

補足資料

エネルギー転換・供給部門

柔軟性を確保した系統側高効率発電

- 天然ガスや石炭を燃焼し、ガスタービンや蒸気タービンの回転動力を電力に変換する系統側高効率発電技術。高効率化を実現するコンバインドサイクル化、高温化、燃料電池と組み合わせたトリプルコンバインド化、再生可能エネルギー本格導入に向けて調整力及び予備力（柔軟性※）を更に確保するための発電機起動計画・出力制御技術等。

主な技術

個別技術		要素技術・開発項目等
シングル (シングル) サイクル	A-USC	耐熱性・耐久性材料
	AHAT	排熱再生熱交換技術、高温燃焼技術
コンバインド サイクル	GTCC	耐熱性・耐久性材料
	IGCC	ガス化技術、灰溶融制御技術
トリプル コンバインド サイクル	GTFC IGFC	燃料電池関連技術（耐久、スケールアップ等） ガス精製技術
	SOFCツ ピンク による リブ・リブク	燃料電池関連技術（耐久、スケールアップ等） ガス精製技術
	高温GT (水素)	低NOx燃焼技術、耐熱性・耐久性材料
共通		高い負荷追従性・高速起動性に立脚した発電機起動計画・出力制御技術（最低負荷低減技術、起動時間短縮技術、負荷変化速度向上技術、部分負荷効率向上技術等）

- NEDO「次世代火力発電等技術開発」（2016-2021）において体系的に技術開発を実施している。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
A-USC、 AHAT、 高温GTCC、 IGCC、 GTFC、 IGFC	次世代火力発電等技術開発	NEDO	2016~2022

技術開発動向

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
次世代火力発電に係る技術ロードマップ(2016年)	資源エネルギー庁	技術確立/目標送電端効率/目標コスト 【A-USC】 ・2016年/46%HHV/従来機並み発電単価 【AHAT】 ・2017年/51%HHV/従来機並みインシヤルコスト 【GTCC】 ・2020年/57%HHV/量産後従来機並みインシヤルコスト(1700℃級) 【IGCC】 ・2018年/46~50%HHV/量産後従来機並み発電単価 【GTFC】 ・2025年/63%HHV/量産後従来機並み発電単価 【IGFC】 ・2025年/55%HHV/量産後従来機並み発電単価
“再生可能エネルギー時代の火力発電”新たな役割と価値(2014年)	火力原子力発電技術協会	負荷変化率/最低出力/起動時間 【石炭火力】 現状：1~3%/min/30%程度/4時間 目標：5~8%/min/15%以下/より短く 【GTCC（一軸、多軸）】 現状：1~5%/min/50~60%程度/60分 目標：14%/min/25%以下/30分

政策・技術開発目標等

- 再生可能エネルギーの本格導入に伴い、最低負荷低減、起動時間短縮、負荷変化速度向上、部分負荷効率の向上といった、更なる柔軟性を確保した高効率火力発電が求められる。2030年以降に市場導入が見込まれるGTFCやIGFCは、高効率化だけでなく、燃料電池を駆使した低炭素化（脱燃焼化）と変動電源に対する調整力が求められる。
- 再生可能エネルギーの出力予測技術との連携やAI等を用いた高度な故障予測・運転制御も求められる。
- 負荷調整能力の高い火力発電の普及には、kW、ΔkW市場（容量メカニズム、調整力市場等）が機能することが必要となる。

※柔軟性：電力システムの需給調整の課題の解決策である需給調整力・予備力

柔軟性を確保した業務用・産業用高効率発電

- ・システムの需給調整力・予備力となり、経済的に自立可能な業務用・産業用高効率発電技術。業務・産業用固体酸化物形燃料電池（SOFC）の高耐久・低コスト・高効率化、高効率ガスエンジン（GE）・ガスタービン（GT）を実現する燃焼技術等。発生する熱も有効利用（コージェネとして利用）できれば、総合効率は非常に高く、省エネ効果も高い。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
業務・産業用SOFC	セルスタック、モジュール、電解質、電極等
GE	安定的燃焼技術、燃焼室・噴孔等最適化技術
GT	安定的燃焼技術、タービン翼最適化技術
共通	高い負荷追従性・高速起動性に立脚した発電機起動計画・出力制御技術（最低負荷低減技術、起動時間短縮技術、負荷変化速度向上技術、部分負荷効率向上技術等）

技術概要

- ・業務用・産業用SOFCの初期導入段階に向けての最大の課題は耐久性と信頼性の確保であり、そのための技術開発が国内外ともに進められている。再生可能エネルギー由来の電気が余剰の場合、電気分解による水素の活用が求められ、純水素対応型の燃料電池や水素専焼ガスタービン等も検討されている。
- ・NEDO「米国ニューメキシコ州における日米スマートグリッド実証」（2010-2014）において、業務用ビルを対象に、燃料電池、蓄電池を機動性の高いガスエンジンとともに制御し、連系⇄自立運転への移行時における電圧と周波数を安定的に制御できることを実証した。
- ・欧州 Horizon2020では、低コスト化を実現する製造プロセスや高耐久性化の開発等、業務用SOFCを中心としたR&Dが多数進められているほか、近年、韓国ではLGやPOSCO ENERGYが数MW級超の産業用SOFCの商用化開発と実証を行っていた。

技術開発動向

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
SOFC	固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発	NEDO	2013~2021

- ・再生可能エネルギーの本格導入、電源の小型化・分散化・デジタル化という将来のトレンドを踏まえ、発電効率の向上に加え負荷平準化に資する技術、ディマンドリスポンスでの活用を含む効率的な運用と負荷追従性向上時の安定性・信頼性を確保するための技術等、調整力及び予備力（柔軟性）を確保した業務用・産業用高効率発電技術が求められる。
- ・業務・産業用SOFCは、高耐久化に向けた長時間運転による耐久試験や金属基板、電解質・電極、シール材の開発、低コストに向けた要素技術開発、燃料多様化への対応、スケールアップ化が必要。GEやGTは、電熱比の高い需要家向けに発電効率の向上が求められるほか、将来の低炭素社会や海外展開に向けた燃料多様化（水素やアンモニア等）に係る技術開発が求められる。欧米で検討が進む固体酸化物電気分解セル（SOEC）や、固体高分子形燃料電池（PEFC）と電気分解、さらに蓄熱技術の組合せシステムについては、日本でも技術対応が望まれる。
- ・その他、安価なシェールガスの普及や各国の環境規制、国際展開などへの迅速な対応、更にBCP（事業継続計画）へ対応するためのコージェネとしての利用も求められる。

求められる機能・課題

政策・技術開発目標等

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
NEDO燃料電池・水素技術開発ロードマップ（2017年）	NEDO	<p>【SOFC】（2025年頃～）</p> <ul style="list-style-type: none"> ○中容量定置用（数10～数100kW級） 発電効率LHV：55%超 目標単価：30万円未満/kW（50 kW以上、数10 MW/年生産ケース） ○中容量ハイブリッド（数百～数千kW級） 発電効率LHV：60%超 目標単価：30万円未満/kW（数100 MW/年生産ケース） ○中容量コバルト（数万kW以上） 発電効率LHV：55% 目標単価：量産後従来機並みの発電単価（数100 MW/年生産ケース）
アドバンスド・コージェネレーション研究会 最終報告書（2014年）	コージェネ財団	<p>【GE、GT発電効率】（LHV基準、2030年）</p> <ul style="list-style-type: none"> GE：51%（5MW級）、44%（0.5MW級） GT：34%（6MW級）、28%（2MW級）

- ・発電した電力を高効率に送電する技術。高電圧直流（HVDC）送電や超高圧（UHV）送電、今後電力需要が増加する大都市を中心とした超電導送電や、洋上風力により発電した電力を陸上まで長距離送電する洋上送電技術等。油温、外気温、電流等を計測し、送電容量をリアルタイムで算出して設備余力を最大限活用するダイナミックラインレーティング（DLR）等の技術・仕組みも対象。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
HVDC、UHV	スイッチ、変圧器、絶縁体、制御装置、保護リレー等
大都市内超電導送電	冷却技術、遮断技術、絶縁技術等
洋上送電	多端子洋上直流送電のシステム化技術、直流遮断技術、海底ケーブル敷設工法の高速度化技術等
DLR	センシング技術、油温・外気温・電流等のリアルタイム計測技術、送電可能容量のリアルタイム算出技術

- ・日本では、NEDOが、超電導送電及び洋上送電技術の開発を進めている。また、イギリス東部とドイツ北部を結ぶ超高圧直流連系送電システムの開発計画への参加を公表している国内企業もある。
- ・超電導送電について、韓国では 80kV/500MVA級、長さ500m及び154kV/500MVA級、長さ1kmの超電導交流ケーブルを開発し、実系統にて実証しているほか、ドイツでは、超電導限流技術と組み合わせて10kV/40MVA級、長さ1kmの三相同軸型超電導交流ケーブルの実系統試験を実施、更に米国では国土安全保障庁（DHS）の資金提供を受け2026年までにシカゴ市内の変電所間へ12kV級ケーブルを敷設しN-3故障へ対応することを計画している。洋上送電技術の開発は欧米で先行している。欧州FP7のBest Paths プロジェクトでは、ABB・SIEMENS・GE等が多端子洋上直流送電システムや短距離超電導送電等の技術開発と実証を実施している。欧州horizon2020のPROMOTioNプロジェクトにおいても、国内外大手メーカーが参画し、マルチベンダーHVDCシステムや直流遮断・保護システム等の開発を実施している。DLRは、ベルギーなど、欧州で開発が先行している。

技術開発動向

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
超電導送電	高温超電導実用化促進技術開発	NEDO	2016～2020
洋上送電	次世代洋上直流送電システム開発事業	NEDO	2015～2019

- ・従来の化石燃料由来の電力に加え、再生可能エネルギー由来の電力を供給する際の送電ロスの低減が求められる。
- ・新しい電力ネットワークの構築に資する大都市内超電導送電や洋上送電などの送電システムは、電力潮流の大きな変動や、これに伴う電圧変動に対応することが期待される。また、これら技術は一層の耐久性に加え、導入に向けて更なる低コスト化が必要。更に、系統連系実績が僅かな超電導送電は特にメンテナンスなどを含めたシステム全体の信頼性・安全性の確保などが求められる。
- ・将来、再生可能エネルギーの本格導入とともに、蓄電池の導入や電気自動車（BEV）、ヒートポンプのディマンドリスポンス（DR）への活用等の影響を含め、各送配電事業者における系統運用と広域的系統運用・市場との連動などが求められる。さらにノウハウを有するオペレータと送電技術を有する重電メーカー等の垣根を越えた連携やデジタル技術の導入も必要となる。

政策・技術開発目標等

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
第5次エネルギー基本計画（2018年）	閣議決定	<ul style="list-style-type: none"> ・再生可能エネルギーの分布に応じた送電網の増強、分散型ネットワークシステムの開発といった、さらなる大量導入と経済的に自立し脱炭素化した主力電源化に向けた本質的な課題の解決。 ・規制下におかれている送配電ネットワークの次世代化に向け、送電事業の効率化と並行して必要な送電投資を行う、新たな制度改革の検討に着手する。

高効率電力変換

技術概要

- ・大規模高効率電力変換器・遮断器や変圧器等への高効率パワーエレクトロニクス (Si、SiC、IGBT、制御技術等) の適用、あるいは直流給電システムの構築等、電力変換時のエネルギー損失削減のための技術。自励式・他励式SVC(Static Var Compensator)、Fault Ride Through、配電用自動電圧調整技術の高度化等。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
大規模高効率電力変換・遮断	自励式・他励式SVC、Fault Ride Through技術、潮流制御技術等
高効率柱上低圧用変圧器	配電用自動電圧調整 (SVR、LVR) 技術、ループコントロール
直流給電システム	屋内交流配線の直流化技術、感電や火災防止に関する安全性の確立、電圧降下防止技術

求められる機能・課題

- ・従来の化石燃料由来の電力に加え、再生可能エネルギー由来の電力を供給する際の電力変換ロス低減が求められる。
- ・電力変換時のエネルギー損失を削減するため、安全性、信頼性を担保しつつ、一定の条件下では電圧昇圧やSiC等の新たなパワー半導体を軸としたパワーエレクトロニクス適用等が求められる。直流給電システムについては、屋内交流配線の直流化などによる変換ロス低減も期待されるが、感電や火災防止に関する安全性の検証、電圧降下防止のための最適直流電圧の検証が求められる。
- ・配電昇圧等に対しては、再生可能エネルギーの本格導入や地中電線化などを考慮に入れた普及促進が求められる。加えて、国内の標準電圧や使用電圧等の規格改定なども考慮する必要がある。

技術開発動向

- ・NEDOにおいては、ハイブリッド直流遮断器の開発や次世代電圧調整器等の開発・実証を実施している。戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 「次世代パワーエレクトロニクス」において、3.3kV SiCパワー半導体モジュールを適用したモジュラーマルチレベル変換器型HVDC変換器セルを開発している。
- ・大規模電力変換設備について、グローバルに展開する海外メーカー (スイスABB・独SIEMENS・米GE) が引き続き大規模国家プロジェクト等にて開発・実証を実施している。独SIEMENSが“MVDC PLUS”としてIGBTを用いたコンバータ、システムの信頼性検証、既存系統との統合検討を実施している。GE Energy Connections は、英Angle-DC ProjectにおいてMVDCリンク用のAC/DCコンバータ (33kV) を開発・実証中である。米国ARPA-Eでは次世代直流ブレーカ開発事業 (1~100 kV DC, 1 MW) を開始している。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
直流遮断器	次世代洋上直流送電システム開発事業	NEDO	2015~2019
電圧調整器	分散型エネルギー次世代電力網構築実証事業	NEDO	2014~2018
変換器	戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 「次世代パワーエレクトロニクス」	内閣府	2014~2018

政策・技術開発目標等

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
エネルギー・環境イノベーション戦略 (2016年)	内閣府	<p>【パワーエレクトロニクス】 (2030年頃~)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電力機能・制御機能一体化・小型化 (パワーIC、CMOS化インテリジェントパワースイッチ化、インテグレーションパワーモジュール) <p>(2050年頃/普及)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電力変換器の電力損失の現行Siに対し1/10以下の低減

- 電圧等を適正範囲内に制御しながら、再生可能エネルギーの本格導入やBEV・PHEV等の分散型資源の導入拡大を側面支援する配電側の技術・システム。配電系部分昇圧技術、分散型資源の最適管理・制御技術、ワイヤレス給電技術、スマートインバータ制御等。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
配電系部分昇圧	昇圧技術、保護技術等
分散型電源管理システム	分散型資源の最適管理・制御技術、系統運用との連携技術等
ワイヤレス給電	電磁誘導技術、磁界共鳴技術、コイル化技術等
スマートインバータ制御（有効/無効電圧）	自律調整技術（電圧安定化、周波数安定化、力率調整、出力制御等）、双方向通信技術等

- 日本の配電電圧は、世界的に最も低い水準となっている。20kV級への昇圧は、2000年頃に「20kV級/400V配電方式の普及拡大技術」に関する検討委員会等で議論がなされているが、電力需要の減少や高い対策費用等が理由となり、一部区間への導入に留まっている。戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期「脱炭素社会実現のためのエネルギーシステム」においてワイヤレス電力伝送システム（WPT）の研究開発を開始。BEV用走行中給電WPTやドローンなどの屋外給電WPTの社会実装にむけた開発を実施している。
- 分散型電源管理システムについて、世界ではニューヨーク州でのReforming the Energy Vision（REV）プロジェクトをはじめ当該システムの適用検討等が進むほか、欧州ではTransmission System Operator（TSO）とDistribution System Operator（DSO）間の連携の取組が活発化している。米国カリフォルニア州では、電圧・無効電力制御や単独運転防止機能など、インバータへ系統安定化のための自律制御機能を付加することを義務化している。また、EPRIが中心となり機能定義や国際標準化（IEC61850-90-7）を検討しているほか、IEEE 1547（系統連系要件規格）の中で付加機能の標準化議論がされている。

