

【Focus】コジェネの導入推進とコジェネ機器の更なる海外展開の可能性**【要約】**

- ◆ エネルギー効率の高いコージェネレーションシステム(以下、「コジェネ」)の導入は、化石燃料の消費量抑制の面で、既存技術の中で即効性のある対応策として期待できる。但し、化石燃料の輸入価格高騰により投資回収は難しく、コジェネの導入量は近年伸び悩んでいる状況にある。
- ◆ コジェネ導入推進に向けては、「余剰電力買取制度(仮称)」等の政策支援によりコジェネの投資回収条件を改善し、設備規模を拡大させることが有効と考えられる。国内のコジェネ設備市場の拡大は、機器メーカーの価格競争力強化に繋がり、我が国の成長戦略に貢献することが期待できる。
- ◆ 制度導入により国民負担が発生することから、政府には、コジェネ導入促進の意義や目指すべき姿の明示等、国民の理解を得る取組みが求められる。一方、産業界においては、コスト低減に向けた一層の努力や、海外市場への更なる展開に向けた取組みが求められる。コジェネ導入を推進しその効果を実現するには、政官民がビジョンを共有し、各々の役割を果たすことが必要といえる。

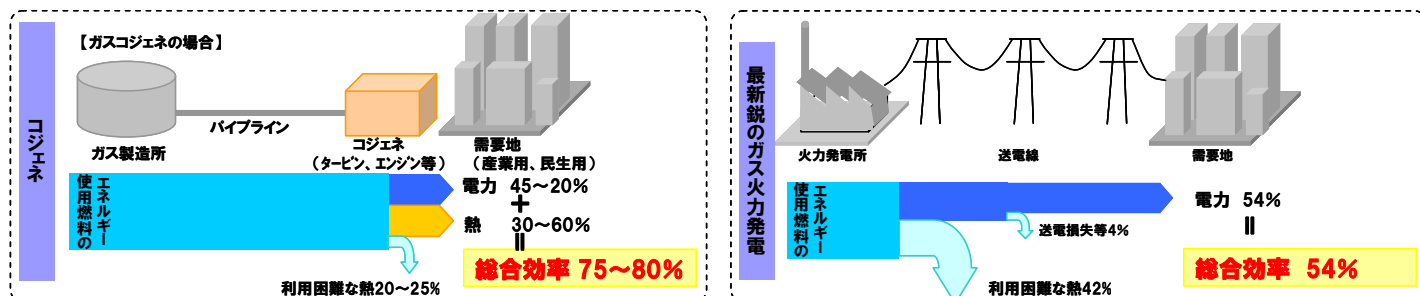
1. コジェネの導入推進による化石燃料消費量の抑制

本論では、エネルギー政策の基本精神である 3E+S (安定性 (Energy Security)、経済性 (Economic Efficiency)、環境問題への対応 (Environment)、安全性 (Safety)) を踏まえつつ、主に産業育成及び産業競争力維持・強化等の観点から、今後のエネルギー政策において必要になるであろう取組みとして、火力発電の高効率化、再生可能エネルギー及び省エネルギーの更なる推進などの新たな技術を中心に検討を行った。他方、これらの取組みは、導入に長期間を要するものも多く、効果の顕在化には一定の時間を経る必要があることから、本稿では既存技術で即効性のある対応策について検討を行いたい。

既存技術で即効性のある対応策としては、コジェネの導入推進が有効

その対応策の一つとして、コージェネレーションシステム(以下「コジェネ」)の導入推進が挙げられる。コジェネは、天然ガス、石油、LPG 等の化石燃料から、電力と熱を生産し供給するシステムの総称である。エンジン、タービン等の発電機により発電するタイプと、電気化学反応により発電する燃料電池のタイプに大別される。コジェネは、発電により生じる熱を有効利用することから、エネルギーの総合効率が高い(【図表 1】)。本編では、二次エネルギーの供給サイドの取組みとして、火力発電設備の高効率化を取り上げたが、コジェネはこれと同様の効果がある。また、エネルギーの効率的利用により、化石燃料の消費量を抑制することから、広義の省エネルギーともいえる。コジェネの導入推進は、化石燃料消費量の抑制、エネルギー自給率向上、環境負荷の低減に資するものであり、3E+S の全てに貢献する施策といえよう。

