

海とちきゅうのフロンティア  
ウォルター・H・ムンク教授特別講演会  
実施報告書

2012年11月12日(月)  
道林克禎(静岡大学・准教授)

11月7日水曜日午後2時から約2時間、東京大学理学部1号館小柴ホールにおいて、表記の特別講演会を開催した。当日は好天に恵まれ、約100名の出席者があった。また、本講演会は、海洋研究開発機構地球深部掘削センターのフィジビリティ研究の支援を受けるとともに、東京大学、東京大学大気海洋研究所、日本掘削科学コンソーシアム、IODP-MI、海洋研究開発機構地球深部ダイナミクス領域による協力を受けて開催された。

講演会では、はじめに金沢大学森下知晃教授がモホロビッチ不連続面とモホール計画の紹介を含めた開会の挨拶をされた。続いて、静岡大学道林克禎准教授がムンク教授の業績とモホール計画との関わりについて午後2時半まで紹介された。それから1時間15分程度、ムンク教授の講演会を行った。その後、金沢大学海野進教授が、現在推進しているマントル掘削プロジェクトについて紹介されて終了した。なお、講演会の後、学士会館にて「ムンク先生を囲む会」が開催され、40名余りが参加してムンク先生と会話する機会を得た。

ムンク教授は95歳とご高齢であることを考慮して、ステージに椅子を用意して座位で講演する形式であった。さらに、IODP-MIのHolly Given女史が傍らに座り、ムンク教授に問いかける役割を担当された。今回の講演会は一般にも開放したため、ミシガン州立大学の富永雅子博士が通訳としてムンク教授の話を適宜日本語で紹介する役割を担当された。

ムンク教授の講演内容は以下の通りである。(和訳は富永雅子博士による)

1. You toured the Deep-sea Drilling Vessel *Chikyu* earlier this week. What did you think?

今週初めに、深海掘削船「ちきゅう」のツアーをされたそうですが、なにかご感想はございますか？

I think it's great. It's truly one of the most impressive research vessels I have ever seen. JAMSTEC President Asahiko Taira was extremely gracious with his time to accompany us, and we had a very comprehensive tour of the whole thing, including the many wonderful onboard labs. The science community of Japan should truly be proud for having the courage to undertake the bold move of constructing this ship. With *Chikyu*, perhaps we can finally realize our dreams to get a piece of the mantle.

素晴らしい船だと思いました。私が今まで見たことのある研究船の中で、最も素晴らしい船なのではないでしょうか。ジャムステックの平アサヒコ理事長がご自分の貴重な時間を割いて船の中の施設にまでも我々にご紹介くださったことに感謝しております。日本のサイエンティストの方々は、この船を建設するという決断を下された事を大変誇りにしているのではないのでしょうか。この「ちきゅう」によって、マントルを捕獲するという我々の夢がついに実現できるのではないかと考えております。

## 2. How did the idea for the US effort “Project Mohole” come about?

アメリカの、いわゆる「モホール計画」のアイデアというのは元々どのようにして始まったのでしょうか？

A few of us, including Harry Hess and me, had been reviewing very boring earth science proposals for NSF - the US National Science Foundation - for three days; three very long days. We were having a drink afterwards and someone brought up the question: what would be the most exciting proposal that you can imagine? And someone else said, drilling a hole to the earth's mantle! After a few more drinks and lot more discussion, a new question came up: why not do it? By the time the evening ended, we had decided to write a proposal to NSF to do just that. The National Academy of Sciences agreed to take us under their wing for a feasibility study. We hired Willard Bascom to be in charge of the project. My brother-in-law, Ed Horton, was a drilling expert, and he designed the first drill string.

それは、ハリーヘスと私を含んだ数人が、アメリカ科学財団のち旧科学分野に提出された大変つまらないプロポーザルの数々を3日間にわたって査読、評価していた時に始まったのです。それは大変長く退屈な3日間でした。このプロポーザルの査読の作業のあとに我々は一杯やっていたわけですが、そのなかで誰かが言い出したのです。いったいどういうものが、一番エキサイティングなサイエンスを提案するプロポーザルだと思う？他の誰かが言いました。地球のマントルを掘るっていうのが面白いんじゃないか。さらなる議論ともう何杯かを進めるうちに、我々の中では「やってみよう

