

# 付着藻類を用いた河川環境評価の試み

吉澤 一家 望月 映希

An Attempt to Evaluate the River Environment with Periphyton

Kazuya YOSHIZAWA and Eiki MOCHIZUKI

Key word : 河川環境, 付着藻類, 色素

河川水の水質評価の指標としては、従来からBODが用いられてきており、環境基準項目として公共用水域水質測定の対象となっている。近年の公共下水道の普及などにより、河川での環境基準達成率は上がってきている。しかし一方で、この水質指標のみでは河川の実態を充分反映しておらず、河川環境を評価するには、他の要素も加えるべきであるとの指摘もあがって来た。

これを受けて環境省では「水環境健全性指標」の作成を試み、自然なすがた、ゆたかな生物、水の利用可能性、快適な水辺、地域とのつながりの5つの指標軸で総合的に水環境を評価しようとしている。この「水環境健全性指標」は、河川環境を総合的に判断することができる反面、評価に時間を要することや、判断基準の設定が難しい面があることも否めない。

本研究は、より簡便に河川環境を総合的に判断する方法を確立することを目的として、BOD等の水質指標に加え、付着藻類の量と質を指標軸とすることを試みた。

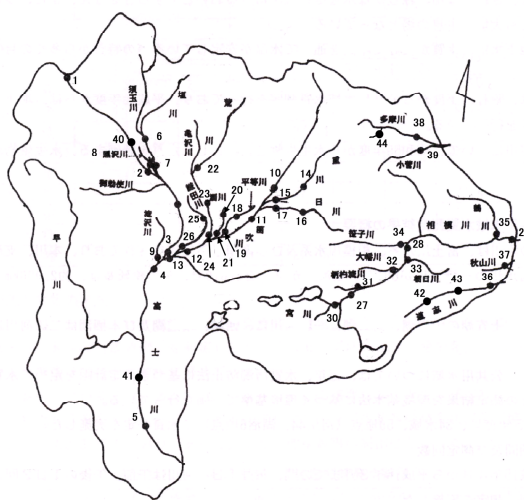


Fig. 1 Sampling stations (solid circle:1~44)

Table 1 Sampling stations and date

No.	Station	Date	Temp.	WT	No.	Station	Date	Temp.	WT
1	新国界橋	2006/4/24	17.7	12.5	23	千秋橋	2006/4/18	20.0	12.2
2	船山橋	"	21.9	16.0	24	二川橋	"	22.6	19.6
3	三郡西橋	2006/5/9	21.4	20.3	25	高室橋	2006/5/12	17.8	15.7
4	富士橋	"	21.6	21.1	26	鎌田川流末	"	21.4	16.6
5	南部橋	"	19.7	18.5	27	富士見橋	2006/5/31	19.3	14.6
6	藤井堰	2006/4/24	20.0	14.6	28	大月橋	2006/5/29	23.7	16.6
7	塩川橋	"	23.8	16.6	29	桂川橋	2006/4/17	14.7	12.4
8	黒沢川流末	"	23.5	18.1	30	昭和橋	2006/5/31	24.3	20.3
9	新大橋	2006/5/12	20.1	17.3	31	柄杓流川流末	"	20.4	17.3
10	亀甲橋	2006/4/12	16.6	8.9	32	大幡川流末	"	22.1	19.2
11	鵜飼橋	"	20.2	13.0	33	落合橋	"	20.9	17.9
12	桃林橋	2006/5/12	21.5	18.0	34	西方寺橋	2006/5/29	23.6	17.8
13	三郡東橋	2006/5/9	22.2	20.7	35	鶴川橋	2006/4/17	15.5	14.5
14	千野橋	2006/4/12	15.5	11.7	36	道志川流末	"	15.5	11.0
15	重川橋	"	19.9	14.3	37	秋山川流末	"	15.6	12.2
16	葡萄橋	"	15.4	10.4	38	下保之瀬橋	2006/5/29	20.0	13.7
17	日川橋	"	17.9	12.1	39	小菅川流末	"	19.4	13.9
18	平等橋	"	22.9	15.1	40	穴山橋	2006/4/24	20.0	12.8
19	平等川流末	2006/4/18	23.4	19.0	41	身延橋	2006/5/9	21.8	21.0
20	砂田橋	2006/5/15	22.6	22.2	42	道志川板橋	2006/4/17	16.7	11.2
21	濁川橋	2006/4/18	20.2	19.5	43	道志川池の原橋	"	15.0	12.2
22	桜橋	"	16.8	10.0	44	落合川	2006/5/29	15.9	11.0

