

<10> 札幌地方に生育する3種の浮草について

Investigation of Three Types of "Duckweeds" Growing in Sapporo

公害検査課 佐藤泰昌 宮下 努
横田秀幸 田坂克明

〔I〕 結 言

公共水の汚染防止のため、現在おこなわれている汚水処理は、主としてBODやSSの除去を、目的にしている。汚水処理場の普及により、きれいになってきているはずの河川水も、一方では、窒素、磷の除去が不完全なために、これら公共水にも富栄養化というあらたな公害が問題となってきた。

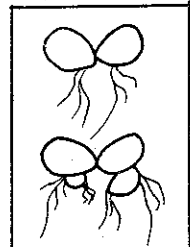
これら窒素、磷の除去については、近年、多くの研究が試みられているが、われわれは昨年、浮草による窒素、磷の除去という文献¹⁾に目をつけ、本年度はとりあえず、札幌地方に生育する3種の浮草について、主にその生育条件について調査した。

〔II〕 浮草の種類

札幌市内の水田にみられる浮草は、大体いわゆるウキクサとよばれているものとアオウキクサそれにイチヨウゴケの3種類である。なかでもアオウキクサは、増殖が、速やかで実験のための多くの場所を必要とせず、その上試料が均一であることから、これを利用した実験も、数多く試みられている。^{2) 3)}

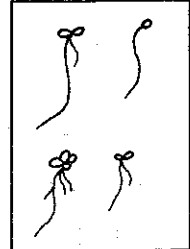
1 ウキクサ

ウキクサは直径7~12mm位のプロンド(葉状体)を通常2個もち根を数本から数十本もつ。成長につれ母葉の裏側から分離していく。(右図参照)



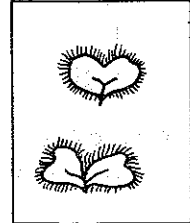
2 アオウキクサ

アオウキクサは直径2~3mm位のプロンドを1~2個もち根を数本もつ。成長とともにフロント数が増しこれもやがて母葉から分離していく。(右図参照)



3 イチヨウゴケ

イチヨウゴケは直径8~13mm位で通常1個のプロンドであるが成長とともにまん中からくびれそして分離する。根は無数である。(右図参照)



〔III〕 浮草の成長に関する実験

浮草の成長等について厳密に実験するには、浮草を無菌的に培養する必要がある。又植物には光週期があり、種によっては短日性を示すもの逆に

長日性の強いものもある。4) しかし今回は設備の関係もあり光(日光)と培養液(栄養源)について検討した。

1 光

図1は当所の屋上にある百葉箱中(外気には触れるが直射日光には当たらない。)で図2は同屋上の直射日光下で各々生育させたものである。

2 培養液

培養液は次の3種類を用いた。

(1) BOD用希釈水

BOD用希釈水は元来細菌及び微生物が最も成長しやすいような栄養源をそなえた自然水とみなすことができることにヒントを得、JISK0102に従って調整した。(BOD用希釈水中のN濃度は0.44mg/l, P濃度は9.66mg/lにし他にK, Mg, Ca, Fe等を含む。)

(2) 標準培養液

標準培養液の組成は表1に示す。

この培養液を $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{1000}$ に希釈して使用した。各PHは原液から順に約4.4, 5.5, 6.0, 6.5である。

表1 標準培養液組成

試 薬	添加量	各元素濃度
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{N}_2\text{O}$	1.18 g/l	N ; 350 mg/l
KNO_3	1.52 "	P ; 160 "
KH_2PO_4	0.68 "	K ; 780 "
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.49 "	Ca, 200 "
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	3.62 mg/l	Mg; 50 "
H_3BO_3	2.86 "	Mn; 10 "
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.22 "	B ; 0.5 "
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.08 "	Zn, 0.05 "
Na_2MoO_4	0.10 "	Cu, 0.02 "
Tartaric Acid	3.00 "	Mo; 0.05 "
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	5.40 "	Fe; 100 "

