

資 料

地質・探鉱部門シンポジウム

「大水深 (deep water) の探鉱と開発」\*

ま と め

矢 口 良 一\*\*

(Received September 29, 2006 ; accepted January 12, 2007)

Geology and Exploration Symposium  
 summary of the symposium on “Exploration and exploitation in deep water”

Yoshikazu Yaguchi

**Abstract :** The use of new technologies and cost reductions in prospecting and engineering are indispensable for deep water exploration, development and production of oil and natural gas.

The objective exploration areas in the deep water spread out from the continental slope to the ocean floor, known as the continental passive margin basin fronting major oceans. The reservoir rocks expected to be encountered in deep water exploration are turbidite sandstones. The source rocks in deep water areas are expected to be not only lacustrine shale, but also biosphere in the deep water environment. In addition, hydrocarbons of inorganic origin may also contribute to one of the sources to a certain extent.

Presently, development and production up to depths of 2,000m and exploration of depths up to 3000m are being conducted. It is assumed that deep water exploration will continue to see a high level of activity, but the success of such exploration will depend on innovative exploration concepts and improvements in technology.

**Key words :** deep water exploration, deep water exploitation, ocean floor, turbidite sandstone

1. はじめに

石油開発業界においては、「大水深」の定義は明確ではなく、浅海と深海の境界は水深 200～500 m の範囲(ないし 600～1,500 ft)と考えられているが、米国内務省；Mineral Management Service (MMS) は水深 1,000 ft (約 305 m) 以深を大水深と定義し、5,000 ft (1,524 m) 以深を超水深としている<sup>1)</sup>。

石油・天然ガスの探鉱・開発を目的とした最大水深での掘削記録は、Chevron が 2003 年 11 月に掘削した米

国メキシコ湾の Alaminos Canyon Block-951 (Toredo プロスペクト)における水深 10,011 ft (3,051 m) である。また、最大水深海域にある油・ガス田は、米国メキシコ湾の Atwater Valley Block-37 に位置する Merganser フィールドで水深は 7,994 ft である<sup>1)</sup>。なお、海洋科学掘削では、Glomar Challenger による水深 7,039 m (マリアナ海溝)の大水深掘削記録があるが、ライザーレス掘削でかつ海底下の掘削深度もわずかである。

大水深海域での探鉱および開発・生産においては、それらに係る技術の進歩とコストの低減が不可欠であるが、1980 年以降の技術革新や経験の蓄積により、大水深海域で多くの油・ガス田が発見・開発され、現在では、水深 3,000 m での探鉱と水深 2,000 m での開発・生産が可能となっている。今回のシンポジウムにおいては、冒頭の 2 つの講演、すなわち、「大水深海域の探鉱・開発の成果、深海成堆積物、石油システム」に関する講演と「大

\*平成 18 年 5 月 31 日、平成 18 年度石油技術協会春季講演会、地質探鉱部門シンポジウム「大水深 (deep water) の探鉱と開発」で講演 This paper was presented at the 2006 JAPT Geology and Exploration Symposium entitled “Exploration and exploitation in deep water” held in Sendai, Japan, on May 31, 2006.

\*\*三井石油開発㈱ Mitsui Oil Exploration Co., Ltd.

水深海域における海洋開発システムの変遷」に関する講演が、大水深海域の探鉱および開発・生産の現状と見通しについて総括している。

## 2. 大水深の探鉱および開発・生産の現状

2006年8月16日に行われた米国メキシコ湾のOCSリースセール（Western Gulf of Mexico）は、参加会社数、応札金額などにおいて近年まれに見る大盛況で、特に、応札されたリースのうちの67%が水深400m以深の大水深海域に位置しており、依然として、大水深海域の探鉱に対する関心と期待が大きいことを示している<sup>2)</sup>。

現在、世界で最も活発に石油・天然ガスの探鉱および開発・生産が行われている大水深海域は、ブラジル沖、西アフリカ沖（アンゴラ沖からナイジェリア沖にかけての海域）および米国メキシコ湾であり、大水深海域に掘削された探鉱井と発見された原油埋蔵量の大部分がそこ

に集中している。これらの地域は大西洋中央海嶺の両側の大陸斜面から大洋底にかけて広がる非活動的大陸棚縁辺部の堆積盆地に属する。今回のシンポジウムにおいては、ブラジル・カンボス堆積盆地やガボン・アンゴラ沖の探鉱成果に基づく石油システムやタービダイト砂岩の評価結果が紹介された。

