

水 素 編

【車載容器(高圧容器、液体水素容器)】

水素-1

分類	要素	技術の現状	課題		
			2015	2020	2030
車載水素貯蔵	高圧容器	<p><実用段階技術></p> <p>○Alライナー/CFRP—複合容器</p> <p>a) 35MPa容器</p> <ul style="list-style-type: none"> 質量貯蔵密度(水素貯蔵量/容器単体質量): 4.5wt%、水素量: 4~5kg 例示基準が制定。容器の認定体制も確立、システムとしての実用性ほぼ確認 長期の水素脆化影響が未解明(ライナー材、バルブ/レギュレータ等) 水素量/容積/容器重量(充填圧力): 1.0kg/39L/23kg(35MPa) 外径×全長: 600mmφ × 1000mm 容器価格: 100万円/本 常温圧力サイクル試験合格基準: 11,250回(高圧ガス保安協会例示規準) <p>b) 70MPa容器</p> <ul style="list-style-type: none"> 質量貯蔵密度(水素貯蔵量/容器単体質量): 4.5wt%、水素量: 4~5kg 外径×全長: 600mmφ × 1000mm 個別認可による車両搭載は拡大—例示基準を策定中 ライナー/繊維強化層の接合・積層技術に目処 軽量、低コスト化に向けた材料選定、新設計手法が課題 (参考)炭素繊維の価格(材料:炭素繊維、樹脂、アルミニウム合金): 35MPa容器:材料費の65%、70MPa容器:材料費の80% <p><次世代技術></p> <p>○軽量・高強度Alライナー/CFRP—複合容器</p> <p>(システム質量貯蔵密度: 5.5~6wt%、水素量: >5kg)</p> <ul style="list-style-type: none"> 軽量・高強度Alライナー材(6066、6069)、高剛性繊維材料の開発 軽量化設計手法の検討 	<p>実用化・初期導入</p> <ul style="list-style-type: none"> 材料及び製造技術開発を通じた低コスト化 炭素繊維の低コスト化・性能向上 炭素繊維のリサイクル技術の開発 例示基準の一部見直しを踏まえた最適設計 水素脆化対応材料の採用 容器劣化・損傷検知技術の検討・高度化 車両衝突後の容器の安全性を確認する方法、隠れた傷の探傷技術 非破壊検査技術の確立 70MPa充填時の水素温度測定方法、シミュレーション技術 <p>①質量貯蔵密度(水素貯蔵量/容器単体重量): 5.5 wt%</p> <p>②水素量: >5 kg</p>	<p>①質量貯蔵密度(水素貯蔵量/容器単体重量): 7 wt%</p> <p>②水素量: >5 kg</p>	<p>最適圧力の検討</p> <p>低コスト化</p>
		<p>・軽量・高強度Alライナー/CFRP容器の高度化</p> <p>・減圧弁付インタンク電磁弁の開発</p> <p>・炭素繊維の低コスト化が課題</p> <p>①質量貯蔵密度(システム): 6.5 wt%</p> <p>②水素量/容積/容器重量: 5kg/120L/75kg</p>	<p>・最適設計によるライナー、FRPの薄肉化</p> <p>・量産化による低コスト化</p> <p>①質量貯蔵密度(システム): 7 wt%</p> <p>②水素量/容積/容器重量: 7kg/165L/100kg</p>		
	樹脂ライナー容器 (Type4)	<p><実用段階技術></p> <p>○35MPa級樹脂ライナー/CFRP—複合容器</p> <p>(システム質量貯蔵密度: 5~6wt%、水素量: ~3kg)</p> <ul style="list-style-type: none"> 例示基準が制定され、容器の認定制度も確立 低水素透過樹脂ライナー材料の選定と加工技術に目処 長期の水素透過性、接着部剥離性、充填に伴う温度影響の評価が進行中 <p>○70MPa級樹脂ライナー/CFRP—複合容器</p> <p>(システム質量貯蔵密度: 5~6wt%、水素量: ~3kg)</p> <ul style="list-style-type: none"> 車載用容器がFCVに搭載され運用 容器設計及び製造技術の知見を蓄積 信頼性評価(水素透過、接着剥離、耐ダメージ性等)が進展中(仕様例) 質量貯蔵密度(システム): 5 wt% 水素量/容積/容器重量(充填圧力): 1.3kg/31L/26kg(70MPa) 外径×全長: 356mmφ × 584mm 常温圧力サイクル試験合格基準: 11,250回(高圧ガス保安協会例示規準) 	<p>・樹脂ライナー/CFRP容器の高度化</p> <p>・炭素繊維の低コスト化が課題</p> <p>・容器劣化・損傷検知技術の検討・高度化</p> <p>①質量貯蔵密度(システム): 7.5 wt%</p> <p>②水素量/容積/容器重量: 3kg/120L/40kg</p>	<p>・最適設計によるライナー、FRPの薄肉化</p> <p>・量産化による低コスト化</p> <p>①質量貯蔵密度(システム): 9 wt%</p> <p>②水素量/容積/容器重量:</p>	<p>最適圧力の検討</p> <p>低コスト化</p>
液体水素容器	<p><実用段階技術></p> <p>○積層真空断熱型液体水素容器</p> <ul style="list-style-type: none"> 1980年代後半より車載実証開始、欧米で実用化に向けた開発が進展 ISOTC197で容器の性能基準が制定され、国内でも例示基準を制定 ボイルオフ速度の低減(<5%)、開始時間の延長(>40時間)に目処 断熱材料の改良、ボイルオフ水素の処理方法の検討を継続(仕様例) 質量貯蔵密度(システム): 4.8 wt% 水素量/容積/容器重量: 4.3kg/68L(<1MPa)/85kg ボイルオフ速度/開始時間: 3~6%/日/30時間程度 容器価格: 約500万円(水素5kg) 常温圧力サイクル試験合格基準: 11,250回(高圧ガス保安協会例示規準) <p><次世代技術></p> <p>○断熱型高圧液体水素容器</p> <ul style="list-style-type: none"> 35MPa断熱型高圧液体水素容器で7 wt%達成との報告有り 	<p>・ボイルオフ低減+ボイルオフ処理技術の高度化</p> <p>・容器の軽量化技術開発</p> <p>・低コスト化技術</p> <p>・異形容器の開発</p> <p>・大型車両用容器の開発</p> <p>①質量貯蔵密度(システム): 9 wt%</p> <p>②水素量/容積/容器重量: 5kg/80L/50kg</p> <p>③ボイルオフ速度/開始時間: 1~2%/日/100時間程度</p>	<p>・ボイルオフ低減+ボイルオフ処理技術の更なる高度化</p> <p>・軽量化、低コスト化</p> <p>①質量貯蔵密度(システム): 17wt%</p> <p>②水素量/容積/容器重量: 7kg/110L/35kg</p> <p>③ボイルオフ速度/開始時間: 0.5~1%/日/200時間</p>	<p>断熱型高圧液体水素容器の開発</p>	

注: 容積の記載は原則として内容積とし、外容積を記載する場合はそのように明記した。

注: 容器の寸法条件は、乗用車に搭載できる最大寸法を想定した。また将来的には貯蔵密度の向上を図り、システムの軽量化と水素貯蔵量をバランスよく向上させることを検討する。

【水素貯蔵材料容器と水素貯蔵材料】

分類	要素	技術の現状	課題		
			2015	2020	2030
車載水素貯蔵	水素貯蔵材料容器 (ハイブリッド容器)	<p><実用段階技術></p> <ul style="list-style-type: none"> TiCrV系合金利用が先行 小型容器の試作と試験運用が実施中 容器の軽量化、熱交換器の性能向上が進展 (仕様: システム重量貯蔵密度: 0.9~2wt%、水素量: ~5kg) 水素量/容積/容器重量(充填圧力): 5kg/200L/567kg (3MPa) 容器体積貯蔵密度: 20kg-H₂/m³ 水素充填時間: 10min (80%充填) 最大水素放出速度: 2000NL/min (120kW-FCV) <p><次世代技術></p> <p>○ハイブリッド容器</p> <ul style="list-style-type: none"> 容器、熱交換器システムおよび製造技術の技術検討が進行中 水素貯蔵材料の充填方法の検討や、水素吸蔵合金容器、熱交換システムの最適化が必要 合金床・容器の熱膨張・収縮特性の検討、固定化方法の検討 実効水素吸蔵・放出特性と車両要求性能に基づくシステム設計手法 始動時およびシステム作動時の必要水素量、水素充填率とシステム性能 ハイブリッド容器に適したPRD、弁・バルブの開発が必要 (仕様例) 水素量/内容量/外体積/容器重量(充填圧力): 2kg/51L/66L/98.5kg (35MPa) システム貯蔵密度: 2.0% システム体積密度: 40kg-H₂/m³ 水素充填時間: 5分(80%)、最大水素放出速度: 2000NL/分(120kW-FCV) 	<ul style="list-style-type: none"> 軽量容器、熱交換器の高性能化 合金膨張対策および振動対策(容器の安全性向上) 高圧水素容器並みコスト競争力、耐久性 安全性評価手法の確立及び標準化 <p>①水素量/容積/容器重量(充填圧力): 5kg/110L/145kg (3MPa)</p> <p>②質量貯蔵密度(システム): 3.5 wt%</p> <p>③容器体積密度: 35kg-H₂/m³</p> <p>④水素充填時間: <5min (90%充填) 【注: 実用温度範囲】</p>	<p>①水素量/容積/容器重量(充填圧力): 7kg/110L/155kg(3MPa)</p> <p>②質量貯蔵密度(システム): 4.5wt%</p> <p>③容器体積密度: 45kg-H₂/m³</p> <p>④水素充填時間: <5min (90%充填)</p>	
		<ul style="list-style-type: none"> 熱交換器等の軽量化・高性能化 合金飛散防止技術、火災暴露時の安全技術の開発 振動対策技術の開発 高圧水素容器並み耐久性 ハイブリッド容器用PRD、弁・バルブの開発(フィルタ、ダスト対策) 耐衝撃性の評価手法の確立 法的取り扱いの整備及び安全性評価手法の確立 <p>①水素量/内容量/外体積/容器重量(充填圧力): 5kg/100L/145L/165kg(35MPa)</p> <p>②質量貯蔵密度(システム): >3 wt%</p> <p>③容器体積密度: >40kg-H₂/m³</p> <p>④水素充填時間: <5min (90%充填) 【注: 実用温度範囲】</p>	<ul style="list-style-type: none"> 容器、熱交換器の軽量小型化 安全性、信頼性の向上 高圧容器並みのコスト競争力 <p>①水素量/内容量/外体積/容器重量(充填圧力): 7kg/115L/151L/175kg(35MPa)</p> <p>②質量貯蔵密度(システム): >4wt%</p> <p>③体積貯蔵密度: >46kg-H₂/m³</p> <p>④水素充填時間: <5min (90%充填)</p>		

