

## CCS実証試験実施に向けた専門検討会（第3回）

### 議事録

日時：平成23年11月28日（月曜日）14：00～16：45

場所：経済産業省別館10階第1028共用会議室

#### 議事

- （1）第1回、第2回検討会での指摘事項について
- （2）貯留層の周辺環境に関する事項について
- （3）苫小牧地点における実証試験計画（案）（第2回検討会の続き）について
- （4）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（第3回）」を開催いたします。なお、本日、辰巳委員はご欠席でございます。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阪田様が、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お出席です。

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　第3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。

お忙しいところ、お集まりいただき、ありがとうございます。3回目になりまして、ご審議いただく項目はほぼ、今日で出てまいります。今まで1回目、2回目でご指摘いただいたことに対する対応もでございますので、ご審議、よろしくお願ひしたいと思ひます。

それでは、予定の議事次第に沿って進めさせていただきますが、まずは議題に入る前に事務局から配付資料の確認、それから前回議事要旨及び全体としての実証試験計画（案）の評価項目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。お手元に議事次第という1枚紙、それから配付資料一覧、前回の第2回の議事要旨でございます資料1、それから「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）」という資料2、「第1回、第2回検討会での指摘事項について（補足説明

資料)」という資料3、「地震との関係について」という資料4、それから「苫小牧地点における実証試験計画（案）概要（第2回検討会の続き）」という資料5、最後に「今後のとりまとめプロセス（案）」という資料6の1枚紙がございます。そして、各委員の席上には、第1回検討会で配付いたしました検討資料1「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「苫小牧地点における実証試験計画（案）」が参考のために置かれております。もし不足等がございましたら、お知らせいただければと思います。

資料1の第2回の議事要旨については、事務局で作成し、配付資料とともに既に経済産業省のホームページに掲載しております。各委員からのご指摘事項としましては、大きく分けて3点ほどございました。例えば、「長岡のCO<sub>2</sub>圧入試験で開発されたシミュレーターでは、第1回検討会で議論があった化学反応を考慮しているのか」ですとか、「モニタリング用の観測井が1～2坑とあるが、モニタリングに関する具体的な計画を教えてください」、また「分離・回収基地であるD1-2では、分離・回収した残りのガスを燃やしてエネルギーに変換することになっているが、ここで発生するCO<sub>2</sub>はどのくらいか」といったようなご指摘がございました。

これらについては、第1回のご指摘事項と合わせまして、この後の議題1としてご説明いたします。なお、各委員記名の第2回議事録につきましては、現在メールで各委員にご確認をお願いしているところでございます。ご確認が済み次第、経済産業省のホームページに掲載させていただきます。また、第1回の議事録につきましては、11月25日からホームページに掲載しております。

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）」ですけれども、これも第1回で配付した資料でございますが、本日の議題の②「貯留層の周辺環境に関する事項について」のうち、地震との関係、それから議題③の「苫小牧地点における実証試験計画（案）」のうち、モニタリング計画、異常事態発生時の対応措置等については、前回の審議事項ではなかったことから、事務局からご説明していませんでしたので、今回、ご説明いたします。

資料2をごらんください。2ページでございます。2.貯留層の周辺環境に関する事項の(3)地震との関係でございます。CO<sub>2</sub>圧入によって地震が誘発されないことが十分に検討されているか。また、周辺の活断層などによる地震が貯留層に与える影響評価が適切なものか。これについての論点例としましては、例えば、想定される圧入レートにより地震が誘発される可能性はないかといったものが挙げられます。

また、本日の議題でございますけれども、5ページ目をごらんください。これは実証試験計画（案）に係る評価項目のうちモニタリング計画に関するものでございます。（1）貯留に係るモニタリング計画、①実証試験開始前にベースラインデータを把握することとなっているか。論点例としましては、例えばベースラインデータ取得に関する調査範囲等は適切か。②CO<sub>2</sub>の挙動を監視するのに十分な手法がとられているか。論点例としましては、モニタリング項目、頻度等は十分なものになっているか。（2）海洋に係るモニタリング計画、①実証試験開始前にベースラインデータを取得することとしているか。論点例としましては、ベースラインデータを取得するための調査範囲は適切か。②監視計画は適切な手法となっているか。また、将来の実用化を考慮してモニタリングコストの低減化を検討できる計画となっているか。これに関する論点例としましては、例えば異常の有無の程度によって監視体制を強化することとしているか。

次のページでございますけれども、3. 異常事態発生時の対応・措置等。適切な対応策が検討されているか。これに関する論点例としましては、例えばCO<sub>2</sub>漏出、大地震、津波等に対する危害予防規程といった対応マニュアルを整備することとしているか、といったものを挙げてございます。

以上でございます。

○山地座長　ご説明ありがとうございました。

今のご説明につきまして、何かご質問とか追加的な指摘事項とかございますでしょうか。よろしいでしょうか。

それでは、今日の本題に入っていきたいと思います。まず1番目の議題は「第1回、第2回検討会での指摘事項について」です。説明をお願いいたします。

○JCCS（阿部）　お手元の資料3に沿ってご説明させていただきます。適宜画面のほうをみていただければと思います。

1枚めくっていただきまして、本日のご説明内容ですけれども、そこがございます1から7番の項目についてご説明をさせていただきます。このうち3番の長岡CO<sub>2</sub>圧入試験につきましてはRITEさんのほうからご説明をいただきたいと思います。

早速ですけれども、もう1枚めくっていただきまして、地質構造発達史のご説明からさせていただきます。

この図は第1回目の貯留層総合評価の中にも入っていた図面でございますけれども、もう1回調査範囲のおさらいということで掲げさせていただいております。

左上の広域地質図でございますけれども、調査範囲は石狩低地帯の南側、苫小牧市の南側に位置するということと、東側には日高山脈があって、日高帯として非常に古い地層が重なって分布しているということがわかっております。下の模式断面図ですけれども、東側に逆断層がございますが、調査範囲というのは基盤の高まりの上にある、比較的逆断層等がないような地層になっているということを前々回、ご説明させていただいております。

もう1枚めくっていただきまして、地質構造発達史の4ページ目のスライドになります。これは、下のほうに書いてございますけれども、国安・山田（2004）の論文からお借りしてきた図面になります。この地域の地質構造につきましては白亜紀以降、そこに書いてございますとおりの、いろいろな構造発達史の過程を経てきております。そのうち調査地域につきましては、今回、検討しておりますのが図面の上から3つ目から順番に下から上に行きますけれども、前～中期中新世、滝ノ上層が堆積した時代から始まって、現在に至っているということでございます。

図面の一番上に書いてございますけれども、国安・山田によってこの場所がⅠ帯からⅢ帯に分けられてございます。東のⅢ帯のほうにつきましては、日高山脈の上昇に伴っての逆断層が発達しているところ。それからⅡ帯につきましては、逆断層もあるけれども、断層のすぐ東側には堆積物も伴っているようなところ。Ⅰ帯につきましては、逆断層の発達しない地形になってございます。赤四角で囲ってございますけれども、この苫小牧地点といえますのは、逆断層の発達しないというようなところになります。

上から3枚目のスライドをもう1回みていただきたいのですけれども、滝ノ上層が堆積した時代ということで、この時代につきましては、右側に注釈で書かせていただきましたが、正断層が発達する伸張性の応力場が続いている時代になります。前期から続いているという時代です。これらの断層を伴いながら、大規模な火山活動が認められております。それに引き続きまして、その上の中期中新世、川端・振老層の堆積時ですけれども、東側では日高帯の隆起が始まって、その西側は前縁盆地が形成されております。ここでは沈降が起きて、さらには日高山脈のほうから粗い砂ですとか礫岩が大量に供給されまして、堆積盆を埋めるというような発達史になってございます。

それ以降、一番上の図面、500万年前以降になりますが、荷葉層から現在までの堆積ということで、スラストと書いてございます逆断層が西のほうに順次伝播して発達しております。それに伴いまして、前縁の盆地としての堆積場も西のほうに移動していったら、大量の堆積物が供給されていくと。それに伴って、この苫小牧地点というのは浅海化していく

というような過程を経て、現在に至っているというのが、非常に粗いフレームワークになってございます。

次の地質構造発達史も今ほどの繰り返しになりますけれども、栗田・横井（2000）の論文からお借りしてきた図面になります。滝ノ上層に始まりまして、振老層、平取+軽舞層、それから荷菜層が堆積していると。滝ノ上層につきましては、海進が進んでいくというようなことがみてとれるかと思えます。それから、平取層以降になりますけれども、海退を伴っているというようなことで、ここを拡大したのものとして右側にまとめさせていただいております。

一番下、滝ノ上層T1部層の火山岩類が噴出して堆積したのと同時期、あるいはその後沈降・深海化が起こって深い海となっております。その深い海の中で、地形の深いところを埋めるようにして、ここで遮蔽層になっておりますけれども、振老層の泥岩が堆積しております。さらに平取+軽舞層の泥岩が堆積しております。右に書かせていただきましたけれども、これらの泥岩というのは深海底で堆積した泥岩ですので、エネルギーの非常に小さい中で細粒な物質がたまったということで、調査範囲全域にわたって均質な性状を期待できるというように考えております。それに引き続きまして、荷菜層の泥岩層・砂岩層が堆積しております。さらに上の萌別層になりますと、これは第1回のときに説明させていただきましたけれども、陸側から海側に向かって前進しながら萌別層砂岩層が堆積しております。この萌別層の時期になりますと、堆積盆がかなり埋められて、水深が浅くなったということで、海水準の影響を大きく受けるようになっております。その上にまた赤字で書いてございますけれども、海水準の上昇過程の中で萌別層の泥岩層が堆積しております。さらにその上になりまして、引き続きまして鶴川層、あるいは第四系の地層が堆積して、海が浅くなっていった現在に至っているというような復元ができております。

右側に書かせていただきましたけれども、萌別層の泥岩層につきましても、海水準が上昇する過程での泥岩層の堆積であるということで、調査範囲全域にわたってほぼ均質な性状を期待できるというように判断しております。

こういった地質構造発達史を踏まえまして、前回、前々回に調査井CCS-1、あるいはCCS-2といった1カ所の場所での評価データが調査範囲全体を代表しているのかというようなご指摘がございましたけれども、

ここでは公表されているデータといたしまして、苫小牧の東にございます勇払油・ガス田地域での応力との比較ということで図面にプロットさせていただいております。右側の図

面にございますとおり、まず振老層ですけれども、リークオフテストといわれる地層の破壊圧力をはかっております。2,252メートルで45.3メガパスカルの強度が得られております。

それからもう1つ、浅いほうのところになりますが、萌別層泥岩、これは991メートルのCCS-2号井でリークオフテストがなされておまして、14.6メガパスカルの値が得られております。この値、勇払油・ガス田の最小主応力と比べるとどうなっているかということで、全体的には、深度が深くなるに従いまして破壊強度は増加していきますけれども、同じようなトレンドに乗り勇払油・ガス田の最小主応力の傾向に一致するということが、先ほどご説明いたしました地質構造発達史と考え合わせまして、この調査地域1カ所の破壊強度ではございますけれども、調査地域全域の値を代表しているというように判断しております。

それから次のスライドになりますけれども、もう1点、地層による塩分濃度の違いというのは、構造発達史との関係でどのようになっているのかというご指摘がございましたので、ご説明の資料になってございます。これは苫小牧CCS-1号井の振老層から上のほうの浅い部分の物理検層のカーブをもってきたものでございます。一番左にケーシングプログラムと、それから地層の名前が、ちょっとみにくいですけれども、書いてございます。隣に、小さいですが柱状図が書いてございまして、黄色が砂岩層、青が泥岩層になります。その隣にガンマ線検層などと書いてございますけれども、その中で注目していただきたいのは比抵抗検層になります。深度1,000メートルちょっとの深い萌別層からだんだん浅いところに向かいます、矢印で書いてございますけれども、比抵抗がだんだん高くなっていきます。泥岩のところですが、萌別層では3オームメートルというような比抵抗のものが、第四系のところまで行きますと30オームメートルぐらいの比抵抗になるということで、この地域全体にこういう傾向が認められております。

右側の2ポツ目になりますけれども、これは地層水の、1つは密度検層、あるいは音波速度をみていただいてわかりますとおり、上のほうに向かってだんだん減少しております。これは孔隙率の増加を示しておりますけれども、それ以上に、この比抵抗の上昇というのは塩分濃度が低下していることによるというように判断しております。鶴川層よりも浅いところにつきましては、陸域で地下水が採集されて分析がなされておまして、淡水であることが確認されているというような状況でございます。

3点目に書いてございますけれども、萌別層砂岩層につきましては、周辺の分析データ

からいたしますと、塩素濃度は1万8,000ppmぐらいというようなデータもございます。これは、萌別層砂岩層は第1回でご説明いたしましたように浅海のファンデルタでの堆積環境にあったというように考えられております。海水準が変動していたということで、海水準が低下していたときの淡水の影響を受けているというように判断しております。さらに鶴川層以前につきましても一層浅海化していて、さらに時折陸化したということがあったのではないかとこのように考えられますので、これらについても砂礫層が堆積しておりますけれども、デルタから河川に堆積したものというように考えられますので、海の影響と陸水の影響を受けているということで、このような塩分濃度になっていったと判断しているということでございます。

