2023年度
第4回業務委員会
資料№1

Rev.2 2023/12/01

2024年度事業計画の基本方針案（業務関連）

１．ガス事業法遵守に向けたフォローアップ

（１）ガス事業法における手続等の周知・徹底（特にガス小売供給約款変更時）

（２）経過措置料金規制団地への継続的な対応支援

（３）Ｑ＆Ａ（業務編）及び申請書・届出書記載例（業務編）のフォロー

２．ＣＮ時代に向けたコミュニティーガスの在り方に関係する情報の収集及び紹介

グリーンＬＰガス、水素混焼、マイクログリッド等の脱炭素・低炭素化に関する調査・研究及び省エネルギーに資する配送効率化等の取組み事例を収集し、会員事業者に紹介する。

３．経営基盤の強化

（１）コミュニティーガスの認知度向上

① 住宅建築関係団体との需要開発に資する情報交換継続

② 液石専業事業者に対するガス事業法のコミュニティーガス事業に関する情報提供

③ 需要家に対するコミュニティーガス認知度向上施策継続

今年度は「お客様クイズキャンペーン」を企画

（２）コミュニティーガスの需要促進

① 建替・リフォーム時のガス需要確保と機器販売促進等のための情報提供

② 会員事業者による顧客接点強化活動の推進支援

③ 新たな普及促進につながる情報提供

以　上

2023年度
第4回業務委員会
資料№2-1

グリーンLPガス推進官民検討会（第５回）

議　事　次　第

１．　令和５年１０月３０日（月）　１３：３０～１５：３５（予定）

２．　場所　：　TKP 新橋カンファレンスセンター　１５F（ホール１５E）

３．　議事　：　以下の通り

１３：３０　　開　会

１３：３０～１３：３５　橘川座長、経済産業省資源・燃料部定光部長　ご挨拶

＜発表＞

１３：３５～１４：５５　各研究グループよりの進捗報告

１３：３５～１３：５５　早稲田大学：関根泰 理工学術院教授
環境省 PJ などにおけるクボタ、高知県、高知大、早大の取組み　【資料１】

１３：５５～１４：０５　北九州市立大学：藤元薫 環境技術研究所特任教授
中間冷却式 LP ガス直接合成法の開発と実証　【資料２】

１４：０５～１４：１５　産業技術総合研究所：坂西欣也 イノベーション人材部シニアマネージャー
カーボンリサイクル LP ガスの製造技術の研究開発　【資料３】

１４：１５～１４：２５ 古河電気工業：福嶋將行 研究開発本部　新領域育成部部長
2030 年の社会実装に向けたグリーン LP ガスの技術開発　【資料４】

１４：２５～１４：３５　ENEOS グローブ：丹下富夫 経営企画部グループマネージャー
カーボンリサイクル LP ガス製造技術とプロセスの研究開発　【資料５】

１４：３５～１４：４５　野村総合研究所：植村哲士プリンシパル
各研究項目の進捗まとめ　【資料６】

１４：４５～１４：５５
研究項目に関する質疑応答

１４：５５～１５：０５　三浦工業：中川昌仁　大阪 MI 統括部統括部長　【資料７】
蒸気ボイラの燃料転換等について

１５：０５～１５：１０　事務局　【資料８】
官民検討会の経過報告（WG 設置経過等報告）

１５：１０～１５：３０
全体質疑応答

１５：３０～１５：３５
第５回官民検討会総括、第６回の会議予定

以上

グリーンＬＰガス推進官民検討会　委員・オブザーバー名簿

２０２３年１０月３０日

（順不同・敬称略）

＜座長＞

橘川　武郎	国際大学　学長

＜委員＞

定光　裕樹	経済産業省 資源エネルギー庁　資源・燃料部長
関根　泰	早稲田大学　理工学術院　教授
村田　光司	一般社団法人 全国ＬＰガス協会　専務理事
猪股　匡順	一般社団法人 日本ガス石油機器工業会　専務理事
坂西　欣也	国立研究開発法人 産業技術総合研究所 イノベーション人材部・シニアマネージャー
福永　茂和	国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 環境部長
福嶋　將行	古河電気工業株式会社　研究開発本部 サステナブルテクノロジー研究所　新領域育成部　部長
水谷　太	株式会社クボタ　水環境総合研究ユニット 水環境研究開発第三部長
吉田　栄	日本ＬＰガス協会　専務理事
上平　修	日本ＬＰガス協会　参与・事務局長

＜発表者＞　　議事次第の通り

＜オブザーバー＞　（法人名/団体名のみ）

・株式会社サイサン
・エア・ウォーター株式会社
・三浦工業株式会社
・株式会社野村総合研究所
・一般社団法人 日本自動車工業会
・高圧ガス保安協会
・日本ガス協会
・日本コミュニティーガス協会
・独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構
・一般社団法人 全国ハイヤー・タクシー連合会
・高知県 林業振興・環境部環境計画推進課
・一般財団法人 エルピーガス振興センター
・全国女性団体連絡協議会
・主婦連合会
・（公社）日本消費生活アドバイザー・コンサルタント・相談員協会(NACS)
・日本ＬＰガス協会　常任理事会社（５社）
（アストモスエネルギー株式会社、ＥＮＥＯＳグローブ株式会社、ジクシス株式会社、株式会社ジャパンガスエナジー、岩谷産業株式会社）

以 上

2023年度
第4回業務委員会
資料№2-2

2023年11月1日

日本LPガス協会

第5回　グリーンLPガス推進官民検討会　議事要旨

- 日　時　：　2023年10月30日（月）　13:30～15:40
- 場　所　：　TKP新橋カンファレンスセンター　およびTeamsでのオンライン開催
- 出席者　：　橘川座長（国際大学学長）、定光委員（エネ庁　資源・燃料部長）、
  関根委員（早稲田大学教授）、他委員11名）、オブザーバー（19名）、
  随行者等（37名）、業界紙（オンライン参加／8社）、日協事務局

Ⅰ．議事次第　：

- 冒頭挨拶　（橘川座長、および経済産業省　定光資源・燃料部長）
- 昨年発表時からの変化を中心としたLPガス合成技術開発を巡る情報共有化　（全6件）
- 蒸気ボイラ（貫流ボイラ）による他燃料からの燃料転換
- 質疑応答

Ⅱ．議事概要　：

（1）橘川座長挨拶

前回7月の官民検討会の後、北海道（鹿追町）での古河電工によるプロジェクト予定地や南米チリハルオニ（Haru Oni）プロジェクトの実証プラントを視察する機会を得たが、合成燃料開発の動きが国内外で活発化していることを実感した。本日は1年ぶりのグリーンLPガス開発を巡る技術情報のたな卸しということで、活発な議論を期待している。

（2）定光部長挨拶

エネルギー基本計画の見直しの議論が来年以降行われる予定のなかで、日本の熱エネルギーの担い手であるLPガスについてもネットゼロに向けた道筋を描いて行くことが大事な課題であるが、他の合成燃料などは将来的な数値目標を掲げながら開発の動きを強めているなかで、グリーンLPガスの動きは最も遅れている状況。他の合成燃料などとの動きと連動させていくかといった大切な論点を踏まえながら、具体的なロードマップ作りに向けてどのような追加的な対策が必要なのかといった点も含め、来年春頃までに作業を纏めて貰いたい。日協の存在意義が問われるところであり、叡智を結集して議論を進めてほしい。

（3）各プロジェクト等からのプレゼンテーション

①　「環境省プロジェクトなどにおけるクボタ、高知県、高知大、早大の取組み」
　早稲田大学　理工学術院　関根教授／クボタ　水環境研究開発第三部　水谷部長

外部水素を用いず、水と触媒と植物残渣（セルロース）のみを原料として、レトロ・アルドール反応によって（炭素結合を分断することで）合成開発を進めている。具体的な数値は開示できないが、6年前の時点では15%程度だったLPガス収率も、高価な白金触媒を今は用いることなく、相当高いレベルに現状はアップしている

② 「炭酸ガスからのLPガス直接合成法」

北九州市立大学 環境技術研究所 藤元特任教授

炭酸ガスと水素から LP ガスを製造する研究室レベル（ベンチプラント）での基礎的な技術の確立を略々終了し、来年後半頃からの日量5～10kg の大型実証試験装置の稼働を開始すべく、新たに開発したハイブリッド触媒を用いた二段反応装置による反応システムの最適化・実用化に向けた仕様の確立と設計準備を進めている。LPガス収率は既に75%以上を達成。

③ 「カーボンリサイクルLPガスの製造技術の研究開発」

産業技術総合研究所 坂西エネルギー・環境領域 領域長補佐

DMEから炭化水素（プロピレン・ブテン）への置き換えは、目標の85%を上回る収率を達成した一方、炭化水素からLPガスへの置換は未だ60%前後に止まっており、収率向上に向けて取り組み中である。来年度後半には高圧ガス製造設備を有する産総研つくば東事業所内に日量10kgの大型実証試験装置を立ち上げるべく、現在準備を進めている。

④「2030年の社会実装に向けたグリーンLPガスの技術開発」

古河電気工業 研究開発本部 福嶋新領域育成部部長

LPガスに占めるプロパンの選択率を80%以上とするための触媒寿命は開発当初は10日程度に止まっていたが、直近では半年近くまで活性する触媒開発に成功した。又、今年度内にLPガス生成率50%以上を達成できるプロセスの概念設計を完了する見込みである

⑤ 「カーボンリサイクルLPガス製造技術とプロセスの研究開発」

ENEOSグローブ 丹下経営企画部グループマネージャー

大崎クールジェンでの触媒開発装置の設置工事は計画通り行われ、現在は水素/CO_2を原料とすることに加え、バイオマス原料のガス化による合成ガスからの製造工程を検討中である。反応生成物の分離や副生品（メタン、エタン、C5＋）の活用に向けては、他燃料（石油、都市ガス）との連携が必要であろう。

⑥ 各研究項目の進捗まとめ

野村総合研究所 植村プリンシパル

各研究グループの合成手法としては、原料調達面でのリサイクルCO_2利用とバイオ原料利用の2通りとした捉え方に加え、DME経由のものやFT合成では炭素鎖を積み上げる手法であることに対し、関根先生の技術は炭素鎖を切ってLPガスを製造するものであり、手法の差があることなどを説明。今後はエンジニアリング能力の強化やマスバランス手法の適用などが共通した課題であると報告があった。

（4） 燃料転換について

【三浦工業】 中川大阪MI統括部統括部長

小型貫流ボイラの国内市場としては、2000年頃まではA重油焚きの石油系ボイラが都市ガス・LPガス仕様ボイラの2倍以上の出荷台数があったが、足元では拮抗している。要因としては2000年当時は年間1万4千台近くあったボイラの出荷台数自体が足元では1万台を下回る水準に落ち込んでいるなかで、減少分の大半を石油系ボイラが占め、逆にガス仕様（中でも都市ガス仕様）の出荷が横這いで推移していることによるものだ。

（5） ワーキンググループ設置を巡る経過報告等

【日本LPガス協会】 三木田特任調査役

- プロジェクト毎のグリーンLPガス技術開発状況は、次年度も秋に開催する検討会で確認し、共有化する。
- トランジション対応としての高効率機器の普及促進並びにCNLPGの活用検討に関するワーキンググループの設置に関しては、年度内の立ち上げに向けて、日協事務局内で引き続き検討作業中である。

