

CCS実証試験実施に向けた専門検討会（第4回）

議事録

日時：平成23年12月15日（木）14：00～15：15

場所：経済産業省別館9階第944号会議室

議事

- (1) 専門検討会の取りまとめについて
- (2) その他

議事内容

○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の第4回を開催いたします。

なお、本日、辰巳委員、鹿園委員、白山委員、徳永委員、松橋委員は御欠席です。また、オブザーバーの北海道坂口経済部長の代理として経済部産業振興局環境・エネルギー室長の竹内様が御出席です。

それでは、以降の進行は山地座長からお願いします。

○山地座長　年末の御多用中のところをお集まりいただき、ありがとうございます。本検討会も4回目になりまして、本日は今まで委員の先生方からいただいたコメント、文章等でも追加的なものをいただいておりますが、それを踏まえて事務局で取りまとめの案をつくっておりますので、その御審議をお願いします。

議事に入る前に、事務局から配付資料の確認と、前回議事要旨についての確認、説明をお願いいたします。

○石井補佐　議事に先立ちまして配付資料の確認をさせていただきます。

まず、議事次第の1枚紙。配付資料一覧。それから、資料1として、前回、第3回の検討会の議事要旨でございます。それから、資料2、案として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）」に係る評価というのがございます。

その後に別紙、苫小牧地点における実証試験計画（案）、それから参考資料1、苫小牧地点における貯留層総合評価、平成23年10月26日の平成23年12月一部改訂というもの、それから参考資料2、苫小牧地点における貯留層総合評価、補足説明資料、それから参考

資料3、地震との関係についてですが、別紙、参考資料1から参考資料3につきましては、資料2の目次にありますとおり、資料2の一体の資料として扱っております。大部になりますので、今日は分けております。

資料は以上ですが、不足がございましたらお知らせいただければと思います。

また、資料1、前回の議事要旨ですが、前回検討会では、委員から、例えば、CCS-1坑、これは観測井として予定しておりますが、CCS-1坑で観測するとなっているが、ここは透水性の悪い場所なので、モニタリング上問題はないかとか、CO₂の同位体をモニタリングできないか、CO₂の量が増えたからといって圧入と関係するのか区別できない、同位体をモニタリングすれば、CCSのCO₂は燃烧起源なので、生物起源と区別可能ではないかという御意見とか、モニタリングの範囲はよいが、OBSについては年に3回の交換となっている、これではデータの取得に遅れが生じるのではないかといった御指摘がございました。これらについては、この後に御審議いただきます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)」に係る評価(案)に反映しておりますので、後ほど御説明いたします。

なお、委員御記名の第3回議事録につきましては、現在メールで各委員に御確認をお願いしているところです。御確認が済み次第、経済産業省のホームページに掲載いたします。第2回の議事録は12月7日からホームページに掲載しています。

事務局からは以上です。

○山地座長　　ありがとうございました。

ただいまの説明について、何か御質問、御意見等がございましたらお受けいたしますが、いかがでしょうか。

よろしゅうございますか。

では、議事に入らせていただきます。

きょうのメイン議題は一つですが、専門検討会の取りまとめについてでございます。事務局から説明をお願いいたします。

○石井補佐　　それでは資料2に沿って御説明いたします。資料2をご覧ください。

これは、これまでの検討会で御議論いただいた内容や、委員からいただいた評価コメントをもとに、これまでの検討会における評価(案)としてまとめたものでございます。

1枚めくっていただくとまえがきですが、こちらは簡単に御説明いたしますが、まえがきでは、第2回の検討会で御紹介しましたように、背景として、CCSの高いCO₂削減

効果から海外で商業レベル、実証・研究レベルでの取り組みが進んでいるということ、我が国ではそういう背景のもと、平成 20 年 7 月の洞爺湖サミット首脳宣言などを受けて、平成 20 年度から実証試験に向けた調査を開始しています。現在の状況としては、勿来・磐城沖が東日本大震災を受けて当面調査を中止、北九州についてはまだ基礎調査の段階、苫小牧沖については先行しているということが書かれております。

苫小牧の地質調査結果などを踏まえ、「貯留層総合評価」、「実証試験計画（案）」が委託先であります日本 CCS 調査株式会社から経済産業省に提出され、この検討会においてそれらの妥当性について評価をしていただいているところということが書かれております。

1 枚めくっていただきまして、目次でございます。

その次ですが、1 ページ目、背景について御説明いたします。2005 年に公表された国連の IPCC の報告書として CCS に関する特別報告書が出ておりますが、CO₂ 削減に向けては、CCS、エネルギー効率の改善、再生可能エネルギーの開発など複数の対策を並行して行う必要性が説明されている。全世界で CCS の実施により約 2 兆トンの CO₂ 削減が可能になるとされています。これは現在の全世界の排出量の約 70 年分に相当します。また、IEA（国際エネルギー機関）の試算では、2050 年に世界で温室効果ガスを半減させるためには CCS が約 2 割の削減分を担うとされております。

そのような中、経済産業省では、2050 年の目標達成に向け、CCS を早期に実用化できるように研究開発に取り組んでいるところでございます。具体的には、CCS に必要なコストを下げるための膜分離技術を応用した革新的な CO₂ 分離・回収技術などの研究開発や、CCS の安全性向上に資するモニタリング技術、CO₂ 長期挙動予測シミュレーション技術の高度化に取り組んでいるところでございます。

2. の大規模実証試験の意義と目的でございます。CCS を実施するに当たっては、既存の、例えば地下の掘削技術とか、CO₂ の分離・回収技術、CO₂ を地下に圧入する技術というような石油開発とか化学プラントなどで培われた技術が応用できるのですが、こういう個別の技術を組み合わせたトータルシステムとしての技術の検証は不可欠であるという背景がございます。

そのような考え方のもと、我が国としては、2003 年から 2005 年にかけて新潟県の長岡市において、前回御説明いたしました、約 1 万トンの CO₂ を地下 1,100m の帯水層に圧入する試験を実施しております。また、圧入された CO₂ が 1,000 年にわたり貯留できることを高い精度で確認しております。それから、CO₂ の挙動の把握や予測を行うシミ

