

グリーン・エネルギー材料工学分野 のロードマップ

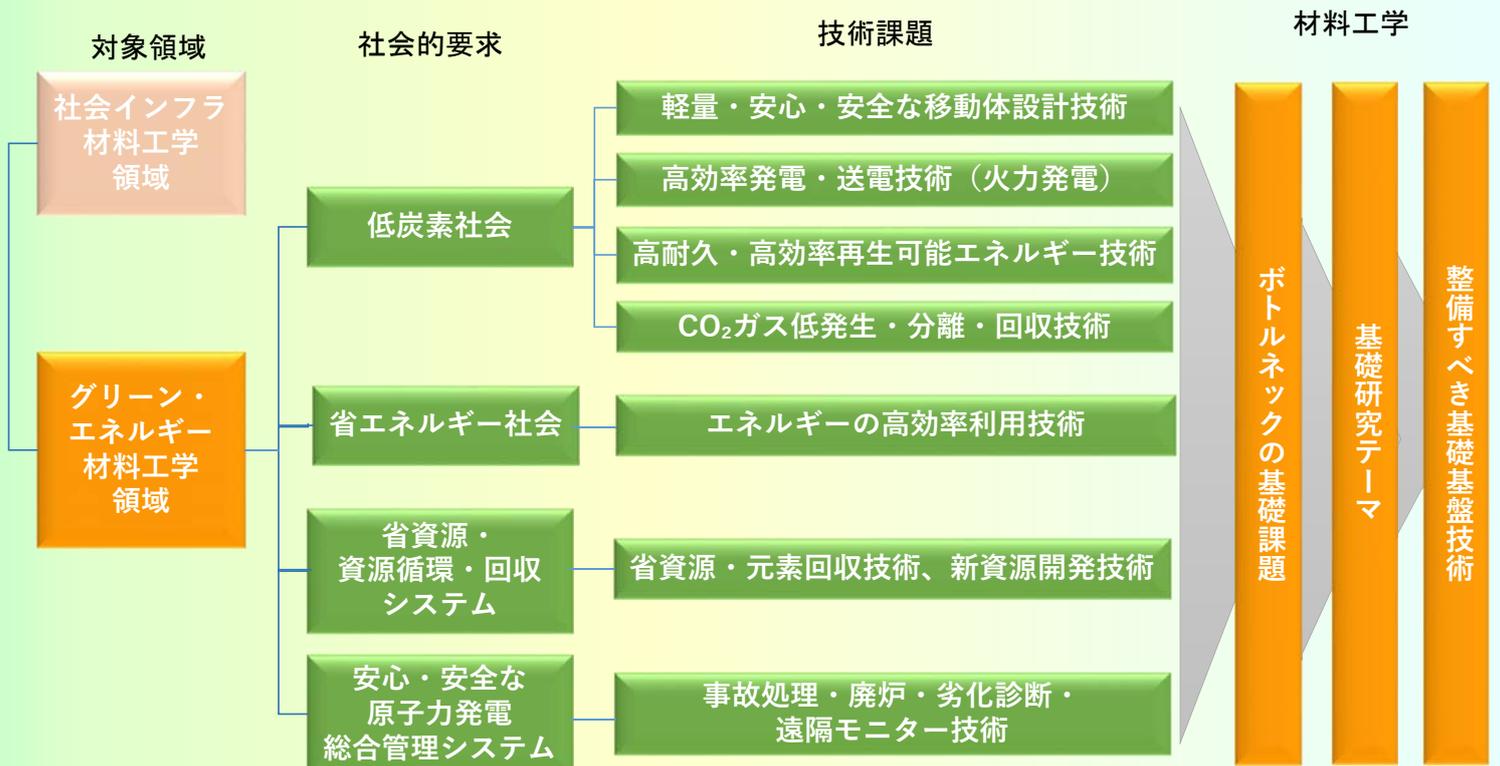
シンポジウム「社会インフラ、グリーン・エネルギー分野における材料工学の展望」

2016年10月13日

主催 日本学術会議 材料工学委員会
材料工学ロードマップ・ローリング分科会

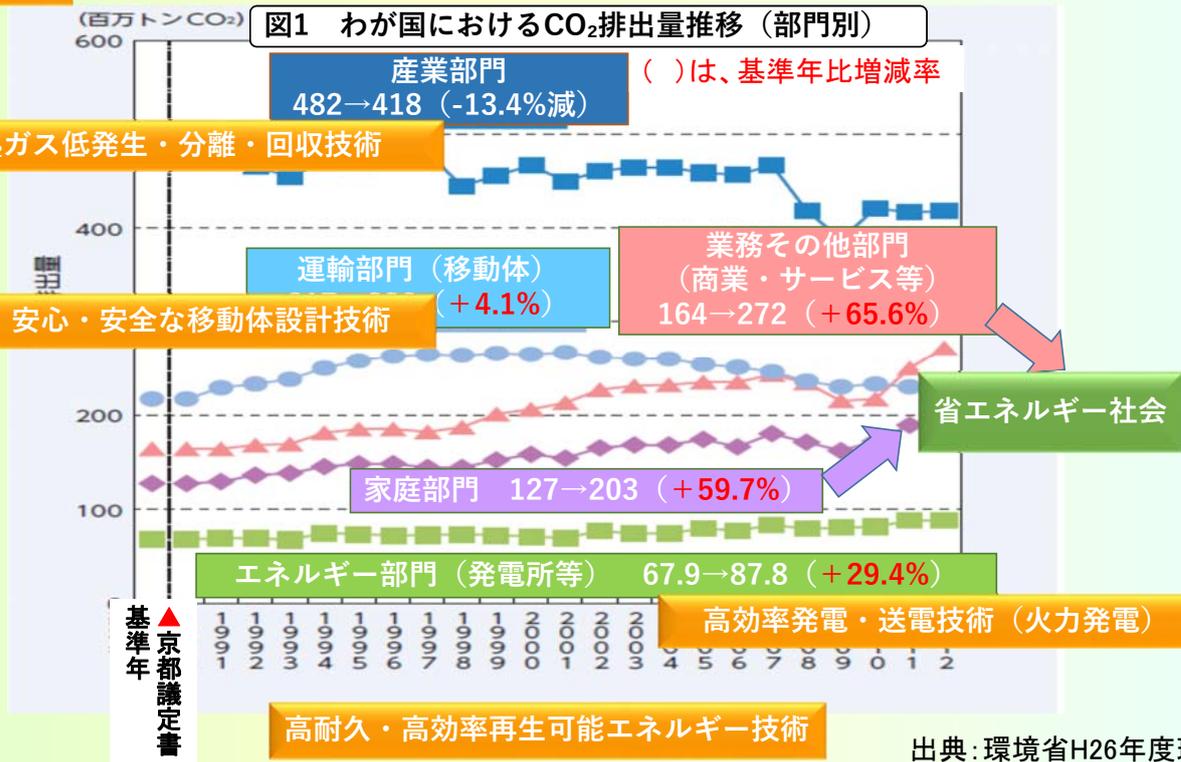
1

【対象領域、社会的要求、および技術課題に対する材料工学の役割】



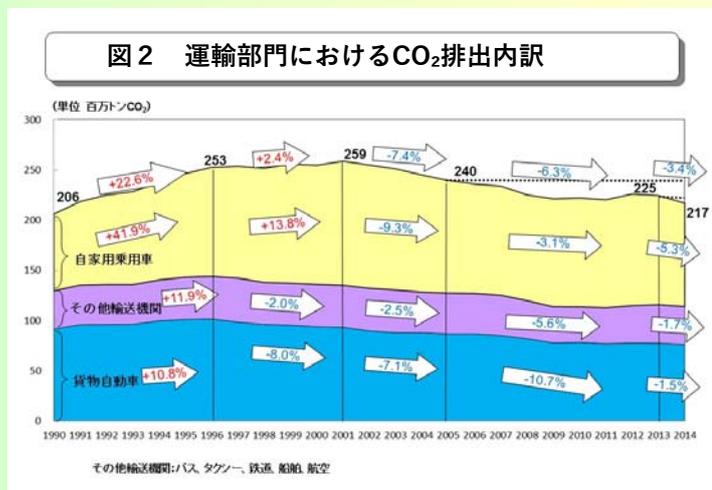
2

【現状解析1:わが国におけるCO₂排出量】



軽量・安心・安全な移動体設計技術

【現状解析2:運輸部門におけるCO₂排出内訳】

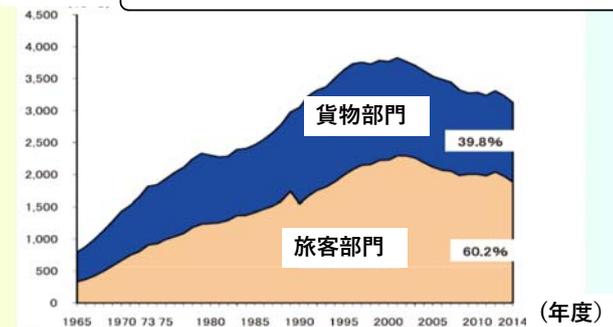


運輸部門におけるCO₂排出量
自動車>>その他輸送機関 (鉄道、船舶、航空機)

図2-4出典:国土交通省

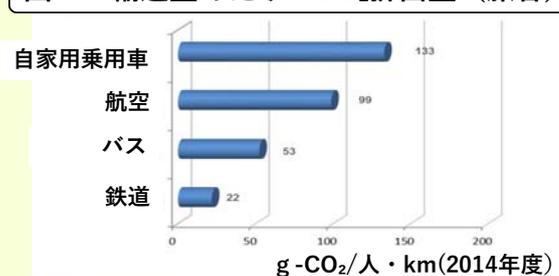
HP:http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html

図3 移動体のエネルギー消費量推移



エネルギー消費量においては、旅客部門が過半数

図4 輸送量あたりのCO₂排出量 (旅客)



単位旅客数CO₂排出量の多い
自家用車・航空機の低燃費化が重要

図5、6出典：
経産省総合科学技術会議評価専門委員会
「革新的新構造材料等技術開発」
