

強い還元力を持つ光増感剤で PFASを光分解する

神戸大学 大学院理学研究科 化学専攻
教授 松原 亮介

2025年10月30日

PFASとは

- PFAS = ペルフルオロアルキル化合物
- 人体への毒性があることがわかつてきた。肝機能障害、発がん性、胎児の発育への影響
- 分子としての安定性が高い = 環境残留性が高い
- 特にPFOAとPFOSの使用量が多い。フロンガスの歴史と類似
- 使用・製造が制限されている（2009年POPs条約）

PFASの社会問題化

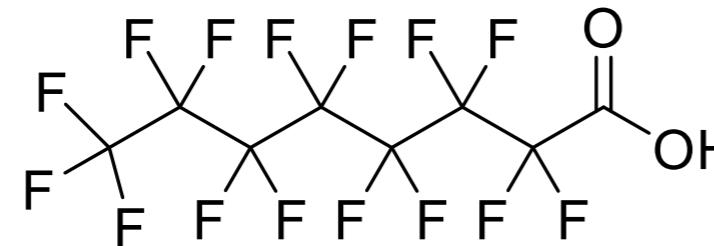
- 2022年度の水質調査の結果、16都府県の100地点以上で目標値（PFOAとPFOSの合計が50 ng/L未満）を超えた
- 岡山県吉備中央町でPFAS漏出現場の近隣住民の血液から基準値を超えるPFAS検出（平均151 ng/mL、米国基準値20 ng/mL）

PFASの社会問題化

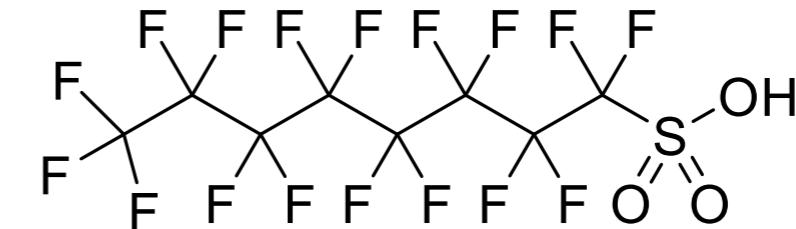
- 大手空調メーカーの工場周辺で高い濃度のPFASが検出
- 米国デュポンなど3社が、PFASによる汚染をめぐり、3100億円の和解金を支払うことに合意
- イタリアで起きた訴訟で、三菱商事の元関連会社で取締役などを務めていた日本人に拘禁刑16年の判決

解決法と課題

- PFASはきわめて安定な小分子であるため、C-F結合を切断して分解する以外に方法はない。



PFOA



PFOS

- ただし、C-F結合は極めて強固！
(C-C結合よりも強い)

