

# 大分縣由布院溫泉に於ける $\text{Cl}'$ , $\text{HCO}_3'$ , $\text{SO}_4''$ の分布に就て

輕 部 末 藏\*

昭和25年7月—8月大分縣溫泉調查研究會主催の由布院溫泉一齊調査報告の一部として  
本地域溫泉の  $\text{Cl}$  イオン,  $\text{HCO}_3$  イオン,  $\text{SO}_4$  イオンの定量分析の結果と, それに基づく  
溫泉水系の考察を報告する。

## 1. 化學成分定量の方法

$\text{Cl}$  イオンと  $\text{HCO}_3$  イオンに就ては, 本地域一帯に湧出して居る總溫泉 201 口の中から  
適當に選んだ約 160 口につき7月28日より3日間に採水して大部分は即日定量し, 又  $\text{SO}_4$   
イオンは約60口に就て1ヶ月間内に定量した。

本地域の溫泉は單純泉に屬し, 先年後藤理學士の測定に依れば多くは PH 6.2—7.5 程  
度で, 筆者もその十數口に就て測定した所, 大体同様の結果を得たが, 内に PH=8.6 に  
及ぶものもあつた。

(1)  $\text{Cl}$  イオンの定量, 檢水 40 cc を取り 0.05 N— $\text{AgNO}_3$  溶液を用い Mohr 氏法に  
依り滴定した。

(2)  $\text{HCO}_3$  イオン, 先づ檢水に就て Phenol Phthalein に依る反應を確め, 次に檢水  
50 cc を取り Methylorange を指示薬として 0.05 N— $\text{HCl}$  溶液にて滴定し, その消費量  
を  $\text{HCO}_3$  イオンに換算した。

(3)  $\text{SO}_4$  イオンは檢水 300 cc を取り  $\text{BaSO}_4$  として沈澱せしめ重量法に依つて定量  
した。

これらの分析結果は末尾の由布院溫泉臺帳抄に併記した。

## 2. 三成分の分布狀況

三成分の分析結果を基として第1圖 ( $\text{Cl}$  イオン分布圖), 第2圖 ( $\text{HCO}_3$  イオン分布圖)  
及び第3圖 ( $\text{SO}_4$  イオン分布圖)を作つた。更に三成分の含量と湧出口數との關係を知るた  
めに, 第1表を作成した。山下理學士は本調査研究に於て由布院溫泉地帯を, 湯の坪附近,

