

次世代火力発電の早期実現に向けた協議会（第6回会合）

平成28年5月30日

日 時：平成28年5月30日（月）14：00－16：00

場 所：経済産業省別館11階1111共用会議室

議題

1. 水素発電技術の開発方針、課題について
2. 「次世代火力発電に係る技術ロードマップ」案について

議事内容

○覚道石炭課長 それでは、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6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エネルギー庁石炭課長の覚道でございます。よろしくお願いいたします。

宝田先生が冒頭、数分遅参をされるということでございますので、事務的に進められるところを先に進められればと考えております。

委員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。

本日は、説明者として三菱日立パワーシステムズから谷村様にもお見えいただいております。後ほど資料の御説明をお願いいたしております。

なお、本日、平井委員は御欠席と伺っております。

それでは、この後の議事につきましては、宝田座長にお願いしたいと思います。よろしくお願いいたします。

○宝田座長 群馬大の宝田でございます。よろしくお願いいたします。ちょっと遅れまして申しわけありませんでした。

それでは、本日は議題として水素発電をめぐる状況として、水素発電技術の開発方針、課題について取り上げます。その後、2つ目の議題といたしましては、次世代火力発電に係る技術ロードマップ案について議論を行ってまいりたいと思いますので、ぜひよろしくお願いいたします。

それでは、本日の議事次第に従いまして議事を進めてまいります。

まず、資料の確認についてですが、事務局から御説明をお願いいたします。

○覚道石炭課長 それでは、資料ですけれども、また前回同様、ペーパーレスでということとで実施をいたします。メインテーブルに御着席の委員の皆様、事務局等の関係の方々につきましては、i P a dをお配りしております。i P a dに全部資料がひとまとめのPDFのファイルに入っておりますので、適宜スクロールをして御確認いただければと考えております。

配布資料につきましては、一覧にありますように、まず、議事次第、議題1として水素発電技術の開発方針、課題について、議題2として「次世代火力発電に係る技術ロードマップ」案について、あと、委員名簿、座席表でございます。続いて資料1「水素発電と大規模水素供給システムの構築」、資料2が「NEDOにおける水素発電技術開発状況」、資料3が「大型の水素タービン技術の方向性」、資料4として、これは金子委員から御提出のあった「福島復興IGFC 福島未来エネルギーパーク構想」についての資料、それから議題2の関係で資料5「次世代火力発電に係る技術ロードマップ案」ということで用意をさせていただいております。

また、前回に続きまして一部の資料のアップロードが遅くなってしまいまして申しわけございませんでした。

資料が見つからない等ございましたら、事務局にお申し出をいただければと思います。よろしいでしょうか。

以上です。

○宝田座長 覚道課長、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います。

議事の進め方ですけれども、ただいま御紹介ありましたとおり議題1、2がございますけれども、まず、議題1について資料1から4を御説明いただいて、そこで委員からの質疑の時間を設けさせていただきます。その後、議題2については資料5を御説明いただいて、最後に全体を通して議論するという進め方と進めていきたいと思っておりますので、よろしくをお願いいたします。

それでは、まず議題1の資料1「水素発電と大規模水素供給システムの構築」について、燃料電池推進室から御説明をお願いいたします。よろしくをお願いいたします。

○戸邊燃料電池推進室長 燃料電池推進室の戸邊でございます。お手元の資料1で御説明

をさせていただきます。

水素発電と大規模水素供給システムの構築につきましては、今日御参加の一部の先生、あるいは一部の企業の方からもいろいろ御指導いただきまして、既にいろいろ報告書で取りまとめております。それに従いまして御説明をさせていただきます。

1 ページ目でございますけれども、この3月に水素・燃料電池戦略ロードマップを改訂いたしました。これは非常に長い取組が必要なので、フェーズを3つに分けております。本日のお話はこのフェーズ2に当たるわけですが、エネルギー政策的、エネルギー行政的に考えて、資源、エネルギーとして水素を大規模に使うときの大規模な供給、それから大規模な利用としての発電、燃料電池のように使うのではなくて燃やす発電をフェーズ2として位置づけております。大体この2030年前後に、ここに書いてありますような30円/Nm³を目指そうということでございます。

2 ページ目でございます。ちょっとおさらいですが、水素の製造方法です。現在既に実用化されております副生水素由来、あるいは化石燃料由来の水素でございますけれども、大規模に水素を使うとなると、国内だけではなくて海外を含めた、化石燃料由来も含めた、使われていないエネルギーから水素を取り出して持ってくることを考えているわけでございます。

3 ページ目、水素製造の現状と課題でございます。将来の水素の大量需要に対応する方法として、ここに大きく4つほど水素源を書いております。それぞれメリット・デメリットということで、青字のメリット、赤字の課題とさせていただいておりますけれども、真ん中の2つ、中長期的な将来の大量供給に向けた水素源としての可能性として原油随伴ガスや褐炭、それからもう少し先の話になると思いますけれども、再生可能エネルギー由来の水の電気分解による水素製造を考えるわけでございます。

4 ページですが、この水素発電をそもそも進める意義でございます。3Eの観点で御提示いたしておりますけれども、環境性につきましては、CO₂削減のためのオプションの1つとして一定の意義があると考えておりますが、課題としましては、やはり経済性、セキュリティ面ということでございます。経済性につきましては、2020年代後半、2030年ごろのプラント引き渡し価格30円/Nm³ということで、これは単純計算しますと、17円/kWhといったレベルでございますけれども、こういったところの経済性をどう判断するのか。

それから、セキュリティ上も、ここに書いてございますように大量に必要でございます

ので、水素を持ってくる日数、コスト、あるいは相手国との関係での調達の柔軟性等の検討をしていかななくてはいけないという課題がございます。

5 ページ目が水素の燃焼特性でございます。これは省略いたしますけれども、副生ガスとして水素の発電は、自家用のところであれば結構使われておりますし、また、5 ページの下は共同火力の例でございますけれども、水素を混ぜて発電をしている例は結構あるということでございます。

6 ページ目、こういった水素発電を今後どうやっていくのかということでございますが、将来の姿と、それに至る過渡期の形態ということで、2ステップに分けております。方式としては、ここに書いてございますような方式がございます。これは後ほど事業者様のほうからお話があると思いますので省略いたしますけれども、水素専焼方式を目指すべきであります。さはさりながら技術的なハードルもあったり、あるいは設備をどう構築していくのかといったいろいろな課題がございます。そういう中で、過渡期の形態として水素を混ぜて燃やす混焼方式も考えられるのではないかと考えておまして、これは既存火力発電所を使えるのではないかとか、あるいは大規模に水素を使う発電するオペレーションも試行できるのではないかと、こういった観点から過渡期の水素混焼を位置づけているわけでございます。

7 ページは、将来、過渡期における取り組むべきアクションプランでございますけれども、左のほうの水素専焼に向けた取組例でございます。水素専焼が可能な燃焼器を今いろいろ進めておりますけれども、こういったものをしっかりやっていく。あるいは供給サイドにおきましても、例えば液化水素の運送・貯蔵の大規模化、効率化に向けた研究開発。過渡期における取組例としましては、右のほうでございますけれども、既存の天然ガス火力発電所を念頭にした混焼の実証、あるいは小規模な水素混焼のコージェネを活用したスマートコミュニティでの実証とか、それに相当する水素供給チェーン構築に向けた実証に取り組むべきアクションとして挙げた次第でございます。

8 ページが、今NEDOで進めております具体的なお話ですので、これは後ほどNEDOから説明をいただくということでございます。

9 ページも、本日、事業者様からお話があるかと思っておりますので、飛ばさせていただきます。

10 ページが、発電に結びつける供給のところでございますけれども、今、我々は2つ有力なやり方があるのではないかと、有機ハイドライド、液化水素もあわせてN

E D Oで実証を始めたところでございます。ちなみに、この赤い字のところは、技術開発要素としてまだまだいろいろハードルがあると考えているところでございます。こういったそれぞれの技術課題を克服しつつ、チェーン全体としての実証を進めているところでございます。

11ページが、今N E D Oで進めております液化水素、有機ハイドライドそれぞれのプロジェクトの概要でございます。

私からは以上でございます。

○宝田座長 戸邊室長、ありがとうございました。

それでは、続きまして資料2の「N E D Oにおける水素発電技術開発状況」について、N E D Oの大平主任研究員から御説明をお願いいたします。

○大平 N E D O新エネルギー部主任研究員 N E D O新エネルギー部、大平でございます。私から、私どもの取組につきまして、資料2に基づきまして御紹介させていただきます。

まず、1枚おめくりいただきまして1ページ目でございます。先ほど戸邊室長からもお話しありましたとおり、このプロジェクトは水素・燃料電池戦略ロードマップのフェーズ2として位置づけているわけでございます。2020年ごろに自家発とか2030年以降の発電事業本格導入に向けて発電の技術開発及びサプライチェーンの技術開発に取り組んでいるわけでございます。

次のページでございます。具体的なプロジェクトでございますけれども、ロードマップの策定を受けまして、昨年度、ちょうど1年前でございますけれども、このプロジェクトにつきまして開始させていただきました。大きく2つでございます。サプライチェーンを構築する。水素の輸送につきまして、ここにあります通り、液化水素、メチルシクロヘキサン、有機ケミカルハイドライドを使っていく。水素源につきましても、海外の未利用の水素ということで、褐炭とか工場におけます副生水素を利用するということでございます。その運んだ後でございますけれども、水素発電につきましては、今2つのプロジェクトを進めているわけでございます。

