

資 料

552.578.1/.2+551.24

石油と天然ガスの埋蔵量と関連性のある産油層の地質・ 物理パラメーターの決定について*

A. A. Khanin

小 西 善 治 訳

地殻における流体および含ガス流体の移動は、多孔質媒体を通じて行なわれる。媒質中では好ましい水理地質学的・岩石学的・構造要因が存在するときには、石油およびガスの蓄積が行なわれる。

産油層の有効規模およびその他の値以外に、石油およびガスの集積を量的に評価するためには、多孔質媒質——開かれた有効孔隙——の特性を知ることがきわめて重大である。この値を求めるには、岩石中に含まれている残留水を計算することが必要である。

層状集積体の有効容量とその産出量とを算出する問題を解くさいに、決定的な意味をもつものは、孔隙の総量——絶対孔隙率で現わされる——でなく、有効孔隙率値である。この値は多くの著者によつてとりあげられ、さまざまな値が出されている。例えば Leivenson は、水の薄膜(残留水の岩石中に)の存在と関連して、多孔率が減少するという考え方を述べている。この種の多孔率を有効孔隙率と呼び、層状流体を通る能力と考えている。

残留水の補正を行なつた岩石の孔隙率も、有効孔隙率と呼ばれている。この値は、容積法によつて天然ガスおよび石油の埋蔵量を算出する計算式に入れられる。天然条件では、地層中には、常に残留水を含んでいるので、有効孔隙率を計算するさいに考慮に入れるべきである。

ソ連および外国で発表されたこの問題に関する論文をみれば、岩石・集積槽のいわゆる残留水飽和度は25~40%である。分子力は、石油および天然ガスの移動時、ならびに抽出時に残留水の岩石への移動を抑止する。

Zhdanov の誘導する(容積法に基づく)石油埋蔵量の算出式では、孔隙率の係数値(ϕ)は、有効孔隙率(残留水による)でなく、飽和度(ケロンン飽和度によつて確認される)として解されている。

対応係数の形で現わされる石油・ガス飽和度・産油層の収量——埋蔵量の計算式の項に入れられる——は、岩石中における残留水の含有量によつて左右される。したがつてこの値の決定は、最も重要な問題である。岩石、集積槽中における残留水量は、多くの変数の函数である。この量は、岩石を構成する粒子の分散度、円琢度、均粒度(sorting)、孔隙の輪郭とダイメション、岩石の鉱物組成・岩圧作用ならびに膠結作用——自生鉱物生成作用と関連して発達する——産物としての収縮度に左右される。

水分を含む岩石のコア採集には、石油基質で作られた溶液をボーリングのさいに使用することが必要である。この場合、石油および水の飽和度は、Zaks の測定値によつて決められる。石油(q_H)および水(q_B)飽和係数は次式で決定される。

* A. A. Ханин: Установление геолого-физических параметров продуктивных пластов в связи с подсчетом запасов нефти и газа, Советская геология, No. 10, 1958

$$q_{H,B} = \frac{v \cdot \gamma}{m \cdot p}$$

- $q_{H,B}$ 単位部分における石油または水の飽和係数
 $v_{H,B}$ 試料中の石油または水の容積 cm^3
 γ 岩石の容積重量 g/cm^3
 m 単位部分の孔隙係数
 p 抽出後の岩石試料重量 g

(q_g) ガス飽和係数は、層状体条件下の試料の遊離ガス容量と同一試料内の総孔隙量との比によって決められる。ガス飽和係数を算出するには、上述の式が利用できるが、次式も利用されている。

$$q_g = 1 - A_0 - A_B$$

- 1 岩石の孔隙空間容積
 A_0 孔隙容積に対する残留水の比 %
 A_B 孔隙容積に対する流体相の飽和度 %

ガスによる地層の初期飽和度は、 $1 - A_0 - A_B$ に等しいはずである。含油層の初期飽和度は $1 - A_0$ に等しい。

ガスによって石油が置き換わっている場合の石油の収量 ($q_{H,0}$) は次式で決められる。

$$q_{H,0} = \frac{q}{1 - A_0}$$

この式は、以下の条件の場合に成立する。すなわち地層の初期石油飽和状態の下で、遊離ガスが存在しないが、地圧は採油工程で一定である場合である。

多くの研究者のデータによれば、石油が水によって置き換わる場合の石油収量の極大係数は、80%を超えない。

石油が水によって置き換わる場合の極大石油収量——含油層中で遊離ガスの分離が起こらないものとする——を決めるために、Dzhons は、経験式を利用することを考えている。

