JOGMEC の役割

石油及び、可燃性天然ガスの探鉱等、石炭の探鉱、地熱の探査並びに金属鉱物の探鉱等に必要な資金の供給その他石油及び可燃性天然ガス資源、石炭資源、地熱資源並びに金属鉱物資源の開発を促進するために必要な業務並びに石油及び金属鉱産物の備蓄に必要な業務を行い、もって石油など、石炭、地熱及び金属鉱産物の安定的かつ低廉な供給に資するとともに、金属鉱業等による鉱害の防止に必要な資金の貸付その他の業務を行い、もって国民の健康の保護及び生活環境の保全並びに金属鉱業等の健全な発展に寄与することを目的としています。

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）

本　部

〒105-0001　東京都港区虎ノ門 2-10-1
虎ノ門ツインビルディング
TEL:03-6758-8000（大代表）／ FAX:03-6758-8008



〈JOGMEC の案内図〉

海の資源・エネルギー

- 石油・天然ガス
- メタンハイドレート
- 海底熱水鉱床
- コバルトリッチクラスト
- マンガン団塊
- レアアース堆積物

20140320

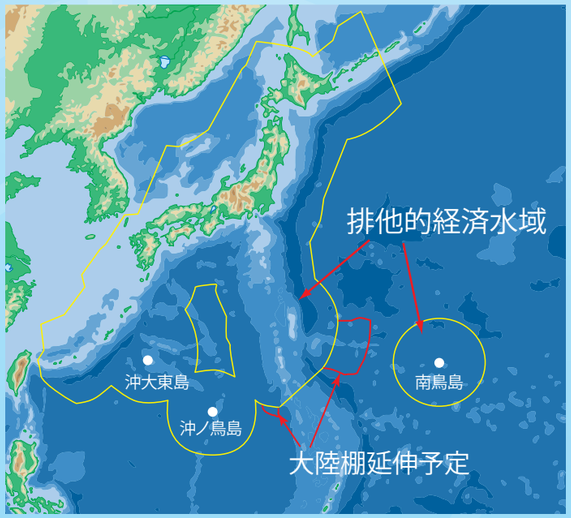
海に眠る主な資源（鉱物資源）

■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、特定の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ると、海底鉱物資源の積極的な探鉱・開発の推進は非常に重要であると言えます。

海洋立国ニッポン



■地球表面の70%を占める「海洋」は、資源・エネルギーの確保等、21世紀において人類が直面する様々な問題解決に対して重要な役割を果たすことはまぎれもない事実といえます。特に、四方を海に囲まれた日本は世界で第6位となる広大な排他的経済水域を有しており、海洋における活動は、日本の存立基盤、国際競争力の根幹を担う重要な分野と考えられています。

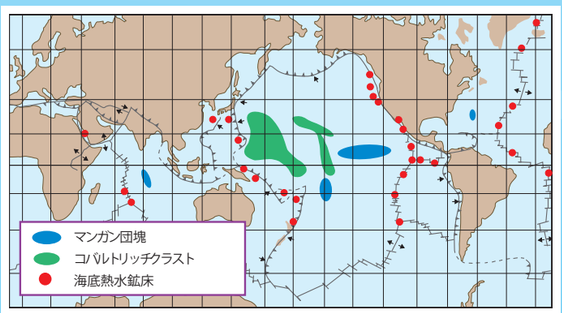
日本では、海洋法に関する国際連合条約（通常「国連海洋法条約」と略称）に沿い、法律で基線から12海里（約22km）までを「領海」、200海里（約370km）までを「排他的経済水域」（ただし、領海部分を除く）と定めています。また、200海里を超える海域は「公海」となります。

「領海」は、領土、領空のように我が国の主権が及ぶ海域です。「排他的経済水域」は、天然資源（漁業資源、鉱物資源）の探査、開発等、我が国の法令が適用できる海域です。「公海」は、どこの国の領海、排他的経済水域等にも属さない海域です。

国土面積	約38万㎢
領海（含:内水）	約43万㎢
接続水域	約32万㎢
領海（含:内水）＋接続水域	約74万㎢
排他的経済水域	約405万㎢
領海（含:内水）＋排他的経済水域	約447万㎢

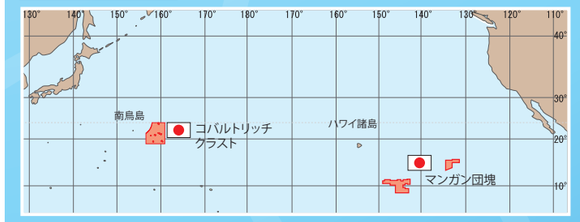
海底鉱物資源の分布

■海底鉱物資源は、ある特定の場所に分布しています。例えば、マンガン団塊は太平洋のハワイ南東方沖のクラリオン- クリッパートン断裂帯で囲まれた海域やインド洋、コバルトリッチクラストは北西太平洋、海底熱水鉱床は東太平洋海膨、大西洋中央海嶺などの海底拡大軸周辺、島弧海溝系の海底火山や背弧海盆などに分布しています。



