



Title	弟子屈地方の温泉変化と地震
Author(s)	本谷, 義信; MOTOYA, Yoshinobu
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 39, 71-80
Issue Date	1981-01-31
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.39.71
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/14089
Type	departmental bulletin paper
File Information	39_p71-80.pdf



弟子屈地方の温泉変化と地震

本谷 義信
北海道大学理学部地震予知観測地域センター
(昭和 55 年 5 月 16 日受理)

Change in Hot Springs with relation to Earthquakes in the Teshikaga Region, eastern part of Hokkaido

By Yoshinobu MOTOYA

Research Center for Earthquake Prediction, Faculty of Science, Hokkaido University
(Received May 16, 1980)

A temperature measurement of hot springs in the Teshikaga region, eastern part of Hokkaido has been continued since 1928 by the Kushiro Local Meteorological Observatory of Japan Meteorological Agency. The data are shown in this paper with relation to earthquakes. From this long term temperature measurement, co-seismic changes and post-seismic recovery processes were recognized in more detail. In Teshikaga region there have been four series of shallow earthquakes including seismic event with magnitude $M > 5$. It is noticeable that change in groundwater associated with all these earthquake series has been observed.

I. はじめに

地震の発生に地下水の移動が重要な役割をはたしていることが多くの研究 (例えば, SCHOLZ *et al.*, 1973) で注目されているが, 実際に地震に伴って, 温泉水, 泉水, 井水などの地下水の変化 (湧出量の増減, 水位の昇降, 自噴, 涸渇, 水温の変化, その他) が認められた例は多く, わが国のおもな地震に伴ってみられた地下水の異常の事例がまとめられている (脇田, 1978). これらの事例は地震の前後の比較的短かい期間についての記述が大部分であり, 長期間にわたり地下水の変化を追跡出来る資料は少ないようである. ここでは, たまたま地震資料を調査中に, 北海道弟子屈地方で釧路地方気象台により 1928 年以来温泉温度の測定が続けられていることを知ったので, この資料を紹介し地震との関連についてのべる.

II. 資 料

北海道庁より刊行されていた「北海道気象月報」(1904 年発刊~1939 年休刊)の内容は, 北海

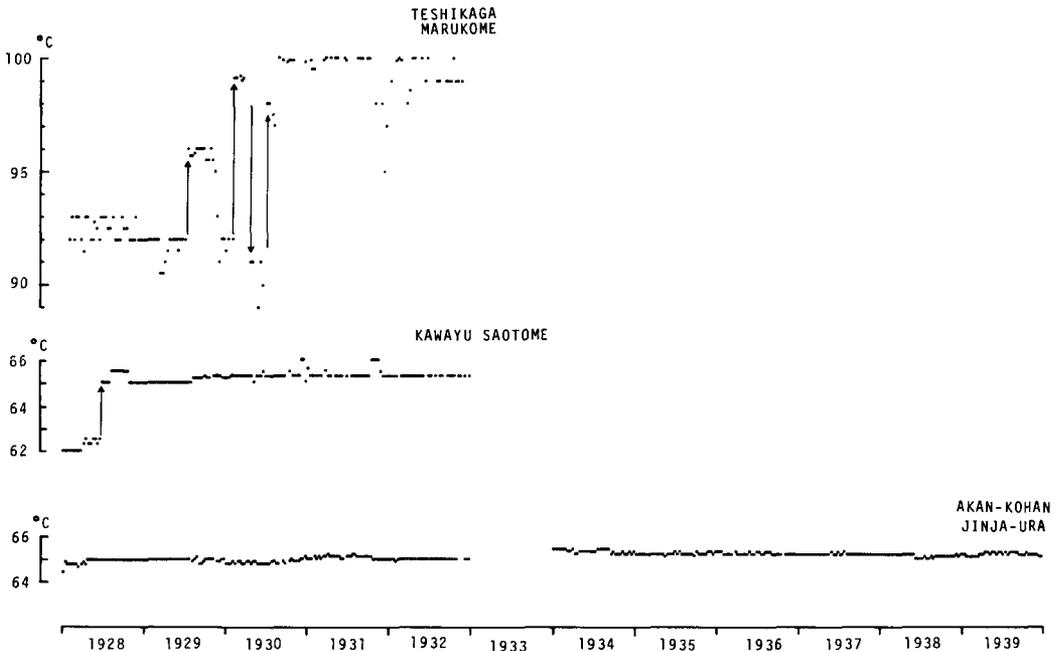


Fig. 1. Temperature variation of hot springs in the Teshikaga region. ↓ ↑ shows change of orifice. Location of the hot springs is shown in Fig. 2.

