エジプト・ウェストバクル地域における H および K 油田の石油地質*

平野 実**・大和 一郎***・古川 隆治・渡辺 進****・佐藤 克典*****

(昭和63年10月3日受付, 63年11月10日受理)

Petroleum Geology of H and K Oil Fields in West Bakr Area, EGYPT

By

Makoto HIRANO, Ichirou OHWA, Takaharu FURUKAWA,
Susumu WATANABE and Katunori SATO

Abstract: Since June 1980, the Egyptian Petroleum Development Co., LTD. (EPEDECO) started oil production from sandstone reservoirs in Miocene Rudeis formation at H and K Oil Fields in West Bakr area, Eastern Desert, EGYPT. The cumulative production volume at the end of 1987 was 11.5 million barrels.

Following the production, water cut increase started from wells located at the flank of K structure, due to strong water drive. Chemical analysis data of waters in the K Oil Field shows a tendency to preserve high salinity around the crest of structure and decrease salinity toward the flank of structure. Vertical salinity change in a thick sandstone reservoir was confirmed by continuous water analysis, correlation of SP curves and the salinity change before and after set bridge-plug at K-5 and K-8 wells. That is to say, the high salinity water above oil water contact (OWC) is connate water, while low one below OWC is aquifer water effected by meteoric water.

In H Oil Field, the reservoir shows variety of thickness, ranging from 45m at H-3 to 0m at H-4. For the purpose of clarifying sand-body distribution and the initial recoverable oil in place, sedimentary facies of the reservoir were studied based on core observations, lithology classification by EC Logs and dip-meter data from wells in this field. As a result of study, the sandstone reservoir is possibly of a deep-sea fan deposit with E-W axis.

1. はじめに

エジプト石油開発(株)は1975年6月16日, エジプト石油公団 (EGPC) との間に PS 方式で契約を結び, 東部砂漠のスエズ湾岸沿いに 527km² の鉱区を取得した。6 年の探鉱期間に 7 坑の試掘を実施し, H, G, K の 3 構造から出油に成功した。1980年4月20日に開発段階に移行し, 同年6月26日より, H, K の 2 油田から生産を開始

した (図1)。1987年末までの累計生産量は, 1,150万バレルである。

K 油田は下部中新統の砂岩層が油層に成っており, 強い水押し型であるため, 生産に伴い構造翼部の坑井からウォーターカットの上昇が始まった。水分析の結果, 構造極隆部の坑井で塩分濃度が高く, 翼部の坑井ほど濃度が低い傾向が認められた。

H 油田も K 油田と同様に下部中新統の砂岩層が油層に成っているが, 砂岩層の発達は連続性に欠き局部的な発達をしているため, 油層の広がり, 埋蔵量の確認が難しい。

本論では, K 油田における地層水の塩分濃度分布の違いを, 継続的な水分析, 回収作業前後の塩分濃度の変化, 物理検層の SP カーブなどから検討した。また, H 油田

* 昭和63年6月2日 第53回石油技術協会総会, 地質・探鉱部門シンポジウム「新地域の石油地質-海外プロジェクトをケース・ヒストリーとして」講演

** エジプト石油開発(株)

*** 現: 三井石油開発(株)

**** 現: 帝国石油(株)

***** 現: 石油公団

図 1 鉱区位置図

貯留層の砂岩堆積のタイプおよびその分布域について、既存井のコア観察、物理検層カーブによる対比、岩相区分およびディップメーターデータから検討した。

1. 鉱区周辺の一般地質

1.1 地質層序

ウェストバクル鉱区周辺部における地質層序は本地域の構造発達史から2つに大別される。すなわち、始新世後期から漸新世にかけてのスエズ湾開裂期前の先中新統の地層と開裂後の中新統以降の地層である。(図2)。

1.1.1 先中新統

先カンブリア界の花崗岩(一部変成岩や変麻岩)が本地域の基盤岩を構成しており、その上にデボン系の Nubia C, D 層、石炭系の Black Shale と称される Nubia B 層および、下部白亜系の Nubia A 層が累重し、ヌビア・シリーズを構成している。この内、Nubia A および C 砂層はスエズ湾域において巨大油田の主産油層となっている。

