

メタンハイドレートの掘削と生産について

市川 祐一郎¹⁾

1. メタンハイドレート掘削・開發生産の現状

ハイドレート物性の研究実績に比べ、ハイドレート層の掘削実績・生産実績はほとんど無いに等しく、メタンハイドレート層からの生産を目的として開発された例は皆無である。

わずかに知られている掘削実績は、陸上においてはシベリアおよび北米最北端の永久凍土地域、海洋においてはOcean Drilling Program (ODP)とその前身であるDeep Sea Drilling Project (DSDP)および北極圏ポーフォート海における経験だけである。しかも、ODPにおいては生産テストのできないライザー掘削であり、ポーフォート海を含む永久凍土地域では在来型の石油・天然ガス開発に伴って付随的にハイドレート層の掘削が行われたに過ぎない。海洋でハイドレートを従来の石油/天然ガスのようにライザーと防噴装置を使用しての資源目的で掘削した例はまだ無い。

また、生産実績は、シベリアのメソヤハガス田でハイドレート下部のフリーガス生産に伴ってハイドレートの分解ガスが生産された例と、ノーススロープで掘削途中にドリルステムテストが実施された1例があるのみである。

以上のようにハイドレート層の掘削および同層からの生産には非常に限られた実績しかなく、情報も非常に限られているが、今後我が国でハイドレート開発を目指していくためには少なくともこれらの実績を踏まえた検討が必要であろう。

2. メタンハイドレート掘削・開發生産のために考慮すべき条件

2.1 概要

メタンハイドレート層の掘削・開發生産を計画する上では、前述の限られた実績を検討するだけでは不十分であり、現状で手に入るメタンハイドレート層に関するあらゆる基本的条件を抽出した上で、その条件を掘削技術・開發生産技術の観点から総合的に解釈して問題点を予想・摘出し、それに対し考えられる最善の対策を検討する必要がある。もちろん実績が積みまれてくようになれば、そのフィードバックが効率的に以降の計画に生かされるようにされねばならない。

ここで掘削・開發生産技術上考慮すべきメタンハイドレート層に関する基本的条件についてまとめ(第1図参照)、またこの条件に基づいて予想される問題点と可能性のある対策を次章以降述べる。

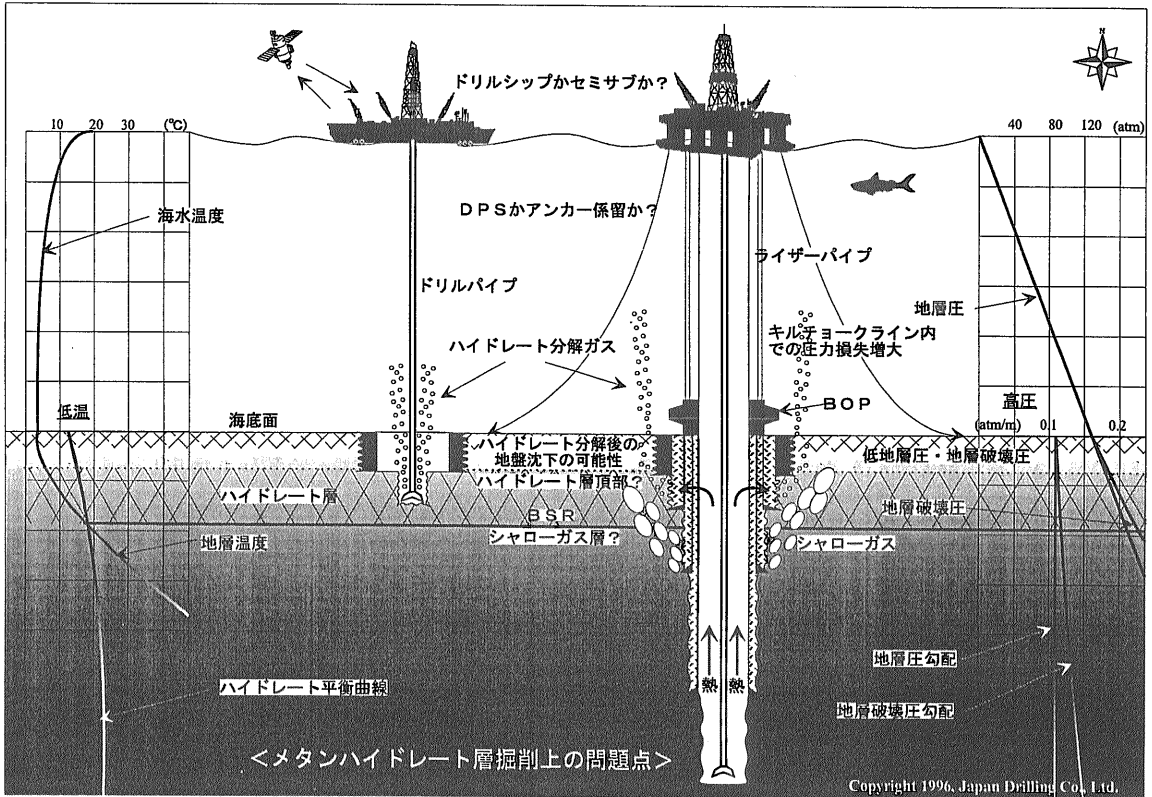
2.2 掘削・開發生産技術上考慮すべきメタンハイドレート層の基本的条件

1) 物性

- ・メタンハイドレートの賦存層がどのような深度であろうとも、分解すると地表では120～170倍に膨張する。(充填率により異なる)
- ・一般的に低温・高圧条件下で安定である。即ち、高温・低圧にすると分解する。
- ・平衡条件は、ハイドレート化しているガスの混合成分により変化する。(混合ガス効果)
- ・平衡条件は、ハイドレート化している水溶液の混合成分により変化する。(溶質効果)
- ・ハイドレートの分解は吸熱反応である。
- ・ハイドレートが分解して生成された水はハイドレートを再生成しやすいと考えられる。(水分子のクラ

1) 日本海洋掘削(株) エンジニアリング事業部：
〒106 港区西麻布3-20-16

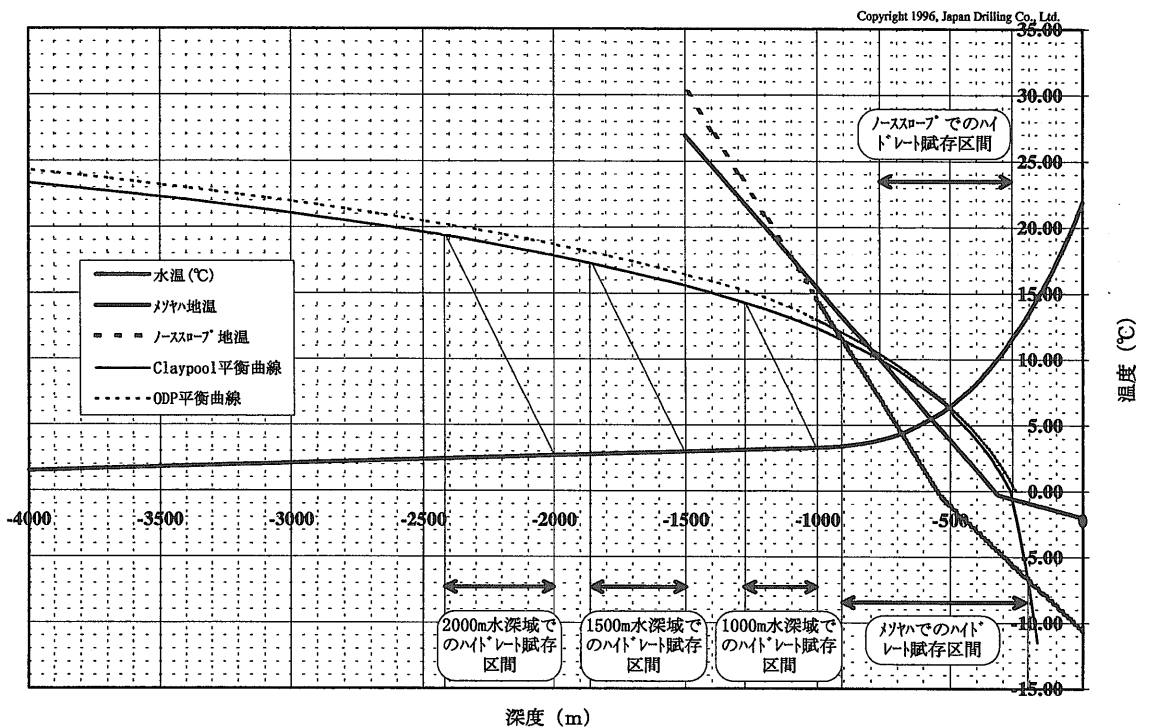
キーワード：ハイドレート、掘削技術、生産技術、掘削リグ、ウェルコントロール、セメンチング、ケーシング、大水深掘削、泥水、海洋開発