$$q_{H,0} = 80 - \frac{b \cdot \mu_H}{\mu_B}$$

- $q_{H,0}$ 極大石油収量 %
 b 石油の容積係数
 $\frac{\mu_H}{\mu_B}$ 水の粘度に対する石油の粘度の比

地質学的文献では、水、ガス接触面の移動によって生じる残留ガス飽和に関する若干のデータがみられるが、岩層を媒介とするガスの収着に関する報告はほとんど存在しない。これと関連して、ガス収量係数値に関する問題は、依然として研究されていない。Zhdanov および Yudin は、さまざまな地質学的・工学的データから石油鉱床のガス収量係数を分別選択するための基準がないので、従来の方法があてはまる可能性があると考えている。そこで埋蔵量を算出する場合には、ガス圧様式のガス鉱床に対しては、残留圧を考慮に入れてガス収量の単位条件係数を 0.9~0.95 にとり、水圧様式のガス鉱床に対しては、残留圧を考慮に入れないで 0.8 にとるべきであると進めている。

水基質で作成された溶液を使用してボーリングを行なう場合には、溶液はコアに補足され、層状水(水分)を含むコアには係数決定がさまたげられる。しかし含油岩層の場合には、層状石油の部分から追い出され、天然の石油飽和度を確かめることが難しくなる。この場合には、実験室では、残留水の割合、すなわち孔隙係数を決定できるような間接法が使用される。

最近では、ボーリングの地質断面の研究に、地球物理学的方法がきわめて広く使用されるようになった。そのために、孔隙率・水・石油・ガスの飽和度・(多少とも)岩層の浸透度がいく

らか確かに決定できるようになった。この方法は、コア材料で求められたデータで補足されている。

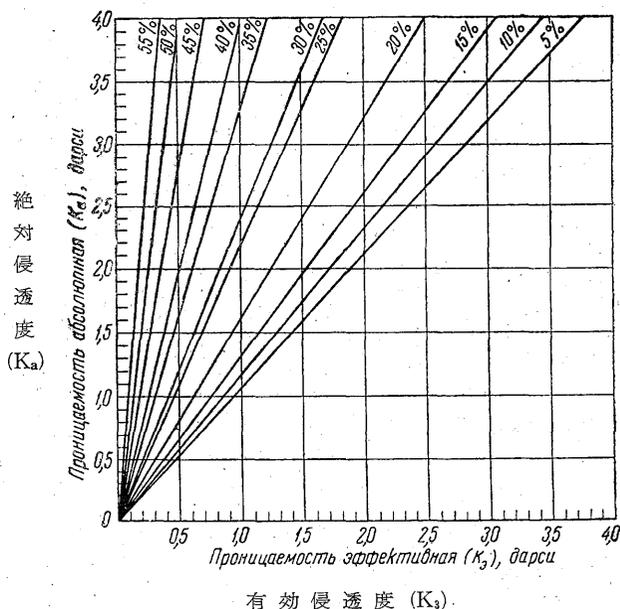
コアによる 残留水決定の間接方法中で、実験室で最も適するものは、次のようである。
 (1) 毛細管圧方法, (2) 水飽和度と有効ガス侵透度との比に基づく方法, (3) 遠心力方法である。

第1の方法は、実験を行なうのに多くの時間を必要とする。第2の方法は、最も妥当な方法であり、迅速決定が特色であるが、追加測定器具を必要とされる。第3の方法はさらに完成させることを必要とされる。

遠心力が試料に高速度で働くときには、残留水の一部(超被膜水)は絞り出されるので、著しく低い値が求められることになる。

砂質岩(膠結または非膠結)石のガス侵透値に及ぼす飽和水の影響を研究によると、有効ガス侵透度と(部分的には)水の占めていない集積槽の孔隙との間にみられる相関関係が確かめられている。

研究結果によると、水の飽和度値に対しては、有効、絶対ガス侵透度間に直線的関係が存在することがみられる(第1図)。すなわち縦座標として絶対ガス侵透度を、横座標に有効侵透度をとってグラフを作成して求められた侵透線は、横座標軸に対する傾きが変わり、孔隙の侵透度が増すにしたがって、縦座標軸に徐々に接近する。



