

コンバインドサイクル発電について

火力計画部

1 ま え が き

石油資源の枯渇が叫ばれて以来、省エネルギー技術の開発、エネルギー源の多様化が重要な課題となっており、多量のエネルギー源を使用する火力発電プラントに対して、一層、運用特性に優れ、熱効率の高い、発電システムが要求されている。

このような情勢の中で、ガスタービンと蒸気タービンを組合せたコンバインドサイクルが注目されている。

2 コンバインドサイクルプラントの形式

ガスタービンと蒸気タービンを組合せ、熱効率の向上を図る、コンバインドサイクルには、「排熱回収方式」「排気再燃（助燃）方式」「過給ボイラ方式」「給水加熱方式」等がある。

事業用プラントで実用化されている主な形式は「排熱回収方式」と「排気再燃方式」である。最近のコンバインドサイクルプラントは、高温のガスタービンが開発されたことと、複圧（高圧・低圧）の蒸気発生器が開発されたことにより、高効率で運転制御の容易な「排熱回収方式」が主流となっている。

排熱回収方式と排気再燃方式との比較

	排熱回収サイクル	排気再燃サイクル
説明	ガスタービンの排気を、排熱回収熱交換器に導き、その熱回収によって蒸気を発生し、蒸気タービンを駆動する方式。	ガスタービンの排気を、ボイラ燃焼用空気として利用し、排熱回収を行うとともにガス中の残存酸素で再燃焼させる方式。
系 統		
実績	国鉄川崎#1 141MW	四国電力坂出#1 225MW

また、排熱回収方式には、ガスタービン・蒸気タービンおよび発電機を直結し設置する「一軸式」と数台のガスタービンに、一台の蒸気タービンを組合せ、設置する「多軸式」がある。

3 排熱回収方式の特徴

(1) 出力

ガスタービンは、メーカーにより機種が標準化されているため、プラントの定格出力は、機種の選定と設置台数によって決められる。

また、ガスタービンの特性上、大気温度の変化により出力が変わり、気温が上るにつれて減少する。一例では、通常気温の変化(0℃から30℃)で、15%程度変化する。負荷の増減は、性能面から、ガスタービンの減台運転によって対応するのが得策である。

60Hzガスタービンの仕様 (ISO規格・ベース負荷モード・ガス燃料)

	A 社	B 社
発電機端出力 MW	約 74.4	約 100
熱効率 (低位) %	約 32	約 32
圧力比	11	14
燃焼温度 ℃	1085	1085

この他、ガスタービンは、一般的に「ベース負荷」モードで運転されるが、「ピーク負荷」モードとすることにより出力が約10%上昇できる。

しかし、これは、ガスタービンの高温部品の寿命消費が大きく、信頼性を損う恐れがある。

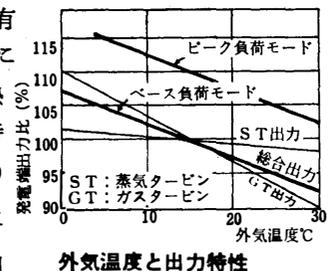
この他、出力へ影響を及ぼす因子とし、NOx対策として行われる燃焼器中への「水または蒸気噴射」、「圧縮機の汚れ」等によるものがある。

一方、所内率は、在来形の火力機に比し、小さく、約1~1.5%程度と予想される。

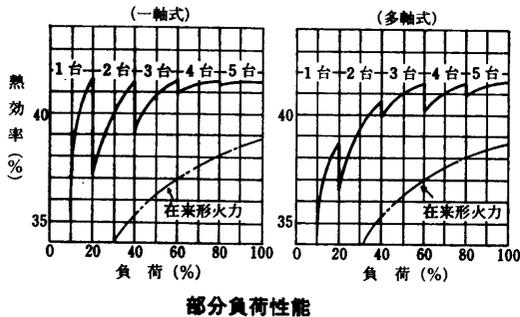
(2) 性能

LNG 焚きガスタービンの単体の熱効率は、約32%であるが、複圧式の蒸気発生器を採用し、ガスタービンの排熱を有効に利用することにより、プラントの熱効率は、定格負荷時

42%程度（発電端）と在来形火力機に比し、3%程度の向



上が期待できる。大気温度の変化により、出力が変化するが、性能はほとんど変化しない。一軸式と多軸式を比較すると、定格負起時では、多軸式が、部分負荷時では、一軸式の方がよい。



(3) 運転特性

起動時間は、一軸式・多軸式とも在来形火力よりも短縮できるが、多軸式の場合、蒸気タービンが大形化するので、送気に待ち時間が生じ、さほど短縮できない。負荷変化速度は、排熱回収熱交換器（蒸気発生器）の追従性に左右され、在来形火力機と同程度か、やや下回る。なお、負荷変化は、部分負荷での効率低下が、はなはだしいので、ガスタービンの減台運転で対応することとなる。また、補機台数が少ないため、補機の自動化は容易であるが、プラントを構成する、各軸の協調をとるための総括制御が必要となる。

(4) 保守性

一軸式は、年間を通じて計画的に停止して点検ができるが、多軸式では、蒸気タービンの定検に同調して行なう必要がある。また、ガスタービンの高温部品が多いため、損耗があり、ガス燃料を使用している、十分な運転管理を行い、定期的な消耗品の取替等、保守が必要である。

4 環境対策

ガスタービンの特性上、同一出力当りの排ガス量が、在来形火力機に比し、約2.6倍と多い。従って、環境対策においては、NOx対策が最も重要となる。

(1) NOx対策

NOxの低減対策として、実用化されている技術には、ガスタービンに、「水または蒸気を噴射する方法」・「脱硝装置を設置する方法」、または、これらの組合せがある。水または蒸気噴射を行う

と、出力は若干増加するが、プラントの熱効率が低下する。将来、低NOx燃焼器が、開発されれば、蒸気噴射は不要となり、効率も改善される。

(2) 騒音対策

ガスタービンの吸排気口に、サイレンサを設置し、ガスタービンを建屋内に設置すること等の対策により対応できる。

(3) 温排水

プラントの全体出力に占める蒸気タービンの出力比が小さいため、在来形火力機に比し、出力当りの温排水は、70%程度と少ない。従って、在来形火力機に比し、影響は少ないと予想される。

5 排熱回収方式の開発状況

排熱回収方式コンバインドサイクルは、米国において、すでに多くの実績を有しており、十分実証された先進技術といえる。しかし、国内においては、実績も少なく、国鉄川崎火力で運転を開始し、東京電力富津火力・東北電力東新潟火力・当社四日市火力で計画を進めている段階であり、今後、技術が急速に確立していくものと思われる。なお、複圧式排熱回収方式は、米国においても、ほとんど、実績がないが、最近計画されているものは、ほとんどこの方式である。

6 あとがき

排熱回収方式のコンバインドサイクル発電は、現状でも、在来形火力機より、十分高い熱効率が期待でき、LNG等のガス燃料を使用することにより信頼度も確保できる見通しである。一方、経済性については、今後、十分吟味していく余地がある。近い将来、さらに高温のガスタービンの開発が、予想されるが、この場合、一層単機出力の増加と、性能向上が期待でき、今後共、発展していく技術であろう。