2019年度NEDO次世代電池・水素成果報告会

発表No.H2-7

「水素社会構築技術開発事業／大規模水素エネルギー利用技術開発／有機ケミカルハイドライド法による未利用エネルギー由来水素サプライチェーン実証 」

次世代水素エネルギーチェーン技術研究組合
遠藤　英樹
2019年7月19日

連絡先
次世代水素エネルギーチェーン技術研究組合
E-mail:info@ahead.or.jp
TEL:045-225-7159

1. 期間

開始 ：2015年7月
終了（予定）：2021年2月

●実施体制および分担等

NEDO
AHEAD

2. 最終目標

実施項目	最終目標（2020年度）
①水素化ﾌﾟﾗﾝﾄ	✓ 商業規模ﾌﾟﾗﾝﾄにおいても、良好な収率を得つつ長期安定運転を可能とする基盤技術の開発 ✓ 上記検証結果を反映したﾌﾟﾗﾝﾄを設計・施工、実機での性能検証 ✓ 商業ﾌﾟﾗﾝﾄに適用する際の課題抽出・対応策検討
②脱水素ﾌﾟﾗﾝﾄ	✓ 商業規模ﾌﾟﾗﾝﾄにおいても、良好な収率を得つつ長期安定運転を可能とする基盤技術の開発 ✓ 上記検証結果を反映したﾌﾟﾗﾝﾄを設計・施工、実機での性能検証 ✓ 商業ﾌﾟﾗﾝﾄに適用する際の課題抽出・対応策検討
③ｻﾌﾟﾗｲﾁｪｰﾝ	✓ 水素ｻﾌﾟﾗｲﾁｪｰﾝの商業運用を可能とする基盤技術の開発 ✓ 構築された水素ｻﾌﾟﾗｲﾁｪｰﾝの性能検証 ✓ 商業ｻﾌﾟﾗｲﾁｪｰﾝを設計・構築・運用するためのﾉｳﾊｳ・知見の蓄積

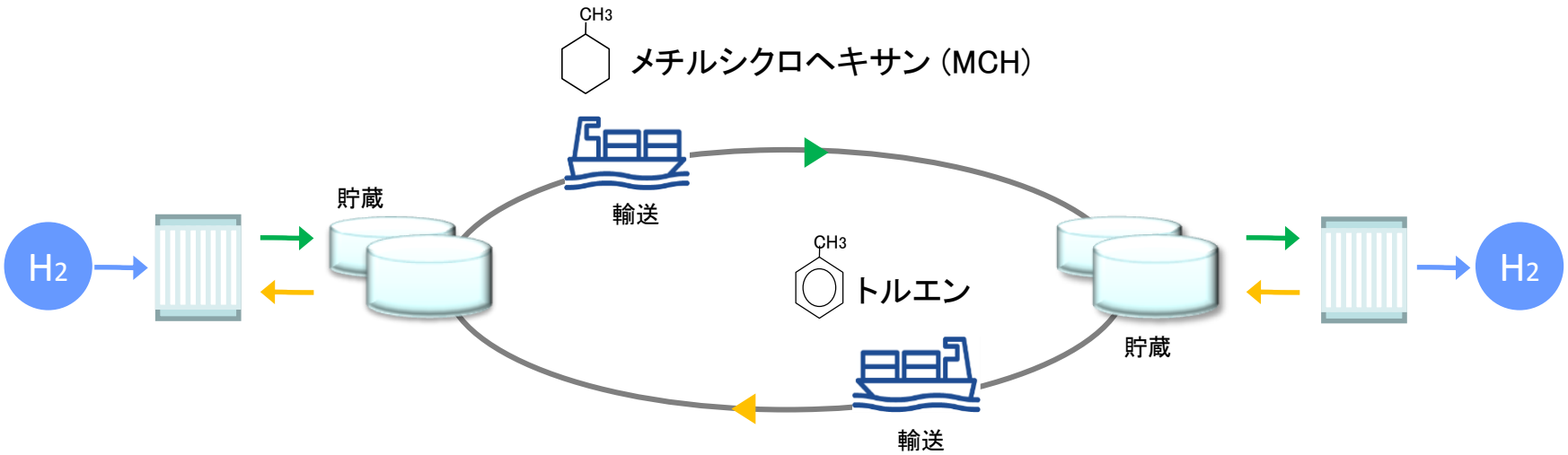
3.成果・進捗概要

実施項目	成果内容	自己評価 (2019.3末時点)
①	反応器スケールアップ，不純物除去設備仕様の項目について、シミュレーション・実験により商業規模プラントでの設計手法もしくは技術基盤を確立。	△ (2021.2に達成予定)
②	反応器スケールアップ，負荷追従性，水素純度，触媒商業生産の項目について、シミュレーション・実験により商業規模プラントでの設計手法もしくは技術基盤を確立。	△ (2021.2に達成予定)
③	商用トルエン運転，サプライチェーン検討，発電燃料供給仕様の項目において、シミュレーション・実験により実用性・信頼性を備えたサプライチェーン構築に資する技術基盤を確立。	△ (2021.2に達成予定)

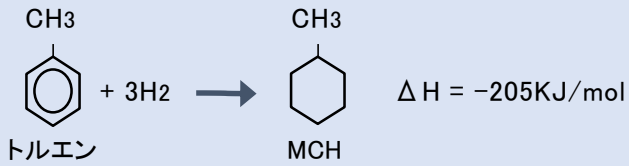
水素をトルエンに化学的に結合させ、メチルシクロヘキサン（MCH）を生成し、常温常圧の状態で輸送・貯蔵

- **水素供給地にてトルエンに水素を化学的に結合（水素化反応）**
- **水素を需要地にてMCHより取り出し供給（脱水素反応）**

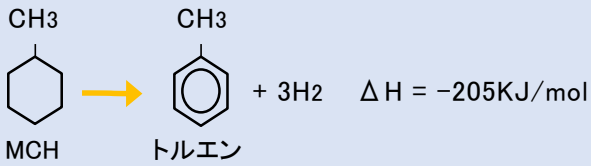
⇒常温常圧で液体のためハンドリングが容易、また、石油・石化製品の輸送に使用される既存インフラ(ケミカルタンカー、タンク等)の利用が可能



