

# 2002 年から 2021 年の長期データを用いた 矢作川本川における水文水質特性の経年変化

## Long Term Variation of Hydrological and Water Quality Properties in the Yahagi River during 2002 to 2021

江端一徳

Kazunori EBATA

### 要 約

矢作川流域における 2002 年から 2021 年までの 20 年間の長期間の降水量、流量、利水量、水質データを用いて水文水質特性を把握した結果、降水量は、上流と下流を比較して上流の方が多く、また年間降水量が増加傾向にあることが明らかとなった。また、河川流量は、降水量の増減と一致した経年変化を示し、支川の上村川の平均流量は  $3.2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  と最も小さく、本川の明治用水、岩津、米津地点ではおよそ  $25.0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  前後で流下していることがわかった。また、明治用水で取水がなされることで、岩津地点で流量が低下するものの、下流の米津では再び支川流入による河川流量の回復が確認できた。水質に関しては、BOD 濃度は長期的に増加する地点があったものの、それ以外の COD, TN, TP は濃度が減少する傾向であった。また、流出負荷量を算出した結果、下流の米津が BOD を除いてどの項目も流出負荷量が最も多く、矢作ダムから明治用水の区間で流出負荷量の変化が最大となった。

キーワード：矢作川本川、長期データ、水文水質特性、経年変化

Keywords: Yahagi River, Long-term data, Hydrological and water quality properties, Long term variation

## 1. はじめに

矢作川は、長野県下伊那郡平谷村の大川入山を源流とし、愛知県・岐阜県境の山間部から三河平野へ流下し三河湾に注ぐ、幹川流路延長約 118 km、流域面積 1830  $\text{km}^2$  の一級河川である(中部地方整備局豊橋河川事務所, 2022)。最上流部には、矢作ダムがあり、上流から下流への流程に沿って複数のダム・取水堰が連続して連なり、農・工業用水、上水道用水の利用を目的として人工的な水資源操作が行われている。そのため、矢作川本川流量は、降水量や気温といった気象条件に加え、ダムによる水のせき止め、放水といった人為的なダム操作により影響を受けると考えられる。特に、矢作川本川流量に関して、白金ら (2013) は、1970 年に矢作ダムが建設されて以降、ダム下流で流量が減少していることを明らかにしており、ダムによる影響を考慮することは、中・下流域での水利用を確保する上で重要といえる。また、矢作川が流下する豊田市を含む愛知県の西三河地域は、全国的に渇水の発生頻度が比較的高い地域であり、矢作ダム完成後からの 17 年間において、およそ 2 年に 1 度の割合で取水制限が発生しているとの報告 (豊田市, 2018)

がある。さらに、河川流量の減少は矢作川に限らず、木曾川でも確認されており (森, 2001)、将来の気候変動がより一層進めば、河川利用率が 40%ほど高い割合を誇る矢作川 (今井, 1999) において、水の需要と供給のバランスが崩れてしまう可能性がある。これらのことから、矢作川の河川流量の縦断変化ならびに経年変化を明らかにする必要があるが、これまで、白金ら (2013) や蔵治・五名 (2015) は、1920 年代から 2010 年までにおける矢作川本川流量の長期変動を解析しているが、2010 年以降については未だ検討がなされていないのが現状である。

一方、水利用を進める上で、河川流量という量的な視点と共に水質に関する視点も重要である。1970 年頃から三河湾を含む伊勢湾の環境悪化が社会的に注目されるようになり、有機汚濁指標である COD の環境基準達成率は 50%前後を推移し、長期的にみても改善傾向はみられていない (環境省, 2023)。一方で、栄養塩指標である TN, TP については、2013 年以降、水質改善がみられ、2021 年以前の直近 5 年間では伊勢湾において環境基準達成率は、80%前後と高い値となっている (環境省, 2023)。これまで、鈴木・萩原 (1998) が、1986 年

から1996年における矢作川の上流から下流地点におけるBODやSS等の経年変化を示しているものの、それ以降は、矢作川中流域にて白金(2002;2004)が2002年までの期間で水質評価をしている例があるのみで、2000年以降の栄養塩濃度の動態に関して、有機物濃度も含めた水質評価はなされていない。

