



エネルギー・環境イノベーション戦略に 関するロードマップ（案）

平成29年6月27日

エネルギー・環境イノベーション推進WG事務局

ü 技術ロードマップの策定の目的

- NESTI で特定された各技術に関して技術ロードマップを策定し、今後の研究開発の進捗状況の目安とする。
- 各省庁が色んなフェーズで研究開発を実施しているところ、連携して一つの技術ロードマップを策定し、その後の事業展開を進めて行けるよう、情報共有・連携を図り、効率的な研究開発体制を構築していく。

ü 技術ロードマップ策定のポイント

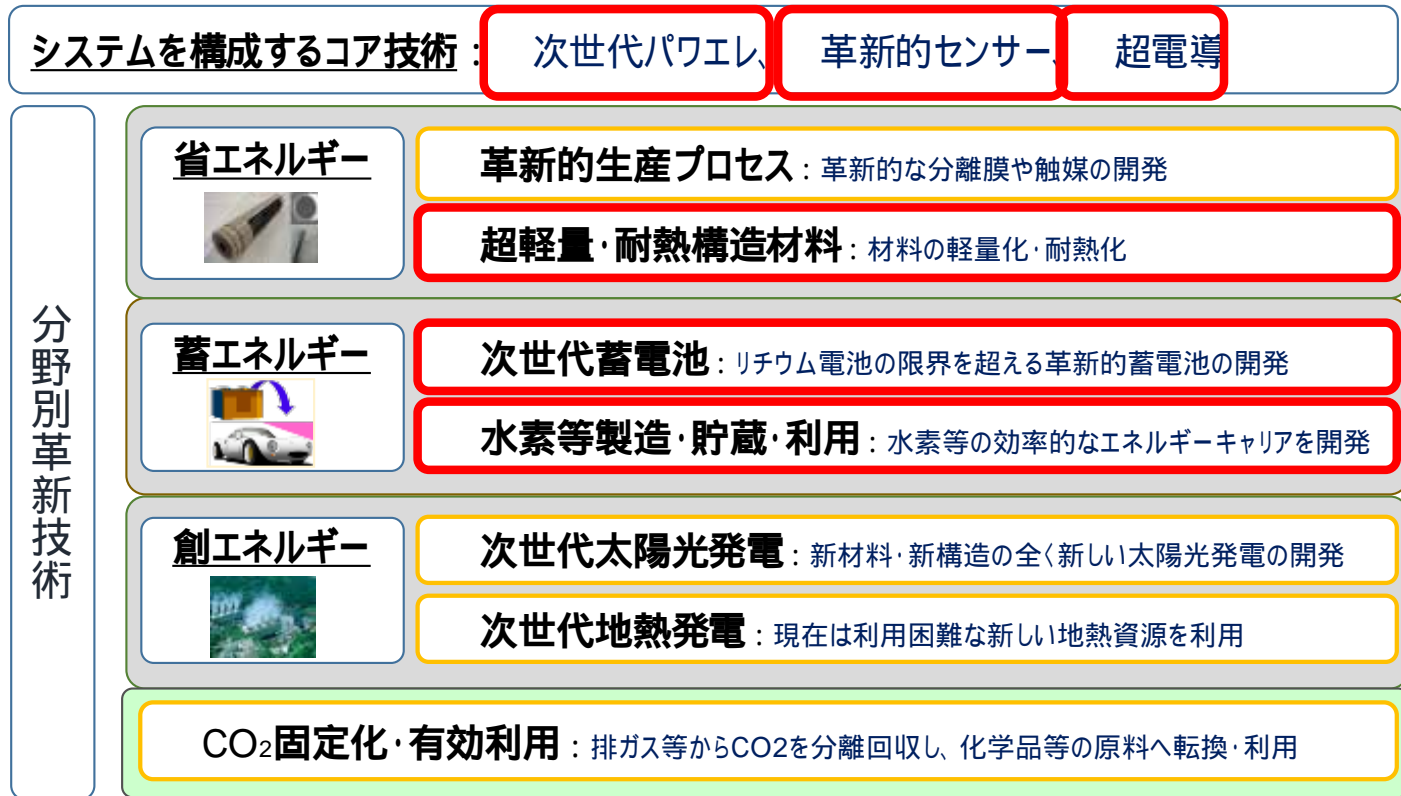
- 技術ロードマップは以下のポイントに従い事務局案を作成することとする。
 - 各技術について、技術課題ごとに普及までの流れを整理。
 - 研究開発ステージごとに、具体的な開発内容を記載。
 - 各研究開発ステージにおける主な評価ポイントを記載。
(それぞれの評価ポイントに基づき、ステージゲート評価を必要に応じて実施)
 - 普及ステージまでに達成すべき最終目標を記載。

ü 技術ロードマップの位置づけ

- 技術開発を加速し目標年度よりも早期に実現に努める。
- 進捗に応じて見直す。

技術ロードマップ策定分野

- エネルギー・環境イノベーション戦略において記載されている10の技術に関して技術ロードマップ案を現在検討中。
- このうち、本日は下記の赤枠の残り6つの分野において、技術ロードマップの具体策を提示。