水素化反応



脱水素反応



最大水素輸送能力210トン/年（燃料電池自動車フル充填 約4万台相当）の水素サプライチェーンを1年間（2020年1月～12月）にわたり実証運用

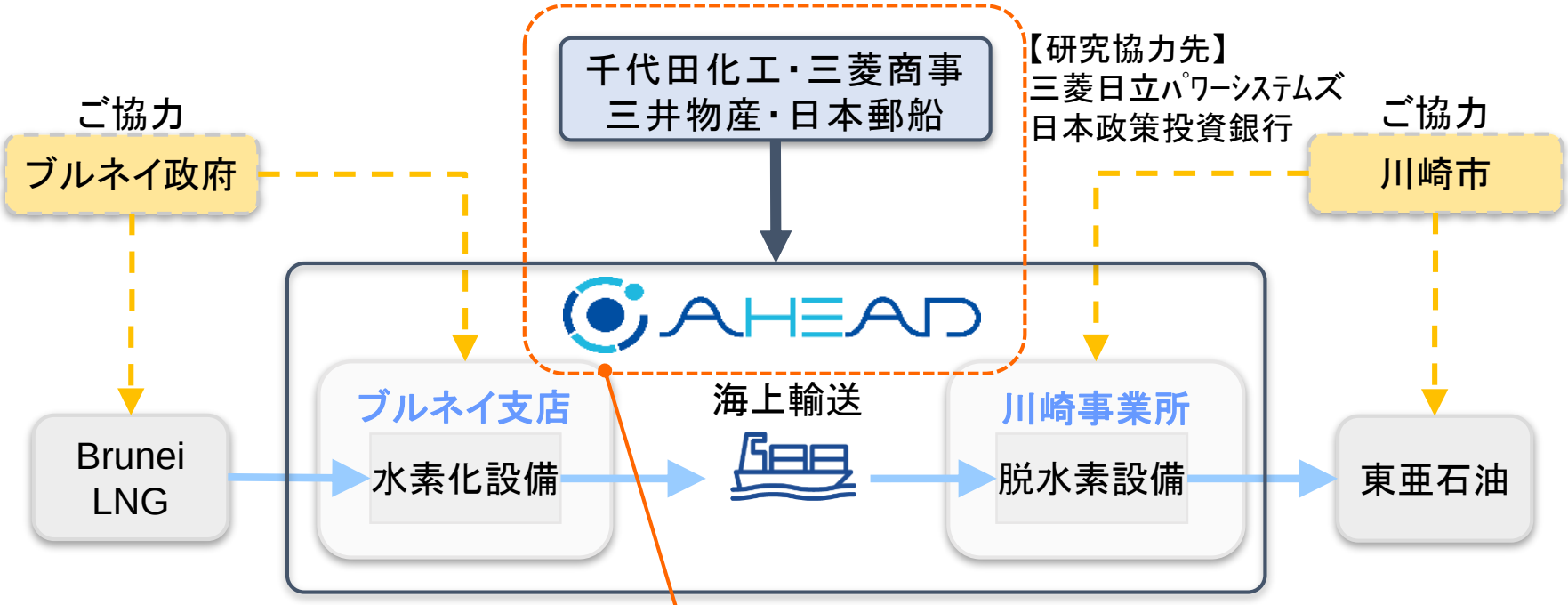
水素輸送能力	フル稼働時　210 トン/年
チェーン運用期間	2020年1月 – 12月 の1年間を予定
水素供給源	LNGプラントのプロセス発生ガスから水蒸気改質により水素製造（ブルネイ・ダルサラーム国）
水素供給先	火力発電設備の燃料用途等 (川崎臨海部)
輸送方法	ISO タンクコンテナ (コンテナ船 / トラック輸送)

◆研究開発のスケジュール

作業		1期		2期			
		2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
水素化	基盤技術検証	反応器スケールアップ検証 不純部除去設備の仕様検討					
	プラント設計、設計検証		水素化プラント設計・設計検証				
	水素化プラント 個別運転検証			機器資材調達 工事 試験計画立案		試運転	チェーン実証運用
脱水素	基盤技術検証	反応器スケールアップ検証 脱水素触媒の商業規模生産課題抽出 ／脱水素プラントの負荷追従性向上　等					
	プラント設計、設計検証		脱水素プラント設計・設計検証				
	脱水素プラント 個別運転検証			機器資材調達 工事 試験計画立案		試運転	チェーン実証運用
チェーン	基盤技術検証	商用トルエンを用いたデモプラント運転検証 発電燃料としての仕様明確化　等		発電燃料としての仕様明確化（追加分）			
	サプライチェーン運用設計				サプライチェーン設計（実証）		
	総合実証運用				トルエン調達、輸送・保管設備手配 試験計画立案 運転・運用データ分析、成果・知見取り纏め		チェーン実証運用

◆研究開発の実施体制

2017年8月　千代田化工建設、三菱商事、三井物産、日本郵船にて、
「**次世代水素エネルギーチェーン技術研究組合**」
（AHEAD：Advanced Hydrogen Energy Chain Association for Technology Development）
を設立



事業計画など、プロジェクトの根幹に関わる内容は**理事会**（理事は組合員各社から選出）・**組合員総会**にて決定
それに加え、隔週の**実務者会議**にて、情報共有＆協議を適宜実施

