

長野県岡谷市天然ガス試掘井調査報告*

本島 公司** 矢崎 清貴** 加來 一郎*** 堀川 義夫*** 畑瀬 安彦***

Résumé

Geochemical and Electrical Survey of the Test Boring Well for Natural Gas drilled at the City Okaya, Nagano Prefecture

by

Kōji Motojima, Kiyotsura Yazaki, Ichirō Kaku, Yoshio Horikawa & Yasuhiko Hatase

A test boring well was drilled at Shimohama, City Okaya from August to December, 1954. (Fig. 1)

The well, in a depth of about 401 m, is drilled in the Quaternary lacustrine deposits. Following chemical and physical data were obtained. (Fig. 2)

(1) By core analysis,

- 1) Cl^- , NH_4^+ , HCO_3^- , pH, and water colour by H_2O extraction method.
- 2) NH_4^+ extracted by KCl and NaCl, 10 % solution.
- 3) Specific gravity.
- 4) Volume percentage of water content.

(2) By physical researches,

- 1) Specific resistivity of strata (ρ_R).
- 2) Self-potential in bore hole (S.P.)

From these data, the authors suggest the presence of the following three gas bearing beds.

- 1) In depth, 40-100 m (main gas reservoirs).
- 2) In depth, 150-200 m.
- 3) In depth, 320-400 m.

But, by the geochemical exploration, the authors could not probably be expected the presence of the high potential gas reservoirs in the districts.

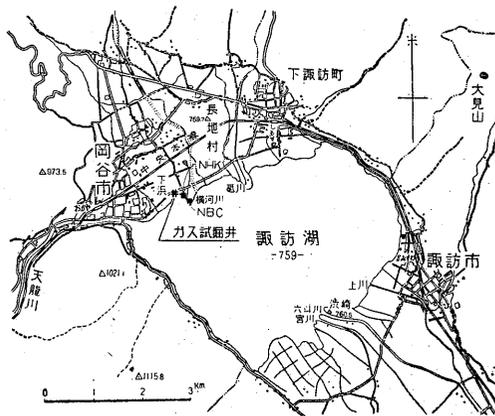
1. 緒 言

岡谷市字下浜 (第1図) に昭和29年(1954)の夏から初冬にかけて、深度400mの天然ガス試掘井が掘鑿された。この附近の天然ガスについては、すでに3回の調査が行われている。今回の試掘はそれらの調査結果と結びつけて、きわめて注目すべき資料を挙げているので以下にこれを報告する。

この調査は、コアに対する物理的、化学的試験による方法と、裸孔に対する電気的測定法とによつた。その作業分担は次のようである。

コア試験 本島・矢崎

* 岡谷市依頼調査 発表許可昭和29年12月
 ** 燃料部
 *** 物理探査部



第1図 試掘井位置図

電気検層 加来・堀川・畑瀬

なお本調査は、岡谷市の申請に基づき受託調査として行われたもので、岡谷市役所と岡谷南高校から援助を受けた。特にコア試験については、市役所土木課北沢良夫氏の測定にかゝる資料が多分にある。ここに前記の方々に深謝の意を表する。

2. 調査方法

2.1 コア調査

作井は東京都の湘南ドリリング株式会社より利根式 R-L800 試験機を用いて行われた。シングルまたはダブルのコア・チューブを使用して採揚されたコア試料について調査した。コア採取間隔は、諏訪湖南岸における既存の資料を参考にして、深度 200m までは 15 m, 以下は 30m を基準とした。測定項目は次の通りである。

岩相：肉眼によつた。

比重：秤量瓶を比重瓶として測定した。

含水率：湿つた試料に対する水分量から求めた。105 ± 3°C 位で乾燥して減量を水分として示した。

水による抽出試験：間隙水の数倍(稀釈率で表わす)の蒸留水中でコアをくだし、遠心分離(3000y.p.m.)を行い、その数値に稀釈率をかけて求めた。

Cl⁻：上の操作で得られた泥水に conc. H₂SO₄ 1 滴を加えると (Cl⁻ 測定試水のみに加える)、やゝ酸性の無色透明な水を得るが、これに化学的に純粋な粉末 CaCO₃ を過剰に入れて中和した水に対して、モール氏法で Cl⁻ を求めた。

