東京ガス田江戸川試掘井におけるコア試験について

石和田靖章*・品田芳二郎*

(昭和27年12月4日受理)

On the Investigation of Core Analysis of a Exploration Well.

By

Yasufumi ISHIWADA, Yoshiji SHINADA

Abstract : Edogawa R-I is the exploration well for the northern extension of the newly found Tokyo Gas Field. The core and circulating mud water were examined under the principle of geochemical survey for natural gas field. The subjects of examination are as follows:

- (1) Methane in mud water — After driving CH_4 by air from mud water, the mixed gas is dealt with interferometer.
- (2) Chlorinity of mud water — After separating mud by centrifugal machine chlorine is titrated.
- (3) Chlorinity of interstitial water — Adding distilled water, the core is disintegrated by roller mill, then the chlorinity is measured as well (2). The titration value is exchanged into the concentration for interstitial water, using the specific gravity and water content.
- (4) Ammonia in interstitial water — The residual water of (3) is used. The concentration is decided using Nessler's reagent.
- (5) Foraminifera — Foraminiferal number and percentage distribution of main species were studied with depth.
- (6) Grain size composition — Beaker Method was used for fine grains.

Method (1), which has been widely tried in the Japanese gas fields, could not give conspicuous result in the present case. In general, this method should be criticized at the lower reservoir pressure, when almost no free gas.

Method (2) may roughly indicate the variation of chlorinity of interstitial water with depth. The value, however, is highly controlled by many factors.

The chlorinity and ammonia content of interstitial water of core may be chiefly controlled by permeability of stratum, although these two values may have different meaning regarding the process of gas formation. The chlorinity-depth relation reflects the destruction process of gas deposits caused by clear invading water. Foraminifera may be available for preliminary correlation and important to environmental indicator of deposition.

1. 序

天然ガスの試掘に際しても、石油の場合と同様にコア採取が行われているが、従来そのとり扱いが十分でなく、せつかくの貴重なコアも、その価値を完全には発

揮していなかつた場合が少なくないかにみられる。

一方、従来仕上げガス層の位置を推定するべく行われてきた試掘井の泥水試験が、必ずしも良好な結果を与えとは限らなかつた事実にもかんがみ、筆者は掘進中の坑井において、直接コアの調査・試験を行う事を考えていたが、たまたま江戸川化学(株)東京工場内にガス試掘井が設けられ、その機会を得たので、開坑後ではあ

* 地質調査所石油課, 通商産業技官

10~15cm 位の長さに切断し,* ハリツキをつけたまま熔融パラフィンに数回浸して十分被膜をつけ、紙で包装して試験室に運ぶ。

(a) 間隙水中のCL, NH₄ 量: パラフィン被膜を除去し, なるべくコアの中心近くをとり, 適当な塊片として約 100gr を手早く秤量し, 鉄心にゴム被覆をしたミルとともに瓶に入れ, 蒸溜水 100ml を注加してローラーミルで分解する。十分泥化してから, 生じた泥水を 2500 r.p.m 位で約 15 分遠心分離する。上澄は黄褐—暗褐色を呈し分析を困難にするが, 大部分腐植質らしく, 稀硫酸で微酸性にすると暗色沈澱を生ずるから, さらに遠心分離して除去する。

上澄の 1 部をとり, ネスラー試薬により, 直接比色** を行つて NH₄ 量を求める。他の 1 部を用いて, モール氏法に従い Cl を滴定する。***

これらの値を, 後述する含水率から, 間隙水 1/ についての濃度に換算する。なお, 間隙水の原濃度に対し, この場合およそ 5—6 倍の稀釈率になつてゐる。

(b) 比重・含水率: パラフィン被膜を除去したコアを切断整形し, 手早く秤量し (W₁ gr), メスシリンダーと水を用いて容積を測る (V c.c.)。次にこれを細分して 105°C に 4 時間以上乾燥し, デシケーター中に放冷後秤量する (W₂ gr)

$$\text{比重} = \frac{W_1}{V}, \quad \text{含水率} = \frac{W_1 - W_2}{V}$$

この方法は容量測定の際に誤差を少なからず生ずるから, ビクノメーターの口の広いものを用いて, 比重を求めてもよいであろう。**** もし比重天秤を用いるなら, 媒体中に吊つた時, サンプルから粒子・破片が逸脱せぬよう注意しないと精度が下るし, 砂質岩または砂については利用し難い。

