

海洋開発技術講演会

海洋立国を支える建設技術

講演録

平成 22 年 3 月

(東京 丸の内 銀行倶楽部)



(社) 日本土木工業協会

海洋開発委員会

本資料は、平成 22 年 3 月 23 日（火）に開催しました海洋開発技術講演会「海洋立国を支える建設技術」における講演録と講演資料をとりまとめたものです。講演会には、会員企業をはじめ、公共機関、関係団体、マスコミ関係者等、合計 266 名の方々に参加いただきましたが、講演会の内容をより多くの方々にも知っていただくため、技術資料として作成したものです。

本資料が、皆様のお役に立つことを期待しています。

（社）日本土木工業協会 海洋開発委員会

— 目 次 —

○プログラム

○講演録

開 会 挨 拶	1
報 告 1 空港建設技術	3
報 告 2 海洋開発技術	13
講 演 海底鉱物資源開発の現状と将来展望	22
特 別 講 演 どうなる これからの日本	36
閉 会 挨 拶	49

○講演資料

報 告 1 羽田空港の利用状況分析と処理容量拡大策の検討	51
報 告 2 海洋開発技術に関する研究成果報告	65
講 演 海底鉱物資源開発の現状と将来展望	74
特 別 講 演 (レジメ) この時代に必要な基本は何か？	80

海洋開発技術講習会

海洋立国を支える建設技術

プログラム

○日 時 平成 22 年 3 月 23 日 (火) 13 時 30 分 ～ 18 時 30 分

○場 所 銀行倶楽部 大ホール (東京銀行協会ビルディング 3 階)

○プログラム

13 : 30 ～ 13 : 35 開会あいさつ 海洋開発委員会 委員長 小野 武彦

13 : 35 ～ 14 : 20 報 告 1 空港建設技術：再拡張事業終了後の羽田空港の処理容
量拡大策に関する研究成果報告
報告者 宮川 昌宏 黒坂 敏正
高久 雅喜 野口 哲史

14 : 20 ～ 15 : 00 報 告 2 海洋開発技術：海洋開発の拠点となる洋上プラットフ
ォームの建設技術及びマリンバイオマ
ス利用技術に関する研究成果報告
報告者 谷利 信明 勝井 秀博

15 : 00 ～ 16 : 00 講 演 海底鉱物資源開発の現状と将来展望
講 師 浦辺 徹郎 東京大学理学系研究科 教授

16 : 00 ～ 16 : 10 (休 憩)

16 : 10 ～ 17 : 10 特別講演 どうなる これからの日本
講 師 的場 順三 元内閣官房副長官

17 : 10 ～ 17 : 15 閉会あいさつ 海洋開発委員会副委員長 吉田 明

17 : 30 ～ 18 : 30 技術交流会

[配 付 資 料]

- 報告資料 羽田空港の利用状況分析と処理容量拡大策の検討
海洋開発技術に関する研究成果報告
- 講演資料 海底鉱物資源開発の現状と将来展望
この時代に必要な基本は何か？ (レジメ)
- そ の 他 ご質問等記入表

開 会 挨 拶

○司会 皆様、大変長らくお待たせいたしました。

それでは只今から、社団法人日本土木工業協会の海洋開発委員会主催による、海洋開発技術講演会「海洋立国を支える建設技術」を開催いたします。皆様にはお忙しい中、ご参加いただきまして、ありがとうございます。



この講演会は、日本土木工業協会海洋開発委員会の研究成果をご報告するとともに、東京大学理学系研究科教授の浦辺徹郎様からのご講演並びに元内閣官房副長官の的場順三様より特別講演をいただくものでございます。

私、本日の司会を仰せつかりました伊勢靖子と申します。よろしくお願い申し上げます。

さて、この講演会は土木学会のCPD プログラム及び財団法人港湾空港建設技術サービスセンターの継続学習プログラムに認定されております。講演会受講証明書をご希望の方は、後ほど受付の担当者にお申し出ください。

また、本日の講演会前半の報告とご講演につきましては、それぞれの報告または講演が終了した後に質問の時間をお取りする予定にしておりますが、時間に余裕がなければ割愛させていただきますので、ご了承をお願い申し上げます。ご質問などがありましたら、お手もとの質問用の用紙にご記入いただき、講演会終了後に受付の担当者にお渡しいただきますようお願い申し上げます。後日、お答えを電子メールなどで連絡させていただきます。

それでは講演会を始めさせていただきます。まず始めに、主催者を代表して海洋開発委員会委員長の小野武彦からご挨拶を申し上げます。小野委員長、よろしくお願いいたします。

○小野 土工協海洋開発委員長の小野でございます。

開会にあたりまして、主催者を代表してひと言ご挨拶を申し上げます。

皆様には、年度末のたいへんお忙しいところを当講演会にご参加いただきまして、まことにありがとうございます。



四方を海に囲まれ、海の資源に恵まれた我が国では、海洋の利用と保全を適切に行っていくことが経済の発展と国民生活の向上に大きく寄与するということは、皆様もよくご承知のことですが、特に地球環境問題や資源問題などが深刻化する今後におきましては、海洋の重要性はますます高まっていくものと思っております。こうしたことを背景に、一昨年(2010)の3月に海洋基本法に基づく海洋基本計画が閣議決定され、新たな海洋立国を目指したさまざまな取り組みがスタートしたところでございます。

このように重要な海洋の問題に対しまして、私どもは、前身であります海洋協海洋工事技術委員会の時代から、豊かな海洋空間の創造と有効利用を目指して、本四連絡橋、関西国際空港、東京湾横断道路、それから現在やっております羽田再拡張事業などの海洋プロジェクトについてさまざまな調査を行うとともに、海洋エネルギーや海洋環境などのテーマに関する研究を深めて、多くの経験と技術を蓄積し、社会に対して提案をしてきたところでございます。

本日の講演会においては、このような海洋を取り巻く諸情勢を踏まえつつ、海洋立国を支える建設技術という主題のもとに、お二人の講師をお招きしてご講演をいただくとともに、首都圏における空港問題と、海洋開発技術に対する当委員会の最近の研究成果を報告させていただくものであります。

講師をお願いいたしました東京大学教授の浦辺先生ならびに元内閣官房副長官の的場先生におかれましては、たいへんお忙しいところ、ご快諾いただきまして、まことにありがとうございます。鉱物資源開発に関する第一人者である浦辺先生からは、海底鉱物資源開発の現状と将来展望について、私ども建設分野に対する期待も含めて、興味深いお話をいただけるものと思っております。また、我が国を代表するオピニオンリーダーでいらっしゃる的場先生からは、今後の日本の進路、この時代に生きる国民に求められることなどについて、長年のご経験から、幅広い視点でのお話をいただけるものと思っております。

また、首都圏の空港問題は、我が国の活力、国際競争力という観点から極めて重要な課題です。本日の主題であります海洋の開発と保全のためには、基盤としての技術が不可欠であります。このため当協会では、かねてから羽田空港の容量拡大に向けた研究と、海洋開発技術に関する研究を重点的に進めてまいりました。まだまだ検討課題は残されていますけれども、担当しました専門委員から研究成果をご報告させていただき、皆様からご意見をいただければと思っております。

海洋資源の問題につきましては、今日の日経新聞に大きなテーマで一面を割いて報道がありました。また、先週ですが、港湾の問題についても大きな報道がなされました。私は、このように幅広い立場で報道されることに、我々がやっている活動の意義もあるのだなと意を新たにしたいところであります。

これから夕方まで、長時間にわたりますけれども、皆様におかれましては、どうか最後までご熱心な聴講をお願いいたします。本日の講演会が皆様にとって有意義なものになることを祈念するとともに、土工協の活動に対して、今後ともなお一層のご協力、ご理解をいただきたいと思います。そういったことを込めて開会のご挨拶にさせていただきます。今日はどうもありがとうございます（拍手）。

○司会 小野委員長、ありがとうございました。



報告 1 空港建設技術

○司会 それでは、プログラムに沿って、報告 1「空港建設技術」として、再拡張事業終了後の羽田空港の処理容量拡大策に関する研究成果についてご報告を申し上げます。ご報告は清水建設の宮川昌宏、大林組の黒坂敏正、大成建設の高久雅喜、五洋建設の野口哲史、以上 4 名からさせていただきます。

それでは報告を始めさせていただきます。

○宮川 ご紹介いただきました宮川です。よろしくお願いいたします。本日は委員会の 1 年間の研究成果として、羽田空港の利用状況分析と処理容量拡大策の検討についてご報告いたします。

まず本検討は、首都圏における空港需要の増加と慢性的な容量不足への対応策を検討することを目的としています。これまで各方面で、新空港建設、周辺空港の活用など議論されてきましたが、首都圏においては、羽田、成田の最大限の活用・連携が重要と考えております。そこで私ども空港技術専門委員会では、羽田空港の最大限の活用のために現状分析を実施し、それをもとに処理容量拡大策の検討を行いました。

本日の発表は大きく五つの項目からなっています。まず私からは、①の課題と検討方針、それから②の空港容量に関する調査と整理について発表させていただきます。その後、A 滑走路スライド案の検討、C 滑走路外側空間の利用について、順次報告いたします。

羽田空港の発着枠は段階的に拡大してきていますが、常に発着枠上限近くで推移していて、慢性的な容量不足となっています。本年の 10 月に 30.3 万回から 40.7 万回に順次増加していく予定となっていますが、今後の国際便増加を視野に入れると、近い将来、不足することが予想されています。

再拡張後の課題と検討方針について説明します。まず、施設配置に起因するものがあります。A 滑走路と B 滑走路が交差しており干渉しているという課題があります。B 滑走路着陸機や国際線ターミナルの利用機が A 滑走路を横断する必要があることです。2 番目の課題としては、便数の増加に伴い、夜間駐機場が不足するという課題があります。さらに、滑走路メンテナンス等への円滑な対応という課題があります。

以上を整理して、検討方針としては、A 滑走路スライド案の検討と C 滑走路外側空間の利用可能性を検討するものとなりました。また、検討に際して、地上走行に関する調査を行い、現状を把握するとともに、処理容量に関する整理、試算を行うものとなりました。

それでは、昨年 4 月までに皆様をお願いしていた空港における地上走行時間に関する調査の結果について報告します。1 年間で 1683 のデータが収集できました。本当にご協力ありがとうございました。昨年の講演会でも途中経過を報告しましたので、今回は主な結果についてのみ報告させていただきます。

まずはじめに、東京空港事務所の公開データから整理した空港別滑走路運用割合です。羽田空



港は現在 3 本の滑走路があり、北側に B 滑走路、東西に A、C 滑走路があります。北に向かって離陸、着陸を行う場合を北風運用、その逆を南風運用と言いますが、本グラフから、約 7 割が北風運用の結果となっています。この理由につきましては、飛行ルートの関係、それから羽田空港は北風が多いということが関連していると思われます。

これが実際に使用した調査票で、使用滑走路、離着陸の時間等を 1 便ごとに 1 枚に整理して記入していただいたものです。

空港における地上走行時間の分布です。出発、到着ともに、羽田はその他の空港より若干時間が長くなっています。とくに出発では、羽田 14.5 分、その他空港 10.1 分と、5 分程度長くなっています。

また、出発時間帯別の離陸までの時間ですが、羽田では、混雑の影響か、朝、夜の時間帯に他空港より特に長くなっています。

着陸時の滑走路走行時間ですが、羽田は 4 秒程度短くなっています。これは滑走路から出るときの高速誘導路の整備水準が高いことが要因だと思われます。

着陸後ターミナル到着までに 30 秒以上の一時停止回数を記入していただきました。一時停止したパターンが四つありましたが、その中でとくに比率が高かったのは B ラン南向きに着陸時で 16 %でした。下の中央の図にありますように、B ラン着陸機が到着ゲートに行くためには A ランを横切る必要があります。その影響が出たのだと考えられます。

簡単ではありますが、地上走行時間調査の報告は以上とさせていただきます。

次に空港処理容量の整理について報告します。空港処理容量を簡便に求めることで、今後の課題解決の効果を把握するデータとしたいと考えています。今回は主に再拡張後の処理容量について報告します。

滑走路容量とは、滑走路 1 本で 1 時間に 28 回などという基本的な容量のことを示します。次に空港容量とは、複数の滑走路で管制を考慮した容量を言います。一般に定期便の発着枠としての値、再拡張後では 1 日当たり 1114 回／日、1 年間で 40.7 万回というような言い方をします。

滑走路 1 本の具体的な容量について説明します。まず滑走路を離陸のみに使った場合ですが、離陸許可を得てから加速を始めるまでに 15 秒、また加速を始めて離陸するまでに 35 秒、航空機がレーダー識別され、後続の離陸機に指示を与えるまでの時間が 45 秒ということで、95 秒となります。ただし、大型機の場合は後方に乱気流が発生するため、後続との離陸の間隔が 120 秒必要となっています。

ここで、航空機の区分について簡単に説明します。大型機というのは最大離陸重量が 136 トン以上の航空機で、ボーイング 747、777 などが該当します。

離陸のみにについて整理すると、羽田で 7 割を占める大型機の場合は 120 秒、それ以外は 95 秒で離陸します。1 時間当たりに換算すると 32 回の離陸ができることになります。

次に着陸のみに使用する場合ですが、判断点である滑走路手前 1 マイルから滑走路までが 27 秒、滑走路走行時間が 73 秒、そして停止線を通過するまでに 15 秒必要です。着陸の場合は、離陸と違って後続機については急に速度を変えることができないので、この 73 秒にはばらつきを考慮しています。

着陸のみにについて整理すると、115.05 秒間隔になるので、1 時間当たり 31 回ということになります。したがって離陸より 1 回少ない結果となり、現在の羽田では着陸で空港の容量が決まっ

ているということになります。

それでは D ラン完成後の容量について説明します。まず滑走路の配置関係です。4 本の滑走路が井桁状に配置され、それぞれの距離は図に示したようになります。

航空局が公表しています D ラン完成後の北風時運用について説明します。A ラン・C ランに着陸、C ランと D ランから離陸するような 3 本の滑走路運用になります。また、A ラン着陸、D ラン離陸は 1 時間に 28 回、C ランは離陸、着陸各 12 回となっています。合計して、離陸、着陸が各 40 回に設定されています。ここで黄色のマークで示すように、滑走路配置から C ラン着陸機と D ランの離陸機の経路が交差しているため、安全な間隔が必要になります。

次に D ラン完成後の南風時の運用について説明します。B ランと D ランに着陸、C ランと A ランから離陸するような 4 本の滑走路運用になります。着陸は B ラン 28 回、D ラン 12 回、離陸は C ラン 18 回、A ラン 22 回となっており、計 40 回になっています。ここで南風時は黄色のマークが 3 カ所あります。南風時の運用には制約が多いことがわかっていただけたと思います。

それでは処理容量検討を行うための条件を説明します。管制方式から、離陸 1 分以内に着陸機との離隔は 2 マイル、1 分後には 3 マイル離れていることとしています。また、離陸機、着陸機の速度については、ここに示したとおりとしています。

条件が厳しい南風時の制約について説明します。C ラン離陸機が D ランとの交差点に来た時点で、D ラン着陸機が距離 A 離れたところにいるとして検討しています。このとき、先ほどの離隔条件を満たす距離 A は、大型機の場合 1.698 マイルで、時間にすると 43.67 秒後に着陸決断点である D ランの 1 マイル手前にいるという条件で考えています。

さらに南風時では、A ランと B ランの交差の制約を考える必要があります。つまり離陸機のブラストの影響を回避するため、B ラン着陸機が着陸体勢もしくは滑走路にいる時は、A ランの離陸を遅らせるというようなことを考慮します。

以上の条件から、南風時のシミュレーション結果を示します。シミュレーションは 1 時間分を実施し、大型機 7 割、非大型機 3 割を考えています。これはその一部分ですが、D ラン着陸機が着陸したことを確認して C ランの離陸を許可する。C ランの離陸機と D ランの着陸機の間隔を確保する。そして、先ほど言いましたように、ブラストの影響を考慮する。また、C ランの離陸 2 機に対して D ラン 1 機を着陸させる。C ランの離陸機の 2 機目を非大型機にするという条件で考えています。

さらに、南風時は D ランの着陸機が着陸できない場合も考える必要があります。たとえば D ラン復行機の後方乱気流が C ランの離陸方向に発生するので、120 秒たった後に C ラン離陸機が通過するという考え方も考えています。

以上から、空港容量を検討した結果を報告します。まずは左側ですが、再拡張後の結果です。航空局公表値と同じ 40 回/時、40.7 万回/年という結果になっています。また右側ですが、再拡張後に A ランを南にスライドさせ、A ラン、B ランの干渉がなくなった場合という想定にすると、1 時間当たり 3 回増えて 43 回という結果になります。年間に換算すると 43.7 万回です。詳しい計算の内容については配布資料をご覧ください。

また参考ですが、運輸政策研究機構での首都圏空港の将来像の検討において、再拡張後の容量拡大策の試算結果が公表されています。たとえば管制運用高度化で 44.7 万回、さらに A ランをスライドすると 45.8 万回などです。私どもの検討結果はこれよりやや少なめの結果となってい

ます。

最後に、いままでの結果を総括すると、現状の羽田では 31 回／時、再拡張後は 40 回／時、A ランをスライドすれば 43 回／時、さらに、後ほど説明がありますが、C ラン沖側に E ランを増設すれば 46 回／時で、46.8 万回／年という結果になっています。このように、簡単なシミュレーションにおいても、概略の効果の試算が可能であることがわかりいただけたと思います。以上で私からの報告を終わります。ありがとうございました（拍手）。

○黒坂 続きまして、A 滑走路南側スライド案の検討として、黒坂からご報告いたします。

先に報告があったように、A 滑走路はご覧のように B 滑走路と交差しており、B 着陸機は A 滑走路を横断する。また A 離陸機のブラストが B 着陸機に影響を及ぼすということがあります。したがって A 滑走路と B 滑走路は従属関係にあると言えます。また現在、整備中の国際ターミナルへの地上機も、大半が A 滑走路を横断することになります。さらに A 滑走路を南進させた場合の海上部分ですが、多摩川河口部に当たり、水深ゼロメートルの羽田洲が存在する。また既設の進入灯も存在する。それから河口部ということで、河積阻害への影響、小型船舶の航行への影響、さらに生物環境への影響が課題とされています。



次に A 滑走路をスライドすることの意義を少し整理しますと、先に言いましたように、ブラストの影響が緩和できることで、B 滑走路が独立運用できる。このことで、先の報告であったように、年間の発着枠は 40.7 万回から 43.7 万回に増やすことができる。それと地上機の A 滑走路の横断が回避できることによって、非常に煩雑な地上管制が簡素化できると言えます。

スライドするための条件を少し整理します。必要なスライド量ですが、ブラストの影響を受けない離隔距離、これは風速が時速 56km 以上で影響を受けるとされ、そのために 550m 以上の離隔が必要だと言われています。その結果、B 滑走路中心から A 滑走路端までの離隔を 550m とした場合と、安全側に見て平行誘導路と A 滑走路端を 550m にしたケース、それからスライド後の滑走路全長ですが、現 A 滑走路と同じ、国際線に対応できる 3000m を維持する場合、それから国内線として 2500m とする場合を検討しています。

これらを組み合わせると、主なものはこの三つのケースになり、まず 3000m を確保して B 滑走路から 550m スライド、離隔距離を取る。その結果、南側が 700m 延伸する場合、これはケース 1 です。ケース 3 として、2500m の滑走路長で平行誘導路から 550m 離隔する。その結果、南側の延伸距離が 400m。この二つのケースで検討しています。

ケース 1 の南風時の平面計画ですが、このように 3000m を維持して滑走路を 700m スライドするので、背後にスペースが生じます。その代わり、平行移動なので、海上部に約 750m の人工地盤が必要になります。

次に同じくケース 1 の北風時ですが、北風時は B 滑走路が使用されないので、現状の A 滑走路を使用するということで考えると、着陸機は 2500m で着陸可能なので、北側には依然スペースは確保できる。ただし、この延伸部にさらに進入灯を設けると、河積阻害等の問題があるので、北風時に使用しないこの延伸部に進入灯を埋め込むことを考えています。

もう少し具体的に延伸部のかたちを示すと、これが700m延伸した場合の計画です。海上部に、750mの長さで、幅が420m、滑走路上に着陸機用の進入灯を設ける。400mも同様です。

縦断勾配ですが、既存のA滑走路端部の標高を計画時の8mを使用して現在のA滑走路の勾配を延伸するものと考え、400m延ばした場合の標高がプラス約9m、700m延ばした場合がプラス約10mとなります。

次に延伸部の構造形式ですが、多摩川への河積阻害を抑える目的で考えると、埋立あるいは浮体に比べると、栈橋構造がやはり有利ということになります。さらに水深とか滑走路の高さ、それから杭間隔、施工性等を考えると、杭式支持で鋼製上部工が有利であろうという結果を得ています。

次に平面的な杭配置の例ですが、これが700mの案です。この黒いドットが杭の配置です。杭配置は川の流行方向に平行に設置する必要がある、こういった斜めの配列になります。現在考えている杭間隔は、約26m×16mで、河積阻害を算定する断面を杭本数がいちばん大きいこの断面で試算しています。400mの場合も同様の考え方です。

河積阻害率を試算した結果です。ここに書いてあるような前提条件において試算しています。まず700mを延伸したケースですが、阻害率が約5%、400mの場合で約4%、いずれも河川施設等構造令の許容値にはおさまっているという結果を得ています。

次に、懸念される波の揚圧力ですが、既往の研究成果から、まず設計波浪を推定しています。有義波高で約3.1m。この波浪を使って、現在想定している上部工高さで揚圧力を、経験式ですが、それで試算すると、揚圧力のピーク時で約350kN/m²という値になります。これらの揚圧力と飛行機荷重等を使って構造を設定しています。

まず床板ですが、プレキャストのPC床板あるいはUFC床板、または部分的にグレーチング等が考えられるのですが、それぞれの特徴を考慮しますと、やはりプレキャストのPC床板あるいはUFC床板が適切であろうと考えています。

次に主桁ですが、I型とカバープレートの組み合わせ、それから開断面の箱桁、それからそれぞれの梁の剛性を高めた狭小箱桁の三つで比較しています。揚圧力の作用を考えると、狭小箱桁が有利であろうという結果を得ています。

具体的には、これは平面図ですが、黄色が杭の位置です。杭を箱桁で結んで、主桁の間隔は約3.3m、上部工の高さが2.7m、それを支持する杭が、外形が約1.8mという結果を得ています。

次に防食ですが、上部工の外面に関しては、ここに挙げているように、五つの防食法で比較しています。コスト、施工性等を総合的に考えると、超厚膜のエポキシ樹脂が優れているという結果を得ています。桁の内部に関しては、D4塗装と除湿システムが適切であろうということです。

次に現空港との接続部の構造ですが、これはD滑走路の接続部で採用されている鋼管矢板井筒護岸構造とか、同じくD滑走路の連絡誘導路で採用されている鋼管矢板自立護岸と橋台の組み合わせ等、これらが参考になろうかと考えています。

次に、滑走路上に設ける進入灯ですが、既存の空港でも滑走路上には埋め込み式の灯火が採用されており、これらを利用すれば滑走路上に進入灯の設置が可能かと考えています。

次に施工の話ですが、まず施工条件として、A滑走路が供用中であることを考えますと、どうしても夜間の作業になります。それから浅瀬であることから、作業するためにマイナス5m程度の浚渫が必要になります。さらに進入灯は現在使われているので、それを撤去しながら、そ

の代わりになる仮設のものを工事中に設置していかなければならない。そういう条件が挙げられます。

施工のフローとしては、浚渫から始まり、地盤改良、鋼管杭の打設、それから上部工の設置、舗装と流れて、併行して接続部が施工される。

浚渫は、先ほど申し上げたように、マイナス 5m をグラブ浚渫船等で浚渫していく。700m の浚渫の計画図の例ですが、赤のラインで囲っているのが浚渫の範囲で、一部テンポラリーな航路が必要になります。700m の案で浚渫土量が約 190 万立方米、400m の場合で約 130 万立方米になります。

地盤改良は、現空港側から液状化対策としてサンドコンパクション等による改良が必要になります。

鋼管杭ですが、杭長が 70m を超えることから、それに対応できる杭打船で杭打ちを進めていきます。

箱桁ですが、これも今回試算したサイズ、ブロックで計算すると、約 2000 トン吊級の起重機船で行う。それから陸側から床板を設置していくようなかたちになります。

概略の工程ですが、先ほどの施工条件で引いてみると、700m で約 5 年、400m で約 4 年半を要することになります。

最後に、今後の課題をいくつか挙げさせていただいています。まず揚圧力に対しては、より詳細な波浪変形解析が必要になるということ、併行して揚圧力低減対策の検討も必要であろうと考えています。それから多摩川への影響ですが、当然ですが、流況解析、それから模型実験も必要になります。それから生態系への影響評価も必要になろうかと考えています。

栈橋構造ですと、上部工を現地で接合する必要があるのも、施工性を考えた容易な構造である必要がある。それから、先ほど申し上げたように、滑走路の方向と杭の方向は斜めに交差しているので、異型ブロックの製作とか、縦横断勾配のすり付け等がやや、やっかいではないかと考えています。それから維持管理の方法、ユーティリティの配置、必要に応じて越波対策、それから現空港とのすり付けも課題に挙げられます。

施工に関しては、先ほども申し上げましたが、夜間で作業時間に制約を受けるということ、それから供用中の現空港側も地盤改良が必要になるということ、それから大量に発生する浚渫土砂の処分場を確保する必要があること、あるいは併行して浚渫が少ない施工法も検討する必要があるかと思っています。それから進入灯の扱いです。現在使われている進入灯を工事中いかにスムーズに仮設に取り替えるかということが挙げられるかと思っています。以上です。ありがとうございました（拍手）。

○高久 それでは C 滑走路外側空間の利用可能性の検討のうち、外側空間利用の効果についてご報告します。

昨年度は、この図のように C ラン沖出案と滑走路増設案の 2 案の期待される効果と建設上の制約条件について定性的な検討をしました。

今年度は、さらに増設する滑走路を沖出し、3 本の平行滑走路が同時に独立して運用できるオープンパラレル案の案 3 を追加し、改めて効果と建設上の課題について検討しました。私からは、このうち効果についてご報告します。

平行滑走路には大きくオープンパラレルとクローズパラレルがあります。オープンパラレルは滑走路間隔が 1310m 以上のものを言い、2 本の滑走路で独立して着陸、離陸ができます。今回の案 3 に当たります。

一方、クローズパラレルは、2 本の滑走路が独立した離着陸ができないものです。ただし、滑走路間隔が 760m 以上の場合には、同時離陸はおおむね可能となります。これが案 2 に当たります。これを踏まえて、各案の配置と特徴についてご説明します。

まず今回、検討対象の 3 案は、この図の配置としました。これらの滑走路の位置や高さは大井ふ頭や青海ふ頭のガントリークレーン、第一航路の船舶による高度制限や水域条件により異なります。この結果、案 3 では E ランと D ランが交差する配置計画となっています。これらの案の特徴について説明します。

まず案 1 では、C ランを冲出しすることで約 80 機分の夜間駐機場を現 C ランの位置に増設できます。現状の夜間駐機場の 55 % に相当します。さらにこの夜間駐機場からターミナルへ移動するときに、滑走路横断を必要としないメリットがあります。

案 2 では、C ランと E ランのあいだに夜間駐機場を約 40 機分増設できます。これは現状の夜間駐機場の 30 % に相当します。ただし、この駐機場や E ランからターミナルへの地上走行時に C ランの横断を必要とします。

最後に案 3 では、C ランと E ランのあいだの広いスペースが利用できます。このスペースを利用して夜間駐機場 120 機分の増設や、ターミナルの拡張が可能となります。しかしながら、現ターミナルを利用する場合は、地上走行距離と時間が長大化する課題が生じます。

次に、空港容量の拡大効果についてご説明します。今年度は現在の空域制限の遵守と、A ランの南側スライドの効果を考慮して空港容量を試算しました。仮定した主な項目はここに示すとおりです。試算の結果、E ランの増設により、空港容量は時間当たり 46 回となり、D ラン供用後の現計画 40 回に対して 15 % の容量拡大が期待できます。これは南風のときの離陸機を 3 本の滑走路に分散できる効果によります。ここでは南風運用時の案 2 を例にご説明します。

まず現在の空域制限下では、東京市街地上空を飛行できないため、南風時の B ラン、C ラン、E ランへの着陸ルートが上空で重なります。このことは案 3 の場合も同じです。このため、着陸に B ランと D ランを、離陸に A ラン、C ラン、E ランの 3 本を使用する計画とします。このとき離陸機と着陸復行機のルートが交差するため、このように A、C、E ランからの離陸をほぼ同時タイミングとしました。この結果、この図のように、時間当たり着陸に B ランで 31 回、D ランに 15 回、また離陸に A ランで 16 回、C、E ランで 15 回ずつが可能となって、空港容量は時間当たり 46 回となります。

以上をまとめると、期待される効果として、まず案 1 の C ラン移設案では、滑走路横断のない夜間駐機場を約 80 機分確保できること、案 2、3 の平行滑走路、E ランの増設により、15 % 程度の空港容量拡大が期待できることを確認しました。以上で私からの報告を終わります（拍手）。

○野口 引き続き、C ラン外側空間利用における建設上の課題ということで報告させていただきます。



ただいまの報告であったように、まずは空港の制限表面と干渉する構造物、すなわち D ランと第一航路を航行する大型船舶、それから大井・青海ふ頭のガントリークレーンの干渉具合が空港の計画をする上で最大の要因となっています。今、案三つがありましたが、まず案 1 です。300m 沖出しする案では、ここの大井ふ頭のガントリークレーン、AP プラス 67m がいちばんの接触クリティカルになってきます。

断面図で見ると、ここになります。したがってここをクリアするように滑走路の高さを平均的に定めると AP プラス 7.5 になり、これは現空港の高さとはほぼ同じです。これはこれでよろしいのですが、さらにクローズパラレル 760m 沖出しする案になると、今度はこちらのガントリークレーンよりも先に第一航路航行の大型船舶のマスト高、57.5 がクリティカルになります。こちらの場合は固定物を相手にした制限表面とは異なり、移動物を対象にした制限表面で、これは D ランで使っているものと同じものです。ここで接触面がいち早く出てくるということで、少し空港島をかさ上げする必要があります。結果的に AP プラス 11.8m の高さが必要であるという計算になります。

さらにオープンパラレルです。これでいくと、やはり第一航路航行の船舶のここでひっかかってきます。ちなみに、この第一航路の船舶通航に配慮して、我々のいま考えている提案では、ここは隅切りして、運輸政策機構さんの案とは多少このかたちが違う設定にしております。

