

## Die Veränderung der chemischen Zusammensetzung der Thermalquellen unter dem Einfluss der Gezeiten.

Von Kazuo KURODA.

(Eingegangen am 23. Juni 1942.)

### Einleitung.

Die Zusammenhänge zwischen den Thermalquellen und den Gezeiten sind von einigen Forschern bemerkt und vor allem vom geophysikalischen Standpunkt aus genau untersucht worden. Über die Veränderung der chemischen Zusammensetzung von Thermalquellen unter dem Einfluss von Ebbe und Flut sind jedoch bisher nur wenige Tatsachen bekannt, und wenn auch das Thermalwasser in seltenen Fällen analysiert wurde, so war die Analyse meist unvollkommen und ungenau. Keine Regelmässigkeiten in den Erscheinungen konnten bisher gefunden werden. Wir haben kürzlich die regelmässige Veränderung der Zusammensetzung der Thermalquellen von Ito, in der Provinz Sizuoka, beobachtet und ihre Abhängigkeit von Ebbe und Flut festgestellt. Die tägliche und zeitliche Veränderung ist erstaunlicherweise regelmässig und sehr gross. Wir fanden dabei eine unerwartete Tatsache: eine Thermalquelle hat ihre maximale Konzentration bei der Ebbe, ihre minimale Konzentration bei der Flut. Wir beabsichtigen ferner unsere Untersuchungen an anderen Thermalquellen, in verschiedenen Gegenden und bei verschiedenen Gezeitenverhältnissen vorzunehmen. Wir werden die Zusammenhänge zwischen See-, Grund-, und Thermalwasser klar zu machen, und ferner den Mechanismus der Thermalquellen zu erklären suchen. In dieser Abhandlung möchten wir jedoch die bis jetzt von uns erzielten Ergebnisse mitteilen.

**Die Thermalquellen von Ito.** Die Thermalquellen von Ito liegen an der östlichen Seeküste der Izu-Halbinsel. Sie sind sehr berühmt durch die grosse Zahl ihrer Quellen und ihre hohe Ergiebigkeit. Fukutomi und Fujii<sup>(1)</sup> haben im Jahre 1936 diese Thermalquellen geophysikalisch untersucht, und Temperatur, Ergiebigkeit, und Wasserniveau gemessen, sowie viele Quellen analysiert. Im Jahre 1940, hat T. Nakai<sup>(2)</sup> den Radiumgehalt der 20 Thermalquellen von Ito bestimmt und zeigt, dass die Radiumgehalte mit der Fukutomi'schen Theorie, nach der die Thermalquellen von Ito durch die Mischung von zwei verschiedenen Arten von Urthermalwasser und einem kalten Grundwasser gebildet werden, erklärt werden können. K. Okabe<sup>(3)</sup> hat kürzlich diese Quellen spektroskopisch analysiert und die Gegenwart von Silber und Gold in dem Thermalwasser nachgewiesen.

(1) K. Fukutomi und Z. Fujii, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **15**(1937), 506-535.  
K. Fukutomi, *Zisin*, **12**(1940), 404.

(2) T. Nakai, *dies Bulletin*, **15**(1940), 377.

(3) K. Okabe, Noch unveröffentlicht.

Die Gegenwart dieser Elemente ist nicht so unwahrscheinlich, da es in der Nachbarschaft von Ito einige Goldminen gibt. Okabe untersucht weiter die katalytische Wirkung dieser Thermalquellen. Einige Thermalquellen sind schon früh im Jahre 1889 vom chemisch-hygienischen Institut analysiert worden<sup>(4)</sup>. Die Radioaktivität wurde von R. Ishizu und Y. Kinugasa im Jahre 1913<sup>(4)</sup> und von dem Verfasser im März 1942 gemessen.

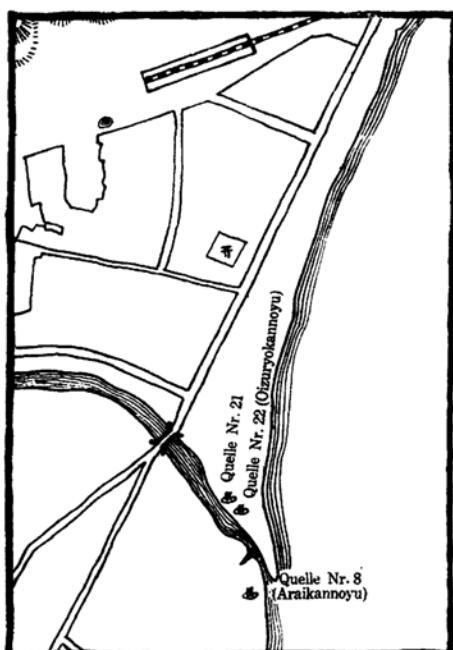


Abb. 1.

**Analysenmethode.** Eine hohe Genauigkeit der Analyse ist die notwendige Vorbedingung für unsere Untersuchung. Da eine grosse Zahl von Analysenresultaten notwendig ist, muss die Analysenmethode möglichst einfach und schnell sein. Die mühsame gravimetrische Methode ist unbrauchbar, wenn sie auch sehr genau ist. Wir haben deshalb hauptsächlich die volumetrische Methode angewandt.

(a) Temperaturmessung. Die Temperatur wurde mit dem Maximum-Thermometer gemessen.

(b) pH-Messung. pH wurde

kolorimetrisch mit Phenolrot als Indikator gemessen.

