

## 次世代深海探査システム委員会（第2回） 議事録

1. 日時： 平成 28 年 3 月 22 日（火曜日） 15 時 00 分～17 時 00 分

2. 場所： 文部科学省 15 階特別会議室

## 3. 議題

- (1) 研究機関より深海探査の成果報告
- (2) 今後の深海探査のあり方についてヒアリング
- (3) 諸外国における深海探査機について
- (4) その他

## 4. 出席者

【委員】 道田主査、浦委員、織田委員、小原委員、瀧沢委員、竹内（章）委員、竹内（真）委員、竹山委員、西山委員、中野委員、藤井委員、山崎委員

【文部科学省（事務局）】 林海洋地球課長、三宅海洋地球課課長補佐 他

【オブザーバー/説明者】 海洋研究開発機構 磯崎海洋工学センター長、藤原海洋生物多様性研究分野分野長代理

## 5. 議事録

【道田主査】 定刻になりましたので、ただいまから科学技術・学術審議会海洋開発分科会の次世代深海探査システム委員会、第2回目を開催いたします。

主査を仰せつかっております東京大学の道田でございます。どうぞよろしくお願ひいたします。

前回、議論がありましたとおり、全部で6回くらい予定されている委員会の中の今日は2回目ということで、前回に引き続き関係の方々からヒアリングを受けつつ、議論を深めていくステージにご理解いただければと思います。

年度末の非常に押し迫ってお忙しい時期かと思いますが、多くの委員の先生方、お集まりいただきまして、誠にありがとうございます。

それでは、早速議事に入りますが、その前に、出席について事務局からご確認をお願いいたします。

【事務局】 本日の出席者についてです。

本日、欠席の委員は辻本委員と大和委員が欠席となっております。また、前回、ご欠席だった藤井委員がご出席されているため、改めてご紹介させていただきます。

東京大学生産技術研究所所長の藤井委員でございます。

【藤井委員】 藤井でございます。よろしくお願ひします。

【事務局】 また、関係機関として国立研究開発法人海洋研究開発機構から磯崎様。

【磯崎】 磯崎でございます。

【事務局】 藤原様。

【藤原】 藤原です。よろしくお願ひします。

【事務局】 オブザーバー及びプレゼンターとしてお越しいただいております。

以上でございます。

【道田主査】 ありがとうございます。

藤井先生、よろしくどうぞ、お願ひいたします。

続きまして、本日の配付資料について事務局より確認をお願いいたします。

【事務局】 では、お手元の資料をご確認ください。議事次第がございまして、2枚目が座席表でございます。それ以降ですが、資料1といたしまして、前回、第1回の議事録でござい

ます。資料2といたしまして、藤原先生のプレゼンテーション資料でございます。資料3といたしまして、竹内先生のプレゼンテーション資料でございます。資料4といたしまして、竹山先生のプレゼンテーション資料でございます。資料5といたしまして、諸外国の深海探査機についてでございます。資料6、本委員会の今後のスケジュールでございます。

参考資料1といたしまして、委員名簿でございます。参考資料2といたしまして、本委員会の運営規則でございます。最後に参考資料3といたしまして、本委員会の論点整理案でございます。

不足等ございましたら、事務局までお知らせください。

以上でございます。

**【道田主査】** ありがとうございます。

先ほど、ご紹介のあった資料1、議事録案、大部のものがございますけれども、事前に確認いただいているかと思いますが、もしお気づきの点がありましたらご指摘いただいて、それを踏まえて、近いうちにこれはホームページでアップされるということになっておりますので、一応、ご確認をお願いいたします。

それでは、今日の議題等について事務局からご説明をお願いいたします。

**【事務局】** お手元の議事次第をご確認ください。本日につきましては、引き続き関係機関、関係の先生からのヒアリングということを進めさせていただきたいと思っております。

最初に、研究機関より深海探査の成果報告といたしまして、JAMSTEC海洋生物多様性研究分野の藤原様より深海探査システムを用いた深海研究についてご説明をいただきたいと考えております。

また、2番といたしまして、今後の深海探査のあり方についてヒアリングということで、本日は竹内（章）委員より海底地質分野やしんかい6500の搭乗経験を踏まえ、今後の深海探査のあり方について、また、竹山委員より生物分野の立場から深海探査のあり方についてご説明をいただく予定となっております。

また、3番といたしまして、諸外国における深海探査機、こちらの動向について事務局よりご紹介をいたします。

本日はそのような議題となっております。

以上でございます。

**【道田主査】** ありがとうございます。

何かご質問ございますか。よろしいでしょうか。

今、お話がありましたように、前回は深海探査システムを運用しておられる海洋研究開発機構のほうから海洋研究開発機構の概要を含め、お話しをいただいて、今日は幾つかさらにプレゼンテーションいただいて、検討していくに当たっての参考とさせていただく、こういう議事内容となっております。

よろしいでしょうか。

それでは、最初に議事次第に従いまして、最初の研究機関から深海探査の成果報告ということで、先ほどご紹介ありました海洋研究開発機構の藤原さんからご説明をお願いいたします。

よろしくをお願いいたします。

**【藤原分野長代理】** ご紹介にあずかりましたJAMSTECの藤原です。どうぞよろしくお願い申し上げます。

本日は深海生物研究の側からみた深海の探査技術に関するお話をさせていただきます。

今日のお話は最初にイントロダクション、深海生物研究の意義の話をしていただきまして、その後、これまで私どもが行ってきた実例を幾つか紹介させていただければと思います。

まず深海生物研究の意義ですけれども、その第1点目としては、深海域というのは生物の多

様性のホットスポットであるということです。このグラフを見ていただきますと、横軸が水深、縦軸が出現する生物の種類で、a、b、c、d、e、fまで、いろんな動物のグループに分かれていますけれども、どのグラフを見ていただきましても、生物の多様性、出現する種数が多いのが大体、水深が2,000メートルから4,000メートルぐらいのところピークが来るというようなデータがございます。このように深海域というのは生物の量は非常に少ないですけれども、生物の種数が非常に多いところで多様性のホットスポットであるというふうに考えられています。

一般に深海の環境というのは浅いところなどに比べて、非常に変化の少ない、安定した環境だと考えられている中で、このように生物が多様であるということで、そこにどのようにして生物が適応していったのか、進化をしていったかということを考える上で非常にいい場というふうになっています。

それから、深海生態系全体を通じて、特にカーボンサイクルなどで地球環境変動にも関与しているのではないかとこのように最近では言われています。

そのように生物学的に重要な場所であるのですけれども、近年の環境変動、水温上昇、酸性化、あるいは人為活動、漁業とか海底資源開発、こういったものの影響が既に深海域にも及んできておりまして、我々は深海を理解する前にどんどんと、ものによっては深海が破壊されているという現実がございます。

それから我が国を振り返りますと、我が国はEEZと領海面積を合わせると世界第6位になります海洋国家で、近年出された論文によりますと、海洋生物の多様性についても非常にホットスポットである。オーストラリアと並んで、非常に出現する生物種の高い海域であるということが知られています。ただし、このデータの多くは沿岸域、もしくは浅海域、表層域のデータでございまして、深海生態系の理解というのはいまだ不十分という状況でございます。

その中で我々、JAMSTECの取り組みですけれども、海洋生物の多様性を生み出すメカニズムとか特殊な海洋環境、特に熱水噴出孔とか湧出域といった還元環境と呼んでいますけれども、そういった場所への生物の適応メカニズムを明らかにする、あるいは多様性を明らかにする、そういったことのために深海探査システムを活用した研究を1980年代から継続的に実施してきております。そしてそのような成果はサイエンティックにももちろん重要ですが、海洋生物の多様性の保全とか持続的な海洋の利用というための環境影響評価に活用されてきています。

これから個々の具体例のお話をさせていただきます。

特に探査機のお話ですので、探査機をどのように使って、どういう成果が得られたかということをお話させていただきます。

最初は、深海生物の生殖行動に関するお話です。

JAMSTECでは相模湾の初島沖というところに深海総合観測ステーションという、このような機器を設置しています。この機器の設置の目的は海底の地震を早急に捉えるということですが、最終的には地震の予知につながるようなデータをとるためにこのような計測装置が入れてありまして、ここにはいろんな環境計測機器が入っていますけれども、その中の1つにビデオカメラがあります。ビデオカメラが見ているのが海底に群生していますシロウリガイという貝を中心とした生物群集です。

この貝がなぜ重要かと言いますと、この貝が暮らしているのは海底から水が湧き出しているところ、海底温泉のようなところです。そしてこの貝は動物ですが、みずからエサをとることはしません、体のエラの中に大量の共生細菌を宿しています。この共生細菌は海底から湧き出す硫化水素をエネルギー源として化学合成、光合成とは違う化学合成という方法で無機物から有機物をつくり出します。この貝は共生細菌がつくった有機物をもらい受けて生きている。

ということで、この貝の行動を観察していると、この貝は完全に海底からの湧き水に依存し

生きていますので、この貝の行動を観察していると、これが何か湧き水のルートが変化したときに恐らく群集の形が変わったり、群集が散り、ばらばらになったりしますので、そういうことを観察していると、計測装置では捉えられないような環境変動を見出せるかもしれないということでカメラが取りつけてあって、観察が続けられております。

その中で出てきた非常に生物学的におもしろい現象としまして、そこに暮らしている貝の放卵、放精現象というのがございます。動画をご覧いただきたいのですが、今、もやもやと出てきているのはシロウリガイが精子を出しているところです。わずか数分後にカメラからなんにも見えなくなるほど、真っ白に、一面全く濁ってしまうような状況で、大規模に同調して放卵、放精現象が起こるといことが分かってきました。

この現象は1年を通して何度も何度も観察されましたので、このように大規模に生物の放卵、放精を引き起こす引き金となる環境パラメーターは何なのかということの研究をしました。

幸い、先ほど申し上げましたように、観測装置にさまざまな測器がついておりましたので、例えば流向流速の変化ですとか、あるいは月齢の変化ですとか、あるいは地震ですとか、何か大規模な放卵、放精を引き起こす引き金になるようなものはないかということで調べたのですが、最終的に海水温度のわずかな上昇がどうやら引き金になっているらしいということがわかりましたので、それを調べるべく、しんかい2000、今はリタイアしてしまいましたけれども、有人潜水船のしんかい2000を使いまして、海底を温めて放卵、放精が起こせないかという実験を行いました。

この当時、私はまだJAMSTECに入って日が浅かったので、非常にプリミティブな装置で、温めるのも一番安かった水中ライトを使って貝を温めたのですが、最終的に放卵、放精を引き起こすことができました。ここにも、ちょっと見にくいのですが、今、精子が出ているところなのですが、温度の上昇が放卵、放精を引き起こすことができるということが分かりました。これは本当に原始的な装置で、石油ポンプをしんかい2000で200回ぐらい握ってもらって、中の水を取って、実際にそこに精子が含まれているということを調べたのですが、このような研究を行いました。

この研究の技術的なサポートといたしましては、しんかい2000を使ったということなのですが、海底の貝を温めてやる必要があったのですが、温める装置を海底にどんと置いた時には、貝がみんなびっくりして閉じてしまって、そのまま温めても放卵、放精は起こらないです。結局、しばらく、30分とか1時間ぐらい装置を海底に置いて、貝が再びリラックスして水管を出すようになって、初めてこの実験が成立したのですが、しんかい2000ではそれができたのです。その前段階で、無人探査機のドルフィン3Kというロボットを使ったのですが、そのときには、これはケーブル、有索で母船とつながっているのですが、母船の動揺を拾ってしまって、少しずつこのロボットの振動が起きるので、それによってまた貝が閉じてしまうということを繰り返しまして、結局、これを使った実験ではうまくいかなかったです。

最終的に無索のしんかい2000というので実験に成功しましたので、このときに初めて無索機の優位性というのがあるということを実感いたしました。

それから次に、世界最深の化学合成共生のお話をさせていただきたいと思います。

先ほどのシロウリガイと同様に、ここは日本海溝というところなのですが、日本海溝の7,000メートルを超える海域にも海底からの湧き水があって、そこに依存している生物群集があります。ここで新種として発見されたのがナラクハナシガイという貝です。これが1センチなので、大体数センチのあんまり大きな貝ではないのですが、このグループの中ではかなり飛び抜けて大きな貝です。

貝殻を開けると、中に大きなエラがありましたので、恐らくこの貝も何らかの共生現象を営んでいるに違いないということで、エラを電子顕微鏡観察したり、あるいは遺伝子解析を行って、どういった細菌がそこにいるのかということ調べた結果、そこには、見にくいので

すけれども、黄色の矢印で示したような大量の共生細菌がエラの上皮の中において、さらに遺伝子解析をしていると、そこには2つのタイプの共生細菌、共生細菌ⅠとⅡというのがそこにいるという、今までに例のない共生現象があるということが分かりました。

