

資料

銅・亜鉛鉱山排水が流入する焼岩谷（岐阜県）の付着藻類群集における *Achnanthes minutissima* Kützing（珪藻類）の優占

村上哲生<sup>1)</sup>

**Dominance of *Achnanthes minutissima* Kützing (Bacillariophyta; diatom) in the Yakeiwa-tani River drained from copper/zinc mine in Gifu Prefecture, Central Japan**

Tetuo MURAKAMI<sup>1)</sup>

キーワード : *Achnanthes minutissima*, 珪藻, 重金属汚染, 付着藻類, 焼岩谷 (岐阜県)

**Key words:** *Achnanthes minutissima*, diatom, heavy metal pollution, periphyton, Yakeiwa-tani (Gifu Prefecture)

(2013年2月21日受付; 2013年3月2日受理)

はじめに

異常な環境下の河川付着藻類相の記載は、その特殊な環境と生息する生物の相互関係についての興味を引くだけではなく、典型的な河川の生物群集の成り立ちを考える場合も必要な情報であるように思える。例えば、Negoro (1944) に始まる酸性河川の研究は、我国に特に多い強酸性水域の特異性を内外で紹介するとともに、河川での一次生産の抑制や特定の種の優占、多様性の減少が、競争や捕食などではなく、pHなどの水質特性により、生理的に起こる例としてしばしば引用される(渡辺, 2005)。

本報告では、鉱山廃水が流入する飛騨川・焼岩谷の付着藻類相についての観察例を紹介する。既に、半世紀ほど前から、銅や亜鉛を含む鉱山廃水中では、珪藻類の *Achnanthes minutissima* Kützing が卓越して優占することが知られており(福島, 1965), 1970年代、まだ国内での多くの鉱山が営業していたり、閉山直後であったりして、河川の重金属汚染の害が甚だしかった時代には、生物学的な水質判定の視点からの調査も試みられたが(例えば、渡辺・墨田, 1976; 福島, 1987; 福島ほか, 1988), 多くの鉱山の閉山に伴い、そのような報告は少なくなりつつある。一方、亜鉛の毒性見直しに基づく規制強化は(Hatakeyama, 1989), 再び金属イオンの生物影響について検討する必要があることを示唆している。

調査方法

1. 調査河川と調査時期

1-1. 焼岩谷

焼岩谷は、飛騨川支川の秋神川源頭付近の右岸から流入する小渓流である。かつて、三菱鉱山が銅、亜鉛を採掘していたが、1970年代以前に、既に閉山している。木曾川水系を上水道水源とする名古屋市の1970年代初頭の調査では、銅イオン濃度  $0.01 \text{ mg L}^{-1}$ 、亜鉛イオン濃度  $0.66 \text{ mg L}^{-1}$  が、未だ完全には塞がれていなかった坑口排水から検出されている(木村ほか, 1974)。しかし、1981年には、銅イオン濃度は、 $0.01 \text{ mg L}^{-1}$  以下となり(村上, 未発表), 2010年現在、坑口は全く塞がれ、坑口跡からは、僅かに水が染み出ているに過ぎない。本報告で紹介する焼岩谷の生物相の特徴は、主として、1981年10月より1982年9月にかけての調査、及び、2010年11月の追加調査について考察するものである。

1-2. 他の銅・亜鉛汚染水域での観察事例

同様な鉱山廃水が流入していた足谷川(愛媛県)での観察例も報告する。同川は国領川の支川で、かつて別子銅山からの鉱山廃水が流入していた。調査は、1982年10月に行った。銅山は、1973年に既に閉山している。

また、規制強化に伴い、飼料中の亜鉛由来の汚染が懸念されている畜産排水処理施設の付着藻類被膜についても報告する。調査は2008年8月に、豊橋市内(愛知県)の養豚施設で

<sup>1)</sup> 〒467-8610 名古屋市瑞穂区汐路町 3-40 名古屋女子大学, Nagoya Women's University, 3-40, Shioji-cho, Mizuho-ku, Nagoya, 467-8610, Japan (連絡著者: 村上哲生 e-mail: murakami@nagoya-wu.ac.jp)