ュレーターやモニタリング手法等の開発を行っているという背景がございます。

今回の大規模実証試験については、こういう技術開発の成果も踏まえ、実用化レベルに近い規模として年間10万トン以上の規模でCO₂の圧入を行い、CCSの実用化レベルでの検証を行うものとしております。実証試験では、安全にCCSが実施できることの検証に加えて、コストの低減という観点で、いかなるシステム、運用方法を構築していくかということを目的としております。

我が国としては、CCSの実用化を図ることで、国内におけるCO₂の削減に貢献することに加えて、将来的な観点として、欧州を初めとしたCCSに関する取り組みなどを背景とした将来見込まれる非常に大きな市場の獲得につながると期待しております。

続いて、大規模実証試験候補地点の選定概要について御説明いたします。大規模実証試験の候補地の選定に当たっては、過去にRITEが全国の貯留層賦存量の調査を行っており、98地点取り上げております。それから、民間企業により貯留可能量評価がなされている17地点、これらを合わせた115地点を評価対象としてきました。この115地点を、陸域か海底下貯留かということ、それから掘削深度が500m以上の既存坑井データがあるかないか、近傍のCO₂排出源の有無、既知の漏出しリスクの評価によってスクリーニングを行い、7地点に候補対象を絞り込んでおります。

さらに、この7地点の中から四つの貯留層タイプを網羅した形で、地質調査データの豊富さとか、近傍のCO₂排出源事業所の立地、その排出源に適すると想定される分離・回収プロセスが既に実用レベルにあるかないかといった、早期に試験を開始するために必要であると考えられる要件などを勘案して、4地点に絞り込んでおります。

次の3ページ目ですが、4地点のうち、最終的には苫小牧（北海道）、勿来・磐城沖（福島県）、それから北九州（福岡県）という3地点に絞り込んで実証試験に向けた実地調査を進めております。あとは、先ほどのまえがきで御説明したことで重複しますので省略させていただきます。

4. 苫小牧地点の調査事業の概要についても、これまでの検討会で御説明したことで重複しますので割愛いたします。

続きまして5ページです。5. 評価方法ですが、ここも今回の検討会で説明をしてきたところですので割愛させていただきます。

8ページでございます。ここから先が今回の評価報告書のまとめ、エッセンスになるところです。6. は「貯留層総合評価」と「実証試験計画（案）」に対する評価となっております。

ます。それから、これらを踏まえた総合評価という構成になっておりまして、具体的には、6.1が貯留層総合評価の妥当性、6.2が実証試験計画（案）の妥当性、6.3がそれらを踏まえた総合評価となっております。その上で、14 ページですが、7.では実証試験実施に当たって留意すべき点という形でまとめております。

それでは、まず6.ですが、「貯留層総合評価」及び「実証試験計画（案）」の妥当性について御説明いたします。ここではこれまでの本検討会の議論と、各委員から提出していただきましたコメント等を取りまとめ、その概要をまずポイントとして示しております。

6.1の「貯留層総合評価」でございます。まずポイントを見ていただければと思いますが、①貯留性能・遮蔽性能に関する事項について、周辺の井戸の情報なども含め、十分な科学的資料に基づいて貯留性能及び遮蔽性能の評価がなされており、妥当である。

②萌別層砂岩層は、孔隙率、浸透率ともに大きく、貯留性能は十分と判断される。萌別層泥岩層には、断層等が認められず、浸透率も小さく、CO₂が圧入されても砂岩層が低浸透率と想定される場合を除いては、貯留層上限圧力は遮蔽層下限圧力を超えないことがシミュレーションで確認されており、遮蔽性能に問題はないと考えられる。

③滝ノ上層T1部層の孔隙率、浸透率は萌別層砂岩層に比して小さいが、貯留層は不均質であり、かつ、貯留性の良好な岩相が存在することが確認されていることから、適切な貯留ポイントを選定することにより、良好な貯留性能が期待できる。滝ノ上層に対する遮蔽層の浸透率は10⁻⁶ mDオーダーで層厚も厚く遮蔽層として十分な遮蔽性能を有する。

④滝ノ上層T1部層の圧入点西側2 km程度に存在する逆断層については、シミュレーションによるCO₂の広がりとはかなりの距離があり、この断層を介したCO₂の漏洩はないと考えられる。

⑤3次元弾性波探査データ及び地球統計学を利用した浸透率分布による感度分析は妥当な手法・範囲で実施されている。

⑥1,000年後の数値シミュレーション結果についての信頼性は評価が難しいため、今後モニタリングの結果を確認し、適宜シミュレーションに反映させることが必要である。

ページをめくっていただきまして、(2)は貯留層の周辺環境に関する事項でございます。

①常時の潜在的なCO₂の漏洩経路に関する評価は妥当であり、CO₂漏洩の可能性は極めて小さいと判断される。また、仮にCO₂が漏洩したとしても種々のモニタリング項目が配慮されており、CO₂漏洩の早期検出が可能と判断される。

②地震などの影響に対する評価、断層の評価なども妥当な範囲で実施されている。現在

の地震活動は、他の地域と比して大きな差はない。滝ノ上層圧入点西側の断層は萌別層まで達していないため、活断層ではないと考えられる。

③は誘発地震の可能性についてですが、萌別層に関しては、すべり傾向係数が小さく、大きな亀裂や断層等もないため、問題ない。滝ノ上層に関しては、すべり傾向係数が全領域にわたり1未満なので、誘発地震の可能性はないと考えられる。一方、断層付近では、すべり傾向係数の値がやや大きいことに加えて、シミュレーションでも断層付近における圧入上昇値が1MPa程度となることから注意が必要である。断層付近については、重点的に圧入による影響をモニタリングすることが重要である。

④大きな地震動を受けたときの漏洩の可能性の評価は、最悪の状態を仮定したものと見て妥当である。過去の中越沖地震を受けたときの岩野原実験のCO₂貯留状況に変化がなかったことは重要な実証データである。としております。

