

# VII-7

## 付着藻類から見た酸性河川の水環境評価

岩手大学工学部 学生会員 ○並木裕一 佐々木貴史

同上 正会員 伊藤 歩 相澤治郎 海田輝之

### 1. はじめに

岩手県八幡平に源を発する赤川は、鉱山廃水処理施設からの処理水を受容する酸性河川である。廃水処理施設の稼働によりその水質はある程度改善されたが、上流部の pH は 3~4 程度と依然低く、特異的な環境を維持しているといえる。これまでの赤川での水質、底生動物等の現地調査の結果、pH、重金属、河床堆積物等の環境要因が、その生態系の形成に深く関与していることは明らかになってきたが、それらの環境要因がどのように関わり合いどの程度の影響を及ぼすのかは明らかになっていない。

以上の背景から本研究では、酸性河川の生態系に影響しうる環境条件を明らかにするために、河川生態系においてその第一生産者となる付着藻類に及ぼす水質や河床付着物等の影響について現地調査を行って検討をした。

### 2. 調査地点と調査方法

調査地点を図-1 に示す。調査範囲は赤川の源流部にあたる廃水処理施設の約 100m 上流から下流部の松川合流付近までとし、調査地点を 9 か所設置した。なお、処理水の影響がない河川の例として赤川の支流である涼川も調査対象とした。調査期間は 2001 年 10 月 10 日~12 月 4 日の 50 日間および 2002 年 8 月 26 日~12 月 10 日までの 107 日間とし、それぞれ計 10 回の河床付着物の調査と合計 3 回の河川水中の金属濃度を含水水質及び流量調査を行った。

付着物の調査は、各調査地点の河床に 30cm×30cm×5cm のモルタル製付着板を 5 枚ずつ設置後、堆積した付着物を経時的に採取し、さらに流速、水深、気温、水温についても測定した。付着物の採取は、それぞれの調査地点において付着板から分析項目毎に一定の面積の付着物を歯ブラシで擦り取り、それを蒸留水によってプラスチック製容器に流し込む方法で行った。付着物の分析項目は乾燥重量、強熱減量、Chl-a 量、金属量、藻類の同定とした。また、水質の分析項目は pH、SS、TOC、N、P、金属（全金属、溶解性金属）とした。一方、水質分析用の試料は各地点でポリエチレン製容器に採水し、金属分析用の試料は、容器による金属汚染を防ぐために別個の容器に採水した。また、以上の分析は河川水質試験方法(案)並びに下水試験方法を参考とした。

### 3. 調査結果と考察

図-2 に 2002 年 12 月の St.1 の濃度を基準とした SS、TOC、各態窒素及び各態リンの相対濃度の流下方向変化を示す。SS、窒素、及びリンの濃度は上流部で低く、流下に伴い上昇する傾向にあり、特にリンは St.6 から急激に値が高くなった。これは中流以降で多くみられる農業排水、家庭排水の流入や、中流部で稼働する、し尿処理場の影響が大きいものと考えられる。昨年度と今年度のデータを比べてもあまり目立った相違はなく、流下に伴う変化も類似した傾向を示した。

図-3 に河川水の pH と全金属の相対濃度の流下方向変化について示す。pH は St.1 で最も低く、St.2 で中和処理水の流入により少し上昇するが St.3 で再度低下することが特徴として挙げられる。St.1 から St.4 の上流域では 3.3~3.9、St.5 から St.7 の中流域では 4.4~5.4、最下流部の St.9 は 6.3~7.1 の範囲であった。殆どの金属の濃度は処理水の流入を受ける St.2 で上昇し、これにより上流は Ca、Al、Fe の濃度が高くなった。中流部以降では、流下に伴って各金属とも相対的に減少している。金属濃度の低下は、流下に伴う pH の上昇と支流の流入による希釈に対応しているものと考えられる。

図-4 に 2002 年度の各調査地点における Chl-a 量の経日変化を示す。以下では、今年度の付着物の調査において 10 月 1 日の大量の降雨により付着物が殆んど剥離してしまったため、それ以前の調査開始から 27 日目までのデータを用いる。27 日間で Chl-a 量が最大だったのは最下流部の St.9 であり、0.87  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  まで増加した。次いで下流部の St.8 と 7 が約 0.14  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 、その次が上流部の St.4 で 0.11  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  となった。pH の低い St.1 と 2 及び栄養塩類が下流域と同程度である St.6 は 0.03  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  程度しか増加しなかった。同じく 27 日間で涼川の Chl-a 量が 10.79  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  であったことから考えると、pH が 7 程度まで回復する St.9 においても付着藻類量は他の通常の河川に比べて明らかに貧弱であるといえる。

