

研究開発の俯瞰報告書概要

エネルギー分野 (2017年)

① 分野の範囲と構造

■ 分野の特徴と俯瞰の基本方針

- 持続可能な社会の実現 (社会的期待) に向けて、3E+S の同時克服を目指した研究開発が必要
- エネルギー分野は社会課題解決に向けた総合工学分野であり、関係する科学技術 (構成要素) は広範に亘る (機械工学、電気工学、化学工学をはじめ、ナノテク・材料、ICT、バイオすべてを包含)



■ 31 研究開発領域を設定し俯瞰分析

1. 資源開発技術
2. 火力発電
3. CCUS
4. 原子力炉
5. 核融合炉
6. 原子力安全
7. 燃料管理・処分
8. 太陽光
9. 風力発電
10. 地熱発電
11. バイオマス
12. エネルギーシステム評価
13. 分散協調型EMS
14. スマートビル・ハウス
15. 断熱・遮熱・調光
16. 蓄電技術
17. 蓄熱技術
18. 熱再生・利用技術
19. エネルギーキャリア
20. 燃料電池
21. パワーエレクトロニクス
22. 直流送電・超電導送電
23. モータ・トランス磁石材料
24. 照明・ディスプレイ
25. 触媒
26. 分離
27. 燃焼 (全般)
28. エンジン燃焼 (自動車)
29. トライボロジー
30. 耐熱材料
31. 高強度軽量材料

③ 科学技術トピックス

これまでの歴史を見ても、時間をかけて効率を上げていくという側面が強い分野。中でも世界で新しい、あるいは注目を集めているものは下記の通り。

- 空中風車：空中に浮遊させる形の風力発電
- パーチャルパワープラント (VPP)：多数の小規模な発電所や、電力の需要抑制システムを一つの発電所のようにまとめて制御を行うシステム
- ペロブスカイト太陽電池：ハロゲン化鉛系ペロブスカイトを利用した太陽電池。変換効率は2009年の3.9%から2016年には最大21.0%に著しく性能向上
- 全固体電池：ポストリチウムイオン電池。硫化物系、イオン液体、濃厚電解液系などの電解質
- 太陽熱発電プラントに併設する化学蓄熱：溶融塩や化学反応を利用した中温蓄熱蓄熱システム
- 調光窓 (ガラス)：スイッチで太陽光・熱を効果的に遮って冷暖房負荷を低減する省エネルギー型ガラス
- ケミカルループ燃焼：金属酸化物を酸化剤として媒介利用し、CO2分離回収
- 高エントロピー合金：多種類の元素をほぼ等原子量含む合金。優れた高温強度、拡散速度などの物理特性を有する。
- セルロースナノファイバー：植物由来の素材で、鋼鉄より軽く、数倍の強度等の特性を有する。

② 研究開発動向・研究開発 (科学技術) 政策

国	研究開発	政策
日本	基礎研究、応用開発を総合的に考えた際に、世界を先導している研究領域としては、火力発電、蓄電池、燃料電池、磁石 (モータ・トランス)、耐熱材料。	「エネルギー・環境イノベーション戦略」において、エネルギーシステム統合技術、パワエレ、センサー、超電導、革新的生産プロセス、超軽量・耐熱構造材料、蓄電池、水素等製造・貯蔵・利用、太陽光発電、地熱発電、CO2固定化・有効利用を革新技術として指定。
米国	高いレベルにある領域は、シェール開発に代表される採掘技術、CCUSにおける燃焼前CO2回収技術、それに関連する分離技術、地熱発電、原子力安全、燃焼やトライボロジーなど。またICT活用という点で分散協調型EMS、スマートビル・ハウスなどにも優位性。遮熱、調光、有機ELに強み。	・ 基礎における重点分野は、水素、太陽エネルギー利用、超伝導体、固体発光素子、核エネルギー、輸送燃料のクリーン高効率燃焼、ジオサイエンス、蓄電、材料、炭素回収など ・ 最近の注目動向としてものづくり回帰の傾向、先進製造技術 (パワエレや構造材料など) も注力
欧州	・ 全領域で研究開発レベルが高く活発。技術優位性に貢献する国は、主に独、次いで仏英。 ・ アイスランド、イタリアなどでの地熱発電、オランダ、ベルギー、ノルウェーが太陽光発電、ヒートポンプ技術では、デンマークが貢献。高強度軽量材料のセルロースナノファイバーでは森林国のフィンランド、スウェーデンが積極的に研究を推進	2015年新SETプランの焦点分野は、再生可能エネルギー、消費者向けスマートエネルギーシステム、エネルギー効率向上、持続可能な輸送技術、そして特にCCSと原子力の安全強化
ドイツ	・ 何れの区分も研究開発レベルが高く、注目すべき活動を多数展開。	・ 「10のエネルギー・アジェンダ」にて、①エネルギー貯蔵、②未来の発電ネットワーク、③スマートシティの重点分野の研究開発を推進。 ・ 2016年、BMBFが「エネルギー転換に関するコペルニクス・プロジェクト」を発表。新ネットワーク構造、余剰電力の貯蔵「Power-to-X」、社会的受容も含めた産業化プロセス、エネルギーシステム・インテグレーションの4つの領域。
英国	・ 風力発電では、先駆的な位置づけ ・ ケンブリッジ大学やリーズ大学など複数の大学がリードするトライボロジーなど基礎技術も強み	・ 「成長計画」で今後投資すべき「八大技術」の一つとして、エネルギー貯蔵 ・ 産学協同の研究開発拠点である「カタパルトセンター」では、海上再生可能エネルギー、エネルギーシステム、未来都市、輸送システムの4つ。
フランス	・ 原子力全般 (新型原子炉、核融合炉、原子力安全) において世界の研究開発をリード ・ 結晶Si太陽電池、スーパーキャパシタ、PtCo合金およびカーボンアロイ触媒など燃料電池、磁石などの材料・デバイス開発に強み	・ 2016年「国家エネルギー研究戦略」を策定
中国	・ 火力発電、A-USC、IGCC、国産ガス炉の技術開発に積極的 ・ 核融合炉領域では、核融合工学試験炉の建設を政府に提案中 ・ キャパシタ技術に関して、車載用蓄電池の研究に強み	「エネルギー技術革命イノベーション行動計画 (2016-2030年)」及び「エネルギー技術革命重点イノベーション行動ロードマップ」を発表し、15項目の重点イノベーション領域を提示
韓国	ペロブスカイト太陽電池、リチウムイオン電池、超電導、有機EL材料や有機ELディスプレイに強み	「エネルギー革新技術プログラム」の推進の方向性として、分散化、クリーン化、効率化、安全、知能化。17の技術プログラムを指定