貯蔵材料の開発成果の適用

水素貯蔵材料	3mass%以下級合金	<p><実用段階技術></p> <p>○3mass%以下級貯蔵合金材料</p> <ul style="list-style-type: none"> TiCrV系BCC合金で3mass%達成に目処 TiCrMn系ラーベス合金、BOC系合金等の貯蔵量向上、劣化機構解明が課題 更なる水素吸蔵・放出速度の向上と低コスト化を推進中 (仕様例) 質量貯蔵密度: 2.6~3mass%、体積貯蔵密度: 90~150kg-H₂/m³(バルク) 水素放出温度: <100°C/0.2MPa) 耐久性*1: >500回 材料コスト: 30,000~40,000円/kg 反応熱 ΔH : 20~40kJ/molH₂ 	<ul style="list-style-type: none"> 水素吸蔵・放出速度の向上技術の開発 劣化機構解明と対策検証 耐久性とコストの両立 不純物の影響の検討 <p>①質量貯蔵密度: 3 mass%</p> <p>②体積貯蔵密度: 90~150kg-H₂/m³(バルク)</p> <p>③水素放出温度: <80°C(0.2MPa)</p> <p>④耐久性*1: 1000回</p> <p>⑤材料コスト: <3,000円/kg (反応熱 ΔH *2: <30kJ/molH₂)</p>	<p>・リサイクル</p> <p>①質量貯蔵密度: 3 mass%</p> <p>②体積貯蔵密度: 90~150kg-H₂/m³(バルク)</p> <p>③水素放出温度: <80°C (0.2MPa)</p> <p>④耐久性*1: 車載容器として実用レベル</p> <p>⑤材料コスト: <1,000円/kg (反応熱 ΔH *2: <20kJ/molH₂)</p>
	4mass%級合金	<p><次世代技術></p> <p>○4mass%級貯蔵合金材料</p> <p>(質量貯蔵密度: >3mass%、体積貯蔵密度: >150kg-H₂/m³、水素放出温度: <200°C/0.2MPa)</p> <ul style="list-style-type: none"> Mg系、Ca-Mg系、Al系、ペロブスカイト型、ZrNiAl型等の新規合金材料開発進展 TiCrV系BCC合金で3mass%を超えるものあり(吸蔵のみ) 超高压合成、超積層複合化等の新規作成方法を開発 吸蔵・放出メカニズム、劣化機構解明を通じた性能向上研究の推進 	<ul style="list-style-type: none"> 新規材料の探索 	<p>・リサイクル</p> <p>①質量貯蔵密度: >4 mass%</p> <p>②体積貯蔵密度: >200kg-H₂/m³(バルク)</p> <p>③水素放出温度: <-30°C (0.5MPa)</p> <p>④耐久性*1: >1000回</p> <p>⑤材料コスト: <1000~2000円/kg (反応熱 ΔH *2: 20kJ/molH₂程度)</p>
	6mass%以上級合金	<p><長期的技術></p> <p>○6mass%以上級貯蔵合金材料</p> <p>(質量貯蔵密度: ~6mass%、体積貯蔵密度: >150kg-H₂/m³)</p> <ul style="list-style-type: none"> Nb添加Mg合金の特性を確認(水素放出: 300°C/0.1MPa) 放出温度の低下を可能にする新規材料研究の継続 	<ul style="list-style-type: none"> 新規材料の探索 水素放出温度の低温化 	<p>・リサイクル</p> <p>①質量貯蔵密度: >6 mass%</p> <p>②体積貯蔵密度: >200kg-H₂/m³(バルク)</p> <p>③水素放出温度: <-30°C (0.5MPa)</p> <p>④耐久性*1: >1000回</p> <p>⑤材料コスト: <700円/kg (反応熱 ΔH *2: 20kJ/molH₂程度)</p>
	無機系	<p><長期的技術></p> <ul style="list-style-type: none"> アラネート系、アミド・イミド系、ボロハイドライド系、複合系材料で質量貯蔵密度: 3~13mass%、水素放出温度: 400~100°Cの可能性を示唆 吸着・脱着メカニズムの解明を目指した基礎研究が進展中 (仕様例)・アラネート系 3~5.5mass% 水素放出温度100°C~200°C アミド・イミド系 4~9mass% 水素放出温度150°C~400°C ボロハイドライド 5~13.5mass% 水素放出温度100°C~400°C 複合系 3~12mass% 水素放出温度100°C~300°C (反応熱 ΔH : 40~70 kJ/molH₂) 	<ul style="list-style-type: none"> 有望材料系の探索と材料組成の最適化 吸蔵・放出温度の低下、反応速度と耐久性の向上 副反応生成物等の放出抑制 ハンドリング技術の確立 不純物の影響の検討 MEA高温化による熱利用 	<p>・リサイクル</p> <p>①質量貯蔵密度: >9mass%</p> <p>②体積貯蔵密度: >100kg-H₂/m³(バルク)</p> <p>③水素放出温度: <100°C (0.2MPa)</p> <p>④耐久性*1: >1000回</p>

注: 容積の記載は原則として内容積とし、外容積を記載する場合はそのように明記した。

耐久性*1: 初期貯蔵性能の90%保持の吸収・放出回数

反応熱|ΔH|*2: 水素の平衡圧力はln P=ΔH/RT-ΔS/Rで示され、ΔS=一定ならば温度と圧力よりΔHを導くことができる。しかしΔSは材料系毎に異なるため、温度・圧力・ΔHの全てを目標値に掲げることは適切でない。希望値として括弧内にΔHを記入することとした。

【中長期的水素車載技術】

分類	要素	技術の現状	課題		
			2015	2020	2030
革新的貯蔵材料・貯蔵システム	革新的貯蔵材料	<ul style="list-style-type: none"> ○MOF(有機金属構造体)利用水素貯蔵 <ul style="list-style-type: none"> ・世界で多様な化合物を検討 (>7 mass%、>30 g/L (77K-6MPa)を達成したとの報告あり) ・水素貯蔵と分離メカニズム及びその構造安定性の知見を蓄積中 ・MOF貯蔵容器の構造、安全性の検討が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・水素貯蔵能力の向上、高エネルギー密度化 ・貯蔵容器の開発 ・水素貯蔵材料の物性 ・水素吸放出挙動の把握 		
		<ul style="list-style-type: none"> ○炭素系(物理吸着系)吸着材料 <ul style="list-style-type: none"> ・炭素系材料の化学修飾、元素置換、複合化等が進展 ・吸着量制御のための炭素-水素相互作用の解明が必要 ・-196℃では10mass%を超える結果も報告されている ・質量貯蔵密度:0.9mass%(30℃、10MPa) 	<ul style="list-style-type: none"> ・高水素吸蔵量材料の設計または合成指針の確立、適用 (新規形状、化学修飾、元素置換、複合化など) 		
		<ul style="list-style-type: none"> ○クラストレート(包接化合物)利用水素貯蔵 <ul style="list-style-type: none"> ・水系、非水系の基礎的知見(生成、分解挙動)を把握 ・水素貯蔵容量の増大、高エネルギー密度化に向けた手法を検討 ・ヘルプ分子あるいはホスト化合物の探索 	<ul style="list-style-type: none"> ・水素貯蔵能力の向上、高エネルギー密度化 ・貯蔵容器の開発 ・生成・分解速度の支配因子の解明 ・ヘルプ分子の回収・循環システムの開発 ・THFに代わるヘルプ分子、高水素貯蔵ホスト化合物の探索 		
	革新的貯蔵システム	<ul style="list-style-type: none"> ○有機ハイドライド貯蔵 <ul style="list-style-type: none"> ・脱水素反応の低温域高速化の触媒開発、熱供給法、脱平衡化プロセスがメチルシクロヘキサン/トルエンを中心に研究中 ・各種炭化水素別の水素吸蔵・放出温度の低下、効率向上に繋る知見を蓄積 (材料候補:吸蔵温度200℃、放出温度150~350℃) メチルシクロヘキサン/トルエン:6.2wt% シクロヘキサン/ベンゼン系:7.2wt% デカリン/ナフタリン系:7.3wt% ・水素ステーションへの輸送技術として脱水素反応器が開発中 	<ul style="list-style-type: none"> ・危険物としての取り扱いの見直しと設備設置地域可能地域の拡大 ・エネルギー効率の向上 ・水素ステーション用輸送技術として実証中 	<ul style="list-style-type: none"> ・外洋船での輸送の検討 ・長期試験運転と性能維持対策法の確立 ・一般社会で取り扱うことを前提とした安全性確認 ・再生可能エネルギーの貯蔵検討 	
	材料探索	<ul style="list-style-type: none"> ○オフボード再生式水素充填技術 <ul style="list-style-type: none"> ・水素放出反応が不可逆的な無機系貯蔵材料を使用後に回収、集中的に再生 ・米国エネルギー省のプログラムで研究開発が進行中 ・AlH₃、NH₃BH₃のような不安定かつ水素貯蔵量の多い水素化合物が対象 (例 AlH₃ ΔH=-10 kJ/mol H₂、吸蔵量 10mass%) 	<ul style="list-style-type: none"> ・再生技術の確立 ・充填・回収システムの構築 ・カセット型システムの可能性検証 ・LCA的優位性の実証 		
車載水素貯蔵	液体水素容器	<p><長期的技術></p> <ul style="list-style-type: none"> ○スラッシュ水素貯蔵容器 	<ul style="list-style-type: none"> ・水素貯蔵密度、水素充填性で選択された水素貯蔵材料の物性 ・水素吸放出挙動に適合した車載水素貯蔵容器の開発 		

