

知床半島西岸河川の水質環境

野崎健太郎^{1*}・三橋弘宗²・岸 大弼³・三宅 洋⁴・河口洋一⁵・谷口義則⁶

1. 522-0057滋賀県彦根市八坂町3165, 滋賀県立大学湖沼環境実験施設 2. 669-1546兵庫県三田市弥生が丘6丁目, 兵庫県立人と自然の博物館 3. 053-0035北海道苫小牧市字高丘, 北海道大学農学部附属苫小牧地方演習林 4. 520-2113滋賀県大津市上田上平野町字大塚509-3, 京都大学生態学研究センター 5. 060-0810北海道札幌市北区北9条西9丁目, 北海道大学農学部 6. 753-8502山口県山口市桜島3-2-1, 山口県立大学生活科学部生活環境学科
* 現所属 470-0131愛知県日進市岩崎町竹ノ山37-234, 相山女学園大学人間関係学部

Water quality of streams in Shiretoko peninsula, Hokkaido island, Japan

NOZAKI Kentaro^{1*}, MITSUHASHI Hiromune², KISHI Daisuke³, MIYAKE Yo⁴,
KAWAGUCHI Yoichi⁵ & TANIGUCHI Yoshinori⁶

1. Limnological Laboratory, The University of Shiga Prefecture, Hassaka 3165, Hikone, Shiga 522-0057, Japan 2. Museum of Nature and Human Activities, Hyogo, Yaoiga-oka 6, Sanda, Hyogo 669-1546, Japan 3. Tomakomai Experimental Forest, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Tomakomai, Hokkaido 053-0035, Japan 4. Center for Ecological Research, Kyoto University, Kami-tanakami 509-3, Otsu, Shiga 520-2113, Japan 5. Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido 060-0810, Japan 6. Department of Life Environmental Sciences, Yamaguchi Prefectural University, Sakara-bata 3-2-1, Yamaguchi, 753-8502, Japan * Present address: The school of Human Sciences, Sugiyama Jogakuen University, Takenoyama 37-234, Iwasaki-cho, Nisshin, Aichi 470-0131, Japan

Water quality and periphytic algal chlorophyll-*a* in 12 streams in Shiretoko peninsula were investigated in August and October, 1999. Cation concentrations of each stream water were almost $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$. This result suggests that the streams in this study area seemed to be influenced by hot spring water. Differences of DIN (NH_4^+-N , $\text{NO}_2^- - \text{N}$ and $\text{NO}_3^- - \text{N}$) and $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ concentrations among each stream had a range of 40-150 $\mu\text{g l}^{-1}$ and 3-80 $\mu\text{g l}^{-1}$, respectively. The water quality of streams in this study showed low DIN and high phosphate concentrations compared with those of other Japanese streams. Thus, the DIN concentration in stream water may act an indicator of human impact in Shiretoko peninsula. The periphytic algal chlorophyll-*a* in Teppanbetsu and Rusa rivers of which locate in the northern part of this study area strikingly increased in October with comparison of that in August. We speculate that the increasing of chlorophyll-*a* was led by rise in nutrients supply due to salmon carcasses.

はじめに

水質は、河川の生物相および生態系構造を決定する初期条件の一つとして大きな意味を持っている。例えば、集水域地質や酸性雨など自然および人為的要因によりpH6以下の酸性水質を示す河川は、耐酸性あるいは好酸性を持つ限られた種が生息し、貧弱な生物相を示す(佐竹 1999)。また人間

活動の増大により窒素・リンの負荷量が増大した河川では、基礎生産者である付着藻の現存量や種組成が変化し (Biggs 1996)、それに連なる食物連鎖網の構造改変が考えられる。現在の日本の河川は、ほぼ全てに人為的影響が及び、生物相の単純化そして生態系構造の崩壊が起きている。原生的な自然環境が比較的良く保有された知床半島の河

Table 1. pH, electric conductivity (EC) and major ion concentrations at each streams located in the western part of Shiretoko peninsula.