（6） 委員・オブザーバーからの主たる質問やコメント

（質問） 平野オブザーバー（主婦連合会　常任幹事）

・技術開発が進んでいて頼もしいが、安全性が置き去りにならないよう、きちんと品質基準を決めて開発を進めてほしい。

・稲わらをメタン発酵に利用する場合、粗飼料や肥料が不足に陥る懸念はないのだろうか？

- クボタ（水谷部長）:
  粗飼料や肥料として使われている稲わらの量は全体の半分以下であり、影響はない筈だ。

江澤オブザーバー（日本 LP ガス協会　会長）

LPガスを含めた合成燃料開発を進めるにあたり、輸入品と国内生産品との全体のバランスや、原料である水素やCO_2のマテリアルバランスを誰が見て、優先順位をつけて行くのか、といった議論が現状では不明確ではないか。バイオ資源の配分などを含め、ある程度の方向性を定めて行く必要がある。

- エネ庁（定光部長）:
  同じ問いを共有している。ENEOSではスコープ1・2のみならず、スコープ3を念頭に2050年までにネットゼロを目指す方針を打ち出し、石油でも同様の動きがあるなかで、LPガス元売りでもネットゼロに向けた共通のロードマップ作りに向けて検討を進めてほしいが、現状ではこうした議論をどのように進めるかが描けていないことが課題。検討を進めるに際して必要な要素は、官民検で投げかけてほしい。

関根委員（早大　教授）

SAFの場合はJALやANAといった強大なステークホルダーや国際条約の影響を大きく受け、またe－fuelも石油元売としての存在意義が掛かっているとの事情があるなかで、LPガスはユーザーが数多くいるにも関わらず、グリーン化に向けてLPガスに特化した(on-purpose の)製造技術が意外と無いことが分かってきた。灯油も同様の問題を有しており、課題解決に向けたしっかりとした議論が必要だ。

末永オブザーバー （エア・ウォーター　グリーンイノベーションユニット長）

家畜糞尿を用いたバイオメタン・バイオガスの確保に向けては、農水省にも尽力頂いているが、未だ十分な支援や制度がない。国内には数多くの未利用のバイオマス資源が残っており、活用が大切だ。

【総括】 橘川座長

- 今回の検討会で研究開発自体は各プロジェクト共に過去１年間で随分と進んで来たことを確認できた。また、当面2030年くらいまでの道筋も大体見えてきた。
- 一方で、他燃料に比して2050年に向けた共通のロードマップ作り作業が進んでいないことも課題として浮き彫りとなった。燃転を進めるに際してもそこがネックとなる恐れがあり、来春までにはLPガス業界としても明確にロードマップを打ち出すべきだろう。
- 当該検討会は技術情報を始め、オープンに話しが共有化できる貴重なものだが、規制や支援、或いは他燃料との連携といった議論を進めて行くうえには、現行の枠組みを巡る官民の協力の組織的な在り方も問題なのかも知れない。
- TCFD（気候関連財務情報開示タスクフォース）の最近の金融界の議論でも、CO_2の削減効果の「見える化」を打ち出すことの重要性が謳われているなかで、LPガスは強みが活かせるのではないか。バイオ資源の活用による地域に根差した小規模なグリーンLPガス開発は他燃料に比して逸早く立ち上がって行くことが現実的にも期待され、大切に進めて行くべきだ。

Ⅲ．　次回会合 ： 2024年3月 （予定）

以　上

【添付書類】 ① 委員・オブザーバー名簿
② 第5回グリーンLPガス推進官民検討会でのプレゼンテーション資料

関根研ウェブ
お問い合わせ
ysekine@waseda.jp

2023年度
第4回業務委員会
資料№2-3





環境省PJなどにおける
クボタ
高知県
高知大
早大
の取り組みをまとめてご紹介

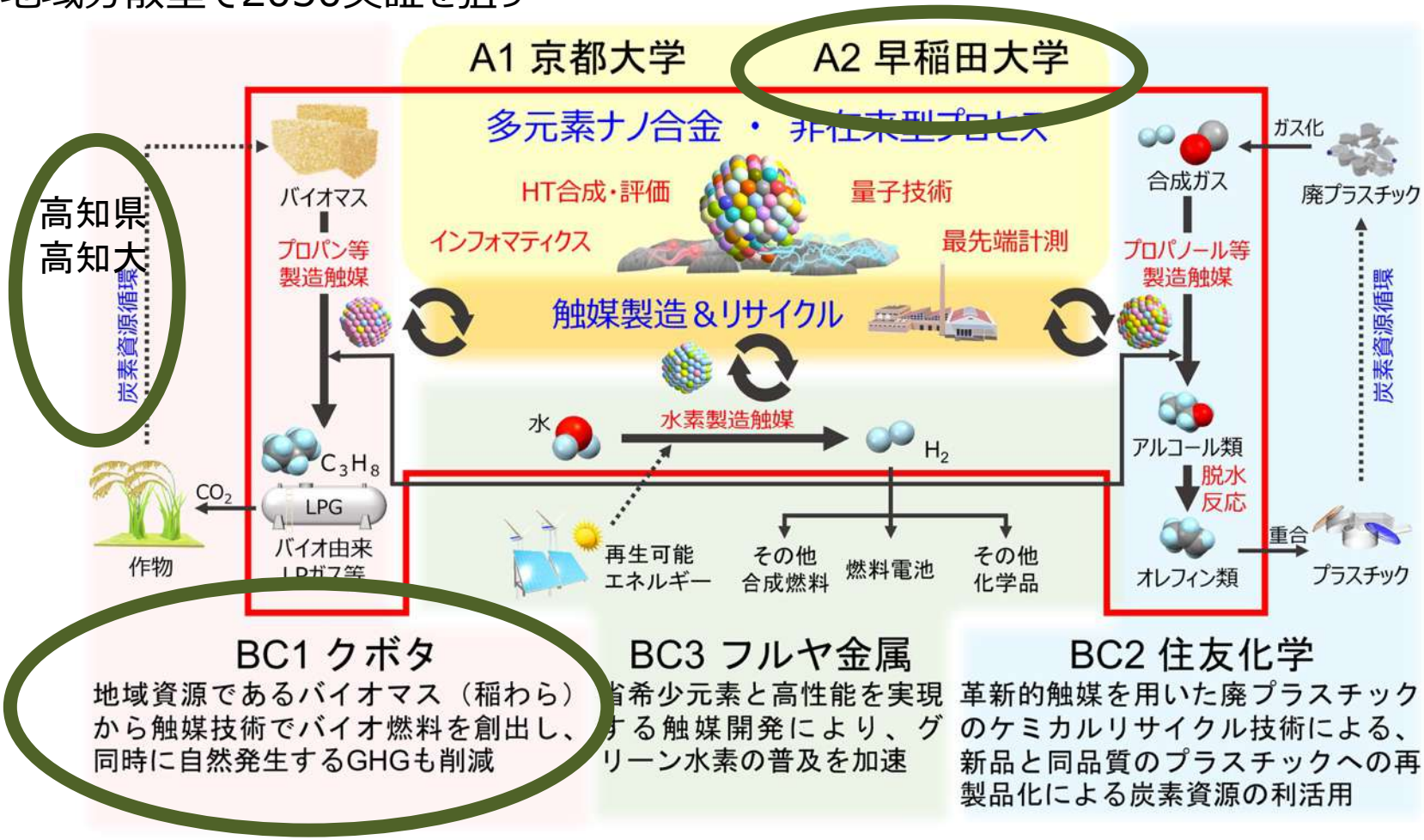
話題提供者　早稲田大学　教授　関根　泰

HP公開用

2023　The Sekine Group.@Waseda Univ.

環境省PJ　クボタ・高知・早大の取り組み

非在来型触媒反応に、多元素ナノ合金技術と計算化学・分析化学を取り入れ、革新的合金触媒を用いたグリーンLPG合成を100度台で効率良くすすめる技術を開発
地域分散型で2030実証を狙う



BC1 クボタ
地域資源であるバイオマス（稲わら）から触媒技術でバイオ燃料を創出し、同時に自然発生するGHGも削減

BC3 フルヤ金属
省希少元素と高性能を実現する触媒開発により、グリーン水素の普及を加速

BC2 住友化学
革新的触媒を用いた廃プラスチックのケミカルリサイクル技術による、新品と同品質のプラスチックへの再製品化による炭素資源の利活用

2023　The Sekine Group.@Waseda Univ.

関根研ウェブ
お問い合わせ
ysekine@waseda.jp

高知県は知事を中心として高知県グリーンLPGプロ推進会議を設立

高知県グリーンＬＰガスプロジェクト推進会議

高知県 濵田知事、早稲田大学 関根教授、高知大学 受田理事(産振計画FU委員長)の３者が発起人となり、グリーンLPガスの地産地消の実現に向け、「高知県グリーンＬＰガスプロジェクト推進会議」を立ち上げる。

【取組内容】・グリーンＬＰガスの地産地消の実現に向けた関係者の合意形成と基本構想の策定
・木質系バイオマス、マリン系バイオマス、グリーンLPガスの製造、販売など、テーマごとの勉強会開催
・関係者同士のビジネスマッチングの機会の創出　など

＜スケジュールイメージ＞

地産地消のビジネスモデル（高知モデル）の実証

	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度
核となる触媒の研究	グリーンLPガス製造の事業化に向けた新たな触媒の開発						実証実験	
高知県グリーンLPガス推進会議	基本構想策定	事業化に向けた環境整備 ・実施事業者の掘り起こし ・個別プロジェクトの具体化 ・事業計画策定 等					実証実験への支援 ・フィールドの提供 ・原材料供給 等	

＜体制図＞　令和４年（2022年）５月27日～令和５年（2023）年度末

幹事会　※令和4年5月27日時点

事務局：県環境計画推進課

- 早稲田大学　関根教授　＜会　長＞
- 高知県林業振興・環境部　武藤副部長　＜副会長＞
- 高知大学 次世代地域創造センター　吉用副センター長　＜副会長＞
- 高知県森林組合連合会　戸田会長
- 高知県ＬＰガス協会　公文会長
- 高知県水産振興部　濱田副部長

プラットフォームの中から木質系、マリン系などの個々のプロジェクトができていくイメージ

プラットフォーム

会員：林業事業体／市町村／その他関心のある者／水産業の関係者／ガスの販売を行う事業者／など

高知新聞Plus　ログアウト　マイページ

グリーンＬＰガス事業化へ　高知県などが設立総会　「地方と親和性高い」

高知新聞社　SHARE



グリーンＬＰガスの可能性について講演する早稲田大学の関根泰教授（高知市布師田の高知ぢばさんセンター）

木や海藻からつくる「グリーンＬＰガス」の事業化を目指す県のプロジェクト推進会議が２７日、設立された。県と高知大学、林業やエネルギー関係の事業者ら４８団体が参加。原料確保や供給方法について検討を進め、２０２３年度に基本構想をまとめる。

