

環境にやさしい手法で合成する抗菌・抗ウイルス、リン吸着機能を有する環境調和型材料

中京大学工学部 機械システム工学科

野浪 亨

2021年8月31日

1. 光触媒とアパタイト複合材料
(抗菌、抗ウイルスに効果が期待でき暗所でも効果がある環境保全材料)
2. 溶液中のリンを吸着する天然ケイ酸カルシウムナトリウム
(水質浄化と資源の再活用に効果のあるセラミックス)
3. 自然由来炭炭素化化合物
(炭素固定化と水質浄化が期待できる材料)

産学連携の経緯

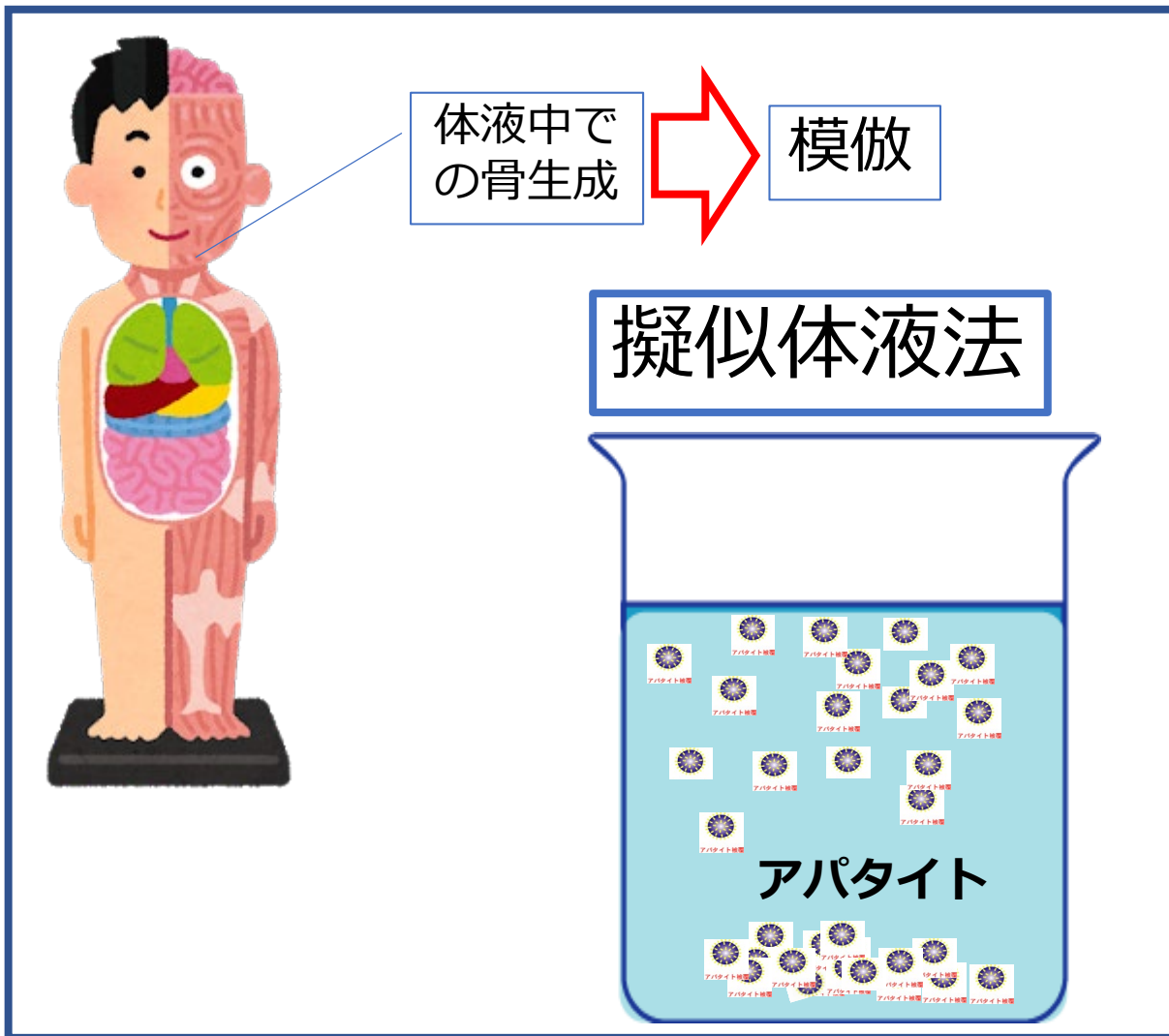
- 1984年～1996年 T D K (株)基礎材料研究所で大学との共同研究
- 1996年～2004年 通商産業省、産業技術総合研究所にて企業との共同研究、技術指導多数
- 産業技術総合研究所 ベンチャー企業の設立
(経産省第1号ベンチャー)
- 2004年～ 中京大学にて企業との委託研究、共同研究

1. 光触媒とアパタイト複合材料

(抗菌、抗ウイルスに効果が期待でき暗所でも効果がある
環境保全材料)

生物模倣と自己組織化

原子のセルフモデリングをうながす環境を整えることにより、アパタイトの結晶が析出、成長



新技術の特徴・従来技術との比較

- 生体を模倣した環境にやさしい材料製造プロセスは省エネルギーで低コストな新しい製造プロセス。
- 従来のセラミックスの製造プロセスは高温もしくは高圧を必要とし、エネルギー消費型であり炭酸ガスの排出量も多い。
- バイオミメティック製造プロセスは他のセラミックスの製造へと展開する可能性がある。

原料、排出物、製品は安全無害。エネルギー使用量も少ない。

アパタイトを被覆した酸化チタン



- 室内光程度で光触媒反応
- 光照射を止めても反応が持続
- アパタイトの菌・ウイルスの吸着能

Apatite formation on TiO_2 photocatalyst film in a pseudo body solution,”
Toru Nonami, Hiroshi Taoda, Nguen Thi Hue, Eiji Watanabe, Kozo Iseda,
Masato Tazawa, Mitsuharu Fukaya”,
Materials Research Bulletin,33,125,131,1998

