

水質改善基質として利用された植物の多面的価値について

香川大学 農学部教授 東江 栄



ただ今ご紹介いただきました東江と言います。よろしくお願いします。私の話は、先ほど角道先生からもご紹介がありましたように、浮島の植物から話を始めたいと思います。

浮島自体はそんなに新しい話ではありません。ペルーのチチカカ湖には伝統的な人工の浮島で、ウロス島と呼ばれているものがあります。この島はトトラと呼ばれているアシで組んで、それを浮かべて、その上で先住民の方達が生活しているのです。2,700 人ぐらいが

現在住んでいて、200 個ぐらいの浮島があつて、そこで生活しているそうです。

次はインドの例です。インドのロクタク湖では、漁民がまず魚を獲るために水草を泥の中に積み上げるらしいのです。乾季にはここで作物を栽培したりもするようです。こういうふうに伝統的な浮島というのはよくあったのですが、60 年代頃から、浮島よりも人工湿地が各地で造られるようになりました。

人工湿地はヨーロッパで造られるようになりました。環境の改善、水質の改善の他に、景色を直す修景にも使われるようになっていきます。浮島は人工湿地の一つと捉えられています。伝統的な造り方としては、表面流式の人工湿地です。湿地の表面を水が流れることで、植物が物質を吸収して、湿地から流れ出ていく水が、入ってきた時よりはきれいになっているというやり方です。

最近では少し手の込んだ湿地が造られるようになってきています。それはサブサーフェス・フロー・コンストラクトと言う伏流式の人工湿地で、これには2つのタイプがあります。ひとつは水平に水を流して土にしみ込んだ水がきれいになるタイプ（水平流方式）で、もうひとつは上から垂直方向に強制的に水を土に流し込んで、浄化を行って、水をきれいにするタイプ（鉛直流方式）です。先ほどの表面流式よりも、伏流式の方がろ過する面積が多くなりますので、浄化能力が高い。それから凍ることもないということで、こちらの方が最近では一般的によく使われているようです。しかも、水平流方式では嫌氣的に浄化されるのに対し、鉛直流方式は好氣的に浄化されるという違いがあります。

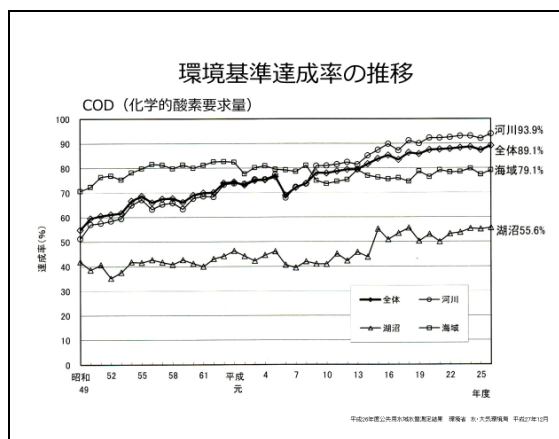
人工浮島というのはそのうちの3つ目のタイプで、浮力をもつ材質に、植物を植え付けて、この材質に植物が根を張って、そこにはいろいろな生態系ができて上がります。例えば、排水中に根を張った地下部と植物体のある地上部とで、別々の生態系が作られます。そこには鳥が来たりして、下の方に有機物がたくさん溜まりますから、有効な菌がまた繁殖するということが期待されるようです。

人工浮島は世界的に広がっていて、いろいろな場所で、いろいろな浮島が作られています。中国、オランダ、カナダでは力を入れているようですね。これらの国では大型の浮島をよく目にすることができます。特に、中国とかカナダで大々的に行われています。中国の場合は物を収穫して使うというよりは環境の修景に多く使われているようです。しかし、中国の水稲研究所では、イネを栽培して、これを食料として使うというやり方も研究されています。こういった様々なやり方があって、次第に人口浮島の利用が広がっているところですよ。

今回はその水質の浄化を目的として使おうということですので、実際、日本の淡水はどれくらい汚れているのかということです。環境省のデータによれば、昭和49年から平成26年度までに、CODで環境基準を達成した率の推移を見てみると、達成率は徐々に上がってきています。徐々にきれいになっていることを意味します。河川の場合は94%ほどが基準を達成している。すなわちきれいになっているのですが、湖沼は約56%しか達成されていません。残りの40%以上は環境基準を達成していないということです。

これは全国的に見た達成率ですが、香川県の代表的な溜池について見てみると、約6割が農業用水の水質基準限界値を超えており、多くのため池は非常に汚いです。また、残りの4割は日常生活に不快を感じる汚濁限度を超えているということです。これは県が調べたデータですが、府中湖のCODは5.1mg/Lです。角道先生のデータとほぼ合っており、5mg/Lが農業用水の限度なので、水質基準限界を上回る値を示しています。

私達も実際に全リンと全窒素を測定しました。9月から12月の間だけだったのですが、やはり9月の間は雨が多いので、窒素もリンも濃度が希釈され低くなっていますが、冬になると値が上がって、基準値を上回るようになります。全窒素・全リンいずれも、基準値を上回っているということが分かりました。



香川県のため池の現状

ため池の富栄養化程度

県内の代表的なため池67か所(平成27年)
約6割: 有機汚濁の指標であるCODが農業用水の水質基準限界を上回る

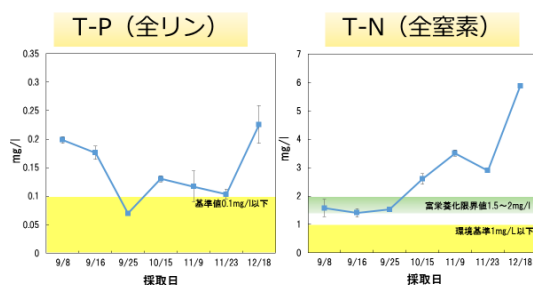
約4割: 日常生活に不快を感じる汚濁限度を超える

府中湖のCOD

放流口 5.1mg/L, 中央 6.5mg/L
農業用水の水質基準限界を上回る

環境省環境政策評価課編纂 平成27年度 水質調査結果(香川県) 田原、高村、藤田 ため池の水質特性からみた水質汚濁と水質改善 環境政策研究機関誌101-147-60 2016