２．研究開発目標（研究開発目標と根拠）

項目	研究開発目標	根拠
① 水素化 プラント	•商業規模ﾌﾟﾗﾝﾄにおいても、良好な収率を得つつ長期安定運転を可能とする基盤技術の開発 •上記検証結果を反映したﾌﾟﾗﾝﾄを設計・施工、実機での性能検証 •商業ﾌﾟﾗﾝﾄに適用する際の課題抽出・対応策検討 個別テーマ例⇒商用規模の水素化設備の設計手法の確立。 不純物除去設備の設備仕様の明確化。等	以下の最終ｺﾞｰﾙの実現に向けて、水素ｻﾌﾟﾗｲﾁｪｰﾝ構築に必要な3要素（水素化ﾌﾟﾗﾝﾄ、脱水素ﾌﾟﾗﾝﾄ、ｻﾌﾟﾗｲﾁｪｰﾝ構築・運用）について、それぞれ商業化が可能な技術基盤の確立・検証が必要 最終ゴール 「水素発電の導入時の水素需要に対応可能な、安定的な大規模水素供給システムの確立」
② 脱水素 プラント	•商業規模ﾌﾟﾗﾝﾄにおいても、良好な収率を得つつ長期安定運転を可能とする基盤技術の開発 •上記検証結果を反映したﾌﾟﾗﾝﾄを設計・施工、実機での性能検証 •商業ﾌﾟﾗﾝﾄに適用する際の課題抽出・対応策検討 個別テーマ例⇒商用規模の水素化設備の設計手法の確立。 需要変動への対応方法の明確化。　等	
③ ｻﾌﾟﾗｲ ﾁｪｰﾝ 構築・運用	•水素ｻﾌﾟﾗｲﾁｪｰﾝの商業運用を可能とする基盤技術の開発 •構築された水素ｻﾌﾟﾗｲﾁｪｰﾝの性能検証 •商業ｻﾌﾟﾗｲﾁｪｰﾝを設計・構築・運用するためのﾉｳﾊｳ・知見の蓄積 個別テーマ例⇒商用ﾄﾙｴﾝによるﾁｪｰﾝｵﾍﾟﾚｰｼｮﾝの検討 最適な設備構成を検討する手法の確立　　等	

３．研究開発の進捗状況　（ブルネイプラント工事進捗）

駐車場およびタンクエリア

Utility エリア

Waterフラッシング

エアーブロー

モーター単体試験

保温工事

３．研究開発の進捗状況　（川崎脱水素プラント工事進捗）

新設エリア全景（東から西向き）

新設エリア全景（西から東向き）

新設配管ラック　配管サポート設置

注：現場写真は、東亜石油殿既設設備を一部マスキングしております。

3．研究開発の進捗状況（研究の成果と課題解決方法）

分類	開発項目	成果および課題解決方法		商業ﾁｪｰﾝでの活用			
		成果	課題解決方法	大規模化	需要適合	経済性	その他
①水素化プラント	水素化反応器スケールアップ	反応器スケールアップの設計手法を確立し、実証設備の反応器設計に反映。 実証設備でのデータ取得計画の策定。	①Shell側上部に気相部・Hot Spotが発生する可能性について対応策検討。②Tube側偏流について、ターンダウン時の性能維持を確認。	○			
	不純物除去設備の仕様検討	蒸留設備の設計仕様妥当性を検証。 実証設備でのデータ取得計画の策定。	実証運転時のトルエン・MCH中軽質不純物蓄積挙動の取得。				○
②脱水素プラント	脱水素反応器スケールアップ	反応器スケールアップの設計手法を確立し、実証設備の反応器設計に反映。 実証設備でのデータ取得計画の策定。	①Shell側構造の改善をシミュレーション検討。 ②Tube側偏流について、ターンダウン時の性能維持を確認。	○			
	負荷追従性向上策	ガスホルダー設置の効果を検証。 プラント応答性律速要因を特定。 実証設備での試験及びデータ取得計画の策定。	負荷変動（短時間でのターンダウン／ターンアップ）運転を実施、運転データを収集。		○ 応答性		
	水素純度向上策	想定需要へ対応可能である事をラボ試験により確認。	–		○ 水素純度（FCV）		
	触媒商業生産課題	試作用と概ね同等の性能を持つ大規模触媒製造が可能と確認。 実証設備でのデータ取得計画の策定。	商業規模触媒製造仕様にて製造した触媒にて実運転を行い、性能を検証。	○			
③ｻﾌﾟﾗｲﾁｪｰﾝ構築・運用	商用ﾄﾙｴﾝ運転検証	商業規模で調達／使用可能なトルエンを選定 実証設備でのデータ取得計画の策定。	実証運転に商用トルエンを使用し、チェーンとして所定の性能が得られることを検証。	○			
	ｻﾌﾟﾗｲﾁｪｰﾝ検討	設備構成が供給安定性に与える影響を定量的に評価する基本的な手法を確立。	–			○	
	発電燃料供給ﾁｪｰﾝとしての設備仕様・ｵﾍﾟﾚｰｼｮﾝ要件	①飽和炭化水素の含有量管理値を策定。製品水素が商業規模発電GTに使用可能であることを確認。	–		○ 水素純度（発電）		
		②脱水素反応熱をGTCC発電所のHRSGから供給することで、総合効率の改善の可能性があることが示唆された。	–			○	
	反応器運転ﾓｰﾄﾞの最適化	実証設備での運転及びデータ取得計画の策定。	運転初期の転化率抑制による効果(触媒寿命、輸送トルエン・MCH純度変動抑制) を検証。			○	

