

# 春日部層序試錐 (予報)

## ～坑井地質を中心として～

福 田 理

### 1. ま え が き

天然ガスは新しいエネルギー源ならびに化学工業原料として最近世界的に著しい生産の伸長を示している。わが国においても急激な需要の増加と高い生産性にささえられて天然ガス鉱業は飛躍的な発展を遂げつつある。わが国の天然ガスはその生産量について見ても最近5カ年間で5倍以上に増加し(第1図)貿易の自由化実施後も輸入資源にじゅうぶん対抗できる貴重な資源として化学工業原料、都市ガス原料および工業用燃料等各方面から大いに期待されている。この旺盛な需要の拡大に対処するためにはさらにその探鉱と開発を積極的に推進することが必要である。また最近の技術の進歩によって生産性がきわめて高くかつガス採取に伴う地盤沈下の恐れのない遊離型天然ガス鉱床の発見があいつぎ今後の天然ガス鉱業の発展に対してきわめて明るい希望を抱かせるに至っている。そしてこのような天然ガス鉱床の開発には地質学的に見て石油鉱床と関連した探鉱が必要でありこの点から天然ガスと石油を一括した総合探鉱計画の策定が強く要望されるに至った。このような状況にかんがみ昭和36年政府は石油および可燃性天然ガス資源開発審議会の答申に基づいて可燃性天然ガスと石油の開発を一体としさらに長期的かつ総合的な見地に立った“可燃性天然ガスおよび石油資源開発5ヵ年計画”を策定し昭和37年度から実施することになった。この5ヵ年計画では天然ガスの探鉱は主として遊離型鉱床を対象として実施するという大方針がまず立てられ政府機関は民間では実行しがたい基礎調査・研究すなわち探鉱の前段階ともいべき基礎資料の取得を担当し探鉱促進に寄与することになっている。春日部層序試錐はこの5ヵ年計画の初年度における基礎調査・研究のうちもっとも重要な計画として実施された。

### 2. 層序試錐とは

天然ガスおよび石油関係の坑井はその目的によって普通次のように分類されている。

- i) 探掘井 直接天然ガスや石油を採取する目的で掘る坑井
- ii) 探掘井 既知の稼行層の延長やその下にあるかも知れない新油層またはガス層を探索するために掘る坑井

- iii) 試掘井 地質調査や物理探査の結果油層またはガス層の存在の可能性が認められた場合これを確かめるために掘る坑井

これに対して層序試錐(stratigraphic drilling)というのは以上のような坑井の掘さくとは目的を異にし直接天然ガスや石油の鉱床を追求する目的を持たない。すなわち層序試錐は未探鉱地域や堆積盆地全体の地質を把握する目的で掘さくされるものである。したがってその位置選定の方針掘さく方式および検層等も通常の坑井掘さくの場合とかなり異なっている。

### 3. 位置

上に述べたような性格を有する春日部層序試錐の掘さく地点は次のような諸目的を達成するため関東平野の中央にほぼ位置する埼玉県春日部市増富地区(東武鉄道豊春駅南東方約1km)に選定された(第2図)。

### 4. 目的

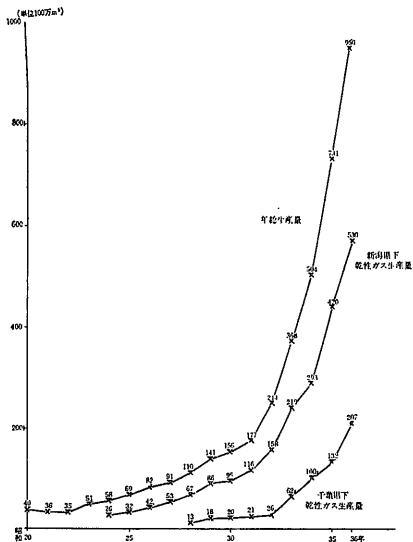
春日部層序試錐の直接的な目的は次のとおりである。

- i) 関東平野の中央部に伏在する新第三紀層の層序を確立しあわせてその構造を明らかにする

第2図に示すように本層序試錐の掘さく地点は重力・地震探査の結果ほぼ明らかにされている関東地方の南部および北西部の先新第三系基盤面の凹部の鞍部付近に当りかつこの地点付近は飯能から川越・野田をへて谷田部に至る屈折法地震探査測線(第3図;大宮以東は反射法地震探査測線と重なっている)上において新第三紀層がもっとも厚い部分に入ると推定されている(第4図)。

- ii) 既存の物理探査の結果をチェックしあわせて将来行なわれる物理探査結果の合理的解析に必要な基礎資料を提供する

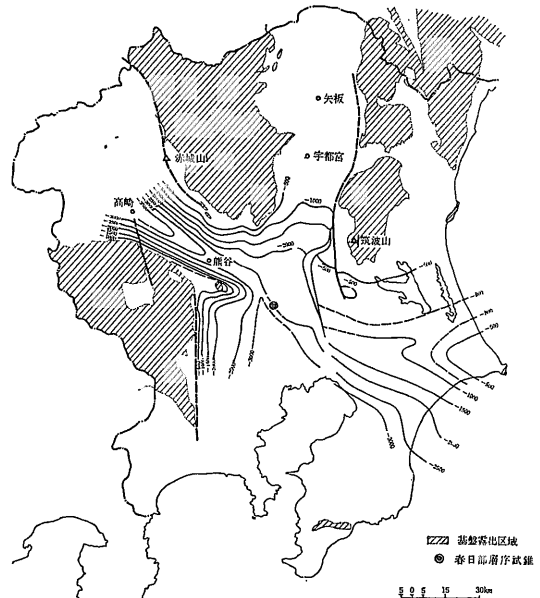
わが国の遊離型天然ガス鉱床の実例についてみてもまたこの種のガス鉱床の集積を理論的に考えてみても大規模な遊離型天然ガス鉱床は古い地層の露出していな



