

産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会

第3回エネルギー構造転換分野ワーキンググループ

議事録

- 日時：令和3年6月22日（火）9時00分～11時00分
- 場所：オンライン開催（Webex）
- 出席者：平野座長、伊井委員、馬田委員、佐々木委員、塩野委員、関根委員、
高島委員、林委員
伊藤オブザーバ、末廣オブザーバ、小林オブザーバ
- 議題：
 1. 個別プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画（案）について
 - ① 製鉄プロセスにおける水素活用
 - ② 燃料アンモニアサプライチェーンの構築

■ 議事録：

○平野座長 皆さん、おはようございます。平野でございます。今朝は朝早くからオンライン会議に御参集いただきまして、ありがとうございます。

定刻になりましたので、産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会エネルギー構造転換分野ワーキンググループ第3回のミーティングを開始したいと思います。

本日の出欠でございますが、8名の委員の方々の御出席をいただいているはずですが、西口委員は、所用のため御欠席と伺っています。

それでは、議事に入る前に、オンライン会議の注意点について事務局から御説明をお願いいたします。

○笠井室長 事務局でございます。おはようございます。本日はプレス関係者を含めまして、会議終了までYouTubeによる同時公開としております。会議資料や会議終了後の議事概要は、経済産業省のホームページに掲載いたします。また、委員の皆様におかれましては、事前に事務局から送付しておりますWebex会議の御案内を御覧いただきまして、もしトラブル等ございましたら、その中にあります緊急連絡先に御連絡を頂戴できればと思います。どうぞよろしく願いいたします。

○平野座長 それでは、早速ですが、本日は3名のオブザーバの方をお招きしております。早稲田大学基幹理工学部応用数理学科、伊藤教授。

○伊藤オブザーバ　伊藤でございます。よろしくお願いいたします。

○平野座長　　よろしく申し上げます。それから、JOGMECから、カーボンニュートラル推進本部石油・ガス・CCSチーム、末廣調査役。

　それから、NEDOから、小林理事が御参加という理解です。

○小林オブザーバ　　よろしく申し上げます。

○平野座長　　よろしく申し上げます。

　それでは、本日の議題に入ります。最初の議題、製鉄プロセスにおける水素活用プロジェクトの研究開発並びに社会実装の方向性及び社会実装計画案について、プロジェクト担当課から資料2、資料3に基づき御説明をお願いいたします。

○蓮井課長　　経済産業省金属課課長の蓮井と申します。今日はありがとうございます。

　それでは、資料2と3でございますが、パワーポイントの資料2に基づきまして、製鉄プロセスにおける水素活用プロジェクトの研究開発・社会実装の方向性について案として御説明したいと思います。よろしくお願いいたします。

　目次でございますが、御覧いただきますとおり、背景と目的、それから研究開発項目と実装に向けた取組、想定スケジュールの順で御説明したいと思います。

　では、2ページ目でございます。これはおさらい的で恐縮でございます。鉄鋼業の産業規模でございますが、総出荷額19兆、従業員22万人ということなのですが、左の図を御覧いただいたとおり、最も川上の産業ということで、川下の自動車ですとか産業機械等々、あるいは建設、こういったところに資材を供給するという、非常に基礎的な資材供給産業でございます。一方、粗鋼生産量は世界で18.7億トンでございますが、その過半を中国が今や製造すると。20年で中国は数倍にも達するという生産規模でございまして、日本は今現在第3位ということでございます。

　次のページでございますけれども、中国が物量的に物すごい中で、日本の鉄鋼業の強みということでございますが、日本は自動車用等の製造業向けが相対的に高いシェアでございます。普通鋼でも製造業が非常に多くなっています。例えば中国で申し上げますと、中国は建設用が5割を超えてございます。そういったところからも、日本は製造業、特に自動車の存在感が大きいということがございます。例えば普通鋼板の3倍の強さを持つ超ハイテンと言われている薄くて強い鋼板、あるいはモーターの性能を左右すると言われているいわゆる電磁鋼板、モーターの芯等に使われますけれども、こういったもので我が国は世界でも最高水準の高品位鋼を供給しているということでありまして、この高品位でいか

に戦っていくかというのが重要なポイントかと思っております。

次、4ページ目でございますが、他方、鉄鋼の需要見通しでございます。私どももいろいろ関係業界等にヒアリングしておりますけれども、その中でも従前の資源、エネルギー、土木、建築、こういったインフラ分野でも基礎資材として活用されているわけですが、加えて、自動車向けの電磁鋼板、洋上風力のモノパイルという基礎構造の部分、左下の写真でいうところの黄色い部分に当たりますけれども、さらには、この中に磁石も含めた、あるいはモーター等も使われておりますので、こういったところでも鉄が使われるということでございますので、カーボンニュートラル社会においても引き続き必要不可欠だと認識してございまして、I E A等の見通しにおきましても、自動車や各インフラ、電子電気機器等での大きな需要が見込まれているところでございます。

5ページ目でございます。一方、脱炭素意識が高まりますと、製品のライフサイクルを通じたCO₂の排出量の見える化が非常に求められるところでございまして、ちょっと見づらくて恐縮ですが、下の事例2にございますように、これは最近の報道でございますけれども、サプライヤーサイドから低炭素、あるいは脱炭素の部素材が求められるというニーズが想定、また実際に起きつつあるところでございまして、鉄鋼をはじめとした素材メーカーは、こうしたニーズに対応できなければ、機会を創出してしまうのではないかとということが今懸念されるところでございます。

ちなみに、次のページが、グリーンスチールと言われているものの市場規模について、I E Aが試算しているものでございますが、これで見ましても、2050年、真ん中のところでございますけれども、水色が従来型の高炉での製造になりますけれども、これが半分ほどになり、残りがCCUSとかを活用した次世代型の直接還元、あるいは次世代型の高炉といったものになってまいります。また、2070年には、その大半がそちらに置き換わっていくのではないかとということが見込まれておりますので、こういったところで日本がいかにか世界に先駆けて技術等を確立していけるかが重要なポイントになっていると思っております。

次のページにございますように、当然ながら、海外メーカーも座しているわけではございませんで、欧州、中国、韓国なども2050年のカーボンニュートラル、中国は2060と言っているのですが、製鉄会社は2050と表明してございます。そういったところでカーボンニュートラルを目指して、まさに国際的な技術開発競争が起きているところでございます。

ポイントは、いずれも水素の活用、それからCCUS、あるいは直接還元、こういったものを組み合わせていくということでございまして、そういう意味では、まだこの会社

も決め手となるような技術はこれだということを明確に出しているわけでは必ずしもない。例えば欧州の鉄鋼メーカーにおきましても、高炉の利用、直接還元、2つの技術開発シナリオを同時に追及しているというのが現状でございます。

そういうことございまして、この前決定いたしましたグリーン成長戦略でございますが、8ページ目でございます。政府といたしましても、従来の高炉での水素還元に加えまして、カーボンリサイクルや電炉による高級鋼製造等を位置づけて、複線的なアプローチを取っていくことを目指しているところでございます。

というのが背景、目的でございますけれども、それを踏まえまして、10ページ目以降で、研究開発項目と社会実装に向けた取組というところでございます。

めくっていただきまして、11ページ目でございます。上の箱は今までの議論のおさらいでございますが、我が国鉄鋼業は、世界でも最高水準の超ハイテンとか電磁鋼板を供給してきたということでございます。さらに電動車、洋上風力など、脱炭素化で伸びゆく市場を獲得していく大きな機会であると。

一方、世界では、グリーンスチール市場が先ほど申し上げように世界の半分を占めるのではないかとございまして、我が国の高品位鋼であっても、グリーンでなければマーケットに参入できないのではないかと懸念されているのは、申し上げたとおりでございます。

一方、グリーンスチールの製造プロセスでございますけれども、技術的にはいまだ水素還元も未確立なものがほとんどでございますし、加えて、それは製造プロセスに関わるものでございまして、鉄の品質そのものの向上には必ずしもつながらないというところがございます。したがって、脱炭素化プロセスの研究開発は、民間のみで達成するのは非常に難しい面がございます。

こういったことを踏まえまして、今、目指すべき方向としましては、下の箱でございますが、引き続き高品位鋼で世界の脱炭素化市場の獲得を目指していくためにも、これまでと同等の品質を維持しながらも、製鉄プロセスの脱炭素化を実現するための研究開発に官民一体で取り組む必要があると思っております。先ほど来申し上げましたが、諸外国と同様に複線的なアプローチで開発を進めながらも、ステージゲートを適切に設定することで、これまでの研究成果や強みを勘案しながら、どれが今後伸びる技術か、そこに目鼻をちゃんと立てていく必要があると思っております。

ただ、技術開発のみならず、社会実装をどのように進めていくかということでござい

すが、当然、水素に絡みますので、周囲の大量、安価な水素のサプライチェーン、さらには出てきたカーボンをいかにさらに生かしていくのか、カーボンリサイクル、こういった関連プロジェクトとの連携による社会インフラの整備が重要かと思っております。

さらに、脱炭素化プロセスは、先ほど申したとおり、プロセスに関わるものでございますが、この投資を回収可能とするため、グリーンスチールに価値を見出して、適切な対価を得られるようにといった観点での、ルールメイキングにも取り組む必要があると考えてございます。

次の12ページ目でございますが、またおさらいのようなものでございます。御承知のとおり、産業部門で4割、全体でも14%のCO₂の排出をしているというのが鉄鋼業でございます。

その製鉄プロセスでございますが、次のページでございます。鉄鉱石と石炭から、御承知のとおり、高炉・転炉で還元・溶解するというところでございます。これがまず1つ大きなプロセス。この中で、特に還元のプロセスでCO₂が出るということでございます。一方、右のほうから流れておりますけれども、電炉は、鉄のスクラップなどを原料にしているということでございまして、これにより溶解して生産する。これが大半の製造方法でございます。それ以降の下工程は基本的にほぼ同一でございます。

なお、海外では、天然ガスが豊富な一部地域、つまり天然ガスが安いということでございますが、還元剤に天然ガスを用いるということで、それでできた直接還元鉄を電炉に入れるというようなプロセスもございます。

ちなみに、高炉・転炉、電炉の生産量の比較が次のページでございますけれども、我が国も4分の3が高炉・転炉でございます。中国に至っては9割以上を占めます。一方、典型例はアメリカでございますが、アメリカは電炉が7割、イタリアも電炉が多い。インドもそのような状況でございます。

次の15ページ目でございますが、従来より申し上げているとおりですけれども、製鉄プロセスにおけるCO₂の排出というのは、ある意味、不可避免的に出てくるということでございます。Fe₂O₃として自然界に存在する、つまり酸化している鉄から、いわば酸素を取り除くために、Cを使ってきたということでございますが、これをHで代替することが水素還元製鉄でございます。ちなみに、1トンの鉄を造るに当たりまして、約2トンのCO₂が発生すると言われておりますが、Hにすることによってこれがほぼなくなってくるということでございます。

16ページ目でございますけれども、これにつきまして、我が国はこれまで、世界に先駆けて水素還元製鉄をやってきたということでございまして、一部、高炉を活用しながらも、高炉の中に一部水素を入れるということでございまして、コークスを減らすことで高炉での還元から10%、さらに、未利用の廃熱を活用する形でCO₂の分離・回収をするということで、トータルとして製鉄プロセス3割のCO₂削減をするための技術開発を今進めているところでございます。10年以上でございまして、これは日本製鉄の君津の製鉄所でございますけれども、ここでこういった試験プラントを造ってやっているところでございます。

なお、2020年度から、さらにゼロカーボンスチールの実現に向けた課題抽出、ロードマップの策定作業を進めてございまして、これも基金事業に活用したいと思っております。

