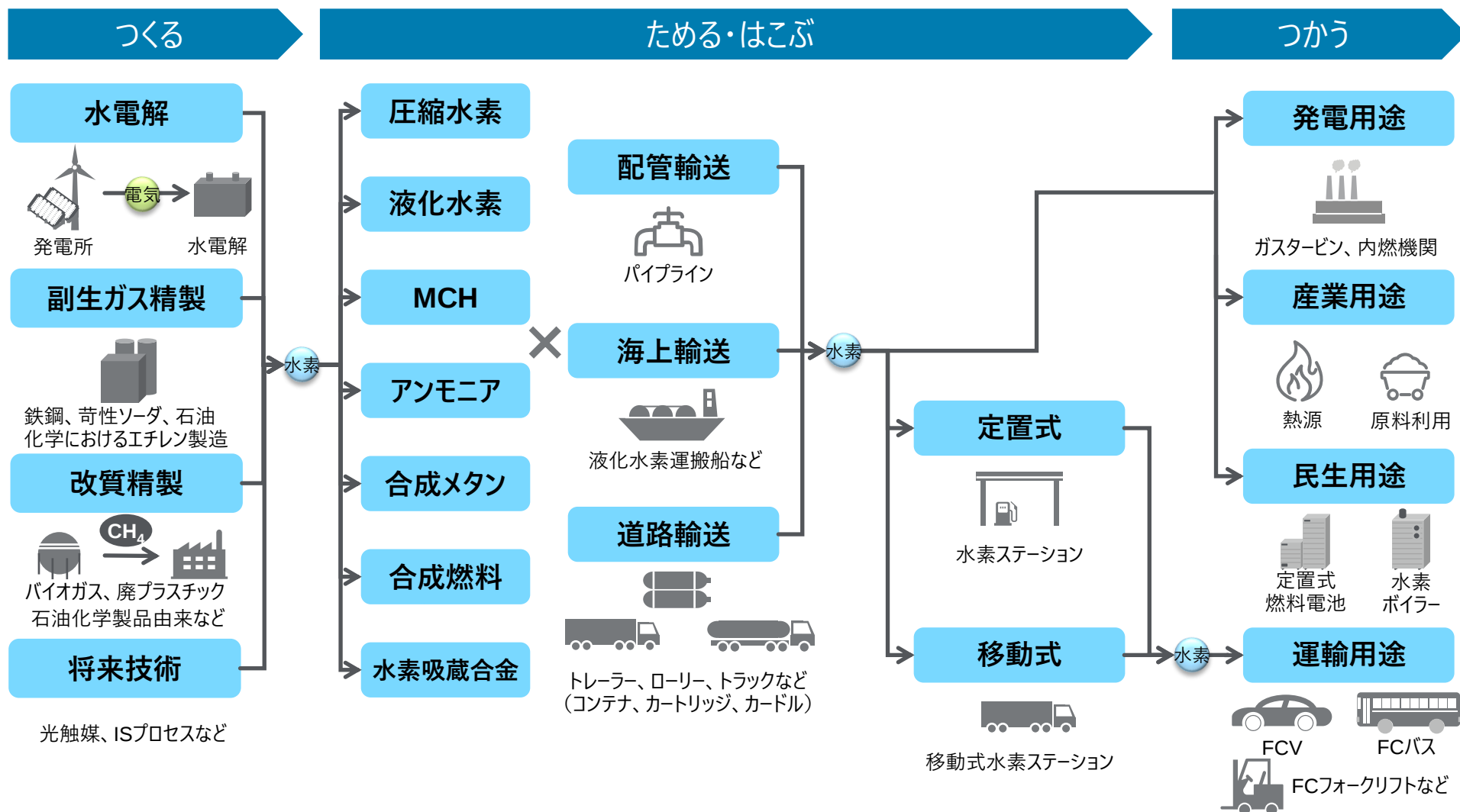


水素サプライチェーンは様々な要素技術が組み合わされて構成される

脱炭素化に向けた水素サプライチェーン



環境省はこれまで全13件の実証事業を実施している

環境省実証事業一覧

□：実証済みのプロジェクト □：実証中のプロジェクト*

実証年度	実証地域	プロジェクト名	本資料内での表記
H27-R2	横浜市・川崎市	京浜臨海部での燃料電池フォークリフト導入とクリーン水素活用モデル構築実証	京浜臨海プロジェクト
H27-R3	鹿追町	家畜ふん尿由来水素を活用した水素サプライチェーン実証事業	鹿追町プロジェクト
H27-R3	周南市・下関市	苛性ソーダ由来の未利用な高純度副生水素を活用した地産地消・地域間連携モデルの構築	山口県プロジェクト
H27-R3	川崎市	使用済プラスチック由来低炭素水素を活用した地域循環型水素地産地消モデル実証事業	川崎市プロジェクト
H27-R2	白糠町・釧路市	小水力由来の再エネ水素導入拡大と北海道の地域特性に適した水素活用モデルの構築実証	白糠町プロジェクト
H29-R3	富谷市	富谷市における既存物流網と純水素燃料電池を活用した低炭素水素サプライチェーン実証	富谷市プロジェクト
H30-R3	能代市	再エネ電解水素の製造及び水素混合ガスの供給利用実証事業	能代市プロジェクト
H30-R3	室蘭市	建物及び街区における水素利用普及を目指した低圧水素配送システム実証事業	室蘭市プロジェクト(H30-R3)
R2-R4	北九州市	北九州市における地域の再エネを有効活用したCO2フリー水素製造・供給実証事業	北九州市プロジェクト
R2-	浪江町	最適運用管理システムを活用した低コスト再エネ水素サプライチェーン構築・実証	浪江町プロジェクト
R4-	大阪市	都市部における再エネ由来水素と生ごみ由来バイオガスを活用したメタネーションによる水素サプライチェーン構築・実証事業	大阪市プロジェクト
R4-	室蘭市	既存のガス配送網を活用した小規模需要家向け低圧水素配送モデル構築・実証事業	室蘭市プロジェクト(R4-)
R5-	苫小牧市	北海道を水素アイランドへ、電力系統に依存しない大規模再エネ水素サプライチェーン構築・実証事業	苫小牧市プロジェクト

水素製造においては、水電解、副生ガス精製、改質精製にかかる地域資源を活用した実証を実施している