それからもう1点、次のスライドになりますけれども、地下水流動を加味したシミュレーションはやらないのかというご指摘がございました。これにつきまして、お手元の資料には書いてございませんけれども、第1回目でご説明さし上げましたとおり、滝ノ上層T1部層につきましては、貯留層の圧力が静水圧よりも高くなっているということで、地層水の流動は生じていないというように判断しております。

それから萌別層につきましては、貯留層の圧力自体は静水圧になってございます。地層水の流動そのものは圧力からはわからないということで、今、お手元の資料のようなまとめをさせていただいております。最初に海底下の帯水層において地下水が流動するための主な条件ということで3つ掲げさせていただいております。1番目といたしまして、浸透性を有する地層（透水層）が連続して存在する必要がある。それから涵養域、水が入る場所と流出域、出る場所が両方そろっていないと流動は起きない。もう1つ、海底下の帯水層ということで、海面との高度差が必要になってきます。水頭差があるかないか。その圧力差があるかどうかという、この3つがそろって地下水の流動が起きることが考えられます。それから、これは層状の帯水層ですので、温度差による対流といったものは、ここでは考慮しなくていいというように判断しております。

ということで、この3つの観点からみてみますと、お手元の9枚目のスライドになりますけれども、まず1点目、浸透性を有する帯水層が連続して存在するかということにつきましては、1つは調査範囲には当然分布しているということは確認できておりますが、その東側についても広く分布するというように考えられております。さらに、図に書いてございます涵養域候補の1といったところでは、地表にも露出しているということがわかっております。ただし、これらの砂岩層が本当に連続しているかどうかということについて

まではよくわかっていないということはあるということでございます。

2点目ですけれども、では涵養域と流出域があるのかということですが。今ほど申し上げましたとおり、図の中の涵養域候補1については地表に露出しておりまして、標高10メートルから20メートル程度の丘の部分で露出しているということでございます。それから涵養域候補2と3というのが図面に書いてございますけれども、ここは地下で背斜構造になっていて、その背斜構造の頂部付近が剝削を受けております。こういったところでは涵養域になる可能性があるかとは思いますが。ただ、この場合ですと、涵養域候補1で、もし仮に水が入ったとしても、涵養域候補2のところでは逆に流出してしまうというようなこともあって、調査範囲のところまでは及ばないのではないかと考えております。では、海底下で涵養域候補3よりも南西側で萌別層が露出しているかということにつきましては、まだ十分な精査はできておりませんが、そのような露出は認められていないようであるということで、流出域というものとしてはなさそうだというような評価をしております。

それから、その他の特徴といたしまして書いてございますけれども、第1回でご説明いたしましたとおり、堆積層解析の結果、萌別層砂岩層というのは西に向かって泥岩になっていくというようなことが考えられておりますので、余り西の方まで広がっているということではなさそうだということで、以上の地質的な解釈によりまして、この萌別層砂岩層につきましては、地下水流動、地層水流動がほぼないか、あっても非常に小さいというように考えておりますので、今回の貯留層総合評価の中では考慮しておりませんでした。ただ、今後、圧入井を掘った段階で、もし可能であるということであれば、地下水流動等を井戸を使って測定するか、あるいは地層水試料をぜひ採集する必要があると思っておりますので、同位体分析等を行いまして、年代等を測定して、評価していく必要があると考えている次第でございます。

3. につきましては、R I T E さんをお願いいたします。

○R I T E ( 薛 )      それでは、引き続き長岡実証試験サイトのことについてご説明をします。

長岡実証試験サイトで開発されたシミュレーターについてご質問がありましたので、それについてお答えします。長岡では、このスライドに示されているように、4本の井戸が掘られまして、1つが圧入の井戸、それから圧入井戸を囲むように3本の観測井戸が設けられまして、2003年の7月から2005年の1月まで、合計約1万トンのCO<sub>2</sub>を圧入しまし



た。このターゲットの貯留層が、ここに書いてありますように、深度が約 1,100メートル、それから幾つか現場実験したところで、ターゲットとなる貯留層の中でも浸透率のいいところを狙いまして、12メートルの区間に対して CO<sub>2</sub>の圧入を実施しました。貯留層の条件としては、1,000メートルのところでは48℃、約11メガパスカルの圧力になっています。ここでは CO<sub>2</sub>のモニタリング以外にもう1つ大きな課題がそのシミュレーターの開発でした。

シミュレーターに関しては、既に石油の業界で広く使われているGEMというソフトがありましたけれども、日本では独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構がそのソフトをベースにして、天然ガスの地下貯蔵用に改良したGEM-UGSというソフトがつくられておりました。ですから、長岡では、GEM-UGSがベースになりまして、CO<sub>2</sub>のシミュレーターが開発されるようになりました。

そこで比べてみますと、従来の油・ガス田のシミュレーターと長岡のプロジェクトが必要とする地中貯留に適したシミュレーターとどういう違いがあるか、このスライドにまとめました。1つは、挙動の予測の期間。普通の油・ガス田では50年から100年ぐらいの予測期間に対しまして、地中貯留の場合は、1,000年以上の挙動の予測が必要です。

2つ目としては、溶解ガスの成分の扱いですけれども、天然ガス、あるいは油・ガス田の場合というのはメタンガスで、CO<sub>2</sub>と違っていて、水相に溶解しても、それほど影響がない。ただし地中貯留の場合は、この溶解が重要なトラップメカニズムになると、我々は既に長岡で確認できています。

3つ目、漏洩に対するリスクの考えですけれども、天然ガスとか石油の場合は、どんどんものを地下から生産して行って、いってみれば圧力が減少する過程にある。地中貯留の場合はその全く反対で、地下に対してCO<sub>2</sub>というものを圧入していくので、貯留層の圧力が増加するという、その考えの違いがあります。

もう1つは、ご質問がありましたけれども、地化学反応に対する考えです。油・ガス田の場合は、特別な場合を除きまして、ほとんど地化学反応というものは考慮する必要がない。ところが地中貯留の場合はCO<sub>2</sub>が水に溶解して、さらに鉱物を溶かして、最終的に固定化するという重要なトラップのメカニズムになっています。

これらのことがありまして、長岡では2000年からプロジェクトがスタートしまして、2004年までの5年間にGEM-GHGという地中貯留に適した新しいシミュレーターを開発しました。

時間順に追っていきますと、2000年の平成12年から、長岡ではまず圧入井戸を掘りまして、そのときにシミュレーターがどのように使われたかというのが一番右側の列にお示ししています。まずは予備解析で、ここでCO<sub>2</sub>を例えば1万トン、2万トン圧入した場合にどのように井戸の配置をするかというのが最初の2年間ないし3年間の作業です。

それから、後々の井戸の最終の配置の中で、4号井という井戸がありますけれども、それをどれぐらい圧入井戸から距離を離すかというのが一番大きな課題だったのですが、それは、それまでに得られている、例えば揚水試験の結果とかを使いまして、最終的にシミュレーションをして井戸の配置を決めた際、シミュレーターそのものの大きな役目を果たしました。

それから、圧入を開始した後はシミュレーターの解析の結果を使いまして、例えば圧入井戸の坑底圧とか、4号井で得られている貯留層の圧力、そういったデータを用いまして、計算の結果とモニタリングの結果、要は坑底圧とか物理検層の結果、トモグラフィの結果とヒストリーマッチングすることによって、ここでは地下の地質のモデルの精度を高めることができました。

そういった過程を経て、最終的にでき上がった地質モデル、それからGEM-GHGというツールを使いまして、圧入終了後1,000年のシミュレーションの結果を示しております。左側が超臨界状態のCO<sub>2</sub>の飽和度の分布です。圧入を行うIW-1というところがありますけれども、周りに2号井、3号井、4号井で1,000年後、超臨界のCO<sub>2</sub>がこのように分布しているというのが示されています。

一方、溶解するものに関しては、当然CO<sub>2</sub>の分布のエリアより広くなりますので、右側の図面のように外側の青の色で示された領域が溶解のCO<sub>2</sub>の一番外側になります。これが、最終的にシミュレーターを使った1,000年後のCO<sub>2</sub>の分布の予測の結果です。

以上です。

○JCCS（阿部）　　続きまして、4番目の項目になりますけれども、地化学反応による貯留性能への影響ということで、ここではまとめさせていただいております。

お手元の図、これはごらんになられた方もあると思いますけれども、IPCCの2005年のCCSに関する特別報告書の図面をお借りしてきたものになります。そこにありますとおり、帯水層にCO<sub>2</sub>を圧入しますと、温度・圧力・地層水の化学組成等によってCO<sub>2</sub>は気相のまま孔隙にとどまるものと、それから地層水に溶解するものと出てくるということとは、第1回目のシミュレーションのときにも簡単にご説明させていただいております。

地層水に溶解した  $\text{CO}_2$  は、後で述べますような化学反応が生じますけれども、気相としてとどまる  $\text{CO}_2$  についてはほとんど化学反応には寄与しないというようなことがございます。もう1つ書いてございますが、一般に鉱物トラッピングでは、化学反応速度が遅いというようにいわれているというのは、右側の図面をみていただければわかることかと思えます。これを踏まえまして、私どもとしては、鉱物トラッピングが貯留メカニズムに寄与するには時間がかかるというように考えて、今回の評価は、そこまでは行っていないということでございます。

ただ、右側の図面につきましても、当然、貯留層である岩石の化学組成、あるいは鉱物組成によっても変化し得るということは認識しておりますので、今後の評価といったものは必要になってくると考えております。

それから15枚目のスライドにつきましては、 $\text{CO}_2$  を帯水層に圧入すると何が起こるかということで書かせていただいております。1点目は、これもIPCCの特別報告書からの引用になりますけれども、1つは陽イオンが溶出するわけですが、その速度というのは、炭酸塩鉱物の場合は速いけれども、珪酸塩鉱物の場合は遅いというようなことが指摘されております。炭酸塩鉱物が析出するということがもう1つあるわけですが、そういう現象があるということが2番目に書いてございます。それに伴いまして、その貯留層性状が変化するということが、陽イオンが溶出するような場所では、孔隙率は当然増加するし、炭酸塩鉱物が析出する場所では孔隙率は減少するというようなことがあり得ますので、評価をしていかなければいけないというようなことは私どもも認識しているわけでございます。

ただ、現状では地層水資料等を採集していないということもございますので、それにつきましては圧入井掘削時に資料採集を行って分析を行った上で、先ほどのRITEさんからご報告がありましたような長岡での知見ですとか、あるいはその後、産総研さんもいろいろ研究しておられますので、そういった方々の最新の知見等を加味した上で、実証試験の中での貯留層評価を行っていくということが重要であると認識しております。

それから、話は変わりますけれども、滝ノ上層T1部層の浸透率について、前回、前々回、どのくらいの幅をもたせたものを入力しているのかというようなご指摘がございました。具体的にシミュレーションの中でどういう計算をやっているのかということにつきましては、また第4回目のときにご説明させていただきますけれども、この中では、とりあえず滝ノ上層の浸透率がどのくらいなのかということをお示ししております。

これは坑井Aというようにっておりますけれども、調査範囲の南側の沖合に掘削された井戸のデータになります。滝ノ上層のところだけになりますけれども、左側の孔隙率につきましては、物理検層の中での密度検層で得られた孔隙率がプロットされております。下の注釈に書かせていただいておりますけれども、物理検層で得られました孔隙率から、別途、周辺坑井全体を踏まえまして、孔隙率と浸透率の関係式を出しておりますので、それをもとに浸透率を計算しております。

浸透率の範囲といたしましては、紫で書いてありますけれども、上のほう、それが凝灰岩相になりますが、そこでは浸透率としては0.01ぐらいから最大10ミリダルシーぐらいまでの範囲には振れるというようなことがみてとれるかと思えます。それから2,350メートルぐらいからの深いほうが溶岩から凝灰角礫岩の岩相の部分になりますけれども、全体としては0.1から1ミリダルシーぐらいの範囲には入っております。特に溶岩、右のほうで、緑で“andesitic Tf Bc”と書いてありますが、そういう緑で書いてある溶岩から凝灰角礫岩相のところにつきましては、最大2.6ダルシー程度の浸透率を期待していいというような評価結果になっております。これをもとに、前々回ご説明さし上げましたシミュレーションのモデルの中に反映しているという一例でございます。

6番目、17枚目のスライドになりますが、弾性波探査データを用いた岩相の推定精度はどのぐらいなのかというようなご質問がございました。あと、それに伴って孔隙率や浸透率の推定精度はどうかというようなご質問がございました。左半分は、今ほどの坑井Aの孔隙率と浸透率のプロットになります。右側に2つ、1つは岩相分布と音響インピーダンスというコラムがございます。こちらのほうは、3Dの弾性波探査データから求めたものになります。右から2番目の岩相分布をみていただいておりますとおり、2,350メートルから下につきましては、溶岩～凝灰角礫岩相ということで、実際のデータと一致しているという結果になってございます。ただし、上の凝灰岩相につきましては一部、そこにありますとおり、100メートル程度の区間になりますけれども、凝灰岩相ではありますが、3Dのほうからは溶岩～凝灰角礫岩相というような認識をしているということで、その程度の誤差は含んでいるということでございます。

