

環境関連シーズのご紹介

日本大学産官学連携知財センター



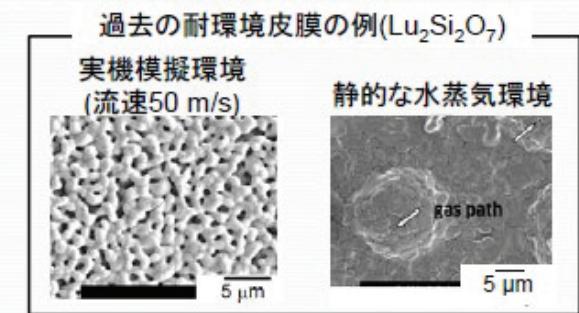
	キーワード	発明の名称&概要
1	耐熱、耐食	耐熱耐食皮膜、耐熱耐食部材及び耐熱耐食皮膜の製造方法 高温環境下でも耐食性に優れる耐熱耐食皮膜 特許7006904号
2	生分解性カプセル	バクテリアセルロース膜カプセルの製造方法、バクテリアセルロース膜カプセル、及び医薬組成物 選択的透過性を有するセルロースゲル膜の中空・球状カプセル 特開2021-065224
3	無機材料 建材	ラピドクリカイトの製造方法、及び、析出物 耐火性、耐強度性、長寿命性などに優れるボード材の原料となりうるラピドクリカイトを、簡易に、人工的に合成 出願未公開
4	未利用エネルギー 小型発電機	動力生成システム及び発電システム イオン液体が二酸化炭素を吸収・再生する特性を利用して、外部熱源から動力を取り出す 特許6739766号
5	汚水処理 人工湿地	水質改善用の人工湿地 省面積で効率的な汚水処理が可能な人工湿地 特許6112604号、特許6607440号
6	水流循環式エコシステム 水耕栽培	アクアポニックスシステム 植物に適した水量を大気の呼吸を行いながら濾床に供給でき、飼育水槽の水を効率よく浄化して循環利用する 特許6548220号
7	微生物燃料電池 汚泥管理	チョウバエ発生抑制装置 汚泥中の害虫の発生を、化学物質や高電圧を要せず、抑制する 特許7025752号
8	無機材料 建材	トバモライト含有建材の製造方法、トバモライト及びトバモライト含有建材 外観・強度劣化につながる炭酸化が起こりにくいトバモライト 特許7356706号
9	無機材料 セメント	酸化カルシウムの製造方法及び添加剤 製造時の加熱処理の時間が従来よりも短時間である酸化カルシウムの製造方法 特開2024-049666
10	多孔質材料 合成反応場 吸着	尿素の合成方法、水素の貯蔵方法、シリカ粒子の製造方法、及び、蓄熱方法 微細なピーク細孔径を均一に有する、多孔質シリカ粒子。低温・低圧の条件で尿素の合成、水素の貯蔵、蓄熱が可能 特開2024-022507
11	太陽光発電	高温領域抽出装置 太陽光パネルが備えるバイパス回路の故障を検出する手間を低減 特許6769607号
12	風力発電	エネルギー変換装置 都市域など狭い用地での導入に適したコンパクトかつ高密度なエネルギー回収システム 出願未公開
13	薄型高性能ファン	ファン装置、空調用室外機及び給湯ヒートポンプ用室外機 大幅な薄型化を実現しながら、高効率なファン 出願未公開

セラミックス基材に付与できる超耐熱、耐環境性被膜の開発

日本大学 工学部 生命応用化学科 教授 上野 俊吉

研究背景・目的

セラミックス基複合材料（SiC纖維強化SiCセラミックス）は、軽量で耐熱性に優れ、また比強度も高いため、高温構造材料としての応用が期待されている。しかしガスタービン部材として適応を考えた場合、SiCセラミックスは1300°C程の温度で容易に酸化し、酸化により生じる水蒸気により腐食・除去されるため基材の減肉が生じる。よって腐食・減肉を防止する被膜（耐環境被膜）の付与が求められる。



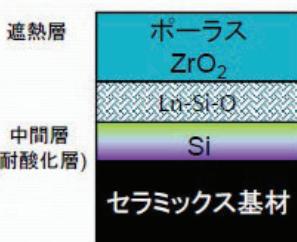
従来技術

現在の技術



基材の耐熱性: 1350°C
中間層の耐酸化性: 800°C

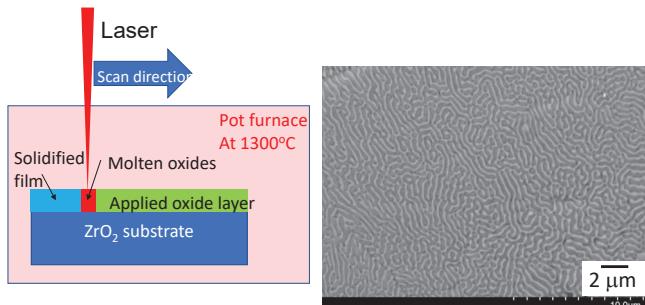
開発が進められている技術



1500°C
1300°C

- 水蒸気により粒界ガラス相の選択腐食
- 耐水蒸気腐食層と遮熱層の接合
- 遮熱層の断熱性
- 近い将来に1800°C以上の温度にさらされるが対応していない

本発明技術とその具体的な構成



- サブミクロンの微細組織
- クラックが存在しない凝固皮膜
- 化学反応制御で基材との密着性を向上
- どんな基材へも成膜可能
- 微細組織形成の技術的・学術的データあり

従来技術との相違点

- 皮膜内構造： 単相 → 共晶構造
- 粒界ガラス相： あり → なし
- 耐熱性： 1500°C → 2200°C以上

こんな企業を探しています！

- 耐熱性皮膜の開発を検討している
- 耐食性皮膜の開発を検討している

応用分野・用途・今後の展開

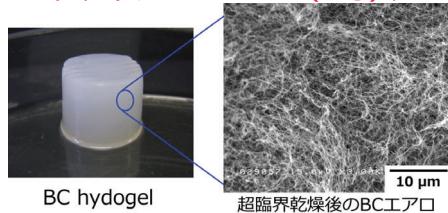
- CaZrO₃-ZrO₂皮膜による耐熱性向上(~2200°C)
- CaZrO₃-ZrO₂皮膜そのものの高断熱性
- どんな基材にも成膜可能
- 粒界ガラス相の選択腐食防止

セルロースゲルで形成されたシームレス カプセルによる物質内包技術

日本大学 理工学部 応用物質化学科 准教授 星 徹

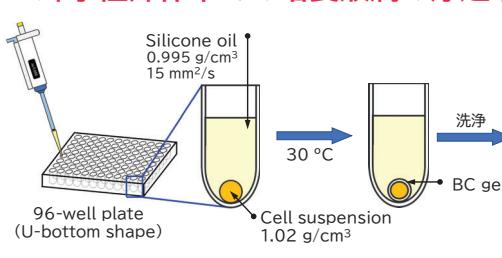
研究背景・目的

バクテリアセルロース(BC)ゲル



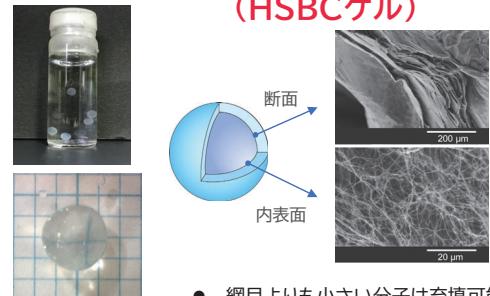
- 酢酸菌などが産生するセルロースナノファイバーから成るゲル
- 99 wt%が水で形成されたゲル
- 酸、塩基耐性に優れる
- 保水性、生体適合性に優れる

疎水性媒体中の培養液滴の浮遊培養法



- シリコーンオイルに培養液を滴下
- 形成した培養液滴中で酢酸菌を培養
- 培養液-オイル界面でBCゲルを产生

シームレスな 中空球状セルロースゲル (HSBCゲル)

