

石油探鉱におけるシール能力評価の重要性の検討（その3） ーシールメカニズムによる違いー

中山一夫

深田地質研究所

Importance on Seal Evaluation in Petroleum Exploration (Part III) -Difference of Sealing Capacity on its Mechanism-

NAKAYAMA Kazuo

Fukada Geological Institute

要旨：油ガス田の成立は、生成・移動・集積という3つの重要な要因により構成される。根源岩中で生成された多量の油ガスは、貯留層内に排出され主として浮力により上方移動し、その一部が帽岩と呼ばれる低透水層で囲まれた貯留層内（トラップ）に集積される。探鉱する際には、埋蔵量の推定が重要で、その量は帽岩によって制御されていることから、シールの定量化を目的として、等価粒径法が開発された。本論では、汎世界的データベースに対し等価粒径法を適用し、各地の種々のタイプの油ガス田のシール評価を行ったが、その際に、トラップのタイプによって推定される粒径に特徴があることが推論された。すなわち、層位封鎖型トラップでは、構造的トラップに比してより大きな粒径が示唆されるが、それは、層位封鎖型トラップにおいては計算に用いられる油ガスコラム高（ H_c ）が上部に存在する非生産ゾーン（waste zone）により実際より小さく見積もられるためであると推測される。

キーワード：シール能力、等価粒径法、キャピラリー制御型、構造的トラップ、層位封鎖型トラップ

Abstract: There are 3 important factors, generation, migration and accumulation, to accomplish oil and gas fields. Much amount of hydrocarbon was generated in source rocks, and expelled into reservoir to migrate upward, then accumulated within reservoir if it is surrounded by less-permeable seal rock (this place is called as "Trap"). It is necessary to estimate the sealing capacity for the exploration of oil and gas, therefore, the 'Equivalent Grain Size (EGS) Method' was developed. In this paper, the EGS method is applied for the worldwide database to evaluate the sealing capacity of different area and different sealing conditions, from which the estimated EGSs are depending on the type of traps. Namely, the EGSs for stratigraphic traps are indicated to be smaller value than those of structural traps. The reason for the stratigraphic traps is considered to be used less column height (H_c) than the true value because of waste zone on the upper portion of the trap.

Keywords: Sealing Capacity, Equivalent Grain Size Method, Capillary limited, Structural Trap, Stratigraphic Trap

1. はじめに

これまで深田研において進めてきた当該研究は、2018 年度年報 (中山, 2018) 及び 2019 年度年報 (Nakayama, 2019) において報告済みである。本年は、それらを受けて当初よりの目的であった汎世界的データから各フィールドにおいてシール能力の定量化を試みた。その結果、トラップの形態によりシール能力に違いのあることが判明したので予察的ではあるが報告する。

2. これまでのシール能力定量化 - 等価粒径法 (Equivalent Grain Size, EGS, Method)

本研究では、石油の集積に最も関係している要因としてシール能力を取り上げ、その評価法を開発してきた。これまで、筆者自身が開発した等価粒径法 (Nakayama and Sato, 2002 : Sawamura and Nakayama, 2005) をベースに評価を行ってきたので、まず、等価粒径法について簡単に紹介する。詳細は、中山 (2018) を参照されたい。

2.1 石油集積におけるトラップの分類

石油ガスを貯めておく形成機構としてのトラップには、集積量を規定する条件の違いから、キャピラリー制御型トラップとスピルポイント制御型トラップの 2 つのエンドメンバーが存在する (図 1)。地質学的年代スケールにおいて、シールが貯留岩中の石油を保持しているという現象は、貯留岩中の石油による浮力 (Buoyancy) とシール中のキャピラリー圧 (毛細管圧 ; Capillary Pressure) とのバランスによって説明される (Berg, 1975)。トラップ上部のシール/貯留岩境界において、二次移動してきた石油はシール孔隙のくびれ径と流体の界面張力によって決定される

キャピラリー圧のために上方への移動が抑止され、貯留される。トラップへの石油の流入が継続した場合、コラム高の増加に伴って浮力も増大し、やがてトラップのシール/貯留岩境界 (トップシール) において石油の浮力がキャピラリー圧を超過して、石油が上方へリークする。すなわち、シールは無限に石油を保持できるのではなく、キャピラリー圧とバランスする浮力分だけを保持することができるのである (キャピラリー制御型トラップ)。ところが、流入してきた石油・ガスがこのトップシールで保持できる高さに達する前に、側方からの流出点 (スピルポイント) が存在するとトップシールの保持力に関わらず、その高さまでしか保持することができない (スピルポイント型トラップ)。一般に石油ガスの生成量は実際に油ガス田を成立させている集積量に比べて格段に多い。したがって、自然界において成立している油ガス田は、上記のキャピラリー制御型かスピルポイント制御型か、どちらかに分類される。実際には、その中間型として油ガス混合型トラップも存在するが (図 2)、ここでは、油ガス混合トラップは、油ガスの浮力の合計値とトップシールが釣り合っているという意味で、キャピラリー制御型に含まれるものとする。

2.2 トップシール評価法としての等価粒径法

キャピラリー制御型トラップの場合、その極限的状态として静的平衡状態が保たれている。シールが保持しうる最大コラム高まで石油が貯留されている状況を貯留岩中の石油による浮力とシール中のキャピラリー (毛細管) 圧とのバランスから考えると、炭化水素の浮力とキャピラリー圧はつりあっていて、(1) 式に示す静的平衡方程式 (Hydrostatic trap equilibrium equation) が成立する (図 3)。

- How can we understand Sealing Capacity ? -
“The amount of Trapped Oil or Gas is not infinite !”

