

発表No.D-15

# 水素利用等先導研究開発事業/炭化水素等を活用した二酸化炭素を排出しない水素製造技術開発/メタン熱分解による水素製造技術の研究開発

発表者名 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 高木 英行  
団体名 国立研究開発法人 産業技術総合研究所、株式会社IHI、  
国立大学法人 京都大学、  
国立大学法人 東海国立大学機構 名古屋大学（再委託）  
発表日 2022年7月29日

連絡先：  
国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
E-mail : hide-takagi@aist.go.jp

# 事業概要

## 1. 期間

開始 : 2021年4月

終了（予定） : 2023年3月

## 2. 最終目標

- ・ 高効率メタン熱分解および生成物分離回収に対応可能な触媒の開発
- ・ 反応システム設計に必要な基盤データの構築および技術成立性評価

## 3. 成果・進捗概要

- ・ 資源制約やコスト面を考慮し、メタン熱分解および生成物分離回収に適用可能な触媒を開発するべく、鉄系触媒の調製法構築および活性評価を実施、高い炭素生成能を有する触媒を開発するとともに生成炭素構造制御に関するデータを取得
- ・ 反応システム設計に必要な基盤データの構築に向けて、流動層反応器を用いて開発した触媒の評価を実施、炭素成長と生成物分離に求められる条件を考慮した新しい反応システムの提案に至る成果を取得
- ・ 技術成立性評価に向けて、プロセスにおける水素回収率、PSAによる水素分離、および触媒加熱方法に関する検討を実施

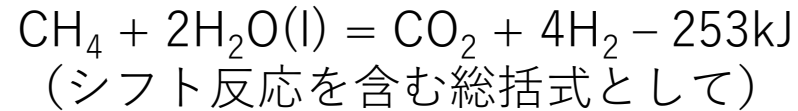
# 1. 事業の位置付け・必要性

## <本事業の背景と目的>

- 水素社会の構築に向けて、多様な水素資源から安価かつ大量の二酸化炭素水素を製造する技術の開発が求められている
- 炭化水素等を活用した二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) を排出しない水素製造技術として、**「触媒を用いた熱化学的メタン分解による水素製造プロセス」**を開発

## <メタンからの代表的な水素製造法>

### 水蒸気改質:



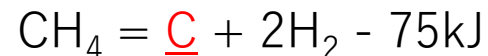
### ドライリフォーミング:



### 部分酸化:



### メタン熱分解:



→ 炭素は固体として固定し、CO<sub>2</sub>を排出しないシステム

## <メタン熱分解による水素製造に関する研究・技術開発例>

手法	概要	事業者など
触媒	活性金属種としてNiやFeを担持した触媒や鉄鉱石などを触媒として用いたメタン熱分解	Hazer社(豪州)によるメタン原料を鉄鉱石触媒を利用して水素およびグラファイトに転換するプロセス開発 NEDO水素利用等先導研究開発事業(国内)ほか
溶融金属・溶融塩	反応器に溶融金属や溶融塩を充填して、メタン熱分解を行うシステム	Karlsruhe Institute of Technology(ドイツ)による金属スズを用いた反応、University of California(米国)からのNi-BiやNi-Pbなどの液体金属触媒を用いたメタン熱分解反応に関する報告ほか
プラズマ	プラズマを用いたメタン熱分解反応	Monoliths社(米国)によるプラズマ熱分解方式による水素およびカーボンブラック製造技術ほか

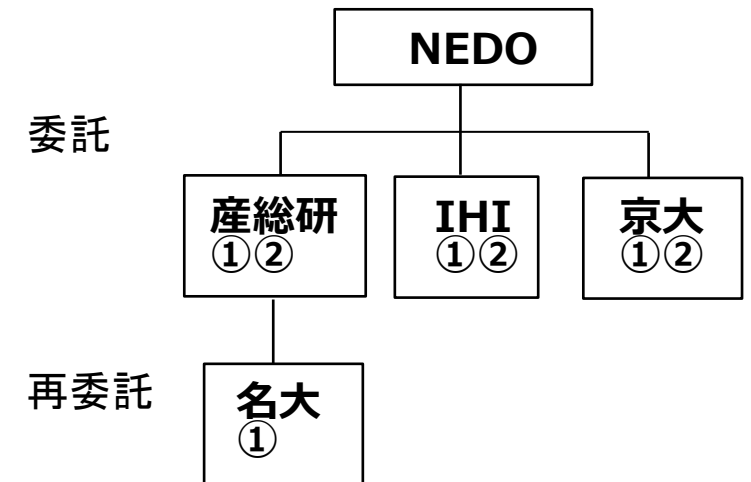
## 2. 研究開発マネジメントについて

- 熱化学的メタン分解による水素製造プロセス開発においてボトルネックとなっている課題「触媒活性や生成する炭素の構造と、触媒構造や反応条件との関係の明確化・最適化」および「触媒開発と連動した反応器設計・最適化」の解決に向けて、研究開発項目①②を実施
- 産学官による連携体制で研究事業を推進  
産業技術総合研究所（産総研） & 株式会社IHI（IHI） & 京都大学（京大） & 名古屋大学（名大）

