

## 次世代火力発電の早期実現に向けた協議会（第1回会合）

### 議事録

日時：平成27年6月16日

場所：経済産業省別館11階1111共用会議室

#### 議題

1. 次世代火力発電協議会の設置とロードマップの策定について
2. 火力発電技術（石炭、ガス）の技術開発の現状について
3. 今後の技術開発の課題と方向性について（火力発電の高効率化）

#### 議事内容

○覚道石炭課長 定刻になりましたので、ただいまから次世代火力発電の早期実現に向けた協議会（第1回会合）を開催させていただきます。

本日、事務局を務めさせていただきます資源・燃料部石炭課長の覚道でございます。どうぞよろしくお願いいたします。

委員の皆様、オブザーバーの皆様におかれましては、御多忙のところ、御出席をいただきまして、まことにありがとうございます。

本日の協議会には大変多数の傍聴の御希望をいただきました。会場のキャパシティの関係から、1機関お1人の方のみとさせていただきましたので、最初にお断りを申し上げたいと思います。

改めまして、本協議会は、経済産業省資源エネルギー庁と新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の共同で開催するものでございまして、次世代の火力発電技術の早期確立、実用化に向けたロードマップについて御議論いただくことになっておりまして、本日が第1回の会合でございます。

議事に先立ちまして、資源エネルギー庁資源・燃料部長の住田部長から御挨拶を申し上げたいと思います。

○住田資源・燃料部長 皆さん、こんにちは。本日はお集りいただきましてありがとうございます。また、これだけ多くの方々非常に強い関心を持っておられるということで、私どもも身の引き締まる思いがするところでございます。

ただいま御紹介いただきました資源・燃料部長の住田でございます。私は、資源・燃料部長に就いてそろそろ2年になりますが、以前、環境庁にも、ちょうど環境基本法や環境基本計画をつくったところに出向した経験がございまして、経済産業省の中では環境派でございます。あらかじめ申し上げておきます。

いずれにしましても、この火力発電の問題は、現在、エネルギーミックスの中でもパブリックコメントに付されて議論されておるわけでございますけれども、やはり火力発電は環境との調和の中で生きていかなければいけない、これは明確なことでございます。したがって、それを当然考えていかなければいけないわけですが、実はこの環境の問題は非常に難しいところがあって、ややもすると、非常に理念で語られるケースもあるわけでございます。ただ、本当に環境のことを考えると、実践できる実現可能性のあるものでないといけないということでございまして、どっちがいいとか、どっちが悪いとか、これが百点満点だとか、百点じゃないからいけないとか、そういう問題ではなくて、全体の効果を考えたときに、一番よい方法を見出していかなければいけないということだと思います。そのときのカギになるのは、やはりイノベーション、イノベティブな発想であると私は確信をしておるわけでございます。

したがって、今回のこの協議会で、関係各方面の方々の英知を集めて、ぜひイノベティブな発想に立った議論が行われることを期待するわけでございます。

ややもすると、役所の中でもそうですけれども、自分の所掌の範囲だけで物事を片付けようとする。例えば石炭火力発電所を高効率にしようとして、そこだけで問題を解決しようとする、どうしてもまた壁にぶち当たることもあるわけで、よりウイングを広げて、いろいろな分野を融合させることによって新しい発想を生み出していきたい。そういう意味で、クリエイティブディストラクション（創造的破壊）と言いますけれども、そういった破壊力を持つような創造性が非常に期待をされているのではないかと思います。

そういった意味で、これまでに議論されているようなさまざまな火力発電所に関する技術がさらに先端に向かっていくのは非常に大事なことでありますが、一方で、より幅の広い形で考えていかなければいけない。

例えば、火力発電所から出てくるCO<sub>2</sub>をどうするかということにつきましては、CCSやCCUといった技術の分野もあるわけでございます。御案内のとおりCCSにつきましても、既に我が国は苫小牧においてCCSの施設をつくろうという取り組みが進んでおりまして、非常に前向きな議論が行われておるわけでございますが、世界の中でどうかと

いうことを考えてみれば、我が国の中にはCO<sub>2</sub>を埋める場所が多くないということも事実でございます。今度はそうやって取り出したCO<sub>2</sub>をどうやって使っていくかということも考えていくのが日本らしいイノベーションなのではないかということで、CCSに加えてCCUの応用の形の利用も非常に大事ではないかと思えます。

既に民間企業の間でも、CO<sub>2</sub>の利用に向けたさまざまな取り組みが行われていて、例えばCO<sub>2</sub>を吸い込むコンクリートとか、あるいは微細藻類でCO<sub>2</sub>を吸わせようとか、人工光合成の技術とか、さまざまな分野がございますので、こうしたものと組み合わせることによって、世の中で邪魔者扱いされているものを価値のあるものに変えていくことで技術開発の1つのブレークスルーになり、それがまたコスト的にも見合うものになっていく可能性に期待をしたいと思えます。

この協議会におきましては、こうした次世代の火力発電の関連技術についての今後のロードマップを策定するというところで、官民一体となって技術開発を加速させていきたいと考えておりますので、お集りの皆様の英知を結集して、ひとつこれまでにない発想で新しい高みを目指して、この協議会が進展していくことを期待しているところでございます。どうかよろしく願いをいたします。

○覚道石炭課長 それでは、恐縮でございますけれども、プレスの皆様の冒頭撮影はここまでとさせていただきます。引き続きの傍聴は可能でございますので、傍聴される方は傍聴席に御着席いただければと思います。よろしく願いいたします。

それでは、委員の皆様の紹介に移りますけれども、本協議会の委員につきましては、お時間の関係もございますので、お手元の委員名簿をもちまして各委員、あるいはオブザーバーの皆様の御紹介とさせていただきます。

また、現在、人選中ですが、今後、関西電力さんからも委員の方が追加される予定になってございます。

また、本日平井委員は御欠席となっております。また、小野崎委員の代理として入谷様に御出席をいただいております。

続きまして、本協議会の座長につきましては、宝田委員に座長に御就任いただくことで事前に御了解いただいておりますので、宝田先生にお願いできればと思います。

それでは、宝田座長に一言御挨拶をいただきますとともに、以降の議事進行をお願いしたいと存じます。よろしく願いいたします。

○宝田座長 ただいま座長を仰せつかりました群馬大学の宝田でございます。よろしくお

願いたします。

この協議会は、日本の基幹エネルギー、社会を支えるエネルギーをこれからどうするかということで、大変重要な協議会だと私は認識しております。ぜひ皆様の忌憚のない御意見をいただいて、本当に実り多い協議会にしていきたいと思っておりますので、ぜひよろしくお願ひしたいと思ひます。

それでは、早速お手元の議事次第に従って議事を進めていきたいと思っております。

まず、配布資料の確認と議事の公開等について、事務局から御説明をお願ひしたいと思ひます。

○覚道石炭課長 それでは、最初にお手元に配布いたしてあります資料を確認させていただきます。

資料1「次世代火力発電協議会の設置とロードマップの策定について」、配布資料一覧に書かれてございますけれども、資料2-1から2-5、それから資料3「今後の技術開発の課題と方向性について（火力発電の高効率化）」という資料、その前に委員名簿や本日の議事次第、座席図等が入っております。もし過不足等がございましたら、事務局までお申し出をいただければと思ひます。

また、その中に「会議の公開等について（案）」ということで1枚入れさせていただきます。会議及び会議の資料につきましては、原則公開とさせていただきます。ただ、資料の中身によりまして、例えば企業の非常に機微な情報等が入っている等で公開にすることに適さない、非公開にすべきというものがある場合には、その関係する委員の先生と座長に御相談いただきまして、最終的に座長の御判断に一任という形にさせていただきますけれども、よろしいでしょうか。

○宝田座長 どうもありがとうございました。それでは、ただいま御説明のありましたとおり、本協議会の議事の取り扱いにつきまして、特段の皆様の異議がなければ、このようにさせていただきますと思っておりますが、よろしいでしょうか。

（異議なし）

○宝田座長 どうもありがとうございました。それでは、早速議事に移りたいと思ひます。

本日の議題は3つございまして、進め方につきましては、まず、議題1から2までの資料を御説明いただき、その後に委員の皆様から質疑の時間を設けさせていただこうと思っております。その後に、さらに資料3を御説明いただき、最後にまた議論するという

ことで進めさせていただきますので、よろしくお願ひしたいと思ひます。

それでは、まず初めに議題1の次世代火力発電協議会の設置とロードマップの策定について、石炭課から御説明をお願ひいたします。

○覚道石炭課長 それでは、資料1の「次世代火力発電協議会の設置とロードマップの策定について」という資料をお開きいただければと思ひます。

まず1ページ目、目次でございますけれども、1. 協議会の設置の趣旨、2. 長期エネルギー需給見通し案と温室効果ガス削減目標における火力発電の位置付け、3. 火力発電の高効率化の必要性、4. 高効率化技術による中長期のCO<sub>2</sub>削減効果の見通し、5. CO<sub>2</sub>回収、貯留・利用に向けた取組、6. 我が国の技術による世界の気候変動対策への貢献、7. 次世代火力発電の技術開発に係るロードマップの策定、8. 当面の開催スケジュールということで御説明をさせていただきます。