## 方法

付着藻類を河川の指標とする方法は多く行われてきており、付着珪藻を水質指標種ごとに定量するDAIpoはその代表的な指標として用いられている<sup>1)</sup>。しかしそれらの手法は、付着藻類の生物種に着目したもので、分類や同定といった専門知識を少なからず必要とされる。これに対し、本研究で目的とする方法は、付着藻類の量と、質(藻類に含まれる光合成色素組成データ)に基づくもので、生物種に基づく手法より簡便に評価が可能と考えた。

### 1. 付着藻類の採取

藻類の採取には、河川水中に十分な期間浸っており、付着物が発達している、浮石ではない石を用いた。その表面から、ゴムシート製コドラートを用いて、5cm×5cmの範囲にある付着物を樹脂性ブラシを用いて削り取った。この試料から、定量的にガラス繊維ろ紙(孔径1μm)を用いてろ過し、乾燥後、付着物重量(mg/cm<sup>2</sup>)を測定した。

### 2. 光合成色素量の測定

採取した付着物を、定量的にガラス繊維ろ紙(孔径1μm)を用いてろ過を行い、ろ紙とともに光合成色素量の測定に供した。測定は常法<sup>2)</sup>により、90%アセトン溶液中で抽出、遠心分離した上清を用いて、分光光度計にて400nm~750nmのスペクトル分析を行った。各色素の定量には次式を用いた。なおクロロフィルa等はChl-aなどと略記した。

$$\text{Chl-a} = 11.64D_{663} - 2.16D_{645} + 0.10D_{630}$$

$$\text{Chl-b} = 20.97D_{645} - 3.94D_{663} - 3.66D_{630}$$

$$\text{Chl-c} = 54.22D_{630} - 5.53D_{663} - 14.81D_{645}$$

$$\text{Carotenoid} = 7.6(D_{480} - 1.49D_{510})$$

ここでDxxxは波長xxxnmにおける吸光度を表す。

## 結果

各地点で測定された、付着藻類量(g/m<sup>2</sup>)、光合成色素量(mg/m<sup>2</sup>)をTable 2に示した。

### 1. 水質データに基づく評価

従来の評価方法である水質データに基づき、付着藻類を採取した河川の中で、公共用水域水質測定地点となっている38地点(St.1~38)の評価を行った。用いたデータは2005年度に測定されたBOD, COD, SS, 大腸菌群数の各項目の平均値(n=24)である<sup>3)</sup>。これらのデータを主成分分析し、第1主成分(寄与率75.3%)、第2主成分(寄与率18.3%)の値で、ウォード法・平均距離に基づくクラスター分析を行った。なお、第1主成分はBOD, COD, SSの主成分負荷量が高く、化学的な汚染度を示すものと考えられた。これに対し第2主成分は大腸菌群数の負荷量が高く、生物的汚染度を示すものと考えられた。

得られたデンドログラムをFig.2に示した。デンドログラムから、39地点は次の4階層と、1特異地点に分類した。

水質指標階級Ⅰ: 化学的汚染度が低いグループ(新国界橋など15地点)

水質指標階級Ⅱ: 化学的・生物的汚染度が中間的なグループ(船山橋など13地点)

水質指標階級Ⅲ: 化学的汚染度は高いが、生物的汚染度は低いグループ(富士橋など8地点)

水質指標階級Ⅳ: 化学的汚染度が極めて高いが、生物的汚染度は低いグループ(新大橋など2地点)

特異地点: 化学的・生物的汚染度が極めて高い(昭和橋)

Table 2 Quantity of periphyton(g/m<sup>2</sup>) and chlorophyll(mg/m<sup>2</sup>) at each station