行った。

## 2. 付着藻類調査の方法

付着藻類は、各地点の拳大の礫表面付着物をブラシで擦り取り、5%のホルマリン液中に保存したものを検鏡試料とした。畜産排水処理施設では、最終放流口の壁面付着物を試料とした。珪藻類については、試料の一部を酸処理したものについて、500殻を同定、計数し種類組成を明らかにした。珪藻類の種名表記は、Krammer and Lange-Bertalot (1991a ; 1991b) に倣った。

## 結 果

### 1. 焼岩谷の付着藻類群集

#### 1-1. 地域的な分布

図1は、1981年10月23日に調査された礫付着の珪藻群集の種類組成を示す。坑口(Sta. 3)の付着群集は、薄い茶色の藻類被膜から成り、糸状の緑藻や藍藻の付着は認められなかった。酸処理した付着物試料に認められた珪藻遺骸は、*Achnanthes minutissima* のみであった、同種は、坑口からの排

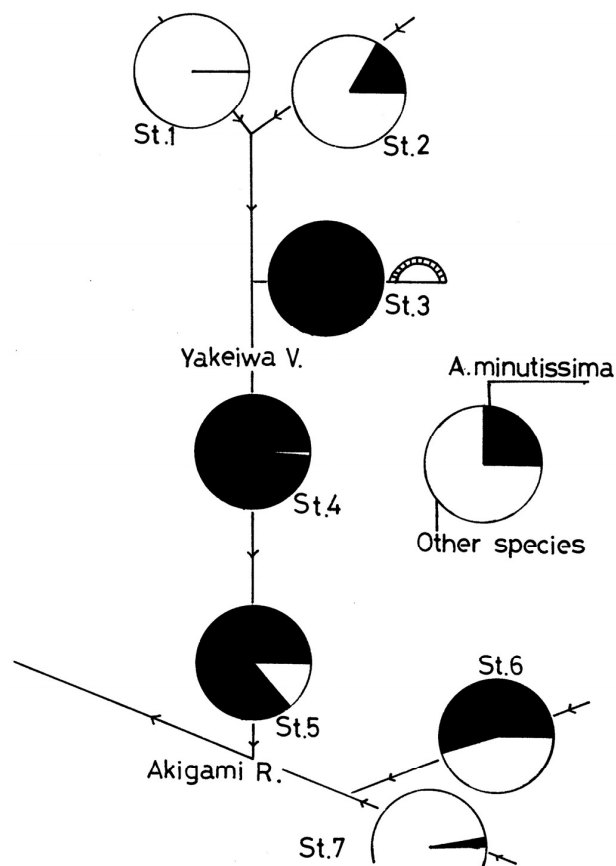


図1. 焼岩谷(岐阜県)付近の珪藻群集の種類組成(1981年10月観察)。現在、坑口は完全にふさがれている。

水流入点より上流の沢(Stas. 1, 2)では、優占的になることはなく、また、流入点より下流に従い(Stas. 4, 5)、群集内での比率は低下した。

#### 1-2. 季節的な変化

付着珪藻群集での *A. minutissima* の優占は、図1に示した特定の季節に限定されたものではなかった。低水温の時期には、*Diatoma hiemale* var. *mesodon* の比率が高くなるものの、*A. minutissima* の優占は周年認められた(表1)。

#### 1-3. 経年変化

焼岩谷での *A. minutissima* の特異な優占は、木村ほか(1974)

表1. 焼岩谷(Sta. 3)における珪藻種類組成の季節変化。

調査日	WT (°C)	<i>A. minutissima</i> (%)	<i>D. hiemale</i> var. <i>mesodon</i> (%)
1981. 10. 23	—	100	0
11. 28	5.5	83	17
12. 19	2.0	95	5
1982. 02. 14	3.0	71	29
03. 29	3.5	50	50
05. 09	8.0	81	19
06. 20	9.5	97	3
09. 05	12.0	91	9