H-1:水素化反応器スケールアップ検討

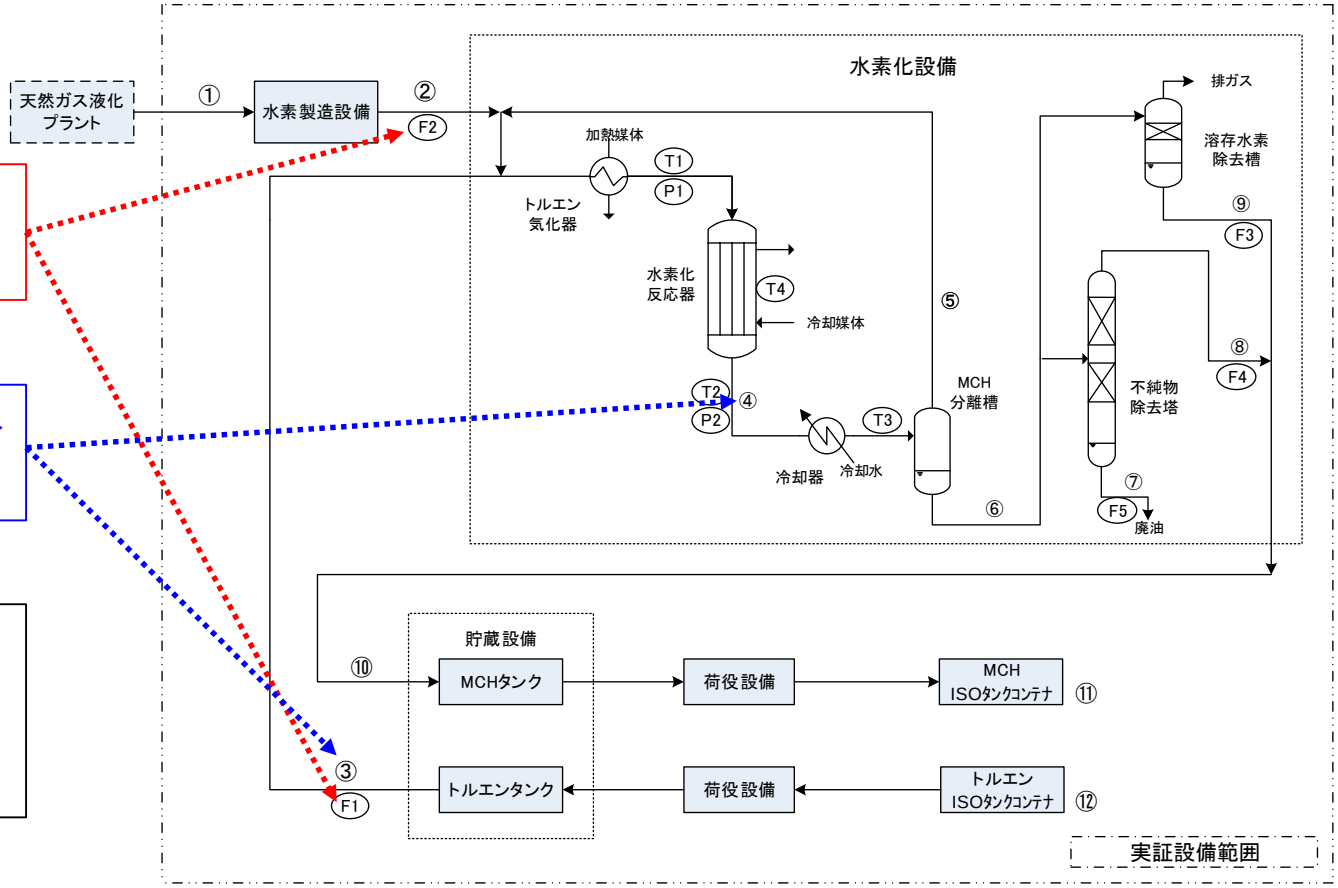
課題　Tube側偏流について、ターンダウン時性能低下有無の検証

実施内容

原料水素流量(F2)及び原料トルエン流量(F1)をターンダウン時の流量に調整。

ターンダウン運転時に水素化反応器入出の流体をサンプリング(サンプリング箇所③④)し、組成を分析

計測・分析結果より水素化反応の転化率／選択率を算出し、実証定格運転時の転化率／選択率と比較。ターンダウン時でも反応器性能が低下しないことを確認。



①～⑫：サンプリング箇所　Ⓣ：主要温度測定箇所　Ⓟ：主要圧力測定箇所　Ⓕ：主要流量測定箇所

期待される成果

ターンダウン運転での、水素化反応のトルエン転化率・MCH選択率を確認することにより、Tube側流体の偏流発生及び性能低下有無を検証。ターンダウン時の性能維持を確認。

H-2:不純物除去設備の仕様検討

課題　実証運転時のトルエン・MCH中軽質不純物蓄積挙動の検証

実施内容

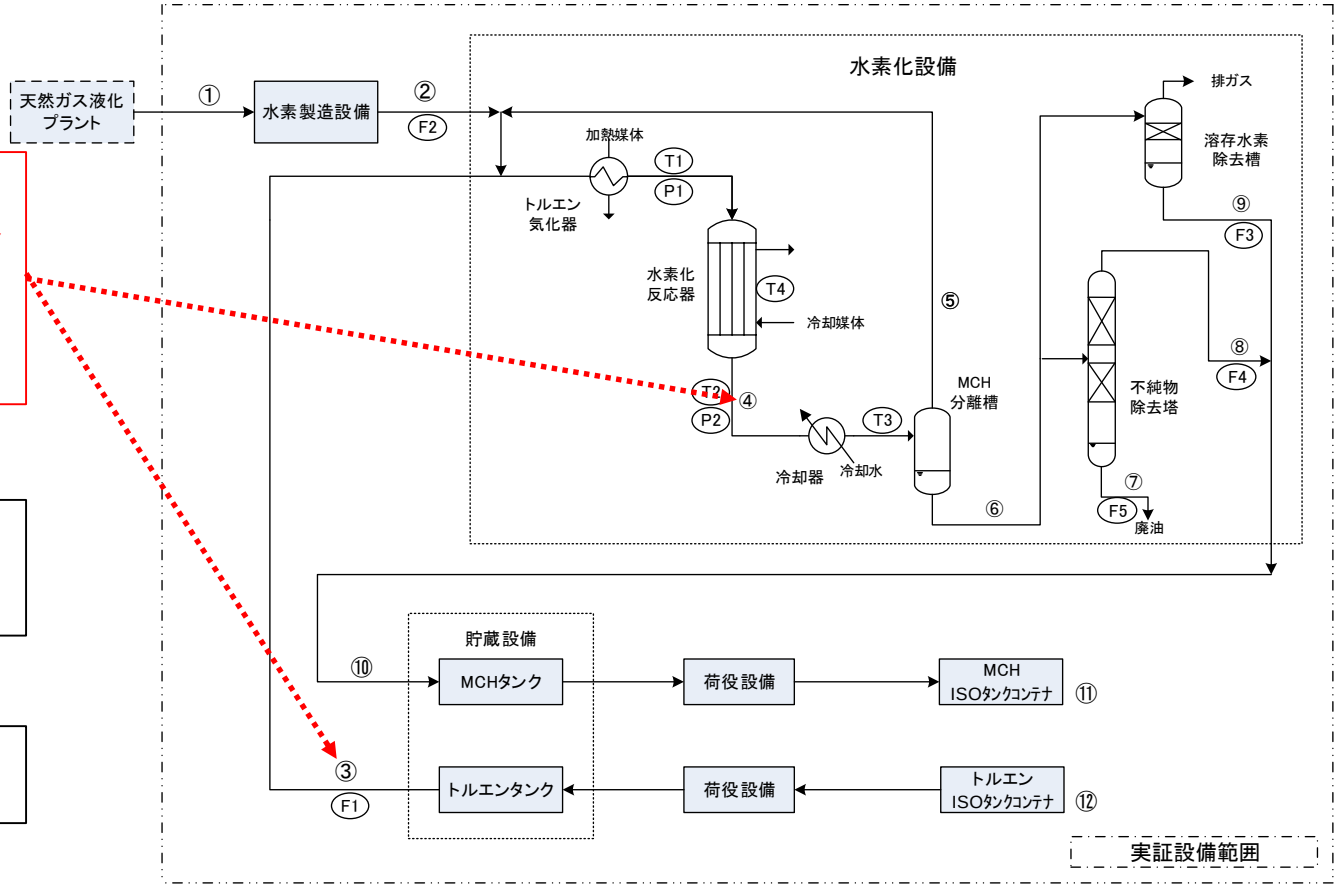
【水素化プラント】
水素化反応器にフィードするトルエン及び生成MCHをサンプリング（水素化プラントサンプリング箇所③④）し組成を分析、水素化反応による不純物生成量を算出。

