

カワゴロモ (カワゴケソウ科) の生育水質環境

野呂忠秀^a, 鈴木廣志^a, 金山敏秀^b

^a 鹿児島大学水産学部 890 鹿児島市下荒田四丁目50-20

^b 九州農政局計画部資源課 860 熊本市二の丸1-2

(現, 近畿農政局計画部資源課 602 京都市上京区西洞院通り下長者町下ル)

Water Quality at the Habitat of *Hydrobryum japonicum* Imamura (Podostemaceae) in Japan

Tadahide NORO^a, Hiroshi SUZUKI^a and Toshihide KANAYAMA^b

^a Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Kagoshima, 890 JAPAN

^b Resources Division, Planning Department, Kyusyu Regional Agricultural
Administration Office, Kumamoto, 860 JAPAN

(Present address: Resources Division, Planning Department, Kinki Regional
Agricultural Administration Office, Kyoto, 602 JAPAN)

(Received on September 21, 1993)

The ambient environmental factors of *Hydrobryum japonicum* Imamura (Podostemaceae) were studied in the Kaminokawa River, Kagoshima, Japan. According to the survey during 1987 to 1988, *H. japonicum* was distributed in a habitat with: water temperature $17.6 \pm 2.4^{\circ}\text{C}$ (yearly average $\pm 95\%$ confidential interval), current speed $0.90 \pm 0.20\text{m}/\text{sec}$, suspended substances $3 \pm 1\text{mg}/\text{l}$, pH 6.9 ± 0.1 , electric conductivity $78 \pm 8 \mu\text{S}/\text{cm}$, 4.3 Bx alkalinity $0.067 \pm 0.006\text{me}/\text{l}$, COD $0.70 \pm 0.21/\text{mg}/\text{l}$, and DO $102.8 \pm 3.1\%$. Phosphate (PO_4)-P, total-P, NO_2 -N, NO_3 -N, and NH_4 -N were 0.73 ± 0.16 , 0.90 ± 0.23 , 0.04 ± 0.02 , 4.85 ± 3.53 , $2.32 \pm 0.81 \mu\text{g at}/\text{l}$ ($= \mu\text{M}$) respectively. The above results illustrate the water condition which allows this species to grow.

カワゴロモ (*Hydrobryum japonicum* Imamura) は、鹿児島県大隅半島の溪流河川にのみ成育する稀少植物で、その他5種のカワゴケソウ科植物とともに鹿児島県の天然記念物に指定されている。本種についてはこれまでにその分布生態や季節的な成長過程が調べられているが(新 1954; 野呂ら 1993), それによれば、カワゴロモは、他のカワゴケソウ科の植物と同時に、極めて水質のきれいな浅瀬の急流域にのみ成育し、ひとたび水質

が悪化すると、たちまちのうちに枯死するであろうことが示唆されている。しかし、その成育域の水質を周年にわたって詳細に調査した例はこれまでにない。

そこで、本研究は、カワゴロモの成育する河川の水質を調べることによって、本種の成育に必要な環境条件を明らかにするとともに、将来的にはその保護に資することを目的としておこなわれた。

方法

鹿児島県大根占町を流れる神之川流域の神之川大橋 (a), 丸尾 (e), 馬場中原 (h), うるし山 (j) と半ヶ石 (k) を調査地点とし (Fig. 1; 野呂ら 1994), 1987年7月, 10月, 1988年1月, 4月に水温 (water temperature) と, 流速 (current), 水中懸濁物 (SS), pH, 電気伝導度 (conductivity), アルカリ度 (alkalinity, 4.3Bx), 化学的酸素要求量 (COD), 溶存酸素量 (DO), 磷酸態磷 ($\text{PO}_4\text{-P}$), 全磷 (total-P), 亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$), 硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) ならびに, アンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) を測定した. また, うるし山 (j) においては, 1997年7月から1998年7月にかけて毎月一回, 上記の全項目について水質調査を行った. なお, 河川水の方法は, 既報に準じた (野呂ら 1993). また, 降水量については鹿児島地方気象台の資料により, 鹿屋市の観測データを引用した.

結果

1987年から1988年にかけて鹿児島県神之川の全域で水質調査を行なったところ, 次のような結果が得られた.

水温: Fig. 2のaは, 神之川の中で最もカワゴロモが繁茂しているj地点 (うるし山) での月別水温変化を示したものである. それによれば本地点の水温最低値は1月の 8.5°C , 最高値は7月に

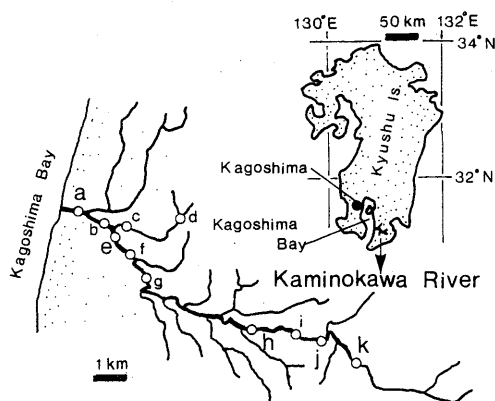


Fig. 1. Map of studied area in the Kaminokawa River, Ohnejime, Kagoshima, Japan. Locations a, e, h, j, and k are the stations reported in this study.

