

途上国の飲料水浄化に最適化した光触媒材料の開発に関する調査研究

Development of the photocatalytic materials for drinking water purification in developing countries

概要

我々は水中で安定に使用できる光触媒材料の開発に成功し、それにより天然水中に溶存する成分の長期影響評価が可能となった。この成果を元に途上国の飲料水浄化を太陽光で行う研究を推進している。

We succeeded in development of novel photocatalytic materials for aqueous phase use with long life, and we could find the influence of mineral components in natural water against photocatalysis. From these achievements, we are doing a research work for purification of drinking water by solar irradiation in any developing countries.

途上国における飲料水の現状

Actual condition of drinking water in developing countries

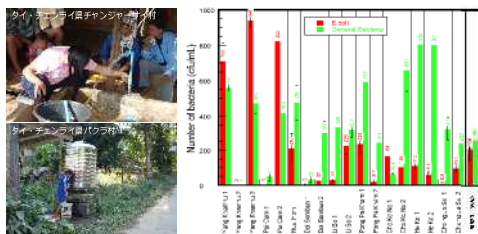
タイとベトナムの例

- ・タイにおいては北部山岳地域の少数民族集落
 - ・ベトナムにおいては北部山岳地域の少数民族集落
- を中心として飲料水の採水分析、並びにヒアリング等を実施

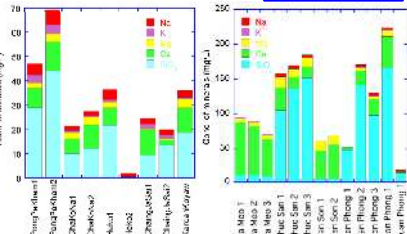
水中に含まれる細菌数、及び光触媒能に影響を与える可能性のある成分の分析を実施。また、現地は農村部であるため散布農薬の種類についても調査。一家庭における1日当たりの飲料水消費量、前処理等についても調査。



タイ(左)及びベトナム(上)における調査地点



タイ北部、水を取り巻く農村部風景
タイ・チェンライ県各集落における飲料水中細菌濃度 (cfu/mL)



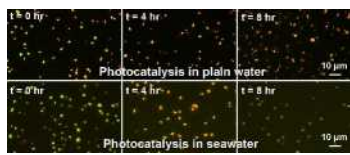
飲料水中主要無機成分濃度 (左) タイ・チェンライ県、(右) ベトナム・ホアビン省

- 細菌数に関しては光触媒で処理が可能なレベル
- ミネラル成分はタイとベトナムとでかなりの相違 (タイは SiO_3^{2-} が多く、ベトナムは Ca^{2+} が多い)
- タイ・ベトナムとも山岳地域では湧水を使用
- ベトナムでは一旦沸かしてから飲む習慣があるが、タイでは生水を飲用
- ベトナムの飲料水からは残留農薬を検出

水中使用に最適な TiO_2 光触媒セラミック

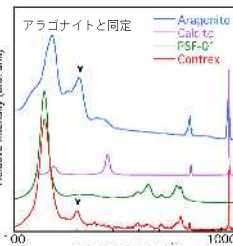
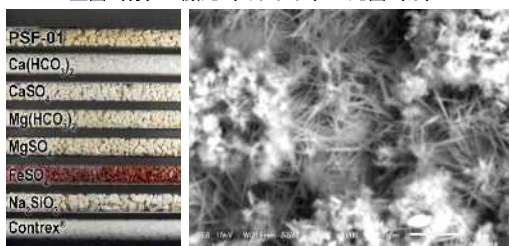
Photocatalytic TiO_2 ceramic for water purification

- ◆ 光触媒環境浄化技術の中で唯一実用化されていない分野が水処理
- ◆ 最大の理由は水中で長期に安定使用できる触媒が存在しなかったこと
- ◆ セラミック光触媒を開発したことで水中での永久使用が可能
- ◆ 長期試験が可能となったことで、研究の空白となっていた光触媒能に対する天然水中無機成分の影響評価が実現
- ◆ これにより実環境下での光触媒水処理が現実化間近



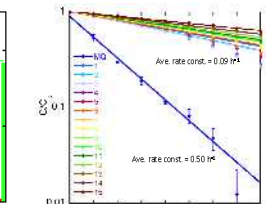
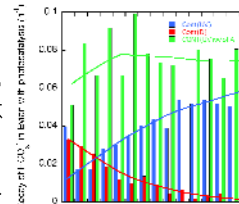
水中の細菌 (*E. coli* K12) は光触媒作用を受け、急速に不活化

光触媒による水中細菌減殺の時間変化
生菌 (緑) → 瀕死 (オレンジ) → 死菌 (赤)

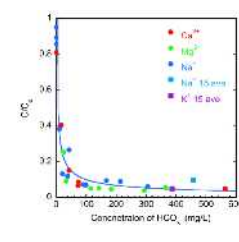
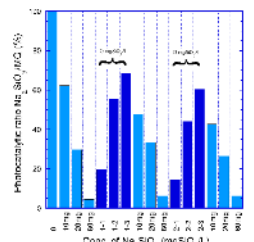


天然水を光触媒処理すると水中のミネラル成分が析出 (左) ガラス管内に充填したセラミック光触媒に各種無機水溶液を120時間通水しながら光触媒反応させた結果 (中) Contrex®を通水した触媒表面のSEM像、(右) 同触媒表面のラマンスペクトル析出物はラマンやXRD分析よりAragonite ($\text{Ca}_{0.96}\text{Sr}_{0.4}\text{CO}_3$)と同定

- 光触媒能を阻害する天然水中無機成分は僅か二つ： HCO_3^- と SiO_3^{2-}
- 析出物は光触媒能を阻害しない… CaCO_3 の単一成分
- CaCO_3 はUV-Aを透過するため TiO_2 励起を妨げない



光触媒反応サイクル増大に伴うContrex®中 HCO_3^- 濃度の変化。暗条件だと HCO_3^- 濃度減少は小さくなるが、UV照射下だと HCO_3^- 濃度低下は継続→ CaCO_3 の析出を示唆



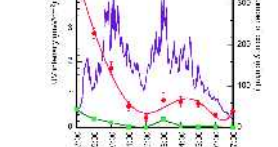
系中 SiO_3^{2-} の濃度変化に伴うギ酸処理能力の変化。触媒活性は純水洗浄で回復。メタケイ酸は TiO_2 に吸着脱離するため光触媒表面上に析出しない。

重碳酸イオン濃度の違いによる光触媒活性の変化。カウウンターイオン種に依存せず単純に重碳酸イオン濃度のみが光触媒活性抑制因子 (世界初の発見)

現地試験を実施 (TiO_2 コートシリカゲル光触媒を使用)、太陽光中紫外光強度に依存した細菌処理性能を確認



現地試験風景 (タイ・チェンライ県チャンジャーサイ村)



ワンパスフローでの飲料水中細菌の08~17時における光触媒処理

結論： HCO_3^- や SiO_3^{2-} を原因とする光触媒能抑制効果の解決は現段階では不可能 (イオン交換等はハイコストなため)。但し、長期使用に伴う触媒活性低下が起きない現象並びにそのメカニズムを解明したことで、光触媒水処理の実用化に目処。