

相模原工場第五発電所の導入事例

三菱重工業株式会社 汎用機・特車事業本部エンジン事業部エンジン技術部 堀本孝治 氏

1. 初めに

2011年に発生した震災の影響については、被災地はもとより関東エリアにおいても大きな影響を及ぼしたことは言うまでもない。すなわち日本国内においては短時間の停電は各所において発生したことはあったが、近年、長時間の停電ということはほとんどないということが常識であった。関東エリアにおいては計画停電（輪番停電）が実施され、各家庭、各企業において多かれ少なかれ停電前後の準備及び停電実施時間帯の対応を余儀なくされた。

三菱重工業相模原事業所では計画停電実施時でも相模原工場の操業を行うことができるよう新発電所（第五発電所）の建設を決定し、2011年12月に竣工した。実証設備およびコージェネレーション設備として有効活用を行っている同事業所の第五発電所を紹介する。

2. 第五発電所導入にあたって

三菱重工業汎用機・特車事業本部相模原工場は震災直後の計画停電を4度経験した。実際停

電したのは4度であったが、計画停電が実施される予定時間に停電に備えるため、工場の操業において多大なる影響を与えたのは事実である。計画停電実施日においては実際の停電の時間は4時間であったが、前後4時間にわたり、停電に備える工場設備のシャットダウン対応および、停電後の立ち上げ等で1回12時間にわたり工場の操業が不能となった。（図1）

時刻	0	4	8	12	16	18	20
電力供給	給電		輪番停電		給電		
生産設備 サーバー	稼働	保護の為 停止	停止	保護の為 停止	稼働		
生産	生産	生産停止				生産	

図1 計画停電時の工場対応状況

2011年夏季は緊急対策として非常用ディーゼル発電装置を導入して、工場内の電力の確保を図ったが、冬季にも計画停電が実施されるのではないかという懸念から、6月に急きょ工場の5番目の発電所として発電装置の導入を決定した。発電装置としては海外向けの主力機種となるべく開発中のGS16R2-1500min⁻¹、1,500kWの導入を決定した。この機種の選定にあたっては設置面積当たりの発電量を考慮した。

このGS16R2-1500min⁻¹、1,500kW機は単位面積当たりの発電出力が弊社相模原工場で扱う発電装置ラインナップでは最大であること。新機種エンジンとして今後の評価試験も第五発電所で実施できることが採用理由である。

導入する発電所の容量選定にあたっては工場関係者の間で協議を行い、真に必要な工場電力量を把握することから着手し、商用電源喪失時



相模原工場第五発電所の発電装置

において最低限工場の操業が可能となる容量を考慮した。最終的に9,000kW（1,500kW×6台）の増設を決定した。

図2に示すとおり工場内の電力需要は1,200kW～20,000kW。節電などで工場消費電力を抑えることで、商用電源停電時でも工場が操業できる容量となる。相模原工場ではすでに4つの発電所（合計8,160kW）を保有し、第五発電所を加えると合計17,160kWの発電が可能となる。

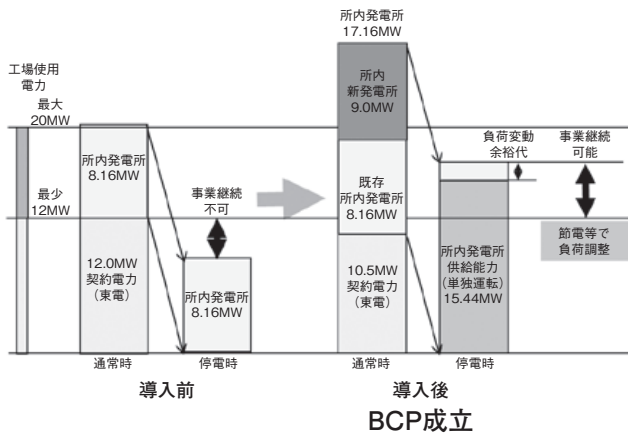


図2 工場電力使用量と発電電力量の関係

第五発電所建設にあたっては冬季にも計画停電が予想されたために、工期を優先しモノジェネレーションとして導入し、2011年12月15日に竣工した。コージェネレーション設備として導入した場合12月の竣工には間に合わなかったためである。第五発電所建設時、将来のコージェネレーション化を考慮し排ガス蒸気ボイラの設置場所、およびエンジン冷却水回収用の熱交換器増設スペースを考慮した配置計画とした。

建設場所の確保を含め6月に導入を決定し約半年間という短工期で発電所竣工にこぎつけたことは、計画停電を实际経験し危機感を持って関係者が一丸となって取り組んだ成果である。

