

第23回メタンハイドレート開発実施検討会 議事録

日 時：平成24年12月11日（火）15：00～17：00

場 所：経済産業省別館10階1028会議室

出席者（委員）：佐藤座長、東委員、荒戸委員、小野崎委員、鴨井委員、木村委員、藤田委員、松永委員、森田委員

出席者（事業実施者）：増田P L、岡津S P L、成田S P L、各G L他

議 題：

1. 第22回メタンハイドレート開発実施検討会議事録について (資料4)
2. 第1回海洋産出試験フローテストの実施に向けた作業計画及び準備状況について (資料5)
3. 圧力コアの取得と分析について (資料6)
4. その他

議事録：

【事務局（上條）】 本日は年末のお忙しいところお集まりいただき、まことにありがとうございます。定刻になりましたので、ただいまから第23回メタンハイドレート開発実施検討会を開催させていただきます。

本日、石油・天然ガス課長松山は出張のため欠席となりますので、あらかじめご了承ください。企画官の萩原から一言挨拶がございます。

【萩原企画官】 ご紹介いただきました資源・燃料部で企画官をしております萩原と申します。

本日は、本来であれば石油・天然ガス課長の松山が出席させていただくところですが、どうしても出席がかなわなくなってしまいましたので、私が参画させていただきます。

前回の6月29日の議論で全体のスケジュールについてお諮りしたところがございますので、本日はより詳細なプランについてご議論いただければと思っております。海洋産出試験のフローテストが来年1月、もう目前に迫ってきております。さまざまところから非常に注目をされており緊張しながら日々を送っております。

本日は、ぜひ忌憚のないご意見をいただければと思います。よろしくお願い申し上げます。

【事務局（上條）】 議事に入ります前に、本日の出席委員及び議事の公開についてご報告します。

本日は10名中9名の委員にご出席いただいております。東京ガス・浜田委員はご都合により欠席となります。

また、委員の交代がありましたのでご紹介いたします。大阪ガス株式会社・宮本委員のご後任といたしまして、同社資源・海外事業部計画部長・鴨井亨様にご就任をされました。

一言ご挨拶をお願いしたいと思います。

【鴨井委員】 ただいまご紹介にあずかりました大阪ガスの鴨井でございます。このたび、前任者の宮本とかわりまして、私が当検討会に参加させていただくことになりました。

世界の最先端を走る我が国のメタンハイドレート開発にこのような形で参加させていただけるということを大変光栄に思っております。もう少し平たく申しますと、大変わくわくしております。

今後、ご指導賜りますよう、ぜひよろしくお願い申し上げます。

【事務局（上條）】 ありがとうございます。

それでは、配付資料の確認をさせていただきます。

お手元の配付資料、資料1、議事次第でございます。資料2、メタンハイドレート開発実施検討会委員名簿、資料3、座席表、資料4、第22回メタンハイドレート開発実施検討会議事録、前回の議事録でございます。資料5、第1回海洋産出試験フローテストの実施に向けた作業計画及び準備状況について、資料6、圧力コアの取得と分析についてでございます。資料の不足等ございましたら、事務局までお知らせください。

また、本日の議事及び議事録は、ともに公開とさせていただきたいと思っております。

それでは、佐藤座長に議事進行をお願いしたいと存じます。よろしくお願いいたします。

【佐藤座長】 本日の座長を務めます佐藤でございます。よろしくお願いいたします。

冒頭、ご挨拶ありましたように、メタンハイドレートについては、非常に注目を集めており、期待を込めた注目だと思っておりますが、ぜひ、あまり前のめりにならないよう、この検討会ではこれまでどおりの審議をしたいと思っております。

技術開発というのは、それぞれに適正な開発速度というのがあると思っております。それぞれ幅はあるでしょう。おそらく、日本でのメタンハイドレート開発ということに限っていう

と、開発速度を上げてほしいという要望はあると思います。我々もそれに応えるべく努力すべきだと思いますが、それでも、最大この速度は守らなければいけないという速度制限があると思います。それを超えてしまう、超えるというのは、あまり根拠のない常識を持ち出すこと、こういうこと絶対ないはずだということ、これまでなかったのが今後もないはずだということなどで、そういうことで見落としが発生することは大変怖いことだと思います。この検討会の視座としては、これまで通り、科学的な基準に基づいた検討を行うということで、本日、それから今後も進めていきたいと思っています。よろしくご協力のほどお願いいたします。

1. 第22回メタンハイドレート開発実施検討会議事録について

【佐藤座長】 それでは、議題に入りたいと思います。議題の1、前回議事録の確認です。

本年6月29日に開催されました第22回検討会の議事録の確認です。委員の皆様には事務局より事前に議事録案をお渡ししていると思います。修正等、お気づきの点ございましたら、後ほどでも構いませんので、事務局までご連絡をください。よろしくお願いいたします。

2. 第1回海洋産出試験フローテストの実施に向けた作業計画及び準備状況について

【佐藤座長】 それでは、議題の2、第1回海洋産出試験フローテストの実施に向けた作業計画及び準備状況についてです。フィールド開発技術グループの山本グループリーダーのほうから説明をお願いいたします。

【山本グループリーダー】 ご紹介いただきました山本です。

今年2月から3月にかけて井戸を掘る事前掘削作業を行い、準備を行ってまいりましたが、いよいよ実際にガスを出す作業に移行しようと思っています。

今日は、まず全体スケジュールの確認をした後にフローテストの細かい技術的な内容をお話しさせていただき、その後、全体的な流れを示させていただこうと考えています。また、今回の作業は世界で初めてということもあります。一般的にも、海洋の石油天然ガスの開発というのはリスクの高い作業になります。こういう問題が起き得るのではないか、

あるいは、その問題が起き得るとすると、どのようにしてその影響を小さくしようか、というスタディーも行っていますので、最後にその点についてご紹介させていただきたいと思います。

まず、全体のスケジュールです。2011年度、2012年度、それから2013年度、3カ年にわたりましてこの計画を進めております。昨年度に事前掘削作業を行い、P井、生産用の井戸、それからモニタリング用の井戸を2本、計3本の井戸を掘ることができました。

この作業の後に、コアのサンプルをとる作業を6月から7月にかけて行っております。これに関しましては、後ほど後半の議題で主に取り上げられますので、ここで詳細は申し上げません。前回の開発実施検討会は、このコアリングの作業が始まる寸前に行われておりました。その後、非常によいコアがとれましたので、後ほどご報告いたします。

これらの作業を行いつつ、同時にフローテストの準備作業も進めました。坑内に設置する機器や船上設備の設計、製造、調達作業を続け、その一部については、陸上でのテストを繰り返しております。

それから、今回のプロジェクトには、科学的なデータを十分取得するという大きな目的があります。そのための作業も行っています。

1つは、物理探査モニタリングです。弾性波探査によるモニタリング作業を行う計画があります。その装置等を作製し、今年の8月に海底に設置いたしました。こちらに関しても後ほどご紹介いたします。

それから、環境への影響を調べるためのモニタリング装置も作製しました。この装置に関しましても、現在設置作業中です。こちらに関しましても後でご紹介いたします。

いよいよ来年の1月から3月にフローテストの作業に入り、同時にさまざまな計測も行います。最終的には環境に影響がないように井戸を廃坑し、原状復帰した後に帰る、こういうスケジュールになっております。現在はフローテスト直前の段階です。

フローテスト、要するにガスを産出するテストですけれども、基本情報を確認いたします。

日程は、平成25年の1月13日から3月31日まで78日間。

場所は昨年掘削した地点です。東部南海トラフ第二渥美海丘と呼ばれる、海底の高まりの北斜面になります。

体制は、JOGMEC（石油天然ガス・金属鉱物資源機構）が資源エネルギー庁から委

託を受け、作業そのものに関しましては、この地域で鉱区を持っております石油資源開発株式会社がオペレーターとして、地球深部探査船「ちきゅう」を備船し、作業を行うことになっております。

目的ですが、日本周辺海域の実資源フィールドの条件において、実際にメタンハイドレートからガスが取り出せるのかということを確認することが主たる目的です。

ご存じのとおり、2007年、2008年にカナダ・マリックの陸上にて同様の試験を行い、ガスを生産しております。しかし、陸域と海域の条件の違い、地質的な条件、温度、圧力といった物理的な条件、さまざまな条件の違いにおいて、同様の生産挙動が見られるのかどうか、チェックする必要があります。

同時に、海中での作業という難しさがあります。陸域での試験の場合は地表から1,000メートルほどの深さでしたが、海域の場合は海底面から300メートルほどの浅いところにメタンハイドレートがあります。まだ固結していないような地層であることから、ここに井戸を掘り、減圧法を適用した場合に、本当に井戸がもつのだろうかという技術的な実証も必要となります。そのため、海域でも生産システムが働くのか、坑井が安定するのかなどといったことを研究することになっています。

そして、同時にさまざまなモニタリング作業を行います。モニタリングの技術、これは将来に適用するための技術でもあり、また今回のデータを得るという技術でもありますが、それらの実証も行います。