じゃないか」となり、その夜がふけるころには、科学財団にマントル掘削のプロポーザルを出そうという結論にたどり着いたのです。ナショナルアカデミーオブサイエンスが我々のやろうとしていることが実現可能かどうかというアセスメントを行なってくれることになりました。我々はウィラード バスコムという人をプロジェクト責任者に据えました。私の義兄弟であるエド ホートンは掘削のプロでしたから、彼が一番最初の一連の掘削パイプシステム（いわゆるドリル スtring）を作成しました。

### 3. What technological challenges did you face in 1961?

1961年当時、このマントル掘削を実行するにあたって技術的に難しかった事とはどのようなことでしたか？

We realized that certain questions had to be solved before we could make a meaningful proposal. We were aware of the fact that the experiment had to be done under the ocean, where the Earth's crust is thin. We would never get to the mantle drilling from land. At that time, there had never been any deep ocean drilling. The very first question was how to keep the drilling ship in place. I believe it was an Italian - Francois Lampietti - who suggested putting acoustic transponders on the sea floor, interrogating them at frequent intervals from the drilling vessel, and controlling powerful outboard propellers/motors to respond to the acoustic signals to continuously adjust the position.

まず有意義な掘削計画を提出する以前に、解決しておくべき課題がいくつかありました。もちろん地球の地殻が一番薄いのは海洋底ですから、掘削は海洋底で行われなければならないというのはわかっていたわけです。地上からはとてもマントルには到達できませんから。その当時、海洋掘削が行われた例はありませんでした。ですから、最初の難問は、どのように船を海のある位置に一定に浮かべておくかということでした。確かイタリアの方だったと思うのですが、フランソワズ ランピエッティという人が、音波/音響中継器を海底に設置して、船から頻繁にそれにむけて交信し、返ってきた音波に基づいて強力な船外モータをコントロールすることによって船の位置を調整する、という方法を提案しました。

Of course we worried about temperature. You can expect temperatures of about 150 to 200 degrees C at the bottom of the crust if you stay away from high heat flow areas. Those are less than what the oil industry sometimes encounters, so should be OK. We worried about

water depth and current strength, which are still issues for drilling today. And of course, we knew we needed a specially designed drill string to take the load of being unsupported in deep ocean, and then be able to cut through sediments and hard rock. Many of these topics, which are still challenges for the Chikyu today, were summarized in the 1961 book “A Hole in the Bottom of the Sea.”

もちろん、掘削で到達するであろう温度の心配はしました。海洋底では、熱循環が激しいところから離れたとしても、地殻の一番深いところで、摂氏150度から200度ぐらいの温度があります。しかしこの程度の温度状況は、石油業界ではまああることなので、恐らく大丈夫でしょう。水深と海流の強度に対応する掘削をすることも課題でした。これはこんにちでも引き続き克服すべき課題として残っています。そしてもちろん、深海の海底で堆積層を掘り抜き、その下の岩盤をも掘ることができる特別な耐久性をもったドリルパイプやビットといった掘削機器を開発する事が必要なことも認識していました。これら一連の課題は1961年発行の「海洋底に掘削孔を」という本に集約されています。その多くは、こんにちの「ちきゅう」という掘削船をもってしても解決していかなければならないものだと思います。

4. The Project Mohole team carried out a feasibility test under the sponsorship of the US National Academy of Sciences in 1961. Please tell us about that.

モホール計画のチームが、アメリカナショナルアカデミーオブサイエンスの支援のもとに掘削の採算性の調査を1961年に行ったとお話されました。その点についてもう少しお伺いしても宜しいですか？

A decision was made to use an existing drilling ship, the CUSS I, and try to stay close to home. For the location, we chose the area east of Guadalupe Island off the coast of Mexico. I had done some work on ocean waves for the US government in connection with amphibious landings in North Africa during World War II, so I took part in selecting Guadalupe Island as an appropriate site. I chose the site under the assumption that it would provide shelter from the incoming ocean swell. We have since learned that islands can do one of two things concerning waves: 1) they can provide shelter, 2) they can lead to a reinforcement of wave height from waves coming around both sides of the island. I had assumed that we would find shelter, but it turned out that the place chosen was unusually rough. But this turned out to be alright, because it provided a critical test of our procedures.