実証済みの要素技術まとめ：水素製造

		実証事業			
つくる	水電解	単独で検証	太陽光	・ 富谷市プロジェクト	・ 浪江町プロジェクト
			風力	・ 京浜臨海プロジェクト	・ 室蘭市プロジェクト(H30-R3)
				・ 能代市プロジェクト	・ 室蘭市プロジェクト(R4-)
			水力	・ 白糠町プロジェクト	
			バイオマス		(該当なし)
	組み合わせで検証	廃棄物		(該当なし)	
			・ 北九州市プロジェクト (太陽光・風力・廃棄物)	・ 苫小牧市プロジェクト (太陽光・廃棄物)	
	副生ガス精製	・ 山口県プロジェクト (苛性ソーダ工場の副生水素)			
	改質精製	・ 鹿追町プロジェクト (家畜ふん尿)	・ 川崎市プロジェクト (使用済みプラスチック)		
	将来技術		(該当なし)		

水素貯蔵においては圧縮水素を採用した実証、水素輸送においては道路輸送を採用した実証を実施している

実証済みの要素技術まとめ：水素貯蔵・輸送

		実証事業
ためる	単独で検証	圧縮水素
		• 京浜臨海プロジェクト • 白糠町プロジェクト • 浪江町プロジェクト
		• 川崎市プロジェクト • 北九州市プロジェクト • 苫小牧市プロジェクト
		液化水素 (該当なし)
		MCH (該当なし)
		アンモニア (該当なし)
		合成メタン
はこびる	単独で検証	• 大阪市プロジェクト
		合成燃料 (該当なし)
		水素吸蔵合金
		• 富谷市プロジェクト • 室蘭市プロジェクト(H30-R3) • 室蘭市プロジェクト(R4-)
		組み合わせて検証
		• 山口県プロジェクト (圧縮水素・液化水素)
		• 鹿追町プロジェクト (圧縮水素・水素吸蔵合金)
はこびる	単独で検証	道路輸送
		• 京浜臨海プロジェクト • 富谷市プロジェクト • 苫小牧市プロジェクト
		• 鹿追町プロジェクト • 室蘭市プロジェクト(H30-R3)
		• 白糠町プロジェクト • 室蘭市プロジェクト(R4-)
		海上輸送 (該当なし)
		配管輸送
		• 能代市プロジェクト
はこびる	組み合わせて検証	• 大阪市プロジェクト
		組み合わせて検証
		• 山口県プロジェクト (道路輸送・配管輸送) • 北九州市プロジェクト (道路輸送・配管輸送)
		• 川崎市プロジェクト (道路輸送・配管輸送) • 浪江町プロジェクト (道路輸送・配管輸送)