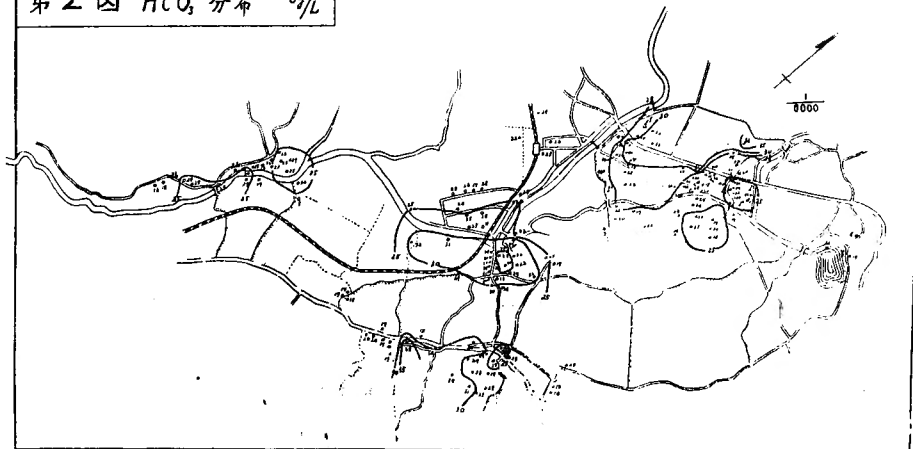
\* 京都藥科大學, 京都大學員外研究生

大分縣由布院溫泉に於ける  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  分布に就て

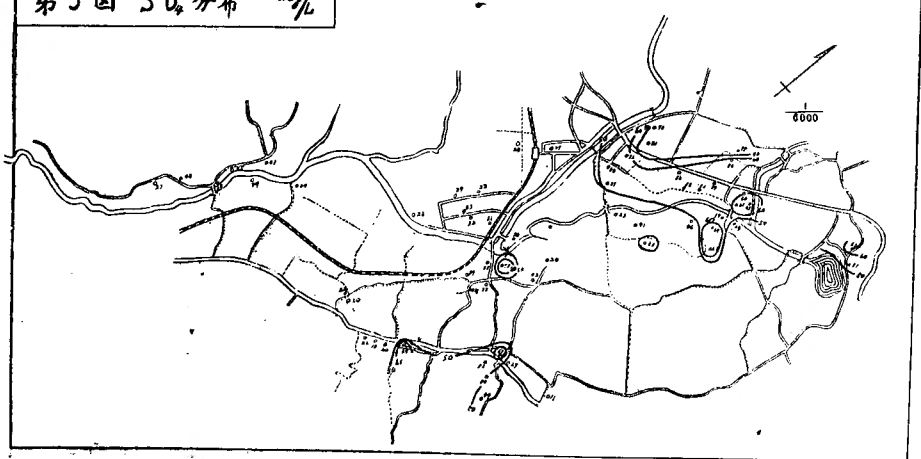
第1図  $\text{Cl}^-$  分布  $\text{mg/l}$



第2図  $\text{HCO}_3^-$  分布  $\text{mg/l}$



第3図  $\text{SO}_4^{2-}$  分布  $\text{mg/l}$



大分縣由布院温泉に於ける  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  分布に就て

第 1 表 三成分の含有量と湧出口数との關係

(1)  $\text{Cl}^-$  イオン含量と湧出口数との關係

| 含 量<br>g/L | 湯の坪地區 |     | 役場田中市地區 |     | 南部山手地區 |     | 八 山 地 區 |     | 全 地 區 |     |
|------------|-------|-----|---------|-----|--------|-----|---------|-----|-------|-----|
|            | 口数    | 百分率 | 口数      | 百分率 | 口数     | 百分率 | 口数      | 百分率 | 口数    | 百分率 |
| <0.05      | 1     | 1   | 0       | 0   | 3      | 10  | 2       | 10  | 6     | 4   |
| <0.10      | 11    | 15  | 11      | 27  | 11     | 38  | 7       | 35  | 40    | 25  |
| <0.15      | 41    | 56  | 16      | 40  | 6      | 21  | 9       | 45  | 72    | 44  |
| <0.20      | 20    | 27  | 13      | 33  | 5      | 17  | 2       | 10  | 40    | 24  |
| <0.25      | 1     | 1   | 0       | 0   | 4      | 14  | 0       | 0   | 5     | 3   |
| 計          | 74    | 100 | 40      | 100 | 29     | 100 | 20      | 100 | 163   | 100 |

(2)  $\text{HCO}_3^-$  イオン含量と湧出口数との關係

| 含 量<br>g/L | 湯の坪地區 |     | 役場田中市地區 |     | 南部山手地區 |     | 八 山 地 區 |     | 全 地 區 |     |
|------------|-------|-----|---------|-----|--------|-----|---------|-----|-------|-----|
|            | 口数    | 百分率 | 口数      | 百分率 | 口数     | 百分率 | 口数      | 百分率 | 口数    | 百分率 |
| <0.10      | 0     | 0   | 0       | 0   | 1      | 4   | 1       | 5   | 2     | 1   |
| <0.15      | 2     | 3   | 1       | 2   | 2      | 7   | 0       | 0   | 5     | 3   |
| <0.20      | 11    | 15  | 3       | 7   | 9      | 32  | 5       | 25  | 28    | 17  |
| <0.25      | 25    | 35  | 11      | 28  | 6      | 21  | 3       | 15  | 45    | 28  |
| <0.30      | 28    | 39  | 9       | 23  | 4      | 14  | 11      | 55  | 52    | 33  |
| <0.35      | 5     | 7   | 14      | 35  | 3      | 11  | 0       | 0   | 22    | 14  |
| <0.40      | 1     | 1   | 2       | 5   | 3      | 11  | 0       | 0   | 6     | 4   |
| 計          | 72    | 100 | 40      | 100 | 28     | 100 | 20      | 100 | 160   | 100 |