まず、CUSS-1 という既存の掘削船を、アメリカ本土にほど近いところで使うこと、という決定がありました。場所としてはメキシコ沿岸にあるグアダループ島の東にあたる海域を選びました。私は第二次大戦中にアメリカ政府の指令のもと北アフリカに水陸両用車を上陸させる作戦のための事前調査の一環として海の波の性質について研究していました。その波の研究を念頭に、島が防波堤の役目をして波浪から掘削作業を守るのではないかと考え、グアダループ島が適当という判断をしたのです。これまでに、波浪と島の関係、という点においては島は2つの役割を果たすということがわかっています。まず、防波堤となること。しかしまた、島の周囲を回ってくる波浪が島の反対側で再びぶつかり合い、波高を増長させてしまうということです。私は防波堤にまもられた掘削地域を見つけたと思ったのですが、逆でした。その海域は他にはないような荒れた海域だったのです。しかし、それはそれで決定的なテストを遂行することができたという点で有益な経験でした。

Willard Bascom decided that we should keep a meaningful record of this adventure, so he persuaded the famous author John Steinbeck to come along and write an article to be published in Life Magazine. John Steinbeck did a wonderful job of describing the experiment. I would urge you all to read his article, which appeared in Life Magazine in April 1961, with Mrs. Clark Gable on the cover.

プロジェクト責任者のウィラードバスコムはこのプロジェクトの記録をきちんと残すべきだと思ったので、有名な小説家のジョン・スタインベックに ライフ誌に掲載する記事を執筆してもらうように頼みました。ジョン・スタインベックはこのプロジェクトを見事な筆致で描いてくれました。この記事は1961年4月、当時一世を風靡した俳優クラーク・ゲーブルが表紙の号に載っていますので皆さんも読まれることを強くお勧めいたします。

The test was successful beyond our expectation. The position keeping using the acoustic method worked very well. We had calculated that the ship must remain within 180 meters of the central point, and it did better than that. We drilled 180 meters below the seafloor and took 50 meters of hard rock core – it was basalt. We were operating in about 3600 meter of water, really quite deep.

採算性の調査は予想以上の出来でした。船を音波発信機を使って定位置にキープするというのも、うまくいきました。我々の予測では中心点から180メートル以内に船をキープして置かなければなりませんでしたが、結果はそれよりもずっと狭い範囲にキープできたのです。我々は海底下180メートルまで掘削を進め、そして合計50

メートルの岩盤のコアを採取しました。このコアは海洋地殻の一番上を構成する玄武岩でした。この時の水深3600メートルというのは掘削作業をする上でかなり深い領域です。

We returned in high spirits, expecting an early follow-up of the feasibility test with the real operation. Unfortunately, that was not to be.

私たちはこの採算性の調査のあと、本格的な掘削プログラムが始まることを期待して意気揚々として待っていましたが、それは叶わないことでした。

#### 5. We know that Project Mohole ultimately did not succeed. What happened?

モホール計画自体は結局のところ実行されることはありませんでしたが、その背景にはどういった理由があったのでしょうか？

Whereas there had not been much interest by major oil companies to participate in the preliminary work, the success of the Guadalupe Island Feasibility Test received a great deal of attention. So, when we asked for bids for the main operation, 8 major oil companies bid to become the prime contractor, including familiar names like Shell Oil and Saucony. When the proposals were ranked, last in priority was a company called Brown and Root, from Texas, who had no experience with sea-going work. For reasons that have never been understood, NSF chose Brown and Root as the contractor. A few years and many millions of dollars later, Brown and Root was still publishing voluminous paper studies, with no end in sight. Finally, the scientific oversight committee decided that we were getting nowhere, and we requested Congress to terminate the project. That committee, on which I served, had earlier agreed to give NSF total control of the choice of the prime contractor. We should have never relinquished control. I carry much of the responsibility for the failure.

