

水質に関する説明

1. ヘキサダイアグラムについて

ある流域を対象として地下水流動や水質形成の要因、水質形成進化などについて明らかにする場合、単純に各溶存成分の濃度(mg/L)を比較するよりも、これらの値を図示して示したほうがわかりやすくなります。水質をあらわす図として、ヘキサダイアグラム (hexa-diagram) が良く使われています (図 1, 2)。ヘキサダイアグラムは主要溶存成分である Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- の 8 成分の濃度を陰イオンと陽イオンに分けて、それぞれの濃度を当量値(meq/L あるいは me/L)として示し、図示したものです。作成した図が六角形を示すことから、ギリシャ語で「6」を意味する「ヘキサ」のことばが使われておられます。スティッフダイアグラム (Stiff diagram) と呼ぶこともあります。

図の読み方ですが、中央に引いた直線を 0 とし、直線の左側は陽イオン (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+})、右側は陰イオン (Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-) をそれぞれ示し、左側の上には $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 、中央には Ca^{2+} 、下には Mg^{2+} を、右側の上には Cl^- 、中央には HCO_3^- 、下には $\text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^-$ を示します。この図上に計算によって求めた当量値をそれぞれプロットしています。 NO_3^- は他の成分と区別するために色を付けて表示することが多くなっています。なお、ヘキサダイアグラムの書き方 (成分をプロットする位置) は図 1 の例の他にも幾つかの方式がありますが、いずれにしても凡例をきちんと明示しておく必要があります。

プロットした 6 つの点を結ぶと六角形 (ヘキサダイアグラム) が作成され、この形から水質組成を知ることができます。地図上に採水地点と共にヘキサダイアグラムを貼り付けることで、一帯の地下水等の水質区分が一目でわかり、また一列に並べることで時間的な水質組成の変化などを容易に把握することができます。ヘキサダイアグラムでは、各成分濃度は中央の線からの距離 (辺の長さ) で示しているため、厳密に言えば六角形の面積の大小 = 濃度の高低にはなりません、おおよその成分量の多少を把握することができます。

ヘキサダイアグラムを作成することにより一目で水質組成を把握することができるため、数値だけでは判断しにくい水の流れや、温泉水や河川水などの地下水への混入の有無などを知る手がかりとなり、非常に有効的な方法となっています。

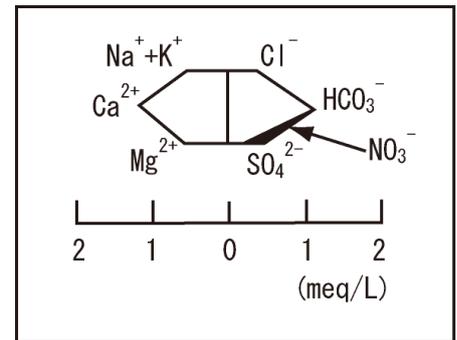


図 1 ヘキサダイアグラムの例

2. トリリニアダイアグラムについて

トリリニアダイアグラムもヘキサダイアグラムと同様に地下水などの水質組成を図示する方法の一つであり、中央の菱形座標図 (キーダイアグラム) と、左右 2 つの三角座標図からなります (図 3)。この図を作成することにより、化学成分濃度の相対的な割合を知ることができ、主要溶存成分の場所による違いや、同一地点での水質組成の時間変化を示すことができます。パイパーダイアグラムともよばれています。

トリリニアダイアグラムは中央の菱形の部分をもつて四つに分けて、ごく大まかではありますが、以下のように分類されています。

- I : アルカリ土類炭酸塩型
- II : アルカリ炭酸塩型
- III : アルカリ土類非炭酸塩型

Ⅳ：アルカリ非炭酸塩型

Ⅰのアルカリ土類炭酸塩型では浅層地下水に多くみられる水質組成で、日本では最も一般的にみられる水質組成です。Ⅱのアルカリ炭酸塩型では滞留時間の長い深層地下水でよくみられる水質組成です。Ⅲのアルカリ土類非炭酸塩型には熱水や化石水が含まれています。Ⅳのアルカリ非炭酸塩型は海水や温泉などで多くみられるタイプです。以上のような特徴があるため、トリリニアダイアグラムのどの位置にプロットされているのかを調べることにより、その水の起源の推定などに役立てることができます。しかしながら、これは大まかな目安であるので、たとえばⅣにプロットされているからといって、必ずしも海水や温泉でない場合もあります。トリリニアダイアグラムのみでなく、他のデータも併せ総合的に考えることが重要です。