ヌビア層の上にセノマン階、チューロン階、セノン階、暁新統、始新統の炭酸塩岩と碎屑岩類が載り、先中新統を構成している。そのうち下部セノン階の Lacosteina ゾーンと始新統の有機質石灰岩は、主要な石油根源岩の一つと考えられている(後述)。また、チューロン階の砂岩層、セノン階および始新統の石灰岩層は貯留層となり多くの油田を形成している。

1.1.2 中新統

本地域の中新統は下部(Gharandal group: 炭酸塩

STRATIGRAPHIC COLUMN IN EPEDECO CONCESSION

AGE	ROCK		UNIT	
	FORMATION	Member	STRAT	LITHOLOGY
CENOZOIC TERTIARY	PLEISTOCENE			Sand & Gravel
	PLIOCENE	ZEIT		alternation Anhydrite and Shale
		SOUTH GHARIB		Anhydrite with Shale
		BELAYIM	Hamman Faroun	shale & Lst & dolomite
			Ferran	Anhy, Sh
		KAREEM	Salla	Sh, Marl
			Baba	Anhy, Sh
		RUDEIS	Shaggar	Calcareous Shale
			Rahm	Anhydrite & Shale
	MIOCENE	RAS MALAAB	Ayun	Sandstone, shale Limestone & Dolomite
			Safra	Shale & Marl
			Yusr	Sandstone, Shale & Marl
			Bakr	Marl, Shale
		GHARANDAL		Argillaceous Lst
		NUKHUL		Argil Lst
	EOCENE	Mokattam		Cherty Limestone
	PALEOCENE	Thebes		Calc Shale & Lst
MESOZOIC CRETACEOUS	SENONIAN	Sudr		Argil Lst
				chalky Lst
				Organic Lst
	TURONIAN	Wats		Sandstone
				Limestone & Shale
CENOZOIC CRETACEOUS	CENOMANIAN	Raha		Limestone
CENOZOIC CRETACEOUS	NUBIAN "A" Series			Sandstone with Kaolin

図 2 鉱区周辺の地質層序

岩、碎屑岩)および中部(Ras Malaab group: 主に蒸発岩類と碎屑岩)より成り、上部中新統は不整合によって欠如し、上位の鮮新統により覆われる。

漸新世後期のスエズ湾開裂時のブロック運動によって、ホルスト、グラーベンが形成され、ホルストは削剝を受け、グラーベンには中新統の海が侵入して、厚い堆積物を堆積させた。下部中新統の堆積物は有機物に富みグロビゲリナ・マール(Rudeis 層, Kareem 層)と呼ばれ(後述)上記、先中新統の有機質石灰岩と共にスエズ湾地域の主要母岩である。鉱区周辺部における Rudeis 層には良好な砂岩層が発達しておりエジプト石油(株)の H, K 油田はいずれもこの砂岩層が産油層になっている。

中部中新統には厚い蒸発岩(硬石膏、岩塩)が多数発達し(Belayim 層, South Gharib 層, Zeit 層), 下部中新統や先中新統の貯留層を直接覆い帽岩の役目を果たしている。

1.1.3 後中新統

本地域では Zeit 層を不整合で鮮新統～更新統の地層（砂、礫、粘土）が覆っている。

1.2 既存油田の分布と構造

ブーゲ異常（図3）を見るとスエズ湾方向に平行して東方から Amer-Bakr-Ras Gharib 高重力帯、W.

図3 重力図

Bakr 低重力帯、N. Gharib 高重力帯、Kareem 高重力帯、Khashaba 低重力帯の系列が認められる。Amer, Bakr, Ras Gharib, Kareem の各油田はいずれも浅深度の先中新統のホルスト部に油層が形成され、重力異常帯と一致している。エジプト石油㈱の H, K 油田とエジプト石油公社 (GPC) の Ayun, Yusr 油田はいずれも高重力帯と低重力帯の間に位置しており中新統の砂岩層が断層封鎖、層序封鎖の形で油層になっている。構造および集油機構に付いて詳しくは、菊池他、(1981)を参照されたい。