また、近年、三河湾では、アサリの漁獲高の減少が指摘されており(服部ら,2021)、その理由の一つとして、栄養塩濃度の減少による餌料不足が一因であると考えられている(蒲原ら,2021)。環境省(2020)によれば、1980年から水質総量規制により、三河湾では2014年までに陸域からの栄養塩負荷量は窒素で41%、リンで66%が削減され、栄養塩負荷は減少していることが明らかとなっている。そのため、愛知県では、社会実験として、広域流域下水道の処理施設である矢作川の浄化センターからのリン濃度の増加運転を2017年度より開始している。ただ、人工的な水循環が存在する矢作川流域において、流域内で縦断的に有機物・栄養塩負荷を把握した例はなく、上流から下流に至るどの地点で、どれだけ有機物や栄養塩負荷が存在するかを算出することは、地域の水文水質情報を管理する上で貴重な基礎資料となる。

以上のことから、本研究では、矢作川における流量と水質に関する長期データを基に、河川流量、有機物・栄養塩濃度そして流出負荷量を縦断ならびに経年での変化を明らかにすることを目的とし、データを取りまとめた。

## 2. 方法

矢作川流域における水文水質特性を把握するため、2002年から2021年の20年間を対象とし降水量、流量、利水量、水質データを収集した(図1)。

降水量は、上流の矢作ダム、岩倉、下流の受益地点である豊田、鹿乗の4地点を対象とした(愛知県西三河農林水産事務所,2002-2021)。また、河川流量は、矢作川上流の支川である上村川(国土交通省)および上流から下流に至る本川上の矢作ダム(流入量)、明治用水(愛知県西三河農林水産事務所,2002-2021)、岩津、米津(国土交通省)の5地点を対象とした。なお、上村川については、欠測等、データ品質の問題から2012年以降を解析対象期間とした。

利水量については、矢作川本川から取水される農業、上水道、工業用水の年間利水量(愛知県西三河農林水産事務所,2002-2021)を収集した。そして、河川利用率は、年間利水量を明治用水頭首工の河川流量、岩倉地点の取水量、枝下地点の取水量の総和で割ることにより算出した。

水質データについては、矢作川の上流から下流において、上村川、大川橋、矢作ダム、笹戸ダム、有平橋、岩倉取水口、新富国橋、豊田大橋、明治用水、岩津、木戸、米津、中畑橋の13地点においてBOD、COD、TN、TP濃度を収集した(愛知県西三河農林水産事務所、



図1 矢作川流域図および降水量、流量、水質地点。

2002–2021；岐阜県，2003–2021；豊田市，2002–2021）。そして，水文データである降水量，流量，河川利用率および水質データの経年変化を解析するため，西岡・宝（2008）を参考にノンパラメトリック検定法の一つである Mann-Kendall 検定を行った。

そして，各水質項目の流出負荷量は，上村川，矢作ダム，明治用水，岩津，米津の5地点を抽出し，調査対象期間に得られた全データを用いて負荷量と流量の関係式を作成し，その式を基に算出した。

### 3. 結果および考察

#### 3-1 矢作川流域における降水量の経年変化

図2に矢作川流域内の各地点における降水量の経年変化を示す。上流から下流にかけて，それぞれ矢作ダム，岩倉，豊田，鹿乗が位置しており，各年の降水量の大きさを比較すると基本的に，上流の地点は降水量が多く，下流地点にかけて降水量が少ない傾向にあった。また，2002年から2021年の20年間に於いて最上流地点である矢作ダムの年間降水量は，最大が2018年の2562mmで，最小が2005年の1337mm，平均値は1934mmであっ

た。一方，最下流地点の鹿乗の年間降水量は，最大が2021年に1593mm，最小が2005年で703mm，平均値は1224mmであった。両地点の最大値と最小値の差は矢作ダムが大きく，また，平均値を比較しても矢作ダムの方が鹿乗よりも710mm多く，上流と下流とで降水量の分布や経年変化に大きな差があることが明らかとなった。また，各地点での降水量の経年変化を Mann-Kendall 検定により解析した結果（表1），岩倉地点以外は有意な結果が得られ，どの地点でも Sen's slope（単位時間 [年] あたりの変化量）の値が正となっており，降水量が増加傾向にあることが明らかとなった。特に矢作ダムでは，鹿乗と比較して Sen's slope の値が大きいため，下流域よりも上流域での降水量が多くなると考えられた。

#### 3-2 矢作川の河川流量と利水量の経年変化

図3に矢作川の各地点における河川流量の中央値の経年変化を示す。2002年から2021年の20年間の平均は上村川が  $3.2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ，矢作ダム（流入量）が  $18.6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ，明治用水が  $25.4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ，岩津が  $22.7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ，米津が  $26.9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  であった。矢作川支川である上村川は，他

