

大阪府南部の生活排水が流入する河川における ヤゴの生息限界について

LIVING LIMIT OF LARVA OF DRAGONFLY IN RIVERS WITH DOMESTIC
SEWAGE INFLOW IN THE SOUTHERN PART OF OSAKA

横田恭平¹・井伊博行²・養父志乃夫³・平田健正⁴

Kyohei YOKOTA, Hiroyuki II, Sinobu YABU, Tatemasa HIRATA

¹学生会員 和歌山大学大学院 システム工学研究科 (〒640-8510 和歌山市栄谷930番地)

²正会員 博(理) 和歌山大学 システム工学部環境システム学科 (〒640-8510 和歌山市栄谷930番地)

³正会員 農博 和歌山大学 システム工学部環境システム学科 (〒640-8510 和歌山市栄谷930番地)

⁴正会員 工博 和歌山大学 システム工学部環境システム学科 (〒640-8510 和歌山市栄谷930番地)

Living limits about Na^+ and Cl^- concentrations of larva of dragonfly were studied. As Na^+ and Cl^- concentrations in river water increased, the number of larva decreased and species composition of larva changed from *Stylogomphus suzukii* to *Calopteryx atrata*. Na^+ and Cl^- concentrations were thought to be mixing ratio of domestic sewage and domestic sewage was thought to contain toxic substance. *Davidius nanus* was distributed widely in the river water from low to high mixing ratio of domestic sewage. Living limits of maximum Na^+ and Cl^- concentrations for *Calopteryx atrata* and *Davidius nanus* were 50 and 80 mg/l. The values were living limit of all larva of dragonfly observed in the southern part of Osaka. In the long term, the living limits of maximum Na^+ and Cl^- concentrations for larva of dragonfly were 38 and 59 mg/l. When anionic surface active agent is 3.8 to 6.2mg/l, larva of dragonfly disappeared.

Key Words : larva of dragonfly, domestic sewage, living limit, Na^+ , Cl^- , anionic surface active agent

1. はじめに

河川における生物の減少原因は、一般的には、河川周辺から流出する家庭排水をはじめとした汚染物質の流出と河川改修による自然環境の変化であると考えられている。河川への汚染物質の混入は、下水道整備が進んでいる現在、年々減少している。河川は、1997年の河川法の改正により、自然状態に戻りつつある。1990年代以前の河川法では、治水、利水を目的に河川整備がなされてきた¹⁾。その後、建設省(現国土交通省)河川局より通達された多自然型川づくりにより、生物の良好な生育環境に配慮し、あわせて美しい自然景観を保全、あるいは創出する事業が河川で、実施されるようになってきた。このため、1997年の河川法の改正では、河川環境の整備が目的に追加された。生物の多くは、河川の瀬や淵といった変化に富んだ場所に生息する²⁾。このことから多自然型川づくりにおいて、ピオトープ³⁾や自然護岸といった河川改修を行ってきている。このような努力にもかかわらず生態系が自然状態に戻らない地域も存在する。その多くは、住宅や工場の密集地域で、生活排水や工場排水の

ため、水質の悪化が生物の減少の要因になっていると考えられる。現在、生物数・生物種と水質との関係では、水質指標としてBODが用いられている。しかし、BODは流下中に有機物が分解するため変動し、必ずしも生活排水量と比例関係にない⁴⁾⁵⁾。そのため、これまでの基準であるBODは、生活排水の割合を推定することはできない。そこで、本研究では、大阪府南部の河川において、河川周辺の人口が下流に行くにつれ増加し、生活排水量の割合が高くなっている大津川水系⁶⁾、石川水系⁷⁾、下流においても人口増加の少ない番川と大川で、生活排水の影響が生物の生息分布や種構成にどれだけ影響を与えるのか調べた。水質指標としては、雨水や森林からの沢水に比べ生活排水に多く含まれ生活排水量の目安となる Na^+ 、 Cl^- 濃度⁸⁾を用いた。さらに、大津川水系においては、生活排水に含まれ、かつ生物生息に影響を与えると考えられる陰イオン界面活性剤の影響も調べた。生物指標としては、成虫になるまで水の中で生活し水質環境に影響を受けること、同定がしやすいこと、成虫になるまで2年以上かかる種類が存在し、長期的な水質環境の影響をうけることから、流水性のトンボの幼虫であるヤゴを用いた。