これの近縁の貝もこのような共生様式をとりませんので、恐らく7,000メートルを超えるような非常に大深度で生きていくために、こういう特殊な共生様式を発達させたのではないかとこの貝のおもしろいところは共生細菌の伝達方法です。この貝は2種類の共生細菌がいるのですが、分子系統解析からは、どうやらこの貝は共生細菌の受け渡し方がそれぞれ違うということが見えてきました。共生細菌Ⅰに関しましては垂直伝達といって、親から子へと卵巣経由で直接、共生細菌を届ける。共生細菌Ⅱに関しては環境伝達と言いまして、環境の中にいる細菌で適当なものを幼生時代に取り込んで共生者とする。この2つの共生様式があるというふうに、系統解析からは推論できました。

それがどのようにおもしろいかと言うと、恐らくゲノムサイズに大きく影響を及ぼすことが考えられます。

一般的に共生細菌を垂直伝達するタイプの共生細菌に関しましては、ゲノムのサイズが著しく縮小しているということを調べています。それは環境の中で生きていく必要がないので、ほとんど不要な遺伝子を削って行って、もとの近縁種と比べて、ゲノムサイズが数分の1以下になっている例が数多く報告されています。

共生細菌Ⅱについては一般的なゲノムサイズを有していますので、この2つを比較することによりまして、ナラクハナシガイと共生するために必須の遺伝子というのを比較ゲノムによって明らかにできるのではないかとということで、プロジェクトを立ち上げようとしたのですが、その矢先に初代のかいこう、1万1,000メートルまで潜ることができたこのロボットがある調査の途中でトラブルで亡失してしまいました。かいこう亡き後は何台か新しいロボットがつけられていますが、いずれも7,000メートル級でして、かいこうがなくなって以降、ナラクハナシガイというのは採取が全くできていませんし、同様の貝、共生システムを持っているような生物というのも発見できていなくて、先ほど申し上げたような研究に至っていません。

そこで私たちはフルデプス機、もっと深く潜れる装置が必要だというふうに考えています。それから3つ目のトピックとしては、世界最深の鯨骨生物群集の発見ですけれども、これは2003年にJAMSTECが実施したQUELLE2013という世界周航研究航海の一環で発見したものです。これはどういう航海だったかと言うと、生物情報としまして、これは生物の出現情報をOBISからとったものですけれども、見ていただきますとわかりますように、北半球に比べて南半球はデータが著しく欠損していて、まだまだミッシングピースだというふうに言われています。その南半球のデータをしっかり埋めるというのが1つの目標として掲げられまして、QUELLE2013が実施されました。

その中で私はブラジル沖の調査に参加させていただきました。そのときに発見したのがこの鯨骨生物群集というものです。

これはどういう航海だったかと言うと、生物情報としまして、これは生物の出現情報をOBISからとったものですけれども、見ていただきますとわかりますように、北半球に比べて南半球はデータが著しく欠損していて、まだまだミッシングピースだというふうに言われています。その南半球のデータをしっかり埋めるというのが1つの目標として掲げられまして、QUELLE2013が実施されました。

その中で私はブラジル沖の調査に参加させていただきました。そのときに発見したのがこの鯨骨生物群集というものです。

鯨骨生物群集は何かと言うと、海底に沈んだクジラの遺骸の周辺に形成される非常に独特の生物群集です。この発見は世界で8例目の自然死したクジラの上でできた生物群集で、かつ世界で最も深い鯨骨生物群集の発見となりました。それから、これまでの発見記録というのは主に太平洋だったのですが、大西洋から初めて鯨骨生物群集を発見いたしました。その中で今のところ、少なくとも41種の動物が出てきていますけれども、ほぼ全てが新種であるということがわかってきておりまして、既に幾つかは新種記載が終わっています。

それからもう1つ、おもしろかったのは、これはブラジル沖、南大西洋ですけれども、遺伝子解析ができた幾つかの種類に関しては、北東太平洋の鯨骨生物群集と遺伝的な繋がりがあるということが見えてきてまして、こういったグループの分散とか進化を考える上で、非常によい

ターゲットを得たことになります。

この研究を裏づけする技術的な側面といたしましては、まずしんかい6500、世界有数の研究プラットフォームですが、これを使うことができたということです。

主にブラジル側の研究者側から、ぜひとも自分のところの海で自分たちの目で深海を観察したいという強いモチベーションがブラジル側の研究者コミュニティからございまして、日伯の共同研究を強力に後押ししていただきました。この研究を実施できたことが南大西洋での初の有人潜航調査というふうになっています。

さらに、この鯨の骨を発見したときの状況を考えますと、恐らく今、我々が持っているような無人探査機では発見できなかったようなターゲットだというふうに考えています。それはなぜかと言いますと、これはクジラと言いましても非常に小型のクジラで、骨の1個が10センチ程度のものでしたのですけれども、しんかい6500の窓が3つあるうちの遠目が効く窓を頻繁にパイロットが確認したときに、非常に遠くに何か白い、ちょっとほかとは違うものがあるということで、そこに向かっていって、この鯨骨生物群集を発見することができたのですけれども、無人機の調査であると、遠目を見るカメラはあるのですけれども、それは頻繁にあちこちに振るわけではなくて、安全を確認するために前を基本的に向いているので、同じような状況で運用していたならば、恐らく見落としていただろうターゲットというふうに考えておまして、こういうときにはやっぱり有人機が役に立ったのかもしれないです。

最後の話題は、鯨骨生物群集の初期遷移の解明です。先ほどと同じ鯨骨ですが、私はこれまで十数年、鯨骨生物群集の研究をやってきたのですけれども、鯨骨生物群集というのは時とともに大きく、その様相が生態学的に遷移することが知られています。

最初は腐肉食期と言って、腐った肉を食べに来るような大型の肉食動物が集まるステージ、肉がなくなってくると骨が露出して骨侵食期というのがやって来ます。ここでは自然状態では鯨の骨からしか発見されていないようなホネクイハナムシという動物が集まってきます。やがて骨が腐って硫化水素が出てくると、先ほどから話に出ています化学合成期というのがやって来まして、化学合成細菌を体の中に共生させている動物が集まるステージになります。

最終的に鯨の骨の中の有機物が尽きてしまいますと、これは単なる基質となりまして、付着基質がないと生きていけないような生物が集まる懸濁物食期というステージになりますけれども、最後のステージというのは、自然状態で今まで観察されたことはございません。

この2番目と3番目のステージというのは、海底での滞留時間が比較的長いので、これまで数多くの研究がなされてきています。例えば化学合成期ですと、場合によっては海底で100年ぐらい続くというふうに考えられていますので、一度、生物群集を発見すると、その後、繰り返しそこを調査して、詳細に生物群集の様子を調べることができるのですけれども、最初の腐肉食期というのはなかなか観察するのが難しいです。

それはなぜかと言うと、最初にフレッシュな死んだばかりのクジラが必要だということと、クジラを手に入れると同時に潜水調査ができるような体制を整えなければいけないということで、その2つを合わせるのがなかなか難しく、世界でもこれまでクジラを沈めて研究した例は、沈めてから2カ月後に潜水船で見たという研究例が1例あるだけです。私たちもそのような研究をやってみたい。成功研究ではカリフォルニア沖だったので、日本周辺でやったらどうなるか、あるいは水深が違う場所でやったらどうなるかという興味をずっと持っていたのですけれども、数年前にそのチャンスがやって来ました。

クジラに関しましては、愛知県のほうで死後漂着したマッコウクジラの赤ちゃんを使いました。これがよかったのは、赤ちゃんなので体長5メートルしかなく、これを冷凍コンテナに入れて冷凍してとっておくことができましたので、これによって次に潜航調査のチャンスが来るまで手元にクジラを置いておくことができました。

そうこうしているうちに、NHKとディスカバリーチャンネルが海底で深海の巨大なサメをとるようなプロジェクトを始めたいという話がございました。一般にクジラが海底に沈むと、肉を食べるために大きなサメがやって来るといことが言われていましたので、私たちが組むことでお互い、ウイン・ウインになれますねということで調査をやることになりました。

そのときにはNHKとディスカバリーチャンネルがアメリカから2隻の有人潜水船を持ってきて、JAMSTECは無人探査機のハイパードルフィン、それから私たちが持っていた海底設置型のコマ撮りカメラ、こういったものを使って約3カ月の調査を行いました。

そのときの様子がこれですけれども、まず、クジラを沈めた直後から3カ月間のクジラの変遷の様子、遷移の様子を克明に記録することができました。新しいことが数多くわかってきました。

それからクジラを沈めてからわずか4時間で大型の捕食者、この場合はカグラザメという深海性の割と古いタイプのサメですけれども、これがやってきて、それが長い間、ここで肉を食べるといことがわかりました。

それから先ほど、クジラの生物群集は遷移すると申し上げたのですが、沈めてから2カ月で最初のステージが終了して、骨侵食期の最も顕著なプレーヤーであるホネクイハナムシが出現してきた。こういったことが、この3カ月の調査で明らかにすることができました。

このときにこの研究を支えた技術ですけれども、まず、さまざまなプラットフォームを利用することで成り立った研究です。

まず1つ目はフルビジョン、全周、360度見ることができる潜水船、透明なアクリルの球でできていますけれども、これを使うことでクジラの遺骸というのを海底で素早く発見することができました。実際、この潜水船で潜ったときに、潜水船の装備の幾つかが故障して、海底でクジラを探すための道具がかなり失われてしまったのです。ですが、全域が見えることができる潜水船を使うことで海底をくまなく調査して、クジラの遺骸を早急に発見することができました。

それからその後、何度かこの潜水船で潜って、クジラの周りを観察したのですが、観察の効率がやっぱり非常に高い。全面見ることができるので効率が高いということとともに、安全性が非常に高いといことがよくわかりました。

実際、潜っている途中にこの潜水船の下にぶら下げていた観測機器にロープが絡まるということがあったのですが、そのときも自分の足の下も見ることができるので、ロープの絡んだ状況を確認しながら、いとも簡単にロープを外すことができましたけれども、一般的なタイプの潜水船や無人機だと、足元で何か絡んだらほとんど命取りになるような状況ですので、全部見えるというのは非常にすぐれているというのが感想です。

それから、長期間観測するためにはロボットや無人機ではなかなか難しいので、私たちが使ったような海底設置型のタイムラプスカメラというものが非常に有効でした。これは単に長期間見ることが有効だっただけでなく、実は先ほど見ていただいたような巨大なサメというのは、潜水船で潜って観察できたのは最初の1回だけでした。あとの映像は全部、タイムラプスカメラが撮ったのですが、後から撮影データを解析してみると、潜水船が近づいてきたときにはサメがやって来なくて、潜水船がいないときにはサメが来るといことがわかりました。恐らく潜水船の出すノイズあるいは光、そういったものを避けているのだと思いますけれども、そういった影響によって、本来見えるべきものが見えていなかったといことがわかりました。

それから3つ目、ROVですけれども、このとき、海底に大きな計測機器をいっぱい展開していたのですが、それを回収するための潜航調査の日にちが非常に限られていました。ロボットというのは非常にパワフルで、1日何回も潜航することができますし、そういう機動力を生かして、短期間で海底設置機器を一気に回収することができた。潜水船ですとバッテリー

ーチャージの問題などもありまして、一般的には1日1潜航しかできないのですけれども、そういうときにはロボットの利点があるのだなというのを思いました。

この結論としては、システムの多様性というのもとても重要というところですよ。

最後に1つ、紹介させていただきたいのですけれども、私たち、このクジラを海底に沈める研究を通してわかったことは、私たちがいかに深海生態系を理解していないかということです。

ここにクジラを沈めるまで、そこに来る上位捕食者、トッププレデターと言いますけれども、生態系の頂点にいる連中がどれだということもわかりませんでしたし、世界中のどこの海域をとってみても、その海域で生態系の頂点にいる生き物が何かというのはほとんどわかっていません。例えて言うなら、サバンナでライオンを除いた状態で研究しているようなものです。それでは生態系を理解できないということで、現在、私たちはインサイチューバイオプシーシステム、海底でバイオプシーをするための装置を東大の生産技術研究所と共同開発中です。これは海底に設置して、自立的に生き物を認識して、非致命的に複数の検体をバイオプシーで抜いてくる、そのような装置をつくっていますけれども、これも多様性の1つとして重要なことというふうに思っています。

以上です。

**【道田主査】** ありがとうございます。

大変興味深いお話をいただきました。ありがとうございます。

委員の先生方、何かご質問等ございますでしょうか。

**【竹山委員】** 人が実際に潜水するのというのは、下りてから上がってくるまで、どのぐらい潜水していただけるのでしょうか。

**【藤原分野長代理】** 潜水船のシステムにもよると思うのですが、しんかい6500の場合ですと、大体トータルで、母船でハッチというふたを開けてから、最後、ふたを開けるまでが8時間ぐらいです。海底での作業時間は深さによって潜航する時間がかかわりますので、それによって海底での作業時間は変わってまいります。