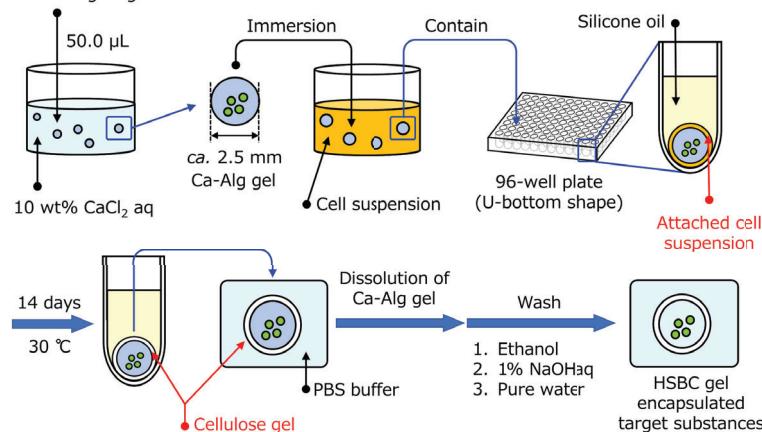


- 網目よりも小さい分子は充填可能
- 大きい物質は充填不可

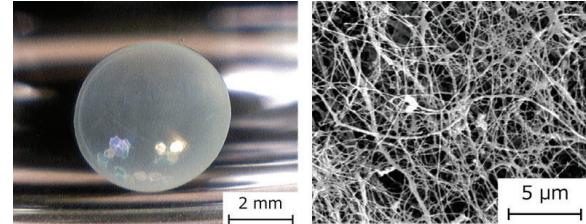
原理・方法

セルロースシームレスカプセルによる物質内包

Dropwise of Na-Alg ad containing target substances



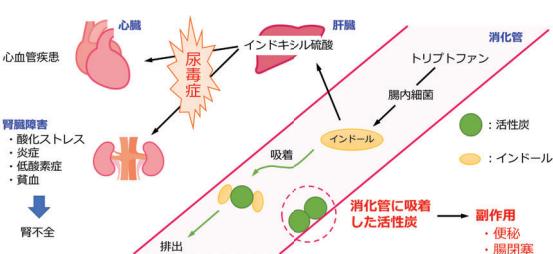
- 内包させたい物質を含んだアルギン酸、または寒天から成る球状ゲルを調製
- 球状ゲル表面に酢酸菌を植菌した培養液を付着させる
- 培養液を付着させた球状ゲルをシリコーンオイル中に浸漬し、所定時間培養を行う
- 培養液-オイル界面でBCゲルが产生する
- アルギン酸ゲル、または寒天ゲルを溶解除去することで、物質を内包したHSBCゲルが得られる



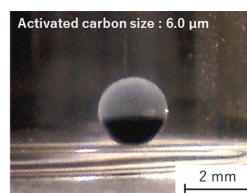
- セルロースナノファイバーの網目の細孔より大きい粒子の内包可能
- 1μm以上の粒子をカプセル内に留めることができ

結果・まとめ

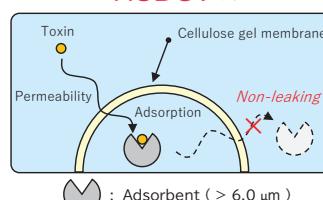
吸着剤のカプセル化



- 経口吸着剤の消化管への吸着は、副作用を引き起こす。重篤な場合、死亡事例の報告あり。
- HSBCゲルに活性炭をカプセル化することで、消化管と活性炭を接触させない。
- 高カリウム血症、高コレステロール血症の薬剤や血糖値上昇抑制剤への応用を検討

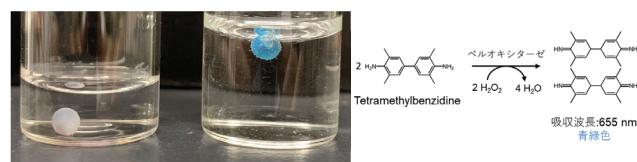


活性炭カプセル化 HSBCゲル

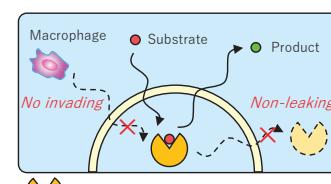


- インドールはBCゲル膜を透過し、中空内部の活性炭に吸着される

酵素固定化粒子のカプセル化



反応前 反応中



- 酵素固定化粒子のカプセル化に成功
- BCゲル膜の細孔を透過できる基質のみ中空内部反応可能
- 反応物は迅速に外部に放出
- 酵素を失活させずにカプセル化が可能
- 大きい異物存在下での酵素反応を検討

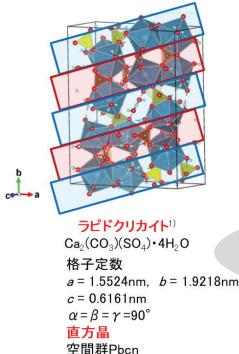
応用分野・用途・今後の展開

- 尿毒症、電解質異常症、高コレステロール血症、糖尿病用の経口吸着剤
- 分子ふるい能を持つ酵素触媒

耐火性・耐強度性に優れた長寿命なカルシウム複塩の人工合成手法を発見

日本大学 生産工学部 環境安全工学科 専任講師 龜井 真之介

課題・背景



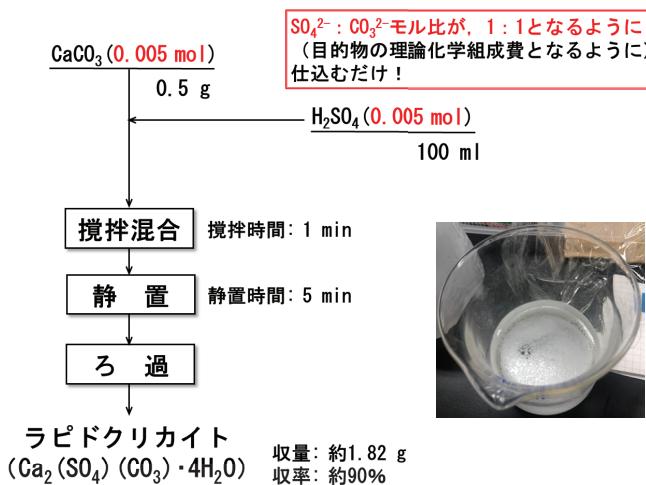
- 単純な溶解析出法では複塩化合物を“安定した結晶構造で形成できない”
- 複塩化合物の純度が著しく低くなり複塩化合物の“人工合成が容易でない”

天然で産出される複塩化合物を直接活用するも、天然のため
複塩化合物の純度は低い。
本来の複塩構造体が有する材料物性を示せていない。

原理・方法

発明技術の一例

溶解再析出を用いたラピドクリカイト($\text{Ca}_2(\text{SO}_4)(\text{CO}_3)\cdot 4\text{H}_2\text{O}$)の合成方法



① 原料となる炭酸カルシウムを希硫酸と混合させる

② 炭酸カルシウムを溶解させる
(溶液内の化学組成は、 $\text{CO}_3^{2-} : \text{SO}_4^{2-} = 1 : 1$ となるモル比を調製)
(炭酸カルシウム粉末0.5g, 0.05mol/L希硫酸溶液100mlに溶解)

③ 溶解後、暫く静置、容器内から析出物が生じる

④ ろ過・洗浄・乾燥後、ラピドクリカイト粉体を回収

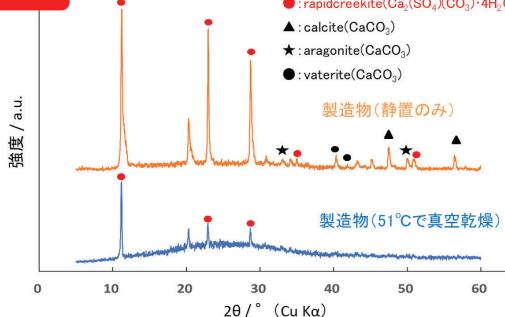


【生成物の外観写真】

結果

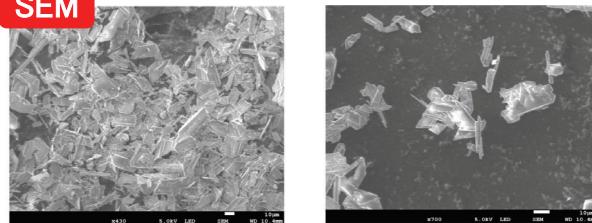
◎出願番号:特願2023-0646883 発明の名称『ラピドクリカイトの製造方法、及び、析出物』

