

CCS実証試験実施に向けた専門検討会（第2回）

議事録

日時：平成23年11月10日（木曜日）14：00～15：50

場所：経済産業省別館10階第1028号会議室

議事

- （1）苫小牧地点における実証試験計画（案）について
- （2）その他

議事内容

○事務局（石井補佐）　ただいまから CCS 実証試験実施に向けた専門検討会（第2回）を開催いたします。

本日、辰巳委員、徳永委員、松橋委員は御欠席でございます。

また、オブザーバーの北海道坂口経済部長の代理として胆振総合振興局産業振興部長の坂田様が、苫小牧市五十嵐経済部長の代理として経済部次長の福原様が御出席です。

それでは、これ以降の進行は山地座長からお願いします。

○山地座長　それでは、第2回になりますけれども、CCS 実証試験実施に向けた専門検討会を始めたいと思います。

御多用中のところを御出席いただき、ありがとうございます。

第1回目では、この検討会の開催の趣旨とか進め方とか、それから内容的なことでは苫小牧の地点の貯留性能とか周辺環境について御審議いただきましたが、きょうは「苫小牧地点における実証試験計画（案）について」がメインの議題でございます。

お手元に資料等がございますが、議事に沿って進めてまいりますけれども、本体の議事に入ります前に事務局から配布資料の確認、それから前回議事要旨及び実証試験計画（案）の評価項目、これは前回、御説明したところでございますが、その確認と説明をお願いいたします。

○事務局（石井補佐）　議事に先立ちまして、配布資料の確認をさせていただきます。

お手元にまず議事次第という1枚紙、それから配布資料一覧、資料1、これは前回の議

事要旨でございます。それから資料2、これも前回配布しましたけれども、「苫小牧地点における「貯留層総合評価」及び「実証試験計画（案）」の評価項目（案）」でございます。それから資料3、これは横長の資料でございます、「苫小牧地点における実証試験計画（案）概要」、それから各委員の席上には前回配布いたしました検討資料1として、「苫小牧地点における貯留層総合評価」、それから検討資料2としまして「苫小牧地点における実証試験計画（案）」を参考として配布させていただいております。何か不足等がございましたらお知らせいただけますでしょうか。

資料1の以前の議事要旨につきましては、事務局で作成し、前回の配布資料とともにすでに経済産業省のホームページに掲載しております。前回の各委員からの主な御意見としましては、例えば地質学的な発達プロセスを説明すべきであるとか、あとは地層による塩分濃度が違う理由を説明すべきである。それから地層水の流動を加味したシミュレーションを実施すべき、鉱物トラッピングの評価がなされていないのであれば、保守的な評価になっていることを説明すべき、あとは化学反応について加味していないということであれば、環境の面から保守的に安全サイドで評価をしているという理解でよいか、また移流・拡散、化学反応をどのように評価したのかがわからないため、シミュレーションに用いた支配方程式、それからパラメータとその不確実性を説明すべき、あとは1坑だけのリークオフ圧力で全体を評価してよいのか、周辺データを合わせた説明をすべきなどほかにも幾つか御意見をいただいております。

こういった御意見、御質問に対する回答としましては、次回、第3回ないしは第4回の取りまとめの中で反映させていただくことにしたいと思いますので、引き続きよろしく願いいたします。

なお、各委員記名の議事録でございますけれども、昨日、メールで各委員に御確認のお願いをしたところでございます。各委員の御確認が済み次第、経済産業省のホームページに掲載させていただきます。

続きまして、資料2「苫小牧地点における「貯留層総合評価」及び「実証試験計画（案）」の評価項目（案）」ですが、これも前回配布した資料ですけれども、「実証試験計画（案）」の評価項目（案）については前回の審議事項ではなかったことから、事務局から御説明していませんでしたので、今回に議題に係る部分について御説明いたします。

資料2を御確認ください。本日の議題となっておりますところは資料2の3ページ、「Ⅱ. 実証試験計画（案）に係る評価項目」でございます。「1. システム構成、運転計画」が本

日の検討項目となっております。(1) 全体システム、実証試験を実施する意義・目的を踏まえたシステム構成となっているか。例えば論点例としましては、安全性に配慮したシステム構成か、構成する設備のバランスはとれているかといった論点例を挙げております。

(2) 運転計画、CO₂ 圧入・運用計画は適切なものとなっているか。論点例としまして、CO₂ 圧入・運用計画について、貯留層総合評価を踏まえた圧入レート等を勘案し、適切な条件設定としているか。

(3) CO₂ の分離・回収設備、①CO₂ の分離・回収方式は商業運転中の設備を踏まえた適切な方式となっているか。これに対する論点例としましては、実証試験では、既存の排出源に CO₂ 分離・回収設備を追加することになるため、既存設備への影響を考慮したのものになっているか。②CO₂ の分離・回収コストの低減化を考慮したシステム構成か。論点例としましては、CO₂ の分離・回収コスト低減化を検討できるシステム構成か。

裏面ですけれども、(4) 液化出荷・輸送設備でございます。①CO₂ の液化出荷設備は商業運転中の設備を踏まえた適切な方式となっているか。これに対する論点例としましては、例えば実証試験では既存の排出源に CO₂ 液化出荷設備を追加することになるため、既存設備への影響を考慮したのものになっているか。②タンクローリー輸送システムは、排出源からの CO₂ の液化出荷を考慮したのものになっているか。この論点例につきましては、例えばタンクローリーの大きさ、輸送システムは経済性を考慮しているか。

(5) CO₂ 圧入設備、設備は圧入量に対して適切な規模か、また、消費エネルギーを最小化できるように考慮されているか。さらに、緊急時の対処も考慮されているか。これに対する論点例としましては、CO₂ の受け入れ、圧縮設備は消費エネルギー等に無駄のないよう考慮されているか。

(6) 圧入井ですけれども、圧入井の場所は安全性を確保する上で問題はないか、またその他、周辺環境に問題はないか。この論点例としましては、坑井の掘削ルートは適切かといったものを挙げております。

以上でございます。

○山地座長 ありがとうございました。

今、資料1と資料2を説明していただきましたが、ここまでの説明について何か御質問とか御意見はございますでしょうか。特によろしゅうございますでしょうか。

では、本日のメインの議題であります「苫小牧地点における実証試験計画(案)」について、資料3だと思っておりますが、事務局から説明をお願いします。

○事務局（石井補佐） それでは、資料3に基づきまして、苫小牧地点における実証試験計画（案）の概要を御説明いたします。

お手元の資料をごらんください。まず説明内容ですけれども、最初に実証試験実施の背景ですとか位置づけといったものを御説明した後、大きなII番としまして、実証試験計画（案）の内容について説明をさせていただければと思います。

お手元の資料の4ページでございます。まず実証試験実施の背景でございますけれども、左側は国外の取り組み状況、右側は我が国の計画ですとか、それに基づく取り組み状況といったものを示しております。左側を見ていただければと思いますが、まずここには世界の主要なCCSプロジェクトを挙げさせていただいております。例えばEOR、油の増産ですとか、それからガスの増産といったものを目的としたものは除いております。それから、報道ベースで終了しているものすとか、あと中止されているといったものも一部含まれている形になっております。この見方ですけれども、まず黄色い四角で囲っているもの、ここではノルウェーのプロジェクトとしてスライプナー、それからスノービット、下のほうにアルジェリアのプロジェクトとしてインサラというものを挙げております。これは実用化のフェーズにあるものが黄色枠で囲われております。一方で緑のほうですけれども、緑のほうは実証段階にあるプロジェクトでございます、フランスのラック、それから豪州のオトウェイ、米国のマウンテニアといったものを挙げております。

見ていただくと、ノルウェーについては先進的に取り組みがなされておりますけれども、この背景としましては、天然ガスの生産に伴いまして、どうしても含まれてしまうCO₂といったものを分離して、回収して天然ガスの純度を高めるという必要がございます、大体9パーセント程度の濃度でCO₂が含まれてしまうのですけれども、これを純度を高めるという観点で2パーセントまで低減させているということになっております。また、ノルウェーについては炭素税が導入されているといった背景があるため、ここではCO₂を分離・回収し、貯留しています。アルジェリアについても同様でございます、これも天然ガス田から不純物として含まれるCO₂を分離し、帯水層に圧入するというものでございます。実用化に至っているところを見ていただくと年間の貯留量についてですけれども、大体100万トン、少ないところでもノルウェーのスノービットで70万トンとなっております。その一方で、実証プロジェクトですけれども、実証プロジェクトにつきましては年間10万トン程度ということで、多いところで10万トンとなっております。

このような中、我が国の状況でございますけれども、それが左側に示してございますが、

我が国の計画としまして、まず平成 20 年に閣議決定をしました「低炭素社会づくり行動計画」ですとか、あと平成 20 年 3 月に、経済産業省の文書として出したものですが、**「Cool-earth エネルギー革新技术計画」**の中で、**「2009 年度以降、早期に大規模実証に着手し、2020 年までの実用化を目指す」と**しております。それから平成 22 年 6 月に閣議決定をしました**「エネルギー基本計画」**の中では、**「2020 年ごろの CCS の商用化を目指した技術開発の加速を図る」と**しております。