技術開発動向

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
ワイヤレス給電	戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「脱炭素社会実現のためのエネルギーシステム」	内閣府	2018～2020

- 再生可能エネルギーの導入拡大に向けて、集中・分散型資源、送電網との連携による配電網の最適管理・制御技術の高度化が求められる。また、従来の化石燃料由来の電力に加え、再生可能エネルギー由来の電力を供給する際の電力変換ロスを低減する次世代配電技術が求められる。
- 再生可能エネルギーの本格導入や分散型資源の更なる導入は、配電系統での電圧変動や変換ロスの増大を招く恐れがあり、電圧昇圧等による配電網増強が望まれる。特に、九州地域では、既に再生可能エネルギーの導入とともに配電網での電圧フリッカ、電流制約の問題が生じていることから、早急な課題解決が求められている。
ヒートポンプ給湯器や蓄電池、急速充電器、その他の分散型資源を最適に管理・制御し、送電と連動させてエネルギーをマネジメントする分散型電源管理システムの構築や、それに対応できる新たな機器の開発が求められる。
- ブロックチェーン等の適用を考える場合は、既存の配電設備を有効活用した電力量等計量技術の段階的な適用も望まれる。

政策・技術開発目標等

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
第5次エネルギー基本計画（2018年）	閣議決定	再生可能エネルギーを大量に導入するための送電網の増強投資を通じた送配電ネットワーク全体の再設計

- エネルギーシステム全体で電力需給を調整・最適化し、あらゆる側面でのエネルギーロスを削減する技術。電力の供給側を調整するエネルギー貯蔵・変換技術、電力の需要側を調整するダイヤモンドリスpons、エネルギーマネジメントシステムによる電力需給最適化等。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
電力供給の調整技術	エネルギー貯蔵・変換 [Power to X] (高性能蓄電池、フライホール、超電導磁気エネルギー貯蔵 (SMES)、可変速揚水式水力発電、Power to Gas、圧縮空気貯蔵 (CAES)、圧縮液化貯蔵 (LAES)、熱エネルギー貯蔵 (蓄熱)、CO ₂ 資源化 (CCU))、火力発電負荷追従性向上技術、再生可能エネルギー出力予測・制御技術、連系線を用いた広域的運用等
電力需要の調整技術	ダイヤモンドリスpons、生産工程のモデル化と調整量の最大化等
電力需給最適化技術	エネルギーマネジメントシステム (HEMS、BEMS、FEMS、CEMS) による電力需給最適化技術

- 分散型エネルギーシステムの構築において、電気は引き続き中心的な役割を担うため、再生可能エネルギー大量導入時はエネルギーシステム内の安定的な電力需給の実現が求められる。
- 出力変動性の高い再生可能エネルギー電源の調整技術として、蓄エネ技術を活用して需要を創出あるいは使用時間をシフトするような「上げ (ポジワット型) ディモンドリスpons」が今後は大きく貢献すると考えられ、ユースケースに応じたエネルギー貯蔵 (BEV/PHEVの活用も含む) の高密度化、低コスト化、運用性・安全性向上が必要となり、関連する要素技術の開発が必要となる。エネルギー貯蔵・変換技術は、需給の変動周期に応じた制御ロジックの構築や用途別の技術開発が必要であるとともに、これらの技術を束ねて需要側で容量やエネルギーをマネジメントして需給調整を行うようなシステムの構築も望まれる。
- 従来型の蓄電池や可変速揚水式水力発電、再生可能エネルギーの出力予測技術等は、将来の再生可能エネルギーの本格導入に備えて社会実装を加速させることが望まれる。需給調整に関連しては、通信規格の整備や連携規格などを含めた環境整備が求められる。

- 圧縮空気エネルギー貯蔵 (CAES) システム及びPower to Gasについては、NEDO事業において、発電量の予測情報に基づく制御技術・システム確立のための実証実験を実施している。環境省では、熱を活用した次世代型蓄エネルギー技術の開発・実証を開始している。風力発電の急激な出力変動 (ランプ) の予測技術や出力変動制御技術の高度化、それらを考慮した需給シミュレーションシステムの開発、再生可能エネルギーの遠隔出力制御システムの開発及び実証試験をNEDOにて実施している。また、英国・ポルトガル・米国ハワイ州において、それぞれ家庭用ヒートポンプ、業務用空調機及びEVを活用した自動DR (ディモンドリスpons) やバーチャルパワープラントに係る実証事業をNEDOにて実施している。
- 海外において家庭用・業務用の蓄熱槽付きヒートポンプを用いたDR実証が行われている。米国国立標準技術研究所 (NIST) では、ブロックチェーンシステムの適用の可能性等を示すモデリング&シミュレーションプログラム (TE Challenge) を実施している。欧州・米国・豪国を中心としてバーチャルパワープラントを含む電力需給制御に係る技術開発と実証が多数進行している。欧州では長期的・効率的な送配電網形成に向けた計画が策定され、具体的なアプローチを示す「e-Highway 2050」プロジェクトがEUの補助金を受けて実施されている。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
CAES等	電力系統出力変動対応技術研究開発事業	NEDO	2014~2018
Power to Gas	水素社会構築技術開発事業/水素エネルギーシステム技術開発	NEDO	2014~2020
DR、EMS等	需要家側エネルギーリソースを活用したバーチャルパワープラント構築実証事業	資源エネルギー庁	2016~2020

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
第5次エネルギー基本計画 (2018年)	閣議決定	<ul style="list-style-type: none"> 今後増加する変動電源に対し、高度なシミュレーションに基づく系統運用技術等の基盤技術開発の加速、蓄電池や水素等のエネルギー貯蔵能力強化等を進める。 発電効率の抜本的向上、調整力の脱炭素化に向けた高性能・低価格な蓄電池や水素システムの開発、需給調整をより精緻に行うデジタル技術の開発、再生可能エネルギー分布に応じた送電網の増強、分散型ネットワークシステムの開発、地域との連携、人材・技術・産業基盤の強化等。

- 一定地域に高効率に熱を供給する技術・システム。情報通信などを活用し熱供給を最適に制御して特定エリア内における熱利用率を向上させる熱導管等によるオンライン熱輸送技術・システムと、蓄熱技術、熱輸送システムなどを駆使し、熱供給を最適に制御し比較的長距離で熱輸送を行うオフライン熱輸送技術・システム。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
オンライン熱輸送	ヒートポンプ技術、コージェネ技術、センシング・IoT制御技術、熱導管等
オフライン熱輸送	潜熱蓄熱技術（シリカゲル-水系、ゼオライト-水系、カプセル化、エマルジョン化等）、化学蓄熱（塩化物、酸化物-水系化学材料）、コンテナ断熱技術、移動体用冷熱蓄熱技術、水素吸蔵合金軽量化技術、分析技術（ピンチテクノロジー）等

- 分散型エネルギーシステムの構築において、高効率電力供給とともに重要な熱エネルギーの高効率供給が求められる。
- オンライン熱輸送システムは都市内の集積度の高い街区間（単位）に整備される比較的小規模なシステムだが、新築・既築ともに熱供給プラント、熱導管、熱需要家を含めたトータルでのモデル化・最適化が求められる。最適モデルを具現化する要素技術として、熱源の高効率な利用と再生可能エネルギーの余剰電力のヒートポンプによる有効活用やカスタマイズ化、IoT制御技術を駆使した熱輸送エネルギーの効率化、複数のプラント間の連携制御、高断熱による熱輸送導管の放熱ロスの低減、未利用エネルギーの有効活用、コージェネの最適活用など、様々な検討が求められる。長距離輸送を念頭にしたオフライン熱輸送システムは、蓄熱密度や蓄熱時間、蓄熱温度に関する性能とコストのバランスを考え、マイクロカプセル化やエマルジョン化、蓄熱高密度化、高熱伝導度化等の蓄熱技術の高度化が望まれる。

機能 課題

- 更に熱輸送におけるエネルギーの利用効率の向上に加え、都市強靱化、災害時業務継続地区（BCD）の構築、地方都市機能の集約や再配置という都市政策上の課題解決も合わせて考慮すべきで、国、地方自治体、民間事業者、地域住民との連携が必要になる。

技術 開発 動向

- NEDOプロジェクトにおいて、80～120℃程度の低温廃熱の蓄熱が可能な高性能無機系吸放湿材「ハスクレイ」をベースに、更なる高蓄熱密度化と、低コスト化が実現可能な改良型ハスクレイの量産製造技術と100℃以下の廃熱を利用可能なコンパクト型高性能蓄熱システムを開発し、低温廃熱を工場間でオフライン輸送する実用化検証試験を開始している。
- 海外では国家プロジェクトを中心として、地域熱供給の普及が進む。欧州では、産業排熱の地域熱供給への活用推進を示した「EU Strategy on Heating and Cooling」を策定するなど、排熱や再生可能エネルギーを利用した効率的な地域熱供給の普及に取り組んでいる。ドイツでは、産業排熱を熱供給へ利用する可能性を考察する研究プロジェクト「NENIA」、都市下水道からの排熱を近隣地区の暖房冷房供給に利用するプロジェクト「Neckerpark Stuttgart」などが実施されている。英国では、「Clean Growth Strategy : Leading the way to a low carbon future」を策定し、2021年までに公共投資により、低炭素の地域熱供給網の建設と拡大を推進することとしている。エネルギー技術研究所（ETI）では、地域熱供給インフラにかかるコスト削減を目指して革新的ソリューションを特定するプログラムを実施している。

政策 ・ 技術 開発 目標 等

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
第5次エネルギー基本計画（2018年）	閣議決定	<ul style="list-style-type: none"> 地産地消型エネルギーシステムの中核は、“熱”を中心とする地域のエネルギー資源の有効活用と、それを実現するためのエネルギーマネジメントにある。熱エネルギーは遠隔地への供給が困難であるため、地消することが必要である。

- 熱発生に係る化石燃料使用量の削減のための電気加熱、燃焼加熱、蒸気加熱等、高効率加熱技術。
抵抗加熱のほか、パワーエレクトロニクスやマイクロ波等を用いた方式、水素ボイラ等の燃焼加熱、ヒートポンプによる加熱等。
リジェネレイティブバーナー等の排熱利用を伴う燃焼技術に加え、SOFC等の排熱回収により燃焼を行わずに蒸気を生成する技術も対象。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
電気加熱	抵抗加熱、誘導加熱、誘電加熱、赤外加熱、アーク・プラズマ加熱、レーザー加熱、ヒートポンプ加熱等
燃焼加熱 蒸気生成	ヒートポンプ加熱、水素ボイラ、SOFC排熱等の回収による蒸気生成
加熱技術のモデルベース開発	熱利用システム・高効率加熱技術のモデル化・最適化

- 分散型エネルギーシステムの構築において、高効率電力供給とともに熱エネルギーの高効率供給が求められる。
化石燃料を用いた燃焼加熱はエクセルギー（※）損失が大きく、その損失削減のためには、加熱方法として電気加熱技術（電化技術）等を適用することが望まれる。また、投入エネルギーの脱炭素化も求められ、将来、再生可能エネルギーの本格導入とその電力の有効活用に向けた電気加熱技術の利用拡大が求められる。
電気加熱技術はIoT等との親和性が高く、製品の生産性や品質の向上に資するため、中小規模企業による新たな電気加熱技術の実用化、他産業への導入拡大により、総じて国内の生産システムの高度化が期待される。
- 2050年に向けては脱燃焼加熱として、蒸気発生型ヒートポンプの高度化やSOFCの排熱回収等による蒸気生成技術などが求められる。
- 熱利用システムのエネルギー利用効率の現状は十分には明らかになっておらず、産業分野を中心とした省エネルギーを更に進めていくための共通基盤として、熱利用システムの現状把握と計測、評価を進めるとともに、熱に関する情報収集や情報開示等の仕組みの整備が求められる。

技術開発動向

- 国内では、抵抗加熱式の電気加熱技術や水素ボイラを含む高効率ボイラは、民間企業主体で開発・製品化が進められている。
NEDOプロジェクトにおいて、出力500WのGaN増幅器モジュールを加熱源とする高効率な産業用マイクロ波加熱装置を開発している。また、NEDO「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」において、100℃域の排熱を活用し最高温度200℃域の熱を供給可能とする産業用高効率高温ヒートポンプを開発中である。
- フランス電力（EDF）は、水冷媒で最高130度の熱を発生できる産業用高温ヒートポンプを開発中である。米国電力研究所EPRIでは、電化の影響を分析し、共同で電化機器の開発及び実証を行う“Efficient Electrification”プログラムを実施している。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
マイクロ波加熱	クリーンデバイス社会実装推進事業	NEDO	2014～2016
高温ヒートポンプ	未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発	NEDO	2015～2022

政策・技術開発目標等

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
第5次エネルギー基本計画 (2018年)	閣議決定	<ul style="list-style-type: none"> 熱システムの脱炭素化としては、電化、水素化、合成ガス化といったアプローチが考えられる。 現状、熱システム、輸送システムとも、化石燃料に大きく依存しているが、電化・水素化等への転換を可能とする技術革新が進みつつあり、その可能性を追求する。
パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略 (2019年)	閣議決定	<ul style="list-style-type: none"> 産業部門においては、技術革新による電化・水素化等を進めるとともに、その難易度が高い分野を中心に、未利用熱の徹底的な活用を含めたエネルギー効率の向上を進める。

※エクセルギー：熱源温度と環境温度との間で熱力学的サイクルを作動させて取り出し得る最大仕事。有効エネルギーともいう。

熱エネルギーの循環利用

- 産業部門を中心として環境中に排出されている熱エネルギーの循環利用に資する技術。圧縮式・吸収式・吸着式ヒートポンプ、熱交換器、蒸気回収再圧縮（VRC）等と、これら個別技術を活用した製造プロセスのモデル化、エクセルギー最適化技術等。リジエネレィティブバーナーを含む、熱交換を伴う排熱利用も対象。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
圧縮式・吸収式・吸着式・化学式（ケミカル）ヒートポンプ（蒸気回収再圧縮（VRC）・自己熱再生も含む）	圧縮技術・熱交換技術・潤滑油等、吸収液・吸着剤、冷媒、蓄熱技術、制御技術、性能予測シミュレーション技術等
熱交換器	新材料・新形状適用、気液相変化制御、混相流制御等
共通	製造プロセスのモデル化・モデルの熱物質収支最適化

- 分散型エネルギーシステムの構築において、電力の有効利用とともに重要となる、産業部門を中心として環境中に排出されている熱エネルギーの循環利用が求められる。
- 化石燃料の燃焼による熱エネルギーの利用は一過性であり、膨大な排熱が外部環境に放出されており、こうした熱の循環利用による省エネルギー効果は非常に大きく、システム毎の最適化や対応する要素機器の開発が必要であるとともに、個別の技術者のノウハウに基づく高度なエンジニアリング力が求められる。
- 産業分野を中心として、熱利用システムの詳細動向やエネルギー利用効率の現状は十分に把握されていないため、熱利用システムの現状把握と計測や評価を推進し、情報収集や情報開示のための仕組みづくりが求められる。同時に、プロセスの最適化を図りながら、熱の循環利用システムの普及を図っていくことで、大きな省エネルギー効果が期待される。

