

エネルギー情勢懇談会（第3回）

日時 平成29年11月13日（月）9：30～12：09

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3回エネルギー情勢懇談会を開催いたします。

本日は朝早くから委員の皆様、それから有識者の皆様におかれましては、お集まりいただきましてまことにありがとうございます。

まず最初に、世耕経済産業大臣でございますが、本日は海外出張のためこの会合には出席ができません。大臣も、くれぐれも皆様によろしくというようにおっしゃっておられました。

本日の会合の内容につきましては、我々のほうからしっかりと世耕大臣にもお伝えをいたします。

それから、本日は飯島委員、それから白石委員はご欠席でございます。それから、五神委員が五、六分ほどちょっと遅れるということでございますが、もう間もなく到着されるということかと思えます。

本日は、地球温暖化対策を中心にご議論をいただきたいというように思います。

前回と同様に、今回も海外から有識者の方にご参加いただいております。ご意見をいただきながら議論を深め、進めていきたいというように思います。

最初に、有識者の方をご紹介します。

まず、マイケル・シェレンバーガー氏でございます。

シェレンバーガー氏は、米国のエネルギー環境団体エンバイロメンタル・プログレスの代表でございます。

同氏は、地球温暖化対策の観点から原発の活用を問うた「パンドラの約束」という映画にご出演され、非常に話題にもなりました方でございます。

それから、続きまして、ジム・スキー教授でございます。

英国インペリアル・カレッジ・ロンドンの教授でございまして、イギリス政府に対して、2050年までの長期地球温暖化対策の枠組みを提言する気候変動委員会の委員を務められております。

また、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）でございますけれども、その議長も務められていらっしゃる方でございます。

なお、実は今日、ドイツからテレビ参加ということでございましたが、環境経済学者のクラウディア・ケンフェルト教授にご参加をいただく予定でございましたが、体調不良ということで急に参加ができなくなりました。非常に残念でございますけれども、今回は資料のほうの提出がございますので、事務方のほうから説明をさせていただければというように思います。その上で、また改めて機会があれば、委員の皆様のご了解をいただきながら、ぜひ改めて参加の機会を探していきたいというように思います。

さて、本日の会合をより充実したものとするために、事前に有識者の皆様には、委員の皆様からご意見をいただいた上で質問事項というものを投げさせていただきました。

資料4というものをごらんください。質問事項、温暖化対策ということでございまして、大きくポイント4つございます。

まず、国際的な温暖化対策の長期方針につきまして、米国のパリ協定離脱、これが世界的な温室効果ガスの排出削減に与える影響、これをどういうふう考えるか。

長期的に温室効果ガスを減らしていくためには、今後どのような取り組みが特に重要と考えるか、こういった視点でございます。

それから、再生可能エネルギーにつきましては、再生可能エネルギーを主力電源の一つということを目指していった場合に、政策支援をさまざま行っているわけでございますけれども、さらにその政策支援から自立して、本格的な導入を進めるためにはどのような取り組みが必要であるか。あるいはそれに伴いまして、調整火力の確保、送電線の再構築、蓄電池の整備といった課題についてどのように対処していくべきかという質問を投げさせていただいております。

原子力につきましては、低炭素化に向けた流れの中で、原子力の意味、役割をどう考えるか。また信頼の回復に向けて、どのようなコミュニケーションが望ましいと考えるか、こういったご質問を投げかけております。

電化と技術の可能性につきましては、電化についてさまざま英、仏や中国において、政策対応の方針が示されておりますけれども、EVの将来見込みをどのように評価しているか。さらに、それ以外の分野についての省エネ・低炭素化をどう考えるか。

技術につきましては、長期的な低炭素化には、技術開発・イノベーションが鍵となりますけれども、どのような技術に着目しているか、こういったご質問を投げさせていただいております。

それから資料5として、議論の参考の一助とするために、事務局のほうから資料を用意してございます。本当にポイントをかいつまんでご紹介いたします。

目次というものがございますけれども、資料5をごらんください。

まずは、2030年のCO2排出量の世界的な規模感とターゲット、それから2050年に向

けた主要国の戦略、ゼロエミッション比率の現状、再生可能エネルギー、原子力、省エネの現状と課題、それからEVの政策対応の比較でございます。お手元、大丈夫でございますでしょうか。

ちょっとポイントだけご説明させていただきます。

2ページをごらんください。

2ページは、2030年の低炭素化のターゲットということでございますが、まず表としては、現在のCO2排出量の規模感を示してございます。世界とアジアと日本をセクター別に示してございます。

世界は大体、今CO2の排出量は312億トン、アジアが136億トン、日本は11億トン強ということでございます。

セクター別には、電力、運輸、産業、こういったところが多いわけございまして、どこに削減のポテンシャルがあるかというものを示してございます。

それから、3ページをごらんください。

3ページは、2050年に向けた主要国の長期戦略の概要でございます。米国、カナダ、フランス、イギリス、ドイツを示しております。

削減目標につきましては、大体75から95の間で80%以上というものが多うございます。

なお、これらにつきましては、例えば野心的なビジョンを示したものであるとか、方向性を提示したものであるとか、あり得る経路であるとか、いわば、計画のような精緻なものではございませんけれども、方向性を示しているということでございます。

主な戦略スタンスとしてゼロエミッション化、省エネ・電化、海外貢献というものをそれぞれ示してございますが、方向性を示しながら柔軟性も確保しているというような内容になってございます。

こうした主要国がこれらの具体化に向けてどう取り組んでいくかを見極め、そして、日本としてどういう道行きで進めていくかが課題になろうかというふうに思います。

それから、少し飛ばしていただきまして10ページをごらんください。

10ページは、ゼロエミッション比率の現状でございます。これは日米欧の比較をしてございます。

日米欧とも、ゼロエミッション電源につきましては今後高めていく方向でございますけれども、例えば日本は現状2015年、ゼロエミッション電源比率は16%でございます。その隣、米国は33%、それからEUがございまして、EU平均は56%と高いレベルになってございます。

日本と米国の差というのは、これは再エネにつきましては大体同じレベル、15、13%でございますけれども、原子力の割合、一番下でございますけれども、これが日本と米国の差にな

ってございます。

それから、EUにつきましては56%と高いレベルになってございますが、これは再エネがそのうちの29%、それから一番下の原子力、これが27%程度ということでございます。再エネと原子力が同じぐらいの割合になっているというのが現状でございます。

ちなみに、ドイツにつきましては44%、そのうち再エネが29%という高いレベルまで来ておりまして、原子力、一番下が14%程度という状況でございます。

それから、14ページをごらんください。

14ページは、これはEUの主要国と日本の電源におけるCO₂の排出係数と発電構成というもの表記したものでございます。

2015年ベースでございますが、右から3番目にEU平均というものがございまして、その下に1キロワットアワー当たり311グラムのCO₂を排出している現状というものを示してございます。

ちなみに日本は540グラムの排出となっております、これは一番下にございまして、84%も化石燃料を現状使っていることが影響してございます。

ドイツは、EUと日本の間でございますけれども、450グラムということで、再エネの割合も高いわけでございますけれども、火力で、石炭の割合がまだ高いということで、このぐらいのCO₂の排出係数になってございます。

ちなみにスウェーデン、フランスは、スウェーデンは水力を中心として、フランスは原子力を中心として、安定的なゼロエミッション電源が高いという状況でございます。したがって、火力は低いということになってございます。

真ん中に変動再エネが比較的大きいデンマーク、スペインあるいはドイツが並んでございますが、これは最近拡大をしてございまして、こういった規模感にきてございまして、調整力も含めた火力もその下にございまして、相応の規模感を持っているということでございます。

それから、19ページをごらんください。

19ページは、欧州と日本の国土面積当たりの発電量の比較でございます。国土面積当たりのぐらいの発電になっているかということ、少し分析をしたものでございます。

真ん中に電力需要密度ということを書いてありますが、これは国土面積当たりの総発電量がどうなっているか、1平方キロメートル当たりの発電量でございますが、これは欧州の主要国に比べますと、日本はかなり高いレベル、270万キロワットアワーということになってございます。ドイツが180、スペイン、イタリアは2桁台というものでございます。

したがって、電源構成における太陽光、風力、水力の割合というのは、日本は比較的數字

が小さくなってございます。3%、1%、9%ということでございます。

ただ一方で、この国土面積当たりのこれらの発電量、太陽光、風力、水力の発電量を見ますと、これは一番左でございますけれども、太陽光が9万キロ、水力が23万キロ、風力がまだ小さくて1万キロワットアワーあたりでございます。

太陽光は、ドイツ、イタリアと比べましても遜色がないレベルでございますし、水力は、欧州の主要国に比べてもかなり高いレベルにあるということをお示ししているものでございます。

それから、一番最後でございます。24ページでございます。

これは、電気自動車の推進のための政策対応の強度の比較というものをしたものでございます。

日本につきましては、2030年までにEV、PHVの新車販売を20から30%程度を目指す。これは、こういう目標を経済産業省として立てているものでございます。

一方、英国、フランスでは2040年までにガソリン・ディーゼル車の販売終了という方針を示している状況でございますし、中国も2019年からはEV、FCV、PHVの生産の一部を義務化するという方針を示してございます。

なお、ドイツはそういった明確な方針は今のところは出してございません。

米国につきましても、カリフォルニア州は規制はございますが、国全体としてはそういった方針はまだ示していないという状況でございます。

以上でございます。

それでは、これから有識者の方にプレゼンテーションをお願いしたいと思います。

まず最初に、マイケル・シェレンバーガー氏、お願いしたいと思います。

○マイケル・シェレンバーガー氏

ありがとうございます。大変光栄です。これは大変素晴らしい機会だと私は捉えております。私にとっても素晴らしい機会でありまして、また光栄に存じております。

また、非常に尊敬をする2人の同僚、船橋さん、福島の仕事が非常に大きな恩恵をもたらしてくださっていると思います。

それからカイル・クリーブランド、テンプル大学で社会学者でいらっしゃいますけれども、倫理的な面で福島事故について重要な仕事をされていまして、私のこれからの話の中でも言及をいたします。

単刀直入な主張を3つの部分に分けて行っていききたいと思います。

このいただいた質問に、順序は違いますけれども、お答えしていきたいと思います。

気候変動に対応するためには、原子力にかわる代替策はありません。

特に私が主張したいのは、もし全ての人々を貧困から脱却をさせる、そして気候変動の最悪の

事態を緩和する、原子力の平和を達成、ニュークリアピースを達成するためには、21世紀に原子力発電を拡大していかなければなりません。それ以外の代替策はありません。ジオエンジニアリング、それからCCSなど、あるいは再生可能エネルギーなどの代替策ではできません。

それ以外に、プレゼンテーションの中でお話をしていく内容がありますけれども、そして、優先順位として、経産省で重要と考えておられることについて、これから触れながらお話を進めていきたいと思います。

まず、私、個人的な経験としまして、再生エネルギーを主張する活動家となっておりますけれども、それは技術的な理解に基づいているというよりも、世界観に基づいたものです。特にあるアイデア、これはすばらしいと思ったアイデアなんです、人類と自然環境を再生可能エネルギーの流れによって、そしてその技術によって調和させていく。特に屋根の上の太陽光発電、それからEVという考え方です。

少なくともアメリカで気候変動について心配をしている、それから自然環境について心配をしている人々にとっては、これは世界の捉え方としてとても説得力がある考え方です。

なぜソーラーパネルとかEVというのが、それだけでは十分ではないのかわからないと言う人が多く、私も2003年ごろはそのように考えていました。オバマ大統領の政治チームに対してロビー活動を行って、再生可能エネルギーに多額の投資を行うようにロビー活動をしていました。

2008年、オバマ大統領が当選し、金融危機が起こり、そして900億ドルほどを景気刺激策として投入をし、さまざまなクリーンエネルギー技術、クリーン電気自動車などに投資されましたけれども、10年間で大体1,500億ドル、アメリカは投資をしています。これは公的な資金でありまして、民間資金は含んでいません。

公的資金に続いて民間資金も当然投じられているわけですが、2005年ごろに意見を変えました。スチュアート・ブランドという友人、「パンドラの約束」に彼も出ていますけれども、有名なエッセイを書きました。「もっと原子力発電が必要だ、気候変動対策として」と。これは、我々多くの者にとってショッキングでした。中道左派であって気候変動について懸念をしている我々にとっては、再生可能エネルギーこそが気候変動対策だと考えていたからです。

そして、スチュアートが最初に指摘したのは、原子力発電というのは炭素排出がとても少ないということです。IPCCによりますと、原子力は4分の1、ソーラーよりも4分の1の炭素排出量です。

また、スチュアートはこのようにも指摘しています。原子力発電というのは、クリーンエネルギーの一大ソースである。そして、40年間にわたって努力がなされており、それでも風力、それから太陽光というのは、電力として発電している量はわずかであることを指摘していま

す。

次に、原子力についてこのように考え始めたころに福島の事故が起きました。私の信念を試す事件となりました。

しかしながら、事故の1カ月ほど経った後から、放射線科学者などの話を聞いたところ明らかになってきたのは、有害なレベルの放射線の暴露というのは、福島事故からはないということがわかってきました。

イギリスのコラムニストで、ジョージ・モンビアードという人がコラムを書いています。これは福島の1カ月後に書いていますが、反原発運動、これはかつて私もそうだったわけですが、人間の健康に対する放射線の影響に対して誤解をしていると書いています。これは大変まれなコラムでした。

ジェラルディン・トーマス博士、インペリアル・カレッジの教授、スキー教授と同じインペリアル・カレッジの教授ですが、彼女はチェルノブイリの研究、それから福島での研究で知っていて、大きな健康への影響がないということを知っていました。

私の同僚たち、それから私はプレッシャーを感じて、これは懸念のために発言しなければいけないと以前は感じていました。福島事故によって原子力発電所、これを拡大しなければいけないのに、少なくなってしまうことに対して発言をしなければならぬと感じました。

どういった考え方を当時していたかということの背景をお知らせするために、こちらをごらんください。

よりダーティーな発電源がふえています。石炭などの火力発電が、原子力発電の停止後、ふえています。そして、クリーンエネルギー、30%ぐらいあったところから、大変それよりかなり低い比率まで落ち込んでいます。もちろん経済にも大きなインパクトが日本で強く感じられている、貿易収支も黒字から赤字になっています。

また、ごらんのように、こういった数字、少しお手元の資料と違うかもしれませんが、基本的にこれでお示しておりますのは、不確実性がとても高まっているということです、日本のエネルギーの将来の見通しについて。これは、どのくらいの原子力、再稼働が可能かということがわかっていないからです。

ニューヨーク・タイムズに公表されました分析を行いました。これは、ある意味、自然な実験と言えると思いますけれども、2つの時期を比べています。ローカーボンに対する投資の2つの時期を比べています。