府中湖の全窒素量及び全リン量



こういう所に植物を浮かべて、きれいにしようというのが、研究の目的です。こういった植物が良いのかというと、酸素が少ない還元（嫌気）状態でも、人工浮島でちゃんと生きてくれるような水生植物が良いだろうということが一つ考えられます。水生植物には湿った場所で生育する湿生植物、水中の泥に根を張っているが葉や茎が水面から出ている抽水植物、水の上に浮かんでいるが根は水中の泥に根付いている浮遊植物、水中の泥に根付いて葉は水中にある沈水植物、浮かびっぱなしで浮遊している浮漂植物に分けられます。この中で沈水植物は、系外に出すのが難しいということで、浮島の植物には向かないとされています。ですから、候補植物としては湿生か、抽水、あるいは浮遊、浮標ですね。これらはよく使われています。特に有名なものは、浮遊植物のホテイアオイですね。ホテイアオイとかアシとかガマとか、そういった植物が今までよく使われてきました。

適した植物の特性としては、人工浮島に使いやすく、大きくなった方が良い。どんどん大きくなってきて、養分を多く吸収してくれた方がもちろん良くて、バイオマス生産性が高いこと、長期間にわたって養分を吸収してほしいので、生育期間が長いこと。それから、刈り取った後、また植え付けるのではなくて、その根からもう一回再生した方が楽です。再生能力が旺盛であること、それから、植え付けた後にすぐに、養分を吸収してほしいので、根茎発達速度が速いというのが、人工浮島の植物として適しているであろうと言えます。

栄養塩の吸収能力に優れる植物がもちろん良いのですが、普通の作物は肥料を与えないと育ちません。ところが、野生の植物には、栄養塩が薄い状況から濃い状況下まで幅広く適応できるのがいますので、そういった意味で栄養吸収能力に優れたものを選択するのが良いでしょう。それから、重過ぎると刈り取った後の操作が難しくなりますので、収穫、搬出が簡単である方が良いといえます。「刈り取った後に、何に使うか」ですが、当然「資源として利用価値の高い方が良い」といえます。ここがいつも問題になるところです。刈り取った後は燃やすだけとか、仮に利用できたとしても利用価値が低いものではだめです。

人工浮島に適した植物の特性

水質浄化を目的とした場合

1. バイオマス生産性が高い
2. 生育期間が長い
3. 再生力が旺盛
4. 根茎の発達形成が速い
5. 栄養塩吸収力に優れる
6. 収穫搬出が容易
7. 資源としての経済的利用価値が高い

原・中「水質改善と水辺の復興」(2002)

今までに用いられ、推奨されてきた植物としては、ここに青文字で示しているようなものがあります。ホテイアオイとか、カナダモ、ヒシ、ヨシ、マコモ、ガマです。ホテイアオイは、さきほど言ったように水面に浮いている植物です。あとのものは、湿性植物と呼ばれている、水の多いところに根付いている水際に生えているような植物達です。こういったもの達を調べて比較しますと、それほど再生力が高くないということが分かってきました。ヨシ、マコモは夏の間に地下部に栄養分を貯めないし、次年度の再生ができません。夏場に刈り取ることが多いので、次年度の再生能力が非常に低くなってしまうという問題があります。

スライドの中に示している 2 から 8 までの全ては、ホテイアオイの問題点です。特にホテイアオイは含水率が高いのが大きなネックになります。ですから、採集が厄介であることに加えて、ホテイアオイに関しては家畜の飼料にすることやメタンを作ってバイオエネルギーとしての利用も考えられているのですが、水を多く含むために、処理途中で腐敗するという問題が起きます。

生え方にも問題があって、下の葉から次々に枯れていって、せつかく固定した栄養分が、また水の中に戻ってしまうという問題もあります。世界 5 大水田雑草の一つに挙げられています、管理をうまくしないと、周辺地域での雑草化が問題になります。以上のことから、ホテイアオイはあまり推奨されません。

これは佐賀大学の研究成果です。46 種類 7 項目の調査を行って、どの植物が一番良いのかを調べています。その 46 種をここにあげています。調べたのは草丈や強度です。強度を調べたのは風が来て倒れては困るからです。それから、葉っぱをたくさん作るかどうか、根っこを張る力、そして花を咲かせる時期ですね。これは生育期間に影響します。いつ生育するかというより、「冬も夏も旺盛に生育するものが良いだろう」と言うことです。

これまで用いられてきた水質浄化植物の問題点

ホテイアオイ、カナダモ、ヒシ、ヨシ、マコモ、ガマ

1. 再生力が低い (ヨシ、マコモ)
2. 生育期間が短い
3. 耐寒性が低い
4. 含水率が高く乾燥過程で腐敗しやすい
5. 収穫しにくい
6. 生育途中で下位葉から逐次枯死する
7. 密度が高まると生育が停滞
8. 周辺水域での雑草化

新・水田雑草と水田の環境 (2002)