【図表1】コジェネのイメージとエネルギー効率



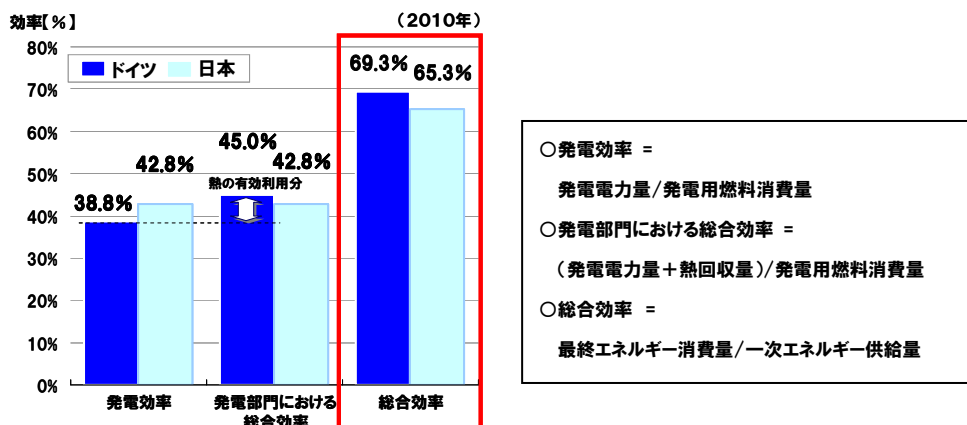
(出所) 経済産業省資料等より、みずほ銀行産業調査部作成

コジェネは、我が国においては、産業用、業務用のボイラー代替として導入され、普及して 30 年が経過し技術は確立しており、三菱重工業、日立製作所、川崎重工業等の機器メーカーが既に存在している。また、燃料のサプライヤーである都市ガス会社等もコジェネの販売を担っている。コジェネ導入の判断はユーザーである需要家が経済合理性を基に決定するものであるが、国内大手機器メーカー、都市ガス会社等の連携により、機器の生産拡大、拡販への対応は可能であり、コジェネ導入推進に向けたサプライヤーサイドの体制は整っているといえる。

ドイツは、コジェネ導入による熱の有効利用により、エネルギーの総合効率は日本より優位

コジェネの導入が進展している国として、ドイツの例を取り上げたい。火力発電の設備容量に占めるコジェネの割合を見ると、我が国の 5.2%に対し、ドイツは 29.1%に達している。エネルギー効率を比較すると、我が国では火力発電の高効率化により 42.8%と世界最高の発電効率を達成しているが、ドイツは発電部門においてコジェネ活用により熱を有効利用することで、発電部門における総合効率では45.0%と我が国を上回る（【図表2】）。発電部門の転換ロスを低下させることで、ドイツは国全体のエネルギー総合効率（最終エネルギー消費／一次エネルギー供給量）を向上させることに成功しており、我が国よりも優位な状況にある（ドイツ 69.3%、日本 65.3%）。

【図表2】日独のエネルギー効率比較



(出所) IEA 資料等よりみずほ銀行産業調査部作成

ドイツは、コジェネによる熱の有効利用を 19 世紀後半より進めている

では、何故ドイツではコジェネの導入が進展しているのであろうか。まず、環境面を見てみると、ドイツの首都ベルリンの冬季の平均気温は約 2℃と低く、ド

ドイツの暖房用エネルギー消費量は大きい(【図表 3】)。ドイツにおけるコジェネの歴史は長く、19 世紀後半には暖房に発電部門の熱を利用すべく世界に先駆けてコジェネを導入している。また、オイルショック後は、省エネルギー・エネルギーの有効利用・エネルギー安全保障の観点からコジェネによる地域熱供給を重点施策に指定し、公共事業として熱パイプライン等環境面の整備を進めてきたという歴史的な背景がある。