XRD



X線回折測定から、得られた生成物の結晶構造は、4つの主ピーク($2\theta = 11.1^\circ, 20.2^\circ, 22.9^\circ, 28.6^\circ$)が、ラピドクリカイトのXRDパターンシミュレーション(ICSD #425547)で得られる主ピークと一致した。また、静置ではなく、真空乾燥して得た生成物においてもXRDパターンは、炭酸カルシウムの单塩と、硫酸カルシウムの单塩と混合物は異なり、ラピドクリカイトが合成できていることが確認できた。

SEM



走査型電子顕微鏡観察から、板状結晶が観察された形状は、セッコウに類似していた
粒子径は、30~100 μm程度であった
アスペクト比(タテ径:ヨコ径比)は、1:3程度であった

応用分野・用途・今後の展開

インフラ材料としての活用が見込める

現存使用されているセッコウボード(天井、壁材)は二水セッコウからなる单塩構造材料である
→单塩よりも高い物理的・化学的性質を示すラピドクリカイトは、耐火性、耐強度性、長寿命に優れる壁材等ボード開発できると考えられる。

※実際に耐熱性においては二水セッコウよりも高いと報告⁴⁾がある。二水セッコウ脱水温度(160~180°C), ラピドクリカイト(230°C)

また、混合添加による補強材として活用されている炭酸カルシウムと同じ役割としての活用においても、このラピドクリカイトは見込める。このため、セッコウ業界、炭酸カルシウム業界と応用可能な範囲は広いと考えている。

耐火・強化に優れた新材料

セッコーボードの次世代版

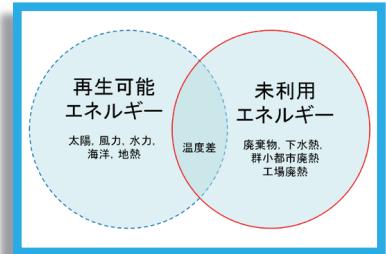
二酸化炭素とイオン液体を用いた発電サイクル

日本大学 工学部 機械工学科 教授 佐々木 直栄

目的・背景

「再生可能エネルギーさきがけの地」として、2040年頃までに県内で必要とされるエネルギーの100%相当以上を再生可能エネルギーとする目標を掲げている福島県。
同県に所在する唯一の工学部で環境エネルギー教育・研究を先導するサステナブルエネルギー研究室として為すべきことは何か?

⇒ 未利用エネルギー(廃熱)を利用した発電システムの開発による
再生可能エネルギー需要低減



原理・方法

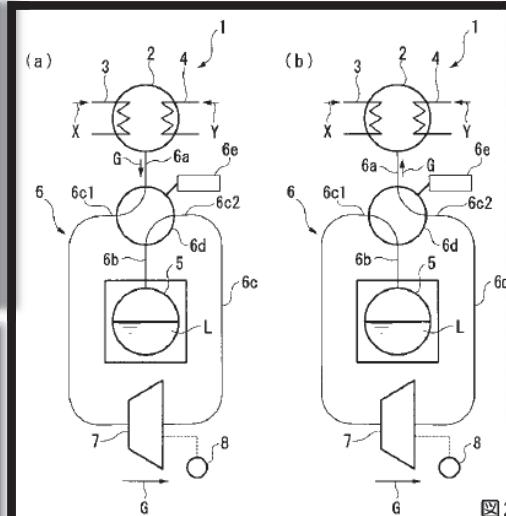
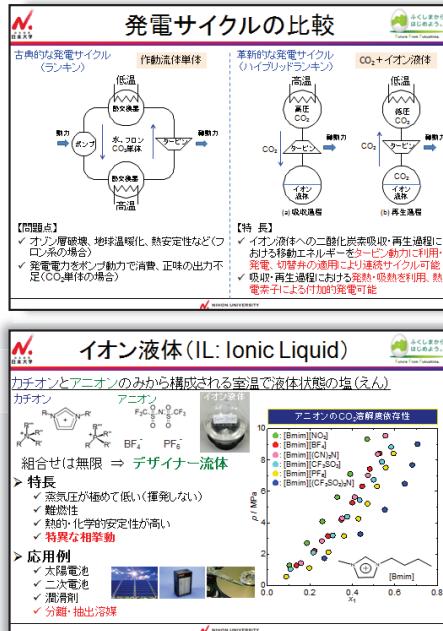
【特徴】

イオン液体がCO₂ガスを吸収しやすい特性を利用

【原理】

・イオン液体へのCO₂ガスの吸収によるガス移動量の増加

・エンタルピー変化量(動力源)の増加を利用して動力回収



- 1. 発電システム
- 2. CO₂ガスタンク
- 3. CO₂加熱用熱交換器
- 4. CO₂冷却用熱交換器
- 5. イオン液体タンク
- 6. 接続部 (四方弁)
- a. CO₂ガスタンク接続配管
- b. イオン液体タンク接続配管
- c. 中間配管
- d. 切替弁
- e. アクチュエーター
- 7. タービン
- 8. 発電機
- G. CO₂ガス
- L. イオン液体
- X. 生活排水あるいは工場廃熱
- Y. 水道水や外気

特許第6739766号

結果・まとめ

【現状まとめ】

(1)イオン液体の検討

- ・本学部生命応用化学科(児玉大輔准教授)においてイオン液体の設計から熱物性測定まで実施
- ・2種類のイオン液体を混合した2成分系イオン液体を主体に検討中

(2)小型タービンの検討

- ・高圧作動媒体(CO₂)に実機レベル耐えられる市販タービンは皆無
- ・タービンに拘らず、膨張機と言うカテゴリーで外注先を開拓 (CO₂にも対応可能との先方見解)
- ・本学理工学部精密機械工学科(田中勝之准教授)ではMEMSを活用した小型タービン試作検討中

(3)システム全体の検討

- ・上述した特許レベルではシステムが複雑(安定操業困難, コスト高)
- ・根本的な操業方法の見直し、それに応じた構成要素の最適化検討中

(4)更なる高効率熱利用の検討

- ・CO₂ガスの加熱・冷却用熱交換器の形状最適化検討中
- ・加熱・冷却切替時の熱損失を逆利用する方法考案中



発電性能評価
プロトタイプ機

応用分野・用途

(1)定置型発電システム(長時間安定した廃熱が得られる場合…都市ビル, 工場, 商業施設, 温泉など)

(2)可搬型発電システム(短時間かつ多地点において廃熱が得られる場合…家庭, レジャー時, 災害時など)

省面積・省エネルギーで汚水の浄化が可能なコンパクト人工湿地の開発

工学部 土木工学科 教授

中野 和典 機械工学科 教授

橋本 純

背景・目的

- ! 地球温暖化とエネルギー資源枯渇の問題が顕在化
- ! 汚水処理技術のグリーン化(低炭素化)が迫られている
- 次世代型の新たな汚水処理システムが必要

- ! 自然の浄化機能を強化した人工湿地が欧米諸国で普及
- ! 我が国では用地がボトルネックとなり普及が進んでいない
- 人工湿地のコンパクト化(省面積化)技術の開発

人工湿地とは?

自然湿地や干涸における水質浄化機構を工学的に強化した半自然的な汚水処理システム。



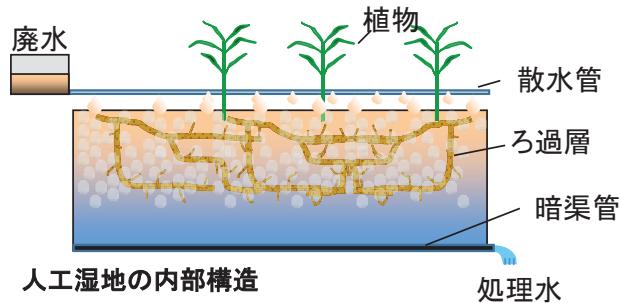
活性汚泥法等の従来技術と同等以上の水質浄化性能が得られるが、機械的な曝気が不要であるため、70%程度の低炭素化(省エネ化)が可能。

限られた用地で自然浄化による汚水処理を実現する技術の開発

- 好気的な地下環境を実現する手法を発明
 - 地下に重層的に好気的なろ過層を設置する技術により必要面積の大幅な削減を実現
- 人工湿地を適用することによる汚水処理施設の多機能化
 - 水質浄化と同時に大気浄化、抗ヒートアイランド化、施設の緑化、景観の美化を実現