Important feature: Think Seal in Static Condition.

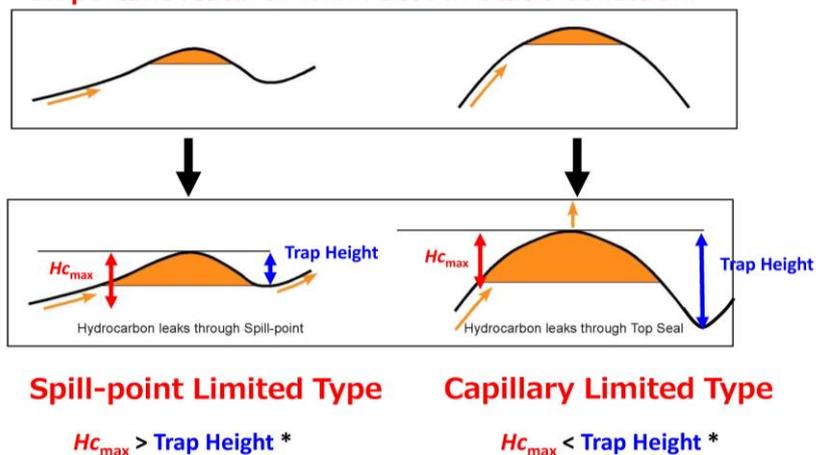


図 1 トラップの分類：スピルポイント制御型 vs キャピラリー制御型.

Accumulation of Oil & Gas is controlled by the relation between Trap Height and Top Seal

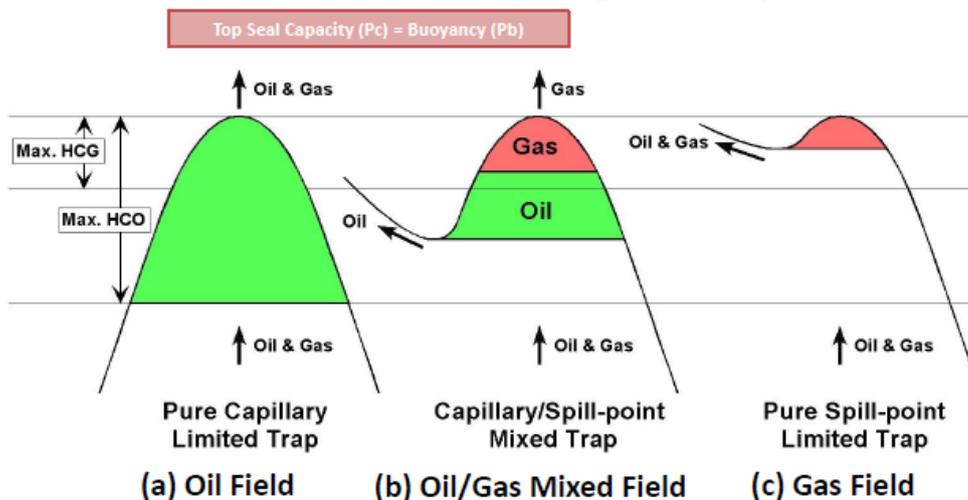


図 2 トップシール能力とトラップ高との関係で決まる油ガス集積の 3 つのタイプ：混合型の油ガス集積はキャピラリー制御型に含まれる (Sawamura and Nakayama, 2005, modified after Sales, 1997)

Why can Oil be trapped? Hydrostatic Trap Equilibrium Equation

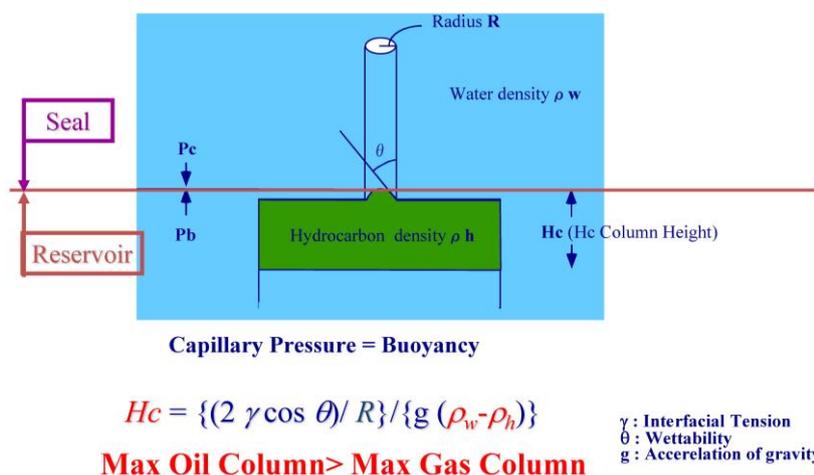


図 3 静水圧下のトラップにおける油ガス集積の平衡状態(Nakayama and Van Siclen, 1981)

$$H_c \cdot g \cdot (\rho_h - \rho_w) = 2 \cdot \gamma \cdot \cos \theta / R \quad (1)$$

