

図24 沈水植物刈取り方法

に供した。その結果セキショウモについてはりん含有率が1.0~1.1%、クロモについては1.2%となった。大阪大学の資料によれば沈水植物のフサモで2.0%、コカナダモで1.1%となっており、概ね一致すると思われた。

2) 沈水植物の刈取り方法に関する検討

2010年11月9日に実験水域で刈取り試験を行なった。すでに沈水植物の繁茂期は終了していたため、抽水植物であるヨシを刈取り対象とした。船の側面から水面下にバリカンを入れて刈取ったが、問題なく作業を行なうことができ、刈取った葉はタモ網などですくい取ることで回収すれば、実際に使用できると考えられた(図24)。

3) 沈水植物の刈取量の推定と窒素、リン除去量の推定

エクマンバージ採泥器を用いた定量的な沈水植物の採取を2010年11月9日に行った。10回採取した結果を表15に示した。湿重量の割合では、実験水域に自生したホザキノフサモが50%以上を占め、ついでセキショウモが30%程度となっていた。採取面積と植栽水域の面積比から、水域内の沈水植物量を求めると、850kg程度と推定された。

田中からは沈水植物の刈取り法として、草体の50% (根元から50%を残す)、および90%での刈取りによる植物体への影響を検討している。その中では50%を刈取っても、その後の成長に支障がないと報告している。

仮に50%の長さで刈取りを行なった場合、先に求めた窒素含有率(3.3% dry weight)とりん含有率(1.1% dry weight)を用いると、実験水域内でおよそ0.9kgの窒素と0.3kgのりんを系外に取り出すことができると試算された(表16)。

これとは別に実験水域の内側2地点、外側3地点で各3回ずつ自作アンカーで採取実験を行なったところ、表17に示したとおり、外側では自生種のホザキノフサモのみ採取されたが、実験水域内では湿重量で約10%の割合でセキショウモが採取され、植栽の効果がある程度認められた。

3-2-5 セキショウモの栽培に及ぼすコイの影響

期間中の水温は11.6~19.3℃(平均13.1)であった。水質測定結果によると、コイを収容した水槽(2区、3区)では、直後から粒子の細かい黒土の影響により水槽内が濁り、透視度は4~8cmと著しく低下した。一方、収容しなかった1区、4区は30cm以上と高く透明であった。全体的には、飼育期間が10日間と短く、コイも無給餌であったため、透視度以外の水質項目に大きな違いはなかった。

セキショウモの活着率は1,4区100%、2区0%、3区62.5%と、コイを収容しない区の方が高かった。小型コイを収容した2区では8株中6株が浮上し、2株が不明であった(表18)。浮上した5株は葉の先端が捕食された様相を呈していた。大型コイを収容した3区では浮上はなかったが、取り上げ時には3株が不明であり、葉も収容時の半分

表15 エクマンバージ採泥器による水草採取結果

沈水植物	湿重量(g)	乾重量(g)	現存割合(湿重量%)
ホザキノフサモ	116	7.9	54
セキショウモ	62.2	4.3	29
クロモ	3.8	0.27	1.8
エビモ	29.3	1.8	14
ホソバミズヒキモ	2.4	0.28	1.1

表16 実験水域内水草推定現存量と窒素・りん量

実験水域内の推定現存量(kg)	50%刈取り時の乾重量(kg)	窒素除去量(kg)	りん除去量(kg)
460	15.7	0.52	0.17
250	8.6	0.29	0.10
15	0.5	0.02	0.01
120	3.7	0.12	0.04
10	0.6	0.02	0.01

表17 実験水域内外の水草掻き取り量

採取地点		ホザキノフサモ(g)	セキショウモ(g)
実験水域外	St. 1	460	-
	St. 2	180	-
	St. 3	760	-
実験水域内	St. 1	1100	110
	St. 2	1000	99

