付着珪藻群集による北陸河川汚濁の数量的評価
(III) 珪藻汚濁指数 (DAI_{po}) 値と河川総合
評価点 (RPI_D) の季節変化

墨田 勉彰

A Numerical Water Assessment of Rivers in Hokuriku District using Epilithic Diatom Assemblage on River Bed as a Biological Indicator. (III) Seasonal Changes of the Diatom Assemblage Index to Organic Water Pollution (DAI_{po}) and River Pollution Index (RPI_D).

Michiaki SUMITA

Abstract

The purpose of this study is to investigate the seasonal changes of the DAI_{po} value (Diatom Assemblage Index to organic water pollution) and RPI_D (River Pollution Index) in summer (from 1 June to 31 August) and winter (from 1 November to 28 February) of rivers in the Hokuriku District.

The average and histogram of DAI_{po} were obtained for 112 stations in four river basins. From these data, the following results were obtained. There was no obvious difference in the average of DAI_{po} for all investigated stations between two seasons. But in the Tedorigawa River Basin and the rivers in the Noto Peninsula, DAI_{po} values had a tendency to be higher in winter than in summer, while those in the Kakehashi River Basin and the Iburibashi River Basin showed reverse tendency.

In the River Tedorigawa RPI_D values were higher in winter than in summer. In the downstream of the River Kakehashigawa and its tributary (canal), RPI_D were higher in winter or almost equal between two seasons. Increase of the river discharge by snow-melt and the pollution load imposed by agriculture should be taken as important factors controlling the seasonal changes of the water quality in the rivers of Hokuriku District.

Key words : seasonal change, DAI_{po}, RPI_D, numerical water quality chart.

1. はじめに

筆者は付着珪藻群集に基づく有機汚濁指数 (DAI_{po}) (SUMITA and WATANABE, 1983; 渡辺ら, 1983, 1984) とそれらの値から求めた河川総合評価点 (RPI_D) (SUMITA and WATANABE, 1983) を用いて 1973 年から 1984 年の期間に北陸河川の 52 河川の汚濁を検討した (SUMITA, 1986; 墨田,

1988)。その結果、DAI_{po} 値から北陸河川の多くの地点では水質は良好であった (墨田, 1988)。また RPI_D から判断して、北陸地方の河川は近畿地方の河川 (渡辺ら, 1986) と比べると、汚濁地点での汚濁度が低いいため、水系全体の評価点が著しく高いことを指摘した (SUMITA, 1986)。

北陸地方の河川の多くは豪雪地帯にあり、雪解け水による低水温の影響が大きいかを考えると、

夏の高水温期と冬の低水温期の河川水質の違いにも、北陸地方の特色があることも予想できよう。本研究ではいくつかの河川について DAI_{po} 値、 RPI_D の夏季と冬季の値の違いを北陸地方の河川の立地条件の特性に基づいて考察した。

2. 試料と方法

前報(墨田, 1988)で得た北陸地方の 52 河川(石川県, 福井県の一部)の 183 地点における 418 試料の DAI_{po} 値のうち, 調査が 6 月 1 日～8 月 31 日に実施されたものを夏季(154 試料), 11 月 1 日～2 月 28 日を冬季(142 試料)として用いた。両期間に調査を行なった地点数は 112 である。

DAI_{po} 値は SUMITA and WATANABE (1983) が提案し, それを渡辺ら (1983, 1984) が修正した次式によって計算した。

$$DAI_{po} = 100 - \frac{\sum_{i=1}^m S_i - \sum_{j=1}^n E_j}{2}$$

上式の DAI_{po} は珪藻群集を指標とする有機汚濁指数である。 $\sum_{i=1}^m S_i$ はその群集中に出現した m 個の好汚濁性種 (Saprophilous species) の各相対頻度の和である。 $\sum_{j=1}^n E_j$ はその群集中に出現した n 個の広適応性種 (Euryasaprobic species) の各相対頻度の和である。好汚濁性種と広適応性種は WATANABE *et al.* (1986) による。

