たちが集まって、CCUSを大いにプッシュしようということになっているわけです。坂根さんもCOPに何度も出席なさっておられましたけれども、次のCOPでもポーランドでことし開かれますけれども、大きな話題になるはずなんです。CCUSというのは。ですから、日本のマクロから考えてもCCUSは今後重要になると思います。もっとこの水素エネルギーを使いたいというのであったら、CCUSはもっと重要視されるのではないのでしょうか、日本でも。

○小澤資源エネルギー政策統括調整官

ありがとうございます。

それでは、山崎委員、お願いします。

○山崎委員

ビロル局長、どうもありがとうございます。

日本へのアドバイス、提言を最後にしてくださいましたけれども、それに関してもう少し教えてください。

ヨーロッパと日本は状況が違くと、連系系統があるかないかですとか、いろいろ状況は違うのですが、今後2040年にかけて電力の需要が下がってくるという点では共通するところがあるかと思います。先ほど枝廣委員からの発表にもありましたけれども、電力需要が恐らく下がってくる中で、しかし、エネルギーが変革において、例えばグリッドを強化しないといけないですとか、インフラを保つですとか、インフラ整備に必要なコストはやはりかかってくると思うんです。そのあたりのバランスをどのようにとるべきかという何かご提言があればお願いします。

あともう一つ、そうした意味ですと、イギリスあるいは東南アジアのインドネシアとか、島国とは日本がもしかしたら共通するところもあるかもしれません。島国という観点からの提言も、もしあればお願いいたします。

○ビロル氏

どうもありがとうございます。

まず、第一にこの電気の需要が下がるもしくは停滞するということについては、ほとんど全てのOECD諸国も含めてそうなるんですね、今後は。電気の消費も飽和するということです。経済産業レベルも飽和するとか、高齢化するからということなんですけれども、微減するといっても、消えるわけじゃないんですね。まだまだまとまった形でデマンドは残るということです。2050年1人当たりにしても、日本でも依然として1人当たりの電気消費ということが2050年は日本は高いほうなんです。ですから、減る、減るといってもこれは微減ですから、なくなるわけではないということでありまして。日本は、この1人当たりの消費ではまだまだ旺盛ということなんです。

これは別に原罪ではない、いいことなんです。電気があるおかげで快適な生活が送れるし、近代化できるということですし、教育にもいい、全てにいいということですから。ですから、重要なことは、バランスをとるということです、電源構成で。それから、送電も重要ということなんですけれども。もちろんインドネシア、イギリス、日本は島国、おっしゃるとおりです。でも、イギリスは石油ガス、リソースを持っているわけですね。たくさん石炭資源も持っている。あ

と、炭化水素資源も潤沢にあるんです。日本は、化石燃料ということになると余りないと。でも、まだまだ再エネ資源には恵まれておられますよね。これはいいニュースで、もっと活用できるということです。日本がリーダーとなって、今後とも地域の、また世界のリーダーとしてあり続けるためには、日本がたくさん電力を使っていくということじゃないでしょうか。そして、低カーボンのソースで、リーズナブルなコストで電力を確保して使い続けるということじゃないでしょうか。

パーセンテージの数字を挙げることはできないんですけれども、再エネをできるだけふやすということと、原子力エネルギーはキープすると。化石燃料で、特にガスは必ず電源構成の一つになるということです。これは比率の問題ですから、白黒でやるということではなんです。再エネはいい、でも、ほかは全然だめということではない。逆もしかりでもない。別にフットボールとかサッカーの試合ではないわけですから、その国情に応じてその国のベストミックスを考えるとということなんです。