Water up to 1000 ml

(3) 水田水

実際に浮草が成長していた水田の水を使用した。

3 実験結果

光および培養液が浮草の成長におよぼす影響をまとめて、表2, グラフ1, 2, 図1, 2に示す。

表2 8日後のウキクサとアオウキクサの葉数変動

培養液	直射日光の有無	ウキクサ		アオウキクサ		直射日光有 直射日光無	
		葉数変動	増加率	葉数変動	増加率		
							直射日光有
$\frac{1}{1000}$ 標準培養液	無	2 → 2.5	125	160	3 → 6	200	0.80
	有	2 → 4	200		7.5 → 12		
BOD用希釈水	無	2 → 3	150	250	2 → 4	200	168
	有	2 → 7.5	3.75		5.5 → 18.5		
水田水	無	2 → 4	200	195	2 → 4	200	240
	有	4.5 → 17.5	3.89		7.5 → 36		

図1 浮草の成長（屋外百葉箱中で培養）

	標準培養原液	$\frac{1}{10}$ 標準培養液	$\frac{1}{100}$ 標準培養液
8 / 5 (初日)	<p>ウキクサ アオウキクサ イチョウゴケ</p>		
ウキクサ	葉数 2	葉数 1	葉数 2
アオウキクサ	" 1	" 2.5	" 2.5
イチョウゴケ	" 1	" 1	" 1
8 / 10 (5日後)			
ウキクサ	葉数2 根が完全にとれ葉も枯れる	葉数1 根が完全にとれ葉も枯れる	葉数2.5 葉が2分され一方より新葉でる
アオウキクサ	" 1 葉に斑点でる	" 2.5 根もとれ完全に死んだ状態	" 2 根のなかった葉が枯死他不変
イチョウゴケ	" 1 不変	" 1 上日と不変	" 1 不変
8 / 13 (8日後)			
ウキクサ	葉数2 葉も完全に死んだ状態	葉数1 枯死	葉数2.5 葉の1つが枯れ根もとれる
アオウキクサ	" 1 上日と不変 青味へる	" 2 枯死	" 2 根がとれてしまう
イチョウゴケ	" 1 先端部分から黒ずんでくる	" 1 上日と不変	" 1 全体に小さくなり元気ない
8 / 19 (14日後)			
ウキクサ	} 生長全くなく枯死状態で中止	} 生長全くなく枯死状態で中止	} 生長は全くなく中止
アオウキクサ			
イチョウゴケ			

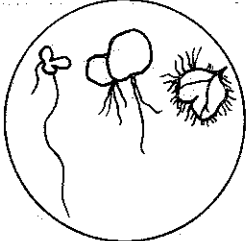
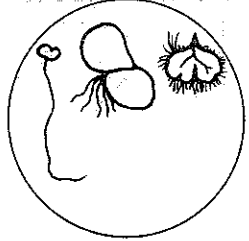
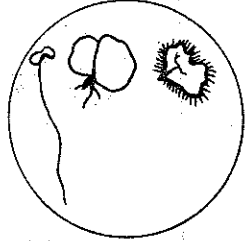
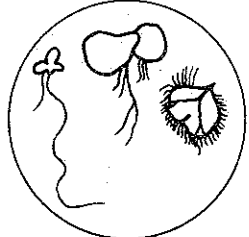
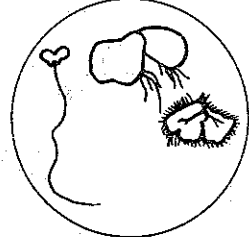
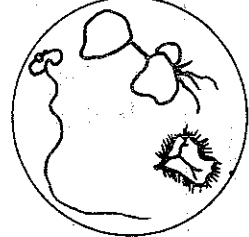
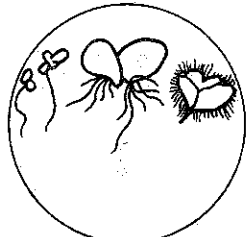
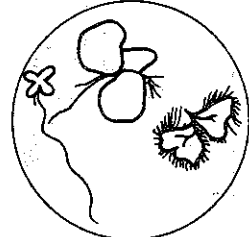
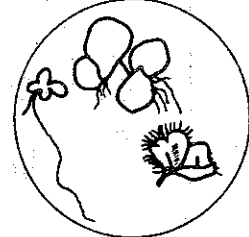
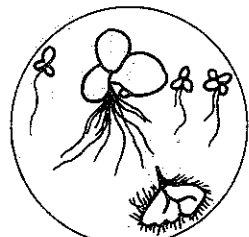
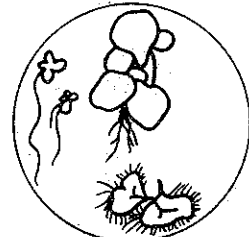
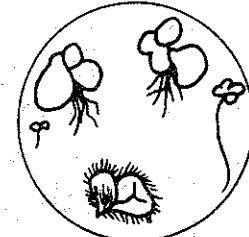
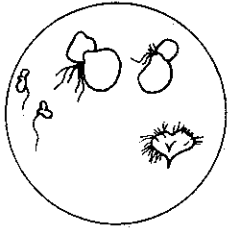
$\frac{1}{1000}$ 標準培養液	BOD用希釈液	水田水
		
