トレンド

# サーマルエナジー発電技術の最新動向と東芝の取り組み

**Trends in and Toshiba's Approaches to Latest Thermal Power Generation Technologies**

清國　寿久 KIYOKUNI Toshihisa　　金子　貴臣 KANEKO Takaomi

2050年のカーボンニュートラル実現に向けて，世界のエネルギー動向は急速に変化している。近年は，デジタル化に伴う生成AIの普及やデータセンターの設置により，電力需要の大幅増加が見込まれるなど，需要側の変化も著しい。このエネルギーの安定供給・経済成長・二酸化炭素（$CO_2$）排出量削減の同時実現を目的として，GX（グリーントランスフォーメーション）が推進されている。

東芝は，火力・地熱発電分野で培ってきた熱サイクル技術の実績を基に，火力発電の脱炭素化技術や，再生可能エネルギー（以下，再エネと略記）導入に伴う出力変動を補う調整力強化技術をはじめ，蓄熱エネルギー技術，低温未利用熱の有効活用技術，発電システム全体を最適化するエネルギーマネジメント技術など，GXの実現に貢献するサーマルエナジー発電技術の開発に取り組んでいる。

Global energy trends are rapidly evolving toward the achievement of carbon neutrality by 2050. On the demand side, changes are also occurring due to the significant increase in electricity demand accompanying the widespread adoption of generative artificial intelligence (AI) and the construction of data centers driven by digital transformation. In these circumstances, green transformation (GX) is advancing to simultaneously achieve a stable power supply, reduced carbon dioxide ($CO_2$) emissions, and economic growth.

Toshiba Corporation is promoting the realization of GX through the development of the following thermal power generation technologies: (1) decarbonization technologies for fossil fuel-based thermal power plants, building on accumulated thermal cycle technologies for thermal and geothermal power generation; (2) enhanced technologies to adjust to output fluctuations associated with the introduction of renewable energy systems; (3) thermal energy storage technologies; (4) technologies to effectively utilize low-temperature energy; and (5) energy management technologies to optimize entire power generation systems.

DX：デジタルトランスフォーメーション　　Power to X：再エネ変換技術

**特集の概要図．東芝のサーマルエナジー発電技術**

Thermal power generation technologies developed by Toshiba Corporation

## 1. はじめに

近年，世界の電力需要はAIの普及やデータセンターの急増により大きく上昇し，2024年には前年比4.3 %増という過去最大級の伸びを示した[1]。この需要増に対し，再エネの変動性が高まる中で調整力の確保が重要になり，従来縮小傾向にあった火力発電が再び注目されている。特に，電力安定供給と$CO_2$排出量削減の両立が可能なガスタービンコンバインドサイクル(GTCC)は，現実的な電源として建設需要が急伸し，2024年のガスタービン市場は22年ぶりの高水準[2]となった。更に，GTCCの高効率化やCCUS(Carbon Dioxide Capture, Utilization and Storage)導入などによる脱炭素化の取り組みも進展し，移行期の電力システムにおける重要な柱となりつつある。

このような中で，東芝はエネルギーを“つくる”，“おくる”，“ためる”，“かしこくつかう”のキーワードに基づき，総合ソリューションを開発・展開している。中でも火力発電を中心としたサーマルエナジー発電事業では，1927年以来つくる取り組みで培ってきた技術を電力エネルギー関連の全体へ展開し，GXの実現に貢献している(**特集の概要図**)。

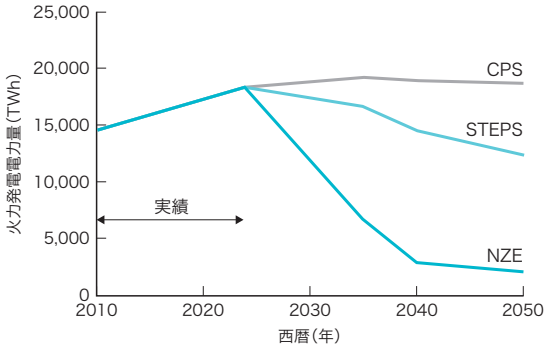
## 2. 市場動向

### 2.1 海外市場

IEA(国際エネルギー機関)が公表したWorld Energy Outlook 2025(WEO2025)[3]には，火力発電の電力量が長期的には減少する一方，移行期には電力システムの安定性を支える存在として一定の役割を果たし続けることが示されている(**図1**)。