【図表 3】 コジェネの導入状況

	ドイツ	日本
家庭用暖房エネルギー消費量	ベルリン：58GJ/世帯	東京：12GJ/世帯
コジェネ導入開始	19世紀後半	1980年前後
家庭部門の地域熱供給普及率	13.0%	0.1%
熱パイプライン総延長	19,538km	736km
火力発電の設備容量に占めるコジェネの比率	29.1%	5.2%

(出所) 経済産業省、IEA 資料、住環境計画研究所「家庭用エネルギーハンドブック」等より、みずほ銀行産業調査部作成

日本では、ボイラーからの切替で、1980 年代前後からコジェネが普及

一方、日本の環境面を見てみると、東京の冬季の平均気温はドイツと比べ高く、暖房用エネルギー消費量は小さい。我が国のコジェネの導入は、1980 年前後からであり、ドイツのように広く家庭向けに供給する用途よりも、ボイラーで熱を製造し利用していた製造業等の産業部門の需要家、病院・商業施設等の民生部門の需要家がボイラーをコジェネに切り替えることで進展してきた。従って、コジェネ機器は熱の需要地に隣接して設置されるに留まっており、熱パイプラインの整備は限定的となっている。

ドイツと日本では、コジェネ導入推進に関する政策面での違いもあり

環境面での違いはあるものの、ドイツのコジェネ導入が進んでいる理由としては、政策面の違いも挙げられるだろう。ドイツは、設備導入時の補助金交付、税制優遇に加え、我が国では実施されていない電力買取制度の導入と熱パイプライン整備への補助金交付も行っている(【図表 4】)。

【図表 4】 日独のコジェネ導入に関する制度

	ドイツ	日本
設備導入補助	○	○
税制優遇	○	○
電力買取制度	○	×
熱パイプライン整備補助	○	×

(出所) みずほ銀行産業調査部

我が国では家庭用の暖房エネルギー消費量はドイツと比べ小さいものの、コジェネ導入ポテンシャルについては、震災後エネルギー政策を議論するために設置された総合資源エネルギー調査会(経済産業省の諮問機関)基本問題委員会にて 2030 年度の産業用、業務用のコジェネ発電の想定導入量として 2010 年度のコジェネ発電量の 3 倍超である 1,300 億 kWh/年が 2012 年 9 月に示されており、主にコジェネ機器を熱需要地に隣接して設置する方法でも、導入拡大余地はあるものと考えられる。仮に 1,300 億 kWh/年までコジェネの導入量が拡大した場合、熱の有効利用により我が国のエネルギー総合効率は約 1.3%向上し、天然ガス(LNG)輸入量を約 900 万 t 抑制できる。現

状の燃料価格を前提とすれば、貿易収支は約 6,400 億円改善することが可能である。我が国の貿易収支は、化石燃料輸入量の増加と価格上昇を主因として赤字基調が定着しつつある状況にあることから、コジェネを導入推進する意義はあるといえる。日本とドイツでは環境面の違いがあるものの、エネルギー効率の向上・化石燃料の輸入量抑制を図るべく、我が国でもコジェネ導入について積極的に取り組んでいくべきだろう。

本稿では、即効性のある施策として、技術が確立している産業用、業務用のコジェネに絞り、導入状況と現状の課題、経済性の観点から見た導入推進の可能性、コジェネ機器の産業競争力強化と海外展開の可能性に焦点を当てて、検討する。

