

山崎断層・塩田温泉の塩素濃度と地震現象との関連

吉 岡 龍 馬

ON THE RELATION BETWEEN CHLORIDE IONS CONTENT OF SHIOTA HOT SPRING AND EARTHQUAKE AT THE YAMASAKI FAULT

By Ryuma YOSHIOKA

Synopsis

A network of three hot springs has been established along the Yamasaki fault, for the purpose of monitoring the variation of chloride ions content in seismic regions.

The results of the experimental study show that the concentrations of chloride ions in the two hot spring waters at about 10 km of the east of epicenter decrease rapidly before the earthquake ($M=4$) occurs.

1. は じ め に

近年、中国やソ連が地下水中のラドンをはじめ各種化学成分濃度の変化から地震の前駆現象を事前にとらえることに成功して以来、アメリカや日本でも地震予知を目的とした地球化学的研究が開始されている。

山崎断層を地震予知研究のテストフィールドとし、地震活動・測地測量・伸縮および傾斜変化・地球電磁気現象・地下水の水位および化学成分・地中ガスなどの総合的観測を行うための研究グループ（代表者・同研究所教授岸本兆方）が結成され、筆者はそのうち地下水の化学成分濃度の変動の調査・研究を実施している。

本報では、その予備調査を実施し、地震の前駆現象と考えられる Cl^- 濃度の異常変化をとらえたので、以下その概要を述べる。

2. 予 備 調 査

地下水の水質変動をとらえるために適した井戸、温泉として、(1) 特異な化学成分を含有していること、(2) 長期間にわたり定期観測が可能であること、(3) 水位または流量の測定が可能であること、(4) ポンプアップなどによる人為的影響を受けないこと、(5) 自噴泉であること、(6) 深層地下水であることなどの諸条件を具備していることが必要である。

1976年12月5日から7日におけ、山崎断層沿いの山崎安富、夢前、香寺の各町で、上述の条件を有している井戸、温泉の所在分布を調査した (Fig. 1)。

その際に水位、水温、pHの測定と、化学分析用の採水を行った。その分析結果は Table 1 に、その水質区分図を Fig. 2 にそれぞれ示す。No. 1 (知新荘)、No. 2 (上山旅館)、No. 3 (城山荘)、No. 6 (山楽荘) はいずれも温泉水である。これらの湧出形態をみると、No. 1 の温泉水は 300m のボーリング孔から CO_2 ガスを伴った自噴泉で、その水は温泉として利用され余剰は夢前川へ流入している。No. 2 の温泉水は自然湧水でその量は少量であり、温泉としては利用されず、排出している。No. 3 の温泉水も自然湧水であるが、浅井戸式になっておりその水は排出せず、貯留している。なおこの水は温泉として利用されていない。No. 6

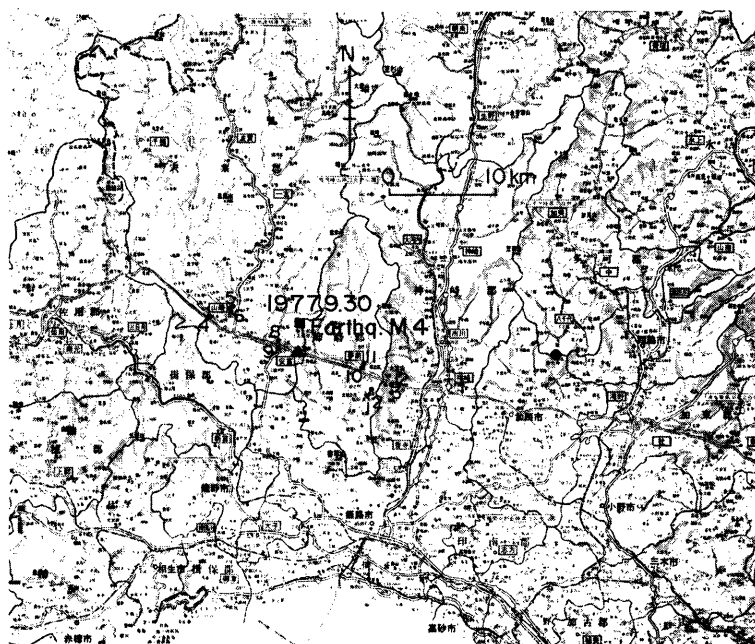


Fig. 1. Map showing observation points along the Yamasaki fault (small black circles indicate water sampling points, large black circle denotes the Izumi earthquake observation point and black triangle does the Yasutomi observation point).