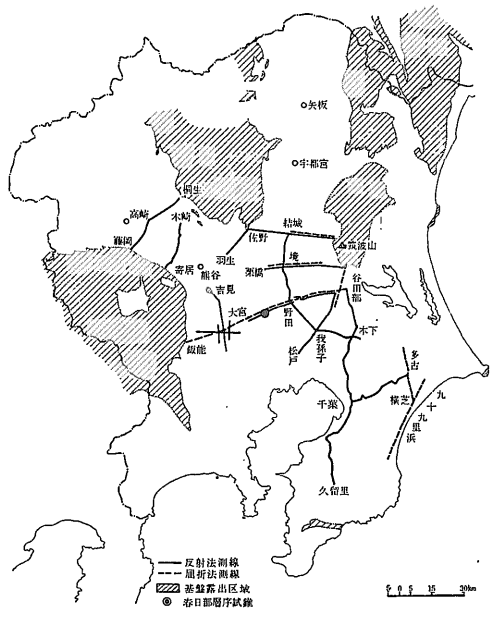
第1図 わが国における天然ガス生産量の推移



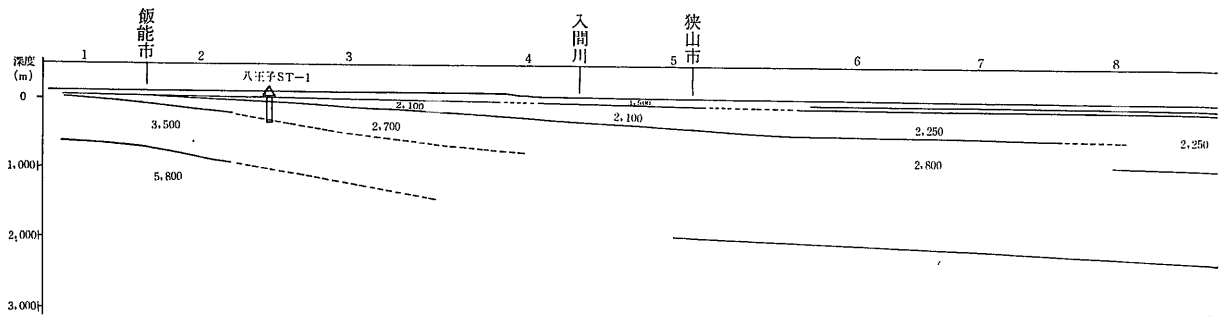
春日部層序試錐現場入口



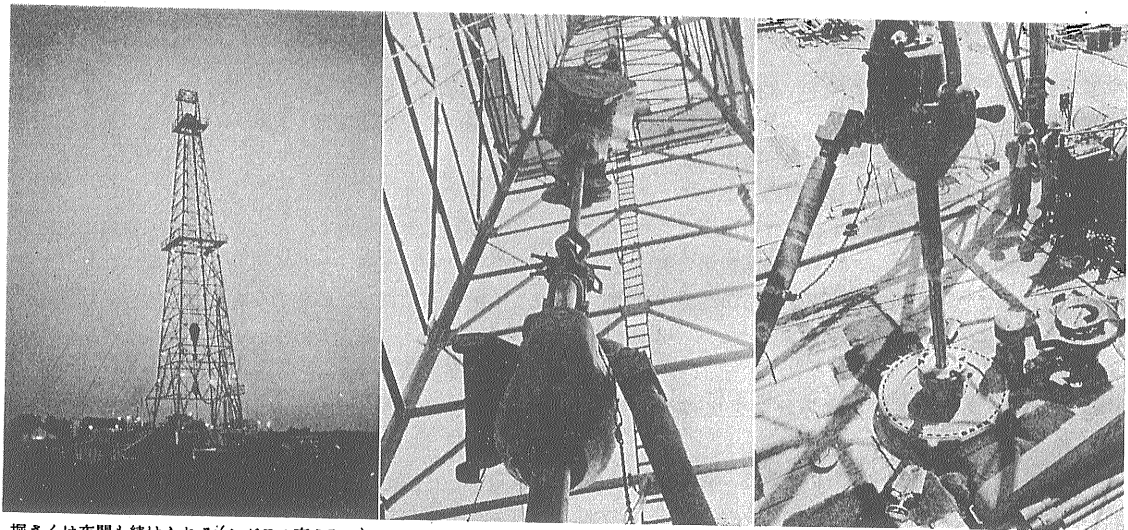
第2図 地震探査結果による基盤面等深線図



第3図 地震探査測線網



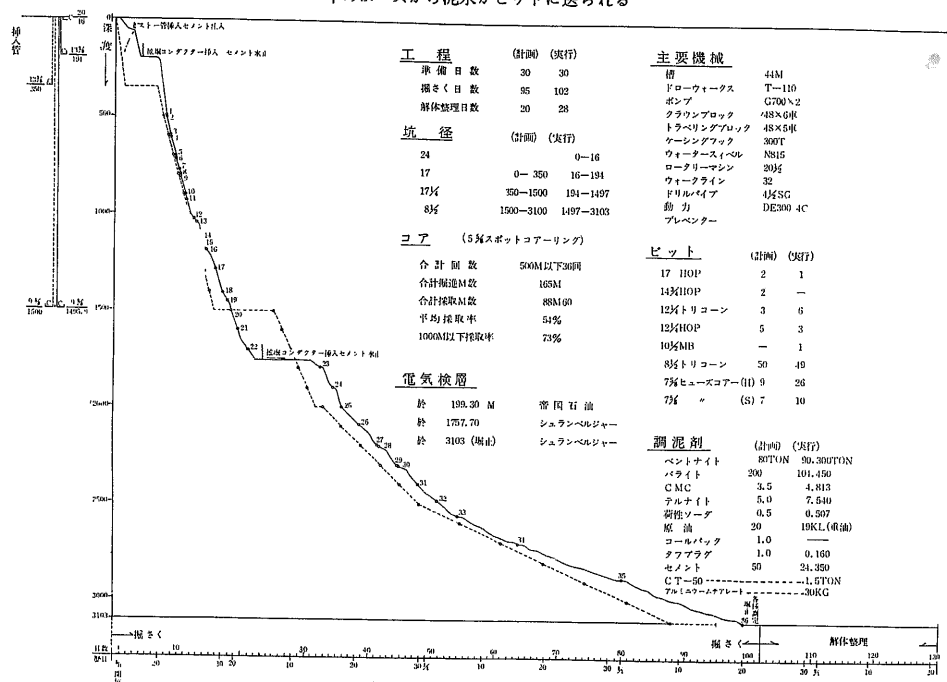
第4図 飯能-谷田部測線の地震探査による地下推定断面図 (数字1,500などは弾性波の伝播速度をmで示したもの)



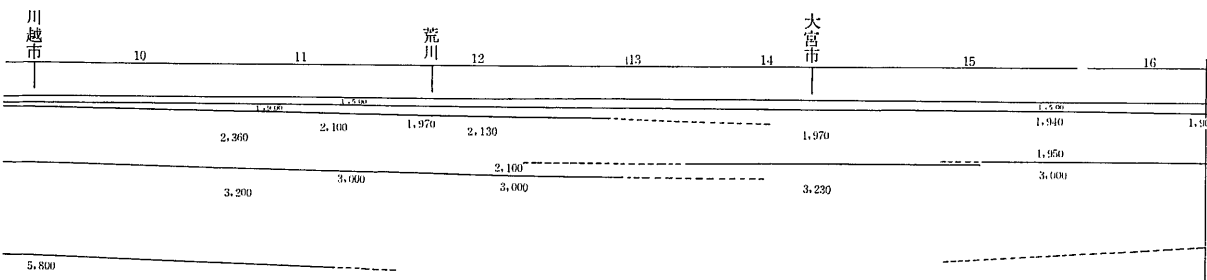
掘さくは夜間も続けられる(ヤグラの高さ54m)

ヤグラ下から見上げた巨大なスイベル右下のボースから泥水がビットに送られる

掘さく中のヤグラ下



第5図 春日部GS-1号井の掘さく記録



5.800

い平原下に主として期待されるので その探査に当っては 物理探査が主要な手段となる。そこで 物理探査(重力・地震・磁気・電気等)の精度をあげるためには あらかじめ多角的な調査・研究を伴う試錐によって その解析に寄与する地下の情報を得ておかなければならない。本層序試錐の掘さく地点は これらの情報取得に適当な場所として 先に述べた飯能～谷田部屈折法地震探査測線に近いところに選定された。

iii) 各地層の炭化水素類の賦存状況を明らかにする

本層序試錐は 究極的には関東平原地方の遊離型天然ガス鉱床および石油鉱床の探査に寄与するのが目的である。そこで 各地層の炭化水素鉱床の母岩としての性質を調べておかなければならない。

5. 予定深度

本層序試錐の掘さく地点にもっとも近い飯能～谷田部屈折法地震探査測線上の地点(両地点間の距離は約750mである)付近においては 次のような弾性波速度層分布が知られている(第4図)。

深 度 (m)	速 度 (m/秒)
0 ~ 150	1,500
150 ~ 350	1,800
350 ~ 1,050	2,000
1,050 ~ 1,900	3,000
1,900 ~ 2,500	3,700
2,500 以深	5,000

以上の資料に加えて 反射法地震探査の結果 草加その他の坑井の資料等から総合的に判断すると 本層序試錐井が先新第三系の基盤岩に到達する深度は 浅くても 2,500m 以深と推定される。そして 上記の 3,700m/秒 および 5,000m/秒 の速度層の境界面は 南南西方向に傾斜している可能性もあり この場合には 上記の予想到達深度はさらに大きくなる。本層序試錐の目的からすれば できれば基盤岩の中をも数 10m 掘さくする

ことが望ましいので 若干の余裕を持たせて 本層序試錐井の掘さく予定深度は 3,100m と定められた。

6. 掘さく

本層序試錐井の掘さくおよびそれに伴う現場における諸作業は 予想深度 予想地質および工事内容等から考えて 適切な器材および能力を有する帝国石油株式会社 の請負とした。掘さくには ナショナルサプライ社の T 110 機が使用された。本機は 1,100 馬力の出力で 4,000 m まで掘さく可能とされているものである。掘さくは開坑(5月14日)以来ほぼ順調に進み 6月4日には 深度1,757.70mにおいて第1図のシュランベルジャー社の検層を実施し さらに8月21日には予定深度(3,103.00 m)に達し 引き続き同社の第2図の検層が行なわれた。2,800 m 以深はかなり難工事であったが 1週間の工程延長を見たほかは ほぼ計画に近い掘さく実績を示した(第5図)

7. 測定・調査・研究項目

7・1 サンプル柱状図の作成

後に述べるような要領で 採取された掘層およびコアに基づいて 深度別に構成岩石の百分率組成で示された 1/500 の地質柱状図を作成した

7・2 検層

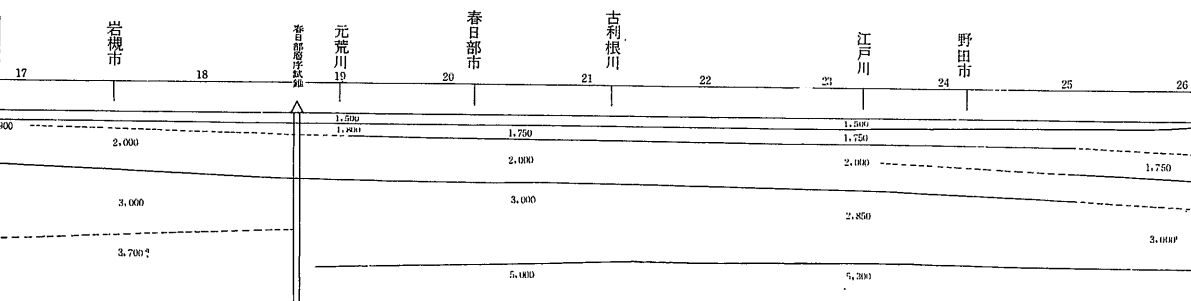
7・2・1 深度200mまで

深度 200m までは請負業者による通常の電気検層を行ない SP(自然電位) 曲線および長短両電極間隔によるノルマル抵抗曲線を測定した。

7・2・2 シュ社による検層

深度 200m 以深については 優秀な測定技術および実績を有する シュランベルジャー社 (Schlumberger Well Surveying Corporation) に依頼して 次のような各種の検層を行なった。

- i) インダクション 電気検層 (induction-electrical logging)
- ii) マイクロ キヤリパー検層 (micro-caliper logging)
- iii) 音波検層 (sonic logging)
- iv) 温度検層 (temperature logging)



v) 連続式ディップメーター (continuous dipmeter)

以上のシュ社による検層は 深度1,757.70mまで (6月5日) と それ以深 (8月22日) の2回に分けて行なわれた。なお インダクション 電気検層および音波検層は坑底まで達しているが 坑壁の崩壊のため 深度2,805m 以深については マイクロ キヤリパー検層および連続式ディップメーターによる測定を実施し得なかった。またつごうにより 深度1.755m 以深については温度検層を行なわなかった。

7・2・3 パロイド検層 (Baroid logging)

掘さく泥水中のガスを連続的に また掘層中のガスを断続的 (1mごと) に検知・測定した。なお 後で述べるように 掘層中のガスについては 別途に精密分析を行なった。

7・2・4 速度検層 (well shooting)

シュ社による最終検層の終了後 本層序試錐井を利用して 石油資源開発株式会社が速度検層を行なった。

7・3 コアによる測定・調査・研究

コア掘りは 深度500m 以下について 原則として 深度100m ごとに1回 5mのコアパレルを用いて行なわれた。コアによる測定・調査・研究項目は 次のとおりであった。

- i) 化石 有孔虫・花粉・貝類等
- ii) 間隙水分析 Cl<sup>-</sup> および NH<sub>4</sub><sup>+</sup> について行なわれた。
- iii) 比重 含水率 孔隙率および浸透率の測定
- iv) 有機物分析 有機物を抽出し 液体クロマトグラフによる分析とCおよびNの元素分析を行なった
- v) ガス分析 含有ガスを追い出し 高感度ガスクロマトグラフを用いて分析した
- vi) 弾性波速度の測定 コアの鉛直方向とそれに直交する2方向について 縦波の伝播速度の測定が行なわれた
- vi) 鉱物組成 粒度分析 組織 一般鉱物組成および粘土鉱物組成の調査・研究が行なわれた

以上のほか 東京大学応用微生物研究所において コア中のバクテリアの検出・識別が行なわれた。また

深度1,700m 以浅のコア欠除部分の岩質確認のため シュ社のC・S・T (core sample taker) によって 側壁コアを採取した。なお 残存コアは地質調査所標本室および国立科学博物館等の適当な機関に永久保存されることになっている。

7・4 掘屑による測定・調査・研究

掘屑 (cuttings) は原則として9m (掘管1本の長さ) ごとに採取された。掘屑についても 上に述べた i ~v のコアの場合の調査・研究が行なわれた。

8. 坑井地質

コアと掘屑の調査・研究および各種検層資料を検討した結果 春日部層序試錐井について 次のような坑井地質が明らかにされた。

8・1 岩相層序

厚さ約3mの表土の部分を除いて 本層序試錐井には 上位から A・B・C・D・E・F およびGの岩相層序の大区分が認められた (第6図)。なお 本層序試錐地点の土地標高は5.41m である。