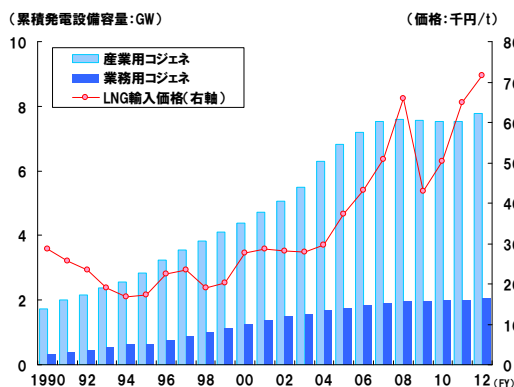
尚、家庭用コジェネである燃料電池については、中長期的な普及拡大が期待されているものの、現状の設備規模は限定的であり（累積発電設備容量（2012 年）：産業用・業務用機器 9,852MW、家庭用燃料電池 27MW）、更なる性能向上、小型化等の技術面で克服すべき課題がある。よって、家庭用の燃料電池については本稿の検討の対象外とする。

2. 産業用、業務用コジェネの現状と課題

コジェネ導入量は、燃料価格の上昇により、近年伸び悩んでいる

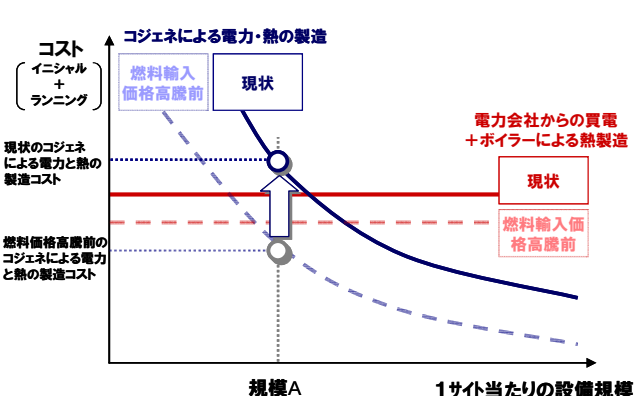
我が国のコジェネの導入量は、化石燃料の輸入価格高騰によるランニングコストの上昇が大きく影響し、産業用、業務用ともに近年伸び悩んでいる（【図表 5】）。足許、コジェネによる電力・熱の製造コストは増加し、電力会社からの買電とボイラーによる熱製造の総コストを上回っており、コジェネの投資回収は困難な状況になっている（【図表 6】）。

【図表 5】コジェネの導入状況



（出所）経済産業省資料等より、みずほ銀行産業調査部作成

【図表 6】コジェネの投資回収条件の変化



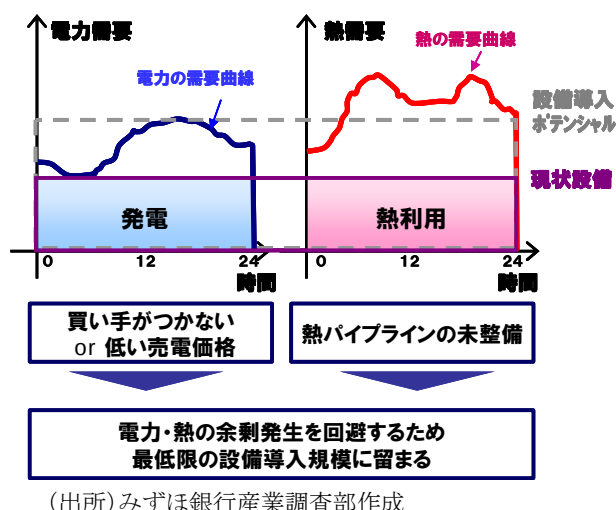
（出所）みずほ銀行産業調査部作成

コジェネの設備規模は、電力・熱の余剰を回避するため、最低限の規模に留まっている。コジェネの投資回収が困難な原因になっている

また、現状、コジェネの設備規模は、電力・熱の余剰発生を回避するため、最低限の規模に留まっている（【図表 7】）。余剰電力については、数量が小さく一定でないことから、安定的で纏まった量の電力を求める買い手のニーズと合わず、売電が成立しにくい状況にある。仮に取引が成立しても売電価格は低いことから、売電によってコスト回収は難しい。また、余剰熱については、熱パイプラインが未整備であるため、廃棄するしかない。ゆえに、需要家は、コジェネの設備規模を余剰電力・熱の発生を回避する最低限に留めざるを得ず、