手法は、DST、ドリルステムテストと申しますが、探鉱のための井戸を掘った後に浮遊式の掘削リグを用い、カナダで行った手法と同じ減圧法を用いてガスを生産します。1日あたり数千から数万立方メートルのガスが生産されることを想定し、装置等を準備しております。

78日間の作業期間ですが、ずっとガスを産出するわけではありません。やはり準備作業に多くの時間を用います。最低1週間程度の減圧を実現し、ガスをフローさせなければ意味のあるデータがとれないと考えており、この期間が長ければ長いほどいいと考えています。ただし、急ぎ過ぎて失敗し、プロジェクトを台なしにしてはいけないため、綿密な計画を立て、しっかりと準備をしております。

資機材の積み込みから始め、船を移動させ、生産用の井戸のまだ掘り切っていない部分を掘り、出砂対策装置を設置し、試験に移ります。坑内に設置する機械を下ろし、ガスを生産するフローテストを行い、機器を回収し、モニタリング用のデータ等を回収した後に港に戻り、資機材を積み下ろす、こういう流れになっています。

78日間が十分な時間かと申しますと、正直申しまして、天候の状況やいろんなことで遅れが生じた場合には、このフローテスト期間を確保できるかどうかという心配がございます。その部分に関しましては、現場で十分準備をし、また対策をとってこの試験期間を確保したいと考えています。

実施体制は、経済産業省の委託をJOGMECが受け、石油資源開発株式会社にオペレーターを依頼しております。幾つかの科学的な研究に関しては、JOGMEC、産総研、JAMSTEC（海洋研究開発機構）、テルナイトといった会社が担当しております。

それから、船上に設置する装置や海底に下ろします装置に関しましては、主に日本海洋掘削株式会社及びシュルンベルジェ株式会社が製造し、現場での作業も担当いたします。その他にも、海上における様々な装置等を委託しています。掘削作業に関しましては、石油資源開発株式会社が「ちきゅう」を備船し、日本マントル・クエスト株式会社が運航することになっています。研究全体はMH21の研究です。JOGMECと産総研のチームを組みましてこのプロジェクトを進めております。

装置のご説明に移ります。先ほどから坑内機器と申しておりますけれども、具体的にどのようなものかご説明します。

水深が1,000メートル程度あります。そこから330メートル程度の深さの井戸を掘ろうとしていますが、その中に装置を下ろしていきます。海底面から東京タワーの高さぐらいの装置を下ろしていくことになります。25センチ程度の内径の井戸の中に東京タワーの高さの長さの装置を下ろすイメージしていただければいいかと思います。重要な部分が3つあります。

1つ目は坑内ヒーターです。長さ36メートルほどあります。これはメタンハイドレートを溶かすためのヒーターではなく、生産した流体を加温することにより、メタンハイドレートの再生成が起きないようにするための装置です。

下から順番に説明しております。2つ目が坑内ポンプです。この機器は、実際にメタンハイドレートが分解した水、あるいは初期に存在している坑内の水や地層の中の水を地表に排出することにより減圧を実現するものであり、今回の作業の肝になる部分であります。また、この中でガスと水を分離する作業も同時に行います。

それから3つ目です。ポンプの上にパッカーという装置があります。この機器は上部と下部の圧力を仕切るための栓みたいなものですが、非常にクリティカルな部分であり、このパッカーがきちんと作動しなければ、システム全体が働かないという非常に重要な部品

です。このパッカーを実際に井戸の中に下ろして作動させるテストを、この後ルイジアナで行う予定です。

資料に書いてあるとおり、坑内機器を下ろす作業の一番難しいところは、この脇に電源のケーブルやセンサーのケーブルがついており、機器を下ろす途中でこのケーブルを切ってしまうと、これらの機器が使えなくなります。そういうことが起こらないよう、つまり、ケーブルをきちんとプロテクトしながら下ろすことが難しいところです。組み立て試験を陸上で実施しましたので、ご覧いただきたいと思います。

下のほうから順番にご説明します。こちらがヒーターです。ヒーターの原理は、いわゆるインダクションヒーター、ご家庭にある電磁調理器と同じ原理です。鉄管の中にコイルが入っており、コイルの中で発生させる磁場により鉄管が温まります。鉄管の中を水が通りことで水が温まるという装置です。30メートルほどの長さがあります。外側も鉄管で覆われており、この2つの管の間を水が流れて温められるという仕組みになっています。この上には当然電源のケーブルがついており、船まで1,200メートル程度の長さのケーブルで上とつながることになります。

それから、先ほど肝と申しましたポンプです。ポンプ自体はシュラウドという鉄管で覆われています。先ほどのヒーターの上についているのですが、分解されたガスが、水の中の気泡のような形で上がってきます。そして、水とガスがシュラウドという覆いの外側を流れ、ポンプはその内側に入っています。覆いの入り口は上側についており、一番上のところで水とガスが分離されます。つまり、軽いガスは上に上がっていき、水はポンプに引き込まれて向きが変わります。これによりまして水とガスが分離され、水はポンプの入り口に入っていきます。

ポンプは、電動水中ポンプ、ESPポンプというもので、遠心式のポンプです。インペラーという回転するものが数十段ついており、それにより昇圧していきます。この手前にガスセパレーターという遠心式のセパレーターがついており、ガスと水を分離し、重力で自然に分離された分以外の、入り込んでしまったガスを分離して外に押し出します。基本的には水しかポンプの中に入り込まないような準備をしてガスを送るという仕組みになっています。

資料に書いてありますが、これがポンプの入り口、シュラウドの入り口、一番上の部分になっています。水が入り、ガスは上に行く仕組みになっています。

次に、これがパッカーになります。ここがパッカーの本体です。ゴムがあり、水圧でゴ

ムを膨らませることで、上部と下部を仕切ることになっています。下部は減圧していますので、大気圧に近い圧力まで下がっています。それに対し、パッカーの上部は、海面からの水の重さ分の圧力、この深度ですと11MPa程度の圧力がかかっている状態です。つまり、10MPa、100気圧以上の圧力をこのパッカーが支えることになります。これができないと減圧することができないことになります。この部分がもしうまく機能しなければ、試験が絵に描いた餅になってしまいますので、綿密な準備をしているところです。一つはこのパッカーの中も、電源やセンサー等のいろんなケーブルを通していかなければならないこと、もう一つは、パッカーが動作する温度です。通常の石油の井戸は、例えば100度という高い温度ですが、今回の試験においては、それと比較して低い温度できちんと作動しなければならないということです。これまでも室内でも実験等を繰り返しており、きちんと作動することを確認した上で、坑内に下ろすつもりです。

次に、上がってきた水とガスについてです。これらは船の上で適正に処理し、データを得ることにしております。船上に導かれた水とガスについては、どれだけ出たかについて計量すること、サンプリングすること、これらが一つの重要な点です。もう一つは安全に処理することです。できた水とガスは、別々のルートを通じて処理していきます。

それぞれのルートに、緊急遮断弁、サンプリングをするポイント、流量計、圧力計、温度計、さまざまな装置が取り付けられています。

出てきた水に関しましては、緊急遮断弁、サンドフィルター、砂を除去するフィルター、さらに、残っているガスを払うためのセパレーター、流量計を通し、水質を分析いたします。法的にも環境にも影響がないことを十分に確認できましたら、海洋に放出することを考えています。もしも適合しなければ、全量を陸上に持ち帰り、産業廃棄物として処理することにしております。

一方、ガスに関しましては、緊急遮断弁、水を払うためのセパレーター、流量計を通し、最終的には、船尾にありますバーナーで燃やす予定です。今回の試験期間ですと、このガスを有効に活用することはまだ難しいので、全部燃やしてしまいます。

引き続きまして、モニタリングの作業についてご説明いたします。現在二つの作業を行っています。

幾つかのモニタリングがあります。一つは坑内で行う温度計測です。これらの装置は既に設置しており、現在もデータをとっています。これから行うモニタリング作業としましては、物理探査モニタリングである4成分地震探査を行っています。装置を設計し、設置

し終わったところです。それから環境に関するモニタリングについても後ほど、簡単にご説明いたします。

物理探査モニタリングの作業についてです。通常地震探査、弾性波探査では、海面に音の発信器を置きますが、受信機も海面のほうにあり、ストリーマーケーブルという長いケーブルを船から引っ張りながら、発信された音波が海底を通して地層の中を反射してくるものを船の上で捉えるというものです。一方、今回の4成分地震探査は、地震計を海底ケーブルに仕込み、海底に設置するものです。船の上で捉えようと音波しか捉えられないわけですが、海底に置かれていますので、X、Y、Z 3方向の変形量として、正確にいきますと加速度として捉えることができます。つまり個体の変形を捉えることができるということで、音波を含めまして4成分の地震探査としております。

900メートルほどの長さの海底ケーブルの設置作業を8月に行い、最初のデータをとる作業をその直後に行っています。このケーブルは、一番近いところで井戸から60メートルほど離れた地点に設置しました。

