石川県梯川における赤瀬ダム建設にともなう川床付着珪藻の変化

墨田 勉彰・渡辺 仁治

The Change of Epilithic Diatom assemblages on the River Bed of the River Kakehashi-Gawa in Ishikawa Prefecture Caused by the Construction of Akaze Dam

Michiaki SUMITA and Toshiharu WATANABE

Abstract

Diatom assemblages were surveyed on the river bed for seven years (from October, 1974, just before Akaze Dam construction started to November, 1980, just after its completion) at five stations on the main stream of the River Kakehashi-gawa. The change of periphyton communities was investigated using epilithic diatom assemblages as biological indicators. The results of our research are as follows.

During and after construction work, the ignition loss decreased (Figs. 2, 3) reflecting the reduction in standing crops of microorganisms after completion of construction. On the other hand, the ratio of ignition loss to ignition residue increased especially in the springtime. This fact clearly shows that the amount of silt settling on the river bed decreased after construction project.

Ninety-five taxa belonging to twenty-seven genera were identified in this survey. The change of water quality in the downstream area of the River Kakehashi-gawa after the completion of Akaze Dam, caused the decrease of the standing crops of microorganisms, but did not affect the specific composition of the diatom assemblages to any significant degree. In autumn, however, the similarities became close between diatom assemblages in attached materials on the river bed of the downstream stations. This is presumably caused by increase of the water being discharged from the dam in order to control the flood.

1. は じ め に

梯川上流部の石川県小松市赤瀬町地先に洪水調節と流水の正常な機能維持の目的で、ダムが築造された。この工事は1974年11月に始まり、湛水開始は1977年10月であった。

ダム工事は工事中のみならず、それ以後にも河川性生物に対して何らかの影響を与えることは、手取ダム建設時においても認められた(墨田ほか, 印刷中)し、ダム湖による貯水は下流部に対する流量の減少のみならず、河川の水質に対しても少なからぬ影響を与えるであろう。

筆者の一人墨田は工事開始前の1974年10月から工事終了後の1980年11月に至るまでの7年間、工事の影響をみるために、梯川本流で5つの調査地点(Fig. 1)を設定して、毎年春季(5月中旬~6月上旬)と秋季(10月下旬~11月上旬)の2回、川床の石礫面の付着藻類の調査を行なった。また、その試料中の珪藻

群集について、群集組成の変化を生態学的に検討した。

なお調査地点のうち下流部の2地点は、本水系の1支流である郷谷川の合流点より下流に位置している。郷谷川上流には1971年に閉山した尾小屋鉱山があり、閉山後の1973年の調査についても、無機汚染水域を指標する代表的珪藻 *Achnanthes minutissima* 福島(1967)の組成百分率は69.1~90.4%と高く、非汚染水域の生物相とは異なった特殊な生物相を呈していた。これは、閉山後2年めにおいても、鉱毒汚染の影響が下流部の水質に影響していることを裏書きしている(墨田・渡辺, 1973)。その後もこの状態が続いていた(渡辺・墨田, 1976; 渡辺・墨田・大柳・岩切, 1977)。

本報では梯川本流の無機汚染を受けない地点(地点2, 3)と受ける地点(地点4, 5)との両者において、ダム工事前から工事後までの水質を、珪藻群集の変化の視点から調べ、ダム工事がその両者の地点における水質に与える影響を考察したものである。

Fig. 1. Sampling stations in the River Kakehashi-gawa.