(c) Ergilbigkeitsmessung. Die Zeit, die zur Füllung eines 8-l-Eimers notwendig war, wurde gemessen.

(d) Atmosphärendruck. Mit einem Barometer gemessen.

(e) Abdampfrückstandbestimmung. 100 ccm Thermalwasser auf einem Wasserbad abgedampft, 1 Stunde bei 110°C getrocknet, und gewogen.

(f) Chlor. Zu 20 ccm Wasserprobe wurden 0.5 ccm  $K_2CrO_4$  Lösung (10%ig) addiert, und mit N/10  $AgNO_3$  Lösung titriert. N/10  $AgNO_3$  Lösung: 16.9888 g  $AgNO_3$  in 1 Liter Wasser gelöst. 1 ccm von dieser Lösung entspricht 3.5457 mg  $Cl^-$ .

(g) Sulfat. Zu 100 ccm Wasserprobe wurde Benzidinhydrochloridlösung addiert, 5 Minuten mit einem Rührstock gerührt, durch 5A Toyo-Filterpapier filtriert, 2 mal mit je 10 ccm kaltem Wasser gewaschen. Der Niederschlag von Benzidinsulfat und das Filterpapier wurden in einen Becher gebracht, 100 ccm Wasser addiert, bis 60°C erwärmt, und nach Zusatz von etwa 2 ml Phenolphthaleinlösung mit N/10 NaOH bis zur bleibenden Rotfärbung titriert.

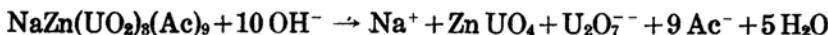
(4) R. Ishizu, "The Mineral Springs of Japan," 71, Tokyo (1915).

Benzidinlösung:<sup>(5)</sup> Zur Herstellung der Benzidinlösung löst man 6.7 g reine Benzidinbase in 20 ml HCl (D=1.12) und verdünnt mit Wasser zu 1 Liter.

(h) Bestimmung von Calcium. Zu 50 ccm Wasserprobe addiert man 5 ccm NH<sub>4</sub>OH (5:95) und kocht die Lösung. 10 ccm Ammoniumoxalatlösung (gesättigt) wurde addiert und 3 Minuten gekocht, 1 Stunde stehen gelassen und filtriert. Der Niederschlag wurde mit kaltem Wasser 5 mal gewaschen, dann in 20–30 ccm heissem H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1:3) gelöst, und bei 60–70°C. mit N/10 KMnO<sub>4</sub> Lösung titriert.

1 ccm N/10 KMnO<sub>4</sub> Lösung entspricht 2.004 mg. Ca.

(i) Bestimmung von Natrium. (a) Volumetrische Methode<sup>(6)</sup>. 10 ccm Wasserprobe wurden vorsichtig bis auf 5 ccm abgedampft. 35 ccm Zink-Uranyl-Acetat Reagens addiert. 5 Min. gerührt, 1 Stunde stehen gelassen und durch ein Glasfilter filtriert. Sodann 4 mal mit je 2 ccm absolutem Alkohol gesättigt mit dem Niederschlag von Zn·Na·(UO<sub>2</sub>)<sub>3</sub> (C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub>)<sub>9</sub> gewaschen. Der Niederschlag wurde in 100 ccm Wasser gelöst und mit N/2 NaOH bis Rotfärbung von Phenolphthalein eintrat, titriert. Dann wurde die Lösung gekocht, und wenn die Lösung farblos geworden, 5 ccm N/2 NaOH addiert und 5 Min. gekocht. Diese Operation wurde wiederholt bis zur bleibenden Rotfärbung. Dann titriert man den Basenüberschuss mit N/2 HCl. Die Reaktion verläuft wie folgt:



Wir müssen zuerst die Beziehung zwischen der Natriummenge und dem Volumen der N/2 NaOH Lösung mittels Natriumchlorid Normallösung feststellen. (b) Gravimetrische Methode<sup>(7)</sup>. Obenerwähnte volumetrische Methode ist jedoch nicht so genau. Wenn eine hohe Genauigkeit der Analyse erwünscht ist, müssen wir die gravimetrische Methode anwenden.

Der Niederschlag von Zn·Na·(UO<sub>2</sub>)<sub>3</sub> Acetat wurde durch ein Glasfilter filtriert, mit Alkohol gewaschen, bei 110°C. 30 Min. getrocknet und gewogen.

### Experimentalresultat.

#### 1. Zeitliche Veränderung des Chlorgehaltes der Quelle Nr. 13 (Araikanoyu) am 15. März, 1942.

Die Quelle Nr. 13 liegt sehr nahe an der Seeküste (ungefähr 50 m), in der Nähe des Ufers des Ito-Okawa Flusses.

Die Quelle ist 90.90 m. tief. Sie wurde im Jahre 1919 ausgebaut. Der Besitzer sagt, dass diese Thermalquelle beträchtlich durch Ebbe und Flut beeinflusst wird.

(5) Kurtenacker, "Analytische Chemie der Sauerstoffsäuren des Schwefels," 24, Stuttgart (1938).

(6) Dobbins und Byrd, *J. Am. Chem. Soc.*, 53 (1931), 3288.

(7) Caley und Foulk, *J. Am. Chem. Soc.*, 51 (1929), 1664.

Der Verfasser war am 15. März 1942 in Ito gewesen, und hat je 1 Stunde, Temperatur und Chlorgehalt dieser Quelle gemessen. Das Resultat ist in Tabelle 1 angegeben (Tabelle 1).

