

論文

琵琶湖沿岸での水質形成機構に関する調査
- 沈水植物の吸収・分解実験について -

一瀬 諭^{*1} 岡本高弘^{*2} 若林徹哉^{*1} 藤原直樹^{*1}
加賀爪敏明^{*3} 辻 元宏^{*1}

Research on Water Quality Comformation in littoral zone
of Lake Biwa - Experiments on Nutrients Absorption
by Submerged Macrophyte and on Their Decomposition -

Satoshi ICHISE^{*1}, Takahiro OKAMOTO^{*2}, Tetsuya WAKABAYASHI^{*1} Naoki FUJIWARA^{*1},
Toshiaki KAGATSUME^{*3} and Motohiro TSUJI^{*1}

近年、琵琶湖岸では沈水植物の大量繁茂により、漁船の航行障害や「流れ藻」の漂着による景観悪化および悪臭の発生など様々な環境問題が引き起こされている。今回、琵琶湖南湖で優占する代表的な沈水植物について、吸収実験や分解実験を行った結果、窒素類(N)ではセンニンモ区でNO₃⁻-Nが最高7.0mg/lと初期濃度の115倍放出され、また、リン類(P)ではクロモからPO₄³⁻-Pが最高値で0.91mg/lと初期濃度の約150倍放出された。また、NO₃⁻-NとPO₄³⁻-Pの最終濃度の比率をみた結果、オオカナダモ区では35:1とリンの放出量が少なく、ホザキノフサモ区やクロモ区ではそれぞれ4:1, 3:1とリンの放出量が非常に多いことが明らかになった。

今後、琵琶湖沿岸にこれらの種類が多量に繁茂漂着した場合、その水質に大きく影響を及ぼすことが示唆された。さらに糸状藻類についても分解速度が沈水植物より2倍以上も早く、多量に繁茂した場合、沿岸の水質に対する寄与については無視できないものと推察され、過剰に繁茂したり、湖岸に漂着したりした沈水植物の除去対策の必要性が明らかとなった。

キ-ワ-ド:琵琶湖, 沈水植物, 水草, 吸収試験, 分解試験
はじめに

滋賀県では、平成14年度から琵琶湖生態系研究会を設立し、琵琶湖における外来種を中心とした魚類相の変化や底生生物、沈水植物の変化、また、藍藻類を中心としたプランクトン相の変化について、その異常増殖メカニズム等の仮説¹⁻³⁾を立て、立証や整理をしてきている。なかでも沈水植物については、1990年代に入ってから、琵琶湖南湖で繁茂域が拡大⁴⁻⁶⁾し、漁船や遊覧船などのスクルーに沈水植物が絡み付くような航行障害も発生^{7,8)}してきている。さらに、沈水植物群落は成長と共に湖底付近の茎が切れて浮かび上がり、「流れ藻」の塊となって浮遊⁹⁻¹¹⁾、湖岸へ漂着(写真1)・分解、水質悪化、景観悪化など様

々な環境問題を引き起こしている。

湖岸に漂着した流れ藻による栄養塩の吸収および分解時の栄養塩放出については、一部の種類について落合^{12, 13)}らが明らかにしている。また、コカナダモと水質との関係についても1980年代に滋賀県琵琶湖研究所の中島ら¹⁴⁾が、コカナダモ(*Elodea nuttallii*)の成分、分解等の研究を行っている。さらに、沈水植物が水中の栄養塩類を葉や茎や根のどの部分から吸収しているかについても同位体を使った実験等¹⁵⁻¹⁸⁾から部分的に明らかとなってきている。しかし、近年の「流れ藻」となるクロモ(*Hydrilla verticillata*: 写真2)やホザキノフサモ(*Myriophyllum spicatum*: 写真3)、マツモ(*Ceratophyllum demersum*: 写真4)、センニンモ

*1 滋賀県立衛生環境センター 〒520-0834 滋賀県大津市御殿浜13-45
Shiga Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science,
13-45, Gotenhama, Ohtsu, Shiga, 520-0834, Japan

*2 (現) 滋賀県廃棄物対策課 〒520-0066 滋賀県大津市京町4丁目1-1
Waste Management Section of Shiga Prefectural Government,
4-1-1, Kyoumachi, Ohtsu, Shiga, 520-8577, Japan

*3 (現) 滋賀県甲賀地域振興局 〒528-8511 滋賀県甲賀市水口町水口6200
Shiga Prefectural Koka Regional Promotion Beareau
6200, Minakuchi, Minakuchicho, Koka, Shiga, 528-8511, Japan

(*Potamogeton maackianus*: 写真 5), オオカナダモ (*Egeria densa*: 写真 6)などの種類について比較実験した知見がないのが現状である。さらに沈水植物と同時に大量繁茂するアオミドロ(*Spirogyra* sp.)やサヤミドロ(*Oedogonium* sp.: 写真 7)などの糸状藻類の分解が水質におよぼす影響についても未解明である。

今回、根が切れた「流れ藻」の各種類が栄養塩を吸収できるのか、また、湖岸に漂着し、分解時に放出する栄養塩類の増減や、この時に増殖する細菌や鞭毛虫、繊毛虫などの消長を把握することを目的として室内実験を行ったので報告する。

材料および方法

室内実験

沈水植物や糸状藻が分解により、どのような微生物が出現してくるのか、また、根なしの条件下で、沈水植物の栄養塩吸収や生育が可能か、さらに、暗条件下で沈水植物が分解した場合、その水質や微生物はどのように変化するか等の3条件を設定し室内実験を実施した。

1. 糸状藻と沈水植物の予備分解実験(実験1)

- ・培養条件: 水槽の大きさ: 20 l ~ 7 個: 実験室内
- ・沈水植物の種類: オオカナダモ, クロモ, センニンモ, ホザキノフサモ, マツモの計 5 種類

