

1.2. 大水深海底下への貯留に係る技術

大水深海底下へ CO₂ を貯留する場合、陸域や近海域と異なる特有の技術が必要になる。具体的には大水深環境下において掘削を行うこと、陸域から離れた沖合域まで CO₂ を輸送し貯留すること、大水深環境下においてモニタリングを行うことが挙げられる。

大水深環境下における掘削技術は、石油ガスフィールドの開発において発展してきた技術であり、CCS を目的とした掘削においてもその技術を活用することが可能である。そこで、本調査においては、石油ガスフィールドの開発において実用化されている大水深環境下における掘削技術について整理を行う。

沖合域まで CO₂ を輸送し貯留する技術は、輸送に関してはパイプライン輸送と船舶輸送が存在している。船舶輸送を行う場合には、輸送した CO₂ を洋上設備に一時貯蔵した後に貯留層に圧入する方法や輸送船から CO₂ を直接圧入する方法がある。前者については、石油ガスフィールドの開発において発展してきた FPSO (Floating Production, Storage and Offloading system) 等で培われてきた技術を利用できる。後者についてはシャトルシップを用いる手法が考えられる。本調査においては、シャトルシップによる輸送・貯留技術について整理を行う。

大水深環境下においてモニタリングを行う技術は、深海研究において発達してきた技術が存在するが、商業ベースの技術でないものが多く経済性に関しては検討が必要な状況である。本調査においては、深海研究において実用化されている大水深環境下におけるモニタリング技術について整理を行う。

1.2.1. 大水深掘削

米国 MMS (Deepwater Gulf of Mexico 2006 : America's Expanding Frontier, OCS Report MMS 2006-022) の定義から、本節では 1,000 フィート (約 300m) 以深を大水深とする。

1.2.1.1. 技術の確立状況

(1)大水深掘削の概要

大水深掘削は、1990 年代から活発化した石油ガスフィールドの開発に伴い技術が進展してきた。これまでは、メキシコ湾とブラジル沖で、シェルとペトロブラスが競うように大水深海域での開発をリードしてきたが、北海と北大西洋、西アフリカでも多くの石油開発プロジェクトが進展しつつある。東南アジアでは、これらの地域と比べてフィールド数は少ないが、水深 1,000m 級の開発も行われている。

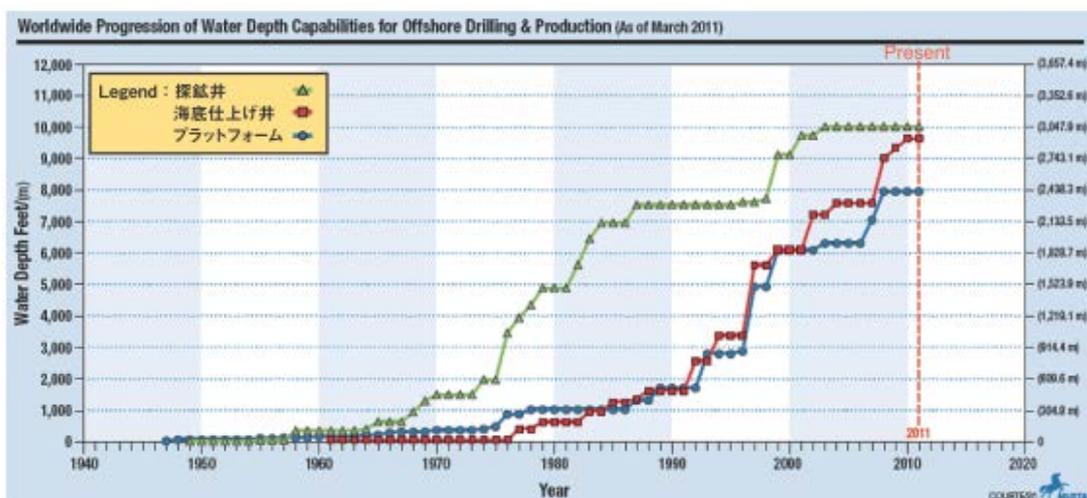


図 1-38 海洋石油開発における大水深記録

(出典) 新井(2011)[1]

掘削には、掘削装置 (リグ) が用いられる。代表的な海洋掘削リグは、着底式と浮遊式に大別される。着底式には、サブマーシブルリグとジャッキアップリグがあり、浮遊式にはセミサブリグとドリルシップがある。

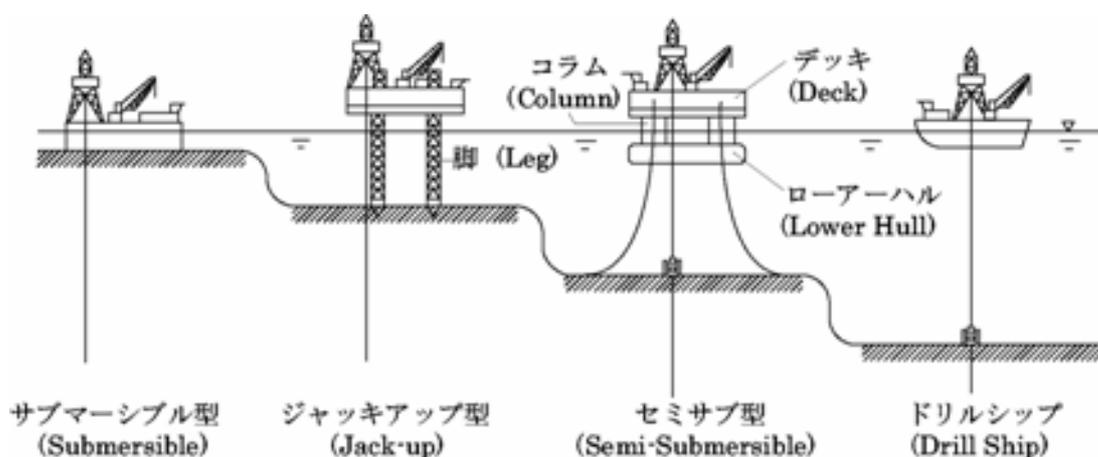


図 1-39 海洋掘削で用いられる移動式掘削装置

(出典) JX 日鉱日石エネルギー[2]

これらの掘削リグの数としては、ジャッキアップが最も多い。サブマーシブルリグは現在ほとんど使われておらず、専門誌 RigZone のデータベースによれば Megadrill Services が保有する 2 基しか存在しない状況である。

表 1-49 世界のリグタイプ別のリグ数

リグタイプ		リグ数
着底式	サブマーシブルリグ	2
	ジャッキアップリグ	638
浮遊式	セミサブリグ	246
	ドリルシップ	168

(出典) RigZone[3]より作成

ジャッキアップリグは、掘削場所に曳航された後、三脚あるいは四脚の「レッグ」を海底まで下ろして固定し、船体部を海面上に持ち上げて作業を行う。レッグを海底に固定させるため、安定しているが、水深の深い場所には適さない。ジャッキアップリグは、水深 10～80m の海域で使用されるリグが一般的である。

セミサブリグは、ローワーハル、コラム、ブレースおよび掘削装置などを搭載したデッキより成っている。移動時には、ローワーハルにより浮上し、曳航時の抵抗を少なくする。稼働時には、ローワーハルのタンクに注水しコラム部まで喫水を沈めた半潜水の状態になり、波の影響を受けにくい。セミサブリグの特徴は、比較的大水深においても稼働可能であることと、波の影響を受けにくいため気象・海象の厳しい海域でも高い稼働率を持つことであり、北海、アラスカなどではセミサブリグが主流となっている。セミサブの稼働水深は位置保持装置により、アンカーを用いた係留方式では約 40～800m の幅広い海域で使用されている。

それ以上の水深では DPS（自動船位保持）方式が用いられる。現在、DPS 方式を用いたセミサブリグの中には水深 3,000m においても稼働可能なものもある。

ドリルシップリグは、掘削のために建造された船である。通常の大形の外航船との違いは、掘削装置とデッキの中央にあるデリック（油井やぐら）である。また、掘削船には掘削機を船から水中に入れるための穴がある。掘削機はライザーを使って、掘削井につながられる。ドリルシップリグは、大水深、超大水深での掘削に使われることが多いが、そうした場所は波も荒いため、DPS を装備し、常に船が掘削井の真上に留まるように制御している。ドリルシップリグはセミサブリグに比べ、建造コストが小さい、曳航抵抗が少なく移動性に優れているなどの特徴を持つが、波の影響を受けやすく厳しい気象・海象条件下では稼働率が悪化する。そのため北海やアラスカなどではセミサブリグが使用される例が多い。

掘削の方法には、ライザーを用いるライザー掘削と、ライザーを用いないライザーレス掘削がある。ライザーとは、掘削パイプを中に収め、海底面の噴出防止装置（BOP）と掘削リグの間を結ぶ大口径パイプであり、泥水（ドリルビットの冷却、潤滑や坑内の圧力バランスの維持、坑壁の崩壊防止のために用いる）循環にも使われる。最新のリグで使われるライザーの全長は 3,000～3,600m に達するものもある。BOP は、緊急時の坑井からの流体の噴出を止めるために設置される安全装置である。特に大水深掘削においては複数の BOP から成るサブシーBOP が用いられる。大水深掘削中は、海底に設置された BOP の修理や部品交換が容易に行えないため、サブシーBOP には、冗長性を持たせるために複数の BOP が使われている。泥水を循環させることで掘り屑の回収が容易となり、また掘削孔の圧力を保つことが可能となる。一方、ライザーレス掘削は、泥水をドリルパイプの先端から噴出しながら地層を掘り進める方法であり、泥水と掘り屑は海底面にそのまま押し出される。ライザー掘削と異なり、掘削孔の崩れる恐れがある大深度掘削には向かないが、短期間で多数の掘削が可能という利点がある。