1.3 蒸発岩と地震探鉱

中部中新統の Zeit 層、South Gharib 層、Belayim 層には速度の速い硬石膏が多く（枚数が多く）発達している。間に挟まれる頁岩、砂岩との物性の違いから、硬石膏が頁岩（砂岩）と接する面では各々プラス、マイナスの大きな反射系数値を示している。その値に比例してまた硬石膏の枚数が多い程、震源エネルギーも反射されるために、油層対象層準である Rudeis 層以深では、反射エネルギーが小さくなり記録の質が低下するため、深部構造の解釈を難しくしている。

最近では、震探技術や処理技術の進歩から、Rudeis 層頂部まで信頼のおける反射波が得られるようになり、一部では、さらに深部構造の摘出が可能になってきた（内田他、1986）。^{注1)}

1.4 根源岩

従来、スエズ湾地域においては下部中新統の Rudeis 層、Kareem 層の深海性の泥岩（浮遊性有孔虫の Globigerina を多量に含むことからグロビゲリナ・マールの呼称がある）が主な根源岩とされてきた。

しかしながら、本地域の地化学分析のデータが揃うようになり、最近では始新統の Thebes 層 (TOC: 0.8-2.9%)、下部セノン階の Duwi 層 (TOC: 1.3-4.0%) の有機質石灰岩が多量の有機物を含み、ケロジェンのタイプも不定形質であることから、先中新統の有機質石灰岩も前述のグロビゲリナ・マールと合わせて主要根源岩とするのが一般的である (Robertson Research 1986)。

熟成度の指標の一つとしてビトリナイト反射率が使われるが、熟成域の始まりとして R_0 : 0.5% を用いた場合、その深度は周辺坑井の平均値から 2,200m が得られている。また熟成のピークである R_0 : 0.75% の深度は約 3,400m でありこれからすると、東の West Bakr 向斜では、下部中新統の地層から熟成領域に入り、先中新統の根源岩層を考えた場合、西側の Khashaba 向斜も熟成領域に入るため、鉦区の大半が石油熟成領域として考

注1): 内田他、1986: KAOCO Seismic Survey 86
エジプト石油、社内資料

えられる。

2. K油田で認められる塩分濃度の垂直変化

2.1 構造および貯留層

K油田は構造西翼を西落としの正断層で画された断

図4 塩分濃度分布図

図5 塩分濃度とWC% (K-10, K-12)

図6 塩分濃度とWC% (K-7, K-9)

層背斜構造である。同断層は北部で落差は小さく、断層の落ちブロック側に掘削されたK-3では端水面上で貯留層どうしが接するにも係らず、水層であったことから、シール能力を持った境界断層であると考えられている。また、構造中央部を東西性で東ほど落差が大きくなる“ちょうつがい”断層が走り、構造を南北に2分している。

本油田の主要産油層はRudeis層Ayun部層のA砂岩層(図2)で、中粒から細粒のカリ長石を含むアルコール質の砂岩より成っている。方解石により膠結された油を全く含まない石灰質硬質砂岩と、油に充填された未凝固砂層の互層を呈するが、コア観察、電気検層の対比から、硬質砂岩層は連続性に乏しくノジュール状に発達すると考えられ、A砂岩層は垂直方向にも連続性を持った1枚の砂層と見なされる。層厚は80~60mで構造周辺部においても広く認められブランケットに達している。

2.2 産出水の上昇と増加濃度

K油田の生産は1980年6月26日より開始されたが、強い水押し型のため生産に伴い構造西翼部の坑井からウォーターカットの上昇が始まった。水分析の結果、地層水の塩分濃度は構造極隆部の坑井K-9で28,000ppm Cl⁻

図7 塩分濃度とWC% (K-5, K-8)

図8 端水面上下に認められるSPカーブのシフト

を示し、構造翼部の坑井ほど濃度が低下し、K-4では最も低い6,000ppm Cl^- であった(図4)。

地層水の塩分濃度とウォーターカット%の関係を(図5-7)に示した。

図5は構造翼部に位置する坑井(K-10, K-14)で、ウォーターカットの上昇部に関係なく地層水の塩分濃度は8,000~10,000ppm Cl^- を示し一定である。