(3)  $\text{SO}_4^{2-}$  イオン含量と湧出口数との關係

| 含 量<br>g/L | 湯の坪地區 |     | 役場田中市地區 |     | 南部山手地區 |     | 八 山 地 區 |     | 全 地 區 |     |
|------------|-------|-----|---------|-----|--------|-----|---------|-----|-------|-----|
|            | 口数    | 百分率 | 口数      | 百分率 | 口数     | 百分率 | 口数      | 百分率 | 口数    | 百分率 |
| <0.01      | 0     | 0   | 0       | 0   | 1      | 8   | 0       | 0   | 1     | 2   |
| <0.02      | 0     | 0   | 1       | 7   | 2      | 15  | 0       | 0   | 3     | 5   |
| <0.03      | 1     | 4   | 5       | 33  | 5      | 39  | 2       | 29  | 13    | 22  |
| <0.04      | 0     | 0   | 5       | 33  | 0      | 0   | 0       | 0   | 5     | 8   |
| <0.05      | 3     | 13  | 3       | 20  | 1      | 8   | 5       | 71  | 12    | 20  |
| <0.06      | 11    | 46  | 0       | 0   | 2      | 15  | 0       | 0   | 13    | 22  |
| <0.07      | 6     | 25  | 0       | 0   | 2      | 15  | 0       | 0   | 8     | 14  |
| <0.08      | 2     | 8   | 1       | 7   | 0      | 0   | 0       | 0   | 3     | 5   |
| <0.09      | 1     | 4   | 0       | 0   | 0      | 0   | 0       | 0   | 1     | 2   |
| 計          | 24    | 100 | 15      | 100 | 13     | 100 | 7       | 100 | 59    | 100 |

役場附近、田中市附近、南部山手附近、<sup>はちやま</sup>八山附近の 5 個の地區に區分して居るが、三成分分布の状況は第一表の四區分が都合よく、以下各成分毎に地區別に分布状況を觀察して見る。

### 大分縣由布院温泉に於ける $\text{Cl}^-$ , $\text{HCO}_3^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ 分布に就て

(1)  $\text{Cl}^-$  イオンの分布に就て、第1圖を見ると湯の坪地區に於ては北部山林中に含量  $0.2\text{g/L}$  以上の小地帯があり、南部平地に至るに従つて漸減して居るが、その中に  $0.15\text{g/L}$  以上の濃厚地帯が2箇所點在して居るのが見られる。南部山手地區に於ても湯山地獄附近最も含量大で  $0.2\text{g/L}$  以上を示し、平地及び左右に遠ざかるに従つて含量小になつて居る。八山地區は  $0.15\text{g/L}$  以上の2個の濃厚地帯からなり周圍に漸減して居る。役場、田中市地區は以上3地區から漸減した中央部に在り、一つの湧出口密集地藤田に  $0.15\text{g/L}$  以上の濃厚地帯の島を作る。

次に由布院全体に就て  $\text{Cl}^-$  イオン含量と湧出口數の關係を知るために第1表を見ると、含量  $0.1-0.15\text{g/L}$  程度のも最も多く、それより含量の大なるものの數も小なるものの數も規則的に漸減して居る。

(2).  $\text{HCO}_3^-$  イオンの分布に就て 第2圖を見ると  $\text{HCO}_3^-$  イオンは各地區毎に觀察しても、又全体を見渡しても  $\text{Cl}^-$  イオンの分布狀況と殆ど一致して居り、説明を要しない。之は後に水系を考察する上に重要である。唯第2圖からもわかる通り、役場、田中市地區に於て稍含量大である。