観測された 24.5°C で, 年間の平均水温と95%信頼区間は $17.7 \pm 2.9^\circ\text{C}$ であった. この図には, 同時に観測した毎月の気温変化もあわせて示してあるが, 冬季の1月や3月を除けば, 水温は気温よりも一般に低い値を示した.

また, Fig. 3のaは神之川の下流に位置するa地点から上流のk地点にいたる間の水温変化を調べた結果であるが, それによれば水温は上流で低く, 下流で高くなる傾向を示した. このような傾向は特に冬に顕著で, 距離にしてわずか12kmしか離れていない上流のk地点と下流のa地点との間の水温差は1月には 9°C にも達した. また, e地点の水温が著しく低下しているようすが7月や10月に示されているが, これはe地点のすぐ上流にある丸尾大滝の影響によるものであり, 滝を流れ落ちる際に川の水が気化熱を放出し水温を低下させたためである.

一方, カワゴロモの成育していたe, h, j地点における年間平均水温は $17.6 \pm 2.4^\circ\text{C}$ であった.

流速: Fig. 3のbは神之川の各地で測定した流速である. それによれば, 下流のa地点を除けば流速は極めて速く, $1.0 \sim 1.5 \text{ m/sec}$ にもおよんだ.

一方, j地点の流速を毎月調べたところ (Fig. 2のb), 季節的には秋と春に速く, 夏と冬に遅い傾向が示された. また, カワゴロモの成育しているg, h, j地点での流速は年間を通じて $0.9 \pm 0.2 \text{ m/sec}$ の範囲内にあった.

さらに Fig. 2のbでは, 神之川に近い鹿屋市で観測された降水量をも比較のために示した. それによれば, 神之川の流速と降水量との間には, 同様な増減傾向があり, 雨の多い月には流速も速くなった.

水中懸濁物 (SS): 神之川全域のSS値は, 周年にわたって 5 mg/l 以下の極めて低い値を示した. しかし, 地域的には河川の上流や下流において高くなり (Fig. 3のc), また季節的には, 降水量の増加する春と秋にSSの増加する傾向が見られた. (Fig. 2のc). 一方, カワゴロモの成育しているe, h, j地点における年間のSS平均は $3 \pm 1 \text{ mg/l}$ であった.