この貯留層総合評価についての各委員からのコメント概要は以下に示してあるとおりでございます。基本的には、このコメントと検討会での御議論を踏まえてポイントにまとめておりますので、6.1.2については説明は割愛させていただきます。

続きまして12ページ、こちらでは「実証試験計画（案）」の妥当性についてまとめております。6.2.1ポイントでございます。これも先ほどと同様に委員からいただきました御意見、検討会での御議論を踏まえてまとめたものでございます。

まず、(1)システム構成、運転計画についてです。全般的によくまとめられており、システムについては、コストや分離・回収されるCO₂量も含めて十分に検討されている。また、実証試験として技術的妥当性を有すると判断できる。

(2)モニタリング計画についてです。まず、①2つの地層構成、深度の異なる地点を対象としており、知見の集積、成果の展開という点において評価できる。

②地震については、適切な地震観測網を構築することが必要で、地震の専門家の意見を十分に考慮すべきである。

(3)異常事態発生時の対応・措置等。異常事態発生時の対応・措置等が各モニタリング項目と関連して具体的であり、その計画内容は妥当と判断できる。

各委員からのコメント概要については以下に示したとおりでございます。

続いて13ページ、6.3総合評価でございます。総合評価につきまして各委員からのコメントや検討会での御議論を踏まえてまとめたものが6.3.1ポイントでございます。さまざまな観点から十分な考察がなされており、丁寧な検討がなされている。地球統計学的手法

に基づくシミュレーションや現時点で適用可能な信頼性の高いCO₂分離・回収技術が適用されている。また、システムやモニタリングについても、現在の技術を考えて十分検討されており、実証試験として、十分に妥当なものと判断できる。

6.3.2は委員からいただきましたコメントの概要でございます。

これらを踏まえて、14ページですが、実証試験実施に当たって留意すべき点をまとめております。こちら、これまでの検討会における議論と各委員から提出していただきました実証試験実施に当たって留意すべき点に関するコメントの概要を以下に示しております。また、このコメントを踏まえて、別紙のとおり「実証試験計画(案)」を修正しております。

まず、システム構成、運転計画に関するものは、大きく分けて三つ、委員から、御意見やコメントをいただきました。一つは技術開発に関するもの、もう一つは運転計画に関するもの、三つ目はその他と分けております。

まず技術開発に関するものでございます。一つ目、CO₂分離・回収エネルギーとしては、まず1トンCO₂を回収するのに2.5GJというのを目指すべきであり、可能であれば2.0GJ/tまで達成されたいという御意見をいただいております。

この点については、別紙と見比べていただければと思いますが、お配りしております苫小牧地点における実証試験計画(案)をお手元に置いていただいて、P2-6を開いていただければと思います。委員にお配りしております実証試験計画(案)では、10月26日に配付しましたものからどこが変わったのかわかりやすくするために赤字で修正しております。省エネルギー型分離・回収プロセスの性能確認として、「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等を考慮して2.5GJ/トン-CO₂以下を目標とし」のあとに、「費用対効果等も勘案しながら、2.0GJ/トン-CO₂程度まで低減することもねらう。」と追記しております。

続きまして、技術開発関係の二つ目ですが、CCSを今後の我が国の基幹技術とするべく、技術開発についても常に念頭に置いて実施するべきである。

こちらについては実証試験計画(案)のP3-2に反映しております。3-2ページの下の方、3.2実証試験成果の活用性、実用展開というところの上から4行目ですが、「将来のCCSの実用展開及び技術開発に貢献する。」と、今回の実証試験成果の活用性のところで「技術開発に」というのを追記しております。

続きまして運転計画関係でございます。運転計画関係の一つ目ですが、実証試験に当たっては、拙速を避け、当初のスケジュールに十分な冗長性を持たれることを望む。また、

例えば萌別層砂岩層が低浸透率と想定される場合には、貯留層の上限圧力が遮蔽層の下限圧力を超えることが想定されるため、圧入に当たっては、常に坑底圧力をモニタリングし、遮蔽層の破壊圧をもとに算出した圧入圧力の上限値を超えないようにすることが不可欠である。

この点については、実証試験計画（案）の P2-21 をまずご覧いただければと思います。こちらは 10 月 26 日にお配りしたのものから修正しているわけではなくて、既に反映されているところを御説明したいと思います。2-21 ページですが、「圧入運転開始時は、徐々に昇圧しながら、それぞれの貯留層の圧入上限圧力を超えないように圧入する必要があるため、」と記載しております。

もともとこういう形で反映されておりますが、より明確にするという観点から、2-2 ページですが、2.1.2 実施工程の 1 行目の後半、「ただし、」というところを追記しております。「ただし、詳細な実施工程を策定する際は、実証試験の進捗を十分に踏まえて、無理なく実施可能なスケジュールを組むことが重要であり、その点に留意する。」と追記しております。

それから、2-20 ページを御確認ください。2-20 ページの(6)圧入計画の上から 2 行目、「圧入に当たっては、」というところを追記しております。「圧入に当たっては、坑底圧力等を常にモニタリングし、遮蔽層の破壊圧をもとに算出した圧入圧力の上限値を超えないようにすることが必要不可欠である。」という形で明記しております。

運転計画関係の 2 番目ですが、CO₂ 分離・回収施設と CO₂ 圧入施設の間に存在する CO₂ の貯蔵容量はシステム全体を円滑に操業する上で重要な役割を果たすものと考えられ、施設ごとの操業目標からのずれを合理的に調整する管理システムを構築するためのキーとなるものである。このため、試験実施の際には、オペレーションズリサーチなどの手法によるシミュレーションを導入するなどの工夫が望まれる。

この点については、実証試験計画（案）の P2-19 に反映しております。P2-19 を見ていただければと思いますが、②技術検証課題の b 気体・液体 CO₂ の統合管理のところでございます。「排出源となる商用装置は、稼働状況により CO₂ 供給量が変動するため、安全かつ効率的に CO₂ を圧入する上で、CO₂ 圧入量や貯蔵量を適切に管理することが不可欠である。このため」のあと、以下が追記したところですが、「本実証試験では、運用管理システム等に対するオペレーションズリサーチ等の手法によるシミュレーションを実施し、技術的に問題がないことを確認する」としております。

