

グリーンLPガスの生産技術開発に向けた研究会

メタネーション関連技術 および産総研の取り組み紹介

エネルギープロセス研究部門

エネルギー変換プロセスグループ

エネルギー触媒技術グループ

ゼロエミッション国際共同センター

水素製造・貯蔵基盤研究チーム

倉本浩司

望月剛久

高木英行

日本LPガス協会

2020年11月20日

発表内容

- 産総研の紹介
- メタネーションの基礎 (原理やこれまでの取り組み、課題等)
- メタネーションNEDOプロジェクトの状況
- その他カーボンリサイクル技術、FT合成反応の概要について
- 産総研の最近の取り組み

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

1) 経済産業省所管の国立研究開発法人(特定国立研究開発法人)

2) 日本最大級の公的研究機関

研究者2,281名、事務職員:694名

役員・招聘研究員・ポスドク、テクニカルスタッフ:1,973名

受入研究員等(企業、大学ほか): 4,935名(2019年度受入延べ数)

3) 全国に研究拠点

つくば、北海道、東北、福島、臨海(お台場)、
中部、関西、中国、四国、九州

4) 幅広い研究分野

エネルギー・環境領域

生命工学領域

情報・人間工学領域

材料・化学領域

エレクトロニクス・製造領域

地質調査総合センター

計量標準総合センター



エネルギー・環境領域



エネルギープロセス研究部門
電池技術研究部門
省エネルギー研究部門
環境創生研究部門
安全科学研究部門
ゼロエミッション国際共同研究センター
再生可能エネルギー研究センター
先進パワーエレクトロニクス研究センター

＜持続可能な社会の構築＞

再生可能エネルギーの大量導入、省エネルギー技術の促進、高効率なエネルギー貯蔵、資源の有効利用、環境リスクの評価・低減などの研究開発を実施

つくばセンター



関西センター



福島再生可能
エネルギー研究所



エネルギープロセス研究部門

非在来型資源であるメタンハイドレート資源開発、ならびに、環境調和型炭素資源利用技術として水素製造・利用技術開発を推進し、新たなエネルギー産業の創出に貢献する。

研究部門長



松岡浩一

副研究部門長



中村優美子



長尾二郎

総括研究主幹



天満則夫

つくば西

北海道



炭化水素資源転換グループ
グループ長：森本 正人



エネルギー変換プロセスグループ
グループ長：倉本 浩司



エネルギー変換材料グループ
グループ長：曾根田 靖



エネルギー触媒技術グループ
グループ長：中村 優美子（兼務）



水素材料グループ
グループ長：榊 浩司

日立造船-産総研循環型クリーンエネルギー創出
連携研究室 室長：シャーマ アトゥル（兼務）



メタンハイドレート開発システムグループ
グループ長：鈴木 清史



メタンハイドレート生産技術グループ
グループ長：神 裕介

つくば西

北海道



メタンハイドレート
プロジェクト
ユニット

部門付：近野 淳子（兼務）

研究支援スタッフ：上原 由記子（つくば西）
天野 久美子（つくば西）
西田 浩美（北海道）

所属人員：計 105名（常勤研究職 37人） 2020年7月現在

ゼロエミッション国際共同研究センター



設置趣旨

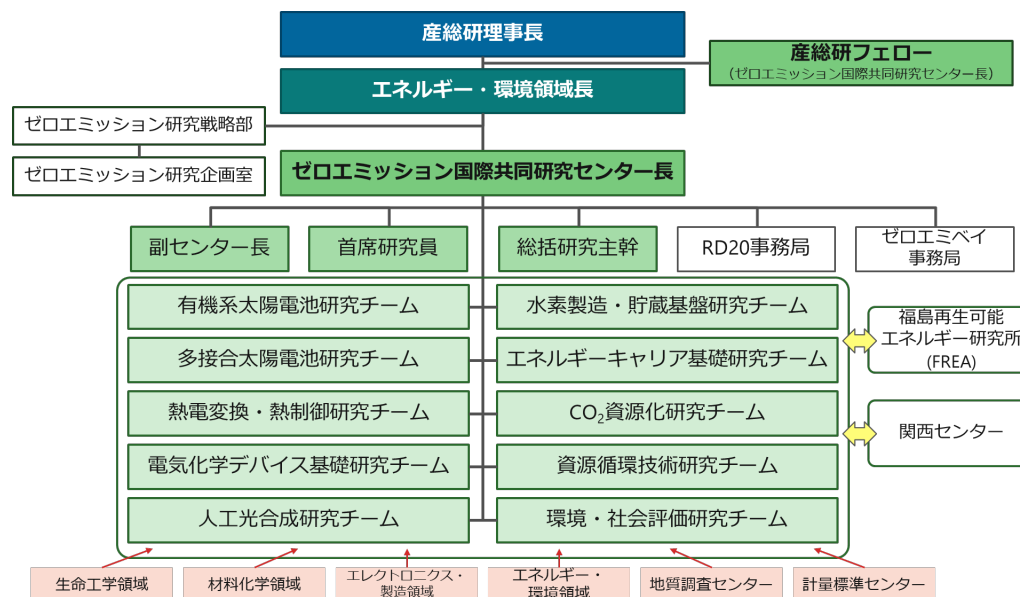
- 政府の革新的環境イノベーション戦略の下、CO₂削減対策を強化するために必要となるイノベーション創出を目的として、関連する環境イノベーション基盤研究を実施する。

センター理念

- 地球の気候変動というグローバルな問題を解決するために、世界の叡智をあつめて、基礎科学や産業技術を発展させ、ET革命*を実現する。 * Environment and energy technology

経緯

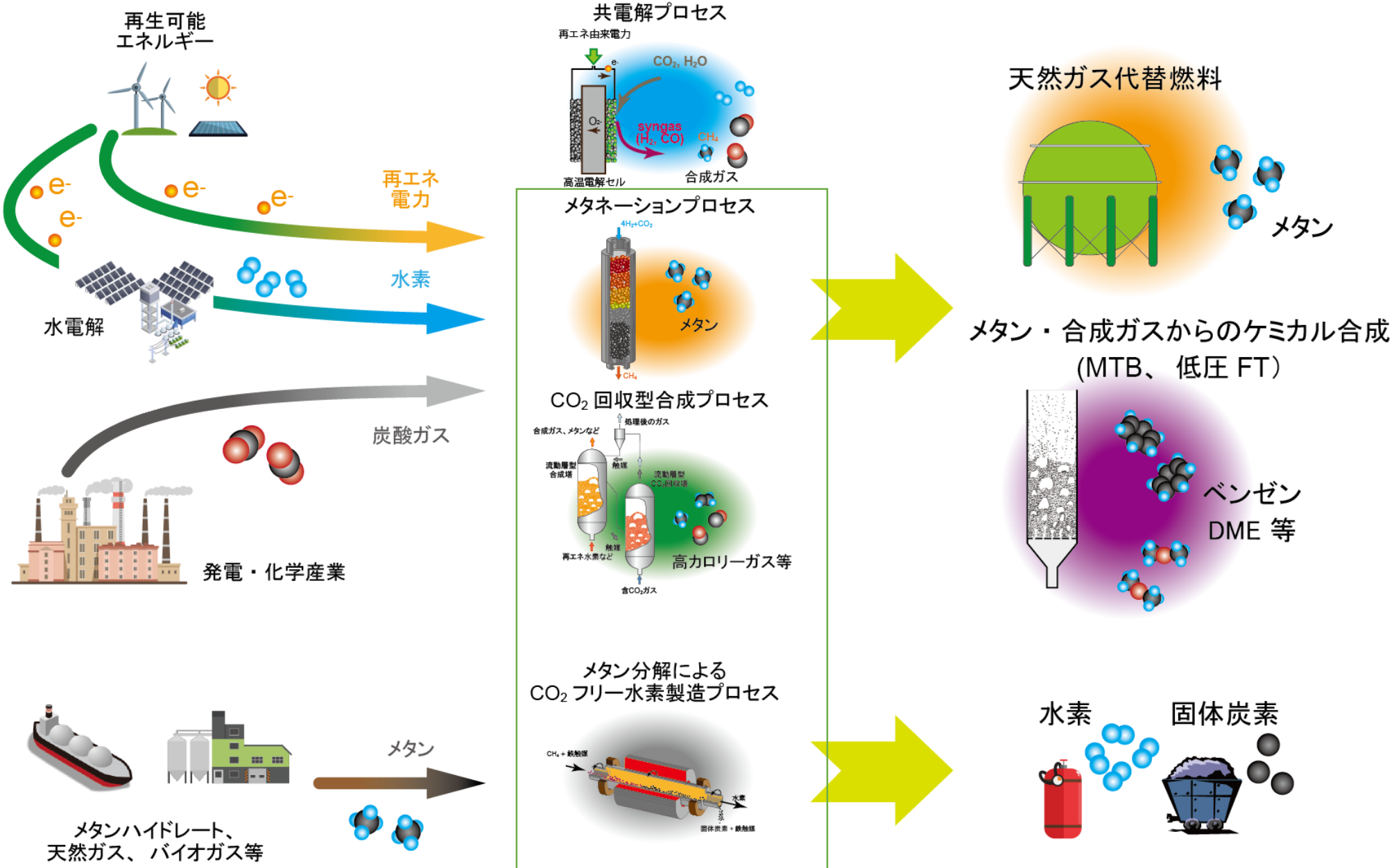
- 2019年10月：安倍総理がグリーンイノベーションサミットにて「ゼロエミッション国際共同研究拠点設立」を表明
- 2019年10月：「Research and Development 20 for clean energy technologies (RD20)」を産総研主催で開催。
- 2020年1月：吉野 彰 博士 センター長就任
- 2020年1月29日：設立



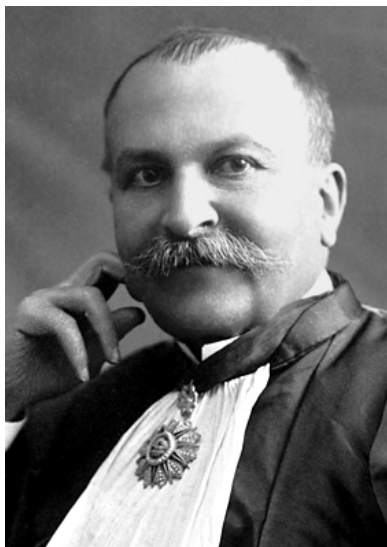
合計 239名

研究職 119名
事務職 3名
契約職員 52名
ほか 65名

低炭素化利用技術に関する取り組み

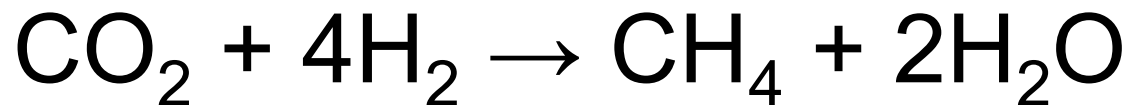


CO₂メタネーション(直接法)