2. 調査地，水質調査・分析，生物調査の概要

調査地点は，図 1に示したとおり，大阪府南部地域に広がる大津川水系の横尾川・父鬼川⁹⁾，大和川支流の石川水系である石川・千早川・石見川，番川，大川の計7河川である．大津川水系の特徴は，下流に行くにつれ河川周辺に住宅地が広がることである．また上流から河口15km付近まで市街化調整区域のため，下水道整備が行われていない．石川流域の特徴は，石川と石見川の合流地点に住宅集合地があり，その後下流に行くに従い住宅地は減少するが，千早川合流地点から住宅地が多くなる．番川・大川の特徴は，上流から下流まで河川周辺人口が他の2水系に比べて少ないため，汚濁負荷量が比較的小さい．

本研究では水質調査と生物調査を行った．水質調査は，大津川水系においては，不定期であるが，2004年4月19日に上流(地点3,4)，5月7日に下流(地点8,9)，24日に上流(地点2~4,8)，7月28日に上流(地点2~5,8)，8月4日に下流(地点8,9)，10月17日に上流~下流(地点2~5,8,9)，10月29日に上流~下流(地点1~9)，12月1日に下流(地点8,9)，23日に上流(地点1~5,8)，29日に上流(地点1,2,4,8,9)の調査を行った．さらに陰イオン界面活性剤測定のため，2005年9月2日に上流~下流(地点1~6,8,9)の調査を行った．調査地点と水質調査日の詳細は，表 1に丸記号として掲載している．地点8では，2004年4月15日から現在(2005年9月30日)までほぼ毎日，水質調査を行った．また，番川は，11月21日に下流の地点21-2で水質調査を行った．水質調査と生物調査を同時に行った日は，2004年11月17・21日に番川(地点18~21-2)，12月11・19日に大川(地点23~27)，23・28日に大津川水系の2河川(地点1~9)，2005年2月24日・3月13日に石川水系の3河川(地点10~17)であり，すべてのトンボがヤゴでいる期間に一致している．

水質調査では，サンプル採取時に，pH，電気伝導度(EC)，酸化還元電位(ORP)，溶存酸素量(DO)の測定も行っている．pH計，EC計，ORP計は，HORIBA社のD-22，D-23を使用している．DO計(F102)は，Iijima社を使用している．採水サンプルは，研究室に持ち帰り，0.45 μ mのフィルターを通したあと，溶存成分をイオンクロマトグラフィーで分析した．イオンクロマトグラフィーは，(株)日本ダイオネクス社製を使用している．陰イオン界面活性剤測定は，比色法により，吸光度計(DR/2500，HACH製)を用いて分析を行った．

生物調査地点は，対象の河川においてヤゴが生息していると考えられる瀬や淵などが存在する場所を選定した．調査地点の大きさは，流下方向に約50m行った．しかし，調査地の河川が狭い場所に関しては，10~20mの範囲で行った場所もある．生物調査は，約30分の間に3名(内専門家1名)で網による採取を行った．同定項目は，ヤゴの種類，頭数，大きさ，成虫までの年である．

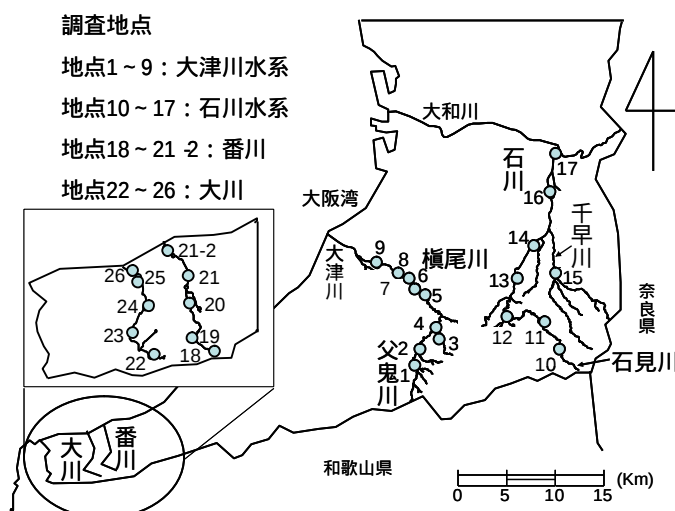


図 1 調査対象地域

表 1 大津川水系の水質調査日

水質調査日	地点								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2004/4/19			○	○					
5/7								○	○
5/24		○	○	○					
7/28		○	○	○	○			○	
8/4								○	○
10/17		○	○	○	○			○	○
10/29	○	○	○	○	○	○	○	○	○
12/1								○	○
12/23	○	○	○	○	○			○	
12/29	○	○		○				○	
2005/9/2	○	○	○	○	○	○		○	○