2023　The Sekine Group.@Waseda Univ.

バイオマスセルロース転換によるLPG合成
早大・高知大の手法の紹介

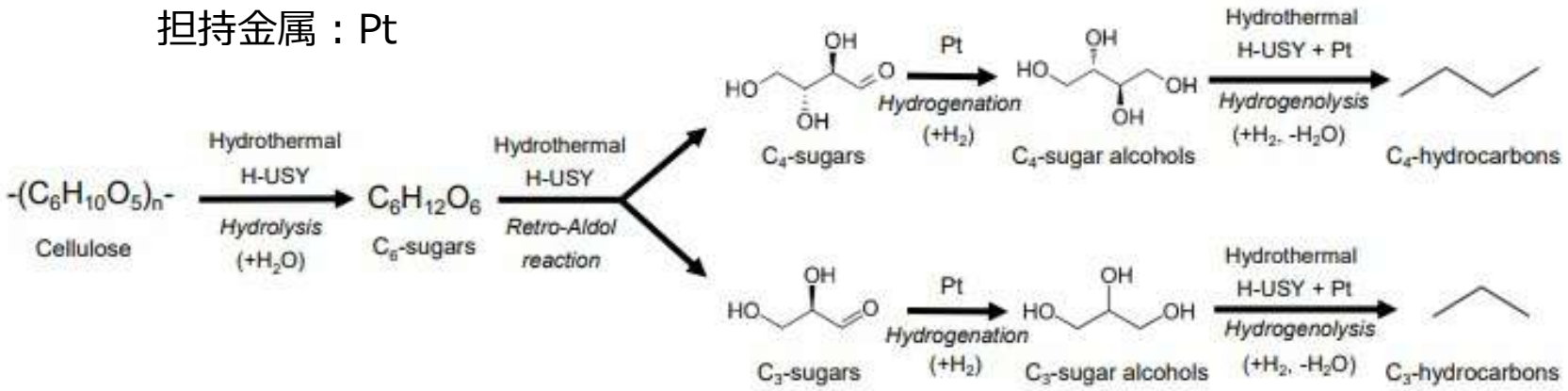
セルロースからLPガスへの直接転換触媒の開発

- ✓ H_2不使用……原料は水、触媒、セルロースのみ
- ✓ CO_2回収コスト、外部水素コストはかからない　バイオマスコストが課題

● 触媒開発

担体：水に強いルイス酸＋塩基のペアを持つ金属酸化物ベース
　　レトロアルドール反応を促進

担持金属：Pt



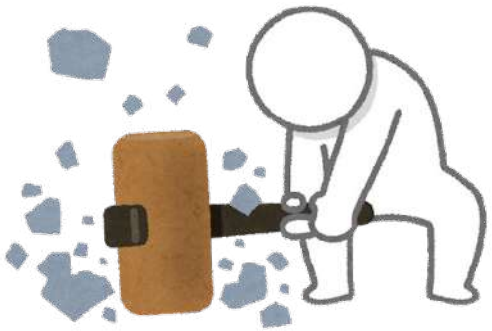
1,2)

1) S. Ogo, Y. Sekine *et al.*, *Fuel Process. Technol.*, 141, 123-129(2016).
2) S. Ogo, Y. Sekine *et al.*, *ChemistrySelect* , 2, 6201-6205(2017).

2023　The Sekine Group.@Waseda Univ.

合成燃料を、積み上げて作るか？壊して作るか？これが重要な視点 LPGを例に

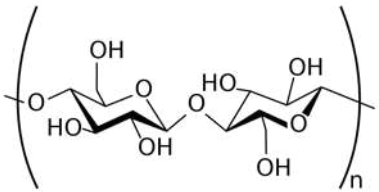




From syngas to LPG

CO
H_2 → C_3H_8, C_4H_{10}

From biomass to LPG



→ C_3H_8, C_4H_{10}

2023 The Sekine Group.@Waseda Univ.

外部水素を必要とする？それとも内部水素でOK？
これはコスト面で非常に重要

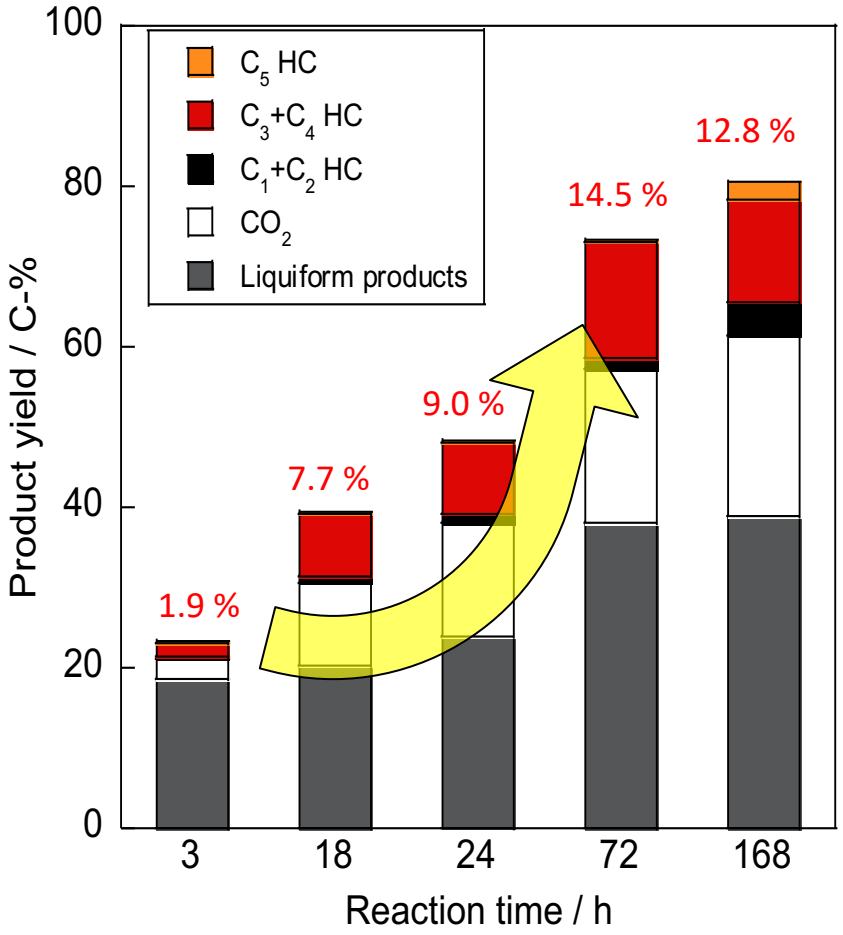


外部水素は頑張っても20円/Nm^3

2023 The Sekine Group.@Waseda Univ.

2017年の時点での最高技術
バイオマスからのLPG合成における反応経過と収率

温度：443 K，時間： 3-168 h，かくはん速度：600 rpm，
触媒：0.25 g，セルロース：0.25 g (8330 C-μmol)，水：20 mL.





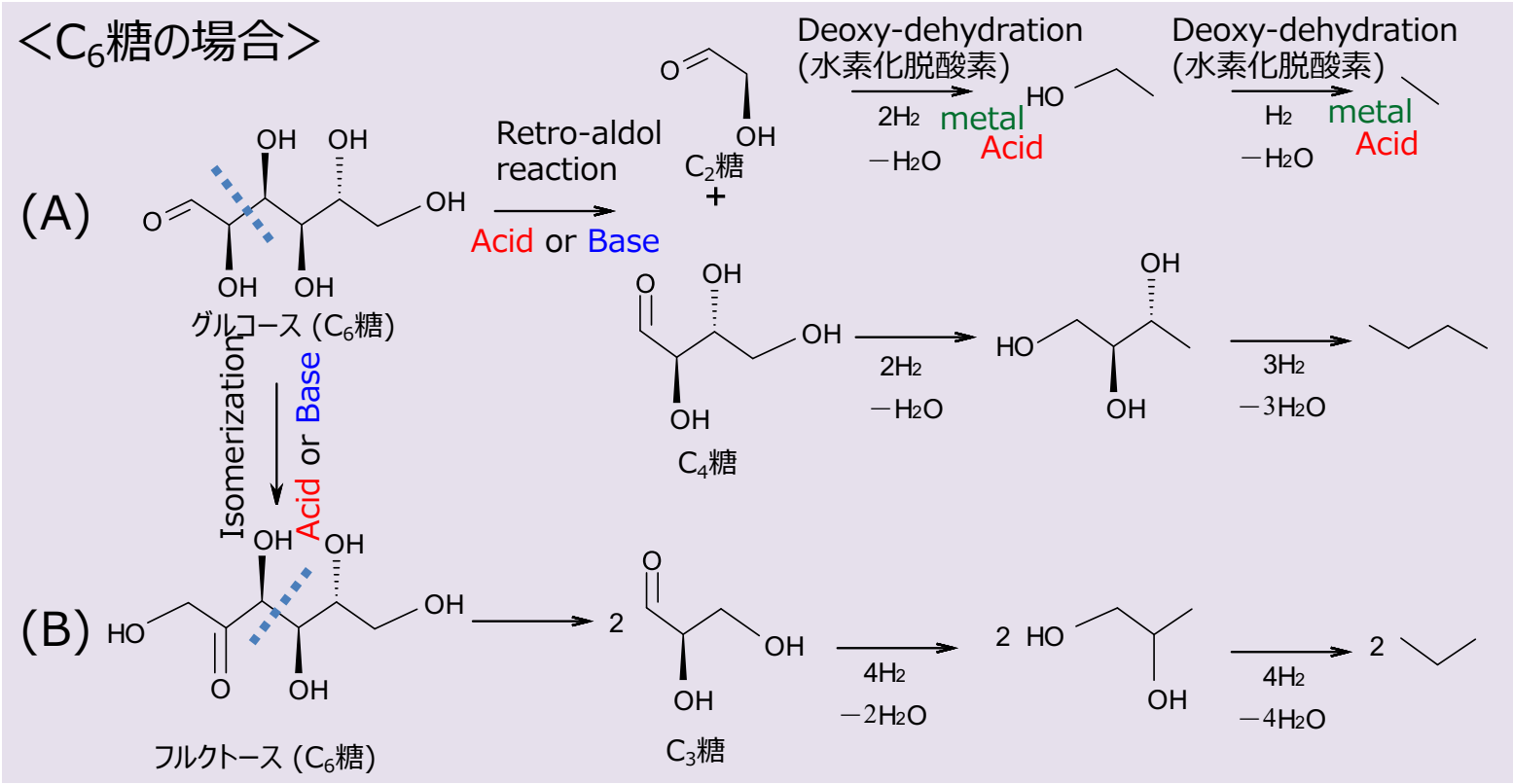
Pt ＋ 酸型ゼオライト
（水中機能固体酸）

反応時間72 hの時，
LPG（C_3+C_4）収率が14.5%に達した
（2017年の時点での最高値）

ここから６年経ち、環境省PJにてクボタ・高知大・早大で共同にて、これを遥かに凌駕する触媒をすでに開発済み
（そこではゼオライトもPtも用いていない）

2023 The Sekine Group.@Waseda Univ.

推定反応経路：①Retro-aldol反応でC-C切断 ②水素化脱酸素（水素化+脱水）反応でC-O結合切断



炭化水素生成反応　$C_6H_{12}O_6 + 8H_2 \rightarrow 2C_3H_8 + 6H_2O$

水素生成反応（水相改質）　$C_6H_{12}O_6 + 6H_2O \rightarrow 6CO_2 + 12H_2$

投入する糖からの水素を使える
外部からの水素投入は不要

2023 The Sekine Group.@Waseda Univ.

今後の予定

- 早大が新規触媒開発と解析・計算化学援用による開発
- 高知大（２研究室）が新規触媒開発と反応メカニズム解析
- 高知県が高知大・早大と連携して高知県内での実証へ
- クボタが高知大・早大と連携して秋田県内での実証へ









