

さぬき発 実践報告(発表資料)

「水を守る（陸）」移動設置可能な浮体施設を
用いた水圏環境改善技術

香川大学工学部

教授

末永慶寛

「水を守る(陸)」 移動設置可能な浮体施設を用いた 水圏環境改善技術

瀬戸内圏研究センター
香川大学工学部教授
末永慶寛
平成27年2月11日



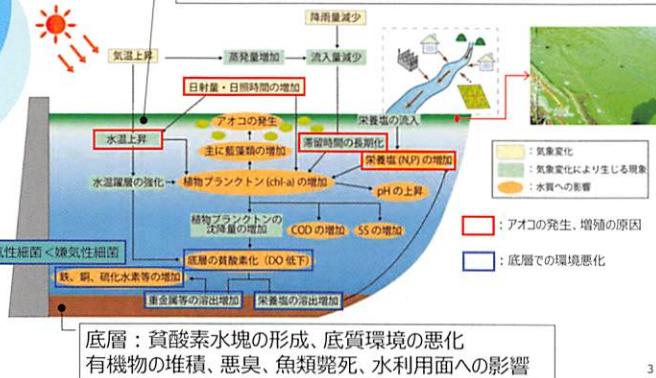
「水を知り、守り、作る」地域とともに 香川大学



1. 研究背景と目的

1-1 現象

表層：アオコによる水質悪化等の水圏環境問題
悪臭、景観悪化、魚類斃死、農作物・飲料水への影響



1. 研究背景と目的

1-2 府中湖の現状

- ① 上流域への畜産排水の流入
- ② その他生活排水等の流入
- ③ 富栄養化の状態が長年続いている
- ④ 毎年のアオコの発生
- ⑤ これまでの対策は場所も限定されている(護岸ブロック)
- ⑥ 効果は要望されているものを全て満たしてはいない



府中湖

1-3 香川県の行政および水道関係者から求められる解決策

- ▶ 移動設置可能な浮体施設
- ▶ アオコ解消機能
- ▶ 金属吸着
- ▶ コスト面の改善
- ▶ 広範囲且つ高度な水質・底質改善



1. 研究背景と目的

1-4 目的

再生可能エネルギーを利用した水圏環境改善技術の開発

従来の対策方法の弱点

- ✗ 事業費用
- ✗ 影響範囲の狭さ、固定化
- ✗ 維持管理の頻度、費用
- ✗ 機能不足 (単一の対策・既存技術では1~2の機能)



打つ！投げる！極める！=行く(移動設置)！撒く(吸着)！混ぜる(分解促進)！
クリーンエネルギーを使用する多機能でフレキシブルな水質浄化装置

本研究の対象としているのは親水公園、ため池、湖沼の景観と水圏環境の改善を図ることである (三位一体の技)

1. 技術開発の背景とねらい

1-5 行政の動き



本研究は上記のような装置にアオコ解消、水質・底質浄化、水の攪拌・循環、遮光効果を付加したものであり、地域ニーズが高い技術になるものと思われる。



上、中：府中湖
下：兵庫県小野市の例

2. 従来技術の課題と解決方法

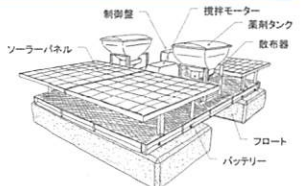
2-1 課題と解決方法

従来技術の問題点	今回の技術・解決方法
① 事業費用	・単純な装置 ・動力は太陽光発電なので電気工事は不要
② 影響範囲の狭さ、固定化	・設置移動可能な浮体施設
③ 維持管理の頻度、費用	・単純な装置なので維持管理の頻度は少ない ・電気代、燃料代不要
④ 機能不足	・アオコ抑制、解消 ・水質・底質改善効果 ・水の攪拌、循環、流動化 ・遮光効果 ・これらを同時に満たす施設

