

**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
エネルギー転換分野ワーキンググループ（第5回） 議事概要**

- 日時：令和3年8月24日（火）16時00分～18時00分
- 場所：オンライン開催（Webex）
- 出席者：（委員）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、西口委員
（オブザーバー）早稲田大学 基幹理工学部応用数理学科 伊藤教授、JOGMEC CCS推進グループ 末廣総括・国際連携チームリーダー、NEDO 小林理事
- 議題：
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
- 議事概要：
事務局等より、資料3～6に基づき説明があり、議論が行われた。委員等からの主な意見は以下のとおり。

1. 製鉄プロセスにおける水素活用

- 4点ある。1点目、グリーンスチール製造における環境価値の適切な評価において、高炉水素還元技術は欧州とは違うアプローチと理解。科学的な環境評価基準を整えて日本の取り組みが正しく理解される評価技術が必要。供給サイドのイノベーション促進のためには需要サイドの取り組みとしてのグリーンスチールの国内市場を他の国に先駆けて育成することが重要な政策課題。供給側でカーボンニュートラルをするとコストがあがるので、それを需要家側が許容してくれるかが論点。グリーンスチールの議論とあわせて需要家側のカーボンニュートラルの議論を進める必要がある。2点目、他国への技術輸出の観点では、低品位鉄鉱石の直接還元に挑む意義として、将来的に技術の海外移転によってアジアのカーボンニュートラルにも貢献できる点もあり、アジアに属する日本の先進技術は欧州と異なる意味をもつことを示せるのではないかと。3点目、示された予算額は、外部環境が変化していく中で柔軟な見直しが必要。どのプロジェクトでも同じだが、先10年を見た場合に、手前はコストがかからずに後半でコストが厚くなることが多い。例えばステージゲートなどで技術進捗を見た上で、別の補助スキームなども含めて対応が必要ではないかと。4点目、水素に限らずCO₂排出量の計算方法の共通化が必要。排出評価の基準が定まらないと、自社に都合のいい計算をする企業が出てくるかもしれない。早くにカーボンニュートラルに取り組んだ事業者が、コストをかけても損をすることにならないよう、計算方法の標準化の議論ができればよい。

- 2点ある。1点目、産業構造が転換すると雇用の問題が関わり、雇用を維持しながら進めるためには、既存の技術開発の延長になるのは理解できる。既存技術の延長線上ではカーボンニュートラルが達成できないと分かった場合に、プロジェクトの見直しによって産業構造をドラスティックに変える必要があるのであれば、雇用確保や再教育等、技術開発だけではない社会との折衝も含めて新しい取組が必要だろう。2点目、外部環境変化の観点で、最近ブルー水素が化石燃料よりも環境に悪いのではないかとこの査読付き論文が出された。ブルー水素で作った鉄はグリーンスチールとは認めないとのルールになった場合、仮に技術開発は進んでも価値付けが変わってアウトカム目標が達成できなくなる可能性もある。外部環境の変化に対して、シナリオプランニングにより変化を想定したいいくつかのシナリオを用意しておけば、事業者も参加しやすいのではないかと。
- 鉄鋼業は産業部門のCO2排出の4割を占めるが、一方で日本の産業競争力の源泉を担っていく分野なので、技術開発は着実に進めてほしい。水素価格が8円/Nm3でないとペイしないとの指摘ではあるが、価格は純度にも依存する。水素サプライチェーンとの横連携が大事な点。数年前に軽井沢でのG20で提出されたIEAの水素レポートでは、海沿いのコンビナートでの水素利用がコスト的にも有利との指摘があった。コンビナートは製鉄所や製油所との相互連携をやすく、併せて、水素サプライチェーンの研究開発によって海外からグリーン水素をそれなりの価格で輸入できるようになる。コンビナート内のパイプライン活用により輸送のコストも下げられれば、結果的に安い水素が供給できる可能性が十分ある。横連携を進めた上で水素還元製鉄の事業を進めてもらいたい。
- 社会実装における需要について2点ある。1点目は、グリーンスチール自体を需要家側に必要としてもらえるかの調査が重要。2点目として、ESGのEnvironmentのところ、Scope3においてサプライチェーン全体でのGHG排出量算定を各企業がどのように進めるか模索している段階。グリーンスチールなどの議論が企業や需要家にとってメリットがあるということを示し、リテラシーを高めて実際に使っていただくという、需要家サイドの意識喚起が重要になってくる。同時並行的にその点を取りいれてもらいたい。
- 全体としてしっかり指摘を踏まえてまとめてもらった。高炉一本足から電炉・高炉での二本足にシフトすることが肝要。電炉専門メーカーのみならず、高炉メーカーも電炉への研究開発投資がすすむことが期待されるのではないかと。上げデマンドレスポンスを使って安い余った電力を活用するような取り組みも期待される。
- 2点ある。日本の勝ち筋はわかりやすい。一方で、高級鋼に特化した持続可能なビジネスモデルを構築しようとする、着地点として水素価格が安価な海外拠点との連携とも書いてある。鉄鋼業の勝ち筋が実現したとしても、国内の拠点が大きくなって総出荷額が増えて、雇用人数がどんどん増えていくというようには必ずしもならないのかもしれない。グローバルで勝つという絵姿が、GDPや雇用とは結びつかないというように産業構造として変動していくのかもしれないと思った。2点目として、【資料3】P.36の社会実装に向けた取り組みについては、水素価格などの市