道の気象現象はもとより地震、火山など自然現象全般に関する資料、記述を含むもので、時代により精粗の差はあるが貴重な文献である。この「月報」に1928年より釧路測候所報告として「釧路国内温泉温度」が記載されはじめて1939年に「月報」が休刊になるまで続いている。この測定値をそのまま示したものがFig. 1である。測定は月に3回ほとんど欠測なく続けられているが、1933年1年間の記載が全く見当たらない。この温度測定に関しては釧路地方気象台にも原簿は存在していないとのことなので、現在となっては測定条件その他も「月報」に記載されていること以上には知り得ないのが実情であるが、同日同時刻に3ヵ所で測定されていること、温度測定日以外でも天候の異変、有感地震の状況などが随時記載されていること、などから測候所員による測定ではなく現地住民に観測を委託していたのではないかとと思われる。何らかの理由により1932年に観測をやめて、34年に1ヵ所だけ再開し、33年には測定は全く行なわれなかったのではないかとと思われる。

1940年から50年までは測定が行なわれていないようであるが、1951年に測定が再開され、その結果は札幌管区気象台より刊行されている「北海道地震(火山)月報」に記載されている。この測定は毎年初夏と秋の2回、気象庁職員が現地へ出かけて行っており、pHの測定が追加されている。

以上の測定について、測定地点名、測定期間などをTable 1に、測定地点をFig. 2に示す。

Table 1. Temperature measurement in the Teshikaga region by the Kushiro L. M. O.

NO.	Hot spring	Orifice	Measurement period	Remarks
1	Teshikaga	Marukome	1928 Jan. - 1932 Dec.	change of orifice four times
2	Kawayu	Saotome	1928 Jan. - 1932 Dec.	
3	Akan-kohan	Jinja-ura	1928 Jan. - 1939 Dec.	missing data in 1933
			1951 Aug. - 1961 Oct.	
		Yamaura-mae	1951 Aug. - 1965 Sept.	} change of orifice reduced temp. by 3°C
Public bath. mae	1966 June - continuing			
4	Nonaka	Nonaka spa	1959 June - continuing	measurement in Aug. 1951 and July 1952

measurement at 10 a. m. on 5th, 15th and 25th on every month before 1939.

measurement including pH in early summer and autumn every year since 1951.

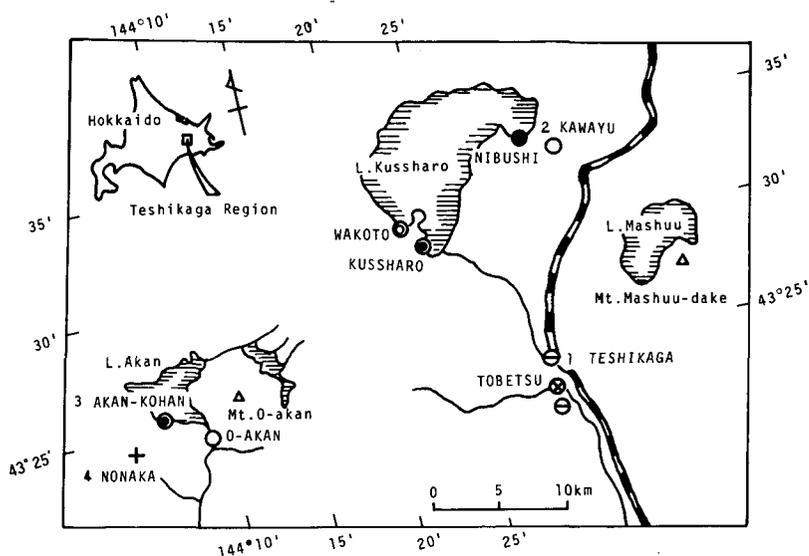


Fig. 2. Location of hot springs in the Teshikaga region and change in hot springs in relation to the Teshikaga earthquake on Jan. 31, 1959.

