

籠川下流域と矢作川中流域における 一般細菌数および大腸菌群数の季節変化

Seasonal changes in numbers of aerobic bacteria and coliform bacteria in the lower reach of the Kagogawa River and the middle reach of the Yahagigawa River

野崎健太郎

Kentaro NOZAKI

要 約

愛知県豊田市の市街地周辺を流れる籠川下流域と矢作川中流域において、一般細菌数と大腸菌群数の季節変化を2019年3月から2020年3月まで14回調べた。一般細菌数は、籠川では、平均値±標準偏差が $7.3 \pm 9.7 \times 10^3$ c.f.u. mL⁻¹、最大が2019年10月17日の 3.5×10^4 、最小が2020年3月3日の 9.8×10^2 、矢作川では、平均値±標準偏差が $4.7 \pm 8.5 \times 10^3$ c.f.u. mL⁻¹、最大が2019年3月26日の 2.8×10^4 、最小が2020年3月3日の 2.1×10^2 であった。大腸菌群数は、籠川では、平均値±標準偏差が $3.2 \pm 2.0 \times 10^2$ c.f.u. mL⁻¹、最大が2019年10月17日の 6.3×10^2 、最小が2019年12月1日の 9.1×10 、矢作川では、平均値±標準偏差が $2.9 \pm 5.9 \times 10^3$ c.f.u. mL⁻¹、最大が2019年3月26日の 1.7×10^4 、最小が2020年1月5日の 1.3×10 であった。矢作川は、1年間の大部分において籠川に比べて細菌数が少ないことがわかった。ただし、調査期間中に一般細菌数で2回、大腸菌群数で3回、極端に高い値を示した。

キーワード：一般細菌、大腸菌群、季節変化、籠川、矢作川

背景と目的

自然災害、特に東海地域で想定される大地震が発生した場合、避難所では水と食料の供給が緊急の課題となる。なかでも水は、生命維持のために1人あたり1日3L(山田, 1998)、すなわち3kgが必要とされ、食料とは異なり、乾燥による体積縮小や軽量化は不可能であるため備蓄する場所の確保が困難である。松本ほか(2016)は、愛知県豊田市を対象に、災害時の応急給水の供給量と給水車の給水作業を評価し、特に給水車による作業は、現実的には目標の達成が困難であり、市民各自で水の備蓄が必要であることを明らかにしている。さらに避難生活が長期化する場合には、飲料水に加え、生活水の供給も必要となる。野崎(2010)は、水道水の供給量から東海地域では、1人1日あたり300~400L、すなわち1.8Lペットボトルに換算して160~220本の水を利用していることを示した。避難場所となる学校のプールは重要な供給源(山田, 1998; 八十川ほか, 2015)となるが、それ以外の水資源にも目を向けなければならない。

谷口(2013)は、阪神・淡路大震災や東日本大震災で応急給水が間に合わず、地下水がその代替となった事例を紹介し、水の安全保障という考え方をもとに緊急的な

水資源としての地下水の重要性を論じている。八十川ほか(2015)、八十川(2017)は、東日本大震災において仙台市の被災者が、都市河川の梅田川から応急給水を行った事例を報告している。したがって、備蓄の必要性に加え、井戸、湧水、河川水、雨水等の身近な陸水の利用可能性を、市民に広く知らせていく必要がある。実際には、汚濁の程度や大腸菌群の測定等、水質の安全性の精査が必要となるが、それぞれの陸水において、水質の季節性を踏まえ、簡便な処理で飲用可能、飲用以外の用途に利用可能、あるいは利用不可能という条件が明らかになれば、災害時の水利用に関する有用な情報となることが期待される。例えば柴(2019)は、貯留雨水の水質検査を行い、無機成分、有機物、細菌の汚染は少なく、ほぼ無色透明な軟水であることを報告している。本研究は、このような背景の下、保健衛生分野および環境分野で重要な監視項目となっている細菌に着目し、豊田市街地の梅坪小学校区に接する籠川下流域と矢作川中流域において一般細菌数および大腸菌群数の季節変化を明らかにすることを目的とした。