2. 調査地点と方法

Fig. 1 に示した 5 地点のうち、地点 1 はダム工事現場の上流であり、地点 2, 3 は現場に近くその影響が大きいと考えられる地点である。地点 4, 5 は郷谷川の合流点よりも下流部であるために、常に無機汚染の影響を受けていると考えられる。

どの調査地点においても水深 30~40 cm の瀬で、水面とはほぼ平行な面をもった石を選び、その上面の付着藻類を採集した。このうち珪藻類については津村氏法 (1961) によって処理し、同定は主として CLEVE-EULER (1951~1955), 福島・木村・小林 (1973), HUSTEDT (1930), 小林 (1964), PATRICK and REIMER (1966, 1975) によった。

生物の現存量ならびに沈積したシルト量をしらべるための試料は、付着藻類を採集したときと同一条件で、石礫面 25 cm² の面積内の付着物を 5 試料ずつ定量採集し、各試料について強熱減量 (500°C, 2 時間 -L), 強熱残量 (R) の重量を求めた。前者を生物の現存量、後者は沈積したシルト量とみなした。強熱残量の重量中には生物体内の灰分も当然含まれているが、シルトの重量と比べてきわめて小さいと判断して、これを無視した。まず各地点ごとに 5 個の試料の強熱減量 (L), 強熱残量 (R) を測定し、平均値を求めた。L/R は上述の方法によって求めた各時期、各

調査地点の L, R の平均値から計算したものである。しかし試料が比較的少なく、得られた測定値が必ずしも均等でなかったため、墨田・渡辺 (印刷中) が以前行なったと同様の GRUBS の棄却検定を行ない、これらの試料に基づいて、それぞれの平均値の信頼範囲を求めた。

また環境要因として表面水の水温, pH (比色法) を現場で測定した。

3. 結果と考察

3-1. 環境要因

水温は、地点、年度によって異なり、春季の調査時には、16~20°C, 秋季の調査時には 9~17°C であった。pH については調査期間を通じて、工事の進行とは無関係に、6.6~7.7 の値を示していた。

3-2. 強熱減量 (L) および L/R

Fig. 2, 3 は、調査期間中の強熱減量 (L) の測定値の平均値を、春秋の 2 期に分けて図示したものである。図中の矢印を付けた実線は、測定値の範囲を 95% の信頼限界から計算した値である。

Fig. 4, 5 には、同じく 2 期に分けた L/R の値を図示した。

Fig. 2, 3 において、工事中の L の値を工事前と比べると、工事が進むにつれてどの地点の L の値も順次小さくなる傾向が認められ、1976 年には、春季、秋季ともに最小となった。これと同様の傾向は、手取川におけるダム工事の時にも認められた (墨田ほか, 印刷中)。

ただし、1975 年 10 月の地点 5 のように大きくなった例外もある。次に工事後の L の値は工事直後の 1977 年に著しく増加する傾向が認められたが、その後 1980 年までの 3 年の間の動向は、1980 年の春季を除いて、工事前の値とほぼ同等の値まで回復したとみられる。

次に Fig. 4, 5 の L/R の値から判断すると、ダム工事の終りに近い 1976 年には、春、秋季ともに、工事前と比べて大部分の地点で増加しており、工事後でもその傾向は存続していた。手取川におけるダム建設の場合にも、これとまったく同じ傾向がみられた (墨田ほか, 印刷中) ことは注目に値しよう。この傾向は今回の場合特に春季において顕著にあらわれていた。工事の後期以降 L/R の値が大きいことは、先に述べたように、その時期の L の値がむしろ小さくなったことと考えあわせると、無機物質の沈積量 R の値がそれ以上に小さくなったと考えざるをえない。事実 R の測定値は減少していた。これはすなわち、ダム湖が完成した後はシルトが湖内にストックされ、下流の川水中の無機懸濁物質量がダム建設前より減少したものと考えられよう。

Fig. 2. The annual change of the ignition loss in the material attached to the river bed of each station (in spring).

Fig. 3. The annual change of the ignition loss in the material attached to the river bed of each station (in autumn).

Fig. 4. The annual change of the ratio of ignition loss to ignition residue in the material attached to the river bed of each station (in spring).

Fig. 5. The annual change of the ratio of ignition loss to ignition residue in the material attached to the river bed of each station (in autumn).

Table 1. List of diatom taxa identified in this survey.