NH₄⁺：遠心分離水に対して、空気蒸溜法で比色測定した。

HCO₃⁻：遠心分離水に対するメチルオレンジアルカリ度を求めて、HCO₃⁻ として算出した。

pH, RpH：遠心分離水に対して比色法で求めた。

色：抽出水の多くは黄褐色を示すので、ネスラー試薬によつて発色させた NH₄⁺ の色調に類似する。したがつて、1mg/l NH₄⁺ に相当する色を 1, 2mg/l NH₄⁺ の色に相当すれば 2, ……として示した。

濁り：遠心分離水を pH 比色用の大略径 1 cm の試験管に入れた時、反対側がみえぬものを大とし、やゝみえるものを中、ほとんどみえないものを小としてあらわした。

NaCl による抽出試験：NH₄⁺ に対する抽出試験である。NaCl 10% sol. を用いて水の場合と同様にして NH₄⁺ 量を算出した。

KCl による抽出試験：KCl 10% sol. を用いて NH₄⁺

の定量を行つた。

なお、いずれの抽出試験においても、稀釈率(間隙水+加えた液体量/間隙水)によつて、分析値が左右されるので、この数値は明記しておいた。

2.2 電気検層

自然電位 (S.P.)：地上の定点(坑井の北東約 30m)においた鉛の電極 F と坑井内に吊下した多芯耐水性ケーブルの一端につけた銅-硫酸銅飽和溶液よりなる電極 M との電位差の測定によつて求めた。

岩層の比抵抗値 (ρ_R)：地上の別の定点(坑井の南西約 30m)に置いた黄銅の電極 C₂ と、前記ケーブルの別の一端につけた鉛の電極 C₁ との間に直流に電圧を加え、その回路電流 I はレオスタットにより規整し、流電時の F, M 間の電位差 c.p を読み、これと流電しない時の F, M 間の電位差 s.p との差をもつて流電に基づく電位 V とし、 $\rho_R = 4\pi a \frac{V}{I}$ なる関係式より求めた。ただし $a = M C_1$ でこれは常に 50m であつた。

3. 測定結果

3.1 地質の概略

諏訪盆地の地下地質に関しては、湖南にある諏訪市宇波崎の試掘井によつて、そこでは深度 371m まで、主として粘土と砂の互層からなる第四紀湖成堆積物²⁾であることがわかつたが、果してその全層厚がどの位あるかは不明である。

この度得られた地質資料は、湖北における唯一の深井戸資料であつて、深度 401.14m までやはり湖成の第四紀層と判断される³⁾。その地層を構成するものは、湖南にくらべて、圧倒的に礫と砂とが多いことが最大の特徴である。鑿手柱状図(第2図)をみると、下記のように大きく3つに分けることができる。すなわち、