④ 日本の大学等の強み

- [核融合] レーザー核融合については阪大が国内で唯一取組み
- [CCU] 光触媒コミュニティの論文が世界的に引用
- [バイオマス] バイオリファイナリに関して神戸大学に拠点が形成
- [パワエレ] パワー半導体について京大と名大に拠点が形成。京大はSiC、名大はGaNに強み。
- [蓄電池] ポストLIBIについて、NEDO-RISING、ALCA次世代蓄電池、元素戦略 (触媒・電池拠点) により、オールジャパンで推進。
- [燃料電池] PEFCの触媒について低 (非) 白金化の研究開発が盛ん。同志社大、山梨大、東工大、群馬大、横浜国大、九大が優位。
- [磁石] NIMSおよび東北大に拠点が形成。NIMSは評価技術、東北大は材料技術に強み。
- [調光] 産総研がガスクロミック方式調光ミラーシートやプルシアンブルーを用いた調光材料、千葉大学が銀の電解析出を用いた調光材料、NIMSが金属錯体を用いた調光材料の開発。
- [照明・ディスプレイ] 有機ELについて、山形大および九大に拠点が形成。山形大はデバイス技術に、九大は材料技術に強み。
- [耐熱材料] Ni基超合金、Ti-Al合金、Mo-Si-B合金に関して、各々国際的にも見ても優れた研究拠点が、NIMS、東工大、東北大に形成。
- [高強度軽量材] 京大は低コストのセルロースナノファイバー新製造方法。東大は、触媒を用いてセルロース解糖を促進、効率よく製造する技術を確立。

⑤ 世界の技術革新の潮流

研究開発の特徴は、“all of the above”

- 低炭素化 (エネ高効率化・省エネ化) への対応
 - ・ 火力、CCS (二酸化炭素の回収・貯蔵)
 - ・ 原子力、核融合
 - ・ 太陽光、風力、地熱
 - ・ 熱再生利用、蓄熱、断熱・遮熱
 - ・ 燃焼、トライボロジー
 - ・ 耐熱材料、高強度軽量材料
 - ・ BEMS/HEMS, ZEB/ZEH
- 再生可能エネルギーの大量導入時 (負荷変動、分散、直流など) への対応
 - ・ 調整力付火力
 - ・ 分散型EMS
 - ・ 直流送電 (超電導含む)
 - ・ エネルギー貯蔵、パワーエレクトロニクス、磁石 (モータ)
- エネルギー資源 (石炭、石油から天然ガス、バイオマス資源、再生可能E由来電力) 変遷への対応
 - ・ エネルギーキャリア、燃料電池
 - ・ CCU (二酸化炭素の有効活用)、バイオマス、触媒
- 原子力の安全性や廃炉などへの対応

⑥ 日本の挑戦課題

- 再生可能エネルギー大量導入時代 (2040~2050年) を見据えた研究
 - 新しいエネルギーネットワーク
 - ・ ICTを利用した分散管理型の電力潮流制御方法
 - ・ 電力の市場取引メカニズム
 - ・ 将来のエネルギー需給構造変化に呼応したモデル開発と評価
 - ・ エネルギーと熱の総合利用
 - ・ エネルギー利用に関わる人間の行動科学
 - 高度炭素・水素循環利用のための革新的反応・分離
 - ・ CO2分離・回収技術
 - ・ CO2変換技術
 - ・ 水素製造 (水分解)・貯蔵技術 (エネルギーキャリア)
 - ・ 燃料電池 (中温作動電解質、水素以外の燃料等)
 - ・ メタン等変換技術
 - ・ バイオリファイナリ (ホワイトバイオ)
 - エネルギーの高効率利用 (低炭素化) に資する先進製造基盤研究
 - ・ 材料技術の耐熱性・耐衝撃性向上、高強度軽量化、マルチマテリアル化
 - ・ 加工技術、トライボロジー技術、振動抑制技術の高機能化・高精度化
 - ・ 大規模構造体連成解析技術 (熱流体、燃焼、構造強度、振動、潤滑、材料、電磁気、化学等要素技術の統合化)
- 体制面の課題
 - ◆ 縦割り、細分化された教育、研究体系
 - ◆ 大学における工学のあり方
 - ◆ ファンディングが先端応用研究に偏重
 - ✓ 先端研究と同時に基礎研究にも取組めるような仕組み (体制) づくり
 - ◆ 教育と研究の連携、基礎研究と応用研究・開発の一層の連携 (府省の連携)