

## 高田川流域（支川水・地下水）の水質分析結果 —2023～2024 年度—

高見博子 吉田剛 伊藤直人<sup>1)</sup>

(1：環境生活部水質保全課)

### 1 目的

海匝地域北東部を流れる高田川は、平成 11 年に硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素濃度の環境基準（10mg/L 以下）が定められて以来、基準超過が続いている<sup>1)</sup>。高田川流域の硝酸性窒素汚染対策を検討する資料とするため、2023～2024 年度に当センターで実施した支川水・地下水の主要イオン等分析結果をまとめる。

### 2 調査方法等

#### 2・1 採水日と採水地点

支川水は、高田川（本川）に流入する 23 支川（T1～23、ただし T1 と T2 は T17 に合流して本川に流入）で採水し、地下水は支川 T2・T17 と T3 の間に位置する台地上の観測井・民家井と、台地周辺低地の簡易井・民家井から採水した。

##### 2・1・1 支川水（\*印の採水は県水質保全課委託事業で実施）

(1) 春（23 春：2023 年 6 月 15 日）計 14 支川（T3,4,6,7,9,10,11,14,15,16,17,20,22,23）

(2) 夏（23 夏：2023 年 9 月 12 日）計 4 支川（T3,7,14,15）、

(24 夏：2024 年 7 月 11 日）計 6 支川（T3,6,8,11,14,17）

(3) 冬\*（23 冬：2024 年 1 月 16 日）計 22 支川（T16 除く）、（24 冬：2025 年 1 月 9 日）計 23 支川

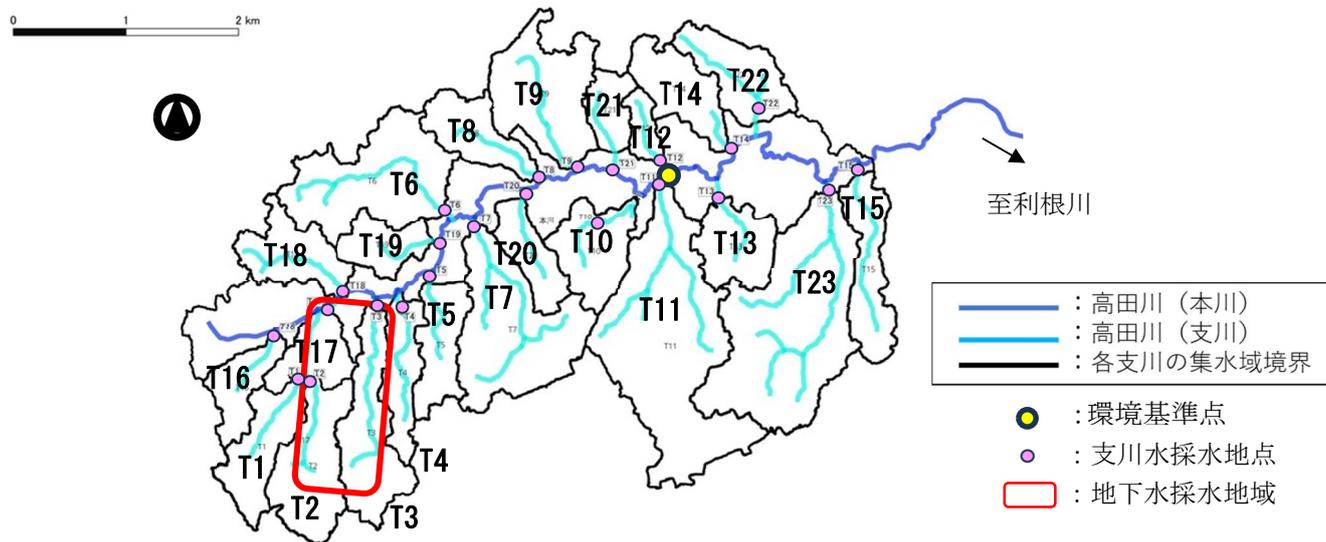


図 1 採水地点位置図（国土地理院 基盤地図情報「基本項目」「数値標高モデル」を使用して作成）

##### 2・1・2 地下水（\*印の採水は県水質保全課委託事業で実施）

(1) 春（23 春：2023 年 5 月 31 日・6 月 1 日）計 16 地点（No.1～5,a7,24,29,b4,7,9,11,kr01,04',18,26）