北側のほうに設置した理由としては、海底面が北に向かって落ち込んでいる傾斜になっているため、北側にセンサーを置けば、そちらから伝わってきた波がうまくあいに捉えられるだろうと考えたためです。海底面の傾斜を考慮し、設置しています。

もう一つの理由としては、当日の潮流の状況がございます。流れによって誤ってケーブルが井戸のほうにぶつかってこないかということも考慮し、設置しています。

それからもう一つの環境モニタリングです。2種類のシステムを設置しています。一つは、海底面の微小な変形をモニタリングする装置です。具体的には、傾斜計と圧力計が設置されており、海底面が変形することによって生じる傾斜、それから、沈下が起きることによって生じる圧力の変動を数センチ単位ぐらいで測ることのできる装置です。

それからもう一つは、主にメタンの漏えいを中心にした総合環境モニタリングシステムです。メタン、溶存酸素、塩分、水温、流速流向といったものを測る装置です。12月1日から設置作業を開始しております。

続きまして、フローテストの中身を説明いたします。

まず、資機材の積み込みを開始いたします。これが1月13日で、港は清水港の予定です。船が出て最初に行う作業は、昨年掘削したケーシングのあるモニタリング井、MC井での検層作業です。試験が始まる前の物性値を測ります。昨年のLWD検層と同様に、中性子源となる放射性物質を用いない中性子発生装置を使用します。ほかにも弾性波の探査

等も行います。

いよいよ生産する井戸の残り区間の掘削に移ります。

昨年度設置しました腐食防止のキャップを外します。昨年度はライザーレスという、船からドリルパイプ、掘削用の管だけでつながっている状態での作業でしたが、今年は、暴噴防止装置、BOP、ライザーパイプという太いパイプ、これらを設置します。そのライザーパイプの中で作業を行う予定です。

これらの設置作業と同時に海底にケーブルを下ろし、温度モニタリング装置と船をつなぐ作業を行います。これはROVを使って行います。

残り区間、12インチ8分の2セクションの掘削、それから8インチ2分の1坑の掘削を行います。この部分はLWDという掘削同時検層機を使用し、データを取りながら掘削します。

次に、出砂対策装置の設置です。グラベルパックという名前の装置ですが、スクリーン、網を置き、網の外側を細かい砂で埋めてしまう装置です。それにより、地層の中の砂が入ってくることを防ぎます。

この後、資機材の積み替え作業を行います。グラベルパック等で使いました資材等を陸に戻します。三河港からサプライボートを使用する予定ですが、必要な装置を持ってきて、必要なくなった装置を返します。

いよいよ、先ほどご紹介しました坑内機器を海底に下ろします。船上にもさまざまな装置、先ほど申しました水、ガスそれぞれの処理装置を設置し、いよいよ試験準備完了になります。

井戸の中の様子をご説明します。こちらがポンプ、それからその下にヒーター、パッカーがあります。最初に、このポンプを回します。ポンプを回し、水をくみ上げていきます。水をくみ上げていきますと、井戸の中の水位が下がってきます。井戸の中の水位が下がることで、井戸の一番下の部分の圧力も下がり、周辺でメタンハイドレートの分解が始まります。最初のごく狭い範囲で分解が始まると考えています。水はポンプでくみ上げ続けます。ガスは、ライザー管の中を通じて地表にくみ上げられます。徐々にメタンハイドレートの分解範囲が広がっていきます。メタンハイドレートが分解した後は、浸透率、つまり水の通しやすさが大きくなりますので、その領域をガスと水が坑井に向かって流れていくこととなります。

メタンハイドレートの分解が十分広がり、モニタリング用のMC井及びMT1井にまで

通じますと、地層の温度低下がこれらの井戸に設置してある温度計によって捉えられるはずですが、この地層の温度低下によりメタンハイドレートの分解がとまるのではないかと心配されますが、周囲から流体に乗って、あるいは電熱により熱が供給されれば、継続的に分解が続くと考えています。シミュレーションの結果、あるいはマリックの経験、それから、今年の2月に私どもJOGMECがアラスカで行った陸上での試験の結果等を考えると、これはある程度継続するだろうと見込んでおりますが、これが本当かどうかということを確認することが今回の試験の一番大きな目標になっています。

ガスを生産し、そのガスは船尾のほうのバーナーで焼却処分をするということにしています。

さて、減圧の過程ですが、最初、井戸の中の圧力を、130気圧（13MPa）ぐらいあるところを70気圧（7MPa）ぐらいまで低下させます。そこで一旦テストを行います。この辺りでどれぐらい水が出るかによって7MPaの状態を継続することができるかどうか確認します。そして最終的には30気圧（3MPa）まで減圧する計画です。

先ほど申しましたように、減圧の際には、ハイドレート再生成防止のためのヒーターが設置されています。このヒーターの温度の様子をモニタリングする、あるいは、ガスがポンプのほうに流れ込んでいないかどうかということを確認し、必要があればヒーターにスイッチを入れます。

緊急時、メタンハイドレートにより流路が閉塞してしまいそうな場合には、メタノールを導入し、ハイドレート再生成を防止します。

また、何らかの理由でフローテストを中断しなければいけない場合が考えられます。例えば、天候が悪くなり、船がその位置に留まっていることができなくなることや、あるいは機械のメンテナンスをしなければいけなくなった、そういった場合には、坑井抑圧作業と申しますが、坑内にあるガスを全て除去し、ハイドレートの分解をとめて船を切り離します。それもできない緊急事態には、BOP、暴噴防止装置、それから生産用の設備を切り離すためのSSTT、サブシー・テスト・ツリーがついておりますので、坑内と船の間を完全に分離し、船を離脱させることになります。

さて、予定通り作業が終わりましたら坑内機器、BOP、ライザーパイプを回収します。生産井に関しましては、今年度中、来年1月から3月までに完全に廃坑するという予定にしています。

MC井に関しましては、再度ケースドホールログ、検層を行います。試験が終わった後

の坑内の状況を確認するためです。清水港に戻り、平成24年度の作業は終わりとなります。

しかし、これで終わりではありません。モニタリング装置が残っています。温度モニタリング装置、環境用のモニタリング装置等があります。まず環境モニタリング装置を回収する予定です。それから地層温度計を回収し、モニタリング用の坑井を廃坑します。それから、4成分地震探査用のモニタリング装置、海底ケーブルを回収し、これで原状復帰が完全に完了するということとなります。海底には何も残してこないというのが基本的な考えです。

最後に、どんなトラブルが考えられるか、についての検討についてです。いろいろなトラブルがあります。大きく分けて2つのカテゴリーのトラブルがあると思います。1つは、人命や環境に影響するトラブル。もう一つは、当然、人命に関係するトラブルも同じですけれども、試験そのものが難しくなってしまうような技術的トラブル。私どもはその両方に関しましての評価を行いました。この評価はJOGMEC、オペレーターであるJAPEX、坑内機器をつくっているJDC、「ちきゅう」を運航しているMQJ、これらの担当者が、リスク、ハザードの評価を行っている専門家とともに行いました。手法といたしましては、業界で通常行っているHAZID (Hazard Identification) というプロセスをとり、ワークショップを開き、トラブルの影響の大きさを評価しています。重大な事態、例えば人員が亡くなるとか、1週間以上の作業の遅延が起こるようなトラブルに関しましては、防止策 (Prevention)、あるいは影響拡大対策 (Mitigation) の検討を行いました。

フローテストの期間だけで48ほどの事態が考えられ、そのうち26の事態は重大事態であるというふうに抽出し、分析を行いました。下に幾つか例を示します。例えば、昨年のROVの喪失、これは当然、作業遅延が起きるわけです。昨年のROV喪失のトラブルの一つの原因は井戸の配置の問題等が考えられました。それから、コミュニケーションの問題等人的な要因もありましたので、それらに対する対応策を考えました。それから、影響拡大対策としては、これが起きてしまった後ですが、すぐに作業に戻れるように予備のROV、ケーブル類を船上に準備しようということで、現在、準備を行っています。それから、坑内機器を下ろす作業の間に破損が生じる可能性があります。これに関しましては十分準備をするというのが基本的な流れです。それから、予備の資機材等を用意しておきます。もう一つは、今回、ガスを扱う作業ですので、船上での爆発といったことが考えられます。ガスが漏れいし火がつくと、これは当然、試験を続けることが不可能になるわ

けですので、安全装置を設置するとか、耐圧を十分持った装置を設置する、それから試験を事前実施する、それから、我々が具体的にとった対策としては、機関部の空気取り入れ口とガスの流路を十分遠くにする、それからガス検知器を設置して緊急遮断弁と連動させるといったことを行っています。