⇩

脱水素プラントにおいても、フィードMCH及び生成トルエンのサンプリング・分析を実施。

⇩

軽質不純物蓄積傾向について、運転期間中の変動を確認。



①～⑫：サンプリング箇所　Ⓣ：主要温度測定箇所　Ⓟ：主要圧力測定箇所　Ⓕ：主要流量測定箇所

期待される成果　運転期間中のトルエンおよびMCH中の軽質不純物の蓄積速度の変化が得られ、商業設備の軽質不純物除去設備設計及び運転条件に反映。これにより設備コスト，運転コストの最適化が期待できる。

D-1:脱水素反応器スケールアップ検討

課題

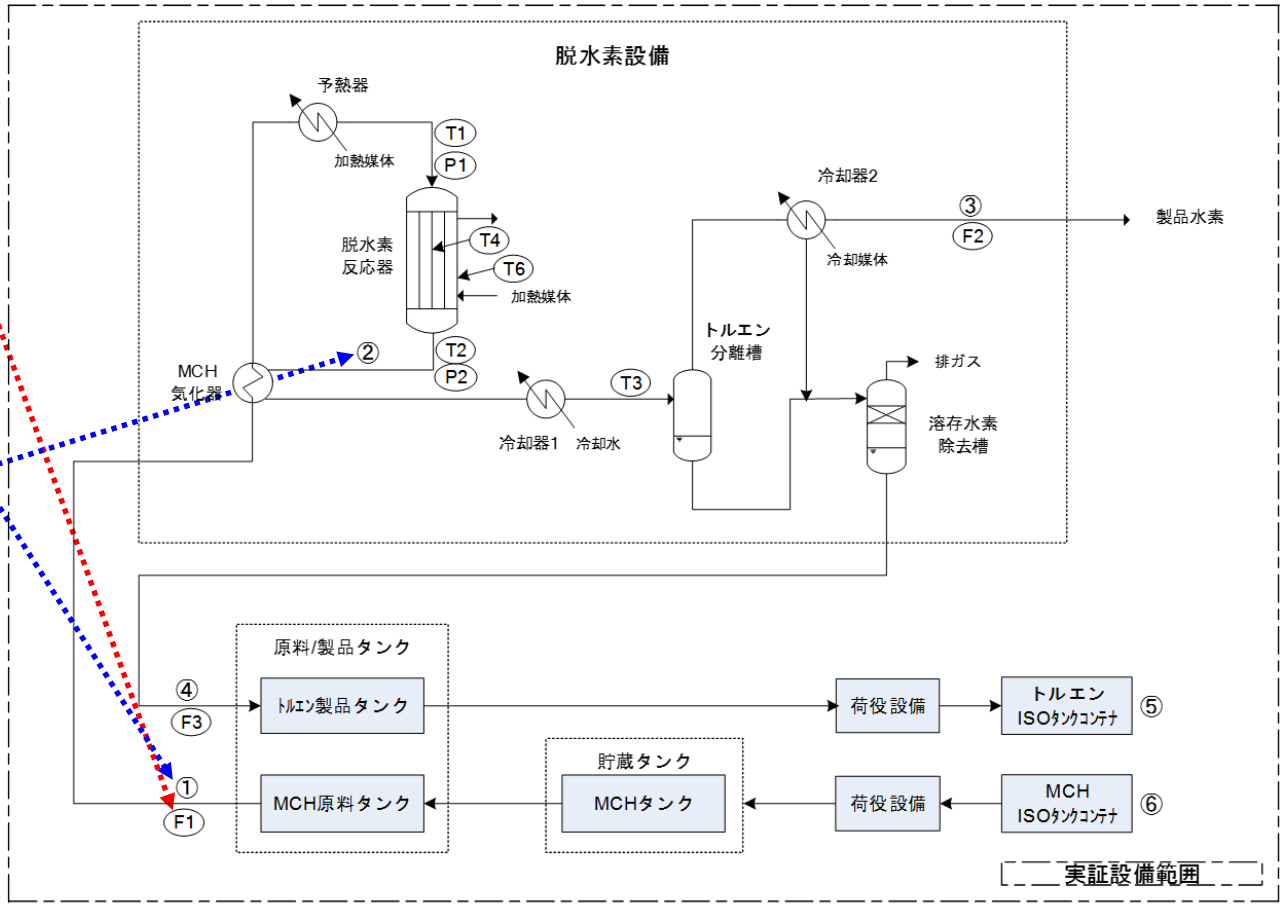
Tube側偏流について、ターンダウン時性能低下有無の検証

実施内容

原料MCH流量(F1)をターンダウン時の流量に調整

ターンダウン運転時の脱水素反応器入出の流体をサンプリング(サンプリング箇所①②)し、組成を分析

計測・分析結果より水素化反応の転化率／選択率を算出し、実証定格運転時の転化率／選択率と比較。ターンダウン時でも反応器性能が低下しないことを確認。



①～⑥：サンプリング箇所　Ⓣ：主要温度測定箇所　Ⓟ：主要圧力測定箇所　Ⓕ：主要流量測定箇所

期待される成果

ターンダウン運転での、脱水素反応のMCH転化率・トルエン選択率を確認することにより、Tube側流体の偏流発生及び性能低下有無を検証。ターンダウン時の性能維持を確認。