- NEDO「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」において、1300℃の耐高温性能を有し、従来比3倍の性能の熱交換器、温水熱の利用温度をより低温域まで拡大（冷熱変換量2倍）した世界最高効率のダブルリフト吸収サイクル式の冷凍機を実現し、実用化。80℃→160℃を実現するヒートポンプの設計と試作を実施。
- 海外では、欧州を中心として、エネルギー集約型産業部門の排熱回収・再利用、住宅用蓄熱システムによる再生可能エネルギーの有効活用、乾燥処理工程向け高温ヒートポンプの開発等、要素技術開発のみならずシステム化による熱エネルギーの有効利用に関する技術開発・実証が進展中。欧州Energy Union Strategyでは、他の工場や地域熱供給網などユーザーとの距離の近さを考慮に入れて産業余熱/余剰熱のマッピングを行うことで、優先すべき研究開発プログラムを見極め、余剰エネルギー源の加熱と冷却需要への統合改善に貢献することとしている。ドイツ連邦経済エネルギー省（BMWi）が主導する第6次エネルギー研究プログラムの下で、排熱源とその利用に関する詳細な情報の体系的整理と分析を行う事業「排熱アトラス（Abwärmeatlas）」を実施。また、英国熱供給運用事務局（HNDU）が、ヒートマッピングの取組を実施している。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
圧縮式・吸収式・吸着式HP	未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発	NEDO	2015～2022

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
第5次エネルギー基本計画(2018年)	閣議決定	・高温の熱や超大型輸送など電化や水素化への難易度が高い領域を除き、中温～低温の熱や小型・中型車を軸に、電化や水素化等に向けた技術革新を深化させていく。
パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略(2019年)	閣議決定	・産業部門においては、技術革新による電化・水素化等を進めるとともに、その難易度が高い分野を中心に、未利用熱の徹底的な活用を含めたエネルギー効率の向上を進める。

技術概要

求められる機能・課題

技術開発動向

政策・技術開発目標等

排熱の高効率電力変換

技術概要

- 排熱を電力に変換する技術。温度勾配を有する材料の両端や温度差のある異種材料間に起電力が生じる現象を利用して電気エネルギーを取り出す熱電変換モジュール、シリンダー内のガスもしくは空気等を外部から加熱・冷却し、その体積の変化(加熱による膨張・冷却による収縮)により仕事を得るスターリング発電、熱媒として有機媒体(シリコンオイル等)を利用して発電を行うORC(オーガニックランキンサイクル)の従来技術の変換効率や単位当たりの出力向上、排熱回収量の増大に関する技術等。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
熱電変換モジュール	自動車の排熱利用、高温熱回収のためのモジュール・システム化技術等
スターリング発電	デバイス耐久技術、サイクル制御技術等
ORC(オーガニックランキンサイクル)システム	排熱回収技術、低GWP冷媒の適用、断熱圧縮技術、デバイス耐久技術、サイクル制御技術等

求められる機能・課題

- 分散型エネルギーシステムの構築において、電力の有効利用とともに重要となる、産業部門を中心として環境中に排出されている熱エネルギーを電力へ変換し利用することが求められる。
- 大容量のスターリング発電やORCシステムは、再生可能エネルギーとの組み合わせや、更なる効率的なシステム化が望まれる。ORCでは未踏領域である排熱の高効率熱回収技術とシステムの小型化が求められる。熱電変換モジュールは、性能やコスト面でBiTe系材料を凌駕する材料は未だ技術として確立されておらず、計算科学を活用した材料探索、モジュール性能を正確に測定する技術や評価法等の確立が求められる。
- 産業分野を中心として、熱の使われ方や電化ポテンシャルなど、現状が十分に把握されていないため、排熱に関する情報収集や情報開示のための仕組みづくりを整備する必要がある。

技術開発動向

- NEDO「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」において、平成29年度までに主として、接合部の電極を無くし高温耐性を確保した、世界で初めて中高温域(200~800℃)での熱電変換を実現する「クラスレート焼結体 U字型 熱電変換素子」を実現している。また、環境省において、熱電発電モジュールを軸とした蓄熱エネルギー利用システムの開発・実証を開始している。
- 海外では、欧州を中心として、エネルギー集約型産業部門の排熱回収・再利用等、要素技術開発のみならずシステム化による熱エネルギーの有効利用に関する技術開発・実証が進展中。欧州 horizon2020において、超臨界CO₂ サイクル発電システム、トリラテラルフラッシュシステムによる排熱発電システムの開発(I-ThERM)や熱電変換材料及びシステム化に関する開発などが多数実施している。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
熱電変換、ORC	未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発	NEDO	2015~2022
熱電変換	先端的低炭素化技術開発(ALCA)	JST	—
熱電変換	熱を活用した次世代型蓄エネルギー技術実用化推進事業	環境省	2018~2022
熱電変換	未来社会創造事業/センサ用独立電源として活用可能な革新的熱電変換技術	JST	2019~

政策・技術開発目標等

出典	発行者	政策・技術開発目標等
第5次エネルギー基本計画(2018年)	閣議決定	・高温の熱や超大型輸送など電化や水素化への難易度が高い領域を除き、中温~低温の熱や小型・中型車を軸に、電化や水素化等に向けた技術革新を深化させていく。
パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略(2019年)	閣議決定	・産業部門においては、技術革新による電化・水素化等を進めるとともに、その難易度が高い分野を中心に、未利用熱の徹底的な活用を含めたエネルギー効率の向上を進める。

熱エネルギーシステムを支える基盤技術

- 熱エネルギーを効果的に削減・回収・再利用し、エネルギー損失を削減する共通基盤技術。熱電変換技術、断熱技術、遮熱技術、熱交換技術、蓄熱技術等。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
熱電変換技術・素子	BiTe材料を凌駕する材料探索、性能評価・予測技術等
断熱技術	熱伝導率向上・リフラクトリーセラミックファイバーレス等のニーズに対応する材料探索、性能評価技術等
熱交換技術	伝熱促進技術、高度設計技術等
蓄熱技術 (顕熱蓄熱、潜熱蓄熱、化学蓄熱(塩化物、酸化物-水系化学材料)、コンテナ高断熱技術、移動体用冷熱蓄熱技術、水素吸蔵合金軽量化技術等)	躯体化潜熱蓄熱、潜熱蓄熱技術(シリカゲル-水系、ゼオライト-水系、カプセル化、エマルジョン化等)、化学蓄熱(塩化物、酸化物-水系化学材料)、コンテナ高断熱技術、移動体用冷熱蓄熱技術、水素吸蔵合金軽量化技術等
共通	熱利用システムの計測技術、熱利用システムの解析・評価・最適化技術

- 分散型エネルギーシステムの構築において、電力の有効利用とともに重要となる、産業部門を中心として環境中に排出されている熱エネルギーを有効利用するための共通基盤技術が求められる。
- 熱電変換技術は未だ発展途上であり、2050年に向けてBiTe系材料を凌駕する発電効率や耐久性の向上、スケールアップや低コスト化が求められる。
システムの中で蓄熱技術を有効活用するためには、マイクロカプセル等により高密度化、長期熱貯蔵性・制御性の確保、低コスト化等の開発が求められる。
熱交換技術は熱利用のあらゆる場面で用いられるが、今後は小型のまま熱交換量を増大させるような気液二相流制御等の伝熱促進技術や高度設計技術が求められる。
- 熱需要地での熱の使われ方に関する情報は、一般的に明らかになっておらず、その情報収集や情報開示のための仕組みづくりを整備する必要がある。

- NEDO「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」において、熱エネルギーを効果的に回収(熱電変換、排熱発電)、再利用(ヒートポンプ技術)し、エネルギー損失を削減(断熱、蓄熱、遮熱)するための技術開発と、これらの技術を一体的に行う熱マネージメント技術の開発を実施している。JST「先端的低炭素化技術開発」において、未利用熱の有効利用に向け、熱電変換材料など革新的熱利用のための要素技術の研究を実施している。
- 海外では、欧州を中心に熱電変換技術、蓄熱技術(顕熱、潜熱、化学)、熱交換技術の研究開発と実適用に向けたシステム化の研究が活発に行われている。Horizon2020では、小型かつ熱損失のない炭酸カリウム等を用いた熱電池(Heat battery)の開発(CREATE)、低温領域(30-50°C)及び中低温領域(50-80°C)での相転移材料(PCM)の開発(SusPIRE)、工業プロセスの低温排熱を活用する吸収熱変換器(AHT)の開発(Indus3Es)等、材料開発からシステム開発・実証まで幅広い取組を実施している。欧州Energy Union Strategyでは、他の工場や地域熱供給網などユーザーとの距離の近さを考慮に入れて産業余熱/余剰熱のマッピングを行うことで、優先すべき研究開発プログラムを見極め、余剰エネルギー源の加熱と冷却需要への統合改善を目指している。ドイツ連邦経済エネルギー省(BMWi)が主導する第6次エネルギー研究プログラムの中で、排熱源とその利用に関する詳細な情報の体系的整理と分析を行う事業「排熱アトラス(Abwärmeatlas)」を実施。また、英国熱供給運用事務局(HNDU)が、ヒートマッピングの取組を実施している。更にドイツSiemensは風力エネルギーの蓄熱、再生発電の実証研究を進めている。

技術開発動向

政策・技術開発目標等

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
第5次エネルギー基本計画(2018年)	閣議決定	・高温の熱や超大型輸送など電化や水素化への難易度が高い領域を除き、中温~低温の熱や小型・中型車を軸に、電化や水素化等に向けた技術革新を深化させていく。
パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略(2019年)	閣議決定	・産業部門においては、技術革新による電化・水素化等を進めるとともに、その難易度が高い分野を中心に、未利用熱の徹底的な活用を含めたエネルギー効率の向上を進める。

産業部門

- エネルギー使用量の削減に加え、燃料、熱、電気等の有効利用を考慮したエクセルギー損失の最小化を目指した化学品製造プロセス。反応プロセスの合理化、分離エネルギーの最小化、原料代替等、製造工程の大幅な変革も視野にプロセス改善を見出す技術。
膜分離、人工光合成、非可食バイオマス利活用や、原料をコラムの一端から投入し、他端から生成物を連続的に得るフロー精密合成等。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
膜分離	多孔質膜、ガス分離膜、モジュール化
人工光合成	触媒、水素・酸素分離、低級オレフィン合成、モジュール化
非可食バイオマス利活用	バイオマス回収と前処理、成分分離、化学・生物変換、精製
フロー精密合成	触媒、分離・精製、反応物組成モニタリング制御
有機ケイ素	触媒、砂から有機ケイ素への直接変換、非白金触媒法、ポリマー構造制御

- 化学工業は製造業のエネルギー消費の39.6%を占め（2016年度）、エネルギー使用量・製造コストの削減が求められる。また我が国のGHG排出量削減に向けた電化や燃料転換も求められる。
- 膜分離法は大きな動力を必要とせず省エネルギー効果も高いため、更なる膜の低コスト化やシステム全体としての適合性検証が求められる。中でも、工場等からのCO2を分離する膜の開発は世界を先行しているが、そのCO2の利用にあたっては、用途先までの輸送方法の検討等が別途必要となる。人工光合成については、大量の化学製品製造を目指した場合、広い電極面積が必要となるため、更なる変換効率の向上が望まれる。非可食バイオマスの利活用では、効率的な原料収集システムの確立や、製造化学品の規格化等が求められる。

- 国内の国家プロジェクトでは、以下のような開発が進んでいる。膜分離については、CO2分離回収技術のためのCO2選択透過膜モジュールの開発や実ガス試験が実施されている。人工光合成では、CO2から基幹化学品を製造するための触媒や水素分離膜材料の開発が進められている。非可食バイオマス利活用については、木質バイオマスから化学品製造までの一貫プロセスの構築が行われている。フロー精密合成では、ファインケミカルズ製造に必要な反応をフロー法で行う検討が行われている。
- 欧州Horizon2020では、ヨーロッパのバイオエコノミーの実現と進展を目的としたプログラムや、C1~C4化合物又はCO2を利用した触媒分離膜反応によるプロジェクトが実施されている。また米国DOEはバイオエネルギー技術局（BETO）などが燃料と化学品の併産により、燃料コストの低減、二酸化炭素の削減を狙いとして、変換技術や実証事業などに支援を行っている。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
膜分離	CCS研究開発・実証関連事業	NEDO	2018~2020
人工光合成	二酸化炭素原料化基幹化学品製造プロセス技術開発	NEDO	2014~2021
非可食バイオマス利活用	非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発	NEDO	2013~2019
有機ケイ素	有機ケイ素機能性化学品製造プロセス技術開発	NEDO	2014~2021

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
地球温暖化対策計画(2016年)	閣議決定	2030年度 ・膜による蒸留プロセスの省エネルギー化技術の導入率：4% ・二酸化炭素原料化技術の導入設備数：1基 ・バイオマスプラスチック国内出荷量：197万t

- 主に高炉のエネルギー効率の向上等により製鉄プロセスの省エネルギー・CO2削減を図る技術。コークス炉ガス(COG)に含まれる水素濃度を高め、コークスの一部代替にこの水素を用いて鉄鉱石を還元する水素還元等プロセス技術や一般炭と低品位鉄鉱石の混合成型・乾留により生成された革新的塊成物(フェロコークス)の触媒作用を利用し低温で還元を行い、コークス量を削減するフェロコークス技術等。水素還元等プロセス技術とフェロコークス技術は、ともに日本独自の技術であり、効率や鉄の品質も含めて世界最先端の技術。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
水素還元等プロセス技術	水素増幅、コークス改良、高炉内反応モデル、未利用排熱活用、CO2分離回収
フェロコークス技術	低品位原料活用、新規バインダー製造技術、均一混合技術、高炉装入、高炉内反応モデル

- 我が国の鉄鋼業は、既に排熱回収利用等の省エネルギー設備の導入が進んでおり、製鉄プロセスにおいては世界最高水準のエネルギー原単位を達成している。よってエネルギー削減ポテンシャルは少ないが、更なる高炉効率の向上を図る省エネルギー技術の開発を推進している。現在、国家プロジェクトで開発が進む水素還元等プロセス技術(COURSE50)では、2018年度より5年間をフェーズII-STEP1として実証規模試験を開始した。また、フェロコークス技術は2017年~2022年の期間で300トン/日の中規模設備での製造技術実証を進めている。
- 欧州では製鉄プロセスのCO2削減プロジェクトULCOS(Ultra Low CO2 Steelmaking)にて溶融還元プロセスHiSarnaの開発等が実施されている。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
水素還元等プロセス技術、フェロコークス技術	環境調和型プロセス技術の開発	NEDO	2017~2022

- 鉄鋼業は我が国製造業のエネルギー消費の29%を占め(2016年度)、特にエネルギー使用量とCO2排出量の多い高炉法は抜本的な省エネルギー化とCO2排出量削減が求められる。
- 水素還元等プロセス技術に関しては、外部からの安価なカーボンフリー水素の供給によって、その実現性が高まる。安価で安定的なエネルギー供給とともに、製鉄に限らず様々な分野での活用が期待されている水素を、社会の受容性を確保しつつ、広く普及していくことが望まれる。