17ページ目は、COURSE50と言われてきた、これまでやってきたプロジェクトの概要でございます。お時間もございますので、これは省略と思っておりますが、先ほど申し上げたように、高炉水素還元技術で10%のCO₂の削減。コークスから出てくるガスは、水素を多く含んでおります。ここから改質して、水素系のガスを高炉に吹き込むということで、既存のコークスでの還元を10%分減らすということでございまして、それでCO₂の10%削減を図る。

一方、新たに出てくる高炉ガスから、これはCO₂を多く含みますが、これを20%分離・回収するという技術でございまして、これは製鉄所内の未利用の熱を使うということでございます。

他方、さらに今後に向けた革新技术については、18ページ目でございますけれども、高炉法、これは上にございますように、還元と溶解を一貫で行うということでございまして、ある意味、非常に効率性が高い、熱という意味でのエネルギー効率が優れているという面はございますが、先ほど申したようにCO₂も多量に出るということで、水素を高炉の中に直接吹き込むという方法、これはいわゆるCOURSE50でやっていることでございますが、それに加えて、水素を高炉ガスから分離したCO₂と反応させて、外でメタンにした上で、そのメタンを高炉に吹き込むという方法などがございます。

一方、直接還元は、還元ガスを水素に置き換えるということで、従来は天然ガスでやってきたものを、水素に置き換えていくということでございます。

その複数のアプローチは次のページでございますが、先ほど申し上げた高炉法と直接還元法という大きな技術の要素がありますけれども、高炉法は、先ほど来申し上げています

が、還元と溶解を一気通貫で行うため、エネルギー効率に優れているということ。それから、リンですとか銅などといった製品に影響を及ぼす不純物の除去技術が確立されていることから、高級鋼の製造が非常にやりやすいということでございます。ということで、さらにそこを水素還元やCCUS技術を適用することで、現在普及している高炉システム、あるいは高炉インフラ等を生かして、脱炭素を実現することが可能である。

一方、直接還元でございますけれども、還元と溶解で別の炉が必要になります。直接還元は、溶けた、よく鉄鋼会社の方がおっしゃる、お湯が出てくるわけではありませんが、固形としての還元鉄が出てまいります。これをさらに溶解するために別の炉が必要になります。ゆえに、先ほど電気炉と申し上げましたが、電炉が必要になったりするというところで、エネルギー効率が低い。さらに不純物除去ができないために、原料制約が存在する、鉄鉱石を選んでしまうということです。

他方、還元ガスを全て水素に置き換えるということで、CCUなどの周辺技術がなくとも脱炭素の実現がやりやすくなるということでございます。

これはそれぞれ長短ございますので、その中でどれが有用かということで、今後、複数の技術的アプローチによるカーボンニュートラルの実現を目指したいということでございます。それ以降については、それぞれの技術についての課題を整理してございます。

20ページ目でございますけれども、先ほど来申し上げておりますが、水素還元製鉄をやるに当たって、大きな課題として2つございます。まず、水素還元は吸熱反応、熱を吸収するというので、高炉が冷えてしまう。したがって、連続的に還元し銑鉄が出てくるというプロセスがなかなか作りにくい。それをやるためには、どうしても熱を補填する必要があるということでございます。ちなみに、コークスは自ら発熱するというので、それが連続的に行えるという面がございます。

またもう一つ、コークスが減るということで、高炉の中でコークス、鉄鉱石、積み上げて構造物にした形で、その間を熱風が通気する。それによって還元反応が起きるというのが、今、高炉の中で起きていることでございますけれども、その積み上げている固形物としてのコークスが減ってしまうことによって、反応ガスの通気に必要な炉内の隙間等をどう作るのか。一見プリミティブなのですが、非常に高温でやっている中のプロセスをどのように管理するか、非常に難しい面がございます。これが大きな技術的課題になります。

これを踏まえて、研究開発項目、21ページ目でございますけれども、まず、所内水素を活用した水素還元ということでございます。先ほどのCOURSE50プロジェクトという

ことで、これは12m³、小さな炉でございますけれども、一応一定の数値は出ております。これを踏まえて、さらに実高炉での実証実験を行いたいということでございます。それによって2030年までに製鉄プロセスからCO₂排出を30%以上削減する技術の商用化を図りたいというのが、まず1点目でございます。

続きまして、22ページ目でございますが、今度はさらにそれを30%よりもっと高める、50%を目指したいということでございますけれども、それに向けて外部水素の活用、あるいは高炉排ガスに含まれるCO₂の活用ということでございます。先ほども申し上げましたが、高炉に吹き込む水素を、製鉄所内から出てくるガスを活用するのでは、まだ十分な量がなかなか出せないということがございますので、外部水素を活用して、より多量の水素を高炉の中に吹き込むというのが技術の①でございます。

もう一つは、高炉の排ガスから回収したCO₂の還元剤等への利活用技術ということでございまして、これは技術②でございますけれども、高炉から出てきたガスの中から、そこに水素を加えまして、メタンを作り、そのメタンを再度、酸素とともに高炉に吹き込むということでございます。こういったことの優位性、どれがより効果が高いのか等を検証していく。そのための技術実証を行いたいということでございます。

加えて、コークス代替としてバイオマス活用、さらには還元鉄等を一部原料として活用する技術の検討、開発も並行して行いたいということでございます。

こういった脱炭素化の技術、低炭素技術を組み合わせて、高炉における製鉄プロセスからCO₂を50%削減する技術の開発を目指したいということで、中規模の試験高炉で2030年までに実験を行いたいと考えてございます。

続きまして、還元鉄を含めた電炉の活用拡大ということで、23ページ目でございます。先ほど申し上げたとおりでございますが、電炉の活用につきましては、還元鉄やスクラップが原料でございますので、製鉄プロセスにおけるCO₂排出量は非常に少ないというのは言えるところでございますけれども、他方、還元鉄、スクラップを原料とする電炉を最大限活用するというのは重要なのですが、技術的課題としまして、やはり不純物の除去が大きなポイントでございます。不純物がありますと、先ほど申し上げました、日本が最も得意としてきた高級鋼の製造は非常に難しいという面がございますので、純度の高い鉄の製造が可能な高炉と同等の品質を実現するのが非常にハードルが高いということがございます。

あとは、高炉の生産性に相当するような電炉の開発を併せて行うことが必要というよう

に考えてございます。

そのための研究開発項目としましては、24ページ目ですけれども、水素を利用して還元鉄を製造する直接還元技術を開発するというところでございます。こちらは、天然ガスで現状行っているものでございますが、それを水素に置換するための条件、あるいは還元条件、成品条件を特定し、直接還元法において、現行の高炉法と比較して製鉄プロセスからCO₂50%削減を目指すということで、2030年までに小規模試験炉での試験を行いたいということでございます。

続きまして、今度は電炉の不純物除去でございますけれども、こちらにつきましても、2つ目のポツにございますが、まさに自動車の外板等に使えるような高品位の鉄を造りたいということございまして、大型化の電炉において不純物の濃度を高炉法並みに制御するための実験を行いたいということでございます。これによって、下にございますけれども、不純物の濃度を高炉法並み、例えばリンであれば0.015%以下に制御する技術を、小規模試験電炉で実証したいということでございます。

26ページ、27ページ目は、以上をまとめたものでございまして、アウトプット指標につきまして、所内水素を活用した水素還元につきましては、製鉄プロセスからCO₂排出を30%以上削減ということの実機、2030年までに1基以上の導入を目指す。

それから、それ以上、外部水素や高炉排ガスに含まれるCO₂を活用した低炭素技術につきましては、2030年時点で、中規模試験高炉で実証を行うということで、CO₂排出50%以上削減を実現したい、技術の確立を目指したいということでございます。

一方、直接水素還元につきましては、現行の高炉法と比較してCO₂排出50%以上削減のための基礎技術の確立。

それから、直接還元鉄を活用した電炉の不純物除去でございますが、これも高炉法並みの制御を目指したいということでございます。

それによって、27ページ目でございますような、CO₂削減効果、経済波及効果を考えているところでございます。

なお、先ほども申し上げましたように、28ページ目でございますけれども、社会インフラの整備ということで、水素バリューチェーンの構築、CCUS技術の確立でございますが、こういった関連する基金プロジェクトの技術開発も含めた連携を目指していきたいと考えてございます。

あわせて、国際的なルールメイキングと先ほど申し上げたのは、29ページ目にございま

すけれども、水素や再エネの活用によって製造コストの増加が見込まれます。これは我が国のみならず、どこの国でもそうでございますけれども、それをちゃんと評価されるような、需要家がグリーンスチールに価値を見出せるような、国際的なルールメイキングでございまして、既に日本としても、ISO20915というシリーズがございますけれども、環境負荷計算、ライフ・サイクル・アセスメントの評価について提案して、これを実は発行しているところでございますが、こういったものの周知を徹底したいということでございます。

想定スケジュールは、最後、31ページ目でございますけれども、まずは2030年までの実装に取り組んでいきたいということでございます。

大変お時間を取って失礼いたしました。駆け足でございましたが、以上でございます。よろしく願いいたします。

○平野座長 ありがとうございます。資料3のほうの御説明はよろしいですか。

○蓮井課長 資料3につきましては、今の資料2で資料3の概要をまとめて御説明したというように理解しておりますが、もし必要とあれば、御質問等でお受けしたいと思います。よろしく願いいたします。

○平野座長 分かりました。それでは、自由討議に入りたいと思います。既に事務局から御説明があったと思いますけれども、皆様に議論していただきたい事項については、資料6、この判断のクライテリアをまとめていますので、それらも踏まえた上で御意見、あるいは御質問をいただければと思います。

今回、2つのテーマをディスカッションしますけれども、1回目はアイウエオ順の若いお名前から、それから後半は逆転してということで、勝手でございますけれども、そういう順番で御発言をお願いしたいと思います。お一方3分ぐらいをめでに御発言いただければと思います。

それでは、7名の方がいらっしゃいますので、その順番で始めさせていただきたいと思っておりますけれども、最初に、伊井委員、いらっしゃいますでしょうか。

○伊井委員 みずほ証券の伊井でございます。御丁寧な御説明ありがとうございます。大変よく理解が深まりました。

御説明をお伺いしていて、鉄鋼業のカーボンニュートラルに向けては、既存のコークスを原料とした高炉プロセスによらない、もう全く新しい製鉄技術が必要だということを理解したのですけれども、海外勢に対していち早く技術開発を進めることが、日本の鉄鋼業

の長期的な競争力に直結するものだと理解しております。

一方で、新たな製鉄技術の社会実装に向けては幾つが課題があるのではないかと考えておまして、まず1つ目が、水素製鉄を行うためには、安価な水素の調達を可能とする。これは需要と供給、両方を担保する必要があるのではないかとというところが1つ。

2つ目のところに関しては、結果的に水素製鉄を行うことによって、コストは上がっていくと思いますので、鋼材価格に製造コストを乗っけてしまうと価格競争力が下がってしまうと。そういう意味では、グリーンスチールの価値を向上させるような取組、お話の中にもありましたけれども、クオリティー認証とか何かしら制度構築の必要性があるのではないかと考えているところです。また、新技術のところ、開発主体となる企業にとってコストのところに関しては一番の懸念点と認識しておりますので、ここの部分の担保をぜひお願いしたいなというところ。

3点目のところなのですけれども、紙のところ、今回、実装案というところがありましたけれども、R&Dとかの時間軸というのが、いわゆる会社様の時間軸に合っているのかなのかというところが、1つ懸念点なのかなと思っております。