具体的に申し上げますと、例えばエネルギー等でインターコネクションはないということかもしれませんけれども、私の提言、アドバイスがあるとすれば、日本政府に対してのことなんですけれども、ぜひグリッドのインターコネクションを正しくやってほしいということなんです。これは重要です。道路をせっかくつくるんだったら、使わなくちゃいけないということと同じです。日本では、再エネ資源がたくさんあります。でも、デマンドセンターにはないと、過疎地にあるわけですから。だから、その電力をつくって運べる送電線をグリッドとしてつくらなくちゃいけないということです。そして、相互接続もやるということです。次世紀の電力発電ということについては、より注力をグリッドにやると、フレキシビリティに充てると信頼性を上げる、そして、系統連携を強化するというということではないでしょうか。

以上です。

○小澤資源エネルギー政策統括調整官

ありがとうございました。

それでは、船橋委員、お願いします。

○船橋委員

ありがとうございます。

1つ伺いたいんですけれども、この2050年、30年も先なので、不確実だと。30年先じゃなくても不確実ですけれども、ですから、今回のこの我々がやっていることというのは、予測ではない。30年後の予測できないです。

そうすると、こうあってほしいと、あるいはCO2のようにあらねばならぬというところから

バックキャストでそれに至る筋道をどう描いたらいいだろうかと、こういうエクササイズをやっているわけですが、過渡期をどういうふうに乗り切っていくかということをもう少し手前のところで考えないと、2050年に行き着かないわけですよね、どんないろいろな手だてを考えたとしても。ここが実は2050年とか余りに長期のもの一つの死角になっていると思うんですね。

となると、やはり10年、20年とかいう過渡期の前段階、この辺のリスクは何だろうかというときに、中東があると思うんですね。中東は、イラクがあつて、シリアがあつて、それでイエメンがあるという形で、危機がどんどんエスカレートして、拡散して、連鎖していく中で、アメリカが中東でも徐々に「世界の警察官」から撤退していくだろう。既にシリアでそれが明確に出ている。イラクも液状化し、力の真空が生まれ、イランとサウジの勢力圏争いが激化していく。さらには、クルドの民族問題がその過程で噴出しつつある。シリアのクルド、イラクのクルド、イランのクルド、これらが全部連鎖しながらという新しい危機的状況に繋がりがねない。

そうなってくると、石油価格もそうですけれども、もっと例えばホルムズ海峡にしても、それから、バブ・エル・マンデブ海峡にしても、このシーレーンも含めた中東の地政学リスクは今まで以上に高まっていくと思うんですよね。そういう中東のリスク、これは石油、ガス、世界のエネルギーバランス、どういうふうに向こう10年ぐらい考えていらっしゃるのか、これが一つ。

もう一つは、北極海の地政学的なリスク。北極海の氷が溶けて、1年間を通じて航行できると、そういう時代が来つつありますけれども、その中でロシアが石油にしてもガスにしても、レアアースにしても“ゴールドラッシュ”を手にする可能性がある。でも、これは化石燃料だけでなく、レアアースもそうですよね。レアアースは、北極海と南シナ海に最も多くありますから、ロシアの自国資源に対する地政学的搾取行動を見ると、北極の資源闘争も危険なリスクになり得るのではないかと。これをどういうふうにごらんになっているかと、この2点を伺いたいと思います。

○ピロル氏

どうもいろいろご質問いただいて、ありがとうございます。もう全て重要な点ばかりでした。

まず、確実に未来を予測するなんてできませんよね。それはわかっています。ですから、この方向を通ったらどういう経路になるのかとか、ここの道を通ったらどういうふうに関後なるのかとか、そういうことを話しているんです。政府もそうだと思います。

CO2排出を削減する、2050年までに。その目標はとても重要です、全員にとって。運命共同体ですから、みんなでパリ協定の目標を達成したいです。ただ、どのように達成するのか、その間にある過渡期をちゃんと秩序立って克服していかなくちゃいけないですね。エネルギーセキュリティとか経済を損なわないように、過渡期を乗り越えないといけないということです。