3. 安定同位体について

元素の中には原子番号（陽子の数）は同じでも、質量数の異なる原子が存在しています。これを同位体といいます。同位体どうしでは化学的な性質はほとんど同じです。同位体には放射性同位体と安定同位体が存在しますが、放射壊変（放射線を放って他の原子に変化すること）を伴わない元素を安定同位体とよんでいます。安定同位体の一例として、H（水素）、C（炭素）、O（酸素）、Cl（塩素）などが挙げられます。

安定同位体は存在量が一番多いものと二番目に多いものの比であらわされます。Oの安定同位体には質量数が16の ^{16}O 、質量数が17の ^{17}O 、質量数が18の ^{18}O が存在しますが、一番多く存在している ^{16}O と二番目に多い ^{18}O の存在比（ $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ）として示します。Hの場合は質量数が1の ^1H と質量数が2の ^2H （D）の存在比（D/H）として示します。自然界での安定同位体比の変動は0.001%程度と非常に小さいため、ある特定の標準物質の安定同位体比からの千分率偏差（‰：パーミル）であらわします。酸素安定同位体比は $\delta^{18}\text{O}$ 、水素安定同位体比は δD となります。

水（ H_2O ）を構成しているHやOの安定同位体比をトレーサーとして利用すると直接水の動きを追うことができるので、水の動きを調べる際には大変有効的な方法となっています。水の安定同位体比は様々な要因により変化しますが、降水の安定同位体比を例にとってみると、降水量が多いと安定同位体比は低くなり（軽い同位体が多くなる）、また標高が高い場所や内陸部、高緯度地域ほど安定同位体比は低くなる傾向があります。こうした特徴を利用して、地下水の涵養域の推定や地下水流動の把握が試みられています。



発行：公益社団法人 日本地下水学会

市民コミュニケーション委員会(通称：とりきち委員会) http://homepage3.nifty.com/jagh_torikichi/index.htm

表1 各地点の水質データ

No	採水場所	採水日	時刻	EC	pH	水温	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	δ ¹⁸ O	δ D
				μ S/cm		°C	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	‰	‰
1	弁慶鏡ヶ井戸	2010/9/11	10:40	407	6.45	21.5	17.4	25.5	43.2	107.1	18.3	9.2	11.0	41.0	-8.46	-55.3
2	柳の井戸	2010/9/11	11:00	430	7.20	21.9	10.4	20.2	32.3	182.1	14.4	9.8	7.3	57.4	-8.22	-54.2
3	一葉ゆかりの井戸	2010/9/11	11:40	343	7.42	20.2	18.7	38.2	31.6	82.1	21.4	11.5	5.8	27.9	-8.26	-54.2
4	善仁寺の井戸	2010/9/11	12:50	377	6.87	17.3	18.8	36.3	41.3	73.5	22.0	7.0	10.1	22.6	-8.51	-55.8
5	氷川神社	2010/10/11	14:10	371	6.19	18.4	28.4	49.6	30.2	36.9	29.2	0.9	11.2	18.1	-8.41	-53.2
6	目黒不動尊	2010/10/11	12:50	336	6.30	18.0	29.2	46.8	26.4	56.7	25.1	0.6	11.2	18.3	-8.55	-54.2
7	羅漢寺川跡	2010/10/11	13:45	272	6.57	19.4	13.2	25.1	27.4	54.9	19.9	1.7	7.6	18.1	-8.71	-57.1
8	八幡神社	2010/10/11	11:30	306	6.10	19.9	24.4	25.1	36.5	52.5	25.9	0.4	10.0	15.7	-8.14	-52.0
9	烏森神社	2010/10/11	10:25	362	6.54	18.8	25.7	38.0	38.3	58.6	27.1	0.4	13.3	20.2	-8.22	-53.2
10	御田八幡神社	2010/11/7	12:40	474	7.52	17.0	36.91	44.19	54.07	141.24	42.12	6.14	15.1	30.64	-8.22	-53.0
11	柳の井戸	2010/11/7	9:45	321	6.85	21.0	12.97	9.33	40.80	113.78	18.66	7.34	7.5	31.14	-8.35	-54.0
12	善福寺の井戸	2010/11/7	10:05	326	7.01	19.0	16.52	11.46	43.17	111.04	19.52	7.97	7.7	31.47	-8.38	-55.2
13	一粒萬倍の泉	2010/11/7	13:40	214	7.45	14.5	11.60	14.51	28.61	57.04	13.00	1.70	4.1	21.29	-9.57	-64.5
14	本光寺の井戸	2010/11/7	14:25	345	6.92	19.0	9.18	1.67	29.40	158.02	21.89	5.64	9.5	36.40	-7.57	-48.2
15	大井の水神	2010/11/7	15:15	218	7.45	17.0	9.57	9.46	28.58	58.26	13.04	1.70	4.1	21.18	-9.49	-64.5
16	大井の井	2010/11/7	15:25	313	6.93	18.0	14.45	37.50	38.48	61.32	21.35	5.09	7.9	25.16	-8.38	-51.9
17	大井、原の水神池	2010/11/7	16:10	318	6.66	20.0	16.27	42.46	40.55	51.25	23.76	5.31	8.2	22.47	-8.24	-54.2