RPI_D はその河川の各調査地点の DAI_{po} 値に基づいて数量的な汚染地図を作成し, この地図から SUMITA and WATANABE (1983) の提案した次式によって求めた。

$$RPI_D = \frac{S}{L}$$

上式の RPI_D は河川総合評価点である。 L は調査した最上流調査地点から最下流の調査地点までの距離 (km) である。 L を縦軸にとり, その軸上に各調査地点を定位させる。次に横軸に DAI_{po} 値をと, 各地点ごとにそれらの値を図中に定位させる。

それらの点を順次結んでできた折線と, 縦軸および横軸とが囲む面積が S である。季節変化を検討するために 3 河川について, それぞれ夏季と冬季の数量汚染地図を作成した。

3. 結 果

3-1. DAI_{po} 値の季節による違い

Figure 1-A において全調査地点 (112 地点) の DAI_{po} 値の分布をみると, 夏季は 16-20 から 96-100, 冬季は 26-30 から 96-100 の範囲で, 両者の分布範囲は夏季にやや低い値へ広がっていたが, 両者の平均値は殆んど差がない (Table 1)。

夏季, 冬季の平均値を各水系ごとに比較すると Table 1 に示すように差異が認められた。すなわち, 夏季の値が冬季より小さい水系とその逆の水系があることが判明した。

3-1-1. 能登半島の河川

Table 1 で明らかなように, 能登半島の河川の DAI_{po} の平均値は, 冬季のほうが著しく高い。Figure 1-B における DAI_{po} 値の分布をみても, 夏季は 31-35 から 91-95 の範囲に分布するのに対し, 冬季は分布範囲が高い側へ偏り 61-65 から 91-95 の範囲にある。

3-1-2. 手取川水系

手取川水系では Table 1 に示すように DAI_{po} の平均値の両季の差は比較的小さいが, 冬季のほうが幾分大きい。Figure 1-C においても夏季は 56-60 から 96-100 の範囲, 冬季は 61-65 から 96-100 の範囲を示し, 夏季, 冬季との差は極めて微妙である。

3-1-3. 梯川水系

Table 1 に示すように DAI_{po} の平均値の夏季と冬季との差は大きい。Figure 1-D に示すように DAI_{po} 値の分布は, 夏季は 36-40 から 91-95 の範囲, 冬季は 26-30 から 86-90 の範囲, 冬季の DAI_{po} 値が夏季より低い傾向がみられた。

Table 1. Average of DAI_{po} of investigated River basins.

Location	Average DAI_{po}	
	Winter	Summer
Tedori-gawa River Basin	87.3	82.8
Takehashi-gawa River Basin	62.1	71.6
Iburihashi-gawa River Basin	66.8	71.3
Rivers in Noto Peninsula	87.0	65.2
All stations in investigated rivers	72.9	73.1

Winter : 1 November-28 February

Summer : 1 June-31 August

3-1-4. 動橋川水系

Table 1 に示すように DAI_{po} の平均値の両季の差は比較的小さいが、冬季より夏季の平均値のほうが大きい。Figure 1- E で DAI_{po} 値の分布をみると、

夏季は36- 40 から91- 95 の範囲、冬季は26- 30 から91- 95 の範囲にあり、その分布範囲は冬季が夏季より広がった。

Fig. 1. Histograms of the distribution of DAI_{po} .

A : All investigated stations.

B : Rivers in Noto Peninsula.

C : Rivers in the Tadori River basin.

D : Rivers in the Kakehashi River basin.

E : Rivers in the Iburibashi River basin.

■ : Summer

□ : Winter

Fig. 2. Numerical assessment charts of investigated rivers.

A 1-3 : R. Tedor.

B 1-2 : Downstream of the R. Kakehashi.

C 1-2 : Canal of the R. Kakehashi.

