

JOGMECの役割

資源の国内生産量と消費量の割合が著しくバランスを欠いている日本は、資源の大部分を海外から輸入しています。独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）は、石油・天然ガス及び金属鉱物の安定供給をめざして、国民生活や産業活動を全般的に支えています。資源・エネルギーの需要が世界的に増加する中、JOGMECは石油・天然ガス及び金属鉱物資源の我が国への安定的な供給を確保するための“縁の下の力持ち”として活動しています。



海の資源・エネルギー

[海洋資源のしおり]

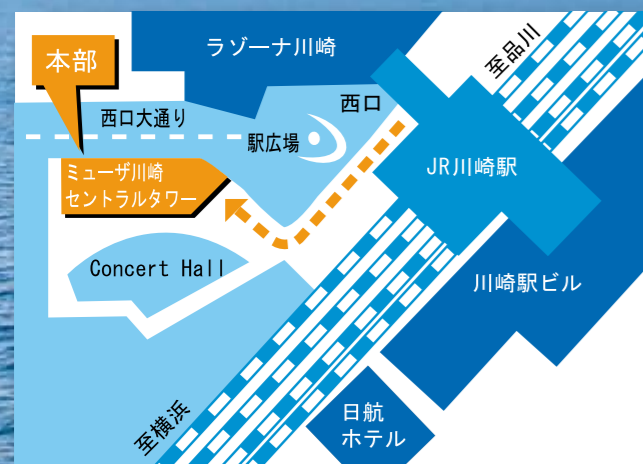
 **JOGMEC** 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構
JOGMECは、独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (Japan Oil, Gas and Metals National Corporation) の略称です。詳しくは次のホームページをご覧ください。
<http://www.jogmec.go.jp>

〈住所及び連絡先〉

独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構
(Japan Oil, Gas and Metals National Corporation)

川崎本部

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番
ミュージアム川崎セントラルタワー
TEL:044-520-8600 / FAX:044-520-8710



〈JOGMECの案内図〉

内容

1. 海洋資源の基礎知識
2. 海洋資源の探査
3. 海洋資源の開発・生産

[表紙写真]

深海底鉱物資源探査専用船第2白嶺丸から望む太平洋(静岡沖)

海に眠る主な資源(鉱物資源)

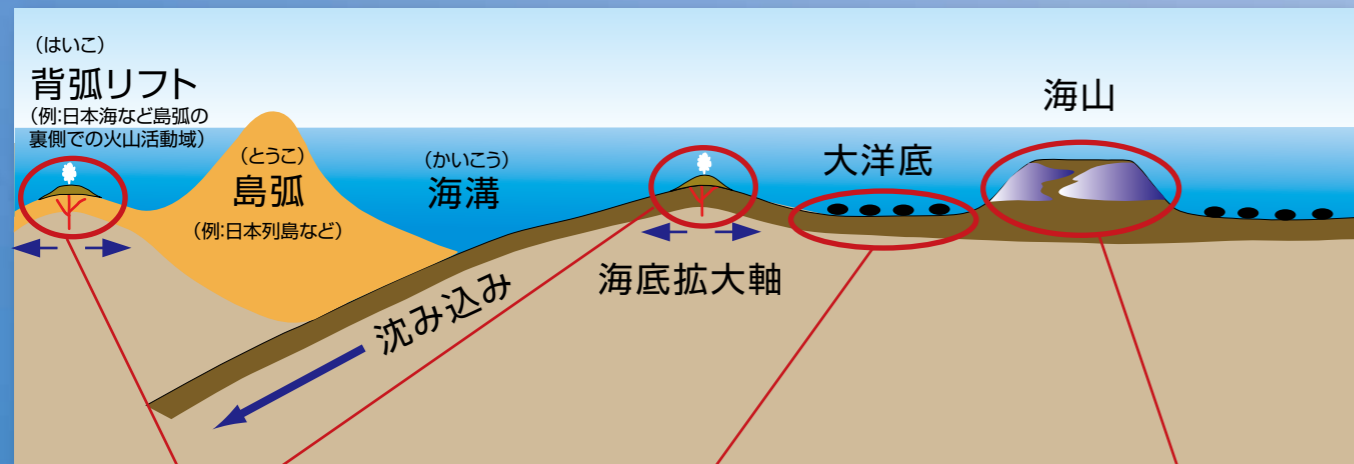
四方を海に囲まれた我が国にとって、海洋は最大のニューフロンティアです。深海底には、ニッケル、銅、コバルト、マンガンを含むマンガン団塊やコバルト・リッチ・クラスト、銅、鉛、亜鉛、金、銀に富む海底熱水鉱床が眠っており、これらは、地球上に残された最大の鉱物資源です。

コバルトやニッケルなどのレアメタルはハイテク材料として、わが国産業社会の発展に必須の基礎資源であり、その需要は今後とも急速に増大する見込みです。一方、その供給面を見ると、ほとんど全量を輸入に依存し、特定少数国に生産が偏っているなど、我が国への供給構造は極めて脆弱です。しかし、マンガン団塊を始めとする深海底鉱物資源は、陸上資源に比べてレアメタルの含有率が高く、量的にも極めて膨大に存在しています。また、産出国の政治情勢に左右されやすい陸上の資源に比べ、国連海洋法条約の下で‘準国内資源’として安定的な供給が可能となっています。

このような状況を考えて、海底鉱物資源の積極的な探査・開発の推進は非常に重要であると言えます。

金属鉱物資源の産状

深海底鉱物資源には、主にマンガン団塊、海底熱水鉱床及びコバルト・リッチ・クラストの3つがあり、これらは海底のどこにでも存在しているのではなく、それぞれ分布する場所が異なっているのが特徴です。



海底熱水鉱床	マンガン団塊	コバルト・リッチ・クラスト
水深 700-2,000m	水深 4,000-6,000m	水深 800-2,400m
銅 1~3% (1~2%) 鉛 0.1~0.3% (1~2%) 亜鉛 30~55% (3~7%) 金、銀、レアメタル	マンガン 28% (40~50%) 銅 1% (0.5~1%) ニッケル 1.3% (0.4~1%) コバルト 0.3% (0.1%) レアメタル	マンガン 25% (40~50%) 銅 0.1% (0.5~1%) ニッケル 0.5% (0.4~1%) コバルト 0.9% (0.1%) 白金 0.5ppm レアメタル、レアアース元素

()内は陸上鉱石の値

海底鉱物資源の分布



■海底熱水鉱床は、海底面から噴出する熱水から金属成分が沈殿してできた銅、鉛、亜鉛、金、銀等からなる多金属硫化物鉱床で、チムニー、マウンドを形成しています。伊豆小笠原弧、沖縄トラフ、東太平洋海膨、大西洋中央海嶺、南太平洋北フィジー海盆、などの海底拡大軸や背弧リフトに分布しています。



■マンガン団塊は、水深が4,000~6,000mの比較的平坦な大洋底に半埋没している、直径2~15cm程度の球形ないし楕円状の鉄・マンガン酸化物の塊です。マンガン、鉄を主成分とする酸化物で、ニッケル、銅、コバルト等の有用金属を含有しています。ハワイ諸島南東沖の広大な深海底平原に大量に分布しています。成因は、岩片やサメの歯が核になり年輪状に長い年月をかけて金属が沈殿したとする考えがあります。



