

○戦略目標「「総合知」で切り拓く物質変換システムによる資源化技術」の下の研究領域

## 地球環境と調和しうる物質変換の基盤科学の創成

研究総括：山中 一郎（東京工業大学 物質理工学院 教授）

### 研究領域の概要

本研究領域では、人間社会が地球環境と調和するために不可欠な物質循環に関わる元素からなる安定な分子から、エネルギー消費と廃棄物排出を極力抑制しながら、目的である有価物質を高選択性で変換できる物質変換の研究開発とこれに関わる基礎科学の創出を目指します。

具体的には、地球表面に豊富に存在し、人をはじめとする生物や食物を構成している元素、あるいは人間社会で利用されている元素の中で物質循環が重要とされている元素およびその化合物(主に炭素、窒素、酸素、水素、リン、硫黄、ケイ素などとその化合物)を対象とした物質変換に関わる基礎的な研究開発を行います。これは、既に開発された資源化に関わる物質変換法の要素技術と比較して、エネルギー利用効率や目的生成物への選択性の著しい改善が期待される基盤技術の創成を意味します。即ち、不可能と考えられていた反応を可能とする革新的触媒作用を示す触媒材料や電極材料の研究開発、高速かつ選択的イオン伝導性を示す固体電解質材料の研究開発、電気・光などを利用した高度なエネルギー制御や電子移動制御を伴う反応プロセスの研究開発を目指します。また、これらの研究における反応機構の解析的・理論的な解明に不可欠なオペランド計測・オンデマンド計測など先鋭的な分析法の研究開発や第一原理計算・熱流体工学シミュレーション・機械学習などの理論計算の研究開発も推進し、社会実装に発展しうる物質変換の基盤科学の創成を目指します。さらに、これらの研究の思想・課題・成果を対象として、グリーンケミストリー・経済学・社会科学などの観点から持続可能な社会の実現に資する物質変換の指標を示します。

### 募集・選考・領域運営にあたっての研究総括の方針

#### 1. 背景

現在の化学工業は、カーボンニュートラル、地球環境の保全や持続可能な社会の実現に向けて、実質的に二酸化炭素や汚染物質を排出しない環境に調和した合成プロセスを最終的に研究開発し実装することを目指しています。私たちの生活に必要な有価物質を、二酸化炭素をできるだけ排出しないで生産するためには、生産に必要なエネルギーを如何に低減し、化石燃料の使用を極力抑制し、再生可能エネルギーを効率よく利用した合成プロセスを実現できるかにかかっています。また、できるだけ廃棄物を排出せずに有価物質を合成するためには、個々の反応に対して高選択的反応を開発するばかりでなく、合成プロセス全体

としての高効率化が重要です。

人類が永続的に存続するためには、人をはじめとする生物や食物と関連する物質の循環について考えることが重要です。二酸化炭素以外にも、人為的な起源による窒素化合物、硫黄酸化物などの物質循環や地球表面に豊富に存在するケイ素化合物、リン化合物などの物質循環も考えなくてはなりません。これらの元素の存在状態、濃度や分布バランスが崩れると地球環境に壊滅的な打撃を与えることになります。

近年、電気や光、プラズマ、マイクロ波などを利用して、化学反応に関与する電子、イオン、あるいはエネルギー移動を高度に制御することにより、不可能と考えられていた反応が可能となる、エネルギー利用効率や有価物質合成の選択性が顕著に改善される研究が進展しています。このような研究を飛躍的に進化させて現実社会の物質循環に結びつけるためには、触媒、電極、固体電解質などの材料研究開発や合成反応の研究開発のみならず、各反応が進行する反応場の制御が重要であり反応工学との融合が必要です。また、研究を推進するためには、オペランド計測などの分析技術や理論計算による機構解明や活性点構造の解明の研究も不可欠です。さらに研究提案を基盤とした将来の物質循環を見据え、グリーンケミストリー、経済学、社会科学などの視点から、環境負荷や経済性などの評価、提言、あるいは指標を示すことが必要です。

## 2. 募集・選考の方針

本研究領域では、材料科学・触媒化学・電気化学・光化学・プラズマ工学・電磁波工学、オペランド計測、理論計算、物質循環の評価手法などの分野の研究を想定しています。研究提案では、電子、イオン、エネルギー移動の制御により、不可能と考えられていた反応が可能となる、エネルギー利用効率や有価物質への選択性を飛躍的に改善する新しい触媒・電極材料の研究開発、新反応法の研究開発、これまでにない反応プロセスの研究、反応機構や活性点構造解明に結び付く斬新な分析手法や特徴的な理論計算の研究を求めます。いずれの分野の提案につきましても、何よりもオリジナリティーと革新性を重視します。

領域の運営においては、研究分野の融合や環境負荷の評価を視野に入れますが、さきかけ研究は個人型研究ですので、すべての研究や評価を一人で行う必要はありません。研究期間の中で、研究総括・領域アドバイザーと研究者、また、研究者同士の活発な交流により、分野融合を促進し、持続可能な社会の実現に資する物質変換の見識を深めます。

研究提案では、達成目標に至る論理的な筋道とその目標を具体的に示すとともに、既存技術や先行研究と比較した優位性や独創性、達成目標が実現した場合の環境負荷低減への効果と規模感、あるいは期待を必ず示してください。また、グリーンケミストリー、経済学、社会学などの学理に基づいた物質循環の評価手法に関する研究提案も歓迎します。

## 3. 研究期間と研究費

当初研究費は1課題あたり、総額4,000万円（直接経費）を上限とします。また、研究

期間は採択年度から3年半以内とします。

#### **4. 領域運営の方針**

本研究領域では、個人研究者が短期的な成果に固執することなく、3年半で独創的研究に取り組めるような環境を提供できるよう、研究総括・領域アドバイザーがサポートします。さらに、領域内外で、グリーンケミストリーの研究者、経済学、社会科学などの人文科学分野の研究者との交流を促進し、カーボンニュートラル社会や持続可能な社会の実現を目指す高い志を有した創造集団として活動いたします。