

愛知県東三河地域の豊川水系における 水質の流程変化に関する予察

Preliminary study for longitudinal change of water chemistry at the Toyogawa river-system in Higashi-Mikawa region of Aichi Prefecture, Japan

野崎健太郎

Kentaro NOZAKI

要 約

豊川水系の18地点において2009年2月11日から2013年3月7日にかけて取得された電気伝導度(45個), 溶存無機態窒素およびリン酸態リン(25個), 化学的酸素要求量(26個)の断片的な分析結果をまとめ, 流程変化に関する予備的な考察を行った。電気伝導度は, 寒狭川では宇連川と合流するまで $4.0 \sim 6.3 \text{ mS m}^{-1}$ であり, 合流後は下流に向かい $7.1 \sim 12.9 \text{ mS m}^{-1}$ へと上昇した。宇連川では河口から55 km地点で左岸から流入する亀淵川と大島川で $6.3 \sim 10.3$, 43 km地点で左岸から流入する真立川で7.6, 40 km地点で左岸から流入する黄柳川で $8.5 \sim 12.6 \text{ mS m}^{-1}$ の比較的高い値を示した。そして40 km地点では宇連川も高い値を示し, 特に2009年9月7日には 16.2 mS m^{-1} を記録し, 調査期間内の最大値となった。対照的に右岸から宇連川に流入する乳岩川, 大津谷川, 榎原川は $2.5 \sim 4.3 \text{ mS m}^{-1}$ の低い値を示した。豊川水系の水質に及ぼす中央構造線(Median Tectonic Line)とダムの影響を予察した。

キーワード: 豊川水系, 東三河, 水質, 流程変化, 中央構造線

背景と目的

豊川水系では, 1973年, 1978年および1979年, 1982年および1983年に愛知県公害調査センター(現在の愛知県環境調査センター)が三河湾の富栄養化や赤潮の仕組みを解明するために窒素とリンの挙動を調べた。その結果, 1952年および1953年と比べリンが増加(田中ほか, 1974), 中流域で硝酸態窒素濃度が上昇(原田ほか, 1980), 本川よりも周辺の中・小河川からの負荷が大きいこと(佐野ほか, 1983)が報告された。1977年から1979年にかけては, 愛知県衛生研究所が陽イオン, 陰イオン, 微量成分, トリチウム(^3H)を測定し, 主要成分には流域の地質が影響, 窒素とリンは人間活動により増加傾向, ^3H 濃度が雨水のそれとほぼ同じであることから降雨後数年以内の新しい地下水が再流出していることがわかった(茶谷ほか, 1981)。しかしながら, 1980年代以降は瀬の物理特性と底生動物現存量との関係を調べた小林ほか(2010)に記載されたpH, 電気伝導度, 硝酸態窒素濃度の流程変化を除けば, 水質に関する新たな論考が発表されておらず, 隣接する矢作川水系での2000年代以降の研究の蓄積とは対照的である(白金, 2002; 白金, 2004; Shiragane and Nozaki, 2005;

児玉ほか, 2006; 野崎・志村, 2013)。矢作川では1990年代以降, 溶存無機態窒素(Dissolved inorganic nitrogen: DIN)およびリン酸態リン濃度の減少傾向が報告されており(白金, 2004; Shiragane and Nozaki, 2005), 豊川でも同様の傾向が見られるか否かは興味深い課題である。

茶谷ほか(1981)は, 木曾川, 矢作川, 豊川の河川水に含まれる主要成分に差がない理由として地質などの広域的な流域条件が同じであることを示すと述べている。確かにこれら3河川の流域地質は花崗岩および, マグマによってジュラ紀付加体が高温低圧環境で変成した領家変成帯である(堤, 2014, p. 171 ~ 173)。ただし豊川は河口から44 km地点の三河大野までは, 領家変成帯と低温高圧環境で変成した三波川変成帯が隣接する中央構造線(Median Tectonic Line: MTL)に沿って流れている(Ui, 1980; 長谷川ほか, 2019)。したがって, 三波川変成帯に接する部分では, 河川水質が領家変成帯とは異なる影響を受けることも考えられる。河川水質と中央構造線との関係は, これまでに豊川で検討されたことがない課題である。

そこで本研究では, 2009年2月から2013年3月にかけて18地点から得られた断片的な水質分析の結果をま

とめ、豊川水系における水質の流程変化に関する予備的な考察を報告する。

研究方法

調査地

豊川は愛知県設楽町の段戸山(鷹ノ巣山, 標高 1153 m)を水源とする幹線流路延長 77 km, 流域面積 724 km²の一級河川である(春夏秋冬叢書編集部, 2007, はじめに)。