の温泉水は No. 3 と湧出形態は同じであるが、ポンプアップして温泉水として利用されている。No. 12 は河水でその他は井戸水である。

これらの温泉水の SO_4^{2-} 濃度はいずれも低く、また No. 6 を除いては SiO_2 濃度が高いのが特徴的であ

Table 1. Chemical composition of natural waters along the Yamasaki fault.

Point No.	Date corrected	Time	Na^+ (mg/l)	Mg^{2+} (mg/l)	Ca^{2+} (mg/l)	Cl^- (mg/l)	HCO_3^- (mg/l)
1	1976. 12. 7	8: 45	640.0	246.0	477.0	1022.0	2867.0
2	1976. 12. 7	9: 25	1020.0	40.6	119.6	994.0	1663.0
3	1976. 12. 7	11: 00	245.0	14.2	34.6	234.0	409.0
4	1976. 12. 7	16: 30	7.9	3.2	12.6	8.6	38.5
5	1976. 12. 7	15: 40	115.0	5.6	25.8	189.9	47.5
6	1976. 12. 7	15: 25	30.0	1.7	9.2	51.5	19.5
(6')	1976. 12. 7	15: 25	2060.0	32.9	144.7	3422.0	192.5
8	1976. 12. 7	14: 30	10.6	2.6	8.3	9.4	41.2
9	1976. 12. 7	14: 00	32.8	8.3	31.8	42.6	45.6
10	1976. 12. 7	—	14.2	4.3	6.2	9.5	12.8
11	1976. 12. 7	12: 15	29.7	7.0	10.0	42.0	9.8
12	1976. 12. 7	11: 05	9.9	3.5	14.2	9.9	47.9

Point No.	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Soluble SiO ₂ (mg/l)	pH	Water temp. (°C)	Remarks
1	10.0	93.6	6.4	15.3	T. Yumesaki. Spring
2	10.2	38.4	6.3	13.2	" "
3	9.3	48.6	6.6	11.5	T. Kōdera. "
4	14.7	13.8	6.1	16.5	T. Yamasaki. Shallow well
5	12.3	14.3	6.2	15.5	" "
6	5.9	13.9	6.5	14.8	" Spring (Surface, -5m)
(6')	2.9	13.0	7.1	14.8	" Spring (Bottom, -6.6m)
8	7.6	22.5	6.9	14.3	T. Yasutomi. Shallow well
9	18.9	15.6	6.6	14.5	" "
10	11.7	13.5	6.3	15.2	T. Yumesaki. "
11	9.0	16.5	5.8	15.5	" "
12	17.1	10.5	6.8	6.3	T. Kōdera. Stream