石油業界からは計画立ち上げの段階ではあまり参加への興味を示してもらえなかったのですが、グアダループ島沖での調査の成果はかなりの注目を集めました。ですから、掘削会社を決めるとき、シェルやサッカニーといった当時のメジャーを含めた8社もが入札に参加してきました。入札の最終段階に入った時、最下位にいたのはブラウンアンドルートというテキサスの会社で、そこは全く海洋掘削の経験が無い掘削会社でした。どうしてそういう判断をするのかももう誰にも全く理解し難いのですが、アメリカの科学財団はブラウンアンドルートと契約することに決めたのです。何年か経ち、そのあいだ何億円という投資がされてもなお、ブラウンアンドルート社は机上の

空論を繰り返すばかりで、実際の掘削に取り掛かる気配すらありませんでした。ついには、この掘削計画の評価委員会がこれでは埒が明かない、何の結果も出ないと判断し、我々は予算をつけてくれる議会に対してプロジェクトの終結を言い渡しました。私も一員であったその評価委員会は、早い段階でアメリカの科学財団にどの会社と契約するかを判断を一任していました。今思えば我々評価委員会やサイエンティストがその権限や判断を他に任せるべきでは決してありませんでした。この決断ミスへの責任を痛感しております。

However, it was not a total loss, because it led to so many years of the highly successful “Deep Sea Drilling Project” and was a forerunner of general drilling in the deep ocean.

しかし、全てが無に終わってしまったわけではありませんでした。なぜなら、このモホール計画と我々の経験は、その後何年にもわたって成功を収めた国際深海掘削計画の礎となり、また、石油業界も含めた一般的な深海掘削の礎ともなったからです。

## 6. What was the legacy of Project Mohole?

モホール計画の残した遺産とはなんだと思われませんか？

Well dynamic positioning – the method of automatically keeping a ship on position with its own propellers and thrusters responding to signals from acoustic transponders – became widely used in commercial offshore drilling. Indeed it is the method used by *Chikyū* today, although the reference signals now come from satellites instead of beacons emplaced in the sea floor. This all grew from the Guadalupe Island feasibility test with CUSS I - the first time a ship was held in position by a piece of information instead of a piece of steel cable.

ダイナミックポジショニングといわれる、音波発信機からの信号に合わせて逐一船のプロペラとスラスターの方向と推進力を変えながら船を海面の一定の位置にキープしておく技術は、その後の海洋掘削において汎用されるようになりました。この技術はもちろん「ちきゅう」にも搭載されており、船の位置の情報は、現在では海底に置いた発信機ではなく衛星との交信に基づいています。この技術はあのグアダループ島沖で行われたモホール計画の採算性調査で初めて船を物理的なケーブルを使ってではなく音波という信号を使って定位置にキープする試みから発展したのです。

Even in the early 1960s, there was great debate about whether the community should build two different ships, one to drill sediments and one to go to the mantle. The Deep Sea Drilling

Project began in 1968 with Scripps as the prime contractor for the National Science Foundation, using the drillship *Glomar Challenger*. Following that program was the Ocean Drilling Program, and then the Integrated Ocean Drilling Program. These three programs have involved thousands of scientists studying the knowledge contained in the ocean floor, which is over 70 percent of the surface of our planet.

1960年代のころにはすでに、われわれサイエンティストの中では、堆積物を掘削する船とマントル掘削を行う2台の違った船を建設すべきかどうかという議論が活発にされました。最初の国際深海掘削計画、いわゆるディープシードリリングプロジェクトはアメリカ科学財団がスクリプス海洋研究所を筆頭オペレータとしてグローマーチャレンジャー号という掘削船を使って1968年に始まりました。続いてオーシャンドリリングプログラム、そして現在の Integrated Ocean Drilling Program として発展してきました。これらの掘削計画は地球上の約7割を覆う海洋底に関しての叡智を築く何千人ものサイエンティストの研究を支えてきました。

There were many marvelous discoveries, but much remains that could be done, particularly in the deep oceanic crust. Really, very few holes have been drilled there. I would like to think that our efforts of over fifty years ago provided some of the motivation to build *Chikyū* and try again to reach the deep frontier of the mantle.

この掘削計画を通じて素晴らしい発見の数々がもたらされてきた一方で、特に地殻の深部に関しては、さらに解明されるべきサイエンスがあふれています。地殻のある程度の深さまで到達した掘削孔は本当に限られているのです。我々が50年前成し得たことが「ちきゅう」を建設するモチベーションの一つになったとすれば、そして、マントルというフロンティアに向けて再度チャレンジをするということへのモチベーションになっているとすれば、本望です。

#### 7. Late in your career, you went into a field called acoustic tomography.

Please tell us about this.

