

日本における低炭素発電の実現に向けて

3E+Sにおけるガス火力発電と再生可能エネルギーが果たす役割

www.ge.com/gas-power/future-of-energy



Building a world that works

エグゼクティブサマリー



日本は世界第三位の経済大国で4.8兆ドル（527.1兆円・2020年）の実質GDPを誇ります。最近の新型コロナウイルスがもたらした危機により2020年のGDPは4.5%減少するものとみられますが、2021年内には実質GDPがコロナ禍以前の2019年のレベルに回復すると予測されています。

日本は依然として石炭や天然ガスなどの化石燃料に依存した発電を続けていますが、これは2011年東日本大震災による原発事故が影響したものです。2019年には発電用燃料のうち石炭と天然ガスが全体の3分の2を占めています。

日本のエネルギー政策は、エネルギーの自給率（Energy Security）、経済効率性（Economic Efficiency）、環境適合（Environment）および安全性（Safety）の原則（3E+S）に基づいています。2021年秋にも採択予定の第6次エネルギー基本計画では、2030年までにエネルギーミックスをより多様化することを目指しており、再生可能エネルギーの比率増大（36~38%）と原発の再稼働（20~22%）および水素・アンモニアの活用（1%）を素案として発表しました。また、化石燃料の効率的な利用を促進するとともに、いっそうの省エネ進展も目指しています。

上記を実現するために克服すべき主要な課題として、(1) 再生可能エネルギーを最大限導入すること、(2) 日本独自の地政学的リスクを考慮に入れること、(3) 低炭素技術の研究開発・導入を加速すること、(4) 安定したエネルギー供給と経済効率を両立させること、の4点が挙げられます。

本ホワイトペーパーは日本が2050年カーボンニュートラルを達成するために有効なイニシアチブをまとめたもので、CO2排出削減を推進しながら、再生可能エネルギーとガス火力発電を組み合わせることで日本の電力ニーズをどのように満たすことができるかを詳述します。ガス火力発電所は、日時を問わず、また気象条件にも左右されずに、数分間から数週間にいたるまで必要な期間中に信頼性のある電力を提供することが可能です。くわえて、ガスタービンの燃料として水素を用いることでCO2排出量が削減できる点についてふれるとともに、いま利用可能な技術であるCO2の回収・有効活用・貯留（CCUS）テクノロジーの活用について説明し、その迅速な導入が日本の脱炭素化（※）にどのように貢献するのか言及します。

また、本ペーパーは、ガスタービンの運用を続けながらCO2削減にもつなげるアンモニア発電を実現するための日本独自のアライアンスについて説明します。

GEは発電業界に関し、グローバルで幅広い実績とその分析結果を持ち合わせています。この知見に基づき、再生可能エネルギーとガスの組み合わせによる発電を迅速かつ戦略的に導入することで、短期間で気候変動の進行を抑えることができると考えています。

しかも、GEは燃料としての水素の活用を進めながらガスタービンを運用し、CO2の回収と貯留のプロジェクトで適切なパートナーと連携できる能力と実績を有しています。

好ましいエネルギーミックスを実現するのは簡単ではありませんが、適切な戦略とテクノロジーがあれば、日本は持続可能で信頼性が高く、クリーンで経済的な電力を提供するグリーンエコノミーを実現する独自の道りを築くことができると考えています。

※本ペーパーで述べる「脱炭素化」とは、mWhあたりのkg単位でのCO2排出量の削減を意味しています。

概要

現状の日本は発電を化石燃料に依存しています（図1を参照）が、3E+Sと脱炭素化（CN）の政策に基づき、今後数十年間で再生可能エネルギーへの投資を増強したいと考えています。

IEAによれば、日本の電力需要は比較的安定した状態を維持するとみられています。というのは、日本の経済成長によるCO2排出を、省エネ技術と経済の電化（温室効果ガスを出さない電気です）が相殺すると予想されているからです。日本政府は第6次エネルギー基本計画の素案で2030年に電力需要が980TWh（9,808億kWh）になると予測しており、これは2018年の電力消費量から3.7%増大するものと考えられます。

日本は先般発表した政策で確約した条件を実現するために現実的な施策を実施する必要があります。同時に、信頼性が高く経済的で給電能力に優れたガス発電で再生可能エネルギーを補完することで、国内の電力ニーズを満たす必要があります。