8・1・1 A層 3~27m

いわゆる沖積層で 青灰色の砂質粘土および細粒ないし中粒の砂からなり 後者は細礫を含むことがある。貝類および有孔虫類の化石を多産する。下位のB層とは不整合をもって接している。

8・1・2 B層 27~424m

いわゆる洪積層であるが 上位から B<sub>1</sub>・B<sub>2</sub> および B<sub>3</sub> の3部層に細分される。各部層とも貝類および有孔虫類の化石に富んでいる。下位のC層との関係は不整合である。

8・1・2・1 B<sub>1</sub>部層 27~122m

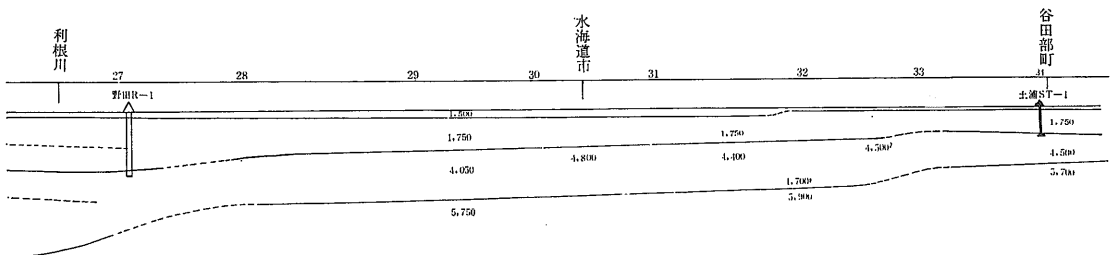
軽石質粗粒砂岩を主とし シルト岩を夾在する。

8・1・2・2 B<sub>2</sub>部層 122~326m

礫岩とシルト岩の互層からなる。

8・1・2・3 B<sub>3</sub>部層 326~424m

礫質粗粒砂岩を主とし シルト岩・礫岩および軽石凝灰岩を夾在する。



8・1・3 C層 424~1,041 m

本層は上位から C<sub>1</sub>・C<sub>2</sub>・C<sub>3</sub> および C<sub>4</sub> の4部層に細分される。下位のD層とは不整合をもって接している。C<sub>1</sub>部層には 有孔虫類 また600m以浅のC<sub>2</sub>部層には貝類および有孔虫類の化石を産する。

8・1・3・1 C<sub>1</sub>部層 424~500 m

シルト岩および砂質シルト岩を主とし 細粒砂岩を夾在する。

8・1・3・2 C<sub>2</sub>部層 500~757 m

礫岩および粗粒砂岩を主とし シルト岩・細粒砂岩等を夾在する。

8・1・3・3 C<sub>3</sub>部層 757~898 m

砂質シルト岩を主とし 細粒砂岩・シルト岩・粗粒砂岩等を夾在する。

8・1・3・4 C<sub>4</sub>部層 898~1,041 m

礫岩・粗粒砂岩・シルト岩・泥岩・細粒砂岩等の不規則な互層からなる。

8・1・4 D層 1,041~1,675 m

本層は上位から D<sub>1</sub>・D<sub>2</sub>・D<sub>3</sub>・D<sub>4</sub>・D<sub>5</sub>・D<sub>6</sub> および D<sub>7</sub> の7部層に細分される。D<sub>4</sub>・D<sub>5</sub>・D<sub>6</sub> および D<sub>7</sub> の4部層には有孔虫類の化石を産するが とくに D<sub>6</sub>部層は貝類および有孔虫類の化石に富んでいる。下位のE層との関係は 著しい傾斜不整合である。

8・1・4・1 D<sub>1</sub>部層 1,041~1,065 m

白色の凝灰岩を主とし 凝灰質細粒砂岩を夾在する。

8・1・4・2 D<sub>2</sub>部層 1,065~1,110 m

凝灰質の泥岩およびシルト岩を主とし 凝灰質礫岩・細粒砂岩を夾在する。

8・1・4・3 D<sub>3</sub>部層 1,110~1,254 m

凝灰質礫岩を主とし 凝灰岩・凝灰質細粒砂岩等を夾在する。

8・1・4・4 D<sub>4</sub>部層 1,254~1,288 m

凝灰質の泥岩と細粒砂岩の互層からなる。

8・1・4・5 D<sub>5</sub>部層 1,288~1,481 m

凝灰質の礫岩 細粒砂岩および凝灰岩の互層からなる。

8・1・4・6 D<sub>6</sub>部層 1,481~1,625 m

凝灰質砂質シルト岩を主とし 凝灰質細粒砂岩・礫岩等を夾在する。

8・1・4・7 D<sub>7</sub>部層 1,625~1,675 m

含礫凝灰質細粒砂岩および凝灰岩を主とし 凝灰質シルト岩を夾在する。

8・1・5 E層 1,675~2,554 m

本層は上位から E<sub>1</sub>・E<sub>2</sub>・E<sub>3</sub>・E<sub>4</sub> および E<sub>5</sub> の5部層

に細分される。下位のF層とは傾斜不整合をもって接している。

8・1・5・1 E<sub>1</sub>部層 1,675~1,765 m

白色の凝灰岩を主とし 細粒砂岩を夾在する。

8・1・5・2 E<sub>2</sub>部層 1,765~1,873 m

白色の凝灰岩と凝灰質泥岩の互層からなる。凝灰質泥岩はときに多量の珪藻化石を含んでいる。

8・1・5・3 E<sub>3</sub>部層 1,873~2,051 m

灰色の泥岩を主とし 細粒砂岩・凝灰岩・泥灰岩等を夾在する。

8・1・5・4 E<sub>4</sub>部層 2,051~2,333 m

帯緑白色の凝灰岩からなる。

8・1・5・5 E<sub>5</sub>部層 2,333~2,554 m

緑色の火山礫凝灰岩を主とし 帯緑白色の凝灰岩・泥岩・細粒砂岩等を夾在する。

8・1・6 F層 2,554~3,063 m

本層は上位から F<sub>1</sub> および F<sub>2</sub> の2部層に分けられる。下位のG層とは鉛直方向に約9mの幅をもった破砕帯を有する断層をもって接している。

8・1・6・1 F<sub>1</sub>部層 2,554~2,808 m

暗灰色の硬質泥岩および白色の凝灰岩の互層を主とし 細粒砂岩を夾在する。泥岩には細かい割れ目が多くそれに沿って多数のゼオライト脈が入っている。

8・1・6・2 F<sub>2</sub>部層 2,808~3,063 m

暗灰色ないし黒色の泥岩を主とし 白色凝灰岩・細粒砂岩等を夾在する。本部層の主体をなす泥岩の性質はF<sub>1</sub>部層のものと大差ないが 前者には 方解石脈も少なくないようである。

8・1・7 G層 3,072~3,103 m

本層は本層序試錐井における新第三系の基盤をなすもので 主として強い圧砕作用を受けた黒色の硬質頁岩からなっている。

8・2 有孔虫化石

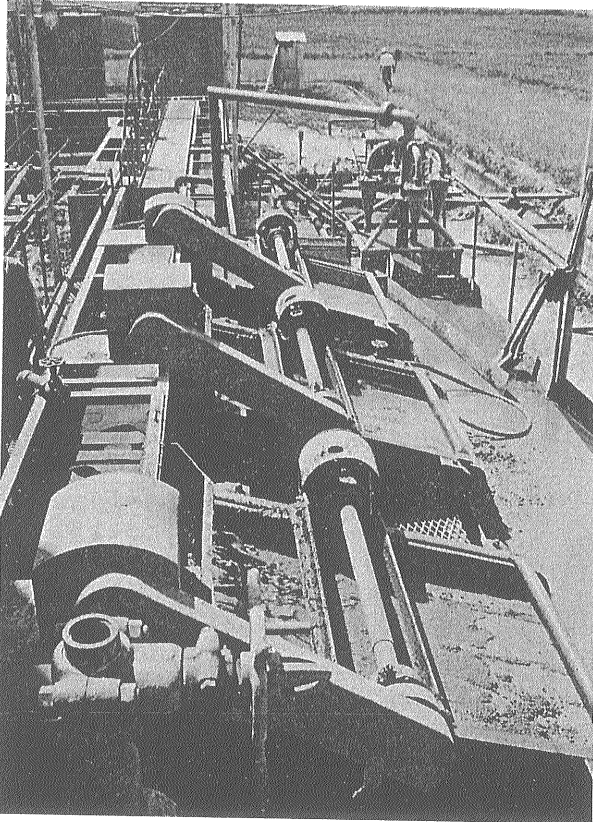
E・FおよびGの3層からは 有孔虫類 その他の化石が発見されなかったが A・B・CおよびDの各層は有孔虫化石から見ると それぞれ次のような特徴を有する。

8・2・1 A層

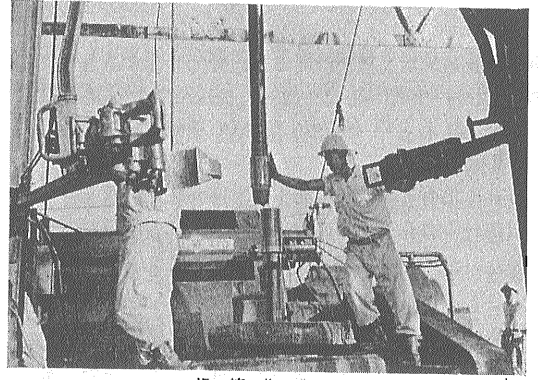
*Rotalia* cf. *beccarii*-*Elphidium* cf. *subgranulosum* 群集によって特徴づけられているが *R.* cf. *beccarii* が圧倒的に優勢である。

8・2・2 B層

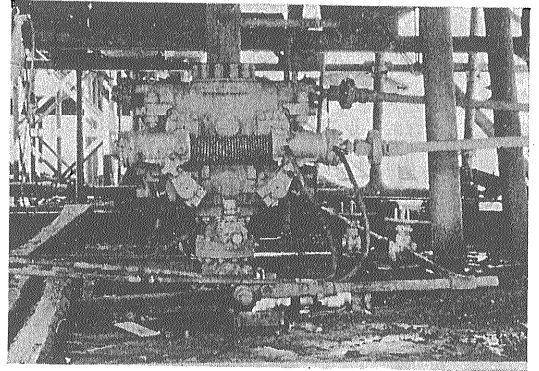
*Rotalia papillosa*-*Nonion manbukuziense*-*Buccella frigida* 群集によって特徴づけられている。以上の群