いずれの掘削法も、坑井の掘進にあたっては、ある深度あるいは日数まで掘進した後いったんそこまでケーシングおよびセメンチングを施す。その後その中を通る径のビットでさらに下部を掘り進み、第 2 段のケーシングをする、というように、ケーシングは大口径から次第に径を小さくしていき複数段となるのが一般的である。ケーシングとは掘削の進行に伴って、掘られたままで地層が露出している坑井（裸坑）に丈夫な鋼管（ケーシングパイプ）の内枠をつけること。セメンチングはケーシングパイプと坑壁の間にセメントを入れ、ケーシングの保護や他の層からの流体流入を避ける目的で実施される。掘削においては、掘削泥水とケーシングおよびセメンチングの管理が重要な要素である。

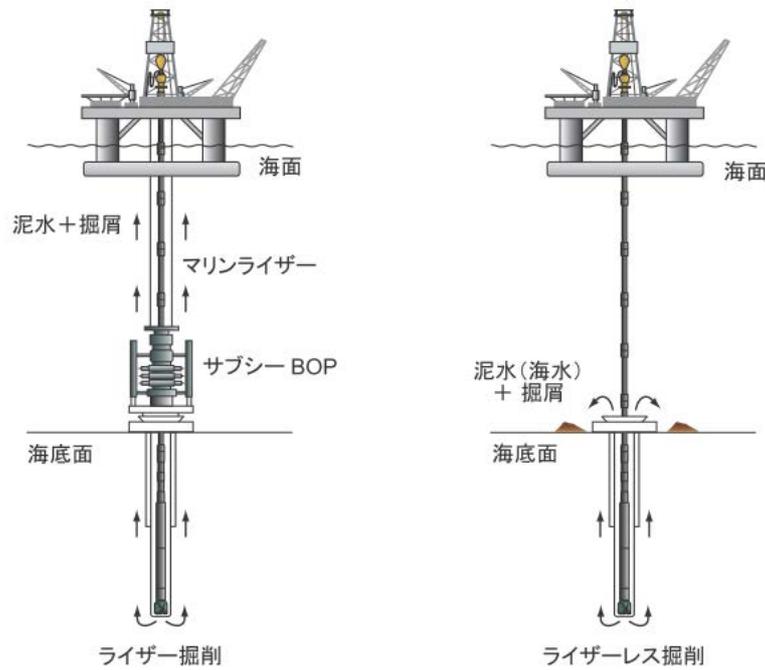


図 1-40 ライザー掘削とライザーレス掘削

(出典) 長縄 (2006) [4]

(2)大水深掘削の課題

大水深掘削は、石油ガスフィールドの開発に伴い実績を積んでいる技術であり、成熟している技術であると言える。海洋掘削特有の課題としては、強潮流/荒天対策の必要性、シャローガス対策の必要性等が挙げられる。ただし、これらの課題に関しても解決技術は見出されている。例えば、強潮流/荒天対策では、DPS や BOP の高度化で緊急時のリグと坑井の切り離しが短時間に行えるようになっている。シャローガス対策に関してもライザーレス掘削を用いて海流にガスを放出することで坑壁の破壊を回避することが可能となっている。

他の課題としては、浮遊式リグの備船費用(リグデイレート)が挙げられる。リグレートは一時期と比較すると落ち着いたものの、陸上リグ、ジャッキアップリグと比較して高価であり、経済性の観点より作業の効率化がより一層求められる。

1.2.1.2. 経済性（コスト）

本項目では、大水深掘削の経済性として、掘削コストやリグレートについて既存研究の結果を整理する。

(1)掘削コスト

1)Joint Association Survey on Drilling Costs（JAS）の調査

大水深掘削の掘削コストについて公表されている事例は非常に少なく、米国の JAS の調査は貴重な結果のひとつである。JAS では、オペレーターにアンケートを送付し、コストデータを収集整理している。ルイジアナ州における掘削コストの結果によれば、大陸棚より外側の大水深エリア（Deepwater Gulf）では、油井の場合で大陸棚の 2 倍程度の 913 万 \$、空井戸の場合で大陸棚の 3 倍程度の 1,425 万 \$ とされている。油井では、仕上げ作業（プロダクションケーシングの設置、穿孔作業、坑内安全装置の設置等）やクリスマスツリーの設置費用が含まれている。空井戸のケースでは廃坑作業（ケーシングパイプの抜管作業やセメントプラグの設置等）に掛る費用が含まれている。

油井（仕上げ井）		平均深度（m）	掘削費/坑（\$）
米国（平均）		1,534	698,774
ルイジアナ州（平均）		2,969	3,830,000
陸域	北ルイジアナ州	1,322	327,000
	南ルイジアナ州	3,599	2,428,000
海域	Offshore LA（state waters）	2,485	4,066,000
	Federal OCS（Outer Continental Shelf）	3,113	5,254,000
	Deepwater Gulf	4,517	9,128,000

空井戸		平均深度（m）	掘削費/坑（\$）
米国（平均）		1,868	1,068,985
ルイジアナ州（平均）		2,690	2,772,000
陸域	北ルイジアナ州	1,410	231,000
	南ルイジアナ州	3,164	1,764,000
海域	Offshore LA（state waters）	3,050	4,873,000
	Federal OCS（Outer Continental Shelf）	3,310	5,776,000
	Deepwater Gulf	4,329	14,252,000

表 1-50 JAS によるレイジアナ州における掘削コスト (1999 年)

Offshore LA (state waters) : レイジアナ州の領海域
Federal OCS (Outer Continental Shelf) : 連邦管轄大陸棚と呼ばれ、米国の大陸棚のうち、各州領海の 外側の合衆国連邦の管轄になっている部分を指す。レイジアナ州の場合、州領海と合衆国連邦の管轄 海域との境界は陸地から約 5.6km 程度の所である。
Deepwater Gulf : 大陸棚より外側の大水深海域
※本データでは、掘削深度の情報はあるが、水深に関する情報は記載がない。

(出典) 長縄 (2007) [5]を基に作成

2) 豪州ニューサウスウェールズ大学のスタディ

豪州の NSW 大学による、海洋掘削コストの研究結果を図 1-41 および表 1-51 に示す。本研究では、セミサブ式の設備による掘削が行われた 27 件の事例を元に、深海域 (平均水深 1,170m) および浅海域 (平均水深 100m) における掘削コストの内訳が示されている。

最も大きな割合を占めるコスト要素は深海域・浅海域共に掘削リグであり、次いでロジスティクスである。深海域における坑井の深度は浅海域の 1.3 倍であるにも関わらず、合計掘削コストは 2.2 倍に達しており、この理由として①掘削リグのデイレートが高い (浅海域よりも高度な機器が必要なため、リグレートが浅海域の 1.6 倍に達する) こと、②コスト内訳に占める掘削リグの割合が高いことが挙げられている。

他にもサイトの管理コストや燃料コスト等の割合が深海域で高くなっている一方、ウェルヘッドやケーシングのコストは水深の影響をあまり受けなため、深海域でのコスト内訳に占める割合は相対的に低下している。

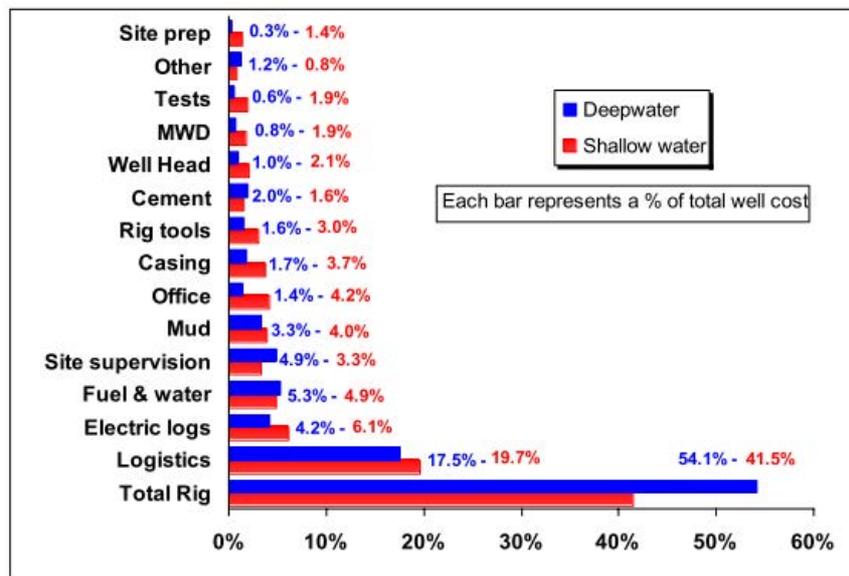


図 1-41 掘削原価カテゴリー別の掘削コストに占める割合

表 1-51 水深別 27 事例の平均データ

	Shallow water (16 wells)	Deepwater (11 wells)
Wells	16	11
Average Water Depth (m)	100	1,170
Average TD (m)	1,845	2,354
Average Total Well Cost A\$	A\$9,123,155	A\$19,765,961
Average daily Rig Rate A\$	A\$172,611	A\$283,279
Average daily Rig Rate US\$	US\$96,229	US\$173,218

