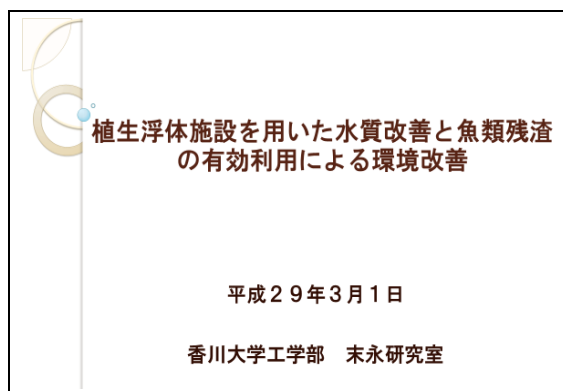


植生浮体施設を用いた水質改善と魚類残渣の有効利用による環境改善

香川大学工学部 教授 末永 慶寛



ご紹介いただきました香川大学工学部の末永です。「植生浮体施設を用いた水質改善と魚類残渣の有効利用による環境改善」というタイトルで、大きく2つに分けて、今日は発表させていただきたいと思います。

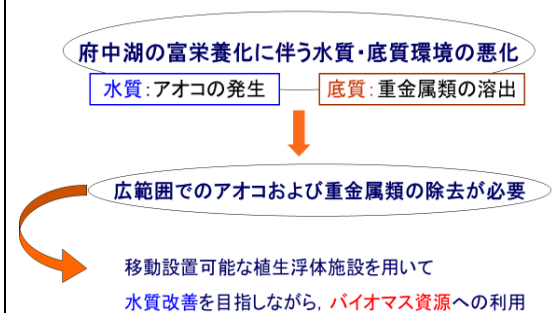
まず、植生浮体施設を用いた水質改善です。ターゲットにしていますのは、香川県の代表的な工業用水源として活用されている府中湖です。府中湖ではカヌーの全国大会も開か

れています。平成11年ぐらいからでしょうか、私の前任者である河原先生達と一緒に香川県水道局との調査研究が始まりですから、長いですね。いまだに水質の悪化、あるいはアオコの発生は続いていて、解決には至っていません。夏場に府中湖に行かれたことがある方はご存知だと思うのですが、ため池に発生しているアオコに比べて、コッテリ度と言いますか、濃度が段違いに高く、粘性が強いアオコが発生しております。

底質に目を向けてみますと、やはり底質の悪化、有機物汚染、あるいは場所によっては金属の濃度が高いエリアなんかも散見されておりまして、解決策が望まれています。しかし、なかなかこれといった解決に向けての必殺技を府中湖に提供できていないのが現状です。これを何とかしなければいけないと、長年やってきた研究の中から、ようやく具体的な明かりが見えてきそうな方策が出てきました。その方策の一つが、浮体施設に栄養塩の吸収能の高い植物を植生して、水質を改善することです。次に、栄養を吸収して成長した植物を刈り取り、バイオマス資源として有効利用するといった循環型の社会形成に役立つようにできないかということです。

このバイオマス資源への活用について、前回のシンポジウムで農学部の中江先生が今日紹介しますシュロガヤツリというアフリカマダガスカル産の植物がいかにバイオマスとして利用価値が高いかということの詳細に紹介されておりますので、今日はそのバイオマス資源については紹介いたしません。

研究背景・目的



長年、水道局の方々といろいろ打ち合わせをしてきて、いくら府中湖の中を良くしようと思っても、やはり汚染源といいますか、負荷源を断たないことには、いつまで経っても焼け石に水になります。そこで汚染源を調べてみますと、北条池からの流入でした。見た目にもすごく汚染された水が流れ込んで来ていて、府中湖に一番負荷を及ぼしていると思われる汚染源に水質改善策を講じて、汚染を何とか緩和したいということで、浮体施設（人工浮島）を設置しました。施設はこのような浮いている状態ですね。浮いているということは、水質改善のターゲットにしている水域に、すぐに簡単に移動できるというメリットがあります。

浮体施設での栽培は水耕栽培になるのですが、ここに栄養吸収能の高い簡単に手に入る植物を、浮体に植生することによって、栄養塩を吸収して水質を改善し、ラン藻類であるアオコの増殖を抑えるということです。栄養吸収能の高い植物が先ほど紹介しましたマダガスカル産のシュロガヤツリです。シュロガヤツリは農学部近くでもたくさん生えており、香川県内どこでも簡単に手に入る植物です。

スライドに示すような浮体施設に、外来種シュロガヤツリだけではなくて、国産の植物、ハナショウブとかカキツバタといった、複数の植物を植生した浮体施設を府中湖に浮かべて、その窒素吸収能を調べてまいりました。

シュロガヤツリというのは、もちろん立ち上がって成長していくのですが、それを途中から切って、このように、放置しておくだけで、ここから根を生やして、どんどん成長して行ってくれる非常にタフな植物です。

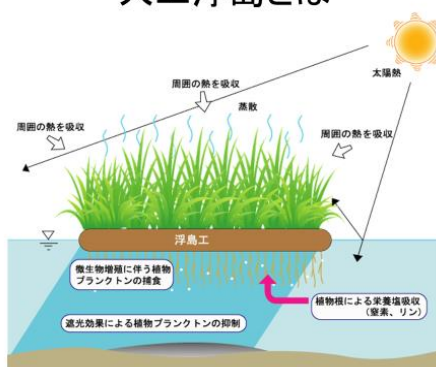
研究対象水域



北条池からの流入地点で、

畜産排水等の汚染水が流入する外部負荷の強い地点である。

人工浮島とは



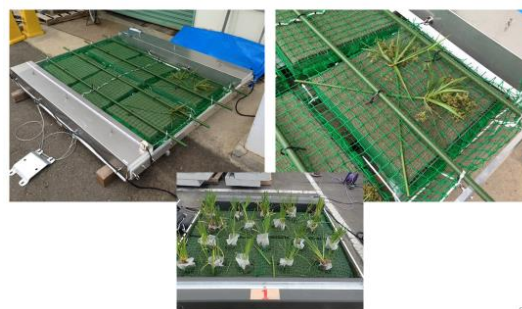
シュロガヤツリを用いた水質浄化とバイオマス資源としての活用



香川大学農学部 東江教授 提供

マダガスカル島原産 カヤツリガサ科カヤツリガサ属 多年生草本 熱帯・亜熱帯の湿地帯に自生 養分吸収能が高く生育速度も速い！デンプン含量は、イネの4倍強！→バイオマス資源として期待！