まず、1962年から2016年までの原子力に対する投資です。

公的セクター、民間セクター、ともに大体2兆ドル近くの投資を原子力に行った、これは56

年間にわたってです。そして、その後、ほぼ10年ぐらいで同じくらいの金額を風力、太陽光を合わせて投資をしているということです。これは、比較に値することではないかと思います。炭素原単位にどのような影響があったのかを考える上でもです。

また、ニューヨーク・タイムズは先週、私の団体が分析をしたということを報道していきまして、エネルギーの排出原単位68カ国について1965年以降分析をしてきたけれども、太陽光、風力の増加とカーボンインテンシティとの相関関係は見つけられなかったという分析結果になったということを報道しています。フラットであったということです。

これはとてもシンプルなモデルです。単にデータにすぎませんけれども、相関関係を示しています。水力、それから原子力、そしてカーボンインテンシティの相関関係を示しています。

こちら、相関が見られていますが、太陽光と風力では相関関係が見られていません。なぜなのかと思われるかもしれません。これは太陽光、それから風力だけでは十分な電力を発電することができていない、そして脱炭素化を進めていくことができるだけの十分な発電量になっていないということなのです。

十分に増やしていないのかもしれないと思われるかもしれませんが、先ほど多額の投資が行われているということをお示しいたしました。それにもかかわらず発電量、それからカーボンインテンシティの低減といった意味でも、水力、原子力で見られたようなものが太陽光、風力では見られていません。

また、こちらでも参考になる情報が示されていると思いますが、こちらは10年間をとっていきまして、この4つの技術が最も多く展開された時期10年間を選んでいきます。

赤とオレンジ、太陽光と風力、これは発電量が水力、原子力に比べてはるかに少ないということがわかります。3分の1あるいは10分の1ぐらいしかないということがわかります。

次に、ドイツについてももう少し詳しく見てみたいと思います。

ドイツは、再エネの世界的なリーダーです。しかるべき理由はありますけれども、そのように言われていきまして、2200億ドルを2000年以降投資している。これは、アメリカよりも小さな経済であるにもかかわらず、再生可能エネルギーにこれだけ投資をしています。

ドイツの電力料金は、しかし、過去10年間で50%も上昇しています。そして、石炭の比率はまだ高い40%にとどまっています。原子力が13%となっています。

また、ドイツの電気料金はフランスの2倍となっています。

公に言われていること、これはIPCCも含めてですけれども、電力料金が低いということ、これは脱炭素化で仕方がないとされています。

そして、このチャートから見ますと、ドイツの経済では、フランス経済よりもカーボンインテ

ンシティが低いのではないかと思いますけれども、実はフランスのほうが2倍クリーンエネルギーが多いという状況なのです、ドイツに比べると。ですから、多額の投資を再生可能エネルギーに対して国全体で行ってきたにもかかわらず、それほど電力セクターでドイツは変わっていないということです。

ドイツの排出量は2009年からふえています。そして、ドイツの主流のシンクタンクが2日前に発表しまして、この分析結果によりますと、排出量が今年も上昇するというのです。

恐らくこう予想できると思いますが、2018年、来年も上昇するのではないのでしょうか、原子力フェーズアウトを提案していますので。

私はジェームス・ハンセンという気候学者とボンにおりまして、ドイツが石炭の使用を削減しなければならないという議論をしていました。また、村を移住させる、そして石炭、炭鉱を採掘することができるようにするというのを議論していた。誰も議論しようとしなかった、触れようとしなかった重要な問題、これは原子力フェーズアウトのためであるということ、そういう状況で議論して、とても居心地の悪い思いをしました。

昨年、太陽光発電、ソーラーパネルを増強しましたがけれども、発電量は3%減少しています。エネルギーの専門家がよく、これはなぜなのかと聞くのですけれども、誰も答えを知らないのですが、これは太陽の照る量が少なかったからです、日照量が少なかったからです。

再生エネルギーを主張する人々は、それはいいのだと。日照量が少ないときには風量が多いので、風力発電がふえるはずだと言うのですけれども、ドイツは風力発電設備容量11%増強、しかし、発電量は2%減少となっています。これも風量が少なかったためです。

では、経済にどういう影響があるのか。

こちらは、ドイツのアナリスト、リオン・ハーツという人が行った分析です。彼は、反原発で知られている研究者です。

風力発電の市場価値は40%下落した。そして、太陽光は50%価値が低下した。そして、発電量が15%であるにもかかわらず、風力については30%であるにもかかわらず、これは十分な発電ができていない、それから発電するときにはたくさん発電され過ぎてしまうということです。

カリフォルニアの場合には、カリフォルニアはバッテリーテクノロジーのリーダーとされていますけれども、バッテリーのストレージ、それから電力会社のストレージ、どのくらいあるのか、これは全部集めても23分間にしかありません。しかし、これは全てありとあらゆる車、トラックなどのバッテリーを使ったとしても、したがって余り現実性がありません、実際運転すれば使えないわけですから。

そして、こうやって玉ねぎの皮をむくように真相に迫っていかうとしますと、幾つかメカニズムとして、なぜ再生エネルギーはこれほど発電量がコストの割に少ないのかということがわかってくると思います。

まず、小澤さんの先ほどのお話にもありましたように、大変感銘を受ける統計が示されましたけれども、土地の密度、日本の密度は高いということでありましたが、原子力に比べて再生可能エネルギーは1.7倍から3.5倍の土地を必要とします。

また、材料について、これは多くの人が意外だと考える、ソーラーを主張する人たちは、ソーラーは人類にとって環境インパクトを低減してくれると思うのですが、しかしながら、さまざまな材料を鉱山で採掘をすることがソーラーのために必要となります。鉄鋼やコンクリート、ガラス、セメントなどなどです。

そして、ここでわかってくるのは、エネルギーデンシティーが低い燃料であるためにいろいろなものを採用していかなければいけない。したがって、広く、薄く、いろいろなところから集めてくる。それから、土地も広く必要となるということがわかってきます。

ソーラーパネルの効率を高めることができるでしょう。しかしながら、ソーラーあるいは日照のエネルギーをもっと密度を高くすることはできない、信頼性を高めることはできません。

こちらが最も興味深い比較だと思えますけれども、これは材料として必要とされるもの、エネルギー源ごとに見ています。それから、エネルギー投資効率の違いを見えています。

このような形でエネルギー投資効率、エネルギーEROEIを見えています。これは分析で混乱が生じることを避けています。経済学的な疑問が生じないようにエネルギー投資効率を見えています。

ソーラーパネルは安くなったではないかと言う人がありますがけれども、しかしながら、エネルギー投資効率は変わっているのか、そのためなのか、それとも中国が大量生産でパネルを生産してコストを下げることができて、あるいは補助金でダンピングをしているからなのかということがわからなくなってしまうので、このように見えています。

そして、材料が非常に大量に再生エネルギーの場合には必要とされているということがわかります。

そして、エネルギー投資効率が低い、水力は例外ですが。水力は、電力セクターで1回ゲインすることはできるけれども、その後拡大していくのが難しいものです。

これが結論として、ソーラーパネルとしては、300倍以上の廃棄物を1単位当たり原子炉と比べると出しているということがわかります。これは非常に理論的な結論であるということが言えます、材料のスループットから見ますと。

単純な分析ですが、単純にどれぐらいソーラーパネルが25年もしくは35年の寿命の後にあるのかということです。

このパネルはどこかで廃棄されなくてはならない。今、ヨーロッパだけ、廃棄にかかわる安全な廃棄に関する規制を持っています。ほかの国においては、廃棄物に関しては、恐らくどこか世界の中で毒素にさらされるような鉛や、またクロミウムなどにさらされるようなコミュニティーがあるのかもしれませんが。

また、放射線に関しても、何百年、何千年とつながります。そして、クロミウムについてもずっとそのまま残るといことになります、元素に関して。また、こういったパネルに関しても、格納を安全にするといったような方法はありません。

では、代替というのは原子力に関してあるのでしょうか。3つの代替について触れたいと思います。これは、真剣な考えということで挙げるがあると思います。

1つ目がCCSです。

CCSについては、常に化石燃料と比べるとコストが高くなります。これは付加されるということになりますので、もし何か新しい炭素に対する需要があるということにならないと確立されているのであれば、これはより高くつくということになります。

そこについては、非常に多くのタイプインもかかわりますし、またエネルギーに関するペナルティーも、ガス、また石炭の燃焼にかかわって出てきます。

ベトナムなどについては、石炭ではなく、どちらかといいますと、エネルギーの需要の懸念がコストに関してあります。ベトナムのような国においては、CCSを原子力の代替ということでは行っていないです。

また、これは友人の間でも議論がなされていましたが、そのほかにも国際連系線などが日本からロシアに対して接続されるのではないかと。ヨーロッパでも議論があります。また、北アフリカからヨーロッパといったような話もありますが、これはエネルギーセキュリティの問題として提供します。

なぜかといったような理由があります。エネルギーがなぜ国のレベルで発電されているのかということについて、理由があります。

例外があります。こういった中ではずれしというのはデンマークです。風力発電がなされていて、それが地域的なグリッドとしての役割を果たしています。

ドイツも、過剰生産の部分については、必要でないときにはダンピングといったようなことがあって、大きな問題となってきました。

そういった意味では、これは電気に関して、単純に燃料だけではなくて、これについてはほと

んどの国の安全保障にかかわる人たちが、危険でリスクが高いというふうに言って、拒否をしているものです。

ジオエンジニアリングに関しては、私の近い友人も、これは実際には必ずしも地球を冷却することにはならないということを言っております。短期的な解決策であり、そしてリスクとして、大きな新たな問題を生むということを言っています。

ジオエンジニアリングというのは、なかなか想像するのが難しい、また民主的に考えるということも非常に難しい、恐らく最も脆弱なアフリカのようなところが、既に最も貧困、また農業に関する安全保障などから苦しんでいるのと同様になるということです。

こういった数字については、皆さんもよくご存じかと思しますので、余り時間は割きません。しかし、事実を見ますと、チェルノブイリ、福島に関して見せると、非常に驚かれます。ほとんどの人は、200人以下の人しかチェルノブイリでは亡くなっていないということ、これについては驚かれています。

これは、国連から出ているものです。トーマスカレッジのジョレンから借りたものですが、同様です。

同じように、福島に関しても、これは福島に関しての報告が出ておりますが、ほとんどの死亡はパニックや避難によるもの。そして、それからによるものであるということです。避難した人たちは、特にベントに関するものです。

また、ほかのところに関しても、追加的な放射線のリスクとして、チェルノブイリを見ていただきますと、非常に驚くような数字が出ています。大都市にいる人たちのほうが死亡率が高いということがわかります。

また、消防士の人たちで、チェルノブイリの対応に当たっていた人たち、どれぐらいの被爆の影響があるのかということとはわかっていない。もう1世紀もずっと行って、余りにも多くのデータがあります。

そして、これについては、被爆に関してですが、チェルノブイリのコーホートを見ましても、事故処理作業員のところを見ても、0.4%となっています。実際には、毎年大気汚染で、化石燃料やまたバイオマスを燃焼することによって、700万人の方が亡くなっています。

また、こういった結果を見ますと、原子力が最も信頼性があり、電気を生み出す安全な手段であるということがわかっています。

英国のランセットを見ましても、ジム・ハンソンがこの試験を行って、原子力発電は約200万人の命を、化石燃料の代替として救ってきたということを言っています。これは、気候変動に対する影響ですとか、また将来に関するものです。

ドイツだけを単独で見ても、これは放射線に関する恐怖を見ても、ヨーロッパにおける石炭公害によりまして、これはWWFに基づきますと、約2490人の人たちが早期に死亡しているということが出ています。

こちらが、原子力の廃棄です。テレビなどを見ていますと、特にシンプソンズなどを見ていますが、今、理解をしますと、これは滑稽であるということがわかります。

そして、何について恐れているのかといいますと、これがスピルするのではないかとということをおそれています。これは、単純に人々が知らないということだけではなく、誤った事実を心の中に持っているということなのです。

今どういう状況であるのかといいますと、明らかに福島は国際的な影響を及ぼしています。私は、原子力に関してのアドボケートとして、なかなか難しくなっています。全てに影響を及ぼしています。

ソーシャルメディアでも実際の生活においても、私が原子力を支持しているというふうに言いますと、この福島を見ますと、原子力は受け入れられないということになっています。そういった意味では、非常に大きなチャレンジで、日本だけではなく、世界的に影響を及ぼしています。

2つ、特に懸念として考えられるものが、まず1つが除染と、もう一つがトリチウム水の貯留です。

除染は非常に大きな成功をおさめているというふうに見られていますが、ディスカバリーのドキュメンタリーでインタビューがあったのですが、しかし、ここでの科学については明確です。人に対する影響を与えるというものに関しては非常に低いということがわかっています。

また、コロラドなどでの放射線量のほうが、福島の最も影響の高い地域よりも高いということがわかっています。2倍です。

そこで、環境問題について言っていたのは、日本は物事が非常にクリーンなことを望む。そして、この懸念について示したいのだということをおっしゃっていました。

そのような考え方ですか日本の文化というのは非常にいいと思いますが、しかしながら、この除染をするということによって、この放射線というのが非常に超強力な毒素であるというような考え方が植えつけられています。

また、福島以降ですけれども、世界的に見ますと、恐らく今から2030年までに建設中、計画中の容量が2倍以上閉鎖する可能性があります。ほとんどロシアの影響が高いと思います。

ロシアの原子力について、私が話す人たちは非常に懸念もしています。この原子力のコントロールについても、ファイナンスについても、また天然ガスなどについても、ウクライナですとか、ここについても、エネルギーとしてはツールとして見ている、国際的な政

策に関するツールとして見ています。

また、経済的なレベルに関しても、非常に大きな輸出市場を日本、フランス、アメリカのようなところから奪っています。非常に優れた原子炉を世界的に輸出しているのにもかかわらずです。

特に日本の設計は非常に優れていると思います。日立のABWRですとかに関してもそうです。必ずしも、どこからも資金を得ているわけではありませんし、広告をしているわけでもありません。

時々、日本はご存じのとおり、必ずしも、私が前向きに発言しているわけではありません。

BWRは非常に評判が悪いです。福島のせいです。しかしながら、PRについては唯一先端的なもので、オンタイムで、また予算どおりということです。

ヨーロッパについては、これは非建設的であるというふうに言っています。

ウェスティングハウスのAP1000については、皆様がよくご存じのとおりです。また、これは東芝にとっても大きな損失となっています。しかし、これが終わりであるというふうには思っていないです。まだすべきことがあると思っています。

そこで、少し今後ということでアイデアをお伝えしたいと思います。

福島の課題に対してどのように対応するのかということです。

日本の政府、また社会の対応に関しては非常にすばらしかったと思っています。

2つのすばらしい報告書が出ています。1つが、船橋さんによってなされたものです。もう一つは、黒川清さんによってなされたものです。

両方とも同じような要素が出ています。両方とも報告書を読ませていただきまして、お二人にインタビューも行っています。お二人とも非常に率直に、直接的に福島についてお話をしてくださいました。日本においては過信があったということと、また備えが十分でなかったという話をしていました。