(出典) G. R. Leamon (2006)[6]

(2) リグレート

掘削コストには、リグレートが大きく影響する。リグレートの経年変化を見ると、2006～2010年で大きく値を上げている。特に浮遊式のセミサブリグとドリルシップリグのリグレートの上昇は非常に大きかった。リグレートは稼働率と相関があり、稼働率が上がるとリグレートも上がる。2006～2010年は75%以上の稼働率で推移している。

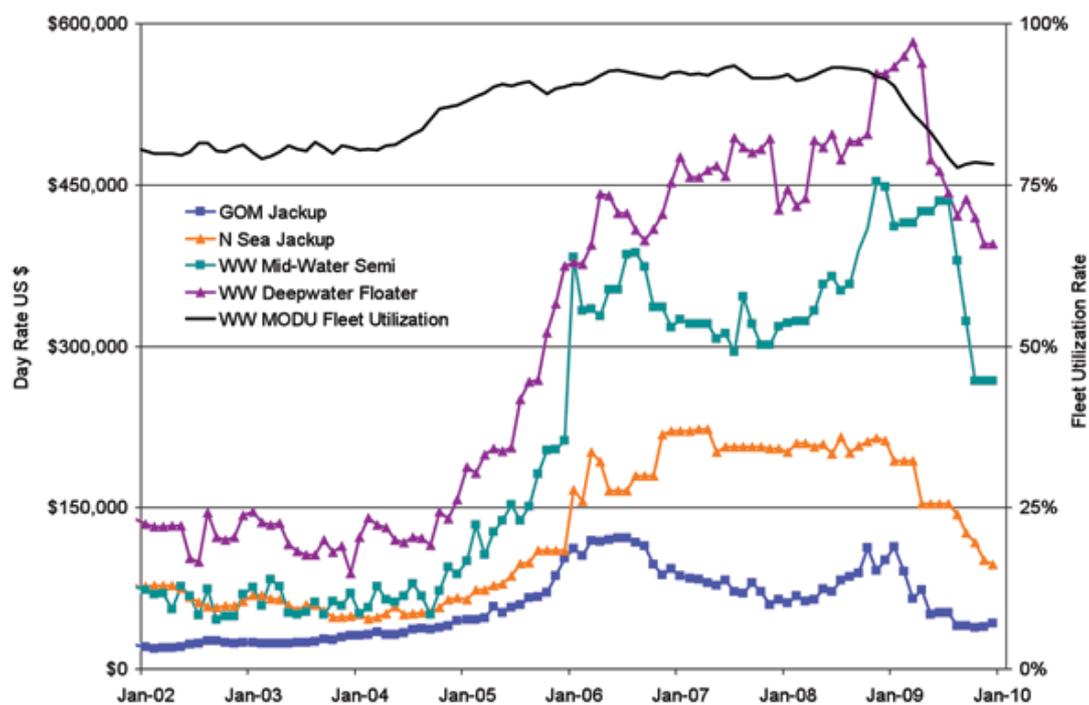


図 1-42 2001～2010 のリグタイプ別リグレートの推移と稼働率の推移

(出典) Offshore (2010) [7]

リグのタイプ別で見れば、浮遊式リグの借用レートは着床式と比較して高い傾向にある。リグレートは2010年には落ち着いたものの、陸上リグ、ジャッキアップリグと比較して場合によっては10倍以上となった時期もあった。

FLOATING RIGS			
Rig Type	Rigs Working	Total Rig Fleet	Average Day Rate
Drillship < 4000' WD	5 rigs	8 rigs	\$205,000
Drillship 4000'+ WD	77 rigs	91 rigs	\$502,000
Semisub < 1500' WD	10 rigs	15 rigs	\$294,000
Semisub 1500'+ WD	64 rigs	88 rigs	\$334,000
Semisub 4000'+ WD	96 rigs	117 rigs	\$435,000

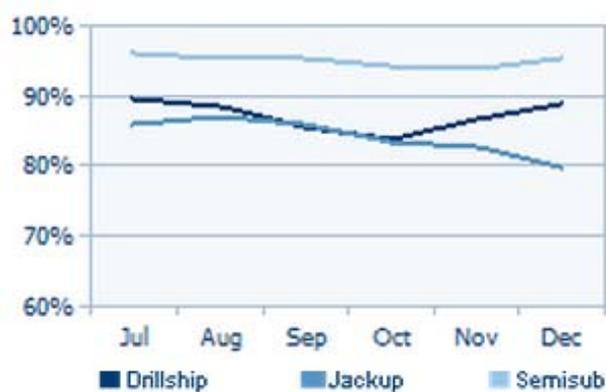


図 1-43 2013年8月～2014年1月のリグタイプ別リグレートの推移と稼働率の推移
(出典) Rigzone[8]

1.2.1.3. 技術の適用事例

現状、大水深掘削の事例のほとんどは、石油ガスフィールドの開発に関するものである。また、我が国における海洋掘削の事例でも基礎試錐調査等で大水深掘削の事例がある。そこで、本項目では、世界の大水深掘削事例として CCS を目的としたものと石油ガスフィールドの開発を目的としたもので整理し、さらに国内の海洋掘削事例を水深別に整理する。

(1)世界の大水深掘削事例

1)CCS を目的としたもの

ブラジルの Lula 油田において 2013 年から操業が開始された CCS (EOR) プロジェクトである。FPSO 設備を用いて、年間 70 万トンの CO₂ 圧入を行うプロジェクトである。水深 2,152m の地点から 2,000~3,000m の深度に存在する油田に CO₂ 圧入を行うこととなっている。

Lula 油田は 2006 年に発見され、2010 年から生産を開始している。油田の掘削には Noble Drilling 社のセミサブリグである Noble Paul Wolff が用いられた。

2)石油ガスフィールドの開発を目的したもの

表 1-31 に、石油・天然ガス開発における大水深掘削の行われている地域・国・オペレーター（開発作業管理会社）を示す。

表 1-31 石油ガスフィールドの大水深掘削事例

地域	国	オペレーター
アフリカ	アンゴラ、ナイジェリア	Total、Exxon Mobil、Chevron、BP
東南アジア	マレーシア	Shell
南米	ブラジル	Petrobras
北米	米国	BP、Chevron、Shell

(出典) Infield Systems (2011)[9]を参考に作成

このうち、アンゴラにおける油田開発の状況について、表 1-32 に示す。

表 1-32 アンゴラにおける大水深油田開発事例

オペレーター	油田	水深	生産開始
TOTAL	Girassol	1,350-1,500	2001
	Jasmin	1,400	2003
	Dalia, Camelia	1,200-1,500	2006
	Rosa	1,300-1,500	2007
	Cravo, Lirio	1,350	2009
	Orquidea	1,200	
	Hortensia, Perpetua, Zinia, Acacia	800	2010
	Gindungo, Canela, Gengibre	1,400-1,700	
ExxonMobil	Xikomba	1,300	2003
	Hungo, Chocalho	1,250	2004
	Dikanza, Kissanje	1,010	2005
	Mondo	700	2008
	Saxi, Batuqe	700	
Chevron Texaco	Benguela, Belize	381	2006
	Lobito, Tomboco	500	2006
BP	Galio, Cromio, Paladio, Plutonio, Cobalto	1,300	2007
	Plutao, Saturno, Marte, Venus	1,800-2,000	2010
	Palas, Ceres, Juno, Astrea, Hebe	1,600	2012

(出典) 井上久隆ほか(2007) [10]

また、上記の大水深掘削に用いられているリグの保有企業について、セミサブリグおよびドリルシップリグの保有数上位企業を下表に示す。Transocean Ltd.は2番手の企業の2倍のリグを保有しており、最大手である。

表 1-52 セミサブリグおよびドリルシップリグの保有数上位企業

	本社所在地	リグ保有数		
		セミサブリグ	ドリルシップリグ	合計
Transocean Ltd.	スイス	50	29	79
Diamond Offshore	アメリカ	33	5	38
Seadrill Ltd	バミューダ諸島	14	17	31
ENSCO	イギリス	19	10	29
Noble Drilling	アメリカ	14	14	28
Odebrecht Oil & Gas	ブラジル	4	8	12
Queiroz Galvao Oleo e Gas S.A.	ブラジル	9	3	12
Ocean Rig Asa	ギリシャ	2	9	11
China Oilfield Services Ltd.	中国	11	0	11
Odfjell	ノルウェー	5	5	10
Atwood Oceanics	アメリカ	6	4	10
Dolphin Drilling	スコットランド	8	2	10

(出典) RigZone[3]より作成

(2)国内の海洋掘削事例

国内の海洋掘削事例として、海域における試掘事例を整理する。国内の海上試掘は、ほとんどが水深 200m よりも浅い海域で行われてきた。1999 年に実施された基礎試錐「三陸沖」が、国内では初の水深 800m を超える大水深海域で実施された。

1958 年～2008 年の日本の海域における試掘事例を掘削水深で整理すると、190 件の試掘事例のうち、200m 以上のものは 18 件あり国内のリグを利用、800m 以上のものは 6 件あり国外のリグを使用している。

表 1-53 1958 年～2008 年の日本の海域試掘事例における水深とリグ

掘削水深	件数	リグ
200m 未満	166	ほとんどが、日本海洋掘削の白竜シリーズを用いて実施された。
200m 以上	18	ほとんどが、日本海洋掘削の第 5 白竜を用いて実施された。
800m 以上	6	ほとんどが基礎試錐で実施されたもの。いずれもリグは国外企業のものを使用。Rading & Bates 社の MG Hulme, JR を用いた事例が 2 件と Atwood Oceanics 社の Atwood Falcon を用いた事例が 3 件である。