は前回策定

- エネルギーシステム統合技術のロードマップは、2020年～2030年を検討後に、2050年の検討を行う。

1. 次世代パワーエレクトロニクス



2. 革新的センサー

センサーの実現

多数個のセンサー活用
ネットワーク技術の確立

センサーネットワークのエ
ネルギー創生、輸送・貯
蔵、利用への適用

センサーネットワーク応用技術の社会
への適用実証と社会適用基準の確
立、普及

2050年頃

現在

2020年頃

2030年頃

MEMS高感度環境変化センサー

- ・センシング対象の拡大
- ・低価格化
- ・メンテナンスフリー化
- ・高精度化

無給電（エネルギーハーベスティング）半導体センサー

- ・無給電化
- ・センシング対象拡大
- ・耐環境性の増大
- ・設計技術の構築
- ・小型化・量産化

極限環境対応可能センサー

- ・極限環境対応
- ・材料開発

それ以外のエネルギーシステム対応センサー

評価ポイント

- ・工学的実現可能性の検討
- ・経済性の検討

多数個のセンサー活用ネットワークによる機能発現の実証と社会適用時の効果推定

- ・ネットワークによる省エネ効果、安全性向上、快適性向上等の機能発現の確立、機能発現のための最適配置、ネットワークの経済性最適化の実現
- ・効率的にデータ転送できるデータ通信周波数帯の検討

ネットワークシステムの無給電化の推進

実環境に対応する複数の極限環境対応機能の実現

IoT技術、AI技術等を用いたネットワークシステムの高機能化

電気、ガス、水素、熱などのエネルギー形態に応じたセンサーネットワーク機能の効果最大化

- ・エネルギー創生、輸送・貯蔵、利用の各段階に応じたセンサーネットワーク機能の効果最大化

センサーシステムの社会適用にあたっての国際標準の確立

エネルギーシステムにおける効果の推定と二酸化炭素削減量の推定

工場等での検証・実証・普及の促進

- ・無線通信等におけるセキュリティー保護技術の確立

センサーシステムを社会に適用する時のリスク評価に基づく社会適用基準の確立

機能の実証と社会への適用基準の実証

センサーネットワーク技術の適用による世界の二酸化炭素排出量の低減への貢献（発電システム全体のモニタリング・最適化、クリーンルームの換気回数の低減による省エネ化など）

センサーネットワークを構成するセンサー自体の機能実現（センシング、演算、無線通信時に必要な電力供給を含めた完全無給電化の実現、非配線化の実現、エネルギーハーベスティング機能の実現、低コスト化、長寿命化、自立化、極限環境対応化の実現）

3. 超電導応用 (1/2)



超電導機器・システム

・冷却可能距離を数km以上に延伸

・冷却システム小型化と高効率化の両立

・液体窒素冷却温度域 (おおむね77K以上) で正常に動作する超電導磁石や送電技術等の実現

3. 超電導応用 (2/2)