世界の海底鉱物資源の分布状況

公海上の日本鉱区

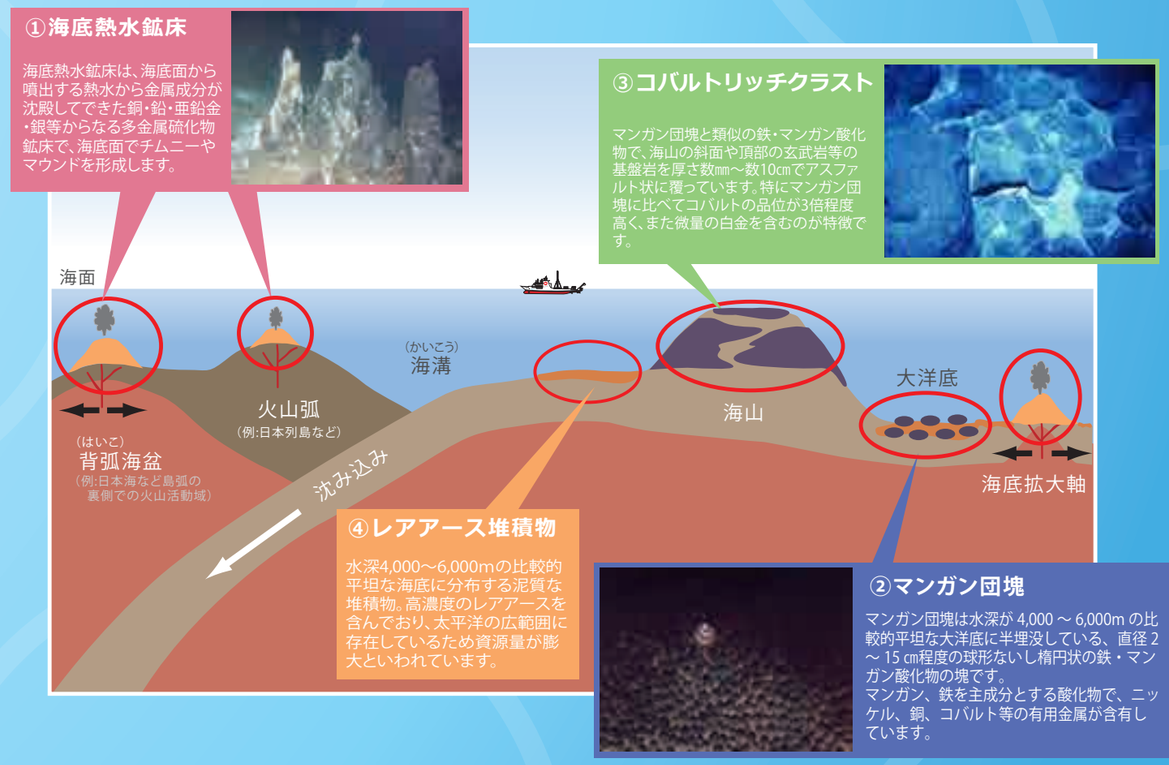


●日本は1987年より、ハワイ沖公海上に面積75,000km²のマンガン団塊の鉱業権益を保有。

●2014年1月には南鳥島南東600kmの公海域におけるコバルトリッチクラストの探査契約に調印、15年間の排他的権利を獲得しました。

海底鉱物資源の産状

■海底鉱物資源には、主にマンガン団塊、海底熱水鉱床、コバルト・リッチ・クラスト、レアアース堆積物などがあり、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ます。



①海底熱水鉱床



鉱石試料

水深 700–2,000m

含有する有用金属
銅、鉛、亜鉛、金、銀
レアメタル

分布海域（代表的海域）
海底拡大軸、背弧海盆、火山弧（東太平洋海膨、沖縄諸島、伊豆・小笠原諸島など）

分布域の地形・地質
過去、現在の熱水活動域

②マンガン団塊



鉱石試料

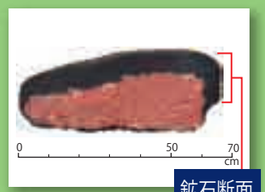
水深 4,000–6,000m

含有する有用金属
マンガン、銅、ニッケル
コバルト他

分布海域（代表的海域）
大洋の深海底（ハワイ南東方海域など）

分布域の地形・地質
比較的平坦
遠洋性堆積物分布

③コバルトリッチクラスト



鉱石断面

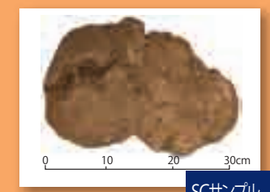
水深 800–2,400m

含有する有用金属
マンガン、銅、ニッケル
コバルト、白金他

分布海域（代表的海域）
大洋の海山・海台（南鳥島、ウェーク島マーシャル諸島、ハワイ諸島等周辺）

分布域の地形・地質
ギョー（平頂海山）斜面部及び平頂部。比較的凸凹に富む

④レアアース堆積物



SCサンプル

水深4,000–6,000m

含有する有用金属
レアアース（REEs）を含有

分布海域（代表的海域）
太平洋の海底に広範にわたって分布（南東太平洋や中央太平洋）

分布域の地形・地質
平坦な海底
粘土状の堆積物

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す。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。



