

温泉水中の溶解化学成分の相互関係を あらわすための比の座標について

国立防災科学技術センター 湯原 浩三

(昭和42年12月20日受理)

On the Coordinate System where Ion Ratios are used as Variables

Kozo YUHARA

National Research Center For Disaster Prevention

Ion ratios, for example, $\text{Cl}/(\text{evaporated residue})$, $\text{Cl}/(\sum \text{anions})$, Na/Cl , SO_4/Cl , are sometimes used as variables on the coordinate of a diagram showing interrelation among quantities of soluble matters in hot spring waters. Here, the geometrical meaning of this special coordinate system is discussed with some practical examples. As a result, we may generally conclude that the distribution of points indicating each water on this coordinate system is dominated more by the geometrical distortion of the coordinate system than by the character of the solutions considered.

ある地域内の温泉の泉温や溶解化学成分の間には簡単な相関々係があることが多く、これらを表わすには、最も普通には、温泉水中の互に独立な2成分を直角座標の両軸にとって、各温泉を平面上にプロットする方法が用いられている。この平面上の各温泉の分布状態は、たとえば福富⁵⁾が論じたように、しばしば小地域的な温泉水系のありかたを論ずる際に利用されている。

一方、溶解化学成分の相互関係を表わすために、たとえば、 $\text{Cl}/\sum \text{アニオン}$ 、 $\text{Cl}/\text{蒸発残留物}$ 、 Na/Cl 、 Na/SO_4 、 $\text{泉温}/\text{Cl}$ 、.....等を直角座標の両軸または片方にとって図示することも試みられている。ここではこのような比の座標を用いた表示法の幾何学的な意味を、2, 3の実例について論じたい。

x, y, z を独立な成分として、 $x/z, y/z$ を両軸にとった平面内の1点は、 a, b を常数として $x/z=a, y/z=b$ で示される。これより、

$$\left. \begin{array}{l} x=az \\ y=bz \end{array} \right\} \quad (1)$$

であって、これは明らかに、 (x, y, z) 空間内の原点を通る1直線の方程式である。したがって、 $(x/z, y/z)$ 平面内での1点は(1)式で示されるような無数の点に対応することになる。次に、 $(x/z, y/z)$ 平面内で直線的な関係があるときは、 a, b, c を常数として、

$$a \frac{x}{z} + b \frac{y}{z} + c = 0 \quad (2)$$

とかけるので、結局

$$ax+by+cz=0 \tag{3}$$

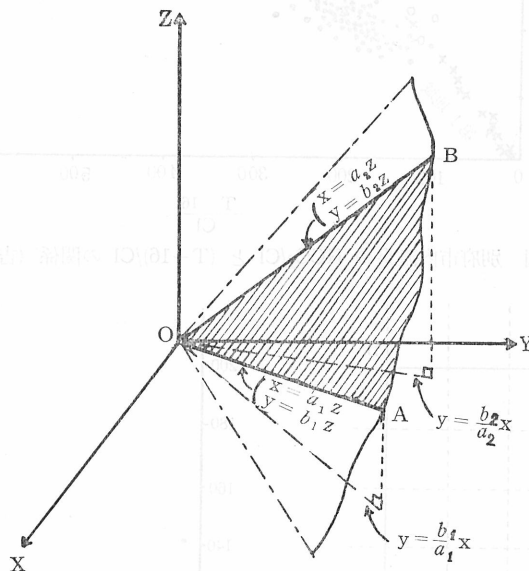
これは (x, y, z) 空間内で原点を通る平面の方程式にはかならない。したがって、 $(x/z, y/z)$ 平面内での2点, $A(a_1, b_1)$, $B(a_2, b_2)$ を結ぶ線分 \overline{AB} は (x, y, z) 空間内での

