

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	超臨界CO2ガスタービン発電システムの開発
著者(和文)	蓮池宏, 小川紀一郎, 宇多村元昭, 山本敬
出典(和文)	(株)オーム社, 技術総合誌「OHM」, Vol. 98, No. 10, 第1228号, pp. 5 - 6
発行日	2011, 10



連池 宏



小川 紀一郎



山本 敬



宇多村 元昭

下してしまうのに対し、超臨界CO₂ガスタービンは作動流体の流量が大きいために、小容量のシステムでも効率低下がわずかで済みます。

一方で、蒸気タービンは膨張比を大きくとるので、低压部は大気圧以下となり機器の体積が非常に大きくなります。これに対し、超臨界CO₂ガスタービンの低压部は80気圧程度で、この結果、機器がコンパクトになり設備費も安くなる見込みです。

今回の開発の経緯についてお聞かせください

今回の開発は筆者(宇多村)が計画を立案し、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構のエネルギー使用合理化技術戦略的開発事業のテーマとして採択され、2008年に開発がスタートしました。圧力損失を増やさずに伝熱性能を高めた新型の再生熱交換器と、圧縮機やタービンを高速で効率良く回転させるためのガス軸受を開発するとともに、超臨界CO₂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。

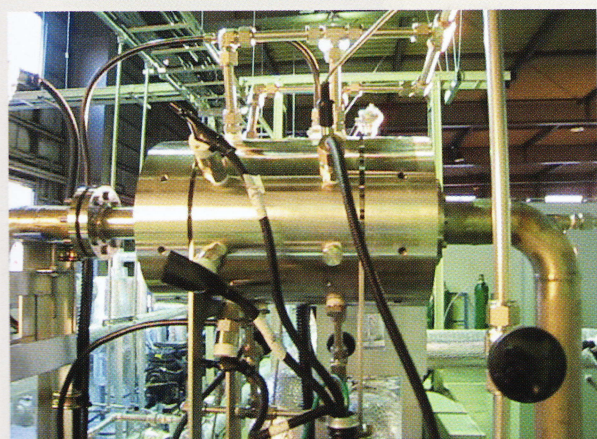


図3 運転中の超臨界CO₂ガスタービン発電機本体
(円筒部分の直径227mm、長さ357mm)

試験装置(図3)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。それらの運転データを解析することにより、損失の発生箇所を特定し、損失のメカニズムを定量的に把握することができました。これにより、次の開発における高効率設計の方向性が明らかになりました。

本システムはどのような用途として利用できますか

第一に工場の自家発電を想定しています。我が国には、残渣油、副生ガス、廃棄物、排熱など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などとして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CO₂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おいても、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。

廃棄物発電も有望な用途です。国内には一般廃棄物(家庭ゴミ)の焼却施設数が約1,600か所ありますが、発電設備を設置しているのは、処理量数百トン/日以上の大規模施設350か所ほどで、残りの小規模施設では蒸気タービン発電では実用的な効率を得られず、発電は行われていません。本システムであれば、小規模施設でも十分な発電効率を得られます。

今後の展望についてお聞かせください

今後は、ガスタービンメーカーなど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。実用化1号機の発電容量は1,000kW級と想定しており、それに向けて、次の段階では数100kW級のシステムの実証を計画しています。

共同で実用機の開発に取り組んでいただける企業には、今回の研究で得られたデータやノウハウを積極的に開示していきたいと考えています。

超臨界CO₂ガスタービン 発電システムの開発

エネルギー総合工学研究所、熱技術開発、東京工業大学、東京大学の研究グループは、超臨界CO₂を用いたガスタービン発電システムを開発し、小型装置において発電出力の取り出しに成功しました。この技術の概要を紹介します。

研究の動向についてお聞かせください

超臨界CO₂ガスタービン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。しかし、このシステムで実用的な発電効率を得るためには、非常に高効率で圧力損失の小さな再生熱交換器が必要となり、その実現が困難なことから実証的な研究は行われませんでした。しかし、近年になって、所要の再生熱交換器の開発可能性が見えてきたことにより、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きています。

本技術の概要について教えてください

二酸化炭素(CO₂)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CO₂ガスタービンは、超臨界状態のCO₂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(図1)。

発電システムは、図2に示すように圧縮機、タービン、発電機、再生熱交換器、加熱器、冷却器から構成されます。CO₂は外部には放出されず、系の中を循環します。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。また、タービンから出たCO₂は、まだかなり高温の状態での熱エネルギーを保有しています。この熱を使って圧縮機出口流体を予熱する(再生熱交換器)ことにより、外部からの加熱量を大幅に減らせます。

蓮池 宏*¹ (はすいけ・ひろし)
小川 紀一郎*¹ (おがわ・きいちろう)
山本 敬*² (やまもと・たかし)
宇多村 元昭*³ (うたむら・もとあき)

*¹ (財)エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部

*² 熱技術開発(株) 技術部

*³ 東京工業大学 原子炉工学研究所

す。再生熱交換器における交換熱量は、加熱器における加熱量の2倍以上にもなり、再生熱交換器の性能がサイクル全体の効率に大きく影響することになります。

本システムにはどのような特長がありますか

本システム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、1,000～10万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。蒸気タービンは、同一出力を得るために必要な作動流体の流量が少ないため、小規模システムではタービンが小さくなりすぎて効率が低

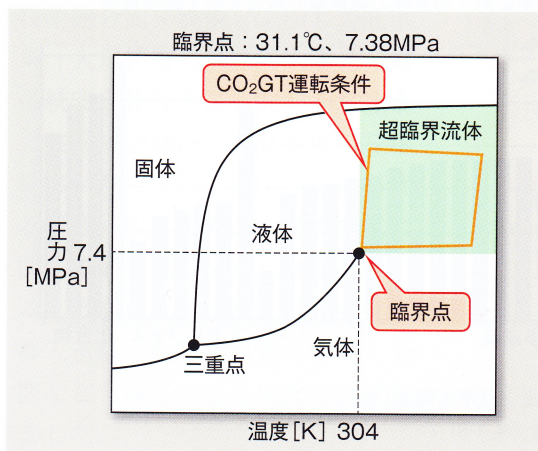


図1 超臨界CO₂の温度圧力領域

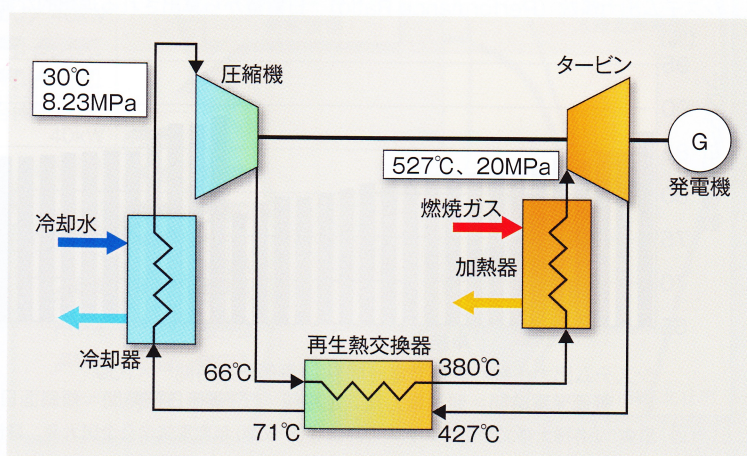


図2 超臨界CO₂ガスタービンの構成