(2) 夏（23 夏：2023 年 8 月 29 日）計 12 地点（No.1～5,b4,9,11,kr01,04',18,26）

(24 夏：2024 年 7 月 11 日）計 1 地点（b7）

(3) 冬\*（23 冬：2024 年 1 月 24 日）計 46 地点、（24 冬：2025 年 1 月 23 日）計 45 地点（kr01 除く）

## 2・2 分析方法

試料水をシリンジフィルター（孔径 0.2 $\mu$ m）でろ過後、主要イオン（Na<sup>+</sup>・K<sup>+</sup>・Mg<sup>2+</sup>・Ca<sup>2+</sup>・NO<sub>3</sub><sup>-</sup>・Cl<sup>-</sup>・SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>）と NH<sub>4</sub><sup>+</sup>・NO<sub>2</sub><sup>-</sup>・PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>濃度（mg/L）をイオンクロマトグラフで分析し、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度は M アルカリ度の測定値を換算して求めた。

## 3 調査結果

### 3・1 支川水

#### 3・1・1 主要イオン濃度分析結果

主要イオン濃度分析結果（mg/L）を当量濃度（meq/L）に変換したレーダーチャートを図 2 に示す。  
 （参考：硝酸性窒素(NO<sub>3</sub>-N)10mg/L $\div$ NO<sub>3</sub><sup>-</sup>44mg/L $\div$ NO<sub>3</sub><sup>-</sup>0.71meq/L）