評価検討会(第1回)資料より抜粋

【技術課題：自動車における低燃費化の取り組みと技術課題】

図5 車両重量と燃費の関係

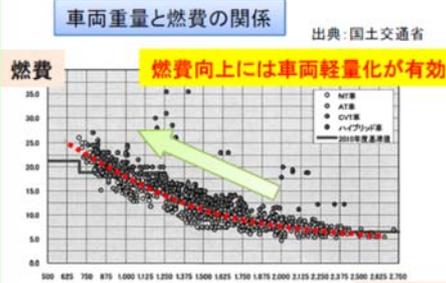
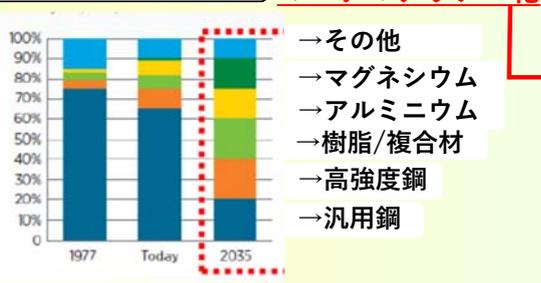


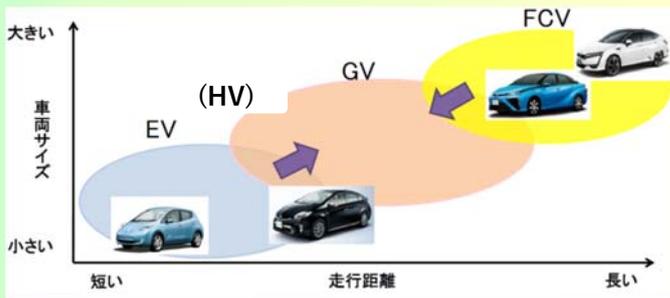
図6 軽量材質の利用



材料工学における技術課題

- 革新的高強度化
- 易加工性
- 異種材複合化
- 異種材接合技術 (高強度・低コスト)
- 適材適所の設計技術

図7 脱ガソリン車：EV, HV, FCV化



FCV普及の課題

- 水素ステーション整備
- 燃料電池材料の耐久性
- 低コスト化

- 耐水素脆化
- 超耐蝕性

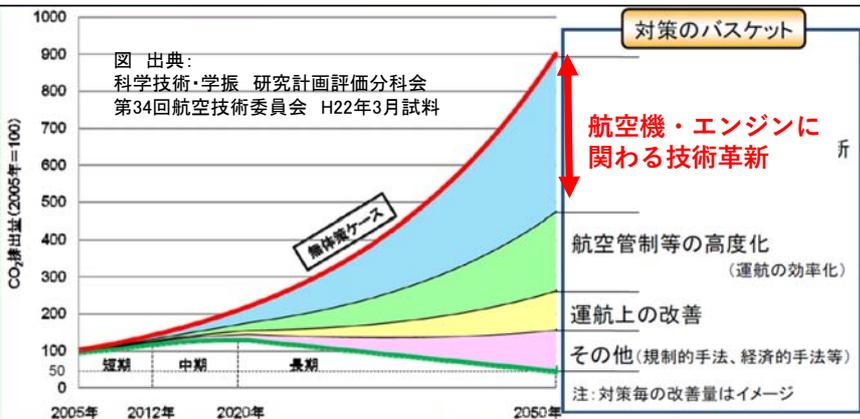
EV車普及の課題

- 充電インフラ整備
- 二次電池の高性能化 (エネルギー密度増大, 出力密度増大)

- Li電池部材の高機能化
- 革新電池へブレークスルー

【技術課題：航空機における低燃費化の取り組みと技術課題】

図8 航空機分野でのCO2削減：国際民間航空機関（ICAO）行動プログラム



材料工学における技術課題

- 革新的高強度化
- 易加工性
- 異種材複合化
- 異種材接合技術 (高強度・耐熱)
- 適材適所の設計技術

- 耐熱性向上
- 耐表面酸化

◆ 軽量部材の利用

マルチマテリアル化

◆ エンジン熱効率向上

熱効率改善 (高温・高圧化)