4 ※該当なしの要素技術はグレーアウト ※実証中のプロジェクトは、実証が完了次第、情報を追加予定

水素利用においては、民生部門や運輸部門のアプリケーションを活用した実証を多く実施している

実証済みの要素技術まとめ：水素利用

		実証事業	
つかう	単独で検証	発電	(該当なし)
		産業	(該当なし)
		民生	- 能代市プロジェクト (ガス機器・定置型燃料電池) - 室蘭市プロジェクト(H30-R3) (定置型燃料電池) - 大阪市プロジェクト (ガス機器) - 苫小牧市プロジェクト (定置型燃料電池・ボイラー)
		運輸	京浜臨海プロジェクト (燃料電池フォークリフト)
	組み合わせで検証	- 鹿追町プロジェクト (民生: 定置型燃料電池、 運輸: 燃料電池自動車・燃料電池フォークリフト) - 山口県プロジェクト (民生: 定置型燃料電池・ボイラー、 運輸: 燃料電池自動車・燃料電池フォークリフト) - 川崎市プロジェクト (民生: 定置型燃料電池 運輸: 燃料電池自動車) - 白糠町プロジェクト (民生: 定置型燃料電池 運輸: 燃料電池自動車) - 北九州市プロジェクト (民生: 定置型燃料電池、 運輸: 燃料電池自動車・燃料電池フォークリフト) - 浪江町プロジェクト (民生: 定置型燃料電池・可搬型燃料電池 運輸: 燃料電池自動車) - 富谷市プロジェクト (発電: 水素混焼発電 民生: 定置型燃料電池) - 室蘭市プロジェクト(R4-) (産業: 水素ガス切断機、 民生: 定置型燃料電池・ボイラー)	

5 ※該当なしの要素技術はグレーアウト ※実証中のプロジェクトは、実証が完了次第、情報を追加予定

水電解による水素製造では、無人運転の安全性や頻繁な起動停止による劣化抑制を確認した一方、制御ロジック改善や水電解装置等のコスト削減が必要という課題を確認した

商用化に向けたポイント：水素製造（水電解）

		成果	課題
製造 ※実証済の要素技術のみ記載（実証中プロジェクトは除く）	脱炭素	活用しきれない蓄電池の余力を活用することで、系統電力使用量が減少	CO2削減量、水素製造原単位等の目標を勘案し、設備運用方法を決めることが必要
	法規制	—	- 設備・施設の設置に関する<u>許認可手続きの簡略化</u>が必要 - 遠隔監視による無人運転の許容等、<u>高圧ガス保安法の規制緩和</u>が必要 <u>出力制御時において、系統に影響しない範囲で配電網内において電力を融通</u>することができるよう、制度改善が必要
	技術	- 水電解装置の内部温度低下に伴う消費電力の増加を防ぐため、熱交換器における冷却水の流量制御により、水電解装置の内部温度を適正化できることを確認 - 運転状況を遠隔監視し、異常が発生した場合には自動停止するシステムを導入し、<u>無人運用が可能であること及び安全性を確認</u> - 製造を行わないタイミングでも<u>運転状態を維持することで、頻繁な起動・停止を防ぎ劣化を抑制</u> - EMSの制御ロジックの最適化により、水電解装置の応答性向上及び電力の有効活用を実現	- 電解モジュールの劣化を更に抑制するための運用条件の発見等、メーカーと制限の要否を協議のうえ、運用方法の検討が必要 <u>制御ロジックを更に改善し、最適な指令値を実態に即して作成するシステムの開発</u>が必要 - 熱量調整や付臭措置等に関する追加対策の必要性について、都市ガス設備メーカーを交えた検討が必要 - タンク内の水分管理に関する基準を明確にし、品質維持のための運用手順を確立する等、水素製造管理基準の整備が必要
	事業性	—	- 副生酸素の利用方法多様化やマーケティング活動が必要 <u>水電解装置等にかかる初期投資規模が過大</u>なため削減が必要 - 定期交換部品等の保守費用の明瞭化・削減が必要 - 悪天候時の予備計画や緊急対応策の整備等、<u>リスクを考慮した供給計画の作成</u>が必要