擬似体液中でアパタイトを合成する

バイオミメティック製造プロセス

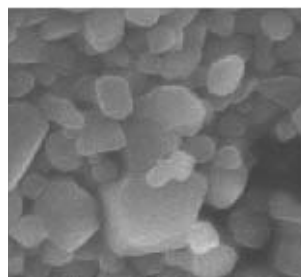


体の中での
アパタイトの生成機構を
模倣する！

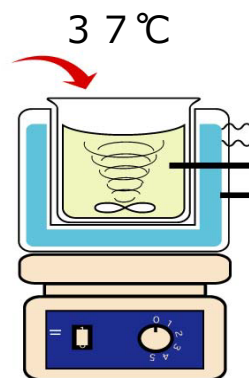
溶液組成
浸漬条件等の検討

短時間での複合化
環境浄化材料として応用可能
被覆量・形態等の制御

実用化レベルでの
製法を確立

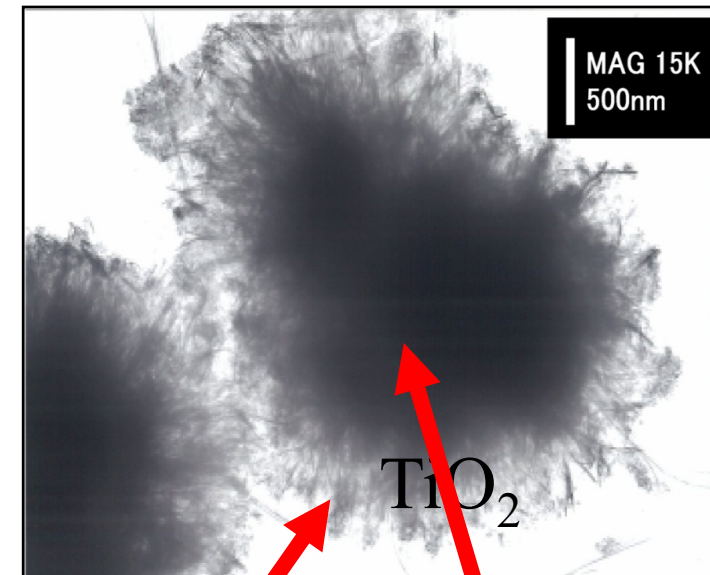


酸化チタン



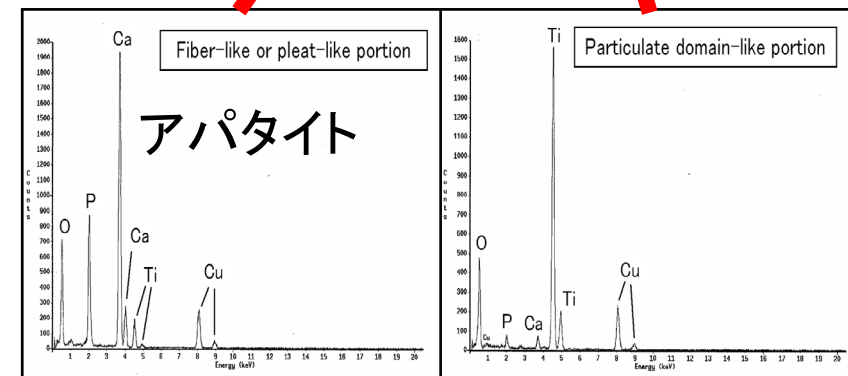
37°C

アパタイトが生成



MAG 15K
500nm

TiO₂

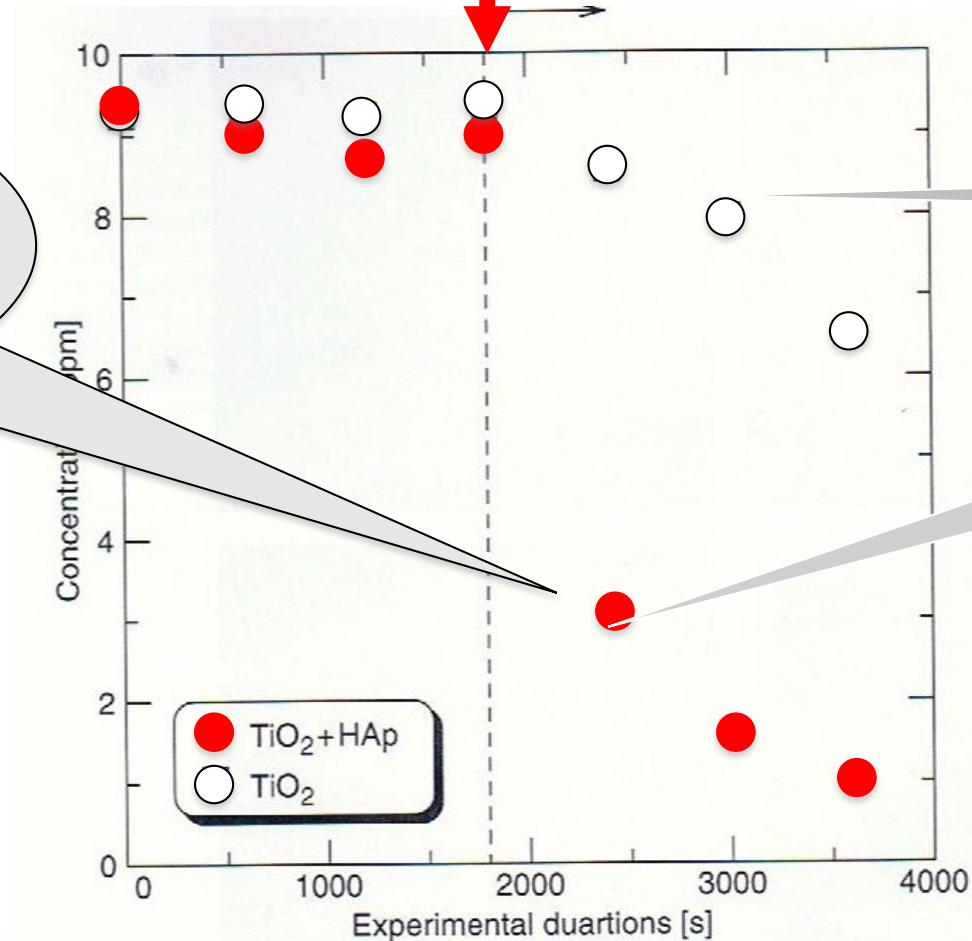


板状の結晶

粒子部分

光照射

アパタイト被覆酸化チタン
の方が分解速度は速い



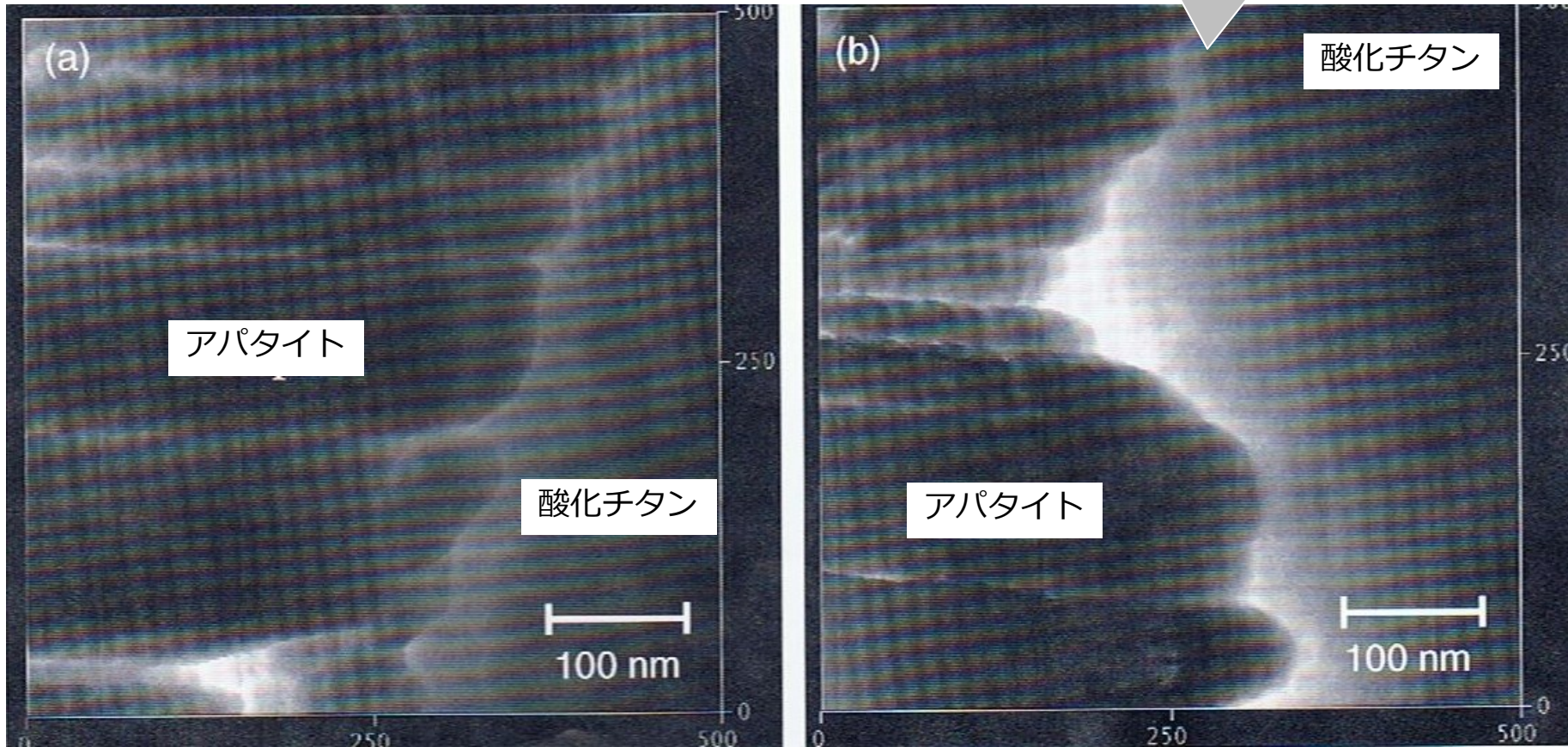
酸化チタン270m²/g

アパタイト被覆酸化チタン
240m²/g

色素の分解

Electrochemical properties of hydroxyapatite crystal surfaces on anatase photocatalysts,”
Kunio Funakoshi, Toru Nonami,
Journal of the American Ceramic Society,89,3,944,948,2006