葉数 2	葉数 2	葉数 2
" 3	" 2	" 2
" 1	" 1	" 1
		
葉数 2 もっとも青々しているも上日と不変	葉数 2 上日と不変も青々としている	葉数 3 完全に2つに分かれ新葉がでる
" 3.5 小さな葉がで始める	" 2.5 小さな葉が出始める	" 2.5 小さな葉が出始める
" 1 上日と不変	" 1 まん中のくびれが大きくなる	" 1 上日と不変
		
葉数 2.5 生々している新葉が出始める	新葉 3 新葉がで生々している	葉数 4 各々の葉は成長し又生々している
" 6 完全に2分される	" 4 葉が生長し完全に4つになる	" 4 葉も生長し完全に4つになる
" 1 上日と不変	" 2 まん中から2分されたのが特徴	" 1 まん中のくびれが目立つも黒ずんでくる
		
葉数 3.5 葉も根も成長	葉数 6 著しく葉がえるえ一本の太い根で結ばれている	葉数 7 2分され新しい葉が生成する
" 10 さらに2分され成長	" 7 2分され生長	" 6 2分される
" 1 まん中のくびれが大きくなり出す	" 2 ほぼ完全に2つに分かれようとしている	" 1 片面が完全に枯死する

図2 浮草の成長(屋外直射日当下で培養)

	河川水	BOD用希釈液	1/1000標準培養液
8/10 (初日)			
クキクサ	葉数 4.5	葉数 4	葉数 2
アオウキクサ	* 7.5	* 5.5	* 7.5
イチョウゴケ	* 1	* 1	* 1
8/12 (2日後)			
クキクサ	葉数 6.5 葉も根も大幅にあえる	葉数 4 葉が10分され太い根で結ばれている。根も増大	葉数 2 個数変わらずも根がふえ形も大きくなる
アオウキクサ	* 12.5 葉も根も初日の倍ほどに増加	* 7 根がふえてくる	* 8.5 多少増えるも葉の色が一部分あせてくる
イチョウゴケ	* 1 上目と不変	* 1 形が変わり出しまん中にくられ生じる	* 1 形が多少変る
8/13 (3日後)			
クキクサ	葉数 7.5 多少葉の色があせてくるも著しく増加	葉数 4.5 新葉でき根も増え伸びる	葉数 2.5 新葉できても成長は遅い
アオウキクサ	* 16 3個が5個に分れる	* 9.5 上目よりわずかに増える	* 10.5 葉数は多少増えるが根のとれるものもある
イチョウゴケ	* 1 まん中のくびれがさらに 分断運動	* 1 上目とあまり変化ない	* 1 上目に変わりず
8/19 (9日後)			
クキクサ	葉数 17.5 一部枯れてきているところもあるも初日の4倍	葉数 7.5 完全に2分され初日の約4倍に	葉数 4 成長が遅く葉数も初日の2倍
アオウキクサ	* 36 これも一部がとれるものもあるも初日の8倍	* 16.5 一気に8個体に分れ葉数初日の3倍強	* 12 根が完全にとれ枯死
イチョウゴケ	* 2 完全に2分するもほぼ枯死	* 1 黒ずんでしまう	* 1 形は変るも個数に変化ない