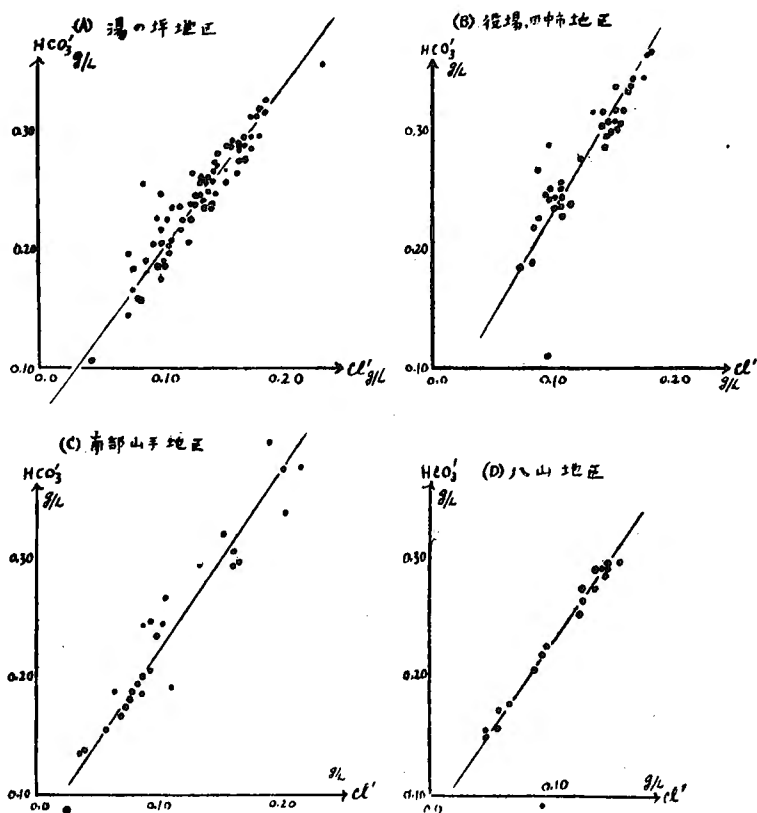
(3)  $\text{SO}_4^{2-}$  イオンの分布に就て  $\text{SO}_4^{2-}$  イオンは全地域に亘つて一般に含量小で  $\text{Cl}^-$  や  $\text{HCO}_3^-$  の約  $\frac{1}{5}$  程度である上に、分析孔數も少いので等  $\text{SO}_4^{2-}$  イオン線を引くのに困難である。第3圖に依ると、湯の坪地區の北部に濃厚な地帯があり、由布院全地域の最高値  $0.07\text{g/L}$  を示し、等- $\text{SO}_4^{2-}$  イオン線は  $\text{Cl}^-$  イオンのそれに稍似て居る。又南部山手地區はそれに次で濃厚で  $0.06\text{g/L}$  を示す。次は八山地區で役場、田中市地區に比較的少ない。全体として又之も  $\text{Cl}^-$  イオンの分布に大体似て居る。

### 3. 三成分分布の相互の關係と温泉水系に就て

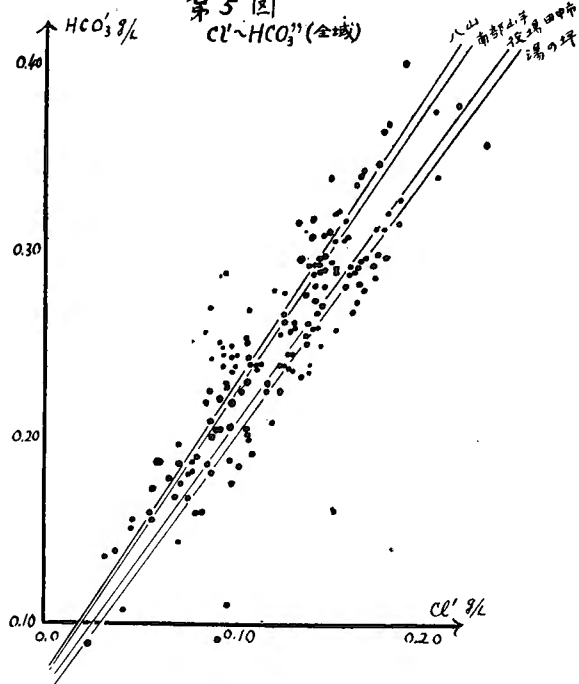
(1) 先に指摘した第1圖 ( $\text{Cl}^-$  イオン分布圖) と第2圖 ( $\text{HCO}_3^-$  イオン分布圖) の類似から、各地區毎に  $\text{Cl}^-$  イオンと  $\text{HCO}_3^-$  イオンの關係を知るために第4圖を作つた。本圖に於て各地區毎に  $\text{Cl}^-$  と  $\text{HCO}_3^-$  は大体一直線上に並ぶのが見られる。特に八山地區に於て整列してゐる。之は各地區の温泉は地區毎に同一水系に屬し、成分の少い他水系 (冷地下水) の混合より成立して居ることを想像させる。