2ページでございますけれども、まず、この協議会の設置の趣旨でございます。先ほど住田部長からもお話をいたしましたように、現在、パブリックコメントが実施されております長期エネルギー需給見通し案（エネルギーミックス）の中では、火力発電について、石炭火力、LNG火力の高効率化を進めつつ環境負荷の低減と両立しながら活用することとしてございます。火力発電の高効率化のためには、石炭火力ではA-USC（先進超々臨界圧火力発電）、IGCC（石炭ガス化複合発電）、IGFC（石炭ガス化燃料電池複合発電）、またLNG火力では超高温ガスタービンなどの各分野における次世代技術の早期の実用化が不可欠ということでございます。また、同じくエネルギーミックスの案の中では、2030年度以降を見据えて進める取り組みといたしまして、CO<sub>2</sub>の回収、貯留・利用に関する技術の開発・利用の推進も重要な課題だと位置付けられてございます。こうしたことから、今回、産学官の有識者の皆様からなる「次世代火力発電の早期実現に向けた協議会」を設置させていただきまして、次世代の火力発電技術の関連技術につきまして、早期の技術確立、また実用化に向けた方策を御議論いただき、技術開発のロードマップを策定するとともに、官民一体となって技術開発を加速化していきたいということが設置の趣旨でございます。

2ページ目でございますけれども、需給見通し案における火力発電の位置付けということでございます。エネルギーミックスの基本方針としては、いわゆる3E+Sを同時達成しつつ、バランスのとれた電源構成を実現することとされてございます。CO<sub>2</sub>の排出量と、一方で燃料費を抑制するという観点から、2030年の火力発電の構成は、LNG火力が

27%、石炭火力が26%とされまして、それぞれ高効率化を進めて環境負荷を低減しつつ活用するという方針となっております。火力発電の高効率化と申しますのは、再生可能エネルギーの導入、あるいは安全性の確認された原子力発電の活用とあわせまして、温暖化対策の重要な対策の1つとしても位置付けられているところでございます。

4ページでございます。エネルギーミックスの実現と、2030年に向けた温室効果ガス削減目標の達成のためには、今申し上げましたように火力発電の高効率化を着実に推進することが必要になってまいります。例えば石炭火力につきましては、現状の設備、いわゆる超々臨界圧、あるいは超臨界圧、亜臨界圧とあるわけですが、これを全て最新技術であるUSC（超々臨界圧）並みにすることで、発電効率は大体6.7%改善する計算になります。全体として、こうした高効率化を達成していくためには、別途御議論が始まります省エネ法による規制強化による低効率な設備の抑制も図っていくことが重要になります。また、まさにこれから御議論いただくIGCCやA-USCといった次世代技術を順次導入していくことが重要になってまいります。

次の5ページでございますけれども、こうした高効率化技術によってCO<sub>2</sub>の削減効果がどの程度かということでもありますけれども、下の図にございますように、例えば青い棒グラフで示した石炭火力で申しますと、現在のUSCはキロワットアワー当たり大体800g超のCO<sub>2</sub>を排出するわけでございますけれども、これがさらに1700℃級のIGCC、さらには燃料電池を加えたIGFCと新たな次世代技術を導入していくことにより、CO<sub>2</sub>は2割、あるいは3割と削減をしていけるということです。LNGについても同様で、次世代技術の活用により、1割、2割とCO<sub>2</sub>の削減が見込まれるということでございます。特に石炭火力については、CO<sub>2</sub>の排出量が多いということで、例えばLNG火力にシフトをすべきだという御議論や、あるいは海外におきましては脱石炭火力の御指摘、例えば米国のオバマ政権の、いわゆる気候変動計画、あるいはそれをベースにした石炭火力の輸出に対する公的支援を抑制すべきといった御議論、あるいは欧州の石油メジャーは、例えば直近の世界ガス会議では、石炭は環境保護を後退させる汚染物質であり、これによってガスの使用を促すといったことも出ているわけでございますけれども、こうしたところも踏まえまして、CO<sub>2</sub>対策費を含めた全体コストを抑えつつ低炭素化を図っていくということで高効率化を進めていくことが重要だろうと考えております。特に、資料中の棒グラフにもありますように、石炭火力は大幅な高効率化、低炭素化が期待できるということでございます。

6 ページは参考でございます。7 ページはCO<sub>2</sub>の回収、貯留・利用に向けた取組でございます。先ほど住田部長からもお話ししましたように、例えば火力発電所等から回収したCO<sub>2</sub>を貯留する、あるいは有効利用していくことはエネルギーミックスにおいても、2030年以降を見据えた取り組みとして推進をしていくべきと位置付けられているところでございます。貯留につきましては、まさに実証、あるいは適地調査が行われておりますし、有効利用につきましては、例えば先ほどお話のあったCO<sub>2</sub>を吸い込むコンクリート、あるいはCO<sub>2</sub>を藻類に吸収させてバイオ燃料をつくる取り組みも始まっているところでございます。

8 ページは、我が国の技術による世界の気候変動対策への貢献でございます。アジアを中心に電力需要、特に石炭火力の拡大が見込まれているわけでございます。こうした国々に対しましては、我が国のすぐれた高効率な石炭火力技術により、エネルギーアクセスの向上と温暖化への貢献が期待できるということでございます。

「USC導入によるCO<sub>2</sub>削減効果」のグラフにつきましては、例えば2035年ですと亜臨界 (Subcritical) のみの場合に比べて、徐々に超々臨界が導入された場合には、79億 t/年から68億 t/年ということで、10億 t/年のCO<sub>2</sub>削減効果が期待できるということをお知らせいたします。いずれにしても、こうしたUSC、さらにはこれから御議論いただくIGCC等の早期の確立を図りまして、海外に対してもこうした技術を普及させていくことが重要だと考えてございます。

9 ページは、ロードマップの策定についてということでございます。こうしたことを踏まえましてロードマップを策定いただくのですけれども、これまでの火力発電の技術開発は、やや個別の技術ごとに推進をしてきたということでございますが、改めて今回、石炭火力、あるいはLNG火力につきましては共通する技術も多くございますので、これから加速をしていく上で、個々の技術開発を統合し、また、包括的に、一体的に推進することが重要だろうと考えております。そうした観点から、石炭火力、LNG、さらにCO<sub>2</sub>の回収、利用といった主な3つの分野につきましてロードマップの策定を進めていきたいということでございます。

10 ページでございますけれども、当面の開催スケジュールで、やや駆け足でございますけれども、本日、第1回は「火力発電の高効率化」について御議論いただき、次回、6月22日になりますけれども、「CO<sub>2</sub>回収、利用」、そして第3回、今のところ7月6日開催予定でございますけれども、ここでロードマップの案を御提示させていただければと考えております。

す。

以上で私の御説明を終わらせていただきます。

○宝田座長 覚道課長、ありがとうございました。

それでは、引き続き議題2の「火力発電技術（石炭、ガス）の技術開発の現状について」に移らせていただきます。

まず、技術開発の全体論についてNEDOから御説明をお願いいたします。

○在間NEDO環境部主幹 NEDO環境部でクリーンコールを担当しております在間と申します。

石炭及びガスを燃料とする火力発電全般に関し、その技術の開発の現状について概要を御報告いたします。

3ページが本資料の内容でございます。まず初めに、火力発電技術開発の全体像について御報告いたします。

火力発電技術については、大きく分けて、LNG火力ではガスタービンの高温化技術、石炭火力においてはUSCの高効率化、石炭ガス化発電技術の技術開発が実施されています。IGCC、IGFCについては、LNG火力で開発された高温ガスタービン技術が適用可能であり、ガスタービンの成果をもとに高温化・高効率化が図られていくこととなります。

次に、LNG火力発電の技術開発の現状について御報告いたします。

数10万kW以上の大容量LNG火力発電設備として、高温ガスタービンを開発し、現在、1600℃級の商用化など、世界に先駆けてガスタービンの高温化を実現してきました。さらなる高温化に向けて、現在、1700℃に向けた技術開発を実施中でございます。また、10万kW程度の中小容量LNG火力発電設備として、効率化を実現させるためにガスタービンのみでコンバインドサイクルの熱効率に匹敵する高温分空気利用ガスタービンの技術開発も実施中でございます。

平成25年12月に策定された高効率天然ガス火力発電に関するエネルギー基本計画技術ロードマップでは、1700℃級ガスタービン及びAHATについて、2020年代の実用化が見込まれていました。

次に、主なLNG火力発電の高効率化技術開発として、1700℃級ガスタービン技術開発及びAHATについて概要を御報告します。各々の技術の詳細につきましては、この後、技術開発を実施されている方から御報告していただきます。



8 ページ目ですが、ガスタービン技術では、78年から87年にかけて260億円の予算が投入されることで、大型ガスタービンの高温化において、日本が世界をリードしているという状況でございます。1600℃級ガスタービンでは世界最高の熱効率55%を達成し、現在、1700℃級ガスタービンで目標熱効率57%を達成すべく技術開発を実施しているところでございます。

高湿分空気ガスタービン技術は、10万kW程度の中小容量機でコンバインドサイクルの効率をしのぐことが可能な日本オリジナルのガスタービン単独発電技術でございます。コンバインドサイクルではガスタービン排熱を排熱回収ボイラで熱回収し、蒸気タービンで発電していますが、A H A Tでは、蒸気タービン蒸気量に匹敵する湿分を燃焼器に加え、ガスタービン動力として回収します。この技術を用い、発電効率51%を目指して技術開発を実施しております。

続きまして、石炭火力発電の技術開発の現状について御報告いたします。

我が国の石炭火力は、現在、微粉炭火力の超々臨界圧（U S C）が最高効率の技術として実用化され、設備容量の約5割にU S Cが導入されている状況でございます。今後は微粉炭火力の効率向上を進めるとともに、新たに低品位炭にも利用可能な石炭ガス化複合発電（I G C C、I G F C）の技術開発が今進められているところでございます。

平成25年12月に策定されたロードマップでは、A-U S C、I G C Cは2020年代の実用化、I G F Cは2030年代の実用化を目指すことにされておりました。