$$x(b_2-b_1) - y(a_2-a_1) + z(a_2b_1 - a_1b_2) = 0 \tag{4}$$

なる平面の

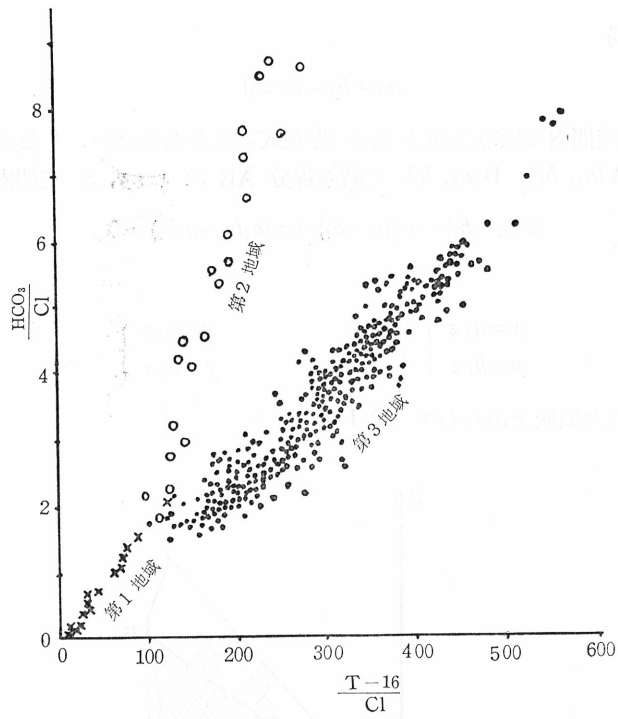
$$\left. \begin{matrix} x=a_1z \\ y=b_1z \end{matrix} \right\}, \quad \left. \begin{matrix} x=a_2z \\ y=b_2z \end{matrix} \right\} \tag{5}$$