■コバルト・リッチ・クラストは、マンガン団塊と類似の鉄・マンガン酸化物で、海山の斜面や頂部に玄武岩等の基盤岩を厚さ数mm~数10cmでアスファルト状に覆っています。特にマンガン団塊に比べてコバルトの品位が3倍程度高く、また微量の白金を含むのが特徴です。

海底熱水鉱床の姿とその調査

■海底から噴出する熱水には銅、鉛、亜鉛、金、銀などの有用金属がたくさん含まれており、これらが熱水の噴出孔の周辺に沈殿したものが、チムニー(煙突の意味)やマウンドと呼ばれています。そして長い時間をかけてこれらの沈殿物がたくさん集まったものが熱水鉱床になります。

このような深海底の鉱物資源の調査には特殊な機器が必要になります。JOGMECの所有するボーリングマシンやJAMSTECの「しんかい6500」などの有人の潜水調査船がこのような調査で活躍しています。



熱水が噴出している場所(チムニー)

有人潜水調査船「しんかい6500」

第2白嶺丸に搭載されているボーリングマシン

(写真(左-中)提供:独立行政法人 海洋研究開発機構(JAMSTEC))

1. 海洋資源の基礎知識(2)

海に眠る主な資源(エネルギー資源)

陸域の油田の開発は19世紀から始められていますが、陸地の見えないような海洋での油田が開発されたのは、第二次大戦後の1947年アメリカ・ルイジアナ沖が最初のもので、以来、石油開発技術の急速な進歩とともに、大陸棚から大陸棚斜面さらに深海底へと発展しています。現在は世界の全石油生産量の約30%が海洋油田からのものですが、今後深海底への開発が進むにつれ、この比率は高まると予想されます。

【日本の海洋油ガス田】 我が国でも19世紀末に新潟県尼瀬海岸で岸から30~50mの沖合まで栈橋を出して掘削を行い、尼瀬油田開発の端緒となりました。海上にプラットフォームを設置して開発が行われた本格的な海洋油田は、1959年に発見された土崎沖油田が最初のもので、代表的な海洋油ガス田としては、阿賀沖油ガス田、磐城沖油ガス田、岩船沖油ガス田が挙げられます。

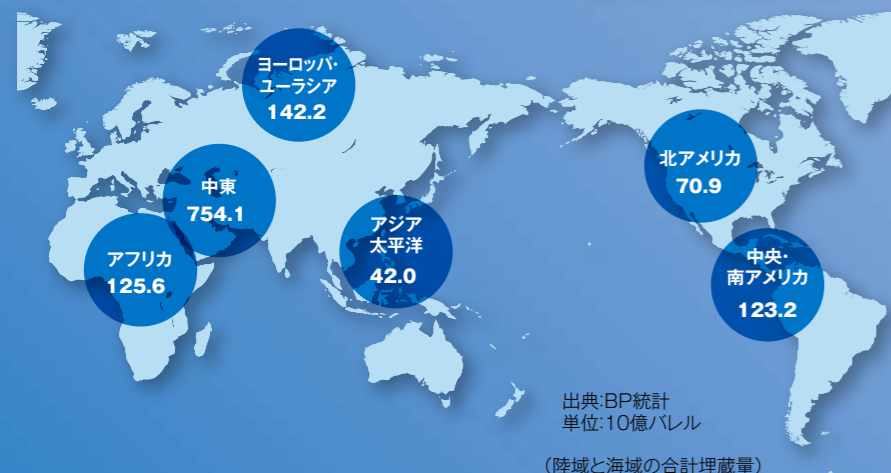
阿賀沖油ガス田は1976年に生産を開始、1998年に生産を停止、1999年にプラットフォームを撤去しました。磐城沖ガス田は1984年に生産を開始、2007年7月に生産を終えました。一方、岩船沖油ガス田は1990年に生産を開始し、現在も生産を続けています。



※出典:石油鉱業連盟

石油

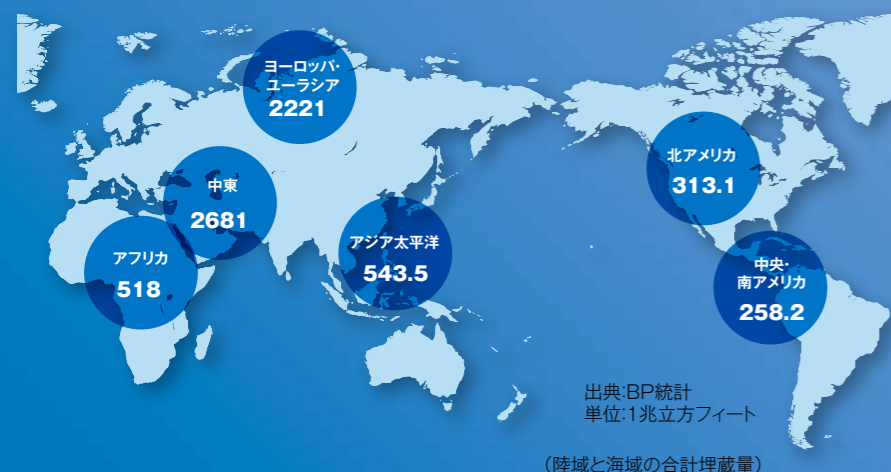
世界の原油埋蔵量



石油の本格的採掘は1859年に米国で始まったと言われています。その後、19世紀末頃までは主に照明用の燃料として利用されてきましたが、自動車産業の発展によるガソリン需要の増加から石油開発の重要度が増してきました。現在、我が国では一次エネルギー供給に占める石油依存度率はおおよそ50%ですが、消費する石油の殆どを輸入に頼っていることから、石油への依存度を低くする努力が求められています。

天然ガス

世界の天然ガス埋蔵量



天然ガスは輸送が難しく、日本は輸送パイプラインの整備が遅れ、欧米諸国に比べると普及に時間がかかってしまいました。しかし、第一次オイルショック後は、新たなエネルギー源として注目され、天然ガスを超低温で液化する液化天然ガス(LNG)が開発されると、輸送が容易になり輸入が開始されて、急速に普及していきました。