2023 The Sekine Group.@Waseda Univ.

2023年度
第4回業務委員会
資料№2-4

「炭酸ガスからのLPガス直接合成法」

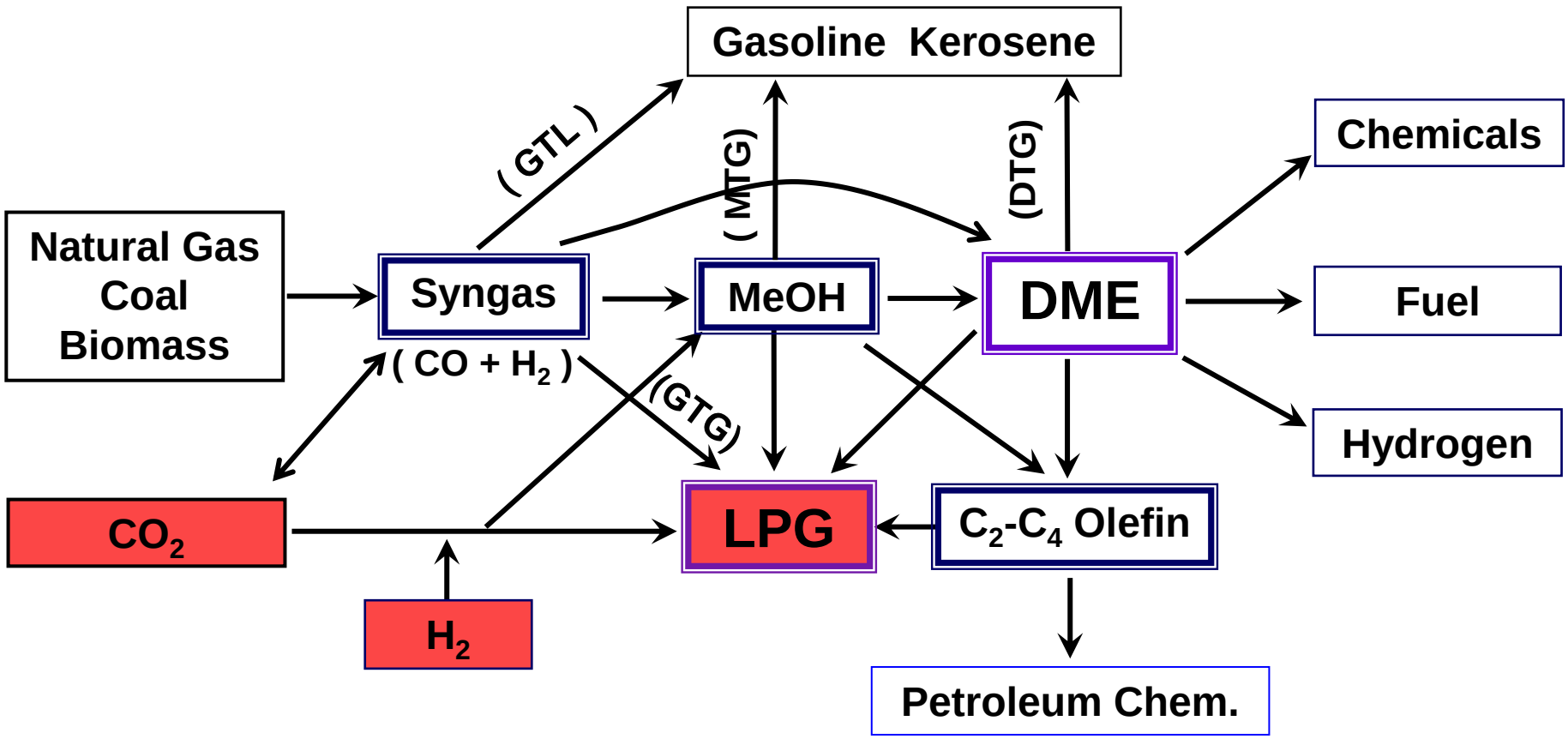
「地域」と歩む　「環境」を育む　「世界(地球)」とつながる

北九州市立大学
THE UNIVERSITY OF KITAKYUSHU

２０２３年 １０ 月３０日

環境技術研究所Green LPG研究室
（HiBD研究所）
藤元　薫

C1化学燃料合成システム



「中間冷却（ITC）式多段LPガス直接合成法」開発の目指すところ

基盤技術

・HiBD研究所藤元らは2005年頃よりCO+H2（合成ガス）からLPガス成分（プロパン、ブタン、特にイソブタン）を温和な条件で高収率に得る特殊触媒を開発。
・触媒は1,000時間以上の寿命があり、再生することで長期間の運転が可能。
・この触媒で、日産１ｋｇのＬＰガスを生産するベンチプラントの稼働実績と安定運転は実証済。
・生産物はイソブタンとなるが、操作法の工夫により、プロパン、ブタンの生成も可能。
・技術改良によりCO2からのＬＰガス合成も可能であり、改良２段反応器で実証を行う。

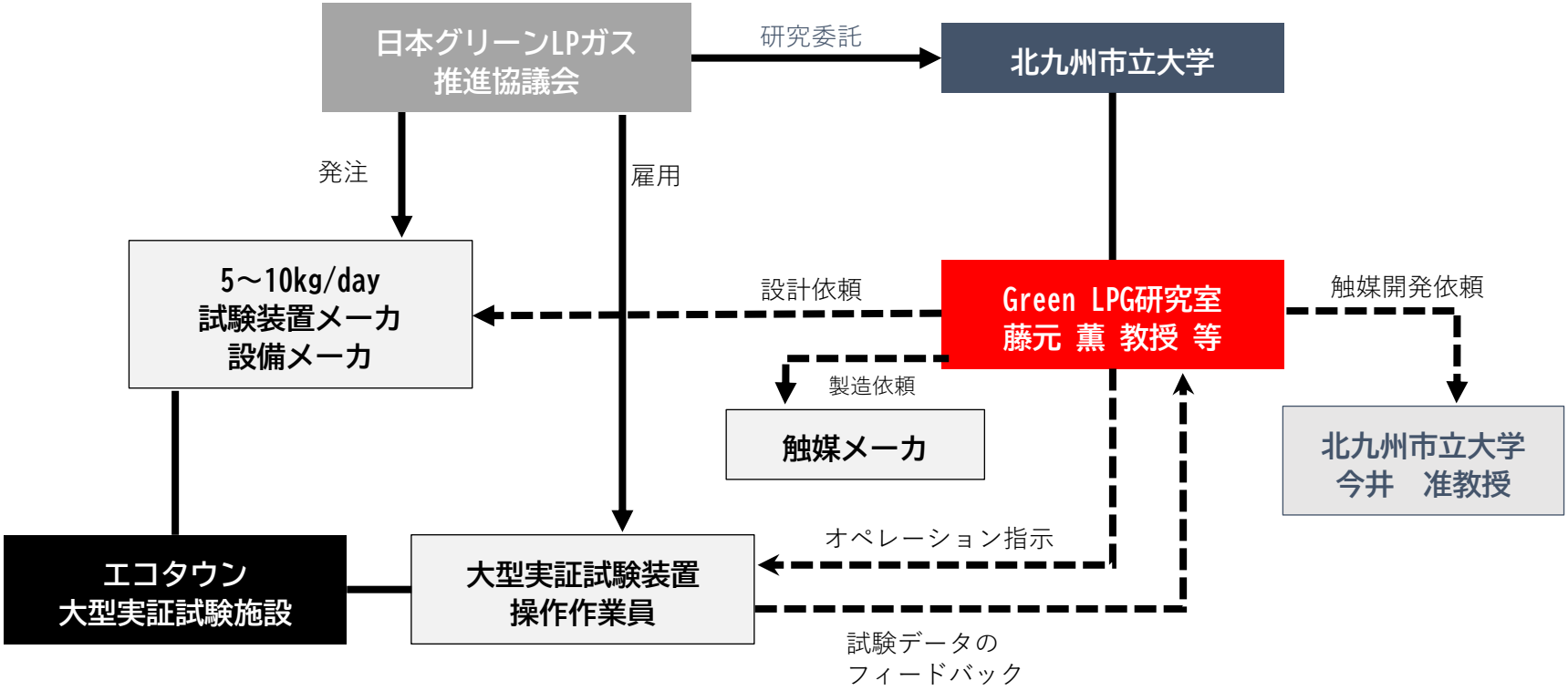
研究開発の目的

・上記基盤技術をベースに、低炭素化LPガス合成技術の開発を目的に炭酸ガスと水素からLPガスを合成する技術を開発する。（北九州市立大学環境技術研究所内に「Green LPG研究所」を設立）
・合成ガスからのLPガス合成に関する技術情報を整理体系化し、今後の技術開発の基盤を確立する。
・研究所の活動により、炭酸ガス、グリーン水素からプロパンを主体とするLPガスを高効率で合成するプロセスを開発する。