■水上栽培における栽培適性									
供試草種名	評価項目					評価	備考		
	あ	い	う	え	お				
ミコハヒル	4	5	5	4	5	33	A	生育良好・修草効果大	
シロハシヤブ	2	5	5	4	5	31	A	生育最大	
ミスカササギ	4	5	5	4	5	31	A	水上栽培に適	
カササギ	4	5	4	3	5	30	A	修草効果大	
ミソハギ	4	4	4	5	5	30	A	開花期長・修草効果大	
コシロネ	4	3	5	5	4	29	A	生育良好	
セキショウ	5	4	3	4	5	29	A	多年生	
ハビルス	1	5	5	5	4	29	A	生育最大	
ヒメガマ	2	5	4	4	5	29	A	水辺の修草効果大	
フタイ	4	5	4	2	5	29	A	多年生	
ホシ	3	5	4	2	5	29	A	多年生	
キショウブ	5	3	4	4	4	28	A	開花期修草効果大	
ハナショウブ	4	3	4	4	5	28	A	開花期修草効果大	
ミズカンナ	2	5	4	5	3	28	A	生育良好	
ミズトナリ	5	3	3	4	5	28	A	開花期修草効果大	
カナ	2	4	4	5	4	27	B	開花期修草効果大	
サンカイ	2	5	4	3	5	27	B	生育良好	
トラフイ	4	4	4	3	4	27	B	地下部生育良好	
ミズキンバ	5	2	5	5	1	27	B	生育良好・耐寒大	
アメリカセンダングサ	2	4	4	5	4	26	B	地下部生育良好	
クナ	2	3	5	5	4	26	B	生育良好・耐陰性	
ホソバハシヤブ	5	3	3	4	4	26	B	生育やや不良	
ボンチア	3	4	4	4	3	26	B	繁殖力不足	
クワイ	5	2	3	3	5	25	B	生育不良	
コスモス	3	3	4	5	2	25	B	開花期修草効果大	
アマトラノオ	6	3	3	4	4	25	B	生育やや不良	
ハンダゴウ	5	4	3	4	3	25	B	水中・地下部が伸長	
マコモ	4	3	3	4	4	25	B	生育やや不良	
フイロセキショウ	5	5	3	2	2	24	B	生育やや不良	
カマ	5	4	3	2	3	23	C	生育不良	
シロハナサクラダ	3	2	3	4	3	23	C	繁殖力がやや弱い	
トクサ	4	3	1	3	5	23	C	繁殖力	
オニモリ	5	3	2	2	5	22	C	生育不良	
ミズトナリ	1	2	2	2	5	22	C	水上栽培不適	
オランダガラシ	5	3	4	3	1	21	C	繁殖力	
サウキョウ(葉)	5	3	2	2	4	21	C	修草効果大	
ヨシ	5	3	1	2	4	21	C	水上栽培不適	
クササギ	5	3	2	4	2	20	C	繁殖力	
コウネ	5	3	2	2	4	19	C	水上栽培不適	
サウキョウ(葉)	5	2	2	1	4	19	C	修草効果大	
セリ	5	3	2	2	2	19	C	繁殖力	

水上栽培用草種の選定

46種7項目調査
調査項目

- あ:草高
- い:茎葉強度
- う:茎葉繁茂力
- え:根系繁茂力
- お:開花時期
- か:病虫害
- き:生育期間

豊かな水田環境の創造を目指して
(財)富野花と緑の博覧会記念協会助成事業報告書

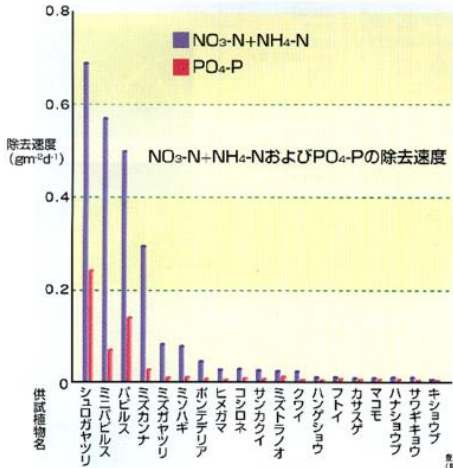
上位のミニパピルス、シュロガヤツリ、これらはカヤツリグサ科なのですね。ここにもパピルスがいます。ガマがここにきます。これらはA評価を与えられていまして、これらの植物がおそらく水上栽培、「いかだを浮かべた上で栽培する」には向いているだろうといえます。

今度は窒素とリン酸の除去速度からみた水質浄化能です。閉鎖系で窒素とリン酸をどれだけ吸収できるか、それらの除去速度を調べたものです。これは液体の窒素含量とリン酸含量ですが、シュロガヤツリが特に吸収速度が高く、次にミニパピルス、パピルスと続きます。いずれも、カヤツリグサ科の植物でした。

これは佐賀大学において、実験系で調べられたものですの

で、「これを府中湖に持ってきて、栽培することができるか、どれだけ吸収するのか」と言うようなことを、私達は調べてみました。今回調べたのはシュロガヤツリ、ハナショウブ、それからパピルス、マコモです。

