

コージェネ価値とその役割

— カーボンニュートラル社会に向けた新たな価値 —

一般財団法人 コージェネレーション・エネルギー高度利用センター理事長／東京工業大学教授

柏 木 孝 夫

1. コージェネレーションとは

「コージェネレーションシステム」(以下「コージェネ」という)とは、発電設備から電気と熱を生産し供給するシステムの総称であり、国内では「コージェネ」あるいは「熱電併給」、海外では、“Combined Heat and Power”(CHP)あるいは“Cogeneration”と呼ばれる。発電と同時に発生する熱を回収するため、極めて高い総合効率が得られる(図-1)。

また、図-2、3のコージェネの累積導入台数・累積導入容量(2021年3月末)が示すように順調に導入が進んでいる。

(1) コージェネの原動機の種類別(図-4)

① ガスエンジン

都市ガス等を燃料とする往復動機関(レシプロエンジン)によって発電する。排熱は温水や蒸気として回収・利用する。近年は高出力・高効率化が進んでおり、電力需要の割合が高い民生用分野のみならず、産業用分野への導入も増えている。

② ガスタービン

燃焼器で生成した高温燃焼ガスによりタービンを回転させ発電する。発電設備の大きさに対して高い出力が得られ、排熱は一般的に蒸気として回収・利用する。

主に熱需要の多い産業用プラントや地域冷暖房等に導入されている。

③ ディーゼルエンジン

ピストンで空気を圧縮し、高温高压となった空気に軽油等の液体燃料を噴射し、自然着火させることで発電に必要な動力を作り出す。熱効率が高く、出力範囲が広い特性がある。非常用発電機として多く使用されているが、常用発電機であるコージェネとしての利用においては、現在大都市圏では、環境規制の対象となるため導入が抑制されている。

④ 燃料電池

水の電気分解の逆の原理で電気を作り出すシステムである。都市ガス等の燃料を改質して取り出した水素と空気中の酸素を化学反応させ発電するが、電気と同時に熱も発生する。家庭用で使用する小容量タイプでも発電効率が高いシステムを構築できる。