○ no change, ⊙ flow increase and temperature down, ● flow increase, ⊖ flow decrease, ⊙⊖ flow increase and temperature up, ⊗ drying up. no data at Nonaka spa. (after Kushiro L. M. O. (1959)).

Hot springs treated in this paper are numbered correspondingly to Table 1.

III. 温泉温度の変化と地震

弟子屈地方は北海道内陸部としては大きな浅発地震が起る地域として知られているが、1959年1月31日の弟子屈強震 ($M6.2$) のときに報告されている地下水の変化の様子を Fig. 2 に示す(釧路地方气象台, 1959)。このほかの地震についても温泉温度に変化がみられたかどうかを前述の資料により検討した。

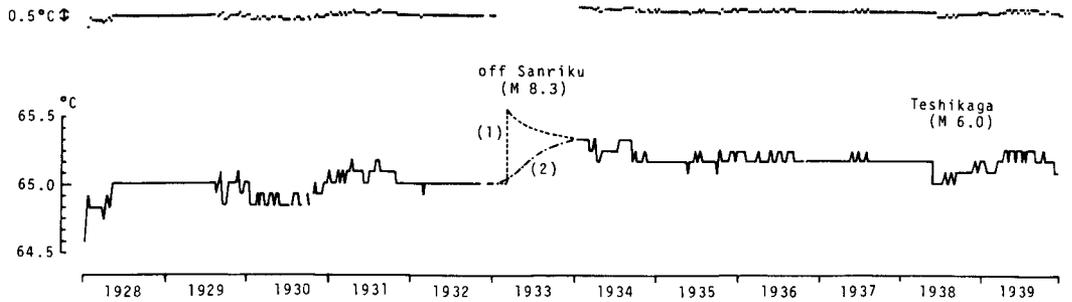


Fig. 3. Detail of temperature variation at Jinja-ura orifice, Akan-Kohan spa in relation to two major earthquakes. Data are missing in 1933. (1) and (2) show possible modes of variation and (1) is most probable.

Fig. 3は1928-39年の阿寒湖畔神社裏湯元のデータを温度軸を拡大して描いたものである。この当時測定された個々の測定値に0.1℃の精度があるかどうかについてはいくぶん問題があると思われるが、以下にのべる温度変化を認めることはそれほど困難なことではないであろう。これはまさに長期間にわたり測定が続けられた成果といえる。

1938年屈斜路地震

1938年5月29日に屈斜路湖付近に発生したM6.0の地震はこの地方で知られている初めての強震であり、震源地近くの和琴温泉で湧出量の増加、温度の低下があったと報告されている(石川, 1938)。Fig. 3に示すように阿寒湖畔温泉では、5月25日の測定では65.2℃であったが、29日の地震をはさんで6月5日には65.0℃と測定されている。わずか0.2℃の変化ではあるが前後に続く測定結果からみてこの変化は有意なものであり、地震に伴って低下した温度は1938年末までに地震前の値に回復したと考えてよいであろう。地震の直前直後にどのように変化したかの詳細は10日毎の測定では不明である。この測定でみるかぎり5月25日以前には全く変化は認められない。1936年まで逆のばればわづかづつではあるが温度上昇が認められるようになるが、これについてはすぐ次にのべる。

1933年三陸沖地震

ここでは1936年から逆のばる温度上昇を1933年3月3日の三陸沖大地震(M8.3)に伴って温度が上昇する変化があり、それが回復する過程であると考えたい。肝心の1933年のデータが欠落しているが、32年12月25日が65.0℃で1年後の34年1月5日には65.4℃で0.4℃の上昇が記録されている。残念ながらこの間の温度上昇の経過は全く推測の域を出ないが、Fig. 3に示した(1)と(2)のような形態が考えられ、屈斜路地震の例から類推すると、(1)の可能性が強い。1936年末までに0.2℃の回復をみたが、それ以後屈斜路地震までの期間には変化していないから、0.2℃の永久温度上昇が残ったと考えてもよいであろう。この地震の阿寒湖畔までの震央距離は480kmであるが、後でのべるように、これまでの多くの事例からみて変化が観測されることは充分あり得ることである。この地震では三陸沿岸各地で地下水の減水・混濁などが報告されている(脇田, 1978)が、北海道内での地下水変化の報告はないようである。