なお, 容量法による時水を使用すると, コア中に浸透することも考えられるが, 今日では泥質岩を主としたせいか, その影響は認められなかつた。

(c) 粒度分析: 前項で使用した試料を再びローラーミルで分解し, 泥化したならビーカー法にて純粒子を洗別し, 残渣を篩分し組成を求めた。時間を短縮するため, medium Silt 以下を流去したが, 短時間, 簡便の代り精度も区分も適当ではなく, 今後は改めたいが, 参考

値としての価値はあろう。

(d) 有孔虫化石群: 試料 200gr を用い, 本誌 Vol.16 No. 6 (昭 26) に記述した方法で処理した。附図には絶対頻度を入れていない。

B. 泥水試験 コアリング間隔の大になる時に備え, かつ従来しばしば行われた方法なので, コア試験と併行し, 比較せしめることとした。

なお粘連・比重は掘鑿作業の保安のため, 鑿井者側が記録しているほか, 泥水補給概量・掘進速度についても, その記録を依頼した。

泥水のサンプリングは泥水回路中の定位置においてバケツを使用し, 一定深度間隔とした。*

(a) 泥水中の Cl 量: 約 100ml の泥水をとり, 2,500 r.p.m. 位で遠心分離し, さらにコロイドを破壊するため稀硫酸を微量加えて再分離し, 上澄をモール氏法により滴定する。

(b) 泥水中の溶存メタン量: 地化学調査で従来用いた, 屈折干渉計を利用する追出し型のメタン計を使用した。**

C. コア中のメタン量について コア中のメタンを測るには, 揚管直後行わねばならぬため, 今回は方法を試行したに止まつた。行つたのは次の 2 方法であるが, 後者は十分の結果が得られなかつた。

(a) コアバレルより取出したコアの 1 部を手早くラフ・バランスで秤り, 水を入れた鉄乳鉢中で大きく割り, ミルとともに水ごと瓶に移し, さらに水を加えてほとんど空気を残さぬように蓋をし, ローラーミルにかけて分解する。完全に泥化したら, メタン計の洗気瓶に静かに注入して, メタン量を測る。含水率・比重の値を用いて, 間隙水の G. W. R. を求める。

この方法により深度 568m のコアにつき, G.W.R. 0.6 という値を得た。

(b) 他の方法は, ローラーミルの瓶に移す時大理石小片 10gr を加えておき, ゴム栓に溶存ガス分析装置の 1 部を装着してローラーミルにかける。完全に泥化したら分析装置を組立て, 濃塩酸を降下せしめて CO₂ を発生せしめ, 溶存ガスを追出してその量を測り, ついでピロガロールのアルカリ溶液を導入して O₂ を測つてから, ガス試料管に充填して微量ガス分析装置でメタンを測る。この際注加した水の白験を行なつておく必要がある。この方法は G. W. R. のみならず, 直接メタンを測定し, かつ CO₂ 以外の成分組成の判る点, (a) より優れているはずであるが, 瓶に装填した時空気を残留せしめてはな

* 大抵 2 1/2—3" 位の径であつた。

** 便宜上直接比色を行つたが, ガス附随水の場合, この方法は蒸溜法に比し過大の値を與えるから, コア試験においても, 蒸溜法を行つた方がよい。

*** 硫酸酸性にすると, 過量を加えると, この際障害をおこす。このような時アルカリを以て中和しておく。

**** できのよい秤量瓶でも代用できる。この方法でも, 今回行つた方法よりはるかに誤差が少ない。例えば 10mg の秤量誤差でも比重にして 0.01 以下の誤差に止まる。

* テーブルにおける深度。

** 下河原達哉; 本誌 Vol.14. No. 4. 1949

らない点が多少困難であることと、*コア量を少なくしないと CO_2 を発生せしめるのが困難であることが、操作上の欠点である。後者については、 CO_2 を吹込むように改良すればよいであろう。