これを断面図で見ると、やはり航行船舶にここがひっかかってきて、これをクリアするように空港島の高さを定めるとなると、17.1m ということになります。この高さは普通の埋め立てとしては非常に高いのですが、現在建設中の D ランのいちばん高い部分が 18m ぐらいあります。それと同じぐらいの高さで造る必要があるということで、非常に高盛土にしなければならないという計算になります。

今、申し上げたものが滑走路島の高さの問題ですが、もう一つ制約があります。現在の C ランの沖合に浅場造成あるいは浅場造成工事ということで現在やっているかと思いますが、ここに滑走路を拡張すると、浅場をもう少し沖出ししなければいけないのではないかという議論が当然、出てくるかと思いますが。ここで書いているのは、1 案ですとこの緑の線、2 案ですとこの青い線、3 案ですとこの赤い線まで沖出した浅場の法尻がここまで来るということになります。したがって 2 案とか 3 案では、第一航路と非常に接近したところまで浅場の造成断面がせり出してくるということになります。このへんは今後、もしこれが必要だということになれば、細かい調整が課題になるのではないかと思います。

次に建設の工法です。ここでは建設の工法としては経済性に優れるということで埋立工法を想定しています。当然、細かい設計などはやっていませんので、これはたとえば現在建設されている D ランの断面を想定しています。捨石式傾斜堤で地盤改良を施す、さらにはここに高盛土をするので、管中混合処理という軽い工法を使うということが必要になってくると思われます。いずれにしても山砂や浚渫土を主体とする埋立方式を想定しています。

当然埋め立てを想定すると、これが既設の空港島護岸ですが、ここに圧密沈下が生じます。どのようにして竣工するかというと、新設のほうを少し高めに盛り上げて竣工する。造っている最中はもっと高めに造ります。空港開港後 1～2 年ぐらいだと思いますけれども、そのあいだに既設側も新設側も同じ高さまで沈下する。ここでやっとレベルになる。



したがってどういうことになるかという、ここにある舗装・排水、空港関連施設が、この沈下の影響を受けて多少傷むことになります。ですからなるべくこの沈下量をこの摺り付け部分で抑えてやる必要があります。そのためにはまずは軽い材料を使うべきだろう。先ほどあった管中混合などという固化処理系の浚渫土を利用した方法も一つです。それから、そもそも沈下してしまう原地盤、これは沖積粘性土になりますけれども、これを前もって固めてしまおうということが当然、出てくるかと思えます。いま現在想定しているのはここまでです。

これは第3案のオープンパラレルの案ですが、当然、これだけたくさんの埋立用地を造るとなると、1億5000万立方メートル以上の土砂が必要になります。これを一斉に調達できるのかという問題が当然、出てきます。たとえば滑走路とそれをつなぐ誘導路は早期に購入材、山砂材で埋め立てて、急には使わないかもしれないところは護岸だけ造っておいて、浚渫土の処分場として供用を開始し、徐々に用地として拡大していくというような手順が考えられます。

もう一つ大きな問題があります。現在のD滑走路はここまでが埋め立てで、このあたりは栈橋、ここはここにあるような橋梁あるいは栈橋構造になっています。これは小型船舶の通行路ということで確保されています。これが全部埋立地になったとすると、これを塞いでしまっているのかという問題が当然、出てきます。したがって、この船舶通行路あるいは通水性を確保するための水の通り道を設けるということを考えるべきであるという議論が出て来ます。では、そういうものをどちらのルートに設けるか。設けるならば、それは、まだわかりませんけれども、カルバート程度を入れるのでいいのか、あるいは何か開放型の栈橋構造を埋め込むのがいいのかというような議論は今後の課題かと考えています。

以上を総合して、三つの案を数字で比較したいと思います。面積的には、案1、2、3とありますが、110ha、280ha、460haとなります。高さがそれぞれ7.5、11.5、17.1m。土量ですが、これは護岸と埋め立ての数量を合計したものです。ただし、圧密沈下量は入れていません。入れると、たぶん1.2倍ぐらいになると思いますが、1900万立方メートル、6700万立方メートル、1億4700万立方メートルというような莫大な数字になります。現在のDランはちょうどこのあいだぐらいです。これぐらいの数字になると関空1期工事並みになります。非常に大きな数字です。

施工上の課題としては、いま申し上げたように、浅場の移設が必要です。案3については、通水路の確保が必要です。不同沈下対策はどの案も必要です。あとは近接航行路との安全対策が必要です。それから、夜間工事にしないと、こういう空港を供用しながらの工事は難しいかと思えます。したがって、空港島を拡大して造れば造るほど、そういう工事的な負荷は大きくなるかと想定しています。

以上をまとめると、案1については、先ほどの報告と併せると、空港容量は変わらないけれども、駐機場の拡大が可能です。案2については、空港容量は1割程度増加します。駐機場もある程度増加します。案3については、空港容量の増大は案2と同等か、あるいは、先ほどありましたが、空域の条件が現状のとおりではなくて緩和されるということがあれば、さらなる容量拡大は期待できるかと思えます。ただし、船舶通航路、通水性の確保の問題、工事の負荷の問題が大きいです。また、三つの案に共通して不同沈下対策、浅場の造成という課題があるかと思われます。以上です（拍手）。

○司会 ありがとうございます。申し訳ありませんが、時間に余裕がございませんので、質問

の時間は割愛させていただきます。ご質問などございましたら、お手もとの質問用紙にご記入いただき、受付の担当者に後ほどお渡しいただきますようお願い申し上げます。

報告 2 海洋開発技術

○司会 それでは次に、報告 2「海洋開発技術」として、海洋開発の拠点となる洋上プラットフォームの建設技術及びマリンバイオマス利用技術に関する研究成果について、ご報告申し上げます。ご報告は鹿島建設の谷利信明、大成建設の勝井秀博の 2 名よりさせていただきます。それでは、よろしくお願いいたします。

○谷利 ご紹介にあずかりました鹿島建設の谷利でございます。よろしくお願いいたします。

私たちは、海洋基本計画推進専門委員会の中に四つの部会を設けておりまして、今回はその中の 1 部会、3 部会の報告をさせていただきます。

その前に、この海洋基本計画推進専門委員会の設立経緯を簡単にご説明したいと思います。

皆様もご存じのように、平成 19 年 4 月に海洋に関する基本理念を定めた海洋基本法が制定されました。これによって我が国の海洋施策の基本が明示されたと考えております。これを受け、より具体的な海洋施策を明確にするために、平成 20 年 3 月、海洋基本法に基づき海洋基本計画が策定されました。この中では、海洋産業の振興、産学官協同による海洋産業の振興など多様な方針が示されています。

こうした中で、我々土木工業協会においても、体系的に海洋基本計画の推進に寄与することを目的に、海洋基本計画推進専門委員会を立ち上げました。海洋基本計画には総合的かつ計画的に推進すべき 12 の施策が挙げられています。海洋資源の開発及び利用の推進、海洋環境の保全等の問題、輸送の安全の問題などが挙げられています。これらを受けて選定したテーマの集中的な検討のために四つの部会を立ち上げた次第です。

四つの部会は、「洋上プラットフォームの建設技術」、「地球温暖化に伴う影響と海面上昇対策」、「マリンバイオマス技術」、「東アジアにおける新たな海上輸送ルートの検討」となっています。今日は、先ほど申し上げたように、この 1 と 3 のご報告をすることになっていますが、2 と 4 の二つの部会についても、検討内容を簡単にご紹介しておきたいと思えます。

まず「地球温暖化に伴う影響と海面上昇対策」（第 2 部会）に関しては、CO₂ の削減という抑制策に関しては、COP 等の論議の中で我が国も 25 %削減といった国際公約を掲げて進んでいるわけです。しかし、実際に CO₂ の削減効果が出てくるまでには何らかの気象的な影響も避けられないだろう、そうした中で温暖化に対する抑制策ではなくて対応策の検討も必要だろうという観点で、各国の取り組み、我々がやるべきことをまとめています。

「東アジアにおける新たな海上輸送ルートの開発」（第 4 部会）ですが、皆様もご存じのようにマラッカ・シンガポール海峡はきわめて過密な航路になっています。我々の海運運輸ロジスティクスをより確実なものにする意味で、この部会においては、いわゆるクラ運河構想を新たな視点において検討することを実施しております。以上が 2 と 4 の分科会の内容です。

本題に移り、私どもが担当した第 1 分科会、洋上プラットフォームの建設技術の検討についてご報告したいと思います。



検討の流れですが、私たちは海洋基本計画に沿って検討するということで、まず基本施策の確認、海洋基本法、海洋基本計画の中でどのようなことが書かれて、我々に対して問い掛けがなされているかを確認しています。洋上プラットフォームに関するのですが、ある程度、検討内容を絞り込むこととし、今回は海洋エネルギー・鉱物資源開発に関する事項としてまとめ、検討させていただきました。その他の洋上プラットフォームの用途としては、海洋における未使用エネルギー、海上風力とか、潮力発電とか、そういった部分もありますが、今回はそうしたものは外して、今後の課題として残しました。なお、各資源の開発状況の確認ですが、これに関しては、この後、ご専門の先生から詳細な報告があると思いますので、ここでは外して報告したいと思います。

洋上プラットフォームにはどういうものがあるかということで、各形式の適用性を、またそれらの利用対象エリアがEEZ内ということがありますので、EEZ内の気象・海象、資源の賦存状況を確認しつつ、我が国のEEZ内における海洋エネルギー・鉱物資源開発のための洋上プラットフォームの適用性の検討をすすめました。

一般的な形式としては、固定式ということで、ジャケット等で海上につくるものがあります。次にTLP (Tension Leg Platform) ですが、鉛直方向にテンドン、引っ張る力ですが、強制浮力を引っ張り込み、海洋上の揺動性の安定化を図るもの、あとSPAR、セミサブ、FPSO/FSOといったものがあります。細かくはこれからご説明したいと思います。

固定式プラットフォームの構造分類ですが、大きく分けてジャケット式、重力式があります。先ほど申し上げたTension Leg Platformも、文献によっては係留式、浮体式と分類されるケースもありますが、今回は別形式としてご紹介します。それからガイドタワー式があります。

これらの適用性ですが、構造形式としては、ジャケット方式だと30～400m、重力式が100～300mとされています。先ほど申し上げたガイドタワー式、コンプラントタワーという形式もありますが、300～1000mぐらいが適用水深とされています。代表的な事例として、とくに大きなものを表に示させていただいたのですが、北海、メキシコ湾などで使われています。

どれぐらい大きなものかということで、模式図的なものをお示ししています。ジャケット式で、私どもが調べた中で最も大きいもので、Bullwinkle というものですが、ここに書いてあるのがエッフェル塔です。これがシアーズタワーで、高さ400mぐらい。こういったものが石油用のプラットフォームとして実際に建設されているということです。

こちらがコンクリート製の重力式プラットフォームです。北海で使われています。適用水深は300m強になっていますけれども、実際上の構造物の高さは470mぐらいになっています。ここに書いてあるのは、これはシンガポールの貿易センタービルですが、このような高さです。適用水深と構造自体の高さの差は北海の厳しい海洋条件に対応するためにプラットフォームの高さが高くなっているというものと認識しています。

次がテンションレグプラットフォームという方式です。半潜水させた浮体構造で、これを海の中に引っ張り込むようなかたちで固定させています。これにより下側にグッと引っ張り込む、冗長浮力が発生し、波などに対する揺動性が非常に優れたものとなります。同時に、下に引っ張り込んでいるので、プレストレスが開放されるまでは、横方向の揺動性も高いといった性格を持っていると考えられます。

このTLPは、非常に深いところ、先ほど示した固定式に比べると水深が1200m、1300m、1400m、主にメキシコ湾に多く設置されています。これは構造形式から見てもわかるように、あ

まり気象条件が厳しくないところに使われているということです。これが一つの事例、マルコーポ TLP と言われているものです。かなり大きな構造であり、上部の大きさが 100m 角ぐらいのものです。この下部のところに引っ張っている棒がテンションという部分になります。資料によりますと、前の図では、いちテンションレグあたりが 800 ～ 1400 トンぐらいのテンションがかかるということです。我々 PC 構造を扱っている技術者にとって、これは対応できない引っ張り力ではないなということを感じつつ、こういったものを調べさせていただいていました。

次が SPAR と言われているものです。この構造は、釣りの浮きを考えていただくとわかりやすいかと思います。非常に縦長のものです。これは二重円筒になっており、真ん中にムーンプールという穴を持っています。このムーンプールの中から掘削用の機具を下ろして石油等の採取をしていくということです。これの特徴は、TLP に似ており、細長い構造ですので、基本的に波浪等による鉛直の方向の揺動性が非常に少ないということです。

中央の図で書いてあるように、水平方向は、係留索で留めるかたちを基本としています。右の図ですが、この特徴は、左もそうですが、浮力体になっているのはこの上の部分だけで、安定性を高めるために、下部にトラス構造を下ろして、ここに重りを付して、これによって水平状の安定も図っているという構造です。1500m クラスの SPAR は、TLP と同じようにメキシコ湾を中心に 1600 ～ 1500m といったものが各種あります。ここでは 1500m 以上のものをリストアップさせていただいております。いずれもメキシコ湾ということで、北海のような厳しい海洋条件の中では適用が難しいのではないかと考えられます。

これが Devils Tower と言われている SPAR で、対象水深が 1710m、下の円径が 28m の径ということです。この図は船出しのところですが、こうした方法で海上に持ち出して、鉛直方向に立てて設置するものです。

次がセミサブです。Semi-Submersible、FPS と言われています。トラス型の構造体で結合された下部が半分沈んでいて、この下の部分が浮力体になっています。ですから柱のところだけが海上に出ていて、上に大きなプラットフォームが乗っているというかたちになります。この構造は TLP、SPAR と同じで、浮力変動を受ける部分が細くなっており、鉛直方向の揺動性に関しては優れていることになります。ただし、こうした大きな構造になるので、横力、水平方向の揺動性に対してはやや厳しいものがあります。これに対しては 1 点係留もしくは多点係留で動きを止めるといったかたちになっています。中には DPS、位置保持システム、日本では「ちきゅう」という観測船があるのですが、動力により強制的に位置・方向を保ちながら稼働するという方法もあるのではないかとされています。

ここで FPS という言葉が書いてありますが、セミサブイコール FPS ではなくて、FPS という言葉はある種の機能を示しています。Floating Production System ということで、石油は取っただけでは、どこかに採取したものを運んでいく必要があります、こうした大きな構造物になることによって、いわゆる production、ガス精製、石油精製もある程度できるということになります。このように大規模化することによって、単に取るだけではなくて、ある程度の一次加工を通して出荷していくという、出荷も含めた設備としてこうした大きなものをつくることができるという特徴を持っているということです。

大水深セミサブの事例です。適用深度は 1000m から 2000m と書いてあるのですが、これらはフレキシブルライザーという柔軟性を有したパイプで石油等を上げています、水深に関する適用

性はフレキシブルライザーの設置および離脱の技術によるものと考えています。事例としては Independence（独立）という名の設備が、調べた中では最も水深の大きい 2440m に対して適用されています。この四角い下部の部分で多点係留、係留索によって固定され、石油精製をするというものです。

次に FPSO/FSO と言われているものをご紹介します。Floating Production Storage and Offloading System という非常に長い名前ですが、見たところほとんどタンカーです。これはタンカーを改造して造られることが多いのですが、基本的に精製および中に一時貯蔵ができるという構造を持っています。先ほど来、固定式とか、TLP とか、SPAR とか、構造的なお話をしていたのですが、実は FPSO という船型が多いので、形状的なイメージをお持ちかもしれませんが、実はこれは機能の名前です。基本的に中での精製および貯油タンクを持っているということでして、一時的に貯たものをシャトルタンカーで最寄の石油基地等に運ぶことができます。貯蔵機能を持っているということが一つの特徴になっています。FSO になると、プロダクションが取れるので、貯めて出荷するといった構造ということです。

船型ばかりではないということで、現在、JOGMEC さんのほうでモノコラムハルという FPSO をブラジルのペトロプラスと共同研究をされています。これは船を改造するのではなく、個別の独立したかたちで造る構造です。なぜ丸いかということですが、これはヒアリング等で聞いた話ですが、船型 1 点係留の場合だと、流れ、波にとって最も有利なほうにグルグル回っていくのですが、これは円形であり、そうした方向性を持たない特徴を持っており、現在、開発中です。これに関しては貯蔵能力を付したものをいま開発しているということです。図の左側の船は積み出し用のタンカーです。

FPSO の事例ですが、あえて長い表を付けました。いちばん横を見てほしいのです。New or Conversion と書いてあります。＊印が付いているものがタンカーを改造したものです。かなり多くのものがタンカーを改造して造った形式であるということがこれで理解できるのではないかと思います。ほとんどタンカーですね。こういったような形状のもので石油採取をしていくということです。

この中で固定式と浮遊式のシステムのコスト比較ということですが、これは深さに対してコストがどう変わるかを示した図です。当然、固定式というのは深くなるとどんどん高くなる。いちばん安い形式が SPAR になります。浮きのようなものです。こういった中で、現在、我々がターゲットとしている熱水鉱床とかメタンハイドレートというのはどの程度の水深にあるのかというと、500 ～ 1000m ぐらいです。後で細かいご説明があると思います。それに対してどの形式は使えるのかといったことの問い掛けになるということです。

表は、各種プラットフォームの形式の適用性のまとめです。固定式から FPSO/FSO ということですが、基本的には固定式は揺動性が少ない。下に行くほど揺動性が高い。そういう中で、我々はどういったかたちで選ぶのか。先ほどコストの絵を示したのですが、ではコストだけで決まるのかという話になると、当然気象・海象が問題になってくる。我々がいま対象としている EEZ 内の資源開発というのは黒潮流の中、太平洋側で行われる可能性が高いと思います。

そういうことで黒潮というのはどこを流れているかを調べてみました。上の図が黒潮の流軸と言われているもので、軸がどこを流れているかということです。これは分布図になっています。このあたりを通っており、ここがいちばん流れていることが多いということです。こうしたとこ

ろも全く流れていないということはないということです。下の図が黒潮流の流軸の位置をプロットした部分です。

これで何を言いたかったかという、後でご説明があると思いますが、熱水鉱床とかメタンハイドレートは、こうしたところに存在しているのですが、開発にあたっては、黒潮のないところを選んで開発しようということはできないのではないかと。黒潮の流軸は大きく動いている。そういう意味で、黒潮があることを前提に我々はものを考えていかなければいけないのではないかとということです。

黒潮の流速は4～5ノットぐらいではないか。これは毎週金曜日に海上保安庁で報告されているのですが、この資料を作った3月7日の状況です。これだと2.2ノットぐらいしかないのですが、こうして見ると、実際上はこのへんで5ノットぐらい。これが平成21年8月9日の状態ですけれども、4.5ノットといったような数字が出る場合もあります。

次に台風です。当然、秋になると台風が来るのですが、これが平均の台風の経路図です。そんなに来ないではないかということではあるのですが、調べてみると、1971年から平均年27個、そのうち3個ぐらいが日本に上陸するということになります。ただこれは上陸でして、日本の沿岸300kmに近接するものは、毎年だいたい平均11個来ているということが気象庁で観測されています。ですから基本的に洋上での資源採取ということになると、毎年平均11個ぐらいは台風が来るということを前提に我々は資源開発プラットフォームを考えていかなければいけないということになります。

これは平均波浪図です。2月の有義波高の図です。有義波高としては4～5m程度という数字が出てきています。これは台風等のときの異常値は外している、2月がいちばん大きいというかたちで出てきています。ですからこのへんの値をターゲットにしてものを考えていくということです。

海底資源、とくに熱水鉱床、メタンハイドレートを考えたときに、どういう特徴をもって我々は考えなければいけないかということです。大深度に分布する資源であり、係留・浮体形式の適用性が高いのではないかと。次が実はかなり大きな要素ですが、資源が広く薄く分布しています。石油のように一カ所にとどまってたくさんの資源を取るかたちにはならないということで、係留形式についても、ある程度、移動性も必要なのではないかと。お示した台風等の気象条件、黒潮の条件といった内容から適用するプラットフォームが決まります。そして、事業性の向上のためということで、どんどん大きなものが必要になってくるということです。

適用可能性が期待される建設要素技術ということですが、我々建設業者として何ができるかということを考えたとき、高強度コンクリート、超高強度鉄筋、PCCVに示されるような大容量テンドンの高品質の構造物といったものが我々にとって今後の適用ができるものではないかと。

これは超高強度コンクリートで造った橋梁の事例です。

これが玄海の発電所。PCCVの事例です。

これがプレキャストブロック工法ということで、大規模な構造物をうまく組み立てて造っていく。こういったもので洋上プラットフォームの建設等に貢献できたらということです。以上です。ご清聴ありがとうございました（拍手）。

○勝井 マリンバイオマス等に関する検討のご報告を第3分科会からさせていただきます。

今日お話しする内容は、まず、マリンバイオマスという言葉の定義、検討の目的と方法について、そして、マリンバイオマスシステムの概要を、いまから30年くらい前にJOIAというところでやった研究報告を例に取ってご紹介します。ここまでがメインボディのところですよ。

それから、その他の構想、国内外の動向をご紹介した上で、検討の結果と課題をまとめます。

マリンバイオマスという言葉ですが、バイオマスということはお存じだと思いますが、空間に存在する動物や植物の量を表します。これにマリンが付くので、プランクトンから魚まで、広い意味での海洋生物資源を指すのですが、私どもは中でも「エネルギーや有用な物質を取り出すための海藻」というように限定して使うことにしました。

検討の目的ですが、先ほどから出ていますけれども、海洋基本計画では水産振興の一環として海洋バイオマスから機能的な食品や燃料を抽出するような技術を持ってきたという事が書かれています。そういうことで、いまから30年、40年前にすでにこういった研究がなされているので、その文献調査とヒアリングを踏まえ、マリンバイオマスの構想を検討して、これが建設業でどれだけ魅力的なものになり得るのかといったところを検討することを目的としました。

項目に関しては後でご説明するので割愛しますが、対象とした海藻は、日本近海のどこでも手に入るコンブやホンダワラといったものです。

マリンバイオシステムの概要です。JOIA（海洋開発産業協会）がだいぶ前に作った海洋エネルギー農場の図を使って説明します。まず、陸上の「種苗センター」の水槽でコンブの苗を増殖し、船で運んで、沖合いの「栽培システム」に持って行き、そこで造成して、刈り取ったコンブを「処理・加工システム」というところでメタンガスに変換するシステムです。

このフローをもう少し詳しく説明すると、加工システムのところを見ていただきたいのですが、収穫・運搬されたコンブを貯蔵して脱水、乾燥、切断の前処理をして、ここにあるようなアルギン酸、ポリフェノールといったような高く売れる有用物質を回収した後、その残渣を燃料化処理の工程に回します。多くはメタン発酵するのですが、最近は「トウモロコシからバイオエタノール」という話がありますが、それにならってエタノールを発酵するという検討も行われています。廃棄物処理をした後、一部は農場に肥料や飼料として売却します。稼げるだけ稼ごうという作戦です。さらに一部は栄養源として沖合いの海藻栽培システムに還流するという事も検討されています。

では、マリンバイオマスシステムの具体的な中身を紹介します。約30年位前、JOIA、日本海洋開発産業協会が中心となって非常に精密な検討を加えました。70年代のオイルショックを受け、日本全体でエネルギー獲得の機運が高まっていた頃です。これのご紹介を中心とします。検討の結果、八戸の沖にコンブを100万トン生産するような栽培施設をつくって、ここからメタンガスを2700万立方米生産するという構想を発表しました。熱量にして 2.3×10^{11} kcal、石油換算で2万3400トンということですが、これだけ聞いてもよくわからないと思いますが、当時の試算だと、東北地方の家庭用エネルギーの2万1000戸分に相当します。

工程に沿って詳しく説明します。まず、陸上の水槽でコンブの幼体を「養殖網」に着生させて種苗（なえ）とする。それを綱ごとトラックと船で、沖合の栽培システムに運び、養殖網を支持綱に連結すれば移植は終わりです



これは沖合いの海藻栽培システムのイメージ図ですが、約1キロ四方に縦横無尽に綱が張りめぐらされていて、海域全体に28個のユニットがあって、養殖綱を付けたり外したりして、ほぼ毎月収穫して、年間100万トンの生産量が確保される筋書きです。

これは養殖綱にコンブが成長して垂れている状況です。刈り取りはこの養殖綱を取り外して加工場に持っていくことで終わりです。しかし、年間数千キロメートルに及ぶ養殖綱を付けたり外したりしなければならず、作業の効率化が大きな課題となっているそうです。

発酵システムの説明ですが、有用物質を回収した後の残渣をメタン発酵槽でメタンガスに変えて、これをガス貯留槽を通して燃料ガスとして売却します。残った残渣は、こういった汚泥曝気槽とか沈殿池などを通して有効活用または廃棄します。メタン発酵には、多くの工程を経る必要があります。メタン菌を高濃度に保持するなど、発酵効率の高速化の課題があります。

物質収支としては、原藻100万トンのうち有機物が11万トン、水分は87万トンもあるそうです。それがバイオガスになるのですが、バイオガスの内訳を見ると、メタンガスが52%、炭酸ガスも48%ある。

エネルギー収支はどうなるか。このへんからが大事ですが、生産エネルギーが 2.3×10^{11} kcal に対して、使用エネルギーが 5.15×10^{11} kcal ということで、収支はマイナスです。これはバイオガスを作るのに要したエネルギーが多いということで、エネルギーの儲けがないということです。原因はコンブの栽培、収穫、発酵などにはたいしたエネルギーは使っていないのに、有用物質の回収に桁違いの大きなエネルギーを必要としているところが問題です。

有用物質の話があったので、ここにご紹介します。左は、コンブに含まれる成分の例。粗繊維に加え、アルギン酸、マンニトール、フコダイニンなどが主成分。これらは、コンブをかむと粘々したものが出てきますが、食品の添加剤や、可塑剤、医薬品の用途になります。その他、アミノ酸、クロロフィル、ポリフェノールなどなじみの成分が入っています。右の表は、有用物質の1kg当りの価格です。キログラム数千円から、純度が高くなると4000万円から20億円。医薬品やバイオセンサーの素材に使うということになると、このように高くなりますが、純度を高めるためにはすごいエネルギーとコストをかけないと成り立たないということが問題です。

そういうことで経済収支としては、年間収入の総計は169億円ですが、そのうち、エネルギー（ガス）からの収入より有用物質からの収入が一桁大きいことに注意してください。これは、試算当時のガスの価格が1000 kcal あたり7円という安さに原因しています。現在でもこの2倍程度でしょうか。建設費が548億円で、開業から6年までは赤字ですが、7年からは黒字となるということで、事業としては成立するけれども、エネルギー収支としては問題があるということです。

建設業の貢献という面では、548億円の建設費のうち、建設業に事業として関連するものを拾い上げると、だいたい40%弱ぐらいで、そこそこ貢献できるのではないかと。ただ、いまずぐにこの大きな構想が日本中に広がるとは考えにくいので、これからの課題でしょうか。建設業としては、栽培システムを沖合いの深いところに係留するということで、技術開発の貢献ができるのではないかと考えています。

JOIA 以外のマリンバイオマス構想を簡単に紹介します。マリンバイオマスの研究の元祖はアメリカで、1970年代にジャイアントケルプからメタンガスを生産する構想を立て、カリフォルニア沖で実証実験を行いました。しかし、施設が嵐で壊れてから、1980年台の初め頃には、開

発意欲をなくしたようです。

日本では(財)東京水産振興会が最近「オーシャンサンライズ計画」を作り、コンブではなくホンダワラからエタノールを精製するという構想を上げています。EEZを含む447万Km²という広大な海を利用して、ホンダワラ的一种であるアカモクを、年間1.5億トン生産し、400万トンのバイオエタノールを生産する構想です。

ここでは、さまざまな栽培施設が検討されています。カイト式というのは、黒潮の中の流れを考慮して、底引き網と同様に、オッターという板を取り付けて、流れの力で自動的に網を広げるという工夫が取り入れられています。栽培施設を大水深で設置するとなると、施設の係留や耐久性など、技術開発の要素は多々あり、建設技術の貢献が期待されます。

エタノール発酵のシステムを概略描くと図のようになります。「バイオマスジャパン」で研究や実証が進んでいるシステムは、稲ワラや廃木材などのセルロース系の多糖類を糖化・発酵させてエタノールとするものです。この技術は確立しています。海藻の場合は、先ほど示したようにアルギン酸が相手です。アルギン酸を、塩分存在下で微生物だけで糖化・発酵することは難しいといわれています。多くの研究がされていますが、これからの技術革新が要求される分野です。

(株)三菱総合研究所は、アポロポセイドン構想の中で、日本海のEEZにある大和堆に着目しています。ここは、水深が200～400mと浅いのが魅力で、ホンダワラを栽培してエタノールを生産する構想です。同じようにアカモクからエタノールを作る事業を検討していますが、彼らの主張では、燃料の値段が安いときに、燃料だけを生産するためにこういう構想をやるのは事業として魅力的ではない。ポリエチレン製ガス管とか、海水に溶けているウランを回収するなど、付加価値の高い原材料の精製を考えていかなければいけないということを提案しています。

このほか、国内外の動向をご紹介します。海藻からエネルギーをとる方法は、他にもあります。右の図は、石炭火力発電所から出る炭酸ガスを図の③の水槽に吹き込んで、海藻を増殖させ、これを取上げて、発電所の余剰熱で乾燥させた後、石炭と混焼するシステム。カーボンニュートラルを主張しています。また、淡水の藻類の中には、細胞の内部と外部に油分を生成するものがあり、この培養と油分分離の研究が進んでいます。

海外では、マリンバイオマスに関する研究と投資は日本以上です。特に、韓国ではインドネシアやフィリピンで写真のような褐藻類、紅藻類を養殖して、カラギーナンやエタノールの生産を既に開始しているとの情報があります。カラギーナンはアイスクリームの粘着剤などに使うそうです。1980年代に一度は挫折したアメリカを初め、欧米のバイオマスへの研究投資は盛んです。1研究数億ドルの規模で、エクソンやシェルなど石油資本の投資を受けた研究が盛んになってきました。

今回の調査のまとめを行います

マリンバイオマス(海藻)からエネルギーを取り出すシステムを対象として、国内外の構想や研究動向を調査しました。メタンガス変換の技術は確立しているが、発酵過程で、メタン細菌を高濃度に保ち、発酵の高速化、効率化が課題です。エタノール変換は、微生物による糖化・発酵には塩分克服が課題。また、海藻の主成分であるアルギン酸を糖化・発酵できる酵素の発見も求められています。そこで、微生物によらないシステムの研究も進んでいます。

燃料の価格が安いうちは、燃料生産を主目的とした場合、経済収支とエネルギー収支は両立しにくい。マリンバイオマスのような再生可能エネルギーの構想実現のためには、エネルギー戦略