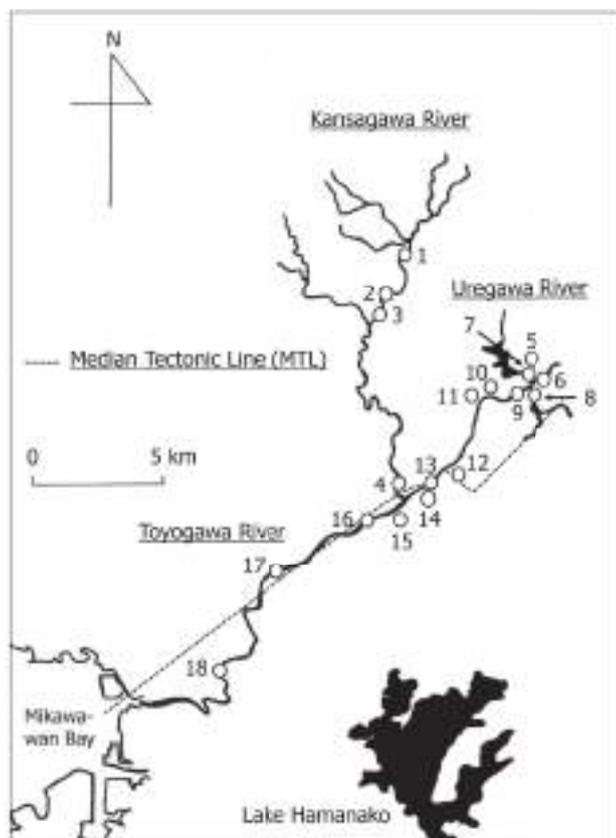


図1 調査地と採水地点。
Fig. 1 Map of the study site and sampling stations.

河口からおよそ 38 km 地点で寒狭川と宇連川に分岐し、本川は寒狭川になる。調査地点は図1に示した 18 地点である。各調査地点の地理情報は表1にまとめた。緯度・経度、標高、河口からの距離は地理院地図(GSI-Maps)から取得した。St. 1~4は寒狭川, St. 7, 9, 13は宇連川, St. 5, 6, 8, 10, 11, 12, 14は宇連川に流入する支川, St. 16~18は豊川, St. 15は豊川に流入する支川である。中央構造線は河口から St. 12の三河大野付近まで豊川および宇連川本川に沿い、その後、南東方向に曲がり宇連川から離れ、再び北東方面に直行し St. 8の大島川上流の大島ダム(朝霧湖)に達している。

この中央構造線は、傾斜の緩やかな断層で低角度 (low-angle) MTL (金山スラスト) と呼ばれ、一方、三河大野から直線的に北東に直行する断層が存在し高角度 (high-angle) MTL (細川断層) と呼ばれている(長谷川ほか, 2019)。

図2に調査地点の一部を写真で示す。図2Aは寒狭川上流の田口付近(St. 1)で典型的な山地溪流である。図2Bは三河河合で宇連川に合流する亀淵川(St. 6)である。この川には、5月から9月の間、天竜川の佐久間ダムから分水された水が流入することがある(春夏秋冬叢書編集部, 2007, p. 173-176)。図2Cは亀淵川と合流する直前の宇連川(St. 7)である。上流に宇連ダム(鳳来湖)が設置され、その運用によって水量が経時的、季節的に大きく変動するようである。図2Dは三河河合で亀淵川に次いで宇連川に合流する大島川の河口(St. 8)である。河口部の川底は岩床で火山岩の流紋岩、安山岩や堆積岩の凝灰岩とされ、上流部には大島ダムが設置され、中央構造線による圧砕岩帯や三波川変成帯が分布している(春夏秋冬叢書編集部, 2007, p. 169-172; 地質図 Navi web site)。図2Eは本長篠の鳳来橋付近の宇連川(St. 13)で支川の黄柳川(St. 14)の合流点直上が調査地点となる。ここから 2.5 km 上流には豊川用水の取水口となる大野頭首工が設置されており、その運用によって河川水量が大きく減少することがあった。図2Fは黄柳川の河口付近(St. 14)で三波川変成帯から流入する代表的な支川となる(地質図 Navi web site)。図2Gは寒狭川と宇連川の合流点で河床は三波川変成帯となっている(地質図 Navi web site)。図2Hは豊川下流の豊川放水路分岐の直上になる。

現地調査

現地調査の日時は文末に掲載した附表1に示した。2009年2月11日, 12日および16日に全域の調査を行い、それ以降は2013年3月7日までに取得した断片的な調査結果を用いた。水温はアルコール温度計、電気伝導度は伝導度計(TOA DKK CM-21P)で測定した。水質分析用の試水は、100 mL ポリ瓶2本に採取し直射光を避け冷やしながら実験室に持ち帰った。2009年6月1日と9月7日には St. 13の宇連川と St. 14の黄柳川で調査地の川幅、水深、1/2水深の流速を測定し流量を算出した(加藤, 2014)。流速は、プロペラ式の流速計(コスモ理研, CR-7)で測定した。なお、この手法で算出した流量の値と国土交通省が測定している値との相関として $r^2=0.987$ が報告されており実用に耐えうると判断



図2 採水地点の一部の写真。A寒狭川 (St. 1, 2009年2月12日), B亀淵川 (St. 6, 2009年2月16日), C宇連川 (St. 7, 2009年2月16日), D大島川 (St. 8, 2009年2月16日), E宇連川 (St. 13, 2009年9月7日), F黄柳川 (St. 14, 2009年9月7日), G寒狭川と宇連川の合流地点 (2009年2月16日), H豊川放水路の直上 (St. 18, 2009年2月12日)。

Fig. 2 Photos of some sampling stations. A Kansagawa River St. 1, 12 February 2009, B Kamebuchigawa River St. 6, 16 February 2009, C Uregawa River St. 7, 16 February 2009, D Ooshimagawa River St. 8, 16 February 2009, E Uregawa River St. 13, 7 September 2009, F Tsugegawa River St. 14, 7 September 2009, G Kansagawa and Uregawa, 16 February 2009, H Toyogawa Hosuiro St. 18, 12 February 2009.