EIA(米国エネルギー情報局)のElectric Power Monthlyは，北米における2024年以降の継続的な電力需要増加[4]を示している。背景には，データセンターの急拡大，半導体産業の国内回帰，及び新工業拠点の増設などがあると考えられる。再エネ拡大は進むものの，電力系統の調整力不足が顕在化し，天然ガスによる火力発電が再び重要視されている。

一方，インド・東南アジア・中東・アフリカといった新興地域が今後の需要の主軸になるとされ，これらの地域では電力需要の伸びが再エネ導入を上回る速度で続くことが指摘されている。急速な都市化・産業化によって電力需要が増加し続けており，再エネの拡大が進むものの，供給安定性の確保のため石炭・天然ガス火力発電が依然として大きな役割を占める構造が続く。中でも天然ガス火力発電は，石炭に比べて$CO_2$排出量が少ない点と瞬時応答性によって，移行期の主力電源として期待されている。




＊IEA,「World Energy Outlook 2025」[3]を基に作成
火力発電電力量:「Hydrogen and ammonia」,「Fossil fuels with CCUS」, 及び「Unabated fossil fuels」の電力量の合計
T:$10^{12}$(テラ)
CPS:Current Policies Scenario(現行政策シナリオ)
STEPS:Stated Policies Scenario(既表明政策シナリオ)
NZE:Net Zero Emissions by 2050 Scenario(ネットゼロ排出シナリオ)

**図 1. 世界の火力発電電力量の予測**

IEAが公表したWEO2025では，2050年までの火力発電所の運転継続が推定されている。

Changes in global thermal power generation under different scenarios

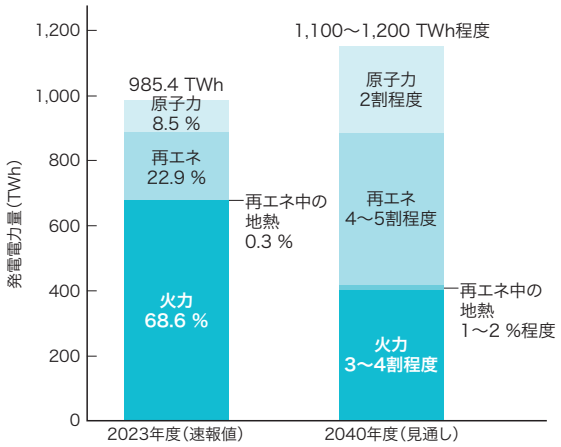
特に，東南アジアではCCUSの導入や既存火力発電所の高効率化が重要テーマとなっており，WEO2025は，アジア新興国が$CO_2$排出削減目標を達成するためには火力発電所の脱炭素化が不可避であると分析している。再エネ拡大が進む一方，急速な需要増に対して調整力が不足するという構造的課題が存在し，火力発電がそのギャップを埋める形で存続している。

総じて，WEO2025が示す世界の火力発電市場は“脱炭素化の加速”と“電力需要の増加”という二つの強い潮流のはざまにある。火力発電の役割は依然大きく，いずれの地域でもCCUS・高効率化といった脱炭素化技術が火力発電の存続条件となりつつある。

### 2.2 国内市場

我が国の火力発電市場は，脱炭素化を進めつつ電力安定供給を確保するという二重の要請の下で再編段階にある。エネルギー白書2025[5]は，今後，我が国の電力需要がデータセンターや半導体工場の新増設により増加に転じると見込まれ，電源確保が重要であると明確に指摘する。こうした需要増の中で，再エネの導入は拡大しているものの，その変動性により電力システムの調整力として火力発電が重要な役割を果たす構造は依然変わっていない。

第7次エネルギー基本計画[6](2025年)は，2040年度の電源構成として火力比率を3～4割程度とする見通しを示し(**図2**)，非効率な石炭火力の発電量削減を進める一方，必要な発電容量は維持する方針を示した。これは，再エネの大量導入と電力需要増が同時進行する中，火力発電の




＊資源エネルギー庁，「エネルギー基本計画の概要」[6]を基に作成

**図 2.　国内の電源構成見通し**

エネルギー基本計画では，2040年度において火力発電は主力電源の一つとして位置付けられている。

Current power source structure in Japan and future outlook

柔軟性が電源の安定運用に不可欠であるとの政策判断を反映している。

また，エネルギー白書2025は，火力発電の将来像を“脱炭素化”した火力と位置付け，水素・アンモニアの混焼やCCUSの導入を中心とする脱炭素化技術の社会実装を目指していくと述べる。既設火力発電施設の改修や燃料転換は政策的にも支援されており，火力発電は単なる存続ではなく，脱炭素化と電力安定供給の双方を満たす形での高度化が進んでいる。加えて，液化天然ガス価格の高騰や地政学リスクによる調達不安が繰り返し指摘されており，我が国の火力発電においてガス火力燃料の安定調達は依然として重要な課題とされる。