CO₂排出量とその削減の道のり

2020年10月に日本政府は2050年までに温室効果ガスの排出量をネットゼロにし、カーボンニュートラルという脱炭素社会の実現を目指す国際社会に約束しました。

IEAの報告書（Japan Energy Report 2021）によると、発電業界はCO₂の最大の排出源であり、2018年の燃料燃焼から発生する総排出量の49%を占めています。2000年以降すべての業界でエネルギー関連のCO₂排出量は減少していますが、この効果は発電によるCO₂排出量の増大（24%の増大）により相殺されています。こうした状況の中、CO₂排出量は2013年に史上最大に達しました。その理由として、同年には福島原発事故の後にすべての原発を一時的に停止したことで、化石燃料でエネルギー供給のギャップを埋める必要があったことが挙げられます。

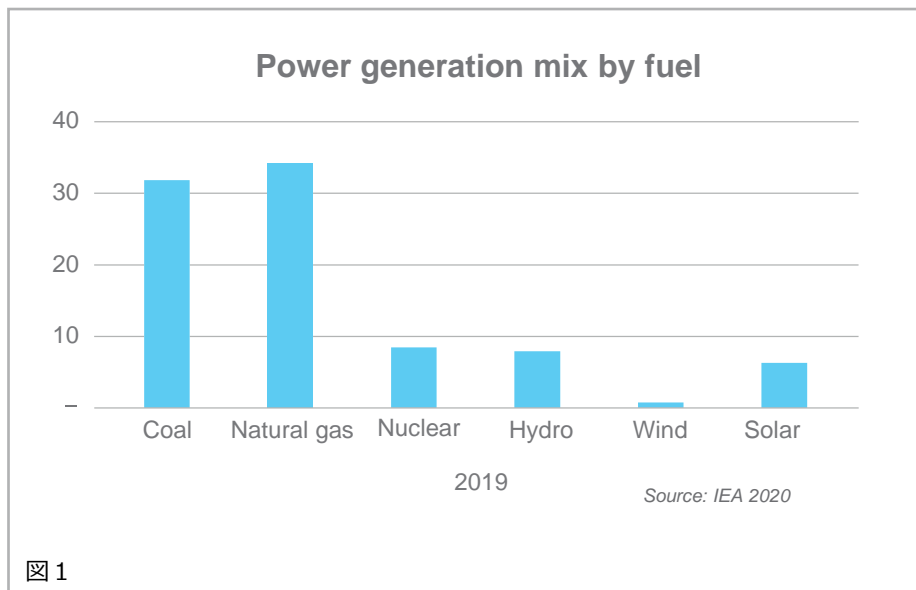


図1

発電用燃料が原子力から天然ガス、石炭および石油へシフトすることで、エネルギー関連のCO₂排出量は2013年に最高値（1,234MtのCO₂を排出）を示しました。その後は、再生可能エネルギー発電の段階的な拡張、エネルギー効率の改善、一部の原子力発電所の再開によりCO₂排出量は削減しました（2013年から2018年にかけて14%削減）。

日本が2050カーボンニュートラルを実現するには、低炭素テクノロジーの導入を大幅に加速し、さまざまな規制や構造上の問題に対処するとともに、エネルギー市場における競争をさらに強化する必要があります。また、さまざまな脱炭素化のシナリオを策定し、あらゆる可能性に備える必要があります。

一方、再生可能エネルギーを大規模に導入するには、その不安定な供給を緩和するような措置を実施する必要がありますとGEは考えます。つまり、供給能力を確保し再生可能エネルギーの導入を支えるために、火力発電への投資を促進するメカニズムが必要です。

なお、ガス火力発電所は信頼性が高いため、時間帯や気象条件に関係なく利用でき、数分、数時間、数日、数週間など、必要な時に発電容量を提供することができます。

電力の需給は常にバランスが取れている必要があるため、再生可能エネルギーには、システムの信頼性を確保するために、天然ガス発電所やバッテリーなどのバックアップ電力が必要です。

供給信頼性については、夏季あるいは冬季の日中および夜間における電力需要ピークや気温の変化による発電能力の低下、また再生可能エネルギー発電の不安定性などに対しても信頼性のある電力が供給できる技術がGEにはあります。図2は世界的平均値を示しています。