方法

調査は、豊田市東梅坪町と荒井町の境界で北緯 35 度 06 分 02 秒、東経 137 度 10 分 20 秒、標高 34 m の籠川と矢作川の合流点付近で行った (図 1)。この地点は、矢作川の河口から 41 ~ 42 km となる。籠川の採水地点は河口から 70 m 上流、矢作川は合流点から 100 m 上流に設定した。採水は 2019 年 3 月 14 日から 2020 年 3 月 3 日までに月 1 回以上、合計 14 回実施した。試水は、7 時から 9 時の間に、籠川では流心、矢作川ではなるべく流心に近い場所で水面下 5 cm から 100 mL のポリびんに採取した。試水は暗条件で氷冷しながら実験室に持ち帰り、細菌の培養試験は採取後 2 時間以内に開始した。

一般細菌数 (aerobic bacteria) と大腸菌群数 (coliform bacteria) は、村瀬 (2014) を参照し、JNC 株式会社の MC-Media Pad (旧名称: サニ太くん) の一般生菌用 (Aerobic Count)、大腸菌群用 (CC) を用いて測定した。測定には、原水、および原水をガラス繊維ろ紙 (東洋濾紙株式会社, GF-75, 保持粒子径 0.3 μm) でろ過

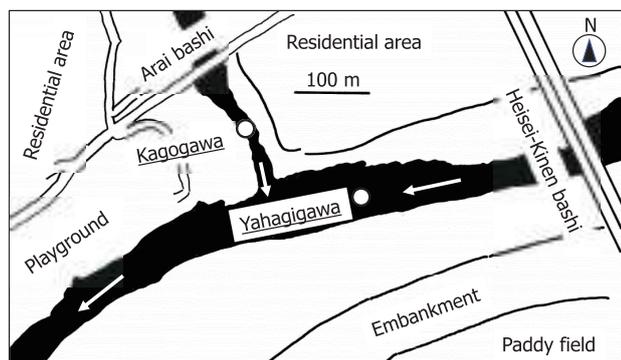


図 1 籠川と矢作川の合流点付近に設定した調査地の地図と写真。地図上の白丸 (○) は採水地点を示す。

Fig. 1 Map and photo of the study site located in the junction of the Kagogawa River and the Yahagigawa River. White circle (○) on the map shows the sampling stations.

したろ水で 10 倍、100 倍希釈した試水を用い、それぞれ 1 mL 滴下、3 連で行った。なお、希釈に用いたろ水には細菌が漏出する可能性があるため、試水と同様に測定を行い、空試験値を求めた。一般細菌は暗条件 35 $^{\circ}\text{C}$ 48 時間、大腸菌群は暗条件 35 $^{\circ}\text{C}$ 24 時間の培養後に生じた集落 (colony) の数を計数した。培養は人工気象器 (三洋電機株式会社, MLR-351H) を利用した。一般細菌数と大腸菌群数は 1 mL あたりのコロニー形成単位 (c.f.u.: colony forming unit) として示した。試水が原水の場合は計数値をそのまま用い、希釈した試水の場合は次の式 (1) から算出した。

$$1 \text{ mL あたりのコロニー形成単位 (c.f.u. mL}^{-1}\text{)} \\ = (\text{計数値} - \text{空試験値}) \times \text{希釈倍率} \quad \dots \text{式 (1)}$$

結果と考察

結果の詳細は、附表 1 にまとめた。ここでは、結果を図示し論考を進める。一般細菌数の季節変化は図 2 に示した。矢作川の 2 月は MC-Pad Media の入荷が遅れ欠測となった。籠川では、平均値 \pm 標準偏差が $7.3 \pm 9.7 \times 10^3$ c.f.u. mL^{-1} 、最大が 2019 年 10 月 17 日の 3.5×10^4 、最小が 2020 年 3 月 3 日の 9.8×10^2 、矢作川では、平均値 \pm 標準偏差が $4.7 \pm 8.5 \times 10^3$ c.f.u. mL^{-1} 、最大が 2019 年 3 月 26 日の 2.8×10^4 、最小が 2020 年 3 月 3 日の 2.1×10^2 であった。矢作川の一般細菌数は、2019 年 3 月 26 日と 4 月 18 日の 1.9×10^4 以外は、最小値 $\sim 2.8 \times 10^3$ の幅で変動し籠川よりも低い値であった。これは 2 つの河川の水量の違いが細菌の密度に影響してい