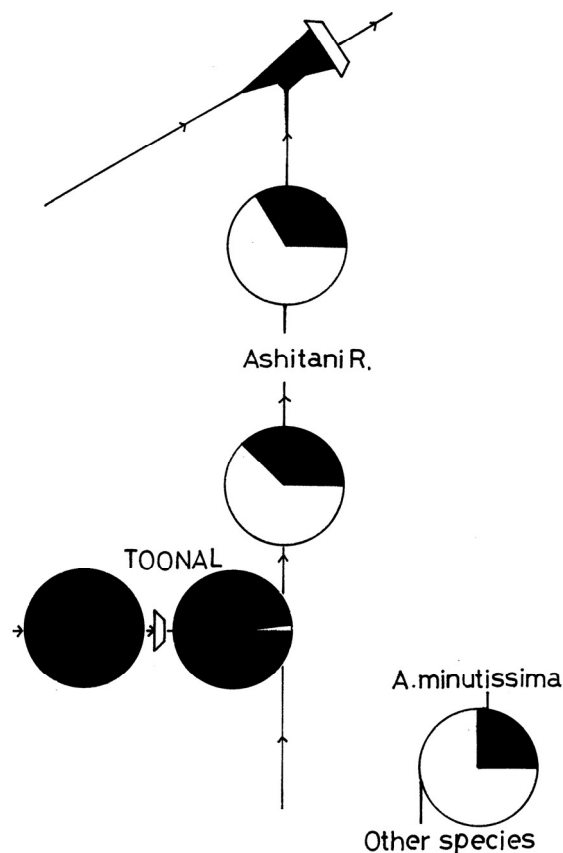


図2. 足谷川(愛媛県)付近の珪藻群集の種類組成(1982年10月観察)。

## 銅・亜鉛鉱山排水が流入する焼岩谷の付着藻類群集における *Achnanthes minutissima* Kützing の優占

に記述されている 1972 年の観測が最初の報告であった。付着珪藻群集中 99 % ( $n=600$ ) が同種で占められていることが報告されている。図 1 に示したように、1980 年代初期もその状況に変化はなかった。また、2011 年 11 月 8 日の調査でも、坑口跡からの浸出水中の礫付着珪藻群集組成の 91 % を占めた。

### 2. 他の銅・亜鉛汚染水域の付着藻類群集

#### 2-1. 別子銅山（愛媛県）排水が流入する河川

銅山施設趾・東平から流入する沢では、付着珪藻類のほとんどは、*A. minutissima* であった。沢が足谷川と合流した以降は、その優占度は低下したものの、珪藻群集中最も多く見られたものであった（図 2）。この観測時には、銅、亜鉛濃度は測定していない。

#### 2-2. 畜産排水処理施設

養豚飼料には、豚の体調維持のために、亜鉛が混ぜられている。図 3 に、豊橋市内の養豚施設の最終放流口の藻類付着被膜の顕微鏡写真を示す。廃水の総亜鉛濃度 40 ~ 1,500

$\mu\text{g L}^{-1}$  の施設の付着被膜には、糸状藍藻類の *Oscillatoria* sp. や *Phormidium* sp.、及び単体の *Chroococcaceae* 科の細胞が見られた。後者は、主に浮遊生活をする分類群であり（Prescott, 1982）、また処理水中にも検出されたため、遮光が不十分な活性汚泥処理施設で発生したものと考えられる。*A. minutissima* を含む珪藻類は認められなかった。

## 考 察

河川水中の銅、亜鉛イオン濃度と *A. minutissima* の優占との関連については、井出ほか（1966）が、銅イオン濃度  $0.43 \text{ mg L}^{-1}$ 、亜鉛イオン濃度  $0.18 \text{ mg L}^{-1}$  の渡良瀬川水系の庚申川では、付着藻類群集は *A. minutissima* の純群落となり、渡良瀬川の本川でも、群集を構成する藻類細胞数の 50 % 以上が同種で占められていたことを報告している。福島ほか（1988）は、仁淀川・吉野川水系の溪流の銅イオン濃度が  $0.01 \text{ mg L}^{-1}$  を超える河川では、*A. minutissima* の特異な優占が認められ、イオン濃度の増加とともに、珪藻群集の多様性が低下すること