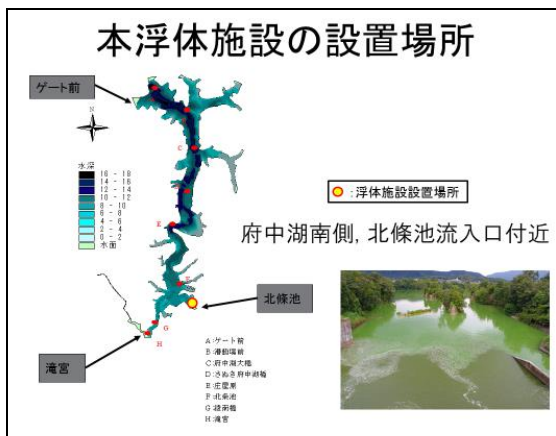
シュロガヤツリ、ハナショウブ等を用いた浮体式水質浄化装置



実は去年の年末に香川大学で JICA の日本の水質改善技術研修があり、アフリカ 13 か国から研修生が来校されました。たまたまアフリカマダガスカル産の植物を使っているということもあって、府中湖に来ていただいて、この浮体施設を JICA 研修者に見ていただき、シュロガヤツリの栄養吸収効果を説明するという研修も行いました。全部英語で対応しなくてはならなかったのですが、「あの植物、うちの家の前にある」など、異口同音に 13 か国の人達のほとんどが言われました。だから、マダガスカルだけではなくて、これアフリカ全体でもかなり手に入りやすい植物だということのらしいです。

このスライド右下の写真で、手前が北条池です。ここから夏場に水が入ってきていて、もちろん拡散するので、この時点ではアオコの水にはなっていないのですが、少し入り口から離れると、このようにバスクリンをまいたように、湖面が緑に変わってしまうという状況が、毎年、生じます。

ターゲットにしている北条池の流入口に船で浮体施設を曳航して、7月の4日から9月4日までにセットしたのですが、浮体だけを置いておくと、浮体による効果が見難いということもあるので、浮体をこのようにオイルフェンスで囲って、そのオイルフェンスの中と外で、水質を比べるという調査をしました。



2014年9月4日



2014年7月4日



まずシュロガヤツリの成長ですが、持ってきた時はほんの 20cm ぐらいだったのですが、2 か月経った時点で、かなり背丈が高く立ち上がっているのが分かります。それぐらい成長速度が速い植物です。まあ、近くで見るとこのような形ですね。こちらのオイルフェンスの中にこういった一連の浮体を並べてセットとしているという状況になっています。

平成26年9月4日

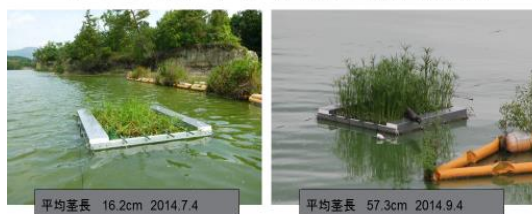


平成26年9月4日



このように2か月でだいたい15cmから40cmぐらいになります。40cmぐらいまで伸びると、すぐに伸びて最終的には1m50～60cmまでになる非常に成長の早い植物であることがここでも分かります。次に、水質の測定点を決めて、対照区とそのオイルフェンスの中とで、水質を比べてみると、COD、窒素、リンの濃度にはっきり差のある結果が得られています。

シュロガヤツリの生育状況



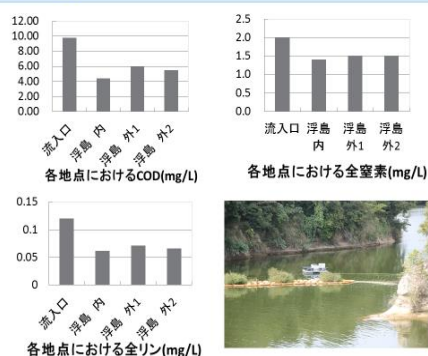
研究結果と考察



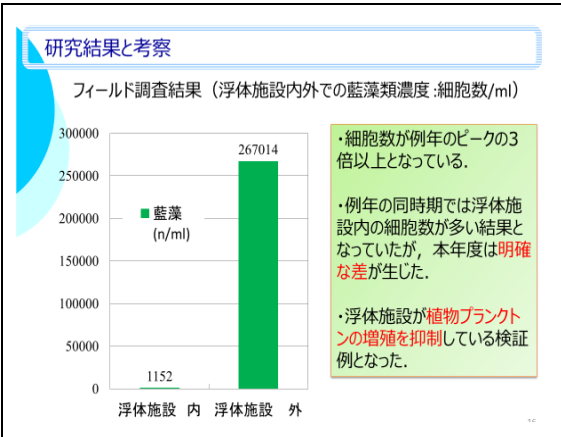
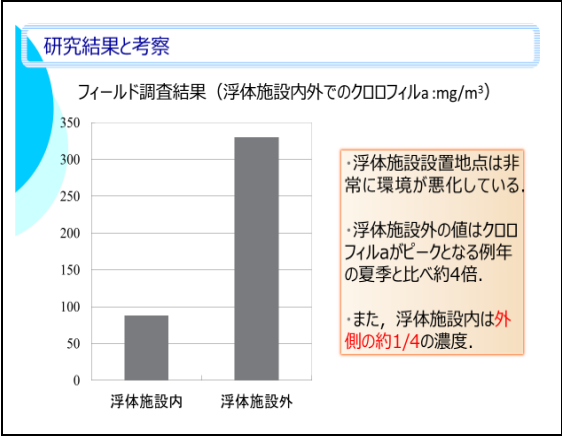
	単位	流入口	浮島内	浮島外1	浮島外2
COD	mg/L	9.80	4.40	6.00	5.50
全窒素	mg/L	2.0	1.4	1.5	1.5
全リン	mg/L	0.120	0.062	0.071	0.066