次のページでございます。発電につきまして、まず簡単に御紹介させていただきたいと思っております。2030年以降の発電を目指しました、いわゆる大型化のところでございます。規模に関しましては大体500MW級水素混焼プラントを、期間におきましては基本設計を確立する4年間のプロジェクトでございます。ターゲットとしましては、ドライ型でございま

して、天然ガスに対しまして水素を20%混入する。まずは要素ということをございまして、燃焼器の開発。この燃焼器に基づきまして、大規模な発電設備の設計のシミュレーション的なものを行っていくということをございまして、三菱日立パワーシステムズさん及び三菱重工さんをお願いしているわけをございます。

次のページをございます。さはさりとて、小規模のところでは何かできないかというところをございまして、現状、1MW級ガスタービンをそのまま使いました社会実証的なプロジェクトに取り組んでいるわけをございます。地域に対しまして電気及び熱を供給する、あるいは実機でこの有効性、もしくは技術的な耐久性等々の評価を行っていくという狙いをございまして、これは大林組さん、川崎重工業さんで、およそ3年間の計画でこのプロジェクトは進んでございます。

最後に5ページをございます。当面の私どもの方向性をございます。1つ目をございますけれども、「1. 水素発電の本格的導入」。2030年以降を狙った事業用発電として、今現在何ができるのかというところで研究開発を進めているわけをございます。まずはLNGとの混焼ガスタービン燃焼器を含めた要素技術の研究開発を進めるとともに、将来的には予混合方式等々の新しい燃焼方式の水素専焼ガスタービンコンバインドサイクル発電を想定する。これは先の技術をございますので、2020年ぐらいになってこようかと思えますけれども、こういった技術開発を行っているわけをございます。

一方で、これに対して安定的に水素を供給するためのサプライチェーンの構築は不可欠をございます。先ほど説明のありましたとおり、海外の未利用資源をどのように活用していくのか。こういった中での技術開発及びそのルールづくりを6年間の計画の中で取り組んでおりまして、技術的には2020年ぐらいをターゲットとして取り組んでいるわけをございます。

「2. 水素利活用の拡大」ということで、下のほうをございます。今回のターゲットとするものよりも規模が小さい数MWとか数10MW級の自家用発電をございますけれども、まずは当面、ウェット型の混焼方式で、ウェット型であれば、水素量を100%に近いところまで持っていけるということになっているわけをございますので、まず混焼を狙った上で専焼ガスタービンのコジェネを狙っていく。さらには、ドライ型はその次のステップをございます。現在熱利用されている副生水素があるわけをございますので、当面はそちらを狙って小規模の水素発電を導入していきたいと考えているところをございます。

私からの説明は以上をございます。

○宝田座長 大平主任研究員、どうもありがとうございました。

それでは、続きまして資料3に移りたいと思いますが、「大型の水素タービン技術の方向性」について、三菱日立パワーシステムズの谷村様から御説明をお願いいたします。よろしくをお願いいたします。

○谷村 MHP S 技監・主幹技師 谷村です。今日はメーカーの立場から大型の水素ガスタービンの技術の方向性ということで説明させていただきます。

この大型のガスタービンで水素を焚くということの位置づけですが、もともとGTCC（ガスタービンコンバインドサイクル）1700℃級のものですが、これは非常に高い熱効率を持っております。今は天然ガス焚きとして開発しておりますが、その燃料の1つとして水素を位置づけるということで、その燃焼器の部分だけの開発を目指す。そして最終的には水素専焼を目指すところを狙っております。この水素専焼の燃焼器ができましたら、これは後で議論になるかと思いますが、CCS付きのIGCCのガスタービンの燃料として使うことと、そのハードウェアとして使っていけるというところがこの水素ガスタービンの開発の意義でございます。

もう1つ、水素利用の効果で、当然、CO₂削減効果の拡大がありますし、水素導入期のインフラの拡充効果。これは非常に大きいガスタービンを使いますので、使用量が多いということで大量利用、それから純度も燃料電池よりも融通がききますので、そういったところのインフラでの効果を狙っております。

4ページは、今日は次世代ということで年表的に書いてみましたが、今2つの開発に取り組もうとしております。これはもう既に取り組んでおりますが、LNGとの混焼の燃焼器です。2020年ぐらいまでには基本計画を完了させて、2020年度代には実用化していきたいと考えております。

専焼のほうですが、これはまだ始まっておりませんが、燃焼器の開発を始めて、2030年までには何とか実証を完了させたいと考えております。

現在の水素の利用は中小型のガスタービンで、先ほども紹介がありましたが、コージェネとか自家発電の利用に限られておるのですが、今後はLNG専焼から混焼へ移って行って、最後は水素専焼へ持っていきたいと考えております。

5ページは、この協議会のマップをお借りしています。今日説明をする中で、年代と効率のカーブを使って説明したいと思いますが、このLNG火力、石炭火力を我々メーカーが持っている製品群の中でどういうふうに位置づけていくかを次のページで説明します。

まず、LNG火力ですが、今、1600℃級のガスタービンコンバインドサイクルで、これは既に熱効率が60%を超えて62%とか、そういったところまでいっていますが、これを2020年ごろには1700℃級にして65%ぐらいの熱効率を目指しています。我々の目標としては、水素専焼のガスタービンは、この1700℃級、65%の効率のガスタービンの燃料としてここへ持ってきていたいと思っています。これは線があっちへ行ったりこっちへ行ったりして難しいですが、1700℃級のガスタービンと同じ効率、あるいはそれ以上のところを狙って水素焚きのガスタービンコンバインドサイクルを持っていくところを狙っております。

IGCCのほうですが、これも1500℃級のIGCCを目指しております。この場合、現在私どもはCO₂の回収技術をやっております、それとの組み合わせで水素リッチの燃料が出てきますので、そういったものにも適用していくというふうに製品の展開を考えております。

8ページは、また繰り返しになりますが、今までの水素の取組は、副生物として、燃料代として安かった燃料を使っておったのですが、これはどちらかといいますと自家発・コージェネ中心で、最高効率を目指すものではありませんでした。これからの取組としましては、電力分野でのCO₂削減で、最高効率のコンバインドサイクル機に投入していく。最初は混焼をやっていく。これは水素のインフラ導入期に水素の量が揃わないとか供給が安定しないときに有効な発電プラントとなると思います。水素のインフラが成熟したら水素専焼に移っていきたいと考えております。

9ページは、先ほどありましたけど、インフラ拡充期に大規模な水素需要の創出、高効率な発電で使う、ガスタービンの場合ですと水素の純度のフレキシビリティに利点がございしますので、こういうインフラの拡充面でも効果が期待されています。

次に開発の話ですが、これまで水素のガスタービンといいますと、90年代のWE-NETとかいろいろあったのですが、今回は完全に燃焼器の部分だけに特化して開発することを目指しております。もともとのガスタービンコンバインドサイクルが1700℃級のガスタービンの開発成果をフルに生かして高効率なものをベースとして使って燃焼器の部分だけを変えろというふうにして、開発そのもののハードルを下げることと、高効率はその他検証された要素で担保していくところを狙っております。

あと、いろいろ議論はあるのですが、水素混焼は、現在、1500℃級、1600℃級のガスタービンで使われている低NO_x燃焼器にNO_xとかフラッシュバックの問題のない範囲で

混ぜていくという使い方をします。ところが、これは先ほども水素の物性の御紹介がありましたが、水素専焼となりますと、この燃焼器を使えなくなりますので、こういうマルチクラス形式といひまして拡散方式の燃焼器を使用していく。これは既にCCS-IGCC用にいろいろ開発しているのですが、いかんせんこれは温度の低いレベルの開発ですので、高効率機に適用できるように開発していくことを今取り組んでいるところでございます。

また繰り返しになりますけれども、燃焼器の形式でいいますと、今使われているのが、ここの拡散燃焼器です。これはちょっとNO_xが高いために水やら蒸気を含んで若干効率が低いという問題があるのですが、今からこの予混合の混焼をまず実現して、次にドライで水素専焼をやっていくところに取り組んでおります。

今後の展開ですが、これはまた最初のページに戻っていますが、2030年ぐらいまでにはこの専焼のガスタービンを実用化していきたいと考えております。

以上です。

○宝田座長 谷村様、どうもありがとうございました。

それでは、続きまして資料4の「福島復興IGFC 福島未来エネルギーパーク構想」について、金子委員から御説明をお願いいたします。よろしくをお願いいたします。

○金子委員 本日はお時間を頂戴いたしまして、ありがとうございます。今日は、福島復興IGFCということで御紹介させていただきます。

この目的は、今、福島県で新エネ社会構想実現がいろいろ検討がなされておりますけれども、再生可能エネルギー・水素を使ういろいろな計画がございます。それと次世代火力の究極の姿でありますIGFCを融合することによって、コストも時間も大幅に短縮して、相互連携したウイン・ウインの関係ができないかという御提案でございます。

2ページが福島の新エネ社会構想実現会議の概要でございますけれども、福島県を再生可能エネルギー・水素社会のモデル地域とするために、政府・県・電力会社が連携して、これからいろいろなことをやっていこう。その中には、この再生可能エネルギーでつくった水素を2020年の東京オリンピック・パラリンピックにも活用しようといった構想もございます。全体の取りまとめは資源エネルギー庁でなされていると聞いております。