窒素とリン酸の除去速度からみた水質浄化能



供試材料

- シュロガヤツリ
(*Cyperus alternifolius* L.)
- ・カヤツリグサ科カヤツリグサ属
 - ・マダガスカル島原産
 - ・多年生草本

- ハナショウブ (*Iris ensata*)
- ・アヤメ科アヤメ属
 - ・日本原産
 - ・多年生草本

供試材料

- パピルス(*Cyperus papyrus*)
- ・カヤツリグサ科カヤツリグサ属
 - ・中央アフリカ原産
 - ・多年生草本

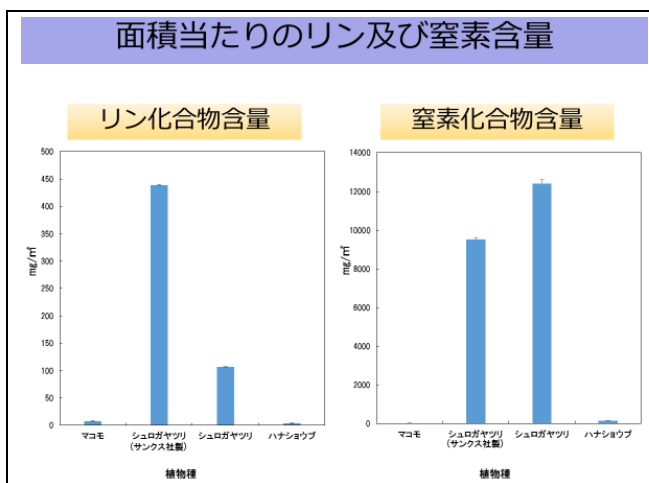
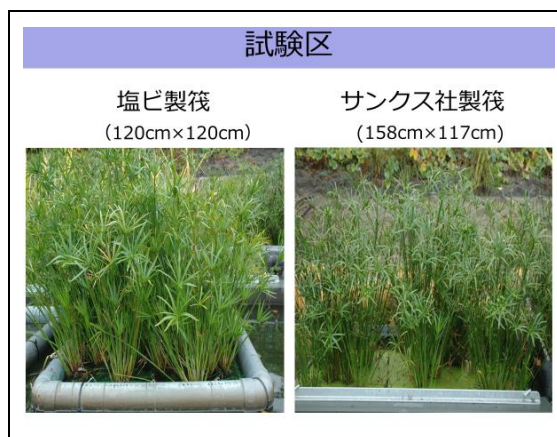
- マコモ(*Zizania latifolia*)
- ・イネ科マコモ属
 - ・東南アジア原産
 - ・多年生草本

塩ビ管を組んで網を置いて、だいたい5千円ぐらいでできました。この浮体筏の上に、シュロガヤツリの頭の部分を切って置きます。背丈が1.5mぐらいある草体の上部40cmぐらいをカットして、それを筏の上に置くと、葉っぱのところから根が出てきて、その後、再生していくという非常に面白い特性を持っています。そのようにして、植え付けて1年ぐらい経つと、スライドの背丈ぐらいは育ってくれます。

右の写真のサンクス社製の筏は、かなり頑丈に作られていて、浮きも備えられていて、かなり良いものでした。これはコストがかかっているのかもしれませんが、これらの2つを府中湖に浮かべてみました。

右図は栽培面積当たり、どれぐらいのリンと窒素を吸収するかということで、ここにそれぞれの植物をあげています。シュロガヤツリではサンクス社製で育てたものと、私達の筏で育てた結果を並べています。結果として、「リン酸と窒素のいずれも、シュロガヤツリの吸収量が非常に高い」と言うことが分かりました。

シュロガヤツリには研究例が多いのですが、その利点をまとめると、右にあげているようなものになると思います。まず、多年生であること。切るとどんどん出てくる。花は付けますが、花を付けても枯れるということがない。多年生で、ずうっと育ってくれます。しかもバイオマス量が多いということです。あとでお見せしますが、かなり高いバイオマス生産性を示します。それから、西日本であれば、年間を通じて栽培することが可能です。私達が使っていた植物、この植物は、実は香川大学の裏の川から採取してきたもので、外来種ではあるのですが、既に日本各地で見ることができます。特に西日本では枯れないので、冬の間でも栽培することが可能です。それから、刈り取った後に葉



- ### シュロガヤツリの利点
1. 多年生
 2. バイオマス量が多い
 3. 年間を通じて生育可能（西日本）
 4. 再生力旺盛
 5. 水域の栄養塩濃度によって生育が左右されない
 6. 経済的利用価値がある

図・表「水質改善と水辺の復元」(2002)

や茎を出す能力が非常に高いです。栄養が薄い状況でも根張りが良くて、すぐに、地上部が伸びてきて、栄養分を吸収してくれます。池が汚ければ、汚いほど、よく育ちます。佐賀県では池ではなくて、クリークと呼ばれる水路が発達しているのですが、その水路も富栄養化していて問題になっていますが、きれいなクリークと汚いクリークで育ち方を比較した場合には、汚いクリークの方が良く育ちました。しかも成長に対する害作用はほとんど見られませんでした。

シュロガヤツリの経済的な利用価値について紹介したいと思います。人工浮島で栽培した場合の用途として、だいたい8つぐらい挙げられています。まず、紙の原料であるパルプとして利用するという提案がなされています。

これは九州大学農学部の研究です。苛性ソーダを加えて100℃で2時間加熱します。この50%から60%の収率は、かなり高いものです。これを完全に分解し、漉いて和紙にして製品化します。和紙にしてしまえば、あとは名刺、郵便物、包装紙、書道の紙、美術工芸品などに利用することができます。

これも九州大学農学部での研究ですが、この収率をさらに上げようということで、木材白色腐朽菌を使ってリグニンの分解を試みました。しかし、さらに大きく収率が上がるというわけでもないようでした。

啓蒙活動の一環として、紙すきを地域の方々と一緒に行った活動があります。それは重炭酸ソーダで2時間過熱して、そのあと洗濯ノリを添加して、それを型に流し込んで紙を作るというやり方です。これは非常に簡単にできますし、小学生と一緒にやっていたようですが、このようにしても紙を作ることができます。

人工浮島で用いた植物の用途 (シュロガヤツリ)

1. 紙パルプ
2. 堆肥
3. キノコの菌床培地
4. 肥料（茎葉灰）
5. 炭化
6. 家畜飼料
7. バイオエネルギー原料
8. その他

森・木「水質改善と水辺の発展」(2002)

人工浮島で用いた植物の用途 (シュロガヤツリ)

1. 紙パルプ
 - a. アルカリ法
苛性ソーダ加え100℃, 2時間加熱
収率約50%~60%
手すき和紙として製品化（名刺、郵便物、包装紙、書道用紙、美術工芸品）
 - b. バイオパルピング法
木材白色腐朽菌によるリグニンの分解
 - c. 簡易アルカリ法
重炭酸ソーダで2時間加熱後洗濯ノリを添加

森・木「水質改善と水辺の発展」(2002)

それから、先ほどのリグニンを分解する菌ですね。リグニンを分解する菌で処理して、それを堆肥化するという方法です。腐植含量が高く、塩基置換容量も高く、かなり高品質な堆肥ができました。