2. 従来技術の課題と解決方法

2-2 研究方法

- 府中湖で施設を用いた検証実験を行いこれらの機能を定量的に評価する。
- 吸着された金属から多孔質体の取替時期の検討を行う。



浮体装置イメージ図

2-3 研究目標

既存技術(設置型多孔質体護岸、植物浮島)に対して

- アオコの発生量(夏季) → 1/3以下
- 金属吸着量 → 10倍以上



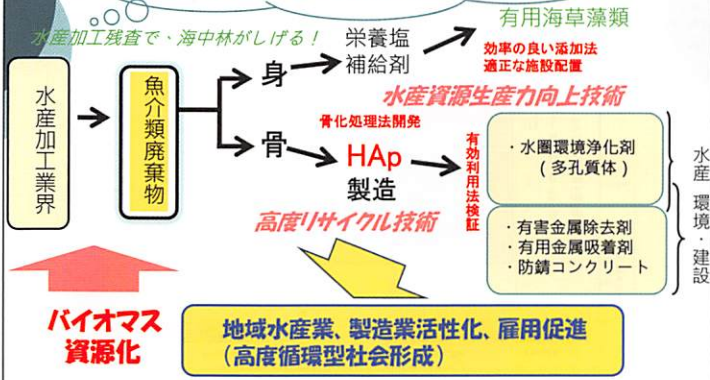
既設のプロトタイプの浮体施設



府中湖に設置されている多孔質護岸ブロック

背景

大量の魚介類残渣物、自然災害による海の生産力低下
(魚肉、魚骨) (海草藻類衰退、生物生息環境の消失)



魚類廃棄物の骨化処理

(1) 魚の骨化処理 ⇒ 水産試験場、日本興業と共同実施

- 1) 身の削ぎ落とし (1) 目標 魚類廃棄物の骨化処理 1~3l/日
- 2) 骨の洗い出し(洗浄)



写真1 骨化処理の状況

HAp製造工程の確立

魚骨の粉砕・粉末化の大量生産法の技術確立

1) 煮沸処理(焼成前処理)

- ① 魚骨の油脂分等の不純物を除去
- ② 効率的な魚骨焼成に必須 → 電気炉の円滑な温度上昇や故障回避に寄与



写真1 魚骨の煮沸(90℃以上) 写真2 魚骨の煮沸(約6時間経過) 写真3 煮沸後の水洗状況

2) 焼成処理

- ① 最高焼成温度: 700~800℃
- ② 目標値: 粉末中央粒径30μm (達成)



写真4 焼成前 写真5 焼成後

震災域で発生する魚類残渣からHApを生成

(1) 魚類廃棄物の骨化処理の効率化

1) 震災域で発生する魚類廃棄物(鮭・サケ)の骨化処理およびHAp製造・分析

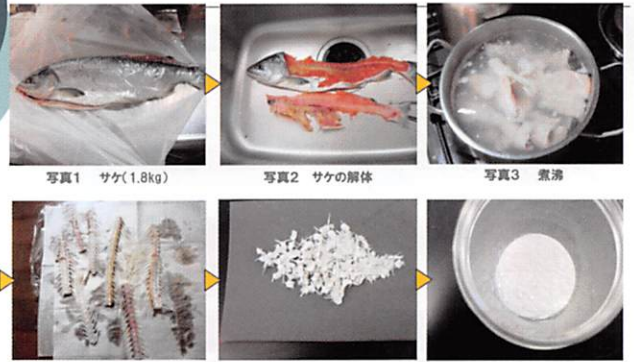
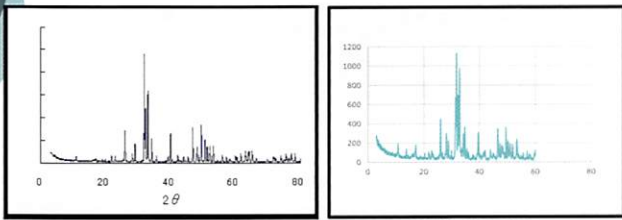