また、非常に興味深かったのは、実際にこれは人々の放射線に対する恐怖だということをおっしゃっていました。

シーウォールですとか、またコミュニティーに関しての啓蒙活動がしていなかった。また、人に対して恐れを与えたくなかった。これは、今は理解するのですが、そのときには非常に不思議な感じがいたしました。

安全性についての話をしないというのであれば、飛行機の中で話をしていたのですが、全てこれは考え方として、非常に低線量であったとしても、非常に超強力な毒素であるというふうを考えているということです。

この放射線が超強力な毒素であるということですが、放射線に関して非常に過剰な反応があっ

たという状況です。

そこで、原子力の安全性については3つの原則があると思っています。

これは、根底にある放射線恐怖症です。

必ずしも、すぐ隣にいたとしても、肝がんになっているということではない、実際。しかし、これはもし低線量であるのであれば、人の健康に対する影響はないというものです。また、政府は事故から我々を守ってくれるパターンリズム、また3つ目が我々は事故を起こした他国とは違うというものです。

事故が起こると、国民は信用しなくなり、パニックします。

下にありますがこれは日本の志賀にある原子力展示になっています。上2つにあるのが韓国にある原発の展示です。

このことと同じような過ちがあるのですが、アメリカでも同じような過ちがなされています。アメリカでも優れているわけではありません。

韓国での展示のところで聞いたときには、福島についてどのように伝えているのですかということを知りました。そのときのガイドの方は、このようにおっしゃいました。私たちは、BWRはないといったようなことを伝えています。私たちは、PWRがあるということを伝えていますと言っていました。

これでは、日本人たちとの団結ということではないと思うというふうに言ったのですが、彼らが言っていたのは、日本のほうが地震も津波も非常に厳しいので、私たちの場合は、それほど事故はないといったようなことを言いました。

でも、もしかすると飛行機が墜落するとか、そういったこともあるという話をしました。そういったときには、パニックをしないということが最も重要であるということをお話をしていました。

2つのパニックがありました。

船橋さんの本の中で出ていましたが、これはオペレーターの証言として出ていたのですが、人のパニックですけれども、もちろん前の首相の指揮系統への干渉というのも例として挙げられます。

ただ、ここでは非難しようとしているわけではありません、菅首相に対して。このパニックにつながったというのは、これは何年も前から啓蒙活動の失敗によるものです。また迷信であり、放射線に対する恐怖があったというのがあります。

カウ・クリーブランドは、日本での居住をしていますが、非常に素晴らしい文献を書かれて、福島におけるモラルパニックについて書かれています。

モラルパニックとは、もう既に社会においてコントロールができないような場合における脅

威ということでは言われていません。

また、アメリカにおいては、女性で実際に17世紀においての人たちが魔女狩りに遭ったという事です。

福島の反応は、人々が以前から持っていたというもので、これは自分たちの失敗ではないと考えていたものによる訓戒の出現であると思っています。そういった意味では、組織文化の変革ですが、これが船橋さん、もし間違っていたらご指摘いただきたいのですが、組織文化変革の必要で、必ずしも日本の組織や文化を変えるということではないというふうに理解をしました。

一つ、これに関する解決策としてよく出されているのは、世代交代をするということです。こういった組織内における若手リーダーの権限強化をするという、それによって世界に対するアプローチを変えるということです。

以上にさせていただきたいなと思います。

非常に優れた映画があります。「ソリー」という映画です。これは、ニューヨークの空港から離陸をして、そして、そのときにそしてそのときに鳥が入ったといったような状況がありました。

そのときの反応ですが、パイロットの反応としては、誰もがシェルターがあるので、パニックはしないように、そこで無事に安全に着陸させることができました。

これは比喻として、原子力に伝えることもできると思います。飛行機はクラッシュする。それを実際に予防することはできないけれども、しかし、そういったときには、対応をしっかりとしていく必要がある。原子炉は安全に対策をして、できる限りの事故に対応ができるような飛行機を持っていく必要がある。事故は常に起こるのだからというものです。

これは、こういった事故に直面したときに、人間の社会ももう少し理解を深めて、そしてパニックをしない、実際に起こったときということを教えてくれています。

もう一つ人に関するものですが、日本にいるリスクインスペクターに聞いたときには、ディープロキヤニオンについてどう思うかということを知りました。カリフォルニアにあるプラントです。

それはすばらしいプラントだということを知っていました。なぜそう言えるのかというふうに聞きましたら、そこで働く人たちがきちんとしているからだと言っていました。これは機械ではなく、組織的な文化、またそこにいる人たちの話をしたということを知っていました。

こちらは、実際にコントロールルームにいる人です。飛行機と同様な形で、コントロールルームを見ますと、そこにはキャプテンがおり、そして責任者が存在しています。

何が安全であるかというふうに思わせてくれるのは組織文化です。機器ではありません。

何が原子力を安全にするのかというのではなく、そこにいる人が安全にしているのです。

できることは非常に多いと思います。

私はいろいろな講演をしているのですが、これは私がインタビューを受ける前の調査です。

原発は、世界の問題に対して妥結策と言えるかということですが、30%というのがノーというふうに言っています。しかし、その後になりますと、簡単にこの態度が変わるということがわかります。

韓国においてもそうです。そのときには、裁判員の人たちを呼んで、そして3カ月の間において、そして3日間の間で、そのときには471人のパネルでした。両側からのパネルのプレゼンテーションを聞いて、そして原子力工学の教授がプレゼンテーションをしました。私が示したような表を示されました。

そして、今後も原子力についての建設というのが40%から60%に上がっています。これは、モチベーションとしてアメリカとは異なっていて、これはエネルギーが不足しているということと、また気候変動にかかわっているのが理由だったのですが、しかし、しっかりと対話があり、また理由があり、それによって態度が変わってきています。

最後にお伝えしたいのが、唯一原子力のみが、私たちが気にかけている目標を達成することができるということをお伝えしたいと思います。原発だけが環境保護に貢献しつつ、全人類を貧困から脱却させる、世界平和をもたらしながら。

ありがとうございます。

○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。非常に効果的なご説明をいただきましてありがとうございます。

それでは、続きましてジム・スキー教授にお願いをしたいと思います。

○枝廣委員

質疑は後ですか。

○小澤資源エネルギー政策統括調整官

すみません、質疑は後でまとめてということをお願いいたします。

○ジム・スキー氏

プレゼンテーションを今映していただく準備をお願いしている間に、経産省、それから資源エネルギー庁に御礼申し上げます。この情勢懇談会にお招きいただきありがとうございます。

I P C Cの初めてのミーティングは、ここ東京で行われまして、経産省がコーディネーションしてくださいまして、それ以降何度も日本を訪問し、多くの友人の方々に恵まれましたので、旧知の方々とも今回またお会いできまして大変うれしく、また新しく知己を結ばせていただければと思っています。

それでは、少しマイケルとは違うお話をしたいと思います。

事実に基づいて、イギリスの状況についてお話をしたいと思います。

エネルギー、それから2050年に向けてのエネルギー戦略についてお話をしたいと思います。

その中で、いただいたご質問の中で1つ以外全てお答えできると思います。

2つの部分からなるプレゼンテーションですけれども、まず全体の法的な枠組み、そしてイギリス全体での気候変動の対策について、それから、後半では電力セクターに特にフォーカスをしてお話ししたいと思います。また、場合によっては電力にフォーカスをし過ぎることがあります。

経済には電力だけではなく、熱源、運輸、土地利用、そして農業などもあり、それらを忘れてはなりません、電力は極めて重要であります。

まず、全体の法的な枠組みについてです。イギリスにおけるものです。

気候変動法が2008年に可決されました。ほぼ10年経験を積んできたこととなります。

気候変動法の最初のほうで、法的拘束力のある義務を政府に課しています。排出量を下げるといふもので、2050年までに1990年のベースラインよりも少なくとも80%を下回るようにすると、そして法的拘束力があるといふのはどういう意味かと。このコンセプト自体興味深いのですけれども、法に書かれていまして、この80%のターゲットが法律に書かれて、法的な拘束力を持っているということです。

また、政府としては、一連の5年ごとのカーボンバジェットを設定しなければなりません。この長期の2050年に向けて、そして、どの時期においてもカーボンバジェット3回連続、つまり15年間分が法律になっていなければならないということです。

こちらでどういう枠組みになっているのかをまとめています。

まず、2050年の目標、2050年排出目標があります。それに対しての道筋というのがあり、それはカーボンバジェットで示されています。

そして、また私がメンバーを務めております気候変動委員会で、このカーボンバジェットの提言を行いますけれども、議会で議論をされて、議会で可決されなければなりません。

それから、ツールキットとして、政府は戦略、それから計画を導入しなければなりません。カーボンバジェットを達成するようにです。

また、モニタリングの枠組みがあります。

毎年気候変動委員会は、議会で報告を行います。政府がどれだけこの進捗を遂げているのか、またカーボンバジェットが達成する可能性が高いかどうかという報告をしますので、堅牢な枠組みとなっています。

そして、気候政策が政治的にも大変高く取り上げられる、重要視されて取り上げられるようになって、政権変動が過去10年間ありましたけれども、政治上も重要視されるような仕組みになっています。

これは手短にお話ししたいと思います。

2枚のスライドで、なぜ、この80%削減というターゲットにしたのかということを示しています。

まず、気候変動委員会の提言が出されました。

スタートポイントとしては、グローバルな目標があります。これは科学に基づいたものです。

50%、50%のチャンスである、2度ぐらいに気温変化をとどめるとのこと、フィフティフィフティの可能性であるとされています。不確実性があるということです。

それにのっかって、イギリスとして、イギリスに見合ったグローバルなものを達成するための、イギリスに見合った目標は何かということを考え、そして戦略を建てています。その中で、最も単純な解決策を選んだわけです。

1人当たりの排出量、2050年において、これはグローバル平均と同じでなければならないというものです。

グローバルな予想をしました。世界人口に基づいて予想する、そしてイギリスの人口に基づいて予想する、それは、あとは単純に計算をすると、80%削減しなければならないということになったのです。このような根拠に基づいています。

こちらで現状を示しています。イギリスのカーボンバジェット、それから2050年までの道筋です。

黒い左側の線、こちらが実際の排出量、1990年以降です。このように36%、37%、既に削減が進んでいます。そして、80%削減を2050年に目指しているわけです。

第5次カーボンバジェット、これは現在案が出されて議論されています。2028年から2032年までカバーしますが、57%の削減を達成することになっています、1990年レベルに比べてです。

既に我々は経験を積んできていまして、カーボンバジェットで達成をするという経験を積むことができました。

第1次カーボンバジェット、これは2008年から2012年にかけてのものでありましたが、これは過剰達成しまして、1%ほど余剰を達成しました。今は、カーボンバジェットとしましては、第2次カーボンバジェットの終わりに近づいています。そして、第2次カーボンバジェットにおいては、大幅に過剰達成する予定でありまして、第2次カーボンバジェットを大幅に上回っ

て達成することになりそうです。

今の予想では、第3次カーボンバジェットについても大幅に余剰達成する。しかしながら、第4次・第5次カーボンバジェット、2020年代、2030年代、かなり厳しくなるであろうということで、これはかなり野心的に目標も高くなっています。全ての政策が実行されて、そして第4次・第5次カーボンバジェットが実施されなければ達成できないような目標となっています。

そして、気候変動委員会が議会に対して報告をするわけですが、我々としては、確実性を持って政策を実施できるのかということ、そして変化をもたらすことができるのかということにフォーカスをしています。

上の実線、これがベースライン、BAU（ビジネス・アズ・ユージュアル）の排出量の予想です。

点線がリースとコスト、最も低コストで2050年までに達成するというもので、この実線と点線の間は3つに分けています。確実に目標を達成できるであろうという政策が緑色、オレンジ色は政策として少しリスクがある、しかし、そしてまた完全にきちんと細かく立案されたものではなく、資金手当ても十分に進んでいないというもの、そして赤が政策ギャップです。したがって、信号の色分けをもって、目標をどの程度達成できるのかということを示しています。

政府は、気候変動法のもとで、強制的に達成しなければいけない、そして計画を達成するためのツールキットが与えられています。目標を達成するためにです。

最近、つい先月ですが、政府がクリーン成長戦略を発表しました。こちらは、文書としてどのように第5次カーボンバジェットを達成するべきか、2030年に向けて、どのように達成するのかを記述したものです。

これは以前の炭素計画に取ってかわるものです。以前のものは、たしか2009年よりも後になって出たものでありますけれども、第4次カーボンバジェットをどのように達成するのかを記述したものです。

この文書についてですけれども、計画が戦略となっている、炭素計画という名前だったものが成長戦略になっている、これはさまざまな政治的な意味合いが込められていまして、「戦略」という、より包括的な意味の込められた言葉が使われています。それから、「炭素」という言葉ではなくて「クリーン成長」という言葉が使われている、これはとても象徴的なことです。つまり、政府が経済的に懸念をしている気候変動の政策について、どのように策定をしていくのかということを示していまして、「炭素計画」から「クリーン成長戦略」という名前が変わったということは、非常に重要な象徴的な変化であります。今後どのように進めていくのかということをお示しした象徴的な変化です。

クリーン成長戦略というのは、これはイギリスの進捗、これまでのものに基づいてまして、GDP、G7それからイギリスとを比較してみますと、1990年から2015年、ほぼ同じような水準でありましたけれども、しかしながら、イギリスの排出量は42%削減されている、2015年までベストエスティメートであります。そして、G7の排出量の削減というのは、わずかにとどまっているという状況です。

ただ、これは警告が必要ですが、ここで重視したいのは2つの要因がありまして、特に1990年代にイギリスが排出量を削減することができた、これは産業構造の変革がありました。かなりダウンスケールが見られたエネルギー集約型の業種がダウンスケールした、特に鉄鋼業が規模が縮小したということで、排出量の削減に大きく貢献しています。

2つ目の要因としては、これは急速に石炭火力からガス火力へと切りかえが進んだということが、1990年代に見られました。これも大きな影響をイギリスの排出量に与えています。

これら2つがとても重要な要素なのです。

多くの排出量の削減の達成というのは、2008年の気候変動法の成立前に、かなり多くの削減を達成しています。

クリーン成長戦略の中で、政府は推定を行ってまして、どのように排出量を下げていくのか、第5次カーボンバジェット、2028年から2032年にかけて削減をしていくのか、これは詳しくはお話はいたしませんけれども、政府の中心的な戦略、これは気候変動委員会、私がメンバーを務めておりますけれども、この委員会が費用対効果が高いと考えている道筋と、政府の道筋とを比較しています。

ほとんど同じなんですけれども、違いは運輸セクターです、緑で示されています。気候変動委員会としては、より早くEVへ移行していただろうと見ています、政府の見通しに比べて。

それから電力セクター、政府はより野心的でありまして、排出量を電力部門で削減できると、気候変動委員会よりも野心的な削減量を描いていますけれども、それ以外は戦略としては、ほぼ似通ったものとなっています。