また、九州大学農学部林産学科で行われた研究ですが、椎茸の菌床培地として使っています。一般にコナラという木粉が良く使われるものらしいのですが、シュロガヤツリに植菌して椎茸ができるかどうかを調べました。シュロガヤツリは茎があって、上に葉っぱが付きます。アンブレラ・プラントとも呼ばれていて、傘の形状を示します。葉っぱがほとんどない状況なので、茎が、光合成をして茎に非構造的炭水化物のデンプンを蓄積します。利用可能な炭水化物の含有率が他の植物よりも高くなりますので、「椎茸の菌床としては良いだろう」と言うことで、この発想に至ったと思うのですが、菌糸の蔓延度が速いので、菌糸体の量も多かったという結果が得られました。ただし、1年目だけで、2年目、3年目と使っていくと、やはりコナラの木材の方が、持ちが良く、このあたりに改善の余地があると考えられています。

それから、天日で干して乾燥させて、それを燃やすと灰ができますが、その灰を肥料として用いる試験が行われました。収率はだいたい5%ぐらいでした。イネの藁から作った灰よりも、主要な肥料成分である窒素、リン酸、カリの含有量が高く、マグネシウムとかケイ素もたくさん含まれていることが分かりました。肥効を調べた事例はあまり多くありませんが、その中で芝生への肥効の例があります。これはベントグラスに与えた例ですが、効果が非常に高いということが報告されていました。

炭にするという方法もあります。この炭は普通のイネ藁よりもカリウムやカルシウム、リン酸マグネシウムを多く含んでいることが分かりました。これは主に土壤改良材に使いますが、炭にしてしまえば、あとは他の炭で使われているような同じ用途として使うことができるということです。この土壤改良材は、先ほど申し上げましたがケイ酸を含むことから、ケイ酸質を畑に戻す肥料となります。また、普通の炭で行われている水質浄化、建築資材、育苗などの用途に使うこともできます。

それから、先ほど申し上げてはいるのですが、茎の中に利用可能性の高い炭水化物の量が多いので、家畜の飼料としても使うこともできます。発酵させてサイレージとして使う

人工浮島で用いた植物の用途 (シュロガヤツリ)

2. 堆肥
木材白色腐朽菌で分解させる
腐植含量、塩基置換容量（CEC）高い
高品質堆肥
3. キノコ（シイタケ）の菌床培地
茎部の非構造的炭水化物の含有率が高い
コナラ木粉より菌糸蔓延度が速く菌糸体量も多い
4. 肥料（茎葉灰）
天日乾燥後燃焼 収率5%
イネわら灰よりNPK含有量が高くMg、Siも多い
芝生（ベントグラス）への肥効

農・林「水質改善と水辺の環境」(2002)

人工浮島で用いた植物の用途 (シュロガヤツリ)

5. 炭化
K、Ca、P、Mgが多く含まれる
高pH、陽イオン交換容量（CEC）中程度、保肥力
土壤改良資材、ケイ酸質肥料、水質浄化資材、建築用資材、育苗培土、消臭、空気浄化、融雪、食品生鮮保持、汚泥処理
6. 家畜飼料
利用可能性炭水化物量が高い
サイレージとして利用可能
※シュロガヤツリ以外では、トウモロコシ、セイバンモロコシ、ライグラス、エンバク、オーチャードグラス等が栽培可能

農・林「水質改善と水辺の環境」(2002)

という研究があります。しかし、これの収率はそれほど高くないようです。糖蜜を与えるとか、慣行法で発酵させた場合には、まあなんとか使えるということは分かったのですが、高品質というものではなかったようです。糖蜜の量を変えるなど、いろいろな検討がなされたようですが、今後も検討の余地が残っているように思われます。

シュロガヤツリ以外では人工浮島で、トウモロコシとか、セイバンモロコシも栽培することができます。さらにはライグラス、エンバク、オーチャードグラスも栽培可能で、普通に使われている飼料として使うことができます。シュロガヤツリと同じように、人工浮島で栽培できますので、これはその浄化後の用途として、飼料として使うことができます。

あと2つほどあります。まずバイオエネルギーの原料として使うことです。これは2002年の段階まで、試行例がひとつもありませんでした。ホテイアオイ等ではメタンガスにするという方法が、80年代あたりから出てはいましたが、シュロガヤツリについてはほとんど報告がありませんでした。

その他には畳表に使ったり、わら細工に使ったり、建築用の資材として使うという報告がありました。

シュロガヤツリ以外の植物で、人工浮島で育てた植物の用途として、もう少し調べてみましたところ、食用として使おうというアイディアがありました。水質浄化に使った植物を食用にするには、やはり安全性等の問題があります。ところが、安全に対しての検討を実際にやっているところがあります。前にも述べましたが、中国の水稲研究所は水面栽培法、すなわち筏に浮かべてイネを栽培しています。中国では将来的に懸念される食糧不足に対する対応策として研究されています。

中国の水稲研究所では水稲の他に、空心菜等の野菜類を筏で栽培することも行われています。水稲や空心菜以外にもここであげているような植物を筏で栽培することが可能です。

その外、資源循環型礫耕浄化システムや水耕生物濾過法が提案されていまして、いずれも、国の研究機関が実施したのですが、こういったやり方で野菜を栽培するという例があります。先ほど申し上げたように、水質を浄化しながら、それをまた食するというのは、安全性の問題がありますので、これは検討の余地があると思います。

人工浮島で用いた植物の用途 (シュロガヤツリ)

7. バイオエネルギー原料
試行例なし(2002年現在)
メタンガス(ホテイアオイ等)
8. その他
畳表、わら細工原料(かご、コースター)、
建築用資材

図・表「水質改善と水田の発展」(2002)

人工浮島で用いた植物の用途 (シュロガヤツリ以外)