主な石炭火力発電の高効率化技術開発として、微粉炭火力発電技術、（U S C、A-U S C）、それからI G C C（石炭ガス化複合発電）について概要を御紹介します。これらの技術の詳細につきましても、この後、技術開発を実施されている方から御説明していただきます。

微粉炭火力発電技術は、燃焼技術、発電技術を年々向上させ、蒸気温度や蒸気圧力を上げて効率を向上させ、磯子2号ではU S Cとして発電効率約40%程度を達成しております。U S Cのさらなる高温化技術として、700℃級A-U S Cで発電効率46~48%を目指す技術開発が実施されています。

I G C Cは石炭をガス化しコンバインドサイクルで発電を行う次世代の石炭火力技術として、技術開発・実証が実施されています。2002年から2013年にかけて若松のEAGLEプロジェクト、2007年から2012年にかけて勿来I G C C実証が実施され、現在では燃料電池複合発電（I G F C）を目指した大崎クールジェンプロジェクトが実施されています。ま

た、福島復興 I G C C プロジェクトなども計画されているところでございます。

その他のさらなる高効率化等に向けた技術開発について、ここではごく簡単に御紹介させていただきます。

石炭ガス化ガス中には燃料電池にとって有害な微量成分が含まれております。そのため、許容濃度や被毒挙動を把握し、精製する技術の絞り込みを行っております。この成果は大崎クールジェンプロジェクトに適用されることとなります。

I G C C のさらなる効率向上のため、水蒸気ガス化による冷ガス効率の向上、酸素製造装置の動力削減、乾式ガス精製による効率向上等の技術を踏まえ、1700℃級のガスタービンと組み合わせることで発電効率60%程度を目指した技術開発を実施しております。

詳細は割愛させていただきますが、CO<sub>2</sub>分離、回収エネルギー損失やコストを低減させる技術としまして、CO<sub>2</sub>回収型次世代 I G C C の技術開発に取り組んでおります。

また、20ページとしまして、酸化剤として金属酸化物等の酸素キャリアを用いた中小型石炭火力発電所向けのケミカルルーピング燃焼技術開発にも取り組んでおります。これらにより、CO<sub>2</sub>を100%回収しても、現在のU S C の発電効率を上回るような発電効率を目指しております。

また、その他としまして、未利用廃熱を有効活用するためのバイナリー発電技術の活用も必要になってきております。

再生可能エネルギーの導入量が増大することで、今後、石炭火力の負荷変動への対応がさらに必要になってくると考えられております。

23ページは、再生可能エネルギーが20%以上導入されているドイツの例を示したものでございます。

雑駁ですが、以上でございます。

○宝田座長 在間主幹、ありがとうございました。

それでは、続きまして個別の技術に関しまして、各社さんから御説明をお願いしたいと思います。

まず、A-U S C の技術開発動向につきまして、高効率発電システム研究所の福田所長に御説明をお願いしたいと思います。よろしくお願いたします。

○福田高効率発電システム研究所所長 それでは、A-U S C の技術開発について御説明いたします。

4 ページ目に「先進超々臨界圧火力発電 (A-U S C)」と書いてございます。資料の

左下が、現在、最先端のUSCと称されるシステムで、ボイラと蒸気タービンの組み合わせでございます。蒸気温度が600℃ということでございます。この蒸気温度を700℃まで上げることによって、送電端の熱効率を46%以上に持っていこうというのがA-USCでございます。

その次の5ページ、技術開発の概要。その次の6ページがA-USC補助事業実施体制で、これは国から補助金をいただいてメーカーが実施しています。ここに主要メーカーと研究所がほとんど参加しているというのがわかると思います。これ以外にも、補助金はいただいていませんが、このプロジェクトの中で電力会社さんが何社か協力していただいているという状況にあります。

次は7ページ、マスタースケジュールでございますけれども、今行っているA-USCの開発プロジェクトは2008年から2016年、9年間やっております。前半がボイラ、タービン、高温弁の要素技術開発、後半が実缶試験・回転試験という雑駁なくくりになっています。このマスタースケジュールの中で非常に特徴的なところは、楕円の赤い枠でくくってありますけれども、高温長期材料試験があります。今回、600℃から700℃まで蒸気温度を上げるために、高温の材料が必要になります。その信頼性を確認するために、長期の材料試験がどうしても必要になってくるということで、9年間ぶっ続けでやる。それでも足らなくて、その後も10万時間を目指して参加各社の中で試験を行うという計画になっております。

8ページ目ですけれども、左側にボイラの雑駁な絵が描いてありますけれども、絵の中の過熱器、主蒸気管、再熱器、高温再熱蒸気管の部分が700℃になります。ですから、今回のA-USCのプロジェクトでは、こういう部分の要素技術開発を行っています。

9ページでございますけれども、700℃に耐えるためには、従来の鉄鋼材料ではもたないので、Ni基合金が必要になります。そういう合金によって、このような管をつくっています。

10ページ、その管を組み合わせで溶接したり曲げたりしてボイラのヘッダーという少し複雑な形状の部品をつくり、本当にできるのかという製作性の確認を行っています。ここまでがボイラです。

次がタービンですけれども、11ページ目にタービンの断面図が描いてあります。タービンは中心にロータがあり、これが高速で回転します。そこの部分が一部700℃になる。それが資料中においてピンクで示されている部分です。この部分をNi基合金で置き換えよう

ということです。Ni基合金としては非常に大きな合金になりますので、ここの開発と、かつ、ほかの部分は鉄鋼材料なので、このNi基とつなげるための溶接技術の開発をします。

12ページ目がロータを試作したものでございます。資料の右上に写真がございますけれども、これは総重量14 tで、世界最大級のNi基の合金で、鍛造合金になります。

13ページ目ですが、資料の左側の絵はLTES700Rと12Cr鋼とありますけれども、上側が鉄鋼材料で下側がNi基合金で、これを溶接した写真でございます。きれいに溶接されていて、現在、長期の材料試験にかかっている段階にあります。

14ページ目ですが、実缶試験です。そういう要素技術を総合的に評価するために、実缶試験と回転試験をプロジェクトの中で行っています。実缶試験は既設の商用のボイラの一部に700℃加熱器を組み込んで700℃の蒸気をつくります。その蒸気を使って一般弁、大径管、タービンバイパス弁、安全弁、タービン制御弁、ケーシングといったシステムで必要な部材の耐久性試験を行います。

15ページが試験状況で、このようなボイラに入れてあります。先月の15日に試運転が終わって、16日から1万時間以上の長期運転に入っております。

16ページでございますけれども、タービンに関しては回転試験を行います。実機と同じ径のロータを700℃で実機と同じスピードで回すことによってロータの信頼性を確認するという試験でございます。これは9月までに試運転を終わり、9月以降、実際の試験に入るという計画になっております。

次にA-U S C技術の優位性について御説明いたします。

A-U S C技術に関しては、これまで説明がございましたように、U S Cの延長線上の技術になります。それゆえ、これまでに蓄積された運転ノウハウ、人的、物的な資源を有効に活用できるということがあります。あと、これは後でもうちょっと細かく説明しますが、幅広いユーザーニーズに対応可能なシステム構成の柔軟さがあります。幅広いユーザーニーズというのは、例えばベースロードに使ったり、ミドルロードに使ったり、低コストが欲しい、そういういろいろなユーザーニーズに対応可能です。幅広い炭種対応ということで、瀝青炭と亜瀝青炭を中心とした炭種に対応が可能です。

次に、20ページでございますけれども、「実用化、コスト、導入見通し（国内外）」と書いてあります。実用化の見通しですけれども、2017年度以降、再熱700℃から段階的に実用化ということで、まずは先ほどの再熱部分を700℃にしたシステムを段階的に実用化していきます。実をいうと600℃のU S Cをやったときも全く同じようなやり方をしていま

す。ですから、それと同じやり方を踏襲しようと考えています。コスト見通しですが、「600℃級U S Cに対して10～30%のプラントコスト増」と書いてありますけれども、これを600℃U S Cと同等の発電コストにしたいと考えております。導入見通し（国内外）につきましては、国内では老朽火力のリプレース等で既存資源を有効活用した導入をするということで、これは後で図をもって説明します。国外では国内での実績をベースとした導入ということでございます。

21ページ、実用化の見通しでございますけれども、先ほど再熱700℃から段階的に実用化ということを申しましたが、資料の左上の図が再熱を700℃にしたシステムでございます。右下が最終的な目標とする700℃の二段再熱のシステムで、このようなアップグレードをしていこうということでございます。

22ページは600℃のU S C技術の導入過程を示しています。大体20年間かけて技術開発をしています。その技術開発をしている間に、1993年にその開発成果をベースにして、蒸気温度が566℃から593℃に上げられています。再熱はこのときに上がっています。その後、主蒸気温度が上がっている。その後、600℃に上がって、その後、再熱蒸気は610℃。資料には記載がございませんが、2008年に620℃まで再熱蒸気は上がっています。U S Cは本当に段階的に着実に温度を上げていったので、A-U S Cも同じような手法をとりたいと考えています。

23ページでございますけれども、これまで石炭火力がどう運開されてきたかというのが書いてあります。これを見ると、80年代の初頭から、大型の事業用火力が次々と建設されてきた。その80年代初頭の火力は、もうそろそろ40年近くたってリプレースの時期に入ってきます。A-U S Cとしては、それらのリプレースに対して、先ほど言いましたような人的資源、物的資源、運用ノウハウを生かしつつ対応していこうというのがA-U S Cの基本的な考え方でございます。