政策・技術開発目標等

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
地球温暖化対策計画(2016年)	閣議決定	2030年度 ・環境調和型プロセスの導入設備数：1基 ・革新的プロセス(フェロコークス)の導入設備数：5基
低炭素社会実行計画(2014年)	日本鉄鋼連盟	革新的プロセスの開発(COURSE50) ・2030年頃までに1号機の実機化、高炉関連設備の更新タイミングを踏まえ、2050年頃までに普及を目指す。

熱利用製造プロセス

- 熱を利用する製造プロセスを高効率化する技術。200℃未満の熱供給の大半を占めるボイラ蒸気の代替として期待されるヒートポンプ技術や、加熱必要箇所を急速に自己発熱させることができるため、極めて熱ロスが少なく高効率に加熱加工できる電気加熱技術、その他、製造プロセスの熱フローや蒸気ロスを測定し、その情報をデータベース化しながら熱物質収支を最適化するモデリング技術やDR対応技術等。回収した排熱を製造プロセスで利用するためのコージェネの総合効率向上技術も対象。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
圧縮式・吸収式・吸着式・化学式（ケミカル）ヒートポンプ（VRC・自己熱再生、HIDiCも含む）、熱交換器	圧縮技術・熱交換技術・潤滑油等、吸収液・吸着剤、冷媒・微燃性冷媒の安全性・リスク評価、冷媒漏洩防止技術、ダイヤモンドリスポンスのための蓄熱技術、制御技術、性能予測シミュレーション技術等
熱加工	酸素燃焼、電気加熱（抵抗加熱、誘導加熱、誘電加熱、赤外加熱、アーク・プラズマ加熱、レーザー加熱等）
共通	製造プロセスのモデル化・モデルの熱物質収支最適化

- 産業分野の熱供給は、全体の約6～7割程度が燃焼加熱、全体の約2割程度が蒸気加熱であるといわれており、この電化・燃料転換及び熱エネルギーの有効利用による省エネルギーが求められる。
- 従来化石燃料を用いていた加熱プロセスの電化等に資する技術に加え、熱エネルギーの有効利用に向け、加熱等を伴うプロセスからの排熱をヒートポンプ等を用いて循環利用することや熱収支最適化のためのモデリング等、熱利用製造プロセスの高度化が求められる。これらは化石燃料使用量削減によるGHG排出量削減に貢献するだけでなく、再生可能エネルギーの有効利用及び調整力・予備力確保の観点でも実現が期待される。

- 低コストな再生可能エネルギー電力が活用できる仕組みや、制御性の高さを活かした負荷平準化能力を市場で取引する仕組み、熱エネルギーの循環利用を促進できるような仕組み等が必要である。また、燃焼炉や蒸気発生等、需要地での熱の使われ方や、産業熱の電化ポテンシャル等に関する情報は、産業プロセスの秘匿性の高さゆえ、一般には明らかでなく、その情報収集や情報開示等の仕組みづくりが求められる。

- NEDO「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」において、最高温度200℃域を供給可能な産業用高効率高温ヒートポンプ及び低温排熱の下限レベルである60℃排熱で駆動できる高効率冷凍機の開発を実施している。また、LNG液化・水素液化や液体窒素の代替として利用可能なターボ圧縮機・膨張機を用いた極低温冷凍機を開発・販売開始している。
- フランス電力（EDF）は、水冷媒で最高130度の熱を発生できる産業用高温ヒートポンプを開発している。欧州 Horizon 2020/DRY Ficiencyにおいて、オーストリア技術研究院（AIT）、SINTEF Energi等が、160℃～180℃の高温に対応できるHFO-1336mzz-Z冷媒を採用した閉回路ヒートポンプと水冷媒（R718）を採用した自己蒸気圧縮型ヒートポンプ（MVR）の開発を実施中。生産工程で検証するため、建築資材メーカーや食品メーカー等も参画している。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
高温 低温 HP	未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発	NEDO	2015～2022

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
第5次エネルギー基本計画(2018年)	閣議決定	<ul style="list-style-type: none"> 高温の熱や超大型輸送など電化や水素化への難易度が高い領域を除き、中温～低温の熱や小型・中型車を軸に、電化や水素化等に向けた技術革新を深化させていく。
パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略(2019年)	閣議決定	<ul style="list-style-type: none"> 産業部門においては、技術革新による電化・水素化等を進めるとともに、その難易度が高い分野を中心に、未利用熱の徹底的な活用を含めたエネルギー効率の向上を進める。

- 生産加工に共通の基盤技術の高度化により、省エネルギーを実現する技術。レーザーや三次元積層造形技術を用いた部材加工技術や、動力技術等。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
部材加工	レーザー加工技術（CO2レーザー、ファイバーレーザー、半導体レーザー）、3Dプリンタ（三次元積層造形技術）
動力技術	永久磁石同期モータ（PMSM）、トライボロジー制御技術

- 国家プロジェクトにより主にレーザー加工及び3Dプリンタに関する技術開発が行われている。
- 欧州ではHorizon2020や各国政府の助成等を受けた大型プロジェクトを通じて高出力レーザーの技術革新が押し進められている。また、北米はファイバーレーザーの実用化・高出力化において世界をリードしている。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
部材加工	戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「革新的設計生産技術」	内閣府	2014～2018
	三次元造形技術を核としたものづくり革命プログラム	経産省	2014～2018
	高輝度・高効率次世代レーザー技術開発	NEDO	2016～2020
	次世代型産業用3Dプリンタの造形技術開発・実用化事業	NEDO	2017～2018
	戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「光・量子を活用したSociety5.0 実現化技術」	内閣府	2018～2022

- 加工技術の高度化によるプロセス全体の高効率化・手順削減・高歩留まり化を実現し、製造業業種横断的に製造エネルギーを大幅に削減することが求められる。
- 素材の特性に合わせた高品位で効率的なレーザー加工技術は、光源技術、加工プロセス、シミュレーション技術、センシング（評価）技術等の連携が求められる。三次元積層造形技術については、積層造形速度・製品精度の向上、三次元積層造形に適した材料の開発や低コスト化が求められる。動力技術では、低摩擦化、部材の軽量化を目指した高効率PMSM（永久磁石同期モータ）やDyフリーモーター、レアアースレスモータなどの更なる高度化と低コスト化が求められる。

技術開発動向

政策・技術開発目標等

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
SIP「光・量子を活用したSociety5.0 実現化技術」（2018年）	内閣府	2022年目標 ・CPS型レーザー加工機システムの実装 ・高精度・高スループットな加工を実現する空間光制御技術を実用化 ・フォトリソグラフィ結晶レーザーの高輝度化及び高性能化を実現 ・センシング技術に活用可能な超小型光源を実装
科学技術イノベーション総合戦略2017	閣議決定	2020年までの成果目標 ・様々な材料の3D造形技術の実現と高付加価値製品を試作する場の構築

- 工場内の生産ラインの稼働状況やエネルギー消費状況のモニタリングから最適化制御を行う技術。センシング技術、統合制御技術を主とする。加えて、多種多様な生産設備のエネルギー消費状況の可視化、利用最適化及びエネルギー回生・インバータ化等も対象。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
センシング技術	デバイス設計（電気回路・アナログ回路・アンテナ設計）技術
統合制御	FEMS、プロセス間連携、データ解析技術

- 複数の事業者あるいは機器が互いに連携等することで実現できる新たな省エネルギーの取組促進が求められている。一方、現状の製造業は、設備単体の最適化や個別プロセスの最適化といった部分最適にとどまり、プロセスの挙動変化が大きくなる多品種少量・変種変量生産においては、必ずしも全体最適になっていないという課題がある。そこで、IoT・AIや、ビッグデータ等も活用し製造効率の向上を図ることで、製造コスト・エネルギーの削減が求められる。また、IoTやAIを活用した省エネ製造プロセスを利用することで暗黙知や不可視知の見える化などにより、高付加価値な製品を高効率に製造することも期待される。
- IoTやAIを有効に活用した製造プロセス実現のためには、データを有効に活用できるシステム（規格や基準等）の整備が必要となる。加えて、その信頼性や安全性（セキュリティ強化）、情報の開示等の対策も望まれる。

- 国家プロジェクトにより、AIによるものづくりという観点から、製造業等の作業支援、異常予測について開発を行っている。また、工場の生産設備の稼働状況や製品の設計・品質情報等のデータを工場間、企業間で共有・活用するための業界横断的な標準仕様の確立が執り行われている。
- ドイツのIndustrie 4.0をはじめとして、世界的に製造業のデジタル化・コンピューター化への関心が高まっている。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
IoT・AI活用省エネ製造プロセス	次世代人工知能・ロボットの中核となるインテグレート技術開発	NEDO	2018～2023
	IoTを活用した新産業モデル創出基盤整備事業	NEDO	2017～2018
	先進的IoTプロジェクト選考会議	IoT推進ラボ（NEDO/経産省等）	2016～
	戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「フィジカル空間デジタルデータ処理基盤」	内閣府	2018～2022

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
地球温暖化対策計画（2016年）	閣議決定	2030年度 FEMSのカバー率（事業所ベースでの普及率×事業所内での導入率）：23%
IoT総合戦略（2017年）	総務省	<ul style="list-style-type: none"> 2016年度より交通、インフラ、製造、住宅等の様々な分野における多様なIoT端末の効率的な管理運用を可能とする「IoT共通基盤技術」の確立に向けて、研究開発に着手。2018年度までにIoT共通基盤技術を確立。

技術開発動向

政策・技術開発目標等

革新的半導体製造プロセス

- 多品種生産に対応した生産システムの効率化等、半導体製造のエネルギー消費を削減する技術。クリーンルームを不要とすることにより大幅な省エネルギーが実現できるミニマルファブ等。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
ミニマルファブ製造装置	パターニング装置技術、薄膜形成装置技術、ウエハ加工装置技術、検査装置技術
局所クリーン化搬送システム	搬送シャトル内環境・パーティクル管理技術、自動搬送技術

技術概要

- 将来、業種横断的に拡大が予想されるIoT活用型生産システム用の多品種半導体製造の需要も高まると予想され、その製造エネルギーの削減が求められる。既存の半導体製造設備は大量生産を前提にしており、世界の半導体需要の半分を占める多品種少量生産品も、メモリ等の大量生産システムがベースで生産されている。その一方で、ミニマルファブによるクリーンルーム不要かつ小型の製造プロセスは、エネルギー消費・設備投資効率化が求められている半導体製造プロセスの課題を解決する技術として期待される。
- 社会実装に向けては、自動化・生産管理等一貫製造プロセスの確立が必要となる。また、3次元半導体デバイスへの展開も期待される。

求められる機能・課題

- 国家プロジェクトにより、シリコンウエハを0.5インチ（12.5mm）、製造装置サイズを幅30cm×奥行き4cm×高さ144cmに規格化された半導体の少量生産に最適なミニマルファブを開発し、生産システムとして一体的に利用できる体制を構築した（開発装置数：105台）。その後、ミニマルファブを用いたシリコントランジスタ、GaAsレーザーなどの試作に成功している。現在は、イオン注入、CVDなど小型化が難しい装置群の開発が進められている。また、チップ間の配線を半導体プロセスを活用して行うFOWLP(Fan-Out Wafer Level Package)の開発が特に海外で加速しており、国内でもミニマルファブ技術により、FOWLP適用を目指し、ハーフィンチサイズの異種、ウエハ間の接合により、新規デバイスの開発が進められている。

技術開発動向

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
ミニマルファブ	革新的製造プロセス技術開発（ミニマルファブ）	経産省	2012～2014

政策・技術開発目標等

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
H24年度重点施策パッケージ	総合科学技術会議	半導体製造プロセスの省エネ・小型化の実現

家庭・業務部門

- 住宅・建築物の外皮性能の向上に資する技術。負荷低減技術、自然エネルギー利用技術、外皮性能を可変にする技術、省エネ改修に係る技術に加え、これらや他の設備との連動を支える設計・施工・評価技術、制御・運用最適化技術。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
外皮技術	高断熱・高遮熱（遮光）・高気密建材
自然エネルギー利用技術	自然採光・採熱、自然通風、蒸発冷却
外皮性能可変技術	ダイナミックインシュレーション、可動ルーバー、性能可変ガラス
省エネ改修技術	ダブルスキン化、高気密施工技術
設計・施工・評価技術	BIM、シミュレーション、VR、評価指標整備
制御・運用最適化技術	気象情報・室利用情報と連携したブラインドや換気口、ルーバー等の最適連携制御、空調や照明システムとの連携制御

- 国家プロジェクトとして真空断熱材の開発やマルチセラミックス膜、ノンフロン系断熱材の開発が実施され、一定の成果を挙げている。現在では、JSTやNEDOにおいて熱に関する基盤技術、環境省・農水省においてCLT等に代表される新たな部材を用いた建築物の省エネルギー・省CO2効果の定量的検証に向けたプロジェクトが実施されている。関連業界においては、より断熱性能に優れた断熱材の開発、低コスト化に向けた検討が進められている。また、BIMをはじめとする設計・施工技術が海外を中心に導入されている。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
熱全般	ナノスケール・サーマルマネージメント基盤技術の創出	JST	2017～2022
	未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発	NEDO	2015～2022
高断熱	木材利用による業務用施設の断熱性能効果検証事業	環境省・農水省	2017～2019

技術開発動向

- 2050年GHG排出量大幅削減に向け、外皮性能向上により住宅・建築物の断熱・遮熱・気密性能を高めるとともに、日射遮蔽、自然採光・採熱、自然通風等を組み合わせることで空調や照明用途の消費エネルギーの削減、ZEB/ZEH・LCCM住宅を実現していくことが求められる。加えて、更なる自家消費比率の向上や外皮性能の強化等を通じてZEH+を目指していくことが期待される。
- 今後は、断熱・遮熱・気密性向上技術、屋内外の状況に応じた窓ガラス・ブラインド等の外皮性能制御技術の更なる高度化、省エネルギー性能と防災等他機能の同時実現、2030年・2050年においても一定程度残存する既築住宅・建築物の改修技術の低コスト化が求められる。加えて、改修に関する施工性向上に向けた仕様の共通化等も重要である。

政策・技術開発目標等

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
第5次エネルギー基本計画(2018年)	閣議決定	<ul style="list-style-type: none"> 非住宅建築物については、2020年までに国を含めた新築公共建築物等で、2030年までに新築建築物の平均でZEBを実現。 住宅については、2020年までにハウスメーカー等が新築する注文戸建住宅の半数以上で、2030年までに新築住宅の平均でZEHを実現。
地球温暖化対策計画(2016年)	閣議決定	2020年までに中古住宅の省エネルギーリフォーム件数を倍増。
建材トップランナー制度	資源エネルギー庁	断熱材、サッシ、複層ガラスの基準熱損失防止性能を設定。(目標年度：2022年度)

高効率空調技術

- 住宅や建築物で利用される空調（冷房、暖房）を高効率で実現する技術。熱源機、熱媒輸送、外気処理等、使用期間中の部品交換・ソフトウェア更新等により省エネルギー性能改善を図るライフサイクル改修技術、未利用熱利用技術、制御・運用最適化、設計技術等。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
高効率熱源機	高効率空調用ヒートポンプ（排熱回収、ダブルバンドル、脱フロン化、低GWP冷媒、高効率圧縮器、高性能熱交換器）、高効率吸収式冷温水機、待機時消費電力削減技術
高効率熱媒輸送	高効率ポンプ、高効率送風機等
高効率外気処理ユニット	デシカント（除湿・加湿）空調
高効率空調ユニット	潜熱顕熱分離空調（放射空調等）、ハイブリッド空調（自然換気併用空調等）、タスクアンドアンビエント空調（パーソナル空調）
ライフサイクル改修技術	部品交換対応
未利用熱利用技術	再生可能エネルギー熱（地中熱、井水、太陽熱等）・バイオマス他の利用技術、コージェネレーション排熱利用
共通	<ul style="list-style-type: none"> IoT利用による遠隔制御及び管理、AI利用による制御及び運用最適化、DR対応運用技術、外皮との連携制御 制御系のアップグレード技術 容量最適化の設計技術（コンパクト、ロバスト設計）