表 1 採水地点の地理情報.

Table 1 Geographical information of sampling stations.

Station	River name	Place name	Distance from	Elevation	North latitude	East longitude
			rivermouth			
			km	m		
1	Kansagawa 寒狭川	Taguchi 田口	72.4	350	35° 05' 54"	137° 33' 42"
2	Kansagawa 寒狭川	Yonma 呼間	64.9	247	35° 04' 02"	137° 32' 30"
3	Kansagawa 寒狭川	Damine 田峯	62.5	215	35° 03' 03"	137° 32' 29"
4	Kansagawa 寒狭川	Nagashino-Bashi 長篠橋	39.3	40	34° 55' 32"	137° 33' 11"
5	Chiiwagawa 乳岩川	Mikawa-Kawai 三河川合	55.8	157	35° 00' 32"	137° 39' 49"
6	Kamebuchigawa 亀淵川	Mikawa-Kawai 三河川合	55.2	146	35° 00' 13"	137° 40' 09"
7	Uregawa 宇連川	Mikawa-Kawai 三河川合	54.9	150	35° 00' 13"	137° 39' 58"
8	Ooshimagawa 大島川	Mikawa-Kawai 三河川合	54.1	141	34° 59' 54"	137° 39' 48"
9	Uregawa 宇連川	Myougo 名号	53.9	139	34° 59' 56"	137° 39' 32"
10	Ootsudanigawa 大津谷川	Mikawa-Makihara 三河榎原	49.9	113	34° 59' 24"	137° 37' 29"
11	Makiharagawa 榎原川	Mikawa-Makihara 三河榎原	49.1	107	34° 59' 19"	137° 36' 59"
12	Matategawa 真立川	Mikawa-Oono 三河大野	43.6	78	34° 56' 44"	137° 36' 12"
13	Uregawa 宇連川	Hon-Nagashino 本長篠	40.6	48	34° 55' 53"	137° 34' 25"
14	Tsugegawa 黄柳川	Hon-Nagashino 本長篠	40.5	49	34° 55' 55"	137° 34' 38"
15	Fukazawagawa 深沢川	Ichikawaguchi 市川口	37.3	35	34° 54' 46"	137° 33' 23"
16	Toyogawa 豊川	Mikawa-Togo 三河東郷	34.7	27	34° 54' 22"	137° 31' 45"
17	Toyogawa 豊川	Ejima-Bashi 江島橋	24.5	17	34° 52' 02"	137° 26' 37"
18	Toyogawa 豊川	Toyogawa-Hosuiro 豊川放水路分流地点	13.6	5	34° 48' 16"	137° 24' 10"

できる (野崎, 2014).

水質分析

化学的酸素要求量 (COD) は試水 1 本をろ過せずに用いて過マンガン酸カリウム法 (松本・野崎, 2014) で定量した. 溶存無機態窒素 (Dissolved inorganic nitrogen: DIN) とリン酸態リン ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$) はガラス繊維ろ紙 (Advantec 社, GF-75) でろ過した試水を用い, インドフェノール法によるアンモニア態窒素 ($\text{NH}_4^+\text{-N}$), ジアゾ化法による亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_2^-\text{-N}$), サリ

チル酸ナトリウム法による硝酸態窒素 ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) および, モリブデン酸アンモニウム法による $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ を比色分析で定量した (松本・野崎, 2014). DIN, $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ の比色分析は, 分光光度計 (日立 U-1000) で定量した.

結果

18 地点の調査から電気伝導度 45 個, DIN と $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 25 個, COD 26 個の値を得た (附表 1). ここでは流程変化を図示しながら結果を説明する.