水素イオン濃度 (pH): 神之川全域のpH値は $6.5 \sim 7.5$ の範囲内で, 季節的な変動や地域的な変

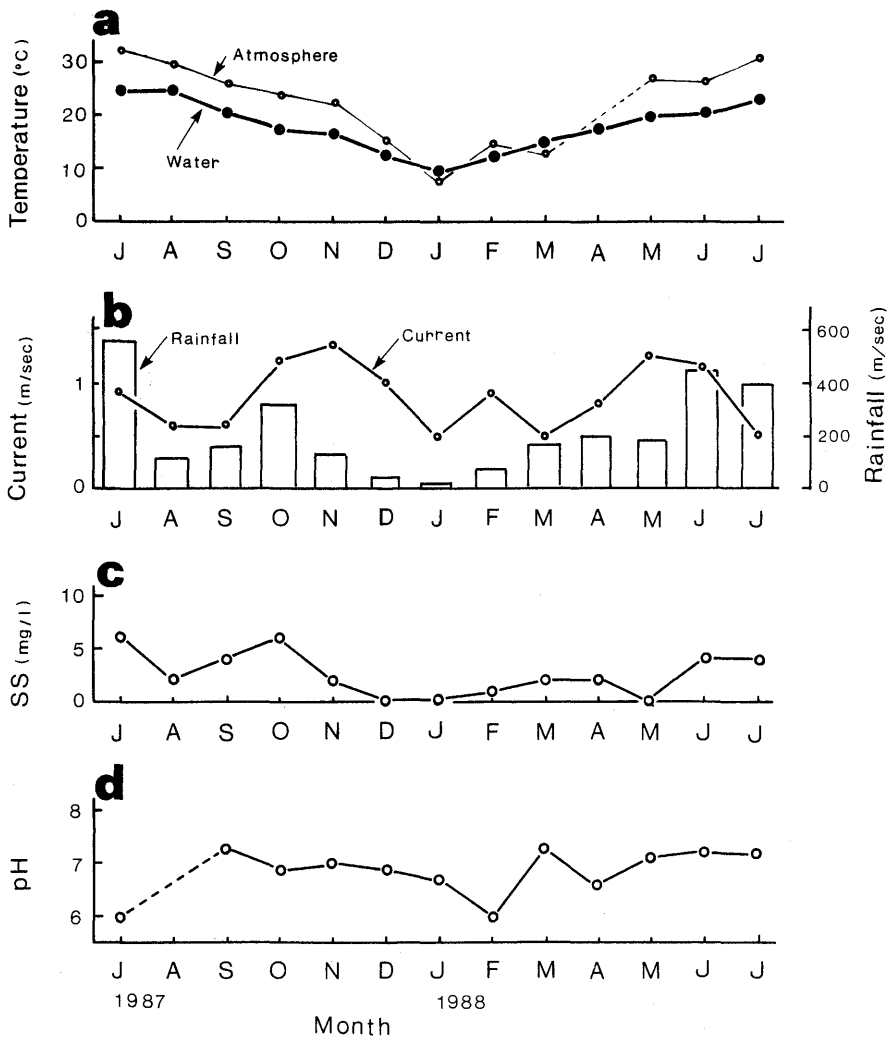


Fig. 2. Water temperature (a), current speed (b), suspended substances (c), and pH (d) at the station j of the Kaminokawa River from 1987 to 1988.

化はほとんど見られなかった。しかし、j地点で見られるように、一時的にはあるがpHが6.0にまで低下することもあった (Figs. 2と3のd)。また、カワゴロモ成育域e, h, j地点における年間のpH平均は 6.9 ± 0.1 であった。

電気伝導度 (Conductivity) : 河口に近い下流のa地点では、遡上する海水の影響を受けるために、電気伝導度は高い値を示した。しかし、e地点よりも上流における電気伝導度は、 $100 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下の低い値にとどまった (Fig. 5のa)。また、j地

点における毎月の変化を比べると、春季の2月から3月にかけて電気伝導度の上昇する傾向が認められた (Fig. 4のa)。カワゴロモ成育域e, h, j地点における電気伝導度の周年平均と95%信頼区間は $78 \pm 8 \mu\text{S}/\text{cm}$ であった。

アルカリ度 (Alkalinity) : 神之川のj地点におけるアルカリ度の月別変化を調べてFig. 4のbに示したが、明瞭な季節的変動周期は認められなかった。一方、Fig. 5のbは神之川の上流から下流にいたる間のアルカリ度の変化を示したものである