<i>Melosira distans</i>		<i>Navicula secreta</i> var. <i>apiculata</i>	
<i>M. granulata</i>		<i>N. ventralis</i>	
<i>M. granulata</i> var. <i>angustissima</i>		<i>N. viridula</i>	
<i>M. varians</i>		<i>Stauroneis kriegeri</i>	
<i>Cyclotella stelligera</i>		<i>S. Smithii</i>	
<i>Tabellaria fenestrata</i>		<i>Pinnularia biceps</i>	
<i>T. flocculosa</i>		<i>P. braunii</i>	
<i>Diatoma hiemale</i> var. <i>mesodon</i>		<i>P. microstauron</i>	
<i>D. vulgare</i>		<i>Caloneis bacillum</i>	
<i>Fragilaria crotonensis</i>		<i>Neidium affine</i>	
<i>F. Harrisonii</i>		<i>N. iridis</i>	
<i>F. vaucheriae</i>	(F va)	<i>Cymbella glauclis</i>	
<i>Ceratoneis arcus</i> var. <i>recta</i>		<i>C. sinuata</i>	
<i>Synedra inaequalis</i>		* <i>C. turgidula</i>	(C tr)
<i>S. rumpens</i>		<i>C. turgidula</i> var. <i>nipponica</i>	
<i>S. rumpens</i> var. <i>familiaris</i>		* <i>C. tumida</i>	(C tm)
<i>S. rumpens</i> var. <i>meneghiniana</i>		<i>C. prostrata</i>	
<i>S. ulna</i>		<i>C. ventricosa</i>	(C ve)
<i>S. ulna</i> var. <i>remesi</i>		<i>Gomphonema angustatum</i>	
<i>Asterionella formosa</i>	(A fo)	* <i>G. angustatum</i> var. <i>producta</i>	(G an)
<i>Eunotia arcus</i>		<i>G. clevei</i>	
<i>E. exigua</i>		<i>G. constrictum</i> var. <i>capitata</i>	
<i>E. lunaris</i>		<i>G. gracile</i>	
<i>E. lunaris</i> var. <i>subarcuata</i>		<i>G. parvulum</i>	
* <i>Cocconeis placentula</i> var. <i>lineata</i>	(C pl)	<i>G. sphaerostrum</i>	
<i>Achnanthes crenulata</i>		* <i>G. tetrastignatum</i>	(G te)
* <i>A. japonica</i>	(A ja)	* <i>G. vastum</i> var. <i>elongata</i>	(G va)
<i>A. lanceolata</i>		<i>Frustulia rhomboides</i> var. <i>saxonica</i>	
<i>A. lanceolata</i> var. <i>rostrata</i>		<i>F. vulgaris</i>	
<i>A. lapidosa</i>		<i>Gyrosigma spencerii</i>	
* <i>A. minutissima</i>	(A mi)	<i>Epithemia zebra</i>	
<i>A. lineariformis</i>		<i>Rhopalodia gibba</i>	
* <i>Rhoicosphenia curvata</i>		<i>R. gibberula</i>	
<i>Diploneis ovalis</i>		<i>Nitzschia amphibia</i>	
<i>Amphora veneta</i>		<i>N. dissipata</i>	
<i>Navicula confervacea</i>		<i>N. fonticola</i>	
<i>N. cryptocephala</i>		<i>N. frustulum</i> var. <i>perpusilla</i>	(N fr)
<i>N. cryptocephala</i> var. <i>veneta</i>		<i>N. ignorata</i>	
<i>N. cuspidata</i>		<i>N. linearis</i>	
<i>N. bacillum</i>		<i>N. palea</i>	
<i>N. decusis</i>		<i>N. paleacea</i>	
<i>N. halophila</i>		<i>N. parvula</i>	
<i>N. lanceolata</i>		* <i>Surirella angusta</i>	(S an)
<i>N. mutica</i>		<i>S. biseriata</i>	
<i>N. neoventricosa</i>		<i>S. linearis</i>	
<i>N. pupula</i>		* <i>S. ovata</i> var. <i>pinnata</i>	(S ov)
<i>N. radiosa</i>			
<i>N. rhyncocephala</i>			
<i>N. salinarum</i> var. <i>intermedia</i>			

* Diatom taxa with relative frequencies over 10 per cent.