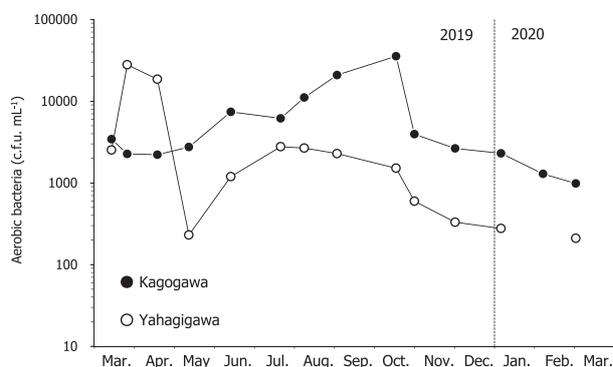


図 2 愛知県豊田市の籠川下流域と矢作川中流域における一般細菌数の季節変化。

Fig. 2 Seasonal changes in the number of aerobic bacteria colonies at the lower reach of the Kagogawa River and the middle reach of the Yahagigawa River in Toyota City, Aichi Prefecture.

るとみなすことができる。水道法水質基準では、一般細菌数は $100 \text{ c.f.u. mL}^{-1}$ 以下と定められているため、籠川と矢作川の水を、そのまま飲用とすることは通年で不可であることがわかった。永翁・森川 (1996) は、東京都国分寺市の真姿の池湧水からの都市小河川の好気性従属栄養細菌数を調べ、湧出口では $3.8 \times 10^2 \sim 2.4 \times 10^3 \text{ c.f.u. mL}^{-1}$ であるが、50 m を流下すると $9.9 \times 10^3 \sim 7.0 \times 10^4$ に増加し、その後も野川との合流点になる 830 m 下流まで $1.1 \times 10^4 \sim 1.4 \times 10^5$ の幅で季節変化することを述べている。佐々木ほか (2002) は、東京都内の都市河川水を利用した公園、近郊の都市河川、多摩川上流と秋川の 7 地点で 7 月と 8 月の一般細菌数を調べ、7 月の平均値 $1.6 \times 10^4 \text{ c.f.u. mL}^{-1}$ 、8 月の平均値 3.9×10^3 を報告している。したがって、籠川と矢作川の一般細菌数は、都市近郊河川の値として先行研究と同程度、もしくは $10^5 \text{ c.f.u. mL}^{-1}$ に達することはないのでやや少ないと評価できる。

大腸菌群数の季節変化は図 3 に示した。籠川では、平均値±標準偏差が $3.2 \pm 2.0 \times 10^2 \text{ c.f.u. mL}^{-1}$ 、最大が 2019 年 10 月 17 日の 6.3×10^2 、最小が 2019 年 12 月 1 日の 9.1×10 、矢作川では、平均値±標準偏差が $2.9 \pm 5.9 \times 10^3 \text{ c.f.u. mL}^{-1}$ 、最大が 2019 年 3 月 26 日の 1.7×10^4 、最小が 2020 年 1 月 5 日の 1.3×10 であった。矢作川の大腸菌群数は、2019 年 3 月 26 日、4 月 18 日の 1.5×10^4 、2020 年 2 月 1 日の 6.8×10^3 の極端に高い値以外は、最小値～ 3.5×10^2 の幅で変動し籠川よりも低い値であった。水道法水質基準では、「大腸菌：検出されないこと（ただし検水量は 100 mL）」と定められているため、一般細菌数を指標とした場合と同様に籠川と