に則った国の主導が必要です。

建設業の役割としては、海上の栽培施設や陸上の加工施設などにありますが、大きな構想がすぐに実現するとは思われません。そうは言っても、海外ではすごくがんばっています。日本よりも韓国が非常にがんばっているということをお伝えしまして、私の報告を終わらせていただきます。どうもありがとうございました（拍手）。

○司会 ありがとうございます。申し訳ありませんが、時間に余裕がありませんので、質問の時間は割愛させていただきます。ご質問などございましたら、お手もとの質問用紙にご記入いただき、後ほど受付の担当者にお渡しいただきますようお願い申し上げます。

講演 海底鉍物資源開発の現状と将来展望

○司会 それではこれより、東京大学理学系研究科教授の浦辺徹郎様より、海底鉍物資源開発の現状と将来展望というテーマでご講演いただきます。講師をお願いいたしました浦辺先生のご紹介を申し上げます。

浦辺先生は1976年に東京大学理学系の博士課程を修了され、1979年にはトロント大学の地質学科訪問研究員、1985年には工業技術院地質調査所（現：産総研）に異動され、2000年から東京大学理学系研究科の教授に就任されておられます。現在は東京大学海洋アライアンスの副機構長、資源地質学会の会長もお務めです。また、経済産業省総合資源エネルギー調査会の鉍業分科会長、内閣府大陸棚審査・助言者会の委員にも就任されておられます。

ご承知の方も多いと存じますが、鉍物資源開発に関する我が国を代表する第一人者のお一人であり、総合資源エネルギー調査会の鉍業分科会長のお立場では、昨年4月に決定されました海洋エネルギー鉍物資源開発計画の取りまとめにあたられました。本日の演題は「海底鉍物資源開発の現状と将来展望」でございます。

それでは浦辺先生、よろしくお願い申し上げます。

○浦辺 ただいまご紹介にあずかりました浦辺でございます。本日はたいへん多くの方に、土木の方にお話しできる機会を与えていただき、たいへんありがとうございます。兄は土木の出身ですが、私はまったく詳しくないので、今日はいろいろなものをお見せして、熱水鉍床とマンガン・クラストをお見せして、皆さんがこういうものなのかという、ルール・オブ・サムと言いますか、そういうものを感じ取っていただければと思ひまして紹介させていただきます。



（海底鉍物資源の種類と分布）

まずこの新聞記事からお話をいたしますけれども、日経の第一面にこういう海底資源の話が出るなどということは、私が大学にいた頃には考えもできなかったことですが、最近こういう記事がよく出ます。資源というのはいったいどういうものか。最初にちょっとおさらいをしてみたいと思います。

海底資源というのは、深海底資源ですが、有名なのはマンガン団塊で、1960年代に資源として重要性が見つかりまして、1980年代に世界中で開発競争されました。それに携わった方はいまりタイアされて、こういう技術はだんだん失われつつあるわけですが、まだ開発に至っていません。今日お話しするのはマンガン・クラスト、それから海底熱水鉍床というやや新顔です。これも1980年代ぐらいに資源として重要性がわかったものですが、マンガン団塊とマンガン・クラストというのはほぼ同じもの、かたちが違うだけで、化学組成、でき方はみんな同じだとお考えいただければと思います。片方はニッケル、片方はコバルトが多い。それからこちらのほうは白金、希土類が多いという、深さによって濃集している金属が少し違いますけれども、基本的に

は酸化物です。

マンガン団塊が公海上にほとんどあるのに対して、クラストは日本の EEZ 内にも多くあります。もちろん公海にもあるわけですが、それで自分たちで何かいろいろなことを決めれば、諸外国のあまり大きな干渉なしに採掘できるのではないかとということで注目を集めています。

今日は海底熱水鉱床を先に説明します。これは酸化物ではなくて硫化物で、濃集している金属も非常に違います。規模としては非常に小さなものですが、トン当たりの単価が非常に高いので、これがいちばん先に開発されるのではないかとこの観測が出ています。もちろんこれはすべて日本の EEZ ないし日本の近海にあるものがほとんどですし、パプアニューギニアでベンチャー企業がこの開発をやっていて、別のベンチャー企業も日本の熱水鉱床の鉱区申請をかけてくるということがあって、そういうことでいま話題を呼んでいるわけです。

さて、資源の分布ですが、ここに2枚の海底資源図を持ってきました。こちらは産総研のホームページに出ているもので、海底熱水がオレンジ色で書いてあるのですが、それはともかくとして、濃いブルーのマンガン団塊、それから薄いブルーの膨大な量のマンガン・クラストがあるような印象を得ます。一方これは Rona という非常にもの知りの人がまとめたほぼ同じ地域の図です。ちょっと歪み方が違いますが、この大きなシェード、この小さなシェードがマンガン団塊で、マンガン・クラストはこういうところにポツポツと書いてあるだけで、二つの図で印象が違います。

いったいどちらが正しいのかということですが、日本近海だけに限って言うと、産総研のホームページのもとになった図を考えると、こういう図が原図になっているのです。後で示しますが、ここに海山があるのですが、海山にのみクラストは分布するのですが、書き方によって海山をこのように丸く大きく囲ってしまう。これをやった後に、この囲ったものが生きて、先ほどの非常に広い図になってしまうわけですが、実際の資源の分布はこういう感じになります。

後でまた詳しくお伝えしますが、深海底資源でいま経済的あるいは準経済的ではないかと思われるのが三つあります。一つはご存じのメタンハイドレートです。これは今日はお話をしません。それから今日お話しする熱水鉱床。ちょっと見にくいですが、赤、ピンクの点でこういうところにずっと書いてあります。いちばん分布が広いのはマンガン・クラストで、赤の部分がマンガン・クラストが存在する、あるいは存在するポテンシャルが非常に高い地域とされているものです。これではちょっとわかりにくいので、少し斜めから見た図をお見せします。

これは斜めにした図で、まず熱水鉱床から見ていただきますと、沖縄トラフにいくつか、若御子カルデラ、鹿児島にもありますけれども、こういうところいくつかのものが知られています。これが沖縄トラフというリージョンです。これが伊豆・小笠原のリージョンで、火山に伴っていくつかピンクのゾーンが書かれているのがわかります。つまり大きなところでは沖縄、伊豆・小笠原に活動的な熱水鉱床が知られているということです。

次にマンガン・クラスト。前の図と比べていただくと非常によくわかるのですが、いまパッと赤いのがつきましたけれども、たとえばここを見ていただくと、小笠原海台というのがありまして、これは平頂海山、頭が平らな海山です。一度、できて海面の上に姿を現して、それで侵食によって平らになった。

そうしますと侵食によって平らになった分と、それから深さ 3000m ぐらいのところまでの斜面の二つにマンガン・クラストがびっしりついているということで、こういう赤く書いてあるよ

うなところに、すべてが調査済みではないですし、いくつかの調査結果、調査がないところに関しては、少し推定も入っていますが、このような赤の部分にマンガン・クラストが存在するだろう、これぐらいの規模で存在するだろうということです。それから先ほど言いましたメタンハイドレートです。こういう三つのものが知られていますが、今日は鉱物資源である最初の二つについて考えていくことになります。

(海底熱水鉱床への取組み)

熱水鉱床ですが、世界的に見るとどうなるかということです。これが世界での分布を示した図です。これで見ると、二重線で書いてあるのは中央海嶺、海が割れて広がっていくところで、大西洋の真ん中、それから太平洋の東側にあり、またインド洋にもあります。割れて広がっていく中央海嶺系に点々と赤い印がついていて、黄色は推定ですけれども、実際に見たわけではないけれども、推定されているところを合わせると、世界で340カ所ぐらいあります。インド洋その他、あまりまだ調査が進んでいないところがあるので、世界で最終的には1000カ所ぐらい見つかるのではないかと考えられています。

中央海嶺の熱水系というのは最初に30年前に見つかって、それから10年遅れて西太平洋のものが見つかって始めました。1988年に沖縄で実際に見たのが最初ですけれども、1985～86年に写真で撮られたものが見つかって、88年に実際に潜って取ったのが最初です。このようにこの地域にいくつかの熱水鉱床が見つかってきました。

だいたいの割合ですが、中央海嶺のほうが、この図でおわかりのように数が多い。だいたい8割は中央海嶺で、西太平洋にあるのは島弧・海溝系で、プレートの沈み込みに伴うマグマ活動に伴っている熱水系で、だいたいそれが1.5～2割ぐらいあります。もちろん発見数はどんどん増えていくわけですが、割合はあまり大きく変わらないと思います。いまのところでは、正確に言うと16%ぐらいがこちら側の地域に存在するということです。

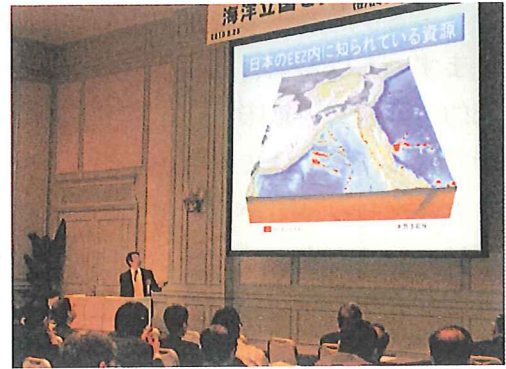
これはいくつかのホームページその他でも書かれていることですが、こちらの西太平洋のものが海が浅い、それから鉱量が大きいという非常に有利な特徴を持っています。ですから、結論を先に言うと、西太平洋、とくに日本周辺の海底熱水鉱床が、もし世界でそういうものが開発されるとすると、最も経済的に開発できるものといえます。これも非常によくわかってきたことです。

いまは海底熱水鉱床が開発の主導権を握っているというか、最もそれが高い注目を集めています。これはいまだどう動くか。これも釈迦に説法ですが、ちょっとまとめると、まず中心となる経済産業省が海洋エネルギー鉱物資源開発計画という10年計画を昨年作りました。エネルギーではない鉱物資源開発計画のほうは、先ほど紹介がありました鉱業分科会のほうで作ったものです。後で説明するように、10年かけてこういうものをやろうということが決まっています。



これは省庁連携でやろうということで、文科省が、あまりこういう資源とは通常関係ないわけですが、競争的資金を作る。それは海洋資源の利用促進に向けた基盤ツール開発プログラムという公募研究です。

競争的資金を提供して、2年間にわたって公募をしました。額的には数億円で、たいして大きいものではないのですが、ここで探査手法の技術開発をやろうとしています。この動きはたいへんに面白くて、後で説明するように、探査というのがこれから非常に重要になってきます。それは世界的にもどこにもできていない。ですからこういうものを先に手掛けることが重要ではないかということで、文科省が非常に熱心に、例年にない競争的資金を作っているということです。



三つ目は海洋資源・産業ラウンドテーブルの発足です。これは去年の12月に発足しました。民間の企業が正式な会員になって、あと学識経験者が個人会員になるというもので、資源エネルギー庁がオブザーバーとして参加しておられます。いままでこういう科学的な知識を民間に流す場合に、ある人には流し、ある人には流さないというのは非常に不公平になりますが、先ほど申し上げたように、青い目の日本企業が日本の海底熱水鉱床の鉱区を申請しているということをホームページに公表しています。実情はよくわかりませんが、ほとんどの熱水地域、先ほど点で示したところはほとんど全部かかっていると言ってもいいぐらいで、非常にナーバスになっている面があります。ですから科学的な調査の結果であっても、民間の方にお見せすることはなかなかできにくかったわけですが、こういうかたちで交流が進んでいます。ラウンドテーブルに皆さんに座っていただくということで、こういうものができています。

それから、ちょっと時代が戻りますが、大陸棚限界委員会に大陸棚延伸を申請しました。これもたいへん長い期間と長いディスカッション、それから年間100億円という膨大な調査費で地球を二十何周するような調査が日本のEEZ内で行われて、世界に冠たるすばらしい文書ができあがっています。これを作って何の目的があるのかということが常に問われるわけですが、大陸棚延伸をしても、日本の主権下に置かれるものは海底下の資源で、海面上のものは関係ありません。ですから、こういうことがされた。それによって科学的知識が増え、さらにもしその申請が受理されると、大陸棚が延伸されるわけですので、それに備えて資源の実態を知ることが重要になるわけです。

昨年12月に民主党政権で決まった新成長戦略の中で、海洋が重要なフロンティア分野と位置づけられていて、本当にそれが予算化されるかどうかは、いま各省庁でいろいろ検討されているようです。もしそうなれば、先ほど言いました探査が必要になるし、それからさまざまな海における活動が必要になりますが、そういうものがよりシステマティックに行われる可能性があるということかと思います。いま海の資源にこういういろいろなことが沸き起こってきていて、非常に活発です。

次に、このいちばん上のものを少し説明させていただきます。これは経済産業省が決めたものですが、開発計画の区分とスケジュールということで、だいたい10年計画です。そして10年後に商業化の生産を開始するという、非常にラフではありますが、枠組みを決めたということです。これは資源量の評価、それから環境影響調査、資源開発技術、製錬技術という四つからなっています。これが同時並行的に進んでいるわけですが、これを中心にそれぞれのものを少しずつどう

ということがわかってきたのかをレビューしたいと思います。

まずいちばん上、既知鉱床の概略資源量の把握ということで、これが非常に進んでいます。将来的には新しい鉱床、いままで見つかっていない鉱床の探査ということですが、資源エネルギー庁ではここまではまだなかなか行かないということで、基本的には文科省の基盤ツールでこういうものもねらっていることになります。まず、いまはこの段階で、この色のついたところを少しお目にかけます。

この中心は掘削です。これは第2白嶺丸という資源調査船ですが、この上のところに高さ5m ぐらいのBMSという掘削装置を船の後ろから下ろして、ここで掘削をします。せいぜい十数メートルしか掘れないものですが、これを使って非常に周密なボーリングをやっていくということが資源量評価の中心課題です。

四つのプランがあったということですが、重要な点を申し上げますと、これは府省連携のもとで支えていくのだということです。政府として民間を排除してということではなくて、ともかくリスクがあるので、それを取っていかうということです。未踏課題なので、最初は政府がやらなければ難しいだろうということで、JOGMECを中心に既知鉱床に対して四つの調査を実施しています。ただ、これですべて済むのか。あと10年これをやっていけばできるかという、けっしてそうではなくて、隙間がいっぱい空いているので、隙間をたくさん埋めていく必要があります。それから、途中からでも民間が入っていく必要があるわけですが、こういうものが、1年、2年やって、いくつかの成果が出てきています。

これまでの調査で何がわかったのか。調査にどのような進展があったか。それによって海底資源開発の将来展望はよりポジティブになったのか、ちょっとネガティブになったのか。そのへんのところを、個人的見解ではありますが、今日、お話をして、皆さんのご批判を浴びたいというのが今日の話の主目的です。

(資源量の評価)

まず資源量評価、四つの課題のいちばん上ですが、どういうことがわかったかということです。先ほどのBMSを用いて資源量の把握を実施するというのが目的で、2カ所でやっています。これは記者会見発表から取ったもので、詳細は公表されていません。それでも伊是名という沖縄で最も有望だと思われるところで47孔、合計498mの穴が空けられ、コア回収率が48%。ここに品位、これは全平均で書かれています。

この品位がどれくらいかというのは、陸上の黒鉱の生産実績品位と比べていただくとわかるのですが、これに比べると、銅、亜鉛はやや低めですが、金、銀が少し高いというので、トータルすると1トン当たりの価値は海底のものの方が高いということになります。海底熱水鉱床の場合、海底面からポツと取ると、非常に品位が高い。金の品位がものすごく高かったり、銀の品位が高かったりするというので、サンプルの品位と実際の鉱床の品位は大きく乖離することが知られています。ただ、この伊是名のものに関しては、実際に十数メートルボーリングを行ってやった品位なので、非常にリライアブルなものと言えます。

ベヨネーズ海丘のものです。これはまだあまり調査は進んでいません。コアの回収率がすごく低いというのはまた後で少し説明させていただきますが、こちらは非常に品位が高い。品位が高いというのは、実はチムニーを掘っているからです。チムニーというのは海底の上で煙をはいて

いる構造ですが、それができては倒れ、できては倒れするわけですが、それを掘ると非常に品位が高い。チムニーというのは品位が高いものです。それを全体の品位と見ると、先ほど申し上げたように、海底から取ってきたものは品位が高いけれども、海底下のものは低いということがあるので、これはそうとう下駄を履いていると考えなければいけません。

このような調査が行われています。埋蔵量については未公表です。しかし、いままで発表された資料を見ても、伊是名のものは優に 100 万トンを超えるということはもう確定していますので、現実的に言ってこれが世界で最大の海底熱水鉱床です。海底面上だけではなくて、海底面下にも十数メートルのコアが確認されているということがわかります。

このように品位、それから鉱量という意味で、日本近海のものは世界的に最大のものであることは間違いなのですが、では、それで経済的かということ、そこまで言えないということです。

比較のために、これまで ODP、国際深海掘削計画によって掘削された海底熱水鉱床はどのようなものがあるのか。四つあります。世界的にいちばん大きいのは、大西洋中央海嶺の TAG 熱水域で、推定鉱量は 390 万トン。これはちょっと多めに言っていますが、massive なものがそのうち 270 万トンあって、dissemination のものが 120 万トンと言っていますが、実際にはこれはこんなに高くない。ほとんど鉱石膏であって、 CaSO_4 であって、もともとは非常に大きい、390 万トンぐらいあると思われていたわけですが、掘ってみると鉱石膏ばかりだったという、表面だけが硫化物で、中は鉱石膏だったというちょっと残念な結果です。ただ、これが直径だいたい 200m ぐらい、ちょうど東京のビッグエッグぐらいのサイズのもので、これが世界でいちばん大きいと言われていましたけれども、沖縄のほうが大きいと思われます。

それからマヌス海です。これは先ほど申し上げた Nautilus Mineral という民間のベンチャー企業が開発している鉱床を ODP でも掘っているということです。硫化物はあたらなくて、火山岩をずっと掘って行って、温度が高くなったんだけど、熱水が見つからなかった。硫化物も見つからなかったということです。

3 番目がゴルダ海嶺のエスカナバトラフというところで、これも十数孔掘りましたけれども、塊状部が少し見つかっています。でもこれは深いところにあるので、なかなか掘れないだろうと思います。

TAG に次いで大きなミドルバレーというところで、これは 22 孔掘りました。厚さ 100m の塊状硫化物があったということで、ちょうどマウンドをそのまま掘って 100m ぐらいのところを掘りました。隣を掘るともうないので、これがどれぐらいになるかわかりませんが、これが 2 番目に大きいものではないかと思っています。

日本周辺でも、先ほど言いました BMS で 2～3 カ所掘っています。BMS で掘ったのは小笠原の水曜海山ですが、これは後で断面図をお見せしますが、海底面上には無数のチムニーがあるのですが、海底下には硫化物がなかったという結論です。

それからニュージーランドのブラザーズ海山というのは、日本の熱水鉱床と非常によく似ています。サンライズ鉱床というのが明神海丘にありますけれども、それとほとんど双子のように似ている鉱床で、南半球ではいちばん大きいと思われていた海山です。これは Neptune Minerals という海底熱水鉱床を探索する、あるいは開発すると言っている会社、Nautilus に次いで 2 番目にお金を集めている会社ですが、ここが 2005 年に掘ったものです。適当にブラザーズ海山の上へ行って、全く地図もなくバーツと掘ったということで、全くずさんな計画で、実際には見えて

いるので、そこを掘れば何らかのものはあったと思いますけれども、適当に掘るとなかったというたいへん変なものです。こういうことがいちおう公表されています。

それから、パプアニューギニアのマヌスサイト。これが、ソルワラと言っていますけれども、いちばん大きな会社というか、いちばんお金を使った第1の会社ですけれども、Nautilus 社が2007年に92本のボーリングをやって、確定鉱量が87万トン、銅のカットオフ4%というもので、マキシマムに見つめて130万トンぐらいあります。これは信頼のおける結果です。もちろんこれは最初は200万トンぐらいあると言っていたわけですが、実際にやってみるとそれほどない。これについても後で少し説明をさせていただきます。

このように実際に掘削してみるとないというのがけっこうあるわけです。目には見えているけれども、地下に続かない。地下に続かないというのは、たとえば水曜海山ですが、これは我々が科学目的で掘ったものなので、これについて断面図を次にお見せします。

これがそうですが、これが10mです。10本ぐらい掘ったわけですが、実際にマッシュサルファイドが見られたのはここだけで、あとはこの赤の小枝マークで書いてある脈のような細脈があっただけで、基本的にはあまり地下にはありません。十数万トン分が海底面上に見えていますが、地下にはないので、見えているのがすべてということになります。なお、このピンクのゾーンは数メートルから10mぐらいのところにあるわけですが、ここのカルデラの底に堆積物がたまっていて、その堆積物をセメントするようなかたちで鉱石膏がびちっと詰めて不凍水層を作ります。その不凍水層を掘ると、300度ぐらいの熱水がとうとうと流れているというかたちになっていて、海底下直下数メートルに300度のお湯をためています。キャップロックと言っていますが、そういうものがたくさん掘削されました。これはベヨネーズ海丘の小笠原のほうの掘削でも、別のところでも、やはりこういう石が見えていて、これが島弧の熱水活動の共通した特徴ではないか。要するに下からお湯が上がってくると、何でもない堆積物だったらスーッと出てしまっただけでフォーカスされないのですが、こういうキャップロック、アンハイドライトがやわらかい堆積物の中に沈殿して不凍水層を作る。そうするとその下に300度ぐらいのお湯だまりができて、そこからいくつかのところから出てくる。そして海底面に達すると、黒い煙を出す熱水のチムニーを作っていく。そういう構造が推定されるわけです。

このようにボーリングするということと、もう一つ、資源量の推定で非常に大きな成果を上げたものにAUVというものがあります。これは自律型の航行ロボットでして、生産研の浦さんのところで持っているR2D4というロボットで、これで既存鉱床が確認されている先ほどの伊是名とベヨネーズと二つのところで精密地形図を作られました。JOGMECが発注してやったわけですが、この発表をお借りすると、これが伊是名海穴という直径4kmぐらいのカルデラと思われる構造ですが、この北西にジェイド鉱床。これは88年に見つかったものです。それから白嶺サイト。2004年ぐらいに見つかったものですが、この二つの大きな鉱床があることがわかってきました。それをこのようにしてサイドスキャンソナーのイメージで、海底にモコモコしたものが見えています。

これを見ても、まずこれを少しひずみを取ってあげると、このような画像が見えます。これが500mぐらいです。非常にきれいにマウンド地形が見えて、それが多くは硫化物になってい

ます。こういうところをBMSで掘っているわけですが、上にはちょっと置けないので、脇のようなところを掘っているようです。

これを彼らの技術でコンター図に直したものがこういう図です。ちょっと見にくいですが、ここに1mコンターでこういうコンターが書かれています。だいたい1600mぐらいのところでこのような図が書けるということは画期的で、海面から測定しますと、ここは真っ平に見えるところですよ。AUVで深いところに近づいて、対象に近づいて、細かくやるとこれだけのものが見える。こういうところをいま掘削をしているということで、こういうものの多くが、こういう違うものもありますが、硫化物のマウンドです。海底面上にこれだけのものが見えていて、しかも海底面下にもそれがつながっているということで、非常に有望ではないかと思われるわけです。

これだけのものが見つかったのは世界的にないということですが、さまざまな理由でデータとしてはあまり公表されていません。これは成果発表会の際のスライドをお借りしてきたのですが、このような硫化物のコアが取れてきて、品位は、先ほど言ったのと同じですが、このような平均品位が見られています。問題としては、マウンドのチムニー上からは掘削できない。というのは足場がちゃんとしないとなかなか掘削できない。コア回収率が低いという問題があって、実際にこの情報から鉱量計算をするのは若干無理があるわけです。コア回収率が低いというのはたいへん困ったことで、陸上の場合には九十数パーセントのコア回収率ですけれども、海の場合には二十数パーセントとか四十数パーセント。半分以上です。

その一つの理由ですが、これは個人的な見解ですが、沖縄の場合には、下にマッシブなものあって、マグマティックな二酸化炭素が熱水に溶けていて、フェーズセパレーションを起こす。そうすると温度が低くて圧力が高いものですから、CO₂の液体、リキッドCO₂が海底にたくさんできます。水に触れるとCO₂のハイドレートなどになるわけですが、温度が上がると、それが液体化して、爆発というか噴出をして、このへんにあるものをつぶして、こういう瓦礫の山、これはほとんど硫化物からできていますけれども、瓦礫の山を作る。それを掘ってしまうと、なかなか回収率が上がらない。そういう理由があるのではないかと考えられていて、多くのマウンドがこのような瓦礫の山であると、コアを見た感じでは考えられます。

ところが、一部のものはそのままのマウンドでひと続きのものがあったりするわけで、それはさまざま、あのマウンドが全部一種類のものではないということですが、このマウンドと隣のマウンドのあいだがどう繋がるのかということがわからない限り、鉱量の推定ができないということになります。

こういうものは大きく言うとカルデラの谷地形、凹んだ地形のところに堆積物がたまっていて、その堆積物の中に硫化物がある。そういう物性です。そういう産状なので、これはちょっと覚えておいていただければと思います。このように地下にもあり、上にもある。

一方のベヨネーズ海丘ですが、ここに平面図があります。これは陸上の餌釣という同和鉱業さんのお持ちだった黒鉱鉱床、深さ500mぐらい、地上から500mぐらいのところにあった鉱床の平面図を同じスケールで比べたものです。この場合にはだいたい厚さが平均して10mぐらいありました。これだけ平面的にはあるのだけれども、厚さが十分にあれば、この鉱床が300万トンとか470万トン、見つかったときは300万トン、最終的には470万トンの鉱量を持っていたわけで、それであれば中規模の鉱床として十分掘ることができます。厚さが非常に重要だということで、ボーリングをいまこういうところをやられているということです。このように伊是名のもの、

それからベヨネーズのものは、陸上のものと比べて平面的には非常に大きなものが見えているということで、我々地質屋からすると、このようなものがいまの海底にあるのが不思議な感じがするわけです。

(採鉱技術)

次に採鉱技術です。これは私のまったく不得意とするところですが、まず採鉱計画、それからそれを決めて採鉱システムを作る。これが採鉱技術のほうの検討事項だと理解しています。先ほどの Nautilus Mineral 社は、これはまた後で述べますが、採鉱計画をテクニク社に委託して、IRR を確保するための日産 6000 トンぐらいの計画を作って Nautilus はやっています。日本の JOGMEC の委員会でも、同様の日採掘量が必要とされるという結論と聞いています。つまり small scale mining ではだめで、非常に膨大な日産量をやらないと儲からないということで、これは地質屋にとってみると、冗談じゃないなという困ったところです。

先ほどの餌釣という鉱床は月産でも最大時 2 万トン程度で利益を得た鉱床なので、日産にすると 1000 トンとかいうものです。そのようなもう少し small scale mining でできないかということ、できないという結論なのです。やはり初期投資が大きい。しかし、これではなければ儲からないということであれば、2000 万トンクラスの鉱量が必要になってきます。日本の黒鉱で最大の松峰が 2000 万トン、それから別子型という住友の基礎を作った別子鉱床というのは 2400 万トンぐらいです。それは日本でも、世界的に見ても、非常に巨大な立派な鉱床です。それがなければ掘れないと言われてしまうと、地質屋としてはたいへん困るわけです。普通のものは、先ほどの餌釣がだいたい 300 ～ 400 万トンで、それくらいで勘弁してほしいなということです。

これが 1 鉱では無理だとすると、数を稼ぐ必要があります。しかし、数を稼ぐといっても限界があるし、鉱床の特徴がさまざま、採鉱システムの設計はいろいろ考えなければ、前に進みません。どういうことを考えるか。採鉱システムが実はいろいろな鉱床によって違うということをぜひ理解いただきたい。

何が違うか。まず、パプアニューギニアの例をお目にかけます。これは我々が研究計画で、彼らが採鉱する前に日本の潜水艇でずいぶんチェックをしました。我々がいちばんよく知っているわけです。これは見ておわかりのように、丘の上に、ridge の上にある鉱床なのです。つまり凸型の鉱床です。沖縄やベヨネーズのように凹んだところにあるのではなくて、凸のところにある。この頭にこういうのがあります。それでブラックスモーカーとか、チムニーとか、そういうものが煙を吐いているわけです。

我々がいろいろと調査をしてみると、硬い、溶岩円頂丘と言って、デイサイト質の水中から顔を出した溶岩で、その溶岩の脇にチムニーがあるという産状です。硬い石です。これに対して、尾根に沿って断面図を書いてみると、この赤いところが鉱床で、こういうのがボーリングで横につないでいるわけですが、硬い石の中にこう横につながるといことは絶対にないのであって、チムニーの下を掘るとどんどん根っこが深い。チムニーの下ばかり掘って横につなぐと、このようなかたちになる可能性があります。実情はわかりませんが、我々が見た限りではこうはならないだろうと思うのですが、いちおうこれで 87 万トンと言っています。

これは硬い石なので、銅のカットオフを 4 % にしている。硬い石の中に硫化物が入ると割れ目があって、そこに銅が入るので、カットオフ 4 % にするというのはきわめてリーズナブルです。

それ以下のものは硬い石の中にちょっと銅が入っているだけなので、海底では砕くことができません。それで4%という非常に高いカットオフをしたのだと思いますけれども、そういうものです。

ここでは彼らがやっている、このようにバリバリッと壊すとか、そのようなものを考えているわけで、採鉱計画としては、先ほど申し上げたように、地形の悪いところはスパット、よいところはキャタピラーで移動して、フレキシブルパイプで砕いてスラリーを上げる。それから船はこういう大きな船をつくって、それで還流する。金属などを含む水を深いところに下ろす。日産6000トン、埋蔵鉱量87万トン。これでは数カ月しかもちません。これは安定的にできる鉱業ではない。これはベンチャーだからできるプランであって、このままやって、このような量で走り出すことは考えられないわけですが、これが公表されているところです。これで6000トンやりたい気持ちはわかるけれども、こういうものしかない場合には、もう少し計画を見直すべきではないかと思います。

彼らのシステムはこのようなもので、ガリガリッと削るタイプの刃が付いていますが、我々としては、もう少し違って、谷を掘る場合はブルドーザーで何となくかき集めるようなタイプのこういうシステム。それからこう上げて、船で、bargeに載せて持っていくというシステムを提案したいと思っているわけです。そうしないと、チムニーのところはいいのですが、泥の部分とチムニーの部分は実は見えないわけです。

この次にお見せするのは、火星のRoverですけれども、ここにわだちの跡が見えています。ずっと周りを360度見ると、こういう赤い石がカメラで見えます。こういうRoverがもう何年も前にいるわけですが、海底の場合はほとんど先が見えないし、泥とこれが混ざってしまうので、どうやって分けるか。そうすると、先ほどのような非常に細かな地形図を作って、ここは掘る、ここは掘らないという位置決めをきちっとして掘る。そういういろいろなことを考えなくては行けない。先ほどのようにガリガリッというのではなくて、鉱床によってどのように掘り、目に見えないところをどう克服するかということを考えた上でやらなければ行けない。つまり2000万トンの鉱量を確保するというのはたいへん難しいことであるし、またどういふものが見つかるかということがわからないと、なかなか採鉱システムは難しいということです。