◆ バイオ燃料の利用

耐熱合金、セラミックス、耐熱被膜

グリーン・エネルギー材料学の夢ロードマップ 【移動体(自動車、航空機、船舶)】

安心・安全
低環境負荷
ものづくり革新
人間との共生

社会の進化レベル

創製と高機能化の 共通基礎・基盤現象理解

- ・新原理の提案
 - ①高強度・高機能の飛躍
 - ②耐水素脆化・超耐食性
 - ③(超)耐熱
- ・計算科学と実験の融合
- ・界面・表面の解析・計算・制御
による高温酸化の飛躍
- ・Mechano-physical, -chemical

創製と高機能化の 総合的解法確立

- ①成形加工・革新生産技術
- ②接合技術
⇒超高強度材, 異種材料
- ③構造設計
- ④マルチマテリアル化
- ⑤全体最適設計技術
- ⑥順問題から逆問題解析
- ⑦ライフサイクルアセスメント

総合的解法の普及による 最適材料性能の提供

- ①機械・情報科学との融合
による最適新材料提案
- ②革新的材料創製技術

材料潜在能力発揮

地球環境保
全と安心・安
全を両立する
移動体への
飽くなき挑戦

材料潜在能力未発揮

単一材料指向
部分最適化
異分野未融合
順問題解析
経験と勘

安心・安全, 高燃費・低環境負荷, モノづくり革新, 人間との共生

先端解析・計算材料科学
マルチスケール解析
材料インフォマテックス
安全工学・設計・制御
物理/化学・機械工学・情報科学との融合

材料・部品・完成車の全体最適
設計(性能・コスト・環境)技術
安全・安心全体設計
ものづくりと情報技術との融合

人間と共生する移動体

燃費: 5倍
交通事故死: 1/5
Society5.0
移動体と人間との共生
2050年温室効果ガス80%減

2020年 2030年 2040年 2050年 西暦

低炭素社会

高効率発電・送電技術 (火力発電)

【現状解析: 電力供給源の推移】

図9 発電設備容量の推移 (一般電気事業用)

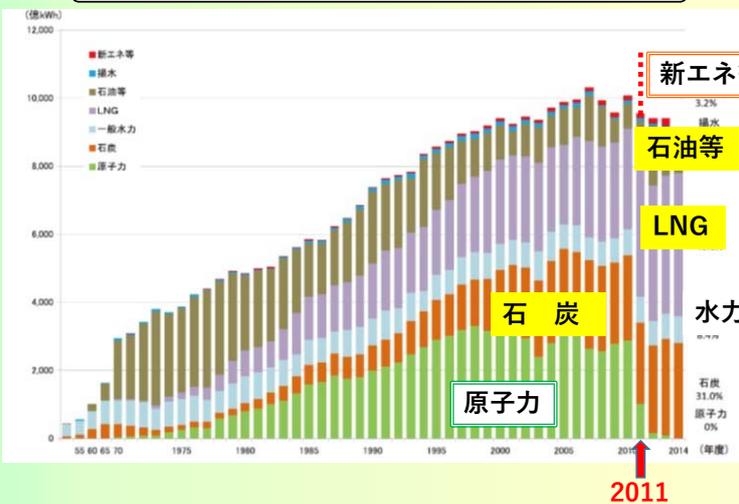


図9 出典: 経産省資源エネルギー庁 2016年環境白書

図10,11 出典: 経産省資源エネルギー庁基本問題委員会
第13回委員会事務局提出資料(火力発電について) 2012.2.22.

図10 太陽光発電の天候発電力量推移

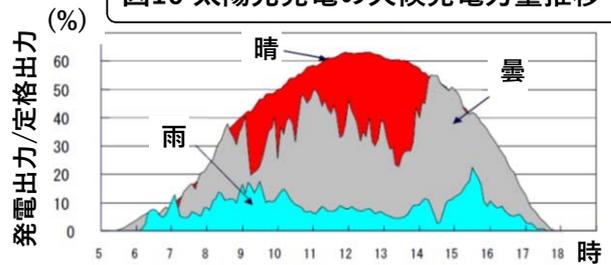
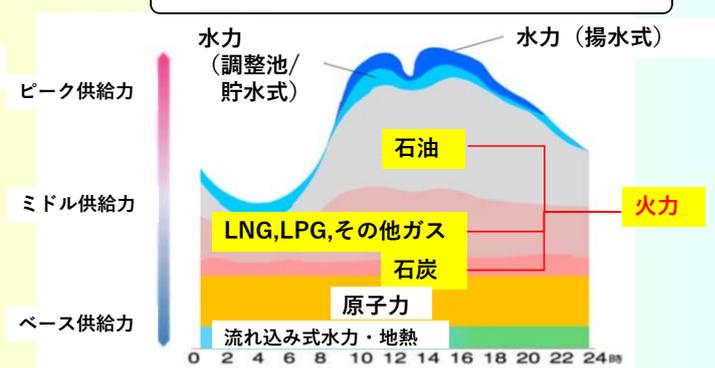
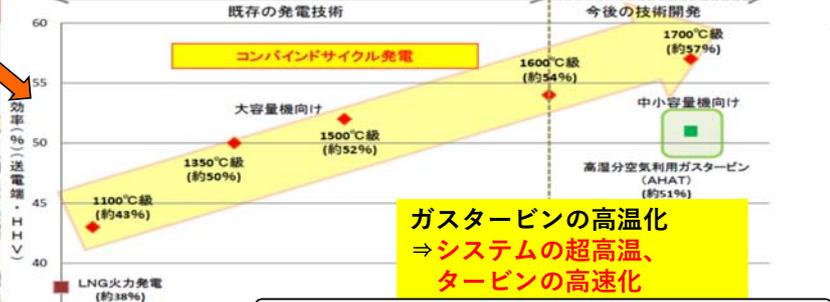
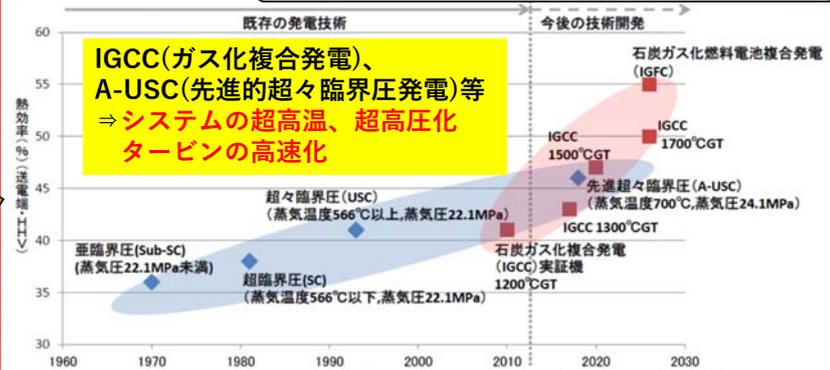
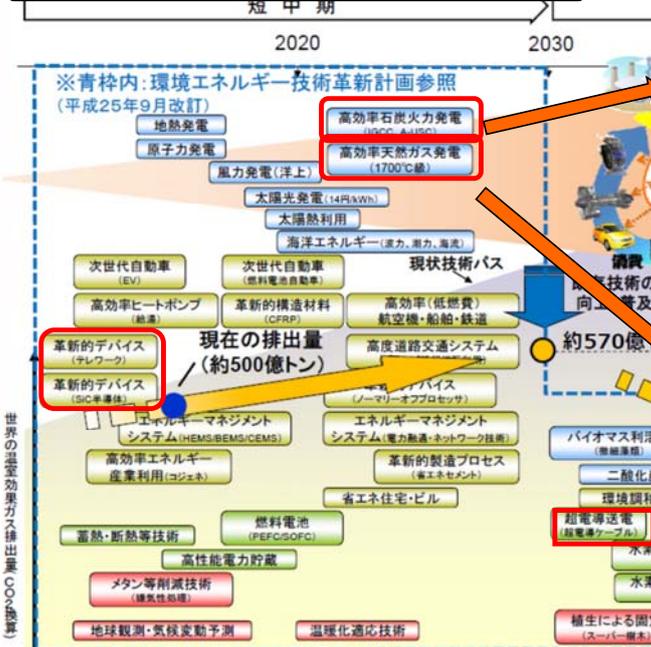