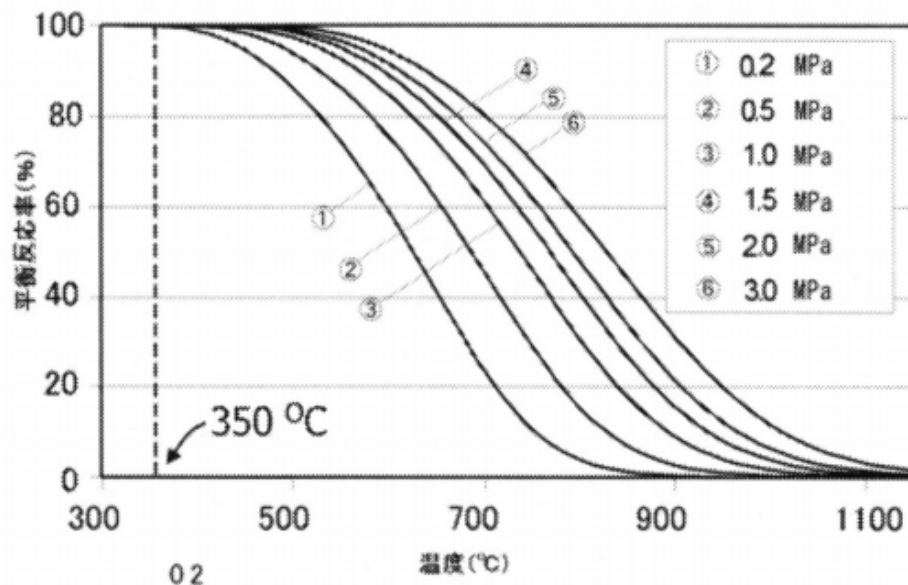


Paul Sabatier
ノーベル賞に輝いた
フランスの化学者
1854-1941

二酸化炭素と水素からメタンを合成する技術は1911年に
仏の化学者サバティエが発見した古い技術



$$\Delta H_{298}^0 = -165 \text{ kJ/mol}$$



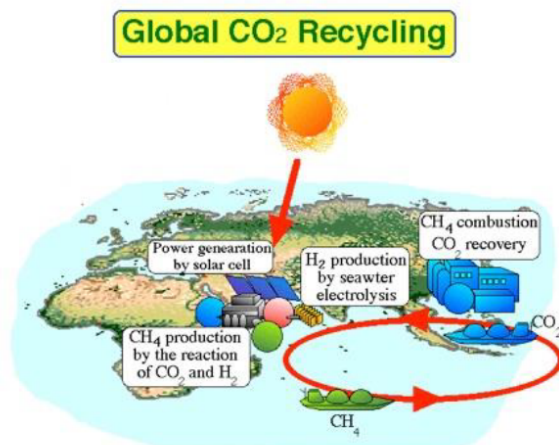
メタネーション反応温度は
300-500 °Cが最適

反応は反応前後で、モル数が減少する発熱反応
であり、平衡論的には**高圧低温**で反応が促進

メタネーション技術の歴史

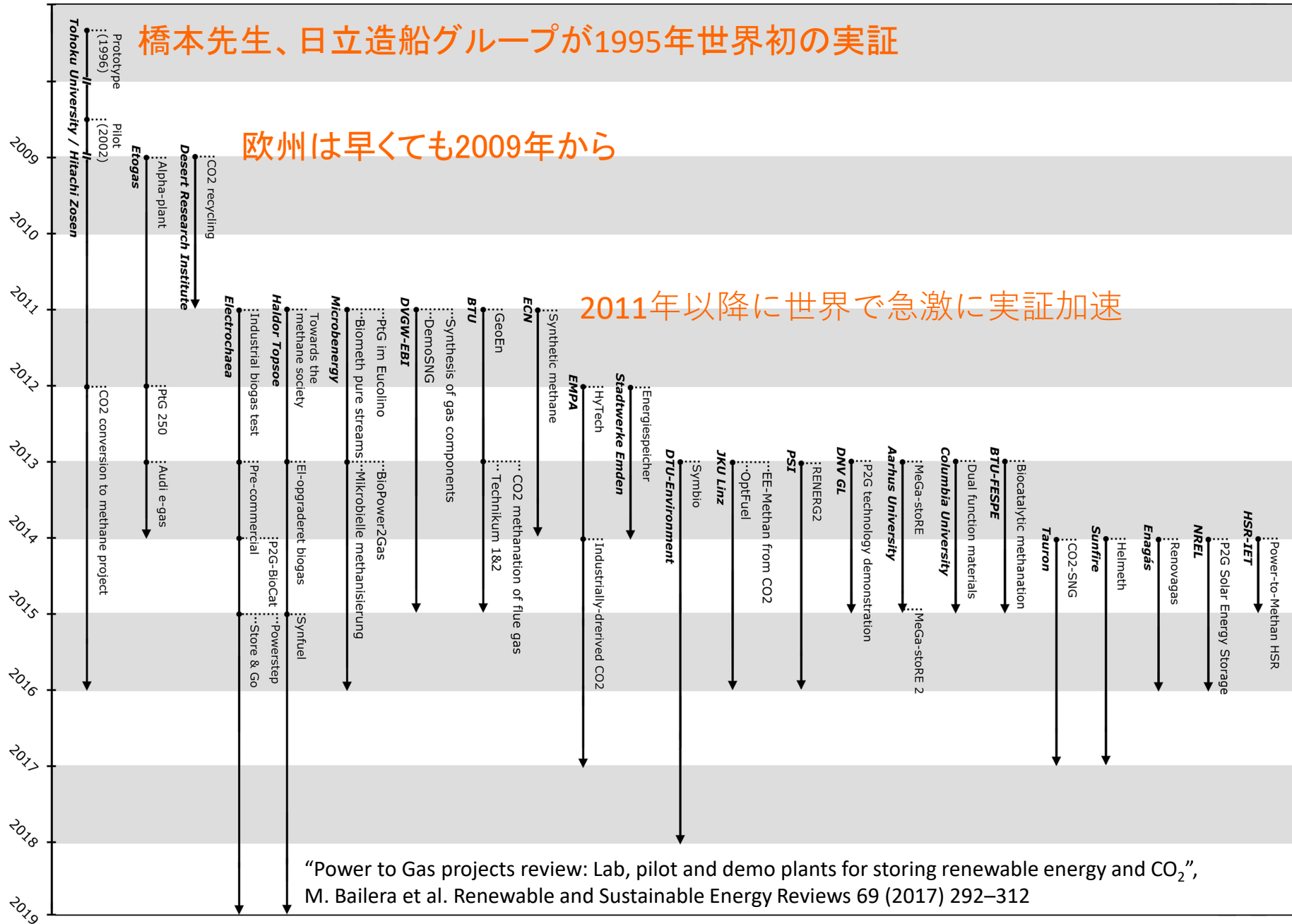


Global CO₂ Recycling
Advocator
Emeritus Prof.
Koji Hashimoto
Tohoku Univ



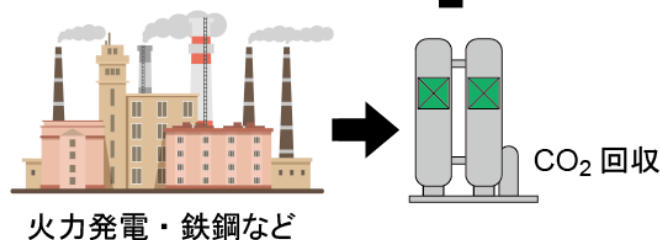
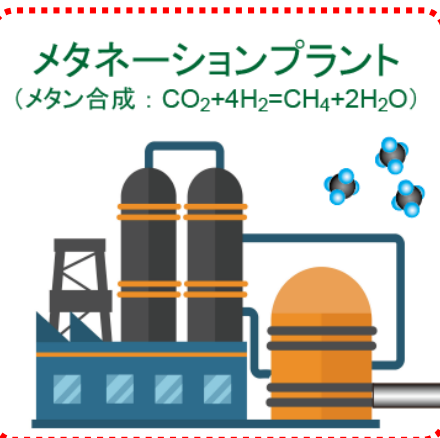
東北大学、東北工業大学名誉教授の橋本先生が1993年にグローバル二酸化炭素リサイクル構想を提案。
以来その構想のキーマテリアルである水電解で水素を効率よく発生させる電極材料の開発、二酸化炭素と水素でメタンを合成する触媒の開発を行ってきた。日立造船はその研究に共同で参画。

1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
* 1993年橋本先生 メタン化構想発表			* 1995東北大学金研屋上 に0.1Nm ³ /h実証プラント			* 2003年東北工業大学 1Nm ³ /h実証プラント			* 2010年東ガスに6Nm ³ /h 反応器を納入			* 2010年PTTEP接触			* 2012年 PTTEPと契約			* 2012年 IHIとNEDO共同事業開始			* 2013年 経産省事業採択		
実証1号機 0.1Nm³-CH₄/h 実証プラント 1995 			実証2号機 1Nm³-CH₄/h 実証プラント 2003 			実証3号機 6Nm³-CH₄/h 実証プラント 2010 																	