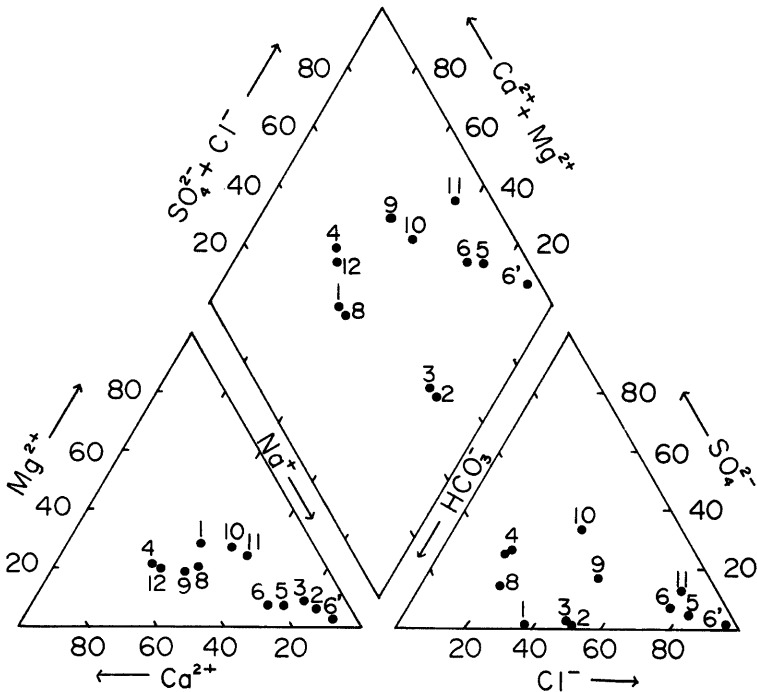


Fig. 2. Key diagram used to represent relative percentage of milligram equivalents of major ionic constituents in natural waters along the Yamasaki fault.

る。特に No. 1 は顕著である (Table 1, Fig. 2)。No. 1, 2, 3, の温泉水の陰イオン濃度の大きさの順は $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ であり、陽イオンのそれは、No. 1 においては $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ であり、No. 2 および No. 3 では $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ となっている。また No. 6 の温泉水の陰イオン濃度の大きさの順は $\text{Cl}^- >$

$\text{HCO}_3^- \gg \text{SO}_4^{2-}$ であり、陽イオンの場合は $\text{Na}^+ \gg \text{Ca}^{2+} \gg \text{Mg}^{2+}$ となっている。

これらの温泉水はその化学組成からみて、3つのグループに分けることができる。すなわち No. 1 の $\text{Ca}^{2+} \cdot \text{Mg}^{2+} - \text{HCO}_3^-$ 型、No. 2 および No. 3 の $\text{Na}^+ - \text{Cl}^- \cdot \text{HCO}_3^-$ 型、No. 6 の $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$ 型である (Fig. 2)。

No. 5 の井戸水は No. 6 の温泉水の影響を非常に強く受けていることがわかる (Fig. 2)。No. 9 と No. 11 の井戸水の Na^+ , Cl^- 濃度が高いのは温泉水の影響かあるいは人為的な影響を受けているのか、今のところ不明である。No. 8, 10 の井戸水と No. 12 の河川水はいずれもごく普通にみられる化学組成を有している。なおこれらの地域の井戸の深さはほとんどすべて 5~10m 程度の浅いものであった。

地下水の水質変動を観測するための、前述の諸条件を十分にみたす井戸、温泉は存在しなかったが、本予備調査の結果から、No. 1, 2, 3 の温泉を定期観測点として選定した。