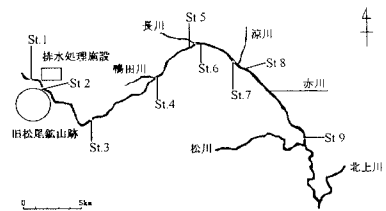


図-1 調査地点概要

表-1 St.1 と涼川の水質

| 水質項目                                    | St.1  | 涼川    |
|-----------------------------------------|-------|-------|
| SS (mg/l)                               | 2     | 2.4   |
| TOC (mg/l)                              | 1.02  | 1.46  |
| T-N (mg/l)                              | 0.42  | 1.5   |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/l)  | 0.039 | 0.039 |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (mg/l)  | 0.005 | 0.006 |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/l)  | 0.11  | 1.08  |
| T-P (mg/l)                              | 0.007 | 0.008 |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P (mg/l) | 0.006 | 0.005 |
| Al (mg/l)                               | 10.62 | 0.263 |
| Ca (mg/l)                               | 15.26 | 7.51  |
| Cr (μg/l)                               | 4.56  | 1.45  |
| Mn (μg/l)                               | 770.1 | 30    |
| Fe (mg/l)                               | 9.32  | 0.33  |
| Ni (μg/l)                               | 21.5  | 1.17  |
| Cu (μg/l)                               | 8.75  | 2.52  |
| Zn (μg/l)                               | 42.76 | 1.22  |
| As (μg/l)                               | 12.26 | 5.096 |
| Cd (μg/l)                               | 0.338 | 0.041 |
| Pb (μg/l)                               | 2.25  | 1.21  |

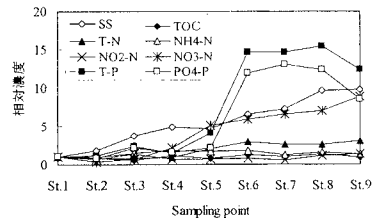


図-2 St.1 を基準とした水質相対濃度

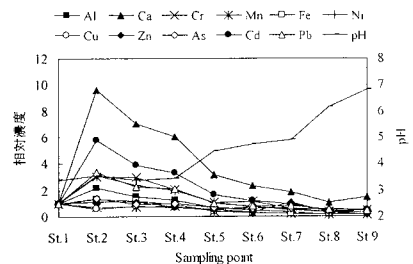


図-3 St.1 を基準とした金属相対濃度

図-5に昨年度(10/10~11/8)と今年度(8/28~9/23)のChl-a量の経日変化の違いをSt.4を例にして示す。St.4において、昨年度に比べて今年度はChl-a量の増加が顕著に表れるまでの時間が約10日程度早く、他の調査地点においても類似した傾向がみられた。これは、昨年度と今年度では調査時期が異なっており、表-2に示す各調査期間中における平均水温の違いによるものと考えられる。しかし、処理水の流入により、他の調査地点に比べ季節的な水温差が小さかったSt.2だけは、Chl-a量が顕著に増加するまでの日数にほとんど差がみられなかった。

図-6に調査開始から2001年度の30日目と2002年度の27日目の乾燥重量中における各金属の量とChl-a量を示す。赤川の河床堆積物は、河川水中に高濃度で存在する金属の割合が高くなった。堆積物中の金属種に注目すると、昨年度、今年度ともに上流部St.1~St.4においてFeの堆積量が非常に多く、中流部St.5~St.8はCa、Alの堆積量が増え、特にAlの増加が顕著である。この流下に伴う金属堆積量の変化は、pHの上昇に伴う溶解度の低下によるものと考えられる。また、赤川ではpHの季節的、経年的変動が小さいことから考えて、各金属が河床に堆積する位置的な範囲は季節等の影響を受けずほとんど変化しない。

各調査地点における2001年度と2002年度のChl-a量は、St.2と3を除き2002年度の方が明らかに高い値となった。St.2については上述のように、St.2だけが水温の季節変動が小さかったため、昨年度と今年度で同程度のChl-a量になったと考えられる。St.3においては図-4を参照にすると、22日目のChl-a量は約0.02  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ であったのに対し27日目では0.005  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 程度まで減っていることから、何らかの原因で22日目から27日目までに付着物が剥離してしまったと考えられる。また、流下方向に沿ったChl-a量の変化をみると、昨年度、今年度同様に中流部以降のAlの堆積量が増えるSt.5と6で一度低くなり、St.9で急激に高くなった。特に今年度のSt.5と6では、昨年度と比較してその前後の地点の季節的な増加が顕著なだけに、付着藻類の増殖を抑制する要因の働きが強いと考えられる。このChl-a量の低下には、Alの植物への成長阻害が報告されていることから<sup>1) 4)</sup>、Alが何らか

の関与をしている可能性が高い。溶解性のAl濃度自体は上流部の方が高いことを考慮すると、赤川中流部でのpHの上昇に伴うAlの加水分解過程で生成されるAl重合イオンの存在や、その河床への堆積が、付着藻類の増殖を阻害している一因とも考えられる。

2002年度の各調査地点に出現した藻類種を表-3に示す。低pHである上流部のSt.1~St.4では、*Eunotia*属、*Pinnularia*属、*Nitzschia*属といった耐酸性種だけが確認され、昨年度と今年度において藻類種の季節的な変動はあまりみられなかった。中流部においては耐酸性種以外も確認されたが、その種数は3種以下であった。また、St.9において確認された種数は9種となり、赤川はその最下流部において藻類種の急激な増加が見られた。しかし、鉾山廃水処理水の流入を受けない涼川で確認された17種と比べるとその種数は明らかに少なく、赤川はその最下流部においても処理水の影響を依然として受けているといえる。