第1図 メタンハイドレート層掘削上の問題点

- スター化)
- ・原位置状態のハイドレートの物性はよく判っていない。
- 2) 分布
- ・陸域では永久凍土地域に限定される。
 - ・海域では水深500m以上の大水深域に限定される。
 - ・したがって、日本周辺では大水深海域のみに賦存する。
- 3) 賦存環境 (第2図)
- <陸域>
- ・地表面より200～1,000mの深度に賦存する。
 - ・地表面からの深度は比較的深く、固結の進んだ地層に賦存し、地層破壊圧は大きい。
 - ・海域の賦存環境に比べ低温・低圧である。
 - ・ハイドレート層下部にフリーガス層が存在することがある。特にBSRが鮮明な場合は、その可能性が高い。
- <海域>
- ・水深500m以上の大水深海底面下に賦存する。

- ・水深が深くなればなるほど賦存可能性のある層厚は厚くなる。
 - ・賦存可能性のある地層は海底面下深度0mより始まる。
 - ・賦存可能性のある深度は海底面より比較的浅く、未固結の地層に賦存し、地層破壊圧は小さい。
 - ・陸域の賦存環境に比べ高温・高圧である。
 - ・大水深のため地層破壊圧勾配が小さくなり、地層圧勾配との差が小さくなる。
 - ・大水深のため海底部の水温が0℃近くの低温になる。
 - ・大水深のため海底部での静水圧が大きくなる。
 - ・ハイドレート層下部にフリーガス層が存在することがある。特にBSRが鮮明な場合は、その可能性が高い。
- 4) 掘削・開発生産実績 (前章参照)
- ・陸域での掘削実績はメタンハイドレート層下部に賦存する従来型石油・天然ガス資源を目的としたものがほとんどである。生産実績も非常に限定されている。



第2図 メタンハイドレート平衡温度と賦存区間比較

・海域での掘削実績は科学的で掘削された例があるだけでエネルギー資源としての掘削実績(ライザー掘削)は無いに等しい。生産実績は無い。

3. 掘削技術上の問題点とその対策

3.1 掘削手法の基本的な考え方

メタンハイドレート層の掘削手法については、パーマフロストおよびハイドレートの物性に関する知見と掘削経験とに基づいた次の2通りの掘削方法が知られている。

1) 分解抑制法

掘削泥水の冷却によってメタンハイドレート層の温度上昇を防ぎ、相平衡状態をハイドレートの分解抑制側に維持する掘削方法である。また、泥水冷却に比べれば効果は小さいが、泥水比重を高めて坑井内の圧力を上げることもハイドレートの安定に寄与する。パーマフロストの掘削に採用されてきたのはほとんどこの方法である。

2) 分解許容法

従来から採用されてきたハイドレート分解抑制

法に代わる新しい方法としてL.J.Franklinが提案したものである。この方法では、低比重の冷却されていない泥水を用いてハイドレートの分解を誘起させる。しかし、その分解はコントロールされたもので、ガスはリグ上のローターティングダイバータと大容量低圧ガスセパレータで安全に処理する。掘進率は安全なガス処理能力によって制限される。ビット交換のための揚降管や電検、ケーシング・セメンチング作業等のためにハイドレートの融解を停止させる必要があるときは、予め重泥水を坑井内に送り込んで放置する。

ガスの坑井内流入を促すというFranklinの考え方は今日の一般的な坑井抑圧法と矛盾するものである。また、この方法の発表後、理論的には正しいようでも現実には問題を起す可能性があるのではないかという懸念が数多く表明された。例えば浅層のフリーガスへの対応、坑壁の安定性の損失、ハイドレート層下部のフリーガス層との区別の難しさ、掘削クルーの認知を得難い、などである。公的にはこの方法は認められておらず、実験的にこの手法を用

いて掘削されたことがあるという程度にすぎない。またL.J.Franklinとの直接討論の結果、海洋のハイドレート掘削には分解抑制法を用いるのが妥当としており、実質的には分解抑制法の採用を念頭におくべきと考えられる。

安全、効率的かつ確実なハイドレート層の掘削方法を確立するために、多くの技術者・研究者が永久凍土下のハイドレート層掘削経験をもとに、掘削方法に関するガイドラインを以下のとおり提示しているが、これらはこの分解抑制法を基にしたものである。このガイドラインは陸上坑井をターゲットにしたものであるが、我が国の海洋ハイドレート掘削にも同様に考慮すべきものであろう。

- (a) 掘削作業開始前に、震探データ、ハイドレート平衡曲線および推定圧力勾配・地温勾配よりハイドレート賦存深度を推定する。近傍坑井のデータがあれば、そのハイドレートに関する情報を取得する。
- (b) 適切な坑井熱伝導モデルとハイドレート分解モデルを組み合わせた掘削シミュレーションモデルを用いて、掘削時のハイドレートの挙動を推定し、掘削計画に反映する。
- (c) 掘削中には、掘進率、戻り泥水中のガス含有量、掘層の状態等を常に監視し、ハイドレートの徴候をできるだけ早期に検知する。さらに、MWD、LWD等による掘進中のリアルタイムな坑内データ監視が薦められる。
- (d) ハイドレートの徴候が検知された場合は、速やかに泥水比重、泥水温度、泥水循環量、掘進率といった掘削パラメーターを坑内温度シミュレーションモデルに基づき適切に調整し、ガスの流入量をコントロールするとともに、下部のフリーガスをも想定したキックコントロール体制を取りつつ掘削を進める。

世界的に見ても極くわずかな経験しかないメタンハイドレート層の掘削について、オペレーション上の問題点、特に海洋ハイドレート掘削の問題点について具体的な事例を基に抽出・検討することは非常に困難である。したがって、海洋ハイドレート層の掘削技術を確認していくには、パーマフロスト層の掘削経験とハイドレート物性に対する更なる研究に基づき、海洋掘削と生産のオペレーションに豊富な経験を持つ技術者が総合的に検討をしていくのが有効な方策

であろう。

3.2 掘削リグの選択

前述のとおり、BSRにより推定されたメタンハイドレート分布状況および賦存条件から、陸域のメタンハイドレート層は深度200～1,000mの範囲に分布しており、海域では水深500m～5,500m(そのうちの多くは水深800m～1,000m以上。また、ハイドレート層の基底を示すと考えられるBSRは、海底下100m～1,100mの深度にある。)の範囲に分布していると考えられている。

したがって、その掘削には、陸域の場合は、ガス処理能力の向上および泥水冷却能力を考慮する必要があることを除けば掘削リグの能力に関して問題は無く、特別な技術が必要と言う訳ではない。しかし、海域の場合はその稼働可能水深が800m～1,000m以上の大水深掘削リグが必要となる他、各種能力を検討しなければならない。この水深となると海底に固定するタイプの掘削リグでは作業不可能なため、ドリルシップあるいはセミサブマリーシブルと呼ばれる海上に浮かぶタイプの掘削リグ(合わせてフローターと称される。)に限定される。以下、このフロータータイプの海洋掘削リグについて考察する。

1) 海洋掘削リグの現状

1996年現在(アップグレード中のリグも含める。)、仕様上の稼働水深が3,000ft(約900m)以上の海洋掘削リグの一覧を第1表に示す。この表のとおり、現状では7,800ft(2,377m)が最大稼働水深であり、2,000mを超える水深で稼働できるリグは3基しかない。したがって石油・天然ガス試掘の対象となる海域を考慮すれば致し方ないが、ハイドレートの試掘対象海域に適用できるリグはかなり限られてくる。その上日本近海の有数のハイドレート賦存海域と目されている南海トラフは、黒潮のため潮流が相当速い海域が多く、その条件に耐えられるとなるとさらに適用可能リグは限定される。また、ハイドレート層を目的として海洋で掘削された例はなく、海洋掘削リグの仕様がそのままハイドレート層掘削に適切であるかは疑問が残る。