注:有機ハイドライドは輸送媒体として取り扱っているが貯蔵材料間での比較のために車載技術のところに記載した。

【水素供給技術(水素ステーション共通技術)】

分類	要素	技術の現状	課題			
			2015	2020	2030	
水素供給技術	FCVとのインターフェイス	<ul style="list-style-type: none"> 通信充填のための国際規格SAE TIR J2601(プロトコル)、同 TIR J2799(通信方式)が発効 車載容器の温度検知方法の検討とシミュレーションを実施 	<ul style="list-style-type: none"> 車両と通信システムの採用、国際基準対応 水素温度の制御とシミュレーション技術 セルフ充填の可能性の検討 			
	ステーションシステム技術	<ul style="list-style-type: none"> 商用時のステーションシステム構成、コスト試算を実施 ステーション安全計装システムの検討 低コスト化のための充填プロセス、バンク構成を検討中(直接充填方式等) プレクール方法の検討 初期展開のための簡易(可搬式)型ステーションの検討 	<ul style="list-style-type: none"> 保安業務の効率化 予防安全システムの効率化 最適充填プロセス、充填方式(差圧、直接)の検討 初期展開のための簡易(可搬式)型ステーションの検討 			
	圧縮水素ステーション	<p><実用段階技術></p> <ul style="list-style-type: none"> 35MPa充填対応水素ステーション(水素充填能力:30~50Nm³/h(35MPa対応)、水素純度:>99.99%) 例示基準案を策定済 35MPaフル充填(42MPa充填)を検討 水素供給コスト:120円/Nm³(オンサイト、稼働率80%) <p>○70MPa充填対応水素ステーション</p> <ul style="list-style-type: none"> JHFCにて2008年度より運用 70MPa充填対応ステーションの技術基準を策定中 急速充填(5kg/3分)のための水素ガス温度制御技術の開発 70MPa直接充填方式を検討 70MPaフル充填(87.5MPa充填)を検討 	<ul style="list-style-type: none"> ステーション構成部品の低コスト化、部品点数の削減 エンジニアリングコストの低減 ステーション総合効率の改善(稼働率向上、DSS運転の検討) ガソリンスタンド併設型ステーションを可能とする規制見直し検討 <p>・水素供給コスト:約90円/Nm³</p>	<p>・最適充填圧力の検討</p> <ul style="list-style-type: none"> 主たるステーション規模:300~500Nm³/h ステーション効率:86%(HHV)、80%(LHV)(オンサイト) 水素供給コスト:約60円/Nm³ <ul style="list-style-type: none"> 主たるステーション規模:500Nm³/h以上 水素供給コスト:約60~40円/Nm³ 		
		水素ディスベンサ	<p><実用段階技術></p> <ul style="list-style-type: none"> 35MPa充填対応水素ディスベンサ 35MPa充填対応用は多くのステーションで実証運用中 樹脂ホース、緊急離脱カプラー、ノズル・レセプタクルの運用における実証が進む 流量調節弁、遮断弁、脱圧弁、電磁弁などの低コスト化が課題 <p>○70MPa充填対応水素ディスベンサ</p> <ul style="list-style-type: none"> 70MPa充填対応ディスベンサが実証段階 高速充填技術の開発と基準化の促進(充填時間:3~10分/150L) 高信頼性のための流量計(精度:±1.0%)、バルブ、安全バルブ等の検討 最適プレクール温度の検討(欧米の事例では-20~-40℃) 樹脂ホース、緊急離脱カプラー、ノズル・レセプタクルの運用における実証が必要(特にプレクール) 流量調節弁、遮断弁、脱圧弁、電磁弁などの低コスト化が課題 	<ul style="list-style-type: none"> 高精度充填技術 構成部品・技術の低コスト化 充填時間短縮、セルフ化対応 ノズル、緊急離脱カプラー、樹脂ホースの軽量化 <p>・耐久性:30万回 ・充電精度:±1.0% ・充電時間:5分以内(150L容器)</p>	<p>・耐久性:30万回 ・充電精度:±1.0% ・充電時間:5分以内(150L容器)</p>	
	圧縮水素供給	蓄圧器	<p><実用段階技術></p> <ul style="list-style-type: none"> 定置用鋼製容器(35MPa級) 35MPa充填対応容器(SCM435、440)の例示基準策定済 ex.材料SCM435(Cr-Mo鋼)、容器コスト110万円(250L) 定置用鋼製容器(70MPa級) SNM439リテンパー材、容器コスト:2400万円(300L) <p><次世代技術></p> <ul style="list-style-type: none"> 70MPaフル充填・35MPaフル充填対応容器 70MPaフル充填、35MPaフル充填に対応できる鋼製容器の開発 定置用複合容器 輸送用容器技術の利用 技術基準の検討 定置用ハイブリッド容器 車両搭載用ハイブリッド容器技術の利用 	<p>実用化・導入本格化段階</p> <ul style="list-style-type: none"> 容器コスト 80万円(250L) 検査周期 1回/3年 <p>実証段階</p> <ul style="list-style-type: none"> 容器コスト 1900万円(300L) 	<p>・70MPaフル充填に適した材料の開発と設計</p> <p>・35MPaフル充填に適した材料の開発と設計</p>	
			<ul style="list-style-type: none"> 定置用複合容器の実証 大容量化、長尺化、高圧化 コンパクト化、低コスト化の検討 鋼製ライナ容器の検討 技術基準、規格の策定 	<p>・定置用ハイブリッド容器の開発</p> <p>・技術基準、規格の策定</p> <p>・熱マネジメント技術の確立</p>		
<ul style="list-style-type: none"> 蓄圧器の検査技術 35MPa充填対応容器、70MPa対応容器の非破壊検査技術(オンサイト) 蓄圧器の長期使用を前提とした容器劣化・損傷検知技術の検討・高度化 蓄圧器の加工技術 絞り部の加工技術の確立 			<ul style="list-style-type: none"> 容器の軽年変化に関する知見の集約 非破壊検査技術の確立と妥当性の確認 定期自主検査指針の策定 容器(特に絞り部)の劣化度に関する知見の集約 容器製造時の熱処理技術 			
周辺機器(弁、継手等)	<ul style="list-style-type: none"> 可逆式圧力安全弁、圧力作動破裂型圧力安全装置、流量調節弁、自動遮断弁、手動遮断弁、逆止弁、圧力配管 70MPa用の検討進展(材料はSUS316L材、接続はコン&スレッドが基本) ステーションでの運用における実証 コスト低減が課題(使用材料、用途に応じた最適設計) 	<ul style="list-style-type: none"> 技術基準、規格の策定 低コスト化(使用材料の拡大、強度安全率見直し) 材料開発(金属・樹脂・ゴム) 最適表面処理技術の確立 	<ul style="list-style-type: none"> 配管接続方法の標準化 構成機器のモジュール化 			