(a) と同深度のコアにつき、この方法を行つたが、事故のため完全な結果は得られなかつた。

さて、このように直接ガスを対象として試験をする時少なくとも次の点は注意を要すると思われる。

1. 掘撃中の力により生じた裂目・変形・コアの滲透率・揚揚時間・分析方法等により、G. W. R. の測得値は強く支配され、かつ一般には真の値より小さくなるべきである。

2. ガス成分中 CO_2 は、いずれの方法でも除去されるから、さらに G. W. R. は見掛上小さくなる。特に汽水ないし淡水型釐床においては、ガスの potentiality の大きな所は、 CO_2 の多い傾向があるから注意を要する。ただし、(b) の方法を取り、一方同様の装置で、 H_2 を利用して全炭酸を測れば、後者の場合ガス成分よりも、potentiality を推測しうるはずである。

3. 使用する水中の溶存酸素は、コア中の化学成分により消費されるから、白験はガス分析まで行つておく必要がある。

4. 結 果

上述した諸試験は、掘進中に結果を求め、そのつど判断を下してきたが、ここには最終的結果に基いて説明する。

(A) コア試験

(a) コア間隙水中の Cl 濃度 撃手の地質記録および電気検層結果より明らかな如く、約 560m 以浅は全体として著しく粗粒の岩相で、恐らく東京累層といわれる地層が大部分占めていると思われるが、コア間隙水の Cl 濃度は、515m 附近まで 200mg/l 以下である。これより以深は主として泥質岩よりなっており、化石層は冷水系の影響ある上、浅海帯より下浅海帯にかけての沈植物における性状を示しているが、 Cl 濃度は 568m で、1,500mg/l に急増し、引続き坑底に向い増大の傾向を続けている。950m 附近では 16,000mg/l 位に達しているが、1,000m における値と比較すると、上位に比べ濃度の勾配は少しゆるくなっているように見える。参考に記すと、現在東京湾ガス田中、ガス附随水の最大 Cl 濃度は、船橋試掘 1 号井** の 16,000mg/l 土であり、一方、

現在の太平洋側海域では、上浅海より下浅海にかけて、海水の Cl 濃度は 18,000~19,000mg/l 前後である。

これらの現象は、地層あるいはガス釐床の形成後、ガスを含まない低塩分の水が、侵入・浸透・擴散して、還元的状態にある高塩分の初成化石水を置換し、ガス釐床を2次的に破壊しつつあることを示しているものである。一般にこのような水の侵入は、地層の滲透率に左右せられるが、本坑井における塩分の垂直分布と、岩相との関係も、良くこの現象を示している。

第3図 第3曲線比抵抗値とコア間隙水の Cl 濃度

なお、コアにおけるガス徴候は、 Cl 濃度の急増し始めた 568m で初めて認められた。

電気検層に際し、長間隔電極で比抵抗を測定すれば、間隙水の塩分をある程度推定できるはずである。第3図は本坑井における両者の関係を示している。このような関係から、コア採取間隔が大である時、コア試験の結果を利用しつつ、第3曲線の形状を以て、侵入・浸透水の影響の仕方を連続的に知ることでもできる。*

(b) コア間隙水中の NH_4 濃度 Cl 濃度が淹成

第4図 東京湾周辺ガス田のガス附随水中の NH_4 - Cl の関係

* メタン量のみ測る場合は僅少の空気が残つても構わない。

** 孔明管位置：730~770m, 860~923m。透水セメント孔位置：700m。水温（セパレーター位部）：28.6°C。

* 電気検層は、帝国石油（株）技術研究所阿部技師等により実施された。

(あるいは汽水成)ガス鉱床で2次的破壊現象を通じて、gas potentiality の測定として利用されるのに対し、 NH_4 は淡水成の鉱床においても、しばしば potentiality と相関が高く、Cl 測定とは多少異つた意味を有している。第4図に東京灣ガス田における、ガス附随水中の NH_4 -Cl の関係を示したが、これは生成物と生成環境とのそれぞれの因子が、2次的破壊現象を通じて相関しているためでもある。