続きまして評価報告書（案）の15ページですが、③その他でございます。その他の一つ目、実証試験の成果をより有効活用するために、年100万トン程度の貯留量が考えられる商業ベースのプロジェクトで想定される課題の抽出を意識しながら実証試験を進めていくことが必要である。

この点については実証試験計画（案）の1-3ページに反映しております。1-3ページの1.3 苫小牧実証試験の技術的位置づけの上、「具体的には、」というところです。「具体的には、苫小牧における大規模実証試験では、商業規模を十分に意識し、」と追記しております。「商業規模を十分に意識し、実用化段階に近い、CO₂を年間10万トン以上の規模で、分離・回収、輸送、圧入・貯留するCCSのトータルシステムを実証する。」という形で反映しております。

続きまして、③その他の2番ですが、情報公開を積極的に行って、PAに努めることが必要である。

この点については実証試験計画（案）の3-4ページをご覧ください。3-4ページですが、これは10月26日にお示しした実証試験計画（案）に反映されているところでございますが、「また、」以下ですが、「モニタリングの内容、結果等の本実証試験に関する情報については広く提供し、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つ。」としております。途中で挟まっております「ならびに科学的知見の」というのは、後ほど出てまいります項目で御説明いたします。

続きまして、モニタリング計画に関するところでございます。（2）モニタリング計画。モニタリング計画についても、委員からの御意見を分けますと、大きくモニタリング技術に関するもの、モニタリング範囲・モニタリング頻度に関するもの、それからモデルシミュレーションの更新に関するもの、観測データの公開という形で、四つに分かれております。

まずモニタリング技術に関するものですが、モニタリングについて、2次元弾性波探査や3次元弾性波探査が考慮されているが、注入による物性の変化が必ずしも大きくはなく、実際上はかなり困難な測定になると予想される。また、漏洩等について、モニタリング技術等が現時点ではBAT（Best Available Technology）に基づいていても、将来更なる技術革新の可能性等があるため、実証試験の過程でそれらの妥当性を検証しつつ、最新のモニタリング方式や他の方法（新しいボーリングによる検層、トモグラフィ、海底の電磁場の連続観測等）も臨機応変に適用するよう留意する。という御意見をいただいております。

この点については、実証試験計画（案）の 2-23 ページに反映しております。2-23 ページの 2.2.3 貯留モニタリング計画、(1)CO₂モニタリング計画に関する基本的考え方の「これらのモニタリングのベースは弾性波探査であるが、試験中は、常にその時点での最新の技術（BAT）を用いることとする。また、実証試験の状況や結果によっては、弾性波探査以外のモニタリング手法（新しいボーリングによる検層、トモグラフィ、海底の電磁場の連続測定等）も臨機応変に適用する。」と追記しております。

続きまして、モニタリング範囲、頻度等に関する事項でございます。その一つ目ですが、調査井を転用して観測井として用いる CCS-1 は、透水性の低い滝ノ上層にある。観測井の設置に当たっては、この点を留意する必要がある。また、CO₂の量が増えたからといって圧入されたCO₂かそれ以外によるものかが区別できないため、同位体をモニタリングすべき。という御意見をいただいております。

この点については実証試験計画（案）の、まず P2-30 を御確認ください。P2-30 ですが、これは 10 月 26 日にお示した資料に反映されているものでございますが、「上記観測井は CCS-1 坑を改修するものであるが、より観測精度を高める観点から、必要に応じて追加観測井を掘削する。」としております。

それから、2 枚めくっていただきまして P2-32 の 2.2.4 海洋系におけるモニタリング計画、(1)モニタリング計画に関する考え方で、「また、自然界由来の CO₂ と CCS 起因の CO₂ を判別するための同位体比の測定等、追加的な調査項目の実施も検討する。」と追記しております。

続きまして、モニタリング範囲・頻度等の二つ目ですが、地震のモニタリングの範囲としては、石狩低地東縁断層帯南部とその変形域から実証試験サイトまでの距離は 10～30km 程度であり、過去の誘発地震の事例やシミュレーション、風評等を考慮すると、実証試験サイトから半径 20km 程度の地域をカバーすることが望ましい。また、圧入地点付近における微小振動等のイベントのモニタリングを含め、チェッカーボードテストなどにより震源決定精度、これは特に深さに関してですが、これを把握してセンサーの配置を検討するほか、バックグラウンドノイズとの関連を考慮した上で、最適かつ経済的なシステムとすることが望まれる。

この点については実証試験計画（案）の 2-27 ページに反映しております。2-27 ページ「なお、」というところですが、「なお、実証試験計画地点の東方 20～30km には活断層である石狩低地東縁断層帯南部が分布する。この活断層分布域で発生する自然地震のデータを

捕捉する Hi-net 等の既設の地震観測網があるが、」ここまでは 10 月 26 日にお示した内容で盛り込まれているのですが、そこから先でございます。「これに加えて、石狩低地東縁断層帯南部などにおける地震活動を把握できるように地震計の設置を検討する。以上を含め、必要十分な範囲をカバーし、最適かつ経済的な地震観測網を構築する。」として反映しております。

続きまして 3 番ですが、実証試験においては、坑井掘削時に行う物理探査などにより、調査範囲の西側にある断層の連続性、他の断層の可能性などを十分に確認する必要がある。また、モニタリングは連続観測を基本とするべきである。という御意見をいただいております。

この点については 2-23 ページを御確認下さい。こちらは 10 月 26 日にお示したものに入っていたところでございますが、「加えて」という文章がありますが、「加えて、CO₂ の圧入が微小振動を生じさせているかを確認、検証するべく微小振動と自然地震のモニタリングを実施する」に加えて書いておりますが、「するとともに、各種モニタリングを通じて、継続的に断層活動の有無や他の断層の可能性を確認する。」としております。その後、「また、」とありますが、そこを飛ばしていただいて、その後に続きます文章で「なお、」というところがございます。「なお、微小振動や自然地震のモニタリングについては、原則的に連続観測とする。」という形で反映しております。

