

# 濃尾平野

## (2)

### ～超深層地下水について～

#### 1. ま え が き

本誌124号(昭和39年12月)に濃尾平野の地質について解説を試みてから 早くも1年半以上を経過してしまった。本誌の性格からしても 引き続いて続編を掲載しなければならなかったのであるが この間に 本編の主題である超深層地下水開発のためのさく井があいついで行なわれ 班員はその技術指導を通して得られた資料の解析に追われて 続編の執筆を今日まで延期せざるを得なくなってしまった。幸い 試掘・開発の行なわれた地域も拡大し 今日まではこの平野の超深層地下水の賦存状況その他がおぼろげながら判明したので ここにその概要について解説し こんなところにも未利用の莫大な地下資源があるということを紹介する運びとなった。上記のような事情はともかく 続編の執筆がおくれたことを読者各位にお詫びするとともに 本編を読まれるに当って 濃尾平野の生い立ちについて解説した前編を再読して下さるようお願いする。

#### 2. 超深層地下水とは

近年 地下水の開発が深部におよぶにつれて 浅層地下水に対応するものとして 深層地下水という用語が各方面で使われるようになったが 浅層地下水といい また深層地下水といい いずれも明確な定義をもった学術用語として使われているとはいえない。しかし もっとも一般的な用例によれば 浅層地下水および深層地下水は それぞれ自由面地下水および被圧面地下水の同義語として使われている。これらの術語の定義については 地下水をとり扱った各種の教科書にゆずるが 深層地下水 すなわち被圧面地下水の下限の深度についてはつきりした説明を与えているものはないようである。そこで これについては 深層地下水あるいは被圧面地下水として説明されている事例から帰納するほかないことになる。現在いわゆる地下水の開発が及んでいる深度は 特殊な場合を除いて せいぜい数100mであるから 深層地下水とは一般に深度数100mまでのところにある地下水から地表に近いところにある浅層地下水を除いたものを指すと理解しておいてよいであろう。また これを用途の面から見ると 現在大量に揚水されている地下水は深層地下水であり それは工業用水 農業用水あるいは上水道用水などに水そのものとして使われてい

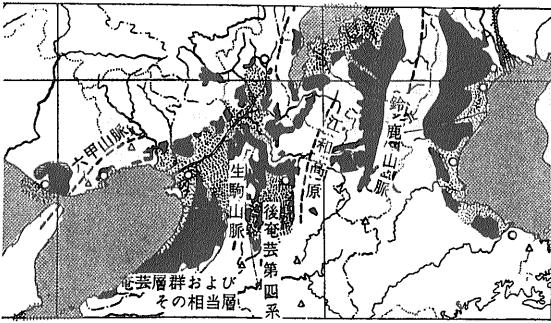
#### 平野地質グループ濃尾平野班

る。この場合 水温が年間を通してほぼ一定であり かつ低い(20℃前後)ことが歓迎されることが多く 経費の面とあいまって深層といても200m前後の深度の帯水層が集中的に開発される結果を招来しているのが現状である。

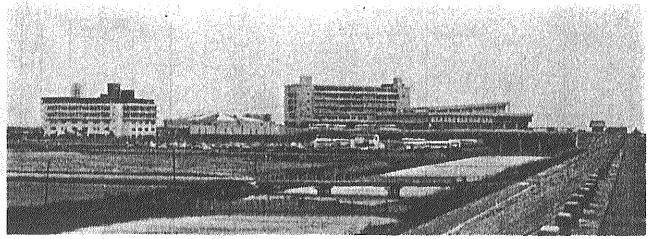
一方 濃尾・関東・大阪などの諸平野においては 一般の深層地下水の胚胎層以下にも多くの帯水層が存在していることが 各種の目的の調査・研究および民間の事業を通して確認されており その一部はすでに温泉として開発・利用されている。しかも 後で述べるように その水質はきわめて純度の高いものであり 石油や天然ガスの付随水とは その趣きをまったく異にしている。以上のことは 一般の深層地下水の賦存層以下にも 未開発の良質な地下水が豊富に埋蔵されており 利用目的に適した水量・水質・水温の地下水を 選択的に開発・利用できることを示している。

標記の超深層地下水とはこのような地下水を指すのであって 濃尾平野の南西部においては 深度1,656mまでその賦存が確認されており 地質学的に見て 本邦の諸平野の中には 同様の超深層地下水を豊富に保有するところが相当あるものと考えられる。なお 超深層地下水という名は 著者の一人福田(昭和41年6月30日付毎日新聞夕刊)によって このような地下水に対して与えられたものである。

多くのナゾを秘めている地下のことの常として どのように定義して見たところで 深層地下水と超深層地下水との境界を画一的に定めることは不可能であろう。幸い わが国では 一般に深層地下水とされているものの大半を胚胎しているミンデルーリス間氷期前後の堆積物(関東平野の屏風が浦層や濃尾平野の八事・唐山の両層など)と その下に横たわる下部更新統～鮮新統(関東平野の上総層群や濃尾平野の奄芸層群およびその相当層群など)との間に傾斜不整合が認められる場合が多いので このような場合には この不整合面をもって深層地下水と超深層地下水との境界とすることが便利である。この不整合は春日部時階の地変によって生じたものであるが これについては本誌100号(昭和37年12月)の春日部層序試錐の記事を参照されたい。



第1図 近畿地方中部における奄芸層群およびその相当層の分布



長島温泉 超深層地下水の開発・利用にはじめて成功した長島温泉は現在この偉容をほこるまでに発展した。中央の低い建物が大浴場で直径50mの大浴槽があり 一度に2,000人が入浴できる

### 3. 濃尾平野の地質と超深層地下水

現在グランSPA長島温泉の泉源の1つとして使われている長島R2号井の劇的な成功(昭和38年8月)については 多少の脚色を施して 週刊誌その他によって大きく報道されたことがあるので ご記憶のある読者も多いことと思う。しかし この温泉に使われている超深層地下水の本質については 一般にはほとんど知られていない。これが本編の主題であるが 本編の理解を深めて頂くためには 予備知識として 三重県下の奄芸層群と呼ばれている地層の概要を知って頂く必要があるので 以下しばらくこれについて述べることにする。