それからもう1つ、音響インピーダンスになりますが、ピンクで書いてございますのが、物理検層で求めた音響インピーダンス、物理検層の密度検層と、それから音波速度の検層の掛け算をしたものになりますけれども、そのログになります。それから、青で曲線が書いてございますけれども、こちらのほうが3Dデータを逆解析により求めた音響インピー

ダンスになります。見ていただいてわかりますとおり、一部、2,500メートルより深いところについては全く逆の反応を示しているところがありますけれども、それ以外のところは全体として、この両者、3Dから求めた音響インピーダンスと物理検層の音響インピーダンスとはよく合っているということがおわかりいただけると思います。

18枚目のスライドになりますけれども、これがCCS-1の場所でのスライドになります。こちらも同様に孔隙率と浸透率につきましては、井戸で求めました孔隙率をもとに浸透率を計算したものと、それから赤い四角がプロットされておりますけれども、これはコア試料を採っておりまして、そこで実際に分析いたしました孔隙率と浸透率をあわせてプロットしてございます。こちらのほうも右から2番目の岩相分布のところをみていただきたいのですが、いろいろな色で示してございますが、このうちオレンジで示してあるところが3D弾性波探査のほうから、溶岩～凝灰角礫岩相であるというように認識されたところで、この井戸につきましては、このような誤差を含んでいるということでございます。

それから、音響インピーダンスにつきましても、特に溶岩～凝灰角礫岩相につきましては、必ずしもよい一致は得られていないというような傾向はありますけれども、全体の傾向といたしましては、浅いところ、3,000メートルよりも上の凝灰岩相のところについては低い音響インピーダンス——左側は低いのですが、それより深い溶岩～凝灰角礫岩相につきましては平均値的にはまだ高い音響インピーダンスということで、このぐらいの誤差を含んでおりますので、前回、ご説明させていただきましたとおり、地球統計学的手法を用いまして、50通りの地質モデルをつくって、それでも25万トン、3年間の圧入が可能であるというような結論を得ているという結果でございます。

最後に、前回、第2回目のときに、D1-2基地でのエネルギーバランスはどうなっているのかというご質問がございました。お手元の資料にございますとおり、前回は思い出していただきたいのですが、ガス供給基地、D1-1のほうからPSAの下流ガスというものを配管で引き込んできて、D1-2基地で分離・回収を行っております。前回も簡単にご説明いたしましたけれども、PSAの下流ガスというのは、そこに時間当たりで書いてございますが、202ギガジュールのエネルギーを含んでおります。右のほうに詳細が書いてございますが、圧力が0.13メガパスカルで、CO<sub>2</sub>濃度が52.5 mol%になってございます。下のほうへ行って、これを分離・回収して右側で圧入基地にもっていくものは、CO<sub>2</sub>の純度としては99%以上の純度になってございますが、一方で左側のほうにもって

くるガスにつきましては、四角の中に書いてございますけれども、2行目、 $\text{CO}_2$ 濃度として0.1mol%まで $\text{CO}_2$ を分離したガスになってございます。残りはといいますと、水素とメタン、若干の $\text{CO}$ が入ってくるということで、D1-1からもってきた202ギガジュールが、そのままここまで来ております。これを有効活用するということで、1つは分離・回収のためのエネルギーということで低圧ボイラーに91ギガジュール、約45%、こちらのほうで有効に活用いたします。さらにそれでも残ったエネルギーがございまして、こちらにつきましては、自家発電用の高圧ボイラーに111ギガジュール使うということで、そこに書いてありますが、電気消費量1万2,900キロワット分のうちの約50%を自家発電で供給するというのでエネルギーの有効活用を図っているということでございます。

以上が前回、前々回のご指摘事項の補足説明でございます。

○山地座長 どうもご説明、ありがとうございました。

それでは、今の資料3のご説明につきまして、ご質問、あるいはコメント等をいただきたいと思っております。いかがでございましょうか。

○鹿園委員 4番の地化学反応による貯留性能への影響についてということで、1番について、溶出の速度ということで数日とか数百年、数千年というように書いてあります。IPCCのほうでこのように書いてあるのかもしれませんが、ちょっと言い方が正確でないので、速度が数日とか数百年とか、そういうのはおかしいと思っております。数日で炭酸塩が割合速く溶けるとか、珪酸塩鉱物が全部溶けるのに数百年とか数千年とか、そういう言い方だったらまだわかるのですが、ちょっと正確でないので、正確な表現のほうがいいかなと思われました。

それから、現在のデータで孔隙率と浸透率の関係式を用いるわけでありましてけれども、長期的なシミュレーションをする場合は、孔隙率などが変化したり、それから $\text{CO}_2$ がかなり濃度が高くて酸性で、岩石を溶かしますので、孔隙率とか浸透率がまた変わってくるので、その場合の関係式というものをどうしていくのかというところが課題というか、検討材料かなと思っております。

以上です。

○山地座長 ありがとうございます。確かに速度の単位としては、このままだと何をいっているのかよくわからないので、これは原典があるでしょうから、きちんとわかるように書いておいたほうがいいですね。

あと、孔隙率のところの $\text{CO}_2$ 存在下で長期的にはやはり変わるだろうということですよ。

これはいかがですか。

○熊沢委員 孔隙率のところで、結局、行き詰まり細孔というのがもしあったとしたら——あることは当然だと思うのですが、その際には、そこでの反応は非常に問題になるように思うのです。例えば、行き詰まり細孔の中で析出反応、炭酸塩の生成があると、細孔は、どんどん埋まってしまう。場合によっては、体積変化で細孔に亀裂が入ることがあるように思うのです。実際にはそんなに反応が速くないから考えていないといえませんが、要は、細孔は全部浸透性があるというわけでは、私はないと思うのです。

○山地座長 今の段階で何かお答えできるところは……。

○RITE (薛) 私のほうから、今、先生がいわれていた孔隙率が変化するときの取り扱いですけれども、GEM-GHGのソフトの中では、例えばCO<sub>2</sub>が溶解して弱酸性になって、炭酸塩が溶け出したときには孔隙率がふえますので、それに対しては孔隙率を、よく使われているコゼニーカルマンの式を適用して、浸透率が増加したように扱うことができるようになっていきます。

それから逆のセンスで、今度は炭酸塩が沈殿する場合には、孔隙率が小さくなりますので、その場合にも同じように、シミュレーターの中ではそういった増加、あるいは減少というのは再現することができるようになっていきます。

それから、今、地化学反応のことについて少し話がありましたけれども、長岡では、実際に地下水を採取して、地化学反応がどう起きたか、2回ほど測定しました。このスライドがその結果の一例を示していますけれども、実は、つい1カ月ぐらい前に2回目の地下水の採取をして、地下水の中の成分の変化を調べたところです。

この図は、貯留層の中で一番CO<sub>2</sub>が浸透した、先ほど12メートルのターゲットのゾーンというのを示しましたが、その中でCO<sub>2</sub>が分布する様子を比抵抗の検層の結果で示しています。このグラフでは、横軸が時間です。2003年の7月7日をゼロとして、そこから今日まで時間経過を示しています。縦軸は深度です。1,116メートルというところが、実は赤くなっているところが、抵抗が圧入の前より高くなっている。というのはCO<sub>2</sub>が水と置換して抵抗が高くなっている領域です。それに対して赤くなっている領域の上下に少し青くなっている領域がありますけれども、そこがCO<sub>2</sub>が地層水に溶解して抵抗が低くなっている領域というように考えています。

それを確認するために、2005年だと思うのですが、3つのポイントで、それぞれ異なった深度のところで、地下から実際にケーシングに穴を開けまして、そこから地層水

を採取して、どう変わっているかチェックしました。それから、今、地化学反応の中で一番難しいのは、反応が起きたかどうか、それから沈殿か、溶解かというのは、なかなか確認ができない。ということで、2回目の採水を同じように3つのポイントでそれぞれ採取したところで、一例として、その結果をお示ししますけれども、例えば溶解するとどうなるかというのを示しています。圧入の前の地層水の成分、それから圧入のCO<sub>2</sub>と関係ないところの深度の成分、カルシウム、マグネシウム、鉄に関するしてみると、CO<sub>2</sub>が溶解したところでは、この3つの成分ともに増加することがみえます。つまり貯留層の鉱物が溶け出している。いずれこれは、将来的に沈殿して、炭酸塩をつくっていくというようになると思います。

それから最後のスライドですけれども、2回、水をとりますので、例えば水の中に溶けているCO<sub>2</sub>、特にHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、の濃度を比べてみますと、2003年の圧入前は、深度1,118メートルのところでは約180ppmです。2005年の12月の1回目の採取では、2,320に対して、本年10月の試料分析では、これが4,567ppmです。つまりどんどんCO<sub>2</sub>が水に溶けていくというのが、ここで確認できます。

理論的には、この地下の圧力・温度条件で行きますと、6万9,000ppmまでCO<sub>2</sub>が溶解することは可能ではないかと考えています。

以上です。

○山地座長 どうもありがとうございました。かなり具体的なイメージがつかめてきたのではないかと思います。

今の資料3につきまして、ほかにご質問とかコメントとかございませんでしょうか。よろしゅうございますでしょうか。全体として時間が余れば、また最後にもう一度質疑の時間をもちたいと思います。

それでは、2番目の議題ということで「貯留層の周辺環境に関する事項について」、地震との関係が残っていたわけですが、これにつきまして、説明をお願いいたします。

○産総研（楠瀬） では、産総研のほうから地震との関係ということで説明させていただきます。

お手元の資料をめくりまして、今日説明する内容でございます。この検討の目的は、苫小牧の調査データなどを踏まえて、苫小牧でのCO<sub>2</sub>を圧入した場合に、地震の誘発の可能性はあるか、それから近くの活断層などで地震が生じたときに、その強震動によってリンクがないかということの評価することです。



誘発の地震については、中身は文献調査と、それから苫小牧の実証試験のデータに基づいた誘発の可能性についての検討、これらを踏まえた上で、苫小牧における地震観測網についてのご提案をさせていただきます。リークにつきましては、CCSのサイトとしては、世界で唯一長岡というところが中越、中越沖地震という烈震を受けたところでございますので、このデータについて事例検討させていただき、苫小牧におきましては、特に実証試験の候補地の西側に断層がありますので、その断層について、強震動があったときの影響について検討いたしました。お話は、この順序でさせていただきたいと思います。

目的については、今、話しましたので、次のスライド、4ページ目のスライドに入らせていただきます。

文献調査は、地下に流体を圧入したときの地震の誘発について書かれた文献を集めました。その調査の結果として、誘発地震としては、ここにありますような3つのタイプのものが挙げられております。1つ目が、大量の水を井戸に注入しまして、例えば周辺岩盤の透水性の改善、あるいは水圧破碎法による原位置応力の測定などを行うために周辺岩盤を割る。そのときに出てくる震動でございます。このような震動につきましては、実際には大体規模が小さく、主に坑の周りに集中的に起こりまして、発震機構といたしましては、張力型の破壊様式を示します。

2つ目でございますが、地下に流体を圧入いたしますと、空隙中の流体圧の上昇が起こります。そうしますと、有効封圧が減少するために、そこにある既存の断層、あるいは亀裂、そういうものがすべります。そのときに生じる地震があります。一般に、これも圧入点から遠くなるにつれて、発生する確率は小さくなる傾向があります。原因は圧入による間隙圧の上昇でございますので、圧入圧力を下げることで、多くの場合は制御することが可能でございます。

3番目として、メカニズムは必ずしも明らかではないのですが、圧入のタイミングと地震の発生のタイミング、あるいは圧入地点と地震の起こっている場所などが近いということから地震の誘発が疑われ、それについて文献が出るということがあります。必ずしも科学的な論文でないということでありますれば、例えば長岡の圧入試験と中越、あるいは中越沖地震と関係があるのではないかとというようなことが一般書で書かれたなどということもございます。

ここでは、地震誘発のメカニズムについて明らかな上の2つのうち、一番上は最初から実施者が意図してやっていることで、どうにでもコントロールできますので、2つ目の間

隙圧の上昇に伴って誘発される地震について検討をいたしました。

もう1回戻りますけれども、最初の意図的に発生された地震の例ということで、テキサス州のジャスパーカウンティの例をお示しいたします。ここでは廃棄物、スラリー、要するにドロドロしたスラリーを坑の中に圧入しまして、地下深部で周辺岩盤を破壊しまして、その中に廃棄するということを実験いたしました。左側の図でございますけれども、下から2番目がそのスラリーを入れたタイミングを示しております。一番上がイベントの頻度でございます。スラリーを入れますと、上から2つ目は孔底圧ですけれども、孔底圧が上がり、それに応じてイベントがふえます。スラリーを入れるのをやめると、孔底圧が下がりますと、イベントも起こらなくなるという関係がみてとれます。

これが間隙圧の上昇に伴って誘発される地震の例で、幾つも論文がありますけれども、ここでは代表的な例としてコロラド州のロッキーマウンテンのアーセナルの例を挙げております。これは、特にこういう誘発の地震の中ではマグニチュード5という、割と大きな地震が起こったので有名な例でございます。右側の図を見ていただければご理解いただけると思うのですが、上の折れ線が孔底圧でございます。孔底圧が下がってくると、下の折れ線が地震の頻度でございますけれども、地震の数が減ることがみてとれます。