このように流入口から、かなり有機物(COD)、濃度の高い水が流れ込んできているのですが、浮体の中では窒素もリンも浮体の外よりも低い値になっています。

研究結果と考察



問題なのは、今度はアオコです。浮体の中と外ではアオコの指標になるクロロフィルは、はっきり差が出ます。まあ、水の色を見ても、はっきり違いが出ているので、夏場は特に違いが分かり易いです。浮体の中と外でクロロフィルの濃度が変わっている、すなわちラン藻の量はこれぐらい中と外とで変わってくるという結果が得られています。



これは、今年度の写真なので、シュロガヤツリとこれはハナショウブです。冬になると、ハナショウブは次第に枯れてきます。しかし、シュロガヤツリはまだ元気に育っていて、これを切り取って、この浮体の上に置いておくと、その場所から次々と立ち上がって、また成長します。ある程度成長した後に、これを刈り取って、地域の小学生たちの環境学習の場に使ったりした後、バイオマス資源として活用するようにしています。

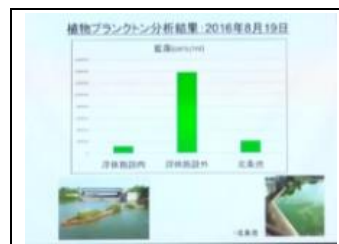


これは今年の夏のデータです。昨年度は台風の影響で浮体の設置が秋口になってしまって、夏のデータが取れませんでした。今年度は夏のデータが取れましたので、浮体の内と外との値を比べてみると、大きな差が確認できました。

浮体施設内外での水質項目の比較
2016年8月19日

	浮島内	浮島外
COD (mg/L)	13	71
全窒素 (mg/L)	1.5	5.2
全リン (mg/L)	0.14	0.53

皆様のお手持ちの資料ではグラフの縦軸の桁が統一されてなかったので分かり難いかもしれませんが、これは今年の夏におけるラン藻の量です。ラン藻の量が浮体施設内と浮体施設の外で、これだけ異なっていることをこの結果は示しています。



植物が窒素を吸ってくれることはわかったが、シュロガヤツリは外来種なので、いずれ使えなくなる可能性があるのではないかとよく言われることです。そこで、ハナショウブ、カキツバタ、マコモなど地域で簡単に手に入る植物はどれぐらい窒素を吸収するのかということを調べて比較すれば、将来的にはバイオマス資源として活用できるのではないかと考えています。

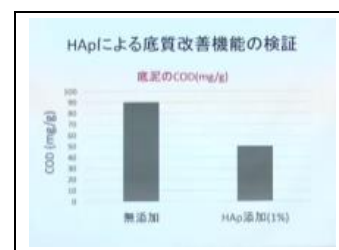
浮体施設の適正規模というのが、いつも質問に出ます。府中湖にどれだけの水があって、どれだけ汚染されていたら、どれだけの施設が必要で、どれだけの植物の量が要るのかというのが、これまでなかなか定量的な評価がされていないのですね。

例えば、今回 20m×20m のオイルフェンスを張って、その中の水質の調査をしてまいりました。例えば、20m×20m、深さが2m のエリアを府中湖の中で完全に仕切ったとします。その水量(800,000L)中に夏季の定期的な窒素の濃度 1.3mg/L を乗じると、フェンス内の窒素量は 1,040g になります。シュロガヤツリが、あるいはハナショウブが 1g 当たりどれだけの窒素を吸収するかということで計算すると、シュロガヤツリは

フェンス内の窒素を吸収するのに 281kg の量が、ハナショウブであれば 226kg の量が要ということになります。ただ、これは茎高が植物によって変わってきますので、その高さや繁茂面積に応じて、今後吸収できる窒素量も変わってきます。なので、そういったことも含めて、使用する植物の仕様も変えていけるのではないかと思います。

植生植物の窒素含有量	
ハナショウブ	2.0% (乾物中) 0.33%(現物中)
カキツバタ	3.2% (乾物中) 0.45%(現物中)
マコモ	1.6% (乾物中) 0.70%(現物中)
シュロガヤツリ	1.4%(乾物中), 0.37(現物中)

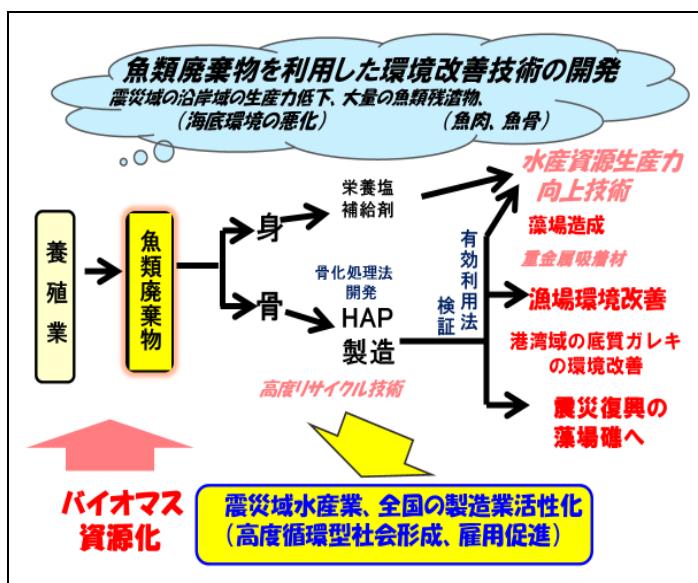
必要植物量の検討	
フェンス内の窒素量	
• 水量: 20m × 20m × 2m = 800m ³ = 800,000L	
• 窒素濃度(夏季): 1.3mg/L	
• 窒素量: 800,000L × 1.3mg/L = 1,040,000mg = 1,040g	
水生植物の窒素吸収量	
シュロガヤツリ1gあたり0.0037gの窒素を吸収	
ハナショウブ1gあたり0.0046gの窒素を吸収	
必要植物量	シュロガヤツリ: 281kg ハナショウブ: 226kg