⑤ スチームタービン

燃料の燃焼により蒸気を発生させ、その蒸気によってタービンを回転させ発電する。タービンを回転させたのちの蒸気

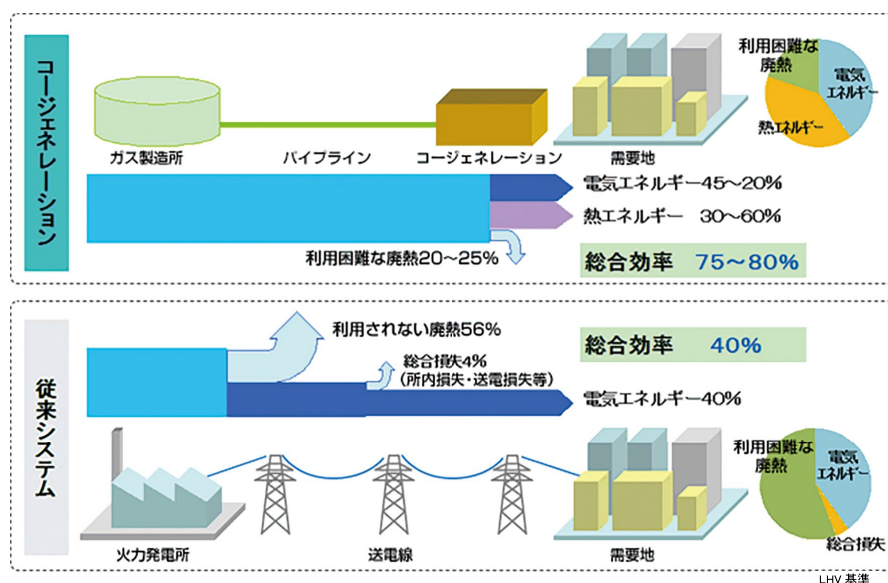


図-1 コージェネの原理

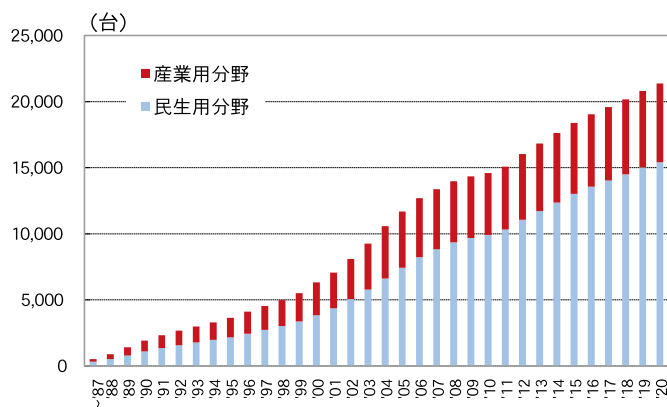


図-2 コージェネの累積導入台数(2021年3月末)

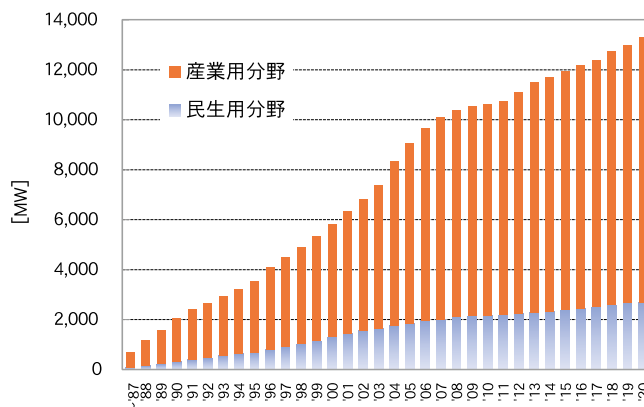


図-3 コージェネの累積導入容量(2021年3月末)

をさらに利用することにより、高効率で運用することができ、欧州では多く導入されている。

2. コージェネの価値

(1) 排熱の利用による省エネルギー・省CO₂

熱用途は国全体の最終エネルギー消費の7割を占め、熱の低炭素化は重要課題である。コージェネは、発電に伴い発生する熱を、温度レベルに応じカスケード利用することでさまざまな用途に高効率で活用でき、エネルギーの低炭素化に大きく貢献する。また、燃料にバイオガスを用いることにより、さらなるCO₂削減に寄与することができる（図-5）。

(2) 自立運転による需要家のレジリエンスの向上

コージェネを導入し、停電時においても運転し、需要家構内の重要負荷に電力を供給すること（自立運転）によりエネルギー供給のレジリエンス（強靱性）に貢献する。これは蓄電池からの電力供給と比較して、停電時における重要負荷への電力や熱の供給を長期にわたり確保できる点でさらなるレジリエンスの向上を図ることができる。また、コージェネに対する燃料の供給信頼度の面でも、都市ガスの中圧ガス導管は地震に強い構造となっている。

(3) 調整力の提供

近年増加の著しい風力や太陽光等の自然変動電源は常に出力が変動するため、電力システムの安定性を保つには、この出力変動を補償する必要がある。コージェネに使用される小型の発電設備は俊敏に出力を調整することができ、この自然変動電源による出力変動を補償することができる。さらに複数の需要家に設置されたコージェネを負荷（デマンドレスポンス）と統合的に制御することで、一つの発電所（VPP:Virtual Power Plant）のように機能させ、自然変動電源による出力変動を補償することによりシステムの安定性を保ち、ひいては再生可能エネルギー導入の導入促進に寄与する（図-6）。