求められる課題

近年の快適性なども求められる状況においては、熱源機の性能向上だけでなく、外気処理ユニット、空調ユニットの性能向上、外皮との連携による空調も必要となっている。また、井水や地中熱、下水熱等の未利用熱の活用も期待されている。今後は、容量最適化に向けた設計も重要となる。

- 国家プロジェクトにより、冷媒の低GWP化・ノンフロン化、機器効率の向上等が図られてきた。現在は、次世代冷媒を使用した省エネ冷凍空調機器の開発基盤を整備し、2026年を目途とする冷媒及び冷凍空調機器製品の市場投入に貢献することを狙いとして、NEDO「省エネ化・低温室効果を達成できる次世代冷凍空調技術の最適化及び評価手法の開発」が実施されている。

技術開発動向

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
高効率空調用ヒートポンプ	次世代型ヒートポンプシステム研究開発	NEDO	2010～2012
	高効率ノンフロン型空調機器技術の開発	NEDO	2011～2015
	高効率低GWP冷媒を使用した中小型空調機器技術の開発	NEDO	2016～2017
	省エネ化・低温室効果を達成できる次世代冷媒・冷凍空調技術及び評価手法の開発	NEDO	2018～2022
再生可能エネルギー熱利用	再生可能エネルギー熱利用にかかるコスト低減技術開発	NEDO	2019～2023

政策目標・技術開発

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
地球温暖化対策計画（2016年）	閣議決定	2030年度 家庭用エアコンのエネルギー消費効率： 17.9%改善（2012年度比）

- 2050年GHG排出量大幅削減に向け、新築・既築とも住宅・建築物の空調用途の消費エネルギー削減が求められる。本技術はZEB/ZEH・LCCM住宅における要素技術の一つでありこれらの実現のためには高度化が必須となる。
- 高度化に向けて、省エネルギーと冷媒規制対応を同時に達成する低GWP冷媒の開発が必要となる。また、機器売りからサービス型ビジネスへの転換により、IoT利用による制御及び遠隔管理、AI利用による制御及び運用最適化に係る技術開発も期待される。

高効率給湯技術

- 住宅や建築物で利用される給湯を高効率で実現する技術。熱源機・改修を容易にする機器設計、使用期間中の部品交換・ソフトウェア更新等により省エネルギー性能改善を図るライフサイクル改修技術、未利用熱利用技術、制御・運用最適化、設計技術等。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
高効率熱源機	高効率給湯用ヒートポンプ（高性能熱交換器・圧縮機高効率化、高性能冷媒）、高効率給湯器（潜熱回収交換機）、待機時消費電力削減技術、定置用燃料電池（エネファーム）
ライフサイクル改修技術	部品交換対応
未利用熱利用技術	再生可能エネルギー熱（地中熱、井水、太陽熱等）・バイオマス他の利用技術、コージェネレーション排熱利用、蓄熱
共通	<ul style="list-style-type: none"> IoT利用による遠隔制御及び管理、AI利用による制御及び運用最適化、DR対応運用技術 太陽熱活用設計 制御系のアップグレード技術

技術概要

- 国家プロジェクトにより、冷暖房・給湯一体型のヒートポンプ、寒冷地向けの技術が開発されてきた。現在、メーカー各社より給湯用ヒートポンプ、高効率給湯器が販売されている。また、一部のメーカーからはガス・電気のハイブリッド式給湯器やCO2以外の冷媒を採用したヒートポンプ給湯機、コージェネレーション向け燃料電池（エネファーム等）が販売されている。また、国交省において太陽熱を利用するハイブリッド給湯・浴室乾燥システムの技術開発等も実施されている。
- 海外においては、米国DOE Building Technologies Officeのプログラムにて給湯に関する技術開発支援が実施されている（HVAC, Water Heating, and Appliances）。

技術開発動向

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
高効率給湯用ヒートポンプ	次世代型ヒートポンプシステム研究開発	NEDO	2010～2012
再生可能エネルギー熱利用	再生可能エネルギー熱利用にかかるコスト低減技術開発	NEDO	2019～2023

- 2050年GHG排出量大幅削減に向け、新築・既築とも住宅・建築物の給湯用途の消費エネルギーの削減が求められる。本技術はZEB/ZEH・LCCM住宅における要素技術の一つでありこれらの実現のためには高度化が必須となる。
- ヒートポンプ（HP）については、寒冷地対応や未利用熱等熱源の多様化、高効率化、低コスト化、再生可能エネルギー導入が拡大する中での調整力等に係る技術開発が期待されている。さらには機器売りからサービス型ビジネスへの転換により、IoT利用による制御及び遠隔管理、AI利用による制御及び運用最適化が行われる場合もあると期待される。

求められる機能・課題

政策・技術開発目標等

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
地球温暖化対策計画（2016年）	閣議決定	2030年度 家庭における 高効率給湯器導入台数： 給湯器1400万台 潜熱回収型給湯器2700万台 燃料電池530万台 業務部門における 高効率給湯器導入台数： HP給湯器14万台 潜熱回収型給湯器110万台

- 近年、急速に普及が進んでいるLED照明や有機EL照明等の照明器具単体の効率向上を図る技術。また、昼光利用、タスクアンビエント照明、センサ等の照明システムの効率向上に係る技術やそれらの制御技術、昼光との連動最適化技術も対象。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
照明器具(単体)効率向上技術	LED照明・有機EL照明、光ダクト
照明システム効率向上技術	昼光利用、タスクアンビエント、建築化照明、センサ(赤外線、光学応用、分光、人検知)
共通	IoT利用による制御及び遠隔管理、AI利用による制御及び運用最適化、昼光との連動最適化

- 2050年GHG排出量大幅削減に向け、住宅・建築物の照明の消費エネルギー削減が求められる。本技術はZEB/ZEH・LCCM住宅における要素技術の一つでありこれらの実現のためには高度化が必須となる。
- LED・有機EL照明をはじめとする高効率照明の高輝度・長寿命化、高演色性化、均一発光化、低コスト化に係る技術開発が求められる。また、マイクロキャビティ発光、クラスター発光、蓄光、生化学発光、光伝送等新たな照明に関する技術開発・用途開発も期待される。さらには機器売りからサービス売りへの転換により、IoT利用による制御及び遠隔管理、AI利用による制御及び運用最適化が行われる場合もあると期待される。

- 過去、国家プロジェクトにより、高効率化GaN基板LED及び有機ELによる照明が開発されてきた。現在は、次世代照明の技術開発として、GaN、SiC等従来とは異なる発光素子や、有機ELに関する技術開発が進められている。また、民間企業によっても効率改善は進められており、発光効率200lm/W程度のLEDが開発されている。
- 海外においては、米国DOE Building Technologies OfficeのプログラムにてLED及び有機ELに関する技術開発支援が実施されている(Solid-State Lighting)。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
次世代照明	次世代照明等の実現に向けた窒化物半導体等基盤技術開発	NEDO	2009~2013
	次世代高効率・高品質照明の基盤技術開発	NEDO	2009~2013

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
第5次エネルギー基本計画(2018年)	閣議決定	LED等高効率照明普及目標 2020年までにフローで100% 2030年までにストックで100%
照明成長戦略2020	日本照明工業会	SSL器具占有率: 2020年時点 フロー100% ストック50% 2030年時点 ストック100%

- 暮らしやすさ・働きやすさなどの人間生活の質(QOL)を向上させるシステム、評価技術。システム性能向上にも資する環境・人的データを取得するためのIoT/センシング技術等も対象。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
ハードウェア	IoT/センシング技術（室内環境センシング技術、ウェアラブル端末）、タスクアンビエント空調・照明制御、気流制御技術・システム、パーソナル環境制御システム、インタラクティブ技術
ソフトウェア	快適性・生産性等を考慮したユーザ推定・適応制御技術・システム、評価技術

- 家庭、業務部門ともに大幅な消費エネルギー削減が求められる一方で、快適な住環境・職場環境、心身の健康、生産性向上、安全・安心、コミュニケーションの向上、レジャーなど人間生活の質(QOL)を向上することも重要である。特に今後は、嗜好の多様化、職場におけるダイバーシティの拡大などにより、従来のような画一的環境では対応が難しく、個人の感覚差や時間変化を踏まえた柔軟な対応が求められる。
- これらQOLの向上と省エネルギーのコベネフィットを同時に実現することが望ましく、関連するシステムの開発とともに普及に向けたデータの標準化や評価方法の確立も必要となる。

- 国家プロジェクトにより、センサ、ネットワーク等の技術、制御手法等の開発、センサデータと個人の行動履歴を融合した上で利活用を図る研究開発が実施されてきた。現在は、国交省のプロジェクトにて、「住宅における省エネ・環境・快適性を評価するシミュレーションツール（BEST住宅版）の開発」や、「健全な睡眠を確保するための自然光と人工光を組み合わせた光環境設計・制御の技術開発」等が実施されている。民間企業の取組としては、気流制御機能や温度センサ等を実装したエアコンが製品化されている。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
センシング技術	社会課題対応センサーシステム開発プロジェクト	NEDO	2011~2014
	IT融合による新社会システムの開発・実証プロジェクト	NEDO	2012~2013

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
ZEBロードマップフォローアップ委員会とりまとめ（2018年）	資源エネルギー庁	ZEBのコベネフィットに係る情報を集約・分析・公表し、その普及に向けた取組を行う。
ZEHロードマップフォローアップ委員会とりまとめ（2018年）	資源エネルギー庁	ZEH化による健康や快適性向上、レジリエンス（強靱性）向上、エネルギー供給停止時の室温変化の緩和等の便益を明確化・定量化し、国民運動COOL CHOICE等を通じて、ZEHの便益に対する一般消費者の理解度を高める。

技術開発動向

政策・技術開発目標等

- ZEB/ZEH・LCCM住宅の設計時・仕様変更時等の評価において用いる技術及び設計・制御・運用時にエネルギー消費機器単体だけでなく太陽光発電・系統連系も含む住宅・建築物・コミュニティ・地域・都市のシステム全体のデータを取得・蓄積し、統合化・最適化するエネルギーマネジメント技術。
設計を容易にするソフトウェア、基準判定を効率的に評価するソフトウェア、新規技術の優位性を評価できるソフトウェア、コミショニング等に活用可能な運用状況・省エネルギー余地を評価するツール、DR・VPPにおいて負荷調整を担う蓄電・蓄熱技術も対象。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
共通	<ul style="list-style-type: none"> IoT/センシング技術 負荷調整を担う蓄電・蓄熱技術（ヒートポンプ式給湯機、蓄熱槽、BEV、定置型蓄電池、燃料電池等）及びこれらを再エネと連系するマルチ入力PCS 個人・建物・地域間エネルギー（電気・熱）融通技術 機器・システム統合化技術（パッシブ+アクティブ融合、再生可能エネ・未利用熱組合せ、需給連携他）
ZEB/ZEH・LCCM住宅設計・評価技術	BIM/シミュレーション/VR、省エネ効果等予測ソフト、運用状況・省エネ余地評価ツール
制御・運用最適化技術	BEMS、HEMS、CEMS（地域・都市単位含む）、統合機器・システムの制御・設計技術、IoT/AI/ビッグデータを利用した機器データ取得・蓄積・解析技術、再生可能エネルギー発電・DR予測技術、消費者行動分析・行動経済学的分析（ナッジ技術）、施設内モビリティ制御技術、直流化

- ZEB/ZEH・LCCM住宅実現に資する新規省エネルギー技術の中には、評価手法に反映されていない技術があり普及への課題となっている。また、設計・評価を簡易かつ短時間で実施可能なソフトウェア等の開発が求められる。
- EMSを用いた運用改善による省エネルギーを推進するためには、エネルギー使用実態に関するデータの更なる活用が重要であり、各種データが低コストかつオープンに取得・利用できる基盤の整備が求められる。また、革新的なエネルギーマネジメントにおいては、単なる見える化で止めるのではなく、IoT・AIを活用したEMS高度化によりグループ・コミュニティ・地域・都市単位のエネルギー使用を評価・自動最適化する取組、居住者等へエネルギー消費データを還元し、ナッジ等を活用することで需要家の省エネルギー行動を更に促進する取組も求められる。

- 国家プロジェクトにより、EMSの開発、運用実証等が行われてきた。現在HEMS、BEMSが徐々に普及している。
- 海外においては、米国DOE Building Technologies Officeのプログラムにて設計及びセンシング・制御、系統連系に関する技術開発支援が実施されている（Building Energy Modeling, Sensors and Controls R&D, Buildings-to-Grid Integration）。また欧州でもHorizon 2020にて設計技術等の開発が支援されている。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
革新的エネルギーマネジメント技術	分散協調型エネルギー管理システム構築のための理論及び基盤技術の創出と融合展開	JST	2012~2019
	家電・自動車等利用に関するナッジを活用した低炭素型行動変容モデルの構築	環境省	2017~2021

- ZEB/ZEH・LCCM住宅の実現・普及のためには、機器単体・個別技術の効率・性能向上による省エネルギーの推進のみならず、今後はより上位・広範囲のエネルギー使用最適化・分散型エネルギーシステム構築への貢献が求められる。つまり、ハード面だけでなく、ソフト面の技術も求められる。

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
地球温暖化対策計画(2016年)	閣議決定	2030年度 BEMS普及率47% HEMS導入世帯数5468万世帯

省エネ型データセンター

技術概要

- 省エネルギー型データセンターを構成するICT機器（サーバー、ストレージ等）、付帯設備（空調、電源等）、デバイス（プロセッサ等）等の省エネルギー型機器、運用管理技術（仮想化技術等）。
主な技術

技術	要素技術・開発項目等
ICT機器	サーバ、ストレージ、ネットワーク通信 高集約技術、冷却技術（相変化、液浸）
付帯設備	高効率空調、高効率電源(直流電源)
デバイス	高並列プロセッサ、低電力デバイス（ノーマリーオフ）、次世代プロセッサ（ニューロモーフィック、量子コンピューティング）、光ネットワーク（シリコンフォトニクス）
運用管理	ソフトウェアディファインド技術、DCIM、冗長性確保、データセンター - エッジ連携マネジメント技術、負荷予測・制御

求められる機能・課題

- ビッグデータ、AI/IoT、FinTech等の発展により、膨大なデータを部門横断的に集約・処理することで至便性向上に資する新たな価値が生まれるが、そのデータ処理に係る電力消費量は増加するため、情報処理・通信技術の省エネルギー化が求められる。特に、データプラットフォーム構築を通じて社会全体の省エネルギーに貢献するデータセンターの省エネルギーは必須となる。そのためには、ICT機器や付帯設備の省エネルギー化、運用効率化に加え、急伸する膨大なデータや計算を必要とするITサービスに対応するため、それらを高速かつ効率的に処理することが求められている。
- 処理の高速化・高効率化に向けて、従来技術の延長だけではなく、抜本的に性能向上できる次世代の処理技術が必要となる。
- 一方、多大な費用がかかるデータセンターの設備更新や、データ取扱増大に伴うセキュリティ強化、日本独自のベンダーロックイン・キャリアロックイン等が課題となっている。

