

第18回  
原子力委員会臨時会議

## 第18回原子力委員会臨時会議議事録

1. 日 時 2011年6月2日(木) 14:30～15:15

2. 場 所 中央合同庁舎4号館 10階 1015会議室

3. 出席者 原子力委員会

近藤委員長、鈴木委員長代理、秋庭委員、大庭委員、尾本委員

京都大学エネルギー科学研究科

石原教授

内閣府

中村参事官

4. 議 題

(1) 今後の原子力政策に関する有識者ヒアリング～2030年までの電力需給シナリオ～

(京都大学エネルギー科学研究科教授 石原慶一氏)

(2) その他

5. 配付資料

(1-1) 原子力委員会資料 その1 (石原慶一氏資料)

(1-2) 原子力委員会資料 その2 (石原慶一氏資料)

6. 審議事項

(近藤委員長) では、第18回の原子力委員会臨時会議を開催させていただきます。

本日の議題は、今後の原子力政策に関する有識者ヒアリングの一環といたしまして、京都大学エネルギー科学研究科教授の石原先生に、2030年までの電力需給シナリオと題してお話を伺うこととございます。

先生にはお忙しいところお越しいただきまして、まことにありがとうございます。15分程度、お話しいただいて、その後議論をするということで進めさせていただければと思いますので、よろしくお願いいたします。では、どうぞ。

(石原教授) こんにちは、京都大学の石原でございます。今日はよろしくお願いします。15分というのはかなり忙しいと思うのですが、頑張ります。

まず、資料1-1、その1と書いてあるほうから説明申し上げます。最初のほうは私の自己紹介みたいなもので、私ども京都大学のグローバルCOEでは、2100年までに二酸化炭素排出を世界から実質上なくそう、そのためにはどのような研究をすれば良いかというようなことをやっております。その中で私が担当しておりますのはシナリオ作成研究グループで、2100年までのエネルギーのシナリオを考えようということをやっております。

スライドをもう1枚めくったところにあるように、2100年ゼロエミッションシナリオと書いてあるようなことを考えておりました。2100年の電力システムをゼロエミッションにするためには、一つには輸送機関の自動車をすべて電気自動車に置き換えることです。そして、その電気自動車のバッテリーをもって電力貯蔵をすればかなりの貯蔵量ができるということで、短期の貯蔵は、短期の貯蔵と申しますのは数日間ぐらいの電力貯蔵はバッテリーでまかなえるだろうと思っています。長期貯蔵については水素あるいは液体燃料ということを考えねばならないと思います。主なエネルギーソースは、核融合も含む次世代の原子力エネルギーに頼るということを、日本の場合には考えております。これで、何とか電力システムについてはゼロエミッションできるだろうということを議論しておりました。

世界レベルになりますとちょっと話は変わりまして、バイオマスをかなり有効に利用しなければならないだろうと思っています。このバイオマスもバイオマスCCSということで、どんな形であろうとバイオマスをカーボンシンクに利用して、最小限必要な石炭等の利用は許すことにして、その分バイオマスを地中に処分する、いかなる形でいいのですが、直接地中に木を埋めるというような方法でもいいですし、1回燃料として使って燃やして出た二酸化炭素を吸収して地中に埋めるいうことをすれば世界のゼロエミッションは可能ではないかということを議論しておりました。

次のスライドに、2100年までの日本の最終エネルギー消費を示しますが、人口減等から最終エネルギー消費も減りますが、先ほど申しましたように、自動車は電力に置き換えますので、電力化率は上がるという計画を含むシナリオを検討しておりました。

その次のスライドにございますように、2100年までの電力構成検討例として、先ほど申しましたように、核融合も含んだ原子力というのが60%ぐらい占めることで、2100年まで何とかゼロエミッションを到達できるのではないかというようなことを検討しておりました。

そういうことを検討しておりましたので、我々はいろいろなシミュレーションのソフトウェアを開発しており、経済的な側面、それから資源の側面を含めて、電力需給が日本で停電が起こらないようなことを産業界も含めていろいろなシミュレーションをやっておりました。

これは5年の計画でして、まだあと来年度1年グローバルCOEはございますけれども、それまでに2100年に至る道を明確に示して、そこに必要な技術開発の項目を技術ロードマップという形で公表するという予定でございました。

今回の震災に対応して、急遽2030年までにどういうシナリオが描けるかということについて、シミュレーションソフトの総力をあげて我々どもは検討して、5月9日の緊急シンポジウム等で公表し、また我々のグローバルCOEのホームページにも載せております。本日はその内容を、まず、ご説明申し上げて、その後、私の個人的な考え方を述べさせていただきたいと思います。

その次のスライドにありますように、震災対応2030年までの電力シナリオ、今日はこれが中心となる話です。まず、いろいろと言われておりますけれども、これは2030年までにとにかく再生可能エネルギーを可能な限り導入しようということを前提としております。そこで、エネルギー需給バランスを考慮して、原子力発電の必要性がどれぐらいあるのかということを議論したいと思っております。

2030年はなぜかというのはここに書いておりますように、これまでも2030年というのはいろいろなところで目標になっておりました。それから、今からいろいろな技術導入といいますか設備を導入して実現できるのが2030年ぐらいだろうということで、2030年を一応ターゲットにしております。特に2030年に大きなこだわりは持っておりません。

次のページに、これは一般向けの講演用スライドですが、シナリオ分析というのはここに示しているのが唯一の解というわけではなくて、いろいろな条件のもと成立する1つの道筋を示しているとお考えください。

