

次世代火力発電の早期実現に向けた協議会（第2回会合）

平成27年6月22日

日 時：平成27年6月22日（月）16:00－18:00

場 所：経済産業省本館17階第1～第3共用会議室

議題

1. CO₂回収、利用技術の技術開発の現状について
2. 今後の技術開発の課題と方向性について

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2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資源・燃料部石炭課長の覚道でございます。本日もよろしくお願ひいたします。

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。

本協議会の第2回ということで、本日はCO₂の回収、利用に係る技術を取り上げて御議論をいただきたいと考えてございます。

なお、今回から関西電力様より桑野委員が御出席をされることになりましたので、御紹介を申し上げたいと思います。

それでは、宝田座長に以後の議事進行をお願いしたいと思います。よろしくお願ひいたします。

○宝田座長

座長を仰せつかっております群馬大学の宝田でございます。本日もどうぞよろしくお願ひいたします。

第1回では火力発電の高効率化について皆様に御議論いただきまして、本当に貴重な御意見をいただきました。本日、第2回は、化石資源、火力の場合はつきまといますCO₂の問題に関しまして、CO₂の回収と利用につきまして広く御議論いただきたいと思って

おります。

それでは、お手元の議事次第に従いまして議事を進めてまいります。まず配布資料の確認について事務局から説明をお願いしたいと思います。

○覚道石炭課長

恐縮でございますけれども、プレスの方の冒頭の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、引き続き傍聴される方におかれましては御着席をいただければと存じます。

それでは、配布資料の確認をさせていただきます。

まず議事次第がございます。それから委員名簿、座席表がございます。そこから後、資料1「CO₂回収、利用に関する今後の技術開発の課題と方向性」、資料2-1から2-5、参考資料が2つとなっております。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存じます。

○宝田座長

それでは、早速議事に移りたいと思います。

まず、議事の進め方でございますけれども、前回御指摘いただいた海外での石炭火力発電の技術開発動向について、まず初めに御説明させていただき、その後に議題1、2をあわせて説明させていただき、議論するというふうに進めたいと思います。

それでは、事務局より資料の御説明をお願いいたします。

○覚道石炭課長

まず、今御紹介ございました海外での石炭火力発電の技術開発動向について、最初にNEDOの在間主幹から御説明をさせていただきます。

○在間NEDO環境部主幹

それでは、一番後ろについております参考資料をもとにして御説明させていただきます。

第1回協議会で御質問がございました日本のCCT（クリーン・コール・テクノロジー）が世界の中でどのような位置付けにあるかまとめてみました。

まず初めに、微粉炭火力発電技術（USC、A-USC）について御報告いたします。微粉炭火力発電技術は、燃焼技術とか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向上に努めてまいりました。その結果、現在、商用技術ではUSCで送電端効率約40%を達成しております。また、USCのさらなる高温化技術として、送電端効率46～

48%を目指すA-USCの技術開発も実施しているところでございます。

次に、このグラフは各国の微粉炭火力の導入実績を示したものでございます。日本は過去20年ぐらいの間からUSCの導入が進む中、米国、ポーランド、インドではUSCの導入がまだ認められず、中国、ドイツでも近年になってからUSCの導入が始まったところでございます。

次に、これは世界のA-USCプロジェクトの動向で、日本のほか欧州、米国、中国、インドでもA-USCのプロジェクトが進められているところでございます。欧州のCOMTES 700が先行しまして、それを追いかけるような形で、日本でもA-USCの開発がスタートされたところでございます。ただし、後継であるCOMTES+については、欧州における火力発電の状況の変化等から進捗していない状況と聞いております。

米国のプロジェクトについては、具体的な研究開発成果が余り聞こえてきていない状況でございます。また、中国、インドは、現在、材料の基盤研究が進められている段階でございます。

次に、これは世界のIGCCプロジェクトについて示したものでございまして、2014年に商用運転を開始した勿来の実証試験を含め、先行しているIGCCからさらなる高効率化のための開発が進められているところでございます。近年はIGCCとCCSを組み合わせた開発プロジェクトも進められておりまして、EAGLEのCO₂分離・回収技術を適用した大崎プロジェクトもここに適用されております。また、第3段階で計画されていますIGFC実証が右上に来ているという状況でございます。

○覚道石炭課長

それでは、引き続きまして本日のCO₂の回収、利用に関する今後の技術開発の課題と方向性につきまして、資料1に基づきまして御説明をさせていただきます。

1 ページ、項目でございますけれども、1. 次世代火力発電による更なるCO₂削減の可能性、2. CO₂の回収、貯留・利用に向けた取組、3. 次世代技術によるCO₂回収コスト低減の見通し、4. CCUに関する技術的課題、5. 今後の技術的課題とロードマップの策定に当たり検討すべき論点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、1. 次世代火力発電による更なるCO₂削減の可能性ということで、2030年度の目標で、2013年度比26%の温室効果ガス削減目標積み上げの対策としまして、火力発電の高効率化は非常に大きな要素の1つになってございます。将来的に次世代のIGCC等の火力発電の技術が広く普及すれば、CO₂の削減が期

待できますけれども、さらにCO₂を回収し、貯留または利用する技術（CCUS）の利用が推進されれば、さらなるCO₂削減の可能性が期待できます。

3 ページは前回、協議会の設置の趣旨を御説明した資料にも入れさせていただいておりますけれども、CO₂の回収、貯留・利用に向けた取組を整理したものでございます。まず、火力発電所等からのCO₂の回収ということで、火力発電所等にCO₂の分離回収設備を設置することで、90%を超えるCO₂を回収することが可能です。回収効率、コストの改善等の課題について技術開発が行われているところでございます。そして、分離・回収したCO₂を、1つは、地中に貯留をする技術ということで、現在、国内におきましてもCCSの実用化を目指した実証、あるいはポテンシャル調査が進められているところでございます。

一方、回収したCO₂の利用につきましては、さまざまな取り組みがなされているわけですが、例えばCO₂を利用して石油代替燃料や化学原料などの有価物を生産していくということで、藻類によるバイオ燃料の製造、あるいは人工光合成の取り組みが進められていますけれども、どれだけ大量のCO₂を利用していけるのか等が課題と認識をしてございます。

4 ページはCO₂の回収に係る部分について、将来に向けた回収コストの見通しについて、これまで種々の資料、あるいは試算等で公表されている数字をもとに整理をしたものでございます。例えば、現在ですと化学吸収法でトン当たり4200円、あるいは、さらに酸素燃焼法で3000円といった数字がございまして。また、2020年代に向けては物理吸収法、あるいは固体吸収材で2000円程度、さらに2030年代に向けては膜分離法で1000円程度へのコスト回収を目指していくという方向性がございまして。こうした次世代のCO₂の回収技術が順次実用化されていけば、2030年ごろにかけて、さらなるコストの削減が期待できると認識をしております。

ただ、ここにも書いてございますけれども、現状、回収設備を設置することで発電コストが押し上げられたり、あるいは発電効率が低下したりするという課題がございまして、それらの克服が重要と認識をしております。

5 ページはCCUに関する技術的課題でございましてけれども、CO₂を利用していくCCUと、いわゆる貯留をするCCSとで整理をしておりますが、CCSのほうは処理能力という意味では、ボリューム的に圧倒的に優れてございまして、まさに経済性を上げていくというところに課題、あるいは技術革新の可能性があると認識をしております。

す。

CCUのほうは、むしろCO₂を有価なものに転換をしていくという意味で、経済性の面では単にコストになるものではございませんけれども、現時点ではボリューム的には非常に限られるということで、技術革新の可能性としても、より大量に処理をしていけるようにしていく、また、さらにその経済性を上げていくという方向性が期待できるのではないかと考えております。こうしたことがそれぞれ実現していけば、さらなる利用拡大が期待できるのではないかと考えております。

6 ページに参考として、CCUの技術開発の例ということで、藻類バイオで1つ図を入れてございますけれども、これは、1つのCO₂の有効利用のシステムのイメージです。石炭火力から出てくるCO₂と、さらにそこからの排熱なども活用しつつ、また、例えば下水汚泥といった廃棄物的なものからの栄養素の回収、そうした排熱とか廃棄物等を最大限活用しつつ藻類を培養していくというイメージでございます。

藻類についても、例えば特定の種類から効率的に油をつくり出して、それを活用していくもの、それから、特に品種にこだわらずに土着種のようなもので、できるだけ効率的に培養して、それを細かく砕いて燃料を取り出していくというアプローチがあり、それぞれアメリカ等でも取り組みが進められております。例えばオリンピック・パラリンピックの機会に、こうしたものでできた燃料をバイオジェット燃料として活用して、1つのショーケースとしていくことも考えられるのではないかとこの案でございます。

ちなみに、7 ページは、現在進められている取り組みを整理したものでございまして、NEDOの戦略的次世代バイオマスエネルギー利用技術開発事業で支援をしている部分で、これはむしろそれぞれの特定の品種に着目をして取り組みを進めているものですが、それが資料の黄緑の部分です。また、福島復興事業の一環として、土着藻類を活用したものも進められております。

8 ページの（参考）は先ほどの分離・回収について、将来に向けた技術確立の時期を、コストを縦軸にとり整理したイメージでございます。こうした技術が確立していくことで、分離・回収部分についてのコスト低減が期待できるということです。そして、例えば資料の右上のほうですと、こうして回収したCO₂をいろいろな形で有効活用していく利用の部分への期待があるということですし、左下に書いておりますのは、まさに今進められている実証やポテンシャル調査を踏まえた貯留というアプローチもあるということかと思っております。

9 ページは、これらの技術についてもロードマップという形で御議論いただくに当たっての事務局としての論点の考え方を提示したものでございます。CCUSに関連して大きく課題を整理しますと、回収部分については、回収コストをいかに低く抑えるかということと、連携する話ですが、発電効率が低下してしまうところについて、できるだけ小さく抑えていくという技術的な課題の克服が重要になるだろうと思います。また、利用していくところについて言いますと、できるだけ大量に、かつ効率的に利用していくことが重要で、これにはさらに革新的な技術の確立が重要になるだろうと考えております。

