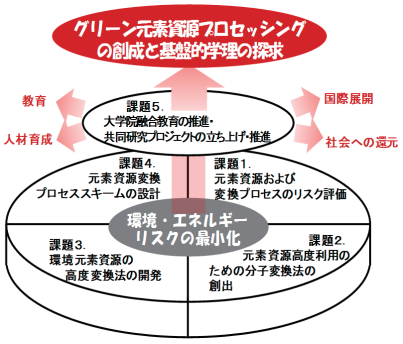
京都大学大学院 工学研究科　高等研究院

グリーン元素資源プロセッシング研究部門

研究部門代表：　米田　稔　（都市環境工学専攻）

本研究部門の目的と主要構成員



エネルギー・資源の制約の中で深刻化しつつある地球環境問題を解決し、人類社会の持続的な発展を実現する新たな基盤技術の創成が求められています。特に、貴重な元素資源を、地球環境を損ねることなく人類の発展に資する資源として活用する「グリーン元素資源プロセッシング」の創出と、その基盤となる学理の体系化、さらには教育・人材育成・アウトリーチ・国際協力の展開が、大学の社会的責務として強く求められています。このような要請に応えるべく、個別の研究分野における取組みに加えて、工学を横断する視点からの研究の推進が必須となっています。こうした喫緊の社会的課題の解決を目的として、工学研究科の3つの専攻と環境科学センター、先端医工学研究ユニットより、環境リスク工学、環境デザイン工学、水環境工学、環境プロセス工学、反応工学、環境安全工学、触媒有機化学、触媒機能化学等を専門とする研究者が参加して、「グリーン元素資源プロセッシング」の創成に取り組みます。特に、プロセスの“環境・エネルギーリスクの最小化”をキーワードとして、

1. **元素資源および変換プロセスのリスク評価** ……米田 稔 教授、河瀬 元明 教授、松井 康人 講師
2. **元素資源高度利用のための分子変換法の創出** ……辻 康之 教授、近藤 輝幸 教授、阿部 竜 教授、木村 祐 准教授、藤原 哲晶 助教
3. **環境元素資源の高度変換法の開発** ……高岡 昌輝 教授、中川 浩行 准教授、西村 文武 准教授、大下 和徹 准教授
4. **元素資源変換プロセススキームの設計** ……前 一廣 教授、牧 泰輔 准教授

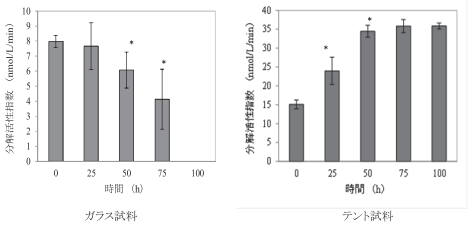
に緊密な連携を取りながら取り組みます。さらに、

5. **大学院融合教育の推進・共同研究プロジェクト立ち上げ・推進**、等を通じて、得られた成果を広く社会に発信し、還元していきます。

平成25年度の主な成果

1. 元素資源および変換プロセスのリスク評価

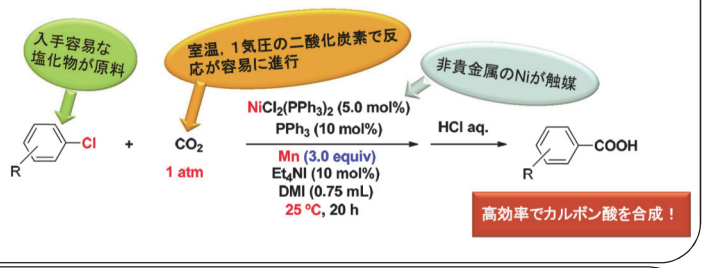
ビルの外壁や手すりなどに、抗菌やセルフクリーニングを目的とした光触媒コーティング剤製品が、広く普及している。これらのコーティング剤に含まれるナノサイズの二酸化チタン粒子が、使用下で大気中にどれほど放出されるのかを、母材にガラス、テントを用いた二種で検討した。劣化試験には、耐候性試験器を用い、0、25、50、75、100時間（実環境の3ヶ月曝露に相当）後に、メチレンブルー分解試験にて触媒効果の低下を定量した。



ガラス試料は、耐候性試験時間が経過するほど、メチレンブルー分解活性指数が減少し、テント試料は増加した。ガラス試料からは、二酸化チタンナノ粒子が試料表面から剥がれていると考えられ、施工法によっては大気中に粒子が放出される可能性がある。