Tabelle 1. Quelle Nr. 13.

15. März 1942.

Zeit	Temp. der Quelle °C	Cl' (g/L)
10 <sub>h</sub> . 10	41.5	1.4410
11 <sub>h</sub> . 10	41.5	1.4374
12 <sub>h</sub> . 10	41.5	1.4566
13 <sub>h</sub> . 5	41.7	1.4717
14 <sub>h</sub> . 5	41.7	1.4916
15 <sub>h</sub> . 5	41.5	1.5178

Tabelle 2.

Zeit	Niveau (cm)	Flut		Ebbe	
		Zeit	Niveau (cm)	Zeit	Niveau (cm)
4 <sub>h</sub> . 15	138	10 <sub>h</sub> . 00	59		
15 <sub>h</sub> . 45	138	22 <sub>h</sub> . 25	14		

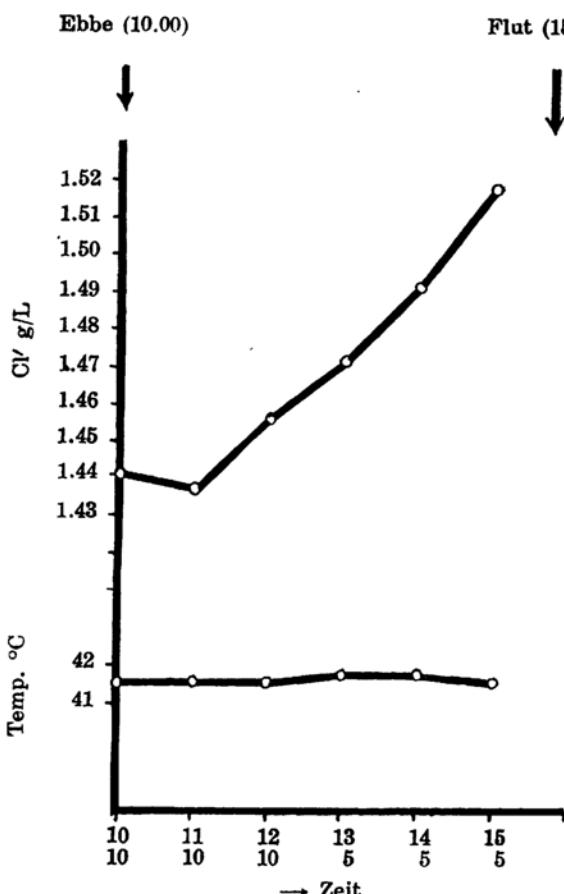


Abb. 2. Quelle Nr. 13. 15. März 1942.

sehr ähnlich wie am 15. März 1942. (Tabelle 3).

Wie man aus Abb. 3 ersieht, wird das Niveaumaximum um 15<sub>h</sub> 20 erreicht, um 16<sub>h</sub> 00 zeigt sich jedoch ein höherer Gehalt an Chlor als um

Die Temperatur bleibt beinahe konstant, der Chlorgehalt vergrössert sich indes merkwürdigerweise regelmässig. Die Zeit von Ebbe und Flut in Ito war am 15. März 1942, wie folgt (Tabelle 2).

Wie man aus Abb. 2 ersieht, gehen Niveau und Chlorgehalt parallel zueinander. Es kann nicht bezweifelt werden, dass die regelmässige Veränderung des Chlorgehalts dieser Quelle von Ebbe und Flut verursacht wird. Die Experimente wurden leider nicht lange fortgesetzt, so dass wir das Resultat nicht ausführlich diskutieren können.

## II. Zeitliche Veränderung des Chlorgehaltes der Quelle Nr. 13 (Arai-kannoju) am 30. März 1942.

Am. 30. März 1942 wurden wieder die Chlorbestimmung, Temperatur- und pH Messung durchgeführt. Das Resultat war

15<sub>h</sub> 00. Der Zusammenhang zwischen Niveau und Chlorgehalt scheint etwas verschoben.

Tabelle 3. Quelle Nr. 13.  
30. März 1942.

Zeit	Temp. der Quelle °C (Lufttemperatur °C)	pH	Cl' (g/L)
13 <sub>h</sub> 00	41.5 (18.3)	7.45	1.4339
14 <sub>h</sub> 00	41.5 (19.1)	7.45	1.4522
15 <sub>h</sub> 00	41.6 (19.0)	7.45	1.4636
16 <sub>h</sub> 00	— (—)	7.45	1.4771

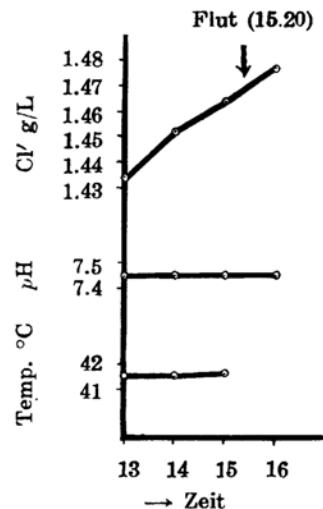


Abb. 3. Quelle Nr. 13.  
30. März 1942.

### III. Zeitliche Veränderung der chemischen Zusammensetzung der Quelle Nr. 21 von 30. bis 31. März 1942.

Diese Quelle liegt an der anderen Seite des „Ito-Okawa“, ungefähr 100 m von der Seeküste entfernt.