また、こうしたCCUSの普及動向自体につきましては、国内外のいろいろな制度、環境的要因によるものが大きいと考えておりますので、2030年以降を見据えて取り組むことになるわけですが、前回御議論いただいた火力発電の高効率化よりは、より長期的な時間軸、あるいは、また違った視点で捉えていくことが重要だろうと考えております。

このうちCO₂の回収につきましては、発電方式自体の技術開発とも密接に関連することとでございます。例えば、大崎クールジェンについても、IGCCと、そこからのCO₂の分離・回収をやられているわけですが、こうした開発対象の技術やコスト低減目標をあらかじめ発電方式とある程度セットで考えていきつつ、技術開発を推進していくべきではないか。こうしたことが、さらに技術確立の早期実現につながっていくのではないかと考えております。

また、②のCO₂の利用に着眼いたしますと、まだ現時点では不確実性は実際大きいわけですが、将来実用化を目指す技術を現時点で絞り込むことなく、当面いろいろなイノベーションの実現を目指して、新たな技術を幅広く追求していくという考え方も必要ではないかと考えています。今後、段階的に有望な技術を選定し、さらに技術確立や実用化の目標時期を具体化していくことが必要ではないかと考えております。

また、その際に、特に利用の部分につきましては、ある意味革新的な取り組みも必要だろうと考えておまして、ほかの分野との連携とかさまざまな手段の活用を検討して、全体としてコストメカニズムが早期に確立していくことを目指していくべきではないかと考えてございます。

○宝田座長

覚道課長、在間主幹、ありがとうございました。

それでは、引き続きCO₂回収、利用技術の技術開発の全体論について、NEDOから御説明をお願いしたいと思います。

○在間NEDO環境部主幹

NEDO環境部の在間でございます。CO₂回収、利用技術の現状について、概要を御報告させていただきます。

今回、第2回の次世代火力発電協議会の中では、CO₂分離・回収技術とCO₂有効利用技術について御報告します。

2ページの図は、先ほど覚道課長からも御報告がありましたけれども、発電所から分離・回収されたCO₂を固定する方法としては、帯水層に貯留するCCSや石油代替燃料や化学原料等の有価物に転換するCCUがあり、火力発電からのCO₂排出量削減技術として重要な技術でございます。今回は、その中でCO₂分離・回収とCO₂有効利用に焦点を当てて御報告させていただきます。

3ページ、特に石炭火力においては、効率のよい超々臨界圧石炭火力においても、LNG火力発電に比べておよそ2倍のCO₂を排出することから、さらなる効率の向上とあわせてCO₂の分離・回収し、貯留または有効利用を推進することがさらに課題となっております。

4ページ、CO₂分離・回収技術に関し御報告させていただきます。2014年12月のエネルギー関係技術開発ロードマップにおけるCO₂分離・回収、貯留に関するロードマップでは、分離・回収コストについて、化学吸収法によりCO₂1トン当たり2000円台、2030年ごろに高圧ガスへの分離膜の適用などにより1000円台を目指すことになっておりました。

5ページのCO₂の分離・回収コストにつきましては、平成24年度までに実施しましたNEDOのゼロエミッション石炭火力トータルシステム調査研究におきまして、石炭ガス化発電システムからCO₂の分離・回収、輸送、貯留に至る一貫したトータルシステムとして、各要素技術の概念設計とか経済性評価モデルの構築を実施しました。CO₂の分離・回収コストとしては、1キロワットアワー当たり約3円、CO₂1トン当たり約3500円という試算結果となっております。そのため、今後さらなるコストの低減化のための技術開発が必要になってきます。

6ページのCO₂分離・回収技術につきましては、まず、分離・回収設備を用いてCO₂を濃縮するポストコンバッション、プレコンバッションがございます。プレコンバッションではシステムが高圧化しますので、高圧、高濃度のCO₂を処理するという観点から膜分離が適していると考えられております。また、分離・回収設備が不要な酸素燃焼等の

方式もございます。この中で、CO₂回収型次世代ガス化技術といたしますのは、酸素燃焼と同様に石炭ガス化ガスを酸素燃焼することで排ガス中のCO₂濃度を高くし、CO₂分離・回収設備を必要としないシステムです。ケミカルルーピングは金属酸化物の酸化反応を利用することで空気分離装置も必要としないシステムでございます。CO₂の分離・回収技術につきましては、この後、技術開発を実施されている方から御報告させていただきます。

7ページの図はCO₂分離・回収における発電効率の低下を示しております。資料の左側は石炭ガス化複合発電に対応したCO₂分離・回収技術を示しております。A-3のEAGLEの物理吸収法では、発電効率の低下を6ポイント程度まで抑えることが可能です。さらに、A-4のCO₂回収型次世代IGCCを採用することで、2ポイント程度まで損失を改善することが予想されております。右側はUSCのポストコンバッションでのCO₂回収システムに相当しまして、約9ポイント程度の発電効率の低下になりますが、ケミカルルーピングを採用することで、ほぼゼロに抑えることが可能であると考えられております。

8ページはCO₂膜分離・回収技術でございますけれども、これは圧力差を利用することから、高圧システムに対応したプレコンバッション方式に適していると考えられております。

9ページは酸素燃焼CO₂回収技術の特徴を示しております。酸素燃焼は酸素を用いて石炭を燃焼させることで排ガス中のCO₂濃度を約90%以上にすることができ、分離・回収システムをとらず、そのままCO₂を圧縮して気体として回収できるという特徴を持っております。

10ページ、ケミカルルーピング燃焼技術開発でございますけれども、これは100MWから500MW程度の中小型の石炭火力発電所向けでございます。金属酸化物等を酸素キャリアとして用いることで、空気分離装置を用いず、かつ排ガスがほとんどCO₂になるというもので、CO₂分離・回収を必要としないシステムでございます。

11ページ、CO₂回収型次世代IGCC技術開発でございますけれども、これは酸素燃焼の燃焼器に酸素を富化し酸素燃焼させることで排ガスがほとんどCO₂になる、CO₂分離・回収設備やシフト反応器を必要としないシステムです。先ほど御紹介したケミカルルーピングやこのCO₂回収型次世代IGCC技術開発は、2030年以降の技術として、その基盤技術開発を現在推進しているところでございます。

続きまして12ページ、CO₂有効利用に関する技術開発の現状について御報告します。CO₂の有効利用は、CCUSとしてCO₂対策コスト低減化のためのCO₂貯留の効率化とあわせ、CO₂の有効利用による価値の創出により経済性と環境性を両立させることが重要なポイントになっております。CCUSとしては、CO₂-EORが先行して事業化されておりますけれども、その他CO₂の有効利用に関する技術としては、藻類のバイオ燃料など複数の技術開発が進められているところでございます。これらの技術につきましても、この後、技術開発を推進している方から御報告していただきます。

次に、この中で二酸化炭素原料化基幹化学品製造プロセス技術開発が進められておまして、日本のキーテクノロジーである触媒技術を活用し、光触媒による水の電気分解で得られた水素を水素分離膜で分離し、火力発電所等から回収されたCO₂とあわせ、プラスチック原料等の基幹化学品を製造する技術を開発するものです。これによりCO₂排出の削減並びに資源確保を目指すものでございます。

14ページは、2014年4月、総合資源エネルギー調査会基本政策分科会の中で示されておりますけれども、2016年に先ほどのオレフィン合成プロセスを確立し、2021年に高効率で水素を製造する光触媒や分離膜の開発を目指すということで計画されておりました。

15ページ、微細藻類技術の国内の取り組みといたしましては、戦略的次世代バイオマスエネルギー利用技術開発事業の中で研究開発を実施しております。16ページ以降に、現在進められている事業を参考として添付しております。これらの事業のうちの1つについて、研究開発を実施している方から御報告を後でしていただきたいと思っております。

○宝田座長

在間主幹、ありがとうございました。CO₂回収、利用に関する技術開発の現状ということで、全体的な御説明をいただきましたが、続きまして、このCO₂回収、利用の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っております。

まず、CO₂分離・回収技術の1つとして化学吸収法、物理吸収法の技術開発動向について、電源開発の野口部長に御説明をお願いしたいと思います。

○野口電源開発部長

では、資料に基づきまして御説明いたします。

はじめに目次でございます。まず、今の技術開発の現況を概観いたしまして、その後、主な3つの方式について御説明したいと思っております。燃焼前回収につきましてはEAGLEの成果をもとにした大崎クールジェンの第2段階の計画、酸素燃焼回収につきましてはカ

ライドの状況、燃焼後回収につきましては、今実施されておりますF Sの状況を御説明いたします。

1-1でございます。在間さんから説明がございましたけれども、大きく3つの方式がございます。上2つが微粉炭火力からの回収、下側が石炭ガス化からの回収で、特徴は、微粉炭は常圧、石炭ガス化は加圧ということでございます。上側のポストコンバッションは排ガスからの回収になります。CO₂濃度12%程度からの回収でございます。通常の排煙脱硫装置と同じようなシステムですけれども、濃度が従来のSO_x、NO_xに比べて100倍以上の濃度で、大量に処理するというのと、処理したものを再生するエネルギーが今課題として残っております。

2番目のOxy-fuelですけれども、これは排ガスからではなく、最初から窒素を抜いて燃焼するというところでございます。排ガスからの回収ではございませんけれども、従来の微粉炭火力のシステムを変える必要がございます。CO₂を循環いたしましてO₂濃度を調整する必要があります。純酸素ですと高温になってしまうので、O₂にCO₂を混ぜて燃焼させる必要があるということでございます。同じように酸素製造装置が要するというところで、これは石炭ガス化の場合と比較すると倍の容量の空気分離装置が要ということになります。

下側が石炭ガス化、加圧からのプレコンバッションですけれども、加圧、高濃度からの回収で、分離のところは非常に効率的ですけれども、その前にシフト反応をかます必要があります。そこでCO（一酸化炭素）をCO₂に変える必要があるため、シフト反応が付加されるという特徴があるということでございます。