| Site | pH | EC $\mu\text{S cm}^{-1}$ | Na ⁺ mg l ⁻¹ | K ⁺ mg l ⁻¹ | Mg ²⁺ mg l ⁻¹ | Ca ²⁺ mg l ⁻¹ | F ⁻ mg l ⁻¹ | Cl ⁻ mg l ⁻¹ | SO ₄ ²⁻ mg l ⁻¹ | Cation type | Anion type |
|------------------------|---------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|--|--------------------------------------|---------------------------------------|---|---|---|
| August 1999 | | | | | | | | | | | |
| Teppanbetsu | 7.4 | 85 | 6.2 | 1.3 | 1.7 | 5.3 | 0.019 | 6.5 | 13.2 | Na ⁺ ≧ Ca ²⁺ > Mg ²⁺ | SO ₄ ²⁻ > Cl ⁻ |
| Rusha | 7.2 | 84 | 7.1 | 1.6 | 2.4 | 5.8 | 0.016 | 7.0 | 9.0 | Na ⁺ ≧ Ca ²⁺ > Mg ²⁺ | SO ₄ ²⁻ ≧ Cl ⁻ |
| Idashubetsu | no data | no data | 7.5 | 1.8 | 3.3 | 18.1 | 0.059 | 3.8 | 57.6 | Ca ²⁺ > Na ⁺ > Mg ²⁺ | SO ₄ ²⁻ > Cl ⁻ |
| Horobetsu lower region | 7.3 | 57 | 4.6 | 0.9 | 1.1 | 5.1 | 0.017 | 4.5 | 8.7 | Ca ²⁺ ≧ Na ⁺ > Mg ²⁺ | SO ₄ ²⁻ > Cl ⁻ |
| Funbe | no data | no data | 6.5 | 1.0 | 2.5 | 9.8 | 0.016 | 4.1 | 42.9 | Ca ²⁺ > Na ⁺ > Mg ²⁺ | SO ₄ ²⁻ > Cl ⁻ |
| Oshokomanai | no data | no data | 10.8 | 2.1 | 2.7 | 6.1 | 0.029 | 10.5 | 13.1 | Na ⁺ > Ca ²⁺ > Mg ²⁺ | SO ₄ ²⁻ ≧ Cl ⁻ |
| Charassenai | 7.2 | 60 | 5.8 | 1.8 | 1.8 | 5.0 | 0.012 | 6.0 | 4.8 | Na ⁺ ≧ Ca ²⁺ > Mg ²⁺ | Cl ⁻ ≧ SO ₄ ²⁻ |
| Onnebetsu | no data | no data | 23.8 | 1.1 | 2.9 | 9.1 | 0.015 | 29.0 | 19.7 | Na ⁺ > Ca ²⁺ > Mg ²⁺ | Cl ⁻ > SO ₄ ²⁻ |
| Kanayama | no data | no data | 12.2 | 0.6 | 2.5 | 10.0 | 0.026 | 7.9 | 29.0 | Na ⁺ ≧ Ca ²⁺ > Mg ²⁺ | SO ₄ ²⁻ > Cl ⁻ |
| Oshamappu | no data | no data | 33.7 | 1.2 | 4.7 | 15.9 | 0.073 | 32.6 | 76.2 | Na ⁺ > Ca ²⁺ > Mg ²⁺ | SO ₄ ²⁻ > Cl ⁻ |
| Ochikabake | 7.4 | 60 | 9.4 | 0.5 | 2.2 | 6.5 | 0.014 | 5.8 | 14.2 | Na ⁺ > Ca ²⁺ > Mg ²⁺ | SO ₄ ²⁻ > Cl ⁻ |
| Nukamappu | 7.4 | 69 | 6.4 | 0.6 | 1.7 | 5.0 | 0.008 | 4.4 | 12.0 | Na ⁺ ≧ Ca ²⁺ > Mg ²⁺ | SO ₄ ²⁻ > Cl ⁻ |
| October 2000 | | | | | | | | | | | |
| Horobetsu upper region | 7.5 | 54 | 4.7 | 0.8 | 1.4 | 6.5 | 0.017 | 4.5 | 15.5 | Ca ²⁺ > Na ⁺ > Mg ²⁺ | SO ₄ ²⁻ > Cl ⁻ |
| Iwaobetsu upper region | no data | no data | 105.6 | 13.2 | 16.0 | 44.4 | 0.059 | 146.3 | 152.2 | Na ⁺ > Ca ²⁺ > Mg ²⁺ | SO ₄ ²⁻ ≧ Cl ⁻ |
| Iwaobetsu lower region | 8.2 | 510 | 61.8 | 7.9 | 10.3 | 40.0 | 0.070 | 83.1 | 111.6 | Na ⁺ > Ca ²⁺ > Mg ²⁺ | SO ₄ ²⁻ ≧ Cl ⁻ |