3-2. RPI_D の季節による違い

人為的な有機汚濁を殆んど受けていない清冽な河川の手取川と、都市河川である梯川下流部、その支川の梯川改修水路について、それぞれの調査地点の DAI_{po} 値に基づいて数量汚染地図を作成した (Fig. 2- A~C)。またこれらの図から求めた RPI_D は Table 2 に示した。

1978 年の手取川の RPI_D は夏季の 8 月では 75、冬季の 2, 11 月ではそれぞれ 96, 89 の値を示した。これに対し都市河川では、1974 年の梯川下流部では夏季に近い 9 月と冬季の 2 月にそれぞれ 56, 51 とわずかに冬季の値が低かった。梯川改修水路では 9 月と 2 月にそれぞれ 45, 44 の近い値をえた。

4. 考 察

4-1. DAI_{po} 値と水質

DAI_{po} 値は、付着珪藻群集を構成する好汚濁性種、広適応性種、好清水性種 (Saproxenous species) の優占度が水域の有機汚濁に伴って規則的に変化することを見だし、この規則性を数値化した有機汚濁指数である。そして 0 がもっとも有機汚濁が進んだ水域、100 はもっとも清冽な水域の水質を示すものである。

墨田 (1988) が調査したいくつかの河川では、生物試料採集時に採水 (検体数 114) し、石川県衛生公害研究所により BOD, COD, 電気伝導度、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素、アンモニア態窒素、キエルダール窒素、全窒素、リン酸態リン、全リンが測定された。 DAI_{po} 値とこれらの分析値の相関係数は BOD, COD はそれぞれ -0.72 , -0.62 で、検定により有意な相関が認められたが、その他の項目の分析値と DAI_{po} 値との相関係数は $0.071 \sim 0.31$ で有意な相関は認められなかった (墨田, 未発表)。渡辺ら (1983) は前述のキエルダール窒素を除いた分析項目の相関係数は $-0.72 \sim -0.82$ の高い値を示し、相関が認められたとしている。渡辺らが用いた分析値は各調査地点での生物

試料採集時およびその時期から遡った 1 年間の 4 ~ 12 回の分析値の平均値であった。採集した生物試料ではその地点で珪藻群集が着生し始めてから 1 ~ 2 カ月間の水環境に適応した種構成が形成されている。したがって、これらを指標生物とする DAI_{po} 値は、その期間の水質を累積評価したものでいえよう。物理、化学分析値の 1 回の測定値は、たとえそれが生物試料採集時の値であるとしても、過去 1 ~ 2 カ月間の水質変動を考えると、それぞれの地点の DAI_{po} 値に見あう値とはなり難いと思われる。 DAI_{po} 値と BOD, COD との間に相関が認められたのは、恐らく両者の値に関する限り、上述期間の変化を累積評価した代表値に見あったものであったためであろう。この問題は今後の研究課題といえよう。

4-2. DAI_{po} 値, RPI_D の季節変化

Table 1 より DAI_{po} の平均値でみる限り全調査地点については夏季と冬季との値に差はない。しかし水系別にみると、夏季と冬季とでは差は認められる。すなわち Figure 1- B~E, Table 1 から能登半島の河川の DAI_{po} 値は冬季が夏季に比べてかなり高く、より清冽な水質と考えられる。手取川水系では夏季は冬季よりやや DAI_{po} 値が低く、水質が低化する傾向があると考えられようがその差は必ずしも明瞭ではない。これとは逆に梯川水系では冬季の DAI_{po} 値が夏季より小さく、冬季に水質が低化する傾向がみられた。動橋川水系でも両季の差は比較的小さいが、梯川水系の場合と似た現象といえよう。

両季の水質の違いを RPI_D (Table 2) から以下に検討した。 RPI_D は流路長の異なる河川の汚濁状況を適確に比較しうるメリットをもっている。手取川の季節による DAI_{po} 値のヒストグラム (Fig. 1- C) の差異には夏季と冬季の違いは不明確であったが、手取川水系の本流の RPI_D (Table 2) には明らかな差が生じ、夏季の値が冬季より低くなる。手取川は人為的汚濁の少ない自然河川であるところから、この現象は非人為的な汚濁負荷量の季節による差を DAI_{po} 値が反映したと考えられよう。梯川水系の季節による DAI_{po} 値のヒストグラム (Fig. 1- D) では、冬季の DAI_{po} は夏季より低くなる傾向がみられたが、梯川下流および改修水路の RPI_D (Table 2) では、冬季の水質が夏季に比べて幾分悪いか、ほぼ等しいことを意味している。これは手取川と異なり、梯川では、人為的な汚濁の影響が大きいとめと考えられる。動橋川水系も人為的な汚濁をうける平地性河川として、梯川水系と同じ傾向を示すものと思われる。

Table 2. RPI_D of investigated rivers.