文献調査の結論でございますけれども、文献調査の結果、意図的に起こることを覚悟しながら起こすような地震、あるいは流体を圧入して、そのために間隙圧が上昇して誘発するという地震は発生します。発生した事例があります。ただし、前の2つのスライドでござらんになったように、圧入圧を制御することで誘発地震の原因となる間隙圧を下げることでございますので、誘発地震の発生の制御はできると考えられます。このことを、実証試験においては十分に踏まえることが必要です。

アメリカでは、事業者が地下にものを圧入するようときにはリスクを最小にするために、ALARAという原理で対処すべきというようにいわれております。具体的にはどうするかというと、サイト選定で、まず地震誘発の可能性をちゃんと評価すること。圧入前から、周辺の地震を観測する。圧入サイト周辺の地震活動の変化を圧入オペレーションに反映させる。その一連の流れとちょっと離れますけれども、地震の観測結果については速やかに公表していくということが求められております。

実際に苫小牧の実証試験における地震誘発の可能性についての検討を以下のような方針で行いました。

すべり傾向係数というものを導入いたしまして、その空間分布の時間変化を見積もりまして、いつ・どこでイベントが誘発される可能性が高くなるかということを推定いたしました。すべり傾向係数というのは、ある破壊面なり亀裂面なり、断層面のすべり強度に対して、そこに今、かかっているせん断応力がどれだけの大きさまでになっているのか。つまりすべり傾向係数が1になりますと、すべり強度とすべり面上のせん断応力が一致しますので、1を超えるとすべりが生じる可能性があります。

すべり傾向係数というのはこういう式で表わされておりまして、このTがすべり傾向係数でございますけれども、下の項がクーロンの破壊基準、破壊強度を示しております。上が面上の応力でございます。この式のうちの、まずpが岩盤の間隙圧でございます、 $\sigma_n$ がすべり面にノーマルにかかっている力、 $\tau$ がすべり面にかかっているせん断応力です。 $\mu$ がすべり面の静摩擦係数、Cがすべり面の粘着力でございます。これらの値を、まずpについてはJ C C Sさんが実施された長期挙動予測シミュレーションの結果を使わせていただきました。 $\sigma_n$ 、 $\tau$ は、現場応力がわかれば求められるわけで、 $\sigma$ についてはリークオフ試験の結果を解析させていただきました。静摩擦係数とすべり面の粘着力につきましては、コアを用いた室内実験で求めました。

まず応力の推定法でございます。リークオフ試験は左の上の図のような応力記録をしております。まず試験区間に水を——多分水だと思っておりますけれども、流体を入れますと、試験区間の圧力が上昇して行って、坑壁の引っ張り強度になったところで新たな割れ目をつくります。このクラックの中に流体がどんどん入って行って、その部分の圧力は落ちるのでございますけれども、流体を入れるのをやめると、周りの応力によって、あるところまで圧力が落ちますと、クラックが閉じて、流体がもうそれ以上流出しなくなる。そのところの値をシャット・イン・プレッシャーと申します。滝ノ上層では、もう1回リークオフ試験をしております。そのときには、また流体を入れると圧力がだんだん高くなるのですけれども、あるところまで行くと、一度閉じたクラックがまた開きます。その圧力をリ・オープニング・プレッシャーと申します。周辺の応力を求めるためには、シャット・イン・プレッシャーとリ・オープニング・プレッシャーがわかれば、左端の式から、周辺の主応力を求めることができます。そのようにして求めた結果が右の下の黄色の中に示されておりますけれども、最大主応力が54メガパスカル、最小主応力が44メガパスカルというように求まりました。

次に、静摩擦係数とすべり面の粘着力については、コアを用いまして、人工的にせん断

面を入れて、せん断試験を行いました。その結果は左側に示されている図でございます。そこから求められた結果が右にありまして、静摩擦係数として0.45、それから粘着力Cとして、大体1.18の値が求まりました。

これらの値と、それからJCCSさんがお求めになりました間隙圧の変化から、すべり傾向係数の時間空間分布を求めることができます。この図は萌別層で、左側の図がJCCSが求めた間隙圧の変化の図でございます。右側がすべり傾向係数Tの分布でございます。一番上の図が圧入をする前のすべり傾向係数の分布を示しております。真ん中の図が実証試験終了時、一番全体としての圧が高くなっている時点でのすべり傾向係数Tの空間分布でございます。この赤いところ、ここが圧入をしているところでございます。それが20年たちますと、すべり傾向係数は圧入前の値に戻ります。横軸をみていただければ、すべり傾向係数の範囲が出てきていますけれども、萌別層では、一番大きくても0.3程度になっております。したがって、すべる可能性はほとんどないという状態でございます。

次に滝ノ上層でございます。滝ノ上層は、JCCSさんのモデルも大変複雑であるということと、それから被圧しているということから、萌別層よりは複雑な分布をいたしております。左がJCCSさんの間隙圧の空間分布でございます。右が我々が求めたすべり傾向の空間分布でございます。圧入点はこの辺だと思えるのですけれども、上のほうにすべり傾向係数の高いところがございます。同じく200年たった段階で、すべり傾向係数は圧入の前の状態に戻っております。

今までの文献調査、それからすべり傾向係数の分布などをもとに、苫小牧で地震観測を行うとしたときの提案をさせていただきました。まず実証試験地の周辺、これは観測結果を圧入オペレーションにフィードバックすることで、万が一ここで地震が——小さな地震でしょうけれども、誘発されたときに、それを制御するために観測する部分でございます。したがって、オペレーションにフィードバックするという意味では、ここはリアルタイムでの観測が必要です。

それから、起こり得ると思われているイベントは大変小さいということから考えますと、まずは小さいものをちゃんとつかむということが大事でございますので、小さいものをちゃんととるのだということを考えますと、まず高密度の観測網で、ごく微小の地震をとらなければいけない。そのためには、高周波でとってほしいし、高サンプリングレートでとってほしいし、それから多分、感度を上げるためには地下の深部の観測点も要るだろうと。そういう意味で三次元の観測網が必要であろうと思っております。

それから、やはり周辺の地震が起こりますと、当然、この地震と圧入との関係を検討しなければいけない事態になる可能性が高いので、特にここでは石狩低地東縁断層帯南部については地震調査研究推進本部が長期の発生確率として、日本の内陸地震としてはやや高いグループに属すると考えております。そのことを考えますと、この石狩低地東縁断層帯南部の微小地震というのは、モニターしておくことが大事であると思っております。ほかに事業者といたしましては、全体、やや広域の地震活動の中で、例えば実証候補地の中のイベントがどうなっているのかということは当然みておく必要がありますので、既存の観測網と連携をとって、広域な地震の挙動についても目を光らせておくということが大事だと思っております。

以上、誘発地震についての検討結果のまとめでございます。まず最初にありますのは、この実証試験で、今回予定されているような圧入レートで考えた場合には、すべり傾向係数が1になるような場所は検出されませんでした。したがって、この検討の範囲では微小地震が発生する可能性はないと考えられます。

萌別層のほうが滝ノ上層よりもすべり傾向係数が小さいので、萌別層のほうが地震が起こる可能性は少なくなっております。

すべり傾向係数が空間的にも高いところ、低いところがありますので、高いところを主なターゲットとして地震のモニタリングをして、もしも万が一微小のイベントが増加するようなことがありましたら、それは圧入のオペレーションに反映すると、そういうことで制御することは重要です。

それから、周辺の活断層にももしも万一地震が発生した場合には、これも何度もいいましたけれども、誘発が疑われる可能性があります。そのためには、石狩低地東縁断層帯南部について、圧入前から少し観測を行うことによって、例えば、圧入のヒストリーとここでの微小地震との相関が、実際に起こる前になかったとか、圧入との関係がどうだとかという検討をする材料をもっておくことが大事かと思っております。

それから、広域の地震活動をモニターするためには、既存観測網との連携をとることが重要だというように考えております。

誘発地震については以上の結果でございます。

次に、自然地震が貯留性能に及ぼす影響についての検討でございます。この検討の方針といたしましては、長岡における中越・中越沖地震という経験が、世界で唯一強震動を受けたサイトでございますので、大変重要な事例だと思っておりますので、それについて検討を行

うということがまず基本でございます。そのために、中越・中越沖地震の際の孔底圧の記録の結果について検討いたしました。

それから2番目といたしまして、強震動が起こったときに、地下での影響は大変小さいということが長岡の経験でわかっておりますけれども、万々が一、念のための検討として、苫小牧の実証サイトにある既存断層について、強振動で浸透率が大きく変化した場合などのようになるのかというのをシミュレーションで検討しました。

これが長岡における中越・中越沖地震の観測孔と圧入孔の空間分布でございます。次のスライドでお示しします孔底圧は、この圧入孔と観測孔のデータをお示しいたします。

上が中越沖地震のときの圧入孔（IW-1）での孔底圧の変化でございます。下が観測孔（OB-4）の変化でございます。これからみておわかりのように、縦の点線のところが地震時なのでございますけれども、地震時の前後で孔底圧の変化は全くございませんでした。

地表では烈震で震度6弱という、被害を大きく出したところですが、深部ではその影響がみられなかったということから、圧入事業が適切に行われている限り、強震動が起こったからといって、キャップロックに開口性の亀裂が生じてCO<sub>2</sub>が漏洩するということはないだろうというように考えられます。

そうはいいましても、苫小牧の実証サイト、黄色い丸で示されているところが圧入点ですけれども、圧入点から西側2キロのところ、滝ノ上層からその上の層を食い違えているような断層があります。この断層は、反射のデータを我々でももう1回検討させていただきましたが、やはり萌別層の中には食い違いはみえてこなかったもので、この断層についてこれから考えようと思っておりますけれども、滝ノ上層の場合について考えればいいのかと思って、滝ノ上層について以下の検討をいたしました。

検討のためにJCCSさんがおつくりになったモデルを簡略化したモデルを使わせていただきました。

先ほどの反射の図と左右逆になっていますけれども、圧入点の2キロ右側のところに断層を置きました。この断層を地震時に1ダルシー——1ダルシーというのは大変極端な例で、ここは粘土層なので、10のマイナス20乗という浸透率をもっているのですけれども、これが一瞬にして砂になったというような、そんなイメージをしていただければよろしいのですが、1ダルシーの通り道ができてしまったという計算をしました。

真ん中の図が圧入終了時のCO<sub>2</sub>のガスの分布でございます。左側が断層に変化がなかった場合、右側が断層に沿って1ダルシーの通り道ができ上がったときの200年

後の CO<sub>2</sub>のガスの分布を示しております。通り道ができたために、二酸化炭素は幾らか断層のほうに引っ張られますけれども、断層までは到達していないということがこれから示されます。

同様に、溶解 CO<sub>2</sub>についても計算いたしました。同じく断層が1ダルシーという浸透率が出てきても、200年後に断層には到達しておりません。

以上のことから、地震に伴う漏えいにつきましては、まず中越・中越沖地震で震度6弱の烈震を受けた長岡CCS実証サイトの地震時の孔底圧記録などから、地下深部の貯留性能は自然地震の影響を受けていないことがわかりました。

苫小牧の実証サイトでは、候補地の西側——お手元の資料は「東縁」と書いてあるので、すみません、直していただければと思います。西側に滝ノ上層を横切り萌別層の底部に達する既存断層があります。念のため、強震動によって、この既存断層の浸透率が1ダルシーという大変極端な高浸透率になる場合をシミュレーションしましたけれども、貯留層からの漏えいは認められませんでした。

以上から、誘発地震の可能性、それから漏えいの可能性について検討の結果をまとめたのがこの図でございます。もう1回読み上げさせていただきます。

CO<sub>2</sub>圧入による地震誘発の可能性については、本検討ではすべり傾向係数が1になるような場所はなかった。すなわち CO<sub>2</sub>圧入によりすべりが生じる、微小地震が発生する可能性はないと考えられます。萌別層のほうが滝ノ上層よりもすべり傾向係数が小さい。すべり傾向係数が高いところをターゲットとして地震のモニタリングをし、圧入オペレーションに反映することが重要です。地震が万一発生した場合、これは周辺の活断層であったり、少なくともそこら辺に大きな被害を及ぼすような地震が実証試験候補地に影響を及ぼした場合、その地震と実証試験との間の誘発を疑われる可能性があるため、特に可能性があると思われる石狩低地東縁断層帯南部については観測を行うことを検討するほうがよろしいでしょう。周辺のより広域な地震活動をモニターするためには、防災科研とか、北海道大学がもっています既存の観測網と連携をとることが重要だと思います。

自然地震が貯留性能に及ぼす影響についてということで、中越・中越沖地震で震度6弱の烈震を受けた長岡CCS実証サイトの地震時の孔底圧記録などから、地下深部の貯留性能は自然地震の影響を受けていないということがわかっています。苫小牧の実証試験サイトでは候補地の西側——これもお手元の資料は「東縁」と書いてありますけれども、訂正していただければと思います。西側に滝ノ上層を横切り萌別層の底部に達する既存の断層

があります。念のために、強震動によって、この断層の浸透率が1ダルシーという高浸透率となる場合をシミュレーションしましたけれども、貯留層からの漏えいは認められませんでした。

以上が、地震についての検討結果でございます。

○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、ご質問、あるいはコメント等いただきたいと思えます。いかがでございましょうか。