炭酸ガスの水素化(メタネーション)による 炭酸ガス再利用技術と技術課題について



一次燃料

合成メタン利用による
一次エネルギー削減



既存パイプライン



産業分野

合成メタン利用による
一次エネルギー削減

民生分野



産業分野

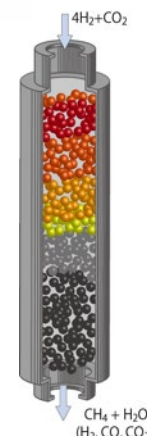


メタン化触媒充填反応器
安定化・効率化への取組み

充填層内超高温領域
形成による触媒熱劣化特性解明

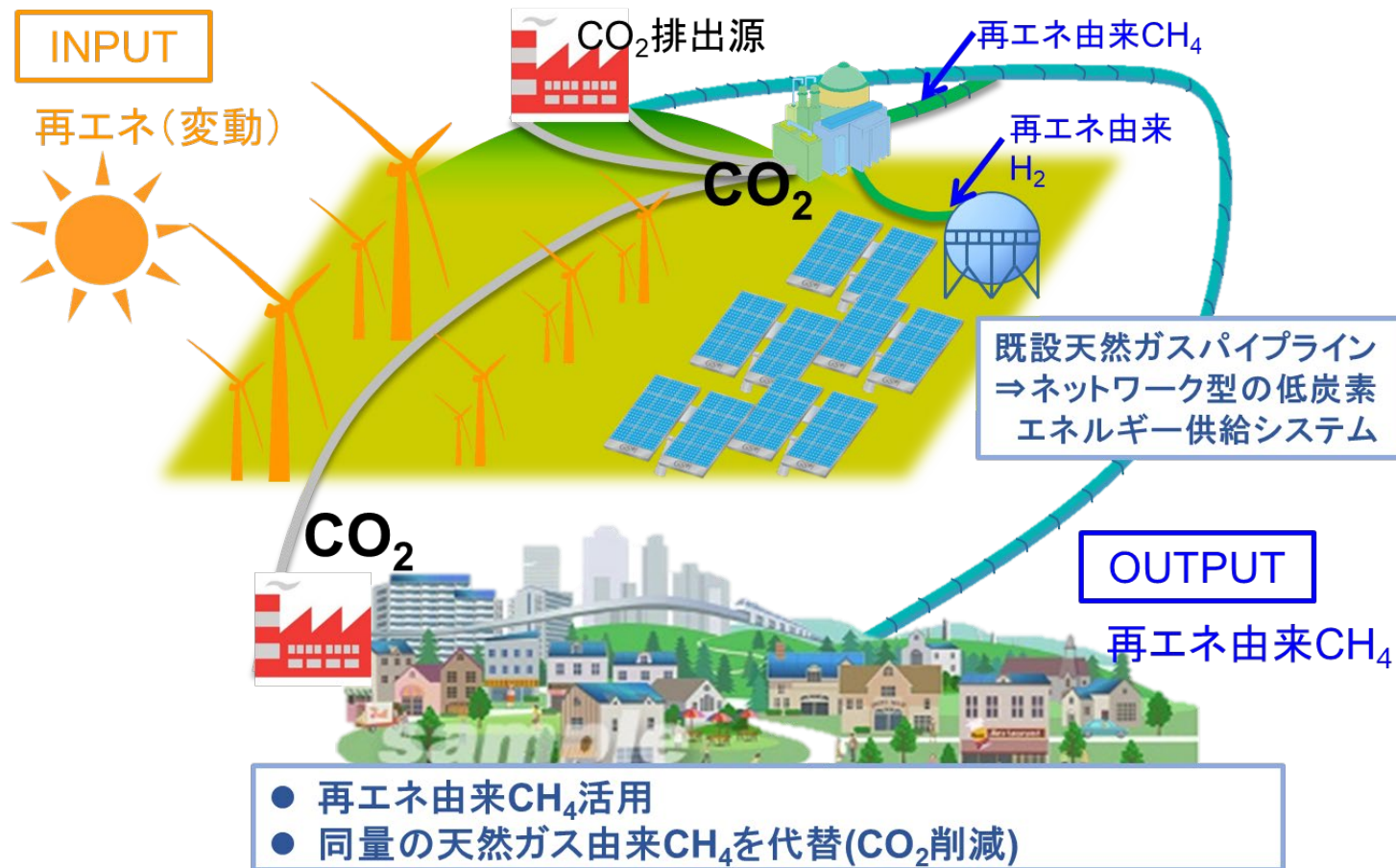
コンタミ(S、VOC等)による触媒
の化学的失活挙動調査

メタネーションリアクター
最適運転・操作条件の提示



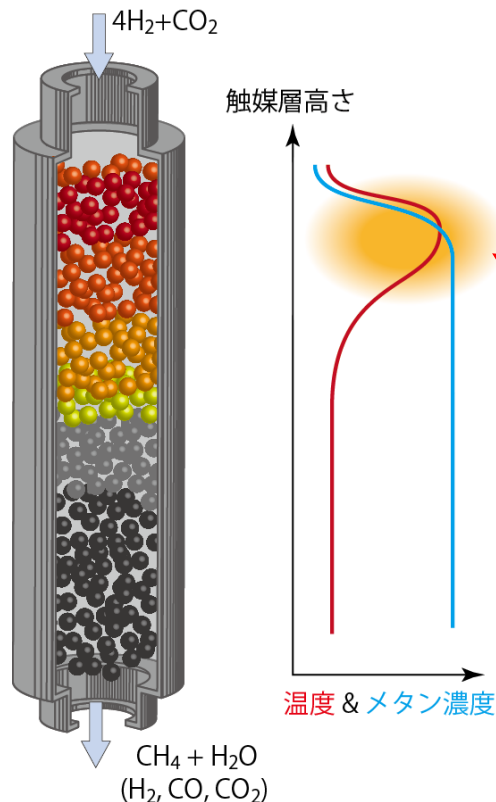
NEDO「次世代火力発電等技術開発 /次世代火力発電基盤技術開発/CO₂有効利用技術開発」

発電・化学分野などから回収したCO₂と再エネ由来水素等からの**メタン合成プロセス**を産学官連携で開発(INPEX・日立造船・産総研・名古屋大学)



高濃度CO₂メタネーションプロセスにおける触媒活性 マネージメントおよびプロセス最適化に関する研究 (INPEXからの委託研究)

- メタン化反応にともなう触媒層の超高温化とその影響評価
- 随伴CO₂に含まれる不純成分(硫黄など)の影響評価
- 触媒層内超高温領域形成を回避する反応速度制御法の探索



メタン化プロセスに
おける技術的問題点

リアクター入口での
迅速なメタン化反応

高温領域の形成

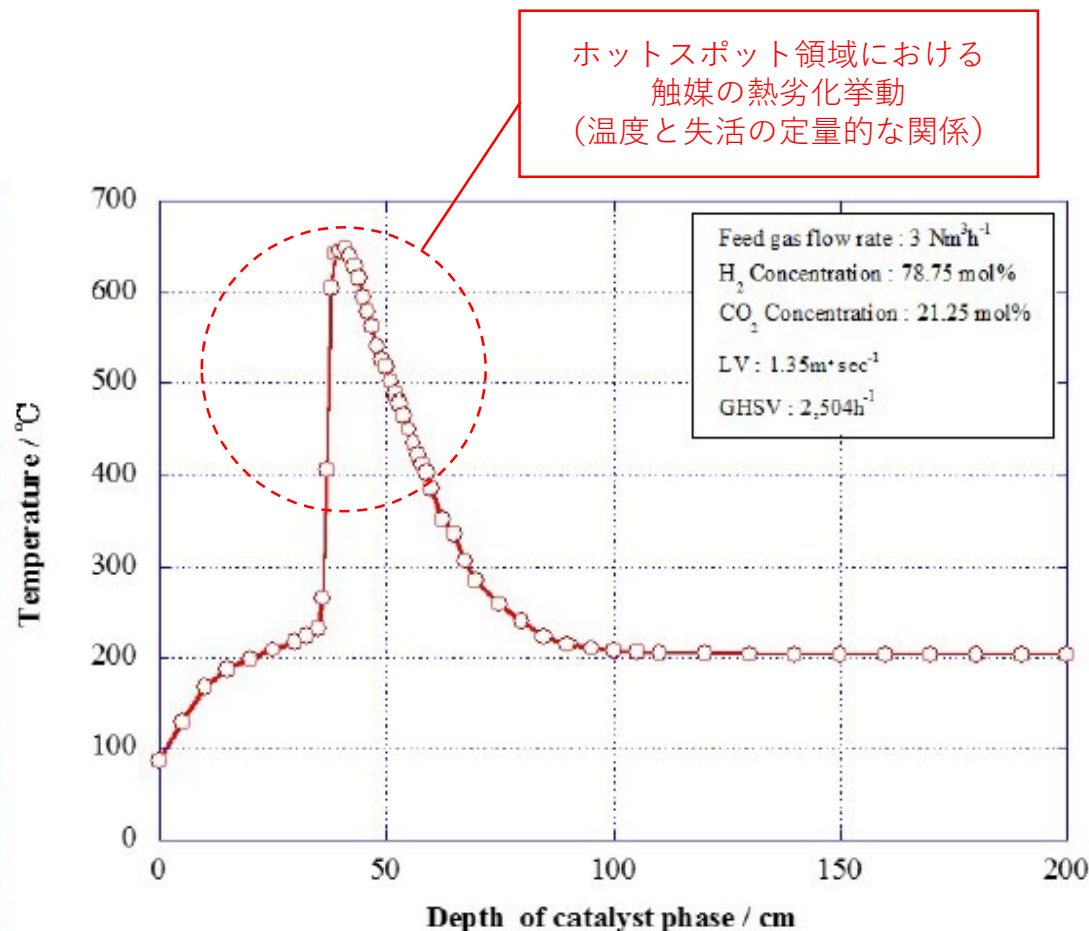
- ・メタン化触媒の熱失活
- ・不純物による活性金属
の化学的劣化の加速

メタネーション触媒評価システム



種々の条件(温度、圧力、ガス供給速度、触媒活性)下で、メタン化反応における局所的発熱・触媒熱劣化特性、不純物による化学的劣化挙動を系統的な実験により解明にし、高効率で安定した操作条件を提示する。