光触媒により生成した電子を
アパタイトが保持して白く見えている

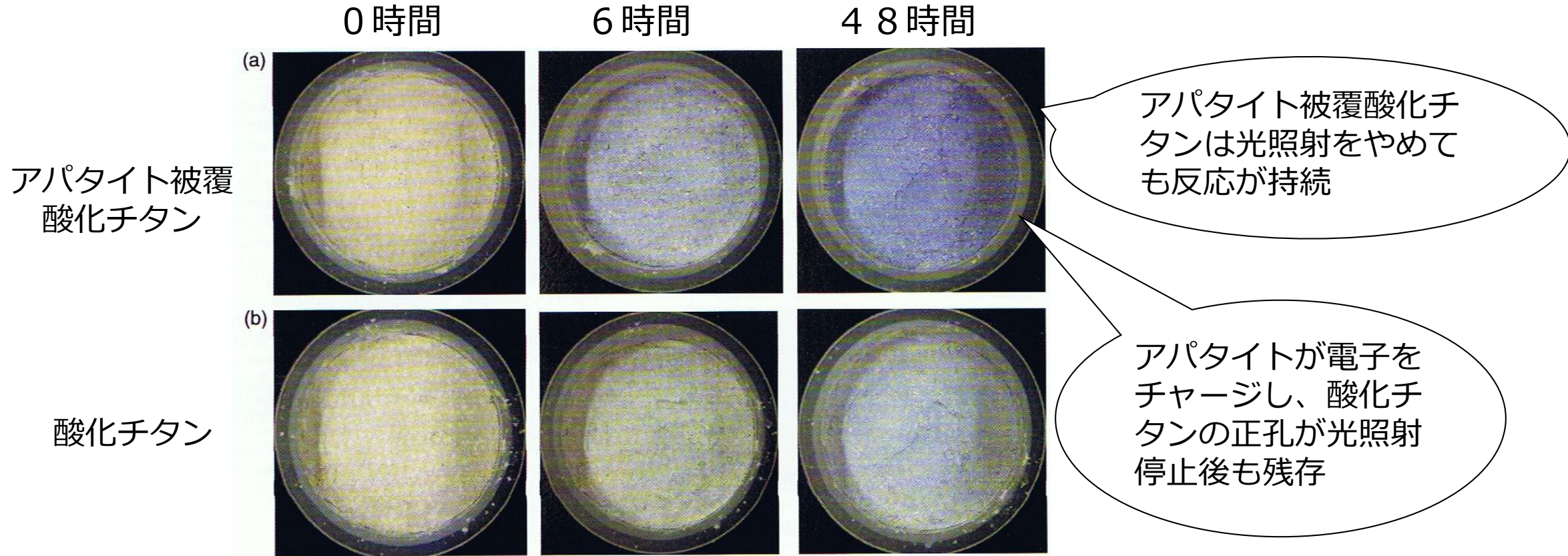


光照射前

光照射後

アパタイト被覆酸化チタンの界面の表面電位 (AFM)