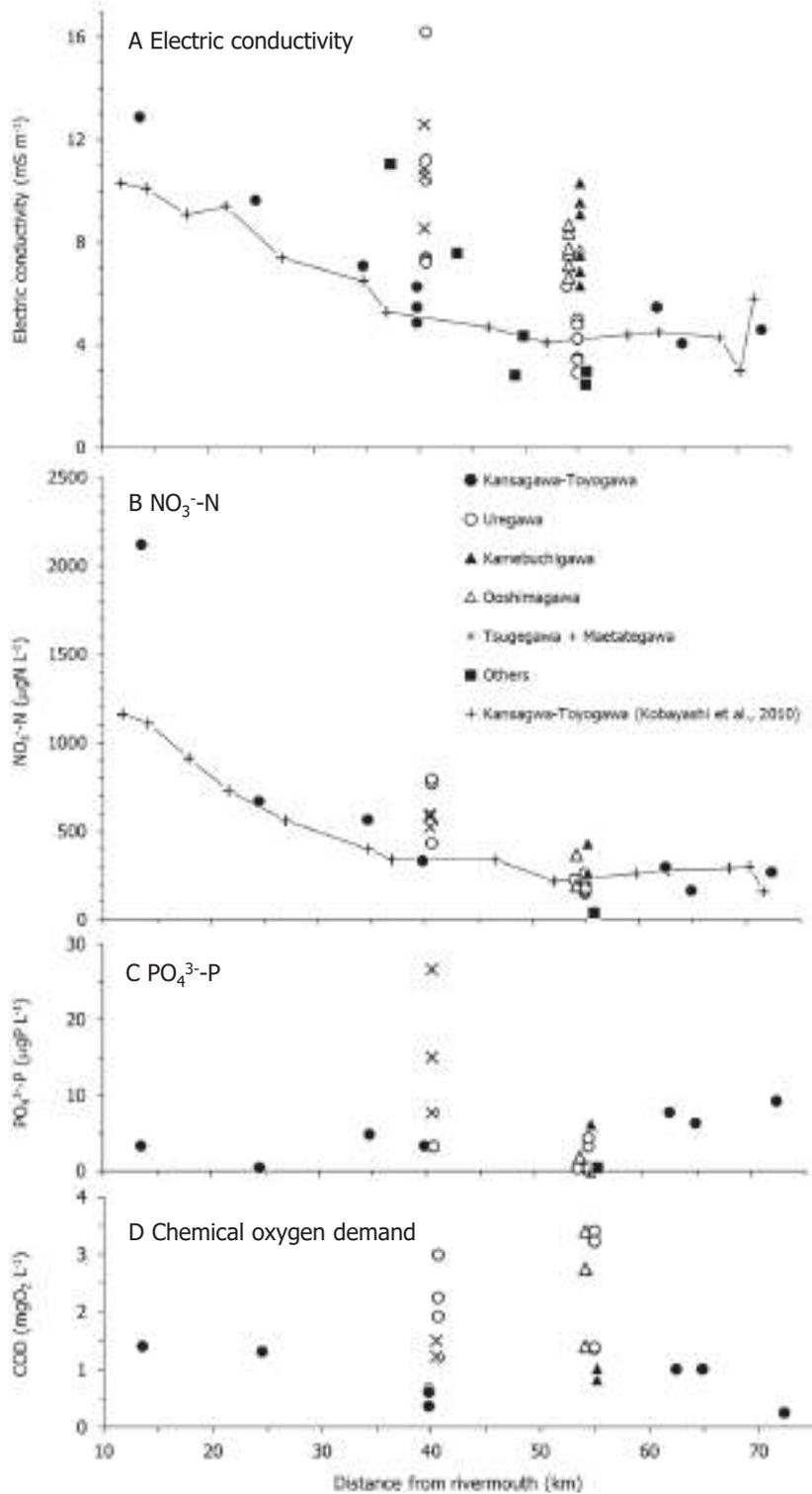


図3 電気伝導度 (A), 硝酸態窒素 (B), リン酸態リン (C) および化学的酸素要求量 (D) の流程分布.

Fig. 3 Longitudinal changes of electric conductivity (A), NO₃⁻-N concentration (B), PO₄³⁻-P concentration (C) and Chemical oxygen demand (D).

電気伝導度 (図 3 A) は、寒狭川では宇連川と合流するまで 4.0 ~ 6.3 mS m⁻¹ であり、合流後は下流に向かい 7.1 ~ 12.9 mS m⁻¹ へと上昇し概ね小林ほか (2010) の結果と同様であった。宇連川では河口から 55 km 地

点で左岸 (静岡県側) から流入する亀淵川 (St. 6) と大島川 (St. 8) で 6.3 ~ 10.3 mS m⁻¹, 43 km 地点で左岸から流入する真立川 (St. 12) で 7.6 mS m⁻¹, 40 km 地点で左岸から流入する黄柳川 (St. 14) で 8.5 ~

12.6 mS m⁻¹の比較的高い値を示した。そして40 km地点では宇連川 (St. 13) も高い値を示し、特に2009年9月7日には16.2 mS m⁻¹を記録し、調査期間内の最大値となった。2009年6月1日の宇連川と黄柳川の流量は、それぞれ0.10と0.95 m³ s⁻¹、9月7日は0.04と0.50 m³ s⁻¹であり、特に宇連川で流量が激減していた (図4)。したがって、宇連川40 km地点の高い電気伝導度は大野頭首工における取水によって流量が減少し、溶存無機態物質の濃縮が生じた結果と考えられる。寒狭川と宇連川合流後の豊川に左岸から流入する深沢川 (St. 15) も11.1 mS m⁻¹の高い値であった。対照的に右岸から宇連川に流入する乳岩川 (St. 5)、大津谷川 (St. 10)、榎原川 (St. 12) は2.5～4.3 mS m⁻¹の低い値を示した。

NO₃⁻-N濃度の流程変化は図3Bに示した。溶存無機態窒素 (dissolved inorganic nitrogen: DIN) の96～100%がNO₃⁻-Nで占められていた。寒狭川—豊川のNO₃⁻-N濃度は、最下流の調査地点である豊川放水路分岐直上 (St. 18) で得られた2120 µgN L⁻¹の高い値を除き、概ね小林ほか (2010) と同程度であった。宇連川では40 km地点で電気伝導度の結果と同じくやや高い値がみられ、寒狭川 (St. 4) の294 µgN L⁻¹に比べ431～793 µgN L⁻¹であった。