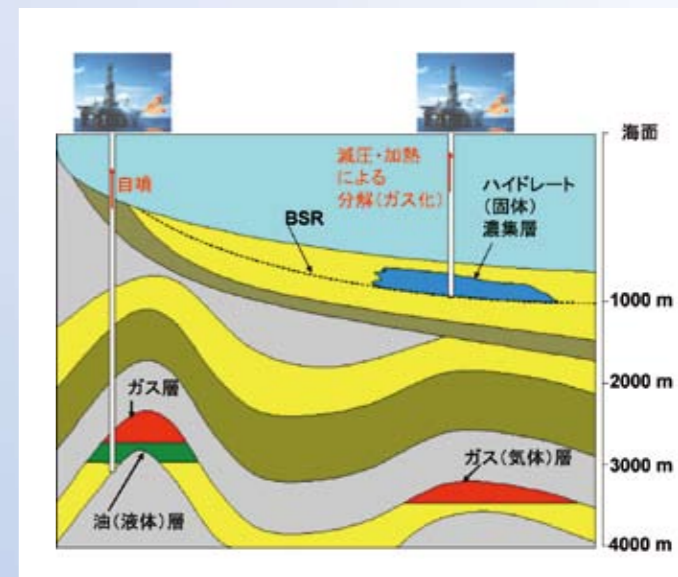
70年代には、エネルギー全体の数%でしたが現在では石油、石炭に次ぐ第三のエネルギー源として広く利用されるようになってきました。現在では世界のLNG取引量の約40%にあたる約6,800万トン日本が輸入しています。輸入先はアラスカからはじまり、その後、ブルネイ、UAE、インドネシア、マレーシア、オーストラリア、カタールなど分散化しています。

メタンハイドレート

JOGMECは「メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム」の一員として次世代のエネルギー資源として注目されている「メタンハイドレート」の探査・研究を推し進めています。

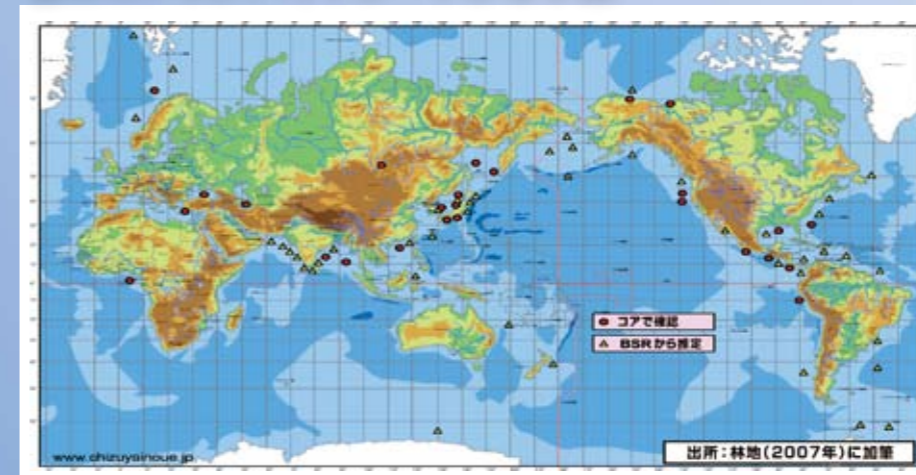
メタンハイドレートは、メタンと水が低温・高圧の状態では結晶化した氷状の物質で、火を点けると燃えるために「燃える氷」とも呼ばれています。1m³のメタンハイドレートを加熱または減圧して分解すると0.8m³の水と172m³のメタンガスに変わり、また、燃焼時の二酸化炭素排出量は石油や石炭と比べるとおよそ半分です。

メタンハイドレートは、水深500m以深の海底面下約400m以浅の地層や極地の凍土層の下部地層に広く存在し、日本では「南海トラフ海域」に大規模に存在すると推定されています。これまで経済産業省の研究開発プログラムの基、詳細な調査・研究が実施されてきました。



天然ガスとメタンハイドレートの生産概念図

世界のメタンハイドレート分布予想



※出典:メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム

天然ガスは採掘技術が確立しているので資源量は埋蔵量や可採年数で表せますが、メタンハイドレートの採掘技術は確立していないので原始資源量として推定されます。「東部南海トラフ海域」では3次元地震探査に基づいて30本以上の坑井掘削が行われ当該海域のメタンハイドレート賦存状況と特性が明らかになり、約1.1兆m³のメタンガスの原始資源量が推計されました。これは2005年のわが国の天然ガス消費量の14年分に相当することから、効率的な生産技術が開発されれば、将来国産の有望な炭化水素資源として期待されます。



砂粒子のすき間に充填されているメタンハイドレート

※出典:メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム

日本周辺海域のBSRの分布



海洋資源探査の流れ

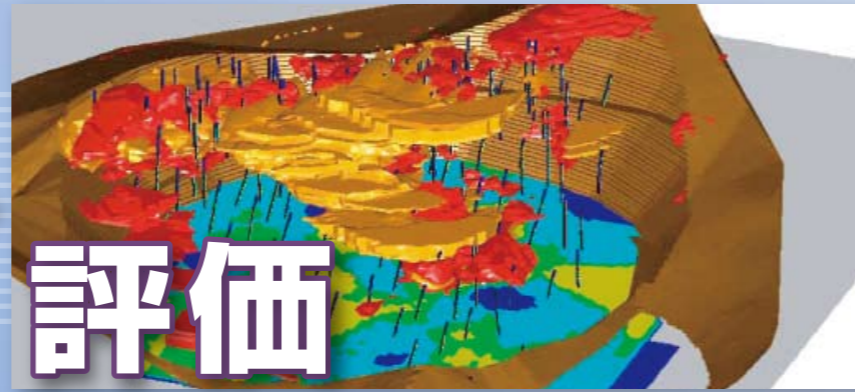


調査

■海洋の資源調査では、広い範囲を対象に、音波測定装置などを使って海底の地形情報を収集していきます。このような海底地形の特徴は有望地域を絞り込んでいくための重要な情報になります。

地形情報の取得と同時に、重力探査や磁力、地震波探査など広域的な探査手法によって地下の様子を探っていきます。石油や天然ガスの探査ではこれらの手法が重要な役割を果たしています。

海底鉱物資源の場合は、海底面の岩石の分布が探査にとって重要な情報となります。このため、海底の岩石をサンプリングできる装置によって岩石を集めていきます。必要に応じてボーリングなども行います。これらの情報をもとに海底の地質状況や鉱床の有無などを明らかにしていきます。



評価

■調査によって海底に有望されると、実際に開発ができたの評価が行われます。

海底鉱物資源では、ボーリングをもとに鉱床の資源を明らかにしていきます。

石油・天然ガスでも同様に鉱床の経済性を評価して

な海底鉱物資源やエネルギー資源が発見かどうかの判断を行うために各種のデータ

リングによる鉱床の規模、形態、品位などの量を計算し、鉱床が経済性を持つかどうかなどに試掘井からのデータなどをもとに総合的にいきます。



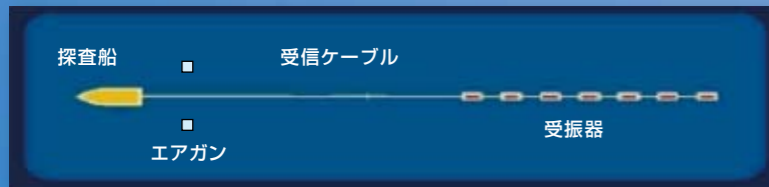
開発

■評価によって海底資源の経済性が明らかになり、開発に移行できると判断されると、海上からの掘削システムや生産システムの建設が始まります。

現在、エネルギー資源では多くの鉱床の開発が進み、石油、天然ガスなどが実際に生産されています。

海底鉱物資源については、まだ実際に開発されたものはありませんが、将来の開発に向けての技術的な検討が行われています。

物理探査による海底の地下構造の把握

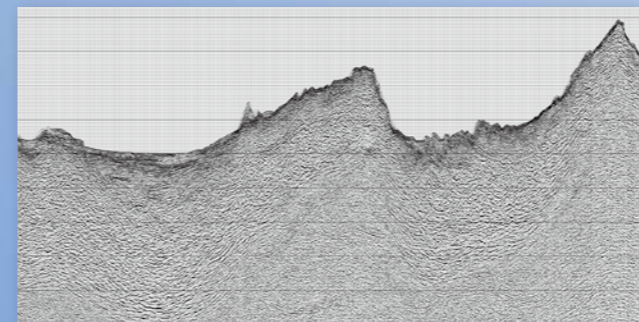


海洋での受振探査機器

■地震探査(反射法地震探査)