St.	地点名	付着物	chl-a	chl-b	chl-c	chl-d	St.	地点名	付着物	chl-a	chl-b	chl-c	chl-d
1	新国界橋	4.67	7.44	1.18	1.83	1.71	23	千秋橋	2.57	8.03	1.51	2.37	0.94
2	船山橋	1.58	2.26	1.08	0.51	0.59	24	二川橋	4.04	3.74	0.78	1.28	0.23
3	三郡西橋	2.69	2.21	0.23	0.43	0.35	25	高室橋	1.36	8.70	3.69	0.91	2.97
4	富士橋	1.95	3.42	0.58	0.55	0.52	26	鎌田川流末	4.54	3.22	0.57	0.93	0.58
5	南部橋	1.52	3.24	1.05	0.99	0.71	27	富士見橋	0.12	0.05	0.01	0.00	0.00
6	藤井堰	25.9	10.5	5.13	1.98	3.14	28	大月橋	1.04	2.47	1.19	0.39	0.58
7	塩川橋	4.74	9.68	7.62	1.56	3.06	29	桂川橋	0.52	0.14	0.04	0.06	0.00
8	黒沢川流末	0.60	2.27	0.56	0.62	0.41	30	昭和橋	0.47	0.08	1.70	0.00	0.03
9	新大橋	0.72	2.65	1.62	0.49	0.73	31	柄杓流川流末	0.04	0.06	0.01	0.00	0.00
10	亀甲橋	2.49	1.18	0.22	0.25	0.19	32	大幡川流末	0.71	0.62	0.33	0.14	0.16
11	鶺鴒橋	2.16	2.51	0.85	0.59	0.52	33	落合橋	0.10	0.31	0.04	0.04	0.04
12	桃林橋	1.41	1.85	0.69	0.23	0.35	34	西方寺橋	0.10	0.39	0.06	0.05	0.04
13	三郡東橋	2.27	3.82	1.31	0.70	1.07	35	鶴川橋	0.36	1.90	0.38	0.62	0.20
14	千野橋	0.53	0.95	0.51	0.12	0.28	36	道志川流末	2.53	0.61	0.08	0.13	0.11
15	重川橋	2.34	6.58	0.80	1.73	0.72	37	秋山川流末	0.42	0.31	0.09	0.08	0.06
16	葡萄橋	0.10	0.04	0.00	0.00	0.03	38	下保之瀬橋	0.13	0.40	0.04	0.08	0.06
17	日川橋	1.06	2.31	1.13	0.43	0.59	39	小菅川流末	0.19	0.21	0.04	0.03	0.03
18	平等橋	3.74	5.95	1.30	1.86	1.04	40	穴山橋	0.06	7.28	0.72	2.31	1.11
19	平等川流末	2.18	2.68	0.65	0.92	0.40	41	身延橋	1.91	2.86	0.66	0.67	0.54
20	砂田橋	9.83	9.38	4.04	1.32	2.92	42	道志川板橋	0.42	0.37	0.15	0.07	0.10
21	濁川橋	12.9	1.25	0.21	0.17	0.17	43	道志川池の原橋	3.11	6.91	1.09	1.98	1.01
22	桜橋	0.10	0.19	0.02	0.04	0.04	44	落合川	4.72	1.19	0.11	0.22	0.18