ブラジル沖、ナイジェリア沖、アンゴラ沖および米国メキシコ湾の大水深海域の石油探鉱および開発・生産状況現状について、データはやや古いがInternational Petroleum Encyclopedia 2005<sup>3)</sup>に基づき、表1および2にまとめた。

上述の大水深海域における試掘成功率は、アンゴラの37%からブラジルの9%まで幅があるが、それらの平均値は24%である。上述の4海域の原油生産のピークは2011～2014年と予想されており、その時の生産量は合計でおよそ6.4百万bbl/dと推定されている。未発見

表1 大水深海域（300m以深）の「原油」の探鉱および生産状況の概況  
(International Petroleum Encyclopedia 2005)

### 【探鉱関連】

	ブラジル沖	アンゴラ沖	ナイジェリア沖	米国メキシコ湾
最初の原油発見年	1985年	1996年	1995年	1982年
探鉱井数*	383坑	111坑	84坑	995坑
原油発見井数*	34坑	41坑	25坑	148坑
大水深試掘成功率	9%	37%	30%	15%
発見井平均水深	960m	1,290m	1,050m	996m
油田発見のピーク年	1987年	1998年	1996年	1999年
発見油田平均サイズ	4.1億bbl	2.3億bbl	2.95億bbl	0.9億bbl
発見井ごとの埋蔵量	7,700万bbl	7,600万bbl	1.13億bbl	1,800万bbl

### 【生産・埋蔵量関連】

	ブラジル沖	アンゴラ沖	ナイジェリア沖	米国メキシコ湾
最初の原油生産年	1991年	2001年	2003年	1989年
原油のAPI比重	16～32°	17～32°	28～45°	23～40°
残存可採埋蔵量*	128億bbl	93億bbl	83億bbl	97億bbl
未発見埋蔵量*	18～30億bbl	20～30億bbl	15～25億bbl	28～40億bbl
油田平均生産量*	26万bbl/d	17万bbl/d	14万bbl/d	13万bbl/d
推定ピーク生産年	2014年	2011年	2013年	2011年
推定ピーク生産量	180万bbl/d	145万bbl/d	110万bbl/d	200万bbl/d

注：\*2003年末時点のデータ

表2 大水深海域の可採埋蔵量 (International Petroleum Encyclopedia 2005)

		原油	ガス(原油換算)	合計(原油換算)
既発見埋蔵量	累計生産量*	60億bbl	20億bbl	80億bbl
	残存埋蔵量*	440億bbl	260億bbl	700億bbl
未発見埋蔵量*		1,140億bbl	680億bbl	1,820億bbl

注：\*2003年末時点のデータ

埋蔵量は4海域合計で81億bblから125億bblであり、既発見埋蔵量(累計生産量と残存埋蔵量の合計)の18~28%に相当する<sup>3)</sup>。また、油田発見から生産開始までに要する期間は、上述の海域においては、5~8年で、技術的に可能な限り早く生産に移行する傾向がある。

今後はブラジル、西アフリカおよび米国メキシコ湾に加えて、探鉱および開発・生産が活発になると予想される大水深海域としては、メキシコ沖、エジプト沖、オーストラリアおよび東南アジア海域があり、これらの海域に限ると、近年の探鉱実績からみて、主に天然ガスを対象とする探鉱機会が増えると推定されている<sup>3)</sup>。今回のシンポジウムにおいては、これらの新しい大水深海域に関し、インドネシア・チモール海アバディ・ガス田のジュラ系砂岩貯留岩の評価結果ならびにインドネシア・マハカム沖サデワ・ガス田のチャンネル砂岩の評価結果および新たな低コスト開発のコンセプトが紹介された。

### 3. 大水深海域の油・ガスポテンシャル

大水深海域における油・ガスの主要貯留岩としては、大陸棚やデルタを起源として深海域に堆積したタービダイト砂岩やチャンネル砂岩が、大水深海域においてもなお良好な貯留岩性状を有する点で極めて重要である。今回のシンポジウムにおいては、「タービダイト」の定義・概念についての研究者の多様な認識の変遷の経緯を踏まえ、タービダイトの認識についての混乱を整理し解決するための試案が提示された。