3. Na⁺，Cl⁻ 濃度からみたヤゴの生物生息限界

図 2は各水系，各河川におけるヤゴの総数とNa⁺，Cl⁻濃度との関係を示す．ここで，Na⁺，Cl⁻濃度は，主に生活排水に起因し，生活排水量の指標となる．全体としては，Na⁺，Cl⁻濃度が上昇すると，ヤゴの総数は減少する．しかし，大津川水系の上流部においては，逆にNa⁺，Cl⁻濃度が上昇するとヤゴの総数も増加している．ヤゴの総数が最も減少しているときのNa⁺濃度は，大津川水系では24mg/l，石川水系では60mg/l，番川・大川では10mg/lである．またヤゴの総数が最大になる時のNa⁺濃度は，大津川水系，石川水系，番川，大川共通して10mg/l付近である．次にヤゴの総数が最も減少しているときのCl⁻濃度は，大津川水系で30mg/l，石川水系で100mg/l，番川・大川で10mg/lである．またヤゴの総数が最大になる時のCl⁻濃度は，大津川水系，石川水系，番川，大川共通して10mg/l付近であった．図 3は，ヤゴの種類別頭数とNa⁺濃度との関係，図 4に，ヤゴの種類別頭数とCl⁻濃度との関係を示す．ここでヤゴが偶然，流される場合を除外するために，各種ヤゴにおいて2頭以上

