

海底表層メタンガスハイドレートの地質

棚橋 学 独立行政法人 産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門 主幹研究員

と き：平成 25 年 2 月 15 日（金）

ところ：都市センターホテル 704 号室

講師のご紹介

昭和 53 年 名古屋大学大学院理学研究科地球科学専攻修士課程修了

昭和 53 年 通商産業省工業技術院地質調査所に入所

海洋地質部、燃料資源部で、海洋地質調査、燃料資源地質研究に従事。

平成 5 年 博士(理学) 名古屋大学

この間石油公団に 2 回出向(合計 4 年間)

平成 13 年 独立行政法人産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門

燃料資源地質研究グループ長

平成 17 年 地圏資源環境研究部門副研究部門長

平成 24 年 地圏資源環境研究部門主幹研究員

産業技術総合研究所の棚橋と申します。今日はよろしくお願ひいたします。今日は、表層のメタンガスハイドレートについて、現状でどのようなことが分かっている、これから何をすべきかということのご紹介をさせていただきたいと思ひます。

後で出てきますが、日本のメタンガスハイドレートの開発研究事業というのは、2001年（平成13年）ぐらいから始まっています、現在、愛知県や三重県の沖合の東部南海トラフで海洋産出試験のオペレーションをしている最中ですが、その研究開発と並行というか、少し遅れて表層のハイドレートの研究もしています。今日はその両方の関係などもご紹介しながら進めたいと思ひます。

##

まず、産業技術総合研究所のご紹介を簡単にさせていただきます。いろいろご紹介して、今後機会があれば利用させていただきかけになればと思ひます。

産業技術総合研究所には、研究者が2500人ぐらいおります。その中に6つの分野に分かれ50ぐらいの研究部門や研究センターといった研究ユニットと言っているものがあり、我々の部門は、そのうちの80名程度で、全体の30分の1、40分の1程度の規模の陣容です。

都心から行くと1時間少しかかると思ひます。つくばエクスプレス線の終点のつくば駅からバスで15分ぐらいかかりますが、つくば研究センターと言っている施設がありまして、そこに地質の研究分野が集まっています。昔はここが地質調査所という名前での一つの研究所でした。産業技術総合研究所全体では年間の研究予算が約1000億円の規模です。

つくばのほかには、東京の霞が関に本部があり、全国に札幌、仙台、名古屋、大阪、広島、福岡など九つの研究拠点があります。

##

次に、地質の分野のご紹介です。地質調査総合センターという名前での幾つかの研究ユニットがまとまって研究しておりますが、私どもは資源研究、地圏環境の利用保全といったことをやっております。研究職員が70~80名で、学生さん、アルバイトも含めて150人います。

また、地質情報研究部門というのがあります。これは日本中の地質の一般的な構成や、どのような岩石でできているとか、火山の研究、化石・鉱物の研究をしています。

このほか、地震活断層研究センターというのがありまして、研究職員は55名という小さい規模ですが、非常にたくさんのポストドクターのような研究員が所属しており、現在は津波堆積物の研究などを行っています。活断層の研究をしている人たちが、東日本大震災の前に1000年ぐらい前の貞観地震の津波堆積物の研究をして、非常に大きな津波が東北に起こるということを警告して、自治体などに説明に回り始めたときに地震が起こってしまって、少し遅かったということですが、そういう研究をしているところです。

この三つの研究ユニットを合わせて、産業技術総合研究所の10分の1程度の規模でいろいろな研究をしているという状態です。

##

続きまして、私どもの部門の外部資金の推移です。通常は、交付金というのがありまして、大体研究員の数に比例して配分されて基礎的な研究をするわけですが、このほか、社会的な要請があるような研究については、外部資金でやっています。

私どもは地下の、地面より下の資源と環境の研究をするということで、安全規制に関する研究なのですが、放射性廃棄物の地層処分に関係した研究です。これは原子力安全保安院今の原子力規制庁からの委託研究でやっています。

あと、地中貯留という研究もやっています、CO₂の地中貯留です。CO₂を地球温暖化対策のために地下に処分するための関係する研究です。

それから、今日の主題でもあるメタンハイドレートの研究ですが、2009年からメタンハイドレート研究センターというメタンハイドレートの開発研究に特化した研究ユニットができて、そちらで研究を行っています。

このほか、これは私が直接関係している仕事ですが、メタンハイドレートに関する地質の関係の研究をしています。

あとは地層処分という研究がありますが、これは、高レベル放射性廃棄物の地層処分の研究ですが、これは資源エネルギー庁からの委託研究です。

国の原子力政策の見直しの中で、同じ部署で、それぞれ規制側と推進側との予算を一緒に使ってやるのはどうかという議論がありましたが、それを受けて、地質の分野の中で、資源エネルギー庁の仕事をするのは我々、規制庁の仕事をするのは、先ほどのもう一つの地質の研究ユニットの地質情報研究部門というように分かれました。