地震探査は人工地震をおこして発射された波が、地層境界面で反射して戻ってきたもの(反射波)を、地震計の一種の受振器でとらえて地層境界面の深度や形状を調べる方法で、陸上でも海上でも行われます。人工地震の震源は海上では圧縮空気(エアガン)を、陸上では爆薬や鉄板の振動(パイプロサイス)を、主に使用します。人工地震のエネルギーは微弱で、環境への影響はありません。受振器でとらえた反射波は、探鉱機と呼ぶ装置でデジタル化され、磁気テープに収録し、コンピュータによるデータ処理に引き継がれます。

最近では、受振器と震源を稠密に配置して反射波を取得する3次元(3D)地震探査が盛んで、海上では、観測船に複数の受振ケーブルを曳航して調査するのがふつうです。これにより3次元的に地下構造を把握することができます。地下構造を1断面だけ調査する手法は2次元(2D)法と呼ばれます。



反射法地震探査(2D)による海底解析図



三次元物理探査船「資源」

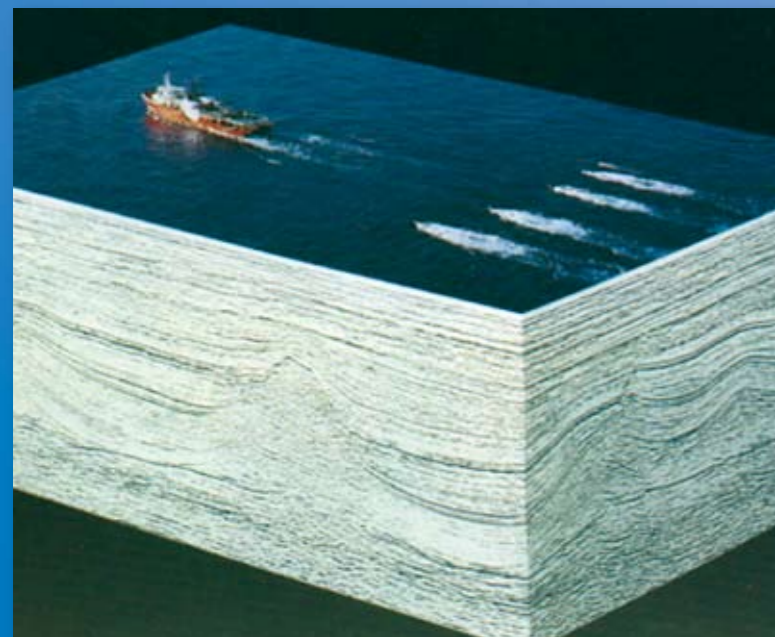


地球深部探査船「ちきゅう」

写真提供:独立行政法人 海洋研究開発機構(JAMSTEC)

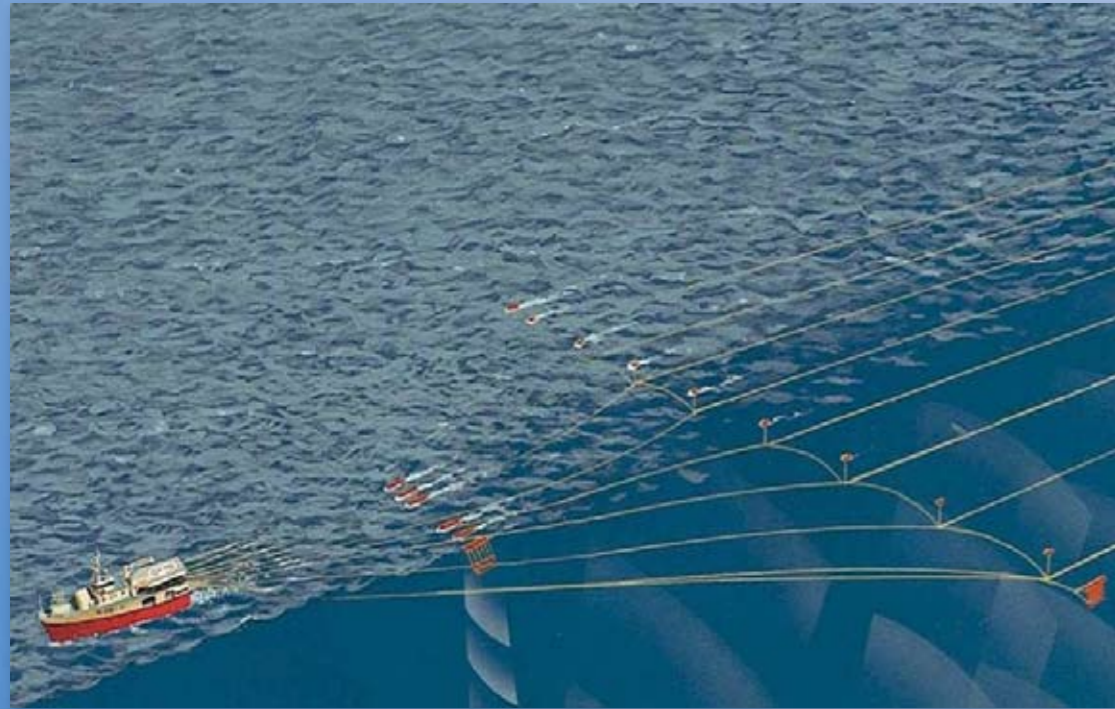
■物理探査によって、海底の地下構造の様子が推定されると、次の段階は海底の地下深部にボーリング(海底掘削)を行って、海底下を構成する岩石や石油・天然ガスの存在を確認していく必要があります。