#### 3. 1. 奄芸層群

現在のもっとも一般的な使い方によれば 奄芸層群という地層名は 三重県下の伊勢湾沿岸の丘陵地に分布する鮮新世から更新世の前期にまたがる地層の総称として使われている。本層群は未固結ないし半固結状態の砂・礫・シルト・粘土からなっており 第1図に示すように 本層群に相当する地層は 大阪湾の沿岸から伊勢湾の沿岸にかけて 広く分布している。奄芸層群の名は小川琢治(1919~1920)の奄芸夾亜炭層および滝本清(1935)の奄芸統に由来するもので 元来津市西方の安濃・一志両郡下に分布する上記のような地層に対して使われてきた名前であり 四日市地方および桑名地方のものについては それぞれ四日市層群および桑名層群という名前が使われたこともあるが ここではこれらの総称として奄芸層群という名前を使うことにする。後で述べるように 濃尾平野の南西部に伏在する奄芸層群は 桑名地方のものによく似ており かなりの精度で両地方の奄芸層群の相互関係を明らかにすることができた。松井寛(1943)によれば 桑名地方の奄芸層群は 上位より大泉層 暮明層 市之原層 古野層および美麗層の5層に分けられ それぞれ次のような性質をもっている。

#### 大泉層(層厚 180m)

本層の上部は青色・青緑色ないし緑色の緻密な粘土層

からなり また下部は黄色の砂層(ときに礫層)と青色の粘土層との互層からなっている。本層からは *Parastegodon akashiensis* (明石象) や *Juglans cinerea* (パタグルミ) などの化石が発見されている。

#### 暮明層(層厚 300 m)

本層は主として砂岩・チャート・石英斑岩などの卵大ないし拳大の円礫からなり 標式地である暮明北方の背梁部では 数枚の凝灰質粘土層を挟有している。

#### 市之原層(層厚 400 m)

本層は青緑色の粘土層と青緑色の礫層あるいは褐色の砂・礫層との互層からなっている。本層からは *Metasequoia japonica*, *M. disticha*, *Sequoia sempervirens*, *Glyptostrobus pensilis*, *Picea Koribai*, *Quercus serrata*, *Q. criopula* および *Juglans cinerea* などの多数の植物化石が発見されている。

#### 古野層(層厚 130 m)

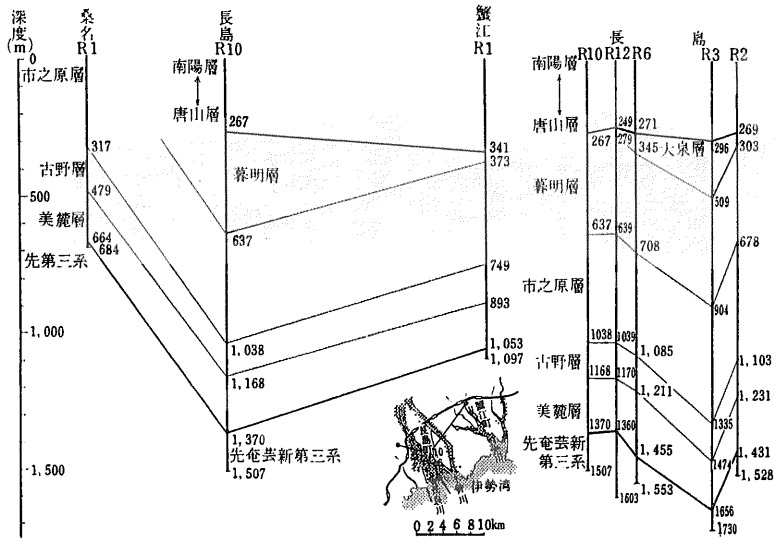
本層は青色ないし青緑色の粘土層と黄色の砂層との互層からなり 数枚の亜炭層を挟有している。本層からも *Glyptostrobus pensilis*, *Metasequoia distica*, *M. japonica* および *Juglans cinerea* などの植物化石が知られている。

#### 美麗層(層厚 80m)

本層は奄芸層群の基底礫層で 主として古生層に由来する礫からなり 薄い亜炭層を3枚挟有している。帝国石油(株)の桑名R1号井の資料を考慮に入れると 本層の厚さは150 m内外とした方がよさそうである。

#### 3. 2. 地下地質と超深層地下水

上記の桑名R1号井は市之原層の上部から掘さくされておられ 地表(標高26.67 m)からの深度317 m 478 m および664 mで それぞれ市之原層 古野層および美麗層の基底に達している。この坑井地質を基準とし



第2図 濃尾平野南西部における坑井地質対比図

これに含まれない部分については地表地質を参照して最近掘さくされた主要な坑井について坑井地質相互の関係を求めこれを対比線で示したのが第2図である。本図から明らかなように濃尾平野の南西部に伏在する奄芸層群が明瞭な偏心盆状構造をなしているのに対して唐山層以上の諸層はこの構造を切る不整合面の上に水

平に近く横たわっている。また長島・蟹江両地区の奄芸層群の基底の不整合面の下には泥質岩と砂礫質岩との互層からなる地層が横たわっているがその詳しい層位については今後の研究にまたなければならぬ。そのため第2図に示したようにここではこれを先奄芸新第三系と呼んでおくことにする。