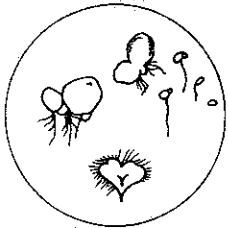
1
100 標準培養液



葉数 4

・ 5.5

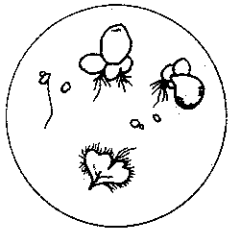
・ 1



葉数 6 根なども増加しているがあまり変化ない

・ 6 上日とほとんど変化ない。あまり元気ない

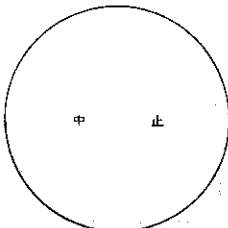
・ 1 上日と変わらず



葉数 7.5 多少ふえるも成長は極めて遅い

・ 6 根がとれ出しほとんど枯死

・ 1 不変

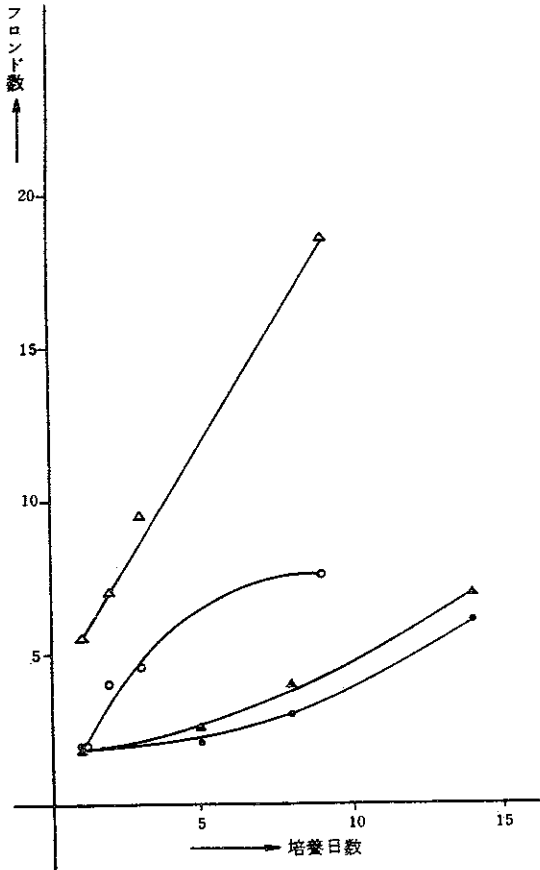


特にアウキクサが完全に枯死したので中止する

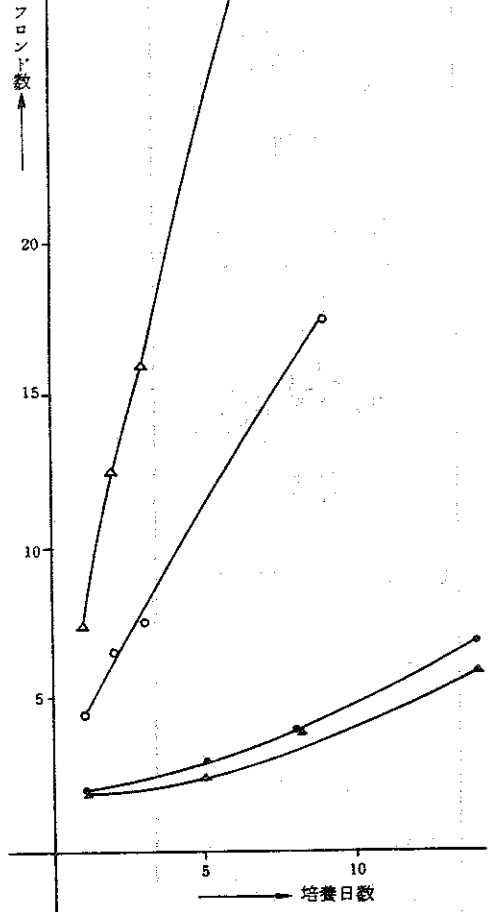
ウキクサとアウキクサの成長度合

- 直射日光下でのウキクサ
- 直射日光を避けた所でのウキクサ
- △ 直射日光下でのアウキクサ
- ▲ 直射日光を避けた所でのアウキクサ

グラフ1
培養液としてBOD用希釈水



グラフ2
培養液として水田(河川)水



4 考 察

以上のことから浮草の成長に関しては次のことがわかる。

- (1) 直射日光にさらした方が直射日光をさけた場合よりウキクサ、アオウキクサとも成長が速く大きい。平均1.8倍位になる。(但しアオウキクサの $\frac{1}{1000}$ 標準培養液では、9日後に、直射日光下のもので、枯死したものがあつたため増加率が劣っている。)