Ort der Quelle: 178-18, Kuzumihara, Matubara, Ito, Takata-Gun, Sizuoka-Ken (Provinz Sizuoka).

Besitzer: Herr T. Kitamura.

Verwalter: Herr M. Saito.

Tiefe der Quelle: 205.5 m (bis 52 m Eisenrohr).

Die Quelle soll beträchtlich von Ebbe und Flut beeinflusst werden. Die Quelle wird auch von dem Niveau des Flusswassers beeinflusst.

Wir haben vom 30. bis 31. März 1942, 24 Stunden an dieser Quelle, Temperatur, pH, Ergiebigkeit, Cl', SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Na', und Ca<sup>2+</sup> gemessen.

Die Zeit von Ebbe und Flut in Ito am 30.-31. März 1942 war, wie folgt (Tabelle 4):

Das Resultat ist in Tabelle 5 und in Abb. 4 angegeben.

Tabelle 4.

	Flut		Ebbe	
	Zeit	Niveau (cm)	Zeit	Niveau (cm)
30. März	3 <sub>h</sub> 35	138	9 <sub>h</sub> 35	51
	15 <sub>h</sub> 20	137	21 <sub>h</sub> 55	20
31. März	4 <sub>h</sub> 5	143	10 <sub>h</sub> 10	36
	16 <sub>h</sub> 15	147	21 <sub>h</sub> 35	19

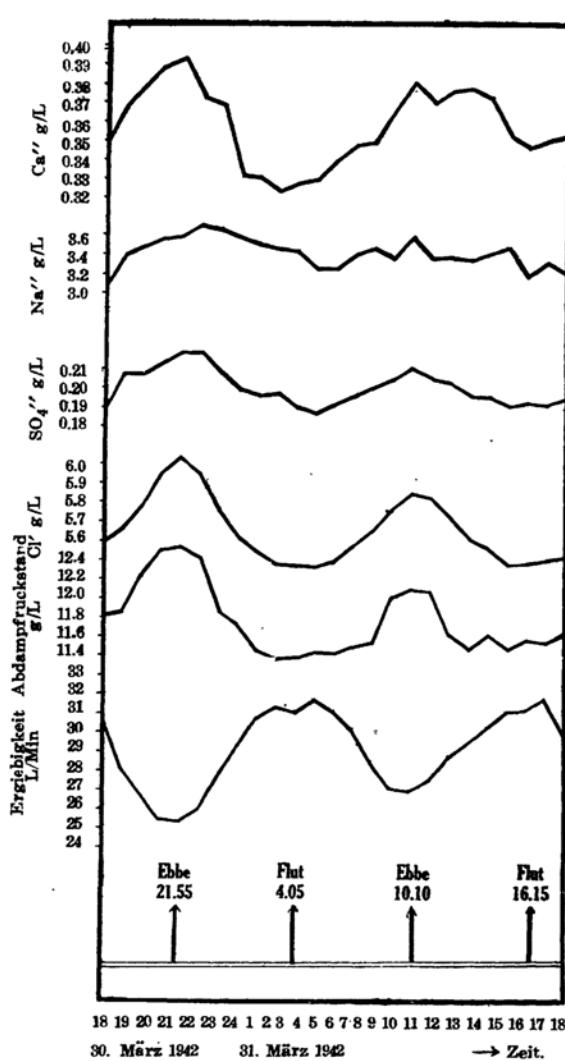


Abb. 4. Quelle Nr. 21. 30-31. März 1942.

24. April um 9<sub>h</sub> (Flut Zeit 9.20) und am 25. April um 2<sub>h</sub> (Flut-Zeit 0.45). Die Veränderung des Sulfates war nicht sehr regelmässig, weil die Analysemethode von Sulfat nicht so genaue Messungen ermöglicht wie bei Chlor. Wir konnten daher bei dem Sulfatgehalt die zu erwartenden kleinen Veränderungen nicht feststellen. Die Neigung scheint jedoch ähnlich zu sein. Die Ergiebigkeit war ebenfalls etwas unregelmässig.

Die Zeit von Ebbe und Flut in Ito am 24.-25. April 1932 war, wie folgt (Tabelle 6).

#### V. Zeitliche Veränderung der chemischen Zusammensetzung der Quelle Nr. 22. (Oizuryokannoju) vom 24. bis 25. April 1942.

Diese Quelle sprudelt ganz in der Nähe der Quelle Nr. 21, jedoch näher der Küste. Die Quelle ist auch ungefähr 100 m von der Seeküste entfernt. Tiefe der Quelle: 156 m (Eisenrohr 73 m).

Die Beziehung ist in diesem Fall ganz merkwürdig. Niveau und Ergiebigkeit verliefen ganz parallel, Cl', SO<sub>4</sub>', Na', Ca'', usw. verändern sich jedoch umgekehrt. Die Maxima von Cl', SO<sub>4</sub>', Na', Ca'', usw. stimmen mit den Minima von Niveau und Ergiebigkeit überein.

#### IV. Zeitliche Veränderung der chemischen Zusammensetzung der Quelle Nr. 21 vom 24. bis 25. April 1942.

Wir haben vom 24.-25. April 1942, d.h. in einer Halbmondnacht, bei dieser Quelle wieder dasselbe Experiment durchgeführt. Es wurde erwartet, dass in dieser Nacht das Niveau beinahe konstant und dementsprechend die Zusammensetzung auch nicht so gross ist. Das Resultat entsprach unserer Erwartung. Die Veränderungen von Temperatur, pH, Ergiebigkeit, Chlor, und Sulfat sind sehr gering, Maxima von Chlorgehalt traten zweimal auf, am 24. April um 17<sub>h</sub> und am 25. April um 7<sub>h</sub>, Minima traten ebenfalls zweimal auf, am

Tabelle 5. Quelle Nr. 21. 30-31 März 1942.