第五発電所の諸元は表1に示す。この設備の特徴としては震災後特に注目されているBCP（BUSINESS CONTINUITY PLAN（事業継続性））に対応できるさまざまな特徴を持ち合わせている。例えば、冷却水の補給が必要のないラジエータによる冷却が可能であるエンジン。

（出力ディレーティングを行うことなく定格運転が可能。第五発電所では冷却塔による冷却方式を採用。）

表1 第五発電所諸元

発電出力	kW	1,500
発電電圧	V	6,600
周波数	Hz	50
エンジン型式	-	GS16R2-1500min ⁻¹
エンジン出力	kW	1,562.5
回転数	min ⁻¹	1,500
燃料消費量	m ³ N/h	324.2（*）
蒸気回収量	kg/h（@0.78MPa）	896
温水回収量	MJ/h	1,932.7
温水回収温度	℃	75
発電効率	%	41.0
総合効率	%	72.8（**）

*：低位発熱量40.63MJ/m³N時

**：温水も回収した場合（上記のみの場合は58.2%）

また、ブラックアウトスタートの機能。初期負荷投入量が定格の30%であること。高速同期制御の機能を有すること等である。

発電所の運用形態は、当初はモノジェネレーションとしての導入であったためにエンジンの性能評価試験を主として実施したことから1台目が24時間連続運転として、2台目をDSS（Daily Start Stop）でエンジンの評価試験を行うことで運用を開始し、残りの3台は工場の負荷に応じて運転を行っている。一方では2012年、2013年と7月から9月の3ヶ月間13時から16時の3時間「ピーク時間調整契約」のために6台フル稼働を行い、同時間帯の受電電力量を4,500kW（契約電力10,500kW）まで引き下げる運用を行った。

3. 導入後の発電所の活用について

2011年の第五発電所竣工後、所内の電源確保だけでなく様々な実証試験に活用している。エンジン部品の信頼性の確保のための耐久性評価試験、潤滑油評価試験、その他にもエンジン性能を改善する評価試験を継続している。併せて、第五発電所に導入したエンジンは高出力を主眼に置いたエンジンであり、コージェネレーション用途としては不向きな点があった。

(温水の回収温度が75℃であり、弊社工場では温水回収温度は75℃で問題はないが、吸収式冷凍機と組み合わせることができない。)

そのため2012年11月よりジャケット冷却水温度を上げる評価試験を行い、温水回収温度を88℃に昇温し、吸収式冷凍機を使用できるようコージェネレーション用途としての商品価値を上げる試験を継続中で、評価試験は最終段階にある。

また、発電装置としての高付加価値向上の実証設備としての検証も行ってきた。まず高速同期機能確認試験である。弊社では国内3案件で2、3台の高速同期機能を採用した発電装置を市場に投入してきたが、第五発電所では6台までの高速同期機能の検証を行い、6台までの高速同期技術を確立した。

高速同期機能とは複数台のエンジン発電機を起動後、定格速度に到達後に低電圧の状態が発電装置の遮断器を同時投入し、その後、定格電圧に上昇させるといった技術である。このことより第五発電所においては1,500kW発電装置の1台では初期負荷投入量は450kW(定格負荷の30%)であるが、6台の高速同期技術を適用すれば、ブラックアウトスタート後最短で40秒以内に2,700kWの負荷が投入できることとなる。

今後もこの高速同期投入機能の技術向上を図るべく実証試験を行っていく予定である。

もう一つの性能向上の実証試験として発電装置の高速応答性の向上確認試験を実施した。従来エンジン起動後、定格負荷まで約7分かかっていたが、高速応答技術を導入することでエンジン起動後、定格負荷まで約半分の時間で立ち上げることが可能であることを確認した。このことにより発電装置として構内負荷への給電時間を短縮できることが可能となる。ピークカット等で定格負荷運転までの負荷取り時間を短縮するニーズにこたえるためである。