1. 食用
 - a. 水面栽培法(中国水稲研究所)
水稲、野菜類(空心菜等)を筏で栽培
栽培可能種: セリ、セロリ、パセリ、ミツバ、シソ、
バジル、ハッカ、シュンギク、スイゼンジナ、チシャ、
トマト、ナス、ピーマン、イチゴ等
 - b. 資源循環型礫耕浄化システム
ゼオライトを充填した水路に生活排水を流して
野菜を栽培する
 - c. 水耕生物濾過法
霞ヶ浦の水を水路に巡回させ、クレソン、空心
菜、セリ等を栽培する

図・表「水質改善と水田の発展」(2002)

食べるものではなくて、利用価値があると
思われるものに、観賞用としての利用があり
ます。用いる植物は花卉類や観葉植物です。
水上栽培法を長年研究されている九州大学農
学部 の縣和一先生によると、「150 種ぐらい調
べて、ほとんどが、筏で栽培できた」とのこ
とです。その場合、肥料を少量与えるなど、
いろいろ細かい技術の改善が必要ではありま
すが、私達が考えているより水上の人工浮島
で栽培することは容易であると考えられます。

シュロガヤツリのバイオマスの
量の話に戻ります。乾燥させてい
ない生重がだいたい面積当たり 9
kg ありました。それをサトウキビ
等バイオマスの大きな植物と比較
してみると、サトウキビの値は意
外にもこんなに低く、シュロガヤ
ツリのバイオマス量が非常に高い
ということが分かりました。イネ
よりもはるかにシュロガヤツリの
バイオマス量が高いということが
分かると思います。

シュロガヤツリの糖分を調べて
みました。イネはご存知のように
コメを作りますので、デンプンの
含量は高いはずなのですが、イネ
と比較すると、乾燥重量あたりで
は同程度、面積当たりの糖はイネ
よりも高いことが分かりました。

シュロガヤツリには糖分が貯め
られていることが分かったので、
まずそれを使ってエタノールを作
ってはどうだろうと思いました。
エタノールの原料となっているも

の多くは、小麦とか、トウモロコシといった作物です。作物を使っているので、食料と
の競合が起きます。その影響で価格が高騰したりもするので、食料作物と競合しない原料

人工浮島で用いた植物の用途 (シュロガヤツリ以外)

2. 観賞用

花卉類

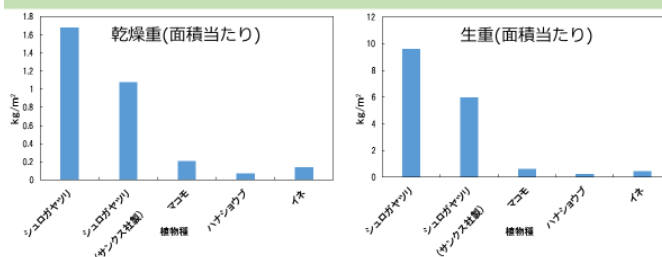
アヤメ科 キショウブ、ハナショウブ
カンナ科 ハナカンナ
スミレ科 パンジー

観葉植物

カヤツリグサ科 シュロガヤツリ、ミニパピルス

経・栄「水産改良と水田の発展」(2002)

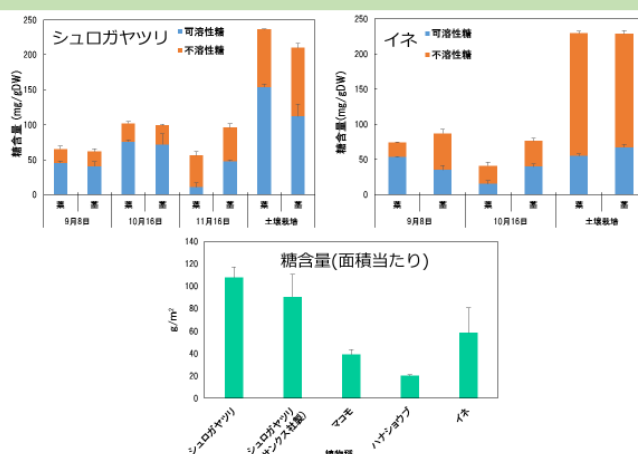
面積当たりのバイオマス量



作物種	収量 (kg/m²)
サトウキビ*	6.4
スイートソルガム*	4.7
イネ (ヒノヒカリ実測)	2.7
イネ (ヒノヒカリ文献) **	1.1
食用イネ (粗玄米)	0.5
飼料用イネ (北陸193号 粗玄米)	0.9

* 豊 21世紀エシムキーン ** 福岡県 北部九州に3月7日2004年度水稲の各田圃に関する調査研究

供試植物の糖含量



10

が望めます。シュロガヤツリは環境をきれいにしながら、バイオマスエネルギーの原料となりうる可能性があります。シュロガヤツリからエタノールを作ろうと思いましたが、変換効率が低く、作業工程が多いという難点があります。そこで、次に考えたのが、メタノールです。これだと木質をそのまま使えますし、糖に変換する糖化の作業が要らないので、そのまま熱を与えてガスにして、そのガスを取ってメタノールにすることができます。長崎総合科学大学の先生方が木質バイオマスをガス化してメタノールを作る研究を行っておられましたので、材料をお持ちして検討して頂きました。

メタノールは用途がかなり広くて、例えば、メタノールを普通の固形の電池と同じように反応させて、電気を取り出すことも実用化されています。メタノールを原料としてバイオディーゼルも作ることができます。

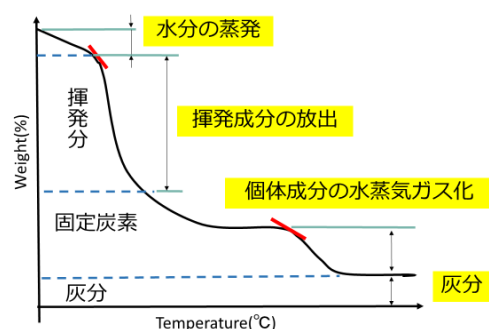
どのようにしてガスを取るかというと、粉体を装置の中に入れて外側を熱します。水蒸気を同時に与えるとガスが発生します。このガスがメタノールの原料になります。有機物に水蒸気を与えてガス化させて、得られたガスを触媒に通してメタノールをつくる方法は長崎総合科学大学の坂井先生が発案されたものです。