次のページに、今回考慮した点ということで、まず原子力発電の扱いですが、福島第1原子力発電所の事故に伴い、今後の原子力発電計画に大幅な見直しが想定されるということで、原子力発電につきましては縮小方向にあるようなシナリオと、現状維持という方向と、それから従来の計画にございましたような推進というような三つのオプションを設定いたしました。

一方、需要予測ですが、需要増というのは考えにくいということで、いろいろと議論はあ

るところではございますが、2030年といいますと少々人口減は予想されていますが、世帯数におきましてはわずかに増加するぐらいのところですよ。大体、電力需要はご存じのように世帯数に比例しておりますので、大幅な増加はないだろうということですが、省エネルギー等がいろいろと叫ばれているので、需要の減少というのは予測されるだろうということで、減少方向を予測しています。

ただし、どれくらい減少するかということを定量的にきちっと評価することが今のところかなり難しいので、三つの大胆な予測をしております。

ここまでは、他の皆さんがいろいろと定性的におっしゃっていることと余り変わりはないですが、我々のやったことの大きなことは、1時間単位の需給バランスを季節ごとに365日計算いたしました。後で説明申し上げますが、これは実データに基づいてやっております。それから、火力発電はできるだけ使わないという電源選択を考慮しています。

次は皆さんご専門家でいらっしゃいますので日負荷曲線というのを説明する必要はないと思いますが、東京電力などはホームページでこういう日負荷曲線を発表しております。ちょっとごらんいただきますように、これは5月9日の例ですけれども、ブルーが前年度を示していますが、10%～15%、需要が削減されていて、これは震災以降大体この傾向にありますので、15%程度の需要削減というのは現状の東京における節電対策を継続してやっていけるということで、15%減というのは現実的には考えられるかと思っております。もちろん工場が止まっているといろいろな状況はあるのですが、大ざっぱな見積もりということでちょっと示しました。

それからもう一つは、日本の日負荷曲線の特徴は、昼間にピークがあって夜にボトムがあります。これが夏のピーク時には2対1ぐらいの大きな差があるということで、これに耐え得るような電力システムが必要で、今回はそれについても検討しております。

12ページはCO<sub>2</sub>の排出量で、これに基づいて後ほどCO<sub>2</sub>の排出量を計算するということです。

13ページにあるのはシナリオ設定の全体像ですけれども、原子力発電が1,400万kWから6,000万kW、太陽光発電は1億kWまでの導入を考えています。詳細は後で説明します。風力発電5,000万kW、水力が2,100万kW、揚水が2,700万kW、それから火力が最大ピークで1億1,000万kWまでの設備はあるという想定をしております。

最初に申しましたように、原子力発電のオプションですけれども、三つ設定しております。

一つは、原子力発電所の新設をもうこれ以上やらないということで、2030年に残っているのは1991年以降に建設された炉のみが残るという設定が1番目のオプションです。

2番目は、高経年炉を廃炉し、新しいより安全な炉を建設するというもので、現在の原子力発電所の計画を含めると、2030年に大体46基、5,000万kW程度となります。

それから、震災前の計画どおりに進めて、今の炉も60年まで使うということをやりますと、大体54基で6,000万kWということで、震災前は54基、4,800万kW程度設備容量としてありましたので、それを上回る設備容量が2030年に達成するという三つのオプションをつくっております。

もちろん、このオプション1と2が余りにも違いすぎるというような批判もありますが、とりあえずこういう設定をしています。

15ページは、運転中、建設中、着工準備中のものにつきましては資源エネルギー庁にあるこのようなデータに基づきました。

オプション1の14発電所が残るというのは16ページに示すようになります。先ほどの定義からちょっとだけずれる発電所は幾つかありますけれども、残るのは日本海中心で、太平洋側からはなくなります。以上が原子力発電所についての三つのオプションです。

太陽光発電についてですが、1億kW、100ギガワットという値ですが、これはかなりチャレンジングな値です。いろいろなところで言われているのは大体8,000万kWとか7,000万kWです。ここに日本太陽光発電協会が出しているデータを示しますが、ここでは中期目標として、中位の目標、Mに100ギガワット、すなわち1億kWということが出ております。内訳としては、住宅系で4,000万kW、これらは環境省が4月に出したポテンシャルですが、耕作放棄地、それから事業所等を含めるとポテンシャルとしては1億kWあると思われます。

次のページにお示ししましたが、出荷量等を考えると、2030年までに国内出荷量で1億kW、今後このような増加傾向をたどれば物理的には間に合うということです。

それから、風力が5,000万kWという例を示していますが、これもかなりチャレンジングな値です。NEDOが出しておりますのが陸上でせいぜい3,000万kW、洋上が4,000万kW、最大で7,000万kWというポテンシャルでございますので、そこから5,000万kWというのはかなりチャレンジングですけれども。ここにお示ししているようなグラフに書きますと、これは縦軸が対数になっておりますけれども、同じパーセンテージの伸び、すなわち図で2005年から2010年をそのまま延長すると5,000万kWにな

ります。

これも日本風力発電協会が発表した、次のページのロードマップを見ていただきますと、2050年には5,000万kWということを発表しております。この5,000万kWの根拠ですが、全体の何%達成するというような見積もりですので、ポテンシャルとしてはあり得ると思っております。特に洋上風力の開発できれば日本の場合、可能性は高いと思っております。