分類	要素	技術の現状	課題		
			2015	2020	2030
水素供給技術	圧縮水素供給	<p>＜実用段階技術＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ○35MPa充填対応水素圧縮機 (吐出圧力:40MPa、吐出容量:~200Nm³/h、圧縮効率:45~55%、圧縮エネルギー:0.3kWh/Nm³-H₂、設備費:5千万円) ・圧縮水素併給ステーションで実証運転中 ・パッキン、ピストンリングの耐久性改善が緊急課題 <p>○70MPa充填対応水素圧縮機 (吐出圧力:~100MPa、吐出容量:~200Nm³/h、圧縮効率:45~55%、圧縮エネルギー:0.4~1kWh/Nm³-H₂、設備費:1億円)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・一部メーカーが100MPa級機の市販を開始 ・70MPa充填に対応したパッキン、ピストンリングの耐久性改善が緊急課題 <p>＜次世代技術＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ○70MPa直接充填対応圧縮機 ・高圧蓄圧器からの差圧充填と直接充填のバランスの検討 ・大流量、負荷変動対応、高耐久性の確保が課題 	<ul style="list-style-type: none"> ・圧縮効率の向上 ・低コスト化、省スペース化 ・運転管理の簡素化 ・パッキン、ピストンリングの耐久性改善 <p>・圧縮効率:75%以上 ・装置本体寿命:10000時間以上 ・設備サイズ:2.3m×4m ・設備費:3500万円/(300Nm³/h、40MPa)</p>		
		<ul style="list-style-type: none"> ・圧縮効率の向上 ・低コスト化、省スペース化 ・パッキン、ピストンリングの耐久性改善 <p>・圧縮効率:75%以上 ・設備サイズ:2.3m×4m ・設備費:6500万円/(300Nm³/h、100MPa級)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・圧縮効率:75%以上 ・設備サイズ:2.3m×4m ・設備費:2千万円/(300Nm³/h、100MPa級) 		
		<ul style="list-style-type: none"> ・耐久性向上 ・負荷変動対応 ・緊急時の安全性確保 ・大流量化 			
	その他	<ul style="list-style-type: none"> ○イオニックコンプレッサ ・イオン性液体を圧力媒体として用いた圧縮機 ・ドイツで70MPa級の実績あり、高熱伝導性で冷却が容易 ・イオン液体の開発が課題 	<ul style="list-style-type: none"> ・イオン性液体の開発 ・水素へのコンタミネーションの低減 		
	液体水素供給	液体水素ステーション	<p>＜実用段階技術＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ○液体水素ステーション ・圧縮水素ステーションとの併設の検討 ・フラッシュロス、クールダウンロス、ボイルオフガス低減・回収・再利用技術の検討 	<ul style="list-style-type: none"> ・JHFCプロジェクトでの技術開発課題抽出 ・フラッシュロス、クールダウンロス、BOGの低減・回収技術の開発 ・耐震性向上 ・耐震性、安全性向上に関わるデータの取得 ・安全性検証、基準策定用データ取得 	<ul style="list-style-type: none"> ・ガソリンスタンド併設型商用ステーション
		液体水素デイスベンサ	<p>＜次世代技術＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ○液体水素デイスベンサ(充填精度:<±2%) ・液体水素流量計の精度向上 ・ノズル、ホースの耐久性に関する実証データの集積 ・ノズル、ホース等の軽量化 ・液水用緊急離脱カプラの改良 	<ul style="list-style-type: none"> ・流量計精度の向上 ・信頼性と耐久性の向上 <p>・耐久性:>3万回(保守周期1年相当) ・充電精度:±2.0%以下 ・充電時間:5分以内/80L-タンク ・設備費:2000万円(供給ポート当たり)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・耐久性:>15万回(保守周期5年相当) ・充電精度:±2.0%以下 ・充電時間:3分以内/110L-タンク ・設備費:1000万円(供給ポート当たり)
		液体水素ポンプ	<p>＜実用段階技術＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ○35MPa充填対応液水ポンプ ・圧力:40MPa(~1000Nm³/h) ・容積効率:70%以上、圧縮エネルギー:0.017kWh/Nm³-H₂ ・ミュンヘン空港等や有明ステーションで海外製が実証運転中 ・国内向け35MPa対応液水圧縮機の開発 ・液体水素吸込性能およびシール技術の改良 ・液体水素の冷熱を利用したダイレクト低温高圧充填制御技術を検討中 <p>＜次世代技術＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ○70MPa充填対応液水ポンプ ・70MPa充填(及び70MPaフル充填)対応液水ポンプの検討 <p>＜実用段階技術＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ○加圧式移送 ・加圧ガス発生用の高性能熱交換器の開発 ・フラッシュロス低減に寄与する加圧操作の最適化 	<ul style="list-style-type: none"> ・軸振動低減技術 ・軸受、軸シールの耐久性向上 ・低侵入熱モーターの開発 ・羽根車性能の向上 <p>・容積効率:70~90% ・設備費:2~3千万円(40MPa、300~500Nm³/h)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 導入普及 本格化段階 ・静圧軸受技術の高度化 ・耐圧シール性能の向上(内部漏れゼロ) ・8000Hrメンテナンスフリー
		<ul style="list-style-type: none"> ・軸振動低減技術、低侵入熱モーターの開発 ・70MPa充填対応充填温度制御技術の確立 ・吸入/吐出弁のシール技術の開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・容積効率:80%以上 ・設備費:3~4千万円(100MPa級、500Nm³/h) 		
		<ul style="list-style-type: none"> ・加圧ガス発生用の高性能熱交換器の開発 ・フラッシュロス等低減のための操作最適化 <p>・耐久性:1000回起動停止、8000Hr連続運転</p>			
	定置用液水容器	<p>＜実用段階技術＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ○積層真空方式(ステーション用)及び低真空パーライト方式(大型) (ボイルオフ速度:0.5%/日/10Nm³) ・高剛性、低熱侵入の内槽容器支持方式の開発 ○複合容器(ステーション用) ・100L容器が開発中(GFR利用) <p>＜長期的技術＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ・液体水素容器の大型化(数千m³~数万m³) 	<ul style="list-style-type: none"> 実用化・初期導入 ・侵入熱抑制によるボイルオフの抑制 <p>・ボイルオフ速度:0.4%/日程度(10m³級容器において)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ボイルオフ速度:<0.2%/日程度(10m³級容器において) 	
周辺機器(液位センサ、バルブ等)	<p>＜実用段階技術＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ○液位センサ ・非定常下でも高精度なセンサの開発 ○液水バルブ ・熱容量低減のための軽量・コンパクト化 ・真空断熱配管施工に適したバルブ構造の検討 	<ul style="list-style-type: none"> 実用化・初期導入 	<ul style="list-style-type: none"> 導入普及 本格化段階 		

分類	要素	技術の現状	課題		
			2015	2020	2030
水素供給技術	水素流量計測技術	流量計 <実用段階技術> ○コリオリ流量計 ・フローチューブに Hastelloy や SUS310S などを使用 ・70MPa 用開発済み ・精度は 0.5% 以下	<実用段階> ・フローチューブ用新材料開発及び安全性検証(脆化含む) ・接合部分の水素脆化の検証		
	水素検知技術	水素センサ <実用段階技術> ○接触燃焼式センサ(計測濃度範囲:1000ppm~4%、応答時間:~1秒) ・Pt線コイル抵抗値の変化で水素接触燃焼熱を検出、定量性に優れる ・起動応答時間1秒以内、経年劣化5%以内、環境温度-30~100°Cを達成 ・ステーションおよび車載センターとして利用 ○酸化半導体式センサ(計測濃度範囲:100ppm~1%、応答時間:20sec) ・SnO ₂ 等表面の酸素と水素反応の電気抵抗変化で検出、漏洩検知に適す ○熱電式センサ(計測濃度範囲:100ppm~4%、応答時間:1~3sec) ・水素と白金触媒膜の発熱反応を熱電変換材料膜で検出 ・広濃度範囲(100ppm~4%)の水素検知が可能 ○FET式センサ(計測濃度:~100ppm) ・FETゲート絶縁膜上に積層したPdに接触した水素をドレイン電流で検出 ・低濃度(100ppm程度)水素感知が可能で漏洩検知に適す ○固体電解質型センサ ・プロトン伝導性固体電解質を介した電極間の水素による起電力を検出 ・広濃度範囲と迅速な応答特性が可能 ○その他センサ(球状弾性表面波、光ファイバー、上記の複合化等) ・球状弾性表面波、光ファイバー等による水素検知 ・複合検知システム等の開発 ○火炎検知機能を併せ持つセンサ	<普及拡大> ・水素検出器のISO規格適合品の低コスト化 <実用化、初期導入> ・コストダウン ・特徴を生かした水素インフラ以外の用途開拓 ・耐久性向上 ・メンテナンスフリー化 ・水素検出器の国際規格への適合性検証		
	圧力計測技術	圧力計・圧力センサ <実用段階技術> ○35MPa充填用、70MPa充填用 ・圧力計、圧力センサの長期耐久性をJHFCで実証・評価中 <次世代技術> ○水素脆化の影響を受けないセンシング技術の開発	・長期耐久性の検証 ・35MPa・70MPa級水素製造供給設備へのバリエーション拡充 ・普及開始に向けた低コスト化、安定生産 ・データの集積と解析		

