

2023 年度年次報告書

地球環境と調和しうる物質変換の基盤科学の創成

2022 年度採択研究代表者

永縄 友規

産業技術総合研究所 材料・化学領域触媒化学融合研究センター  
主任研究員

リン酸態リンのアップサイクル物質変換

## 研究成果の概要

リン元素を含む化成品は農業用肥料から工業製品まで、さまざまな分野で利用されている。これらのリン化成品は、主に天然資源であるリン鉱石を出発原料として生産されているが、日本国内ではリン鉱石の採掘が行われていないため、ほぼ全量を輸入に依存している。近年、資源制約や経済安全保障上のリスクから国内に存在する下水汚泥焼却灰や製鋼スラグなど未利用リン資源のリサイクルに注目が集まっている。しかし、このような資源から回収可能なリン酸態リンを直接分子変換する技術がないことから、リン酸塩のまま肥料などにリサイクルされるなど用途の選択肢が限られている状況にある。そこで本研究ではリン酸態リンを出発原料としてリン酸エステルに代表される高付加価値なリン化成品を製造することを目的とする。

すでに研究者は、ケイ素化合物であるテトラアルコキシシランを用いるリン酸の直接エステル化反応<sup>1)</sup>の開発に成功しており、この成果を基盤として、リン酸の直接的エステル化反応における①未利用リン資源の活用、②安価なアルコールの直接利用、および③温和な反応による生成物制御の3つの課題に取り組んだ。課題①については、マイクロウェーブ反応装置を利用した特殊反応場による水熱反応を検討した。その結果、キレート系抽出剤を用いるアプローチが有効であり、良好な収率でリン酸を抽出できることが分かった。課題②については、ケイ素化合物によるリン酸エステル化反応のメカニズム解明<sup>1)</sup>の結果から、アルコール側を活性化し、リン酸の求核置換反応を経由するリン酸エステル化反応に着目した。アルコールの活性化手法として触媒的光延反応の活用を検討したところ、リン酸エステル化反応の進行を確認した。課題③については、分子内環化反応を利用することによって選択的にリン酸ジエステルを得られる手法の開発に成功した。得られた知見をもとに引き続き各課題の検討を進める予定である。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) Naganawa, Y. Sakamoto, K. Fujita, A. Morimoto, K. Ratanasak, M. Hasegawa, J.-y. Yoshida, M. Sato, K. Nakajima, Y. Chemical upcycling of phosphoric acid recovered from sewage waste. (Preprint) *ChemRxiv* DOI: 10.26434/chemrxiv-2023-c5m0q