Zeit	Luft- temp. (°C)	Temp. der Quelle (°C)	pH	Er- giebig- keit (L/Min)	Ab- dampf- rück- stand (g/L)	Cl' (g/L)	SO <sub>4</sub> '' (g/L)	Na' (g/L)	Ca'' (g/L)
18 <sub>h</sub> . 00	17.0	45.0	7.3	33.5	11.80	5.582	1.890	3.09	0.3486
19 <sub>h</sub> . 00	16.4	45.0	7.2	28.2	11.84	5.659	2.070	3.41	0.3667
20 <sub>h</sub> . 00	17.6	45.0	7.3	25.7	12.22	5.780	2.061	3.48	0.3783
21 <sub>h</sub> . 00	16.0	45.0	7.3	23.0	12.48	5.954	2.122	3.57	0.3880
<b>22<sub>h</sub>. 00</b>	<b>15.5</b>	<b>45.0</b>	<b>7.4</b>	<b>22.8</b>	<b>12.52</b>	<b>6.032</b>	<b>2.171</b>	<b>3.59</b>	<b>0.3923</b> ← <b>Ebbe</b>
23 <sub>h</sub> . 00	14.7	45.0	7.3	24.0	12.40	5.936	2.180	3.72	0.3711 (21.55)
24 <sub>h</sub> . 00	14.2	45.0	7.3	27.7	11.85	5.748	2.072	3.68	0.3680
1 <sub>h</sub> . 00	13.7	45.0	7.3	30.6	11.71	5.610	1.982	3.59	0.3305
2 <sub>h</sub> . 00	13.1	45.0	7.3	33.6	11.44	5.535	1.951	3.52	0.3293
3 <sub>h</sub> . 00	12.7	45.0	7.3	34.8	11.37	5.475	1.965	3.47	0.3229
<b>4<sub>h</sub>. 00</b>	<b>12.7</b>	<b>45.0</b>	<b>7.3</b>	<b>34.2</b>	<b>11.38</b>	<b>5.464</b>	<b>1.893</b>	<b>3.45</b>	<b>0.3265</b> ← <b>Flut</b>
5 <sub>h</sub> . 00	12.2	44.9	7.3	35.5	11.43	5.461	1.863	3.26	0.3285 (4.05)
6 <sub>h</sub> . 00	12.3	44.9	7.3	34.2	11.42	5.489	1.916	3.26	0.3386
7 <sub>h</sub> . 00	12.5	45.0	7.3	32.4	11.49	5.578	1.960	3.41	0.3466
8 <sub>h</sub> . 00	12.4	45.0	7.3	29.0	11.53	5.656	2.005	3.48	0.3474
9 <sub>h</sub> . 00	13.5	45.0	7.3	26.2	12.02	5.762	2.042	3.37	0.3659
<b>10<sub>h</sub>. 00</b>	<b>15.0</b>	<b>45.0</b>	<b>7.3</b>	<b>25.9</b>	<b>12.09</b>	<b>5.840</b>	<b>2.100</b>	<b>3.59</b>	<b>0.3763</b> ← <b>Ebbe</b>
11 <sub>h</sub> . 00	15.1	45.0	7.4	27.0	12.06	5.815	2.048	3.37	0.3695 (10.10)
12 <sub>h</sub> . 00	13.8	45.0	7.4	29.5	11.60	5.713	2.029	3.38	0.3759
13 <sub>h</sub> . 00	12.0	45.0	7.3	30.9	11.44	5.606	1.952	3.35	0.3769
14 <sub>h</sub> . 00	11.9	45.0	7.3	32.5	11.60	5.557	1.948	3.42	0.3614
15 <sub>h</sub> . 00	17.7	45.0	7.3	34.3	11.44	5.472	1.900	3.50	0.3514
<b>16<sub>h</sub>. 00</b>	<b>17.0</b>	<b>45.0</b>	<b>7.3</b>	<b>34.3</b>	<b>11.55</b>	<b>5.479</b>	<b>1.912</b>	<b>3.19</b>	<b>0.3458</b> ← <b>Flut</b>
17 <sub>h</sub> . 00	15.8	45.0	7.3	35.5	11.53	5.493	1.905	3.33	0.3498 (16.15)
18 <sub>h</sub> . 00	14.0	45.0	7.3	32.0	11.61	5.514	1.942	3.21	0.3522

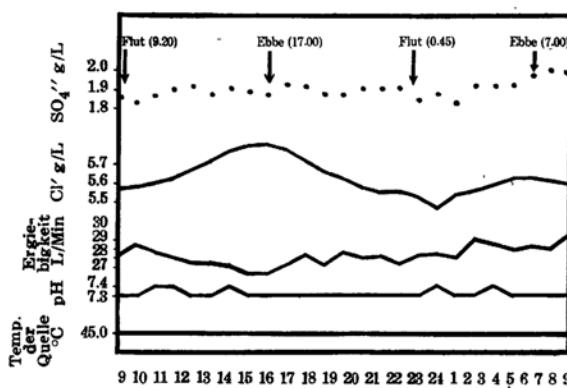


Abb. 5. Quelle Nr. 21. 24.-25. April 1942.