25ページ、今後の技術開発の方向性ですけれども、2008年から2016年は今のプロジェクトをやっています。その後、段階的な実用化に並行して、実際に使っていく段階で必要となる保守技術の開発を進めていこうと考えております。また、その先は、さらなる高効率を目指して、750℃級のシステムを目指した材料技術の開発を進めていきたいと考えています。

以上でございます。

○宝田座長 福田所長、ありがとうございました。

それでは、引き続き I G C C、I G F C の技術開発動向につきまして、電源開発の大塚部長に御説明をお願いしたいと思います。

○大塚委員 電源開発の大塚でございます。それでは、お手元の資料に基づきまして御説明させていただきます。

酸素吹石炭ガス化技術の開発、EAGLEプロジェクトから大崎クールジェンプロジェクトへさらなる低炭素化への取り組みとその将来展望ということでお話しさせていただきます。

まず、2 ページのスライドでございますが、微粉炭火力と石炭ガス化火力の特徴でございます。これはお互いに相互補完するようなものでございまして、微粉炭火力と I G C C はそれぞれの特徴を有しておりまして、特に適用炭種は相互補完できるところも多いと思っております。現在の石炭火力はほとんどが微粉炭火力でございますけれども、I G C C が実用化されれば多くの未利用炭が利用可能となるのではないかと、炭種の利用幅が広がるのではないかと。それから 2 つ目のポツでございますが、技術開発の進展、将来の炭素制約の大きさ、電源運用の位置付けなどを考慮して、微粉炭と石炭ガス化の 2 方式の技術開発を図っていくことが重要であると思っております。概要をその下の表に取りまとめております。今ありました advanced U S C との関係も入れてございます。

3 ページ、石炭火力発電の高効率化でございますが、我が国の石炭火力は、微粉炭火力の U S C が主流でございますけれども、さらなる高効率化に向けて、石炭をガス化した複合発電方式の技術開発を進めております。究極の複合化技術である I G F C の実用化により、14%以上の発電効率の向上が可能であろうと判断しております。その結果、U S C に比べますと、約30%の C O<sub>2</sub> の削減量が達成できるのではないかと考えております。

4 ページが一例でございますが、弊社が国の支援を受けまして長年開発してまいりました EAGLE プロジェクトのガス化炉の模写でございます。1 室 2 段でガス化効率が非常に高い、炭種の幅も広いという特徴を有しております。

5 ページは EAGLE のパイロットプラントの写真でございます。

6 ページは EAGLE プロジェクトの実績でございますが、3 つのステップに分けまして試験を実施しておりまして、最終の第 3 ステップでは C O<sub>2</sub> の分離・回収の試験も行っております。

7 ページは、EAGLE における C O<sub>2</sub> 分離回収システムフローでございます。EAGLE では化学吸収法と物理吸収法の 2 つ方式で、これはそれぞれガスの状況から C O<sub>2</sub> を分離・回収

する技術、いわゆるプレコンバッションということですね。ガス中から分離・回収する試験を実施しております。特に物理吸収法におきましては、今後の高温のガスタービンとの親和性を図るために物理吸収法で圧力を高めた試験もやっております、一定の成果を得ております。

8ページは、EAGLE炉のスケールアップ実証でございます。小規模なものから徐々にスケールアップをしまして、最終的に現在、また後ほど御説明いたしますけれども、国の支援をいただいて中国電力さんと弊社で開発しております大崎クールジェンにつながっているところでございます。

9ページ、大崎クールジェンプロジェクトの全体工程でございますけれども、大きく3つの段階に分けてまして実証する予定にしております。まず第1段階としましては、ガス化コンバインドの試験、第2段階としまして、さらにそこにCO<sub>2</sub>分離・回収システムを導入してCO<sub>2</sub>の分離・回収システムの開発を行う。さらには第3段階として、そこに燃料電池を組み合わせたIGFCの試験を行う予定にしております。

10ページは試験の工程でございます。既に主要な機器は据え付けが終わっておりまして、今年度後半から試運転を開始する予定にしております。

11ページはガス化炉の搬入状況でございます。

12ページが全体の完成予想図でございます。

13ページは、先ほど申しました複合発電の第1段階での試験の目標でございます。IGCCの実証プラントとしまして送電端効率40.5%、これは17万kW級では世界最高の水準でございます。商業規模で1500℃級のガスタービンを適用した場合は46%に相当すると考えております。環境目標値につきましては、最新の石炭火力のものを目標として入れております。

第2段階としまして、14ページでございますが、石炭火力発電所として具備すべき運用性、信頼性を有する「IGCC+CO<sub>2</sub>回収」システムを構築して商用化のめどを得る。世界最高水準の効率を誇る石炭ガスからのCO<sub>2</sub>回収システムを構築するということで、CO<sub>2</sub>を回収しても送電端発電効率としまして40%を超える、今の微粉炭のUSC並みの効率を目標にしております。

15ページ、Sourシフト触媒テストで、これは左上に化学反応式がございますが、ガス化ガス中のCOと水を反応させましてCO<sub>2</sub>と水素にする触媒でございますが、これも高性能なものでして、この開発によりまして全体の発電効率もさらに0.8%程度向上するので

はないかということでございます。この辺につきましては、第2回目の会議で詳細には御報告させていただきたいと思っております。

16ページでございますけれども、CO<sub>2</sub>を分離・回収した後、水素リッチ燃料になるわけでございますが、これにつきましても、水素特有の燃焼速度がございますので、逆火やNO<sub>x</sub>の向上を防ぐためのマルチクラスターバーナーの開発も進めておまして、こういったものとあわせて高効率発電を達成したいと考えております。

17ページは大崎の第2段階における開発の目標でございますが、基本性能としましては、先ほど言いましたように、新設の商用機において、CO<sub>2</sub>を90%回収しつつ、発電効率40%を達成したいということでございます。経済性につきましても、商用機におけるCO<sub>2</sub>の分離・回収の費用原単位の評価も行っていきたいということでございます。

18ページは第3段階のIGFCでございますけれども、これももろもろの課題がございます。果敢に挑戦していきたいと思っておりますが、1つ目は石炭ガス向けのモジュールの開発、大型化、それから、先ほどお話の出ました被毒物質、こういった燃料電池に対して被毒するのではないかという学術的な指摘もございますので、そういったものがどのくらい耐久性があるのか、必要であれば、それを除去するクリーンナップ技術の開発もしようということでございます。プラント全体としての高圧化など幾つかの技術的な課題を解決していきたいと考えております。

19ページでございますが、これが先ほど言いました被毒成分の把握ということで、既に模擬ガスを使いまして、NEDO様からの御支援をいただきながら開発をしております一例でございます。

21ページは酸素吹石炭ガス化の多用途展開ということで、酸素吹石炭ガス化の特徴として、これは発電だけではなくて合成燃料、もしくはシフト反応を介しまして水素濃度を上げる、もしくはCO<sub>2</sub>を分離・回収して貯留することで水素製造、水素社会に対する貢献にも結び付けられるのではないかということでございます。

22ページは、水素エネルギーチェーンの構想でございますけれども、これは川重さんが幹事会社となって、数社でコンソーシアムを組んで、今開発をしているものでございますけれども、弊社としましては、豪州の褐炭で、EAGLE技術を使って水素をつくる場所を担当させていただきたいと思っておりますけれども、こういった形での水素社会への対応も考えてございます。

続いて、石炭ガス化技術の実用化見通しでございます。この辺から若干ロードマップ的



なお話になります。24ページ、「石炭火力の低炭素化に向けて～大崎クールジェンの役割～」と題しておりますけれども、石炭火力の低炭素化には石炭ガス化とともに天然ガス火力の高温ガスタービンの開発、発電事業用の大型燃料電池の開発、CO<sub>2</sub>分離技術の高度化などの基盤技術の開発が必要になると考えております。大崎クールジェンは、これらの基盤技術を検証する重要なフィールドと考えてございます。

25ページでございますが、石炭ガス化技術の実用化見通しでございます。2020年代にIGCC、2030年代にCO<sub>2</sub>回収型のIGCCを実用化する、2030年代後半にIGFCまでの展開を目標に定めております。

最後に26ページでございます。まとめでございますが、石炭火力発電の高効率化・クリーン化による環境保全と化石資源の有効活用ということでございます。石炭火力の飛躍的な向上とCO<sub>2</sub>排出量の大幅な低減が可能になるべく、既に御説明のとおり14pt以上の効率向上、30%程度のCO<sub>2</sub>の削減を可能にしていこうということでございます。燃焼前の高圧な石炭ガスからの効率的なCO<sub>2</sub>の分離・回収が可能である。石炭の埋蔵量の半数を占めるも、なかなか利用されにくい低品位炭についてもガス化することで利用が可能になる。もしくは副産物の灰でございますけれども、これはふわふわとした微粉炭の灰と違いまして、溶けることによってかさ密度が半分に減ります。重さは変わりませんが、灰が減容化されることで、約2分の1になります。これにより灰の処分にも貢献できるのではないかと思います。さらには、システムのインフラ輸出、もしくは石炭ガス化ガスの多目的利用に対しましても貢献できると考えております。

○宝田座長 大塚部長、ありがとうございました。

それでは、続きまして、ガスタービンの技術開発動向につきまして、三菱重工の斉藤室長に御説明をお願いしたいと思います。

○斉藤三菱重工業室長 1700℃級ガスタービンを担当しております三菱重工、斉藤です。

1700℃の早期実用化に向けた資料として、まず、1ページ目ハイエンド高効率化ガス火力：技術開発動向ということで、世界の技術動向ですけれども、2015年に米国メーカーが、弊社を上回る高効率のガスタービンの仕様を発表いたしました。まだペーパーマシンでございまして、運用は数年先ではございますけれども、1700℃級クラスの商品を出すという発表をしております。我が国は2020年に向けて1700℃級の実証機の実証試験をいたしますが、そこでの効率が57%ということで、ライバルメーカーがその時点でも、さらに高効率を狙う。ほぼ互角の、対等の競争をしているという状況でございます。現在までの動