そうじゃないとパリ協定は守れないということです。

ですから、各国一番ベストな方法を見つける、経路を見つけるということだと思います。そして、目標を達成するということです。相対的に比して、どの国がほかの国に何をやるべきかということの規定するわけです。例えば日本だけが目標を達成しても、X、Y国が達成しなかったら、結局、総合結果は日本にとってもよくないわけです。気候変動とか温暖化は続くわけですから、日本が幾ら目標を一人守ったところで、全体が守らなかったら温暖化は続くと。だから、皆と一緒に達成しないと意味がないということです。守ったところと守らなかったところが出てくるけれども、結果は同じということになるんですね、地球は1つなので。だから、これを十分にわからなくちゃいけない、これは第1点であるというふうに思います。ですから、みんながちゃんと目標を達成しなくちゃいけないということです。

各国それぞれもちろん、そうはいつでも、経路は自分で決めなくちゃいけないんです。日本政府、ありがたく思っています。こういったような情勢懇をつくっていただいて、日本としてベストウエイは何なのかいろいろ考えておられるわけですから、ここでも日本は本当に責任のあるお国柄だなというふうに思っています。行動に責任を持っておられると。

中東についてなんですけれども、最初に申し上げたように、アメリカはナンバーワンの石油産出国になるということなんです。ガスの生産についてもそうです。世界第1番です。でも、サウジ及び中東は、これからも主要な石油輸出地域として何年も残るんですね。アメリカは、たくさんもちろん石油は生産すると。でも、ほとんど国内で使うということです。あまり輸出国にはならないということなんです。だから、大きな輸出、有数の輸出地域は今でも中東だということなんです。だから、中東が安定するということが、我々全員にとって重要なことなんです。

過去において、中東は3つの方向で石油を売っていました。アメリカ、ヨーロッパ、そして、アジア向けです。ヨーロッパの経済が減速した、だから、デマンドも下がった。アメリカは、もう中東の石油を必要としていない。アジアは必要としていると。だから、島と島とのリンクがあるわけです。中東が安定することとアジアは直結しているということです。昔よりもずっとということですね。

というのは、もうアメリカはもはや中東から石油を輸入しなくて済むということですから、だから、その分、中東への意識が薄くなってきているのかもしれませんが、アメリカは。でも、アメリカだって中東の安定は必要としているんですね。グローバルな安定に直結しているわけですから。ですから、中東の安定というのは、アジアにとってももちろん重要。日本にとって、韓国、中国、インド等々にとってももちろん重要です、石油の供給源だから。だから、石油の安全保障が重要だからということです。

船橋さんがおっしゃっておられました中東の状況は難しい。イラク、シリア、リビア、いろんな国が錯綜して困難な状態になっていると。たくさんリスクもあると。石油安全保障上ということですよ。

気候変動、エネルギー安全保障というのは、これからも全員にとって、何年間にもわたって今後も主要な問題になります。中東の問題も絡んでいるけれども、おっしゃったとおりです。やっぱり中東で今日起こっていること、そして、あした中東で何が起こり得るのかというほうがもっと重要になっているんですね。

石油のこともお考えになってください。イエメンで何か起こったとしたら、地域にどういう影響が出るでしょうか。これは別に理論的な問題ではないんです。現実の問題ですから、石油の安全保障の問題は重要だ、現実の問題だ、だから真剣に受けとめています。

あと、北極海の問題なんですけれども、石油問題もしくはエネルギー源ということになると、たくさん資源が北極海に眠っているわけです。もうこれは実証済みの埋蔵量ということですよ。既存の技術をもって掘削はできるけれども、でも、すごく高価なんですよ。コストがかかり過ぎるわけです。

石油に関するマーケットで、今、だぶつき気味ということですよ、たくさんあると。もちろんまだまだ未利用の石油ガス埋蔵が残っているわけです。北極海であえて掘る必要はないということですよ。ほかにちゃんと埋蔵があるからということで、今のところは、北極の石油、全く必要ないとまでは言わないけれども、今はとりあえず必要ないと。未来は必要になるかもしれないけれどもということだと思います。