あとは土壌汚染です。これは今日ここにおいでの方のところにも関係するのですが、土

壤の汚染、特に昔、金属鉱山の開発をしていたような所の周辺や下流域に重金属などがどのように分布しているかといった研究をしていて、県単位で、富山県、鳥取県、宮城県などの土壤環境図という図面を出したりしています。

鉱物研究も行っていて、レアメタルについてですが、金属鉱物資源の研究です。この研究費が最近大きくなっていますが、これはレアメタル・レアアースなどの不足が叫ばれて対策研究をする必要があつて、2011年度から非常に増えています。間もなく今年度は終わりますが、今年度はレアメタル関係だけで10億円以上の予算を頂いて、総額では16～17億円の資金を頂いて仕事をしています。

あとは地熱です。これも2010年あたりから研究費が増えています。産業技術総合研究所が始まって(2001年～)2年ぐらいは地熱の研究が続いていたのですが、それから10年ぐらいはほとんど何も外部からの予算ではできなくなっていたという状況でしたが、最近のエネルギー関係の見直しということで、2012年度にはかなり研究費が増えて、また来年度からも増えていきます。産業技術総合研究所で新しく福島の方に新エネルギー関係の研究拠点を定めることが決まっております、そちらで地熱の部門の研究もできるということで、2013年度からまた増えていきます。

あとは地下水の研究です。これはいろいろな意味の地下水ですが、地下水の研究というのは、農水省関係や国交省関係などいろいろありますが、経産省の関係の地下水研究は我々が中心になってやっています。

それでは、本日の演題であるハイドレートの話をさせていただきます。

#2

本日の内容を箇条書きにしてありますが、主に政策的な研究計画とメタンハイドレートとの一般的な特徴について、お手元の資料では21番目のスライドまで。それから、海底表層メタンガスハイドレートについての一般的な話と、2010年に行った地質調査の結果等について、これがお手元の資料では45番目までのスライドです。その後、46番のスライドから表層ハイドレート資源ポテンシャル推定の課題と今後の探査手法をご紹介しますと思います。

#3

まず最初に、地下資源や何とか鉱床という言葉が普通によく聞きますが、今現在、メタ

ンハイドレート鉱床などと言うと、専門家の中には怒る人もいます。というのは、鉱床や資源と言うからには、金属や石油天然ガスなど役に立つものが集まっていて、採掘して採算が取れる、きちんと利益が出て、商業活動の対象になるものが資源であって、何とか鉱床と呼べるものであると。そういう意味では、沖縄や小笠原の方に金属の海底熱水鉱床という集まったものがあるのですが、今現在採取をして、それで利益が出る段階ではないということで、そういうものを鉱床と言ってよいかというのはなかなか難しいところです。

この辺の言葉の使い方については問題ですが、理化学的な観点から言いますと、ここでは『理化学辞典』というものの定義から言いますと、「特定元素又はその化合物の地殻における異常濃集体」と。こういう意味では、皆、異常に濃集しているものですから鉱床と言っても別に間違いではない。英語では何とかデポジットと言って、物がたまっているということで、経済的な価値を込めているわけではないので、そういう意味での鉱床という呼び方をしても構わないだろうと私は思っております。

##

次に、非常に一般論ですが、日本の周辺の地形です。陸地が緑で水深が 1000m までを黄色にしています。大陸棚と普通に言っているものプラス、若干ということです。1000m というのは、ハイドレートの話で言いますと、高い圧力、低い温度というのがハイドレートの存在する条件になっていますので、1000m 前後から下。上は 700~800m、600m でも存在はできるのですが、よく見られるのは 1000m 前後が多いということからいいますと、黄色と白との間ぐらいの水深の前後に多いと言えらると思います。

#4

次に、日本の大陸棚の延伸という話が時々ニュースなどで出ていたと思いますが、普通に地理学や地形学で言っている大陸棚とは別に、法律的大陸棚、国連海洋法という決まりがあるのですが、それに従った大陸棚の定義をして、それに合わせてみると、EEZ の外側にどのくらいか延ばしてもいい。そういうところで地下資源があれば、それは沿岸国という元の方、EEZ を測っている領海のベースラインから 200 カイリより、さらに先まで地下資源の開発の権利を沿岸国に与えるという決まりがありまして、2004 年に、閣議決定だと思えますが「大陸棚確定に向けた基本方針」というものが出されて、その後、JCG（海上保安庁）、国交省、JAMSTEC（文科省）、経産省では産業技術総合研究所と JOGMEC が必要な調査

を行いました。2004年より前からやってきまして、2008年11月に国連に延伸の申請をしました。

その結果、昨年4月27日に勧告が出されて、これは新聞記事の一部ですが、こういう部分については延伸を認めると。まだペンディングになっているところもあると。認めなかったところ、この辺は認めていないですが、そういう話がありました。