超電導機器・システム

超電導材料



注) 超高磁場NMRは、拠点型設備となるため普及台数の観点からMRIと比較しCO₂削減量が少ないため記載していない。

	開発基盤の整備	実用化基盤技術の開発	既存大規模プロセスの最大効率化	2030年頃 社会を変えるプロセス実証	社会を変える成果の実装 (例 ファブレス化学産業等)	2050年頃 普及
革新触媒・分離技術利用生産プロセス 生産プロセスの効率化に資する膜分離等の新規技術開発 分離精製工程における熱回収・熱再生拡大 固体酸触媒等によるアルカンガス（メタン等）からの化成品直接合成 AI技術活用による触媒開発効率の飛躍的向上 革新的触媒による有機ケイ素材料開発 フローリアクタによる合成プロセス効率向上 評価ポイント	<ul style="list-style-type: none"> 反応プロセスに応じた膜分離素材の開発（細孔分布・親和性等の制御） 上記結果に基づいたモジュール化、最適プロセス設計 	<ul style="list-style-type: none"> 新しい膜分離プロセスと蒸留/吸着分離プロセスによるハイブリッド化の適用可能性検証・実証 	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー生産、バルク・セミバルク（例えば石油化学プラント等）における分離精製プロセスへの段階的実装 ファインケミカルズ等新たな生産プロセスシステムへの採用拡大、機動性の確保 	<ul style="list-style-type: none"> 新規熱再生技術を活かすプロセス開発 熱交換技術開発 	11.CO2有効利用技術 ドライリフォーミング等への技術適用に応用	生産プロセス及び製品リサイクル等におけるエネルギー消費量50%削減
	<ul style="list-style-type: none"> エクセルギーによる評価を組み込んだプロセス設計手法の開発と最適設計手法提案・実証 	<ul style="list-style-type: none"> 電気や磁気、波動などの機械的仕事を利した新規の熱再生技術の提案 	<ul style="list-style-type: none"> 固体酸触媒等による効率的生産技術確立（低コスト化、リサイクル等） 実証規模のプロセス開発（触媒と膜のハイブリッド化等） 	固体酸触媒等を用いたメタンやメタノールからの化学品生産の工業化	革新触媒による原料多様化、省資源、省エネ等による持続可能な社会の実現 ・メタノールのワンプス収率20%以上 ・蒸留分離におけるエネルギー消費量60%削減	
	<ul style="list-style-type: none"> 新たな固体酸触媒等設計技術の確立 上記触媒に応じたプロセスの基本設計 アルカンガスから化成品直接合成等で、既存プロセスより大幅な省エネの見通しを得る 	<ul style="list-style-type: none"> データベース等を活用した新規触媒開発手法による既知反応の適用可能性検証・実証等 	<ul style="list-style-type: none"> AIを用いた新規反応を実現する触媒の自動発見システム（キャタリスト・インフォマティクス）の実現 化学産業におけるAI活用に係る社会学的整理 			
	<ul style="list-style-type: none"> 触媒データベースの整備と、計算科学・測定技術の確立による触媒開発スピードの向上手法の検討 	<ul style="list-style-type: none"> 砂から有機ケイ素原料を製造する技術の確立 ケイ素材料の構造解析による構造制御手法検討 	<ul style="list-style-type: none"> 実用化レベルの触媒・反応条件制御による高次構造ケイ素材料製造技術の確立 	<ul style="list-style-type: none"> 砂を原料とした素材製造技術の実証・量産技術の確立（例えばケイ素繊維等） AIによる触媒開発高度化技術によるブラッシュアップ 		砂を原料とした多様な化成品製造によるケイ素社会の幕開け
	<ul style="list-style-type: none"> フローリアクタに適した反応系の抽出 フローリアクタ向け触媒開発（均一性の制御等） 	<ul style="list-style-type: none"> 多段プロセスに向けたフローリアクタ（マイクロリアクタ含む）の開発 フローリアクター向けの分離・精製プロセスの確立 	<ul style="list-style-type: none"> フローリアクタによる多様な素材製造技術の実証（医薬品原体、塗料、電子材料、食品等への展開加速） フローリアクタ関連技術と膜分離、AIによる触媒開発高度化技術を組み合わせたブラッシュアップ 	<ul style="list-style-type: none"> フローリアクタの社会実装によるファブレス化学産業の登場等 		
	実証に耐える性能確認 基盤技術の実現目処 （技術的実現可能性確認） 技術融合による効果確認	実証に耐える性能確認 生産プロセスシステム実現目処（経済的実現性確認） 既知反応での成果確認	商業技術としての確立目処 ~ AI利用による触媒開発効率化を積極的に取り入れ 実証に耐える性能確認	商業技術としての確立目処		