JAMSTECが所有する「ちきゅう」は、大深度の地下構造を科学的に調査するために作られた船ですが、このような資源調査にも活躍が期待されています。



反射法地震探査(3D)の調査と収録されるデータ

海洋資源の探査



三次元物理探査船「資源」

- ①
- ②
- ③



① 3次元(3D)探査機器の曳航

3次元調査では、調査効率を上げるため、4本~20本程度まで複数のストリーマーケーブルを曳航して調査します。

② ストリーマーケーブル

海上の反射法地震探査で用いられるハイドロホンと呼ばれる振動センサーを内蔵したケーブル。

③ エアーガン

水中で圧縮空気を瞬間的に放出し、その衝撃波を震源とする装置。海上の反射法調査では最も一般的に使用される震源です。



- ①
- ②
- ③
- ④

深海底鉱物資源探査専用船「第2白嶺丸」

① パワーグラブ

6本の鉄の爪を油圧で開閉し、海底の試料を採取する装置。中央部にはテレビカメラが搭載され、船上で観察しながら試料を採取可能。

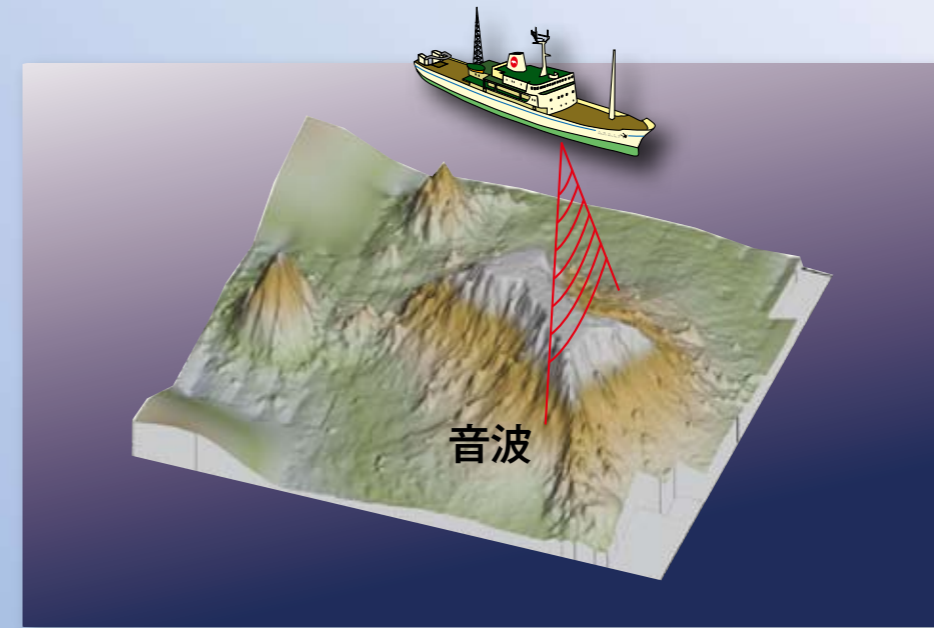
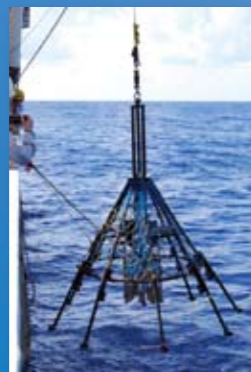
② ドレッジサンプラー

大型の網かごのようなサンプリング機器をワイヤーで引き、海底表面に存在する岩石やマンガン団塊などをかき集めるようにして採取する装置。

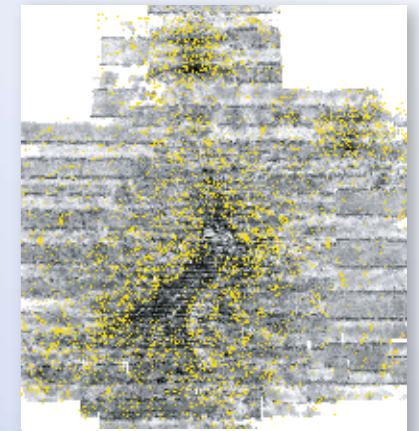
③ CTD採水メーター (Conductivity, Temperature and Depth meter)
海水の採取のほか、電気伝導度、水温、深度等を計測する装置。

④ マルチプルコアラー

海底表面の堆積物を採取する装置。



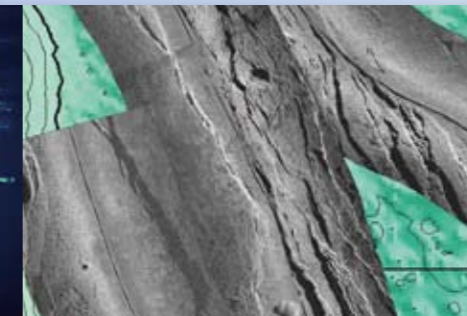
第2白嶺丸による音波探査のイメージ図



音波探査結果の解析図(岩盤の硬さを調べる調査。色の濃い部分が硬い岩石を示す)



自律型海中ロボット「r2D4」



r2D4による地形解析図

(写真及び解析図提供:東京大学生産技術研究所 海中工学研究センター)

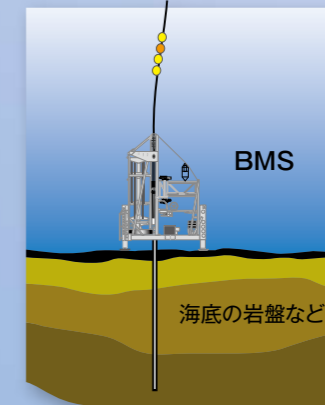
左図は東京大学が開発した自律型無人探査機(AUV)で名前は「r2D4」です。全長4.6mと小型で第2白嶺丸にも搭載することができます。

右図は、r2D4のサイドスキャンソナーで調査した中央インド洋にある海嶺中央部の溶岩大平原(図は幅約2km)の地形解析図です。



[BMS:海底掘削装置(ボーリングマシン)]

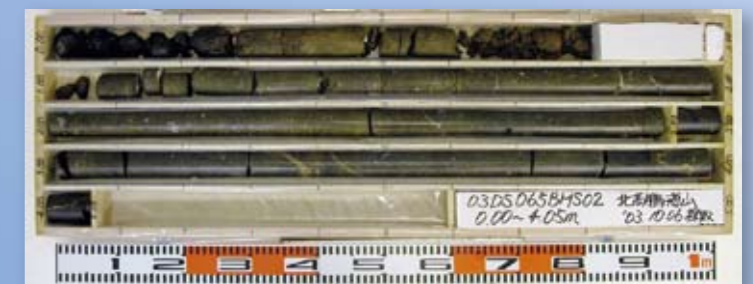
1996年、世界に先駆けて開発、第2白嶺丸に導入された小型有索式ボーリングマシンで、水深500~6,000mの海底で地下20mまで掘削可能です。



掘削中のボーリングマシンの模式図(ケーブルは第2白嶺丸(調査船)につながっています。)



海底を掘削中のボーリングマシンの様子(中央の銀色の棒が、岩石を掘るロッド)



ボーリングマシンで、掘り出した岩石のサンプル(岩石コア)

資源調査のための船

JOGMECは昭和50年度から太平洋ハワイ南東海域の公海においてマンガン団塊の探査活動に着手しました。昭和55年には、マンガン団塊、コバルト・リッチ・クラスト、海底熱水鉱床等の深海底鉱物資源の探査を目的とする専用船「第2白嶺丸」を建造し、本格的な調査を開始しました。

本船には、各種観測機を曳航する大型のウィンチやAフレーム(船尾の大型クレーン)を装備し、探査・観測が容易なように可変ピッチプロペラのスクリューや船首部にバウスラスターと呼ばれる横向きのスクリューを持ち、船を同じ場所に留める機能や各種音響機器、及び複合航法システムなど高性能の設備を多数装備しています。