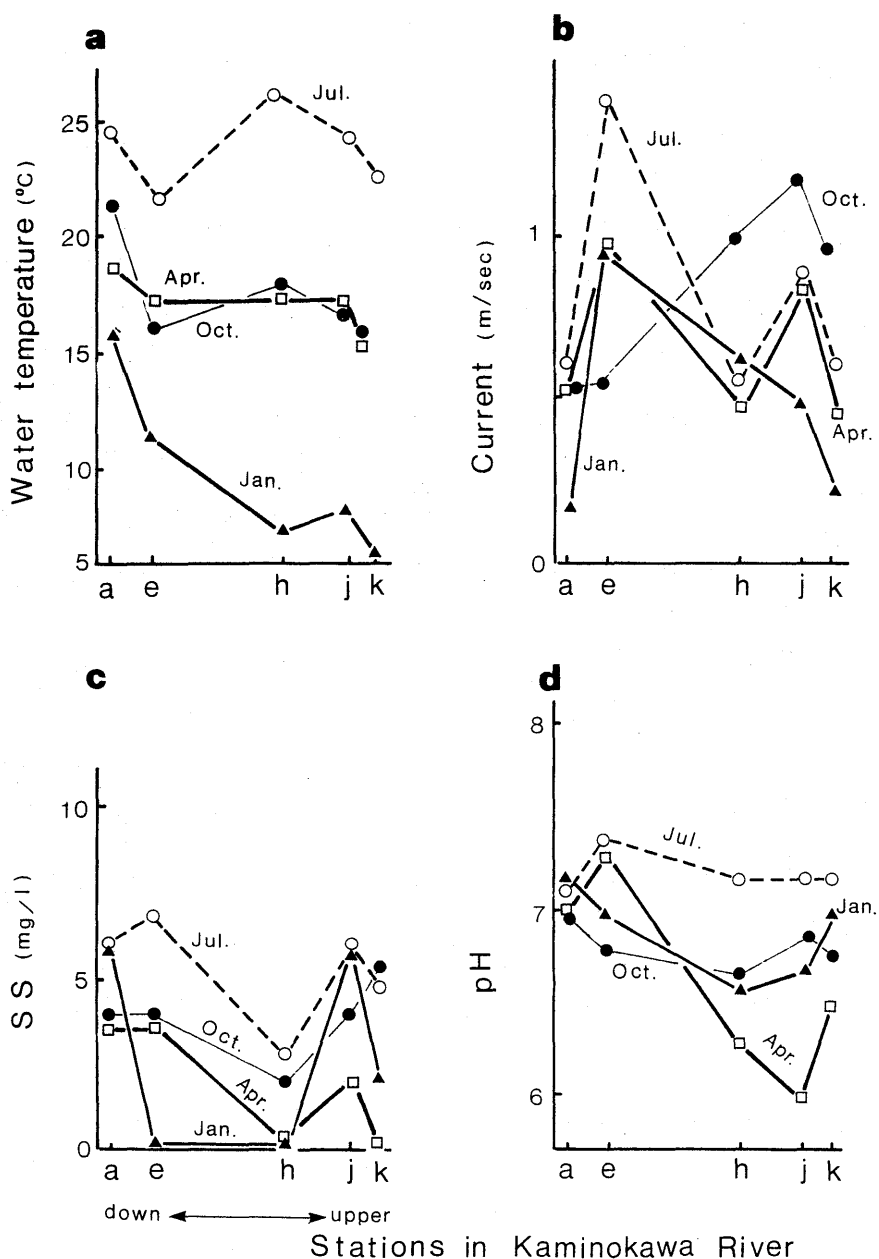


Fig. 3. Seasonal changes of water temperature (a), current speed (b), suspended substances (c), and pH (d) at the five stations of the Kaminokawa River from 1987 to 1988.

が、上流 (k) で低く、下流 (a) になるに従って高くなる傾向が明らかになった。また、カワゴロモの育成している e, h, j 地点におけるアルカリ度の年間平均値と 95% 信頼区間は $0.067 \pm 0.006 \text{ me/l}$ であった。

化学的酸素要求度 (COD) : j 地点における毎月の COD の変化を Fig. 4 の c に示した。それによれば、この j 地点における COD の最高値は 12 月の 1.90 mg/l 、最低値は 7 月の 0.32 mg/l で年間の平均値とその 95% 信頼区間は $0.75 \pm 0.32 \text{ mg/l}$ で

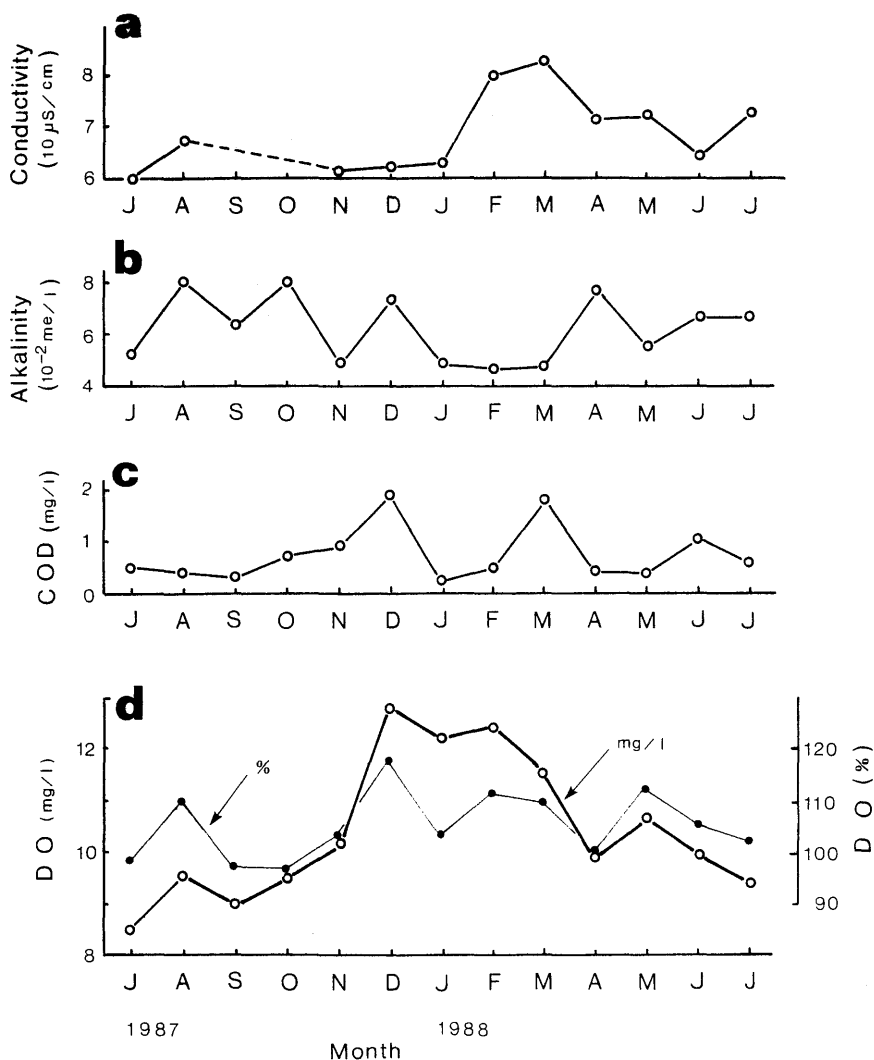


Fig. 4. Conductivity (a), alkalinity (b), COD (c), and DO (d) at the station j of the Kaminokawa River from 1987 to 1988.