#5

この大陸棚の確定に関係するのですが、いろいろな海洋国家が海洋資源の管理や、開発できるものであれば開発するというので、関心が高まって、どの国もそうですが、日本も海洋調査、海洋開発を進めていかなければならないという気運が高まって、海洋基本法というものが2007年にできています。2004年ごろに話題になって、こういうものを作らなければならぬということで、2007年に成立しています。

その海洋基本法の中には、いろいろなことが書いてあるのですが、海洋の基本的な政策をどのようにするかという海洋基本計画という計画を国として作って、海洋の調査や研究、教育、海運関係の人材の育成などいろいろなことについての基本計画を作れということが決まっていて、これは基本法ができた翌年にできました。そして現在、丸5年たって見直せということで、多分、今年度末か来年度の初めに改訂版の基本計画が出されるという状況になっています。

#6

2008年にこの基本計画が閣議決定されているのですが、海洋基本計画の中に、「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画（仮称）」を策定し、その計画の下で排他的経済水域等に賦存する石油・天然ガス、メタンハイドレート、海底熱水鉱床の探査・開発を着実に推進するという計画が決まり、現在、それが続いているわけです。この中では、「メタンハイドレート及び海底熱水鉱床について、今後10年程度を目途に商業化を目指す」と。目指すのはいいのですが、これは本当にできるのかというのは、関係者の間では心配というか、このためにはいろいろなことをやらなければいけないということで頑張っているところです。

#7

これは、経産省のホームページに資料が置いてありますが、「海洋エネルギー・鉱物資源

開発計画」の説明資料の図面です。ここでは三つの鉱床についての計画が書かれていますが、メタンハイドレート、海底熱水鉱床、石油・天然ガスというものがあります。これらは位置付けがかなり違って、石油・天然ガスについては、私が関係しているだけでも30年以上、戦争直後からもやっていますし、戦前から石油の開発は陸ではやってきて、海でも戦前から秋田などでは開発もされています。非常に長い歴史があるのですが、海洋エネルギー鉱物資源開発計画の中で新たな位置付けがあつて、この10年程度で、どのように何をやっていくかというようなことがここに書かれています。

海底熱水鉱床やメタンハイドレートについては新しいもので、特に現在、資源として採取されたりしているわけではなくて、これらが、どのように存在していて、どのように開発できるかということ、この計画の中で進めていくという話です。ここで気を付けていただきたいのは、メタンハイドレートについては、「分布する水深」で、「水深1000m以深の海底下約数百m」と書いてあつて、これは後で言います東部南海トラフで現在海洋産出試験をしている、それらのことを言っています。水深はいいのですが、海底下、もっと浅い所のものが表層ハイドレートということで、今日の主題になるわけです。

#8

次に、メタンハイドレートについて、簡単に一般論を言います。

どのようにしてできるかということ、メタン生成微生物に作られた微生物起源メタンが多い。それだけではなくて熱熟成のハイドレートもある。上越沖フラクチャ充填型など書きましたが、これは表層型のもですが、そういうものもあります。ただし、メタン生成プロセスや濃集帯形成プロセス等、起源についてはまだよく分かっていないものであるということです。

どのように存在しているかということ、砂層の砂粒子間の孔隙を埋めている。孔隙充填型と言いますが、これが東部南海トラフなどに多いと思っています。ほかに断層に伴う割れ目を埋めているフラクチャ充填型や、海底表層の泥質堆積層を押し上げているタイプのものもあります。この二つ目、三つ目は、表層型に多く含まれます。

どのように探査するかということで、ここに書いてありますが、地震探査、掘削調査というもので四つの指標がJOGMECのいろいろな検討の結果、分かっています。これは砂層充填型についての説明ですが、混濁流堆積相、ちょっと聞き慣れないものかもしれません。乱泥流とも言いますが、海底で川から運ばれて、いったんたまった砂や泥が地震や大雨、

洪水などが起こったときに、何かのきっかけで斜面を駆け下って、粗い砂などが深い海まで運ばれる現象があります。そういった現象で生じた堆積物（地層）の中にハイドレートができてることが多い。

なぜそういう話になるかという、ある程度水深が深くないと、ハイドレートはできないということがありますが、川の河口から砂や泥が運ばれて海に出て水深が深くなってくると、運ぶ力が非常に弱くなって、そこで沈んでいきますので、大陸棚などにほとんどたまってしまいます。そのままだと沖合の方には砂はあまり行きません。それが混濁流（タービダイト）というような現象、地震や洪水のときに大陸棚にたまっていた砂が斜面を駆け下る。そして深い海にそれなりに広がる。そういった所にたまった砂の層の中にハイドレートがたまる。そういうものが資源としては好適であるということで、そういうものを探るのが重要ということをうたったわけです。