学術目的で使用されている船型リグのJOIDES Resolutionは水深2,000m以上でも稼働してはいるが、ライザーパイプ・防噴装置がなく安全上の問題があり、泥水が使用できないためガスハイドレートの

第1表 稼働水深3,000ft以上の海洋掘削リグ(1996年末)

リグ名	操業社名*1	タイプ*2	建造年*3	稼働水深*4 (ft)	掘削深度 (ft)	DPS*5
1 Discoverer 534	Transocean Offshore	DS	'75 UG'96	7,800	20,000	○
2 Discoverer Seven Seas	Transocean Offshore	DS	'76	7,500	25,000	○
3 Ocean Clipper	Diamond Offshore	DS	'77 UG '97	7,500	25,000	○
4 Peregrine I	Falcon Drilling	DS	'83 UG'96	6,750	21,000	○
5 Scarabeo 5	Saipem	SS	'90	6,000	25,000	○
6 Ocean Alliance	Diamond Offshore	SS	'88	6,000	25,000	○
7 Sedco 710	Sedco Forex	SS	'83	6,000	25,000	○
8 Sedco 709	Sedco Forex	SS	'77	6,000	25,000	○
9 Sonat Richardson	Transocean Offshore	SS	'88	5,000	25,000	×
10 Ocean America	Diamond Offshore	SS	'88	5,000	30,000	×
11 Ocean Valiant	Diamond Offshore	SS	'88	5,000	30,000	×
12 Ocean Victory	Diamond Offshore	SS	'72 UG'97	5,000	25,000	×
13 Bideford Dolphin	Dolphin Drilling	SS	'75 UG'97	5,000	30,000	×
14 Neddrill 2	Noble Drilling	DS	'77	4,500	25,000	○
15 Ocean Star	Diamond Offshore	SS	'74 UG'96	4,500	25,000	×
16 Jim Cunningham	Reading & Bates	SS	'82 UG'96	4,500	25,000	×
17 Schahin Cury Lancer	Schahin Cury	DS	'77	4,000	20,000	○
18 Treasure Legend	Transocean Offshore	SS	'83	4,000	30,000	×
19 Jack Bates	Reading & Bates	SS	'86	4,000	30,000	×
20 Transocean Rather	Transocean Offshore	SS	'87	4,000	25,000	×
21 Neddrill 1	Noble Drilling	DS	'81	4,000	25,000	○
22 Nedrill Muravlenko	Noble Drilling	DS	'82 UG'97	4,000	20,000	○
23 Peregrine 3	Foramer	DS	'76	3,950	20,000	○
24 Sovereign Explorer	Sedco Forex	SS	'84	3,500	25,000	×
25 Ocean Quest	Diamond Offshore	SS	'73 UG'96	3,500	25,000	×
26 Ocean Winner	Diamond Offshore	SS	'77 UG'96	3,500	25,000	×
27 Transocean Amerante	Transocean Offshore	SS	UG'97	3,500	?	×
28 Peregrine II	Falcon Drilling	DS	'79	3,300	25,000	○
29 Ocean Worker	Diamond Offshore	SS	'82	3,300	25,000	×
30 M G Hulme Jr	Reading & Bates	SS	'83	3,300	25,000	×
31 R&B Rig 41	Reading & Bates	SS	UG'97	3,300	?	×
32 Ocean Voyager	Diamond Offshore	SS	'73 UG'97	3,200	25,000	×
33 FPS Bill Shoemaker	Sedco Forex	SS	'80 UG'97	3,000	25,000	×
34 Omega	Sedoc Forex	SS	'83 UG'96	3,000	25,000	×
35 Ocean Yatzy	Diamond Offshore	SS	'89	3,000	25,000	○

Copyright 1996, Japan Drilling Co., Ltd.

- *1 ここで示しているのはあくまで操業会社であり保有会社と異なる場合もある。
 *2 S S はセミサブマリーナブル(半潜水型)を、D S はドリルシップ(船型)を示す。
 *3 UGはアップグレード終了年を示す。UG'97は、現在アップグレード中で1997年に完了することを示す。
 *4 ライザー使用の場合の稼働水深。データソースにより異なる場合は大きい方の値を採用。
 *5 DPS: ダイナミックポジショニングシステム(Dynamic Positioning System)、○が装備を示す。
 尚、ODPのドリルシップ JOIDES Resolutionの稼働水深は27,000 ftであるがライザーレス掘削のため入れていない。

調査は非常に限定されたものとなっている。

掘削深度については、いずれも20,000ft(約6,000m)以上の能力があり、特に問題はない。

2) 海洋掘削リグの問題点と対策

日本海域のメタンハイドレート掘削に使用する掘削リグを考えた場合、以下のような問題点が考えられる。

- ・稼働水深3,000ft級の海洋掘削リグは現時点では日本には無い。世界的にもアップグレード中のものを含めても35基と少ない。このクラスのリグはほとんどが長期の契約にコミットしており、またいずれも保有掘削コントラクターにとって看板リグであるため、大水深掘削リグのアベイラビリティは、かなりひっ迫したものとなっている。なお、ハイドレート層掘削が継続的に実施されるようなら、長期契約による大水深掘削リグの確保、既存リグの改造、あるいは新規リグの建造も考えられる。但し、一朝一夕に解決できる問題ではない。
- ・候補海域、時期に最適なリグの候補を早目に抽出するには、候補海域の海気象条件(特に潮流と風速)・海底地形・海底土質・水深・震探データ・海水温度等の早期把握が必要となる。
- ・掘削リグの位置保持にアンカーによる係留でなくスラスターとコンピューター制御による自動位置保持システム(Dynamic Positioning System : DPS)を採用している場合の生産テストは非常にクリティカルな作業でありその実例は少ない。したがって、DPSの信頼性を含めた安全性についての詳細な検討が必要である。
- ・ガス生産を念頭においた海洋ハイドレート層掘削はまだ世界に例がない。したがって、掘削リグタイプの選定(ドリルシップかセミサブか)も含め、ハイドレート層掘削のために特別に必要な機器の仕様決定および選定を早い時期から候補リグへの配置も考慮し入念に検討しておく必要がある。特に、ウェルコントロールに関わる機器装置、即ち、ダイバーターシステム、サブシーシステム(マリンライザー、キル・チョークライン、BOPシステム)、ガス処理装置(デガッサー、マッドガスセパレーター、放散塔等)、泥水冷却装置、ソリッドコントロールシステム等の仕様が重要と考えられる。
- ・上記と同様の理由で、乗船人員のためのハイドレート層掘削特別トレーニング用のカリキュラム作成

を早くから検討・準備しておく必要がある。

3.3 事前ロケーション調査の必要性

メタンハイドレートの探鉱の場合に限らず、一般に海洋で掘削作業を行う場合には、事前にロケーション調査(サイトサーベイ)を実施し、海底地形を調査して異物が無いことを確認したりシャローガスの危険性を調べたりすることが安全な掘削作業のために不可欠である。この調査には、噴出防止装置(BOP)と海底坑口装置を設置する海底面付近の地盤強度を調べるという目的もある。メタンハイドレートを目的とする大水深掘削の場合は、この調査の重要性はより増す。

さらに、メタンハイドレートを目的として海洋掘削を実施する場合には、ハイドレートの分解による支持力喪失や海底地盤の沈下の危険を避けるという考慮が必要になる。ハイドレートが分解して坑径が拡大すると、その区間のケーシングが圧潰を起こしたり、ケーシングの上端に取り付けられている坑口装置やBOPが支持力を失って傾き、それらが倒壊して坑内圧力コントロールの手段を失い暴噴に至る恐れも考えられる。

このような事故を予防するには、ハイドレート層が分解してもその上部にケーシング/坑口装置/BOPを支えることができる強固な地盤が確保できることを事前に確認しておく必要がある。このためには、ハイドレートの分布を水平方向についてだけでなく鉛直方向についても事前に調査しなければならないが、BSR等の地震探査上の現象からガスハイドレート層の分布を知る技術が現時点では未だ確実なものではなく、特にハイドレート層の上端の位置をBSRから知ることは原理的にも不可能である。したがって、掘削作業を安全に実施するためには、どうしても在来型のサイトサーベイ、即ち、エコーサウンダー、サイドスキャンソナー、サブボトムプロファイラー、高分解能地震探査等に加えて海底面下100~200m(コンダクターケーシング設置深度)までのコア掘りを実施し、地盤強度を確認することが必要になってくる。