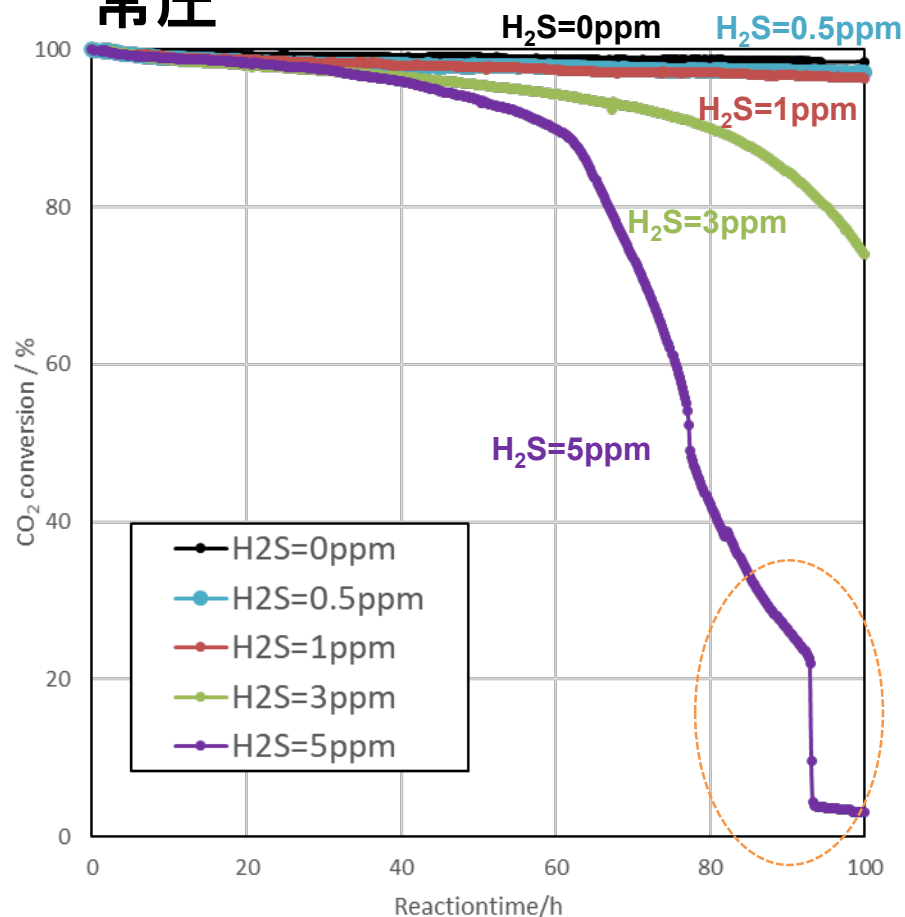
Hitz充填層リアクター(3Nm³/h)内における温度分布の一例



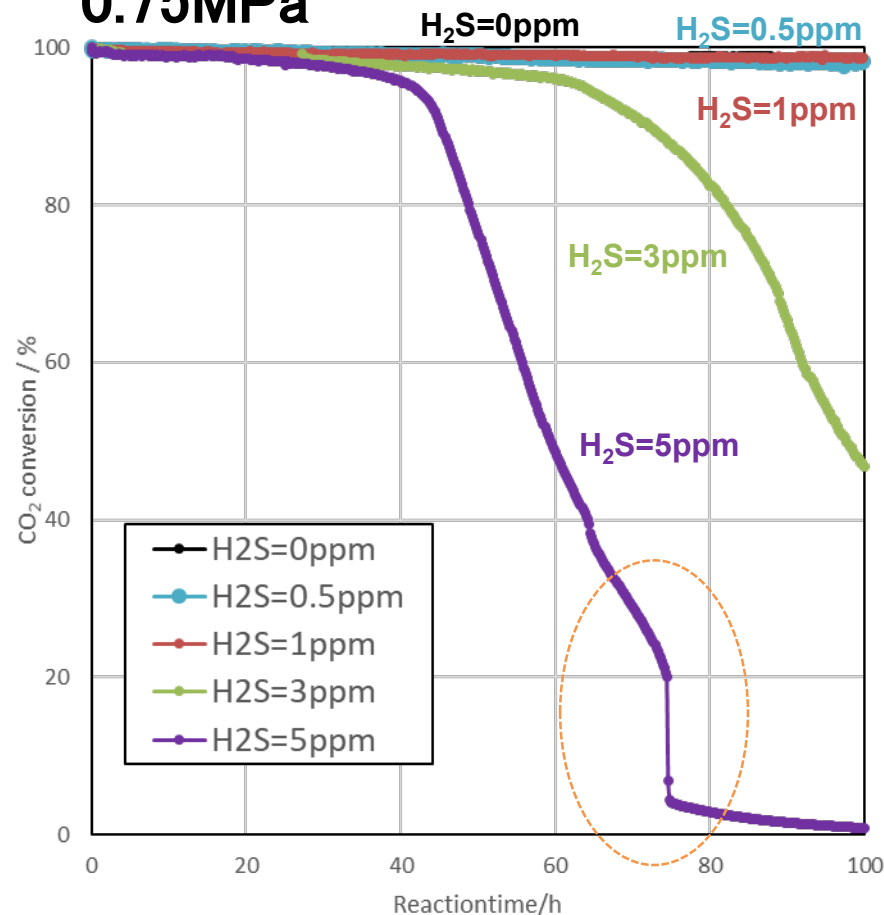
(参照)水素利用等先導研究開発事業／エネルギーキャリアシステム調査研究
高効率メタン化触媒を用いた水素・メタン変換成果報告書(平成26～29年度)

CO₂メタネーション反応に及ぼす圧力およびH₂S濃度の影響-250℃

常圧



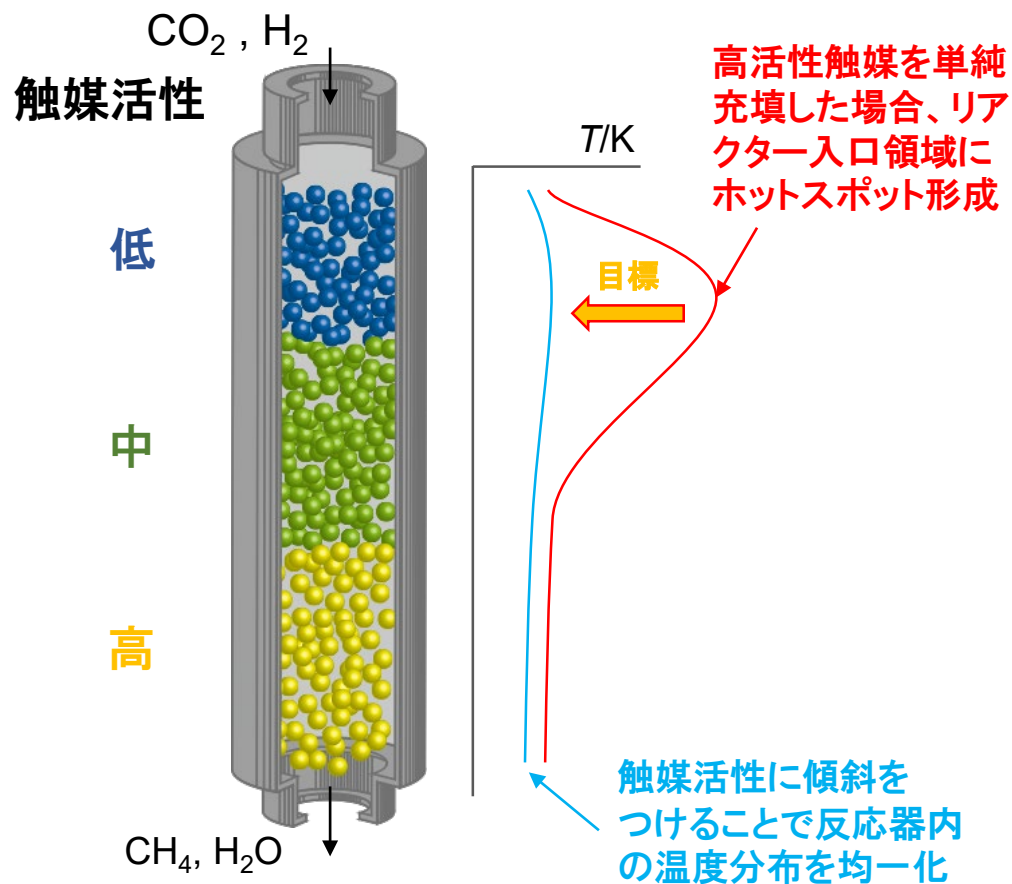
0.75MPa



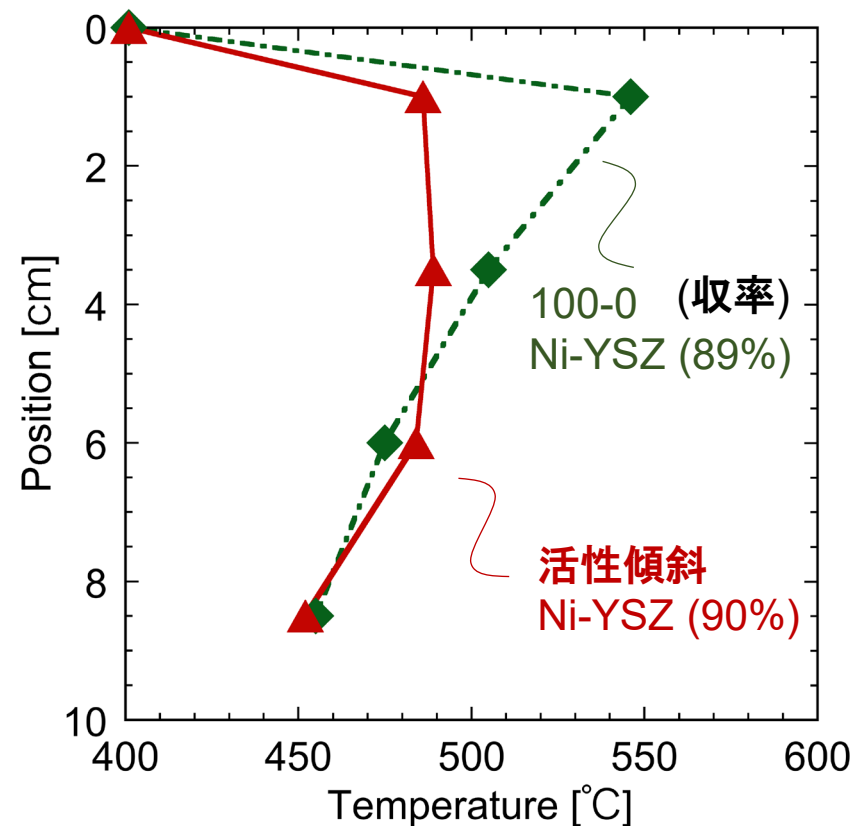
- いずれの圧力においても硫化水素濃度の増加に伴い急激に失活が見られる
- 高濃度の硫黄分が存在すると、触媒の失活に伴い反応温度が低下し、ある温度で急激に触媒活性が失われる
- 硫黄濃度が低濃度では高圧条件が有利であるが、高濃度では逆の傾向

触媒活性傾斜による局所的高温領域の抑制

活性が異なる触媒を傾斜配置



局所的な温度上昇の抑制と高収率の両立を実現
(特願2019-017829)