2. 元素資源高度利用のための分子変換法の創出

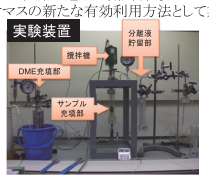
二酸化炭素（CO_2）はその安全性や豊富な存在量の点から有用な炭素源として考えられる。CO_2を用いた安息香酸誘導体の古典的な合成手法としてはGrignard試薬などを用いた方法が広く知られているが、それらの反応は官能基許容性の低さなどの問題点を有している。本研究では、より入手容易な塩化アリールのカルボキシル化反応を温和な条件で達成するために触媒系の開発を行い、ニッケル触媒が有効であることを見出した。

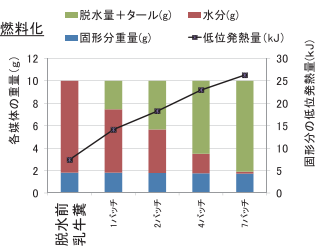


3. 環境元素資源の高度変換法の開発

液化ジメチルエーテルを用いた家畜糞の常温脱水乾燥による燃料化

- 家畜糞尿は我が国において最も量の多い産業廃棄物
- リサイクル率は高いが、堆肥化のみに依存し、農地が環境汚染されることがある。
- 液化DMEを利用した省エネルギー脱水・乾燥システムを家畜糞尿の乾燥に適用し、燃料化。
- 本バイオマスの新たな有効利用方法として期待できる。





7バッチ(液固比38mL/g、時間：70分)の処理により牛糞10gはほぼ絶乾状態、低位発熱量は約4倍に

光フェントン反応を利用した1,4-ジオキサンの分解

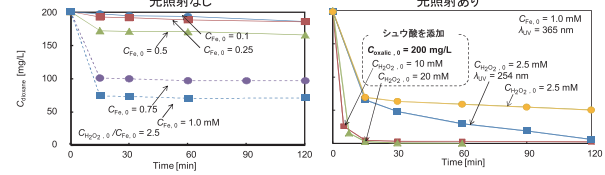


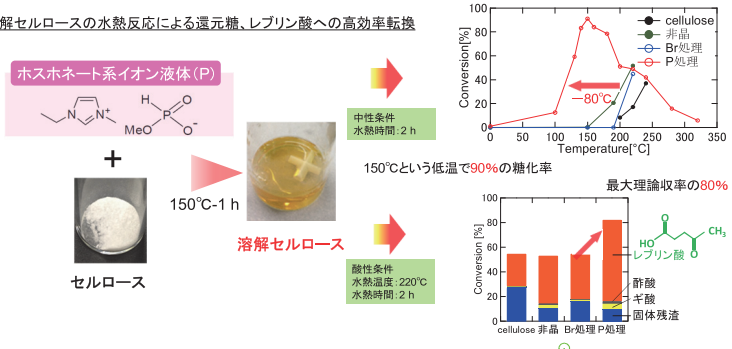
図　Fenton酸化における1,4-ジオキサン濃度（$C_{dioxane,0}$ = 200 mg/L）の変化

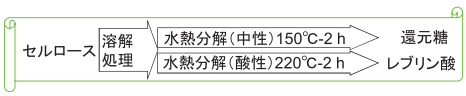
光を照射しない通常のFenton酸化においても、1,4-ジオキサンは分解するものの、15分以降では全く分解が進行せず（左図）、排水基準値（0.5 mg/L）まで濃度を下げるのは困難である。シュウ酸を添加し、365 nmのUV-Aを照射すると、迅速に分解が進行し、30分で0.1 mg/L以下まで濃度を下げることができた（右図）。これは、シュウ酸とFe^{3+}の錯体におけるLigand-Metal Charge TransferによるFe^{3+}の還元が促進されたためで、この機構を使用して1,4-ジオキサンの濃度を大きく低減できることがわかった。

4. 元素資源変換プロセススキームの設計

セルロースにイオン液体で前処理を施して構造を緩和することにより、水熱分解によって得られる有用化学物質の収率の向上について検討した。その結果、セルロースに対して150℃でイオン液体による前処理を行い、水溶性へ変化させることにより、続く水熱反応では150℃という低温でセルロースの炭素基準の約90%を還元糖に、酸性条件下220℃では最大理論収率の80%ものレブリン酸に転換する方法を提案した。

溶解セルロースの水熱反応による還元糖、レブリン酸への高効率転換





米田　稔　京都大学大学院工学研究科 都市環境工学専攻　教授
E-mail: yoneda@risk.env.kyoto-u.ac.jp
〒615-8540　京都市西京区京都大学桂
TEL：tel.075-383-3355　FAX.075-383-3358
HP: http://www.kic.t.kyoto-u.ac.jp/ja/research/projects