表18 セキショウモの浮上数

調査日	経過日数	1区	2区	3区	4区
6月1日	1		1		
6月4日	4		1		
6月7日	7		4		
合計		0	6	0	0
取上数		8	0	5	8
不明数		0	2	3	0
活着率(%)		100	0	62.5	100

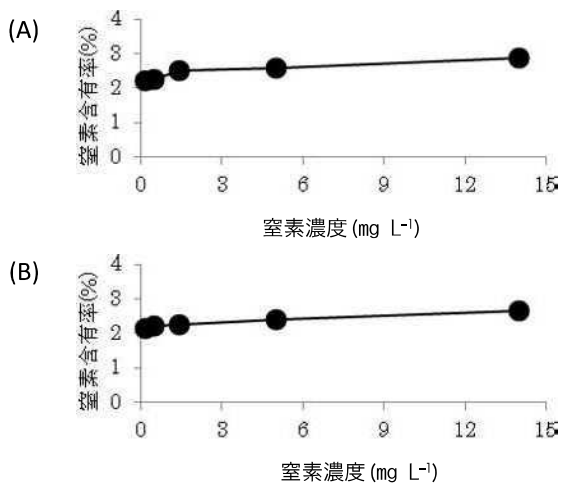


図25-a 全窒素濃度含有量の関係  
(A) : ヨシ (B) : マコモ

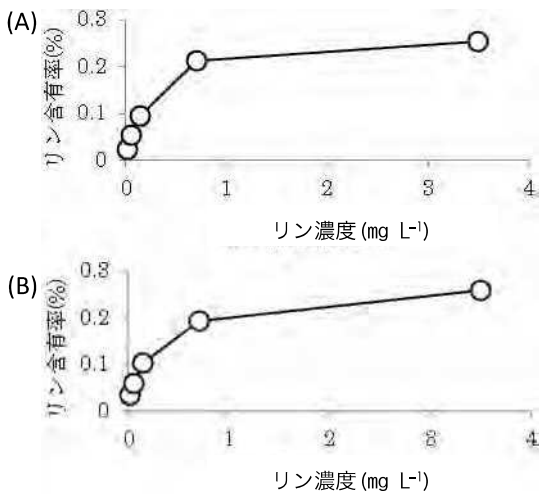


図25-b 全りん濃度含有量の関係  
(A) : ヨシ (B) : マコモ

の大きさとなっていた。浮上は毎日確認したため、両区の不明株はいずれもコイの捕食によるものであり、浮上率の差から小型コイの方がより多く捕食したものと考えられた。1,4区のセキショウモは収容時より明らかに成長しており、両区の大きさには有意差がなかった。付着基材とした焼成土は、活着率や成長からみてセキショウモの培養に有効であることが判明した。

最終日のコイの生残率は各区とも100%であった。コイは無給餌のため両区とも平均体重はやや減少したが、平均肥満度は有意に低下していた。最終日のコイの消化管内容物は2区、4区とも空で、セキショウモは直接確認できなかった。

### 3-2-6 植生浄化モデルの構築

#### 1) 植物体中栄養塩含有量と栽培液中濃度との関係

人工気象器内で栽培した際に得られたヨシとマコモ植物体の窒素及びリン含有量(乾燥重量比)と栽培水中の濃度との関係を図25-a・bに示した。いずれの植物においても栄養塩含有量は、栽培液中の栄養塩濃度に依存し、