続きまして 2-27 ページを御確認下さい。2-27 ページ、「特に、滝ノ上層 T1 部層の圧入予定地点西側約 2 km にある断層を十分に観測できるような測定システムを構築する。」という形で反映しております。

それから、2-31 ページ目を御確認下さい。こちらには観測するデータ、測定する項目を列挙しておりますが、上から 6 個目ですが、「OBS による微小振動、自然地震観測」を追加しております。こちらは 10 月 26 日にお示した資料では連続観測するものとして OBS によるデータは入れていなかったのですが、委員の御意見、御指摘を踏まえてここに反映しております。

続きまして、4 番目ですが、実証試験の間には、付近で大きな地震が発生することも考えられる。このため、実証試験と当該地震との因果関係を問われる事態も想定する必要がある。この点を念頭に置いて、CO₂ 圧入前のデータを蓄積することは重要と考える。

この点については、実証試験計画（案）の P2-24 に反映しております。P2-24 を御確認いただければと思いますが、(2) 圧入前モニタリングの①モニタリング項目の上から 3 行目

でございます。「モニタリング項目については、必要に応じて追加するとともに、ベースラインデータは、その後の実証試験結果を評価する上で基本となるため、十分なデータを蓄積する。」という形で反映しております。

続きまして、③のモデルシミュレーションの更新等に関する事項でございます。その一つ目ですが、地下の情報を十分に得ることは極めて困難であるため、CO₂貯留実施中に得られた知見をもとに、柔軟にシステムやモデル方法を改善していくことが必要である。あわせて、それが可能となる体制を構築するべきである。具体的には、CO₂挙動予測シミュレーションのモデルについて、モデルの妥当性を検証するため、今後もモニタリング結果を確認し、適宜シミュレーションに反映させることが必要である。また、貯留完了後1,000年後のCO₂貯留性能の予測には寄与が極めて少ない分子拡散や鉱物反応といった地化学反応も考慮することが重要である。そのため、坑井掘削時に地下水を採取し、地層水の流動や地化学反応シミュレーションのベースとなるデータを取得することが必要である。

この点については実証試験計画（案）の、まずP2-23を御確認下さい。P2-23の下ですが、これは10月26日にお示した資料に入っていたところですが、目的3として、「モニタリングにより得られたデータをもとに貯留層モデルの更新、CO₂の挙動予測シミュレーションの精度向上」が目的に入っております。それに加えて、P2-11を御確認下さい。P2-11の(5)圧入井掘削の6行目、「なお、」というところですが、ここを今回追記しております。「なお、圧入井掘削時には、これまでの調査で採取しなかった地下水を採取・分析（同位体測定等を含む）し、地層水流動や貯留層及び遮蔽層の地化学的検討に用いる。」という形で追記しております。

それから、P2-25を御確認下さい。P2-25の、「また、上記ベースラインデータを取得し、圧入井掘削時の地下水採取を行った際には、地質モデルを改良し、地化学反応も考慮したCO₂長期挙動シミュレーションを行う。」という形で反映しております。

続きまして、2番目ですが、浸透率分布の地球統計学を利用した感度分析は妥当と判断されるが、スレシヨルド圧力の低減を含めた感度分析も実施することが重要である。

この点については、同じくP2-25ですが、先ほど御説明したところの続きとして、「なお、」というところを追記しております。「なお、CO₂長期挙動シミュレーションを実施する際には、浸透率分布の地球統計学を利用した感度分析のほか、スレシヨルド圧力の低減を含めた感度分析の実施も検討する。」という形で反映しております。

続きまして3番目でございます。シミュレーターの改善に絶えず留意する必要があり、今回の実証試験においてもその点を意識すべき。また、1,000年後の地震は可能性がないとは言えないため、その都度、想定外の地震をも考慮した上で、モニタリング計画や保安規定及び保安管理体制等を見直していくことが必要である。

この点については、まず2-23ページを御確認下さい。「また、モニタリング計画については適宜見直す。その際は、想定外の地震も考慮する。」という形で追記しております。

それから、P2-37の2.3.1異常事態の想定とその対処方法の確立（保安規定の策定）というところですが、その最後の行に「保安規定及び保安管理体制については、想定外の地震も考慮し対応できるよう、適宜、見直しを行う。」と追記しております。

戻りまして、観測データの公開についてでございます。データの公開を積極的に行うべき。また、微小振動を含めた地震活動に対するモニタリング結果については科学的にも価値が高いことから、このような観点も含めて観測データを公開していくべき。

この点については実証試験計画（案）の3-4ページに反映しております。3-4ページですが、上から2行目、先ほどと一部重複しますが、「モニタリングの内容、結果等の本実証試験に関する情報については広く提供し、CCSに対する国民の理解促進及び社会的受容性の確保」の後に「並びに科学的知見の蓄積やCCSを含む関連技術の発展に役立てる。」と追記しております。

続きまして、(3)異常事態発生時の対応・措置等でございます。一つ目、異常時の対応について、事前に十分な予見と準備をしておくことが肝要である。それから、二つ目ですが、異常事態発生時の対応・措置等について、項目として挙げられている5項目のうち、(4)CO₂圧入中に想定される主な異常事態に関しては、事前に十分に検討して具体的な対策・措置を講じられることを望む。

この点については、実証試験計画（案）のP2-37に反映しております。P2-37の下、2.3.3保安訓練の実施の2段落目ですが、「CO₂圧入中に想定される異常事態としては、主に以下が挙げられる。異常事態が発生した際には、図2.3-1に示す対応が求められる。ここに示した手順と関係法令を踏まえて保安規定を策定する必要がある。」の後に追記しておりますが、「その際は、想定される異常事態の内容を十分に検討し、より具体的な対策・措置を盛り込むことが必要である。」と反映しております。

これまで、評価項目、各委員からいただいたコメント等を踏まえて実証試験計画（案）にどのように反映したかというところを御説明いたしました。

参考資料1は、10月26日の第1回検討会でお示ししたものを、これまでの検討会での議論と、委員からいただいたコメントを踏まえて、わかりやすく一部記述を修正・追加したものになります。内容の変更はございません。