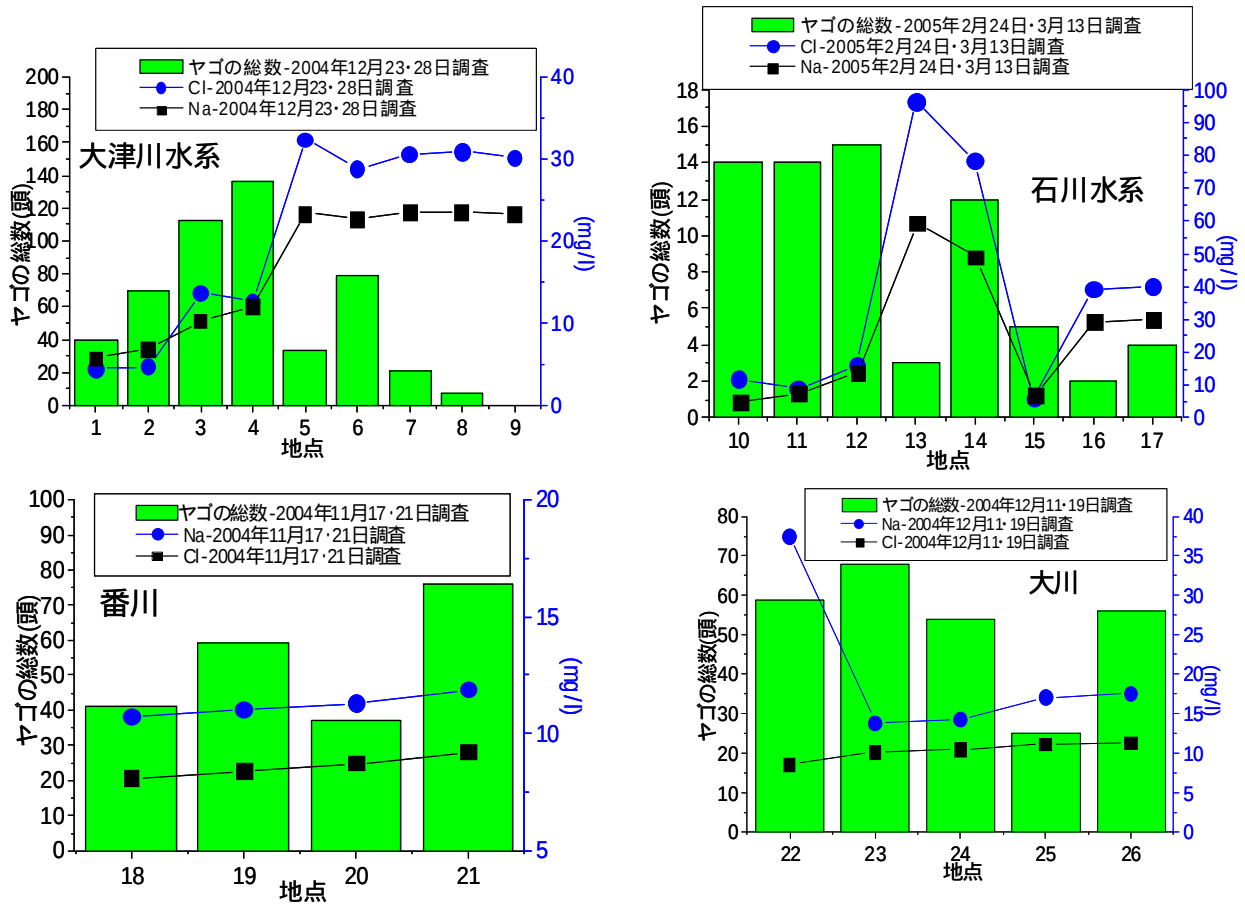


図 2 各水系，各河川におけるヤゴの総数と Na^+ 、 Cl^-

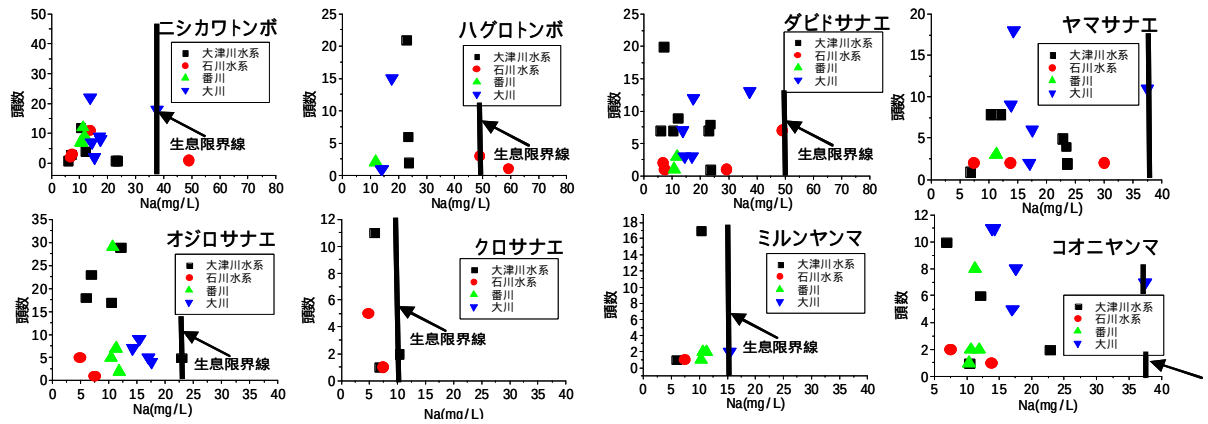


図 3 ヤゴの種類別頭数と Na^+ 濃度の関係

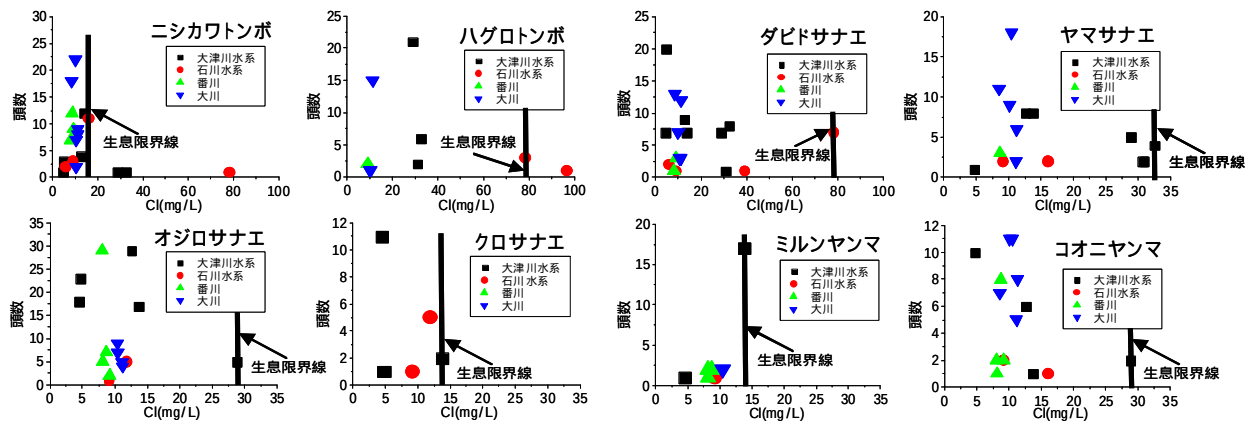


図 4 ヤゴの種類別頭数と Cl^- 濃度の関係

存在し、かつ濃度が一番高いときを生物生息限界濃度と定義する。図-5はこれらをまとめたものである。これによると、クロサナエの生物生息限界の Na^+ 濃度は 10mg/l 、ミルンヤンマは 15mg/l 、オジロサナエは 20mg/l 、コオニヤンマ、ニシカワトンボ、ヤマサナエは 38mg/l 、ダビドサナエ、ハグロトンボは 50mg/l である。クロサナエ、ミルンヤンマ、ニシカワトンボの生物生息限界の Cl^- 濃度は 15mg/l 、ヤマサナエ、オジロサナエ、コオニヤンマは 30mg/l 、ハグロトンボ、ダビドサナエは 80mg/l である。よって、 Na^+ と Cl^- の関係からヤゴの種構成を「クロサナエ」、「ミルンヤンマ」、「ニシカワトンボ」、「オジロサナエ」、「コオニヤンマ・ヤマサナエ」、「ハグロトンボ・ダビドサナエ」のように大きく6つに分けることができる。

