

地下水揚水に伴う地電流変化の観測

鳥取大学 教養部

宮 腰 潤 一 郎

I. はじめに

毛管中を液体が流れる際に生ずる電位差、いわゆる液流電位の現象については古くから知られており、室内実験によっても確かめられてきた。野外においてもボーリング坑井の電気検層の際、測定される自然電位の因子の一つとして関係者に知られていた。¹⁾

しかしながら最近、地震発生に先行してあらわれる地球磁場変化が、震源域において進行するダイラタンシー過程の中で震源域へ地下水の流入が行われ、その際に生ずる流動電位電流による磁場であるとして説明可能であるとの考えが水谷、石戸によって提出され、²⁾ 改めてこの現象が注目されるようになった。大地震発生前に地下水位の異常変動と共に地電流の異常変化が観測されたとの中国における報告例もあり、³⁾ 水谷らの指摘は重要な意味をもっている。しかしながら野外における地下水の流動と地球電磁気現象の関連についてはこれまでのところ報告も少く^{4) 5)} 十分に解明されているとは言い難い。

鳥取県内は鉄道が電化されておらずまた大企業が少いので人工的電磁ノイズが少い。この県内の各地には温泉が分布し利用状況に応じて温泉水の間欠的ポンプアップを行っている。⁶⁾ この度は、上に述べたような関連性が果して存在するか野外実験の面から追求するために、^{かいげ}皆生温泉、浜村温泉の源泉井と、浜村町水道水源井についてそれらの揚湯、揚水の開始、停止に伴う自然電位の変化(地電流変化)の観測を行った。なお^{かいげ}皆生温泉においては地磁気変化の観測もポンプの操作にあわせて行った。

II. 観 測

第1図に観測地域の位置図を示した。電極は素焼壺入りの銅・硫酸銅非分極電極であり、電位の測定には般用の2ペン自動平衡型記録計を用いた。観測は1977年9月から年末にかけて実施した。

1. 皆生温泉地区

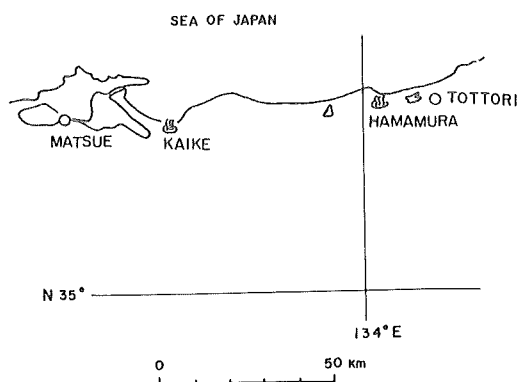
皆生温泉は鳥取県の西端の日本海海岸の砂浜にかつては自然湧出していたというが現在は掘さく深度100~200 m、約20本の源泉井から、平均70℃、200 l/分の湯をそれぞれ3馬力程度のポンプを用いて汲み上げている。この地区の地質構造は概ね平坦と見られ、地表

から約 100 m までは砂質の第四紀層，それよりおよそ 400 ~ 500 m までは新第三系凝灰角礫岩類，さらにその下は花こう岩質の基盤となっている。

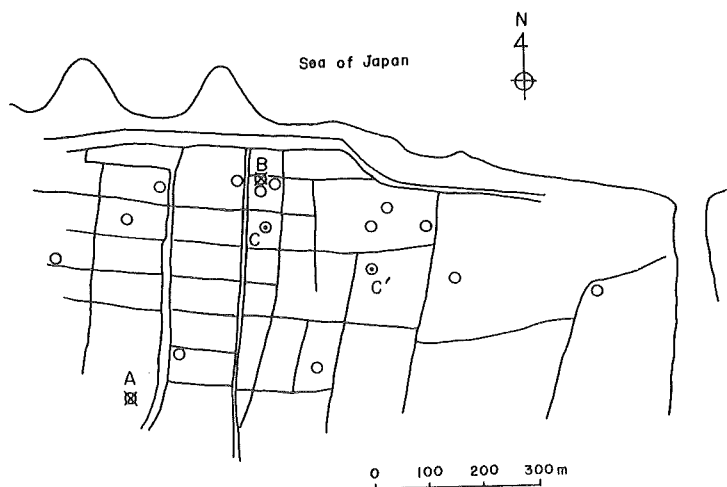
そして温泉水は第三紀層の亀裂あるいはその上の不整合面から採取されている。源泉井の配置を第 2 図に示す。図中の A, B, C は観測に利用した源泉井である。源泉井の構造上，観測時の水位測定はできなかったが，従来の調査から静止水位は -2 m，汲上時の水位は -7 m 程度と考えられる。第 3 図は A, B における電極配置および得られた記録例である。A, B 両地点における東西方向