その他

化学物質生産プロセスの継続的探索・高度化と円滑なシステム化（マイクロ波、プラズマ反応、超臨界反応、その他新たに見出されるプロセス技術等）

産学の総力を結集した大規模研究開発を可能にする人材プラットフォーム作り、新たな化学領域の拡大に資する人材育成・支援スキームの確立

5 . 超軽量・超耐熱構造材料

	現在	2020年頃	2030年頃	2050年頃
超軽量材料 鋼材の強度・信頼性向上 軽量合金の強度等性能向上 アルミ チタン マグネ 炭素繊維強化プラスチック/エンブレ性能向上 評価ポイント	材料強度等の向上 ・省レアメタルかつ高強度や高延性の革新鋼板の開発 強度 1800MPa/延性 20 % ・高強度や高延性の革新的アルミニウム材の実現 強度750MPa/延性 12 % ・電力価格の影響を受けにくい製造方法開発 室温アルミニウム電析等 各合金の加工性、耐食性等向上、用途に応じた安全率最適化手法確立 ・CFRPを より安価に製造する技術（アルミ比較） （炭素繊維の価格低減、炭素繊維含有率 50 % 以下で現行品と同等の強度実現） ・従来と比べて2倍以上の圧縮強度が高い炭素繊維複合材料用の熱可塑性樹脂の開発 ・目標性能の達成	強度等の更なる向上・導入普及加速 ・強度 2000MPa/延性 20 % ・水素脆性、腐食、疲労への抜本的対策（コーティング技術等） ・チタン、マグネシウム等高機能合金分野の普及加速 ・コストダウンのための製造プロセス技術開発 ・用途に合わせた特性の確保 ・繊維プリフォームの高度化（一体成型高度化） ・新繊維（例：セルロースナノファイバー）強化プラスチックや新高分子材料の実用化 ・応用研究・低コスト化 ・商用技術の高度化	自動車の重量を50%以上削減する等、輸送機器の抜本的な軽量化を実現	
超耐熱材料 耐熱性向上 ・アドバンスCMC、金属間化合物、コバルト系 金属系耐熱材料 SiC-SiC 評価ポイント	材料強度等の向上 ・極限環境（超高温、極高温、高付加等）への耐久性基礎研究 ・高強度・高耐熱のSiC繊維開発 ・アドバンスCMC、金属間化合物（ニッケル系、コバルト系、モリブデン系等） ・延性・靱性向上のための高度結晶制御技術 ・耐熱性 1200 級の実用化技術の確立 ・耐熱性 1400 級の材料・製造・評価技術の開発 ・工学的実現可能性研究	強度等の更なる向上・導入普及加速 ・小規模実証 ・性能評価 ・品質安定化 ・商用技術としての確立 ・商用大型製造設備建設 ・CMCの低コスト化に伴う普及拡大 ・強度向上による高リスク部品への適用開発 耐熱性 1500 級の達成 ・応用研究・低コスト化 ・商用技術としての確立	耐熱性1500級の達成 発電用ガスタービン等の高効率化（燃費+30%） （CMCタービン動翼/高耐熱性合金ブレード）	
異種材料の加工接合技術 評価技術の精度向上 異種材料接合に関する課題解決 評価ポイント	基本メカニズム・接着材料等の開発 ・接合部性能評価技術 ・異種材料接合技術 / 溶接部のシームレス化 ・異種材料接合時の電位差対策 熱膨張率の差を考慮した最適設計技術開発 ・工学的実現可能性研究	接合強度向上 ・マルチマテリアル設計技術 ・マルチマテリアル化比率向上 ・リサイクル性の向上 ・商用技術としての確立 ・応用研究・低コスト化 ・商用技術としての確立	材料の自由な組み合わせが可能となる（接合接合等）技術の開発	
マテリアルズインテグレーションの社会実装 MI関連ソフトウェアの開発と各種材料への適用可能向上 スマートマテリアル開発メカニズム確立 検査技術向上 評価ポイント	基本情報整理・プログラム研究 ・PSPP（プロセス、ストラクチャー、プロパティ、パフォーマンス）の相関関係の明確化 ・原子スケール・ナノスケール組織形成機構の解明と材料設計への応用 ・先端計測技術（電子顕微鏡の性能向上） ・評価手法の確立・認証・標準化 ・スマートマテリアルメカニズムの構築 ・スマートマテリアル材料開発 ・検査 超音波/ X線 ビッグデータを活用した構造安全診断技術 デグラデーション（劣化）診断 ・工学的実現可能性研究	実証 ・実証 ・商用技術としての確立 ・応用研究・低コスト化	社会普及 材料開発時間の大幅短縮 マルチマテリアル化による輸送機器の軽量化 ・商用技術としての確立	
波及効果 その他	輸送機器のみならず、社会インフラ等への波及効果大 マテリアルインテグレーションについては、構造、耐熱材料のみならず、バイオ、ケミカル等の多分野への利用が可能			

6. 次世代蓄電池 (1/2)

現在

2020年頃

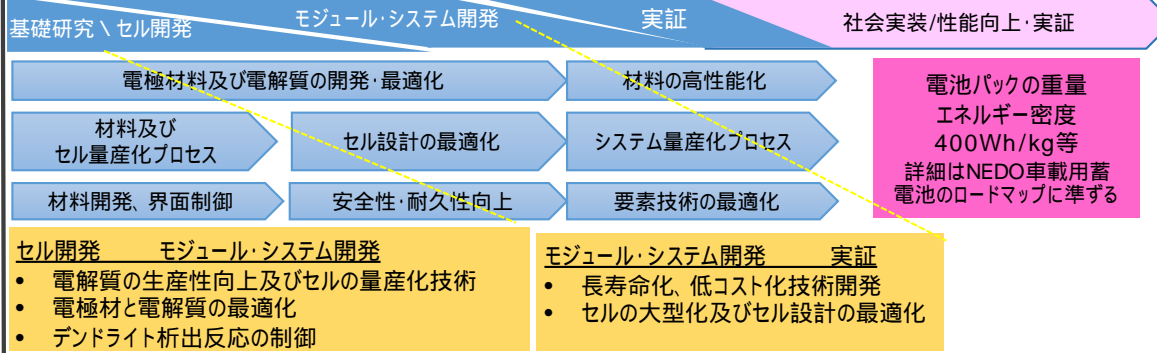
2030年頃

2050年

1. リチウムイオン電池

- ・材料の高性能化
- ・量産化技術の高度化
- ・全固体化
(硫化物及び酸化物電解質)