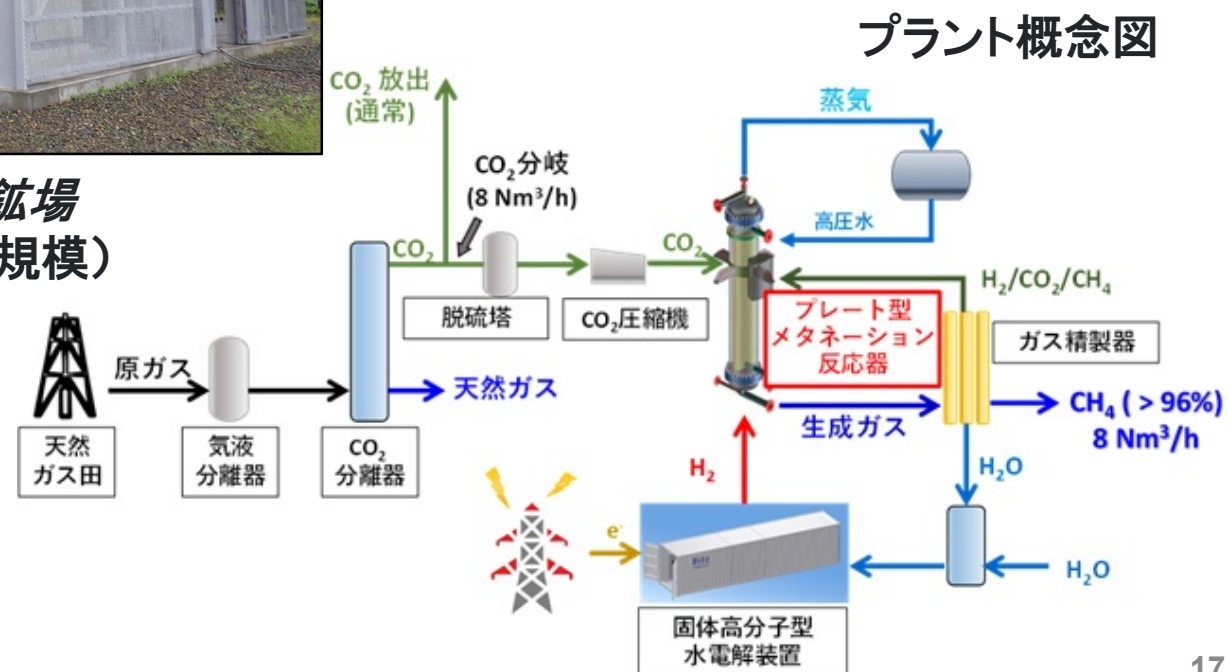


触媒充填層型反応器内ホットスポット形成を回避する安価で簡便な手法の提案

メタネーション試験設備

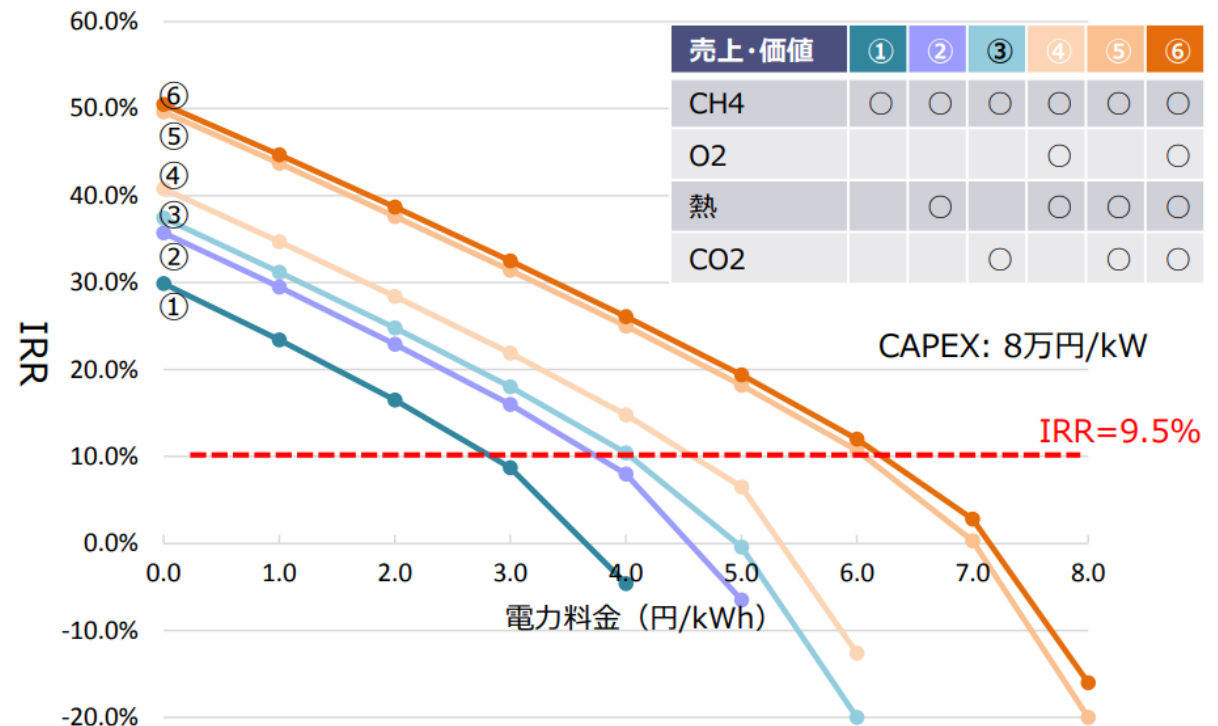
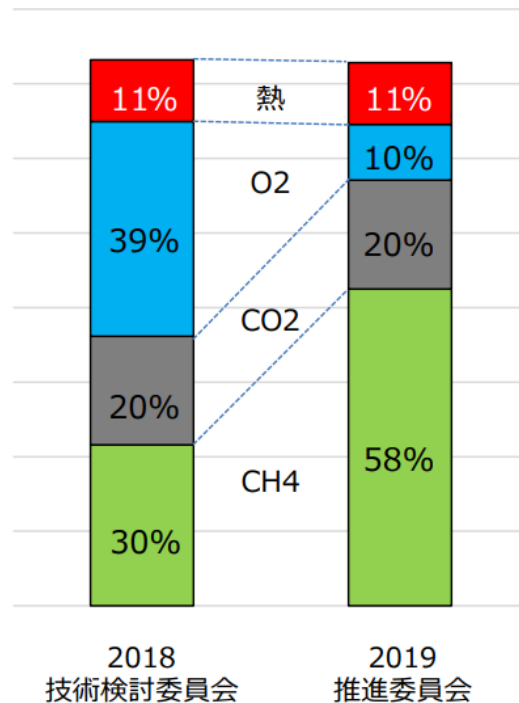


国際石油開発帝石(株)長岡鉱場
越路原プラント敷地内(8Nm³/h規模)



プロセス適用性・経済性評価

- ◆ 60,000 Nm³/h事業の収益性評価
- ◆ メタン販売だけでも電力料金が3円/kWh弱であればIRR=9.5%を満たす。
- ◆ 酸素・熱の外販収益を加味すれば、電力料金6.3円/kWhでもIRR=9.5%を満たす。 事業売り上げ内訳



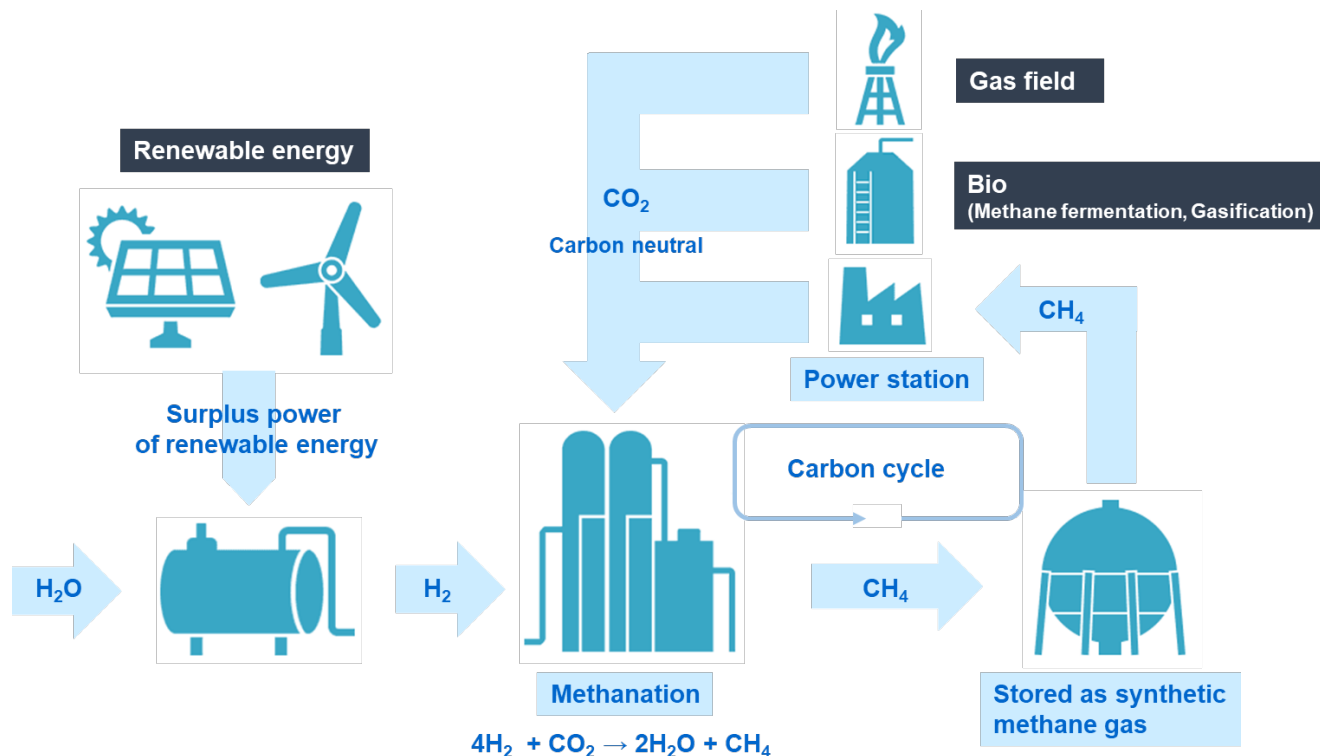
- ◆ PV2030+のロードマップ（2004年策定）における2030年の再エネ価格7円/kWhを試算に適用すると、国内生産モデルはIRR=9.5%を満たせない。ただし、2004年から状況は大きく変わっており、導入量・価格共に野心的な戦略が必要。
- ◆ CO₂メタネーションの事業化には、電気代は2-3円/kWh以下が望ましい。