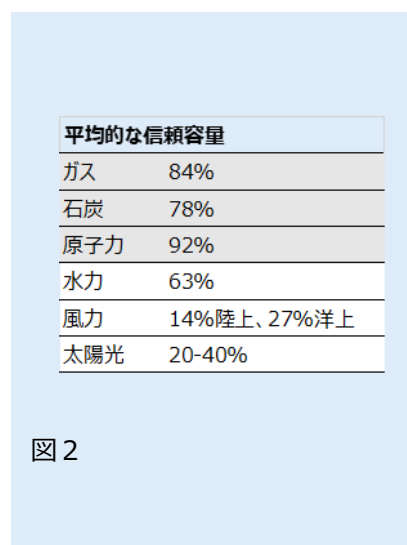


図2

天然ガスを燃料とするコンバインドサイクル発電所は、CO₂、SO_x（硫黄酸化物）、NO_x（窒素酸化物）、粒子状物質、または水銀などの汚染物質の排出量が最も少ない化石燃料発電所です。とはいえ今後はCO₂排出量をさらに削減する必要があり、新たなガス発電設備を導入することで、発電所の寿命期間にわたるCO₂排出量が「ロックイン（固定化）」されるという問題、さらには座礁資産になってしまうことが懸念されます。そこで、現在稼働中または今後展開予定のガスタービンには、水素燃料の活用や、CO₂回収技術を通じて脱炭素化を実現し、CO₂排出の固定化を避ける道があります。その詳細については図3をご参照ください。



燃料としての水素

日本がよりクリーンなエネルギーに移行するにあたり、重要な役割を果たすと考えられるのが水素です。日本は水素に関する国家戦略を最初に導入した国のひとつであり、水素を天然ガスと比べてコスト競争力のあるエネルギー源にしようとしています。

天然ガスを燃焼するガスタービンの基本的な構成は水素の燃焼にもそのまま対応できます。ガスタービン、付帯設備、および発電所全体で対応が必要な特定の課題としては、1) 燃料配管とコンポーネント、2) ガスタービンの燃焼システムと制御機能、3) ガスタービンのエンクロージャー、4) 排熱回収ボイラー（HRSG）とNO_x（窒素酸化物）の除去のための脱硝装置（SCR）の4点が挙げられます。

GEのガスタービンはどれも水素燃料を燃焼する能力を一定程度持っています。ガスタービン毎に燃焼可能な燃料量はいくつかの要因に左右されますが、そのうち最も重要な一つが燃焼システムです。

技術的な観点から現時点での条件をそのままではめると、仮に日本で稼働する全てのGEガスタービンで体積の5%の水素を混焼すると年間約100万トンのCO₂が削減できます。また、GEガスタービンをアクセサリシステムも含めて最大限アップグレードした場合は、年間約800万トンのCO₂削減が見込まれます。さらに長期的にみると、今後予定されている技術開発に基づくアップグレードをすべてのGEガスタービンに最大限に行った場合、年間約2,700万トンのCO₂削減ができると見られています。詳しくは図4をご参照ください。

ガスタービンによる低炭素（ほぼゼロカーボン）の実現

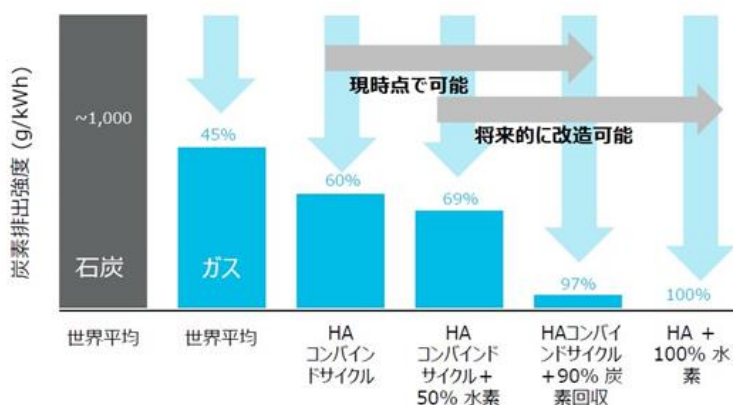


図3

Hydrogen (% Volume)