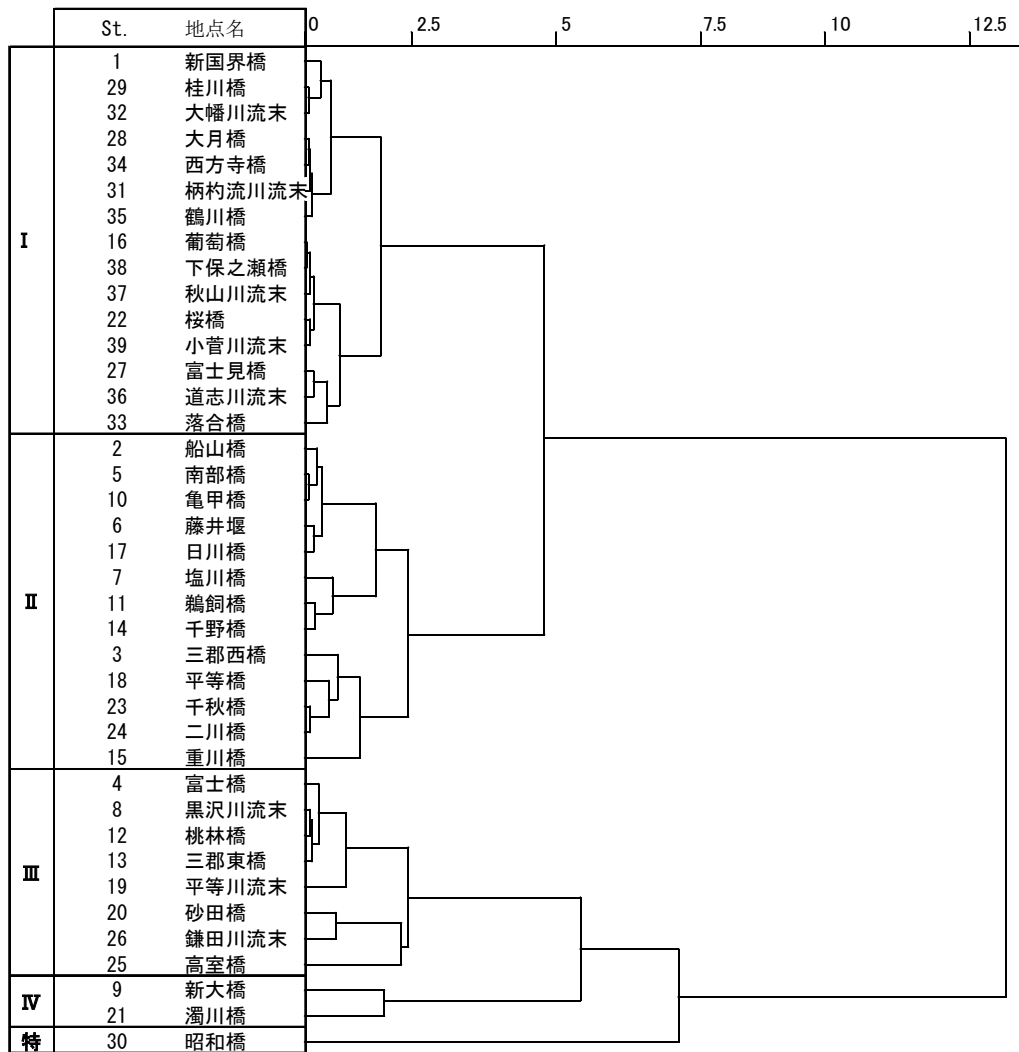


Fig. 2 Dendrogram of Cluster Analysis with Water Quality Index  
(Ward method, non-normalized data, Euclid distance)