2 つ目のテーマとして紹介させていただくのは、HAp についてです。HAp は魚の骨を焼成して作った白い粉です。底質の COD が 90mg/g ぐらい

という非常に悪化している、とある有名な城のお堀で試験しました。環境基準が 20mg/g なので、長年の間、有機物汚染が相当進んでいる泥に、HAp を添加してやると、COD の濃度が 90 から 50 ぐらいまで落とせるというデータが得られました。これについては、魚類廃棄物の話の中で紹介していきたいと思います。このように汚染された底質を改善する技術の開発にも取り組んでいるところです。

次に、魚類廃棄物を利用した環境改善技術の開発について話をいたします。皆様、ご存知のように、香川県は魚類養殖発祥の地でもありますし、その中で日々、魚類の残渣は大量に発生しているわけです。残渣だけではなく、養殖等で死んだ魚も含まれます。そういったものの骨をうまく利用して環境改善に繋がたいということで、漁業者の方々の協力で身を骨から除いて、骨を焼成して、先ほど申し上げました HAp と



いう物質を作ります。これは正式にはヒドロキアパタイトというもので、天然の無機素材であり、まったく無害なものです。

このプロジェクト研究を始める頃に、農林水産省が、2013 年に震災復興をテーマにした研究助成制度を企画しました。産官学間連携研究チームでの参画という条件で、全国でわずか 4 件しか採択されないという超難関のプロジェクトだったのですが、本城先生、多田先生が東京に乗り込まれて、情報を収集されたおかげで、なんと東北 3 県に加えて、我々香川県のチームが採択されました。震災復興に資する技術開発をするプロジェクト研究ですから、当然のことながら、震災域の東北では鮭の残渣が大量に出ます。そこで、香川県と同じようにサケの残渣からも HAp ができるかを確かめることから始めました。

香川県漁連、そして香川県水産課、水産試験場、関係者の皆様のご協力のもと、魚残渣の処理というプロジェクトが進められたわけです。

漁協の人に3枚におろされた後の残渣物を煮沸して肉を取り除き、骨の状態にさせていただいたものを我々が引き取って、焼成処理をして、できた HAp の粒の大きさを変えろという一連の製造システムを構築しました。

煮沸して、肉を除去して骨にした後、HAp にするための焼成温度を決めなければなりません。この焼成温度がひとつのテクニックになってきます。500℃ぐらいだと、このように黒っぽい炭のような状態で、良い HAp にならないのです。それを、700℃から 800℃ぐらいで焼成すると、魚の骨の一部が、このような真っ白い状態で炉から出てきます。これを砕いて、粒の大きさを制御してやって、いろいろな材料に混ぜたり、粒のまま使ったりします。いろいろな形状の HAp を活用して、環境改善材としての機能を検証してきました。

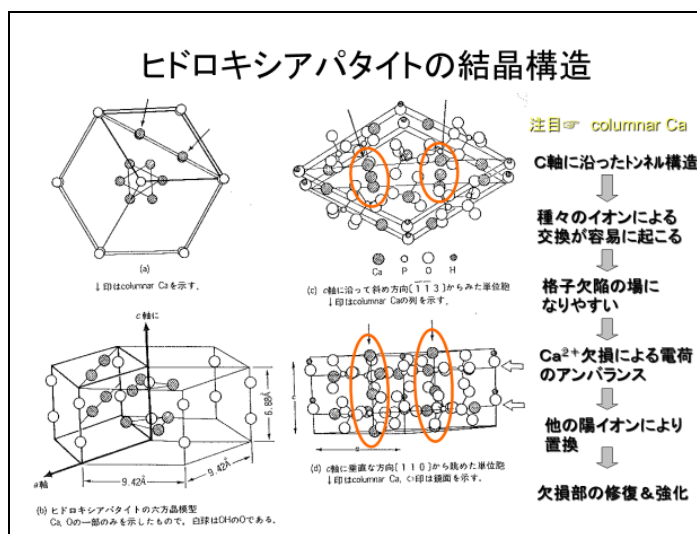
実は、物質によっては粉にした状態よりも、粉にせず骨の形のまま吸着をさせた方が、吸着能が良いということもありました。例えば、ストロンチウムなどは粉にするより、骨の状態の HAp で吸着させた方が、吸着能が高いというデータが出ております。



ヒドロキシアパタイトは簡単に言いますと、イオン交換が容易に起こる構造になっています。例えばカルシウムが外れて、ストロンチウムに置き換わるというメカニズムになっております。

ヒドロキシアパタイトというのが、これまでなかったのかと言いますと、そうではなくて、純度の高いものであれば、医学部あるいは歯医者さんの世界で相当高い価格のものが活用されています。これらは家畜由来骨から作られた HAp です。日頃使っている歯磨き粉とか、化粧品などにもヒドロキシアパタイトはいろいろ使われております。家畜由来のヒドロキシアパタイトというのは従来からあったのです。魚由来の HAp というのはほとんどありませんでした。そこで、実際にやってみて、家畜由来と同じ HAp ができるのかということを検証するために、成分分析をしてみました。小さいものであれば、アジとか、大きな魚であれば 10kg オーバーのカンパチなどですね。サケを含む十数種類の魚でいろいろ分析してみましたが、ほとんど家畜由来と同じ成分のものができると分かりました。