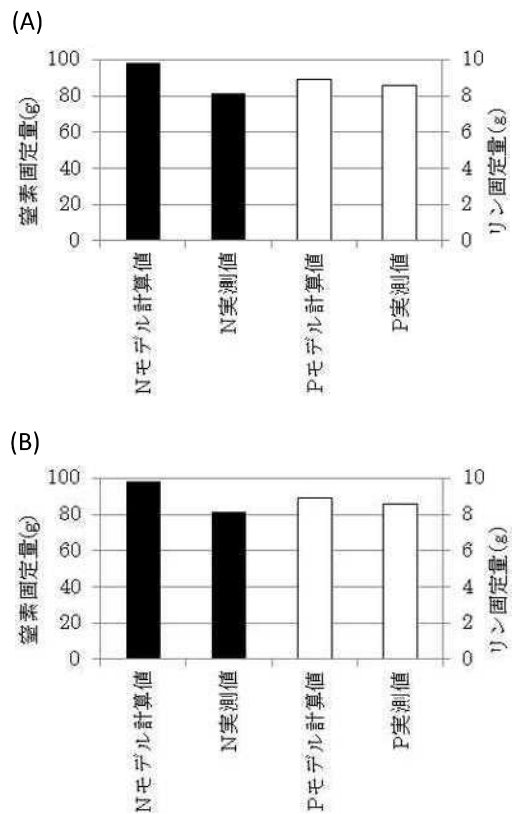


図26 野外池における栄養塩固定量モデル計算値と実測値の比較 (A) : ヨシ, (B) : マコモ

特にリン含有量は栽培液濃度により大きく変化していた。これより、両者の間にMichaelis - Menten型の関係を見だし、Lineweaver-Burkプロットによりヨシの窒素最大含有率2.65%、半飽和定数0.118 mg-N/L、リン最大含有率0.18%、半飽和定数0.094 mg-P/Lを、またマコモの窒素最大含有率2.41%、半飽和定数は0.020 mg-N/L、リン最大含有率0.16%、半飽和定数0.056 mg-P/Lを得た。

#### 2) 栄養塩吸収モデルを用いた浄化作用の予測

栄養塩吸収モデルの有効性を検討するため、野外池に設置した植栽基盤ユニットにて経年栽培しているヨシとマコモに固定される窒素とリン量をモデルにより計算し実測値と比較した。この植栽基盤は基盤(0.51 m<sup>2</sup>)にヤシマットを用いており、4月頃発芽し10月には地上部の刈り

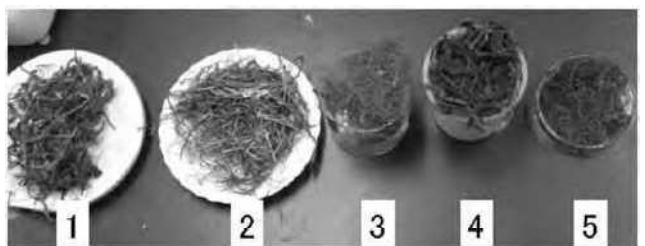


図27 堆肥化実験乾燥試料  
1: オオササエビモ, 2: セキショウモ,  
3: ホソバミズヒキモ, 4: ホザキノフサモ,  
5: クロモ

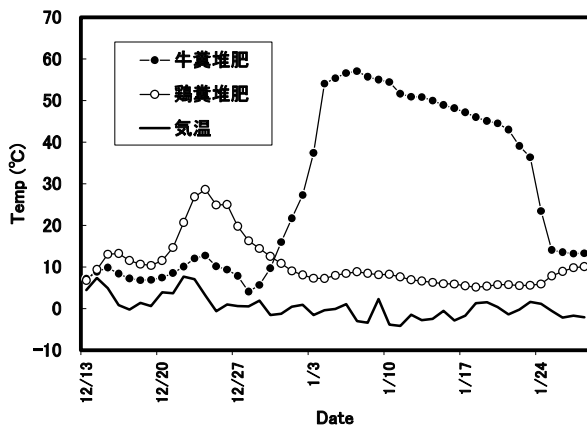


図28 水草堆肥の熟成過程

表19 水草試料の灰分含有量 (乾燥重量比%)

試料	灰分(%)
オオササエビモ	22.7
セキショウモ	8.7
ホソバミズヒキモ	9.4
ホザキノフサモ	23.0
クロモ	18.0

取りを行っている。モデル計算に用いる温度と光のデータは気象庁より公表されている日ごとの値を、水質データは実測値を用いた。本モデルでは、日ごとの生育並びに栄養塩固定量を計算し、これを日ごとに積算していくことで栽培期間中の総量を予測している。2010年4月～10月の計算値と実測値の比較を図26に示した。窒素固定量は実測値よりも17-19%程度過大な値を示したが、リン固定量はほぼ実測値に近い値を示しており、概ね本手法により野外環境で生育する抽水性の水生植物のバイオマス生産に伴う栄養塩固定量を予測できることが分かった。