River	Date	RPI_D
R. Tedor-gawa	20 February 1978	96
	25 August 1978	75
	19 November 1978	89
Downstream of the R. Kakehashi-gawa	12 February 1974	51
	23 September 1974	56
Canal of the R. Kakehashi-gawa	12 February 1974	45
	23 September 1974	44

福島ら (1982) は太平洋側を中心とした多数の河川を調査し、従来の生物学的な水質判定を行なった結果、一般的に夏季より冬季のほうが清冽と判定されることを指摘した。その理由はバクテリアの有機物の分解性、溶存酸素が水温の違いによって異なることに基づいて説明している。 DAI_{po} 値を用いた本研究においても、夏季の水質が冬季より悪い例を手取川水系、能登半島の河川で示すことができたが、一方ではそれと逆の場合もあることが、梯川水系、動橋川水系で確かめられた。

ここで日本河川協会 (1978) の実測資料を参照にして考察してみたい。資料中に手取川水系の主流手取川、梯川水系の主流梯川において中流域から下流域へ移行するそれぞれの地点中島 (Fig. 2-A の最上流地点から 55 km 下流の地点)、鴨浦橋 (Fig. 2-B の最上流地点から 3 km 上流の地点) で 1977 年に測定した月別実測 BOD 負荷量 ($t \cdot d^{-1}$) が示されている。この表から夏季 (6, 7, 8 月)、冬季 (1, 2, 11, 12 月) について、それぞれの負荷量 ($t \cdot d^{-1}$) の範囲および平均値は手取川の中島では夏季 0.7-3.9, 2.1, 冬季は 0.5-1.7, 1.2 で夏季の負荷量のほうが大きい。梯川の鴨浦橋では夏季は 0.8-2.4, 1.5, 冬季は 1.4-3.9, 2.8 で冬季が大きい傾向がみられた。両水系の RPI_D の差異はこれを反映していると考えられる。両河川における夏季と冬季との汚濁負荷量の違いは、雪解け水の水質と河川への流入時期の違いが影響しているように思われる。すなわち、手取川は中流域まで山間部を流れ、下流域でも目立った汚濁源のない清流である。本川での雪解け水の流入は、梯川と比べて遅れた時期から始まり長期にわたっている。冬季の汚濁負荷量が前述のように比較的小さいのは、森林の多い山地性溪流の雪解け水の水質を反映しているよう。一方梯川は、中、下流域で人為的な汚濁源の多い平地性河川である。そして雪解け水の流入期間は 1, 2 月の積雪期に始まり、3 月下旬から 4 月上旬までの比較的短期間である。本川における冬季の汚濁負荷量が手取川と比べて大きいのは、これを反映しているように考えられる。

また、能登半島の河川では汚濁源として、すでに耕地負荷をあげた (墨田・渡辺, 1984)。夏季の汚濁が予想外に進む理由として、地域によって上、中流の山間水田で肥料の吸収を速めるため、田植え前に直接水田表面へまく「上肥え」という施肥法が常用されていることも一因としてあげられよう。

生物学的な水質判定によれば、河川水質は高温期

が低温期に比べて悪化する傾向は、前述のように太平洋側の多くの河川で観測されている (福島ら, 1982) が、本研究においては人為的な汚濁が殆んど加わらない手取り水系と小河川にもかかわらず耕地負荷の大きい能登半島の河川でその傾向が示された。また梯川水系、動橋川水系では逆に低温期に低化するか同等の場合もあることがわかった。