3ページが、まさに我々の協議会でずっと議論してまいりました次世代火力発電のロードマップです。LNG火力、石炭火力どちらも究極の姿はトリプルの複合発電となります。何としてでもこの実現に向けて我々は頑張っていきたいと思っております。

この中で私が一番気になっておりますのは、天然ガスのトリプル複合発電も技術の確立が2025年度目処です。石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）も2025年が目処でございます。ただ、トリプルとなりますと、燃料電池とガスタービンと蒸気タービンを組み合わせますので、非常に複雑な系になります。トリプルは、まず天然ガスできちんとシステムを確立する必要があります。それから、さらにガス化炉と組み合わせてIGFCというステップをやるべきだと思いますけれども、IGFCを2025年までに技術を確立するのはスケジュール的になかなか大変だというのが私の感じでございます。かねてから、これを何とか解決し、2025年にはIGFCが運転できないのかということもございまして、本日の御提案につながっております。

4ページがこの構想の概要でございますけれども、最初に申し上げましたように、福島新エネ社会構想と次世代火力の中のIGFCの推進を融合して、双方を連携させることによってコスト及び工程の大幅な縮減を実現できないのかということでございます。IGFCにつきましては、CCSとIGFCの組み合わせは大崎クールジェンで着々と実施されておりますので、これをぜひ進めていただきたいと思います。私が今日御提案しておりますのは、東日本において、特に福島県において再生可能エネルギー、それから水素とこのIGFCとを組み合わせることによって、先ほど言いました融合のメリットを出せないのか。後ほどもう少し詳しく御説明いたしますけれども、水素製造設備、再生可能エネルギーの吸収・貯蔵設備、SOFCの発電プラント、それからIGFCのプラントで両者の融合を果たしたらどうだろうか。先ほど申し上げましたように、その中から再生可能エネルギーでつくった水素は、当然、2020年の東京オリンピックに間に合うように供給することになります。

5ページに、今申し上げましたような主な構成要素を再び挙げておりますけれども、1つは再生可能エネルギーからの水素製造装置、もう1つが、特に変動型の再生可能エネルギーが増えてまいりますと、どうしても負荷の平準化が不可欠になってまいりますので、そのための回収・貯蔵装置と世界最高効率の燃料電池（SOFC）の発電設備、最後が世界最高効率のIGFC 60万kWの発電プラントをつくるという案でございます。

6ページで、まずメリットを先に申し上げますと、一番大きいのは、石炭と天然ガスの同時利用が可能であることです。先ほど申し上げましたように、トリプルの天然ガスも2025年、石炭も2025年、これを並行して同時に開発するのはなかなか大変でございます。ということで、同じマシンで先に天然ガスでトリプルを実現しまして、習熟したところで

燃料を石炭ガスに切り替えます。ということで、同じマシンで天然ガスと石炭のトリプルサイクルを実現しよう。これによりまして、もちろん設備費の大幅な節減も可能でございますし、何といたしまして期間、時期が大きく短縮できると思います。私の感じでは5年は短縮できると思います。ということで、ロードマップにございますように、2025年までに両方を連携して実現可能だということでございます。

それから、福島県には原発用の500万kWの送電線が余っておりますので、これを有効に使うべき。しかも、2020年から2030年となったときには電力の需要が非常に過大になりますけれども、とにかく発電した電気は東京に送れるわけでございますので、確実にこれは消費できる。

それから大型の外航船が直接入ってこられますので、例えばアメリカの西海岸、カナダ、オーストラリア、あるいはロシアから燃料を直接持ってこられるという特徴がございます。

今申し上げましたプラントの概要をもう少し詳しく御説明させていただきたいと思えます。7ページに示しておりますように、全体が大きく3つのIslandからできておりました、**Ⓐ**が水素製造プラントです。これは先ほど言いましたように、2020年に水素を東京オリンピックで使えるようにというのもございますから、これで水素を製造するという部分と、変動型の再生エネルギーを吸収・貯蔵する部分、いわゆるPower to Gasという部分の両方からこの水素製造プラントがなっております。

ⒷがSOFCのIslandでございます、ここに1万kWの世界最高効率のSOFC発電プラントを実現する。

最後がIGFC Islandでございますけれども、最大の特徴は、コンバインドサイクルのマシンがマルチフェーズユースで、ほとんどの燃料を対応可能ということで計画いたします。まずは天然ガスでコンバインドサイクルができるということで、それにSOFCの組み合わせによって天然ガスでトリプルをまず確立するということでございます。SOFCのほうは後ほど申し上げますけれども、膨大な量のSOFCが必要だということで、SOFCの供給能力が整い次第、順次容量を上げていって最適組み合わせまで持っていく。全てを一遍にやるのではなくて、順次やっていくという構想でございます。天然ガスでトリプルで十分習熟したところで、燃料を石炭ガスに切り替えます。ということで、最終的には究極の姿でありますIGFCという形が実現できるわけでございます。

容量として60万kWございますので、もし水素のほうで、例えばオーストラリアの褐炭か

ら水素をつくって、マイナス253度で日本に持ってくるときには、このマシンでその水素を使用することができる。あるいは、別のところからメチルシクロヘキサンで日本に水素を持ってくる時もこのマシンが使える。60万kWの容量ということは、100万台の燃料電池自動車の使う水素が、このプラントで消費できるということでございます。

もう1つつけ加えさせていただきたいのは、⑨というところにSOFCの製造工場がございます。何であえてこれを書いたかということは、ボイラーとか蒸気タービン、ガスタービンはみんな一品生産の個別設計のプラントでございます。ところが、SOFCは燃料電池の素子が数百万本必要です。ということで、完全な量産工場がない限りトリプルはできない。過去、半導体、太陽電池、液晶、みんな日本が断トツの技術を自ら開発しておきながら、その量産設備投資に後れをとったために、現状は全て韓国、中国、台湾にやられてしまっている。それをSOFCで繰り返してはならないし、SOFCの量産設備が出ない限りはトリプルは実行できない。それは、同時に大量生産によってコストはぐんぐん下がってまいりますから、経済性も改善することになります。

最後は8ページでございますけれども、2025年という最後の姿を考えますと、スケジュール的には決してそんなに余裕があるわけではございません。それからまた東京オリンピックに水素を供給することを考えましても、結構タイトなスケジュールでございます。ということで、何とか2016年度中にこの全体の計画をまとめていただいて、実行に移させていただきます。非常にありがたいと考えてございます。

以上でございます。

○宝田座長 金子委員、どうもありがとうございました。

それでは、議題1に関します資料の御説明をいただきましたけれども、以上の御説明につきまして、ここで御質問等のある方は名札を立てていただければ、私から指名させていただきますので、よろしく願いいたします。いかがでしょうか。

○佐藤委員 水素エネルギー社会を構築する目的としては、1つはグローバルCO₂の削減に対してどのように貢献していくのかという側面と、我が国のエネルギー安全保障という視点から水素がどう位置づけられるのか、大きくその2つが重要ではないかと思えます。グローバルなCO₂の削減を考えたときに重要なのは、自然界においてはほとんど存在しない水素を、どこで、どういう方法で製造するのかということが重要だと思えます。仮に化石燃料を原料としてつくるのであれば、CCUSとワンセットになって初めてグローバルなCO₂の削減に効果があると言えるのだと思うのですね。例えば海外で天然ガス

を改質して、あるいは褐炭とか石炭をガス化して水素にして持ってきた場合、日本においてはCO₂を発生しないかもしれませんが、地球全体で見れば製造元でのCO₂の回収、貯留、有効利用が重要になりますので、水素エネルギー社会を構築するといったときに、成立する前提条件との全体の整合性をきちんと踏まえておかないと、水素を利用する技術や、水素を製造する技術ができたとしても、グローバルなCO₂削減に対してきちんと貢献できるような水素エネルギー社会が構築できるのかということが重要だと思います。

また、再生可能エネルギーからつくるという方法がありますね。再生可能エネからの余剰電力を用いて水電解により水素を製造することは、既にドイツでも行われていますけれども、日本において再生可能エネルギーベースの水素をどう利用していくのか。例えば国内でつくとすれば、薄く広く分散している再生可能エネルギーから水電解してつくった水素を大容量の発電所で使うことが本当に現実的なのか。多分、地産地消型になるのだと思うのです。そういうことであれば、近くにあるLNGのコンバインドサイクル発電所で使えばいいということがありますので、水素利用技術ということでの課題はそんなにない。あるいは海外の再生可能エネルギーから水素をつくるということであれば、コストや輸送がどうなのか、そういう検討も含めて成立性を検討しなければいけないだろうと思います。

水素利用技術の開発については我が国は非常にいいところまで行くのだと思うんですね。ですけど、水素エネルギー社会、水素をエネルギーとして大量に利用する社会を構築していくには、最初に言いましたけれども、それを成立させる前提条件との整合性を考えてきちんと進めていく必要があると思います。

○宝田座長 確かにそのとおりだと思います。原料に対してのトータルのシステム設計は非常に重要だと思いますが、これに関しましていかがでしょうか。

○戸邊燃料電池推進室長 ありがとうございます。まず1点目ですけれども、おっしゃるとおりでございます。私の資料も4ページになるのですけれども、化石燃料由来の水素の製造段階のCO₂を他国につけまわして、日本だけいいというわけにはいかないと思っております。おっしゃったとおり、CCSとかが前提条件になるのではないかと考えております。