CCR研究会 (Carbon Capture & Reuse)

産業界から排出されるカーボンをキャリアとして再生可能エネルギー由来水素と組み合わせた代替エネルギーを提供することで、化石燃料の使用量削減に実効的なカーボンニュートラルの対策を提案するとともに、2050年に向けた新たなエネルギー供給システムの構築に寄与することを目指す

2016年設立

加盟団体: 団体会員34社



ダボス会議における総理スピーチ（平成31年1月23日）

私は、気候変動に立ち向かう上において、イノベーションがなせること、またイノベーションがどれほど大事かということに、大いに光を当てたいと考えています。それと申しますのも、今から大切なことを言いたいのですが、今必要とされているのは、非連続だからです。この際想起いたしますと、IPCC（国連気候変動に関する政府間パネル）は、最近の1.5度報告で、こう言っています。2050年をめどとして、人間活動が生む二酸化炭素の量は、差引きゼロになるべきだ、つまり、今後もなお残る二酸化炭素の排出は、空気中にあるCO2を取り除くことによって、差引き帳尻が合うようにしないとイケないということです。

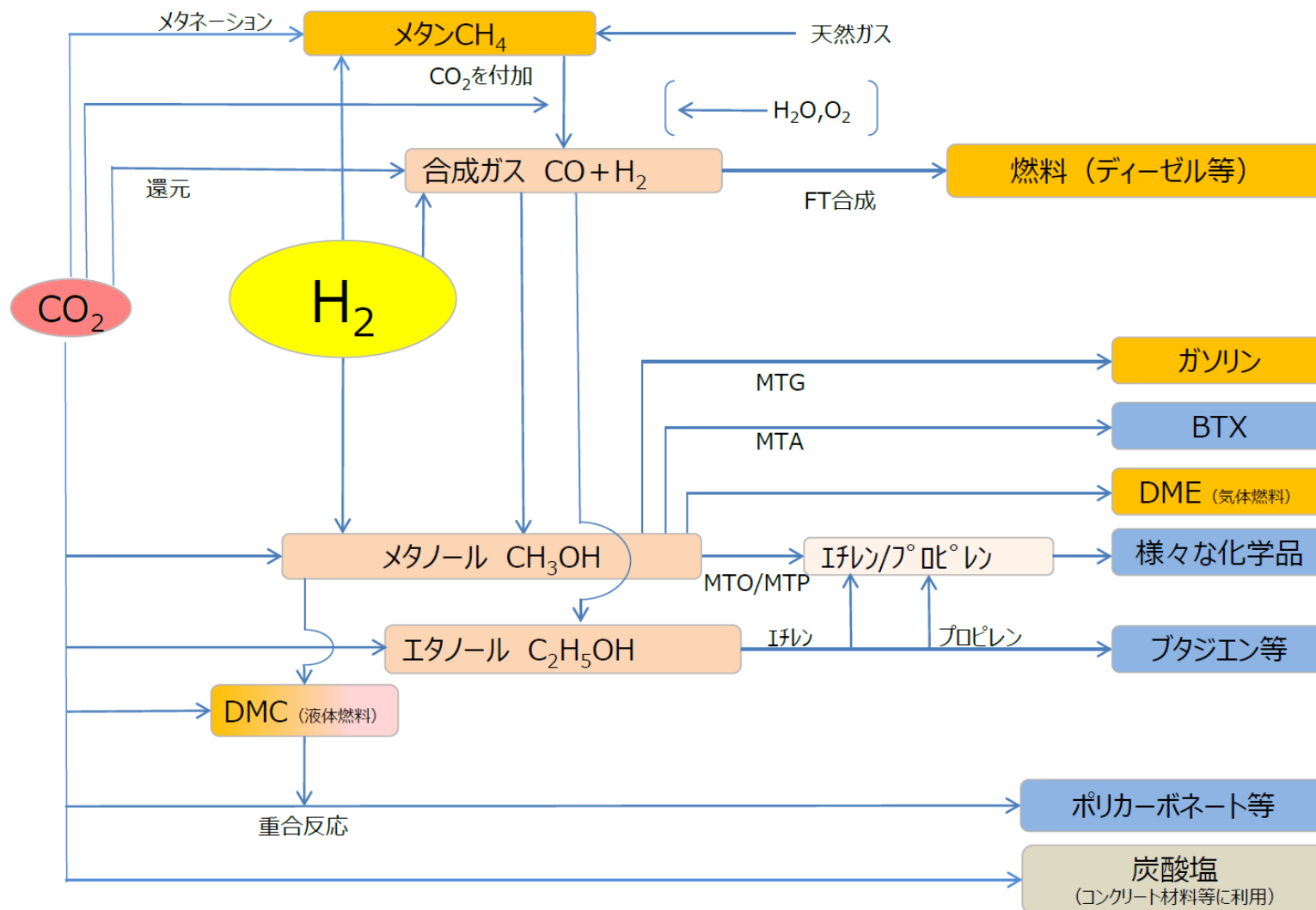


今や、手遅れになる前に、より多く、更に多くの、非連続的イノベーションを導き入れなくてはなりません。二酸化炭素というのは、皆様、事と次第によっては、一番優れた、しかも最も手に入れやすい、多くの用途に適した資源になるかもしれません。例えば、人工光合成です。これにとって鍵を握るのが、光触媒の発見でしたが、手掛けたのは日本の科学者で、藤嶋昭（ふじしまあきら）という人です。メタネーションというと年季の入った技術ですが、CO2除去との関連で、新たな脚光を浴びています。今こそCCUを、つまり炭素吸着に加え、その活用を、考えるときなのです。それから水素です。水素は、一次エネルギーであるだけでなく、エネルギーのキャリアでもあって、むしろそちらの方が重要なくらいですが、価格が安く、かつ、手に入れやすくないといけません。我が政府は、水素の製造コストを2050年までに今の1割以下に下げる。それで、天然ガスよりも割安にする、ということを目指す考えです。

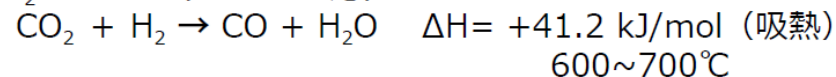
この先、私もG20諸国から科学、技術のリーダーたちを日本へ呼びし、イノベーションに、力を合わせて弾みをつけたいものだと思っています。これもまた、皆様にお話しできますのを喜びとするところでありますが、我が政府は昨年12月、世界に先駆けて、TCFD（気候関連財務情報開示タスクフォース）に沿うかたちでの、ガイダンスを明らかにいたしました。世界規模で、ESG投資が増えており、過去5年の間に、その規模は9兆ドル余りも増加しました。既に、巨額ではあります。しかし、環境イノベーションのためには、今一層、お金が回るようにしなくてはなりません。この度作成したガイダンスは、より多くの会社に、非連続イノベーションのため、一層多額の資金を使ってくれるよう促すものとなるでしょう。

緑の地球、青い海のため投資をするといいますと、かつてはコストと認識されました。今ではこれが、成長の誘因です。炭素をなくすこと、利益を得ることは、クルマの両輪になれる。私も政策立案者は、そういう状態を現出させる責務を負っている。このことも、今年、大阪で強調してまいります。

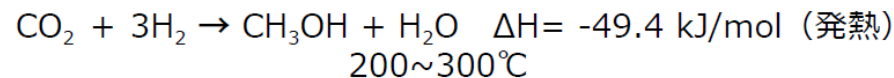
CO₂利用のフロー図(化学品、燃料、炭酸塩)



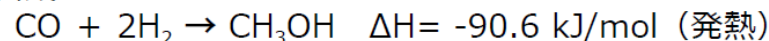
CO₂ → CO (逆シフト反応)



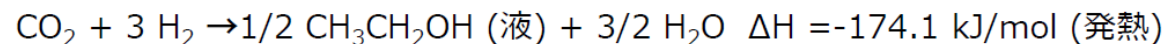
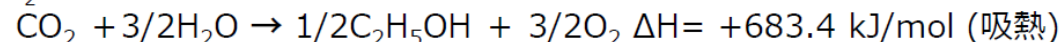
CO₂ → メタノール



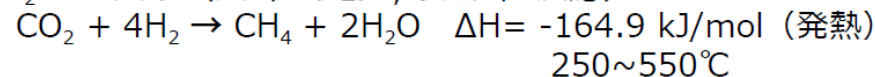
合成ガス → メタノール



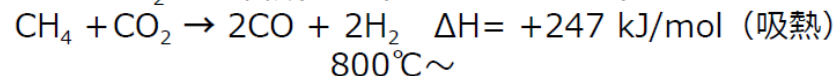
CO₂ → エタノール



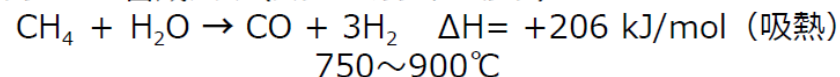
CO₂ → メタン (メタネーション ; サバティエ反応)



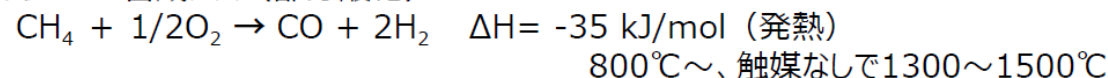
メタン + CO₂ → 合成ガス (ドライリフォーミング)



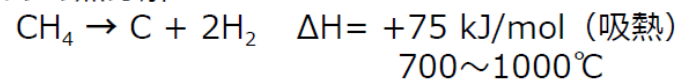
メタン → 合成ガス (スチームリフォーミング)



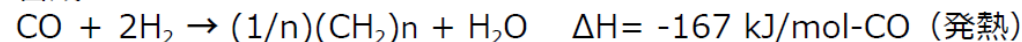
メタン → 合成ガス (部分酸化)