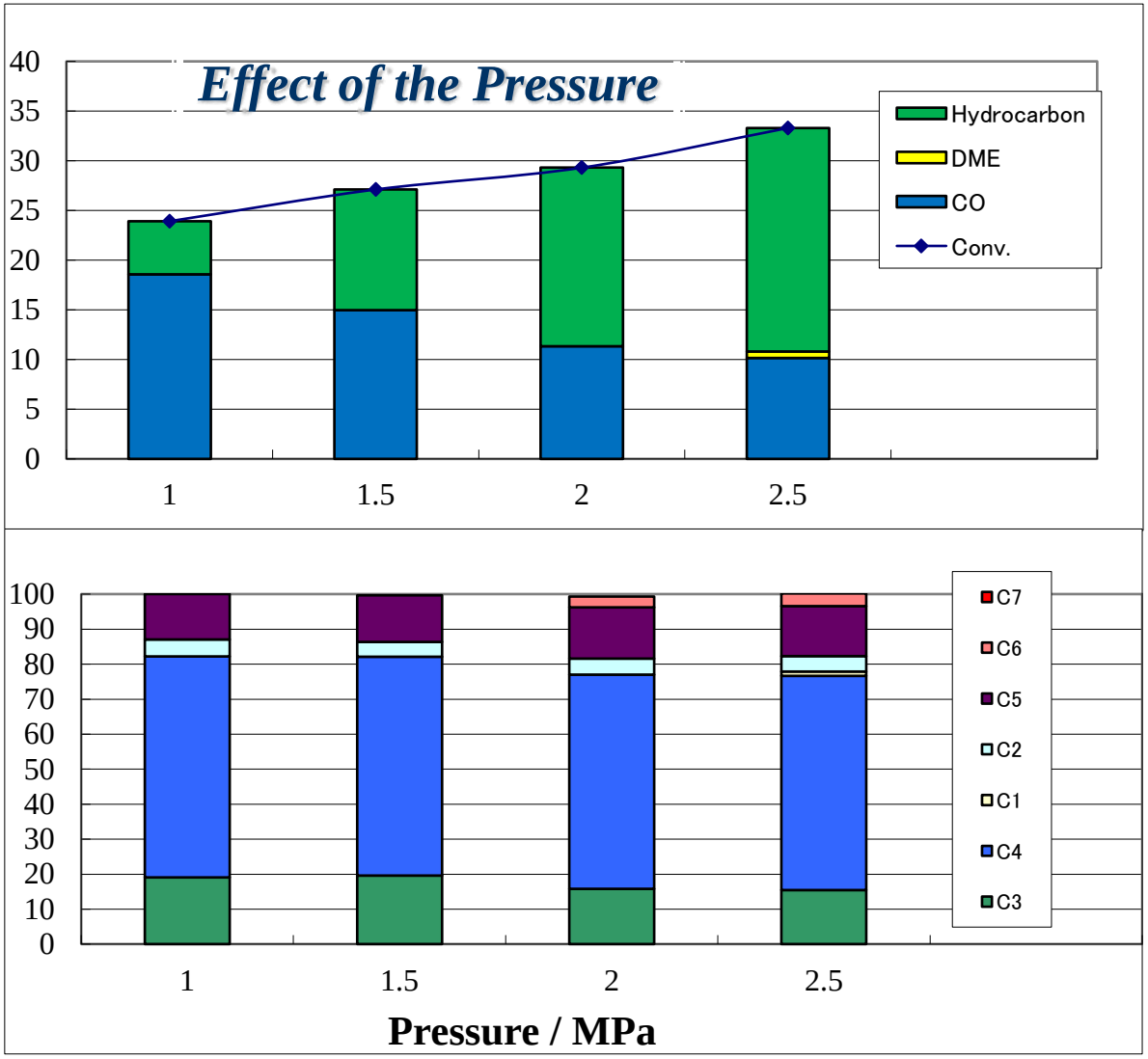
研究開発の現状

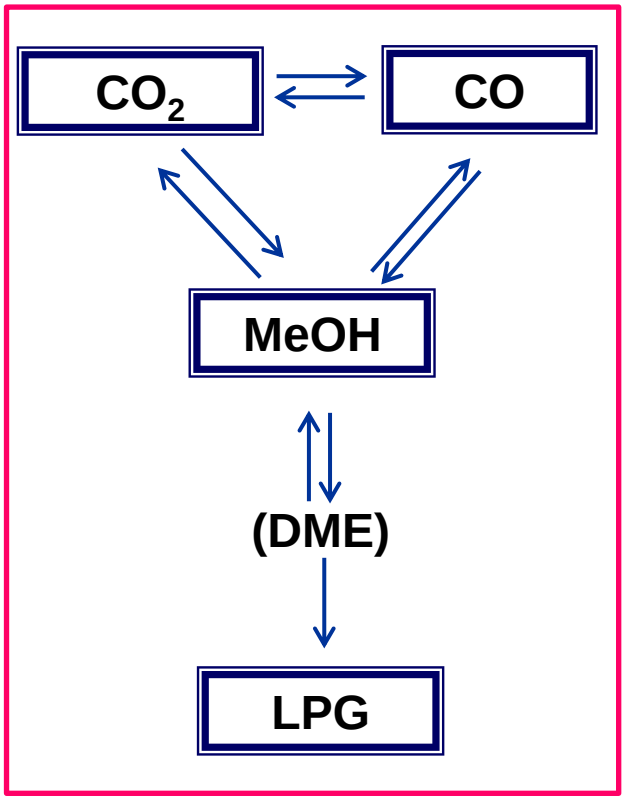
・炭酸ガスの水素化LPガス合成に関する技術的問題点の解明を行う。反応はメタノール合成触媒とメタノール（又はDME）の水素化重合触媒とのハイブリッド触媒（藤元オリジナル）であり、その反応経路と速度を明確化した。
・CO2の水素化では触媒の活性劣化が可逆的、非可逆的に起こる。発生理由は反応の際の副産物である水と水素化重合触媒上のコーク生成であることが解明されている。
・解決策として、反応中に生成する水蒸気を除去するインタークーラー（ICL）を設置した反応器を設計製作し、運転を開始している。（3MPa、500℃）
・合成ガスからのLPガス製造ベンチプラントに関する情報収集。

LPガス多段合成プロジェクト推進チーム



炭酸ガスからのLPG合成(反応システム)



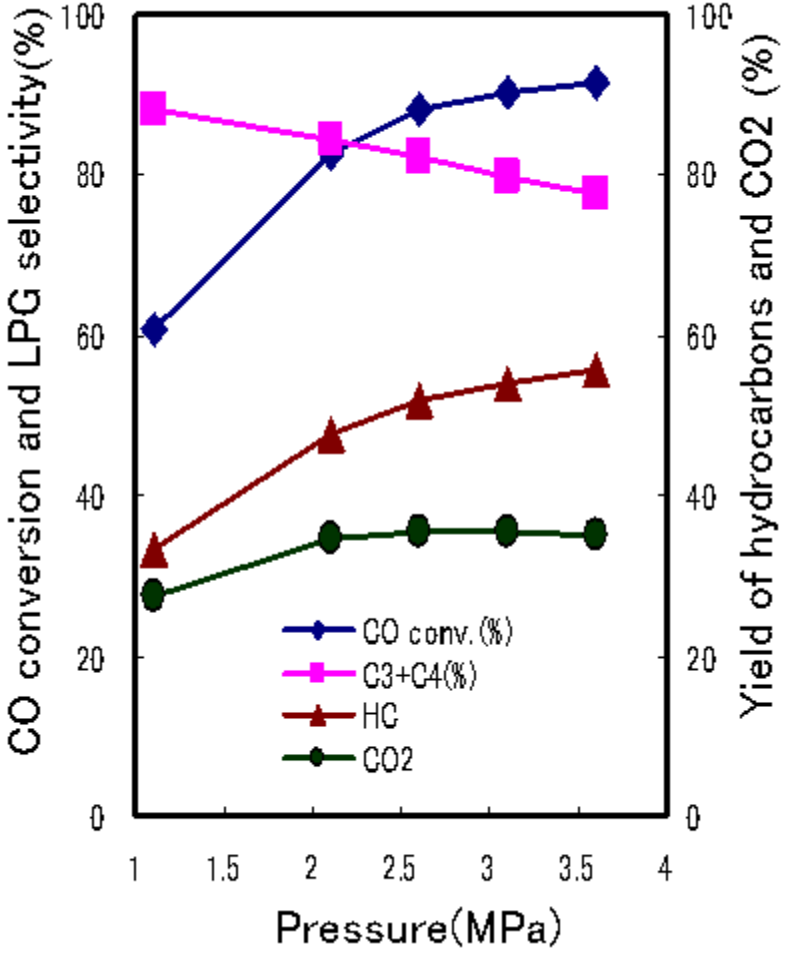


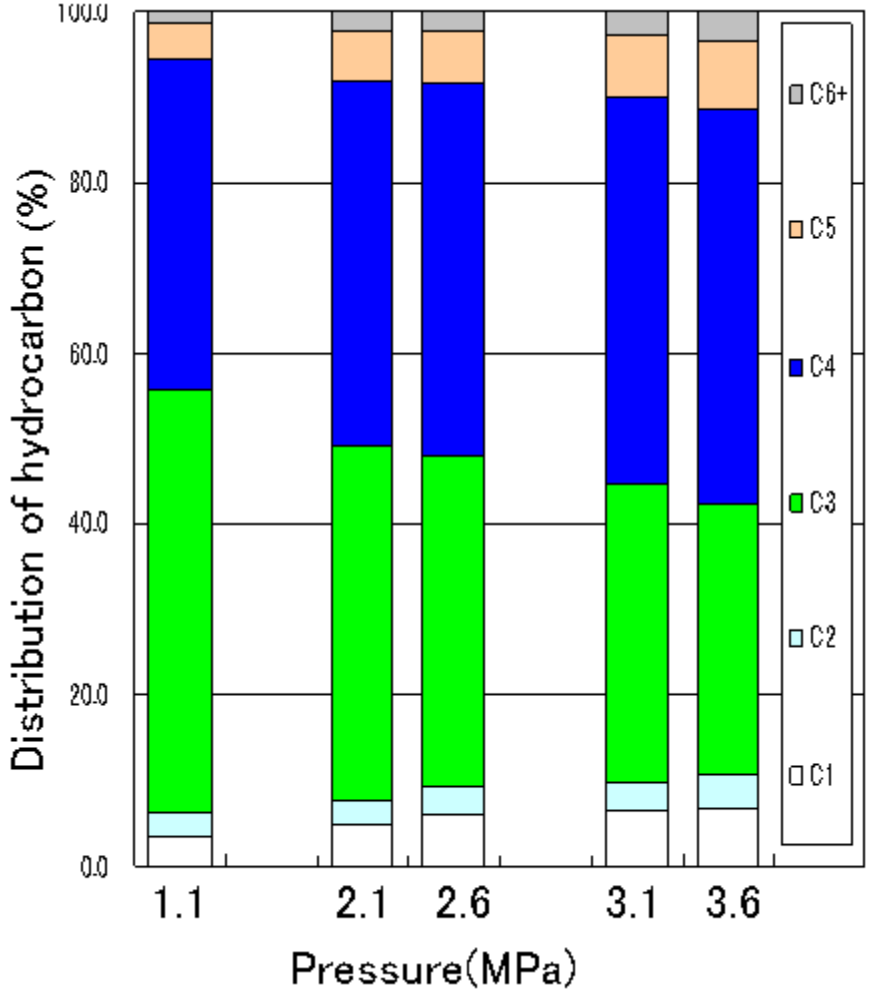
Reaction Route

T---260 °C, 2MPa, H2/CO2=5,Flow---40ml/min

Japan Gas Synthesis CO. LTD, Japan

圧力効果(Cu-Zn/β－ゼオライト)

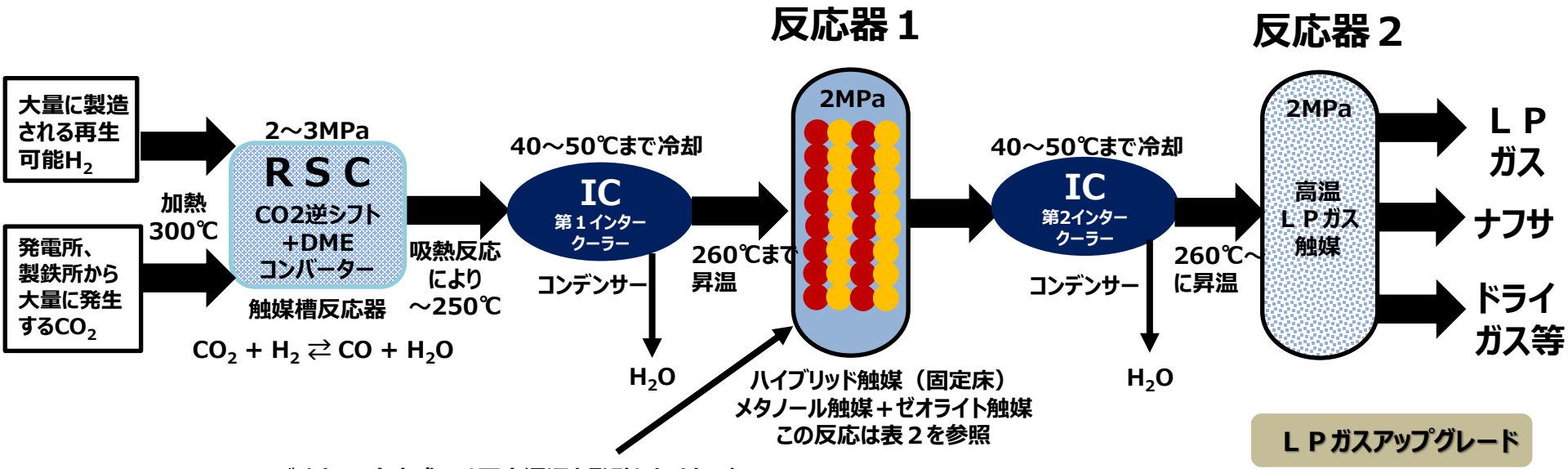




Reaction conditions: 320°C, 8.9 g.h/mol, 64.4%H_2/28.4CO/4.1%CO_2/3.1%Ar

内部冷却（ICR）式多段LPG合成法

炭酸ガスと水素からLPガスを１００%近い収率で直接合成する新反応プロセスの開発



CO_2反応率　：　95%
ＬＰガス収率　：　90%
ドライガス収率：　3%
（C_1&C_2パラフィン）
ナフサ収率　：　2%
CO_2　：　1～2%
（いずれも炭素基準）