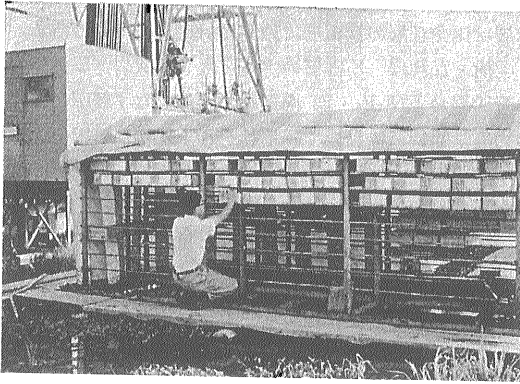
掘層分別採取用の振盤スクリーン(shale shaker)



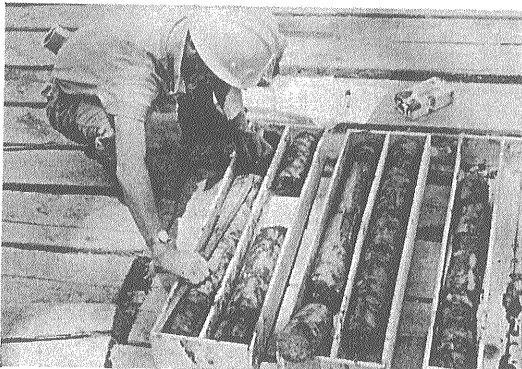
揚管作業



床下の防噴装置(プリベンター)



コアおよび掘層格納用の天幕



コア箱から試験 研究用のサンプルを抜き出す場合には その部分の上・下の深度を厳密に測定し それを記入したプラスチック板が抜き出したあとにおかれる



コアに地層の傾斜が認められる場合には クリノメーターを利用して測定する

集に冠せられた3種類以外で 比較的多産するものには *Elphidium clavatum*, *Rotalia* cf. *beccarii*, *Pseudononion japonicum* および *Rotalia inflata* 等がある。

8・2・3 C 層

有孔虫化石を連続的に産するのは600m以浅である。この部分の有孔虫化石の群集型は 上位のB層のものと大差ないが 前者に *Buccella frigida* がまったく見られないことは注目に値する。

8・2・4 D 層

有孔虫化石を連続的に産するのは D<sub>6</sub>部層の最下部以深である。この部分は *Rotalia* cf. *tochigiensis* 群集によって特徴づけられている。群集に冠せられた種(恐らく新種)以外で比較的多産するものには *Hanzawaia nipponica*, *kibicides floridanus*, *Nodosaria deceptoria*, *Nonion nikobarense* および *N. kidoharaense iwahorii* 等がある。なお D<sub>6</sub>部層の中ほどの掘層からは 小型の *Nonion* と思われるものだけが相当数検出された。

8・3 対 比

8・3・1 A 層

本層は明らかに東京下町の有楽町層に連なるものである。

8・3・2 B 層

本層は房総半島の成田層群および神奈川県下の相模層群の中・下部に対比されるものであるが その化石有孔虫群集の内容は 後者の長沼層および屏風ヶ浦層のものに近い。層群内の細かい対比を行なうには 成田・相模両層群に関する層位学的ならびに古生物学的知識が不じゅうぶんである。

8・3・3 C 層

本層は上総層群に対比されるものではあるが 後者の全層位にわたるものかどうかについては 今後の検討にまつことにしたい。なお 深度600m以浅の部分の化石有孔虫群集は橘樹層群(いわゆる三浦層群の上部層)のものに近い。

8・3・4 D 層

結論的にいえば 本層は東松山市西方の槻川沿岸から同市南西方の物見山丘陵にかけて分布する 渡部景隆等(1950)の都幾川層に対比されるものであるが この結論は 本層序試錐の大きな成果の1つなので 少し詳細に述べたい。石油資源開発株式会社の未発表の調査結果および筆者が帝国石油株式会社の菊池良樹氏の協力を得て行なった調査結果をとりまとめると いわゆる都幾川層は上位から 次のように細分される。

- i) 今宿砂岩部層 厚さ約 130 m
- ii) 鳩山砂岩泥岩部層 同 80 m

- iii) 將軍沢泥岩部層 厚さ約 260 m
- iv) 神戸砂礫岩部層 同 100 m
- v) 上唐子砂質泥岩部層 同 100 m

D<sub>6</sub>~D<sub>7</sub> 部層が上記の上唐子砂質泥岩部層に対比されることは 両者の化石有孔虫群集および岩相がほとんど同じであることから 疑問の余地がない。また D<sub>6</sub>部層が神戸砂礫岩部層に対比されることも 両者の下位層との関係および岩相の類似からほぼ確実である。D<sub>1</sub>~D<sub>6</sub>部層と今宿砂岩~將軍沢泥岩部層とは 岩相においてかなり異なるが 次に列挙するような理由から これら両者もほぼ同じ層位のものと考えられる。

- i) 都幾川層と比企丘陵の楊井層とは 岩相においてかなり異なるが ほぼ同じ層位のものと考えざるを得ない
- ii) D<sub>1</sub>~D<sub>6</sub> 部層 とくに D<sub>2</sub>~D<sub>4</sub> 部層の岩相は 楊井層の上部の岩相とよく似ている

なお 筆者の楊井層は渡部景隆等(1950)の楊井層に後者の土塩層の上部を合わせたものである。そして 従来の楊井層を定義しなおした楊井層の上部 また従来の土塩層の上部を後者の下部としている。このように定義しなおされた楊井層の下部は 厚さ約150mで 細粒砂岩および偽層と貝化石に富んだ泥質砂岩からなり 後者が下位にある。

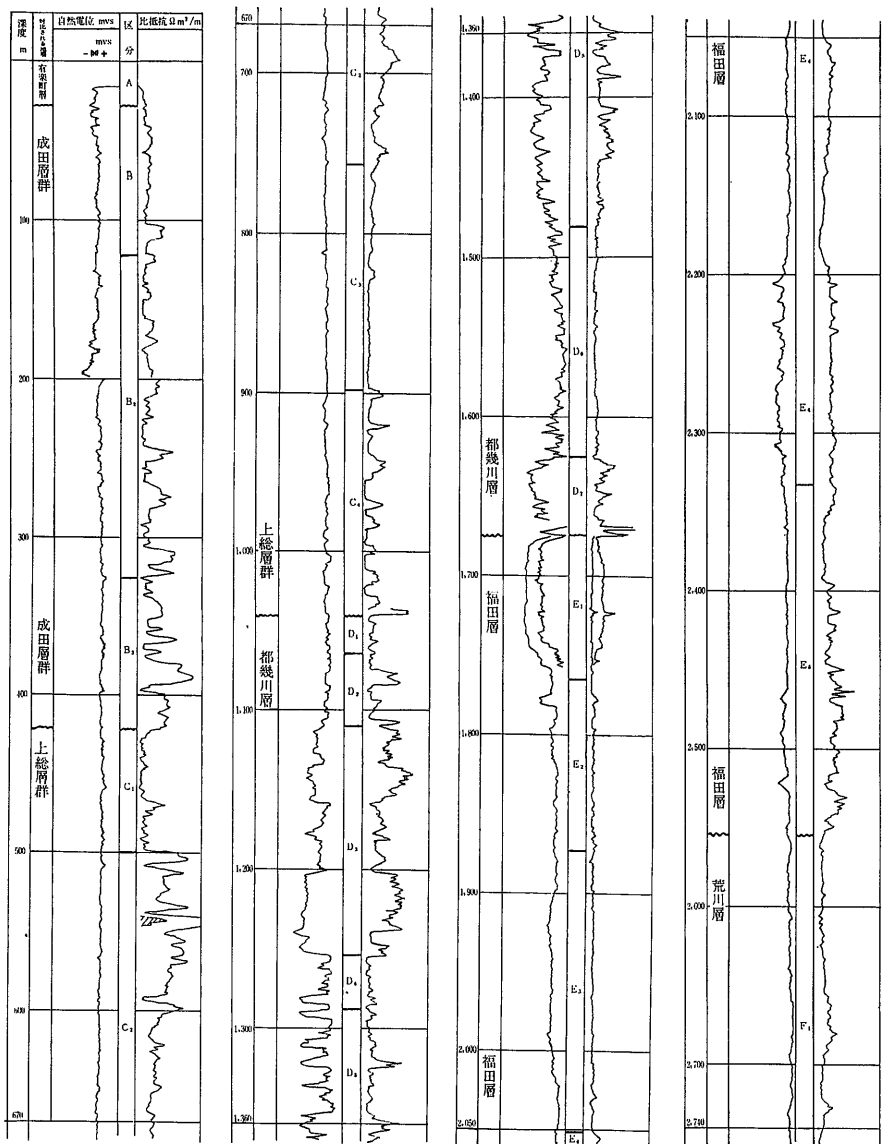
8・3・5 E 層

本層は比企丘陵の福田層に確実に対比されるものである。何となれば E<sub>1</sub>部層の主体をなす凝灰岩とE<sub>2</sub>部層中の凝灰岩および E<sub>4</sub>・E<sub>5</sub> 両部層の主体をなす凝灰岩はその岩石学的特徴において それぞれ上部福田凝灰岩および下部福田凝灰岩に一致するからである。比企丘陵の上部福田凝灰岩の上には なお福田層に属する泥岩があり その上にさらに土塩層が整合に重なっているが 本層序試錐井においては D層とE層の間に 土塩層および福田層の最上部層に相当するものが欠除していると考えられる。

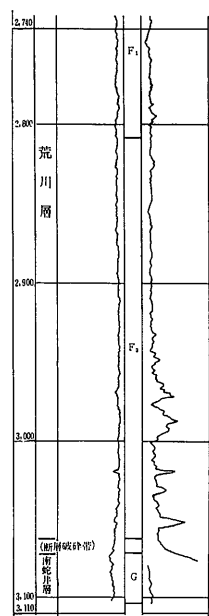
8・3・6 F 層

本層は 福田層に対比されるE層の下にあること および夾在する凝灰岩の特徴から 比企丘陵から荒川沿岸にかけて分布する荒川層に対比されるものと考えられる。比企丘陵においては 福田層が不整合をもって直接荒川層の上に重なっているが 荒川沿岸においては福田層の基底は 軽微な平行不整合をもって 少なくとも200m以上の厚さを有する砂岩を主とする地層に接している。この砂岩を主とする地層が荒川層の上に整合に重なることはほぼ間違いないが 両層の関係を地表調査によって確かめることは不可能である。現在 春日