第1図 さまざまな水の飽和度下における絶対的有効ガス侵透度の相関関係を示す

侵透(度)線は、0点に中心点をもつ直線束の方程式に支配される ($y=ax$, y =絶対ガス(侵透)度)。

x =有効ガス侵透度, a =角度係数。水の飽和度値によつて異なる侵透性曲線の傾き角で特色づけられる。孔隙が水で0から55%まで飽和されているときの角度係数値は第1表に掲げられている。

明らかにされた相関関係によれば、既知の絶対ガス侵透値(実験ボーリング孔で決定される)および有効侵透度によつて、層状集積槽(collector)の水の飽和度値が求められるから、ガス飽和度値も算出できる。既知の層状体水の飽和度値と絶対ガス侵透値によれば、求められた相関関係を利用して、ガス集積槽の有効(層状)侵透度を決定することが可能である。

第1表 角度係数値と水の飽和度との相関関係

孔隙容積に 対する水の 飽和度 (%)	角度係数 (a)	孔隙容積に 対する水の 飽和度 (%)	角度係数 (a)	孔隙容積に 対する水の 飽和度 (%)	角度係数 (a)
0	1.00	19	1.522	38	3.18
1	1.014	20	1.570	39	3.33
2	1.028	21	1.624	40	3.48
3	1.042	22	1.678	41	3.66
4	1.056	23	1.732	42	3.84
5	1.070	24	1.786	43	4.02
6	1.088	25	1.840	44	4.20
7	1.106	26	1.914	45	4.38
8	1.124	27	1.988	46	4.69
9	1.142	28	2.062	47	5.00
10	1.160	29	2.136	48	5.31
11	1.194	30	2.210	49	5.62
12	1.228	31	2.314	50	5.93
13	1.262	32	2.418	51	6.06
14	1.296	33	2.522	52	6.19
15	1.330	34	2.626	53	6.32
16	1.378	35	2.730	54	6.45
17	1.426	36	2.880	55	6.59
18	1.474	37	3.030		

このように、スタブローポリスクガス鉱床含ガス層準のコアの研究結果によつて、絶対的ガス浸透度を平均 800 mld に等しいとするならば、珪質粘土岩質集積槽の残留水の飽和度が 30% —石油基質で作成されたボーリング用溶液を使用して穿孔したペラギンジスク地域の 17 号井のコアの研究によつて求められた—に等しいときには、角度係数は 1.194 となる (第 1 表)。このデータによると、層状体ガス浸透度は平均 670 mld である。上述の相関関係は、含水層中に人工の (地下) ガス貯槽を作るさいに岩石のガス飽和係数を求めるのにも利用される。この場合には、ボーリング孔の実験データによつて層状体 (有効) 浸透度を決定することが必要である。次で絶対ガス浸透度値 (コアによる) と角度係数 (a) 値とによつてガス浸透度の係数を推定できるであろう。この値は、集積槽の孔隙に滞留する水がガスによつて置き換わるにしたがつて変わってくる。

上述の相関関係 ($y=ax$) は、ある程度の制約をもつて、石油飽和度の算出に利用できることが考えられる。

例えばクラスノダルス地域に発達するある層準の石油の飽和度を求めるために、2 相系ガス—水系に適用される上述の相関関係を、石油—水系—ガスが全体として石油中に溶解しているものと考えて—へ移項してみた。この場合には、同種砂質岩石の絶対ガス・石油浸透度は、それ自体相等的か、あるいは近い値であると仮定した。このときには、グラフの浸透度線 (第 1 図参照) は、層状体集積槽における水および非採取石油 (残留石油) の存在量によつてその傾き角が変わってくるはずである。集積槽の孔隙容積を 1 単位にとるならば、水の飽和度係数から、非採取石油 (残留) 量を算出して、営業的に採取可能の石油の埋蔵量 (流動ファクターを考慮に入れない) が決定される。

岩石層に含まれている残留水の量が知られると、採取可能な含油層ならびに可採油 (営業的に) 層として岩石層中に含まれている石油の飽和度を決定することが可能となる。

1. 新デミトリスク採油層

資 料

2, 3 の計算例を次にあげてみよう。

1) 13号井, 深度 2,550~2,557 m, 珪質粘土岩, コアで決定された絶対浸透度 (K_a) 208 mld, 層状(体)浸透度(試掘井の実験データによる) ($K\alpha$) 49 mld, 開孔隙率 (P_0) 約 25% である。