図11 太陽光発電の天候発電力量推移



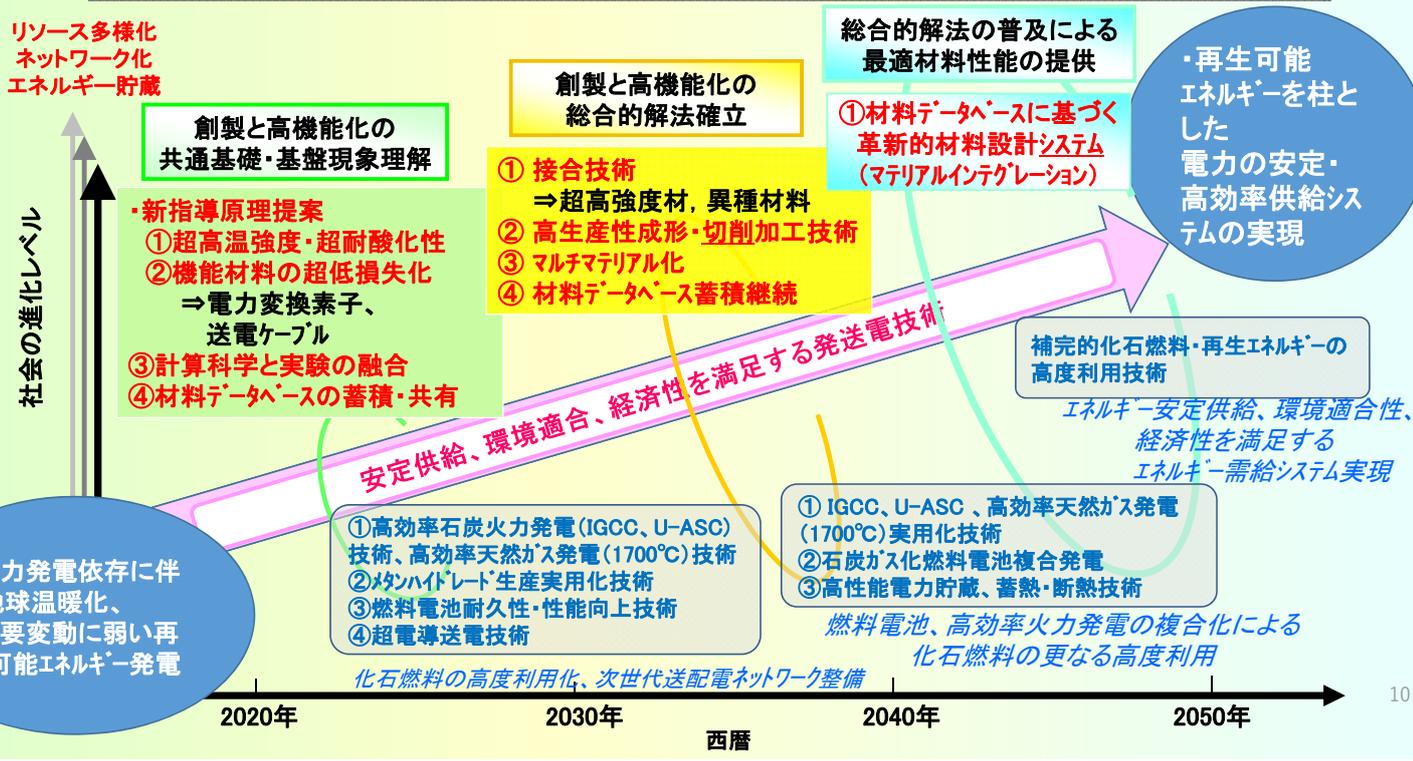
【技術課題：火力発電高効率化】

図12 エネルギー関連技術のロードマップ



出典：(図12)第18回総合科学技術会議資料（H28.4）、(図13、14)資源エネルギー庁 資源エネルギー総合資源エネルギー調査会総合部会第2回会合資料3 H25.4.

グリーン・エネルギー材料学の夢ロードマップ 【高効率(火力発電・送電)】



【技術課題：再生可能エネルギーの特徴と課題】

図18 太陽電池変換効率<50% ⇒ 飛躍的高効率電池材料の開発

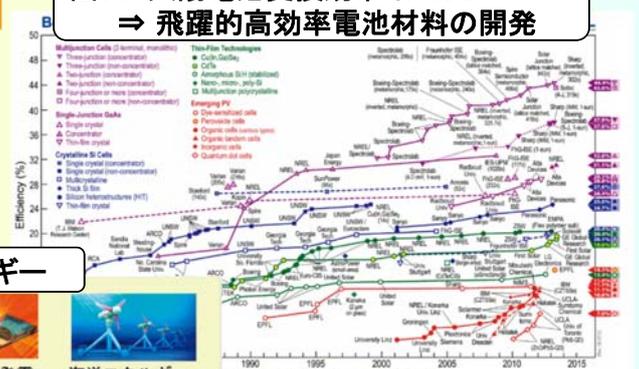
図16 再生可能エネルギー導入状況(H25)



図15 各種再生可能エネルギー



出典:
 (図15,17)NEDO 再生可能エネルギー白書 第2版 H26.
 (図16)資源エネルギー庁総合資源エネルギー調査会 長期エネルギー需給見通し小委員会(第4回会合) 資料2 H27.4.
 (図18)NIMSプレス発表 H23.8.
<http://www.jst.go.jp/pr/announce/20110825/>