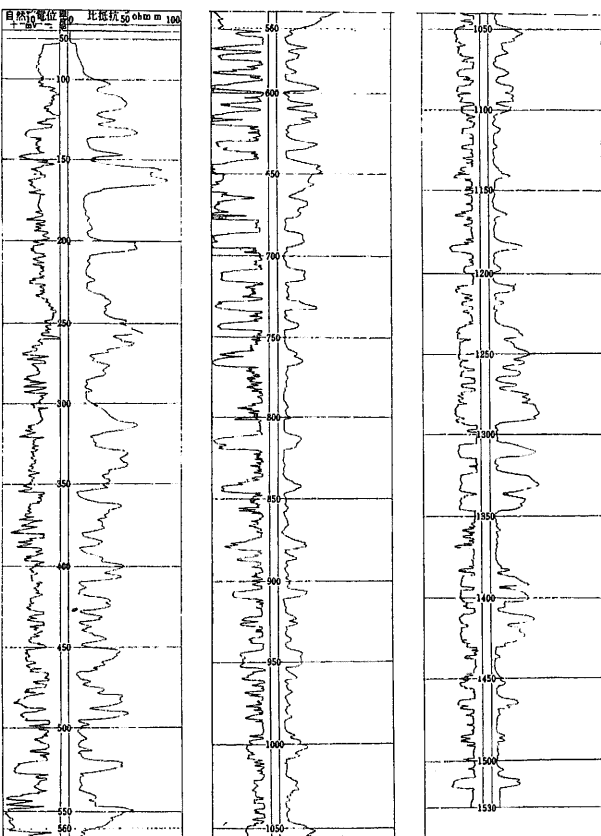
超深層地下水を採取するための孔明管は美麓層および先奄芸新第三系の中に埋設されている。たとえば長島R2号井(第3図)の孔明管は深度1,250.28~1,516.59mの間の埋設されており深度1,431m以上は美麓層に属する。この間の孔明管の総計は143.52mでありまた有効層厚は136mである。本井の

挿入管は7吋で初日産は自噴で620m<sup>3</sup>/day また30馬力のコンプレッサーによってリフトをかけた場合2,343m<sup>3</sup>/dayであった。また坑口における水温は自噴およびリフトの場合それぞれ55℃および58℃であった。長島地区の諸坑井は孔明管の埋設が美麓層を中心に行なわれた場合にはいずれもR2号井とほぼ同様の初日産を示しているがこれが先奄芸新第三系に対して行なわれたR6号井では自噴およびリフトをかけた場合の初日産はそれぞれ414m<sup>3</sup>/dayおよび965m<sup>3</sup>/dayであった。

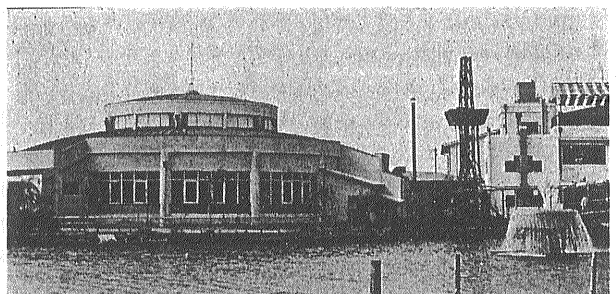
一方長島地区にくらべて奄芸層群の基底が浅くなっている蟹江地区で掘さくされた蟹江R1号井について見ると奄芸層群の基底は深度1,053mのところであり孔明管は深度1,005~1,097m(掘止め)の間に埋設されている。つまり孔明管は美麓層の下半部から先奄芸新第三系にまたがって埋設されていることになる。この間の有効層厚は56mである。本井の挿入管は5吋で初日産は自噴で246m<sup>3</sup>/day。また坑口における水温は51℃であった。

### 3. 3. 地下の温度分布

長島のR2・R12の両井および蟹江のR1号井につい

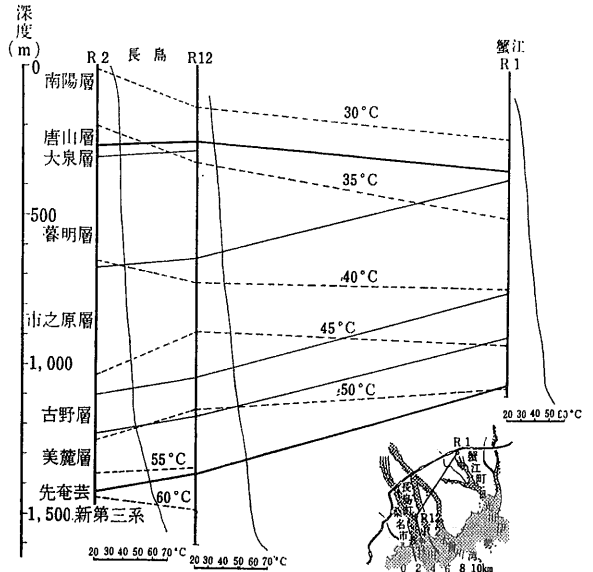


第3図 長島R2号井の電気検層図(比抵抗はショートノルマル曲線のみを示した)



尾張温泉 円形の大浴場は唐山層中の深層地下水を採取し 加熱利用していた当時に建設されたが蟹江R1号井の成功により 現在では水温50℃の超深層地下水が使われている。そのため巨大なボイラーが

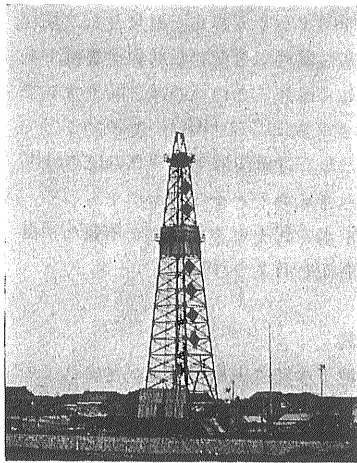
ては温度検層が行なわれており 坑井内の温度変化の様子がくわしく知られている。第4図にはこれらの温度の検層の記録が縮めて示されている。これらの中で長島R2号井のものについて見ると 坑井の下部においては 各帯水層から湧出する高温水の影響が強く現われており また 上部においては 下部から上昇してきた高温水のために その部分の孔壁の実際の温度より高い値が記録されていると見た方がよさそうである。また長島R12号井および蟹江R1号井の記録においても 両井はいずれも自噴井であるから 浅いところでは実際の孔壁の温度より高い温度が記録されているはずであり そのため全体の温度勾配は実際の地温勾配よりも小さくなっているものと考えなければならない。こうして見ると 以上の3本の井戸の温度検層の記録のなかで この付近の地温の垂直分布に近いものを記録しているのは長島R12号井の下部に認められる直線状の部分だけであろう。