図6は比較的構造の中高部に位置する坑井(K-7, K-9)での関係で、ウォーターカット上昇の初期段階では塩分濃度は高く25,000ppm Cl^- 以上であったが、ウォーターカットの上昇とともに低下し、構造翼部の坑井での塩分濃度に近付いている。

図7のK-5, K-8では上昇したウォーターカットを止める(減少させる)ために下部パーフォレーション部を

ブリッジプラグによってプラグバックを実施している。プラグセット前のK-5ではウォーターカットの増加とともに塩分濃度が低下し、プラグセット後、濃度が上昇し再びウォーターカットの上昇に伴って濃度が減少している。K-8においては構造翼部の坑井と同様にウォーターカットの量に関係なく塩分濃度は9,000ppm Cl^- で一定であったが、プラグセット後、濃度20,000ppm Cl^- に上昇し、その後ウォーターカットの上昇とともに濃度は減少し、10,000ppm Cl^- まで下がっている。

2.3 SPカーブから見た塩分濃度の垂直変化

K構造には現在までに24の坑井が掘削され、境界断層の西側に掘削されたK-3を除きいずれも出油に成功している。開発第一段階に掘削されたK-18までは掘削泥水にスエズ湾の海水が使用されたが、それ以後の坑井には産出した地層水が利用されている。

これら坑井のSPカーブを比較すると、端面の深度-1,120m以深において、一定したポジ値を示している。トランジション・インターバルにおいてSPカーブのシフトが認められ、構造位置の高い砂岩層部では大きくネガ値に変化している(図8)。

SPカーブから地層水の塩分濃度を算出すると、端面以下の砂層では約10,000ppm Cl^- と一定値であるのに対して、端面以浅になると濃度が高くなりK-9の砂岩層の頂部では約60,000ppm Cl^- となる。

以上の現象から、A砂層内では地層水の塩分濃度の垂直変化が認められ、端面以下の濃度が低く一定なAquifer(帯水層)の水(天水の侵入に因り塩分濃度が希釈されている)と、端面から上の濃度が高いConnate Water(遺留水)に分かれ、端面上のトランジション・インターバルにおいて塩分濃度の垂直的な漸移変化が認められることが判明した。

2.4 水平的な塩分濃度の変化

Rudeis層Ayun部に発達する砂岩層での地層水の塩分濃度を鉦区周辺の坑井資料から、水平的に概観すると、砂層の分布の仕方、岩層変化にも左右されると考えられるものの、鉦区南東の中新統が露出した近辺坑井で塩分濃度が低く、北に離れるに従い濃度が高くなる傾向がある(図9)。したがって、天水の侵入源はこの中新統の露出地域と推定される。侵入源からの距離に比例して、塩分濃度が高くなり天水の影響が及ばない地域での地層水の濃度は約60,000ppm Cl^- となっている。これは、K構造の極隆部に掘削された坑井K-9のSPより求めたA砂岩層頂部での地層水の塩分濃度に略略一致する。このような地層水の塩分濃度の水平変化については、DICKEY(1979)に多数紹介されている。

図9 塩水濃度の水平変化^{注2)}

注2) Ayun, Yusr油田の高塩分濃度はKareen Highが面からの天水侵入を防ぐバリアーの役割を果たす他、砂岩体が連続しないためである。

図10 H-3におけるディップの復元

3. H油田における貯留層の分布

3.1 構造および貯留層

H油田も構造西翼部を西落としの正断層で境された断層背斜構造である。この断層は震探記録、坑井資料から蒸発岩層まで切っており、K油田同様に境界断層の性格を有する成長断層である。本油田の産油層は、Rudeis層Yusr部層の砂岩層で、K油田のA層がアルコース質砂岩であったのに対し、石英質やや石灰質な砂岩である。本砂岩層の層厚は、H-3の45mからH-4の0mと変化し、K油田のA層がブランケットな発達、分布をしていたのに対して局所的な発達をしている。

3.2 ディップメーターによる分布域の推測

H-3で確認した厚い砂岩層の分布域と埋蔵量を把握するために、H-4、H-4aとH-5が掘削されたが、H-4においては砂層の発達には認められず石灰質の泥岩に変化しており、H-5で25mの層厚を確認するに止どまった。H-6を掘削するに当たり、既存坑井のディップメーター解析からYusr砂岩層の構造ディップを差し引くことにより、砂層堆積時の古流系を復元し、砂岩層のタイプおよびその分布域の推測を行った(図10)。