2点目の再エネ由来のところでございますけれども、これも国内はむしろ再エネをどんどん入れていかなければいけない。そして、不安定性をどこで吸収するのかという中で、

水素に変えてみるというところが1つ有力な話ではないかと思っております。NEDOの実証事業も去年立ち上げたのですけれども、これは海外の未利用のものを使ってということだったので、今年度は、プラス国内の再エネ由来の水素も使ってということとでスコープに入れました。ただ、あまり課題はないのかもしれないというコメントがございましたけれども、実は結構課題がございまして、やはりまだまだ水素を高効率に安く大量につくる水の電気分解が技術的にハードルが結構高くございます。それからあと、再エネがあるところと、それを使うところは結構離れていたり、あるいは当然今FITなので、再エネの余剰電力は基本的にないんですけれども、多分そういった余剰電力を活用しなければいけないわけでありまして、そういった余剰で、かつ稼働率も再エネはあまりよろしくないで、ある程度の水素の量を稼げるかどうか。水素に替えて、それをうまく国内でも使うところに運べるか。このあたりをトータルで考えていこうということで、これからいろいろその辺の検討を始めたいと思っております。

以上でございます。

○宝田座長 どうもありがとうございました。量的にも非常に問題があると私は思っています。それに応じた技術開発もこれから必要ではないかと思いますが、そのほか何か。

○田村委員 2点あって、1点目は先ほどの方とかぶります。紹介いただいたのが水素を消費する側の技術開発に特化している印象を受けましたが、製造側の議論も必要だろうと思います。そのときに外せないのが、未利用の褐炭などが出てくると思います。それにプラスCCSということで、CO₂フリーの水素をつくる場所の議論が必要なだろうと思います。

2つ目は、発電の機種ですが、ガスタービンに特化してしまうと供給安定性という点で、もう少し発電機種の多様性も考えておいたほうが良いと思います。それはGTだったりFCだったり色々考えられると思います。また、既設の例えば微粉炭火力ですと容易に水素利用が可能といっても、今、自家発などでやっているのは5から10%ぐらい。それを30%、50%と上げようとする、技術的な燃焼の課題も出てきますので、そのあたりも開発アイテムとしてはあっていいかと思いましたので、コメントさせていただきます。

○宝田座長 どうもありがとうございました。

○瀬戸山委員 コストのことですけど、17円/kWhはすごく高いですね。それを考えたら、今の化石資源からつくった水素の3倍ぐらいになりますよ。それで本当に売れるのかというときに、それはすごく問題で、日本の経済競争力がなくなっている原因は、エネル

ギーが高いのと、もう1つ、燃料が高い。そのこのところがあるので、そこを解決しない限りは、できましたといっても、世界の中で日本の経済競争力は高くなりませんよ。そういう視点で、そこは真面目に考えてもらわなければいけなくて、そういうときに、いろいろ技術の紹介がありましたけれども、裾野の相当長い技術ですね。これの償却はどう考えたのかというあたりが全然わからなくて、これは相当お金がかかるので長い償却も考えなければいけないということが1つあります。それをどう考えてああいうふうな数字が出ているかという根拠がよくわからないということが1つ。

もう1つは、再生可能資源の場合には、償却が終わってしまうと原燃料費がほとんどただになってしまいます。化石資源の場合にはどこまでいっても燃料費が要りますから、それで見積もると、どうしても高いんですよ。なので、将来的には再生可能資源を国内でも導入して行って、償却後は国内でも相当安い電力がつかれるという最後のシナリオを持っておく。石炭火力もいろいろあるから、そのこのところのエクスキューズも必要なのでしょうけれども、将来はそちらのほうに移行していきますという絵をつくっておかないと、今ある産業を守るという立場で絵を描いてしまうと、製造コストという意味では明らかに限界があるはずなので、そこはもう少しきれいなロジックをつくっていただきたいと思います。

○宝田座長 どうもありがとうございます。コスト低減は、この水素に限らず日本の技術の非常に大きな課題だと思いますし、本当にそれも戦略的に練っていかないと、最終的には導入できないことにもなると思います。それから、海外展開ももう1つ非常に重要なところだと思います。

○中尾委員 水素を利用するというのはいろいろな意味があると思いますが、非常に大きいのはCO₂フリーで、どこでフリーかというのは先ほどの議論ですけど、CO₂を減らすということが一番大きい。そうすると、最終的には再生可能エネルギーになると思うんですね。国内の再生可能エネルギーを使って水素をつくるということに反対はしませんけれども、送電線網があるので、電気のまま配ったほうが僕は効率がいいのではないかと思います。そうすると、海外の再生可能エネルギーを使って水を電気分解して水素にして運んでくる。そのときに、運ぶ技術とか有機ハイドライドとか、自分でもやっていますけど、一番大事なのは、海外の再生可能エネルギーをいつ押さえるのか。水力はしようがないのですけど、風力にしても太陽電池にしても適地がありますよね。そこを海外メジャーみたいなのが出てきて押さえてしまったら、結局買わなければいけなくなって、すごく高くな

る。やっぱり適地はどこかをある程度今のうちから押さえておく。特に太陽電池ですと、砂漠はサンサンと陽があるからという絵をよく描きますが、砂漠には水がない。そうすると、水があって太陽がサンサンというところは限られてくるので、最初にそこを今のうちに押さえておかないと、日本は油田を持っていないのと同じことになってしまう。風にしても、風車を建てられる適地があって、ヨーロッパだって適地にはもうみんな建てていますから、今さら日本の風車を建てさせてくださいと言ってもなかなかいかない。2030年以降と言っているから大分先かもしれませんが、その辺の手当てを早くしないと、結局エネルギー・セキュリティには何にもならなくなるのではないかなという気がするので、ぜひその辺もMETIのほうで考えていただけたらと思います。

○宝田座長 どうもありがとうございます。資源のない日本にとっては大変重要な課題だと思いますし、海外展開も本当に資源の確保からきちんと戦略的にいかないと、技術を開発しても、最終的には原料がないということにもなりかねませんので、大変に重要な御指摘をいただいたと思います。

○戸邊燃料電池推進室長 今、瀬戸山委員、中尾委員からもコメントをいただきまして、ありがとうございます。おっしゃる点はもっともでございます。去年から実証を始めたのは、2020年にかけて、まずは技術的な課題を整理して技術的な開発をするし、それでチェーンとしてつなぐ、ここをやろうと思っています。

30円/Nm³、17円/kWhのところですが、これが非常に高いとおっしゃるのは、そのとおりでございます。ただ、これも2030年の商用化に結びつけるぐらいのある程度の規模を得たときの数字を目指してやっていくということで、関係者の間では、それを目指していこうという共通認識でございます。

これをさらに下げていくということですが、これは2030年以降になります。60万、70万kWでもし水素を専焼で燃やすぐらいの量を例えばオーストラリアから持ってくるのであれば、このぐらいのコストターゲットでございます。ですので、これをもっと規模を拡大していくというところでどこまで下げられるかというところでございます。あとは、2030年以降、環境規制とか諸条件によりどうなるかということだと思いますけれども、今現在はそういったコストのターゲットというところは御容赦いただければと思います。

それから、再エネですけれども、これは逆にまだコストターゲットが正直見えません。先ほど申し上げた水素の製造、あるいはほとんどただ同然の電気で水電解をしなくてははいけないので、そういったものが国内、海外を含めてどのぐらいあるか。これは先ほど中尾

委員からありましたように、その目星をつけて、いろいろこれから早目に考えなければいけないのではないかというのは御指摘のとおりですけれども、例えば水力発電所でも安定的にとれる水力も余っているところがなくはなくて、ただ、それも先ほど申し上げた褐炭で水素を取り出すぐらいの量の再エネの電力が、今現在ほとんどないです。それが将来どこまで見込めるのかというのは、いろいろな地域でそういった風力があるのではないのか、できるのではないのかというふうにあるんですけれども、そこを個別具体的にいろいろ詰めていくと、まだ正直見えないところがございます。ですので、これはそれぞれいろいろ御関心を持たれているプレーヤーの企業の方もいらっしゃるので、そういったところとしっかり今後、より精緻に詰めていくのかなと思っております。

○宝田座長 どうもありがとうございました。

それでは、そろそろこれで議題1を閉じさせていただきたいと思えます。

それでは、続きまして議題2に移りたいと思えます。議題2の資料としまして、資料5の「次世代火力発電に係る技術ロードマップ案」について、石炭課から御説明をお願いいたします。よろしく願いいたします。

○覚道石炭課長 それでは、資料5に基づきまして次世代火力発電に係る技術ロードマップ案ということで御説明をさせていただきます。

これは前回も申し上げましたように、昨年7月に中間とりまとめをいたしましたけれども、その後の状況変化とか今日の前半までのところの議論も踏まえまして、その内容を織り込む形で、一連のロードマップとしては、一旦最終とりまとめの形にできればということで案を作成したものでございます。

1枚おめくりいただきまして、目次は先ほどごらんいただいていたとおりですけれども、2ページ、「1. はじめに」ということで、ここは今申し上げたような問題意識を、昨年とりまとめたということと、その後の状況変化を踏まえて最終版として今回取りまとめたということが書いてございます。