0~110m± 砂礫と粘土がほぼ等量

110~330m± 礫が非常に多い

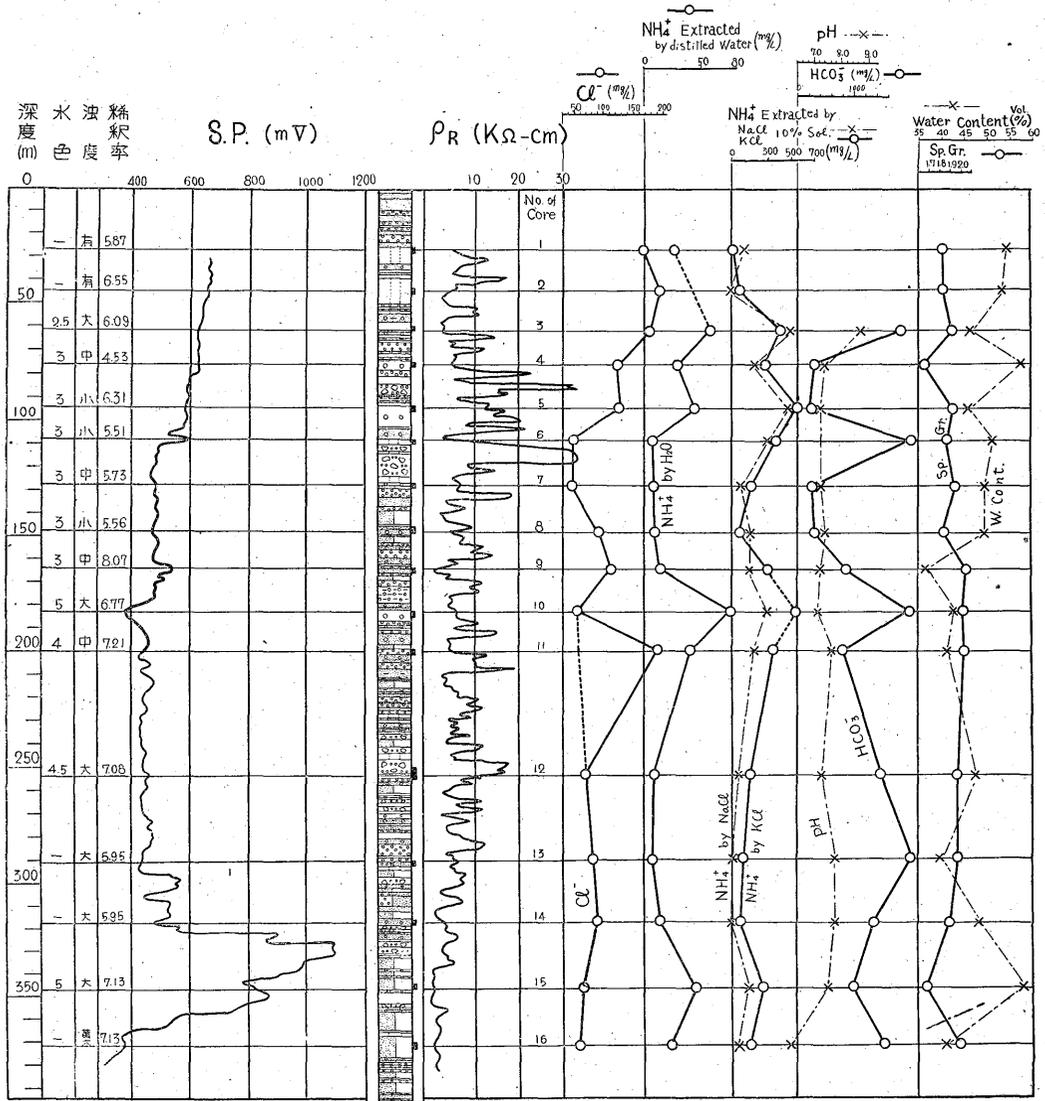
330~401m± 粘土が多い

粘土質部はおゝむね灰色ないし暗灰色を呈し(376m の試料は黄褐色)有機質物を持つものもあり、このようなものは少量の Vivianite の小粒を保有する。粘土質部は砂質粘土が大部分のようである。礫はチャート・安山岩・硬質の砂岩等が主であり、大きさは径 1~20cm 以上におよぶようである。

3.2 被圧地下水とガス徴

作井地点付近では、深度 60~100m 附近に自噴水位が地上約 3~5m におよぶ被圧地下水層のあることは、既存の調査資料によつても判明していたのであるが、本試験掘井でも、この水層から自噴水がみられた。

長野県岡谷市天然ガス試験井調査報告 (本島公司外 4 名)



調査月日 昭和29年8月-12月

- | | | | |
|--|-------|--|---------|
| | 粘土 | | 砂と粘土の互層 |
| | 砂混り粘土 | | 礫と砂の互層 |
| | 礫混り粘土 | | 粘土、礫混り砂 |
| | 粘土混り礫 | | 礫混り砂 |
| | 砂 | | 淘汰の悪い礫 |
| | 礫 | | |