この 5 種類の沈水植物は、草津市山田地先および大津市におの浜地先で採集したものを湖水で洗浄した後、湿重量を調製し使用した。

- ・糸状藻類の種類: サヤミドロ, アオミドロ計 2 種類

この 2 種類の糸状藻類は大津市堅田沖中央でアオミドロを採集し、大津市におの浜地先でサヤミドロを採集したものを湖水で洗浄した後、湿重量を調製し使用した。

- ・沈水植物の添加重量: 湿重量で 32g/15 l (ろ過湖水)
沈水植物の添加量については山口ら¹⁹⁾や大塚ら⁴⁾が行った現存量調査結果を基に 1m³ 当たり 2.1kg と算出し、湖水 1 l 当たり 2.1g の割合で添加した。
- ・実験期間と測定回数: 16 日間, 5 回測定。
- ・測定項目: 分解過程で出現する微生物, 鞭毛虫, 繊毛虫, 肉質虫, 植物プランクトン, ワムシ, 藻体湿重量

2. 沈水植物の栄養塩吸収実験(実験2: 明条件)

- ・培養条件: 恒温培養室, 水温 20 ℃
- ・ガラス水槽大きさ: 20 l ~ 6 個: 照度 1,600lux
- ・添加湿重量: 各 15 g/15 l (実験1の 50%)
- ・実験期間と測定回数: 28 日間, 5 回測定
- ・培養水: 添加区(蒸留水 + N, P 添加区), 水槽 2 個
初期濃度: N 0.2mg/l P 0.01mg/l
湖水区(南湖ろ過湖水), 水槽 2 個
添加コントロール区, 水槽 2 個, 計 6 個

窒素(以下N)の添加については、硝酸カリウムを用いてガラス水槽の初期濃度が窒素として 0.2mg/l となるように調製、添加した。リン(以下P)添加は、リン



写真1. 琵琶湖南湖岸に打ち寄せられた沈水植物
上: 南湖東岸部水域 下: 南湖南部水域



写真2. クロモ: *Hydrilla verticillata* Casp.
(在来種)

酸二水素カリウムを用いてガラス水槽の初期濃度がPとして 0.01mg/l となるように調製・添加した。

- ・沈水植物 2 種類: クロモ, マツモ
(採集地点は 1. の分解実験と同様の地点)
- ・測定項目: N・P などの栄養塩類, TOC 等
細菌, 鞭毛虫, プランクトン, 繊毛虫, 藻体重量

3. 流れ藻の分解実験（実験3：暗条件）

- ・培養条件：恒温培養室，温度 20 ℃
- ・ガラス水槽の大きさ：20 l ×6 個
- ・添加藻体湿重量：各 30 g /15 l (3 過湖水)
- ・実験期間と測定回数：63 日間，9 回測定
- ・沈水植物 5 種類：オオカナダモ，クロモ，センニンモ，ホザキノフサモ，マツモ
(採集地点は 1. の分解実験と同様の地点)
- ・測定項目：NH₄⁺-N・NO₂⁻-N・NO₃⁻-N⁺，T-N，T-P，TOC，PO₄³⁻-P
細菌・鞭毛虫・繊毛虫・肉質虫
植物プランクトン・ワムシ等

結 果

沈水植物の多くの種は，湖底に根をはり，茎や葉を伸ばし，花をつけ，一年の大半を湖底付近で生活する．中でも，クロモやホザキノフサモ，コカナダモなどの種類は成長すると長く伸び，湖底付近で茎が切れ，一部は浮き上がる．また，マツモは根を持たず水中に漂って生活をすると考えられる．これらの種類が「流れ藻」となって大量に漂着する水域では，分解によって発生する悪臭が強く，湖岸の遊歩道を避けて迂回する住民も多い．しかし，センニンモは地下茎が発達し，芝生のように湖底を覆うように広がる種類であり「流れ藻」となり難い．また，オオカナダモは太くて堅い茎を持っているため，成長しても茎が切れ難く，そのままの形を維持したまま多くのものが越冬する．さらにサヤミドロやアオミドロは，琵琶湖沿岸に分布する代表的な糸状藻類であり，沈水植物と同時期に発生する．特に平成 15 年度の南湖ではサヤミドロが優占的であった．琵琶湖南湖岸の大津港～膳所公園(写真 1)において「流れ藻」の種類組成を調べた結果(表 1)，最も多かった種類はクロモであり，次いで，ホザキノフサモ，マツモの順であった．また，水質調査船やモーターボートのスクリューに巻き付きやすい種類を調べた結果では，ホザキノフサモやマツモが多かった．しかし，湖底における沈水植物の種類組成の調査結果では，図 1 に示すように多かった種類はオオカナダモであり，次いで，センニンモ，クロモの順であった．また，これらの沈水植物と同様，糸状藻についても調べた結果，南湖湖岸帯に広く分布していたのは，糸状藻の中でもサヤミドロであった．

1. 沈水植物と糸状藻の予備分解実験（明条件）

明条件下で，沈水植物や糸状藻類の分解時の発生微生物の増減を図 2 に示す．5 種類の沈水植物を入れた各ガラス水槽における鞭毛虫類の増殖は，クロモ区やホザキノフサモ区で多く計数され，最も多かったクロモ区では 5.0 ×10⁴ 個体/m² であった．また，繊毛虫ではホザキノフサモ区が最も多く，1.5 ×10³ 個体/m² であった．大型のワムシ類では，オオカ



写真 3.ホザキノフサモ：
Myriophyllum spicatum L. (在来種)



写真 4.マツモ：
Ceratophyllum demersum L. (在来種)