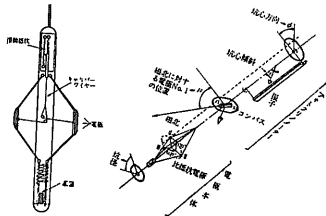




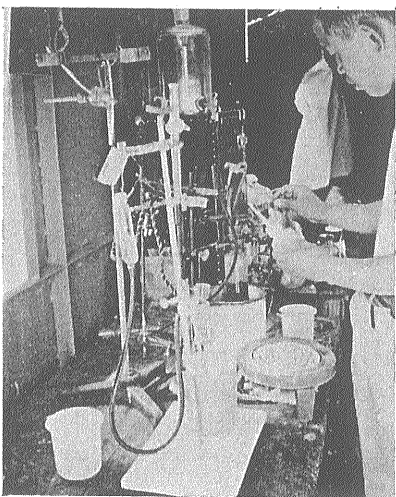
第6図 春日部層序試錐井の電気柱状図 (G層の部分の比抵抗値は非常に高く 下層までの目盛りではスケールアウトするため 目盛りを変えて記入してある)



第7図 ノルマル曲線を測定する2極方式の電極配置(金原均二外による)



第8図 マイクロ 第9図 連続式ディスクリバー検層管のメーターの機構電極部の機構(越前屋叩一外による)



コアや掘屑からガスを追い出す仕事は掘さく現場の実験室で行なわれた



シュランベルジャー社の電気検層車(検層に要する一切の機械がこれに積み込まれている)

部層序試錐の補助試錐として計画されている花園層序試錐は これら両層の関係も明らかにすることを当面の目標として行なわれるものである。春日部層序試錐井においては E層とF層の間に 荒川沿岸で見られる砂岩を主とする地層を欠除していると考えられる。また 荒川沿岸においては 荒川層の下に 小園層および立ヶ瀬層がそれぞれ整合に横たわっており 後者が断層をもって基盤の結晶片岩類に接している。本層序試錐井においては 荒川層に対比されるF層が 断層をもって直接基盤に接しているが 小園・立ヶ瀬両層に対比される部分の欠除はこの断層によるものと考えられる。

#### 8・3・7 G層

本層序試錐井において 新第三系の基盤をなすG層はその特異な岩質において 南蛇井層および跡倉層の頁岩部分ときわめて類似し それらの1つに対比されるものと考えられる。

#### 8・4 時代

本層序試錐井において 識別された各層の地質時代は 検出された有孔虫化石 および対比される地層の化石から それぞれ次のように判定される。

- |         |           |
|---------|-----------|
| i) A層   | 完新世       |
| ii) B層  | 中～後期更新世   |
| iii) C層 | 鮮新世～前期更新世 |
| iv) D層  | 後期中新世     |
| v) E層   | 中期中新世     |
| vi) F層  | 前期中新世     |
| vii) G層 | 古白亜紀      |

なお G層を一応古白亜紀としたのは 南蛇井層が跡倉層の中・上部に対比されており また後者の化石は山中地溝帯の石堂・白井両層のものに近いとされているからである(藤本治義 1951)。

#### 8・5 構造

連続式ディップメーターによる測定が行なわれたのは 深度1,000mから2,800mまでであり また100m間隔でコアの採取がなされたのは深度500m以深であるが 有楽町層に対比されるA層はまったく水平に また成田層群に対比されるB層もほとんど水平に横たわっているものと判断される。上総層群に対比されるC層については 深度1,000m以深に5個の測定値があり それらとコアに見られる傾斜から C層は南に10度前後傾斜しているものと判断される。都幾川層に対比されるD層については 全層位にわたって52個の測定値があり それらとコアに見られる傾斜から D層は南東方向へ15度前

後傾斜しているものと判断される。

深度1,675m(E層の上限)以深においては 連続式ディップメーターの測定値のばらつきが大きく 構造の解析はなかなか困難である。しかし 深度2,000mまでのE<sub>2</sub>部層 E<sub>3</sub>部層および E<sub>3</sub>部層の上・中部については ほぼ 次のことを言い得るものと思われる。すなわち この部分の深度1,835m以浅は北西方向に40度前後傾斜しており またそれ以深は 南東方向に40度前後傾斜している。そして 反対方向に傾斜した両者の間に地層の重複は見られないので 深度1,835m付近に向斜軸断層の存在が推定される。深度2,000mから2,805mまでの構造については 目下検討中であり また2,805m以深については 連続式ディップメーターによる測定は行なわれなかったが コアについてみると 福田層に対比されるE層と荒川層に対比されるF層との間には 相当な構造上の差があるようである。すなわち 両層の泥岩を比較してみると F層のものの方が割れ目・滑り面の発達が目立ち かつ これらに沿ってゼオライト脈が発達していることが多い。このような事実からも E・F両層の関係は傾斜不整合と考えられる。

新第三系の基盤をなし 南蛇井層あるいは跡倉層に対比されると思われるG層の構造については ほとんど情報を欠いているが 南蛇井層および跡倉層と同様に それが上位の新第三系とは比較にならない強い圧砕作用を受けていることは明らかである。また F層の下に荒川沿岸で見られる小園層および立ヶ瀬層に相当する地層を欠いていること ならびに比抵抗がF層の下限から次第に上昇しながらG層固有の値に移化している(第6図)ことから F層とG層は断層をもって接しているものと判断される。

#### 9. 地震探査の結果と坑井地質

本層序試錐位置付近の弾性波速度層分布については先に述べたとおりであるが その中で 2,000m/秒と3,000m/秒の速度層の境界は 坑井地質層序の上総層群に対比されるC層と 都幾川層に対比されるD層との境界と深度においてよく一致する。しかし それ以深については 本層序試錐の結果 いろいろな問題が出てきた。地震探査測線上で 深度1,900m付近に不明りようながら認められる3,000m/秒と3,700m/秒の速度層の境界は音波検層の結果を参照してみると 福田層に対比されるE層中のE<sub>3</sub>部層とE<sub>4</sub>部層との境界(深度2,051m)に対応するものと考えるのが もっとも無難なようである。この程度の深度の相違は 本層序試錐地点と地震探査測線との距離(約750m)およびE層が一般に相当な傾斜をもっていることから見て あるいは当然なことか

第1表 春日部GS-1号井のコアの有機物分析結果

深度 m	地層	岩相	抽出量 %	クロマトグラフ				元素分析			岩石中の 炭化水素含量 PPM	※ 石油化度	
				パラフィン + ツクロパラフィン %	芳香族 %	ONS %	Res. %	抽出物中の 炭化水素 %	全炭素 %	無機炭素 %			有機炭素 %
505.9	C層	灰色シルト岩および細粒砂岩	0.060	24.2	10.8	14.4	50.6	35.0	0.49	0.02	0.47	210	0.0384
506.3		灰色シルト岩	0.050	9.3	8.0	13.0	69.7	17.3	0.33	0.01	0.32	87	0.0232
800.5		灰色細粒砂岩	0.028	19.3	9.7	20.6	50.4	29.0	0.16	0.01	0.15	81	0.0486
930.5		同上	0.035	21.3	10.1	21.6	47.0	31.4	0.13	0.01	0.12	110	0.0788
1047.5	D層	灰白色凝灰質泥岩	0.026	9.3	12.4	14.0	64.3	21.7	0.29	0.01	0.28	56	0.0173
1287.1		灰色凝灰質泥岩および細粒砂岩	0.021	7.8	12.5	16.4	63.3	20.3	0.59	0.15	0.44	43	0.0083
1406.5		灰色砂質泥岩	0.087	5.1	4.4	9.5	76.2	14.3	0.37	0.02	0.35	124	0.0306
1605.9		同上	0.042	18.1	13.3	20.1	48.5	31.4	0.40	0.07	0.33	132	0.0344
1701.6	E層	灰白色凝灰質シルト岩	0.051	38.4	16.2	10.5	34.9	54.6	0.13	0.02	0.11	278	0.218
1790.4		灰色泥岩	0.042	17.7	10.0	15.8	56.5	27.7	0.52	0.07	0.45	116	0.0222
1901.1		同上	0.104	23.1	10.6	17.3	49.0	33.7	1.03	0.24	0.79	350	0.0382
1904.4		同上	0.058	13.1	10.3	24.5	52.1	23.4	1.41	0.52	0.89	136	0.0131
2001.1		同上	0.071	18.8	11.8	20.7	48.7	30.6	1.13	0.28	0.85	217	0.0220
2004.2		同上	0.054	13.3	10.4	32.6	43.7	23.7	1.26	0.35	0.91	128	0.0121
2484.2		青灰色泥岩	0.055	21.0	11.0	18.9	49.1	32.0	0.57	0.02	0.57	176	0.0266
2568.0	F層	灰色硬質泥岩	0.066	11.1	6.7	12.2	70.0	17.8	1.90	0.79	1.11	117	0.0089
2570.1		同上	0.105	9.5	6.4	15.9	70.1	14.0	0.72	0.12	0.60	147	0.0211
2700.8		同上	0.068	16.8	11.3	21.4	50.5	28.1	0.56	0.05	0.51	191	0.0322
2702.6		同上	0.051	21.5	11.7	23.5	43.3	33.2	0.53	0.05	0.48	183	0.0327
2880.0		同上	0.073	15.6	11.7	27.6	45.1	27.3	1.32	0.48	0.84	199	0.0204
2881.2		黒灰色硬質泥岩	0.078	11.4	9.6	27.0	52.0	21.0	1.59	0.47	1.12	164	0.0130
3100.5		G層	黒色硬質頁岩	0.00	-	-	-	-	-	1.37	0.31	1.06	-
E層	平均	0.062	20.8	11.5	20.0	47.7	32.3	0.86	0.21	0.65	200	0.0265	
F層	平均	0.074	14.3	9.6	21.3	54.8	23.9	1.10	0.33	0.77	158	0.0176	

※ 石油化度 =  $\frac{\text{岩石中の炭化水素中の炭素}}{\text{岩石中の有機炭素}}$

(柳下秀晴・岡智宏による)

(帝國石油株式会社中央技術研究所分析)