コア-試験 本島 公司
 矢崎 清貴
 北沢 良夫 (岡谷市)
 電気検層 加来 一郎
 畑瀬 安彦
 堀川 義夫

第2図 長野県岡谷市下浜天然ガス試験井試験図

なお、掘鑿中に40m層からガスと水の自噴があり、矢崎および鑿手の目測によつて大略20m³/日のガス量と判断された。

3.3 コア-試験資料

試験によつて得られた結果は、第1表と第2図とに一

括整理したのでこれを簡単に説明する。

岩相： 鑿井用循環泥水の滲入から供試体をまもる意味で、泥岩の部分についてコアリングを行ったので、試料は有機質砂質粘土が多い。

比重： 最大2.06 (166mおよび200m), 最小1.63

第 1 表 岡谷試掘井コア分析表 (昭和 29 年 8 月 ~ 12 月分析)

No. of Core	Lithology	Depth. m	Dist. H ₂ O による Extraction								Sp. Gr.	Water Content	dil. ratio	NH ₄ ⁺ ext. by 10% NaCl	NH ₄ ⁺ ext. by 10% KCl
			dil. ratio	濁り	色	pH	RpH	HCO ₃ ⁻ mg/l	Cl ⁻ mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l					
OR-1	d. gr. Cl	25.85 ~ 26.80	5.87	有	—	—	—	—	173	27.2	1.815	55.7	5.87	143	51.4
OR-2	d. gr. Cl	45.20 ~ 46.10	6.55	有	—	—	—	—	198	1.96*	1.829	49.5	6.553 8.396	54.2	65.5
OR-3	br. -gr. sty. Cl	62.1 ~ 62.5	6.09	白大	2.5	8.7?	—	1,860	186	57.2	1.896	46.5	11.2	498	491
OR-4	org. sdy. Cl	75.9 ~ 77.4	4.53	〃中	3	7.4	7.3	414	126	29.7	1.627	57.7	8.05	231	288
OR-5	org. f. sdy. Cl	94.0 ~ 97.0	6.31*	〃小	3	7.2	7.3	231	132	41.4	1.939	45.6	11.6	538	545
OR-6	org. sdy Cl	108. ~110.8	5.51	〃〃	3	7.2	7.3	2,020*	48.1	6.20	1.851	51.4	10.0	365	376
OR-7	org. Cl	129.2 ~131.3	5.73	〃中	3	7.2	7.3	350	47.5	6.62	1.911	50.5	10.6	94.1	179
OR-8	org. v. f. sdy. Cl	149. ~151	5.56	〃小	3	7.5	7.5	407	92.1	4.68	1.805	49.5	5.56	128.0	97.5
OR-9	org. Cl. v. f. sd	165.9 ~166.7	8.07	〃中	3	7.2	7.3	887	113	10.1	2.056	36.3	15.1	182.0	309
OR-10	org. v. f. silt gr. Cl	184.65 ~185.65	6.77	〃大	5	7.2	—	2,070	53.2	75.3*	1.9704	42.8	6.77	548*	317*
OR-11	org. v. f. sdy. Cl	200.90 ~202.65	7.21	〃中	4	7.8	—	835	193?	39.3	2.056	41.5	7.21	197.0	334
OR-12	Cl	257.80 ~258.60	6.141	〃中	4	7.3	7.4	1,500	69.6	7.53	1.957	47.57	6.14	58.9*	138
OR-13	br. Cl 火山灰混り	292.90 ~293.70	7.08	褐色大	4~5	7.7	7.8	2,160	80.3	5.73	1.961	40.3	7.08	23.7	48.5
OR-14	d. gr. Cl	320.15 ~321.35	5.95	暗灰色大	5位	7.9	7.9	1,450	88.3	11.4	1.904	48.0	5.95	31.2	49.6
OR-15	d. gr. Cl (藍鉄鉱を含む)	349.80 ~350.60	4.63	〃大	5位	7.5	7.5	1,100	64.6	44.2	1.706	58.7	4.63	130.9	279
OR-16	br. Cl	375.9 ~376.14	7.13	大		6.4	6.4	1,610	62.2	22.5	2.000	40.5	7.13	55.3	160

註 OR-13~OR-16 は特に Dist. H₂O による分解が悪い。*印：精度不良
 d...dark org...organic sdy...sandy
 gr...grey Cl...Clay v. f. ...very fine
 br...brawn sty...silty sd...sand