写真 5.センニンモ：
Potamogeton maackianus A. Benn. (在来種)

ナダモ区およびホザキノフサモ区で比較的多く確認され，種類としては，テマリワムシがそれぞれ 1.0 ×10² 個体/m²，1.5 ×10² 個体/m² が計数された．しかし，マツモ区ではワムシの増殖は全く認められなかった．次に，糸状藻類のサヤミ

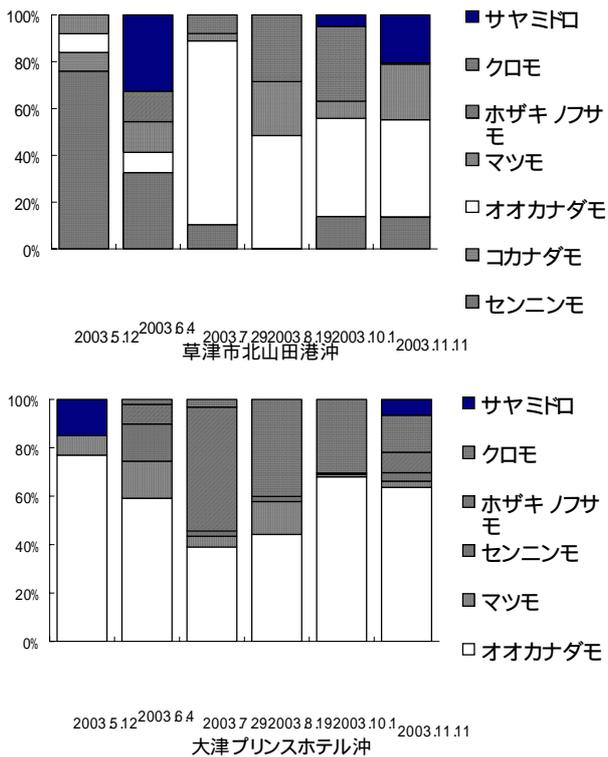


図1 琵琶湖南湖底における沈水植物の種類組成結果(2003)
(藻体の湿重量比)

表1 琵琶湖における「流れ藻」の種類組成

	2003.9.29		
	大津港	琵琶湖文化館	膳所公園
クロモ	60	60	40 (%)
ホザキノフサモ	20	5	20
マツモ	10	5	10
コカナダモ	0	0	5
オオカナダモ	5	20	15
センニンモ	5	10	10

ロ区やアオミドロ区では、小型の鞭毛虫はサヤミドロ区で $1.6 \sim 10^6$ 個体/m と多く計数され、アオミドロ区は比較的少なかった。しかし、繊毛虫の増加量はアオミドロ区がサヤミドロ区より多く、最高 $1.0 \sim 10^4$ 個体/m 計数された。また、沈水植物と比較すると糸状藻類の実験区では鞭毛虫や繊毛虫が非常に多く計数された。

実験終了時に各区藻体の湿重量を測定した結果を図3に示す。中でもセンニンモが最も分解され難く、分解されたものは16日間の期間中に全体の6%であったが、クロモは全体の44%が分解され、今回の沈水植物の中では最も多かった。しかし、糸状藻区ではサヤミドロが全体の78%、アオミドロが94%であり、沈水植物水の6~44%と比較すると早い速度で分解された。

2. 沈水植物の生育吸収実験(明条件: 20)

「流れ藻」の主要種であるクロモやマツモを用いて栄養塩吸収の可能性について実験を行った。NおよびPの添加量は各水槽とも蒸留水に窒素源として 0.2mg/l 、リン源



写真6.オオカナダモ:
Egeria densa (Planch.) Casp. (外来種)



写真7.サヤミドロ: (糸状藻)
Oedogonium sp. Link

として、 0.01mg/l の濃度になるように調製した。

図4に沈水植物を28日間培養後の湿重量測定結果を示した。N、Pを添加していない南湖水をベースにしたクロモ区やマツモ区は、この期間中に栄養塩類は、ほとんど減少していないにも拘わらず18~22%の藻体湿重量の増加が認められた。しかし、蒸留水に窒素やリンを添加した区では、藻体の増加は認められず、この現象と反対にクロモ区では全体の57%の藻体重量が減少していた。

次に栄養塩類の変動を図5および図6に示す。図5の窒素についてみると、窒素の添加区では、クロモ、マツモともに $\text{NO}_3\text{-N}$ は急速に減少したが、T-Nは終了時には添加量の2倍以上に増加した。さらに、リンの添加区のクロモについては、藻体湿重量は50%以上が減少し、図6に示すように $\text{PO}_4\text{-P}$ や T-Pの増加が認められ、T-Pでは 0.065mg/l と添加量(0.001mg/l)の6倍以上増加し、クロモの分解により多量のリンを放出することが確認された。

3. 沈水植物の分解実験(暗条件)

