

コーポレート・コミュニケーション
そのメンテナンス

平成元年3月

社団法人 大阪ビルメンテナンス協会
設備部会

巻頭のことば

新しい技術、智識、等についてはできるだけ早い機会に会員皆様に御紹介申し上げるよう考えている。

その第一歩として、昨年10月に「インテリジェントビルそのメンテナンス」なる小冊子を編集発行して皆様に配布致しましたが、第2番目として最近の新しいビル或は地域冷暖房に採用されている「コーチェネレーション」について今回その概要をまとめて発行した次第である。

これによって急速に進歩しつゝある「コーチェネレーション」の概要を習得され、今後のメンテナンスに遅れないよう、また一層の進歩を期待するものである。

平成元年3月

社団法人 大阪ビルメンテナンス協会
設 備 部 会

コーチェネレーションとそのメンテナンス

I コーチェネレーションとは

1. コーチェネレーションの概念

コーチェネレーションは一種類の一次エネルギーから連続的に二種類以上の二次エネルギーを発生させるシステムである。

すなわち、タービンやエンジンによって発電機を駆動し、照明や空調、ポンプ等の動力に電力を供給すると同時に、タービンやエンジンから熱回収を行い、暖房、給湯などの加熱源とするほか、夏季にはこの加熱源によって吸収式冷凍機を運転して冷房を行うのである。

コーチェネレーションは、電力需要と熱需要の適切な組み合せが可能な場合には、エネルギー効率の向上とコストの低減が図れるという利点がある。

現在我々の使用している電気は、水力、原子力、火力の使用で、需要地の近くには火力発電所が建設されており、都市のビルでは火力に頼ることが大である。

火力発電は燃料として、石炭、重油、LPG、LNG が使用され、発生する高温の蒸気でタービンをまわし、これに直結された発電機で電気を発生する。高温の蒸気もタービンでは利用されるのはその $\frac{1}{3}$ 程度のエネルギーで高温のまま殆んど利用されずに排出される。従って 100 % のエネルギーのうち電気として需要家に利用されるのは途中の送電ロスを考えると 32 % ~ 35 % である。

この排出される高温の蒸気、排ガス、温水等を熱交換器を使い空調、温湯等の需要が近くにあればエネルギーの利用は大きな%となる。

2. コーチェネレーションシステムの主要構成機器

コーチェネレーションシステムの構成機器は、その役割から大きく分類すると駆動システム、発熱システム、熱回収システム、補助熱源システム、制御系統連系システムとなる。表 1 に各システムの主要な構成機器を示す。

また建築設備の従来方式とコーチェネレーションを比較して図 1 に示した。

表-1 コージェネレーションシステムの主要構成機器

分類	構成機器	エネルギー形態	
駆動システム	蒸気タービン	高圧蒸気	-動力
	ディーゼルエンジン	石油類	-動力
	ガスエンジン	ガス・石油類	-動力
	ガスタービン	ガス	-動力
	燃料電池	ガス	-動力
発電システム	発電機	動力	-電力
熱回収システム	熱交換器	温水	-温水
	"	温水	-低压蒸気
	"	排ガス	-温水
	"	排ガス	-低压蒸気
	排温水吸收式冷凍機	温水	-冷水、温水
	排ガス吸收式冷凍機	排ガス	-冷水、温水
補助熱源システム	電動冷凍機	電力	-冷水
	吸収式冷凍機	蒸気	-冷水
	直だき吸収式冷凍機	ガス・石油類	-冷水、温水
	ボイラ	ガス・石油類	-温水、蒸気
	ヒートポンプ	電力	-温水、冷水
制御系統連系システム	計装制御 系統連系制御 コンピュータ制御 A I制御		