の電位の時間変化の様相はほぼ似ており，揚湯の開始，停止に伴って 2 mV 前後の明瞭な変化が認められる。すなわち揚湯開始時に源泉井側電極は一時的に小さな変動を示した後次第に低下してゆき，揚湯の停止と共にゆるやかな増大へと移る。しかし南北方向の電極（1 ~

A）についてはそのような変化は見られない。なお B 周辺の源泉井は観測期間中常時揚湯を行っていた。また使用休止中の源泉井 C, C' に鉛電極を投入して周囲の源泉の汲上げによりそれらの間に電位変化がみられないかを調べたが見出すことはできなかった。さらに A 地点では汲上の開始，停止による磁場変化がないかを誘導型磁力計（水平成分）を用いて観測したがノイズのために良好な記録を



第 1 図 調査地域



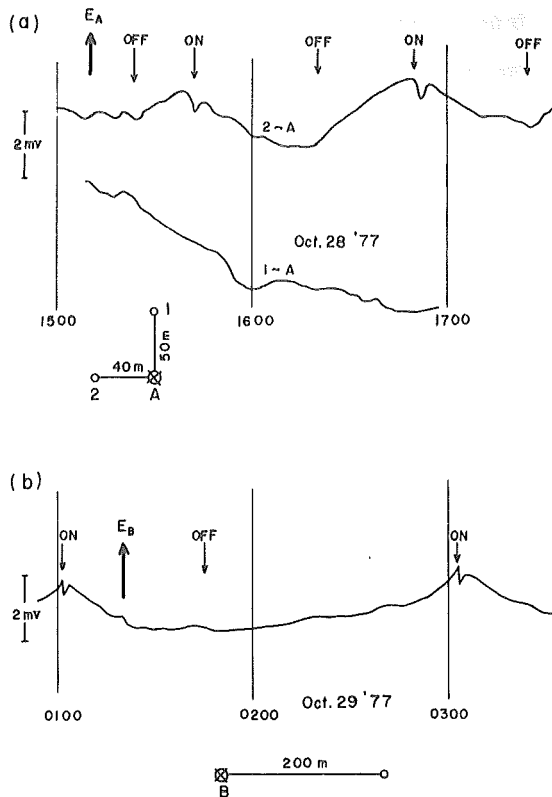
第 2 図 皆生温泉源泉分布および観測対象源泉

- A : 自然電位および磁場変化を観測
- B : 自然電位を観測
- C : 源泉井内電位差を観測

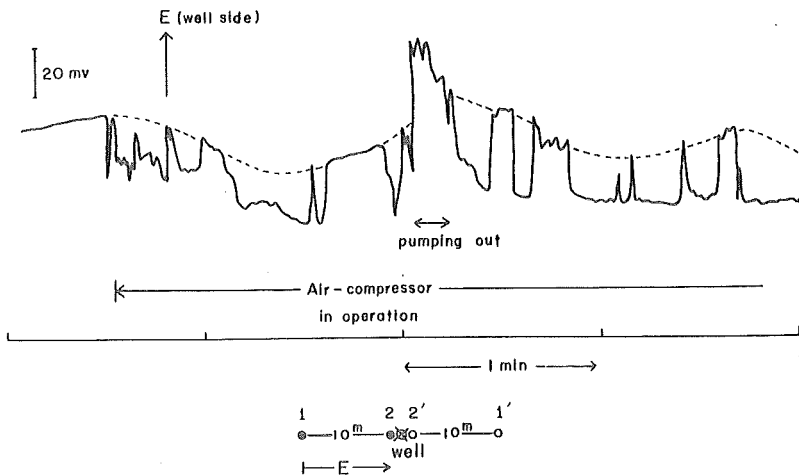
得ることはできなかった。

2. 浜村温泉地区

温泉湧出地帯から約 200 m 北の砂丘地の中に新規泉源開発の目的で掘さく後、揚水テストが行われたのでこれを利用して観測を実施した。揚湯動力は石油発動機が用いられ、ポンプはエア管と呼ばれるパイプを通じて坑井中に圧搾空気を送り込み、坑井中に挿入した導水管から温泉水を噴出させるいわゆるエアリフト方式である。掘さく深度は約 150 m、泉温は 26℃、汲上量は一定せず 10～20 l/分、静止水位は地表より -2 m、ポンプ運転時の水位はエアリフト方式であるため実測でき