だいはくれいまる 深海底鉱物資源探査専用船「第2白嶺丸」

総トン数	2,145トン
大きさ	全長 88.8 m、幅 13.8 m
航海速度	15.5ノット
定員数	61名
就航	1980年
所有	石油天然ガス・金属鉱物資源機構

「第2白嶺丸」は深海底鉱物資源探査専用船で、海底の表面にある岩石や深海底鉱物資源(海底熱水鉱床、コバルト・リッチ・クラスト、マンガン団塊等)の調査を行います。

【海底岩石採取用設備】

- ・海底ボーリングマシン(海底を掘削する装置)
- ・ドレッジャー(海底の岩石をひっかいて収集する装置)
- ・パワーグラブ(海底の岩石をつかみあげて収集する装置)



操縦室(ブリッジ)



船長と機関長



煙突(ファンネルマーク)



調査風景(後部甲板)



船のエンジン



船の後部甲板と機材



調査機器操縦



調査風景(機器投入)

我が国周辺海域の石油・天然ガス資源の賦存情報を機動的・効率的に収集することを目的として、資源エネルギー庁は、平成20年1月に三次元物理探査船を日本の公船として導入し、2月より調査を開始しました。この船は、ノルウェーのPGS Geophysical社から購入したものを、日本周辺海域での探査に適した仕様に改造を行なったもので、『資源』と名づけられました。

『資源』は、海底下から伝わってくる地震波を受振するための最長6,000mのケーブルを12本曳航することができるようになっており、そのために船尾が広い独特の形をしています。三次元物理探査では1日に平均500ギガバイト程度に相当する大量のデータが収録されますが、『資源』の船内には大型のコンピューターが搭載されており、これらのデータを収録すると同時に、データの処理も行なえるようになっています。

しげん 三次元物理探査船「資源」

総トン数	10,395トン
大きさ	全長 86.2 m、幅 39.6 m
航海速度	13.5ノット
定員数	60名
就航	2008年
所有	経済産業省資源エネルギー庁

「資源」は経済産業省が所有する三次元物理探査船で地震波を用いて海底下の地質構造の三次元的な形状を調査する船です。

【物理探査用設備】

- ・エアージェン(地震波を発生する装置)
- ・受振器(地震波を受振する装置)
- ・エアージェンなどを曳航するケーブル(最長6,000m、最大12本)



資源のバックデッキ



資源に搭載される地震探査用のエアージェン(震源装置)

海底鉱物資源の開発・生産



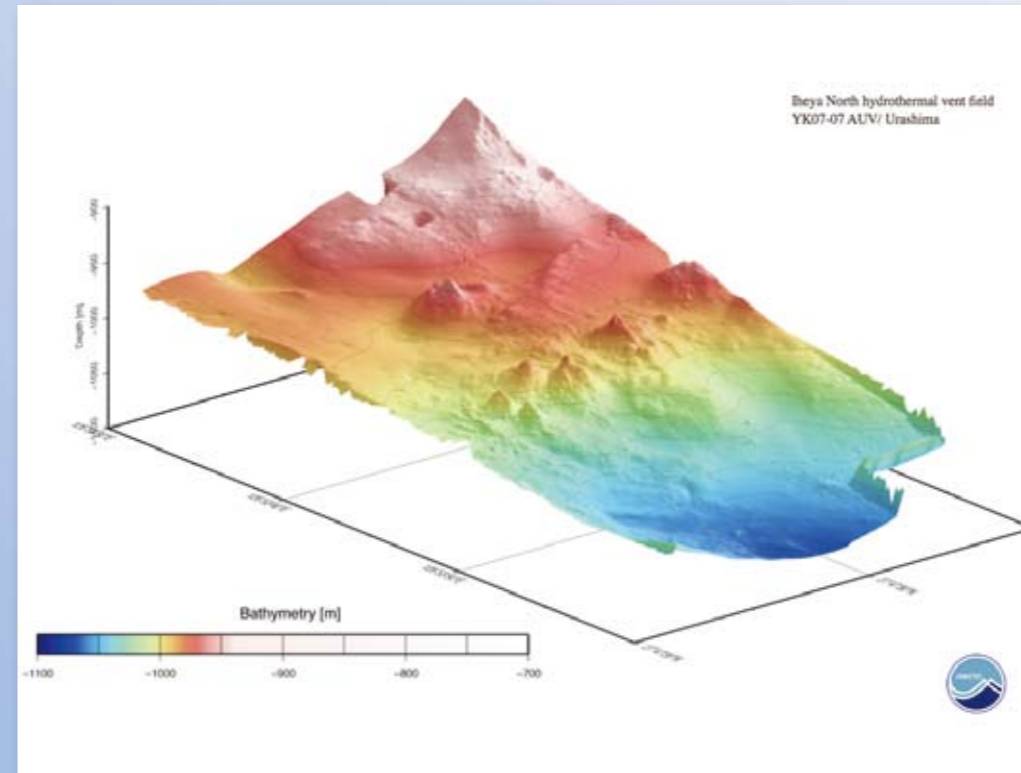
■ 深海底鉱物資源は、水深が数百mから数千mまでの深海底に存在し、鉱床は左の写真にあるようにさまざまな形状をしています。

これらの鉱石を海底で採掘する技術や掘り出した鉱石を洋上の船に引き上げる技術(揚鉱)、その鉱石から不用品を除去して有用な鉱物だけにする技術(選鉱)、さらにその鉱物から金属分だけを取り出す技術(製錬)など多くの技術が必要になります。

しかし、世界的にみてもまだまだ技術的な課題が多く残っており、現在JOGMECではその課題を解決するための技術開発を行っています。

〈海底の鉱石〉

- 上：熱水鉱床（銅、亜鉛、金など）
- 中：コバルト・リッチ・クラスト（コバルト、白金など）
- 下：マンガン団塊（マンガン、銅など）



深海底の微地形データ(沖縄・伊平屋北の熱水活動域の海底微地形)



深海巡航探査機うらしま
(自律型無人探査機)

■ 深海底の鉱物資源の開発のためには、資源量の把握や海底での作業環境を知る必要があります。そのためには海底の微細な地形構造の把握が必要となります。現在、そのような微細な地形を計測するためにケーブルなしで自力で航行し、自動観測する自律型無人探査機(AUV:Autonomous Underwater Vehicle)が活躍しています。

写真は、海洋研究開発機構が開発したAUV「うらしま」で、世界で最高レベルの地形計測を行うことができます。

微地形データ及びAUV写真提供:独立行政法人 海洋研究開発機構(JAMSTEC)