評価ポイント

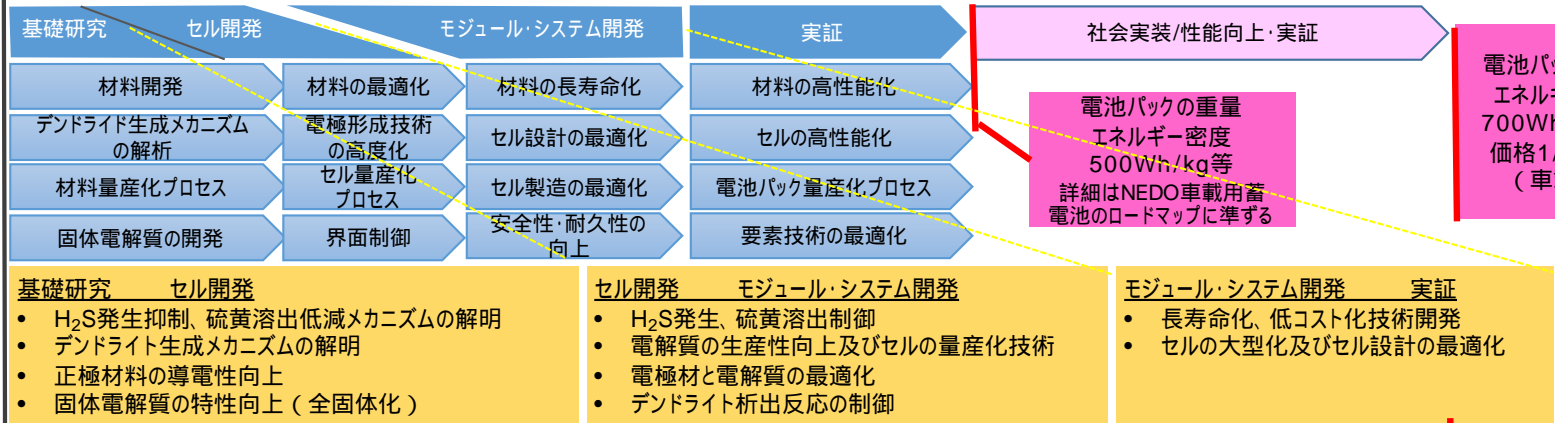


電池パックの重量
エネルギー密度
400Wh/kg等
詳細はNEDO車載用蓄電池のロードマップに準ずる

2. リチウム-硫黄電池

- ・硫黄の導電性向上及び溶出低減及び材料の高性能化
- ・電池セル化技術の高度化
- ・量産化技術の高度化
- ・全固体化

評価ポイント



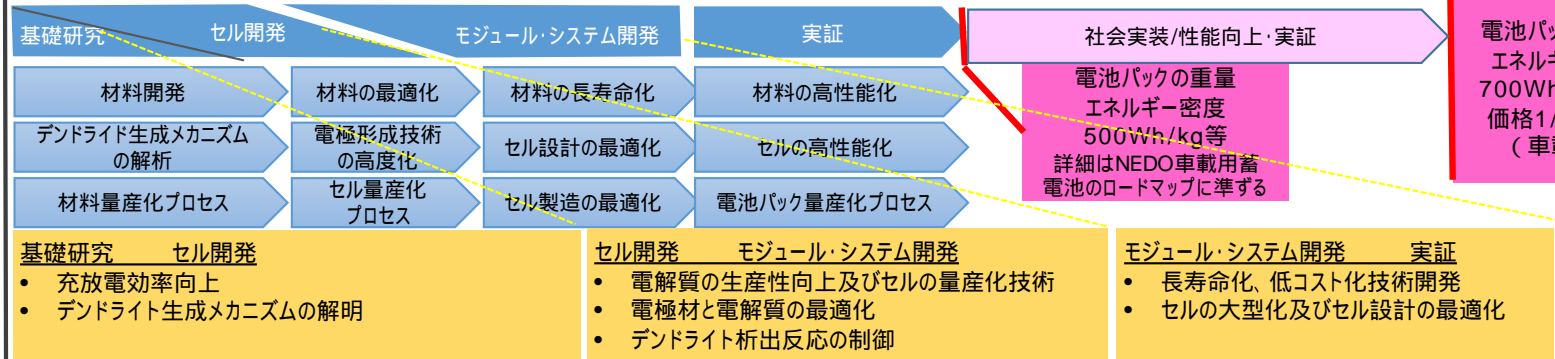
電池パックの重量
エネルギー密度
500Wh/kg等
詳細はNEDO車載用蓄電池のロードマップに準ずる

電池パックの重量
エネルギー密度
700Wh/kg以上
価格1/10以下
(車載用)

3. 亜鉛-空気電池

- ・材料の高性能化
- ・電池セル化技術の高度化
- ・量産化技術の高度化

評価ポイント



電池パックの重量
エネルギー密度
500Wh/kg等
詳細はNEDO車載用蓄電池のロードマップに準ずる

電池パックの重量
エネルギー密度
700Wh/kg以上
価格1/10以下
(車載用)

(注1) 電池パックの重量エネルギー密度を理論エネルギー密度に近づける技術等の技術革新により対象外とした電池も、2050年の目標値を達成する可能性が、明らかになった時点で追記する。

7. 水素等製造・貯蔵・利用

要素技術開発、システム開発、高性能化・高効率化

システム実証、低コスト化、
耐久性・信頼性向上

大規模実証

現在

2030年頃

2050年

水素製造

ISプロセス等の実現
高温水蒸気電解の実現
その他新規水電解プロセスの実現
評価ポイント

・太陽熱等による600℃以下でのISプロセスの研究
(ヨウ素(I)、硫黄(S)以外の物質等)

・構成材料の耐久性向上
・熱収支メカニズムの最適化(熱源の確保等)

・新規電極材料等の研究

・経済的、工学的実現可能性

・水素大量生産技術の確立

・耐久性、信頼性向上

・大規模プラント実証

・商用技術としての確立

CO₂フリー水素の製造・貯蔵・利用を含むトータルシステムの実現

キャリア合成・貯蔵

アンモニア合成技術の向上
液体水素化技術の向上
有機ハイドライド合成技術の向上
その他キャリア
キャリアからの脱水素技術の向上
評価ポイント

・温和な条件での高効率なアンモニア合成技術の開発
(金属錯体技術等)