松原研の技術シーズ

「高還元力を有する非遷移金属光触媒の開発」

可視光照射により高還元力を發揮する光触媒系の開発を
10年以上続けている。

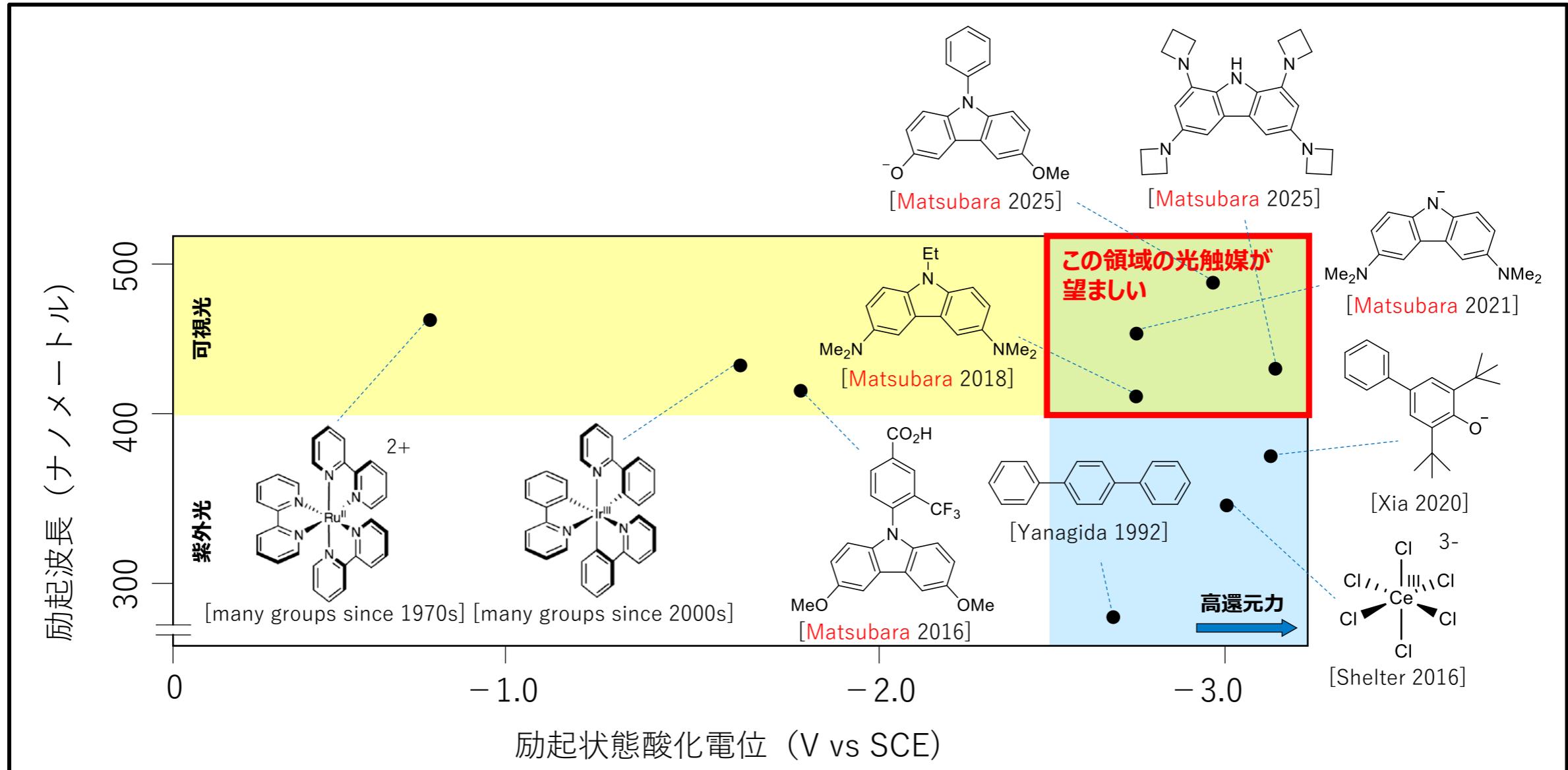
松原研の技術シーズ

当研究室の光触媒系の特徴

- ◆ 独自の光触媒（論文、特許により独自性確保済）
- ◆ 光触媒の合成が容易で安価
- ◆ 光触媒は非金属（レアアース無し、重原子無し）
 - カントリーリスク無し、環境汚染無し、経済的
- ◆ 可視光利用可能
 - 太陽光の利用可、有害な紫外線や水銀ランプ必要無し
- ◆ 高還元力を有し、これまで困難であったCO₂還元や炭素–フッ素結合の活性化を可能にする
 - 光還元反応において、ここ10年間、当研究室が世界トップレベルの光触媒を開発している