具体的にどこを変更したかといいますと、2-1 ページを見ていただければと思います。これも追記したところ、修正したところを赤字で示しておりますが、2.1 調査概要の2) 調査井のところでございます。2) 調査井の上から4行目、「カッティングス試料の分析」というところで具体的にどのような分析をしたのかを明記すべきではないかと委員からコメントをいただきましたので、(孔隙率、浸透率、スレシヨルド圧力試験等)と括弧で追記しております。

それから、3-7 ページの図のタイトルでございます。図 3.1-3、もともとは「P10 モデルにおける圧入時の挙動」としていたのですが、ここについては圧入開始からの時間変化を示したものであることから、より正確に表現するために「P10 モデルにおける坑底圧力の時間(年)的变化」としております。下の図 3.1-4 についても同じです。それから、次の3-8 ページですが、図 3.1-5 についても同じように修正しております。

それから、3-19 ページでございます。(6) 総合評価、①滝ノ上層評価のまとめの3)、「・」が四つありますが、四つ目の「・」、「3つのモデルでは遮蔽層へのCO₂の到達は、」の後に、「圧入開始から1,000年後においても確認されなかった。」と追記しております。

それから、P3-28、P3-29 ですが、ここについても先ほどと同じように図のタイトルをより正確にするため、「ベースケースにおける坑底圧力の時間(年)的变化」と、「坑底圧力の時間的变化」という形で図のタイトルを三つ修正しております。

それから、P3-50 ですが、(2)北海道周辺の地殻応力分布。ここではどうして地殻応力分布を検討しているのかという背景が一切書かれていなかったもので、委員から御指摘をいただきまして上から4行を追記しております。「『CCS実証事業の安全な実施にあたって』においては、CO₂貯留に際し地質面から検討すべき事項として、CO₂圧入地点付近における過去の地震活動が挙げられている。過去の地震活動の検討の一環としては、圧入地点周辺の地殻応力状態や歪みの蓄積状況を事前に把握する必要があることから、」と追記しております。

同様に、3-53 ページについても、北海道周辺及び苫小牧周辺の地震活動という項目がございますが、なぜこの調査を行ったかの背景がなかったことから、同様の理由で背景を追記しております。

それから、参考資料2については、これまでの検討会の場で委員から、シミュレーションでどういうモデルを使ったのか、それについては貯留層総合評価書の中にきちんと記載すべきではないかという御指摘をいただきましたので、地層水の塩分濃度をどのように求めたのかとか、地層水の塩分濃度と海水準変動との関係について、シミュレーションの支配方程式、それから滝ノ上層と萌別層のCO₂挙動予測シミュレーションで使用したパラメーター、どういうパラメーターを使ったのかというデータを載せております。

それから、参考資料3として、第3回の検討会で配付・御説明いたしました「地震との関係について」を添付しております。

以上でございます。

○山地座長 御説明ありがとうございました。

それでは、ただいま説明していただきました取りまとめ案の内容につきまして、委員の委員から御質問、御意見等がございましたらいただきたいと思います。いかがでございましょうか。

いただいた御意見については、割と丁寧に説明していただきましたように事務局で対応していただいておりますが、大体よろしいでしょうか。

佐々木委員、どうぞ。

○佐々木委員 九州大学の佐々木です。

全体的によく、意見を酌み上げていただき、反映されていると思います。先ほどから、モニタリングに関しては適宜追加ボーリングも考慮するというような内容が含まれていたかと思いますが、貯留層については、モニタリング井の数が多ければ多いほど貯留層内部の推定確度が増すかと思われますので、予算上、非常に厳しいところもあるかもしれませんが、滝ノ上層についてもモニタリング井を、より早い時期に追加ボーリングをしていただきたい。

○山地座長 ありがとうございます。何度か出てきた話でございますが、現状計画しているものは1本で、かなり離れているということで、必要に応じて追加するとは書いてあるけれども、追加が望ましいということの再確認ですね。

事務局、何か今のことに関して。

○石井補佐 まさに委員に御指摘いただいた内容は重要な論点だと思っております。特にCCS-1坑は、狙ったところよりも少しずれたところで、データがよくなかったのではないかという御指摘をいただいたのですが、そういうこともあり、追加坑井は掘らなければ

いけないと考えております。

モニタリングに当たっては坑井が多ければ多いほどよいというのは確かにおっしゃるとおりですが、どこに掘ればよいのか、費用対効果も考慮にいられて、一番よい、適切な場所に掘っていきたいと考えております。実証試験の実施時には、追加坑井の掘り方についてよく検討して実施していくことを考えております。

○山地座長　　ということで、よろしゅうございますでしょうか。表現はまだ不十分かもしれないのですが、今の回答の趣旨で進めていくということで。

ほかにはいかがでございましょう。

では齋藤委員。

○齋藤委員　　この前もお伺いしてわかったことなのですが、3次元の地震探査を何回かモニタリングとしてやられるということで、つまり4次元探査という言い方になると思うのですが、その再現性といいますか、きちんと計画してやらないと、繰り返しやったときの測定の位置その他がずれることによって地下の経時変化ではないことが観測されてしまうことが当然起こり得るわけで、十分観測のやり方を検討していただければと思います。

○山地座長　　今の内容はどのあたりが対象となりますか。資料2でいえば。

○石井補佐　　委員がおっしゃったのは実証試験計画(案)の2-24ページが該当するのではないかと思います。2-24ページの図2.2-13がモニタリングスケジュールですが、委員が御指摘された3D弾性波探査というのが表の下から二つ目でございます。ここに示してありますように、3D弾性波探査については2009年に、ベースラインをとるということも兼ねて実施済みでありまして、その後、3年に1回のペースで実施していくことを予定しておりますが、この際に経時変化としてきちんととらえられるように工夫をしておくべきだということですね。

○齋藤委員　　そうです。

○石井補佐　　実施に当たっては、十分なデータがとられることが必須条件ですので、1回とってしっかりとしたデータが出なければ、その都度きちんとしたデータをとるということを考えておりますので、ここで見ていただくと3年目のところに星が1個打ってありますが、例えば3年目にとったデータが不十分なものであれば、その年にもう一度とるかいうことはやらなければいけないと考えておりますので、そのように対応していきたいと考えております。