私からは以上でございます。

○平野座長 ありがとうございます。続いて、馬田委員、お願いいたします。

○馬田委員 御説明ありがとうございます。私も大変分かりやすく、非常に興味深く聞かせていただきました。

私からのコメントですけれども、まず一つ、今回、水素のデマンドにもなるプロジェクトだと思いますので、今後水素のサプライチェーンを作っていくうえでも、こういうプロジェクトは非常に必要なのかなと思っております。

また、伊井委員も御指摘されていたと思いますが、やはりグリーンスチールの市場をルールメイキングも含めてどう設計していくかというところが、恐らく今回の社会実装においては非常に大事なポイントになってくるのではないかと感じました。

一方、懸念点といたしましては、鉄鋼業は世界的に見て売上げベースのR&Dへの投資がほかの業界に比べると少ないという認識でおります。それを反映してかどうか分かりませんが、少なくとも東京大学の工学部ではマテリアル工学系の人気が比較的少ないというような形になっておまして、R&Dの費用が少ないために雇用も少なく、将来的な技術開発をする人材輩出という観点でも少し弱くなっているのかなと思っております。

そうした意味で、今後、非常に大事な研究開発を長くしていくことにもなるかなと思

ますので、そうした人材育成をどんどんやっていく上でも、やはり今回資金を投じた企業様においては、今後研究開発費をどんどん増やしていくといったような縛りを入れるのか、そうした宣言を企業様がしていただくことで、将来の研究開発人材がその領域に行きやすくなる環境を作ることで、イノベーションがどんどん進んでいくのかなと思った次第です。

社会的にも、この業界はそうしたR&Dがどんどん増えていきますよというようなメッセージングが必要であり、イノベーションを牽引していくのかなと思っておりますし、また、かなりイノベティブな研究開発が求められる分野というように認識しておりますので、そうしたメッセージングはいろいろな方々にとっていいメッセージになるのではないかなと思った次第です。

私からは以上になります。

○平野座長 ありがとうございます。それでは、佐々木委員、お願いいたします。

○佐々木委員 九大の佐々木です。まずは、分かりやすい資料を作成していただき、事務局さんや御関係の皆さん方に心より感謝申し上げたいと思います。

この製鉄プロセスにおける水素利用についてでございますけれども、御指摘のとおり、産業分野からのCO₂排出の約4割が鉄鋼関連ということでもありますので、我が国がカーボンニュートラルを実現する際に、まさに避けて通れない課題だと認識しております。

振り返りますと、何年か前に、製鉄分野で2100年にカーボンニュートラルと聞いた記憶もございますけれども、この本丸の技術革新の加速に政府がきっちり投資するというのは、極めて大事だと認識します。

特に日本が稼いでいるところ、強みというのは、やはり自動車用途、先ほど超ハイテンとか電磁鋼板というのがございましたけれども、このまさに高付加価値の鉄鋼材料が造れるということが我が国の強みでもございますので、高炉技術をベースに発展させる活動も含めた今回の構想の方向性をぜひ進めていただきたいと思います。

私自身は水素に関わる人が多いのですが、水素に期待していただくことは個人的にはもちろんありがたく感じますが、正直、石炭から水素に一気に移行するというのは、コストも含めてかなりハードルが高いと言えらると思います。なので、今回、CO₂回収と併せたカーボンニュートラルメタンの利用も含めた技術開発が進められるということは、賛同いたします。メタンを水素キャリアと考えて、石炭から天然ガスも一部途中使いながら、メタン、そしてカーボンニュートラルのメタンに移行して、そのメタンをCO₂フリ

一水素に少しずつ置き換えていくというのが、中長期的に考えますと現実解と考えます。

並行して大量に安く安定的に水素が供給できるようになると思いますので、本基金事業のまさに横連携、それで製鉄のカーボンニュートラル化も十分視野に入る計画ではないかと考えます。

最後に、グリーンスチールの環境価値、これは非常に大事だと思っております。我々は水素の研究開発に関わっていても、やはり環境価値を認めていただかないと、単に高くなるだけになります。なので、このような環境価値をきっちり世界で認めていただくという面では、経済産業省さんを中心に、日本が開発する技術が国際ルールの中にきっちり位置づけられて、日本が頑張ったこのような新しい技術が、もしくはグリーンスチールがサプライチェーンの中できっちり位置づけられて、日本が外されないような取組をしていただきたいと思っております。

私からは手短に以上でございます。

○平野座長 ありがとうございます。それでは、塩野委員、お願いいたします。

○塩野委員 塩野でございます。まずは、非常に詳細な御説明をいただき、ありがとうございました。

こちらのグリーンスチール実現に関してなのですが、2点ございまして、1つは、やはりサプライチェーン上にかなり多くのプレーヤーの企業が関わると思っておりますので、その整理として、どこがリードして主導してこの研究開発を行っていくかというコミットメントに関しては、詳細な御説明を求めたいというか、すべきかと考えております。1社でどうなるというよりは、サプライチェーン全体の需給を見て構築していき、本件がどこにしっかりとファイナンスされるかというのも、ある種の審査と説明責任が生じるというのが大きな枠組みとしてあると思っております。

次に技術のお話で、例えばこちらの直接水素還元技術の開発といったものが、ここで御説明いただきますと、非常にチャレンジングなものだと考えておりまして、特にこうしたものの国内での実績がまだしっかりとない中、基礎技術から含めて実装、そしてサプライチェーンの構築という幾つかのハードルが必要になるものと考えます。そのため、その一つ一つのステージゲート、マイルストーンというものを置いて、どこの技術的ハードルがクリアされれば次に行って、そこに対してファイナンス、サプライチェーン構築のパートを担っていくというものを、しっかりとモニタリングする必要があると考えております。

以上でございます。

○平野座長 ありがとうございます。では、続いて、関根委員お願いいたします。

○関根委員 まずは、このような膨大な取りまとめをいただきました事務局、METIの皆様に深く感謝申し上げます。

伺っていて感じた点は2点ございます。まず1つ目です。水素還元製鉄というのが半分大きく特出しされておりますが、もちろん技術として大事なのですが、一方で、水素ありきということになりますと、2050年に向けて世界中で恐らく安い水素を取り合っていくことになると思います。その中で、20円を切って、8円、6円でないとやらないというようなことになってくると、イコールこれは、世界のマーケットから考えると、恐らく日本で何もやらないと言っているに等しいことになってしまうのではないかと危惧します。

水素の価格ありきで事業性を判断するというこのみならず、先ほど佐々木先生からも御指摘あったような環境的な価値、付加価値や、それ以外のプライシング等々も含めた、いろいろな制度による後押しが必要ではないかと感じました。

2点目です。酸素吹きの話とか、あとは上げデマンドレスポンスとか、そういった形でセクター間でカップリングしていくことの重要性を非常に強く感じました。殊、先ほどお話ししたように、安い水素ありきだけで技術を進めていくと、凍ってしまうという問題を除けば、技術的にはただの還元ですから、科学者から見ると別に簡単なことでございます。吸熱であるということを除けば、やればできる。ただ、それだけではやはり水素価格にオペックスが全部引っ張られてしまうということがあります。

その点で、例えば、電炉においては、今、九電さんと東京製鐵さんが若松でやっておられるような上げデマンドレスポンスのような取組で、再エネで余ったところを拾う、あるいは酸素吹きでやるのだったら、余った窒素を今度、カウンターとしてアンモニア側に回すとか、国内アンモニアは今100万トンと非常に脆弱ですが、これから大規模なアンモニア導入が始まり、生産が始まっていった際には、酸素吹きのカウンターとなる窒素を、空気分離で得られた窒素を、今度そちらで使っていただくとか、そういったことも考えてはおもしろいのではないかと。それによって、1つのプロセスで二度おいしいというような形で、全体でオペックスを下げられるような仕組みを考えてはいかがかと思いました。

その点では、ほかのG I基金の取組と連携をすることが重要だと思いますし、この第一、第二、第三ワーキングをさらに屋根をかけているプロジェクト部会のほうで、そういった議論をする必要があるのではないかと感じました。

以上です。

○平野座長 ありがとうございます。続いて、高島委員、お願いいたします。

○高島委員 御説明ありがとうございます。2点お話しさせていただきたいと思えます。本事業の特徴は社会実装まで継続して持っていくということだと思っておりますので、両方とも社会実装に向けてという論点になります。

1点目なのですが、今まで皆さんからお話しあった点と共通するのですけれども、社会実装のイメージです。頭のほうにお話しいただいたとおり、鉄鋼業は我が国にとって非常に重要な産業で、多くの雇用もあってということなのですが、今回の開発成果を社会に実装したときに、同じようにこのように重要な産業であり続けられるのかという話です。つまり、グリーンだからといって品質がよくなるわけではなく、また、同じグリーンスチールの中でも、やはりエネルギーのコストが安い、すなわち水素価格が安い海外のほうが安価に作れるというようなことを考えたときに、日本の鉄鋼業は何を国際競争力にしていくなかという辺りは、十分確認しながら進める必要があるのかなというのが1点目です。

2点目なのですが、社会実装につなげるということがこの事業のゴールだとは思いつつも、皆さんから言及あったように、水素価格やグリーンスチールの需要創出みたいなところは、事業者さんのみでは何ともコントロールできないところが多いと思うのです。また、鉄鋼業は非常に大きな産業で、製鉄所だけではなくて、コンビナート全体で熱とか副産物の統合的なコントロールがなされているものですから、製鉄所だけ変えれば良いというものではなくて、周辺を含めた巨額の投資が必要になってくると思います。その辺はやはり官民で連携して、実証から実装までの道筋みたいなものをちゃんとイメージしていく必要があるのかなと思いました。

以上です。

○平野座長 ありがとうございます。それでは、林委員、お願いいたします。

○林委員 非常に分かりやすい詳細な御説明ありがとうございます。

鉄鋼は、御説明にもありましたように、自動車とか橋梁、高層建造物など、多くのところで基盤材料、構造材料として使われておりますので、今後も国家政策的にも将来にわたって日本国内で製造されるべきものと考えます。したがって、カーボンニュートラルを目指した製鉄プロセスの水素活用プロジェクトは、我が国にとっては必須のプロジェクトと考えます。

カーボンニュートラル製鉄プロセスは、世界のどの国においてもまだ確立されておられません。もしこのプロセスが日本で提案できれば、ゲームチェンジャーとなり得ますし、日

本は高級鋼の製造において世界でもトップレベルの技術力がありますので、このアドバンテージを生かして、このプロジェクトをどんどん今こそ推し進めて、世界初のカーボンニュートラル製鉄プロセス技術を確立すべきと思います。

本プロジェクトでは、既存の高炉法を用いて、所内の水素だけではなくて外部水素を活用するということと、あとは直接還元電炉法で水素を利用するという2つの方法が提案されています。高炉・転炉法は高級鋼の大量生産に適しておりますので、水素の活用とCO₂の排ガスの分離・回収、それからカーボンリサイクルを組み合わせることによって、脱炭素化を図ることが可能と考えます。

一方、直接還元電炉法は、原理的に水素の活用が可能で、その点、カーボンニュートラルが達成しやすいとも考えられますが、高炉・転炉法に取って代わる高級鋼の大量生産を行うには、御説明にあったように多くの課題があって、特に固体鉄を1,700℃程度まで高温に加熱して、熔融精錬を行うというところで、熱保証についての点が課題かと思いますが、でも、ぜひチャレンジしていくべきものと考えます。

以上でございます。

○平野座長 ありがとうございます。一通り各委員からコメントをいただきましたが、この時点で笠井室長、あるいは蓮井課長から御回答なりコメントがあればお願いします。

○蓮井課長 ありがとうございます。改めて、蓮井でございます。先生方から非常に重要な御指摘、あるいはこれに向かって今後さらに進めなければいけない、大きな課題も含めて御指摘いただき、ありがとうございました。