PO₄³⁻-Pは殆どの調査地点で10 µgP L⁻¹以下であったが、宇連川の40 km地点で左岸から流入する黄柳川でのみ15および27 µgP L⁻¹の高い値が得られた (図3C)。CODは寒狭川—豊川では0.2～1.4 mgO₂ L⁻¹であったが、上流部にダムが設置された宇連川と大島川では3.0 mgO₂ L⁻¹に達することがあった (図3D)。



図4 宇連川と黄柳川の合流点 (2009年9月7日)。
Fig. 4 Uregawa River and Tsugegawa River, 7 September 2009.

考 察

本研究で用いた水質の値は断片的な調査結果の集合体であり、目的と計画性を持って採取されていない。したがって、ここでは今後の研究への提案を中心とした予備的な考察に留める。

水質の流程変化で興味深い現象は、宇連川とその支川の40～50 km地点における大きなばらつきである。豊川水系では左岸から流入する支川で電気伝導度が高く、右岸から流入する支川では低い値であった。そして40 km地点で左岸から流入する黄柳川のPO₄³⁻-P濃度は本研究で最も高い値を記録した。河川水中の有機物量の指標であるCODは宇連川と大島川で高くなった。この仕組みを、中央構造線が湧水に及ぼす影響とダムからの有機物の流出と関連付けて考察する。

まず、中央構造線との関連を述べる。豊川水系の河川水の起源は雨水の直接流入ではなく地下水が押し出された湧水である (茶谷ほか, 1981)。湧水の水質は、地下水として滞留する場の地質や人間活動の影響を受ける。例えば Rossi et al. (2015) は、フィンランド北東部に位置する Oulanka 国立公園の41の湧水を対象に、水質と基盤地質および地下水が流入する範囲 (capture zone) の土地利用との関係を調べた。その結果、湧水の殆どは、基盤地質の苦灰岩 (ドロマイト) と石灰岩の影響を受け、カルシウムイオン、pH、アルカリ度が高い値を示し、一部は過去の小規模農業の影響を残し、亜硝酸態およびNO₃⁻-N濃度が高くなることを明らかにしている。野崎 (2018)、野崎・松本 (2022) は愛知県尾張丘陵砂礫層からの湧水の水質は、人間活動の影響が強まるにつれて電気伝導度と溶存無機態窒素の濃度が上昇することを報告している。その一方で、野崎ほか (2021) は尾張丘陵で近接し地質が異なる2つの湧水の水質を比較し、砂礫層からの湧水はpH 4.7、電気伝導度4.7 mS m⁻¹、溶存無機態窒素濃度58 µgN L⁻¹を示し酸性かつ溶存無機態物質に乏しいが、変成岩体のホルンフェルスからの湧水はpH 6.0、電気伝導度15.6 mS m⁻¹、溶存無機態窒素濃度63 µgN L⁻¹を示し微弱酸性で溶存無機態物質が多いことを明らかにした。ただし、溶存態窒素濃度には差がなかった。この仕組みは、砂礫層に比べホルンフェルスが硬く内部の風化が少ないことから、酸性の雨水がゆっくりと浸透しながら岩体を溶かす酸緩衝機能によるものと説明されている。興味深いことにPO₄³⁻-P濃度は砂礫層で4 µgP L⁻¹、ホルンフェルス岩体で15 µgP L⁻¹を示し変成岩体からの湧水で高くなっ

た。リンは気体型を持つ窒素とは異なり地殻起源の物質であるため、この濃度の違いには地質が影響していると考えられる（早川，2018）。

これら先行研究の結果を踏まえると、豊川水系では中央構造線を境界とした地質の違いが水質に影響を及ぼしている可能性が考えられる。寒狭川，宇連川上流部，右岸から流入する支川は集水域が火成岩の露出が多い領家変成帯で電気伝導度，溶存無機態窒素および $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 濃度が低い。そして宇連川下流部，左岸から流入する亀淵川，大島川，真立川，黄柳川，深沢川は，亀淵川を除き集水域や河床の一部もしくは全域が高圧低温型の変成岩である三波川変成帯であり，電気伝導度や $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 濃度が右岸を集水域とする河川に比べて高い傾向にあった。中央構造線の周囲には興味深い水環境が形成されている。長野県南部の大鹿村には海水を上回る塩分が含まれることがある鹿塩温泉が三波川変成帯から湧出している（益田ほか，1988）。安達・山中（2020）は，中央構造線上に湧出している長野県南部の温泉水が高い $\delta^{18}\text{O}$ ($\geq +3.5\%$)，低い $\delta^2\text{H}$ ($< -15\%$)，高い Cl（塩素）濃度 ($> 10 \text{ g/L}$)，高い B（ホウ素）/Cl 比 (< 0.002)，および高い Li（リチウム）/Cl 比 (≥ 0.0005) で特徴づけられることを明らかにし，降雨に由来しない非天水成分を含んだ水は，プレートの沈み込みに伴う変成作用によって脱水されたものであると推定している。したがって，本研究で得られた高い電気伝導度や $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ は三波川変成帯に影響されているとも考えられる。しかしながら，田代・辻本（2015）は紀伊半島の中央構造線に沿って流れる櫛田川水系において，6つの支川の電気伝導度と地質の関係を調べ，三波川変成帯が90～100%を占める場所の電気伝導度を $4.7 \sim 6.0 \text{ mS m}^{-1}$ ，領家変成帯が94～100%を占める場では $4.0 \sim 9.5 \text{ mS m}^{-1}$ を報告している。彼らの結果からは，特に三波川変成帯で電気伝導度が高くなる傾向は見いだされない。そこで筆者は，豊川水系における今後の研究として，集水域の多くが三波川変成帯である黄柳川と，隣接する阿寺川の水質を詳細に調べることが重要であると提案する。黄柳川は上流部が平坦で集落や田畑が形成されているが，阿寺川の流域にはまとまった集落は認められないので，地質と人間活動の影響を比較研究することができる。