先ほど申しましたように、需要サイドのオプションとしましては、A、B、Cと三つ出しております、現状どおり、それからBとして15%削減、それからCというのはかなり頑張って30%削減ということを考えております。30%削減というのは、今後自家発電等が入ってきて系統電力からは減るというのも考えていますが、後ほど述べる二酸化炭素排出量にその分が入っていないという問題がありまして、我々はちょっとその辺は今のところまだ十分検討できていないところでございます。一応系統電力のみを考えております。

今のようなデータといいますか前提条件に基づきまして、2001年のアメダスデータに基づきまして、太陽光、風力発電量を、これは毎時推定いたしました。それで、1日の先ほどの負荷曲線をまかなえるかどうかということをシミュレーションして、1日データの例はここにありますがけれども、真ん中に大きく占めているのは多分太陽光発電だと思いますけれども、それに対してあと揚水等で負荷曲線が満たせるかどうかということを見まして。

次にありますように、それでは月ごとにどうかということをチェックいたしまして、1月まかなえるかどうかと。これは特に今のような梅雨の時期ですと太陽光発電が減ってまいりますので、そういうところも考慮して、とにかく365日破綻しないかどうかということをチェックいたしました。

(近藤委員長) 途中ですみませんが、これらの時間依存性は日本における平均的特性、あるいは特定の地域の特性のどちらかだと思うのですが、どちらですか。

(石原教授) 太陽光に関しましては近畿地方を代表点として計算しております。それから、風力につきましては東北・北海道を代表地点として計算しています。需要に関しては平均需要を用いています。後のページに、設備利用率等が書いてありますが、原子力の設備利用率を80%、それから太陽光につきましては、ご質問ありましたように、これでどれぐらいあっているかということをチェックするために計算しておりますが、シミュレーションの結果で12%と出ております。12%というのは日本の太陽光発電の設備利用率の実測値とほとんど一緒です。風力に対しましては20%という結果が出ております。これらの値は平均的に

は正しいと考えており、現在のものを再現できていると思っております。

26ページ以降、三つのデータがございます。26ページをご覧ください。これは需要A、すなわち現状維持の需要を満たす場合です。2009年の実績と、それから2030年の既発表と書かれたグラフが一番右にあります。これは、経済産業省が2009年に発表したエネルギー需要見通しの再計算のなかで、最大導入ケースと書かれているものに基づいたものです。需要につきましては我々の現状維持と大体同じです。

オプション1、2、3というのは原子力が減少、維持、増加ということで、一番下に書かれているのが原子力の量です。太陽光と風力につきましては目いっぱい入っていますので、このような形になります。それからその次に一般水力、一番上についているのは火力です。

需要がオプション1に比べて2、3が多いのは、ここで示したのは総発電量でして、無駄な発電量が出てまいります。これだけリニューアブルを入れると。後でもっと顕著な例が出てまいります、大体こんなような形になって、火力発電所でこれぐらいを補う必要があります。オプション3の原子力を推進しても火力発電がこれぐらいは必要だということになります。

それから、需要Bということで15%削減ということになってまいりますと、オプション3をご覧くださいますと、再生可能エネルギーを導入するために火力発電所丸々を余分に運転するような無駄が出てまいります。この無駄を減らす方法はあるのですが、とにかく太陽光、風力を導入し過ぎると、このようになってまいります。今は太陽光、風力を目いっぱい入れてしまいましたので、どうしてもこれだけバックアップの発電を動かさなければ需要を満たせないということになります。

次の28ページが30%需要削減した場合ということで、需要Cに対応するものです。オプション2なんかを見ていただくとおわかりいただけますが、この場合は無駄になる量に制限をかけておりますので、太陽光、風力の導入量は目いっぱい導入していません。大体太陽光、風力の総発電量と同じぐらいの発電量が火力と水力でまかなわないと需給バランスが整わないと、マクロにそんなような結果になっています。

オプション1の場合はもちろん総発電量について火力の量が多いので十分バランスできますけれども、オプション2、3になりますとバランスができなくなります。その時は、風力、太陽光を目いっぱい入れる必要がなくなるということになります。

29ページに二酸化炭素排出量の計算をしております。上の表に1990年、2009年の実績、それから2030年の既発表は先ほどの需給見通しの例ですが、90年比で1.0、



1. 32、0.71ということで、需給見通しだと90年に比べて30%程度の二酸化炭素排出減が見込めるというような計画がございました。

今回原子力発電所のオプション1、2、3、需要A、B、Cを90年比で書くとこのような形になりまして、需要Aの現状維持の場合に、原子力発電所を減少させていくと1.1ということで、90年比10%二酸化炭素量が増えるということになります。需要Bで15%削減すると3割程度の削減は可能、需要Cだと半分程度まで削減できます。

ここに二酸化炭素排出量に幅がございましたのは、火力発電所の内容によります。ガスタービン積極的に導入しますと左の少ない値になってまいりますし、石炭発電を使いますと右のほうの値になります。これについては我々のシミュレーションの外ですので、二酸化炭素排出量を計算するときちょっと幅を持たせて計算しております。

国全体で25%の温室効果ガスの削減を90年比でやろうと思うと、大体大ざっぱに我々見積もって、電力だけをとりますと30%程度削減が必要だろうと思っております。そういう意味ではこの原発1、需要Bというオプションあるいはそれ以下の右下のほうですと、その削減は達成できるだろうと思っております。

ここまでがシミュレーションの結果です。これをどう解釈するかにつきまして、私の個人的な見解ということで、資料2に少し書かせていただいております。本日お示ししました計算結果の原発1、需要Aでも需要はまかなえるわけですし、それについてどう考えるかということが必要だと思います。