※ 地点Noは地形概説資料(1-2)の図中に示してある地点と同一です。

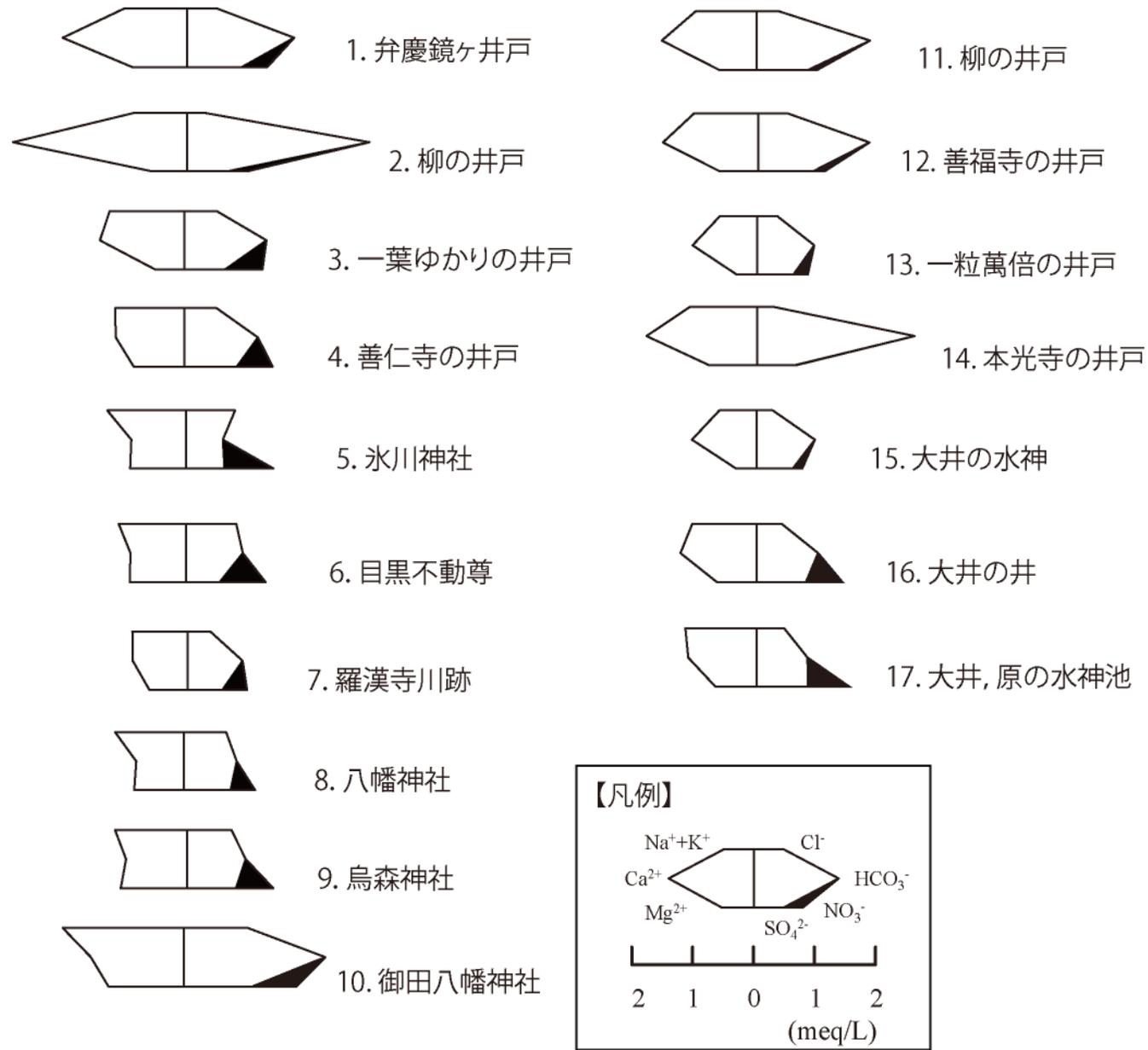


