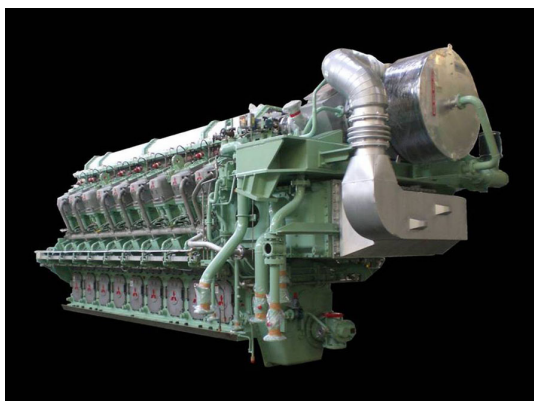


MACH II-SI ガスエンジンによる米国 University of Central Florida 向け環境対応型・高効率熱併給発電プラント

Environment-Friendly and Highly-Efficient Combined Heat and Power Plant
with MACH II-SI Gas Engine for University of Central Florida in US



大崎 龍介^{*1}
Ryusuke Osaki

小宮山 正仁^{*1}
Masahito Komiyama

井上 究^{*2}
Kiwamu Inoue

長面川 昇司^{*2}
Shoji Namekawa

高橋 良長^{*3}
Yoshinaga Takahashi

当社新型ガスエンジン MACH II-SI^(注1)は、国内ベストセラー機である MACH30G(MP 方式)^(注2)の設計を踏襲しつつ、新たにスパークプラグによる電気着火(火花点火)方式を採用し、熱電併給プラントはもとより、分散電源、風力など自然エネルギー発電のバックアップ用急速起動電源など様々なお客様のニーズに応えるべく開発された。日本国内での運転実績を踏まえ、今般、本機関の総合効率を含めた性能とプラントエンジニアリング力を高く評価され米国向けの初号機受注に至った。本報では、パイロット着火用の軽油を必要としない取扱の容易なこの MACH II-SI 機関並びに米国 UCF 向け CHP(熱電併給:コンバインドヒート&パワー)プラントの特徴を紹介する。

(注 1) SI: Spark Ignition 火花点火方式

(注 2) MP: Micro Pilot 微量の軽油を噴霧し圧縮着火させるマイクロパイロット着火方式

1. はじめに

クリーンエネルギーである天然ガスを燃料とする MACH II-SI 機関を用いた熱電併給(CHP)プラント導入により、お客様メリットとして①CO₂ 排出量低減、②電力費用低減、③機関排熱回収チラーによる冷水を利用した既設冷房設備負荷低減、応じて④設備運用費用の大幅な低減が期待される。

さらに、今回受注した米国フロリダ州立の UCF 向け CHP プロジェクトでは、機関本体以外の発電機、吸収式チラー、排ガス処理装置、その他補機を当社現地法人 Mitsubishi Power Systems America(MPSA)との連携により米国調達とすることで、迅速なアフターセールスサービスを可能とする副次的メリットをお客様に提供する。なお CHP プラントの稼動開始は 2011 年後半を予定している。

2. MACH II-SI 機関の特徴

火花点火方式の新型 MACH II-SI 機関は、従来の MACH-30G と同じ出力、回転数で V 型 12~18 気筒にて 3.65~5.5MW(60Hz 地域)、3.8~5.75MW(50Hz 地域)の発電出力レンジをカバーしている。なお、ミラーサイクル及び空燃比などの最適化により発電端効率は MACH-30G に対して 1pt% 高い 47% を達成しながら、排気ガス温度も同時に約 20℃ 引き上げて排熱回収の効率をも向上させ、高い総合効率の達成を実現している。

*1 横浜製作所ディーゼル技術部主席技師

*2 横浜製作所ディーゼル技術部課長

*3 横浜製作所ディーゼル技術部部長

2.1 機関主要目

当社ではガスエンジンの効率向上に関して継続的な技術開発を進めており、技術的な知見の蓄積に努めてきた。一方、世界の市場、お客様を考えると、火花点火方式のガスエンジンへのニーズは軽油を使用しないことから運用面において原油価格の影響を受けないため、根強いものと考えられる。こうしたニーズにも対応するべく、MACH-30G で培った豊富な運転実績に加え従来より蓄積した高効率化技術を適用し、実績の立証された MACH-30G 機関の基本思想を拡張して MACH II-SI 機関を新たに開発した。