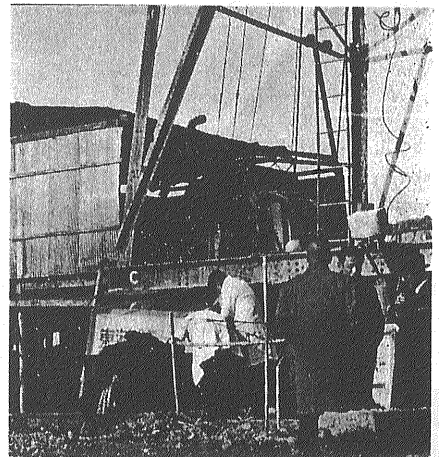
第4図 浪尾平野南西部における温度検層の記録と見掛けの地温の垂直分布

さて 地下のある深度において 年間温度較差が0となるところは 一般に恒温層と呼ばれている。本邦に

おいては 恒温層の深度は北海道で8~12m また本州・四国・九州で10~14m程度であり その温度はその土地の年平均気温より1~2℃ほど高いといわれている。



← 深層地下水井の掘さくやぐら  
深度が大きいため このような大規模な掘さく装置が使われている (長島R12号井に隣接して掘さく中の13号井)



→ 産出試験中の蟹江R1号井

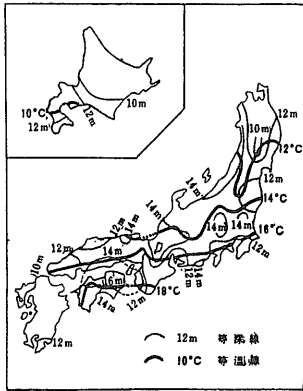


量水堰 (蟹江R1号井) 水量は三角ノッチ (堰) で測定される



付随ガスの採取 (蟹江R1号井)

付随ガスの量・質を明らかにしておくことは 学術的にも保安上からもきわめて重要なことである。ガスは白衣をつけた持術者の手にしただ



第5図 本邦における恒温層の賦存深度等値線(地表面下m)とその温度等値線

また 第5図(蔵田 1955)はこれら深度および温度の分布を等値線で示したものである。実測例が少ないため 精度については問題が残るが 巨視的な観点から見る限り この図はほぼ妥当なものと考えてよからう。そして 深度による地温の増加を考える場合には この深度および温度を出発点としなければならないが 第5図から見て この地方については それぞれ12mおよび16°Cとしておく。第4図の長島R12号井の深度温度グラフにこの点をプロットし これと本井の下部の検層記録の直線状の部分とを結ぶ直線は おおよそ次の式で現わされる。

$$T = 16 + \frac{D - 12}{33.8}$$

ただし Tは任意の深度における温度(摂氏)であり またDはmで現わした深度である。

この式は濃尾平野西部の超深層地下水の合理的な開発・利用を考える上に非常に役立つ。何となれば 利用目的に適した水温の超深層地下水が賦存する深度をこの式によっておおよそ見当をつけることができるからである。具体的に述べると 第2図から読みとれるよ

うに この地方の超深層地下水が賦存する上限の深度は300m前後のところであり かつ その下限の深度 すなわち先第三系の基盤の表面の深度を2,000m前後とすれば この式は この地方においては 水温24~70°Cの超深層地下水を選択的に開発できることを示している。改めて述べるまでもなく 地下水の水温を左右するものは 地温だけではないので この式による水温の予測には限界があるが おおよその見当をつけるには これで十分であろう。

### 3. 4. 水 質

水質に関するくわしい資料が公表されているのは 長島R2号井のものだけである。これは 本井の超深層地下水の温泉としての性状を明らかにするために 九州大学温泉治療学研究所において行なわれた分析の結果とそれに基づく判定をとりまとめた次頁の分析表である。

この表には湧出量が1日1万トンと記されているが これは4~5本の井戸をフルに運転した場合の総計である。また 他の数本の井戸のものについて行なわれた主要なイオンの含有量の測定結果も 上記の長島R2号井のものと同体同じ傾向を示しており 温泉として見れば いずれもアルカリ性単純温泉ないし低張重曹泉である。水質についてとくに注目されるのは 陽イオンではNa<sup>+</sup>が また陰イオンとしてはHCO<sub>3</sub><sup>-</sup>が多いことである。これは塩類としては重碳酸ナトリウム(NaHCO<sub>3</sub>)が相対的に多量に含まれていることを示すもので このような超深層地下水の起源を考える上に重要な手掛かりの1つを与えるものと考えられる。

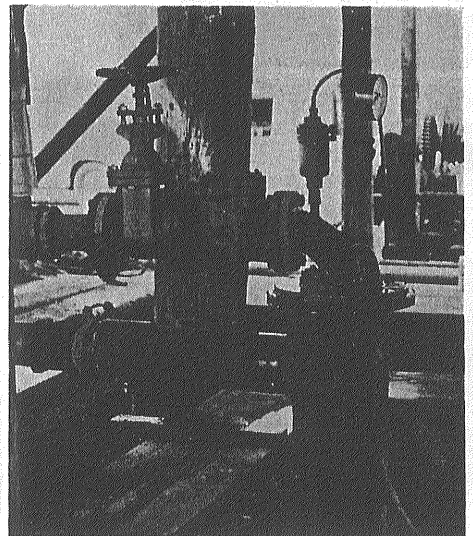
### 3. 5. ガ ス 質

濃尾低地の超深層地下水には少量のガスが含まれてい



一 水中溶存ガスの分析(蟹江1号井)  
水中溶存ガスの分析には 菅原式水中溶存ガス分析装置が広く使われている

一 ある超深層地下水井の孔口装置  
この井戸では 水中ポンプが使われているが 適切な揚水方法とはいえない 揚水量を増すためには むしろエアリフトによる方がよい





第6図  
東海湖(太線は湖岸線  
を示す)