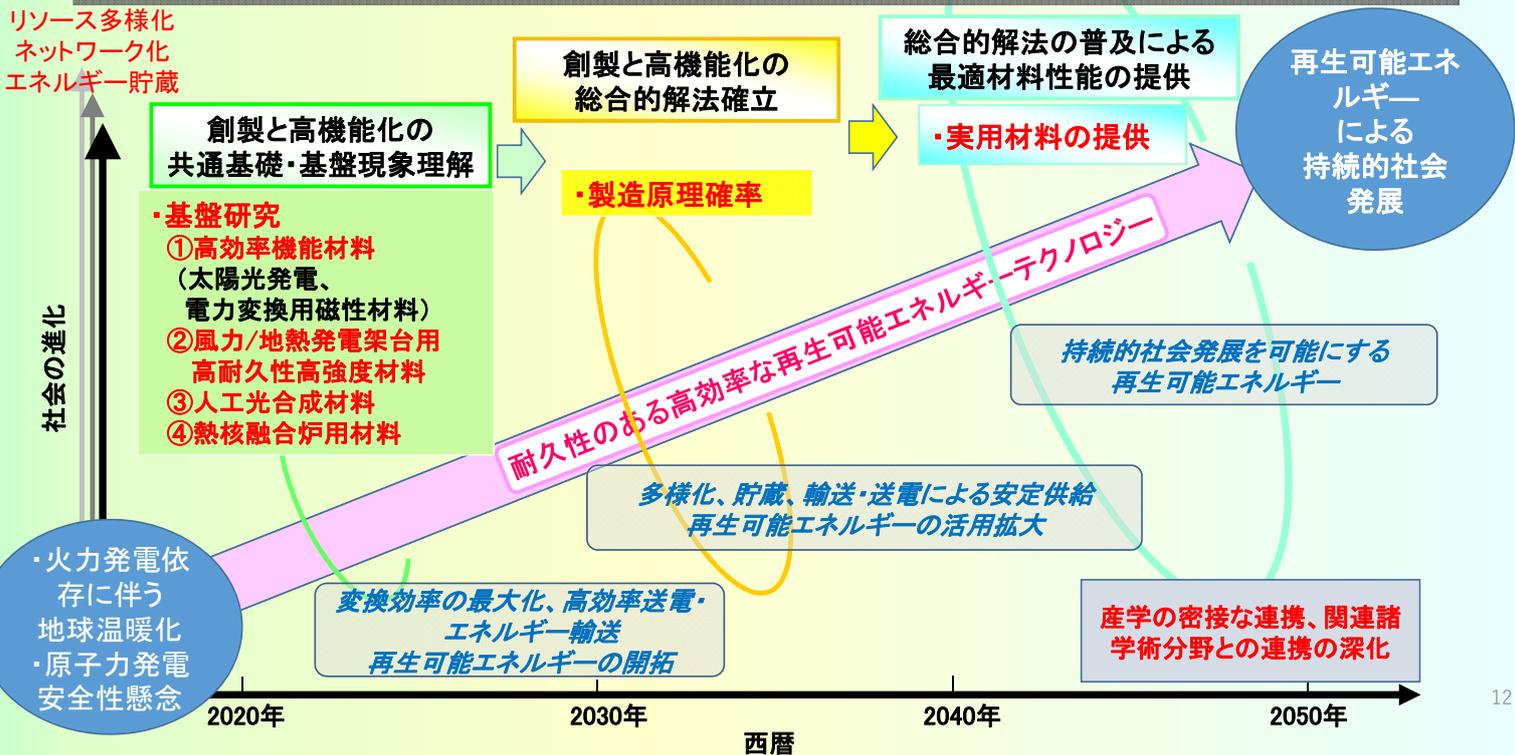


材料工学における技術課題

- 【変動電源】
- ◆飛躍的高効率変換材料 (太陽電池)
 - ◆高強度・高対候性構造物 (太陽光、風力、地熱等)
 - ◆余剰電力を貯蔵する 高効率蓄電システム
- 【共通】
- ◆高効率電力変換、送電システム