場環境によらず普及させていくと記載され、一方で P. 37 の政府の水素供給コスト目標を前提とすると記載されているが、特に後者は、政府で一定価格の水素の安定供給にコミットすると読んで良いのか？実施者の鉄鋼側は安定低価格な水素を待っていれば良いのか？を確認したい。鉄鋼業も水素が必要な当事者の一人として、化学・発電・運輸などと連携しながら水素サプライチェーン形成に寄与する前提で、それを官が支援する仕組みが必要ではないか。

- そもそもの立ち位置を確認したい。グリーンスチールの時代に備えるスタンスなのか、グリーンスチール社会をつくりたいというスタンスなのか、守りか攻めかによって動き方が変わる。需給両面で国際的なルール作りに関与することが技術開発に加えて重要と感じた。例えばグリーンスチールを前提とした社会を能動的に作りに行くのが日本としての戦略であれば、EV に舵を切っている欧州で、輪をかけて欧州の車はグリーンスチールでなければだめだというような議論を日本が仕掛けて、巨大な需要をつくる方に関わるのか。カーボンニュートラルもしくはグリーンイノベーションの世界は欧州の国際的なルール作りにどこまで能動的にかかわっていくかが、今日の話で重要と感じた。欧州は、戦略的に絵を描くのに長けているので、対抗するのか一緒に新しい世の中をつくるのかが大きな判断ポイント。どちらが良いのかという答えはないが、守りではなく攻めの立ち位置で、かつ国際的なルール作りを EU としっかり組んで進め、需要をがっちり作りながら供給側の技術も確立していくという二面作戦が有効と改めて感じた。
- 技術的な課題について若干の意見がある。ゼロカーボンスチールは原理から考えて高炉技術の延長上ではなく、水素還元製鉄の開発は比較的短い時間で具体的なプラントまで作ることが技術的に世界をリードする上で重要と考える。COURSE50 で高炉の数学モデルが威力を発揮している現状があるので、還元製鉄炉においても数学モデルを確立してなるべく速やかな技術開発を進めるのが良いと考える。電炉は不純物除去技術で提案されて、リンが不純物として挙げられているが、東北大の植田先生の指摘にもあるように、スクラップ利用におけるトランプエレメントが重要な課題。鉄を溶解してから除去するより、むしろ事前の物理的处理が大事。高級鋼製造における電炉の活用という点で考えると、単純な不純物というだけではなく電気炉システム、トータルのプロセスで高級鋼を製造できるように開発して欲しい。
- 外部環境変化が激しい。目標を達成しても外部環境変化に間に合わず、遅れる場合もあり、欧州が進んでいるのであれば、外部技術を取り入れてもいい。
- NEDO はプロジェクトの公募と実施プロセスのマネジメントをする。NEDO は水素還元製鉄の技術開発を行う COURSE50 に取り組んできたので、本基金プロジェクトの実施にあたっても引き続き NEDO の持つ知見を活かして取り組んでいきたい。外部水素を活用するステージについては NEDO の交付金事業でこれまでもやってきており、基金で行う水素関連、CO₂ 分離回収、カーボンリサイクルの関連プロジェクトとの連携も重要と考える。連携を超えて他のプロジェクトの成果や社会実装の見通しがこのプロジェクトの成果、さらには社会実装に影響をあたえる可能性も考えら

れる。個社に帰属する技術情報の管理には十分配慮しつつ、プロジェクト間の情報連携・共有にも取り組み、外部環境変化に対応し、適切なマイルストーンやステージゲートを設定して適切なマネジメントをしていきたい。