バイオエネルギーに適した資材の条件としては、シュロガヤツリに限らず、バイオマス量が高いこと、粉碎が容易にできること、灰の融点が 1,000 度以上あること、それから灰分が少なく、乾燥が容易であるということですね。原料として適しているかどうかは示差熱試験で調べます。熱を与えていくと試料の重さがこのような曲線を示して変化していきます。ここが揮発分になります。この量が多いほどメタノールにするガスの量が多いということになります。

バイオ燃料に適した資材の条件

1. 高いバイオマス量
2. 粉碎が容易（3mm以下）
3. 灰の融点が1000℃以上
4. 灰分が少ない
5. 乾燥が容易

示差熱試験(TG曲線)



ハナショウブ、イネ、パピルスと比較しました。この部分が揮発する部分、揮発して取られるガスの部分ということになります。今回供試した植物を比較すると、イネの場合は灰の融点が低い。これはハナショウブもそうです。それから、マコモは灰分の量が多くて良くないのですが、パピルスとシュロガヤツリ等はいずれも有望であることが分かりました。若干、熔融性が高いのが、やや難点ではありますが、評価とは、バイオマス燃料として十分使えるということです。

このようにこれらの植物は水上栽培および採取をきちんと行い、バイオマス燃料までの工程を正しく踏まえて進めれば、先ほど申し上げたような食物と競合しないバイオマス燃料の材料として有望です。環境の浄化を合わせて行うことができることがこれら植物の大きな利点です。汚い池が、それをつくる生産の場になることが期待されます。バイオマスエネルギー原料としての利用については、今後さらに検討していきたいと思っています。

ここにあげた先生方の協力を得ました。謝辞を申し上げたいと思います。ご清聴ありがとうございました。

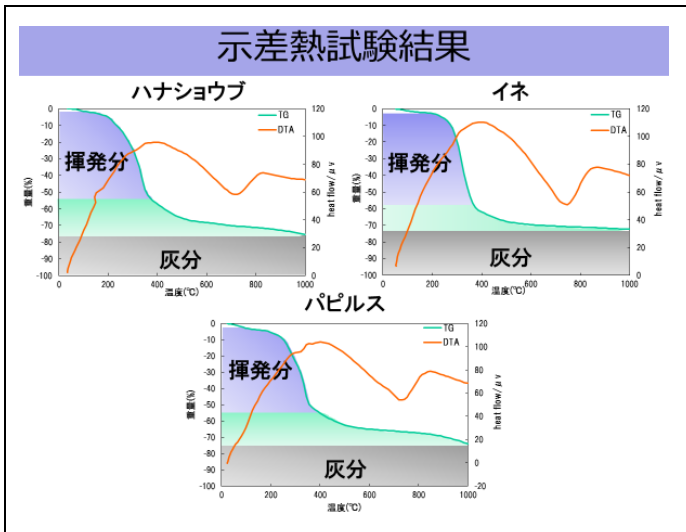
以上です。

[本城]

東江先生、ありがとうございました。

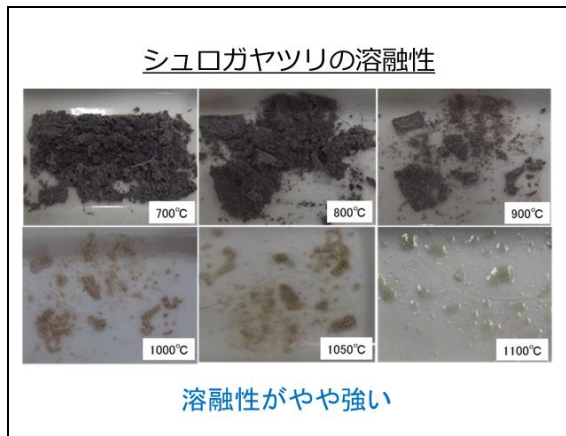
植物を水面上に生育して、府中湖の富栄養化を改善し、水面栽培した植物を有効利用するという内容でした。最後の方ではアルコールへの変換と有効利用の話もいただきました。

角道先生の話と東江先生の話と合わせて、どちらからでも結構でございます。どうぞ、ご質問等、よろしくお願いいたします。



示差熱試験結果

	水分含量 (%)	灰分 (%)	揮発成分 (%)	揮発する温度(°C)	特記事項
イネ	2~3	27	50	200~340	灰の融点が低い
シュロガヤツリ	1~2	25	52	220~370	バイオ燃料として有望
ハナショウブ	2.5~3	25	51	180~370	灰の融点が低い
パピルス	0.5~1	27	51	220~370	バイオ燃料として有望
マコモ	1.5~2	33	50	190~370	灰分が多い



[松本様]

国土交通省の松本と言います。自分は香川県の対岸にある福山市芦田川の仕事をしていました。芦田川にはワースト5に入る河口堰がありましたので、上流も含めて、植物を使って水質浄化に取り組んでいました。自分が在籍していた最後の時には、ちょうど今日ご発表いただいたような浮島を作ってみようと、やり始めたところで転勤してしまったのですが、あの時に感じたのは浮島という新しい環境ができることで鳥の休む場になってしまいました。あまりにも実験規模が小さかったので鳥がいっぱい寄り、糞害で植物が育ないことがあったりして反省させられました。

ここから、質問なのですが、いろいろと貯水池で試みる時には、経済的に回そうと思うと、鳥害のためのガードを施すなど、収穫がしやすいような、あるいは必要量の収穫効率を上げる何らかの工夫がいるのかなと思いました。何かそのへん、実際に試みられて、気が付かれていることがありましたら、ご紹介していただければと思います。他に、発表の中に、水域の窒素とかリンの濃度にあまり影響を受けずによく育つというような意味合いの話がありました。水質が悪いところで育つと、栄養価が低いというか、あまり吸収していないということではないのでしょうか。