2000万トンを確保しろというのが採鉱側の要求なので、どうやって確保するかということです。実はそれをやるためには、海底熱水鉱床だけではなくて、いままで見つかっている鉱脈型の鉱床、斑岩銅鉱床、重金属に富む堆積物とか、熱水に伴ってできるような他のタイプの鉱床。赤で書いてあるのはすでに見つかっている鉱山、ミネラリゼーションです。非常に小規模なので、これは経済的ではありませんけれども、こういうものも一緒に探すと科学調査で見つかってきています。それから、海底熱水鉱床も生きたものは見つかっているのだけれども、死んだものは見つかっていないので、死んだ海底熱水鉱床、ですからこういうものを全部見つけていくという努力が必要だということになります。

マンガン・クラストに関しては、また後で説明します。

この三つの鉱床はどのように見えているかというと、熱水鉱床群と言いますが、海底熱水鉱床は三つのカルデラ、先ほどお見せしたのはこれですが、その裏側に、たとえばホーフイリカップ、斑岩銅鉱床、万治海山というのは低品位の銅の鉱床が見つかっています。それからここは、

スミスリフトというところは重晶石が見つかっていて、硫化物もあるかもしれない。このようにさまざまなタイプの鉱床がこの狭い地域に見つかっています。この二つは量的にも非常に小さなものなので、今後、探査が必要ですが、他に可能性のある地形がいっぱい見えていて、こういうものを丁寧にやっていく必要があります。

丁寧にやっていく必要があるというのはどういうことかということ、死んだ鉱床、今、我々が見ているのはこういうもの、ないしはそうとう活動の末期のこういうものを見えています。沖縄、ベヨネーズ海丘というのはちょうど活動の末期で、昔たくさん噴いていたので、鉱量はたくさんあるけれども、いま活動しているのは5%以下。チムニーの中で生きているのは5%以下というのが大きな鉱床です。

水曜海山はこういう状態で、まだできあがっていない小さな鉱床、これから大きくなる。いま鉱量の大きいものはこういう段階。ただ、これも死ぬと堆積物にたまって、それでまた次のものが出てくる。こういうサイクルを繰り返すわけですので、このように見えないものも探していく必要があります。そのためには、先ほどの文科省の基盤ツールが必要になってくるということです。

こういうものを増やしていくわけですが、どこを探すのかということになります。ここに海山があります。先ほどの図ですが、いま見つかっているのはこういうものですが、似たような地形がこういうところ、こういうところにたくさんあり、細かなことは除きますが、ここの空いた空白地帯とか、こういうところを探していく。いま姿は見えていないけれども、そういうものを、少し形態の変わったものを探していくということが必要になってきます。それで鉱量を確保しないと、先ほどの採鉱計画もなかなか実施できないということです。



(環境影響評価と精錬)

3番目、環境影響評価です。ここに模式図を書いておきましたが、熱水鉱床というのは、ここに大型の生物がたくさんまぶれるようにいるというのは、実は地下の化学合成菌、これは光合成の植物に堆肥されるものですが、化学エネルギーを使った化学合成菌が一次生産をやる。それを食べた大型生物が熱水鉱床のすぐ近くにまぶれるようにいる。通常の海底の光合成によって支えられたものとの虹模様の中にあるのが熱水生態系です。

熱水というのは、だいたい寿命は10年ぐらいでもう冷えてなくなってしまう。あるいはガス成分がなくなって、微生物を支えることができなくなってしまう。そうすると死んでしまうわけです。まだお湯は出ていても、化学成分がなくなれば微生物の活動が止まってしまう。大型生物はすぐ死んでしまうということで、どんなに長くても100年とか200年という段階ですぐにすべて死に絶えてしまう。いちばん古いのは、5億年ぐらい前に熱水生態系が化石で見つかったので、数億年間、あるところで活動したのを次のところを必死で探して、大量の幼生をばらまいて、そのうちの何百万分の1が次の熱水のところにポッとたどり着いて、そこでまた増えて、1~2年のうちにバーッと子どもを作ってワッと広がるというたいへんにタフな生物群です。

そういうタフな生物群をどうやって守るかというのは、人間が守らなくても勝手に守られるかもしれませんが、現在、この評価の中で最大の成果は、伊豆、沖縄とも遺伝子交流が非常に進んでいて、熱水鉱床のあいだでもう種のやり取りが非常に進んでいるということがわかりま

した。そうすると、実際に掘るところではなくて、隣の熱水を marine protected area に指定して、そこをきちっと守ってあげることによって、実際に掘るところは掘ることができる。一般的な戦略として熱水の生態系というのは非常に重要で、これは守る必要があるわけですが、種を守るという意味ではだいぶ見通しが見えてきている。それが調査の結果です。

それから製錬ですが、製錬の最大の問題は、製錬は何かものがあるわけでもなるといえるのが結論ですが、砒素、水銀という有害元素が非常に高いので、そういうものをどう処分するのが最大の問題になってきます。

いままで四つの分科会についてザーッと見てきましたけれども、これを皆さんの中で再度、咀嚼されて、どれぐらい先であれば大丈夫なのかということをそれぞれ思っただけだと思います。

(マンガンクラスト)

だいぶ時間がなくなってきたのですが、熱水が終わってマンガン・クラストですが、100 万年に数ミリという非常に遅いスピードでできている酸化物です。コバルト、ニッケル、希土類、白金という、ほしいレアメタルがたくさん入っているということで注目されています。

これが大陸棚を延伸した地域です。ここに南鳥島があるわけですが、その南鳥島のすぐ南西にある第5 拓洋を最近調査した結果を少しお目にかけます。第5 拓洋海山です。これは平頂海山で、奇妙な地形図ですが、上に野球場のような広大な平らなところがあって、急激に 6000m の海底まで落ちるという海山です。

ここの部分をハイパードルフィンという無人潜水艇で潜行した結果ですが、この山というのは、模式図で書くとこういう山です。ちょっと暗いのですが、溶岩があったり、それからいくつも地崩れ、地すべり堆積物のようなものが表面を覆っていて、ところどころテラスがある。表面が非常に平らであって堆積物がある。こういう地形をしています。はっきりわかったことは、いままではドレッジでやっていたわけですが、新たにわかったことは、そこらじゅうにマンガン・クラストがある。すべて 100 % 覆われている。地崩れでも、つい最近起こった地崩れもあると思うけれども、完璧にマンガン・クラストで覆われている。それが非常に大きな結果でした。

まず崖崩れの堆積物。こういうものがあります。それで完全に覆われているのがわかりだと思えます。ここにはマンガン・ノジュールがあります。次に、テラスになっているところは白いものがサンゴ礁起源の石灰岩ですが、そこに小さなマイクロノジュールがあります。この黒い点はすべてマンガン・ノジュールです。ここにクラストがあり、ノジュールがある。それから溶岩流。溶岩流と違うところではごつごつしていますが、これも 100 % 数センチの溶岩流で覆われているのがわかります。

次に平板状のものです。これがいちばん promising ですが、ここに堆積物があって、厚さ 10cm くらいのもので延々と板のようにつながっていて、平らにずっとつながっています。山の頂上のあたりは非常に薄い、厚さ 2cm くらいのもので堆積物の中からバリバリッと壊れているのが頂上の特徴で、実はこの頂上は厚さが薄くて、こういう肩のところが厚さが厚いということがわかっています。

先ほど見た板ですが、このように延々と向こうへつながっていて、そうとう離れたところでもこういう同じような板のようなものが見えているということで、こういうものがいちばん物理的

に掘りやすいのではないかと。こういう板のようなものと、それからこれは真ん中に石を中心にしたノジュールですけれども、こういうものがゴロゴロ転がっていて、クラストといっても、こういうノジュールのものも堆積物の中にはあります。

厚さですが、平均すると薄くなってしまうのですが、だいたいこういうもので、浅いところ、深いところに行くと薄くなってしまうのですが、平均するとだいたい同じような厚さのものがある。ただ、形態は、先ほどお見せしたように、板のものもあれば、モコモコのものもあって、石ごと取ってしまうと品位が下がってしまうので、こういうものを皆さんの力でどう取れるのか。板しか取れないというと、分布率 10 % ぐらいしか取れるところはありませんし、あのモコモコのものも取れるといえ、全山覆われているので、全部取れる。その差は非常に大きいということになります。

これは未公表データですが、品位をお目かけると、これはクラストの厚さで、0 ~ 7cm で、上に向かってマンガンがどれもどんどん減ってしまうのです。これはあまりよくなくて、実はマンガンのコンテンツとニッケルは正比例にあるので、上に行くとマンガンが狭くなってしまう。つまり海山の浅いところのニッケルの量が小さいということがあります。

これはレアアースですけれども、希土類は非常に高く、ドライベースでいくと 2700ppm という、陸上でもあり得ないぐらい非常に高品位のレアアースがあり、ディスプレイウムも 60ppm という考えられないぐらいの品位があることがわかります。ですから、うまく取れば非常に立派ですが、なかなか難しいだろうなということです。このようにマンガン・クラストが全部を覆っているということが画期的なこととしてわかったわけですが、このような非常に面白い結果が出てきました。

マンガン・クラストの成長速度が遅いということですが、結論では、マンガン団塊というのは公海にあって、なかなか取れない。それで熱水鉱床がいちばん距離が近いのではないかと、非常に大きなものがある。マンガン・クラストというのは環境問題、いわゆる生態系の問題が少ない。しかも白金・レアアースなどレアメタルがものすごく高い。広く広がっているのだけれども、採鉱の技術開発が難しいということで、活動的にもならず、活動を停止した海底熱水鉱床も探せということになります。

これが最後のスライドです。一般的な結論として、日本の深海底資源というのは世界で最も多い。先ほどの図でお見せしたように、これ以上持っている国は世界にはありません。非常に広い EEZ 内にたくさんものがあります。その開発ということですが、海洋立国と言うのであれば、国家の将来計画の中で位置づけて掘らない限り、現在のままでは sub economic だろうと思います。未踏課題でもあり、技術もまだ確立していないので、多くの皆様のご協力を得て国に働きかけをして、こういうものを長期的に位置づけ、これは日本の財産であるから、こういうものをちゃんと取っていくのだということを決心してほしいと強く思います。いくつかの問題がありますけれども、結局は環境の問題その他もいろいろな調査でだいぶ解決が見えてきたので、ぜひこれを推進していけばいいなと思っております。

どうもご清聴ありがとうございました（拍手）。

（文責 土工協事務局）

○司会 浦辺先生、ありがとうございました。申し訳ございませんが、時間に余裕がございませんので、質問の時間は割愛させていただきます。ご質問などございましたら、お手もとの質問用紙にご記入いただきますようお願い申し上げます。皆様、改めまして盛大なる拍手をもって感謝申し上げたいと思います。浦辺先生、ありがとうございました（拍手）。

それではここで10分ほど休憩とさせていただきます。（休憩）

特別講演 どうなる これからの日本

○司会 それではお時間になりましたので、これから特別講演を始めさせていただきます。講師は元内閣官房副長官の的場順三様でございます。的場様につきましては皆様よくご存じのことと思いますが、略歴などを簡潔にご紹介申し上げます。

的場様は1957年、京都大学経済学部をご卒業され、大蔵省に入省されました。その後、大蔵省主計局総務課長、主計局次長などを経て、1985年に内閣官房内政審議室長及び国鉄再建監理委員会事務局長、1989年に国土庁事務次官、1990年に中小企業金融公庫副総裁、1995年に阪神・淡路復興対策本部参与、株式会社大和総研の理事長など、数多くの要職を歴任されておられます。そして2006年に安倍内閣の内閣官房副長官に就任され、2007年に退官されました。現在は大和総研の社外研究員にご就任されており、この間2009年には旭日大綬章を受章しておられます。皆様もご存じのとおり、名実ともに我が国を代表するオピニオンリーダーの一人でございます。本日のご講演の演題は、「どうなる これからの日本」でございます。

それでは、的場様、よろしくお願い申し上げます（拍手）。

○的場 的場でございます。どうぞよろしくお願いいたします。

海洋の専門家のお集まりと聞いておりまして、海洋も多少勉強しているけれども、海洋のことをどうしてもお話ししなければいけないのかと聞いたら、常日頃親しくしていただいています小野さんから、何でもいいからしゃべれというお話ですので、専門家に釈迦に説法をするよりは、先ほどは東大の先生のお話を聞かれましたので、ちょっと毛色が変わったところでお話をさせていただきますと思います。

本当は立って話をしたほうが迫力があるのですが、年を取りますとだんだん疲れてくるものですから、ご無礼いたします。



何と言った方がいいのでしょうか。何か嫌な雰囲気になっていまして、世の中というのは変わっていいものと変わって悪いものと両方あると思うので、そこにそういうことを書いてあります。変わっていいものは、たしかに経済状況はそのつど変わっていきますから、政策は変わらなければいけない。しかし、変わってはいけないものもあるのに、それも含めて変わっているのではないかという気がするのです。変わってはいけないものというのは、経済というのは経世済民、人々の暮らしのあり方とこの国のかたちのあり方ですから、人を大事にするということが基本だと思うのですが、そこを忘れているところがある。

いま世界中混迷していると思うのです。何が混迷している原因かというのと、どの国も第二次世界大戦後はパックスアメリカーナで、アメリカによる経済的、軍事的主導の、アメリカによる平和維持の体制が長く続いていますから、パックスアメリカーナが本当にこれからも続くのか、続

かないのか。アメリカが第二次世界大戦後唯一の戦勝国であって、その圧倒的な経済力と軍事力で世界をリードしてきたということについて、はっきり言ってかげりが出てきている。

軍事力の面においては、まだ圧倒的な力があるかのように見えます。しかし、正規軍と正規軍が戦うというような戦争はなくなりました。アメリカが介入した話については、イラクもうまくいっていないし、アフガンもおそらくうまくいかないでしょう。軍事的にも非常に困難な立場にある。では経済的にどうかというと、ものを作る産業は日本よりはるかに少ない。ニューヨークからワシントンに電車に乗っていただくとわかりますけれども、延々と工場の廃墟が並んでいます。昔、僕らが初めてニューヨークに行った頃は、全部日本の企業にやられた。いまは中国などにやられているのです。

その結果として、アメリカは金融で生きるということをやりました。金融で生きるということについて、日本も真似をしたけれども、15年ぐらい前にうまくいなくなってしまった。日本の金融危機のときに、アメリカは日本に対して、おまえら何しているんだということで、いろいろな説教を垂れましたが、説教を垂れた本人が、もっと大きなかたちで、結局、同じあやまちを繰り返したのです。

歴史的に見ると、農業中心から商業中心の重商主義になり、そして資本主義が勃興した。18世紀にイギリスに産業革命が勃発して、技術中心の、製造業中心の社会ができた。けれども、それだけでは人間生活はうまくいかない。圧倒的な資本家と労働者の富の再配分の不公平があって、それをなくすためにどうするかということから、社会主義、共産主義、あるいは修正資本主義が生まれてきた。いずれも経済の原則の上には、原則として社会学や哲学的基本があったのです。いつの日にかそれが失われてしまって、アメリカは金さえあれば何をやってもいいということをやりました。

やり出して、案の定リーマンショック以来、自分のところをおかしくしましたね。そして、僕には全部済んでいるとは思えないのです。金融資本主義というのもある程度グローバリゼーションしてきているので、それを全く否定するわけにはいきませんが、その次にいったいどういう国家モデルをオバマさんが書くのかというのが、書けていないのです。やっと医療健康保険が通りました。通ったけれども、あれだってアメリカ人の本当の生き方に合う制度なのかどうか。健康管理というのは、個人が自分のことを管理するのが基本であってという、個人主義のヨーロッパやアメリカにはなじまない公的な保険制度なのです。昨日、通ったものは公的保険制度ではないけれども。オバマさんは、平たく言えば、3億人の国民をどういう仕事で食わせるのかということについてモデルが書けていない。

日本もそうでしょう。鳩山政権で、それは前の政権でもそうだったかもしれない。それは僕らにも責任があるかもしれないけれども、この国をどういうかたちで運営して、モデルを作って、将来はこうなるということを知らせるのが政治ですよ。政治家はそんなことを何か言っていますか。常に場当たり的でしょう。自民党と民主党が政権交代したらそういうものが出てくるかと期待したけれども、何も出てこない。もっと悪くなった。

ではEUはどうだ。EUは人口35万から40万ぐらいの小さなアイスランドが、グローバリゼーションの波に乗って、俺たちは金融立国をやると言って、ヨーロッパの金を高利で集めた。それで運用に失敗してペシャツとってしまった。その結果としてイギリスとオランダが肩代わりをして預金者に借金を払ったのです。それを返せと言ったら、ポピュリストの大統領が国民投

票にかけてしまった。別にアイスランドとの関係をおかしくするつもりで言っているのではないです。事実を言っているのです。国民投票にかけたら、どうして5.5%の金利を取るんだ。自分が5.5よりも高い金利で集めたからそうなったのでしょうかと言う人は一人もいない。それと同時に、それぐらいのことだったら、かつての第二次世界大戦直後のアメリカだったら、たぶん救っていたと思います。それが救えない。

いまEUの最大の問題はギリシャの問題です。ギリシャの財政赤字が大きくなってしまった。そのために財政規律をどうするかということが起こっている。ギリシャだけではないです。アメリカの金融危機のときに出した公的資金の大部分は、ヨーロッパの金融機関に対する返済、あるいは保険会社に払われたのです。それでヨーロッパで大きな問題になっていないのです。なっていないということは問題がないということではない。

しかも悪いことに、元役人の私が言うのですから間違いはないのですが、EUに官僚機構ができて、議会ができて、大統領までできた。そうすると彼らは自分の仕事をなくさないために、きっとやらないでもいいことをやり出しますよ。そうすると主権国家と必ずバッティングする。まあ見ていてごらんください。そうするとEUはいったいどこへ行くのかわからない。わからないからユーロが下がっている。アングロサクソンですから、イギリスはアメリカと協力する。ドイツ、フランスにはくみしないとやっているけれども、ポンドの下がり方のほうがもっとひどいですね。

いずれにしろ国家モデルが書けていないところに問題があるのです。書けと言わなければいけない。書けと言うためには、皆さんも意見を出さなければいけない。あなた方がいちばん困っているのではないですか。事業仕分けをされて。言わないからだめなのです。なぜ言わないのか。声なき声というけれども、いま言わないとだめなのです。言わないか言うかという話は我々のDNAに含まれている話で、難儀なことなのです。日本人は言わないのです。国内では言わないほうがいい。国内では言わないほうがいいけれども、外国に対しては言わなければいけないのです。それが逆だ。国内では時々言ったり、内輪もめしたりする。会社の不祥事というのは必ず内輪もめから出てくる。

では外国に対して言うかという、トヨタの社長がお詫び行脚をしてはいけないのです。何をやっているのだと。カナダにボンバルディアという航空機会社がある。あの飛行機が時々足が出ないといって世界中のいろいろなところで事故を起こしている。俺たちの機体に欠陥があるわけではない。おまえらの操縦が悪いんだと、それしか言わないではないですか。ということは俺たちの技術は世界一だと。何を言っているのだと。君らの操作が悪いんだと言わなければいけないのです。それでもいろいろ意見を聞いて、修正すべきところは修正する。トップがお詫び行脚をして涙を流してはいけないのです。

意見を言うときに、困ったことなのですが、日本人の知識人にいちばん欠落していることは何かというと、教養としての、あるいは一般常識としての軍事知識のないことです。軍事知識というと、軍事学をひけらかすオタクになるか、あるいは右翼の好戦家と見られてしまう。違うのです。要るのです。これは僕の解釈ですから、間違っていたらいつでも修正します。

たとえばアイスランドのレイキャビックで、かつてレーガンとゴルバチョフが核弾頭の縮減をやって米ソが和解したということがある。あれは世界平和では非常に結構なことだというのが日本の大新聞以下の解説です。あれは間違いです。核弾頭というのは何でできているのか。技術屋

さんだからわかるでしょう。放射性崩壊物質という物質でできているのです。ウラン 275 かプルトニウムでできているのです。放射線崩壊物質というのは放っておいたら他の物質に変わっていくのです。

武器といえども維持管理が必要なのです。皆さんのところの設備投資とかいろいろなものと同じ、土木用工業機械と同じで、維持修繕してやらなければいけない。そうすると核弾頭が 2000 発も 3000 発にもなって、それが徐々に崩壊していつて他の物質になっているときに、本当に目的に合ったような爆発力があるのかどうかを調べなければいけない。それにものすごいコストがかかるのです。コストがかかるから、もうへとへとになって両方やめた。

オバマさんが就任したとたんに核弾頭の縮減を言った。これも建前として、核というのはあってはいけない。僕もいけないと思います。ないほうがいいけれども、我々日本人が通常、考えるようなことだけではなくて、もういい加減にしよう。もうたまらない。我々は保険で、あるいは金融の後始末の金でたまらないから、2 兆 8000 億円も毎年かけなければいけない核弾頭の維持のために経費を縮減したいというのが本音なのです。その本音のところがわからないで、なぜ外交ができるのですか。

ついでですからもう一つ言っておきます。上から飛行機やヘリコプターでどこかの政治家が見て言いました。あそこに滑走路があるから、あそこに普天間の基地を送ればいい。それはだめなのです。ヘリコプターというのは地上にいるときは無力。上に上がって戦闘態勢に入ったときに有力なのです。そうすると夜陰に紛れて、上陸してきた国籍不明の軍隊がヘリコプターを壊して逃げたときに、誰が守るんだということになる。ヘリコプターだけ置いたって意味がないのです。そのためにはヘリコプターの維持運用の部隊と、基地を守るための軍隊がいるのです。そうするとある程度、限られてくる。いま沖縄の下地島というところに来ているよといって沖縄本島に電話をかけて、ワートと来て、もう帰ってしまったら意味ないでしょう。それが問題なのです。そうすると我々はもう少し考えながらものを言わなければいけない。

私が大和総研の理事長になったときに、西ドイツの社民党の党首で、かつて内閣総理大臣を務めたシュミットさんという人に言われた。「株式会社大和総研だからしょうがない面もあるけれども、おまえらシンクタンクと言っているけれども、実は軍事学と地政学と外交の基本の上に経済があるんだよ」。だから経済だけを勉強して、来年の成長率がいくらになるかなんてアホなことだけやっていたって、シンクタンクの名前に値しない。私はそう思いますよ。だけど日本の社会で軍事学とか地政学をいくら勉強しても売れない。売れないから、株式会社だからしょうがない。そこのところはよくわかっていますよと言っているんだけど、これはいちばん欠如している部分です。

それともう一つは、皆さんは海外勤務が多いからたぶんよくわかっておられると思うけれども、一神教の世界について私は一生懸命勉強して、頭では理解しているつもりだけれども、わからない。わからないというのは体でわからないのです。ユダヤ教からキリスト教になり、キリスト教からイスラム教に変わってきた。そして唯一絶対神。我々になじんでいる神様というのは多神教です。自分の国の宗教というのがどういうものか知ってますか。

お伊勢さんに行くと外宮と内宮がある。たぶん皆さんは内宮しか参らない。外宮に誰が祭っているか知ってますか。豊受大御神（とようけのおおみかみ）様です。保食大神（うけもちのおお

がみ)とも言う。またの名前を稲荷大神と言うのです。お稲荷さんです。お稲荷さんというのは、我々のなりわい、平たく言うと、大阪弁で言うと商売の神さん。伊勢の皇大神宮というのは我々の祖先である、天皇家の祖先で、日本民族の祖先、祖先崇拜となりわいの神様が両方祭っているのです。我々は多神教。なぜ多神教かという、山にも、川にも、海にも、それぞれの神様がいて、日々の日常を支えてくれているという、我々は地域的に地味豊かなところに住んでいるのです。中東からアラブ諸国に行ってください。砂漠ばかりです。そうすると、こういう厳しいところだからああいう一神教が生まれたのかなと。唯一絶対神。私にはわからない。わからないけれども、出ていくときには、その勉強をしなければいけない。そういうものが欠如している。

だから、宗教も軍事知識もなく日本は経済大国になってしまった。だからむしろ通しだ。しかも、いままではさいわいでした。僕らの時代はいい時代だった。いまの若い人、ここにおられる部長クラスの人には気の毒だと思う。その下の世代はもっと気の毒だ。なぜかという、高度経済成長が当たり前だったのです。先ほども控室でちょっとお話し申し上げただけけれども、昭和20年、敗戦の年だからセンスができませんでした。ただ人口は7200万人だった。それがいま1億2700万人いる。いくら増えましたか。



5000万人以上増えている。これはイギリス、フランスよりもちょっと少ない人口です。国の中に人口が増えれば、何でも売れる。売上げは員数×単価だから。しかも池田さん以来、所得倍増論で、GDPは必ず大きく成長した。

もっと劇的に増えたのは、昭和30年代の高度経済成長時代の世帯数です。世帯数が劇的に増えるということは、住むところも要るし、テレビ、電気洗濯機、冷蔵庫という三種の神器から始まって、第二世代の三種の神器も、車も何もかも全部売れた。だから、後発組のいろいろな会社が人の真似をして売っても、全部売れたのです。そして、世の中は今日よりは明日、明日よりは明後日は豊かになるという確信があった。確信があったから、あまり細かいことは言わなかった。たぶん皆さんの給料は高かったのではないかな。僕は覚えてますよ。昭和32年に大蔵省に奉職したとき、九千いくらですよ。当時は360円ですから、月給25ドル。アジアやアフリカに行くと、俺の給料50ドルだと言うから、「俺たちだってそういう時代は知っているんだ。あなた、泣きごとと言うな」と僕は言うのです。

そうすると結局は所得の高さではないのです。明日、明後日の希望を与えなければいけないのです。それでは何をするか。日本にはまだ技術の世界が残っている。アメリカのように金融しかないという世界ではない。だったら、その技術を生かして、もっと技術を大事にして、盗まれないようにする。ロイヤリティ、ノウハウというのは高いのです。

いちばんわかりやすい例で言うと、アメリカ人のしょうもない人を呼んで来て、ここで講演させてもらいなさい。10万ドルから20万ドル、高い人で30万ドル払わなければいけない。日本人はだいたい100分の1だ。小野さん、不足だと言っているのではないんですよ(笑)。金の世界ですから。そういうことでいいのかどうか。オバマさんは考えて、巨額な報酬をどうするかと

いうことを考えているけれども、日本のほうが早く反応している。1億円以上は報酬開示しなければいけないみたいなことを決めると言っている。この時代に1億円というのはかわいそうではないか。土工協の理事は皆さん大手の役員だけれども、1億円はなかなかもらっていないと思うし、いいではありませんか。アメリカ人では、僕がいちばんもらった人で知っているのは、ウォルトディズニーのアイズナー会長が、一時5億ドルもらったことがある。当時のレートで600億円。1年に600億円もらって何に使うのかと。

人間の一生のうちにやれることは限られているのです。3万日生きる人はなかなか少ない。後期高齢者になっても、なかなか3万日にはならない。そうすると10万食しか食べられないのです。1食1食大事にしましょうね。設計図を引きながらラーメンすすむのやめましょうよ。1日に100万円ずつ使って1年に3億6500万、10年で36億5000万。たぶん高血圧か高脂血症か心臓病で死ぬと思うな。100億円や何十億円ももらっている人が開示するのならいいけれども、1億円ぐらい言うなと言うのです。

いつだったか、橋本龍太郎さんが総理のときに、橋本総理の年俸は5200万円で、日銀総裁がもうちょっともらっていたら、けしからんから総理の給料を上げろということにはならなかった。日銀総裁の給料を下げろということになってしまった。おかしくはないですか。正規、非正規の話はあるけれども、だいたいいま初任給と税引き後の可処分所得と比べてみると、責任を負わされて一生懸命やっている人は初任給の何倍ぐらいでしょうか。そんなたいしたことはないです。

変わるものと変わらないものがあるというのは、人間を大事にするということと、政治の基本というのは、国の基本方針を決めることです。この国の基本方針というのは、ではおまえは何を考えているんだという話になると、これは難しいのです。単に思いつきでは言えない。いままでの金融資本主義と技術中心の資本主義の中間を行けばいいなどという、そんな簡単なことではないのです。それは社会学とか哲学的教養があって初めて人間を大事にするということから考えていかなければいけない。

先日、あるアメリカの大学の先生と会う機会があっていろいろ話をしていたら、アメリカの経済学の世界はもう経済学説史も経済哲学も全部なくなったそうです。経済学説史でこういう学説があったということを簡単に紹介するだけで、あとは全部金融工学だと言うのです。数学科や工学部を卒業した優秀な人間が全部経済の世界に行って金融をやっているということにはならないと思うのです。僕は、金融の世界が中心になるのは間違いだと思うのです。貨幣というのは、人間の偉大なる発明品の一つではあるのです。しかも不換紙幣を初めて発行したのはモンゴルのジンギスカン。堺屋太一がそう言っているから、間違いないでしょう。

だけど人間の生活の基本は金ではなくて衣食住なのです。あるいはソフトの部分で通信であり、あるいは移動なのです。サービスなのです。ものとサービスの世界で我々は生きているのです。その基本は変わらないのです。人間が人間である限り絶対変わらない。それを忘れて、金だけがすべてだという生き方が本当にいいのかどうかというところが大問題なのです。違いますか。

私はもう少し気楽な身分だからというので、女房孝行もしなければいけない。50年間ずいぶん迷惑をかけたから。ドバイに行って船に乗った。アメリカの船です。船内はアメリカです。ドバイからマスカットに行って、それからアブダビに行って、バーレーンに行って、それでまたド

バイに戻るのです。マスカットが、まだ摩天楼が少ないから、アラブの人たちのかつて港で発展した面影があって面白い。女房も同じ意見でした。あとはフジャイラというところも寄りました。フジャイラはアラブ首長国連邦の一つの州ですけれども、多少残っているけれども、もうバーレーンとアブダビとドバイはアメリカのイミテーションではないかという気がする。摩天楼で高いのがあると 800m 造ってみたり、800m ができたら、またもっと高いものを造ってみたり。いまのところまだできたばかりですから、まだきれいです。本当にこれは維持管理していけるのかどうか。えらいことをやっているなと思います。