大水深海域の油・ガスの根源岩については、ブラジル沖などでは堆積盆地の形成初期のリフト期に堆積した湖沼成頁岩が注目されている。大水深海域という特殊な状況を考えた場合、無機起源の炭化水素の寄与も含め、現在の深海域に見られる熱水噴気孔や冷水湧出帯の生物群集も考慮する必要があるかもしれない<sup>4)</sup>。

探鉱評価技術の面では、三次元地震探鉱解析やシーケンス層序学的検討に基づいてタービダイトやチャンネル砂岩の分布を特定し、種々の手法を組み合わせることで高精度の堆積モデルを構築することにより、貯留岩レベルでの油・ガスの分布状況やプロスペクトレベルでの石油システム評価が可能となりつつある。今回のシンポジウムにおいては、岩船沖油・ガス田の研究や基礎調査の結果に基づいて、大水深海域に適用可能な評価手法が提示され、日本周辺海域の大水深海域探鉱の可能性が示唆された。

大水深海域(上述の4海域)の既発見探鉱プロスペクト(既存油田)の埋蔵量(原油換算値)は、平均256億bblであり、4海域全体の残存可採埋蔵量は401億bbl、未発見埋蔵量は81億~125億bblと推定されている。さらに、大水深海域全体の原油の未発見埋蔵量は

既発見埋蔵量の約2.3倍の1,140億bblと想定されており、その値はイラクの原油の残存可採埋蔵量にほぼ匹敵する<sup>3)</sup>。

残存ポテンシャルの高い大水深海域の探鉱の推進に関しては、陸上や浅海域と同様に、石油地質学的知見の集積に努めながらプロスペクトを創造し、その有望性とリスクを十分に評価した上で果敢にかつ持続的に探鉱に取り組むことが重要である。また、あるべき探鉱対象の条件としては、当然のことながら、良好な貯留岩性状、特に高い生産性を有する油・ガス層が存在することに加えて、大きな埋蔵量を有することがある。しかしながら、現在、大規模なプロスペクトの数は減少する傾向にある。今後は、油・ガス田の発見によりインフラが整備され、技術開発やコスト削減が進展することにより、探鉱・開発の対象となる中小規模のプロスペクト数は増える可能性がある。それと相まって、未発見埋蔵量の確認のためには20~30年間の探鉱が必要になると推定されることから、今後も大水深海域の探鉱は活発に推移するものと予想される。

### 4. ま と め

大水深海域の探鉱を推進する外的条件としては、近傍に市場があり、開発しやすいインフラが整備されていること(米国、インドネシアなど)や石油開発企業にとって有利な契約条件や優遇策(例えば、米国MMSによるOCS Deep Water Royalty Relief Regulation)<sup>5)</sup>が整備されていることなどが望ましい。有望な大水深海域を抱える地域は、歴史や文化はもとより、地質・気象・海象も異なることから、石油システム、開発・生産方式とそれに適用する技術についても多様性を考慮する必要があるかもしれない。

大水深海域の探鉱および開発・生産を支える要素技術は多岐にわたっており、浅海では遭遇しなかった課題も多数含まれる。大水深海域においては、陸上や浅海域と比べて、坑井掘削や生産施設の建設にかかるコストの増加は不可避であり、新しい技術や新しい概念の適用によるコストの削減は極めて重要な課題である。現在、ある程度の高度な技術を比較的低廉なコストで適応することが可能になりつつあるが、新技術の開発と導入、既存技術の革新およびそれらの適用にかかわるコスト削減などの努力は引き続き必要である。

### 参 考 文 献

- 1) French, L. S., et al., 2006: *Deepwater Gulf of Mexico 2006: America's Expanding Frontier (OCS Report MMS 2006-022)*, 3-14, 41-50, US Department of

- Interior, Mineral Management Service, Gulf of Mexico OCS Region.
- 2) US Department of Interior, Mineral Management Service, 2006 : *Western Gulf of Mexico Sale 200 Attracts \$ 462.8 Million in Bids*, 2p, MMS News Release August 16, 2006.
  - 3) PennWell, 2005 : *International Petroleum Encyclopedia* 2005, 278-285.
  - 4) (独)海洋研究開発機構・極限環境生物圏研究センター・ホームページ <http://www.jamstec.go.jp/jamstec-j/XBR/jp/finalfj.html>.
  - 5) US Department of Interior, Mineral Management Service, 1998 : *Deep Water Royalty Relief Regulations*, 1p, MMS News Release January 15, 1998.