MACH II-SI 機関では、コージェネレーションとして熱電利用効率を最大限に高めることを基本コンセプトとして、従来の MACH-30G を凌ぐ総合効率達成を目指した。総合効率向上のためには、よりリッチな混合気でも安定な燃焼を確保しながら NOx 排出量 ($O_2=0\%$) 320ppm 以下を達成するべく、給・排気のパルプタイミング、燃料ガス供給タイミングや副室容積、副室噴孔径、圧縮比などの最適化を行い、高発電効率と高排気温度の両立を実現した。

さらに、18 気筒の MACH II-SI 実機にて実運用を行い、安定燃焼範囲を保ちまた機関の信頼性や耐久性も確認した。表1に MACH II-SI 機関の主要目を示す。

表1 MSCH II-SI 主要諸元

形式	MACH II-SI	4 サイクル ガスエンジン (副室式 火花点火方式)			
		12V	14V	16V	18V
シリンダ数					
ボア/ストローク	mm	300/380			
回転数	min ⁻¹	720/750 (60/50Hz)			
発電出力	kW	3650/3800	4250/4450	4900/5100	5500/5750
機関重量	ton	40	48	54	60
総合効率 (発電効率*/蒸気効率)	%	66.1 (47/19.1)			
NOx ($O_2=0\%$)	%	320ppm			

※ISO3046 条件及び弊社推奨の標準ガス性状による

2.2 機関構造の特徴

MACH II-SI は、豊富な運転実績のある MACH-30G の基本設計を踏襲しながら、点火方式変更に伴う設計変更箇所は最小限にとどめている。副室へのガス供給は、従来より主室用として MACH-30G で実績のあるガス供給電磁弁による制御方式を採用した。本方式により副室内での空燃比を常時最適化でき、高い正味平均有効圧力 P_{me} においても従来機種に比べて大幅な性能、燃焼安定性の向上が可能となった。

MACH II-SI にて新たに採用した構造としては、下記の3項目が挙げられる。

- (1) 副室への独立ガス供給の最適化として副室用ガス供給電磁弁と下流に2重に自動逆止弁を設け副室内混合気濃度制御のフレキシビリティと信頼性の両立を図った。
- (2) 副室仕様としては効率、主室の燃焼安定性が最良となる トーチ噴流を強めた仕様を標準として選定した。
- (3) ボアクール型点副室により、点火プラグの温度を適正に保つことで電極摩耗を低減し寿命の延長を図ったこと。なお、機関の連続運転時間は点火プラグ寿命に依存するが、所内実証プラントにおいて、2000 時間を越える運転でも電極の状況が良好であることを確認した。

これらの結果、図1に示すとおり機関部品の 80% は MACH-30G と共用することができ、短期間で高い信頼性を有する機関の開発が可能となった。

2.3 制御・監視システム

また、MACH II-SI の制御システムは、主、副室のガス供給電磁弁を駆動し制御する燃料コントローラ、点火系を制御する点火装置、各筒の燃焼状態を監視診断する独自開発の燃焼診断システム“M-RICS (Mitsubishi Real Time Intelligent Control System)”から成り、さらに燃焼診断シス

テムからの情報や機関の諸圧力、温度など運転データを元に各コントローラを統合的に制御する当社製発電設備用デジタル制御装置(DCS)である“DIASYS Netmation”がその上位に配置され、機関補機も含めたプラント全体の制御・監視を実現している。また、MACH II-SI では早期のノッキング事象を素早く捕らえて機関をより安全かつ適切に制御するべくノッキングディテクタを併用する仕組みとし、従来の燃焼診断システムと併せて保護機能を二重化することでより信頼性の高い仕様となっている。図2に MACH II-SI の制御システム全体を示す。

