

カーボンニュートラルサイクルのための CO₂光燃料化・資源化の開拓

千葉大学 大学院理学研究院
化学研究部門 基盤物質化学講座
教授 泉 康雄

2024年1月25日(木)、zoom

研究分野の概要や社会的位置づけ

持続可能社会の実現のために、カーボンニュートラルが求められている。新たなカーボンニュートラルサイクルを構築するオプションのひとつとして、膨大な光エネルギーの利用が考えられる。

安価な光触媒を用いてCO₂を燃料や資源に変換できればよい。ニーズに合わせて光触媒的変換の生成物を選択できれば、より戦略的である。

従来技術とその問題点

従来技術では一酸化炭素（CO）やメタンを得る光触媒は知られていたが、エチレンを得る光触媒の報告例は限定的であり、自在にプロピレンを得る研究成果は皆無に等しい。

エタンやプロパンを選択して得られる例も皆無に等しい。

新技術の特徴・従来技術との比較

カーボンニュートラルサイクルのためのCO₂光燃料化・資源化の開拓を行った。

メタンを高活性に選択して得られる光触媒のみならず、エタンやプロパンの燃料、およびエチレンやプロピレンの化学資源を選択して得る光触媒を開拓した。

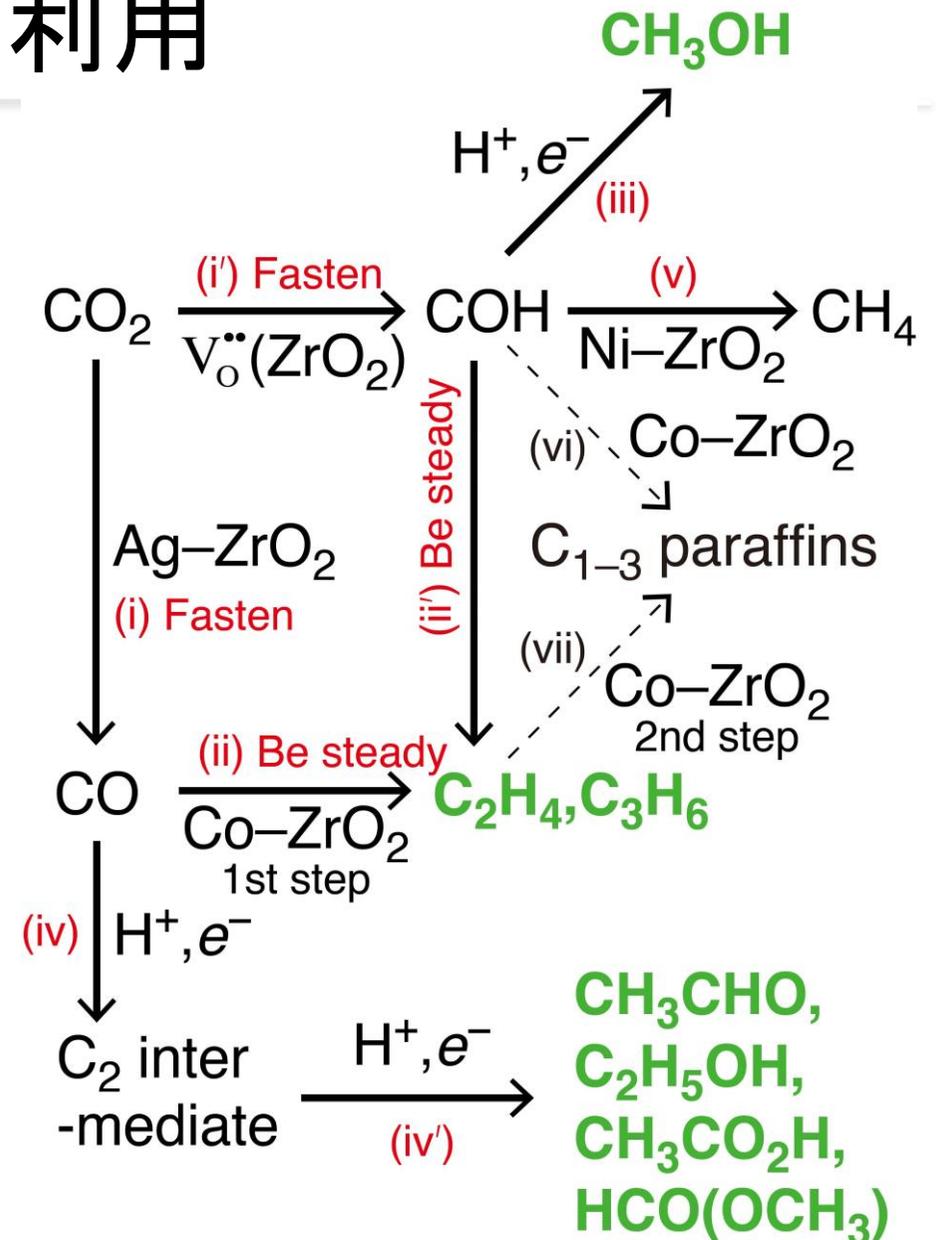
光エネルギーの再生可能利用

Renewable use of photoenergy

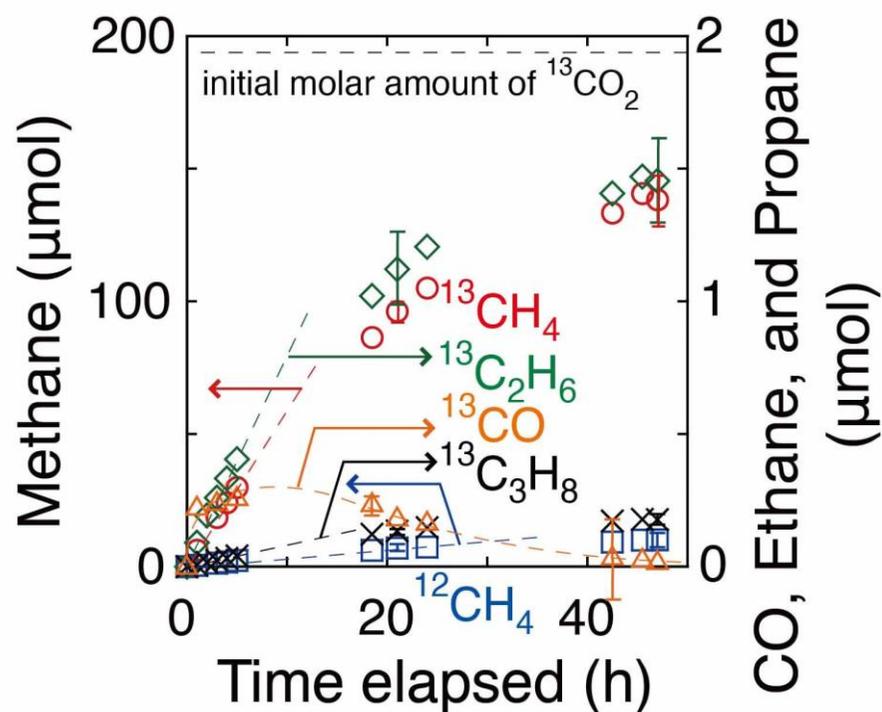
👉 燃料および付加価値化合物を合成

CH_4	0.18	\$	kg^{-1}
C_2H_6	4	\$	kg^{-1}
C_3H_8	8	\$	kg^{-1}
C_2H_4	1.3	\$	kg^{-1}
C_3H_6	0.9	\$	kg^{-1}

Albero, Peng, García,
ACS Catal. **2020**, *10*, 5734.