写真1 サケ(1.8kg) 写真2 サケの解体 写真3 煮沸
写真4 骨化処理 写真5 焼成処理(20g) 写真6 鮭由来HAp製造(20g)

HApの分析結果

(2) ヒドロキシアパタイトに関する機能向上

1) 鮭と家畜(豚)由来のHApに関するX線結晶回折スペクトル



家畜(豚)由来のHAp 鮭(サケ)由来のHAp

図1 X線結晶回折スペクトル

※鮭由来でも他の魚類と同様に家畜由来と同じ成分であることを確認

HApの金属吸着機能

有害金属の吸着試験

表1 ハマチ由来 HAp による各種金属イオン吸着作用

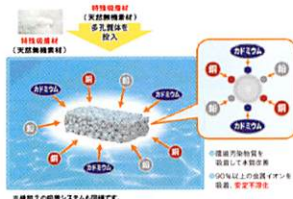
金属イオン (mg/L)	HAp 濃度 (g/L)			
	0	10	20	50
鉄	100	<0.1	-	-
銅	100	4.2	8	<0.1
カドミウム	100	2.4	1	<0.1
クロム	100	1.2	<0.1	-
鉛	100	3.4	3	<0.1
マンガン	100	8.2	6.5	1.2
ニッケル	100	8.7	5.9	4
亜鉛	100	4.4	2.8	0.4
コバルト	100	6.0	3.3	2.4

高機能多孔質基質

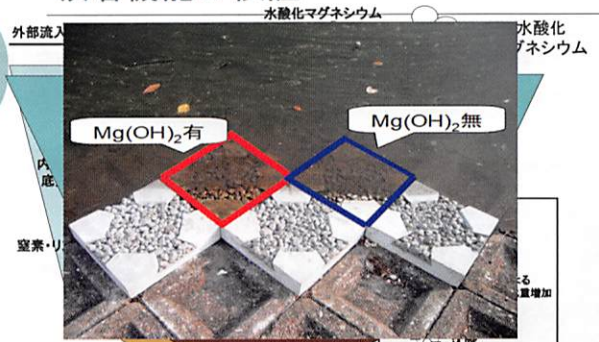
- 粗骨材
鉄鋼スラグ(産業副産物)
コンクリート塊(建設副産物)
微細な空隙
バクテリアの繁殖 → COD・N・Pの減少
シリカの供給
珪藻類を優占 → アオコの発生を抑制

HApによる重金属イオンの吸着(室内実験)

