

ガスタービンコンバインドサイクルプラントの高効率化への取組み

Development of High Efficiency Gas Turbine Combined Cycle Power Plant



石川 雅 雄*¹
Masao Ishikawa

寺 内 方 志*²
Masashi Terauchi

小 森 豊 明*³
Toyoaki Komori

安 良 岡 淳*⁴
Jun Yasuraoka

地球温暖化防止に対する二酸化炭素ガス (CO₂) の削減が、発電用プラントに課せられた大きな課題となっている。全 CO₂ 排出量の 1/3 を占める発電用プラントは、その効率向上により、排出量の低減に大きく貢献する。ここでは、発電プラントの中でもガスタービンコンバインドサイクルプラントに焦点を当て、その高効率化への取組みについて紹介する。

1. はじめに

地球温暖化防止に対する二酸化炭素ガス (CO₂) の削減については、その方法として、CO₂ 排出量自体の削減と CO₂ の回収に区別される。

CO₂ 回収はこの 1~2 年の間に、石油コークスをガス化し、シフト反応させ CO₂ を分離、水素ガスタービンコンバインドサイクルと EOR (Enhanced Oil Recovery) を組み合わせた検討が行われている。

一方で現在 CO₂ 排出量の 1/3 が発電によるものである事は既知のとおりであるが、発電プラントの場合、高性能ガスタービンを採用した高効率ガスタービンコンバインドサイクルプラント導入による熱効率の向上が CO₂ 排出量低減にダイレクトに結びつき、当面、CO₂ 削減手段としては有効である。

ここでは CO₂ 排出量削減に対する取組みとして、ガスタービンコンバインドサイクルプラントの高効率化に対する今後の展望について述べる。

2. コンバインドサイクルプラントの熱効率及び CO₂ 削減の推移

火力発電はボイラ、蒸気タービンと組み合わせた従来型火力とガスタービンによる直接発電とその排出ガスの熱回収により得られた高温の蒸気による蒸気タービンを組み合わせたコンバインドサイクル方式に大別できる。

従来型火力に対し、コンバインドサイクルの我が国における発電用としての本格的な採用は、1984 年の東北電力 (株) 東新潟 3 号系列発電所であり、ここではタービン入口温度 1100℃ 級の D 形ガスタービンを採用した。

その後のガスタービンのタービン入口温度の上昇とともに、1300℃ 級の F 形ガスタービンを経て現在タービン入口温度 1500℃ 級の G 形ガスタービン (図 1) を開発した。最新鋭 G 形ガスタービンコンバインドプラントでは、59% (LHV 基準, HHV 基準にて 53% 超) を超える効率となっている。これらコンバインドサイ



図 1 G 形コンバインドサイクルプラント
東北電力(株)東新潟火力発電所第 4-2 号系列。

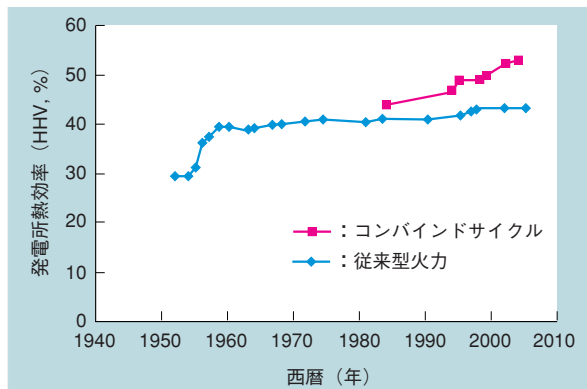


図 2 従来型火力とコンバインドサイクルの発電効率推移
出典：特集火力発電所の熱効率向上 “3. ガスタービン” 火力原子力発電 Vol.54 No.10 (2003) p.1176