- (2) 標準培養液の濃度の濃いものはほとんど枯死してしまっている。これは濃度が濃すぎる(原液でNが35.0mg/l, Pが1.60mg/l)ため以上にP^Hが低すぎるせいであろうと思はれる。
- (3) 又この標準培養液よりもBOD用希釈水および水田水のほうが成長も速く元気もいい。
- (4) 浮草中ではアオウキクサ、ウキクサとも同程度の増加(葉数)を示すがイチョウゴケはこれら2つに比べ悪い条件下(例えば直射日光の当たらない濃度の濃いP^Hの低いところ)でも生きてはいるが成長は極めて遅く又1度2個に分裂した後は枯死する傾向にある。
- (5) アオウキクサとウキクサは条件が良ければ無数に分裂増加していくが特にアオウキクサは種々の条件に敏感で弱い。(勿論10日以上たつと母葉の方から順次枯死していく。)

〔Ⅳ〕 浮草による窒素、磷の吸収に関する実験

浮草の成長度合は大體判明したが、その浮草が分裂増加していく中ではたしてどれ位の窒素、磷を吸収するのか、当実験の大きな目的であるが当地では浮草が9月末まで位しか生育しないためこれについては充分な検討までいかなかった。ただ1度の実験でしかも設定条件が、あまいところもあるが参考として以下の実験を報告しておく。

1 実験方法

500ml ビーカー2個に各々河川水、400mlを入れた組を4組つくり、ビーカーの一方に浮草(3種の浮草を各々葉数が、4~6個、同葉数にして。)をうかべ、屋外に放置する。一方の河川水だけ入つた方を対照液とし浮草の入つた方の窒素、磷量を、数日おきに測定する。なお窒素は下水試験方法にある総窒素ケルダール法、磷は上水試験方法にあるメタリン酸塩・酸分解法で総リン酸量として求めた。