(76m)の間にあり、200mまでは漸増の傾向を示すが、200~400m間ではこの傾向がなく、ほとんど一定と思われる。さらにこれを細分すれば、26~62m間の比重増加は顕著で、95~130mの間は 1.9 ± 0.4 程度であまり増加せず、165~200m間では 2.00 ± 0.05 程度でその数値は大きい。なお、350mで比重が小さいのは有機質岩のためである。

含水率：深度200mまでは明らかに漸減して、比重とよく相関を示している。200m以下は350mの有機質岩の特異点を除いて、大略40~48 vol % 間にあって、深度に関する傾向性はみえない。なお、比重の項で述べた細分はまた含水率にもあてはまる。

Cl⁻： 渋崎における珪藻試験の結果をみても、諏訪盆地の地下にある第四紀層は、淡水湖中の堆積物と考えられるので、当地域においても泥岩間隙水中のCl⁻はきわめて少ないと推定したが、実測値もよくこれと一致していた。すなわち、いずれも間隙水1l当りのCl⁻量は200mg前後であった。

諏訪温泉帯の温泉は、おむねCl⁻と水温が正の相関をすることが知られているので、この度の調査では、特にガス鉱床と温泉との関連を求めるためにCl⁻の分析には注意をはらった。

Cl⁻は100m以浅では130~200mg/l前後で、それ以下では100mg/l以下を示している。25~110mまでは漸減し、150~166mでやゝ増加しているが、以下はふたゝび減じて60~90mg/lで、375mでも62mg/lで増加していない。

NH₄⁺ ext. by H₂O： 渋崎におけるコア分析中で、ガスの賦存状況と最もよく相関していたのはNH₄⁺であった。またその数値は抽出水がガス附随水中のNH₄⁺より約1桁大きな数値を示し、両者間は相関があつた。したがつて、岡谷試掘井においてもガスの賦存状況を多分にこのNH₄⁺量によつて推定しようとした。得られた最大の数値は、渋崎におけるものよりはるかに小さく、その約 $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{3}$ 程度にあたる57mg/lであつた。NH₄⁺ by H₂Oは25~100m間で最大を示し、これをa群とすれば、b群は110~166mで値は小さくて10mg/l \geq NH₄⁺となり、c群は185~200mで中程度の40mg/l \pm を示し、d群は258~320mの10mg/l \geq NH₄⁺で、e群はやゝd群より多い20mg/l < NH₄⁺であつてその深度は350m以下であつた。

HCO₃⁻ および濁度： おむね両者間に相関がある。これは膠質物の泥岩中の量と質にも関係することであるから、この資料は解釈の項で説明する。

pH, RpH： 抽出操作は空気中で行うので、pH =

RpHのはずで、実測にもよくこのことがあらわれている。このpHは蒸溜水と泥岩とを十分に接触させた時の値である。抽出水のpHは浅所より深所の方がやゝアルカリ性らしく思われるが、その値は浅所(185mまで)で7.3~7.5、深所で7.5以上である。375mの黄褐色粘土は酸性で、これは成因的にも検討の余地がある(火山灰の分解したもの、または酸性鉱泉による分解生成物である可能性がある)。

抽出水色：ほとんど、色調3~5で上下の地層間に差がない。

NaCl 10% sol. によるNH₄⁺抽出： 稀釈率15~5倍で測定して、最大550mg/lが得られた。その深度に対する分布状況は、H₂Oで抽出したものとほとんど同じ型を示す。

KCl 10% sol. によるNH₄⁺抽出： 稀釈率はNaClの場合と同様である。最大550mg/lを示し、NaClによる抽出値より一般に大きな数値を示している。

3.4 電気検層資料

自然電位(S.P.)： 坑井内の自然電位は、深度30~120mの間において約200mVの変域を示すが、浅部より深部においての負の方向へ移る傾向がある。また120~320m間は概して単調な変化を繰り返す(120~165m、165~320mにわたることはできる)が、320m以深においてはきわめて著しい変化を示す。すなわち深度335m附近において+の極大極(平均値より+へ約600mV)を示し、さらに小変化を繰り返しつつ、一応370m附近において、もとに復するが、その下部においてはむしろ-へ移る傾向がある。