H_c : 油ガスコラム高, g : 重力加速度, ρ_h : 油またはガス密度, ρ_w : 地層水密度, γ : 界面張力 (Interfacial Tension), θ : 濡れ度(Wettability), R : 孔隙のくびれ (Pore Throat) 半径.

このとき, 地層流体密度 (ρ_w), 界面張力 (γ), および濡れ度 (θ) を仮定すると, 観測される油ガスコラム高 (H_c) からシール孔隙のくびれ半径 (R) を逆算することができる. すなわち, 実際のトラップにおいて油ガスコラム高がシール能力に規定されていると判断された場合, その油ガスコラム高 (H_c) から逆算される帽岩の孔隙半径 (R) がシール能力を示すこととなる.

孔隙のくびれ半径 (R) はシール能力を定量的に表す項目となるが, 多くの地質技術者にとって

一般的なパラメータとは言いがたい. そこで, 等価粒径推定法では, くびれ半径を「粒径」に変換してシール能力評価の指標としている. 帽岩が全て同じ粒径をもつ球体から構成されると仮定した場合 (図 4), くびれ径は粒径と孔隙率の関数によって表される. 幾何学上の理論に従えば, それは以下のように与えられる (Nakayama and Van Siclen, 1981).

$$COEF = 1.92 (\phi)^2 - 0.0882 (\phi) \quad (2)$$

$$R = (1/2) (COEF) d_e \quad (3)$$

ここで, $COEF$ = 孔隙のくびれ径 (直径) と粒子径の比 ($2R/d_e$), ϕ = 孔隙率, d_e = 粒径 (直径). シールがすべて同じ粒径の球体 (等価粒径) から構成されていると仮定した場合, くびれ径 (R) は粒子径 (d_e) と孔隙率 (ϕ) の関数に

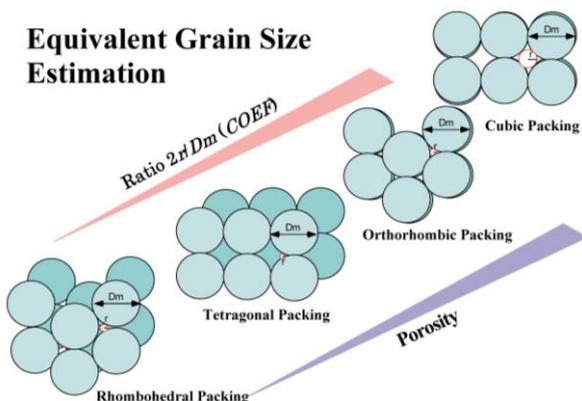


図4 等価粒径を仮定した際に *COEF* (くびれ径/粒径) と孔隙率の理論的關係

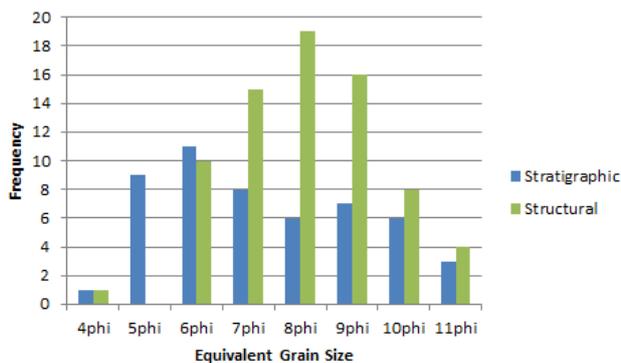


図5 トラップタイプの違いによる推定等価粒径値の分布

よって表されることとなる。等価粒径推定法では、油ガスコラム高 (H_c)、流体密度 (ρ_w, ρ_h)、温度およびシールの圧密係数をパラメータとして入力することにより、シールの等価粒径を算出する。等価粒径は phi スケール ($\phi = -\log_2(de)$, de : Grain Size in mm) で表現され、高い ϕ 値 (粒径が小さい) ほど高いシール能力を示す。

なお、この粒径 (等価粒径) は、実際の粒径を示すものではなく、シール能力を示す仮想のものである。

3. 汎世界的データベースを用いたシール能力の検討

等価粒径法によるシール能力を算出するには、広義のキャピラリー制御型である必要がある。ここでは、AAPG 発行の *Treatise of Petroleum Geology: Atlas of Oil and Gas Fields* シリーズを用いて、記載されたフィールドの中から、キャピラリー制御型のものを選び、57 フィールド 97 貯留層に対するシール能力を算出した (表 1, 巻末掲載; Beaumont and Foster, eds., 1990-1992; Foster and Beaumont, eds., 1991-1992)