原理・方法

人工湿地の構造と水質浄化の原理



人工湿地の内部構造

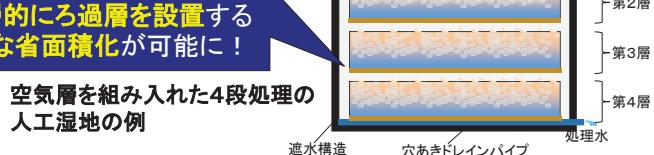
人工湿地における2段階の水質浄化機構

- ①ろ過層による汚濁成分の物理的除去による浄化
- ②ろ過層が捕捉した汚濁成分の生物学的分解
→ ろ過層を好気的に維持することが必要

ろ過層の重層化による人工湿地のコンパクト化



大気が自然拡散する空気層を地下に設置する技術により、ろ過層内の好気条件を地表面積に依存することなく維持することに成功！
地下に重層的にろ過層を設置することで大幅な省面積化が可能に！



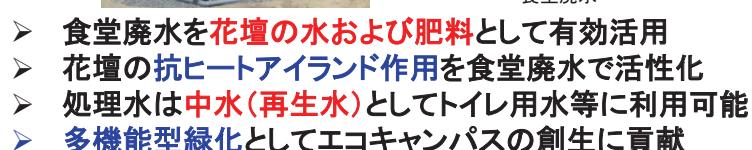
技術の適用事例

バイオガス排液処理への適用(宮城県塩釜市・(株)渡曾)



- 水産廃棄物を原料としたバイオガス生産で生じる高濃度廃水の処理を従来の人工湿地の4分の1の面積で実現
- 廃水処理に要する電力が大幅に削減され、バイオガスで発電した電力の売電収入の増加に貢献

花壇を活用した食堂廃水処理への適用(日大工学部)



- 食堂廃水を花壇の水および肥料として有効活用
- 花壇の抗ヒートアイランド作用を食堂廃水で活性化
- 処理水は中水(再生水)としてトイレ用水等に利用可能
- 多機能型緑化としてエコキャンパスの創生に貢献

応用分野・用途

- 汚水(下水、家庭雑排水、畜産廃水、工場廃水)処理、雨水管理
- 緑化施設(雨水貯留と緑化を組み合わせた多機能型緑化、屋上緑化、壁面緑化、公園、街路・駐車場の緑地帯、花壇)

アクアポニックスの開発 ～干満流技術によるアクアポニックスのゼロカーボン化～

日本大学 工学部 土木工学科 教授 中野 和典

開発したアクアポニックの狙い

1. 潤いのある室内環境と癒しを創出するインテリアとしてアクアポニックスを家庭や病院に

生活に潤いや癒しを与えてくれる観賞魚や観葉植物は、口ハス(健康で持続可能な生活スタイル)に貢献するツールとして親しまれています。これらをアクアポニックスとして合体させることで、観賞魚が汚した水が観葉植物の栄養となり、観葉植物が浄化した水は再利用できます。観葉植物が室内の空気を浄化し、干満流が促進する水の蒸発が室内の湿度を適度に維持します。観葉植物の水やりと観賞魚の水槽の掃除も不要となり、多面的に口ハスを実現するインテリアになります。

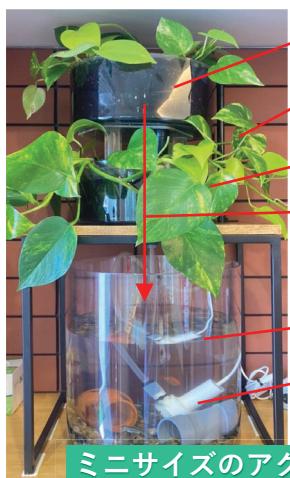
2. 自然の仕組みを考えて理解する環境教材としてアクアポニックスを小中学校に

自然の世界にゴミ箱はありません。自然の仕組みには無駄がなく、生態系の中で物質が循環することでゴミが生じないためです。観賞魚と観葉植物の組み合わせに干満流技術を適用したアクアポニックスは、自然の中で水がキレイになる仕組みを模倣したシステムです。アクアポニックスの仕組みを理解することで、持続可能な自然の仕組みの理解が進みます。口ハスのお手本である自然の仕組みを学ぶ環境教材としての活用が可能です。

3. 魚の養殖と野菜の水耕栽培を組み合わせたアクアポニックスを口ハスに

魚の養殖と野菜の水耕栽培を組み合わせたアクアポニックスは、世界の食料危機の解決に貢献する最先端の食料生産技術です。干潟の優れた浄化機能を工学的に強化した干満流技術を応用することで、機械的な曝気に頼らない省エネルギーな手法で水の浄化を行うことが可能になり、アクアポニックスのゼロカーボン化に貢献します。

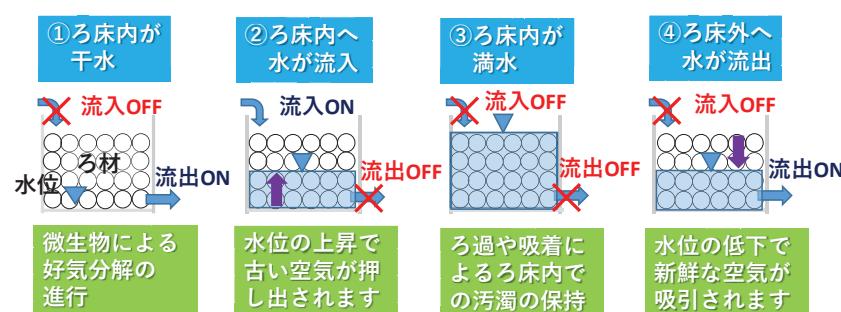
アクアポニックスに適用した干満流技術



ミニサイズのアクアポニックスの概要

- 水を浄化する活性炭ろ過層
- 空気浄化機能に優れた
ポトスの水耕栽培
- 水の汚れがポトスの肥料に
- 活性炭ろ過層に適用した
干満流技術で浄化された
水を水槽に返送
- 観賞魚用の水槽
- 水槽の水をくみ上げる
揚水ポンプ

機械的な曝気なしでろ床内で水の浄化が促進される干満流の機構

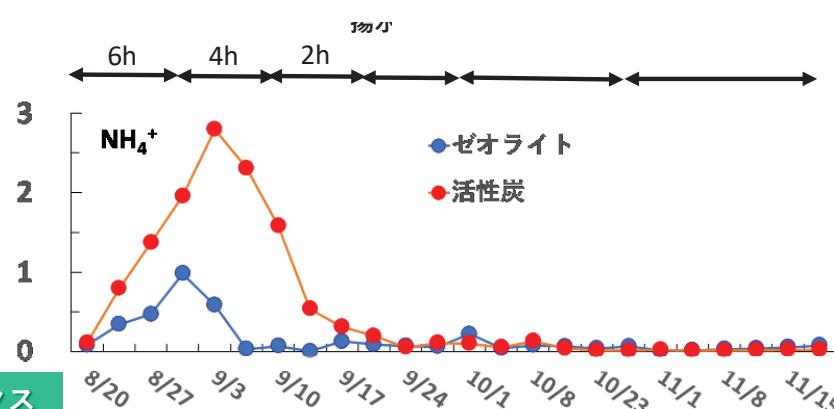


ろ床内で水の干満（①～④）が繰り返され浄化が進みます

干満流を適用した水耕栽培ろ床の有毒アンモニア抑制能力の検証



検証に用いたアクアポニックス



観賞魚の水槽のアンモニア濃度は、揚水インターバルの短縮とともに減少し、インターバル2h以降ではゼオライト、活性炭ろ床とともに検出されない濃度に維持できた。

堆積物燃料電池を利用したチョウバエの発生抑制 ～殺虫剤フリーな衛生害虫抑制技術～

工学部 土木工学科 教授 中野和典

目的・背景

チョウバエ(図-1)は下水汚泥や不衛生な水まわりで発生する衛生害虫である。発明者は、下水処理場で大量に発生する下水汚泥を発電の燃料源として有効利用する堆積物燃料電池リアクター(図-2)の開発に取り組んできた。そして堆積物燃料電池による発電が、衛生害虫として知られるチョウバエの発生を効果的に抑制する現象を発見した。本現象は、高電圧や薬剤に頼らずにチョウバエの発生を抑制する手法としての可能性を秘めており、水処理施設やサニタリー設備の衛生管理への応用が可能である。チョウバエ以外の生物への影響を防止できるロハスな手法であることが、従来の害虫抑制手法にはないアドバンテージである。