この例では $\frac{K_a}{K\alpha}$ 比に等しい角度係数 (α) は 4.245 となるであろう。第1図と第1表とを利用すると, 水・残留石油飽和度は 44.5% (孔隙の容積に対して) に等しいことが求められる。したがって水が残留する場合の石油飽和度係数 (q_{B+HO}) は 0.445 となるであろう。この場合採油収量係数 (q_{HP}) は 1~0.445 の差, すなわち 0.555 となる。したがって $P\alpha=13.88\%$ 。

2) 15号井, 深度 2,337~2,345 m の間, 珪質粘土岩, $K=208$ mld, $K\alpha=39$ mld, $P_0=21\%$ 。最初に $\alpha(4.820)$ を決定し, 次に $q_{B+HO}(0.465)$, $q_{HP}(0.535)$, $P\alpha=11.24\%$ を求める。

3) 15号井, 深度 2,356~2,323m, 珪質粘土岩, $K_a=K=\sim 250$ mld, $K\alpha=47$ mld, $P_0=\sim 21\%$ 。

$\alpha(5.420)$ をまず求め, 次に $q_{B+HO}(0.45)$ と, $q_{HP}(0.55)$, $P\alpha=11.57\%$ を決定する。

第2表では, 上述のデータと地球物理学的方法によつて求められた石油飽和度値 (クラスノダル採油企業体) とが対比されている。

第2表 石油飽和度係数

坑井名称	深度間隔 (m)	石油飽和度係数		
		地球物理学的 データ	ハニソン方法による	
			水・残留石油 飽和度	採油収量
13	2,550~2,557	0.48	0.445	0.55
15	2,337~2,345	0.46	0.465	0.54
15	2,356~2,323	0.52	0.450	0.55

以下に他の事例を掲げよう。

2. 第1マイコフ採油層

1) 7号井, 深度 2,039~2,011.2 m, $K_a=250$ mld, $K\alpha=103$ mld, $P_0=21.3\%$ (いずれも平均値)。

まず $\alpha(2.5)$, 次に $q_{B+HO}(0.33)$, $q_{HP} 0.57$ を決定する。

2) $K_a\sim 400$ mld, $K\alpha=194$ mld (10坑井の平均値)。

$\alpha(2.06)$, 次に $q_{B+HO}(0.28)$, $q_{HP}(0.72)$ を決定する。

第3表には求められたデータと他の方法で求められた石油の飽和度値との対比が掲げられている。

第3表 第1マイコフ採油層の石油飽和度係数

採油地域	石油飽和度係数		
	地球物理学的デ ータによる*	Dzhons のグラフ による	ハニソン法による 採油収量
カルジャスカヤ	0.58	0.60	0.57
クリュチュヴァヤ	0.34	0.60	0.72

* 貯油槽の石油飽和度は, 砂の相対的(電気)比抵抗と砂中の石油またはガスおよび水の容積含有量との相関曲線によって決定されたものである。この相関曲線はクラスノダルスク地域のイルスターホルムスク地区の含石油岩層に対して Dakhnov が求めたものである。このデータによると, 砂の石油飽和度係数は 0.40~0.88 の範囲である。最も普遍的な石油飽和度係数値 q_H は 0.4~0.7 であつて, 平均値は 0.58 である。

3. 第2マイコフ採油層

1) 3号井, 深度 2,459~2,454 m, $K_a=156$ mld, $K_{\Sigma}=94$ mld.

まず $\alpha(1.65)$, 次で $q_{B+HO}(0.215)$, $q_{HP}(0.785)$ を決定する。

2) クリュチュヅァヤ地区(第4表参照), 第2マイコフ採油層の石油飽和度値の決定結果は第5表に示されてある。

第4表 岩石層の侵透度と石油飽和度とに関するデータ

坑井番号	深度 間 隔 (m)	侵 透 度 (mld)		ハーン法によ る採油収量
		試掘井の実験 による K_{Σ}	コアによる K_a	
10	2,310~2,327	95	132	0.83
12	2,281~2,304	132	121	—
16	2,285~2,310	8	—	—
22	2,297.5~2,322.5	28	113	0.57
29	2,315~2,331	18	—	—
		62	122	0.70

第5表 第2マイコフ採油層の石油飽和度係数

採 油 地 域	石 油 飽 和 度 係 数		
	地球物理学的デ ータによる	Dzhons のグラフ による	ハーン法による
ノボードミトリエスカヤ	0.60	0.65	0.78
クリュチュヅァヤ	0.36	0.60	0.70