我が国の取り組み状況でございますけれども、平成 15 年 7 月から平成 17 年 1 月にかけて新潟県長岡市岩野原の既存の天然ガス生産基地において、合計 1 万 400 トンの CO₂ 圧入試験をしております。また、平成 21 年度から CCS 大規模実証試験の候補地点選定のため、115 地点から最終的に 3 地点、苦小牧、いわき・勿来沖、それから北九州に絞り込み、それぞれ実地調査等を実施しています。これら 3 地点の現状につきましては第 1 回の検討会で御説明したとおりです。

続きまして、今御説明しました取り組み状況の中で御説明しました長岡の状況について御説明いたします。資料の 5 ページです。平成 15 年 7 月から平成 17 年 1 月までの 1 年半の間に先ほど御説明しました新潟県の長岡市岩野原において、深度約 1100 メートルの帯水層に合計 1 万 400 トンの CO₂ を圧入する基礎的な CO₂ 圧入実証試験を実施しております。これは我が国で最初の帯水層への CO₂ の圧入試験でありまして、観測井を利用した CO₂ 圧入前、それから圧入中、圧入後の物理検層、それから坑井間の弾性波トモグラフィによる地下の詳細な物性データの取得により、帯水層での CO₂ 挙動を詳細に把握しております。これによりまして、我が国特有の変化に富む地質構造を有する帯水層に適した CO₂ 長期挙動予測シミュレータが開発されまして、高い精度での CO₂ 挙動予測が可能となりました。それによって圧入された CO₂ が試験地点の帯水層に 1000 年にわたり安全に貯留できることを確認しております。長岡での CO₂ の圧入実証試験は CO₂ の圧入部分に主眼が置かれたもので、そういう意味では有意義な結果が得られたのですが、圧入に使用した CO₂ は市販の CO₂ でありまして、分離・回収を含めた CCS トータルシステムは構成していないというものでございます。

続きまして、6 ページです。こういった背景のもと、今回、国で進めております大規模実証の意義でございますけれども、CCS トータルシステムとして計画どおりの機能・性能を発揮できることを実証するというものが 1 つ目でございます。これは今申し上げましたけれども、長岡での CO₂ 圧入実証試験では大規模排出源から CO₂ を分離・回収したので

はなくて、市販の CO₂ を使用し、圧入したという背景がございます。それから、CCS の実用化に向けましては、当然のことながら大規模排出源から実際に CO₂ を分離・回収しまして、圧入までのトータルシステムとしての機能・性能の確認が必要となります。実証試験意義の2つ目でございます。各要素が計画通りの機能・性能を実施することを実証する。長岡では実排出源から CO₂ を分離・回収し供給する検証はしておりません。このため、CCS 実用化に向けては、実排出源の稼働状況などを踏まえた CO₂ の分離・回収、それから液化・出荷等の技術検証を行う必要がございます。また、長岡では CO₂ の貯留量が少なく、先ほど申し上げましたが約1万トンということで、構築しました地質モデルは狭い領域を対象としている。このため、CCS 実用化に向けて必要となる大規模な貯留に伴う広範囲を対象としました弾性波探査などにより CO₂ が安定的に、これは長期にというものも含まれますけれども、貯留されていることを確認することが必要でございます。意義の3つ目でございますけれども、CCS の実用化に向けて、トータルシステムとしてのエネルギー負荷の低減化、コストの低減化を実証する必要がございます。長岡で実証していない実排出源からの CO₂ の分離・回収コストを含めたトータルシステムとしてのエネルギー負荷の低減／コスト低減の検討が必要となっております。

続きまして、7ページです。そして今回、検討していただいている苫小牧ですけれども、苫小牧の実証試験の技術的位置づけでございます。まず1つ目、システム全体についてですけれども、これは我が国として初となる大規模排出源、今回は2カ所を想定しておりますが、その CO₂ 分離・回収から輸送、圧入、貯留、これは前回検討会で御説明いたしましたけれども、萌別層と滝ノ上層という2層までの CCS トータルシステムを実証し、CCS 技術を確立するというものが1つ目です。2つ目、これは分離・回収・輸送フェーズに関する技術的位置づけですけれども、1つ目は、1つの排出源であるガス供給基地及び分離・回収基地では、水素製造装置からの CO₂ 分離・回収について消費エネルギーの少ないモデルを実証する。2つ目、2つ排出源がありますけれども、もう一つの排出源である液化供給基地では、水素製造装置からの既分離 CO₂ を活用し、将来の CCS の技術オプションとして、CO₂ の液化・貯蔵・出荷・タンクローリー輸送システムを実証するというものでございます。

続きまして8ページ目、圧入フェーズにおける技術的位置づけでございます。2カ所の排出源から異なる状態の CO₂、これは1つは気体状態、もう一つは液体状態で受け入れることを想定しておりますけれども、そういった異なる状態の CO₂ を受け入れることで多

様な排出源に対応できる操業管理技術を実証する。陸上基地から掘削する大偏距坑井による掘削技術を実証し、陸上基地から沿岸海底下への地中貯留を実施するというものが圧入フェーズにおける技術的位置づけでございます。4番目、貯留・モニタリングです。ここでは異なるタイプの貯留層（滝ノ上層 T1 部層）、これは構造的火山岩であると前回御説明いたしましたけれども、滝ノ上層 T1 部層、それから萌別層砂岩層、これは非構造的砂岩層ですけれども、これらに対して圧力とレートを的確に制御しながら CO₂ を圧入貯留し、圧入時・圧入後の CO₂ 挙動を観測することで、貯留層条件、例えば地質・深度・圧力に対応した貯留層の管理技術を実証するというものでございます。

こういった苫小牧における大規模実証試験の意義を踏まえて、大規模実証試験の今回の位置づけというものを整理したものが9ページでございます。こちらを見ていただくと、一番左の欄から2つ目の欄、「長岡」と書かれておりますけれども、これが先ほど御紹介しました過去に実施しました長岡の CO₂ 圧入実証試験でございます。ここでは排出源、分離・回収、輸送といった3つのフェーズについては、すべて市販の CO₂ を利用しているというものでございました。貯留については陸域の深部塩水帯水層、構造的でございます。圧入については1坑井で行いました。CO₂ 挙動把握のための主要モニタリングの手法としては、観測井を3つ用いて行っております。これに対して一番右側を見ていただければと思いますが、右側は実用化段階で想定される CCS プロジェクトです。先ほどノルウェーの例を少し御紹介いたしましたけれども、年間約100万トンという規模が想定されておりますので、そういった想定の下で例えば排出源はどういうものがあるかといいますと、発電所ですとか工場、分離・回収につきましては化学吸収法や膜分離法等、輸送についてはパイプライン、タンクローリー、それから船舶等、貯留につきましても、海底下／陸域、深部塩水帯水層、これは構造的と非構造的がございますけれども、そういったものもあれば、場合によっては生産終了の油・ガス層というものに入れるというものも想定されます。圧入につきましても、複数の坑井で行うというものが想定されております。CO₂ 挙動把握のための主要モニタリング手法でございますけれども、弾性波探査ですとか、あとは観測井を複数用いて行うというのも想定されます。

こういった中、ちょうど真ん中でございますけれども、今回の苫小牧の大規模実証試験は、まず排出源については製油所（2カ所）、それから分離・回収についてはよく使われておりますけれども、化学吸収法、輸送についてはタンクローリーとそれから送出配管（パイプライン）、あと貯留につきましては海底下、それから深部塩水帯水層、これは構造的と

非構造的、先日、前回の検討会で申しあげましたけれども、滝ノ上層につきましては構造的、萌別層については非常構造的となっております。圧入につきましては、両層に対して2つの圧入井を掘って行いますので2坑井、CO₂挙動把握のための主要モニタリング手法としましては弾性波探査、観測井を1～2坑設けるということを想定しております。したがって、長岡でのCO₂圧入実証試験と、それから実用段階で想定されますCCSプロジェクトのちょうど間を埋める橋渡しになるようなものが今回の実証試験になると考えております。

それでは、10ページ、11ページでございますけれども、実証試験の具体的な内容について御説明いたします。

11ページを御確認ください。今回想定しております全体システムでございますけれども、商業運転中の製油所（2カ所）の水素製造装置を排出源としまして、CO₂含有ガスから分離・回収する気体CO₂と、それからすでに分離されておりますCO₂の、これは液化をいたしまして液体CO₂として圧入基地へ輸送するということを想定しております。圧入基地では、これらのCO₂をそれぞれ圧縮、昇圧・加温して統合しまして、年間15～25万トン程度を2層の貯留層に圧入するというものでございます。ここで年間15～25万トン程度としておりますけれども、下の絵の中で少し簡単に書いておりますが、これは排出源の稼働状況などによりますので、必ずしも25万トンが供給されるかということとそうでもないということなので、ここは排出源の稼働状況等によるということにしております。