$^{13}\text{CO}_2$, H_2 , $\text{Co-ZrO}_2\text{-823R}$, 紫外可視光を用いた光触媒試験



反応開始後0-5 ではCOが主生成物

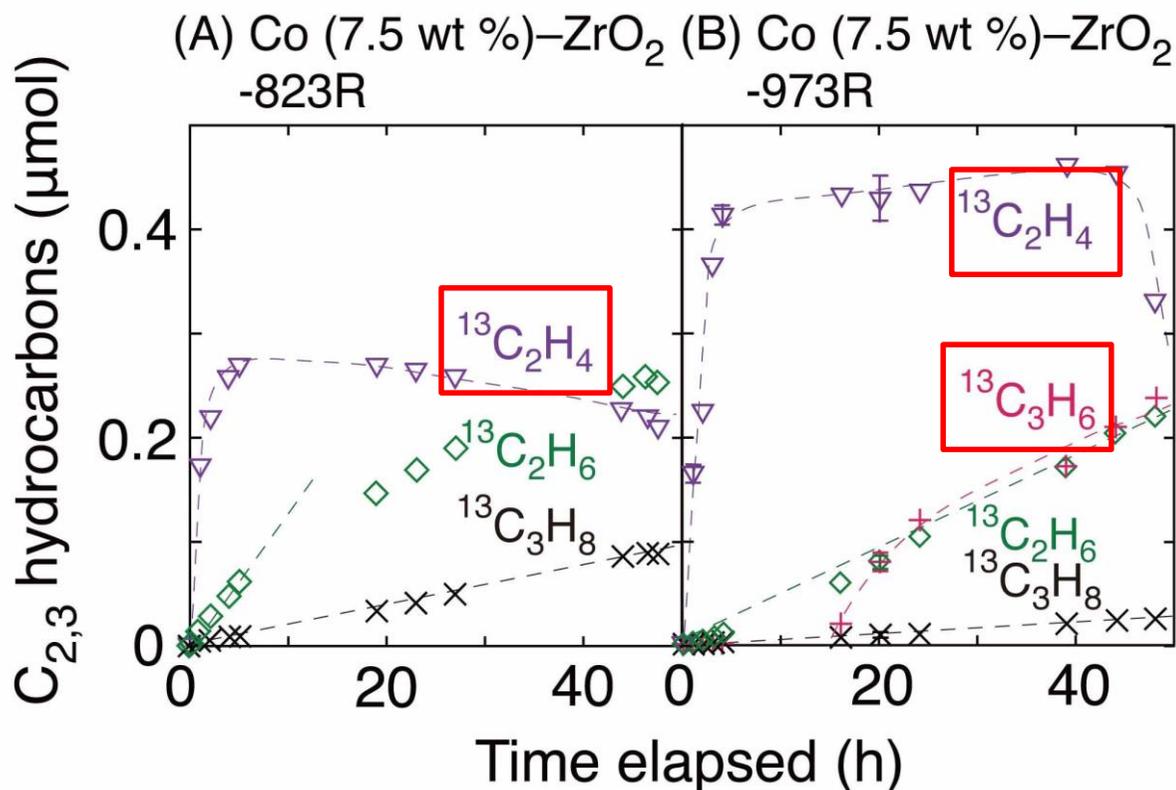
逐次的に CH_4 (主生成物), C_2H_6 および C_3H_8 (副生成物)が見られるようになった。

$^{13}\text{CH}_4$ 生成速度 \rightarrow 0.30
 $\text{mmol h}^{-1} \text{g}_{\text{cat}}^{-1}$

^{13}CO , H_2 , Co-ZrO_2 -823R, 973R, 紫外可視光を用いた光触媒試験

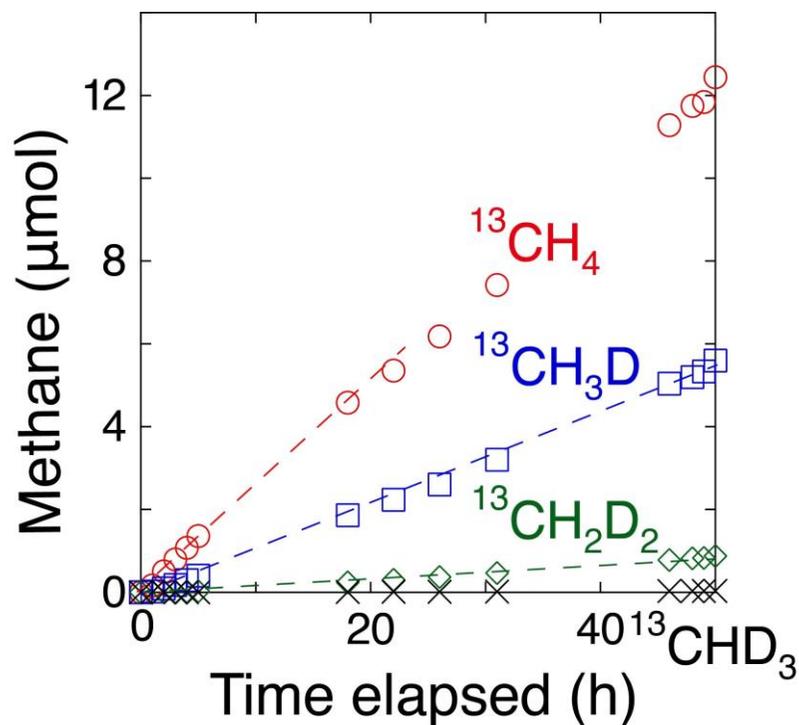
^{13}CO からは $^{13}\text{C}_2\text{H}_4$ が主生成物。逐次的に $^{13}\text{C}_3\text{H}_6$ が生成した。