大きな御指摘、共通する御指摘が幾つかあったと思いますのは、やはりグリーンスチールというものをどのように評価してもらえるようにするのかと。さらには、水素を安価でなければできないというような前提ではなく、水素をどのように安価にする、あるいは水素の量を増やしていくために貢献していくのかということ、そういった観点でも、他のプロジェクト等も含めた様々な連携が必要だという御指摘もいただいたと思います。

まさに御指摘のとおりでございますして、そういったところはしっかりと取り組んでいきたいですし、資料にもございましたけれども、既に業界でも様々な、いろいろな取組に参画する動きも出てございます。

さらには、水素の関係で言うと、先ほど安い水素の取り合いになるという御指摘もありましたけれども、例えば資料にもございましたが、オーストラリアとの連携などの中で、実は原料となる鉄鉱石の採掘を含めた枠組み構築を検討したり、高炉メーカーもその原

料を生産しているオーストラリアの会社との連携などを進めるということで、脱炭素を図る取組を始めているところでございます。

こういったところも含めて、サプライチェーンを全体で眺めていく。その際にどこがポイントになるかということころは、やはり脱炭素された、あるいはグリーンスチールというものをどのように評価して、一定程度そこに価値を見出して買っただけかということなのですけれども、資料のどこかに載っておりましたが、既に一部そういった取組、あるいは脱炭素の製品を求めるといった取組が始まってございますので、そういったところで逆に評価していただけるようなことに、どのように何らかの指標なり商標的なものがつけられるかということで、ISOの取組を始めておりますけれども、そういったところを推進していく。さらに、それをアジア等も含めて展開していくということを、我々としては取組の範囲を広げてやっていきたいと考えているところでございます。

その上で、重要なのは、マイルストーンを作ったりステージゲートをきちんと作っていく。その中で、いわゆる補助とか委託だけではなく、トランジションファイナンスの取組などもございますので、そういったファイナンスの仕組みをうまくプロジェクトの中でも、あるいは様々な今後の取組のマイルストーンと連動して検討していくということも、今後検討を進めたいと考えてございまして、トランジションファイナンスのロードマップの作成なども今後進めていく予定でございまして、そういった中できちんと位置づけていきたいと考えてございます。

あと、人材育成の点、非常に重要な御指摘をいただきありがとうございます。こういった観点で問題意識がございまして、鉄をはじめとする非鉄あるいはそれ以外の素材産業のマテリアルについての戦略を、昨年、政府としても決めておりますけれども、その中でも実は人材育成が非常に大きなテーマになってございまして、そういった意味でも、各社がコミットするのが重要ということで、多額の研究開発投資をしたいということでございます。そこについては各社とも実は中長期計画で、これだけ脱炭素に投資をするということでコミットしてございますので、各社の本気度はそれなりに評価されてしかるべきものかと思っておりますので、それに我々としてもしっかりと後押ししていきたいと考えてございます。

私からは以上でございます。ありがとうございます。

○平野座長 ありがとうございました。

○笠井室長 事務局でございます。私からも少し補足させていただければと思います。

まず、先ほど塩野委員から、このサプライチェーン上で多くのプレーヤーが関わってくるという中で、主体としてどこがどのように取り組んでいくのかということと、その中でどういう取組にどれぐらいの資金を配分していくのかとか、かけていくのか、こういったところの説明も必要であろうというような御指摘があったかと思えます。

これにつきましては、本日は資料3ですけれども、縦置きの紙の中に具体的な研究開発の取組であるとか、こういったことを研究開発としてやっていくべきなのかといったようなことを記載しております。これについてさらに議論を深めていくということと、併せて、必要に応じて次回また議論させていただければと思うのですが、各取組にどれぐらいの資源を投入していくべきなのかというようなことも、本日の議論も踏まえながら、次回お話しさせていただきまして、その中で、どういうところにどれぐらいの資源を投じて取り組んでいくべきと考えているか、また、それをどういう主体がどのようにやっていくのかといったようなところも、考え方を議論させていただければと考えてございます。

それから、先ほど関根委員から、このプロジェクト単体だけでなく、ほかのプロジェクトとの連携も検討していくことが必要であろうという御指摘がありました。そういう意味で、各プロジェクトの中で、これがほかのプロジェクトとどのように連携していくのか、関係していくのかということもしっかり検討してまいりたいと思えますし、また、先ほどおっしゃられましたように、全体のプロジェクトの中で、どことどこがどのように関係してくるのかとか、その関係性をどのように構築していくことが、それぞれのプロジェクトの効果をより高めていくのかというような観点から、これは部会での議論なども含めて、また検討させていただければと考えますし、我々としてもそういった考え方をしっかり整理しながら、皆様と議論できればと考えてございます。これについてはまた事務局のほうでもしっかり検討しまして、委員の皆様にご相談させていただければと考えてございます。

以上です。

○平野座長　　ありがとうございました。あと、オブザーバの方々に御発言があれば、よろしくお願いたします。

○末廣オブザーバ　　すみません、JOGMECの末廣ですけれども、よろしいですか。

○平野座長　　はい、お願いします。

○末廣オブザーバ　　先生、お久しぶりです。どうもありがとうございます。今、委員の皆様、またMETIの方の御発表に全て尽きるかなと思うのですけれども、先ほど御説明の10ページですかね、スケジュールがあったと思えます。私も経済産業省さんのお世話に

なっているいろいろな研究とか実証をやらせていただいています、印象から言いますと、スケジュール感は正しいのでしょうけれども、ただ、外部環境変化を考えると、少し長いのかなという気がします。先ほどMETIの笠井さんからお話があったのですけれども、やはりどの項目にどのくらいのリソースをつぎ込むかという、外部環境変化を見てすぐ見直しというか、プランありきというよりは、逆にDOのほう、やってチェックするほうが重要なと思います。これは自分の経験も踏まえて言います。

あともう一つは、COURSE50というのがありますけれども、これは2008年度からやっていますので、これは多分、外部の大学の先生だったり外部の有識者の方から評価されていると思うのですけれども、COURSE50が今実際どういう評価になって今後やっていくのかと。つまり、関わっている技術者の方は、今日、いろいろな数値目標とかも入っていると思うのですけれども、その上限とかもある程度見えていると思うのです。COURSE50が今、一番成熟度が高いのであれば、逆に、先ほど馬田先生とか塩野先生からもありましたけれども、サプライチェーンの問題もありますので、早期に1号プロジェクトみたいなものを全体チェーンで少しやってみて、実証すると。実証というのは、技術だけの実証ではなくて、全体サプライチェーンの実証みたいなものをやったらいいのではないかなと思っています。

私の石油天然ガスの業界であります、今、カーボンニュートラルLNGというのですか、例えばLNGをカーボンニュートラルにしますなんて言っているのですけれども、実は植林とかカーボンクレジットでやっているわけですが、これはLNGのカーボン分ぐらいしかできないのです。実際、サステナブルできないというのは分かっています。ただし、そういうのをやっているのだというを見せていくのが、いろいろなこういったチェーン上の課題抽出とかにも重要ではないかなと思いました。

以上です。

○平野座長 ありがとうございます。ほか、いかがでしょうか。NEDOの小林様、いかがでしょうか。

○小林オブザーバ NEDOの小林でございます。この製鉄の水素還元プロジェクトでございますけれども、本件、先ほど末廣さんからも御指摘のあったとおり、NEDOとしてもずっと取り組んできた事業の、ある意味、継続というか、さらなる発展系でございまして、我々としてもぜひしっかりと取り組んでまいりたいと思っております。

これまでの基本的な考え方は、製鉄のプロセスの中で、製鉄所の中でいろいろなリソー

スが出てくるわけでございますけれども、これをどうやって効率的に活用して、CO₂を減らしていくかというのが、1つ大きな考え方の基本になっていました。ただ、今後はそれでは間に合わないということで、外部からのエネルギー、それから外部からの水素を活用して、どこまでCO₂を減らしていくかということにチャレンジしていくこととなりますので、非常にチャレンジングな問題、課題を抱えることにはなりますけれども、我々としてはできるだけサポートを企業の皆様に対して行うとともに、一緒に研究開発に取り組んでまいりたい、そのサポートに取り組んでまいりたいと思っておる次第でございます。

以上です。

○平野座長 ありがとうございます。早稲田大学、伊藤先生、何かコメントはございますか。

○伊藤オブザーバ 伊藤でございます。御説明どうもありがとうございました。非常にチャレンジングなテーマでありますけれども、2点ほど感想を述べさせていただきます。

まず、100%水素を使うという究極の目的まで達しますと、コークス由来のサルファ、それから事前処理をうまくやるとリン、これも還元条件を変えますと鉄の中に入らないという可能性もありまして、それから炭素はそもそも入らないので、脱炭工程が要らないとなると、脱酸工程が要らなくなって、介在物除去の問題も随分クリアできるというわけで、かなり日本がアドバンテージを持っている製錬技術、高級鋼を造るために必要な高度な製錬技術というのが、あまり出番がなくなるというところがあると思うのです。

そういう意味で、それぞれのステップにおいて産出されるであろう、生成する鉄の不純物に関する予測をして、それに対応した製錬技術を同時に開発していくといったことが重要ではないかと思えます。

2点目なのですが、電炉鋼で高級鋼を造るというのが1つあったと思うのですけれども、これは意外と早く実現するのではないだろうかという気がいたします。そうしますと、むしろ高級鋼は電炉で造りましょうというようなトレンドが生まれるかもしれない。結果的にはアメリカに近いような、電炉の比率が増えていくということも十分可能性がありますので、その辺は開発状況と社会状況を見ながらプランニングしていったらいいのではないかと思います。

以上でございます。

○平野座長 どうもありがとうございました。まだ若干時間がございますけれども、委員の方々に御発言、あるいは追加のコメント、御質問がある方いらっしゃれば、どうぞ御

発言ください。

○林委員 先ほど来、伊藤先生の御発言を伺って、やはり原料の鉄鉱石の品位が重要になってくるのかなと思いました。水素で還元していくとなると、コークス由来の不純物が無くなりますので、とかそういったものが減ってくる、水素で還元していくとなると、鉄鉱石の品質というものが直に効いてくると。

ただ、鉄鉱石、ちょっと高品位なものが少なくなってきておりますので、資料にもございましたが、豪州など鉄鉱石の輸入元と一緒に鉄鉱石の品位に応じた事前処理技術の検討などを行うことが重要になってくるのかなと感じました。

以上です。

○平野座長 ありがとうございます。ほかに委員の方で御発言のある方いらっしゃればどうぞ。

○塩野委員 塩野でございますが、1点よろしいですか。

○平野座長 塩野さん、どうぞ。

○塩野委員 ありがとうございます。1点、短くですけれども、我が国の産業競争力としての鉄鋼の分野というのは非常に大きくて、それが需要側としましては、例えば自動車産業であったりとか、建築であったりとか、そういったところが何のために買うかというのをレイヤーを上げて考えますと、先ほどもありましたように、脱炭素の製品だから買う、脱炭素として認定、定義されているから買うということがございます。なので、一連のサプライチェーン構築と技術開発というものが、脱炭素として認定というか承認されている状況をずっと作り続けられないといけないと、そういうルールに合わせていっているという状況を作らないといけないと考えておまして、そこはやはり官というか政府側からモニタリングして、下支えが可能なことと考えますので、そこら辺もMETI様の御意見を伺いたいなと思っております。