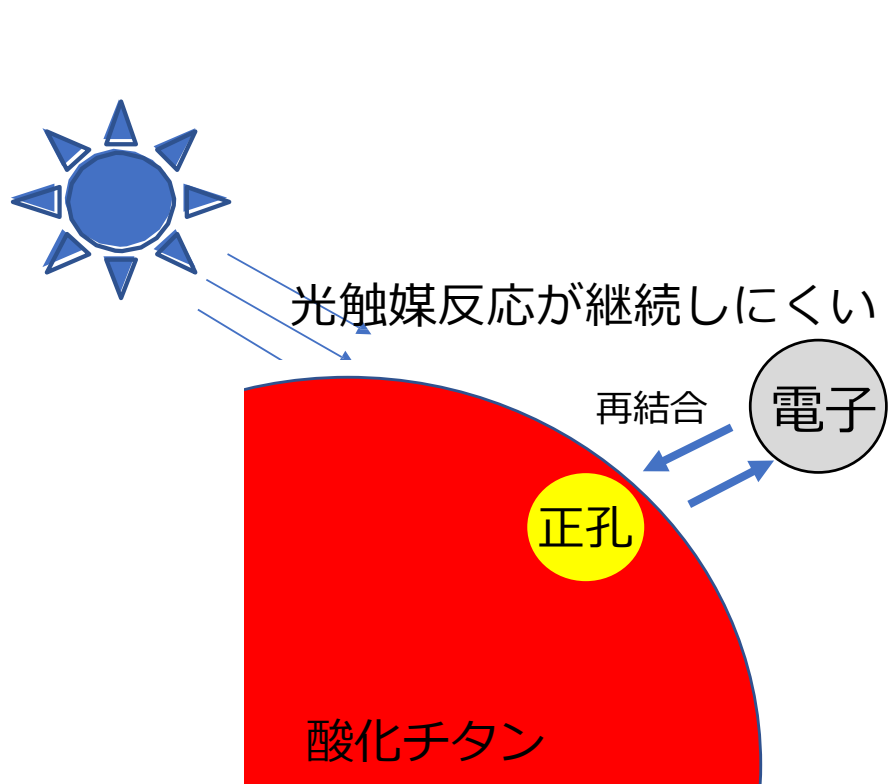
光照射停止後のLCVの色調変化



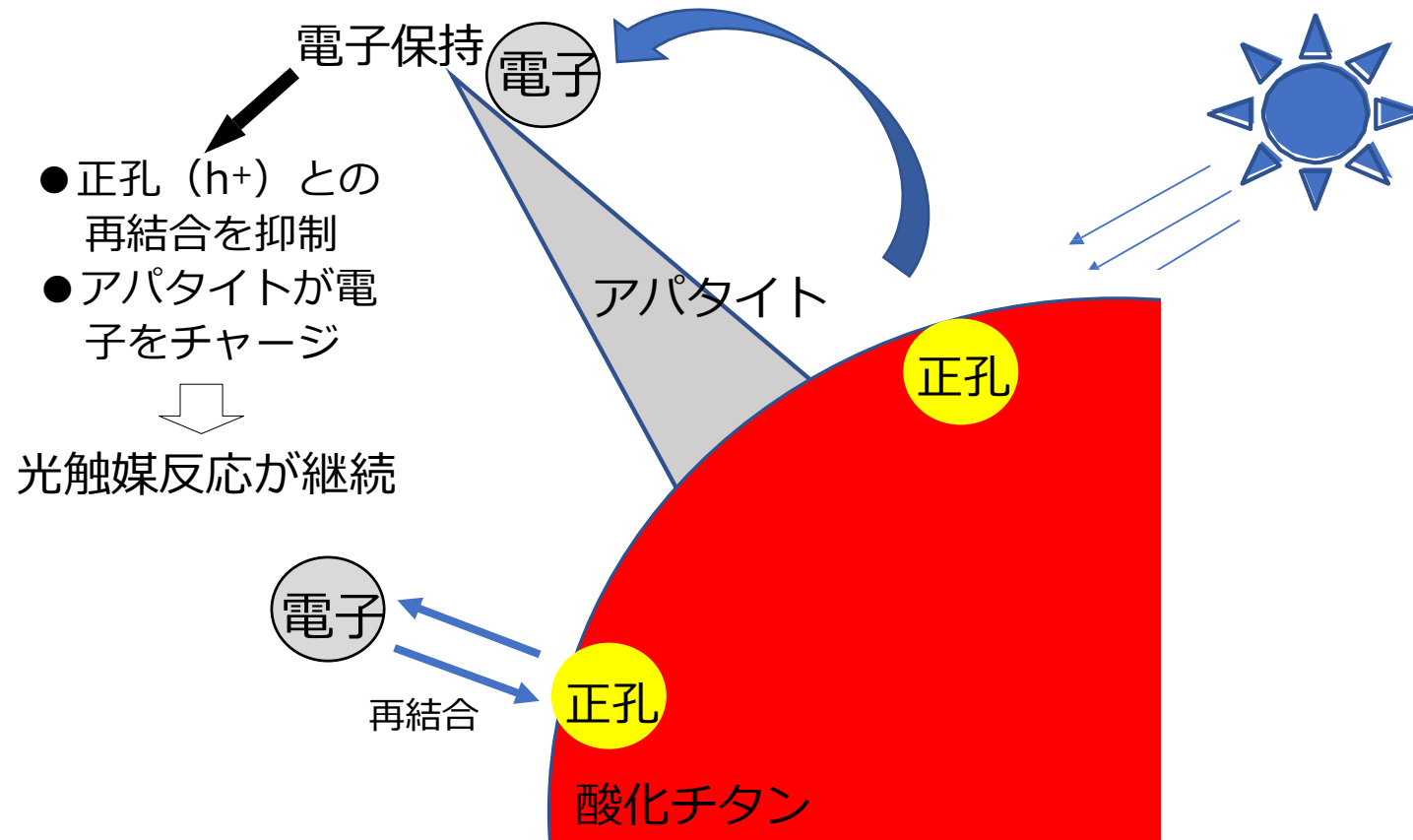
通常の光触媒では電子と正孔が生成しても、再結合してほとんど消失



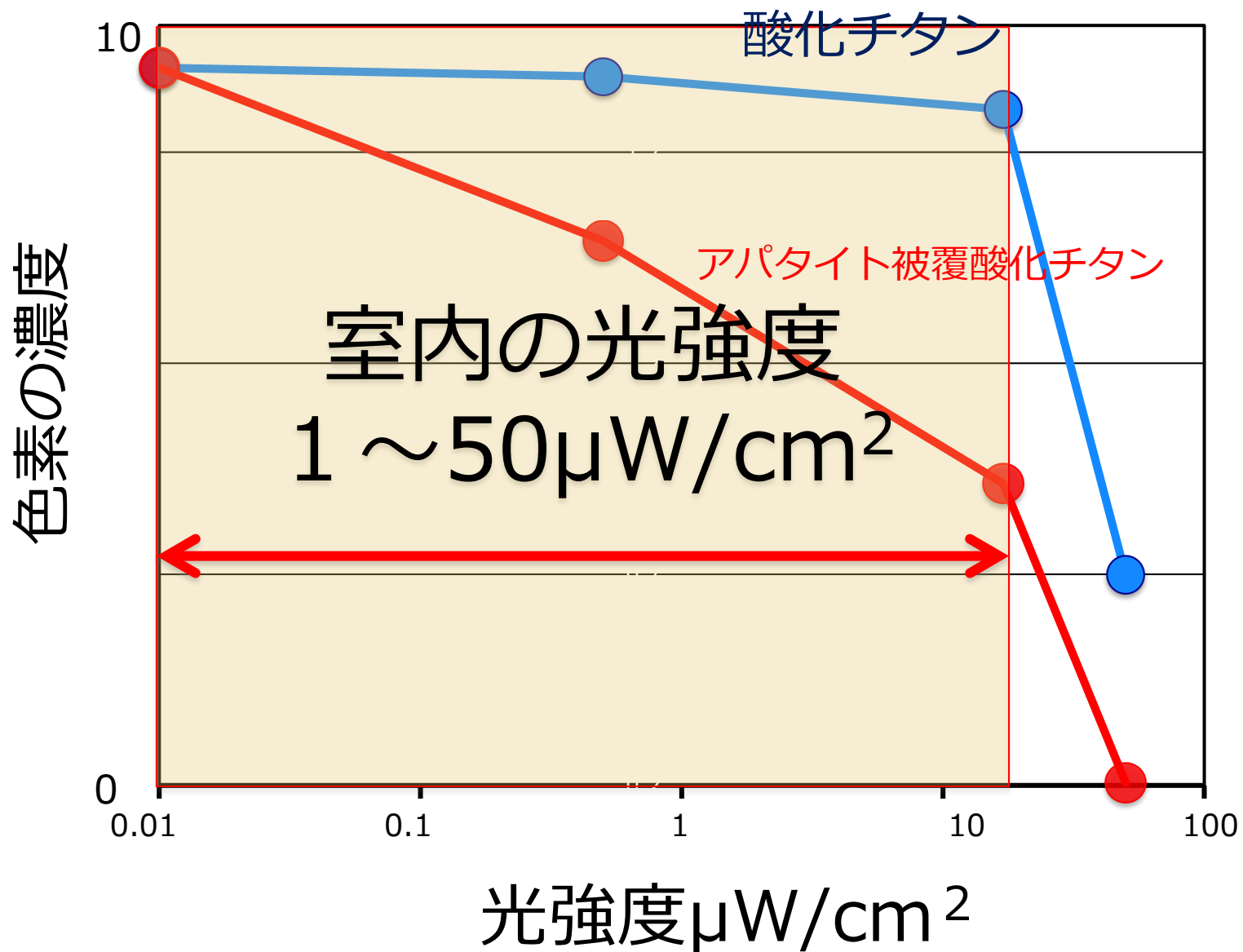
1. アパタイトが電子をチャージするため暗所でも反応が持続する
2. 弱い光でも反応する



酸化チタン単体



アパタイト被覆酸化チタン



光強度 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$
紫外線強度と色素の濃度

新技術の特徴・従来技術との比較

光触媒と過酸化物の併用

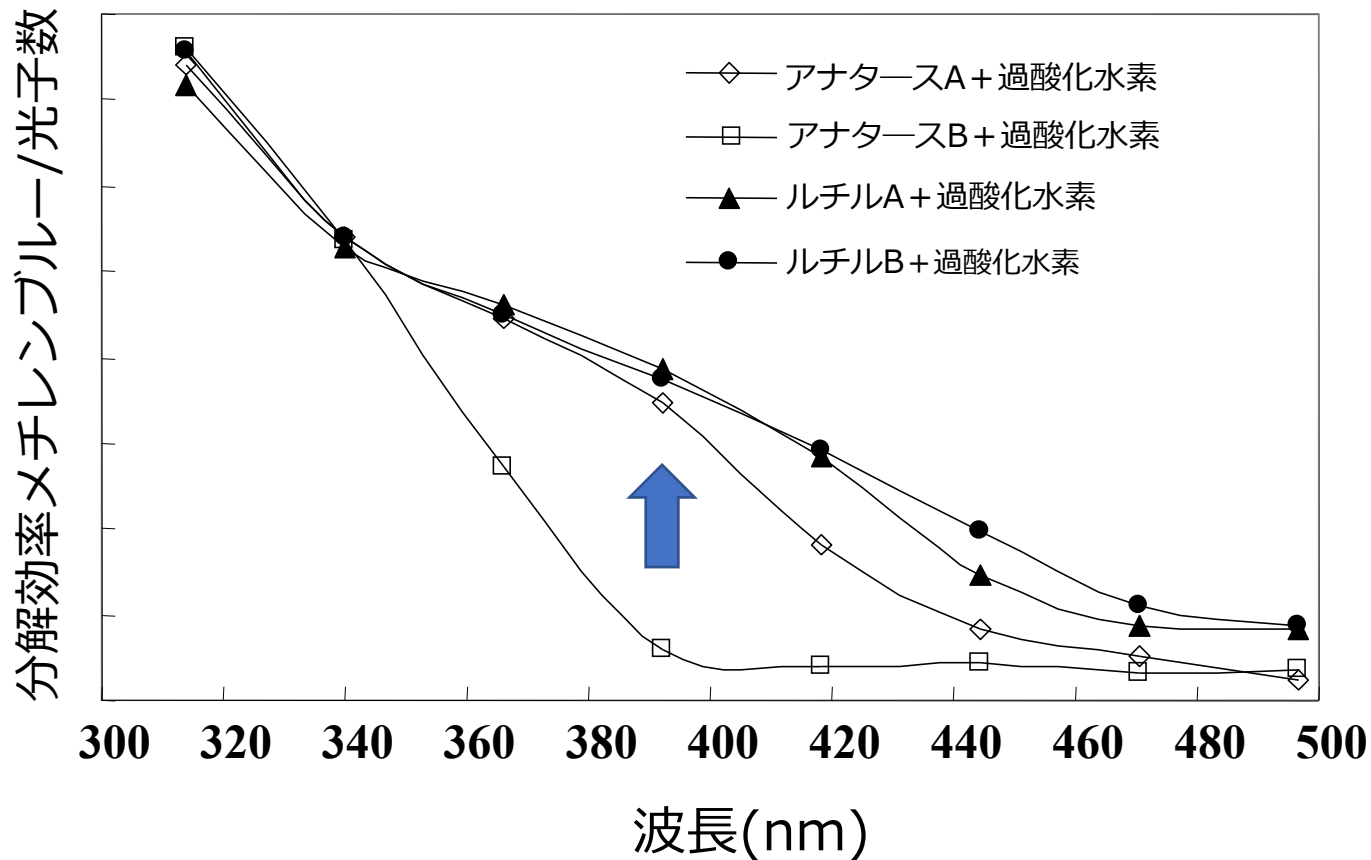
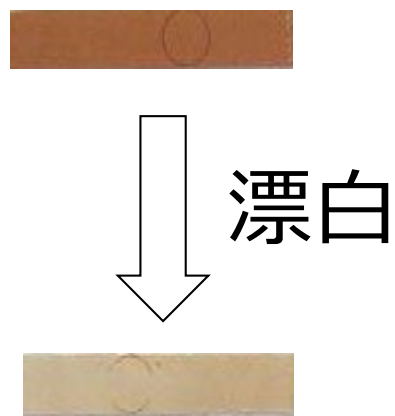
- 光触媒活性が高くなる。
- 可視光に反応する。
- 光触媒の応用範囲を広げる。
- 歯科医療での応用事例あり（ホワイトニング）。
- 細菌ウイルスに対しての効果、鶏、豚飼育現場など。