○齋藤委員　　いつも同じ点で測って、そこが変わっていないことを確認するということ

もたしか検討されていたと思いますが。

○石井補佐 実際には測定するに当たっては、この表の上から三つ目ですが、常設型のOBCで観測することになります。この常設型OBCはリアルタイムでデータを採っていくので、これと連動させて観測していくことを考えております。

○斎藤委員 わかりました。ありがとうございました。

○山地座長 ほかにはいかがでございましょうか。

では熊沢委員。

○熊沢委員 専門外ですが、シミュレーションモデルについてお伺いします。ほかの工学の分野でいうシミュレーションモデルとちょっと違う感じがいたします。といいますのは、シミュレーションの結果と実際の実験結果がどの程度一致するかということでシミュレーションモデルの精度を上げることが工学の分野ではよくあると思います。この場合は、超臨界のCO₂が水の中に溶解するとどのように広がるかという実験データというのは、圧入のとき、あるいは探査データから出てくるのであればシミュレーションモデルとの対比は可能ではないかと思えます。シミュレーションモデルの大きな特徴の1つは、確かに非常に長い、例えば1,000年ぐらい、500年ぐらいのところが予測できるというようなことかと思えます。結局は、シミュレーションモデルの精度はどのように確認するのですか。いろいろな方法があると思うのですが、今までのところではどのようにされているのですか。

○山地座長 ほかのものと加速試験とかができるけれど、これだと1,000年後というのはなかなかわからないけれど、シミュレーションの検証をどうするかという御質問だととらえていいですか。

○石井補佐 圧入期間3.5年で貯留されたCO₂の貯留範囲について、弾性波探査を行い、実測データを得ることになります。それと、シミュレーションでは、どれぐらいCO₂が広がっているかという結果が得られますので、それらを比較する。その上でシミュレーションモデルを適宜更新して、1,000年経ったらCO₂がどの程度広がっているか、広がる可能性があるか推測します。それに加えて、今回のモデルについては岩野原のシミュレーションも盛り込んだ形になっておりますので、そういう形で予測をし、適宜、圧入期間中にモニタリングした結果を用いてシミュレーションを更新していくことを考えております。

○山地座長 多分、それでベターにはなるけれど、1,000年後を本当に検証ということ

になるかという、一般的に考えて疑問がわくのはわかるのですが、むしろ専門の方はどう考えられているか、補足していただいたほうがいいのではないですか。

○石井補佐　実証試験が終わった後も海洋汚染防止法に基づいてモニタリングをすることになっております。そこには弾性波探査も含まれております。1,000年モニタリングをすることになるかどうかはわかりませんが、現行法上はCO₂が貯留されている限りはモニタリングをし続けることになっておりますので、実証試験が終わった後も、その都度、弾性波探査を行って、CO₂がどの程度広がっているのかをモニタリングしていきます。したがって、実証試験後も、モニタリングを行った結果とシミュレーションの結果とを比較しながら、適宜、シミュレーションを更新していくことになります。

○熊沢委員　わかりました。

○山地座長　実際のデータとなると、スライプナーのものでもまだ20年にならないぐらいで、実績と突き合わせてのシミュレーションの正しさというところは今後も継続されるけれども、今までとられたデータと比較することでだんだんよくしていく努力、それから、貯留後もずっとそれを続けていくことで検証していく、そこまでしか答えられないということかと思いますが、よろしいですか。

ほかにはいかがでございましょう。

では澤田委員。

○澤田委員　大変丁寧にコメントとか意見を反映していただいて、ありがとうございます。一つ、実証試験計画（案）の2-37ページで、異常事態発生時の対応というところですが、何か案があるのだったら教えていただきたいと思うのですが、例えば2.3.1の異常事態の想定とその対処方法の確立というところで、最後の行で「想定外の地震も考慮して対応できるよう、適宜、見直しを行う。」。

想定外の地震というのは、想像するに、私のコメントではなかったと思いますが、例えば3月11日のようないわゆる巨大地震、それは要するに津波地震である、想定外の津波みたいなものを念頭に置いておられるのだらうと思います。一番下にも「大規模な地震、津波の発生」と書いてありますが、運悪く、そんなことは確率としてほとんどないと思いますが、地上施設が全部持っていかれてしまった。その場合にせつかくぶち込んだCO₂が、つながっているわけですから、その辺はどういうふうに設備のほうで考えておられるのでしょうか。計画のところにはそういうことが書いていないものですから、もしあったら教えていただきたい。

○石井補佐　　実際に保安規定とか保安設備に関する保安管理体制といったソフト面を作成・構築していくのは今後になるわけですが、今、ハード面の対応として念頭に置いていますのは、いわゆるフェールセーフの発想になるかと思いますが、圧入井に自動遮断の逆止弁を複数設けるということを検討しております。今後こういった取組も含めて、保安規定の中身を充実させていくことを考えております。

○澤田委員　　わかりました。そういうお考えで、具体的にそういうものがあれば、万が一、上がなくなったとしても下のCO₂は安定に貯留できるということであれば、随分安心度が違うのではないかと思います。ぜひよろしくお願ひしたいと思います。

○山地座長　　貴重な御指摘ありがとうございました。

御出席の委員、それぞれ1回は御発言いただいたのですが、全体を通して御意見がございましたらお受けします。

現在の取りまとめ案で、御確認のような御質問があつて、事務局から回答していただきましたが、取りまとめ案の内容については了承いただけますでしょうか。

○山地座長　　どうもありがとうございました。それではそういうことで、もちろん、今御意見をいただいたところに対する対応をよりはっきり書ける場合には、改善の方向で修正の可能性はあると思いますが、一応現案で御承認いただいたことにして進めたいと思います。

