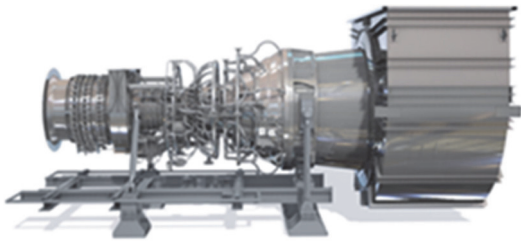


今後の容量・調整力市場に必要な高速負荷応答性に対応する PWPS/航空機転用型ガスタービンについて

PWPS/Aerodelivative Gas Turbine for Fast Demand Response in Coming Ancillary Market



三菱日立パワーシステムズ株式会社
PWPS 事業推進室
☎(050)3727-7987

太陽光や風力発電などの再生可能エネルギー（以下、再エネ）を大量に導入することは世界的な傾向である。しかしながら、周知のとおり再エネは非常に不安定で、太陽光発電の場合は日没からは発電できなくなる。既に現段階でも大きな問題となり、地域によっては電力システムの安定運用のために太陽光発電を制限せざるを得ない状況となっている。将来の更なる再エネ導入拡大には、電力システムの負荷変動を補償する火力電源設置が不可欠である。この電源には高速起動特性と高速負荷応答性、CO₂ 排出が少ない高効率が要求されるが、これに最適なのが今回紹介する航空機転用型ガスタービン（以下 Aero GT）である。また、国内では、今後の送配電分離による完全自由化に移行されることとなっており、前述の再エネ導入時の系統安定化を踏まえて容量・調整力市場が整備されていく予定であるが、Aero GT はこの市場に有望な製品である。本報では、この Aero GT の特徴と欧米での使用事例を紹介する。

1. PWPS 航空機転用型ガスタービンの特徴

PW Power System 社（以下、PWPS）は1961年設立の Aero GT の製造・販売会社である。PWPS は2013年に三菱重工業（株）が買収し、2017年から三菱日立パワーシステムズ（株）の100%子会社となっている。

航空機用エンジンには、コンパクト・軽量で大推力（パワー）が求められているので、その派生型の Aero GT も発電専用設計の重構造型ガスタービンと比べ出力に対して小型・軽量で、設置面積も少ない。また、航空機用エンジンは離着陸時や飛行中の環境変化に対して素早く大きな出力を変化させる必要があるため、高負荷応答性が要求されている。かつ、頻繁な起動停止を繰り返す運用に対応する必要があり、高信頼性の着火起動性も要求されている。一方、このような過酷な運用に対して、本体寿命への影響を少なくするため車室・ロータなどは薄肉構造となっている。その技術・構造を踏襲している Aero GT は、起動時間が短いにもかかわらず、高温部品の寿命消費への影響は少ない。

航空機エンジンには効率よく大推力を得るために高負荷・高圧力比の空気圧縮機が採用されており、この圧縮機を Aero GT にも利用しているため重構造型ガスタービンと比べシンプルサイクル効率が高くなっている。

メンテナンスは、航空機エンジン同様にエンジン全体を現地で交換するモジュール化した定検作業のため、数日で交換できプラントの高稼働率を実現している。図1に航空機エンジンと Aero GT の外観比較図を示す。

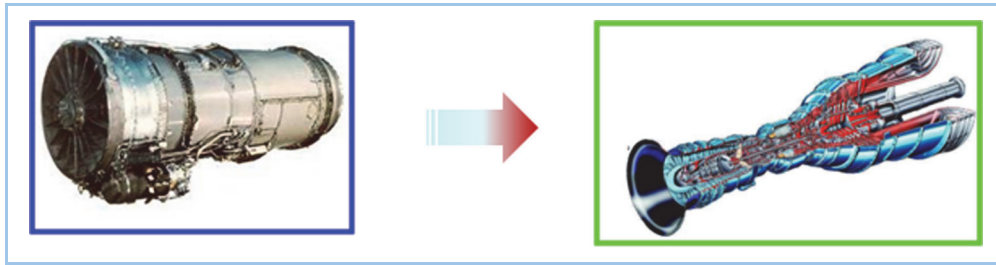


図1 航空機エンジンと Aero GT

2. Aero GT ラインナップ

PWPS の Aero GT は高効率(単体で 40%)で薄肉軽量な構造により, 急速起動(5分以内), 機敏な負荷応答性(50%/分), 起動前のターニング不要という特長があり, エンジンとしては, 30MW クラスの FT8 と 60MW クラスの FT4000 の2機種を有している。