1-2でございます。これまでも縷々言われておりましたけれども、効率低下とコスト上昇の課題でございます。上の段は効率低下と、その効率低下を補てんするための燃料の増加率をF Sされた結果を示してございます。下側はコストと発電コストの増加分でございます。方式によってはいろいろあるわけですけれども、基本的にはプレコンバッションは効率低下が少なくてもコストも安いとは言えるかと思っておりますけれども、ただ、発電効率の低下が6~10数ポイントでございます。今の微粉炭火力の所内の動力による効率低下が3ポイントとなりますので、この6や10が非常に大きな効率低下であるということが理解いただけるかと思っております。この効率低下をいかに低く抑えるか、コストを低く抑えるかも重要ですが、発電プラント自体の効率、ベースを上げておくことも重要でございます。高効率とCCSはある意味セットのものではなかろうかと考えてござい

ます。

1-3でございます。今の世界の主なプロジェクトの状況を示してございます。まず、石炭ガス化からのプレコンバッションでございます。Kemperでございます。これは褐炭を循環流動床でガス化するという少し特殊なガス化炉でございます。Sothorn Companyが大きなお金をかけてやっていますけれども、今、工程が2016年に遅れております。また、コストも倍になっているということで、経営問題にも発展しております、試運転段階ですけれども前途多難な状況でございます。アメリカには2つのポリジェネのプロジェクト、カリフォルニアとテキサスがございますけれども、まだ投資決定されたプロジェクトではございません。

ポスト回収ですけれども、これは有名なBoundary Damで、基本的にはカナダはCO₂の排出原単位規制がなされておりますので、その排出原単位規制がなされる中で将来の石炭火力のオプションの1つとして、このCCSを検証したいという背景がございます。このBoundary Damにつきましては、昨年10月から実証試験をやっております、この蒸気タービンは日立が提供して、CO₂回収用の蒸気タービンでございます。もう1つ、NRGエナジーで三菱重工さんが24万kWぐらいのKS-1でのプラントを受注されておりました、来年から試験に入ると聞いてございます。24万kW相当を1系列でやられているということで、基本的には吸収塔の大型化についてはもう実用化レベルにあるのではないかと聞いてございます。ただ、このプラントは、残念ながら再生用の蒸気は別置き天然ガスタービンの排熱回収ボイラからの蒸気が使われておりますので、ある意味スタンドアロンのプラント、要するに発電プラントのインテグレーションがなされていないプラントであろうかと思っております。

3つ目のOxy-fuelでございますけれども、有名になりましたFutureGenはガス化から酸素燃焼に変わりましたが、御存じのとおりプロジェクトは中止という判断がなされております。そういった中では、豪州でのカライドは3万kWですけれども、順調に成果を得たということです。欧州は英国でWhite Roseの酸素燃焼のプロジェクトが、今、基本設計の段階でございまして、アルストムが設計に携わっているということでございます。

1-4は弊社のCO₂回収の取り組みでございます。私どもはCO₂分離・回収は発電所でやる話ということで、分離・回収には非常に注力して研究をこれまでやってまいりました。EAGLE、カライド、松島という形で3つの方式それぞれ何らかのかかわりをしてきたということでございます。

2-1が各論になってまいりますけれども、EAGLEでのプレコンバッションのお話に移ります。物理吸収法と化学吸収法の特徴を書かせていただいております。左の図で横軸が分圧ですけれども、化学吸収法はアミンで化学的に結合させるということで、吸収量はアミンの量に依存する。一方、物理吸収は圧力によって溶け込ませるということで、分圧が上がれば上がるほど吸収量は増える。圧力をリリースさせればCO₂が出てくる。いわゆる炭酸飲料をイメージしていただければよろしいかと思えます。高圧になれば物理吸収法が有利になるということでございます。

2-2でございませう。EAGLEで行いました2つの方式、Sweetシフト・化学吸収、Sourシフト・物理吸収の簡単なシステムフロー図でございませう。化学吸収の場合はSweetシフトで、これは聞きなれないですけれども、脱硫をした後のガスを、CO（一酸化炭素）をCO₂に変えるということでございませうして、既存の脱硫装置の後から抜きまして、シフトをかませて化学的に吸収させるということでございませう。EAGLEで使いました吸収液が、通常、ポストコンバッションで使われますアミンの中でもCO₂との化学的な結合が比較的少ない、ある意味、物理的に溶解している吸収液を使っておりますので、加圧だけでなく減圧することによっても再生できたということで、吸収塔での再生エネルギーの低減が図れたということでございませう。

一方、物理吸収につきましては、脱硫前のガスを使ってCO₂を回収する試験をしております。Sourシフトは、硫黄分を含んだガスでシフト反応させて、脱硫の後にCO₂を回収させるというシステムでございませう。

2-3がEAGLEの試験成果で、化学吸収と物理吸収の成果を示させていただきます。化学吸収につきましては、フラッシュ（減圧）によってもCO₂が回収されるということで、1.4GJ/t-CO₂という、通常のポストコンバッションの約半分の回収エネルギーで回収できているということでございませう。ただ、これはあくまでも吸収塔での話ですので、その前にシフト反応でエネルギーがかかるということをおききたいと思ひます。

物理吸収ですけれども、これも脱硫を高脱硫にすれば少しエネルギーがかかるということで、その辺の兼ね合いでございませうけれども、ただ、物理吸収につきましては、化学吸収のさらに10%のCO₂回収エネルギーの削減ができているということでございませう。

その辺の試算をした結果が2-4の効率試算でございませうして、先ほど在間さんから御説明がありましたとおり、化学で大体7ポイント、物理で6ポイントの効率の低下になる

うかと思っております。

次のページの2-5はIGCC+CO₂回収のときのヒートバランス的なものですがけれども、基本的にはプレコンバッションの場合の再生用のエネルギーはこの排熱回収ボイラからの蒸気で十分足りるので、蒸気タービンからの蒸気の引き出しは必要ないということで、比較的適用しやすい方法ではないかと思っております。

2-6でございます。EAGLEでいろいろ課題が出たのは吸収プロセスではなくてシフト系統で、その一例でございます。Sweetシフトでの課題で、もともとこのSweetとか吸収は石油化学関係で開発されてきたものですので、シフトも石油化学のスペックになっているところもございまして、石炭ガスの場合、COの濃度が非常に高く、最初の高温シフトのところで急激に反応が進んでしまったので、これについてはバイパスさせて温度調整をすることによって解決いたしました。

2-7は新しい技術でございまして、低温でのSourシフト触媒で、触媒自体は温度が高いほうが反応性が高いわけですがけれども、このSourシフトの場合は、温度を上げるとCOの転化率が下がるという課題がございます。転化率を上げるために蒸気を過剰に入れていくこととなりますけれども、今回の日立が開発したSourシフト触媒は、低温で活性が出るので蒸気量を減らせることが特徴でございます。これによって計算上は+0.8%というかなり高い発電効率の向上が可能になります。ただ、これはEAGLEで試験をいたしましたけれども、1カ月程度の時間でございます。触媒は長期の寿命が非常に大切なポイントでございますので、これにつきましては、大崎で長時間のしっかりしたデータをとりたいと思っております。

2-8、大崎クールジェンのプロジェクトの状況でございます。EAGLEで試したプロセスを大崎に適用しているということでございます。

次の2-9の第2段階の検証目標でございますけれども、2つのポイントがございまして、IGCCとの協調性をいかにとるかということと、効率をいかに上げるのかということでございます。これらを目的に大崎で検証していくというものでございます。

次のページ、2-10検証試験のフローでございます。既設の脱硫装置で、Sweetシフト+1段物理吸収法をメインフローに、Sourシフトについては小さい試験ループで試験をしようということで、IGCCプラントとの協調性、吸収プロセスは新しいプロセスで新しい溶剤を試す予定ですので、その試験と先ほど言いましたSourシフト触媒の長期信頼性を検証する予定でございます。

2-11はプラントでございます。2-12、多目的利用にもCO₂分離プロセスが要りますので、そういう意味でもCO₂分離プロセスをいかに効率的にやるかは重要でございます。

続きまして酸素燃焼でございます。3-1カライドの状況でございます。休止していたカライド発電所3万kWを改造して試験をしました。微量ではございますけれども、数100t(CO₂)を貯留したということでございます。

3-2は改造したフロー図です。酸素製造装置、排ガス再循環系統、CO₂回収システム、この3つを主に改造したということでございます。おのこの写真を3-3に示してございます。

続いて3-4、実証試験成果でございます。1万時間という長期の運転を達成して、システム上は、酸素濃度を27%にすれば、既存のボイラで酸素燃焼ができることも確認しておりまして、運用性も、従来の微粉炭火力と同様の運用性を確認しているということでございます。

3-5でございます。酸素燃焼の次のプロジェクトを今探しておりまして、先ほど言いましたようにカナダがこういうCCS、CCUSに非常に興味を示しておりますので、今カナダのアルバータ州で調査をしているというものでございます。

4-1がポストコンバッションでございます。これは東芝さんがFSしたものでございますけれども、再生用の蒸気を中圧タービンから抜いているという事例で、中圧タービンから抜いて再生蒸気は脱気器の入り口に返す。右下に改造内容がありまして、タービンの改造が必要になってくるということで、吸収プロセスはほぼ商用化ができていますけれども、発電プラントのインテグレーションがこれからの課題ではないかということでございます。

5-1でございます。基本的にはプレコンバッションはまだ大型実証の段階、酸素燃焼は商用機での実証の段階、燃焼後はほぼ商用段階に来ているのではないかと考えております。

5-2でございますけれども、今のプロセスですと2000円台が限界でございまして、1000円台を目指すことになれば、膜のような革新的な技術が必要になってくるのではなかろうかと思っておりますけれども、まずは第1世代をしっかりとやっていきたいと思っております。