なる2直線に限られた領域をあらわす (第1図)。

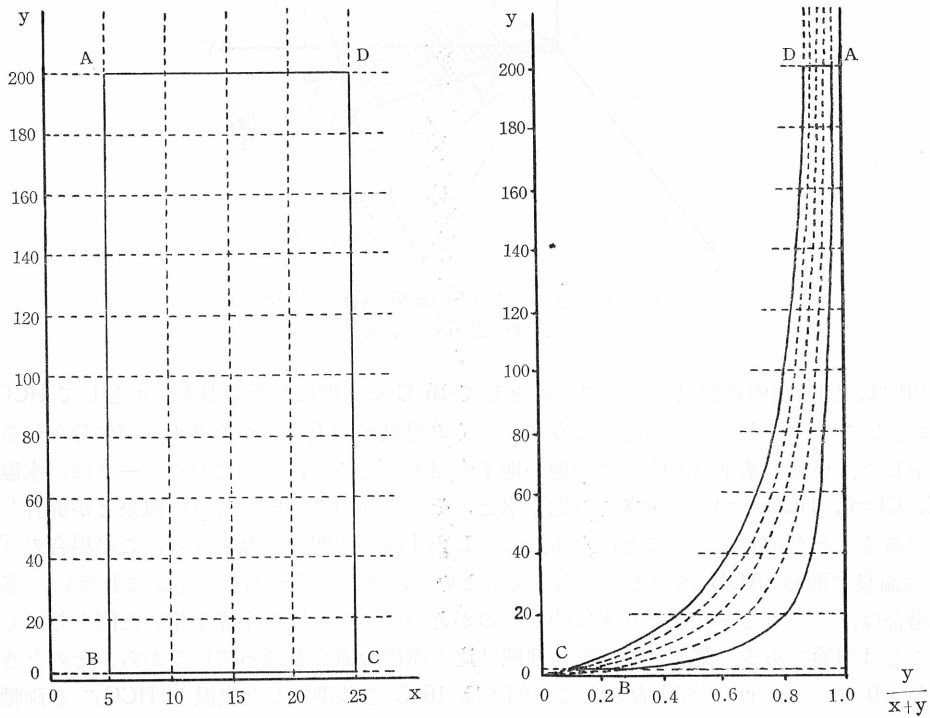


第1図 $(x/z, y/z)$ 平面上の線分 \overline{AB} に対応する (x, y, z) 空間内の領域

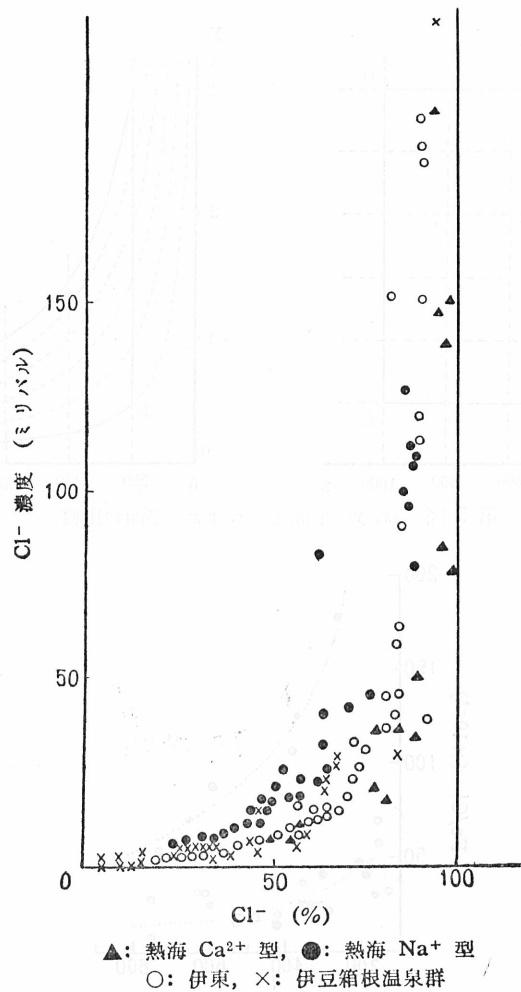
吉川¹⁾は、別府市内の温泉について、 x として 16°C を基準にした泉温を、 y として HCO_3^- を、 z として Cl^- をとり、第2図のように、多くの温泉が図上で3つのグループに分かれることを示した。泉温の基準 16°C をこの地の地下水温と考えると、すべてのグループは、水温= 16°C , $\text{Cl}=0$, $\text{HCO}_3^-=0$ で示される地下水と、それぞれのグループ特有の温泉とが混合したものであることを示していることになる。しかし第1図から明らかなように、この場合の「特有」な温泉は面分 AOB 内のどこにあってよいし、またいくつあってよいかまわない。多数ある場合は、そのうちどれがより本質的なものかということをは比の座標を用いた図から示し得ないことは勿論である。第2図の第1地域は比の座標の原点を通っているから、そのときは $ax+by=0$ で、 (x, y) 平面すなわちこの例では 16°C を基準にした泉温と HCO_3^- を両軸にとったグラフ上でも1直線の分布をする筈である。



第2図 別府市内温泉の HCO_3^-/Cl と $(\text{T}-16)/\text{Cl}$ の関係 (吉川原図)



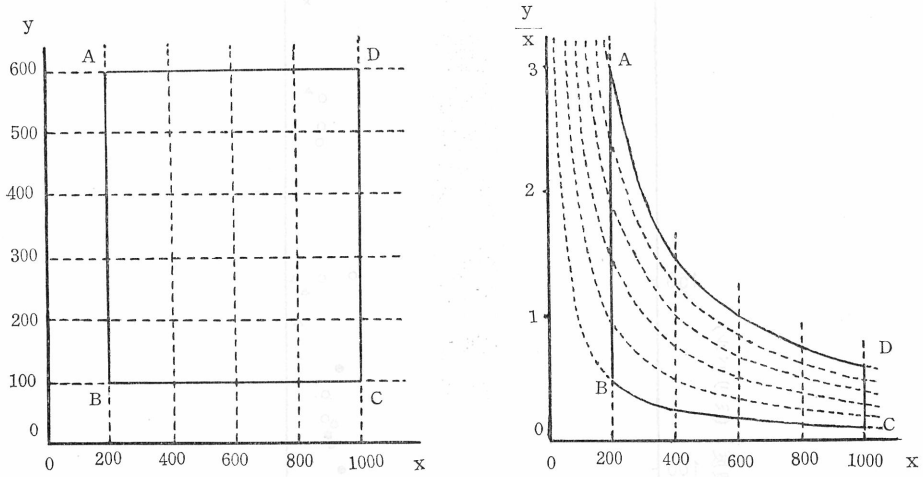
第3図 (x, y) 平面と $(y/(x+y), y/(x+y))$ 平面の比較



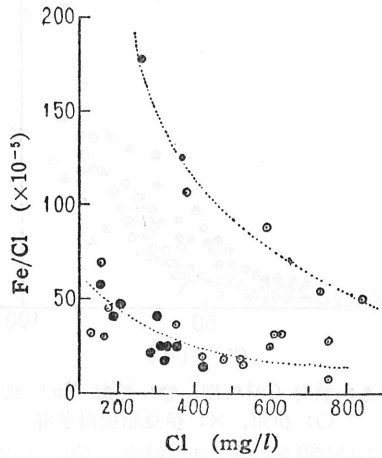
第4図 伊豆半島諸温泉の陰イオン組成と Cl 含有量 (室住原図)

座標の一方に1つのイオンを、他方にそのイオンの全体に対する割合をとったような場合は、そのイオンを y 、その他のイオンの和を x とすると、その平面は $(y, y/(x+y))$ 平面ということになる。この平面と (x, y) 平面との関係を示すと第3図のようになって、 $(y, y/(x+y))$ 平面は非常に歪みを持った平面であることがわかる。室住⁴⁾ は、第4図にみられるように、伊豆半島の諸温泉をこのような図に示したが、そこに見られる特徴的な分布曲線は、少なくともこの図からみる限り、温泉水の特性を示しているというよりも、 $(y, y/(x+y))$ 平面の歪みを表わしているとみるべきである。