るが その量については信頼できる資料がない。しかし 蟹江R1号井について見ると ガス水比にして0.05程度のガスを伴っているようである。それでも かりに1,000m<sup>3</sup>/dayの揚水が行なわれるとすれば 50m<sup>3</sup>/day程度のガスが得られることになり 厨房用などに自家消費するとすれば馬鹿にならない量である。自噴時のこのガスについて当所の地球化学課で行なった分析の結果は 次に示すとおりである。

He	0.013
H <sub>2</sub>	0.080
O <sub>2</sub>	0.18
N <sub>2</sub>	25.44
CH <sub>4</sub>	73.24
CO <sub>2</sub>	0.52

すなわち このガスはCH<sub>4</sub>を主成分とするが N<sub>2</sub>を多量に含み 低ポテンシャルの水溶型ガス鉱床から産出するガスの特徴をよく示している。

#### 4. 要望される基礎調査・研究

これまでに述べたことは 民間の温泉開発事業の技術指導を通して得られた資料によるもので その精度は必ずしも満足できるものではない。また これだけで濃尾平野の超深層地下水の全貌がおおよそ明らかにされたわけではなく 美麓層および先奄芸新第三系に胚胎するものについて 障子に写った影程度のものをつかむことができたに止まるのである。このような新しい地下資源を合理的に開発し かつこれをむだなく利用するためには 新しい地下探査技術を駆使して その全貌を明らかにすることが先決問題である。それには 今後実施しなければならない多くの調査・研究が残されているが そのおもなものは次に述べるとおりである。

ところで 先にも述べたように 濃尾平野において超深層地下水を胚胎する地層の主体をなすものは 奄芸層群およびその相当層であって 濃尾平野はこれら地層群の分布地域の一部に過ぎない。そして 現在の地表に

#### 長島温泉分析表

・湧出量……………1日 10,000トン  
 ・水温……………摂氏 60度  
 ・性状……………無色透明 無味 無臭  
 ・水素イオン濃度 (pH) ……8.05  
 ・ラドン含有量……………0.49マッヘ

(水中1キログラム中に含有する分量)			
カチオン	ミリグラム	アニオン	ミリグラム
K' (カリウムイオン)	8.003	Cl' (塩素イオン)	29.57
Na' (ナトリウム)	149.5	SO <sub>4</sub> ' (硫酸)	2.058
NH <sub>4</sub> ' (アンモニウム)	0.195	HCO <sub>3</sub> ' (ヒドロ炭酸)	342.2
Ca'' (カルシウム)	3.635	CO <sub>3</sub> ' (炭酸)	12.788
Mg'' (マグネシウム)	0.194	HPO <sub>4</sub> ' (ヒドロリン酸)	0.677
Fe'' (フェロ)	0.304	HS' (水硫)	1.091
Al' (アルミニウム)	0.249	BO <sub>3</sub> ' (ホウ酸)	0.771
Mn'' (マンガン)	0.000	HSiO <sub>3</sub> ' (ヒドロケイ酸)	1.541
		OH' (水酸)	0.002
計	162.1	計	390.7

H <sub>2</sub> SiO (メタケイ酸)	68.63
HBO <sub>2</sub> (メタホウ酸)	11.83
H <sub>2</sub> S (遊離硫化水素)	0.102
合計	633.3
アルカリ性単純温泉 (緩和性低張高温泉)	ミリグラム

浴用の適応症	慢性関節リウマチ 結合織炎 神経痛 神経炎 各種運 動器障害 疲労回復
飲用の適応症	本泉はアルカリ性故 慢性胃炎 腸炎 慢性胃潰瘍 胆嚢症に適す

昭和39年8月10日 九州大学温泉治療学研究所

ついて見ると それぞれ直接的な連絡のない分布をしており 分布地域によってそれぞれ別の名前で呼ばれているこれらの地層群は 現在の伊勢海をとり囲む広い地域をおおっていた一大湖沼 すなわち一般に東海湖として知られている湖水 およびこれに注いでいた河川の三角州——その多くは扇状地性のものであった——の堆積物であって 元来一続きのものであったのである(第6図)。東海湖は中新世末あるいは鮮新世の初頭に誕生し 次第に縮小しながらも更新世の初頭まで存続したが その後の地殻変動のために 現在の奄芸層群およびその相当層の分布地域に発達する平野は 伊勢・濃尾・三河の独立した平野に分れている。したがって 超深層地下水の調査・研究も これらの平野の各々について行なわれなければならない。

#### 4. 1. 試錐とそれに伴う調査・研究

先にも述べたように 先奄芸新第三系中にも超深層地下水が賦存することが知られているので 試錐は先第三系の基盤に達するものでなければならない。また 基盤に達するまでの各層の性質を詳しく調べる必要がある。この試錐の位置は基盤の表面の深度が相対的に大きいところを選定されなければならない。この基盤の表面の深度分布は濃尾平野の重力探査の結果(第7図)から定性的に知ることができる。この図から明かなように 上に述べた観点から試錐の候補地を絞ると 養老山脈の東側 三重県四日市付近および知多湾西岸の3地区となり 各地区において必要な深度は それぞれ2,000m 1,600mおよび1,000m程度と推定される。これら地区のなかでとくに重要な養老山脈の東側地区については 上記の2,000mの試錐に加えて 低重力地域

の東縁部に深度1,500 m程度の試錐を行なうとともに両試錐孔を観測井として仕上げて 今後とももっとも多くの揚水が行なわれると予測される美濃層相当層の地下水の動きを継続的に観測する必要もある。 同様の意味から 三重県津市付近において 深度800 m程度の試錐を行なうことが望ましい。

測定・調査・研究項目については 本誌にも数回紹介された一連の層序試錐の場合に準じて考えればよいが対象の相違によって多少の差が生れてくる。 主要な項目は次のとおりであるが 詳しい説明を与えなかった項目については 本誌100号(昭和37年12月)の春日部層序試錐の記事の終りに付けておいた 解説を参照していただきたい。

(1) 地質柱状図の作成

地質柱状図は掘り屑およびコアに基づいて作成する百分率柱状図(Percentage log)とする。 掘り屑およびコアの採取は 原則として それぞれ5 mおよび50 mおきに行なうのが適当であろう。