以上のことから、 Na^+ 、 Cl^- の生物生息限界濃度が一番低いのは、クロサナエ、ミルンヤンマ、中間がニシカワトンボ、オジロサナエ、コオニヤンマ、ヤマサナエ、一番高いのはダビドサナエ、ハグロトンボであった。特にハグロトンボは、濃度が高い場所でも生息できる。環境基本法による生物指標は、水質階級（きれいな水）では、ミルンヤンマ、ニシカワトンボ、オジロサナエ、水質等級（少し汚れた水）では、コオニヤンマ、ヤマサナエ、ダビドサナエ、ハグロトンボ¹⁰⁾であることから、生活排水量の指標となる Na^+ 、 Cl^- 濃度の変化は、従来の結果と一致しており、生活排水がヤゴの生息限界に影響を与えていることがわかった。

4. Na^+ 、 Cl^- 濃度によるヤゴの種構成の変化

大津川水系において、地点5~9の Na^+ 、 Cl^- 濃度が変化しないのにヤゴの総数が増減した。また地点1~4は Na^+ 、 Cl^- 濃度が増加し、ヤゴの総数が増加したことがわかった。そこでヤゴの総数だけでなく、種構成の変化を確認するため、図-6に大津川水系の各地点におけるヤゴの種構成を示す。図-6のヤゴの頭数は、8種類しか載せていないため、図-2のヤゴの総数より少ない。生物生息限界濃度が最も低いクロサナエ、ミルンヤンマは、地点1~3は生息するが地点4では確認できない。また、地点1~4は、オジロサナエが優先種である。生物生息限界濃度が一番高いハグロトンボ、ダビドサナエは、地点1~4では優先種ではないが、地点5、6では優先種になる。このことから、地点6のヤゴの総数が増加した理由は、ハグロトンボ、ダビドサナエが地点1~4より増加したからといえる。また、オジロサナエが多く生息する地点4ではヤゴの総数が多くなる。そこで、この傾向が石川でも見られるかどうかを確認するため、図-7に石川水系の各地点のヤゴの種構成を示す。地点10では、オジロサナエとクロサナエが優先種であるが、 Na^+ 、 Cl^- 濃度が徐々に増加することによって、地点12ではニシカワトンボとヤマサナエが優