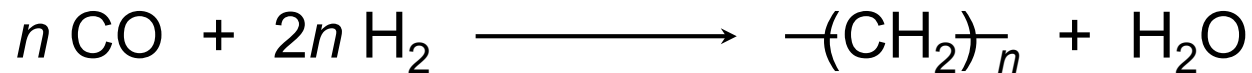
メタンの熱分解



FT合成



Fischer-Tropsch (FT) 合成反応



Franz Fischer

Hans Tropsch

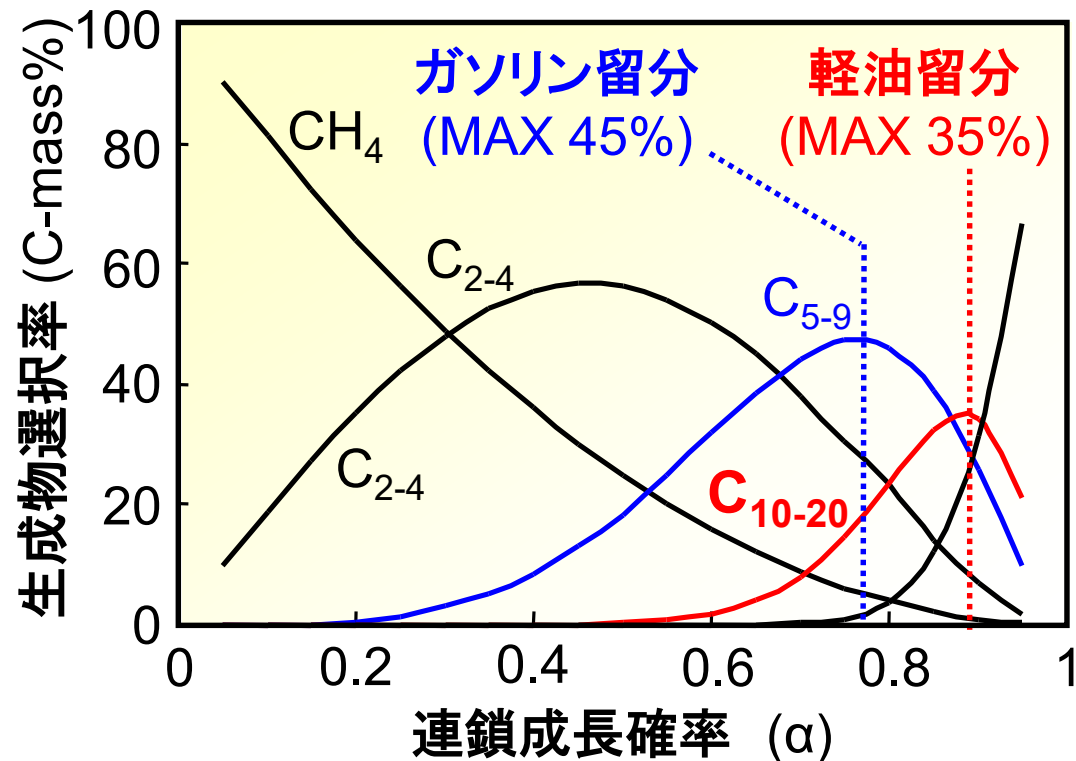
FT合成の特徴

利点

- ・CH₄～Waxまで幅広い炭化水素が生成 (Schultz-Flory分布側に従う)
- ・主に直鎖のパラフィン、オレフィンが生成
- ・化石資源だけでなく、CO₂、バイオマス等様々な原料から炭化水素生成が可能

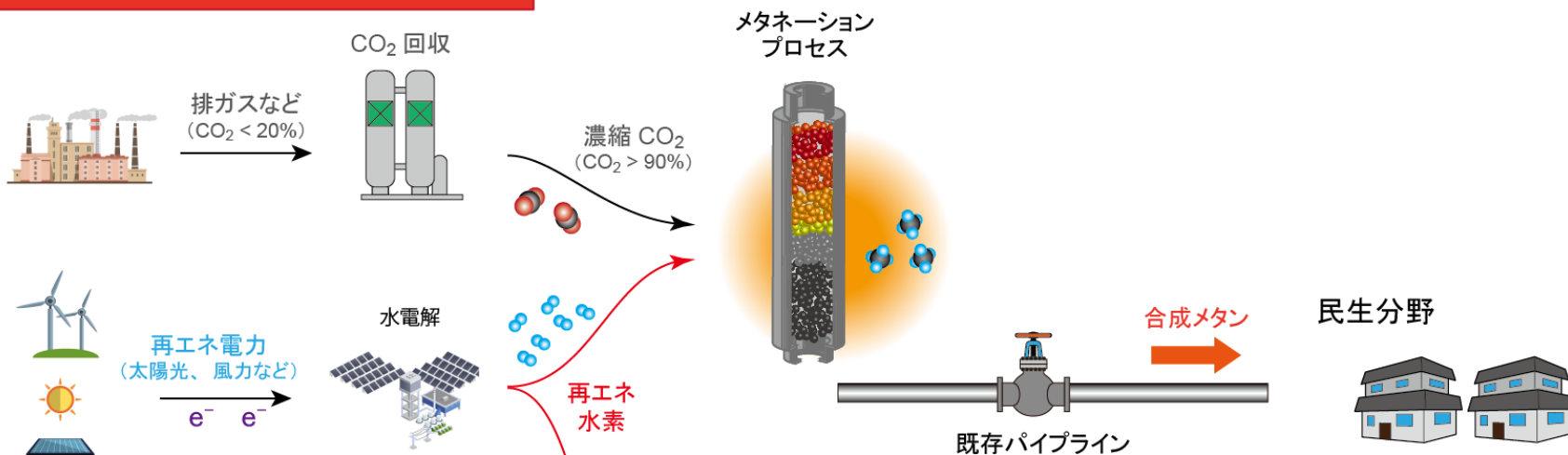
欠点

- ・目的の成分を高選択的に得ることは難しい
- ・直鎖の炭化水素のためガソリンには不向き
- ・メタネーション同様高い発熱反応で採算性を考慮すると大規模設備が必要 (ガス化部分のコストが約6割)

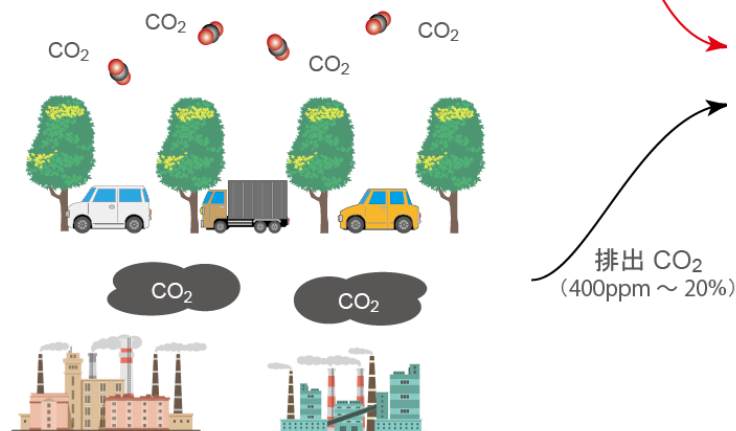


新たなCCUプロセス構築を 目指した取り組み

CO₂ 分離回収・転換型システム（従来型）

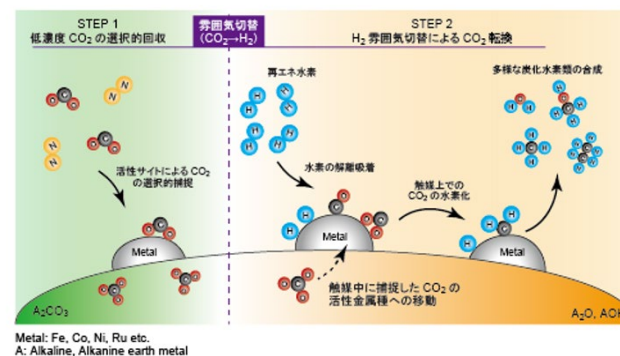


CO₂ 回収・直接転換型システム（次世代型）



新たな CCU プロセス

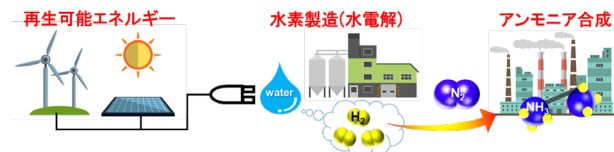
新規二元機能触媒（DFC）の開発



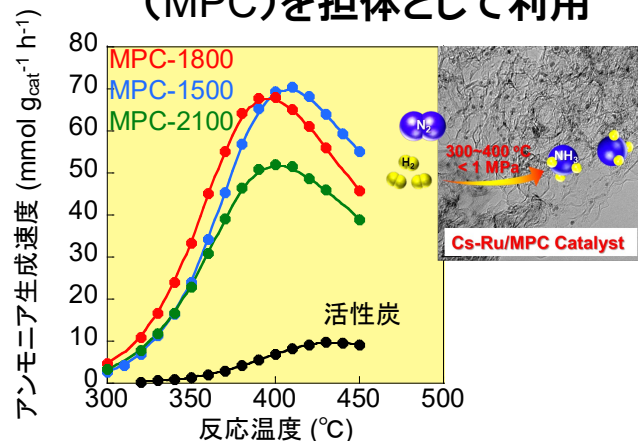
アンモニア合成触媒開発と実証試験

エネルギーキャリアとして期待されるアンモニアを、**再生可能エネルギー由来の水素等**を利用して**高効率に製造するプロセス**を開発

→ より低温で高い活性を有する触媒およびその工業製造技術に関する研究



高性能な新規触媒の開発に成功：
酸化物およびメソポーラスカーボン
(MPC)を担体として利用



触媒工業製造
技術開発

＜実証試験装置＞

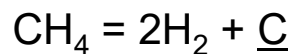


(FREA: 福島再生可能エネルギー研究所)

再生可能エネルギー由来の水素を原料とするアンモニアの合成実証試験、さらに、合成したアンモニアを燃料とするガスタービンによる発電に**世界で初めて成功**

鉄系触媒を用いたメタン分解による水素・炭素併産技術開発

【メタン熱分解】

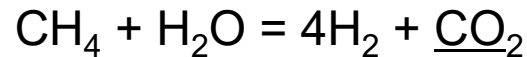


$$\Delta H: 75\text{kJ/mol}$$

(メリット)炭素分は固体炭素として
直接固定

(デメリット)効率が低い(吸熱反応
を生成した水素燃焼で補う)