- 鉄鋼業は日本の重要産業であり、高品位鋼は世界的にもリーディングポジションにある。有力な産業の競争力をいかに維持するかが産業政策上も極めて重要と改めて認識。勝ち筋に記載されているような世界をどう実現するかという点において、包括的なアプローチが必要。1つは環境価値を含めて世界の標準化やルール作りについてどう関与していくのかが極めて重要。EUがこの分野で先導し、EUタクソノミーなども出てきているが、これまで日本は技術開発でいいものを作り出す力があってもルール作りで敗れていくパターンが多かった。それをどう整理するかが重要。もう一つは劇的なコストダウンや生産規模について、鉄鋼は日本の重要産業だが、生産規模では圧倒的に中国が大きく、その中国がグリーンスチール開発も進めており、国際競争の中でどう支援していくかは極めて重要。また、需要家側への指摘について、包括的な戦略の中で、国内の自動車産業等の先端プレーヤーがグリーンスチールを使ったクリーンな自動車作りで世界をリードする流れで整合させるのは重要。アジアへの技術移転についても、アジアにおける標準化を含めてグリーンスチールの市場を日本が主導して作っていくことが需要対策に極めて重要。原料となる水素については、コストを如何に下げるか、低コスト水素をどうやって調達するか、ブルー水素やグリーン水素の境界条件をどうやって整えていくのかが重要。最後にステージゲートについては、第4回グリーンイノベーションプロジェクト部会においてもその運用について、撤退・中止を判断するためのメカニズムを作り込むように指摘が複数委員から挙がっていた。重要な指摘だが、同時に鉄鋼の部分は開発のハードルも高く相当の資金も必要になるで、マイルストーンでアウトカムだけを見て判断するのか、包括的な産業政策の視点で判断するのかは両睨みで検討していくべき。水素を使った製鉄は産業政策そのものであり極めて重要なので、包括的な視点で取り組んでいく必要性を改めて感じた。

2. 燃料アンモニアサプライチェーンの構築について

- 2点あるが、1点目は資料5のP13の水素・アンモニアの発電用途での比較について、ある程度将来的に大きな需要がないと安心して市場ができないという点は理解するが、水素・アンモニアともインフラ投資が必要な燃料。開発成果がある程度出た段階で、専焼を前提とした水素・アンモニアの役割分担の整理が必要。単にガス火力は水素、石炭火力はアンモニアとしたままで良いのか。2点目は、石炭火力に対する欧米投資家の圧力が高まっている。アンモニアを混焼することで低炭素化することができるということについて日本では一般化しているが、海外に対しては丁寧に説明する必要がある。公的な枠組みでの説明はもちろん、投資の分野では民間

の方がアレルギーに反応する傾向にあるので、より分かりやすい伝え方を検討する必要がある。

- アンモニアの安全について改めて釘を刺しておきたい。人類はアンモニアと上手く付き合いながらも、苦難の歴史を持っている。10%のアンモニア水が気付け薬になることから人類にとって大切なリソースだが、万が一漏洩・暴露を受けた場合には、甚大な被害が生じるので、適切な管理が必要。規程などを整備して安全に最大限配慮して進めるべき。
- ハーバー・ボッシュ法に代わる新触媒について、大学など色々な研究機関から提案が出てくると思うが、知的財産の保護・管理にもしっかりとお金、人を使うべきであり、関連施策を盛り込んで欲しい。
- 石炭火力への逆風が吹く中なので、相性が良いアンモニアの開発は着実に進めてもらいたい。供給と需要の両方をセットでやることは大切。水素ステーションの整備でも、鶏と卵の議論が続いた歴史があるが、使う人が供給までセットで考えることは大切。新触媒や電解合成などチャレンジングな課題も含まれているが、基金のメリットは不可能を可能にするチャレンジができることと理解。基金事業全体に関わるが、ステージゲートでメリハリを付けることは理解するものの、大きな課題に直面したときはバクトゥーザベシックの考え方で、基礎に戻って課題を解決した上で再度復帰するような敗者復活制度があると多くの事業者が参加できるのではないかな。基金もあり多くの業界でグリーンイノベーションを加速しようと思っている企業がいるが、大学では修士の学生が全国で引っ張りだこでなかなか博士課程に進んでももらえない。こうした状況が続くと、社会実装は出来ても次に続く研究開発の芽がなくなってしまう恐れがある。人材育成に関して、基礎・基盤の技術開発について、文科省とも連携して欲しい。
- 一般論として技術面や経済性から不確実性が高いプロジェクトには資金の支援が少ない。1社だけに数十億円の措置をするより、不確実性が高いプロジェクトでは複数社を支援しスタートアップも活用するやり方もあると思う。一方で技術開発分野ではスタートアップが少ないという状況もある。環境やグリーンに興味を持つ事業者は多いが、ECサイトなどITを活用して取り組むという方向性のものが多い。研究者と組んで研究開発・新技術の導入へと動く新しいムーブメントを起こして、新しい担い手が増えると良い。
- 情報発信に関して、ブルーアンモニアを軸にしつつ徐々にグリーンアンモニアにする絵姿は賛成。ブルーアンモニアについて世界から誤解を生まないよう、可能な限りその重要性を政府から情報発信することが必要。アンモニア混焼の政策インセンティブは更に踏み込んでも良いのではないかな。混焼技術を残す時間軸については議論が必要だと考えており、石炭火力の延命措置については欧州の投資家が非常に拒絶反応を示すので、納得感もある説明をしていくことが必要。アンモニアは発電だけではなく船舶にも使えるため、スケールメリットや設備の共用化などを行うこともできると思うので、日本全体でアンモニア産業の創出に繋がれると良い。