(出典) 天然ガス鉱業会[11]より作成

上記の掘削事例のうち水深 200m 以深の掘削事例は第 5 白竜によるものである。その掘削事例を下表に示す。

表 1-54 第 5 白竜による水深 200m 以深の掘削事例

No.	実施年度	海域名	坑井名	実施者名	掘削深度 (m)	水深 (m)	離岸距離 (km)
1	1980	兵庫沖	香住沖-1	帝国石油、ガルフ	3002	202	19
2	1978	兵庫沖	香住沖-1	帝国石油、ガルフ	3002	202	19
3	1978	石川沖	金沢沖-1	帝国石油、ガルフ	3003	240	33
4	1980	沖縄沖	基礎試錐宮古島沖	通商産業省 (石油公団) (帝国石油)	3711	286	24
5	1981	新潟沖	基礎試錐直江津沖北	通商産業省 (石油公団) (新日本海石油開発)	4509	212	25
6	1982	鳥取沖	基礎試錐鳥取沖	通商産業省 (石油公団) (帝国石油)	3276.5	291	30.5
7	1982	十勝沖	基礎試錐十勝沖	通商産業省 (石油公団) (三井石油開発)	4457.06	285	30.5
8	1983	酒田沖	基礎試錐最上川沖	通商産業省 (石油公団) (新日本海石油開発)	2391.5	362	27
9	1983	遠州沖	基礎試錐御前崎沖	通商産業省 (石油公団) (石油資源開発)	3505	469	16
10	1984	青森沖	基礎試錐西津軽沖	通商産業省 (石油公団) (石油資源開発)	3509	330	24
11	1984	三陸沖	基礎試錐気仙沼沖	通商産業省 (石油公団) (帝国石油)	2027	242	35
12	1985	石川沖	基礎試錐金沢沖	通商産業省 (石油公団) (帝国石油)	3007	436	58
13	1988	新潟沖	基礎試錐佐渡沖	通商産業省 (石油公団) (日本海洋石油資源開発)	4000	410	9.5
14	1989	兵庫沖	基礎試錐香住沖	通商産業省 (石油公団) (帝国石油)	2800	242	20
15	1991	常磐沖	基礎試錐常磐沖	通商産業省 (石油公団) (帝国石油)	3170	268	55.5

(出典) 天然ガス鉱業会[11]より作成

1.2.1.4. 我が国の優位性

日本の機関が保有するリグを以下に示す。日本にはジャッキアップ、セミサブ、ドリルシップの3種類がある。ジャッキアップ、セミサブは日本海洋掘削株式会社が保有しており、ドリルシップは（独）海洋研究開発機構の「ちきゅう」のみである。最大稼働深度は、ちきゅうが最も深く 2,500m に対応している。他に 200m 以深に対応しているリグとしては、セミサブリグの NAGA1、HAKURYU-5 がある。

表 1-55 日本が所有するリグ（タイプ別）

リグタイプ		リグ所有者	リグ名	最大稼働水深
着底式	サブマーシブルリグ	-	-	-
	ジャッキアップリグ	日本海洋掘削株式会社	SAGADRIL-1 SAGADRIL-2 HAKURYU-10 HAKURYU-11（仮称）	約 92m 約 92m 約 115m 約 130m
浮遊式	セミサブリグ	日本海洋掘削株式会社	NAGA 1 HAKURYU-5	約 300m 約 500m
	ドリルシップ	JAMSTEC	ちきゅう	2,500m

（出典）日本海洋掘削株式会社[12]より作成

このうち、HAKURYU-5 は既出の「第五白竜」と同一のリグである。第五白竜は 2008 年に日本海洋掘削のパナマ子会社「Hakuryu 5, Inc.」に譲渡され、「Hakuryu-5」と改名されると共にパナマ船籍となった。HAKURYU-5 は基礎試錐で多くの実績を有しており、200m 以深の掘削実績も数多く有している。以下に Hakuryu-5 の基本情報を示す。

表 1-56 HAKURYU-5 の基本情報

タイプ	セミサブマリーシブル型リグ(半潜水型掘削装置)
デザイン	三菱重工 MD 501 補助推進器付 8 本コラム
全長	106 m
全幅	67 m
高さ	37.5 m (船底～メインデッキまで)
最大デッキロード	3,500 ton (掘削時)
最大稼働水深	500 m
最大掘削深度	9,144 m
排水量	32,300 ton (満載時)
居住区	110 ベッド
船級	ABS, IMO MODU Code A414
船籍	パナマ
建造場所	三菱重工業 広島造船所
大改造およびアップグレード	2009 年 2 月実施
ドローワークス	CONTINENTAL EMSCO-Mitsubishi / C-3 Type II
マッドポンプ	CONTINENTAL EMSCO-Mitsubishi / FB-1600 x 2 NATIONAL OILWELL / FB-1600 x 1
トップドライブ	VARCO / TDS-4S
噴出防止装置	18 3/4" / 10K BOP stack
ドリルストリングコンペンセーター	NL Shaffer / 500K 18 ft ストローク
ライザーテンショナー	NL Shaffer / 80K x 12
ライザーパイプ	VETCO / 21" OD / MR-6C/6E
エンジン	DAIHATSU / 8VSHTC-26D 2,100PS x 4
発電機	2,000 KVA AC x 4
係留設備	アンカーウィンドラス Mitsubishi Electric x 4 Bruce FFTS MK4 (12 ton) x 8

(出典) 日本海洋掘削株式会社[13]より作成

続いて、我が国において最大の稼働深度を有する「ちきゅう」についてその概要を整理する。

「ちきゅう」は JAMSTEC の地球深部探査センター(CDEX)が建造・運用し、日本マントル・クエスト株式会社が運航業務及び掘削業務を担当する深海掘削船である。位置づけとしては科学掘削船であり、ライザー掘削システムを科学掘削船としては世界で初めて採用している。水深 2,500m で、地底下 7,500m まで掘削する能力を備えており、世界最高の掘削能力を有している。

表 1-57 「ちきゅう」の掘削データ

掘削方式	ライザー掘削方式・ライザーレス掘削方式
最大掘削水深	2,500メートル（ライザー掘削時）
ドリルストリング長	10,000m
噴出防止装置	重さ 380 トン 高さ 14.5 メートル
耐圧能力	103MPa
ライザーパイプ	長さ 27メートル（1本） 直径約 50センチメートル
ドリルパイプ	長さ 9.5メートル（1本） 直径 13-14センチメートル
デリック（掘削やぐら）	高さ 70.1メートル 幅 18.3メートル 長さ 21.9メートル 最大吊上荷重 1,250 トン
ムーンプール	12メートル X 22メートル
ドローワークス	吊り下げ能力 1,250 トン 5,000馬力（3,728kW）

（出典）JAMSTEC 地球深部探査センター[14]より作成

参考として、2014/2/1現在の「ちきゅう」の掘削実績を以下に示す。

表 1-58 2014/2/1現在の「ちきゅう」の掘削実績

<p>◆「南海トラフ地震発生帯掘削計画」Stage3. 統合国際深海掘削計画、IODP Expedition 348（平成25年9月～平成26年1月） 水深：1,939m 掘削深度：5,025m ライザー掘削 水深：1,937.5m 掘削深度：2,478.5m ライザーレス掘削 総コア回収長：31.4m（ライザー掘削）、16.44m（ライザーレス掘削） http://www.jamstec.go.jp/chikyu/nantroseize/j/expedition_348.html ◆資源掘削航海/Non-IODP-第1回メタンハイドレート海洋産出試験原状復帰 （モニタリング坑井の廃坑等）作業（渥美半島～志摩半島沖） （平成25年7月～8月） オペレーター：石油資源開発株式会社 水深：998.7m 掘削深度：1,420m ライザーレス掘削 ◆資源掘削航海/Non-IODP-基礎試錐「上越海丘」 （平成25年4月～7月） オペレーター：JX日鉱日石開発株式会社 水深：1,140m 掘削深度：3,110m ライザー掘削 ◆資源掘削航海/Non-IODP-第1回メタンハイドレート海洋産出試験（渥美半島～志摩半島沖）</p>

(平成 25 年 1 月～4 月)

オペレーター：石油資源開発株式会社

水深：998.7m 掘削深度：1,345m ライザー掘削

◆南海トラフ地震発生帯掘削計画 Stage3.