続きまして、3ページ以降でございますけれども、「2. 検討の背景」ということで、検討の背景になった幾つかの重要事項について整理をさせていただきます。

まず1点目が、そもそもこの次世代協議会の検討を進める一番の契機になったエネルギー需給見通しとCO₂の削減目標の決定ということでございます。これについては、御案内のとおり、火力発電の2030年時点での数字が固まるとともに、CO₂の削減目標が決められてございます。また、CCUS（CO₂の回収・貯留・利用）についても2030年以降

を見据えた取組として盛り込まれているところでございます。

続きまして、4ページです。ここから以降は昨年の中間とりまとめ以降となりますけれども、昨年の12月にC O P 21があったということでございます。「パリ協定」が採択をされて、改めて26%の削減をしっかりと実施していくことを表明したということでございます。

続きまして、5ページです。また、それ以降、今日御紹介のあった水素・燃料電池戦略ロードマップの改訂も含めまして、エネルギーや気候変動に関連する新たな戦略、あるいは戦略等の見直しが行われてきてございます。大きく整理をしまして、2030年度までの取組を主に整理をしたものとしては、「エネルギー革新戦略」が今年の4月に取りまとめられてございますし、ちょうど前回の会合の後、「地球温暖化対策計画」も閣議決定をされているということでございます。これらは主に2030年までのミックスの実現に焦点を当ててつくられたものと理解をしております。

また、2030年以降までも見据えて、今から、より長期的なところまでも含めて整理をしたものとして、先ほどの「水素・燃料電池ロードマップ」の改訂版、「エネルギー・環境イノベーション戦略」も取りまとめられているということでございます。昨年来、こうした動きがあったため、今般、改めてそれらも踏まえた内容で最終版を取りまとめたいということでございます。

6ページは海外市場ということですが。火力全般で見ますと今後とも拡大が見込まれるということですが、それぞれの国の実情に応じて、ガスを重視する国、あるいは石炭火力を引き続き重視する国があるわけですが、いずれもパリ協定を受けて、高効率化についての指向は共通だろうということで、日本の次世代火力発電技術をこうした国に相手の事情に応じて積極的に展開をしていくことがグローバルな温暖化にも貢献するだろうと考えているところでございます。

続きまして、7ページ、3. ですが、ここからは前回の中間とりまとめと内容的には重なっているところがございますが、改めて少し整理をし直しているという感じになってございます。ロードマップの策定の必要性ですが、今も見ましたように、2030年を1つの区切りとして、それまでできるだけ火力発電の高効率化を進めるとともに、2030年以降に向けては経済と温暖化対策を両立した経済発展を進めていく。そのための革新的な技術開発を進める。こうした大きな形に整理をできるだろうと考えております。

その上で、まずは石炭火力、L N G火力については共通な技術も多いということで、一

体的に推進をしていくことで効率化、加速化を図っていくことが重要だろうということです。

また、関連してCCUSについては、今も前半、御議論がありましたように、火力発電といろいろな形で組み合わせて一体的に活用していくという意味もございます。また、水素発電については、LNG火力と技術的にも非常に親和性が高い。こういう意味で、石炭火力、LNG火力のみならずCCUS、さらには水素発電を全体的に取り上げていってはどうかということがございます。これを、より連携をさせて、効率的・効果的に進めるという意味でロードマップを作成する必要があるのではないかとということで整理をしております。

8ページでは、ロードマップを策定することの必要性ですけれども、今申しましたように、ロードマップをつくることで2030年、あるいはその先を見据えた技術的な見通しを明らかにしていくことと、それに向けて官民一体で開発方針を共有して、切れ目なく技術開発を推進していく。そうしたことで、2030年までの取組と2030年以降を見据えた取組を一層一体的、連携して進めていくことで、開発に係るリソースの最適化、効率化を図っていくことができるのではないかとということでございます。

続きまして、9ページでございます。以上のような点を踏まえて、より具体的に方針ということで整理をしたものでございます。基本的な方針ということで、今も申し上げましたように、火力に係る技術開発につきましては、まずは2030年度のエネルギーミックスの着実な実現、それから2030年以降の気候変動と経済成長の両立の2つが大きな柱になるということがございます。したがって、比較的早い時期に技術を実現させるもの、より長期にわたって技術開発を進めるもの、それぞれ進めていく必要があるだろうと考えています。

まずは2030年までのものとしては、LNG火力、石炭火力の高効率化が主な取組になるだろうということです。さらに2030年以降を見据えたものとして、もちろん現在から取り組むものとしてCCUS、それから今日、前半議論をした水素発電技術という位置づけにしたいということがございます。

続きまして、10ページの下表は、今日欠席をされておられますけれども、前回、平井先生からも御指摘ございましたように、まずはそれぞれの技術について特徴をある程度比較して論ずるべきだろうということで整理をいたしました。ここで申し上げたいことは、いずれにしても、それぞれ優れる点、あるいは課題があるということございまして、今

まで申しあげましたように、2030年までを主に見据えた取組と、さらにそれ以降を見据えた取組ということで、当面はそれぞれの特徴等を十分勘案しながら、いずれについても並行的に進めていくことが重要だろうということでございます。したがって、この表で、これが特に優れるから、これがどうかという議論をしたいということではなくて、それぞれの現状を踏まえた課題、あるいは特徴、メリットを整理した上で、当面は並行してそれぞれ技術開発を、お互いに連携できるところは連携をして進めていくことが重要だろうということで、基本方針として、これも書かせていただいております。

11ページ以降は、「5. 2030年度に向けた取組の中心となる石炭、LNG火力に関する方針」でございます。ここの内容は、前回の中間とりまとめでも書かせていただいたところでございますけれども、まずは火力の高効率化を進めて、さらにいろいろな政策的な取組とあわせて新陳代謝を図っていかないといけないということでございます。

12ページは、昨年から今年にかけて議論しまして、電力事業者ができるだけ高効率化を進めるという自主的な枠組み、それを支える政策的な枠組みを整理したということについて御紹介させていただいております。

こうしたところを踏まえまして、13ページで、石炭火力、LNG火力に関する方針ということで、これは基本的に中間とりまとめのときと変わってございません。まずは、第1世代はUSC、あるいはA-USCといったシングルサイクルの技術ですけれども、それからコンバインドサイクルの性能向上を追求しつつ、燃料電池も組み合わせたトリプルコンバインドの技術の早期の確立を目指すことを基本方針にしたいということでございます。

14ページで、これらについての留意点ということで、これも前回の中間とりまとめにおいて言及をしてございましたけれども、火力発電の高効率化の技術開発に当たって、経済性、信頼性、運用性の確保が重要であるということを改めて書かせていただいております。十分な実証時間を確保するということや、できるだけ速やかに発電単価を低減させていくことを目指すということ、さらに再生可能エネルギーの拡大を踏まえた制御性、負荷応答性についても向上を図るべきといったことを記載させていただいております。

続きまして、15ページで、2030年以降を見据えた取組ということで、こちらはCCUS、それから水素発電技術で、いずれも、今回スコープとしている発電の部分についてのCO₂エミッションということでは、限りなくゼロにも近づけ得る技術であって、長期的視点から戦略的に推進すべきであると書かせていただいております。

次の16ページですけれども、こちらは、まずはCCUSに関する技術の開発方針で、これは基本的に前回の中間とりまとめから踏襲させていただいております。当面、石炭火力向けの技術を対象として、実際の導入拡大につながる経済的なCCUS技術を順次確立していきたいということでございます。特に、まずはCO₂分離回収技術については、経済性等の課題はあるわけですが、引き続き複数の技術開発を並行して継続し、2020年代後半から2030年頃にかけて経済的な回収技術の確立を目指していくということでございます。

また、有効利用についても、処理能力、有価物の製造効率等の課題があって、さらなるイノベーションが必要ということですが、そうしたところをにらみつつ、当面、有望な技術の確立を目指して技術開発をそれぞれ継続していくことにしたいと考えております。

続きまして、水素のところですが、これは今日、前半御議論がございましたけれども、2030年ごろまでの技術確立を目指して、CCUSと並行して推進をしていくということでございます。NO_xの抑制等の課題がある、また、その前段の部分、供給チェーンの確立が必須ということでございますけれども、そうしたことを念頭に、IGFCとかGTFC等の親和性が高いということも踏まえて技術開発を推進していく。③で、まずは技術的にハードルが比較的低い混焼発電、そこからさらに専焼発電への技術確立というふうを目指してはどうかと書かせていただいております。

ここまでのところは、基本的に今日の水素・燃料電池戦略ロードマップの方向性をこちらにも整合的に記載させていただいたということでございます。

続きまして、7. の実際の工程表でございますけれども、これは前回のものを中心にして、今回少し整理をした2030年度までとそれ以降という形に大きく分けた上で、水素発電について既に戦略ロードマップで盛り込まれている内容をこちらにも整合的に反映をしたものでございます。

その次の「8. 個別技術の開発方針」でございますけれども、ここは火力、CCUSについては、前回から特に変わってございません。水素については、今申し上げたことを踏まえまして、ここに書かれたような方針を記載させていただいております。

続いて21ページ以降でございますけれども、こうしたロードマップに沿って技術開発を進めていって、早期の技術確立、実用化を目指すということですが、そうした技術確立をしたものの早期導入に向けた課題ということでございます。これは前回の5月11日

