

# 超臨界 CO<sub>2</sub> ガスタービン発電システムの開発について

## － 発電出力の取り出しに成功、実用化に大きく前進 －

平成 23 年 5 月 19 日  
財団法人エネルギー総合工学研究所  
熱技術開発株式会社

(財)エネルギー総合工学研究所\*、熱技術開発(株)\*\*、東京工業大学、東京大学の研究グループは、超臨界 CO<sub>2</sub> を用いたガスタービン発電システムを開発し、小規模装置において発電出力を取り出すことに成功しました。(\*理事長：白玉良一、\*\*社長：高松忠彦)

超臨界 CO<sub>2</sub> ガスタービンは、超臨界状態の CO<sub>2</sub> を 80～200 気圧程度、35～600℃程度の範囲で圧縮、加熱、膨張、冷却を行う閉サイクルのガスタービンです。外部加熱方式のため、石炭、石油、天然ガスの他、副生ガス、残渣油、廃棄物、バイオマスといったあらゆる燃料が使える、排熱や太陽熱のように燃料以外の熱源も利用することができます。

従来技術である蒸気タービン発電に比べ、1,000kW～10 万 kW 程度の中小型機において本システムの方が 1～2 割ほど高い発電効率が期待できます。また、システムがコンパクトになるので設備費も安くなる見込みです。東日本大震災により存在が見直されている工場の自家発電や、バイオマス発電、太陽熱発電などに最適な発電システムです。

この発電システムの原理は 1969 年に論文発表され、その後、システム検討や設計研究が行われてきました。近年になって、米国、日本、韓国、フランスで試験装置を使った研究が活発化しており、2010 年には米国と日本において圧縮機の運転結果が発表されています。しかし、圧縮機とタービンを組み合わせた発電試験はこれまで報告されていません。

今回の開発は、東京工業大学 宇多村元昭 特任教授が計画を立案し、タービンを出た高温ガスの熱を再利用するための高効率で圧力損失の小さい熱交換器と、圧縮機やタービンを高速で効率良く回すためのガス軸受を開発するとともに、超臨界 CO<sub>2</sub> の圧縮過程を評価できる流体解析手法を開発し設計に反映させました。試験装置が完成した 2010 年秋以降、発電を目指した運転試験を繰り返し、運転操作の検討と装置部品の改良を重ねた結果、外部からの熱入力のみによって約 200W の電気出力を継続的に取り出すことに成功し、本システムが原理的に成立することを実証しました。また、試験の過程で、広範囲の温度・圧力条件での圧縮機、タービン、熱交換器の運転データを蓄積することができました。これらの成果により、本システムの実用化に大きく前進しました。

試験結果の詳細は、本年 7 月に開催される日本ガスタービン学会において発表する予定です。

今後は、ガスタービンメーカー等とも協力しながら大容量機の試作と運転試験を行い、2010 年代後半の実用化を目指します。

以 上

※ この成果は(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託業務「超臨界 CO<sub>2</sub> を作動流体とする高効率ガスタービン発電の研究開発」(平成 20～22 年度) の結果得られたものです。

※ 本件に関する問い合わせ先 (財)エネルギー総合工学研究所 蓮池 TEL : 03-6367-0240  
熱技術開発(株) 山本 TEL : 045-473-3261