**【道田主査】** 例えば6,000メートル潜るとどのくらいでしょうか。

**【藤原分野長代理】** 6,000メートル潜ると1時間40分ぐらい。

**【磯崎センター長】** 2時間半ぐらいかかって潜りますので、往復が2時間半、海底にですから3時間ぐらい、そういう。

**【道田主査】** 8時間に、6,000メートルだと2時間半ぐらいかかるので、あと深さによって潜る時間が短くなったりするということですね。ありがとうございます。

そのほか、何かご質問ありますか。

**【藤井委員】** 確認ですけれども、最初の無索機だとシロウリガイが殻を閉じなくていいという話もありましたけれども、最後のところだとやはり長時間、ずっと見ているには設置型の機器でやったほうがいいという議論もありました。やはり目的によると思いますが、シロウリガイの放精の実験も、そこにいられる時間は限られているので、ずっとその場で有人で見なくても、例えばシロウリガイの上に機器を設置してきて、温めた時にどうなるかという反応を見るみたいなこともあり得るのでしょうか。

**【藤原分野長代理】** そのようなセンスも実際ありまして、ステーションには幾つかの海中接続できるコネクタがあったので、そういうプランもあったんですけど、その当時は海中接続型のコネクタが異常に高くて、そういう研究は断念した経緯があります。けれども、そういうことが簡便に行えれば、あるいは安く行えれば、そのようなやり方というものも1つあるかと思います。そのときにはサンプルの回収方法、先ほどですと、採取した水をどうやって回収するかとか、いい状態に保っておくかとか、そういうことをまた検討する必要が出てくるのではないかと思います。

**【藤井委員】** ありがとうございます。

【道田主査】 ありがとうございます。

【浦委員】 私の古巣の東大の生産技術研究所と共同開発中というインサーティブシステムの説明がありました、私はこのことについてよく知らないのですけれども、なぜ東大生研なのでしょう。

【藤原分野長代理】 幾つか理由はあるのですけれども、一番大きいところはレーザーでものを認識して、大きさはかりながら、何かその後アクションを起こすというようなところは既にAUVでやられておまして、お話しさせていただいたときに、それならすぐできるというお話でしたので、しかも、ぜひそういう、誰もやったことないシステムだったらやってみようと言ってくださったので、一緒にやらせていただくことになりました。

【浦委員】 わかりました。

【道田主査】 よろしいですか。

藤井先生、補足ないですか。大丈夫ですか。

【藤井委員】 はい、そういう話があるということは承知しております。

【竹山委員】 わかる範囲で教えていただきたいのです。ご発表の中では有人船の必要性を随分おっしゃったのですが、例えば今から新しいものをつくるときにぜひとも有人船という話がよく出てくるわけですが、多分、自分が潜っていくというのは、研究者は自分がそこに行つて見て、エキサイティングですよ。

すごい大きなモチベーションがあると思うのですけれども、実際、下での稼働時間というのは人が入ることによって、ゆっくり下がってゆっくり上がってくる時間帯が損してしまうので、やはりすごく時間がかかる。そのデメリットに対して、例えば先ほど、目でゆっくり全方向を見られたおかげでクジラのほうは発見できたというふうにおっしゃられた。藤井先生なんかはご存じだと思うのですが、いわゆる、カメラの新しい開発とかに力を入れて、人が見るよりも、人が上にいてもすごく鮮明に360度、解像度の高い状態で見えていくような、そういう技術を開発する。逆に、そういうのというのは深海だけじゃなくて、ひとたび開発すれば、いろんなところに応用できるじゃないですか。そういう副次的な大きなマーケティングなんかに関わるので、そういう方向でものを考えて、もちろん、システムの多様化というところはもっとあると思うのですが、必ずしも有人船じゃなくても、それを可能にするようなAIオートがあり、何がありというような、そういう発想というのはないのでしょうか。

【藤原分野長代理】 今回のプレゼンは、かなり有人船を押し通したみたいになったかも知れないですが、私個人としては、少なくとも透明球の潜水船に乗るまでは、自分でファンの潜るのであれば、もちろん有人船が良いでしょう。けれども、調査をやるのであれば無人機のほうが優れているという印象を持っていました。

一遍にたくさんの方が観察することができて、少なくとも画面に写っているものに関する見落としは減るだろう。調査の効率もそのほうが上がるかなというふうに思っていました。今でもある側面ではそうだというふうに思っていますが、実際にフルビジョン球に乗ってみたときに感じたのは、やはり画面を通して見た領域は非常に狭かったというのはいかがでしょうか。

先ほど、竹山先生がおっしゃったようにアラウンドビューモニターみたいに、全周をぐるっとまわって超高解像度で見えるような技術がこの後、どんどん出てくれば、それは代替になると思います。けれども、実際に自分でそのようなものを見たことがないので、実際に見たときにやっぱりこれで大丈夫だと思えるのか、まだまだ足りないと思うのかは現物を見てみないとわからないというのが正直なところです。

【浦委員】 S I PのJAMSTECのプログラムで、360度見るやつを作っていますよね。日産自動車と共同して。あれはどうですか。

【磯崎センター長】 今、確かに日産自動車で作っているアラウンドビューモニターというのがあります。あれは周りを見るというよりも、自分の位置がどこに視認するかということ

です。それで周りを大きく観測するものではなくて、あくまでも車でもそうですけれども、あれで周りを見ると、自分が外から見て、自分の位置関係をはっきり認識させるということなので、ちょっと外の大きな世界というのは若干違います。

もちろんそれを発達させて、いろいろな、もっと視野を上げるということは可能かもしれませんが、現在はまだそこまで考えていません。

【浦委員】 SIPでつくっているのもそのようなものなののでしょうか。

【磯崎センター長】 ロボット、ROVが自分でどここの位置にいるかを認識させる。それを今、主体にしています。

【浦委員】 それなのですか。全然、私は知りませんでした。

【西山委員】 アラウンドビューモニターとはちょっと違うのですが、F35戦闘機には全方向が見えるシステムがついています。機体にセンサーが6つ付いていて、パイロットがHMD（ヘルメットマウントディスプレイ）で、前を見ると前、横を見ると横が見えて、下を見ると床を通して下が見えます。こういうシステムが実用化されています。もちろんハイビジョンじゃないですし、見えるのは赤外線領域ですけども、少なくともやり方としては実現しています。これが深海システムにすぐ適用できるわけではないと思いますけれども、そういうシステムは多分できてくると思います。

【藤井委員】 要するに視覚化、今、いろいろ見せていただいたのも非常に素晴らしい映像ですが、あの作業、つまり、対象物は見えているけれども、対象物に対して作業をしている無人機とか有人機がどういう作業をしているかという、周りの周囲の状況とか、作業をどのようにしているのかということところが映像として見えていないわけですね。

それは今の議論にも関係するのですが、つまり、次世代のシステムの議論をここではしているわけなので、だとすると、ある意味、常に2台あるいはバディシステムにして、必ず作業している状況をもう1台がどこかで見ている。そうすると作業している人も自分の作業している状況が何らかの形で見えるようになり、周りの状況も見えているし、対象物に対しての作業もしやすくなるということになります。結果としてどういう作業をしているかを視覚化して、記録にも残すことができるということになる。前回、幾つかポイントを意見書で申し上げさせていただいたのですが、その中の1つはそういうことを申し上げようとしていて、つまり作業している対象物の映像だけが見えるのではなくて、実際、どういう環境でどういう作業をしているのかということも別の目から映像化できるようなシステムをぜひ考えるべき。これは有人か無人かにかかわらずなんですけども、このことを1つ、申し上げさせていただければと思います。

【道田主査】 非常にいいポイントをいただいた気がします。ありがとうございます。

後でプレゼンテーションが全部終わってからもう一回、全体の議論がありますので、そのときにまたご質問等を含めて、コメントいただければと思います。

藤原さん、どうもありがとうございました。

【藤原分野長代理】 ありがとうございました。

【道田主査】 続きまして、今後の深海探査のあり方について、委員の竹内（章）先生からお願いをいたします。

【竹内（章）委員】 富山大学の竹内です。よろしく申し上げます。

論点と言いますか、趣旨とか、そこでのポイントですけども、ほとんど今の藤原さんのお話と重なる点が多いと思いますけれども、生物ではなくて、地殻変動に関係したお話です。

事務局からいただいた論点としては、こういうのでありました。今後の深海探査ではどのような研究が重要であるのか。また、今後、どのような研究が新たに生まれてくるのか。それからどのような深海探査システムが必要かということです。これについては、これまでの事例を紹介しながらお話をさせていただきます。

最初のどういう研究が重要なのかということに関しては、JAMSTECの海と地球の研究5カ年指針というのがありまして、まだこれは30年に向けて現在、こういうことでJAMSTECだけではなくて、いろんな研究船に乗船する研究者もこの指針に沿って研究のプロポーザルを出して、調査研究をやっております。

そういう中で言われていることは、海洋というのは、特に海溝域ですけれども、海洋最後のフロンティアであるということが言われています。

そういう中で幾つか大きなテーマがあります。

重要なテーマが4つありますけれども、その中で私の関係する部分は固体地球に関係する部分です。中でも、こういった文字で書かれていますので読みませんが、地殻変動を対象にして、それからもう1つは特異的な環境というものも1つ、重要な点ではないかということが言われています。

その中で地殻変動に関しては、モニタリングと予測というようなことが今後重要であるという認識でいろいろ取り組まれていると思いますけれども、特に地殻変動と言えば火山とか地震とかなんですけれども、近年は3.11から5年というような時点で、やはり地震に関係したひずみ集中域の研究、これが発展させることが求められているということが1つあります。

特にそのときにはモデルを高度化していくということですが、これまでは物理モデルということで、地震が起きる深部も含めたモデルですが、実際、海底面でどうなっているかというようなことをモデル化していくことはかなりなされていなくて、よくわかっていないということが実はあります。

それからもう1つ、視点が変わって、特異的な環境の理解ということもありますけれども、こういったことも含めて、これは実は日本は地球の地殻変動と言いますか、地学的な現象、プレートテクトニクスと言ってもいいのですが、それから見た場合、かなり特異なところで、4枚のプレートが集まってせめぎ合っている、そういう場所はほとんどない特異圏であるということでもありますけれども、そういう中で特にフロンティアと言われるところは、超深海という6,000メートルを超えるような深さのところ。先ほどの藤原さんのところでも細長い溝が示されていましたけれども、ここで何が起きているのかよくわからないところでもあります。

どういうことが起きているのかということをもっと知る必要があります。例えば3.11もそうですけれども、南海トラフとか日本海にもあります。インドネシアとかいろんなところにあります。そういうところで地震が起きて津波が発生する。その海底はどうなっているのか、そういうことは余りよく実はわかっていないということがあります。

それから実際は物理モデルと言えば、海底が断層でずれたりして津波が起きることが想像されているのですが、実態はわかっていない。

それからほかには、伊豆マリアナなどでは蛇紋岩の大アピールというようなことで、地下から蛇紋岩というような特異な物質が上がってくる。そういう物質循環でも特異な現象もあり、それに関係した生物活動もあるというようなところが、実態がよくわかっていない。こういうものを明らかにしていくことが課題になっているかと思えます。

プレートの沈み込み帯が日本周辺、特徴づけられるのですが、これもいろいろ海溝、沈み込み帯は多様性がありまして、プレートテクトニクスでは、陸の下にプレートが沈み込むような場所と火山湖ができるような、そういう場所と、大まか2種類ありますけれども、日本周辺はさまざまなのが全部見られる、そういう場所であるということで、これは日本、ジャパニシアチブですが、日本が主導でいろいろ研究できる、そういう地理的な位置にもあります。

という中で、JAMSTECはいろんな船舶、ツールを持っているわけですが、その中でこれらを駆使していろいろ連携させて、調査、探査していくことが必要ですが、その中で有人の潜水船というのは非常にユニークな存在です。先ほど、藤原さんがお示しになったようなこと

でありますけれども、簡単に言うと、非常にマニユアブルである。それからいろいろ、やはり発見ができます。それからのモニタリングとか、じっくり観察するというのは無人のほうに優位性があるかと思えますけれども、これが全くなくていいかという、私の話の趣旨は、第一に偵察をして、奇妙なものと言うか、おもしろいものと言うか、そういったものを発見する上では有人は非常にすぐれていると思います。

そういった例をお見せしていきますけれども、主に地殻変動ということですので、日本近海で特異点としていろんな場所がありますけれども、日本海、1991年にこんなものが見つかりました。割れ目の、地下は割れ目ですけども、口のところ、海底面のところをバクテリアマットが覆っていて、粒々は小さな巻き貝ですけども、そんなのが見つかりました。