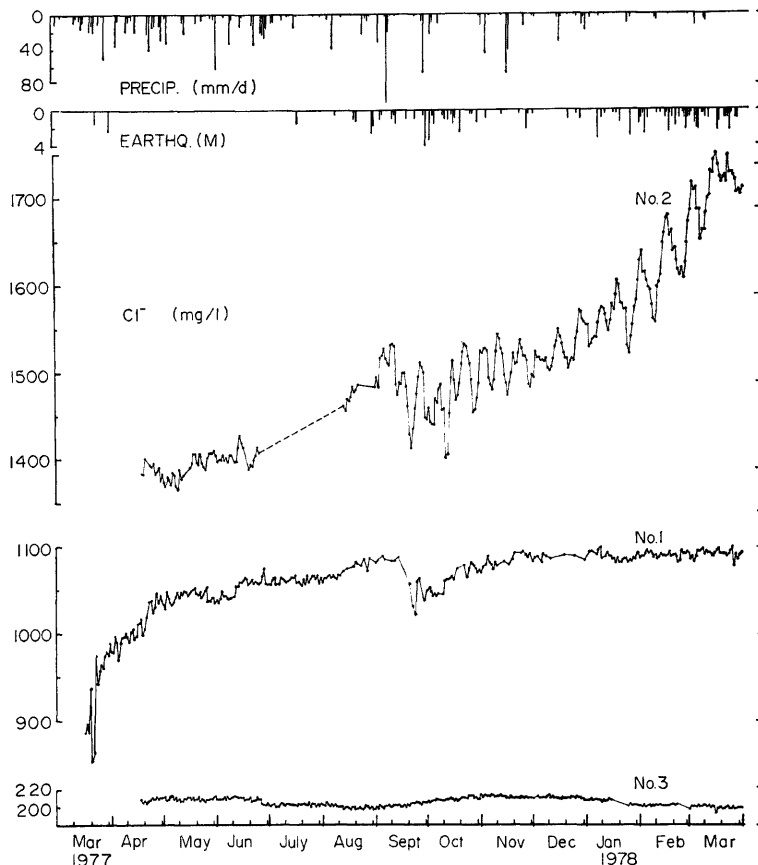


Fig. 3. Variations of chloride ions contents in hot spring waters, earthquake and precipitation (recorded at the Yasutomi observation point). Observation points are shown in Fig. 1.

3. 定期観測点での Cl^- 濃度測定

観測点 No. 1 では水温, pH, Cl^- 濃度を1977年3月16日から毎日1回の測定を, またラドン濃度は同年9月25日から連続自記測定を目標としてそれぞれ開始した。No. 2 では水温, pH, Cl^- 濃度を, No. 3 ではNo. 2 の測定項目に水位, HCO_3^- 濃度を加え, それぞれ同年4月18日から毎日1回測定を目標とした。 Cl^- 濃度以外の測定項目の結果は別の機会に報告する予定であり, 今回は Cl^- 濃度の変化のみ報告する。

Fig. 3 に Cl^- 濃度, 雨量および地震活動の時系列を示す。なお雨量は安富観測点で, 地震活動は泉観測点でそれぞれ本研究所微小地震部門で測定されたものである。

1977年9月30日に水質変動観測点から西方約10km のところでM4の地震が発生した。No. 1 と2の温泉水の Cl^- 濃度にその地震の前駆現象と考えられる顕著な変化が出現した。すなわち No. 1 では8月12日に示した Cl^- 濃度 1067mg/l は9月14日まで徐々ではあるが1087mg/l と増加し, 24日にはその濃度は1022mg/l と減少し, 26日にはその濃度は1063mg/l に回復し, M4の地震の発生日には1038mg/l とまた減少した。それ以後 Cl^- 濃度は徐々に増加し, 10月25日頃には大凡9月14日の濃度まで回復し, その後1978年3月末日まで一定の値 $1090 \pm 8 \text{mg/l}$ を示している。No. 2 では9月10日の Cl^- 濃度 1530mg/l が12日には1471mg/l に減少し16日にはその濃度は1498mg/l と増加し, その後21日にまた1411mg/l まで減少し, 26日に1509mg/l まで回復し, 地震発生の日9月30日には1444mg/l まで減少し, その後9月10日の Cl^- 濃度に回復するのには約40日を要した。

また10月17日から1978年1月25日までの Cl^- 濃度は10~13日の周期で増減し, 2月25日までは15日周期に変わりその後また10日周期と短くなっている。これらの周期性の原因は目下解析中である。No. 3 の温泉水については上述のような現象はみられなかった。

4. ま と め

以上, 地球化学的手法による地震の前駆現象をとらえるための予備調査の概要と Cl^- の異常変化についての観測事実を述べた。その解析は今後の問題として残るが地球化学的手法による地震の前駆現象をとらえることができたという事実は注目すべきことである。

本研究を遂行するにあたり, 山崎断層研究グループの方々には深く感謝いたします。特に微小地震部門の各位には種々有益な御助言を賜わり厚くお礼申し上げます。さらに, 採水および水温, 水位, pH などの測定に積極的な御助言を賜った知新荘, 上山旅館, 城山荘の方々に衷心より感謝申し上げます。