図-1 衛生害虫チョウバエ

原理・方法

下水汚泥をろ過濃縮する堆積物燃料電池の発電の仕組み

堆積物燃料電池リアクター(図-2)上部から投入した下水汚泥は、ろ材(活性炭)でろ過され、ろ材上部に汚泥が堆積して濃縮される。この堆積物に被覆される上部の活性炭層は還元状態となり、アノード(正極)として機能する。一方、下部の活性炭層は空気層と接しており、酸化状態が維持されるためカソード(負極)として機能し、電気が発生する。

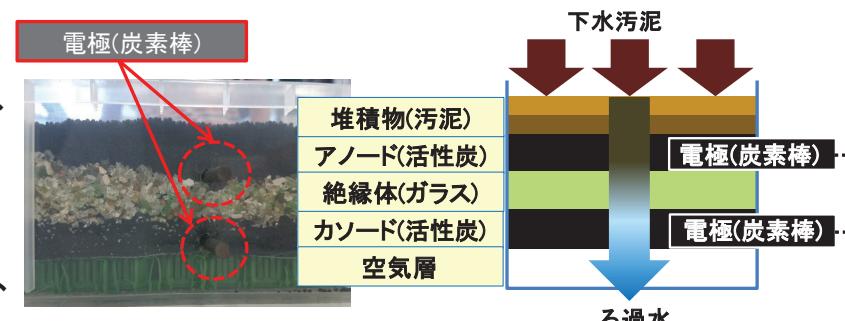
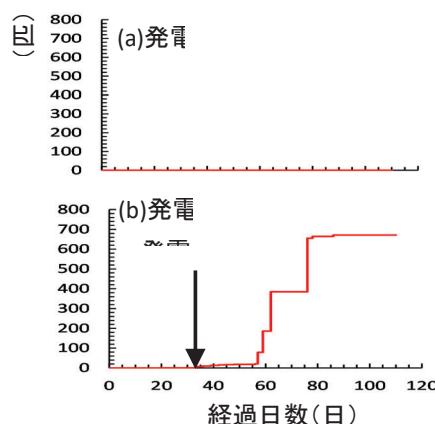


図-2 下水汚泥をろ過濃縮する堆積物燃料電池の横断面図

結果・まとめ

堆積物燃料電池のチョウバエ発生抑制効果と発電との関係性

下水汚泥にはチョウバエの卵が含まれているが、発電を継続させた条件(a)ではチョウバエの発生がゼロであるのに対し、発電を途中で停止した条件(b)ではチョウバエが発生した(図-3)。



発電の有無により堆積物(濃縮下水汚泥)の色は大きく異なり(図-4)、発電によって鉄が酸化された状態ではチョウバエの孵化が抑制されることが示唆されている。



図-4 発電の有無による堆積物(濃縮下水汚泥)の色の違い

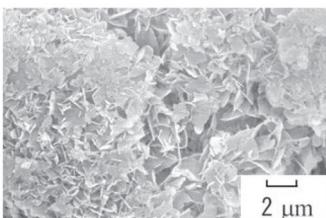
応用分野・用途

水処理施設やサニタリー(水まわり)設備の衛生管理を高電圧や薬剤に頼らずに実現可能

炭酸化しにくいトバモライトの低温・短時間製造方法

日本大学 理工学部 物質応用化学科 教授 小嶋 芳行

概要



トバモライト($\text{Ca}_5\text{Si}_6\text{O}_{16}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)はケイ酸カルシウム水和物の一種であり、軽量気泡コンクリート(ALC)やケイ酸カルシウム板などの建築材料の原料である。

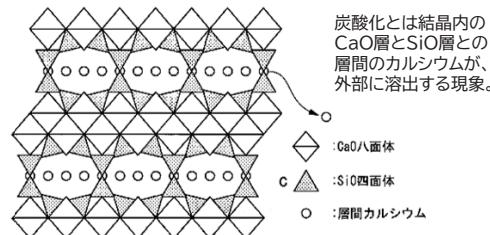
製造プロセスにおいて添加剤を加えることでトバモライトを低温・短時間で製造することができることを見出した。

製造プロセスにおけるエネルギー削減・ CO_2 削減の実現につながるとともに、得られたトバモライトは、長時間にわたって変質(外観・強度)しにくいというメリットがある。

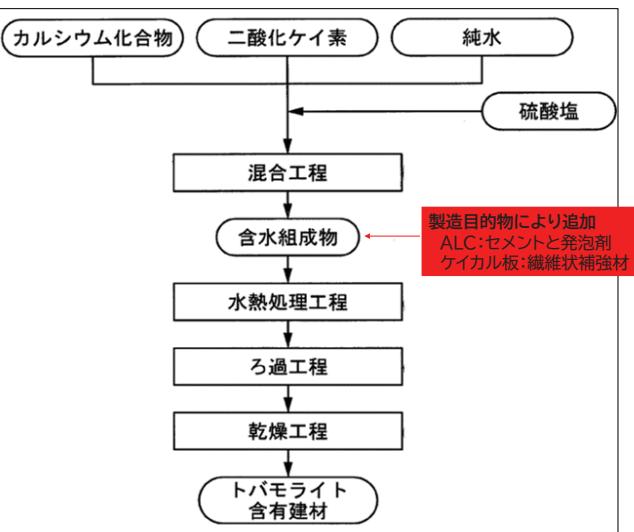
研究背景・目的

トバモライトは、カルシウム化合物と二酸化ケイ素と水とを含む含水組成物を190°Cで5時間以上水熱合成反応させて製造されている。反応を短時間化するために硫酸カルシウムなどを添加することが行なわれているが、低温度化は叶わなかった。

外観の良さや強度が求められる建材は、長期間変質しにくいことが望ましいが、強度低下や外観劣化につながる炭酸化については検討されていなかった。



原理・方法



Ca化合物

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 及び CaO

硫酸塩

Li_2SO_4 、 Na_2SO_4 、 MgSO_4 、 ZnSO_4 及び $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Ca化合物と SiO_2 の合計モル数を0.18molとしたときの硫酸塩のモル数

Li_2SO_4 : 0.57~1.43mmol

Na_2SO_4 : 0.57~1.15mmol

MgSO_4 : 0.57~2.30mmol

ZnSO_4 : 0.57~1.43mmol

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$: 0.57~2.30mmol

水熱合成反応温度

160~180°C

従来よりも
低温度・短時間で水熱合成

本発明のトバモライト生成プロセス

結果・まとめ

含水組成物の硫酸塩添加量 (mmol)	炭酸化率 (%)								硫酸塩の種類	硫酸塩中の金属のイオン半径 (pm)	
	0.57	0.70	0.86	1.00	1.15	1.43	1.71	1.80			
実験例 1	26.6	-	24.3	-	26.0	21.3	27.9	-	59.5	硫酸リチウム	68
実験例 2	24.8	-	25.7	-	21.9	25.3	27.5	-	24.1	硫酸ナトリウム	97
実験例 3	23.5	-	27.4	-	20.6	19.7	19.6	-	22.7	硫酸マグネシウム	66
実験例 4	-	15.2	19.2	17.9	-	9.2		45.8	硫酸亜鉛	74	
実験例 5	-	-	25.4	-	-	17.9	-	-	22.4	硫酸アンモニウム	-
比較実験例 1	28.7	-	27.4	-	25.6	21.9	24.4	-	-	硫酸カルシウム	99
比較実験例 2	27.1	-	30.1	-	22.8	23.5	30.0	-	-	硫酸カリウム	133
比較実験例 3	30.3	-	31.8	-	33.6	-	-	-	-	硫酸ルビジウム	148
比較実験例 4	30.7	-	25.5	-	26.5	25.5	28.8	-	26.4	硫酸ストロンチウム	112

含水組成物中の硫酸金属塩に含まれる金属元素は、トバモライトの層間カルシウムの一部に置換されていると考えられる。

これらの金属元素は、イオン半径がカルシウムよりも小さいため、層間カルシウムの一部が上記の金属元素に置換されることによって、 CaO 層と SiO 層との層間の距離が短くなり、層間カルシウムが外部に溶出しきく、長期間にわたって炭酸化が起こりにくい。