ディップの復元を行った6坑井はいずれも北東～北～

図11 ディップの復元から推定した南北方向の古流系

北西の結果を得、南北性の古流系を示唆した。

本地域周辺でRudeis層全体の砂岩層分布の検討を行ったALLEN, *et al.* (1984)は、砂岩の堆積は断層に沿って生じた地溝を埋める形態が多いことを報告している。砕屑物の供給は古地理の理解から、西の後背地から東に供給されたと考えられる。したがって、H油田のYusr砂岩層の砂岩は、本地域南西方を後背地とし削剥された砕屑物がCanyon(海底谷)を通じて海底に流れ込み、スエズ方向(NW-SE)の断層に沿って生じた地溝を南方から北方に向かってチャンネル状に埋めたと解釈した(図11)。Yusr砂岩層は、ディップメーターのパターン認識などから数度の堆積サイクルによって構成されると考えられる。砂岩層の最も良く発達するH-3は、堆積サイクルの何時の時期もチャンネルの中央付近に位置していたと考えられた。この考えに基づきH-6のロケーションが選定されたが、同井では厚いYusr砂岩層の発達は認められず、南北性の砂岩層発達は可能性が少なくなった。

3.3 Yusr砂岩層の再検討

H-6の掘削後、その地質状況を踏まえYusr砂岩層の再検討を行った。阿部(1979)はコア岩相とディップメーター曲線との対応性を初めて認めた。阿部の手法に基づき本構造の既存井で、コアまたはサイドウォールコア(SWC)を採取し岩相を確認しているインターバルと電検カーブ、ディップメーターのパターンとの比較検討を

行い、他坑井に敷衍させた。Yusr 砂岩層をその特徴から、Upper, Middle, Lower の 3 ゾーンに分類した。コア、SWC の岩相と各種データの比較を（表 1、図 12）に示した。岩相判定の結果は以下のとおりである。

(1) H-1

Upper zone (1,619.3-1,645.0m)

シルト岩の卓越したゾーンであり、上方ほど細粒化して、上位の泥岩に移化する。内部に 4 層の粗粒の部分

があり、特に下部に挟在する約 4m の砂岩層はクリーンで含油している。上部の泥化したシルト質泥岩中にやや粗粒なシルト岩が 3 層挟在する。

Middle zone (1,645.0-1,655.3m)

泥岩層で下部は一部シルト岩。

Lower zone (1,655.3-1,662.3m)

泥岩帯に挟まれたシルト岩～シルト質泥岩。

(2) H-2

Upper zone (1,540.0-1,562.0m)

表 1 コア、CSTの岩相と各種データの比較

	コア SWC の岩相	GR	DLL-MSFL MICRORESISTIVITY	FDC-CNL		GEODIP/DUALDIP から 読み取れる岩相上の特徴	そ の 他
				ϕ N	ρ b		
H-2	中粒～粗粒砂岩	20 API	7-12 Ω m	13-23	2.26-2.46	塊状、一部に葉理、上方細粒化 一部塊状／一部に層理面有 不均質、不規則葉理に夾雑物	LITHO では SHALY SS
	細粒（シルト質）砂岩	45	4	20-23	2.56-2.64		" CLEAN SS
	頁岩（一部シルト質）	50	1-2	35-40	2.27-2.47		" TIGHT SHALE
H-5	礫岩	15	20-70	8-17	2.44-2.58	塊状部分に不連続な高比抵抗ピーク （不連続ながら相交葉理を示す部分有） — 高比抵抗ピーク多数、一部は連続性有	LITHO では CALC. SS
	中粒～粗粒砂岩	15	10	11-23	2.25-2.42		LITHO では CLEAN ss
	頁岩	35	0.9-1	38-50	2.17-2.35		
H-6	中粒～粗粒砂岩	25	7	18-23	2.26-2.35	均質部分に相交葉理含む、一部塊状 比較的均質な中、周期的な核在物 不均質なバックグラウンドに一部葉理 不均質・不連続	
	シルト岩	40	3-4	19-30	2.37-2.53		
	頁岩（シルト質）	50	1.5	34-38	2.35-2.44		
	頁岩	55	1-1.5	42-46	2.20-2.30		
H-4	シルト質細粒砂岩 ／泥岩互層	45	2-2.5	27-32	2.30-2.50		