政府は明確に道筋として、どれ一つとして確実なものはない、2050年という先に向けてということで、3つの代替的な道筋ということを考えています、2030年に向けてです。

これは電化需要、EVへ、より早く進んでいくかどうかということ、それから水素をより多く使うかどうか、エネルギーの運び手として、水素をより使うかどうかということ。

それから、CO₂のCCSによる単離、それから貯留がどうなるのかということ、3通りのシナリオ、それぞれ考えています。将来について詳細にはわかりませんが、いろいろな異なったシナリオを、偶発事態を想定して、考えていかなければならないからです。

もう一つ、ここで重要なポイントとしてお示ししたいのは、定量化された政策をこのようにグリーン成長戦略で政府は示しているわけですが、それだけでは第4次・第5次カーボンバジェットを達成する上では重要ではありません。赤、黄、青の交通信号を示しましたが、まだ赤信号が光っているという状態です。

しかし、一つ政府が検討している点、これはイノベーションによって新しいテクノロジーが出てくるであろうということを強く信じている。それからまた、気候変動法が成立したということ、カーボンバジェットで過剰に達成している、それを次のカーボンバジェットに持ち越すことができるということになっていますので、将来的にプレッシャーを削減することができるようになっていきます。

ここでお示しておりますのは、どのくらい過剰に達成してきているのか、1次、2次、3次のカーボンバジェットでマイナスの数字は、これは大幅に計画を上回って達成したということです。しかし第4次、第5次では、このようにプラスの数字になっていて、バジェットの達成にまだ足りないということを示していますけれども、以前の1次、2次、3次を累積ベースで繰り返していきまると、第5次のところで足りない部分は少なくなっていくので、このような柔軟性のあるメカニズムを政府としては使っていきたいと考えています。

気候変動委員会としてはまだそれは検討していませんが、私の個人的な見解、そして委員会としての結論としてそうなるかもしれませんが、私たちとしてはこのような柔軟性は余り過度に使ってはいけないということを提言したいと、恐らくしていくと思います。というのも、道筋を2050年に達成する上でぎりぎりの状況が続けていては、よくないと考えるからです。こういったことを委員会では何度かに分けて議論しています。

こちらのスライドではまとめておりますけれども、こういった政策であるのか、また提言を行っているのかグリーン成長戦略の中をまとめていまして、まだ政策ギャップが残っているということを示しています。

また、先ほど少しお話をしましたけれども、この戦略においてはイノベーションの役割を重視しています、政策ギャップを埋めるために。そういった意味では、戦略の中で適切なフレームワークをつくる、また民間部門がイノベーションして、新しい技術をさらに推進するのではないかとということが含まれています。

それがさらに示唆しているのは、英国政府、また公的部門も研究開発に関して、また、技術開発に関して、この計画の中に入れていくということです。

約26億ポンドというのが2016年から2021年までに計画されています。よく45%が基礎、また応用開発になっています。35%が技術開発に関して、また、20%が技術の実証プ

プロジェクトに関してということになっています。これを個人的に見ますと非常におもしろい構成になっていると思います。

これは実証、また技術開発のほうがもっと高くつくと思いますので、もう少しプロファイルとしては技術開発と実証に振り向けられるのではないかと考えていました。特に技術のCCSなどを考えたときには、実証がこの段階で必要ということになってきます。

また26億ポンドと、うちは一部は運輸ということになりますEVとなっています、3分の1が。そして4分の1が発電、そして10%がスマートグリッドとネットワークになっています。これが最も大きな項目で、技術のプロファイルの中に入っている内容です。

特に英国にとっての非常に大きな問題ですが、これは後ほども触れたいと思っていますが、マイケルがCCUSについて話をされていました。

英国は、約2年前にほとんどの投資をCCSに関しては引き揚げています。それは、CCSが約300メガワットの火力発電のキャパシティに関係しているからです、ガスに関して。

また、もう少しこの戦略の中でも野心的なものとして、少しCCSに関しても、さらにリカバーしていこうといったものがあります。しかし、ここではもうユースという利用というのが出ていません。今は、ここにはCCUSでユースとストレージということで、利用と貯留ということで、両方が含まれています。例えば、合成的な燃料などが出てきています。そういった意味では実際にここでの基盤が広がっている、範囲が広がっているということがわかります。

最後のスライドとして、全体的な政策、また法的な枠組みについて触れたいのは、このクリーン成長戦略に関して非常に優れているのは、非常に詳細なタイムテーブルが政策策定に関して出ているということです。いつまでに何を実現しなくてはいけないかというマイルストーンが出ています。

これは詳細には触れませんが、例として世帯、またエネルギー利用に関して出ているものです。これは電気だけではなく、これは英国における住宅についても、英国の方々としては大体理解されていることだと思います。これが大きな問題であるということは理解されていると思います。

どの経済のセクターにおいても、タイムテーブルを策定していく必要があります。

以上が、全体的な経済からの観点の戦略になっています。

では、これから電力部門に具体的に見ていきたいと思えます。

非常に強力なメッセージとしますと、英国の電力部門は、現在かなり脱炭素を進めているということです。

これは、1990年から2016年までの推定の排出強度を示しています。非常に大幅な削減

が1990年代に起こっているということがわかります。これについては石炭からガスにおいてです。また、再生可能エネルギーに関しての投資がなされて、それによつての差別化というのがあります。

そして、こちらが全体的な部門別の電力消費になっています。

ピークは2005年頃で、それが今は下がってきています。さまざまな理由があります。

また、それに加えて排出量等を見ますと、これはどれぐらいのCO₂が排出されているのか、キロワットアワーのグラムとなっています。これは3、4年、過去の間に見られています。これは電力の需要と、それから、排出強度の組み合わせによつて、非常に大きな減少が電力部門においての排出量で見られています。

こちらの表を見ていただきますと、これはスクリーンショットから持ってきたものです。非常にいいウェブサイトで、お勧めさせていただいているものです。非常に効果的なものです。

ここでは、過去12カ月の発電を、英国での状況を示しています。これは先週からとつてきたものです。基本的に2016年11月から2017年10月までが出ているものです。

約50%の英国のシステムがゼロカーボンになっています。これは非常に低いということがわかります。排出強度を見ますと、今、238グラム・パー・キロワットアワーとなっています。約50%以下というのが、日本の排出強度であるということがわかっています。日本の2分の1となっています。

ほとんど大きなところが原子力になっておりまして、これが7.7ギガワットです。

2つ目がブルーで、これが風力発電です。

また、太陽光が黄色になっています。

太陽光プラス風力で合わせますと、平均的に6ギガワット、そして、原子力が7.7ギガワットとなっています。

バイオマスも比較的大きく、これがゼロカーボンに貢献しています。一番大きいのがガスです。ガスの発電です。

また、もう一つ指摘したいのが、上にあるものです。これが火力発電です。

これは、過去12カ月の間に消えています。

英国においては、石炭に関しては、もう既に手を引いている状況です。そういった意味では、ガスが残っています。

幾つか理由があります。

まず1つは、カーボンタックス、炭素税があります。これについては、マイケルも触れていました。

もう一つが、EUの大気に関する規制です。これにおいては、何時間という制限が、オペレーションに関して書かれているからです。それによって、結局は閉鎖しなくてはならなかったというのが、説明の内容です。

英国は、現在は石炭フリーということに、発電に関しては言えます。

もう一つ指摘をさせていただきたいのが、経済性です。それぞれの低炭素に関しての内容です。全ては触れませんが、現在はフレームワークが存在しています。

再生可能エネルギーに関しての要件ですが、これはほとんどEUのエネルギー指令によって出ているものです。

再生可能エネルギーに関しての高コストに関して懸念がありましたので、入札が行われていません。これはコンペで行われています。

これを見ていただきますと、価格を入札してもらおうということになっていて、そして、ホールセールのマーケットでも参加をすることができるのですが、ホールセールとそれから入札価格の間の差ということができるようになっています。それによって、競争力のある入札となっています。

一番最近の入札では、洋上風力発電が含まれていました。これは、3、4年ほど前に関しましては、メガワット・パー・アワーで120ポンドぐらいでした。ホールセールは約45ぐらいになっています。

最新の入札では非常に驚くようなもので、洋上風力においては57.50ポンドパーメガワット・アワーにということになっています。そして、これは非常に平均的なホールセールの価格に近くなってきています。

これについては、インターミッターズですとか、バリアビリティーについては後ほど触れていこうと思いますが、しかし、炭素税などを見ますと、トン当たり約35ポンドということになっています。

これについては2つについてのツイタムブルなこととなっています。そういった意味では、価格では大幅な減少が見られています、このシステムの入札を見ましても。

また、洋上風力に関しても、恐らく補助金ゼロの状態に2020年の初めにはなるのではないかと考えています。

また、ヒンクリーポイントの原子力発電のプライスとしては92.5ポンドでした、2013年において。そして、インフレもそのときにありました。そこで57.5というのとの大きな差が見られます。再エネに関する価格が影響を及ぼしています。

また、取り組みの効果はあらわれ始めています。今年の6月に再生可能エネルギーの需要の5

0%を満たしています。これは、特に供給に関するセキュリティを脅かすこともありません。

これはガスに関しても含まれています。

非常に複雑な図になっておりますので、説明はしませんけれども、これは電気工学、インペリアル・カレッジの同僚が見ている内容です。何が起こるのか、もし再生可能エネルギーが、今後21世紀続いた場合どうなるのかということです。

ここでの主要な点としましては、幾つかの重要な内容があるのですが、これが実際のネットディマンドです。

これについては、さまざまな再生可能エネルギーに関しての供給があつて、そして消費者の需要があります。

このカーブを見ていただきますと、これがネットディマンドとなっております。2015年の状況です。

また、非常に重要なのは、単純にこれを見るというのではなく、中にはピークが短めになってきて、そして急激な上昇がある、そしてそこからさらに下落が非常に急激であるということです。これが再生のシステムに関して、非常に多くの再生可能エネルギーが含まれているというのがあります。

その理由によって、さらにスマートなシステムへの進化についての強調が、現在、英国で置かれています。よりよい組み合わせを需要と供給の間で見たいこうというものです。

また、エネルギー部門は非常に緩やかでした。イノベーションを、過去数十年の間においては緩やかでしたが、最近では過去数年の間に大きく加速してきています。

2つの要素を指摘したいと思います。

これは、もっとエネルギー業界における発明が高まってきたというのではなく、エネルギー部門が非常に幅広いイノベーションや新テクノロジーについて、活用することができているということです。そういった意味では、非常に大きな意味合いがエネルギー部門に存在しています。

また、材料価格に関しても大きな進化が見られています。エネルギー部門に関して、これは風力のブレードであったりですとかセルであったり、また原子力であったとしても、非常に大きな前進が見られています。

科学者が設計することができます。これは非常に大きな差を生み出しております。

そこで、システムとしてはスマートな未来、またさまざまな発電が、さまざまなレベルにおいて出てくるのではないかといいことで見えています。需要としてももっと対応することができるようになっていきます。

また、情報に関しても異なったレベルでの情報が考えられます。

また、過去においても垂直的なインテグレーションの場合にはほとんどが発電、この垂直に統合されていたところから来ていました。

今、英国においてはアンバンドリングが行われております。そういった意味では配電、また送電側がもっとイノベーションが高まってきています。そこで、イノベーションがシステムの中でもっと参加することができるようになっていきます、発電のみでなく。

これが非常に細かいスライドになっておりますので、こちらについては割愛させていただきたいと思っておりますが、BEIS（ビジネス・エネルギー・産業戦略省）について触れさせていただきたいと思っております。

これは、エネルギーの担当をしている英国の省です。

今年の間においてのエネルギー計画においては、電力貯蔵を含むエネルギー技術についての刷新を見ておりまして、これをメカニズムとしてさらにマーケットのバランスを図っていくというものです。

また、そのほかにもコンシューマー側で何が起きているのかということが出ています。

例えば、各世帯においてスマートメーターを入れていく、また、ほかにもスマートアプライアンスの標準を設定していく、また相互運用性がある、そういった意味ではシグナルに関して即時冷蔵庫などが反応できるようにしたりということなのです。

また、自動運転電気自動車法案ですが、これは、スマート電気自動車の充電設備の整備案を含んでいます。

また、この自動運転の自動車ですが、これは非常に重要です。気候変動の戦略、政策が非常に幅広い意味での技術変化にかかわっているからです。

そういった意味では、議会の法案では、自動とまた電気、両方をカバーすることになっていません。

少し原子力についてもプレゼンテーションの中に入れてほしいというご要望がありましたので、これについて触れたいと思っております。

市民の反応がどのようになっているかということについてです。これは、必ずしも障害になっていないと思っております、英国での原子力の開発に関して。

非常に興味深いのは、もう既に原子力発電所があるところでは、コミュニティとして受け入れていきます。

社会的な理由があります。もう何十年も存在しているというのがありますし、また、エンジニアも地元の学校に子どもたちを行かせていますし、また、コミュニティとしても信頼感が醸成されています。

リスクとしても、北歐においては現在、化学のプラントなどがたくさんありますし、また原子力発電所などに関しても不安感が最も少ないということが言われています。

そういった意味では、コミュニティーとしては原子力に関してもう既に既存の土地においては受け入れています。

新しいグリーンフィールドのところはまた別の問題だと思います。そういった意味では、まだ今後ということはありません。

また、もう一つ一般的な考え方ですが、これはカンタスの大学において、非常に多くのインタビューが一般の人たちに対して行われています。これは個別の技術に関してということではなく、システム変更に関しての姿勢ということで聞いています。

必ずしも積極的に原子力に対して見ているというわけではないのですが、しかしながら、それと一緒に共存していくということで、渋々と了承しています。

例えば、気候変動に対応するためには原子力が必要である、また、もし原子力がないのであれば、これはポートフォリオのオプションとしての再生可能エネルギーですとか、ほかの発電のオプションを入れれば、恐らくポートフォリオとしてもっと受け入れやすくなるのではないかとということも言われています。

在来型炉に関して、最も先端的なプロジェクトが、シンクリーポイントCのヨーロッパの加圧水型の原子炉です。

AP1000についての包括設計審査については終了済みです。

また、日立についても、今、包括的な設計審査を現在、海上型・不透水型軽水炉について行われています。

そういった意味では、現在3つのプロジェクトが英国では進行中です。

私自身は、スコットランド出身ですのでお話ししなくてはならないのですが、スコットランドでは原子炉の新規建設の予定はありません。そういった意味ではドイツのようです。

もう一つ、英国における障害としますと、どちらかというと経済的、ファイナンス側、また市民の姿勢というところがございます。

財務の部分に関してですが、長期的な期間において資金を提供していくというのが、恐らく最も大きな障害であるということが言えるのではないかと思います。一般の人たちの受け入れ方というのではなくです。

また、もう一つ言えるのは、小型モジュール炉について感心が高まっています。こちらのほうがより速やかに建てることのできる、またそれほど大きな資金が必要ないということがあります。