川においても、それは例外ではないと思われる(谷口ら 2000)。今後は、知床半島においても河川環境の維持および修復技術の確立がますます望まれることになる。この場合には、生態系を大枠で決定している水質環境を明らかにしておくことが欠かせない。本調査はこの点に寄与すべく、知床半島西岸の小河川で水質および付着藻現存量の指標であるクロロフィル a 量を調査し、水質環境の現状を記載したものである。なお、本研究は斜里町平成12年度委託調査事業「知床半島における野生動物の生態とその自然教育への活用に関する研究」の一環として行われたものである。

調査地と方法

調査は、1999年8月に水質と付着藻の調査を知床半島西岸の12河川(半島先端からテッパンベツ、ルシャ、イダシュベツ、ホロベツ、フンベ、オシヨコマナイ、チャラッセナイ、オンネベツ、カナヤマ、オシャマツ、オチカパケ、ヌカマツ)、1999年10月に付着藻の調査のみを6河川で行った(テッパンベツ、ルシャ、ホロベツ、チャラッセナイ、オチカパケ、ヌカマツ)。各河川の調査地点は谷口ら(2000)に記されている。2000年10月には、新たにホロベツ川上流およびイワオベツ川の上流と下流の水質と付着藻の調査を行った。

水質分析用の試水は流心部の表面から採水した。

pHは比色法、電気伝導度(EC)は伝導度計(HORIBA, B-173)を用いて現場で測定した。主要イオン成分であるナトリウム(Na⁺)、カリウム(K⁺)、マグネシウム(Mg²⁺)、カルシウム(Ca²⁺)、フッ素(F⁻)、塩化物(Cl⁻)、硫酸(SO₄²⁻)はイオンクロマトグラフ(DIONEX, DX-120)、全リンは過流酸カリウム分解法(Menzel & Corwin 1965)で測定した。溶存態窒素・リンは、ガラス繊維ろ紙(東洋ろ紙, GF-75)でろ過した試水を用いて、アンモニア態窒素(NH₄⁺-N)はSolorzano(1969)、亜硝酸態窒素(NO₂⁻-N)はBendschneider & Robinson(1957)、硝酸態窒素(NO₃⁻-N)はKalfff & Bentzen(1984)、リン酸態リン(PO₄³⁻-P)はMurphy & Riley(1962)の方法でそれぞれ測定した。

石面付着藻は、瀬で任意に3-8個の石を拾い上げ、谷田ら(1999)の方法で採取した。付着藻現存量の指標となるクロロフィル a はUNESCOの方法で測定した。

結果

1. 主要イオン成分

pH、電気伝導度および主要イオン成分の測定結果はTable 1にまとめた。尚、pHと電気伝導度は測定機器の都合上、全ての河川で測定することは出来なかった。pHは、イワオベツ川が他の河川と比

Table 2. Dissolved inorganic nitrogen (DIN) and phosphorus (PO₄³⁻-P), and total phosphorus concentrations at each streams located in the western part of Shiretoko peninsula.

| Site | NH ₄ ⁺ -N μg l ⁻¹ | NO ₂ ⁻ -N μg l ⁻¹ | NO ₃ ⁻ -N μg l ⁻¹ | DIN μg l ⁻¹ | PO ₄ ³⁻ -P μg l ⁻¹ | Total-P μg l ⁻¹ |
|------------------------|---|---|---|---------------------------|--|-------------------------------|
| August 1999 | | | | | | |
| Teppanbetsu | 8 | 2 | 84 | 94 | 14 | 21 |
| Rusha | 6 | 2 | 47 | 55 | 26 | 38 |
| Idashubetsu | 6 | 2 | 127 | 135 | 19 | 24 |
| Horobetsu lower region | 1 | 1 | 78 | 80 | 7 | 13 |
| Funbe | 1 | 2 | 121 | 124 | 6 | 8 |
| Oshokomanai | 2 | 2 | 89 | 93 | 76 | 93 |
| Charassenai | 3 | 2 | 75 | 80 | 64 | 88 |
| Onnebetsu | 4 | 1 | 56 | 61 | 9 | 14 |
| Kanayama | 3 | 1 | 41 | 45 | 6 | 13 |
| Oshamappu | 7 | 1 | 143 | 151 | 3 | 9 |
| Ochikabake | 3 | 1 | 115 | 119 | 6 | 8 |
| Nukamappu | 2 | 2 | 55 | 59 | 9 | 11 |
| October 2000 | | | | | | |
| Horobetsu upper region | 2 | 2 | 33 | 37 | 4 | 11 |
| Iwabetsu upper region | 4 | 2 | 122 | 128 | 34 | 51 |
| Iwabetsu lower region | 1 | 3 | 83 | 87 | 26 | 34 |