Tabelle 6.

Zeit	Flut	
	Niveau (cm)	
24. April	9.20	105
25. April	0.45	120
	11.40	103
Zeit	Ebbe	
	Niveau (cm)	
24. April	5.00	94
	17.00	45
25. April	7.00	86
	18.35	47

Das Experimentalresultat ist in Tabelle 8 angegeben. Die Neigung war ganz dieselbe wie bei Quelle No. 21. Die Veränderung war jedoch etwas kleiner. Die Ursache dafür ist vielleicht darin zu suchen, dass diese Quelle ein längeres Eisenrohr als die Quelle Nr. 21 hat. Die Quelle sprudelt unter der Badeanstalt hervor, die Probeentnahme war infolgedessen sehr schwer. Wir haben deshalb die Temperatur in der Badeanstalt

Tabelle 7. Quelle Nr. 21. 24-25. April 1942.

Zeit	Luft-Temperatur (°C)	Luftdruck (mm)	Temp. der Quelle (°C)	pH	Ergiebigkeit (L/Min)	Cl' (g/L)	SO <sub>4</sub> '' (g/L)
9 <sub>h</sub> 00	18.5	760	45.0	7.3	28.2	5.567	1.857 ← Flut (9.20)
10 <sub>h</sub> 00	19.5	760	45.0	7.3	29.4	5.575	1.830
11 <sub>h</sub> 00	22.1	758	45.0	7.4	28.7	5.590	1.868
12 <sub>h</sub> 00	23.0	758	45.0	7.4	28.1	5.613	1.900
13 <sub>h</sub> 00	23.4	758	45.0	7.3	27.6	5.669	1.915
14 <sub>h</sub> 00	23.7	758	45.0	7.3	27.7	5.707	1.872
15 <sub>h</sub> 00	22.1	757	45.0	7.4	27.4	5.760	1.905
16 <sub>h</sub> 00	24.0	757	45.0	7.3	26.5	5.790	1.888
17 <sub>h</sub> 00	21.8	757	45.0	7.3	26.4	5.798	1.875 ← Ebbe (17.00)
18 <sub>h</sub> 00	19.2	757	45.0	7.3	27.3	5.772	1.922
19 <sub>h</sub> 00	15.0	758	45.0	7.3	28.4	5.707	1.913
20 <sub>h</sub> 00	12.1	758	45.0	7.3	27.3	5.650	1.871
21 <sub>h</sub> 00	12.8	757.5	45.0	7.3	28.6	5.613	1.871
22 <sub>h</sub> 00	11.1	757.5	45.0	7.3	28.0	5.567	1.904
23 <sub>h</sub> 00	10.3	758	45.0	7.3	28.2	5.541	1.902
24 <sub>h</sub> 00	9.5	758	45.0	7.3	27.4	5.544	1.901
1 <sub>h</sub> 00	9.5	759	45.0	7.3	28.4	5.514	1.845 ← Flut (0.45)
2 <sub>h</sub> 00	8.8	758	45.0	7.4	28.6	5.465	1.878
3 <sub>h</sub> 00	8.3	758	45.0	7.3	28.1	5.533	1.829
4 <sub>h</sub> 00	8.2	758.5	45.0	7.3	30.0	5.556	1.911
5 <sub>h</sub> 00	8.0	758.5	45.0	7.4	29.5	5.582	1.919
6 <sub>h</sub> 00	9.7	759	45.0	7.3	28.9	5.613	1.920
7 <sub>h</sub> 00	13.0	759	45.0	7.3	29.3	5.620	1.978 ← Ebbe (7.00)
8 <sub>h</sub> 00	18.3	759	45.0	7.3	29.1	5.605	2.000
9 <sub>h</sub> 00	21.3	759	45.0	7.3	30.6	5.598	1.991

Tabelle 8. Quelle Nr. 22. 24-25. April 1942.

Zeit	Temp. der Quelle (°C)	pH	Cl' (g/L)
9 <sub>h</sub> 20	45.0	7.5	4.744 ← Flut (9.20)
10 <sub>h</sub> 30	45.0	7.5	4.733
11 <sub>h</sub> 30	45.0	7.5	4.748
12 <sub>h</sub> 30	45.0	7.5	4.752
13 <sub>h</sub> 30	45.0	7.6	4.752
14 <sub>h</sub> 30	45.0	7.5	4.793
15 <sub>h</sub> 30	45.1	7.5	4.793
16 <sub>h</sub> 30	45.1	7.5	4.797 } ← Ebbe (17.00)
17 <sub>h</sub> 30	45.1	7.6	4.786 }
18 <sub>h</sub> 30	45.0	7.6	4.759
19 <sub>h</sub> 30	45.0	7.6	4.759
20 <sub>h</sub> 30	45.0	7.6	4.733
21 <sub>h</sub> 30	45.0	7.5	4.729

gemessen. Hier fanden wir eine um 1°C. niedriger liegende Temperatur. Die richtige Temperatur der Quelle liegt also mit 46°C., etwas höher als die der Quelle Nr. 21.

**Diskussion.** K. Honda und T. Terada<sup>(8)</sup> bemerkten bei den Thermalquellen von Atami schon im Jahre 1906 eine regelmässige Hebung und Senkung des Wasserniveaus. Eine Thermalquelle, die in der Nähe der Oyu-Quelle (Geiser) liegt, verändert ihr

(8) K. Honda und T. Terada, Publications of the Earthquake Investigation Committee No. 22A (1906), 51.