続いて水質へのダムの影響について検討する。本研究で COD が $3 \text{ mgO}_2 \text{ L}^{-1}$ 程度の比較的高い値は，ダム直下の宇連川（St. 7），大島川（St. 8），大野頭首工直下の宇連川（St. 13）で記録された。ダムや頭首工は水が滞留し，流入した有機物の蓄積あるいは植物プランクト

ンの増殖によって下流への有機物負荷が増加する可能性が考えられる（野崎・白金，2019）。加えて，図4に示した通り，ダムや頭首工の貯水や取水によって河川流量が激減し，有機物の濃縮が生じることも考えられる。豊川水系のダムや頭首工は，豊川用水を通じて東三河地域の人間活動を支えている（太原，2002）。今後の利水と環境維持の並存を議論する材料としての研究の蓄積が望まれる。

謝 辞

豊田工業高等専門学校環境都市工学科講師の江端一徳博士および同准教授の松本嘉孝博士は豊川水系の水質形成過程について筆者と議論して下さい。名古屋大学減災連携研究センター教授の田代喬博士には中央構造線と河川水質との関係についてご教示いただいた。ここに記して深く感謝いたします。本研究のとりまとめにあたり，科学研究費補助金（基盤研究 C，18K02944，野崎健太郎）を用いた。

Summary

Values of electric conductivity ($n=45$), dissolved inorganic nitrogen (DIN) and phosphate phosphorus ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$) concentrations ($n=25$), and chemical oxygen demand ($n=26$) were obtained at 18 sampling stations in the Toyogawa River system from 11 February 2009 to 7 March 2013. These fragmentary data of water chemistry used in a preliminary consideration of the longitudinal change. For example, the electric conductivity of the Kansagawa River was $4.0\text{--}6.3 \text{ mS m}^{-1}$ until it merged with the Uregawa River, and then increased downstream to $7.1\text{--}12.9 \text{ mS m}^{-1}$. In the Uregawa River system, relatively high values were obtained from tributaries from the flow into the left side. The Kamebuchigawa River and the Ooshimagawa River at 55 km from the river mouth was $6.3\text{--}10.3 \text{ mS m}^{-1}$, the Matategawa River at 43 km was 7.5 mS m^{-1} , and the Tsugagawa River at 40 km was $8.5\text{--}12.6 \text{ mS m}^{-1}$. At the 40 km point, the main channel of the Uregawa River also showed a high value, especially 16.2 mS m^{-1} on 7 September 2009, which was the maximum value during the survey period. In contrast, the

Chiiwagawa River, Ootsudanigawa River, and Makihara River, which flow into the Uregawa River from the right side, showed relatively low values of 2.5–4.3 mS m⁻¹. The influences of the Median Tectonic Line (MTL) and the dam on the water chemistry of the Toyogawa River system were preliminarily discussed.

Key words: Toyogawa river-system, Higashi-Mikawa, water chemistry, longitudinal change, Median Tectonic Line (MTL)