CORRELATION OF YUSR SS
IN H OIL FIELD

図 12 YUSR 砂層の

シルト岩の卓越したゾーン。最下部に約4mの均質なクリーン砂岩を挟み、数ダルシーの浸透率を有する含油層である。

Middle zone (1,562.0-1,580.0m)

無層理の泥岩層で特徴付けられ、上部および下部がややシルト質である。約1mの塊状砂岩を上部に挟む。シルト質泥岩はやや不均質となり、ディップメーターの比抵抗に高周波ピークが頻出する。下部のシルト岩には一部葉理面が認められる。

Lower zone (1,580.0-1,586.5m)

シルト岩～シルト質泥岩を主体とする。最上部、基底部に塊状砂岩層があり、細交葉理面が認められる。

(3) H-3

Upper zone (1,490.5-1,512.5m)

砂岩を主体とし、約1mの2枚の泥岩により、3層に大別される。上部は石灰質砂岩の薄層理を頻繁に挟み細交葉理面が認められる。中部および下部の砂岩は比較的均質であるが、ディップメーターでは不連続イベントが散見される。

Middle zone (1,512.5-1,530.2m)

塊状均質な砂岩である。部分的に礫質砂岩を挟むと考えられる。孔隙率も高くクリーンな砂岩である。

Lower zone (1,530.2-1,535.3m)

基本的にはMiddle zoneと同様な塊状、均質な砂岩である。

(4) H-4

Upper zone (1,376.0-1,390.0m)

シルト岩～シルト質泥岩からなる。

Middle zone (1,390.0-1,399.8m)

泥岩よりなる。下部にややシルト質の部分が存在する。

Lower zone (1,399.8-1,405.1m)

シルト質泥岩から成る。基底部に砂岩の薄層を挟む。

(5) H-4a

Upper zone (1,455.0-1,470.7m)

細交葉理に富むシルト質泥岩～シルト岩を主体とする。厚さ1.5mと4.0mの2層の均質な塊状砂岩層を挟み、後者の砂岩はクリーン砂岩であるが、水層である。

Middle zone (1,470.7-1,483.5m)

泥岩層で葉理面は余り明瞭でない。

Lower zone (1,483.5-1,490.8m)

シルト岩～シルト質泥岩よりなる。葉理面に富む。

(6) H-5

Upper zone (1,483.0-1,504.6m)

砂岩及び礫岩を主体とする。上部に泥岩層を挟み礫岩と砂岩層は互層する。砂岩は孔隙率が高く、浸透率も数ダルシーにおよび含油している。コアの砂岩の基底部には下位層の削り込みが認められる。

Middle zone (1,504.6-1,524.2m)

泥岩からなる。中部に石灰質砂岩の薄層を挟む。泥岩には部分的に葉理面が明瞭に認められる。

Lower zone (1,524.2-1,528.2m)

クリーンな砂岩からなる。葉理面がディップメーターに認められる。

岩相区分と対比

Model of submarine-fan deposition (after Walker, 1978)

図13 堆積モデルの適用

(7) H-6

Upper zone (1,445.4–1,464.7m)

シルト岩が卓越する。最下部に2.5mの砂岩層を挟む。上部に砂岩の薄層を2層挟在する。最下部の砂岩層は含油しており、ディップメータで葉理が発達している。

Middle zone (1,464.7–1,482.3m)

泥岩層で特徴付けられる。上部はややシルト質で、上部に1mの塊状砂岩層を挟む。比較的に不均質で中部は一部で葉理が発達する。

Lower zone (1,482.3–1,485.0m)

シルト岩からなり、一部石灰質。

(8) WEST BAKR-3

Upper zone (1,581.5–1,614.0m)

上半分はシルト質泥岩～泥岩よりなる。下部はシルト岩を主体とし、約3mの砂岩層を挟む。

Middle zone (1,614.0–1,623.3m)