第2表 春日部GS-1号井コア分析結果

No.	深度 m	コア比重	孔隙率 %	含水飽和率 %	含水率 %	間隙水中の Cl <sup>-</sup> ppm	間隙水中の NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ppm	岩石中の NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg
1	506.17~506.38	2.07	45.4	95.8	20.0	35.0	10.4	15
2	795.20~795.35	1.94	36.4	93.4	22.3	55.7	19.5	12
3	800.00~800.20	1.77	43.4	93.8	24.1	52.3	14.0	32
4	900.15~900.25	1.77	31.7	94.9	22.5	63.0	13.8	19
5	931.95~932.10	1.96	38.7	91.2	18.0	72.5	38.3	9
6	1028.00~1028.18	2.04	38.5	95.3	19.0	183.3	11.9	39
7	1188.50~1188.70	2.03	38.2	95.5	19.7	4420	11.5	12
8	1289.05~1289.25	2.01	35.6	90.5	15.0	2480	17.6	18
9	1406.66~1406.80	2.07	35.3	93.8	14.4	6180	14.9	3
10	1453.96~1454.12	1.98	33.9	84.6	15.4	6420	10.9	14
11	1600.42~1600.63	2.12	38.8	87.3	13.3	9980	25.9	33
12	1701.15~1701.30	2.14	44.8	97.1	25.3	10430	17.4	4
13	1788.50~1788.70	1.91	32.6	99.4	15.2	7788	31.9	75
14	1902.33~1902.48	1.98	27.9	99.2	10.9	8136	131.2	129
15	2001.23~2001.42	2.45	29.8	98.6	10.4	5947	117.9	200
16	2095.10~2095.30	1.86	30.8	99.6	-	-	-	-
17	2200.75~2200.90	1.86	34.0	95.8	-	-	-	-
18	2206.50~2206.66	1.88	33.8	97.3	-	-	-	-
19	2300.32~2300.47	1.94	34.5	98.2	-	-	-	-
20	2400.15~2400.32	2.13	29.2	94.8	13.6	5511	36.7	149
21	2485.21~2485.40	2.07	23.1	98.7	13.2	6884	46.3	53
22	2570.35~2570.95	2.29	31.6	94.4	7.5	1660	34.6	-
23	2702.70~2702.10	2.31	25.6	99.2	6.2	1884	21.4	61
24	2878.20~2878.38	2.44	24.5	99.5	5.2	2225	70.8	-

(帝國石油株式会社中央技術研究所分析)

含水率 採取時状態のコア10gを110℃で乾燥し その減量を重量%で表わした

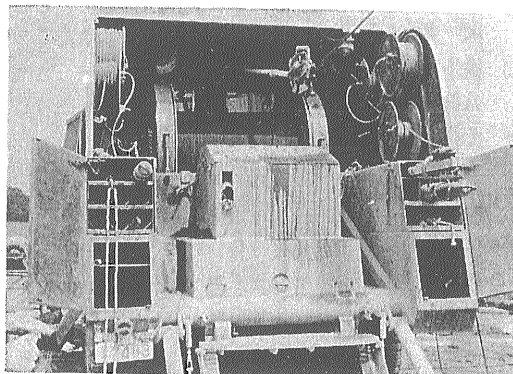
間隙水中のCl<sup>-</sup> NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ppm 採取時状態のコア50gに50ccの純水を加えてローラーミルで粉碎後 遠心分離し 分離液について定量しコア1,000mg中のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>mgに換算した

岩石中のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>mg 採取時状態のコア2.0gに(K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>+NaOH)液を加え空気蒸溜により遊離したNH<sub>3</sub>を0.1NHClに吸収させて定量した

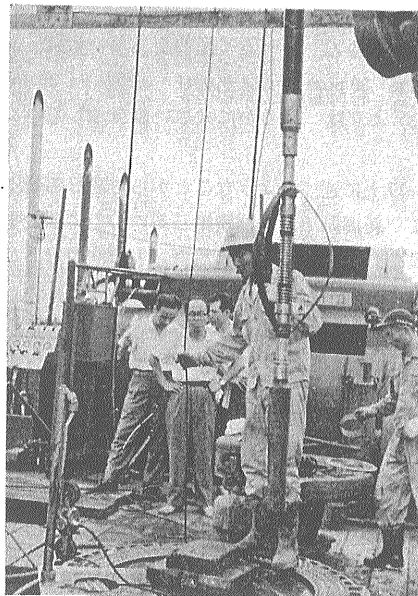
コア比重 採取時状態のコアの重さを見掛容積で除した値 水銀ボロシメーターを使用

孔隙率 (有効孔隙率) 採取時状態のコア中の空気占有容積と含水量(コア乾溜により定量)の和の見掛容積に対する比率

含水飽和率 含水量の孔隙容積に対する比率



検層中のシュランベルジャー社の電気検層車



インダクション電気検層用電極

も知れない。しかし地震探査測線上で深度 2,500m 付近に認められる 3,700m/秒と 5,000m/秒の速度層の境界は本層序試錐井における深度 3,063~3,072m の荒川層に対比される F 層と南蛇井層あるいは跡倉層に対比される G 層との境界に対応するものに相違ないが両者の大きな深度の差異をどう解釈すべきであろうか。いずれにしても 2,000m/秒と 3,000m/秒の速度層の境界が認められた深度 1,050m 以深については従来の地震探査結果の解析について再検討が必要である。なおこの問題については音波検層および速度検層の結果の解析ならびにコアの速度測定的面からも検討が進められている。

## 10. コアの有機物および孔隙水の分析結果

帝国石油株式会社中央技術研究所に依頼して行なった本層序試錐井のコアの有機物分析結果は第 1 表に示すとおりである。本表の中の炭化水素含量および石油化度とくに前者は地層の天然ガス・石油母層としての優劣性を判断する目安となるものであるが新潟県下の含油新第三系の平均炭化水素含量および平均石油化度はそれぞれ 208ppm および 0.0208 である。これに比較して福田層に対比される E 層中の泥質岩の平均炭化水素含量は 200ppm とほぼ等しい値を示し平均石油化度は 0.0265 とむしろ大きい値を示している。また荒川層に対比される F 層中の泥質岩の平均炭化水素含量および石油化度はそれぞれ 158ppm および 0.0176 であって E 層や新潟県下の含油新第三系のものよりいくぶん劣るが北海道の含油新第三系のもの (120 ppm および 0.0162) よりはいくらかまさり南関東や宮崎県下のようなまったく産油を見ない新第三系のもの (南関東: 36 ppm および 0.0041 宮崎県下: 30 ppm および 0.0043) よりかはるかに大きい値を示している。

以上に述べたようなことから春日部層序試錐井によって新潟県下の含油新第三系のものに匹敵するあるいはそれに次ぐ優秀な天然ガス・石油の母層が関東平原下にも伏在していることが明らかにされたといえる。なおコアの地球化学的調査としては帝国石油株式会社中央技術研究所に依頼して孔隙水の分析が行なわれておりその結果は第 2 表に示すとおりである。これによれば Cl<sup>-</sup> が上総層群に対比される C 層においては 35~185ppm 都幾川層に対比される D 層においては 2,480~9,990ppm 福田層に対比される E 層においては 5,511~10,430ppm また荒川層に対比される F 層においては 1,660~2,225ppm でありもっとも高い値が D 層と E 層の境界をはさんで認められることならびに C

層と D 層の間および E 層と F 層の間に注目に値する Cl<sup>-</sup> の値の急変が見られることを記すことに止める。

## 11. 春日部層序試錐の成果

以上述べたことから春日部層序試錐の当初の目的に対する成果を取りまとめると次のようになる。

i) コアと掘層の調査・研究および各種検層資料を検討した結果本層序試錐井について次のような坑井地質層序が明らかにされた。

	深度 (m)	対比される地層
	0 ~ 3	表土
A 層	3 ~ 27	有楽町層
B 層	27 ~ 422	成田層群
C 層	422 ~ 1,041	上総層群
D 層	1,041 ~ 1,675	都幾川層
E 層	1,675 ~ 2,554	福田層
F 層	2,554 ~ 3,063	荒川層
	3,063 ~ 3,072	断層による破碎帯
G 層	3,072 ~ 3,103	南蛇井層あるいは跡倉層

都幾川層は福田層と荒川層の間の層位のものであり下部中新統に属するものと一般に考えられていた(渡部景隆等 1950)が最近畑井小虎および増田孝一郎(1962)は貝化石の研究から本層を中新世後期のものとした。したがって本層序試錐ならびに関連して行なわれた調査・研究は畑井等の考えおよび小林学(1935)の古い研究の結果を実証したことになる。また 1,675 m 以浅の地層は既開発地域の資料を含む既存の資料から予想されたとおり水平ないし緩傾斜をもって横たわっているがそれ以深の福田層に対比される E 層および荒川層に対比される F 層は顕著な褶曲と断層をもっていることが判明した。そして F 層のもめ方は E 層のそれよりはるかにまさっている。地表における福田・荒川両層の露出地域である荒川沿岸および比企丘陵においても福田層およびそれ以下の新第三系にはかなり顕著な褶曲および断層が見られるがこの地域と本層序試錐地点付近の間の関東平原下には福田層および荒川層に対比される地層とくに前者に対比される地層がもっと軽度の褶曲ならびに断層をもって伏在していることが予想される。すなわち本層序試錐の結果と既存の資料とをあわせ考えることによって関東平原下にも天然ガスおよび石油の貯溜に適した構造の存在することが予想されるにいたった。なお基盤の南蛇井層あるいは跡倉層と推定される地層は著しくもめており本層に天然ガスおよび石油が貯溜されている可能性はきわ

めて少ない。

ii) 本層序試錐地点付近をとる測線にそって行なわれた地震探査の結果と 本層序試錐の結果とを照応して見ると 地震探査の結果認められた 2,000 m/秒 と 3,000 m/秒の速度層の境界は 本層序試錐井で認められた上総層群に対比されるC層と都幾川層に対比されるD層の境界(深度 1,041 m)によく一致するが それ以深については 従来の地震探査結果の解析について 再検討の必要であることが判明した。すなわち これは地表からの地震探査にはおのずから限界があることを如実に示すものであり 今回の層序試錐の結果をもとにして既存の地震探査結果の再解析を行なうことより 今後の地震探査結果の解析方法に飛躍的な進歩・向上をもたらすことが期待される。一方 わが国の地質条件に適した地震探査技術の開発ということも 真剣に考えなければならぬ問題である。

iii) 本層序試錐井の福田層に対比されるE層中の泥岩および荒川層に対比されるF層中の泥岩は その中に含まれている有機物の分析の結果 天然ガスおよび石油の母層として 前者は新潟県下の含油第三系のものに匹敵し そして後者もまたこれに次ぐ優秀なものであることが判明した。

上に述べたように春日部層序試錐は当初の目的を達成したばかりでなく その結果 関東平野下における天然ガス・石油の賦存に相当の期待を持ち得ることが明らかになった。また 春日部層序試錐の結果得られた成果の中には 学術的にもきわめて貴重なものがある。これらの中には 先に述べた本層序試錐の直接的な目的に対応するものと 一部重複するものがあるが そのおもなものは 次のとおりである。

1) 本層序試錐によって 春日部市付近にも 房総半島の成田層群や神奈川県下の相模層群の中・下部に対比される海成層の伏在することが確認された。この事実および大塚弥之助(1936)の報告その他の既知の事実から判断すると B層の延長は加須市付近にまでおよんでおり 本層堆積当時の海の陸地への進入は 従来考えられていたよりはるかに大規模なものであった。