統合国際深海掘削計画、IODP Expedition 338 (平成 24 年 9 月～平成 25 年 1 月)

水深：1,939m 掘削深度：3,974m ライザー掘削

水深：1,900m ～ 3,000m 掘削深度：3,000m ～ 4,300m ライザーレス掘削

総コア回収長：675.93m

◆下北八戸沖石炭層生命圏掘削

統合国際深海掘削計画 (IODP Expedition 337) (平成 24 年 7 月～9 月)

水深：1,180m 掘削深度：3,674.5m ライザー掘削

総コア回収長は 200.88m

<http://www.jamstec.go.jp/chikyu/exp337/j/>

◆東北地方太平洋沖地震調査掘削-統合国際深海掘削計画

(IODP Expedition 343) (平成 24 年 7 月)

水深 6,897.5m 掘削深度 7,780m ライザーレス掘削 (長期孔内温度計の設置)

<http://www.jamstec.go.jp/chikyu/exp343/j/>

◆資源掘削航海/Non-IODP-メタンハイドレート海洋産出試験事前掘削 (渥美半島～志摩半島沖)

(平成 24 年 6 月～7 月)

オペレーター：石油資源開発株式会社

水深：998.9m 掘削深度：1,347m ライザーレス掘削

総コア回収長は 32.99m

<http://www.mh21japan.gr.jp/mh21wp/wp-content/uploads/db1997aa5348df26ddf1d79ec5f6f0913.pdf>

◆Non-IODP 航海-熊野第五泥火山掘削 II

(平成 24 年 6 月)

水深約 1,900.2m 掘削深度 2,132m ライザーレス掘削

水深約 1,900.2m 掘削深度 1,940m ライザーレス掘削

総コア回収長は 46.50m

◆東北地方太平洋沖地震調査掘削

統合国際深海掘削計画、IODP Expedition 343 (平成 24 年、4 月～5 月)

水深 6,883.5m 掘削深度 7,768.5m ライザーレス掘削 (Logging While Drilling)

水深 6,918m 掘削深度 7,762.5m ライザーレス掘削 (Coring)

総コア回収長は 53.13m

<http://www.jamstec.go.jp/chikyu/exp343/j/>

◆資源掘削航海/Non-IODP 愛知県沖南伊勢 - メタンハイドレート海洋産出試験事前掘削(平成 24 年 2 月～3 月)

水深 1,000m 掘削深度 約 1,400m ライザーレス掘削

水深 1,000m 掘削深度 約 1,240m ライザーレス掘削

水深 1,000m 掘削深度 約 1,350m ライザーレス掘削

<http://www.mh21japan.gr.jp/mh21/kss/>

◆資源掘削航海/Non-IODP スリランカ・マナー沖 石油・天然ガス掘削(平成 23 年 8 月～12 月)

水深 1,350m 掘削深度 3,300m ライザー掘削

水深 1,500m 掘削深度 4,740m ライザー掘削

水深 1,340m 掘削深度 3,600m ライザー掘削

◆愛知県沖南伊勢 - メタンハイドレート、海底ボーリング調査 (平成 23 年 2 月)

水深約 1,400m 掘削深度 1,530m

水深約 1,000m 掘削深度 1,300m

水深約 1,000m 掘削深度 1,250m

水深約 1,000m 掘削深度 1,120m

4 地点 (水深約 1,000m～1,400m) 総コア回収長は約 370m

◆紀伊半島沖熊野灘 - 統合国際深海掘削計画、IODP Expedition 332・333

(平成 22 年 10 月～平成 23 年 1 月)

Expedition 332

水深約 1,960m 掘削深度約 2,940m ライザーレス掘削:長期孔内観測装置の設置

水深約 2,520m ライザーレス掘削:一時的孔内観測装置の回収

Expedition 333 (Coring)

水深約 3,080m 既存井

水深約 4,050m 掘削深度約 4,450m

水深約 3,510m 掘削深度約 4,100m

3 地点(水深約 3,000m~4,000m)8ヶ所の総コア回収長は約 930m

<http://www.jamstec.go.jp/chikyu/nantroseize2010/j/>

◆沖縄トラフ-統合国際深海掘削計画、掘削航海 331 号 (IODP Expedition 331)(平成 22 年 9 月)

5 地点(水深約 1,000m)の表層コア採取。

総コア回収長は約 305m。

<http://www.jamstec.go.jp/okinawa2010/j/outline.html>

◆紀伊半島沖熊野灘-統合国際深海掘削計画、掘削航海 326 号 (IODP Expedition 326)

(平成 22 年 7 月~8 月)

水深約 1,930m 掘削深度約 870m ライザーレス掘削

◆房総沖(平成 21 年 11 月~12 月)

2 地点(水深約 2,050m)7カ所の表層コア採取。総コア回収長は約 910m。

◆紀伊半島沖熊野灘-統合国際深海掘削計画、掘削航海 319, 322 号

(IODP Expedition 319, 322)(平成 21 年 5 月~10 月)

4 地点(水深約 2,060m~4,060m)5カ所のコアリング及び掘削。

(掘削深度は各地点の最深掘削深度を記載)

水深約 2,060m 掘削深度約 1,600m ライザー掘削

水深約 2,530m 掘削深度約 560m ライザーレス掘削

水深約 4,060m 掘削深度約 950m ライザーレス掘削

水深約 3,610m 掘削深度約 570m ライザーレス掘削

◆駿河湾沖(平成 21 年 3 月)

4 地点(水深約 650m~800m)の表層コア採取。総コア回収長は 182.33m。

◆紀伊半島沖熊野灘(平成 21 年 3 月)

3 地点(水深約 1,910m~2,080m)5カ所の表層コア採取。総コア回収長は 102.1m。

◆紀伊半島沖熊野灘-統合国際深海掘削計画、掘削航海 314, 315, 316 号

(IODP, Expedition 314, 315 & 316)、(平成 19 年 9 月~平成 20 年 2 月)

下記 8 地点、合計 31 カ所の掘削(掘削深度は各地点の最深掘削深度を記載)。

水深約 2,200m 掘削深度約 1,000m ライザーレス掘削

水深約 1,940m 掘削深度約 1,400m ライザーレス掘削

水深約 2,450m 掘削深度約 530m ライザーレス掘削

水深約 2,640m 掘削深度約 400m ライザーレス掘削

水深約 2,450m 掘削深度約 520m ライザーレス掘削

水深約 3,880m 掘削深度約 890m ライザーレス掘削

水深約 4,080m 掘削深度約 490m ライザーレス掘削

水深約 2,800m 掘削深度約 360m ライザーレス掘削

◆オーストラリア北西大陸棚(平成 19 年 2 月~7 月)

水深約 500m 掘削深度約 3,700m ライザー掘削

水深約 1,000m 掘削深度約 2,200m ライザー掘削

水深約 1,340m 掘削深度約 1,200m ライザーレス掘削

水深約 1,440m 掘削深度約 1,860m ライザーレス掘削

水深約 1,400m 掘削深度約 560m ライザーレス掘削

水深約 830m 掘削深度約 700m ライザーレス掘削

水深約 470m 掘削深度約 3,200m ライザーレス掘削

水深約 640m 掘削深度約 1,000m ライザーレス掘削

◆ケニア沖(平成 18 年 11 月~平成 19 年 1 月)

水深約 2,200m 掘削深度約 2,700m ライザー掘削

◆下北半島東方沖(平成 18 年 8 月~10 月)

水深約 1,200m 掘削深度約 650m ライザー掘削

(出典) 日本マントル・クレスト株式会社[15]

1.2.2. シャトルシップ輸送・貯留

1.2.2.1. 技術の確立状況

シャトルシップ輸送・貯留技術は、東京大学の尾崎教授ならびに千代田化工建設株式会社を中心としたコンソーシアムが検討している技術であり、液化 CO₂ の積載量 3,000 t 級のシャトルシップを利用して、排出源近傍の港から貯留サイトまで輸送し、貯留サイトでは、シャトルシップに搭載した昇温・昇圧設備を用いて、直接圧入するシステムである。

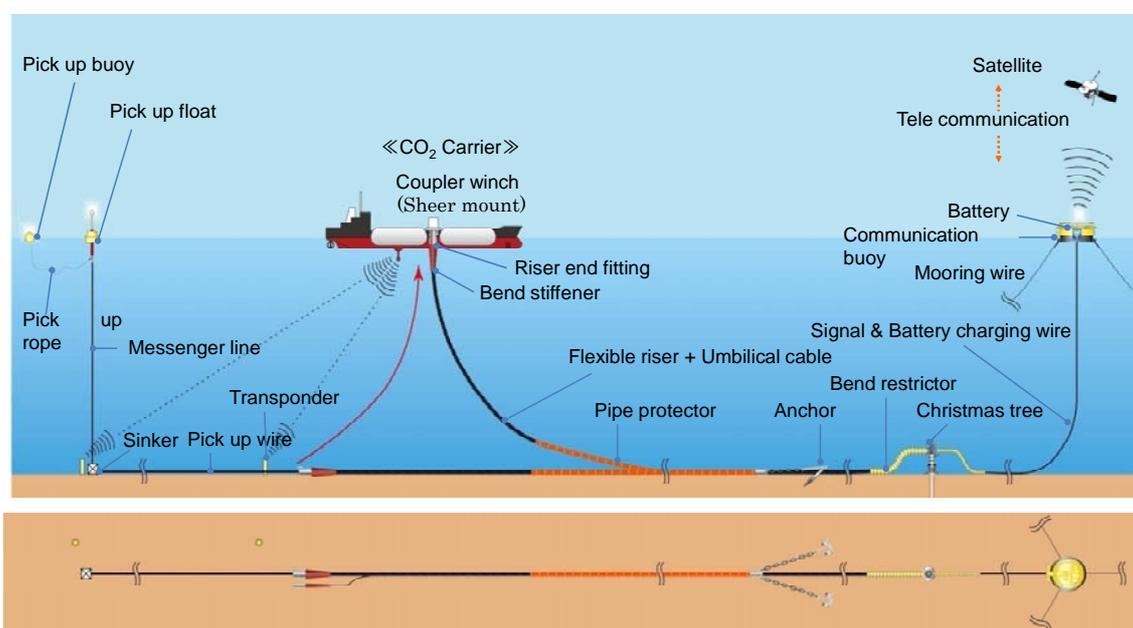


図 1-44 圧入システムの概念図

(出典) GCCSI(2011) [16]