岩層の比抵抗： 深度30~120m間では、2~35k Ω -cm、深度120~380m間では2~20k Ω -cmの変域を示し、それぞれかなり著しい変動を繰り返すが、深度318~320m、330~333m、342~357mの間はきわめて低比抵抗値(1k Ω -cm以下)を示す。総じて120m以深においてその変化は小規模となり、特に320m以深においては、低比抵抗部の多くなる傾向が見受けられる。

4. 測定結果の解釈

以上に述べた各種資料を既調査のガス田の資料と比較検討すると次のように考えることができる。

深度40m附近にあつたガス徴は、その深度附近における共水性の可燃性ガスの存在を示す。さらに、この坑井の西方約0.7kmにある上総式による市のガス試掘井にも、35~60m間のガスの存在が確認されている。したがつて、盆地のより中心部に掘つた本井では、40~60m間にガスが賦存することは確実であろう。

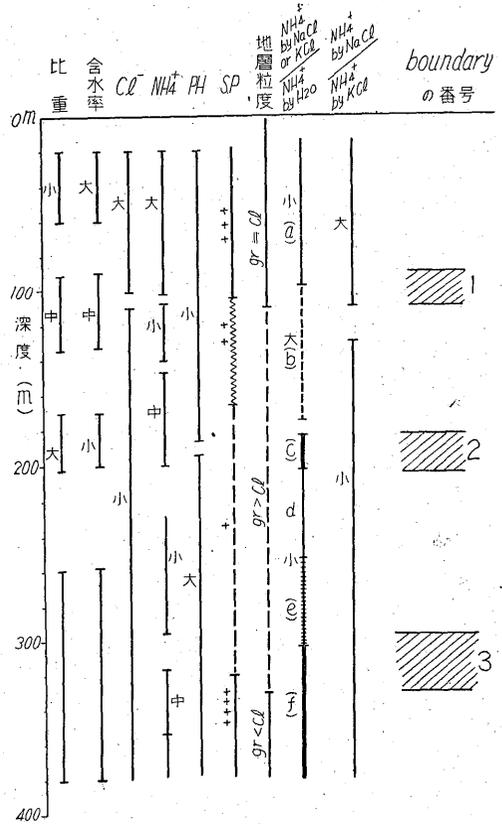
鑿手の地質柱状図と、電気検層図とを比較すると両者はよく一致し、比抵抗値 5 kΩ-cm 以下の部分は粘土質の地層で、15~35 kΩ-cm の部分は砂礫質の地層であると判断される。したがって、鑿手柱状図によつて、以下の議論を進めることは妥当であると考えられる。立体的な盆地の地下に対して、線状に降下した試掘井に対する点としておさえた地化学的測定値が地質的に有する意義を考慮して、以下に述べるような考察が可能であろう。

Cl⁻ の垂直分布で、特に地化学的に boundary を作っているのは、深度 100m± である。湖南においても、100 m 以浅で Cl⁻ の増加をみたが、この井戸でも同様な結果が得られたことは、諏訪盆地の相当広範囲にわたつて、この特徴があるものと考えてよからう。湖南地方の最も産ガス量の多い深度は、150 ± 50m であるので、Cl 含量の変曲点となる深度は、主産ガス深度であつて、両者の間には完全な対応が認められる。岡谷地方のように扇状地形が発達して被圧地下水のあるところでは、この Cl⁻ が扇状地に侵入する地下水の流れと関連すると考えてよからう。また北方から流入する河川水は 10 mg/l > Cl⁻ であるから、100m 以深に強い伏流水の侵入があるかも知れぬと考えられる。

NH₄⁺ の量は、50mg/l 程度であるので、仮にそこで丁度 1桁低い値のガス附随水が期待できるとすれば、5 mg/l NH₄⁺ ということになる。この値は諏訪盆地における採ガスに関する最低経済限界程度の産ガスを期待するポテンシャルをもつガス層に相当する数値であると考えられる。