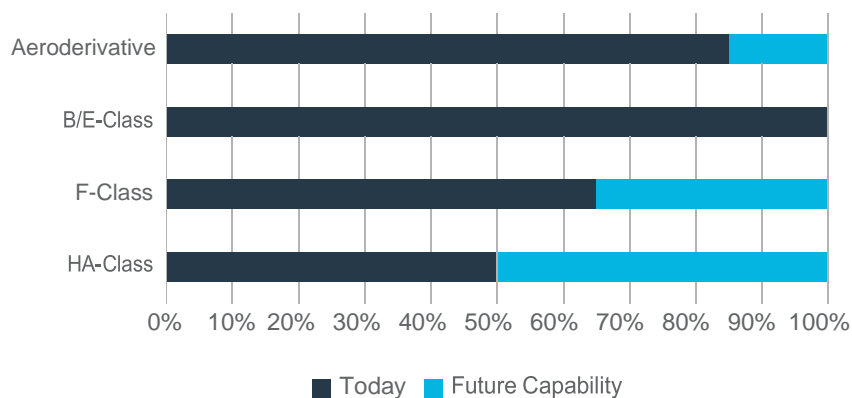


図4



さらに、GEは同業他社と比べて長きにわたり水素と関連する低BTU燃料を組み合わせる発電事業を支えてきました。その結果、私たちは100以上のユニットで800万時間以上の運転実績があります。この経験を活かし、既存のガスタービンをアップグレードすることで、CO2排出量を削減しつつ運転時間をさらに延長することが可能です。

図5はGEの水素活用におけるマイルストーンを示しています。また、GEは社内の研究開発と検証に加え、米国エネルギー省の水素燃料プログラムへの参加を通じ、ガスタービンでの水素活用の強化に継続的に取り組んでいます。