コジェネによる電力・熱の製造コストは高い水準になってしまい、コジェネの投資回収が困難になる原因となっている。

【図表7】コジェネの設備規模の現状

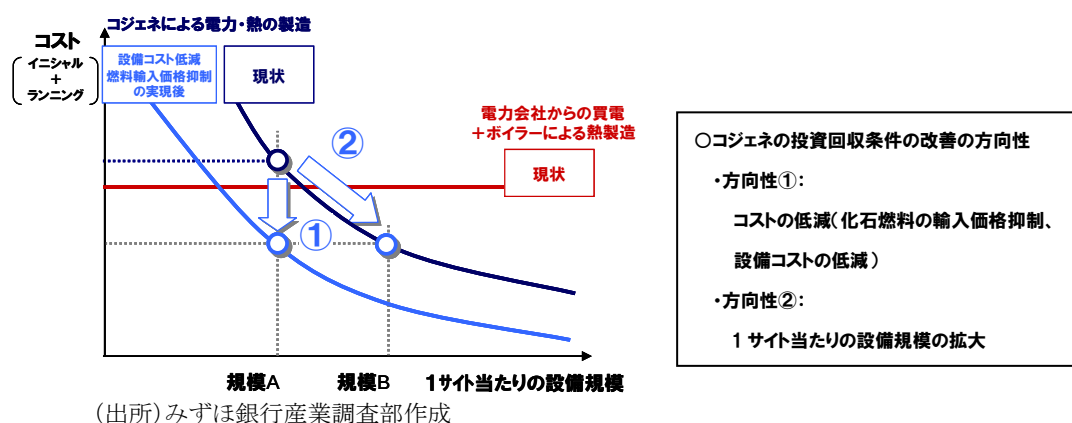


3. コジェネの投資回収条件の改善の方向性

投資回収条件を改善する方向性としては、①コストの低減と、②1 サイト当たりの設備規模の拡大

コジェネの導入を拡大するには、コジェネによる電力・熱の製造コストを低下させ、コジェネの投資回収条件を改善させる必要がある。改善の方向性としては、①コストの低減(化石燃料の輸入価格抑制・設備コストの低減)、②1 サイト当たりの設備規模の拡大、が挙げられる(【図表8】)。

【図表8】コジェネの投資回収条件の改善の方向性



米国からの天然ガス輸入により、燃料輸入価格の抑制も。設備コストの低減には、市場の拡大が必要

化石燃料の輸入価格抑制については、本論で述べたとおり、既に都市ガス会社等が、コジェネの主な燃料である天然ガスについて、従来の原油価格リンクから米国天然ガス価格リンクとする取引に着手している。2017年以降、米国天然ガス価格リンクのLNGが日本に輸入される見込みであり、現状の燃料価格、為替水準が継続すれば、燃料輸入価格を抑制することが可能である。

設備コストの低減については、市場が相応に拡大し、機器メーカー各社が一定程度の基数を製造することで、量産効果により機器の単価を下げるのが最も有効であると考えられる。但し、コジェネ導入量が伸び悩んでいる現状では、量産効果によるコスト低減は期待しにくいといえよう。

余剰電力・熱の経済性を担保できれば、コジェネの設備規模は拡大し、投資回収条件の改善が可能

コジェネの設備規模は、前述の通り、余剰電力・熱の発生を回避するため、現状は最低限の規模に留まっている。余剰電力・熱の経済性を担保する制度導入や環境整備を行えば、自ずとコジェネの設備規模の拡大は進み、コジェネによる電力・熱の製造コストが下がることが期待され、コジェネの投資回収条件は改善するであろう。

4. コジェネ導入推進に向けた具体策

導入施策としては、電力買取制度の導入と熱パイプライン整備への補助があり

コジェネの投資回収条件を改善し、コジェネの導入推進を図る具体策としては、電力買取制度の導入と熱パイプライン整備への補助が挙げられる。前述の通り、ドイツでは政策支援策として既に導入されており、我が国でもコジェネの導入推進を図る際、政府には両制度の検討が求められるだろう。