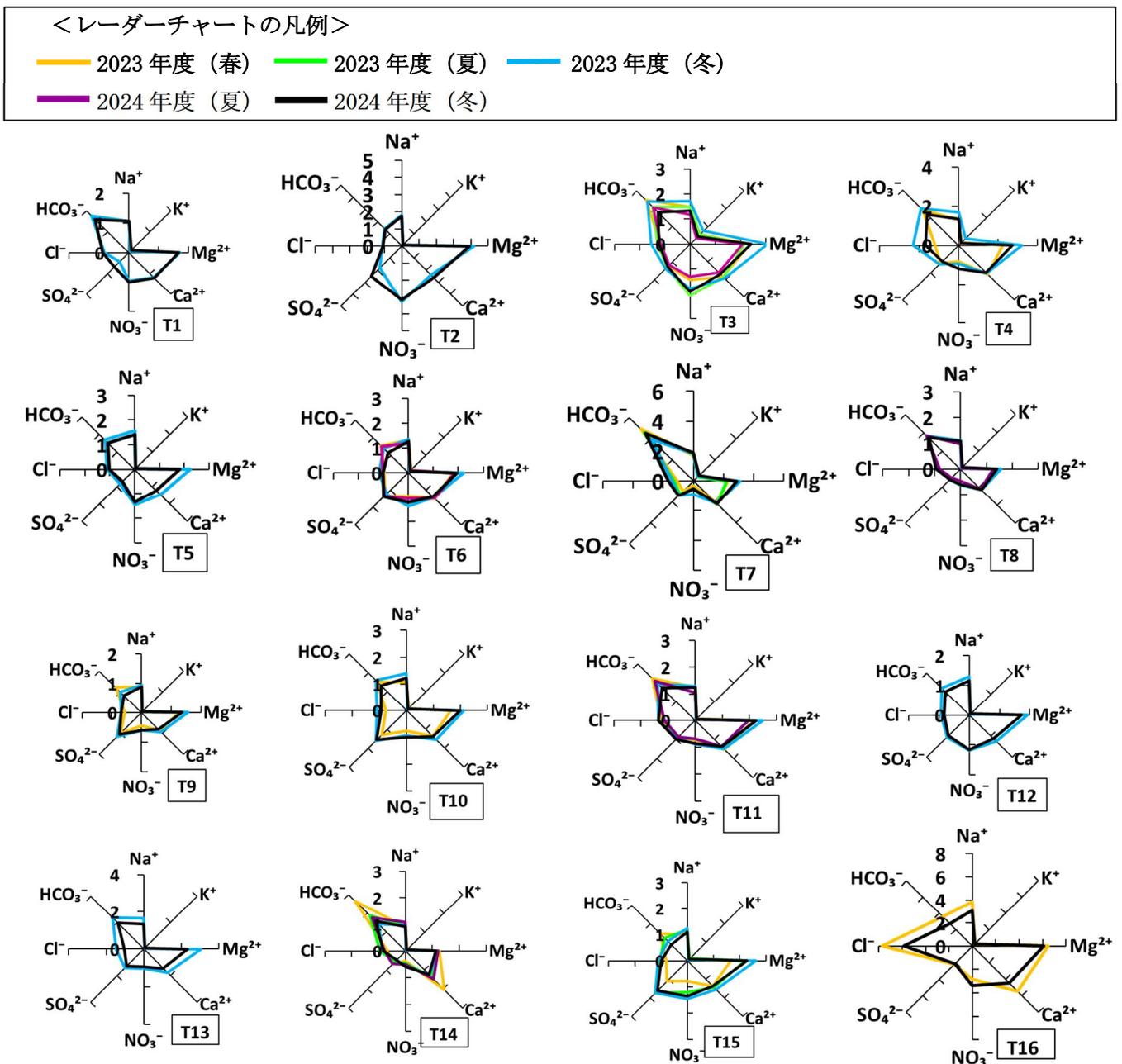


図 2 支川別の主要イオン当量濃度（meq/L）

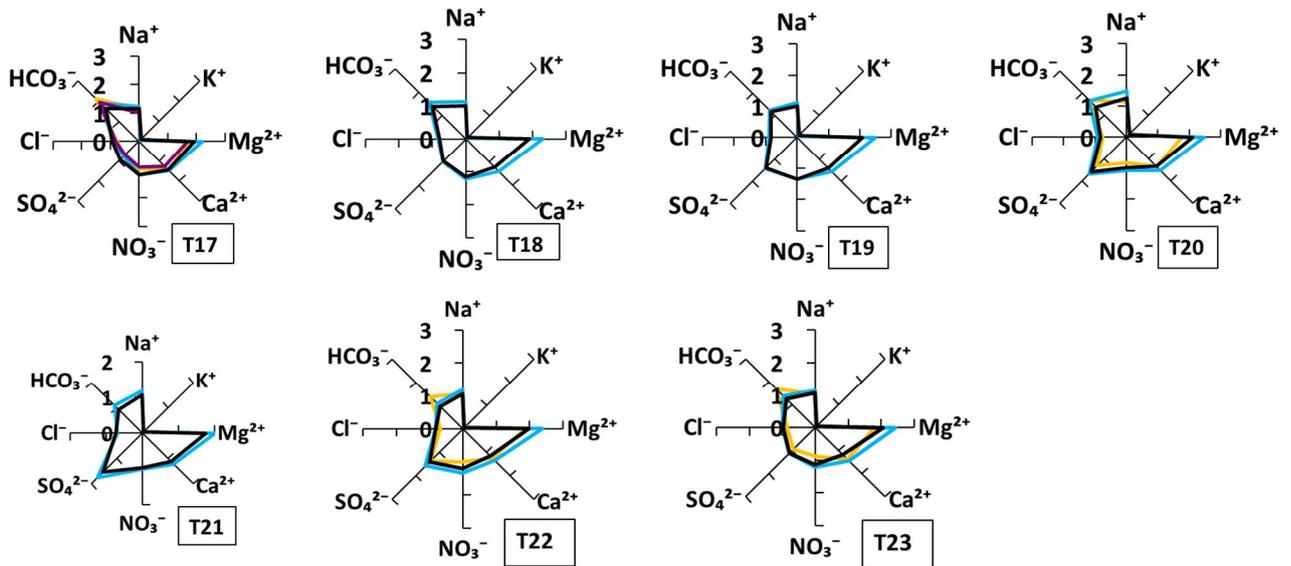


図2 支川別の主要イオン当量濃度 (meq/L) (続き)

支川水のイオンバランスにはそれぞれ特徴が見られた。

- T2 :  $\text{NO}_3^- \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{SO}_4^{2-}$ 当量濃度が高いが  $\text{HCO}_3^-$ 当量濃度は低い。
- T7 :  $\text{HCO}_3^-$ 当量濃度が突出して高いが  $\text{NO}_3^-$ 当量濃度は低い。
- T16 :  $\text{Mg}^{2+} \cdot \text{Ca}^{2+} \cdot \text{Cl}^-$ 当量濃度が特に高い。
- T3 : 高濃度の主要イオンについて T2 と T7 の特徴を併せ持つ。
- その他の支川 : T2 と T7 の中間的な形状をしているものが多い。

### 3・1・2 アンモニウムイオン・亜硝酸イオン・りん酸イオン分析結果

$\text{NH}_4^+ \cdot \text{NO}_2^- \cdot \text{PO}_4^{3-}$ を 1.0mg/L 以上検出した支川 (T3,4,7,10,16,20) の  $\text{NH}_4^+ \cdot \text{NO}_2^- \cdot \text{PO}_4^{3-} \cdot \text{K}^+$ 濃度 (mg/L) を表1にまとめた。なお、他の支川の  $\text{K}^+$ 濃度は全て 6.0mg/L 未満であった。