べやや高い8.2を示した以外は7.4~7.6であり、特に著しい酸性もしくはアルカリ性の水質ではなかった。電気伝導度はイワオベツ川で510μS cm⁻¹の著しく高い値が測定され、他の河川に比べ溶存イオンが多量に含まれていることを示していた。実際に、主要イオン成分の濃度は、F⁻を除きイワオベツ川で特に高くなる測定結果であった。溶存イオンの各濃度からイオン型 (Ion type) を定義してみると、陽イオン型 (Cation type) は、おおよそNa⁺>Ca²⁺>Mg²⁺であり、一部の河川はCa²⁺濃度がNa⁺を上回っているが、その差はわずかであった。陰イオン型 (Anion type) は、ほぼSO₄²⁻>Cl⁻であった。

2. 溶存態窒素およびリン

Table 2は、溶存態窒素とリンの測定結果である。

溶存態窒素では、硝酸態窒素が大部分を占め、アンモニアおよび亜硝酸態窒素の寄与はわずかであった。調査された河川の中では、イダシュベツ、フンベ、オシヤマツ、オチカバケ、イワオベツ上流部の各河川が、100μg l⁻¹以上を示し比較的、溶存態窒素濃度が高い結果となった。リン酸態リンと全リンは、テッパンベツ、ルシャ、イダシュベツ、オシヨコマナイ、チャラッセナイワオベツの各河川が高くなり、特にオシヨコマナイ、チャラッセナイでは60~70μg l⁻¹と顕著であった。

3. 付着藻群落のクロロフィルa量

石面付着藻の現存量の指標となるクロロフィルa量の測定結果は、Table 3にまとめた。1999年8月の結果から、クロロフィルa量はテッパンベツからフンベ、チャラッセナイそしてヌカマツが、他の河川に比べて高くなった。1999年10月の結果を8月と比べると、テッパンベツとルシャにおけるクロロフィルa量の増加が目立った。2000年10月の調査では、イワオベツ川のクロロフィルa量が著しく少ないことが明らかになった。チャラッセナイ川は、1999年の調査では、8月、10月ともに140 mg m⁻²程度のクロロフィルa量を示し、調査した全ての河川の中で飛び抜けて高い値であった。これは、河床の石面にカワモズクが密生していたためである。

考察

1. 主要イオン濃度の組成から見た知床半島西岸河川の特徴

Table 3. Periphytic algal chlorophyll-a at each streams located in the western part of Shiretoko peninsula.

| Site | n | August | | October | | | | | |
|------------------------|---|----------------------------|---------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------|----------------------------|----------------------------|
| | | mean mg m ⁻² | SD | max. mg m ⁻² | min. mg m ⁻² | mean mg m ⁻² | SD | max. mg m ⁻² | min. mg m ⁻² |
| 1999 | | | | | | | | | |
| Teppanbetsu | 8 | 18 | 13 | 41 | 6 | 66 | 33 | 132 | 17 |
| Rusha | 8 | 33 | 16 | 67 | 17 | 85 | 35 | 139 | 34 |
| Idashubetsu | 8 | 43 | 25 | 98 | 23 | no data | no data | no data | no data |
| Horobetsu lower region | 8 | 42 | 28 | 89 | 13 | 32 | 27 | 77 | 8 |
| Funbe | 8 | 18 | 10 | 33 | 6 | no data | no data | no data | no data |
| Oshokomanai | 8 | 6 | 3 | 10 | 3 | no data | no data | no data | no data |
| Charassenai | 8 | 143 | 64 | 276 | 76 | 136 | 69 | 240 | 37 |
| Onnebetsu | 8 | 4 | 3 | 11 | 2 | no data | no data | no data | no data |
| Kanayama | 8 | 8 | 5 | 18 | 2 | no data | no data | no data | no data |
| Oshamappu | 8 | 3 | 2 | 8 | 1 | no data | no data | no data | no data |
| Ochikabake | 8 | 4 | 1 | 5 | 2 | 6 | 7 | 24 | 2 |
| Nukamappu | 8 | 33 | 24 | 83 | 3 | 22 | 9 | 35 | 9 |
| 2000 | | | | | | | | | |
| Horobetsu upper region | 3 | no data | no data | no data | no data | 84 | 34 | 118 | 49 |
| Iwabetsu lower region | 3 | no data | no data | no data | no data | 2 | 1 | 3 | 2 |