○宝田座長

野口部長、ありがとうございました。

それでは、続きまして膜分離、固体吸収材の技術開発動向につきまして、R I T Eの佐藤サブリーダーから御説明をお願いしたいと思います。

○佐藤 R I T E サブリーダー

地球環境産業技術研究機構でございます。我々はCO₂分離・回収技術におきまして固体吸収材と分離膜について御説明させていただきたいと思っております。目次の順番で御説明をさせていただきます。

3 ページがCO₂分離・回収フローチャートでございますけれども、これはこれまで皆様に御説明いただいておりますので、御説明は割愛させていただきますけれども、ガスは発生するソースによってCO₂の濃度やガスの圧力、分離対象となるガス分子が異なっているところでございます。

4 ページが発生源から見たCO₂分離・回収技術でございます。これもJ-POWER様からCO₂分離・回収技術で御説明がありましたが、燃焼前回収では我々は膜分離法で、これはガス圧を利用しますので省エネ、低コストが期待できておりまして、水素圧力を維持して発電の効率を高めるためには、CO₂を選択的に透過する膜の開発が重要であると考えております。あわせて燃焼後回収でございますけれども、これは常圧ガスからのCO₂分離で、化学吸収法が一般的に検討されておりますけれども、それをさらに省エネルギー化するためには、原理は同じでございますけれども、固体吸収材の開発が重要であろうと考えております。

続きまして5 ページ、これもNEDO様が御説明されましたが、我々もこの技術ロードマップにのっとりやっておるということでございます。

次から個別のもので、固体吸収材について、まず御説明をさせていただきます。

固体吸収材の概念図は7 ページ目に示しておりまして、基本的には化学吸収液と化学原理は同じでございます。化学吸収液が水の中にアミン化合物が溶けておりますけれども、この場合、水の加熱は非常に比熱が大きくてエネルギーを食うので、我々はそれを固体にくっつけることによって、そのエネルギー低減を可能にしているということでございます。大体1～2mm程度の球状の粒をイメージしていただければと思います。

8 ページ目が固体吸収材の開発経緯でございます。これも過去、高炉ガスからのCO₂回収がC O C S、C O U R S E 50とNEDOさんのプロジェクトでやらせていただいております。そこから派生して固体吸収材が出てきております。燃焼排ガスに適用するとい

うことで、2010年から高度化事業を進めさせていただいております。

9 ページ目が固体吸収材の研究開発の概要で、液体アミンとの比較をしておりますけれども、装置的には大体同じような形で、吸収と再生を繰り返しておりますが、再生時の温度が非常に低くできる。60℃ぐらいの温度でできるということで、CO₂の分離エネルギーを非常に低くすることが可能であることと、低温排熱も利用することができるのではないかと期待しております。

10ページ目、固体吸収材の開発におきましては、計算化学によって最適と思われるアミン化合物を設計しております。CO₂を非常に強く吸収しますと脱離するときのエネルギーもかかりますので、非常にいいバランスで吸脱着できるところが設計のポイントでございます。右手の分離・回収エネルギーですけれども、液体に比べまして相変化を伴わないことと、潜熱、顕熱が低下できまして、1.5GJ/t-CO₂ぐらいの消費量でございます。

11ページ目、エネルギー評価をしております。これはシミュレーション結果でございますので、簡単に御説明します。右側のグラフでございますが、CO₂分離・回収エネルギーが1.5GJ/t-CO₂のところになりますと、発電効率が蒸気の再生温度によりまして4ポイントから6ポイントぐらいずれますが、60℃ぐらいだったら4ポイントぐらいの低下で抑えられます。

12ページ目にコスト評価をしております。これも右側のグラフの1.5GJ/t-CO₂のところですが、固体吸収材が1.5GJ/t-CO₂程度だったら2000円を切る程度の数字が見えております。

続きまして13ページ目、他機関でいろいろな研究をやられておりますけれども、火力発電所を適用する場合において我々のものと比較してございまして、我々の新規開発したアミンを担持した固体吸収材は非常に性能がいいということでございます。

ロードマップにつきましては、これまでの基盤技術研究のフェーズから、今年度以降で実用化研究フェーズに着手したいと考えております。課題としましては、吸収材の大量合成やプロセス開発がポイントになろうかと考えております。

続きまして、15ページは飛ばしまして、16ページ、今度はCO₂分離膜の御説明をさせていただきます。従来のCO₂分離膜は膜を通して小さい分子がたくさん通っていくというのが概念的でございますけれども、我々の今回開発したものは分子ゲート膜と称してございまして、小さい水素分子に対して大きなCO₂分子を選択的に透過させるところが特徴でございます。非常に高い選択性を出すために、これまで基盤の研究をやっております。

17ページのCO₂分離膜はまだラボ段階でございまして、直径5cmぐらいの膜で評価をしておるのですが、横に15cmぐらいの平たい膜がございまして、厚みも非常に薄くて、その表面に分離機能層というCO₂と水素を分離する非常に薄い層をのせております。1本ずつ手作りでございますけれども、これまで4インチで20cmぐらいのモジュールは作っておりますけれども、今のところ効率的ではありません。ラボ検討でございます。

18ページ目がこれを使うIGCCへの適用ですが、水性ガスシフト反応で出てきたCO₂、水素の2～4MPaの高圧の中からCO₂を選択的に透過するということでございます。

続きまして19ページ目、このCO₂分離膜のこれまでの研究成果の概要をまとめております。資料の左側はCO₂がどれぐらい移動するか。上に行けばたくさん移動する。右側は分離係数でございまして、水素分子に対してCO₂分子がどれぐらいの量通るかということで、分離係数が10でしたら1分子の水素に対して10分子のCO₂が通る。10倍通るということでございます。赤で斜めの線が入っておりますけれども、我々は現在、CO₂回収コストを1500円/t-CO₂を目指しておりますので、この赤線の領域に入れば目標が大体達成できます。基本は膜面積で調べてありますけれども、境界いっぱいでございますけれども、我々のところで目標性能を達成できるめどを得ております。モジュールにした場合、モジュールの製造手法はまだ開発課題で不安定でございますけれども、単膜だったら大体安定的に性能を実現できております。

20ページ目でございますけれども、これもあくまでもシミュレーションの結果でございますけれども、25万kW発電相当になると考えております100万tのCO₂を年間排出するものだと20インチのモジュール、長さが1.6mで1800本ぐらいで25mから56mぐらいのエリアで回収できるのではないかと考えております。

次の21ページ目でございますけれども、他機関との性能比較で、膜は非常にいろいろな種類の検討がなされておりますけれども、高圧条件下でCO₂と水素を分離するというケースは余りございまして、アメリカのMTRは分離係数が我々よりもかなり小さく、1段階で処理することができません。我々のほうはワンパスで処理できると考えておりますので、現時点で高圧条件下では世界最高水準レベルではないかと考えております。

22ページ、今後のロードマップでございまして、これまでCO₂分離膜モジュールの基礎研究をやらせていただいておりますので、本年度から実用化研究開発に着手していきたいと考えております。ここにおきましては、これまで模擬ガスを使っておりますので、実ガ

ス等の実用化試験をやらなければなりません。さらに、膜面積を上げていくため、分離膜技術や実機膜モジュールの安定的な製造方法も考える。さらに20年以降につきましては、実証フェーズで長期試験や大規模実証試験、膜モジュールの量産体制などを検討しないといけませんけれども、ここら辺はIGCC関係の企業の皆様等の御協力もいただきながら開発しなければならないと考えております。

○宝田座長

佐藤サプリーダー、ありがとうございました。

ただいまCO₂の分離・回収の御説明をいただきましたけれども、続きまして、CO₂有効利用技術の1つといたしまして、藻類バイオ燃料の技術開発動向につきまして、IHIの成清部長に御説明をお願いいたします。

○成清IHI部長

株式会社IHIの成清でございます。それでは、資料2-4に沿って御説明をさせていただきます。

藻類バイオ燃料の取組みということで、この開発はNEDO様の委託事業であります戦略的次世代バイオマスエネルギー利用技術開発事業の資金を活用させていただいております。

1ページでございますけれども、藻類は水中に生息している植物の総称です。主に光合成によって増殖します。その一部には育成の過程において燃料を生産するものがありまして、世界の諸問題に対する効果的な解決策として、藻の活用が注目されているところでございます。

なぜ藻が注目されているかというのは2ページですけれども、単位面積当たりのエネルギー生産量がバイオ系では多いという特徴がございます。CO₂削減に貢献することなどもあるだろうということで、もともとCO₂が多かった地球から、CO₂を固定して酸素が多い地球環境に変えたのも藻の力だと言われているところでございます。他の植物よりも高効率で、同じ面積で育てますとパーム油に比べて2倍から10倍の生産性を持っています。それから、農業と競合しないということで、バイオエタノールのトウモロコシと違いまして、土を使わないので農業に適さない土地でも培養できるという特徴がございます。

藻を育てて何の油をつくるかというところ、今のところバイオジェット燃料が期待されているところで、航空機のジェットエンジンは液体燃料が必要で、今後また航空需要が増えていく中で、CO₂削減の手だてとしては液体燃料の藻からつくったバイオジェット燃料が

期待されているところでございます。もちろん省燃費の航空機とか省燃費運航が今後出てきますけれども、それ以上にバイオ燃料を使ってCO₂削減をするということが言われております。

4 ページ、取組みの概要でございますけれども、我々は高速増殖型ボツリオコッカスという藻を使っております。これを使ってMOBURA：モブラという名前をつけました。ジェット燃料としての利用を目指しているということでございます。

5 ページ目、工程でございますけれども、まず、池で藻を培養いたしまして、それを濃縮して、乾燥して油を抽出する。藻油ができるわけです。そこから改質をしてジェット燃料にします。その過程の培養のところに工場や発電所からの排ガスを使っていくことが期待されています。