D-2:負荷追従性向上策検討

課題　負荷変動（短時間でのターンダウン／ターンアップ）運転の実施、運転データ収集

実施内容

製品水素ラインの調節弁の開度を増減し、水素需要量の変動を模擬。

⇩

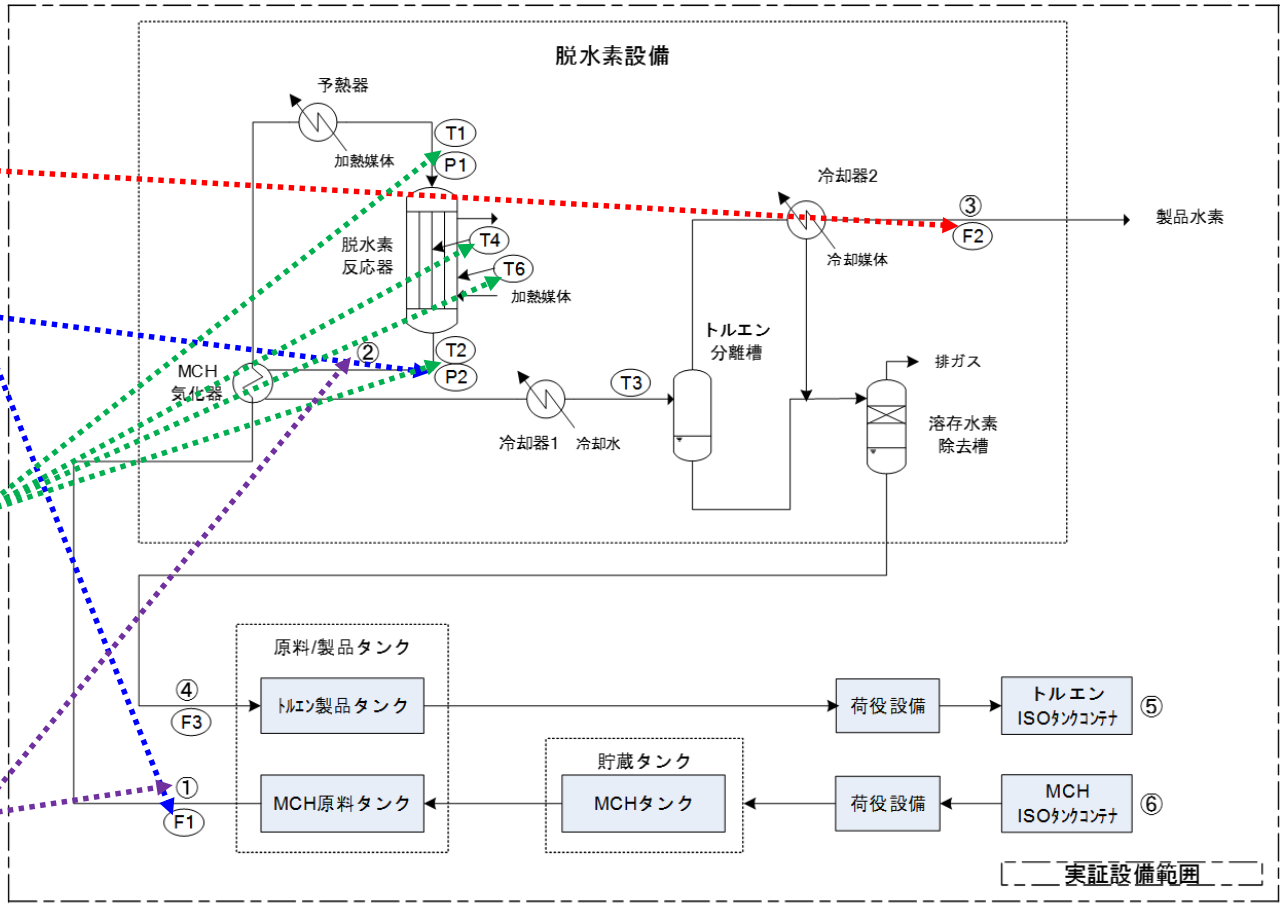
反応器出口圧力(P2)の変動を検知し、フィードMCH量(F1)を自動調整。

⇩

負荷変動時の反応器入口温度・圧力(T1,P1)、反応器出口温度・圧力(T2,P2)、触媒管温度分布(T4)、熱媒温度(T6)の経時変化を測定し、適正範囲内であることを確認。

⇩

脱水素反応器入出の流体をサンプリング(サンプリング箇所①②)して組成を分析する。脱水素反応のMCH転化率及びトルエン選択率を算出し、定格運転時のデータと比較し負荷変動操作が脱水素反応へ与える影響有無を確認する。