坑井内の s.p. (自然電位) 曲線でも 105m± に boundary が現れている。また ρ_R (岩層の比抵抗値) 曲線は、地層の泥質部でもまた礫質部でも 105m 付近まではその値が大きく、これは Cl⁻ 曲線とよく対応する。また柱状図をみると地層の粒度分布状態ともよく一致するようであるので、105m 直下にある砂礫層は、強い圧力と清水に近い水をもつた地層であろうと推定する。したがつて NH₄⁺ の分布も 105m において激減し、含ガス状況も 105 m 以下はこれにしたがうものと思われる。

上述した各種測定値をグルーピングしてみると、第3図が得られる。特にそのグルーピングの境となる部分が多くあつまる深度を求めてみると、図の 1~3 のようである。深度 100 ± 10m, 190 ± 10m, 310 ± 20m 附近は、地質・地化学・地球物理の各種の boundary がよく一致しており、これは今後の天然ガスの調査・研究に際してとるべき態度の一端を指示しているものように考えられる。

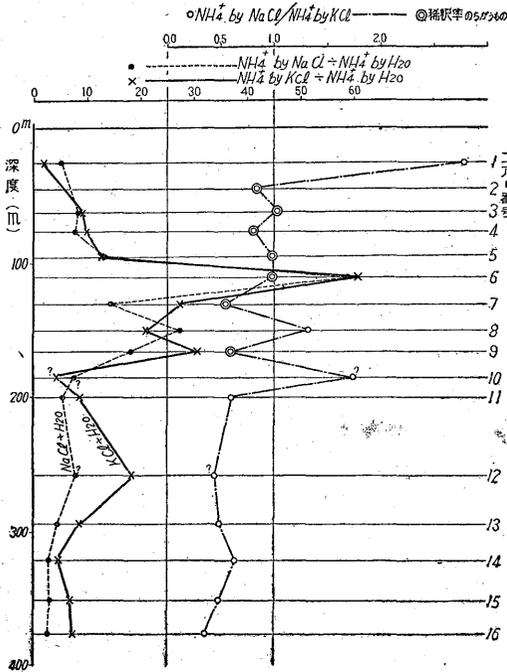


第3図 各種測定値のグルーピング

第2表 NH₄⁺ 各種測定法の比較表

No. of Core	NH ₄ ⁺ by NaCl NH ₄ ⁺ by H ₂ O	NH ₄ ⁺ by KCl NH ₄ ⁺ by H ₂ O	NH ₄ ⁺ by NaCl NH ₄ ⁺ by KCl
1	5.26	1.89	2.78
2	—	—	0.83
3	8.48	8.56	1.01
4	7.78	9.70	0.80
5	13.0	12.9	0.99
6	58.9	60.6	0.97
7	14.2	27.1	0.53
8	27.3	20.8	1.31
9	18.0	30.5	0.59
10	7.29*	4.20*	1.73*
11	5.01	8.50	0.59
12	7.81*	18.3*	0.43*
13	4.13	8.48	0.49
14	2.74	4.35	0.63
15	2.96	6.56	0.47
16	2.47	7.12	0.35

* 印は精度不良



第4図 各種抽出法によるNH₄⁺定量数値図

深度150~200mにもガス附随水の存在がやゝ推定され、さらに320m以下にも若干のガスがあるものと思われる。

ガス賦存状況を推定する上に大切なNH₄⁺については、3種の液体で抽出を試みたが、その相互の数値の比較を第2表と第4図とにまとめてみた。

NH₄⁺ ext. by NaCl / NH₄⁺ ext. by H₂Oの深度分布状況は、NH₄⁺ by KCl / NH₄⁺ by H₂Oにほとんど似ていて、25~95mの間は漸増し、110~165m間は最も数値が大きくなるとその数値の変動も大であるが、185m以深では260m土をのぞいてふたゝび100m以浅に似た数値を示す。しかも170m位まではこの数値は距視的には漸増である。NH₄⁺ by NaCl / NH₄⁺ by KClはほとんど1~0.5の間にあり、それぞれ10% sol. ではKClで抽出した方が値が大きい。この数値は深度方向に対してやゝ小さくなる傾向がある。すなわち、新しい地層に対してはNaClでもKClでも同じような、あるいはやゝNaClが大きなNH₄⁺量を示すが、古い地層ではKClがよくNH₄⁺を抽出するわけである。恐らくbase exchangeの問題であろうが、今後地層の堆積した場所(海~淡水湖の範囲に変る)と、そのへてきた生物地球化学的、水理地質的、地圧力化学的現象との総合として解いてゆくべきものと思われるので、1つの研究題目にすべきものと考えられる。