これが発見されることによって、いわば海底地震地質学、これは地震の科学と言ってもいいのですが、これが始まったということが言えるかと思えます。

その後、いろんな調査をしていく際には、陸域のそういう地震に関係する断層とか地変、地変と言っていますけれども、いろんな変状があります。異常な状態がありますが、その知見を持って深海底の観察をするということで、さまざまな発見が行われました。

北海道ではこういう地震があつて、噴砂痕があつたり土石流、こういったものが発見されました。最初は何だろうということがずっと前から言われました。83年の日本海の中中部地震のときもこんなのがカメラなんかで写っていたのですが、何かよくわからなかったです。実は陸上の噴砂と同じような現象であつた。

それから、海底で非常に未固結な堆積物ですけども、豆腐やプリンのように割れているというようなものもたくさん見つかっています。これもいろんな成因が考えられていますけれども、こういった現象が地震に伴って観察される。

そういうことであちこちを見ている間に、1つの場所のそういう地震で生じた異常な現象が年を経るに従って、いろいろ変化が見られるということにも気づかれてきました。

これは同じような場所ですが、95年と2008年を比べると少しシャープさが減ってきているとか、生物関係も実は変化がありますが、これは地震直後ですと、非常にバクテリアマットというか、微生物の活動が活発で、関係する少し大型の生物もいたりするのですが、時間が経つとだんだんそういう活動が小さくなっていくとか、そんなようなこともわかります。

それから、海底の探査は有人の場合でもいろんなツールを使っていて、目で見えるのは海底面だけですので、少し地下も調べたいというような要求が出てきますので、例えばこれですと、音波を使って、サブボトムと言っていますけれども、地下を探査するようなこととか、周辺の横の音の反射を調べるとか、そういうようなこともやっています。それは一種のリモートセンシングですから、やはりグランドトゥルースと言いますか、シートゥルースと言いますか、シーボトムトゥルースですけども、現場検証が必要だというので、これは音波探査で海底面、実は海底面はここなのですが、ちょっと縦に模様が見えるかと思えますが、それは実はこういう割れ目であるというようなことがわかって、割れ目がないところは見え方が違うというような検証もしたりして、こういうようなことがなされれば、あとはリモートでいろいろ無人でできるようなことになるかと思えます。

北海道南西沖のものが今まででしたけれども、日本海中部地震でも同じようなことが行われて、25年経ったものが観察するとこんな風になっているとか、それからもっと経つとこうなるとか、そういう経年変化がわかります。もっと時間が経つと、これは東海沖ですけども、これは津波を起こしたときの海底の断層の崖ですけども、142年経っていますから余りシャープではありません。しかし、その崖とか北海道で観察されたようなプリンが割れたようなもの、そういったものも少し埋もれていますけれども、観察されたりしています。

こういった時間がどれくらい経っているかということがわかると、海底の活断層、これは南海トラフをずっと海底活断層と言いますか、津波を起こし得る断層が幾つもありますけれども、

それが最近動いたものと動いていないものということになると、将来予測に関係してデータを得ることができます。

実はそういう将来予測は、この文部科学省の地震調査研究推進本部が陸上に関してはずっとやっているわけです。地震の発生確率は何%とか出しているわけですが、そういった基本的なデータを提供することができます。

あと、3.11の地震を起こした日本海溝ですけれども、斜面に平行な亀裂が見られたり、これは地震前と後、亀裂がなかったところで亀裂ができるというようなことが観察されていますけれども、実はしんかい6500ですので、津波を起こした7,500メートルくらいの水深の場所には行けていないわけです。非常に貴重なデータがあるはずですが、行けていない。こういう場所は地震の直後にまず行ってみななければいけないですけれども、無人のいかこうも亡失というようなこともありました。

今、ご紹介したのは年代のデータとか空間的な問題とかいうことで、地震の起きやすい場所、それが実は超深海という場所ですので、海溝という場所ですので、その場所の研究としてはやはり深海底の地震の科学であろうかと思えます。

今後は、これまでの調査研究で課題とされていたことを踏まえて発展させていく方向になるかと思えますが、例えば技術的にはまだまだですけれども、一応、目標としては陸上と同じくらいの精度で海底の地震に関係した現象が調べられる、あるいは観測もできてくる、そういうことを目指す必要があるだろうと思えます。

具体的には有人、無人にかかわらず、海底で作業をしますといろいろ濁りますよね。そういう濁りを早期に排除するとか視界を確保することとか、あるいは陸上では詳しい調査をするときにはトレンチの発掘調査をしているのですけれども、海底でそんなことができたらいと思ったりします。

最後ですけれども、どんなシステムが必要か。これは藤原さんがおっしゃったようなこと、繰り返しです。先ほどから言っているアラウンドビューとありますけれども、非常に解像度のいい、しかも研究者で共通の広い視野が必要である。それから操作性はどうしても必要です。何か気がついたときにすぐ対応して行動がとれるようなもの。ですから、それはあらかじめプログラムされたものは無人のAUVなんかは非常にいいかもしれませんが、今、人工知能でいろいろ学習能力も高まっているとは思いますが、やはり機敏な判断で操作ができるというあたりは非常にこれまで有人機が得意とするところでありました。そういったものの組み合わせで、非常に研究成果が上がってきて、特に未知の、よくわからない現象が発見されるという部分というのは、有人のそういう探査機の長所ではないかと思えます。

あとは先ほど、藤井先生もおっしゃったような感じで、有人の場合であれば、母船とかあるいは横にいるバディの探査機からの情報がリアルタイムで得られるということは非常に重要だと思います。

それから超深海ということで、6,000メートル以上になる場合は、先ほどの8時間以内で収めるなんていうことは非常に難しいと思えます。海底にいられる時間が非常に短くなってしまいます。そうすると、やはり安全・安心で少し長時間いられるようなことを考えていただければと思います。

今の球形のものであれば、日本式ですとマットというか、畳の上にいるような感じですから、その床下を利用するとか、あるいは繭のような形でもう一個、居住空間をつくるとか、いろいろ考えられると思えますけれども、超深海の場合は、そういうような何か今までにないことがどうしても要求されると思えます。

有人は、簡単に言えば偵察に向いていると思えます。その後は無人と言いますか、いろんな機能に特化した探査機を使って、それらを有機的に連携させた系統的な潜航計画を組めればよろしいのではないかなというふうに思っております。

以上です。

どうもありがとうございました。

**【道田主査】** 竹内先生、どうもありがとうございました。

海底地震地質学という観点から、実在の深海探査システムに関する必要性等についてお話をいただきましたが、何かご質問、委員の先生方、ございますか。

**【山崎委員】** どうもありがとうございました。

教えていただきたいのですけれども、地殻変動の調査の観点からは、今の6,500メートルよりももう少し深い7,500メートルのところまで調査ができるといいという観点があることが分かりました。あともう1つ、調査の場所、観測点としまして、資料の中にも、例えば海底基準点での移動速度の図もありましたが、今後の方向性としてはこのような海底基準点を増やすことも考えているのか、深さ以外の海域についてももう少し教えていただければと思います。

**【竹内（章）委員】** 実はその辺は非常に今、文部科学省というか、地震調査研究推進本部、それからJAMSTECもそうですが、特に太平洋側は非常にモニタリングの計画が展開しています。3.11以降です。東北もものすごいシステムが展開されています。全部、それは基準点がたくさん置かれるようなイメージでいいと思います。

南海トラフに関しても、これから大きな地震が起きるといことが言われておりますので、その観測のネットワークを非常に大規模に展開しています。日本海はまだまだ少ないですけれども、今後、そういう方向が必要とされていると思います。

**【山崎委員】** ありがとうございます。追加ですけれども、基準点を今後増やしていくという方向で、それらの深さというのは大体どれくらいの範囲に収まるものなのでしょうか。

**【竹内（章）委員】** 基本的には基準点と言いますか、まず地震計とか津波に関しては水圧をはかるようなものとか、いろんな機器をケーブルにつないでずっとおろしているのですが、深さは浅い沿岸から海溝軸まで、場合によっては海溝軸を越えるというような、そういうことですので、深さは、例えば今、しんかい6500が行けないようなところまでカバーするような形になっています。

**【山崎委員】** ありがとうございます。

**【浦委員】** 地学的と言うか、調査はどういうことで行われているかがわかりました。1つ、最後におっしゃっていた有人潜水船は偵察に向いている。これは地学的と言うか、海底がどうなっているかということを見るわけですね。現在のROVというのはこういうことに向いてなくて、むしろマニピュレーションをすることなどが主体になっているから、このことをROVで置きかえるのは、現状ではやり方としては昔、JAMSTECがやっていたUROVみたいな形でやらないと、広い面積をカバーできない、調査できないかなと思っています。

一方で、例えば最近、私どもがやっているような高高度の10メートルぐらいで写真を撮って、広い面積をカバーすれば、もちろん偵察において、どこか方向を変えとかということとはできないんですけれども、広い面積のカバーが広がる。だから、要するにニーズというのがプラットフォームづくりにもっと反映するような形で、ABTVROVはこんのようなものだからこれを使って下さいではなく、こういうふうな形ができれば、自分たちの調査ができるというような、今のお話はとても参考になったと思います。

これまでそういう議論がなくて、ROVありき、マニピュレーションありきで6,000メートル潜れますと、こういうことをやっていたはだめなのではないかという印象を受けました。

ありがとうございます。

**【道田主査】** 今日は竹内先生がお話いただいたのは海底地震地質学の観点でありましたけれども、そのほかの分野のニーズも含めてということだと思います。今おっしゃったのは、そのとおりだと思います。

何かほかにご質問、コメントはありますか。

【竹内（章）委員】 今の浦先生のお話で、陸上は実は活断層調査、それから地震計をどこに置くかとか物理的な観測、それから化学的な観測も地震に関係して、あるいは火山噴火に関係して行われますけれども、海底で非常に解像度のいい、浦先生なんかは何か所も撮っておられますけれども、ああいう映像が得られますと、そこから我々はまた、陸上では空中写真という飛行機が撮った写真、衛星写真とか、それを見て、調査のポイントを決めますけれども、そういうことが陸上と同じようなことができるということになりますよね。

これは地質学的なこと、それから地球物理学的な観測にとっても非常に大きなメリットというか、革新的なものになるかと思います。

【道田主査】 ありがとうございます。

【小原委員】 基準点というお話がありましたけれども、東北沖ですとS-netという形で、約300台の海底地震計がケーブルで接続されるという形の観測展開がございますね。それで南海トラフにおいてはDONET1と2、あとは海上保安庁も海底音響GPSの基準局を展開して、かなり詳細なプレート間の固着の状況等がわかるようになってきている。そういう状況の中で、ここで竹内先生がお示しになった有人あるいは無人の探査機の役割としては、それぞれがカバーし合って、海底の諸現象を解明していくということだと思います。けれども、特に有人であることによって、何が一番クリアにわかるのかとか、それから無人の探査機があることによって、何が解明できるのかというところを、今日も大分おっしゃっていただいたと思うのですが、そのあたりを非常にクリアにこれからも説明していただけると、それぞれの存在価値がわかってくるかと思います。

【道田主査】 ありがとうございます。

【竹内（章）委員】 ありがとうございます。

資料にもちょっと陸上の例で台湾の例を出していますけれども、昨年でしたか、白馬の地震がありましたね。地震計で地下の断層がどんな動きをしたかというのは地震学的な研究でよくわかりますけれども、外から想像できないような地表面の変異が白馬の場合はありました。台湾も同じです。

地下の滑り以上に地表が滑って、地下では計算上、五、六メートルの滑りだったはずですが、地表では11メートルとか、物すごい、その倍に達するような変異が出ています。

それはなぜなのか、そういうようなことが海底を観察することによって初めて出てきます。これは地震計を置いただけではどうしてもわからないことで、そのことが、例えば東北あるいはインドネシア、津波の波形なんかなぜそうなっているのかというようなことに結びついてくると思います。

【小原委員】 例えば海底で何メートルの変位があったというのは、それはやっぱり分布を正しく調べないと全体的な描像というのが多分描けないと思うので、そういった場合には無人で多点を調べるというのがよろしいでしょうか。

【竹内（章）委員】 もちろんそうです。

【道田主査】 ありがとうございます。

私の理解した範囲だと、どこまで行けるかどうかは別として、陸上で見えている現象と同じように海底も見えるようになるのがいい、そういうことですよね。

ありがとうございます。

次にいきましょうか。また後で全体のディスカッションという時間がございますので、プレゼンテーション、竹内先生、どうもありがとうございます。

続きまして、今度は微生物のお話を竹山先生にご準備いただいておりますので、お願いいたします。

【竹山委員】 今日、ここで「微生物の話をしてください」という話をもらったとき、一体何の話をしようかな。要するに深海の微生物は有用だとポジティブなことを言えという話な

のか、JAMSTECさんの応援演説みたいなことをしたほうがいいのか、どうしたほうがいいのかとちょっといろいろと迷う部分はあったんですけども、多少なりとも、今日のディスカッションにもあったように、現場を知らなくて、ものをつくるというのはナンセンス。