ロシアの話なんですけれども、またその他の産出国の話ですが、この立派な皆様方の前で申し上げるんですけれども、実はロシアのような国、いわゆるシングルプロダクトエコノミー、とても心配しています。つまり経済は石油とガス価格だけに100%依存しているような国ですよ。2つ理由があって懸念しています。

まず、シェールオイル、シェールガス、アメリカ、カナダ、オーストラリアからも大量に出てくる時代になりました。ということは、こういった国々、中東とかロシアも含めてなんですけれども、石油、ガスの輸出量が減ってしまうわけですよ。ほかの国が産出するようになったからということで、これが第1点。

それから、望むほど値上げもできないわけです。というのは、アメリカのシェールオイル、ガスが値を下げるからです。ということで、石油から上がってくる収入が予想以上に減っちゃうということなんです。経済、政治の安定を考えますと、石油、ガス収入が伸びてくれないとうまくいかないということですよ。でも、石油、ガス市場が変貌しているわけですよ、収入が減ってい

るといふことがあると。

それから、2番目に申し上げたいのは、再エネの話が出ています。デジタル化だ、新しい技術だ、水素だというふうにいるいろいろ新しいものが出てきています。ということは、これはすぐという話じゃないけれども、遠い将来、やっぱりオイルガスとかシェールオイル・ガスも食い潰してしまうかもしれないということですね、30年、40年後はということ。ということで、もう機は熟しているの、シングルエコノミーとしては、もっと経済基盤を広げなくちゃいけないと真剣に考えて、脆弱性をどんどん減らしていかなくちゃいけないんです。石油、ガス価格が下がって、税収、歳入が減ったときに備えるということです。シングルプロダクト依存ではやっていけないように、多様化を考えなくちゃいけないということです。そうでないと、短中期的、また長期的には必ず悪いサプライズになってしまうと。ロシアはまさにその渦中にあるわけです。

○小澤資源エネルギー政策統括調整官

ありがとうございました。

まだまだご質問あると思いますけれども、ちょうど本当にほどよい時間になりましたので、ピロル事務局長、本当に包括的なご説明と、丁寧にご質問に回答いただきまして、ありがとうございました。拍手を。(拍手)

では、全体を通して、長官からございますか。

○日下部資源エネルギー庁長官

きょうもありがとうございます。3時間の長いセッションで申しわけございませんでした。

改めて、きょうゲストでお越しいただいたニュースケールのホブキンズCEO、それから、レイエスCTO、それから、スタンフォード大学のマジュマダール教授、それから、IEAのファティ・ピロル事務局長、本当にありがとうございました。刺激的な議論に感謝をいたします。

ちょっと事務局のほうでこれから議論を整理していきます。中身の話と進め方の話についてのご提案なんですけれども、中身については、きょうずっとお話を私聞いていて、やはり最初に実は10の変化という議論を事務局のほうから用意をさせていただきました。

最初に恐らく委員の皆様との間で、今、エネルギーをめぐる情勢変化についてどういう本質的な議論が起こっているのかと、議論についてまず共通認識をかためなきゃいけないと思います。これに絡んだ、今までの議論のデータも含めた提供をさせていただきたいというふうに思っております。

それから、2点目で、先ほど事務局のほうからは、不確実性、それから、不完全性というふうに申し上げましたけれども、恐らくきょうの議論をずっと聞いていると、可能性というキーワードと、不確実性というキーワードと、複雑性というキーワードあたりが結構今回のシナリオメイ

キングでは大事になってくるかと思えます。特に複雑性のところについて言うと、恐らく電力システムの選択と、熱だとかガスのシステムの選択と、自動車のシステムの選択は相互にリンクをしています。

それから、政策の選択が経営の選択とリンクをし、かつきょうはかなりグリッドの話が出ましたけれども、ガスのネットワーク、グリッドという電力のネットワーク、それから車についても実は強固なインフラができ上がっていますので、そうすると、政策の選択と経営の選択とインフラの選択が相互に絡み合う複雑性もあるかと思えます。