この調査のためには深海用の調査船が必要であるが、現在、世界のマーケットで入手可能な調査船および調査機器は、ほとんどが水深600~700m程度までの調査能力しか備えていない。例えば、Fugro社のスタンダード機器の最大調査水深は650mである。

現時点で大水深対応可能と判明している調査船はFugro社契約のM/S Bucentaur, M/V Pholas, BavenitおよびM.V. Walterだけであり、種目にもよるが、水深1,500m位までの調査が可能である。したがって問題はそのアベイラビリティと、ハイドレートの解釈手法である。特に後者の問題は、今後の経験と実績によるしか方法はないと思われる。

3.4 掘削泥水の必要条件

ハイドレート分解抑制法を用いる場合、ハイドレート層掘削用の掘削泥水には、一般的に石油・ガス井掘削の際に求められる特性は無論のこと、ハイドレートの分解抑制機能および坑内での再生成抑制機能という相反する機能が求められる。これら両機能を満足するには、単純にはハイドレート層近傍における環境条件(温度・圧力)がハイドレートの準安定領域(分解も生成もしない温度・圧力領域)になるようにすれば良いわけであるが、考慮すべき影響要素が数多くあり、各種研究が進められている。しかし、その研究のターゲットは、ハイドレート分解抑制かハイドレートの再生成抑制のいずれか片方であり、これらを同時に満足するという前提の下での研究はなされていない。また、ハイドレート分解抑制に関しては物理的な手法が、再生成抑制に関しては化学的手法がそれぞれ研究の主対象になっており、実際の現場でもそれぞれの手法が主に用いられている。

1) ハイドレートの分解抑制

ハイドレートの分解を抑制するには、ハイドレート層近傍の温度・圧力条件をその環境でのハイドレートの平衡条件より温度は低く、圧力は高くすれば良い。このためには、(a)物理的に泥水の温度を下げる/泥水比重を上げる、(b)泥水を化学的にハイドレートを分解しにくいものに変える、が考えられる。いずれの手法を取るにせよ、その効果と経済性を検討しなければならないことは言うまでもない。特に、前者の場合は、ハイドレートの再生成を防止する必要性、地層の破壊圧、泥水の流動特性(低温下での泥水の高粘性化)等を考慮する必要があるため、むやみに温度を下げ、圧力を高めれば良いというわけではない。また、後者の場合は、ハイドレートの再生成を防止する必要性、泥水性状に対する添加剤の影響等を考慮する必要がある。

従来より、永久凍土地域のハイドレート層掘削で

は、前者の方法が取られている。即ち、地表の特別な冷却装置(同地域で簡単に入手できる冷たい海水を利用した熱交換器)により温度を -3°C ~ 3°C 程度まで降下した泥水を用い、必要に応じて比重を上げた重泥を併用して坑底圧を上げ、ハイドレートの分解を抑制している。また、泥水循環量を上げて、アニュラス内の圧力損失により坑底圧を上げたり、乱流状態により温度を下げる方法も取られている。

2) ハイドレートの再生成抑制

ハイドレートの再生成を抑制するには、フリーのメタンガスの温度・圧力を生成条件に達しないようにすれば良い。即ち温度を上げ、圧力を下げれば良いということになるが、ハイドレートの分解抑制と相反することになり、この物理的な手法は普通用いられない。再生成抑制には、この生成曲線を泥水中に適当な添加剤(食塩等塩類、アルコール、グリコール、グリセリン等)を混入して生成曲線を変化させ、生成し難くさせるのが一般的な手法となっている。またハイドレート生成に必要な水分の少ない泥水(オイルベースマッド等)を用いることもできる。

3) 掘削泥水の問題点と対策

- ・掘削中、循環中の掘削泥水の温度の予測、坑内温度の予測等シミュレーション手法は、精度の点からまだ充分なものが無い。したがって、これらの調査・検討が必要である。この際、泥水の流動状態による伝熱特性の変化も考慮する必要がある。
- ・低温泥水の粘性変化(PVおよびYVの急激な増加)による圧力損失の増大の検討および低温からやや高温までの広い温度範囲内で、流動特性をある程度適正に保てる泥水の研究は、まだ緒にいたばかりである。したがって、低温泥水の性状の研究、適正な流動特性を保てる泥水の開発が必要となる。
- ・ハイドレート再生成抑制のための添加剤の研究は多く行われているように見られがちであるが、実際は、色々なコンビネーションを考えると取得されたデータは、まだまだ不十分であるとの認識が研究者にある。したがって、当面はすべてのコンビネーションを検証するというのではなく、目的海域の条件毎に技術的・経済的に合致する再生成抑制添加剤の検討が望まれる。

掘削作業中の効率的かつ効果的な泥水冷却手法の検討が必要である。

3.5 キックコントロールの考え方

1) ハイドレート層からのキック

永久凍土地域でのハイドレート層掘削時のキック関連のトラブルの報告は多くなされている。G. D. Sharma et alのDOEレポートによれば、泥水中への大量のガス混入、Mckenzie Deltaで掘削中ハイドレート分解による多数のガスキックおよび震探リグの火災、ブローアウトに近い状態等を経験している。また、T. S. Collettのコロラド鉱山大学での会議では、アラスカでのハイドレート層からのガス噴出およびハイドレート層下部フリーガスが原因の暴噴が報告されている。

これらのキック等のトラブルに対するコントロール方法についての詳細な検討例は、調査では得られていないが、陸上におけるハイドレート層関連の泥水冷却技術・ケーシングセメンチング技術等掘削手法上の対策が取られその対策はほぼ確立されている。また比較的地層が強固なため、キックコントロール手法は従来通りの手法で行われている。

海洋の場合キックコントロール中のBOP内でのハイドレート再生成の対策についてはかなり研究が進められているが、ハイドレート層掘削に関わるキックコントロール方法についての検討がなされた例はない。ここではメタンハイドレートの物性等および賦存海域、従来のウェルコントロール手法を勘案し、日本周辺海域でのメタンハイドレート層掘削を実現する上で必要な海洋掘削におけるキックコントロール上の問題点およびその対策について述べる。

2) キックコントロールに関する考察

ハイドレート層を掘削する際のキックコントロールの対象は、(a)ハイドレート層のキック：掘削中および掘削後、(b)ハイドレート下部フリーガス層のキック：掘り込み時、(c)BOP内でのハイドレート再生成：特にキックコントロール作業中、である。またその目的は、(a)キックの予知・未然防止、(b)キックの徴候検知、(c)実際のキックコントロール作業、(d)キックコントロール中のハイドレート再生成防止、(e)ハイドレートが再生成した場合の対策、である。

従来の手法でこれらに対処でき、目的が遂げられれば問題ないが、前述のとおり、一般的な海洋掘削と比較して固有な特殊条件があるため、以下のような多くの解決すべき課題が包含されていると考えられる。

・大水深

水深が浅い場合に比べ、同深度の地層の圧密度が小さく地層の破壊強度が小さい。陸上に比べ、水深の影響で地層破壊圧勾配が小さく、地層圧勾配との差(キックマージン)が小さい。キル・チョークラインが長くなり、同内の摩擦損失が大きくなる。海底面付近の圧力が高く、ハイドレートが再生成されやすい。

・浅掘削深度

地層の破壊圧勾配が小さい。ハイドレート層に掘り込む前にケーシングがセットできない可能性がある。

・低温

泥水の粘性が増加する。海底面付近でハイドレートが再生成されやすい。

・ハイドレートの物性等

ハイドレート層頂部の深度予測が難しい。圧力、浸透率、孔隙率、飽和率等を含め、胚胎状況が判らない。分解速度が不明なため出てくるガス量が推測できない。

・フリーガス

いわゆるシャローガスと異なり、その圧力は高い可能性がある。またポケットガスではなく、相当な規模のガス層が存在するかも知れない。存在の有無が事前に確認できない。

3) キックコントロール上の問題点

上述のキックコントロールの目的とこれらの考慮点を整理すると、目的を成就する上での現状の問題点は以下のように整理される。

(a) キックの予知・未然防止

掘削作業開始前に、キックの起こりそうな地層の深度を予測し、ガスの発生条件あるいはその地層圧力を予測できれば、キックを未然に防止する有力な手がかりとなる。

現状ではハイドレート層頂部の深度予測ができない。また、ハイドレート層底部の深度はBSR、平衡条件等である程度予測できるが精度に問題がある。(ODPの第164節の結果によると、平衡条件で予想したハイドレート最下部深度は、実際の深度より数10mから100m程度深く出ることが確認されている。)その他ハイドレート層下部にフリーガスが存在するかどうか予測できない。