これは微生物も同じなんじゃないかなというふうに実は思っておりまして、ニーズがどこにあるか、例えば微生物の有用性と言ったときに、私たちバイオテクノロジーの分野だと、アプリケーションとしてどこに持っていくのかというのがわからないと、スクリーニングの仕方も千差万別、いろいろとあるんですね。ここに土が1グラムあるけれども、「何かいいものありませんか」と言われても非常に困ります。

だからある意味、その1グラムの中に何がいるかという非常に基礎的な知見と、非常にサイエンティフィックな部分、プラスそこから発展させるときの考え方というのを少し考えたほうがいいのかというのを思って、たしか5分から10分ぐらいというふうに言われていたので、三、四枚にとどめて、話題提供ということで話をさせていただきたいと思います。

私自身、深海の微生物をやっているわけではなく、全般的に海の微生物とか、陸もありますし、それに付随する技術開発などを行っているという、その観点から私なりの考え方でお話しさせていただきたいと思います。

海洋生物資源、微生物を中心としたその有用性について。今、論文が一体どのぐらい出ているか、これは簡単に、もっと本当はちゃんとしたキーワードを入れなければとは思いますが、例えばパブメドで、ディープシーとバクテリアと入れて、どのぐらい論文が増えているかという、増えてきます。これはアクセスがしやすくなったり、いろいろな人が興味を持ってきているということで、論文数が上がってきている。本当に昨日調べたので、もっと上がるんだろうなというのがわかります。

皆さん、必ずしも微生物専門ではないと思いますので、生物の系統樹で小さい微生物がどこにあるか。これは真正細菌と言われている、こちらがアーケアと言われている何か特殊な極限環境にいる変わった微生物で、古細菌です。特に極限なので、いろいろと深海のところにもたくさんいると言われているところです。

私たちなんかがいるのはここら辺のところですけども、すごく多様性に富んでいるというのが、真正細菌が陸上なんかはいっぱいいられています。

大体が今、こういうところからいろんな薬効成分がどんどんとられてきてはいるのですけれども、まだまだアーケアなんかは研究がこれからという状況があります。

深海、これを見ているときに思ったのは、最近、論文は中国がすごく多いんですね。今日の午前中のあの会議で、深海底は日本のお家芸かというお話があったときに、今はもう中国とかインドも次々つくってくる。そうすると、日本だけがそこで力を振るってやるというような時代はもう終わってしまったので、全てにおいて非常に大きな競争社会にある。論文なんかも非常に種類が多くなってきている。彼らも非常にマーケットベースで考えていると思うので、微生物をとってくるにしても、すぐそこから有用なものはないかというような形でどんどん論文を出しているのが現状でした。

例えば、熱水鉱床のところですね。熱水噴出孔など、地球の中にたくさん、点を打っているところですけども、こういうところを見ていくと、ちょっと見えにくくて申しわけないのですけれども、普通の海水のバクテリアと熱水鉱床を比べてみよう。そうすると明らかに、細かいことは話しませんが、種類等が違ってきます。

今度、こっちはアーケアと呼ばれている古細菌のほうに関して見ると、普通のディープシーのアーケアと熱水鉱床を比べると、熱水鉱床のほうが非常に多様性が高い。ディープシーをただ普通に見たときと、ディープシーの中でも特殊な熱水鉱床というようなところで比べると、やっぱり違ってくる。これは陸上においても特殊環境でいけば違ってくるのが出てくる。だからディープシーだからと言って特徴的なのはどうかというのは、その中で考えるべきところは

あるのですが、1つの大きな異なる環境であることは確かです。

JAMSTECさんのところから新規の有用酵素はどれだけうまくとれているのか。実は別にJAMSTECさんだけじゃなくて、海外も含めて、日本のほかの研究所に関しても似たような研究がたくさんあります。ですが、今日はJAMSTECさんのところから少し見たいと思います。

典型的な幾つかの酵素が出されてきていて、部分的には製品化している。ただ、非常にビッグマーケットにはなり得ていないわけです。通常の酵素ですので、ほかのものに比べて基質特異性が高いとか、ちょっと違うとか、そういう話のものが多いいと思います。

深海の微生物の有用性をやりなさいというミッションが多分あります。そういう意味で特殊なもの、新しいものをとってくるというトライアルをたくさんなさっていらっしゃると思いますが、ミッションをオリエンテッドにやっているかどうかというのはちょっとこの部分からは私には見えない部分があるのですが、どちらかと言うと、深海から地球コアへという、その中で、どう海底の初めの浅いところから深いところについて、微生物が変わっていくかというお仕事のほうが非常に多く、そこに新しい微生物がとれたり、いろんな活性が違うのではないかということが、今、微生物の研究の中で地底もしくはコアに関しては多いのではないかと思います。

そこには地球生物学だったり、進化生物学という意味での学術的な新しい知見を蓄積しているのが今の現状かなというのが正直なところの感想です。

これは別にJAMSTECさんだけじゃなくて、世界規模でそういう流れと、あとは産業応用というのと両方あるわけです。こういうところから、今、例えばJAMSTECさんはここから今のバイオフェューエルのところで、流入分解に新しい機能を持っている微生物がとれたという、そういうような展開もありますけれども、最近、私として思うのは、こういうところから実は分子生物学的な機能とかゲノム情報というものを丹念に、きちんとデータベースを持ってきて、きちんとそういうものを蓄積していくと、実は意外にその次に新しい産業応用とか、あとはこういうものからスクリーニングするに当たっては目的思考の探索と効率化ということをいつも考えてやるべきだと思っています。

例えば最近、ゲノム編集というのが非常に大きなマーケットになって、そこから新しい新規の生物をつくったり、すごい大きな技術になっているんですけども、それができるようになったのは、やはり新しい酵素が微生物からとれてきて、ゲノム編集が効率的にできる。今、実はパラレルにゲノム編集を効率的にできる酵素をいろんなバクテリアからスクリーニングしようと密かにやっているところが、日本もNEDOさんとかもすごく力を入れてやっているという状況があります。

そういうときに、例えば漫然とこういう普通の酵素のスクリーニングをするのではなく、ある程度、ミッションを考えて、スクリーニングをしていったりとか、そのためには実はここら辺をよく理解していないとだめというのがあります。なので、基礎的な知見の中できちんとした微生物学をやり、ゲノム工学をやり、そういうところをきちんとやると新しい、今まで発想しないところのものも出てくるでしょうし、ある程度、機が熟してきて、こういうところが進みつつあると思ったら、いち早くそれに戻って行って、目的思考の探索というのをしていくべきではないかと思っています。

例えば創薬ターゲットというのは、日本も天然物化学の中で非常に長い歴史があります。

これは本当に昔からいろんなものがスクリーニングされています。例えばここに挙げるのはアルツハイマーの病気をターゲットにした海洋性由来の化合物で、幾つか臨床試験というのは行われています。ヒト臨床までいっているものもあれば前臨床までのものもあります。

前臨床でいいものが残ってくれば上に上がっていきますけれども、これは本当に限られた例を論文からとってきたものですが、例えば前臨床のところを見てみると、それこそ本当に海洋土壌からとった微生物もあれば、渦鞭毛藻もあれば、いろんなものがあります。タツノオトシ

ごまでありますけれども、よく見てみると、やっぱり海綿、スポンジというものが非常に多く出てくるわけです。スポンジ、ここであるのは生理活性物質の生産者として、今まで、これはちょっと古いですが、一番たくさんいろんなものを出しているものの中にやっぱり海洋の海綿というのが注目されていて、相当量やられています。

ただ、最近、新しい物質がとれてこなくなってきたと言われている。これはリソースが限られてきて、地球の大体、みんな行けそうな海の浅いところにいる海綿は皆さん、ほとんどアクセスしてしまって、抽出して構造決定しちゃっているというのが状況です。なので、そういうものに対して、次はそこの中に、実は海綿の中にいる微生物が有用物質をつくっているというのが今、わかってきて、その微生物の遺伝子をとってくることによって整合性の全部の遺伝子をどうやってつくるかという、クラスタを全部とってくる時代になってきています。

特に微生物は余り培養できないということもあって、微生物から遺伝子をとってきて、それを新しいホストに入れてつくり込んでいく。1つの整合性、1つの有用な物質をつくるに当たって、たくさんプロセスがあるので、そのプロセスをちょっと変えてあげて、新しい物質をつくるなんていうのも今はどんどん開発されています。

とれてくるものが限られてきてしまったら、今度、次はそういうアレンジに今、言っていますが、例えばJAMSTECさんのホームページを見てみると、深海にもこういう無脊椎動物がたくさんいるんですね。こういうのはまだまだ新しいものが見つかったり、手つかずのものがたくさんあります。そういうものの中には、やはり体の中に微生物をたくさんため込んでいたり、新しい共生系というのを持っている可能性というのは非常に大きく、既に微生物がいるということも報告されているものがあります。

そうすると、そういう微生物というのは今後、すごく有用ターゲットになり得るし、いち早くほかの人に比べてアクセスしやすいという、そういう組織の中でターゲットをある程度、絞り込んでいながら、創薬というのはビッグマーケットになり得るものなので、そういうところですね。酵素よりは創薬に持っていく。そういう陸の浅岩のところですごくたくさんの知見が出ているので、そういうものと比べていく。

もしかしたら深海にはそういうものが余りとられない、出てこないのであれば、それはそれなりの生物学があると思いますが、何か先ほども示したみたいにターゲットを、要するにアウトプットのところのターゲットを絞り込んで、有用性へ持っていかないと、なかなか微生物ってスクリーニングが非常に難しいと思うので、ぜひ私なんかだと、こういう複合系のものを、私もやりたいですけれども、1つの大きなターゲットにすることによって、深海の微生物の有用性を担保するという研究が進むのではないかと期待はしています。

こういうものはいっぱい写真がありますけれども、探査システムとして何が必要なのか。そこは私自身もよくわかりません。小さいものから大きいものまであるので、いかにそういうのをコレクションして、上に上がっていくまでに壊れることなく維持して持って上がるかというようなプロセスがあると思うので、そこら辺はトライアンドエラーだと思いますが、それに合わせたシステムとともにターゲット。ホームページにあれだけ写真がたくさんあったので、とてももったいないなという気はしております。

特にバイオ系の話になると、非常に受けがいいです。広報的には非常に人々にとってはおもしろい。だから、ぜひそこから次の有用なものがとれるという戦略の中で、もう少し幅を広げていただければなというのが私から言えるところです。

ですので、酵素をとったりなんかするのは深海だから必ずというのは少し色が薄い気がしています。

確かに、私もメタゲノムとかをやっていると、たとえ土壌からとってきても、新しいものがたくさん出てくるわけですね。それがただスクリーニングでどれだけハイスルポットでかけられるかどうかという、それだけなので、そこが深海というものを特徴づけるためには、何か明

らかに違う。例えば生物なんかもスポンジも肉食スポンジとかそんな変わったものもいて、陸上には今まで見たこともないような、そういうのもいます。

そういうところに新しい活路というのものもあるし、ポテンシャルというのは非常に感じられる部分だと思っています。

【道田主査】 ありがとうございます。

何かご質問ございますか。

【織田委員】 大変おもしろいお話、ありがとうございます。この世界は全く素人な人間からの質問ですけれども、幾つか大変おもしろい観点のお話をいただいたなと思っています。

1つはマーケットプルと言いましょか、ターゲットを絞っていく。これは例えば海外の研究なんかで、別の分野なんかを見ていると、テクニカルフォアサイトみたいな、要するに2020年は世界はこうなって、ニーズがこうなって、したがってこういう分野が伸びてくるから見ていて、今のシーズとどう結びつけられるかみたいなのは結構、私が見ている分野でも海外にはあって、ただ、日本のシーズベースのものがだめと言っているわけではないのですが、いろんなやり方がある中で、フォアサイトの観点から、こういった分野でマーケットプルみたいなターゲットの絞り方というのは結構あるのでしょうか。

【竹山委員】 難しいのは企業側のいろいろと考え方と、研究者の考え方に非常にギャップがあって、やっぱり研究者の方は自分が一旦思っていると、それだけをひたすらやっていて、必ずしもそれがマーケットに出る、出ないということは関係ないとは言わないですけれども、もう少しバイオリジカルなところで動いているので、そこがほとんどです。

特に酵素に関してはそれがすごく一番多いと思っています。酵素に関しても企業側がそれほど欲しいと思っていないものがたくさん多いです。論文は出ますが、必ずしもマーケットに必要とされているかというところでもない。逆にバイオテクノロジーの人たちは、そこにマーケットがあったら初めから企業と組んで表に出さなくて、特許を取りながらやっているの、あんまり見えてこないという。論文なんかに出てくる前にマーケットを意識して、特にしているの。だから非常にそこは二分化されています。