応用分野・用途

軽量気泡コンクリート、ケイ酸カルシウム板

酸化カルシウムの低温・短時間製造方法 ～CO₂削減への貢献、サーマルリサイクルへの応用

日本大学 理工学部 物質応用化学科 教授 小嶋 芳行

概要

酸化カルシウムは製鉄プロセス、化学薬品、肥料、建材等の製造原料として利用されている。

炭酸カルシウムを含有する材料を、添加剤の共存下かつ減圧下で加熱処理することによって従来よりも低温・短時間で酸化カルシウムを製造する方法を提供する。

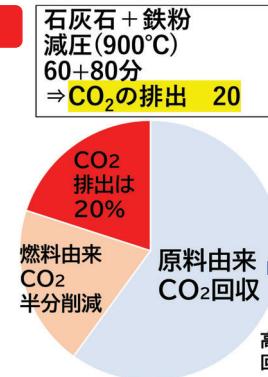
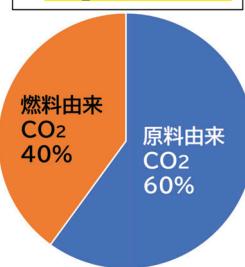
得られる酸化カルシウムは粒子径が大きく、比表面積が大きい。エネルギー・CO₂削減にもつながる。

従 来

石灰石
常圧(900°C)
60+230分
⇒CO₂の排出 100

本発明

石灰石 + 鉄粉
減圧(900°C)
60+80分
⇒CO₂の排出 20

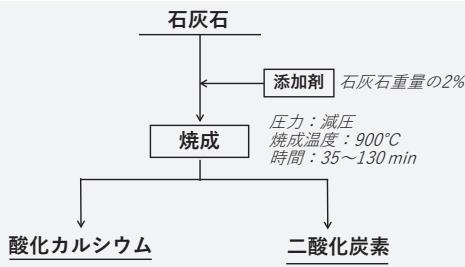


高濃度のCO₂を
回収・利活用

研究背景・目的

従来の酸化カルシウムの製造方法では、石灰石を1200°C程度という極めて高温で長時間加熱処理するために、エネルギー消費量が多く、高コストであり、しかも二酸化炭素の排出量も多いという問題点があつた。

原理・方法

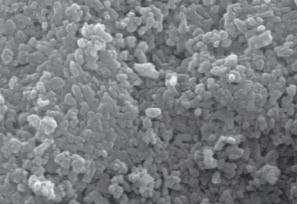


【実施例・比較例】

- * 100gの石灰石を常圧で900°Cで焼成:脱炭酸に225分を要した
- * 100gの石灰石を減圧下で900°C:脱炭酸には130分を要した
- * 100gの石灰石を減圧下で900°C、鉄粉を2%添加:脱炭酸は80分であった

反応時間を60～70%削減可能

結果・まとめ



反応時間を60～70%削減。

酸化カルシウムは微細で、反応性が良い。

排出される高濃度のCO₂は特別な濃縮処理不要。
メタン、アルコールの合成原料とする等利活用が可能。

得られた酸化カルシウムの走査電子顕微鏡像

大半の粒子径は、0.1 μm以下。
比表面積は22.1 m²/g。
参考:従来の比表面積は1 m²/g。

	本発明	現在の工業的製造
原料	石灰石(50mm) (炭酸カルシウム含有原料(塊状物))	石灰石(~50mm) (炭酸カルシウム含有原料(塊状物))
添加剤	鉄、酸化鉄、アルミニウム、酸化アルミニウム粉末	なし
圧力	5Pa以下	常圧
脱炭酸温度	800°C～1000°C	1200°C～1400°C
脱炭酸時間	85分～105分	24時間
酸化カルシウムの比表面積	20～30m ² /g	1m ² /g以下
排出されるCO ₂	高濃度	15～30%
特徴	添加剤が若干残ったとしても製鉄、セメント材料への利用に支障はない。 塊状物でも低温・短時間で焼成可能。	高温で長時間の加熱であるため、エネルギー消費量が大きい。

応用分野・用途

製鉄

- * スラグの効率的な除去
- * 鉄鉱石を半溶融させるために製造する焼結鉱の製造工程の効率化。

製鉄での応用例
添加剤は鉄系であれば製鉄プロセスで添加しても支障がない



高濃度CO₂回収・活用

活用例
①再生可能エネルギー由来の水素と反応させてメタン、アルコールを作り、化学製品にする

②廃棄物由来のカルシウム化合物と反応させ、炭酸カルシウムとして固定化し再利用

セメント

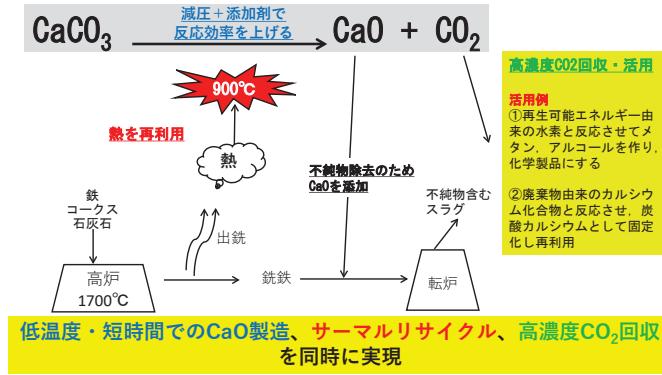
セメントも粉体同士の反応なので製鉄同様有用性が期待。

乾燥材

吸水量が多く、低湿度の保持が期待。

その他

製紙、塗料などの充填剤として。ノビや滑らかさが向上が期待。



新規機能性材料創製のための 均一ナノ空間材料内の物質合成

日本大学 理工学部 物質応用化学科 教授 梅垣 哲士

共同研究
実用化
企業募集中

研究背景・目的

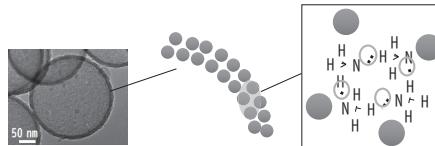
多孔質材料のナノ空間

通常の条件では見られない特異的な現象がみられる

- ・特異的物性
例) 水の凝固点
通常: 0°C → ナノ空間内: -100°C
- ・特異的反応性
例) アンモニアボランの分解
分解エンタルピー 約1/20

当研究グループの知見 例) アンモニア昇温脱離測定 (J. Jpn. Inst. Energy 2016)

通常の微粒子と比較して、高温 (~300°C) まで脱離しないアンモニアが増大
球状中空材料のナノ空隙で分子が高密度化
→特異的な分子間結合 (水素結合) が形成



⇒ 反応性に対する特異性は?

本技術

高温高圧を要する化学プロセスへの応用

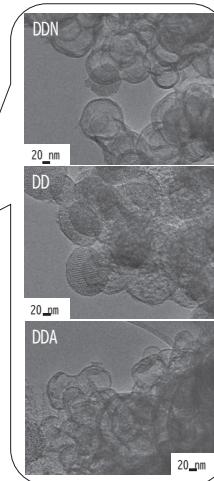
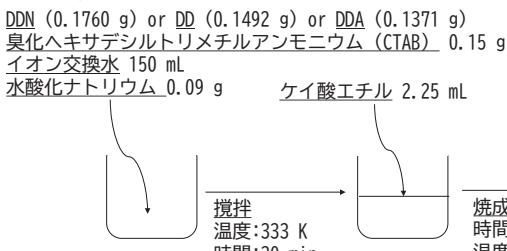
- 尿素合成を例に -
工業プロセス例 (TOYO法)
170~200°C, 14~25 MPa, 気相
- その他 (Manaka et al. (2020))
140°C, 0.5 MPa, 有機溶媒中



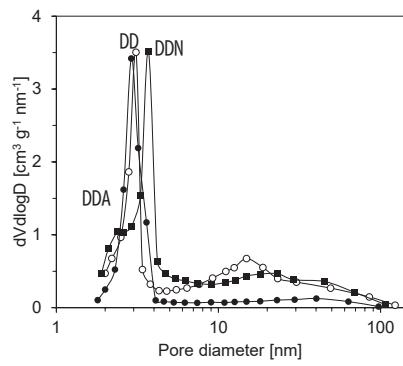
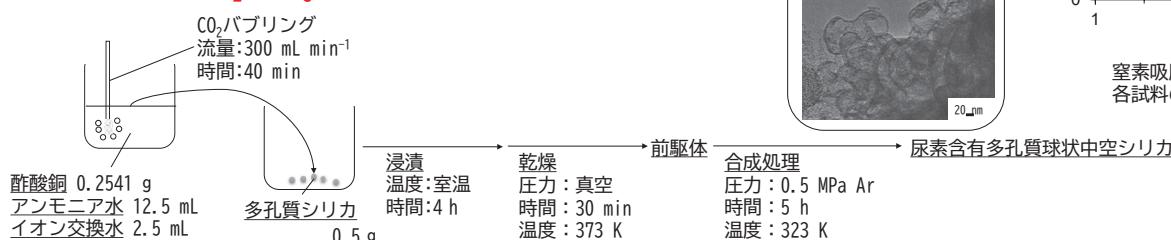
多孔質球状中空シリカ内における
プロセスの低温・低圧化