*¹ 原動機事業本部ガスタービンコンバインドプラント計画部長

*² 原動機事業本部ガスタービンコンバインドプラント計画部プラント計画課長

*³ 原動機事業本部ガスタービンコンバインドプラント計画部ガスタービン計画課長

*⁴ 原動機事業本部ガスタービンコンバインドプラント計画部ガスタービン計画課

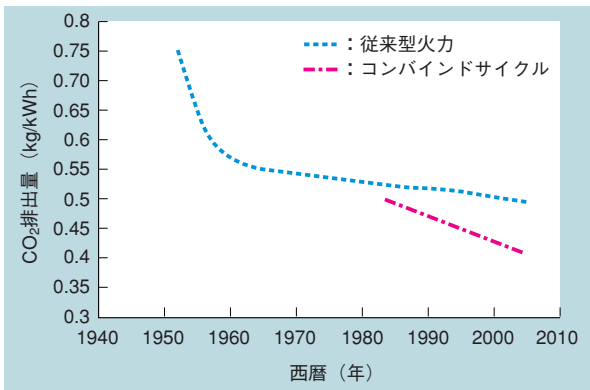


図3 CO₂ 排出量削減の推移
従来型火力/コンバインドサイクルとも全て天然ガス焚きに換算した場合のCO₂ 排出量を示す。

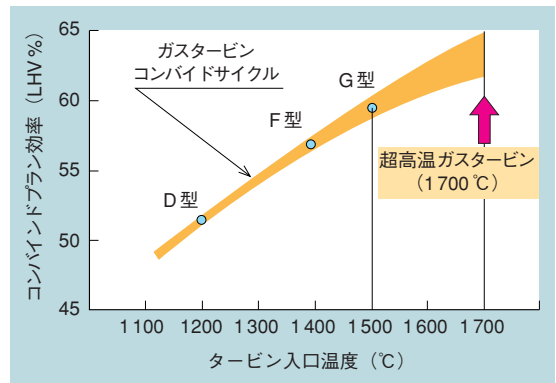


図4 タービン入口温度とコンバインド効率

クルと従来型火力の発電効率推移を図2に示す。

また、この効率の上昇による kWh 当たりの CO₂ 排出量削減の推移を図3に示す。

1950年以降一貫して排出量は低減しているが、従来型火力では効率上昇の鈍化に伴い、排出量はあまり減少していない。

それに対しコンバインドサイクルでは熱効率の大幅な向上により、CO₂ 排出量の減少度合いが大きく、今後も更なる効率の向上による排出量の低減が期待できるといえる。

3. 1700℃級高効率ガスタービンの概要

先に述べたとおりコンバインドサイクルプラント効率向上のためには、サイクル温度の上昇が必要である。

図4にサイクル最高温度（ガスタービン入口温度）とコンバインドサイクルプラント熱効率の関係を示

す。

従来のF形、及び最新鋭のG形の1500℃級より更にタービン入口温度を上昇させた1700℃級ガスタービンを採用したコンバインドサイクルプラントでは、熱効率は62%～65%（LHV基準）となり、従来のコンバインドサイクルプラント熱効率に比較し、かなりの熱効率の向上が見込まれる。

図5に1700℃級ガスタービンの開発コンセプトを示す。

当社は国家プロジェクトである1700℃級ガスタービンの開発に参画しており、この1700℃級ガスタービンでは、6つの要素技術（燃焼器、冷却、耐熱材料、熱遮蔽コーティング、タービン空力、圧縮機空力）開発が必須となる。