[東江]

鳥対策については特に行っていません。小さな植物を筏で育てると、鳥に食べられるという被害に遭ったことはあります。その時は上の方に網を張るなどして対応しました。しかし、シュロガヤツリについてはそういった害は今のところなくて、府中湖に浮かべているものは、特段そんな処理はしていません。

それから、2点目ですが、そこが不思議なところで、普通の作物は肥料を与えないと育たないですね。別の実験ですが、野生の植物を栽培しようとした時、だいたい何分の一かに希釈しないと枯れてしまうのです。普通の野生の植物は適正栄養濃度域というのが絶対あるのですが、シュロガヤツリの場合には、先ほど申し上げたように汚ければ汚いほどよく育つので、耐性の高さというか、耐窒素性については依然興味深いのですけれども、調べてはいません。

[松田様]

ずいぶん扱いやすいということですか。

[東江]

そうですね。

[田尾様]

産業技術研究所の田尾と言います。3年前にこちらに帰ってきた時に、池があまりにも汚いので、池の資源を利用しようかなと思っていました。最近、私はひとつの疑問をもちました。先生がおっしゃった浮き島の役割ですが、香川県全体でみると、田んぼが同じことをやっているような気がします。リンと窒素をトータルで見た場合に、わざわざ池で回収して、肥料として田んぼに戻すよりは、大きな流れとして見た場合に、その池の水のリンや窒素を水田がどれだけ利用して吸収しているのか、最終的に海に流れて行った場合、海でどれだけ利用されているのかを全体で考えてみてはどうでしょうか。今回は府中湖のような工業用水の場合とは違うと思いますけれども、農業用水全体としての利益を考える場合に、湖のリン、窒素を回収するメリットが本当にあるのかどうかということを、もし、ご検討されていたら、教えていただきたいと思います。

[東江]

香川県にどのぐらいの窒素、リン酸肥料があるのかどうかは分からないのですが、佐賀県ではクリークの水を田に引いて、田んぼを流れた水がまたもう1回クリークに流れて出て来ます。農業をしなくなったのが問題になっていて、稲の吸収なしに田んぼに蓄積された窒素がどんどん流れて行ってクリークは富栄養化しているそうなのです。農業で使われている窒素、リンの量ですが、毎年、肥料はどんどん与えていっています。どれだけ田んぼに保持されているのかを考えながら肥料を与えるようなことを農家さんはやらないので、かなり蓄積しているのが現状ではないかかと思えます。

別の話ですが、クリークの水を栄養に富んだ有効水としてとらえるという考え方もあるかと思えます。窒素、リン酸を基準値以下にすれば流して良いし、それぐらいの濃度で植物は良く育つのですね。工業的なあるいは化学的な処理でリン酸等を除くよりも、最も効率的なのはやはり吸収効率が高い植物を利用したほうが良さそうです。ですから、下水の水路を作って、そこにシュロガヤツリ等を植えて、排水するまでの間に植物の植生を作れば、きれいな水に戻すことができるのではないかなと思います。答えになっていますかね。

[田尾様]

要するに、府中湖の水の浄化と植物資源の利用を研究されていますので、当然意義があるとは思ってはいます。ただ、田や河川などトータルとして連携して研究することも、ある意味では一つの大きな特徴になるのかなと思いました。ぜひ期待したいところです。

[本城]

ありがとうございます。参考にさせていただきます。

[佐藤様]

香川大学瀬戸内圏研究センターの研究発表と聞いて、普通の方もお見えになっているのかと思ったら、専門の方ばかりでした。その中で私は論外な質問というか、お願いに近いような話になるかと思います。私、今 80 です。私ら年寄りからみた場合、水の汚れは冬場に全部水を抜いて乾燥すれば良くなるし、堤防も強くなる、全て良くなります。乾燥させないで水を張ったままでおくから腐るし、藻が生えるのです。爺さんの話として聞いてください。

[本城]

質問の内容は天日干しですね。

[佐藤様]

そうです。

[本城]

それをなぜしないのかということですよ。

[佐藤様]

はい。

[本城]

角道先生天日干しのことで、お願いします。

[角道]

その前に先ほど産総研の田尾様から、ご意見をいただきました件について述べさせていただきます。領域として全体のフローをとらえるというのは、非常に重要な話です。例えば大雨が降った時に、その雨に運ばれて、陸域の栄養塩が海にどのくらい運ばれるのか。あるいは、ご存知のように川にも堰があります。堰から栄養塩がどう放出されるのかということを別途調べております。いずれこれらを統合して、報告申し上げることになると思います。

面白い事例が一つあります。中讃にあるレオマワールドの近くの池なのですが、あえて春先の田植え期に、底にある水門を抜くのです。そうすると、池の底に溜まっていた栄養塩が一気に流れ出て、それが田んぼの養分として使われる。あえてこのようなことをいまだに実施している池もあると聞いております。全体として池だけで栄養の問題を解決するのではなくて、その水田と稲作というような体系の中で考える必要があるのかなと認識しております。

それから、最近あちこちで池干しがなされるようになってきました。池を干し上げるこ

とで、水質を改善してやろうとか、池を干し上げることで、底にいつの間にか居座るようになってきた外来生物をも取り除いてやろうということが盛んになされるようになっております。農家の方々が冬場に水を抜くことは、香川用水ができて以降、昔ほど抵抗がなくなってきました。池の水を冬場に抜いて、春先になんとか水が回復して農業をやっている状況ですので、ご指摘のような池を干し上げるということは、最近、推奨されるようになってきたと申し上げておきたいと思います。

[佐藤様]

川の掃除は。

[角道]

川はなかなか干し上げるというのはできないと思います。

[本城]

角道先生、東江先生ありがとうございました。時間がまいりましたので、ここで水グループの講演を終わりたいと思います。