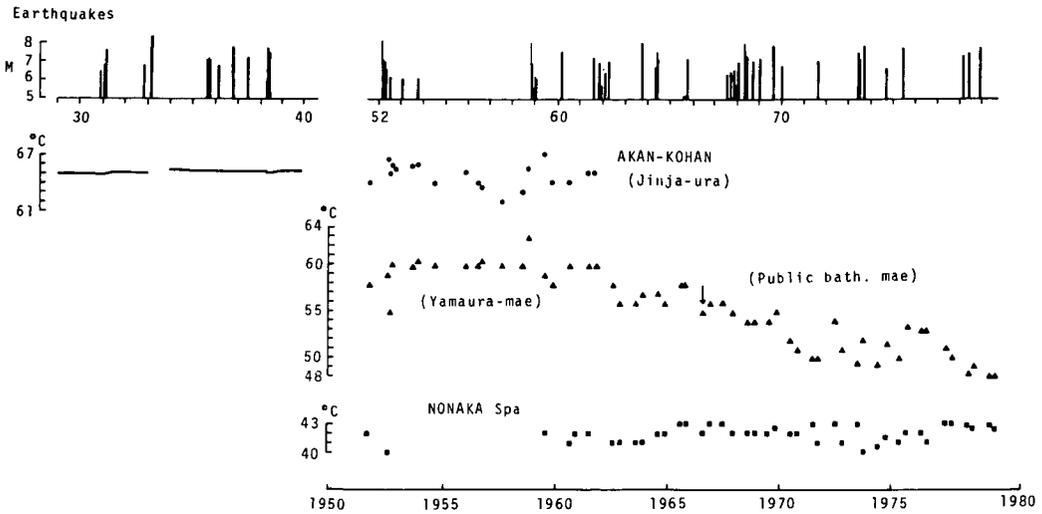


Fig. 4. Temperature variation of hot springs in the Teshikaga region and earthquakes with potential to cause change in these hot springs. Measurement at Jinja-ura orifice was interrupted from 1940 to 1951. ↓ shows change of orifice.

なお、1929年後半から31年前半までにみられる湾型の温度変化も有意である可能性があるが、この変化に対応するとみられる地震は見当たらない。前兆現象として三陸沖地震 (M8.3) と関係があってもよいかも知れないが、ここでは事実をあげるにとどめておく。

1951年以降の温度変化

1951年以降の測定結果を Fig. 4 に示す。1929-39年の阿寒湖畔温泉の結果も同時に示してある。阿寒湖畔神社裏湯元では約10年間の中断の後、同じ所で測定が再開された。測定場所が正確に同じであるかどうかは不明であるが、前後の温度に著しい差がないことからデータの連続性はよいものと考えられるが、1951年に測定再開後の温度の分散が大きくなっていることが一見してわかる。この測定は1961年に中止されたが、1951年から同じ阿寒湖畔温泉の山浦前湯元でも測定が始められ、66年に公衆湯場前湯元に測定地点を変更して、現在も続けられている。1963年頃からこの温泉の温度は下がりはじめ1980年までに約10°Cの低下が記録されている。これは阿寒湖畔の温泉地としての発展に伴う温泉水利用量の増加によるものとみられる。現在も孤立して存在する野中温泉の温度が1960年以來かなり安定していることからこの考えは支持されよう。

温泉温度変化と地震との対応

平賀 (1974) は地下水に変化を与えた地震の例を多数集めて調べた結果、影響の出現する範囲は水平動地動振幅が1 cm 以上になるところで、地震のマグニチュード M と震央距離 D km との関係では式