3. コージェネの社会への貢献

(1) 力系統への貢献

①再生可能エネルギー主力電源化への貢献（調整力の提供）

コージェネは、再生可能エネルギー主

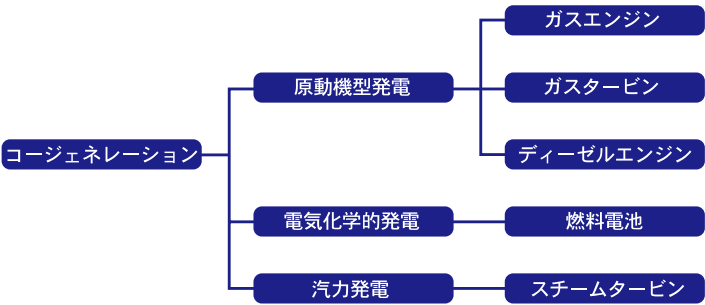


図-4 コージェネの原動機の種類別

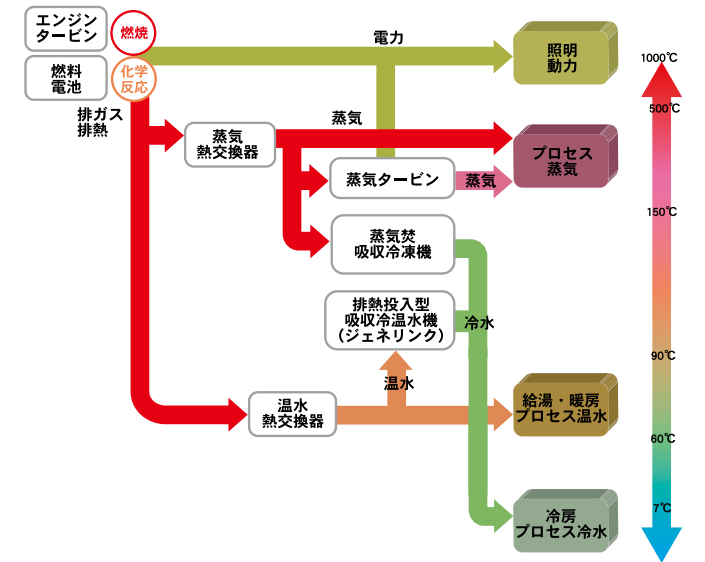


図-5 排熱の利用による省エネルギー・省CO₂

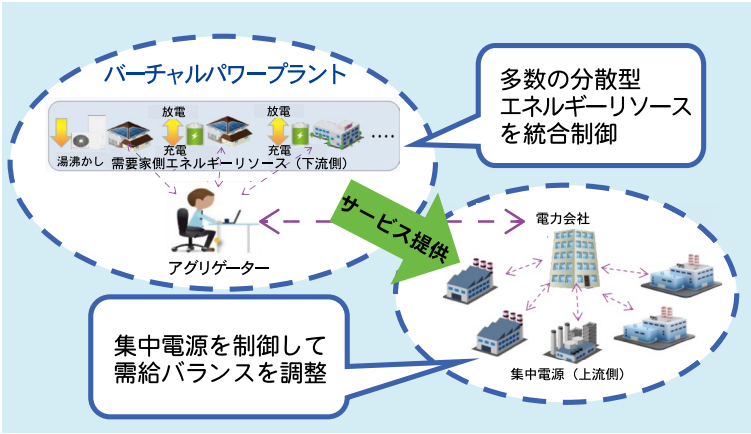


図-6 バーチャルパワープラント

力電源化に向けて、上述のようにシステムの安定性を保つポテンシャルがあり、ひいては再生可能エネルギー導入に貢献するポテンシャルがある。

②電力大消費地設置による潮流改善

今後、再生可能エネルギー電源化が進むにつれ、需要地から離れた地点に導入せざるを得なくなり、送電線への設備投資増大を招く可能性がある。再生可能エネルギー電力需要が多い電力大消費地に設置されるので、送電量の低減に資することができ、電力システムの潮流改善が期待

でき、送電線への設備投資を回避することに資する（図-7）。

(2) 都市開発・地域創生への貢献

大都市を中心に、災害時の機能維持に対するニーズが高まっている。上述の「自立運転による需要家のレジリエンスの向上」をコージェネが設置されたビル内にとどまらず、地域に展開し、近隣地区に自営線や熱導管等を通じて電力と熱を供給することにより、地域全体の防災性が向上し、常時の運用による省エネ性にと