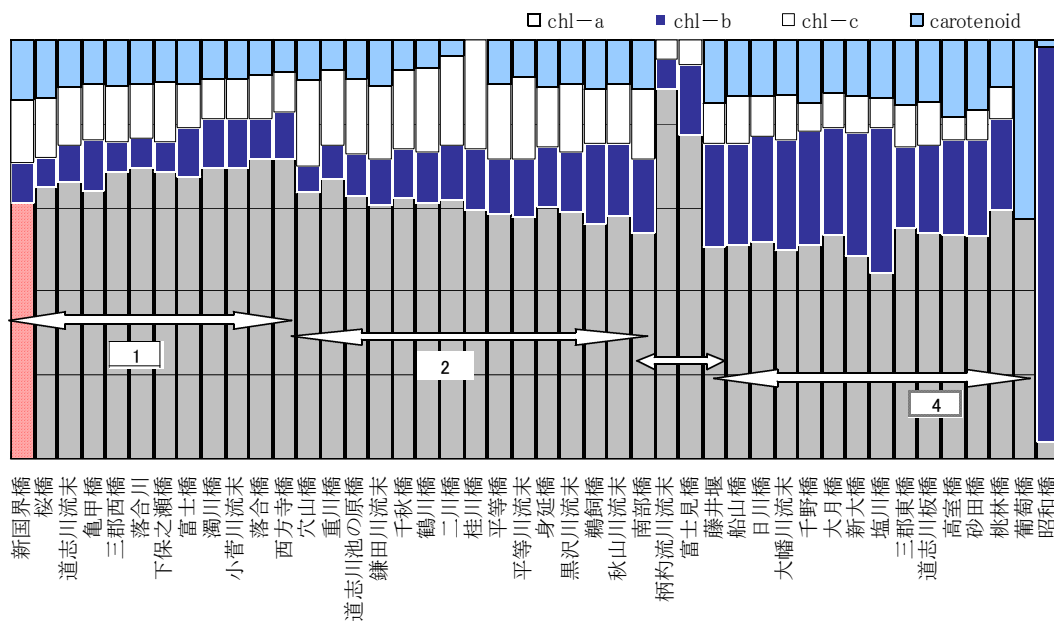


Fig. 3 Chlorophyll composition at each station

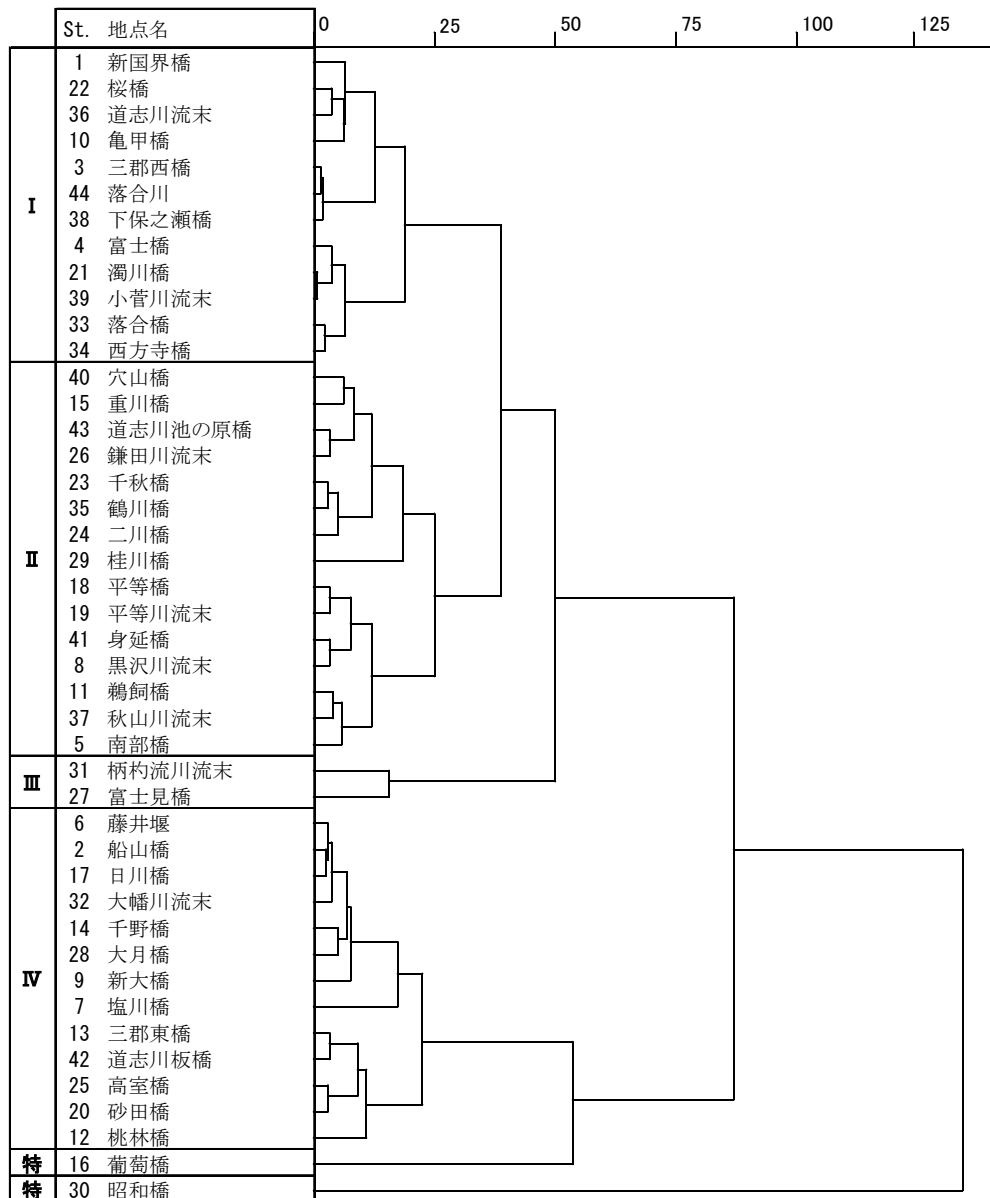


Fig. 4 Dendrogram of Cluster Analysis with Periphyton Index

(Ward method, non-normalized data, Euclid distance)

これらの中で、特に I ~ IIIとIVの隔たりが大きかった。なお、試料の採取はFig.1に示した44地点で、Table 1に示した日時に行った。

## 2. 付着藻類の光合成色素組成に基づく評価

対象とした44地点の光合成色素の組成(各色素量/総色素量:%)を算出した(Fig.2)。この組成比を用いて、クラスタ分析を行って得られたデンドログラムをFig.4に示した。ただしChl-bのみが極めて高かった(94%)葡萄橋と昭和橋は、特異的な特徴を示したので、それぞれ特異地点とした。Fig.4から、次の4階層に分類した。

付着藻類指標階級 I : Chl-a比が高いグループ(新国界橋など12地点)

付着藻類指標階級 II : Chl-c比が高いグループ(穴山橋な

ど15地点)

付着藻類指標階級 III : Chl-a比が極めて高く、Chl-c比が低いグループ(柄杓流川流末、富士見橋)

付着藻類指標階級 IV : Chl-b比とcarotenoid比が高いグループ(藤井堰など13地点)

特異地点1 : carotenoid比が極めて高いグループ(葡萄橋)