○澤田委員 大変綿密な検討をされておられますので、文献調査はそのとおりでございますし、計算のほうは、いろいろおもしろいといえますか、しごくもっともな計算をされているのだらうと思えます。

ただ、ちょっとお聞きしたいことが幾つかあるのですけれども、まずは、例えば12ページの滝ノ上層におけるすべり傾向係数なのですが、初期状態で既に浅いところ、2,000メートルぐらいのところ結構高いところがございますね。これが生じる理由というのは何かご存じですか。

○産総研（楠瀬） 滝ノ上層は被圧している、つまり静水圧よりも高い地層の流体圧をしていますので、その影響でここが高くなっております。計算上、そうなりますということです。

○澤田委員 被圧の影響だと。

○産総研（楠瀬） 被圧の影響です。

○澤田委員 もともとここは0.5は行っていないのでしょうかけれども。

○産総研（楠瀬） やや高めの値を示しておりますが、高い圧力で押し込んでいるところがございますので、その影響がどうしても出てまいります。

○澤田委員 右の真ん中の図の3年後、あるいは左側で行きますと、ここが既存の断層があるところですよ。圧力としては、シミュレーションによると大体1メガパスカル前後、断層のところですね。すべり傾向係数が0.5に近いのかな。上に伸びているような。

○産総研（楠瀬） はい、ちょっといやらしい格好をしていますけれども、1よりも有意に小さいので、これですぐにこの破壊が起こるというようには思っておりませんが、モニタリングをするときには、やはり赤いところをターゲットにしてモニタリングすべきというように思っております。

○澤田委員 確かにそのとおりだと思いますが、特に、やはりこの既存断層への影響と



いうのは、あるともないともいえないですけども、0.5というすべり傾向係数がどの程度の何と申しますか、物理的にははっきりしているんですけども、ある種の現象の中でフラクチュエーションの中で、例えば1けた小さいというわけではありませんよね。

○産総研（楠瀬） はい、そのとおりです。

○澤田委員 ですから、ある種の、例えば地層に、微細にみれば、やはり不均質があると。不均質があるということは、つまり強度の不均質があるということであって、そういうところに何か入ってきたときに、一種の応力集中みたいなものが、微細にみればあるかもしれないというような感じですよ。ですから、実際には、やはりアコースティックエミッション的なものがないとはいえないという感じはしています。ただ、それは大きな地震につながるような話ではないので問題はないと思いますけれども、ここでいう微小地震とおっしゃるのが、いわゆる地震的なイメージの微小地震なのか、あるいは微細破壊に対応するようなアコースティックエミッションなのか、どちらをイメージされているのでしょうか。

○産総研（楠瀬） 文献調査でこのようなものをみますと、大体マグニチュード1.5よりも小さい、破壊の長さにすると数十メートルぐらいの破壊で議論なさっていることが多いです。ここについてもそのようなものであろうと思っています。澤田先生がおっしゃるように、この赤いところはそういうものが起こる可能性があります。ただし、その文献調査でもお話ししましたし、それからこのメカニズムもそうですけれども、間隙圧を下げることによって、破壊の、それ以上の頻度をふやすこと、あるいは制御することができますので、ここをちゃんとモニターする、微小の地震をモニターする。もしも、こういうところにイベントがたくさん起こり始めたら、例えば圧を下げるというようなことをすることで十分安全性が担保できるだろうというように考えております。

○澤田委員 わかりました。大体イメージは、私もそんな感じではしてきております。

それからもう1つ、例えば21ページでお聞きしたいのですが、これは既存断層が、いわゆる石狩低地東縁断層の南部が動いたときに、実際に苫小牧のこの辺で、やはり震度6弱ぐらいになるという、政府の地震調査委員会の結果ですよ。中越地震のときの岩野原の、いわゆるRITEさんがやられたところの地震と大体同じぐらいが来ることになっているのです。だけれども、圧力変化がなかったんで、多分、貯留層には影響がないだろうというのは、地表で仮に6弱でも、地下1,000メートルぐらいに入ると、震動の大きさというのは数十分の1ぐらいになるのです。ですから、大した加速度にはならないし、ひずみ

も大したことないので当然だろうと思います。何もなければ全然問題ないと思うのですが、21ページは、断層の浸透率がとんでもなくなってしまうと仮定して、極端なことで計算しておられても、200年後にはせいぜい直径 1,100メートルぐらいですか。これは、例えば 1,000年ぐらいではどのくらい行くのですか。それは計算されていないですか。

○産総研（楠瀬） 1,000年後になると地層水に溶解したCO<sub>2</sub>が萌別層の底面に多少移行するのですが、これは2つ極端な話をしています、1つは浸透率が1ダルシー。ここは粘土ですから、1ダルシーになることはとても考えられないのですが、1ダルシーになるということを仮定しています。それから普通断層は1度割れても強度回復をどんどんします。普通は10年とか20年で強度はほとんど元に戻ります。浸透率も、そういう意味では元に戻ってしまいます。それを200年間そのままだったという、2つの極端なことを考えて、こういう状態になっていますので、これをこのまま1,000年まで延ばして、漏れましたというのは、かなり現実から離れてしまいます。一応200年もみておけばというか、大変極端で、ぼくはやりたくないぐらいなのですが、極端な場合として、ここまでやってみましたということでご理解いただければと思います。

○澤田委員 確かに1ダルシーというのは非常に極端なので、その極端でのリミットみたいなものが、200年であっても、まだまだ届かないというようにみたほうがいいのかもできませんけれどもね。

○産総研（楠瀬） そのように理解していただければありがたいです。

○澤田委員 わかりました。私の質問は大体このくらいでございます。

○山地座長 ありがとうございます。

ほかにはいかがでしょう。徳永委員。

○徳永委員 すべり傾向を求めるときに、この計算では、流れの数値解析をした結果の圧力変化に基づいて、すべり傾向がこれぐらい変わるという推定をされているのだと理解しました。実際には点源からの圧入なので、ほとんど効かないと思うのですが、流体の圧入による内部流体圧の増加に伴うひずみも発生しますよね。それに伴う貢献というのはどれぐらいの範囲まで伝わって、それは今回、考慮する上では効くのか効かないのかというような、そういう評価はできませんでしょうか。

○産総研（楠瀬） ごめんなさい、圧力の変化はJCCSさんのほうに任せて、その結果を受けていますので、そこの中でお考えになっているのだろうと思っておりますけれども、それでよろしいでしょうか。

○徳永委員　多分、二相流れの計算をされているのですよね。だから、例えば圧入すると、内部流体圧が上がって、その圧力の変化に伴って岩盤がふくらんで、ひずみが発生しますよね。そのひずみが伝播していくというようなことというのは考えなくてもよいということでしょうか。

○産総研（楠瀬）　ここでは、そこまではやっておりません。ただし、ここについてはそこまでやらなくてもいいだろうと思っているのは、これでもう結論が出るのではなくて、実証試験をする前段階として、この程度のことで安全ですということをまず考える、その範囲の変化しかないだろうと思っているのです。影響がないだろうと思っているのが1つ目。2つ目は、実際に事業をしたときに、ちゃんとモニターをします。モニターをしたときに、何かが起こったときの方策がちゃんとありますと。つまり圧を下げれば危険は下がりますと。そういう方策がありますということでございますので、いいだろうと。

それからもう1つ、ここについては、すべり面の方向がTに大きく効くわけなのですが、けれども、一番すべりやすい面の計算をしています。ただ、これは堆積岩であるので、割れる方向は必ずしも一番すべりやすい面ではないので、このTは大きめに見積もっている中で、そういう中に全部入ってしまうだろうというように思っています。

○山地座長　白山委員、どうぞ。

○白山委員　済みません、全くの素人の質問なのですが、1つは質問で、1つはコメントです。まず質問は、文献調査のほうで、地震が起きたというところの孔底圧は20メガパスカルとか、35メガパスカルから40メガパスカルぐらいのところですよね。今回の滝ノ上層の圧入圧力は44メガパスカル程度というように計画の中にありまして、この圧よりも高いのですが、それでも地震が発生しないというシミュレーションになるのは、もちろん地質学的なセッティングが違うというのが理由だろうと思うのですが、どんな違いがあるからこうなるということなのか。もし、ご説明いただけるものならご説明いただけないでしょうか。

○産総研（楠瀬）　J C C S さんからご説明していただけると助かるのですが、けれども、滝ノ上層はもともと被圧しているため深さの割にもともとの間隙圧が高い圧力となっております。9ページのデンバーの例では、初期状態の孔底圧が30MPa前後程度のところに流体廃棄物を大量に圧入して初期圧に対して30%以上の圧力上昇がありました。それに対して苫小牧の滝ノ上層では、被圧しているため孔底圧初期値が34.5MPa程度ですが、計画しているCO<sub>2</sub>圧入ではベースケースで2MPa程度の圧力上昇で、初期圧の10%以下の上昇率に留

まり、デンバーの例とは圧力の上昇量、上昇率ともに大きく異なるといえます。○白山委員 ありがとうございます。

もう1つは12ページの図なのですけれども、すべり傾向Tが0.5までスケールがあって、ほぼ0.5の色が出ているわけですが、これだこの色は0.5なのか、0.6とか0.8とかでも同じ色になってしまうような気がするのです。それで、もしこれが資料として公開されるのであれば、もうちょっと広いスケールをとって、0.5という数字になっているのだというのがわかるようにされたほうがよろしいのではないかというように思います。

○産総研（楠瀬） ありがとうございます。そのようにさせていただきたいと思います。

○山地座長 ありがとうございます。

ほかにはいかがですか。

○佐々木委員 1つは、まとめの1の(4)の「地震が万一発生した場合」についてです。この仮定の文章だと非常に抽象的で、どこで、どういう条件でということがなく、「万が一発生した場合」というのが余りにも意味が広過ぎて非常にわかりにくい。それから「誘発を疑われる可能性がある」というのも、いわば被害に対する意識が強過ぎるような気がいたしますので、ここの文章をもう少し素直に書かれたほうがよいというコメントです。

それから2の(1)ですが、長岡の「孔底圧記録などから、地下深部の貯留性は・・・」の「貯留性は」というところが少し違和感がある言葉です。なぜかといいますと、この場合漏えいが起こらなかったということであって、貯留層の中が変化しなかったということから孔底圧から直にそれをいうことは無理があるのではないかということです。ここは「地下深部の遮蔽性は」というような言葉にすべきではないでしょうか。

○産総研（楠瀬） どうもありがとうございます。まとめの1の(4)の表現については検討させていただきます。2の(1)については、実はここは「貯留性能は」ということで「能」が抜けてしまっているので、ごめんなさい。

○佐々木委員 「貯留性能」としても、いわば貯留層自体はいろいろな変形もするし、孔隙、浸透性も変化しているかもしれないので、貯留性能ではなく、これは遮蔽性に影響はなかったという意味だと私は思っています。

○産総研（楠瀬） そうですが、実は「記録などから」の「など」の中に、ここではお示ししませんでしたけれども、RITEさんが地震の前後で物理探査をかけておまして、その結果として、変化がなかったと。物理探査の分解能の中では変化がなかったというように発表されておりますので、このように書いています。

○佐々木委員　最後にですが、21ページの、先ほどの断層の浸透率を1ダルシー、非常に大きくしたことについてです。リスク評価の上で大きくとったと理解しているのですが、貯留層内部では1ダルシーを設定しても、上盤側が全く浸透率の変化を与えなければ、単に貯留層の中の流体の拡散性、拡散量などの移動しやすさを与えたということです。CO<sub>2</sub>が全体的に拡散していくスピードを上げたという程度のことであって、地震に対するリスク評価というよりは、1ダルシーにしたことで貯留層中の流動性を高めて、CO<sub>2</sub>の拡散を速めた結果になるのではないかと思います。

○産総研（楠瀬）　この図（パワーポイントNo.19）でもっと丁寧に説明すべきだったと思うのですが、これが貯留層になります。断層は貯留層からずっと上に行って、萌別層の底面までしか動いていませんので、そこまで切っております。これ全体を瞬間的に砂に置き換えてしまったということでございますので、それで断層の影響としては十分評価されたと、私たちは考えております。

○佐々木委員　貯留層の中で、ある種の部分の浸透率を上げたとしても、その浸透率を上げた経路の行き先が止まっているのであれば、その影響は少ないと思われるのですが。

○産総研（楠瀬）　ここの泥岩が遮蔽層になっております。泥岩全体も砂に置き換えていて、この上を圧力一定という格好で計算しております。したがって、漏れていけば、この一番上まで漏れてきて、流れが出てくるという結果にはなっており、つまり実際にこの計算で漏れてしまえば、ここまで出てきて、上に全部二酸化炭素が出るような結果になるような計算はしております。

○山地座長　佐々木委員がおっしゃるのは、もう1つ、萌別層のところの上に遮蔽層があるから、そこでとまりますということなのでしょう。

○佐々木委員　そこがとまっていれば、パイプの一方が流れる状態になっていても、流体としての行き先がとまっているのですから、それほどの流れが生じるという意味ではないという意味です。