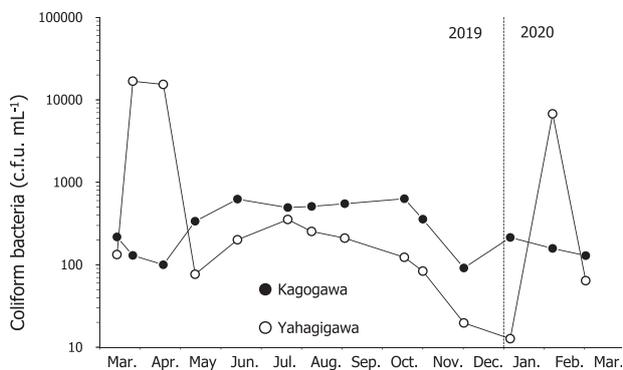


図 3 愛知県豊田市の籠川下流域と矢作川中流域における大腸菌群数の季節変化。

Fig. 3 Seasonal changes in the number of coliform bacteria colonies at the lower reach of the Kagogawa River and the middle reach of the Yahagigawa River in Toyota City, Aichi Prefecture.

矢作川の水を、そのまま飲用とすることは通年で不可であることがわかった。東京都の都市河川、近郊河川の大腸菌群数は、 $5.5 \times 10^2 \sim 4.2 \times 10^4 \text{ c.f.u. mL}^{-1}$ が報告されており (永翁・森川, 1996; 佐々木ほか, 2002), 籠川と矢作川の大腸菌群数は、先行研究と同程度、もしくはやや多いと評価できる。鈴木・萩原 (1998) は、1986 年から 1996 年の矢作川における大腸菌群数の年平均値をまとめ、本調査地の 11 km 上流の富国橋は $9.4 \sim 130 \text{ MPN mL}^{-1}$ 、7 km 下流の明治用水頭首工で $49 \sim 930$ であり、生活環境の保全に関する環境基準において指定された類型 A「水道 2, 3 級, 水産 2 級, 水浴等」が未達成であることを報告している。統計値である MPN 値と実測値である c.f.u. 値は単純に換算することはできないが、諏訪ほか (2019) が同程度であることを報告しており、本調査地の c.f.u. 値は、類型 A の基準値 10 MPN mL^{-1} を大きく上回っていることがわかった。

図 4 は、一般細菌数と大腸菌群数との関係である。ここでは、大腸菌群数は、一般細菌数に含まれると仮定した。籠川は、矢作川と比べ、2019 年 3 月 26 日と 4 月 18 日を除けば一般細菌数と大腸菌群数が多く、大腸菌群数は一般細菌数のほぼ 1～10% の範囲であった。矢作川の大腸菌群数は、一般細菌数のほぼ 5～50% の範囲であり、極端に高い 2019 年 3 月 26 日と 4 月 18 日は、50～100% の範囲に入り、一般細菌の過半数が大腸菌群であることが示唆される。以上の結果から、矢作川は、

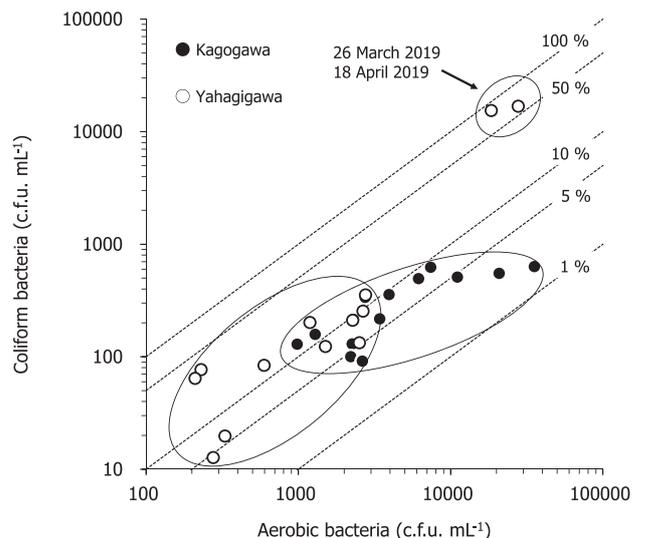


図 4 愛知県豊田市の籠川下流域と矢作川中流域における一般細菌数と大腸菌群数の関係。

Fig. 4 Relationship between the colony numbers of aerobic and coliform bacteria at the lower reach of the Kagogawa River and the middle reach of the Yahagigawa River in Toyota City, Aichi Prefecture.