出典：石油鉱業連盟

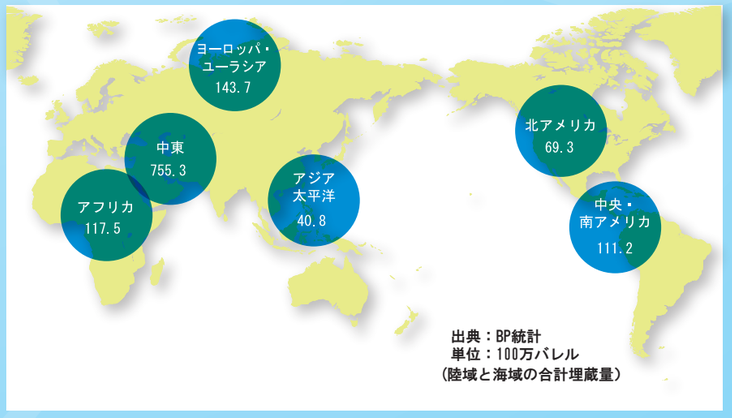
【日本の海洋油ガス田】 わが国でも19世紀末に新潟県尼瀬海岸で岸から30～50mの沖合まで桟橋を出して掘削を行い、尼瀬油田開発の端緒となりました。海上にプラットフォームを設置して開発が行われた本格的な海洋油田は、1959年に発見された土崎沖油田が最初のものです。代表的な海洋油ガス田としては、阿賀沖油ガス田、磐城沖油ガス田、岩船沖油ガス田が挙げられます。

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。

石　　油

■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、わ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。

世界の原油埋蔵量



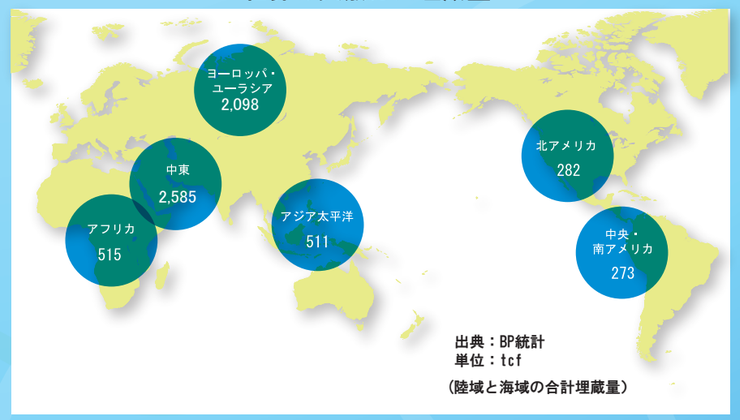
出典：BP統計
単位：100万バレル
（陸域と海域の合計埋蔵量）

天然ガス

■天然ガスは気体であるため、大量輸送が難しく、日本は輸送パイプラインの整備が遅れたこともあり、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、大量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います。現在では世界の LNG 取引量の約 50%にあたる約 6,200 万トンを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。

世界の天然ガス埋蔵量



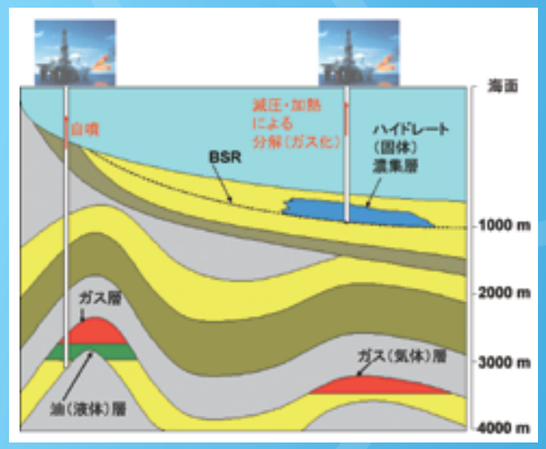
出典：BP統計
単位：tcf
（陸域と海域の合計埋蔵量）

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。

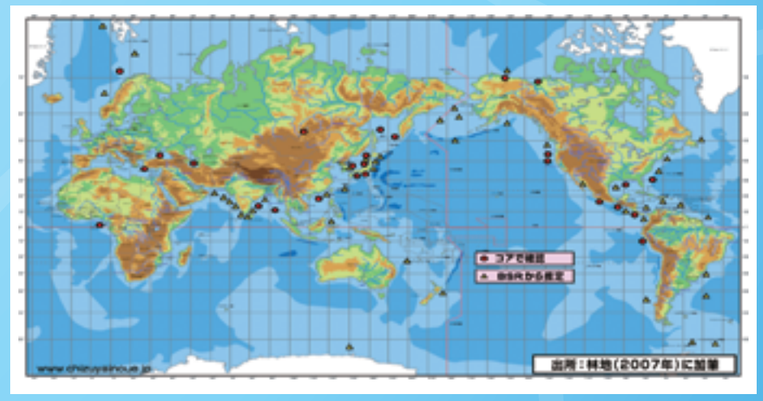
メタンハイドレートは、メタンと水が低温・高圧の状態で結晶化した氷状の物質で、火をつけると燃えるため「燃える氷」とも呼ばれています。