次に各地區の水系を表はすと考えられる直線を、第5圖を作つて比較して見ると、各直線は勾配も近似で又直線の位置も互に近接して居る。之は由布院全地域に亘る温泉が同一水系に屬して居ることを暗示するものである。

第4図  $\text{Cl}' \sim \text{HCO}_3'$  相関

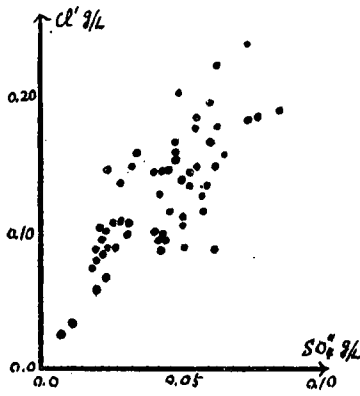


第5図  
 $\text{Cl}' \sim \text{HCO}_3'$  (全域)

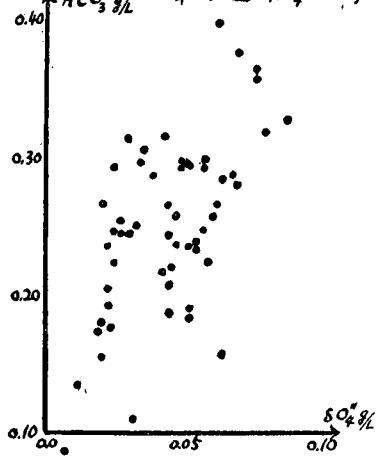


大分縣に由布院溫泉於ける  $\text{Cl}'$ ,  $\text{HCO}_3'$ ,  $\text{SO}_4''$  分布に就て

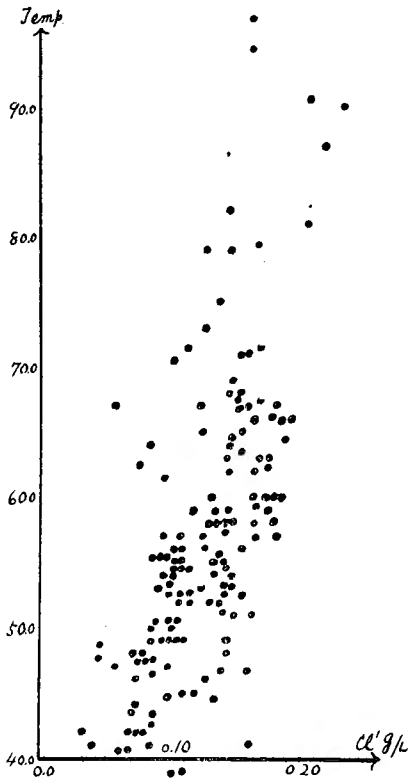
第 6 圖'  $\text{SO}_4'' \sim \text{Cl}'$



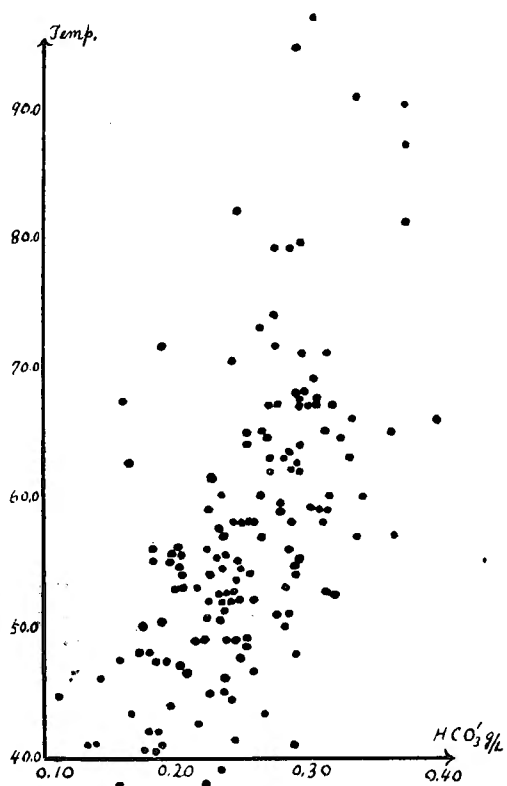
第 7 圖  $\text{SO}_4'' \sim \text{HCO}_3'$