コア試験の結果を見ると、値の開きは Cl ほど甚しくはないが、やはり 515m と 568m との間で勾配が変つてゐる。 NH_4 -Cl の関係は第4図を見れば明らかな通り、コア試験の方が著しく低くなつており、ガス附随水中の NH_4 を蒸溜法で分析した場合に近くなつてゐる。950m 以下の2測点において、急に大きな値をとつてゐることとともに、むしろ筆者の分析方法を吟味しなければならぬと考えられる。

(c) 比重・含水率 比重・含水率については、今回の測定方法が精度不良のためもあり、図示の如くかなり測得値がバラツいてゐる。500m 附近までは砂のため、特にバラツキが見られるが*、それ以深の泥質岩につき測定してみると、1点を除き含水率は深度とともに減少することがいえる**。なお、ここに測定した含水率は、ほとんど孔隙率として扱つてもよいようである***。

(d) その他の試験 560m 以下の泥質岩についてみると、今回とつた粒度分析法では大差が認められない。肉眼的には560~750m 位までの泥質岩は、暗青灰色のシルト岩を主とし、一見横浜附近の長沼累層の1部の岩質に類似する。これより深い所のコアは悉く暗緑灰色シルト岩で、硬さもやや増してくる。

有孔虫化石群の群集分析の内容については省略するが、少なくとも950m まで有孔虫化石を検出し得た深度は、せいぜい下浅海帯前後までの環境と推定される。江東産ガス地区の坑井資料によると、(貧弱なコア資料ではあるが)岩相と化石相との関係は必ずしも一様平行ではない。しかし大局的に見れば、この程度の距離的擴がりでは、古生態学的相と岩相との間のそれぞれの sequence には1つの規則性が見られ、本坑井の資料を比較してみると、深度750~950m 位の層準は、江東地区

における“江東砂層”*と“マーカー x”**との間の層準に近いものように判断せられる。

(B) 循環泥水の試験

(a) 泥水中のCl量 コア採取間隔の長くなる場合に備えるとともに、従来掘進中の試験としてしばしば行われた方法なので、コア試験と比較せしめるべく行つた。今回の場合には、泥水濾液中のCl量は、コア間隙水中のCl量とよく平行し、特に800m までは、泥水の固有Cl量**を差引くと、後者の約 $1/_{50}$ の濃度を以てほとんど平行しているのが認められる。800m およびそれ以深で急激な値の下降が見られるのは、泥水の交換または大量の補給に原因する。

(b) 泥水中の溶存メタン量 今回の測定結果は、測定開始より完掘まで、全て0~1.6cc/lであつた。作業終了後および中途において器械を点検したが異状なく、この原因は詳らかでない。

しかし、従来の例を見ても、結果から見て合理的に解釈せられる場合ばかりとは限らず、泥水中のメタン量は、泥水の性質・掘鑿条件・地層の物理性等に強く左右せられるようで、必ずしもガス層の存在に対応した変化を示さない。reservoir pressure の低いガス田でこの試験方法をとることは、検討を要するものと考えられる。

V. リフト試験

完掘後電気検層結果・コア試験結果・撃手地質記録等全ての資料を照合し、検討を行つた結果、750m 附近より以深は稼行に堪える産ガス能力ありと判定した。そのうち揚水可能な明らかな砂層は、760~770m 附近と、870m 附近の約6m 前後と推定され、これらを含み960m 附近までの地層は、砂層を介在するシルト岩と解釈したが、760~770m 附近の深度は、500mg/l-CL 以下のやや低塩分の水と薄い泥岩を以て境するのみであるため、かつこの深度に近く、上位に対してはセメント遮水の効果を、十分期待しうる岩相の存在が認められなかつたため次のような処置を講ずるよう企画された。