泥岩からなる。

Lower zone (1,623.3–1,629.2m)

シルト岩～シルト質泥岩からなる。

3.4 砂岩の堆積環境

本油田のYusr部層層準は、浮遊性有孔虫化石が卓越し、外洋性環境を示唆する。一般にスエズ湾では始新統の後の陸化後、中新統にかけて、陸成–浅海成–半深海成–浅海成–蒸発岩の堆積輪廻が認められる。Yusr部層はその最も深い堆積環境である上部半深海成の時期に相当する。また、Yusr層堆積時の海は、東方に向かって開いており、西側後背地に近い地域は、陸棚～大陸斜面に位置している (ALLEN, *et al.* 1984)。

3.5 堆積モデルの適用

広域的な地史から本地域の位置するスエズ湾西岸では、西方に分布する基盤岩類あるいは先に堆積した岩石が剝削され、西から東方のスエズ湾に向かって碎屑物が供給された。Yusr砂岩層は半深海の環境下に堆積したと考えられるが、H-5のコアで確認された礫岩は、High Energy の場での堆積を示唆する反面、H-6のコアに認められる砂岩の薄層とシルト岩の有律互層は比較的静穏な環境を示すとみられる点から、本Yusr砂岩層は西方から碎屑物の供給を受けた海底扇状地堆積物と推論し、これにWalker (1978) のモデル (図13) を適用すると以下のように考えられる。

A. 礫岩、礫質砂岩、塊状砂岩の卓越するH-3、H-5付近は西方から急な勢いで碎屑物が供給された軸 (中部扇状地のロープ堆積物のうちの網状チャネル部) と考えられる。

B. その他の坑井はチャネルが氾濫したおりに、上記の粗粒碎屑物が流出し、周囲に堆積したものと解される。

C. 同じ環境の堆積物でも、碎屑物の供給方向に沿った (下流の) H-1、H-2 では砂岩の挟在比率が上流のH-4、H-6 に比べて高い。同じ上流の堆積物でもH-4は供給の軸からはなれた分だけH-6に比較して泥化が進んでいると考えられる。

4. 結 論

K油田のA砂岩層内において地層水の塩分濃度の垂直変化が考えられる。端水以深の塩分濃度が低く、濃度が一定な水をAquiferの水とし、構造極隆部の濃度の高い水はConnate Waterであると結論した。塩分濃度は端水からの距離に比例して、垂直的に、漸移的に変化すると考えられる。油層評価を行う場合、普通水層での地層水の抵抗値 R_w を求め産出する。K油田のように塩分濃度の垂直変化があり、特に水層での濃度が低い場合には R_w が大きくなるため S_o の値を過小評価するため、適正な R_w を端水面からのレベルにおおじて求める必要がある。H油田のYusr砂岩層は海底扇状地堆積物であり、その発達方向を東西方向と推測したが、現時点では坑井数が少なく、今後この考え方にに基づき坑井を掘削し、検討を続けたいと考えている。

謝 辞

本稿を発表するにあたり、資料の公表を許可して頂いたエジプト石油開発局荒川洋一社長に深く感謝します。また本稿作成にあたり、多大のご助言をいただいた帝国石油の佐藤修氏に感謝の意を表します。

引 用 文 献

- 菊池良樹, 高須洋一, 渡辺享, 1981: ウェスト・バクルの石油地質, 石技誌 46(2), 33-45,
- 阿部正名, 1979: Dipmeter 曲線による岩相判読, 帝国石油㈱技研報告, No. 446, 77-83.
- DICKEY, P. A., 1979: Oilfield Waters, *Petroleum Development Geology*, 216-249, Pennwell Books.
- ROBERTSON Research, 1986: Gulf of Suez Study, Vol. 1 & 2.
- ALLEN, G., AYYAD, A., DESFORGES, G., HADDANI, N. and PIZON, J., 1984: Subsurface sedimentological study of the Rudeis formation in Kareem, Ayun, Yusr and Shukeir Fields, *EEPG 7th Exploration Seminar*, 164-176.
- WALKER, R.G., 1978: Deep-water sandstone facies and ancient submarine fans: Models for exploration for stratigraphic traps, *Bull. AAPG*, 62(6), 932-966.