まず、図の絵の上を見ていただければと思いますけれども、1つは苫小牧の排出源を想定しております。苫小牧の製油所から排出されます排ガスから、排ガスと言いましても、これは水素製造の過程で発生するプロセスガスですけれども、それを送出しまして、ガス供給基地を、ここを「D1-1」と我々は呼んでおりますけれども、D1-1からプロセスガスを送出しまして、送出配管約2.5キロメートル実証試験のために新設しまして、「D1-2」と呼んでおります分離・回収基地（D1-2）ですけれども、ここでCO₂のみを分離・回収して、ここでは約10～20万トン程度のCO₂として、「D0」と呼んでおります圧入基地まで輸送する。一方で下のほうでございますけれども、こちらは室蘭にある製油所を想定しておりますが、ここを我々は「D2」と呼んでおりますけれども、すでにここではCO₂を分離・回収してございまして、一部商用で使っている。残りは、大気放散しているというところでございますので、その大気放散しているCO₂を新たに実証試験で設けますこの液化、タンクローリー設備を用いて液化し、タンクローリーで出荷する形で、年間約5万ト

ン程度という形でこちらの D0 の圧入基地に輸送します。そして、この圧入井を「2坑」と書いてございますが、一方はそこにありますけれども、萌別層砂岩層、これは海底下の深度約 1100～1200 メートルのところ、もう一方につきましては滝ノ上層 T1 部層、これは海底下の深度 2400～3000 メートルのところに貯留するというものが全体システムでございます。

続きまして、12 ページを御確認ください。こちらは今御説明しました全体フローを写真を用いて位置関係を示したものになっております。左上の写真でございますけれども、こちらが室蘭の液化供給基地 (D2)、左上の写真の右上でございますけれども、ここが苫小牧という位置関係になっておりまして、この D2 基地からタンクローリーに液化 CO₂ を乗せて約 80 キロメートルを輸送します。オレンジ色の道路は、これは道央自動車道を予定しております。ここの苫小牧の地域の拡大図でございますけれども、拡大図はこちら、前回、貯留層の総合評価のところでも一部使わせていただきましたが、ガス供給基地 (D1-1) というのはこちら。それから分離・回収基地 (D1-2) は D1-1 に隣接する形で設置することを予定しております。圧入基地 (D0) は D1-1 に隣接する形で設けます。

続きまして、13 ページをごらんください。今回の実証試験計画の中の設備設計、それからシステム運用計画の基本的な考え方でございます。1つ目、実証試験の意義を踏まえた必要十分な規模、仕様とする。2つ目、省エネルギー、低コスト化に向けた検討が可能な全体システムとする。3つ目、安全性を確保し、周辺環境への影響を局限化するものとする。4つ目、排出源装置、これは商業設備ですけれども、それへの影響を考慮する。具体的には排出源装置の稼働状況などを踏まえた適正な規模とする。商業設備の安全性、安定運転を確保する。5つ目、CO₂ 供給計画と圧入計画との整合を取りつつ、全体を最適化したトータルシステムとして運用する。6つ目、CO₂ 圧入計画についてはそれぞれの貯留層の圧入性能を十分に踏まえたものとする。7つ目、CO₂ 輸送計画については効率及び経済性を考慮するというものでございます。

それでは、今御説明をしました設備設計・運用計画に関する基本的な考え方のもと、まずは分離・回収の基本的な考え方について御説明したいと思います。

1つ目ですけれども、既存施設、設備への影響を極限化する。CO₂ 排出源である水素製造装置は既存施設内にあるため、CCS 実証試験用の設備設置やその稼働状況が既存施設に与える影響を極限化するための対策が不可欠でございます。この点について十分に配慮した仕様とする。2つ目、省エネルギー型分離・回収プロセスの性能確認。CO₂ の吸収性能に

優れ、装置コスト・運転コストともに他のプロセスに比べ低く抑えることが期待できる活性アミンを利用します。分離・回収エネルギーは現在運用されている分離・回収法におけるエネルギー値などを考慮しまして、1トン当たりのCO₂を回収するのに2.5ギガジュール以下を目指すとしております。この値につきましては後ほど御説明しますが、アミンリボイラーにおけるスチーム消費量と溶剤循環ポンプ動力の変化を測定し、評価するということを検討しております。

続きまして、15ページを御確認ください。こちらが分離・回収システムの検討過程でございます。このD1-1基地はすでに商用設備として動いているものですが、ここで水素製造装置はPSA方式を採用しております。分離・回収の原料ガス候補としては、1つ目はPSAの上流ガスから分離・回収するものと、それからPSAの下流ガスから分離・回収するもの、2つが考えられます。まず上の絵を見ていただければと思いますけれども、一番左側、「ナフサ」というところからですが、ナフサを原料としまして脱硫を経て、それから改質用スチームから供給されますスチームを用いまして反応管、これはニッケル触媒ですが、反応管を介してCOシフト反応をいたしまして、その時点で水素ですとかあとはメタン、一酸化炭素、水、CO₂というものが含まれた状態になっております。ちょうど今この弁が描いてあるところですが、そういう状態になっております。そこから現状ではこのPSAのガス精製ということで、これは圧力を用いて物理的に水素のみを取り出すというものでございますが、それによって現状、99.99パーセント以上の高純度水素が分離・回収されているという状況でございます。その水素は最終的にここの石油製品の脱硫装置に送り込まれていくという状況になっております。

まず、PSAの上流ガスからの分離・回収ですが、COシフト反応が終わった後のガスを回収しまして、それを今回新設します分離・回収設備でCO₂のみを分離・回収して、残りのガスを元のラインに戻すというものでございます。これによってこういったデメリットがあるかというものをここにまとめておりますが、1つ目ですが、緊急時対応が必要になります。具体的には、ここの「デメリット」と書かれてある右側の②番を見ていただければと思うのですが、分離・回収設備、これはCCS実証試験のための設備でございますので、そちらにガスを一度供給するという形になるので、CCS実証試験に伴う例えば緊急停止といったようなものが発生した場合に、こちらのPSAにつながっておりますラインについても緊急時対応をとる必要があります。2つ目としましては、こちらのPSAガス精製のところですが、これと隣の圧縮機でございますが、ここについては、ま

ずは PSA ガス精製については吸着剤の交換、それから圧縮機については能力の増強といったものが必要になります。これは分離・回収を行って CO₂ のみが回収された形で、それ以外のガスが戻ってくる形になるので、CO₂ を分離・回収しなかった場合に比べて圧力が減少したガスが PSA のガス精製のほうに流れてくるということで、この圧力減少に応じた形で吸着剤の仕様を変更する必要があります。同じく圧縮機についても能力増強をしなければいけないということが挙げられます。それから、PSA のガス精製を経た下流のオフガスですけれども、このオフガスは最後は改質炉に戻っていくのですけれども、改質炉のところについても CO₂ がなくなった分、熱量の変更がございますので、バーナ交換をする必要があります。このため、既存の商業設備に与えるデメリットとしまして、1つ目は、水素製造装置の改造が必要となる。具体的には今申し上げましたけれども、改質炉のバーナ交換、PSA の吸着剤交換、それから水素圧縮機能力の増強、2つ目は、CCS 実証実験に伴いまして、緊急停止時の対応が求められるというものがございます。したがって、このやり方では水素製造装置本体に係る改造が多く、安全面での懸念点が多いという結果が得られております。

一方で、下の段ですけれども、こちらについては PSA ガス精製に入る前のガス、すなわち PSA 上流ガスではなくて下流のオフガスから CO₂ を含むガスを分離・回収設備に流しまして、CO₂ を分離・回収した残りのガスを再度この下流のラインに戻す、還流するというものでございます。このやり方であれば、先ほどのデメリットに比べまして、水素製造装置の改造は必要であるものの、改質炉バーナの交換のみになります。あとは、分離・回収した後のガスをこのオフガスのラインに戻しますので、それにより CCS 実証試験に伴う緊急停止時の対応が求められるというデメリットが残ります。したがって、PSA 上流ガスからの CO₂ 分離・回収と比較すれば水素製造装置本体に係る改造は少ないのですけれども、安全面での懸念点があるという結果になっております。

これらを踏まえまして、16 ページでございますけれども、今回の実証試験計画案では、PSA 下流ガスからの分離・回収を行うが、水素製造装置への還流は行わないというものにしたいと考えております。そこに示しているとおりでございますけれども、PSA ガス精製から出てまいりましたこのオフガスの一部を、新設する分離・回収装置に送ります。残りのガスはこちらに流していく。分離・回収し終わった後のこの残留ガスについては、オフガスのラインに戻さない方式をとりたいと思っております。ただし、前のページで御説明しました CO₂ を分離・回収した後のガスを還流する方式とは異なり、ブタンタンクから横に赤い線

でパイプラインが引かれておりますけれども、別途、改質炉に対してブタン供給するラインが必要になります。

では、その CO₂ を分離・回収した後のガスをどうするかという点についてですが、このガスについては可燃性ガスでありますので、ボイラーでスチームを発生させて熱源とするとともに、スチームタービンで発電して新設設備に供給する。すなわち、この分離・回収基地の動力源として使う。それからアミン再生用のリボイラーとして使うということを考えております。また、この分離・回収装置を経たガスは、高純度 CO₂、これは 99 パーセント以上の濃度でございますけれども、大気圧で配管を介しまして圧入基地の D0 へ輸送するということになります。これにより、年間 10～20 万トン程度を供給すると考えております。