表1 支川水 (T3, 4, 7, 10, 16, 20) の  $\text{NH}_4^+ \cdot \text{NO}_2^- \cdot \text{PO}_4^{3-} \cdot \text{K}^+$ 濃度 (mg/L)

	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_2^-$	$\text{PO}_4^{3-}$	$\text{K}^+$		$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_2^-$	$\text{PO}_4^{3-}$	$\text{K}^+$
T3 (23春)	<1.0	3.4	5.0	22	T10 (23春)	<1.0	<1.0	<1.0	4.4
(23夏)	<1.0	<1.0	11	22	(23冬)	1.4	1.9	<1.0	2.7
(23冬)	1.5	1.7	6.7	29	(24冬)	1.3	<1.0	<1.0	3.4
(24夏)	<1.0	<1.0	<1.0	13	T16 (23春)	<1.0	1.7	<1.0	10
(24冬)	3.9	3.1	6.3	17	(23冬)	<1.0	<1.0	<1.0	11
T4 (23春)	<1.0	<1.0	1.6	7.8	T20 (23春)	<1.0	<1.0	<1.0	6.0
(23冬)	2.7	1.0	1.7	19	(23冬)	<1.0	<1.0	1.0	5.3
(24冬)	<1.0	<1.0	1.1	6.6	(24冬)	<1.0	2.6	1.3	5.1
T7 (23春)	6.7	3.0	1.7	18					
(23夏)	<1.0	1.1	1.1	16					
(23冬)	6.4	1.1	<1.0	17					
(24冬)	12	3.0	1.6	21					

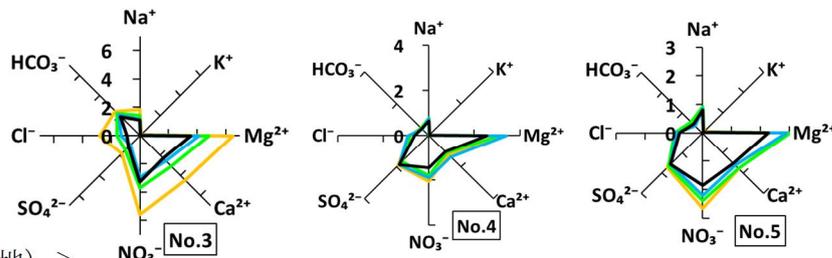
### 3・2 地下水

#### 3・2・1 主要イオン濃度分析結果

主要イオン濃度分析結果 (mg/L) を当量濃度 (meq/L) に変換し、地点別にレーダーチャートを作成した。地下水を採取した地域は南北方向に細長い台地であり、主な土地利用形態は、北部は住宅地域、中部は畑地域、南部は畜産地域となっている。ここでは台地中部地域・南部地域と各周辺低地（主に雑草地）の地下水について、特徴的なイオンバランスが見られたレーダーチャートを抜粋して図3及び図4に示す。なお、北部（住宅地域）の井戸の硝酸性窒素濃度は、全て地下水の環境基準値（10mg/L）以下であった。

(1) 台地中部地域（主に畑地域、一部畜産施設有り）

<台地上>



<周辺低地（主に雑草地）>

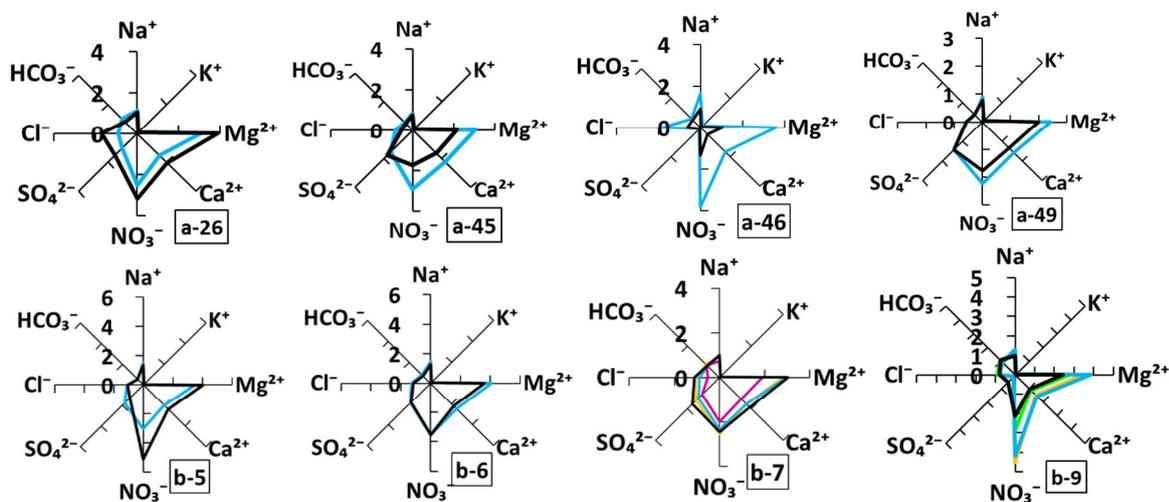
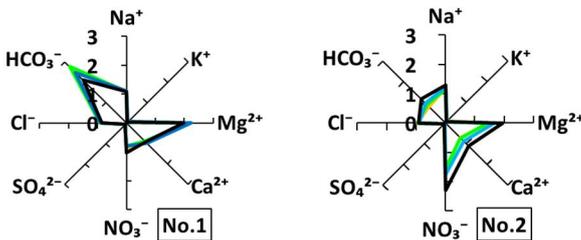