向ですけれども、これまで高効率化とは高温化させることであり、我が国は高温化・高効率化でリードしてきました。1600℃級のガスタービンは、商用運転では既に2011年に2万時間を超えて4年の運用実績がございます。欧米メーカーはまだ1600℃級の機種はないという状況でございます。

2ページは、ハイエンド高効率ガス火力の技術の優位性ということです。まず1. ガスタービンの開発に必要な技術分野は非常に多岐にわたる。全ての技術分野が高水準であることが必要で、今、1700℃級で必要とされますガスタービンの全要素技術の開発を行っているところです。製品の完成度は、弱い技術分野によって決まる。技術分野と申しますのは、空力技術とか冷却技術、材料技術、燃焼技術と多岐にわたりますけれども、全てにおいて最高水準でないと達成できないという技術レベルでございます。

2. 我が国の技術の優位性ですけれども、欧米他社との差は紙一重という状況です。具体的には、超高温での安定燃焼・低NO<sub>x</sub>燃焼技術で、この辺は予混合技術や音響デバイス、制御技術の多岐の技術を組み合わせて達成できる燃焼技術でございます。また、超高温タービンの高耐久性技術ということで、高性能冷却技術（フィルム冷却技術、対流冷却技術など）を導入して冷却技術の開発を行っております。さらに、高遮熱性/高耐久性TBC（サーマルバリアコーティング）というセラミックのコーティングでございますけれども、こういった技術が求められます。また、耐熱材料・強度評価技術も必要とされます。高負荷タービン/高負荷圧縮機の高性能空力技術シミュレーションも、世界のライバルメーカーに比べて、現時点では他社よりも半歩ぐらい上回っておりますけれども、ほぼ互角で戦っているという状況です。また、シール技術・軸受技術に関しても性能に直結いたします。こういったことは他社からの情報はなかなか伝わってはきませんけれども、この辺も他社とほぼ互角で戦っているという状況です。さらに、設計技術のみならず、製造、検査、特殊計測技術なども高温ガスタービンでは必要とされる技術で、これも1700℃級ガスタービンで研究開発を行っております。さらに、技術の優位性という点で、我が国で運用データの蓄積が非常に豊富であるという点で、電力業者様から、メーカーとの協力で長期実証運転をやらせていただいて、その辺のデータをたくさん入手できています。欧米メーカーではなかなかデータが得られていない状況と推測しております。

3ページ目、ハイエンド高効率ガス火力の今後の技術開発の方向性です。まず、高効率ハイエンドガスタービンでは、現在、世界では3社にほぼ絞られてきております。最新の製品開発はスピード勝負となっております、国の補助、メーカー主導の両方で実施して

いく必要がございます。

まず1. 関連技術全分野の研究・開発の継続の必要性ですけれども、生き残りのためには、基礎的な技術開発の要素研究が継続的に必要であり、特に製品の性能の差にはガスタービンの燃焼温度とかコンポーネント技術の差が非常に重要となります。また、製品のインテグレーションの視点でも、分野ごとに技術を盛り込んで研究していく必要がございます。

さらに2. 段階的な効率向上につながる革新的な技術の技術準備度向上ということで、革新的な熱サイクルシステムの開発、もしくは革新的な製造技術（3Dプリンターなど）、革新的な素材ということで、TiAlや複合材、CMCなど、こういった技術分野に関しては、大学等の補助金、航空軍用技術の転用等もございまして、欧米のほうはかなり裾野が広く、幅広くやっているという状況でございます。

さらに、ガスタービンの高効率化ということで、それに加えて社会的ニーズの反映として、再生可能エネルギーの増加に伴いまして、負荷の変動の激しい電源を吸収するための媒体としてガスタービンが注目されているということで、急速起動・急速負荷変化対応技術も重要視されます。また、これは輸出案件ではございますけれども、今後のアジアの大市場ニーズを考慮いたしまして、高気温度時の出力増加技術、冷却技術等も必要となってくるという状況でございます。

4ページに進んでいただきまして、さらなる高効率化に向けた課題ですけれども、先ほど申し上げた革新的サイクルの技術ということで、燃焼によるエクセルギ損失の低減の目的のために、ここは従来どおり、さらに高温化燃焼させることに加えて、再熱サイクル等を加えるという新しいサイクル技術の導入が必要です。また、冷却技術も非常に重要で、この冷却空気量は効率に大きく影響しますので、その辺のオーソドックスな技術開発も必要となります。また、高圧力比圧縮機の安定性ということで、1700℃、さらにそれを上回る高温化を必要としますと、排ガス温度が上がってしまいますので圧力比も上げる必要がございます。そういった高圧力化に伴います圧縮機の安定性という技術開発も必要となります。また、燃焼器も高温化に伴いましてNO<sub>x</sub>の低減、安定燃焼の両立が重要です。さらに、ロスの低減ということで、変形追従型シールを開発して漏れ空気量の低減が必要となります。さらにアクティブコントロール、これはタービン圧縮機等のチップ先端側の空気漏れを低減するための隙間の制御もアクティブでやっていくという最新技術が必要となっております。さらに素材として、TiAl、セラミック系のCMC、新しいコーティング

素材の開発で、ガスタービンだけではなくて航空エンジンにも適用できる技術となります。さらに製造技術ということで、欧米で最近盛んな3Dプリンティング技術も積極的に導入していく予定でございます。

5ページに移りまして、現在の高効率化の導入の見通しです。先ほどからお話しがございます2020年に1700℃級の実証運転を達成するために、2018年度から受注開始をいたしまして、途中1650℃クラスの機種も考えられ得る状況かと思っておりますけれども、2021年には実用化（商用運転開始）を狙っております。そこでは発電効率、送電端効率で57%以上を狙っております、イニシャルコストはキロワット当たり従来機種並みを狙っております。さらに10年後、2030年においてはトリプルコンバインドとか、もしくはIGCCに適用可能な高効率なガスタービン技術の開発を目指していく。イニシャルコストとしては、キロワット当たり従来に比べてプラス20%超えというクラスで考えております。ライフサイクルコストとしては、燃料代の効果により圧倒的に優位性があると考えております。

6ページは、今御説明したところのまとめでございます。

○宝田座長 齊藤室長、ありがとうございました。

それでは、続きましてA H A Tの技術開発動向について、三菱日立パワーシステムズの圓島部長に御説明をお願いいたします。

○圓島三菱日立パワーシステムズ部長 高湿分空気利用ガスタービン（A H A T）の開発動向と今後の方向性について御説明させていただきます。

2ページ目に目次が書いてありまして、事業の目的・政策的位置付け等、この流れに沿って説明させていただきたいと思っております。

3ページ目、事業の目的・政策的位置付けですが、Cool Earthや第4期科学技術基本計画、日本再興戦略や日本産業再興プランの中で掲げられている方針にのっとり、今現在進めています。A H A Tは電力産業の中短期的ニーズに対応する中小容量（10万kW程度）の高効率化のために進めている事業であります。

4ページ目、これはほかの発電システムとA H A Tの位置付けで、出展は平成16年当時に立てられたものです。これはA H A Tを開始するに当たってのロードマップです。A H A Tはガスタービンサイクルを改良したシステムであり、比較的早期に実用化が期待できるシステムになっています。その先の次世代高効率発電システムである石炭ガス化と組み合わせたI G H A Tへ展開できる技術という位置付けになっております。さらに、A H A Tは圧縮空気を全量抜きますので、燃料電池等に供給するガスタービンの燃料電池との相

性もいいガスタービンの構造を備えております。

5 ページ目はA H A Tの概要で、現行、高効率システムとしてコンバインドサイクルがありますが、それとの比較で説明させていただきます。A H A Tは日本オリジナルの技術でありまして、高湿分空気を利用したガスタービン単独の発電システムであります。コンバインドサイクルの発生させる蒸気量に相当する大量の湿分をガスタービンに加えて排熱を回収し、高効率化をするというシステムになっております。

6 ページ目はA H A Tシステムの構成と特徴で、吹き出しで①から⑤まで書いてありますが、1つの特徴は、⑤にありますけれども、加えた水を捨てるのではなくて回収するシステムにしているというところが大きな特徴になっております。

7 ページにはA H A Tの効率のマップを示しています。横軸が発電端の出力で、縦軸が発電端効率になっています。A H A Tは中小容量域帯で、10万kW程度の域帯のコンバインドサイクルよりも高効率を出せるというシステムになっております。この辺の出力帯は、ガスタービンのコンバインドサイクルでも再熱三重圧などの複雑なシステムはコスト的に現在なかなか普及しておりませんで、複圧が主流になっており、複圧よりは高効率を出していくというシステムになっております。

8 ページ目、技術の優位性ですが、この表を見ていただきまして、切り口として、効率、運用性、環境性、経済性とあります。

効率は先ほど申しましたように、同等出力帯ではコンバインドをしのぐ効率を達成させる。一番右の列のそれに対する顧客ターゲットとメリットについては、日本とか欧米ではCO<sub>2</sub>削減による環境保全に寄与することと、アジア、欧州につきましては、ランニングコスト低減によって経済性を上げることを狙っております

