

付着珪藻群集から見た隔離水界内外の水質比較

吉澤一家

Comparison of the Water Quality Inside and Outside the Mesocosm
Estimated from Diatom Assemblages

Kazuya YOSHIZAWA

キーワード：珪藻，隔離水界，識別珪藻，DAIpo

隔離水界実験は湖沼などの水域の一部を隔壁で分離し、人為的にコントロール可能な水域を作ることにより、より自然生態系に近い条件で水質や生態系の変化を観察する実験手法である。筆者らは甲府市内の公園内にある池において隔離水界実験を行い、高分子凝集剤や沈水植物による水質浄化能の実験を実施している。

一方、藻類の一種である珪藻については生息環境と出現種に関する情報が蓄積されていることから、古環境の推定から現在の河川、湖沼の水質判定にまで幅広く用いられており¹⁻³⁾、特に河川の付着珪藻群集は、窒素、りんなどの栄養塩やBOD 負荷量の多い排水の流入によりその組成に変化が生じることが知られている⁴⁾。

ここでは隔離水界の内面と外面の珪藻組成を調べることにより、水質の比較を行ったので報告する。

質については10月までのデータを解析対象とした。

2 付着珪藻の観察方法

実験終了後、ビニールシートの水深約20cmの部分10cm×10cm 切り取り、内外両面の付着藻類をブラシで剥離して試料を採取した。採取試料の一部を適量の硝酸・硫酸を用いて分解後、分解液を遠沈し上澄みを取り除いた後、蒸留水を加え洗浄した。酸性が確認できなくなるまで洗浄した試料の定量を用いて、観察用のプレウラックス封入プレパレートを作成した。

観察は光学顕微鏡を用いて1500倍で500殻以上について行い、同定には2000倍に拡大した顕微鏡写真を用い、主に K.Krammer and H. Lange-Bertalot⁵⁾、小林ら⁶⁾、渡辺⁷⁾によって行った。

実験方法

1 隔離水界実験

隔離水界実験は平成24年5月28日から平成25年5月23日まで、甲府市内の玉諸公園内の池で実施した。池の概要を表1に示したが、流入水は汲み上げられた地下水と雨水に限られ、河川に越流水が排水されている。この池内にコントロール（無操作系）1基を含む、5基を設置して実験を行ったが、今回は隔離水界内に天然高分子凝集剤であるポリグルタミン酸処理を行った1基の内面及び外面から採取した付着珪藻を試料とした。隔離水界は図1に示したとおり、3m×3mの簡易テントに厚さ1mmの透明ビニールシート（アキレス社製 マジキリ）を張って作成した。隔離水界内には平成24年6月7日にポリグルタミン酸（日本ポリグル社製 PG 21Ca）を1kg添加したが、直後にシートが破損したため、修復後の平成24年7月12日に再び凝集剤を2kg添加して水質変化を観察した。また11月から3月には池の水位が上昇したため、隔離が不十分となった。そのため隔離水界内外の水

測定結果

1 隔離水界の水質

表2には隔離水界の内外の水質の平均値を示した（n=5）。隔離水界内では凝集剤添加による導電率の上昇が見られたが、pHに大きな差は見られなかった。

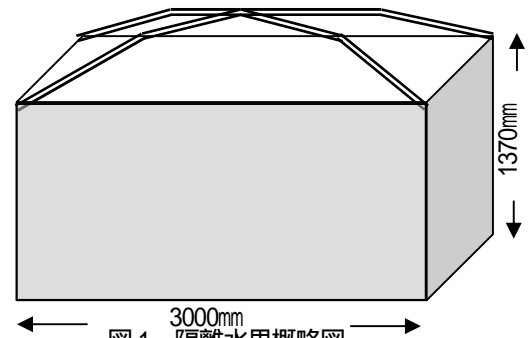


図1 隔離水界概略図

表1 玉諸公園内実験池の概要

項目	測定・計算値	単位	項目	測定・計算値	単位
表面積	2300	m ²	底泥堆積厚	0.2	m
周囲	230	m	底泥堆積量	460	m ³
平均水深	0.8	m	底泥量	579.6	t
総容量	1840	m ³	底泥中窒素含有量	310	kg
流入水量	1	L/sec	底泥中りん含有量	140	kg
流出水量	1	L/sec	総光合成量	0.72	mg O ₂ /L・hr
交換率	21.3	day	一時生産量	5.1	kg C/8hr

逆に窒素濃度は溶存態も含めて水界内で低い値となり、透視度も水界内で高い値となった。一方でりん濃度とCODにはほとんど差が見られなかった。相崎らは湖沼の透明度及び全りん濃度を用いて水質の富栄養度を判定する指標として、次式で示した修正カールソン指数(TSI)を提唱している⁸⁾。

$$TSI_{II}(TP)=10 \times (2.46+(6.71+1.15 \ln P)/\ln 2.5)$$

これによれば、今回の実験水界のTSI_{II}は水界内外ともに103となり、非常に富栄養度が高い水域と判断された。

2 付着珪藻による水質判定

隔離水界から回収したビニールシートは、両面の色相に差が見られ、内面は糸状藻類が発達し緑色を呈していた。これに対して外面は茶褐色の付着物で覆われていた。

両面の試料で観察された主な珪藻をPLATE及び表3に示した。両試料中に確認されたのは14属24分類群で、最も高頻度で観察されたのは、*Nitzschia amphibia*で70%以上の出現率であった。500殻以上を計数した結果を用いて以下の2法によって水質判定を行った。