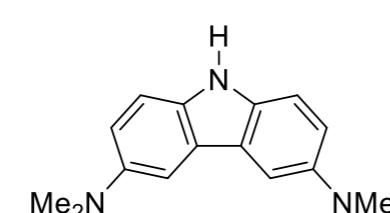


松原研の技術シーズ

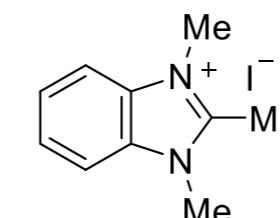


松原研の技術シーズ

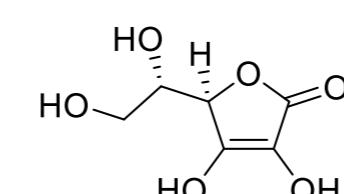
光エネルギーでCO₂をギ酸に還元！



1
カルバゾール



BI
ベンゾイミダゾリウム



H₂A
アスコルビン酸
= ビタミン C

松原研の技術シーズ

光エネルギー



[News Top](#) > カテゴリー > [プレスリリース](#) >

2023.03.24

希少金属を使用しないCO₂変換法を開発

カーボンニュートラル実現に期待

以上

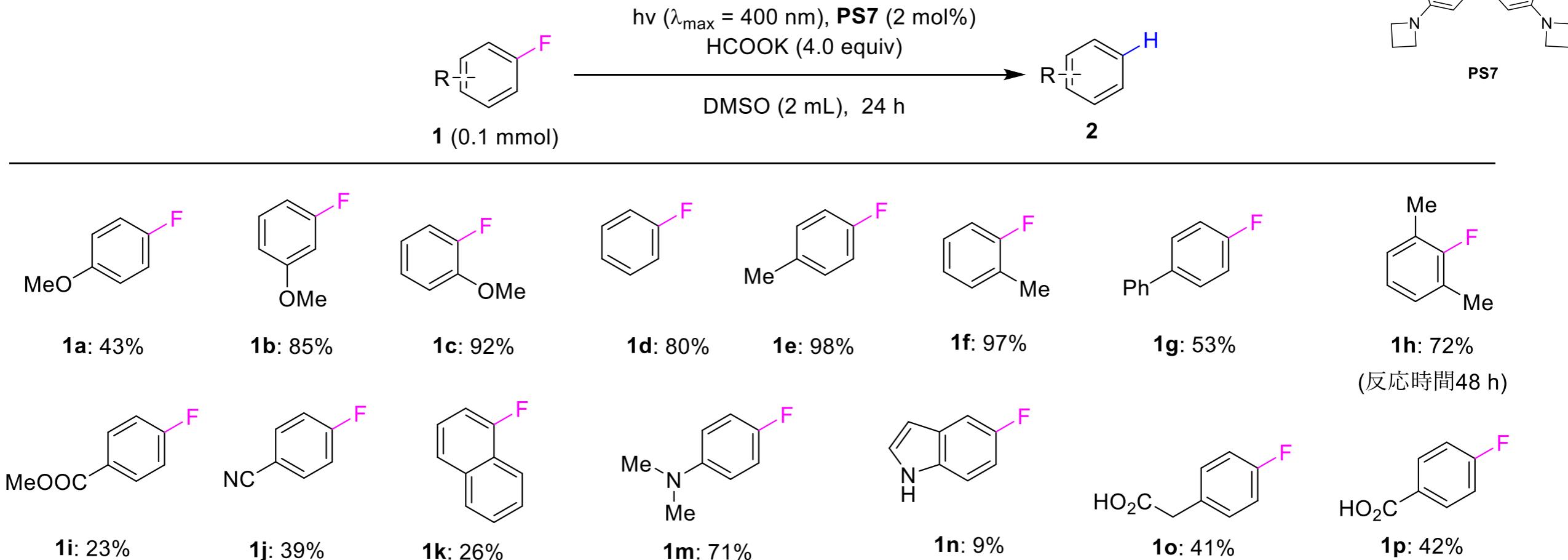
化学

#資源・エネルギー #光化学反応 #光合成 #カーボンニュートラル

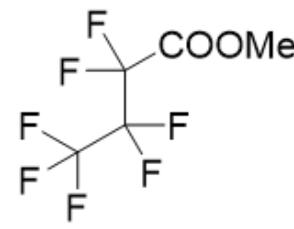
神戸大学理学研究科の松原亮介准教授、分子フォトサイエンス研究センターの小堀康博教授、立教大学理学部の中山正浩教授の共同研究チームは、希少金属^{注1)}を使用せずにCO₂からギ酸^{注2)}を製造する方法を開発しました。