Tabelle 8.-(Fortsetzung)

Zeit	Temp. der Quelle (°C)	pH	Cl' (g/L)
22 <sub>h</sub> . 30	45.0	7.5	4.714
23 <sub>h</sub> . 30	45.0	7.6	4.710
<b>24<sub>h</sub>. 30</b>	<b>45.0</b>	<b>7.5</b>	<b>4.695 ← Flut (0.45)</b>
1 <sub>h</sub> . 30	45.0	7.5	4.684
2 <sub>h</sub> . 30	45.0	7.6	4.702
3 <sub>h</sub> . 30	45.0	7.5	4.695
4 <sub>h</sub> . 30	45.0	7.5	4.695
5 <sub>h</sub> . 30	45.0	7.5	4.718
<b>6<sub>h</sub>. 30</b>	<b>45.0</b>	<b>7.5</b>	<b>4.736 } ← Ebbe (7.00)</b>
<b>7<sub>h</sub>. 30</b>	<b>45.0</b>	<b>7.6</b>	<b>4.740 }</b>
8 <sub>h</sub> . 30	45.0	7.6	4.729
9 <sub>h</sub> . 30	45.1	7.7	4.721

studiert. Er schreibt, dass die Ergiebigkeit sich parallel zu Ebbe und Flut verändert, die elektrische Leitfähigkeit der Thermalquellen aber genau umgekehrt ist. Dies ist eine sehr interessante Erscheinung, die wir chemisch noch einmal genau studieren müssen. K. Maeda<sup>(9)</sup> hat bei den Thermalquellen von Asamusi in der Provinz Aomori diese Erscheinung wieder vom geophysikalischen Standpunkt aus genau untersucht. Er schreibt über die Veränderung des Chlorgehalts nur sehr kurz wie folgt: „Der Chlorgehalt der Thermalquellen wurde bestimmt, genügende Ergebnisse konnten jedoch noch nicht erzielt werden.“

Fukutomi hat vom 5.-26. November 1937 siebzehn Thermalquellen in Ito untersucht. Er schreibt in seiner Mitteilung wie folgt:<sup>(1)</sup> „Die Ergiebigkeit der Thermalquellen von Ito verändert sich, die Temperatur und der Chlorgehalt aber bleibt immer beinahe konstant“. In seiner Abhandlung über die Thermalquellen von Yatu schreibt Fukutomi wieder wie folgt<sup>(10)</sup>: „Die Veränderung der Ergiebigkeit der Thermalquellen von Yatu beträgt 2/3 der Ergiebigkeit des Durchschnittsniveaus der Gezeiten. Die Temperatur und der Chlorgehalt ändert sich jedoch nur um 1/30. Wir können daher daraus schliessen, dass die Temperatur und der Chlorgehalt immer konstant war. Dies ist eine bemerkenswerte Erscheinung, und wir möchten annehmen, dass der Einfluss von Ebbe und Flut auf die Ther-

Niveau unter dem Einfluss des Geisers, und ein Thermalquelle, die in der Nähe der Seeküste liegt, unter dem Einfluss von Ebbe und Flut. Obige Autoren haben jedoch gar nichts über die Veränderung der chemischen Zusammensetzung der Thermalquellen geschrieben. R. Nomitu<sup>(10)</sup> hat bei den Thermalquellen von Beppu in der Provinz Oita den Einfluss der Gezeiten auf die Thermalquellen

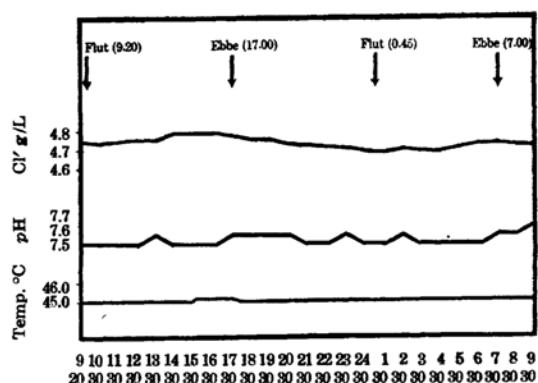


Abb. 6. Quelle Nr. 22. 24.-25. April 1942.

(9) K. Maeda, *Zisin*, 8 (1936), 1.(10) Fukutomi, *Zisin*, 8 (1936), 457.

malquellen nicht durch die Mischung von Seewasser und Thermalwasser verursacht wird, sondern nur der Veränderung des Gezeitendrucks auf den Wasserdruck im Thermalquellenwasserweg zuzuschreiben ist". Meine neue Untersuchung zeigt jedoch, dass diese Fukutomi'sche Theorie nicht immer gültig ist. Meine Ergebnisse können nicht erklärt werden, ohne die Mischung von Thermalwasser und anderem Wasser in Betracht zu ziehen. Die Veränderung des Chlorgehaltes der Quelle Nr. 13 (Araikanoyu) kann durch die Mischung von Seewasser und Thermalwasser leicht erklärt werden. Die regelmässige Veränderung der chemischen Zusammensetzung der Quelle Nr. 21 ist jedoch etwas schwer zu erklären. Die maximale Ergiebigkeit und minimale Konzentration stimmen immer überein. Es ist kaum anzunehmen, dass diese Erscheinung durch die Verzögerung des Einflusses der Gezeiten verursacht wird. Wir müssen also die Vermischung mit Grundwasser berücksichtigen. Dasselbe ist weit stärker verdünnt als das See- und Thermalwasser. Seine Temperatur ist uns noch nicht bekannt.