1年間の大部分において籠川に比べて細菌数が少ない水を採取できることがわかった。ただし、調査期間中に一般細菌で2回、大腸菌群で3回得られた極端に高い値の形成過程を明らかにしていく必要がある。矢作川中流域では、早春から初夏にかけて、上流のダム湖で繁殖した羽状目浮遊珪藻 *Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis* の流下が観察されている(野崎・白金, 2019)。浮遊藻には、ウイルス、細菌類、菌類、原生生物が寄生しており(鏡味, 2021)、浮遊藻が大量に流下する際には、細菌数も増加する可能性が高い。大腸菌群は、健康被害の原因となるふん便性大腸菌の指標として利用されてきたが、実際には自然由来の細菌類を多数含んでいる(Desmarais et al., 2002; 上野ほか, 2013; 古川ほか, 2015; 三浦ほか, 2018; 鈴木ほか, 2018)。矢作川中流域では、2019年3月26日と4月18日に大腸菌群数が増加した際には、同時に一般細菌数も顕著に増加している。したがって、ダム湖からの浮遊藻の流下と細菌数との関係を調べることは、今後の興味深い研究課題の1つになる。

謝 辞

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

Seasonal changes in the number of aerobic bacteria and coliform bacteria were investigated 14 times from March 2019 to March 2020 in the lower reach of the Kagogawa River and the middle reach of the Yahagigawa River flowing near center of Toyota City, Aichi Prefecture. In the Kagogawa River, the mean \pm SD value of aerobic bacterial count was $7.3 \pm 9.7 \times 10^3$ c.f.u. mL⁻¹, the maximum was 3.5×10^4 on 17 October 2019, the minimum was 9.8×10^2 on 3 March 2020, and coliform bacterial count was $3.2 \pm 2.0 \times 10^2$ c.f.u. mL⁻¹, the maximum was 6.3×10^2 on 17 October 2019, the minimum was 9.1×10 on 1 December 2019. In the Yahagigawa River, the mean \pm SD value of aerobic bacteria was $4.7 \pm 8.5 \times 10^3$ c.f.u. mL⁻¹, the maximum was 2.8×10^4 on 26 March 2019, the minimum was 2.1×10^2 on 3 March 2020, and coliform bacterial count was $2.9 \pm 5.9 \times 10^3$ c.f.u.

mL⁻¹, the maximum was 1.7×10^4 on 26 March 2019, the minimum was 1.3×10 on 5 January 2020. It was found that the Yahagigawa River has a lower number of bacteria than the Kagogawa River for most of the year. However, during the survey period, the number of aerobic bacteria was 2 times and the number of coliform bacteria was 3 times, showing extremely high values.

Key words: aerobic bacteria, coliform bacteria, seasonal change, Kagogawa, Yahagigawa

引用文献

- Desmarais, T. R., Solo-Gabriele, H. M. and Palmer, C. J. (2002) Influence of soil on fecal indicator organisms in a tidally influenced subtropical environment. *Applied and Environmental Microbiology*, 68: 1165-1172.
- 古川隼士・野中尋史・平岡透・高見徹・亀野辰三 (2015) 大分川におけるふん便性汚染に関する細菌学的調査. *水環境学会誌*, 38 (6): 173-180.
- 鏡味麻衣子 (2021) 第10章 植物プランクトンと寄生生物の宿主-寄生関係. 鏡味麻衣子 (著), *植物プランクトン研究法*: 139-156, 共立出版, 東京.
- 松本嘉孝・加藤崇洋・猪八重拓郎 (2016) GISを用いた災害時の応急給水量の評価—愛知県豊田市中心部を事例として—. *土木学会論文集G (環境)*, 72 (6): II_319-II_324.
- 三浦尚之・渡部徹・藤井健吉・金谷祐里・田中宏明・村上道夫 (2018) 水中の健康関連微生物リスク研究の歴史の変遷と最先端. *日本リスク研究学会誌*, 27 (2): 71-81.
- 村瀬潤 (2014) 4.1 微生物. *日本陸水学会東海支部会 (編集), 身近な水の環境科学 実習・測定編*: 125-127, 朝倉書店, 東京.
- 永翁一代・森川和子 (1996) 都市用水の流下に伴う細菌群集の変化. *陸水学雑誌*, 57: 327-332.
- 野崎健太郎 (2010) 8. 都市の水環境. *日本陸水学会東海支部会 (編集), 身近な水の環境科学*: 106-113, 朝倉書店, 東京.
- 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.
- 佐々木琢・原田宏・滝田聖親 (2002) 河川水を利用した都市公園における緑膿菌分布. *陸水学雑誌*, 63: 215-219.
- 柴早苗 (2019) 雨水活用のもう一つの課題—貯留雨水の水質はどうか?—. *水利科学*, 63 (4): 120-137.
- 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.
- 鈴木祥広・西山正晃・糠澤桂・石井聡 (2018) 下水処理水が流入する小河川における大腸菌の調査. *水環境学会誌*, 41 (2): 19-26.