Abbreviations of two representative diatom taxa with high relative frequencies in each station of the River Kakehashi-gawa (Figs. 6, 7).

工事後の L/R の値は Fig. 4, 5 に示すように、春季と比べて秋季には小さい。 L の値は逆に Fig. 2, 3 に示すように春季よりも秋季に大きい傾向がみられた。このことから、秋季にはシルトの沈積量 R が、春季と比べて大きくなったことが想像できよう。本湖は洪水調節を主目的につくられたダム湖である。本湖では3月から10月まで貯水をする時期で、下流への放水は少ない。10月以降2月までの期間は放水期で、2月には水位は最低となる。すなわち、シルトの沈積量 R が秋季により大きくなる傾向は、このダム湖の放水管理の影響をそのまま反映していると考えられる。つまり放水期間中、湖での滞留時間が短くなった時に R の値が増大したといえよう。

3-3. 珪藻群集

全試料から同定した珪藻は 27 属 95 taxa であった。これらの珪藻は Table 1 に列挙した。なお調査期間を通じて、いずれかの地点で 10% 以上の相対頻度を示した taxa には * 印をつけた。

また工事前の 1974 年から 1980 年までの7年間、春、秋2回にわたって設定した5地点のうち、ダム上流部の1地点を除いた下流の4地点で、各珪藻群集

を構成するおのおのの taxa の相対頻度に基づいて MOUNTFORD 法による群分析を行ない、群集の類似度を検討した (Fig. 6, 7)。

これらの図から明らかなように、地点2と3の群集間の類似度、および地点4と5の類似度は、春季において工事中に低下し、工事後に高くなる傾向が認められ、その傾向は特に地点4と5の類似度において著しい。秋季には地点2と3の類似度に関しては、弱いながらその傾向が認められたが、地点4, 5ではそのような傾向は認められなかった。

優占種から珪藻群集を類別すると、地点2と3の群集は次の3つに大別できる。

(i) *Achnanthes japonica* を代表種とする群集

この群集は、全調査期間を通じてみられたが、特に春季には、工事中、工事後の代表的群集となった。(Fig. 6)。秋季においては、工事後3年め以降に代表的群集となった (Fig. 7)。

A. japonica は本邦の諸種の河川環境に広く出現する広適応種であり (小林, 1964)、有機汚濁に対しても広い適応性をもつ Indifferent taxon とされている (渡辺ほか, 1982)。

Fig. 6. Cluster analysis of similarity index on epilithic diatom community in spring.

Fig. 7. Cluster analysis of similarity index on epilithic diatom community in autumn.

(ii) *Cymbella ventricosa* を代表種とする群集.

この群集の出現頻度は少なかった. 本種は濁質に対して耐性の強い種とされている (渡辺, 1981) が, 工事中比較的少なかったことは, 本ダムに関して, 濁質の影響が比較的少なかったことを示唆していよう.

(iii) *Gomphonema angustatum* var. *producta* を代表種とする群集

この群集は, 秋季において, 工事前から工事後にかけて代表的群集となることが多かった (Fig. 7) が, 春季には全期間を通じて出現しなかった (Fig. 6). 本種は有機汚濁に対して広い適応性をもつ Indifferent taxon とされている (渡辺ほか, 1982).

地点 2, 3 において春季には *Achnanthes japonica*, 秋季に *Gomphonema angustatum* var. *producta* が優占する群集が最も頻度高く出現した. そして両 taxa とともに先述のように有機汚濁に対する Indifferent taxon である. 群集にこのような差が生じた理由は明らかでないが, 秋季, 工事後 3 年め以降において, *G. angustatum* var. *producta* 群集が, *A. japonica* 群集へ変化したことは, 季節的な群集の差異でなく, 他の要因が群集の違いを生起させていることを示唆して

いるとも考えられようが, 今後の群集の動向に注目したい.