カドミウムイオン	97%
銅イオン	96%
鉛イオン	93%



水酸化マグネシウムによるアオコの吸着機能の検証



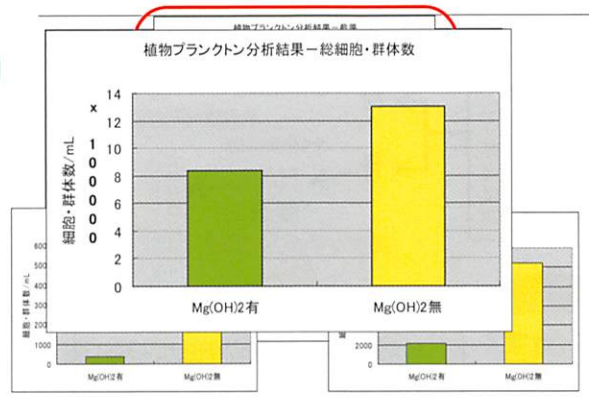
多孔質体による重金属類の吸着機能の検証

ヒドロキシアパタイト(HAP)が1%含まれている
10cm×10cmの多孔質体を使用

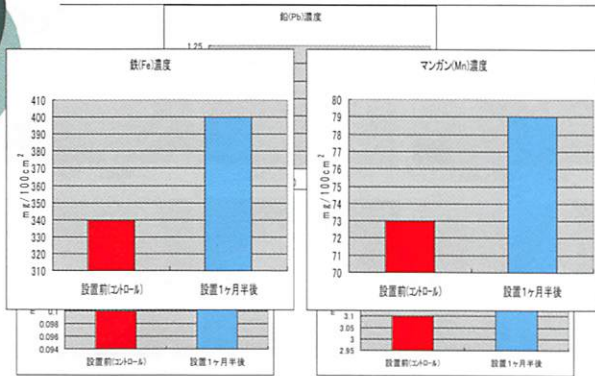
Gmax (mm)	20	単位 質量 (kg/m ³)	1790
普通 C	3.16	中和剤 ポルトランド セメント 使用量	