NH₄⁺ by KCl & NaCl / NH₄⁺ by H₂Oの最も大きな bou-

ndaryは170~180mであつて、NH₄⁺の陸水学的な動き方の重要な2つの区別が暗示されている。これは天然ガスの生成・保存を通じて探査上の重要なindicatorになっているものと思われる。

深度275mのコアは、酸性で褐色系統の色を保有していた。これは有機質堆積岩層中に賦存する岩石としては解釈に苦しむところであつて、その有するNH₄⁺量が比較的多いことなどからしても、今後さらに検討を重ねてみる必要がある。たゞ、Cl⁻と水温とが相関しない型の鉱泉がもしもそこにあるとすれば、説明がつかないことはない。

電気検層の自然電位が示す320m以深の著しい+へのピークの地質の意味は未だ不明である。この部分は岩質からも、また水質からも極端に変つたところは見受けられない。今後に残された研究課題と考えられる。

5. 採ガス面からの検討

先ず、リフト試験を行つて、ガスと水の量的、質的な測定を行うべきである。この試験を実施する場合に着目すべき第1の事項は含ガス層として、(1)40~100mのものを第1とし、次で(2)150~200m、(3)320m以下と3大別して考えることである。ガスの賦存力はおそらく(1) >> (3) > (2)であろうと推定する。したがつて、理想的には100m以浅に口径4~6吋級の新しい井戸をつくつて(1)についての試験を行い、この度の試掘井では(2)、(3)について測定するのがよいと思われる。上記の各種資料から推定されるガスのポテンシャルはあまり高くないから、試験に際しては揚水量を増して、ガス量を増加すべきであろう。(1)の層の平均深度は70m位として仕上げるべきで、その理論ガス水比は1:5前後となる。もしもガス水比を理論値の1/2~1/3とすれば(40~60m層の観測値は文献1)にある)、ガス水比は1:10~15である。6吋井の揚水量は1,000~1,500m³/日が期待できるであろう。(2)、(3)については、ガスに関する予測はむずかしい。それはNH₄⁺の地化学的動き方と、ガスの動き方とのズレの問題にもかゝつている。

なお文献1)にもあるように、旧岡谷市上総式井の自噴水は10mg/l < Fe II であるから、温泉法による鉄鉱泉であることを附証する。おそらくこの試掘井でも、40~60m層では上総井と類似の地下水(ガスを伴つた)が得られるであろう。

6. 結 語

岡谷市下浜の試掘井のコアおよび電気的調査の結

果, 深度 ① 40~100m間にガスの存在を推定し, さらに下位の ② 150~200m, ③ 320~400mにも ①より貧弱ではあるが含ガス層の存在を推定した。そして経済的限界を決めるため, さらに深度 100m位の口径6吋級の作井をなし, これでリフト試験と, この度の試掘井による ②, ③層のリフト試験とを行うことが必須事項であろう。

(昭和29年7月~30年3月調査)

参考文献

- 1) a) 本島公司・品田芳二郎・牧真一: 諏訪湖天然ガス鉱床調査報告, 地質調査所月報, Vol. 4, No. 9, 1953
- b) 中村久由・太和栄次郎: 岡谷市下浜沖“辨天釜”
- 附近調査報告, 地質調査所月報, Vol. 3, No. 12, 1952
- c) 本島公司・牧野登喜男・牧真一: 諏訪湖北岸天然ガス調査報告, 地質調査所月報, Vol. 6, No. 5, 1955
- d) 井島信五郎外3名: 長野県岡谷市附近可燃性天然ガス調査報告, 東京通産局石油課, M.S., 1952年調査
- 2) 市川 渡: 諏訪湖堆積物中の化石珪藻について, 石油技術協会誌, Vol. 19, No. 5, 1954
- 3) 化石珪藻について, (目下金沢大市川渡教授が研究中)