モホール計画後のキャリアに於いて、海洋での音響（いわゆるアコースティック）トモグラフィーの研究に携わられたそうですが、それについてお話頂けますか。

In the 1960s, it was discovered, to everyone's surprise, that the oceans have weather as well as climate. Ocean storms are called eddies, their typical dimensions are 100 km versus for 1000 km for atmospheric storms. Their duration is typically 100 days, as compared to 2-3



days duration for atmospheric storms. But the dynamics of ocean and atmospheric storms are surprisingly similar and closely related to a mathematical solution referred to as Rossby waves.

60年代、誰も思いもよらなかった事なのですが、海洋にも、いわゆる大気中で起こる天候や気象現象に近い現象があるということがわかりました。海に存在する嵐はエディ、いわゆる巨大な渦巻きで、大気中の嵐に対して大体10分の1である100キロくらいの大きさがあります。大気中の嵐が2-3日で終わるのに比べると、この海の嵐は100日ぐらい続きます。この違いの一方で、大気と海洋の嵐が発生するメカニズムは驚くほど似ており、数学的にもロスビー波と呼ばれる自由振動の波の一つに集約されます。

Prior to that discovery, it was thought that most of the ocean variability is associated with changes in latitude and seasonal changes. If you're pressed for some numbers, one could say a typical current moves at  $10 \pm 1$  cm/sec - quite steady! We now know a better number would be  $1 \pm 10$  cm/sec, with a huge variability associated with ocean weather.

この発見以前には、海洋のダイナミクスというのはほぼ緯度と季節によって変化するものだと考えられていました。その当時、なにかひとつ数字をあげるとすれば、一般的に海流は秒速9センチから11センチぐらいの速さでどこでもほぼ一定に流れていると言えたでしょう。しかし、今では海流は秒速数ミリから11センチとかなり幅広い変化幅を持って、それも海洋ならではの気象現象によって変わる、ということがわかっています。

In hindsight, it's amazing that the ocean weather had been neglected in a hundred years of ocean exploration – since the days of the *Challenger* expedition in the late 19<sup>th</sup> century. The typical strategy was for a few ocean research vessels to take uncorrelated profiles of the oceans. This would be equivalent to a few automobiles driving up and down the continent, and taking independent samples of the atmosphere. It became clear that traditional ocean sampling was entirely inadequate to cope with the variability in ocean weather.

後付にはなりますが、19世紀末のチャレンジャー号による海洋探査に始まって、100年に及ぶ海洋探査の歴史の中でこの海洋気象への認識が欠落していたことは驚きです。そのころの海洋探査のやり方は、現象の相関関係を無視して海洋の観測データを何隻かの研究船を用いて定点観測する、というものでした。例えてみれば、何台かの車を何度かアメリカ大陸を南北に縦断させて、それぞれが大気気象のデータをそ

の都度サンプルして回る、というやりかたです。このデータ観測のやり方では海洋気象の変化を的確にキャッチすることは出来ないということが明らかになりました。

Carl Wunsch and I gave this matter some thought, and we came to the conclusion that acoustic sampling of the oceans might fill some of the need, and would be adequate to learn something about ocean weather. The technique was designed to study eddies, but turned out to be very good for ocean climate as well.

マサチューセッツ工科大学の大気海洋学の教授であったカール ウンシュとわたくしは色々と考え、音響学的なサンプルの仕方で行くと、海洋気象の変化を捉えるのに十分かもしれないという結論に達しました。この技術は先程申し上げた海洋で発生するエディ、巨大な渦巻きで大気中の嵐に相当するもの、に対して開発されましたが、その他の海洋現象を観測するためにも大変有用だということがわかりました。

Why? Well, the speed of sound in the ocean is a sensitive function of temperature. So, the time it takes for an acoustic signal to go from A to B is a sensitive indication of the average temperature between A and B. And it is not just sensitive to the single ray path. Because of the way that temperature, salinity, and pressure change with depth in the ocean, the sound waves become trapped at different depths and end up sampling different parts of the entire ocean column from the surface to the seafloor. This is why acoustic signals at large distances come at well-separated intervals. By measuring the changes in travel time of the distinct rays, each with their peculiar sampling of the ocean column, one can separately measure the temperature profile from top to bottom between A and B. Not just one number, but the average temperature profile with depth.