各フィールドのバックグラウンド (地質時代、シールの岩相、トラップの形状、集積されている石油ガスの性状など) が多岐にわたることから、シール能力は当然かなりの幅を持つ分布を示した。しかし、これらの統計を取る中で、いわゆる構造性トラップ (Structural Traps) と層位封鎖型トラップ (Stratigraphic Traps) とで、シール能力に統計的差異が認められることが判明した。すなわち、構造性トラップは最頻値が 8-phi 付近に存在するのに対し、層位封鎖型トラップの最頻値は 6-phi 付近に存在する (図 5)。この差は何に由来するのかを以下に考察する。

同じキャピラリー制御型トラップといっても、構造性のものであれば、流体が地層面を横切るようにリークするのに対し、層位封鎖型のリークは、地層面に平行に起こる (図 6)。シールすなわち帽岩の岩相は、碎屑性 (Clastic) のものでは、頁岩 (Shale) であり、炭酸塩岩 (Carbonate) では、細粒性の石灰岩 (Micrite) や蒸発岩 (Evaporite) である。図 6 に示されるように、地層面を横切るように流体のリークが起こる場合は、孔隙率の高い貯留層から比較的急激に帽岩のシール相に変化することから、貯留される流体の保持される高さ (Oil Column 又は Gas Column) の上端は、ほぼシール相直下に該当する。これに対し、層位封鎖型トラップにおいては、側方に徐々に変化してシ

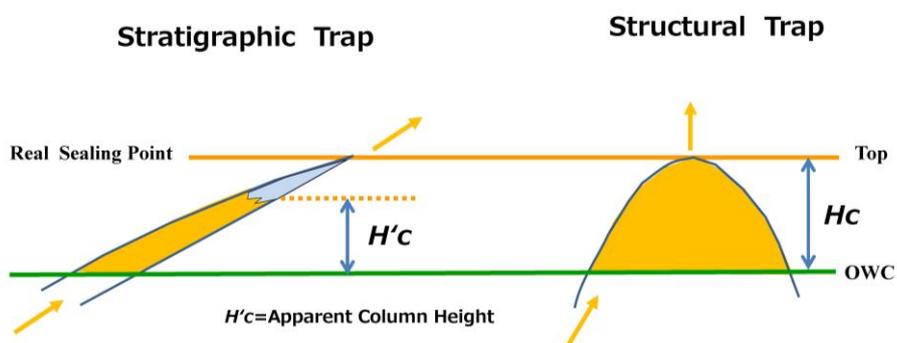


図 6 構造性トラップと層位封鎖型トラップにおける推定コラム高の違い

ール相に達するので、油ガスで貯留層と認められる範囲（通常の Oil Column 又は Gas Column とされる高さ）の上位にある範囲で浪費ゾーン（Waste Zone, 油ガスが貯留されているが濃度が不十分で生産することができないゾーン）が存在すると考えられる。つまり、層位封鎖型トラップの場合、見かけの油ガスコラム ($H'c$) は、シール相までの実際の高さに比べて小さく表現される。等価粒径法では、この見かけの小さいコラム高に基づいて計算されるので、等価粒径としては実際のシール相のそれよりも粗く (ϕ スケールでは小さく) になってしまう。

上記のような説明から、層位封鎖型トラップの等価粒径が、構造性のものより小さく出ることが、定性的ではあるが説明される。

4. 残された問題点

本論で確認された、構造性トラップと層位封鎖型トラップにおける等価粒径の有意差は、前項での説明されたように、定性的には理解できる。

本稿における等価粒径計算値は、統計的に充分とはいいがたく、この結論の確証にはさらなる

データが追加されることが望まれる。一方、その有意差がなぜ $2\text{-}\phi$ なのか、の考察も必要であろう。或いは、図 5 中の層位封鎖型トラップにおける等価粒径の分布を注意深く観察すると $9\text{-}\phi$ 付近にもやや低いピークが認められる。つまり、層位封鎖型トラップにおいては、最頻値は 2 つ存在するかもしれない、もしそうであれば、それらのピークが意味するものは何かというさらなる考察が必要になる。

本稿では、シールメカニズムによる等価粒径の有意差について、時間的制約から取り敢えず予察的報告にとどめるが、今後、追加推敲をするための各フィールドの詳細の検討や、さらなるフィールドデータの追加等が望まれる。それらを取り込んだうえで、詳細な考察を行い、等価粒径法の持つ意味をさらに深めていくことが望まれる。

文献

Beaumont, E. A. and Foster, N. H., eds. (1990-1992):
Structural traps I-VIII, Tectonic Fold Traps. *AAPG Treatise of petroleum geology, Atlas of oil and gas fields.*