$$M=1.5 \log D+3.0$$

で計算される値より大きな M をもつ地震については地下水に変化の現われる可能性があることを示している (Fig. 5)。

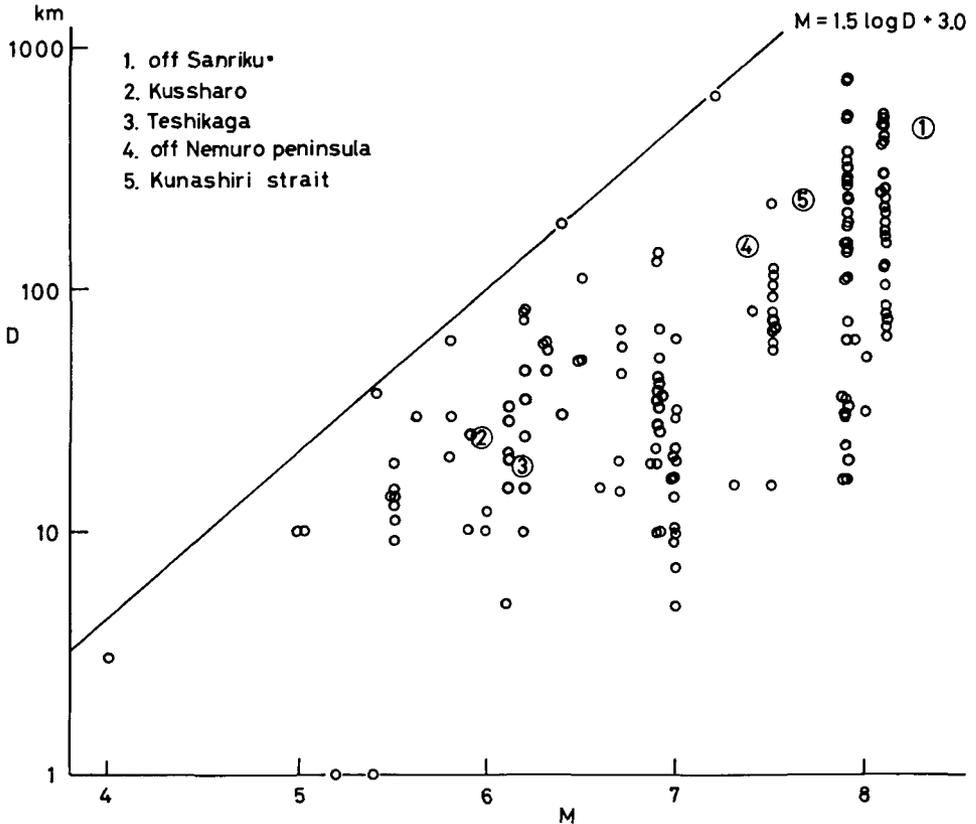


Fig. 5. Plot shows that earthquake with magnitude M caused change in groundwater at a place at epicentral distance D . These events occurred in and around Japan. Data in Table 2 are added on the original plot after HIRAGA (1974).

弟子屈地方には地震計による観測で地動振幅を知るデータはないので、ここでは上の式だけを用いて、弟子屈地方の温泉に変化を与える可能性のある地震を気象庁の「地震月報(別冊2), (別冊3)」および「地震月報」から調べ出して Fig. 4 の上方に示してある。これらの地震の大部分に温泉温度変化を伴っていてその重ね合せが温度測定分散を大きくしていることも考えられなくはないが、1939年以前のデータと合せ考えると全く否定的であり、1951年以降の測定値の分散が大きくなっている原因は別に追求されるべきであろう。以下で、いくつかの地震について既に知られていることとここで気がついたことをのべる。

1952年3月4日十勝沖地震

この地震 ($M8.1$) では北海道内一円の井水、温泉に変化があり(札幌管区气象台, 1954), 阿寒湖畔温泉でも51年12月頃より温泉温度の低下, 湧出量の減少, 地震後の温度上昇, 湧出量の増加が報告されている(山口・大野, 1953)が, Fig. 4のデータからは変化はよみとり難い。神社裏湯元では51年8月の測定で64.0°C, 地震後の52年6月の測定は66.5°Cで, 2.5°Cの温度上昇, 山浦前湯元では同じ測定日で58.0°Cから59.0°Cへ1.0°Cの温度上昇が記録されているから, 前述の報告と考え合わせると前兆的温度低下があつて, 地震時にかなりの温度上昇があつたが地

震後3ヵ月の間に大部分は回復したものとみられる。

1959年1月31日弟子屈地震

この地震 ($M6.2$) に伴って温泉に変化のあったことはすでにのべた (Fig. 2) が, Fig. 4 のデータからこの地震には前兆とみられる温度上昇もあったようにみえる。すなわち, 阿寒湖畔温泉の神社裏湯元では, 1958年6月に 63.0°C , 同年9月に 65.5°C でこの間に 2.5°C の上昇を示し, 山浦前湯元でも同じ期間に 60.0°C より 63.0°C へ 3°C の上昇を示している。これはそれ以前の測定値とくらべて有意なものである可能性が強いから, 弟子屈地震の少なくとも半年前から前兆的变化が現われていたと考えられる。