本調査の結果、知床半島西岸の河川水中の陽イオン型 (Cation type) は、おおそ $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ 、一部 $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+}$ であり、 Na^+ 、 Ca^{2+} に比べ、 Mg^{2+} 濃度が低くなった。自然水中の陽イオン型は、海水では $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$ 、河川水では $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+$ 、温泉水では $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ という傾向がある (日本分析化学会北海道支部 1994)。また温泉水は、陽イオンでは Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、陰イオンでは Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- が大部分を占めている。これらを参照すると、知床半島西岸河川は、全てが温泉水の影響を受けていると考えられる。中でも下流で高い電気伝導度、上流と下流で高いイオン濃度を示したイワオベツ川は、河川全体に温泉の影響が及んでいることが示唆される。

2. 溶存態窒素およびリン濃度と付着藻群落のクロロフィル α 量から見た知床半島西岸河川の栄養度

Fig. 1は、日本の様々な栄養度 (貧～中～富栄養) の河川で測定された夏期の溶存態窒素濃度 (Dissolved inorganic nitrogen: DIN) とリン酸態リン濃度の関係に、本調査の結果を重ね合わせたものである。知床半島西岸の河川群は、窒素濃度が山地溪流である中ノ沢 (長野県小県郡) や宮川上流部 (三重県宮川村) より低く、おおそ $100 \mu\text{g l}^{-1}$ 以下であった。リン酸態リンでは高い値が、やや富栄養的な神川 (長野県上田市)、長良川下流部

を上回っていた。一般に、河川水中の窒素およびリン濃度は、集水域からの人為的な汚濁負荷が増大する河川中流～下流にかけて比例して上昇する傾向にある (中本 1980; Murakami et al. 1992)。しかしながら、その流出に関しては違いがあると考えられる。リンは地殻起源の物質であり、集水域の地質特性によっては、人為的な汚染が無くとも河川水中で高い濃度を示すことがありうる。一方、生物体起源である窒素は、リンに比べ人為的な有機物負荷に直接的に影響され、更に農耕地などに肥料として大量に散布されるため、それらの流失も大きい。つまり、窒素の方がリンに比べ人為的な影響を強く受ける物質といえる。知床半島は国立公園に指定され人間活動の増加が制限されている。これが河川水の窒素濃度を低く抑えている原因と考えられる。従って、今後は河川水中の溶存態窒素濃度のモニタリングが富栄養化の指標として役立つと考えられる。

湖沼では、夏期の植物プランクトン現存量が有光層中の全リン濃度と相関を示すことから (Sakamoto 1966)、富栄養化の監視項目として湖水中のリン濃度のモニタリングが重視されている (一瀬ら 1999)。一方、河川では付着藻群落の現存量は、リン酸態リンそして溶存態窒素濃度の両方に正の相関を持つことが報告されている (Aizaki & Sakamoto 1988; Biggs 2000)。Fig. 2に