暗条件下での沈水植物の分解実験を行った結果を図7~図9に示す。窒素については図7に示すように、セン

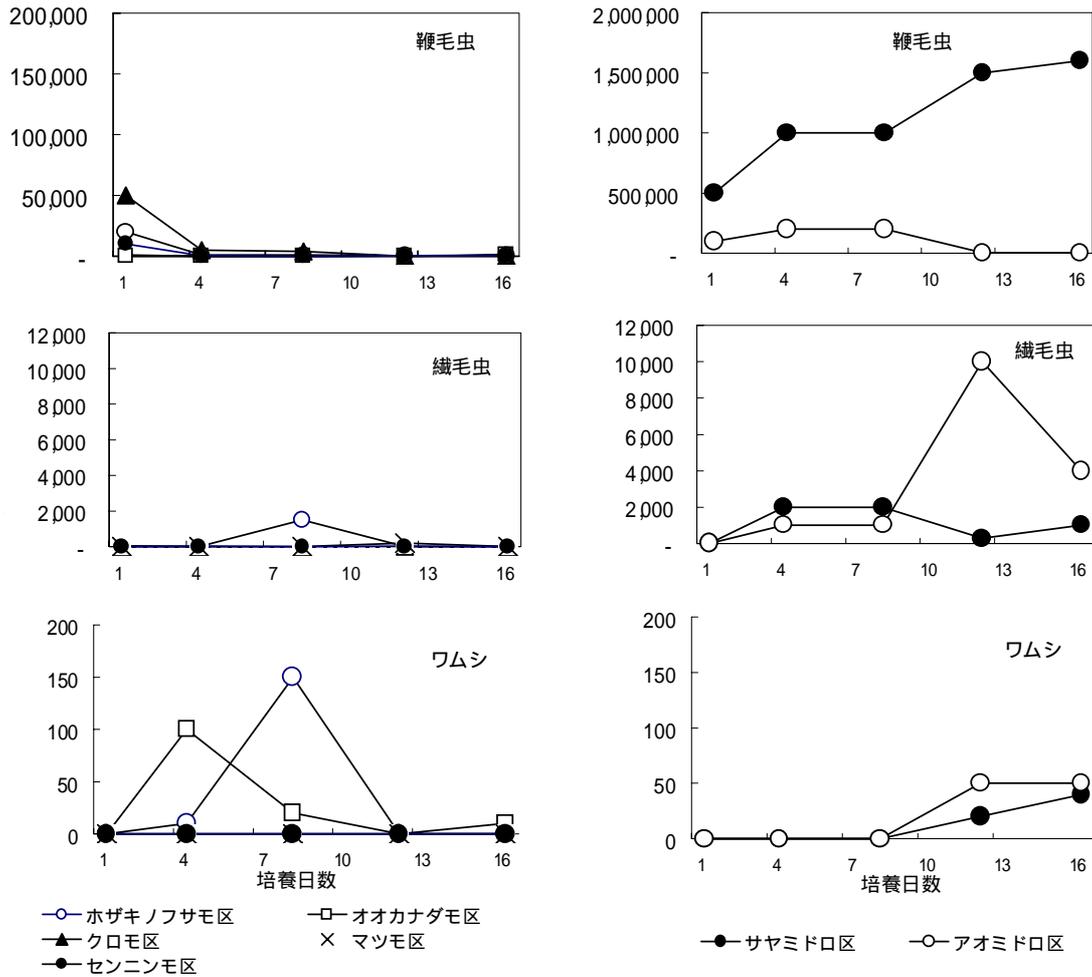


図2 琵琶湖における沈水植物分解時に増加する微生物の増減 (2003.6)

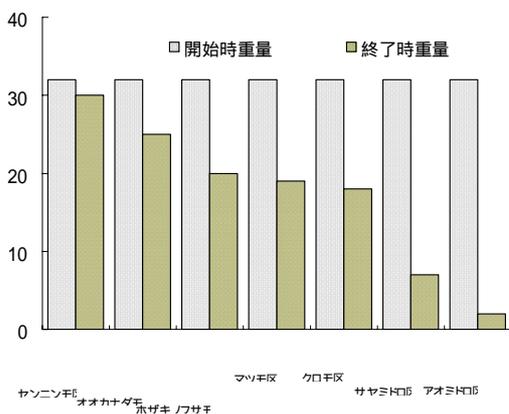


図3 琵琶湖における沈水植物の分解実験
藻体重量の変化(15日間 / g 2003.6)