(2) 検 層

i) 電気検層：石油・天然ガスの坑井で行なわれている電気検層によって SP 曲線およびノルマル抵抗曲線を測定する。 できれば 重要な試験井についてはインダクション電気検層を適用することが望ましい。

ii) マイクロ検層：これは透水層と不透水層とを識別するのにきわめて有効な検層である。

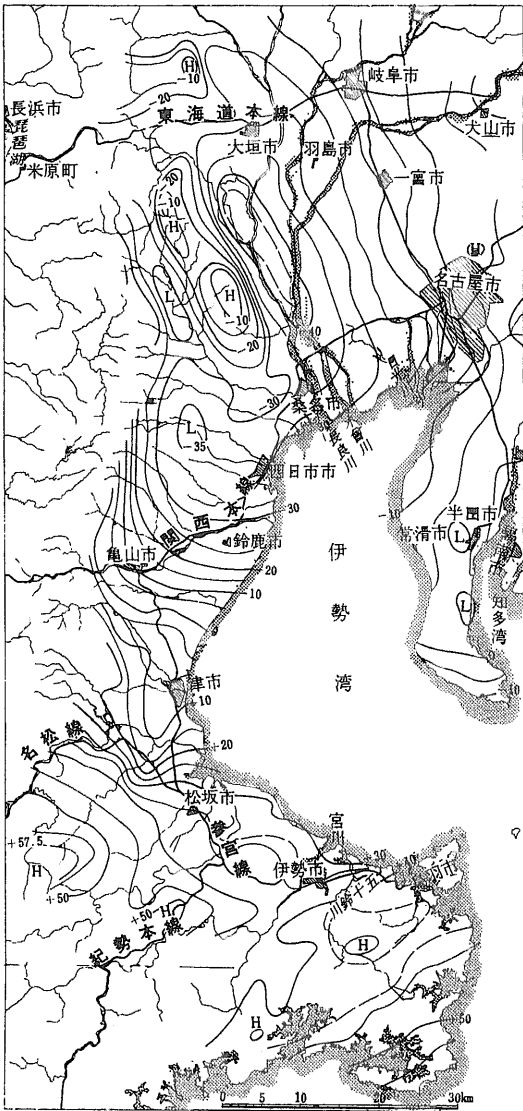
iii) 速度検層：これは坑壁の岩層を伝わる音波の走時を連続的に記録するもので 音波検層とも呼ばれ 坑井地質の判定に役立つばかりでなく 孔隙率の解析にきわめて有効である。 また 地表での地震探査の結果を解析する上に必要な地層の弾性についての情報を提供する。

iv) 密度検層：これは密度の高い物質ほどガンマ線をよく吸収することを利用して 坑壁の岩層の見掛けの密度を連続的に測定するものである。 以上のマイクロ・速度・密度の3検層の装置には 解析の必要上 同時に作動する孔径検層装置が付属しているのが普通である。

v) 温度検層：これは坑井内の温度を連続的に測定することで 測温体としては 抵抗温度計あるいはサーミスターが使われているが 前者は感度を高くすることが技術的に困難であり かつ温度指示のおくれが大きいので これらの欠点のない後者の使用が望ましい。 そして 解析に耐える資料を得るためには 泥水の循環を停止してから適当な時間をおいて 少なくとも数回の測定を行なう必要がある。

(3) DST

これはドリルステムテスト(Drill stem test)の略であって 元来 掘進中に油層やガス層に逢着した場合 その層の評価をする上に必要な試験および試料の採取を行なうために 掘り管の下に地層試験器(Formation tester)と呼ばれる器具を装着して行なわれるもので 水



(松田 爾集, 1965)

第7図 伊勢湾沿岸地域のブーゲー異常値線図(単位ミリガル) [松田 1965]

層にもそのまま応用でき 裸孔のまま行なえるという特色をもっている。上記の諸試験井については 主要な帯水層にDSTを行なう必要がある。

#### (4) 産出試験

これは坑井の仕上げが完了した後に行なわれる試験の総称で 上記の諸試験井においては 次の諸項目について実施する必要がある。

- i) 水量：量水堰によって測定する
- ii) ガス量：試験井が自噴井となり かつガス水比およびガス量が著しく小さい場合には 置換法によってガス量を測定し ( $Q_1\text{m}^3/\text{day}$ ) かつケーシング頭の内径 ( $D_1\text{ cm}$ ) とメスシリンダーの内径 ( $D_2\text{ cm}$ ) とを測定されれば 次の式によってガス量 ( $Q_g\text{m}^3/\text{day}$ ) が算出される

$$Q_g = Q_2 \cdot \frac{D_1^2}{D_2^2}$$

しかし ガス量が  $50\text{m}^3/\text{day}$  を超える場合にはセパレーターを設置し オリフィスなどの流量計によって測定する必要がある。

以上に述べた水量およびガス量は 同時あるいは同一の条件下で行なわれることが望ましい。

- iii) 坑底圧：水の産出指数 (PI) を求めるために測定されるもので 揚水量を  $Q_w\text{ (kl/day)}$  密閉坑底圧を  $P_s\text{ (kg/cm}^2\text{)}$  また産出坑底圧を  $P_f\text{ (kg/cm}^2\text{)}$  とすれば 産出指数は次の式によって求められる

$$PI = \frac{Q_w}{P_s - P_f}$$

- iv) 水温：坑井内の水温勾配を調べておく
- v) 水質：坑底試料採取器によって採取された試料について分析することが望ましい
- vi) ガス質：質量分光分析などによる精密分析を実施することが望ましい

#### (5) コアによる測定・調査・研究

- i) 化石：有孔虫・放散虫・珪藻・花粉など
- ii) 土質試験：未固結および半固結の状態にある試料について 物理・力学の両試験を行なう
- iii) 岩石物性試験：固結が進み 土質試験が困難な試料について行なう
- iv) コア試験：石油・天然ガス井の場合に準じて 比重・孔隙率・浸透率・含水率などの測定および間隙水の分析を行なう
- v) 有機物分析：抽出した有機物の液体クロマトグラフにする分析とCおよびNの元素分析を行