1965年8月31日弟子屈地震

この地震 ($M5.1$) については, Fig. 4 のデータからは何の変化もよみとれない。釧路地方気象台 (1968) が地震直後の9月1日に行なった現地調査では, 弟子屈周辺の各温泉には変化はなかったが, 井戸水および川水には混濁, 増減水などの変化が見出されている。

1967年11月4日弟子屈地震

この地震は $M6.5$ でこの地方の浅発地震としては最も大きなものであったが, Fig. 4 のデータからは何の変化もよみとれない。釧路地方気象台 (1969) による地震直後の11月5日に行なわれた現地調査では, 阿寒湖畔温泉公衆浴場前湯元では温度, pHには変化はなかったが, 湯量は約3倍に増加したことが知られている。

1973年6月17日根室半島沖地震

この地震 ($M7.4$) の直前の6月7日に行なわれた野中温泉の測定温度は 43°C であったが, 地震後の9月の測定では 40°C で 3°C の低下があった。野中温泉では前後2回の測定で 3°C の温度差があったのはこの時だけであり, この 3°C の低下後1977年前半までにもとへ回復するように温度変化しているから, このときも地震に伴って変化が現われたものと考えられる。

IV. pH の変化と地震

Fig. 6 に pH の測定結果を示す。いずれもそれほど明瞭なものとはいえないが, 以下にのべる変化は地震と関連しているかも知れない。

① 1958年9月には阿寒湖畔温泉神社裏湯元で pH 6.9, 山浦前湯元で 6.8 であったが, 59年1月31日の弟子屈地震 ($M6.2$) の後の2月3日にはともに pH 7.2 へ増加した。

② 1973年6月17日根室半島沖地震 ($M7.4$) 後の9月と74年5月の測定の間で, 阿寒湖畔温泉で pH 0.4, 野中温泉で pH 0.8 の増加があった。この地震の前後では両温泉ともに pH 0.1 の減少で何の変化も示していない。

③ 1974年以降, 阿寒湖畔温泉, 野中温泉ともに pH 値はかなり一様に減少傾向を示していたが, 1978年12月6日の国後水道地震 ($M7.7$, 深さ 100 km) の後に pH が増加した。なお, この地震の際に島村 (1980) は弟子屈町にある深さ 210 m の井戸底で 0.13°C の水温上昇を見出している。

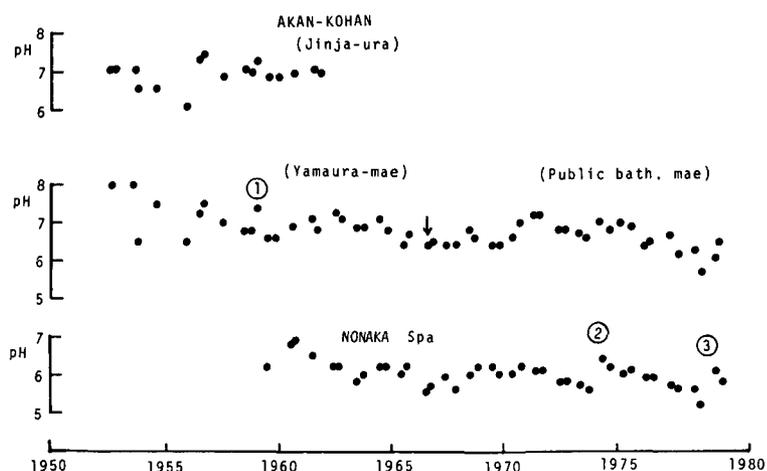


Fig. 6. pH variation of hot springs in the Teshikaga region. ↓ shows change of orifice. ①, ② and ③ may be significant change in relation to earthquake.

V. ま と め

以上のべた地震に関連して変化したとみられる測定値を Table 2 に示す。これらの地震を Fig. 5 に書き加えた。脇田 (1978) の表にここで得られた事例を追加して Table 3 に示す。

Table 2. Change in hot springs with relation to earthquakes.