(1) 約840~940m の間に孔明管をおく。

(2) 825m 附近にセメント孔をおく。

(3) ケーシング口径をなるべく小さくする。これは、水量の大を期待しえないと推定したためである。(数100t/d 程度と考えた)

(4) 汲上げ試験の結果水量不十分であつたなら、740m 附近の砂層に gun-perforater をかけて試験採水

* 砂は透過率が犬であるため、測定操作中、または前に、間隙水が流出するためと考えられる。また泥質岩においてもパラフィンのシーリング不良のものも当然低い値を與えている。

** 深度に対する含水率の変化は、危険率8%以下で有意である。ただし590m 附近の異常に低い値を除く。
深度に対する比重の変化は、測定法によるバラツキもひどく危険率40%位でないとは有意にならない。すなわち相関があるといひ切れない。

*** 逆にいうと、間隙水が孔隙を飽和しているとみなせることである。

* 金原均二：東京ガス田について—本誌 Vol. 17. No. 3, p. 164, 1952.

** 泥水は草加粘土を主材とし、製泥直後、濾液の Cl 量は 18~19mg/l である。

し、結果によつてはさらにガンバー仕上げを本格的に行う。

このような方針のもとに仕上げ作業にかかったが、種々の都合のため7" CPが使用され、また汲上げ試験の結果は、水量僅かに10数 t/d以上に達せず、遂にそのまま今日まで放置せられている。

この失敗の結果については、種々の解釈・意見が提示せられたが、こゝには省略し、汲上げ試験により得られた水の性質を掲げておく。(エアリフト採取)

水色：淡黄 濁り：やや著しい

	RpH	Cl ⁻	I ⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	単位 mg/l
汲上げ試験	7.6	142.20	18	185.3	293.1	27-6-2 採
コア試験	—	123.20	—	—	—	887~891m
KR-6*	7.8	147.50	—	229.4	276.1	27-7-1 採
FR-1**	8.0	160.65	22	258.0	522.0	27-6-13 採

WELL GRAPH

EDOGAWA-R-1

BY YASUFUMI ISHIWADA
YOSHINOBU SHIMADA
YASUHIRO TAKADA
ELECTRICAL LOGGING BY
TEIKOKU OIL CO.

* 江東区小松川1丁目、孔明管位置：613~641m, 652~704m, 水温：30.7°C

** 船橋市宮本町1丁目地先、前頁註参照

なお揚砂は淡青灰～淡褐色灰色 v.f.S で浮石細塊を多数含み、*Pseudononion japonicum* (夥), *Elphidium incertum clavatum*, *Bulimina aculeata* 等の有孔虫殻を相当量含み、江東地区におけるガス層となつている砂層と類似した見掛けを有する。孔明管長が大であり、水温も測れなかつたため、出水位置が不明であるが、最も電検結果に顯著に現われた砂層に近いコア試験の結果では、上表の如く汲上げ試験に比し14%ほど低い値となつている。

6. 結 言

非石油系天然ガスの産状は、石油の探鉱・開発に比し、比較的容易な発足を許してきたが、しかもなお難しい問題を少なからず残している。例えば探鉱の面を見ても、いかなる地層に、いかなる型の、いかなる程度の potentiality の鉱床を期待しうるかということも、経験的におよその推定をしようにはなつたが、その本質的な究明は未だ始められず、またガス層となりあるいは侵入水の経路ともなる砂の堆積、砂泥互層の発達のしかたについては、今日でも未だ適確な推定はむずかしい。この他ガス田の探鉱・開発を合理的に遂行しようとする

と、大小の問題がつかないものである。

筆者等は、合理的ということ、単なるコストの引下げではなく、資源の無駄使いをせず、自然に即したガスの探し方・採り方という意味に解している。もしこの考が許されるのなら、試掘井の価値は、むしろ試掘により、ガス地質のため、どれ位の地質学および地化学的データを得たか、ということと判断されるべきではないだろうか。