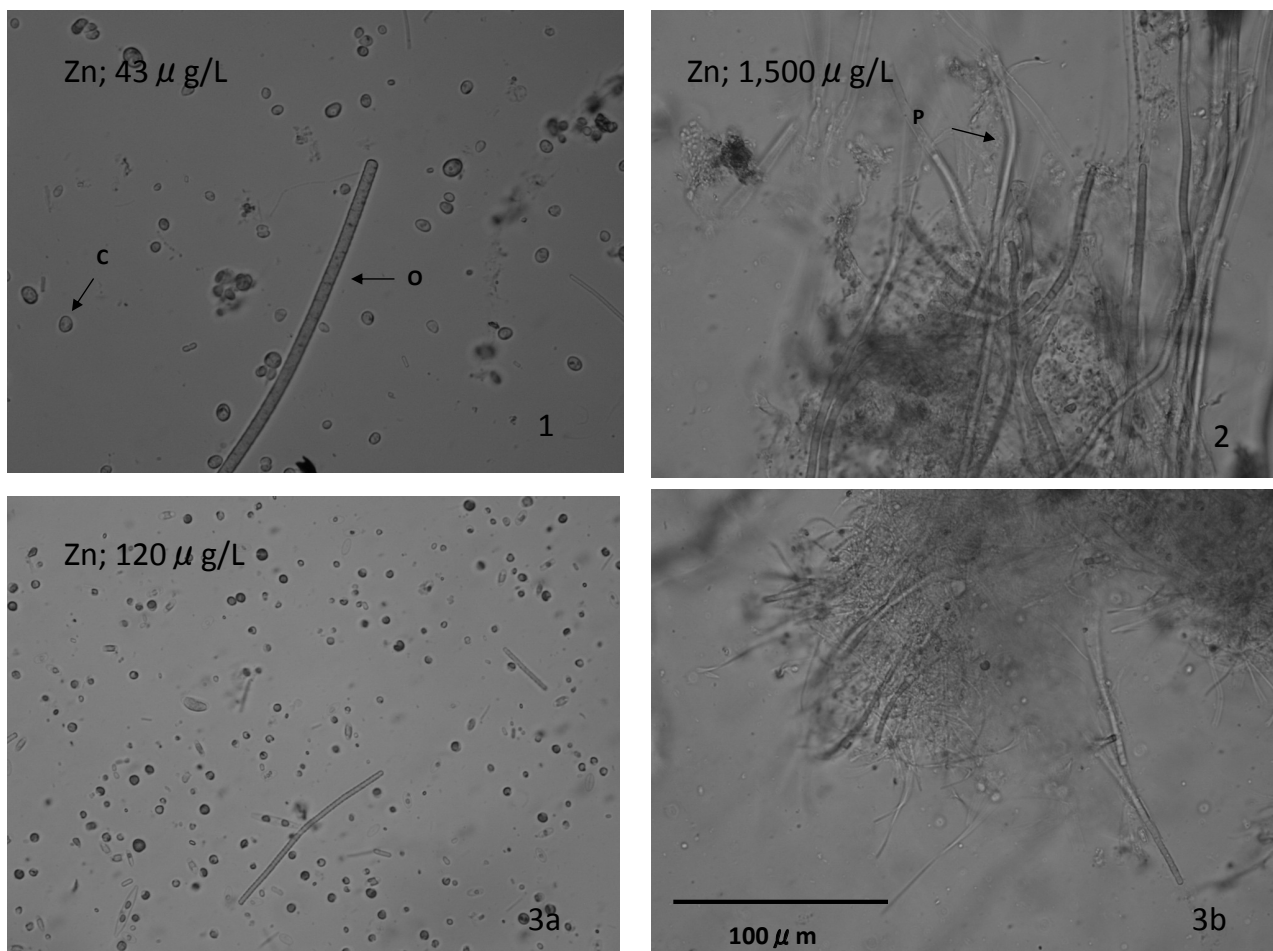


図 3. 養豚廃水処理施設の付着藻類群集（2008 年 8 月観測）。O；*Oscillatoria* sp.（藍藻類）、P；*Phormidium* sp.（藍藻類）、C；*Chroococcaceae Genus* sp.（藍藻類）。1～3の施設は全て豊橋市内のもの。

を報告している。

本報告の焼岩谷や足谷川でも同様に多様性の低下が認められ、極端な酸性・アルカリ性環境や、過大な栄養塩・有機物負荷などが無い場合、銅、または亜鉛イオンは、付着藻類群集の種組成を単純化すると結論付けられる。その閾値は、福島ほか(1987;1988)の示す銅イオン濃度  $0.01 \text{ mg L}^{-1}$  よりも、さらに低い可能性がある。もちろん、銅・亜鉛と共存する砒素の毒性の影響である可能性も否定できないが、検討に足る資料は少ない。定量的な調査ではないが、砒素汚染が顕著な津和野川(島根県)や土呂久鉱山廃水が流れ込む岩戸川(宮崎県)での観察によれば(村上, 未発表)、河川中の礫には厚い珪藻被膜が発達しており、砒素が付着藻類群集の組成を単純化する要因として銅や亜鉛より重要であるとは考え難い。