(b) キックの徴候検知

掘削作業中に、ハイドレート層あるいは下部フリーガス層へ掘り込んだことをより早く検知できれば、それだけ対策も早く打つことができ、ブローアウト等の大きな問題に発展する可能性を小さくすることができる。

実績によれば掘削中のハイドレートあるいはフリーガス層を掘進率によって検知するのは相当困難としている。また、坑口に出てくるガスが、いわゆるシャローガスであるか、ハイドレート分解ガスであるかあるいは下部フリーガスであるかの瞬間的な判別が非常に難しく、取るべき対策の判断を誤る可能性がある。現状技術では、MWD、LWD等を用いて、音波速度検層（ハイドレート内では約40 μ sec/ftの減少）、比抵抗検層（ハイドレートの比抵抗は水の約50倍）等によりハイドレートの検知はできようが、それらの機器のセンサー位置はビットからある程度離れており、当該地層にある程度掘り込んでからでなければ判らないため、検知が遅れる。

(c) 実際のキックコントロール

従来のオーソドックスなキックコントロール手法、即ちドリラーズメソッド（二循法）、ウェイトアンドウェイトメソッド（エンジニアーズメソッド：一循法）およびコンカレントメソッドの基本的な原則は、いずれも坑底圧を地層圧よりやや高い値で一定値に保ち、地層内から坑内にそれ以上の流体が浸入してこないようにすることにある。一方、ハイドレート層から出てくるガスは、地層圧ではなく、圧力・温度・化学的環境という分解時の平衡条件により決まってくるものであり、そのコントロールの原則は、根本から異なったものになると考えられる。また、キックのシベリティは、周囲の圧力・温度条件および掘進率に左右されるであろうが、ハイドレートの分解に関する定性的な記述（ハイドレートの地表条件下での分解の激しさを「表面からガスがぶくぶく出てくる。」と表現している例がある。）から想像するに、通常のシャローガスあるいはフリーガスに比べ、かなり小さいと思われる。無論、適切に状況を捉えるには、ハイドレート分解速度の詳細な検討が必要ではある。その他、硫化水素等酸性ガスの存在可能性も考慮すべきである。

以上に加え、従来永久凍土域でのハイドレート層掘削時に取られてきた方法を考慮すると、ハイドレート層からの流入ガス量のコントロールは、原則的には、掘削泥水による温度・圧力条件の調整と、ガス

の放散（ガスダイバーティング）が主体になると推測される。この方法をとる場合、以下の問題を考慮する必要がある。

- ・ ケーシングが設置できない深度にハイドレート層が存在する場合の対策
- ・ 必要なケーシング強度、適切なケーシング設置深度
- ・ 坑内温度および泥水温度の予測法
- ・ ハイドレートの平衡条件（ハイドレート層の地質的な歴史も含む）
- ・ 坑内条件下のハイドレート層の分解速度
- ・ ガス放散手法

下部フリーガス層は、一般的なシャローガスと異なり、その規模が大きく圧力が高い可能性があるため、従来のシャローガスコントロール手法のように、ガスの放散だけでは対処できない場合もあり得る。また、キックのシベリティは、浸透率にも左右されるが、胚胎層の圧力・規模から、従来のシャローガスと同等かそれ以上と推測される。

したがって、坑底圧一定のコンセプトに基づく従来のキックコントロール手法が原則的には用いられることになると考えられる。この手法をとる場合に、以下の問題を検討する必要がある。その結果によっては、その手法を改良した特殊ケースに対応する手法および装置が必要になってくることもあるかもしれない。

- ・ 地層破壊圧が小さい
- ・ 適切なケーシング設置深度の決定方法
- ・ 水深が深く、低温泥水の高粘性化のためキル・チョークライン内の圧力損失が増大
- ・ 必要なケーシング強度の決定
- ・ 逸泥、アンダーグラウンドブローアウト対策
- ・ BOP内のガスの再ハイドレート化（以降参照）

(d) キックコントロール中のハイドレート再生成防止

ハイドレートの再生成を防止するには、ガスがなるべく坑内に入らないようにし、循環状態を維持して坑内の温度・圧力・化学的環境条件がハイドレートの生成条件にならないようにすれば良いということになる。この点に関しては、前述の掘削泥水の必要条件の項も参照されたい。なお、同項に述べられている問題点のほかに、以下を考慮する必要がある。

- ・ ハイドレートの再生成速度
- ・ BOP等サブシー機器に備える特別な装置の必要

性

(e) ハイドレイトが再生成した場合の対策

ハイドレイトは再生成を防止するより、除去の方がはるかに難しく、時間が掛かり、コストも掛かるとされている。したがって、ハイドレイトの再生成を防止するのが最良であるが、万一に備え、その除去方法を準備しておく必要がある。また、BOP等のハードウェアの改良が必要になってくる可能性がある。以下に、このハイドレイト除去に関する各社の経験を紹介する。

- ・メタノール、グリセリン等をキルラインより注入する。
- ・暖かい海水をブースターラインを通して循環する。
- ・ハイドレイトのプラグは中間から分解するより、両端から分解した方が効率が良い。

4) キックコントロール技術を確立するための対策

以上の検討結果より、今後、ハイドレイト層掘削作業中のキックコントロール手法を確立していく上で必要と考えられる研究項目および情報は、以下のようにまとめられる。いずれも現在石油公団と、民間との共同研究で研究中であり、近々その成果が期待できるものと思われる。

- ・ハイドレイトの分解速度の数値モデル、できれば原位置のハイドレイトの物性予測手法(ハイドレイト層生成の地質学的歴史が判れば非常に参考になる。)
- ・ハイドレイト層頂部の予測方法・掘削中の検知方法およびハイドレイト層下部フリーガス層頂部のより正確な予測方法(BSR深度のより正確な算出手法、ハイドレイト平衡条件の詳細なデータ)・検知方法
- ・ハイドレイト層下部のフリーガス層の存在の有無の予知方法・圧力の推測方法
- ・ハイドレイト層分解ガスとフリーガスを区別する方法
- ・坑内地層温度および坑内泥水温度シミュレーションモデル
- ・泥水の低温環境下での性状変化に関するデータ
- ・低温下でも良好なレオロジーの保てる泥水の開発
- ・大水深作業中のガスのダイバーティング手法
- ・チョーク・キルライン内の圧力損失は増大するが地層破壊圧は低下するという大水深環境のジレン

マに対応できるキックコントロール手法

- ・上記手法に対応できる機器・装置の検討
- ・泥水ばかりでなくBOP等ハードウェアの観点からのハイドレイト再生成抑制の検討およびハイドレイト再生成速度の研究
- ・ハイドレイトが再生成してしまった場合の対策検討
- ・以上を考慮した大水深対応ウェルコントロールシミュレーションプログラムの開発
- ・キックコントロールシミュレーション教育の重要性—教育カリキュラムの作成、大水深掘削対応の新シミュレーターの導入

3.6 ケーシング計画およびセメンチング手法

ケーシング・セメンチング計画の際に決定すべき要目は、ケーシング設置深度、セメンチング区間、使用セメントやスペーサ等の材料、ケーシング仕様である。メタンハイドレイト層の掘削や生産テストの場合には、従来技術とは異なる問題点を考慮してこれらの要目を決めていかねばならない。以下、これらの要目の決定の際の問題点と対策について述べる。

1) ケーシング設置深度とセメンチング区間

メタンハイドレイトの掘削におけるコンダクターケーシングの設置深度に関し、次の条件が満足される必要がある。

- ・ライザーパイプ、BOPおよびその後挿入されるケーシング等の坑口荷重を支持することができる深度に設置されること。
- ・設置深度における地層の強度は、ライザーパイプに満たされた掘削泥水の静水圧+ α に耐えうるものであること。(掘削泥水の比重はBSR下のフリーガス層の地層圧を制御できる値以上でなければならない。)
- ・設置深度は、ハイドレイトの賦存頂部深度よりも浅いこと。即ち、ハイドレイト層のコントロール・生産テストが、BOPを取り付けた状態で可能であること。