続きまして、17 ページを御確認ください。こちらは先ほど御説明しました分離・回収システムの具体的な吸収液についての検討状況でございます。CO₂ の吸収アミン溶剤には幾つか種類がございます。1 つ目は 1 級・2 級アミン、MEA、それから DEA、それから吸収促進剤なしとしているものです。これらのデメリットとしましては、腐食性が高いということが挙げられます。さらに、この溶剤再生熱は、1 トンの CO₂ に対してですけれども、3.5 ギガジュール要します。3 級アミンにつきましては、これは「MDEA」と呼んでおりますけれども、3 級アミンでかつ吸収促進剤なしというものを使用すると、これは、吸収反応が非常に遅いというところで、これは適用不可と考えております。それに対して混合アミンですが、これは、3 級アミンの MDEA とそれから 1 級・2 級アミンを混ぜたものですけれども、この MDEA については腐食性が高いというデメリットがありまして、かつ、溶剤再生熱が 3.5 ギガジュールとなっております。これに対して、活性アミン、一番右側でございますけれども、活性アミンは 3 級アミンの MDEA に吸収促進剤を用いたものですけれども、これですと溶剤再生熱については通常型フローであれば 2.5～3.5 ギガジュールになります。これは右にコメントを書いておりますけれども、第 1 級・第 2 級アミンの CO₂ によるカルバミン酸の生成が再生熱を大きくすることにつながります。第 3 級アミンについては、カルバミン酸ではなくて、炭酸水素イオンを生成することから、第 1 級・第 2 級に比べて、再生熱が小さくなります。したがって、ここでは活性アミンを活用することとしまして、これに加えて、今から御説明しますけれども、低压フラッシュドラム LPFD を用いた省エネフローを活用したいと考えております。

下の絵を見ていただければと思いますが、通常型フローでございますけれども、これは

通常のアミンを用いた CO₂ の分離・回収プロセスでございます。ここでは CO₂ 吸収塔に CO₂ を含む混合ガスを流し込みまして、アミンと吸着させて、再生塔にその溶液を輸送します。再生塔では、その溶液に熱を加えて CO₂ だけを分離・回収するというものでございますが、これでありまして先ほど御説明しました通常型フローということで、大体1トンの CO₂ 当たり 2.5 ギガジュール～3.5 ギガジュールの溶剤再生熱を要します。これに対して、LPFD という、これは低圧フラッシュドラムですけれども、低圧フラッシュドラムを用いますと、ちょうど CO₂ 吸収塔やアミン再生塔というのは先ほどの通常型と一緒なのですけれども、ここに LPFD を用いることによりまして、LPFD で、溶液を減圧します。減圧をすることでまず CO₂ の分離が一部なされるということに加えまして、ここの LPFD のドラムのところにアミン再生塔からちょうど CO₂ とともに供給される水蒸気の熱がございまして、この水蒸気の熱によってもここで CO₂ がさらに分離される。ここである程度 CO₂ が分離されますので、こちらのアミン再生塔に到達する CO₂ はこちらの通常型に比べて少なくなります。ですので、アミン再生塔に供給される CO₂ 量が減るため、こちらのアミン再生塔で必要となる再生熱が減少するというメリットがございまして、左下の表でございますけれども、LPFD を用いた場合の省エネルギー型フローでは、CO₂ 1トン当たりには要する再生熱は 1.93～2.50 ギガジュールになっております。これはさまざまな文献から引用した値でございます。

続きまして、今度は液化・輸送の基本的な考え方を御説明いたします。液化・輸送は先ほど御説明しました基本フロー図の中のちょうど D2 基地のところでございますけれども、そこについて御説明いたします。18 ページを御確認ください。液化・出荷でございますけれども、水素製造装置の負荷変動に対応した液化設備ということで、水素製造装置の稼働状況による変動等を踏まえた上で、年間5万トンの液化が可能な仕様とする。それから、製油所設備に配慮した貯蔵・出荷設備ということで、貯蔵及び出荷設備は既存の製油所設備と一体運用を考慮した配置とするが、構内移送配管が長くなることから、外気からの熱等によるロス分の影響が大きくなることも考慮に入れた上で、年間5万トンの出荷が可能な仕様とする。輸送については、運用の効率化及びコスト削減の観点から、市場実績のある最大容量 13.3 トン積載のトレーラータイプのタンクローリーを使用するというものを検討しております。

19 ページを御確認ください。こちらが液化輸送システムのフローです。すでに少し御説明いたしましたが、ここでは、すでに商用で CO₂ を販売するというので CO₂ を分離・

回収しております。残りの CO₂ については、現在、大気放散しているということですので、その大気放散される CO₂ の一部をこちらの液化輸送設備に持ってまいりまして、ここから先が今回の実証試験で新設するところでございますけれども、年間5万トン程度をタンクローリーに積んで供給していくということでございます。下に今回新設する液化・輸送設備の概念図、フロー図を示しておりますけれども、これは通常の液化プロセスと同じでございますので、ここでは割愛させていただきます。

続きまして、20 ページでございます。液化・輸送システムの2番としまして、タンクローリー輸送について御説明いたします。先ほど御説明しましたとおり、最大積載 13.3 トンのトレーラータイプのタンクローリーを、これは1日当たり 12 回往復して輸送いたします。12 回往復するのですけれども、1台を 12 回往復させるわけではなくて、下のまるで時間割のような表でございますけれども、全部で車両名、A、B、C、D、E、F という形で6台の車両を用いまして、1台当たり、1日当たり2回往復することで、計6掛ける2で12回往復して輸送するということを想定しております。こちらの見方でございますけれども、例えば車両Aにつきましても、D2 近隣のロータリーにタンクローリーを常時配備していて、朝8時に CO₂ を積み込みまして、2時間かけて苫小牧の圧入基地まで輸送します。1時間かけて荷下ろしをし、休憩をした後、また D0 の圧入基地から室蘭まで戻りまして、1時間かけて積み込みをし、さらに16時、17時と2時間かけましてまた圧入基地に戻ってまいりまして荷下ろしをして、再度、室蘭の D2 基地に戻るという流れになっております。それがA～C、D～Fにつきましてもはその逆でございます。最初は D0 近隣ということで、すなわち圧入基地にとめておきまして、そこからスタートするという流れになっております。

続きまして、今度は圧入設備の基本的考え方と圧入システムについて御説明いたします。先ほど御説明しました基本フロー図の中の D1 基地とそれから D2 基地から輸送されます CO₂ を統合して貯留層に圧入するということでございます。21 ページを御確認ください。圧入設備の基本的考え方と圧入システムですけれども、こちらにつきましてもは複数排出源から集められた CO₂ を同じ温度、それから圧力にした上で統合します。その上で、それぞれの貯留層への圧入条件に適した性状としてそれぞれ圧入する。また設備設計においては圧入量変動に対する負荷追従性が高く、電力消費量が少ない仕様とする。3つ目、供給される CO₂ を適切に2層の貯留層に圧入するべく、濃度、圧力、温度及び流量の統合管理を行う。4つ目、流量及び圧力の測定結果から見込まれる圧入レートと、それから

排出源の予定稼働状況から推定されます CO₂ の供給可能量を比較しまして D0 基地、これは圧入基地の貯蔵量ですとか圧入量を調整するというものでございます。

下のフロー図でございますけれども、左上ですけれども、これは D1 基地から輸送されてまいります気体 CO₂ でございます。輸送されてきた状態では圧力が 0.1 メガパスカルの 40℃ として、そこから遠心圧縮機を今想定しておりますけれども、遠心圧縮機を 4 つ介しまして、最終的には、最大 10 メガパスカル、温度 40℃ の状態にします。この状態は超臨界状態です。一方で、D2 基地から輸送されてまいりました液化 CO₂ ですけれども、これにつきましては、タンクに一度貯蔵しまして、この状態で 2 メガパスカル、温度はマイナス 20℃、ここからブースターポンプ、それから圧入ポンプ、それから加湿器を介しまして、先ほどと同じ条件、最大 10 メガパスカルの 40℃ とします。その上で萌別層と滝ノ上層に圧入するのですけれども、滝ノ上層については深度も深いということですので、さらにそこで高圧昇圧設備を設けまして最大 23 メガパスカル、40℃ として圧入いたします。

続きまして、22 ページを御確認ください。圧入井掘削の基本的考え方でございます。1 つ目、製油所に隣接する敷地内の D0 基地に坑井掘削基地を設け、滝ノ上層 T1 部層及び萌別層砂岩層の 2 層を圧入対象層として、それぞれに圧入井、ここでは滝ノ上層 T1 部層に対しては CCS-3、それから萌別層砂岩層に対しては CCS-4 と呼んでおりますけれども、それを掘削します。苫小牧地区の周辺地区坑井の状況から、深度 400～800 メートルの鵠川層で掘進中に逸泥が確認されているため、この逸泥区間を避けてキックオフを行うこと、また掘進しやすさを考慮しまして、坑井傾斜はなるべく小さくすることを坑跡設計のポイントとします。3 つ目、CCS-3 については、調査井 CCS-1 及び 3 次元弾性波探査の解析結果に基づきまして、圧入性状が良好な地点を目標に掘削します。4 つ目、CCS-4 については、3D 弾性波探査の解析結果に基づきまして、萌別層砂岩層が厚く発達している地点を目標に掘削します。5 つ目、坑井仕上げについては、CO₂ に対する十分な耐性を持つものとしします。