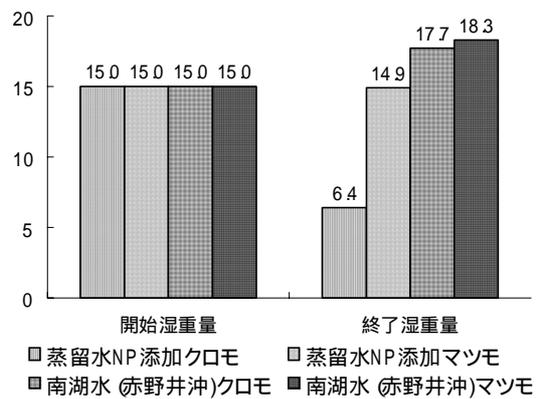


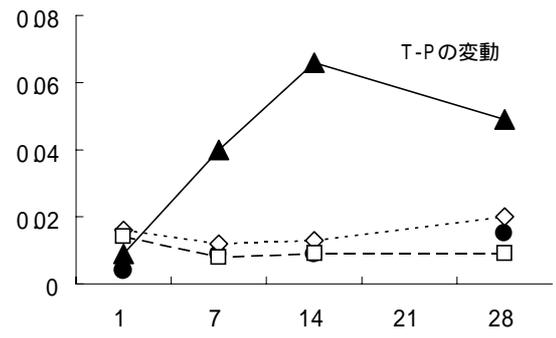
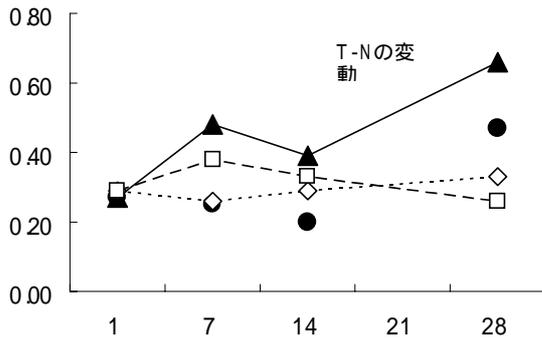
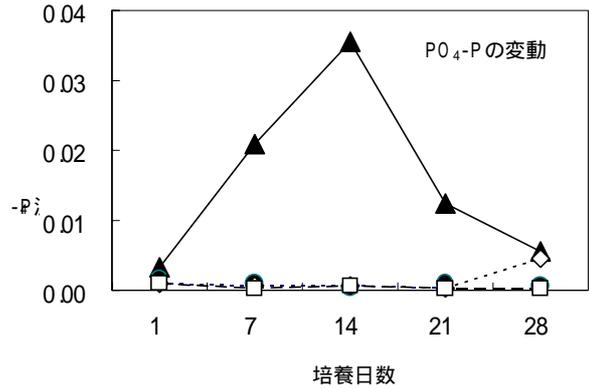
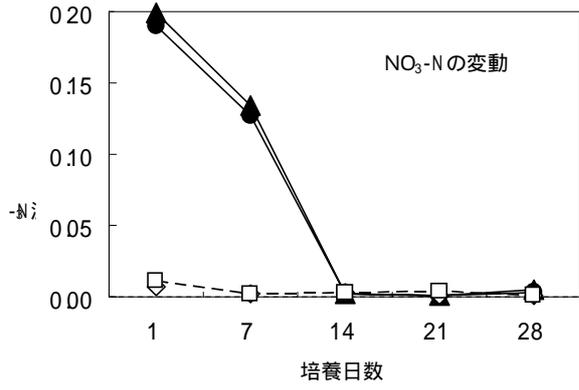
図4 沈水植物の生育実験結果(湿重量の変動)
(28日間培養後測定)

ニンモ, クロモ, ホザキノフサモの順に窒素類の放出が始まり, $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ から $\text{NO}_2^- \text{-N}$ へ, また $\text{NO}_2^- \text{-N}$ から $\text{NO}_3^- \text{-N}$ へとピークの移行が認められた. その傾向は, 特にセンニンモやクロモにおいて顕著であった. しかし, オオカナダモやマツモではこの期間中に顕著な変化が認められなかった.

次にリンについて図8に示すように, 実験終了時には T-P や $\text{PO}_4\text{-P}$ は日数とともに上昇し, 最も多く放出

が認められたのはクロモであり, 最高値は T-P で 0.98mg/l , $\text{PO}_4\text{-P}$ で 0.91mg/l であった. また, その放出量はクロモ, センニンモ, ホザキノフサモの順で多かった. しかし, オオカナダモやマツモでは, この期間では顕著な増加は認められなかった.

TOC および D-TOC の変動について図9に示す. TOC は開始から終了時までホザキノフサモ区が, 他の区に比べ高い値で推移し, 終了時には 5.2mg/l にまで



—▲— 蒸留水NP添加クロモ ●— 蒸留水NP添加マツモ
 ---◇--- 南湖水 (8C)クロモ -□- 南湖水 (8C)マツモ

—▲— 蒸留水NP添加クロモ ●— 蒸留水NP添加マツモ
 ---◇--- 南湖水 (8C)クロモ -□- 南湖水 (8C)マツモ

図5 水草生育実験 (T-N・NO₃-Nの変動)

図6 水草生育実験 (T-P・PO₄-Pの変動)

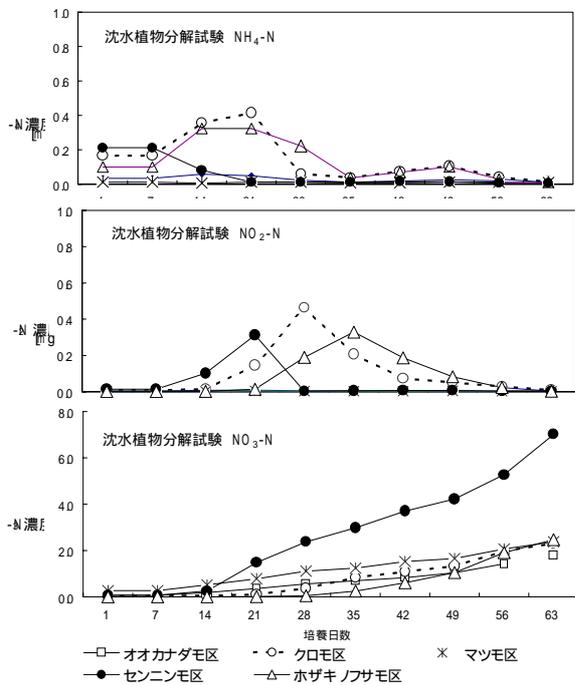


図7 沈水植物の分解実験結果 (窒素の変動)

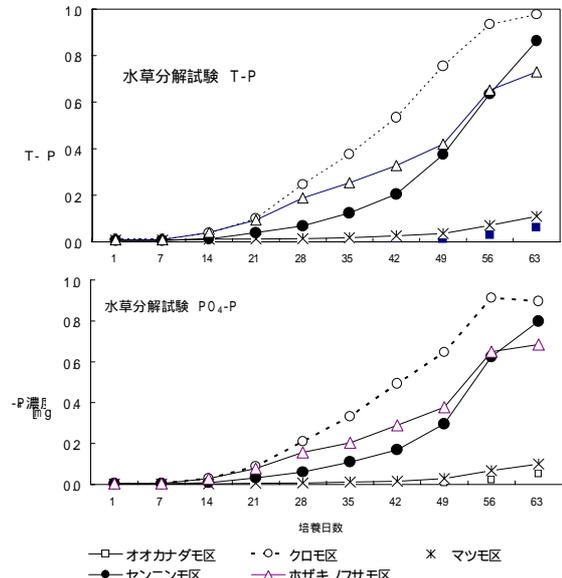


図8 沈水植物の分解実験結果 (リンの変動)