にも御議論をいただいたところですが、大きくは①技術開発の推進体制の強化で、これはできるだけ技術を早期に確立していく。それから、②次世代技術の早期導入・普及に関する取組は、技術の普及・導入をより早めるための取組という整理をしてございます。

次のページ以降に具体的な取組を挙げさせていただいております。

まず、22ページの(1)の①、NEDOによる進捗管理、開発支援ということでございます。NEDOが開発計画の立案、要素技術開発を進めて全体プロセスを最適化していくということでございます。ここに書きましたように、信頼性、運用性の目標と課題を明確化、開発計画を立案するというところとか、進捗管理、開発優先度の調整、スケジュールの最適化、また、ステージが進むに当たっての有望技術の絞り込み、あるいは海外展開の促進、さらには市場動向、競合技術の分析、また、このロードマップの見直しにもNEDOに貢献をしていただくということで、NEDOの進捗管理、開発体制を強化していくということを挙げさせていただいております。

これについては、既に一部実際に着手をしているところがあるわけですが、次の23ページで、石炭火力、LNG火力の事業を統合化して、全体的に効率的に行う体制を確立したところでございます。

さらに②としまして、実用化ニーズ等を踏まえた不断の見直しによりリソースの選択と集中を図っていくことを、さらに進めてまいりたいと考えております。

次に、「(2) 次世代技術の早期導入・普及に関する取組」でございます。これには、やはりユーザーである電力事業者さんの積極的な技術導入、また、それを促す具体的な措置の方向性が必要になると考えております。そこで、①としては、できるだけ技術確立当初からコスト競争力と技術としての安定運用性・信頼性の確保が重要ということでございます。これに向けては、できるだけ導入を促すという意味で、先ほど御紹介をした省エネ法、高度化法といった政策的な措置を講じたわけではありますが、それにより、できるだけ電気事業者が新たな技術を導入していこうという、その技術を選択肢としていく流れができつつあると考えておりますけれども、それにつけても、初期コストの問題がありますし、また、安定運用上の一定のリスクもあるということでございます。そうしたところを踏まえて、また、その技術をさらに海外に出していくことで一定のコスト低減につなげていくという考え方もあるということでございます。

したがって、②として3点書かせていただいております、①初期導入に係る安定稼働

上のリスクを可能な限り低減すること、②自由化された国内市場、さらに海外市場における競争も見越したコスト削減を図っていくこと、③海外への早期展開の目処を立てる、こうしたことが必要だろうということで記載してございます。

具体的に25ページで、安定稼働上のリスクを低減させるという意味でいいますと、初期トラブル等をできるだけ事前に予防を図る手法を追求する。そのために早期に試験運転に着手して実証時間を十分確保するといった技術開発における初期リスクの低減を一層重視していく。そのために、メーカー、ユーザーがさらに緊密に連携していくことが必要ではないかということです。それから、経済性の追求という部分についても、技術開発において、本当のコアの部分を絞り込んでいくことで新しい技術のコストをできるだけさらに低減していくような取組が必要ではないか。また、海外展開をできるだけ早期に進めてコスト低減につなげていく視点も必要ではないかということでございます。いずれもメーカーさん、あるいは電力事業者さんだけが個別に取り組むよりは、国も一体となって、より連携して、さらに課題についての検討を深めていくべきではないかということでございます。

最後に、海外展開に向けた取組ということでございまして、冒頭の「検討の背景」でも御紹介しましたように、海外での高効率な火力発電技術へのニーズは非常に大きい。日本の技術が貢献できる余地も大きいということでございます。

したがいまして、27ページの最後のところですが、次世代技術を早期に提案して、早い段階から海外展開を進めていく。そのために相手国の事情に合った技術を提案して導入を促していくことが重要ではないか。そのために政府等もできるだけ積極的に日本の技術に関する情報発信や人材育成等の協力、さらにはファイナンス面も含めた支援を進めていくということで、海外の市場も日本の技術の低コスト化に向けた市場展開も視野に入れて、できるだけ積極的に展開していくべきではないかということを書かせていただいております。

こうしたところを整理しまして、今回のロードマップの最終案として、本日御議論いただければと考えております。

以上でございます。

○宝田座長 覚道課長、どうもありがとうございました。

それでは、ただいま議題2につきまして御説明いただきましたが、ここで皆様から御質問、コメント等をいただきたいと思っております。ある方は名札を立てていただきたいと

思います。

○笹津委員 全体的に幾つかお話しさせていただきたいと思います。まず1つ目ですけれども、先ほどのテーマと少しかぶりますけれども、水素を次世代火力という視点で捉えますと、大量のカーボンフリーな水素の製造と消費ということになると思います。先ほど各委員からいろいろと御発言がありましたけれども、利用技術だけではなくて、製造から、それを輸送して消費に至るまでの全てのチェーンに対する開発が必要だという認識をもう1度確認する必要がある。そういう意味では、我が国が中心となって開発しましたナチュラルガスのLNG化とかなり類似するところがあるのではないかと思いますので、そういったところを参考にしながら進める必要があるというのが第1点目。

それから、次に14ページにございます「次世代技術開発を進めるに当たっての留意点」でございますけれども、ここにリニューアブルズが大量導入された場合に備えたアディショナルな運用性の向上に関する注意点があると思うのですけれども、これは、運用性を上げるといこととコストはむしろ逆の関係にあるわけですね。運用性を上げようと思えば、例えば速い負荷変化率を求めようと思えば、当然、設備容量も大きくなりますし、制御の部分に対する投資も多くなるということでございます。そういう意味では、我々は2つの選択肢があると思います。こういう新しい技術を最初に導入するときには、まずは一定の信頼性と安定的な運用を求めて、そこに低コスト化を付加しながら進める。私はそっちをまずベースに考えるべきではないのかと思います。その上で、その時代に合ったリニューアブルズ等が大量導入される場合のアディショナルな運用性の向上を新しい技術に対しても考える、こういった視点のほうが、よりリーズナブルではないかと思います。これは既存の設備につままして、それなりの運用性の向上をやることを阻害するわけではございません。

次が15ページのCCUSに関する部分でございます。これは藻類のような、バイオのような絵がありますけれども、ここの部分に「回収したCO₂を利用し」という冠が入っているのですね。ただ、この絵にある藻類のようなバイオの培養に関しましては、例えばCO₂をどんどん入れますと、その環境はかなり酸化してしまいますので、非常に高い酸性下におきまして生物が死滅することもありますので、必ずしも「回収したCO₂を利用」という冠言葉は要らないのではないのか。例えば植林がCO₂の吸収源として認められるということは、空気中のCO₂を固定しているわけですから、必ずしも回収したCO₂を木にあげているわけではございませんよね。そういったやり方についてもCO₂の利用

と考えてもいいのではないかと思います。これはコメントでございます。そういったフレキシブルな考え方が必要ではないか。

最後は要望になるのですが、いわゆる低炭素化を考えるときには、タイムフレームをしっかりと考えていかなければいけないと改めて指摘したいと思います。最終的に高い低炭素制約を考えた場合には、リニューアブルを中心とした社会になるのですが、そうはいいまでも、いきなり現在の資産を無駄にして、その世界に飛んでいくことはなかなか考えにくいということですので、化石燃料もうまく使っていく必要がある。

それから、昨今、新聞紙上でもありますように、化石燃料資源の全価値を考えてみますと、20兆とか30兆ドルと言われておりますので、こういったものがすぐにストランデッド・アセットになるのは世界経済的にも無駄だと思います。そういう視点からも、片一方だけに偏ったような、リニューアブルだけという話ではない化石燃料も上手に使うという視点、また、それに向けたいろいろな支援も必要ではないかと思っておりますので、今後行われるインセンティブ論等にも、こういった視点をぜひ入れていただければと思います。

以上です。

○宝田座長 どうもありがとうございます。

○覚道石炭課長 御指摘ありがとうございます。1点だけ、さっきCCUSのところ、あえて「回収した」と書かせていただいていたのは、一連の火力発電の低炭素化という考え方の中で、CCSとCCU、あるいはそれらをあわせてCCUSという形で整理する中で、あえて「火力発電から回収した」ということで書かせていただいたところがあります。ただ、御指摘の点は少し工夫をさせていただければと思います。

あと、最初の再生可能エネルギーへの負荷応答のところ等何点か御指摘いただいたところについても、書きぶりで少し工夫ができればと考えております。

○宝田座長 どうもありがとうございました。

○梅田委員 先ほど笹津委員から14ページの記載の中で再生可能エネルギーの拡大に対応できるということで制御性、負荷応答性の確保というお話がありましたけれども、私のほうから新しい視点の火力発電の技術開発ということも御提案させていただこうかと思っております。

現在のロードマップ自体は、主に高効率化がキーワードとなっております、これは発電事業者目線での技術開発と認識しております。これとは別に系統運用者、送配電事業者目線で必要な技術開発、そういった火力発電技術も必要ではないかと認識をしております。