##

メタンハイドレートとはどういうものかといいますと、基本的には氷です。氷というのは、普通に我々が冷蔵庫で作るような氷のほかに、圧力が高くなったり、温度がもっと下がったりすると、結晶としては物が変わっていきます。ただ水だけの氷でも、幾つかの結晶があるのですが、その中にガスや別の化学物質が混じると、できる氷がいろいろ変わってくるわけです。ガスが入る氷というのは、氷が作られていく過程でメタンガスの入った氷ができることがあるのですが、その場合に、この氷のことをメタンガスハイドレートと言います。

この絵では、 H_2O というものは、青が (O) で、白いポツが水素 (H) です。ですから水素が二つで酸素が一つあれば普通の水で、それが氷の結晶になるのですが、その中にメタンガスのようなものが入っていると、メタンガスの一つの分子の周りに水の分子が集まって行って氷を作る。そういう場合には、ただの氷を作るよりも、メタンガス分子のまわりに空間を作るように水の分子が集まるわけです。こういうものがわっと大きくなって結晶になるわけですが、割合として、メタンが一つに対して水の分子が 5.75 個ある。こういう割合でメタンと水が氷を作るということです。

水の方は確かに氷なのですが、メタンの方はかごの孔（あな）の中に浮いている状態です。だからほかの分子として結合しているわけではない。そういう変わったものです。これは 200~300 年前からあるということは分かっている非常に歴史の長いものですが、そう

いうものが自然に海の底や北極に相当の量、存在しているということは、この20～30年ぐらいで分かってきたことです。

1m³の純粋なメタンハイドレートがあるとしてそれを全部分解すると、温めたり圧力を下げるということで分解してしまうのですが、水が8割ある、0.8m³になって、残りの部分は理想状態で172m³のメタンガスになる。孔ができて、かごの中にすべてメタンが入っていれば172m³になるのですが、実際には欠陥があってガスが足りないので、普通は160～165m³と考えています。

ほかにメタンハイドレートの特徴についてですが、低温・高圧で安定である。体積の方で164倍程度と書いていますが、そのぐらいのメタンを含む。それから永久凍土域深海底に膨大な量が存在している。それから冷湧水系や化学合成生物分子を伴う。

それから、地すべりの原因になるという説があります。本当にはっきり分かったものはそんなにないのですが、そういう説があります。また、地質時代には地球温暖化を加速したのではないかという説もあります。

あと、石油・ガス工業の障害物質である。障害というのは、深い海で石油・天然ガスを開発しようというときには、その開発しようという場で、ハイドレートが関係したトラブルが起こり得るということです。メキシコ湾で2年前、マコンドという深い海での天然ガス、石油を採取しようとしていて、ディープウォーター・ホライズンという掘削リグが爆発を起こして沈没して、たくさんの方が亡くなっただけではなくて、原油・ガスの流出が止まらなくなったという大きい事故があったのをご記憶の方は多いと思いますが、その事故の原因もハイドレートが関係しているという見方があります。気を付けないと、いろいろ厄介なことがあります。

それから、工学的な応用が期待されている。簡単に言いますと、LNGで天然ガスを輸送するというやり方が今は一般的に行われていますが、ハイドレートを作って運搬してガスを取り出すというやり方が今研究されていて、実験的なものがされています。それから、資源として使えるのではないかという期待があります。そういった特徴があります。

#9

低温・高圧で安定ということを簡単に説明しますと、下に圧力が高くなっていき、水深も大きくなっていく。海面から下の方へ絵が描いてあると思ってください。そこでメタンガスと水が存在している場合に、圧力が高くなっていくとどのようなようになるか。温度によっ

てそれが違うわけですが、例えば 10℃ ぐらいの水とメタンガスを圧力をかけていきますと、この辺の圧力でハイドレートになります。ですから、この線より下側ではハイドレートが安定な状況です。この線より上は水とメタンであるとか、0℃ よりも冷たい場合は氷とメタンということになります。0℃ より冷たいところで圧力が上がっていくと、かなり浅い所でハイドレートができます。こういうところは、北極圏や南極などの極地になります。普通の海の場合には、どんどん冷やしていくと、ある程度の温度のところでは、ここで言いますと、50 気圧であれば 500m ぐらいということになります。そういったところでハイドレートができるということになります。このように深海一般の所でこういう条件が成り立つということです。

#10

ハイドレートの分布、世界的には、ほかにどのような所でハイドレートがあると確認されたり推定されたりしているかという地図です。これには、ある所も、ない所もあるように描いてあるように見えますが、基本的には深い海であればどこにあってもおかしくない。それだけではなく、陸からある程度近くないといけない。それはハイドレートを作るメタンの素は何かということになるわけですが、それは普通に考えられているのは、陸から運ばれた有機物が何かの形でガスになって、ハイドレートになったことを考えますと、世界の陸の周囲の水深が 1000m 前後といった所にはハイドレートはあってもおかしくないということです。