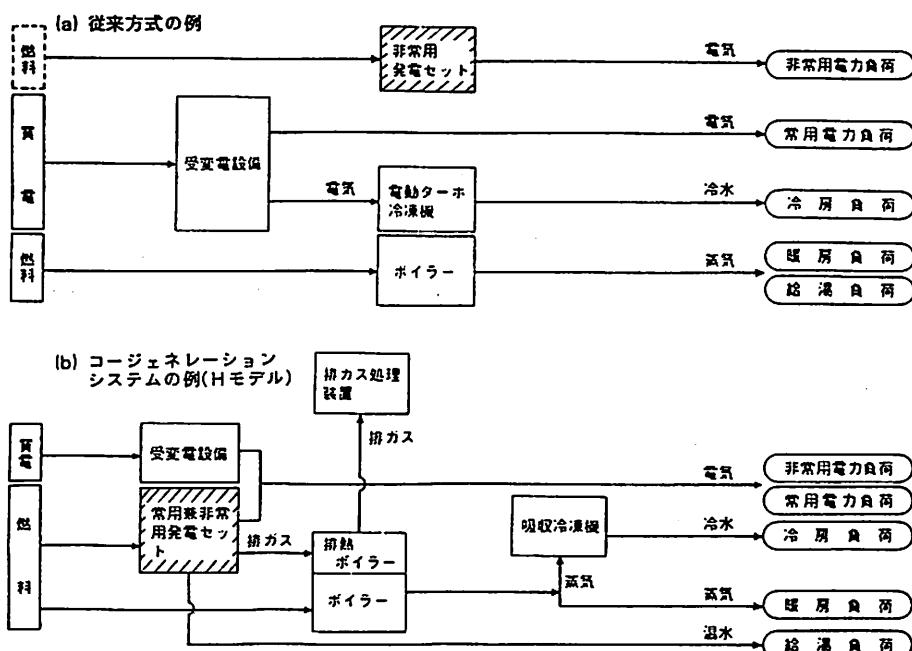


図1 建築設備の従来方式とコージェネレーションシステム

3. システムの種類とその特長

駆動システムから分類すると次の6つに分類される。

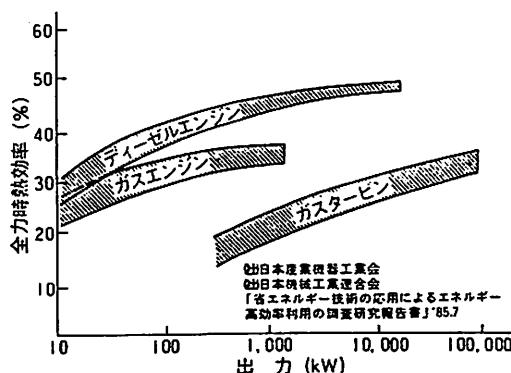
- 1) 蒸気タービンシステム
- 2) ディーゼルエンジンシステム
- 3) ガスエンジンシステム
- 4) ガスターービンシステム
- 5) 燃料電池システム
- 6) スターリングエンジンシステム

これらの中、現在実用に供され効果を上げているものは、ディーゼルエンジンシステム、ガスエンジンシステム、ガスターービンシステムであって、燃料電池、スターリングエンジンシステムは将来の高効率を目指して開発中のものである。

ディーゼルエンジンシステムは設備容量の範囲が広く、効率も良好である。一方ガスエンジンシステムは設備容量が 1500 kW 以下のものが実用に供され、発電効率はディーゼルエンジンよりやや不利であるが、簡便さや公害対策の面で有利である。またガスターービンシステムは原動機の小型化が困難であるので、500 kW 程度以上の大型に適していて、高圧蒸気が得られ、冷熱を得やすく、公害対策の面でも有利である。