そのほかに幾つかありますが、一つは先ほどのハイドレート再生成の問題。これに関しましては、地表でガスのモニタリング、つまりガスが水のポンプのほうに流れ込んでいないかをチェックする、もしも何か問題が起きそうになったときにはメタン不飽和の水を、BOPを通して循環させ、メタンを水の中に溶かし込んでしまうという対策を行うことを考えています。それから、今回、ライザー掘削を行うということで、緊急切り離しの事態というのが一つ恐れている事態です。これはさまざまな理由でこのことが起きるわけですが、メタンハイドレートに限ったことではなく、通常の掘削作業、石油開発の作業に必ずつきまとう問題です。今回の場合、BOP、暴噴防止装置より下に複雑な機械が設置されていますので、緊急切り離しの事態が生じた場合には、おそらく作業が1週間以上、あるいはもっと遅延してしまうことが考えられます。これは避けられない事態であり、そのために迷いが生じないようにオペレーションガイドラインを用意しておくとか、重要作業移行前に天候を確認することが必要になります。もしも起きてしまった場合はなるべく早く試験が再開できるように坑内機器を切り離すという準備をしているところです。

私の話は以上です。

【佐藤座長】 どうもありがとうございました。

それでは、委員の皆様からご質問、ご意見等をちょうだいしたいと思います。

【藤田委員】 藤田でございます。

ハードのステップは非常にわかりやすく説明していただきました。フローテストのソフト的な世界かと思いますが、フローの時間、シャットイン、その後のボトムのプレッシャーのビルドアップ等の確認、そういうことについてはどう考えているのでしょうか。

【山本グループリーダー】 ステップですが、基本的にメタンハイドレートの試験の場合、シャットインという概念はありません。基本的に井戸の底は減圧されていればガスが出続けます。よって下から出てくるガスの流れと圧力とを常にバランスさせ続けて生産するということになります。

シャットインすると何が起きるかと申しますと、下のほうの圧力がだんだん回復し、メタンハイドレートの分解がとまります。その際にメタンハイドレートの再生成が生じます。

管内や地層の中でメタンハイドレートの再生成が生じ、例えば坑内機器が回収できなくなるとか、浸透率が下がるということがありますので、通常考えられるようなシャットインというのはしません。

【藤田委員】 要するに、ビルドアップしないとおっしゃるので、それはそれでいいとは思いますが、プレッシャーはフローテストを実施した後も含めて、しっかりとオブザーブしているわけでしょうね。

【山本グループリーダー】 はい。フロー実施中は、坑内ポンプの上下、それから出砂対策装置の上、それからパッカーの上、4カ所にセンサーを設置しています。

【藤田委員】 テンプラチャーのほうはどういう場所で計測するのでしょうか。

【山本グループリーダー】 全く同じところに温度計も設置しています。それから、地表にもチョークの前後、それからセパレーターのところにも温度計を設置し、全ての場所の温度をリアルタイムでモニタリングし、船上のデスクで見られるようなシステムを組んでいます。

【藤田委員】 モニタリングの井戸がありましたが、ここにはプレッシャーゲージはあるのでしょうか。

【山本グループリーダー】 ありません。

【藤田委員】 では、テンプラチャーだけ見るということでしょうか。

【山本グループリーダー】 そうです。圧力用センサーを設置しようと思しますと、井戸と井戸の中の地層を導通させなければいけなくなりますが、それをしてしまいますと、地層の中に温度の違うものが入ってくることになります。温度と圧力を同時に測定することは非常に複雑な装置をつくることができれば不可能ではありませんが、それをするだけの一種のリスクを抱え込むことになりますので、それは行わないこととしております。

【藤田委員】 はい、わかりました。どうもありがとうございます。

【佐藤座長】 前回の検討会ではMT 2井の設置を行わないということが大きな議題だったわけですが、それをやめる方向になり、一つ、モニタリングがそこで失われるというのはもったいないのですが、逆に遠くまで届けさせなくていいという自由度が増えました。テスト方法を何かいろいろと検討されてはいかがかというご提案を申し上げたと思うのですが、その点についてはどうなったのでしょうか。

【山本グループリーダー】 すみません。前回の検討会には私自身が出席していなかったのですが、意見や議事を完全にはフォローをしているわけではございませんが、今おっしゃ

ったのは、MT 2 井を設置しないので長期に遠くまで届けなくてもよくなったということですか。

【佐藤座長】 もし、MT 2 井まで届かせるということが、今までの制約の一つであったとすると、それを外すことができるようになるので、そのかわりにMC 井とMT 1 井だけで、これまで考えていた人を何か追加してデータを取得するようなテスト方法を考えられませんかということです。

【山本グループリーダー】 わかりました。一つはMC 井の廃坑をおくらせることにしました。MT 1 井、MT 2 井の一つの目的は、温度の回復を長期的に見たいということがありました。どれぐらいの熱が周りから供給されるかによって生産性が決まっていくため、それをモニタリングするMC 井の廃坑をおくらせることをしました。

例えばいろいろな圧力ステップを試してみるとか、もうちょっと複雑なことを行うことができないかというご提案かと思いますが、私どもの基本的な理解は、なるべく長く定常的な状態を維持し、それによって熱の供給と分解の状態のバランスを見るといったことが重要だと理解しています。ですので、基本的にはあまり複雑なことをすることは考えていません。しかし、少なくとも2つの圧力ステップのデータがあれば、違う圧力に対する応答のデータを見ることができないかというふうに考えております。最初は7 MP a まで減圧する、その次のステップでは3 MP a まで減圧すると、この2つのステップをとろうと考えています。

【佐藤座長】 了解しました。

【松永委員】 基本的には生産範囲の減圧をコントロールし、そのときのガスと水の流量をちゃんと計測するというところで実験を進めていくというふうに考えていいということですね。

【山本グループリーダー】 そのとおりです。減圧に対する地層の応答を見ることが、今回の試験の主目的というふうに考えています。最優先課題だというふうに考えています。

【松永委員】 それの圧力については、できれば2段階やってみたいということですね。

【山本グループリーダー】 そうです。ただ、ほんとうにこの7 MP a までの減圧がうまくできるのかということに関して、懸念もあります。ポンプは非常に能力の高いポンプです。ただ、少ない水をハンドリングするということがそれほど得意ではありません。ですので、水の量が少なかったときに圧力を高い状態で維持できるかということに関して、ちょっと心配をしているところです。ただ、これはなるべくそうできるようにトライして

みようと思っています。

【松永委員】 もう一つですが、パッカーはどのようなタイプのパッカーですか。

【山本グループリーダー】 ラバーを hidroリックで膨らませるタイプです。

【松永委員】 hidroリックセットのインフレーターパッカーですか。

【山本グループリーダー】 そうです、はい。

【松永委員】 メカニカルパッカーではなくということですね。

【山本グループリーダー】 メカニカルパッカーではありません。

【木村委員】 私のほうからも、安定生産に持っていくところについてご質問させていただきたいと思います。

まず、初期状態の貯留層についてです。坑井中のメタン hidroレートと水ですが、その比率がどの程度なのかということと、以前、カナダとかアラスカで陸産試験をやられて、速やかに最初から水がくめて、減圧がスムーズにいったかどうかという点についても教えていただきたいと思います。

【山本グループリーダー】 初期のメタン hidroレート飽和率ですが、これは地層によって変わります。今回生産する層に関しましては、圧力コアを取得し分析作業等を進めていますので、データは変わってくるかもしれませんが、高いところでは80%以上の飽和率があるということです。逆に言うと、20%は水です。

もう一つについてですが、すぐに安定生産になるかどうかということかと思っています。あまり複雑なことをしたくないというのは、初期の状態というのはいろいろ乱れたデータがとれ、解釈に困ってしまうようなことにならないようにしたいと思っています。ある程度同じような状態が維持されて初めて理解できる意味のあるデータ、井戸周辺での状態を受けないデータをとることができます。ですので、ある程度の期間、一定の圧力と一定のレートを維持するということが重要と考えています。

マリックの場合ですが、一つ今回と違うのは、ケースドホールで周りをセメンチングし、メタン hidroレートが分解した後にパーフォレーション・ガンといって火薬で穴をあけてガスを生産するというふうにした点です。ですので、初期状態で地層の状態を少し乱してしまっただけと考えていますが、今回は周りのメタン hidroレートを溶かさないう、オープンホール、つまりセメントを用いない方法で仕上げて生産しようとしていますので、比較的初期からよいデータがとれることを期待しています。

【木村委員】 ありがとうございます。もう一点、減圧の手順に関する確認ですが、最

終的な目標圧力、3 MP a ということで、初期状態が1 3 MP a。2週間で1 0 MP a 程度落としていこうという計画ですけれども、その3 MP a という設定した理由はどのようなものなのでしょうか。井戸の健全性を考えられてのことなのかとか、あとガス水比をかなり上げたい、それを確認したいとか、そんなところから決められたのか、そこについて教えていただければと思います。

【山本グループリーダー】 まず減圧のステップですが、先ほど申したように、最初にまず7 MP a まで減圧します。その7 MP a を一定維持した後、次は3 MP a までかなり速いスピード、多分数時間ぐらいで減圧します。つまり7と3という2つのステップで応答を見ようと思っています。

3 MP a の根拠ですけども、氷点におきますメタンハイドレートの並行圧力が2.6 MP a 程度ですので、3 MP a より低い圧力に持っていこうとすると、地層の中、あるいは井戸の中で氷ができてしまう可能性があります。それをあえてやって氷をつくってしまうという考え方もあるのですが、今回は氷ができないような条件で試験をしようと考えています。途中でガスの膨張等による温度低下も生じますので、その余裕を考えて3 MP a という設定にしています。