期待される成果　負荷変動の試験ケース毎の追従性の結果が得られ、商業設備の負荷変動に関係する制御設備設計に反映。これにより負荷変動追従性の更なる向上が期待できる。

D-4:触媒商業生産課題検討

課題　商業規模触媒製造仕様にて製造した触媒にて、脱水素設備の運転の実施、運転データ収集

実施内容

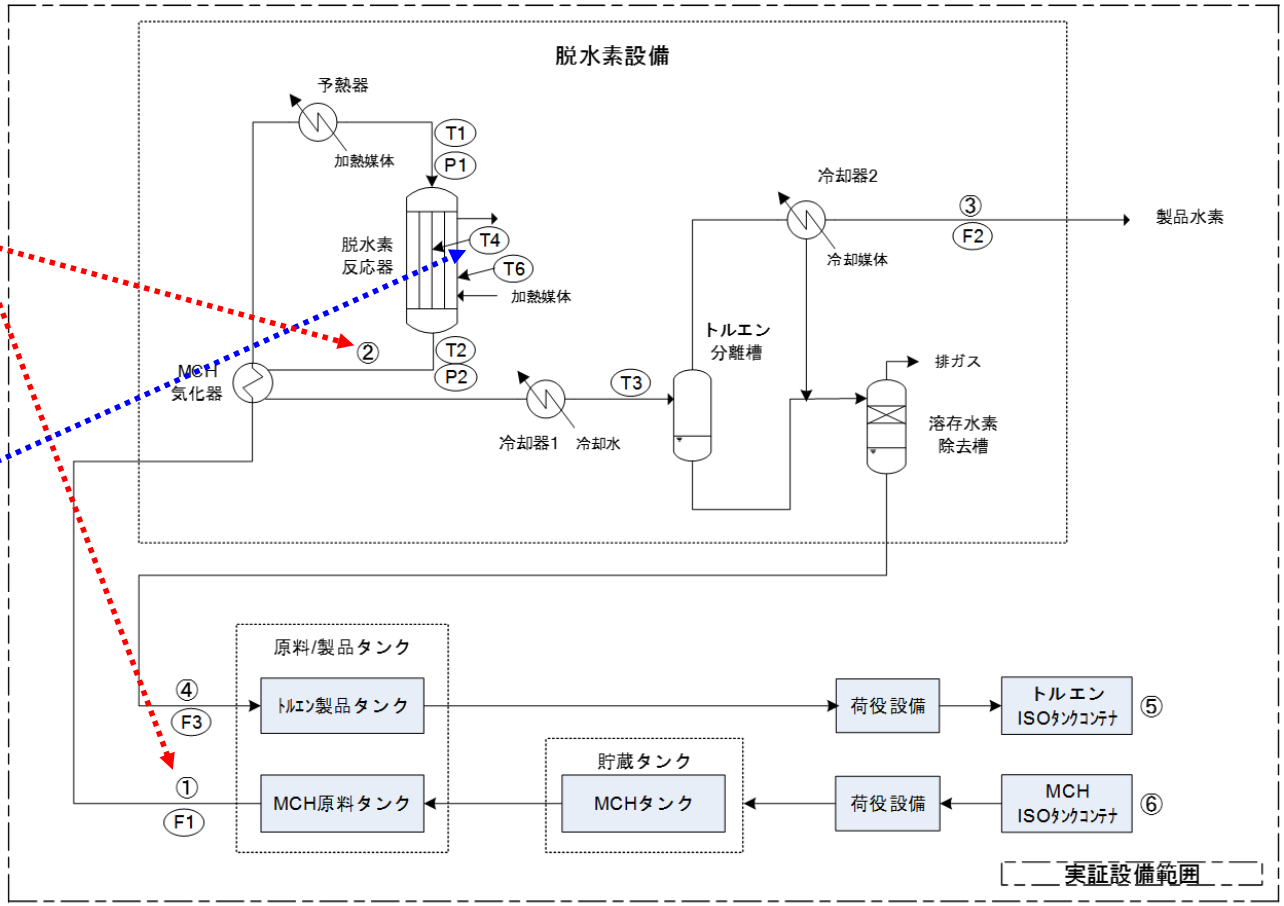
脱水素反応器入出の流体をサンプリング(サンプリング箇所①②)して組成を分析

⇩

触媒管の温度分布(温度測定箇所T4)の経時変化を測定し、脱水素触媒の劣化傾向を把握

⇩

脱水素反応の転化率／選択率、不純物濃度の経時変化を算出し、触媒性能や劣化速度が小規模試作の触媒と同等であることを確認。



①～⑥：サンプリング箇所　Ⓣ：主要温度測定箇所　Ⓟ：主要圧力測定箇所　Ⓕ：主要流量測定箇所

期待される成果　商業規模触媒製造仕様にて製造した触媒にて、所定の触媒性能が得られることを検証。

C-1:商用トルエン運転検証

課題

スペック適合品の大規模購入トルエンでの実証運転実施と性能の検証

実施内容

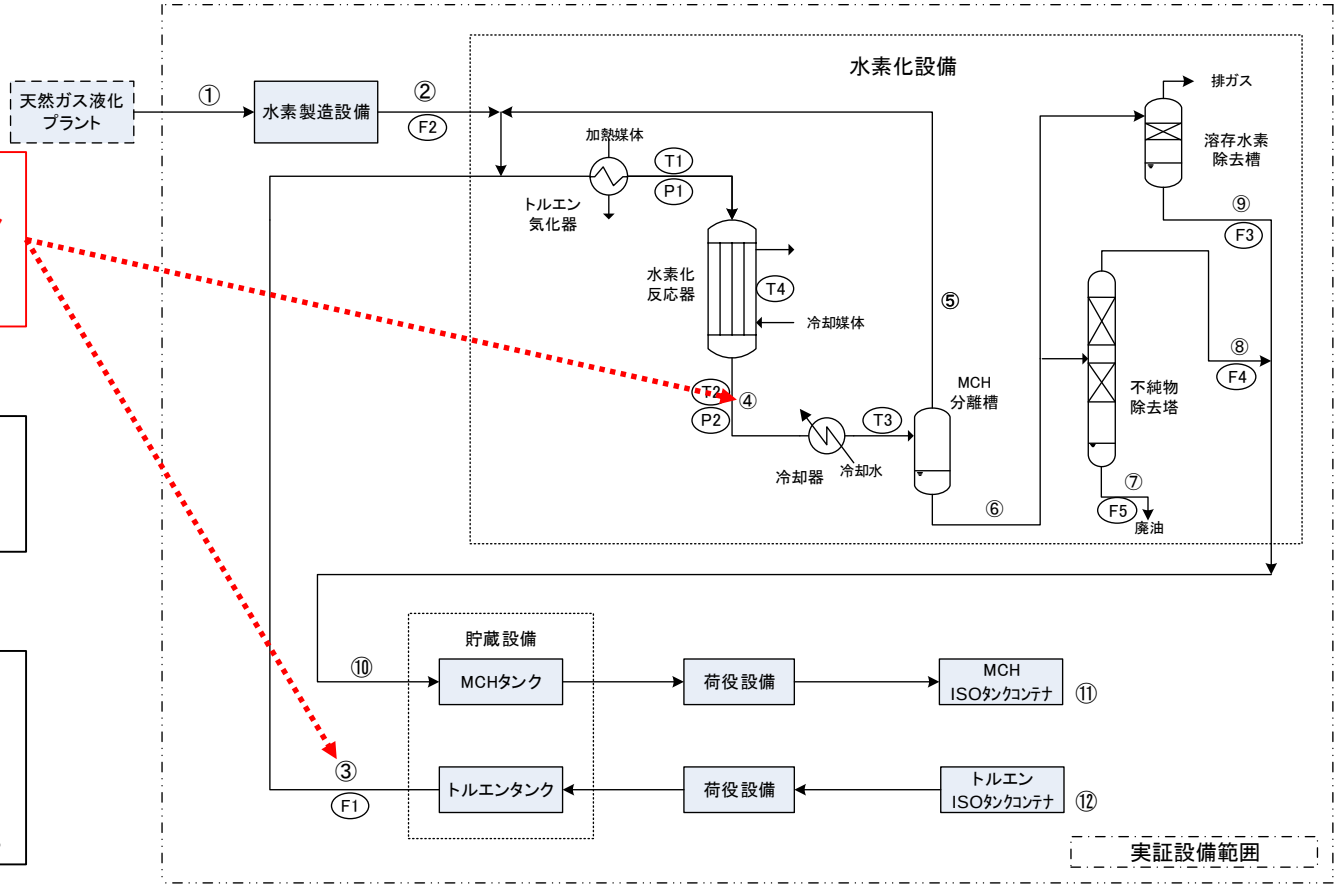
【水素化プラント】
水素化反応器入出の流体をサンプリング（水素化プラントサンプリング箇所③④）し組成を分析。