技術開発動向

- データセンターの省エネルギーに関しては、ICT機器や付帯設備の効率化、自然エネルギー利用などが積極的に進められており、PUE※が1.1以下のデータセンターも増えている。現状、高並列・省電カプロセッサ、高集約型のICT機器、ソフトウェアディファインドによる効率的運用、高効率空調など実用化に向けた開発が進んでいる。海外ではAIを空調システムに応用し冷却にかかるエネルギーを削減する取組も実施されている。中長期の将来に向けては、AI等の利用による高度な運用最適化、アニーリングマシンやニューロモーフィックなど次世代のコンピューティング技術を利用するプロセッサ開発などが行われている。
- ※PUE：（データセンター全体の消費電力量）／（データセンター内のICT機器消費電力量）

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
データセンター全般	次世代省CO2型データセンター確立・普及促進事業	環境省	2016～2018
AIチップ、次世代コンピューティング	高効率・高速処理を可能とするAIチップ・次世代コンピューティングの技術開発事業	NEDO	2018～2027
光ネットワーク（シリコンフォトニクス）	超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発	NEDO	2013～2021

政策・技術開発目標等

出典	発刊者	政策・技術開発目標
未来投資戦略2018	閣議決定	AIチップなどのエッジ処理技術、量子などの次世代コンピューティング技術の開発を促進。
第2期JISA CO2削減自主行動計画	情報サービス産業協会	エネルギー原単位(PUE)：（2006年度比） 2020年度 5.5%削減 2030年度 7.8%削減

- 広域網及び端末での省エネルギー型情報処理技術、情報通信機器。エッジ/フォグコンピューティング等による情報処理により低遅延化かつデータセンタへの負荷を軽減する技術、ディスプレイ・パソコン等機器自体の低消費電力化技術、複数機器の機能を統合した機器も対象。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
広域網	エッジサーバー、ルーター、低消費電力ワイヤレス通信、光ネットワーク、低電力デバイス（ノーマリーオフ）、次世代プロセッサ（ニューロモーフィック（アナログ型））
端末	ディスプレイ（有機EL、マイクロLED、QLED、フレキシブル）、スマートフォン、パソコン、車載機器、ウェアラブル機器、低電力デバイス（ノーマリーオフ）、待機時消費電力削減技術、次世代プロセッサ（ニューロモーフィック（アナログ型））
共通	省エネエッジAI

- AI/IoT、自動運転等の進展、5G等ネットワークの進化により急激な増加が見込まれる実世界のデータをクラウドだけでなく広域網内や端末等によりユーザーの近くで低遅延かつ高効率に処理することが求められる。また、様々な情報通信機器の普及により、主にPC（サーバー含む）、複合機やプリンターなどコンセントを経由したエネルギー消費が増大しており、エネルギー消費量低減が進む空調・照明に比し早急な対応が求められる。
- テレワーク、リモートオフィス等の利用、スマートフォン、ウェアラブル（VR、AR含む）、デジタルサイネージなどの登場・普及により、ネットワークへの負荷が増加。情報通信機器等の一層の高速化と低消費電力化を両立する技術開発が求められる。また、更なる利用拡大が見込まれるディスプレイ、フレキシブルディスプレイ（変形可能なディスプレイ）については、高輝度、高解像度、高速応答性、柔軟性、軽量・薄型とともに省エネルギーを両立する技術開発が求められる。

- 広域網・端末側での低消費電力かつ高速なAI処理を可能とするコンピューティング技術については、現在NEDOプロジェクトにて実施されている。また、海外では米国企業を中心にエッジコンピューティングのソリューション・サービスの開発・実用化・標準化が推進されている。ディスプレイについては、現在4K、8Kの高解像度ディスプレイや有機ELディスプレイを搭載したテレビ等が販売されている。また、スマートフォンやタブレットの普及が進むとともに、3Dディスプレイやヘッドマウントディスプレイなども登場している。薄膜トランジスタ(TFT)を印刷技術を用いて製造するプリントドエレクトロニクス技術については、現在NEDOプロジェクトにて実施されている
- 海外では、韓国企業を中心にQLEDやマイクロLEDといった次世代ディスプレイの開発が進められている。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
低電力デバイス	ノーマリーオフコンピューティング基盤技術開発	NEDO	2011~2015
エッジサーバー 光ネットワーク	超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発	NEDO	2013~2021
有機EL ディスプレイ	次世代大型有機ELディスプレイ基盤技術の開発（グリーンITプロジェクト）	NEDO	2008~2012
薄型 ディスプレイ	次世代プリントドエレクトロニクス材料・プロセス基盤技術開発	NEDO	2010~2018
AIエッジコン ピューティング	高効率・高速処理を可能とするAIチップ・次世代コンピューティングの技術開発事業	NEDO	2018~2027

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
地球温暖化 対策計画 (2016年)	閣議決定	2030年度 テレビのエネルギー消費効率20.3%改善（2012年 等 度比）

運輸部門

内燃機関自動車/ハイブリッド車性能向上技術

- 乗用車の内、内燃機関のみを保有する内燃機関自動車(ICV)、複数種類の動力源を持ち個々または同時に動作させるハイブリッド車(HEV)の燃費向上に資する技術。内燃機関自動車は、排出ガスに含まれる窒素酸化物(NOx)などを一層低減したディーゼル自動車をクリーンディーゼル車(CDV)も対象。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
共通	エンジン(本体、燃焼制御)、ドライブトレイン、車体外形、タイヤ
HEV	モーター、インバータ、回生ブレーキ、蓄電池

- 運輸部門エネルギー消費量の9割以上は化石燃料由来であり、2030年時点でも一定割合の内燃機関自動車、ハイブリッド車が存在する。我が国のGHG排出量削減に向けて運輸部門の大部分を占める自動車の抜本的な化石燃料使用量削減が求められる。
- トップランナー制度による燃費規制もあり、内燃機関自動車、ハイブリッド車も更なる燃費向上に向け、エンジン熱損失の低減、ドライブトレインの効率向上、空気抵抗やタイヤのころがり抵抗低減、排熱利用等全方位の改善が必要となる。更にハイブリッド車においては、モーター、インバータの効率向上や蓄電池の性能向上(エネルギー密度、出力密度、寿命向上等)が求められている。

- 内燃機関自動車のうち、特にエンジンについては、我が国自動車メーカーによって可変圧縮比エンジン、予混合圧縮着火(HCCI)など画期的なエンジンが開発されている。またハイブリッド車に関しては、搭載電池がニッケル水素電池からリチウムイオン電池に置き換わっていく中、高出力を確保しつつ小型化・軽量化・高効率化を実現する蓄電池、モーター、インバータの技術開発が進められている。内燃機関、ハイブリッドとも我が国が技術の優位性を維持している。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
エンジン(正味熱効率向上)	クリーンディーゼルエンジン技術の高度化に関する研究開発事業	経産省	2014~2018
	戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「革新的燃焼技術」	内閣府	2014~2018

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
長期エネルギー需給見通し(2015年)	資源エネルギー庁	2030年時点普及見通し(保有台数) HEV: 29% CDV: 4% これらの自動車の導入支援・普及拡大と性能向上。
次世代自動車戦略2010	経産省	2030年普及目標(販売台数) HEV: 30~40% CDV: 5~10%
自動車新時代戦略中間整理(2018年)	経産省	
トップランナー制度	資源エネルギー庁	2020年度 乗用車平均燃費: 20.3km/ℓ
SIP「革新的燃焼技術」	内閣府	最大熱効率: 50% CO2 排出: 30%削減(2011年比)

技術開発動向

政策・技術開発目標等

技術概要

求められる機能・課題

プラグインハイブリッド車(PHEV)/電気自動車(BEV)性能向上技術

- 乗用車の内、外部電力で充電することが可能なプラグインハイブリッド車 (PHEV)、外部電力で充電しモーターを動力源とする電気自動車 (BEV) の燃費向上に資する技術。BEVは、走行可能距離を確保するために充電用の内燃機関 (レンジエクステンダー) を搭載した車両も対象。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
共通	ドライブトレイン、車体外形、タイヤ、暖房装置
PHEV	エンジン (本体、燃焼制御)
PHEV/BEV	モーター、インバータ、回生ブレーキ、蓄電池

- PHEV/BEVのキーテクノロジーである蓄電池やモーター、インバータ (冷却システムレス・高耐熱電子電気部材等) については、民間企業でも研究開発が進められるとともに、各国の国家プロジェクトでの技術開発も推進されている。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
蓄電池	先進・革新蓄電池材料評価技術開発 (第2期)	NEDO	2018~2022
蓄電池	革新型蓄電池実用化促進基盤技術開発	NEDO	2016~2020
モーター	次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発	NEDO	2014~2021
車体の軽量化 (CFRTP等)	革新的新構造材料等研究開発	NEDO	2014~2022

技術開発動向

- 我が国のGHG排出量削減に向けて、運輸部門の大部分を占める自動車の抜本的な化石燃料使用量削減が求められる。地球温暖化や大気汚染対策のため、トップランナー制度による燃費規制に加え、EU、米加州、中国等の燃費規制・CO2排出規制が大幅に強化される中、低コスト・高効率なPHEV/BEVの開発が急務となる。特にBEVは、再生可能エネルギー等の電力を用いて、Well to WheelでのGHG排出ゼロ実現も期待される。
- BEVの充電時間短縮、航続距離延長及びコスト削減が課題であり、全固体電池をはじめとした次世代蓄電池の開発、高性能化が急務である。また、これら蓄電池の問題回避として、走行中給電も有望であり、スーパーキャパシタ+バッテリー等の技術開発も求められる。
エンジンの排熱が利用できないBEV用の暖房装置については、氷点下から機能するヒートポンプなどの開発が必要となる。パーソナルモビリティなど新たな車両開発も重要となる。
また、長期的には、再生可能エネルギーの大量導入により、PHEV/BEV搭載蓄電池の電源としての活用が期待される。V2G/V2Hの実現に向けては車両側制御システム開発、スマートグリッドに係る標準化等も求められる。
- PHEV/BEVの大幅普及に伴い、搭載電池に使用するCoやモーター用のレアアース資源の枯渇問題対策の取組が必要となる。

政策・技術開発目標等

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
長期エネルギー需給見通し (2015年)	資源エネルギー庁	2030年時点普及見通し(保有台数) PHEV/BEV: 16% これらの自動車の導入支援・普及拡大と性能向上。
次世代自動車戦略 2010	経産省	2030年普及目標(販売台数) PHEV/BEV: 20~30%
自動車新時代戦略 中間整理(2018)	経産省	上記2030年目標に加え、2050年には1台あたり温室効果ガス排出量8割程度削減 (乗用車は9割程度削減)
二次電池技術開発ロードマップ 2013	NEDO	○出力密度重視型 (2020年頃) エネルギー密度: 200 Wh/kg 出力密度: 2,500 W/kg コスト: 約2万円/kWh カレンダー寿命: 10~15年 サイクル寿命: 4,000~6,000回 ○エネルギー密度重視型 (2020年頃) エネルギー密度: 250 Wh/kg 出力密度: ~1,500 W/kg コスト: 約2万円/kWh以下 カレンダー寿命: 10~15年 サイクル寿命: 1,000~1,500回

燃料電池車(FCEV)性能向上技術

- 乗用車の内、水素を燃料として、燃料電池で発電し、モーターを動力源とする燃料電池車(FCEV)の燃費向上に資する技術。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
共通	ドライブトレイン、車体外形、タイヤ
FCEV	燃料電池、水素貯蔵システム、モーター、インバータ、回生ブレーキ、蓄電池、新材料技術（水素脆化特性）

- 日本では複数の自動車メーカーが乗用車を市販化。本格的普及に向け、水素ステーションの整備とあわせ、燃料電池スタック・システムの軽量化・小型化、高性能・高耐久化、コスト削減等の取組が進行中。我が国が技術の優位性を保持している。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
水素燃料容器等	水素利用技術研究開発	NEDO	2013～2017
燃料電池	固体高分子型燃料電池利用高度化技術開発事業	NEDO	2015～2019

技術開発動向

技術概要

- 我が国のGHG排出量削減に向けて、運輸部門の大部分を占める自動車の抜本的な化石燃料使用量削減が求められる。地球温暖化や大気汚染対策のため、トップランナー制度による燃費規制に加え、EUや米加州、中国等において燃費規制・CO2排出規制が大幅に強化されていく中、PHEV/BEVとともにFCEVの普及も期待されている。再生可能エネルギー等の電力により生成した水素を用いた、Well to WheelでのGHG排出ゼロ実現も期待される。ただし、水素の製造、運搬、FCEV充填にかかるエネルギーの省エネルギー化が望まれる。
- 普及に向けて、従来車と比較して高い車両価格や燃料価格等の低コスト化、多数車種への展開とボリュームゾーンの拡大等が求められる。
- 水素ステーションなどの水素供給インフラの整備も必須となる。

政策・技術開発目標等

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
自動車新時代戦略中間整理(2018年)	経産省	2030年普及目標(販売台数) FCEV: ~3%
水素基本戦略(2017年)	経産省	2020年普及目標: 4万台程度 2025年普及目標: 20万台程度 2030年普及目標: 80万台程度
燃料電池・水素技術開発ロードマップ(2016年)	NEDO	2040年頃普及目標: 300~600万台程度 2040年頃目標 航続距離: > 1000km 燃料電池スタック: 最大出力密度9.0kW/L 最大負荷点電圧(1セル)0.85V システム仕様: 起動最低温度-40℃ スタックシステム: 作動最高温度120℃ I ₇ 系過給によるターボチャージング または常圧運転による補機仕様緩和、水素St=1.0付近 水素貯蔵システム: 7.5wt%以上かつ70L以下容器 (貯蔵量5kg相当 形状自由度有) コスト: FCシステム 0.2万円/kW 内、スタック 0.1万円/kW 水素貯蔵システム 10万円

求められる機能・課題

- 重量車の内、内燃機関自動車／ハイブリッド車の燃費向上に資する技術。技術開発項目は乗用車と共通のものが多く、本技術は、長距離走行が多くかつ車両重量が重く使用期間が長いことに対応する技術が対象。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
重量車特有技術	クリーンディーゼル技術、 回生エネルギー回収技術

- ガソリンと比較しNOx、CO2排出の少ないクリーンディーゼル技術の開発、乗用車より難しい回生エネルギーの回収技術などが進行中。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
高効率ディーゼルエンジン等	戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 「革新的燃焼技術」	内閣府	2014～2018
	次世代大型車開発・実用化促進事業	国交省	2002～
LNGトラック	大型LNGトラックおよび最適燃料充填インフラの開発・実証事業	環境省	2016～2018

技術開発動向

- 我が国のGHG排出量削減に向けて、運輸部門の大部分を占める自動車の抜本的な化石燃料使用量削減が求められる。地球温暖化や大気汚染対策のため、トッパー制度による燃費規制に加え、EUや米加州等の燃費規制・CO2排出規制が大幅に強化される中、重量車の燃費も大幅な向上が期待される。
バス、トラック等の重量車は、物流や地域交通の支えとなる車種。国内の自動車台数からすれば小さな割合であるが、乗用車と比較して1台当たりの走行距離が長く運輸部門のCO2排出の4割程度を占めるため、大幅な貢献が期待される。
- 長距離走行かつ車両重量が重い重量車のBEV化は乗用車以上に充電時間、航続距離等の問題が深刻であるため、内燃機関自動車が当面残る可能性が高い。内燃機関を用いた重量車は、より高性能な内燃機関、HEV化、排熱利用及び燃料の多様化（バイオ燃料、LNG）への対応が必要である。
- 車両価格の相当な増加が予想されるため、コスト低減も必須となる。