図2 ヘキサダイアグラム

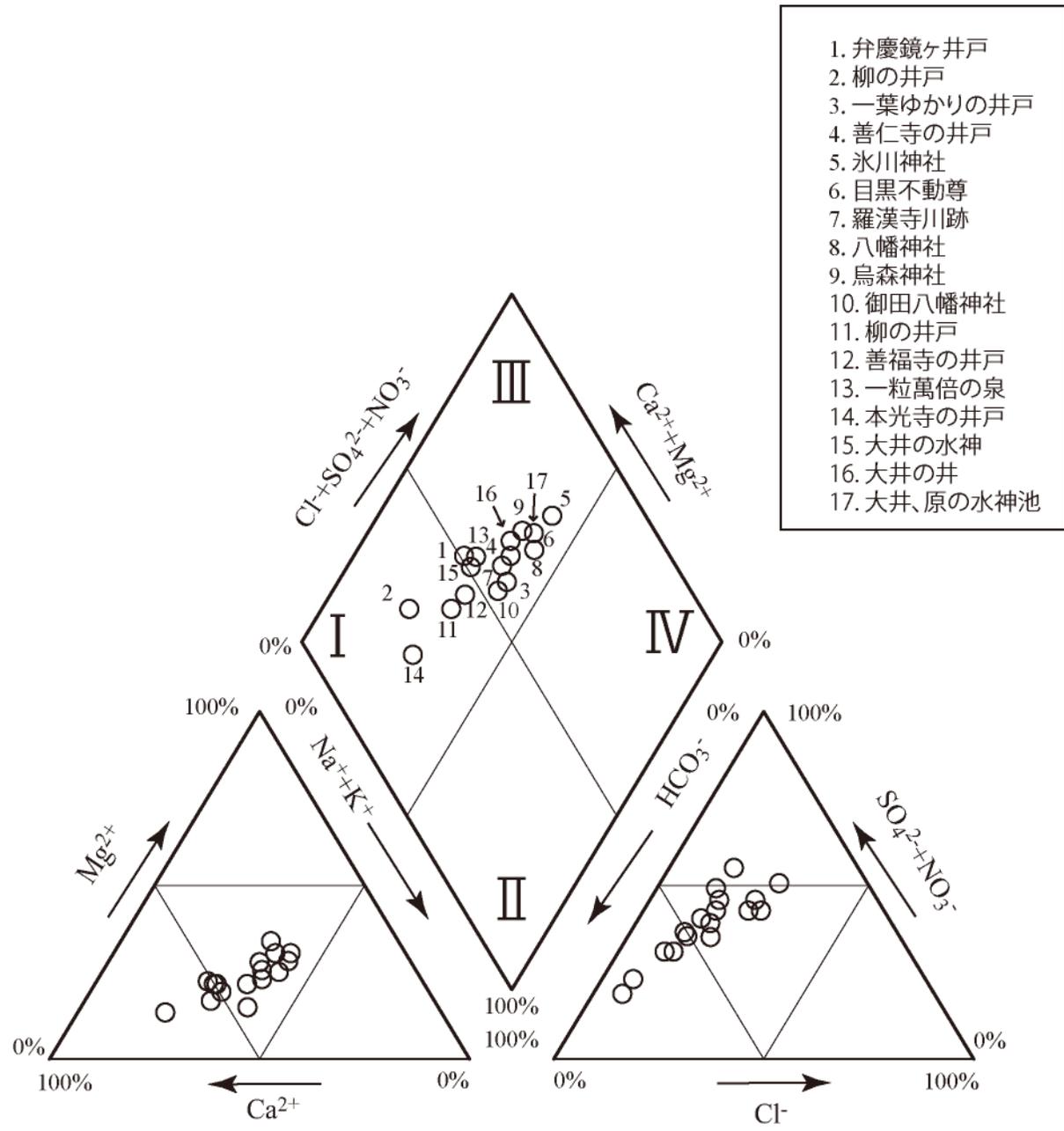


図3 トリリニアダイアグラム