【水素製造技術(オンサイト分散型、プラント集中型)】

分類	要素	技術の現状	課題		
			2015	2020	2030
オンサイト分散型水素製造技術	改質	<p>＜実用段階技術＞</p> <p>○水蒸気改質反応装置</p> <ul style="list-style-type: none"> ・都市ガス、灯油等を用いた実証システムが稼働中 ・水素ステーション用に性能向上必要(製造効率:80%(HHV)、起動時間:<4時間) ・起動時間短縮、製造効率向上策の検討が進展中 ・触媒:貴金属量低減が進展、寿命の更なる向上が必要 <p>ex.・100Nm³/h水素製造システム(PSA含む)、設備費:約8千万円</p> <ul style="list-style-type: none"> ・燃料種:都市ガス、水素純度:99.999%、反応温度:700~800°C(S/C=3) ・製造効率:70%(HHV)、66%(LHV) ・起動時間:4~5時間、装置サイズ:28m³程度(2600W×3800L×2800H) <p>ex.・300Nm³/h水素製造システム(PSA含む)、設備費:約1億8千万円</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・改質効率向上 ・熱サイクル耐久性向上 ・実運用でのシステム効率向上 ・高活性、低コキング改質触媒の開発 ・低コスト化・コンパクト化を可能にする技術基準見直し <p>・起動時間短縮化</p> <p>・DDS運転への対応 <p>・製造効率:80~75%(HHV)、70%(LHV)(@0.74MPa)</p> <p>・設備費:9千万円(300Nm³-H₂/h)</p> <p>・設備サイズ:現在の1/2程度</p> <p>・起動時間:~3時間</p> <p>・S/C=2.5</p> </p>	<ul style="list-style-type: none"> ・商用機の低コスト化、コンパクト化 <p>・設備サイズ:現在の1/3程度</p> <p>・設備費:8千万円(500Nm³-H₂/h) 5千万円(300Nm³-H₂/h)</p>	
		<p>＜次世代技術＞</p> <p>○Pd系合金水素分離膜を用いた水素透過型メンブリアクタ</p> <p>(透過性能:30 Ncm³-H₂/min・cm²、起動時間:~5時間、設備寿命:~5000時間)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・新設の都市ガスシステムでの実証試験運転を継続中 ・改質率83%達成 ・メンブレン製造技術、劣化因子の解明に目処 ・メンブレン利用でのシステム最適制御に関する知見を蓄積 ・実証試験実施(40Nm³/h、運転時間3000時間、起動停止60回) <p>ex.・規模:40Nm³-H₂/h、設備サイズ:30m³程度(4000W×3600L×2100H)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・起動時間:5時間、燃料:都市ガス、反応温度:500~550°C ・製造効率:72%(HHV)、68%(LHV)(@0.74MPa) ・透過性能:15Ncm³-H₂/min・cm² ・Pd膜厚:15μ m程度(40Nm³/h機実績)、モジュール要素技術開発で5μ m程度 ・メンブレンモジュールコスト:200万円/(Nm³-H₂/h) 	<ul style="list-style-type: none"> ・メンブレンの製造技術確立、耐久性向上 ・水素透過速度の向上 ・低温高活性改質触媒の開発 ・燃料多様化技術の開発(LPG、ガソリン、灯油、等) <p>・製造効率:80%以上(HHV)、74%(LHV)(@0.74MPa)</p> <p>・設備寿命:5年以上</p> <p>・起動時間:3時間</p> <p>・設備サイズ:現在の1/4相当</p> <p>・透過性能:40Ncm³-H₂/min・cm²以上</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・商用機の低コスト化、コンパクト化 ・オンサイト炭素隔離の検討 <p>・製造効率:85%(HHV)、79%(LHV)(@0.74MPa)</p> <p>・プラント規模:50Nm³/h~300Nm³/h</p> <p>・設備寿命:10年以上</p> <p>・起動時間:2時間</p> <p>・設備サイズ:現在の1/6相当</p> <p>・透過性能:50Ncm³-H₂/min・cm²以上</p> <p>・設備費:1億円(300Nm³/h)</p>	
		<p>＜長期的技術＞</p> <p>○非Pd系合金水素分離膜を用いた水素透過型メンブリアクタ</p> <p>(透過性能:<30Ncm³-H₂/min・cm²)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・各種合金の基礎特性を評価中 ・各合金に適したメンブレンモジュール化を検討中 ・メンブレン耐久性が課題 	<ul style="list-style-type: none"> ・低コスト水素分離材料の開発 ・燃料多様化技術の開発(LPG、ガソリン、灯油、等) ・耐久性(耐割れ性等)向上 ・メンブレンモジュール化の技術開発 <p>・透過性能:50Ncm³-H₂/min・cm²</p> <p>・メンブレンモジュール寿命:5年以上</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・耐久性の更なる向上 ・モジュール製造技術確立 <p>・透過性能:50Ncm³-H₂/min・cm²以上</p> <p>・メンブレンモジュール寿命:10年以上</p>	
		<p>＜次世代技術＞</p> <p>○混合導電性酸素分離膜を用いたメンブリアクタ</p> <p>(製造効率:60%(HHV)、透過性能:15Ncm³-O₂/min・cm²)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高温下での混合導電性膜の酸素分離特性を評価 ・析出炭素による酸素分離特性への影響度の知見を蓄積 ・モジュール化技術の開発・評価を実施中 	<ul style="list-style-type: none"> ・混合導電性膜による高温酸素分離技術の開発 ・高炭素析出耐性・高活性触媒開発 ・メンブリアクタモジュール化技術開発 <p>・製造効率:70%(HHV)、66%(LHV)(@0.74MPa)</p> <p>・膜寿命:2年</p> <p>・触媒寿命:2年</p> <p>・設備費:1億円(300Nm³-H₂/h)</p> <p>・設備サイズ:15m³程度</p> <p>・透過性能:30Ncm³-O₂/min・cm²以上</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・商用機の低コスト化、コンパクト化 <p>・製造効率:80%(HHV)、74%(LHV)(@0.74MPa)</p> <p>・膜寿命:5年</p> <p>・触媒寿命:5年以上</p> <p>・設備費:1億円(500Nm³-H₂/h)</p> <p>・設備サイズ:10m³程度</p> <p>・システム規模:数十~数百Nm³/h級</p>	
<p>＜実用段階技術＞</p> <p>○オートサーマル反応装置</p> <p>(製造効率:~60%(HHV)、起動時間:~3時間、触媒寿命:0.5年)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・製造効率向上に向けた触媒開発が進展 ・酸素吹きオートサーマルシステムの効果を確認 <p>ex.・規模:50Nm³/h・起動時間:3時間・設備費:7千万円</p> <ul style="list-style-type: none"> ・製造効率:53%(HHV)、50%(LHV)(@0.74MPa) ・設備サイズ:36m³程度(6500W×2300L×2400H) 	<ul style="list-style-type: none"> ・酸化還元雰囲気に対する高耐性触媒の開発 ・低コスト化・コンパクト化を可能にする技術基準見直し <p>・製造効率:70%(HHV)、66%(LHV)(@0.74MPa)</p> <p>・触媒寿命:1年以上</p> <p>・設備費:約1億円(300Nm³-H₂/h)</p> <p>・設備サイズ:現在の1/4程度</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・商用機の低コスト化、コンパクト化 <p>・製造効率:75%(HHV)、70%(LHV)(@0.74MPa)</p> <p>・触媒寿命:5年以上</p> <p>・設備費:約1億円(500Nm³/h)</p> <p>・設備サイズ:現在の1/6程度</p>			

分類	要素	技術の現状	課題			
			2015	2020	2030	
オンサイト分散型水素製造技術	水電解	<p><実用段階技術></p> <p>○固体高分子水電解装置</p> <ul style="list-style-type: none"> ・国内外でシステム販売。高圧タイプ(1MPa未満)商品化進展 ・低コストセパレーターおよびMEAが開発中 ・実用機は設備コスト低減のため高電流密度運転(効率は低め) <p>ex.・電解効率 70%(HHV)、60%(LHV)(3A/cm²)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・発生水素圧:0.7MPa ・設備費:3億円(300Nm³/h) ・システム消費電力:6.5kWh/Nm³ <p>ex.・電解効率:80%(HHV)、67%(LHV)(2Acm²)</p> <p><次世代技術></p> <p>○高温型固体高分子水電解装置 (動作温度:80~120°C、電解効率:~75%(HHV)/2A/cm²)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高耐熱性高分子膜の開発が進展 ・高温・加圧下での電解システムの可能性評価 <p><長期的技術></p> <p>○新規材料開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・低コストを目指した非フッ素系膜および非貴金属触媒の研究が進展 <p>○再生可能エネルギー発電利用の水電解技術、可逆セル開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・燃料電池としても機能する可逆セルが研究開発中。 	<ul style="list-style-type: none"> ・セパレーター、MEAの低コスト化 ・耐久性向上 ・耐久性向上 <p>・電解効率 70%(HHV)、60%(LHV)(3A/cm²)</p> <p>・電解効率 80%(HHV)、67%(LHV)(2A/cm²)</p> <p>・設備費:約1億8千万円(300Nm³/h)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・低コスト化 ・効率向上 ・電流密度向上 ・再生可能エネルギーとの組合せ技術の開発 <p>・電解効率 75%(HHV)、63%(LHV)(3A/cm²)</p> <p>・電解効率 85%(HHV)、72%(LHV)(2A/cm²)</p> <p>・設備費:約1億2千万円(300Nm³/h)</p>		
		<p><実用段階技術></p> <p>○アルカリ水電解装置</p> <ul style="list-style-type: none"> ・欧米を中心に工業的に実用化、国内外でシステム販売中 ・水素ステーション用としても日米欧で実績あり ・コスト低減および高効率化技術(~1A/cm²)技術の開発が中心 ・電解効率:62~70%(HHV)/0.2~0.55A/cm² ・システム消費電力:5.2~6kWh/Nm³ ・装置価格:2億円(300Nm³/h) 	<ul style="list-style-type: none"> ・低コスト化 ・高効率化 ・隔膜材料の開発 ・電極の性能向上 ・部材、構造の見直しによる低コスト化 ・電解温度の高温化等 <p>・電解効率80%(HHV)/0.5A/cm²)</p> <p>・寿命:10年以上</p> <p>・設備費:9千万円(300Nm³/h)</p> <p>・消費電力:3.9kWh/Nm</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・導入普及、本格段階 ・再生可能エネルギーとの組合せ技術の開発 ・電解槽高圧化によるシステムの低コスト化、ステーションの圧縮機不要化 <p>・設備費:7千万円(300Nm³/h)</p> <p>家庭用水素供給設備の技術開発</p>		
		<p><長期的技術></p> <p>○高温水蒸気電解装置 (動作温度:700~1000°C、電流密度:0.2~0.6A/cm²)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高温廃熱を利用した酸化物イオン伝導体電解技術 ・要素技術開発が進展(シール技術、インターコネクタ技術、大電流密度化技術等) 	<ul style="list-style-type: none"> ・シール技術、インターコネクタ技術開発 ・大電流密度化技術開発 ・運転圧力の高圧化 			