原理・方法

多孔質シリカの調製



多孔質シリカへのCO₂, NH₃の回収および尿素合成



窒素吸着測定の結果から算出した各試料の細孔径分布

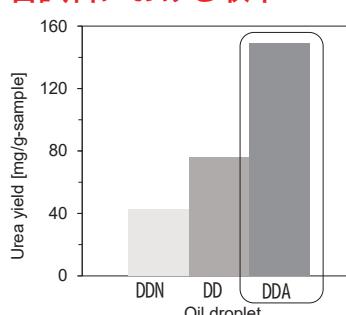
結果

変換前の内包成分組成 (表面～内部)

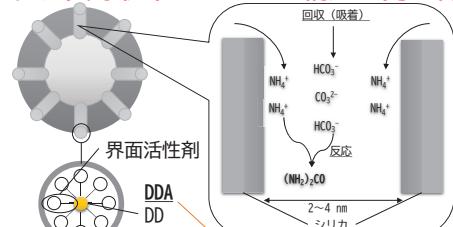
(X線光電子分光法により分析)				
	Oil droplet [min]	Ar ⁺ etching [min]	Cu [mol%]	Si [mol%]
DDN	0	2.0	93.8	4.1
	5	0.6	94.6	4.8
	10	1.8	96.2	1.9
DD	0	1.1	93.4	5.5
	5	0.4	97.0	2.6
	10	0.9	90.6	8.5
DDA	0	1.4	87.8	10.7
	5	1.2	94.2	4.6
	10	1.2	87.7	11.1

各成分が比較的多量で均一に回収されている

各試料における収率



※多孔質球状中空シリカの構造と内包物質



空間サイズが小さく均一→高尿素收率

※機能性の例

- ・水素貯蔵
- ・吸熱特性 (相転移, 分解温度の高温化)

まとめ

- ・CO₂およびNH₃の回収効率は空間サイズと均一性に依存
- ・高収率に尿素を得るためにには、空間のサイズと均一性の制御が重要

応用分野・用途・今後の展開

- ・廃水等からの高効率物質回収, 変換
- ・通常進行しにくいプロセスの効率化
- ・空間内で合成した物質の新規機能性の創出

太陽電池モジュールのバイパス回路開放故障検出技術～安全なソーラーシェアリングを目指す～

共同研究先 募集中

日本大学 理工学部 電気工学科 教授 西川 省吾

目的・背景

ソーラーシェアリング

- 農耕地の上部に太陽電池を設置し、余剰電力を売電しながら、農業を実施する。
- 太陽電池の出力により、将来的には農業機械の電動化も促進

太陽電池故障の早期発見

- 太陽電池モジュール(パネル)を保護するバイパス回路が開放故障すると、ホットスポット、火災の危険性あり
- 赤外線カメラによる通常の観測では見逃す可能性大
- 他の検出装置よりも、容易に故障位置を検出可能

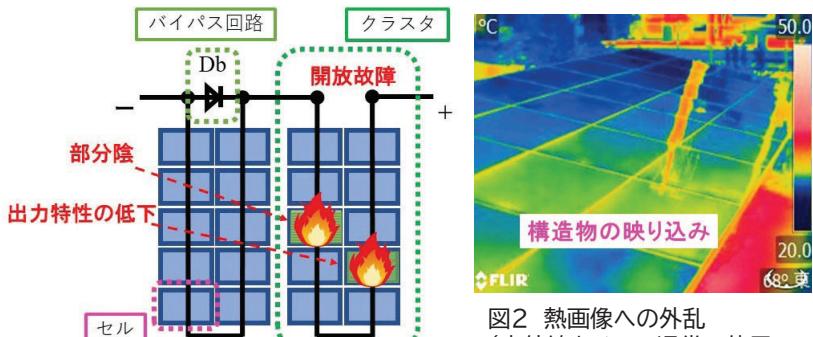


図1 バイパス回路の開放故障
(開放故障区間内の劣化セルで火災の可能性あり)

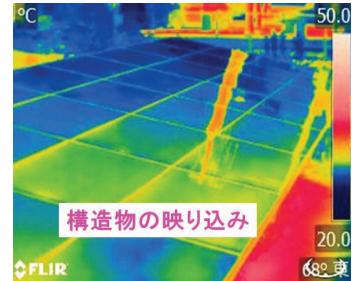


図2 热画像への外乱
(赤外線カメラの通常の使用方法では、外乱により热画像が正確な温度を表示しない可能性あり)

原理・方法

故障位置の検出方法

- 太陽電池ストリング(複数のモジュールを直列接続した回路)に周期性のある電圧を印加(図3参照)
- 故障箇所(開放クラスター)に高電圧 V_2 が印加され温度上昇するが、正常箇所は低電圧 V_1 で温度変化なし(図4参照)

- 開放故障箇所の温度変化は、印加電圧と同じ周波数で変化するため、映り込みなど熱画像への外乱を除去可能
- 高度な判定技術を必要にするため、最終的には二値化画像にする。

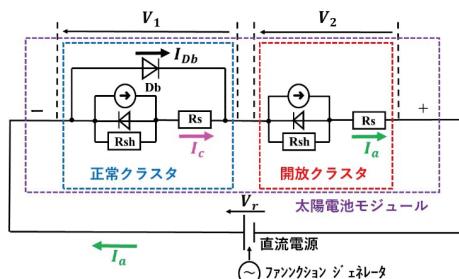


図3 試験回路

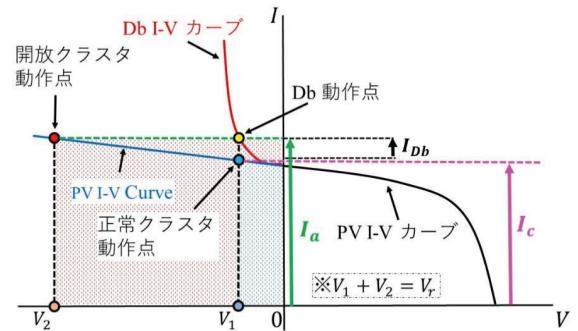


図4 原理(IVカーブ)

結果・まとめ

- 赤外線カメラの通常の使用方法での熱画像では、正常箇所と故障箇所の区別がつかない(図5参照)
- 電圧を印加すると故障箇所の温度が上昇(図6参照)
- 周期的な温度上昇の閾値を求め二値化することにより、外乱を除去し故障箇所を明確に把握することが可能(図7参照)

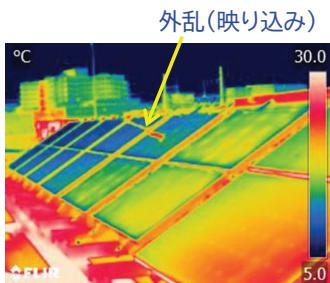


図5 热画像(印加電圧なし)

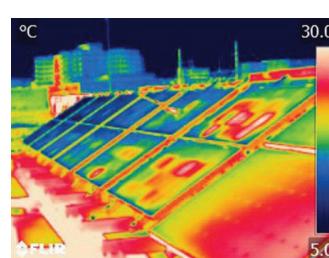


図6 热画像(印加電圧あり)