アラーの神というのは喜捨ということを非常に大事にしている。施しを施せ。実はあのビルを見ながら、それを思いました。第一次オイルショックのとき、僕は現役でした。あのときに日本の貿易収支で、5 兆円くらい追加的に払って原油を確保しました。53 年か 54 年に第二次オイルショックがあって、18 ドルぐらいから 30 数ドルになった。そのときに追加的に払った金がまた 4.5 兆円。だから 10 兆円ぐらい、昭和 47～48 年の第一次オイルショック以来、追加的にずっとあのへんに払っているのです。だからこの摩天楼は俺たちの金でできたのだなと。日本国の政府はあのとき何をやったか。5 兆円の消費税を取るというので内閣がつぶれたのです。中曽根先生にも 2 年仕えた。立派な総理だったと僕は思います。竹下さんにも 1 年半仕えた。宇野さんにも 3 カ月仕えて、海部さんにも何か月か仕えた。

そのときに見ていて、消費税というのはすごいなと。ただ、考えてみれば、石油があがって海外にいくら高くなっても、売ってくださいと言いに行くときは、内閣総理大臣以下お願いに行っているのです。国民もそれをしないと怪しからんということだった。つまり、追加的な費用として取られるときには 5 兆円でも 10 兆円でも払う。ところが自国の生活をよくするために少し消費税を払って、それで社会保障しようではないかというときには反対して内閣をつぶしてしまう。だから外から見ていると、我々は変わっていると思われる。

欠けているのは、先ほど言ったように教養としての軍事学の知識のないことと、もう一つ、理論と実際とは違うということに気がついていないのです。理論的正確さを追い求めれば所得税がいちばんいいのです。累進税率にするのがいいのです。かつて最高税率は 8 割だった。日本の金持ちは全部逃げていきますよ。それで実効税率で 5 割以上にならないようにした。所得税の最高税率は 37 %。地方税が 13 %です。それをまた高額所得者の税金を高くすると言い出した。日本の金持ちは全部逃げます。間違いないでしょう。

理論的な正確さということと、現実的に業務執行上、あるいは行政執行上できるかどうかということは別の問題なのです。理論だけで、理論の世界で考えてあれするのは学者の論文です。それで世の中が通るのなら苦労しない。税務執行上できないことをいくら精緻に作ったってだめなのです。ということは、いくら所得税率を高くしても、1 銭も税金を払っていない人には関係ないのです。1 銭も税金を払っていない人はたくさんいるのです。我々よりはるかに生活水準が高そうな生活をしている人が実は納税していない。

そうすると、使う人は金をたくさん持っているというところで、ざっくりとした間接税のほうがいいというのがヨーロッパ諸国です。だからヨーロッパの消費税は高いでしょう。理論的に正確性を追求して、それが執行できる保証があればいいです。「国税庁はけしからん、ちゃんと執行しろ。」と言うのは簡単です。では、3 万人や 3 万 5000 人の人で、これからも人員整理してい

こういうときに、一人ひとり尾行するのですか。納税者は何人いますか。しかも払っていない人がたくさんいるのだから、その人をいちいち尾行して、取ればいいですよ。不可能でしょう。だったら理論的正確さということだけにこだわらないで、実行上可能なことを政策に織り込んでいってもらわなければ困るのです。

そこが時々混乱する。実行上不可能なことを言ってもしょうがないですよ。

私も年金をもらっているし、収入は確定申告しなければいけない。そうしたら若干、税金を払わなければいけない。やめようかなと思った。知りませんでしたと言おうかなと思った。私ももう高齢ですから、そんな書く能力ありませんよと。いわんやコンピュータでちょこちょこ押して申告しろなんて、年寄りには無理ですよと。だから代わりに更正決定を打ってくれと言おうかと思ったのだけれども、習性というのは恐ろしいものですね。いままでそんなことしたことないのにするのはなと思って、だいたい迷って申告した。

日本国憲法にたった一つだけ義務がある。納税の義務です。国民の権利義務の中に一つだけ納税の義務がある。大日本帝国憲法には臣民の権利義務と書いてあって、日本臣民は、第1番目に兵役の義務があって、第2番目に納税の義務があった。天皇と皇族は臣民にならないのです。だから兵役の義務も納税の義務もなかった。ただし、noblesse obligeで、皇族というのはいちばん大事な兵役の義務には成年に達する前から全員がついていた。国民の中に天皇が入るかどうかなというのはいま憲法論議がある。これは私もよくわからない。わからないけれども、天皇も国民の一人ではないかと思われている節があって、先帝様が亡くなったときに私は元号を担当していましたから、もれ承ったところによると、どうも相続税をいただいたのではないかと思われる節がある。

そうすると、陛下が納税の義務を果たしているのに、しかも憲法には天皇以下国務大臣も憲法の遵守義務というのが書いてある。唯一の納税義務を果たしていない政治家がたくさんいていいのですか。知らなかったというのは、法の不知は弁解にならず。知らなかったですむなら警察は要らない。冗談ではないですよ。そういうことも含めて、いったいどうするのか。

皆さんたぶん、会社の技術屋さんが多いと思うけれども、事務屋の人も来ておられると思います。経理部というのがあって、サラリーマンだけは全部源泉徴収でしょう。なぜ会社が源泉徴収しなければいけないのかというのを一度、憲法論議で訴訟してごらんください。会社に負担をかけるのはおかしい。納税の義務というのは国民の義務だから、それぞれのサラリーマンが全部申告すればいい。黙って会社が申告の代理をしてくれているから、要するに所得税率を上げようという話になってくる。

もう一つ言っておきます。金持ちは全部逃げ出しますよ。中国の例を見てごらんください。自分の身は自分で守らなければいけないのです。会社もだんだん守ってくれなくなりますよ。一つ言っておきます。正規と非正規とどこが違うのか。正規という名前だからいばっているというところがあるのではないですか。僕は労働組合で毎年一回講演しろと言われるのだけれども、それば



っかり言っているのです。「あんたら、正規と非正規で、非正規の話を全然しないね。非正規の人のほうがよくできる人が時々いるよ。できないのもある。だけど正規の中にもできない人もいる。では正規と非正規とどれだけ違うのか。正規の人が非正規の人よりも平均レベルとして本当にスキルが上だということを自信を持って言えるか」と言ったら、みんなうつむいてしまった。そしてある組合の関係の若いお嬢さんが後で来て、「いいこと言ってくださいました。あれを私たちが言ったらえらいことになるのです」と言われた。そういうものなのです。だからもっと本音で議論しなければいけない。たまには土木技術以外の話も大事でしょう。

もう一つ申し上げておきたいことは、黑白二元論というのは間違いなのです。日本は正義か邪か、白か黒かで割り切ってしまう。私も含めて全部灰色です。限りなく白に近い灰色の人と、限りなく黒に近い灰色の人とがいるのです。真っ黒は悪魔で、真っ白は神様だ。そんな人いないです。それをテレビも新聞も正義か邪で割り切ってしまう。そんなことはあり得ないのです。みんな灰色なのです。けれども日々我々は限りなく白に近づくための努力をしなければいけないのです。違いますか。そうでしょう。

ところが、全部黑白二元論で割り切ってしまうから、危機管理ができていない。ここは記者諸君はおられないでしょうね。経済部の人とか政治部の人というのは全部紳士なのです。社会部の人というのは猛獣ですから。その猛獣を紳士と同じように扱ったら負けますよ。何か事が起こったときに来るのは社会部の人たちですから。そのときに、日本の社会というのは困ったもので、いくらデスクローズということが頭に入っている、体で覚えていないから、デスクローズしないときはゼロ、そして攻められて、参った、そんなことになっていたのかというときに100%出してしまう。ゼロか百かの世界なのです。こんなことはヨーロッパやアメリカではあり得ない。絶対出してはいけないこともあるのです。

日本語には情報という言葉は1種類しかない。アメリカではインテリジェンスという言葉とインフォメーションという言葉があって、完全に違う言葉なのです。9.11のときに、国務省や国防部の幹部が、記者会見のときに、インテリジェンスは議論しないと新聞記者に言っていたでしょう。覚えていますか。秘匿すべき情報というのは開示してはいけないのです。だから攻められたときも、どれが秘匿すべき情報か、どれが開示すべき情報かというのは常に分けていない、ゼロ百の世界にいるからそういうことになってしまう。常にそれを議論しないとイケない。

せっかく資料を出しているから、ちょっと皆さんのためになると思うので、解説しておきます。私の出した資料の2枚目に「政綱五章」というのと、「後藤田五訓」というのがあります。二つあるでしょう。「政綱五章」というのは何かというと、人間のやることは変わりませんね。いまの内閣制度ができたのは明治18年12月22日です。そのときに初代内閣総理大臣伊藤博文が、各省各庁に、この方針で政府はやっていくという方針を示達したのです。それが「政綱五章」です。当時の明治政府の国家の基本目標は不平等条約の改正です。治外法権と関税自主権を失っていた不平等条約の改正がいちばんの国家目標のシンボルです。そのための手段として富国強兵、殖産興業をやり、内閣制度を新たに、各省各庁に、この方針でやっていくと言ったのです。

第1項に、「官守ヲ明カニス」。これは達意の文章で、私が勝手にカタカナを入れたのです。全部5文字でできている。簡潔でしょう。官守ヲ明カニス。官の守るべき分野を明らかにすると



っているのです。官と民の役割分担です。小泉さんの言ったことはちっとも新しい。124年前にちゃんと伊藤博文が言っているのだから。ということは我々は近代の歴史を、軍事の知識を含めて、勉強していないということです。

2番目は「選敍ヲ精ウス」。選任、叙任です。位階勲等を含めた人事の公平、公正、適材適所ということです。いまの会社の人事だってそうでしょう。適材適所をやらない

から、時々2カ月で社長を辞めさせたり、辞めると言っていないのに辞めさせられたり、もっと偉い人がいてということになってしまう。人事の公平、公正です。

3番目の「繁文ヲ省ク」というのは、たぶんひとりよがりの言葉をやめろと言っているのです。官庁用語もそうです。土木用語もそうです。世の中の人にはわからない。私は公共事業の担当もしたし、農業土木もやったし、国鉄もやった。いろいろなことをやったけれども、いちばん最初に聞いた話は、最初はわからないから、知らぬは一生の恥で聞いた。「ヘイバー（平米）」、「リユーバー（立米）」からわからなかった。平米って何だ。平米って人の名前かと聞いたら、違う。平方メートルだ。当たり前のことですけれども、私は経済学部の出身ですよ。

それから一生懸命土木の話も勉強しました。勉強するのだけれども、いっぱい専門用語があって、それがわかっているという前提で話をする。それは何だと聞くと、あなたは文官だからわからないだろうけれどもと言われる。この野郎と思って、負けてはいけないというので一生懸命勉強した。ずいぶん勉強しましたよ。繁文ヲ省クというのは、会社の中でしか通用しない言葉で外に向かってものを言うなということです。

4番目が「冗費ヲ節ス」。冗費というのは困ったもので、何が冗費で、何が冗費でないかというのは難しい。企業だってそうです。すぐ冗費といういろいろなものを削ってしまう。維持修繕を削ってしまう。維持修繕は削ってはいけませんよ。大きな事故は維持修繕を削っているから出るのです。必ずそうだ。定期補修というのは必要なのです。それを、まあいいだろう。経理上がりの担当の役員が来て、1年我慢したら経費が浮くではないか。人件費を削るよりも簡単だと。だから大事故になってしまう。そんな例は枚挙にいとまがないです。

しかも冗費というのは何かというのもあるけれども、役所の冗費というのは困ったもので、僕の友人の評論家の日下公人が言っていたけれども、聖徳太子の時代からあるそうです。絶えず冗費ヲ節ス。百年一日のごとくいまでも言っている。仕分けとか何とかというのは、冗費を出しているという。本当に冗費ですかね。

5番が「規則ヲ厳ニス」。これは言わないでもわかるでしょう。厳しくやらないからおかしいことになってしまう。

私の仕えたいいちばん親しかった人は後藤田さんです。後藤田さんにはよく言われた。「後藤田五訓」というのは、後藤田さんの言ったことを、僕と兄弟子の佐々淳行さんがまとめて、佐々さんが自分の講演の資料にするために作ったのです。「俺、こんなこと言ったかな」と後藤田さんはしょっちゅう言っていた。言ったのです。

「嫌な事実、悪い事実を速やかに報告しろ」。これ、会社でもいちばん欠けているでしょう。い

い事実とかいいことは、下の人が飛び越して上の人に報告してはいけない。それを必ずする習性があるって偉くならなかった役人が何人もいる。いい報告は自分がしようと思わないほうがいい。課長でいい報告が来たときは、部長に花を持たせる。部長は常務に花を持たせる。嫌な事実のときは全部人に押し付ける。「おまえ言っとけ。俺の責任じゃねえよ」と。

ところがいちばん大事なのは嫌な事実、悪い事実なのです。それを下でいじくり回しているうちに、にっちもさっちもいなくなって、とどのつまり上がったときには、もうどうにもならない。しかも、猛獣たちの知るところとなって、激しく攻められる。彼らも仕事ですから、一生懸命食いついて、相手のことも調べて、全部手のうちが知られてしまう。早く手を打てばいいのです。だから嫌な事実、悪い事実を言う。いいことは言う必要ないのです。後でわかって、よかったねと。それでポンと上の人に肩を叩かれたら、その叩かれた人は、その下の人の肩をよかってねと言って叩いてやればいいのです。それを俺がやりましたというので、上に自慢することはない。だいたい自慢するのです。

僕らは、言われたからといって、嫌な事実、悪い事実ばかり上げた。もういい加減にしろ。おまえらは俺の顔を見たら嫌なことばかり言うてくる。もう顔を見るのも嫌だということで後藤田さんに怒られた。「何だ、言っていることとやっていることと違うではないか」と思ったのだけれども、翌朝ちゃんと秘書官を通じて、「昨日は悪かった。俺もついつい、70 過ぎて年取ってくたびれているから」。それでお手やわらかにと来た。だからこれからも悪い事実を知らせてくれと。偉い人ですよ。

その次は、同時に下の責任も言っているのです。嫌な事実、悪い事実を知らせるときに、社長、どうしようと言って駆け込むのではダメなのです。社長は身がいくつあったって足りない。知らないことだっていっぱいある。社長とか会長は最後に責任を取る。もうどうにもならなくなったときに責任を取るために置いてあるのです。だからもうちょっと給料をあげてください。日本の社長や会長は、責任を取らなければいけないという立場にいるわりには少ないと思う。

だけどその社長や会長を出すのだったら、これは社長、会長でなければダメですよ。二番手、三番手が出たって承知しないですよ。もうあっさり出る。出て、首を差し伸べるようなことをやる。そして、守らなければいけないのは、この部分は死んでも守らなければいけないし、死んでも言わないということに決める。そして事実関係はちゃんと報告して、私が社長、会長なら、こうこうこのようにするという案を、ベストの案、次善の案ぐらいは作って持たせてあげないといけない。社長が個別の話がわかるわけがないでしょう。それが三つ目。たまにはいいこと言うでしょう。

なお付言すると、部下は日常の仕事で、社長や会長に責任をとらせるようなことを絶対にしない。そのために毎日給料をもらっていることを忘れては困る。

その次は、「俺が言っているのに、社長、違うこと言っちゃった。俺、知らん」と言うてはいけないのです。「俺はこうこうこのようにするから、君、頼むね。君の意向には反するけれども、こっちのほうが大事だと思うから」と言うのは、上の特権です。自分の案をどうしても通したいなら、早く社長になればいい。こんな時代に社長になることはお勧めしません。ナンバー 2 かナンバー 3 がいちばんいい。けれども、やれと言われたことをやらないでさぼっていたら、それがやられているという前提でトップは行動を起こすのです。だから速やかにやらなければいけないのです。だから、こういう時代、難儀なことだ。あとは読んだらわかるでしょう。

部長がおられたら、部下たちにちゃんと言ってください。悪いこと、嫌な事実は早く俺に知らせろと。俺は責任をもって上に伝えろと。常務や副社長も、そのように言ってくださいよ。そのためにちゃんとそういうことがあるんだから。そうでないと、その会社はもたない。



私の日常は趣味が旅行です。124 カ国ぐらい行っています。庶民の立場に戻って、普通の旅行者として行っています。通関を通るときに、それぞれの国でどういう扱いを受けるか、一度、金よこせと言われたことがあります。イミグレーションを通るのに何時間もかかることがあります。ところが面白い。顔見知りの、皆さんのお仲間みたいな人がいて、こんなところに並んでないでこっちへ行きましようと言って外交官出口から通してくれる人がいる。民間にも偉い人がいる。

ある東南アジアの国で、中国ではありませんよ。前にバトカーがいるから、どうしたのと言ったら、あれは売りにきたから買ってやったのですと。それはその世界に溶け込んでいる人です。海外では日本の常識は通らない。全く違うものの考え方をしている。我々日本人の考え方がいちばん変わっていると思ってください。異質ですよ。

私は東京税関長をやっていたことがあるのです。横田の空軍基地の司令官というのは憲兵少佐なのです。アメリカでは少佐の位では年金が少なくて、本格的職業軍人とは言えないのです。中佐にならないといけない。そうすると帽子の縁に縁取りがついて偉くなる。年金も増える。本当の職業軍人になってしまう。向こうは少佐です。私は東京税関長の制服を着ている、ベタ金に星三つです。横田の空軍基地に行って、麻薬の扱いとか何とかかんとか、これも話をし出すと1時間ぐらい話があるのですが、やめておきます。

とにかく協力してくれているから、ありがとうと言って、そういうことを頭では知っていたけれども体で知らなかったから、表彰してやった。あなたは実に我が国の税関行政に貢献をされてありがとうと言った。何が起こったと思いますか。1 カ月たったら、憲兵中佐の肩章を付けて、縁取りの付いた帽子をかぶってきて、敬礼して、「今度、憲兵本部に帰ることになりました」と。どうしたんだと聞いたら、あなたが表彰してくれたので、その表彰状を添えて、人事当局に、海外の勤務している外国の政府機関が正式に表彰状をくれるのは私が有為な人材であるということを証明しているのだから、早く進級させて給料を上げて、いいところに帰せ、とやったのです。通ったのです。後任の憲兵少佐が、用もないのに僕のところに来るのです。表彰してほしいことがもう目に見えている。これはいけないというのがわかった。そうしたら何が起こったと思いますか。僕を表彰してくれた。逆縁ですけれども。

日本の世界はこんなのはだめですよ。大蔵の人事当局に持って行って、こんなものくれたよ。これでアメリカ並みに、俺もそろそろ偉くして本省の局長に返せと言ったら、そろそろ辞めますかと言うよねと言ったら、違いないと言いました。だから日本国でやっていいことと海外でやっていいこととは違うのです。

ドバイの船に乗ったときに、些細な話ですが、船はアメリカの船ですから、ウエーターとサブウエーターがつくのです。メインのウエーターはルーマニアのブラショフから来ているかわいいお嬢さんで、サブウエーターはトルコのイズミールから来ている出稼ぎ。それが最終日にえらい

愛想がいい。何だと聞いたら、あなたのところに、こういう私たちを評価する評価表がくる。5段階あるけれども、4段階の good というのはだめだ。Excellent に丸を付けてくれ。Excellent だと言って頼ずりしてくる。なぜかと聞いたら、ルーマニアに帰ったって仕事がない。この船を下ろされたら大変だと。みんなが excellent と付けてくれれば、私はこの船に乗ってられる。だからあなたに特別なサービスをしている。特別なサービスって頼ずりだけです（笑）。女房が横にいます。日本人がやりますか。

最後の締めくくりにもう一つ、これは安倍さんから聞いた話です。小泉さんがサウジアラビアに行って、サウジアラビアの王様にはお妃が4人いると聞いている。どのお妃がどういう流れで来ていて、どういう人がどういう影響力を持っていて、その子どもの有力者は誰かと聞いたら、その職にある人が、そんなこと興味がありませんと言ったので、小泉さんが怒ったという話がある。それがわからなくてどうして外交ができるのかと聞いた。これは大事なのです。

それである商社の人から聞いた話、手に取るようにわかった。東南アジアに行かれるときも大事なのです。イスラム圏に行かれると、4人のお妃がいて、どれがいちばん寵愛されていて、その子どもがどういう地位についていてということがわからないでは商売ができないのです。

難しい時代で、とりとめもないことを話しました。だけどたまにはこういうのも呼んでください。海底資源は大事ですよ（笑）。マンガン団塊の話から始まって、メガフロートの話も僕は勉強した。大事だけれども、そればかりやっていたらだめなの。自分と違うことを勉強して、マルチ人間にならないと偉くなれないのです。困難な時代に、ご健闘を祈ります。ありがとうございました（拍手）。

（文責 土工協事務局）

○司会 的場様、ありがとうございました。皆様、改めまして盛大なる拍手をもつて的場様に感謝申し上げたいと思います。

ありがとうございました（拍手）。



閉会挨拶

○司会 最後に、海洋開発委員会副委員長の吉田明より、閉会のご挨拶を申し上げます。

○吉田 海洋開発委員会副委員長をやらせていただいております吉田でございます。海洋開発技術講演会の閉会にあたり、ひと言ご挨拶を申し上げます。

本日ご参加の皆様には、非常に長時間、1時半から始まり約4時間ですが、たいへんご熱心に聴講いただきましてありがとうございました。本日の講演会は、ここに書いてあるように、海洋立国を支える建設技術ということが全体のテーマでしたけれども、東京大学の浦辺先生からは、海底鉱物資源開発についてご講演いただきました。また、元内閣官房副長官の的場先生からは、(全体テーマの) 真ん中の国を支えるという大きなテーマで、「どうなる これからの日本」というテーマでご講演いただきました。また、海洋開発委員会で調査研究をしている担当の専門委員会から、空港問題と、それから海洋開発技術に関して研究成果を報告させていただきました。



浦辺先生には、海底鉱物資源の現状と動向、あるいは技術的な課題といったところでご講演いただきました。私ども建設業というのは、いままで沿岸域での建設事業ということで海洋分野にかかわってきたわけですが、海底鉱物資源開発というのは我々にとって今後の問題、チャレンジな問題だと思っておりますけれども、先生のお話をいろいろお聞きしまして、今後、建設業としてもある程度の役割があるのではないかと。あるいはそういったものを果たしていけるのではないかという感じを持ちました。

的場先生はたいへんなビッグネームで、先生のお話を聞けるのをたいへん楽しみにしてまいりました。今後の日本の進路、その心構え、我々、企業の一員としての心構えと言いますか、いろいろなことを教えていただきまして、たいへん感謝しているところです。両先生には、たいへんお忙しいにもかかわらず、貴重なお時間をいただきまして、感謝申し上げます。

専門委員会の報告ですが、私どもはたいへん興味のある問題を取り上げて研究をしていますが、まだ検討すべき課題が残されているので、今後引き続き研究開発を進めていきたいと思っております。今日会場におられる皆さん方から、いろいろなご意見、ご指導をいただければと思っております。

冒頭、委員長の挨拶で申し上げましたが、海洋の問題は我が国の非常に重要な問題だということで、私どもは土工協ですけれども、関係するいろいろな機関と連携して、今後、沖合いの海洋の問題も含めて活動を展開していきたいと思っております。本日もご参画いただいた皆さん方に、今後ともご指導、ご支援をお願いしたいと思います。

最後でございますが、両先生に厚く感謝申し上げます。また、専門委員会の皆さんに御礼を申し上げます。最後の最後に、長時間ご聴講いただきました皆さん方に深く御礼申し上げまして、閉会の挨拶とさせていただきます。

どうもありがとうございました (拍手)。

報告資料 1 羽田空港の利用状況分析と処理容量拡大策の検討



検討の目的

- ① 背景
 - ・首都圏における航空需要の増加
 - ・空港容量の慢性的不足
- ② 視点
 - ・羽田の再拡張事業が完成しても近い将来需給が逼迫する恐れ
 - **現時点から対応策を検討**しておく必要
- ③ 対応策
 - ・首都圏新空港の建設
 - ・茨城空港等の周辺空港の活用
 - ・**羽田、成田の最大限の活用、連携の強化**
- ④ アプローチ
 - ・選定テーマ: **羽田空港の最大限の活用**(ストックの有効活用)
 - ・羽田空港について実態調査、現状分析を実施
 - ・空港処理容量の拡大策を検討

発表内容

- ① 現状の課題と検討方針
 - ・羽田空港の現状
 - ・羽田空港再拡張後の課題と検討方針
- ② 空港容量に関する調査と整理
 - ・空港における地上走行時間に関する調査結果
 - ・空港処理容量に関する整理
- ③ A滑走路南側スライド案の検討
- ④ C滑走路外側空間の利用可能性の検討
- ⑤ C滑走路外側空間利用における建設上の課題



羽田空港再拡張後の課題と検討方針

- ① 空港処理容量を少しでも増やすこと
 - ・1時間1回は、1年間1万回に相当
- ② 施設配置に起因する容量低下の改善
 - ・A滑走路とB滑走路利用機の干渉
 - ・B滑走路着陸機のA滑走路横断
 - ・国際線ターミナル利用機のA滑走路横断
- ③ 用地の不足
 - ・滑走路だけ増設しているためナイトステイエブロン等が不足する可能性
- ④ 24時間空港としての運用上の課題
 - ・滑走路メンテナンス等への円滑な対応

羽田空港再拡張後の課題と検討方針

- ① 容量拡大・機能向上の可能性を検討する
 - ・A滑走路南側スライド案の検討
 - ・C滑走路外側空間の利用可能性の検討
- ② 検討に際して以下の調査、整理を実施
 - ・空港における地上走行時間に関する調査
 - ・空港処理容量に関する整理

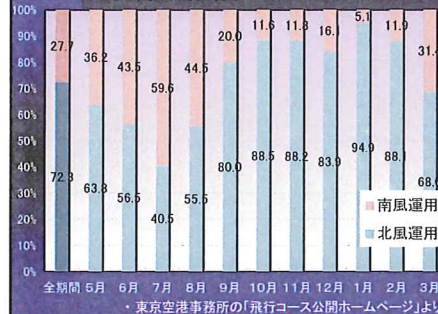
空港における地上走行時間に関する調査結果

- ・ 現状の羽田空港での実態調査を目的
- ・ H20. 5～H21. 4の1683便を集計

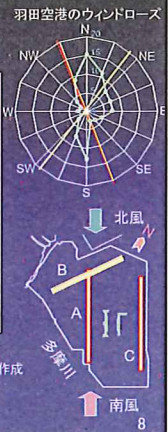
7

羽田空港 風向別運用時間割合

(定期便就航時間帯 6:00～24:00)



北風運用がほぼ7割、南風運用が3割
多少の南風でも北風運用がなされている



8

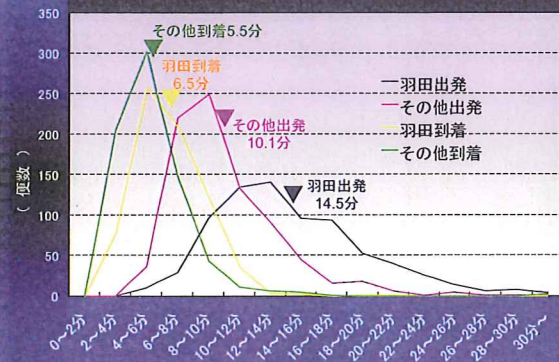
地上走行時間に関する実態調査票

航空会社	機体	便名	目的地
ANA	747-400	NAH 1234	札幌
JAL	737-800	JAL 5678	福岡
SKY	737-400	SKY 9012	仙台
その他			

項目	単位	値
地上走行時間	分	15
滑走路進入時間	分	10
滑走路離脱時間	分	5
地上走行時間	分	15
滑走路進入時間	分	10
滑走路離脱時間	分	5
地上走行時間	分	15
滑走路進入時間	分	10
滑走路離脱時間	分	5

9

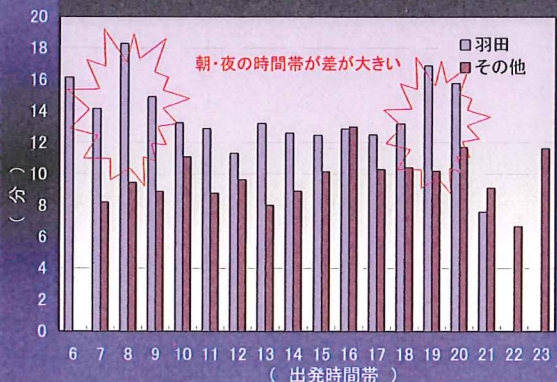
空港における地上走行時間の分布



羽田は他空港より、出発・到着共に地上走行時間が長い

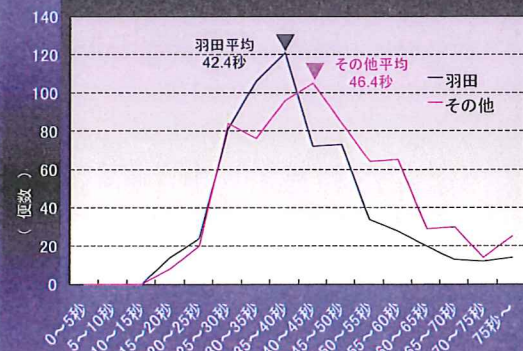
10

出発時間帯別 離陸までの平均時間



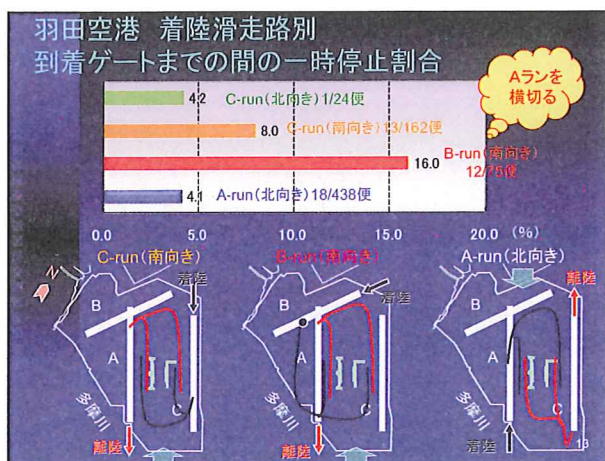
11

着地から滑走路を離脱するまでの時間の分布



羽田は他空港より滑走路離脱までの時間(占有時間)が短い
(羽田は高速離脱誘導路が整備水準が高い)

12



空港処理容量に関する整理

【目的】

- 空港処理容量の考え方を整理
- 空港処理容量拡大の効果確認

【内容】

- 滑走路1本の処理容量
- 再拡張後の処理容量の再現
- まとめ

14

空港処理容量とは

【滑走路容量】

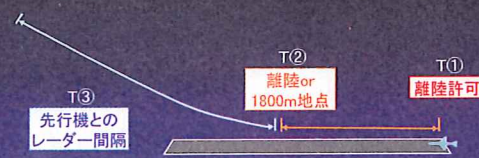
- 管制のルールに基づき、安全間隔を確保した滑走路1本あたりの処理できる容量
- **例えば、28回／時など**

【空港容量】

- 複数滑走路の運用条件や管制方法を考慮した空港全体の離発着容量
- **例えば、1,114回／日、40.7万回／年**

15

滑走路1本の処理容量(離陸のみ)



T①	離陸機に対する離陸許可後、当該機が動き出すまでの時間	15秒
T②	離陸滑走を開始して離陸または離陸滑走開始点から1,800m地点通過の遅い時間	35秒
T③	先行離陸機のレーダー識別及び後続離陸機への出発待機解除の時間	45秒

※但し、大型機の後には後方乱気流を考慮し120秒間隔

16

航空機の区分

- 最大離陸重量により区分

区分	最大離陸重量
ヘビー機 (大型機)	136トン以上の航空機 (B747, B777, B767等)
ミディアム機 (非大型機)	7トン以上136トン未満の航空機 (B737, A320, CRJ等)
ライト機 (非大型機)	7トン未満の航空機 (C172(セスナ)等)

17

滑走路1本の処理容量(離陸のみ)

【処理容量】

120			120		
大型機			大型機		
T①	T②	T③	T①	T②	T③
15	35	45	15	35	45
95			95		
非大型機			非大型機		
T①	T②	T③	T①	T②	T③
15	35	45	15	35	45

- 大型機の比率が70%の場合の処理容量の算出

$$3600 \div [120 \times 0.7 + 95 \times 0.3] = 32 \text{回／時}$$

18

滑走路1本の処理容量(着陸のみ)

停止線を通過

滑走路線までの時間

1マイル手前着陸決断点

L①	滑走路進入端から1マイルの地点(着陸かまたは着陸復行の決断点)までの時間	27秒
L②	滑走路進入端を通過して滑走路線を通過するまでの所要時間	73.05秒※
L③	滑走路線から着陸帯(停止線)を通過するまでの安全間隔としての時間	15秒

※L②は国土交通省航空局(H19.7)発表資料の着陸容量から算定

19

滑走路1本の処理容量(着陸のみ)

【処理容量】

L① 27	L② 73.05	L③ 15	L① 27	L② 73.05	L③ 15
----------	-------------	----------	----------	-------------	----------

$3600 \div 115.05 = 31.29 \rightarrow 31 \text{ 回/時}$
(現在の羽田空港の滑走路容量)

20

滑走路1本の処理容量(離陸と着陸で交互)

【考え方】

後続が着陸機のためにT②にバツキを考慮

$(15+48)+(27+73.05)=163.05$

離陸	T① 15	T②' 48	T③ 45		T① 15	T②' 48
着陸			L① 27	L② 73.05		L③ 15

T②'	滑走路進入端から1マイルの地点(着陸かまたは着陸復行の決断点)までの時間	35秒+2.6σ =48秒
-----	--------------------------------------	------------------

- $(3600 \div 163.05) \times 2 = 44.16 \rightarrow$ **44回/時**

離着陸を交互に行うことが出来れば容量が増加₂₁

再拡張後処理容量の再現

- 滑走路の位置関係

The diagram illustrates the spatial arrangement of three runways: Aラン (Runway A), Bラン (Runway B), and Cラン (Runway C). Runway A is a horizontal runway at the bottom, 1700m wide, with segments of 1800m, 1200m, and 2200m. Runway B is a diagonal runway on the left, 1600m wide, with a 1600m segment. Runway C is a horizontal runway at the top, 1700m wide, with segments of 1800m, 1200m, and 1500m. A 73-degree angle is indicated between Runway C and a vertical line. Other dimensions include 1000m, 800m, 1500m, and 1450m for various offsets and segments.