電力買取制度は、即効性があり、足許の取組みとしては現実的

両制度のうち、電力買取制度の導入は、電力インフラが整備済のため、即効性があり、追加コストも限定的であることから、足許の取組みとして現実的である。余剰電力の売買を確実にし、経済性を担保できる買取価格を設定することで、コジェネの投資妙味を発生させ、導入を推進できるだろう。まずは、余剰電力買取制度（仮称）の導入により、機器を主に電力と熱の需要地に隣接して設置する方法のコジェネの導入を進め、我が国のエネルギー総合効率の向上・化石燃料の輸入量抑制効果が顕在化した後に、整備に時間とコストを要する熱パイプラインへの対応について検討を行うのがよいだろう。

買取価格の設定には工夫が必要

電力買取制度としては、再生可能エネルギーに導入されている固定価格買取制度があるが、コジェネに同制度を導入することに異論は多い。主な理由としては、普及状況の違いが挙げられる。再生可能エネルギーは、普及の初期段階にあり、導入を推進するドライバーが必要な状況にある。固定価格買取制度は、買取価格を高く設定することで再生可能エネルギーの事業採算性を確保し、新たな技術への投資を呼び込む施策として導入された。一方、コジェネは、国内で導入されてから 30 年が経ち、既に相応に普及しており、状況は大きく異なる。

仮に、コジェネに固定価格買取制度を導入し買取価格を高く設定した場合、需要家は、コジェネによる電力の製造を増加させ、余剰電力の販売によりコジェネのコスト回収を図る一方、利用機会のない余剰熱を大量に製造し、廃棄してしまう。結果、我が国のエネルギー総合効率は悪化し、化石燃料消費量は増加してしまい、コジェネ導入の本来の目的を果せないことになる。一方、買取価格を低く設定すると、余剰電力は販売できるもののコスト回収ができないため、コジェネの導入は進まない。従って、コジェネについては、再生可能エネルギーに対する制度設計とは異なる方法で買取価格を設定する必要がある。

買取価格については、ガス火力発電の発電単価に連動するフォーミュラが有効

余剰電力の買取価格の設定方法としては、ガス火力発電の発電単価に連動するフォーミュラを採用する方法が考えられる。コジェネの主な燃料は天然ガ

スであり、同じ化石燃料を使用するガス火力発電の発電単価を参照することが適切である。ガス火力発電の発電単価に連動させることで、燃料輸入価格の変動を反映しつつ、コジェネの余剰電力販売の経済性を担保し、投資回収条件を改善させることができる。

当該買取価格フォーミュラの設定により、メーカーの設備コスト低減インセンティブを誘因することが可能

また、ガス火力発電は、最新鋭の高効率発電設備の導入により、現状の燃料価格を前提とすれば、平均の発電単価は今後低下していく見通しであることから、コジェネは、発電単価を低下させ電源としての価格競争力を高めていく必要がある。買取価格フォーミュラにガス火力発電の発電単価を参照しコジェネとガス火力発電を直接競わせることで、コジェネのコスト低減インセンティブを誘引することができるだろう。設備コストの低減が進めば、コジェネの投資回収条件を更に改善でき、導入を一段と推進していくことができる。

当該買取価格フォーミュラの設定により、国民負担の軽減が可能

尚、当該買取価格フォーミュラの設定によるコジェネの余剰電力買取制度（仮称）の導入は、国民負担が発生するものの、再生可能エネルギーで導入されている固定買取制度と比べて、負担額を軽減することが可能である。コジェネの余剰電力の買取価格は石炭火力発電等のベース電源の発電単価より高くなることから、電気料金の一部上昇（国民負担）に繋がる（参考：コスト等検証委員会が算定した発電単価（2010年）：石炭火力発電 9.5 円/kWh、ガス火力発電 10.7 円/kWh、石油火力発電 22.1 円/kWh）。但し、ガス火力発電の発電単価での買取による上昇分は限定的であり、買取対象を余剰電力に限定させることで、国民負担を抑制することが可能である。また、買取価格をガス火力発電の発電単価に連動させることで、固定価格買取制度のように買取価格を 1 年毎に改定するのではなく、燃料輸入価格の変動を買取価格に適宜反映することができ、米国天然ガス価格リンクの LNG 輸入により燃料輸入価格が抑制できた場合には、これを適宜反映し買取価格を低下させることが可能である。加えて、前述の通り、ガス火力発電は高効率発電設備の導入により発電単価の低下が見込まれることから、ガス火力発電の発電単価と連動させることで、買取価格を低下させていくことができる。以上から、一旦は一定程度の国民負担が発生するものの、負担額の軽減を図っていくことができる。