6 ページ目、取組みの体制ですけれども、現在、NEDO様から、先ほど申しました委託事業としてやらせていただいております。IHI、神戸大学、ちとせ研究所の3者でやっております。IHIの役割は屋外太陽光下スケールアップ培養技術と生産一貫プロセスの確立、神戸大学は遺伝子組換えによる高速増殖型ボツリオコッカス形質転換系の確立、ちとせ研究所では大量培養技術開発とそれを実現するための品種改良をいただいております。

7 ページ目に特徴を書かせていただいております。まず、光合成のエネルギーのみで藻を増殖させるということで、藻の中にも光合成をしないで糖を与えて育つ藻もあるのですが、我々のこのボツリオコッカスは光合成のみでCO₂と太陽光と無機物で育ちます。藻の乾燥重量に含まれる油の割合が50%で、通常の一般的な藻は20%ぐらいと聞いておりますので、我々のボツリオコッカスはかなり大きな油を生産するということになります。あと、単位面積当たりの藻の生産性が大きいこと、それから、とれる油は炭化水素で、燃料に近いものがとれるということでございます。また、屋外での安価で雑な方法でも大規模培養を可能にしたということで、後ほど詳しく説明いたしますけれども、ここは結構重要なところでございます。それから、粒径を大きくしたり浮上特性を付与して、池から藻を取り出すエネルギーを非常に少なくしたという特徴がございます。これは今のところ遺伝子組換えでなくて品種改良でさまざまな性能向上をしたということでございます。また、将来の革新的な性能向上のための遺伝子組換えの基礎技術もやっています。

8 ページ目、この取り組みは2011年から始めまして、もう1枚めくっていただいて9 ページ目でございますけれども、最初始めたころは、資料の右の上の形の室内での培養槽で

始めました。これぐらいの規模であれば、室内ですので、ほかの藻や雑菌が入ってきませんので、割合容易に培養することが可能ですけれども、9ページの左下で、2012年に屋外培養として外に出して、桶ぐらいの大きさで培養ができました。ここがブレイクスルーといますか、室内から外へというのは結構難しく、外に出しますと、皆様の御家庭でも、ベランダ等でも外に水たまりをつくっていらっしゃれば、しばらくするとグリーンになると思うのですが、それはこういうところに浮遊している藻が育ってしまう。そういった余り油をつくらぬ藻は増殖スピードが非常に速い。我々のボツリオコッカスという藻は、油をたくさんつくるので培養に非常に手間がかかるというか、工夫が要るのですけれども、一瞬のうちにほかの藻に置き換わってしまうのが通常であります。そこで、屋外でもボツリオコッカスという藻を育てられるようにしたというのが特徴でございます。左上の顕微鏡写真が藻の体と油がしみ出している状態でございます、真ん中辺にある丸い青いものが油でございます。

下の真ん中の写真ですけれども、これは乾燥藻に火をつけた様子で、通常、昆布やワカメに火をつけても燃えないと思うのですけれども、これは油が50%含まれるのでかなり激しく燃えるという特徴がございます。

先ほど申した品種改良でございます。粒径の拡大をやってまいりました。最初は左側のような細かい藻だったのですけれども、それを右側のように粒を大きくしました。コロニーということで群集をつくるように品種改良しました。通常ですと、育てた藻を濃縮するのに遠心分離機を使わないといけないのでエネルギーがたくさんかかりますが、粒径を大きくしますと、簡単なフィルターにかけると藻が濃縮できるのでエネルギーがかからない。それから、右下に多糖分泌低減とございますけれども、育ててみますと多糖というねばねばした成分が出てきます。そうしますと、水をしょっちゅうリサイクルしなければいけないのですけれども、育種によって多糖を減らして、右上の桶のようになりました。こうしますと、水のリサイクルの頻度も少なくできるということでコストダウンになります。

2013年から弊社の横浜磯子の事業所で100㎡程度の屋外培養試験プラントをつくりまして、ここで安定的に培養できることを確かめさせていただきました。

13ページになりますが、その後、2015年に、鹿児島県鹿児島市の鹿児島湾に面した七ツ島に、先ほどの横浜の15倍の1500㎡の池をつくりまして、ここで安定的な培養をすることが確認できたところでございます。

12ページに戻っていただきまして、今後についてですけれども、2015年のオレンジ色で囲ったところに現在おありまして、これはかなり大きな土地と温暖な日照時間が長い土地が適地でございます、今のところ海外でのイメージを持っております。大豆栽培という写真がございますけれども、今後は非常に広大な土地で安価にプールをつくってやることが目標で、2020年までには何とか技術を完成させたいと思っております。

今後課題となりますのは生産コストでありまして、単位面積当たりの生産性の向上、より低コストな培養や収穫、油の抽出、精製のシステム等を開発していきたいと思っております、先ほど申し上げたように2020年までに技術を完成させたいところでございます。

○宝田座長

成清部長、ありがとうございました。

それでは、続きまして、もう1つのCO₂有効利用技術として人工光合成につきまして、三菱化学の瀬戸山委員に御説明をお願いしたいと思います。

○瀬戸山委員

1 ページ目が、私どものプロジェクトは10年計画になっていまして、今年が4年目に当たります。このプロジェクトは可視光、太陽光で水を分解して水素と酸素をつくる。水素、酸素は爆鳴気で入ってきますので、これを安全に分離する技術です。ここで取り出した水素とCO₂でオレフィンのエチレン、プロピレン、ブテンをつくるというのが全体の流れです。オレフィン合成だけ2017年、来年度で小型パイロットを終了するというスケジュールになっています。

2 ページで水分解の話をしめますけれども、水素、酸素が分離して生成する形と同時に生成する形の2つの方式を考えています。細かい説明はしませんけれども、水素、酸素が分離生成するというのは電気分解に近いですが、これは工業的には成立しません。スケールアップしていくと相当いろいろな問題が出てきます。基本的には下の図で触媒シートと書いてありますけれども、水素、酸素を同時に生成して、それを分けるという仕組みになっていくだろうと思っております。右側に変換効率を書いてありますけれども、上のやり方は、小さい装置をつくって、水素が出るほうの触媒、酸素が出るほうの触媒それぞれを別個に開発することができる。そういう意味で上の方式を採用するのですが、最終的には1枚のシートにするという方向で考えています。

3 ページ目は3 cm掛ける3 cmの触媒シートです。これから水素、酸素がぶくぶくと太陽光で出てきます。1%はどれぐらいかといいますと、シャンパンの泡が1%で、それぐらい

いのイメージです。ですから、その10倍ぐらい出ると最終目標に行くと考えていただくといいと思います。Solar simulatorを使って、AM1.5Gは日本の緯度に相当するところになりますので、これぐらいで1%が出ている。これは太陽電池系の材料は一切含んでいません。CIGSとかシリコンを一切含まずに純粋に光触媒だけで、こういうものが今できています。

4 ページ目、2021年に10%を出すという目標です。それを達成するには吸収波長を640nm以上持つような材料が必要です。実際はもっと長波長の700nm以上の吸収波長や800nmの吸収波長が必要だと思います。紫外光応答の触媒には、260nmの光で80%ぐらいの量子収率で水分解ができています。この領域でいろいろ経験を積んだ研究者から見ると600nm、700nmだったら量子収率として40%ぐらいは出るだろうというもくろみで目標として太陽光の水素への変換効率として10%という値を設定しています。具体的には640nm以上の吸収端を持つ触媒で10%まで持っていくという目標です。ただいま現在は2~3%のところにはいますが、今のところ順調に進んでいます。

5 ページは、実際に水分解をするとどれぐらいの水素が出るものかという話です。国内で10%が達成された場合、日照時間等を計算しますけれども、100 tの水素をつくるのに大体2.4haあれば年間100 tを生産することができる。赤道直下であると1万 tの水素をつくるのに1.3km²あればできる。ちょうど日本の倍ぐらいの水素の製造量になります。

この国内の100 tと海外の1万トンをどう見るかという視点で考えたときに、最近、水素ステーションという話をよく聞きます。現在、水素ステーションの能力は300から500Nm³/hぐらいですけれども、ここに2haのソーラー水素のプラントがあった場合、人工光合成があった場合、この水素ステーションの昼間の生産能力は全部これで賄うことができます。ですから、小型のパイロットという意味でいうと、いきなり大型を持っていくと大変ですから、私たちは国内でこういう規模のものをパイロットプラントに位置付けて、次のステップへ進んでいく。ちょうどいい大きさをソーラーステーションはパイロットに位置付けることができるという考え方をしています。

7 ページの酸素と水素の分離ですけれども、内部資料で細かいものはお見せできないので、比較例としてお見せします。これはゼオライトを使った分離の例ですけれども、1つの種類のゼオライトを使いましていろいろな応用展開ができます。1つはCO₂、メタンの分離、あるいは水素とメタンの分離です。横軸がCO₂の透過のしやすさ、縦軸にメタンとCO₂の分離係数をとってありますけれども、工業化されているポリマー膜に比べて

圧倒的に高い性能を出しているということで、これは今、相当力を入れてやっております。

水素、酸素の分離は10年プロジェクトですけれども、事業を先に立ち上げておく必要があります。三菱化学でこういう分離膜の事業を今立ち上げようとしています。CO₂とメタンに関しましてはJOGMECさんのお力をおかりしてパイロットをつくっている段階です。液の分離に関しましては、日本酒の濃縮をこの膜を使って液系のパイロット事業も今始めております。

8ページ、どういう値段でつくればいいのかということですが、ナフサから出てくるエチレン、プロピレンと、いろいろなものから出てくるものを比較したものが資料中の上の絵です。日本の値段を100とした場合に、サウジが10円で北米のシェールが20円で中国の石炭から出てくるオレフィンが60円で、こういう中で私たちは生き残っていかなければいけないということで、これに見合うような形の技術をつくっていきたいのですけれども、石炭から出てくるCO₂、あるいは安い水素があった場合に、本当にオレフィンをつくることができるかといいますと、Methanol to olefinsに関しては三菱化学と日揮で技術をつくり上げて、本格工場が作れるレベルまで来ております。