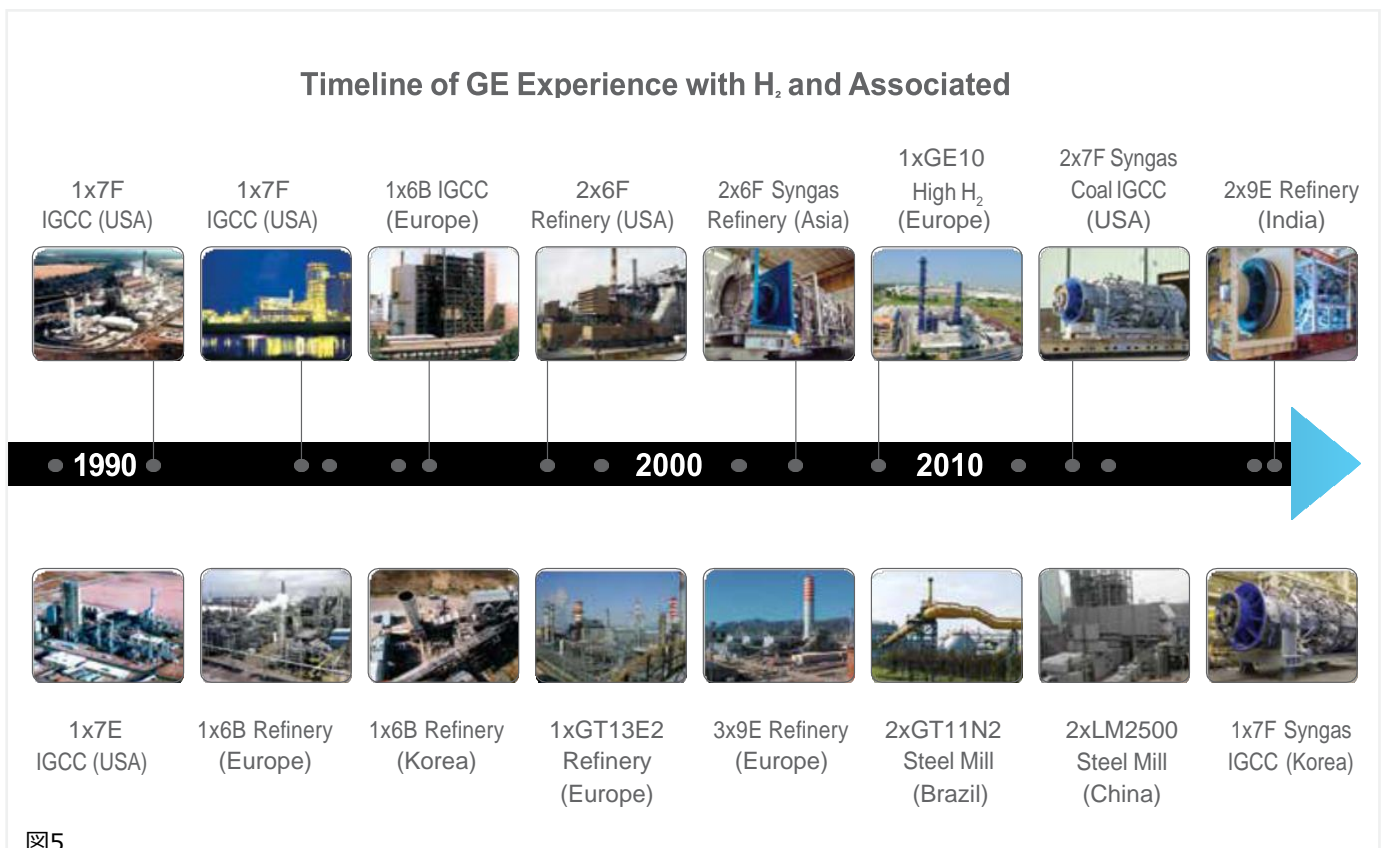


図5

CO₂の回収、 有効活用、 貯留

CO₂の回収と隔離を簡単にいうと、製造プロセスや発電プロセスで排出されるガスからCO₂を除去することを意味します。そのための4つの重要な要素として、(i) 回収、(ii) 圧縮、(iii) 輸送、および(iv) 貯留または活用が挙げられます。

日本は化石燃料に大幅に依存しているため、水素やアンモニアなどのカーボンフリー燃料の使用を増やすとともに、燃焼後に排出されるCO₂を処理するCCUSは重要な検討分野です。CO₂排出の為、将来的な座礁資産にしないためにも、CCUS導入のための準備をしておくことが大切です。

既存の設備にCCUSを導入するメリットに加え、CCUSをモジュール方式のソリューションとして導入することで、追加のモジュールを導入するたびにCO₂排出量をさらに削減することが可能になります。この結果、発電所の所有者にとって選択肢の幅が広がることにつながります。所有者はCO₂回収システムを数年かけて導入し設備投資費用を長期に分散することもできれば、すべての機能を備えるCO₂炭素回収システムを迅速に導入することもできるからです。

さらに、発電所建設後のCCUS追設準備をしておくことで、将来適用されるCO₂排出規制に対応することが可能になり、規制による座礁資産化のリスクを排除することで、ガスタービン発電所の建設計画を進めることが可能となります。

しかしながら、利用可能な場所が限定されること、また高額なコストおよびインセンティブやビジネスモデルが存在しないことが原因となり、CCUSの導入はそれほど進んでいません。と同時に、日本は石炭発電能力の強化を予定している数少ない先進国のひとつに数えられています。仮にCCUSを採用しなければ、石炭発電により2030年と2050年の気候変動に関する目標を達成することがさらに困難になることが予想されます。

GEはCCUSの迅速かつ戦略的な導入を提唱し、ガス発電が気候変動の進行を抑えることができると考えています。

既存の発電所にCCUSの設備を建設するには、現在の設備だとほぼ発電所と同じ面積の土地が必要になります。GEの試算では日本の既存の発電所の中でCCUS設備設置に必要な土地が確保できるところは多くはないという結果が得られました。既存の発電所への追設を進めるにしても、日本では土地の確保という壁が立ちほだかります。また、回収したCO₂の貯蔵場所についても課題が残り、CO₂の活用に対する早期開発が望まれます。

アンモニア発電の ロードマップ

日本独自の脱炭素化の課題に対応するために、GEは日本国内のパートナーと協力してガスタービン事業のロードマップ（アンモニア発電のロードマップ）の共同開発に取り組みます。アンモニア発電のロードマップは炭素を含まない燃料としてアンモニアを使用することで、既存のガスタービンと新規のガスタービンでCO₂排出量を削減できます。GEはパートナーとともに市場で調達可能なアンモニアの量に関する先進的な研究を実施し、日本と他の地域でガスタービン発電所を設置するために燃料としてのアンモニアの実現可能性調査を行います。