【木村委員】 ありがとうございます。

【東委員】 緊急時のことに関して質問したいと思います。例えばブラックアウトが起こってしまったときです。先ほど、Emergency Disconnectをやられるということですが、もうちょっと説明していただけますか。というのは、通常の掘削であれば観測用のケーブルというのはついていませんが、今回はそれがついています。それから、パッカーの問題も若干あると思うのですが、実際にどういうふうにDisconnectをされて対応するのかということの説明していただければと思います。

【山本グループリーダー】 S S T T、Subsea Test Treeという機械がついています。これはB O Pの中に設置されているのですが、この1本の線で引かれている管を緊急事態の際に上と下を完全に切り離してしまえることができる装置です。その際に、一緒にケーブルも切断されてしまいます。ですので、後でケーブルをつなぎ直さなければならぬわけですが、これによってまずB O Pの内側を切り離し、それからB O Pを締めるというのが基本的な手順になっています。ただ、それも間に合わないという場合も考えられます。そのときには、通常のシアーラムで全てを切ってしまうことが必要になります。そうなりますと、後の回復に非常に時間がかかると思います。シアーラムがB O Pの上のほうの部分

で管を切ってしまいますが、そのときに管の切断によって坑内の複雑な機械の障害にならないように、その部分は簡単に切れるような管に置きかえてあります。

【東委員】 観測ケーブルはどうされますか。

【山本グループリーダー】 観測ケーブルは非常に弱いものですので、これを引っ張り上げたとき、大体40キロぐらいの引っ張り荷重で外れてしまうものですので、簡単に外れることになっています。

【東委員】 そうすると、先ほど言ったように、それをリカバーするためにはかなりの時間がかかるということになってくると。これはコンティンジェンシープランの時間をどのぐらいとっているのかというのがよくわからないのですが、最悪、全てをできないようになってしまうということも考えられるわけです。そのときはどうされるのですか。

【山本グループリーダー】 試験の開始前の時間帯で、いろいろトラブルが起きるといふ状態のときには、当然、試験が全て行えないということが生じ得ます。あるいは、試験を行ったがケーブルが切れてしまったということも生じ得ます。ですので、このケーブルは試験開始直前にもう一回つなぎ直すことで切断のリスクを減らすということを考えています。

それから、SSTTをつけたのは、いざというときになるべく早く試験をリカバーできるようにすることが主な理由です。試験開始後、例えば天候が悪化したとか、ブラックアウトが生じたといった場合には、残念ながらこの部分を切ってしまう、あるいは取り外してしまうこととなります。ですので、一旦、坑内の機器を回収し、また下ろすという作業が生じます。これはおおよそ1週間かかると考えています。我々は2週間というフロー期間を設定しておりますが、それは万が一のことが起きて再設置に時間がかかったとしても、1週間のフロー期間は確保するというので、2週間のクライテリアを設定しています。

【東委員】 その際のディシジョン・ツリーじゃないですが、いろいろなことを誰がどういうふうに決めていくかという、それはプランとしてはできているのですか。

【山本グループリーダー】 基本的にはできています。ただ、例えば緊急切り離しは、基本的にはキャプテン初め船の判断であり、私どもが、安全にかかわることに関しては容喙できることではないです。

【東委員】 わかりました。

【小野崎委員】 2点教えてください。

先ほど木村委員が質問された、いわゆる最初の状態、ポンプを起動する前の状態で、水

がきちんとたまっているということを言われました。これはポンプのところまで完全に水が浸っており、例えばポンプ起動したときにはキャビテーションが起こることはないと思定していいのでしょうか。

また、ポンプについては多段の遠心式だと思いますが、回転数制御ですからインバーターをつけられているのか、そういうことによりポンプを制御して水を抜かれるような形を考えられているのでしょうか。

【山本グループリーダー】 先ほど80%の飽和率と言ったのは、その地層の中です。地層の中にはガスがもともとこの状態でないことがわかっているため、試験開始の初期状態ではライザーパイプの入り口、つまり船の上から地層の中まで全て水で飽和した状態からスタートします。出てきた水とガスは分離し、キャビテーションあるいはガスロックが起きないように、ガスを払いながら生産を続けることを考えております。

ポンプはおっしゃったとおり交流モーターの遠心式のポンプで周波数制御です。ですので、制御することのできる幅は非常に限られております。ですので、我々はポンプで制御するのではなく、地表に置いてあるチョークを絞ったり上げたり、ポンプの回転数を上げたりと、上と下のコンビネーションによって流量を調整していきます。これは難しい作業ですが、そういったことをしようと思っています。

【小野崎委員】 それから、もう一点教えてください。

今回は複雑なシステムになるかと思いますが、こういうヒーターとポンプとパッカーを組み合わせたシステムというものは、今後、この試験ということではなく、事業あるいは商業生産する際にも同じような形で生かされていくのか、あるいはその際には大分形が変わり、技術だけが生かされていくのか、その辺のお考えを教えてください。

【山本グループリーダー】 これとよく似たシステムを2007年、2008年のマリック等でも使用しております。全く同じシステムではありませんが、初めて使うわけではありません。ただ、実際に商業生産に移る際、信頼性の問題等を考えますと、もっと単純化したシステムを一からつくることが必要かと思っています。今回の試験の場合は、短期間の試験であることもあり、基本的には既存の設備、既存の施設、マーケットで既に評価され、信頼性の高い装置を使うことを考えました。新しい装置を使用し、リスクを抱え込むことよりも、装置そのもののリスクは下げようというふうに考えたためです。一方、装置やシステムは非常に複雑なものになっています。また今回の場合、データをとるという重要な理由がありますので、複雑さが増していますが、商業生産の際にはなるべく単純

化されたものを使うのではなかと思っています。前々回の開発実施検討会の際にお話ししました開発システムの検討等では、例えば海底面にしか大きな装置は置かないといったシステムも考えています。そういったものに移行していく必要があるのではないかと考えています。しかし科学研究目的で試験を行っていく段階では、よく似たシステムが使われ続けるのではないかなと思っています。

【小野崎委員】 ありがとうございます。

【荒戸委員】 海底面の変形についてのモニタリングも並行して行うと思いますが、どんなデータが得られると期待されているのかというのが一つと、そのようなことはないと思いますが、極端な値を示すような場合において、フローテストをどうされるのか。何かその辺の考えがありましたら伺いたいのですが。

【山本グループリーダー】 データは傾斜と圧力を測定することにしていきます。残念ながらリアルタイムのモニタリングではありません。ですので、海底面の状況の観察はROVで井戸の周りを観察し続けることとなります。荒戸委員が心配されていますような大きな変形、あるいは何か陥没が起きるとか、そういうことがもしも起きれば、それはROVで見つけるというふうに考えています。

どれぐらいの事象が起きるのかということについてはいろいろなシミュレーションを行い、数センチから数十センチぐらいの変形が起きてもおかしくないというような結果が出ています。それを計測、検出可能かどうかという能力を持ったモニタリング装置を設置しています。例えば沈下が起きたとしても、試験そのものの安全性にかかわるといったものではありませんが、それが将来、大規模な開発を行った際には無視できない可能性があります。ですので、ここで十分、シミュレーションの評価や、我々の理解を確かめるということで、ここで試してみるという理解です。

【荒戸委員】 ROVで見えていて何か変化が見えた場合、そのときにはテストはどうされるのでしょうか。

【山本グループリーダー】 見えたものによって違うと思いますが、当然、船の安全性にかかわるようなもの、あるいは海底から大量のメタンが漏れ、環境に影響が起きそうなもの、そういったものが見えた場合には直ちに試験を中止するというのが当然の判断になるというふうに思います。

【荒戸委員】 ありがとうございます。

【藤田委員】 4ページのスケジュール表によると、傭船されている期間は全部でほぼ

2カ月半です。そして2週間ほどはしっかりと減圧試験を行うとのことですが、13MPaを7MPaまで落とすと言っています。この辺は浅い海の海底ですから、固結状態についてはものすごくルーズだと思っています。そこをメタンハイドレートがしっかり支えているのではないかと考えています。そこで、あまり最初からストーンと減圧すると、手をつけられない状態になってしまったら困るのではないかと。12日間の余裕がありますね。これがあるのであれば、もちろん海の状態等でなくなってしまうかもしれませんが、やっぱり最初はとりあえずプレリミナリー・フローテストというか、テスト的にどんなことになるのだろうかということをやったらいかがでしょうか。テストの対象となるメタンハイドレートゾーンが事前にいじられてしまうから本番のテストを行う際によくない、ということなのかわかりませんが、すぐに本格的に減圧テスト始めようとしたときに、何か異常な状態になってしまったら、何もできない状況になりそうなので。やはり、ここはどの程度の減圧程度がいいのかという予行演習、これはプレリミナリー・フローテストと言いますがどう思いますか。