過酸化水素の添加効果

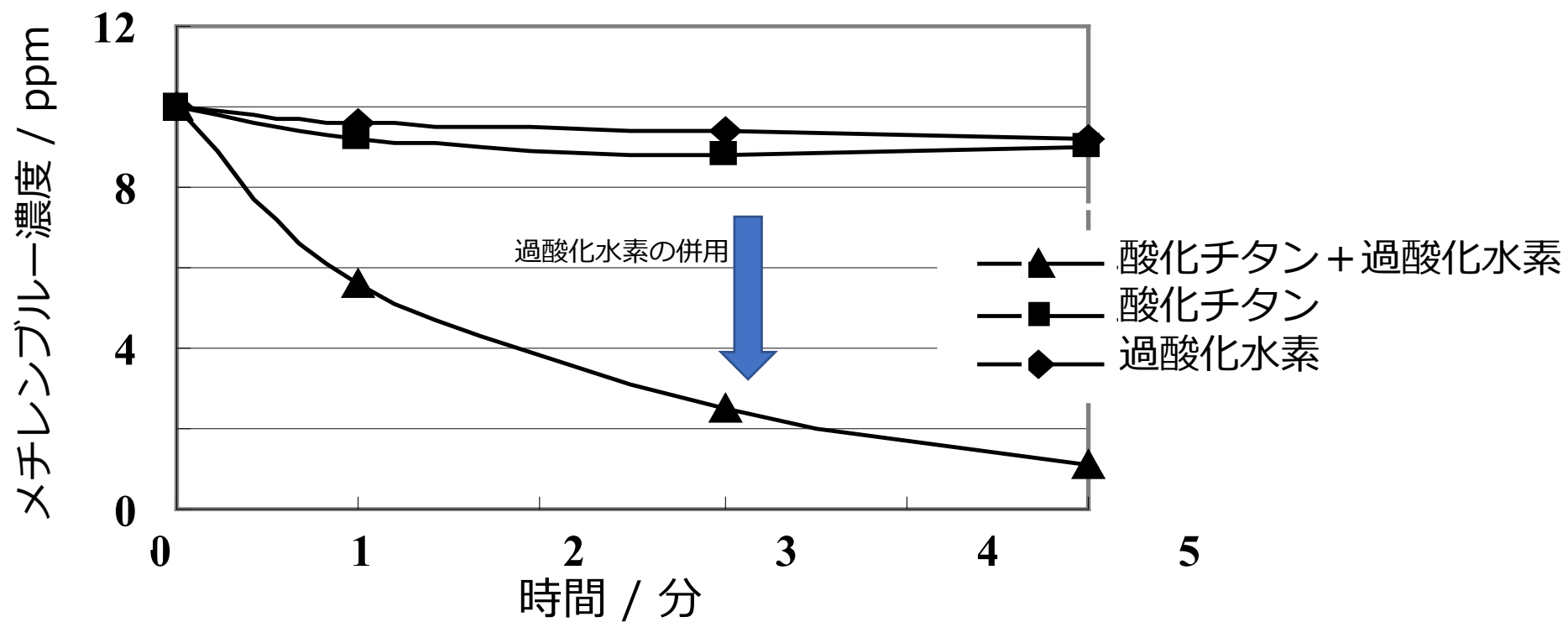
過酸化水素を添加した場合、



酸化チタンと過酸化水素を併用



照射した光波長による色素の分解
酸化チタンと過酸化水素を併用



光照射時間と色素の濃度

企業への期待

- アパタイト被覆酸化チタンはすでに上市されている材料。
- また、現在使っている光触媒技術、開発中の企業、新たな分野への展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。
- 今後は、さらに使いやすく、機能を向上させた材料を開発したい。
※ 新しい材料開発を企業との共同研究を希望。
- さらに過酸化水素誘導体との複合化技術に予知、鳥インフルエンザなど様々なウイルスに対しての効果を期待。

本技術に関する知的財産権

発明の名称：光触媒複合体とその製造方法
登録番号：特許第6874982号

出願人：学校法人梅村学園

発明者：野浪 亨

開発中の材料例（論文発表済）

鉄イオン含有アパタイトの合成と 光フェントン反応

[Synthesis of hydroxyapatite containing iron ions by soft solution method and evaluation of photoFenton reaction](#)

Shogo Saeki, Toru Nonami

MATERIALS TECHNOLOGY (2020)