今、いろいろなイニシアチブがとられていて、大体3つ、4つほどの小型モジュール炉に関し

て、英国でのピッチの予定がされています。これについては、ロールスロイスが潜水艦のリアクターで行っているものの例になっています。

もう一つだけ補足をさせていただきますと、このような野心的な考え方ですが、ネットゼロエミッションを世界的に持っていく、それも21世紀にというのは現実として、これはCO₂を大気から外すことができなければ実現できないと考えています。そういった意味では、CCSがこの全体像の中で役割を果たさなくてはなりません。ゼロエミッションを21世紀の後半において実現するためには必要です。

したがって、こういった技術については代替というのではなくて、これは補完的なものとして見ていく必要性があります、全体的なポートフォリオの中で。それが、このような野心的なパリ協定のターゲットを実現するために必要なのです。

英国においても、より多くの市民の受け入れを得ているのは、そういったことではないかと思っています。代替ではなく補完であるべきであるというのが最後の結びの言葉とさせていただきます。

○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。ジム・スキー先生、ありがとうございました。イギリスの現状について、大変詳しくご紹介をいただきました。

それでは最後に、ちょっと短時間になりますけれども、ケンフェルト教授のプレゼンテーションについて、事務局のほうから簡潔にご紹介をさせます。

○中西需給政策室長

今、資料を接続してございますので、少々お待ちください。

非常に簡単ではございますが、私どものほうからケンフェルト教授、きょうご欠席ということで、かわりにご説明をさせていただきます。

ページは2ページ目でございます、端的に言うと、パリ協定の2度目標を実現するためには、全ての国の大幅な排出削減を達成することが必要であるということでございまして、そのためのキーファクターとしては省エネ、エネルギー効率の向上、再エネ及びEVへの投資だということが先生のお立場であるということです。

ページ3ページ目に行きますと、米国はパリ協定から離脱を表明されました。

気候変動対策を講じなければ、この左側のグラフにございますようにアメリカはまだ15%も排出割合を持ってございますので、引き続き放置しておくと米国の温室効果ガスの排出量が増加してしまうということでございます。

4ページ目のほうに、これIEEAの分析だと理解してございますが、他方、世界全体で見ま

すと、再エネ及びガスというものが主要なエネルギー源になっていくだろうということが2040年ごろまでのプレディクションだというふうにIAEAの報告書では書いてございます。

例えば再エネ発電、現状23%が電源構成割合でございますけれども、2040年には37%になってくるということでございますし、EVについても現在、百何十万台レベルでございますけれども、1億5000万台ぐらいまで導入割合がふえてくるのではないかとということでございます。

ページ5ページ目でございます。再エネでございます。

ポイントとしては、フェーズ1としてフィードインタリフ、FIT制度、ないしは財政的な支援というものによって導入促進を図っていくというのがフェーズ1と、フェーズ2は、どちらかという市場マーケットの力を使って指導していきながら、再エネのほうを促進していくという形に変わっていくのではないかとというのが先生のお立場であります。

6ページ目を見ていただくと、再エネ全体の2016年のものでございまして、今後だんだん再エネの構成割合はふえてくるということがプレディクションとして出てございます。これは2030年時点でございます。

7ページ目を見ていくと、再エネの投資コスト、発電コストは下がってくるというのが総体的に下がってきている。

8ページ目を見ますと、再エネの設備投資コストも下がってきているということでございまして、10ページ目のほうを見ていただくと、化石燃料よりも再エネの投資というものも世界全体で増加してくるということでございまして、化石燃料企業というのは、市場からだんだん厳しくなってくるのではないのかというふうなことをおっしゃっております。

とはいえ、再エネ自然体では無理でありまして、一定程度の課題取り組みが必要だということでございまして、再エネを支援するイニシアチブなり系統への優先アクセス、それからCO2の排出削減目標、また炭素価格の設定、蓄電設備や分散型グリッドの促進、あと、後でご説明しますが、部門間連携といったものが必要ではないかというのがアジェンダであると理解してございます。

12ページ目から電荷の説明になりますけれども、まず前提として、ドイツはエネルギーベンダーと呼ばれるドイツのエネルギー転換によりまして、2022年までに全ての原子力発電所からフェーズアウトするというものを既定方針にしております。

あわせて、2050年までに80%の再生可能エネルギーを導入していくというのが目標として掲げている状況でございます。

14ページ目を見ていただきますと、2003年から変化を見ているわけではありますが、ここ

十数年で発電に占める石炭と原子力の割合は減少してきているということでございます。

他方、再エネのほうの割合は増加してきているということございまして、ネットで見ると電力の輸出をしているという状況ございまして、輸出量は増加してきているという状況でございます。

他方、再エネについても課題が必要ございまして、さまざまな解決策を講ずる必要があるということございまして、例えば賦課調整、例えばコジェネ、再エネの拡大、スマートグリッド、蓄電、さらにはスカンジナビア半島への系統増強、さらにはVPPと言われるバーチャル・パワー・プラントの話を、ソリューションが設定すべき課題として先生は述べていらっしゃいます。

その上で、持続可能な運輸と建物のあり方という補足的な論点についても説明をされておまして、端的に言うと、このグラフの中の風力発電でつくられた余剰発電をどう扱っていくかということございまして、先生のアイデアとしては、それを水素に変換をし、それを水素として貯蔵し、それを運輸部門としては例えば燃料自動車、あとはバイオガスを混焼して発電で使う、さらには発電で生じる熱を建物で使っていくというような形の有効利用をする、分野の垣根を越えた有効利用をやることで、非常にエネルギーのより効率的な利用ができるんじゃないかというお立場でございます。

最後に、20ページ目でございます。

先生のお立場としては、100%再エネのエネルギーシステムは経済的にも、それから技術的にも効率よく実現することは可能であるということございまして、結果として、21ページを見ていただきますと、2050年における電力部門のCO2排出量はゼロになるということございまして、電力ロスも劇的に改善をする。さらには3600万人の雇用が生まれるということございまして、このようなシステムを構うことができるのではないかというのがケンフェルト先生のご主張であるというふうに理解してございます。

簡単ではございますが、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、ここから自由討議に入らせていただきます。

ゲストスピーカーの皆様に対する質問、あるいはご意見等があればよろしく願いいたします。

ご発言がある場合には、ネームプレートを立ててお願いいたします。

では、枝廣委員、お願いいたします。

○枝廣委員

お話、ありがとうございました。

最初に、マイケルさんに3つ質問をさせてください。

最初の1つは、原子力発電のリスクに関してなんですが、大きく事故のリスクと、それから核廃棄物の処理の、まだそれが方法や場所が決まっていないというそのリスクが2つあると認識しています。

事故のほうは、先ほど、事故は起こるんだと。しかし、福島で、それで直接的に亡くなった人はいないと、いろいろデータを示していただきましたが、一人の日本人として多くの日本人、そして、特に福島の人々の神経が逆なでされたというふうを感じるお話だったということは、すみませんがお伝えさせていただきたいと思います。

その上で、お話になかった核廃棄物の処理について、その方法がまだ決まっていない、貯蔵するだけと。そして、その場所についても日本は地震国なので、埋めること自体が本当に安全なのかと、その原子力発電を続けていくと出てくる核廃棄物について、どのようにお考えかというのが1点目の質問です。

二つ目は、マイケルさんご自身の描いていらっしゃるビジョンをお聞きしたいんですが、再エネはだめですと、そういう話だったと思うんですが、世界中のエネルギーがどの国も原発でつくられている、そういった世界をイメージされているのか。そのときに、例えば国によっていろいろな事情が違うと思うんですが、その原発を推進されている立場として、世界のエネルギー、そして、特に日本のエネルギー、どういうビジョンを持っていらっしゃるかを教えてください。

3番目は、エネルギーというのは、単に効率とかROIよりも大事なものと、私は思っています。

特に日本でいうと、これから人口が大いに減っていく、特に地域では人が住まない場所も出てくる可能性がある。そういった社会の中で、人々が地域に住み続けることができる、そういった社会や経済をつくっていく必要があると思っています。

そのときに大規模で、中央で発電して、それを津々浦々配るという原子力発電の考え方ではなくて、それぞれの地域にあるエネルギー資源を生かして、それぞれの地域がエネルギーをつくり、消費していく。2050年は私はそういう国であってほしいと思っているのですが、そういった私の世界観に対して、原子力を推進されている立場でどのようにお考えか、3点教えてください。

○マイケル・シェレンバーガー氏

ご質問どうもありがとうございました。

過去のエネルギーの転換について振り返ってみることが役に立つと思います。というのは、パターンがあるからです。エネルギーの転換がどのように起こっているか、パターンがあるからです。

まず最初の大きなエネルギーが起こったのは、木材ですとか人ぶんなどを使うこと、動物のふんなどを使うことではなく、化石燃料に変わっていった。石炭などを使うようになっていった。小規模農家から、そして貧困から脱却をして、木や石炭を使うようになったということです。

これは、新しいエンドユーズが出てきたからです。これは、列車であるとか、それから船舶といった新しい目的が出てきたからです。

それから、石炭から石油へというのが二つ目の転換でした。これは、列車、それから船舶でもやはり、それが中心となって転換が進みました。

チャーチル首相が第一次大戦、あるいは第一次大戦前にこのように言ったと言われていて有名ですけれども、イギリス海軍を石炭から石油に切りかえたということで、これはエネルギーデンシティーが石油のほうが高い、エネルギー密度が高いので、より高速に船舶になる、そしてパワーも大きくなるということ、推進力が大きくなるということだからです。

そして、次のエネルギー転換が石炭から天然ガスへの転換であった。そしてまた、これもやはりエネルギー密度が高まっている。これは天然LNGなどを考えてみますと、そして、最後のエネルギー転換がウランに向けて、これが最もエネルギーデンシティーが高い燃料です。そして、かなりの量の電力、パワーを提供してくれます。

まず、このような500年ぐらい続いているエネルギー転換のパターン、それが逆行するかどうかが、それとも続いていくのかということです。もし続いていくのであれば、また大幅に1人当たりのエネルギー消費量がふえていくということになるでしょう。将来的には自動運転の車が出てくる。自動運転車、あるいは、航空機も自動運転、そして、水素を使った航空機などが出てくるかもしれない。そうすると、1人当たりのエネルギー消費量は大幅にふえていくことになりま

す。

木ですとか、ふんを使っていたものから、石炭などを使って、そして1人当たりのエネルギー消費量がふえてきたのと同じことである。ただ、それと同時に脱炭素化も進めていくということです。

環境へのインパクトは低くなっていく。そして、森林などをそのままにしておく。そして、石炭は地下に埋まったままにしておく。そして、それでもより多くのエネルギーを使うことになる。これはQOLも高まるということとも相関をしています。

社会として我々がどのように進んでいくのか。エネルギー密度が高い化石燃料から原子力、あるいはエネルギー希薄化の再生可能エネルギーに進んでいくとすると、エネルギー希薄な再生エネルギーに進むとするとこれは逆行する、もしかしたら社会は逆行することを選ぶのかもしれないけれども、これは国ですとか地域ですとか文化の問題ではないと思います。エネルギーデン

シティというものは、ドイツでもカリフォルニアでも日本でも同じです。環境的な影響というのも全く同一です。

木を使った場合に、これは自然環境にとって惨たんたる影響を及ぼす燃料でありまして、尽力も移動にも大幅にかかる。そして、石炭は大幅な改善であったけれども、石炭から石油というのはさらに大幅な改善であったということです。

人口は下がるかもしれませんが。徐々に少なくなっていくかもしれません。そして、コミュニティーの都市化は進むかもしれない。それから、郊外化も進むかもしれない。郊外に移住するということが進むかもしれない。しかし、燃料の重要性というは変わらないと思うのです。

人類が、エネルギーが希薄な燃料に移っていくということを見るのは難しい。環境に対して懸念はしていると思いますので、エネルギーが希薄な燃料に移った場合には、環境に悪影響があります。

例えば、原子力から石炭にドイツが移行した場合にも悪影響があったわけで、日本の場合にも早死にをするというリスクは、原子力よりも化石燃料にシフトしたほうが大きいのです、福島事故によるものよりも。

それから、原子力の廃棄物というのは、これは廃棄物として非常に量が小さい。それから、安全に格納することができる。地震があった場合に、そして先ほどお示しましたキャニスター、これが倒れて割れたとしても、液体のものがなくて漏れることはありません。それは、またその現場に行ってケーシングを元に戻さなければいけないけれども、その程度です。

しかしながら、化石燃料、それからバイオマスによって、毎年700万人が死んでいるのです。それから、これは景観もだめにしてしまいます。例えば、石炭の炭鉱によって景観がだめになっているというのは、ごらんになったことはあるでしょう。

そしてまた、人類のフットプリントが非常に大きくなってしまいうということ。ウランですとか化石燃料に比べると、再生可能エネルギーですと、フットプリントが大幅に拡大してしまいます。

そして、人生というものはお金だけでない、効率だけではないとは私も思います。しかし、こういった燃料の物理学から明確にわかることは、密度が低い燃料、エネルギーが希薄な燃料というのは、大きな影響を環境に及ぼすということです。これは物理法則からそうなるのです。

ソーラーパネルを屋根につければいいのではないかと皆さんおっしゃるかもしれませんが。確かにそうなんですけれども、それはセメントですとか鉄鋼ですとかガラスなど、膨大な材料が必要になります。

ですから、ポジティブに捉えるとしますと、これは脱炭素化、エネルギーの脱炭素化、それか

ら脱物質化と言えるかもしれません。

つまり、私たちが使っているエネルギー、物を少なく使いながら、エネルギーをもっと使うということです。E=mc²というアインシュタインの公式がありますがけれども、エネルギーの密度が高い燃料を使う。これは自然の資源をより少なく使っている。地球をより少なく使って、エネルギーを同じぐらい、あるいはもっと大きく引き出すことができるのです。

世界の中で自動走行車が出てくる。そして、そうなりますと、1人の乗客当たりの航続マイルもふえるでしょう。

そして、水素でのジェット機なども出てくるでしょう。ボーイングも、水素燃料を使ったジェットなどを実験している。オーストラリアからニューヨークまで一気に2時間で飛ぶことができるかもしれません、18時間ではなくて。

それは、世界としては、エネルギーを大量に使うエネルギーかもしれないけれども、環境インパクトは低い世界になっているというふうに思います。

私は、いろいろな国を訪問するのが好きで、そして、また分散化された生活を送るというのはいいと思います。しかし、それはかなりのエネルギーの量が必要になるわけです。

つまり、都市部から田舎まで行き来するのに、かなりのエネルギーを消費しているからです。高エネルギー消費の都市生活、そして、週末には田舎で低エネルギー生活をする事ができる。でも、それを両立させるためにもかなりのエネルギーが必要なのです。

○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、続きまして坂根委員、お願いいたします。

○坂根委員

今日はシェレンバーガーさんのお話を聞いていて、例えば太陽光発電一つをとっても、太陽光で電力をつくるまでの材料や設備まで含んだ過程全体での電力需要、そういったライフタイムでの使用エネルギーをどうしているかという部分が、私が長年考えてきたところと全く同じ視点なので、少しお話をさせていただきたいと思います。