政策・技術開発目標等

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
トッパー制度(2015年)	資源エネルギー庁	燃費規制(2025年度目標値)： トラック等：7.63km/L、 バス：6.52km/L (いずれもディーゼル車)

- 重量車の内、PHEV/BEV/FCEV化及びその燃費向上に資する技術。BEVについては、走行中外部給電も有望であり、対応したスーパーキャパシタ+バッテリー等の技術開発も対象。

主な技術

個別技術		要素技術・開発項目等
重量車 特有技術	PHEV/ BEV	重量車向け蓄電池、重量車向けモーターシステム、大型車向け充電装置、走行中給電装置
	FCEV	重量車向け燃料電池、水素貯蔵システム

- 我が国のGHG排出量削減に向けて、運輸部門の大部分を占める自動車の抜本的な化石燃料使用量削減が求められる。地球温暖化や大気汚染対策のため、トップランナー制度による燃費規制に加え、EUや米加州、中国等の燃費規制・CO2排出規制が大幅に強化される中、重量車の燃費も大幅な向上が期待される。バス、トラック等の重量車は、物流や地域交通の支えとなる車種。国内の自動車台数からすれば小さな割合であるが、乗用車と比較して1台当たりの走行距離が長く運輸部門のCO2排出の4割程度を占めるため、大幅な貢献が期待される。
- 重量車のBEV化に向けて、大容量蓄電池に加え、重量車向けモーターシステムの開発、さらにBEV専用車両の開発が期待される。一方、長距離走行かつ車体重量が重い重量車のBEV化は乗用車以上に充電時間、航続距離等の問題が深刻であるため走行中給電の実現も求められる。FCEVは、短い燃料充填時間、長距離走行の特長を持ち、重量車への展開が期待されるが、燃料電池スタックの低コスト化と耐久性が課題である。車両価格の相当な増加が予想されるため、コスト低減も必須である。

- 重量車のBEV化には大容量の蓄電池が必要となるが、スペース・コスト面で困難なため、蓄電池容量が小さくても停留所等での短時間給電を可能にしたBEVバスなどの技術開発が進行中。BEVバスでは我が国の優位性は見込めないが、FCEV技術では圧倒的優位にあり、特に高速道路走行割合の高い長距離トラックでの活用が期待される。
- 中国ではBEVバスが一部地域で実用化され、他の国でも実証試験を精力的に推進中。重量車の走行中給電については、欧州で接触型（パンタグラフタイプ）が検討されている。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
超急速充電、大型電気バスシステム	10分間充電運行による大型EVバス実証事業（マレーシア）	NEDO	2014～2019
燃料電池	大型路線用燃料電池バスの開発	環境省	2013～2015
BEV	CO2排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業	環境省	2017～2018

技術開発動向

政策・技術開発目標等

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
水素基本戦略(2017年)	資源エネルギー庁	2020年度までにFCバス100台程度導入 2030年度までにFCバス1200台程度導入

- 車両の燃費に大きく影響する車両重量を低減する技術。全ての車両に適用可能（ただし、重量車では、積荷重量が燃費に支配的であるため乗用車に比べ効果は小さい）。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
軽量材料	高張力鋼、アルミニウム材、マグネシウム材 チタン材、CFRP、ポリマー
マルチマテリアル化・構造最適化	車体構造、接合、リサイクル

- 我が国のGHG排出量削減に向けて、運輸部門の大部分を占める自動車（乗用車・重量車）の燃費向上への貢献が求められる。
 - 軽量化材料として、以下の技術対応が求められる。
 - 高張力鋼：薄肉軽量化と衝突エネルギー吸収の両立を実現する高強度・高靱性化
 - アルミニウム材：高強度・高靱性化と低コスト化
 - マグネシウム材：難燃性、耐熱性、加工性確保、低コスト化
 - チタン材：製造コスト低減
 - CFRP：画期的生産性向上と低コスト化、リサイクル性
 - ポリマー：タフ化（強靱性、形状回復性、自己修復性）
 - 車体構造：トポロジー最適化システム構築
 - 接合：マルチマテリアル対応（接着、リベット等）、接合強度、施工性
- マルチマテリアル化については、リサイクル性を確保する低環境負荷材料、高解体性車体構造等が望まれる。
また、資源投入から素材製造及び市場投入、リサイクルまで評価できるLCA評価基準の確立が求められる。

- 高張力鋼：我が国は現在欧州とシェアを分け合っているが、中国、韓国の競争力の向上に対し、競争力低下が懸念点。
- アルミニウム材：我が国は海外メーカーに比べ生産性で劣る状況。自動車メーカーと連携して海外進出する動きがある。
- マグネシウム材：キーとなる難燃性に関して我が国がリードしている。
- チタン材：我が国は航空機等の高品位重要部材では優位である。
- 炭素繊維：我が国の材料開発技術は極めて高く、世界の主要生産企業7社中、我が国の企業3社でシェア60%。
- ポリマー：日本の基盤技術は世界トップレベル。
- CFRP：熱硬化性CFRPの生産加工技術では欧州が先行している。熱可塑性CFRPは我が国でもまだこれからの状況。BMWのBEV「i3」で量産車として初めてCFRPを全面的に採用された。
- 接合：マルチマテリアル化は欧州が先行している。自動車の軽量化に向け、日米欧で開発が激化。

技術開発動向

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
構造材料	戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「革新的構造材料」	内閣府	2014～2018
	革新的新構造材料等研究開発	NEDO	2014～2022
	革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）「超薄膜化・強靱化『しなやかなタフポリマー』の実現」	内閣府	2014～2018

政策目標・技術開発

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
エネルギー・環境イノベーション戦略（2016年）	内閣府	2050年 自動車の重量を50%以上削減

次世代自動車インフラ

- 次世代自動車の普及に資する、インフラ関連技術。
PHEV/BEV向け充電ステーション、FCEV向け水素ステーションBEVの搭載電池容量低減に向けた走行中給電（架線給電及びワイヤレス給電）等。

主な技術

個別技術		要素技術・開発項目等
ステーション	充電	インバータ・コンバータ、蓄電池、充電器、充電コネクタ、その他部材の開発
	水素	水素製造装置、圧縮機、蓄圧器、冷却装置、ディスプレイセンサー、その他各種部材の開発
走行中給電	架線	走行制御、ハイブリッド（充電＋架線）システム、安全性保証（人、動物検知等）
	ワイヤレス	電磁誘導方式給電装置、磁界共鳴方式給電装置、電波受信方式給電装置

- PHEV/BEV向け充電ステーションについては、ステーション側に特殊な電池を装備する超急速充電などの技術開発が行われている。FCEV向けインフラについては、特に高コストである圧縮器や蓄圧器、高圧水素用ホースの低コスト化や耐久性向上、STパッケージ化などの技術開発が行われ、水素供給ビジネスを含めた多様なプレーヤーが参入しつつある。ワイヤレス給電については電磁誘導方式・磁界共鳴方式を中心に技術開発が進められており、またインホイールモータと組み合わせた技術開発も行われている。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
充電ST	10分間充電運行による大型EVバス実証事業（マレーシア）	NEDO	2014～2019
水素ST	水素利用技術研究開発事業	NEDO	2013～2017
	超高圧水素インフラ本格普及技術研究開発事業	NEDO	2018～2022
ワイヤレス給電	戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「脱炭素社会実現のためのエネルギーシステム」	内閣府	2018～2020

- 我が国のGHG排出量削減に向けて、次世代自動車普及への貢献が求められる。
- PHEV/BEV向け充電ステーションは、充電時間短縮が課題である。FCEV向け水素ステーションは、ガソリンステーションの5倍といわれるコストの低減が大きな課題となっている。
- このような次世代自動車インフラは従来の自動車向けインフラとは異なるため、技術開発とともに、ステーションや架線などの導入・運営コスト低減（技術開発のほか補助金、調達、税制優遇）、規制緩和（高圧ガス保安法等）、標準化（充電システム等）等の施策が求められる。

技術開発動向

政策目標、技術開発目標等

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
EV・PHVロードマップ(2016年)	経産省	（目標設定なし 2020年試算のみ） 目的地充電：2万基程度設置 基礎充電（共同住宅）：2000基/年普及 基礎充電（職場）：9000基設置
水素基本戦略(2017年)	経産省	水素ステーション設置個所数 2020年：160箇所 2030年：320箇所
SIP「脱炭素社会実現のためのエネルギーシステム」	内閣府	ワイヤレス電力伝送（WPT）システム ■ BEV 走行中給電 時速60km・給電効率 90%、 ■ 屋外給電 伝送距離 10m・受電効率70% ■ 屋内給電 最大20W送電可能な時間率50%以上

自動走行システム

- 車載センサーにより周辺環境を認識しながらシステムが車両を制御し効率的な走行を実現したり、先頭車両との協調による短車間での隊列走行により後続車両の空気抵抗を低減し、省エネルギーを図るシステム。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
移動計画支援システム	次世代カーナビゲーション、交通情報システム (VICS)
運転支援システム	CACC (Cooperative Adaptive Cruise Control: 協調型車間距離維持支援システム)
自動走行システム	自動運転システム (レベル3以上) (協調走行・隊列走行含む)

- 鉄道・バス・乗用車の連携、シェアリングの活用による利便性向上 (MaaS) が進展、高齢化に伴う移動需要が都市部・地方ともに増加することが予想される中、顧客ニーズを満たし、安全運転により交通事故ゼロ/渋滞ゼロで、誰でもどこでも快適かつ効率よく移動できるシステムの実現が求められる。自動運転技術では、高齢化・過疎化による移動手段不足、物流分野の効率化・人手不足解消も期待される。
- システム実現にあたり、センシング (歩行者等についてもセンシングできる技術等)、知能技術・駆動技術 (高度な画像認識技術と迅速な駆動等)、通信技術、データ利活用技術、セキュリティ技術、人間工学 (HMI) 等に係るハード面・ソフト面両面に及ぶ研究開発等が必要となる。通信量増大に対し、サーバー側のデータ処理効率化・消費電力削減に関する対応も必須となる。

- 現在もカーナビ、VICS、CACCが搭載されているが、基本的には運転者の運転支援システムであり、安全・省エネ・利便性は継続的に向上している。これに対し、交通事故ゼロ/渋滞ゼロの完全自動運転を目指し、制御アルゴリズムや自動運転用ソフトウェア、車両位置の取得・測定及び情報通信等に関わる要素技術の開発やそれらの実証実験等に関する研究開発が精力的に進められている。自動運転では、自動車メーカー、IT企業による2020年付近での自動運転や無人運転交通サービスの実現が目標である。より高度なシステムの開発や公道等を利用した実証実験について、政府支援のプロジェクトが推進されている。
- 欧米自動車メーカー、IT企業が実用化に向けて一歩リードしている。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
自動走行システム	戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「自動走行 (システムとサービスの拡張)」	内閣府	2018~2022
	自律型モビリティシステム (自動走行技術、自動制御技術等) の開発・実証	総務省	2016~2018
CACC 隊列走行	高度な自動走行システムの社会実装に向けた研究開発・実証事業	経産省・国交省	2016~2020

技術開発動向

政策・技術開発目標等

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
官民ITS構想ロードマップ2019	高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議	2020年に、①高速道路での自動運転可能な自動車 (準自動パイロット・自動パイロット) の市場化、②限定区域 (過疎地等) での無人自動運転移動サービスの提供を実現するとともに、その後、2025年を目途に高速道路での完全自動運転システムの市場化、物流での自動運転システムの導入普及、限定地域での無人自動運転移動サービスの全国普及等を目指す。
スマートIoT推進戦略 (2016年)	総務省	超低遅延や超大量接続のための先端的通信制御プラットフォームの実現。
Connected Car 社会の実現に向けて (2017年)	Connected Car 社会の実現に向けた研究会	2020年に世界最先端の安全・安心・快適な Connected Car 社会の実現とともに、より高度な自動運転の実現にも貢献。

交通流制御システム

- ITS(Intelligent Transport Systems)*のうち、V2XやVICSを用いた交通流制御により渋滞を緩和し、省エネルギーを図るシステム。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
TDM(交通需要マネジメント技術)	IoT活用交通情報収集システム、AI活用交通流制御システム
交通流制御システム	信号制御システム、ETC
V2X通信技術	V2P,V2V,V2I,V2N(Network),V2C(Cloud)
カーシェア、ライドシェア	無線システム、車両管理システム、遠隔監視システム、予約・決済システム

※ ITS：情報通信技術や制御技術を活用して、人や物及びそれを運ぶ交通システム全てに係わる流れの最適化を図ると同時に、事故や渋滞の解消、省エネルギーや環境との共存を図ることを目指した技術

- 鉄道・バス・乗用車の連携、シェアリングの活用による利便性向上(MaaS)進展、高齢化に伴う移動需要が都市部・地方ともに増加することが予想される中、安全運転による交通事故ゼロ/渋滞ゼロ、誰でもどこでも快適かつ高効率に移動できるシステムの実現を支える交通流制御が求められる。プローブシステムの共通基盤化、車車間通信、路車間通信を普及させ、経路情報等提供による道路の有効活用、交通流、信号の制御利用によるボトルネック解消、さらに車群としての協調走行、自動運転の普及によって、省エネルギー走行(サグ渋滞回避、交差点停止後同時発進等)の実現が期待される。
- 個々の技術を組み合わせたネットワーク化、システム高度化に向けた開発が求められる。一方、通信量増大の可能性があり、データ処理側の対応策も必須となる。
- インフラ・自動車・ICT機器の使用期間や寿命が異なるためにモデルが混在することで、ITS関連のシステムやサービスの更新が困難であることへの対応が必要となる。

- 将来の交通事故、交通渋滞、エネルギー消費などの抜本的改善に向け、路車間通信、車車間通信などの通信を通し、APTS(高度公共交通システム)、通信技術と自動走行システムなどを組み合わせたART(次世代都市交通システム)などの開発、実証が省庁あるいは地方自治体(東京都、福井県、愛知県、仙台市、横浜市、藤沢市等)で進められている。
- 海外では、欧州委員会がHorizon2020を通じて自動走行関連プロジェクトに投資、インフラの整備、公道での実証実験、受容性の評価などの実用化を想定したプロジェクトを実施するほか、米国連邦運輸省は2015-2019 ITS Strategic Planに基づき、安全性やモビリティシステムの効率化といった戦略テーマと実行プログラムが行われている。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
ITS、自動走行	戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「自動走行(自動運転)システム」	内閣府	2018~2022
	道の駅等を拠点とした自動運転サービス	内閣府・国交省	2017~
	ラストマイル自動運転	経産省・国交省	2017~

技術開発動向

政策・技術開発目標等

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
社会資本整備重点計画(2015年)	国交省	<ul style="list-style-type: none"> 信号制御の改良による通過時間の短縮：2020年度までに対策実施箇所において約5千万人時間/年短縮 信号制御の改良によるCO2の排出抑止量：2020年度までに約10万t-CO2/年