北風時の運用

- ・ Aラン・Cランに着陸
- ・ Cラン・Dランから離陸

12回

28回

12回

28回

離陸: 40回/時

着陸: 40回/時

23

The diagram illustrates a 4-lane running track layout for a 400m race. The track is divided into four lanes, labeled Aラン (Lane A), Bラン (Lane B), Cラン (Lane C), and Dラン (Lane D). The track is oriented horizontally, with the start line on the left and the finish line on the right. The track is divided into four lanes, each 1.22m wide. The total width of the track is 4.88m. The track is divided into four lanes, each 1.22m wide. The total width of the track is 4.88m. The track is divided into four lanes, each 1.22m wide. The total width of the track is 4.88m.

南風時の運用

- Aラン・Cラン離陸
- Bラン・Dラン着陸
- 4本運用であり南風時の制約多い

28回

12回

18回

22回

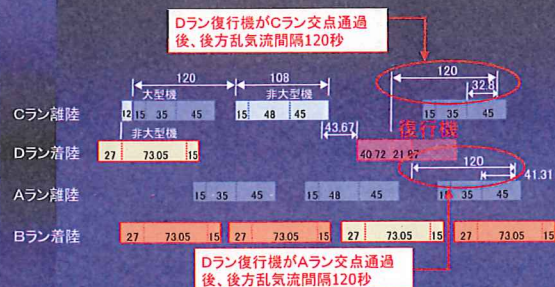
離陸: 40回/時

着陸: 40回/時

24

南風時のDラン復行機との関係

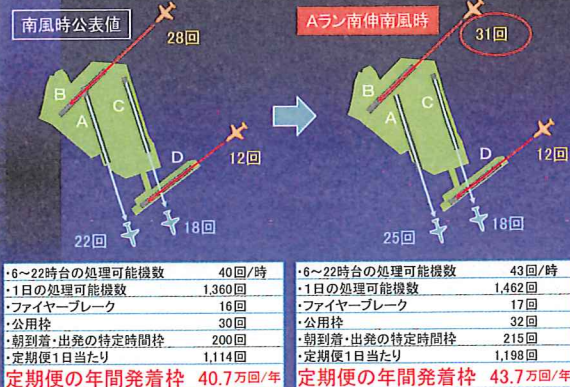
- Dラン復行機がA・Cラン離陸機へ与える影響



- Dラン復行機がA・C離陸より上を通るため復行機がそれぞれの交点通過後120秒後に通過するように離陸させる

31

再拡張後・Aラン南伸時の処理容量



【参考】「首都圏空港の将来像」の試算

(運輸政策研究機構2009.9.24)

対策内容	空港処理容量	備考
①管制運用高度化	44.7万回/年	Cラン離陸2機目を非大型機、2機連続離陸
② ①+Aランスライド	45.8万回/年	A・Bラン独立運用地上走行対策
③ ②+旧Bラン活用	48.8万回/年	B・旧B交互着陸
④Cラン海側にEラン	56.0万回/年	C・EランはオープンパALLEL、騒音配慮の上、上空の飛行条件を一部緩和

33

処理容量に関するまとめ

- 滑走路1本では
 - 離陸のみ : 32回/時
 - 着陸のみ : 31回/時
- 再拡張後では
 - 北風時 : 46回/時
 - 南風時 : 40回/時 (公表値40回/時)
- Aラン南伸時では
 - 南風時 : 43回/時 (43.7万回/年)
- Eラン増設時では (後述)
 - 南風時 : 46回/時 (46.8万回/年)
- シミュレーションで概略の試算が可能

34

A滑走路南側スライド案の検討

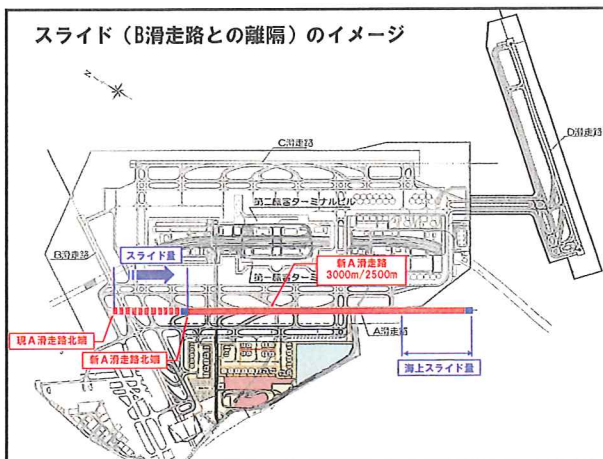


【A滑走路スライドの意味】

- A滑走路離陸機プラスト→B滑走路着陸機への影響緩和(B滑走路の独立運用)40.7→43.7万回/年
- B滑走路着陸機→旅客ターミナル
- A滑走路横断の回避
- 国際線ターミナル(整備中)への出入り
- A滑走路横断の回避



スライド（B滑走路との離隔）のイメージ



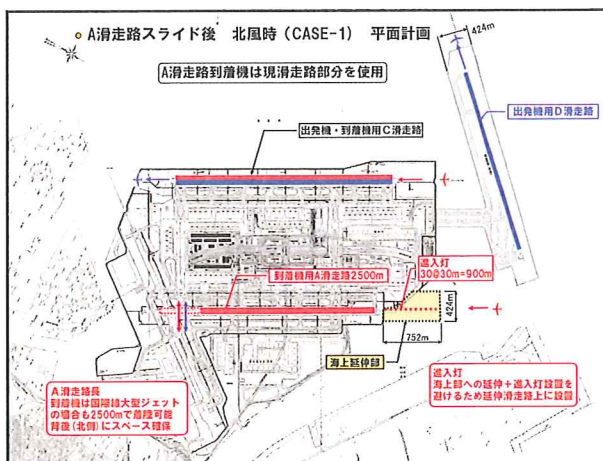
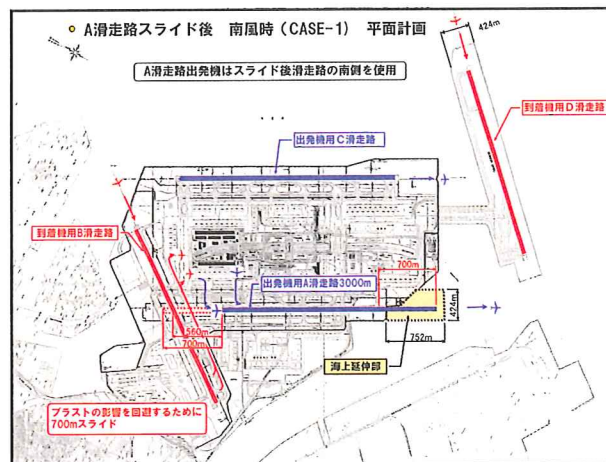
【A滑走路スライド条件の整理】

- ・スライド量の試算
「ブラストの影響を受けない離隔距離」
・風速56km/h以上が影響を受ける
・550m以上の離隔
→ B滑走路中心—A滑走路端 550m
→ B滑走路平行誘導路—A滑走路端 550m
- ・スライド後滑走路長
・国際線長距離対応 3000m(現A滑走路長)
(離陸:3000m, 着陸:2500m)
・国内線・国際線中距離対応 2500m

【A滑走路スライド 検討ケース】

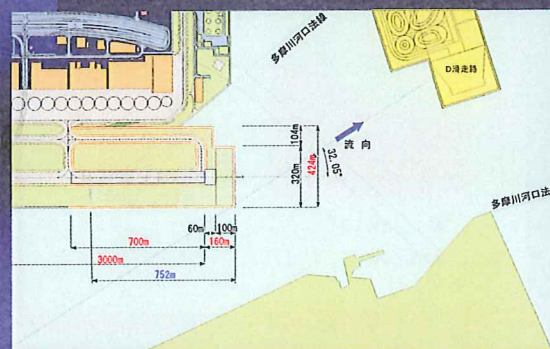
CASE No.	滑走路長	離隔距離	スライド量 ～現A北端	スライド量 ～現A南端
1	離3000m (着2500m)	550m～ B滑走路	690m →700m	690m →700m
2	2500m	550m～ B滑走路	690m →700m	190m →200m
3	2500m	550m～B 平行誘導路	910m →900m	410m →400m

→CASE-1(南端スライド:700m)
CASE-3(南端スライド:400m)で検討



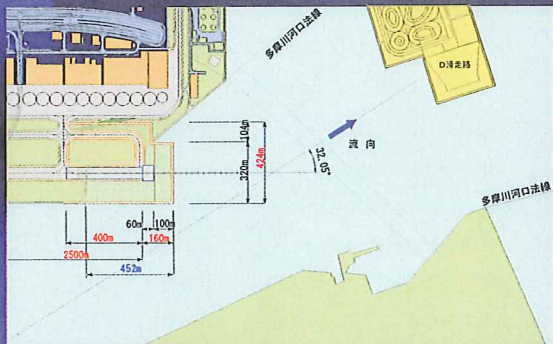
【延伸部基本計画】<平面計画>

700m 延伸部平面計画(CASE-1)



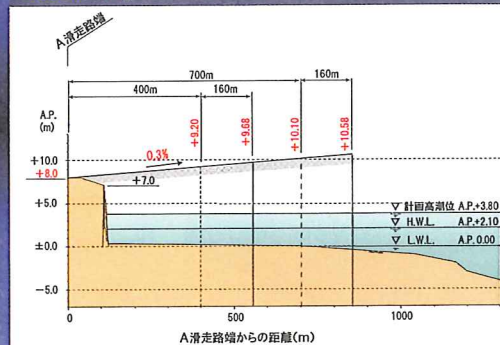
【延伸部基本計画】＜平面計画＞

400m 延伸部平面計画 (CASE-3)



【延伸部基本計画】＜縦断勾配＞

現在のAランの勾配を延伸するものとし、多摩川に向かって0.3%とする。



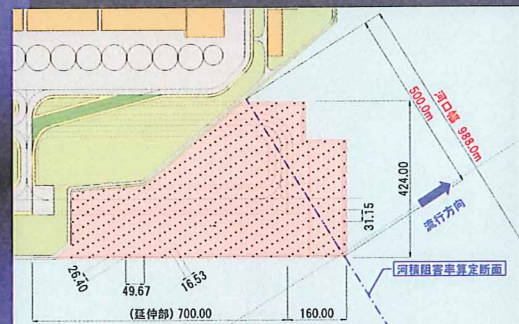
【延伸部基本計画】＜構造形式＞

- 多摩川への河積阻害を抑える構造
 - 埋立法・浮体工法:NG
 - 棧橋構造:OK
- 水深、滑走路高さ、杭間隔(上部工の軽量化・桁高)、施工性D滑走路の実績
 - 杭式支持+鋼製上部工 (ジャケット構造)



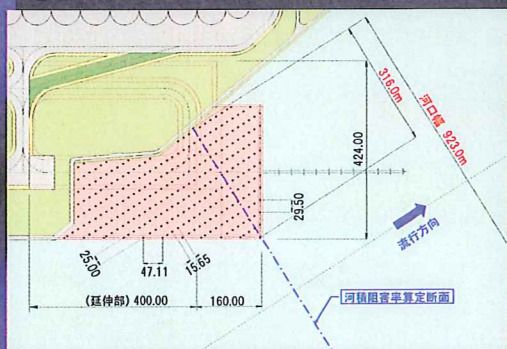
D滑走路棧橋構造

【平面構造計画】700m 延伸部案杭配置図



- 杭(●)を流行方向に対し平行に配置 (26.40m×16.53m)
- 外周部に防衛工を設置

【平面構造計画】400m 延伸部案杭配置図



- 杭(●)を流行方向に対し平行に配置 (25.00m×15.65m)
- 外周部に防衛工を設置

【河積阻害率の試算】

- 前提条件
 - ・棧橋の最大レグ径はφ2.0m
 - ・延伸部範囲の既設進入灯は撤去
 - ・防衛工は形ゴム式として、杭1本に対し0.6mの阻害を考慮
 - ・最大阻害幅の断面について試算 (許容阻害率≤5%, 特例≤8%)

■試算結果

延伸長	河川幅	支持杭(レグ)			防衛工(ゴム式)			阻害幅計	阻害率
		径	列数	阻害幅	径	列数	阻害幅		
700m	988m	2.0m	19	38.0m	0.6m	19	11.4m	49.4m	5.0%
400m	923m	2.0m	13	26.0m	0.6m	13	7.8m	33.8m	3.7%

【揚圧力の試算】

設計波浪の推定

Aラン南伸部分の水深-5m付近の風波の
波高比分布[※]卓越波向き分布[※]より推定

※)「D滑走路の設計の基本的考え方(その2)」東京国際空港D滑走路建設工事
技術報告会資料より

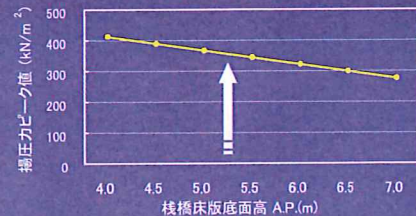
波浪条件

分類		設計条件
波高・波浪	供用時	$H_{1/3}=1.5\text{ m}$, $T_{1/3}=5.9\text{ s}$, 卓越方向=135°
	施工時	$H_{1/3}=2.1\text{ m}$, $T_{1/3}=5.9\text{ s}$, 卓越方向=135°
	暴風時 (100年標準)	$H_{1/3}=3.1\text{ m}$, $T_{1/3}=8.3\text{ s}$, 卓越方向=135°

算定方法・算定結果

- 海底地盤をA.P.-5.0mまで浚渫した場合を想定し暴風時の
棧橋底面に働く揚圧力を算定した。
- 揚圧力のピーク値は、「港湾の施設の技術上の基準」[※]
により対象海域の波浪条件により算定した。

※)伊藤、武田の棧橋に働く揚圧力(重複波の場合)の式



棧橋床版面高さと揚圧力ピーク値の関係

【荷重条件の整理】

項目	細目	常時	暴風時
死荷重	舗装, 床版, ハンチ, 床組	○	○
活荷重	航空機荷重 LA-0 総重量680ton (最大脚荷重 1560kN/脚)	○	
衝撃係数	i=0.4 (滑走路), 0.3 (着陸帯)	○	
揚圧力	最大352kN/m² (荷重作用レベル A.P.+5.33m)		○
許容応力度の割増		1.00	1.50

注) 離陸のみ使用のため、舗装・床版仕様はDランと同等
風荷重, 温度影響, 疲労の影響は未考慮

【棧橋構造計画案】

床版形式の設定

エリア区分	滑走路 / 着陸帯	着陸帯
床版タイプ	Pca UFG	オープングレーチング
主桁構造	I 桁 or 箱桁	I 桁
メリット	・D滑走路で実績あり	・揚圧力の影響が小さい
デメリット	・箱桁の場合、揚圧力の 影響の確認が必要	・適用スパンが小さい ・床版の荷重分散効果が小、 活荷重を主桁が直接分担 ⇒ 床組重量が大 ・床組構造が外気に露出 ⇒ 維持管理が大変
総合評価	○	×

主桁構造の選定

	I 桁+CP(鋼板)	開断面箱桁	狭小箱桁
概略設計 断面			
主桁剛性	× (小)	△ (中)	○ (大)
鋼重	× (小)	△~○ (中)	○ (大)
耐揚圧力	×	△	○
現場継手 誤差吸収	○	△	△
総合評価	×	△	○

【防食対策案】

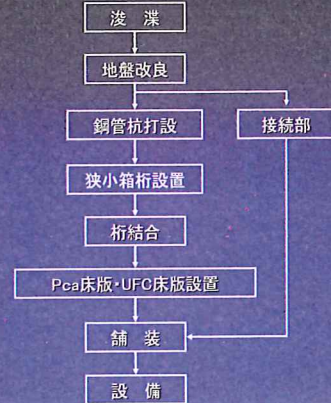
<上部工外面>					
	C4塗装	海洋厚膜 エポキシ樹脂	超厚膜 エポキシ樹脂	薄板チタン クラッド鋼板覆	耐海水性 ステンレス鋼板覆
期待耐用年数	15年 ¹⁾	20年 ¹⁾	30年程度 ¹⁾	100年以上 ¹⁾	100年以上 ¹⁾
総膜厚(μm)	250	555	2320~2520	—	—
初期コスト	◎	◎	◎	△	△
LCC	△	△~○	○	◎	◎
施工性	○	○	○	○	△
材料供給	◎	◎	◎	△	○
課題	・メンテナンス の合理化	・メンテナンス の合理化 ・国内での実績少	・メンテナンス の合理化	・材料供給能力 ・ブロック間継手部 の施工	・面ライニング施工 ・ブロック間継手部 の施工
<上部工内面>					
	D4塗装	D4塗装+除湿システム		<注釈>	
期待耐用年数	25年 ¹⁾	100年 ¹⁾		1) 羽田D滑走路工事 実施設計	
総膜厚(μm)	255	—		2) 港湾構造物 防食・補修マニュアル (2013年版) 沿岸センター	
初期コスト	○	○		3) 羽田D滑走路工事 検討資料	
LCC	△	◎			
施工性	△	○			
材料供給	◎	◎			
課題	・メンテナンス の合理化	・施工及びメンテナンス可能な 内部空間の確保 (桁高2m程度)			

【施工検討】

施工条件

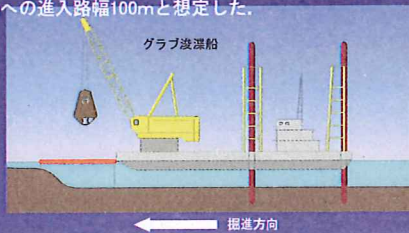
- 供用中のA滑走路延伸工事のため、
施工時間は離着陸のない23:00～6:00の時間帯
もしくはA滑走路の使用制限時間帯とする。
- 延伸範囲の海底地盤高はほぼA.P.±0.00のため、
地盤改良船、杭打船、起重機船の作業実施に先がけ
A.P.-5.0mまで浚渫する必要がある。
- 施工区域内の進入灯は撤去し、仮設の簡易進入灯で
補えるものとする。

施工方法 主要工種の施工フロー



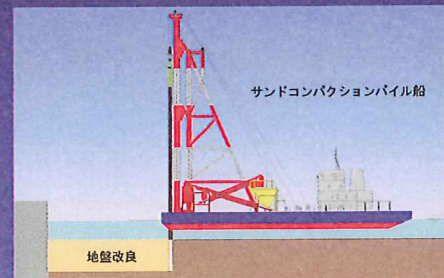
STEP-1 浚渫

作業水深の確保のため、施工区域の浚渫を行う。
大型作業船による施工のため、A.P.-5mまで浚渫をすると
400m延伸案の場合で概算130万 m^3 、
700m延伸案の場合で概算190万 m^3 になる。
ただし、浚渫範囲は延伸施設から作業幅100m、
現場への進入路幅100mと想定した。



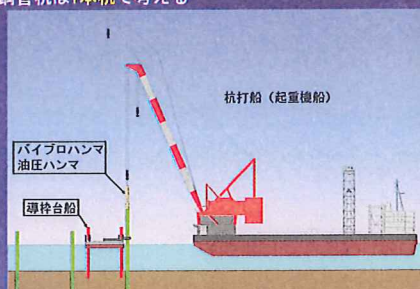
STEP-2 地盤改良

既設護岸部には10m程度の盛砂層とその上部には
埋戻し砂及び堆積砂が存在する。
将来の地震時における液状化対策として、
サンドコンパクション工法による地盤改良を行う。



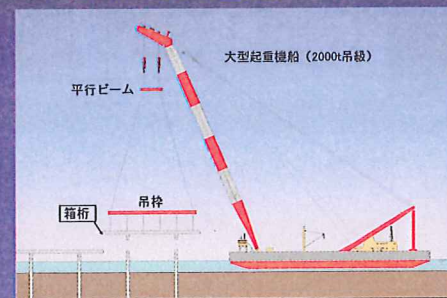
STEP-3 鋼管杭打設

杭先端標高 A.P.-63.0m(近傍ボーリング柱状図より)
杭天端標高 A.P.+7.33m 杭長 70.33m
海底地盤 A.P.-5.0m 作業潮位 A.P.+1.0m(仮定)
→水面上65mの杭打船が必要：現保有作業船では85m可能
→鋼管杭は1本杭で考える



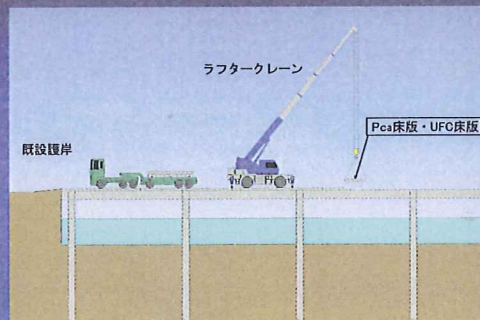
STEP-4 箱桁設置

陸上ヤードで製作した狭小箱桁 (50.80m×48.19m) を
大型起重機船にて架設する。
桁枠重量は1370t程度であるが、平行ビームと吊枠の重量
250tを考慮し、2000t吊級の起重機船で考える。



STEP-5 Pca床版・UFC床版設置

約3m×5mのPca床版・UFC床版を、陸上クレーンにて接合部から沖に向けて順次設置する。



【今後の課題】

揚圧力の影響・周辺環境への影響

- 詳細な波浪変形解析の実施（施工前，施工中，施工後）
- 揚圧力低減対策の検討（浚渫箇所の埋戻し対策，消波堤の検討等）
- 多摩川への影響（流況解析，模型実験の実施）
- 多摩川河口部生態系への影響評価（河口干潟羽田州の浚渫）



セイタカシギ



モズクガニ



トビハゼ



マアサギ

【今後の課題】棧橋構造

- 現場継手部構造 ⇒ 誤差吸収が容易な施工法
- 縦横断勾配への対応（滑走路方向と縦横断方向が斜めに交差し，調整が複雑）
- 上部工桁高低減時の内部空間の維持管理
- ユーティリティの配置
- 越波対策工（必要に応じて）
- 現空港接続部構造 ⇒ 現空港側（供用滑走路）の地盤改良も必要 ⇒ 現空港側舗装面のすり付け

【今後の課題】施工方法

- 作業時間制限
A滑走路を供用しながらの施工
全工程の作業時間は離着陸のない夜間
⇒作業時間の制限
⇒現空港側（供用滑走路）の地盤改良
- 浚渫土砂の問題
浚渫土量
400m案：約130万m³、700m案：約190万m³
⇒浚渫土砂の処分場を確保
⇒浚渫量の少ない施工法の検討
- 進入灯の機能確保
作業船の進入区域にかかる既設進入灯を撤去
A滑走路は供用中
⇒仮設進入灯を確保

C滑走路外側空間の利用可能性の検討



「東京国際空港D滑走路建設工事HP」より

65

C滑走路外側空間の利用可能性の検討

【昨年度の検討】

- 効果と建設上の制約条件の定性的検討
・ C滑走路沖出案 ・ 滑走路増設案

【今年度の検討】

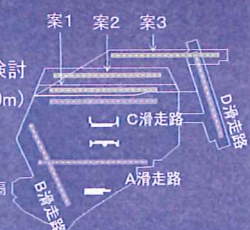
- 空間利用の可能性として、3タイプの滑走路案を比較検討

案1：C滑走路移設（x=300m）

案2：増設案（x=760m）

案3：増設案（x=1310m）

※ x：現在のC滑走路からの離隔



66

C滑走路外側空域利用の効果

【平行滑走路のタイプと特徴】

- ・オープンパラレル: 2本の滑走路の完全な独立運用可能
(滑走路間隔 1310m以上)
- ・クローズパラレル: 2本の滑走路の独立運用はできないが
・760m以上: 同時離陸は概ね可能

		クローズパラレル		オープンパラレル
滑走路間隔		760m未満	760m以上	1310m以上
同時離着陸の可否	離陸・着陸可	×	○ or △	○
	離陸可	×	○	○
	着陸可	×	×	○

今年度検討案の位置づけ

案1

案2

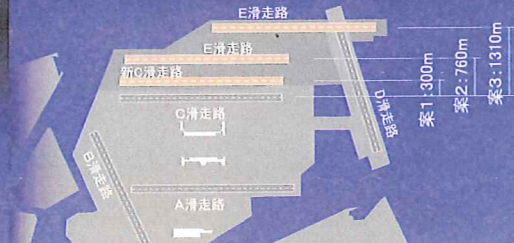
案3

67

各案の滑走路配置と特徴

- ・案1: 新C滑走路 離隔300m
- ・案2: E滑走路 離隔760m
- ・案3: E滑走路 離隔1310m

滑走路の位置は、高度制限と水域条件から設定
滑走路面の高さも案により異なる



68

各案の滑走路配置と特徴

案1: C滑走路移設案

- ・夜間駐機場の増設は、現C滑走路位置に約80機分可能 (55%up)
- ・夜間駐機場からターミナルへの移動時に滑走路横断無

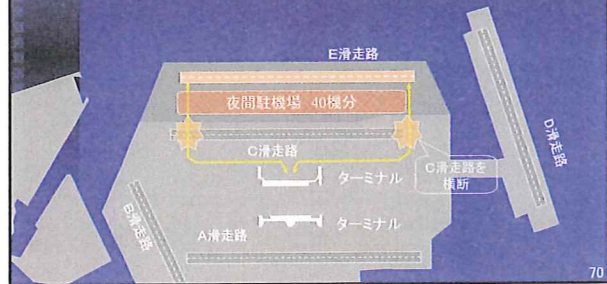


69

各案の滑走路配置と特徴

案2: 滑走路増設案 (x=760m)

- ・夜間駐機場の増設は、CとE滑走路間に約40機可能 (30%up)
- ・ターミナルとの移動時に滑走路横断が生じる



70

各案の滑走路配置と特徴

案3: 滑走路増設案 (x=1310m)

- ・CとE滑走路間に広いスペースが確保され
夜間駐機場約120機増設やターミナルの拡張用地として使用可
- ・現ターミナルを利用する場合は、地上走行距離と時間が長大化



71

空港容量の拡大効果

【空港容量試算の仮定】

- ◇ 現在の空域制限を遵守
- ◇ 案2、案3については、A滑走路の南側スライドにより、A・B滑走路は独立運用可能と想定
- ◇ D滑走路交差部の従属運用は、前述の通り
- ◇ 非ヘビー機の混入率は、毎時30%程度
- ◇ 3本の滑走路の場合(案2、案3)の南風時の滑走路の利用条件
(離陸)A、C、E (着陸)B、D

【空港容量試算結果】

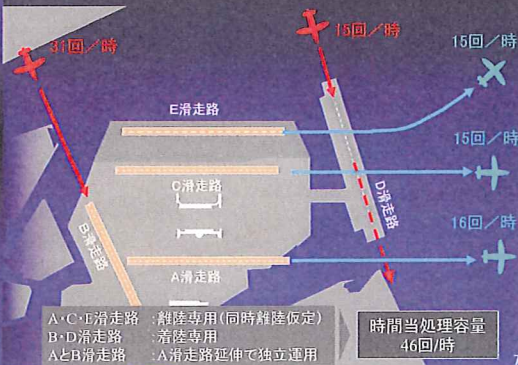
	移設案 案1	増設案	
		案2 クローズパラレル	案3 オープンパラレル
試算結果	40回/時	46回/時	
現計画通り		飛行ルートに制約があるため、変わらない	

南風時に離陸機を3本の滑走路に分散できるため、容量の増加が見込める

72

空港容量の拡大効果(試算結果の例)