1 ㎥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 0.8 ㎥の水と 172 ㎥のメタンガスに変わり、また石油や石炭に比べると燃焼時の二酸化炭素排出量がおよそ半分であること、さらにその多くが水深 500m以深の海底から数百m程度まで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」と呼ばれる深海層に大規模に存在すると推定されることから、経済産業省の研究開発プログラムとして詳細な調査・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子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 本以上の抗井掘削が行われ、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㎥のメタンガスの原子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コンソーシアム

日本周辺海域の BSR の分布



石油公団・他（2000）に加筆

資源調査のための船

海洋資源調査船「白嶺（はくれい）」

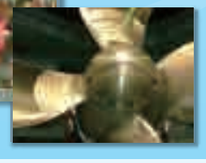


■「白嶺」は、我が国周辺海域に存在する海洋資源の探査、開発を加速するため、JOGMECが建造した海洋資源調査船です。

「白嶺」は「安全性と地球環境に配慮し、サンプリング能力に秀でた海洋資源調査船」を目指し開発が進められ、平成24年に就航を開始しました。

本船は我が国で初めてとなる調査目的や海底・地質の状況に応じて選択できる２種類の大型掘削装置や各種の最新調査機器を搭載し、効率的かつ安全に海底鉱物資源の賦存量調査や海洋環境基礎調査を行うことができます。





アジマス推進器

ソーラーパネルとファンネルマーク





船上設置型ボーリングマシン



海底着座型掘削装置を投入
大型船尾クレーンＡフレーム

総トン数	6,283トン
大きさ	全長　118.3 m、幅　19.0 m
航海速力	15.5ノット
定員数	70名
就航	2012年
所有	独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構

［海底岩石採取用設備］
- 船上設置型掘削装置（海底を掘削する装置）
- 海底着座型掘削装置（海底を掘削する装置）
- ドレッジサンプラー（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）

三次元物理探査船「資源（しげん）」

■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、そのため船尾の広い独特の形をしています。



地震探査用の機器を収納するため船尾が広くとられた資源のバックデッキ

総トン数	10,395トン
大きさ	全長　86.2 m、幅　39.6 m
航海速力	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

［物理探査用設備］
- エアガン（地震波を発生する装置）
- 受振器（地震波を受振する装置）
- エアガンなどを曳航するケーブル（最長6,000m、最大12本）



資源に搭載される地震探査用のエアガン（震源装置）



海洋資源開発の流れ



■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。



■調査によって海底に有望されると、実際に開発ができタの評価が行われます。

海底鉱物資源では、ボーリタをもとに鉱床の資源量をかにしていきます。

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るかどうかの判断を行うために各種のデー

ングによる鉱床の規模、形態、品位などのデー計算し、鉱床が経済性を持つかどうかを明ら

に試掘井からのデータなどをもとに総合的いきます。



■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、現在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

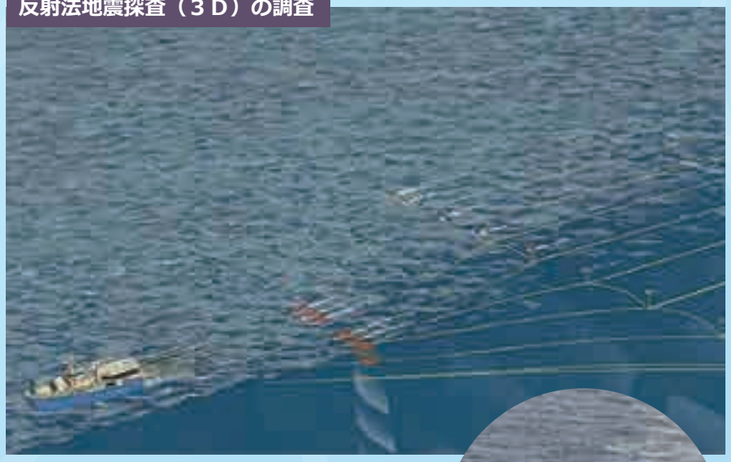
地震探査（反射法地震探査）

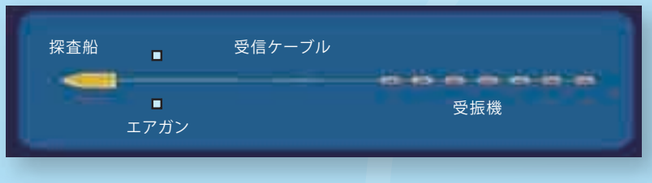
■地震探査は人工地震をおこして発射された波が、地層境界面で反射して戻ってきたもの（反射波）を、地震計の一種の受振器でとらえて地層境界面の深度や形状を調べる方法で、陸上でも海上でも行われます。