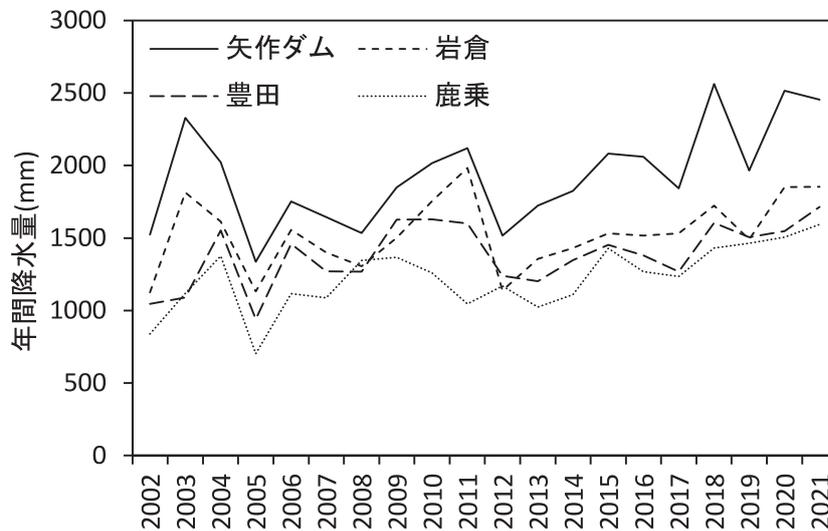


図2 矢作川流域内の各地点における降水量の経年変化。

表1 降水量，流量および河川利用率の Sen's slope.

降水量	矢作ダム	岩倉	豊田	鹿乗	
	38.0*	20.9	21.4*	26.3**	
流量	上村川	矢作ダム	明治用水	岩津	米津
	0.163	0.020	0.365	0.449	0.489
河川利用率	-0.800*				

\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$

の4地点と比較して、およそ  $20 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  ほど小さい結果となった。また、縦断変化に着目すると、矢作ダムから明治用水の区間ではいくつかの支川が流入することで河川流量が増加した。その後、明治用水で取水が行われ、矢作川支川の巴川が流入するものの岩津では明治用水よりも河川流量が低下した結果となった。そして、下流の岩津では支川の乙川が流入することで、流量が回復し、三河湾へと流下していくことがわかった。また、降水量と同様に、各地点での流量の Mann-Kendall 検定を行った結果(表1)、全ての地点で有意な結果とならず、経年での傾向は見られなかった。ただ、河川流量の経年変化は、矢作ダムでの降水量の変化に合わせて連動している傾向が確認できた。

図4は、農業、上水道、工業用水で使用する各利水量

と河川利用率の経年変化を示す。利水での用水先として農業用水が最も多く、次いで工業用水、上水道用水の順であった。また、この20年間において、各利水量の変化は小さく、全体として  $500 \text{ m}^3 \text{ yr}^{-1}$  前後の水量を利用し、平均値はそれぞれ、農業用水  $271.1 \text{ m}^3 \text{ yr}^{-1}$ 、上水道用水  $97.8 \text{ m}^3 \text{ yr}^{-1}$ 、工業用水  $130.4 \text{ m}^3 \text{ yr}^{-1}$  となった。そして、河川利用率は、最大が2002年の55.1%、最小が2011年の24.9%、平均値は36.6%であった。また、Mann-Kendall 検定を行った結果、この20年間で河川利用率が低下傾向の可能性があることがわかった(表1)。そして、近年では、図2に示すように降水量も増加傾向にあり、使用水量にも変化がないとすると、今後ますます河川利用率が減少していくだろうと考えられた。