新技術の特徴・従来技術との比較

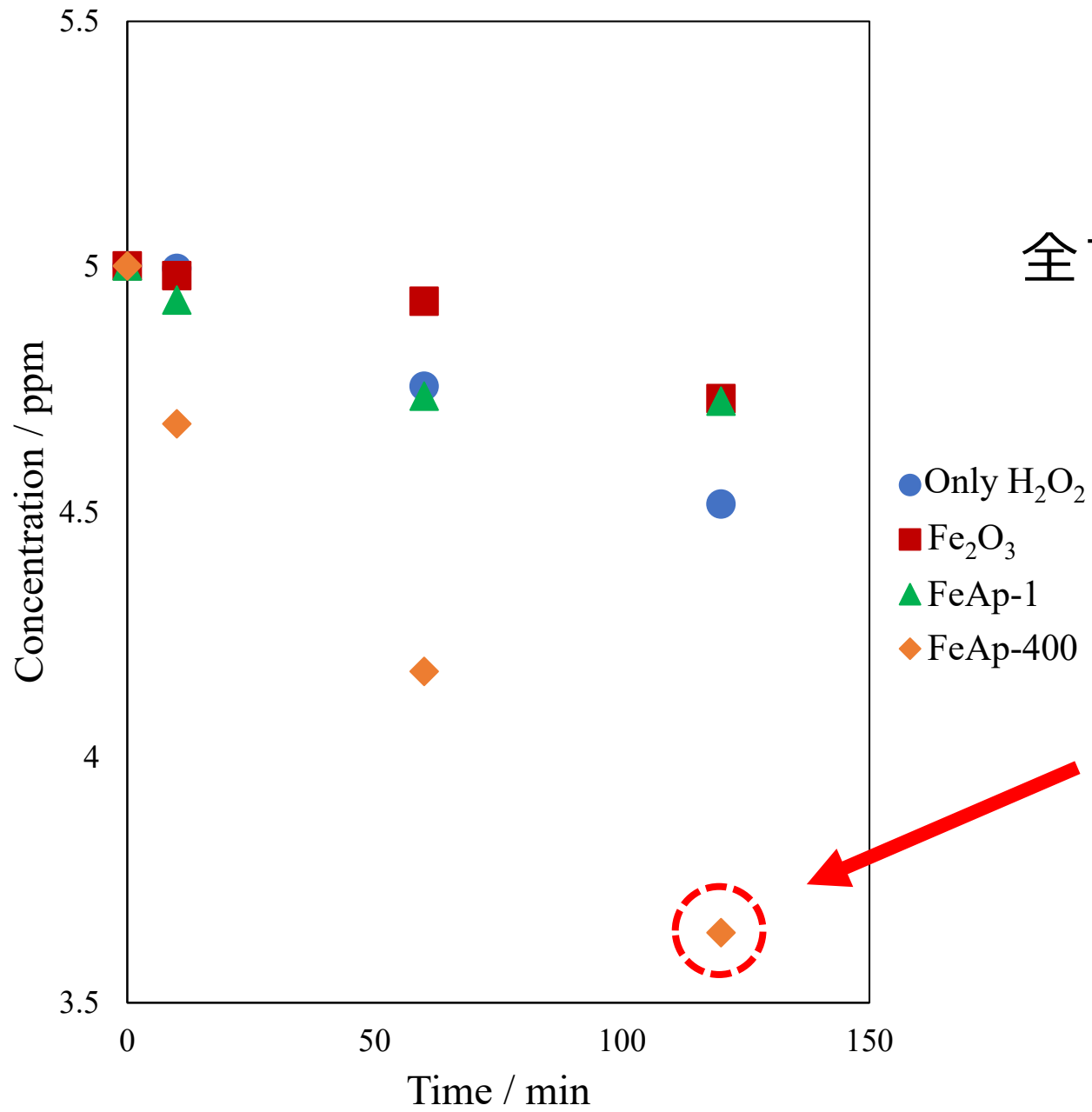
鉄イオンの存在する擬似体液中でHApを合成し、光フェントン反応を検討

◆ 過酸化水素中でMbを脱色

→HAp相と光フェントン反応の両立が有機物の分解に有効

光フェントン反応に付加価値を持たせた

新たな環境浄化材料の可能性

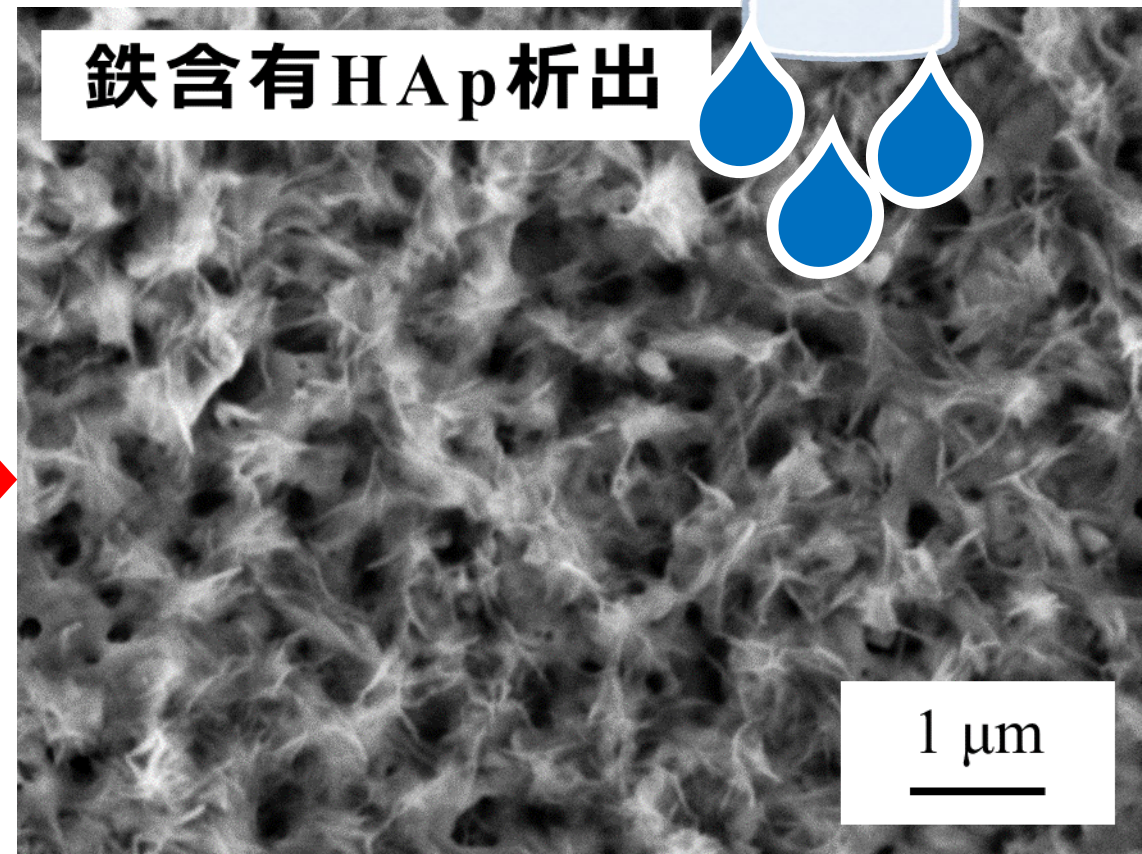
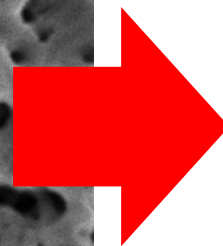
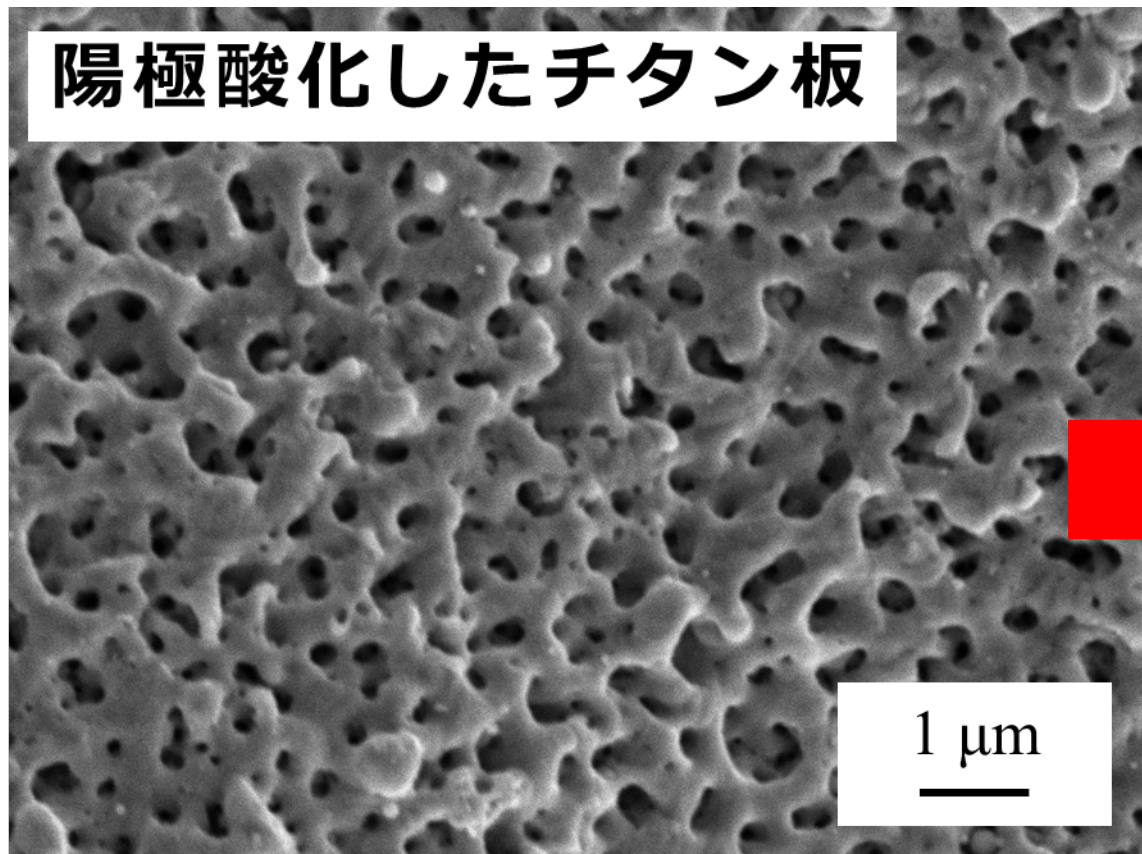


全ての条件で脱色が確認された

FeAp-400が最も脱色

Fig. 6. Concentration change of Mb solution by each sample ($n = 3$).

フェントン反応



滴下前後の表面電位を測定

走査型プローブ顕微鏡による電位変化

オキシドール滴下前

オキシドール滴下後

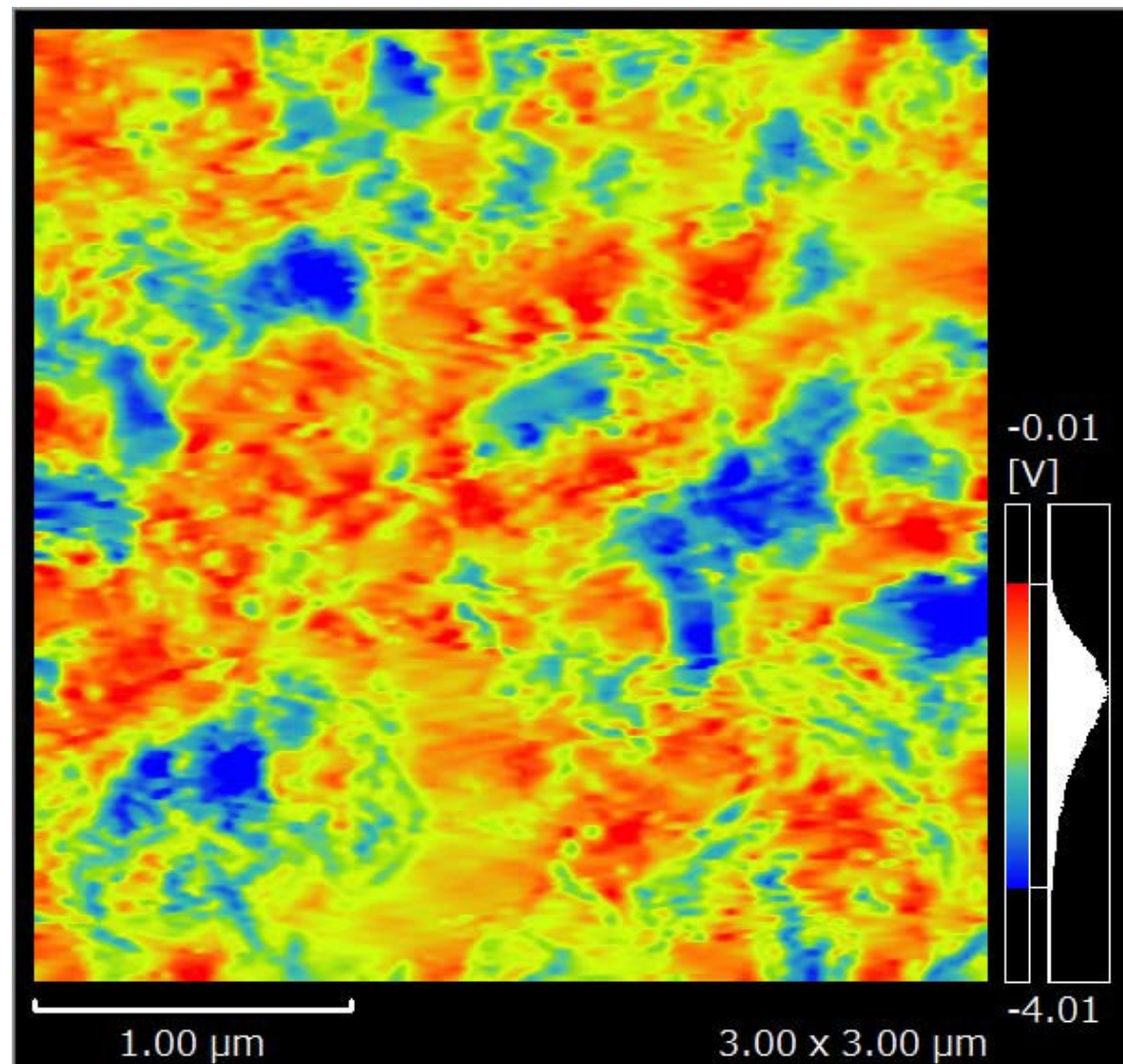
電位差の広がり



光フェントン反応が
起きていることを
ビジュアルに示唆

1.00 μm

3.00 x 3.00 μm



-0.01
[V]

-4.01

2. 溶液中のリンを吸着する天然ケイ酸カルシウムナトリウム (水質浄化と資源の再活用に効果のあるセラミックス)