TOC が上昇した。また、溶存態炭素である D-TOC の結果をみても、ホザキノフサモ区が高い値で推移し、終了時には 4.9mg/l にまで上昇した。

次にこの時期、各区で増殖した微生物について計数を行った結果を図 10 に示す。細菌数は実験開始直後から

増加が見られた。特にクロモ区およびホザキノフサモ区での増加が顕著であった。また、鞭毛虫や繊毛虫類についてもホザキノフサモ区では、実験開始の時点から多くの個体数が計数された。中でもホザキノフサモ区では、鞭毛虫類や褐色鞭毛藻、繊毛虫などが他の区よりも多く計数された。また、根足虫類ではクロモ区での増加が顕著であった。しかし、オオカナダマ・マツモ区では、この期間中微生物の顕著な増加が認められなかった。

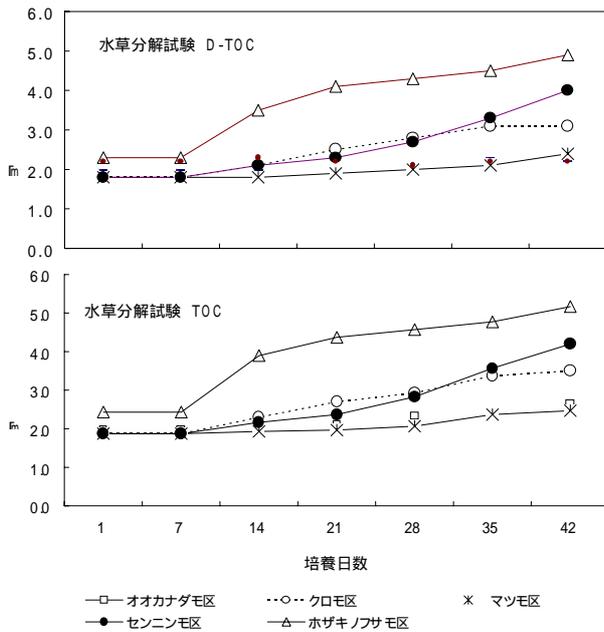


図9 沈水植物の分解実験結果 (D-TOC, TOCの変動)

考 察

琵琶湖南湖底に分布する沈水植物群集は1980年代前半までは外来種のコカナダモやオオカナダモが多く分布し優占²⁰⁾していたが、今回、湖底での種類組成をみると、大津市プリンスホテル沖では、オオカナダモが主に優占し、草津市北山田港沖ではセンニンモが多く優占しており、沈水植物の種類に一部相違が認められた。また、今回の南湖湖岸に多く打ち寄せられた「流れ藻」の種類はクロモ、ホザキノフサモ、マツモの順であった。これらの「流れ藻」となる種類を中心とした分解実験を行った結果、実験1では、沈水植物の分解過程で多く増殖してくると考えられる鞭毛虫(5 ~ 10 μm)は「流れ藻」となるクロモ区やホザキノフサモ区で最も多く計数され、これらの種類が分解されやすいと考えられた。また、細菌や鞭毛虫を捕食する大型の繊毛虫(20 μm程度)は、ホザキノフサモ区で最も多く、さらに繊毛虫より大型のワムシ類(50 ~ 100 μm)は、オオカナダモ区やホザキノフサモ区で確認された。これらの区でみられたワムシはテマリワムシモドキ(*Conochiloides dossuarius*)やツキガタエナガワムシ(*Lecane lunaris*)であった。このワムシが多かった原因としては、沈水植物体に付着していた個体が持ち込まれたものと考えられた。しかし、マツモ区やセンニンモ区では、ワムシの増殖は全く認められず、これらの種類の餌料が少なかったのか、あるいは沈水植物体に付着しにくいことなどが考えられた。

糸状藻類であるサヤミドリ区やアオミドリ区についてみると、サヤミドリ区では鞭毛虫数が増加傾向を示し、沈水植物の各区と比較しても100倍以上の増加となった。繊毛虫についてもホザキノフサモ区以外は50倍以上と多く出現し、糸状藻の分解により多くの微生物が増殖することが推察された。また、同じ糸状藻のなかまであるアオミドリ区とサヤミドリ

区の比較では、サヤミドリ区で鞭毛虫が多く、アオミドリ区では繊毛虫が多く計数された。このことは、これらの種類の競争関係や餌となる細菌類などの種類の違いによることも考えられた。

落合らは¹²⁾ コカナダモを用いた分解実験において30日、好気条件下での約20日間培養で、初期湿重量の50%以上が消失・分解することを報告している。今回、実験終了時に実施した各藻体湿重量の測定結果では、センニンモが最も分解され難く16日間の培養実施後も、94%が分解されずに残っていたが、クロモは44%が分解され比較的分解されやすい沈水植物であることが明らかとなった。また、糸状藻は沈水植物よりさらに早い分解速度であり、サヤミドリで78%、アオミドリで94%がこの期間中に分解され分解速度は沈水植物の2倍以上と短期間で分解されることも明らかとなった。

実験2の沈水植物生育吸収実験では、湖水区の28日間培養後のクロモやマツモにおいて18 ~ 22%の藻体湿重量の増加が認められ、「流れ藻」となった根のない状態のクロモやマツモでも水中で成長できると推察された。以前から沈水植物が栄養塩類を葉や茎から吸収するのか、根から吸収するのかが議論^{15 ~ 18)}されてきたが、この2種類については根がなくても一時的には成長できることが明らかになった。しかし、水中根の寄与については、まだ明らかとなっていない。

次に蒸留水に窒素やリンを添加した区では、クロモ区が栄養塩類の吸収より先分解を始め、終了時の藻体湿重量はこの28日間の期間中に57%が分解・消失し、 $PO_4^{3-}-P$ で初期濃度の12倍、 $T-P$ で7倍以上が放出され、多量のリンをクロモが放出することが明らかになった。このことは、クロモはマツモより先窒素、リン以外の微量化学物質等が発育のために必須であるということが示唆された。