具体的には、23 ページを御確認いただければと思いますが、CCS-3 の坑跡デザインですけれども、こちらにつきましてはキックオフ・ポイントでございますが、これは深度 900 メートルを想定しております。これは逸泥の可能性のある区間、先ほど御説明しました深度 400～800 メートルの鵠川層を、これを垂直に掘り抜いてから増角するというのを考えております。傾斜につきましては 70° とします。これはキックオフ・ポイントと目標としております圧入地点との位置関係から決定しております。これにより、高傾斜区間は坑

壁が比較的安定していると予想されます平取+軽舞層、それから振老層の泥岩を掘り抜くという形になります。

続きまして、CCS-4 です。これは萌別層砂岩層を対象に圧入するための圧入井でございますけれども、このキックオフ・ポイントにつきましては深度 230 メートルとします。目標地点の垂直深度が浅いため、逸泥の可能性のある深度 400～800 メートルの鵜川層を掘り抜いてからでは目標地点に到達できないということで、その上部から増角します。傾斜は 85.56° とします。これはキックオフ・ポイントと、先ほどの滝ノ上層と同様でございますけれども、圧入のポイント、目標地点の位置関係から決定しております。これにより、増角区間、それから高傾斜区間は比較的軟弱な地層内を掘り抜くという形になります。

続きまして、25 ページを御確認ください。こちらが圧入試験計画でございます。先ほど少し出てまいりましたけれども、まず右側の図でございますが、CCS-4、こちらが萌別層を対象とした圧入井、それから CCS-3、こちらが滝ノ上層を対象とした圧入井でございます。それから、前回御説明いたしましたけれども、2つの調査井をこれまでに掘って地質調査を行っております。1つは CCS-1、もう一つは CCS-2 でございますけれども、これらをちょうど西側から見た断面図がこちら、左側でございます。萌別層についてはこ青丸で示しており、滝ノ上層については緑丸で示しておりますが、これは CO₂ の貯留、それから広がる範囲を示したわけではなくて、インジェクションのポイントになるところで、CO₂ が貯留される範囲とは無関係でございます。

続きまして、26 ページを御確認ください。圧入試験計画でございます。滝ノ上層 T1 部層及び萌別層砂岩層の両層に対して CO₂ を同時に圧入し、モニタリングを適切に行います。圧入レートは各貯留層において CO₂ の挙動を検知する上で最低限必要と想定される累計圧入量、これは前回、貯留層総合評価書をお配りいたしましたけれども、その弾性波探査シミュレーションの結果に基づきものでございますが、それを踏まえて算出しております。その結果としまして、滝ノ上層 T1 部層に対しましては圧入期間については 3.5 年。1 年間当たり 330 日を 3.5 年間と想定しております。圧入レートにつきましては、年間 10 万トン以上、これを単位時間当たり直しますと 12.6 トン以上となります。萌別層砂岩層につきましては圧入期間 3.5 年間、これも同じく 330 日、1 年当たりを 3.5 年間と考えております。圧入レートにつきましても 1 年当たり 5 万トン以上、これを単位時間当たり直しますと 6.3 トン以上となります。このページの一番上で両層に対して同時に圧入と御説明いたしましたが、下の括弧のところを御確認いただければと思いますが、ただし圧入

開始はまずは滝ノ上層のみを圧入しまして、安全などが確認されてから同時圧入に移行すると考えております。圧入運転は一定の圧入レートの連続運転を原則としますが、排出源、あるいは貯留層の状況によりまして、圧入レートは変動する可能性があります。また実用化に向けた滝ノ上層 T1 部層、それから萌別層砂岩層の基礎データを取得するというところを目的に、それぞれに対して最大圧入レート 31.6 トン、年間に直すと 25 万トンで、それぞれの貯留層に対して個別にですけれども、CO₂ を短期的に圧入し、貯留層の圧力挙動、それから CO₂ の挙動をモニタリングする試験を適宜実施いたします。

続きまして、27 ページを御確認ください。27 ページは実証試験における確認事項でございます。(1) CO₂ 圧入開始から 2 年目にかけて、まず基礎的なデータを取得しまして、3 年目初頭にはこれらのデータを取りまとめまして、3 年目以降の運転計画の作成とコストダウン対応の取りまとめを行います。(2) 3 年目から 4 年目前半は、2 年目までに得られました課題を解決するための継続データを取得するために追加試験等を行い、3 年半の運転を終了します。(3) 4 年目後半はデータ解析による信頼性評価等の結果等を取りまとめまして、設備・運転に係る総合評価を行います。

今御説明しました内容は下の表に示しておりますけれども、具体的には分離・回収フェーズでありましたら分離・回収にかかるエネルギー消費要因の確認ですとか、液化輸送でありましたら効率的な液化輸送システムの確認、圧入設備でありましたら気体、液体 CO₂ の統合管理の状況といったものを確認しまして、それらに必要なデータを取りまとめてコストダウンなどの検討を行うということを検討しております。最終的には 4 年目のところでございますけれども、継続データを採取した後、4 年目のところで総合評価を行うということを考えております。(4) 圧入井掘削時に大偏距坑井掘削技術を実証し、圧入においては貯留層に CO₂ が安定的に貯留されていることを実証する。(5) 圧入時、圧入終了後の CO₂ 挙動を観察して、貯留層の管理技術を実証するというものが実証試験における確認事項でございます。

これらを踏まえました全体のスケジュールが 28 ページでございます。まず設備の設計期間でございますけれども、これは 3.5 年、設備の運転・CO₂ 圧入期間でございますけれども、これも 3.5 年、貯留モニタリングでございますが、これは圧入前に行うもの、それから圧入中、圧入後に行うものがございます。微小振動ですとか自然地震の観測などを含みます。あとは海洋系モニタリングとしまして、圧入前にベースライン調査を実施する、それから圧入中、圧入終了後にも同じく実施いたします。圧入後のモニタリング期間は 2.5

年としております。ただし、ここではあくまで実証試験として圧入後のモニタリング期間を定めておりますけれども、海洋汚染防止法に基づきまして、CO₂が貯留されている限りは引き続きモニタリングを実施していくということになります。

29 ページを御確認ください。最後に、この実証試験による成果の活用可能性について御説明いたします。1つ目、分離・回収でございます。石油精製・水素製造装置における高分圧CO₂下での省エネルギー型CO₂分離・回収プロセスを実証しまして、将来のIGCC、アンモニア製造、天然ガス精製、LNG製造などにおけるCCSのトータルシステム構築のための資とする。2つ目、液化輸送でございますが、国内最大規模（1年間当たり5万トン）の車両輸送システムを運用することで、大規模液化輸送に係る管理手法をまとめ、将来の複数分散小規模排出源を集約したCCSシステムのための基礎データとして活用する。3つ目、圧入ですが、複数の排出源からの受け入れ、統合管理及び圧入に関する技術の実証成果は、将来の複数排出源の統合管理によるCCSトータルシステムの実用化に向けた基礎資料となります。また、沿岸部にある陸上基地から沿岸海底下の貯留層へCO₂を圧入する際に必要となる大偏距坑井掘削技術の実証成果は、我が国沿岸部における将来の大規模CO₂貯留のための基礎技術となります。4つ目、貯留・モニタリングです。沿岸海底下の複数の帯水層貯留層に年間15～25万トンのCO₂を安全かつ安定的に貯留することの実証と、圧入時、圧入後のCO₂の挙動を観測することによる貯留層の管理技術の実証成果は、我が国沿岸部における将来の大規模CO₂貯留のための基礎技術となります。また、モニタリングの内容や結果等、そういった本実証試験に関する情報については広く提供しまして、まだ認知度が低いCCSに対する国民の理解促進及び社会的受容性の確保に役立てるということを考えております。

以上でございます。

○山地座長　　どうもありがとうございました。

それでは、ただいまの説明につきまして、質問、御意見等がございましたらいただきたいと思っております。よろしく願いいたします。どなたからでも結構でございますが、では、佐々木委員からどうぞ。

○佐々木委員　　全体統合システムとしての途中の経路、あるいはタンク、あるいはパイプライン、そういったもののCO₂バッファ容量というのはどの程度あるのかお尋ねいたします。

○山地座長　　いかがですか、予備的な容量としてどれぐらいあるか。

○JCCS（吉井） 今の御質問は、例えば出荷基地におけるタンクの容量といったようなことでしょうか。

○佐々木委員 はい。製造端から、例えば圧入坑井までの間にどの程度の CO₂ を貯めておくバッファがあるのか、その容量的なものはどの程度なのかということです。

○JCCS（吉井） 例えば液化基地ですと、D2 基地とあと受け入れ側の D0 基地がございいますが、それぞれ、報告書の中には書いてございますが、800 トン規模のような CO₂ の貯蔵タンクを設けてございます。これについては5万トンのフローということと言いますと、前後2日間ずつ4日間ぐらいの余裕を持っているというようなものでございます。前後あわせて4日間といったような余裕を持っているものでございます。

それから、この全体フローで見ていただきますと、D1 基地から D0 基地につながるラインについては基本的に一気通貫でございまして、バッファというのは特にこの中では設備上は設けていないということでございます。