2) 従来 一般に都幾川層は福田・荒川両層の間にはさまれる層位のものと考えられていたが 本層序試錐の結果 都幾川層に対比されるD層が 福田層に対比されるE層の上に顕著な傾斜不整合をもって重なっているこ

とが判明した。同様の事実は地表においても確認されたばかりでなく 都幾川層およびそれに対比される三浦半島北部の鎌倉層群 房総半島の豊岡層群および茨城県下の源氏川層群等は いずれも顕著な褶曲構造を示すことなく それらの下に横たわる諸層と構造上著しい対照をなしているので 都幾川層の基底の傾斜不整合によって示される地変は 関東地方の構造発達史上きわめて重要なものと判断される。筆者は 都幾川層の最下位の部層の模式地である上唐子を含む東松山市の名をとってこれを東松山時階の地変と呼ぶことを提案する。比企丘陵や関東山地北東縁部の丘陵地においても この時階の地変が都幾川層に対比される楊井層および板鼻層中に別の形で記録されていることは すでに渡部景隆等(1950)によって指摘されているとおりである。

3) 本層序試錐の結果 福田層に対比されるE層が荒川層に対比されるF層上に傾斜不整合をもって重なっていることがほぼ明らかにされたが これは 従来寄居造山運動(渡部景隆 1952; 1954)あるいは寄居時階の造構造運動と呼ばれていた地変の性格を一そう明りようなものとした重要な事実である。

寄居造山運動は元来荒川沿岸に分布する小園層と立ヶ瀬層の間の“不整合”に立脚して提唱されたものであるが その後 この造山運動に対比された地変を整理して見ると これはむしろ比企丘陵における福田層と荒川層の間の不整合に立脚して定義しなおすか 命名しなおした方がよさそうである。荒川沿岸の小園・立ヶ瀬両層の模式地についてみると これら両層の間に 造山運動を示すような不整合は認められないので 筆者は福田層の模式地を含む滑川村の名をとって 従来一般に寄居造山運動とされていたものを滑川時階の地変と呼ぶことを提案する。滑川時階の地変は春日部層序試錐井および比企丘陵の地質層序に明りようにその跡をとどめているがこの地変を示す不整合は 荒川沿岸においては 先に述べたように かなり軽微なものとなり さらに関東山地の北縁部においては まったく消滅している(渡部景隆 1952)。しかるに 上越国境に近い水上地方においてこれが猿ヶ京層群と水上層群の間の明りような傾斜不整合として再現している(新井房夫 1962)ことは 興味深い事実といわなければならない。

従来寄居造山運動を示すものとされていた不整合の中には 再検討を要するものも残されているが いずれにしても 滑川時階の地変が東松山時階のものほど大規模なものでなかったことは確かであろう。

4) 春日部層序試錐井において新第三系の基盤をなす

G層は 南蛇井層あるいは跡倉層に対比されるものと一応考えられるが これは 帯状構造を示す関東山地の先第三系が 関東平原下にも 少なくとも春日部市付近までほぼそのままの形で伏在していることを示すものである。これは従来疑問の多かった関東地方の地体構造論ひいては日本列島の生成論に対しても 多大の寄与をなし得た本層序試錐の大きな成果の1つといえることができる。さらに G層が南蛇井層あるいは跡倉層に対比されるということが明らかにされれば 関東地方の地体構造は一層明確なものとなることが確信されるので G層の対比の問題については 岩石・鉱物学的見地からも近代技術を駆使して 詳細は検討を加えられつつある。

## 12. むすび

以上 春日部層序試錐をとおして現在までに得られた成果の概要を 坑井地質を中心として述べたが 専門別に行なわれている各個の研究の成果については 本年度未までにとりまとめることになっている。このような層序試錐は わが国においてははじめての試みであったにもかかわらず 上に述べたように 現在までに得られたものだけについてみても その成果は予想以上に大きかったところからみて 来年度以降に計画されている関東北部 新潟 秋田および北海道等の各平野部における大深度の層序試錐を ぜひとも実施・成功させたいものである。

筆をおくにあたり 本調査・研究にあたって有益な助言・ご指導を賜った榎山次郎・浅野清・岩生周一・河井興三の諸先生 ならびにご協力をいただいた所内外の各位に厚くお礼申し上げます。

### 引用文献一覽

- 新井 房夫 1962: 20万分の1群馬県地質図説明書: 76pp  
群馬県商工労働部組織工鉱課
- 藤本 治義 1950 関東地方: 345pp. 朝倉書店
- Hatai K. and Masuda K. 1962 Megafossils from Near Higashi-Matsuyama City, Saitama Prefecture, Japan: Tran. Proc. Paleont. Soc. Japan, N.S., no. 46 pp. 254~262 pl. 40.
- 小林学 1935 関東平野松山町地方の地質: 地質学雑誌 第43巻 第555号 pp. 211~224
- Otuka Y. 1936 Marine Lower Pleistocene of the Central Kwanto Plain (An Evidence of the Basin Forming Force of the Kwanto Plain): Proc. Imp. Acad. vol. 14 no. 1 pp. 75~82
- 渡部景隆ほか3名 1950 関東山地北東縁部第三紀層の地質学的研究 (寄居-小川-松山-児玉地域): 秩父自然科学博物館研究報告 第1号 pp. 93~146
- 渡部景隆 1952 関東山地北東縁部第三紀層中に見られる部分的不整合: 地質学雑誌 第58巻 第681号 pp. 523~528

Watanabe K. 1954 Tertiary Structure of the Western Kwanto District, Japan, with Special Reference to the Crustal Movement in the Yorii Phase: Sci. Rep. Tokyo Kyoiku Daigaku, sect. C, vol. 3, no. 24, pp. 199~280

## 検層について

春日部層序試錐に伴う調査・研究に際して 重要な役割りを果たした検層ということについては なじみの薄い読者も多いと思われるので これら専門外の読者を対象とし 本層序試錐に伴って実施された検層を中心として 次にその簡単な解説をしておく。

坑井の掘進に伴って得られた各種資料や 坑井内の物理的あるいは化学的諸測定の結果を 深度に対応させて表現したものが検層図 (well log) であり これを得ることが検層 (logging) と呼ばれている。可燃性炭化水素 (天然ガスおよび石油) の探鉱に伴って行なわれる検層は 次に示す諸項目の全部 あるいは必要に応じてその一部を知ることを目的とするものである。

- i) 地下に伏在する地層およびその諸性質
- ii) 地下における可燃性炭化水素の賦存状況
- iii) 坑井をし上げるのに必要な諸知識

さきに述べたように 本層序試錐に伴って実施された検層の種類は 岩相によるサンプル検層図の作成 深度 200m 以浅について行なわれた通常の電気検層 深度 200m 以深についてシュランベルジャー社に依頼して行なわれたインダクション電気検層 マイクロキャリパー検層 音波検層 温度検層および連続式ディップメーターによる測定 パロイド検層 ならびに本層序試錐井を利用して石油資源開発株式会社が行なった速度検層であった。

### 1. 岩相によるサンプル柱状図の作成 (sample logging)

各種の坑井の掘さくの際に 広く作成されているものに さく手柱状図 (driller's log) というものがある。これは さく手 (driller) が掘進中ハンドルに感ずる手応えによって地質を判定し さらに掘屑およびコアの観察の結果を加えて作成するものである。人手が足りない場合には このさく手柱状図の作成だけが行なわれ それに基づいて電気検層図の解釈がなされているが 現在の進歩した技術による電気検層の結果を有効に利用するには さく手柱状図だけでは不十分である。そのため 掘さく現場に専任の地質技術者をおいて 掘屑およびコアのくわしい調査を行ない その結果に基づいて柱状図の作成が行なわれることが多くなった。これがサンプル柱状図 (sample log) であり その作成に当る専任の地質技術者をアメリカでは坑井付地質技師 (well-side geologist) と呼んでいるが 日本では普通の技術者をコアボーイ (core boy) と俗称している。

現在では とくに必要な場合を除いて コア掘りはほとんど行なわれていないので サンプル柱状図の作成は主として掘屑の観察に基づいてなされている。掘屑の採集はさく手の判断による地質の変わり目ごとに行なわれている場合もあるが さく手の判断による地質は同じであっても その間に相当な性質の変化があるのがむしろ普通なので 原則として一定の深度間隔をもって掘屑の採集を行ない これにさく手の判断による地質の変わり目ごとの採集を加えるのが理想的である。 深度間隔は

通常 5m ないし 10m であるが この間隔として掘管の長さが採用される場合も少なくない。春日部層序試錐の場合にもこの間隔として掘管の長さである 9m が採用された。

理想的なサンプル柱状図は岩質別の容量百分率で示されたいわゆる百分率柱状図 (percentage log) である。この理想的なサンプル柱状図は 柱状部分を掘層を採集した一定間隔ごとに引いた横線で区分し さらにこの区画内を掘層の岩質別の容量百分率 (通常 10% 単位) によって縦線で区分してできた小区画内に 岩質によって定められた符号を記入して作成される。符号の記入だけでは表現し切れない各岩層のこまかい性質は掘層が採集された深度区画ごとに 柱状図の横に記入されなければならない。春日部層序試錐に際しては 電気検層図と対照するために くいし記載を伴った 1/500 のサンプル柱状図が作成された。なおコアの採取を行なった部分についてはサンプル柱状図の作成はコアに基づいて行なわれるのが普通である。

## 2. 電気検層 (electrical logging)

電気検層は 30数年前 フランスの Conrad Schlumberger および Marcel Schlumberger の兄弟によって発明されたものでこれが日本に導入されたのは昭和12年のことであった。電気検層はその発明後間もなく実用化されるとともに 幾多の改良と新方式が加えられて その効果はいよいよ大きなものとなり 現在では 天然ガスや石油関係の坑井掘さくに際しては電気検層を行なうことが常識となっているほど普及している。

電気検層とは 泥水を張った坑井内に電極を挿入して 自然電位および地層の電気比抵抗を測定することに要約され 発明当時から両者を同時に連続的に記録し得る方式がとられている。

### i) 自然電位 (spontaneous potential)

自然電位の記録は SP 曲線 (SP curve) と呼ばれているがこれは坑井内の泥水中で測定される電位差の記録である。実際には 坑井内を移動する電極と 地表に設置された固定電極との間の電位差が 両者の間に挿入された電位差計によって測定される。このようにして測定される自然電位の発生については 現在なお多くの問題が残されているが 地層水より一般に低塩分の泥水が 地層中にうがたれた孔の中にあつて 地層水の含有の程度が異なる地層に接し また浸透性の地層に侵入して行くのであるから ここに熱力学的電位 拡散電位 および膠質体系に特有な運動電位の総和として 種々の自然電位が発生するものと一応考えておいてよいであろう。SP 曲線は一般に非浸透性の泥質岩のところでは平らになり 砂質岩のような浸透性の岩石のところでは正あるいは負の振幅を生ずる。