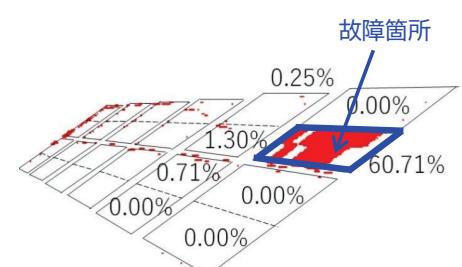


図7 温度上昇の二値化画像

応用分野・用途

ソーラーシェアリング／太陽光発電設備の保守点検

共同研究先 募集中！

風による振動を利用したコンパクトなエネルギー回収システム

日本大学 理工学部 土木工学科 准教授 長谷部 寛

共同研究先
実用化企業
募集中

概要

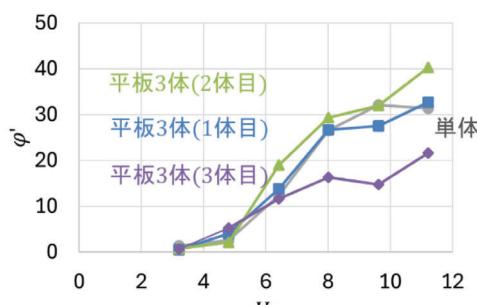
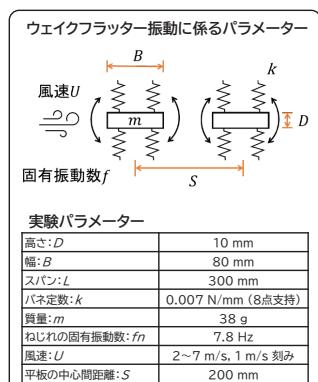
現在の風力発電の主流は、プロペラ型の風力発電機を用いる方法であるが、プロペラの回転に伴って形成される後流（ウェイク）の影響で、近接して風車を配置することは難しく、広い設置場所が必要になる。そのため、都市域に密にプロペラ風車を設置したウインドファームを設けることは困難である。そこで、**都市域に導入可能な新たな風力発電システム**を開発した。

風の吹く方向に複数の平板を設置し、それらのねじれ振動（フラッター）を利用してことにより、**コンパクトかつ高密度なエネルギー回収システム**を実現を目指した。

原理・方法・結果

1. 振動振幅に及ぼす風速の影響

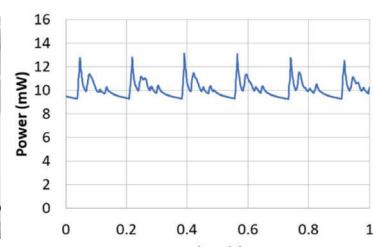
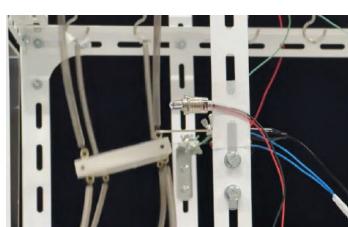
ウェイクフラッター風力発電システムの核となる技術は、ウェイク中の複数の平板振動子が激しく振動する点にある。そこで、振動性状と風速の関係を確認する実験を実施した。平板振動子を3体並列に並べたとき、3体ともにフラッター振動することが分かった。配置によって振動性状が大きく変化するので、より発電に最適な配置を模索する必要がある。



2. 振動メカニズムの検討と発電量計測

発電デバイスとして圧電素子を用いて、ねじれ振動する平板が接触することで発電する仕組みを構築した。

平板1体で発電量の計測を行ったところ、最大電力は13.4mWであった。発電されていることを確認したが微量であり、発電デバイスの検討が今後の課題の一つである。



まとめ

- ウェイク（後流）によるフラッター（ねじれ振動）現象を利用
- 発電デバイスとして圧電素子を採用
- コンパクトな風力発電システム
 - 都市域に導入可能
 - トンネルや排気ダクトなどの気流の活用

応用分野・用途・今後の展開

平板振動子の形状、配置によって、より大きな振動を発現する可能性がある。今後、実験や数値シミュレーションを駆使して、最も振動が発現する条件を検討し、最大の発電量を生み出すデバイスを選定する。また、圧電素子を用いた発電方法以外にも、模型やバネに磁石を取り付け、電磁誘導により発電する方法も考えられる。

空調・給湯ヒートポンプ室外機用の高性能ファン

日本大学 理工学部 機械工学科 教授 鈴木 康方, 助手 三木 悠也

東京大学生産技術研究所 持続型エネルギー・材料統合センター センター長・教授 鹿園 直毅

研究背景と課題、目的

- 従来の空気熱源ヒートポンプや空調機は、伝熱面積と風量の増加が主たる省エネ技術となっており、大型化に伴うコスト増加と設置上の制約が課題である。また、ファン動力と騒音の増大も課題である。
- 室外機に用いられる代表的なファン（プロペラファン）は、長年にわたる改良の積み重ねにより、性能は少しづつ向上したが、ピーク静圧効率は50%程度にとどまり、一般的な軸流送風機のピーク静圧効率（70%から85%程度）と比較して非常に低い。また、羽根車外周部の翼弦が長く、筐体内での実装自由度が小さい。また、低温条件で熱交換器に霜が成長すると風量が急激に低下する課題がある。
- 従来設計パラメータの探索によるファンの設計最適化が試みられているが、大幅な改善は難しい。

そこで、本研究では従来は検討されていない広範な設計パラメータを探索することにより、従来の性能を大幅に凌駕するプロペラファンを開発することを目的とする。

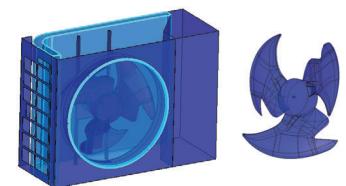


図1 空調用室外機

研究方法(設計パラメータ範囲の拡大)

- 羽根車を多翼化し、リングファンで翼端流れを改善しつつ、大幅な薄型化を実現
→翼弦長を短くし、翼端部に沿って流れる流線を短くすることで、翼端からの漏れ流れや流れの3次元性の影響を抑制
- 薄型化により捻出したスペースにディフューザを配置し、静圧回収
筐体設計：従来はファン軸方向高さ（羽根高さ）が大きく、設計自由度が小さく、ファンガードが全体圧損の20～30%程度。
→ファンを斜めに配置し、羽根車直径を拡大。
ファンガード+ディフューザの一体設計で、ファン出口からファンガードまで静圧回復

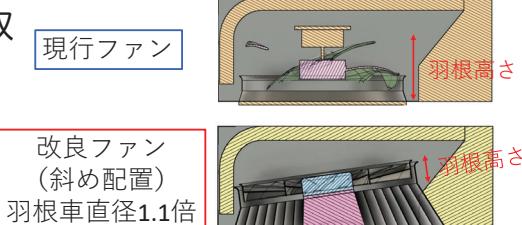


図2 空調用室外機実装状態の外観

効果・まとめ

- 軸流ファンの下流側に位置するディフューザが、空気の運動エネルギーを静圧に変換するため、軸流ファンの下流側に通風抵抗となる部材が設置されても、その抵抗を抑制して高効率化を実現できる。
- 軸方向に長い軸流ファンを用いる必要はなく、効率が高い薄型の軸流ファンを用いることができるため、高効率化を実現できる。（羽根高さ：0.38D → 0.11D（ディフューザを含むと0.34D, Dは羽根車直径））

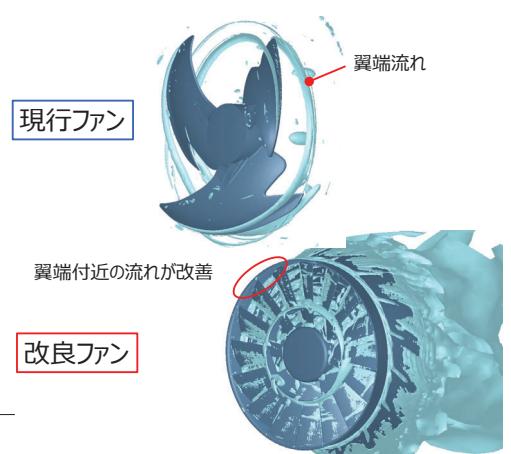


図3 羽根車まわりの流れ場予測結果

応用分野・用途・今後の展開

- 主要な設計パラメータの整理、大規模数値解析と機械学習を用いたファン形状の最適化
- 空気調和機の室外機及び室内機への適用
→高効率なヒートポンプの開発による熱需要の電化の促進

本研究・技術開発の一部は、文部科学省スーパーコンピュータ「富岳」成果創出加速プログラム（次世代超高速電子計算機システム利用の成果促進）「AIの活用によるHPCの産業応用の飛躍的な拡大と次世代計算基盤の構築」の補助を受けて実施されている。（課題番号：hp230210及びhp240221）