特異地点2 : Chl-b比が極めて高いグループ(昭和橋)

これらの階級間では、特に I ~ IIIとIVの隔たりが大きかった。

## 考 察

本研究では、BODなどの水質指標に加えて、次の諸点を考慮した結果、河床付着藻類の質を河川環境の判断に用い

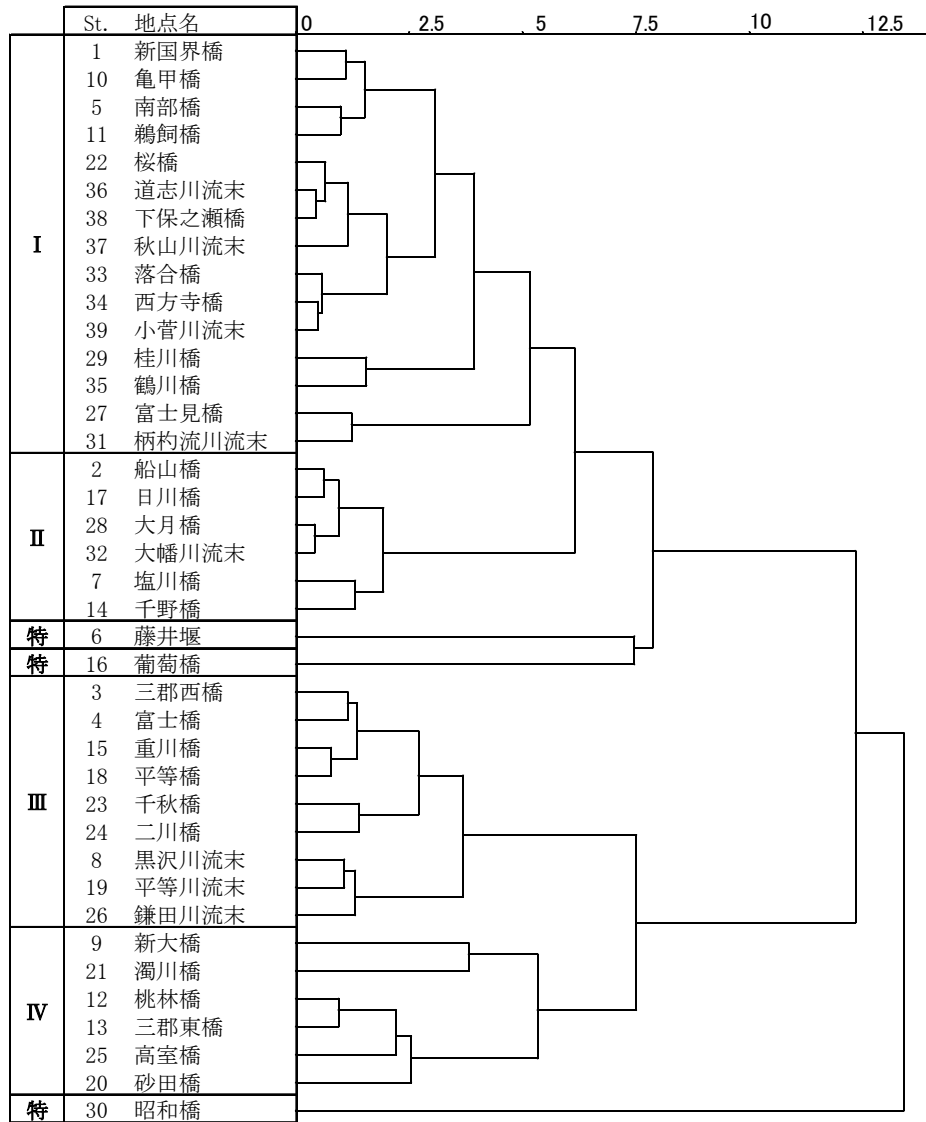


Fig. 5 Dendrogram of Cluster Analysis with Combined Index  
(Ward method, normalized data, squared distance)

ることを試みた。

- ・長期間の水環境の影響を反映している。・水環境としては、水質のみならず、水温、流速といった人が直接体感できる項目が含まれる。
- ・魚類や底生動物の食餌となるため、その場所の生態系の情報も含む可能性がある。
- ・河床付着物の色や、量、匂いは人が快・不快を判断する材料となる。

こうした付着藻類の光合成色素群には、多くの色素が含まれることが知られており、今回測定対象とした色素は、次のように分布しているといわれている<sup>4)</sup>。