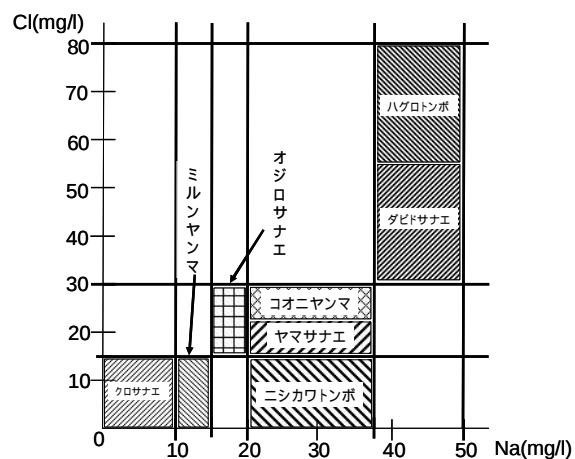


図 5 Na^+ 、 Cl^- 濃度における各種ヤゴの生物生息限界

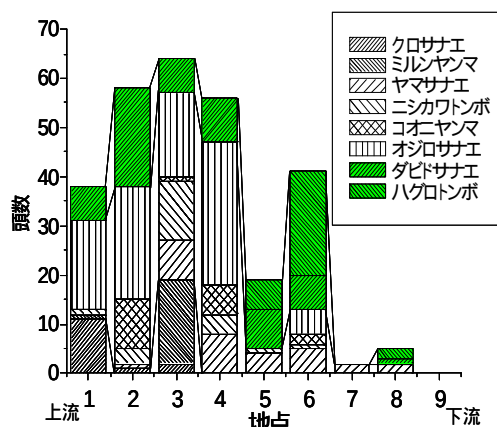


図 6 大津川水系の各地点におけるヤゴの種構成の変化

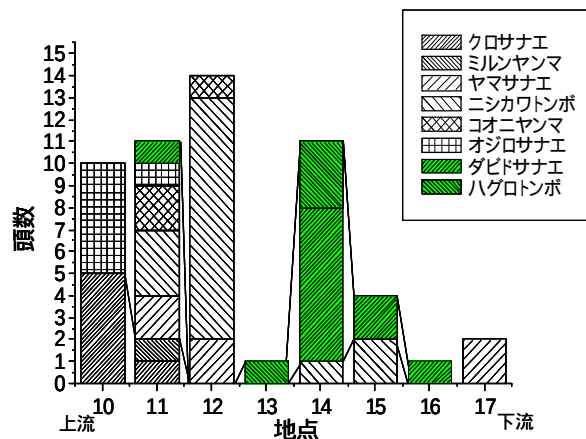


図 7 石川水系の各地点におけるヤゴの種構成の変化

先種に変化している。この地点10~12の変化は、生物生息限界濃度の低い種間の構成の変化である。地点13は、 Na^+ 、 Cl^- 濃度が石川水系で最も高いため、生物生息限界濃度の最も高いハグロトンボしかいない。地点14~15は、水田からの水や支流の森林地点からの河川流入により、 Na^+ 、 Cl^- 濃度は減少している。しかし Na^+ 、 Cl^- 濃度は地点10~12より高いため、生物生息限界の高いダビドサナエとハグロトンボが優先種となっている。よって、大津川水系同様に地点14のヤゴの総数は増加したが、その内わけは、生活排水により耐性のあるハグロトンボやダビドサナエが増加したためである。

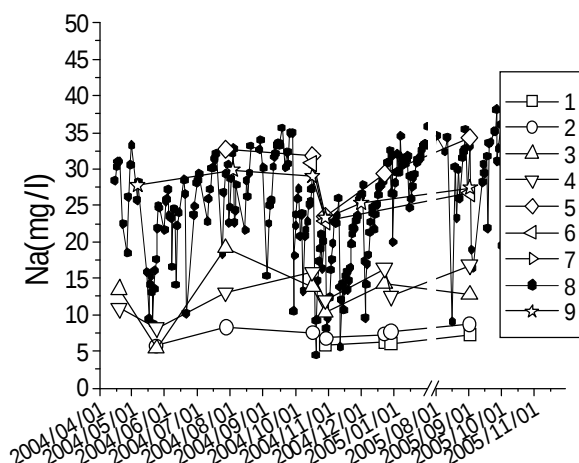


図 8 大津川水系のNa⁺濃度の年間の変化

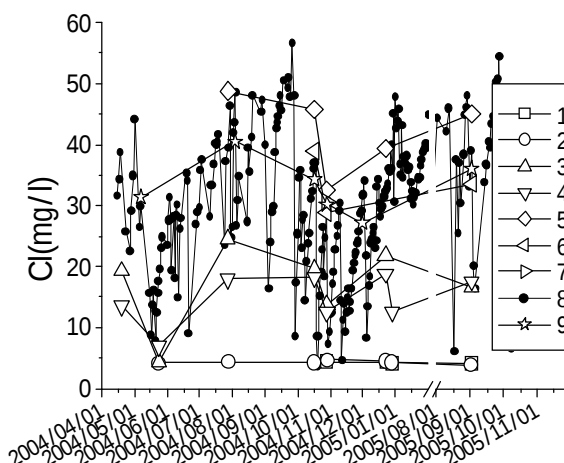


図 9 大津川水系のCl⁻濃度の年間の変化

5. 大津川水系によるNa⁺, Cl⁻濃度の年間変化と

ヤゴの種構成

生物調査したときのNa⁺, Cl⁻濃度とヤゴの総数, 種構成には, 関係があることがわかった. ただしこれは, 生物調査した時のNa⁺, Cl⁻濃度であるため, 年間変化をみると大きく変動している可能性がある. よってヤゴの種構成と生活排水量の指標となるNa⁺, Cl⁻の年間の濃度変化との関係を考察していく. 図 8, 9に, 大津川水系(地点1~9)におけるNa⁺, Cl⁻濃度の年間の変化を示す. 調査日は, 表 1に示している. 大津川水系全域の変化を把握するため代表地点として, 地点8における毎日のデータを示している. 地点8は, 年間を通じての濃度の変動を示しており, 濃度が高くなる (Na⁺の最大値が38mg/l, Cl⁻の最大値が59mg/l) のは, 7月~9月の夏の時期である. また, 濃度が低くなる (Na⁺の最小値が5mg/l, Cl⁻の最小値が4mg/l) のは, 6, 10~12月の梅雨と秋の降雨の時期である.