これらシステムの原動機の全力時熱効率(%)と出力(kW)を図2に示す。

図2 原動機の熱効率（機械出力／入力）



4. 現行システムの構成例

1) ガスエンジンシステム

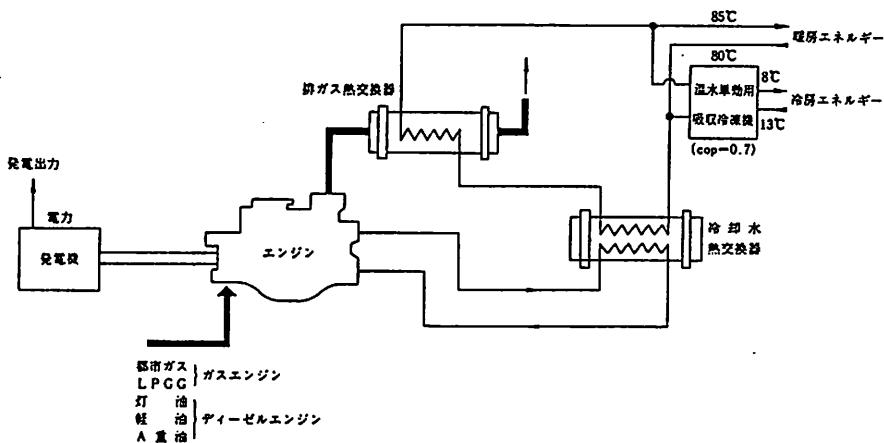
ガスエンジンを原動機として発電を行うとともに、ガスエンジンのエンジン冷却水（80～90℃程度）及び排気ガス（500℃程度）の排熱を回収するシステムである。

設備容量としては1500kW程度以下のものが実用に供されている。

定格運転時の効率（暖房の場合）は発電効率25～35%程度、排熱回収率45～55%程度、総合効率75～85%程度である。

なお、部分負荷特性は、エンジンの正味熱効率が低出力になる程低下するため、例えば20%負荷時には定格運転時の½の15%程度まで発電効率が低下する。従って実際の運転時には、システムの稼動率によって総合効率が変化することとなる。

図3 ガスエンジンシステム、ディーゼルエンジンシステムの構成例



システム構成例は図3に示す。

2) ディーゼルエンジンシステム

システムとしてはガスエンジンシステムと同様の構成で図3の通りである。

設備容量としては25kW～1万kW程度のものが実用に供されている。

定格運転時の効率（暖房の場合）は発電効率 35～40% 程度、排熱回収率 45% 程度、総合効率 80% 程度である。なお、部分負荷特性は比較的良好で、50% 負荷時程度までは発電効率の低下の程度が少なく、10% 負荷時には発電効率が定格運転時の約 18% 程度になる。

このシステムは設備容量の範囲が広く、効率も良好であるが、騒音、振動対策、排ガス等の点で対策を考えることが必要である。

3) ガスタービンシステム

このシステムの排熱回収は排気ガス（500°C 程度）からの回収で排熱ボイラーを設けることによって高圧蒸気（180°C）が得られる。冷房のためには冷凍機が必要であるが、高圧蒸気が得られるため、効率のよい蒸気二重効用のものを使用することができる。

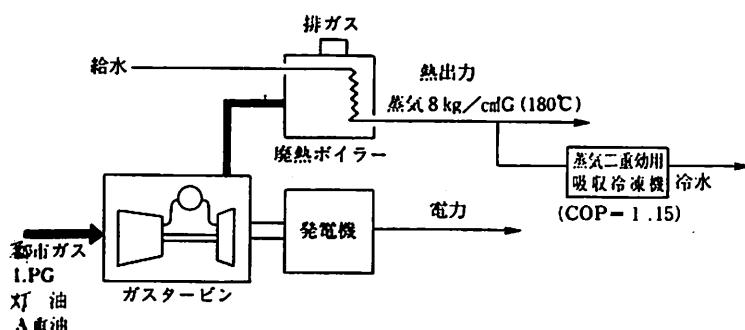
設備容量として、原動機の小型化が困難なため、500 kW 程度以上のものが実用に供されている。