・水素液化技術の高効率化

・水素還元反応の高効率化(有機ハイドライド電解合成等)

・マグネシウム等の利用可能性検討

・脱水素・分離膜の高効率化
・構成材料の耐久性向上

・経済的、工学的実現可能性、安全性評価

・プラント総合効率の向上
・水素貯蔵～脱水素トータルシステムの完成

・信頼性向上、低コスト化

・大規模プラント実証

・商用技術としての確立

・30円/Nm³を大幅に下回る水素供給コストの実現

利用

本格的な水素発電の実現
・水素専焼発電
・水素酸素燃焼
・アンモニア燃焼 等
評価ポイント

・ドライ型燃焼器の開発
(NO_x排出・逆火リスク低減)
・ドライ型燃焼器の大型化

・ドライ型燃焼器の実証

・水素やアンモニアの燃焼制御技術の研究

・経済的、工学的実現可能性、安全性評価

・水素専焼発電の高効率化・低コスト化

・水素発電の大規模化

・信頼性向上、低コスト化

・大規模水素発電の実証
(水素酸素燃焼等)

・商用技術としての確立

・大規模水素発電の導入

その他波及効果等

水素燃焼技術の船用エンジン等への転用

アンモニア燃焼技術の工業炉、船用エンジン、廃棄物焼却炉等への転用

		実用化を見据えた研究開発	2030年頃	大量普及を見据えた高性能化	2050年頃
ペロブスカイト	セルの高効率化、低コスト化、耐久性向上	セル高効率・低コスト化（高純度材料、塗布プロセスの開発、結晶成長制御のためのプロセス改良） セル劣化機構解明、セル耐久性向上		界面・接合最適化による長寿命・高品質徹底	Si系同等以上（20%以上）の効率を圧倒的 低コストで実現 軽量・フレキシブルで環境に優しい太陽電池製作技術の確立
	モジュール化	モジュール化検討 （大面積印刷技術、封止方法、封止材料の開発） モジュール劣化機構解明、モジュール耐久性向上		樹脂積層・封入技術の改善（品質・速度）	
	積層構造による高効率化	フレキシブルモジュールの開発		フレキシビリティを活用した新製品コンセプト確立	
	鉛フリー化	各セルの物性値の解明	変換効率30%以上の 高効率タンデム構造の開発	より高度で高効率なタンデム構造の開発 （変換効率40%）	
		吸収波長制御技術の開発			
	鉛フリー化	Si、化合物タンデム構造			
評価ポイント	鉛フリー化	鉛フリーでも性能を損なわない新材料/新構造の探索と適用（変わりゆく環境規制等を踏まえた継続的取組）			
	（実用品レベル）	・モジュール製造コスト：15円/W ・変換効率：単層20%以上		商用技術・大量生産技術としての確立	
		・発電コスト7円/kWh			
（研究レベル）	・変換効率：多層30%の実現				
量子効果活用型	製造コストの低減	高スループット・高製膜速度の実現	CVD製膜、自己組織化機構、3D印刷、インクジェットなどを用いた高速・低コスト化	集光時システム 効率50%超、 非集光でも単層 30%超の実現 フルスペクトル 太陽電池技術の 確立	
	高効率化	量子効果増大（結晶成長技術、パターン形成技術等）	セルのスケールアップ実現		
		薄膜多接合、薄膜量子ドットセルにおける光吸収増大効果実現	基板再利用・剥離速度の向上技術の確立		
		薄膜多接合、薄膜量子ドットセルにおける光吸収増大効果実現	長寿命かつ高効率となる材料・接合法の開発		
評価ポイント	（研究レベル）	・モジュール製造コスト：システム価格を結晶Si並みに		商用技術・大量生産技術としての確立	
	・モジュール変換効率：30%以上				

他にも、結晶Si系、化合物系等様々な有望技術があるが、現時点では実用化していない技術の例として、上記二つを例示した。

2050年頃
普及

実現可能性調査

試掘への詳細
事前検討

試掘

試掘結果の検証、
実証実験への事前検討

実証試験

超臨界水の状態の把握及び地下物理現象の予測・掘削技術

・抽熱方法・貯留層の造成技術の工学的実現可能性の検討

・試掘に必要な掘削技術、坑内機器技術等の抽出と開発
・試掘規模、試掘場所の選定

・超臨界水の存在確認、流体流路の存在確認及び資源量の推定

・超臨界地熱システム模擬装置の開発と室内試験
・坑内機器技術、モニタリング技術等の開発
・地下3～5kmの岩体における長期間抽熱のためのシステム設計・制御技術の開発