表2 隔離水界内外の水質平均値

項目	水界内	水界外
pH	8.71	8.70
導電率 (mS/m)	36.8	31.5
透視度 (cm)	50.4	31.2
浮遊懸濁物 (mg/L)	6.2	13.2
溶存態窒素 (mg/L)	0.49	0.71
全窒素 (mg/L)	0.91	1.4
溶存態りん (mg/L)	1.47	1.45
全りん (mg/L)	1.52	1.54
COD (mg/L)	10.1	10.2



図2 隔離水界実験遠景

(1) 識別珪藻群法による水質判定

真山は付着珪藻を用いた河川の水質判定のために、珪藻をA、B、Cの3つの識別珪藻群に分類している³⁾。これによれば、前述の*Nitzschia amphibia*は識別珪藻群B(中汚濁耐性種)に分類され、試料水の富栄養度を考慮すれば、出現頻度や優占度が高いことをよく説明できた。このほか確認された珪藻で識別珪藻群に該当するものは次のとおりであった。

識別珪藻群A(強汚濁耐性種):

Eolimina minima, *Navicula veneta*,

Sellaphora seminulum (3種)

識別珪藻群B(中汚濁耐性種):

Aulacoseira granulata, *Gomphonema pseudo-agur*, *Navicula confervacea*, *Nitzschia amphibia*, *Nitzschia filiformis*, *Synedra ulna* (6種)

識別珪藻群C(弱汚濁耐性種):

その他の15分類群

これらの珪藻の観察数と識別群に応じた係数(A群=4, B群=2.5, C群=1、ただし*Navicula veneta*は3.25)から次式を用いて汚濁指数Sを求めた。

$$S = ns / n (ns: 殻数 \times 係数, n: 殻数)$$

汚濁指数と水質の汚濁階級の関係は表4の関係があるとされている。

表3 隔離水界シートの内外面で観察された珪藻

No.	種名	出現頻度(%)		識別珪藻群法 識別種別	DAIpo		図版番号
		水界内	水界外		好清水性種	好汚濁性種	
1	<i>Achnanthes impexa</i>		r				
2	<i>Achnanthes</i> spp.		2.5				1
3	<i>Amphora</i> sp.		r	B			2
4	<i>Aulacoseira ambigua</i>		r	B			-
5	<i>Aulacoseira granulata</i>		0.8	B			3
6	<i>Cyclotella</i> sp.		r				4
7	<i>Cymbella leptoceros</i>	4.3	1.0				5
8	<i>Cymbella tumida</i>	0.2	r				6
9	<i>Encyonema silesiaca</i>		r				7
10	<i>Eolimina minima</i>		8.5	A			8
11	<i>Fragilaria</i> spp.	1.5					9
12	<i>Gomphonema cleveii</i>		0.2				-
13	<i>Gomphonema italicum</i>	r					10
14	<i>Gomphonema pseudoaugur</i>	3.2	1.0	B			11
15	<i>Navicula confervacea</i>		r				12
16	<i>Navicula suecorum</i> var. <i>dismutica</i>		r				13
17	<i>Navicula veneta</i>		r	A			14
18	<i>Navicula</i> spp.	2.4					15
19	<i>Nitzschia amphibia</i>	70.9	76.4	B			-
20	<i>Nitzschia amphibia</i> f. <i>frauenfeldii</i>	15.1					16
21	<i>Nitzschia filiformis</i>		r	B			17
22	<i>Rhoparodia gibba</i>	2.4	r				18
23	<i>Sellaphora seminulum</i>		9.7	A			19
24	<i>Synedra ulna</i>	r	r	B			20
属数	14属	7	13	6	11	6	-
種数	24分類群	10	20	7	25	13	

(r: 稀に出現)

考察

隔離水界内外の汚濁指数は、水界内が2.11、水界外が2.72となり、表4に基づき水界内の水質は -中腐水性、水界外は / -中腐水性であると判定された。

(2) DAIpoによる水質判定

渡辺は付着珪藻群集に基づく有機汚濁指標としてDAIpoを提案している²⁾。これは付着珪藻を経験的に好清水性種(171分類群)、好汚濁性種(40分類群)、それ以外の広適応性種の3生態種群に分け、その相対出現頻度を用いて、次式により汚濁指数であるDAIpoを算出するものである。

$$DAIpo=50+(A-B)/2$$

ただしA:好清水性種の相対出現頻度(%)

B:好汚濁性種の相対出現頻度(%)