○山地座長 よろしいでしょうか。

○佐々木委員 はい。

○熊沢委員 よろしいですか。

○山地座長 熊沢委員、どうぞ。

○熊沢委員 5ページの長岡の圧入実証試験についてです。これは私が質問すべきことではないと思うのですが、シミュレーションモデルは非常に問題があるというのが前回ありました。(3)で、帯水層に適した CO₂ 長期挙動予測シミュレータが開発されて、高い精度で CO₂ の挙動予測が可能となったということですが、このときに、前回、反応のことがでておりましたが、それを組み込まなくてもいいということは実証されたのでしょうか。高い精度で予測が可能であるということと、もう一つは移流だけではなくて、分子拡散等も要るのではないかという議論もあったかと思うのです。前回、私が質問したところで言いますと、空隙率と浸透率のうち、反応に対しては孔隙率は働き、透過には関係しないように思います。長岡では高い精度で CO₂ の挙動が予測できるシミュレータが開発されたのですが、反応と分子拡散についてはどのような検討をされたのでしょうか。

○山地座長 これは。

○事務局（石井補佐） この点は、こちらでも確認が必要なところでございます。先ほど先生が御質問、御意見を出されておりました浸透率の関係とわせて、第3回のお答えさせていただければと思います。

○熊沢委員　わかりました。お願いします。

○事務局（石井補佐）　このシミュレータでは、例えばこういったモデルを使っているのかといったところもあわせて確認する必要があります。

○熊沢委員　本来、私が質問するべきことではなくて、前回盛んに質問されておられた先生からさらに補足されることがあろうかとは思いますが、では、よろしくをお願いします。

○事務局（石井補佐）　はい、了解いたしました。

○山地座長　ほかにはいかがでございましょうか。まず斎藤委員。

○斎藤委員　1つは、鶴川層で逸泥があったということで、前回の記憶がちょっとはつきりしないのですけれども、これはどの程度のことだったのかなというのをちょっと忘れてしまってお伺いしたかったのと、それからもう一つは CO2 の輸送に関して、室蘭から車で運ぶということですが、パイプラインとか船とか、ほかの手法との比較というのを多分されていると思うのですけれども、それについてもちょっとお伺いできたらと思います。

○JCCS（棚瀬）　鶴川層の逸泥でございませぬけれども、今回、我々の今まで掘っている坑は CCS-1 という調査井でございませぬが、それでは逸泥はございませぬでした。ただ、周辺の資源開発の坑でそういう逸泥がございませぬしたので、我々としては実際に圧入井を掘削するときに逸泥が発生しますとこれは当然、御存じのように坑井掘削のトラブルになりますので、その区間を避けるというのを大前提にしておりますが、今回の CCS-1 ではそういう逸泥はございませぬでした。

○JCCS（吉井）　輸送についての御質問ですが、今回、5万トンをこれだけの距離を運ぶという中で、当然比較という意味ではパイプラインということをやりましたけれども、やはりコスト的にそれはタンクローリーで運んだほうが安いというようなことが言えましたので、こちらです。それから船についてはもっと大きなロットの、やはり規模感になるのですね。同じ液化でもやはり大きな規模感になりますので、この規模ですとローリーとしては非常に大きな規模ですけれども、この規模感ではやはりこれが一番いいやり方だと、経済的かつ効率的だということで選定してございませぬ。

○斎藤委員　それは3.5年を計画してのことということですね。

○JCCS（吉井）　3.5年もそうですけれども、この距離をパイプラインで引いて、例えば長い期間で償却していくという件でもやはりコスト的になかなか厳しいところはある。それから、用地的に確保していくということもかなりまあ問題、問題といたしますか、具

体的にそこまでの検討はしてございませんけれども、そういったところも懸念点としてはあるというふうに理解しております。

○斎藤委員　ありがとうございました。

○山地座長　経済性は多分あれでしょうね、3.5 年も私は関係すると思いますし、距離とかいろいろな条件によると、今回の実証では、あの条件だとやはりローリーということだと思います。

白山委員。

○白山委員　どうもいろいろと細かい御説明、ありがとうございました。私はこういうところは専門分野ではないのでちょっと教えてほしいという感じで伺いたいのですが、4 点ほど伺わせていただきます。

まず 9 ページですが、CO₂ のモニタリングとして観測井を 1～2 坑と書いてあるのですが、これがどこにどういうふうに掘るのかというのが今日の御説明にはなかったもので、それは次回以降に御説明があるのかもしれませんが、もしすでに御説明いただけるなら、少し御説明いただけるといいかなと思いました。

それから 16 ページ、17 ページあたりなのですけれども、今回のシステムというのは結局、CO₂ を分離・回収して残ったガスを燃やしてエネルギーを取って利用するということは、そこで燃やした後は、今度はこれは CO₂ として大気に放出すると、こういうことですね。これによる CO₂ の収支というのですか、せっかく本当だったら全部回収して CCS したいところに対して、まあこの苦渋の決断をされた結果としてどのくらいの損失があるのかということをもし御説明いただければと思います。

それから細かくて恐縮ですが、20 ページのタンクローリーの運用計画なのですが、これは同時に 3 台に CO₂ を積み込むように見えるのですけれども、これはそういう設備をつくるということなのか、それとも 1 時間を 20 分ずつに分けて 3 台積むのか、その辺も教えていただければというのと、室蘭とか苫小牧という場所を考えると、冬期の悪天候というのがちょっと心配されると思うのですけれども、それに対する何らかのリスクヘッジはされているのかということをお伺いしたい。

それから最後でございますけれども、成果の活用可能性というところで、情報を広く提供し CCS に対する国民の理解促進とか社会的受容性ということをお書きになっていらっしゃるのですけれども、国際的にはどうされるのかということと、それから例えば最終的にやはり CCS をしたいというのは CDM に乗っけるか乗っけないかという話になってく

るわけですね。そうしたときに、例えば海外でこの CCS の技術を輸出してやって日本のカーボンクレジットに貢献しようとか、そういうところまでについてはどのぐらい視野に入れていらっしゃるのか伺わせていただければと思います。よろしくお願いします。

○山地座長　いかがでしょう、5点ありましたが。

○JCCS（棚瀬）　1つは観測井でございますけれども、基本的には1つ、今、我々が昨年度掘削いたしました CCS-1 坑につきましては、それを観測井に転用する予定であります。ただ今、我々はどうしても基本的には圧入井2坑とは別な場所でやはり貯留層の温度、圧力を観測したいと思っておりますし、もう一つは上位層への CO₂ の漏洩がないことを確認しようということもありまして、これから、まだ検討中でございますけれども、今ございます CCS-1 を観測井に転用することに加えてやはり適切な場所に、状況によってはもう一坑ぐらいの観測井を設置して確実なモニタリングをすることを考えなければいけないという議論をしております、それでここではちょっと曖昧な書き方をしております。

○JCCS（吉井）　御質問いただいている中で、輸送について先にお答えさせていただきたいと思います。タンクローリーについては、3台は御指摘のとおり今の考え方としては3台一緒に荷積みもできるし、荷下ろしもできるといったような形であります。それから、特に冬期間などについてのヘッジというお話がございましたが、今、2時間ということで組んでございますけれども、実走行などを踏まえますともう少し余裕があるスケジュールになっています。ですので、2時間というものの自体は余裕を少し見させていただいているのと同時に、出荷がある程度とまっても、先ほど御質問もありましたように、例えば出荷側のタンクを国内の最大規模のものを使ってバッファにして、その液化装置はとめるとまた再スタートアップが面倒でございますので、そういったものがある程度とまっても製造自体は続けられるような形での考え方をとってございます。

それから2番目の御質問の、このガスの熱ですとか電気への利用ということですが、これについては、もともとこのガス自体は最終的には製油所の中のフローでは改質炉燃料として使われていたという経緯がございます。ですので、そこで最終的には CO₂ となっていたというものを今回は抜いて、CO₂ だけ取り出して可燃分がまだ残ってございます。今日御説明があったように戻さない形になっていますから、それを熱なり電気の形で取り出してあげるといったような形です。当然、設備的に少しふえる部分についてはそれに対する電気であるとか、そういったものが多少ふえたりしますけれども、さっきおっしゃったようにせっかく取った CO₂ といえますか、取った残りの部分を燃焼させています。そもそ

も燃やしていたものでございますので、そういう意味での極端なデメリットというのは余りないのではないかと考えてございます。ちょっとお答えになったかどうかあれですけども。

○山地座長 エネルギー活用するのはわかるけれども、CO₂はその関係で出るだろうという御指摘ですよね。それがどれぐらいあるかというのは、ある程度評価に入れてもいいのではないかと思いますかね。

○白山委員 つまりブタンを足してあげるわけですから、それで損をしているわけですね、少しCO₂。

○JCCS (佐々木) CO₂を25万トン貯留するのに対してどのぐらいCO₂が発生するのかという全体から見ますと、1トン当たり換算しますと約30パーセントぐらいですね。要するに、300kg-CO₂/トン-CO₂ということになります。今御心配されましたこのエネルギー回収からの分はそのうちやはり約60パーセントぐらいが相当しますけれども、もともとこのガスは水素のオフガスですので、カーボン数が燃料などより非常に低いガスですので、他と、一般的に言われているものと比較して、どちらかというとなりな数字ではないかというふうに思っております。