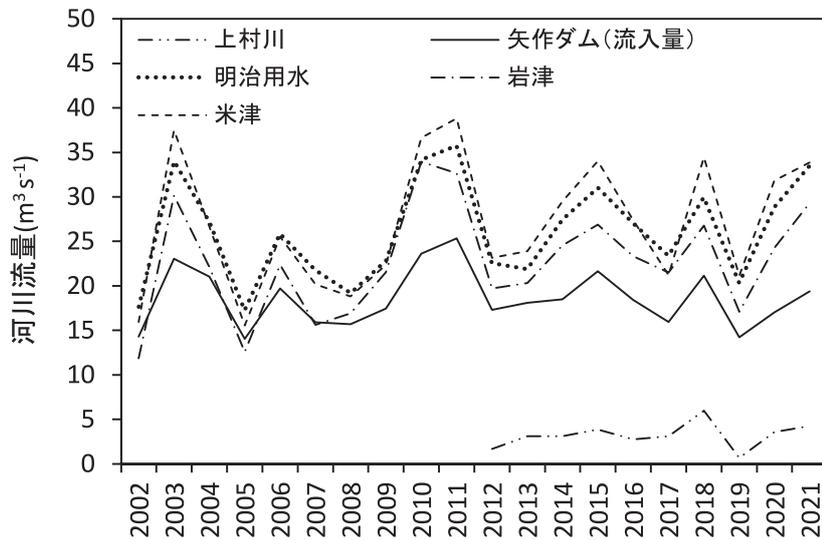


図3 矢作川本川の各地点における河川流量の中央値の経年変化。

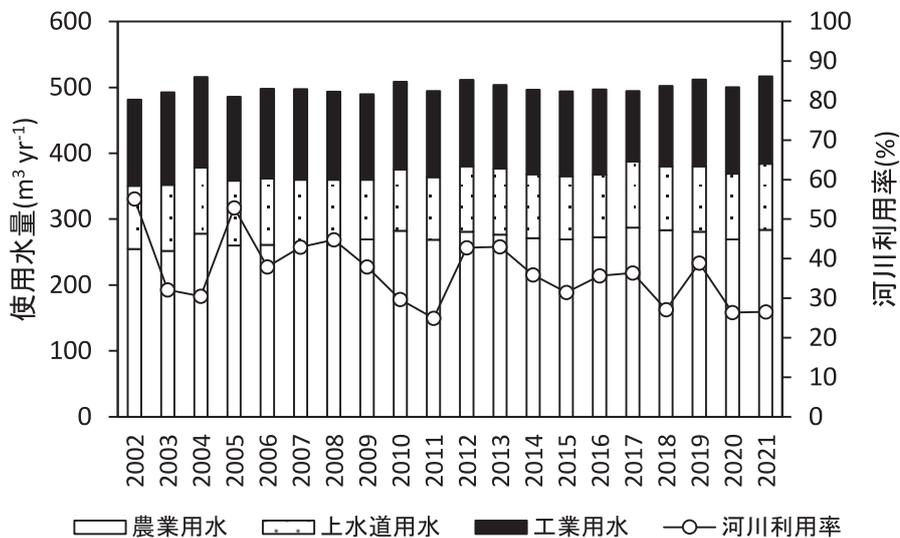


図4 2002年から2021年における使用水量と河川利用率の推移。

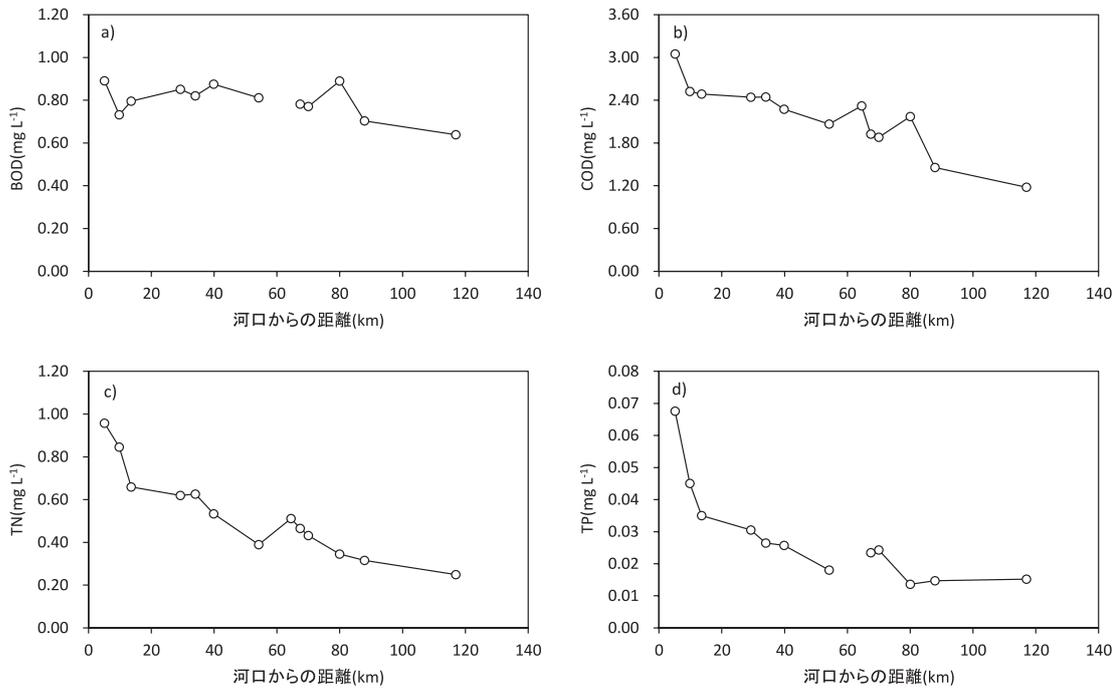


図5 河口からの距離と各水質項目との関係。

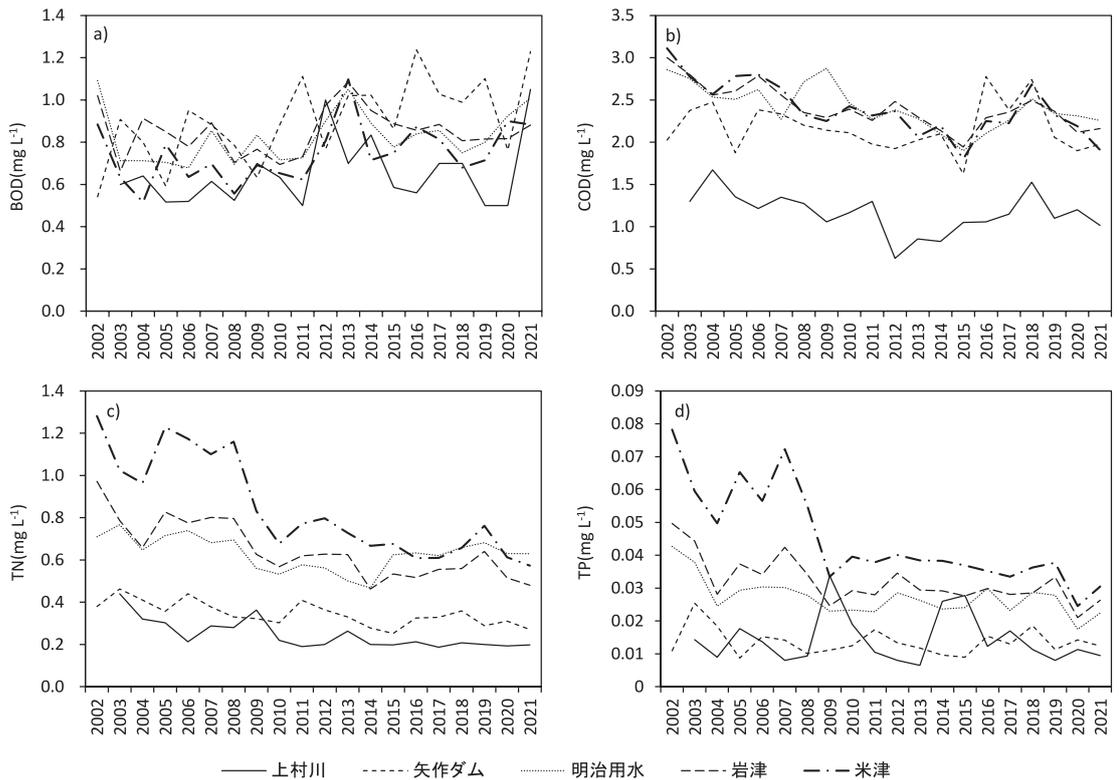


図6 各地点における水質項目の経年変化。

### 3-3 矢作川の水質の縦断変化と経年変化

図5に矢作川の河口からの距離と各水質項目との関係を示す。BOD濃度については、河口からの距離とBOD濃度との関係は明瞭ではなく、上流と下流とで0.25 mg L<sup>-1</sup>の差であった。一方で、BOD濃度以外については、上流から下流に流下するにつれて濃度上昇の

傾向がみられ、CODは1.87 mg L<sup>-1</sup>、TNは0.71 mg L<sup>-1</sup>、TPは0.052 mg L<sup>-1</sup>の差が生じた。また、TNとTPについては、最上流地点から河口からの距離が80 km地点にある矢作ダムまでは水質濃度の変化は小さく、約40 km地点の豊田大橋から下流地点において水質濃度が上昇する傾向がみられた。これは、ダムによる

表2 各地点における BOD, COD, TN, TP の Sen's slope.