○山地座長　これは、今回はそうなっていますね。そうでなければ、このまま出てしまう可能性もあるということですから。

○産総研（楠瀬）　これは苫小牧という場所についての評価でございますので、どこでもこうですという話をしているわけではございません。

○山地座長　まとめの表現については、また全体をまとめるところで皆さんのコメントをいただきますので、表現ぶりのところについては、そこでもコメントをいただければと

思います。

「地震が万一発生した場合」というのは、近くで自然の地震が起こった場合でもということが念頭にあるのでしょうかけれども、最終的な報告書を書くときには表現ぶりは注意をしたほうがいいと思います。

また貯留性能のところも、孔底圧記録しか今回は出していませんけれども、いろいろ物理探査をやったとか、そういうことを少し、最終的なところでは書いておいたほうが余計な心配を招かないかと思うのですが、貯留性能以外のいい言葉はないですか。遮蔽性というだけでは何となく、もっと変化がなかったのだということをいったほうがいいかなと。

○産総研（楠瀬） R I T Eのほうから、私が説明しなかった部分を説明していただけるといっているので、お願いします。

○R I T E（薛） 先ほど中越地震と中越沖地震の話が出ましたけれども、実は今の貯留性能の表現の根拠になっているスライドを2枚ほど用意しましたので、おみせしたいと思います。

これが長岡の地表から地下まで、ある断面で切ったときの井戸の配置です。ここが圧入井、2号井、3号井、4号井。先ほどおみせした水平面はここをぱっと切ったところです。ちょうど貯留層のゾーン2のトップでぱっと切ったときの断面をおみせしました。

地震の前後で貯留性能に影響がなかったというのは、まず検層の結果から申し上げますと、2004年のときと2007年、それぞれ地震がありましたけれども、井戸の中でCO<sub>2</sub>がここに、地震の前に既に来ているというのは音波の検層でわかっていますので、地震が起きた後にすぐに圧入をとめまして、それで井戸の中にツールをおろして、地震の前後で変化があったかどうか。この分布と右側の分布をみますと、ほとんど影響はなかった。2007年のときも同じように、この2つの分布をみると影響はなかった。これは深度方向の、ある意味では点の情報ですが、

これを断面で見ますと、実は2つの井戸の間でクロスホールの弾性波トモグラフィを実施しましたので、切った断面上で、どうCO<sub>2</sub>の分布がわかっているか、ここに結果を示しています。例えば3,200トン圧入したときにCO<sub>2</sub>がこう広がっているのがわかっています。ここで地震が2004年に起きました。地震の後、この分布を調べますと、例えばゾーン2の上のキャップロックに相当するところですが、そこにしみ込んだ痕跡もないし、CO<sub>2</sub>の広がりに関して、広がったというのもないのです。2007年のときも同じように、そういった結果が得られています。ですから、先ほどの表現の中の「など」というの

が、実はこういったデータが根拠になっているというのを申し上げたいです。

以上です。

○山地座長 ありがとうございます。

ほかに。斎藤委員、どうぞ。

○斎藤委員 地震のことなのですけれども、心配されているのは、CO<sub>2</sub>の注入が大きな地震の引き金になるかということが1つあると思うのです。それに関して、今、長岡の例を話されていますけれども、長岡と今度の苦小牧が、例えば応力状態とか随分違うような気がするのです。それで、大きな地圧が、苦小牧のほうではかかっていないということがいえているのでしょうか。

○産総研（楠瀬） リークオフ試験から、ここの場の応力を一応計算しました。その値は日本の平均値よりもやや小さめというように出ております。残念ながらリークオフ試験というのは1カ所しかやっておりませんので、その値しかないのですけれども、少なくともそこは1点、あります。それからシミュレーションのほうは、つまりすべり傾向係数Tを求めるときには、最大主応力と最小主応力の比率の値を、1.2が計測値なのですけれども、1.3と1.4まで上げております。それで結論が変わらないというところまではみておりますので、大丈夫だろうというように思っております。

それから、それが及ぶ範囲も、とても活断層までは及ばないということもわかっております。あとは、もしも万が一地震が起こったときには、長岡と中越地震、あるいは中越沖地震の検討をしましたけれども、そのような検討をすればいいと思っております。ただ、長岡のときには事前のデータを、その対象の断層でとっていませんでしたので、言い切れなかった部分があります。今回、ここの活断層についてデータがありますと、前回るときよりはもっとはっきりと関係がないと言い切れると思いますので、それが大変重要だと考えているところです。

○山地座長 ありがとうございます。

ほかにはいかがでございましょうか。特にないようでしたら、次の議題に進ませさせていただきます。

次は議題の3番目で、苦小牧地点における実証試験計画（案）、これは前回始めたものの続きですけれども、モニタリングの話と異常事態発生時の対応措置ですが、事務局から説明をお願いいたします。

○石井補佐 それでは、苦小牧地点における実証試験計画（案）の概要、これは第2回

検討会の続きですけれども、資料5に基づきまして、ご説明をいたします。

まず初めに3ページ目をごらんください。貯留モニタリング計画に関する基本的な考え方でございますけれども、4点ございます。1つ目、CO<sub>2</sub>の漏えい、貯留層圧力の異常の検知。これは圧入されたCO<sub>2</sub>が計画どおりに安全に貯留層内にとどまっていることを確認するというもの。それから、貯留層からのCO<sub>2</sub>の漏えいを検知するというものでございます。

2つ目、圧入されたCO<sub>2</sub>の貯留層内での挙動把握。これはCO<sub>2</sub>の圧入及び貯留が計画どおり安全かつ安定的に行われていることを確認する。それからCO<sub>2</sub>の圧入後も安定して貯留されていることを確認するというものでございます。

3つ目、モニタリングにより得られたデータに基づく貯留層モデルの更新、及びCO<sub>2</sub>の挙動予測シミュレーションの精度向上。これは貯留層モデルの信頼性を向上させる。それからシミュレーションによるCO<sub>2</sub>の長期挙動予測の信頼性を向上させるためのものでございます。

4つ目、CO<sub>2</sub>の圧入と微小振動の関連性検証。これは、CO<sub>2</sub>の圧入により、貯留層付近で発生する微小振動の規模、振源位置を求め、CO<sub>2</sub>の地中貯留との関連性を確認する。それから、自然地震により観測される振動の貯留層内のCO<sub>2</sub>に対する影響について評価するという目的でございます。

次のページをご確認ください。こちらはモニタリング全体のスケジュールでございます。圧入前には、ベースラインデータを取得するため、常設型の海底受振ケーブル、これはOBCですけれども、それと陸上設置の地震計で1年間データを取得するとともに、二次元弾性波探査と三次元弾性波探査を実施します。三次元弾性波探査については、これは2009年に実施済みでありますので、これをベースラインといたします。また、海洋系モニタリングを1年間実施いたします。

圧入中については、上から、圧入井ですけれども、圧入井によって温度・圧力を測定し、CO<sub>2</sub>の圧入量を測定する。これは連続測定でございます。観測井、これはCCS-1を観測井として転用することを念頭に置いておりますけれども、観測井において、温度・圧力測定、それから微小振動、自然地震観測等を行います。これは連続測定、連続観測を基本と考えております。また、常設型の海底受振ケーブル、先ほどのOBCでございますけれども、このOBCを用いまして、微小振動と地震、それを、それぞれ連続観測いたします。また、陸上設置の地震計を用いまして、微小振動と自然地震を、これも連続観測いた



します。これに加えまして、より精度を高く測定、観測することを目的に、海底地震計、OBSを用いまして、圧入期間中ですけれども、継続観測することとしております。ちょうど四角い青色の箱が書いてございますが、ここにありますように、1年間に3回、設置したOBSを回収して設置し、回収して設置しを繰り返して継続観測をしていくということになります。また、二次元弾性波探査につきましては2年に1回のペースで、三次元弾性波探査については3年に1回のペースで行います。一番下でございますけれども、海洋系モニタリングについては、圧入期間中、それから圧入後も、これは海洋汚染防止法に基づきまして、実施するというところでございます。

次、5ページをご確認ください。これは具体的な貯留モニタリングの概念図でございます。まず圧入井ですけれども、圧入井は前回ご説明しましたとおり、CCS-3とCCS-4がございます。それぞれ滝ノ上層T1部層に対する圧入井と、それから萌別層砂岩層に対する圧入井でございますけれども、圧入井の坑口では坑口温度、圧力、アニュラス圧力、CO<sub>2</sub>圧入量を測定いたします。圧入井の坑底でございますけれども、坑底では、それぞれ坑底温度と圧力を測定いたします。

続いて観測井でございます。観測井はCCS-1と示しておりますけれども、観測井では、まず観測井坑口で坑口温度と圧力、それからアニュラス圧力を測定いたします。観測井の坑底では坑底温度と圧力、それから微小振動、自然地震観測を行います。

続きまして、陸上では陸上設置地震計による微小振動ですとか、あとは自然地震観測を行います。

続きまして海底です。海底では、海底での微小振動、それから自然地震観測、先ほどご説明をいたしました海底地震計(OBS)、それから常設型海底受振ケーブル(常設型OBC)を用いて測定をいたします。

そして、一番左側でございますけれども、左側にありますように、海域における定期的な二次元、それから三次元弾性波探査を実施いたします。

あとは、ここに青で書かれておりますけれども、海洋汚染防止法に基づく海洋系モニタリングを継続いたします。

続きまして、6ページをご確認ください。弾性波探査でございます。まず二次元弾性波探査ですけれども、CO<sub>2</sub>の挙動を二次元的に把握することを目的に、常設型海底受振ケーブル、OBCを海底に直線状に敷設します。常設型OBCの敷設位置ですけれども、これは滝ノ上層のT1部層と、それから萌別層砂岩層の両圧入地点直上を通過する直線とし

ます。また、先ほど説明しましたように、二次元弾性波探査についてはベースラインデータ取得のための調査を圧入前に実施します。特に圧入期間においては三次元弾性波探査実施期間の間を補完する形で二次元弾性波探査を実施し、2年に1回の頻度で行います。

三次元弾性波探査ですけれども、CO<sub>2</sub>の挙動を三次元的に把握することを目的に、複数の非常設型OBCを海底に平行に敷設します。三次元弾性波探査は2009年の三次元弾性波探査調査結果をベースラインデータとし、CO<sub>2</sub>の圧入開始以降は2009年の三次元弾性波探査の範囲において定期的に調査を実施します。

続きまして7ページでございます。微小振動・自然地震観測でございます。観測井内、先ほどのCCS-1ですけれども、その中には、複数の3成分受振器（上下動、水平2成分）を、それから貯留層の直上の海底には常設型OBC、これは二次元弾性波探査と兼用でございますけれども、それから貯留層の直上の海底を含む数カ所には高感度の地震計、先ほどのOBS、それから陸上設置地震計をそれぞれ設置しまして、微小振動の連続観測を実施します。

これらの観測機器により自然地震の観測も行いまして、震源位置の決定と地震規模を把握しまして、自然地震が貯留したCO<sub>2</sub>などに与える影響について検証します。

自然地震に関しては防災科学研究所のHi-netの観測データを利用することにより、実証試験地点を含む苫小牧地点周辺の自然地震の活動を把握することが可能となります。

続きまして、8ページをご確認ください。微小振動・自然地震観測の続きでございます。前のスライドでは、主に観測井と圧入井における振動、自然地震観測をご説明しましたけれども、ここでは陸上と海底における観測についてです。まず黄色で示した陸上設置地震計ですけれども、陸上にHi-net仕様の地震計による観測点を複数設置しまして、連続観測を実施します。

それから青丸ですけれども、これは海底地震計（OBS）でございます。浅海域用のOBSを複数設置しまして、連続観測を実施いたします。先ほど出ておりましたけれども、滝ノ上層の西側でございます断層のちょうど上といたしまして、あのあたりに1つ設置しておりますが、そういったところもカバーできるようにOBSを設置いたします。

黄色いラインでございますけれども、これは常設型海底受振ケーブルの常設型OBCでございます。先ほどご説明しましたように、圧入地点の直上を通過する位置に常設型OBCを敷設しまして、連続観測を実施します。また弾性波探査の観測にも利用します。

続いて9ページでございます。これは圧入前、圧入中、それから圧入後のモニタリング

項目を説明しております。まず圧入前でございます。CO<sub>2</sub>の圧入前には、圧入後の観測地の変化、微小振動の発生の有無を把握できるようにベースラインデータを取得します。ベースラインデータ取得のための調査でございますが、二次元弾性波探査、それから三次元弾性波探査でございます。三次元弾性波探査のほうは、先ほどご説明しましたように、2009年にデータを取得しております。

続いて連続観測項目でございますけれども、観測井内における微小振動、それから自然地震観測。常設型海底受振ケーブル、これは常設型OBCですけれども、これによる微小振動、自然地震観測。海底地震計(OBS)による微小振動、自然地震観測。それから陸上設置地震計による微小振動、自然地震観測でございます。

続きまして、圧入中のモニタリング項目です。連続測定、連続観測する項目でございますけれども、圧入井坑底における温度・圧力測定。それから坑口における温度・圧力、アニュラス圧力、CO<sub>2</sub>圧入量測定。観測井坑底における温度・圧力測定。坑口における温度・圧力、アニュラス圧力測定。それから観測井内における微小振動、自然地震観測。OBSによる微小振動、自然地震観測。常設型OBCによる微小振動、自然地震観測。陸上設置地震計による微小振動、自然地震観測でございます。