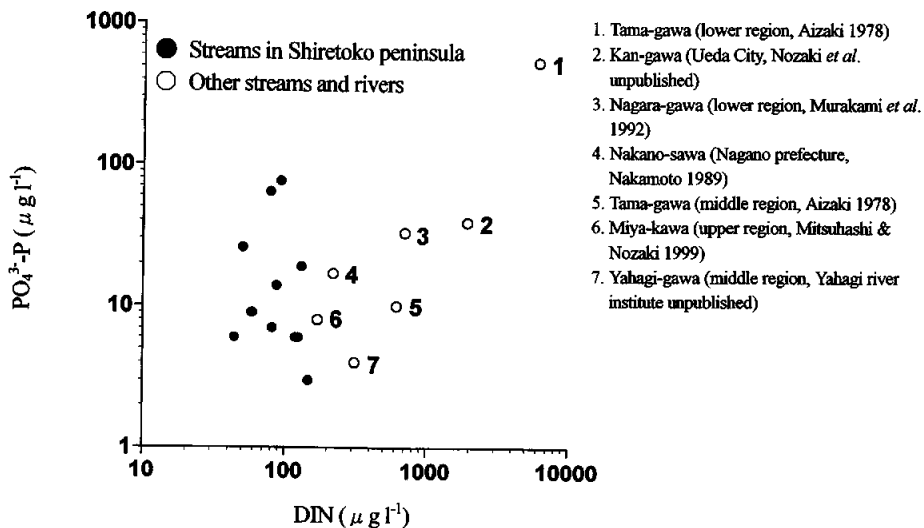


Fig. 1. Relationships between DIN ($\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$ and $\text{NO}_3^-\text{-N}$) and $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ concentrations in summer of streams located in the western part of Shiretoko peninsula (August 1999), and of other Japanese streams with various trophic conditions.

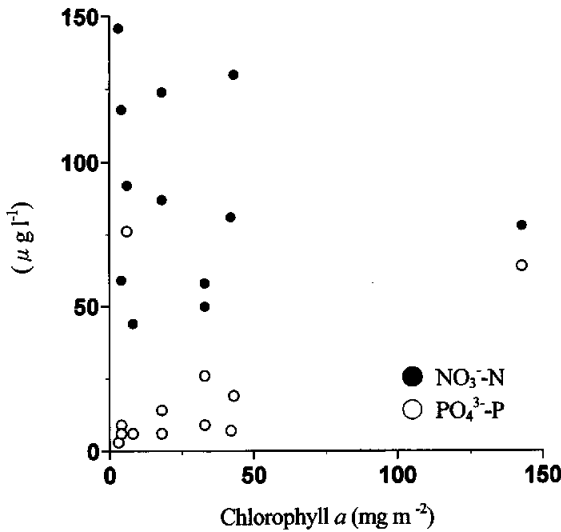


Fig. 2. Relationships between periphytic algal chlorophyll-a and DIN, and PO₄³⁻-P concentration at each streams located in the western part of Shiretoko peninsula in August, 1999.

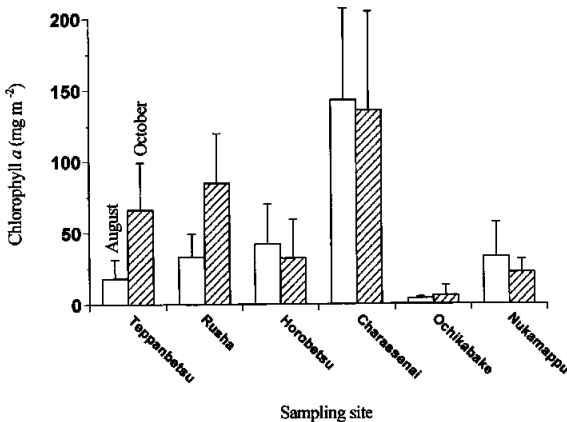


Fig. 3. Periphytic algal chlorophyll-a in August and October at each streams located in the western part of Shiretoko peninsula.

は、本調査で得られた8月の付着藻群落のクロロフィルa量に対する溶存態窒素、リン酸態リン濃度の関係を示したが、どちらに対しても明確な相関は得られなかった。従って、知床半島西岸の河川群における付着藻群落の窒素・リン制限については解析出来なかった。この点については、今後、付着物中の炭素・窒素・リン含量を測定し、付着藻群落の栄養状態の指標として解析することが必要と思われる。

Fig.3は、1999年8月と10月両方に付着藻を採集した河川における、クロロフィルa量の比較である。特徴的な点は、テッパンベツおよびルシヤ川で10

月のクロロフィルa量が顕著に増加していることである。北方地域の河川では、サケ科魚類の遡上は海洋から、窒素・リンなどの栄養塩を回帰し、集水域も含めて重要な施肥効果になっていることが指摘されている(谷口・中野 2000の総説参照)。知床半島の先端部に近いテッパンベツおよびルシヤ川はサケ科魚類の遡上が多いことで知られている。このサケ科魚類による栄養塩の運搬が、藻類の増殖を促進させた可能性は極めて高いと考えられる。今後の重要な調査課題であろう。