人工地震の震源は海上では圧縮空気（エアーガン）を、陸上では爆薬や鉄板の振動（バイブロサイス）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。

反射法地震探査（３Ｄ）の調査





海洋での受振探査
（二次元物理探査）
ケーブルを1本曳航

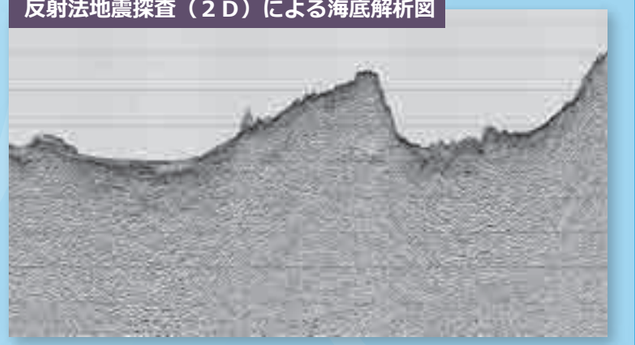


３Ｄ物理探査船「資源」

■現在では、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



エアガン

■水中で圧縮空気を瞬間的に放出し、その衝撃波を発生させる装置。
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。



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。



海洋資源の探査

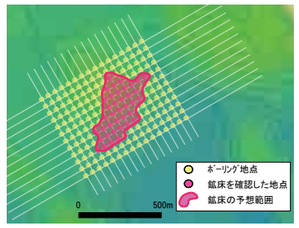
■海洋資源の探査は直接的手法（サンプリングなど）と間接的手法（物理探査など）の大きく２つに分けられ、それぞれ様々な手法があります。資源量を把握するには地質学的構造を知ることが重要であり、まず広域的な調査を行い徐々に範囲を狭め、詳細な調査へと進んでいきます。

資源量の調査

ボーリング調査



■岩石コアを採取することにより、地質状況、鉱床の規模、埋蔵量や品位などのデータを取得することができます。



■グリッドボーリング調査を行い、鉱床の広がりと地下（鉛直方向）の分布を調査します。

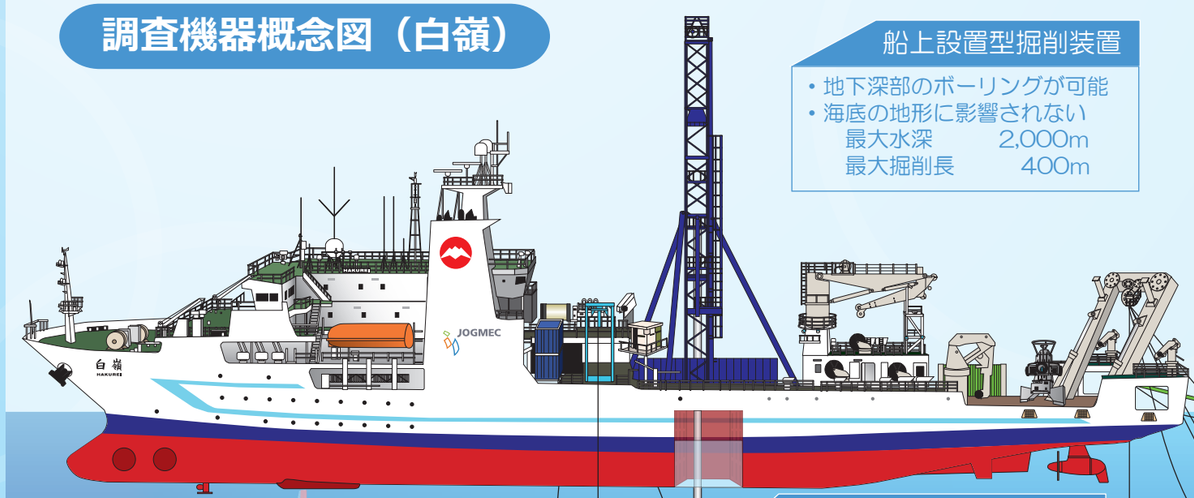


船上設置型掘削装置



海底着座型掘削装置

調査機器概念図（白嶺）



船上設置型掘削装置

- 地下深部のボーリングが可能
- 海底の地形に影響されない

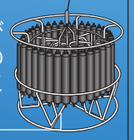
最大水深　2,000m
最大掘削長　400m

サブボトムプロファイラー

低周波の音波を発振して海底の表層堆積を調べることができる音響装置。

CTD付多筒採水器

電導度(Conductivity)水温(Temperature)および圧力(深度)(Depth)センサーを装備した採水器。船上からリアルタイム観測および任意水深での採水を行うことが可能。