↓

脱水素プラントにおいても、フィードMCH及び生成トルエンのサンプリング・分析を実施。

↓

上記により水素化／脱水素反応の転化率／選択率、不純物濃度の経時変化を算出し、触媒性能や劣化速度が高純度トルエンを使用した子安デモプラントの場合と同等であることを確認。



①～⑫：サンプリング箇所　Ⓣ：主要温度測定箇所　Ⓟ：主要圧力測定箇所　Ⓕ：主要流量測定箇所

期待される成果

実証チェーン運転に商用トルエンを使用し、取得した運転データにより、チェーンとして所定の性能が得られることを検証

◆成果の普及

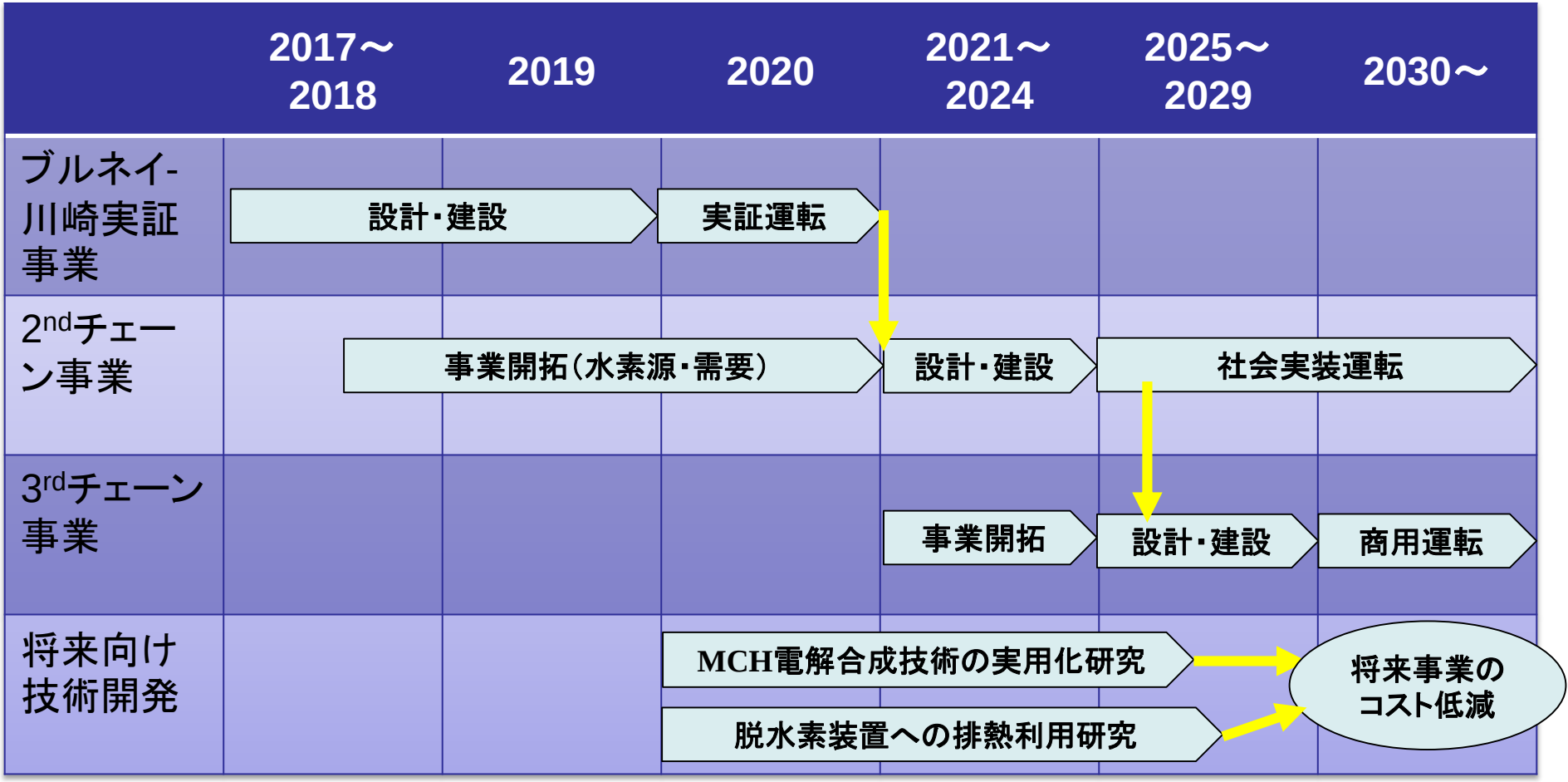
	2015～2017	2018	2019	計
研究発表・講演	0	20	6	26件
新聞・雑誌等からの取材	2	13	0	15件
展示会への出展	0	3	0	3件

※2019年5月現在

※西暦はFYベース

- 本事業における実証運転により、有機ケミカルハイドライド法水素サプライチェーンの技術基盤は確立する。

- 「水素基本戦略(2017/12)」4.1項に従い、2030年頃に年間30万トン程度の商用規模水素サプライチェーンを目指す。

- 上記の2030年頃の大規模商用化チェーンの前に、2025年頃に国内水素需要に応じた有機ケミカルハイドライド法水素サプライチェーンの構築を目指す。(「水素基本戦略(2017/12)」4.2 (b)項)
2025年頃の水素チェーンにおいても、経済性向上のために、一定規模の水素需要を開拓する。対象となる需要は、発電所を中心に、複数の水素ステーションや産業利用の需要が集中した地域にて需要を取りまとめるケースも検討する。

2ndチェーン（社会実装プロジェクト）と事業化に向けたアクション工程