す。具体的に言いますと、起動時間が速くて負荷追従性に優れた揚水並みの実力を持ったガスタービンの技術開発も必要ではないかと思っております。実際に今回の資料にも載せていただいておりますけれども、本年4月に内閣府でまとめられましたエネルギー・環境イノベーション戦略の中でも、「本戦略の対象とすべき技術革新分野」というところに「再生可能エネルギーの出力変動に対応して、負荷変動追従性を重視し、過渡応答性に優れ、繰返し負荷に耐える、系統安定化対応のガスタービン発電の開発が必要」という記載もしていただいております。この技術自体は、このロードマップのスコップから少し外れるかもしれませんが、「次世代火力」、「新技術」というキーワードには該当すると思いますし、最終的には先ほど来から話の出ている再生可能エネルギーが大幅に導入されたときに系統安定化に寄与するという意味では必要な技術ではないかと思っております。ロードマップに載るということは、技術開発に関わる者に対しまして非常に大きなインパクトがありますので、ここに載せることを御検討いただければと思っております。

ただ、先ほど御紹介しました技術でございますけれども、これらは系統安定化のために再生可能エネルギーの急峻な変動を吸収するという目的で使用される電源でございますので、いわゆるキロワットアワーを稼がない電源という側面も持っていると思っております。したがって、そういった調整能力を持つ電源の価値を認めていただくとか、固定費が回収できるスキームを考慮するとか、そういった政策面での課題もありますけれども、そういった技術は必要ではないかということをお提案させていただいたものです。

○宝田座長 どうもありがとうございました。何かありますか。

○覚道石炭課長 今回の点も、梅田委員が御指摘になったように今回の全体的なスコップから、目的としているところからは少し逸れますが、工夫をして何か関連する記述が入れられれば検討してみたいと思います。

○宝田座長 どうもありがとうございました。

○酒井委員 酒井でございます。今回おまとめいただきました技術開発方針につきましては、大きな方向性としては、私たちといたしましては異論はなく、政府方針に基づきましてCO₂の削減という観点とエネルギー・セキュリティの確保という2点が大事だと思います。この2点がベースとなって、電力自由化でなかなか制約が多いのですけれども、事業者としては可能な限り協力していきたいと考えているところです。

そこで、私のほうも2点ほどコメントをさせていただければと思っております。

1点目は、先ほど水素のお話がありましたけれども、笹津委員からもありましたけれど

も、生産から、輸送から、実際にパイプライン、そして消費してというチェーンの中でこの技術が存在するということを確認すべきだと思います。我々としては、消費側はメーカーさんの技術革新が大分進んできているという感触を得ているのですが、一方で、生産と輸送とロジ周りですね。パイプラインも発熱量が非常に小さいものですから、同じキロワットを出そうと思いますと相当なボリュームを流す必要があったり、安全面という意味で爆発下限界の話もありますので、こういったところのハードルはそんなに低くないと思っています、この辺もやるに当たっては課題をよく整理してクリアしていくべきではないかと思っています。それが1点目です。

2点目は、「次世代技術の早期導入・普及に関する取組」のところで、海外を視野に入れた開発というところがございました。これは私といたしましても、こういうふうにしていかざるを得ないかなと思っていますところがございます。地点といたしまして、需要が昔ほど右肩上がりではありませんし、原子力も復活する可能性もある。もちろんそれを追求しておりますし、なおかつ再エネも入ってきます。そうすると、どうしても化石燃料の地点開発については限定されてくると思いますので、日本を視野に入れた開発をしていると、その次の地点というところがどうしても限定的になってしまいます。やはりメーカーの方々が開発費を投入して製品を開発した暁には、それがビジネスという観点で海外に広く展開して行って、売れないとインセンティブといいますか、ドライビングフォースはかからないと思うんですね。ですから、海外でビジネス展開していくところを見据えて技術開発をしていくというこれまでとは違ったやり方を施行していかざるを得ない。そういうところもにらみながらやっていかざるを得ないのだらうと思います。

簡単な話、開発の出力で高効率を目指そうとすると、どうしても70万kWとか80万kWとか100万kWとか出力が高くなってしまって、その開発された100万kWをいざ途上国に持っていくと、途上国の系統容量から見ると、100万kWが余りにも大き過ぎてしまって入らない。そうであれば、あらかじめ30万とか40万kWを見据えて開発をして行って、それを国内なのか、あるいは海外で開発するのかというような、海外であらかじめ売れそうなマーケティングをした上で開発をしていくという、これまでと違ったやり方を進めていかざるを得ないのではないのかなと所感として持っているというところで、コメントさせていただきました。

○宝田座長 どうもありがとうございます。海外展開に関しましては、メーカーさん、事業者さん等の検討がより一層必要だということだと思います。

○中川委員 中国電力の中川でございます。我々中国電力は、資源エネルギー庁様、NE DO様の多大なる御支援をいただきながら、J-POWERさんと一緒に大崎クールジェンプロジェクトを進めてございます。その立場からコメントを述べさせていただきたいと思えます。

御存じのように大崎クールジェンプロジェクトは第1段階のIGCC、第2段階のCO₂分離回収、第3段階のIGFC、この3ステップになっておりまして、IGCCの部分につきましては、いよいよ来月から石炭を実際に燃やしてガス化運転を始めるということです。今日の資料の中にもありましたように、運用リスクをできるだけ下げるとというのが第1段階での我々のまず使命だと思えますので、今後の試運転や実証試験を通じて、できるだけ悪いところを洗い出して、それをこのプロジェクトの中で改善することによってリスクを下げていきたいと思えます。

一方で、今まで建設を進めてきたわけですが、一般のボイラーと違ってガス化炉の部分の形状が三次元的にかなり複雑で、ほとんど初号機ということで、手づくりでメーカーさんにつくっていただきました。コストを下げる時は普通のボイラーのように自動溶接にしてコストを下げていくというところが肝なのではないかと思っております。今日の資料にもありましたように、メーカーとユーザーとの融合でさらにコスト低減を図るという観点からも、メーカーさんへの製造設備に対する支援もぜひ今後お願いしたいと考えております。

それから、いよいよ試験が始まるということで、最近、海外からの注目も非常に高まっております。試運転はこれからということで、我々自身もまだノウハウが溜まっているわけではないのですが、できるだけ外部に発信できるような形で試運転結果をまとめてまいりたいと思えます。

それから、第2段階のCO₂分離回収につきましては、これも今年度から本格的な詳細設計に入ります。このロードマップにあります内容を十分反映しながら進めさせていただきたいと思えます。

最後に、第3ステップのIGFCですが、天然ガスとIGFCとどういう関係になっていて、そこをどう進めていくかというところがちょっと悩ましいところがあったのですが、今回のロードマップの中に、先ほど金子先生からの意見も反映されて、天然ガスと石炭とのトリプルコンバインドの関係を上手に整理していただきましたので、今年から基本構想の検討をしてまいりたいと思えますが、このロードマップに沿った形で、そのあたり

を十分反映させていきたいと思います。

この場をかりましてコメントとお礼を申し上げさせていただきました。ありがとうございました。

○宝田座長 どうもありがとうございました。ぜひ開発を促進していただきたいと思います。

○覚道石炭課長 先ほど酒井委員から、市場の規模を考えた場合に、やはり海外を見据えていかざるを得ないということで、他方、海外のいろいろな事情に応じたプラントの開発もやっていかないといけないという御指摘がありましたけれども、逆にそういう形に進めた場合に、海外を市場の中心に置いて、例えばさっきお話のあった日本の国内よりも少しサイズの小さいもの、むしろそちらが主力な形で開発が仮に進むような形になった場合に、その技術を逆に日本にうまく生かしていくことも、今までは、まず日本の市場を念頭に置いて、それに合うように開発を進めて、それをさらに海外にうまく合わせつつ展開をしていくという感じだったのが、逆にむしろ海外をメインにした場合に、それはうまく日本にもフィットできるものなのかというところを、もし何か御知見があればいただければと思います。また、こうしたところも引き続きいろいろ議論を深めていかないといけないかなという認識は持っております。

○宝田座長 どうもありがとうございました。酒井委員、何かございますか。今までだと日本で全部完成させて海外へ持っていくということがずっとやられてきたと思うんですね。ところが、それでいくと、酒井委員の御指摘のとおり、海外へ行ってみると、その状況と合わない。そのときに、また開発課題があるのではないかと私は思っているんですね。そこをまたフィードバックすると日本にも有益な技術になるのではないかと思っているのですが、その点いかがでしょう。

○酒井委員 なかなか難しい。個人的には、本当であればO&M技術も含めて日本の国内で作り上げて、それを海外にというのがユーザーにとっても、メーカーにとっても一番いいのではないかという気持ちはあるんですね。これは偽らざる気持ちとして1つあります。一方で、実際に仕上がって、それを国内に展開していくのか、海外に展開していくのかというところで、昔は国内だけでも新しい製品を導入していく地点がたくさんありましたけど、これからどれだけあるかというとなかなか難しいところがある。そういう意味でいくと、海外のほうで開発を進めていくというのも1つのオプションとしてはあるのかもしれない。この辺は全く思いつきではあるのですが、もしかすると海外に導入する

小容量機を国内で一度開発した上で、O&M技術もそこでつくった上で、小型のものを海外に持っていくというやり方もあるかもしれませんが、海外でやったものを、それがよいものであれば逆に国内で使うというのも、これはこれであるとは思いますが、個人的には前者が望ましい。その後、O&M技術も一緒にセットで海外展開していくという意味でいくと、前者のほうが気持的にはありがたいというところがあります。この辺はもっと議論しながら進めていくのかなと思っています。