一つは、地球温暖化問題をどれほど深刻に考えるかということだと思っております。地球温暖化問題につきましては我々も随分議論しておりますけれども、気候変動が人為的に発生させた二酸化炭素が原因で起こる、起こらないという議論はいろいろあるとは思いますが、もしも気候変動が人為的な原因であることが将来起こったと考えると、そのときから対処したということでは手遅れになるので、ここでは一応安全な側に立って、二酸化炭素排出量は減らすべきだろうと考えます。

一方、二酸化炭素排出量をして気候変動が生じたときに実質的に被害を受けるのは、恐らく日本国内でなく日本国外であります。特に十分、気候変動に対応ができない発展途上国に対してかなり迷惑をかけるということになりますので、結局は先進国が頑張って温室効果ガスの排出を削減するということがエネルギー政策としては必要なことであろうと考えております。

一方、エネルギーセキュリティということを考えますと、オイルショックの例もあります

が、国際情勢によって化石燃料の安定供給いろいろと変動してまいります。エネルギーセキュリティを考えると、日本は海外から輸入している化石燃料に大きく依存するというのは余り得策ではないだろう。もちろん、原子力発電のウラン燃料も海外に依存しておりますが、使用している量のはるかに少ないということで、エネルギーセキュリティという面からいうと、多様なエネルギー資源に頼らざるを得ず、原子力発電というのもそのオプションの一つにあるべきだろうと考えております。

もう一つ、三つ目に書きましたリスク評価ということで考えますと、我々は余り注目されませんが、実は化石燃料の採掘、輸送等に伴う事故が世界中非常に多くございます。ここの一番下に書きました引用文献、著者はその後にも論文を出しておりますが、それを調べますと、やはり1kWあたり1年間使用したときの死亡者数、即死の死亡者数を見ますと、LPGあるいは石炭、水力発電については非常に多いですね。原子力に比べて100倍程度の量があります。そういうことから考えますと、原子力発電のリスクというのは低いと思っています。ただし、避難者数という意味では、今回も福島で多くの方が避難されていますが、原子力発電所は必ずしも一番低いわけではなくて、2番目か3番目だったと思いますが、そこそこ大きな値だと思っています。

死亡者数と避難者を量的に比較するというのは困難ですが、私がここで述べたいのは、そのリスクをどう考えるかということです。化石燃料に依存していることは燃料採掘あるいは輸送に伴うリスクを海外に大幅に負っていると。国内にリスクがなければ我々はそれでいいのかということを十分考慮すべきでしょう。エネルギーを国内に求めるのであれば、国内にリスクは生じます。太陽光発電、風力を積極的に導入すれば、それに伴うリスクというのは必ず発生してまいります。そのリスクというのをきちっと評価して、世界規模のリスクを減らしていくということを我々のエネルギー政策では考えるべきであろう。身近なリスクについては注目しがちで、遠くのリスクについては余り注目しないというような傾向はもちろんございますけれども、我々は科学者としてはやはり世界じゅうのリスクを減らすということを考えたエネルギー政策を日本はじめ先進国はとるべきだろうと思っています。

以上のようなことを考えますと、一つには、エネルギー需要の削減というのは非常に重要であろうと思っています。ただし、よく言われておりますリバウンド効果、日本ではそれほど大きくはないかもしれませんが、そういうことも考慮すべきだろうと。リバウンド効果と申しますのは、節電で浮いた費用を別の費用に振り分けたことによって生ずるエネルギー消費でございまして、家庭でエネルギー節約して頑張れば家計が浮いて、その分でどこか旅

行をしたりホテルに泊まったり海外旅行すると、100%ではないにしろ、その何%かはエネルギー増につながりますので、可処分所得が一定であれば節約してもどこかでエネルギー消費量はふえるということになりますので、そういうことに十分注意した省エネルギー政策を考えていくべきだろうと思います。

それから、第2に再生可能エネルギーの導入ですが、今回の推定した導入のためにはスマートグリッドとか規制緩和とかいろいろな導入の措置はもちろん必要だろうと思っております。今回は1時間ごとのシミュレーションをしておりますので、1時間の平滑化というのはもちろん必要で、フライホイールとか何らかのバッテリーシステムが必要になってまいります。

もっと再生エネルギーを有効に使うためには大きなバッテリーというのは必要なのですが、それは2030年までに実現することは難しいと思っております。冒頭述べましたように、2100年とか長期になってくると電気自動車等をうまく使うことも可能かと思っておりますが、2030年までに車の半分ぐらいが電気自動車に入れ替わるというのはなかなか難しいと思っております。

3番目には、化石燃料の削減ということは地球温暖化、それから先ほど申しましたエネルギー安全保障、国外のリスクの低減という観点から必要であります。その化石燃料の削減をするためにはそれを補う原子力発電にどうしても頼らざるを得ないのかなと思っております。今回これだけ再生可能エネルギーを入れても、結局は原子力発電なしでは電力需要をまかなえないということになっております。

いろいろなことが問題になりますが、原子力発電を継続するにはもちろん十分国民に対して安全性については十分説明ができるような方法をとるべきだろうと思いますが、電力需要全体だけを考えれば、どうしても原子力発電に頼らざるを得ないというのが日本の現状というのが分析結果です。

結局は二酸化炭素排出、それからエネルギー安全保障、リスクという観点からいきますと、エネルギー需要を削減するか原子力かという削減を結局は最終的には考えることになるだろうかと思います。