さて、なぜだと思われますか？海の中では音の速さというのは温度の変化にかなり敏感です。ですから、A 地点から B 地点まで音波が届く時間で、このあいだの平均温度をかなり正確に予測できることになります。この音波の速度変化の利用はただ二点間の間の観測のためだけにとどまりません。海洋では、水深によって、海洋の物性、すなわち温度、塩分濃度、そして水圧が変化するため、あらゆる水深で音を伝播させることで海面から海底までのサンプルが可能になります。大規模なスケールで音波を使用した際、ある深度からの音波が別の深度からの音波と観測時間によって区別できるのはこのためです。ひとつひとつの音波の通り道の時間変化とそれに影響を及ぼした海洋の物性を調べることによって、A 地点から B 地点の間の、海面から海底までの温度プロファイルを知ることができます。ただ一点からデータをとる定点測定でなく、水深によって変化する連続した温度プロファイルを測定することができるのです。

By putting acoustic sources and receivers at both ends, we can measure the “*difference*” in the sound velocity from A to B as compared from B to A. Because sound travels faster with the currents than against it, this gives you a measure of the speed of the ocean currents as a function of depth. Using acoustic tomography to measure currents is at least as successful as its application to measure temperature; the best measurements of tidal currents have been done this way.

音源とレシーバーを A 地点 B 地点双方に置いておくことによって、我々は音速が A 地点から B 地点への方向と B 地点から A 地点への方向でどれくらい違うのか測ることができます。音波は海流に沿った向きのほうが逆向きよりも早く伝達する性質を利用すると、海流の速さを深度にそって観測することができるのです。このようなアコースティックトモグラフィを海流の観測に用いるアプローチは少なくとも海洋の温度観測と同じくらい成功を収めました。また、潮流変化を観測することに最適だとされてもいます。

Additionally, since the ocean is a very good propagator of sound, source and receiver can be separated by 10,000 km. Accordingly, the measurements give you accurate averages over large ocean basins that are hard to obtain from spot measurements.

さらに、海は音の伝播に大変適していますので、音源とレシーバーの距離は壱万キロ離れていても構いません。そのため、定点観測ではカバーしきれないような広大な範囲をもカバーすることができるのです。

8. We know that you are still very active in science. What are you working on now?

現在でも、ムンク教授は大変御研究熱心でいらっしゃる伺いました。今何を研究されているかお話を聞かせませんか？

I'm working on arctic problems. Glaciers slide down the mountain sides of Greenland and Antarctica into the ocean, but eventually come off the seafloor and continue moving as floating ice sheets up to what is called the “ice front.” The place where the ice sheets come off the bottom are called the “grounding line.” From the grounding line to the ice front there may extend 100 km of an ocean wedge embedded between the ice sheet above and the seafloor beneath. It's the only piece of ocean on planet Earth that has never been visited by

humans. Going in by manned submarines is very, very dangerous. In the last few years, there have been an increasing number of attempts to penetrate the ocean wedge by unmanned vehicles.

私は今現在北極圏に関するサイエンスを研究しています。グリーンランドや北極の氷河が海にまで到達していて、ある時点で海底面も含む地表に沿って進出してきた氷河は地表から離れ、それがアイスフロント、いわゆる氷崖（ひょうがい）となって海上に浮かびながらさらに進行してきます。この、氷河が地表からはなれる場所をグラウンディングラインと呼びます。このグラウンディングラインからアイスフロントまで約100キロに渡って、そこには氷河と海底面に挟まれた海が存在します。この海は、地球上で未だ誰も訪れたことのない海で、ここではオーシャンウェッジとよぶことにします。ここでの有人潜水艇調査は大変危険がともなうでしょう。過去数年、無人潜水艇によってこの海にチャレンジする動きが増えてきています。

We have proposed mooring ocean acoustic tomographic sources and receivers just seaward of the ice front. The simplest study is to measure the water flowing into and out of the ocean wedge. This is an extremely important set of measurements, because the temperature and velocity of the ingoing and outgoing water is critical to the melting of the floating ice sheet.