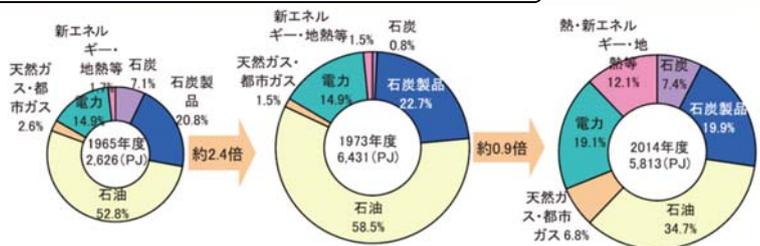
図17 コスト高の再生可能エネルギー

グリーン・エネルギー材料学の科学・夢ロードマップ 【再生可能エネルギー】



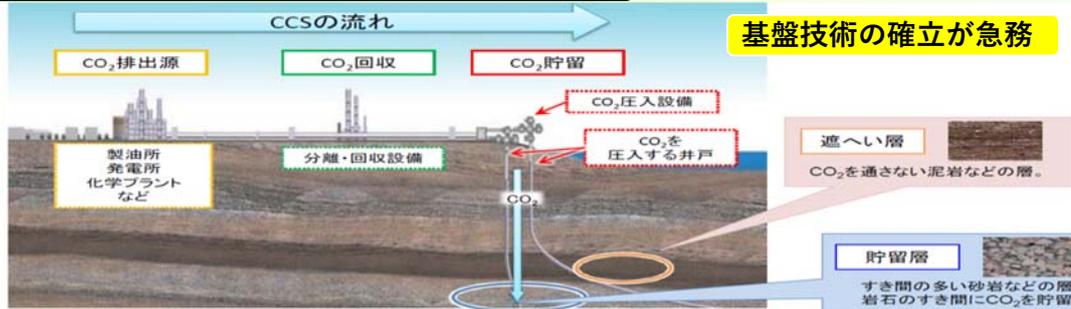
【現状解析：製造業におけるCO2削減の取り組みと課題】

図19 製造業におけるエネルギー消費推移



1965年以降、製造業におけるエネルギー消費削減が進展

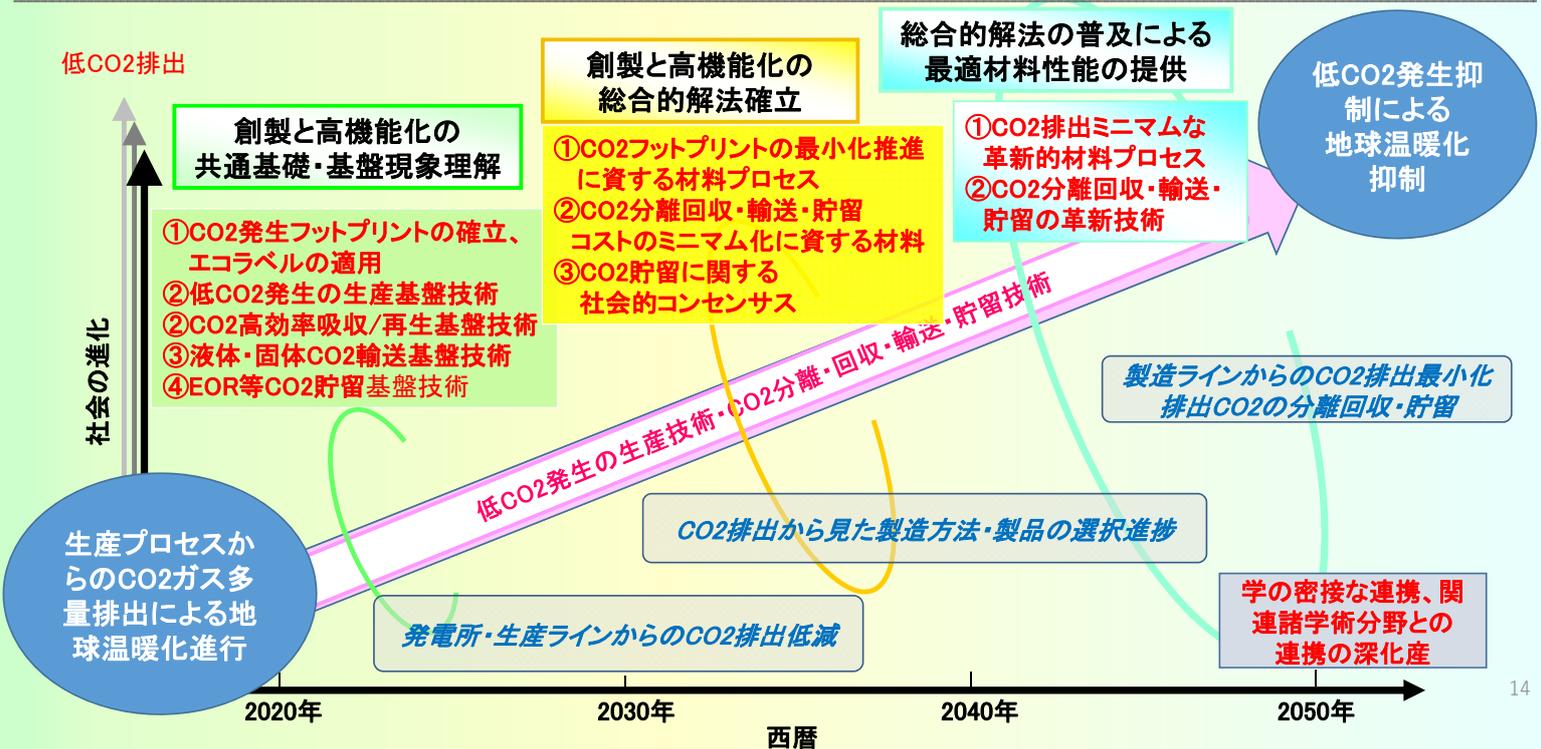
図20 CO2の分離・回収・輸送・貯蔵システム



基盤技術の確立が急務

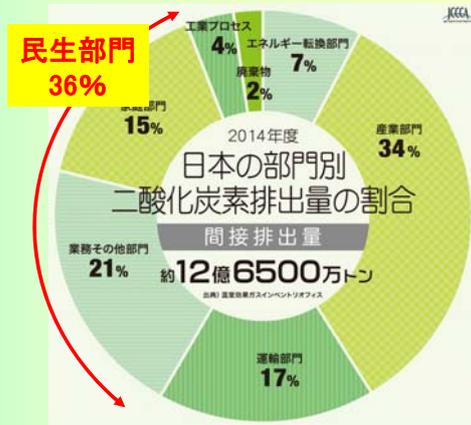
出典：
 (図19) 資源エネルギー庁
 HP：
<http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2013html/2-1-2.html>
 (図20) 経産省産業技術環境局資料「地球環境問題対策」H27.12

グリーン・エネルギー材料学の科学・夢ロードマップ
 【CO2分離・回収・輸送・貯蔵】



【現状解析：民生部門からのCO₂排出量】

図21 部門別CO₂排出量（発電ベース）



出典：温室効果ガスインベントリオフィス(JACC HPより)