なかなかエネルギー削減というのは難しいのではないかというのが私の個人的な意見です。今東京15%削減と申しましたけれども、いずれは元に戻すというような前提での削減のような気がいたします。駅にしても半分電燈は消えておりますが、いつかは元に戻したいとか復興したいとかいうような雰囲気にはとれます。そうすると15%削減もなかなか難し

いかかもしれません。それは個人的な今の考えですが、そういうことを考えますと、ある程度の原子力発電というのは容認せざるを得ないと考えております。

以上でございます。

(近藤委員長) どうもありがとうございました。

それでは、ご議論をよろしくお願いいたします。鈴木委員長代理。

(鈴木委員長代理) ありがとうございました。細かい1時間ごとのデータで集めていただいて、量的にどうなるかということをはっきりとさせていただいて、大変ありがとうございました。

質問として、まず火力ですけれども、火力の中の区別がないんですが、火力発電から出てくるCO<sub>2</sub>はもう一定ということで考えておられるのか、今後の火力発電所の例えばコジェネレーションを入れるとかコンバインドガスとか、火力発電所のほうのCO<sub>2</sub>削減はどこまで考えておられるのか。それが一つ目の質問です。

二つ目は、今回は量の計算をされていますが、多分次はコストだと思うんですけれども、こういうエネルギーミックスになったときの相対的なコスト評価を今後やられると、考えておられますかというのが2番目の質問です。

最後、三つの提言、私は非常に説得力あるご提言だと思うんですけれども、現在のエネルギー政策から第1、第2、第3のような施策に移るためにはどういう変化、どういう政策を変えたらいいのかという、もし具体的な案があれば教えていただきたい。その三つをお願いいたします。

(石原教授) まず、火力ですが、先ほど説明いたしました29ページに幅を持たせてあります。ガスコンバインドサイクル、あるいは高効率の発電所を進めた場合には左側の数値、それから現状のままだと右の数値ということで、特にその中身については、一部検討は開始しておりますが、ここには入っておりません。

(鈴木委員長代理) これは幅が火力のほうですね。

(石原教授) はい、この幅は火力に相当します。

コストにつきましても別途検討しておりまして、ここまで至るのに、要するに年間の設備投資額はどの程度必要か、それがエネルギー価格に対してどれぐらいはね返ってくるかということについては計算しております。今日はお示しできませんが。以前に検討した例からいいますと、エネルギー価格、電力コストに対して15%増くらいまでピークで起こり得ます。ただし、ピークを過ぎますと大幅に削減されていきます。ちょっと正確な数字は今申し上げられませんが、2030年のエネルギー価格は今よりも安くなります。

(鈴木委員長代理) それはどういう。

(石原教授) リニューアルですので、基本的に燃料費がいらないうことで、設備投資の効果が出てまいりますと電力価格は下がってまいります。化石燃料に頼らないとある程度下がります。ただし、一時期相当な増加は必要となってきます。

(鈴木委員長代理) なるほど。

(石原教授) 三つ目のご質問ですけれども、その施策という具体的なイメージは特に考えておりません。方向性だけを今回は申し上げました。

(鈴木委員長代理) わかりました。

(近藤委員長) では、秋庭委員。

(秋庭委員) ありがとうございます。お伺いして、いろいろなケースに従って考えることができたと思います。

やはりなかなか難しいと思いました。国民の側としては温暖化のこともしっかり対策をとりたいし、またある程度きちんと自分たちの生活もしなければならぬということもあります。さらにコストのこともあり、省エネもしっかりやっていかななくてはなりません。それぞれをうまくバランスをとるにはどうすればよいのかと誰もが考えているところではないかと思っております。

先日、気候ネットワークの浅岡さんが、温室効果ガスも25%、省エネも25%、再生可能エネルギーも25%というその三つはバランスがちょうどとれて成立するというふうにお伺いいたしました。今のお話では、やはり火力が再生可能エネルギーの裏打ちとして増えてしまうと私は理解しました。

そのバランス点というのは何をもとにバランスを考えればいいのか、何を機軸にバランスを考えればいいのか、それはコストなのか、あるいは安定供給なのか、難しい大きな問題で大変申しわけないんですが、教えていただけるとありがたいなと思っております。

それから、いただいた資料1-2のほうですが、ご提言のところでリスクの問題が書いてありました。私は今回のこの3・11の事故について、もう一度リスクとは何ぞやということ国民は考えていると思っています。原子力においてもリスクはあるが、ほかのものにもリスクがあるということ。これもリスクの概念というのが死亡者で考えるべきなのか、今避難者の数も入れるべきだということがここにも書かれています。そしてあるいは日本のリスクだけではなく、世界のリスクも考えねばならないということがわかりました。さらに需要地のリスクを遠隔地に追いやっているという問題で、今回の福島のことに関しては、このこ

とがとても大きな問題にもかかわらず、何か余り見えてきていないような気がします。

それで、需要地のリスクを遠隔地に追いやっているという問題をどう考えたらいいいのか。しかし、需要地がそのリスクを100%背負うということは、今の電源の中ではできないような気がします。それは小さな単位だとできるのかどうなのか。つまり、消費する者がリスクをすべて負うという単位にできるものかどうなのかというのは、これは先生に聞いてもよろしいのでしょうか。つまり、リスクの範囲ということはどう考えたらいいいのかということです。すみません、答えにくい問題ばかりで申しわけありませんが、よろしくお願いします。(石原教授) まず一つ目のご質問ですが、バランスということですが、浅岡さんがおっしゃった25%、25%、25%というのは、多分私が今日申しました需要が30%削減の場合につきましては30%需要削減、すなわち省エネ30です。再生可能エネルギーはおそらく25~30%ぐらいの間ぐらいに入っていると思います。この棒グラフを見ていただければわかりいただけると思います。1Cですから、もちろん二酸化炭素は50%近くまで減らせますので、そういうことは可能だと思います。