だから今日、論文のベースでお見せしたのですが、多分、マーケットに出てくるものは5年先に論文に出てきて、特許も表に出てこないと分からないというのがあります。

創薬に関しては昔からずっと長い歴史があって出てきている。ただ、一応、20年前もアメリカのほうで、やっぱり新しい天然物からのものをとりたいたいというので、アメリカ全土に号令がいて、とにかくみんなやるぞというのがあったのですけれども、最近、もうそれをやっていないのは、なかなか天然物が取れてこなくなってきたから。それはさっきも話しましたようにリソースに限界があったのです。だからそういうものがあれば、また新しく動くのではないかな。

あと、企業は創薬会社に関しては本当にクローズドなので、なかなか見えにくい。本当に今日、前臨床とかああいうふうに出てきたときに、初めて「これが」というのがあります。だから、少しこういう分野というのは非常に見えにくくて、当たればやるけれども、日本の製薬は今、非常に弱くて、なかなかこういうところに投資をしてきていないのが現状です。だから先生方が一生懸命やったものがどこかで買ってもらって大化けする場合もある。だから投入に対してリターンが非常に小さい。まだまだそういう分野。当たれば大きいけれども、だから余りそういう普通の、先ほどおっしゃったようなそういうロジックがきちんと必ずしもないのではないかな。

【織田委員】 そうなるともう1つ、難しい質問というか、素人というのはすぐ単純化して聞きたがるのですが、まず、私が理解を間違っていないければ、第一の印象は浅いところはかなりとり尽くしてしまった。一方で深海底に行けば、未発見のものがかなりいそうです。

そうすると、これは多分、こういった分野と私が想像するには先駆者が世界をリードするというか、先にとったもの勝ちというところがあるので、日本が効率よく、無人、有人は別とし

て、サンプルを深海から集めてくるというところで一歩リードできる可能性はあるのではないかと考えています。一方で今、お話のあったとおり、それをどうやってマーケットベースに乗っけて日本が有利な立場、日本とは言いませんけれども、ここで見つけたシーズを有効に生かすのかというための仕掛けがもう1つ、ないとだめなような気がします。そこはどうしたら先にとったものをうまく先に結びつけて、一歩、世界のためになるというようなことに結びつけるのはどうしたよいか。その辺の何かお考えがあったら聞かせていただけますか。

【竹山委員】 浅岩のところにいるスポンジなんかは、日本のエリアも含めて、20年前から10年ぐらい前の間はアメリカの研究者が沢山やって来て、根こそぎやっていった

ただ、今、多様性の状況のことがあって、人様のところに行って、そういうことってなかなかできなくなってきてはいるのですが、深海においても同じことがこれから起こると思われる。今、まさに写真から次にという状況に来ているわけです。だから隣国も含めて、多分、どこかで洗いざらいやる時期が来ると思います。

ただ、問題なのはその後、マーケットに乗るかどうかというのは、先ほど見たように前臨床や、ヒトの臨床のところですごい時間がかかります。某製薬会社の今までの薬でどれだけトライアルで失敗しているかなんていうのも実は事例はたくさんあり、そこに耐えられるぐらいのものかどうかということが重要である。

実は海洋から非常に大きな多種多様な生理活性物質は、はっきり言ってすごく沢山とれています。ただ、8割方は毒です。毒で、人の細胞も平気で殺してしまうような、そんなものが多いです。そこで毒性がすごく低いとか骨格から少し改良すれば何とかなるといいうところに残ってくるまで非常に少ない。だからこれは別に深海ということではなく、新しい薬がなかなか最近出てこないというのと同じで、ただ、天然物にまた回帰していく部分もあるので、そういう意味で1つのポテンシャルとして検証できるのではないかと思います。

だから早目に行って、がりがりとしてくればよいという話ではなく、その広汎に対してやはりそこまで持ってきていることの経験がある人たちと上手く組むということです。海洋の人が海洋の微生物屋さんと組んだって何もならなく、もっと違う分野でマーケットベースをよく知っていて、かつ創薬というところを知っている人。もちろん構造化学も知っている人、そういうところで広くやっていくということが重要だと思います。

【織田委員】 ありがとうございます。

【道田主査】 いいポイントをいただきましたね。ありがとうございました。

そのほか、何かご質問。

【藤井委員】 今の議論で質問ですけれども、やっぱり深海だと、普通のいわゆる特異点でないところは非常に微生物の濃度が低いです。片っ端からやると言っても、多分、特異点のところはやるといういろいろ出てくると思うのですが、なかなか微生物の密度自体が低いのでかなりしんどいのではないかと思います。

逆に今、医療関係はご議論の通りだと思いますが、例えばエネルギー関係の応用だと、クレイグ・ベンターも片っ端からやっています。それは浅いところをやっていますが、深海でそれと勝負できるかと言うと、なかなか投入するコストと実際に得られるものとの関係で、かなりしんどいような気がします。どのように思われますか。スポンジ関係はおもしろいとも思うのですが。

【竹山委員】 なぜ共生系を言っているかと言うと、共生系って、特にスポンジなんかはバクテリアがすごい量が多いです。私たちが実際に、スポンジをやっているのですが、体の40%がバクテリアで、1個持ってきて、ぎゅっとやるだけで、ふわっとバクテリアが濃縮されたような状況になっている。実はそういうこともあって、スポンジをやっている、スタートのときはそれを使ったという経緯も実はあります。

ですので、土を1個とってくる、1グラムとってきているというようなやり方ではなく、そ

ういう共生という新しい組織で、新しい組み合わせになっていて、かつ濃縮されているような、そういうものってとてもおもしろいサンプルだと思います。

確かによく写真を見ると、何もないところが広がっていて、そういうものを見つけるのが大変だと思いますけれども、逆にそれはJAMSTECさんに今までの知恵や経験があるのではないのでしょうか。

ただ、でも、JAMSTECさんが見えているものですごく新しい生物をいつも発見してくださる。そういうのをうまく使う。例えばクジラの骨のところにだけいるというのは、骨を食べるわけですから、そこに密集します。そういう密集体というのは、そこに複合系が生まれるというものは、ある程度使いやすいと思っています。

例えば薄いものであれば、深海の水だったらポンピングで濃縮するというのがオンサイトでできるのかどうかということもあるでしょう。土壌もよく言われています。どこの土壌をとって、どういったものがとれるのか。それは結構、深海の土壌にも言えるのではないかと思ひ、全てをやるのは難しいですけれども、どこをやったら効率的かどうかということ考えた上でサンプリングをすることと、自分は何をとりたかということ考えた上で、どこでやるかというのをやっぱり考えるべきなのではないでしょうか。

これは私も普通のメタゲノムの研究をやっているときに海洋をやっていたので、非常に悩みましたので、やっぱり自分が何をしたいかによってサンプルは選んでいくということはありません。

だから、長い何十年も深海を見ていらっしやる歴史の中で、アイデアはおありになると思います。それをうまくコレクションすればよいのではないかと思っています。

**【道田主査】** ありがとうございます。

竹山先生、どうもありがとうございました。

用意されている資料がもう1つあって、お手元の資料5番、先ほど来、諸外国の動き等の話も若干出はおりますけれども、これは事務所からご説明をお願いします。

**【事務局】**

諸外国の深海探査機の状況について資料をまとめておりますので、資料5のほうでご説明させていただきます。

まず米国ですけれども、こちらはウッズホール海洋生物学研究所ですが、HOVについてアルビンという調査船がございます。1964年から活躍をしているわけですが、もともとは最高深度が2,000弱メートルからスタートしますが、その以降はアップグレードを続け、現在は4,500メートルまで潜航可能になっております。

また、2010年から13年で大規模な改造工事を行って、アップグレードを含め、引き続き最高深度6,500メートル化に向けてプロジェクトが進行中となっているところでございます。

同じくアメリカのROVでございますが、ジェイソンというROVです。1988年にウッズホールのほうで開発を行いまして、最高潜航深度は6,500メートルです。こちらは母船とROVの間に中継器がありまして、シンプルでコンパクトなシステムということで、専用母船を置かずにアメリカの多くの調査船に搭載して運用可能というふうになっております。

AUVのほうにつきましては、1996年にABEという4,500メートル級ですが、2010年に亡失しております。それ以外に2010年に完成したSentry、これは6,000メートル級ということで、ウッズホールのほうで開発運用を行っているところでございます。近年ではオーシャノグラフィックシステムラボが運用しているREMUSが有名でございます。科学的調査のほかにも洋上で墜落した飛行機等の探索にも使われているところでございます。

ハイブリッドROVの関係ではネレウスというものがございます。ROV、AUVの二通りの運用ができるという探査機で、2008年に完成し、現在のところ、最大深度が1万1,000メートル。かいこうが亡失した後の世界一の最深部に到達する探査機であった、こちらにつきまし

ても2014年に亡失をしてしまったというふうな状況でございます。

続きまして、米国の民間企業に関するHOV開発の状況です。民間企業につきましては、主としてレジャー向けのパーソナルユースや番組撮影などのチャーター用途がメインであって、深度は300から1,000メートルの小型潜水艇を販売しているベンチャー企業が複数社あるところがございます。特徴としましては、アクリル製耐圧殻等を用いてワイドな視界を確保したりとか、デジタル技術を駆使し、小型軽量化、プライベートヨットなどの搭載を前提とした大きさであるとか、最深技術や素材を積極的に活用しているとか、そういうのを公的機関との認証を得て、安全性と品質についても確保しているという状況でございます。

具体例を申しますと、オーシャンゲート社でございます、ワシントン大・ボーイング社と共同でカーボンファイバーと強化ガラスを用いた6,000メートル級の潜水船の開発プロジェクトが進行しています。現在はCYCLOPS 1という試験機で各種要素試験中でございます。2015年12月にはその次のステップであるCYCLOPS 2のカーボンファイバー製耐圧殻の3分の1モデルの試験を実施しております。それにつきましてはエンドキャップ部分で圧力に耐えられなくなったということで試験を終了しておりますが、そもそものカーボンファイバー素材に問題がないことは確認をしているという状況だとなっております。

2番目にトライトンサブマリン社でございます。こちらはフロリダにある企業でございますが、300メートルから2,000メートル級の潜水船をラインナップしております。最近では2013年にNHKの番組のダイオウイカの撮影に使われた潜水船として有名なものです。また、最近では独自にフルデプスの潜水船の開発にも着手しているというふうになっております。

3つ目としまして、シーマージンハイドロスぺース社でございます。こちらにつきましてはカリフォルニア州にある企業で、300から1,000メートル級の潜水船をラインナップしておる。こちらでも深度向けは開発していませんが、ナショナル・ジオグラフィック社のサーバーの撮影等にも活躍しているという状況でございます。

米国、3番目でございますが、私設研究機関の参画を特記事項と入れさせていただいております。近年ですけれども、企業家や資産家などが私的に研究所を設立しまして、海洋科学研究の分野に私財を投入しているという動きが見られています。グーグル元CEOのエリック・シュミット氏が創設したシュミット海洋研究所がこれらの中でも特に有名で、研究船ファルコア号を有して、探検的航海のほかにも、国内外の研究者に供用しているということがございます。また、ウッズホール研究所とも共同で新しいROVの開発にも取り組んでいるという状況でございます。

続きまして、中国の状況でございますが、中国につきましては中国海洋鉱物資源研究開発協会、COMRAという組織が中心となっております。HOV、有人のものではジャオロンというものがございまして、2012年に完成した最も新しい有人潜水調査船で、水深7,000メートルまで潜航することができる。現状としましては、世界一の潜航深度を誇る潜水調査船でございます。中国海域のみならず、北西太平洋やインド洋なども調査を行っているという状況でございます。基本的に耐圧殻、浮力材、マニピュレーター等につきましては外国製品を用いていますが、部分的には独自開発の技術も含まれているという状況でございます。

このほかのHOVの開発プロジェクトとしましては、第2弾として潜航深度4,500メートルの潜水調査船の開発プロジェクトの一環として、その耐圧殻が完成したという記事が報道上にも出ております。また、2015年の人民日報の日本語版では、上海海洋大学のほうで1万メートル級の有人潜水調査船の開発を進めているというニュースが掲載されている状況でございます。

無人探査機につきましても、同様にかかなり急ピッチで進められているという状況でございます。国家ハイテク研究発展計画による国家プロジェクトとしまして、2014年の中国化学技術部のROV海馬、2015年の中国科学院の潜竜一号の開発というのが行われておりまして、有人、無人について開発製造能力を高めているという状況でございます。

続きまして、ロシアの状況でございます。ロシア科学アカデミーのほうでございますけれども、HOVにつきましては、ミールという調査船がございます。1987年に完成したもので、水深6,000メートルまで潜航することができます。同型機は2機ありまして、同時運用も可能となっております。基本設計はロシアではありますが、建造自体はフィンランドで行われたものがございます。