我々はアイスフロントのごく近くで、アコースティックトモグラフィの音源とレシーバーを設置するということを提案してきました。このオーシャンウェッジに出入りする海水を観測するのが目的です。出入りする海水の温度と速度はこの海面に浮かんでいる氷河の溶解に関して重要な情報になるため、これを観測することは大変重要なのです。

You can also get information from the water beneath the ice sheet as well. A second goal – and a more ambitious effort - is to learn about the wedge of ocean beneath the ice sheet. As it turns out, a wedge with thickness decreasing toward the grounding line has the property of reflecting incoming sound energy. By choosing the appropriate mode number and frequency, one can control the depth at which most of the acoustic energy is reflected. You can choose the reflection point near the grounding line. Changes in acoustic travel time are particularly sensitive to the water properties at the point of reflection. If this works, we could learn about the processes in the far interior of that ocean wedge. This second goal is highly speculative procedure, and may in fact not work – because the underside of the ice sheet could be so rough that not enough energy is returned. Our guess is that the experiment has a chance to work, although there is a significant probability of failure. But the first goal is the crucial

measurement of the degree of melting of ice sheet, because this is related to the global rise in sea level.

浮かんでいる氷河の下から海水の情報を得ることも可能なはずですが、我々のさらなる野心的な目標は、オーシャンウェッジについての研究にあります。このオーシャンウェッジの厚さは、グラウンディングライン、すなわち氷河が地表と離れる場所、浮かんでいる氷河の最も陸側に近い場所、にむかって段々と薄くなっているため、音波のエネルギーを段々と反射させることができるでしょう。適切なチューニングをすることによって、音波を最大限に反射させることができる深度というのがわかるはずですが、音が伝播している間の時間は、反射点での水の物性にかなり敏感に変化するはずですが、ということは、この観測手法を実行できれば、オーシャンウェッジの深部で何が起きているか理解することができるでしょう。この野心的な目標は、まだ予測の段階を出ないものですし、氷河の下の方があまりにでこぼこすぎてきちんと音のエネルギーを反射できないかもしれないためもしかしたら実現できないかもしれません。我々が思うに、この観測手法はハイリスク・ハイリターンなものです。しかしながら、いま最優先のサイエンスはどのくらい氷河が溶けているかを正確に把握すること、そしてそれは世界の海面上昇にかなりの影響があるのですから、大変重要かつ遂行されるべき観測であると思っています。

## 講演会の様子



森下知晃教授（金沢大学）による開会の挨拶



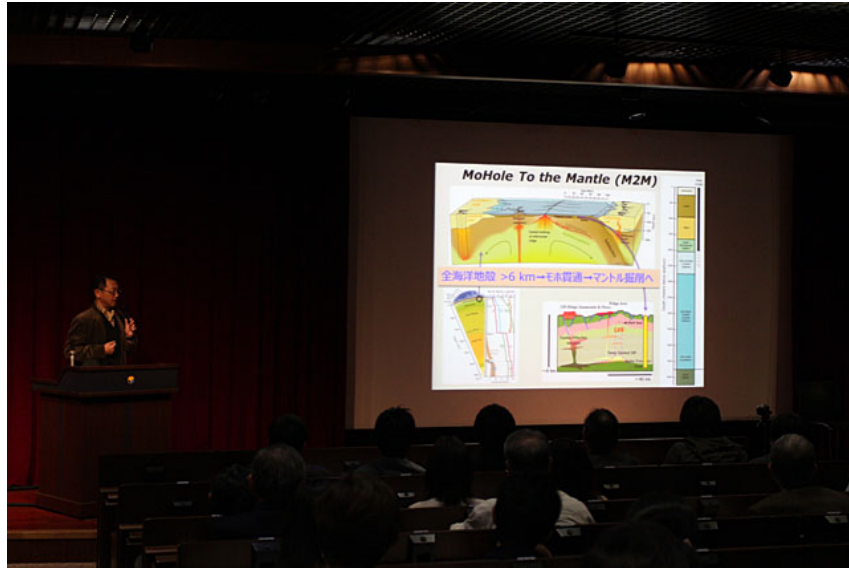
道林克禎准教授（静岡大学）によるムンク教授の紹介



講演されるムンク教授。Holly Givenさん（IODP-MI）からの問いかけに答えていく形式。中央やや後方に通訳担当の富永雅子さん（ミシガン州立大学）



会場は多くの学生・研究者・一般の方々に盛況だった。



海野進教授（金沢大学）による最新のモホール計画の紹介



講演会后，ムンク教授を囲んだ集合写真。



学生会館における懇親会「ムンク先生を囲む会」の様子。