以上でございます。

○平野座長 ありがとうございます。ただいまの塩野委員の御発言に対して、笠井さん、METIのほうで何かコメントはありますか。

○笠井室長 事務局でございます。特に製鉄に関しては、先ほど蓮井課長から御説明あった、資料で28ページ以降に社会インフラの整備というところがあったかと思えますけれども、こういった取組の中で、まさにグリーンスチールの価値というのを、指標を作りながら、どのように高めていくか検討していくということかと思っております。この鉄のプ

プロジェクトに限らずですけれども、あらゆるプロジェクトの中で、こういう社会実装に向けた官の役割、制度面の見直しなどを含めて、しっかり検討していくということだと思っております。この点についても、本日お示しさせていただいたものを含めて、またしっかりと議論を深めさせていただければと考えてございます。

○平野座長　　ありがとうございました。もう一つテーマがありますので、前半はここで一旦議論を取りまとめたと思いますけれども、多くの委員の方々の意見が出まして、ほぼ論点は出そろっているということだと思います。このワーキンググループ自体というのは、特定の分野の技術開発というところに焦点を当ててはおりますけれども、やはり各委員からの発言を聞いておりますと、サプライチェーンの上流側の、例えば水素の調達であり、コストの問題であり、川下の需要創造であり、またそうした全体をサポートする制度の問題、あるいはルールメイキングの問題の重要性、そういうものから敷衍すると、全体的な広い意味での資源外交であるとか、こうした国際協調みたいなことも視野に入ってくるということだと思います。

また、人材、ファイナンス等の指摘もありました。要は、当然なのですけれども、これは非常に俯瞰的な視点での取組が必要であり、また、どこに隘路があり、どこに課題があるのかということ認識して、そういう隘路を突破していくという複雑なプロジェクトマネジメントがやはり重要なのだろうと思います。

ですので、当委員会はこうした技術分野に焦点を当ててはおりますけれども、このディスカッションの場においては、こうした俯瞰性というのを担保していただくと。これは事務局のほうにもお願いではありますが、全体感を持ってやはり議論していくことの重要性というのが必要だなと思いました。

それから、これもオブザーバ等の御発言にもありましたけれども、その過程で、他国、あるいは他社も様々な技術開発、取組を進めていきますので、見直しをしていくということ。したがって、ステージゲートをいかに管理し、柔軟に見直しができるようにしていくのか、こういうことも必要だと思いますし、そういう立てつけであるということもぜひ事務局、あるいは役所のほうでも担保していただいて、柔軟に、我が国として一番望む方向に、鉄鋼産業の重要性は言うまでもないですけれども、進めていけるような機動性、戦略性をここでも担保していければなと思いました。

私からは以上です。

それでは、後半の今度は燃料アンモニアサプライチェーンの構築のほうにテーマを移し

たいと思います。また、これは資料4を使いまして、プロジェクト担当課から御説明をお願いできればと思います。よろしく申し上げます。

○渡邊企画官　ありがとうございます。資源エネルギー庁資源・燃料部政策課で企画官をやっております渡邊と申します。どうぞよろしくお願いいたします。それでは、資料4に基づきまして簡単に御説明さしあげたいと思います。

それでは、次の次のページ、ページ2から背景の御説明に入りたいと思います。まず、燃料アンモニアでございますが、今まで、皆様、水素の議論をされていた中で、そのキャリアの1つとしてアンモニアというのが存在してございましたが、今般、発電でありますとか船舶への直接の燃料として、そして脱炭素燃料として捉えておりまして、そういう観点から1つ、燃料アンモニアとして取り上げさせていただいているところでございます。

次のページを御覧ください。ページ3となりますが、具体的に大きな需要といたしましては、発電、そして船舶となっております。発電につきましては、現在、石炭火力向けに20%のアンモニア混焼、これはもう実証を本年度からスタートする予定でございます。また、船舶につきましては大きな可能性を秘めているということで、これは将来のユーズでございますが、別のワーキンググループで議論が進んでいるものと承知しております。

次のページ、ページ4をお願いいたします。こうした中、アンモニアのCO₂削減のポテンシャルというところを簡単に御説明申し上げます。これは発電の観点でございますが、実際、将来的にアンモニア専焼へのリプレースを今の石炭火力に対して行いますと、発電部門の約5割のCO₂削減が可能となります。20%混焼によっても、発電部門の約1割の削減が可能となっております、我々としては大きなCO₂削減ポテンシャルを秘めていると考えてございます。

一方で、実は石炭火力1基20%混焼すると、アンモニア需要量50万トン必要となっております。実際、今、原料アンモニア、主に肥料で使われてございますが、これは年間の貿易量が2,000万トン、そして日本の消費量に至っては年間100万トンと、50万トン掛ける2ということで、2基動けば飛んでしまうような量になっておりますので、燃料アンモニアの新たなサプライチェーンの構築が需要拡大とともに必須となっているという状況でございます。

次のページを御覧いただければと思います。アンモニアのコストの水素との比較でございますが、ある程度の技術開発、特に輸送のところはできておりますので、そういう点が価格の差として大きく出ております。結果として、アンモニアの20%混焼というのは、今の

石炭火力の1.2倍程度の価格で抑えられているという現状がございます。

次のページ、6ページを御覧ください。こうした価格的な背景もございまして、今、大手電力会社のアンモニア燃料の活用方針が明確に出ております。昨年10月にJ E R Aが、まさしくアンモニア混焼、専焼をロードマップの中で掲げまして、それを追いかける形で電源開発でありますとかほかの電力会社もアンモニアの混焼、専焼を2030年から2040年代にかけて進めていくというロードマップを示しているところでございます。こういう大手電力会社のコミットメントが既に存在しているという状況でございます。

それでは、少しページを飛ばしていただきまして、12ページをお願いいたします。今、まさしくエネルギーミックス議論というのが進んでいるところでございますが、我々政府側としましては、今、一案としては、2030年の電源構成において水素、アンモニアというのが1%、そして2050年の電源構成において水素、アンモニアが約1割入るだろうという参考値を御提示させていただいております、それで議論を進めているところでございます。

まだ議論中ではございますが、ある程度の規模の水素、アンモニアが発電に入ってくるとなった場合に、それぞれの特性と将来の姿をここに示してございます。大きく異なりますのは、水素はガス火力発電、アンモニアは石炭火力発電への相性がとてもよいというところでございます。特に燃焼速度の観点から、水素とガスは速い、アンモニアと石炭は遅いというそれぞれの速度の関係で、こういう形になっております。

また、将来の姿、特に今の既設のガス火力とか石炭火力がもうリプレースするタイミングになったとき、この後どうなるかという論点につきましても、アンモニアにつきましては石炭火力、今、脱硝装置は極めて大きいものを使っておりますし、また、混焼を進めるに当たって、アンモニアタンク等の設備が周りにできてきますので、そういう意味では、石炭火力発電をもしリプレースするとなったときには、アンモニアの専焼、100%アンモニア火力発電が導入されるという道筋、逆に言いますと、水素はガス火力のリプレースにおいて水素発電になっていくだろうと。こういう姿を描いているところでございます。

次のページに行っていただきますと、国内の石炭火力の動向でございますが、恐らく、まずは超超臨界を中心としてアンモニア混焼・専焼の導入が想定されます。これが2,000万キロワット程度でございます。

また、ページ16を御覧ください。これは世界でございます。世界もエネルギー需要は、今後まだまだ特にアジア太平洋を中心に伸びてまいります。特に7割はアジア太平洋地域

ということで、これは I E A の試算でございますが、2040年でも石炭火力が電源構成の4割を占めている状況。今に至っては6割でございます。

実際、いろいろG7で議論とかございますが、既設の石炭火力をどうやって脱炭素化していくか、これは極めて大きな問題でございます。こういうところに我が国の技術、アンモニアの混焼、もしくは専焼という技術が入っていくことによって、アジアの現実的な脱炭素というところを進めることができると考えております。逆に言うと、これが我が国にとっての成長のオポチュニティーになると考えてございます。

次のページ、17ページを御覧ください。こうした背景から我が国の燃料アンモニアにおける社会実装の絵姿、好循環の創出という形で書かせていただいております。これは水素と同じような絵姿になりますが、大規模なアンモニア発電需要の創出、そして大規模なアンモニアサプライチェーン構築、この連携が必須と考えておりまして、具体的には、アンモニア需要の量的拡大は、火力発電への利用拡大というのがまずあります。アンモニア供給インフラ整備側は、高効率な製造技術の確立、これによってインフラ設備を整備していくと。この2つがアンモニア供給のコスト低下でありますとか利用機器のコスト低下、これによってアンモニアの競争力向上という形で、ぐるぐると回っていくものと考えてございます。

次のページ、18ページを御覧ください。こうした背景から、我々としては、社会実装モデルのイメージといたしまして、やはり大規模なアンモニアの製造、輸送を行って、大型の火力発電所を中心に発電等で大規模利用するというモデルが想定されると思っております。製造、そして発電、両サイドの技術開発が求められると理解してございます。

次の次のページ、20ページを御覧ください。先ほども、世界の中でどのように物事が動くのかという御指摘がございました。それを端的に示してございます。まずは、今現状、燃料アンモニアの市場はございませんので、この市場、そしてサプライチェーンを構築するためには、今、特にアンモニア製造の部分におきましては、例えばサウジアラビアとかUAEとか豪州とか、いわゆる産ガス国がアンモニア製造をしようとしております。また、Y a r a、これは肥料メーカーでございますが、今の肥料メーカー兼、ある意味、トレーダーでございますが、これがグリーンアンモニアを進めようとしております。ただ、技術的には、こういう合成技術はまだ改善の余地がありますし、特にグリーンにつきましては、かなり電解合成を進めておりますが、途上になっております。

この中、我が国の成長機会といたしましては、ブルーにおいては、CO₂削減が実質的

に求められるような合成技術の開発によって、ゲームチェンジを起こそうということ。グリーンアンモニアにつきましては、今後それがどんどん大きくなっていくことが見込まれますから、これに対する低コスト化の技術開発も必要となってくると考えてございます。

利用につきましては、まさしく発電でのアンモニア利用、これは日本独自の技術でございます。一方、海外では、やはり石炭火力は中韓ボイラ企業が強いので、混焼、専焼技術を彼らは追及している可能性が高いと考えてございます。既に中国からは、実は我々の業界団体に少し話が来ていて、それを若干流している状況となっておりますので、アジアと世界の火力発電において、こういうアンモニア導入、そしてアンモニア専焼、混焼を図るためには、早期に我々の技術開発を完成させなければならないと考えてございます。

それでは、具体的に目標の話に入りたいと思います。23ページを御覧ください。今回、我々が研究開発として考えてございますのが、アンモニアの製造新触媒の開発・実証と、グリーンアンモニアの電解合成、この2つを製造の技術として提示させていただいております。アンモニアの新触媒はハーバーボッシュに代わる、より低温低圧の触媒、合成技術でございまして、これによって運転コストを15%以上低減するだろうと見越しております。

また、グリーンアンモニア電解合成は、まだまだ小規模でございますが、将来、グリーンアンモニアの価格競争力が高まることを考えれば、やはり1年間の連続運転によってしっかりと製造できる技術開発をしていくことが必要だと思っています。

一方で、発電利用におきましては、石炭のボイラを使う形、また、より効率の高いタービンを活用する形、この2つあると考えてございまして、それぞれ、高混焼、もしくは専焼の技術目標を設定したところでございます。

次のページ、24ページを御覧ください。大きく申し上げますと、将来的にこのようなアウトプットを通じて、中長期アウトカムといたしましては、CO₂削減試算値というのは、世界で11.5億トンとなるでしょうし、経済波及効果につきましては、発電とサプライチェーンでしっかりインフラがより大規模に発展することを考えれば、年間7.3兆円規模と我々は試算しているところでございます。