引用文献

- 安達郁哉・山中勤 (2020) 中部地方の温泉に含まれる非天水成分の特徴と成因. 水文科学会誌, 50 : 55–70.
- 茶谷邦男・富田伴一・清水通彦・大沼章子・荏加泰司・浜村憲克 (1981) 愛知県内の河川の水質. 陸水学雑誌, 42 : 131–137.
- 地理院地図 (GSI-Maps) 国土地理院 : <https://maps.gsi.go.jp/> (2022年8月10日閲覧).
- 地質図 Navi 産業技術総合研究所 : <https://gbank.gsj.jp/geonavi/> (2022年8月10日閲覧).
- 春夏秋冬叢書編集部 (2007) 豊川物語. はるなつあきふゆ叢書 22, 春夏秋冬叢書, 豊橋.
- 長谷川遼・磯崎行雄・大友幸子・堤之恭 (2019) 中央構造線 (MTL) の活動開始時期—三河大野・伊平地域の低角度 MTL に隣接する三種類の白亜紀系砂岩の碎屑性ジルコン年代からの制限—. 地学雑誌, 128 : 391–417.
- 原田文男・古田正次・大塚治子・山本甫 (1980) 豊川における窒素の形態及び負荷量. 愛知県公害調査センター所報, 8 : 41–48.
- 早川敦 (2018) 第3章 流域から河川へのリンの流出機構. 森林と物質循環 (柴田英昭編), 61–102, 共立出版, 東京.
- 加藤元海 (2014) 2.3 流速と流量. 身近な水の環境科学 実習・測定編 (日本陸水学会東海支部会編集), 35–38, 朝倉書店, 東京.
- 小林草平・中西哲・尾嶋百合香・天野邦彦 (2010) 愛知県豊川における瀬の物理特性と底生動物現存量. 陸水学雑誌, 71 : 147–164.
- 児玉真史・田中勝久・澤田知希・都築基・山本有司・柳澤豊重 (2006) 矢作川下流における DSi: DIN 比の変動要因. 水環境学会誌, 29 : 93–99.
- 益田晴恵・橋爪伝・酒井均 (1988) 鹿塩地域に湧出する塩水の季節変動とその要因について. 地球化学, 22 : 149–156.
- 松本嘉孝・野崎健太郎 (2014) 3. 水の化学分析. 身近な水の環境科学 実習・測定編 (日本陸水学会東海支部会編集), 81–124, 朝倉書店, 東京.
- 野崎健太郎 (2014) 自分で測定した流量を公式な値と比較してみる—豊川上流での検証. 身近な水の環境科学 実習・測定編 (日本陸水学会東海支部会編集), 39, 朝倉書店, 東京.
- 野崎健太郎 (2018) 尾張丘陵東部の段丘崖に見られる湧水と小河川源頭部の水質の季節変化—豊田市梅坪町および八草町における事例研究—. 矢作川研究, 22 : 1–16.
- 野崎健太郎・志村知世乃 (2013) 矢作川と土岐川の中流域における付着藻現存量と栄養塩濃度の季節変化. 矢作川研究, 17 : 101–105.
- 野崎健太郎・白金晶子 (2019) 矢作川中流域における浮遊珪藻 *Asterionella formosa* Hassall と *Fragilaria crotonensis* Kitton の細胞数の季節変動. 矢作川研究, 23 : 13–27.
- 野崎健太郎・渡邊明香里・松本嘉孝 (2021) 尾張丘陵南部の変成岩体における湧水の湧出量, 水温および水質の季節変化—愛知県日進市の岩崎御岳山における事例研究—. 湿地研究, 11 : 59–73.
- 野崎健太郎・松本嘉孝 (2022) 都市部の近接した湧水における水質と人間活動との関係: 小学校理科教材としての可能性. 湿地研究, 12 : 43–72.
- Rossi, P.M., H. Marttila, J. Jyvasjarvi, P. Ala-aho, E. Isokangas, T. Muotka and B. Klove (2015) Environmental conditions of boreal springs explained by capture zone characteristics. Journal of Hydrology, 531: 992–1002.
- 佐野方昂・鶴田藤作・山野内隆英・坂部孝夫・伊藤正幸 (1983) 窒素・リンからみた豊川流域河川の特徴. 愛知県公害調査センター所報, 11 : 86–95.
- 白金晶子 (2002) 矢作川中流域の水質—古巣水辺公園を中心に—. 矢作川研究, 6 : 99–111.
- 白金晶子 (2004) 矢作川中流域の水質 II—水質の長期変動と他河川との比較—. 矢作川研究, 8 : 219–228.
- Shiragane, A. and K. Nozaki (2005) Long-term changes of the nutrients in the middle-reach of the Yahagi River, central Japan. Korean Journal of Limnology, 38: 439–444.
- 太原浩 (2002) 豊川総合用水事業の完了と豊川用水二期事業のこれから. 農業土木学会誌, 70 : 499–502.
- 田中庸央・大西喜代嗣・西田洋子・森鑑男・荒川幸夫・吉本健二 (1974) 都市近郊河川における富栄養化 (第2報) 河川水中の栄養塩類について. 愛知県公害調査センター所報, 2 : 93–101.
- 田代喬・辻本哲郎 (2015) 流域地質の異質性からみた山地河川の河床材料構成と底生動物の関係: 櫛田川流域における現地観測. 応用生態工学, 18 : 35–45.
- 堤之恭 (2014) 絵でわかる日本列島の誕生. 講談社, 東京.
- Ui, H. (1980) Geological structure along the Median Tectonic Line, east of Mikawa-Oono, central Japan. Memoirs of the Geological Society of Japan, 18: 69–78.

椋山女学園大学教育学部:
〒464-8662 名古屋市千種区星が丘元町17-3
School of Education, Sugiyama Jogakuen University,
Hoshigaoka Moto-machi 17-3, Chikusa-ku, Nagoya,
464-8662, Japan
E-mail: ken@sugiyama-u.ac.jp

附表 1 水質分析の結果.

Appendix 1 Data of water chemistry.