【山本グループリーダー】 まず7MPaが一つ中間段階として試しておきたいところです。そこでシステムの健全性等を全部チェックし、本番の3MPaに行く。7MPaの時期は、まだメタンハイドレートの平衡温度からの差というのはそれほど大きくないため、メタンハイドレートの分解という観点ではそれほど大きな減圧ではないと考えております。メタンハイドレートの分解はゆっくり進むプロセスです。7MPa、あるいは3MPaまで減圧すると言っても、これは全体の浸透率が極めて低いため、減圧される領域というのは井戸の周り、ごく近傍になります。ですのでおっしゃられているような全体がボンということはあり得ないと思っております。

【藤田委員】 山本さんはよくわかっておられるので、任せようと思っています。もう一言あります。せっかくカナダで陸上試験を行いましたよね。陸上でかなり深いところであったと記憶しますが、カナダの場合の坑底圧力というのは、13MPaよりも低いのでしょうか？

【山本グループリーダー】 大体11MPaです。1,100メートルですので、あまり変わらないと思います。

【藤田委員】 同じですか。それなら、その学習効果が使えるかと思えます。わかりました。

【東委員】 船上に高圧のガスを上げて大気圧に戻したとき、船上でガスと水との分離

が進んでしましますが、その圧力にどのぐらい溶けるのでしょうか。温度がわからないのですが、あまり高压で船上に持ってくると、処理も含めて、船上でのオペレーションが大変になるのではないかという気がします。ですので、その後の状況を上手に見ないと、徐々に徐々にと言って高压で上げていったら、船のところで処理できなくなってしまう、あるいは船のところで引火してしまうようなことになり、危ない状態になりかねないので、そこは調べていただけたらいいと思うのですが。

【山本グループリーダー】 誤解があるのかもしれませんが、ガスラインの部分の圧力は、極めて低いです。水頭は常にガスのラインの上にありますので、地表に上がってくるガスはどれだけ減圧しても、例えば500KPaとかそれぐらいの圧力、1MPa以下の圧力しかかかりません。基本的には大気圧だと思っていただければと思います。

【松永委員】 パッカーのアニユラス側とその下側、減圧をしたときの話についてですが、アニユラスと下側とのディファレンシャルプレッシャー自体が、インフレータブルとか水圧で制圧でセットするときだと、20年前ぐらいのデータでは、1,500PSIぐらいで通常運転していたので、ぎりぎりのあたりで、最近よくなったのかどうかは知らないですけど、ちょっとその辺は逆に外れやすいほうに下ろすほうにセットを、逆セットになるので、私はそこを危惧しているところです。

【山本グループリーダー】 パッカー自体は石油開発で通常使用されているパッカーで、石油の井戸の非常に高い圧力に耐えるためのパッカーです。ですので、圧力、差圧そのものについては問題ないと思っていますが、ご指摘のとおり、上から圧力がかかるというのは、通常のパッカーとは逆の状態の使い方です。機構上は問題ないということで、メーカー側はオーケーと言っていますが、室内で実験も行いました。そして陸でも試してみることにしています。

【木村委員】 生産が安定的に7MPaで維持でき、それから3MPaに下げていくのですが、3MPaで何日間かそのまま維持する予定でしょうか。

【山本グループリーダー】 基本的に我々の考えは、一定の圧力、あるいは一定の流量が達成されることを確認しないと、次のステップには進めないかと思っています。これでは生産できないのでちょっと下げてみようということはあるかもしれませんが、3MPaでなるべく長い期間、フローを続けたいと思っています。予想では、その間にガスの生産量はだんだん増えていくだろうと思っています。今年の2月に行ったアラスカでの試験にて19日間、減圧法による試験を行い、明確にガスの生産量の増大トレンドを見つけてい

ます。それと同じようなことが起きるのかどうかを確かめたいというのが、今回の目標の一つにしております。

【木村委員】 ありがとうございます。

そういった状態で生産を続けたときについてですが、オペレーション上、気になるのがESPのところですか。シュラウドで遊離ガスを上に上げ、それでESPのインテークのところでガスが入ってきたとしてもガスセパレーターで分散させるということですが、この辺の効率についてはかなりチェックされているのかということと、出砂対策は万全にされていると思うのですが、それでも出砂してしまったときに、どう対応されるのか、教えてくださいたいと思います。

【山本グループリーダー】 まずセパレーターのセパレーション効率についてですが、これもシミュレーションのレベル、あるいは過去の経験レベルですけれども、この遠心式のセパレーターは非常に効率の高いものと考えています。同じシステムをマリックでも使用しております。マリックのときは、このシュラウドの重力式の分離はなく、セパレーターだけで分離しております。非常によくセパレーションできていましたので、それほど心配はしていません。

それから、出砂についてですが、グラベルパックを通り、細かい砂がある程度流れ込んでしまうと思います。これも、マリックでの1年目の際に、非常に大量の砂が出ましたが、ESPポンプは何とか動いていました。大分壊れてしまいましたが、何とか動いていましたので、何とかマネージできるのではないかと期待しています。しかし、設置時のトラブルでスクリーンが破れてしまったとなると話は別ですので、作業を注意深く行う必要があると考えています。

【木村委員】 ありがとうございます。

【佐藤座長】 それでは、ほかにございますでしょうか。

今の出砂に関しては、前回もご質問が出ており、今回は、あくまでも短期のものであるということですね。長期になると出砂の問題は出てきたりするので、そのあたりも検討ということだったと思います。

ですから、まず、今回は短期試験のためのものであり、これがどうだったからすぐに、商業生産云々に必ずしもつながるものではないということは、認識されていると思います。そういう意味では、今回は安定して生産することによって、知りたいことはここだということがフォーカスされていてよくわかるのですが、これが商業生産に直結しないというこ

とは、次に、いろいろと開発しなければいけないことがあり、そのための信号を今回の試験の実施により、与えてくれると思うのです。せつかくお金をかけて試験を行いますので、大変でしょうけれども、目的以外のことにも目を配って、いろいろ出てくるものを見落とすことなく試験を実施していただければと思います。ほかは、何かございますでしょうか。

【増田プロジェクトリーダー】 プロジェクトリーダーの増田です。今回の検討会で作業工程、全般の承認をいただけると思うのですが、例えば3MP aに維持するというようなことが状況によって変わってくる可能性もあります。そのときは、実際には現場で判断をし、できる限りデータを取得できる方法で対処していきたいと思っています。

また、予期しないことも起こり得ます。そのような時は、作業を実施するオペレーター、JOGMEC、あるいはMH21のほうに御一任いただくということも承認していただければと思っています。よろしくをお願いします。

【佐藤座長】 それでは、ご提案の計画についてはよろしいでしょうか。その点を承認いただければと思います。

それから、今、増田プロジェクトリーダーからご提案がありました。自然相手のことですから、もちろん突発的に何か起こることもありえます。この検討会を開催することは無理ですから、今日ご承認いただいたものに加え、何か不測の事態が起こったときには現場で適宜、JOGMEC、METIとも相談しながら、ということになると思いますが、そういう相談の上での作業変更であれば、それはこの場で承認するということがよろしいでしょうか。

ありがとうございました。

それでは、議題1は承認をいただけたということにいたしたいと思っています。

3. 圧力コアの取得と分析について

【佐藤座長】 続きまして、議題の3番目、圧力コアの取得と分析についてです。本議題は報告事項です。MH21生産手法開発グループ、産業技術総合研究所、長尾グループリーダーから、よろしく願いいたします。

【長尾グループリーダー】 産総研の長尾でございます。本日はよろしく願いいたします。

それでは、私から「圧力コアの取得と分析について」、ご報告させていただきます。

本日のご報告の内容ですが、まず、本年の6月末から7月の頭に海洋産出試験地での圧力コア取得について、その全体スケジュール及び取得作業計画をご説明した後、実際に得られたコアについての概要をご説明させていただきます。その後、現在、どのような分析を行っているかについてもご紹介させていただきます。

資機材を佐世保港から積み、途中、JAMSTECによる熊野灘での泥火山のコアリングを行った後に引き続いて、6月29日から7月4日に第二渥美海丘でメタンハイドレート圧力コアの取得を行いました。そのままコアを陸上に揚げることなく、船上で分析、あるいはコアは長いものと3.5メートルの長さですので、それを圧力をかけたまま、メタンハイドレートを分解させない圧力容器にカットングして入れるという作業を行いながら北上しました。7月24日に八戸港にて圧力コアを陸揚げ、現在、産総研の北海道センターに保管しています。

コアリングを行う位置を考える際に、注意しなければいけないことがあります。

まず、生産井との位置関係についてです。コアについては、生産井と同じ貯留層特性を持っているところで物性を測らなければいけません。前回の開発実施検討会でも、MT井とMC井の位置関係をご説明しましたが、この貯留層は、この方向に非常に連続性が高いということが検層の結果からわかっておりました。ですので、この方向の延長線上にコアリングの井戸を掘るべきだろうということが、1点目の注意すべき点です。

次に、生産した際にコアリング井が生産の邪魔になってはいけないということがあります。この点を考慮し、生産井、モニタリング井から少し離れた、北東240メートルほど離れた地点でコアリングを行いました。