Chem. (2023)

今回開発した新技術



今回開発した新技術

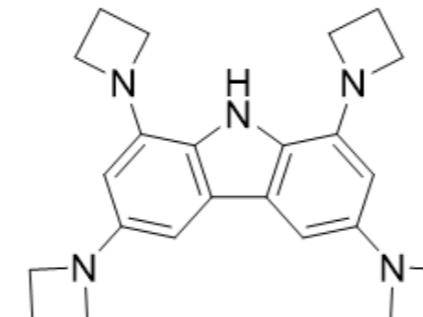


PFAS
0.2 mmol
(46 mg)

可視光照射 (LEDランプ、400 nm)
光触媒**1** (0.05当量)、ギ酸カリウム (還元剤、8当量)
ジメチルスルホキシド (溶媒)、室温、24時間

6 3 %のPFASが分解

フッ化物イオン (F^-)の生成を確認 (0.21 mmol)



光触媒**1**

- ✓ 遷移金属無し
- ✓ 可視光
- ✓ 室温
- ✓ F^- の生成 (フッ素資源の回収可)

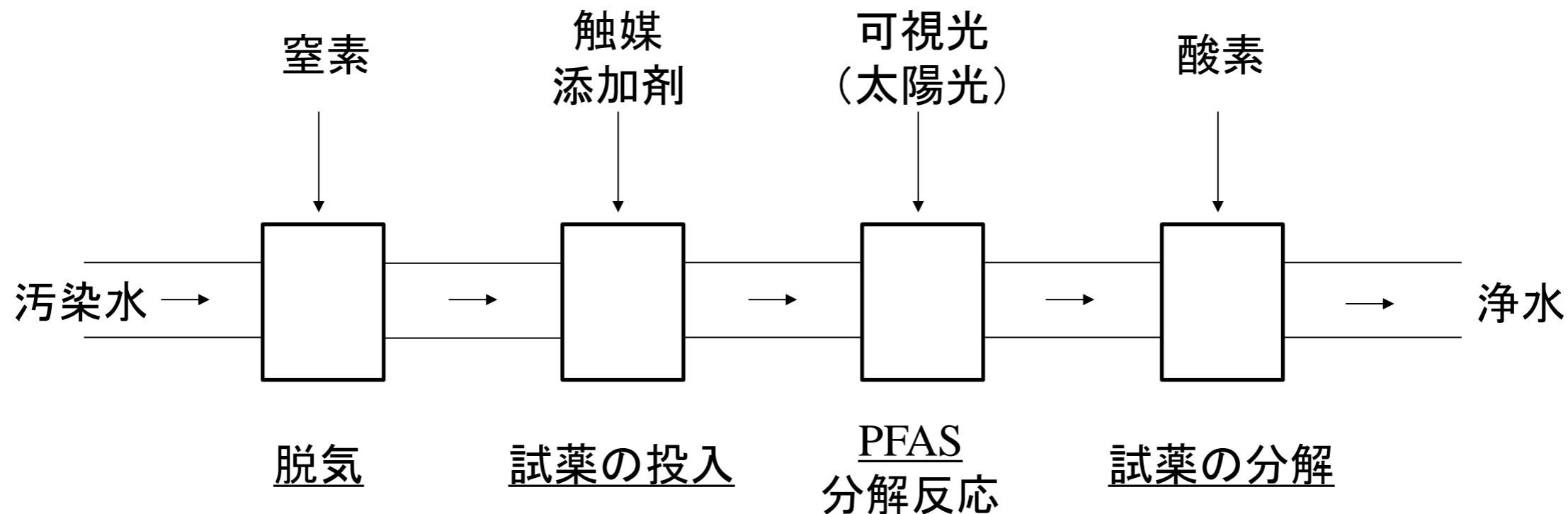
独自の非金属光触媒を用いてPFASの分解に成功 (6 3 %収率)