【南風運用時】案2:クローズパALLEL



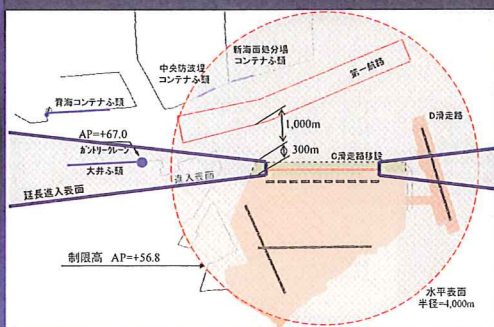
C滑走路外側空間利用における建設上の課題

- ◆ 空港制限表面
 - ・ 進入表面・水平表面・転移表面
- ◆ 干渉する構造物・船舶
 - ・ D滑走路
 - ・ 第一航路を航行する大型船舶
 - ・ 大井・青海埠頭のガントリークレーン
- ◆ 新たな上空制約→新海面処分場埠頭
中央防波堤埠頭のガントリークレーン

74

制限表面と障害物の関係(案1)

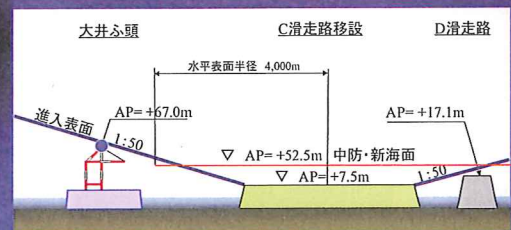
C-R/W移設 d=300m



制限表面と障害物の関係(案1)

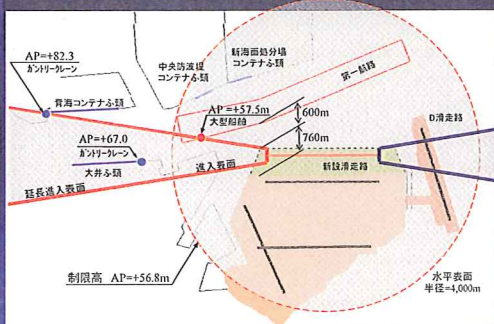
C-R/W移設 d=300m

- 現滑走路と同一標高設定



制限表面と障害物の関係(案2)

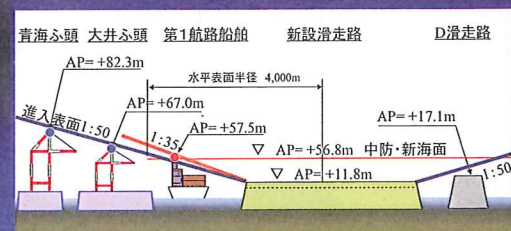
E-R/W新設クローズパALLEL d=760m



制限表面と障害物の関係(案2)

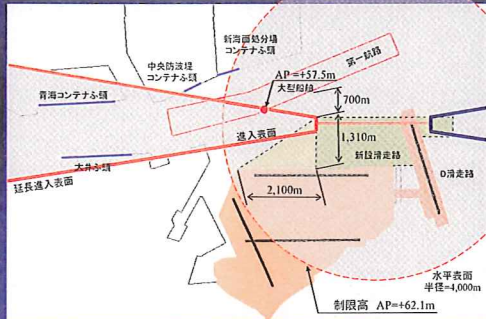
E-R/W新設クローズパALLEL d=760m

- 大型船舶と進入表面の関係から標高設定



制限表面と障害物の関係(案3)

E-R/W新設オープンパラレル d=1,310m

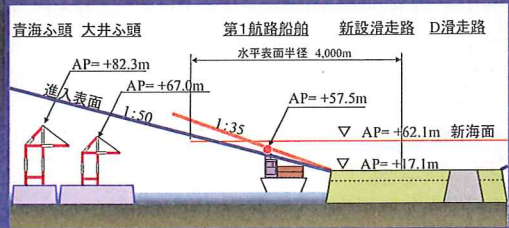


79

制限表面と障害物の関係(案3)

E-R/W新設オープンパラレル d=1,310m

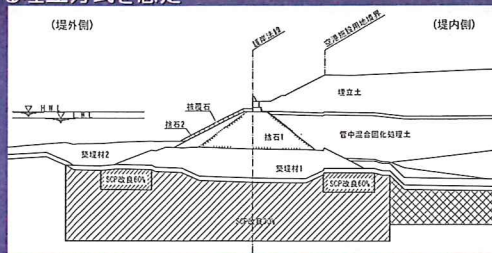
■ 大型船舶と進入表面の関係から南にシフト



80

建設工法の選定

- 現地条件から建設経済性に優れる埋立工法を想定
- 捨石式傾斜堤による護岸、山砂・浚渫土を主体とする埋立方式を想定



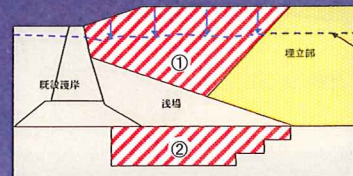
81

埋立荷重による不同沈下対策(案1、2、3)

- 不同沈下により、既設空港、新設空港の舗装・排水施設が損傷を受ける。

→造成後の補修対応を基本とするが、補修による空港供用障害を極力減らすため、予め沈下抑制の対策を実施する。

- ① 軽量盛土埋立による沈下量低減
- ② 原地盤を固化改良して沈下を抑制



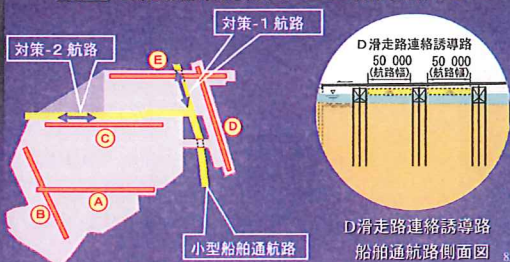
82

小型船舶航行空間および通水性確保について(案3)

- オープンパラレルとする場合、航路の別途設置が必要

対策-1: E滑走路をアンダーパスする航路を構造物(ボックスカルバート等)により設置する

対策-2: E滑走路誘導路を橋梁形式として航路を確保する



83

C滑走路外側空間の利用可能性のまとめ

- 案1 (C-R/W移設 d=300m)

・空港容量は変わらないが、駐機場の大幅拡大が可能

- 案2 (E-R/W新設クローズパラレル d=760m)

・空港容量は1割程度増加

(空域条件が緩和されれば、さらに容量拡大が期待できる)

・駐機場もある程度増加

- 案3 (E-R/W新設オープンパラレル d=1,310m)

・現在の空域条件を前提とすると、空港容量は案2と同じ

(空域条件が緩和されれば、さらに容量拡大が期待できる)

・駐機場、ターミナル等、空港機能の拡張余地は大

・小型船舶航路、通水性の確保が必要

・航行安全対策、夜間工事対策の負荷が高まる。

・3案に共通して、C-R/W取付部の不同沈下対策、浅場の移設等が必要

84

報告資料 2 海洋開発技術に関する研究成果報告

海洋開発技術講演会資料

海洋開発技術に関する研究成果報告

2010.3.23

(社)日本土木工業協会 海洋開発委員会

海洋基本計画推進専門委員会

「海洋基本計画推進専門委員会」設立経緯

平成19年4月

海洋に関する基本理念を定め、国、地方公共団体、事業者及び国民の責務を明らかにした「海洋基本法」が成立

平成20年3月

「海洋基本法」の基本理念を進め、具体的な施策に結びつけるために『海洋基本計画』が閣議決定

平成20年8月

『海洋基本計画』に示された課題について 日本土木工業協会(当時は日本海洋開発建設協会)として体系的に取り組み、『海洋基本計画』の推進に寄与するべく「海洋基本計画推進専門委員会」を立ち上げ活動を開始

海洋基本計画に掲げられた 総合的かつ計画的に推進すべき12の施策

- 海洋資源の開発及び利用の推進
- 海洋環境の保全等
- 排他的経済水域等の開発等の推進
- 海上輸送の確保
- 海洋の安全の確保
- 海洋調査の推進
- 海洋科学技術に関する研究開発の推進等
- 海洋産業の振興及び国際競争力の強化
- 沿岸域の総合的管理
- 離島の保全等
- 国際的な連携の確保及び国際協力の推進
- 海洋に関する国民の理解の増進と人材育成

<検討体制>

下記の4分科会を設け検討を実施することとした。

- 1 洋上プラットフォームの建設技術
- 2 地球温暖化に伴う影響と海面上昇対策
- 3 マリンバイオマス計画等
- 4 東アジアにおける新たな海上輸送ルート
の検討

本日は、テーマ1及び、3の検討成果について報告

2 地球温暖化に伴う影響と海面上昇対策

地球温暖化に関する国内外の情報収集や海面上昇対応事例調査等を行い、地球温暖化問題に対する建設分野の取り組みや今後の対策等の検討を実施

4 東アジアにおける新たな海上輸送ルートの開発

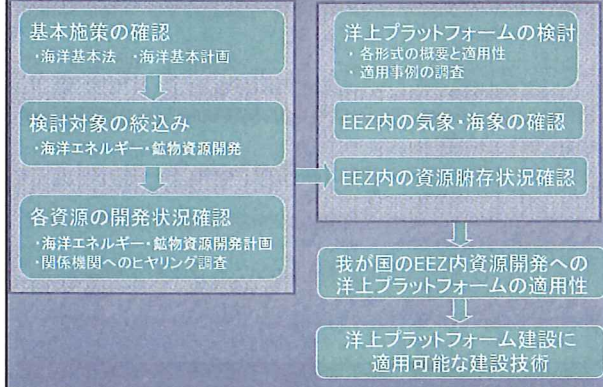
マラッカ・シンガポール海峡の制約を緩和するため『東アジアにおける新たな海上輸送ルート』の検討を実施『クラ運河構想』を取り上げ、これまでの検討内容のレビューを実施

海洋基本計画推進専門委員会

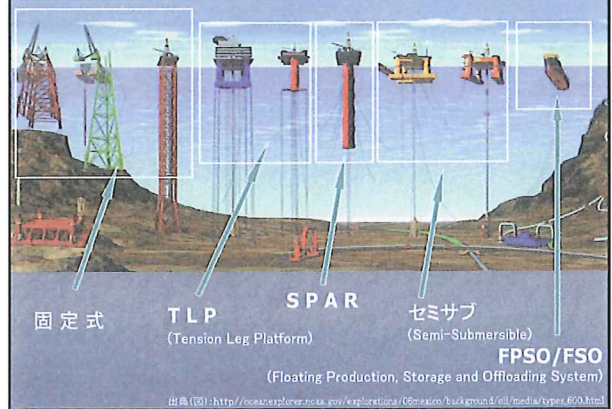
第1分科会

洋上プラットフォームの建設技術の検討

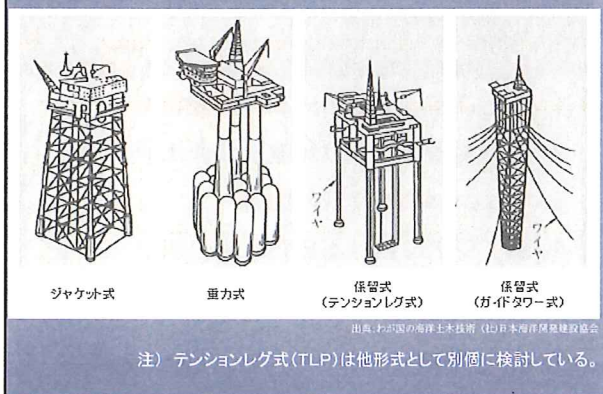
検討の流れ



検討対象としたプラットフォーム形式



固定式プラットフォームの構造分類



構造形式	適用深度
ジャケット式	30m ~ 400m
重力式 (GBS)	100m ~ 300m
ガイドタワー式	300m ~ 1000m

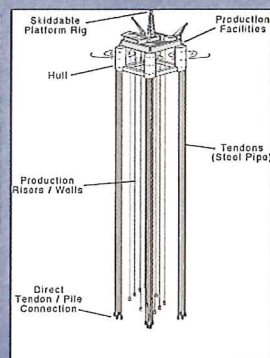
代表的事例

形式	ジャケット式	重力式 (GBS)	ガイドタワー
油田	Bullwinkle	北海	Petronius Compliant Viosca Knoll
名称	NA	Troll A	Piled Tower
海域	メキシコ湾	Norway	メキシコ湾
適用水深	412 m	303m	535m
重量	39,200 t	221,000	NA

TLP

テンションレグプラットフォーム (Tension Leg Platform)

半潜水させた浮体構造物と海底の基礎とを、鋼管構造のテンドン(小型のものではワイヤー、アンカーチェーン)の緊張索で接続し、強制浮力によって生じる緊張力を利用して係留される構造物

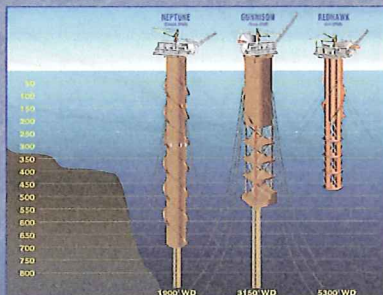


水深1000mクラスのTLPの事例

PF名称	Ursa	Marco Polo	Magnolia	Neptune
設置海域	メキシコ湾	メキシコ湾	メキシコ湾	メキシコ湾
水深(m)	1,204	1,310	1,432	1,295
設計最大波高(m)	22	22	22	22
デッキ寸法 L*B(m)	92*92	-	-	37*34
Initial Tension (ton/Tendon)	1,453	876	-	-
Year	1999	2004	2004	2007

SPAR

2重円筒構造を有する浮体構造物で、貯油能力はあるが動揺の大きいFPSOと動揺は小さいが貯油能力のないFPSの両者の利点を合わせ持つシステムである。



出典: <http://www.eng.nus.edu.sg/civil/updates/seminar/15022005.html>

水深1500mクラスのSPARの事例

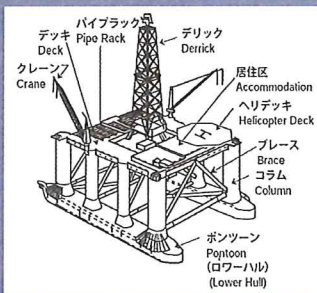
PF名称	Horn Mountain	Red Hawk	Devils Tower	Consitution
設置海域	メキシコ湾	メキシコ湾	メキシコ湾	メキシコ湾
水深(m)	1653	1615	1710	1515
寸法径(m)	32.3	19.5	28.65	29.87
Year	2002	2004	2004	2006

セミサブ (Semi-Submersible) : FPS

トラス式等の構造物の下部が半分海面下に沈み込んでいる半潜水式の浮体構造物である。

石油等の生産システムに使われる場合にはFPSとして適用されることが多い。浮体構造物にはセミサブリグを改造することが多い。

FPS :
Floating Production System



出典: 海洋工学ハンドブック JOGMEC

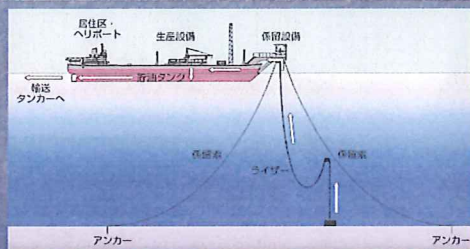
大水深セミサブの事例

Name	地域	適用水深 (m)	Year
Independence	USA	2440	2007
Atlantis PDQ	USA	2156	2007
Na Kika	USA	1920	2003
Roncader PB-36	Brazil	1360	1999
Roncader PB-40	Brazil	1080	2001

FPSO/FSO

(Floating Production, Storage and Offloading System)

FPSOは、一般には船型の浮体に生産、貯蔵、出荷・係留設備を装備した海洋石油・ガス生産システムである。なお、生産設備を持たないものをFSO (Floating Storage and Offloading System) と呼び、貯油機能を持たない生産プラットフォームと組み合わせて用いられる。



出典: MODEC ホームページ <http://www.modec.com/ja/business/fps/index.html>

JOGMEC((独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構)がペトロプラスと共同研究を行っている大水深モノコラムハル型FPSOであり、MPSO (Mono-Column Hull Type Floating Production, Storage and offloading) と呼ばれている。



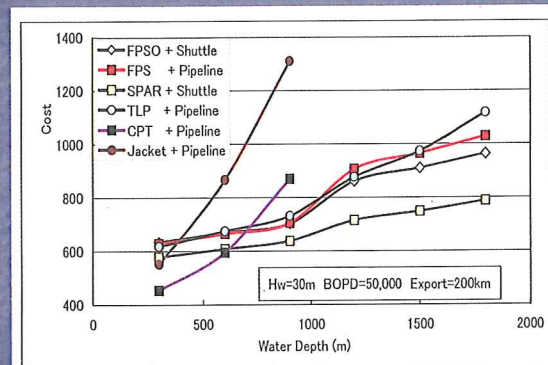
出典: <http://www.jogmec.go.jp/jogmec/activities/technology/e/studies/index.html>

FPSOの事例

Field	Platform Name	Operator	Country	WD (m)	New ☆ or Conversion ★
Dalia (BL 17)	Dalia	Total FinaElf	Angola	1,300	☆
Girassol	Girassol	Elf Exp. Angola	Angola	1,350	☆
Block 15	FPSO	Exxon Mobil	Angola	1,340	★
Greater Plutonio BL-18	Plutonio		Angola	1,500	☆
Marlim Sul	FPSO II	Petrobras	Brazil	1,709	★
Marlim Sul	FPSO	Petrobras	Brazil	2,004	★
Roncador	Seillean	Petrobras	Brazil	1,830	★
Espirito Santo	Seillean	Petrobras	Brazil	1,360	★
Roncador	FPSO Brazil	SBM	Brazil	1,360	★
Albora Leste	P-50	Petrobras	Brazil	1,750	★
	Berge Helene	Available	Norway	1,500	★
Banff / Kyle	Banff FPSO	Conoco	UK	1,524	☆

出典：海洋工学ハンドブック JOGVEP

固定式と浮遊生産システムのコスト比較



出典：海洋工学ハンドブック JOGVEP

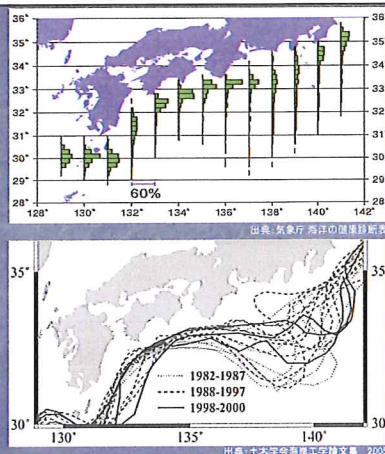
各種プラットフォーム形式の適用性まとめ

区分	構造概要・一般的適用性
固定式	・波力、風力に対する変形量が小 ・水深は400m程度まで、ガイドタワーでは1000m ・デッキ寸法(大) 120m×126m
TLP	・自身の余剰浮力によって緊張力を係留索に作用 ・鉛直、水平面内共に変位小 ・実績水深271m～1432m
Spar	・貯油機能を持つが、現存しない ・上下動が極めて小さい ・実績水深588m～1,710m
セミサブ	・多点係留が一般的であり、水平運動が大きい ・実績水深300m～2,440m ・デッキ寸法(大) 119m×71m
FPSO FSO	・主にタンカー型の浮体である ・一点係留システムが多い ・13基が1,300m以上、最大水深 2004m

EEZの気象・海気象

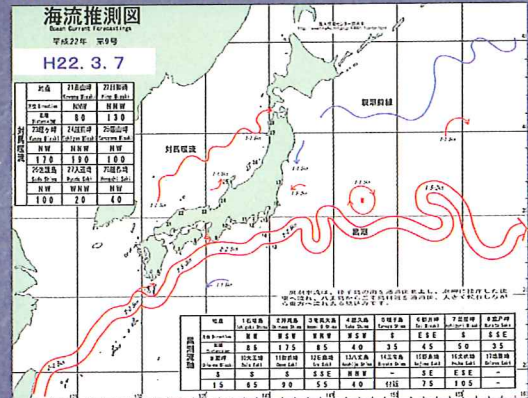
- ・海流（黒潮）
- ・台風
- ・波浪

黒潮 流軸の動き



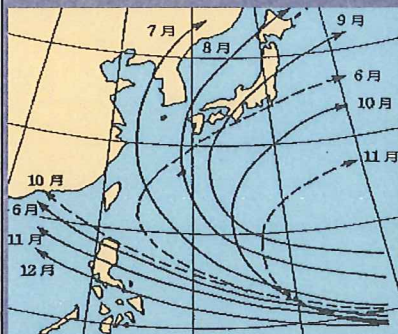
出典：土木学会海洋工学論文集 2005

黒潮 流速(4～5knに至る)



出典：海上保安庁HP 海洋情報

台風の月別の主な経路



出典: 気象庁HP 気象等の知識

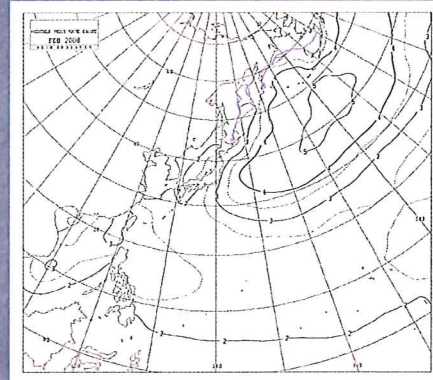
1971~2000年の
平均年約27個発生

1951年以降の台
風発生数の最多
は39個

平均約3個が日
本に上陸

平均約11個が日
本から300km以内
に接近している

平均沿岸波浪図 2008年2月 (有義波高4~5m)



出典: 気象庁HP 気象等の知識

海底資源(熱水鉱床、メタンハイドレート)への適用

- ・大深度に分布する資源であり、係留・浮体形式の適用性が高いと考えられる。
- ・資源が広く薄く分布することから係留形式(TLP等)についても、移動性を求められると考えられる。
- ・台風等の厳しい海象条件下での安定性、緊急退避性が求められると考えられる。
- ・流速の大きな黒潮海域での安定した稼働が求められると考えられる。
- ・事業性の向上のため、採取、貯蔵、生産加工、出荷等の各生産工程を出来るだけ集約化。大型化することが求められると考えられる。

適用可能が期待される建設要素技術

高強度コンクリート

超高強度繊維補強コンクリート(150N/mm²以上)

超高強度鉄筋

USD980、USD1275等

大容量テンドン圧力容器

原子炉の格納容器

(PCCV: prestressed concrete containment vessel)

大規模プレキャスト化技術

プレキャストブロック工法橋梁

マリンバイオマス等に関する 検討報告

海洋基本計画推進専門委員会
第3分科会

アカモク(ホンダワラ科) 宮城県水産試験場

■ 内容

1. マリンバイオマスとは
2. 検討の目的と方法
3. マリンバイオシステムの概要：JOIA構想を例にとつて
4. その他の構想(アメリカ、日本)
5. 国内外の動向
6. 結論と課題

1. マリンバイオマスとは



バイオマス(Biomass)：
生態学で、ある空間に存在する
生物の量を、物質の量として表
現したもの。

マリンバイオマス：海洋生物資源

エネルギーや有用な物質を
取り出すための海藻

2. 検討の目的と方法

(1) 目的と方法

- ・海洋基本計画：マリンバイオマスから機能性食品、燃料を抽出。
- ・既往の構想例を調査し、建設業がマリンバイオマス構想に貢献
できるか検討する。

(2) 項目

栽培方法、収穫・運搬方法、エネルギー転換方法、
有用物質抽出方法、エネルギー収支、コスト収支

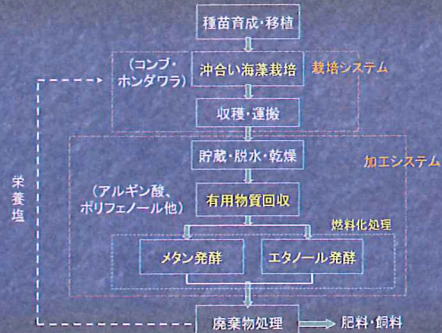
(3) 海藻：コンブ、ホンダワラなど

3. マリンバイオシステムの概要

(1) システムのイメージ図



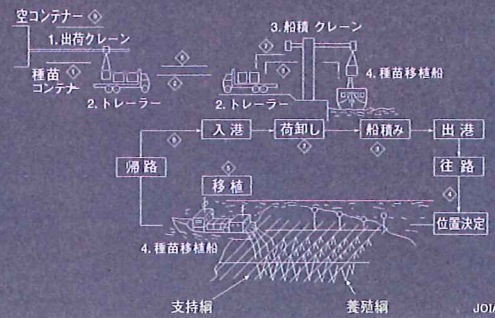
(2) システムのフロー図



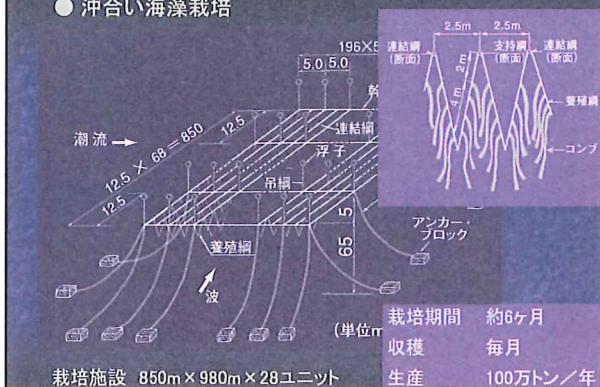
(3) JOIA・BIDEC・ENAAの研究

- JOIA : (社)日本海洋開発産業協会
BIDEC : (財)発酵工業協会
ENAA : (財)エンジニアリング振興協会
- ・構想 : 1981-1984
 - ・場所 : 八戸沖8km h=60m
41.2km² (8.05km × 5.12km)
 - ・海藻種 : マコンブ
 - ・生産計画: 100万トン/年(湿質量)
 - ・燃料生産: メタンガス 2,700万m³(1.95万トン)
熱量 2.34×10^{11} kcal = 23,400トン(原油換算)
= 東北地域の家庭用エネルギー消費量の
21,000戸分に相当(1979)

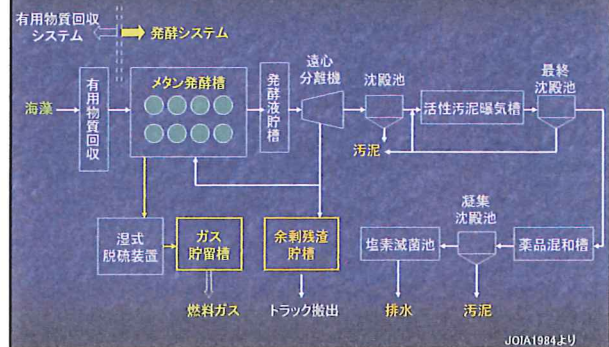
● 種苗の育成・移植



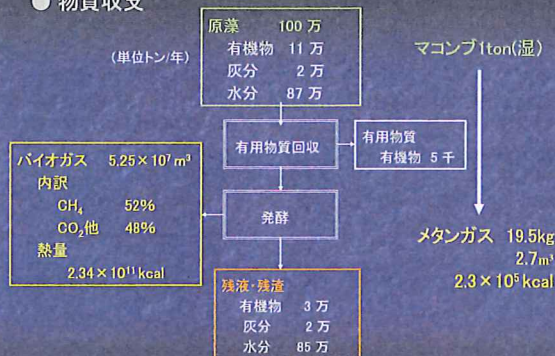
● 沖合い海藻栽培



● 発酵システム (メタン)

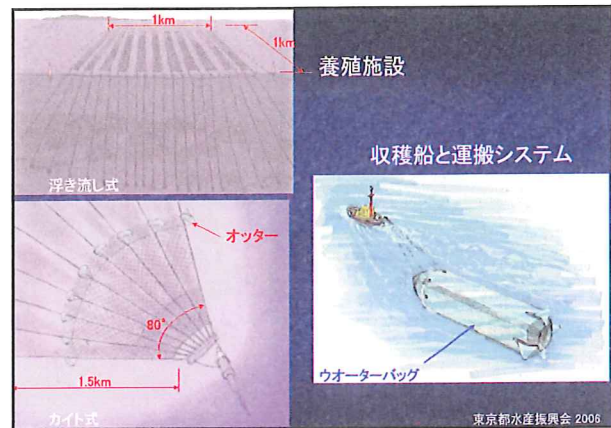
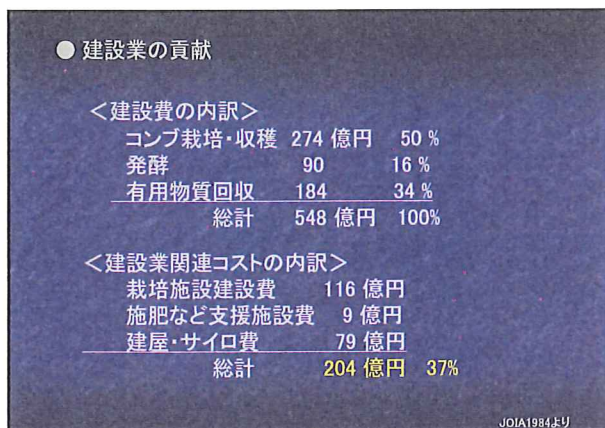
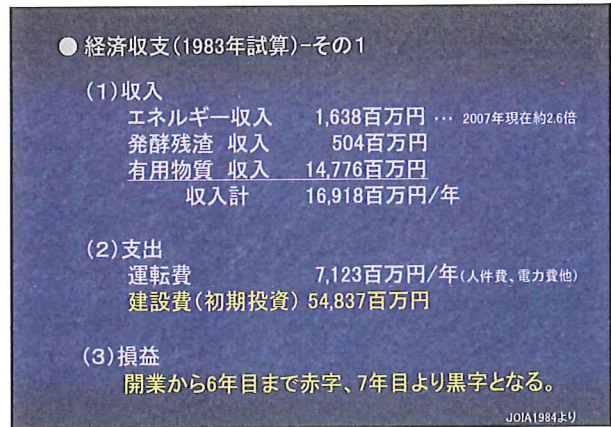
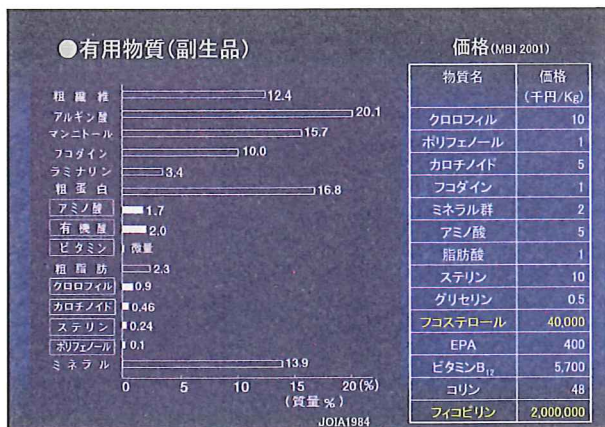