運用性につきましては、起動時間や負荷変化率の数値を書いておりますが、コンバインドサイクルと比べまして、蒸気タービンがなくてガスタービン単独のサイクルになっておりますので、起動時間や負荷変化率をコンバインドサイクルよりも運用性を上げやすいという特徴を持っています。これは全世界で今、再生可能エネルギーが普及してきておりますが、それに伴う系統不安定さを補う、負荷変動を吸収させるという特徴を持ったサイクルになっています。

3つ目の環境性ですが、NO<sub>x</sub>につきましては高湿分ということで、燃焼器の燃焼に湿分を入れますと局所の燃焼温度が下がって、同じ燃焼温度でもドラスティックに、容易にNO<sub>x</sub>を下げることができ、環境性にすぐれています。立地の自由度につきましては、通

常、コンバインドだと復水器で海水を使用しております。空冷でもできますが、空冷だと熱交換器がかなり大きくなる場所ですが、A H A Tにつきましては、水回収装置が比較的小さくできるため、海沿いだけではなくて内陸でも活用できるということがあります。そういった意味でメリットとしては、日本では、自治体、事業者向けリスク分散で内陸立地が可能である。中東やアフリカ、欧米の内陸部やグリッド未整備地域で中小容量の分散電源として使用することができると考えています。

経済性につきましては、繰り返しになりますが、蒸気タービン系、復水器系等がないということで、コスト的にも優位にできると考えております。水消費につきましても、水回収すれば補給水をゼロにすることも可能であると考えております。

9 ページ目はA H A Tの開発ロードマップになっておりまして、「技術開発」につきましては、2004年から要素技術開発、続いて実用化技術開発を行い、現在、技術実証事業を進めております。「技術開発の成果、波及」にあります。今までやってきた技術開発は、使えるものは我々の製品に適用して有効活用するという思想のもとで進めています。

1 つが高湿分燃焼器とか高湿分翼冷却技術です。この辺については製品に適用しておりますし、高湿分対応ガスタービンと水回収の機能を使って、A H A Tで培った技術の全てではないのですが、有効に使えるところと、顧客ニーズにマッチしている部分ですぐに使えるものを早期に製品に投入しようと検討を進めています。再生熱交換器につきましても、いろいろところで適用を検討しております。この技術は2020年以降、商用機という形を狙って進めています。

「次世代発電技術への展開」は、A H A Tで培った技術は、C O<sub>2</sub>回収型クローズドサイクルA H A TやC O<sub>2</sub>回収型I G H A Tという形で、C O<sub>2</sub>回収と相性のいいシステムができると考えております。

10ページ目は今進めています技術実証の概要で、ガスタービンと再生熱交換器等の写真です。

11ページ目は技術実証事業の概要で、現在、実証方法として、我々は二段階実証という形で進めております。早期に実証を進めて製品化を早めることと、開発費用を合理的にやっていくために、二段階で進めています。一段階目は終了しまして、これから第二段階の実証を進めようと思っています。内容としては、ガスタービンもありますが、主に水回収系の全量を回収するところや、水回収の水質等を進めています。

12ページ目、事業化、波及効果というところで、国内につきましてはリプレース、内陸

立地、熱電併給等もできるシステムと考えています。欧米につきましては、再生可能エネルギー対応ということで、負荷変化率の高い起動時間の短いシステムということ、中国、東南アジアにつきましては、内陸立地の分散電源や高気温地域に出力低下が少ないシステムということアピールする。中東、西アジア、アフリカにつきましては、同様に高気温地域や水の少ない地域、グリッド整備の少ない内陸に反映させようと考えております。

13ページ目になりますが、今後、将来的にもガスの需要は伸びるであろうということ、リプレース需要もあるだろうとなっています。

14ページ目は目標コストです。これも繰り返しになりますが、基本的にはコンバインドサイクル同等以下のコストを達成するという目標を掲げて進めております。

15ページ目、今後の技術開発の方向性、課題ということで、1つは、電力全面自由化に伴って、新しい事業者に対しても適用可能な派生システムを検討しています。その1つの例が、A H A T 技術を活用して左半分を書いてある高湿分対応ガスタービン、水回収の派生システムを検討しております。さらに、その右側ですが、これはさらに将来的なところになりますが、A H A T 技術とガス化技術を使ってCO<sub>2</sub>を回収する。ガスタービンに供給されて作動される流体は、燃焼後は水と二酸化炭素になります。A H A T の持っている水回収装置を使って水を回収するとCO<sub>2</sub>が得られるという構成になっております。

○宝田座長 圓島部長、ありがとうございました。

ここで全体の説明、そして各技術の4件の説明がございました。ここで少し質問の時間がとれると思いますので、何か質問があれば、ここでお受けしたいと思います。質問がある方は、名札を縦に立てていただければ私が指名いたしますので、いかがでしょうか。

○金子委員 資料1のロードマップの策定について、この5ページでございますけれども、非常に要領よく、わかりやすくまとめてありますので、大きな方向性がこれでわかるのですけれども、1カ所だけ、2030年頃のところにI G F C と G T F C とあります。これはトリプルのコンバインドの天然ガス版と石炭版ということだと思っておりますけれども、时期的に天然ガス用が必ず先に来て、天然ガスで技術を実証して、それとガス化との組み合わせということになりますから、右と左を入れかえていただいて、1700℃級G T C C の横にG T F C を入れていただければ非常にわかりやすいかと思っております。

○覚道石炭課長 御指摘ありがとうございます。この棒グラフ自体はどちらが左右ということではなくて、青いほうの棒グラフを石炭、緑のほうをL N G としていまして、現在、2020年の青と緑の間は特に意味がなく、前後関係はないのですけれども、御指摘の点はよ

く理解いたしましたので、図の見せ方、あるいは今後の議論のところできっかりと御指摘の点を反映させていただきたいと思います。ありがとうございました。

○金子委員 横軸が時間軸というイメージで書いてありますので、そこはちゃんとしておいたほうがいいと思います。

○宝田座長 ありがとうございました。

○佐藤委員 天然ガス用のガスタービンについては、米国のシェールガス革命とかCO<sub>2</sub>の排出原単位が少ないということから、追い風が吹いているということで、一層の高温化による高効率化を目指した技術開発が、我が国、欧米でしのぎを削るように行われていることがよくわかりました。一方、石炭火力についてはA-USC、IGCC、IGFCということで、我が国における現在の技術開発動向は今日の説明で非常によくわかりました。地球環境問題の上から石炭火力は逆風も吹いていますが、米国および中国、オーストラリア、欧州、ドイツなど石炭埋蔵量の多い国もあります。そういう国々における石炭火力について、海外での現在の技術開発の動向を聞いておくと、今後の日本のあるべき姿、方向性を考える上でも非常に参考になるのではないかと思います。

○覚道石炭課長 御指摘ありがとうございます。まさにLNGや石炭火力の実情は、今、佐藤委員のおっしゃられたような状況だと思っております。石炭火力につきましては、例えば欧州のシーメンスとかアルストムが取り組みを進めているということかと思えます。今直ちに整理したものがないので、よろしければ情報を収集いたしまして、簡単に整理し、できれば次回の委員会の際にお示しをさせていただければと思います。

○宝田座長 私もそういうふうに思います。我が国の技術開発の進歩と外との比較がないとなかなか難しいところがあると思いますので、大変いい御指摘だったと思います。

そのほか何かございますか。

○瀬戸山委員 全体を聞いていて、技術は大体わかったのですが、例えば最先端の技術といったときに、CO<sub>2</sub>の回収にしても酸素吹の酸素をつくる技術にしても、あるいは高温の耐熱材料にしても、まだいっぱい可能性があるというか、世の中もっと進んでいるものは幾らもあると思っていて、そういうものが今反映されているかという、そうでもないのではないかと考えているのですけれども、そこはどのように考えているのですか。例えばGEが最近やっているSiCの耐熱性の材料とかは相当進んでいますよね。今回見ていると、基本的に鉄屋さんがやっていらっしゃるんで、鉄中心の材料が多いと思うのですけれども、そういうことを含めてどんなふうに考えていますか。



○宝田座長 例えばA-USCの材料開発はどうでしょう。

○福田高効率発電システム研究所所長 確かに単に耐熱温度だとか高温での強度だけを見ると強い材料は幾らでもあります。それはもうわかっているのですけれども、A-USCの材料の場合は、設計時間が10万時間で、普通、30年から40年ずっと使い続ける。温度的に見て700℃程度ですけれども、そういう条件を考えると、最新の材料で確かに温度の高い材料を見ると、サイズ、寿命を両方とも両立できる材料がなかなかないというのが、最先端の材料との違いかと思います。

○瀬戸山委員 金属系の材料はそれでいいと思いますけれども、例えば経済性を考えたときに、CO<sub>2</sub>や酸素が技術的にはボトルネックになるはずですが。そのようなことについては今回特に入っていなかった気がするのですけれども、どうなのでしょう。

○大塚委員 電源開発の大塚でございます。酸素吹のガス化炉を開発している関係で、酸素の製造にも絡んでおりますけれども、御指摘のとおり、酸素製造設備の中での熱システムの改善の余地はまだまだございますし、大崎では既存の実証でやっていますが、それとは別に独自にいろんなメーカーさんの技術動向を調査しながら、我々もバックアップ技術の開発をしていきたいと思っております。特に冷熱をうまく使う熱の回収の技術があります。CO<sub>2</sub>の分離技術につきましても、EAGLEで省エネ化をかなり図りました。システムの中の液の流し方や再生熱量の工夫など、かなり減っております。学会でも評価いただいておりますけれども、そういった流れは今後とも継続して開発は続けていくということで、省エネ化を追求していきたいと思っております。