新技術の特徴・従来技術との比較

	経済性	大規模化	サステイナビリティ	環境への影響	技術の成熟度
(1) 燃焼	△	○	×	△	×
(2) 電気分解 (米国A社)	△	×	△	△	○
(3) 強塩基+熱	×	×	○	○	△
(4) 遷移金属触媒 (Pd, Ni, Rh, Ir)	×	×	×	×	○
(5) ボールミル (Yang 2023)	○	×	○	○	△
(6) 可視光 CdS (Kobayashi 2024)	○	△	○	×	△
(7) 紫外光and/or電気 (国内B社、米国C社)	△	△	△	○	△
(8) 可視光 有機光触媒 (Damrauer (米国), Qu (中国) 2024)	△	△	○	○	△
(9) 本技術	○	○	○	○	△

想定される用途

- **浄水場**でPFASを分解する（活性炭で吸着しPFASを濃縮する予定）



想定される用途

- PFASを扱う企業でPFASを自社無害化処理可能に

「PFASを使わないではなくPFASを安全に使う」

- 現在問題となっているPFAS汚染土壤を浄化する

行政との連携も視野

実用化に向けた課題

- 【基質の拡大】現在、PFASのエステルについて光分解が可能なところまで開発済み。しかし、PFASの中でメジャーなペルフルオロカルボン酸とペルフルオロスルホン酸の光う分解は未開発。今後、カルボン酸とスルホン酸に適用していく場合の条件最適化を行っていく。
- 【実用性のある溶媒】実用化に向けて、完全水中での実施が望ましいが未開発。