○事務局 (石井補佐) 今、先生から御質問いただいた点で、例えば観測井の話は次回モニタリング計画のところで御説明いたします。あとは、エネルギーバランスのところ、どれぐらいの熱を再利用するのかといった具体的な数字も試算しておりますので、それも第3回でお答えできればと思います。

それから国際的な話がございますけれども、これにつきましては、我が国としては、現在、CCSをCDM化するべくCOP等の場で交渉をしております。引き続き、CCSのCDM化に向けて全力を挙げて交渉など進めていくというスタンスでございます。

それと、この大規模実証がどう関係するのかということでございますけれども、これにつきましては、まずは今回のCCS大規模実証については2020年の実用化を目指したものであるということなので、タイムスケジュール的には直接CDMの話とはリンクはしてこない。但し、将来的には欧州をはじめ、先ほどの1枚目のスライドで御説明しましたように、特に欧州ではCCSReadyという形でCCSの義務化に向けた取組が進められておりますので、そういった国に、将来、我が国として参入していく、市場に参入していくという意味でもCCSの実績のない国であるよりは、当然のことながらCCSを実施したことがあり、ちゃんと実用化できている国である方が極めて重要であるということからも、今回の

実証試験の意義というのは非常に大きいのではないかと考えております。

○白山委員 ありがとうございます。

○山地座長 鹿園委員、どうぞ。

○鹿園委員 27 ページで、今後の検討ということで、圧入開始から2年目にかけてデータを取得するというので、この次にモニタリングのところでお話があるのかもしれませんが、具体的にどういうデータを取得するのか、そういう具体的なことが必要かなということでお聞きしたいのですが、そうするとデータとしては一応岩石と水、地下水、そういうことになると思うのですが、そういうもののどういうものをデータとして得るのか。それからシミュレーションをする場合に岩石のほうの、先ほども少しお話がありましたが、浸透率とか空隙率とか、そういうデータが必要で、これまでに観測井でそういうことはやられているのですが、地質というのは一般的に非常に不均一ですから、そういう圧入井のところでのデータというのも本当は必要だろうというふうに思いますので、そういうデータをではどうやって得るのか。

それからちょっとこの前のところで気になった点は、溶岩と凝灰角礫岩層のところは圧入状況、性状がいいのではなかろうかというお話があったのですが、一般的に溶岩というのは非常に固い緻密な岩石でありまして、それから凝灰岩というのはそうではなくて空隙の多い岩石なので、それから岩石が非常にフレッシュだというお話だったので、そうなるちょっと溶岩と凝灰角礫岩のところはそういう圧入がいいというのは少し、溶岩だと悪いと思うのですが、その辺のところをもう少し細かく調べたほうがいいとは思っています、そういう点について少しお聞きしたいと思います。

○JCCS (棚瀬) 27 ページにつきましては、上のほうは、この図は特に設備のほうでございませうけれども、1つは地下の側でございませうけれども、モニタリングは基本的に一番のメイン、もちろん貯留層の温度、圧力というのは継続的に測定いたします。そしてもう一つ、今回の我々の CO₂ の挙動の把握のメインになっておりますのが弾性波探査でございませう。これは3次元の弾性波探査と2次元の弾性波探査を併用する形で、許されたコストの中でできる限り正確に CO₂ の挙動を見ようと思っております。それは圧入後も継続するのですが、今先生が御指摘いただいた貯留層の性状につきましては、今回は我々は2本の圧入井、CCS-3、CCS-4 を掘削いたします。このときに、最終的にはそこでサンプリングと、そして検層による地質性状の把握、あるいは坑内試験等で実際の貯留する位置の、あるいは貯留する区間の地質性状は把握しようと思っております。ですから、特に先

生御懸念の滝ノ上層 T1 部層の溶岩、基本的には前回御説明をしました解析で、溶岩で言ってみればラバーブレッチャーと申しますか、割れ目の多い溶岩で浸透性が高い部分があるのではないかと申すことを我々、期待はしておりますけれども、最終的な確認はやはり実際に圧入井を掘削した後に最終確認と申しますか、確認をしようと思っております。

○鹿園委員 同火山岩ということで1つにしないで、溶岩は溶岩、それから凝灰角礫岩は角礫岩というようなことでデータを取得されたほうがいいのではなからうかというふうに思います。

○事務局（石井補佐） 先生に今御指摘いただいたところについては、実際に圧入井を掘削したときにも、圧入する前に、例えば空隙率ですとか孔隙率は再度確認をいたしますし、あとは可能な範囲で、地下水の流動状況についても調べられる範囲で調べるという方向で検討をしております。そういったところも含めて第3回ないしは第4回のところで1回目に御質問いただいた内容とともにお答えできればと思っておりますので、よろしくお願いいたします。

○山地座長 ありがとうございます。

○熊沢委員 よろしいですか。

○山地座長 熊沢委員、どうぞもう一度。

○熊沢委員 地層の話ではなくて分離・回収システムの中、特に 17 ページ、左の一番下に分離回収エネルギーが CO₂ が 1 トン当たり 1.93~2.50 ギガジュールと非常にいい数字が出ています。吸着剤には活性アミンを使うのだと。活性アミンについてはいろいろありますから、特許との絡みで利用するという立場のほうがいいかもしれませんし、RITE も私の知る限り RITE 6B という吸収剤を持っておられて有用ではないかと思うのです。活性アミンというのは、これは触媒のような働きで、メチルジエタノールアミンは CO₂ との反応が非常に遅いから使い物になりませんが、活性アミンを加えると、ちょうど気液の界面で CO₂ を抱き込んでシャトルメカニズムのように沢山ある液本体中メチルジエタノールアミンのところへ行って、脱プロトン化反応で重炭酸イオンにします。その際に、その反応で活性アミンが元に戻ります。だから、非常にうまいメカニズムです。シャトルメカニズムがうまく働けば反応は非常に速く、CO₂ との速度定数はモノエタノールアミンの場合の多分 4 から 10 倍ぐらいありますので非常に魅力的ですが、何分にも私自身は論文だけでしか知りません。吸収剤 RITE 6B では分離回収エネルギーは 2.5 ギガジュール／トン・CO₂、それが 2 ぐらいまで行く。2 以下になると非常に理想的なのですね。それで

2.5 を得られたときには、吸収側が 40℃で、放散側は真空低圧ドラムで温度が 70℃。その温度をもう少し高くしてやれば分離・回収エネルギーは容易に下がるというような期待があるわけですね。放散側の温度を上げることでいわゆる温度圧力スイングを行えば多分 2、あるいはそれより下回るのではないかと思います。その辺は多分特許が絡んでいますので、使うという立場を採ることを進めます。今から研究するわけにはいかないと思います。RITE には研究者も多数おられますので、そちらからいいプロセスが出てくるのではないかと私は思います。次に特に質問ということではないのですが、例えば 2 ギガジュール／トン・CO₂ というのはどのような条件で得られたものか私はよくわかりません。わかれば教えていただきたいと思います。

○山地座長　これはどなたか答えられますか。吸収液だけではなくて、多分プロセスフローの設計に依存していると思うのですが。

○JCCS (佐々木)　プロセスを担当しておりますほうからできる範囲でお答えいたしますが、まず今御指摘のありました 2.5 ギガジュール／トン、これはかなり評価できる数値であるということをお指摘いただきましたのですが、我々は一応そういうことを目標にしておりますが、特許云々に関しては、一応我々、やはりこういう分野で先行している会社ですね。化学溶剤を製造している会社であり、なおかつエンジニアリングもできる会社というところに基本設計は依頼したほうがいいのかというふうには思っていますが、現時点ではまだ一切決めてはおりません。ここに書いているように、実績的に 2.5、これは先ほど御説明がありましたインサラとかガスプロジェクトとか、それからスノーピットの LNG のプロジェクトでもその程度は達成できているようです。もっと、2.0 まで行かないのかということですが、我々は技術的に可能であると、真空まで持っていかなくとも、減圧とそれから先ほどの絵に示したアミン再生塔からの余剰の水蒸気の利用ですね。ボトムの温度も、今我々が期待しているのは約 100℃ぐらいを期待していますので、70℃よりはもっと効果があるだろうというところまで、そういうところまで現状、検討していますので、御指摘のポイントは我々も十分理解しているつもりです。

○熊沢委員　100℃ぐらいになれば可能性は非常に高いですね。ありがとうございました。

○山地座長　ほかにはよろしゅうございますか。では、佐々木委員、まずどうぞ。

○佐々木委員　掘削坑井についてお伺いいたします。坑井のケーシングとセメンチング用のセメントの耐用年数か、あるいは設計上の耐用年数というのがもし想定されているの

であればお教えください。

○JCCS（井之脇） 圧入井のケーシングにつきましては、当然耐 CO2 の材料を選定する予定です。現状では 13 クロムのケーシングを想定していますが、これについても鉄鋼メーカーさんのほうと圧入条件ですとか CO2 の成分ですとか、温度とかということをもう一回見直して、材料を選定したいと思っております。耐用年数については具体的なことはちょっと今わかりませんが、当然数十年とか 100 年とかというオーダーになるかと思えます。セメントにつきましても当然、CO2 と接触する区間については耐 CO2 のセメントが今開発されていますので、それを使う予定にしております。これについてもサプライヤー等とこれから相談といいますか、協議して、最適なものを使用したいと考えております。とりあえず、済みませんが、それぐらいしか今は答えられません。