あった。また、Fig. 5のcでは、神之川の各地点におけるCOD変化を示したが、地域的な変化や季節的な変動は認められなかった。しかし、4月の例に見られるように、中流のe地点やh地点でCODの値が飛躍的に上昇することもあった。また、カワゴロモの成育しているe、h、j地点におけるCODの年間平均値と95%信頼区間は $0.70 \pm 0.21 \text{mg}/\text{l}$ であった。

溶存酸素量 (DO) : 神之川のDOの値は、顕

著な季節的变化を示した (Fig. 4のd)。つまり、 mg/l 単位で換算したDO値は水温の高い夏に低く、逆に水温の低い冬に上昇した。しかし、このようなDOの変化は、水温変化に伴う飽和溶存酸素量の違いに起因するものであり、その証拠に%で換算した年間の平均DOは $105.6 \pm 4.4\%$ と常に過飽和状態であった。

また、地理的な変異はわずかで、神之川の上流におけるDOの値と下流のそれとの間にはほとんど

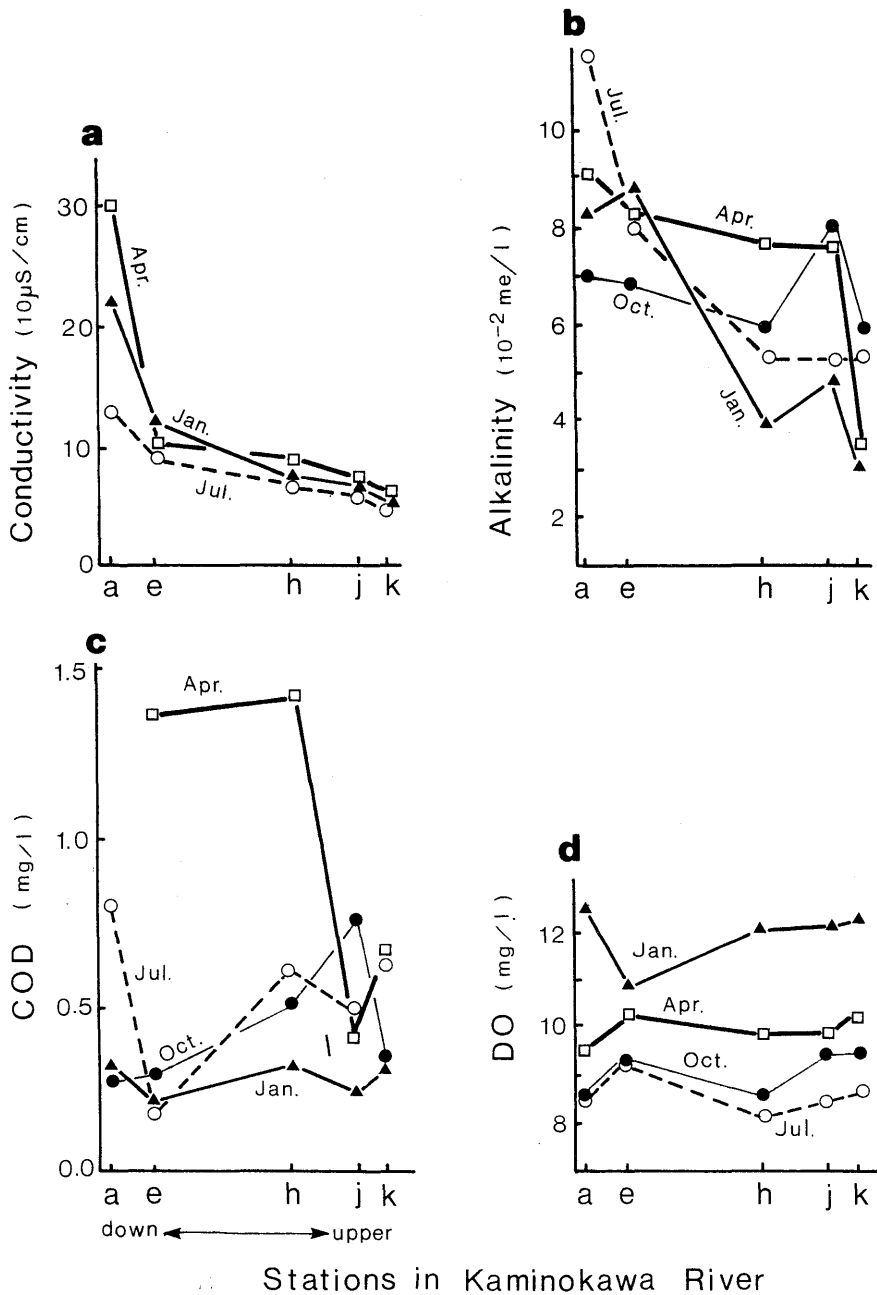


Fig. 5. Seasonal changes of conductivity (a), alkalinity (b), COD (c), and DO (d) at the five stations of the Kaminokawa River from 1987 to 1988.