今後もこのような発電装置としての高付加価値向上を目指した試験を第五発電所で実施していくことを検討中である。

4. コージェネレーション設備としての有効活用

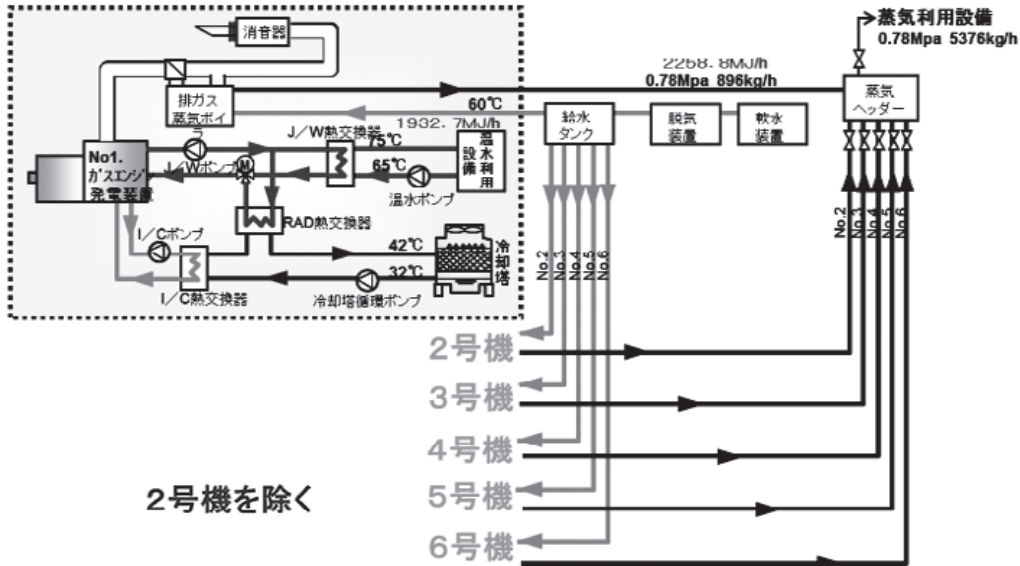
第五発電所導入当初はモノジェネレーション設備および実証試験設備としての活用にとどまっていたが、2012年度以降コージェネレーション化を順次行っていくことで工場内の省エネ化を図っている。2012年度は3台の発電装置において排ガス熱を蒸気として回収できるよう排ガス蒸気ボイラの導入を実施した。このことにより既設の蒸気ボイラの稼働を抑制でき、省エネ化を図られた。2013年度はさらに残りの3台において排ガス蒸気ボイラの導入を決定し12月竣工で更なる省エネ化を計画中である。エンジンの冷却水を温水として回収できるよう回収用熱交換器の増設(5台)も計画している。(図3)

このことにより工場の省エネ率の向上が図られることとなる。2013年度末の段階では、温水の回収については将来のための準備段階にとどめるが、省エネ率は約20%をもくろんでいる。当初は冬季の工場内の空調用としての活用を計画していたが、夏季での温水利用を視野に入れ、2014年度は更なる省エネ化を目指すべく排熱投入型吸収式冷凍機(蒸気焚ジェネリンク、排ガス投入型吸収式冷凍機)の導入も検討している。2013年度はその準備段階までとして計画している。

これは相模原工場では(一般の機械工場ではあてはまらぬと思うが)、温水の利用がほとんどなく冬季の一時期しか活用できないことが要因である。夏季においても温水を回収し省エネ化を図る目的である。さらに同工場では年間を通して蒸気の利用が多いことから、「5.」に述べる廃温水蒸気発生装置の導入を決定し、2013年10月より運用を開始している。

5. 更なる高効率化を目指した活用について

最近のコージェネレーションの状況においては総合効率が重視されているが300~1,500kWガスエンジンコージェネレーションシステムにお



2号機を除く

図3 平成25年度コージェネ化計画

いて、総合効率のうちおおむね発電効率が38～42%、冷却水15～20%、排ガス熱15～20%と総合効率で70～80%というのが一般的である。

また、排ガス熱は蒸気ボイラを用いて蒸気として回収することで、多くの工場などで蒸気負荷として利用されている。しかしながら冷却水を温水として回収する場合には、弊社工場でも同じであるが、産業用途の場合は冬季のある一定期間中にしか利用できず年間を通し安定してコージェネレーションとして運用できない状況である。弊社工場で導入を検討している吸収式冷凍機についても省エネという観点ではよいが、投資効果を考慮するとなかなかすぐ導入という結論には至らないのが現状であろう。

発電効率と排ガス回収熱量だけ（おおむね総合効率として60%弱程度）では現在の燃料代を考慮すると省エネ性という観点はあるものの、経済性を考慮すると導入に拍車がかからない状況下にある。総合効率が最低でも70%近くあり、年間を通して安定したコージェネレーションとしての運用できる熱利用がなければ、メリットが見いだせないというのが実情であろう。

第五発電所竣工以来、工場内の関係者の間で検討会を開催し、同工場における排熱回収のパ

ターンを検討し、その結果少しでも熱利用の多い蒸気として回収できるシステムが有効ではないかとの結論に達した。それを踏まえ、東京ガス殿と三浦工業殿で共同開発された廃温水蒸気発生装置を選定し、6台中の1台に導入を決定した。