第 3 図 電極配置図および記録例 (皆生温泉)



第 4 図 電極配置図および記録例 (浜村温泉)

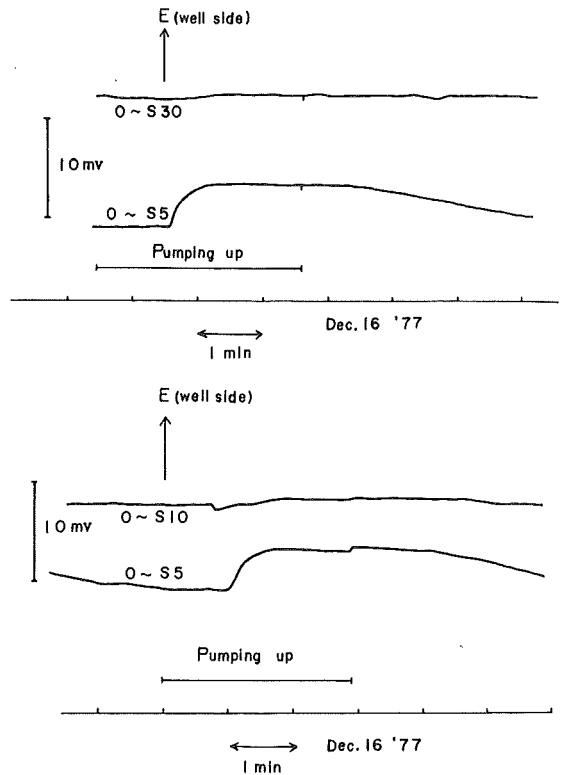
なかつたが挿入しているエア管の長さから 60 m 程度と推定される。電極配置と得られた記録例を第 4 図に示した。記録の様相は皆生の場合に比べて変化が顕著で殊に短周期の変動が目立っている。すなわち、図に見られるようにエア管を通じて圧搾空気が坑井中に送り込まれても源泉の湧出能力が小さいのですぐには温泉水は噴出して来ない。この間電位はゼロレベルから 30 mV ほど低い値の付近を変動しているが、やがて温泉水が噴出した瞬間約 + 30 mV まで急増し、流出が続いている間その値を保っている。そして流出が終るとまた最初のレベルへと低下するという変化を繰り返している。なお示した記録例中には見られないが、エア管による空気の吹込みが停止したときの電位はゼロレベルの状態を示している。

3. 浜村町水道水源井

浜村温泉地区の西方約 1.5 km の、北に開いた巾約 0.7 km の谷間の沖積地に町の水道水源井が設けられ、渇水期以外は休止しているのでこれを借用して観測を行った。掘さく深度は約 45 m である。

静止水位は地表より -0.5 m、揚水量は約 550 l/分、揚水時の水位は正確な測定はできなかつたがおよそ 30 m であつた。第 5 図は得られた記録例である。揚水開始から約 1 分おきて始まる 5 mV 程度の源泉井側電位の上昇と揚水停止に伴うゆるやかな下降が明らかに認められる。電極は源泉井を中心として東西南北それぞれの方
向へ 3 m、5 m、10 m、30 m の点に設置し、それぞれと源泉井側電極間の電位差を観測したのであ

るが明らかな時間的变化が見られたのは南側 5 m と 10 m の電極のみであつた。



第 5 図 記録例
(浜村町水道水源井)

Ⅳ. 考 察

この度の観測の結果、幾つの場合について揚水、揚湯の開始、停止に伴う自然電位の変化の存在を確認することができた。しかしながら揚水の開始、停止と電位変化の傾向が逆になる場合があり、また電極の設置位置によっては変化がみられないことがある。