私は、個人的にも、それから会社としても、非常に長い間エネルギーと地球温暖化問題にかかわってきました。会社のほうは、石油ガス、あるいはウラン、石炭、そのようなエネルギー資源を採掘する機械をつくっていますし、個人的に、地球温暖化問題についてはCOP15から5年間連続、日本の産業界を代表して参加しました。

そこでずっと会社として、あるいは個人として考え続けたのが、結局はこの化石燃料というのは、いずれは枯渇してなくなっていくということです。今、地表から穴を掘ってから石炭などの

資源を採っていますが、もう既に私たちは1000メートルの地下からどうやって石炭を採るかとか、そういうところまで考えていて、これを続けて行けば、いずれはこの化石燃料というのは掘りつくされてなくなる。化石燃料の中でも石炭が最後までもつと言われてはいますが、石油などはとにかくあつという間に、多分、今世紀中にはなくなると思います。

それをひしひしと感じる中で、例えば太陽光についても、私どもの会社は太陽光発電用のシリコンを薄くスライスする機械では世界有数のメーカーなんですけど、実はシリコンを地中から掘削する機械も扱っています。それから、以前はシリコンの塊、ポリシリコンをつくるということもやっていました。これはものすごい電力を使うんですね。

その太陽光発電というのは、それだけ大量のエネルギーを使ってつくっても、今あの程度の効率なんです。現在は、太陽光の波長の一部だけを取り出すものじゃなくて、スタック型といいますか、多層型でもっともっと太陽光の光を効率よく利用しようという研究が始まっていますが、例えばそういった新しい技術へのチャレンジも必要不可欠です。

いずれにしても、ますますこの世の中が電力化するわけです。電気自動車などがよい例ですが、そうすると、結局最後は電力を何でつくるんだという問題があつて、私は究極的には化石燃料がなくなった後、その電力は本当に電力を使わなくてもできる再エネと、使用済み核燃料の再利用しかないと確信しています。そういう世の中が100年後にやってくるというふうに、私は本気で信じています。

したがって、今やるべきことというのは、太陽光一つとっても本当に電力を使わなくてできる方法の研究をもう少し進める必要があるし、他の再生エネルギーも含めて、そういった新技術の研究・開発をとにかく今から実際にやっておかないと、2050年に実用化できるめどは立たないのじゃないのかなというふうに思っています。今日の最初の方でふれられた質問事項の最後のほうに、新技術についても質問が出ていたと思いますが、ぜひどんな新技術が考えられるのかということ、小型原子炉の可能性も含めてお聞きしたい、それが第1点です。

第2点目は、日本は島国なので、陸続きの隣国がありません。英国もそれに近い存在なのですが、きょうは残念ながら、ドイツのケンフェルトさんがご欠席なのでお聞きできませんが、ドイツの場合はあれだけ北のほうで再生エネルギーをつくっていながら、電力使用の多い工業地帯は南にあつて、そこへ持っていく送電網が何年たっても環境問題を理由にできない。したがって、北でつくった電力はよその隣国に売って、一方で、隣のチェコやフランスの原子力発電所で起こした電気を買っているという実情があります。

地球温暖化会議に参加すると、必ずEUは一つにまとまって話をされるんですけども、ドイツ1カ国で考えたときには、日本と違って褐炭という低品位の石炭がたくさんあるので自給率で

は日本とかなり違うんですが、ドイツがそのように自分のところでは原発をなくして再エネ化すると言いながら、実際には隣の国から原発でつくった電力を買わないと産業が成り立たないような実情について、今後EUの中で批判が出ないのか。また、英国の場合は、1カ国の中でのエネルギー政策というのは本当に成り立つのかということをお聞きしたいと思います。

○小澤資源エネルギー政策統括調整官

坂根委員、これはお二人にということでもいいですか。

○坂根委員

最初の質問はどちらかというシェレンバーガーさんが非常に広範囲な話をされましたので、主体はシェレンバーガーさんにお聞きしたかったんですけども、両方のテーマ、特にドイツについてはお二方からコメントをいただけたらと思います。

○マイケル・シェレンバーガー氏

ご質問ありがとうございます。

電化についてですが、重要なのは過去のエネルギー転換を見てきたときに、電化は非常に重要な役割を脱炭素化で果たしてきました。そういった意味では、脱炭素化は電化と非常につながっています。

電化が、ほかのエネルギー部門において拡大していくということが、脱炭素化に非常に重要です。電化運用においても、また、水素燃料を使うにしても、両方かもしれませんし、片方かもしれません。どちらかというのは、はっきりわかっておりません。

しかし、いずれにしても、電気を運輸に拡大していくというのであれば、電気の部門としては少なくとも30から50%ふやしていかなくてはいけない。

EVを見ましても、30から50%ということになりますと、もっと電力が必要ということになります。同じことがスイスに関しても言えます。

また、暖房に関しても同じことが言えます。

そういった意味では、電化のエネルギーということになりますと、電力のセクターとしては恐らく先進国においては2倍になってくると思いますし、途上国ではもっと多くなるのではないかと思います。

少しこの点について触れたいのは、スマートグリッドやまた送電線についてですが、太陽光と風力の場合は、より多くの材料のスループットが必要です。また、マテリアライゼーションが必要です。

また、そのほかにも送電線をもっと長距離化していかなくてはなりません。スマートグリッドでは、より多くのマテリアルスループットを入れるというのと、また、人、システムを取り込ま

なくてはいけないと思います。

そこで、風力、英国のものとそれから原子力を、平準化されたものと比較するのはどうかと思います。風力と風力というのを見ますと、電力と比較しますと24時間、1週間安定的な供給をすることを意味しています。

先ほど、風力とそれから太陽光については、先ほどグラフで見ていただいたと思いますが、価格が下がっているというのがあったと思います。そういった意味で、例えば再生可能エネルギーで太陽光、また、風力という意味ではいろんな意味でリソースが必要となってきます。

潮流に関しても、スマートグリッドに関してもそうです。送電線もそうです。

手短かに原子力についてお話をしますと、私はエビデンスとしては非常に驚くものだと思います。説得力があると思っています。

安価であるということと、また、安定しているというのは同じような人たちで、今キャリアとしてリーダーである人たちと、それも公的な資金というのがあります。

英国においてはフィナンシャル・タイムズなどにおいて、英国では大体4もしくは6ぐらいの異なる原子力の設計ということを考えています。これは公的資金というわけではありません。

なぜかといいますと、これはネオリベラルなイデオロギーにあるからです。政府としては公的資金を提供するわけではないということがあるからです。

しかし、原子力の場合は、民間の企業はどれも何らかの形で政府保証がないと資金を手だてすることがないというのがあります。

最近、日立と英国政府の例もありましたが、基本的に英国政府が融資に関しての補償をしなくてはいけない。それによって調達が可能となります。

標準化、また、建設に関してもセントラリゼーション、また、資金調達に余り費用がかからない。毎回設計が変わるために、これは日本でもそうなのですが、コストが上がります。忘れてしまってもう一度、一から始めていかななくてはならない。全てを最初から学び直さなくてはならないというのがあります。

韓国の場合も、シニアマネジメントの方が数カ月前に言われていたのは、同じような原子炉の設計を約35年間していたということでした。それも60年代の初めのことで、基本的にずっとずっと同じことを繰り返してきたということです。そういった意味では、非常に懐疑的です。英国での設計を変えるということによって、コストが減少するというのは、非常に懐疑的です。

また、大型の場合のほうがもっと安価になるということも懐疑的です。先週、ドイツのボンでブレゼンを聞いたとき、ドイツはどれぐらいの再生可能エネルギーが普及したかについて強調していましたが、CO2排出量については触れていませんし、また、石炭にも依存しています。原子

力がフェーズアウトする中では2020年や2025年の気候変動に対してのターゲットは達成しないでしょう。

多くの再生可能エネルギーのディスカッションをしているというのは戦略で、彼らが原子力から石炭に向かっていて、そして実は排出量がふえているということを隠しているのではないかと思います。

○ジム・スキー氏

その件については非常に多くありますので、幾つかの要素だけ触れたいと思います。それは、化石燃料の枯渇に関してです。

私は化石燃料については、これは今の段階では無限であるというふうに思っています。そういった意味では、天然ガス、シェールガスがアメリカでもありますし、ホワイトタイトオイルもあります。そういった意味では、こういったところは供給という意味での限界はないというふうに思っています。

また、ドイツの状況についてお話をさせていただきまして、英国についても触れたいと思うのですが、EUは基本的には内部のエネルギーマーケットがありまして、ヨーロッパ全土をカバーしています。2カ国、この理念から離れているというのが英国とドイツでしょう。

英国については、電力の主張と、それからドイツについてもエネルギーのベンダーがありますので、そういった意味では非常にユニークなナショナルアプローチがあります。

彼らとしては、もっと再生可能エネルギーについて、必要以上に支出しているのではないかと思います。この再生可能エネルギーについても、コスト効率が高い形で行う必要性があります。

エキスパートコミッションの議長は、メルケル首相にエネルギーベンダーに関する報告を行っていますが、この問題については南北間の送電に関する懸念を持っています。再生可能エネルギーに関しても、もちろんだれぐらいの懸念があるのかということが示されています。

ケンフェルト先生はいらっしゃらないのですが、100%再生可能ということでは同じ意見ではありません。しかし、インテグレーションコストが高くなっていくということですが、100%というのは追及していきません。私にとっては、これは余り効率が高いものだというふうには思いません。

もう一つ、英国について触れたいのは、どうやってこの1カ国だけかという点なのですが、Brexitについてはお聞きいただかないでいただきたいと思います。ヨーロッパの国々はそれぞれ相互的に接続されている状況です。

また、ヨーロッパのエネルギーマーケットにおけるリターンですが、よりよい相互接続がヨーロッパ諸国にあるということで、ドイツとそれから北欧についての話もありましたが、ノルウ

エーから英国と、それからノルウェーのほうからの水力、そして洋上における風力などというのはお互いのヘッジなのではないかということが言われており、このようなインテグレーションというのは非常にメリットがあるというふうにと感じていました。マイケルさんが先ほど北アメリカの話もされていましたが、これは英国にとってもノルウェーの件は価値であるというふうにと感じております。

ただ、今は国、一方的な政策というのはできないと思っておりますが、今、英国はエネルギー分野に関しては今、内向きになっておりますので、今後アプローチとしては外向きになっていかなくてはならないと思っております。

○小澤資源エネルギー政策統括調整官

坂根委員、よろしいでしょうか。

○坂根委員

新技術の話、もし何かありましたらコメントと、それから小型の原子炉の将来性はどうかのしょうか。

○ジム・スキー氏

失礼いたしました。忘れておりました。

とても重要なポイントです。

さまざまな多岐にわたって、テクノロジーで違いをもたらすということができると思います。

潜在的にソーラーエネルギーも効率をよくすることができるということも言及なさいましたけれども、これは、テクノロジーというのはグローバルに用いていくことができるわけで、グローバルに適用可能。そして、科学それから技術を使って効率を高めていく。そして、使われる物質のフットプリントを削減する、コストを削減するということが可能だと思っておりますので、世代が変わっていけば技術が進んでいくと思っております。

小型モジュール炉というのは、関心は持っているんですけども、まだ一般的なデザインの評価というのを行っていません。幾つかのSMRは小さいとは言っても小さくありません。300メガワットの出力ですと、かなり物理的に場所をとります。フットプリントが大きいのです。

50メガワットと3メガワット、これはガス火力発電所ぐらいのキャパシティで大きさです。まだこれから様子を見ていかなければならないと思っております。

ですので、イギリスではコンペを行って、どういうベンダーが実際にどういうものを出してくるのかというのを見ようとしています。

デジタル経済となっていて、これはエネルギーセクターにも大きな影響を及ぼしています。スマートグリッドであれ、EVであれ、あるいは自動運転車であれ、世界は変わってきている。

そして、世界が変わってきているのはほかの理由によるのですけれども、しかしエネルギーセクターにも影響を及ぼす、それを活用していかなければならないと思います。

○マイケル・シェレンバーガー氏

もう一言申し上げてよろしいでしょうか。

一つ、手短かに自動運転車について。

これは幾つか申し上げたいと思いますが、まず、自動運転車というのは、現在のEVの航続距離の問題は、これは解決されると思います。

航続距離は、カリフォルニアでは日本よりももっと深刻な問題なのですが、しかし、ビジョンとしては、自動走行車のネットワークを使っていくというもの、そして、燃料補充ができるということ、それぞれが燃料を補充するというので、車両をたくさん使う。そして、3分の1が充電中、3分の1が走行中ということであれば問題は解決できる。それから、交通渋滞の問題なども解決できるということです。

エネルギー転換、木から石炭へ、石炭から石油へというお話をしましたけれども、電力密度あるいはエネルギー密度が高まってきた、燃料の密度が高まってきたので高速になる。そうすると、より航続距離が伸びるということもエネルギー密度が高まると言えます。

例えば、マーケティング定数というのがありますけれども、通勤時間、人類の歴史において大体1日1時間通勤時間というのは変わらないということなんです。先ほど、私に付き添ってくださった方に通勤時間はどのくらいかとお聞きしたら30分。大体私たちは皆1時間は通勤時間にかけていると思います。そして、ただ、自動車がより速くなると、通勤距離は長くなります。

私は保守的なデザインの変更をするべきだと。だから、ABWRが好きです。BWRよりもABWR、A、アドバンストということがついている。徐々にゆっくりと設計を変更していくことが、原子力のコストを削減する鍵だと思っています。

プレゼンテーションの中でお話をするチャンスがなかったのですが、強調したい点として、これは中西さんにも強調して申し上げたいと思いますけれども、アクシデント、事故耐性の燃料です。ATFです。

40年近く事故耐性燃料の研究が続いていまして、まず、ジルコニウムの被覆を変えると。これは、熔融をして水素ガス爆発につながったものですが、そのジルコニウムを使わずに、シリコンベースの被覆材を使うということ。そして、それによって水素ガスが余り生まれないうにするということをやっています。

それも重要だと思いますけれども、さらに重要なのは、この熔融点がずっと高いということです。2倍、3倍、熔融点が高いということで、冷却喪失によるメルトダウンを避けることができ

るかもしれない。1時間から2時間ぐらいはメルトダウンを避ける、そしてさらに改善が進むと、1日2日メルトダウンを避けることができるかもしれない。

そうすると、三つのこれまで経験されたスリーマイルからの3回の事故、これが起こらなかったかもしれないというぐらいの技術の進展です。そして、パブリックアクセプタンスも高まると思います。

そして、これは私、自己矛盾していないようにしたいと思います。パブリックエンゲージメントはまだ重要だと思いますけれども、技術が変革していくことによってパブリックアクセプタンスを高めると思います。

それから、経済性もよくなるということです。

原子炉の規模を小さくすることができれば、つまり安全性にかかわる部分を、規模を小さくすることができるのであれば、日立あるいはウェスティングハウスは大量生産をすることができる。