Date	River name	Station	Time	WT	EC	NO ₃ ⁻ -N	DIN	PO ₄ ³⁻ -N	COD
				°C	mS m ⁻¹	µgN L ⁻¹	µgN L ⁻¹	µgP L ⁻¹	mgO ₂ L ⁻¹
12 Feb. 2009	Kansagawa	1	10:46	3.8	4.57	266.0	271.8	9.2	0.2
18 Mar. 2009	Kansagawa	2	14:20	9.7	4.04	161.4	166.0	6.3	1.0
12 Feb. 2009	Kansagawa	3	12:32	5.9	5.46	294.1	306.7	7.7	1.0
11 Feb. 2009	Kansagawa	4	12:50	7.3	6.26	329.3	342.7	3.3	0.4
18 Mar. 2009	Kansagawa		12:45	9.1	4.86	no data	no data	no data	0.7
9 Apr. 2009	Kansagawa		12:49	13.0	5.46	no data	no data	no data	0.6
19 Aug. 2010	Chiiwagawa	5	14:45	26.3	2.96	36.6	36.6	0.4	no data
25 Dec. 2010	Chiiwagawa		14:00	5.0	2.46	no data	no data	no data	no data
16 Feb. 2009	Kamebuchigawa	6	10:06	9.5	6.34	433.0	436.9	6.3	0.8
18 Mar. 2009	Kamebuchigawa		10:45	9.3	6.90	no data	no data	no data	0.8
9 Apr. 2009	Kamebuchigawa		10:42	11.2	9.57	no data	no data	no data	1.0
18 Dec. 2009	Kamebuchigawa		16:25	8.5	9.12	no data	no data	no data	no data
25 Dec. 2010	Kamebuchigawa		14:20	7.9	7.76	no data	no data	no data	no data
7 Apr. 2011	Kamebuchigawa		10:30	12.0	10.33	no data	no data	no data	no data
7 Mar. 2013	Kamebuchigawa		13:48	9.3	7.51	267.7	268.5	N.D.	no data
16 Feb. 2009	Uregawa	7	10:18	9.9	4.25	204.4	209.2	3.3	1.4
18 Mar. 2009	Uregawa		10:04	10.3	5.00	192.1	194.9	4.4	1.4
18 Nov. 2011	Uregawa		8:30	15.8	2.92	153.2	153.6	N.D.	3.4
2 Dec. 2011	Uregawa		8:20	11.9	3.50	158.5	164.6	0.4	3.4
27 Dec. 2011	Uregawa		8:32	8.2	3.43	172.8	173.2	N.D.	3.2
7 Mar. 2013	Uregawa		13:07	9.2	4.81	262.5	263.6	0.4	no data
16 Feb. 2009	Ooshimagawa	8	10:41	8.6	8.38	366.2	376.9	1.9	1.4
18 Mar. 2009	Ooshimagawa		11:10	9.6	7.11	no data	no data	no data	2.8
9 Apr. 2009	Ooshimagawa		11:18	12.2	6.64	no data	no data	no data	3.4
18 Dec. 2009	Ooshimagawa		16:40	8.9	7.57	no data	no data	no data	no data
7 Apr. 2011	Ooshimagawa		11:15	11.6	8.69	no data	no data	no data	no data
7 Mar. 2013	Ooshimagawa		14:43	9.3	7.77	190.4	190.4	1.9	no data
7 Mar. 2013	Uregawa	9	15:18	10.3	6.29	227.3	227.4	0.4	no data
16 Feb. 2009	Ootsudanigawa	10	12:42	9.2	4.33	no data	no data	no data	no data
16 Feb. 2009	Makiharagawa	11	12:58	9.2	2.79	no data	no data	no data	no data
16 Feb. 2009	Matategawa	12	14:05	9.1	7.57	no data	no data	no data	no data
16 Feb. 2009	Uregawa	13	15:09	9.4	7.40	431.2	440.7	7.7	2.3
18 Mar. 2009	Uregawa		13:35	11.1	7.34	no data	no data	no data	1.2
9 Apr. 2009	Uregawa		13:30	13.5	10.43	no data	no data	no data	3.0
21 May 2009	Uregawa		10:35	16.3	7.21	547.3	548.7	3.3	1.9
1 Jun. 2009	Uregawa		10:25	18.5	11.20	769.6	771.0	3.3	1.2
7 Sep. 2009	Uregawa		10:40	24.2	16.20	792.5	798.9	3.3	no data
16 Feb. 2009	Tsugegawa	14	14:49	8.6	10.86	no data	no data	no data	no data
21 May 2009	Tsugegawa		10:15	15.4	8.54	584.2	585.9	7.7	1.5
1 Jun. 2009	Tsugegawa		10:15	17.0	10.60	599.1	601.1	15.0	1.2
7 Sep. 2009	Tsugegawa		10:15	23.1	12.60	521.8	522.5	26.7	no data
16 Feb. 2009	Fukazawagawa	15	15:46	7.8	11.05	no data	no data	no data	no data
16 Feb. 2009	Toyogawa	16	16:33	8.9	7.08	562.2	575.2	4.8	no data
11 Feb. 2009	Toyogawa	17	14:40	9.9	9.63	665.9	682.8	0.4	1.3
12 Feb. 2009	Toyogawa	18	16:26	10.7	12.86	2118.0	2135.1	3.3	1.4