このスライドに示しているのは底質改善材として使うための工程です。このように白い粉を骨材に混ぜて、多孔にしました。プレート状のものとか、円柱状のも



魚骨由来のHAPの分析

- (1) 骨焼成(HAP化): 最適焼成温度、時間等の要因解明
 - (2) 粉末化・最適粉末度の確定
 - (3) 魚骨由来HAPの物理化学的性質および機能の検証
- 各工業的プロセスの確立と測定・評価

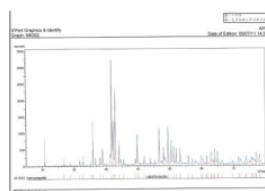


図1 ハマチ由来HAPのX線結晶回折スペクトル

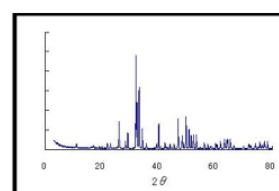


図2 ブタ由来HAPのX線結晶回折スペクトル

27

多孔質コンクリートの製作

■ 使用材料

種類	密度(g/m ³)
セメント	3.16
水	1.00
粗骨材	2.45
粉体	HAP(ヒドロキシアパタイト)
混和剤	高性能減水剤(ナフタリンスルホン酸系)
	1.20

高炉徐冷スラグ



鉄鋼生産によって生成
主成分
石灰(CaO)とシリカ(SiO₂)

HAP (焼成骨粉)



ヒドロキシアパタイト
「Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂」

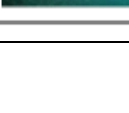
天然の無機材料: 歯、骨の無機質成分
イオン交換作用と表面化学的吸着により
金属イオン吸着作用を示す

の、あるいは後で出てきますが、半円球状のものも作りました。これらを汚染された土壤に埋めるとか、あるいは海底に設置するとかして、どのくらい泥の環境が改善できるかを調査してきました。

このように雷お越しのような形にした多孔質構造物だと普通のプレートに比べて、強度が落ちます。ところが多孔質でありながら所定の構造物、あるいは基盤としての強度を保つ即時脱型という技術があります。通常の高圧コンクリートだと強度が落ちるのですが、この技術によって所定の強度を保ったまま、多孔質な構造物を作ることができます。

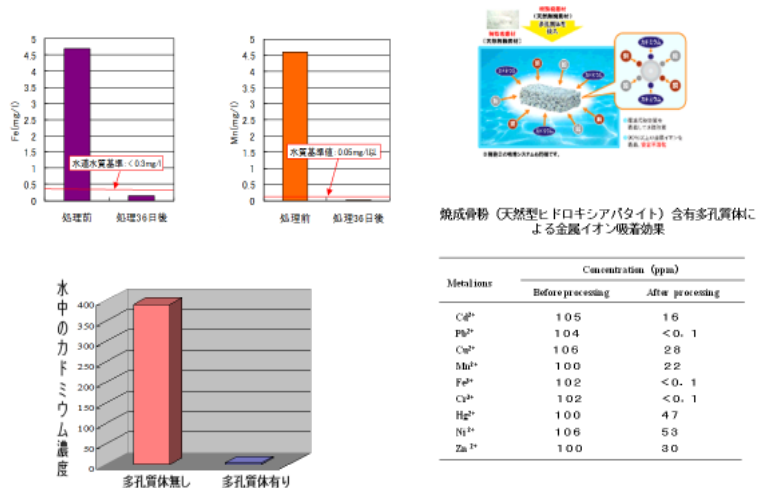


従来の高圧コンクリートとどのように異なるのかはいろいろ書かれているのですが、これは、資料の中に書かれておりますので、参照してください。

従来技術の課題と解決方法 護岸材料、製造方法、機能					
番号	区分	従来技術	課題	解決方法	解決後写真
(1)	護岸材料	護岸材は石材またはコンクリート	浄化機能が低い 目詰まりを起こす (短期的な効果)	天然無機素材と産業副産物の融合 (高度な環境改善)	
		水路底は3面張り	底質の環境改善が困難 張り替えが困難	10mm程度の気孔径を有する多孔質構造を持つ材料(目詰まり抑制→機能持続) 着脱用スペース	
(2)	製造方法	多孔質体製造に複雑な型枠が必要 量産化が困難	製造コスト高	即脱型枠工法による量産化→コスト減	
		強度確保が困難	多孔質構造のため割れ易く、大量保管運搬に問題	シリカフェーム混入 空隙率、圧縮強度制御による強度確保 着脱用金具を装備	
(3)	多孔質体機能	水質浄化技術 細菌浄化、マイクロバブル、等	効果の評価が定性的 電源装置が必要 アオコ吸着機能低い	電源装置不要 着脱可能なため効果の定量的評価が可能 材料特性による生物優先制御	
		底質浄化技術 エアレーション、薬剤散布、浚渫、等	浄化コスト高 効果範囲が狭い 金属吸着不可能	電源装置不要 天然無機素材の混入による金属吸着が可能 金属の再資源化	
		コンクリートブロックや石材による藻場造成 岩礁域や人工魚礁への稚魚放流	平板形状が主流 一年後の歩留まりが1%以下	多孔質構造による海藻根の活着促進 保護シェルターによる放流稚魚歩留まり向上	

もう一つは金属の吸着ですね。いろいろな金属が含まれた溶液の中に、HAp を混ぜた多孔質体を入れると溶液の中の金属濃度がどれくらい減少するのか。鉄、マンガン、あるいはカドミウムですね。人工的に高い濃度のカドミウム溶液を作って、HAp 混入の基質を溶液に入れてやると、かなりのカドミウムを吸着してくれます。このようにいろいろな金属での吸着試験を行っていますが、最近では福島原発でも問題になっておりますセシウムやストロンチウムといった物質の吸着実験もやっております。

3. 成果技術の概要(金属吸着機能)