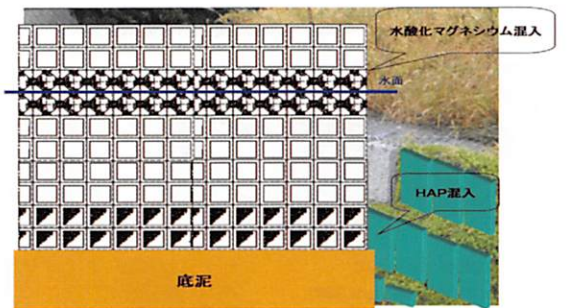
アオコ吸着機能の実験結果



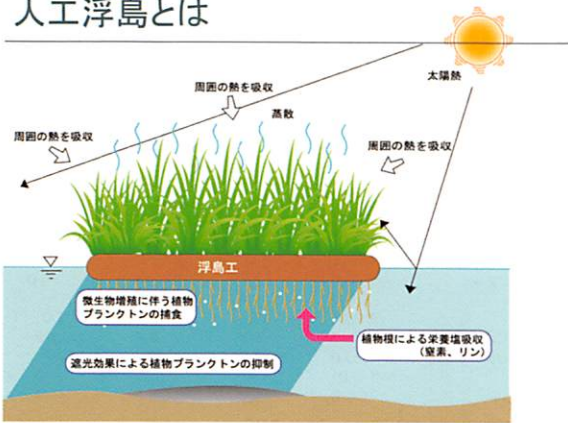
重金属類吸着機能の実験結果



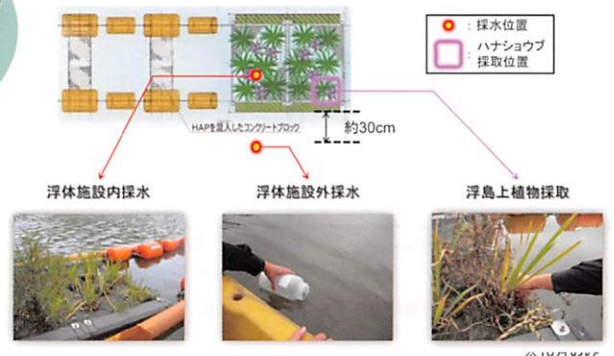
護岸材としての適用例



人工浮島とは



浮体施設による水質改善



本浮体施設の概要



2. 従来技術の課題と解決方法

2-4 浮体施設・設置場所



3. 従来の技術と今回の技術との比較

従来の技術、施設との比較

対策	本研究 (浮体式水圏環境 改善装置)	浮島	護岸 (多孔質 護岸)	曝気装置	小規模 な流動	浚渫	アオコ 回収
費用	約200万円/基	約180万円/基	約53,000 円/m ² (材 工共)	約6,500万円 ~1億円/基			船以外 はほぼ 手作業
維持費	・整備点検 ・薬剤の補充 ・動力は太陽光発電	・整備点検 ・植生の刈取り、 回収等	・多孔質体 の交換	約140万円 ~200万円 整備点検、電気代	・整備点検 ・電気代		その都度 実施
メリット	・移動設置可能 ・アオコの凝集(表層) ・金属吸着(底層) ・遮光効果 ・水の攪拌 ・コスト面の改善	・エネルギーを必要 としない ・移動設置可能 ・低コスト ・遮光効果 ・景観配慮	・アオコ、金属 の吸着機能 ・護岸としての 機能を兼ね ている	・底層のDOを改善 ・底質からの栄養塩、 金属類の溶出抑制 ・攪拌効果により表層 の水温が下がる → アオコの発生を抑制	・水域の循環、 流動化 ・停滞を改善 しアオコを解消 ・アオコ発生の 予防的な効果	・汚濁物、栄養 塩の除去 ・小規模な貯 水池向け	・応急処 置対策、 局所的 な場合 有効
デメリット	・現況に応じて基数を 増やす必要がある ・運賃の能力はそれ程 強くない(1基当 り)	・積極的に改善 するものではない ・基数が必要	・影響範囲 が限定的	・事業費・維持管理 費が高額 ・影響範囲が限定的 ・底質の改善にまで 至っていない	・小規模な ので水域、目的 になした基数 が必要 ・影響範囲が 限定的	・流入負荷が 大きい所や大 規模な貯水 池には不向き	・あくまで 対処療法 である ・産廃の 処分

25

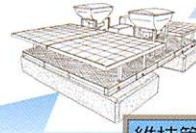
4. 研究の特性と新規性

本研究の優位性

費用、影響範囲の弱点を克服

① 小規模な装置

- ✓ 複雑、大規模な装置ではないので低コスト
- ✓ 現況に応じて基数、設置箇所を調整するなど汎用性が高い
- ✓ 太陽光発電なので電源工事を必要としない
- ✓ アオコ対策だけなら範囲が限定的なので小規模、移動可能な方がより向いている



維持管理の頻度、費用の面で有利

② メンテナンスの簡便化

- ✓ 点検箇所、頻度も少なく主に薬剤補充、太陽光パネルの汚損確認
- ✓ 部品の修理、交換がある場合でも作業しやすい。

26

4. 研究の特性と新規性

③ 多機能

- ✓ 浄化装置の設置、移動可
- ✓ アオコの凝集、沈殿、分解促進
- ✓ 金属の吸着
- ✓ 水の攪拌
- ✓ 電源工事、電気代、燃料代不要
- ✓ 遮光効果



これらの機能を同時に満たす水質浄化装置はない

以上の点と水圏環境問題に対する懸念から、本研究成果を活用した製品化、事業化の見通しは、明るいものと思われる



27

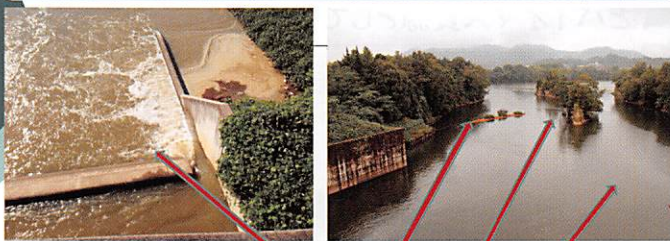
5. 成果の実用化による効果

- 既存技術では対応できなかったターゲットとする水域での環境改善が可能になる
- 比較的大きな貯水池、湖沼の場合でも、入り江など流れが滞り水の循環が行われにくい水域に局所的に使用できる
- 大がかりな曝気装置や副ダムの建設、浚渫等に比べ金額的に導入し易く、また設置に関してもロープ等での固定のみなので即日使用開始が可能である
- アオコの発生時期前(春~初夏)の運転はアオコ発生の予防的な役割があり、日射量が増加する時期ほどアオコも発生しやすいが、運転のための発電量も増加するので理にかなっている
- 自治体、地元企業(製造、鉄鋼、淡水養殖、建設、サービス業等)における雇用促進、地域産業の発展・活性化に資することが多いものとなる