分類	要素	技術の現状	課題		
			2015	2020	2030
オフサイト集中型 水素製造技術	改質 (プラント)	水蒸気改質 <実用段階技術> ○水蒸気改質反応装置 ・成熟技術であり、運用者が定常的に効率改善に努力 ・廃熱利用ならびに各種ガスの精製技術の低コスト・高効率化が進展 ex. 25~100万Nm ³ /日、LPG・ナフサ・オフガス、純度99.9%、製造コスト約30円/Nm ³ ・目的水素製造のために、純度向上のための水素精製設備増強や、輸送のための圧縮設備(20MPa)の増強が必要	・未利用排熱の活用 ・高効率低コストガス精製技術開発 ・水素純度の確保	炭素隔離併用による低炭素水素の供給 水素製造コスト 20~30円/Nm ³	
		部分酸化 <実用段階技術> ○重質油・廃プラスチック改質、石炭ガス化装置 ・国内外で大型プラントが稼働中 ・多炭種に対応したシステム開発を検討 <中長期的技術> ○大規模石炭ガス化水素製造装置(IGCC技術をベース) ・米国(FutureGen)や豪州(ZeroGen)で実証中 ・部分酸化/COシフト反応利用による水素製造の高度化を検討 ・酸素分離膜、高度なCO ₂ 分離・回収技術の最適化の検討	・多炭種対応ガス化技術の開発 ・高効率、低コストガス精製技術 ・部分酸化と水蒸気によるCOシフト反応の組合せによる水素製造ガス化炉としての最適化が必要 ・酸素分離膜型リアクタによるコンパクト化、低コスト化 ・多炭種対応技術 ・CO ₂ 分離・回収型水素製造方法の開発とプラントの最適化技術	実用化研究 ・各部改良による低コスト化技術の開発 ・二酸化炭素回収型石炭ガス化技術の開発 改質効率: 60%以上(HHV)、52%以上(LHV)	
	水電解 (プラント)	固体高分子水電解 <実用段階技術> ○固体高分子水電解装置 ・国内外でシステム販売。高圧タイプ(1MPa未満)商品化進展 ・低コストセパレーターおよびMEAが開発中 ex. ・電解効率: 69%(HHV)、59%(LHV)(2A/cm ²) ・発生水素圧: 0.7MPa ・設備費: 140万円/(Nm ³ /h@30~50Nm ³ /h) ex. ・電解効率: 79.3%(HHV)、67.1%(LHV)(2Acm ²) <次世代技術> ○固体高分子水電解装置 (動作温度: 80~120℃、電解効率: ~75%(HHV)/2A/cm ²) ・高耐熱性高分子膜の開発が進展 ・高温・加圧下での電解システムの可能性評価	・低コスト化 ・大面積化/大容量化 ・信頼性向上、メンテフリー、長寿命 ・電力変動耐久性 ・高耐熱性 ・高耐久性高分子膜の開発 ・効率向上 ・変動電源耐久膜の開発 ・膜-電極接合技術の開発 ・高圧化技術	・実証・検証 ・低コスト電力変換装置対応技術 ・再生可能エネルギーとの組合せ技術の開発	
		アルカリ水電解 <実用段階技術> ○アルカリ水電解装置 ・欧米を中心に実用化、国内外でシステム販売中 ・水素ステーション用としても日米欧で実績あり ・コスト低減および高効率化技術(~1A/cm ²)の開発が中心 (電解効率: 62~70%(HHV)/0.55A/cm ²) ・装置価格: 60万円/(Nm ³ -H ₂ /h@500Nm ³ /h)	・低コスト化 ・高効率化 ・隔膜材料の開発 ・電極の性能向上 ・部材、構造の見直しによる低コスト化 ・電解温度の高温化等 ・設備費40万円/(Nm ³ -H ₂ /h@500Nm ³ /h) ・電解効率80%(HHV)/0.5A/cm ²	導入普及、本格段階 ・再生可能エネルギーとの組合せ技術の開発 ・設備費25万円/(Nm ³ -H ₂ /h@500Nm ³ /h)	
	再生可能エネルギー 利用 (プラント)	バイオマス・生物利用 <中長期的技術> ○熱化学的・バイオマスガス化技術 ・石炭、重質油処理技術を応用した高圧・水蒸気ガス化技術 ・高効率ガス化と精製・分離技術の開発 ○水素発酵 (水素発生量: 2mol-H ₂ /mol glucose、速度: 数L-H ₂ /L-培養液・h) ・発酵菌(偏性、通性嫌気性細菌)のスクリーニングを実施中 ○超臨界・バイオマスガス化技術 ・加圧熱水等による実験室レベルでの研究が進展 ・高温・高圧下で使用可能な容器材料の知見を蓄積 ○光合成水素生産 ・他プロセス(水素発酵等)との組み合わせを検討 (現状)・水素発生速度: 数10ml/(L-培養液)/h(緑藻・藍藻) : 数百ml/(L-培養液)/h(光合成細菌)	・小規模で高効率のガス化技術の確立 ・精製、分離技術の開発 ・発酵菌のスクリーニング(原料種の拡大) ・高効率発酵槽のエンジニアリング、スケールアップの実証 ・高温高圧等厳しい条件下に耐える反応容器素材の開発 ・原料の安定供給などの周辺技術の開発も必要。 ・水素発酵など他のプロセスとの組合せによる効率向上の検討	実用化、初期導入 ・システム化技術開発	
		太陽・風力エネルギー利用 <中長期的技術> ○再生可能エネルギーを用いた水電解技術(系統接続) ・太陽光発電・風力発電利用水電解システムで実証データ収集が進行中 ・変動電力対策が必要 ○太陽光集熱利用水素製造技術 ・欧米で太陽光集熱炉を開発中(EUでMWクラス開発中)。 ○光触媒法、光電気化学法 ・基礎研究を継続 ・応答波長の可視光域までの拡大が必要	・電圧急変に対応した高耐久セルの開発 ・電力平滑化技術の開発 ・電力変動対応 ・太陽光集熱利用 熱化学反応プロセスの実証 ・新規材料の開発 ・格子欠陥の少ない光触媒調製法の開発 ・活性化エネルギーの低い水素生成サイトの構築 ・反応装置基礎検討		
	原子力エネルギー利用	<中長期的技術> ○熱化学法(ISプロセス/ハイブリッドSulfurプロセス) ・次世代原子炉の高熱(~900℃)を利用、国内・米国で小規模実験中	核熱を利用を前提とした水素製造プロセスは長期的テーマとして専門研究機関において取り組む課題。		

【水素精製技術】

分類	要素	技術の現状	課題		
			2015	2020	2030
水素精製技術	PSA	<実用段階技術> ○オンサイトステーション用PSA ・多くのオンサイトステーションで実用中 ・小型・高性能化が進展 (水素回収率: 80%、水素純度: >99.99%) ○プラント用PSA ・10万Nm ³ 規模のものが実用済み ・FCV用にCO吸着能力の向上が必要	・高回収率操作技術の確立 ・吸着剤の吸着容量向上による小型化 ・吸着剤の高性能化 (水素回収率85%以上) (水素回収率90%以上) (水素回収率95%以上)		
	合金膜	<次世代技術> ○Pd系合金膜による水素精製装置 (水素透過性能: 30Ncm ³ -H ₂ /min/cm ²) ・Pd膜の材料開発が進行中(高耐久性) ・膜製造技術が進展 ・有機ハイドライド脱水素プロセスへの応用も検討 <長期的技術> ○非Pd系合金膜による水素精製装置 (水素透過性能: 30Ncm ³ -H ₂ /min・cm ²) ・メンブレンリアクタ用膜の利用の検討 ・モジュール化、耐割れ性改良の知見を集積中	・Pd膜の製造技術確立 ・耐久性向上 ・水素透過速度の向上 (膜性能: 40Ncm ³ -H ₂ /min/cm ² 以上) (メンブレンモジュールコスト: 5万円/Nm ³ -H ₂)	・膜性能: 50Ncm ³ -H ₂ /min/cm ² 以上 ・メンブレンモジュールコスト: 2.5万円/Nm ³ -H ₂	・耐久性の更なる向上 ・モジュール製造技術確立 (膜性能: 50Ncm ³ -H ₂ /min・cm ² 以上) (メンブレンモジュール寿命: 10年以上)
	高分子膜 無機膜	<実用段階技術> ○従来膜水素分離膜による高効率高純度水素精製 ・高純度化を可能とする多段階技術の検討 <次世代技術> ○新規膜によるCO ₂ 分離を含む高効率高純度水素精製 ・高架橋度膜、炭化膜のモジュール化検討 ・分離係数・透過係数の改善 ・高架橋膜、炭化膜、セラミック膜、促進輸送膜等のモジュール化検討	実用化・初期導入 実用化・初期導入	導入普及、本格化段階	
	深冷分離	<実用段階技術> ○深冷分離による水素精製 ・LNG冷熱技術と高効率冷凍技術の適用検討	・前処理工程プロセスの最適化	・全体プロセスの最適化	

【水素輸送技術】

分類	要素	技術の現状	課題			
			2015	2020	2030	
水素輸送技術	水素の輸送・配送ネットワーク	○最適な水素輸送・配送ネットワークの検討 ・米国で距離に応じた最適輸送形態(圧縮水素、液体水素、パイプライン等)検討	輸送距離に応じた最適輸送・配送技術の検討(初期、普及期などのシナリオ別)			
	圧縮水素の輸送	<実用段階技術> ○鋼製容器輸送 ・鋼製容器カードルのトレーラー輸送は実用化済 ・水素輸送コスト:約20円/Nm3 ○複合容器輸送 ・35MPa充填技術基準に適合した複合容器搭載車両を実用化 ・集合容器への各種衝撃負荷試験データを蓄積 ・集合容器緊縮方式を検討	実用段階 ・長尺容器の採用 ・疲労強度の検証 ・積み下ろし形式のための安全検証 ・荷降し容易化のための集合容器の緊縮方式の検証 ・複合容器の低コスト化 ・輸送コスト:約15円/Nm3 ・輸送コスト:約10円/Nm3			
		<実用段階技術> ・40MPa用までの容器が実用済み(Cr-Mo鋼、Mn鋼など) ・高圧化、大容量化に向けた課題の明確化 ex. ・20MPa級容器 単尺:50L×30本、300Nm3、約500万円 長尺:710L×20本、2,800Nm3、約1000万円 ・40MPa級容器 単尺:50L×12本、240Nm3、約700万円 長尺:520L×12本、2,500Nm3、約千数百万円 ・約1000回(充填・放出) ○輸送用複合容器 ・圧力サイクル基準:11250回充填・放出 ・充填圧力アップを可能とする要件の明確化と基準化 ・容器コスト低減に向けた製造技術の開発 ・劣化および探傷検知技術の開発 ・40MPa用の輸送用複合容器検討中 <長期的技術> ○輸送用ハイブリッド容器(高圧、水素吸蔵材のハイブリッド) ・車載用ハイブリッド容器の応用	実用化・初期導入 ・高圧化、大容量化(長尺化)による輸送効率の向上 ・軽量化、低コスト化のための高張力鋼の検討、安全検証 ・カードル転倒時の安全性確保 ・検査の簡素化の可否検討 ・着脱可能なカードル方式の検討 ・劣化、損傷検知技術の検討、高度化 ・非破壊検査技術の確立 ・高圧化のための技術基準の策定 ・低コスト化、軽量化 ・トレーラー・コンテナ化 ・長尺ライナーの製造技術の開発 ・車輻への緊縮技術の開発 ・容器コスト:鋼製容器以下 ・重量貯蔵密度:7%			
	圧縮水素輸送	<実用段階技術> ○出荷用圧縮機・蓄圧器(20MPa用) ・需要に合わせた圧縮機(トレーラー充填用、蓄圧器用)と蓄圧器のバランス検討 <中長期的技術> ○トレーラー積込用高圧・高流量圧縮機(40MPa用) ・吐出圧力41MPa、吐出容量3,000Nm3/h	水素需要に合わせた最適出荷設備(規模等)の検討 設計 開発、実用化、導入			
	液体水素輸送	液体水素の輸送	<実用段階技術> ○ローリー・コンテナ輸送 ・輸送効率向上のためローリー大型化(18→23kL→40kL)、コンテナ大型化が進展中 ・輸送コストの低減策の検討 ・水素輸送コスト:約6円/Nm3 <中長期的技術> ○鉄道・海上コンテナ輸送 ・米国では実績あり ・LNG輸送技術等の適用検討 ○低温液体水素、過冷却液体水素、固化水素、スラッシュ水素による輸送 ・スラッシュ水素の操作・制御(移送、充填、排出)に関わる基礎研究の推進 <長期的技術> ○海上大量輸送(内航船、外航船)	・BOGの低減 ・ローリー、コンテナの低コスト化 ・バルク供給のための実証実験と基準策定 ・輸送コスト:約3~6円/Nm3 ・輸送コスト:約3円/Nm3 ・システム適用検討、及び高効率製造の基礎研究 ・液移送、充填、液排出の基礎技術 ・システム適用検討(水素輸送様態として過冷却化、固体化、スラッシュ化のミットの定量的評価)		
		容器	<実用段階技術> ○積層真空断熱型液体水素容器(コンテナ搭載容器) (ボイルオフ量:<0.5%/日、水素量:20~40kL) ・内槽容器支持構造の改良 ・断熱材、施工技術の改良、大型化によるコスト低減の検討	・容積効率の向上 ・断熱性の向上 ・ボイルオフ量:0.3%/日(20-40kL) ・複合容器の適用による容積効率の向上		