ど差が認められなかった (Fig. 5 の d)。しかし、e 地点においては、丸尾大滝の影響により幾分高い DO 値を示すことがあった。

一方、カワゴロモの成育している e, h, j 地

点における DO の年間平均値と95%信頼区間は $102.8 \pm 3.1\%$ と、この値もほぼ過飽和状態であった。

磷酸態磷, 全磷 ($\text{PO}_4\text{-P}$, total-P) : 神之川の j

地点における磷酸態磷と全磷の月別変動を Fig. 6 の a に示した。それによれば磷酸態磷の極大値は 2 月や 8 月に見られ、全磷は 4 月から 7 月にかけて上昇した。この全磷と磷酸態磷との差は有機磷と理解されるが (全磷 - 磷酸態磷 = 有機磷), Fig. 6 の a によればこの有機磷の量は、1987 年の 7 月から翌年の 3 月にかけてはほとんど検出されなかったが、その後は 4 月に最大となり以後磷酸態磷とほぼ等しい量の有機磷が検出されるようになった。

一方、有機態磷と全磷の地域的な変化を比べると (Fig. 7 の a-b), 夏から秋にかけては上流で低く下流で高い傾向を示した。しかし、冬から春にかけては中流域で高くなり、特に h 地点では平常値の 20~40 倍にも増加することがあった。

なお、カワゴロモの成育地 e, h, j 地点における磷酸態磷と全磷の年平均値はそれぞれ $0.73 \pm 0.16 \mu\text{g at/l}$ ($= \mu\text{M}$), と $0.90 \pm 0.23 \mu\text{g at/l}$ であった (ただし、h 地点で観測された一時的な異常値

は明らかに人為的な汚染の影響によるものであり、平均値の計算からは除外した)。

亜硝酸態窒素、硝酸態窒素、アンモニア態窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$): 神之川の j 地点における各種窒素量の周年変化を Fig. 6 の b に示した。それによれば、硝酸態窒素の最大値が 10 月に、またアンモニア態窒素の最大値は 2 月に見られたが、亜硝酸態窒素は常に少なく検出限界以下の時もしばしばあった。また Fig. 7 の d に示されるように、硝酸態窒素は上流 (k) においては低く、下流 (a) に降りるに従って高くなるようすが明らかにになった。

またこれらの測定結果から、カワゴロモ生育水域における窒素類の年平均濃度は、亜硝酸態窒素 $0.04 \pm 0.02 \mu\text{g at/l}$ ($= \mu\text{M}$), 硝酸態窒素 $4.85 \pm 3.53 \mu\text{g at/l}$, アンモニア態窒素 $2.32 \pm 0.81 \mu\text{g at/l}$ であった (磷の場合と同様、人為的な異常値は除外)。