総じて，我が国の火力発電市場は削減一辺倒ではなく，再エネ拡大と需給逼迫（ひっぱく）に対応するため，調整力・脱炭素化・安定供給という3要素を満たす電源として再定義されつつあるといえる。

## 3.　サーマルエナジー発電技術開発の取り組み

2章で述べたように，世界的な脱炭素化の加速と電力需要の増加という二つの潮流の中で，サーマルエナジー発電分野には調整力・脱炭素化・安定供給が同時に求められている。当社はこうした社会的要請に応えるために，多様な技術革新に取り組んでいる。また，これまでの知見を基に，再エネ導入に対応する需給調整や，環境に配慮した未利用熱利用などの新技術の開発にも取り組んでいる。

### 3.1　火力発電技術

火力発電の$CO_2$排出量削減には，プラントの高効率化が欠かせない。そのため，主要機器である蒸気タービンや発電機などの高性能化開発を継続的に行っている。例えば蒸気タービンについては高性能最終段翼，新型シール構造，低圧損蒸気弁などを，発電機については最適設計や解析技術を用いた各種損失の低減など，更なる技術開発を進めている。また，プラント熱サイクル効率の向上として，GTCC発電ではガスタービン燃焼温度約1,650 ℃の最新号機を採用した熱サイクルにより，熱効率約64 %（低位発熱量基準）を達成した。蒸気タービンにおいても蒸気温度630 ℃の技術を完成し，実機運用している。

更に，機器の高効率化だけでなく，デジタルサービスTOSHIBA SPINEX for Energyや発電事業者向けプラント監視ソフトウェア EtaPRO™を活用したDX（デジタルトランスフォーメーション）技術を，発電所の建設から保守の各ライフサイクルに適用し，発電所全体の高効率化や，再エネの導入による出力変動を補う調整力のニーズに応えている。

一方で，火力発電所の脱炭素化において，GXの最終目標とするカーボンニュートラル達成には高効率化による貢献だけでは限界があり，火力発電へのCCUS追設や水素・アンモニアへの燃料転換といった新技術の実装が求められている。当社は，これらの新技術を既設発電所に追設するためのインテグレーション技術（排ガス系・蒸気系・制御系との統合設計）の開発を進めている。

### 3.2　$CO_2$分離回収技術

当社は，火力発電の脱炭素化に不可欠なCCUS技術を事業の中核ソリューションと位置付け，主に化学吸収法による燃焼後$CO_2$回収技術の開発と社会実装を進めている。2009年に（株）シグマパワー有明 三川発電所内に設置した10 t/日規模のパイロットプラント以降，佐賀市清掃工場納入$CO_2$分離回収プラントや，環境省委託事業の一環として実施している大規模600 t/日の$CO_2$分離回収実証設備など，実プラントでの建設・運転実績を積み，性能・信頼性の面で高い水準を確立している。また，$CO_2$回収エネルギーの低減，アミン放散の抑制，吸収液の劣化対策など，コスト構造に効果がある要素技術の強化を進め，CAPEX（導入費）・OPEX（運用費）双方の削減に取り組んでいる。

### 3.3　蓄熱エネルギー技術

再エネ拡大により，主に春や秋などの電力消費量が少ない時期における電力需給ギャップが拡大し，太陽光・風力の出力抑制が増えている。これに対応するために，余剰電力を岩石などに蓄えて必要時に活用する蓄熱エネルギー技術が注目されている。中でも岩石蓄熱は，環境性・経済性・信頼性で優位性が期待される。当社と中部電力（株）は岩石蓄熱技術に着目して共同研究を進め，2021 ～ 2024年に

は環境省委託事業として，当社横浜事業所で500 kWh規模の試験設備を構築し，蓄熱槽の熱特性評価試験を実施し，蓄熱槽温度分布の予測技術を確立した。更に，2024年には新東海製紙(株)及び島田市を含む4者で協定を締結し，2026年度に環境省委託事業として新東海製紙(株)島田工場で熱容量10 MWh級システムの実証運転による検証を行う計画である。