実際に使用したコアラーですが、Hybrid Pressure Coring System (Hybrid PCS) という、JOGMECが開発したPCTSを使用しました。前回の基礎試錐等で使ったコアラーを改良したものです。ハイブリッドという名前がついているのは、通常のコアリングシステムと圧力コアラーを入れかえることなく使うことができるという意味です。こちらがHybrid PCSの全体像になっています。こちらからコアが入り、コアが入ったところでボールバルブを閉め、中の圧力をコアリングしたところと同じ水圧条件に保った状態にすることができます。

これは、原位置条件での圧力、水圧を保持したものですので、ハイドレートを分解させずに海上、船の上まで持ってくることができます。実際は、今回のコアリングその前にJAMSTECが初めて使用し、引き続いてメタンハイドレートの圧力コアリングで使用し

ました。直径2インチ、長さは最大3.5メートルの圧力コアを取得することが可能です。

船上での作業について説明いたします。まず、ハイドレートを採取したコアラーを船の上まで持っていきます。中に入っているコアの性状、すなわちハイドレートがどのぐらい入っているかを、圧力を解放することなくその場で観察することができる、PCATSという装置につなげます。この機械を使用することによって、CTの断面画像、あるいは弾性波の計測から、どこにハイドレートが入っているかということその場で計測することができます。

これらのデータと、実際に圧力保持ができたかどうかということの判別し、今後分析に使うものについては圧力容器の中に保管するため、カッティング、圧力容器への移動を主な作業として行ないました。

実際の作業フローについて説明いたします。Hybrid PCSでコアを回収した後、海面上に上げる際に温度が少々上がってきますので、一度、アイスバスにコアラーをつけて冷やし、その後にPCATSに接続します。その後、非破壊分析としてX線CTで性状を見ます。またP波速度を測定し、ハイドレートが入っている箇所を確認します。

それぞれのデータを見ながら、一部のコアはCコアといい、完全に圧力を開放した通常のコア、ハイドレートの入っていないコアにしてしまいます。

もちろん、初めから圧力が保持できなかったものや、地科学的あるいは微生物の研究に必要なものに関しては、圧力を開放し、通常のコアを分解したCコアにしました。

これらのコアについては、そのまま高知のコアセンターに運び、現在も地科学的、微生物学的な研究を実施しているところです。

一方、圧力を保持したコアに関しては、2種類の作業を行いました。1つは、良好なハイドレートが入っており、かつ、ハイドレートを分解させないまま分析等ができるものに関しては、必要な長さに切り、容器に入れて産総研の北海道のほうに持ってきました。この容器の中で水圧をかけ、分解しないようにコントロールしながら保管しています。

一方、貯留層モデルを構築するためには、浸透率や力学特性、あるいは地層モデルをつくるための粒度分布等を代表的な深度にて測らなければなりません。しかし圧力コアのまま、つまりこの容器に入ったままでは分析できません。ですので、ハイドレートができるだけ分解しないように、その場で圧力を抜き、直後に液体窒素で冷却し、ハイドレートの分解を抑えたLN2コアを作製しました。これを圧力コアと一緒に北海道センターに運び、

まず、こちらコアのほうから分析を開始している状況です。

結果の概要について簡単にご説明します。E S C Sという通常のコアラとHybrid P C Sを使った圧力コアリング、全体で21回行いました。そのうち18回がHybrid P C Sを使った圧力コアリングで、そのうち、十分にハイドレートが分解しないような原位置の水圧条件でシールをできたものが8回。圧力は不完全でしたが、何とかハイドレートの分解を抑制できたのではないかとと思われるものが4回。それ以外については、ハイブリットのコアラのボールバルブを締めるタイミングや、メカニカルな問題があり、なかなか圧力を保持できなかったのが6つありました。

こちらにサマリーが書いています。全体としては回収率が61%。Hybrid P C Sだけの場合は、69%の回収率でコアを回収することができました。

次は、比抵抗の検層値をイメージ化したものです。コア取得の21回分を色分けしていますが、検層のほうから、まず上部泥層、それからハイドレートの入っている砂泥互層、中間に泥層があり、下部に濃集帯チャンネル砂層があるということが検層の結果わかっています。上部の泥層からはハイドレートが胚胎している砂泥互層、そして泥層、下側のチャンネル砂層のところまで満遍なく、圧力を保持したままコアを回収できました。

ちなみに、この青い部分については、Cコアという形で圧力を開放し、地化学や微生物の研究に用いたところではあります。

#3だと1.8メートル。#10ですと、1,800 p s iで2.4メートルのコアがとれているということです。このままでは測定等に供することができませんので、P C A T Sという装置を使用し、コアのX線の単層写真とハイドレートが入っているかどうかという弾性波の測定結果の12Pというコアで示しました。ハイドレートが胚胎している砂泥互層の部分のP波とC Tのイメージです。

こちらは18Pです。18Pは、中間の泥層から少し下のチャンネルサンドが始まった部分のコアです。上のほうが、細かくばらばらと分かれてしまっています。

性状とハイドレートの量、そして実際にこのコアリングで圧力が保持できたかどうかという3つのデータをもとに、すぐに分析するためのL N 2コア、緑色ですが、ここは圧力容器には入れません。青いところ、これはハイドレートが入っているところですので、できるだけ圧力容器の中に入れました。もう一つ、ピンク。これは1.2メートルの圧力容器の中に入れて、別の分析用にとっているものですが、これについては後でご説明しますが、圧力容器に入れて分析に回します。

1回のコアリングのものをこういうふうに分け、LN₂か圧力容器かという形で分析等に回しています。

今回、30センチの圧力容器が22個ありました。また、1.2メートルの長さのものについては9個でした。ですから、合わせて31個の圧力コアを現在保管している状況です。

圧力コアは、ハイドレートが分解しないよう、現在産総研の北海道のほうで5℃、水圧20MPaで保管してあります。

ハイドレートを分解させないままマニピュレーターで装置に引き入れ、浸透率や力学特性が測れる装置を導入する予定です。1月に導入する予定ですが、これにハイドレートを分解させいままのコアを入れ、実際の浸透率や力学特性を測ろうという計画です。

一方、孔隙率や飽和率に関しては、同じく圧力容器の中にマニピュレーターのようなサンプリング装置を挿入し、もっと小さいサンプルをコアリングし、ハイドレートの量や孔隙率を分解しない状態で測る装置を導入した上で分析しようという流れでいます。

また、アメリカのUSGSとジョージア・テックが開発したPCCTs、これも圧力をかけた状態で、水圧を減圧して行って分解させたときにどういうふうにかコアが分解していくかというような測定が可能です。他にも二面せん断、圧力、水圧がかかった状態でハイドレートが入っているところに板を入れ、せん断試験を行い、どういう力学特性があるのかということ測定します。共同研究という形で1月15日から2週間、分解しない状態で測定することができるようになります。

一方、LN₂コアは、代表的な深度や地層モデルをつくらないと、シミュレーションを行うときの貯留層モデルのレーヤリング等々ができませぬので、そのために、力学試験機や原位置の圧力温度条件に戻し、浸透率や力学特性を測っているところです。

また、実験を行うと残渣が発生します。これらの粒度分布、あるいは組成を見ながら、どういう貯留層の地層だったのかというモデルを作成しています。

最後ですが、PCCTについてはアメリカとの共同研究で行います。実際、日本に機器等を持ち込んで実施するというので、日本の高圧ガス保安法に準拠した形で行わなければいけません。現在、その準備作業を行っております。実際にPCCTは1月14日に届き、2週間程度分析を行う予定です。

あと、産総研の北海道センターで高圧サンプリング装置や、圧力や水圧をかけたまま浸透率や力学を測る装置が1月から2月に導入されます。これらの装置を使用し、圧力コアの浸透率や力学について解析していきたいと思っております。

一方、LN2コアについては、現在、必要な深度のところについて順次、測っているところですが。

代表的な深度といいますと、例えば上側の泥層ですと浸透率が0.06程度ですので、貯留層の上のこの部分がちゃんとシールとしての役割を果たすぐらいの低い浸透率があるという結果が、出ています。全体についての解析ができないと貯留層モデルに入れることができませんので、できるだけLN2コアの分析を進め、本年末には、コアの解析結果も反映したような貯留層モデルの構築と、それに基づいた生産挙動予測を行っていきたいと思っています。

ただ、ほとんどの深度のコアについては圧力容器の中に入れており、圧力がかかったまま分析できる装置、PCC Tなどの装置の実験結果待ちとなります。この結果をもとに、実際のフロー試験が終わった後の検証にこのデータを役立てていきたいと考えています。もちろん、フロー試験の間、産総研の研究者が乗船し、シミュレータを回しながら、オンサイトでの解析も一緒にやっっていこうと考えています。

以上で説明を終わらせていただきます。

【佐藤座長】 ありがとうございます。コア取得と分析についてのご報告です。委員の皆様からご質問、ご意見を賜りたいと思います。

【東委員】 簡単に圧力をかけて、イン・サイチュの圧力を保ちながらコアをとるという技術ですが、非常に大変でこれほど成功したのは世界で初めてだと思います。大変貴重な試料がうまくとれてよかったなと思います。今後、分析をちゃんとやっていただければ、非常に面白いデータがとれるなということで、期待しております。よろしくお願ひします。