上流からみて地点3までは, クロサナエ, ダビドサナエが確認できた. 地点3の年間の濃度は, Na⁺の最小値が5mg/l, 最大値が19mg/l, Cl⁻の最小値が4mg/l, 最大値が24mg/lである. また地点6までは, ニシカワトンボ, コオニヤンマ, オジロサナエが確認できた. 地点6の年間の濃度は, Na⁺の最小値が23mg/l, 最大値が31mg/l, Cl⁻の最小値が29mg/l, 最大値が39mg/lである. 地点8までは, ヤマサナエ, ダビドサナエ, ハグロトンボが確認できた. 地点8の年間の濃度は, Na⁺の最小値が5mg/l, 最大値が38mg/l, Cl⁻の最小値が4mg/l, 最大値が59mg/lである. 図-10は, これらの関係を示したものである. 白抜きは地点3, 格子は地点6, 斜線は地点8におけるNa⁺, Cl⁻濃度の年間の変動幅である. このことから, Na⁺, Cl⁻の年間の濃度変化の違いからヤゴの種類を「クロサナエ・ミルンヤンマ」「ニシカワトンボ・オジロサナエ・コオニ

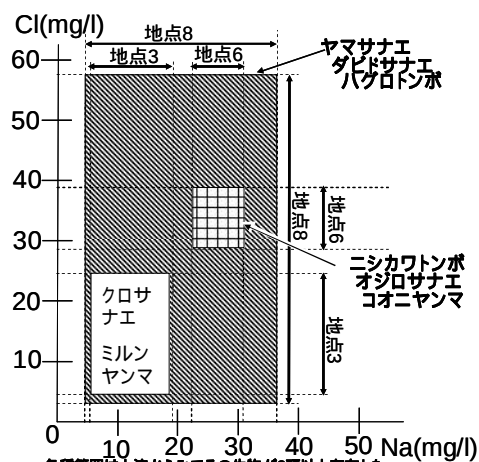


図 10 大津川水系の各地点におけるNa⁺, Cl⁻濃度の年間の最大値・最小値とヤゴの種構成

ヤンマ」「ヤマサナエ・ダビドサナエ・ハグロトンボ」の大きく3つに分けることができた.

大津川水系においてヤゴの総数が最大になるのは, 地点4である. 地点4の年間濃度の最大値と最小値の変動幅は, Na⁺が5~18mg/l, Cl⁻が5~17mg/lである.

図 5のNa⁺, Cl⁻濃度は2004年12月23・28日に生物調査を行った時の値である. 図 10のNa⁺, Cl⁻濃度は, 地点8に関しては, 2004年4月15日~2005年9月30日, その他の地点は表 1に示した調査日での値である. つまり, 一時的な水質の値と長期的な水質変化の値を用いてヤゴの生息状況との比較をしている. この結果から, 「クロサナエ・ミルンヤンマ」, 「ニシカワトンボ・オジロサナエ・コオニヤンマ」, 「ダビドサナエ・ハグロトンボ」は同じ傾向であるといえる. しかし「ヤマサナエ」は, 一時的な水質では, 「コオニヤンマ」と同じ傾向にあるが, 長期的な水質変化では, 「ダビドサナエ・ハグロトンボ」と同じ傾向にあるといえる.

6. 陰イオン界面活性剤からみた生物生息限界

生活排水量の指標となる Na^+ 、 Cl^- から、生活排水がヤゴ総数、種構成に影響を与えていることがわかった。そこで生活排水のみに含まれ、水生生物に影響があると考えられる¹¹⁾陰イオン界面活性剤とヤゴとの関係を考察する。図 11は、大津川水系にて2005年9月2日に採水したサンプルの Na^+ 、 Cl^- 、界面活性剤結果と2004年12月23日・28日に生物調査したヤゴとの総数である。図 2の Na^+ 、 Cl^- 結果と図 11の Na^+ 、 Cl^- 結果を比較すると、地点5のヤゴの総数が減少するときに Na^+ 、 Cl^- 濃度は上昇し、地点6以降の濃度は、ほぼ一定と同じような傾向を示す。陰イオン界面活性剤は、地点1~4において、0~0.6mg/lとそれほど濃度が変化していないが、地点5以降は、3.8mg/lと濃度が増加している。それに伴い、ヤゴの総数も地点4では、140頭のヤゴが確認できたが、地点5では30頭と減少している。地点9においては、6.2mg/lと更に上昇し、ヤゴが確認できなくなる。ヤゴが地点9で確認できない理由は、地点8と地点9は大きな地形の変化がないことと生物が存在する場所を調査地点としていることからある程度同じ環境の比較であるので、陰イオン界面活性剤の増加と考えられる。陰イオン界面活性剤が増加するとき、地点9では生物が確認できないので、陰イオン界面活性剤はヤゴの生存に大きく関わっていると考えられる。大津川水系では、陰イオン界面活性剤が6.2mg/lになるとヤゴが確認できない。