タイタニックやビスマルクといった沈没船への潜航が有名でございますが、2007年には世界で初めて北極点の深海底に潜航、2008年から2009年では内陸部のバイカル湖で調査を行うなどの、他にはなかなか見られない活動範囲を持って活動をしているという状況でございます。

HOVに関しては、旧ソ連時代に開発されたものとして、コンスルというものがございまして、こちらについては具体的な資料はありませんが、水深6,000メートルまで潜航することができるかとされているところでございます。

続きまして、フランスの状況です。フランス国立海洋研究所、フレメールでございますが、HOVにつきましてはノーチールというものがございます。こちら1984年に完成した6,000メートル級潜水調査船で、こちらについては設計、建造ともフランス自身が行っているものがございます。独自の技術を使われているということで、他国に見られない方法が多く見られるという状況でございます。

就航直後の1985年には日仏共同調査で日本海溝を潜航したり、2002年にはスペインで沈没した原油タンカーの汚濁処理であったり、2009年も大西洋で墜落したエールフランス機のデータレコーダーの捜索にも従事しておりまして、各調査以外でも活躍をしているという状況でございます。

無人探査機の関係では自国製のものとして6,000メートル級のROV、ビクトール6000が1999年より活躍しております。AUVにつきましては、フランスについては自国開発ではなく、カナダISE社製の3,000メートル級AUVを2機購入して運用しているという状況でございます。またウッズホール研究所のネレウスと同様に、ROVとしてもAUVとしても運用可能なハイブリッドROVを開発していたという状況があります。

その他の国でございますが、まずドイツのGEOMAR、キール・ヘルツホルム海洋研究センターにつきましては1989年に完成した2人乗りの小型潜水船のヤーゴを運用中。こちら専ら母船を持たず、いろいろな船で運用可能であります。

また、インドにつきましてですが、こちら自己開発ではございませんが、6,000メートル級の潜水調査船の保有を目指して、国際入札を実施したという状況がありましたが、その後の具体的な進捗については現状不明でございます。

スペインでございますが、民間企業のICTINEU社が1,200メートル級の潜水船を独自に開発し、この分野に参入をしています。また、フランス、フレメールとリチウムイオン電池に関して共同研究を進めているという状況です。

これ以外にも科学調査用、商用、観光用など、多種多様な小型潜水船がギリシャ、トルコ、ブルガリア、ポルトガルなどで活躍をしているという状況でございます。

番外編として、HOVのディープシーチャレンジャーということで、2010年3月に映画監督で探検家のジェームズ・キャメロン氏がマリアナ海溝チャレンジャー海淵に潜航した潜水艇でありまして、1名しか乗れないのと、あと船舶関係の認証も取得していないので、その名のとおり、チャレンジ的な要素が強いという、そのようなHOVがつけられたという経緯があります。現在は使われておりません。

駆け足ですが、以上でございます。

【道田主査】 ありがとうございます。

外国がどうしているから日本がどうということにはないですけども、諸外国の様子を一応知った上で、情報として持っておいて議論を進める、そういう趣旨から調査をしていただいて、

資料にまとめていただきました。

何かご質問等ございますか。

**【西山委員】** 深海探査システムには6,000メートル級というのが多いようですが、それ以上深くなると、何か技術的に飛躍が必要なのでしょうか。それで6,000mかせいぜい7,000mのところまで止まっているのでしょうか。それから無人と有人で、無人だと有索というか、ケーブルがあって、海上でリアルタイムで画像が見えると思いますが、無人の場合はケーブルがないので、潜った人は見えますけれども、上がってくるまで、ほかの人は見られない、ということなのでしょうか。

**【磯崎センター長】** 先ほどの最初の質問でありますけれども、1つ、6,000メートルというふうな大きな技術的な、いろいろなコネクターでありますとか、いろいろな技術要素があります。6,000メートルが1つの壁になります。

目的からしても6,000メートルは、かなりの地球の深いところをカバーしますので、とりあえずは今のところ、それでカバーできるでしょう。費用と新たな技術開発じゃなくて、既存の技術とカバーするエリア。そのところから1つの大体6,000メートルというのがそれです。

今おっしゃった、しんかい6500は音響で撮った画像を上に出すことができます。ですから、今は10秒に1枚なんですけれども、かなり鮮明なので、上で見ている人も撮った画面、撮った画像を見ることができます。今、我々が取り組んでいますのは、もう少し速く、1秒に1枚ぐらいで送れないかということなので、それはある程度、リアルタイムで、多少、タイムラグがありますけれども、そういうものは見ることができるという状況にあります。

**【道田主査】** よろしいでしょうか。ありがとうございます。何かほかにも。

**【中野委員】** 私はこういう分野は全然わからないですが、この前、3月2日に東京フォーラムであったJAMSTEC2016、これを見てきて、非常に刺激的でおもしろかったです。

海の方々はこのように有人とか、そういう開発のときもこういう考え方をするのかとありまして、1つおもしろかったのは、チャレンジャー海淵でしょうか、あそこに既に挑戦した人たちはいる。でも、それはある意味、一発屋。行って帰ってきただけが2回あっただけで、それっ切り。我々はそれを何度も行ったり来たりできるような技術を今、蓄積している。

まさにそのとおりだよな。確かにリンドバーグ1回で終わってから、北大西洋航路はできなかった、あそこに立派にアメリカンがついていったわけですから、やはりそうやってインフラはできてくるのだと思います。

先ほど、藤井先生のおっしゃった、自分の動作しているところを自分で俯瞰して見たいという、あれは全くそのとおりでして、何とかそういうふうにはできないかなと思います。それは僕らが、例えばH-IIやその前でH-IIのときから、ロケットの第1段に切り離して落としていきます。あの落としていくシーンを見ることができたのはたしかH-IIが最初だったと思います。それまでは全く見えなかった。ただ、クリスマス島とか小笠原とかあの辺におりてくる、ダウンレンジにおりてくる、パラメーターで見て「今、切り離したね」と言うだけで、実感も何もないわけです。数字だけで頭の中で考えて、「あの辺、飛んでいるのかな」というだけでさっぱりわからないわけです。

ところが、ああいうふうにはブースターが落ちた、第1段を切った、段間ステージ捨てたというところ、もう本当に実感が桁違いなわけですよ。もちろんそこに行っているわけではないのですが、カメラを搭載しただけで、それだけ実感が変わってきて、こういう部分はやはりやっぴいかなければいけないと思ったのです。ですが、ここで聞いていたら、無人と有人では実はそんなに差がないです。無人のほうが小型化できて、いろんなものをコンパクトにできる、行ったり来たりできる。有人の場合はライフサポートシステムが必要ですから、潜航時間に限界がある。

確かにそうですが、それはいつまでもそうなのかなという感じがしました。このときは確か

に、ハンディはむしろ有人の方にあるのではないか。無人の方はバンバンいけばいいのではないかと思っていましたが、今日、竹内先生のお話を聞いていて、これはやっぱり偵察でいいのではないか。確かにそのようであるというところもありまして、偵察でいくと、そういう考えでいくと、今、ここで有人をストップさせたら、その技術はその時点からどうなるのでしょうか。

僕は航空機のほうを沢山見てきているので、技術というのは揮発性です。やめたその日から蒸発していきます。決してそこにはとどまらない。本当に人の記憶と人の経験の中にしか残っていない。だから三菱がこの前、MR Jをやろうとしていたのは、もうがむしやりに何が何でもここで残っているかけらの中からでも航空機技術を確保しておかなければならないという気持ちなんだろうと思います。随分急いだなと思いますけれども。

もう1つは、大学の関係で見ていくと、航空宇宙の中の航空のほう、これは本当にMR Jが出てこなかったし、ホンダジェットもなかったころ、単純に言えば、今から五、六年前でしょうか。MR Jはその辺も名前は出ていましたけれども、航空技術をやりたいという学生が本当に少なくなっていました。僕は心配でした。東大はどうでしょうかね。一部の有名な先生のところなんて大勢集まっているのではないかと思います。でも一般には物すごく層が薄くなっちゃっていますね。

だからMR Jでようやく少し復活できるのではないかと期待を持っていますが、くどいようですが、技術は揮発性です。だから、やめたらその瞬間から衰退していく。どこかでこれを保存しなければいけないです。だから単純に、両方同じなのだから、有人は大変だからほどほどにしておくのではなくて、やはりやらなければいけないだろう。それがいろんなところに広がっていくと思います。

もう1つは、この前も申し上げたことで、確かに、有人探査船無用論というものもあるらしいですし、宇宙で言えば、有人宇宙開発無用論というのがあるわけです。

でも、それは今だけの話であり、はやぶさみたいなのはあんなふうを持ち上げられたけれども、実質は何だったんだのでしょうか。あれでどんどん探査をやっちゃえばいい、はるかに安いではないかと有人宇宙無用論ということで書かれていたけれども、はやぶさをどんどん続けて火星へ飛ばす、あそこへ飛ばす、ここへ飛ばす、何事もなく黙って帰ってくる。あるいは帰ってこなくてもいいから、パラメーターだけ、データだけ送ってくる。もうみんな忘れてしまいます。間違いなく忘れると思います。

だから「日本人は死のリスクに耐えられないのではないか」と言っていますが、私は日本人は無探査機には耐えられないのではないかと明確に思います。

これからははやぶさを2、3、4と、幾つか打ち上げると思われますけれども、無人で順調に進めばだんだん振り向かなくなるのではないかと思います。

そうなった場合に、本当に人材は集まるのか。航空技術あるいは航空学科は、一部の大学は別としても、よそはどんどん薄くなっていくはずですよ。その辺もトータルで考えると、技術を考えたらずせざるを得ないのではないかと思います。

長くなりました、ありがとうございました。

**【道田主査】** ありがとうございます。

貴重なご意見で、全体のディスカッションの内容に入っておりますが、今の全体の話をする前に、今、中野委員がおっしゃったことの中で、潜っている様子が見えるように。例えば2機運用しているロシアとかは、そういうことをやっている例があるのでしょうか。あるいは無人と有人と合わせて、その手のことを運用している例というのはあるのでしょうか。今のこの資料の範囲で言いますと、そういうことになるかと思うのですが、何か情報はご存じですか。

**【磯崎センター長】** しんかい6500は沖縄で潜ったところで、ROVを潜らせて、それを見たことはあります。それはたまたまそういうふうにしていましたけれども、ふだんは今おっし

やったように、そういうふうな運用です。先ほど、浦委員からご指摘があったように、アラウンドビューモニターがもしあれば、今は自分の位置、周りとの関連を見ているわけですが、少しそれが広がって立体的に見えるというようなことも広がっていくかもしれません。けれども、ROVとROVを乗せるとケーブルが絡まったりというようなリスクを負いますので、そういう意味ではやっぱり無索のほうが現実的には安いのかなという点はあるかと思えます。

【道田主査】 ありがとうございます。

【藤井委員】 ミールは確かに2台運用しているのと、それからアルビンはジェイソンジュニアというROV、非常に小型のROVです。手で持てるぐらいのもので、それを連れて行って、一応、ROVで自分を撮れるということにはなっています。

【道田主査】 ありがとうございます。

中野委員のお話は全体に係る話だったので、そちらに話を移してよければ、それにしたいと思いますが、何か諸外国の深海探査機のことについて特にご質問等ありますか。

【浦委員】 若干コメントしたいのですが、先ほど、藤原さんの話があった、全部アクリルでできている耐圧です。これは有名なのがアメリカで、抜けているので、ハーバーブランチが持っていたジョンソンシーリンク、これは何十年か運転されて、2台持っていて、浅いところですが、それなりに仕事をして、これは世界の先駆けだと思います。それは既にやめていますけれども、それも言及したほうがいいのではないかと思います。

【道田主査】 ちょっと情報を調べていただいて。

【竹山委員】 質問は、アメリカの場合、民間企業が出てきて、このように運営していて、つくっているという。日本はそういうモチベーションは民間企業の中になくような状況で、どうなんのでしょうか。そこになぜアメリカは民間企業が自分でこんな大枚をはたいてでもつくる理由があるのでしょうか。何かそこは、海に何かおいしい話があるからなのでしょう。

【道田主査】 どなたか情報をお持ちですか。

【藤井委員】 民間企業ではなくて、ノンプロフィットの財団をつくる。要するに非常に多くの富を得た人が、いわゆる自分の私財をなげうって、ノンプロフィットのために研究情報、プラットフォームをつくっている。Schmidt Ocean Instituteが最近できましたけれども、その前にMBARI (Monterey Bay Aquarium Research Institute) というのがありまして、これはヒューレット・パッカーのデビッド・パッカーが持っている財団が水族館と研究所の両方を運営しています。これは25年ぐらい前から運営しています。

【浦委員】 今申し上げたハーバーブランチも、あれはジョンソン&ジョンソンがやっていますから、だからジョンソンシーリンクという名前になっているのですが、日本ではなかなかそういうのはないです。