2 実験結果

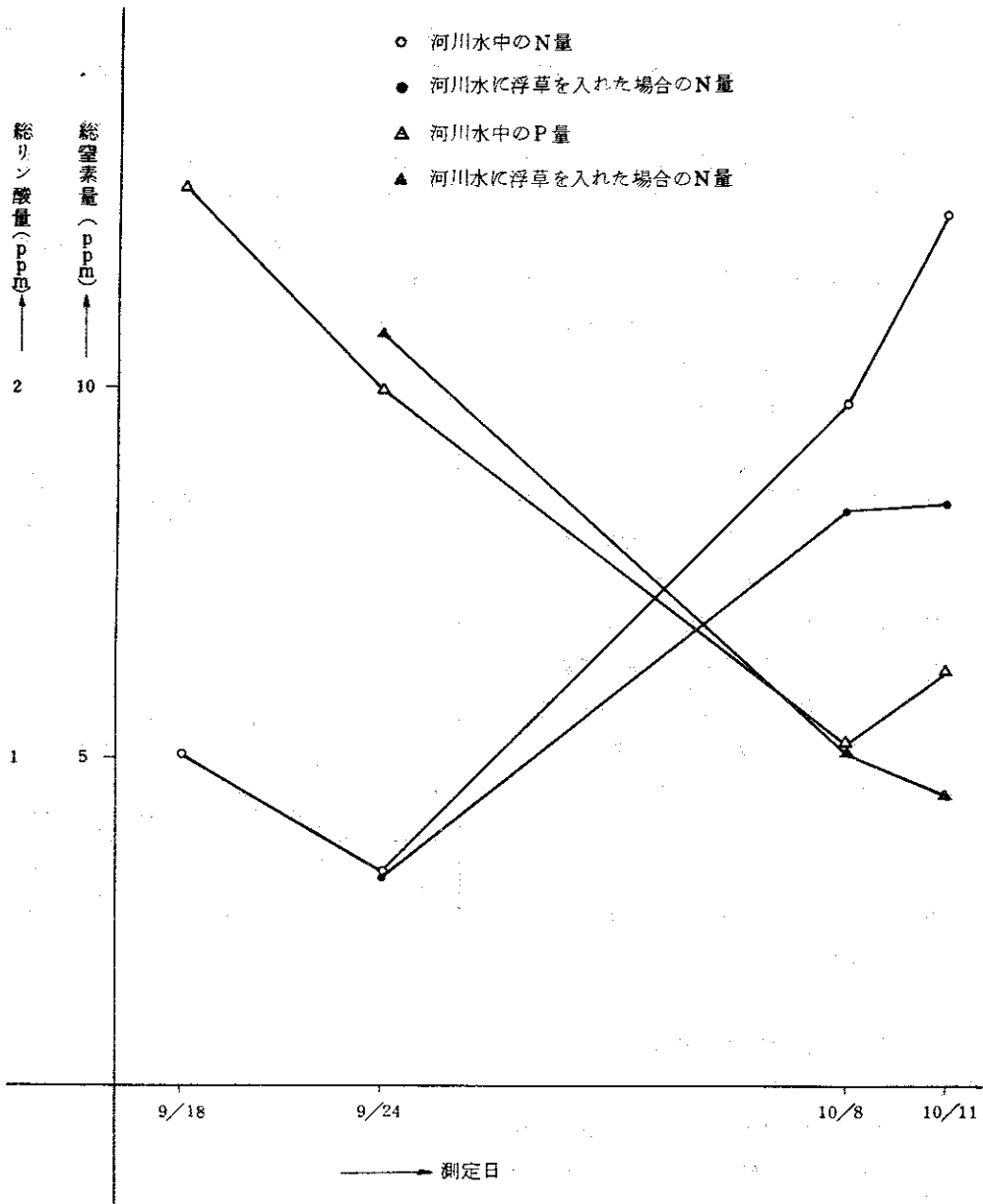
表3, グラフ3に示す

表3 浮草によるN, Pの吸収

測定日	測定物	総リン酸濃度 (PPm)	総窒素濃度 (PPm)
9. 18	河川	2.68	4.94
9. 24	河川	2.08	3.22
	河川+水草	2.25	3.15
10. 8	河川	1.03	10.19
	河川+水草	1.00	8.58
10. 11	河川	1.24	13.03
	河川+水草	0.88	8.68

グラフ 3

浮草によるN、Pの吸収



3. 考 察

本調査にあたって浮草の生育条件を試験室において一定に保持することが困難であったため明瞭な結果が得られなかった。調査結果から考えられるその主な理由は(1)生育条件が最適でなかった(2)培養液に細菌等が増殖したためか、培養液中窒素量が著しく増加した。(3)培養液量不足のためか水分蒸散による培養液の濃縮が目立った等があげられる。

〔V〕 結 語

札幌地方に生育する3種の浮草について主にその生育条件について検討した。アオウキクサ、ウキクサは直射日光のもとでBOD用希釈水、水田水を培養液にすると約3～5倍の成長(1週間で)を示すことがわかった。今後条件設定を完備し窒素、磷の吸収について検討し、あわせて他の植物(例えば青藻等)との共存性についても検討したい。最後に試料の採取等で御協力いただいた公害部、農林省農業試験所の各位に深謝する。

文 献

- 1) 田崎忠良・高橋義明・中島忠広・瀬戸昌之(東農工大・農)“ウキクサの成長におよぼすカドミウムの影響と栄養塩類との関係”
- 2) 佐藤治雄;パイオクテ, 3, 2, 123(1972)
- 3) 吉良竜夫・安藤萬喜男・佐藤治雄;日本生態学会誌, 23, 2, 65(1973)
- 4) 山下昭治;名古屋大学農学部植物栄養および肥科学教室研究報告第1号(1964)