水素改質精製では、バイオガスから一定の純度と量の水素が確保できることを確認した一方で、発生するCO2を副生利用する水素への環境価値付与が必要という課題を確認した

商用化に向けたポイント：水素製造（改質精製）

		成果	課題
製造 ※実証済の要素技術のみ記載（実証中プロジェクトは除く）	脱炭素	バイオガスからの水素製造について、一定の純度と量を確保できることを確認	水素精製プロセスで発生するCO2を、CCS等で長期固定せず副生利用する場合における水素への環境価値の付与が必要
	法規制	—	廃棄物処理法による都道府県、市町村への申請の省力化が必要
	技術	- 減量運転時においても規定品質を満足する水素が製造できるため、<u>バイオガス量の季節変動に対応可能</u>であることを確認 - 夏場における水素製造について、温度上昇に伴う製造限界点と装置の運転継続が可能であることを確認 - 膜分離技術による水素精製試験で、高純度の水素精製が可能であることを確認 - PSA*設備の運転圧力を変更しても製品水素中の不純物濃度が基準を超えないことを確認	膜分離技術の商用化に向けた開発と実装が必要
	事業性	- 水素製造装置とユーティリティー設備（散水用貯水槽、計装設備等）の共有化によりコスト削減できることを確認 - バナジウム性合金膜はPSA*よりロスが少なく、コスト削減できることを確認	- 生物脱硫の際の空気供給を酸素供給に変更するために必要な酸素PSAの導入費用削減が必要 - プラスチック処理量が減少した場合の水素製造費用縮小が必要

*PSA(Pressure Swing Adsorption)：圧力スイング吸着方式（吸着材を用いて高圧下で水素以外の物質を吸着除去することで純水素を取り出す技術のこと）

圧縮水素貯蔵では、現行の規制内で安全かつ効率的な運用が可能と確認した一方、コスト低減に資する規制緩和の必要であると確認した

商用化に向けたポイント：水素貯蔵（圧縮水素・液化水素）

			成果	課題
貯蔵 ※実証済の要素技術のみ記載（実証中プロジェクトは除く）	圧縮水素	法規制	現行の法規制の範囲内で実証を行い、安全かつ効率的な運用が可能であることを確認	高圧ガス保安法・建築基準法の貯蔵容量上限や有資格者常駐等の制約により、コストが過大となるため、規制緩和が必要
		技術	- 需要家サイトの低圧水素ホルダーで貯蔵することにより、需要家の水素取り扱いを容易化（資格者も不要） - タンク内を減圧し、乾燥した水素で掃気運転を行うことで、露点を-70℃以下に維持し水素の品質を確保	—
	液化水素	技術	—	液化水素貯槽から発生するボイルオフガス(BOG)回収システムの効率向上が必要