なう

- vi) ガス分析：追い出したガスの高感度ガスクロマトグラフによる分析を行なう
- vii) 微量元素分析：回折格子分光器 (JACO) によって微量元素の分析を行なう
- viii) 岩石学的研究
- ix) 応用鉱物学的研究

#### (6) 掘り屑による測定・調査・研究

コアの場合について列挙した諸項目のうち ii) iii) および iv) を除いた諸項目について実施する。

#### (7) 水理地質学的研究

一般の深層地下水について行なわれているものと同様の研究を実施するほか 天水の侵入が考えられる帯水層の開発に伴う水収支を明らかにする。

#### (8) 地球物理学的研究

地熱に関する一般的な研究を行なうほか 天水の侵入が考えられる帯水層の開発に伴う熱収支を明らかにする。

#### (9) 地球化学的研究

一般の水溶型ガス鉱床について行なわれているものと同様の研究を実施するほか 水温について化学的見地からも検討する。

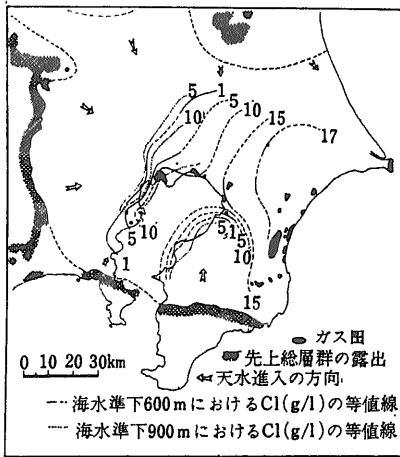
#### (10) 地質学的総合研究

前項までに挙げた各種の調査・研究によって得られた結果に基づいて 総合的な考察を進める上に必要な研究を行なう。

### 5. 超深層地下水の利用

先に超深層地下水は深層地下水の胚胎層準より下位の層準の地層中に賦存する地下水であることを述べ 深度によってこれを定義することを避けたが それには重要な地質学的意義がある。何となれば 超深層地下水を胚胎する奄芸層群や上総層群などは 主として丘陵地を構成して地表にも広く露出しており 大局的に見ると 帯水層の多くは地表から地下深所まで続いていて そのなかの地下水を考える場合に 地表からの深度によってその種類を分けることは 地質学的にまったく無意味であるからである。このうち地下の浅所に賦存する超深層地下水は 水温・水質その他において一般の深層地下水と大同小異であり したがってその開発・利用も後者と同様に行なわれている。たとえば 関東平野の南西部——主として東京都下——で行なわれているのがそれ





第8図  
上総層群の地層水中の等Cl<sup>-</sup>濃度線図(河井1965)

である。

超深層地下水の特性を生かすには 何と云っても その熱エネルギー すなわち ひらたくいえばその水温を含めた総合利用を考えなければならない。この際 水温については おおよそ20℃～80℃ あるいはそれ以上という大きな幅があり かつあらかじめ利用目的に適した水温を有する帯水層を選択的に開発できるので あまり問題はない。むしろ 既存の資料が少ないため 水質の点が心配になるが 先に述べたように 長島R2号井の美麓層から採取されている水が 深度が大きく かつ水温が高い(約60℃)にもかかわらず かなり純度の高いものであることから見て 少なくとも非海成層中に胚胎する超深層地下水については この点についてもとりこし苦勞をするには及ばないと考えられる。ちなみに 長島R2号井の水程度の水質であれば 簡単な構造のボイラーにはそのまま使用できるそうである。

そこで この点で問題になるのは 海成層中に胚胎する超深層地下水だけである。この種の超深層地下水は長い間内陸側から継続的に行なわれた水押しのために 化石海水が天水によって置換されたものである。この種の超深層地下水の水質については 資料がきわめて乏しく はっきりしたことを述べ得る段階に達していないが 関東平野の海水準下600mおよび900mの深度におけるCl<sup>-</sup>(g/l)の等値線図(第8図)によって この問題についておおよその見通しをつけることができる。すなわち この図および天水と化石海水とが接触した場合の濃度分布に関する理論的考察の結果によれば 深度600m前後の超深層地下水については 東京湾の北西側を北東—南西に走る1g/lの等値線より数km北西側では Cl<sup>-</sup>濃度がきわめて低くなっているはずであり また 深度が増すにつれて 良質な超深層地下水の分布限界は さらに北西方向に移動することになる。ここにこの理論的考察の内容に触れる余裕はないが その基礎となるの

はFickの拡散方程式であって さきに関東平野について述べたように 水押しが進んだ積成盆地においては 水押し inverse の方向に向って開発地域を選べば 原則的に水質のよい超深層地下水が海成層中からも得られるものと考えてよい。

以上に述べたように 資料不足のため 水質には多少の不安はあるが 開発のところを得さえすれば この不安も解消するので ここでは水質の問題を一応棚上げして 水温の点から超深層地下水の利用を考えて見よう。

この観点から誰の頭にも浮ぶのは温泉としての利用であり そのための開発が急テンポで進められていることはすでに述べたとおりである。しかし きわめて大規模な浴場を作って見たところで 温泉水の使用量はせいぜい1日に数1,000m<sup>3</sup> 止りであり また 水温が高い場合には 他の目的に使用して水温が適当に下ったものを使用することも可能なので この目的の利用については とり立てて述べることもない。とはいいながら 治療や保健のための前向き利用がまったく忘れられている現状は感心できない。これについては 県その他の地方自治体の適切な行政指導が望まれるところであるが 宮崎県の例にならって むしろ県自体が積極的に温泉病院の建設に乗り出すべきであろう。

先にも述べたように 超深層地下水を合理的に利用する上に忘れてはならない特性は 目的に応じた水温の地下水を選択的に採取できるということである。しかし水温が高ければ 水温を段階的に下げつつ利用することも考えられるので 特定の水温のものごとに利用面を考える必要はない。そこで 30℃～60℃前後の水温を利用するという一般的な場合について見ると 次のような利用面が考えられる。