#### 4. おわりに

赤川において付着藻類の増殖に影響を及ぼす因子は、pH、存在する金属種とその形態であり、特に低pHの上流部とAlの堆積量が多い中流部で付着藻類の増殖が抑制されていた。また、赤川においても付着藻類の増加量は、季節的に明確な変動をするが、低pH、Al等の影響を受ける場所ではその変動が小さくなった。Chl-a量、出現した藻類種からみて、赤川はその最下流部においても鉾山廃水処理水の影響を受けているといえる。

#### <参考文献>

- 1) 日本土壌学会編(1994): 低pHと土壌と植物、博友社
- 2) 水野壽彦著(1997): 日本淡水プランクトン図鑑、保育社
- 3) 日本生態学会環境問題専門委員会編(1979): 環境と生物指標2、共立出版
- 4) 佐藤一男(1999): 酸性雨の土壌および水環境への影響、水環境学会誌 Vol.22 No.3 177-180

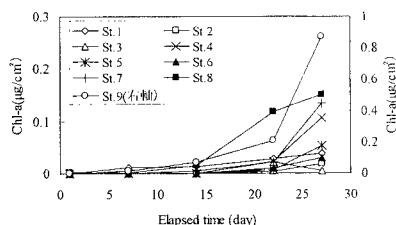


図-4 各調査地点におけるChl-a量の経日変化

表-2 各調査地点における平均水温

| Sampling point | 2001年<br>(10/10~11/8) | 2002年<br>(8/28~9/23) |
|----------------|-----------------------|----------------------|
| St.1           | 9.4                   | 15.1                 |
| St.2           | 12.6                  | 15.4                 |
| St.3           | 12.3                  | 16.1                 |
| St.4           | 11.6                  | 16.6                 |
| St.5           | 12                    | 16.8                 |
| St.6           | 12.3                  | 16.9                 |
| St.7           | 12.5                  | 17.1                 |
| St.8           | 12.5                  | 17.5                 |
| St.9           | 12.8                  | 18.6                 |

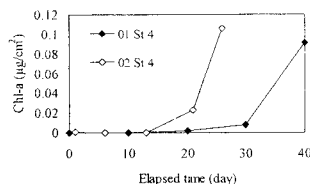


図-5 St.4におけるChl-a量の経日変化

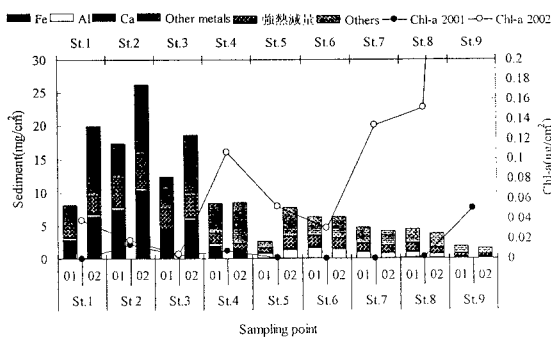


図-6 乾燥重量中の各金属量とChl-a量

表-3 赤川と涼川の出現藻類種

| Sampling site | Appeared algal species                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| St.1          | <i>Eunotia</i> sp. <i>Pinnularia</i> sp.                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| St.2          | <i>Pinnularia</i> sp.                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| St.3          | <i>Eunotia</i> sp. <i>Nitzschia</i> sp. <i>Pinnularia</i> sp.                                                                                                                                                                                                                                               |
| St.4          | <i>Eunotia</i> sp. <i>Nitzschia</i> sp. <i>Pinnularia</i> sp.                                                                                                                                                                                                                                               |
| St.5          | <i>Gomphonema</i> sp. <i>Nitzschia</i> sp. <i>Pinnularia</i> sp.                                                                                                                                                                                                                                            |
| St.6          | <i>Gomphonema</i> sp. <i>Pinnularia</i> sp.                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| St.7          | <i>Gomphonema</i> sp. <i>Nitzschia</i> sp.                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| St.8          | <i>Gomphonema</i> sp. <i>Navicula</i> sp. <i>Nitzschia</i> sp.                                                                                                                                                                                                                                              |
| St.9          | <i>Phormidium</i> sp. <i>Acinanthos</i> sp. <i>Cocconeis</i> sp. <i>Cymbella</i> sp. <i>Gomphonema</i> sp. <i>Melosira</i> sp. <i>Navicula</i> sp. <i>Nitzschia</i> sp. <i>Rausphenia</i> sp.                                                                                                               |
| River         | <i>Phormidium</i> sp. <i>Cocconeis</i> sp. <i>Acinanthos</i> sp. <i>Ankistrodesmus</i> sp. <i>Ceratoneis</i> sp. <i>Cocconeis</i> sp. <i>Cymbella</i> sp. <i>Gomphonema</i> sp. <i>Gyrodinium</i> sp. <i>Melosira</i> sp. <i>Navicula</i> sp. <i>Nitzschia</i> sp. <i>Rausphenia</i> sp. <i>Synedra</i> sp. |