4. ズィブザーグルボキヤ-鉦床

第1含油層, 侵透度は深度 55,397 m と 644 m との試掘井のコアについて研究された。侵透度(K_a)値については, 309-330~379 mld の値が求められている。Amelin のデータにより K_a は平均 330 mld, K_{Σ} は 220 mld にとると, $\alpha=1.5$, $q_{B+HO}=0.19$, $q_{HP}=0.81$, $P_{\Sigma} \sim 21\%$ となる。

第2含油層, 2,3 の試掘井のコアの研究結果, 深度 1,448~1,462 m によれば, $K_a=330$ mld, $K_{\Sigma}=150$ mld, $P_{\Sigma}=17.5\%$ である。まず $\alpha(2.20)$ を, 次で $q_{B+HO}(0.30)$, $q_{PH}(0.70)$ を決定する。

第6表には埋蔵量および採油量の算定のさいに条件的にとられる値と, 求められた石油飽和度データとが対比されている。

第6表 石油飽和度係数

含 油 層 準	石 油 飽 和 度 係 数	
	埋蔵量算定のさいに条 件的にとられる値	ハーン法によつて算出 された採油収量
I	0.60	0.81
II-σ	0.70	0.70

採油(収量)係数ならびに石油飽和度係数は, 岩石層中における残留水量のデータを基にして算出しなければならない。クラスノダルスタ石油鉦床では, この値は以前には確かめられていなかった。

すでに採油済の石油鉦床について算出された採油収量係数——クラスノダル石油企業体のデータによる——は, 平均 0.6 であつて, 0.45~0.80 の範囲内である。

表中に掲げられた石油飽和度係数値のデータによれば、筆者がすゝめる残留石油飽和度係数ならびに採油収量の近似解は、石油の埋蔵量を算出するさいに利用する目的で、さらに詳しく検討するに値することを示している。

石油およびガスの埋蔵量を算出する過程で、有効孔隙率値(残留水で求められる)のデータが少ないか、まったく無いか、岩石層の侵透度に関するデータ(コアおよび試掘井の実験データ)があれば、以下にあげる相関関係を利用して、埋蔵量をいくらか精確に算出することが可能である。

研究結果によれば、砂質岩石の侵透度(膠結および非膠結砂質岩石)と有効孔隙率との間には、次の函数関係で表わされる一定の相関関係がある。

$$K=f(P_3, T),$$

K —侵透度(ガス) md %

P_3 —有効孔隙率 %

T —粒径組成(卓越せる粒径成分)によつて異なる砂質岩石の型

砂質・珪質粘土岩のおおの岩石型は、その侵透曲線で特色づけられ、その曲線の配列は、有効孔隙率値によつて異なる(第2図)。このようにして明らかにされた相関関係は、石油およびガスの集積槽の分類を求める基礎となる。すなわちこの分類によれば、間粒孔隙をもつ岩石の集積(石油およびガス)可能性を一層詳しく特色づけることができる。このことは、貯油(ガス)能力と侵透性質(岩石)とは結びついていることをみれば明らかである。したがつてこの方法によれば、ガス・石油層の採油能力および見透しの実際的评价が容易となる。

第6表は侵透データによる有効孔隙率の迅速決定のために作られたものである。さまざまな砂質岩石型の侵透特性と集積能力特性との相関関係によれば、侵透係数データによつて有効孔隙率ばかりでなく、必要な場合にはガスまたは石油飽和度係数も求めることができる。後者の値は開孔隙率で有効孔隙率を割つて求められる。