以上の必要条件が満足されない場合には、ハイドレイト層およびその下に賦存すると考えられるフリーガス層掘削時のキックをコントロールすることができないので、試錐の実施は不可能となる。

設置深度を決定するための情報は、まず掘削開始前に事前ロケーション調査(前述)によって収集する。また掘削中にも、MWD/LWDを用いて地質情

報をリアルタイムで収集することができる。MWD/LWDは、ケーシング深度の決定に役立つだけでなく、キックコントロールの観点から、ハイドレート層とフリーガス層の位置を早期検知するための情報をもたらすことにもなる。従って、メタンハイドレート坑井の掘削においては、当初からMWD/LWDを使用することが薦められる。

セメンチング区間の決定・立案の際には以下を考慮しなければならない。

- ・ハイドレートが分解してその区間でのケーシング支持力が失われても、それより上の区間がケーシング/坑口装置/BOP等の重量を十分支持できること。
- ・坑径拡大の可能性のあるハイドレート層でのケーシングの座屈を防ぎうること。
- ・深部層とハイドレート層を遮断すること。

これらの条件を満足するようなセメンチング計画の立案にとっても、ハイドレート層の詳細な情報を事前ロケーション調査により得ることが重要である。

2) セメンチング材料の選択

セメンチング材料の選択に際しては、ハイドレート層の分解をいかにして制御するかがポイントになる。具体的には以下の要件を考慮する必要がある。

- ・ハイドレート層に接しているセメントが固化する際、水和反応熱によりハイドレートが分解することになるので、この水和反応熱がなるべく小さいことが必要となる。
- ・ハイドレートの生成/賦存条件の一つである低温環境下でも水和反応を起こして固まらなければならないし、十分な強度発現も必要である。
- ・もし深く掘り込む必要がある場合には、深部の地熱が掘削泥水の循環によって上部にもたらされる。その熱がケーシングの外側に伝わって周囲のハイドレートの分解を引き起こすことを防ぐ。
- ・ハイドレートが分解したガスおよびその下に存在するフリーガス層ともに、通常ガス層に対するセメンチングと同様の要件、即ちアニユラーガスフローを防ぐ特性が必要になる。

したがって、ハイドレート層のセメンチングに使用するセメントには、上記の要件を満たすために、次の性状が必要になる。

- ・低水和反応熱
- ・低温での早期強度発現性

- ・高断熱性
- ・アニユラーガスフロー防止特性

これらの条件はすべて永久凍土に対するセメンチングの条件と共通のものであり、そこで開発され使われてきた材料と技術を応用可能と考えられる。現在、永久凍土用として高強度、良好なボンディングで、硬化待機時間16時間以下というセメントが日常的に使われている。具体的な製品として、Haliburton社のPermafrostセメント、Dowell Schlumberger社のDeepRAS, Arcticsetが挙げられる。

メタンハイドレート層のセメンチングに関するセメント材料の問題は、これらの永久凍土用セメントを用いることによってすべて解決する可能性もあるが、凍結の問題よりもガスの存在の方が強く影響するであろうハイドレート層のセメンチングにこのセメントがどこまで威力を発揮するのかは、今後の調査研究と実績を待たねばならない。

3) ケーシング仕様の選択

ケーシングの仕様を決める際に問題になるのは、海底坑口装置等の支持力、耐座屈性と断熱性である。支持力および耐座屈性に関してはセメンチング区間の計画と、断熱性に関してはセメントの断熱性とリンクして検討する必要がある。これらの問題は、ハイドレート層上下の地層の性状を事前に詳細に得ることができれば解決は難しくはない。

なお、断熱性に関しては、ハイドレート層区間や氷の多い永久凍土などで、より確実な断熱性を要する場合には断熱ケーシングの使用も考えられる。断熱ケーシングは断熱材を入れた特殊な二重管のケーシングである。

3.7 その他

1) コアリング

メタンハイドレートの賦存状況の把握、資源量の評価、物理・化学的性質の評価などを行うには、メタンハイドレート層およびその上下層から多くのコアを採取する必要がある。特にメタンハイドレート層からのコア採取に際しては、メタンハイドレートが圧力の低下あるいは温度の上昇によって分解するとともに相変化を起こすため、できるだけ回収時間が短く、原位置の状態に近い圧力や温度を保持するコアリング技術が求められる。ワイヤライン回収により時間短縮は図れるが、現状の技術では温度の制御が困難な

ため、原位置の圧力と温度の両者を保持できるコアリング技術は現存しない。原位置状態に近いコアを採取するのに必要なコアリング技術として入手可能なものは、圧力のみを保持するコアリング技術であるが、分解していないメタンハイドレートを回収した例は無い。現在石油公団の民間との共同研究により圧力・温度を保持できるコアリングツールを開発中である。深海底におけるコアリング技術はDSDPやODPにおいて精力的に開発されてきており、既に多くの実績を挙げている。

2) 環境保全と廃坑

掘削中に坑井からもたらされる熱によってハイドレートが分解し高いガス圧が発生すると、そのガスが周囲の地層を破壊し、地表あるいは海水中に噴出してくる可能性がある。また場合によっては、分解して空洞化したハイドレート層地盤が沈下するといった事態も考えられる。こういった事態に陥った場合の環境への影響評価や、大量のガスの放出や地盤沈下を避けるための方法等を更に研究する必要がある。また、掘削終了後の環境保全のために、具体的な廃坑方法についても検討しなければならない。

3) 掘削クルーの教育

ハイドレートの分解によるガスキックをコントロールするには、通常の油・ガス井におけるキックコントロールの場合と違って、泥水比重を上げることよりもむしろ泥水温度を下げることのほうが効果的である。また、メタンハイドレート層の掘削対象として当面考えられるのは水深の非常に深い海域であるから、低い地層破壊圧と長いキルラインを抱えたキックコントロールといった大水深掘削に伴う一般的な困難も常につきまとう。さらに、圧力コアパーレルの使用や採取したコアのハンドリング等には、通常の油・ガス井掘削では経験しない作業が含まれる。これらの従来とは異なった作業を安全にかつ効率良く遂行するためには、掘削クルーに対して事前に十分な教育を施すことが不可欠である。

4) ハイドレート分解範囲の予測

坑井からの熱によって周囲のハイドレート層がどの程度の範囲まで分解するかを予測することは、発生するガス量と地盤強度の低下の予測につながり、キックコントロールや地盤沈下の可能性あるいはケーシングにかかる負荷の大きさ等を知るうえで重要である。

ハイドレート層の分解範囲の予測には、坑井周辺の熱伝達モデルとハイドレートの分解モデルとの組み合わせが必要で、これらの研究が望まれる。

4. 開発・生産技術上の問題点とその対策

4.1 開発モデル

メタンハイドレートを回収するためには、先ずハイドレートを分解ガス化する必要がある。ハイドレートの相平衡を左右している条件は、温度/圧力/水の純度であるので、その分解はこれらの条件を人為的に変化させて平衡を崩せば良い。そのための各種コンセプトは提唱されてはいるが、実際は原位置のハイドレートの諸物性およびその賦存状況が明らかになっていない現状では実現性についての議論は困難を極める。とにかく多く掘ってテストし情報を収集するのが先決であろう。ここでは、今までに提唱されているモデルを簡単に紹介するに留める。

(a) 熱刺激法

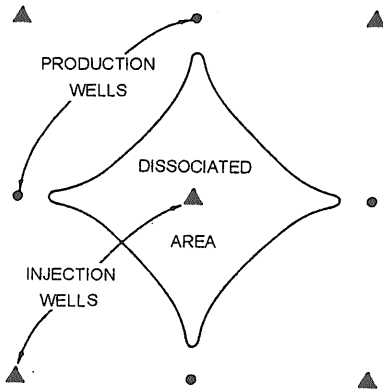
熱刺激法は、何らかの熱源によりハイドレートの温度を上げて平衡を崩し分解する方法である。熱源としては、水蒸気や熱水の圧入と地下ヒーターが考えられている。第3図および第4図にMcGuireの、第5図にIslamのコンセプトを示す。