	上村川	矢作ダム	明治用水	岩津	米津
BOD	0.004	0.020*	0.009	0.001	0.012*
COD	-0.016	-0.013	-0.029**	-0.031**	-0.041**
TN	-0.007***	-0.007***	-0.005	-0.018***	-0.030***
TP	0.000	0.000	-0.001**	-0.001**	-0.002***

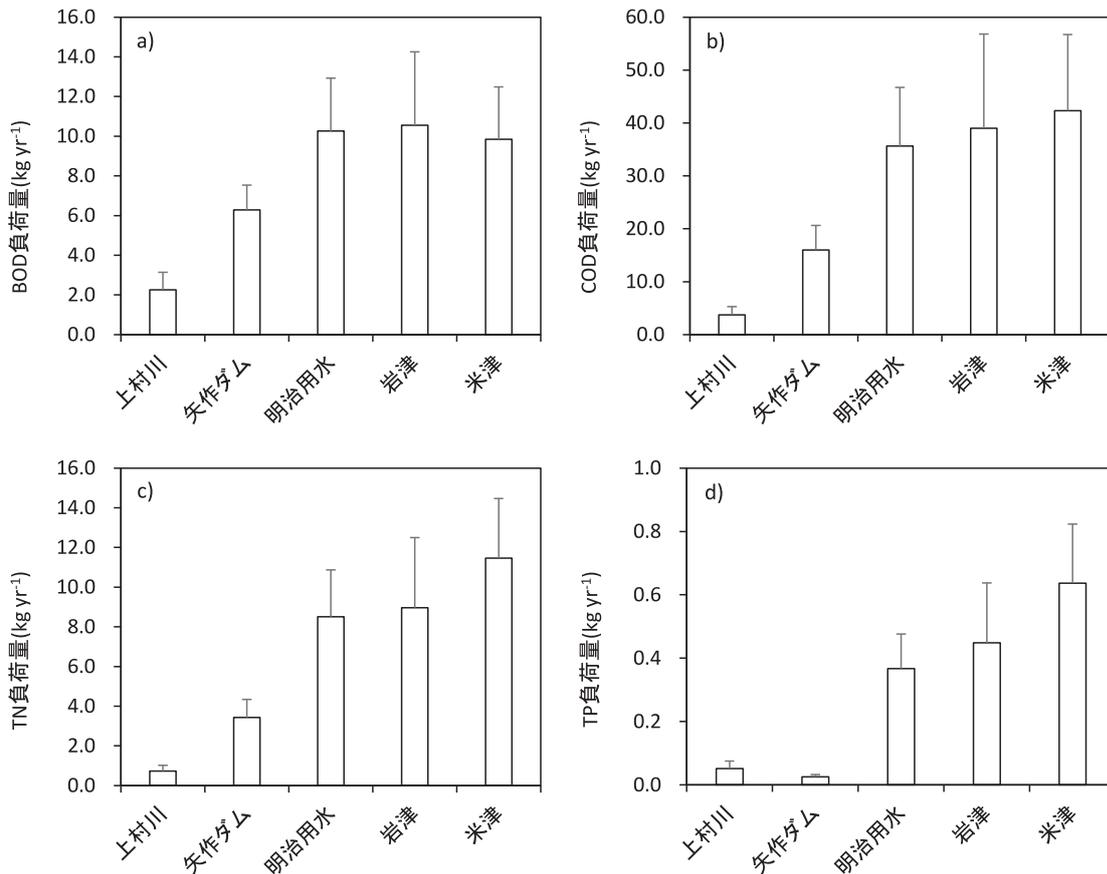
\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$ 

図7 各地点における BOD, COD, TN, TP 負荷量.

停滞水域での栄養塩の濃度上昇よりも市街地等が増え、人間活動による汚濁物質の河川への流入の寄与が大きいことが示唆された。

続いて、図6に上村川、矢作ダム、明治用水、岩津、米津の各水質項目の経年変化を、表2に各地点における BOD, COD, TN, TP の Sen's slope 結果を示す。BOD については、どの地点も年により増減が見られ、矢作ダムと米津は正の濃度上昇傾向を確認できた。一方で、COD は、明治用水から下流地点で濃度減少が確認できた。栄養塩指標である TN については、明治用水を除く全ての地点において長期的に濃度減少、TP は、上流の上村川、矢作ダムを除く地点において、濃度が減少する傾向となった。