沈水植物(1),(2)の明条件実験により、糸状藻の分解が早いことやクロモがリンを多く放出することが明らかとなったため、その分解過程だけを調べるため、暗条件での分解実験を実施した。

実験3の沈水植物の暗条件分解実験結果では、窒素類についてみるとセンニンモ、クロモ、ホザキノフサモの順に窒素類の放出が始まり、 NH_4^+-N から $NO_2^- -N$ へ、また、 $NO_3^- -N$ へとピークの移行が認められ、中でもセンニンモの移行が顕著であり、 $NO_3^- -N$ で初期濃度が0.06mg/lに対して7.01mg/lと115倍の増加がみられた。しかし、オオカナダモやマツモはこの期間中では顕著な変化が認められず、暗条件下においても分解しにくい種類であることが明らかとなった。リンについてみると、最も多く放出が認められたのは、実験2と同様、クロモであり、 $PO_4^{3-}-P$ の最高値で0.913mg/lと初期濃度(0.006mg/l)の約150倍と窒素よりも多く放出されることが明らかとなった。

次に $NO_3^- -N$ と $PO_4^{3-}-P$ の最終濃度の比率をみた結果では、オオカナダモ区 35:1、マツモ区 24:1、サヤミドリ区 10:1、センニンモ区 9:1、ホザキノフサモ区 4:1およびクロモ区 3:1であり、同じ沈水植物であっても窒素

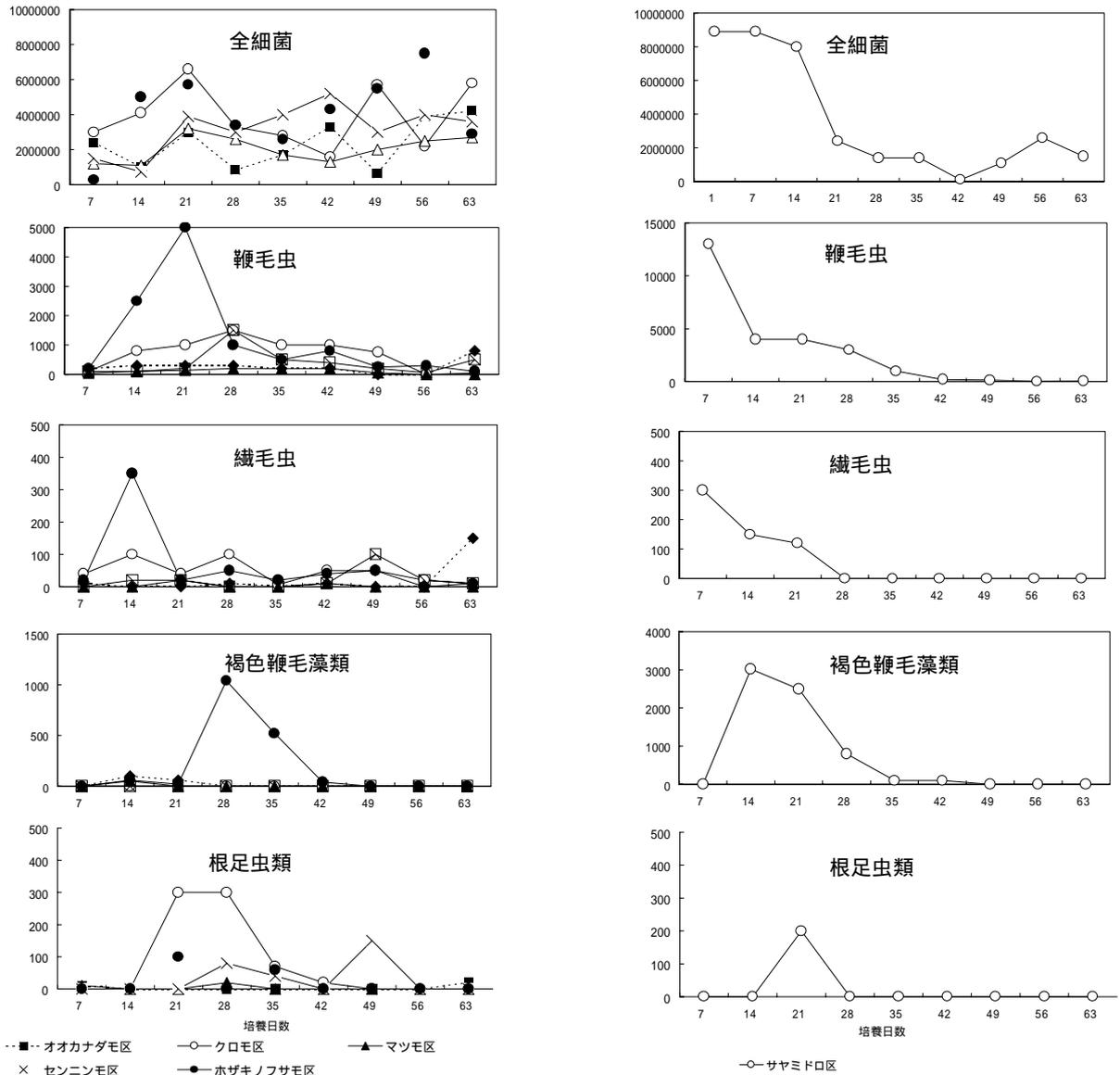


図 10 琵琶湖における沈水植物および糸状藻の分解実験結果
(20 : 恒温実験室内, ガラス水槽使用)

やリンの放出量が大きく相違することや、特にクロモ区やホザキノフサモ区のリンの放出量が多いことが明らかとなった。また、T-N と T-P の比率をみた結果でもその傾向は同様であった。