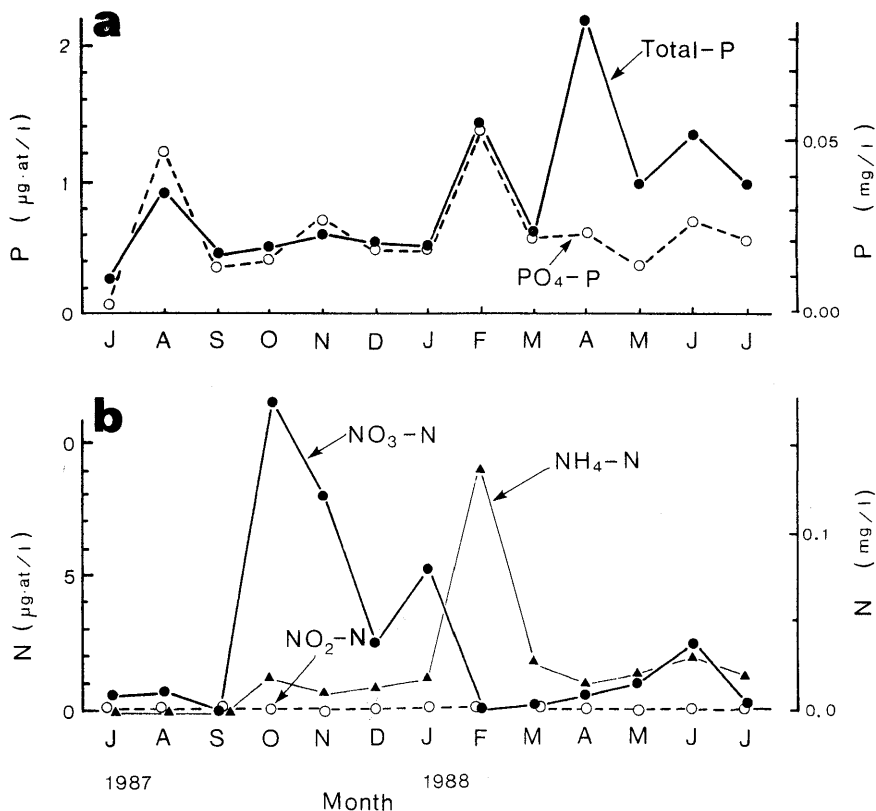


Fig. 6. Phosphate (a), and nitrate (b) at the station j of the Kaminokawa River from 1987 to 1988.

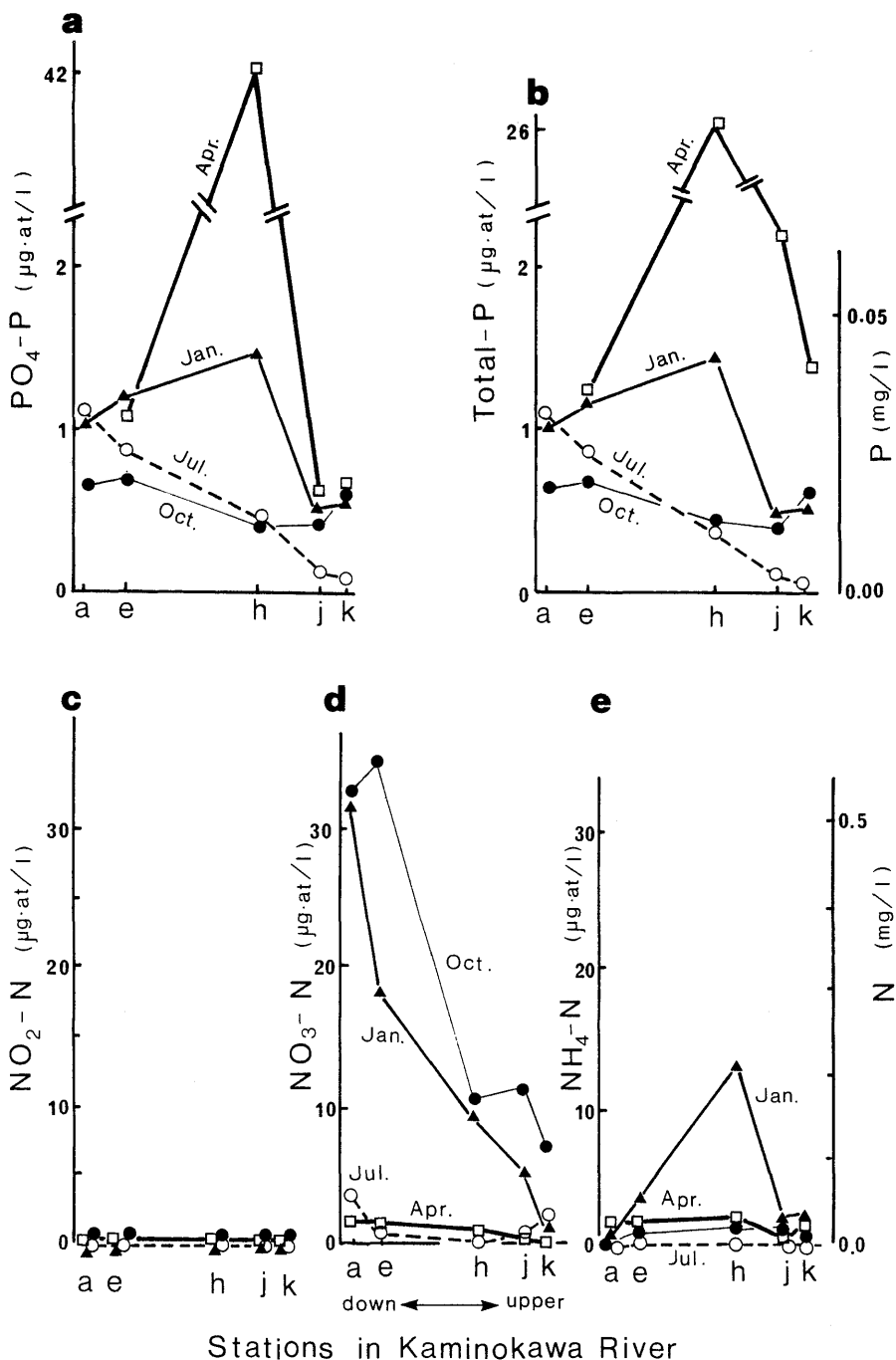


Fig. 7. Seasonal changes of PO_4-P (a), total-P (b), NO_2-N (c), NO_3-N (d) and NH_4-N (e) at the five stations of the Kaminokawa River from 1987 to 1988.