次に地点 4 と 5 の珪藻群集は, 春季, 秋季を問わず下記の群集で代表される (Fig. 6, 7).

Achnanthes minutissima を代表種とする群集.

この群集は *Surirella angusta*, *S. ovata* var. *pinata* のいずれかを随伴し, それらの相対頻度は *A. minutissima* に次ぐ高い値を示していた. *A. minutissima* は福島 (1967) によって, 銅・亜鉛を含む鉱山廃水の流入する, 群馬県の渡良瀬川で代表的珪藻として報告されている. 先述の墨田・渡辺 (1973), 渡辺・墨田 (1976), 渡辺・墨田・大柳・岩切 (1977) らの報告から判断すると, 今回の調査地点 4 と 5 に相当する水域では, 本種の占める相対頻度は 21.6~88.6% で, それ以前の結果と比べて減少傾向はみられたが, その影響は依然残っている.

先述のように, 工事現場に近い地点 2, 3 の珪藻群集間の類似度は, 工事後に春, 秋季ともに大きくなった. そして最優占種として出現する珪藻の種は, 工事前と比べると多少とも変化した, 優占的に出現する珪藻の種組成は工事前とそれほど大きい変化は認めら

れなかった。

一方地点 4, 5 の珪藻群集間の類似度は、工事中と工事終了直後の春季においてのみ低下したが、工事後には、工事前と同様に大きな類似度をもつようになった。しかし両地点の最優占種は、春、秋季ともに全調査期間を通じて *Achnanthes minutissima* であった。

手取ダム建設の際には、工事中珪藻群集がダム工事の影響を受けて、単純なフローラーに一樣化された(墨田ほか、印刷中)が、今回の赤瀬ダム建設にあたっては、そのような影響は認められなかった。

これらの事実を総合すると、赤瀬ダム完成後において、ダム湖より下流の水質は、珪藻群集の種組成を大きく変えるほどには変化しなかったが、工事後の付着生物の現存量は工事前と比べて減少の傾向が認められるにいたったといえよう (Fig. 2, 3)。

またダム完成後、湖からの放水管理の関係上、特に放水期の秋季には、ダムより下流の珪藻群集を多少とも均質化して、近似の群集を形成させるにいたったと考えられよう。

要 旨

石川県梯川の上流部に洪水調節を主目的とする赤瀬ダムが築造された。この工事は 1974 年 11 月に始まり、1977 年 10 月に完成した。

本研究は川床上の珪藻群集を、工事前の 1974 年 10 月から終了後の 1980 年 11 月までの 7 年間調査することにより、梯川本流の 5 つの調査地点で、ダム建設工事とその完成が、河川の着生生物群集に与える影響を、珪藻群集を指標として考察したものである。地点 1 はダム工事現場の上流であり、地点 2, 3 は現場に近くその影響が大きいと考えられる地点である。地点 4, 5 は郷谷川の合流点よりも下流部であるため、常に無機汚染の影響を受けている地点である (Fig. 1)。

1) 工事中と工事後の強熱減量が、工事前と比べて小さくなる傾向を示した (Fig. 2, 3) ことから、工事後において、ダムから下流の川床への付着生物の現存量は減少したことが示唆された。

強熱減量と強熱残留物の比は、工事の終期には工事前と比べて、増加の傾向を示し、工事後もその傾向が続いている (Fig. 4, 5)。その傾向は特に春季に顕著である。

工事後、生物の現存量が減少する反面、強熱減量と強熱残留物の比は特に春季に増大した。これは明らかに工事後において、川床へ沈積するシルト量が減少したことを裏書きしている。その傾向が特に春季において顕著であったのは、本ダム湖の放水管理上、春季が貯水期にあたり、上流より下流する無機懸濁物質が湖水中にストックされたことによるのであろう。

2) 本研究期間を通じて、川床への付着生物群集と

して出現した珪藻は 27 属 95 taxa であった。珪藻群集について地点 2, 3 の群集間の類似度は工事後に春、秋季ともに、大きくなった。その傾向は特に秋季に顕著である。そして優占的に出現する珪藻の種は工事後も工事前と比べてほとんど変化が認められなかった。