開発の流れ

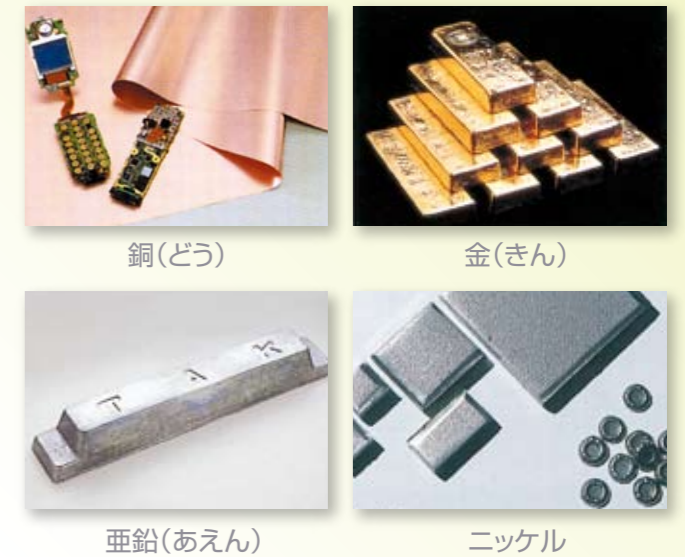
■ 海底鉱物資源の開発は、まだ世界でも実用化されたものはありませんが、以下のような工程が検討されています。



※選鉱工程以降は陸上の鉱山技術の例です。海底鉱物資源もほぼ同様な

工程で処理されていく予定です。

〈生産される金属の例〉



精銅(せいこう:金属の純度を高めた鉱石)

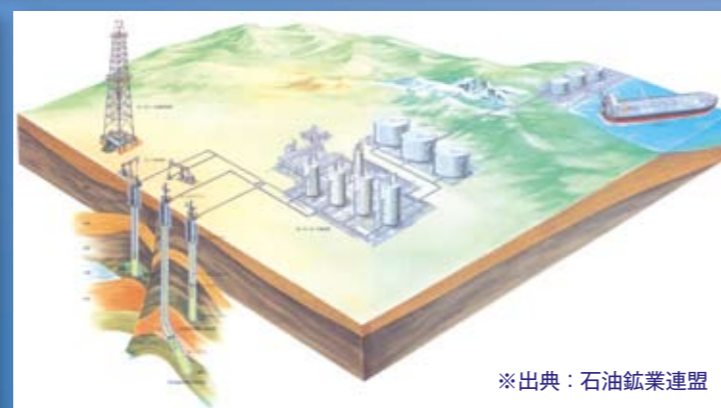
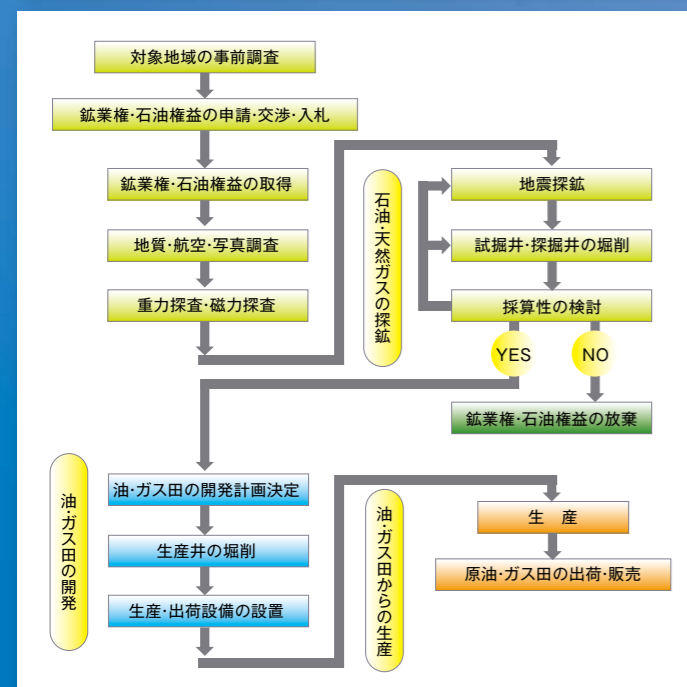
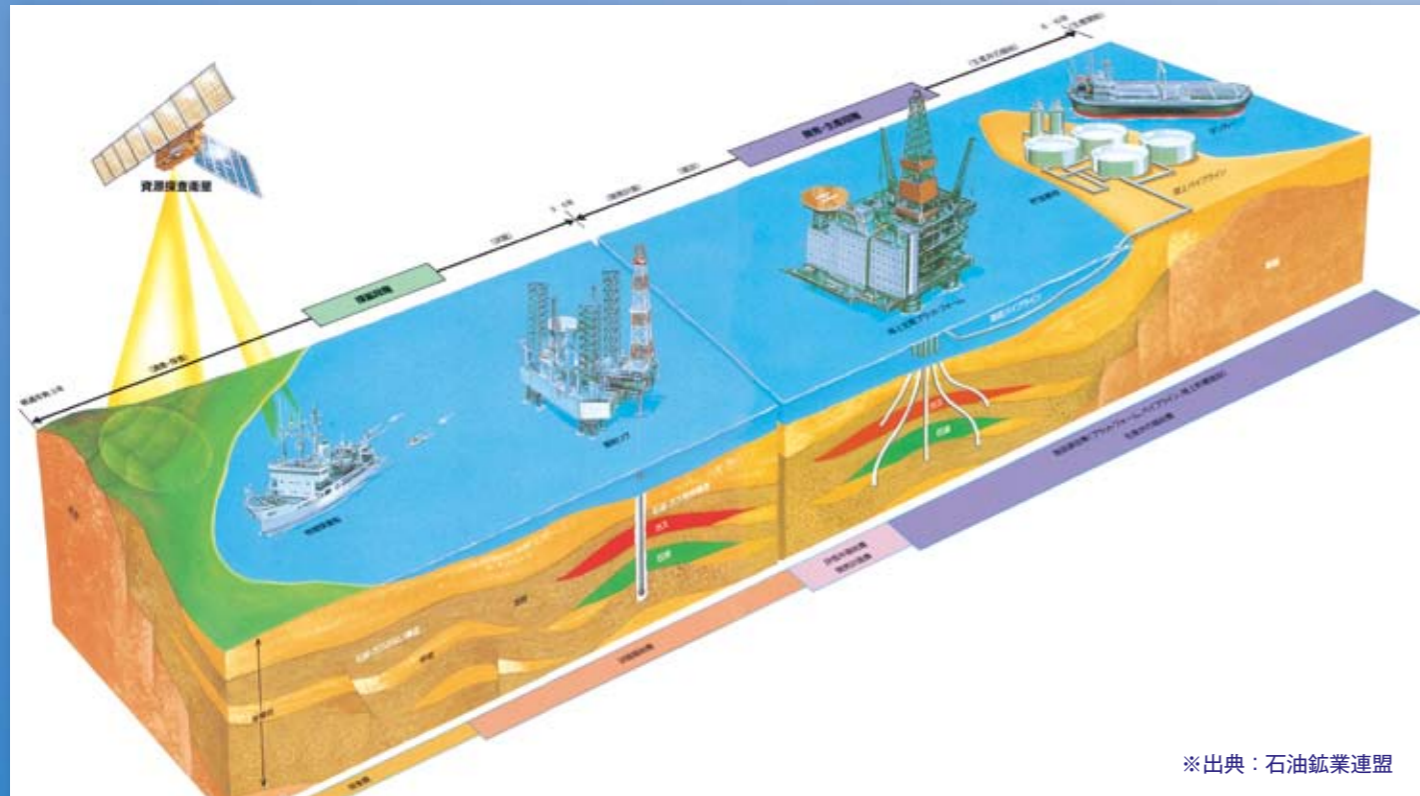
海のエネルギー資源の開発・生産