ＬＰガスアップグレード

アップグレードコンバーター

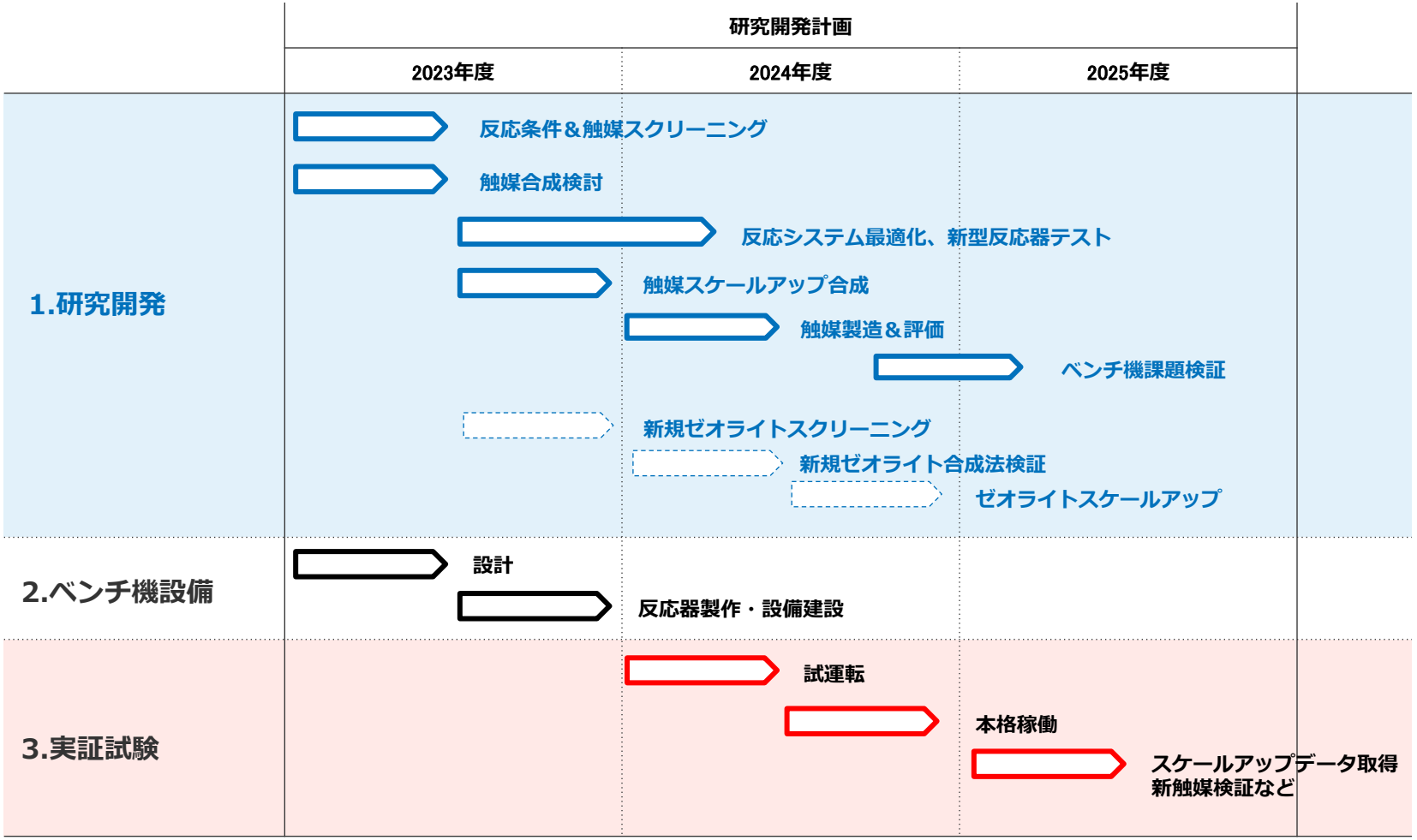
$i\text{-}C_4 \rightarrow n\text{-}C_4$　異性化
ナフサ　→　C_3、C_4分解



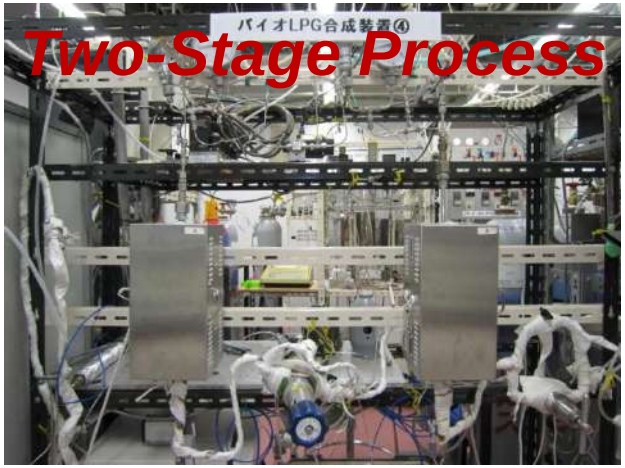
稼働を開始した
Green LPG
二段反応装置

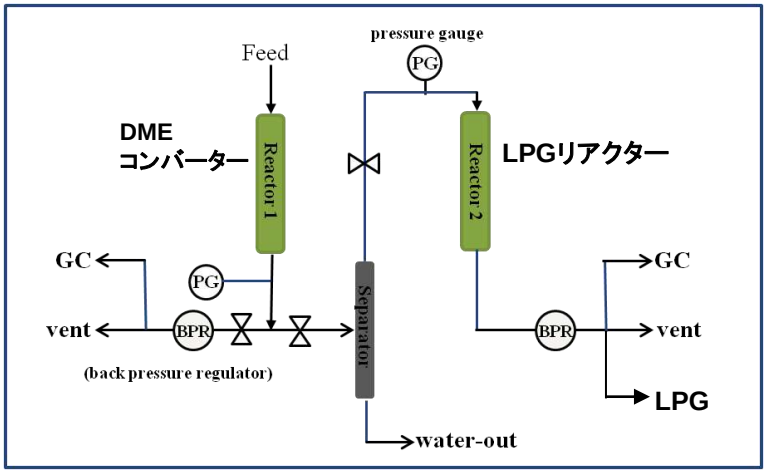
北九州市立大学
Green　LPG研究室

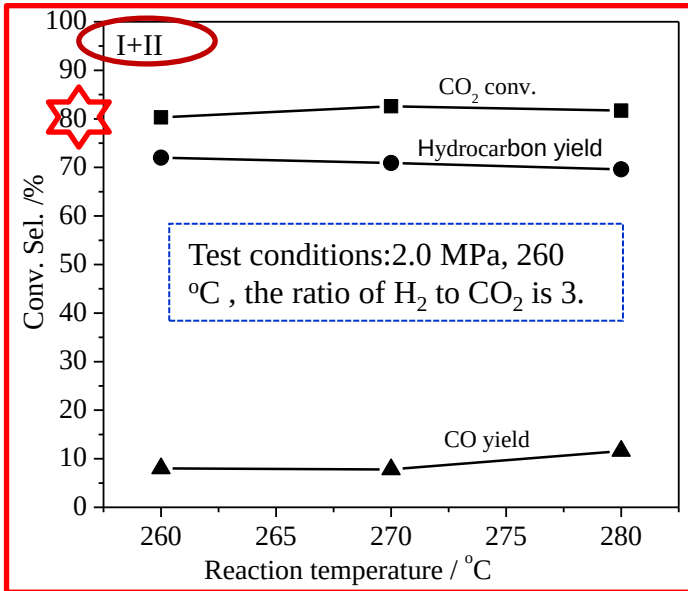
開発スケジュール

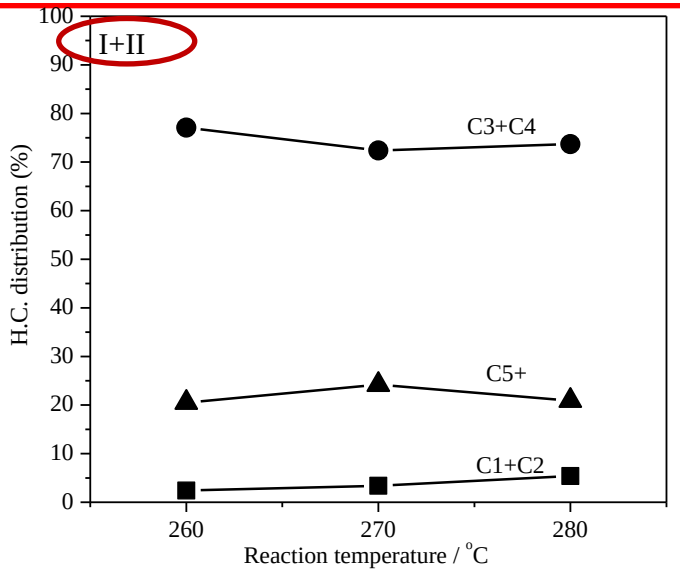

研究開発計画
2023年度
2024年度
2025年度
1.研究開発
反応条件＆触媒スクリーニング
触媒合成検討
反応システム最適化、新型反応器テスト
触媒スケールアップ合成
触媒製造＆評価
ベンチ機課題検証
新規ゼオライトスクリーニング
新規ゼオライト合成法検証
ゼオライトスケールアップ
2.ベンチ機設備
設計
反応器製作・設備建設
3.実証試験
試運転
本格稼働
スケールアップデータ取得
新触媒検証など

炭酸ガスからのLPG合成 (DMEコンバーター付2段プロセス)







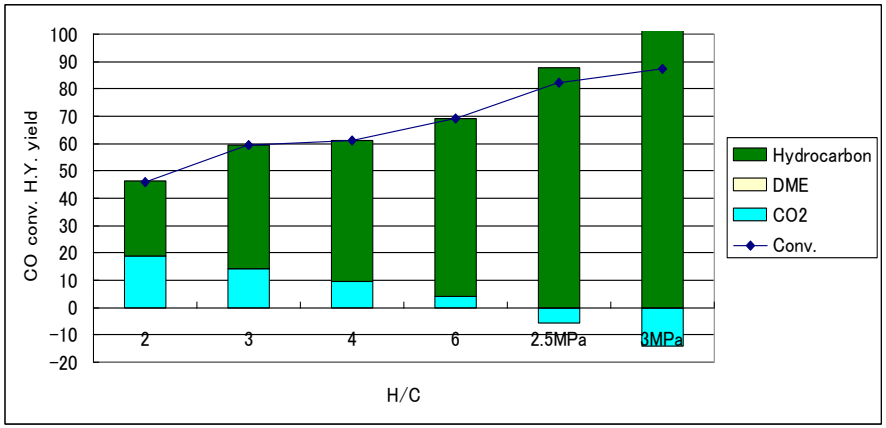


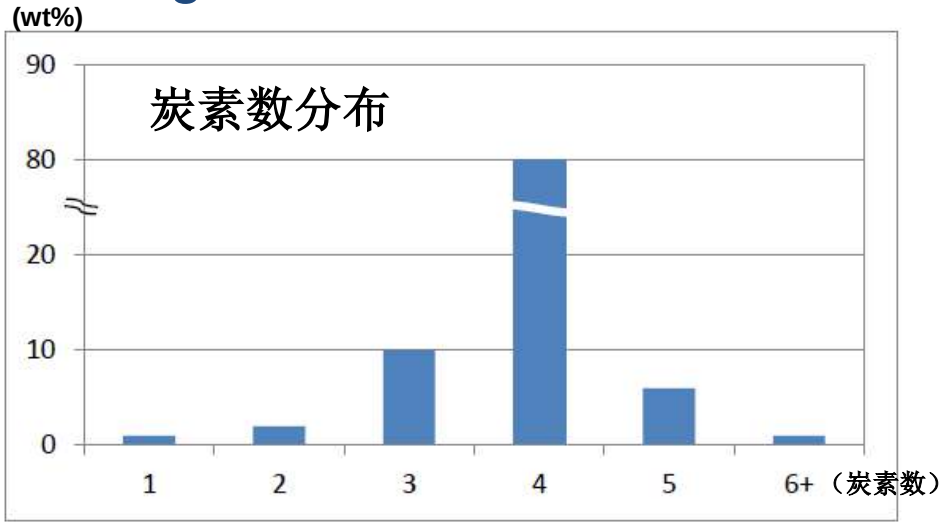
CO2 Conv.: ~80%; LPG Sel.: >75%

高効率合成法の確立

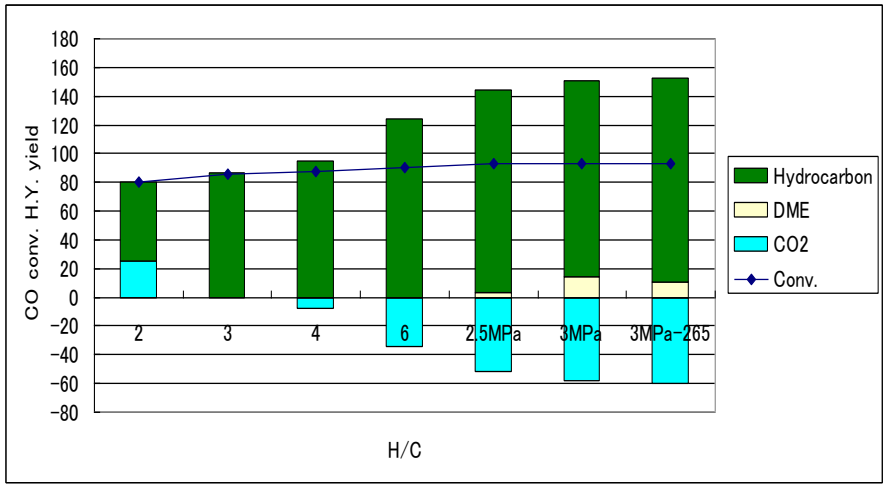
One stage vise two stage reactor

One stage





2 stage



燃焼試験



反応条件、T=２６０℃、W/F=20 h.g/mol, H2/C---mol/mol.