類似の他の例として、 $(x, y/x)$ 平面であらわした場合の (x, y) 平面との関係を第5図に、その実例として、杉原³⁾ が三朝温泉の Fe/Cl と Cl の関係を示したものを第6図に示す。また、 $(y/x, y)$ 平面であらわした場合の (x, y) 平面との関係は第7図に、その実例として杉原³⁾ が三朝温泉の Cl と Cl/SO₄ について示したものを第8図に示す。これらの場合も第3図と同様に、平面の歪みが結果に対して支配的であることがよくわかる。



第5図 (x, y) 平面と $(x, y/x)$ 平面の比較



●: 三朝群, ○: 山田群

第6図 三朝温泉の Fe/Cl と Cl の関係 (杉原原図)

次に、3成分をとって、 $(x, y/z)$ なる平面にあらわすときは、この平面上の1点

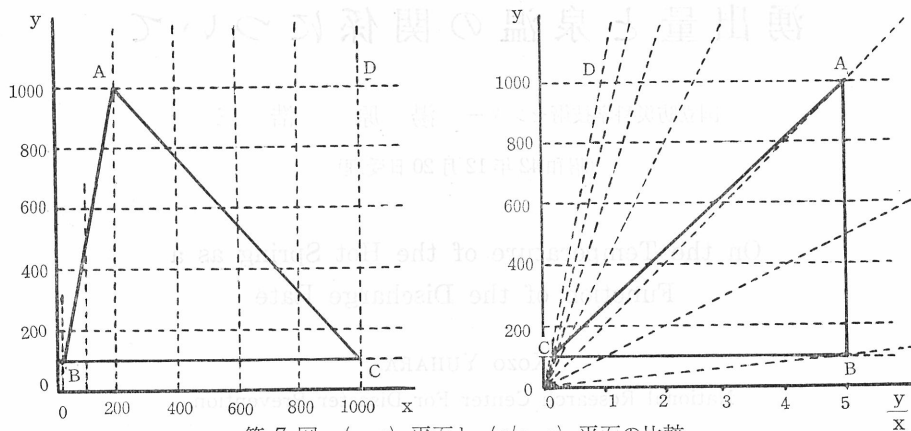
$$\left. \begin{aligned} x &= a \\ \frac{y}{z} &= b \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

は (x, y, z) 空間では (y, z) 平面に平行な1直線であり、 $(x, y/z)$ 平面内での1直線は

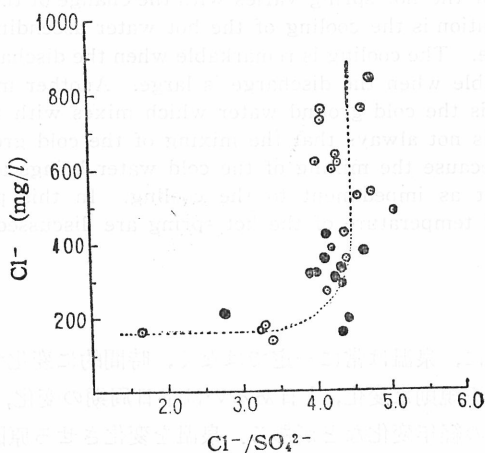
$$axz + by + cz = 0 \quad (7)$$

となり、一般には2次曲面である。

さらに、4つの独立な成分、 x_1, x_2, x_3, x_4 をとって、 $(x_1/x_2, x_3/x_4)$ 平面上であらわした場合は、もし仮りにそこに1次関係が認められると、かきなおして、



第7図 (x, y) 平面と (y/x, x) 平面の比較



第8図 三朝温泉の Cl と Cl/SO₄ の関係 (杉原原図)

$$a x_1 x_4 + b x_2 x_3 + c x_2 x_4 = 0 \quad (8)$$

であるから、4次元 Euclid 空間内の2次超曲面上に分布することになる。しかし、この場合の具体的な意味づけは非常にむづかしい。

結局、温泉水中の溶解成分相互の関係を表わすために、上のような比の座標を用い、そこに表われた分布上の特徴を用いて議論を進める場合には、比の座標の性格をよく吟味した上で、慎重に行わなければならない。

文 献

- 1) 吉川恭三：化学二成分より見たる別府市街温泉の水系，地球物理，**9**，No. 1 (1951)。
- 2) 杉原 健：鳥取県三朝温泉の化学的研究 (第2報)，日本化学雑誌，**81**，No. 1 (1960)。
- 3) 杉原 健：鳥取県三朝温泉の化学的研究 (第4報)，日本化学雑誌，**81**，No. 2 (1960)。
- 4) 室住正世：伊豆箱根温泉の地球化学的研究 (第3報)，日本化学雑誌，**81**，No. 6 (1960)。
- 5) 福富孝治：小地域的な温泉系統とそれより推定せられる地下構造について，地震，**14**，No. 6 (1942)。