社会実装への道筋

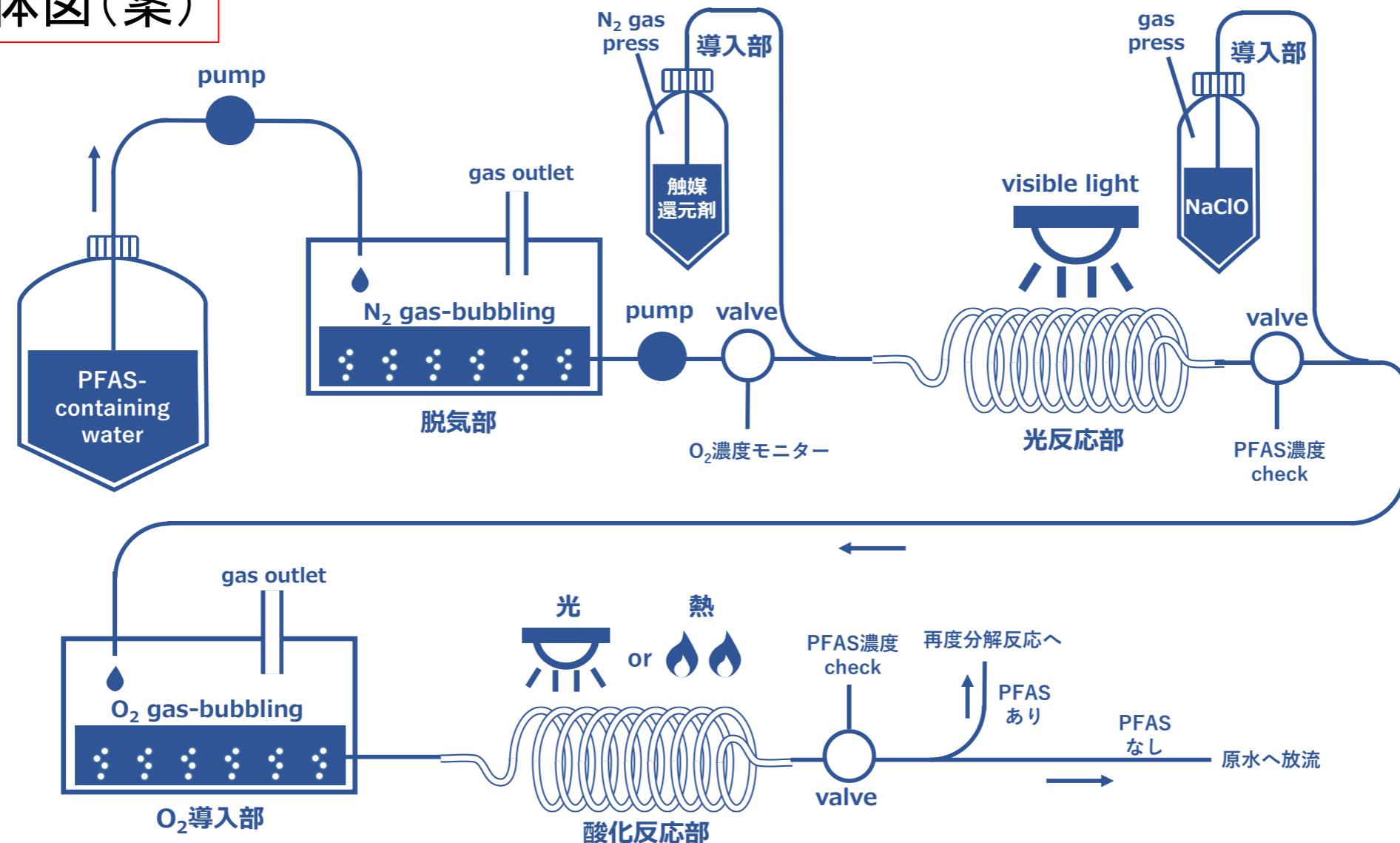
時期	取り組む課題や明らかにしたい原理等	社会実装へ取り組みについて記載
基礎研究	・光触媒反応系の設計が完了	
現在	・PFAS(一種)の光分解が実現	
3年後	・一般的なPFASの光分解の実現 ・水中反応が実現 ・フロー系での反応が実現	JSTのA-Step事業または環境省環境総合研究推進費へ応募し研究資金獲得
5年後	・大型装置の製造 ・活性炭によるPFAS濃縮の実現	汚染水の実サンプルを用いた試験的実施
7年後	・耐久性調査 ・分解物、夾雑物の毒性評価	装置販売

企業への期待

- 以下の企業との共同研究を希望。
 - (1) 活性炭の技術（製造、改良、処理）を持つ企業
 - (2) フロー系の光反応など、特殊な光照射に対応できるランプ製造が可能な企業
 - (3) 連続フロー合成の技術を有し将来的に装置製造可能な企業
 - (4) PFASの処理で課題を有している企業

企業への期待

装置全体図(案)



企業への貢献、PRポイント

- 現在世界的に有効な手段のないPFAS処理に対して
主導権を獲得できる
- 社会の注目度が高く、行政との連携も望める研究
(行政：環境省、浄水場を管理する各自治体など)

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 含フッ素有機化合物の分解方法
- 出願番号 : 特願2025-037544
- 出願人 : 国立大学法人神戸大学
- 発明者 : 松原亮介、匡会龍、謝衛斌

产学連携の経歴

- 2016年-2021年 農薬メーカーと共同研究実施
- 2022年-2025年 中小企業庁Go-Tech事業（成長型中小企業等研究開発支援事業）に参画、医薬品メーカーと共同研究実施
- 2023年-現在 自動車メーカーと共同研究実施
- 2025年-現在 化学メーカー社と共同研究実施

お問い合わせ先

神戸大学 産官学連携本部

TEL 078-803-5945

e-mail oacis-sodan@office.kobe-u.ac.jp