TOC および D-TOC については、開始から終了時までホザキノフサモ区が他の沈水植物区に比べ明らかに高い値で推移し、実験終了時に D-TOC で 4.9mg/l となった。溶存態炭素である D-TOC の結果をみても TOC と同様の濃度で推移しており、TOC のほとんどの炭素が溶存態であった。

この期間中に各区で増殖した微生物について検討した結果、沈水植物区では分解者である細菌を捕食して増加する鞭毛虫や褐色鞭毛藻や繊毛虫などの種類がホザキノフサモ区で最も多く計数されたことから、本種の分解過程では多くの細菌や鞭毛虫等が発生することが明らかと

なった。また、クロモ区ではナベカムリのような大型の根足虫類が多く計数された。この根足虫は有殻アメーバに属し有機物を捕食するため早く分解するクロモの分解物を捕食して増加したものと考えられた。しかし、オオカナダモやマツモは、細菌数の顕著な増加が認められず、分解がほとんど進んでいないことが推察された。

次にサヤミドロなどの糸状藻は、細菌や鞭毛虫数、繊毛虫数ともに実験開始時から大きな個体数が観察され、日数と共に減少する傾向が認められた。このことは、サヤミドロが直ぐ分解されることや、最初からこれらの分解者が持ち込まれていた可能性も考えられた。しかし、褐色鞭毛藻や根足虫は、実験途中から増加していることから水槽内で増加していた細菌や鞭毛藻を捕食した結果の増加であると推察された。また、実験開始直後からサヤミドロは分解・消失したことから、糸状藻類は沈水植

物に比べ非常に早い速度で分解することが示唆された。

まとめ

今回の分解実験から、漂着した「流れ藻」が分解によって短期間に多量の栄養塩類を湖中に放出することが明らかとなり、窒素ではセンニンモ区で NO_3^- -N が最高 7.0mg/l と初期値の 115 倍が放出され、また、リンでは、クロモから PO_4^{3-} -P が最高値で 0.91mg/l と初期値の 150 倍と多く放出されることがわかった。また、 NO_3^- -N と PO_4^{3-} -P の最終濃度の比率をみた結果、オオカナダモ区 35:1 とリンの放出量が比較的少なく、ホザキノフサモ区やクロモ区では、それぞれ 4:1, 3:1 とリンの放出量が多かった。さらに、糸状藻類についても分解速度が沈水植物より 2 倍以上早いことなども分かった。

今後、これらの沈水植物や糸状藻類が過剰に繁茂したり、湖岸に多く漂着した場合、水質に対する影響は無視できないものと推察され、これらの除去対策についても急がれることが示唆された。なお、本内容の一部については日本陸水学会第 69 回大会において口頭発表²⁾を行った。

謝辞

本研究にあたり、琵琶湖研究所の中島拓男上席総括研究員、濱端悦治専門研究員および琵琶湖博物館の芳賀裕樹主任学芸員から多くのご助言を頂きましたことに心より感謝いたします。また、本調査の実施にあたり、県水政課、旧県自然保護課、県環境管理課の関係職員から多くのご助言を頂いたこととともに、水質調査船「みずすまし」の乗組員の方々には、沈水植物の採集についてご協力を頂きました。心よりお礼申し上げます。

引用文献

- 1) Hamabata, E and Kobayashi, Y :Lakes & Reservoir, 7, 331-341(2002)
- 2) 一瀬諭,若林徹哉,岡本高弘,藤原直樹,加賀爪敏明,辻元宏:日本陸水学会要旨,69,79(2004)

- 3) 滋賀県立衛生環境センター:平成 15 年度琵琶湖生態系変動要因調査,琵琶湖沿岸帯水質形成機構調査報告,5-14(2003)
- 4) 大塚泰介,桑原靖典,芳賀裕樹:陸水学会誌,65,13-20(2004)
- 5) 芳賀裕樹,芦屋美奈子,松田征也,大塚泰介:日本陸水学会要旨,69,227(2004)
- 6) 芳賀裕樹,大塚泰介,辻元宏,中里亮治,楠岡泰:第 9 回世界湖沼会議発表第 4 分科会,21-24(2001)
- 7) 濱端悦治:日本生態学会誌,41,125-139(1991)
- 8) 濱端悦治,山田拓也:日本陸水学会要旨,68,147(2003)
- 9) 水資源開発公団琵琶湖開発総合管理所:琵琶湖沈水植物図説,22(2002)
- 10) 奥田重俊,佐々木寧:河川環境と水辺の植物.ソフトサイエンス,74-88,東京(1996)
- 11) 生嶋功:琵琶湖の水生高等植物.琵琶湖生物資源団中間報告,313-341(1966)
- 12) 落合正宏,大沼俊之,鈴木晋太郎,中島拓男:水処理技術,32,35-43(1991)
- 13) 落合正宏,山本修一,林秀剛,福島和夫,小椋和子,石渡良志:陸水学雑誌,47,115-120(1986)
- 14) 中島拓男:霞ヶ浦臨湖実験施設研究発表会講演報告集,873-75(1994)
- 15) Barko, J. W. and Smart, R. M. : Aquat. Bot.,10,339-352(1981)
- 16) Briston, J. M. and Whitcombe, M.: Amer. J.Bot.,58,8-13(1971)
- 17) Carignan, R. : Science, 207, 987-989(1980)
- 18) Caffery, J. M. and Kemp, W. M. : Limnol. Oceanogr. 37. 1483-1495.(1992)
- 19) 山口久直:陸水学雑誌,8,79-83(1938)
- 20) 生嶋功:琵琶湖生物資源調査団中間報告,313-341(1966)

け