9ページ、メタノールあるいはDMEからプロピレン、右側がそのパイロットの絵で、これは2013年にパイロットが終了しまして技術が完成しましたので、これはメタノールがCO₂からつくれば、いつでも口をあけて待っていますよという環境が今あります。

もう1つは、CO₂の資源化ということだと思いますと、CO₂と水素からメタノールをつくるというのは、COと水素がつくるよりも平衡的にかなり不利です。これについては人工光合成のプロジェクトで高収率でCO₂から1段で持ってくることを考えてやっております。

10ページは、私たちは何で化学原料を考えているかといいますと、スケールの点でいいますと燃料のほうが確かにいいのですが、燃料は安い。化学的につくるほうが値段は1.5倍ぐらいになります。そうなりますと、10万t、50万tのスケールのときに経済性がはつきり出やすいので、横展開できるという意味でいうと、まずケミカルをつくって、将来的に燃料に持っていくという考え方が1つ。もう1つは、一番下が人工光合成プロセス、CO₂と水素ですけれども、真ん中にメタンの改質でメタンとCO₂からつくる技術があります。これはCO₂を資源化することになります。こういう技術をまず間に置いて、将来的に人工光合成でCO₂と水素からつくるほうが現実的だろうと考えて、メタンの改質反

応と人工光合成プロセスの2つを並行しながらやっております。

11ページはカーボンフットプリントを示してあります。石油化学でナフサを原料にした1キロのエチレン、プロピレンをつくったときが左端で、右端がソーラー水素と排出CO₂からつくった場合のCO₂の排出量です。ナフサクラッキングでしたら1キロつくるに当たり7キロのCO₂が出たものが、人工光合成でしたら逆に2キロの吸収になるということで、相当大きな効果がある。その間にメタンのCO₂改質、あるいはバイオマス改質等が入りますので、段階的にやっていくのであれば、まずCO₂を資源化することを先に持ってきたほうが考えやすくなるだろうということで、このようなストーリーを考えました。

12ページでございます。BASFがアメリカでmethane to propyleneというプラントを50万t、2020年につくるという話があります。彼らの特許等を見ると、「人工光合成の前駆形」と書いてありますけれども、こういう技術を使うのではなからうかということがあるので、CO₂の資源化は現実問題として可能ではないかと思っております。

13ページが、実際にどれだけの効果があるかということですが、CO₂の回収コストは2円とか3円と安いので、CO₂を資源に入れることによって原料費が相当ダウンできますので、単純に天然ガスを使う場合よりは相当コストダウンができる。これと同じような比較という意味で、人工光合成は水素をどれぐらいつくればいいのかということで、この中ではキロ200円ぐらいで人工光合成で水素をつくれれば、天然ガスを使ったベースと同じぐらいになると考えております。

14ページは全体を絵にしたものです。まず、今の化学プラントにCO₂と化石資源由来でいいので水素を持ってきてプラントをつくる。これが第1ステップで、この償却が終わった段階で水分解でつくった水素を導入していきましょう。基本的に原料が水なので、償却が終わると恐ろしく安くなります。ですから、安くなった時点で規模を拡大していつ、CO₂をさらに減らすことができるという考え方です。

15ページですけれども、今、2014年から15年ぐらいですけれども、先にCO₂を資源化するプロジェクトを立ち上げて、その後で分離の技術をつくっていき、その後、人工光合成で実際に水分解して水素がとれるのを口をあけて待っていきましょう。そういう全体のストーリーで考えていて、人工光合成は2030年以降のレベルでは実用化できるのではないかとこのストーリーで今研究をやっています。今のところは順調に進んでおります。

○宝田座長

瀬戸山委員、ありがとうございました。それでは、個別技術の説明は以上ですが、最後に参考として、日本におけるCCS実用化への取組み状況について、日本CCS調査の庄司委員に御説明をお願いしたいと思います。

○庄司委員

それでは、日本におけるCCS実用化への取組み状況につきまして、苫小牧CCS実証試験と二酸化炭素貯留適地調査を中心に御紹介させていただきます。

2ページ目をごらんください。この図は現在公表されている世界のCCS大規模プロジェクトを示したものです。CCSに加えて石油を増産するための技術であるCO₂-EORの一部、人為起源のCO₂を使ったCO₂-EORを含めています。計画中也含まれますと、昨年末時点で55件のプロジェクトがあり、そのうち運転段階が13件、建設段階が9件あります。世界では既に実用規模で動いていることが御理解いただけると思います。

3ページ目をごらんください。この図は前のページに示しました大規模プロジェクトを排出源の種類ごとに整理したものです。縦軸が排出源の種類、横軸が稼働開始年です。図の左側にかたまっている多くの丸は操業中のプロジェクトで、その排出源に共通するのは、目的の製品を得るためにもととの生産システムにCO₂分離が組み込まれていることです。高純度の二酸化炭素が既にありますので、低コストでCO₂圧入が実現できて、先行して実用化されていることが理解できます。2014年によく石炭火力から回収したCO₂の地下圧入が始まっています。操業中のプロジェクトは圧倒的にEORが多いのがわかります。石油増産用にCO₂を買ってもらえるということで経済的に成り立ちやすいということです。帯水層への貯留はノルウェーで実現していますが、これは高額な炭素税支払いを回避するという経済的な理由がありました。

それでは、苫小牧でのCCS大規模実証試験について御紹介いたします。

5ページ目をごらんください。この図は日本でのCCS実用化への取組み状況をまとめたものです。CCSへ向けて、最初にRITEさんが新潟県長岡で帯水層への圧入試験を行いました。この成功を受けまして大規模実証試験の開始が決定され、4年間の調査事業を経て苫小牧での実証試験が始まりました。実証試験と並行して、現在は二酸化炭素貯留適地調査も行われています。これらの成果をもとにして2020年以降のCCS実用化を目指しています。

6ページ目をごらんください。苫小牧実証試験の位置付けです。実用段階では、年間100万t程度、またはそれ以上のCO₂を圧入すると想定されています。長岡では1万ト

ンのCO₂を圧入、貯留して、CO₂を安全かつ安定的に貯留できることを確認しました。また、地下でのCO₂挙動をモニタリングする手法を開発するなどの成果を上げました。ただ、CO₂は市販の液体炭酸ガスを購入して使用しております。CCSに必要な要素技術自体は各種産業で使用され、成熟しています。しかし、それらの技術が全体の一貫システムとして期待どおり連携して稼働することを実用化の前に実証しておく、それが非常に大事です。苫小牧実証試験は、実用化の前段階として分離・回収から圧入、貯留までの一貫システムを実用段階と同等の設備構成、同等の機器構成で実証しようとするものです。そのために、規模としては年間10万t以上が選択されています。

7ページをごらんください。苫小牧CCS大規模実証試験の全体スケジュールです。まず、調査段階で実証試験サイトを決めるための調査を行いました。115の候補地点から絞り込んで、最終的にCCSに適していることが確認され、実証試験の準備が整った苫小牧が選定されました。現在は準備段階の最終年度です。この準備段階の期間に分離・回収設備や圧入設備などの諸設備、それからモニタリングのための機器やシステムを建設、設置します。圧入は来年度、2016年度から3年間を予定しています。

8ページ目をごらんください。実証試験の主な目的と課題を整理しました。まず、先ほど申しましたが、分離・回収から貯留までのCCS全体を、一貫システムとして実証することです。次に、CCSが安全かつ安心できるシステムであることを実証することが挙げられます。特に日本は地震国ですので、収集したデータに基づきまして、地震に関連する不安が解消できるように取り組んでいこうとしています。ほかに、必要な技術及び安全に係る基準、実用化へ向けて改善、解決すべき課題、情報及びデータの開示、CCSの理解促進にも取り組んでいます。

9ページ目をごらんください。実証試験の全体システム構成を示しています。CO₂の排出源は商業運転中の製油所、出光興産様の北海道製油所の中にあります水素製造装置で、そのオフガスをいただきます。そのオフガスは約50%のCO₂を含んでいますので、分離・回収基地で処理し、純度99%以上のCO₂として回収します。CO₂を圧入基地の圧縮機で昇圧して、2本の圧入井から2層の貯留層へ圧入します。貯留層はいずれも貯留層の上にCO₂を通さない遮蔽層があり、かつ近くに活断層がなく、安全に貯留できることが調査で確認されています。

10ページをごらんください。実証試験設備の位置関係全体像を示しています。左寄り、港と海岸に隣接する台形の赤枠で囲った部分が製油所です。このすぐ左下の青枠で囲った

小さなエリアがCO₂を分離・回収/圧入する基地です。圧入基地から海へ延びる2本のラインが圧入井です。海岸から3 kmから4 km離れた地下にCO₂を圧入します。圧入されたCO₂は、シミュレーションによりますと、約600mから800mの範囲に広がります。1000年後もほとんど動きがないことを確認しています。

11ページをごらんください。CO₂分離・回収/圧入基地の完成イメージです。CO₂を含むオフガスを図面右側から受け入れます。左上に高い塔が3本並んでいますが、一番高い塔がCO₂吸収塔で、高さが約48mあります。この吸収設備で分離・回収されたCO₂を圧縮機で昇圧し、左上の圧入井に移送して圧入します。

12ページをごらんください。圧入対象層を模式的に示した地質断面図です。地下1000m付近の黄色の地層が貯留層である萌別・砂岩層で、その上が遮蔽層になっています。3000m付近の赤い地層がもう1つの貯留層である滝ノ上層で、その上の青い3層が遮蔽層になっています。2つの貯留層に左側の地上から延びている2本の線が圧入用の井戸で、いずれも傾斜井で、最初に垂直に延びた後、斜めに大きく曲がって貯留地点まで延びています。圧入井の先端部、約1000mにはCO₂が地層に出るための多数の穴をうがっています。なお、一般に帯水層は地層ができた古い時代の海水が岩の隙間に地層水として閉じ込められている地層で、CO₂はその地層水を押しよける形で貯留され、時間を経ますと地層水に溶けたり、岩石中の成分と反応して鉱物に変わるなど、より安定化されます。