天然ガスの産出も、1つの地質学的現象である以上、地質学的方法論を踏みはずして開発を進めることはできない。試掘井はたゞ穴をあけてガスの存否を調べるのではなく、各方面の地質学者の純研究の成果もとり入れ、これらを元としてガス地質の観点から立てられた作業仮説を、検定する役目のものだと考えているが、いかなるものであろうか。

遺憾ながら現在の社会の経済事情の上にあつては、ガス試掘井を有効に活用することすら仲々むずかしいようであるが、こゝにあげた如き不完全な試験であつても、貴重な試掘を少しでも有効にするよう今後も微力をつくしたく、諸先輩・諸学兄の御力添えを乞うものである。

コア試験主要データ表

深 度	肉眼的岩質	比重	含水率	Cl	NH ₄	含砂率	有孔虫数/gr	有孔虫数/gr	群 集 型*
250~251	bl.g.md.m.S	1.9 ₄	39.1	29	2	47.65	NF	PF	—
329~331上	d.bl.g.v.f.S	1.9 ₉	45.6	7	11	45.37	NF	NF	—
" 下	d.bl.g.f.Silt	1.7 ₇	30.0	77	7	4.49	NF	NF	—
407~410上	dirty bl.g.	1.8 ₇	48.4	38	12	95.55	NF	NF	—
" 下	f.S	1.8 ₃	42.0	13	4	98.53	NF	NF	—
517~520	bl.g.md.f.S	1.8 ₀	41.0	191	2	47.79	(0.2)	(0.2)	Ps ₁ -(E ₃)
567~569	d.bl.g.s.Silt	1.8 ₉	43.5	1490	16	12.74	33	1>	"
583~587	d.bl.g.s.Silt +pm,	1.8 ₄	30.0	2190	25	11.01	480	490	Ps ₁ -(E ₃)-(Ng)
589~602	d.bl.g.Silt	1.9 ₅	46.7	2410	24	6.65	2	3	Ps ₁ -(E ₄)
643~647	d.bl.g.Silt +s.Silt	1.9 ₁	47.0	2165	27	13.79	—	—	—
746~750	d.bl.g.Silt (+s.Silt)	1.9 ₅	46.2	6860	36	4.39	0.6	0.8	Ps ₁ -(Ca ₅)-(Btg)
777~782	d.(gr)g.Silt	1.9 ₃	45.8	9380	47	1.78	(0.07)	(0.06)	(Ps ₁ -Ci ₃ -Rka)
798~801	d.gr.g.Silt	1.8 ₉	43.7	10065	41	2.69	0.4	0.9	Rka-Ci ₃ -(Btg)
849~852	"	1.9 ₂	38.8	11070	42	2.59	1.1	0.6	Ci ₃ -(Rka-Ng ₀)
887~891	"	1.9 ₄	42.7	12320	56	3.25	0.1	0.3	(Bm-Ci-Rka)
951~955	"	1.9 ₅	41.4	16023	107	4.01	0.6	1.4	Ps ₁
1003~1007	"	1.9 ₀	39.5	16400	104	3.67	4	0.6	Bu ₁
m			容量%	mg/l	mg/l	重量%	底棲	浮遊	底棲

* Bo₃ = *Bolivina robusta*, Bl₂ = *Buliminella elegantissima*, Ea = *Elphidium advenum*, H₂ = *Hanzawaia japonica*, Ps₁ = *Pseudononion japonicum*, E₃ = *Elphidium incertum clavatum*, Ng = *Lagenonodosaria scalaris sagamiensis*, E₄ = *Elphidium* sp., Ca₅ = *Cassidulina laevigata*, Btg = *Bolivinita quadrilatera*, Ci = *Cibicides*, Rka = *Rotalia ketienziensis angulata*, Ng₀ = *Nedogenerina ooinmikadoi*, Em = *Eulimina marginata*, Bu₁ = *Bulimina inflata*