○宝田座長 どうもありがとうございました。

○北川委員 私はメーカーの立場から、今の議論について御発言させていただきたいのですが、今日のまとめの24ページに方策として①コスト競争力と安定運用性・信頼性と、もう1つは②安定稼働リスク低減、コスト削減、競争力の強化ということでお話しがありました。海外が先か国内かというところにつきましても、私も悩むところはございまして、できれば、この辺につきましても、この報告書にも書いていただいておりますけれども、政府・メーカー・ユーザーがこれまで以上に連携をとっていくというところで、個々の機種によっていろいろやり方は違うかもしれませんが、個別でいいのでそういう場を設けていただければと思っております。

○宝田座長 どうもありがとうございます。そのほかいかがでしょうか。特にございませんでしょうか。

○田村委員 ボイラーメーカーの立場からですが、やはりセオリーでいくと、国内でまずやってというところから展開したいと思えます。例えばA-USCは、第1世代に位置づけられていて、一番早く商用化する技術ではあるのですが、どうしても1号機リスクというのはあって、そこに手を当てる、それから、というところを考えると、いきなり海外というよりは、まず商用を国内で行って、それから海外展開で安心できるものをお客様に提供するというところがメーカーとしてはやりたいと思えます。

○宝田座長 どうもありがとうございました。

○笹津委員 今話題になっています開発技術実証をどこでやって展開を図るかという話ですが、例えば少し対象を変えまして、今回の次世代火力技術の中にある1つとしてCCSを仮に位置づけるとしますと、CCSの適地は必ずしも我が国の近郊だけではなくて、いわゆる地下のフォーメーションから考えますと、むしろ海外の化石燃料が比較的出るところの近くにある場合が多いんですね。そういうような技術に関しては、必ずしも技術を最終的に確立する過程において、国内実証を経た後、海外に持っていくということだ

けではないのではないかという気が少ししています。ですから、今話題になっている開発技術の実証、展開という観点での国際連携という面で見ると、そういったケースもあるのではないかというのを1つ御紹介したいと思います。

○宝田座長 どうもありがとうございました。

それでは、そろそろよろしいでしょうか。皆様のお話を伺っていると、2030年を見据えた次世代火力の早期実現ということで皆様に御議論いただいたわけですがけれども、今日の御議論の中で、課題に対してメーカーさん、電力事業者さん、そしてまた政府にもぜひ検討いただきたいということがありました。ロードマップをつくって終わりでは実現していかないのではないかという気もいたしまして、もう一步深く検討するような今のメーカーさん、事業者さん、そして政府で非公式な場を設けて、もっと深く具体策を検討いただきたいと思っているのですけれども、そういったことに関しましてはいかがでしょうか。

(うなずきの意思表示あり)

よろしいでしょうか。ロードマップができて終わりというのでは何だか寂しいですね。やっぱりこれをきちっと実現していくというところに大きな課題があるわけですので、ぜひそのあたりをこれからやっていただきたいと思っております。

大体時間も参りましたので、この辺で質疑を終了させていただきたいと思っております。

以上で終了になりますけれども、本日の第6回の協議会におきまして、本当に皆様に活発な御意見、そして貴重な御発言をいただきました。本当にありがとうございました。

今回のいただいたロードマップ案でございますけれども、これは基本的には皆様の方向性は一致しているかなと思っております。ただ、この後、少し修正等もかけた上で、最終的な取りまとめとしたいと思っております。それは、本日皆様の御意見をいただいて、そして修正案を出して、また皆様に御確認いただきたいと思っておりますが、最終的な取りまとめは座長に一任いただきたいと思っておりますが、いかがでしょうか。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す。

それでは、本日で協議会は最終回となりますので、御出席いただいております吉野資源エネルギー政策統括調整官に御挨拶をお願いしたいと思います。

○吉野資源エネルギー政策統括調整官 資源エネルギー庁、吉野でございます。この協議

会の閉会に当たりまして一言御挨拶を申し上げたいと思います。

この協議会でございますけれども、昨年6月に立ち上げましてから6回にわたりまして議論をしていただきました。大変に建設的で有意義な御議論であったかと思えます。おかげをもちまして、本日ロードマップ案を座長に一任ということで取りまとめさせていただきました。この後、私どもは責任を持って先生と協議しながらまとめてまいりたいと思っております。

この火力発電でございますけれども、昨年、私どもで取りまとめましたエネルギーミックスにおきましては過半を、56%を占める重要な電源でございます、今回取りまとめさせていただきましたロードマップに基づきまして、次の世代の技術をできるだけ早期に確立させる。その実用化を促進しまして、2030年のミックス実現に向けましてしっかりと取り組んでいく必要があると考えております。

ミックスの場合、石炭が26%、天然ガスが27%と数字の比率だけではなくて、火力発電に関して具体的な効率の改善を見込んだ数字になっておりますので、それが実現されなければならないというところもございます。よろしくお願ひしたいと思っております。

それから、長期的な視点。先般、地球温暖化対策計画ができましたけれども、2050年に向けましては、さまざまな前提つきではありますけれども、80%削減を目指す。ただ、そのためには研究開発が必要だということもうたわれたわけでありまして、今日掲げられましたようなCCUS、水素発電といった革新的な技術開発につきまして、長期といいましても、そのうちやればよいということではなくて、今から仕掛けて2030年以降、実際にこれがその選択肢となるかどうかという相当に緊張感を持ってやらなければならないことと思っております。そうしたところからも、ぜひしっかりとやっていかなければならない。

また、こうした取組全体を進めていくに当たりましては、ここにおられます火力発電技術に関わります産学官の関係者が一層連携をして進めていく必要があると思っております、委員として御参加いただいた皆様には、引き続き御協力を願ひたいと思っております。

このロードマップでございますけれども、この後の新たな状況変化がある場合には、必要に応じて見直しをしていくということかと思えますけれども、この火力発電をめぐる議論、特に石炭火力をめぐる議論は国内、海外とも非常に厳しい目で見られているということでございますので、ロードマップを見直すときに、後ろに倒れるということは多分なく

て、前に倒れるに違いない。したがって、2030年までにこの技術をとしているものもできるだけ早く実現をして普及させていくということだと思いますし、将来の技術も、より早いタイミングで、これならばそのうち技術として導入可能になってくるなどというものも見えるようにしていかなければ、日本の火力発電に対する取組も、そういう目でしか見られなくなってしまう。同じことを私、別の場で申し上げたかもしれませんが、相当な緊張感を持って、この火力発電の問題は議論をしていく必要があるのではないかと考えております。

最後になりましたけれども、改めまして委員の皆様におかれましては、大変有意義な御議論をいただきまして本当にありがとうございました。引き続きよろしくお願い申し上げます。

○宝田座長 吉野調整官、どうもありがとうございました。

それでは、最後になりますが、事務局から覚道石炭課長、御連絡をお願いいたします。

○覚道石炭課長 本日は大変有意義な意見を多数いただきまして、ありがとうございました。また、この5月に入って2回開催させていただきまして、前回同様、やや駆け足な開催になりましたけれども、2回にわたりまして大変有意義な御議論をいただきまして、ありがとうございます。先ほど座長からお話があった、引き続き導入・普及に向けたところについてメーカー、ユーザー、また国も入った、より議論を深めるような場については、またやり方等について検討して御相談をできればと考えております。

先ほど座長からもお話がありましたように、今日いただいた御意見も踏まえまして少し修正をいたしまして、委員の皆様にも再度御確認をいただきました上で、最終的な取りまとめは宝田座長と御相談をさせていただければと考えております。

また、前回、スケジュールで御説明をいたしましたが、このロードマップについては、この次世代火力発電協議会の直接の上位ではないのですが、資源・燃料分科会という審議会の場がございまして、そちらで資源燃料の関係の議論を全般的に今行っているところでありまして、そちらのほうに報告をした上で、6月の中旬にできればセットして公表するという形にさせていただければと考えております。

以上でございます。

○宝田座長 どうもありがとうございました。

昨年から6回にわたりまして、本当に皆様には貴重な御意見を賜りました。本当にありがとうございました。私はこのロードマップを担当させていただいて、天然ガスと石炭を

同じ土俵でロードマップをつくっていくのは非常におもしろい取組だなと思いました。ただ、その中で、両方とも化石資源を今まで使ってきているわけですが、グローバルに見たときに地球環境問題はもちろんCO₂は重要なわけですが、どの資源も地球が溜め込んだ非常に貴重な資源なんですね。石炭は石炭紀からすると数億年エネルギーを溜め込んで、これだけ凝縮させたものすごく貴重な資源だと思うんです。ですから、もちろんCO₂問題を踏まえながら、貴重な資源を有効に、火力ではなくて自分たちの人類の次世代まできちんと使っていけるような、それは環境問題も踏まえながら、エネルギー資源としても全てをミックスして、次までつなげていきたいと思いました。そのためにも高効率化、あるいはCO₂の回収固定も非常に重要だと思いますし、再生可能エネルギー、あるいは化石資源と分けずに、エネルギー全体を見据えた形で資源を有効に利用していくところを、これからもメーカーさん、電力事業者さん、政府の方にもお願いしたいと思っております。

それでは、本日の第6回次世代火力発電の早期実現に向けた協議会を終了とさせていただきます。長時間にわたり御議論いただきまして、本当にありがとうございました。