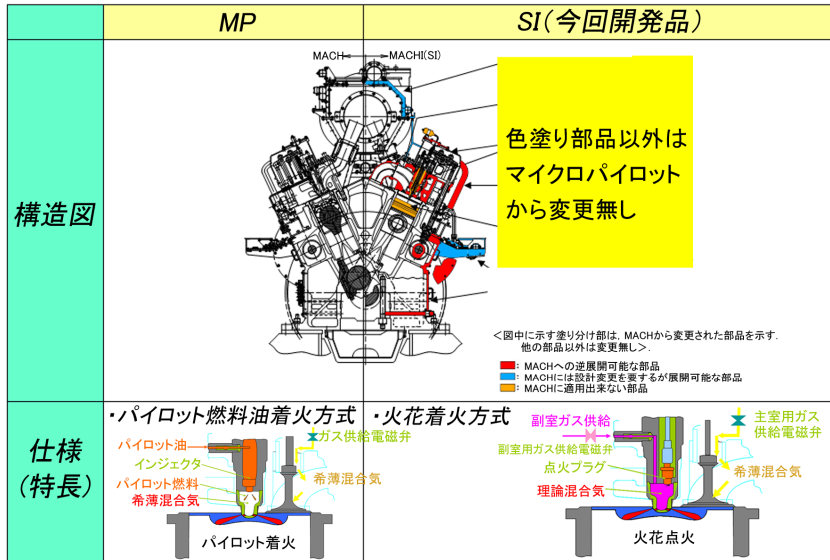


図1 MACH II-SI 機関の構造

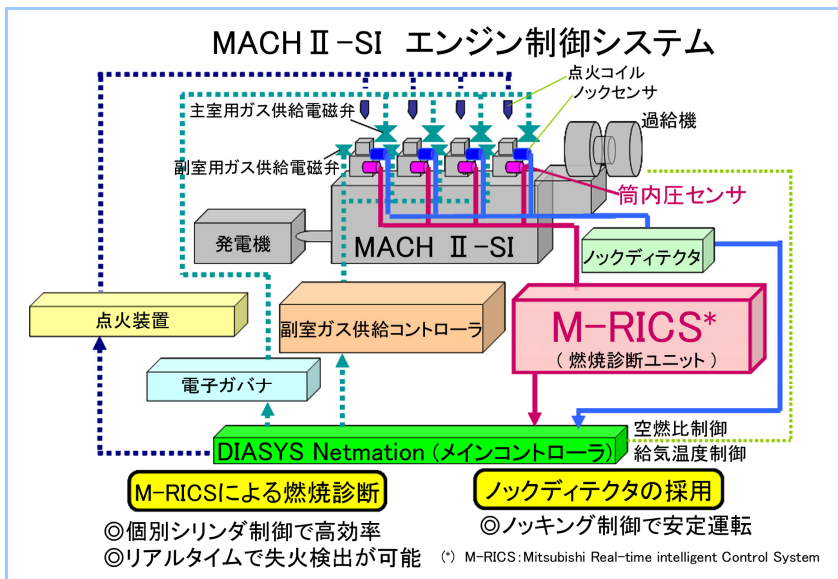


図2 MACH II-SI 制御・監視システム

3. UCF CHP Plant の概要

米国フロリダ州立大学全11校の内の1つである、UCFはオーランド市近郊(図3)に位置する学生数5万6千人を超す全米第2位規模の大学であり、温暖な気候に立地していることから特に夏の電力と冷房需要に対応するための設備費、運用費の増加が顕在化していた。かかる状況下で、クリーンエネルギーによるCHPプラントを新設することでCO₂排出量を低減した上で、電力費用低減、機関排熱を利用した吸収式チラーからの冷水による既設冷房設備負荷低減、応じて設備運用費用の低減を目的としたCHPプラントの入札が公募され、平成22年2月に当社を含め合計4社が応札した機器供給分で、当社は他社を大幅に引き離れた評価を獲得し、契約受注に至った。なお、CHPプラントの建屋・土建・据付と系統連携・電力網改造がそれぞれ別契約で交わされており、全体プロジェクト体制は図4に示す形態となっている。