一つだけ余計なことを言いますと、先ほどの1,000年のシミュレーションのところで、例えば原子力の放射性廃棄物の地層処分のときには、ナチュラルアナログというのをとるのがあるわけです。天然原子炉がありましたから。もしガスの圧入のようなものに関してもしそういうケースがあると、1,000年とか、あるいはそれ以上も要求されますので、シミュレーションに対する信頼度、検証性が強まりますので、関係の研究者の方はぜひ努力していただければと思います。

ということで、きょうのメインの議題はこれでございますが、時間的に余裕がありますので、もう一度全体を通した御意見をいただけるとは思います。次の議題に移りたいと思います。

それでは、その他ですが、事務局から御説明をお願いいたします。

○石井補佐　　本評価書の取り扱いですが、本日の検討会における議論を踏まえて、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）」に係る評価を取りまとめ、経済産業省のホームページにて公表いたします。

○山地座長　　ありがとうございました。

議論の取りまとめの今後の扱いについては、今説明があったとおりでございますが、何か御質問等ございますでしょうか。

よろしいですか。

その他で、ほかにはございませんか。

○石井補佐　　報告事項として、前回同様、この検討会の議事要旨を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、議事録については、各委員の御確認を踏まえた上で、原則1ヵ月以内に作成して、同様にホームページ上で公開いたします。

御報告事項は以上です。

○山地座長　　ありがとうございました。

それでは、予定の時間より大分早いので、全体を通して御意見とか御質問、御要望でも結構ですが、ございましたらお受けしますが、いかがでしょうか。

では佐々木委員。

○佐々木委員　　CO₂貯留というのは、日本が温暖化対策にかかわる上で、世界に対して貢献できる非常にいい技術開発課題だと思われま。いろいろな面で、ただ単にCO₂を圧入するだけではなくて、貯留層をアクティブにコントロールしていく技術開発も今後必要ではないかと思ひます。

どういふことかといひますと、石油・天然ガスの生産では、圧入することと生産することを一対の形で行うことによつて貯留層圧をコントロールしたり、貯留層の中での流体の流動性をコントロールするといふような工学的なエッセンスをそこに持ち込むわけで、単にCO₂を入れるといふだけではなく、今後は世界へ技術的なアドバイスをしていくためにも、貯留層内部圧力をコントロールしたり、貯留性の広がりコントロールすることを、次の段階での技術開発課題としていただきたいといふ要望です。

○山地座長　　ありがとうございます。

先ほど説明された追加的な中にも、今回の実証を通して得られた知見を共有して今後の研究開発に生かすといふ項目があつたかと思ひますが、その方向に関する御意見と受けとめられると思ひます。

ほかにはいかがでございましょうか。

大体よろしゅうございませうか。

私から一つですが、本検討会としては今回が最後ですが、今から実証試験に移っていく

ことが想定されるわけですが、その段階でまたこういう委員会をお持ちになるのかどうか、そのあたりは。

○石井補佐 現在事務局で検討しておりますのは、仮に苫小牧沖で実証試験をやるとなった場合には、二つの観点から、苫小牧沖での実証試験の状況をフォローアップするオープンな会議体を設けたいと思っています。これは、本検討会を継続する形にするかどうかは別ですが、是非設けたいと考えております。

二つの観点といいますのは、まず一つは、日本で初めてのCCSの実証試験ですので、きちんと技術的な観点からモニタリングをし、PA (Public Acceptance) を得る上で広く公開していくことが重要であろうという観点。もう一つは、先ほど佐々木委員もおっしゃっていましたが、日本はかなり高度な技術を使って取り組んでいるということを世界にアピールしていくというのは、今後の市場を獲得する上でも大変重要なことだと思っておりますので、そういう両面から、実証試験の実施状況をフォローアップする会議体をつくり、オープンに議論をしていきたいと考えております。

○山地座長 どうもありがとうございました。

この実証試験、CCSの実用的な規模での実施に向けて非常に重要な一歩、それだけではなくて、世界的な視点からも非常に大きく役立つ可能性がある。先ほど来の議論であるわけですが、4回でございましたが、事務局も非常に行き届いた資料をいただいて、委員の先生方からも適切なコメントと質問をいただいて、きょうまとめて、事務局から先生方の御意見、コメントに対する対応も示しましたが、進行役として自画自賛するのも何ですが、丁寧な議論ができたのではないかと思います。本当に感謝申し上げます。

それでは、本検討会としては以上で終了とさせていただきますが、あとの進行を事務局にお任せします。

○石井補佐 山地座長、どうもありがとうございました。

最後に、事務局を代表いたしまして経済産業省大臣官房審議官の中西から一言お礼を申し上げます。

○中西審議官 御紹介いただきました中西でございます。

2ヵ月間で4回という、短期間でかなり突っ込んだ議論をやっていたということ、皆様お忙しい中、この作業に御協力いただきましてありがとうございました。おかげさまをもちまして今般の評価報告の中では妥当性もちゃんと評価いただいたということで、今後、具体的な実証試験、次のステップに向けた一つの大きな礎になったのかなと私ども

は認識しております。

もちろん、24年度の予算がまだ決まっておりませんので、そういうものが決まって、いろいろな条件を配慮した上で次のステップに入っていくことになると思います。その際には、評価報告書、いろいろ議論いただきました結果を計画に反映していきますし、それをちゃんとモニターしていくということも今日の議論でも御指摘をいただいたと思っておりますので、しっかりと対応していきたいと考えております。

最後に、座長からも言われましたし、先ほど佐々木委員からも御指摘いただきましたが、CCSという技術、とりわけ今回国内で初めてやろうではないかということで、ここで培われた技術、並びに、別途いろいろな技術開発をやっております分離・回収という技術もパッケージにして、ぜひとも日本が世界の地球環境問題に貢献できるような技術力をここで確立するという気持ちでやっていきたいと思っております。そういう意味で、引き続き委員の皆様にはいろいろな形でアドバイスをいただければと思っております。

皆様、本当にお忙しい中、この議論にいろいろな形でアドバイスをいただきましてありがとうございました。改めて我々事務局からもお礼を申し上げたいと思います。ありがとうございました。

○石井補佐 以上をもちまして本検討会を閉会とさせていただきます。どうもありがとうございました。

——了——