3. 自然由来炭炭素化化合物 (炭素固定化と水質浄化が期待できる材料)

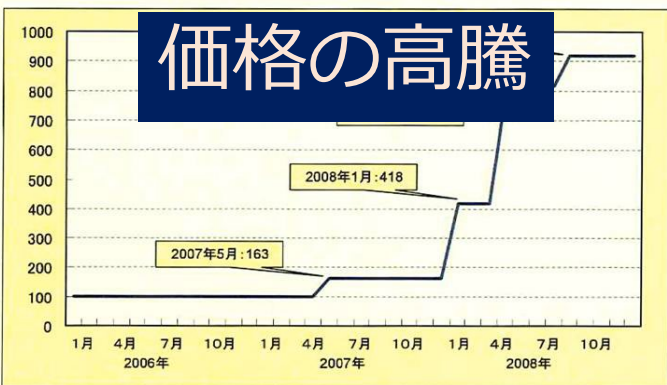
資源の枯渇



リン問題の解決策

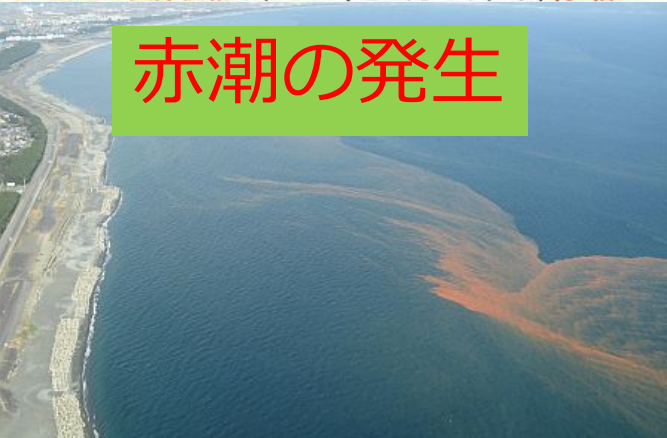
- 下水処理過程において、処理水中のリンをHApとして回収

価格の高騰



リン鉱石の国際価格は、2006年との比で見れば、約9倍に

赤潮の発生



- ディオプサイドはHApの析出に伴い、液中のリンを吸着する

- CaO-MgO-SiO₂
- 単斜晶系
- ケイ酸塩鉱物

生体内でヒドロキシアパタイトを生成



ディオプサイドを用いることで、より効率的にリンを回収できる可能性がある

リン吸着量の比較(他材料との比較)

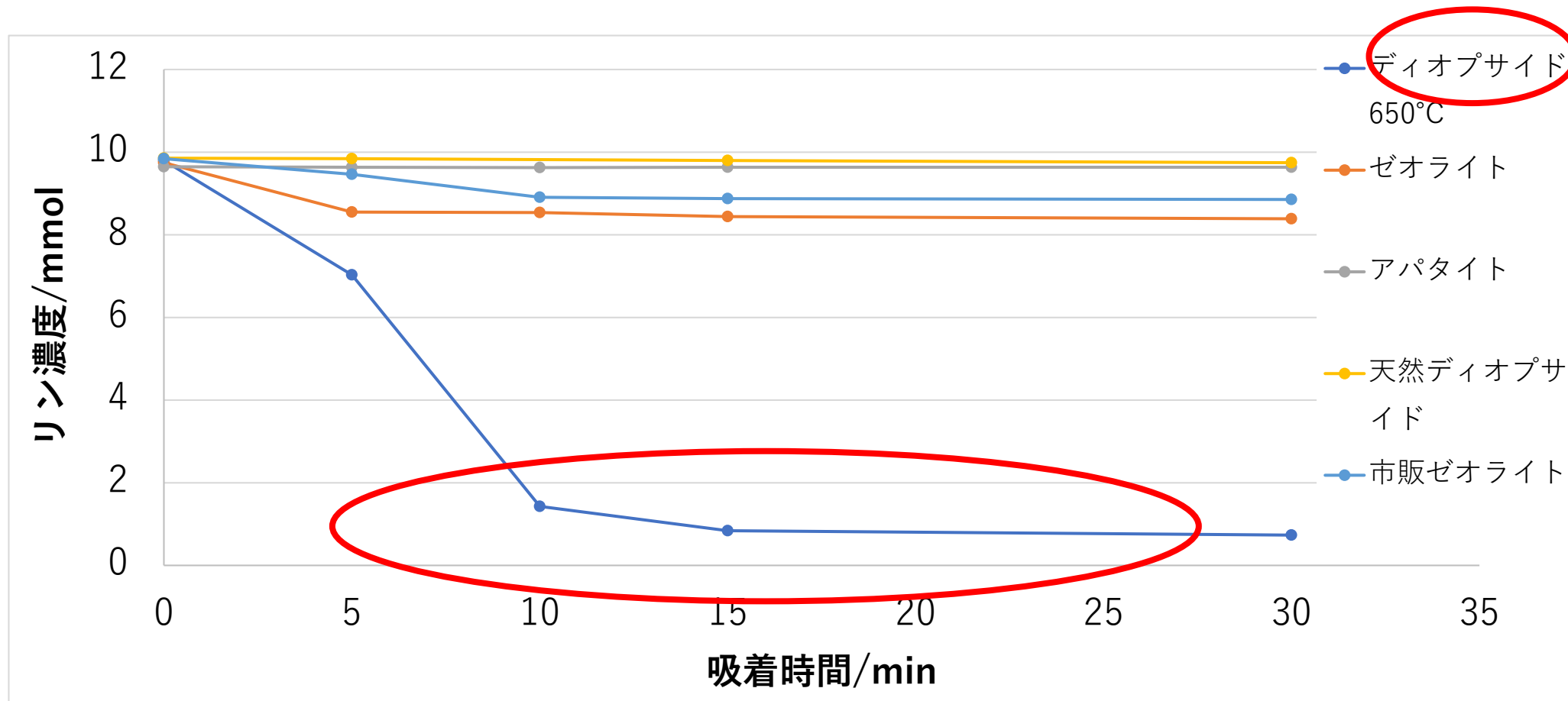
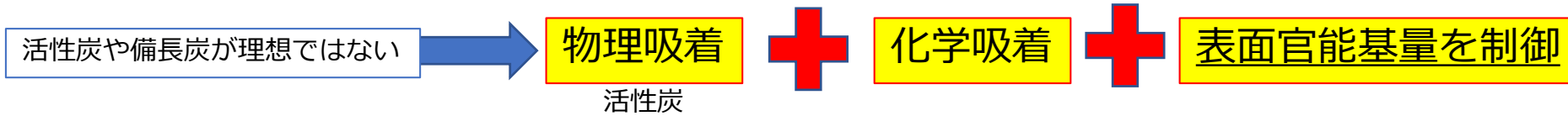


図 ディオプサイドと他材料のリン吸着量(溶液中の残存濃度)