バランスが必要だということですが、それがバランスのとれた姿であるかどうかと言われるとなかなか難しい問題だろうと思います。これは2030年の1時点だけで議論するというのがふさわしいのかどうかというのは私たちが今考えているところで、将来どうなるのかということを見通した上で、2030年というのは単なる通過点なので、その1点だけでバランスがとれたとしても、それがずっと持続的にバランスがとれるのかどうかを考えるべきだろうと思います。

最初に申しましたように、我々は2100年に二酸化炭素をゼロにする、すなわち化石燃料に頼らないということを考えています。化石燃料は枯渇性資源であるので、その枯渇性資源に頼らないエネルギーシステムをどうやって構築するかというのが問題だろうと思います。ですから、いずれは、石炭は残るでしょうけれども、石油、天然ガスはなくなってまいりますので、それに代わるエネルギー資源というのをどうしても求めざるを得ないと思います。そういう意味で全体的に、遠い将来計画を見通した上で考えていく必要があるだろうと思っています。

もう1点は、30%、25%削減できればいいのですが、その省エネルギーの達成というのは容易ではないと私は思っております。先ほどご質問もありましたけれども、そのための施策ということをおっしゃっておりますけれども、30%の電力消費を削減するということは、もちろん不可能ではないですけれども、市民生活に相当な変化を求めざるを得ないと思いま

す。

それからもう1点は、先ほどの例で申し上げましたように、電力化率というのは上がっていく方向です。それは国全体のエネルギー消費を考えるとそれは効率がいいからなのです。オール電化住宅みたいな例もありますが、それをやめてまたガスとか薪、薪までいくかどうか知りませんが、熱エネルギーを直接使うという形にした場合には、結局1次エネルギーの増加につながります。それも考える必要があります。例えば暖房をヒートポンプでとればCOPが4倍、5倍になりますので、1次エネルギーに比較しますと直接暖を天然ガス等とるのに比べて5割から、うまくいけば2倍ぐらいのエネルギー効率を達成することができるわけです。そういう意味では、電力を削減することに余り注目しすぎると、1次エネルギーの増加にもつながりますので、そこは十分注意する必要があります。極端に何かを削減するというとどうしてもほかのところにしわ寄せをしてしまいますので、そこは注意すべきだろうと思っています。

それから、リスクの件ですけれども、需要地のリスクを遠隔地に追いやっているということを私は書きましたけれども、それは重要な問題です。これについては需要地側が十分認識すべきだと思っています。先ほど申しましたように、これは日本のリスクを発展途上国に追いやっているという問題にも置き換えられるわけです。だから、今回東京の需要を福島、新潟で原子力発電をすることによってリスクを追いやっているということを注目するのであれば、もっと日本の中のリスクを海外に大幅に追いやっているということについても注目すべきだろうと思っています。化石燃料に頼っているというのは相当なリスクを海外に追いやっていると思っています。

そうすると、どれぐらいまでリスクを自分たちに引き受けられるかということになるかと思いますが、自給自足をやるということ以外には方法はないのですが、これまたエネルギーの点からいうと余り効率のいい話ではないですね。集中して暮らしているとそれなりに効率がいいわけですからある程度は仕方ないと思います。東京都内にももちろんいろいろな発電所を置けばいいと言いますが、それでも結局はその周辺に住んでいる人とちょっと離れて住んでいる人とはやはりリスクは違うということです。やはりエネルギーを使っているということにこれだけのリスクを伴っているということを使っている人みんなが認識するということが必要ではないかと思います。それはやはりコストの負担ということも考えるべきだろうと思っています。

(近藤委員長) では、大庭さん。

(大庭委員) 今日のご説明ありがとうございました。少しコメントと、それから質問させていただきたいと思います。今リスクの話が出ましたので、これについて一つコメントします。

リスクといっても二つの側面があるような気がします。一つは、おっしゃるように、そのエネルギーの採取そのものにかかわるリスクで、それは死亡者であるとか避難民が出るとかそういうようなことで測れるリスクです。もう一方で、エネルギーセキュリティというものを海外に依存するときのリスクということを考えねばならないと思います。今日のご説明や質疑応答では、海外にエネルギーを依存しているというのは、外にリスクを追いやっていることである、という言い方をなされておられましたが、日本が海外に多くエネルギーを依存しているということは、実は日本が別のリスクを抱え込んでいることになりますよね。すなわち、リスクといってもエネルギーの採取に伴う直接的な被害としてのリスクと、それからエネルギーセキュリティについて、日本がいつでも十分なエネルギーを国民に供給することについて、エネルギーを海外に多く頼っているとリスクが大きいという話と、その辺をよく整理した上で議論する必要があるのではないかと感じました。

その上で、もう一つ、これはもう質問に入るんですけども。節電、省エネということにかなり力点を置かれています。私も今までのエネルギーの使い方について、日本人は十二分に反省する必要があるのではないかと考えています。他方、節電、省エネルギーということをやったときによく言われているのは、そのことがもたらす経済への影響で、その点についてはどのようにお考えかというのがまず質問の1点です。