- 諏訪 守・李 善太・重村浩之 (2019) 下水試料に対する大腸菌定量手法の評価と下水処理場における大腸菌と大腸菌群の実態調査. 下水道協会誌, 56 (676) : 85-92.
- 谷口真人 (2013) 安全保障としての地下水の重要性. 地下水学会誌, 55 : 5-11.
- 上野加寿紀・和田桂子・宗宮功・廣谷博史 (2013) 木津川上流の小河川におけるふん便汚染指標最近の現状把握. 環境技術, 42 (8) : 489-495.
- 山田啓一 (1998) 震災時における飲料水, 生活水の確保方策に関する検討—東京都を例として—. 水利科学, 42 (4) : 38-56.
- 八十川淳 (2017) 震災被災者による都市河川での応急取水活動と水辺空間に関する研究—東日本大震災での仙台市梅田川の場合—. 日本建築学会計画系論文集, 82 (738) : 2163-2171.
- 八十川淳・岡田誠之・須藤諭 (2015) 都市河川における非常時の雑用水確保の作業性に関する実態調査—仙台市梅田川の場合—. 日本建築学会技術報告集, 21 (47) : 369-374.
- 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 愛知県豊田市の籠川下流域と矢作川中流域における一般細菌と大腸菌群の集落数の季節変化.

Appendix 1 Seasonal changes in the colony numbers of aerobic and coliform bacteria at the lower reach of the Kagogawa River and the middle reach of the Yahagigawa River in Toyota City, Aichi Prefecture.

Date	Aerobic bacteria					
	Kagogawa River			Yahagigawa River		
	Mean	SD	<i>n</i>	Mean	SD	<i>n</i>
	c.f.u. mL ⁻¹			c.f.u. mL ⁻¹		
14 March 2019	3427	70	3	2520	201	3
26 March	2260	446	3	27867	3754	3
18 April	2210	118	3	18533	1274	3
12 May	2747	112	3	230	56	3
13 June	7397	237	3	1193	222	3
21 July	6160	793	3	2767	186	3
8 August	11083	2289	3	2663	164	3
2 September	20867	2548	3	2280	95	3
17 October	35467	5934	3	1510	0	3
4 November	3943	177	3	597	156	3
1 December	2637	6	3	330	92	3
5 January 2020	2300	223	3	277	144	3
1 February	1290	no data	1	no data	no data	0
3 March	983	214	3	210	26	3

Date	Coliform bacteria					
	Kagogawa River			Yahagigawa River		
	Mean	SD	<i>n</i>	Mean	SD	<i>n</i>
	c.f.u. mL ⁻¹			c.f.u. mL ⁻¹		
14 March 2019	217	17	3	133	2	3
26 March	130	28	3	16800	361	3
18 April	100	10	3	15367	1504	3
12 May	337	25	3	77	15	3
13 June	624	129	3	201	9	3
21 July	493	38	3	353	61	3
8 August	510	111	3	253	25	3
2 September	549	18	3	210	32	3
17 October	632	13	3	123	22	3
4 November	356	41	3	84	2	3
1 December	91	18	3	20	2	3
5 January 2020	214	47	3	13	3	3
1 February	158	19	3	6750	466	3
3 March	129	20	3	64	6	3