水素吸蔵合金貯蔵では、安全性等を確認した一方で、温度上昇などに対する更なる効率的なエネルギー制御や総合的な運用体制構築が必要といった課題を確認した

商用化に向けたポイント：水素貯蔵（水素吸蔵合金）

			成果	課題
貯蔵 ※実証済の要素技術のみ記載（実証中プロジェクトは除く）	水素吸蔵合金	法規制	－	- 商用環境で運用する場合は建築基準法に係る他事例の調査を行うなど検討が必要であり、監督官庁との協議が必要 - 高圧ガスを積載した車両の駐車時間を2時間未満とするために、<u>高スペックな水素充填流量が必要となりコストが過大</u>となるため、規制緩和が必要
		技術	- 水素吸蔵合金を利用することにより、<u>安全かつコンパクトな施設での水素貯蔵が可能であることを確認</u>し、特に都市部での有用性を確認 - 定置型MHタンクの空状態管理は、残量計で可能であることを確認 - 水素吸蔵合金の温度管理については、気候や気象の影響を受けやすいため、<u>温度管理システムを運用することで、安定した水素供給ができることを確認</u>	- 残量計だけでは車載型MHタンクの満充填管理は難しく、圧力センサの利用が有効 - 水素の実際の吸収量・放出量及び稼働の把握や、<u>温度上昇などに対する更なる効率的なエネルギー制御が必要</u> - 円筒型MHタンクの内部および外部の劣化状況を定期的にモニタリングするとともに、1回あたりの充填量と劣化との関係について知見を蓄積し、劣化を最小限に抑えるための対策が必要
		事業性	－	- 円筒型MHタンクの長期的な使用における劣化特性とメンテナンスコストの評価が必要 - 極寒期は設備の凍結や低温障害、MHタンクの温度管理、燃料電池の出力調整など、<u>設備機器単体の運用ではなく熱利用も含めた総合的な運用体制構築が必要</u>

水素道路輸送では、充填速度の向上や簡易型水素充填車の有用性を確認した一方で、輸送効率の更なる向上や輸送に係る人件費の削減が必要といった課題を確認した

商用化に向けたポイント：水素輸送（道路輸送）

			成果	課題
輸送 ※実証済の要素技術のみ記載（実証中プロジェクトは除く）	道路輸送	法規制	—	- 危険物積載車の通行が禁止されているトンネルでは簡易型水素充填車も通行ができないため、道路交通法の規制緩和が必要 - FCフォークリフトは公道走行不可のため、特区的に一部の安全が確保できるエリアのみ公道走行可する等の法的対応が必要 - 高圧ガス保安法の規制緩和により、圧力容器の管理を配送事業者側にできれば、300m3(N)の制限がなくなり需要家施設に置ける設備費用低減ならびに配送にかかる時間短縮が可能
		技術	- バッファタンクの圧力増加や冷却水の供給により、充填速度が向上することを確認 - 外部を幌構造にした軽量化コンテナの製作により軽量化を実現（軽量化コンテナの温度低下量は鋼製コンテナと比較して僅かに大きくなっているが、水素移送速度に影響が出ない範囲）	アルミニウム以外の軽量かつ強度のある素材を探索し、MHタンクのさらなる軽量化と耐久性向上が必要
		事業性	- エリアに分散する小規模複数ユーザーに対して、簡易型水素充填車による配送システムが安全かつ効率的に運用できることを検証 - 輸送先が1か所であればカードルでも可能だが、複数箇所あるいは複数回数の供給を行う場合には、簡易型水素充填車の方が優位であることを確認 - 高圧水素カードルと高圧水素トレーラと比較を実施し、高圧水素トレーラの方が経済的であることを確認	- 輸送ルートの最適化、車両の稼働率向上、圧縮水素トレーラーでの大量輸送、カードルの高圧化等、輸送効率の更なる向上が必要 - 中小規模ユーザーが連携して組合形式により簡易型水素充填車を運用する方式や、充填車をユーザー側に一定時間留め置いてFCフォークリフト運転者がセルフ充填を行う等、輸送に係る人件費の削減が必要

水素配管輸送では、低圧ガス導管による水素混合輸送の安全性を確認した一方で、情報提供体制整備や周辺住民の理解が必要といった課題を確認した

商用化に向けたポイント：水素輸送（配管輸送）

			成果	課題
輸送 ※実証済の要素技術のみ記載（実証中プロジェクトは除く）	配管輸送	法規制	—	水素配管敷設工事の<u>許認可申請の省力化を進めるための法制度の整備が必要</u>
		技術	水素漏洩や成分変動などは確認されず、<u>低圧ガス導管による水素混合輸送の安全性を確認</u>	- 製造ラインと独立していない場合、<u>水素製造ラインが止まる定修時にしか充填を行えない</u>一方、製造ラインと独立させるためには、100m以上の距離の配管を施工し、工事の間は製造ラインをストップすることが必要 - 一般ガス導管は不特定多数の需要家に接続されているため、水素混合ガスの安全性を高めていくためには、エリアを限定した特定導管での供給等の対応も必要
		事業性	PSA*設備から構外パイプラインへ直接送給を行うことで、従来再圧縮のためにかかっていた圧縮機1台分の電力削減を実現	- 水素配管敷設工事時の埋設済み未使用管の存在などについての<u>情報提供体制整備が必要</u> <u>パイプラインの敷設には周辺住民の理解も必要</u>