13ページをごらんください。モニタリングシステムをまとめて示しています。この赤丸がCO₂の流量計、青丸が温度・圧力センサー、黄色丸が地震計です。圧入井では、それぞれCO₂の流量、温度・圧力を測定します。3本の観測井には温度計・圧力計と地震計が設置されています。そのほか、海底地震計や陸上地震計を設置しています。なお、これらのデータは、苫小牧市と連携して適宜公表する計画になっています。

14ページをごらんください。海底下の地層にCO₂を貯留しようとする場合、通称海洋汚染防止法にのっとって海洋環境モニタリングを行う必要があります。点線の区域が調査海域です。海洋環境モニタリングでは、水質調査、底質調査、海洋生物調査、海底面の調査を行います。圧入前の現況調査は既に完了しています。圧入中、圧入後も適宜データを取得し、漏えいがないことを確認いたします。

15ページをごらんください。広報活動ですけれども、苫小牧での準備業務では、今年で4年目を迎えますが、この間、CCSについて、苫小牧市の地元関係者をはじめとして、広く国民の皆さんの理解を得るべく継続して広報活動、情報発信を行っています。苫小牧

市民の方からの御意見などを取り入れながら、パネル展、講演会、子供向けの実験教室、現場見学会、それに東京ビッグサイトでの環境展とかエコプロダクツ展への出展も行っていきます。

続きまして、二酸化炭素貯留適地調査について御説明いたします。17ページは、今回の調査事業開始の前に行われましたR I T Eの調査結果で、日本近海での貯留可能量は1461億tと算出されています。日本の排出量の約100年分の貯留ポテンシャルがあることとなります。ただ、概略の調査で大きなポテンシャルは期待されておりますけれども、地下は不確定性が高く、詳細に見ていくと貯留層、遮蔽層の厚さや広がりにはばらつきがあります。また、体積当たりのCO₂の貯留可能量や圧入しやすさも確認が必要です。CCS事業を計画するには、長期間、安定的に圧入、貯留できる場所がはっきりしていることが必要で、前もって貯留適地を明らかにしておく取り組みが必要です。

18ページをごらんください。2016年度から経済産業省と環境省の連携事業としてCO₂の大規模貯留に適する複数の貯留層を確認するための二酸化炭素貯留適地調査が開始されました。貯留適地調査に関しましては、2013年4月の経済産業省と環境省による「東京電力の火力電源入札に関する関係局長級会議とりまとめ」に記載されています。この適地調査では、具体的には1カ所1億tとか2億t規模の大量にCO₂を貯留できる複数の貯留適地を2020年頃までに、より詳しいデータに基づいて確認しようとするもので、2次元弾性波探査、3次元弾性波探査、調査井によるデータ取得などの手法を積み重ねて、より好ましい候補地を明らかにする予定です。

○宝田座長

庄司委員、ありがとうございました。

以上で全ての資料の御説明をいただきました。御説明いただいた皆様、本当にありがとうございました。

それでは、これからこれまでの資料に基づきまして御意見、御質問等を伺いたいと思っております。御意見、御質問がある方は、挙手でも構いませんが、名札を立てていただければ、こちらから指名いたしますので、よろしくお願ひしたいと思います。

○小野崎委員

エネルギー総研の小野崎です。大変わかりやすい説明をありがとうございました。CO₂回収については比較的方向性が見えているかと思っておりますけれども、利用面については非常にバリエーションが広い。今日のお話は人工光合成なり藻類ですけれども、多分それ以

外にもCO₂の化学的な固定とかさまざまな技術がまだまだあるという気がします。そういう非常に幅広い技術に対してそれぞれの特徴づけ、例えばCO₂回収し利用しても、すぐにそれが放散してしまうとか、完全に化学的に固定してもとに戻ることがないとか、あるいはバイオマス系のようにCO₂フリーの燃料をつくるとか、随分パターンが違う気がします。それら個別技術の特徴づけを行い、そこで必要なエネルギー量を求め、最終的には全体のポテンシャルがわかるような形が見えてくるといいと思います。多分この協議会の中でというよりは、その辺の整理を、将来的に時間をかけてやっていただければいいなと思います。

○宝田座長

どうもありがとうございます。課長から何かありますか。

○覚道石炭課長

私が最初に御説明しました資料1の最後の論点のところでも、下から2番目の四角の②についてというのは、今、小野崎委員から御指摘のあった利用を念頭に置いたものですが、技術的にもいろいろなものがあって、どれが特に優れるといったものではない。したがって、当面、絞り込むというよりはいろいろなイノベーションの実現を目指して、幅広く追求していくべきと考えております。徐々に絞り込んでいく中で、今御指摘のあったそれぞれの特徴づけや、最後にポイントになってくるのは、エネルギーとして効率がどうなのか、あるいは量的にどれぐらいのポテンシャルがあるのか、そのようなところで最後は整理をしていくのかと思っております。したがって、今回策定しようとしているロードマップにどこまでそこが反映できるかというのはありますけれども、いただいた御指摘を踏まえて、参考にさせていただければと考えております。

○宝田座長

ぜひよろしく願いいたします。

○田村委員

田村です。覚道課長さんの資料1のページ8に当たるところですけれども、CO₂回収関連技術が化学吸収から酸素燃焼、物理吸収とトレンド的に書かれております。一方でCO₂の利用と時間的なミスマッチが若干あるように理解をします。化学吸収、酸素燃焼に関してはほぼ実用化段階に来ているということなので、2020年、2030年を待たずに商用化に向けての展開が図ればよいと思いました。

○覚道石炭課長

これは1つの絵に整理をしておりますけれども、回収は2020年、2030年と方向性が出てきているかと思しますので、こちらのほうは少し具体的に、どの地点でどうという形のロードマップにしっかりとまとめていこうかと考えております。

○住田資源・燃料部長

今の議論は大変な議論で、結局、分離・回収はだんだん段階を追ってきているわけですが、今のお話を聞いているとコストがすごくかかるというところがあって、どれだけの純度のCO₂まで上げていかなければいけないかというところでコストが物すごく変わってくるだろう。一方で、使う側にしてみると、そんなに純度が高くなくてもCO₂リッチなガスがあれば使えるかもしれなくて、例えば藻類も恐らくそうかと思えます。これはもしIHIの方から、また教えていただければありがたいのですが、そんなに高純度でなくても、ぶくぶくやればよいということであれば、100%を目指さなくてもどんどん使えるものが出てくれば、その部分が経済性に乗ったプロジェクトとしてどんどん実用化してこられる。100%を余り追求し過ぎると実用化が遅れてしまうということもあり、分離・回収の必要性と、利用の側でどういうCO₂なら使えるのかを、よくマッチングさせることがすごく大事だという感じが今日したのですけれども、もし委員の方から補足等あれば教えてください。

○宝田座長

どうもありがとうございます。

○平井委員

東工大の平井でございます。今の御意見に関連して、CO₂の利用を考えるときに、結局、利用することによって削減できるCO₂の量がどういうものなのか。CO₂問題はCO₂が大量に出ることが問題なわけで、年間13億t排出する我が国が、例えばマックスでやったときに、どれだけのCO₂が本当に利用できるのか、そのコストは一体幾らなのか、そこがロードマップやその他の資料に明確に記述されていない。例えば藻類の話がありましたが、水があるところ、光があるところで、そういうCO₂を利用しようとするときに、日本でそういう面積が一体どれだけ確保できるのかは割と簡単に見積もれると思います。そのときに、そのCO₂の削減量が幾らでという話が当然出てくるわけで、最大値はある程度のオーダーでは出てくると思います。少なくともイノベーションがあろうがなかろうが、そういったものについてはきちんとわかっているところがあるわけで、そういうところをきちんと明示していただきたいというのが私のコメントです。

○宝田座長

ありがとうございます。分離・回収、利用技術、全て含めて、まず物質収支、エネルギー収支、最終的には経済収支がきちんととれていないといけないということだと思いますが、確かに御指摘のとおりだと思いますので、今後ぜひよろしくお願ひしたいと思ひます。

○中尾委員

私は分離・回収が専門ですけれども、先ほどもありました資料1の8枚目、回収関連技術がコストで書いてあるのですが、お話を聞いていると、皆さんわかっているとは思ひますが、例えば化学吸収法でも常圧の一般火力のポストコンバッションでいくのか、あるいは化学吸収法でも高压ガスに対して使うということも当然あるわけですね。物理吸収法でも、高压、常圧の両方が原理的にはあるわけで、膜も当然そうですし、固体もそうです。それによつてもとのガスのCO₂濃度が10何%と40とか50という非常に濃度が違ふ2つがあつて、圧力があると、ないという2つがあつて、今までのこういう図を見ると、大体それが全部ごちゃまぜになっていますね。化学吸収法は最初は常圧の12~13%のところから4000円だと言ひていますが、もっと高性能な吸収液は幾らでもあるわけですし、物理吸収法でもどういふ液を使うかによつて当然変わつてきますから、今までこういうふうに行われているのですが、こういう書き方はそれぞれの技術に対して非常に誤解を招くと思ひます。やはり濃度で2レベル、圧力で2レベルというぐらひはきちんとして、それに対してそれぞれの方法が今どの辺にいるか、まだもう少し行くのか、どこか限界はあるかもしれませんけれども、そういう図をこれから書かないといけないのではないかという気が非常にします。それが1点。分離技術をやっている側としては、化学吸収液はだめな技術だというような印象を与えますが、だめなこともないので、ぜひそういう図にしてほしい。

もう1つ、最後のページのロードマップで、四角の2番目のポチのCCUSのところから、2030年以降を見据えて早期の導入拡大を目指す「火力発電の高効率化」とは異なる時間軸、視点で開発を進めることが重要である。これは今つくろうとするロードマップの基本姿勢かと思ひますが、この協議会は石炭課さんが主導しているから、石炭火力を早くというのはあると思ひますが、CO₂を減らす、地球温暖化防止という観点から見れば、僕は石炭火力はやるべきだと思ひていて、別に反対派でも何でもないので、やはりCCSなりCCUSは同期していかないと、今ある石炭火力を高効率のものに単純に置