このシステムの長所・短所は、以下のとおりとされている。

長所

- ① Source-Sink matching 条件を大幅に緩和
- ② 圧入ラインを用いることにより水深の制限を緩和
- ③ 特段のブレークスルー技術不要
- ④ 洋上一時貯蔵不要
- ⑤ 計画変更に対する柔軟性がある（スケールメリット→ユニット化）
- ⑥ 撤去容易、移設・再利用可能、冗長性確保容易

短所

- ① 最適化されたパイプライン輸送と比べ、コスト高
- ② 海象の影響を受ける
- ③ 船舶燃料消費による CO2 排出がある

現在、シャトルシップ輸送・貯留技術は机上検討段階である。上記のとおり技術（システム）確立に向けて特段の技術のブレイクスルーは不要とされているが、シャトルシップへのライザーパイプの結合が日次で行われることや、ピックアップブイのピックアップ方法などの課題があり、技術実証が必要とされている。

1.2.2.2. 経済性（コスト）

2012 年度にコスト評価を実施している（NEDO/AIST, 2013[16]）。

(1) コスト評価の前提条件

① コストの試算範囲

・ 陸上設備

一時貯留タンク、ローディング設備等の建設・運用コスト

（評価対象外：排出源での分離回収、排出源から一時貯留タンクまでの輸送、一時貯留タンク前の液化コスト、バース）

・ 船舶

シャトル船およびシャトル船に搭載する昇温昇圧設備等の建設・運用コスト

・ 洋上圧入設備

ピックアップブイ、フレキシブル・ライザー・パイプ等の制作・運用コスト

（評価対象外：圧入井、海底坑口設備、圧入中のモニタリングコスト）

②前提条件

- ・シャトルシップ積載量 3,000t-CO₂
- ・年間稼働率 90%以上
- ・一時貯留タンク シャトルシップ 2 隻分 (6,000t)
- ・ローディングポンプ 250t/h のポンプ 3 台
- ・ローディングアーム 500t/h のローディング可能なアーム一式
- ・昇圧装置 2.65MPa から 10MPa に昇圧、150m³/hr, 450kW のポンプ 1 台
- ・昇温装置 -10℃から 5℃に海水を利用して昇温、200m³/hr, 18.5kW のポンプ 1 台
- ・制御システム 各種コントロールシステム
- ・フレキシブルライザーパイプ 流量 3,000m³/16h、流速 3m/sec、内径 0.16m、設計圧力 20MPa

(2) コスト評価の検討ケース

コスト評価の検討ケースを表 1-59 に示す。

表 1-59 検討ケース

	CO ₂ 処理量	輸送距離
Case1-1	100 万 t-CO ₂ /年	200km
Case1-2	100 万 t-CO ₂ /年	400～800km
Case1-3	100 万 t-CO ₂ /年	1,600km
Case2-1	505 万 t-CO ₂ /年	200km
Case2-2	505 万 t-CO ₂ /年	400～800km
Case2-3	505 万 t-CO ₂ /年	1,600km

(3) コスト評価結果

①設備費

1)陸上設備

Case1：合計 4,300 百万円

一時貯留タンク 6,000t

ローディングポンプ 3基

ローディングアーム 1セット

Case2：合計 19,500 百万円

一時貯留タンク 27,000t

ローディングポンプ 9基

ローディングアーム 6セット

2)シャトルシップ 合計 2,608 百万円

シャトルシップ本体、エンジン等 2,200 百万円／隻

圧入ポンプ、加温熱交換器 300 百万円／隻

ピックアップウインチ 108 百万円／隻

3)ピックアップブイ・圧入ライザー 合計 900 百万円

②運転費

1)固定費

支払利息：設備費に対する借入金返済の内、利息返済費のみ計上する。元金返済は減価償却費と二重計上となるため、除外する。なお、返済方法は元利均等返済とする。

減価償却費：設備費を法定償却年数で均等償却する。償却後の残余価格は0%とする。

保険料：設備費の年間0.3%とする。

固定資産税：法令で定められる設備費の年間1.4%とする。

保守費：設備費の年間3%とする。

2)変動費

動力費（電力）：10 円/kWh

燃料費（A 重油）：68,710 円/kL

3)運転員・クルー費

- ・陸上設備 運転員費用（管理費を含む）：12.5 百万円/人
- ・シャトルシップ 運行クルー費用（管理費を含む）：12.5 百万円/人
- ・CO2 圧入 クルー費用（管理費を含む）：12.5 百万円/人

4)港湾使用料他

- ・港湾使用料：CO2 200,000t/年で 1.2 百万円/年、処理量の 0.7 乗に比例。
- ・通信ブイ用の通信費：1.6 百万円/年・ブイ

③評価結果

コスト評価結果を表 1-60 に示す。

表 1-60 コスト評価結果（まとめ）

	CO2 処理量	輸送距離	運転費	運転費
Case1-1	100 万 t-CO2/年	200km	1,899 百万円/年	1,870 円/t-CO2
Case1-2	100 万 t-CO2/年	400～800km	3,015 百万円/年	3,015 円/t-CO2
Case1-3	100 万 t-CO2/年	1,600km	4,671 百万円/年	4,671 円/t-CO2
Case2-1	505 万 t-CO2/年	200km	9,896 百万円/年	1,960 円/t-CO2
Case2-2	505 万 t-CO2/年	400～800km	15,527 百万円/年	3,075 円/t-CO2
Case2-3	505 万 t-CO2/年	1,600km	23,720 百万円/年	4,697 円/t-CO2

1.2.2.3. 技術の適用事例

現在、シャトルシップ輸送・貯留技術は机上検討段階であり、技術の適用事例はない。

1.2.2.4. 我が国の優位性

前述したとおり、オランダの CINTRA プロジェクトがシャトルシップ輸送・貯留をプロジェクトコンセプトの一部として示している。同プロジェクトの詳細は現在明らかになっていないが、貯留地はデンマーク領北海とされており、大水深での適用は検討されていないものと考えられる。

1.2.3. 大水深モニタリング

本項目では、大水深におけるモニタリング技術について整理する。弾性波地震探査、物理検層、海底採水分析、底生生物生態、及びそれらの基盤技術（海底ケーブル等）を対象技術として整理する。

1.2.3.1. 技術の確立状況

大水深モニタリングに関する技術の確立状況を下表に示す。1.1.4 でも示したように、弾性波地震探査や物理検層は石油／天然ガス産業において商業ベースで普及しており、大水深にも対応可能である。海底採水分析に関しては、現状では大水深域にはあまり適用されていない状況にある。これは、大水深での採水分析が技術的に難しいからではなく、単に表層に比べて事例が少ないためである。ただし、定期的に採水し連続してモニタリングを行うといった技術は現状確立されておらず、大水深で採水分析を行う際には技術開発が必要となる可能性がある。底生生物生態、海底ケーブル、AUV（Autonomous Underwater Vehicle）については、大水深への適用事例が存在するが、商用化の段階にはない。

表 1-61 大水深モニタリング技術と確立状況

技術		技術の確立状況
弾性波地震探査		非常に開発が進んでおり、石油／天然ガス産業では商業ベースで完全に普及している。
物理検層		非常に開発が進んでおり、石油／天然ガス産業では商業ベースで完全に普及している。
海底採水分析		海面付近の海水に関し研究機関が採用しているが、それより深い深度ではあまり用いられていない。
底生生物生態		群発地震や海底噴火活動に関する情報収集の一環として、海底固有生物の生態を観測している事例がある。
基盤技術	海底ケーブル	地震観測等を目的として、水深 1,000m 以深での海底ケーブル敷設事例がある。
	AUV	現状では、海中探査ロボットとして ROV（Remotely Operated Vehicle）が先行しているが、AUV の商用化も調査用途から始まっている。

（出典）各種資料から作成

1.2.3.2. 経済性（コスト）

(1) 弾性波地震探査に関する経済性

貯留層における CO₂ 挙動モニタリング手法としては、繰り返し地震探査が有望である。海底下の地震探査は、石油・ガスフィールドの探査で利用されるストリーマ（センサー曳航）や OBC (Ocean Bottom Cable) という海底ケーブルを用いた手法が存在する。RITE では、OBC をモニタリング地点に常設する常設型 OBC の検討を北海道苫小牧にて実施している。そして、その検討では 3km×3km の受信エリアを確保する常設 OBC 設備費合計として 8 億円という数字を公表している。ただし、この金額は苫小牧を対象として推定されたものであり、大水深エリアではより高価になると考えられる。