(b) 減圧法

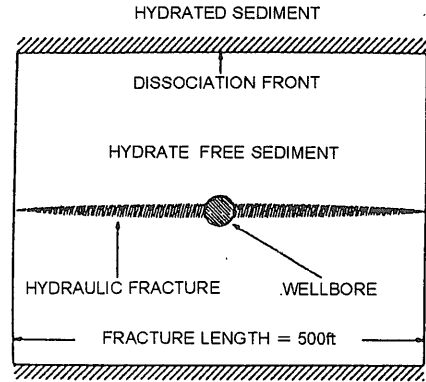
減圧法は、ハイドレートの圧力を下げて平衡を崩し分解する方法である。ハイドレート層を直接減圧する方法と、下部に存在するガス層からの生産により間接的に減圧する方法に大別される。第6図に直接減圧法を、第7図に間接減圧法のコンセプトを示す。

(c) 分解促進剤注入法

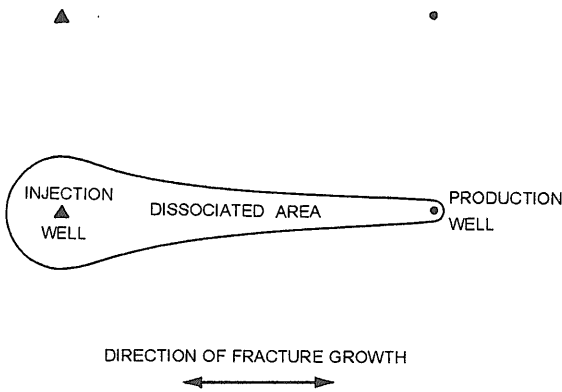
前述の2つの方法が物理的な環境を変化させるものであったのに対し、この分解促進剤注入法は化学的に環境を変化させて平衡条件を操作する(平衡温度を下げ、平衡圧力を上げる。)方法である。この方法は単独で用いることはせず、熱刺激法と組み合わせて分解効率を上げようというものである。分解促進剤として、塩分、メタノール、グリコール等が挙げられる。



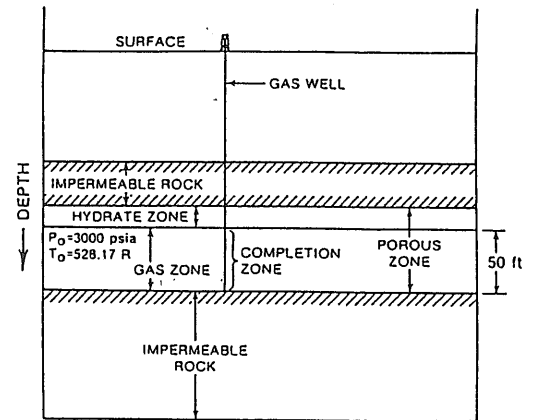
第3図 複数坑井による連続的水蒸気・熱水圧入生産モデル (after McGuire, 1982)



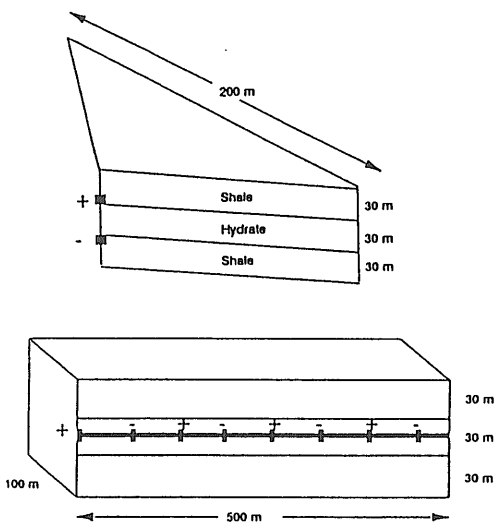
第6図 フラクチャーを利用した直接的減圧モデル (after McGuire, 1982)



第4図 フラクチャーを介した二坑井間の連続的水蒸気・熱水圧入生産モデル (after McGuire, 1982)



第7図 下部胎ガス層の生産による間接的減圧モデル (after Holder and Angert, 1982)



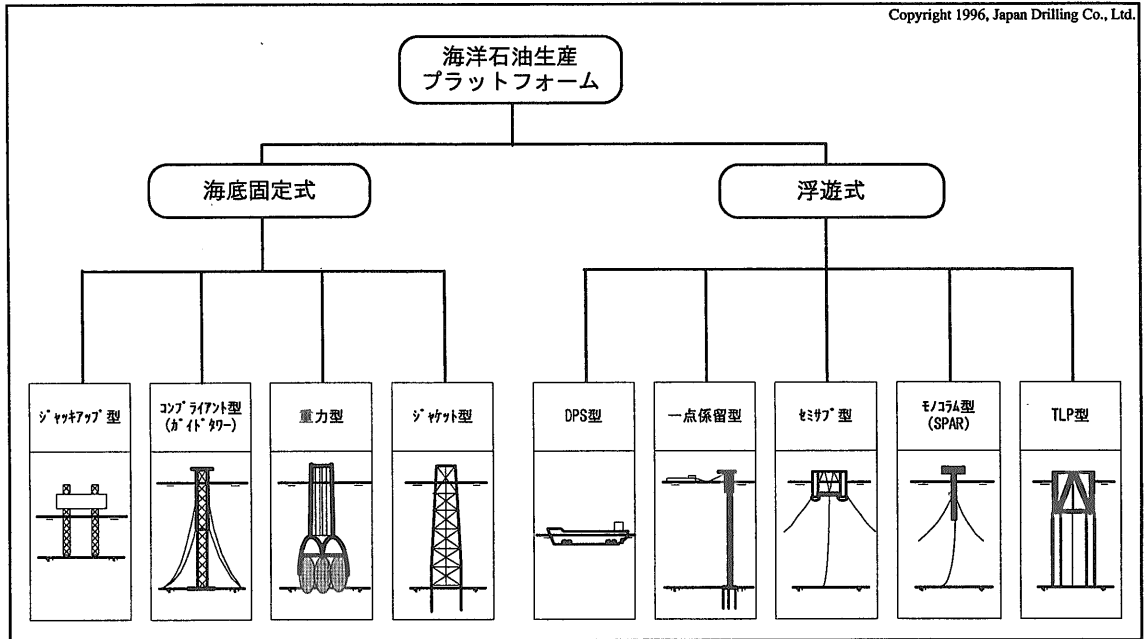
第5図 電磁ヒーターを用いた熱刺激モデル (上: 垂直坑井, 下: 水平坑井) (after Islam, 1991)

4.2 ハイドレート分解による貯留層特性変化/分解速度モデル

分解ガス回収に影響を与えるのは、ハイドレートの相平衡ばかりでなく、貯留層の特性および分解による特性変化、ハイドレート分解速度も大きく影響すると考えられる。

貯留層内にハイドレートが存在する原位置状態での浸透率・孔隙率・毛細管圧等の物性についてほとんど判っておらず、ハイドレートが分解した後のそれら諸物性の変化についても同様である。また、純粋なハイドレートの分解速度についての研究はかなり進められているが、多孔質媒体中あるいは原位置状態での分解速度の研究はほとんどなされておらず、実際の生産予測に供せられる段階に至っていない。

したがって、これらの情報を今後多くのハイドレー



第8図 海洋石油生産システムの分類

ト坑井の掘削・テストにより収集解析していく必要がある。

4.3 海洋生産システム

海洋掘削リグにより試掘井が掘削され、石油・天然ガスの存在が確認されると、さらに数坑の探掘井が掘削され、そのデータに基づいて石油・天然ガスの埋蔵量が算定される。その量が商業量に足ると判断された後、その埋蔵量、深度、貯留層の性状、水深、海気象、海底の性状、離岸距離等に応じた開発・生産計画が立てられ、実施されることになる。

現在までに開発された海洋油・ガス田は、第8図に示される海洋生産システムにより、生産操業している。これらのシステムの経済的適用性を水深と坑井数とを関連させて示したものが第9図である。なおこの適用性は現状の技術を反映したものであり、技術開発により大きく変動するものである。この図のとおり、メタンハイドレートの賦存可能性のある水深500m以上の開発は、最も一般的なジャケット型等固定式プラットフォームではほとんど不可能であり、浮遊式もしくは新概念を考えていくことになる。また、海底下のメタンハイドレートの生産によってもたらされる同層の性状変化による地盤の変動、構造