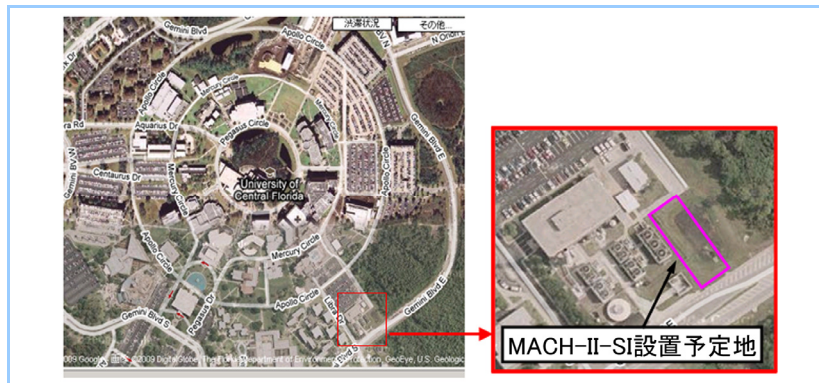


図3 UCF 概要

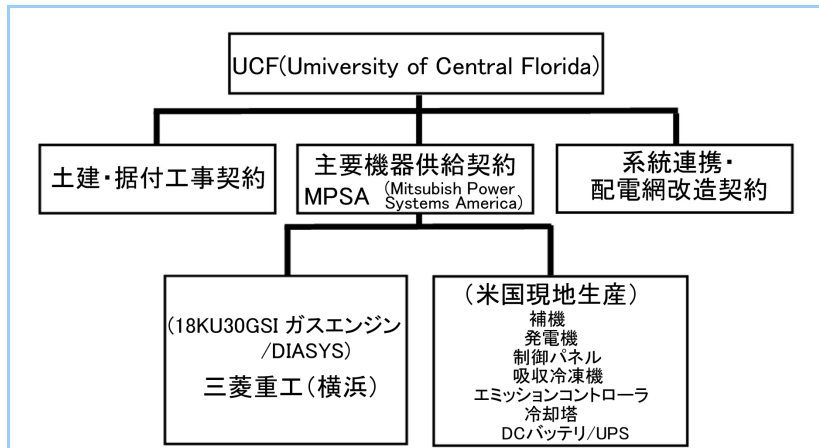


図4 プロジェクト全体体制

以下に当社が受注した CHP プラントの特徴を示す。

3.1 プラント機器構成

本プラントの受注に際しては、当社原動機部門の現地法人である MPSA と協調し、発電機、電気盤類、排熱吸収式チラー、排ガス処理装置、補機ユニットなどを米国調達することで、米国規格対応、メンテナンス・緊急時対応の迅速化、部品供給納期短縮などの副次的メリットを提案したことも高く評価された要因である。図5にプラント機器構成を示す。

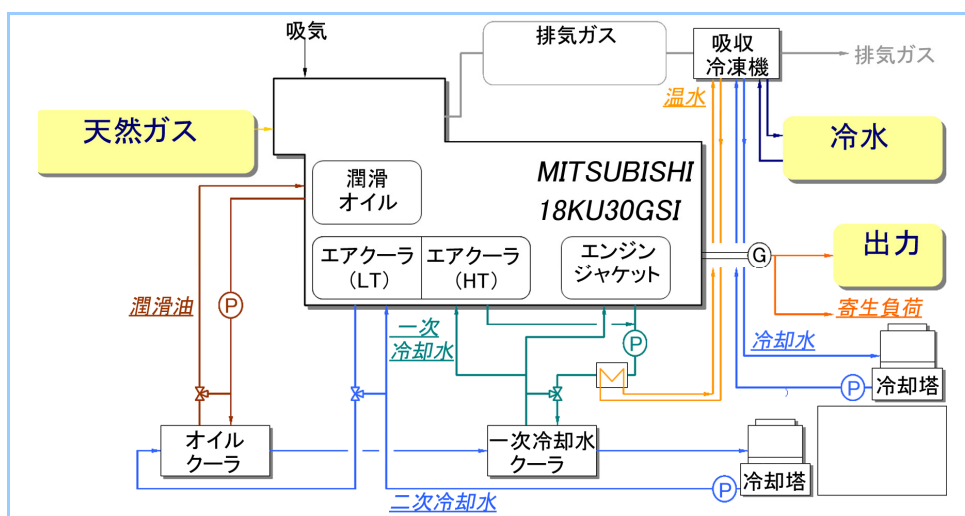


図5 UCF CHP プラントの機器構成

プラント機器の大きな特徴としては、

- (1) 排ガス・温水吸収チラーを一体化したマルチエナジー吸収式チラー
 - (2) 排ガス消音器と酸化触媒を一体化したインテグレートッドサイレンサー
- の採用により限られた建設敷地内にフィットするアレンジメントを実現したことが挙げられる。