7. まとめ

生活排水とヤゴとの関係は、水質と生物との研究が少ないため、不明確な点が多い。そこで研究対象地は、生活排水とヤゴとの関係を明らかにするため、大阪府南部の河川において、下流に行くにつれ生活排水量の割合が高くなる大津川水系、石川水系、環境負荷の少ない番川と大川を選定した。

Na^+ 、 Cl^- とヤゴの生息状況において、 Na^+ 、 Cl^- の濃度が増加すると、ヤゴの総数は減少する。また各種ヤゴが2頭以上存在し、かつ Na^+ 、 Cl^- 濃度が一番高いときを生物生息限界とすると、 Na^+ 、 Cl^- の生物生息限界濃度が低いのは、クロサナエ、ミルンヤンマ、中間がニシカワトンボ、オジロサナエ、コオニヤンマ、ヤマサナエ、高いのはハグロトンボ、ダビドサナエであった。これまでのヤゴの総数を種類別に考察すると、大津川水系の上流域は生物生息限界濃度の低いクロサナエ、ミルンヤンマ、ヤマサナエ、オジロサナエが優先種である。しかし下流で、生物生息限界の高いニシカワトンボやダビドサナエ、ハグロトンボが優先種になっている。これは大津川水系における Na^+ 、 Cl^- 濃度の年間変化から考察した結果と同様であった。さらに生活排水成分である陰イオン界面活

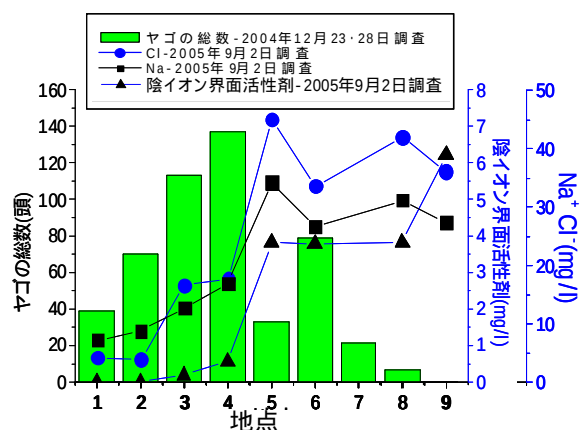


図 11 大津川水系の Na^+ 、 Cl^- 、陰イオン界面活性剤とヤゴの総数

性剤とヤゴの総数との関係をみると、ヤゴの確認できない地点では陰イオン界面活性剤濃度が6.2mg/lと急激に増加しており、生活排水の影響が大きいと考えられる。

参考文献

- 1) 坂口洋一：循環共存型社会の環境法，青木書店，pp. 102-103，2002。
- 2) 桜井善雄：水辺の環境学-生き物との共存，新日本出版，pp. 48-52，190-193，1992。
- 3) 養父志乃夫：田んぼビオトープ入門-豊かな生き物が作る快適農村環境，（社）農山漁村文化協会，pp. 140-143，2005。
- 4) 井伊博行，谷口正伸，平田健正，石塚正秀，窪原拓馬，伊勢達男，宮川勇二：大和川のBOD，アンモニア態窒素，陰イオン界面活性剤濃度の季節変動とその原因について，水工学論文集46巻，pp. 235-240，2002。
- 5) 谷口正伸，井伊博行，平田健正，石塚正秀：大和川における水温を考慮したBOD負荷量の推定，水工学論文集49巻，pp. 1555-1560，2005。
- 6) 大阪府河川室：<http://www.pref.osaka.jp/kasen/index.html>。
- 7) 井伊博行，平田健正，長谷部正彦，江種伸之，坂本康，桑川高德，西山幸治，酒井信行，堀井壮夫：環境同位体及び化学組成からみた石川流域の河川水と地下水の起源について，水工学論文集43巻，pp. 205-210，1999。
- 8) 谷口正伸，井伊博行，平田健正，石塚正秀：大和川の生活排水起源物質の河川内での変化，水工学論文集48巻，pp. 1465-1470，2004。
- 9) 石塚正秀，井伊博行，堤久行，平田健正：和泉山地小流域における地表水の水質特性，水工学論文集45巻，pp. 1015-1020，2001。
- 10) 建設省(国土交通省)大和川工事事務所：水生生物自然観察ガイド，pp. 7-10，1998。
- 11) 国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所：水質調査の基礎知識，p. 74，2003。

(2005.9.30受付)