ここに円グラフがあります。この絵がどれだけ正しいか、私もよく分からないのですが、この円グラフは、地球上の炭素がどのように存在するかということで、その量が大体こんなものではないかという、ある人の推定です。ガスハイドレートの形で存在するものが半分、そのほか化石燃料（石油・天然ガス・石炭）が半分程度、残りがその他という、そのくらいハイドレートの形で存在している炭素の割合が多いのではないかという推定をしている人がいます。これは否定するにも肯定するにも証拠がそろっていないので分からないのですが、そのくらい普遍的にハイドレートが存在しているということです。

#11

次に、ハイドレートの産状です。実際に物を取ったらどのように見えるかということです。これはカナダで日本から石油公団と石油資源開発が、あとはカナダの地質調査所やア

アメリカの地質調査所が一緒になってボーリングをしたときのサンプルです。ボーリングでコア（円柱状の試料）を取るわけですが、そこが霜が降ったように見えています。

これは割ったところですが、ここに砂粒のようなものがありますが、その間に雪や氷のように見えているものがハイドレートです。左側は砂層の孔隙を充填しているタイプです。

右側は純粋なハイドレートが海底に白っぽく存在している所があります。これはカナダのバンクーバーの沖の例です。日本でも上越沖などでは純粋なハイドレートが存在している場所もあります。

#12

次に、ガスハイドレートの天然ガス資源としての位置付けはどのようなものかということです。

左の小さい図では、アメリカの天然ガスについては、Produced というのは既にこれだけ生産してしまっただけです。その下は、普通、埋蔵量と言っているものです。その下には開発が難しいものを書いてあって、新しいフィールド（まだ見つかっていない新しいガス田）がどこかにあるだろうと。それから CBM というのは、石炭層から取るコールベッドメタンです。それからタイトガスサンドやガスシェールと書いています。ガスシェールというのは、シェールガスと言って、よくニュースなどで出てくるものです。こういったものは非在来型で、上の埋蔵量として今までは数えていなかったものが下側にあるわけですが、そういった幾つかのタイプの天然ガスが、開発にコストがかかるけれども量が多いと考えています。

その下の方に、Emerging future resources と言って、これも今は簡単に見つからないけれども取れる可能性が将来出てくるだろうというのが緑の部分となっています。

そのまた下にガスハイドレートや、そのほかと書いてあって、資源としての品質が高いものが早く生産されて、もうなくなっていますし、品質が悪い、低いものはハイドレートで開発に行くのは一番最後になっていくという発想で書いてあります。量的なものも簡単に見積もられています。Lower-48 States というのはアメリカの本土のことです。ガスハイドレートがここになります。

ガスハイドレート全体の中で資源としてどんなものかというのは、また別の人が書いています。右下が在来型天然ガスの資源ピラミッドと書いてある、左上のこの辺に相当するのが、これです。

ガスハイドレートだけを見ると、このように書いてあり、一番開発が簡単そうなのが、

Arctic sandstones under existing infrastructure で、これは北極圏での砂の層の中に入ったハイドレートで、infrastructure（既存のガス田や油田のパイプラインなど）があって、そこにうまくつなげば、すぐに生産ができるという、一番取りやすそうなものは、このくらいではないかということになります。その次が、Arctic sandstones で、インフラから離れた所で、少し条件が悪くなった所では、このくらいです。その次に書いてあるのは Deep-water sandstones ですが、これが黄色の部分で、深海の砂の層からです。先ほどから言っています東部南海トラフで海洋産出試験をやっていますが、そういう所のものです。

その下に Non sandstone marine reservoirs with permeability というのがあって、その下に青で囲ってあるのが Massive surficial and shallow nodular hydrate (unknown) と書いてありますが、これは量は不明であると。Massive surficial というのは、先ほどバンクーバー沖の写真であったような、海底の下に塊であると。そういったものがあるとしたら、この辺ではないかと。

そのほかに量として一番多いのは limited permeability。Permeability という言葉は石油ガスでよく使うのですが、砂の層の中をガスや水がどのくらい流れるのかという浸透率の話ですが、浸透率が限られている中にハイドレートとして存在しているものが、量は非常に多いだろう、ただ、開発は難しいでしょうということです。ですから、ここで注目すべきは、表層のハイドレートというのは、そんなに簡単には取れないでしょうと見るのが、ある論文の著者たちが考えているだけの話ですが、そう簡単ではないですよということです。

#13

次に、どのような探査をするかということいろいろありますが、簡単に言いますと、ハイドレートの調査では地震探査が重要です。BSR（海底疑似反射面（Bottom Simulating Reflector））という特徴的な反射が見られます。