- Berg, R. R. (1975): Capillary pressure in stratigraphic traps. *AAPG Bulletin*, **59**, 939-956.
- Foster, N. H. and Beaumont, E. A., eds. (1991-1992): Stratigraphic traps II-III. *AAPG Treatise of petroleum geology, Atlas of oil and gas fields*.
- 中山一夫 (2018) : 石油探鉱におけるシール能力評価の重要性 (その1) -等価粒径法によるシール能力の予測-. 深田地質研究所年報, **19**, 137-146.
- Nakayama, K. (2019): Importance on Seal Evaluation in Petroleum Exploration (Part II) -Application to CO₂-rich Field -. *Annual Report of the Fukada Geological Institute*, **20**, 81-87.
- Nakayama, K., and D. C. Van Sicken (1981): Simulation model for petroleum exploration. *AAPG Bulletin*, **65**, 1230-1255.
- Nakayama, K., and D. Sato, D. (2002): Prediction of sealing capacity by the equivalent grain size method, in A. G. Koestler and X. Hunsdale, eds., Hydrocarbon seal quantification. *Norwegian Petroleum Society Special Publication*, **11**, 51-60.
- Sales, J. K. (1997): Seal strength vs. trap closure-a fundamental control on the distribution of oil and gas, in R.C. Surdam, ed., Seals, traps, and the petroleum system. *AAPG Memoir*, **67**, 57-83.
- Sawamura, F., and K. Nakayama (2005): Estimating the amount of oil and gas accumulation from top seal and trap geometry, in R. Sorkhabi and Y. Tsuji, eds., Faults, fluid flow, and petroleum traps. *AAPG Memoir*, **85**, 33- 42.

表 1 シール能力評価（等価粒径法による油ガス田のEGS値）一覧表。（1/5）

Field Name	Trap type	Basin	Country	Geological Age	Reservoir	Seal Lithology	Top Depth	Gas Column	Oil Column	Est. EGS
Amposta	Capillary limited	Western Mediterranean	Spain	Cretaceous	Montsia Gr.		1746m		194m	8.1phi
Appleton	Capillary Limited	Gulf of Mexico Alabama	USA	Jurassic	Smackover	Limest	3845m		38m	4.1phi
Bindley	Capillary limited	Anadarko, Kansas	USA	Mississippian	Woodford	Dolomite	1403m		20m	6.4phi
Cano Limon	Capillary Limited	Llanos Basin,	Colombia	U. Cretaceous	Carbonera, Marador	Shale	2318m		214m	8.1phi
Dan S= Str.	Capillary Limited	Central Graben Danish North Sea	Denmark	Cretaceous & Paleocene	Calk, Rogaland	Shale	1740m	110m	150m	9.7phi
Dan S= Str.	Capillary Limited	Central Graben Danish North Sea	Denmark	Cretaceous & Paleocene	Calk, Rogaland	Shale	1800m	70m	120m	9.00phi
Drake Point	Capillary limited	SverdrupBasin, Canadian Arctic Islands	Canada	L. Jurassic	(Gas) Shale	Marine Shale	2000m	210m 80-85m		9.1phi
Ekofisk	Capillary limited	Central Graven, North Sea	Norway	U. Creaceous/ Paleocene	Calk, Tor & Ekofisk	Shale (Paleo-Eocene)	2889m		400m	8.7phi
Eldfisk	Capillary limited	Central Graven, North Sea	Norway	U. Creaceous/ Paleocene	Calk, Tor & Ekofisk	Shale (Maureen)	2745m		336m	8.5phi
Garzan A	Capillary Limited	Diyarbakir Basin	Turkey	Cretaceous	Limest, Garzen F.	Limest (Germav F.)	2010m		130m	7.7phi
Garzan D	Capillary Limited	Diyarbakir Basin	Turkey	Cretaceous	Limest, Garzen F.	Limest (Germav F.)	1550m		180m	8.8phi
Garzan E	Capillary Limited	Diyarbakir Basin	Turkey	Cretaceous	Limest, Garzen F.	Limest (Germav F.)	1346m		124m	8.6phi
Glenn pool	Stratigraphic	Arkoma	NE Oklahoma Platdorm, USA	Pennsylvanian	Bartisville SS.	Siltst, Shale	440m	5m	23m	8.1phi
Guafita	Capillary limited	Barinas-Apure	Venezuela	Paleo-Miocene	Fluvio-Delta, Arauca	Shale	2028m		76m	7.0phi
Los Lanudos (gas)	Capillary limited	Maracaibo	Venezuela	Eocene	Misoa F. (SS.)	Shale	350m	100m	-	8.5phi
Maui	Capillary	Taranaki	New Zealand	Paleogene	Kapuni Gr.	Shale	2689m	84.7m	1.5m	8.0phi

中山一夫

表 1 シール能力評価 (等価粒径法による油ガス田の EGS 値) 一覧表 (2/5)