しかし、これらの観察は、*A. minutissima* の優占が、銅・亜鉛汚染の指標となることを示しているわけではない。福島(1965)以来の観測は、専ら、家庭排水の様な有機物による汚染がほとんどない水域でのものである。本報で示したような畜産排水により有機物負荷が大きい水域では、同種の優占は、亜鉛濃度が  $1 \text{ mg L}^{-1}$  を越えても認められない。

*A. minutissima* の耐性は、銅・亜鉛汚染に特定したものであるように思われる。例えば、有機物により汚濁した河川や(小林・真山, 1981; 村上, 1983)、塩素を含む水道水に常時曝露されている高置水槽の内部にも(村上, 1989)、同種の発生は見られる。様々な異常な水域での *A. minutissima* の優占は、原因が何であれ、他の藻類の繁殖が制限されているため、河川付着藻類群集の遷移段階の初期に発達するとされる基盤に直接付着する生活型の *A. minutissima* 優占の段階で(Whitford, 1956)、遷移が止まっているものと考えられる。

## 謝 辞

本研究の一部は、環境省公害防止試験研究費・農林水産省委託研究「農業・農村域を発生源とする亜鉛等重金属の水域生態系に与えるリスクの評価(平成20年度~23年度)」の助成を受けた。研究代表の阿部薫博士(農業環境技術研究所)、また、養豚排水処理施設での試料採取にご協力いただいた糟谷真宏技師(愛知県農業総合試験場)に謝意を表す。

## 文 献

福島博(1965): 微細藻類植生による鉛毒調査法. 田宮博・渡辺篤(編) 藻類実験法, pp. 393-397. 南江堂, 東京.  
 福島悟(1987): 重金属汚染河川に形成される付着藻類群集. シンポジウム「水域における生物指標の問題点と将来」報告書, pp. 1-15. 国立公害研究所.  
 福島悟・畠山成久・宮下衛・佐竹潔・安野正之(1988): 四国の吉野川・仁淀川水系の重金属汚染河川における付着藻類

群集. 国立公害研究所報告, (114): 159-176.  
 Hatakeyama, S. (1989): Effects of copper and zinc on the growth and emergence of *Epeorus latifolium* (Ephemeroptera) in an indoor model stream. *Hydrobiologia*, **174**: 17-27.  
 井出嘉雄・福島博・森田良美(1966): 渡良瀬川の陸水学的研究, とくに鉛山廃水が河川におよぼす影響について. 用水と廃水, **8**: 842-856.  
 木村努・柴田良成・山下和雄・加藤正治・村上哲生(1974): 飛騨川水系調査報告. 名古屋市水道局(編) 木曾川水源汚濁調査報告 昭和47年度, pp. 95-207. 名古屋市水道局.  
 小林弘・真山茂樹(1981): 強腐水域でのケイ藻による水質判定法の検討. 用水と廃水, **23**: 1190-1198.  
 Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1991a): Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. G. Fisher, Stuttgart.  
 Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1991b): Bacillariophyceae 4. Teil: Achnantheaceae. G. Fisher, Stuttgart.  
 村上哲生(1983): 名古屋市内の汚濁河川に優先的な珪藻類. 名古屋市公害研究所報, (18): 121-131.  
 村上哲生(1989): FRP (Fiberglass Reinforced Plastics) 製高置水槽内での珪藻被膜の発生事例. 名古屋市公害研究所報, (19): 109-110.  
 Negoro, K. (1944): Untersuchungen über die Vegetation der mineralogen azidotrophen Gewässer Japan. *Science Reports of the Tokyo Bunrika Daigaku, Section B*, **6**: 1-375.  
 Prescott, G. W. (1982): Algae of the Western Great Lakes Area. Otto Koeltz, Koengstein.  
 渡辺仁治(編)(2005): 淡水珪藻生態図鑑. 内田老鶴圃, 東京.  
 渡辺仁治・墨田迪彰(1976): 梯川水系の川床付着物による重金属の濃縮と生物相. 日本水処理生物学会誌, **12**: 65-72.  
 Whitford, L. A. (1956): The communities of algae in the springs and spring stream of Florida. *Ecology*, **37**: 433-442.  
 (担当編集委員: 野崎健太郎, 相山女学園大学教育学部)