### 3-3 バイオマスの有効利用方法の検討

#### 3-3-1 バイオマスの有効利用方法の検討

昨年度は山中湖村クリーンセンターの排熱を利用したバイオマスの乾燥処理法について検討したが、今年度は水草バイオマスの堆肥化を試みた。すなわち、乾重量測定のために採取された水草試料を用いて実験を行った(図27)。

それぞれの水草乾燥試料について、まずその有機物含有量を調べるために、灰分量を測定した。試料を量り、マッフル炉にて500°C、20分間の処理を行い、有機物を完全に除去した。処理後の試料重量を測定し、灰分量とした(表19)。灰分含有量は種によって異なり、8.7%から23%までの値をとった。いずれも有機物がかなり含まれていることが示されたが、このほとんどは多糖類等の糖質であることが考えられる。

次に、乾燥水草試料の堆肥化を試みた。水草単体では

発酵資材として有機物量が不十分であることから、北杜市の株式会社白州郷牧場において、鶏糞および牛糞の堆肥製造時に試料を加え、堆肥化の状態を調査した。その結果、水草バイオマスを加えても畜糞の堆肥化は順調に進行し、熟成した堆肥が作れることがわかった(図28)。水草バイオマス、あるいはさらに二枚貝バイオマスをどの程度まで負荷することができるか等については、今後の調査が必要である。

## 4. 考察

### 4-1 湖内調査

#### 4-1-1 水草・大型藻類とその生育環境の周年変化

本年度の調査では、これまでに山中湖では未確認であったコケ植物門のイチョウウキゴケ(浮遊植物)、緑藻植物門のツルギミドロとヒビミドロ属の一種を確認することができた(表4)。本プロジェクトにより調査を開始した2007年7月から2011年1月までに確認された水草・大型藻類は、沈水植物が12種(クロモ、ホザキノフサモ、セキショウモ、ホソバミズヒキモ、センニンモなど)、浮遊植物が2種(コウキクサ、イチョウウキゴケ)、浮葉植物が2種(ヒルムシロ、コオニビシ)、抽水植物が1種(ヘラオモダカ)、大型藻が13種の計30種となった。水草・大型藻類の現存量は2009年には2008年に比べ増加しており、水草については2010年にもさらに増加したが、大型藻では2010年には減少していた(図9)。琵琶湖南湖などでは水位の低下後に水草の現存量が増大することが報告されており、山中湖の水位が2008年に比べ2009年には低下したため(図12)、光量増大などの影響で2009年には水草・大型藻類の現存量が増加したものと考えられる。また、大型藻の中で2008～2009年に現存量が大きかったアオミドロ属の一種は山中湖では水草帯よりも深い場所に多く生育しているため、2010年の水位上昇による光量不足で生育量が少なくなったものと推察される。2010年には突如としてクロモの現存量が2008年や2009年に比べ顕著に増加し、ホザキノフサモに代わって最優占種となったが、一般にクロモやコカナダモなどの多年生種では1年目に地下茎に養分を蓄えて2年目以降に大きく伸張生長することが知られている。クロモのような多年生種が水位低下のあった2009年に養分を蓄えたことで、2010年にも水草の現存量増加が生じたのかもしれない。

また、2010年は2009年に比べ水温も高かったことが本研究により明らかになった(図11、表5)が、発芽期や成長期の水生植物に水位上昇や水温上昇がどのように影響したのかは大変興味深い。今後、培養による生長実験により、光量や光質、温度の違いによる水生植物種それぞれの生長の違いなどを比較する必要がある。平野ワンドでは今回の濁度測定により濁度が周年高いことが明ら