Field Name	Trap type	Basin	Country	Geological Age	Reservoir	Seal Lithology	Top Depth	Gas Column	Oil Column	Est. EGS
Prinos	Capillary	Agean	Greece	Miocene	A	Shale	2488.5m		222.5m	8.3phi
Ramadan	Capillary	Gulf of Suez	Egypt	Carbomiferous	Nubia	Anhydrite	3027m		645m	8.2phi
Rangely	Capillary limited	Uinta & Piceance	USA	Pennsylvanian	Weber SS. (Aeronian)	Shale	1700m	41m	291m	7.7phi
Raudhatain	Capillary limited	Arabian	Kuwait	L. Cretaceous	Zubair	Shale	2762m		45m	6.6phi
Raudhatain	Capillary	Arabian	Kuwait	L. Cretaceous	Zubair	Shale	2937m		54m	6.7phi
Raudhatain	Capillary	Arabian	Kuwait	L. Cretaceous	Burgan	Shale	2300m		138m	7.5phi
Raudhatain	Capillary limited	Arabian	Kuwait	L. Cretaceous	Mauddud	Carbonate	2196m		117m	8.2phi
Red Wash	Stratigraphic	Uinta	USA	Tertiary	Green River, Parachute Creek	Shale	1613m	48m	61m	8.65phi
Red Wash	Capillary limited	Uinta	USA	Tertiary	Green River, Garden Gulch	Shale	1747m	39m	74m	8.3phi
Red Wash	Capillary limited	Uinta	USA	Tertiary	Green River, Garden Gulch	Shale	1756m	19m	63m	7.3phi
Red Wash	Capillary limited	Uinta	USA	Tertiary	Green River, Douglas Creek	Shale	1809m	13m	101m	7.5phi
Red Wash	Capillary limited	Uinta	USA	Tertiary	Green River, Douglas Creek	Shale	1859m	25m	95m	7.85phi
Rio Itai nas	Capillary Limited	Espirito Santo	Brazil	L. Cretaceous	Mariucu	Anhiderite/Gypsum	1150m	30m	90m	10.7phi
Rospo Mare	Capillary Limited	Adriatic Sea	Italy	L. Cretaceous		Limestone	1320m		140m	8.22phi
Sarir EL= 122m	Capillary Limited	Sirte	Libya	U. Cretaceous	C, Basal SS	SS/Shale	2993m, -8150ft= -2489m		91m	7.6phi
Sendji	Capillary Limited	Congo	PR. Congo	Cretaceous	Carbonate, Dolomite, Zone K1 ite	Shale/Dolomite	1247m		55m	8.0phi
Sendji	Capillary limited	Congo	PR. Congo	Cretaceous	Carbonate, Dolomite, Zone K2 ite	Shale/Dolomite	1259m		51m	7.9phi
Tiguaje	Capillary Limited	Maracaibo/Falcon	Venezuela	Miocene	Coastal SS. La Puerta, Block-A	Shale	717m		271m	10.6phi
Tiguaje	Capillary Limited	Maracaibo/Falcon	Venezuela	Miocene	Coastal SS. La Puerta, Block-B	Shale	915m	95m	241m	10.2phi

表 1 シール能力評価 (等価粒径法による油ガス田の EGS 値) 一覧表 (3/5)