○事務局（石井補佐） 今回御説明をしました範囲はどうしても詳細設計のさらに前の段階というところをごさいます、詳細設計等につきましては、仮に実証試験を行うとなった後、そこから詳細設計フェーズに入っていくということですので、そういった中でいろいろと細かいスペック、仕様等については決めていくことになるかと考えております。したがって、今回の検討会で見ていただいているところは、どちらかといいますと基本設計のような部分になってしまいます。この点は大変申しわけないのですが、御理解いただければと思います。

○山地座長 鹿園先生。

○鹿園委員 ちょっと一般的な質問なのですが、8 ページとか 9 ページ目に滝ノ上層が構造的であって、それから萌別層が非構造的ということで、両方調べられるからこの場所がいいというか、そういうものの比較ができるということもあるとは思いますが、ちょっと私の理解ではその構造的というのが、今までの RITE など使っていると、背斜構造があって、それでその上にキャップロックがあるものを「構造的」と呼んで、それ以外のものを「非構造的」というふうに呼んでいるというふうには私は理解していたのですが、用語集を見ますとちょっと違う定義が書かれておまして、お椀状になっていて、その上に遮蔽層があるものを「構造的」と呼んで、お椀状のところがなく上に遮蔽層があるところを「非構造的」というふうに呼んでいるというふうにされているので、そういう定義ですと、それ以外のものはどういうふうに呼ぶのか。すべてをですから背斜構造があってキャップロックがあるものを「構造的」と呼んで、それ以外のものをすべて「非構造的」と呼べばすべての地層が入ってくるわけですが、今回の定義ですとちょっと

と狭くなってしまって、そういうものをどのようにお考えになっているのかなというのがちょっと曖昧になっているような気がしまして、それで今までは構造性というものを中心に RITE さんなどは調べられているのですが、今回はその非構造性のもも調べられるというようなことは、今までの考え方と少し違った方針になってきているのかというのが少し気になった点です。

○JCCS (阿部) 構造性、非構造性につきましては RITE さんのほうはカテゴリー A、カテゴリー B というような分け方をしておられるかと思えます。私どもの呼んでおります「構造性」というのは全くカテゴリー A と同じだというふうに私どもも考えております。その一方で、ただ非構造性につきましては、構造性、背斜構造があってそこにキャップロックを伴っているもの以外のもので、ただ、では垂直に立っているような地層は貯留に適しているかというそれはまた違うと思っております、あくまでも「非構造性」と言っているのは貯留に適していて、ただし背斜構造等を伴っていない、しかも貯留に適しているものを「非構造性」というふうに。

○鹿園委員 貯留に適しているか適していないかというのはちょっと難しい議論があると思うんですね。簡単に垂直が立っているからそれが非常にだめだとか、まあ垂直になる場合はほとんどないのですけれども、少し傾いている場合も多いわけでありまして、そういうものはでは全くだめなのかというそうでもないし、ちょっと難しい問題が 1 つある。それから、構造性のほうは背斜構造というのを重視していて、そうするとこの地域の地質というものがちょっと私はまだ、何か御説明が後であるのかもしれませんが、滝ノ上層のほうは構造性だということは、背斜構造は滝ノ上層はあるのだけれども、その上の萌別層はそういうものがないということになるのですけれども、そうすると本当に地質構造がそんなふうになっているのかなというのがまだちょっと、何か御説明があればわかると思えますけれども。

○JCCS (阿部) また次回も出てまいりますけれども、前回も御説明させていただいたつもりでおったのですが、滝ノ上層につきましては背斜構造がございまして、4 方向に閉じるようないわゆるクロージャー構造を形成しているところでの実証試験を考えております。一方、萌別層のほうにつきましては、東側に単調に上がっていく、緩やかに傾斜 3° ぐらいで上がっていくような地層になっておりまして、背斜構造等は調査範囲の中ではつくっておりません。そこを私どもは「非構造性」というふうに呼んでおります。

○鹿園委員 わかりました。ちょっと用語集などのところが少し書き方がまずいのかな

というふうには思いますけれども、その背斜構造というものを入れるという定義でしたらそれでいいとは思いますが、ちょっと細かいところかもしれませんが、用語集ではそういうふうになっていないので、何か定義を変えられたのかなとちょっと思ったのです。

○JCCS (阿部) 済みません、用語集のほうですけども、「伏せたお椀のような封じ込め構造」というのが「背斜構造」に当たっておりまして、「背斜構造」というふうを書くともまた次から次へと用語集に加えていかなければいけなくなるということで、済みません、あえて平易な、一般の方々でもわかりやすいような表現にさせていただいております。検討させていただきたいと思います。

○山地座長 私、全く素人ですけども、私の理解は、背斜構造を持っているものが構造化、これを RITE はタイプ A だったか B だったか、A でしたか、と呼んでいたという理解をしていました。お椀型というのは多分その背斜構造のことを言っているのだろうと考えたんですけども、専門家はちょっと違う感じですか。

○鹿園委員 ちょっとそれだと地質学的には曖昧になるかなと思いますけれども。

○山地座長 そのあたりは、ではちょっと専門の方で用語集を改定……。

○事務局 (石井補佐) 用語集のところは先生方の御知見をいただいて正確な記述に改めたいと思っております。どうしても平易な文章、文言にしようという思いがあり、「お椀型の」というように記述しているのですけれども、そこは正確な記載にしたいと思います。

○鹿園委員 はい。

○山地座長 はい、ほかにいかかでございますか。

私、一番最初の佐々木委員の例のバッファの話で、この絵によれば送り出し側のところには、だから貯蔵設備の何か球形のものの絵が描かれている。この同じものが受け入れ先と言うと変だけれども、そこにもあると、そういうことでいいのですね。

○JCCS (阿部井) はい。

○山地座長 この問題というのは、さっきの悪天候の場合はどうかとあったのですけれども、最終的には回収している CO₂ を一部販売して、一部は今までも大気放散していたということですね。だから、持っていけなくなってバッファもなくなったら大気放散するという理解でよろしいですか。

○JCCS (吉井) そうですね。持っていけなくなって、タンクも一杯になってしまいましたら、もう液化自体をやめるなりということで大気放散を、その前の状態に戻すといったようなことになると思いますので、そういう意味での製油所設備、排出源設備に対し

てクリティカルになるものではないと。

○山地座長　　そういうことですね。むしろ、だから圧入のほうの CO2 の調達でもし向こうからやってこなくても、あるいはうまく液化のほうの CO2 が出なくても、バッファで少し持つと、そういう理解でもいいのですね。まあバッファというのはいろいろな使い方があると思うのですけれどもね。

○JCCS (吉井)　　そうですね。このシステムではそういうふうに御理解いただければいいと思います。

○山地座長　　わかりました。

全体を通していかがでございましょうか。幾つか3回目以降の宿題になっているものもありますけれども、佐々木委員、どうぞ。

○佐々木委員　　最初に私がそのバッファの件について質問したときに追加質問すべきだったかもしれませんが、「複数の排出源からの受け入れについての統合管理」とここで謳われていますが、どのような目標値をクリアするとこの統合管理がうまくいったということになるのか、その目標は何なのかということをお説明いただけると、全体がはっきりするかと思います。

○山地座長　　それは何か答えはありますか。

○JCCS (吉井)　　少し難しい御質問なのですけれども、21 ページのところちょっと書かせていただいておりますが、基本的に埋めるほうの計画として貯留の計画があって、あるレートで入れたいという話があるのと同時に、商業設備側が排出源ですので、そのバランスをとるといふところのことをここには書いてございます。その具体的な数値目標というのはなかなか難しゅうございますけれども、やはりある見込まれる圧入レートに対してでき得る限り商業設備の運転稼働を阻害しない範囲で、できる限り出し続ける管理をする。さっきおっしゃったようにバッファなど、それは不可測の要因で出し側ができないときもあるでしょうから、そういうときも想定しますと、ある程度のバッファで補完してあげるといったようなことで、具体的な数値目標で何をというのは、ちょっと今の時点では設定し切れていないというのが正直なところでございます。

○山地座長　　よろしいでしょうか。

○佐々木委員　　はい。

○山地座長　　ほかに御質問等、あるいは御意見ももちろん結構でございますが、ないようでしたら、きょうのメインの課題はこれですので、あとその他ということになります。

よろしいですか。

それでは、その他の議題について、事務局のほうから説明をお願いいたします。

○事務局（石井補佐） 本日の議題は以上でございます。前回同様に、本日の議事要旨は1週間以内に事務局で作成し、ホームページ上で公開いたします。また、議事録につきましては各委員の御確認を踏まえた上で、原則1ヵ月以内に作成し、同様にホームページ上で公開いたします。

次回の開催は11月28日、月曜日になります。開催時間は本日と同じく14時からというのを予定しております。

御報告事項は以上です。

○山地座長 ありがとうございます。

2時から5時までということで3時間とっているのはこれこそバッファを見ておりまして、早めに終わる分には恐らく害は少ないと思いますが、ただ多少時間の余裕はもちろんございますから、今までの全体を通して何か御発言、御希望がありましたらお受けいたしますが、よろしゅうございますか。

それでは、本日の会合は以上で終わります。どうもありがとうございました。

—了—