石油や天然ガスを発見し、生産を開始するまでには、地震探鉱、試掘、といった探鉱作業に始まり、商業性を確認する作業、生産施設などの建設期間を経て、生産を開始するまでには長い期間と巨額のお金を必要とします。

また、石油などが発見されても、商業性のある油ガス田になるケースは少なく、石油・天然ガスの開発事業はリスクの高い事業といえるでしょう。

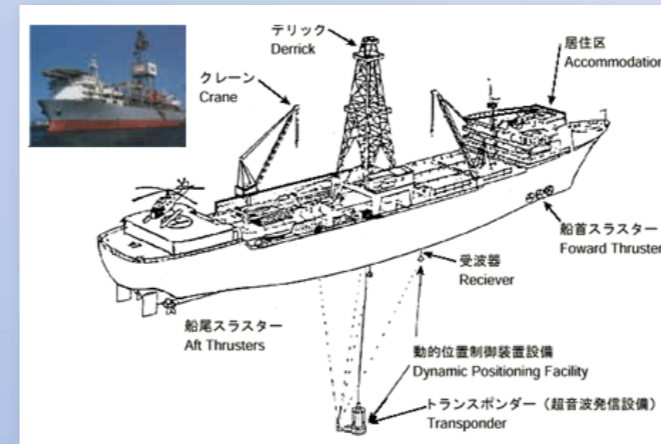
現在、石油の可採年数は約40年間、天然ガスは約63年間とされています。石油開発の技術革新を進めることは重要ですが、限りある資源を大事に使うことは新しい油田を発見するのと同じように価値のあることです。

石油・天然ガス開発の流れ



石油・天然ガスの探鉱から開発までの流れ(フロー図)

石油・天然ガス開発のための特殊船(ドリルシップ)

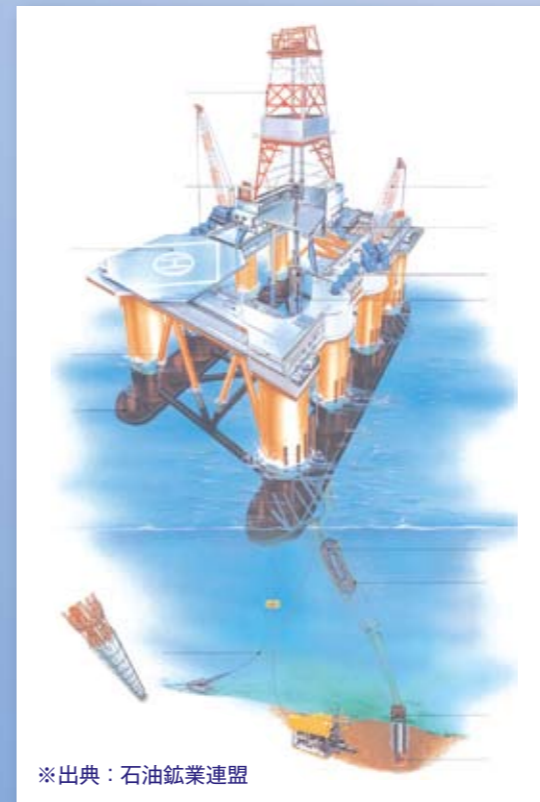


海洋には、炭化水素資源(石油やガス)が多く眠っていると思われます。これらの石油やガスを海底から取り出すためには、海底を掘削する特殊な船や、海上で石油やガスを生産する特殊な船(海洋構造物)が必要となります。

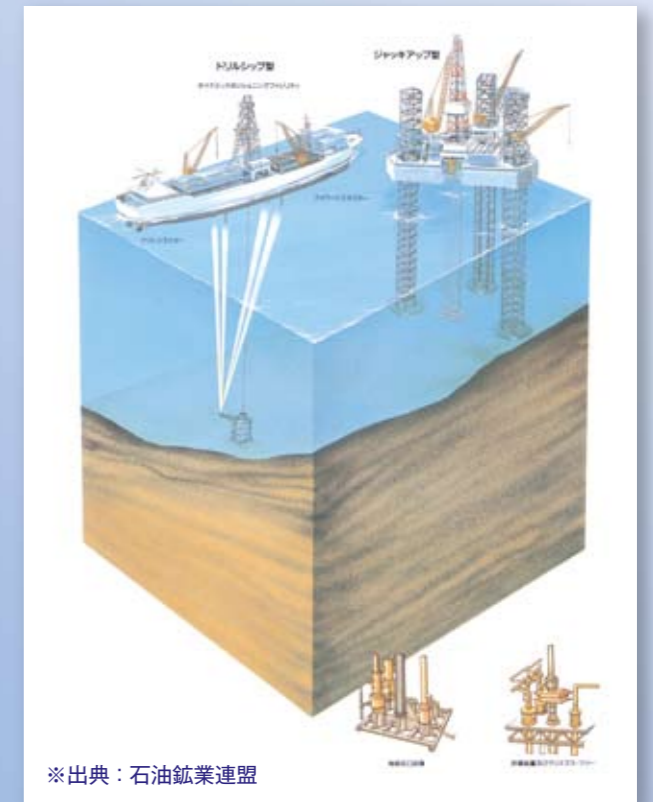
これらの特殊船は、石油やガスを掘り出す機器や、生産された石油やガスから不純物を取り除く機器、石油やガスを貯蔵するタンク、そして、消費地に石油やガスを運ぶタンカー等への引き渡し装置を持っています。

探鉱対象地域が深海へ移りつつある中、海洋は今後とも人類の炭化水素資源の重要な供給源であります。そのため、経済性、安全性、環境性を重視した特殊船の改良開発が必要なのです。

海洋掘削リグ



海洋掘削リグ(セミサブマーシブル型)



海洋掘削リグとドリルシップ(探鉱船)

採掘を行う際の手順としては、まず地面の上に「リグ」と呼ばれる装置を建てます。油ガス層が海底下にある場合は、水深などに合わせた特殊な海専用のリグを使用するため、その分コストも余計にかかります。そしてビットという刃のついたドリルを高速で回転させながら掘削します(ロータリー式)。掘削は、泥水を流し込んで坑井にたまった掘り屑を地上に流しだしながら進められます。こうすることにより井戸壁の崩壊や、石油や天然ガスの暴噴を防ぐことができます。

こうして地上にあがってくる掘り屑などを調べながら掘進し、泥水の中に油分が混じりだしたら油層に到達ということになります。掘った坑井の壁面に穴をあけると、圧力の影響で岩石(貯留岩)の隙間にあった石油が一気に噴き出しますが、この段階では岩石の中にあつたガスや水分も混ざっている状態です。坑井から出てきた流体は、ガス・油・水に分離、ガスは燃料やLNGとして利用され、水は浄化されます。そして油はタンクに貯蔵され、タンクの中でもさらに不純物を沈殿させて最終的にはタンカーで消費地に運ばれます。