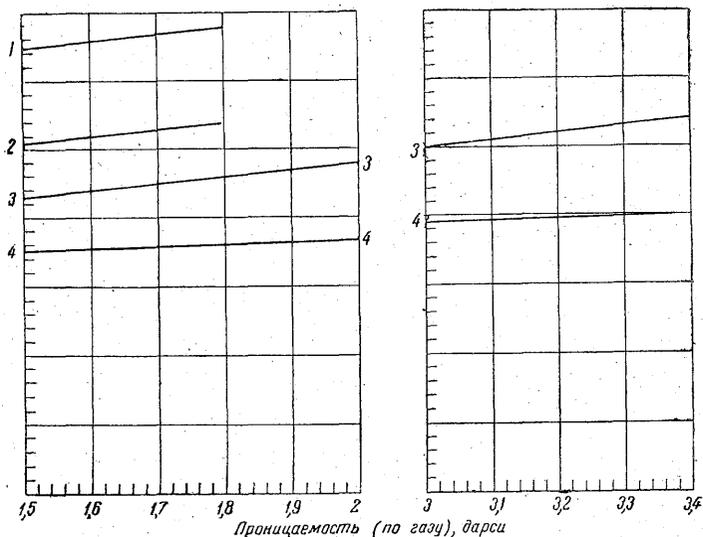
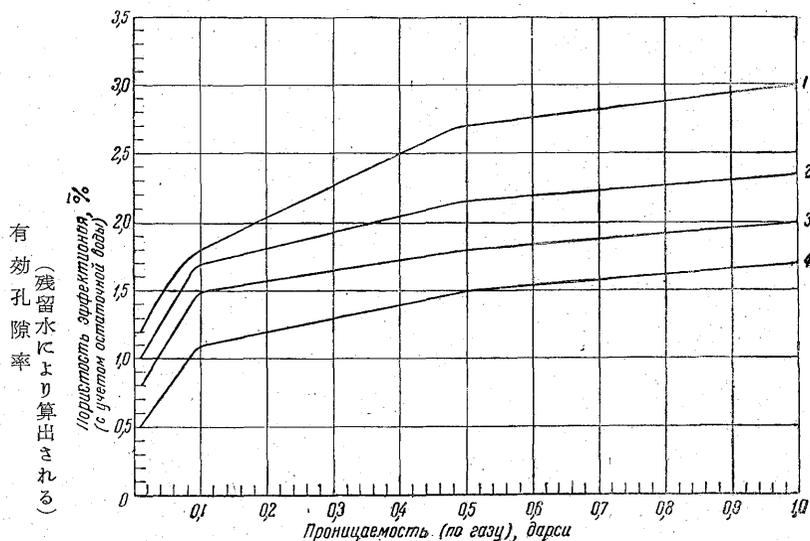
砂質・珪質粘土質型、集積槽の侵透データによつて有効孔隙率を近似的に求める新しい方法は、ガスおよび石油の埋蔵量の算出に関連性のある作業を行なう場合にも使用できるであろう。埋蔵量の計算式には有効孔隙率(残留水を考慮して算出される)が導入されるが、ガスまたは石油の飽和度係数を導入する必要がない。

Avdusin および Chevetkov が与えている有効孔隙率の概念は、Leibenzon の概念と著しく違つている。著者が有効孔隙率値を決定するために利用している概念もまた異なつている。Avdusin らによれば有効孔隙率は周知のように面積値——着色剤の bakelite 質タールの占める孔隙面積と調査対象の全断面積との比——で決められる。Leibenzon によれば、有効孔隙率は容積% (開孔隙率と残留水の占める孔隙部分との差として求められる) で表わされる。Bakerite 質タールが岩石に吸収されるときには、bakelite 質タールは比較的粗大な孔隙を充填(侵透)するが、微細な孔隙(粘着性のために)には吸収されない。この性質は、有効孔隙率(Avdusin らの解釈による)と岩石の侵透度との相関関係を求めるために利用できる。著者は粒径組成の異なる砂質・珪質粘土岩の侵透度と有効侵透度との間に成立する相関関係を確認した。そのために、Avdusin らの方法を適用して、小面積の岩石試料(側壁用 core barrel によつて採取された試料)を研究し、その侵透度を推定できるようになつた。

上述の2方法によつて求められた有効孔隙率は、侵透度の値が同一の場合には対比されるとともに、埋蔵量の算出に関連性のある採油能力特性の評価にも利用できるであろう(第7, 8表参照)。

集積槽岩石の地質学的物理的パラメーターの正しい決定方法を選ぶことは、ガス・石油の埋蔵量を算出するさいに大きな意味をもつてくる。とくに薄い挟み(1 mm 以下)の形で粘土層中に存在する砂質・珪質粘土質集積層では、正しいパラメーター決定方法を選ぶことが重要である。

砂質岩石と粘土質岩石との薄い挟みがしばしば互層をなしている堆積層の断面研究は、とく



1. 珪質・粘土質細粒が卓越する珪質粘土岩類
2. 珪質・粘土質粗粒が卓越する珪質粘土岩類
3. 細粒砂岩
4. 粗粒・中粒砂岩

第2図 有効孔隙率と岩石・集積槽グループ(粒径組成によって分けられた)の透透度との間にみられる相関関係

に、砂質集積槽の総厚を算出して有効孔隙率を確かめる場合にきわめて困難な障害に突き当たる。

このような地層の電気探査は、micro sounding を適用するために、プラスの効果があるにもかかわらず、依然として充分とはいえない。Electrical logging によれば、sounding のダイメーションは、薄い挟みの厚さを超す程度である。したがって電気抵抗の記録による場合には、歪曲された値が求められることになる。