ムーンプール

船体中央の開口部を設けており、その上部には機器類のつり下げ操作を行うガイド操作付きのハンドリングタワーまたは船上設置型の掘削装置を選択して装備をすることができ、大型調査機器等の安全な運用が可能です。

マルチプルコアラ

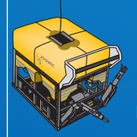
内径74mm、長さ600mmのアクリル製の採泥管を8本有し、海底の未固結堆積物を攪乱することなく柱状に採泥できる装置。また海底直上の海水も採取することができる。

マルチビーム測深器

水深20～11,000mまでの海底地形や海中の浮遊物を三次元的に調べることができる音響測深装置。

遠隔操作無人探査機

船上からの遠隔操作で、ＴＶカメラによる海底観察やロボットアームによる試料採取を行う装置。ROV(Remotely Operated Vehicle)と呼ばれる。



海底着座型掘削装置

- 深い水深でのボーリングが可能
- 作業時間が短い

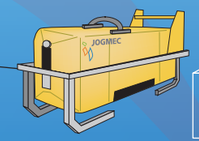


エアガン

二次元音波探査を行う際に、海上で音波を発生させる装置。

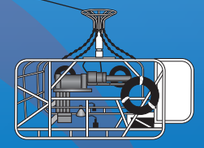
ストリーマーケーブル

エアガンで発生した音波が海底や地層の境界で反射した信号を受信する装置。



サイドスキャンソナー

海底表面の地質や性状、海底地形を音波により調査する装置。

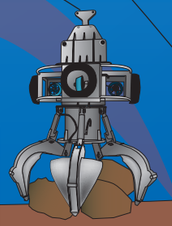


ファインダー付深海カメラ

TVカメラやスチールカメラを搭載した装置をケーブルにより曳航し、連続的に海底面をリアルタイムで観測する装置。

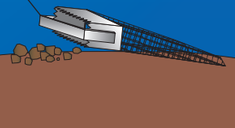
ファインダー付パワーグラブ

6本の鉄の爪や、大きなシェル型のバケットを油圧で開閉し、海底の試料を採取する装置。



ドレッジバケット

ワイヤーの先端に付けたバケットで試料を採取する装置。主にマンガン団塊を採取するのに用いる。



海底鉱物資源の開発・生産

■海底鉱物資源は、水深が数百mから数千mまでの海底に存在し、鉱床は様々な形状をしています。
　これらの鉱石を海底から掘削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（採鉱）、その鉱石から不用な岩石などを取り除いて有用な鉱物だけにする技術（選鉱）、さらにその有用な鉱物石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。

海底鉱物資源開発の流れ

■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、以下のように段階分けされた工程が検討されています。

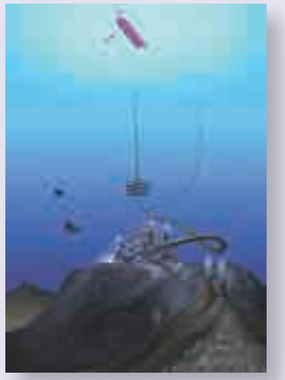
STEP1 採鉱

■鉱石を掘り出すことを採鉱といいます。
鉱床の形態、金属含有量（品位）、賦存場所、深度などに応じて安全性、効率性、環境に対する影響を考慮した最適な採掘法が選定されます。
　海底での採鉱は、すべて海上からの遠隔操作で行う必要があります。右図は将来の採鉱作業の予想図です。


採掘要素技術試験機による走行試験

JOGMECでは、採掘ユニット、揚鉱ユニット、採鉱母船ユニットの３つのユニットに分けて検討を進めています。

　2012年8月に世界で初めて海底熱水鉱床の掘削試験に成功しました。


将来の採鉱作業（イメージ図）

STEP2 選鉱

■選鉱とは、鉱石に含まれる有用鉱物と非有用鉱物の化学的・物理的特性の違いを利用して有用鉱物を取り出していく工程のことです。選鉱によって有用鉱物を濃集した生産物を精鉱（せいこう）と言い、銅精鉱などでは銅の品位が20～40%まで濃集されます。

　選鉱場では粒径10～50cmあった鉱石が、粒径数10μm程度まで細かくされ、有用鉱物が回収されます。

※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。


浮選による有用鉱物の回収

STEP3 製錬

■精鉱からさらに不純物を取り除き、金属を抽出します。この工程によって、たとえば銅は99.99%以上の銅地金となります。この後、各加工メーカーでさまざまな製品が生産され私たちの生活で利用されます。