### <研究開発項目>

- ①「メタン熱分解に適した触媒の研究開発」
  - ①-1：反応器開発と連動した触媒開発と固体炭素評価
    - ①-1-1：高効率メタン熱分解・炭素回収可能な流動層触媒の開発と生成する固体炭素の評価
    - ①-1-2：反応条件と触媒上に生成する炭素の形態・構造の関係解明
  - ①-2：システム検討に向けた触媒の炭素生成量評価
  - ①-3：メタン熱分解触媒の活性評価と反応速度式の構築
- ②「触媒開発と連動したメタン熱分解用反応器の研究開発」

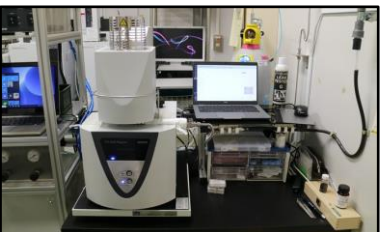
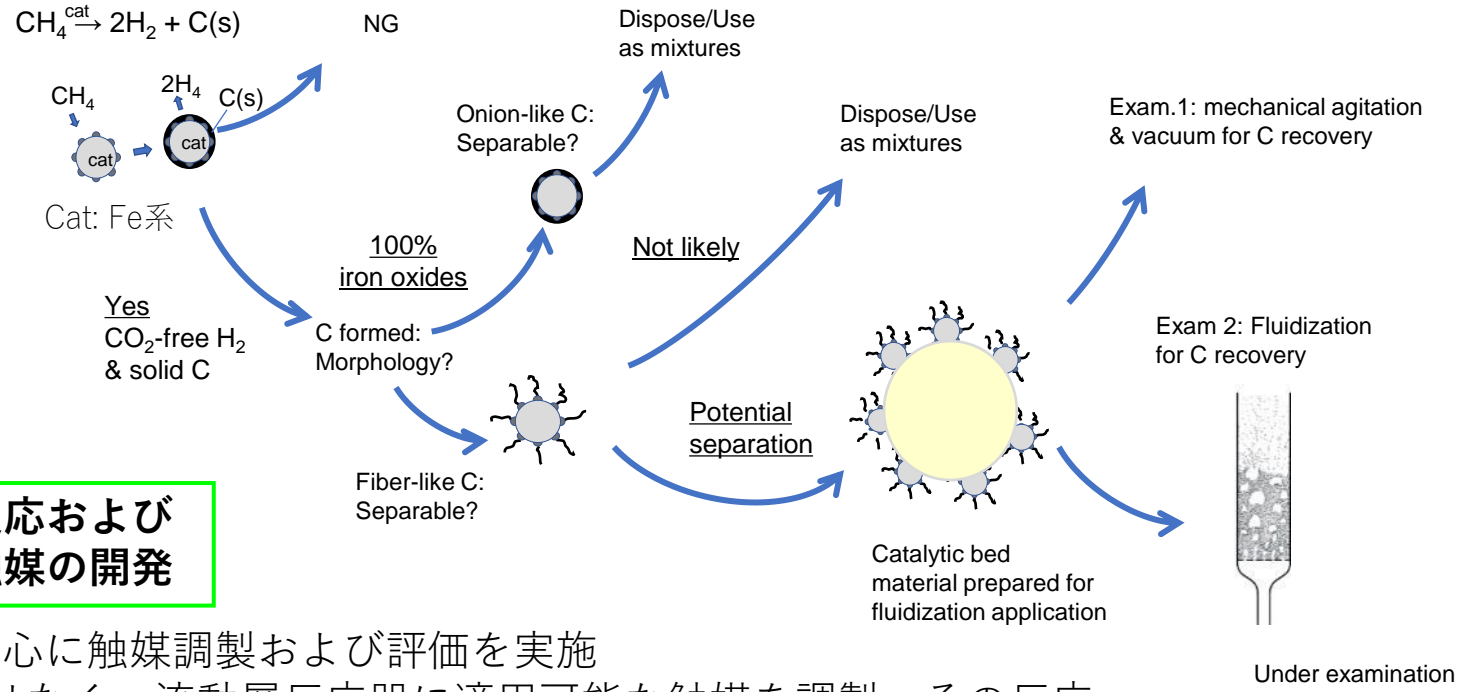
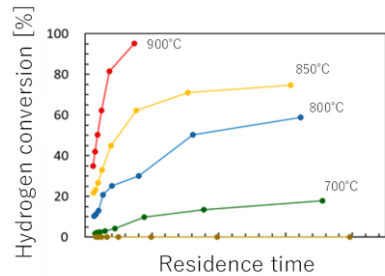
### <研究開発の実施体制>