- ・Chl-a: 全ての藻類に含まれる
- ・Chl-b: 緑藻、ミドリムシ藻、コケ・シダ、種子植物に含まれる
- ・Chl-c: 主に珪藻、褐藻、鞭毛藻に含まれる
- ・Carotenoid:  $\beta$ -カロチンは全ての藻に含まれるが、珪

藻のみe-カロチンも含む

したがって、Chl-aは幅広く付着藻の現存量を、Chl-bは緑藻の現存量を、Chl-cは珪藻の現存量をそれぞれ判断する目安となると考えられる。これに基づけば、付着藻類指標階級IV、VIのChl-bの組成が多い地点は、緑藻が多かったと考えられ、階級IIではChl-cの割合が高いため珪藻の割合が他の地点より多かったと考えられた。このように、光合成色素の組成比を用いれば、河川環境の評価に生態情報を加味できるものと考えられた。

松本らは、付着藻類の現存量と組成は、河川の生態系や環境かく乱を評価する指標となりうると考え、波長別吸光度を測定している。そして付着藻類の現存量の指標として $I_{670-710}$ ( $D_{670}-D_{710}$ に相当、以下同様)、珪藻の多さを示す指標として $I_{540-570}$ を、藍藻の指標として $I_{570-590}$ を用いている<sup>5)</sup>。今回得られたデータを、松本らの指標で評価したが、いずれの地点も藍藻指標値、珪藻指標値とも低く、付着藻現存量のみで階層分けさ

れ、評価軸としては軸上のばらつきが小さかった。データの統計的な処理方法を含めて、評価方法としての適否を今後検討したい。

福島は、付着藻類量と景観の関係について、モニターの視覚による評価を用いて考察しており、Chl-a 量と景観良好度には負の相関が見られる傾向を指摘している<sup>9)</sup>。さらにChl-a量が20mg/m<sup>2</sup>を下回ると、良好な景観と判断する傾向があるとしている。今回の測定地点ではChl-a量が単独で20mg/m<sup>2</sup>を超える地点はなかったが、光合成色素の総量では、塩川橋で21.9 mg/m<sup>2</sup>、藤井堰で20.8 mg/m<sup>2</sup>と閾値を超えており、さらに砂田橋(17.7 mg/m<sup>2</sup>)、高室橋(16.3 mg/m<sup>2</sup>)と高い値であった。

しかし、前者の2地点は、化学的汚染度が中間的な水質指標階級Ⅱに分類され、後者の2地点は化学的汚染度の高い階級Ⅲに分類された。このことは、水質による評価と、付着藻類による評価、あるいは景観の良好さとは必ずしも一致しないことを意味していると考えられた。

このことは本研究結果でもみられ、これまで河川の評価に用いられてきた水質による評価での分類群(Fig.2)と、付着藻類の光合成色素組成による分類群(Fig.4)で、異なるクラスターに評価される地点が見られた。そこで評価軸を複数にすることで、より河川環境の実態を詳細に把握することができると考え、Fig.2で用いた水質データ、Fig. 4で用いた光合成色素組成比、および付着藻類量を全て用いてクラスター分析を行った。得られたデンドログラムをFig.5に示した。この結果から大きく4つの階級(総合指標階級と略称)と、3つの特異例に分類された。

- ・総合指標階級Ⅰ：水質データが低く、chl-a比が高いグループ(新国界橋など15地点)
- ・総合指標階級Ⅱ：水質データが低く、chl-b比が高いグループ(大月橋など6地点)
- ・総合指標階級Ⅲ：水質データが高く、chl-a比が高いグループ(重川橋など9地点)
- ・総合指標階級Ⅳ：水質データが高く、chl-b比が高いグループ(新大橋など6地点)
- ・特異地点1：水質データは低いが、付着藻類量が極めて多い(藤井堰)
- ・特異地点2：水質データが低く、付着藻類量が極めて少ない(葡萄橋)
- ・特異地点3：水質データが高く、chl-b比がきわめて高い(昭和橋)

また、階級Ⅰ・ⅡとⅢ・Ⅳのクラスター間の平均距離には、大きな隔たりがあった。なお水質データは化学的・生物的汚染度をともに含み、分類する基準は、BODで1.5mg/l、CODで3.0 mg/l、大腸菌群数で200~300群/lと考えられた。一方chl-bの場合、組成比20%が判断の基準となると考えられ、階級ⅡとⅣでは緑藻の存在比が高い地点と考えられた。