現在、薄層の互層中に賦存する砂質集積槽の総厚を確かめ、有効孔隙率を決定するのには、きわめて厄介な方法が使用されている。

第7表 有効孔隙率と粒径組成によつて分類された岩石・集積槽の
 侵透度との間にみられる相関関係

残留水で算 出された有 効孔隙率 (%)	侵 透 度 (mld)			
	珪質粘土岩と珪質・粘土質岩石類		砂岩と砂質岩石	
	0.05~0.01 mm 粒径の卓越する もの	0.10~0.05 mm 粒径の卓越する もの	細 粒 質	中 粒 質
4	—	—	—	1
4.5	—	—	—	5
5	—	—	—	10
6	—	—	—	25
7	—	—	1	40
7.5	—	—	5	45
8	—	—	10	55
9	—	1	24	70
9.5	—	5	25	78
10	—	10	36	84
11	1	20	50	100
11.5	5	28	55	160
12	10	35	60	200
13	20	45	75	300
14	35	60	85	400
15	45	70	100	500
16	60	80	240	760
17	78	100	370	1000
18	100	200	500	1800
19	145	280	750	2600
20	180	370	1000	3400
21	230	450	1400	—
22	280	630	1800	—
23	320	880	2100	—
24	360	1200	2400	—
25	400	1600	2700	—
26	450	—	3200	—
27	500	—	3500	—
28	680	—	—	—
29	840	—	—	—
30	1000	—	—	—
31	1200	—	—	—
32	1400	—	—	—
33	1600	—	—	—
34	1800	—	—	—

部分的に砂質・粘土質堆積層が互層をなす岩石層にボーリングをおろす時には、コアの記録は、普通現場で行ない、砂質薄層の総厚は目測で算出する。しかしこのような算出方法はきわめて難しい。いろいろな人々が行なつたこの種岩石のコアの記録を対比してみると、記録された挟みの厚さが、きわめて広い範囲で異なつてゐることが明らかになる。

砂質集積槽の総厚の算出に研究者の主観が入り込むのを避けるために、著者は、trench 調査法を行なうことを提唱した。この方法は、次のようである。

第8表 砂質・珪質・粘土質岩石に対する有効孔隙率(Avdusin および Chevetkov の方法によつて決定せる値) と侵透度との相関関係

岩石類	有効孔隙率 (bakelite タールによつて飽和された) (%)	絶対侵透度 (mld)
粗粒・中粒砂質岩石類	3	5
	3—5	5—50
	5—6	50—100
	6—7	100—150
	7—9	150—200
	9—11	200—250
	11—12	250—300
	12—13	300—700
	13—14	700—1000
	14—15	1000—1500
	15—20	1500—5500
	20—25	5500—8600
>25	>8600	
細粒砂質岩石類	5	5
	5—6	5—50
	6—7	50—100
	7—9	100—150
	9—10	150—200
	10—11	200—250
	11—12	250—300
	12—14	300—400
	14—15	400—500
	15—16	500—700
	16—17	700—1000
	17—20	1000—1600
	20—21.5	1600—2000
	21.5—23	2000—2500
	23—24	2500—5000
24—27	5000—7000	
27—29	7000—8500	
>29	>8500	
珪質・粘土質岩石類	<11	>5
	11—15	5—50
	15—18	5—100
	18—19	100—200
	19—20	200—300
	20—21	300—400
	21—22	400—500
	22—25	500—750
	25—28	750—1000
	>28	>1000

まず地表上にコアをあげ、粘土溶液の casing およびガゼー状パラフィン薄膜を取り除いて、4面をもつ垂直の section をコアから作成する。さらにこれから trench 試料をとる。この試料中には、砂質薄層(集積槽)ばかりでなく、粘土質薄層(非集積槽)も含まれている。次に trench 試料の粒径解析を行なう。このさい集積槽となる薄層中の砂の含有量を決定するために、求められた trench 試料の粒径組成データの補正を行なう。すなわち粘土中に、膠結粘土塊が砂粒形態で存在する砂質部分を除去して補正值を求める。したがつて砂質・粘土質薄層の解析はこの目的で丹念に行なわれ、粒径組成と容積重量(密度)が決定される。砂および粘土の厚さとコアの採取間隔が知られると、それぞれの深度間隔を特徴づけるコア柱の成分総容積が決定できる。さらに間隔値が知られるとガスまたは石油を含む地層中における砂質集積槽の総厚が決定できる。