それからもう1点の質問ですが、これはこちらのデータのほうですけども。ちょっと気になりましたのは、太陽光発電の導入であるとか風力発電の導入のこのいわばグラフありますよね。これはもちろん予測ですからぴったりと現実にならなければいけないということはない、これは仕方のないことだと思うんですけども。その傾斜の角度ですね、この角度がこうだと確かに将来原子力は必要で、ある程度のパーセンテージは必要で、太陽光や風力ですべてをまかなうというのはちょっと難しいと。だけれども、今世間で議論になっているのは、この傾斜というものがもっと急坂で、もっと導入ができると。それにもかかわらずそうじゃない計算をしているから原子力が必要なんだという議論も見られるわけで。そのときに、この傾斜ですね、これからの太陽光、風力といったものの導入のいわばスピード、これについて、これが大体妥当であるというような感じの、いわばどうしてそれが妥当なのかということについてもう一回説明いただきたいと。

それから、そのもっと傾斜を高くしたというか、傾斜を急にしてもっともっと太陽光発



電や風力発電が導入できるというようなシナリオで検討するようなそういう準備があるかどうかということについてお伺いしたいと思います。

以上です。

(石原教授) ちょっと今質問がよくわかりません、2点目、省エネルギーに関してはどういうことをお聞きでしょうか。

(大庭委員) 経済の効果についてです。すみません。

(石原教授) わかりました。1点目のコメントについてですが、私も同感です。今回セキュリティという形で書きましたが、セキュリティというのはもちろんリスクと考えていいわけです。今日は区別してお話ししました。もちろんエネルギーセキュリティもリスクですので一緒にあわせて考える必要があると私も思っております。

それから、省エネルギーと経済の関係というのは、経済の専門家でないのではわからないところは多いのですが、省エネルギーが経済活性化にもつながることもございます。ですから、必ずしも省エネルギーをすることで経済が落ち込んでいくということはないと、確かに言えます。それは過去のオイルショックの例を見ればわかると思いますが。

ただし、これは私どもの2100年までのデータのところで、その中で検討はしておりますが、要するに産業構造が大幅に変わる必要があります。結局は経済ということでは、GDPがいくらかといいますと、GDPは増加するような検討をしております。ただし、今まで儲かっているような業界の方々からするとそのまま儲け続けられるかということそうではないという意味にはなります。経済の中身が変わるとお考えください。

それから、再生エネルギーの導入ですが、これは傾斜を高くすればいくらでも導入できるというわけではないです。我々が検討しているのは、1年間に製造できる例えば太陽光パネルの量だとか、それから設置できる場所、場所といいますのは住宅を1年間にどれだけぐらいい建てて、その中の何%ぐらいにどれぐらいの規模の住宅用の太陽光を置けるかということを検討しています。この図は、このまま同じような比率でいけば延長線にあるということ参考までにお示しをしましたが、このグラフでいけるかどうかという議論を我々はしておりません。

もっと導入できるのではないかと言われますが、先ほど申しましたように、太陽光発電の場合には1億kW、100GWというのはほぼ日本の限界に近い値だとお考えください。よほど山を切り開いて太陽光パネルを並べるなんていうことをすればもう少し増えますが、妥当なところ、1億kWというのは業界の人に聞きましたけれども、ものすごくチャレンジ

グな値で、全く業界でもそんなに入るとは考えられていないというところです。

風力も申しましたように、5,000万kWというのはとてつもない量でございまして、あり得ないぐらいの量だとお考えください。

よく述べられているのは、100万kWの太陽光パネルを設置したから原発1基分だというような議論はありますが、ここでお示したように、実質的に発電できるのは、太陽光ですとその12%です。だから8倍なければ量的にはまかなえないわけです。風力だと5倍必要だということで。設備容量だけで置き換えることが比較可能だという議論はおかしいというのが今日お話ししたかったことです。議論するなら、日が照つてるときにどれぐらい発電して、揚水とかいろいろなバッテリーとかを使ってそれをためておいて、どれぐらい1日、あるいは雨がずっと降って曇っている期間でもエネルギーは使っていけるということをきちんと考えた上での議論が必要だと思います。

(大庭委員) ちょっと重ねて今の点ですけれども、こちらの試算においては、例えば技術革新というファクターはどのようにお考えでしょうか。というのは、太陽光パネルの限界であるとか、風力発電導入の限界を考えると、やはり今の技術で試算なさっているのか、それともそうではなくて、もう少しちゃんと進むだろうということを折り込んで試算なさっているのか、その点だけお願いできますでしょうか。

(石原教授) 2030年までに革新的な技術が導入できるかどうかという問題ですが、残念ながらそれほど革新的技術は導入されないだろうというのが我々の今の考えです。大体太陽光ですと20%ぐらいの発電効率がせいぜいであろうと思います。例えば40%になれば、同じ設置面積でいけば2倍の発電が可能ですが、その40%の太陽光パネルが2030年までには達成できないだろうと思っております。

それから、風力につきましては、これは既にかかなりの技術導入は折り込み済みです。洋上の浮体風力につきまして、実例は一つもありません。洋上の風力は日本で計画され始めたところです。ですから、洋上風力をこれから開発して試験運転をして、それで大幅につくり出すということは、かなりの技術的なチャレンジングなことを含んだ上での計画です。

以上です。

(大庭委員) ありがとうございます。

(近藤委員長) 途中ですが、関連すると思うので質問させてください。19ページの洋上風力、(環境省)のところの数字が6桁の細かい数字が書いてありますね。何か異様に精度の高い感じがするのですが、これは何ですか。