この内, FT4000 が最新機種で, コア部は実績豊富なターボファンエンジン PW4000 をベースに, 航空機転用型として低圧圧縮機(LPC)とパワータービン(PT)を独自設計している。初号機の工場試験を 2014 年に米国の West Palm Beach 工場にて成功裏に完了し, 既に3台が米国とアルゼンチンで商業運転しており, 順調に電力需要に貢献している。

これらのエンジンを応用した PWPS 固有のユニークな製品ソリューションを下記2点紹介する。また, 表1に AeroGT の性能諸主要目を記述する。

表1 AeroGT の性能主要目

ガスタービンモデル	FT8	FT4000	
	Mobilepac (可搬式)	SP60 (固定式)	SP120 (固定式)
1. 形式			
2. エンジン数	1	1	2 (Twinpac)
3. 発電端出力 (kW)	30941	70836	141567
4. 発電端熱効率(%LHV)	36.7	41.3	41.4
5. NOx 対策	水噴射	水噴射	水噴射

備考; 1013mbar×15℃, ガス燃料, 60Hz

(1) Mobilepac

FT8 を使用した 30MW の世界最大容量級の移動電源設備である。ガスタービンと発電機が同一トレーラに収納されているため, 移動毎のカップリング・アライメント調整が不要である。さらに地耐力次第ではコンクリートの基礎工事也不要で, 数日の超短期間で据付工事を完了することが可能である(図2)。

技術的な特徴として, 燃料は油燃料もガス燃料も使用できる Dual Fuel 仕様で, かつ同じ設備で 50Hz 地区でも 60Hz 地区でも運転できる Dual Frequency 仕様となっている。2011 年の震災時には 60Hz 地区から 50Hz 地区への送電に課題を残したが, この設備であれば両周波数地区でも移動して発電運転が可能であるので, 将来の減災対策・国土強靱化に有効なソリューションである。



図2 FT8- Mobilepac

(2) Twinpac

1台の発電機を2台のエンジンで駆動する軸構成で、FT4000を使用した場合、Aero GTとして世界最大の発電容量 140MW の設備である。コンパクトながら出力が大きいので、建設単価の削減や据付面積低減に大きなメリットがある。

また、エンジン2台中、1台を切り離した運転が可能であるので部分負荷効率を高く維持できるメリットがある(図3)。

さらに、コンバインド化はガスタービン2台に対して排ガスボイラは共用の1缶構成も可能で建設費の低減に貢献できる。



図3 140MW 級 FT4000 Twinpac

3. 容量・調整力市場へのガスタービンソリューション

欧米では送配電分離に伴いエネルギー市場(MWh)に加え系統の周波数・電圧等を安定化させるためのアンシラリー市場(容量 MW と調整力 $\Delta MW/\Delta h$ 市場)が運営されており、日本でも導入が検討されている。このアンシラリー市場(図4)は、再エネ導入拡大に対する電力系統安定化とも密接に関係しており、欧米の市場へは急速起動特性を有する Aero GT の普及率が高い。以下に Aero GT のソリューション事例を紹介する。