#14

これは地震探査の断面ですが、海底がここで、海底と平行したような反射面がありますが、これを BSR と言います。

#15

これはカナダでボーリングして得られたハイドレートの層がどのように見えるかということですが、これはボーリングして、そこで測った地層の電気抵抗の高い所が白くなっていると思っていただけたらいいのですが、地下では元海水という地層水が存在している場合が多いわけですが、その場合には塩分がかなりあって電気伝導が高いという状態ですが、ハイドレートが存在すると、ハイドレートは氷なので、塩分を外へ押し出します。ですから、ハイドレートが存在している所は白っぽく見えて、抵抗が大きいというような状態です。そういうものを測って、どの程度ハイドレートが存在しているかを見積もったりします。

#16

これはハイドレートの開発計画ですが、海洋エネルギー・鉱物資源開発計画で書かれていた説明です。現在、平成 21 年度～平成 27 年度の第 2 フェーズという中であって、平成 24 年度は第 1 回の海洋産出試験をしています。

#17

これは分かりにくいので、こちらを見た方が何年に何をしたかがよく分かるのですが、現在、平成 24 年度末ですが、海洋産出試験をしています。どんな試験をしているかというのを簡単にご紹介します。

#18

その前に、日本周辺で BSR という地震探査で出しているハイドレートの兆候の分布がここに書かれています。これが JOGMEC を中心にやってきた日本周辺でのメタンハイドレートの存在の可能性を 2009 年の時点でまとめたものです。

ここで赤い色で描いてあるのが東部南海トラフと言って、一番集中的な調査をした所です。

#19

ですから、ここの中で一番良さそうな所を選んで、現在、海洋産出試験をしています。これは 2009 年から計画を作って、一昨年度に事前調査をやり、昨年度には掘削ボーリングを始めて、今年度末に産出試験をしています。時間もお金も非常にかかる大きな仕事です。

#20

どのようにしてガスを出すかという話ですが、聞かれたことのある方がおられると思いますが、地層の中の圧力を下げる。これはどのようにするかというと、ボーリングをして、ポンプで水をくみ上げると、ポンプの水を吸い上げることで地層の中の圧力が下がっていくので、圧力が下がるか温度が上がればガスハイドレートはガスと水に分かれるということで、ここで分解をさせます。それをくみ上げていくと、水とガスの状態で上がってきます。そのガスをどれだけ取れるかということが今の計画の目標の一つです。

このような減圧法でガスが取れるかどうかというのが一番重要で、その先、どの程度の速さで取れるかということをはっきりさせるための実験を今やっています。

#21

どのような場所でやっているかということ、これは反射法の断面ですが、BSR という層境界、この面より下ではハイドレートは存在しなくて、ガスと水に分かれている。上の部分はハイドレートが存在して、この部分に濃集帯があるということです。

地層としては、陸で言えば、房総半島にこのような砂っぽい地層、上総（かずさ）層群があります。これで 10m 程度の崖なのですが、このような地層です。

#22

次に表層ハイドレートの話をしなければいけないのですが、ここでメタンハイドレートに関連する考え方です。

#23

メタンハイドレートの公式のプロジェクトを進めていく上で資源エネルギー庁が開催しているメタンハイドレート開発実施検討会があるのですが、そこで昨年 6 月にこういう資料が出されています。ホームページでこの PDF を見ていただければ分かりますが、これは資源エネルギー庁がメタンハイドレートの開発研究を今どのような考え方でやっているかということが書いてあります。これだけはちゃんとご説明したいと思います。

三次元の物理探査船「資源」で探査結果が出て、それを踏まえて、国の事業による試掘海域として佐渡南西沖を選定しました。漁業調整などが終わり、試掘調査をすることを昨

年6月18日に公表したわけですが、佐渡南西沖での試掘調査は、今年の4月から6月の3カ月間で行います。その後、調査により取得したデータの解析・評価を平成27年度末に終わるということが書いてあって、これは在来型と言っている石油・天然ガスの調査ということで、新潟県や富山県の方はよくご存じかもしれませんが、そういう調査をやるという発表がありました。

#24

一方、メタンハイドレートの関連の調査については、基本的な方向性として、減圧法で回収する方法が有効であるというように考えています。これは陸上産出試験という、先ほどのカナダのボーリングで行い結果を出してきたという経験があり、それを有効と考えて、それを東部南海トラフで提供していきたいという考え方です。

#25

一方、表層型メタンハイドレートについて、こういう言及がされています。

表層型のメタンハイドレートの採取については、一部で小規模な実験が実施されている。ただし、環境面等も含めさまざまな課題があると考えられ、現段階では実用化されている技術はないと認識している。このため、表層型のメタンハイドレートについては、当面は、国よる生産技術の開発の対象とはしていませんが、我が国周辺海域のメタンハイドレートの賦存状況の調査の一環として、平成22年度に新潟県沖等において表層型のメタンハイドレートの試料の採取を行い、メタンハイドレートの形成メカニズムの分析等の科学的調査を行うなど、表層型のメタンハイドレートの研究も進めていきますと書いてあります。これが私どもに関係しているところになります。現在、開発技術はまだ存在しない。一方、科学的な調査は始めていて、今後もやっていきますということが書いてあります。これが昨年6月29日の会で発表された話です。