Feedgas: CO/CO2/Ar—16.1/ 15.98/3.03

社会実装に向けて解決すべきこと（需給の課題）

水素の調達先

・洋上風力の再生可能電力からの水電解水素の製造
・海外から経済性の高い水素の輸入

→ 安定的で安価な水素調達は大きな課題

- 太陽光発電、バイオマス発電や、バイオ或いはその他地場産業から発生するブルー、グレーな水素にカーボンクレジットを付加
- その他の地場産業から発生する水素には、産業廃棄物処理場、焼却炉、コークス製造、製紙工場のリグニン（黒液）から生成する水素やソーダ工場の廃水素、石油精製過程で生成する水素に加え、メチルシクロヘキサン、アンモニア、DME等の水素キャリアから転換する水素の調達

二酸化炭素の大規模排出先

・製鉄、電力
・化学工場、窯業、セメント等

→ 二酸化炭素の排出を全てCCS、CCUSで処理することは不可能

- リサイクルCO_2もコストが大きな課題。CO_2は廃棄物と認識すれば、無償或いは逆有償で回収／調達する検討も必要。
- CO_2排出先にグリーンLPガス合成装置をオンサイトで設置し、配管でCO_2を供給するのが合理的でありCO_2排出企業との連携が必要。

製造面での条件整備

・大型化設計を可能にする技術集積のあるプラントメーカーの参画。
・スケールアップには、更に国レベルの技術開発補助が必要。
・多様化のためにはバイオ資源を原料とした地産地消型の設備普及も要検討。
・グリーンLPガスの製造を支える投資先の確保。
・海外でのグリーンLPガス製造の検討。

販売面での条件整備

・水素と二酸化炭素からのLPガス合成はプロパン（C_3H_8）／ブタン(C_4H_{10})が混合生成される。
・若干量のメタン、エタンとC_5以上の成分も同時に生成。
・この成分のプロパン、ブタン分離の可能性を検討すると共に、混合成分が使える用途の開発が必要。
・実際の需要と製品品質に適合した最適な基準・規格の整備。

New Energy and Industrial Technology Development Organization

研究開発内容

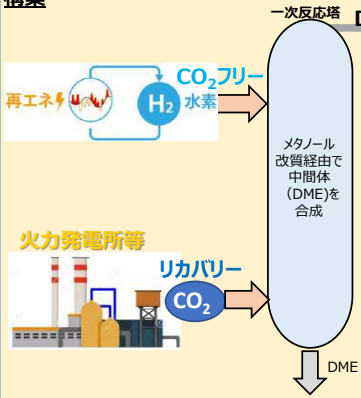
＜概　要＞ CO_2からのカーボンリサイクルLPガス合成技術の研究開発

＜事業期間＞2022年4月～2025年2月

＜委託先＞ 日本グリーンLPガス推進協議会／産業技術総合研究所／エヌ・イー ケムキャット

2023年度
第4回業務委員会
資料№2-5

研究開発項目①：CO_2等からの中間体合成方法の検討及びプロセスシミュレーションの構築



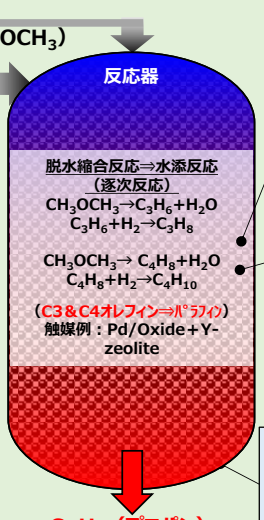
研究開発テーマの革新性

- C_3H_8、C_4H_{10}を選択性高く，高収率にカーボンリサイクルLPガスを二段触媒反応システムで製造
- 工程の最適化により将来的には一つの反応器で二段触媒反応によるカーボンリサイクルLPガスの製造もでき，未反応DMEも有効に活用

研究開発テーマの従来技術や競合技術に対する優位性

・再エネ水素とCO,CO_2から直接プロパン，ブタンを合成する技術と比較し，含酸素物質であるメタノール・DMEを経由することで，従来より省水素で効率的かつ高収率でプロパン，ブタンが合成可能

研究開発項目②中間体からのプロパン・ブタン製造



研究開発項目②-1：触媒・反応器設計
・脱水縮合触媒及び水素化触媒の探索
・最適反応条件の探索
・触媒仕様の最適化（ハニカム適用など）
[技術課題]目的生成物であるLPG（C_3H_8/C_4H_{10}）の収率制御が不十分.

フィードバック

研究開発項目②-2：触媒改良とプロセス設計
・脱水縮合反応＋水素化反応の最適化
・ラボスケール反応器による反応検証・課題抽出と項目②-1へのフィードバック
[技術課題]コーキング対策等

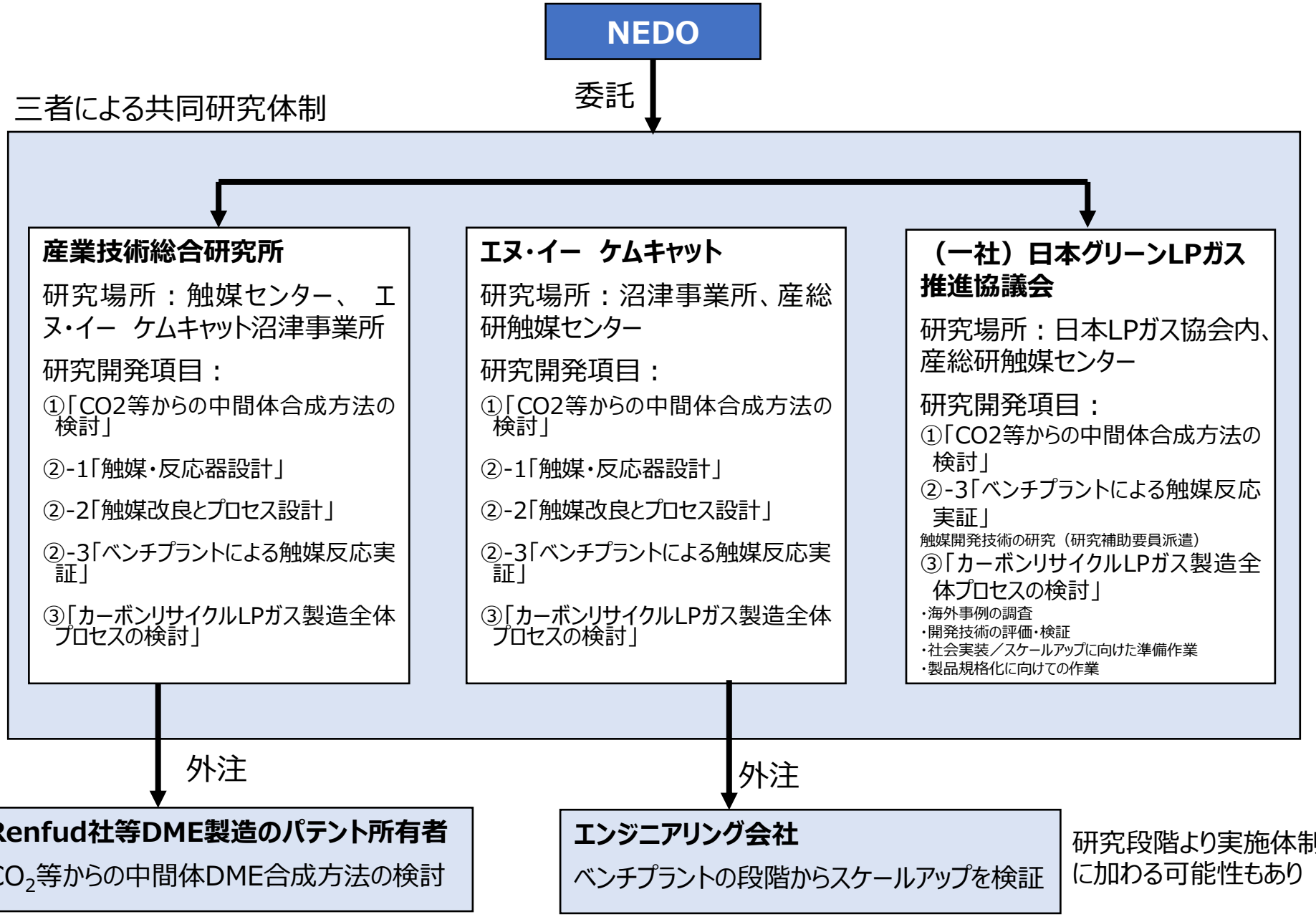
フィードバック

研究開発項目②-3：ベンチプラントによる触媒反応実証
・ベンチプラント（10kg/日程度）による触媒反応実証試験による課題抽出と項目②-1及び②-2へのフィードバック
[技術課題]除熱，選択性及び収率，並びに耐久性の向上

研究開発項目③：カーボンリサイクルLPガス製造全体プロセスの検討
既存プロセスと融合したCO2等からの中間体を経由するカーボンリサイクルLPガス間接合成法全体プロセス技術の検討
[技術課題]既存技術・プロセスとのシステム最適化

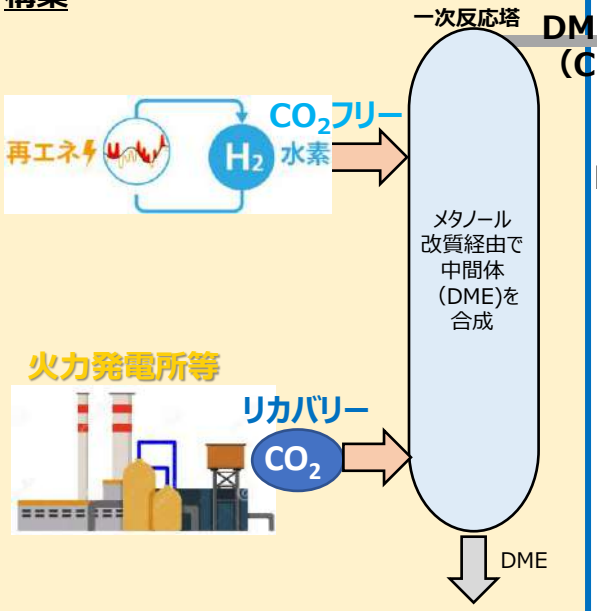
＜実施内容＞
本研究では、CO_2と水素から生産されたDMEを中間体として各種触媒反応と合成プロセスによって同プロパン、ブタンを製造し消費者に提供することを目指す。
技術課題①　：　CO2等からの中間体合成方法の検討
技術課題②　：　中間体からのプロパン・ブタン製造技術の開発
技術課題③　：　カーボンリサイクルLPガス製造全体プロセスの検討