この結果、北陸地方は豪雪地帯であるため雪解け水の河川への流入時期、農耕地からの汚濁負荷量の季節的変動特性などが河川水質の季節的な違いを支配する物理、化学的要因として重要であることが示唆された。

摘 要

調査期間が 6 月 1 日から 8 月 31 日までを夏季、11 月 1 日から 2 月 28 日までを冬季とし、 DAI_{po} 値の両季の違いの有無を検討した。

DAI_{po} 値の平均値とヒストグラムに関しては全調査地点 (112 地点) での両季の差は殆んどみられなかったが、これを水系別にみれば、手取川水系、能登半島の河川では夏季の DAI_{po} 値は冬季より低下する傾向が認められた。これに反し梯川水系、動橋川水系では冬季に低下する傾向が認められた。

RPI_D において、手取川水系の本流では夏季より冬季が高かったが、梯川水系の梯川下流部と支川の梯川改修水路では冬季がやや低いか、ほぼ同等であった。

この結果、北陸河川は豪雪地帯にあるため雪解け水の河川への流入時期の違い、農耕地からの汚濁負荷の季節的な変動特性などが河川水質の季節的な違いを支配する物理、化学的要因として重要であることが示唆された。

謝 辞

本研究をまとめるにあたり、有益なご教示をいただいた関西外国語大学渡辺仁治教授に心から感謝します。

文 献

- 福島 博・小林艶子・寺尾公子 (1982) : 河川水質の評価について。「環境科学」研究報告集, B 121- R 12-10, 22-30.
- 日本河川協会 (1978) : 日本水質年鑑. 山海堂, 377-383.
- SUMITA, M. (1986) A numerical water quality assessment of rivers in Hokuriku district using epilithic diatom assemblage in river bed as a biological indicator. (II) The values of RPI_D in surveyed rivers. Diatom, 2 : 9-18.

- 墨田迪彰(1988)：付着珪藻群集による北陸河川汚濁の数量的評価。(I) 珪藻汚濁指数 (DAI_{po}) 値。陸水雑., 49 : 99-108.
- SUMITA, M. and T. WATANABE (1983) : New general estimation of river pollution using Diatom Community Index (NDCI) as biological indicators based on specific composition of epilithic diatom communities. —applied to Asano-gawa and Sai-gawa Rivers in Ishikawa Prefecture. —Jpn. J. Limnol., 44 : 329-340.
- 墨田迪彰・渡辺仁治 (1984)：川床の付着珪藻群集を指標とした能登半島 7 河川の汚濁状況。陸水雑., 45 : 134-143.
- 渡辺仁治・根来健一郎・福島 博・小林 弘・浅井一視・後藤敏一・小林艶子・真山茂樹・南雲 保・伯耆晶子・藤平 緑 (1983)：珪藻群集を生物指標とする陸水汚濁の定量的環境評価法の研究(1). 第 10 回日産科学振興財団, 事業報告, 336-341.
- 渡辺仁治・根来健一郎・福島 博・小林 弘・浅井一視・後藤敏一・小林艶子・真山茂樹・南雲 保・伯耆晶子(1984)：珪藻群集を生物指標とする陸水汚濁の定量的環境評価法の研究(2). 第 11 回日産科学振興財団, 事業報告, 308-317.
- WATANABE, T., K. ASAI, A. HOUKI, S. TANAKA and T. HIZUKA (1986) : Saprophilous and eurysaprobic diatom taxa to organic water pollution and Diatom Assemblage Index (DAI_{po}). Diatom, 2 : 23-73.
- 渡辺仁治・浅井一視・伯耆晶子 (1986)：珪藻群集による河川有機汚濁の数量評価。関西自然保護機構会報, 13 : 31-48.
- (著者：墨田迪彰, 〒 923 小松市上本折町 86, Michiaki SUMITA, Kamimotoori-machi 86, Komatsu, 923, Japan)

1988 年 12 月 15 日 受付

1989 年 2 月 20 日 受理