耐高温・高圧・高腐食性の材料・機器開発

・材料・機器の工学的実現可能性の検討

・試掘に当たって必要な温度・圧力・腐食性等条件を満たす材料・機器の開発

・試掘結果（温度・圧力・腐食性等）に基づく材料等の必要仕様の決定

・試掘により明らかとなった温度・圧力・腐食性等条件を満たす材料・機器の開発

発電システムの開発（経済性評価を含む）

・発電システムの経済的実現可能性の検討

・試掘結果を踏まえた発電技術の開発
・実用化規模の発電を実現するためのエンジニアリング技術の検討

・抽熱技術の実証
・発電コストの検証、低減方法の検討
・商用技術としての確立
・パイロット発電所の建設
・地熱発電設備の寿命推定

環境影響評価方法及び安全性を確保した開発方法の確立

・環境影響の最小化、安全性確保に関する検討

・環境影響評価方法の検討
・安全に掘削を行うための工程および技術の検討

・環境影響評価の実施

評価ポイント

・工学的実現可能性
・経済的実現可能性

・試掘に耐え得る性能、安全、社会受容性の確保

・実証試験の検討に必要なデータの取得

・実証試験に耐え得る性能

・商用技術としての確立

・従来よりも生産能力が5倍程度の地熱井を活用した次世代地熱発電所の建設

・新たな地熱資源の活用による導入ポテンシャルの飛躍的な増大

・20～30年程度耐え得る材料・機器の実現

その他の次世代地熱発電関連技術

地熱貯留層の位置の特定

各国が持つ地下貯留層に関するデータの共有、地下の亀裂や地熱流体の挙動を把握するシミュレーション技術等

・導入ポテンシャルが倍増する高温岩体発電の実現

耐極限環境対応センサー

300 400 の耐熱性確立、高温用耐食性耐スケール性シール材の開発、小型・軽量・低価格・高信頼性センサーの開発等

・様々な極限環境に耐えるセンサーの実現

基盤技術開発 高性能化・実用化 2020年頃 高効率化・性能試験 2030年頃 システムレベルでの実証 2050年頃 普及

各種分離回収法の開発・システム全体の効率化

化学吸収法 (アミン等の塩基性水溶液により炭酸塩を生じCO₂を吸収する方法)の開発・実用化

固体吸収法 (多孔質担体に担持したアミンにより炭酸塩を生じCO₂を吸収する方法¹⁾)の開発・実用化

膜分離法 (ガス圧を利用して、透過膜を用いてCO₂を分離する方法)の開発・実用化

各手法の組合せを含めたシステム全体の高効率化の検討

CO₂の船舶輸送 貯留技術 (CO₂を安全に地下へ封じ込める技術)

評価ポイント

100 以下の再生温度で長時間安定的にCO₂の離脱が可能な吸収液の開発

計算化学を用いた多孔質体アミンの開発によるCO₂吸収性能・低温でのCO₂離脱性能に優れた固体吸収材の実現

IGCC圧力ガスからの回収を想定した高CO₂/H₂選択性複合膜(分子ゲート機能を用いたCO₂選択透過膜モジュール等)の開発

商業規模のCO₂貯留のための安全管理システムの開発

1 化学吸収法に比較しCO₂脱着に要する顕熱や蒸発潜熱が不要となり、エネルギーを大幅に低減可能。
2 物理吸収法は2020年ごろの技術確立が見込まれているため、個別の技術開発課題としては扱わず、システム全体の効率化の検討の一部に位置づけるものとした。

高炉ガス等CO₂を高濃度を含む高压ガスへの適用 熱移送の効率化と併せて回収エネルギー 1.6GJ/t-CO₂、回収コスト2,000円/t-CO₂の目途

石炭火力排ガスへの適用を想定したスチーム融通等のプロセス性能評価 石炭火力排ガスへの適用において回収エネルギー 1.5GJ/t-CO₂、回収コスト2,000円/t-CO₂の目途

CO₂選択透過膜モジュールの透過性・選択性目標レンジ(CO₂分圧に対する透過速度・分離係数)の達成確認
高分子マトリクスの改良による耐久性の強化(耐加水分解性や膜の機械的強度の制御)
IGCCガス化炉への適用を想定して、回収エネルギー0.5GJ/t-CO₂、回収コスト1,500円/t-CO₂の目途

物理吸収法等²など、技術確立に至った手法も対象としたシステムレベルの効率改善(プロセスフローの改善や最適組合せ解析)

実現可能性調査、技術課題の特定
CO₂圧入の環境影響の管理技術の構築
貯留地を安全かつ最大限に活用する技術

ベンチ試験・燃焼排ガス実ガス試験による信頼性の評価

スケールアップ合成法による更なるCO₂吸収性能・離脱性能の改善

小型ガス化炉・水性ガスシフト反応炉の実ガス試験によるCO₂選択透過膜モジュールの信頼性評価

透過性と選択性を同時に改善する基盤技術の実用化開発
金属有機構造体(MOF)など新規膜材料の実用化開発

物理吸収法等²など、技術確立に至った手法も対象としたシステムレベルの効率改善(プロセスフローの改善や最適組合せ解析)

大規模実証試験を通じた有効性の検証

商業技術としての確立目処
プロセスシステム実現目処(経済性、信頼性の確認)

システムレベルでの更なる改善 (液組成の最適化、熱利用の最適プロセスの検討)