定期的に実施する項目でございますが、二次元弾性波探査、それから三次元弾性波探査です。

上記の観測井は、先ほどもご説明しましたように、CCS-1坑を改修するものでありますが、より観測精度を高めるという観点から、必要に応じて追加観測井を掘削するというようにしております。

続きまして11ページでございます。圧入後のモニタリング項目でございます。圧入後のモニタリング項目は先ほどと同じでございますけれども、冒頭ご説明をしましたように、圧入中モニタリング項目からOBSのみ落ちております。一番下の括弧書きのところでございますけれども、実証試験終了後も、先ほど申し上げたとおり、海洋汚染防止法の規定に基づきまして、モニタリングを継続いたします。

続きまして12ページでございます。海洋系におけるモニタリング計画に関する基本的な考え方についてご説明いたします。

海洋系におけるモニタリングは海洋汚染防止法の規定に基づきまして実施します。圧入前につきましては、ベースラインとして、海洋環境調査を行い、CO<sub>2</sub>漏出を想定した海洋環境への事前影響評価を実施します。

圧入中のモニタリングにつきましては、事前影響評価を踏まえた上で、ベースライン調査と同様な調査範囲、調査項目、調査頻度等により実施します。

圧入後のモニタリングにつきましては、ベースライン調査と同様な調査範囲、調査項目、調査頻度等によりますけれども、圧入中のモニタリング結果を踏まえまして、調査範囲、調査項目、それから調査頻度等について見直しを行います。

続いて13ページでございます。圧入前のモニタリングですけれども、ここでは事前影響評価に関するフローを示してございます。これまでに貯留層の総合評価、それから既存情報による現地海洋環境の調査、あとはCO<sub>2</sub>の海水拡散予測の事前検討等を行っておりますので、それらを踏まえまして、事前影響評価に関するフローというのをつくります。

左側から、まずは妥当性のあるCO<sub>2</sub>漏出シナリオを検討いたします。断層条件等をここでは想定いたします。その上で、海底面までの地層シミュレーションのためのモデルの検討、構築を行い、海底面までの地層シミュレーション評価によるCO<sub>2</sub>漏出条件の検討を行います。下、矢印が抜けていて大変申しわけないのですが、ここは矢印が下につながっておりまして、その上で妥当性のあるCO<sub>2</sub>漏出シナリオの設定を行います。

真ん中でございますけれども、ベースライン調査のための条件検討としまして、対象となる海洋生物の選定ですとか、あとは影響評価基準の設定をいたします。その上でベースライン調査を行います。ここでは自然的環境、水環境、それから海底環境、海洋生物生息状況等について調査をいたします。

そして一番右側でございますけれども、CO<sub>2</sub>の海水拡散予測の最適化検討をし、港湾内の流況シミュレーションのためのモデル検討構築を行い、港湾内流況シミュレーションにおける流況条件の検討を行いまして、その上で、この3つを用いましてCO<sub>2</sub>の海水拡散挙動シミュレーション評価を行います。それによって、最終的には海洋生物への影響評価、生物への影響を及ぼす範囲ですとか度合い等といったものを評価するというところでございます。

続きまして、14ページをご確認ください。14ページは海洋汚染防止法に基づきまして、まずは圧入前、それから圧入中にモニタリングする項目でございます。ここでは海洋汚染防止法の規定に基づいた表現をしておりますけれども、特定二酸化炭素ガスの海底下廃棄、いわゆるCCSに当たりますが、この許可の申請に係る指針に基づいてモニタリングを行います。例えば流況でございますけれども、ここでは流向、それから流速を測定するわけですが、係留によって、深さ方向の測点については表層、それから底層。頻度については

四季を通じまして1年に4回。期間は圧入前、圧入中という形で測定いたします。

水環境、これは水質でございますけれども、ここについては、水温、塩分、温度躍層・密度躍層の有無。CO<sub>2</sub>濃度指標は全炭酸濃度、アルカリ度といった項目について採水をしてまして表層・中層・底層。それから有害物質の濃度は硫化水素、重金属類については表層・底層ですけれども、これも1年、四季を通して年に4回、圧入前と圧入中に測定をいたします。

以下、海底環境でございます。海底環境につきましては、底質ですけれども、CO<sub>2</sub>濃度指標として全炭酸濃度、アルカリ度といったものを、泥を採取することによって、年に1回、これは圧入前と圧入中に調べます。

海洋生物につきましては、魚類等遊泳動物の生息状況などを調べるのですけれども、これも採水ですとかネット、採泥、既存情報を用いまして、四季を通じて年に4回とりまして、圧入前と圧入中に調べるというものでございます。

生態系については、藻場、干潟、脆弱な生態系について、既存情報を用いまして、1年に1回、圧入前に調べる。重要生物種の産卵場・生育場等については既存情報による調査を、これはCO<sub>2</sub>を入れている間ずっとですけれども、5年に1回の頻度で行います。

海洋の利用等というところで、ここはレクリエーションですとか海中公園、漁場、航路等についても調べることでございまして、これも既存情報等を用いまして、圧入前と圧入中に調べることでございまして。

続いて15ページでございます。圧入後モニタリング計画の考え方でございますけれども、これも同様に、海洋汚染防止法に基づいて実施をいたします。実証試験期間内においては、圧入中と同様に海洋環境の定期的な監視によりCO<sub>2</sub>漏出の有無を確認します。

ベースライン調査及び圧入中におけるモニタリング結果に加えて、以下の点を考慮して調査範囲、調査項目、調査頻度等の見直しを検討いたします。環境基準が設定されており、実測値が基準値を大きく下回っている項目。CO<sub>2</sub>濃度上昇に連動して変動を受ける可能性がない、あるいは極めて低い項目。技術のブレークスルーにより、経済的、効率的に測定可能となった項目でございます。

続きまして16ページでございます。こちらでは、異常事態発生時の対応について基本的な考え方を示してございます。実証試験の実施に当たりましては、保安に関連する法令、これは先ほど出てまいりました海洋汚染防止法、それから高圧ガス保安法、労働安全衛生法などを遵守し、また第1回で委員の方には配付しておりますけれども、「CCS実証事

業の安全な実施にあたって」の内容を踏まえまして、安全を確保し、事故・災害の発生を未然に防ぐように努めるということでございます。

また、実証試験期間に発生し、CO<sub>2</sub>の圧入運転、設備、周辺環境、人命あるいは人の健康等に多大な影響を与える事象である異常事態の発生に備えまして、異常事態発生時の対処を準備しておく必要があると考えております。

このため、以下の主に5点について準備、ないしは訓練などを実施しておく必要があると考えております。1つ目、異常事態の想定とその対処方法の確立。これは具体的には保安規定の策定に当たります。発生が予見される異常事態をリストアップし、それら異常が発生した場合にとるべき措置や異常発生を未然に防ぐために準備する内容を規定し——これは保安規定に当たりますけれども、保安管理体制の整備、保安に携わる人員の選任とその職務範囲の決定、異常事態の判別方法とその対処方法に関することを取り決めます。

2つ目、保安設備の設置です。遵守すべき関連法令を満たし、策定した保安規定に即した保安設備を設ける。その際は、異常事態の規模や頻度、影響度を考慮し、必要に応じて遠隔操作が可能な保安設備や複数のバックアップ設備の設置等の措置を講じる。

3つ目、保安訓練の実施です。異常事態が発生した際に、策定した保安規定に即して関係者が迅速に対応できるように、定期的に保安訓練を実施する。また、訓練を通じて問題点の抽出及び必要な改善措置をとる。

4つ目、CO<sub>2</sub>圧入中に想定される主な異常事態としては、CO<sub>2</sub>の大規模な漏出、漏えい。大規模な地震、津波の発生。関係施設の事故や火災の発生でございます。

5つ目、異常事態発生時の基本対応ですけれども、実証試験実施中に異常事態が発生・検知された場合はCO<sub>2</sub>の圧入を直ちに中断し、被害拡大防止の措置を講ずるとともに、関係当局等に対して異常事態発生の通報を行い、周辺環境への影響拡大を防止する。これは自治体への通報も含まれます。また、異常事態への対処終了後は被害状況の把握、異常事態の原因特定、関係当局への情報提供を行い、必要な修復を実施する。修復後は安全確認を十分行い、関係当局等との間で試験再開に関する合意を得た後、試験を再開する。こちらも同じく自治体等の合意を得た上でということでございます。

以上でございます。

○山地座長　ご説明、ありがとうございました。

それでは、今の説明に対しまして、質問、コメント等ございましたら、お願いしたいと思っております。いかがでしょうか。

○徳永委員　　1つ教えていただきたいことがあります。弾性波探査を定期的に行ってモニタリングをするということですが、それはこの貯留層総合評価に書かれている、反射波の差分をみていきますという、そういうことをされるという理解でよろしいでしょうか。

○石井補佐　　そういうことです。実際は、差分といいましょうか、同じ範囲でデータをとって、最初のベースラインデータですけれども、それとの差違をみていくということですが、

○徳永委員　　そのときに、2-45ページに書かれているのが萌別層の砂岩層に圧入をしたときの差分で想定されるもので、36ページに書かれているのが滝ノ上層T1部層に圧入をしたときの差分ということですが、これらは、両方に入れると重なった結果がみえてくるわけですね。そのやり方で両方の地層に入っているものがモニタリングできるというのがよくわからないのです。すなわち萌別層でみているものが滝ノ上層のところに出てくる差分に重なってしまっているのではないかという気がするのですが、それはどのように理解すればよろしいでしょうか。

○JCCS（棚瀬）　　そのとおりです。特に萌別層、滝ノ上層が全く上下に重なっておりますと、この2-45、46でみていただきますように、下にある種のゴーストが完全に出てしまうので、両方をみることができません。それで今回、2つの圧入位置が、この絵でみていただきますように1キロ以上離れているような状況でございますので、ある程度離れていれば、ある意味、上層への圧入が影響するシャドウから外れる形、あるいは若干の影響を受けても、影響が少ないところに――実は今、我々は圧入ポイントを決めておりますけれども、これから最終的に圧入ポイントを決定する上でも、この両方の位置関係をさらに考慮した形での最終決定になろうかと思えます。

○徳永委員　　わかりました。

　　あともう1点ですが、CCS-1坑を使ってモニタリングをするというようにおっしゃっていますが、CCS-1坑では、特に滝ノ上層できわめて透水性が低いところに坑が掘られているということですので、そこで貯留層で起こっている現象を観測するということは容易ではない気がするのです。そういう意味では、私がここで申し上げるのが適切かどうかはよくわかりませんが、観測井の設置に関して、より適切な場所での設置というようなこともぜひ考えていただけるといいかなと思います。

○石井補佐　　CCS-1は確かにご指摘のとおりでございますので、実証試験実施に当

たっては、その点を十分考慮したいと思っております。

あと、先ほど先生からご指摘のございました2層の圧入の話でございますけれども、前回ご説明をさせていただいたのですが、始めから2層同時に圧入することは考えていなくて、実際は、まずは滝ノ上層のみに圧入してみて、十分に安全性などが確認されてから萌別層に続けて圧入するというものを検討しております。圧入ポイントもそもそも上下方向、左右の方向で重ならないということに加えて、時期についても少しずらすということ念頭に置いております。

○山地座長　ほかにはいかがでございましょうか。

佐々木委員、どうぞ。

○佐々木委員　14ページの圧入モニタリング項目についてですが、可能であればCO<sub>2</sub>の同位体比を測定していただくほうがいいのではないかと思います。なぜかといいますと、CO<sub>2</sub>の量が増えたからといって、それが必ずしもCCSと関連しているのかどうかというところがわからない場合があるかと思います。圧入するCO<sub>2</sub>はある程度燃焼されたものと考えられますので、自然界の地下微生物由来のCO<sub>2</sub>と見分けがある程度は付くのではないかと思います。ぜひこの項目の中に同位体分析を入れることを要望いたします。

○山地座長　いかかですか。予算との関係もあると思うのですが、同位体比をはかるのはそれほどでもないと思いますが。

○石井補佐　おっしゃるとおり、予算との関係はあるのですけれども、先生のご指摘を踏まえて、可能な範囲で取り込みたいと思っております。

○山地座長　ほかにはいかがでございましょう。もう終わりのほうですから、全体を通したコメントとか質問でも結構でございます。

松橋委員、どうぞ。

○松橋委員　異常事態発生という中にCO<sub>2</sub>の大規模な漏えい、漏出というのがあるのですけれども、ちょっと私、聞き漏らしてしまって恐縮なのですが、13ページの圧入前モニタリングのほうで、図の中で左のほうは地層のシミュレーションということで、これは今日、大分お話を伺って、専門家ではないながら、それなりに理解できたのですが、右側のほうで、つまり大量に漏えいして、海底からぶくぶくと万一出てきた場合の港湾内の流況シミュレーションというのがこれに当たるのではないかと思います。こちらのほうは今、どういう状況になっているのか。万一出てきた場合でもうまく海洋の中で拡散してくれて、それほど居住している、あるいは船などには影響がないのだというようなこと