また地点 4, 5 の珪藻群集は、春、秋季共に、工事前から工事後にいたるまで、終始鉦山廃水に影響された水域で優占する *Achnanthes minutissima* によって代表される。

これらのことは赤瀬ダム湖完成後において、ダム湖より下流の梯川の水質は、付着生物の現存量の減少はきたしたものの、珪藻群集の種組成を以前と比べて大きく変えるほどには変化しなかったことを示唆している。またダム湖からの放水期に当る秋季において、珪藻群集が特に等質化したことは、流入水貯留期の春季に、河川水中の無機懸濁物質が減少したこととも考えあわせ、本ダム湖の水管理が、下流の水環境に微妙に影響していることを暗示している。

文 献

- CLEVE-EULER (1951-1955): Die Diatomen von Schweden und Finland 1-5. *K. Sven. Vet. Akad. Handle.*, 2(1): 1-155, 3(3): 1-143, 4(1): 1-149, 4(5): 1-240, 5(4): 1-217.
- 福島 博 (1976): 鉦山廃水および有機性廃水が河川の底生藻類におよぼす影響。特定研究、鉦工業廃水の河川生物に及ぼす影響ならびに鉦工業廃水の生物学的処理の研究、昭和 41 年度 結果報告書、7-10.
- 福島 博・木村 努・小林艶子 (1973): 木曽川のケイ藻。横浜市大紀要生物学編 3, 2: 1-155.
- HUSTEDT, F. (1930): Bacillariophyta (Diatomeae). in PASMER's Die Süßwasser-Flora Mitteleuropas. Heft 10. Jena.
- HUSTEDT, F. (1961-1966): Die Kieslagen Deutschland, Österreichs und der Schweiz. in RABENHORST's *Kryptogamenflora*, 7(3): Leipzig.
- 小林 弘 (1964): 荒川産珪藻類 (2): 秩父自然博物館研究報告, 12: 65-77.
- 近藤良夫・舟阪渡 編 (1974): 技術者のための統計的方法。共立出版。
- PATRICK, R. and C. W. REIMER (1966, 1975): *The diatoms of the United States (Exclusive of Alaska and Hawaii)*, I, II. Philadelphia.
- 墨田迪彰・渡辺仁治 (1973): 郷谷川・梯川の鉦毒汚染に関する陸水生物学的研究。能登臨海実験所年報, 13: 85-94.

墨田勉彰・渡辺仁治：石川県手取川におけるダム建設
にともなう川床付着珪藻の変化，（印刷中）。

渡辺仁治・墨田勉彰（1973）：梯川水系の川床付着物
による金属の濃縮と生物相，日本処理生物誌，12
（1）：64-72。

渡辺仁治・上条裕規（1974）：九頭竜水系の付着生物
におよぼす濁りの影響，陸水雑，35（2）：73-81。

渡辺仁治・墨田勉彰・大柳実喜子・岩切末技保（1977）：
鉱山閉山後における梯川水系の生物相の変化と川
床付着物生物による重金属の濃縮，淡水生物，
20：44-56。

渡辺仁治（1981）：高瀬川川床への付着珪藻群集とダ
ム湖とプランクトン，高瀬川流域自然総合追跡調
査報告書，175-202。

渡辺仁治・藤平 縁・角谷晴世（1982）：有機汚濁に
耐性をもつ付着珪藻と広い適応性をもつ付着性珪
藻，文部省「環境科学」研究報告集，B121-R12-
10，48-74。

（著者：墨田勉彰，小松明峰高校，石川県小松市平
面町；渡辺仁治，奈良女子大学理学部，奈良市北魚屋
西町；Michiaki SUMITA, Komatsu Meiho High
School, Ishikawa Prefecture, 923; Toshihara
WATANABE, Biological Institute, Faculty of Science,
Nara Women's University, Nara, 630)

1984年6月20日 受付

1984年9月13日 受理