製錬所では精鉱を炉で溶かし、金属を抽出します。

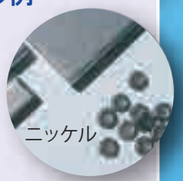

精鉱（せいこう）
金属の純度を高めた鉱石

生産される金属の例







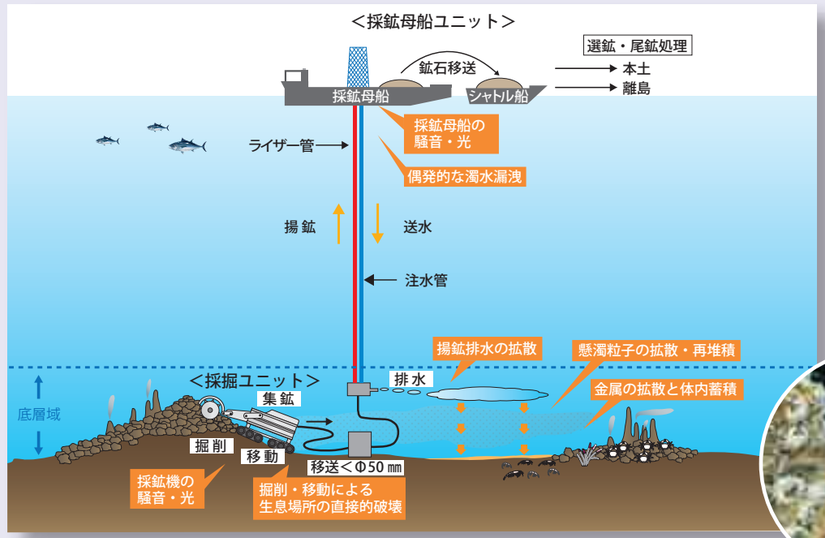


環境影響評価

■海底鉱物資源の開発には、そこに存在する特殊な生態系や生物に対し、できる限り配慮した活動が求められます。JOGMECでは、開発により発生する周辺環境への影響を予測・評価し、その影響をできる限り低減させる環境保全策を提案するための環境調査を実施しています。