特に放射性物質の実験は日本国内でも実験ができる施設がなかなかありません。香川から一番近い所では福岡県に実験施設があることがわかりました。放射性セシウムの吸着実験をやっていただいて、今のところ 25%ぐらいの吸着能が確認できています。25%だとまだまだ話にならないので、どのようにして放射性セシウムの吸着能を上げるかということは今後の課題になっています。

着脱用スペースと有用金属イオンの効率的な回収



これは耐震性能を上げた石詰め護岸のパーツの一部です。従来の石詰め護岸に比べて耐震性が飛躍的に上がったもので、振動試験を経て証明されました。この護岸の前に HAp を混ぜたプレートを入れます。蛇籠（竹材や鉄線で編んだ長い籠に碎石を詰め込んだもの）の護岸なので加工しやすく、護岸にポケットを作って、その中に HAp を混ぜたプレートをストンストンと入れているのです。これを水域に漬けて、表面ではアオコの吸着を、底面で

は金属の吸着を行います。水の中で起こっている問題に応じて、使うプレートを変えることができます。例えば、すでに府中湖の護岸には設置しているのですが、この表面に銅が吸着されます。HAp への銅の吸着能はかなり高いので、銅を吸着した HAp はガラス工場から出てきているように真っ青な見た目すごくきれいなものです。例えば、銅の溶液を HAp に通すと、このように真っ青になります。

これらは実験の段階を出ていないのですが、実は吸着された銅というのは、有用な金属ですね。銅を吸着させた HAp を酸処理すると、銅を回収できます。吸着された銅を酸処理して、回収すると、ほぼ 97%の銅イオンを回収できるという結果が出ています。これについては回収コストの問題などが今後出てくるとは思いますが、このように吸着された金属の再利用ができるのではないかとこのところまで検討が進んでおります。

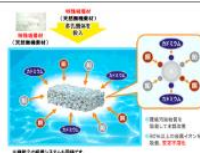
金属の吸着試験をカドミニウムや鉛についても行いました。骨材に HAp の配合を多くすればするほど良く金属が付くかというところではなくて、ある一定の濃度を超えると、いくら HAp を混ぜても頭打ちになってくるという結果でした。

魚類廃棄物を利用した環境改善技術の開発

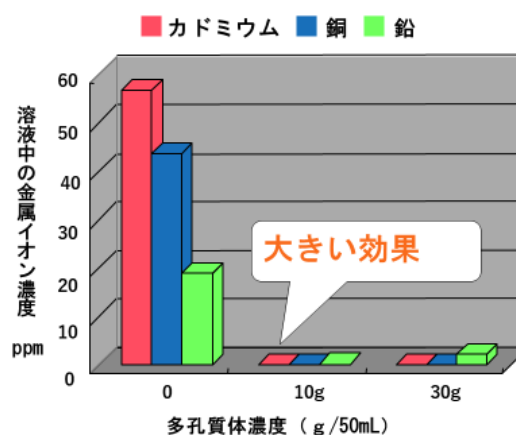
(4) 有害金属の吸着試験, 現地海底土砂のサンプリング

表 1 ハマチ由来 HAP による各種金属イオン吸着作用

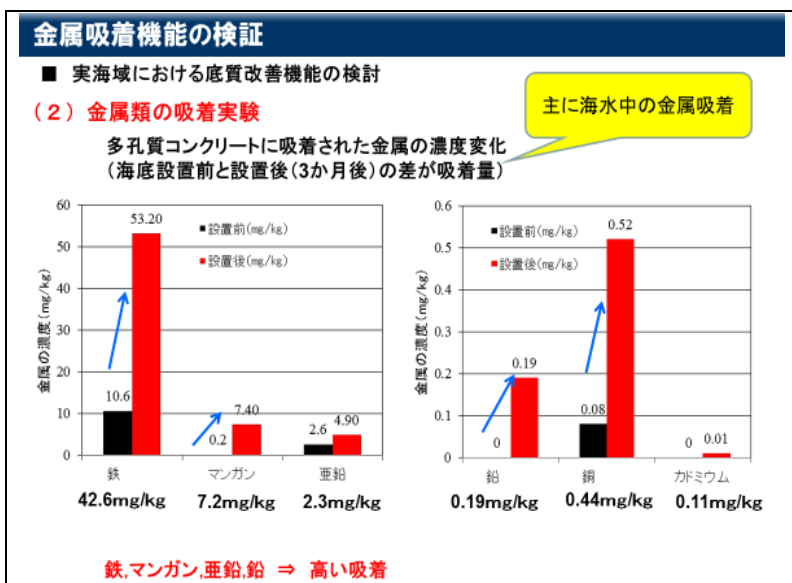
金属イオン (mg/L)	HAP 濃度 (g/L)			
	0	10	20	50
鉄	100	<0.1	—	—
銅	100	42	8	<0.1
カドミニウム	100	24	1	<0.1
クロム	100	12	<0.1	—
鉛	100	34	3	<0.1
マンガン	100	82	65	12
ニッケル	100	87	59	4
亜鉛	100	44	28	0.4
コバルト	100	60	33	2.4



金属イオン吸着多孔質体の 重金属イオン吸着効果



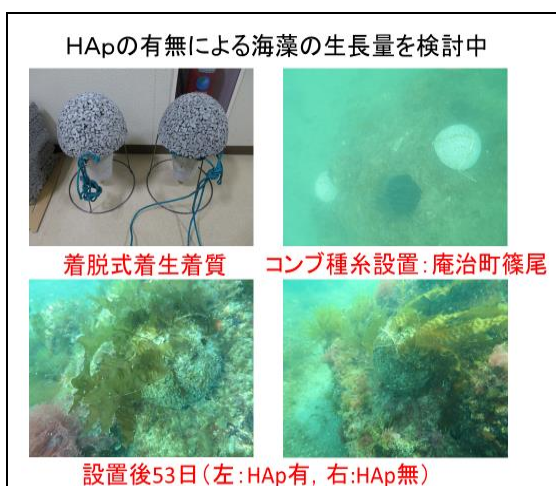
今度は、溶液中の金属の濃度変化ではなくて、プレートの表面に吸着した金属の量を検討しました。これは海水に漬ける前のプレート表面の金属の量です。そして、こちらの赤い棒が漬けた後のプレート表面の金属量です。つまり、この赤と黒い棒との差がプレートに吸着された金属の量ということになります。