毛管中を流体が流れることによって生ずる管の両端間の液流電位差 E は、

$$E = \frac{PD\zeta\rho}{4\pi\eta}$$

P : 管の両端の圧力差

D : 液の電媒定数

ζ : 液の ζ 電位

ρ : 液の比抵抗値

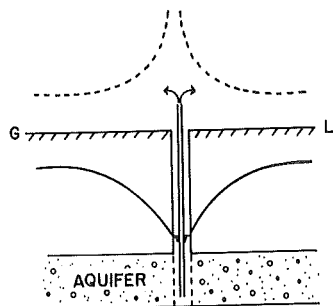
η : 液の粘性

で表わされる。

液流電位は地層間隙中を地下水が流れるとき地層中に形成されている毛管の管壁と地下水間に形成される電気二重層によって生じ、一般に液は正の、管壁(地層側)は負の電荷をもつと考えられる。このことからすれば揚水時には源泉側の電位は増大のセンスにあるべきで、浜村における観測結果はこれと一致するが皆生については逆である。また今回測定した源泉井は何れも被圧面地下水を採取している。したがって地下構造が層構造をなし地下における流動が一樣であるならば汲上井周辺における圧力と流動電位の分布は第6図のようになるはずである。

しかしながら実際地表面に設置された電極間の電位は上記の諸量の他、帯水層の深度、帯水層中における地下水流動の非一様性、源泉井の構造、汲み出された地下水の処理方法などの影響を受けるものと思われる。例えば皆生温泉の場合、汲み出された温泉水は地表に吐出されることなくそのまま地下パイプを通じて貯湯タンクへ送られているが、浜村温泉試掘井や水道源泉では汲み出された地下水は源泉

附近で地表に吐出される。また浜村温泉試掘井の場合、温泉水はエアリフト方式で汲上げており坑井中に圧搾空気を吹き込んでいるので地下水中に泡が生じこれに界面電位が生ずることが特異な電位変化の原因であるかもしれない。第1表にこの度の観測の結果を表に纏めて示した。



第6図 汲上井周辺の水圧分布(実線)と電位分布(点線)の分布の模式的表現

地域名	電位変化の様式				汲上時の 水位低下 量 m	汲上水の 比抵抗値 $\Omega \cdot m$	汲上方法	汲上水の 処 理
	汲上時	停止時	変化量 mV	汲上量 $\ell/\text{分}$				
皆生温泉	↘	↗	2	約 350	5	1	ピストン・ポンプ	地下パイプで輸送
浜村温泉	↗	↘	30	10~20	60	/	エア・リフト	地表に吐出
浜村水道	↗	↘	5	約 550	30	25	水中ポンプ	地表に吐出

結局、この度の観測によって地下水の流動に伴う自然電位の変動（地電流）の存在を確かめることができたものの、そのあらわれ方は複雑であり地下における地下水の流動状況と電位のあらわれ方との間に明確な関係をつかむことはできなかった。今後さらに両者の関係を追求し明らかにすることは地震予知の基礎研究としての意味をもつばかりでなく、自然電位の時間変化の測定から、地中における複雑な地下水流動状況を推定する有力な手段として利用しうる可能性もあると考えられる。

本研究を遂行するに当り多大の便宜をおはかりいただいた鳥取県庁自然保護課、浜村町役場、皆生温泉観光株式会社の各位に厚く御礼申し上げる。なおこの研究の費用の一部は文部省科学研究費助成金によったものであることを記し、感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 物理探鉱, 第11巻, 4号, 10周年記念特別号, 昭和33年10月。
- 2) Mizutani, H., and T. Ishido, A New Interpretation of Magnetic Field Variation Associated with the Matsushiro Earthquakes, *J. Geomag. Geoelectr.*, 28, 179~188, 1976.
- 3) 尾池和夫・志知龍一・浅田敏, 中国における地震予知, 地震, 第28巻, 75~94, 1975.
- 4) 小野寺清兵衛, 大岳地熱地帯における自然電位測定, 地熱, 10巻, 2号, 25~29, 1973.
- 5) 伊藤芳朗, 齊藤輝夫, 南雲政博, 銭川間欠泉に伴う流動電位(1), 地熱, 15巻, 1号, 19~27, 1978.
- 6) 鳥取県温泉総覧, 鳥取県, 昭和47年3月。