図3 地下水（台地中部・周辺低地）の主要イオン当量濃度 (meq/L)

・No.3~5,a26,a45,a46,a49,b5,b6,b7,b9 :  $\text{NO}_3^- \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{Ca}^{2+}$ 当量濃度が高いが  $\text{HCO}_3^-$ 当量濃度は低い。また、多くの地点で  $\text{NO}_3^- \cdot \text{Mg}^{2+} \cdot \text{Ca}^{2+}$ 当量濃度が連動して変化した。

(2) 台地南部地域（主に畜産地域、一部畑地有り）

<台地上>



<周辺低地（主に雑草地）>

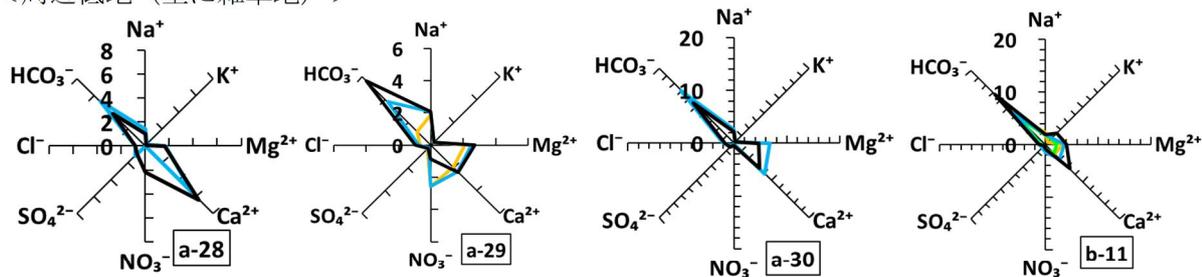


図4 地下水の主要イオン当量濃度 (meq/L)

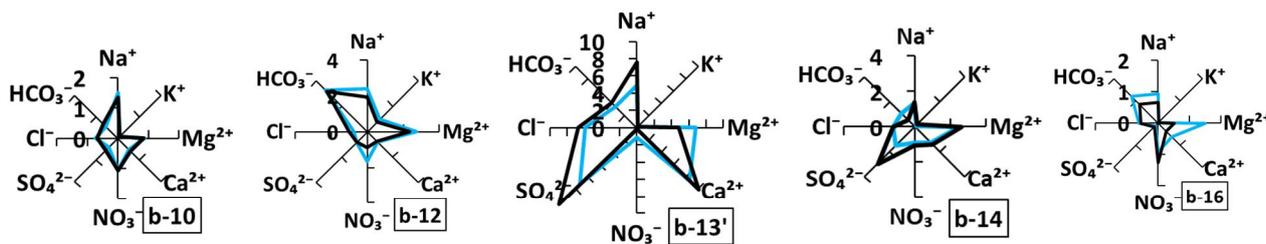


図4 地下水の主要イオン当量濃度 (meq/L) (続き)

- ・ a29 (冬), a30, b11: HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>当量濃度が突出して高いが NO<sub>3</sub><sup>-</sup>当量濃度は相対的に低い。
- ・ b10~b16 は地点によってイオンバランスの形状が大きく異なる。

### 3・2・2 アンモニウムイオン・亜硝酸イオン・りん酸イオン分析結果

NH<sub>4</sub><sup>+</sup>・NO<sub>2</sub><sup>-</sup>・PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>を1.0mg/L以上検出した地点(a28,29,30,b11)のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>・NO<sub>2</sub><sup>-</sup>・PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>・K<sup>+</sup>濃度(mg/L)を表2にまとめた。これらは全て台地南部周辺低地の地点である。なお、台地中部・周辺低地のK<sup>+</sup>濃度(mg/L)は全て6.0mg/L未満であった。