5. コジェネの更なる海外展開の可能性

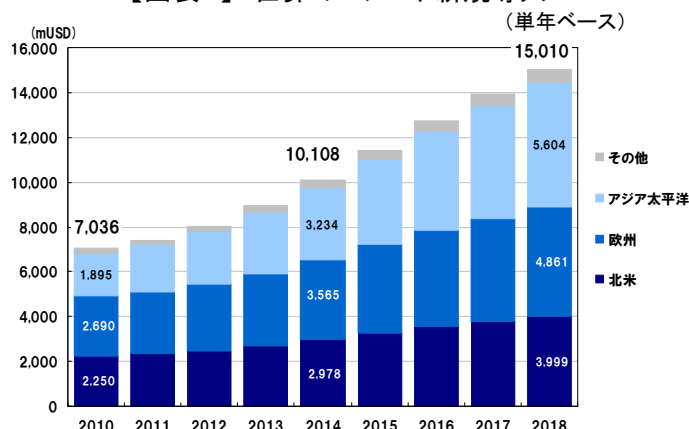
コスト競争力強化により、海外市場の更なる展開も

国内のコジェネ設備市場の拡大により機器メーカーの国際競争力を強化できれば、海外市場への更なる展開も可能となり、延いては我が国の成長戦略に貢献することが期待できよう。

世界のコジェネ設備市場は 2018 年約 1 兆 5,000 億円に

世界のコジェネ設備の市場規模は 2010 年時点で約 7,000 億円程度であるが、今後 2018 年には約 1 兆 5,000 億円と、年平均約 10% の成長が予測されている（【図表 9】）。欧州を中心とした先進国ではエネルギー総合効率の高さから、アジアを中心とした新興国では不安定な電力供給に対する分散電源の整備から、コジェネ設備市場の拡大が期待されている。

【図表9】 世界のコジェネ新規導入

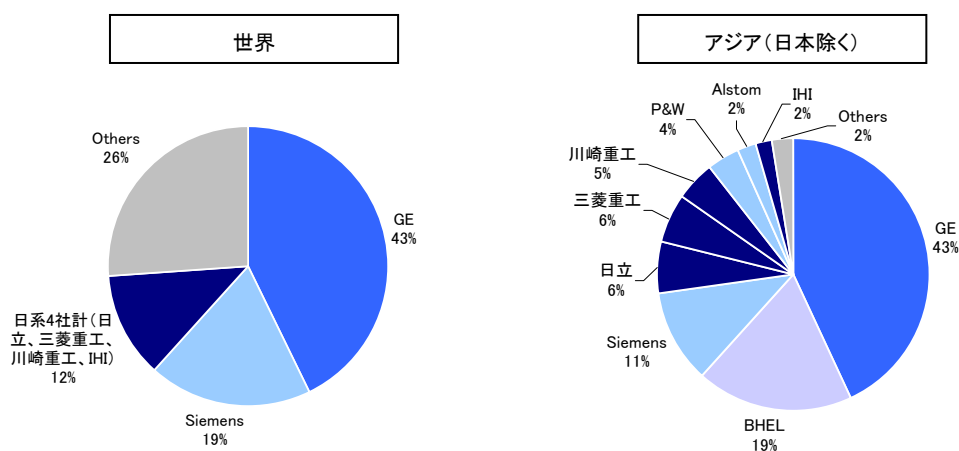


(出所) Global Industry Analysis「COGENERATION EQUIPMENT」よりみずほ銀行産業調査部作成

欧米機器メーカー
が高いシェアを確保

しかし、例えばコジェネの主要機器の1つであるガスタービンの世界シェアを見ると、GE(米)、Siemens(独)の欧米プレイヤー2社で約6割のシェアを持ち、日系機器メーカーのシェアは約1割に留まる。また、日本を除くアジア地域でのシェアでも同様にGEとSiemensの2社でシェアの過半を占めており、日系機器メーカーのシェアは約2割である(【図表10】)。