### 3.4　未利用熱の有効活用

我が国では，経済性・安全性などの問題があるため，150 ℃未満の低温未利用熱がほとんど活用されておらず，膨大なエネルギーが捨てられている。この未利用熱の有効活用は，省エネによるカーボンニュートラルへの貢献に向けた重要課題であり，当社は$CO_2$を吸収したアミン水溶液を用いた新方式のバイナリー発電に2017年から取り組んできた。アミン水溶液は80 ～ 150 ℃の低温熱で$CO_2$を放出して蒸気を形成でき，従来のバイナリー発電で用いられる媒体に比べて温暖化係数が小さく，環境性と安全性に優れる。2028年度の商用化を目指して未利用熱を電力化する実証を行い，将来は地熱など中小規模電源への展開も視野に，低温未利用熱の価値を引き出す技術として構築を進めていく。

### 3.5　エネルギーマネジメント技術

再エネの導入拡大や水素・アンモニアへの燃料転換など多様な技術を組み合わせた電源構成が求められており，火力発電設備も蓄電・蓄熱，排熱利用，燃料転換，CCUSなどとの連携が必要とされている。この中で，発電システム全体が最適に動作することで価値を創出する“つながるエネルギーシステム”を実現するエネルギーマネジメント技術が，重要となる。これには，時間軸・空間軸をまたぐエネルギー供給・利用の統合的最適化が不可欠である。

つながるエネルギーシステムでは，エネルギーを，つくる・おくる・ためる・かしこくつかうという機能として捉え，エネルギー貯蔵による需給に応じた利用時間の調整や，エネルギー変換・輸送による燃料・熱・電力の供給と利用地点の調整といった時間軸・空間軸での最適化を行いながら，システム全体を俯瞰(ふかん)した設計と運用が求められる。こうした課題に対し当社は，運転計画，シミュレーション，自動制御を融合したエネルギーマネジメント技術の開発を強化しており，複数設備の協調運転や全体最適化を実現するための高度な管理機能の実用化を進めている。

## 4.　今後の展望

国連指針は，“新興国の社会的・経済的影響も配慮した(誰も置き去りにしない)公正な移行(Just Transition)”を重要視している。このJust Transition，及び電力エネルギーの安定供給と脱炭素化の両立を支えるために，高効率な火力発電設備は今後も必要とされている。

当社は，各国のエネルギー事情や，脱炭素ロードマップ，環境目標などを踏まえ，高品質かつ高効率な蒸気タービン発電機器の供給，及びCCUSなどの脱炭素化ソリューションを提供するサーマルエナジー発電技術の開発を進め，GX実現に貢献する。

## 文　献


(1) International Energy Agency(IEA). Global Energy Review 2025. 2025, 41p. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ff5e4f91-815f-4f48-874d-4c1da760dded/GlobalEnergyReview2025.pdf>, (accessed 2026-01-27).

(2) Espinoza, A. "Gas Turbine Market Report: 2024 Posts Highest Units, MWs in 22 Years". Turbomachinery International. <https://www.turbomachinerymag.com/view/gas-turbine-market-report-2024-posts-highest-units-mws-in-22-years>, (accessed 2026-01-27).

(3) IEA. World Energy Outlook 2025. 2025, 517p. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/1438d3a5-65ca-4a8a-9a41-48b14f2ca7ea/WorldEnergyOutlook2025.pdf>, (accessed 2026-01-27).

(4) U.S. Energy Information Administration. Electric Power Monthly January 2026. 2026, 48p. <https://www.eia.gov/electricity/monthly/archive/january2026.pdf>, (accessed 2026-01-27).

(5) 資源エネルギー庁．令和6年度エネルギーに関する年次報告．2025, 133p. <https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2025/pdf/whitepaper2025_all.pdf>，(参照 2026-01-27)．

(6) 資源エネルギー庁．エネルギー基本計画の概要．2025, 10p. <https://www.meti.go.jp/press/2024/02/20250218001/20250218001-2.pdf>，(参照 2026-01-27)．

清國　寿久　KIYOKUNI Toshihisa
サーマル＆ハイドロパワー事業部
日本機械学会会員
Thermal & Hydro Power Systems & Services Div.

金子　貴臣　KANEKO Takaomi
サーマル＆ハイドロパワー事業部
Thermal & Hydro Power Systems & Services Div.