Field Name	Trap type	Basin	Country	Geological Age	Reservoir	Seal		Top Depth	Gas Column	Oil Column	Est. EGS
						Lithology	Lithology				
Tiguaje	Capillary Limited	Maracaibo/Falcon	Venezuela	Miocene	Coastal SS. La Puerta, Block-A	Shale	Shale	958m	211m		9.9phi
Unity	Capillary Limited	Mugland Rift	Sudan	U. Cretaceous	Aeolian SS. Ghazal A	Aeolian Shale	Aeolian Shale	4625ft	64ft		6.2phi,
Unity	Capillary Limited	Mugland Rift	Sudan	U. Cretaceous	Aeolian SS. Ghazal B	Aeolian Shale	Aeolian Shale	4688ft	96ft		6.8phi,
Unity	Capillary Limited	Mugland Rift	Sudan	U. Cretaceous	Aeolian SS. Ghazal D	Aeolian Shale	Aeolian Shale	4863ft	160ft		7.5phi
Unity	Capillary Limited	Mugland Rift	Sudan	U. Cretaceous	Aeolian SS. Ghazal H	Aeolian Shale	Aeolian Shale	5135ft	174ft		7.5phi
Unity	Capillary Limited	Mugland Rift	Sudan	U. Cretaceous	Aeolian SS. Zarka A	Aeolian Shale	Aeolian Shale	5400ft	126ft		6.9phi
Unity	Capillary limited	Mugland Rift	Sudan	U. Cretaceous	Aeolian SS. Zarka C	Aeolian Shale	Aeolian Shale	5725ft	175ft		7.2phi
Unity	Capillary limited	Mugland Rift	Sudan	U. Cretaceous	Aeolian SS. Zarka D	Aeolian Shale	Aeolian Shale	5975ft	153ft		6.9phi
Unity	Capillary Limited	Mugland Rift	Sudan	U. Cretaceous	Aeolian SS. Aradeiba A	Aeolian Shale	Aeolian Shale	6525ft	111ft		6.2phi
Unity	Capillary Limited	Mugland Rift	Sudan	U. Cretaceous	Aeolian SS. Aradeiba B	Aeolian Shale	Aeolian Shale	6725ft	168ft		6.7phi
Unity	Capillary Limited	Mugland Rift	Sudan	U. Cretaceous	Aeolian SS. Aradeiba C	Aeolian Shale	Aeolian Shale	6850ft	205ft		6.9phi
ZdKnice-Krystalinikum	Capillary limited	Carpathian Foredeep	Czechoslovakia	Eocene/Oligocene Shale/pre-Cambrian	Ignius, Bohemian Massif	Shale	Shale	760m	85m	175m	10.0phi
Alabama Ferry	Stratigraphic	East Texas	Texas, USA	L. Cretaceous	U. Glen Rose 'D'	Carbonate	Carbonate	2590m	488m		10.12phi
Rospo Mare	Stratigraphic	Adriatic	Italy	Cretaceous	(Oil & Gas) Lake Earling	Karstic Limestone	Limestone	1300m	150m		7.8phi
Walker Creek	Stratigraphic	Gulf of Mexico	Arkansas, USA	Jurassic	(Oil & Gas) Lake Earling	Limestone	Limestone	3200m	64.9m	35.1m	9.1phi
Bindley	Stratigraphic	Anadarko	Kansas, USA	Massissippian	Warsaw	Dolomite	Dolomite	1395m	18m		5.7phi
Bindley	Stratigraphic	Anadarko	Kansas, USA	Massissippian	Basal Conglo. Morrowan 'A' (Oil & Gas)	Dolomite	Dolomite	2175m	50m		5.9phi
Lexington	Stratigraphic	Anadarko	Kansas, USA	Pennsylvanian	Morrowan 'A' (Oil & Gas)	Sandst	Sandst	1540m	140ft(43m)		6.7phi
Lexington	Stratigraphic	Anadarko	Kansas, USA	Pennsylvanian	Morrowan 'A' (Oil & Gas)	Sandst	Sandst	1560m	14m	8m	6.9phi
Lexington	Stratigraphic	Anadarko	Kansas, USA	Mississippian	St Luis (Oil & Gas)	Limest	Limest	1623m	58ft(18m)		6.0phi

表 1 シール能力評価 (等価粒径法による油ガス田の EGS 値) 一覧表. (4/5)

Field Name	Trap type	Basin	Country	Geological Age	Reservoir	Seal Lithology	Top Depth	Gas Column	Oil Column	Est. EGS
Newburg and South Westhorne	Stratigraphic	Williston	North Dakota, US	Triassic	(Oil) Speerfish	Sandst	1188m		40m	7.1phi
Newburg and South Westhorne	Stratigraphic	Williston	North Dakota, US	Mississippian	(Oil) Charles	Limest	1040m		31m	7.3phi
East Texas	Stratigraphic	East Texas	Texas, USA	Cretaceous	Woodbine	Sandstone	1108m		76m	8.2phi
East Clinton	Stratigraphic	Anadarko	Oklahoma, USA	Pennsylvanian	(Gas) U. Red Fork	Sandstone	3810m	122m		6.3phi
Stockholm Southwest	Stratigraphic	Anadarko	Kansas, USA	Pennsylvanian	(Oil) Johanness	Sandstone (lateral)	1560m		12m	5.0phi
Stockholm Southwest	Stratigraphic	Anadarko	Kansas, USA	Pennsylvanian	(Oil) Stockholm	Sandstone (lateral)	1564m		20m	5.5phi
Sorrento	Stratigraphic	Denver	Colorado, USA	Pennsylvanian	(Oil) Marmaton	Sandst	1500m		28m	6.1phi
Sorrento	Stratigraphic	Denver	Colorado, USA	Pennsylvanian	(Oil) Morrow SS (W)	Sandst	1700m		31m	5.9phi
Sorrento	Stratigraphic	Denver	Colorado, USA	Pennsylvanian	(Oil) Morrow SS E	Sandst	1730m	2m	8m	4.6phi
Sorrento	Stratigraphic	Denver	Colorado, USA	Mississippian	(Oil) Spergen		2015m		25m	5.2phi
Port Acres	Stratigraphic	Gulf of Mexico	Co: Texas, USA	Oligocene	(Gas) Hackberry	Sandst	3100m	140m		7.6phi
Port Acres	Stratigraphic	Gulf of Mexico	Co: Texas, USA	Oligocene	(Gas) Frio	Sandst	2560m	670m		10.5phi
Lagoa Parda	Stratigraphic	Espirito Santo	SE, Brazil	Eocene	(Oil) Urucutuca	Sandst	1460m	45m	55m	8.8phi
Arun	Stratigraphic	North Sumatra	Ache Sumatra, Indonesia	Miocene	Oil; Arun Lst	Limest	2865m	GasCO2 400m,		10.1phi
Aneth EL= 4750ft	Stratigraphic	Paradox	Utah, USA	Pennsylvanian	Oil; Carbonate Desert Creek	Dolomite & Limest	1670m		80m	6.8phi
Rojo Caballos South	Stratigraphic	Delaware (Permian)	Texas, USA	Ordovician	Gas; Ellenburger	Dolomite	6230m	335m		6.35phi
Rojo Caballos South	Stratigraphic	Delaware (Permian)	Texas, USA	Devonian	Gas; Devonian	Dolomite Limest	5340m	281m		6.95phi
Rojo Caballos South	Stratigraphic	Delaware (Permian)	Texas, USA	Mississippian	Gas	Carbonate	5070m	400m		7.7phi
Rojo Caballos South	Stratigraphic	Delaware (Permian)	Texas, USA	Mississippian	Gas?	Limest	4400m	160m		6.95phi
Chicotepec	Stratigraphic	Tampico-Misantla	Mexico	Eocene	Oil; C' Pte Aleman Closure	Sandst	1950m		650m	9.5phi
Pecos Slope	Stratigraphic	Permian	New Mexico, USA	Permian	Gas; Abo Sandst	Anhydrite	1250m	400m		10.9phi
W. Pecos Slope	Stratigraphic	Permian	New Mexico, USA	Permian	Gas; Abo Sandst	Anhydrite	708m	230m		11.1phi