Earthquake	M	D(km)	Hot spring	Date	Temp.	pH	Remarks
off Sanriku	8.3	480.0	Akan-kohan (Jinja-ura)	1932 Dec. 25	65.0°C		temp. increase by 0.4°C, recovery by 0.2°C by the end of 1936.
				33 Mar. 03	earthq.		
Kussharo	6.0	25.3	Akan-kohan (Jinja-ura)	34 Jan. 05	65.4°C		temp. decrease by 0.2°C, recovery by the end of 1938.
				38 May 29	earthq.		
Teshikaga	6.2	20.3	Akan-kohan (Jinja-ura)	1958 June	63.0°C	7.0	pre-seismic temp. increase by 3°C.
				58 Sept.	65.5°C	6.9	
				59 Jan. 31	earthq.		
				59 Feb. 03	66.0°C	7.2	
			59 June	67.0°C	6.8		
			(Yamaura- mae)	1958 June	60.0°C	6.8	
				58 Sept.	63.0°C	6.8	
				59 Jan. 31	earthq.		
59 Feb. 03	62.0°C	7.2					
59 June	59.0°C	6.6					
off Nemuro peninsula	7.4	154.0	Nonaka spa	1973 June 07	43.0°C	5.7	temp. decrease by 3°C, recovery by 1977.
				73 June 17	earthq.		
				73 Sept.	40.0°C	5.6	
Kunashiri strait	7.7	270.0	Nonaka spa	1978 Sept.	42.5°C	5.2	pH increase.
				78 Dec. 06	earthq.		
				79 June	42.8°C	6.1	
			Akan-kohan	1978 Sept.	49.1°C	5.7	
				78 Dec. 06	earthq.		
79 June	48.0°C	6.1					

Table 3. Change in groundwater with relation to earthquakes.

Earthquake			Change in groundwater				main region affected	
Date	Epicentral reioign	M	flow inc.	temp. dec.	temp. up down	chemical change		turbidity
1933 Mar.03	off Sanriku	8.3	⊙	●			⊙	Pacific coast of northern Honshu
1938 May 29	near L.Kussharo	6.0	○		○●			Wakoto spa
1952 Mar.04	off Tokachi	8.1	○	⊙	○●	⊙	○	whole region of Hokkaido
1959 Jan.31	near Teshikaga	6.2	○	○	○⊙	●	○	Teshikaga region
1965 Aug.31	near Teshikaga	5.1	●	●			●	Teshikaga region*
1967 Nov.04	near Teshikaga	6.5	●					Akan-kohan spa*
1968 May 16	off Hachinohe	7.9	○					Noboribetsu spa
1973 Jun.17	off Nemuro peninsula	7.4			●			Nonaka spa
1978 Dec.06	Kunashiri strait	7.7			●	●		Nonaka spa Teshikaga town**
1980 Feb.23	off Etrofu Is.	7.2			●			Teshikaga town**

Original table was compiled by WAKITA (1978) and his data are shown by open symbols. Data treated in this paper are added by solid symbols. *after Kushiro L. M. O. (1968, 1969), **after SHIMAMURA (1980). Double symbols show pre-seismic change as well as co-seismic and post-seismic change. Others show no pre-seismic change.

Table 4. List of shallow earthquakes with $M > 4$ in the Teshikaga region.

Date	Time	Epicenter	d	H
				km
*1938 May 29	01 42 ^{h m}	43.6°N 144.3°E	6.0	20
1953 Mar. 04	05 52	—————	4	—
1959 Jan. 22	16 33	43.45° 144.2°	5.7	0-10
*1959 Jan. 31	05 38	43.35° 144.4°	6.2	20
1959 Jan. 31	07 16	43.45° 144.4°	6.1	0
1959 Jan. 31	07 40	43.4° 144.4°	4.3	0
1959 Feb. 06	16 19	43.5° 144.4°	5.0	0
1961 Apr. 09	03 40	43°26' 144°27'	4.1	0
1963 Apr. 23	15 43	43°30' 144°19'	4.1	0
1963 Oct. 05	13 22	43°30' 144°19'	4.1	0
*1965 Aug. 31	16 49	43°29' 144°26'	5.1	0
1965 Aug. 31	17 04	43°27' 144°26'	5.0	0
1965 Sept.09	13 39	43°28' 144°18'	5.1	0
*1967 Nov. 04	23 30	43°29' 144°16'	6.5	20
1967 Nov. 04	23 45	43°30' 144°10'	5.7	0
1967 Nov. 05	01 03	43°31' 144°21'	4.4	0
1968 Apr. 01	11 03	43°31' 144°22'	4.8	0
1971 Mar. 22	10 07	43°31' 144°20'	4.3	0
1972 Oct. 31	00 59	43°30' 144°19'	4.3	0