竹炭および籾殻炭に対するセシウム、ストロンチウム吸着特性の解明

- 低温で炭化処理（未熟炭素化）をおこなうことにより炭の表面官能基量を制御することに成功。セシウム、ストロンチウムの吸着量が30%以上向上。



- 吸着後の竹炭や籾殻炭を、炭のみを焼却することによる減容化に成功。吸着したセシウムやストロンチウムイオンを揮発することなく灰化。

燃えないゼオライト等に対して優位

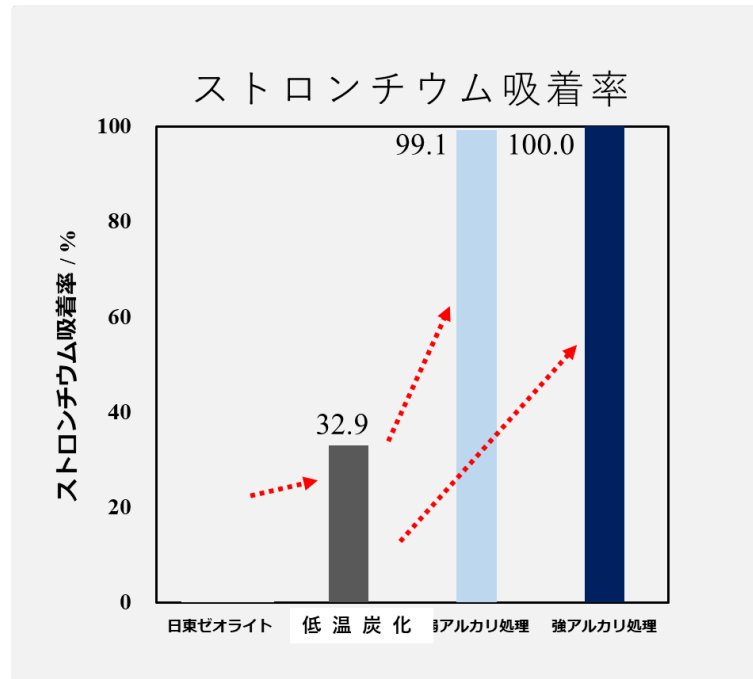
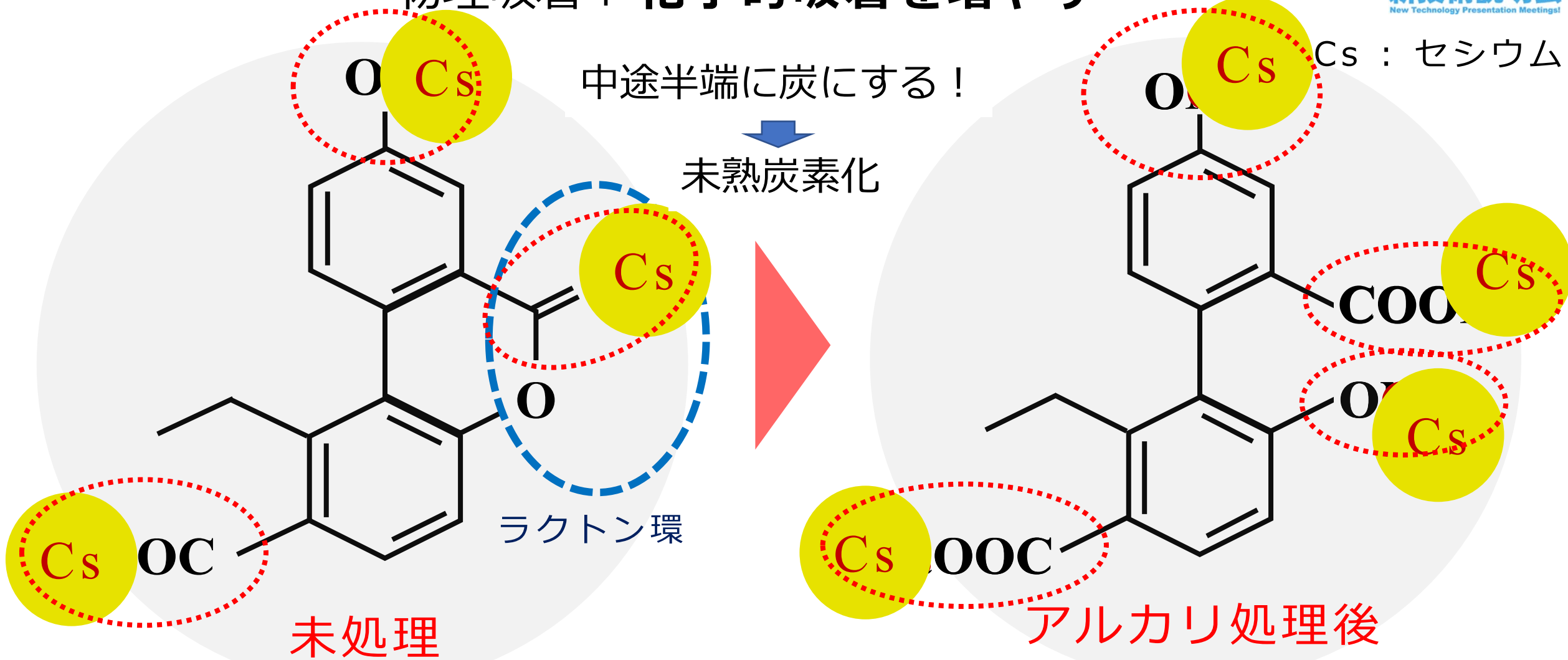


Fig. 6. 各処理した籾殻炭のストロンチウム吸着量

物理吸着 + 化学的吸着を増やす



中途半端に焼いた炭の表面の官能基

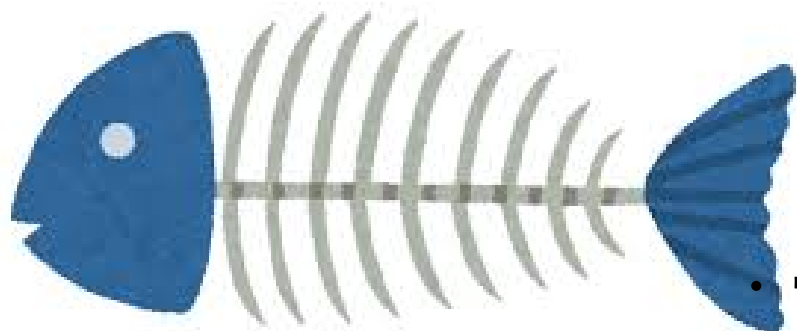
アルカリ処理

ラクトン環
の開裂

酸性官能基
の増加

セシウム吸着能
の増大

従来技術とその問題点



年間400万トン以上

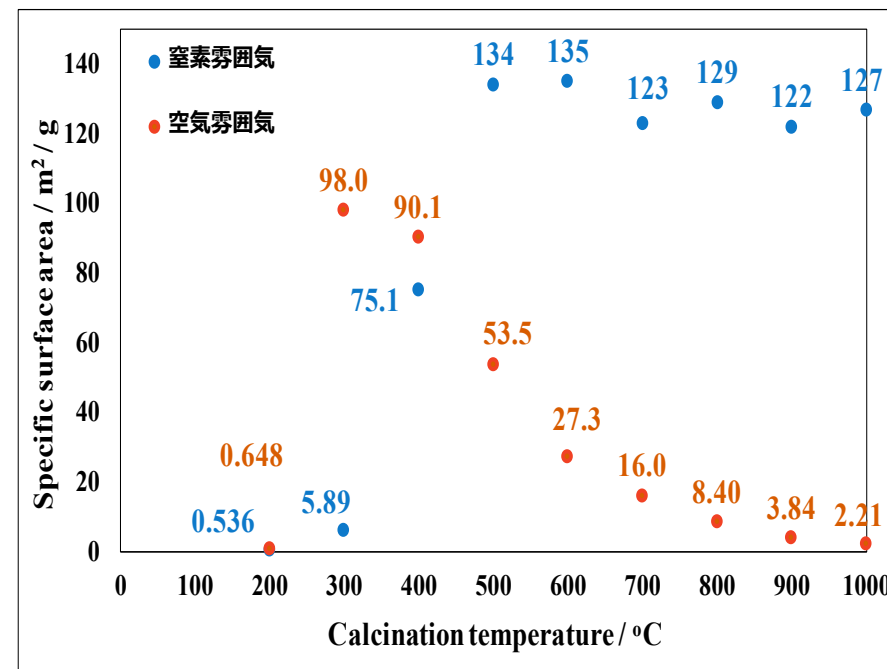
魚骨=廃棄の対象

- 骨の無機成分がヒドロキシアパタイト(以下HAp).

炭化することでアパタイトと炭素の化合物



食料とエネルギーに関するSDGsに貢献



アパタイトはセラミックス原料として利用する研究がされているが、同時に有機物を炭素化することができれば食料残渣の炭素固定化技術として二酸化炭素の削減にも寄与

新技術の特徴・従来技術との比較

- Apとともに含有する有機物を炭素化すればApと自然由来炭素化合物の複合材料を得ることができる可能性
- 炭素化合物は炭素固定化、土壌改良、吸着等の機能を有することから、この複合材料はアパタイトと炭素化合物の両方の機能を有したインテリジェント材料として、環境保全材料、吸着フィルター等としての応用が期待される
- 竹炭、もみ殻炭をアルカリ処理することで、重金属やセシウムなどの吸着性向上

企業への期待

- リン吸着剤、生体材料としてのディオプサイドの応用。
- 竹炭、もみ殻炭、魚骨や豚、牛骨などの炭化材料の研究と応用開発。
- 今後は、さらに使いやすく、機能を向上させた材料を開発したい。

※ 新しい材料開発を企業との共同研究を希望。

本技術に関する知的財産権

発明の名称：改質籾殻炭、その製造方法および当該改質籾殻炭を用いた吸着剤

出願番号：特願2019-45077

出願人：学校法人梅村学園

発明者：野浪 亨

本技術に関する知的財産権

発明の名称：コンクリート固化物、コンクリート固化物の製造方法、およびコンクリート固化物を利用したリン回収方法

出願番号：特願2017-88019

出願人：学校法人梅村学園

発明者：野浪 亨

光触媒のたまご

伝統技術と最先端技術のコラボレーション

研究の成果

除湿

最先端技術
多孔質セラミックス

脱臭

最先端技術
光触媒



瀬戸の伝統技術

多孔質

白雲陶土



冷蔵庫、トイレ、車内、室内等の消臭、調湿に！

今後に向けて

光触媒の複合化の可能性

- 様々な機能を有する材料と複合化することで、さらに高機能な複合材料開発の可能性
- 可視光光触媒との複合化

安心・安全な材料設計

お問い合わせ先

中京大学 研究推進部 研究支援課

T E L 052 – 835 – 8068

F A X 052 – 835 – 8042

e-mail liaison@ml.chukyo-u.ac.jp

URL https://www.chukyo-u.ac.jp/research_2/