*PSA(Pressure Swing Adsorption)：圧力スイング吸着方式（吸着材を用いて高圧下で水素以外の物質を吸着除去することで純水素を取り出す技術のこと）

水素民生利用では、37℃以上の温度保持による燃料電池の連続運転を確認した一方で、出力制御システム改良や季節ごとの需要量把握が必要といった課題を確認した

商用化に向けたポイント：水素利用（民生）

			成果	課題
利用 ※実証済の要素技術のみ記載（実証中プロジェクトは除く）	民生	脱炭素	—	メタネーションと比較すると水素混合ガスは安価になる可能性がある一方で、CO2削減効果は限定的
		技術	- 自動制御と遠隔監視機能の併用により、燃料電池を連続して稼働できることを確認 - 水素リッチガスをマイクロガスエンジンのインプットガスとした場合、製品仕様のままで、カタログ値と同等の効率を達成することを確認 必要温度37℃以上で燃料電池の連続運転が可能なことを確認 - 防寒小屋内にサーモスタット付電気パネル及びサーモスタット付換気扇を設置することで、燃料電池の適用周辺温度を維持 - 純水素ボイラーと純水素燃料電池の併用により給湯量を増加させ、高い熱需要に対応できることを確認 - スポーツジムで燃料電池を活用する場合、電気と温水の双方を使用するため、不具合停止トラブルを除けば、エネルギーを効率的に利用できることを確認	- 気温の低下に対する熱損失に留意し、燃料電池の設置地域や環境によって熱収支計画を行うことが必要 水素濃度が高くなると火力調整する際に逆火、消火する恐れがあるため、安全性のさらなる検証が必要 - 水素を混合するとガスの標準熱量が下がることになるが、その際エンドユーザー側で機器調整が必要
		事業性	—	- MHの加熱などに熱利用しやすい燃料電池からの熱回収システムの開発が必要 電力と熱それぞれの需要量を季節ごとに把握し、導入する燃料電池の規格や設置台数を検討する必要

水素運輸利用では、FCVやFCFLの走行性や耐久性を確認した一方で、水素STの拡大には自動車メーカーや水素ST運営者の協働が必要といった課題を確認した

商用化に向けたポイント：水素利用（産業・運輸）

			成果	課題
利用 ※実証済の要素技術のみ記載（実証中プロジェクトは除く）	産業	技術	バイオ燃料（SVO*1、BDF*2）使用時に水素混焼発電機のシリンダー内部への影響がないことを確認	水素混焼発電機の長期運用における安定性の確保が必要
		事業性	—	- 水素混焼発電機の運用におけるメンテナンス頻度とコストの最適化が必要 - 水素の消費先となりうる需要家の把握が必要
	運輸	法規制	—	水素STにおけるFCV以外の車両への水素充填認可や遠隔監視による無人運転等、高圧ガス保安法の規制緩和が必要
		技術	- FCVの走行実証により、FCVセルの劣化については検知されなかったことを確認 - FCFL*3ユーザーのニーズ調査により、走行性や荷役作業性などの車両性能は問題ないことを確認	- FCFLの車両側面からの排熱については改善が必要 - FCVセルに影響を与えないと思われる窒素やアルゴン成分規格の緩和が必要
		事業性	—	- 屋外への残ガス水素放出管の施工において工事費が高額となることから、より安価な方法について要検討が必要 - 水素STの整備地域の拡大には、FCVを製造・販売する自動車メーカーと、水素ST運営事業者が共同で取組を進めることが必要 - 一定程度の需要が期待できる大都市圏から域外地域へ水素STの普及を広げていくには、地域自治体の理解と協力が必要

*1：SVO(Straight Vegetable Oil) 廃食用油 *2：BDF(Bio Diesel Fuel) バイオディーゼル燃料 *3：FCFL(Fuel Cell Forklift) 燃料電池フォークリフト