常設型OBC観測の費用推定

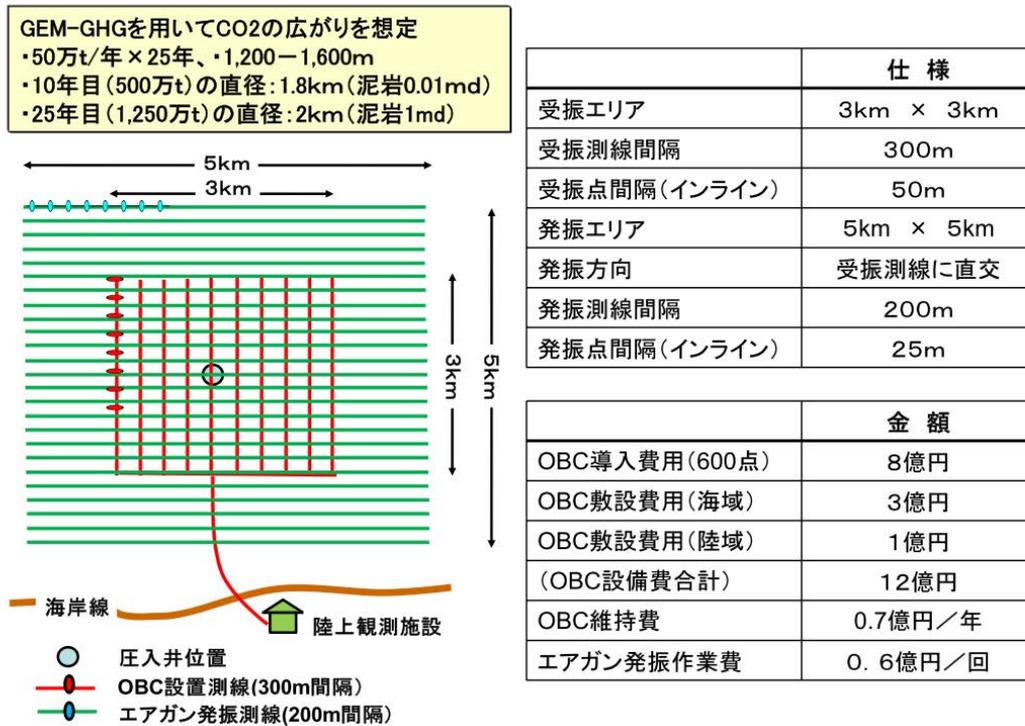


図 1-45 RITE による常設型 OBC 観測の費用推定

(出典) 村井 (2010) [17]

(2) 採水分析に関する経済性

一般的に大水深モニタリングを行う際の課題は費用が高くなることだと考えられる。本調査におけるヒアリングでは、サンプリングを行う場合、備船費は安く見積もっても一日あたり 200 万円程度掛るとの意見が得られた。沿岸域の CCS では、このサンプリングを年に 4

回程度行うこととされている。

一方で、モニタリングを目的とした傭船を行わない方法も考えられる。大水深は場が人為活動で乱されないため、海底設備を常時設置することも可能と考えられる。この場合には、船によるサンプリングが不要となるならば、1千万円程度の設備を海底に常時設置しても傭船よりは低コストになるとの意見もヒアリングにおいて得られた。

(3)AUVに関する経済性

AUVを用いることで、連続観測で移動しながら面的にデータをとることが可能となるため、低コストを実現できる可能性があると考えられる。

AUVのコスト検討事例として、メキシコ湾でのパイプライン調査と西アフリカでのマッピング調査を例にとった事例がある。これによれば、水深が400～2,200mの範囲で実施されたメキシコ湾の事例ではAUVによる調査コストは\$291,325 掛るが、他の深海向け装置を用いた場合より59%の節約ができるとの結果が報告されている。水深が1,500mの範囲で実施された西アフリカの事例ではAUVによる調査コストは\$3,190,000 掛るが、他の深海向け装置を用いた場合より39%の節約ができるとの結果が報告されている。

1. 45-MILE GULF OF MEXICO PIPELINE HAZARD SURVEY

This pipeline route includes 15 PCs, each precipitating a 4 to 6 hour line-turn for a deep-towed system.

Specifications of this proposed pipeline route survey include:

Depths	= 400 to 2,200 metres
Total line-distance	= 600 kilometres
Line spacing	= 300 metres

	DEEP-TOWED SYSTEM WITH TWO-VESSEL USBL	AUV WITH SINGLE-VESSEL USBL
DAY RATE COST	\$26,000	\$55,000
SURVEY ECONOMY	27.2 days @ 2.5 knots	5.3 days @ 3.5 knots
TOTAL SURVEY COST	\$707,200	\$291,325
AUV COST SAVINGS	\$425,875 or 59%	

2. 26-KILOMETRE X 17-KILOMETRE WEST AFRICA SURVEY

This proposal was submitted as a regional, high-resolution mapping project.

Specifications of this proposed regional survey include:

Depth	= 1,500 metres
Total line-distance	= 6,274 kilometres
Line spacing	= 100 metres x 250 metres

	DEEP-TOWED SYSTEM WITH TWO-VESSEL USBL	AUV WITH SINGLE-VESSEL USBL
DAY RATE COST	\$54,000	\$55,000
SURVEY ECONOMY	96 days @ 2.5 knots	58 days @ 3.5 knots
TOTAL SURVEY COST	\$5,184,000	\$3,190,000
AUV COST SAVINGS	\$1,994,000 or 39%	

図 1-46 メキシコ湾と西アフリカにおける調査コストの比較

(出典)T. CHANCE, et. al (2000) [18]

また、参考として、国内での AUV の開発事例として、関東経済産業局が平成 22 年度戦略的基盤技術高度化支援事業 において実施した「自律航行型水中多目的ロボット(AUV)の開発」があり、その成果報告書において、この研究開発において作成された AUV の価格が公開されている。これによれば、2 時間程度の潜航が可能な AUV の価格として 4,000 万円

となっている。ただし、この AUV の防水仕様は水深 30m であり、大水深には対応していない。

表 1-62 国内における AUV 開発事例

	本研究開発の目標	本研究開発の達成
価 格	4 0 0 0 万円前後	4 0 0 0 万円 (暫定計算値)
重 量	約 4 0 k g	約 3 4 . 5 k g
寸 法	Φ 2 6 . 0 c m × 8 0 . c m	Φ 2 5 . 8 c m × 7 8 . 9 c m
潜航時間	約 2 時間 (自動充電)	約 2 時間 (暫定計算値)
位置精度	± 5 c m	± 5 c m (暫定計予測)

(出典) 関東経済産業局 (2011) [19]

1.2.3.3. 技術の適用事例

本項目では、既に普及している弾性波地震探査や物理検層以外の大水深モニタリング技術について、適用事例を整理する。大水深における海底採水分析、底生生物生態、海底ケーブルに関しては、主に地震観測等を目的として実施されている事例が中心であるためそれらの事例を整理する。

(1)JAMSTEC リアルタイム深海底観測システム

JAMSTEC では、リアルタイム深海底観測システムを国内の大水深において 3 カ所運用している。ここでは、海底採水分析、底生生物生態、海底ケーブル等の技術が適用されている。以下に 3 つのリアルタイム深海底観測システムの概要を示す。

- 相模湾初島沖「深海底総合観測ステーション」
平成 5 年に設置された。水深 1,174m のシロウリガイ群集域に 世界で初めて「深海底総合観測ステーション」を設置し観測を開始した。平成 12 年には新しい観測ステーションへの更新更新が行われた。
- 高知県室戸岬沖「海底地震総合観測システム」
平成 9 年に設置された。海底変動現象や海底環境変動を長期間連続して観測する「海底地震総合観測システム」を設置し観測を開始した。
- 北海道釧路・十勝沖「海底地震総合観測システム」
平成 11 年に設置された。釧路・十勝沖で発生する地震や津波に対して長期間連続して観測する「海底地震総合観測システム」を設置し観測を開始した。



図 1-47 JAMSTEC が運用するリアルタイム深海底観測システムの所在地
(出典) JAMSTEC[20]

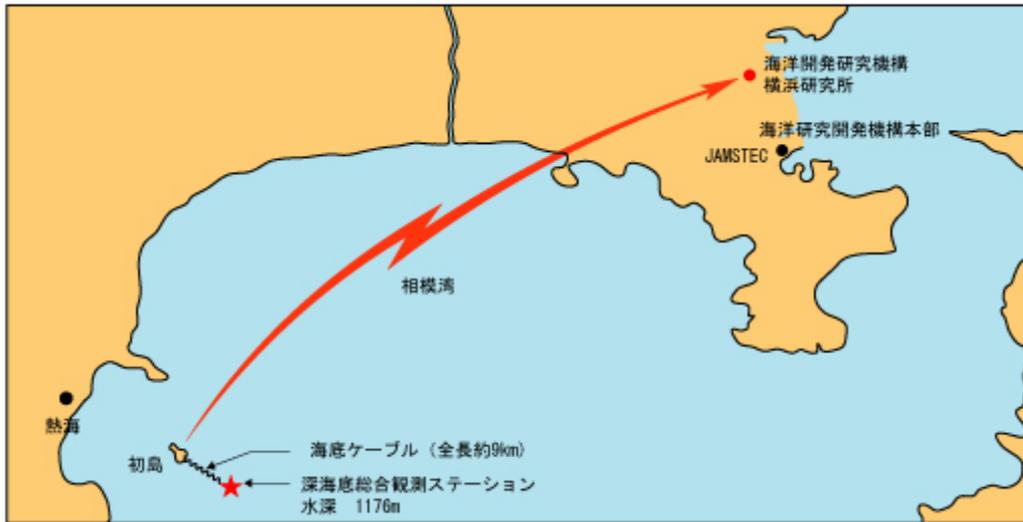


図 1-48 初島沖深海底総合観測ステーション設置位置

(出典) JAMSTEC[21]