分類	要素	技術の現状	課題		
			2015	2020	2030
水素輸送技術	パイプライン輸送	<p><実用段階技術></p> <ul style="list-style-type: none"> ○工業用水素の輸送 ・国内外でパイプライン輸送の実績 <ul style="list-style-type: none"> ・国内 配管長:計10km、計4万Nm³-H₂/日、0.7MPa 配管径:4~6インチ、材料:STPG炭素鋼 ・海外 配管長:計900km、計1000万Nm³-H₂/日 配管径:4~14インチ、材料:API 5LX42等炭素鋼 ○高圧パイプライン(20MPaレベル) ・水素脆化耐性、運用での安全性確保が必要 ○低圧パイプライン(0.7MPaレベル) ・樹脂パイプラインの適用検討 <p><中長期的技術></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ハイタ(天然ガスと水素の混合気体)の輸送 ・水素脆化の影響検討、システム安全性の評価 	<p>工業用水素輸送は実用化段階</p> <p>・わが国における水素ステーションへの輸送を目的としたパイプラインの可能性検討</p>		
		<p><次世代技術></p> <ul style="list-style-type: none"> ○民生需要向け水素配管供給 ・住宅内配管、集合住宅への配管方法およびその技術基準の検討 ・水素計量技術、漏洩検出技術の開発 	<p>・住宅内配管、集合住宅への配管方法の開発</p> <p>・接合部、可動部のシール技術開発</p> <p>・水素計測技術(取引用)、漏洩検知技術の確立、付臭剤の検討</p> <p>・既存都市ガスパイプラインの利用可能性検証</p>		
	液体キャリア輸送	<p><中長期的技術></p> <ul style="list-style-type: none"> ○有機ハイドライド輸送 ・水素放出の低温化触媒の開発、熱供給法、脱平衡化がメチルシクロヘキサン/トルエンで検討 (材料候補:吸蔵温度 < 200℃、放出温度150~350℃) ・メチルシクロヘキサン/トルエン:6.2wt% シクロヘキサン/ベンゼン系:7.2wt% ・テカリン/ナフタリン系:7.3wt% ・フェナントレンにて、>7wt%、89g/L、100サイクル以上を達成 ・安全性の確保を前提としたトータルシステムの評価と実証実験、脱水素反応器の開発が進む <p>○アンモニア輸送</p> <ul style="list-style-type: none"> ・アンモニア製造、分解や社会システムに関する基礎研究段階 <p><長期的技術></p> <ul style="list-style-type: none"> ○新規車載貯蔵技術への対応(ex. 貯蔵材料、ケミカルハイドライド等) 	<p>・脱平衡化プロセスのシステムの高度化、新規触媒反応法の開発</p> <p>・脱水素化反応における速度促進、反応温度低下、長寿命化を 目指した触媒の改良・開発</p> <p>・水素化システムの検討</p> <p>・水素回収(放出)システムの検討</p> <p>・エネルギー輸送効率の評価に必要なシステムの実証および評価</p> <p>・実証試験における問題把握と解決</p> <p>・危険物としての取り扱いの見直しと設備設置地 域可能地域の拡大に向けた安全性の実証試験</p> <p>・水素回収(放出)システムのスケールアップ</p> <p>・長期間運転と性能維持方法の確立</p> <p>・一般社会で取り扱うことを前提とした 安全性確認</p> <p>・外洋船での輸送の検討</p> <p>・再生可能エネルギーの長距離輸送シ ステムの開発</p> <p>・総効率:80%</p> <p>・脱水素転化率:91%</p> <p>・触媒寿命:>1000時間</p> <p>・アンモニア分解触媒の開発</p> <p>・高効率アンモニア合成技術の開発</p> <p>・実用化に向けてのエネルギー輸送効率の評価に必要なシステムの実証および評価</p> <p>・プラント規模:500Nm³/hr</p> <p>・脱水素転化率:95%</p> <p>・触媒寿命:>8000時間</p>		
	液化装置	<p><実用段階技術></p> <ul style="list-style-type: none"> ○気体圧縮液化装置 (液化プロセス効率:<1.2kWh/Nm³-H₂(>30%)) ・現状の設備規模10ton/日 ・LNG冷熱の利用が可能 ・予冷方式の最適化による液化サイクル効率の向上 ・高効率液化圧縮機、極低温膨張タービンの開発 ・設備費:50億円(10 ton/日) 	<p>実用化・初期導入</p> <ul style="list-style-type: none"> ・設備の大型化技術 ・液化プロセス効率の向上 ・液化プロセスの検討(多元冷媒プロセス等) ・膨張タービンの大型化開発 ・飽和ガス圧縮ポンプの導入 ・ウェットタービンの開発 <p>・液化プロセス効率:30~40% (液化エネルギー:0.90kWh/Nm³-H₂)</p> <p>・液化規模:20ton/日(中規模)</p> <p>・設備費:50億円</p> <p>・液化プロセス効率:>50% (液化エネルギー:<0.60 kWh /Nm³-H₂)</p> <p>・液化規模:50ton/日(大規模)</p> <p>・設備費:100億円</p>		
		<p><次世代技術></p> <ul style="list-style-type: none"> ○高効率液化システム ・多元冷媒プロセス等の新プロセスの検討 ・飽和ガス圧縮ポンプ、ウェットタービンの利用システムの検討 	<p>・液化プロセスの検討(多元冷媒プロセス等)</p> <p>・飽和ガス圧縮ポンプの導入</p> <p>・ウェットタービンの開発</p> <p>・液化プロセス効率:40% (液化エネルギー:0.90kWh/Nm³-H₂)</p> <p>・システム実証 中規模液化規模への適用</p>		
		<p><長期的技術></p> <ul style="list-style-type: none"> ○磁気冷凍技術 ・実用磁気冷凍機での液化サイクルの実証に成功 ・高温域でも利用可能な新規磁性材料の研究 ・高性能蓄冷機/熱交換器を含むシステムの検討 	<p>・予冷・液化サイクルの実証</p> <p>・液体水素駆動の超電導マグネットの開発</p> <p>・全体システムの最適化</p> <p>・液化プロセス効率:>60%以上 (液化エネルギー:<0.50kWh /Nm³-H₂)</p>		