資 料

石油およびガスの埋蔵量を容積法で算出する計算式には、他のパラメータとともに、有効孔隙率(残留水を考慮に入れて)と岩石・集積槽の有効厚との積が含まれる。

互層の孔隙率と残留水に関する平均データは、ガスまたは石油を含む岩石の集積槽性質を特徴づけることはできない。すなわちこの種岩石中における粘土質物質が増大すると、残留水の含有量は、本質的に増加し、有効孔隙率値は低くなってくる。

しばしば砂質岩石と粘土質岩石とが互層をなす集積槽中に賦存するガス・石油の埋蔵量の算出時には、対応計算式に、1集積槽の有効総厚とその有効孔隙率とを導入すべきである。しかし総層厚と有効孔隙率の平均値——非集積槽岩石の混在成分を特徴づける——を考慮に入れるべきでない。このような方法によれば、石油およびガスの埋蔵量の算出は不可避免的に大きな誤謬に落ち入り、実埋蔵量よりは著しく大きな値となる。

結 論

1. 砂質・珪質粘土岩のガス浸透度値に及ぼす水の飽和度の影響を研究すれば、有効浸透度と水の占めない集積槽の孔隙容積との間にみられる相関関係が確かめられる。

研究結果によると、水の飽和度の各値に対しては、有効ならびに絶対的浸透度との間に、函数的関係が存在する。この函数的関係を明らかにすると、既知の絶対的ならびに有効ガス浸透度によつて、(層状体)集積槽の水の飽和度値を確かめることができるとともに、さらに有効孔隙率とガス飽和度とが算出される。水の飽和度および絶対的ガス浸透度の値が既知なれば、砂質・粘土質集積槽の有効ガス浸透度の決定が可能となる。

上述の相関関係は、人工貯ガス槽を作る目的で行なわれる、地層中のガスの揺動(roll up)と関連する問題の解決に利用される。

そのほかに、この相関関係によれば、ある仮定をおいて、採油収量係数、水、残留石油飽和度を推定することも可能である。

2. さまざまな砂質・珪質粘土質岩石型の浸透特性とその採油能力との間に確かめられた相関関係によれば、浸透度と飽和孔隙率のデータを利用して、有効孔隙率ばかりでなく、残留水が占める孔隙容積が決定できる。したがつて石油およびガス埋蔵量の算出がはるかに迅速、かつ簡単になる。

石油・ガスの埋蔵量の算出式に有効孔隙率——残留水を考慮に入れて決められる——を導入すれば、ガスまたは石油飽和度を導入する必要がなくなる。

3. 岩石・集積槽の地質学的・物理学的パラメータの決定を目的とする正しい方法を選ぶならば、ガス・石油埋蔵量の算出に大きな意味をもっている。薄層(1~2 mm)の形態で粘土層中に賦存する砂質・珪質粘土質集積槽に対しては、とくに、大きな価値をもっている。

集積槽の全特性をもつ孔隙率(絶対的飽和孔隙、または開有効孔隙すなわち残留水を考慮に入れた孔隙率)を決めるのには、平均試料の形態で全断面岩石——とくに粘土と砂質堆積物が互層をなす場合——に対してでなく、全総厚を考慮に入れて砂質堆積物についてのみ行なうべきである。

互層の岩石層で代表する断面に対する孔隙率および残留水の平均データは、含ガス・石油層準の岩石の集積特性を特徴づけることは不可能である。この場合には、残留水の値は、断面内の粘土薄層の賦存量によつて著しく異なってくる。粘土の賦存量が増加すると、混合組成岩石の試料の残留水は、本質的に増大する。

薄層状砂質、粘土質断面をもつ集積槽中に賦存するガスまたは石油の埋蔵量の算出にあつては、対応計算式(他の所要パラメータ以外)に、砂質集積槽とその有効総厚を特色づける有効孔隙率係数を入れるべきである。

砂質・粘土質堆積物の全断面を特色づける有効孔隙率の平均値によつて埋蔵量を算出し、計算式に全総厚値を導入すると、埋蔵量は著しく高くなる。