#26

海底表層ハイドレートとはどのようなものか。これは海底表層部から取った試料ですが、白いものと泥が互い違いになっています。

それから、これは海底の表面から見た写真ですが、白いものはバクテリアマットと言って、微生物が集まっているということですが、そういうものが伴っていることが多い。こ

これはアメリカのオレゴン州の沖のこういう地形の所ですが、そこからはメタンがわき上がっているところが、水を取って分析して分かります。そういうところで BSR がこうなっている所に、ハイドレートが海底表面にあるということです。

#27

海底に冷湧水系というものがあって、これは断層などを伝って水やガスが深い所から運ばれてきて海底で出てくる。そうするとバクテリアマットや特徴的な貝などが育ちます。メタンが水中に上がっていく。場合によっては空中まで出るかもしれないという考え方があります。

いろいろな現象があって、海底の表層部にメタンガスを利用するような生物がたくさん育って、そのおかげで海底付近には石灰岩ができる。炭酸塩岩が沈殿することがよくあります。そのような微生物がいますと、海底表面にはハイドレートが存在しにくくて、それより下に隠れていくということがあります。

#28

次に、上越沖での調査の結果について簡単にご紹介します。

上越沖に二つ、地形の高まりがこういう所にあります。

#29

このような地形図で「松本（2009）」と書いてあるのは、今は明治大学、去年の3月までは東大の地球惑星教室で教授をしておられた松本良先生が2004年からいろいろな航海をして、この辺りの表層にこういう塊のある場所があると。それからピストンコアという短い試料を取るサンプリングでハイドレートを何カ所も見つけるという経験がありました。

海鷹海脚、上越海丘という所なのですが、海底表面にポックマークという直径数百メートルの孔がたくさんあり、深さが50mとか、所によってはもっと深くぼみや高まりがあったりします。そういう所にハイドレートが多いことが分かっています。

#30

それは表面に山を造ったり孔を開けたりしているのですが、その下にはガストムニーと言って、反射面がよく見えないような所があって、その中にはガスが相当入っているの

はないか。その中でも BSR より上には基本的にハイドレートができているはずなので、こういう部分にハイドレートが相当あるのではないかと推定されます。

#31

これは海水中で、青山千春さんという方が計量魚探を使ってメタンブルームを探して、比較的簡単に見つけることができるということを示されたものです。海底から立ち上っているガスの泡が魚群探知機で検知できるということです。

#32

JAMSTEC の ROV を使って海底の観察をすると、このような泡が立ち上っているのが見ることが出来ます。

#33

ROV で海底の観察をすると、このような塊のハイドレートが見えます。

#34

2010 年に Marion Dufresne というフランスの調査船を傭船して、松本先生と私どもとで地質調査を行いました。

#35

その対象は、砂層の孔隙充填型ではないタイプの、海底表層型のものの調査ということで行いました。

#36

砂層濃集帯以外のハイドレートも調べていくことを、メタンハイドレートの開発計画の中ではうたっています。

#37

実際の調査は 2010 年 6 月に丸 10 日間で行いました。松本先生を団長として 42 名の研究者が乗船して調査をしました。

#38

このようなコアリングで試料を採取したり、海底の地形などを細かく調べました。

#39

ハイドレートが入っているときに、ピストンコアラが上がってきたときに、試料がどんどん分解してガスが出ている状態、それからハイドレートが分解して、その分解したガスの圧力で試料が飛び出してしまった状態です。

#40

どのような試料が取れたかといいますと、ここにあるような地層とハイドレートが互層している試料、それからある程度の大きさ（10cm程度）の塊として取れた試料です。

こういったものが海鷹海脚、上越海丘の上で取れています。

#41

このような測線でサブボトムプロファイラという記録を取る調査を行っています。

長いコアというのは30mぐらいの試料を取るためです。

#42

一方、ハイドレートのある所は簡単には試料が取れなくて、これはマウンドになっている部分で、この下の白っぽくなっているのは、ガスチムニーと言って、中が見えなくなっている所なのですが、こういう中にハイドレートがある程度存在しているだろうと推定しているのですが、音響的な調査では中が見えないということになっています。