【課題：民生部門の省エネによるCO₂削減】

図22 エネルギーの効率利用推進の概念図



グリーン・エネルギー材料工学の夢ロードマップ
【省エネルギー】

低環境負荷社会の実現

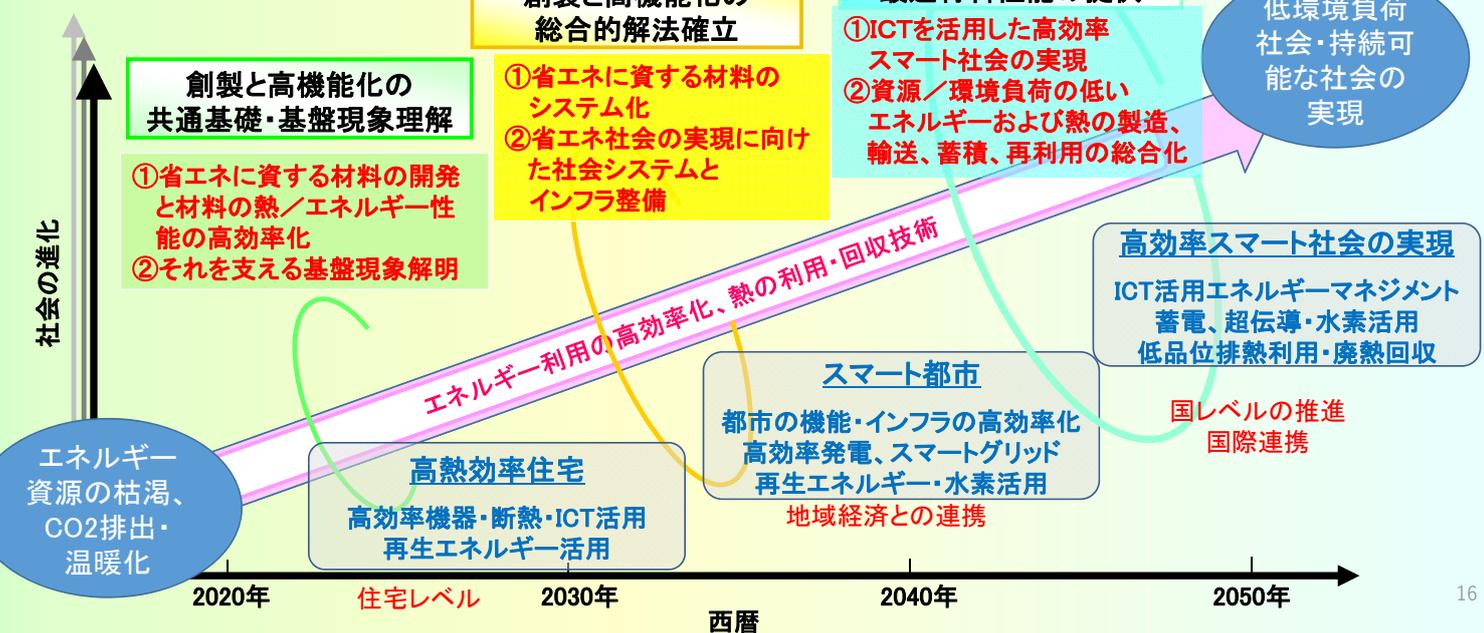


図23.1 COP21に先立つ日本の約束草案と技術政策

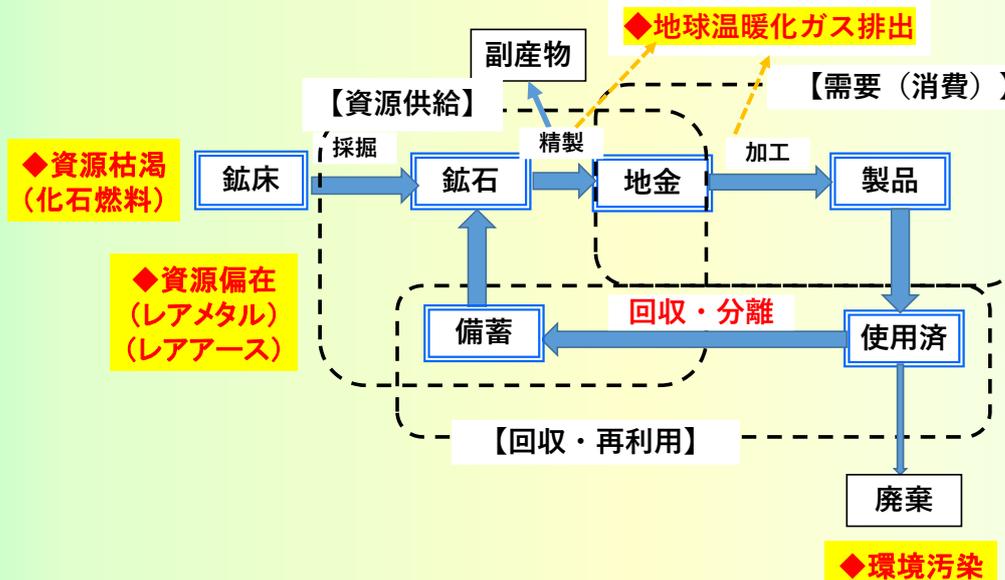
	2030年度の温室効果ガス削減目標 (2013年度比)
温室効果ガス削減量	▲26.0%
エネルギー起源CO2	▲21.9%
その他温室効果ガス	▲1.5%
吸収源対策	▲2.6%

エネルギーミックス政策(2015.7)の推進

「エネルギー・環境イノベーション戦略」検討中

多様な資源利技術

図23.2 資源循環概における課題

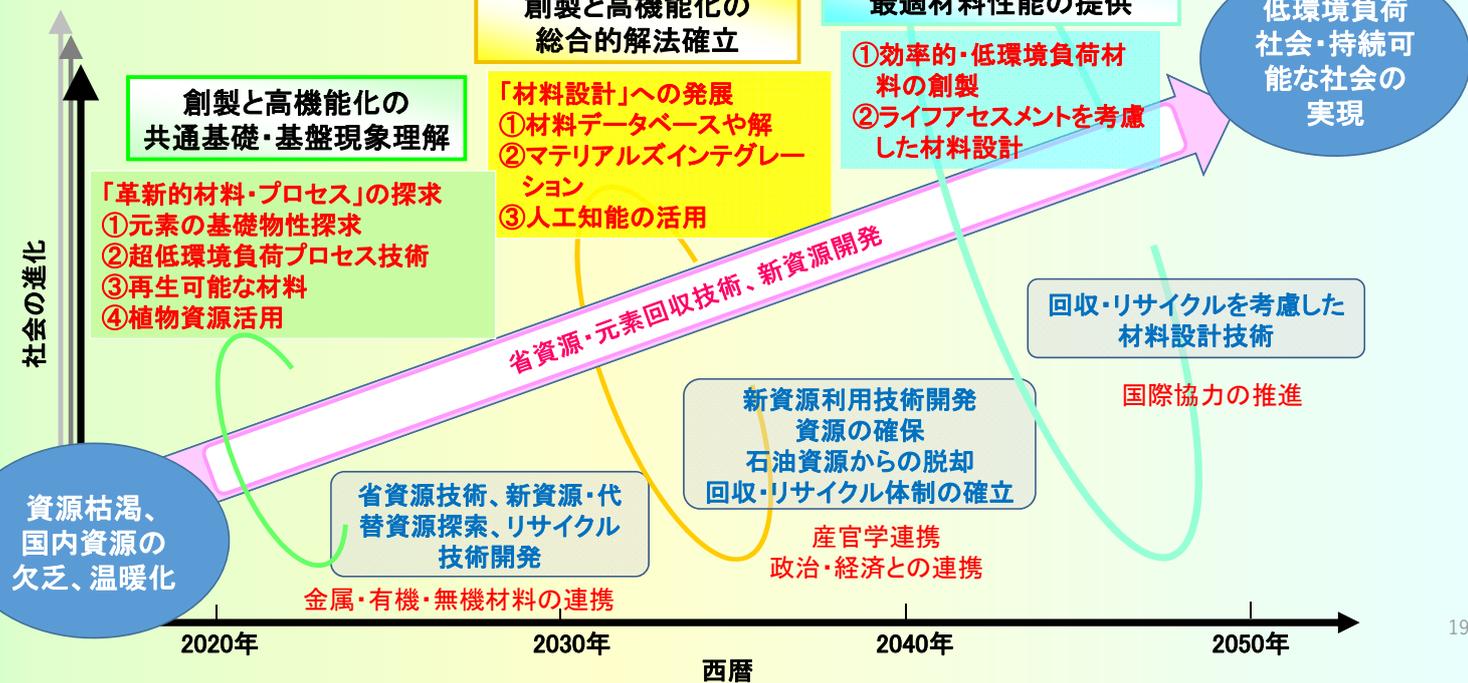


材料工学における技術課題

- ・代替元素探求
→ユビキタス元素の利用
→再生可能材料の利用
→海洋・地球外での資源探索
- ・低環境負荷プロセス技術
(採掘、精製、加工、廃棄処理)
- ・低コスト回収・効率的分離技術
(レアメタル)
(レアアース)