考 察

カワゴロモの成育環境：これまでに筆者らは、神之川におけるカワゴロモの分布と底質環境との関係を調査し、その結果を報告した（野呂ら 1994）。本報は、その際同時に調査した水質分析の結果をまとめたものである。

それによればカワゴロモ成育地の水質は、水温 $17.6 \pm 2.4^\circ\text{C}$ （最高 24.5°C ，最低 8.5°C ），流速 $0.9 \pm 0.2 \text{ m/sec.}$ ，水中懸濁物 $3 \pm 1 \text{ mg/l}$ ，pH 6.9 ± 0.1 ，電気伝導率 $78 \pm 8 \mu\text{S/cm}$ ，アルカリ度 $0.067 \pm 0.006 \text{ me/l}$ ，COD $0.70 \pm 0.21 \text{ mg/l}$ ，DO $102.8 \pm 3.1\%$ ，磷酸態磷 $0.73 \pm 0.16 \mu\text{g at/l}$ （ $= \mu\text{M}$ ），全磷 $0.90 \pm 0.23 \mu\text{g at/l}$ ，亜硝酸態窒素 $0.04 \pm 0.02 \mu\text{g at/l}$ ，硝酸態窒素 $4.85 \pm 3.53 \mu\text{g at/l}$ ，アンモニア態窒素 $2.32 \pm 0.81 \mu\text{g at/l}$ の範囲内にあることが分かった。

カワゴロモをはじめとするカワゴケソウ科の植物は、水質の極めて清冽な溪流域だけに分布していることが従来から報告されているが（新 1954；野呂ら 1993），今回の調査結果も、その事実を具体的に裏付けるものであった。

神之川にカワゴロモが繁茂していることと、本種の成育にとって神之川の水質が最も適していることは別の問題である。しかし、本種を人工的に栽培することは極めて困難であり（今村 1972，小川 1988），成育至適条件を実験的に調べることは難しい。したがって、今回明らかにされた環境条件は、あくまでもカワゴロモが実際に成育している水質の現状として把握したい。

神之川の富栄養化傾向：この調査によれば、神之川の水質は極めて貧栄養の状態にあり、「公害対策基本法」の定める「水質汚濁に係わる環境基準」を当てはめるならば、最もきれいな河川である「AA 類型」に相当するものであった。しかし、今回の調査期間中においても、2月のアンモニア態窒素や、4月の全磷、10月の硝酸態窒素の例に見られるような極めて高い値が時折出現した。

これらは、調査地点上流の半ヶ石周辺などから流入する農業肥料や畜産排水の影響ではないかと想像されるが、今回の調査結果からその因果関係を断定することはできなかった。

鹿児島湾を隔てた薩摩半島側の河川には、本種と近縁のカワゴケソウが分布しているが、近年その衰退が著しく、地域によっては壊滅的な状況にある（野呂ら 1993）。一方、神之川に代表される大隅半島側においては、まだ多くのカワゴロモ群落が維持されている。カワゴケソウとカワゴロモは属を異にする別種であることから、生態的な特性も異なる可能性があり、一概に比較することは危険である。しかし、薩摩半島のカワゴケソウに比べ、大隅半島でカワゴロモが多く残っている理由は、水質栄養度の違いによる可能性がある（野呂ら 1993）。換言するならば、人口過疎と農地開発の遅れが大隅半島側のカワゴロモに幸いしたものと考えられよう。

現在、大隅半島においても大規模な農地の開発が計画されているが、神之川産カワゴロモの保護にとって水質富栄養化の防止こそが当面の課題となろう。

引用文献

- 今村駿一郎 1972. カワゴケソウ科植物栽培の試み. 採集と飼育 34 : 108-110.
- 野呂忠秀, 鈴木廣志, 藤田忠士, 金山敏秀 1993. 南日本産カワゴケソウ科植物の分布. 植物研究雑誌 68 : 253-260.
- 野呂忠秀, 鈴木廣志, 金山敏秀 1994. 鹿児島県神之川におけるカワゴロモ（カワゴケソウ科）の成長と分布. 植物研究雑誌 69 : 162-166.
- 小川雪子 1988. 鹿児島県神之川におけるカワゴロモの生態学的研究. 鹿児島大学理学部生物学科卒業論文, 47pp.
- 新 敏夫 1954. 日本産カワゴケソウ科の研究. 鹿児島県文化財調査報告 1 : 1-52. 鹿児島県, 鹿児島.