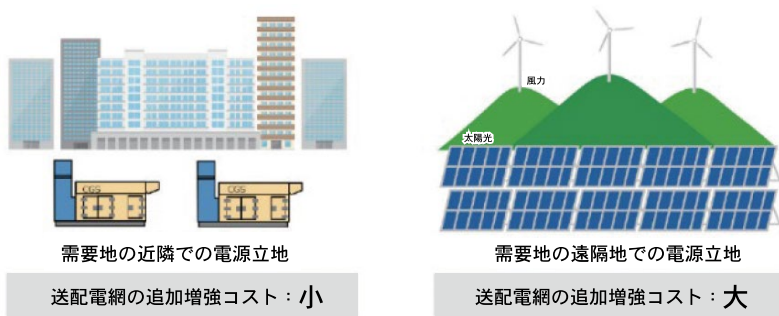


図-7 送電線の追加増強コストの比較

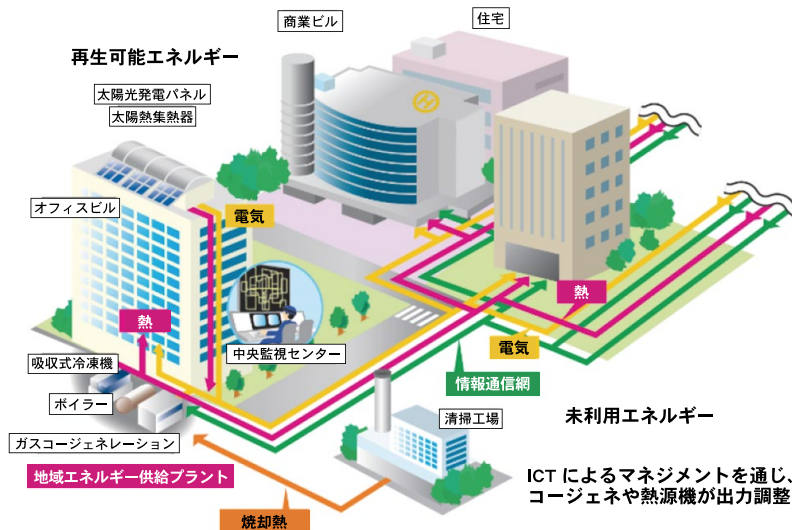


図-8 スマートエネルギーネットワーク

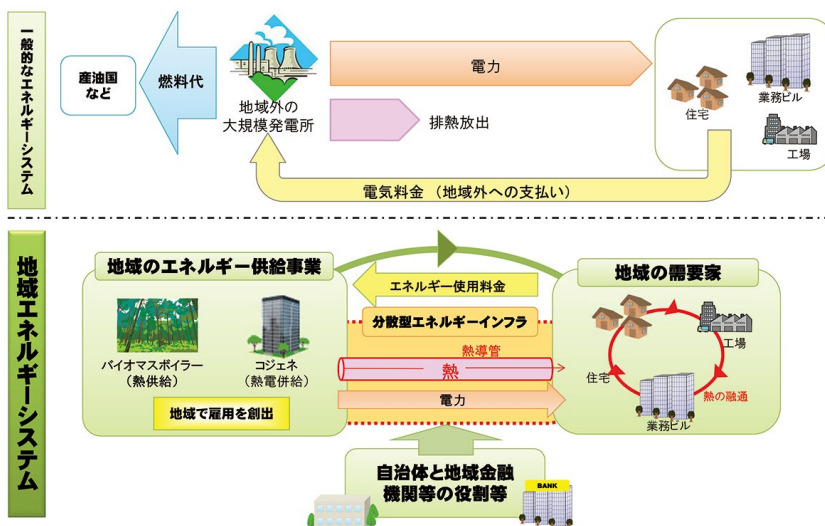


図-9 地域エネルギーシステム

(3)国際協力・パートナーシップの強化

東南アジアなどの国々のエネルギー需要は今後大きく伸長し、エネルギーの輸入大国になると予想されている。環境性、経済性の高いコージェネシステムの導入を含む利用分野にも参画することで、わが国のビジネス展開やアジア各国の環境対策に貢献するとともに、国同士の友好関係構築にもつながる。