の担保がとれているということが望ましいと思うのですが、このあたりを伺いたいところ  
でございます。よろしく申し上げます。

○JCCS（阿部） 今ほどのご指摘の点ですけれども、まず苫小牧地点で実際に具体的  
な流向、流速等をはかってやるというのは、今後実証試験として決まったらやるべきこ  
とだというように考えておられて、今現在、非常にモデル的な検討を行っているという  
ことと、それからもう1つ、このフローの中に書いてございますのは、実際問題としては、  
そんなに大規模に出てくるということは考えられないので、そういうシミュレーションを、  
そこまでやることは考えていなくて、ここに書いてございますのは、どの辺の範囲で観測  
をしたらいいのかということを導き出すためにシミュレーションをやろうというように今、  
考えているということです。それで、流向、流速のシミュレーションは、もう既にいろい  
ろなところでモデル検討等も行われているということで、ツール自体はあるというように  
考えておりますので、あとは測定をして、そこできちっと予測をしていくというのは、今  
後やっていきたいと考えております。

○松橋委員 海洋流体の専門家からすれば、この地形とかデータを入れればできるも  
のだというのはわかるのですけれども、やっておられるという認識でよろしいですか。今  
のだと、必要ないのでやらないのだというようにちょっと聞こえてしまったのですが、万  
が一のことを考えて、一応やっておいたほうがいいのではないかとと思うのです。つまり、  
やればできることなので。海洋と海底の地形のデータさえあれば、本質的に難しいことでは  
ないですし、万が一の安心のためにやっておいたほうがいいのではないかとと思うのです。

○石井補佐 当然、これはやります。ただ、今は簡易的にモデル化したものをつくって  
検討を進めている段階です。実際は、精緻なシミュレーションをした上で、環境大臣に海  
洋汚染防止法に基づいて、CCS実施に係る許可申請をする必要があります。その際には、  
そういったシミュレーションが必要になりますので、今やっている簡易的なモデルを、よ  
り精度を上げたものをやった上で、環境大臣に許可申請する際に提出すということござ  
います。やらないということは決してございません。

○山地座長 澤田委員、どうぞ。

○澤田委員 ページで行くと7、8、9ぐらいなのですから、例えば8ページのイ  
メージといいますか、これは例だろうと思うのですが、先ほど今日の資料4の13ページに  
産総研のほうでご提案なさっていましたけれど、要するに地震のモニタリングする範囲を  
どのぐらいの範囲というようにお決めになっているのでしょうか。つまり、知らなければ

いけないデータとして蓄積、あるいは監視しなければいけない範囲というのは、どの程度のエリアを考えておられるのでしょうか。

○ J C C S ( 棚瀬) 8 ページの図をみていただくとわかりますように、ちょうどこれ、2.5キロという円を描いてございますけれども、我々が一番この中でメインのターゲットとして考えているのは、1つは、この円の真ん中に滝ノ上層T1部層のCO<sub>2</sub>の広がりを書いてございます。これが深さとしては2,400~2,500から下にCO<sub>2</sub>が入る形になりますので、それにやや隣接する形で萌別層がございまして、今日、いろいろと前段の説明でもございましたように、もしも微小振動が発生するとすると、滝ノ上層に発生する可能性がより高いということも考えまして、ここでは滝ノ上層の中で発生した場合——もちろん萌別層も当然検知は可能でございますが、発生した場合の微小振動の震源を確実にとらえられるという形で、半径2.5キロで、このように圧入地点の真上と、その周りを取り囲むように海底地震計OBSを配置し、さらに陸上の地震計も設置しております。この間隔が2.5キロといたしますのは、深さに対して、ほぼ同じような形での振点間隔をもつことによって、これはかなり幾何学的な問題でございますけれども、正確に震源の位置が確定できるという考え方で、こういう配置をしております。

さらに、これは圧入の周りでございますけれども、上の黄色い丸2つは、先ほど説明もしていただきましたように、Hi-netの高感度地震計と同じような配置にしておりますので、これが実際には——この地域、実は幾つかのHi-netの配置が既にございます。先ほどのご提言にもHi-netの組み合わせ等々ございましたけれども、今実際にこの辺の配置をみますと、石狩平野の東縁断層帯の、ちょうどその周辺を取り囲むようにHi-netの地震計が4個ございまして、あるいは苫小牧の北のほうには千歳にもHi-netの観測点がございまして、それに加えて、この2つのHi-net仕様の観測点を加えることで、このあたり全体が、20キロないし、それより短い間隔での受振点間隔で、より広い範囲の、いわゆる自然地震等の観測もできるような体制になっております。

○ 澤田委員 ありがとうございます。

要するに、1つは圧入地点の周辺における微小振動をターゲットにするということと、それから石狩低地東縁断層帯の南部あたりを含む半径20キロぐらいの範囲を、既存の高感度観測点を補強する形で考慮されているということよろしいですか。

○ J C C S ( 棚瀬) 半径でいいますと20キロより大きいといたしますか、40キロぐらいの範囲で、特に東のほうに向けてのエリアは観測がカバーされているような形になろうか

と思います。

○澤田委員　それで結構だと思います。

そうしますと、2つあるのですが、ちょっと細かい話で、ここでいうのは必要ないかもしれないけれども、1つは、圧入地点の周辺でぼこぼこ起きるようなものに関しては、OBSが主体になりますよね。OBSは1年に3回入れかえてということですね。ということは、オンラインではないので、オフライン観測になりますね。そうするとデータは、3カ月おくれでようやくわかるということなので、それだと対応がおくれなかなという危惧が1つです。

それからもう1つは、陸上に2点のHi-net仕様の観測点ということなのですが、これは多分、2点あっても意味がないのです。1点で十分だろうと思います。むしろ静かなところを1点確保されたほうがいいのではないかというような感じがします。点数はともかく、あればあったに越したことはないかもしれませんが、そのような感じがします。だから目的に応じた最適な、例えば陸上だと、どうしても性能が悪いのです。この辺、多分堆積層でしょうし、非常に騒がしいところでしょうからね。それだったら、例えば7ページにある、観測井の中に地震計を突っ込むわけですね。これを高感度にしたほうがいいのです。高感度のものを使えば、性能が非常にいいものですから、そうするとHi-net仕様という話は要らないかもしれない。むだかもしれませんね。ですから、そういう意味で、こういう観測点をつくるときにはチェッカーボードテストというのをやるのです。チェッカーボードテストというのは、震源が、仮にここに起こったときに、どの程度精度があるかというようなテストの仕方があるのです。観測点の配置によりますから。あとSNと。そういうものをおやりになって、一番有効なものを観測の方式といたしますか、しかも経済的なというものをお考えになったほうがいいかなと思います。最後のほうはコメントです。

○JCCS（棚瀬）　ありがとうございます。先生ご指摘のように、1つは陸上の観測点、これはHi-net仕様でございますが、深度100メートルほどのボーリングを掘りまして、一応その下に地震計を設置する予定ではおります。そして、我々が今、一番期待しておりますのは、観測井に掘ります、少なくとも4点の高感度のセンサーで、これは3成分でございます。これでかなり正確に萌別層ないし滝ノ上層で、もしも微小振動が発生した場合には検知可能であると考えております。

○澤田委員　原理的に4点の、1つの線上に地震計を並べて、震源決定できないわけで

はないです。確かにできます。でも、精度は絶対悪くなるのです。震源決定の精度というのは、やはり取り囲んで、真上に地震計がないと精度が悪い。1つの地震計に対して、深さが決まるのは45度以内であるという簡単な普通のあれがあるのです。ですから、このようにライン上に4点も並べても、位相の違いから、あるいは振幅の違いから、少しずつやろうかということだと思えますけれども、非常に精度は悪いです。震源の正確な位置が決まらないと思えます。ですから、ここら辺は2点ぐらいでもむしろいいくらいです。1つはスペアを考えてということになるのですけれども、その辺は細かい話ですのであれですが、これだけでは震源決定は求まらないと思えます。

○石井補佐　　OBSについては、先ほどの先生のご指摘を踏まえまして、当初我々、OBCを連続でデータをとることで十分精度が担保できると考えていたところですが、より高い精度で連続データを測定するという観点からOBSにより連続データを採集していきたいと思えます。その場合は、例えば、船の運航ルートとか投錨などもありますので、そういうところを避ける形でやることになるのですけれども、OBSのデータも連続でとれるようにして、震源を決定するときに役立てるといのようにしたいと思えます。

○澤田委員　　連続でとられるのだったら、それに越したことはないと思えます。大変結構なことだと思えます。

○山地座長　　ほかにはいかかでございますか。

徳永委員。

○徳永委員　　長岡のときには、圧入井の比較的近いところに観測井を置いて、例えば今日もご説明いただきましたけれども、時々採水をしたり検層をしたりして、どのように挙動しているかというようなことを検討してこられたと思うのです。それは実証という意味ではやはり重要で、今回、滝ノ上層のように非常に不均質なところで流体がどのように挙動するかということ調べるという意味でも、そういうデータをとることも1つの考え方だと思うのです。今回のモニタリングですと、温度・圧力ははかるのですけれども、それ以外にも、今までRITEさんが蓄積されている成果に基づいて、こういう計測をすればいいというようなことがあってもいいかなというように思うのです。それらの項目を入れなくても、今回の実証では十分に必要な目的は達成されるということなのではないでしょうか。それとも項目を加えるということは考えられるのでしょうか。

○JCCS（阿部）　　まず萌別層につきましては、長岡と同じような砂岩層堆積物ですので、長岡の成果を活用させていただいて、こちらのほうは、長岡ではできなかった3D

弾性波探査で広がりをとらえるということが可能になると思っております。

もう1つ、前回もご指摘ございましたが、滝ノ上層については火山岩貯留層ということですので、まだ正直、具体的に長岡のような試験をやるという計画にはなっておりませんが、今現在ある仕様の中で何ができるのかというのを引き続き検討させていただきたいと考えております。

○徳永委員　ぜひよろしく願いいたします。

○山地座長　ほかにはいかがでしょうか。

斎藤委員、どうぞ。

○斎藤委員　ちょっと戻るのですが、資料3の7ページ目でCCS-1で浅いところ、間隙水の比抵抗が高くなっているというお話で、お話しのご歴史から考えて当然だとは思いますが、これは、例えば同位体とか年代測定みたいなのはされて、要するにサンプルをとらえて実証されているのでしょうか。

○JCCS（阿部）　いえ、資料等とってございませんので、萌別層、あるいは滝ノ上層につきましても、圧入井を掘削するというときにはぜひとも可能であれば資料を採集して、同位体等の分析をしていきたいと考えております。

○斎藤委員　それと、今のご質問にもありましたけれども、OBSだけが圧入後にはなくなるという理由は、コストとか、そういうことだったのでしょうか。

○石井補佐　OBSのところは費用対効果、特にコストのところでございます。OBCで連続測定できて、それなりの精度が担保できるだろうというように判断していたのですが、そこについては実証試験後も半永久的に置いておくというのはどうなのかというところも含めて、実証試験後の話も検討していきたいと思っております。

○山地座長　ありがとうございます。いろいろ貴重な意見をいただきました。

ほかにご発言のご希望はございますでしょうか。特にないようでしたら、その他という議題がありますので、そちらへ進ませていただきます。

では、事務局から、その他について、お願いいたします。

○石井補佐　本日配付いたしました資料6「今後のとりまとめプロセス（案）」についてご説明させていただきます。

資料6をご確認ください。本検討会のとりまとめでは、評価報告書（案）とこれまでの議論を踏まえた「実証試験計画（案）」を提示することとし、今後、とりまとめに向けて以下のとおり進めることとしたいと考えております。

1つ目、各委員からの評価コメントのとりまとめ。これまでの議論を踏まえて、各委員から「貯留層総合評価」及び「実証試験計画（案）」の妥当性並びに実証試験実施に当たっての留意点についてコメントをいただきたく考えております。既に先生方にはお送りをしておりますけれども、12月2日金曜日の16時までにご提出いただければと思います。

2つ目、評価報告書（案）の作成。これまでの議論及び各委員からの評価コメントを踏まえ、事務局にて評価報告書（案）を作成するとともに、必要に応じて「実証試験計画（案）」を修正します。

3つ目、第4回検討会でございますけれども、これは12月15日の開催予定でございます。評価報告書（案）及び必要に応じて修正しました「実証試験計画（案）」についてご議論いただきたく考えております。なお、評価報告書（案）及び必要に応じて修正した「実証試験計画（案）」は、各委員へ事前に配付いたします。

以上でございます。

○山地座長　　ありがとうございました。

ここにあるように、12月2日の午後4時までにはコメントをいただきたいということと、それから次回は12月15日で、評価報告書の案と、それから修正した実証試験計画（案）についてご審議いただくということでございます。

事務局から何か、その他議題はございますでしょうか。

○石井補佐　　報告事項でございますが、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ご確認を踏まえた上で、原則1カ月以内に作成をしまして、同様にホームページ上で公開いたします。

次回の開催でございますが、先ほど申し上げましたとおり12月15日木曜日になります。開催時間は本日と同じく14時から17時を予定しております。

ご報告事項は以上です。

○山地座長　　ありがとうございました。

ということでございます。ここで第3回の検討会を終了したいと思いますけれども、ちょっと発言を忘れたという場合には、事務局のほうにご意見等出していただいで結構ですので、そのようにお願いします。

それでは本日の検討会、これで終了します。どうもありがとうございました。

——了——