28

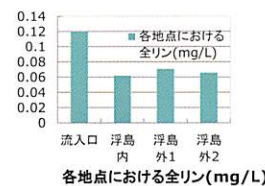
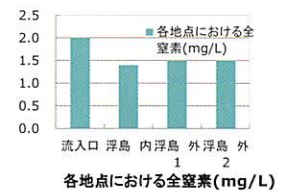
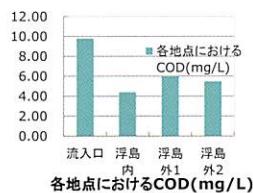
6. 研究結果と考察



	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

29

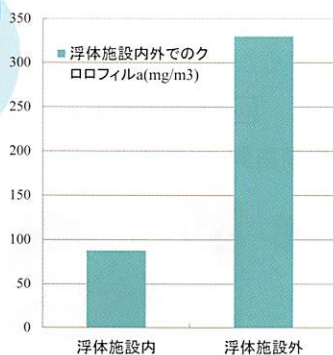
6. 研究結果と考察



30

6. 研究結果と考察

6-1 フィールド調査結果

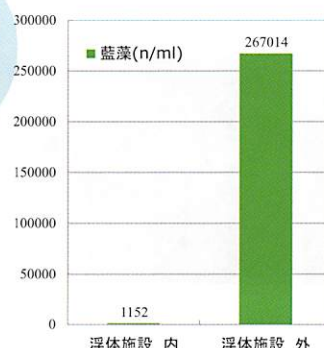


- ・浮体施設設置地点は非常に環境が悪化している。
- ・浮体施設外の値はクロロフィルaがピークとなる昨年の夏季と比べ約4倍。
- ・また、浮体施設内は外側の約1/4の濃度。

31

6. 研究結果と考察

6-1 フィールド調査結果



- ・細胞数が前年度のピークの3倍以上となっている。
- ・前年度の同時期では浮体施設内の細胞数が多い結果となっていたが、本年度は明確な差が生じた。
- ・浮体施設が植物プランクトンの増殖を抑制している検証例となった。

32

6. 研究結果と考察

6-2 浮体施設の設置規模の検討

対象水域の全窒素を工業用水1級環境基準値である1mg/Lまで落とすに必要な浮体施設を検討

前年度の分析結果より窒素1g落とすにはハナショウブが121.8g必要

対象水域の落とす必要のある全窒素量は37,500g

ハナショウブの必要量は4,568kgとなる

浮体施設1基あたりのハナショウブの量は約300kg

対象水域に必要な設置の規模は少なくとも16基となる！

33

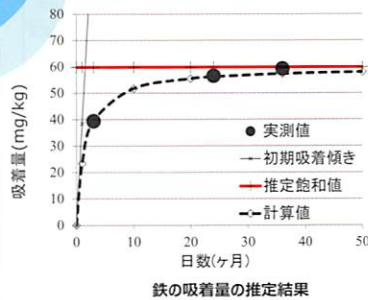
6. 研究結果と考察

6-3 多孔質体の取り替え時期の検討

将来的な金属吸着量を推定し、多孔質体の取り替え時期を検討

光-光合成曲線を応用 $Q = b t / (1 + a t)$

Q: 吸着量, t: 吸着期間, b: 原点からの立ち上がりの勾配, b/a: 推定飽和値



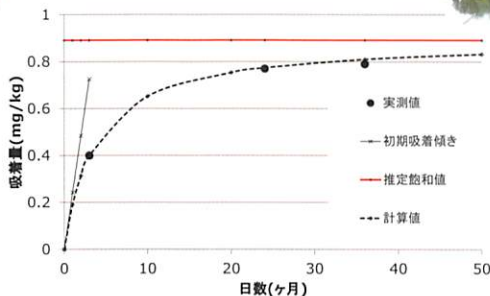
・推定結果より約1~2年程度で多孔質体の吸着速度が小さくなる。
・約3年間で飽和状態に達している。