### 3-4 矢作川における有機物・栄養塩負荷量の縦断変化

図7に調査期間での上村川、矢作ダム（流入量）、明治用水、岩津、米津地点における BOD, COD, TN, TP の年間負荷量の平均値および標準偏差を示す。最下流の米津での有機物・栄養塩負荷を比較すると、COD が最も大きく、次いで、TN, BOD, TP という順序であった。また、各負荷量の縦断変化は、TP を除いた全ての水質項目で、上村川が最も小さく、下流に行くにつれて負荷量が増加する結果となった。そして、矢作川本川上での負荷量変化を比較すると、全ての項目で矢作ダムから明治用水の区間で、BOD は1.6倍、COD は2.2倍、TN は2.5倍、TP は14.5倍と、矢作ダムから明治用水に至る流程で大きな負荷量増加が発生していることが明

らかとなった。また、支川である上村川と矢作ダム（流入量）を同様に比較するとBODは2.8倍、CODは4.3倍、TNは4.7倍、TPは0.5倍となった。TPを除く全ての項目で本川上での負荷量変化よりも大きい結果となった。

#### 4. 結論

矢作川流域における2002年から2021年までの20年間の長期の水文水質特性を把握した結果、年間降水量は、この20年間で増加傾向にあることが明らかとなった。また、河川流量は、長期的な変化は明らかとはならなかったものの、流下に伴い、取水堰による利水による流量減少や自然河川の流入による流量増加といった縦断変化を確認できた。そして、水質に関しては、COD、TN、TPは多くの地点で濃度が減少する傾向となった。特に、約40 km地点の豊田大橋から下流地点において水質濃度が上昇する傾向がみられ、人為的な汚染の可能性が示唆された。流出負荷量の比較では、最下流の米津地点においてCOD負荷量が最も多くなり、縦断変化については、矢作ダムから明治用水の区間で流出負荷量の変化が最大となることが明らかとなった。

#### 謝辞

本研究は、岐阜県環境管理課、愛知県西三河農林水産事務所、豊田市役所環境部環境保全課より水文水質データの提供を受けて行われた。ここに記して謝意を表す。

#### 引用文献

愛知県西三河農林水産事務所（2002-2021）矢作川利水総合管理年報（平成14年～令和3年）。愛知県。  
中部地方整備局豊橋河川事務所（2022）豊橋河川事務所令和

3年度河川管理レポート。国土交通省。  
岐阜県（2003-2021）公共用水域の水質調査結果個表（平成15年度～令和3年度）。岐阜県。  
服部宏勇・松村貴晴・長谷川拓也・鈴木智博・黒田拓男・和久光靖・田中健太郎・岩田靖宏・日比野学（2021）愛知県内アサリ漁場における秋冬季のアサリ肥満度の変動と減耗。愛知県水質試験所報告，26：1-12。  
今井勝美（1999）矢作川の水収支の概要。矢作川研究，3：5-18。  
蒲原聡・芝修一・鶴島大樹・鈴木輝明（2021）三河湾のアサリ *Ruditapes philippinarum* の成育と全窒素・全リン濃度の経年変化。水産海洋研究，85(2)：69-78。  
環境省（2020）中央環境審議会水環境部会総量削減専門委員会（第1回）資料 汚濁負荷量の状況。https://www.env.go.jp/content/900515728.pdf（2023年6月6日閲覧）  
環境省（2023）令和3年度公共用水域水質測定結果。  
国土交通省 国土交通省水文水質データベース。http://www1.river.go.jp（2023年6月8日閲覧）  
蔵治光一郎・五名美江（2015）矢作川本川および支川の豊水、平水、低水、濁水比流量の長期変動。矢作川研究，19：67-74。  
森和紀（2001）木曾三川流域の水文データベース—降水量・蒸発散量・流出量について—。日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要，36：103-109。  
西岡昌秋・宝馨（2004）Mann-Kendall検定による水文時系列の傾向変動。水文・水資源学会誌，17(4)：343-353。  
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，6：99-101。  
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。  
白金晶子・山本敏哉・洲崎燈子・内田朝子・間野隆裕・達志保（2013）矢作川本川の流量に関連する長期データ。矢作川研究，17：135-142。  
鈴木寛・萩原恒昌（1998）矢作川における水質汚濁の状況。矢作川研究，2：247-251。  
豊田市（2018）豊田市地球温暖化防止行動計画2018-2025（別冊1）豊田市地域気候変動適応計画本編。豊田市役所  
豊田市（2002-2021）環境調査報告書（平成14年～令和3年）。豊田市役所。

〒471-8525  
愛知県豊田市栄生町2-1  
豊田工業高等専門学校 環境都市工学科

## 付録

付表1 各地点における年間 BOD・COD 流出負荷量.