物支持強度の変化等を評価し、それらを考慮した生産システムのコンセプトが必要となる。

以下、これらのうち、典型的な海洋石油・ガス開発生産システムについて簡単に紹介し、そのメタンハイドレート開発への適用性を検討する。

(a) 海底固定式プラットフォーム

・ジャッキアップ型

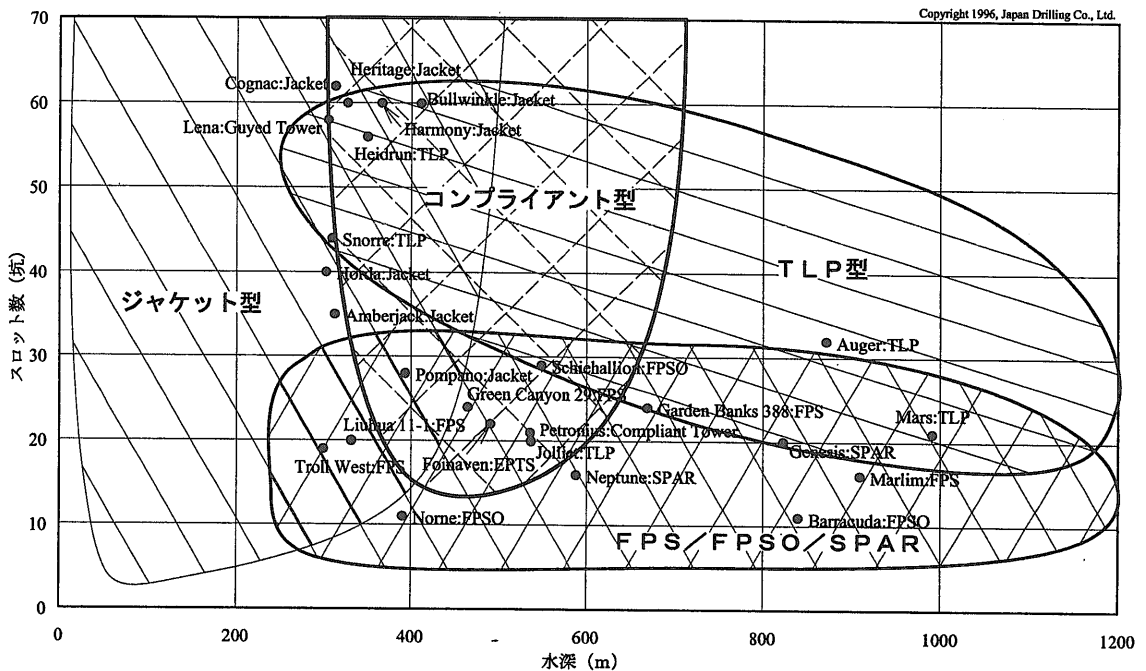
掘削用の甲板昇降型リグに生産設備を搭載したもので、新規に建造されたものではなく、全て中古リグの再利用である。このタイプはシステムの撤去・再利用に優れている反面、水深(最大でも100m程度しか対応できない)、海気象、海底地形・土質および搭載荷重に制限がある。

・ジャケット型

最も一般的に採用されているシステムであるが、水深が大きくなると構造物の固有周期が波の周期に近づくため作用する荷重が著しく増大し、強度を保つために構造物の重量が劇的に増加するため、現状では500mが限界水深とされている。

・重力型

自重により海底面に固定安定させる方式のプラットフォームで、底面に突き出たスカートにより横方向のすべりを防止するものもある。主にコン



第9図 海洋石油開発システムの水深と坑井数の関係(経済的適用性:水深300m以上のシステム)

クリートあるいは鋼製である。今までに設置されたものの最大水深は217m(北海のGulfaks C)である。

・コンプライアント型

従来のジャケット型の構造を柔構造とし、揺動性(Compliancy)を持たせるものである。各種コンセプトが今までに提案されている。実際に設置されたのは、メキシコ湾のLena Guyed Tower: ガイワイヤーを接続したタイプ(水深305m)のみであるが、同湾で水深535mでの設置も計画されている(Petronius)。

(b) 浮遊式生産システム

・TLP (Tension Leg Platform)

TLPは船体の構造から言えばセミサブ(半潜水)型の一種であるが、従来のセミサブ型がカタナリー形状の係留索で多点係留されるのに対し、TLPは垂直に設置したテンションレグ(テンドンとも言う。)に、浮体の浮力で張力を与え係留する方式である。システムは、セミサブ型浮体、海底面に設置されたテンプレートおよびこれらを接続するテンドンから構成されている。TLPは、ジャケット型に比べて水深の増加に対して構造上の影響が少なくコスト増加が少ないこと、設置期間が短縮で

きること、撤去が容易といった利点がある。さらに、タンカー型セミサブ型の浮遊式生産システムに比べて上下動が少なく、海上の坑口装置が使用できるといった利点もある。現在、メキシコ湾で水深991mに設置されたMars TLPが最大設置水深記録を持っているが、これよりもさらに深い水深での設置が計画されており、ハイドレート開発の有力なコンセプトの一つと考えられる。

・タンカー型およびセミサブ型(FPS/FPSO)

このシステムは、生産処理設備をタンカーやセミサブ浮体に搭載したものであり、一般的には海底坑口装置が必要で、海底仕上げが前提となる。このタイプの特長として、改造セミサブあるいはタンカー等を用いることができれば初期投資を低く抑えられ、リードタイムが短く撤去再利用性が高いといったことが挙げられる。反面、接続可能な坑井数がTLP、ジャケット型に比べ少なく、中古セミサブ等の市場に左右され、水深や海気象条件によって係留装置やライザーシステムの適用に限界がある。これらのシステムには海底仕上げ技術とROV等を用いた遠隔操作技術が不可欠であるが、その開発は急テンポで進んでいる。現在、タンカー型の設置最大水深は中国南海のLiuhua油

田の332m, セミサブ型はブラジルMarlim油田の911mで, ハイドレイト開発コンセプトの一つとして可能性がある。

・モノコラム型 (SPAR)

このシステムは, 生産処理設備をモノコラムのブイに搭載したもので, 特に海底坑口装置を必要としない点を除けば, 上記のタンカー型/セミサブ型と同様の特徴を持っている。1996年に初めてメキシコ湾でこのタイプが水深588mに設置された (Neptune)。さらに大水深への設置が計画されており (Genesis, 823m), ハイドレイト開発コンセプトの一つの有力候補となり得るものである。問題はこれからの実績である。

(c) ハイドレイト開発への適用可能性

以上のとおり, 基本的にはハイドレイト開発に適用できるのはほぼ浮遊式のシステムに限られるが, これからの技術開発, 実績を考慮しつつ検討を進めていく必要がある。

5. メタンハイドレイト開発の今後

我が国の周辺海域には相当量のメタンハイドレイトが賦存していると試算されていることから, 今後の我が国のエネルギー源として大いなる期待が寄せられている。しかしながらその掘削・開発・生産のための研究は緒に就いたばかりであり, 一朝一夕に実現できるというものではない。かといって掘削など不可能であるとか, 生産は困難であるとか否定

的・悲観的な見解を持つものではなく, ただ情報や実績が不足しているだけのことである。今後研究を積み重ね, 綿密な計画の基に多く掘って実績/情報を蓄えていくことが肝要である。開発生産技術の多くはそれらの掘削結果により得られた原位置のハイドレイトに関するデータを基に検討することになる。

ハイドレイトの開発は石油天然ガスの需要と供給のバランスに左右されることもあり, 経済的に開発できるようになるのは10年先になるか, 50年先になるか予測はできないが, とにかく今が日本がパイオニアとして世界に冠たる技術をもつことができる機会なのである。

参 考 文 献

Franklin, L. J. (1980) : In-Situ Hydrates—Potential Gas Source, Petroleum Engineer International.
 McGuire, P.L. (1982) : Recovery of gas from Hydrate Deposits Using Conventional Technology, SPE 10832, presented at the SPE/DOE Unconventional Gas Recovery Symposium.
 Holder, G. D. and Angert, P. F. (1982) : Simulation of Gas Production from Reservoir Containing Both Gas Hydrates and Free Natural Gas, SPE 11105, presented at the 57th Annual Technical Conference and Exhibition of the SPE.
 Islam, M. R. (1991) : A New Recovery Technique for Gas Production from Alaskan Gas Hydrates, SPE 22924, presented at the 66th Annual Technical Conference and Exhibition of the SPE.

ICHIKAWA Yuichiro (1997) : "Drilling and Production Technologies Targeting Methane Hydrate Zones".

< 受付 : 1996年12月17日 >