次に、具体的に技術の話に入っていきたいと思います。26ページを御覧ください。まず、アンモニア製造新触媒の開発・実証でございます。これまでハーバーボッシュ法、これは100年以上使われてきた技術でございますが、高温高压条件下でやっております、実際かなりエネルギーの消費が激しいものでございます。これを、新しい代替の低温低圧の合成手法を我が国技術として開発することによって、海外ライセンサーに依存しない生産体

制構築、そしてコストの低減、CO₂排出量の低減を目指していきたいと考えてございます。

特に、今、開発状況といたしましては、数トン程度というところが出てきておりますので、こういうところをしっかりと拡大していきたいと考えておりますし、また、触媒によってはかなり高価な触媒もございますので、触媒の代替性をもって、より安く合成できるような技術開発も同時に選択肢に入れていく必要があると考えてございます。

実際、今までSMRとハーバーボッシュという組合せで、ある意味、最適化されてきた技術でございますが、今般、この新技術を用いることによって、アンモニア製造全体の最適化としては、恐らく今後、大規模化が可能なATR、自己熱改質、これを中心として新触媒、新合成の組合せが出てくるだろう、このように最適化されるだろうと考えてございます。そのためには、しっかりとNEDOの知見を活用しながら、どういう全体最適化ができるのかということモデル分析していきたいと考えているところでございます。

次のページ、27ページを御覧ください。先ほどはブルーアンモニアをベースに申し上げましたが、今後はやはりグリーンアンモニアの価格を安くしていく必要があると考えてございます。将来的に価格競争力を持ち得るグリーンアンモニアについての製造技術の開発を行っていく必要があります。現状、3倍程度の価格差でございますが、これが将来収まっていく。それを我々としても武器としていくためには、次のページの技術開発を想定してございます。

28ページを御覧ください。これはグリーンアンモニア電解合成技術といいまして、今までグリーンから、ある意味、再エネから作る場合に、水電解とハーバーボッシュ、この組合せでございました。すなわち、途中、水電解した後、水素貯蔵を一度して、空気分解をして、アンモニア触媒合成をする。この4つの工程があったところでございます。これを1つのステップでアンモニア合成する、これによって相当な価格低下が見込まれると考えてございます。

次のページ、29ページを御覧ください。既に3つほどの合成例の種類がございます。熔融塩電解、モリブデン触媒、プロトン伝導体ということです。既に1年間で何十キロというところをラボレベルでは開発されてございまして、これをトンレベルに持ち上げられるかというところをしっかりと進めていくとともに、これは幾つか複数ございますので、しかるべくステージゲートを設けて進捗を管理していく必要があると考えてございます。

次のページから発電利用というところでございまして、31ページを御覧ください。アン

モニアの発電利用でございますが、大きく3つの課題がございます。1つは、アンモニア自身が難燃性でございますので、着火・燃焼の安定性がまず大前提であるということ。そして、NH₃でございますので、NO_xが大量発生いたしますので、NO_xを抑制する技術。そして最後に、未燃アンモニアが残るのを防ぐ。アンモニア自身は毒性がございますので、やはりこれを完全に燃焼し切る技術。この3点を解決する必要があると思っております。

また、石炭ボイラというのは対向式と旋回式の2種類ございまして、そういうところもそれぞれのバーナーが変わってまいりますので、こういうところも考えて開発を進めなければならないと考えてございます。

いずれにしろ、石炭火力のアンモニア高混焼化、リプレースによるガスタービンを含めた専焼化の移行を可能とする技術を、従来の見通しよりも大幅に前倒して2030年までに確立して、我が国のカーボンニュートラルにしっかり貢献したいと考えているところでございます。

次のページを御覧ください。高混焼、専焼でそれぞれの課題がございまして、特にバーナー設計が全く変わってしまうというところが肝となります。形状を変更すること、専焼に至っては、石炭をベースにしなくていいので、そのためのノズルも変わってまいりますので、これを一から設計し直さなくてはならない。高混焼も、窒化の対応として、バーナーの形状変更が発生する。こういうところをそれぞれしっかり並行して技術開発しなければならないということでございます。

次のページ、33ページでございますが、リプレース後は、ボイラとタービン、2つの可能性があると思っております。特にタービンは発電効率がよろしいので、電力をヒアリングしても、2つの道が出てきております。特に、初期投資は高いが、発電効率が高いというのがガスタービンですので、これは専焼についてでございますが、ここを両方とも開発する必要があると考えてございます。

最後に、我が国の社会制度としての支援整備といいますか、そういう点を説明させていただきたいと思っております。35ページを御覧ください。先ほどもいろいろな委員の皆様からお話がありましたが、水素、アンモニアをどのようにインセンティブを与えるか。特にコスト面で1つ考えておりますのが、非化石価値の顕在化でございます。これは、電力料金にプラスアルファ、非化石というものの価値化をするというところでございまして、実際に非化石価値取引市場というところで取引されてございます。今現状、水素、アンモニアは

入ってございませんので、これをしっかり入れ込むという検討をしていく必要、これは我々も内部で議論しているところでございます。

次に、36ページへ行っていただきますと、やはり肝となるのは国際協調、そして国際標準化だと思っております。特にサプライチェーンを構築する、そして怪しいアンモニアのスペックによって、機器の安定性を確保する観点で、まずやはり仕様、スペックというものをしっかり我が国が取っていくということ。

そして、もう一つは、燃焼時の窒素酸化物の排出基準、これは機器そのものでございますが、やはり我々は発電でNO_x抑制のバーナーを開発しても、中国等がまがいもののバーナーを持ってきて、窒素酸化物が大量に発生しますというのがあり得ますので、国際基準でそういうまがいものを排除していく制度整備をしっかりしていきたいと考えてございます。

次、37ページ以降でございますが、我々は国際協力、連携をしっかりしてございます。既にブルーにつきましては導入が早かろうと考えておりますので、そういう意味では、UAEなりインドネシアとの覚書でもって、上流からの開発支援、そういうところにしっかりと企業等入っていくということを考えてございますし、次の38ページ、資源外交の中も、しっかりと水素、アンモニアというのを入れて交渉していく。それも、既に我々はエネ庁の戦略として築いてございます。

次のページでございますが、39ページは、実際にアジアで現実的な脱炭素化のトランジションを進めるということで、昨日、日ASEANの大臣級会合がございましたが、ここでしっかりとアジアの国々に向けて、アンモニアを含めた現在のトランジションを日本で支援していくということを宣言してございます。こういうところをしっかりとしたアンモニアのマーケットを作っていく必要があると思っております。

40ページでございますが、当然、公的機関によるファイナンス供与も、我々はもう既にJBIC等と話をしてございますので、しっかりとこういうバックアップ、支援をしていきたいと考えております。

最後、42ページでございますが、実施のスケジュールとしまして、30年、もしくは28年度までの技術開発を進めていくということでございます。

すみません、長くなりましたが、以上でございます。

○平野座長 どうもありがとうございました。それでは、また自由討議に移りたいと思います。一巡目とは逆順で、林委員から、お1人ずつ、また御発言をお願いできればと思

います。よろしゅうございますでしょうか。それでは、林委員、御発言をお願いいたします。

○林委員　とても詳しい説明、分かりやすい説明、ありがとうございました。

水素と同様、アンモニアを使って脱炭素化を図るということで、このアンモニアは、特に石炭火力の混焼に使えるというのが非常にいいところと思いました。石炭火力は東南アジアのほうでかなり広く使われておりますので、そういった地域でのカーボンニュートラルに貢献できる技術開発になるかと思えます。

また、日本が優れた技術を開発したときに、海外の安価で粗悪な同様の製品に対抗して、日本の良い製品、高性能の製品を販売していくために、NO_xの発生に対する標準化もきちんとしていけるということで、ぜひともそれとの一体化で技術開発を、そしてそれを販売して、広く普及していくというところを推し進めていければいいと思います。

以上でございます。

○平野座長　ありがとうございました。では、続きまして、高島委員、お願いいたします。

○高島委員　御説明ありがとうございました。水素も似ているとは思いますが、アンモニアは、まだ見ぬ燃料、まだ見ぬインフラ、まだ見ぬ発電というところで、比較的白紙のところから、作るところ、運ぶところ、使うところという市場を創出しなければいけないというものと認識しております。こういったところに適切なバランスで投資をするためには、見直しをする前提とはいえ、何らかの海図というか、全体のビジョンを持って進めたほうがいいと思っております。「いつ、どこで、何基導入して、どのぐらい低炭素にするのか」という辺りをある程度に明確にして進めるほうがいいのかなと思っております。

具体的に2点お話ししますと、1点目が、8ページ辺りの目標値が入っているところで、多分2030年の数値は20%混焼が何基という想定だと思うのですが、一方の2050年の3,000万トンのイメージというのは、何%ぐらいの混焼を国内に何基、アジアに何基ぐらいで想定しているのか、もしくは既にリプレースが起こっている想定なのかとか、その辺のビジョンがある程度明確にできるとよいのではないかと考えます。

2点目は、将来像についてです。既存の石炭火力の脱炭素化にこれを使えるというのは大変よく分かっているのですが、将来的にそれが退役していく時代に、アンモニアのインフラをどう捉えればいいのかという辺りは、非常に難しいと思っております。

既存石炭火力が退役していく時代になりますと、水素含めていろいろな技術開発も並行して進んでおりますので、幾つかのシナリオが考えられると思います。例えば「今の石炭火力と同出力規模のアンモニア専焼の火力発電所に置き換え、アンモニアインフラが大規模に必要な」という想定でいいのかということ。今後様々な開発が進んでいく中で、適切な段階で、「こういう位置づけでこのぐらい投資していこう」というのを見直すタイミングなども必要なのではないかと思います。

以上です。

○平野座長 ありがとうございます。それでは、関根委員、お願いいたします。

○関根委員 ありがとうございます。アンモニアを大規模に利用するというのは、今、御指摘もあったとおり、まだ見ぬ世界というのはもちろんなので、幾つか考えておかななくてはいけない点があるやに思います。

まずは、例えばLNGを昔、導入するときというのは、メタノールに入れるか、LNGで入れるかという大きな議論がありました。その中で、いろいろなリスクを想定して、災害等の中でこういうことが起こったら、こんなことがあり得るのではないかというケーススタディーをいろいろやって、結果として、LNGの安全性を担保しながら大規模に導入するという結論に落ち着いたと記憶しております。

このように今回のアンモニアというのも、例えば船で使う、発電で使う、そういったケースにおいてどういうリスクが考えられて、その際にどう対応するかということ、必ずしも前のめりでゴーゴーではなくて、リスクと災害時における対応も含めて、外部にリークした場合に甚大なる被害を及ぼす物質であるということは重々に承知した上で、進めることが肝要かと思えます。

皆さん、例えばキンカンという虫よけの液体がありますね。あれ、すごい刺激臭で、すごく強いですが、物すごく希薄なアンモニア溶液です。実際、あれの非常に濃厚なものを使うということで、被曝を受けた場合、我々人間は即死をします。純アンモニアを被曝してしまうとすぐに人間は死んでしまいます。なので、例えば住宅街等々での災害時の暴露のリスクなども十分に考える必要があるかと思います。

それから、NO_xの話がありましたが、当然ながら、皆さん御存じと思うのですが、今、今の微粉炭火力の排煙脱硝というのは、全部とは言わないですけれども、ほとんど後ろでアンモニアで脱硝しています。バナジウム系とかの触媒をハニカムにして、微粉炭のボイラの発電所の一番後ろのところでNO_xが出ますので、これを大規模に脱硝して、そ