	BOD負荷量(kg yr <sup>-1</sup> )					COD負荷量(kg yr <sup>-1</sup> )				
	上村川	矢作ダム	明治用水	岩津	米津	上村川	矢作ダム	明治用水	岩津	米津
2002	—	4.34	5.87	5.08	5.39	—	9.24	17.8	15.6	19.4
2003	—	7.67	12.7	13.1	12.4	—	20.58	45.2	49.0	55.7
2004	—	7.43	12.2	14.1	12.1	—	20.26	43.8	56.5	57.0
2005	—	4.34	6.14	5.46	5.41	—	9.48	18.9	17.2	19.6
2006	—	6.03	9.25	9.99	9.08	—	14.66	31.3	35.6	37.7
2007	—	5.51	7.97	7.74	7.57	—	13.90	26.8	27.1	30.5
2008	—	4.94	7.53	8.02	7.81	—	11.11	24.4	27.6	31.2
2009	—	5.79	9.06	10.0	8.85	—	13.90	30.6	35.9	36.4
2010	—	7.48	12.4	12.9	11.7	—	19.30	43.6	47.3	50.4
2011	—	8.91	14.5	21.4	13.3	—	26.22	53.9	95.7	61.3
2012	1.08	5.69	8.24	8.57	8.26	1.71	13.66	26.9	29.7	33.0
2013	1.32	5.66	8.08	7.68	7.65	2.08	13.52	26.5	25.6	29.8
2014	1.54	5.90	9.83	9.47	9.13	2.46	14.24	32.8	32.4	36.8
2015	1.95	6.75	11.3	10.7	11.1	3.14	16.72	38.7	37.3	46.7
2016	2.21	5.77	9.88	9.42	9.28	3.62	13.53	33.0	33.1	38.2
2017	2.36	5.59	9.72	8.91	8.86	3.90	13.54	33.1	31.0	37.4
2018	3.78	7.83	13.5	13.2	13.1	6.37	22.15	49.3	51.6	59.7
2019	2.04	5.19	9.14	8.32	8.5	3.37	12.49	31.4	28.6	34.9
2020	3.16	7.44	14.0	14.0	14.3	5.33	21.37	52.4	55.3	69.1
2021	3.20	7.38	14.1	12.9	13.2	5.39	20.43	52.0	48.0	61.4

付表2 各地点における年間 TN・TP 流出負荷量.

	TN負荷量(kg yr <sup>-1</sup> )					TP負荷量(kg yr <sup>-1</sup> )				
	上村川	矢作ダム	明治用水	岩津	米津	上村川	矢作ダム	明治用水	岩津	米津
2002	—	2.07	4.64	3.99	6.35	—	0.01	0.19	0.19	0.33
2003	—	4.36	10.6	11.2	14.4	—	0.03	0.46	0.56	0.82
2004	—	4.27	10.2	12.4	14.0	—	0.03	0.45	0.63	0.81
2005	—	2.11	4.89	4.33	6.36	—	0.02	0.20	0.21	0.33
2006	—	3.18	7.60	8.36	10.6	—	0.02	0.33	0.41	0.58
2007	—	2.98	6.53	6.41	8.85	—	0.02	0.28	0.32	0.48
2008	—	2.46	6.10	6.60	9.13	—	0.02	0.26	0.32	0.49
2009	—	3.03	7.44	8.40	10.3	—	0.02	0.32	0.42	0.56
2010	—	4.14	10.4	10.9	13.6	—	0.03	0.45	0.55	0.76
2011	—	5.44	12.3	19.7	15.4	—	0.04	0.54	1.04	0.88
2012	0.34	2.97	6.69	7.08	9.66	0.02	0.02	0.28	0.35	0.52
2013	0.41	2.94	6.56	6.25	8.96	0.03	0.02	0.28	0.30	0.48
2014	0.49	3.10	8.04	7.79	10.66	0.03	0.02	0.34	0.38	0.58
2015	0.62	3.62	9.34	8.86	12.87	0.04	0.03	0.40	0.44	0.71
2016	0.71	2.96	8.09	7.83	10.83	0.05	0.02	0.34	0.39	0.59
2017	0.76	2.94	8.01	7.38	10.32	0.05	0.02	0.34	0.36	0.57
2018	1.24	4.63	11.4	11.5	15.1	0.09	0.03	0.50	0.58	0.86
2019	0.66	2.71	7.55	6.85	9.88	0.05	0.02	0.32	0.34	0.54
2020	1.03	4.45	11.9	12.2	16.5	0.08	0.03	0.53	0.62	0.96
2021	1.05	4.29	12.0	11.0	15.3	0.08	0.03	0.53	0.55	0.88