表2 地下水(a28, 29, 30, b11)のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>・NO<sub>2</sub><sup>-</sup>・PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>・K<sup>+</sup>濃度(mg/L)

		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	K <sup>+</sup>			NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	K <sup>+</sup>
a28	23冬	1.7	<1.0	1.0	6.6	a30	23冬	1.0	<1.0	<1.0	11
	24冬	<1.0	2.1	<1.0	5.0		24冬	<1.0	<1.0	<1.0	12
a29	23春	13	<1.0	<1.0	11	b11	23春	9.2	<1.0	<1.0	24
	23冬	6.3	1.2	<1.0	11		23夏	14	<1.0	<1.0	59
	24冬	5.7	<1.0	<1.0	10		23冬	21	<1.0	<1.0	65
							24冬	23	<1.0	<1.0	117

### 3・2・3 地下水の主要イオン当量濃度の相関等について

表3に台地中部・台地南部と各周辺低地の地下水の主要イオン当量濃度の相関係数を示す。また、図5に「台地中部・周辺低地」のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>とMg<sup>2+</sup>、Ca<sup>2+</sup>当量濃度の散布図を示す。

表3 地下水の主要イオン当量濃度の相関係数

台地中部・周辺低地 (サンプル数 n=59)

	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Na <sup>+</sup>								
K <sup>+</sup>	0.43							
Mg <sup>2+</sup>	0.69	0.36						
Ca <sup>2+</sup>	0.66	0.43	<b>0.91</b>					
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.67	0.27	<b>0.87</b>	<b>0.80</b>				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-0.09	0.00	0.19	0.27	-0.03			
Cl <sup>-</sup>	0.67	0.45	<b>0.83</b>	<b>0.83</b>	0.68	0.00		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.54	0.27	0.47	0.47	0.39	0.02	0.37	

台地南部・周辺低地 (サンプル数 n=33)

	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Na <sup>+</sup>								
K <sup>+</sup>	0.03							
Mg <sup>2+</sup>	0.66	0.14						
Ca <sup>2+</sup>	0.67	0.23	0.71					
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0.23	-0.06	-0.25	-0.39				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	<b>0.85</b>	-0.13	0.59	0.60	-0.24			
Cl <sup>-</sup>	<b>0.90</b>	-0.07	0.69	0.66	-0.25	<b>0.80</b>		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.24	0.64	0.55	0.65	-0.40	-0.03	0.16	

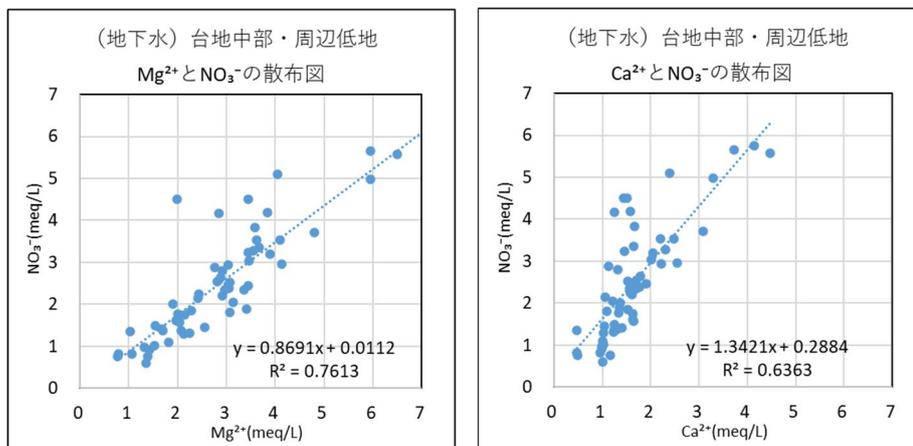


図5 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>とMg<sup>2+</sup>、Ca<sup>2+</sup>当量濃度の散布図

#### 4 まとめ

土壌はマイナスの電気を帯びた粘土粒子や腐植を含むため、交換性陽イオンである  $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 及び  $\text{K}^+$ 等と結合する<sup>2)</sup>。また、畑土壌には肥料や土壌改良剤として苦土 ( $\text{Mg}^{2+}$ )・石灰 ( $\text{Ca}^{2+}$ ) が施用されており<sup>3)</sup>、畜産由来の堆肥にも  $\text{Mg}^{2+}$ ・ $\text{Ca}^{2+}$ が含まれている<sup>4)</sup>。