そこで 泥質岩に対応する SP 曲線の平らな部分を頁岩基線 (shale base line) と呼び これからのずれ すなわち自然電位の異常 (anomalies) によって種々の判断がなされる。このような実用面と 電気検層によって測定される自然電位の絶対値にあまり意味がないことから 実際の電気検層図においては SP 曲線は自然電位の絶対値で示されず 単位の大きさだけが SP 曲線とともに与えられていることが多い。また SP 曲線は向かって右側が正 左側が負の方向となっているのが普通である。

### ii) 比抵抗 (resistivity)

地層中には一般に間隙水および吸着水として水分が含有されているが その量およびその中に溶けている塩分の濃度は 地層によって異なっている。そのため 地層の導電率 (conductivity) の相違が生ずる。実際の電気検層においては この導電率の逆数である比抵抗を測定している。比抵抗曲線 (resistivity curve) の測定に使われる電極配置にはいろいろな種

類があるが いずれにせよ 2個の電流電極と2個の電位電極の組み合わせである。もっとも普通に行なわれている比抵抗曲線の測定は ノルマル曲線 (normal curve) と呼ばれるものの測定で これは模式的には第7図に示すような2極方式によって測定される。この場合 見かけの比抵抗  $\rho_a$  は 次の式で表わされる。

$$\rho_a = \pi a \frac{\Delta V_{PP_1}}{I}$$

ここに  $\Delta V$  は  $PP_1$  の間の電位差  $I$  は  $CC_1$  間に流す電流の強さ また  $a$  は電極間隔である。

この方法によって  $\rho_a$  を測定する場合には  $C$  と  $P$  は相互に遠く離れ またそれぞれ  $C_1$  および  $P_1$  から遠く離れる必要がある。実際には 電流電極  $C$  を地上におくことは 種々の理由からあまり行なわれず 電極間隔  $a$  に対しじゅうぶん大きな間隔をもって  $C$  を  $P_1$  の上方に移動電極として設置することが多い。すなわち この場合には3極方式となる。  $P_1C=b$  とするとこの場合の見かけの比抵抗  $\rho_a$  は次の式で表わされる。

$$\rho_a = 4\pi \cdot \frac{a(a+b)}{b} \cdot \frac{\Delta V_{PP_1}}{I}$$

それ故  $b$  が  $a$  にくらべて非常に大きい場合には この式は近似的に2極方式の場合の式と同じになる。

$a$  が小さい場合 (25~30cm くらい) に得られるノルマル曲線は短ノルマル曲線 (short normal curve) と呼ばれ また  $a$  が大きい場合 (90~200cm くらい) に得られるものは長ノルマル曲線 (long normal curve) と呼ばれている。そして3極方式の場合の  $b$  は 20m 内外のことが多い。

電極間隔  $a$  が大きくなると 坑壁から離れた深部の地層の真の比抵抗に近い見かけの比抵抗が測定されるので 浸透性の地層中の流体の含有量等を知るには 長ノルマル曲線が利用される。逆に  $a$  が短くなると 坑壁から地層内部への泥水の侵入域の影響が強くなって 地層の識別能力が向上するので地層の境界を決定するには 短ノルマル曲線が利用される。しかし  $a$  があまり短くなると 泥水柱の存在のため 結局泥水の比抵抗を測定するようになってくるから 電極間隔の縮小には限度がある。この欠点を除いたものが 後述するマイクロ検層である。このように 電極間隔の長短によって 得られる比抵抗曲線には大きな相違があるので 短い電極間隔による測定と より長い電極間隔による測定とを同時に行ない検層図には異なった電極間隔によって測定された比抵抗曲線が2本与えられているのが普通である。また 異なった電極間隔によって 比抵抗曲線が2本以上測定・図示される場合も少なくない。

## 3. インダクション電気検層 (induction electrical logging)

インダクション電気検層は 先に述べた普通の電気検層とインダクション検層 (induction logging) とを組み合わせたもので シュランベルジャー社の装置では SP 曲線 短ノルマル曲線 (電極間隔 16 インチ) および長ノルマル曲線に代るものとしてのインダクション検層による比抵抗曲線が 同時に得られるようになっている。

普通の電気検層の場合には 泥水を媒介として地層に電流が流れるわけであるが インダクション検層においては 発信コイルから一定の磁気を地層に送り それによって周囲の地層内に渦電流を起こすようになっている。この渦電流の強さは地層の導電率に比例し 受信コイルには 渦電流によって生ずる

磁気と 発信コイルから出る磁気とのベクトル和が受信されこれが FM 方式で地上に送られ そこで分別される。このようにして分別されたものは 地層の導電率の函数であるからこれを装置内のレシプロケーターで自動的に比抵抗に変換する。インダクション検層においては 普通の電気検層の場合の電極間隔に相当するものが 発信コイルと受信コイルの間隔で これは 40 インチが標準とされている。インダクション検層によれば 地層の真の比抵抗に非常に近い値を得ることができる。そして 最新の装置では ほとんど真の比抵抗として扱ってよい値が得られるように 多くの改良がなされている。

#### 4. マイクロキャリパー検層 (micro-caliper logging)

マイクロ検層は 比抵抗の測定の場合の電極間隔を数 cm とし これを坑壁に押しつけて 比抵抗の測定を行なう方法である。マイクロ検層は地層をより明りように検出し 薄層の存在および層厚の識別を確実にし 地層の浸透性の良否を判定し またその記録から地層係数 (formation resistivity factor) を算出する等 応用範囲のきわめて広いものである。もっとも普通に使われているマイクロ検層装置においては 1 インチ間隔におかれた 3 個の電極が絶縁パッドに内蔵されており これを弓状のスプリングによって坑壁に密着させて 2 種類のマイクロ比抵抗を同時に測定するようになっている。そして 坑径の変化をこの弓状のスプリングの伸縮によって測定できるようにしたものが マイクロキャリパー検層装置であり これによれば 2 種類のマイクロ比抵抗と坑径とを同時に測定・記録することができる (第8図)。

#### 5. 音波検層 (sonic logging)

音波検層は 音波発信器から 1 定間隔 (普通 1 秒間に 10 回) で発信される音波が 1 定の長さ (2 個の受信器の距離に等しい) の地層内を伝わる時間を測定・記録するもので 記録される時間の単位はマイクロ秒 / フィートである。2 個の受信器を使用するのは 坑径に変化がなければ 泥水中を音波が伝わる時間が相殺されるからである。音波が伝わる速度は岩石によって異なるから 音波検層図が岩質の判定に有効なことは 容易に理解できるであろう。このほか 破碎帯の判定や地層の孔隙率の算定 ひいては油層の評価等 音波検層の利用面はきわめて広い。

#### 6. 温度検層 (temperature logging)

これは文字どおり坑井内の温度を連続的に測定・記録するものであるが 完掘後泥水循環を停止してから 8 時間以上経過した後に行なわれるのが普通である。これは 泥水循環停止直後は一般に温度勾配が小さいが 時間の経過にしたがって それが自然の地温勾配に近づくからである。温度検層には 細い白金線をつけた電極を坑井内に降し 温度によって変化する白金線の電気抵抗を温度に変換して連続的に測定・記録する方法が一般に採用されている。このようにして得られる坑井内の温度勾配の変化は 流体の産出個所の判定に きわめて有効である。

#### 7. 連続式ディップメーターによる測定 (continuous dipmeter survey)

電気検層を利用して 坑井内で地層の走向・傾斜を知るのに

使われる機械は ディップメーター (dipmeter) と呼ばれている。これは 120 度間隔で同一平面上に配置されたマイクロ検層の場合とよく似た電極によって 比抵抗をこまかく測定し 傾斜した地層を通過する場合の比抵抗の変化のずれによってその走向・傾斜を知るものであって 3 点によって 1 平面が決定されるという定理がその原理である。しかし 坑井内における電極の方位および傾斜は不定であるから 実際のディップメーターでは 電極の上にフォトクリノメーター (photoclinometer) を装置しており それによって特定電極の方位および坑心偏位を記録して 地層の真の走向・傾斜を算出し得るようになってきている。連続式ディップメーターにおいては 磁石の位置や坑心傾斜を測定するための振子の変化等を数個のエンドレスポテンショメーターで検出し 磁北に対する特定電極 (電極 No. 1 と呼ばれる) の位置 坑心傾斜・方向 および坑径を 3 本の比抵抗曲線と同時に 1 枚のフィルムに記録するようになっており この記録によって 坑井内の地層や断層の走向・傾斜を 必要に応じて算出することができる (第9図)。

#### 8. バロイド検層 (Baroid logging)

これはアメリカの Baroid Well Logging Service によって創始された 1 組の検層方式によるものである。これによって得られるものは 深度に対応して記録される掘進率 (分/米) 掘層地質 石油およびガスについて行なわれる泥水分析ならびに掘層分析の結果である。

#### 9. 速度検層 (well shooting)

これは坑井検査とも訳されているが 要するに 反射計算を行なう際に必要な地下の速度分布を 調査地近傍の坑井を利用して その中で観測あるいは爆発を行なって知るものである。このように 速度検層には 坑井内に受振器を降ろして観測し 爆発を地上で行なう方式と 逆に爆発を坑井内で行ない 地上で観測する方式とがあるが 今回は観測を坑井内で行なう方式が採用された。

以上に春日部層序試験に伴って行なわれた検層の概要を説明したが これらほかに石油および天然ガスの探鉱に広く使われているものに放射能検層がある。これらのいわゆる検層の技術は石油の探鉱を目的として発達したものであるが その大部分は 石油および天然ガス以外の水成岩源鉱床の探鉱にもただちに応用できるであろう。とくに 現在不況のどん底にある石炭については いわゆる探炭ボーリングとして 現在なお多額の経費と長い期間を要するコア掘りが普通に行なわれているが これに電気検層および放射能検層を中心とした検層技術を応用し さらに春日部層序試験に伴って行なわれたような掘層の調査・研究を行なうならば コア掘りを最少限度に止めることが可能であり それによって多額の経費を節約できるばかりでなく コア掘りだけでは得られない多くの資料を得ることができる。このように今後の各方面にわたる応用が期待される各種の検層技術のくわしいことについては 石油技術協会誌 第26巻 第3号 坑内井測定特集号 (昭和36年4月発行) を参照されたい。

(筆者は 燃料部石油課)