最新の1500℃級ガスタービンに比べはるかに厳しい1700℃級ガスタービンの実現に向け、高性能圧縮機、1700℃に対応する低NO_x燃焼器、タービンの

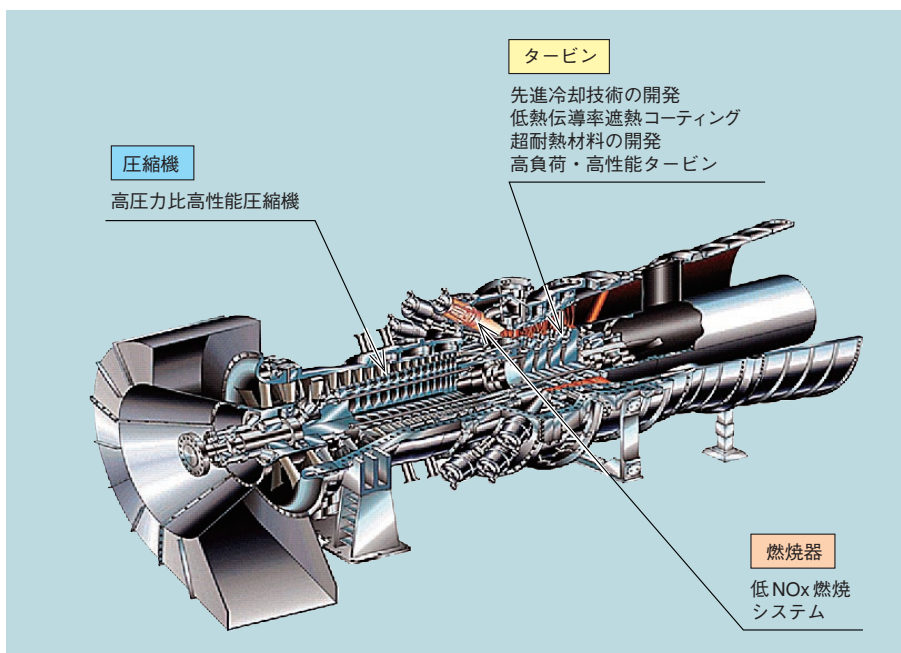


図5 1700℃級ガスタービンの開発コンセプト

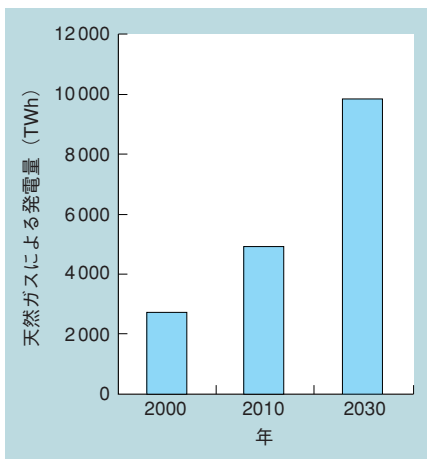


図6 天然ガスによる発電量予想
出典：IEA World Energy Outlook

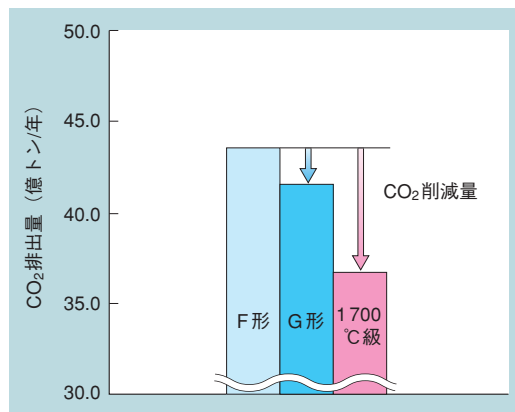


図7 天然ガス燃焼コンバインドサイクル発電によるCO₂排出量予想
10 000 TWh 当たりの排出量を示す。

開発を実施中である。

4. 高効率ガスタービンコンバインドサイクルプラントによるCO₂削減

2000年の全世界における総発電量は、15 000 T (テラ) Wh, また2010年の全世界における総発電量は、約20 000 TWh, 2030年には30 000 TWhを超えると予想されている。

この内、発電設備の主燃料である天然ガスによる発電量は2010年で5 000 TWh, 2030年には約10 000 TWhと予想され、2030年にはほぼ倍増する(図6)。

仮に2030年(10 000 TWh分)の天然ガス燃焼発電所からのCO₂排出量を全てG形または1700℃級の高効率ガスタービンコンバインドサイクルプラントにて発電所を計画したとすると、従来のF形に比べ、その効率差による燃料量の低減により、2030年ではG形で2億トン、1700℃級では約5-7億トンの削減となる(図7)。

これは現在の日本の年間CO₂排出量が約13億トンであることを考えると大きな削減効果という事が出来る。

このように高効率ガスタービンコンバインドサイクルプラントによるCO₂削減効果は大きく、CO₂回収及び貯留設備の具現化に先立ち、その役目は重要と考えられる。

5. ま と め

当社のD形、F形、G形ガスタービンを主体とし

たガスタービンコンバインドサイクルプラント発電設備は、現在、多数の運転実績があり、また今後建設予定の発電設備も国内外に多数ある。この新しい技術開発/導入によりエネルギーの有効利用や地球環境対策の要求に応え、社会に大いに貢献できると考える。今後も当社はこの分野で先駆的な役割を果たすべく、より一層の技術開発に努める所存である。

参 考 文 献

- (1) 岩崎洋一ほか、高効率ガスタービンの運転実績と今後の開発動向、三菱重工技報 Vol.44 No.4 (2007)
- (2) 岡田郁生ほか、1700℃級ガスタービンの要素技術の開発、三菱重工技報 Vol.44 No.1 (2007)



石川雅雄



寺内方志



小森豊明



安良岡淳