【磯崎センター長】 今、竹山委員がおっしゃった、つくる側の話で、あれは私企業がちゃんとつくって、それで商売している。私も、トライトンというのはフロリダにある会社ですが、ちゃんと商売している。買う人たちがいる。やっぱりお金持ちが自分の趣味で、日本ではなかなかヨットを持っておられる方はいらっしゃらないですけども、アメリカのお金持ちはみんな、自分でヨットを持って、ちょっと大きな豪華なヨットで、そういうものに潜水船に乗って、ちょっと海の中に潜ってみる。そういうふうな人たちがたくさん住んで、そこに出して、ちゃんと企業として商売している。そういう状況で、多少、日本とその辺が違う。

【浦委員】 今申し上げたハーバーブランチも、あれはジョンソン&ジョンソンがやっていますから、だからジョンソンシーリンクという名前になっているのですが、日本ではなかなかそういうのはないです。

【磯崎センター長】 今、竹山委員がおっしゃった、つくる側の話で、あれは私企業がちゃんとつくって、それで商売している。私も、トライトンというのはフロリダにある会社ですが、ちゃんと商売している。買う人たちがいる。やっぱりお金持ちが自分の趣味で、日本

でなかなかヨットを持っておられる方はいらっしゃらないですけども、アメリカのお金持ちはみんな、自分でヨットを持って、ちょっと大きな豪華なヨットで、そういうものに潜水船に乗って、ちょっと海の中に潜ってみる。そういうふうな人たちがたくさん住んで、そこに出して、ちゃんと企業として商売している。そういう状況で、多少、日本とその辺が違う。

**【道田主査】** 今のお話は、それなりに市場と言っていいかどうかわかりませんが、お金を出す人がいるような土壌になっているという面もあるということですね。

ありがとうございました。

それでは、時間が押していますが、せっかくの機会なので、既に先ほど、中野先生からは貴重なご意見を何点かお伺いしましたが、今日のお話を聞かせていただいて、次世代の深海探査システムに向けて、何か特に全体を通してコメント、あるいはご質問でも結構ですが、ありましたら、あと10分ぐらい使わせていただきたいと思いますと思いますけれども、どなたでも結構ですが、何かありますでしょうか。

**【竹内（真）委員】** 私はアカデミーに身を置いてないので、少し庶民感覚でコメントしたいと思うんですけども、最初のJAMSTECさんの説明でも比較的、深海に潜るとき、視覚情報がメインで見られているという感じでした。視覚だけですと、それは人間の目よりもすばらしいセンサーもおありでしょうし、見えないものも見えるセンサーもあると思いますが、そうではなくて、もう少し実際に見える、五感で感じるとか、あるいはすごく知識と経験と感性のある方だと、聞こえない音も聞こえるとか、振動が感じるとか、そういうことがあるのではないのでしょうか。私、深海に行ったことがないのでわかりませんが、あるのではないかと、陸上の経験で言うところだと思います。

そうすると今の議論の中で、定められた機能をなるべく時間を多く、なるべくサンプルを多くという観測はもちろんある。それが8割ぐらいかもしれないですが、想定できない、あるいは行ったことで初めて偶然わかるというふうな観測や発見というもの、全体の5%から10%ぐらいかもしれないが、全然別物なのではないかという気がします。

ですから、それを合計して費用対効果と言うと、9割方の定められたことを膨大なセンサーで膨大なビッグデータでやればよいというふうに企業ではすぐなりますが、それと、偶然に近い発見とは違うのではないかと、機能が全然違うのではないかなと思います。

私どもは日常の陸上でやっているの、人間の動態とか何とかは山ほどモニタリングしていますけれども、それでも人を介したほうがずっと今でもいいわけですよ。

つまり、少し情緒的かもしれませんが、やっぱり三現主義という、現場に行って現物を見ないと現実がわからないという感覚が、エビデンスはないのですが、感覚としてはそういうものを何となく持っているという、非常に庶民的な感覚で申しわけありませんが、そう思っております。

**【道田主査】** 今、ご指摘いただいた点は、先ほど、最初の藤原さんのおっしゃったフルビジョンで見たら全然違ったという、そういうことにも通じることかなと思いました。ありがとうございます。

何かそのほか、ご意見、ありますか。

**【瀧澤委員】** 私も予算が許されるのであれば、ぜひ有人の開発をしていただきたいなと思いました。一度だけしんかい6500の能力よりはるかに浅い海域でしたけれども、光の届かない海域まで乗せていただいたことがありまして、そのときに非常に高揚感というか、これは、私自身は科学者ではないです、科学研究ではないですが、冒険心をくすぐるといえるのか、本当にほかには代替できない。もしビデオを見せてくれると言われても、全然、それでは代替できないものだと思います。

山登りをする人がいますけれども、最近はドローンが大変発達してきて、ドローンで詳細に観測できれば、山登りは必要ないかと言ったら、全然そんなわけではないわけです。やはり、そ

ここに行って体感するというだけでしか得られないものというものを持っているのが人間で、その人間によって科学研究が行われているわけですから、その手段を捨てるべきではないと思います。

**【道田主査】** ありがとうございます。

私から1つ、先ほど、竹山先生のプレゼンの中で、JAMSTECはたくさん映像を撮っておられて、ウェブに出ていますよね。もったいないというお話がたしかあったと思います。次世代深海探査システムというときに、探査機そのもの、あるいは周辺の母船そのものもそうですけれども、撮った情報とかデータとかビデオとか、あるいはサンプルとかの管理、それから何かそこに貴重なものが写っているかもしれない、残っているかもしれないので、有効利用するため、二次利用するための仕組みとか、そういったことも必要ではないかという気がしますが、その点は竹山委員、何かコメントはありますか。

**【竹山委員】** 二次利用というのは画像だけだと、その画像解析の人がそれをどうやってもっと解像度をよくして、何か見つけられるかという話になってしまうと思います。どちらかと言うと、私たちはやはりものありきの人たちなので、サンプルですね。画像を撮って、こういうものがあるということがわかったら、そこからアクションをしてなんだと決めていったら、そこに行けばまた撮れるのであれば、次に行ったときに撮ったときに、どういうふうにするかをシェアするか。

確かにJAMSTECさんのサンプルシェアに関しては随分、今、オープンになってきてはいますが、それでもやはりまだハードルが高い感じがあって、欲しいときにすぐ手に入るわけではなく、すごいプロセスを踏んで、それでも何か落とされたり、話がなかったりとか、いろいろとあるわけです。

そうすると、一回こけると、次は面倒くさいからいいやみたいになりますので、その辺のところもあるのではないのでしょうか。

あと、そこから出てきたデータに関して、どの程度、コミュニティでシェアするかということはあると思います。ああいう、特殊な生物から、例えば微生物をとれてくると、その微生物をどうやって多様的に使うかというのは、ある意味、何でも出せばいい話ではないですが、シェアするとアイデアがいっぱい出てくるところはあります。

そこをどういうふうに関後、広げていくかというのは、ものありき、情報ありき、画像ももしかしたらすごいおもしろい画像かもしれないです。でも、そこにアクセスしない限り、なかなかない。そういうネットワークを異分野に広げるような努力というのはすごく欲しいです。

**【道田主査】** 私の期待したお答えをいただきまして、ありがとうございます。

先ほど、竹山委員がおっしゃいましたね。異分野との連携とかいうことを考える場合に、その辺もデータシェアリングのこともぜひ頭の隅に入れておく必要があるのかなというふうに思いましたということです。

そのほか、何か。

**【藤原分野長代理】** 部外者ですけれども、コメントしていいですか。

サンプル利用に関しましては、今、かなりオープンになっておりまして、今、竹山先生が落とされたりというお話もありましたが、ちゃんと筋が通っているものに関しては基本的に利用できるようになっていきます。手続も昔に比べたらかなり早くなるようになっていきます。

それから、最近では企業等の利用に関しても新しい取り決めが結ばれつつありまして、恐らく今年度か来年度早々には企業とのやりとりももっと自由にできるようになると思いますので、ぜひ、よろしかったら一度、お試ください。

**【道田主査】** ということです。ちょっと個別にご相談されるといいかもしれませんね。

そのほか何か。

**【山崎委員】** ありがとうございます。恐らく今が次世代の深海探査を改めて見直すという

いい機会だと思いますが、逆に、ここで決めていく方向性が今後、今までのペースを考えると20年、30年の方向性を決めていくだろうという大事な時期なのかなと思っています。だからこそ、先ほど、浦委員もおっしゃっていたように、やはり需要がどこにあるのかというのをもう少し知りたいなと個人的には思います。

今日もたくさん貴重な発表をしていただきました、他分野の皆様が地質学であれ、生物学であれ、どの程度の深度が必要で、どの程度のデータの内容が必要でというのをもう少し、次回もヒアリングがあるということを聞いていますので、そのあたりからトレードオフしていき、ミッションの需要がどこにあるのかということをもっと少し調べたほうが説得力が増すのではないかと思います。

【道田主査】 ありがとうございます。

まさに次に進もうとした議論です。ニーズをちゃんと把握しましょうという話があったと思いますが、次回も研究機関等による深海探査の成果報告、あるいはニーズについてのヒアリングを予定しておりますが、何か特にこういうことを聞いたほうがいいんじゃないかということももし委員の先生方からありましたら、提言をお願いしたいと思いますし、それから今、事務局のほうでお持ちのアイデアがもしありましたら、次回以降のプレゼンあるいはヒアリングについて、事務局としての予定はどうなっているか、お話しいただけますでしょうか。

【事務局】 事務局で今、想定していますのは、小原先生から地震関係で何か1つ、プレゼンいただけないかということをもっと今、検討しております。

また、西山先生からデュアルユースの観点から深海探査のあり方について、1つ、お話がいただけないかなというのが今のところ、アイデアとしてございます。

【●●委員】 自由なということで、ちょっと気楽に言わせてください。

さっきの応用、この海の科学発見がこんな応用に結びついたというような成功事例みたいなものは、海外でも結構ですけれども、こういう事例がありますよというようなものをもっとご紹介していただければ大変参考になるなと思ったのですが。

【道田主査】 ありがとうございます。どなたに頼むかという話はあると思いますが、ちょっとそれは貴重なご意見だと思います。大事なポイントだと思いますので、私のほうで引き取りまして、事務局と相談させていただきたいと思います。

今、事務局のほうで用意されているのは、まだ具体にお話していたのかどうかわかりませんが、小原先生に地震防災の観点から何かお願いしたいということですが、大丈夫でしょうか。

【小原委員】 話は聞いていなかったのですが、私が適任なのか、それとも所内にももっとこの案件に詳しい者がいますので、その者と相談してみます。

【道田主査】 よろしくお祈りします。まだ次回まで時間がありますので、少し準備をしていただければと思います。

西山先生は大丈夫そうでしょうか。

【西山委員】 何か考えておきます。

【道田主査】 ありがとうございます。

そのほか何か。

ずっとヒアリングばかりしているわけにはいかないですけれども、3回目、次回、それからその次の回に1つぐらいヒアリングをして、その後、4回、5回、6回ぐらいでまとめていければと思っておりますが、時間も過ぎておりますので、何かこういうヒアリングをしたほうがいいのではないかとアイデアがありましたら、あとで結構ですので、事務局のほうに提案をいただいて、そのことについて私と事務局のほうで相談させていただいて、アレンジを試みるということでもよろしいでしょうか。

そのようにさせていただきます。

ということで、若干、15分ほど過ぎてしまいましたけれども、今、私も話をしてしまいましたが、次以降のスケジュール等について事務局からご説明をお願いしますでしょうか。

**【事務局】** では、資料6をごらんください。今後のスケジュールにつきましては、次回第3回が5月16日、13時から15時を予定しております。引き続き、研究機関よりヒアリング及び今後の深海探査のあり方についてのヒアリングを予定しておるところでございます。

その他でございますが、本日の資料につきましては、後日、文科省ホームページに掲載予定です。発表者につきましては念のため、内容をご確認させていただきますので、その上での掲載とさせていただきますと思います。

また、本日の議事録につきましては、後日、皆様にご確認のメール等をいたしますので、よろしくお願いいいたします。

以上でございます。

**【道田主査】** ありがとうございます。

ということですので、次回は5月16日、月曜日ですので、先生方、お忙しいとは思いますが、ご予定をしてください。

それと、本日配付されている前回の議事録について、もしお気づきの点があったら、これはいつまでに。今週中ぐらい？

**【事務局】** 今週中まででお願いします。

**【道田主査】** 今週の金曜日くらいまでに、もしお気づきの点、修正すべき点がありましたら、事務局のほうにお知らせいただきたいというふうに思います。

というわけで、若干時間をオーバーして申しわけありませんでした。

非常に重要なプレゼンテーションをいただいて、幾つか大事な方向性についてもディスカッションをいただけたと思っています。

どうもありがとうございました。

これをもちまして、本日の会合を終了させていただきます。

次回も、どうぞよろしくお願いいいたします。