分類	要素	技術の現状	課題			
			2015	2020	2030	
基盤的 テーマ	規格・法規 (技術基準)	<実用段階技術> ・技術基準のためのデータ取得 ・35MPa級車載水素容器及び水素ステーションの技術基準を策定 ・70MPa級車載水素容器及び水素ステーションの技術基準を策定中 ・省令改正案、技術基準案を策定中 ・FCCJ規制見直し44項目ベースに項目の優先順位付け <長期的技術> ・新規の水素製造・輸送・貯蔵システムの安全検証、及び技術基準の整備	・70MPa級水素ステーションのガソリンスタンドとの併設許可 ・70MPa級水素ステーションの建設可能地域の拡大 ・水素ステーションに適用可能な鋼種の拡大 ・設計基準の見直し(欧米基準並みの安全係数) ・市街地における水素保有量の増加 ・70MPa級車載水素容器・付属品の技術基準改定 ・FCVの車両安全・火災時等の安全確保(ctrにも対応) ・実使用を想定した高圧容器システムの安全性検討とデータ取得 ・水素・燃料電池自動車の国際基準調和活動(UN-ECE/WP29) ・水素ステーションへのCCS設備および有機ハイドライド水素製造装置設置のための基準整備	・容器則の複合容器の範囲拡大 ・保安検査の簡素化 ・複合容器の蓄圧器としての使用許可 ・改質器の無人暖機運転の許可 ・防爆性能の見直し ・蓄圧器、圧縮機等のキャビネー上設置 ・ディスプレイ並列設置 ・公道でのFCVへの充填 ・水素ステーションの充填セルフ化 ・消防法上の危険物を原料とする改質器の無人暖機運転を可能とする基準改正 等		
	標準 (国際標準化)	<基盤的テーマ> ・国際標準化のためのデータ取得 ○水素技術国際標準 ・ISO TC197(水素技術)で水素インフラ、車載水素容器等の標準化推進中 ○燃料電池自動車技術国際標準 ・ISO TC22-SC21(電気自動車)で安全、燃費・走行性能の標準改訂推進中	・ISO/TC197の各WGへの取り組みと我が国の意見の反映 ・ISO/TC22/SC21への取り組みと我が国の意見の反映			
	水素安全物性	<基盤的テーマ> ・35MPa充填対応の技術基準作成検討データ取得の為、水素安全物性(水素放出速度、拡散、連続拡散火炎、爆燃、着火性等の実験データ取得、シミュレーション検証)の研究実施 ・70MPa充填対応の技術基準作成検討データ取得の為、水素安全物性の研究実施	・高圧容器に関わる水素基礎物性の研究 ・取得データの基準、標準作成、安全システム開発へのフィードバック ・水素の拡散、燃焼、爆発に関する基礎データの取得 ・上記データを適用したシミュレーションモデルの開発(配管等からの高圧水素噴流火炎燃焼シミュレーション)			
	水素物性・ 材料基礎物性	<基盤的テーマ> ○高圧水素物性の基礎研究 ・水素インフラ設備設計に不可欠な水素熱物性データの体系的データベース化 ○高圧/液化による金属材料等の水素脆化の基本原理解明及び対策検討 ・強度・変形過程の解明、高圧水素下における疲労亀裂発生と伝播機構の解明 ○液化・高圧下での長期使用・加工、温度等の影響による材料強度特性研究 ・水素機器用各種組成、加工形態の金属材料の強度評価(金属材料) ・高圧水素下のゴム材のブリスト破壊現象と構造変化の測定(高分子材料) ○高圧水素トライボロジーの研究 ・水素環境下でのトライボロジーのデータ蓄積、支配因子の抽出 ○材料等内の水素拡散、漏洩などの水素挙動シミュレーション研究 ・材料中の水素拡散、シール材からの漏洩のシミュレーション技術の開発	・液化・高圧化した状態における水素物性の解明、データベース化 ・金属材料の実験データおよびシミュレーション技術による水素脆化メカニズムの解明 ・水素機器用金属材料の設計指針、使用基準策定に資するデータの提供 ・高圧水素に対する耐性に優れたゴム材料の設計指針策定に資するデータの提供 ・水素環境下で用いる機械装置設計に資する水素トライボロジーのデータベースの構築 ・水素雰囲気下での使用可能材料の範囲拡大			
	水素貯蔵材料 基礎物性	<基盤的テーマ> ○金属系水素貯蔵材料の基礎研究 ・金属系水素貯蔵材料の構造解析の高度化、水素級放出機構解明に道筋 ○非金属系水素貯蔵材料の基礎研究 ・ナノ複合水素貯蔵材料の反応機構解明に道筋、電子状態・構造の解明 ○水素と材料の相互作用の実験的解明 ・水素・材料の相互作用と構造の関係解明、材料開発指針の基礎知見獲得 ○中性子実験装置による水素貯蔵材料に関する共通基盤研究 ・中性子全散乱装置の運用・性能実証 ○計算科学による水素貯蔵材料の基盤研究 ・各種水素吸蔵材料の電子密度分布、最安定水素位置等の解明	・金属系水素貯蔵材料の開発指針の提示 ・非金属系水素貯蔵材料の開発指針の提示 ・高濃度水素化物の開発指針の提示 ・基盤技術としての中性子散乱法(水素原子位置解析)の確立 ・計算科学的手法による開発指針の提示			
	材料開発	<基盤的テーマ> ○鋼材 ・高圧水素環境で利用できる材料(配管、バルブ、継手、蓄圧器)の拡大 ・SUS316Lに代わる水素脆性に強い材料の探求 ○アルミニウム合金 ・6061合金T6材がType3用ライナー材に利用(35MPa用車載容器例示基準) ・高強度6000系アルミニウム(6066、6069等)のType3容器適用を検討中 ○Oリング・シール材料 ・70MPa環境での材料試験が進行中	・材料試験・評価 ・材料鋼種の拡大、新規材料の探求 ・Type3容器への高強度6000系アルミニウムの適用検討 ・配管、バルブ、継手等への適用検討と安全性確認、実証 ・高圧水素下での実証、安全性確保 ・Oリング溝の規格化	・新規材料の探求		

分類	要素	技術の現状	課題		
			2015	2020	2030
基盤的テーマ	その他	<p><基盤的テーマ></p> <ul style="list-style-type: none"> 水素社会を実現するために、水素ステーション・燃料電池自動車等の実測データの取得・解析、商用インフラモデルの検討、充填技術の主要課題(充填時間短縮、通信充填、ブレーク性能、誤発進防止対策)の検討、技術実証すべき主要課題の検討等が行われている。 水素社会を実現するための啓蒙活動として、ステークホルダー向け理解促進活動、水素ステーション・JHFCパーク見学会、出張教室等の教育活動、長距離走行実証、JHFCセミナー等のイベントが行われている。 調査として、燃料電池自動車、水素インフラ等に関わる国内外の政策・技術・実証試験動向調査、水素インフラの技術開発シナリオ調査、社会受容性調査が行われている。 	<ul style="list-style-type: none"> 水素エネルギーのLCA評価 温暖化対策及び化石燃料枯渇に対する水素利用の評価 燃料電池車普及計画の経済・環境負荷低減の評価 経済構造全体への影響(産業連関解析) 水素エネルギーのビジネスモデル策定 エネルギーシステム転換に要する社会的投資 水素・燃料電池関連技術人材の育成 水素・燃料電池に関する社会的受容性の評価 水素インフラ、水素・燃料電池自動車の普及シナリオの検討 		

【水素に関わる他の関連技術】

分類	要素	技術の現状	課題		
			2015	2020	2030
水素利用技術	内燃機関	<p>水素ディーゼルエンジン</p> <p><実用段階技術></p> <ul style="list-style-type: none"> 定置用水素ディーゼルエンジン 単気筒試験機による実験を開始 高加給化、高圧縮比化の検討 <p><次世代技術></p> <ul style="list-style-type: none"> クローズド式水素ディーゼルエンジン(出力:600~5000kW、熱効率:44%/HHV) 	<ul style="list-style-type: none"> 水素噴射弁の信頼性・耐久性向上 水素燃料下での潤滑性・耐腐食性能向上 熱効率>42%(HHV)、50%(LHV) 	<ul style="list-style-type: none"> 熱効率:44%(HHV)、52%(LHV) 設備費:5~6万円/kW 	
		<p>水素エンジン(火花点火)</p> <p><実用段階技術></p> <ul style="list-style-type: none"> ガソリン、水素両用エンジンの開発 水素利用による高加給化、高圧縮比化、希薄燃焼化の検討 自動車用レシプロエンジン(出力:70~200kW、熱効率:36%(LHV)、31%(HHV)) 自動車用ロータリーエンジン(出力:81kW(水素使用)、154kW(ガソリン使用)) 定置用エンジン(出力:20~5000kW、熱効率:34~38%/HHV) 	<ul style="list-style-type: none"> Ar循環作動の確認 燃焼室壁面遮熱技術 酸素貯蔵・製造技術確立、熱交換性能向上 熱効率:45%(HHV)、53%(LHV) 	<ul style="list-style-type: none"> 耐久性向上、コスト低減 メンテナンス間隔:2万時間 熱効率:46%(HHV)、54%(LHV) 	<ul style="list-style-type: none"> 熱効率:48%(HHV)、57%(LHV) 設備費:15万円/kW
		<p>水素タービン</p> <p><次世代技術></p> <ul style="list-style-type: none"> 水素燃焼タービンシステム 	<ul style="list-style-type: none"> 個別要素研究 高温水蒸気用材料開発 	<ul style="list-style-type: none"> 水蒸気用高温熱交換器、凝縮器の性能向上とコスト削減 水蒸気作動媒体用高温翼の開発 高効率酸素製造装置の開発 熱効率:60%(HHV)、71%(LHV) 運転温度:1700°C 設備費:火力発電相当 	
その他の水素関連技術	CO2分離技術	<p><次世代技術></p> <ul style="list-style-type: none"> 二酸化炭素分離技術 化学吸着法、膜分離法、物理吸収法を利用したシステム設計の検討 システム効率向上に向けた新たな吸収液、分離膜の研究 <p><長期的技術></p> <ul style="list-style-type: none"> 二酸化炭素貯留技術 CO2地中貯留 CO2海底貯留隔離 (CCS技術は別プロジェクトで進展中) 	<ul style="list-style-type: none"> 低再生エネルギー吸収液の開発 高効率吸収/再生プロセス開発 高透過性、高選択性、高耐熱性膜の開発 		<ul style="list-style-type: none"> 高効率化、低コスト化
		<ul style="list-style-type: none"> 分子ふるい膜/選択輸送膜による二酸化炭素分離技術 オンサイトにおける実用性有無の検討 候補材料の透過性、選択性の評価 水素分離膜/CO2分離技術のシステム化検討 	<ul style="list-style-type: none"> 透過性、選択性の向上 膜耐熱性向上 選択透過比率:102mol/mol 透過速度:130Nm³/min・cm²(ΔP=100kPa) 	<ul style="list-style-type: none"> 小型化、高効率化、低コスト化 選択透過比率:>102mol/mol 膜透過速度:>130Nm³/min・cm²(ΔP=100kPa) 	<ul style="list-style-type: none"> CO2分離技術のシステム化技術