(4)SDGsへの貢献

2015年9月に国連総会において「Sustainable Development Goals(SDGs): 持続可能な開発目標」が採択された。SDGsとは、2030年へ向けて、「経済」、「社会」、「環境」の調和ある発展を遂げる上で、解決すべき世界共通の目標を指しており、昨今は投資の指標としても注目されその重要性が増している。

SDGsは17のゴール（目標）とその下位目標である169のターゲットから構成されるが、コージェネのSDGs（持続可能な開発目標）のゴール・ターゲットへの貢献を表-1に示す。

4. カーボンニュートラル(以下CNという)社会に向けたコージェネレーションの新たな役割

(1)CNへのトランジションとしての役割(省エネ性)

日本は「2050年CN」宣言をしており、CN社会の実現に向け、さまざまな分野でのイノベーションを追及していく必要があるが、今後約30年のCNに至るまでの道のり（トランジション）も重要である。すなわち、CNを達成するには徹底した省エネと再生可能エネルギーの導入、そのうえでのCCUS(CO₂の回収、利用、貯留)が重要である。熱需要も含めた総合的な省エネが重要であるトランジションにおいて、コージェネの果たす役割は大きいと言える。

(2)CNへの対応(CN燃料への対応)

・バイオマス・廃棄物燃料の活用

コージェネは、木質バイオマス、廃棄物、下水処理で発生する消化ガス等を燃料とできるものもあり、これらを積極的に活用することにより再生可能エネルギー利用の促進につながる。

・水素の活用

CN燃料として水素が着目されている。

もに不動産価値向上にも貢献する。

さらにコージェネを核として、地域で発生する熱と電気の面的ネットワーク化と再生可能／未利用エネルギーの地産地消、エネルギーマネジメントを組み合わせた「スマートエネルギーネットワーク」を構築することにより、地域単位でエネルギーの最適化が図れる(図-8)。

地域の特性を活かし、自立的に発展す

るための産業として期待されているのが、分散型エネルギーインフラを活用した地域エネルギー事業である。地域の資源を活用して域内で地産地消することで、経済好循環、効率的なエネルギー利用、エネルギーセキュリティの確保などが図られ、産業の創出や雇用の確保が期待される(図-9)。