○宝田座長 常に最新の技術を取り入れながらというのは大変重要だと思いますし、やはり高温の場合は長期の信頼性、加工性、製造技術とのリンクも大変重要だと思いますので、高温材料が出たから、それをすぐに適用できるというわけにはいかないかもしれませんが、将来的にはそれを使えるようなところもぜひ開発をお願いしたいと思っております。

それでは、大体予定どおりの時間でございますけれども、最後に、議題3の今後の技術開発の課題と方向性について（火力発電の高効率化）に移らせていただきます。

それでは、覚道課長に御説明をお願いしたいと思います。

○覚道石炭課長 それでは、資料3今後の技術開発の課題と方向性について（火力発電の高効率化）御説明をさせていただきます。

目次でございますけれども、1. 次世代火力発電に係る今後の主な技術的課題、2. ロ

ードマップの策定に当たり検討すべき論点、3. 技術開発プロセスの短縮化、早期着手、4. 商用導入の早期拡大に向けたコスト低減等の取組ということでございます。いずれも今後の議論の中で論点として、とりあえずの案として事務局から御提示をさせていただくものでございます。これに加えていろいろと御指摘等をいただければと考えてございます。

まず、2ページ、今後の技術的課題でございますけれども、まず1つは、USCのさらなる高温・高圧化による性能向上ということで、今日御紹介のあったA-USCとなります。2. ガスタービンの超高温化による性能向上、3. 燃料電池を組み込んだトリプルコンバインドサイクルの実現、これは先ほどお話がございましたIGFC、またはGTFCです。4. 2030年以降も見据えた、さらにその次の要素技術を選定していく、それから、これも一部御説明にもございましたけれども、5. 再生可能エネルギーの導入拡大に伴う負荷変動対応能力の向上、これは特に石炭火力について課題になってくるかと考えてございます。6. 高効率火力の安定かつ簡易な運転を可能とする保守・管理技術を提供していくという意味での技術的課題が挙げられるのではないかと考えてございます。

下は、今回、石炭火力、LNG、関連技術としてのCO<sub>2</sub>回収、利用について包括的に議論していくという意味での整理でございますけれども、特に石炭火力、LNG火力については共通的な要素技術が挙げられるということで、包括的に進めていくことの非常に大きなシナジーが得られるのではないかと考えてございます。

3ページでございます。これからロードマップについて御議論をいただいていくこととなりますけれども、ロードマップの策定に当たって検討していくべき論点を幾つか提示させていただきます。まず、早期の実現化を図るという観点で、1. 市場ニーズに即した開発優先度の高い技術の絞り込み、2. 技術開発プロセスの短縮化、早期の開発着手、3. 商用導入の早期拡大に向けたコスト低減目標の明確化といった点でございます。今回の技術開発ロードマップにおきましては、市場ニーズに即した開発優先度の高い技術方式を選定し、技術確立、実用化の目標時期をしっかりと明示したいと考えております。

また、この際、先ほどNEDOの資料に入ってございましたけれども、昨年来エネルギー基本計画におきます技術ロードマップ等、そこで設定をした既存の目標時期を、できる限りさらに前倒しをしていく、あるいは明確化をしていくということで、世界に先駆けた次世代火力発電技術の実用化を目指していくことを考えております。

また、こうした視点に加えまして、技術開発の加速化に関する方策、場合によってはい

ろんな意味での政策的な取り組みも含めて検討するというところでございます。また、将来的に火力発電、特にCO<sub>2</sub>の排出量が非常に多い石炭火力につきましては、CO<sub>2</sub>の抜本的な低減という意味で、技術的なイノベーションが相当必要だろうということで、部長の冒頭の御挨拶にもございましたけれども、そうしたイノベーションの実現を目指した革新的技術の追求、検討も継続していく必要があるだろうと考えております。

4 ページ、技術開発プロセスの短縮化・早期着手でございます。火力発電の技術開発は、要素技術からパイロットプラント、大規模実証機による実証事業に至るまで非常に長い期間が必要となっております。例えばUSCにつきましても、開発から実際の普及までは20年に及ぶということでございます。こうした一連の次世代火力発電技術を早期に実用化していくためには、次の次を見据えた技術開発にも早期に着手し、複数段階の技術開発を並行して進めていくことが必要ではないかと考えております。

また、どうしても実証機が必要になるわけですけれども、建設に長期間を要する大規模な実証機の新規建設は可能な限り抑制といいますか、効率化をし、同一サイトで複数の技術をまとめて実証できるように計画を立てていくことが有効だろうと考えております。例えば、先ほど御紹介がございましたけれども、大崎クールジェンの例におきますと、第1段階の酸素吹IGCCの実証が今進んでいるわけですけれども、並行して第2段階のCO<sub>2</sub>分離・回収型のIGCCの実証、またさらに並行してCO<sub>2</sub>の分離・回収型のIGFCの実証という形で、同じサイトで多段階の技術を実証していく取り組みも有効ではないかと考えてございます。

5 ページ、商用導入を早期に拡大していくためには、コスト低減の取り組みが重要になるだろうと考えております。また、新たな技術の信頼性の確保も重要だということでございます。こうしたコスト低減についてしっかり目標を定めて、確立した技術が早期に従来機並みのコストで利用可能になるような取り組みを進めていくことが必要だと考えてございます。また、早い段階から信頼性を向上させるような試験運転等に着手をするなど、こうした取り組みによりまして、技術が確立してから実際の商用導入に至るまで、ケース・バイ・ケースだと思いますけれども、例えば3年から5年かかっているようなタイムラグをできるだけ短縮して、技術の確立から商用導入までの期間をできるだけ早くしていくことが、次世代の火力発電技術の早期の実現につながっていくだろうと考えてございます。

事務局としての検討の視点等を御提示させていただきましたけれども、まさにこうした点も踏まえて御議論をいただければと考えております。よろしくお願いたします。

○宝田座長 覚道課長、ありがとうございました。

以上で用意しました全ての資料の御説明をいただきました。それでは、今までのこと全般、特に今の方向性について関心があると思いますけれども、御質問、御意見のある方は、先ほどと同様に名札を立てていただければ、私のほうから指名いたしますので、いかがでしょうか。

○酒井委員 東京電力の酒井でございます。今日は本当に大変インフォーマティブな情報をいただきまして、ありがとうございます。また、懇切丁寧な説明をいただきまして、今現在、火力電源に関係する最新技術の開発状況をこちらも十分認識できたように思います。私たちは、そもそもエネルギーセキュリティとか資源価格乱高下における経済性と価格安定性という観点から、一定比率は石炭火力の開発は必要であると考えているところがございます。冒頭、住田部長から、火力は環境と調和すべきだというお話がございまして、私たち事業者といたしましても、ただ単に石炭だ、石炭だということは申し上げてはいけないと思っております。いかに高効率に対する飽くなき挑戦を続けていくのか、環境と調和して、皆様に受容されるような石炭火力をどうやって入れていくかに腐心しながら、石炭火力の開発について私たちも最大限の貢献をしていきたいと思っております。

そういう観点から、最後に御説明いただきました技術開発プロセスの短縮化、早期着手につきまして、私たちもここが商用化に向けて一番大切なポイントだと思っております。やはり実証機で実際に動かしてみないとわからない点もたくさんございまして、商用機で動かしてみたけれども、思ったように動かないということもあります。加えて、私たちも自由化の世界に入り込んでいくこともございまして、事業者リスクと申しますか、金融という意味での信用問題がございまして、今回は技術的な開発プロセスではございませけれども、補助金だけではなくて、資金調達面とかファイナンス面でももう少し柔軟な取り組みがあると、またさらに自由化の世界とこういった技術開発とか両立できるのではないかと問題意識を持っております。

例えば政府系金融機関で低利の融資サービス、あるいは政府保証がつくなど、柔軟なファイナンスの関係のやり方について、まだ私も妙案はないのですけれども、そういうところも工夫を重ねていくと、さらに現実的にこの次世代火力の開発が進捗していくのではないかと思います。

○宝田座長 ありがとうございます。1つは、資金調達の面が早期実現に向けた方策の

1つであろうというお話をいただきました。この協議会は次世代火力発電の早期実現ですので、今までの計画を、さらにどう短縮できるか。実用機まで余りもたもたするなということかもしれませんけれども、そのためにはどんなことがあり得るかということは何か御意見があれば、委員の皆様からぜひ伺いたいと思っています。

今、資金の面が出ましたけれども、法的規制などいろいろな面もあると思います。もちろん技術の開発、信頼性がネックになっている部分もあると思いますが、何か御意見ございませんでしょうか。

○鈴木委員 東芝の鈴木です。火力をやっている身として、石炭とガスとCCSと1つの会合で並んでいる瞬間は非常に興味深いなと思っています。

石炭火力はIGCCやA-USCなど一生懸命高効率化してどんどん排出原単位を減らしていこうという一方で、ガス火力は燃料の組成そのものでそもそもスタートラインで排出が半分。先ほど電源開発さんの発表にもありましたけれども、例えば「90%回収をつけてA-USC並み」と言っているのですけれども、そもそも目指しているゴールが90%回収でなくてもよいのではないのか。すなわち、ガス火力がベースラインとして目指しているポイントがあるならば、何も石炭火力にCCSをつけたときに90%回収までしなくてもよいのではないのかという議論はある。すなわち中間的なターゲットを設ける。90%を目指すのは究極のゴールですけれども、途中段階として、例えばガス火力並みの排出原単位に向けての効率向上。結局、効率を上げて、CCSはそれを下げてしまうわけですが、90%回収してその分下がるからといって、すごく高い効率ゴールを設定してしまうと、それゆえに、どんどん開発が延びていってしまうぐらいならば、手近にとれるところをどんどんやっていったほうがスケジュールの進捗が早くなるのではないのか、というのが一連の議論について持った印象でございます。