第 8 圖 (A)  $\text{Cl}' \sim \text{Temp.}$



(B)  $\text{HCO}_3' \sim \text{Temp.}$



(2) 次に  $\text{Cl}^-$  イオンと  $\text{SO}_4^{2-}$  イオンの分布關係であるが、第6圖に示す様に全体的に見て、この二成分は大體平行して居るが、 $\text{Cl}^-$  と  $\text{HCO}_3^-$  程には整列して居ない。之は  $\text{SO}_4^{2-}$  イオンの量が少く、變化量が誤差に近づいて居ることをも考慮する必要がある。

(3)  $\text{HCO}_3^-$  イオンと  $\text{SO}_4^{2-}$  イオンの關係、 $\text{Cl}^-$  と  $\text{SO}_4^{2-}$  の關係は  $\text{Cl}^-$  と  $\text{HCO}_3^-$  の關係から容易に推定される結果であるが、第6, 7圖に見られる如く、 $\text{SO}_4^{2-}$  と  $\text{Cl}^-$  と關係の方がより緊密に見られるのは興味深い事實である。

又第6圖を見ると、 $\text{Cl}^-$  及び  $\text{SO}_4^{2-}$  は共に座標原點Oに到るものと考えられ、混合する冷地下水は  $\text{Cl}^-$  イオン、 $\text{SO}_4^{2-}$  イオン共に皆無に近いものと想像される。然るに第4, 5圖に於ては  $\text{Cl}^-$  と  $\text{HCO}_3^-$  の關係を示す直線を延長すると  $\text{Cl}^- = 0$  に於て  $\text{HCO}_3^-$  は約  $0.06 \text{ g/L}$  となる。斯く直線に依つて外挿することの如何に就ては更に考慮を要するが、全体の形勢から見てこの場合は大して無理とも思はれない。此の様に考えると混合する冷地下水は  $\text{Cl}^-$  イオンや  $\text{SO}_4^{2-}$  イオンは皆無に近いに拘らず  $\text{HCO}_3^-$  イオンをかなり含んで居るものと推定される。之は他日、本溫泉地域冷地下水中の以上三成分の定量に依つて決定したいと思う。

(4) 最後に泉溫と三成分含量との關係に就ては各地區別に見ても、又全地域に就て第8圖(A)及び(B)を作るとやゝ漠然としてゐるが、 $\text{Cl}^-$  や  $\text{HCO}_3^-$  の多いものほど泉溫が高いことが見られる。この場合も  $\text{Cl}^-$  と泉溫との關係が他に比して明瞭である。

第8圖の如く、泉溫と化學成分が化學成分相互より緊密でないのは、溫泉水が地表に出る迄の泉溫降下の原因に主として冷地下水の混入に依るものの外に熱傳導に依るものが混在して居るためであると考えられる。

以上の考察に依り由布院溫泉は長さ  $3 \text{ km}$ 、幅  $1 \text{ km}$  の地域に點在して二百餘孔の多きに達して居るが、溫泉水系は  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  イオンをも含む溫度の高い唯一つの溫泉水系に依つて涵養され、之に地表に近い單純な  $\text{HCO}_3^-$  を含む冷地下水の混合に依つて成分の變動を生じると解釋し得る。

此の報告を終るに當つて、種々懇切な助言を賜つた瀬野博士、竝に多大の援助を賜つた山下理學士及び多數の學生諸君に對し、感謝の意を表する。

## Abstract

On the distributions of  $\text{Cl}'$ ,  $\text{HCO}_3'$  and  $\text{SO}_4''$  in Yufuin Spä, Ōita Prefecture  
Suezō Karube

$\text{Cl}'$ ,  $\text{HCO}_3'$  and  $\text{SO}_4''$  ions are estimated of Hot Springs in Yufuin Spä, the distributions of which are obtained as in Figs 1, 2, 3. They resemble with iso-plet curves each other. The relations between  $\text{Cl}'$  and  $\text{HCO}_3'$ ,  $\text{Cl}'$  and  $\text{SO}_4''$ , are linear, which shows the origins of hot springs seems to have the same in all under the ground.