また、畑地のような好氣的な土壌環境では、硝化菌が土壌中の有機態窒素や堆肥・化成肥料由来の  $\text{NH}_4^+$ を酸化して  $\text{NO}_3^-$ を生成する<sup>5)</sup>。陰イオンである  $\text{NO}_3^-$ は降雨等により土壌から比較的容易に溶脱するが、その際同当量の交換性陽イオンも同時に溶脱する<sup>5)6)</sup>。

台地中部（主に畑地域）・周辺低地の地下水は、 $\text{NO}_3^-$ ・ $\text{Mg}^{2+}$ ・ $\text{Ca}^{2+}$ の当量濃度が高く、多くの地点で、これらのイオン濃度が連動して変化する特徴がみられた。この地域の地下水の  $\text{NO}_3^-$ と  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 当量濃度の間に強い正の相関がみられ、また、台地中部の地下水は南から北へ向かって流動するとともに東西の周辺低地へ向かって流動している<sup>7)</sup>ことから、この地域の地下水の  $\text{NO}_3^-$ は、主に畑土壌中の  $\text{NO}_3^-$ が降雨等により  $\text{Mg}^{2+}$ ・ $\text{Ca}^{2+}$ とともに溶脱し、下層に浸透して地下水中に溶け込み流動したものと考えられる<sup>8)</sup>。

$\text{Cl}^-$ と  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 当量濃度の間にも強い正の相関が見られるが、これも肥料や堆肥に含まれる  $\text{Cl}^-$ が、陽イオンである  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ とともに溶脱したためと考えられる。

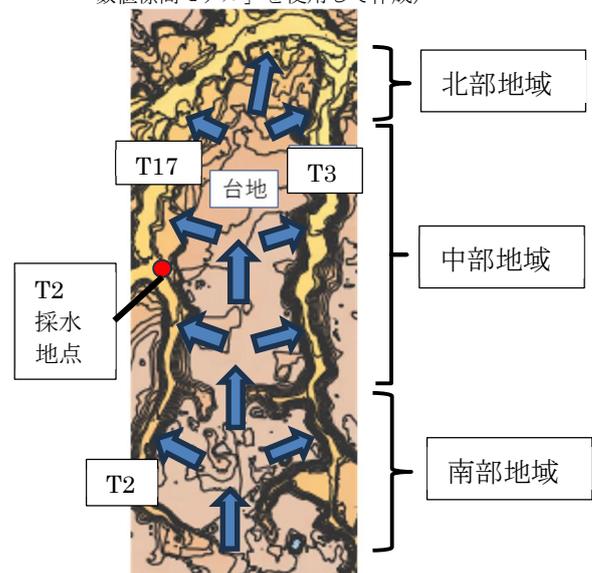
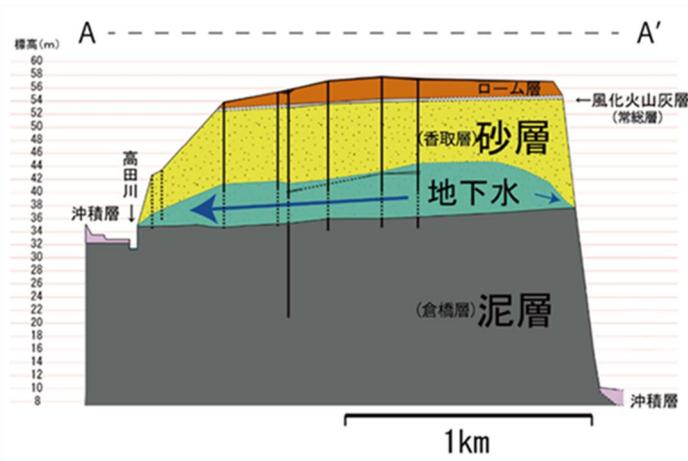
なお、一般的な地下水に含まれる  $\text{Mg}^{2+}$ ・ $\text{Ca}^{2+}$ の主な由来としては地層中の岩石（炭酸塩鉱物）があるが、台地中部・周辺低地の地下水については  $\text{HCO}_3^-$ と  $\text{Mg}^{2+}$ ・ $\text{Ca}^{2+}$ の相関は強くないことから、地下水中の  $\text{Mg}^{2+}$ ・ $\text{Ca}^{2+}$ の主な由来は地層中の岩石等ではなく、畑地に施用された肥料や土壌改良剤であると考えられる<sup>8)</sup>。

また、支川 T2 の採水地点は台地中部の地下水流動方向の下流に位置しており、主要イオンの特徴も類似していることから、支川 T2 には、台地中部地域の土壌から溶脱した高濃度の  $\text{NO}_3^-$ を含む地下水が、多く流入していると考えられる。