原子炉アイランドを大量生産をして、ベトナムなどに輸出をする。そして、石炭の発電所を建てるのと同じようにオンサイトで建てることができるでしょう。事故耐性を持っているからです。

二つの原子力発電所を、アメリカでは装填する予定です。あれば日立、ウェスティングハウスそれぞれがかかわっているわけです。

かなりプッシュしていかなければいけない労力が必要だと思うのですが、ぜひ日本政府、それから日立にもご検討いただければと思っています。

○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す。

それでは、山崎委員、お願いします。

○山崎委員

ありがとうございます。

本日はマイケル・シェレンバーガーさんとジム・スキーさん、とても貴重な示唆をありがとうございました。

そして、クラウディアさんからは資料の提出という形になりましたが、また機会がありましたら、ぜひドイツの政策についても直接伺える機会が持てたらと思います。

昨年、私は2050年を視野にした地球温暖化プラットフォームというところで、いかに経済と温暖化対策、環境問題を両立させるかという議論にも参加していたのですが、そういった意味ですと、ジム・スキーさんのイギリスの例で、経済成長とそして低炭素化を両立しているという話、非常に興味深く伺いました。

資料の中で15ページに、脱炭素化のグラフが、年代に応じたグラフがあるのですが、

二つ大きく分けて改善の時期がありまして、一つ目が90年代、これはジム・スキーさんもおっしゃっていたようにインダストリアル・ストラクチャーと、コジェネなどの効果だと。

もう一つグラフから見てとれるのは、2012年以降も非常に大きく改善されています。その点は、何が大きく寄与されているのかを教えてくださいというのが1点。

あと、もう二つ質問があるのですが、再エネ、それから原子力が低炭素化としてはクリーンなエネルギーと言われてはいますが、両方とも調整火力が必要だという認識でおります。

再エネに関しても、太陽あるいは風力は発電量自体が変動しますので、その調整が必要ですし、また、それ以外でももともと我々の生活の電力需要自体が変動するので、調整火力が必要だと。

現状はそれを火力に頼っている、ガスなどの火力に頼っている現状ですけれども、将来ビジョンとして、これがスマートグリッドあるいは蓄電池などで吸収できるものなのか、それとも調整電力としての火力は引き続き継続していく方針なのかと。そのあたりも、これはジム・スキーさんに伺えればと思います。

3点目ですけれども、将来技術としまして、小型モジュール、原子炉のお話もありました。これはまだ設計、コンペ中だというお話ですけれども、そちらに例えば調整出力としての機能も持たせる方向で考えているのか、例えば分散、低コスト化だけでなく、ほかのより大きな技術革新も求めているのかも伺えればと思います。

お話にはなかったのですが、ヨーロッパでも検討がされている核融合などの見通しについても少しお話を伺えればと思います。

以上です。3点お願いします。

○ジム・スキー氏

三つのご質問をいただきました。

まず一つ目は、何が英国においての変化を1990年代に動かしたかということですが、このときは石炭からガスに対する転換です。これは電気市場の自由化によるものです。

そういった意味では、ナショナルジェネレーティングボードがありまして、ここでは石油に対しての集中ということを行っていましたが、民営化がなされたときには、全ての原子力に関しては、それぞれの民間の会社はその当時は発電所に対して投資をすることができなかった。

そこで、新規参入者がガス、火力に関してもっと建設時間が短いというのと、また、資金が少なく済むということで、それが進んでいったというのがあります。

最初は、民営化の動きによってそれが引き起こされたというのがあります。

より最近の動きというのは、英国のEUの再生エネルギーの視点に対して準拠したということにかかわっています。

それで、再生エネルギーに対しての動きがあったというのと、もう一つは、石炭火力の発電所が非常に老朽化してしまったということで、そして、EUの大規模なプラント指令があったということと、また、炭素税が影響したというのがあります。これが私たちの財政状態としてよかったということです。

そこで後半の部分というのが、石炭から再生エネルギーということですので、この低炭素プラズ、このガスと炭素のシステムというのがあったという中にいます。

また、そのほかでの電力に関するバリエーションに関しての話がありました。どうやってその変動についての対応をしているのかというお話がありました。

コストについては、一部は反映されています。それは、キャパシティー市場を英国においては導入しているからです。キロワットアワーではなくてキロワットに対しての微動をするということになっています。入札をするということです。

このような変動のエネルギーは、このキャパシティーマーケットではできないということです。なぜかといいますと、今、非常に動きが速いというのがあります。

そこで、現在は化石燃料のファンドで、このメカニズムというのがあります。

そのような柔軟性を持って対応するというのが新しいキャパシティーマーケットで価格として売り込まれています。これが、実際に違いを生み出し始めています。

一つ指摘させていただきたいのは、何が違いかというのを定量化することはできません。

平均的な卸売価格は1メガワットアワー当たり45ポンドになっています。平均的な風力の発電事業所の場合は、年間40ポンドとなっています。その出力は必ずしも需要と時間が一致していないからです。

そこで、どれぐらいのばらつきかということについての定量化を始めています。今の普及率ということだと、大体メガワットアワー当たり4ポンドです。

よりスマートなシステムの将来ということを考えますと、キャパシティー市場がさらに発展し、そして、その他の補助的なサービスが出てくるのではないかと考えています。それも秒単位で反応して、そして、これはフリークエンシーレスポンスをしていくということです。

また、それによって、この需要側においても入札できるようにということが望ましいと思っています。

例えば、スーパーマーケットで冷凍庫などを行っているようなところは、今、入札に関心を持っています。短期間だけとめて、そして、システムをバランスしていこうということを考えています。

また、精錬所なども同じことを考えています。こういった反応が、最近システムに取り込まれ

ているというのを見えています。

また、SMRと、それから出力の調整に関してですが、これについての答えは持ち合わせておりません。もしかすると私のテーブルの反対側の方々のほうから、助けていただけるのではないかと思っています。

ありがとうございます。

○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、船橋委員、お願いします。

○船橋委員

まず、お二人にわざわざ遠いところをお越しいただきまして、本当にありがとうございます。非常に深いところをお話いただきまして、とても勉強になりました。

お二人に一つずつ伺いたいことがございまして、一つはシェレンバーガーさんなんですけれども、最初の四つの質問のうち一番最初の、アメリカがパリ・アコードから引くということで、非常に大きなインパクトが予想されるわけですが、アメリカの国内でもやはりもう一度戻っていくべきだという意見も非常に強いというふうに伺っていますけれども、原子力をもし非常に重要な脱炭素の一つの柱に据えると、エネルギー源として、というふうに、シェレンバーガーさんはそういうふうに主張していらっしゃるわけですが、そうするとアメリカの原子力産業であるとか、あるいは原子力フレンドリーな環境主義者の方々とか、そういう方々がもう既にアメリカのパリ・アコードへの復帰ということで動いていらっしゃるのかどうか、そのこれからの見通しといたしまししょうか、どういう形でアメリカが責任ある国として、ステークホルダーとして、ともに脱炭素の世界、社会をつくっていくのかと、そのところについて伺えればと思います。

ジム・スキーさんに1つ伺いたいのは、EVについてですけれども、2040年にイギリスはEV以外のものは販売しないと、ガソリンもディーゼルもだめだと。フランスも2040年にほぼ同じようなそういう方針を政府の政策として出していますけれども、これはイギリスとフランスとで、ある一つの産業政策、あるいは環境政策、さまざまな要素を織り込んだ上での政策調整のような形で進んでいるのか、さらにそれをグローバルなベンチマークとして、それぞれの国家政策だけでなく、そのように進めていくというお考えでいらっしゃるのか、その辺を伺えればというふうに思います。

○マイケル・シェレンバーガー氏

ご質問どうもありがとうございます。

グローバルな条約、気候に関するグローバルな条約の重要性というのは過大評価されていると思います。その一つの例を挙げたいと思いますけれども、どの国も排出量をアメリカほど早く削減している国はないということです。京都議定書には参加しませんでしたし、パリ協定から脱退しましたけれども、排出量を削減している、それは頑張ったからではなくて、排出量を削減できたのは技術革命があったからと。それとあわせてフラッキング技術の革命がありまして、新しいシェールという膨大なエネルギーが使えるようになったからです。

スキー教授がイギリスの市場の自由化が重要な影響を及ぼしたということですが、石炭からガスへの移行というのは、北海の豊富なガスの資源が開放されたということも原因となっています。新しいガス田、イギリスに近いガス田があったということも、大きな変化をもたらしたと思います。

計画を立てるといふことの重要性はありますけれども、変化をもたらすような政策、もっとメカニスティックに排出量を削減するような政策というのは現実的になかなか難しいと思います。もう一つ、福島を考えなければいけません、福島によりまして、日本においては原子力発電から全て化石燃料に置きかわった。少なくともある一定期間までありますし、ドイツも原発、脱原発となりました。したがって、過去の計画というのは福島の後、全てなくなってしまっ、廃棄されてしまったわけです。

したがって、原子力については50年代、60年代に立てていた予測というのは、急激に原子力が拡大していこうというものだったのですが、原子力はエネルギーの比率として世界的にも90年代なかばから比率が下がってきている。そして発電量の絶対水準で見て、福島の前5年前に比べて下がっています。

これは気候政策、それから環境政策の重要性を過大評価しているし、ソフトなものを過小評価している。例えば、パブリックアクセスタンス、原子力などの社会の受け入れであるとか、あるいは技術変革で、意外な技術変革があるということの過小評価が見られると思います。例えば事故耐性燃料が実現すれば、原子力への復帰というものもこの技術変革によって促されるのではないかと考えています。

これは政府が計画を立てたからということではないと思います。

○ジム・スキー氏

電気自動車については、政府は政策をつくるというのはとても簡単である。

20年後、30年後、将来の目標を立てるのはたやすいことです。これは法的拘束力のある炭素の目標とは違っています。先ほど申し上げた炭素の目標とは違って、電気自動車というのは、政策上、野心的に掲げているものにすぎません。

それから国ごとにコーディネーション、調整が見られているのかと、それは私は知りませんが、私の臆測では、政策調整があったというのではなくて、我も我もとミートゥーだったのだと思います。まず最初に北欧が最初にやってきた、それからフランスが続いた、そしてイギリスがそれに続いたということで、模倣しているだけであって政策調整ということではないのではないかと私は臆測しています。

そして、またガソリン車、ディーゼル車をフェーズアウトするのは、ガソリン車、ディーゼル車で水素もあわせて使うものについて、フェーズアウトするのか、ハイブリッドをフェーズアウトするのか、これははっきりわかっていません。かなり違いがあると思うのですけれども。

○小澤資源エネルギー政策統括調整官

では、中西委員、お願いします。

○中西委員

きょうはありがとうございました。

ご出席のお二人のご意見には、ほぼ私全面的に賛成でございます。ただ、先ほど枝廣先生がおっしゃられた、エネルギーソースの分散化といいますか、そういうことは一つのトレンドとしては必ず出てくるだろうと。そのときもう既に、スキー教授が言っておられました、キャパシティーマーケットとか、デルタキロワットマーケットとか、Some types different from the real power generations.

実際の発電とは少し異なっています。本当にワークするのかどうかというスタディがどのぐらいされていて、どういう具合に進むんだろうかと。ドイツはそういうことも考えないと、本当はもう早晚行き詰まるはずだというふうに私は思っています。ただ、ドイツの場合はエレクトリック・ユーティリティー・オペレーターが非常に巨大ですから、各国にまたがった融通を社内のネットですてしまうようなところもあって、モデルは日本とは大分違うとは思いますが、UKの場合、今CFDはパワー・ジェネレーションに対してだけであって、まだこういうところに、プライシングのマネジメントのところまでは届いてはいませんよね。だからその辺がどういう具合に進めていかれるおつもりであるか、あるいはヨーロッパの中で議論がどうなっているかということについてお話いただければありがたいと思います。

○ジム・スキー氏

こちらは、非常に関心が高く、またエネルギーのエコノミストの間でも研究がよくなされているところです。電力市場についていろいろな実験がなされており、キャパシティーマーケットのメカニズム、英国で現在発展させているのは、ほかのヨーロッパにおいても必ずしもインターナショナルマーケットとは一致していない状況です。

そこで、非常に認識をしているのは、ダブリンに行って、また、アイルランドの人たちと話をすると、非常にフラストレーションがたまっています。英国が中間にいて、大陸ヨーロッパのエネルギーのマーケットの間に立っているという状況です。そして、アイルランドとしてはヨーロッパ的にあるというのであるのですが、英国が違った形で動いているというのがあるようです。そこで、答えとしますとはっきりはわかっていません。

今、キャパシティーマーケットについてはまだ実験をしているところです。1回目の入札においては非常に多くの問題がありました。小規模なディーゼルジェネレーターが入っていて、これについては環境にやさしいというわけではありませんので、ルールを変えてまた次の入札を行うという必要性がありました。その後についてはもっと論理的なように見えました。どういったキャパシティーがあるかということについては、ただ、もっとそれについても注目をしていかなければいけません。

英国についてですが、ディーターヘルム先生がエネルギーのコストについて報告を出されたばかりです。この中には、非常に多くの詳細なものが含まれております。そのリンクはお伝えすることはできます。この報告書は先週ぐらいに出てきたばかりなので、本当に最近出てきたばかりです。

彼が提唱されているのは非常に詳細な内容で、中にはCFDのシステムを再生エネルギー、キャパシティーマーケットと統合するというものです。そこで、キャパシティーマーケットとしても、基本的にこの再エネに関してはディレイトされるけれども、基本的にはキャパシティーオークションと一緒にというものです。これがどのように機能するのか、また、これがどういう意味を持っているのかということではまだ戸惑っているところです。どうやってこのエネルギーマーケットを新しい形で設計していくのかということに関してまだ答えはないと思います。もっと研究も必要で、もっと実験も必要です。

また、いろいろな人の中で議論をして、何がうまくいって何がうまくいかないかということをお話する必要がありと思っています。

○小澤資源エネルギー政策統括調整官

それでは、五神委員、お願いします。

○五神委員

シェレンバーガーさん、ジム・スキーさん、きょうはありがとうございます。

このエネルギーの問題、環境の問題をどう考えるのかというのは非常に難しいということがよく分かったとともに、私が相手にする学生は20歳ぐらいですから、今後100歳まで生きるということなので、あと70年、80年生きるということで、2050年を超えて生きる学生たちと

何を伝えるかということを経々考えているわけですが、その意味で非常に参考になる議論が多かったと思います。

特に、パリ協定というのが2050年までに何をすべきかということ、科学的な議論をもとに定めたということ、しかし結果として極めて野心的な目標になったこと、各国間のポリシーギャップも非常に大きいことが明らかで、現在見えている選択肢だけでは不十分だということも、お二人の話を聞いてよく分かりました。