また、米国向け初号機でもある本プラントでは、

- (3) 米国調達でのプラント補機を Modular Design 化しており、現地工事を最小化すること
- (4) 米国サプライヤーでの補機類の製作品質・納期を確保すること
- (5) 土建・据付・配管・配線など現地工事を円滑にすること

を実現するために当初より図6に示す3Dモデルを駆使したプラント配置の可視化により、機器製作や据付工事でのリスクを大幅に低減すると同時に納期・工期短縮を目論んでいる。

また、排ガス処理後の NO_x, CO 値(排ガス処理により NO_x値4ppm(O₂=15%), CO 値 23ppm(O₂=15%))は EPA(Environmental Protection Agency)の規制値を大幅に下回る値となっており、州立大学である UCF として環境負荷へも十分配慮した機器選定としている。

3.2 ヒートバランスとプラント総合効率

CHP プラントのヒートフローは図7に示すとおりであり、機関と直結された発電機から発電端出力 5500kW と、排気ガス・温水との熱交換によりマルチエナジー吸収式チラーからは冷水約 1000RT 相当を UCF に提供することとなる。

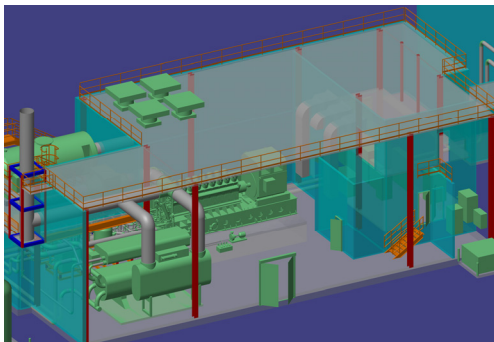


図6 3Dモデルを用いたプラント機器配置

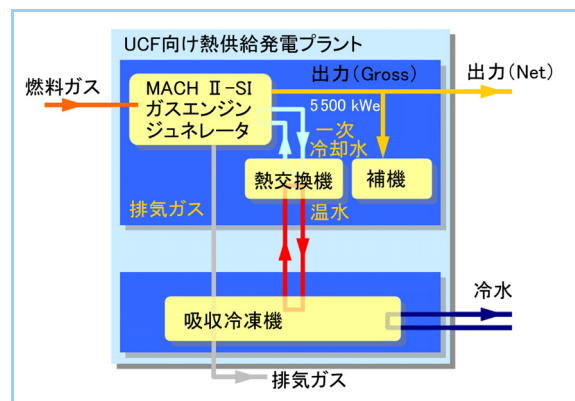


図7 UCF CHP プラント ヒートフロー図

なお、プラント性能としては、電力・熱回収分として算出される総合効率は既存のシンプルサイクル発電設備を大きく凌駕している。また、マルチエナジー吸収式チラーの COP(Co-efficient Of Performance)も最高レベルであり、既存チラーの負荷低減に貢献している。これらも UCF に大きく評価されたポイントである。

3.3 アフターサービス体制

さて、プラント稼働後のアフターサービスについても視野に入れており、具体的には下記項目を織り込んで万全の体制で有機的に対応していくことを考えている。

- (1) Condition Based Maintenance での5年間の部品供給・工事請負契約
- (2) MPSA の Orlando Service Center を窓口とした定期・緊急工事対応と部品供給
- (3) GTCC, MACH30GA で実績多数の Remote Monitoring System 適用

4. まとめ

当社は着火補助燃料の不要な新型 MACH II-SI機関を市場投入し、このUCF 向けプロジェクト玉成により、CHPプラント適用MACH機関の性能、信頼性を公知するための北米エリアでのショールームとして、今後の MACH ガスエンジンの拡販に活用していく。また、当社の現地法人 MPSA による地域密着型サービスでお客様満足度アップにも貢献する。現在、関係各社とのコンカレントエンジニアリングにて着々と詳細設計、機器製作が進んでおり、お客様に満足いただける高信頼性プラントとして平成 23 年第三四半期に稼働開始する予定である。

参考文献

- (1) 石田ほか, CIMAC Congress 2010,Bergen; Paper No.;109
- (2) 石田ほか, 三菱重工技報 Vol.46 No.2 (2009) 発電技術特集