- ステージゲートについては、一般的に直線的なウォーターフォールのイメージで語られることが多いが、イノベーションマネジメントシステムの国際規格である ISO56000 ではプロセスが試行錯誤することを前提として、前段階に戻ることも想定していることが、イノベーション活動におけるステージゲートと明確に定義されている。こうしたウォーターフォールのような一度進んだら戻れないものではないのだと意識する必要がある。人材育成に関して、人材の囲い込みが必要と考えている。具体的には全世界に研究者やスタートアップなどがいるので、日本の人材だけでやろうとする発想は捨て去るべき。欧米で新しいアイデアなどを持っている人に対し、日本に来れば社会実装まで含めて研究活動が出来るというブランディングをして、この分野に限らず基金事業全体を通じて優秀な人材が集まるよう戦略的に取り組むべき。同じく人材育成について、理系男性を育成するイメージから脱却し、幅広い分野から、特に女性の参画を促すジェンダーダイバーシティをしっかりと意識するべき。
- ステージゲートについては、チャレンジなテーマを更に伸ばしていくため、中間目標の設定や評価方法に従来に無い工夫が必要。安全面について、従来に比べて桁違いのアンモニアの貯蔵・輸送が必要となるが、我が国は自然災害に見舞われやすいため、適切に安全対策を進めて欲しい。
- 既存インフラを活かす意味ではブルーアンモニアに期待するが、想像していたよりグリーンが波が進んでいる点について注意が必要。ブルーアンモニアをビジネスで考えたときに、電力会社を需要と供給のハブにすることは良いと思う。前回グリーンアンモニアの TRL が低いという指摘をした。アンモニア製造新触媒やグリーンアンモニア電解合成技術の開発は日本企業が強みを持つ分野だが、資料 5 の P29 では OPEX 低減とあるが、最終的に既存技術をリプレイスする場合は OPEX を半分に以下にできるとよい。ルテニウムやニッケルは鉄に比べてコストが高いため量を少なくする必要などがあり、リアクターとの相性もある。知的財産では海外のライバルに勝つために、海外の動向もよく把握することを目的にして先行技術や特許に関する調査にも取り組む必要があるのではないか。
- NEDO 交付金事業として既存の石炭火力発電所でアンモニア 20% 混焼に取り組んでいる。基金事業の発電部分については、交付金事業との連携も念頭に置いて取り組んでいきたい。内閣府のエネルギーキャリアのプロジェクト成果や海外機関を服務研究開発成果も踏まえて、プロジェクトを進めていきたい。ステージゲート、知的財産、安全性への配慮については、指摘を踏まえて対応していきたい。
- グリーンイノベーション全体として国際的視野で検討・モニタリングを進めることが必要。ルール・制度作りを主導したり、サプライチェーンを構築することは、他国の協力無しには出来ないため外交的な努力も必要。市場や仲間作りでアジアは不可欠なので、国際的アプローチが重要な視点。実施者の選定後にモニタリングすることになるが、ステージゲートについては単にアウトプットだけ確認して紋切り型

で進めるのではない。他方、果敢に資源の再配分することも必要となるので、
しっかりとメカニズムをデザインすることが必要。

以上

（お問合せ先）

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

F A X：03-3501-7697