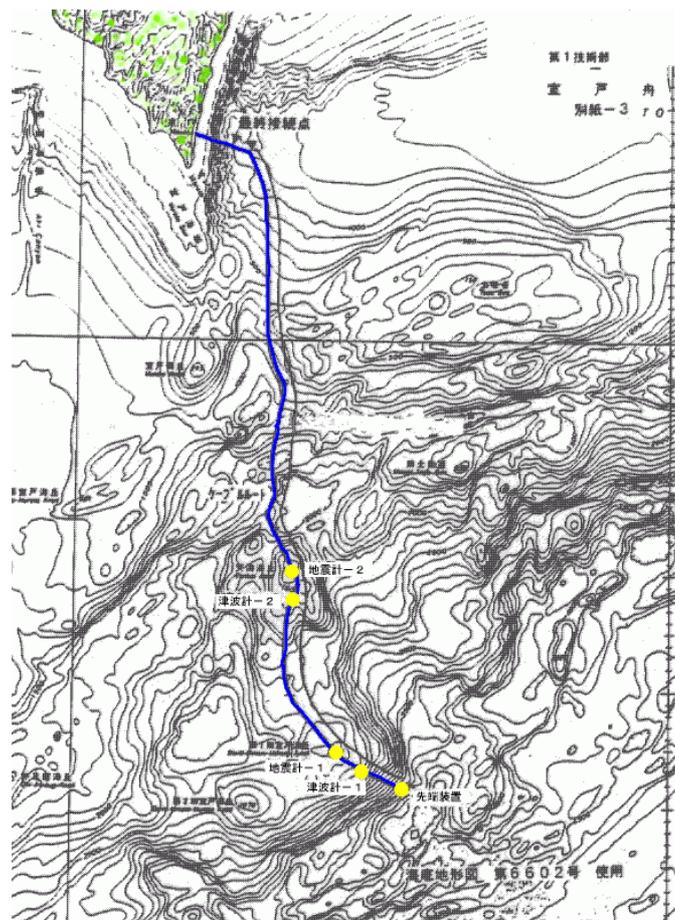


図 1-49 室戸岬沖システム設置位置

(出典) JAMSTEC[22]

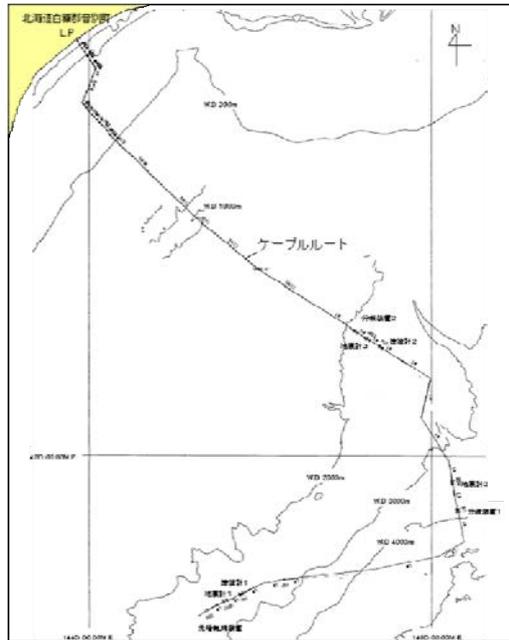


図 1-50 釧路・十勝沖システム設置位置

(出典) JAMSTEC[23]

(2)九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所の 漏洩 CO₂ のモニタリング

独自に開発した測定機器及び設備を使って、海底からの CO₂ 漏洩の発見と、そのモニタリングの方法を開発している。モニタリングの手順は、海底音響トモグラフィーを使って貯留層からの CO₂ 漏洩を発見し、自律型無人潜水船に搭載された pH/pCO₂ センサーを用いて漏洩地点の分布をマッピング、最後に遠隔操作無人探査艇を使って漏洩の影響のある地点をモニタリングするというものである。

(3) AUV の開発適用事例

欧米では、学術的な海洋・海底調査のみならず、環境調査、海底面探査、海底資源・水産資源調査といった多分野に渡り AUV の適用分野が拡大している。そして、AUV 専門の製造会社や調査会社も設立されている状況にある。

一方、我が国では AUV の開発事例も商用化事例も欧米と比較すると少ない状況にある。ただし、我が国においても水深 200m 以深を潜航可能な AUV が複数存在している。

表 1-63 水深 200m 以深を潜航可能な我が国の AUV

名称	開発組織 使用水域	種類 開発段階	目的 形状	建造年 空中重量	台数 潜航可能深度
アールワン・ロボット	東大生研・三井造船 海	航行型 実用運転	実用 魚雷型	1995 4,000kg	1 400m
R2D4	東大生研 海	航行型 開発中	実用 魚雷型	2003 1,600kg	1 4,000m
六合	国交省・三井造船 湖	複合 実用運転	実用 扁平縦型	2001 220kg	1 200m
水中探査装置	国交省・三井造船 湖	複合 実用運転	実用 扁平縦型	2002 280kg	1 400m
アクアエクスプローラ 1000	KDD 研 海	航行型 研究完了	R&D エイ型	1991 500kg	1 1,000m
アクアエクスプローラ 2	KDD 研 海	航行型 商用	実用 魚雷型	1997 260kg	2 500m
アクアエクスプローラ 2000	K-マリン 海	航行型 商用	実用 魚雷型	2000 300kg	2 2,000m
うらしま	JAMSTEC 海	航行型 開発中	R&D 魚雷型	2000 7,500kg	1 3,500m
MR-X1	JAMSTEC 海	複合型 開発中	R&D 複数容器	2000 —	1 4,000m

(出典) 白崎 (2004) [24]を基に作成

1.2.3.4. 我が国の優位性

大水深下での CO2 モニタリングに関しては、我が国において実施事例がまだ存在せず、AUV が既に使われているノルウェーのスライプナープロジェクト等の諸外国の海底下貯留プロジェクトと比較すると遅れている状況である。

ただし、CCS 以外の分野においては、我が国の独自技術として、リアルタイムでの深海底観測システムが既に大水深域において運用されている事例があり、CCS 分野でも漏洩 CO2 のモニタリング手法に関する研究成果が得られている。また、国産の AUV も存在しており、CCS 用途での検討が進んでいないという課題はあるが、要素技術は有していると考えられる。

1.2.4. 参考文献

- [1] 新井博久. 最新の海洋油ガス田開発動向についての紹介～OTC 2011 への参加を通じて～. 石油・天然ガスレビュー. 2011, Vol.45, No.4, p.71-92.
- [2] JX 日鉱日石エネルギー. “石油便覧”.
<http://www.noe.jx-group.co.jp/binran/part04/chapter02/section03.html>
- [3] RigZone. http://www.rigzone.com/data/rig_report.asp?rpt=type
- [4] 長縄成実. 最新の坑井掘削技術 (その 4). 石油開発時報. 2010, No.151, p.12-19.
- [5] 長縄成実. 最新の坑井掘削技術 (その 8). 石油開発時報. 2007, No.155, p.11-p.17.
- [6] Gregory Robert Leamon. Petroleum well costs. 2006, The University of New South Wales
- [7] Offshore. “Modest recovery possible in offshore rig market”. 2010.
http://www.offshore-mag.com/articles/print/volume-70/issue-2/top-10_offshore_drilling/modest-recovery-possible.html
- [8] Rigzone. “Offshore Rig Day Rates”
<http://www.rigzone.com/data/dayrates/>
- [9] Infield Systems. “Deepwater and Ultra-deepwater Market Report to 2015”. 2011.
- [10] 井上久隆, 中東秀樹, 工藤和男. 西アフリカ大水深における探鉱成果に基づく考察ーガボン・アンゴラのタービダイト砂岩を探るー. 石油技術協会誌. 2007, 第 72 巻, 第 1 号, p.51-64.
- [11] 天然ガス鉱業会. “天然ガス資料年報 平成 23 年版”
- [12] 日本海洋掘削株式会社.
<http://www.jdc.co.jp/business/offshore/list.php>

- [13] 日本海洋掘削株式会社. <http://www.jdc.co.jp/business/offshore/h5.php>
- [14] JAMSTEC 地球深部探査センター. <http://www.jamstec.go.jp/chikyu/jp/index.html>
- [15] 日本マントル・クエスト株式会社. <http://www.mqj.co.jp/kussaku/>
- [16] GCCSI. "Preliminary Feasibility Study on CO2 Carrier for Ship-based CCS". 2011.
Phase-1:<http://www.globalccsinstitute.com/publications/preliminary-feasibility-study-CO2-carrier-ship-based-ccs>)
- [17] 村井重夫. CO2 地中貯留技術の実用化に向けての課題と RITE の取組み. 2010, RITE 革新的環境技術シンポジウム資料.
<http://180.235.241.158/news/events/pdf/kakushin101202-murai-ppt.pdf>
- [18] Chance, T.S., Kleiner A.A., Northcutt, J.G. The Autonomous Underwater Vehicle(AUV): A Cost-Effective Alternative to Deep-Towed Technology. 2000, Integrated Coastal Zone Management, p.65-69.
http://www.cctechol.com/uploads/181_0.pdf
- [19] 関東経済産業局成果報告書. “自律航行型水中多目的ロボット(AUV)の開発”. 2011.
- [20] JAMSTEC. <http://www.jamstec.go.jp/donet/j/realtime/>, (参照 2014-2-10)
- [21] JAMSTEC.
http://www.jamstec.go.jp/scdc/html_sysindex_j/routeha.html, (参照 2014-2-10)
- [22] JAMSTEC.
http://www.jamstec.go.jp/scdc/html_sysindex_j/routemu.html, (参照 2014-2-10)
- [23] JAMSTEC.
http://www.jamstec.go.jp/scdc/html_sysindex_j/routeku.html, (参照 2014-2-10)
- [24] 白崎勇一. わが国の AUV 開発とこれから. 海洋政策研究財団ニューズレター. 2004, 第 91 号