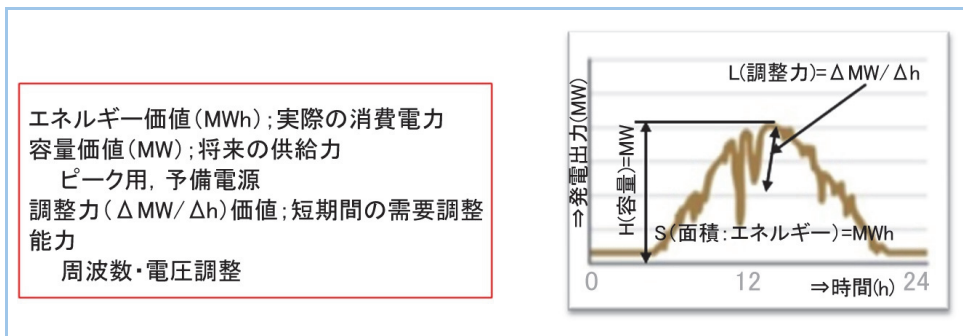


図4 アンシラリー市場運用の概念

(1) スピニングリザーブ・調相運転

天候の急変で再エネの出力が急減すると電力の供給力不足が生じ、系統周波数が変動する。系統周波数を適正に保持するには、予備電源等により供給力不足を迅速に補わなければならない。1分・1秒でも発電時間が早い火力が必要である。さらに起動前や停止後の運転操作が簡単で、補機が少ないことが好ましい。Aero GT は発電機を含めて完全空冷であるため、運転保守の面からもこのようなスピニングリザーブ(出力瞬動)運転向きであり、欧米で多数導入されている。PWPS の Aero GT は図5に示すように PT(発電機駆動用パワータービン)が GG(Gas Generator)と切り離された Free Turbine 構成となっている。このためクラッチ無で発電機を同期電動機として電力系統に接続すると力率改善や電圧調整の調相運転が可能である。この特長をいかし、発電運転に加えて再エネ発電運転時には調相運転による系統安定化と1台で二役というメリットがある。

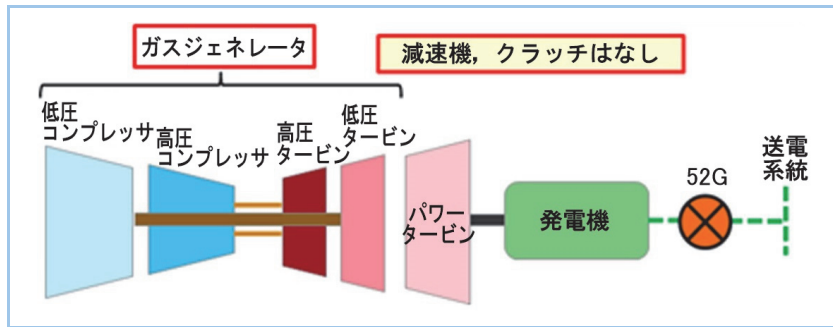


図5 PWPS/Aero GT の軸構成

(2) ハイブリッドシステム(ガスタービン+蓄電池)

スピニングリザーブには、起動指令で瞬時に電力を供給する要求があり、このために常時最低負荷にてガスタービンを待機運転する必要がある。その間燃料を無駄に消費するので不経済であり、CO₂排出の点から環境上も好ましくない。ガスタービンと蓄電池を組み合わせたハイブリッドシステムはこの待機燃料をカットし、かつ瞬時電気供給可能なシステムとして最近注目されている。このシステムの基本構成を図6に示す。



図6 ハイブリッドシステム(ガスタービン+蓄電池)

本システムは Aero GT と蓄電池(含むパワーコンディショナー)で構成され、制御装置に再エネ出力を左右する気象条件、電力単価、燃料単価の市場動向を取り込み、電力系統安定化に加えて経済性を踏まえてシステムの起動・停止操作を行う。又、蓄電池がブラックアウト時の非常用発電機の役目も出来るのでブラックアウト用のディーゼル発電機が不要である。

表2にこのハイブリッドシステムとガスタービン/蓄電池単体システムとの比較を示す。既にこのシステムは米国で実用化されており、我が国の更なる再エネ導入拡大と電力系統安定化の両要求に対して有効である。今後蓄電池価格の大幅な低下が予想されており、ハイブリッドシステムの導入がさらに早まることが予想される。

表2 ハイブリッドシステムとガスタービン/蓄電池単体システムの比較

システム	ガスタービンのみ	ESSのみ	ガスタービン+ESS
1. CAPEX	ベース	高い	やや高い
2. OPEX	ベース	安い	安い
3. 待機燃料	有(常時併入時)	無	無
4. CO ₂ クレジット	無	有	有
5. 瞬時発電	可(常時併入時)	可	可
6. 応答速度	ベース	早い	早い
7. 再エネ余剰電力対応	不可	可(充電)	可(充電)
8. ブラックアウト非常用 D/G	要	不要	不要
9. 調相運転	可	不可	可
10. 長期連続運転	可	不適	可

4. 今後の展開

急速起動特性と高速負荷変化特性に優れた Aero GT は、アンシラリー市場に適した発電方式である。これに伴い、再生可能エネルギー導入拡大による環境負荷低減と電力系統安定化に寄与することが可能である。

今後も多様化する電力市場ニーズに応えるべく、更なる起動性・運用性向上に努めていきたい。