多孔質体の交換時期を提案！

34

6. 研究結果と考察

銅の吸着量の推定結果



35

7. 今後の課題

◆ フィールド調査

本研究で開発した浮体施設は、施工上の問題から2013年10月に設置しており、今後も継続的に調査を行い、水質変化をモニタリングすることが必要である。

◆ 外部流入負荷

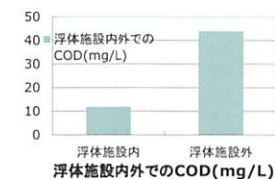
今回の調査地点は府中湖の他の地点に比べて非常に負荷の強い箇所であることが分かった。しかし、府中湖にはその他にも綾川からの流入など、水質に影響を及ぼしている地点があると推測される。そのため府中湖全域のより詳細な外部流入箇所を把握し、効果的な水質浄化技術を適用していく必要がある。

◆ 浮体施設の改良

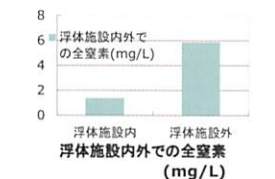
今回の研究では、前年度に開発した浮体施設に後付ける形での施設設置になったが、今後は、前年度の浮体施設と本研究で後付けした浮体施設を同一の浮体施設として活用する方法を検討する。

36

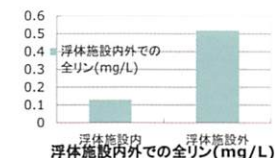
8. 付録



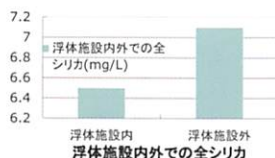
浮体施設内外でのCOD (mg/L)



浮体施設内外での全窒素 (mg/L)



浮体施設内外での全リン (mg/L)



浮体施設内外での全シリカ (mg/L)

37

今後の予定: 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グサ属 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！

38

シュロガヤツリを用いた浮体式水質浄化装置



平成26年7月4日に設置予定

39

本浮体施設の設置場所



府中湖南側、北条池流入口付近

平成26年7月4日



平成26年9月4日



平成26年9月4日



平成26年9月4日

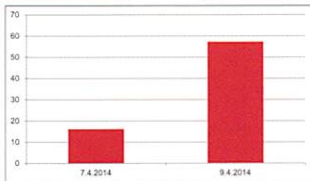


シュロガヤツリの生育状況



平均茎長 16.2cm 2014.7.4

平均茎長 57.3cm 2014.9.4

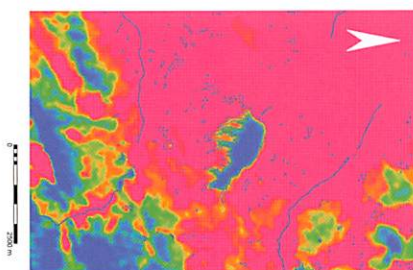


今後の予定



- 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
- 刈り取り時期, 量, 方法
- 成分分析(方法, 評価指標, 等)
- ターゲットに対する適正規模の決定(超音波の利用含む)

衛星データによる湖沼の水温分布



香川大学工学部 野々村准教授による

水を育む 香川大学



香川大学のHAPが世界を救う!



ご清聴ありがとうございました

参考図書:

農業用貯水施設におけるアオコ対応参考図書(H24.3 農林水産省)

マイクロバブルによる富栄養化貯水池の深層水の水質改善に関する現地実験(水工学論文集, 2006)

府中湖におけるジェット・ストリーマによる水質改善(第3期)(香川県環境保健研究センター所報, 2011)

水上栽培したシュロガヤツリの水質浄化機能及びバイオマス資源としての可能性(東江栄, 他, J.Crop Sci 48)

さぬき発 実践報告(発表資料)

「オイスカの乾燥地域における国際協力活動」

(参考資料：わたしのいく道「世界の人と手をつなごう」平成24年度道徳6年
香川県小学校道徳教育研究会)

オイスカ四国研修センター

所長

萬代保男