ここにアンモニアを入れて、NO_xとアンモニアで、OとHで酸化還元で潰すということをやっているわけです。なので、アンモニアを燃焼してNO_xが出るというのは、ある意味、私にしてみれば妄言でして、スリップさせたアンモニアを、今ある排煙脱硝の技術できれいに潰せますから、燃焼だけをやっていれば当然出るかもしれませんが、全体のプロセスとしては、そこはもう十分に解決できる技術がある、既に動いているということでありませぬ。

最後に、電解合成ですが、これは唯一、TRLが非常に低いもので、今、耳かき1杯ぐらいのアンモニアができるような話を、大規模に買ってくるアンモニアの話とごっちゃにして今回議論しています。もちろん企業が責任を持ってここを背負うということであれば、私として別に止めるつもりはありませんが、やはりどこかできちんとステージゲートを設けて、耳かきがたらいになり、タンクになり、タンカーになるというシナリオをきちんと描けないと、この事業はやみくもにお金を突っ込んでも何も出てこないのではないかと感じます。

以上です。

○平野座長 ありがとうございます。では、続いて、塩野委員、お願いいたします。

○塩野委員 塩野でございます。詳細に御説明いただき、ありがとうございます。

こちらは、本当に全体で捉えるべきエネルギー政策そのものと考えております。アンモニアは水素キャリアとしても使えて、混焼、専焼もできると。ここの論点としてあまりにもインパクトが大きいのが、やはり需要者たる日本の電力会社が鍵で、大きなインパクトを持っていると考えます。

そのところで、どういうバランスでアンモニアを使っていくか。そのアンモニアの供給として、海外製造のものでグリーンとかブルーというものと、国内で今考えているアンモニア製造開発技術の今回検討しているような話というのが、全体としてバランスして、グリーン化が行われるということになるので、海外で作られている供給部分の割合のコントロール、持ってくる割合のコントロールと、国内の今回の技術開発でどこまでやれるかというコントロール、需要者たる日本の電力会社が本当に使ってこれをグリーン化していけるかという、その全体で捉まえないと実装は難しいと思っていますので、各パーツパーツというよりは、全体の政策としてどのように持っていくか。そこに対してどういうファイナンスを行うかというような視点で見たいと考えております。

以上でございます。

○平野座長 ありがとうございます。続きまして、佐々木委員、お願いいたします。

○佐々木委員 まず、アンモニアも水素キャリアと言えます。あと、関根委員からも話がありましたように、石炭火力発電所で既に脱硝でアンモニアが使われておりますので、アンモニアは、ある意味で使いやすい、導入しやすい部分があると思います。なので、サプライチェーンの構築、そして、使う量が桁違いに増えますので、まさにこの技術開発を進めていただきたいというのが1点目でございます。

特に39ページ目のスライドが私は非常に分かりやすいなと思ったのですが、アジアの国も日本と同じようにエネルギーについて御苦労されておりますので、アジアの国々と同じ目線で、エネルギーのトランジションのパッケージを我が国が提供できると。技術とファイナンスと外交でそのパッケージをうまくアジアの国々に広めていただきたいというのが1点目でございます。

2点目は、ご説明いただきましたように、やはり石炭火力には燃料アンモニア、そしてガス火力には水素が相性がいいという本質的な部分はあると思います。なので、どちらがいいとか悪いとかという議論ではなくて、やはり中長期的に役割分担ができればいいなと考えます。それは日本のエネ私からのコメントですけれども、まず一つ、今回、水素ルギーセキュリティー上も重要ではないかなと考えます。

特に短中期では、電力会社さんは今、石炭火力で非常に逆風を受けております。そのため、アンモニアの利用をぜひ早く実現していただきたいと思っておりますし、他方、中長期的には、結局、水素のサプライチェーンで水素を安く供給しないと駄目なわけですが、エネルギー消費が大きいアンモニアの製造をしなくても、水素をそのまま使えるようになるように、並行して基金で研究開発をすれば、中長期には水素もコスト的にも俎上に上がってくるのかなと思います。

3番目は、先ほどの製鉄の議論にも出てきたのですが、やはりアンモニアを作るときも大量に安く、できればグリーンな水素で作って安定供給するというのが共通の課題でございます。なので、これは先ほどの議論もありましたように、事業横断で、基金全体で考えていただく必要があるというのが3点目でございます。

最後に、いわゆる非化石価値、これは水素でもいつも苦労しておりますし、アンモニアでも同じような苦労があるのかなと思います。社会全体では、非化石電力に対するニーズが着実に出ておりますし、サプライヤーがそのような非化石エネルギーで作った製品を求めるといった時代になってまいりましたので、ぜひ非化石価値を水素やアンモニアで政策的

に明確にさせていただきたいなと思いますので、経済産業省様には御尽力をぜひお願いしたいと思います。

私からは4点、以上でございます。

○平野座長 どうもありがとうございました。それでは、馬田委員、よろしく申し上げます。

○馬田委員 よろしく申し上げます。今回のお話、需給両方カバーして、供給側のアンモニア製造と、需要側の電力での利用というようなところで、非常にバランスのいい御提案なのかなと思いました。

その中で、発電利用に関する需要側について、研究開発等をしていく上で、恐らく電力会社の皆様に今回いろいろな資金をつけてやっていただくという形になるかと思います。先ほど少し鉄鋼のほうでもお話ししましたが、やはり電力業界も世界的に見て研究開発投資が、ほかの業界と比べると、非常に少ない業界だと言われていると認識しております。

例えば東電なども東日本大震災以降、研究開発費を非常に少なくしている状況ではあるので、こうした新しい技術の開発に費用をつけたからには、今後、R&Dの費用を増やすなどしていただくことが必要なかなと思っております。これもまた人材の話ですが、やはり重電系は学生からの人気は少し下がってきている状況ですので、ここに人材を流して研究開発を進めていくためにも、R&D費用を増やしていくことを企業様側にコミットいただけると、今後イノベーションを連続的に起こしていくためにも非常にいいのかなと思っています。

また、需要側に関するところとして、確かにボイラ改造等に関して、アンモニアを使う場合は石炭からの移行は比較的簡単だと認識しておりますが、設備投資、例えば荷揚げであるとか貯蔵用の設備であるとかというところは、恐らく新しい投資が必要になってくるのかなと思っております。そうしたところのトランジションファイナンスといいますか、費用がかかってくるところに対して、きちんとファイナンスをしていく仕組み、研究開発の後の話になるとは思いますが、そこも担保してさしあげることで、研究開発も進んでいくところがあるのかなと思っております。その辺りのロードマップといいますか、全体のビジョンの話もありましたが、そちらを計画いただくと非常に進みやすくなるのかなと思っています。

そこに関連して、アンモニアを扱う上での規制等、見直しが必要などころもあるかもし

れませんので、そちらに関しても目を配っておくと進みやすいのかなと認識しております。

最後に、供給側ですけれども、グリーンでいければすごくいいなと思っておりますが、最終的にブルーを組み合わせなければ、グリーンで技術開発がなかなかうまくいかなかったときには、ブルーにもどうアプローチしていくのかというところは、シナリオとして持っておくといいのかなと思った次第になります。

私からは以上になります。

○平野座長 ありがとうございます。最後に、伊井委員、お願いいたします。

○伊井委員 みずほ証券の伊井でございます。御丁寧な御説明をいただきまして、ありがとうございます。理解が大変深まりました。

私からのコメントなのですけれども、アンモニア混焼に対して、ぜひ政策的インセンティブをつけていただくことが重要かなと思っております。特に我々のような金融機関としては、今回のグリーンイノベーション基金を呼び水として、プロジェクトが今後スキルアップしていったときに、資金需要が発生すると思うのですけれども、その際にぜひサポートさせていただきたいと考えています。

その中で、今回の案件に限らずなのですけれども、プロジェクトが収益性を確保できるかどうかというのは非常に大きな課題かと思っていて、そのためには基金の枠外でも政策的なサポートをつけていくことが重要かと思っております。

現在、アンモニア混焼に対する政策的インセンティブはないというように、すみません、私のほうでは理解しておるのですけれども、再エネに対するFITみたいな形で、アンモニア発電に対して環境価値を認めるような制度の導入が必要かなと考えております。

既に渡邊様のほうから、35ページのところで、燃料アンモニアの導入拡大に当たった制度整備として、非化石価値の取引市場の活用を書いて御整理いただいておりますけれども、今、非化石証書とか非化石価値に対しては、事業者様、投資家様ともに関心を寄せてきているという状況でございまして、水素同様に、アンモニアについても製造、利用に関わるコストの回収というのが一定程度担保できるように、適切に非化石価値を付与するような制度、こういうものの整備が重要だと考えているところでございます。ここは、ぜひ経産省の皆様が制度整備を早いタイミングで図っていただきたいなと思っております。

また、最後なのですけれども、先行的にアンモニア需要が見込まれる分野として、今回、発電という形で想定されていらっしゃるかと思うのですが、将来的にはこの利用の裾野を広げていくことも重要かと思っております。塩野先生からもお話あったと思うのですけれ

ども、発電用の需要を起点として、将来的に周辺の産業にも利用が増えていくような形で
の支援をしていくことが重要なことと考えております。

私からは以上でございます。

○平野座長 ありがとうございます。それでは、各委員からのコメントは出そろいました
ので、まずは役所のほうから、笠井さん、渡邊さんからコメント、あるいは回答があれば
お願いいたします。

○渡邊企画官 渡邊でございます。貴重な御意見をいただきまして、また、励みになる
コメントも頂戴いたしまして、大変ありがとうございます。

幾つか委員の皆様からいただいた御意見をちょっとまとめた形で御回答さしあげたいと
思います。

まず、やはり将来的なロードマップと申しますか、ここら辺がまだまだ不透明なところ
はあると考えております。委員からも御指摘ございました、例えば2050年に3,000万トン
と我々は国内需要の見通しを出しておりますけれども、基本的に国内は専焼になるだろ
うと思っておりますが、高混焼が残り続ける可能性もあると思っておりますし、海外に至
っては、どれぐらいのポテンシャルがあるか、実際どのぐらい導入できるか、一応1割
ぐらい我々のバーナーが入れればいいなというところで、それを実行計画にも記載して
おりますが、やはり今後精緻化していく必要は大いにあると思っております。

そういう意味では、このロードマップ、8から10ページにかけて記載してござい
ますが、我々、官民で一体となってここら辺の進捗を確認し合って、こういうロード
マップをどんどん改定していこうと思っておりますので、そのときの技術開発の状
況を含めて柔軟に筋道、道筋というのを冷静に見ていきたいと思っております。

その観点で申し上げますと、将来の水素とのすみ分け、ここにつきましても、現
状、我々御説明さしあげたとおり、石炭火力とアンモニアとの相性の観点から、リ
プレース後も、周りのインフラを考えると、アンモニアが入ると思っておりますが、
例えばキャリアとしてのアンモニアがどうなっていくのかとか、これは水素側の
キャリアの技術開発の動向を含めて総合的に考えていかなければならない話だと思
っております。我々はそういう点も加味して、結局、市場の中でどういうキャリア
としてアンモニアが入っていくのか、位置づけられるのかということを含めて考
えていく必要があると思っております。

まずこれが1点目でございます。

それから、アンモニアについてのリスクをどう考えるかという点がござい
ました。これ

につきましては、まさしく御指摘いただきましたとおり、やはり実際、脱硝装置でアミンとしてアンモニアは使われてございますので、我々は水素のようなFCVに使用するか一般用の家庭に使うようなものとはあまり考えておりませんで、既にアンモニアを取り扱われている工業用という面が大きいかなと思っております。