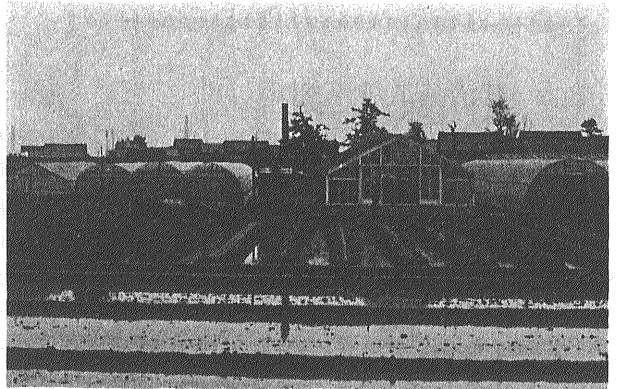
- (1) 発酵 抗生物質・糍・アルコールの製造や味噌・醤油・酒の醸造などに利用する
- (2) 糖化 果糖・葡萄糖などの製造に利用する
- (3) 温室 一般の野菜・果実・花卉・茸類(椎茸など)の促成栽培や 自然条件のもとでは育たない高級野菜・果実・熱帯植物の栽培などに利用する
- (4) 温床 各種の苗の促成栽培に利用する
- (5) 灌漑用水 水稻の促成栽培に利用する
- (6) 養殖 鰻などの食用淡水魚や熱帯産淡水魚・爬虫類(鱉など)の養殖に利用する また 熱交換方式を採用すれば 暖流を好む一部の海産魚類の養殖も可能であろう
- (7) 畜産 食用家畜・家禽の肥育に利用する
- (8) 防災 雪や氷による災害の防止に利用する
- (9) 一般暖房

以上 思いつくままに述べたので かなりの落ちもあるものと思う。しかし 以上のどれを取り上げて見ても 地域開発ということに直接結びつくばかりでなく 冬期における野菜不足の解消という点では 国民生活の向上にも大いに役立つものと考えられる。しかし 超深層地下水の開発には 一般の深層地下水の場合にくらべて 井戸が深くなるため多額の経費が必要である。この多額の開発資金を回収するのにもっとも能率的な企業は いうまでもなく温泉を利用した観光事業であり かつこれだけでも十分採算がとれるはずである。また 井戸元から遠く離れたところでの利用ということは 技術的にも また経済的にも困難である。そこで 超深層地下水を合理的に開発・利用するには ある地区を定めて レクリエーションセンターの建設 農業構造の改革および醸酵工業の振興を3本の柱として 計画的にことを進めなければならない。ここでも県その他の地方自治体の適切な行政指導が望まれるが 一步進んで 地元民の協力および国の援助を得て 地方自治体が超深層地下水の合理的な開発・利用のモデル地区の設定に踏み切って見てはどうだろうか。

## 6. む す び

以上に述べたことから明らかなように 超深層地下水は経済性のきわめて高い未利用の地下資源であり かつ本邦各地の平野部において莫大な埋蔵量が見込めるのにもかかわらず その賦存状態・埋蔵量など 合理的な開発・利用に必要な地質学的性質はほとんど知られていない。このような状態にも拘わらず 濃尾平野の南西部においては 温泉としての開発が急速に進められており このまま推移すれば この貴重な地下資源の合理的な開発・利用が困難になる恐れがある。また 濃尾平野はわが国の大平野のなかでは 地質学的ならびに地球物理学的研究がもっとも進んでおり かつ 精度の点に問題はあがるが その超深層地下水に関する直接的な情報も 温泉の開発を通してある程度得られているばかりでなく その立地条件から見て 超深層地下水の開発・利用がもたらす経済効果はきわめて大きいと考えられる。以上に上げた諸点から 超深層地下水の地質学的総合調査・研究のモデルケースとして 早急に濃尾平野を取り上げる必要があると判断される。

しからば 濃尾平野を中心とする伊勢海沿岸の低地において 今後どのような調査・研究を実施すればよいのか。この問題については すでに「要望される基礎調査・研究」のところで述べたとおりであるが 今後掘さくされる民間の温泉井においても 「試錐およびそれに伴う調査・研究」のところで列挙した測定・調査・研



超深層地下水の利用がもたれる温室栽培 中央のボイラー室の煙突もやがて不要になるであろう

究項目のうち 可能なものについてはぜひ実施して欲しいものである。

しかし 官民の協力によって 超深層地下水の地質学的性質が明らかにされ かつその開発・利用上の諸問題が解決されただけで その合理的な開発・利用が可能になるわけではない。何となれば 超深層地下水の開発・利用を具体化しようとするれば その存在に気づかなかった時代に制定された法律の適用を免かれないからである。そのおもなものは温泉法および鉱業法である。このうち 温泉法については その運用さえ誤らなければ 大きな問題は起きないと思われる。しかし 現行の鉱業法では 濃尾平野のようなところにおいても 天然ガス鉱区の申請を全面的に却下することはほとんど不可能であり 現に一部では鉱区が認定されている。こうなると 自然消費以上の量を望めそうもない天然ガスが超深層地下水に伴っているために この貴重な地下資源を地域開発 については国民生活の向上に幅広く役立つのも また資金効率のよい温泉を中心とした観光事業だけに使うのも 鉱業権者の胸三寸ということになりかねない。おまけに 県によって天然ガス鉱区に対する態度がちがっているため 一層問題は複雑奇妙なものになっている。この鉱業法に関する問題を運用によって解決する道もないわけではないが 何分井戸が深いので 新潟ガス田などにおける農家の自家用ガス井の場合のように 簡単には事が運ばないであろう。

本稿を通じて 超深層地下水に対する国民の関心が高まり 上に述べたような各方面にわたる問題点が早急に解決されて 超深層地下水の合理的な開発・利用が1日も早く実現することを 著者等は心から期待している。

筆者は名古屋駐在員事務所 高田康秀(班長)・大塚寅雄・近藤善教  
・佐々木政次・下坂康哉

燃 料 部 福田 理(グループ長)  
物 理 探 査 部 小川健三  
地 質 相 談 所 松井 寛