これら3つの指標に基づき各地点を分類し、Table 3が得られた。表中の太線は、総合指標で大きく2分される境界(階級Ⅰ・ⅡとⅢ・Ⅳの間)を示している。この表から、水質指標階級でⅢ・Ⅳに分類された地点が、総合指標階級で境界を越えてⅠ・Ⅱに評価されることはなかった。しかし、逆に水質

Table 3 Classification of sampling stations with each index

St.	地点名	総合指標	水質指標	付着藻指標
37	秋山川流末	I	I	II
11	鵜飼橋	I	II	II
33	落合橋	I	I	I
29	桂川橋	I	I	II
10	亀甲橋	I	II	I
39	小菅川流末	I	I	I
34	西方寺橋	I	I	I
22	桜橋	I	I	I
38	下保之瀬橋	I	I	I
1	新国界橋	I	I	I
35	鶴川橋	I	I	II
36	道志川流末	I	I	I
5	南部橋	I	II	II
31	柄杓流川流末	I	I	III
27	富士見橋	I	I	III
28	大月橋	II	I	IV
32	大幡川流末	II	I	IV
7	塩川橋	II	II	IV
14	千野橋	II	II	IV
17	日川橋	II	II	IV
2	船山橋	II	II	IV
6	藤井堰	特異1	II	IV
16	葡萄橋	特異2	I	特異1
15	重川橋	III	II	II
26	鎌田川流末	III	III	II
8	黒沢川流末	III	III	II
3	三郡西橋	III	II	I
23	千秋橋	III	II	II
19	平等川流末	III	III	II
18	平等橋	III	II	II
4	富士橋	III	III	I
24	二川橋	III	II	II
9	新大橋	IV	IV	IV
21	濁川橋	IV	IV	I
13	三郡東橋	IV	III	IV
20	砂田橋	IV	III	IV
25	高室橋	IV	III	IV
12	桃林橋	IV	III	IV
30	昭和橋	特異3	特異	特異2

指標ではⅡと分類された地点が、総合指標ではⅢと評価された地点が5河川(重川橋、三郡西橋、千秋橋、平等橋、二川橋)あり、水質データのみでは河川の実態を把握しきれていない可能性があった。

本研究の評価には、景観上の好ましさや、河川への親しみやすさといった、人の価値判断は考慮されておらず、いずれの指標に基づいていても、各階級が人にとってどのような位置づけになるのかは明らかではない。今後は現場での観察、もしくは河川の様子を再現した映像等を用いて、各地点に対してどのような感情を抱くか、モニター方式で確認し、指標との対応関係を明らかにする必要がある。

また、今回は春季のみの採取試料を用いたが、付着藻類は水温・日照などの諸条件で量や組成が変動するため、季

節変動があることが知られている<sup>7)</sup>。したがって、各季節に採取するなどして、より実態に近いデータを集積する必要もあった。

## まとめ

従来、河川の評価は水質データのみで行われてきたが、河川環境の実態をよりの確に把握するため、付着藻類の現存量及び光合成色素組成を指標軸に加えて、再評価を行った。

その結果、次の諸点が明らかとなった。

- 1) 水質を用いた指標による評価と、藻類を用いた指標による評価では、同一河川でも結果が異なる場合が認められ、両者を評価軸にとることにより、河川の実態をより詳細に把握できると考えられた。
- 2) 水質と付着藻の両者に基づいた総合指標では、大きく水質データの高低と、緑藻存在比の高低で4階級に分類できた。
- 3) 水質データの高低はBOD:1.5mg/l、COD:3.0 mg/l、大腸菌群数:200~300群/lと考えられ、緑藻存在比の高低はchl-b:20%が判断の基準であった。

## 引用文献

- 1) Toshiharu Watanabe et al: Saprophilous and Eurysaprobic Diatom Taxa to Organic Water Pollution and Diatom Assemblage Index (DALpo), Diatom, 2, 23~73(1986)など
- 2) 小山忠四郎ら: 湖水・海水の分析, 115~117, 講談社(1972)
- 3) 山梨県: 平成17年度公共用水域及び地下水の水質測定結果, 68~71, 山梨県森林環境部(2007)
- 4) 広瀬弘幸: 藻類学総説, 160~167, 内田老鶴圃(1981)
- 5) 松本正喜, 喜多村雄一, 勝山一朗: 波長別吸光度による河床付着藻類群集の測定と河川環境評価, 2006年度日本付着生物学会研究集会要旨集(2006)
- 6) 福島悟, 皆川朋子: 藻類と川の風景, 第8回日本水環境学会シンポジウム講演集(2005)
- 7) 秋山優ら: 藻類の生態, 314~330, 内田老鶴圃(1986)