① プロジェクトチームの概要



② 反応技術の概要(研究開発項目)

研究開発項目①：CO_2等からの中間体合成方法の検討及びプロセスシミュレーションの構築



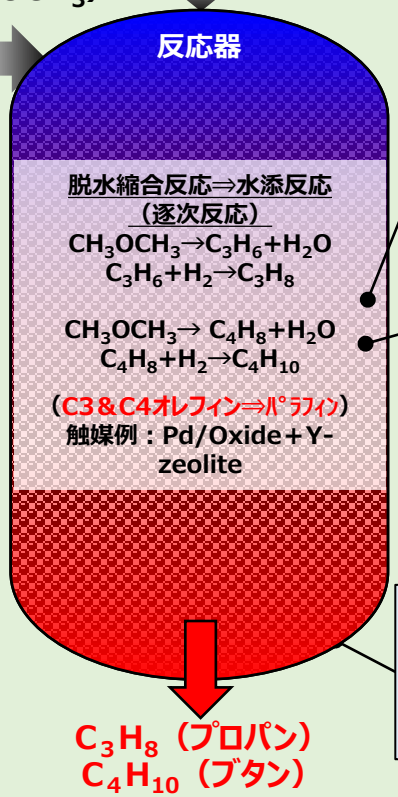
研究開発テーマの革新性

- C_3H_8、C_4H_{10}を選択性高く，高収率にカーボンリサイクルLPガスを二段触媒反応システムで製造
- 工程の最適化により将来的には一つの反応器で二段触媒反応によるカーボンリサイクルLPガスの製造もでき，未反応DMEも有効に活用

研究開発テーマの従来技術や競合技術に対する優位性

・再エネ水素とCO,CO_2から直接プロパン，ブタンを合成する技術と比較し，含酸素物質であるメタノール・DMEを経由することで，従来より省水素で効率的かつ高収率でプロパン，ブタンが合成可能

研究開発項目②中間体からのプロパン・ブタン製造



研究開発項目②-1：触媒・反応器設計
・脱水縮合触媒及び水素化触媒の探索
・最適反応条件の探索
・触媒仕様の最適化（ハニカム適用など）
[技術課題]目的生成物であるLPG（C_3H_8/C_4H_{10}）の収率制御が不十分.

フィードバック

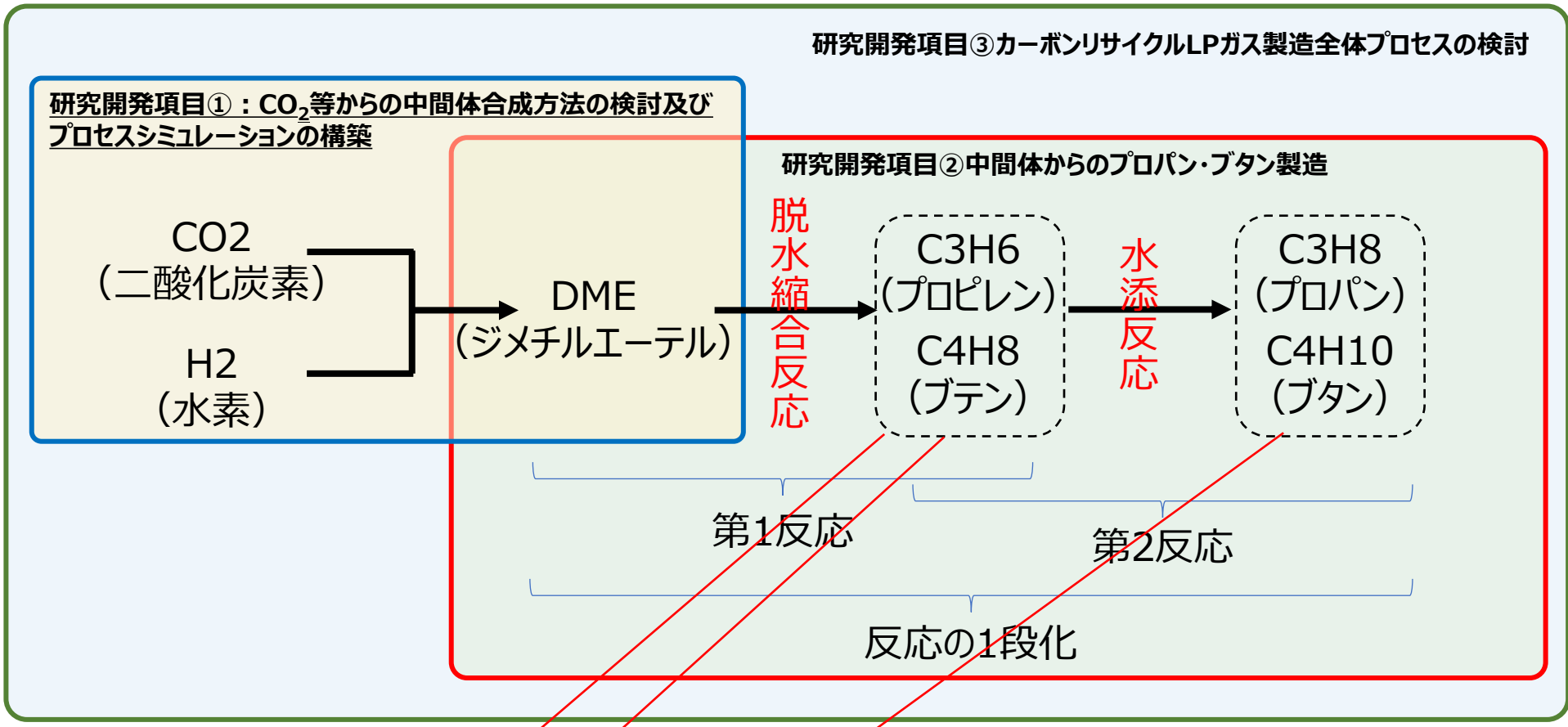
研究開発項目②-2：触媒改良とプロセス設計
・脱水縮合反応＋水素化反応の最適化
・ラボスケール反応器による反応検証・課題抽出と項目②-1へのフィードバック
[技術課題]コーキング対策等

フィードバック

研究開発項目②-3：ベンチプラントによる触媒反応実証
・ベンチプラント（10kg/日程度）による触媒反応実証試験による課題抽出と項目②-1及び②-2へのフィードバック
[技術課題]除熱，選択性及び収率，並びに耐久性の向上

研究開発項目③：カーボンリサイクルLPガス製造全体プロセスの検討
既存プロセスと融合したCO2等からの中間体を経由するカーボンリサイクルLPガス間接合成法全体プロセス技術の検討
[技術課題]既存技術・プロセスとのシステム最適化

③　目標値と現状（2023.9末現在；中型反応装置）



項目	目標	現状
DME→炭化水素収率	85％	＞85％（高沸点炭化水素も含む）
C3/C4選択率	82％	61％（現段階での最高値）
C3/C4収率	70％	59％

④ 進捗状況（2023.9末現在）

研究開発項目

2022年度 / 2023年度 / 2024年度

第1四半期 / 第2四半期 / 第3四半期 / 第4四半期 / 第1四半期 / 第2四半期 / 第3四半期 / 第4四半期 / 第1四半期 / 第2四半期 / 第3四半期 / 第4四半期

① CO_2等からの中間体合成方法の検討

- ・CO_2とH_2からのDME合成プロセスに関する既存技術のレビュー
- ・CO_2とH_2を原料とするDME合成プロセスの設計及びプロセスシミュレーションの構築
- ・プロセスシミュレーションによるDME合成反応の収率の最適化と研究開発項目②に引き渡すアウトプットの明確化
- ・研究開発項目②と連携可能な全体プロセスシミュレーションの構築
- ・CO_2とH_2からのDMEを経由するLPガス合成全体プロセスシミュレーションの完成と評価

② 中間体からのプロパン・ブタン製造技術の開発

1) 触媒・反応器の設計
- ・脱水縮合反応の探索と条件出し
- ・水素化触媒の探索と条件出し
- ・DME合成模擬ガス条件による評価

☆触媒仕様の決定

2) 触媒改良とプロセスの設計
- ・脱水縮合触媒と水素化触媒の融合
- ・仕様のファインチューニング
- ・調製条件最適化

☆反応方式の決定（1段or2段）

3) ベンチプラントによる触媒反応の実証
- ・10kg/日に向けた反応条件の最適化
- ・総合効率向上に向けた最適化（ｶﾞｽﾘｻｲｸﾙなど）
- ・長時間運転実施／ライフ確認

大型反応器設計

自治体認可手続き☆発注

☆納入

③ カーボンリサイクルLPガス製造全体プロセスの検討

- ・LPガスのグリーン化に関する海外事例の調査と開発される技術の評価・検証
- ・カーボンリサイクルLPガスの市場導入・社会実装に向けた具体的準備計画
- ・スケールアップ時の課題抽出
- ・プロセスシミュレーションによる全体プロセスの最適化

⑤ 技術課題

・全体プロセスのシミュレーション構築
・コスト試算

研究開発項目③カーボンリサイクルLPガス製造全体プロセスの検討

研究開発項目①：CO_2等からの中間体合成方法の検討及びプロセスシミュレーションの構築

CO2
（二酸化炭素）

H2
（水素）

DME
（ジメチルエーテル）

研究開発項目②中間体からのプロパン･ブタン製造

脱水縮合反応

C3H6
（プロピレン）
C4H8
（ブテン）

水添反応

C3H8
（プロパン）
C4H10
（ブタン）

第1反応

第2反応

反応の1段化

・中間体からのプロパン･ブタン製造プロセスのシミュレーション構築がやや遅延
（半導体不足による実験装置実稼働開始遅延の影響）

・模擬ガスによる個別反応の最適化は良好に進捗も，実ガスでは収率・選択率共に改善の余地あり

⑥ 技術課題を解決するのに必要な政府・業界への要望、他産業との連携等

■政府・業界への要望

- 本件のような検討を行う際に、早期の実験評価開始のため、またシステムの24h稼働評価のため、高圧ガス保安法と安全関係に対応した特区、あるいは評価設備施設を準備戴けると有難い。

■他産業との連携

- 詳細なプロセスシミュレーションによる実証プラント設計が必要。
- プロセス社会実装のため、エンジニアリング企業との連携が必要。

■その他

⑦ 将来の社会実装フェーズのイメージ(詳細は日本LPガス協会より北九州のプレゼンで発表予定)

＜ご参考＞グリーンLPガス開発のロードマップ

基礎・先導研究 → 実用化に向けた研究 → 社会実装に向けた研究の本格化 → 社会実装（大規模生産化） → CN社会の実現

政府からの支援（GX経済移行債等）

火力発電所、下水汚泥等からの
CO_2回収
グリーン水素の供給

ベンチプラント

大型試験装置による実証研究
（5～10kg/日）

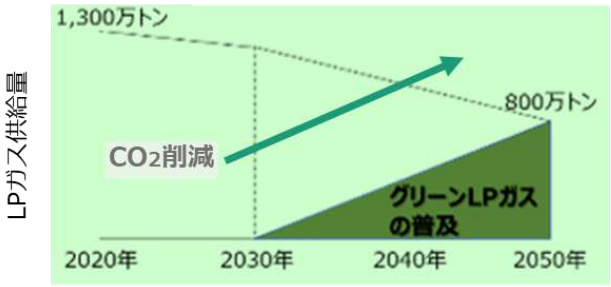
実証プラント建設
（100kg/日）

商用化プラント稼働（社会実装）
（10t～100t/日）

トランジション対応（省エネ化、CNLPG促進、流通合理化 等）

2021～2022年　2023年　2024年　2025年　2030年　2040年　2050年

【供給量とグリーンLPガス普及イメージ】



＜ご参考＞グリーンLPガス社会実装イメージ