最後は藻場礁の話をしていきます。スライドに示すような海藻を着生させる半円球状のキノコ型多孔質体を考案しました。藻場構造物にはこのキノコ型多孔質体がストンと差し込めるように、いくつも穴が開いています。この多孔質体に、海藻、特にガラ藻の着生基質として、毎年安定した着生量が確保できることが、3年以上にわたる香川県庵治沖における試験調査で分かりました。この多孔質体に HAp を入れた場合と入れない場合とで、海藻の着生がどのくらい違うのかを試み

てみました。今回は11月という冬場の試験だったので、岩手県から持ってきたコンブの種糸をキノコ型多孔質体に取り付けて、藻場構造物の穴に多孔質体を差し込んで、その後のコンブの成育の経過を観察しました。

53 日後の 1 月になると HAp を入れたものと入れない多孔質体のいずれも、コンブが 30cm ぐらいに成長しました。現時点ではまだ HAp を混ぜたことによって、海藻の成長に効くかどうか、分からない状態です。春先にかけて、今後、海藻がかなり生えてくると思うので継続して調査を続けていきたいと考えています。これはコンブを使って、瀬戸内海で行った例です。



次のスライドは震災復興プロジェクトの一環として調査している、岩手県宮古市付近の海底です。復興は進んではいるのですが、いまだに海底には津波で崩れて飛んできたブロックの瓦礫などが大量に残っています。このスライドでお分かりになるかと思いますが、ブロックの表面はかなりきれいですよね。これは、数年間、海底にあるブロックなのですが、ウニが密集しています。瀬戸内海と大きく違うのは、設置してから、最長で3

年経っているブロックにもかかわらず、ほとんど入れた時と変わらないような表面の状態が保たれていて、すごくきれいですね。ほとんど付着物が付いていないような状態です。ブロックを入れて、海藻が生えて来ようとする、ウニが来て、ウニの生息密度が非常に高いので、海藻は一網打尽に食べられてしまいます。藻場構造物全体をいつまで経ってもウニが舐め続けているので、表面はきれいなままです。私も実際潜ってみて、今まで見たことのないぐらいのウニの密度です。これはすごいものです。例えば、コンブの切れ端が海底にポツと落ちていたら、そこに群がっているウニの数というのはオーバーな表現ではなくて、陸上で飴玉に群がる蟻みたいな感じです。このような状態が東北の海岸では起きています。

東北の宮古市はコンブの産地であり、逆にウニやアワビの産地でもあります。そして、漁業者はウニも増やしたいし、コンブも増やしたいという要望をもっています。本来、共生が困難な両者をいずれも増やしたいということです。加えて、高齢の漁業者が湾内の静穏なエリアで、安全に操業できる漁場を造成してほしいという要望もあります。

結果から言うと、海底に設置したのは今年の11月なのですが、これは今年の1月の写真でコンブが5cmぐらい伸びています。しかし、HApを入れたのと入れないのでは、大きな差はなく、HAp効果の有無は現段階ではなんとも言えません。この写真は最新のものです。1m以上のコンブに成長していて、地元の漁業者も非常に喜んでくれました。この写真のような風景は3年来の悲願だったのです。ここまでのどり着くまでには、正直、非常に手ごわい開発の日々を暮らしてきました。ここでもまだ、海藻の着生に対してHApが効くかどうかというのは分かりません。



これとは別に、今後の予定として、金属吸着能を調べていきますし、水質・底質の改善効果も調べてみたいと思っています。その次に、底生生物の増殖機能、土壌改良機能と書いております。実は3年半前に、水道管などに使われている鑄（ちゅう）鉄管を土壌の中に埋めていました。このたび3年半たったので、HApを混ぜた土壌とそうでない土壌に埋めた鑄鉄管を掘り起こしました。結果から言うと、見た目は両者にほとんど差はありませんでした。どちらも少し錆びていました。土壌にHApを混ぜるだけだと効かないみたいです。試験では錆びの差を見たかったのですが、違いが出たのは、HApを入れた土壌には、草が大量に繁茂していました。入れていない方は、草は生えてはいるのですが、1/5ぐらいの量の違いがありました。HApを入れた土壌の方は、掘り起こすのに非常に苦労しました。HApが肥料になっている可能性があるということが示唆されました。

最後は防錆機能についてです。土に混ぜただけだとあまりHApは効かないのですが、塗料に混ぜた時の効果実験を始めたところです。塗料の他にコンクリートにHApを混ぜて、鉄筋の腐食を防ぐことによって、構造物の耐久性が向上するのではないかという実験を始めたばかりです。

このように、香川県地先で営まれている魚類養殖の残渣物の骨から作ったHApを使って、環境改善材料に活用して行こうという研究をしております。今後、HApの機能の検証をさらに行って、こういった場で、成果を紹介できればと思っています。

以上で発表を終わります。

[本城]

末永先生、ありがとうございます。府中湖の水質改善とHApの効能を活用した藻場礁の話がありました。どうぞ、ご質問等がありましたら、お願いします。

[一見様]

どうもありがとうございます。魚の骨からHApを作られているということでした。よく似た材料としては養殖カキの貝殻があるのではないかと思いますのですが、カキ殻は使えないのでしょうか。

[末永]

物質そのものが根本的に違いますね。カキ殻は炭酸カルシウムであるのに対して、魚の骨から作ったHApはリン酸カルシウムなので、カキ殻を焼成しても金属吸着は無理ですね。

今後の予定



HApの多方面への活用法を検討する

例)