○宝田座長 もっともな御指摘だと思います。大塚さん何かありますか。

○大塚委員 ありがとうございます。リーズナブルな御指摘だと思います。規制動向そのものがどうなるかは、国際的な面も含めて、COPも含めていろんな議論がぐるぐる回っている段階でございまして、とりあえず技術的には行けるところまでやってお示しする。それを実際に商用化レベルにしたときに、どういうレベルにするかというのは、また別の議論だと思っていますが、準備だけはしておきたい。確かにおっしゃるとおり、全体の効率を上げる、もしくは全体のコストを下げることは事業者としては必要な面でございますので、ぜひ頭には入れておきたいと思っています。

○宝田座長 そのほか何かございませんでしょうか。

○瀬戸山委員 この間、G7でヨーロッパ、アメリカの70%削減という話が出て、このベースはIPCCの勧告で、50%強は2030年、50年までにやらなければいけないというのがあって、彼らはそれを上乗せした形でやっていて、日本が言っている28などでは明らかに低い。こういう技術を開発したときに、それが世界で受け入れられるかという視点で見たときに、多分、火力発電全体だけでは絶対に完結しない話ですよ。そうなってくると、それを再生可能と組み合わせてどのようにやるかという視点で見たときに、火力発電ベースでまずどこまで行けて、それを50%に近づけるとときにはどんな戦略があるかをしっかり持っておかないと、自分たちだけで絵を描いてみても、海外は誰も買ってくれないという絵になりかねないのではないかと思います。そういう点は、こういう中に盛り込むことはあるのでしょうか。

○覚道石炭課長 今の時点で明確な答えを持っているわけではないのですが、まさに御指摘いただいた点は非常に重要な論点だと思いますので、どういう形でこの中に反映させていくのかを少し検討させていただいて、次回、まさにCO<sub>2</sub>の分離・回収等の御議論をいただくことになっておりますので、その際にまた事務局としての考え方について御提示をさせていただければと思います。

○宝田座長 よろしくお願ひします。そのほかございませんでしょうか。

○藤井委員 電気事業連合会の藤井でございます。先ほど東京電力の酒井委員からも話があったのですが、我々は、いろいろな発電設備を持つことは1つの可能性（リスク）への対応だと思っています。したがって、ガスに特化してもいけない、石炭に特化してもいけない。本協議会で石炭、ガス、容量でも大容量、中規模等、いろいろな形で開発していただくと、世界の環境がいろいろ変わったときも、エネルギーセキュリティの面とか燃料調達の面で日本が優位に立てる、あるいは安定して電力を供給できると考えております。特に今エネルギーミックスを御議論いただいております中で、こういった活動を加速化していただくのは、我々事業者としても非常にありがたいと思っています。我々事業者としても、技術開発案件の実証事業に入って、ユーザーの立場からもしっかり発言をして、できるだけ早く次世代火力発電技術が活用できるように協力してまいりたいと思います。感想とお礼でございます。

○宝田座長 ありがとうございます。

○藤岡委員 RPS法で余り多くはないのですが、実際にバイオマスも混焼されて

います。調達がなかなか難しいなどいろいろ問題があるのですけれども、これも石炭火力の一部の燃料として経産省さんもう少し積極的に取り組んだら、もっと経済的にCO<sub>2</sub>を減らすことになるのではないかと思うのですが、この辺はどういうふうにお考えでしょうか。

○覚道石炭課長 バイオマスについては石炭火力でも既に一部混焼して、まさにCO<sub>2</sub>のオフセットに使うというのは進んできているわけですが、いろいろな課題があると思っております。今回の議論については、基本的には技術的ないろいろな課題について御議論をいただいて、できるだけ次世代の技術の早期実用化を目指すという設定にさせていただいております。バイオマス混焼についても、そういう視点でいろんな技術的な課題がもしあれば、ここで取り上げていければと考えております。

○宝田座長 実質的なCO<sub>2</sub>削減に非常にいいですね。

○金子委員 座長も言われましたように、早期実用化を何としてもやらないといけない。CO<sub>2</sub>削減目標26%というのは非常に意欲的な目標だと思いますから、やらなきゃいけないと思うのですけれども、一方、エネルギーミックスでも示されたように、石炭もある程度使っていかなければいけない。そうすると、CO<sub>2</sub>削減という点から見れば、石炭は天然ガスに比べて圧倒的に不利であることは間違いないので、それをどう両立させていくかという具体策を提示しないと、実際にプラントに適用して商用化していくというインセンティブが働かないと思います。ですから、例えば石炭火力でCO<sub>2</sub>を10%削減したとすれば、将来CCSをやるとすると、トン当たり恐らく40ドルから60ドルぐらい費用がかかる。CO<sub>2</sub>を10%削減した量に対して50ドル、5000円のプレミアムを与えるというような支援策を考える必要があるかと思えます。天然ガスは値段が高いですから、効率を向上すると自動的にそれでペイするので、ほっておいてもできるのですけれども、石炭は燃料費が安いから、効率向上だけでは経済性でなかなか勝てない。しかし、自由マーケットでは1銭でも安いところが勝ちということになると、せっかく効率を上げてCO<sub>2</sub>を減らしてという対応が、経営的にはなかなかできにくいことになると思えます。

先ほどバイオマスの話が出ましたけれども、バイオマスを10%混焼したとして、それに例えばキロワットアワー当たり22円、あるいは17円のFITをするという支援の額に比べまして、先ほど言いましたCO<sub>2</sub>排出量を5000円で評価してプレミアムを与えるというのは数%です。だから、FITで支援するより圧倒的に安い費用で、ということは国民の負担も少なく、今よりもCO<sub>2</sub>を10%下げるといふ思い切った策が採用できますので、早

期実用化を図るためには、支援策と並行して、それを定量的に評価できるように、事業者が踏み切れるように、そこもぜひ今回検討していただければと思います。

○宝田座長 難しい問題になりましたが、いかがでしょうか。

○覚道石炭課長 確かに今大変重要な御指摘をいただいたと思っております、後ほど御説明をさせていただきますけれども、今回、7月までのところで3回程度、この会議を開催させていただきまして、まずは技術面の課題等を整理して、ロードマップを整理することにしてございます。それも踏まえて、また、その他、政策面での御指摘の御議論も幾つか既にごございましたけれども、さらにその後に、どういう形でこの議論をしていくかについて、また事務局としても検討して、御提示をさせていただければと考えております。

○宝田座長 よろしくお願いたします。

○小林委員 良く纏められた貴重な資料を丁寧に説明していただいて、方向性は大変良く理解できました。その中で覚道課長から説明頂いた資料3の5ページ目の商用導入の早期拡大に向けた取り組みについてコメントします。先ほど東京電力の酒井委員からは発電事業者としてファイナンス面の話が出ましたが、商用化に向けたタイムラグを短縮せよという命題は、メーカーとして過去の反省を踏まえて非常に重く受けとめなければいけないと思います。確かに製品開発、特にハイテクの製品開発をしたときに、要素開発の段階では上手く行ったのに実証段階で上手くいかない、色々な課題が出るという時に、往々にしてハイテクではないところで躓いて、それがゆえにハイテクの部分まで完成が遅れて行くという事象がございます。これは、まさにここに御指摘いただいているように既存技術を十分にハイテク製品に生かし切れていなかったり、試験運転の準備が遅かったりしてというようなことも当然あるのですけれども、ここにある程度時間とお金を十分に掛ける必要があると思います。また、もう1つ書いていただいているイニシャルコストの低減というところについて、従来はこの手の技術開発がハイテク製品のコアの技術にのみ非常に注力していただけなのですが、それを商用導入するために量産なりスケールアップするときの製造技術の確立に対しても、もう一段の踏み込んだご指導なりご支援なり、あるいは実際の量産設備を拡充していく上での何らかの支援策のようなところにも踏み込んでいただければ、イニシャルコストの低減がもっとスムーズに、より早期に確実にできて、この商用導入の大幅な短縮が図られると思いますので、その辺も御検討いただけたら大変ありがたいと思います。

○宝田座長 ありがとうございます。大変貴重な御指摘だと思います。ステップを踏ん



で、それは開発済みだ、それはもう終わっているのだということで先へ行くと、それが後になって商用化のときに問題になることが往々にしてあると思いますので、そのようなところも早期に実用化に向けては重要だと思います。

それでは、そろそろ時間もまいりましたので、この辺で質疑を終了させていただきたいと思います。

それでは、最後に今後の予定について事務局から御説明をお願いしたいと思います。

○覚道石炭課長 本日は大変有意義な御意見を多数いただきまして、まことにありがとうございます。いわゆるロードマップの策定にとどまらないいろいろな御指摘もいただいたと思っております。その辺も含めて今後の議論の参考にさせていただければと考えております。

今後のスケジュールでございますけれども、第2回の協議会会合を6月22日、これは先ほど申しましたようにCO<sub>2</sub>の回収、有効利用についての技術動向等について取り上げたいと思います。

また、第3回ロードマップの案を御議論いただく回は、今のところ7月6日を予定してございます。

また、委員の皆様におかれましては、6月26日に、今日、大塚委員からも御紹介いただきました大崎クールジェンの現地視察を予定してございますので、御都合がつかれる委員の皆様にはぜひ御参加いただければと考えております。よろしくお願い申し上げます。

○宝田座長 ありがとうございます。それでは、これをもちまして本日の第1回次世代火力発電の早期実現に向けた協議会を終了させていただきます。長時間にわたりまして御協力、御議論、ありがとうございました。