多様な選択肢をどう生み出していくかということが極めて重要な課題だと思います。基礎研究と応用研究、あるいは、長期的な研究と短期的な研究というものがありますが、一般には基礎研究は長期で、応用研究は実学で短期、という組み合わせで考えられがちです。しかし、私はそれは間違っていて、2×2のマトリクスで考えるべきだと思っています。

つまり、応用研究、実学でも長期で見据えなければいけないものもたくさんあるのです。例えばこの8月に、私は東大の北海道の演習林を訪問して実感したのですけれども、そこは森林学の研究を100年以上続けているところ。サステナビリティという意味では林学は極めて重要で、これは実学ですが、短期のエコノミーの視点だけでは研究の方向は定まらない。なぜならば、新しい木を植えてもそれが成木となるころにはエコノミー、林業の産業構造は変わってしまうからです。実際、50年かけて育てた木が、今のマーケットでは価値がないと評価されたという話を聞きました。しかし、日本は国土の70%は森林で、これは、今日の論点である温暖化対策という文脈では、CO₂の固定という意味で極めて重要な価値を有するストックです。

問題は、100年後も林学は重要で、林業の現代的な研究をする人が必要なわけですが、エコノミードリブンだけではそういう人を長期タームで育てる学問を続けることは極めて難しいということです。そういう実学であっても長期タームのものをどう支えるかということ、どういうふう議論していくかということが極めて重要だと今日のお話からも認識しました。

というのは、エネルギーの問題は、まさに実学でありながら、これは非常にロングタームな課題の実例であるからです。先日、福島の実地を見に来ましたが、これは2050年には多分まだ解決してなくて、100年ぐらいのスケールで考えなければならないものだと感じました。

そういう意味で、エコノミードリブンの視点は20年か30年ぐらいが長期のリミットだと思うので、それを越える50年、100年スケールのものをどういうふう実学として支えるかということ、そしてその仕組みをどういうふうしなければいけないかということをお互いに考えないと、こうした問題は解決しないのではないかと思います。その点についてお二人のご意見を聞きたいと思っています。

2050年には、経済の形も、あるいは社会・政治の形も大きく変わっているはずだと思います。これはなぜかという、今デジタルエコノミーの話もありましたけれども、経済を駆動しているものの価値が、物から知識や情報に大きく移って、現在、明らかに経済的な価値はそちらにシフトしている中で、社会のシステム、あるいは政治的なシステムも大きくその経済の変化に伴って変わるはずだからです。

そうした変化を考えるときに、大学についていえば、長期の実学あるいは基礎科学を、長期的な研究をいかにエンカレッジしていくかということは極めて重要で、日本はアメリカに比べると、そういったことに挑戦する人をエンカレッジする仕組みが弱いというふうに感じています。例えば、東京大学は日本の中では優秀な学生がたくさん集まっていると思いますけれども、その優秀な人たちの多くが安定を求めて伝統的にメンバーシップ型雇用を採用している日本の大企業に就職するという傾向があります。しかし、アメリカではむしろチャレンジする場や機会に優秀な人が集まっています。そういうチャレンジを日本でもエンカレッジしていくような仕組みに変えていかなければいけない。環境の問題やエネルギーの問題はグローバルなので、そこに若い日本人がチャレンジせず貢献できないということとなれば極めて残念で、そこを変えていきたい。

幸い、近年の東大卒業生のトレンドを見ますと、非常に優秀な人で転職したり、あるいはベンチャーを立ち上げたり、という人が増えてきているので、そういうチャレンジをいかに後押しするかということが大事だろうと思っています。

私はもともと物理学者ですので、ニューテクノロジーがどういう方向に向かうべきかということには非常に興味があって、ジム・スキーさんおっしゃるように、マテリアルサイエンスは極めて重要で、止めてはいけない分野だと考えています。1990年ごろの一時期には、超伝導体が常温でもできるのではないかという大きなマテリアルサイエンスのブームがありましたけれども、エネルギーの問題に関するものについても、こうした新原理を追求するような研究はたくさんあって、日本にはその分野の優秀な研究者が多数います。そういった研究を世界的に展開していくべきであろうと考えます。

それから、この会議の1回目で述べたように、やはりバッテリーはどのようなエネルギーのシステムになったとしても極めて重要で、しかも研究開発の余地が相当にあるため、そういう研究を強化し、チャレンジしていくことが必要です。科学技術研究は国境を超えたネットワークで展開する活動になりますので、それを国際的にエンカレッジするシステムはバッテリー開発にとって極めて重要です。それに加え、今後、人々の活動の範囲がますます多様になり、地域や国境というものを再定義しなければいけないという状況が2050年ぐらいには必ず来るはずなので、皆が共通に議論できるプラットフォームとして、この問題を国際的にインテンシブに議論し続け

ることが、エネルギーイシュー以外にも人類をサステイナブルに発展させていくためには極めて重要なのではないのでしょうか。ですから、様々な観点の対立はあると思うのですが、議論自体は続けていって、ポリシーギャップを埋める努力を続けるということは極めて重要であると考えます。

そういう意味で、こうした観点で具体的にどういうアクションをとったらいいかということについてのご意見をお聞きできればと思います。よろしくお願いします。

○小澤資源エネルギー政策統括調整官

順番によろしくをお願いします。

少し時間が迫っておりますので……

○ジム・スキー氏

申し上げますよろしいでしょうか。非常に多くのことをおっしゃったと思うのですが、簡単にコメントさせていただきたいと思います。

私のチームはプロジェクトを行っていきまして、それぞれ異なった国々がどのようにエネルギーのイノベーションシステムを組織化しているのか、どれだけ効果的であるのかということの研究を行っていきまして、聞き取り調査を各国で行っています。2年前に、日本でも聞き取り調査を、経済産業省その他の方々に対して行わせていただきまきました。

そして1つのテーマとして共通で各国に見られるテーマというのは、恐らく一番大きな課題として多くの国が捉えているのは、基礎研究の果実をどのようにトランスレーションをして商業的に生かせる、マーケットで使えるものにしていくのか、これが共通のテーマでした。デンマークでは、テクニカルユニバーシティデンマークに研究所が統合されているということがありまして、ARPA-Eのアメリカのイニシアチブもあります。

ただ注意しなければならないのは、イノベーションというのは直線的なプロセスではなくて、ラボから始まってだんだんと広がっていくということではなく、フィードバックループを何度も繰り返していきます。基礎研究の課題として、これはマーケットで試してみなければ、何が重要なかがわからない、実証研究をしてみなければ基礎研究で何を研究すべきかがわからないというものがあります。

聞き取り調査を日本で行った際にお聞きしたことで覚えておりますのは、リンクを強くするということが、これは産学のリンクを強くする、そして、より精密に何が本当の課題なのかかわかるようにしていくということでした。これはイギリスでも私たちはやろうとしていまして、産業界と学会のリンクを強くしようとしています。この基礎研究から商業化、応用へと進んでいくということ、それからリンケージが効果的であるということ、これが恐らく一番大きな課題で取り組

んでいかなければいけないことだと思います。

○マイケル・シェンバーガー氏

イヤホンは必要ありませんでしたね。私も同感です。

イノベーションという言葉、これは混乱を招く言葉だと思います。どういう問題を解決したいのかということを考える必要があると思います。ケーススタディを行ったことがあります、アメリカ政府がどのように民間のアントレプレナーと一緒にシェールガス革命を引き起こそうとしたかということ、これはまず問題としては、どうすれば安くシェールから天然ガスを取り出すことができるのか。ガスがシェール、鉄岩の中に入っているということはわかっていたけれども、2、3のテクノロジーを組み合わせなければ取り出すことができないということがわかっていました。

同じような形で解決したい技術的な問題、安全な自動走行車をどうすればよいのか。それから事故耐性の原子力エネルギーをどう達成できるのか。こういった目標があるわけです。

そして、資金を研究者に与えて、研究所で研究をさせようということだけでは十分ではない。もちろんそれは必要なのですけれども、もっと広いプロジェクトが必要だと思います。例えば人間を月に送るということは、単に宇宙のイノベーションがあれば十分だということではない。目標があって達成できたということがあります。これは長期にわたってこういった問題はあり続けると思います。

脱物質化ということを申し上げましたけれども、例えば日本の再森林化ということについては、木がそれほど物質として材料として必要とはならなくなった。違った質の木材がもしかすると必要となるかもしれませんが、マテリアルスループットは木材については下がっていくであろうということです。

例えばスマートフォンだけを見ても、いろいろな物質が必要ではなくなってきているのです。GPS端末、ステレオシステム、Eメールなど、iPhoneでも脱物質化が進んでいます。

それから運輸部門についても、同じように将来の車両というのはより高速で移動するし、より高エネルギー密度になっているだろうということです。

ということは、テクノロジーとして投資をするのはそういうことを達成してくれるテクノロジー、こういう目標を達成してくれるテクノロジーに投資する。しかし、通勤時間は大体変わらないだろうということで、今まで車両は変わるけれども、同じような使い方のパターンであろうということです。

それから、山崎さんが核融合の質問をされましたけれども、原子力は主なエネルギー源となって、そして車両に対する水素燃料それから航空輸送に対する水素燃料を提供すると思いますが、

融合というのは宇宙輸送のための燃料になると思います。核融合というのはとても難しい。そして、いつかは可能だと思うのですけれども、次の世紀になるのではないかと思います、だからこそ研究を続けるべきだと、核融合については思っています。

○五神委員

テクノロジーの進歩だけではなくて、社会のあり方自体が今、ものすごく大きく変わろうとしていると感じています。日本ではそれをSociety5.0という形で議論しています。

テクノロジーと社会の両方を同時によい方向に調整していくという議論の中で、ポリシーギャップを埋めていくという方向を考えるべきではないかと、今日のお二人の話を伺って思いました。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。

ちょっと時間オーバーしていますけれども、ほんの少しだけ時間をいただいて。

○枝廣委員

ジム・スキーさんにも質問したかったので、ありがとうございます。

ごくごく短く。

まず、英国で法律をつくって、ちゃんとカーボンバジェットをつくって、5年毎にきっちり数字を出して減らしているということ、非常にすばらしいと思います。

私たち日本の政府でも、こういった形でいろんなことをやって、その結果どれぐらい減ったかなというよりも、これぐらい減らしていかないと最終点にいかない。そのためにどうしたらいいかと、そういうやり方をぜひやりたいとも思うので、お手本として聞かせていただきました。

質問は二つあります。

1つはEUのCO₂が減ってきた1つの理由は、物づくりを海外に移したという側面があると思います。これは日本も同じような課題があるので、つまり中国やほかの国が日本の消費者用のものをつくれればつくるほど、日本や英国のCO₂自体は減る。しかし、世界全体で見たときに減っているわけではないので、そういった消費者が海外から輸入しているもののCO₂をどう考えるかということは、日本にとっての課題でもあるので、そこをどう考えるかというのが1点。

もう一つは、お話の中で民間のイノベーションのためのフレームワークというお話がありました。いろいろな可能性を模索するために民間が自分たちでイノベーションを進めていけるようなフレームワークをつくるのが、今日本にとってもとても大事だと思っています。英国で具体的にどのようにイノベーションを、民間が進めていくためのフレームワークを準備されて、どういったところが効果があって、そのあたりを教えていただければと思います。

○ジム・スキー氏

まず、初めに基本的にCO₂の漏出ですが、海外に製造拠点が移っているということに関してですが、英国でまず行っている1つとしては、主要な生産のところのほかのサテライトとしてカーボンフットプリントを英国でも行っています。つまり、これは実際に取引をされているものに関して何も国際的な合意というのはありません。しかしながら、リード大学のグループが統計をつくっています。政府に対して実際の取引ですとかなどに基づいて行っています。

しかし、このように今漏出をしているというのは非常に大きな問題で、今委員会においてもカーボンフットプリントに関しての報告書をつくっています。これはメインのレポートとは別のものをつくっています。

また、フレームワークに関してですが、カーボンバジェットのフレームワークに関してはそれほどイノベーションの政策と英国については強いつながりがあるというわけではないと思っています。カーボンバジェットは15年間といったような時間軸で考えています。これに関しては、余りイノベーションの側面に関しては考慮されていないと思います。

1つ、この再生可能エネルギーに関しての要素としては、コストを下げるということに関して学んでいくものが多い。そこで試すことによって価格を下げていくということによって学ぶことができるということがあります。この再生可能エネルギーについてのスケールについては、コストを下げるということであるのですが、唯一政策という形でかかわっているのはこれぐらいです。

長期的な戦略、基礎研究に関しては、ほかの政府のシステムのところで政策はつくられています。

○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。一通り、委員の皆様からご質問、ご意見等をいただきました。ありがとうございました。

ちょっと時間もオーバーをしておりますので、きょうは本当にマイケル・シェンバーガー氏、ジム・スキー氏には大変長い時間にわたりまして、プレゼンテーションと質疑に対応していただきまして、本当にありがとうございました。

もう一度拍手を。(拍手)

あと、一番最後に飯島委員の資料がついてございました。

ご意見だけ、ほんの一言だけ述べさせていただきますと、一番最後に飯島委員からの資料をいただいています長期戦略の立案の必要性、それから、ベースロード電源の確保の重要性、電化以外にも熱の利用、効率化やエネルギー全体の課題の目標の重要性、省エネ技術の必要性、それから海外貢献の重要性についてコメントいただいております。

ご紹介をさせていただきました。

○日下部資源エネルギー庁長官

きょうはどうもありがとうございます。

きょうのお話を聞いていて、カーボンフリーという大きな目標は共有しているけれども、恐らく登山口は明らかに複数あって、もしかすると最後の山頂の設計も複数あるかもしれないということだと感じました。このため各国もさまざまな戦略のバリエーションがあるのだと思います。

事務局としては、なぜそれぞれの国が同じ目標を共有しているのだけれども、違った複数の登山口を選び、どういう山頂を目指しているのかということの皆様を提供する責務があると感じた次第であります。その上で、日本が置かれた立場において、どういう選択をしていけばいいのかという資料を出していきたいと思います。

きょうは実は、シェレンバーガーさんとジム・スキー先生と、ケンフェルトさん、お三方をお呼びして、それぞれ、実は同じ目標なんだけれども違ったパスがある、違ったアプローチがあるということを明らかにしようと思って、このお三方を呼んだ経緯がございます。残念ながら、ケンフェルトさん、きょうご欠席だったので、もし皆様方のご了解をいただければ、別の機会でも何らかの形でケンフェルトさんのプレゼンテーションもいただきたいと事務局は考えておりますので、また皆さんにご意見を伺いにお邪魔したいと思っておりますので、よろしくお願ひします。

改めまして、きょうはシェレンバーガーさん、それからジム・スキーさん、本当にありがとうございました。改めて御礼申し上げます。

委員の皆様、長時間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。

今回は、エネルギー関連企業の経営戦略について、経営者等をお招きしてプレゼンテーションをしていただきたいと考えてございます。

詳細につきましては、改めて事務局のほうからご連絡をいたします。

本日は長い時間、本当にありがとうございました。

これで第3回の懇談会を終了させていただきます。

ありがとうございます。