謝辞

本調査を遂行するに当たり、著者らを導いて下さった、故中野繁博士に深く感謝いたします。山中正実(斜里町自然保護課)、桑原禎知(知床自然センター)、村上正志(北海道大学農学部付属苫小牧地方演習林)、岩田智也、加藤千佳、西川絢子(以上、京大生態学研究センター)の各氏には現地調査を、福地冴子氏(滋賀県立大学湖沼環境実験施設)には水質分析について援助を頂いた。ここに記して感謝いたします。

引用文献

Aizaki M. 1978. Seasonal changes in standing crop and production of periphyton in the Tamagawa river. *Japanese Journal of Ecology*28: 123-134.

Aizaki M. & Sakamoto K. 1988. Relationship between water quality and periphyton biomass in several streams in Japan. *Verhandlungen International Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*23: 1511-1517.

Bendschneider K. & Robinson R. T. 1952. A new spectrophotometric method for determination of nitrite in sea water. *Journal of Marine Research*11: 87-96.

Biggs B. J. F. 1996. Patterns in benthic algae of streams. In: Stevenson R. J., Bothwell M. L. & Lowe R. L. (eds), *Algal Ecology-Freshwater benthic ecosystems*. pp.31-56. Academic Press.

Biggs B. J. F. 2000. Eutrophication of streams and rivers: dissolved nutrient-chlorophyll relationships for benthic algae. *Journal of the North American Benthological Society*19: 17-31.

一瀬諭・若林徹哉・藤原直樹・水島清嗣・野村潔. 1999. 琵琶湖における植物プランクトン優占

- 種の経年変化と水質. 用水と廃水41: 12-21.
- Kalff J. & Bentzen E. 1984. A method for the analysis of total nitrogen in natural waters. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*41: 815-819.
- Menzel D. W. & Corwin N. 1965. The measurement of total phosphorus in sea water based on the liberation of organically bound fractions by persulfate oxidation. *Limnology and Oceanography*10: 280-282.
- 三橋弘宗・野崎健太郎. 1999. 三重県宮川村における糸状緑藻*Spirogyra* sp.の大発生. *陸水生物学報*14: 9-15.
- Murakami T., Isaji C., Kuroda N., Yoshida K. & Haga H. 1992. Potamoplanktonic diatoms in the Nagara river; flora, population dynamics and influences on water quality. *Japanese Journal of Limnology*53: 1-12.
- Murphy J. & Riley J. P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. *Anal. Chem. Acta*27: 31-36.
- 中本信忠. 1980. ダム湖と河川水質. 水温の研究 23: 26-31.
- 中本信忠. 1989. ダム湖での植物プランクトン増殖とその維持機構. *生物科学*41: 169-177.
- 日本分析化学会北海道支部 (編). 1994. 水の分析 (第4版). 493pp. 化学同人.
- Sakamoto M. 1966. Primary production by phytoplankton community in some Japanese lakes and its dependence on lake depth. *Archiv für Hydrobiologie*62: 1-28.
- 佐竹研一 (編). 1999. 酸性環境の生態学. 236pp. 愛智出版.
- Solorzano L. 1969. Determination of ammonia in natural waters by the phenylhypochlorite method. *Limnology and Oceanography*14: 799-801.
- 谷田一三・三橋弘宗・藤谷俊仁. 1999. 特殊アクリル繊維による付着藻類定量法. *陸水学雑誌* 60: 619-624.
- 谷口義則・中野繁. 2000. 地球温暖化と局所的かく乱が淡水魚類群集に及ぼす複合的影響: メカニズム, 予測そして波及効果. *陸水学雑誌* 61: 79-94.
- 谷口義則・岸大弼・三宅洋・河口洋一・岩田智也・三橋弘宗・野崎健太郎・村上正志・西川絢子・加藤千佳・中野繁. 2000. 知床半島の河川におけるオシロコマおよびサクラマス の 個 体 群 の 現 状. *知床博物館研究報告*21: 43-50.