【図表10】 コジェネ向けガスタービンシェア (2001年～2010年累積ベース)



(出所) McCoy Power Report よりみずほ銀行産業調査部作成

価格競争力の強化
が最重要

日系機器メーカーの海外強化に向けては、価格競争力の強化が最も重要と考えられる。GEは日系4社合計生産数量の3倍超の数量を1社で製造しており、大量に生産することで生産コストを下げ、更なる拡販に繋げるという好循環を生みだしている。2012年9月の基本問題委員会で目標とされた2030年度のコジェネ発電量1,300億kWh/年を実現するには、2012年度納入実績の約2倍のコジェネ設備を毎年設置することになる。量産により、日系機器メーカーは、機器の単価を低減することが可能になるであろう。

また、機器単品のコストのみならず、コジェネ設備のシステム設計から設置の業務等、周辺分野にかかるコストにも抑制余地がある。国内では、需要家ごとに設置環境が異なっていることから、システム設計を個々にカスタマイズしな

がら需要家の要望に細かく対応しているが、よりコストを重視する海外需要家に対しては、コジェネ設備のシステムをパッケージ化し、システムとして量産することも、低コスト化のために有効であろう。

技術開発によって総合効率を高めることで燃料費を削減する取組みも続けられている。ガスタービンは入口温度を高めることによる発電効率の向上が高効率化の柱であり、発電用大型ガスタービンでは入口温度 1,600℃の高温化が達成されているが、小型化するほど摩擦や漏れによる損失が増加するとともに高温部の冷却構造を複雑化しにくくなることから、高効率化が技術的に困難となる。それでもメーカーの技術開発により 70～80MW クラスのガスタービンで発電効率 30%超を達成し、総合効率では 90%超も視野に入っている。但し、高効率化には相応の開発コストが必要となる為、メーカーの技術開発を促す観点からも、魅力的な市場の創出は重要といえる。

6. おわりに

余剰電力買取制度（仮称）は、導入推進と設備コストの低減の好循環を生むドライバーとなりえる

コジェネの導入推進は、政官民でビジョンを共有し、役割を果たすことが必要

エネルギー効率の高いコジェネの導入は、化石燃料の消費量抑制の面で、既存技術の中で即効性のある対応策として有効であり、我が国の成長戦略に貢献することも期待できる。コジェネ導入推進に向けた現実的な政策としては、余剰電力買取制度（仮称）の導入が挙げられる。同制度の導入は、コジェネの投資回収条件の改善に繋がり、導入推進と設備コスト低減の好循環を生むドライバーとなりえるだろう。

但し、余剰電力買取制度（仮称）を導入することで国民負担が発生することから、国民の理解が必要不可欠である。政府には、導入推進の意義や導入により目指すべき姿を明確に示す等、本論の施策と同様に、国民の理解を得る取組みが求められよう。一方、産業界においては、燃料のサプライヤーである都市ガス会社等には、燃料輸入価格を抑制していくことが求められ、機器メーカーには、設備コストの低減努力の継続に加え、海外市場への更なる展開に向けた取組みが求められよう。コジェネ導入を推進しその効果を実現するには、政官民がビジョンを共有し、取組んでいくことが必要といえる。

（資源・エネルギーチーム 岡部 洋明／田島 裕太）
hiroaki.okabe@mizuho-cb.co.jp

（電機・IT・通信チーム 大野 真紀子）
makiko.ohno@mizuho-cb.co.jp