● 物質収支

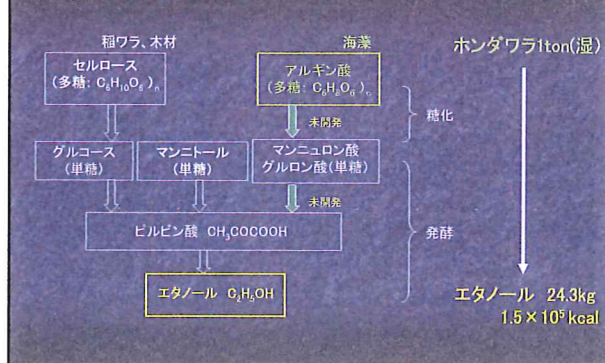


● エネルギー収支

- (1) 生産エネルギー
バイオガス 2.34×10^{11} kcal/年
- (2) 使用エネルギー
コンブ栽培・収穫 0.85×10^{11} kcal/年 16 %
発酵 0.60 " 12 %
有用物質回収 3.70 " 72 %
総計 5.15×10^{11} kcal/年 100 %
- > 2.34×10^{11} kcal/年 (生産)
- 収支はマイナス



発酵システム (エタノール)



(3) アポロ・ポセイドン構想

(株)三菱総合研究所

・構想 : 2007-2010

・場所 : EEZ-大和堆

$h = 236 \sim 400$ m

$A = 10,000$ km²

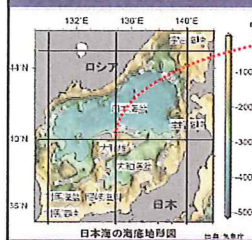
・海草種 : アカモク(ホンダワラ)

・生産計画 : 6,500万トン/年(乾質量)

魚網プラットフォーム 14km × 18km

(実効面積: 100 km²)

・燃料生産 : エタノール 2000万kl/年



(株)三菱総合研究所 2007

・その他 : ポリエチレン製ガス管・水道管
ウラン 1950トン/年, レアメタル

5. 国内外の動向

(1) 国内

- 海洋バイオマス研究コンソーシアム
石炭火力発電におけるバイオマス
混焼システム

- 淡水藻類から油質を生産
ポトリオコッカスなどの
培養、油分分離の研究

- 水産庁、大学、県、電力会社、
ガス会社、民間研究機関など



(2) 海外

- キリン采養殖 (韓国)

インドネシアで養殖

⇒カラギーナン+繊維抽出

- テングサ養殖 (韓国 錦湖石油化学)

フィリピンで100万haの養殖計画

⇒バイオエタノール

2009年 1万ha造成+4000 L/日生産 (予定)

- 藻類から燃料

・インド・米国・英国・オランダ

石油資本ベンチャー、大手化学会社
の投資盛ん



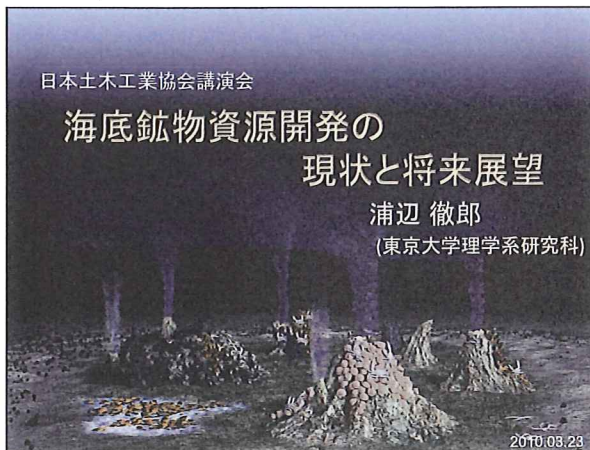
6. 結論と課題

- (1) マリンバイオマスのエネルギー変換に関する国内外の構想や研究動向を調査した。
- (2) メタンガス変換: 技術は確立しているが効率の改善が課題。
エタノール変換: 微生物による糖化・発酵には塩分克服が課題。
アルギン酸を糖化・エタノール発酵できる酵素の発見。
- (3) 経済収支とエネルギー収支は両立しにくい。
高付加価値の産物を低エネルギーで抽出する技術必要。
- (4) マリンバイオマス構想実現のためには、国の主導が必要。
- (5) 建設業の役割: 海上栽培施設(網・縄式、プラットフォーム式)
- (6) 海外(韓国・東南アジア・米国 他)では、投資が盛ん。
実現は間近と予測する。

ご清聴ありがとうございます

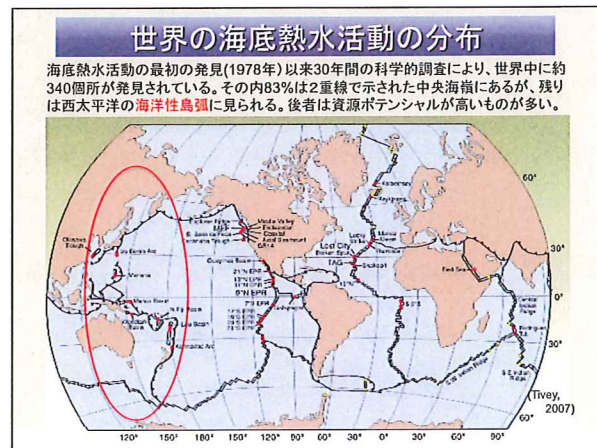
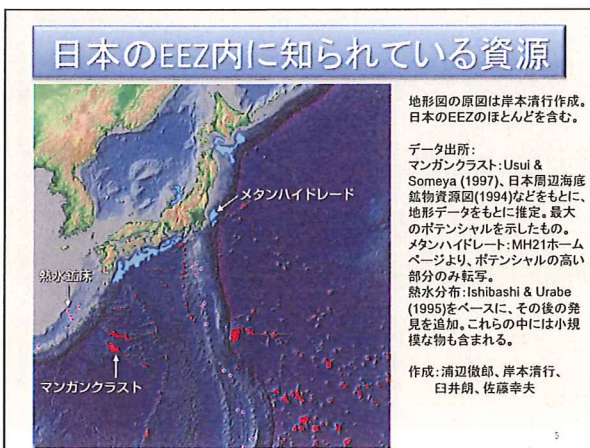
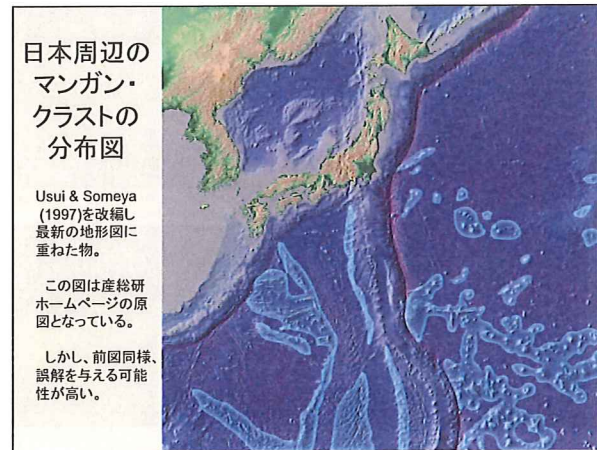
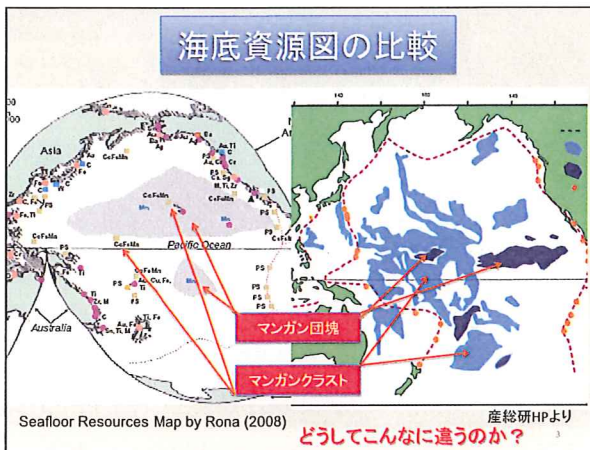
アカモク(ホンダワラ科): 宮城県水産部

講演資料 海底鉱物資源開発の現状と将来展望



深海底の3種の鉱物資源			
鉱種と発見年	マンガン団塊(1960s)	マンガン・クラスト(1980)	海底熱水鉱床(1980)
形態	径1-10cmの球状	厚さ1-10cmの被覆物	チムニー、マウンド
主成分	鉄+マンガン酸化物	鉄+マンガン酸化物	鉄、銅、亜鉛硫化物
対象金属	銅、ニッケル	コバルト、白金、希土類	金、銀、銅、亜鉛、鉛
水深範囲	3500-6000 m	1000-3000 m	1200-3500 m
鉱床規模	~100km	~10km	~1km
原始資源量	5000 億トン(?)	500 億トン(?)	百万トン(1箇所あたり)
大洋別	太平洋、インド洋	西太平洋	中央海嶺 284、島嶼 58
地質環境	堆積速度の遅い深海底	海山、海台の露岩域	中央海嶺、島嶼火山
形成時期	<80 百万年	<120 百万年	<百万年
成因	海水からの化学堆積	海水からの化学堆積	高温熱水から沈殿
EEZとの関係	外側の公海上	日本のEEZ+公海	日本のEEZ+公海
採鉱法の開発	現場採鉱テスト済み	未開発	ベンチャーが検討中

(年号はそれらが資源として認識された年代を示す。古い順に並べてあるが、開発は新しい順に行われる可能性がある。)



海底資源の開発を巡って多くの動きがある

- ◆ 経済産業省:「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」
2009年4月、総合資源エネルギー調査会で決定、総合海洋政策本部会合で了承。
熱水鉱床の開発に向け、探査・開発の道筋と必要な技術開発等を定めた。
- ◆ 文部科学省:「競争的資金」の提供
海洋開発分科会「海洋資源の有効活用に向けた検討委員会」での議論による
「海洋資源の利用促進に向けた基盤ツール開発プログラム」の公募(H20.21)。
府省連携で探査手法の技術開発を推進。
- ◆ 民間:「海洋資源・産業ラウンドテーブル」の発足。
国や関連する独立行政法人などが広く産業界と連携するためのチャンネル。
- ◆ 2008年11月:大陸棚限界委員会(CLCS)に大陸棚延伸を申請。
2009年9月申請に関する小委員会が設置され、審理開始。
- ◆ 2009年12月:新成長戦略(基本方針)で、「海洋」を重要な新フロンティア分野として位置づけ。

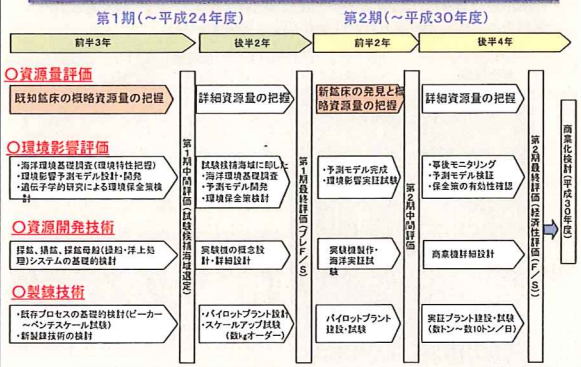
7

海底資源の開発を巡って多くの動きがある

- ◆ 経済産業省:「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」
2009年4月、総合資源エネルギー調査会で決定、総合海洋政策本部会合で了承。
熱水鉱床の開発に向け、探査・開発の道筋と必要な技術開発等を定めた。
- ◆ 文部科学省:「競争的資金」の提供
海洋開発分科会「海洋資源の有効活用に向けた検討委員会」での議論による
「海洋資源の利用促進に向けた基盤ツール開発プログラム」の公募(H20.21)。
府省連携で探査手法の技術開発を推進。
- ◆ 民間:「海洋資源・産業ラウンドテーブル」の発足。
国や関連する独立行政法人などが広く産業界と連携するためのチャンネル。
- ◆ 2008年11月:大陸棚限界委員会(CLCS)に大陸棚延伸を申請。
2009年9月申請に関する小委員会が設置され、審理開始。
- ◆ 2009年12月:新成長戦略(基本方針)で、「海洋」を重要な新フロンティア分野として位置づけ。

8

開発計画の区分とスケジュール



9

「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」

- ・ 重要な点: 政府が関係府省連携の下、長期的視野の下で、海底資源開発計画を支えていくことが宣言されたこと。
- ・ 基本的な考え: 海底資源の開発は未踏課題であることから、最初は政府(関係機関)が一定のリスクを取って民間企業の decision-making に必要な基礎的な情報を提供する必要。
- ・ 政策実施機関: (独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)等を通じて、既知鉱床に対して、前記の4つの調査を実施。

質問:

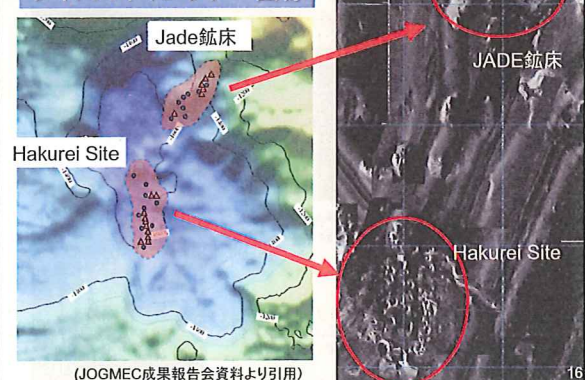
これまでの調査で何が分かったのか? 調査にどのような進展があったのか? 海底資源開発の将来展望は開けたのか?

10

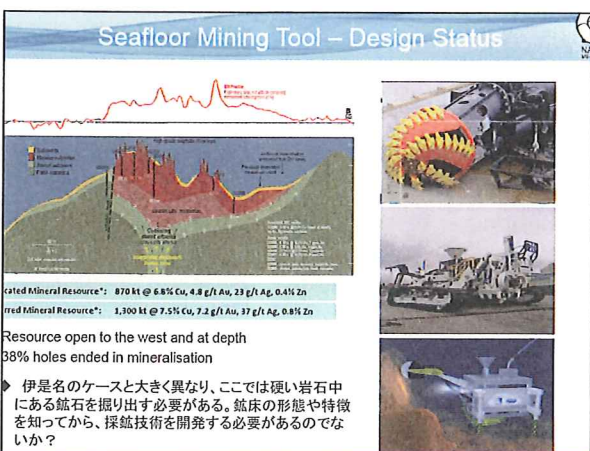
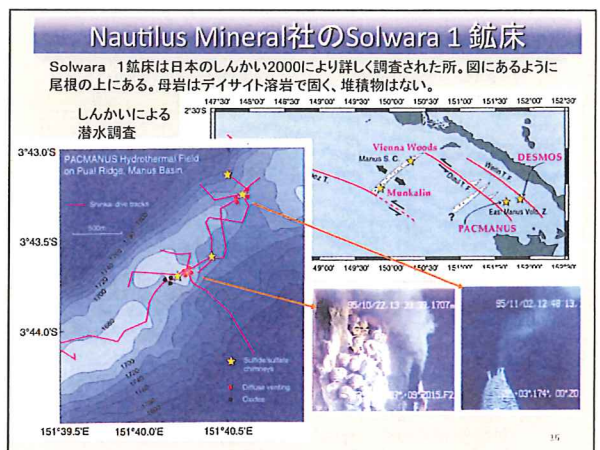
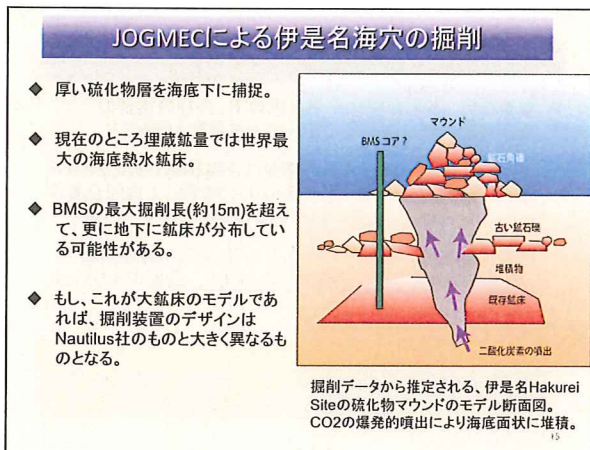
AUV(自律航行型水中ロボット)を用いた地形調査



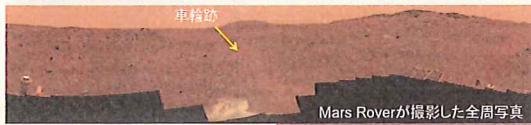
伊豆海峽におけるサイドスキャンソナー画像



16



火星では6年前からロボット探査機が



米国NASAの“双子ロボット地質学者”と呼ばれるMars Exploration Roversは2004年1月に火星に着陸し、現在も探査を続けている。

しかし、我が国の海底における、探査機による資源探査は未だ端緒にも付いていない。



http://marsrovers.jpl.nasa.gov/overview/ 15

Nautilus Mineral社はlarge-scale mining

- Seafloor Mining Tool (SMT: 高さ8m、長さ17m、幅13m、空中重量250トン): 地形の悪い所はスパッドで、良い所はキャタピラで移動(Soil Machine Dynamics社)。
- Riser and lift system (RALS: 径約30cm): フレキシブルパイプでSMTに繋がっており、船上からのリターンフローとSMTのポンプによって鉱石のスラリーを揚鉱(Tecnic社)。
- Mining Support Vessel (MSV: 長さ153m、14200重量トン): 振動ふるい、サイクロンフィルター等により鉱石を分離。8ミクロン以下はRALSに附属した還流パイプにより海底近くに戻す(Jan De Nul社 → North Sea Shipping社)。
- 日産平均6000トン。確定埋蔵鉱量87万トン。当面30ヶ月間採鉱を行って、近くのラバウル港に運び、選鉱についてはパプアニューギニア内のどこかで行い、海外に売鉱。

Environmental Impact Statement (EIS)(2008年11月)より

日本のEEZに見られる金属鉱床

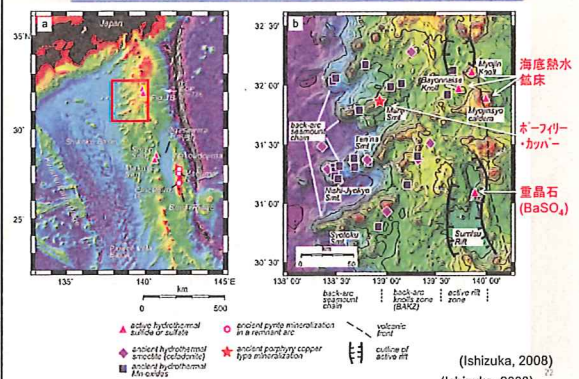
()内は実例。【 】は可能性があるが未発見のもの。

	活動的島弧・背弧	古島弧・古背弧*	古陸大軸**	金属種
海底熱水鉱床	伊豆小笠原弧 沖縄トラフ	小笠原諸島 (父島金石浜)	【四国海盆】 【パレスペラ海盆】[CBF]	Cu, Zn, Pb, Au, Ag, Ga, Ge, In
熱水性鉱脈型鉱床	伊豆小笠原弧 (海形海山)	【九州パラオ海嶺】 【大東海嶺群】	—	Au, Ag, Cu, Zn
斑岩銅鉱床	?	伊豆小笠原背弧(万治海山) 【九州パラオ海嶺】 【大東海嶺群】	—	Cu, Au, Mo
重金属に富む堆積物	伊豆小笠原弧 (スミス海盆)	—	?	REE, P, Mn
正マグマ成鉱床	—	—	【四国海盆】 【パレスペラ海盆】[CBF]	Cr, Ni, Cu
マンガングラスト	(低品位の熱水性)	九州パラオ海嶺 大東海嶺群	パレスペラ海盆 CBF	Cu, Co, Ni, Mn, Pt, REE, P, Ti

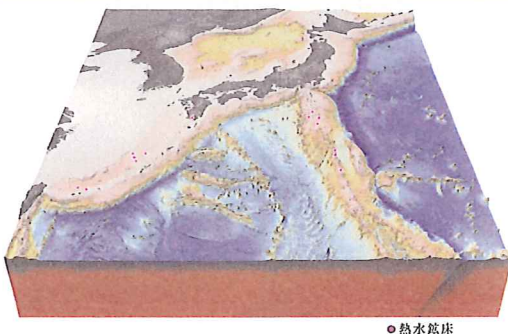
* 剥離により、火山帯内部が露出していることが期待される。
** 地形の高まりがなく、堆積物により覆われている可能性が高い。
*** CBF: セントラル・ベーンズ・フォールト(西フィリピン海の拡大軸)

21

伊豆弧北部の熱水性鉱床群

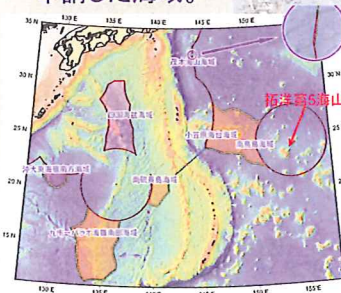


日本のEEZ内に知られている資源



● 熱水鉱床

日本周辺の 鉱床賦存海域と、 日本が大陸棚延伸を 申請した海域。

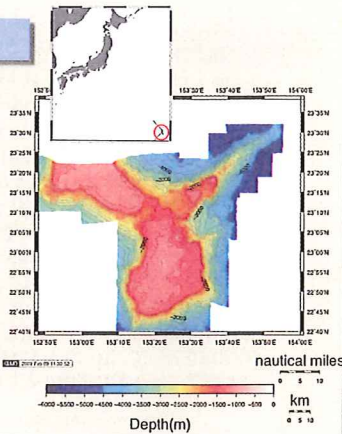


上図: 赤紫: 海底熱水鉱床、オレンジ: マンガンクラスト、灰色: マンガン団塊。
左図: オレンジとピンクの所が延伸申請を行った海域。拓洋島海山はもともとEEZ内にある。

24

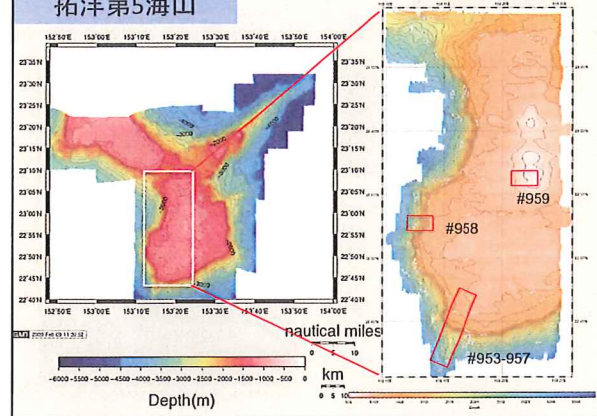
拓洋第5海山

- 日本の排他的経済水域(EEZ)内で、最大級の平頂海山。5,900mの深海底にあり、1,100m付近に広い山頂(2,000km²)を持つ。
- 8,000-5,000万年前のハワイ型火山。マグマ活動の停止とともに、沈降。周囲にサンゴ礁の発達。さらに1,100mまで沈降。
- 玄武岩、その崩壊した礫岩、サンゴ礁が圧密を受けてきた石灰岩よりなる。
- マンガンクラストの発達が良く、また品位が高いことから、資源的に最も有望な海山。



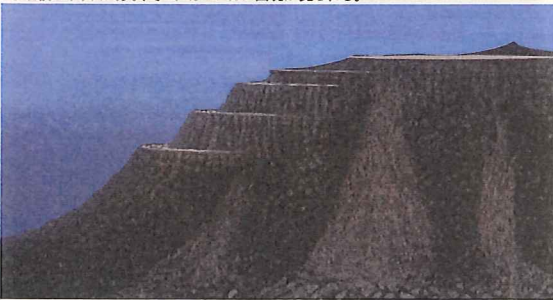
拓洋第5海山

SEABATIによる地形図



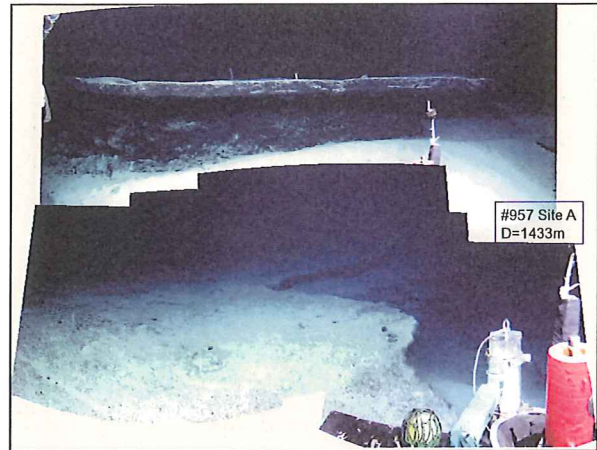
マンガンクラストの産状の深度変化

ROV(遠隔操作型無人潜水探査機)調査により、拓洋第5海山のマンガンクラストは基質の岩石の形態を、そのまま全面的に被覆して発達していることが分かった。また小規模な堆積スポットがあり、そこにはマンガン団塊が見られる。

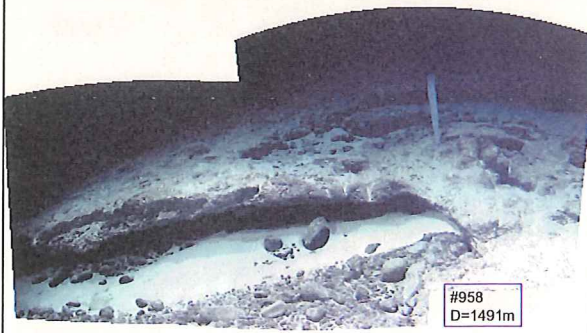


拓洋第5海山の概念図

37

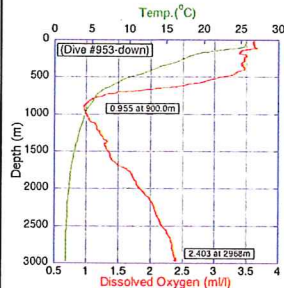


約14km離れた同一深度の地点で、非常によく似た平板状マンガンクラストのスラブが見られた。

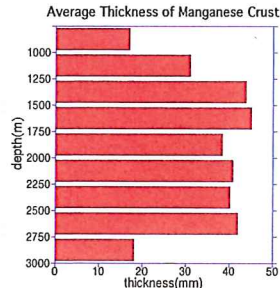


拓洋第5海山

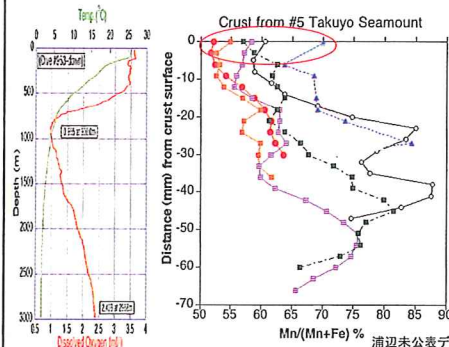
溶存酸素量



クラストの厚さ



化学組成



¹⁰Beによる年代測定の結果によると(臼井私信)、このクラストは百万年当たり約3-4mmの成長速度を持っている。数百万年~1千万年の間、マンガングラストのマンガ含有量は減少している。

結 果

1. 拓洋第5海山のマンガングラストはきわめて発達がよく、特に1250m ~ 2750mの深度で厚さが厚いことが分かった。
2. 深度方向に産状が異なることが分かった。特に、1400-1500m付近に発達する平板状のマンガングラストは山体の「肩」の部分を取り巻いている可能性がある。
3. 山頂部は石灰岩に覆われている。その表面のマンガングラストの発達はきわめて悪く、これまでの推定を覆す結果である。
4. ハイパードルフィン号はマンガングラスト調査にとって画期的な調査手段であることが証明された。ハイパーの1潜航で得られる試料および映像データ等は、これまでの長期ドレッジ航海1回分に相当する。

結 論

1. 深海底資源の中で最も早くから気づかれ、調査が進んでいるのは**マンガングラスト**。しかし、公海域に分布すること、海洋法条約による制約を受けること、環境アセスメントなどの問題があり、当面開発される見通しが立っていない。
2. 最も開発に近いと考えられているのは**海底熱水鉱床**。我が国周辺のそれは、鉱量・品位とも第1級のポテンシャルを持つ。しかし、鉱量を推定する上で不可欠の厚さ方向の情報が未取得であること、熱水系生物群集の保護などの問題、採鉱、製錬法の技術開発が課題である。
3. 次に開発に近いのは、**マンガングラスト(コバルトリッチ・クラスト)**。これは、堆積物が少なく環境問題が少ないと考えられること、白金、レアアースなどのレアメタルを含むものの、薄く広く広がっているため、賦存状況、採鉱、製錬法の技術開発が海底熱水鉱床よりさらに必要。
4. 活動中のみならず、活動を停止した海底熱水鉱床をあわせて探査することにより、資源ポテンシャルが大きく向上する。

一般的な結論

1. 日本は世界で最も深海底資源に恵まれている国であることが分かってきた。その開発は海洋立国日本が、資源を国家の将来計画の中でどのように位置づけるかが出発点である。
2. 現在の金属価格では、いずれの資源もsub-economicであると言わざるを得ない。開発に先駆け、国がリスクテイクを続け、将来に備えるべきである。
3. 海底熱水鉱床の最大の問題は一つの鉱床当たりの鉱量の不足である。それを解決するには、まず探査をして、鉱床数を増やす以外にない。探査手法の開発と探査を積極的に推進すべきである。
4. マングングラストの最大の問題は、地形が複雑かつ急峻で、回収可能な場所が山体表面に限られることである。精確な地形調査と品位分布を知ること、適切な採鉱法の開発が不可欠である。
5. 現場の生態系保護は何にもまして重要と考えなければならない。そのために、付近の熱水系や付近の海山の調査を行い、開発に先駆けてMarine Protected Area(海洋保護区)を設定すべきである。

謝辞:

1. JOGMEC塩川部長、岡本課長ほかの皆様からは貴重なデータを見せていただいた。
2. 拓洋第5海山航海はJAMSTEC公募航海として実施された。JAMSTECからは海底の画像データを使用させていただいた。
3. 「なつしま」鮫島耕児船長、「ハイパードルフィン」光藤数也運航長ほかの皆様にお世話になった。
4. 一部に科研費 新学術領域「海底下の大河」の研究成果を用いた。



特別講演（レジメ）

「この時代に必要な基本は何か？」

的場 順三

1. 変るもの 変らないもの
2. 強いもの 賢いものと 生き残るもの
3. 本当に現実を見ているのか
4. 国外のことを本当に知っているのか
5. 思い込み 思いあがりはないのか

(参考)

「政綱五章」

一、官守ヲ明カニス

一、選敍ヲ精ウス

一、繁文ヲ省ク

一、冗費ヲ節ス

一、規則ヲ嚴ニス

「後藤田五訓」

一、省益ヲ忘レ国益ヲ思フ

二、悪イ嫌ナ事實ヲ速カニ報告セヨ

三、自分ノ意見ヲ持テ

四、決定ニ従イ速カニ実行セヨ

五、自分ノ仕事デナイト言ツテ争ウナ