##

これは取った試料の写真の例です。

#43-44

どのようなことが分かったかということを書いています。長中期的にはいろいろやることがありますということを言っています。

#44

ここに熱熟成起源天然ガスの解説を少し書いておきました。日本海側の秋田、山形、新潟、富山といったところは日本の油田・ガス田地帯になっているわけですが、このようなところにはどうして石油・天然ガスができていくかといいますと、日本海ができたときに閉じた海があって、その中に大量の有機物がたまって、それが現在の石油やガスになっています。どのようにできるかという話はあるのですが、こういった地帯に油田・ガス田が発達しています。山陰沖トラフなどにも有機物は大量に存在していると思われて、普通の石油・天然ガスを作るような有機物が元になって、そこからできたガスが海底の表層でハイドレートになっていくというように考えると、太平洋側の東部南海トラフでは油田・ガス田はあまりないわけです。相良に油田はあるのですが、非常に小規模でそんなにはない。そういう点から言うと、表層型のハイドレートというのは開発のやり方は今のところ分からないという状態ですが、資源としての可能性があるとする、熱熟成起源の在来型の油田・ガス田を造るような反応でできたガスがハイドレートとして存在しているとする、量的にも期待できるのではないかと考えています。

#45

ということで、ハイドレートがどのようにしてできているかということですが、海鷹海脚などでは深い所から熱分解ガスが上の方へ上がってきて、BSR より上の安定領域の中でハイドレートとしてたまっていく可能性があって、こういうものの量や質の評価ができれば、資源としての可能性をつかむことができるだろうということです。

#46

これから何をやるべきかということで、どこに、どのように、どれだけあるかということを知らなければいけない。資源として考える場合、資源ポテンシャルを推定するためにはこういうことが必要で、そのために、どのような調査をするべきかということを項目だけ挙げて、それぞれの方法を図解しています。

#48

これは海底の地形、海水中の音響的なブルームの調査です。こういうものを広い範囲で

行い、可能性の高い所をまず見つけるという広域的な調査をします。

これはアメリカの東海岸で行っている例ですが、海水中に出てきているメタンブルームを音響的に見つけた例です。

これはメキシコ湾で行われた例です。

#49

それから、サブボトムプロファイラという船から断面を撮っていく調査で海底の細かい構造を出していきます。こういうことをして、ハイドレートが集まっている可能性のある部分を見つけていくということをやりたいと思っています。

#50-51

それから AUV という無人の潜水船で海底の写真をサブボトムプロファイラで沈んだ船をこういう形で存在しているところを見つけたものです。

それからサブボトムプロファイラという海底の断面の詳しいものです。

日本では JAMSTEC の「うらしま」というもので良い記録が取れるのですが、今 JAMSTEC で新しい三つの AUV を作っていて、4 隻が使えるようになっています。

こういう無人の調査船を使いたいと思っています。

#52-53

それから海底の生物など環境の調査を ROV（水中ロボット）で調査をしたいと思っています。海底の環境のモニタリングの機器の設置・回収もこういうもので行うことになります。

#54-56

試料の採取については、JOGMEC が運用している「白嶺」という船では、船上設置型掘削装置で 400m ぐらいの掘削ができます。

それから、海底着座型の掘削装置というのは、20m、50m という深さの掘削ができる機器です。左は 20m 掘れるもの、右が 50m 掘れるもので、そういうものが世界的には幾つかの組織にあります。

#57-58

それからもっと深く 400m まで掘れる、300m ぐらいまでの試料採取をする場合には、白嶺ではやぐらを載せて、ここでボーリングをすることができます。こういうものをできれば使いたいと思っています。

#59-60

海洋の電磁探査というものもあります。

船を深い所で曳航します。前の方で電波を出すということです。電流を流して電磁波を発生させるのですが、ハイドレートの反応を見て、海底下の電気伝導度の低い所を検出するというのをしたいと思っています。

#61

これはメキシコ湾で行った例です。

#62

ということで、まとめとしては、現在、国の計画の主なところは砂層充填型ハイドレートからのガス開発技術に集中しています。今現在、産出試験を行っていて、その有効性を注意深く見なければいけません。

一方で、上越沖等での海底表層メタンガスハイドレートの科学的調査により、いろいろなことが分かってきています。ただ、これは資源の研究に直結するものではなくて、昨年、松本先生が行われた、予察的な広域的な海底地形・海底表層堆積層調査により、日本海一オホーツク海の海底に数多くのポックマークが発見され、資源としての可能性の有無の評価の必要性が認識されてきています。

ただし、資源開発として適用可能な表層メタンガスハイドレートの採取方法は現状では未開発であります。

#63

そのような認識でどのような課題があるかということですが、表層ハイドレートが資源開発として検討対象となり得るかどうかを見極めるためには、ハイドレートの量の評価及び存在状況の解明が必要であると思います。

これらはガスチムニーのある所から BSR 深度まで濃集していて、その中にどのような量

が存在するか。そのような場では、地形の特徴や生物の特徴などがあって、それを詳細に調べるのが重要であると思います。

資源評価の観点からは、メタンハイドレート堆積体の不均質性が大きいと考えられることから、モデル地域において詳細な調査をすることが重要と考えています。

取りあえず、どのような調査をするべきかということですが、最後の方でロングタームのものを簡単にまとめました。以上です。