Notice that change in groundwater associated with all series of earthquakes including *event with $M > 5$ has, been observed.

1926年以降現在までに弟子屈地方で発生したM4以上の浅発地震をTable 4に示す。*印を付した4個の地震で地下水(温泉, 井水, 川水)に変化が出現したことをのべたが, 一連の地震が続いたときにはどの地震で地下水に変化が生じたかまではわからないので, 前震または余震では変化が生じなかったというよりは, M5以上の地震を含む地震活動があったときはすべての場合に地下水に変化がみられたというべきであろう。鈴木・笠原(1978)はこれらの地下水変化を地震の発生メカニズムとの関連で論じている。

弟子屈地方の温泉温度とpHの測定結果を紹介し, これまでにある資料を地震との関連で見直してみる立場で, いくつかの気がついたことをのべた。1939年以前のデータは測定密度が充分であれば, 従来知られているよりかなり微小な変化も追跡出来ることを示している。最近は周囲の人工的擾乱が大きくなって条件の良い測定地点が少なくなっているかも知れないが, 長期間にわたる観測を続ければ地震発生に関連する有効な情報が得られる可能性は高い。

最近, 島村(1979)らを中心として展開されつつある精密水温計による連続観測はこの可能性を実証するものであり, すでに, 1980年2月23日のエトロフ島沖地震(M6.8)では, 前述した深井戸で地震と同時に立ち上がり時定数約5時間で約0.05°Cの上昇を示す水温変化の過程の詳細をとらえることに成功している(島村, 1980)。今後は, 現象の記述にとどまらず, 変化のメカニズムなどを考えるのに耐え得る良質のデータが多く集積されるものと期待される。

おわりに, 長期間にわたって貴重な測定を続けられ, またこの調査のために資料の問合せ提供に依じて頂いた釧路地方気象台の各位に敬意と謝意を表します。また, 終始有益な助言を惜まなかった神奈川県温泉地学研究所の平賀士郎研究員に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 石川俊夫, 1938, 5月29日地震後の屈斜路地方見聞, 科学8, 409-414.
 平賀士郎, 1974, 地震前後の温泉変化について, 火山II, 19, 62-63.
 釧路地方気象台, 1959, 弟子屈付近強震調査, 験震時報, 24, 47-58.
 釧路地方気象台, 1968, 昭和40年8月31日弟子屈付近に起った地震について, 験震時報, 32, 51-62.
 釧路地方気象台, 1969, 昭和42年11月4日の弟子屈付近地震現地調査報告, 験震時報, 33, 31-35.
 札幌管区気象台, 1954, 十勝沖地震前後に発生した特殊地象並びに火山, 温泉観測報告, 十勝沖地震調査報告(十勝沖地震調査委員会), 150-162.
 島村英紀, 1979, 深井戸用精密水温計の開発と予備観測, 地震学講演予稿集1, 124.
 島村英紀, 1980, 精密地下水温の「サイсмоグラム」, 地震学会講演予稿集1, 157.
 SHOLZ, C. H., L. R. SYKES, and Y. P. AGGARWAL, 1973, Earthquake prediction: a physical basis, *Science* 181, 803-810.
 鈴木貞臣・笠原 稔, 1978, 根室半島沖地震後の弟子屈および根室における地殻水平歪と弟子屈浅発地震について, 2つの特定地域における地震活動の研究(自然災害科学特別研究成果, No. A-53-5), 43-54.
 脇田 宏, 1978, 地下水の水位・化学組成変化, 地震予知の方法(東京大学出版会), 146-166.
 山口富子・大野 譲, 1953, 十勝沖地震による阿寒鳴動報告, 験震時報, 17, 69-75.