一方、台地南部（主に畜産地域）・周辺低地の地下水については、台地中部・周辺低地よりも  $\text{NO}_3^-$ 濃度が低い傾向があり、 $\text{NO}_3^-$ と  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 当量濃度の間に相関関係は見られなかった。また、a29（冬）、a30、b11の地下水については、 $\text{HCO}_3^-$ 濃度が突出して高いが  $\text{NO}_3^-$ 濃度は相対的に低く、 $\text{NH}_4^+$ ・ $\text{K}^+$ が他の地点より高濃度に検出されるなど、支川 T7 と類似する特徴がみられた。

支川 T3・T7 については、他の支川よりも  $\text{NH}_4^+$ ・ $\text{NO}_2^-$ ・ $\text{PO}_4^{3-}$ ・ $\text{K}^+$ を特に高濃度に検出した。 $\text{NH}_4^+$ ・ $\text{NO}_2^-$ ・ $\text{PO}_4^{3-}$ ・ $\text{K}^+$ は生活系・畜産系排水による汚染の指標となる成分である。 $\text{NH}_4^+$ ・ $\text{NO}_2^-$ ・ $\text{PO}_4^{3-}$ ・ $\text{K}^+$ は肥料や堆肥にも含まれるが、高田川流域の畑土壌（黒ボク土）はリン酸固定力が高く<sup>2)</sup>、一般的に  $\text{NH}_4^+$ ・ $\text{K}^+$ は農耕地から溶脱しにくいと言われており<sup>9)</sup>、また、好氣的環境の畑土壌では  $\text{NO}_2^-$ は硝化菌により酸化されて  $\text{NO}_3^-$ に変化する<sup>5)</sup>。今回の分析でも台地中部・周辺低地の地下水からは、高濃度の  $\text{NH}_4^+$ ・ $\text{NO}_2^-$ ・ $\text{PO}_4^{3-}$ ・ $\text{K}^+$ は検出されなかった。これらのことから、支川 T3・T7 は、他の支川よりも生活系・畜産系排水による影響を多く受けていると考えられる。

(参考1) 地下水採水地域(台地)の地質断面図<sup>10)</sup> (参考2) 地下水採水地域の標高コンター図と  
 (A-A'は北-南方向) 地下水流動方向(水色の矢印)  
 (標高コンター図は、国土地理院 基盤地図情報「数値標高モデル」を使用して作成)



#### 引用文献

- 1) 千葉県水質保全課: 公共用水域及び地下水の水質測定結果  
<https://www.pref.chiba.lg.jp/suiho/kasentou/koukyouyousui/>(2026年1月時点)
- 2) 千葉県担い手支援課: 陽イオン交換容量(CEC)の重要性と推定法の紹介  
<https://www.pref.chiba.lg.jp/ninaite/network/field-r6/rojiya-2024-09.html> (2026年1月時点)
- 3) 千葉県環境農業推進課: 適正施肥の推進(主要農作物等施肥基準・バランスの取れた土づくりの推進) 施肥基準(環境保全型施肥のポイント)  
[https://www.pref.chiba.lg.jp/annou/documents/3103sehikijun\\_4kankyou.pdf](https://www.pref.chiba.lg.jp/annou/documents/3103sehikijun_4kankyou.pdf) (2026年1月時点)
- 4) 千葉県畜産課: 畜種別堆肥の特徴  
<https://www.pref.chiba.lg.jp/chikusan/taihiriyoutokuchou.html> (2026年1月時点)
- 5) 犬伏和之、白鳥豊編: 改訂土壌学概論,朝倉書店,94-97 (2023)
- 6) 江種伸之、鷺田勉、平田健正: 森林及び果樹園からの無機イオン類の流出が河川水質に与える影響について、水工学論文集、第46巻、893-898 (2002)
- 7) 千葉県、(一財)千葉県環境財団: 硝酸・亜硝酸性窒素に係る水質調査(海匝地域北東部)業務報告書、30(2024-2025)
- 8) 環境省水・大気環境局土壌環境課地下水・地盤環境室: 硝酸性窒素等による地下水汚染対策マニュアル(平成28年5月) <https://www.env.go.jp/content/900539354.pdf> (2026年1月時点)
- 9) 福岡県農業総合試験場: 農耕地における肥料成分の溶脱とその機構に関する研究、福岡県農業総合試験場特別報告、第34号、4(2012)
- 10) 吉田剛、古野邦雄、楠田隆: 千葉県旭市倉橋における硝酸性窒素等による汚染問題 その1-水文地質单元と地下水流動一、千葉県環境研究センター年報、175(2007)