(石原教授) ポテンシャルの評価です。

(近藤委員長) こんな細かい数字を出しているんですか。

(石原教授) 出ていたと思います。

(近藤委員長) そうですか。

ありがとうございました。

それでは、尾本さん。

(尾本委員) 節約あるいは効率化、それからリニューナブルエナジーの導入でどこまでが現実的に可能なのかということを示された非常に興味深いレポートで、ありがとうございました。

ここは2030年までというところに焦点を当てて議論をされていて、それはそれで非常に重要なことだと思います。ちょっと私の見方が間違っているのかもしれませんが、ご意見いただきたいのは、電力設備というのは非常に設備投資を含めて時定数が長いもので、一旦つくったものは何十年と動くということを考えると、2030年まではこういう条件でやればこういうふうにやっていけるということのみならず、そこから先のもっとサステナビリティから見て、2030年までのプランは適切なかどうかということも見る必要があると思うんです。

特に、なぜそういうことを言っているかということ、これは電力の需要がどんなふうになるかということが非常に大きなポイントですけれども、長期的にはまさにお書きになったように、水素というエネルギーキャリアが導入されるであろう。これは恐らくは電力エネルギーにかなり依存しているところがあるだろうと思うんです。それから、長期的に見ますと、電力化率というのは今みたいな推移なのか、あるいはもっと激しく大きくなっていくのか。例えばそういう点ではイギリスが2050年に向けて例のラクイラサミットで2050年80%削減に向けて出しているいろいろなシナリオでは、倍増ということを考えているんですね。つまり、もっと家庭でも産業でももっと電力を使うであろうと。そういうような先々電力の持つエネルギー全体での役割、あるいはキャリアとしての水素の役割ということを考えてときに、私は個人的にはひょっとしたらもっと電力のエネルギー全体に占める役割というのは大きくなるのかもしれないと思って。

そういう点で、今これは2030年までの回答ということなんですが、さっき言いました時定数が長いという点で見たときにどんなことが言えるのか、お考えを示していただければと思いますが。

(石原教授) まず1点目ですが、将来水素というような話も少しは書いておりますが、私の個

人的な感覚、技術屋としての感覚ですが、水素には期待していません。というのは、長期貯蔵がやはり難しいということです。いろいろと業界の方にお聞きしますと、短期的には水素は高压タンクで大丈夫だろうということですが、例えば3カ月から5カ月蓄えられるかというそれはやはり難しいということで、やはり液体燃料化というのが必要じゃないかと思っています。それが一つの貯蔵方法で、長期貯蔵できるだろうと考えております。それはかなり長期的な話です。

ご説明の電力化率ですけれども、3枚めくっていただいたところにある2100年までのシナリオのところで書いておりますように、電力化率は2100年には70%程度まで増加するであろうということを見込んでおります。このデータについてもいろいろと検討しているところですが、特に2050年以降の増加が顕著であろうと考えています。2030年まではそれほど大きな変化はないだろうと思います。それは先ほどおっしゃったように、時定数の問題で、今からそんなに急に構造を変えられないと思っています。しかし、長期的にはもっと電力化率上がるべきだろうと思っています。それは化石燃料に頼らないとすれば、やはりどうしても電力化率を上げざるを得ないということで、特に輸送関係が重要だと思います。

長期的に見たところで、その電力化率は大きくなり、日本でかなりの電力量が必要になってきます。その次のページをごらんいただければおわかりのように、トータルでいきますと、今よりも40%増ぐらいの電力が将来必要になってまいります。この電力をどうやってまかなうかということになってきます。我々の考えとしては、2050年以降につきましては核融合とか、それからFBRとかいろいろな新しいタイプの原子力でより安全なものがどれだけ導入できるかということが非常に気になっております。

もう一つは、国際的なネットワークで大陸と電力ケーブルをつないで、平準化とそれから電力供給のために中国大陸を通じて、中国とかロシアから電力そのものとして輸入するということを将来的には考える必要があると思っています。

お答えになってますでしょうか。

(近藤委員長) 大陸との連携ですが、送電線による連携をお考えですか。

(石原教授) もちろんほかの手段もあわせて必要だと思います。エネルギーセキュリティを考えると、電力ケーブル1本でつながっているのでは非常に不安ですので、いろいろな形態があると思いますが、電力も直流送電でつながるということです。それから、先ほど申しましたように、水素というよりは液体燃料で輸入することになると思います。特にバイオマス系

についてはそういうことが必要だろうと思っております。

(近藤委員長) それでは、よろしゅうございますか。

それでは、きょうはお忙しいところお越しいただき、非常に刺激的なプレゼンテーションをいただきましたこと、大変ありがとうございました。このお仕事は引き続きやっておられるようですので、成果が出ましたところでまたぜひお話を伺わせていただければと思います。どうもありがとうございました。

それでは、事務局、その他議題ありますか。

(中村参事官) 事務局からは特にございません。

(近藤委員長) それでは、次回予定を伺って終わりますでしょうか。

(中村参事官) 次回の第19回の原子力委員会定例会でございます。来週の6月7日、火曜日、10時半から、場所はこの会議室を予定してございます。

なお、原子力委員会では原則毎月第1火曜日の定例会議終了後にプレス関係者の方々との定例の懇談会を開催してございます。次回の6月7日が6月の開催日としての第1火曜日に当たりますので、定例会終了後にプレス懇談会を開催したいと考えてございます。プレスの方々におかれましてはご参加いただければ幸いです。

以上です。

(近藤委員長) それでは、これで終わらせていただいてよろしゅうございますね。

どうもありがとうございました。

これで終わります。

—了—