【長尾グループリーダー】 ありがとうございます。

【佐藤座長】 とはいいいながら、回収率が通常のもの比べるとそんなに高くないというのは、Hybrid PCSのせいかと思ったら、8ページのデータを見ると、逆にそっこのほうが高いんですね。これは何か。欠損部分というのは、ハイドレート層なのでしょうか。

【久保フィールド開発グループ】 説明させていただきます。

コアリング21回のうち3回はJAMSTECが所有・運用している通常用コアリング機器ESCSで、それ以外をHybrid PCSで行いましたが、ESCSの場合、コアリングを行い回収するまでの間に、コアの圧力は降下するとともに、温度も海水温に合わせて上昇しますので、コアの中にあつたメタンハイドレートが分解してガス化します。ESCSにはコアキ

キャッチャーはついているのですが、多少、隙間がある落下防止機構になっております。メタンハイドレート層内でのメタンハイドレートの分解に伴い、その部分は未固結砂・泥となってしまうコアキャッチャーの隙間から抜けていきやすくなってしまいます。そういった理由があり、ESCSによるコアは回収中にコアが海中に落ちていき、最終的に回収率が落ちてしまったという結果になっていると想像しております。

【佐藤座長】 主に欠損はハイドレート層部分という理解でよろしいですか。

【久保フィールド開発グループ】 はい。

【東委員】 未固結の砂ですので、その2つの可能性があると思います。粘着力がないため、水が入るところにずずずーっと落っこちてしまう。ですから、結果として上がってきたときの回収率は落ちてしまう。ただし、通常の場合では、泥岩層や泥層が入っており、それがキャッチャーのかわりをします。今回のようにガスハイドレートが入っていたり、非常にルーズな砂がある場合には、メカニカルに宿命的に余りとれない。そういうのが通常のコアラーです。その仕組みだということだと思います。

【佐藤座長】 その割には、冒頭で言われたように、よくとれたという感じでしょうか。

【東委員】 Hybrid P C S の場合はちゃんとボールバルブで下をちゃんと押さえてくれているので、非常に回収率がよかったのだと思います。

【佐藤座長】 これは何か物語っているのかなという目で見られたりしないのですか。

【佐伯グループリーダー】 実際には、まだ分析している最中ですので、はっきり断言できるようところまではいっていないというふうにご理解いただければと思います。

【佐藤座長】 Hybrid P C S の分解は今回の肝のところだと思います。今はまだ、我々は論理的に積み上げて云々、だからこう、というよりは、自然から教えてもらうフェーズだと思うので、普通は溶けるでしょう、で終わるでしょうが、どうしてかな、という目、何でここだけそうなのかなとか、何か発見がないのか、食欲にこういうものを。

【佐伯グループリーダー】 おっしゃるとおりだと思います。コアの分析そのものもそうですし、地質的な整理や、最新解釈結果から、どのような性状のものを採取できたということについては、今後、引き続き検討していきたいと思っていますし、研究テーマの一つと考えていますよろしく願いいたします。

【佐藤座長】 よろしく願いします。

【荒戸委員】 9 ページ目のスライドの連続コアで、比抵抗イメージで明るいところと暗いところがあり、明るいところがおそらく砂層でハイドレートだと思うのですが、砂層で

あってハイドレートの入っていないものはあったのでしょうか。

【長尾グループリーダー】 今、まだコアの分析中です。30センチというと、本当に小さいところですので、これが全体を物語っているわけではないのですが、コアによっては砂層でも入っていないという結果が出ているところもあります。逆にいうと、80%という高い飽和率が出ているところもありますので、全体像が見えた後で地層学的なこととすり合わせをしてお話ができないかなと思っています。

【佐伯グループリーダー】 もう一点、補足いたします。今回のコアの解析だけにとどまらず、2004年の掘削の際の検層のデータを見ても、実際には安定領域の中に水を含む砂層というのは存在していると予測しています。ハイドレートを含まない砂層だけではないというのは従来通りの解釈でいいかと思っております。

【荒戸委員】 恐らく堆積環境とか岩相、ファシスとの関係もひょっとしたらあるかもしれないと思いますので、その辺の分析も並行されると思いますので、結果を楽しみにしています。ありがとうございます。

【藤田委員】 2004年にPTCSをJOGMECがパテントをとってつくったというのですが、Hybrid PCSはAumann&Associates Incorporatedですか。そこがJOGMECのものを利用して製作し、すばらしい機器をつくったということでしょうか。これはなぜ日本でできなかったのかなということと、この会社はどのような会社なのか教えてほしいのですが。

【東委員】 僕のほうが適任だと思いますので、答えさせていただきます。

オーマンというのは、科学掘削を含めて、コアリングに関してのノウハウを持っている、世界に冠たる会社です。といっても非常に小さい会社ですけれども。

【藤田委員】 アメリカの会社ですか。

【東委員】 アメリカの会社です。Hybrid PCSは、パテントはもともとJOGMECがお持ちのものを運用し、ハイブリットという形で開発をしています。今、これに対して、オーマンとJAMSTECも若干入っているのですが、どういうふうのパテントをとるかということ、協議させていただいています。

将来的には、我々としてはこれを売って商売をするのではなく、今後とも使うという目的で、守りのためのパテントという形でこれをどうするかということ、協議しているのが現状です。

【藤田委員】 いつでも日本の地殻コアリングでも使える。

【東委員】 そうですね。

【藤田委員】 日本の技術力がここに反映されているという理解でいいのですよね。

【東委員】 そういうことです。蓄積をしていきたいということだと思います。

【藤田委員】 ありがとうございます。

【佐伯グループリーダー】 もう一点、補足させていただきます。もともと P T C S のものが、当時の石油公団（J N O C）がオーマンに委託して開発させたものです。そのときの特許は、J N O C と共有している形になっています。その特許を使いながら、Hybrid P C S という形でアップデート版をつくっていったというふうにご理解いただければと思います。

【藤田委員】 わかりました。それは知りませんでした。それはよかったですね。

【松永委員】 コアリングについてです。取得した後の性状によって保管状況、液体窒素を使ったり、高圧の容器を使ったり、通常でオープンにしたりということで、全体のコアの深度によっても相当違うのですが、説明を聞いているとわかりにくいので、掘る方法と保管方法と、物性との関係をこれから先、どう取りまとめていくかというところが肝になるのではないかと思います。

今度、商業生産段階になると、毎回コアを取るというわけにはいけないので、物理探査の方から抗井内の検層等の結びつきを特に重視し、それとの関係で、いろいろなパラメーターがどうなっているかという、先ほど佐藤座長が言ったような形のところをうまくデータとして取り出せるかどうか重要になるのではないかと思います。その辺のところは。

【長尾グループリーダー】 基本的に、圧力コアとしてとっているものに関しては、それぞれの代表深度のところでハイドレートが入っています。あるいは砂泥互層の砂質層、泥層を船上の C T や、P 波の情報を見ながら振り分けを船上で行っています。

もう一つ、船上にて X P T という方法で分析を行っています。井戸の中にノズルを入れ、プシュッとガスを出し、そのときの初期有効浸透率を 8 点で測っています。X P T を行ったところで、それぞれの深度で測った部位のすぐ近くのコアを圧力コアとして保管しておきます。これを分析することによりイン・サイチュで測った X P T とコアでとった浸透率とを検証し、X P T の値を補正する、あるいはそういう技術が使える状態にするにはどうしたらいいかというフィードバックをかけるというための、分析を行っています。それぞれの分析で使えるような位置をまず決めて、圧力コア、あるいは L N 2 コアをとっているということです。

出てきたデータが、例えばXPTの解釈などで役立つような箇所にとって、分配をしたという考え方です。

【佐藤座長】　　ここはキャリパーはとれるのでしょうか。その荒れ度合いというのはどうだったのでしょうか。ハイドレートのあるところと、ないところでは。

【久保フィールド開発グループ】　　このコアをとった孔では、キャリパーは実施していませんので、データは残念ながらございません。

【佐藤座長】　　ないのですか。わかりました。

ほか、いかがでしょうか。よろしいでしょうか。

おかげさまで、討議は尽くされたと思います。ありがとうございました。

本日の議事は以上です。

4. その他

【佐藤座長】　　（4）のその他ですが、事務局から何かございましたら、お願いします。

【事務局（上條）】　　ご議論、ありがとうございました。

次回の日程ですが、例年でございますと、年度末に行うのが通常でございます。しかし先ほど説明があったとおり、年度末ぎりぎりまで試験期間ということもございます。その辺の状況も勘案しながら、また日程を皆様とご相談させていただきたいと思いますので、次回も引き続き、よろしくお願ひしたいと思ひます。

【佐藤座長】　　ありがとうございました。それでは、本日はこれにて閉会したいと思います。長時間、どうもありがとうございました。

— 了 —