表 1 シール能力評価 (等価粒径法による油ガス田のEGS値) 一覧表. (5/5)

Field Name	Trap type	Basin	Country	Geological Age	Reservoir	Seal Lithology	Top Depth	Gas Column	Oil Column	Est. EGS
GlennPool	Stratigraphic	NE. Oklahoma	Oklahoma, USA	Pennsylvanian	Oil; Bartlesville	Sandst/Marine Shale	450m; Max1450m		80m	7.6phi
GlennPool	Stratigraphic	NE. Oklahoma	Oklahoma, USA	Ordovician	Oil; Wilcox	Shale	1260m; Max2260m		115m	6.9phi
Mene Grande	Stratigraphic	Maracaibo	Venezuela	Miocene	Oil; Channell Isnotu	Shale	1100m		365m	9.2phi
Mene Grande	Stratigraphic	Maracaibo	Venezuela	Eocene	Oil; Misoa	Shale	2935m		1100m	8.1phi
Elk-Poka	Stratigraphic	Appalachia	West Virginia, USA	Devonian	Gas; Orinsky	Carbonate	1450m	12.1m		8.05phi
Red Wash	Stratigraphic	Uinta	Utah, USA	Tertiary	Oil&Gas; Green River	Shale Siltst	1470m	70m	92m	9.4phi
Red Wash	Stratigraphic	Uinta	Utah, USA	Tertiary	Oil&Gas; Green River	Shale Siltst	795m Max1470m		455m	9.75phi
Red Wash	Stratigraphic	Uinta	Utah, USA	Cretaceous	Mesaverde	Shale Siltst	2195m Max2870m		395m	7.5phi
Kuparuk River	Stratigraphic	North Slope	Alaska, USA	Cretaceous	Oil; Sandst, Kuparuk River	Mudst	1740m		183m	7.85phi
Dauletabad-Donmez	Stratigraphic	Amu-Dar'ya	Turkmenistan/(Uzbekistan)	Cretaceous	Gas; Shatlyk F.	Limy Clay	3000m	450m		10.4phi
Cacao	Stratigraphic	Espirito Santo	SE. Brazil	Cretaceous	Oil; SS. Bara Nova	Shale	2630m		137m	5.6phi
Quiriquire	Stratigraphic	E. Venezuela (Maturin)	Venezuela	Pliocene	Oil; SS & Conglo. Zeta M.	Alluvial Fan Tar Seal	305m		790m	11.5phi
Quiriquire	Stratigraphic	E. Venezuela (Maturin)	Venezuela	Pliocene	Oil; SS & Conglo. Zeta M.	Alluvial Fan Tar Seal	305m		480m	10.8phi
Quiriquire	Stratigraphic	E. Venezuela (Maturin)	Venezuela	Oligocene	Gas; Los Jabillos	Tar Seal	1980m	762m		11.6phi
Burbank	Stratigraphic	Anadarko	Oklahoma, USA	Pennsylvanian	Oil; SS. Red Folk Oil & Gas;	Deltaic Shale	883m		135m	9.35phi
Lima-Indiana Trend	Stratigraphic	Cincinnati & Findlay Arches	Ohio & Indiana, USA	Ordovician	Trenton-Balack Oil; Dolomite;	Shale Limest	442m		80m	9.25phi
ElkhornRanch	Stratigraphic	Williston	North Dakota	Mississippian	Mission Canyon Oil; Limest	Dolomite	2850m		68m	5.6phi
Stanley	Stratigraphic	Williston	North Dakota	Mississippian	Mission Canyon (Gas Cond) SS.	Limest	2420m		60m	5.6phi
Richardton Taylor	Stratigraphic	Williston	North Dakota	Ordovician	Winnipeg	Shale	3600m		186m	6.1phi