き換えるなら、この分だけはCO₂は減りますから、いいですけど、最近の報道を見ますと、原発が止まっている分のかわりに石炭火力をいっぱいつくろうという計画があるわけですね。そうすると、幾ら高効率のものをつくっても、やっぱり大量にCO₂は出るので、そこを切り離してロードマップを書くのは、私は少し問題かと思います。地球温暖化防止という観点から見ると、石炭火力をつくる以上はCCSでもCCUSでもいいのですが、同期して行って、時間軸が別だと言ったら非常に問題が起こるのではないかという気が、RITEの立場としては特にそうですが、非常にするわけですね。storageはサイトをどうするかという問題はありますが、分離・回収技術は時間軸を変えるほど時間軸がずれているとは思えないし、storageも国民のコンセンサスをどう得るか。それは火力発電所をつくる人の責任ではないかと私は思います。カーボンキャプチャーする人の責任でもないのではないかと。みんなの責任といえば責任ですけど、そこをぜひロードマップで切り離して、石炭火力を高効率にすればいいんだというロードマップは、気持ちはわかるのですが、やはり少し問題があるので、そこはちゃんとやってほしいというのが非常に強い要望です。

○覚道石炭課長

1点目の8ページ目の図については、確かに今御指摘があった点からすると相当ざくっとした整理をしていますので、まさにロードマップの形にまとめていく際に、今御指摘のあったところも踏まえて、より精緻なものにするように努力をしたいと思います。

最後の2点目のほうですけれども、石炭火力はこれからどんどん増えていくという点については、まさにこれから電力業界、あるいは新電力も含めて、そういう枠組みを新設されていく中で、最終的にその枠組みの中でCO₂をどううまく抑えていくかという話になると思っています。そうした中で石炭火力の高効率化がどう加味されるかという位置付けだろうと思っています。そうした中で、CCSの技術についても、これは先ほど住田から申しあげましたように、CO₂が出てくる側と使う側でのいろんなマッチングが重要になってくると思います。確かに完全に別の次元のものではないと思うのですが、電力業界としての取り組みとか、あるいは長期のエネルギー需給見通しの案の中でも、2030年までの取り組みと、そこから先で一応の位置付けがされているという前提で、ただ、完全に切り離されたものにするつもりはございませんので、そうした中でうまく技術ロードマップの形に落とししていければいいと考えております。

○庄司委員

今、中尾先生からCO₂の種類によって大分違うというお話がありましたので、苫小牧のことも含めて情報提供させていただきます。

石炭火力の場合の溶液再生エネルギーが大体2.5GJ/t-CO₂とか、3GJ/tぐらいですけれども、苫小牧の場合には、それが1GJ/t以下になっています。それは非常に高濃度で圧力が高いものから回収するというので、そのぐらいが達成できています。世界のアンモニアプラントでも1GJ/tを切るものがたくさん動いております。そういう意味では、種類によって違うということのをきれいに整理することが大切だと思います。

2つ目ですけれども、CCSに関連して、オランダのロッテルダム の例ですけれども、そこではCCS用に回収したCO₂を一部抜き出して、温室の植物成長に利用するというのをやっています。使う量も少ないですし、CO₂削減には寄与していないかもしれませんが、大量に安いコストで得られたCO₂をCO₂利用ビジネスにいろいろ使っていくとお互いにいい効果があるのではないかと思います。CO₂を利用するという切り口でお互いに連携しながらやれるようなビジネスモデルもぜひ考えていきたいと思っています。

○住田資源・燃料部長

今のポイントは私どもが非常に強く考えているところでございまして、例えば藻の話がありました、あの話は国産資源、国産石油という話にもつながるので、全く違う効果が考えられるわけですね。そうすると、どれだけの量が使えるかというのは、先ほど平井先生から御指摘のあったとおりですが、量の問題と質の問題と両方あるので、これも考えていかなければいけない。

量の問題について言うと、先ほどの人工光合成でも、例えば1%か10%、それだけで10倍違うとか、藻類でもどれだけ吸収性のいいもの、あるいは深さがどれぐらいとれるとか、そういうことの技術開発でも大きく変わってくるのですが、少なくとも現状における単価をベースとした場合にどういう数字になるというのは、確かにレファレンスとしてあったほうが全体がわかりやすいというのは平井先生の御指摘のとおりです。ただ、その数字でとどまるわけではなくて、いろいろな可能性がある数字のもと数字みたいなものを多少なりとも示していくというのは非常に意味があると思います。

○宝田座長

どうもありがとうございました。

○藤岡委員

I E Aのブルーマップで、CO₂のコストの基準をどうするかという問題があるのではないかと思います。ここで示されております化学吸収法の4200円は平成17年ですから、もう既に10年前ぐらいの技術です。逆にそのころはそれぐらい高いからコストダウンを図りましょうということではいろいろな研究がスタートしたと思います。それが10年かけてSothorn Companyなどカナダでかなり大型のものが出て、実際それはもうコスト試算が可能な状態ではないかと思います。今そういうものをもう1回きちんと見直していただいて、現状の化学吸収装置だと分離コストはこれぐらいになります。まずそれを始点にして考えないと、これからいろいろ開発を始めるときに、全て基準はこの4200円から始まったら、大概開発可能になってしまうという気がいたします。

CO₂は全体をどこから回収するのが安いかというところで、安いところから始めていけばいいという考え方だと思います。それがI E Aのブルーマップでは、先ほど庄司先生が御紹介したように化学プラントが最も安いということから、まずはそこが実現されるというシナリオがありますので、そういう考え方を我々の日本に適用したら具体的にどうなるのかということも重要かと思いました。

○宝田座長

ありがとうございました。

○金子委員

CO₂の有効利用ということでいろいろな研究がなされているわけですがけれども、私は要素としてそれらの技術を研究して、基礎的なものをしっかりとやっていくことは結構だと思うのですが、先ほどから量的なバランス、つまり、使い得るCO₂と発生するCO₂と量的にどれぐらいの位置関係にあるのかという議論が出ております。私の概算では、それは極めて難しい。出てくるほうが1万倍とか10万倍出てくる。例えば火力発電所の敷地を見て、そこにいろいろな利用の方法を考えたとして、実際に発電所から出る量は1万倍から10万倍ぐらい出てきますから、実際は量的にバランスさせるのはなかなか難しい。

それから、例えば炭酸飲料や溶接、シールなどいろいろなCO₂の工業的利用がありますが、日本のCO₂の工業的必要量は年間100万tです。アメリカでも300万t。日本とアメリカの全工業必要量を合わせて400万tですが、100万kWの石炭火力1基で600万tのCO₂が出てくるわけです。だから、工業的利用はうまく組み合わせられれば非常に結構だと思うのですが、端的にマスバランスがどうかと言われると、バランスさせ

るのはかなり難しい。したがって、結局バランスできるやり方は、EORだということでございます。そういう背景もあるということをお理解いただければと思います。

○宝田座長

ありがとうございました。ほかにもございますか。

○中尾委員

結局、天然ガスもCO₂を出すので同じことですが、CO₂削減という意味でCCSやCCUSと言うのであれば、利用というのは量的には地球温暖化防止には全く役に立たない。やっている方には申しわけないですけど、全然役に立たないというのは公知の事実です。別の意味の利用にしないと、温暖化防止のためにCO₂を利用しているのではない。要するに石油代替で石油を買うかわりにとか航空燃料を買うかわりにというのは温暖化防止ではないのです。このぐらいはあるかもしれませんが、それをCCUSと言っているのは、言ってもいいですけど、地球温暖化防止からいったら、もう13億t出てくるのはstorageする以外に使うところは絶対ないわけなので、そこはCO₂を出す側のロードマップとしては一緒にしないで、利用が悪いと言っているのではなくて非常にいいと思います。ただ、温暖化防止では量的には全く貢献しない。やっている方は貢献するとおっしゃるかもしれませんが、量を計算すれば絶対に貢献しないので、そこはちゃんとわかるようにして、やっぱりstorageは必要なのだ、utilizationはこういう意味で必要なのだ、ただし、量的にはこんなものですよというロードマップをぜひ書いてほしいというのが分離・回収をやっている側からのお願いです。

○宝田座長

ありがとうございました。皆様の本当に貴重な御意見をいただきまして、今回のこの協議会は次世代火力発電の早期実現ということでございますけれども、火力を使うに当たっては、必ずこのCO₂問題は出てくるわけでございます。いろんな立場があると思いますけれども、今回この協議会の第2回でこのCO₂回収、利用を取り上げたということは、石炭火力はこれから増えていくかもしれませんが、その中でCO₂の回収利用は政策的にも常に考えなければいけないということかと私は理解しております。日本の基幹的エネルギーを必ずきちんと担保するというのは重要ですし、その中でCO₂をどういうふうにつえるか。こういったことを、今回本当に皆さん各界の専門家の方に御意見をいただいて、今後の政策が出ていくのだと思っております。ぜひまた今後とも御協力いただきたいと思いますと思っております。

それでは、以上で時間になりましたので、このあたりで質疑を終了させていただきたいと思えます。

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

今日は委員の先生方から大変貴重な御意見をいただきまして、ありがとうございました。今後の予定ですけれども、次回ですが、今のところ第3回を7月6日に予定してございます。この回にこれまでいただいた御意見等も踏まえまして、火力発電関連技術のロードマップの案を提示させていただきまして、また御議論をいただければと考えてございます。

あと、前回も御連絡をさせていただきましたけれども、6月26日、大崎クールジェンへの委員の皆様方の御視察を予定してございますので、御都合がつかれる方におかれましては、ぜひ御参加をいただければと考えてございます。

○宝田座長

ありがとうございました。それでは、これをもちまして本日の第2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。本当に長時間にわたり御議論いただきまして、ありがとうございました。