したがって、こうした可能性がある一方で不確実性があり、かなり複雑な状況の中でのシナリオメイキング、枝廣委員からちょっとご提案ありましたけれども、シナリオメイキング、基本設計をどうするのかという議論は一度、皆さんと共有をしていきたいというふうに思えます。

3点目にきょうも大分議論が出ましたが、世界共通の課題と同時に、エネルギーの選択は、ある種各国の固有性もあると思えます。日本の置かれた有利、不利な点を共有した上で、現状の例えばテクノロジーの状況あるいは世界の情勢変化を見た上で、さまざまな選択肢についての現状評価を共有した上で、具体的な方向づけについてのコンセンサスを得ていきたいと思えます。

最後なんですけれども、やはりシナリオを書いただけでは恐らく提言にはならないと思えます。シナリオをどう実行していくのかという議論になります。そうしたシナリオ実行のための方策について大きな論点として整理をし、皆様の共有、理解を進めていきたいと思えますが、私の感じは、先ほどの可能性があると同時に不確実であるという状況の中で、全般で言うと、投資は必要なんですけれども、投資がやりにくいというのが、大きく言うと、そういう議論がかなり出てきているんだと思えます。

ある種、リスクを覚悟で投資をしないと、産業の仕組みもエネルギーのインフラの仕組みも変わらないんですけれども、では、その投資を実行するリスク負担は誰が行えばいいのかと。行う市場環境は、エネルギーというのは規制環境でもともと行われていた、非常に安定的な市場環境の中であったエネルギーではなくて、かなり変動する中で、こうした巨額な投資をリスクを負って行うメカニズムは何かと、こうした点についてもコンセンサスが必要なんだと思えます。

したがって、これから、サブスタンスの面では、きょう枝廣委員からも一つのご提案をいただきましたけれども、事務局のほうでも、今申し上げたような情勢変化、それから、シナリオメイキングの基本設計、それを踏まえた日本としての方向性、それを実現するための方策、こうしたところのレイヤーを分けてご議論させていただければと思います。

それから、進め方の点なんですけれども、情勢懇談会はオープンな形でやらせていただいております。これからも、事実、分析に基づいて、出所を明らかにしながら、皆様に事務局のほうで

議論のベースになる参考資料はオープンに出していきたいと思います。

一方で、各委員、今ちょっと私ども個別に回らせていただいておりますけれども、かなりシナリオメイクの議論をやろうと思えば、各委員との個別のディスカッションは当然のことながら、いわゆる忌憚なく議論するために、委員だけで集中的に討議をしたらどうかというご提案もいただいております。

最終的なこの情勢懇自身はオープンな場でやりますけれども、それに先駆けて委員同士の、要するに同士だけで相当突っ込んだ議論をさせていただくような場も設けさせていただければありがたいとは思っておりますし、この点については、世耕大臣とも相談をした上で、そうした進め方がよいということになっておりますので、ぜひこのオープンな場のみならず、委員の皆様方の知見を集めていく、そのプロセスについてもご協力いただければありがたいと思っております。

スケジュール感、一応2月が終わりまして、3月に入りますので、3月は論点を取りまとめ、大きな方向性を出すためのセッションのほうに移りたいと思いますので、いましばらくおつき合いをいただければありがたいと思います。

以上でございます。

○小澤資源エネルギー政策統括調整官

ありがとうございました。

それでは、本日の会議で一通りのヒアリングが終わりましたので、これから議論の取りまとめに向けて、今、日下部長官が言われたような、いわば柔軟なやり方を含めて、しっかりと委員の皆様方の意見を聞いていきたいと思っております。その上で取りまとめの作業に入っていきたいと思っておりますので、引き続きよろしく願いいたします。

それでは、これで本日の情勢懇は閉会といたします。本当にありがとうございました。