したがってDAIpoが100の場合は、全ての出現種が好清水性種で占められ、0の場合は逆に好汚濁性種で占められていることを意味する。またDAIpoの値から推測される水質については、表5のようにまとめられている。今回の観察結果から算出されたDAIpoは水界内で13.1、水界外で6.6と差が見られ、水界内がより汚濁性が低いと推定されたが、汚濁階級ではどちらも強腐水性と判断された。

水質分析による隔離水界内外の水質は、りん濃度及びCODについては差が見られなかった。りん濃度については、流入水のりん濃度が高いこと、池底に堆積した泥からの溶出により、りんが供給された可能性があることなどから、常に溶存態のりんが豊富な状態が保たれたためと考えられた。

一方で、窒素濃度と浮遊懸濁物質濃度は水界内の値が低い結果が得られ、これに伴い水界内の透視度が高い値となっていた。特に透視度が高かったことは、隔離水界内に添加したポリグルタミン酸の凝集沈殿効果により、懸濁物質が沈殿処理されたことによるものと考えられた。

以上から理化学分析の結果では、水界内では懸濁物質などの物理的環境は清澄であったものの、りん濃度などの化学的環境には差が見られなかった。

これに対して付着珪藻を用いた2種の方法による水質判定では、水界内の汚濁階級がやや貧栄養状態と推定された。この結果は理化学分析の結果と矛盾しないものと考えられた。

しかし今回は隔離水界実験中にシート破損や水位上昇による外部水の流入があり、完全に隔離された状況では

表4 識別珪藻群法による汚濁指数と水質の関係

汚濁指数 S	水質の汚濁階級
1.0以上1.25未満	貧腐水(きれい)
1.25以上1.75未満	貧 / - 中腐水
1.75以上2.25未満	- 中腐水(割合きれい)
2.25以上2.75未満	/ - 中腐水
2.75以上3.25未満	- 中腐水(汚れている)
3.25以上3.75未満	- 中 / 強腐水
3.75以上4.0以下	強腐水(ひどく汚れている)

表5 DAIPo と水質の関係

DAIPo	水質の汚濁階級
100 - 85	極貧腐水
85 - 70	貧腐水
70 - 50	貧腐水
50 - 30	中貧腐水
30 - 15	中貧腐水
15 - 0	強腐水

なかったので、再度検証を行う必要があった。また付着藻の増殖に影響を与える因子として、水質の他に日照(光量)や水流(流速)があり、これらも考慮する必要がある。光量についてはシートの両面で異なる可能性が高いが、隔離水界の4側面について観察を行うことである程度相殺することができるものと考えられた。水流(流速)については、実験池は水の滞留日数が約21日と非常に長く、流入水による水流はほとんど無視できるものと考えられたが、隔離水界内では風波による水流が生じにくいと考えられ、付着藻の組成に影響を与える可能性が認められ、隔離水界のサイズをある程度大きくするなどの対策が必要と考えられた。

まとめ

隔離水界実験の隔離シートの内外綿に付着している珪藻組成を調べることにより、水界内外の水質を比較することを目的として出現する珪藻の観察を行った。その結果次の諸点が明らかとなった。

- 1) 理化学分析からは、透視度や浮遊懸濁物質濃度などの項目で水界内の水質が外部よりも清澄であると推定された。
- 2) 付着珪藻の優占種は、内外両面とも *Nitzschia amphibia* で、70%以上の出現率であった。
- 3) 識別珪藻群法では、水界内の水質は - 中腐水性、水界外は / - 中腐水性であると判定された。
- 4) DAIPo を用いた解析では、水界内で 13.1、水界外で 6.6 と差が見られ、水界内がより汚濁性が低いと推定されたが、汚濁階級ではどちらも強腐水性と判断された。

参考文献

- 1) E.F.Stoermer and J.P.Smolc : The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences, Cambridge Univ. Press. 128~168 (1999)
- 2) Watanabe, T., Asai, K., and Houki, A. : Numerical estimation to organic pollution of flowing water by using the epilithic diatom assemblage - Diatom assemblages index to organic water pollution (DAIPo). The Science of the Total Environment **55**, 209~218 (1986)
- 3) Mayama, S. : Taxonomic revisions to the differentiating diatom groups for water quality evaluation and some comments for taxa with new designations. Diatom **15**, 1-9. (1999)
- 4) 阿部早智子ら: 下水道処理排水の河川生物相に与える影響, 日本水処理生物学会誌, **32**, 51~59 (1996)
- 5) K. Krammer and H. Lange-Bertalot: Susswasserflora von Mitteleuropa **1~4**. Gustav Fischer, Stuttgart (1986-1991)
- 6) 小林 弘ら: 小林弘珪藻図鑑(第1巻), 内田老鶴園(2006)
- 7) 渡辺 仁治: 淡水珪藻生態図鑑, 内田老鶴園(2005)
- 8) 相崎守弘ら: 修正カールソン富栄養化状態指標の日本湖沼への適用と他の水質項目との開通, 国環研研究報告 **23**, 13~31(1981)