# 3. 研究開発成果について

## ①メタンおよび鉄系触媒利用によるメタン熱分解反応

- 資源制約やコスト面を考慮し、鉄系触媒を用いた反応を実施
- 鉄鉱石触媒について酸化鉄種（構造）により活性が変化
- 試験経過時間に対する水素転換率および触媒単位あたりの炭素析出量を算出



## ④生成物分離検討

- 流動層型触媒反応器を用いた検討を実施し、新しい反応システムの提案に至る成果を取得



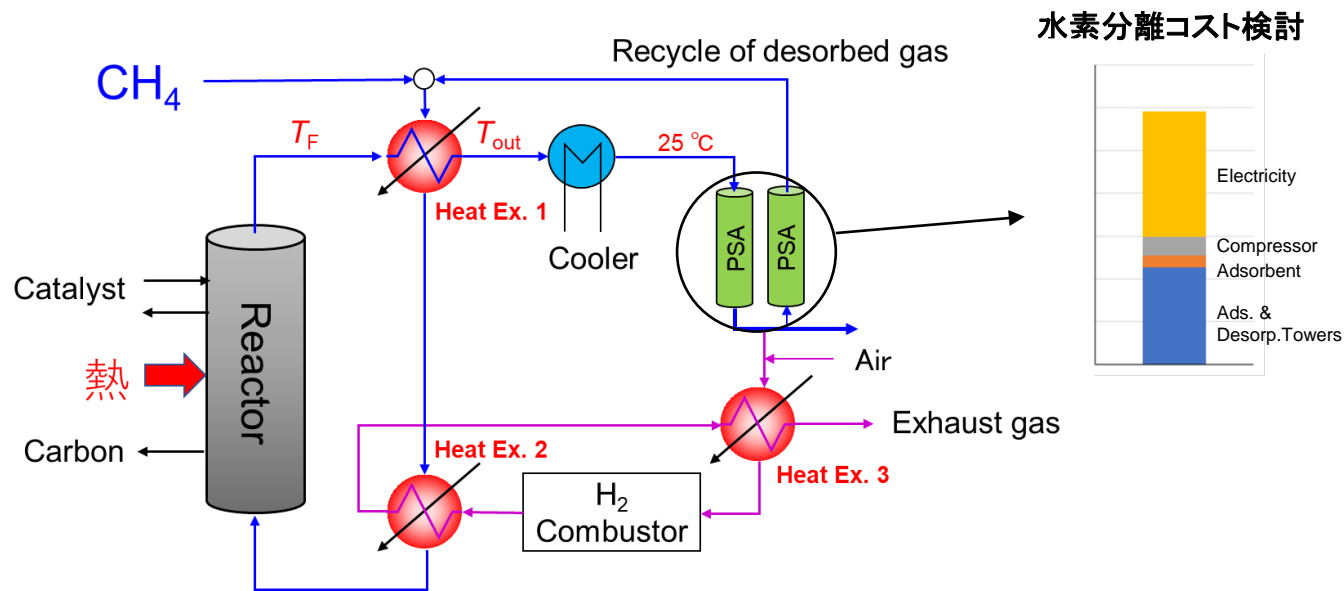
## ②高効率メタン熱分解反応および生成物回収が可能な触媒の開発

- 鉄-アルミナ系触媒中心に触媒調製および評価を実施
- 流通式反応器だけではなく、流動層反応器に適用可能な触媒を調製、その反応特性を異なる反応条件（温度、メタン供給速度など）の下で系統的に調査
- 高い炭素生成能を有する触媒を開発（活性金属重量当たりの炭素生成量）

## 4. 今後の見通しについて

- 反応システム設計に必要な基盤データの構築  
→ 反応温度・供給ガス組成・メタン転化率の影響を反映した反応速度式の構築等
- 触媒反応機構解明および炭素析出モデル構築  
→ 触媒および反応条件の最適化、電子顕微鏡による炭素生成過程のリアルタイム観察の実施等
- 反応システムの技術成立性評価・水素製造単価算出

反応システムにおける熱物質バランス等の最適化  
条件の提示・水素分離システム検討



反応科学超高压電子顕微鏡  
(RSHVEM) を用いたメタン  
熱分解触媒表面における固体  
炭素生成過程の静的・動的観察