ただ一方で、例えば高圧法でありますとかそういう規制は存在してございますので、そこしっかりと連携しながら、安全にアンモニアが入っていきける形というのをしっかりと議論していきたいと思っております。既に省内のまさしく高圧法を所管しているような、産業保安グループでございますが、そこも議論を始めたところでございます。そういう点を踏まえながらロードマップ等、我々は協議会で議論していきたいと考えているところでございます。

それから、まさしくアミン、脱臭装置で使われてございますが、プロセスとしては、最後、脱臭装置である意味、回収されるからNO_xを出してもいいのではないのという議論もありますが、やはりアンモニアを前提に立つと、相当な脱臭装置の設備が要りますし、また寿命も縮めることになりますので、そこは本末転倒かなという気もいたしますので、やはりNO_xを抑制する技術を開発していく必要は大いにあると思っております。

また、電解合成につきましては、まさしく関根先生おっしゃったとおりで、我々も、TRLは3だということで、今回の基金の一番下のレベルからスタートしますので、そういう意味では、我々もしっかりとステージゲートを設けて、生きるのか死ぬのかをしっかりと見ていきたいと思っております。将来的な成長の路線というか軌道をしっかり見極めたいなと考えているところでございます。

あと、塩野先生ほかからお話がありました電力会社が鍵だという、まさしくそのとおりでございます。我々も電力会社というのは当然利用の、技術開発含めてではあります、やはり将来的に製造側といいますか、上流側、調達側、ここでも入っていこうとしているのは見えております。特にJERAが一番真剣に取り組んでいるところですが、彼らは既に例えばマレーシアのペトロナスとMOCを結んだりとか、そういういわゆるサプライチェーン側に入っていくということから見て、価格低下を狙っておりますので、全体サプライチェーンを見たときに、LNGと同じような形で電力会社はコミットしていただくように思っておりますので、我々はそういうコミットをしっかりと手綱を締めて、逃げさせないようにする必要があると思っております。それが製造の拡大、サプライチェーンの拡大でありますとか、需要側の発電の拡大につながっていくのだと思っております。

また、ブルーとグリーンというのはどういう道筋で入っていくのかというお話がございましたが、我々が今、頭の中で描いておりますのは、まず導入は恐らくグレーから入ると思うのですが、2030年になると、恐らくもうブルーというのが出てきていると思っております。さらに、価格の低下次第でございますが、グリーンというのは2040年代ぐらいには主流になってくる可能性があると思っております、I E Aも2050年断面でブルー、グリーンが半々ぐらいというアンモニアの見通しを出しております。

こういう観点からしますと、まずはブルーを新しい合成技術というのはありますが、その先のグリーンの開発というところにシームレスにやっていく必要があると考えてございます。

それから、馬田委員から人材の話がございました。我々もエネルギー人材が減っているというところはかなり危機感を覚えておまして、それはやはり発電を投資もさることながら、人材もというところをすごく危機感を覚えております。我々も先日、資源・燃料部で報告書を取りまとめたところですが、そこでもエネルギー人材の確保というところで、まさしくこういう新しいカーボンニュートラルという視点で人材をしっかり確保して育てていかないと、電力会社はじり貧になると思っておりますので、そこを我々は政策として支援していきたいと考えてございます。

あと、非化石証書等の支援、アンモニアに対する支援のお話は、いろいろな委員の皆様から伺って、御要望いただいてありがとうございます。我々是对応していきたいと思っております。

なお、御承知の方もいらっしゃるかと思いますが、今、省エネ法というところで非効率石炭火力の高効率化の議論が進んでおります。実はこれは、投入熱量を分母として、出てきた熱量、発電を分子にして、それを高効率、40何%という形にするのですが、分母からアンモニアの混焼分を差し引く形で効率を上げるという、前よりアンモニアに対するインセンティブを考えているところがございます。これは告示を今改正しようと頑張っておりますので、そこはしっかりと取っていききたいと。それによってアンモニアのインセンティブをつけていききたいと思っております。

そういうところでございます。話が長くなって失礼いたしました。

○平野座長 笠井室長、何かあればコメントをお願いいたします。

○笠井室長 ありがとうございます。私からは特段ございません。

○平野座長 分かりました。あと、オブザーバの方々、せつかくの機会ですので、コメ

ント等お願いできればと思います。NEDOの小林様、いかがでしょうか。

○小林オブザーバ　ありがとうございます。まさに委員の先生方からいただいているコメント、そのとおりだなと思いながら伺っておりました。

NEDOとしましては、実際のプロジェクトの管理のところを担うことになるわけですが、その際にはしっかりステージゲート、今のNEDOのプロジェクトでもそういったものは活用しているのですけれども、そういったものを活用しながら、技術開発項目そのものの不確実性と、それから世の中の脱炭素をめぐる様々な動きという両方があるので、その2つをしっかり踏まえた形で、ステージゲートを活用してプロジェクト管理を進めていきたいと思う次第です。

あと、海図が必要ではないかというような話がありましたけれども、NEDOのほうにはテクノロジー・ストラテジー・センター、技術戦略センターという、どちらかという、頭を使っていろいろな戦略を考えていくようなところもございますので、経産省とそういった面からも協力をしていければいいなと思った次第です。

あと、実はNEDOのほうでプロジェクト評価をするときに、若い研究者がどれだけ入っているかというのも評価要素に入っておりまして、これをしっかり満たしていただくことができないときもたまにはあるのですけれども、こうした面からも、できるだけ人材育成にもNEDOとしては気を配っていきたいなと思っております。

あと、基金の他事業との連携、こちらのほうもしっかりと配慮していきたいと思っておりますし、またNEDO自身、年間1,500億円ほど交付金を頂いて事業をしております。製鉄もそうですし、またこのアンモニア発電等についても既存の事業もあるわけなのですが、ほかの事業も含めてしっかりと連携を取ってまいりたいと思った次第でございます。

以上です。

○平野座長　ありがとうございます。早稲田大学、伊藤先生、いかがでしょうか。

○伊藤オブザーバ　御説明どうもありがとうございました。もう既にほかの委員の先生方から御指摘出ているのですけれども、やはり私の感想といたしましては、今まで我々が経験したことのない非常に大量の劇物を扱うということですので、その輸送と貯蔵、これに関して十分な安全性を担保できるような技術はまだ未確立だというように私の感想であります。その辺の研究を同時に進めていく必要があるのではないかと思います。

以上でございます。

○平野座長　ありがとうございます。JOGMEC、末廣さん、何かコメントございま

すか。

○末廣オブザーバ　ありがとうございます。もう本当にいろいろ感想が出たところなのですが、佐々木先生からありましたけれども、高島委員からもありましたか、現実的には、アンモニアと水素ということを考えると、やはり役割分担が時間軸で見るとあるのかと。短中期的にはアンモニアで、将来的には水素なのかなと。その理由としては、やはりアンモニアはもう既に市場で出回っており、輸送の部分とか既存のインフラがあるところが大きいのかと。水素は、SPERAプロジェクトとか、もちろん液水（液化水素）も始まりましたけれども、まだまだ輸送の部分とかインフラの部分でハードルがあるのかなと思います。

我々JOGMECは、先ほど紹介もありましたけれども、ブルーアンモニアのほうは経産省の皆様と連携して進めさせていただいておりますが、ブルーのほうはCCSサイトと天然ガスの供給力があるところというのですか、そこがやはり有望だと思いますし、そうはいいますものの、最終的にはグリーン水素、グリーンアンモニアも有望で、そういったグリーンを供給できるようなエリアも見ていって、取り組んでいきたいと思います。

あと、先ほどNEDOの小林理事からもお話がありましたけれども、ステージゲートはまさにそのとおりだと思いますし、関根先生もおっしゃったとおり、今、耳かきのレベルをどうするのだという話もあったと思うのですが、やはりステージゲートは技術だけではなくて、技術的に達成しても、結果、世の中の変化が激しいと、それが日の目を見ないということが残念ながらあると思うので、そこはやはり外部環境変化も見つつ、柔軟に見ていくことが必要かなと思いました。

あと、電解のほうのアンモニアという話があって、その前の、今のハーバーボッシュに代わるような低圧型のことに関しましても、ルテニウムとか使われておりますが、そこら辺のコスト感とか、ラボの触媒の活性が良くても、長期安定性はどうか、そして、工業触媒ではそれがどうなる、と、商業時は初期の触媒を作るだけとは異なる視点が必要だと思いますので、そこら辺をやはり柔軟に見ていく必要があるのかなと思いました。

以上です。

○平野座長　ありがとうございます。大分時間が迫ってまいりましたけれども、委員で追加での御発言を御希望される方はいらっしゃいますでしょうか。よろしゅうございますか。

それでは、今回も各委員からの発言、あるいはオブザーバの方の発言も含めて、かなり

網羅的に論点は出切ったかなと思います。

私の印象としては、このアンモニアの件に関しては、課題はもちろんいろいろあるわけですが、全体のプロジェクトの見通しは若干よいほうかなと思っています。サプライチェーンも最後の川下側は電力ということですので、主に上流、それからそれを利用するという中流の部分のところに開発のテーマ、あるいは商業化のテーマがありますので、そういう意味においては、複雑性というのがややシンプル化されているプロジェクトだと思います。

それから、主体となるのが J E R A と電力会社だということで明確ですので、なるべく民間の力を引き出して、民間主導で進めていくことを、うまく支援していくという形で動いていくのが望ましいと思いました。

そういう中で鍵となる、例えばファイナンスの話で、ロードマップというのをしっかり打ち出すことの必要性、それからこれが商業ベースに乗るという意味におきましては、プライシングを担保する、言ってみれば、環境価格であるとか、そういうところできちんと商業ベースで動いていくインセンティブ、環境整備をしていく、需要のところをやっていくということが極めて重要かなと思いました。

あと、御指摘があった安全性の部分というのは、私も改めて重要だなということで再認識をいたしましたので、ここへの目配りというのもしっかりやっていかなければと思った次第です。

以上でございます。ここで本日の自由討議を終了させていただきたいと思います。今日の各委員の御発言等は、これから役所のほうでしっかり受け止めて、そしゃくをし、そして計画のほうへ反映していくということをお願いしたいと思います。

それでは、最後、事務局より連絡事項をお願いできますでしょうか。

○笠井室長　今後のスケジュールですが、本日の2つのテーマに関するワーキンググループにつきましては、もう一度議論させていただきたいと思っております。その意味で、現状8月頃かなと想定しておりますけれども、いずれにしましても、内容をしっかり準備させていただきまして、また本日いただいた御意見も踏まえた形で、研究開発・社会実装計画の案について、再度御審議いただきたいと考えてございます。詳細につきましては、別途事務局より御連絡させていただきますので、よろしくお願いいたします。

なお、この研究開発・社会実装計画につきましては、本ワーキンググループでの議論にとどまらない、幅広い御意見を頂戴するという観点で、30日間のパブリックコメントを行

うこととしております。パブリックコメント終了後に、提出された意見も考慮しまして、担当課室にて研究開発・社会実装計画（案）を見直す可能性がございますので、その点につきましても、次回開催予定のワーキンググループで御審議いただきたいと考えてございます。

以上です。

○平野座長　ありがとうございました。それでは、ちょうど時間になりましたので、本日の産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクトエネルギー構造転換分野ワーキンググループ第3回を閉会としたいと思います。本日は朝早くから御参加いただきましてありがとうございました。

——了——

（お問い合わせ先）

産業技術環境局 環境政策課 カーボンニュートラルプロジェクト推進室

電話：03-3501-1733

FAX：03-3501-7697