表－１ コージェネのSDGs（持続可能な開発目標）への貢献

対象となるSDGs		貢献するコージェネ価値							備考
ゴール	ターゲット	①低炭素化	②再生可能	③系統貢献	④強靱化	⑤都市開発	⑥地方創生	⑦海外イワ	
 エネルギーをみんなにそしてクリーンに	7.1 2030年までに、安価かつ信頼できる現代的エネルギーサービスへの普遍的アクセスを確保する。			●		●	●	●	電力系統の安定化に貢献、かつ地震や停電に強いエネルギー供給システムの構築
	7.2 2030年までに、世界のエネルギーミックスにおける再生可能エネルギーの割合を大幅に拡大。		●						再生可能エネルギーを燃料としたコージェネの活用及び自然変動電源に対する調整力としての活用
	7.3 2030年までに、世界全体のエネルギー効率の改善率を倍増させる。	●	●						オンサイト設置熱電併給と再生可能エネルギー利用によるエネルギー消費量削減
	7.b 2030年までに、各々の支援プログラムに沿って開発途上国、特に後発開発途上国及び小島嶼開発途上国、内陸開発途上国の全ての人々に現代的で持続可能なエネルギーサービスを提供できるよう、インフラ拡大と技術向上を行う。							●	海外のエネルギーインフラ構築における活用
 働きがいも経済成長も	8.2 高付加価値セクターや労働集約型セクターに重点を置くことなどにより、多様化、技術向上及びイノベーションを通じた高いレベルの経済生産性を達成する。					●		●	環境や防災に配慮した建物や街区の不動産価値向上と、それに伴う高付加価値産業の集積や事業者間交流を通じたイノベーション創出
	8.3 生産活動や適切な雇用創出、起業、創造性及びイノベーションを支援する開発重視型の政策を促進するとともに、金融サービスへのアクセス改善などを通じて中小零細企業の設立や成長を奨励する。					●	●		環境や防災に配慮した建物や街区の不動産価値向上地域のエネルギー産業創出による地域経済の発展
 産業と技術革新の基盤をつくろう	9.1 全ての人々に安価で公平なアクセスに重点を置いた経済発展と人間の福祉を支援するために、地域・越境インフラを含む質の高い、信頼でき、持続可能かつ強靱（レジリエント）なインフラを開発する。			●	●	●	●	●	電力系統の安定化に貢献、かつ地震や停電に強いエネルギー供給システムの構築
	9.4 2030年までに、資源利用効率の向上とクリーン技術及び環境に配慮した技術・産業プロセスの導入拡大を通じたインフラ改良や産業改善により、持続可能性を向上させる。全ての国々は各国の能力に応じた取組を行う。	●	●	●					省エネルギーなインフラの構築
	9.a アフリカ諸国、後発開発途上国、内陸開発途上国及び小島嶼開発途上国への金融・テクノロジー・技術の支援強化を通じて、開発途上国における持続可能かつ強靱（レジリエント）なインフラ開発を促進する。				●			●	海外のエネルギーインフラ構築における活用
 住み続けられるまちづくりを	11.3 2030年までに、包摂的かつ持続可能な都市化を促進し、全ての国々の参加型、包摂的かつ持続可能な人間居住計画・管理の能力を強化する。					●		●	低炭素で安心なまちづくりや、コンパクトシティ構築に貢献
	11.b 2020年までに、包含、資源効率、気候変動の緩和と適応、災害に対する強靱さ（レジリエンス）を目指す総合的政策及び計画を導入・実施した都市及び人間居住地の件数を大幅に増加させ、仙台防災枠組2015-2030 ^① に沿って、あらゆるレベルでの総合的な災害リスク管理の策定と実施を行う。				●	●	●		電力系統の安定化に貢献、かつ地震や停電に強いエネルギー供給システムを構築
 つくる責任 つかう責任	12.2 2030年までに天然資源の持続可能な管理及び効率的な利用を達成する。		●						再生可能エネルギーを燃料にコージェネを活用
	12.5 2030年までに、廃棄物の発生防止、削減、再生利用及び再利用により、廃棄物の発生を大幅に削減する。		●						廃棄物を燃料としたコージェネを活用
 気候変動に具体的な対策を	13.1 全ての国々において、気候関連災害や自然災害に対する強靱性（レジリエンス）及び適応の能力を強化する。				●			●	地震や停電に強いエネルギー供給システムの構築
	13.2 気候変動対策を国別の政策、戦略及び計画に盛り込む。	●	●			●	●	●	オンサイト熱電併給と再生可能エネルギー利用による化石燃料使用量削減
 陸の豊かさも守ろう	15.2 2020年までに、あらゆる種類の森林の持続可能な経営の実施を促進し、森林減少を阻止し、劣化した森林を回復し、世界全体で新規植林及び再植林を大幅に増加させる。		●				●		林業の副産物を燃料としたコージェネの活用
 パートナリーシップで目標を達成しよう	17.17 さまざまなパートナーシップの経験や資源戦略を基にした、効果的な公的、官民、市民社会のパートナーシップを奨励・推進する。					●	●	●	自治体計画等に反映させ、地元企業や居住者も協力することで、まち全体の低炭素化や地域経済発展に貢献

燃料電池はコージェネとして、水素を有効利用できる重要技術である。また、燃料電池以外の水素利用機器として水素エンジン、水素ガスタービンなどの開発も進められている。

・メタネーション

また、水素を利用し既存の都市ガス（メタン）インフラを活用する方法として、工場等で排出するCO₂を水素と反応させて製造（メタネーション）されたメタン

により、排出量と回収量を相殺する方法がある。