スマート物流システム

技術概要

- 物流システムはサプライチェーンマネジメント（SCM）の役割の一部を担うシステムで、その役割に応じ計画系システム（SCP）、実行系システム（SCE）、管理系システム（ERP）などに分類される。スマート物流システムは、上記役割を含め、荷物情報と輸送機関・物流結節点における荷役設備・倉庫などの保管設備等の情報を通信技術により総合的に連携・制御するシステム。システムとともに、それを支える機器等（自動化、省力化、集約化に対し、AI、IoT、ロボット）に係る技術も対象。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
ハードウェア	RFID、センシング、ロボット、ウェアラブル端末、冷蔵輸送、ラストワンマイル配達（ドローン、宅配ボックス等）
ソフトウェア	画像センシング、ブロックチェーン、電子マネー、AI、オムニチャンネル、モーダルシフト等

※計画系システム(SCP)：需要予測、調達・生産計画、補充計画、輸送計画

実行系システム(SCE)：発注・入荷処理、受注・出荷処理、倉庫業務、輸配送業務

管理系システム(ERP)：調達管理、在庫管理、物流管理、販売管理

求められる機能・課題

- そのためには、位置情報・発着情報・内容物情報等の貨物情報の共有化・システム化のためのプラットフォーム構築、データ標準化を同時に進める必要がある。また、自動化・省力化に資する、需要予測・自動補充・自動搬送・輸送手段最適化等に関する技術開発も望まれる。

技術開発動向

- 個別の物流システムは、個社、システムベンダーにより開発されているが、サプライチェーン全体のデータプラットフォームの整備等は、国家プロジェクトで実施されている。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
スマート物流システム	戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「スマート物流サービス」	内閣府	2018~2022
	次世代物流システム構築事業費補助金	経産省	2014~2018

政策・技術開発目標等

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
交通政策基本計画(2015年)	国交省	モーダルシフトの推進や輸送の省エネ化によるグリーン物流の実現、荷主と物流業者の連携強化によるトラック輸送の効率化といった方策について言及。
総合物流施策大綱(2017年度~2020年度)(2017年)	国交省	物流の生産性向上に向けた6つの視点(革命的に変化する、繋がる、支える、育てる、見える、備える)からの取組を提示。“革命的に変化する”項目では、サプライチェーン最適化、運送効率化、物流施設の自動化・機械化等省エネ関連施策も提示。

- 利便性の追求や高齢化・過疎化に伴うEC事業の拡大、物流業界等の労働需要逼迫に対し、無駄の排除や省人化が求められる。物流は運輸部門エネルギー消費の36%(2016年度)を占め、運輸部門の省エネルギー・CO2排出削減に向けた貢献も期待される。省エネルギー実現に向け、ロードファクター(積載効率等)向上と効率的輸送による輸送回数の削減、荷役・保管施設における待機時間・保管時間・スペースの効率化等が求められる。

求められる機能・課題

部門横断

革新的エネルギーマネジメント技術

技術概要

- 機器を活用し、需要側のエネルギー消費の全体統合、最適化制御するための技術。最小単位であるHEMS・BEMSと、これらを含む地域エネルギーマネジメント（FEMS, CEMS, GEMS）、全体システムと機器単体を結ぶIoT技術等。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
xEMS	統合制御、複数のEMS間の階層制御・グループ制御、DR対応
関連技術	次世代センシング、IoT/AI/ビッグデータ/ICT活用、消費者行動分析・行動経済学的分析

求められる機能・課題

- 徹底した省エネルギーの実現に向けて、個別機器の省エネルギー化とともに、建物レベル、地域レベルで熱・電気のエネルギー需給を最適化することにより更なる省エネルギーを進めることが必要。加えて、再生可能エネルギーの大量導入によって分散化するエネルギー供給や、変動する再生可能エネルギー等を調整するDR等の需要側の対応も求められている。DR活用による系統電力安定化、BCP対応等への貢献も期待される。
- 需要側の対応として、建物レベル、地域レベルのエネルギー需給を最適制御するEMSは重要であり、導入に向けてEMSのシステム開発とともに、再生可能エネルギーの出力の高精度予測技術、リアルタイムでシステム全体の最適解を得るAI技術等、IoT、AI、ビッグデータ、ICT等を最大限に活用した技術開発が必要。加えて、利用者の行動を分析し、ナッジ等によって利用者が意識することなく省エネルギー行動を起こす仕組みを構築する技術開発等も重要となる。
- 導入にあたっては、機器間の通信規格の相違、エネルギー・ビッグデータの整備、継続的な最適化運用などの課題が挙げられる。

技術開発動向

- 民間では、電機メーカーやIT企業などでEMSの開発が行われ展開されている。再生可能エネルギーの協調制御や、複数の事業者が利用できるEMS等については、国家プロジェクトが実施されている。
- 米国DOEでは、Grid Modernization Initiativeとして国研をまたいで「研究所グリッド統合設備ネットワーク」を作り進めている。欧州では、2050年に向けて欧州全体で再生可能エネルギーネットワークを構築する、e-Highway2050構想の検討を行っている。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
xEMS	戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「脱炭素社会実現のためのエネルギーシステム」	内閣府	2018～2020
	分散協調型エネルギー管理システム構築のための理論及び基盤技術の創出と融合展開	JST	2012～2019
	バーチャルパワープラント（VPP）構築実証事業	資源エネルギー庁	2016～2020

政策、技術開発目標等

出典	発刊者	政策、技術開発目標等
長期エネルギー需給見通し(2015年)	資源エネルギー庁	2030年度 <ul style="list-style-type: none"> HEMS普及台数：5468万世帯(省エネ効果178.3万kL)
地球温暖化対策計画(2016年)	閣議決定	<ul style="list-style-type: none"> BEMS普及率：47%(省エネ効果235.3万kL) FEMSのカバー率：23%(省エネ効果67万kL)

高効率ヒートポンプ

- 低温部分から高温部分へ熱を移動させるヒートポンプ（HP）の高度化に関する技術。空調（自動車用途含む）、給湯、加熱・冷却、冷凍ヒートポンプ等。本技術が関連する省エネルギー技術としては、「高効率空調技術」、「高効率給湯技術」、「熱エネルギーの循環利用」、「高効率加熱」などがある。

主な技術

個別技術		要素技術・開発項目等
高効率 ・空調ヒートポンプ ・給湯ヒートポンプ ・プロセス加熱・冷却ヒートポンプ ・冷凍機(冷凍ヒートポンプ)	要素技術	冷媒技術（脱フロン・低GWP）、新型サイクル、高温化を含む運転温度範囲の拡大、高効率圧縮機、高性能熱交換器、動力回収技術、地中熱・河川熱・下水熱・工場廃熱等の未利用熱利用技術等
	システム化技術	空調における建物躯体設計・産業用加熱・冷却プロセス設計等を含む最適システム化、デマンドリスポンス等のデマンド制御・対応技術

- 我が国は、世界トップレベルの高効率HP技術を実現し、世界をリードしており、民間においてもメーカー各社より給湯用HPや空調用HP、産業用HP（加熱・乾燥用途）が展開されている。一方で、未利用熱エネルギー活用、高温ヒートポンプ、磁気ヒートポンプ等の次世代ヒートポンプについては、国家プロジェクトでの技術開発が進められている。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
ヒートポンプ全般	未利用熱エネルギーの革新的な活用技術研究開発事業	NEDO	2015～2022
	階層構造磁気蓄熱再生器を持つ磁気ヒートポンプの開発	JST	2014～2019

技術開発動向

- ヒートポンプ技術は部門横断的に省エネルギーに大きく貢献する技術であり、今後さらなる高性能化が求められる。また、太陽光等の変動性のある再生可能エネルギーの導入が拡大する中で、需要側の調整力としての役割も期待されているとともに、地中熱・河川熱・下水熱・工場廃熱等の未利用熱の利用において、大きな役割を果たす。
- 民生部門における空調・給湯・冷凍冷蔵分野の消費エネルギー削減のためには、ヒートポンプ（冷凍）サイクルの高性能化が極めて重要であるとともに、省エネルギーと冷媒規制対応を同時に達成する低GWP冷媒の開発が必須となる。産業部門における加熱・冷却プロセスの省エネルギーについては、熱発生 of 電化、熱エネルギーの循環利用が課題であり、ヒートポンプの高効率化・高機能化・低コスト化が求められる。

政策、技術開発目標等

出典	発刊者	政策、技術開発目標等
長期エネルギー需給見通し(2015年)	資源エネルギー庁	2030年度 ・産業用HP累積導入設備容量：1,673千kW（省工ネ量87.9万kL） ・家庭用HP給湯器累積導入台数：1,400万台（省工ネ量11万kL） ・業務用HP給湯器累積導入台数：14万台（省工ネ量2万kL）
地球温暖化対策計画（2016年）	閣議決定	

技術概要

求められる機能・課題

- 電力工学、電子工学及び制御工学の技術を総合した電力変換及び電力開閉に関する技術分野（IEC定義）。電力を直流から交流、交流から直流に変換したり、周波数や電圧を変えることができ、エネルギー、産業、運輸部門などに共通する基盤となる技術。

パワーエレクトロニクスの主な適用箇所

分野	現状の主な適用箇所	想定される新たな適用箇所
電力システム	大規模：直流送電 分散型：分散型電源用インバータ	大規模：系統安定化装置 分散型：ループコントローラ、直流給電システム
交通・運輸システム	HEV、電気鉄道	BEV/FCEV
家電機器・オフィス	電磁調理器、エアコン、冷蔵庫、パソコン、照明	
産業用機器	エレベータ、FA機器、無停電電源装置	

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
ウェハ	基板結晶成長・加工技術、エピ成長技術、装置開発
デバイス	高耐圧・超低損失パワーデバイス構造、プロセス技術
モジュール	機能集積化技術、回路/実装技術、熱設計、モジュール機能設計/評価/活用技術
機器・システム	機器実装、熱マネージメント、機器制御/設計、システム制御/設計

- 電力制御機器やデータセンターで使用される情報機器の高効率化・小型化、運輸分野でのBEV等の電気電子機器の高効率化への要求が加速しているとともに、電力需給ではインバータ・コンバータ等再生可能エネルギー導入への対応が必須となる中、高効率で電力変換可能なパワーエレクトロニクスの更なる高度化が求められている。
- Si-IGBTを用いたパワー制御は広く普及し、さらなる特性改善が進められている。次世代パワーデバイス材料として期待されるSiC, GaN, Ga2O3, ダイヤモンドは、Siに比べ絶縁破壊電界が高く、オン抵抗が非常に低い高耐圧・高効率パワーデバイスを実現することが可能であるが、材料作製は難しくなり、材料に応じたウェハ化技術、デバイス化技術、モジュール化技術開発が必要。

求めら
れる
課題
機能

適用領域拡大に向けては、高品質なパワーデバイス用大口径ウエハの低コスト化、デバイス化技術高度化と低コスト化、材料に応じたモジュール化技術高度化（実装、高耐熱周辺部材を含む）が望まれる。機器・システムとして高効率化/高機能化を達成するためには、デバイス技術のみではなく、回路・制御技術など機器技術、更には新規適用システムの開拓が必要となる。

- 次世代パワーデバイスの中でこれまでの技術開発の進展からSiCの実用化が進展している。現在既存製品の特性改善・低コスト化が進められるとともに、より高耐圧化に向けた開発が進められている。SiCよりも優れた材料特性をもつGaN, Ga2O3, ダイヤモンドについてはデバイス化に向けた材料制御技術開発が進展中。我が国の次世代パワーエレクトロニクスの技術開発レベルは世界的に優位にある。共通基盤技術となる回路・制御技術もSIPで取り上げられ開発が進められた。
- 米国ではPowerAmericaやNY-PEMC等で、欧州ではSpeed, Shift2Rail, Horizon2020等により開発が推進されている。アジアでは中国の蘇州ナノポリス、シンガポールのA*STAR等の拠点・機関により開発が進められている。

技術開発動向

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
パワエレ全般	戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「次世代パワーエレクトロニクス」	内閣府	2013~2018
	低炭素社会を実現する次世代パワーエレクトロニクスプロジェクト	NEDO	2009~2019

技術概要

求められる機能・課題

政策、技術開発目標等

出典	発行者	政策、技術開発目標等
エネルギー・環境イノベーション戦略(2016年)	総合科学技術・イノベーション会議	<ul style="list-style-type: none"> 電力変換器の電力損失の現行Siに対し1/10以下の低減 装置体積の仕様に応じた自由な小型化 コストメリットの実証 社会実装の拡大によるCO2削減への貢献 高機能・低コストパワーモジュールの普及による省エネの推進
SIP「次世代パワーエレクトロニクス」(2018年)	内閣府	<ul style="list-style-type: none"> 高電圧・大電流電力変換機器、超小型・高電流密度・高速電力変換機器従来比損失1/2かつ体積1/4

- 炭素繊維、セルロースナノファイバー（CNF）等の複合材料やセラミックスの製造の高度化、製造エネルギーの削減に資する技術。

主な技術

個別技術	要素技術・開発項目等
炭素繊維	重合、紡糸、耐炎化、炭素化、表面処理、複合化
セルロースナノファイバー	解繊技術、表面修飾（疎水化処理）、樹脂への均一分散
セラミックス製造技術	造形技術、焼結技術、接合技術、コーティング技術、計測評価技術

- 部門横断的に利用される部素材であり、製品の省エネルギー・GHG排出量削減に貢献することが求められる。
- 炭素繊維複合材料（CFRP）やそれを構成する機能性材料は軽くて強いという特性から、航空機や自動車などの燃費向上に貢献しているが、現状は需要に対する製造能力が伴っていないため、低コスト化（現状の1/10）と生産量の向上（10倍）を実現する製造技術が求められる。
CNFにおいては、解繊・樹脂への均一分散技術等の高度化により更なる低コスト化が求められる。
セラミックスについては適用範囲拡大のため、立体加工、高効率接合などを駆使した大型化、精密複雑化、三次元造形等の革新的な製造技術の確立が求められる。
- 製造エネルギーを多く消費する素材製造プロセスにあってもサプライチェーン全体で大きく省エネルギーに貢献できるため、LCA評価も考慮した上での全体のシステム最適化等が求められる。
廃棄された炭素繊維材料のリサイクルシステムの構築のため、リサイクル品の規格化や、メーカー、ユーザー、回収処理業者が一体となって共働できる仕組みづくりが必要である。

- 国家プロジェクトでは、複合材料製造技術について航空機、自動車等の部素材、さらにはエレクトロニクス、医療材料やヘルスケア分野などへの適用を目指した研究開発が実施されている。セラミックス製造技術については、軽量耐熱複合材CMC（セラミックス複合材料）の基盤技術の開発が実施され、更なる高性能化に向けた材料開発が継続中である。
- CNFの開発においては日本の他に主に、北欧及び北米にて産学官連携で研究開発が進められている。セラミックスの開発においては、米国では航空宇宙産業用のCMC需要が高まっているほか、DOEによりSOFC用先進セラミックスへの投資が進んでいる。

技術	国家プロジェクト名	実施主体	期間(年度)
炭素繊維	革新的新構造材料等研究開発	NEDO	2014～2022
セルロースナノファイバー	非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発	NEDO	2013～2019
セラミックス製造技術	次世代構造部材創製・加工技術開発	NEDO	2015～2019

出典	発刊者	政策・技術開発目標等
SIP「革新的構造材料」(2018年)	内閣府	・材料技術を基盤に、航空機産業を育成（中・小型機を中心に、材料～部材～設計・製造のバリューチェーンを掌握）。2030年までに、関連部材出荷額を2兆円規模に拡大する。
未来投資戦略2018	閣議決定	・セルロースナノファイバー、リグニン等の国際標準化や製品化等に向けた研究開発を進める。