Weil die Temperaturveränderung jedoch immer weniger als  $0.1^{\circ}\text{C}$ . betrug, müssen wir daraus schliessen, dass die Mischung schon in der Tiefe geschieht oder dass die Temperatur des Grundwassers und des Thermalwassers ganz gleich war. In letzteren Fall, können wir die Vermischung in der Nähe der Erdoberfläche vermuten. Wir können dies schematisch darstellen (s. Abb. 7). Das Grundwasser stromt durch ein in der Nähe der Erdoberfläche liegendes Loch in das Eisenrohr ein. Bei der Ebbe ist das Niveau des Grundwassers unter diesem Loch, bei der Flut über diesem Loch. Es ist indes unwahrscheinlich, dass es in der Nähe der Erdoberfläche ein Loch in dem Rohr gibt, und dort die Temperatur des Grund- und Thermalwassers gleich ist. Es ist viel wahrscheinlicher und leichter zu erklären, dass die Vermischung in der Tiefe geschieht. Ein derartiges Modell wird in Abb. 8 gezeigt. In diesem Fall wirkt das

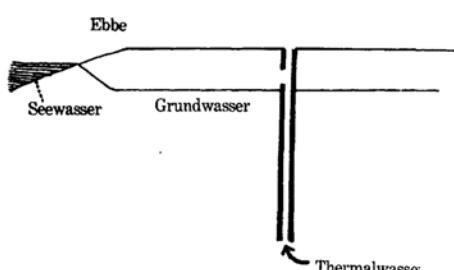
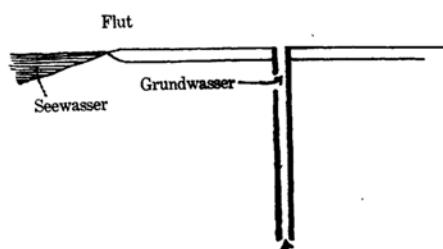


Abb. 7.

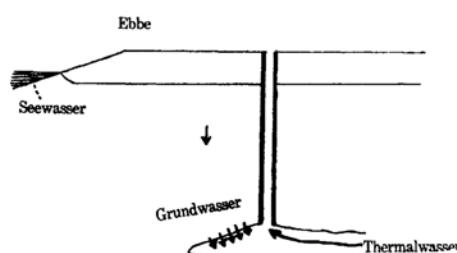
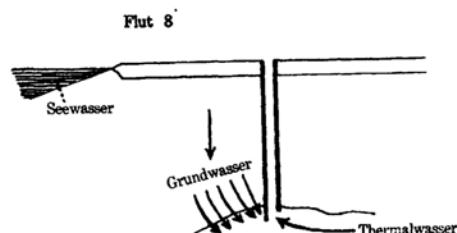


Abb. 8.

Seewasser nur druckgebend, d.h. das Seewasser fliessst gar nicht in das Thermalwasser ein, sondern drückt nur das Grundwasser ins Thermalwasser. Bei der Flut erreicht dieser Druck ein Maximum und die grösste Menge von verdünntem Grundwasser fliessst in das Thermalwasser; deshalb hat die Thermalquelle ihre minimale Konzentration bei der Flut. Der Druck erreicht sein Minimum bei der Ebbe, aus diesem Grunde ist auch die in die Thermalquelle fliessende Grundwassermenge am geringsten; deshalb hat die Thermalquelle ihre maximale Konzentration bei der Ebbe.

Um diese Ansicht zu bestätigen, ist die Temperaturmessung in der Tiefe des Thermalquellenrohrs notwendig. Der Verfasser hat den Plan, die Temperatur mit einem Widerstandsthermometer zu messen. Die Ergebnisse seiner Experimente werden später berichtet werden.

#### Zusammenfassung.

- (1) Die Veränderung der chemischen Zusammensetzung der Thermalquellen von Ito unter dem Einfluss der Gezeiten wurde untersucht.
- (2) Die zeitliche Veränderung der chemischen Zusammensetzung einiger Thermalquellen von Ito ist erstanunlicherweise gross und regelmässig.
- (3) Die Thermalquelle Nr. 21 hat ihre maximale Konzentration bei der Ebbe und ihre minimale Konzentration bei der Flut.
- (4) Diese Erscheinungen können nicht erklärt werden, ohne die Vermischung von Thermalwasser mit anderem Wasser in Betracht zu ziehen. Wir müssen die Vermischung mit Grundwasser berücksichtigen.

Ich erlaube mir hiermit Herrn Prof. Kenjiro Kimura für seine freundliche Anleitung und steten Ratschläge, die mir bei der Ausführung dieser Arbeit zuteil geworden sind, meinen herzlichsten Dank aussprechen. Ferner möchte ich Herrn T. Hanya für seine eifrige Hilfe und Herrn Kumanosuke Kataoka, von der Thermalquellen-Vereinigung Ito, und Herrn M. Saito für ihre Freundlichkeit, herzlichst danken. Dem Unterrichtsministerium sei gedankt für die Gewährung einer Unterstützung zur Anregung wissenschaftlicher Forschung. Der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaft sind wir für ihre finanzielle Unterstützung zu grossem Dank verpflichtet.

*Chemisches Institut der Naturwissenschaftlichen Fakultät,  
Kaiserliche Universität zu Tokio.*