石炭火力発電プラントにおけるPost Combustion回収への適用
スチーム融通等によるシステム効率改善の実証
耐久性、信頼性の向上(硫黄分、重金属等のコンタミ物への耐久性の向上等)
システムレベルの回収コスト1,500円/t-CO₂、連続運転1,000時間

CO₂選択透過膜モジュールのIGCCプラント(Pre Combustion)への適用
システムレベルでの回収コスト1,000円/t-CO₂、連続運転1,000時間

商用化を視野に入れた分離回収プロセスの詳細設計(適用が想定されるCO₂排出源において使用エネルギー効率を最大化)

システムレベルでの更なる改善

大規模実証に耐える性能確認
大規模実証に向けたコンセプト確立

商用スケールの大規模実証
商用スケールでの高効率プロセス実証(発電所への適用であれば発電効率の飛躍的な向上等)
・10,000時間連続運転の実現(耐久性、信頼性の実証)

・2050年時点の大規模CO₂削減への貢献
・CCUへの大規模展開(藻類培養等による燃料化や炭酸塩化による建材活用など)³
・世界的な適用拡大(海外での地中貯留など)

³ CCUについては別途ロードマップを作成

その他の方式の研究

その他有望な回収技術の検討(抜本的な回収エネルギー低減が期待できるCO₂分離・回収技術等)

その他用途への展開(天然ガス精製におけるメタン・CO₂分離プロセスへの適用、水素製造プロセスへのCO₂/H₂分離膜の適用など)

波及効果等

開発過程で他の分野にも利用可能な派生技術・分野 他分野への展開が進むことによる効果

	現状	2020年頃	2030年頃	既存大規模プロセスの最大効率化	導入普及によるCO ₂ 削減の実現	2050年頃普及
人工光合成	CO ₂ と水素等からのオレフィン等製造技術 <small>投入された水素又は二酸化炭素由来の炭素の目的とする炭素数2、3、4の単独オレフィンへの導入率としてそれぞれ70%が目標 (ラボレベル)</small>	CO ₂ とCO ₂ フリー水素等からのオレフィン等製造技術の開発	実証試験等 (数トン~100トン/日規模) による性能確認	実適用、拡大とコストダウン、海外展開等	触媒技術、反応プロセス化技術確立による化学品等と同水準の製造コストを実現	
	実証試験等 (数トン~100トン/日規模) による性能確認	実適用、拡大とコストダウン、海外展開等	光エネルギーを利用したCO ₂ 還元、含酸素有機物の生成 H ₂ O分解とCO ₂ 還元を同時に行い含酸素有機物の生成等	テストプラントの研究		
触媒反応システム	CO ₂ と水素等からの炭化水素等製造技術	CO ₂ とCO ₂ フリー水素等からの炭化水素等製造技術の開発	実証試験等 (数トン~100トン/日規模) による性能確認	実適用、拡大とコストダウン、海外展開等	触媒技術、反応プロセス化技術確立による化学品等と同水準の製造コストを実現	
	メタンによるCO ₂ 還元の高度化・オレフィン合成技術開発	実証試験等 (数トン~100トン/日規模) による性能確認	実適用 (化学プラント等への一部適用)、拡大とコストダウン、海外展開等			
	CO ₂ からメタノール・ギ酸等の含酸素化合物を製造する基盤技術	実証試験等 (数トン~100トン/日規模) による性能確認	実適用 (火力発電所等への一部適用)、拡大とコストダウン、海外展開等			
バイオマス転換利用システム	バイオマスから高付加価値製品生産プロセス 有望技術をバイオマスからの高付加価値製品生産プロセス (非可食性バイオマス、リグニン等)	実証試験 (経済性を担保出来る規模) 等による性能試験 (寿命、安定性、経済性)	実適用 (林業、農業、廃棄物、下水汚泥への一部適用)、分散型拡大とコストダウン、海外展開等	触媒技術、バイオテクノロジー利用 (ゲノム編集・合成)、反応プロセス技術確立により、石油由来化学品等と同水準の製造コストを実現		
バイオ (微生物反応) と触媒反応のハイブリッドシステム	微生物の人工代謝経路確立による中間品からの化成品製造 (中間品 (メタノール・蟻酸等) から人工代謝経路確立による化成品製造) 温度等 よりマイルドな環境条件	微生物の人工代謝経路確立によるCO ₂ からの化成品製造 (CO ₂ + 電子源 (余剰電力、廃棄物由来無機塩等 + 微生物での人工代謝経路確立による化成品製造等) 温度等 よりマイルドな環境条件	実証試験 (ファインケミカルズへの適用 (数トン/年))	実適用の拡大とコストダウン	高収率 (高効率分離精製技術含む) による化学品等と同水準の製造コストを実現	
評価ポイント	<ul style="list-style-type: none"> ・実証に耐える性能確認 ・基盤技術の実現目処 (技術的実現可能性確認) ・技術融合による効果確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・経済的実現性確認 ・実用化に結びつく経路の確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・商業技術としての確立目処 ・実証に耐える性能確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・経済的実現性確認 		