現在、アンモニアは肥料や化学原料として使用されていますが、最近になって燃料として使用されるようになりました。しかし、日本にはブルーまたはグリーン水素の生産拠点がなく、LNGと同様に海外から水素を輸入せざるを得ません。そこで、アンモニアを水素キャリアとして使用すると、天然ガス発電で直接使用できるカーボンフリーの燃料を効率的かつ低コストで輸送・貯留できます。アンモニアは炭素を含まないため、燃焼の際にCO₂を排出しません。そのため、電力業界のCO₂排出量削減の取り組みを進展させることができるのです。ただし、アンモニアを燃焼するとNO_xが発生するため、その除去装置を追加で設置する必要があります。

「GEはほぼCO₂排出量がないゼロカーボン発電に向けてその技術を進歩し続けており、この過程でひとつの燃料としてのアンモニアの可能性を探りたいと考えています」とGE Gas Power AsiaのCEOであるラメシュ・シンガラム（Ramesh Singaram）は言います。「私たちは国内のパートナーと協力できることを楽しみにしています。ガスタービンのCO₂排出を抑制するという共通の目標に向けて、両社でアンモニアのビジネスロードマップを作成したいと考えています。」

これらの課題に対して、GEはそのビジネス規模の大きさ、幅広い対応力、テクノロジーの先進性を通じて重要な役割を果たすことができる非常に稀有な企業です。GEはその創設以来、電力業界のキープレイヤーとしての役割を果たし、一連の相互補完的なテクノロジー（水素とCCUS機能を使用するガス燃料発電、陸上および洋上風力発電、水力発電、小型モジュール炉、電力貯蔵、ハイブリッドエネルギー、エネルギー転換に必要なグリッドソリューションなど）をお客様に提供しています。

提言

日本における電力の安定供給を確保し、発電分野の効果的かつ迅速なCO2排出削減を達成するため、GEは以下の提言をいたします。

- 第6次エネルギー基本計画及び3年毎の見直しにあたっては、産業界との対話を通じて予見性と実現可能性を念頭に、将来的な投資が確実に実施できるよう明確な方針と工程表を示すこと。
- より迅速にCO2排出量を最大限削減する短期的な施策として、石炭火力発電の着実なフェードアウトおよび環境負荷が低く、より効率の高いガスタービン発電への転換にインセンティブを設けること。
- 再生可能エネルギーの発電所設備の増加のためには、事業所内の発電設備における発電量の安定性を確保するために中・小型のガスタービンの導入が必要であり、そのためには、現在の省エネ法で規制されている発電効率49%以下のガスタービンについて、水素やアンモニアの混焼を条件に例外措置を講ずること。
- 電力システム改革については、容量市場、需給調整市場、非化石取引市場等の整備にあたって現実的な制度設計と迅速な導入を進めること。
- 政府のグリーン・イノベーション基金等を活用し、研究開発や事業開発を促進し、CCUSや水素およびその他の低炭素または無炭素発電技術の導入を進め、安定したエネルギー供給で再生可能エネルギーを補完できるようにすること。
- CO2排出削減のために有効なCCUSの導入に向けて、設備機械導入や投資に対するインセンティブに加え、既存発電所周辺の土地取得に関するインセンティブ（土地の取得に関する税の免除や補助金）を導入すること。
- 再生エネルギーの最大限の導入を可能とする新たなグリッドコード、および安定供給を確保するための地域間連携線の強化を着実に実施すること。
- 日米気候変動パートナーシップに基づき、国内外におけるパリ協定の着実な実施と産業界におけるクリーンエネルギー技術の共同研究、導入を支援すること。



参考資料

1. International Energy Agency, Japan 2021 Energy Policy Review
2. International Energy Agency, 2020 World Energy Outlook
3. GE Publication, Accelerated Growth of Renewables and Gas Power Can Rapidly Change the Trajectory on Climate Change, February 2020, GEA34578
4. GE Publication, Hydrogen as a Fuel for Gas Turbines, March 2021, GEA34979
5. GE Publication, Decarbonizing Gas Turbines Through Carbon Capture, March 2021, GEA34966



www.ge.com/gas-power

© GE, 2021 GEA35056 (09/21)