環境ベースライン情報の取得
開発前に、開発候補海域の環境特性を知るための環境ベースライン調査を実施します。

環境影響予測モデルの開発
採鉱時に発生する濁りの拡散や再堆積、生態系への影響を、定量的に予測するモデルを開発しています。



生態系の環境保全策

その海域に生息する生物の遺伝子を解析し、固有性や海域間の遺伝的な交流の有無を確認することで、開発海域と保護海域を判定します。


オハラエビ


熱水鉱床に群がるゴエモンコシオリエビ



3. 海洋資源の開発・生産（2）

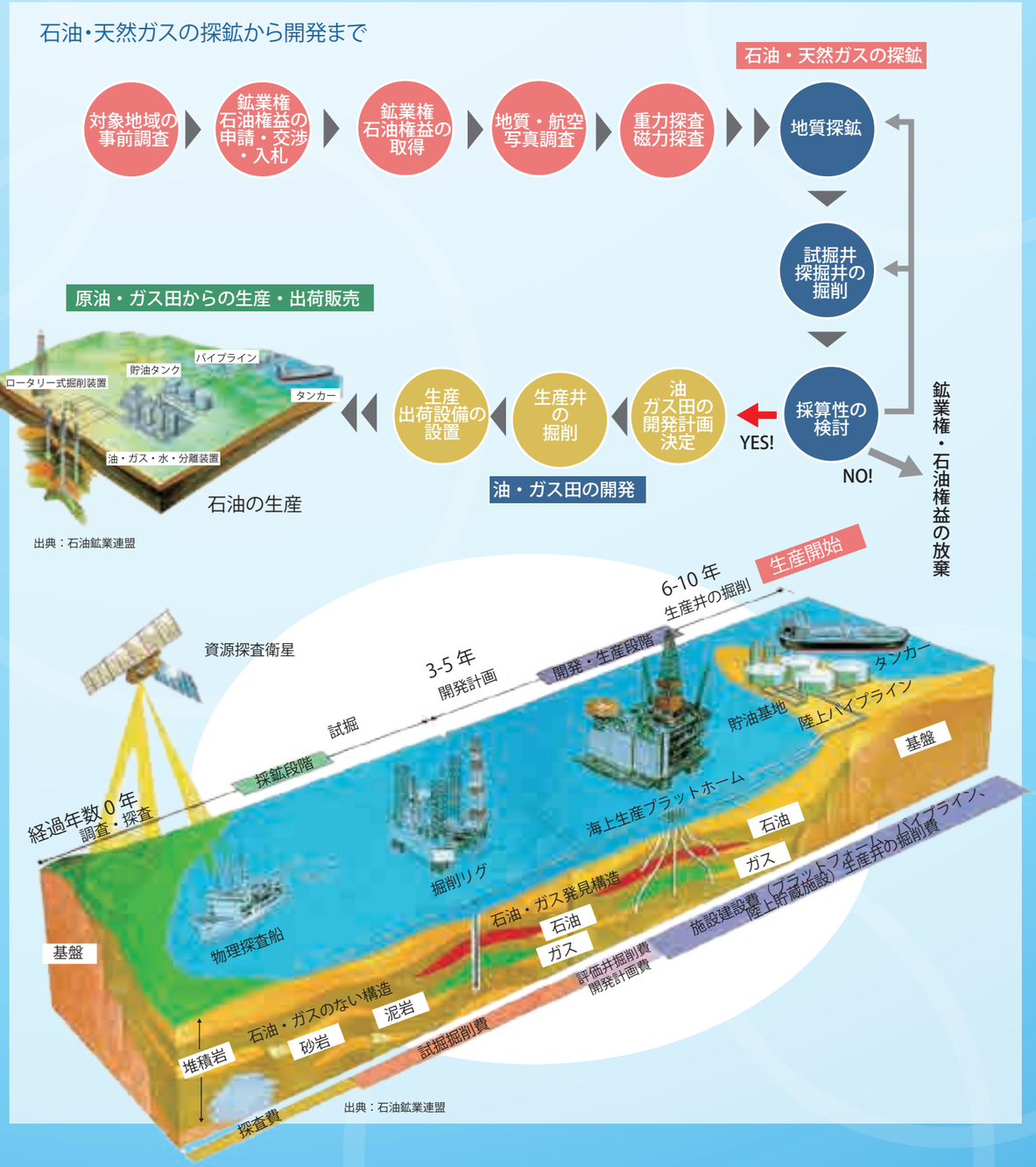
海のエネルギー資源の開発・生産

■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年間と言われています。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

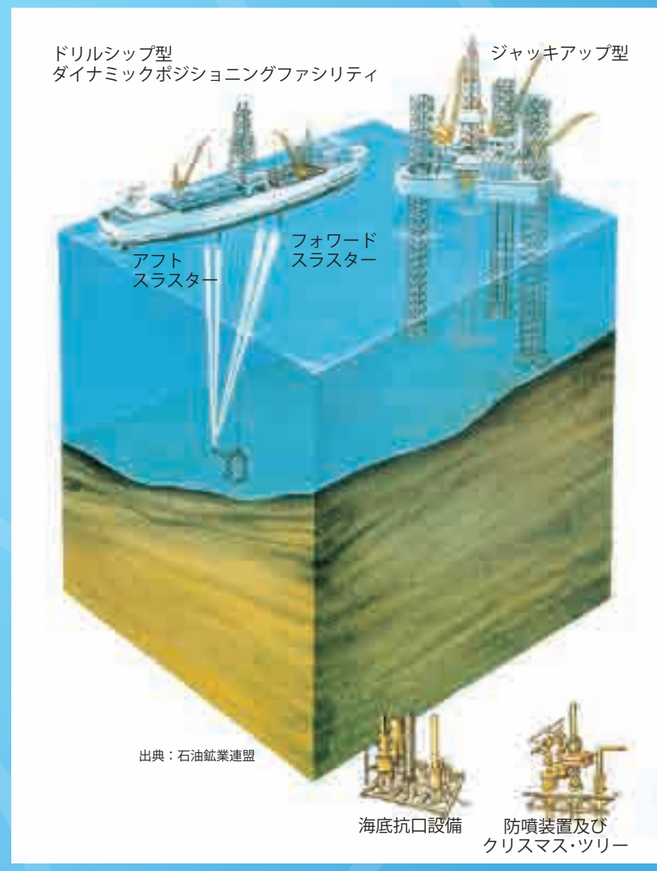


石油天然ガス開発のための特殊船（ドリルシップ）

■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。

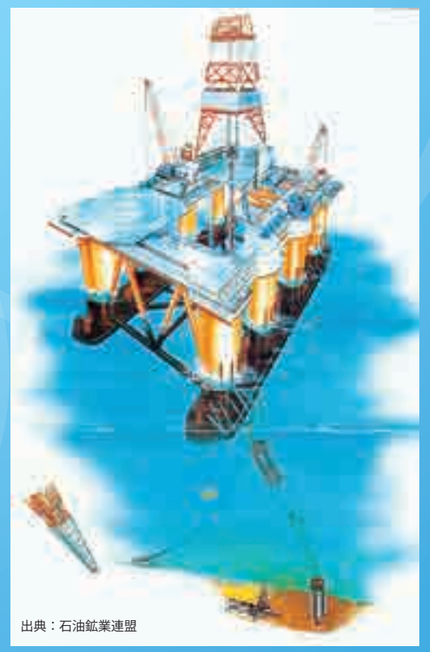
これらの特殊船は、石油やガスを掘り出す機器や、生産された石油やガスから不純物を取り除く機器、石油やガスを貯蔵するタンク、そして、消費地に石油やガスを運ぶタンカー等への引き渡し装置を持っております。

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（ジャッキアップ型）とドリルシップ

海洋掘削リグ



出典：石油鉱業連盟

■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かす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、圧力や影響で岩石（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っ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。

海洋掘削リグ（セミサブマーシブル型）