導入に当たっては「次世代型熱利用設備導入緊急対策事業」の補助金交付が決定している。廃温水蒸気発生装置の導入に関する設備費、工事費の50%の受給が決定している。本システムは、2013年2月に導入を決定し、補助金交付の申請を行い、5月中旬に補助金の受給が決定し、その後約4.5ヶ月の短工期にて廃温水蒸気発生装置の竣工を9月末に実施することができた。



廃温水蒸気発生装置

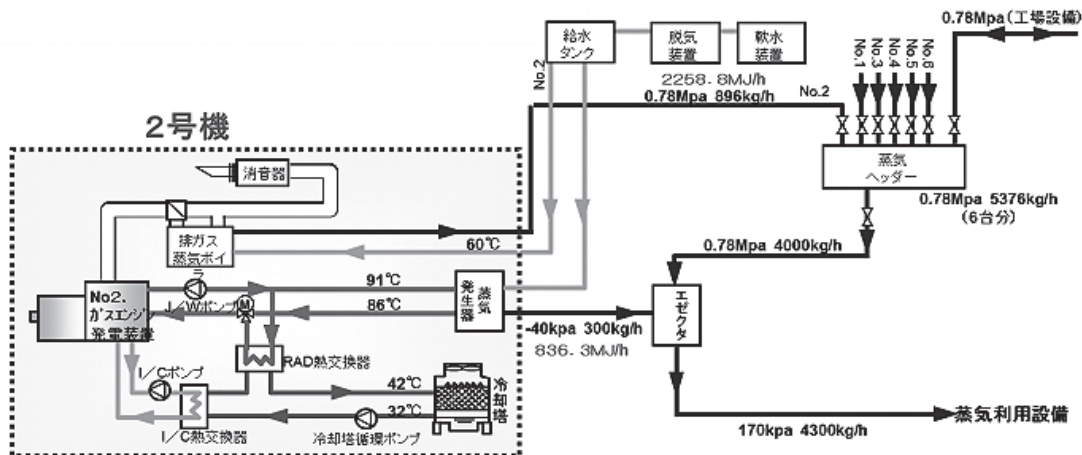


図4 廃温水蒸気発生装置フロー図（2号機）

システム構成を図4に示す。

このシステムはエンジンのジャケット冷却水（91℃）を直接蒸気発生装置に入れジャケット冷却水の熱を利用して、マイナス0.05MPaの蒸気を300kg/h発生させるものである。この低圧の蒸気をエゼクタを利用して、工場内で使用する蒸気4,000kg/h、蒸気圧力780kPaの蒸気を利用して、170kPaの蒸気圧力まで昇圧して工場内の蒸気負荷として利用するシステムである。

本来は廃温水蒸気発生装置から回収する低圧の蒸気は電気式の蒸気コンプレッサを使って工場内で使用する蒸気圧力まで昇圧するシステムが一般的であるが、弊社工場内の蒸気使用量（エゼクタを駆動できる蒸気圧力および蒸気量が確保されている）を考慮し、さらに工場内で使用している蒸気圧力が170kPaと低圧であることから、こういったシステムが成立するものである。電気式蒸気コンプレッサを採用した場合は約160kWの電気動力が必要となるが、エゼクタを採用することで電気動力をセーブできるのが大きな特徴となっている。

今後エンジンのジャケット冷却水温度を徐々に上げて、廃温水蒸気発生装置から回収できる蒸気量を増やしていくことも視野に入れて運用していく予定である。ジャケット冷却水温度が105℃まで昇温することができれば、おおむねエンジンのジャケット冷却水熱量をすべて蒸気として回収できる試算となる。工場では温水の利

用より、蒸気の利用が多く、こういった蒸気回収システムの普及が今後コージェネレーションシステムとして注目されると考える。

弊社もこの第五発電所2号機を利用してエンジンの冷却水熱量を蒸気として回収できるシステムの検証を今後実施していきたいと考えている。現在の燃料代および設備にかかるインシャルコストの観点から導入を検討することは厳しい状況が続くであろう。エネルギーを有効に利用するという観点からコージェネレーションの普及をめざし、温水利用量は少ないが蒸気の利用が多い工場などで産業用コージェネレーションの活用方法として本システムを検討してみる価値は十分あるものとする。

6. 最後に

汎用機・特車事業本部相模原工場は国内外にディーゼルエンジン、ガスエンジン発電装置を展開する生産拠点である。

しかし、4度の計画停電の実施によって、発電装置を世に出す同工場そのものが生産が不能の事態に追い込まれる羽目になった。このことを教訓に同工場のBCP対応も考慮して導入された第五発電所を含め、弊社工場内で活用されているコージェネレーションシステムを、お客様の幅広いニーズに対応して適確に提案できるよう実証設備として有効的に運用していきたいと考える。