グリーン・エネルギー材料工学の夢ロードマップ 【省資源・循環・回収、新資源開発】

低環境負荷
社会の実現



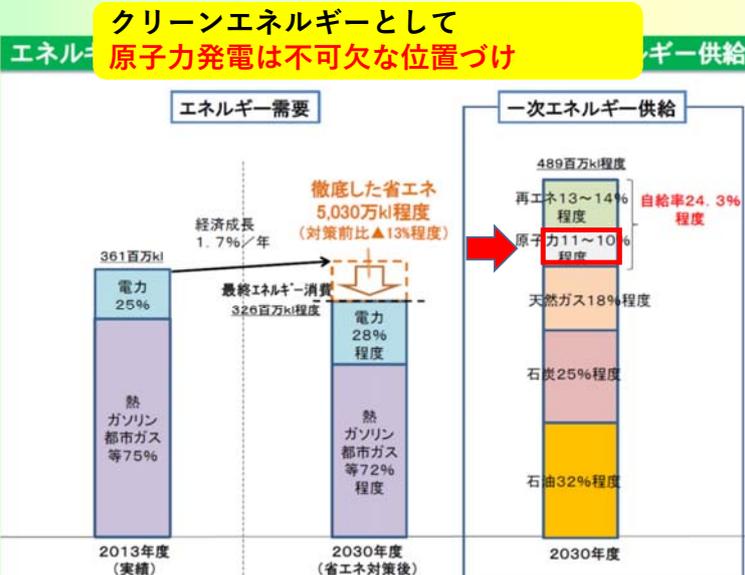
安心・安全な
原子力発電
総合管理システム

事故処理・廃炉・劣化診断・
遠隔モニター技術

原子力発電政策方向性と課題

【現状解析：地球温暖化危機と対策】

図24 エネルギーミックス政策達成のシナリオ



出典：環境省「2050年を見据えた温室効果ガスの大幅削減に向けて」H27.10

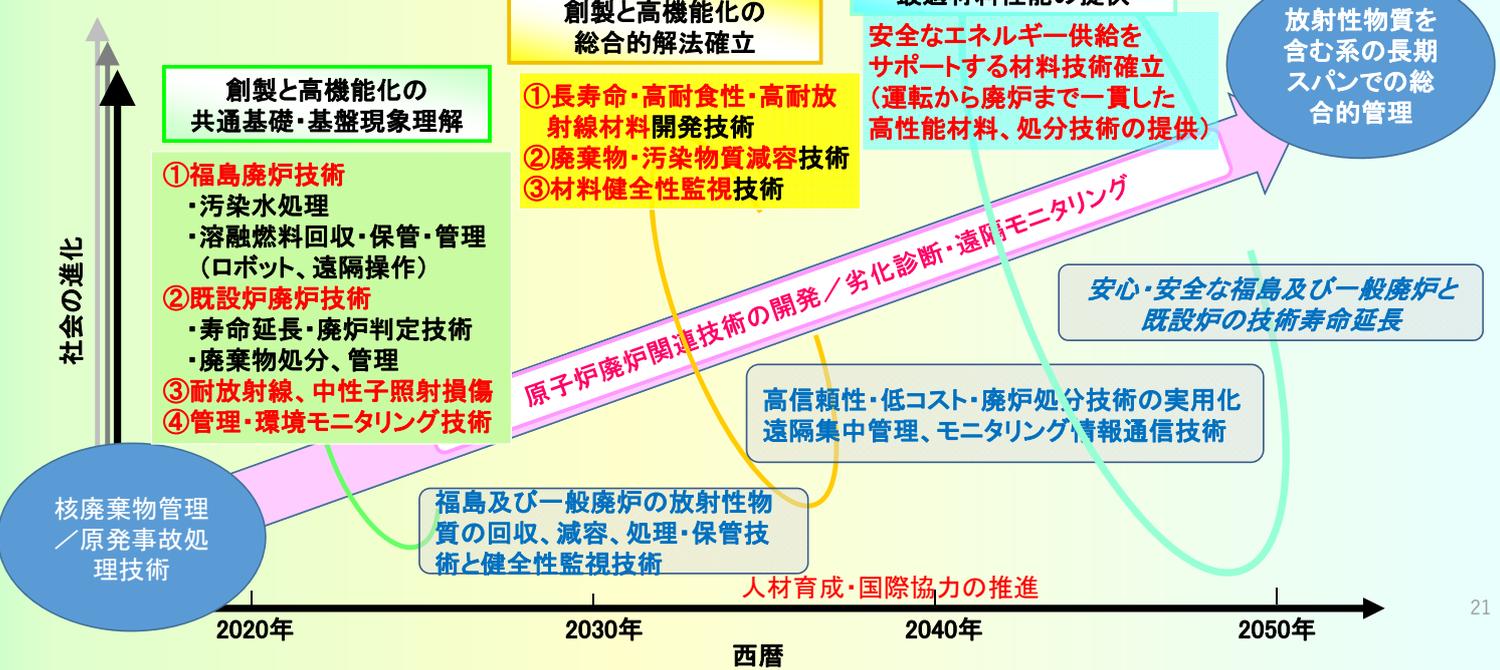
- クリーンエネルギーとして
原子力発電は不可欠な位置づけ
- 【社会的課題】
- 原子力関連の人材不足による、原子力技術の研究開発能力低下
 - 更なる安全対策による稼働率上昇
 - 放射性廃棄物の最終処分地選定に向けた取組
- 【技術的課題】
- 軽水炉の安全性向上
 - 安全な廃炉措置
 - 放射性廃棄物の処分
 - 核燃料サイクルの推進
 - 核廃棄物の減容化・有害度低減
 - 国際協力下での中長期的取組

以上：環境省「エネルギー関係技術ロードマップ」H26.10より抜粋

「福島原発廃炉技術確立」を通して
共通基礎・基盤現象の理解を深め、既設炉の安全対策
(モニター、事故対策)・放射性廃棄物処理・廃炉対策に
生かして行く。

グリーン・エネルギー材料工学の夢ロードマップ 【原子力発電(廃炉処理・燃料処理)】

安全で効率的な
廃炉処理



【整備すべき基礎基盤技術と材料工学が担う人材育成】

整備すべき基礎基盤技術

- ・材料組織制御・予測技術
 - ・組織制御
 - ・形成/経時変化予測 (劣化予測)
 - ・マルチスケール組織解析
- ・材料強度制御・予測技術
 - ・経時変化予測 (劣化予測)
 - ・強化機構
- ・プロセス物理学
 - ・加工 (塑性/切削)
 - ・粉末冶金
 - ・接合
 - ・レーザー
 - ・プラズマ
- ・機能・物性制御技術
 - ・極低温物性
 - ・超高温物性
- ・理論計算技術
 - ・第一原理計算
 - ・データベース化
- ・測定・診断技術
 - ・ナノ解析
 - ・動的解析
 - ・高速度観察
 - ・長時間観察
 - ・環境モニタリング技術
 - ・非破壊計測技術
- ・マルチマテリアル化技術
 - ・界面化学の深化
 - ・他分野融合
 - 有機/高分子化学
 - 生体材料化学
 - 生物学
 - 土壌学等

人材育成

- ◆異分野融合による人材育成体制構築
- ◆LCCM (Life Cycle Carbon Minus) 設計に関する教育強化
- ◆境界を越えた材料リテラシー学
 - ・物理、化学、数学
 - ・機械工学
 - ・環境工学
 - ・情報工学
 - ・医学、社会科学、人文科学に広がる学際研究、協働

材料工学10領域

- 材料システム工学
- 材料プロセス工学
- 材料解析・診断学
- 社会インフラ材料学
- グリーン・エネルギー材料学
- 医療・バイオ材料学
- デバイス材料学
- 材料・ゲノム工学
- 理論・計算材料学
- 材料リテラシー学