973R: $^{13}\text{C}_2\text{H}_4$ 生成速度は $5.2 \pm 0.5 \mu\text{mol h}^{-1} \text{g}_{\text{cat}}^{-1}$, 61 mol%



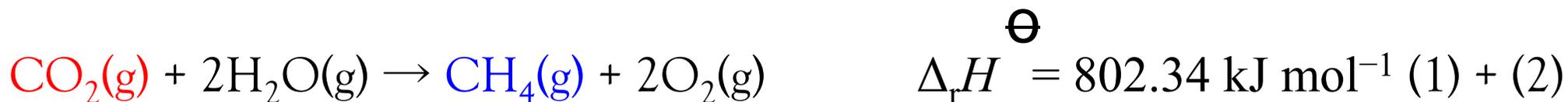
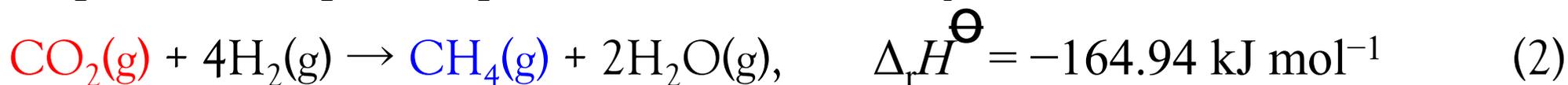
光触媒的に CO_2 を CO に還元するのは容易。生成した CO をエチレン・プロピレンに誘導すればよい 😊

Co-823Rを使用した $^{13}\text{CO}_2$ (2.3 kPa), D_2O (2.2 kPa), H_2 (21.7 kPa)下での光触媒試験



D_2O も H_2 と同様に $^{13}\text{CO}_2$ の還元剤として働いたことを示す。

なぜならば、全ての ^{13}C -methane 中のD原子の割合は9.2 mol%であり、反応物(D_2O , H_2)中のD原子の割合と実質的に等しかった(9.1 mol%)。



想定される用途

- 工場や産業施設でのCO₂持続可能利用のための光変換
- ソーラーステーションの多様化
- 持続可能エネルギーの化学エネルギーとしての備蓄

実用化に向けた課題

- CO, メタンについては定常的に長時間CO₂から光生成することが可能。
- しかし実用化に向けては、現在COから逐次反応第一段階で得られるエチレンおよびプロピレンを定常的に得られよう、光触媒および光反応条件を改良する必要がある。
- また、合わせて得られるメタン・エタン・プロパンの比率も光触媒および光反応条件を改良する必要がある。

企業への期待

- CO₂光燃料化技術を実用レベルで適用するための装置（設備）化
- CO₂光資源化技術を実用レベルで適用するための装置（設備）化
- CO₂光燃料化技術を実用レベルでの適用システムあるいは適用製品アイデア
- CO₂光資源化技術を実用レベルでの適用システムあるいは適用製品アイデア

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 光触媒、及び炭化水素の製造方法
- 出願番号 : 特願2023-009696
- 出願人 : 千葉大学
- 発明者 : 泉 康雄、ルミシ タリク、張 宏偉、
石井蓮音
- 公開日 : 2023年8月4日
- 公開番号 : 特開2023-108626

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 二酸化炭素還元用の光触媒、及びメタンの製造方法
- 出願番号 : 特願2020-172619
- 出願人 : 千葉大学
- 発明者 : 泉 康雄、張 宏偉
- 公開番号 : 特開2022-064097
- 公開日 : 2022年4月25日

発明者



Dr. H. Zhang
(Biogas Inst Minist Agricul Rural
Affairs, Chengdu, China)



T. Loumissi
(Shin'etsu Chemical)



R. Ishii
(JFE Steel)



Dr. Y. Izumi
(Professor)

産学連携の経歴

- 技術について予備検討を行ったり、現在検討中の案件はあるが、現状では連携には至っていない。

お問い合わせ先

千葉大学

学術研究・イノベーション推進機構

プロジェクト推進部門

T E L 043 – 290 – 3048

F A X 043 – 290 – 3519

e-mail ccrcu@faculty.chiba-u.jp

Acknowledgements

JSPS, Grant-in-Aid for Scientific Research B (20H02834)

Photon Factory Proposal, KEK (2022G527, 2021G546, 2020G676, 2019G141)