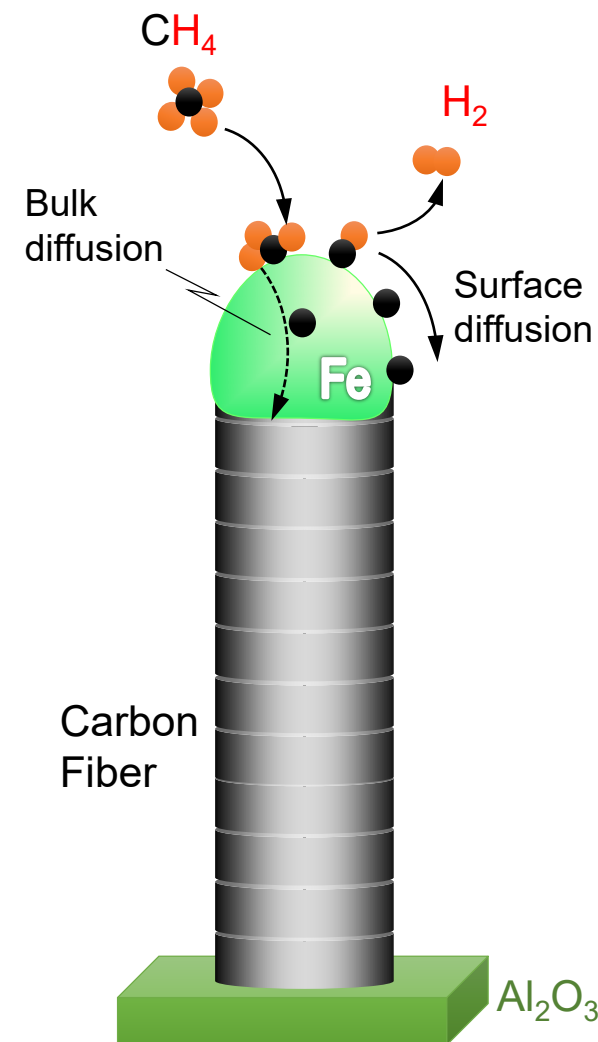
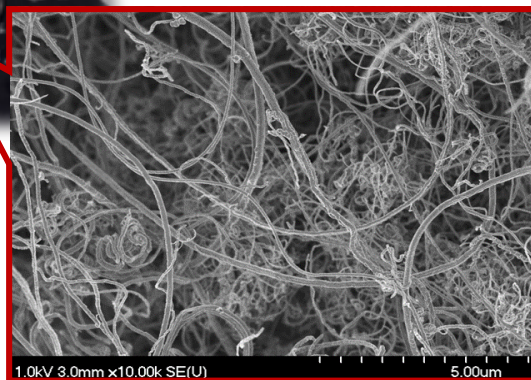
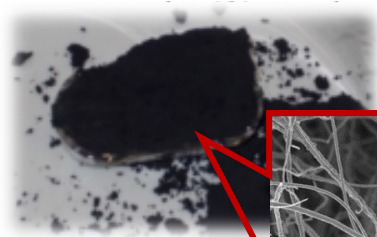
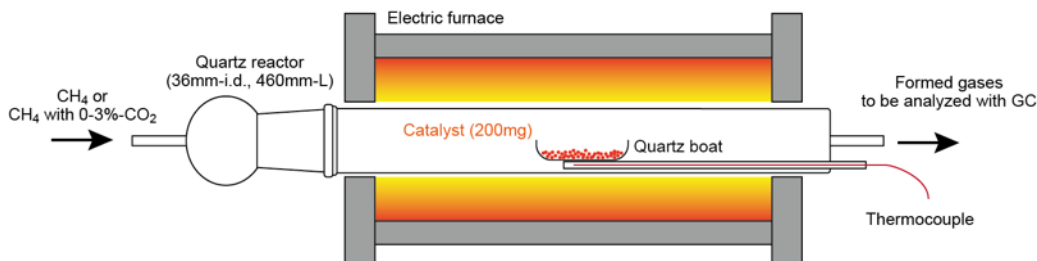
【水蒸気改質】



$$\Delta H: 253\text{kJ/mol}$$

(メリット)高効率、確立された技術

(デメリット)炭素分は CO_2 として
排出。生成物から CO_2 を分離し、
固定化する必要

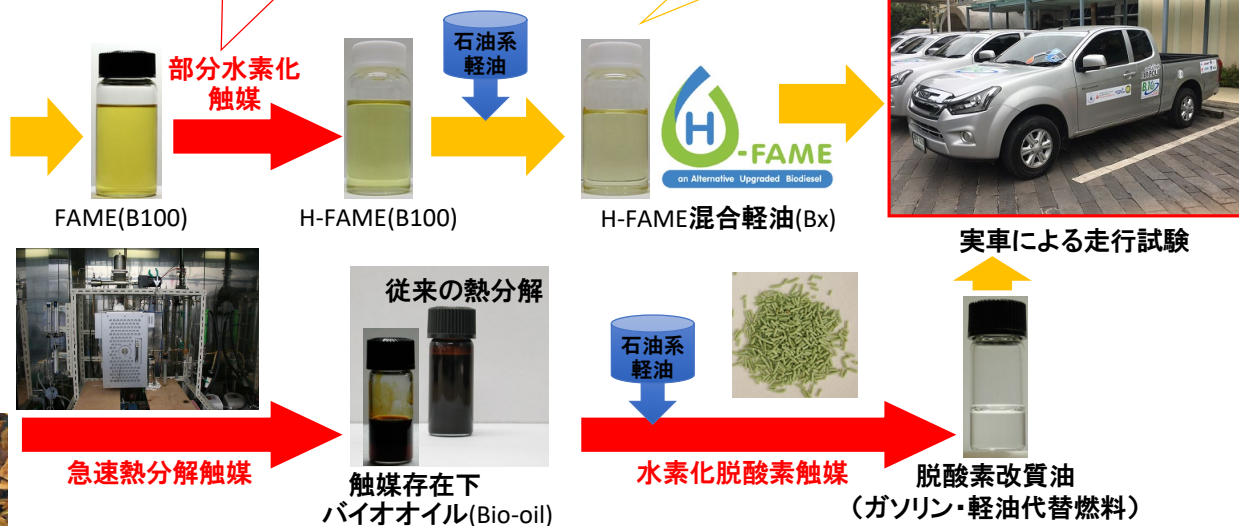
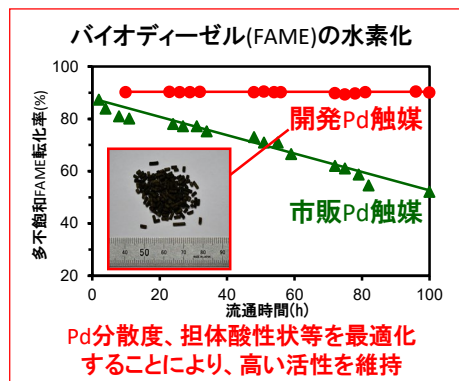


メタン分解機構イメージ

油糧作物(パーム、菜種、
ジャトロファ等)



油糧作物搾油残渣、
木質系バイオマス等



油糧作物から得られる油脂分から酸化安定性を向上させた高品質バイオディーゼル(H-FAME)燃料を、および油糧作物の搾油残渣、その他木質系バイオマス等から急速熱分解により製造したバイオオイルを経由した芳香族系炭化水素燃料を製造するための触媒開発

特集

産総研 第5期を迎えて

～ 温暖化対策とモビリティエネルギーのための取り組み ～



2050年を見据えた温室効果ガスの大幅な削減には、再エネの大量導入、CO₂の固定化・資源化、水素の利活用、化石資源の低炭素利用など様々なエネルギーシステムの開発・高効率化・最適化が不可欠です。エネルギーの安定供給とCO₂削減の両立のためにはシームレスなエネルギー転換技術と次世代革新技術を両輪で研究開発することが重要であり、例えば運輸部門におけるバイオ資源活用・省エネ・電化促進など、エネルギーの低炭素利用技術と省エネ技術を様々な分野で社会導入することが必要です。

産業技術総合研究所エネルギー・環境領域では令和2～6年度の第5期中長期目標期間を迎え、省エネルギー技術、エネルギープロセス技術に関して多角的な研究開発に取り組んでいます。本シンポジウムでは省エネルギー研究部門とエネルギープロセス研究部門が取り組む温暖化対策技術やモビリティエネルギー技術に関する最新の研究開発をご紹介します。今後を展望いたします。

日時
2020年12月4日(金) 13:30～17:00
開催
オンライン開催 (Webex Meeting 利用)
参加費
無料

- 主催: 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 省エネルギー研究部門・エネルギープロセス研究部門
- 共催: 産業技術連携推進会議 環境・エネルギー部会
- 協賛: (一社)日本機械学会、(一社)日本エネルギー学会、(一社)エネルギー・資源学会、(一社)水素エネルギー協会

プログラム

13:30	開会挨拶: 第5期のエネルギー・環境領域の取り組みについて	理事 兼 エネルギー・環境領域長 小原 啓彦
13:45	「温暖化対策に関する取り組みについて」	エネルギープロセス研究部門 研究部門長 松岡 浩一
13:50	「ガスハイドレートの特長および低炭素社会に向けた可能性について」	エネルギープロセス研究部門 メタンハイドレート生産技術グループ 神 裕介
14:05	「産総研における新たな炭酸ガス資源化プロセスの開発」	エネルギープロセス研究部門 エネルギー変換プロセスグループ 倉本 浩司
14:20	「低炭素社会を目指した水素貯蔵技術の研究開発」	エネルギープロセス研究部門 水素材料グループ 榎 浩司
14:35	「固体酸化物形燃料電池(SOFC)技術による温暖化対策」	省エネルギー研究部門 エネルギー変換技術グループ 山地 克彦
14:50	Q & A	
15:10～15:30 休憩		
15:30	「モビリティエネルギーに関する取り組みについて」	省エネルギー研究部門 研究部門長 竹村 文男
15:35	「超電導技術を適用した航空機用電気推進システムの開発」	省エネルギー研究部門 電機システムグループ 和泉 輝郎
15:50	「ゼロエミッションモビリティへの挑戦」	省エネルギー研究部門 小原 光晴
16:05	「オープンソース車両モデルの開発とエネルギーマネジメントへの活用」	省エネルギー研究部門 エンジン燃焼排気制御グループ 水崎 教文
16:20	「持続可能社会に向けたバイオマスの燃料化技術開発」	エネルギープロセス研究部門 エネルギー触媒技術グループ 望月 剛久
16:35	Q & A	
16:55	閉会挨拶	エネルギー・環境領域研究戦略部長 児玉 昌也

参加要項

WEB ページからお申し込みください。申込締切: 2020年11月20日(金)
<https://unit.aist.go.jp/ieco/event/20201204/>