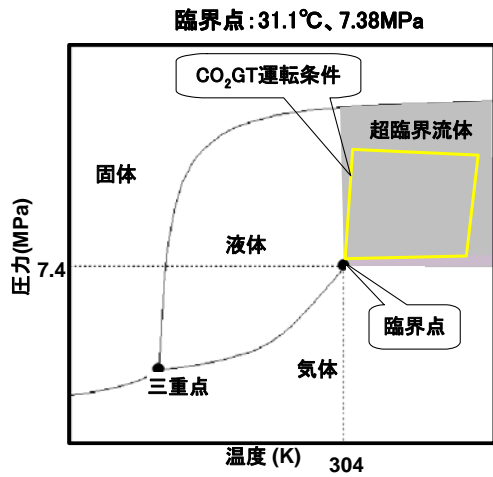


図1 超臨界 CO<sub>2</sub> の温度圧力領域

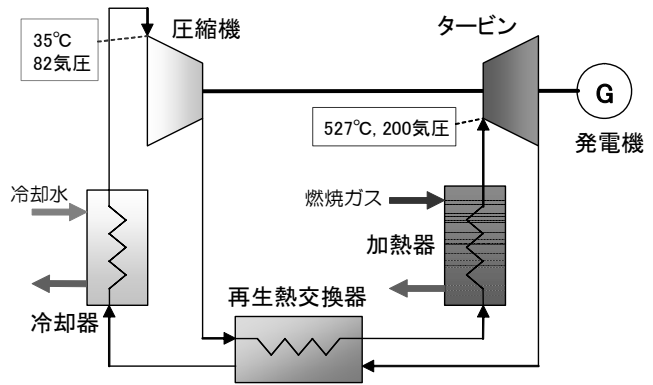


図2 超臨界 CO<sub>2</sub> ガスタービンの構成

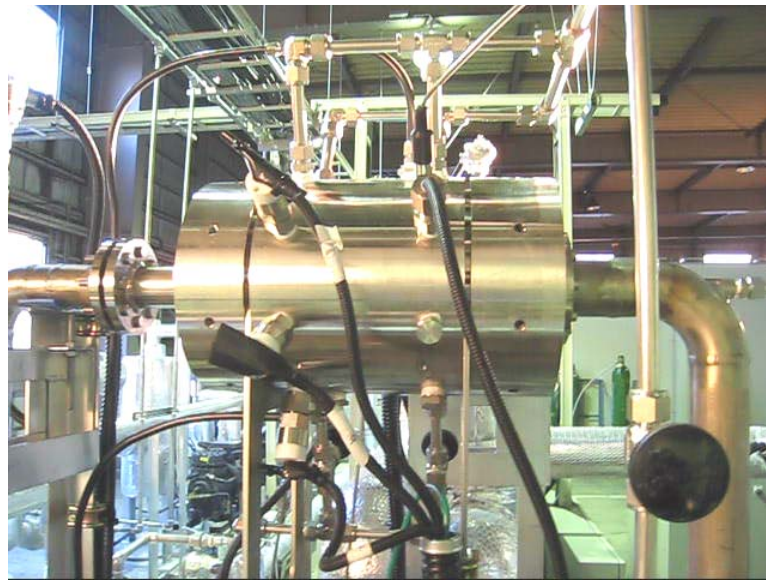


図3 運転中の超臨界 CO<sub>2</sub> ガスタービン発電機本体 (円筒部分の直径 227mm、長さ 357mm)

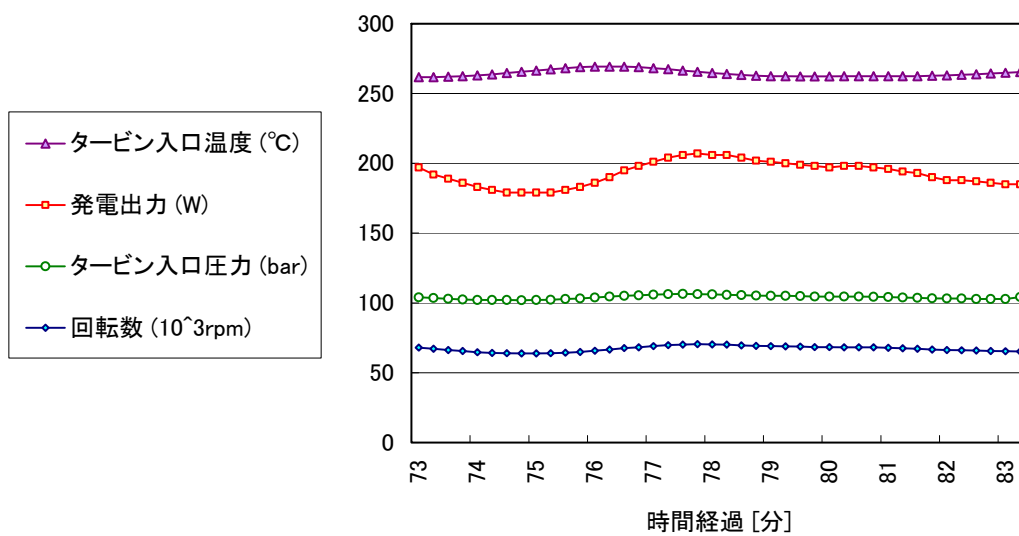


図4 発電継続時の計測データ

(参考)

#### <超臨界 CO<sub>2</sub>とは (図 1 参照) >

CO<sub>2</sub>は 31℃、7.4MPa に臨界点を有します。これより高温・高圧の領域では、気体と液体の境界がなくなり、気体と液体の中間的な性質を持つ流体（超臨界流体）として振る舞います。超臨界 CO<sub>2</sub> ガスタービンは、超臨界状態の CO<sub>2</sub> を圧縮、加熱、膨張、冷却することにより、動力を発生させます。

#### <超臨界 CO<sub>2</sub> ガスタービンの動作 (図 1、図 2 参照) >

CO<sub>2</sub> を 120～200 気圧に加圧したのち 250～600℃程度に加熱して、この高温高圧の CO<sub>2</sub> が膨張する時にタービンを回すことによって発電を行います。タービンを出た CO<sub>2</sub> は 80 気圧程度になりますが、外部には放出されず、35℃程度に冷却されたのちに圧縮機に送られて再度、加圧と加熱が行われ、タービンを回します。このシステムのサイクル上の特長は、圧縮機を臨界点近くの条件で運転することにより、圧縮に必要な動力を大幅に低減でき、従来型ガスタービンに比べて発電効率を大きく向上できる点です。

#### <超臨界 CO<sub>2</sub> ガスタービンの特長>

超臨界 CO<sub>2</sub> ガスタービンは間接加熱方式の発電システムであるため、石炭、石油、天然ガスといった化石燃料はもちろん、残渣油や廃棄物のような低質な燃料のほか、排熱や太陽熱のように燃料以外の熱源も利用することができます。同じ間接加熱方式である蒸気タービン発電に比べ、1,000kW～10 万 kW 程度の中小型システムにおいて本システムの方が 1～2 割ほど高い発電効率が期待できます。また、システムがコンパクトになるので設備費も安くなる見込みです。

#### <超臨界 CO<sub>2</sub> ガスタービンの用途>

まず第一に工場の自家発電を想定しています。わが国には、残渣油、副生ガス、廃棄物、排熱等を熱源とする中小の蒸気タービン発電が工場の自家発電等として 3,000 万 kW ほど存在しています。工場の自家発電は、電力料金の値下げにより徐々に減少してきましたが、東日本大震災に伴う電力不足により、その存在が見直されています。ただし、発電コストや CO<sub>2</sub> 削減の観点から、今後は低質燃料や排熱を高効率に利用できる技術が求められ、このニーズに合致する本システムは大きな貢献が期待できます。

再生可能エネルギーとして注目され導入が増えているバイオマス発電や太陽熱発電にも、従来技術である蒸気タービンに代わって導入が期待されます。これらの用途では、数千～数万 kW の発電出力が一般的であり、本システムの優位性が最も発揮しやすい分野です。