- 金属吸着機能
- 水質、底質等、環境改善機能
- 生物増殖機能
- 土壌改良機能(肥料)
- 防錆機能(塗料、構造物の耐久性向上) 等

リン酸カルシウムであれば、金属汚染改善に対しては有効でしょう。ただし、カキ殻は底質改善剤としても効果があるというデータがあるようですから、貝殻の再利用というのもあるでしょう。実は香川県のとある漁協の組合長さんから、カキ殻と HAp を半々に混ぜた状態で試してみてくれないかという依頼があり、試験しているところです。それで金属吸着効果があれば、今よりもかなり安上がりにはできると思います。

[一見様]

もう一件良いですか。最後に出されていた東北で進めている調査で、海藻が生えたとすぐにウニとかに食べられてしまうのは、本当によく聞く話です。最後に出てきたその写真は 30 日もしくは 60 日後ですかね。コンブが良く育っていますよね。画面上では吊っているような、底から上げているような感じですけども、ウニに食べられないような工夫をされているということですか。

[末永]

良い質問をありがとうございます。これは大変苦勞して得られた写真です。このようなスライドを使うことができるようになるとは思いませんでした。いろいろと試した結果です。1m の柱に取り付けたり、1m の垂れ糸ではすぐ這い上がってくるから 2m にしたりとか。これは現場ですから、ブロックを沈めた後にこのような加工をするのは結構大変でした。あとロープですね。これは直径 1cm のロープで吊り下げているのですが、ウニはハンターなので、綱渡りしてでも食べに来るのですよ。もう一網打尽でした。何やっても駄目でしたね。

そこで、4 年目に、水平にロープを張ってブランコみたいに多孔質体を吊り下げたのですよ。そうしたら、初めてこの東北の震災海域で、コンブの成長が確認できました。地元の漁業者達も「先生、コンブになっていますよ」とすごく喜んでくれました。ウニは横水平のロープだと綱渡りできる。先ほど、本城先生と話をしたのですが、垂直方向にトラップをかけてやれば、そこには這って来ることができないのではないかなどを考えています。これまで、いろいろな方法を試みてきましたが、ことごとく駄目で、この吊り下げ方法だけでどうして海藻が成育できたのか、これからもう少し検証していきたいと思っています。ありがとうございます。

[本城]

この多孔質体は、食べられてしまった藻場礁にカートリッジ式でスポッと入れられるわけですから、際限なくウニを育てることができますので、すごい発想だと思います。

[末永]

現場で求められているのは、高齢者の操業に楽な漁場造成なので、海藻を生やした多孔質体を活用して藻場構造物に差し込んで、ウニを育てて、一方では、多孔質体をウニが来ない

ように吊り下げて海藻も増やすというサイクルです。最終的には、このようなイメージで、この現場で実現できないかと思っています。

[本城]

海岸に海藻を育てるプラットフォームが造成されると、ウニを増やす漁場もまた広がり、高齢の漁師さんには適した漁場になりますね。

他にございませんでしょうか。

[一井様]

水質浄化の件ですけれども、栄養を吸収させて育てた植物は、その後、どのように活用されるのですか。いろいろ課題があると思うのですけれども。

[末永]

まず、バイオマスエネルギーとして使います。シュロガヤツリの溶融温度は他の植物より少し高ですから、他の植物よりも燃料として使えます。東江先生が調べられたのですが、デンプンの吸収機能が稲の4倍ぐらいありますので、バイオマスとしての利用価値は高い。ただネックは外来種なので、いずれ使えなくなるのではないかという懸念があります。

[一井様]

ありがとうございます。

[山口様]

興味深いお話をどうもありがとうございました。シュロガヤツリのことについて伺いたいのですが。浮体施設を入れた場所と入れない場所では窒素、リンの濃度とともにラン藻ですかね。ラン藻の細胞数もずいぶん減っていたように思います。窒素、リンの濃度は確かに減っていますが、それでもまだラン藻が十分に増えるための濃度で残っているのではないのでしょうか。にもかかわらずラン藻の密度が激減したということに関して、先生のお考えを聞かせ願えると幸いです。

[末永]

ありがとうございます。実は、浮体施設の間に、これが効いているかどうかとも分からないのですけれども、ケイ素の溶出基質プレートは浮体と浮体の間にしています。室内実験のレベルでは、ケイ素を溶出させるとラン藻は抑えられ、逆に珪藻が増えます。先程はラン藻のデータしか示しませんでした。お手元の資料には珪藻のデータも載せています。浮体の中の方が、栄養塩レベルは低いのですが、逆に珪藻は多いというデータが出ています。なので、ケイ素が溶出するような環境を作ると、ラン藻の増殖が抑えられたのではない

かと思います。ケイ素の影響は間違いなくあると思うので、今後、調べていきたいと思います。

[本城]

私の方から2つ質問があります。植物を育てて、府中湖全体の栄養を減らすためには、どのくらいの植物が要るかというのを計算されたでしょうか。また、府中湖全体をきれいにするには何年ぐらいかかると思いますか。

[末永]

本城先生、それはとてつもない量が要ると思いますね。単純計算だとすごい量が要るようになってきます。だから全部やろうと思ったらきりがないので、例えば負荷源を抑えられたら、かなり他のエリアに影響するのではないかと想定して試験を行っています。

[本城]

栄養の吸収処理を北条池の中ですることはできないのですか。

[末永]

たぶんできないですね。あそこは県の管轄ではないと聞いていますので。

[本城]

そうであるならば、北条池に入る前に除去するしかありませんね。

[末永]

はい。栄養分は、畜産系からかなり入ってきているのです。農学部の松本先生が府中湖の調査をして下さっていますので、松本先生のデータで畜産系からの汚染の詳細はわかると思います。

[本城]

育ったシュロガヤツリを有効利用してアルコールを作るとか、セルロースがかなり含まれていますから敷き藁にするなど畜産系にも利用できますね。

[末永]

非常に使い勝手の良い植物ですね。末永先生、ありがとうございました。