定格運転時の効率（暖房の場合）は発電効率 20～30% 程度、排熱回収率 45～55% 程度、総合効率 65～80% 程度となっている。

部分負荷特性は低出力になる程低下し、例えば 1000 kW 程度のもので 35% 負荷時に発電効率が定格運転時の約 10% 程度となる。

他のシステムに比し比較的に小型である。

図 4 ガスタービンシステムの構成例



システム構成例は図 4 に示す。

II コージェネレーションシステムの保安規制

1. コージェネレーションシステムの導入にあたっては、設備の効率的利用、信頼性、定期検査や事故時に備えての予備電力の確保などの観点から、一般電力系統との連系によるメリット、デメリットが、その導入の形態や規模によっては電力系統の品質、保護・保安、供給秩序の面に影響を与える可能性がある。

こうした点について通商産業省資源エネルギー庁公益事業部において昭和61年5月29日に次のような報告書が発表された。その主な内容は、

- 1) 一般電力系統との連系のための技術的要件
- 2) 業務用予備電力契約制度の創設
- 3) ガスタービン・ガスエンジン等の保安規制について

であり、これによりコージェネレーションシステムの導入のための制度的・技術的条件は一応整備されたと考えられる。なお、余剰電力の買い取りについては特に手当されず、従来どおり一般電気事業者とコージェネレーションシステムの設置者との随意契約によることになった。

2. コージェネレーションシステムに対する基本的な考え方

- 1) コージェネレーションシステムはガスタービン、ガスエンジンなどにより発電を行うとともに、その排熱を利用して熱需要（蒸気、給湯、冷暖房等）にこたえるシステムであり、電気と熱の需要のバランスが適切な組合せで行えることが可能な場合には、エネルギーの効率的利用およびコスト低減のメリットがある。
- 2) コージェネレーションシステムの導入にあたっては、設備の効率的利用、予備電力の確保等の観点から、一般電気事業者に依存せざるを得ない場合が多い。また、その導入の形態及び規模によっては、一般電気事業者に対し、電力品質、系統保護・保安、電力負荷バランス及び供給秩序の面で影響を与える可能性があり、既設の電力供給との適切な調整が図られた上で導入される必要がある。

さらに都市公害、保安などについて適切な配慮をすべきことは当然である。

- 3) 我が国におけるコージェネレーションシステムの普及は緒についたばかりで

あり、実績も少いことから、今後その実態を把握するとともに、この委員会の示す具体的な対応策のもとにおけるシステムの普及動向を踏まえた対応策の見直しを行るべきであると考えられている。

また、燃料電池等の技術開発の動向やその影響等を含め、対応策の再検討が必要である。

3. 具体的な対応のあり方

前述の「基本的な考え方」のもとにおけるコーチェネレーションシステムの導入にあたっての具体的な対応については次のとおり

1) 一般電力系統との並列運転

① 一般電力系統との並列運転については、稼動率の向上、電気の質の向上等の観点からコーチェネレーションシステム設置者からの要請が強いが、次の二つの条件が満足される場合は並列運転しても技術的には問題がないものと考えられる。

- i) コーチェネレーションシステムとの並列運転によって供給信頼度（停電等）、電力品質（電圧、周波数、力率等）の面で他の電力需要家に悪影響を生じないこと。
- ii) コーチェネレーションシステムとの並列運転によって、公衆及び作業者の安全確保と、電力供給設備あるいは他の需要家の設備の保全に悪影響を生じないこと。

このような条件を満たすために必要な具体的な事項は「系統連系技術要件ガイドライン」として定められ、コーチェネレーションシステムの設置者に対しても指導されることになっている。

なお、このガイドラインは当分の間このまま運用され、必要に応じ実績を踏まえて、電気設備技術基準（省令）に織り込まれることになっている。

2) 予備電力

- ① コーチェネレーションシステムは、定期検査・補修時または事故時のために、一般電気事業者からの予備電力の確保が必要となる。
- ② コーチェネレーションシステムは、今後業務用電力として導入されるもの

が多くなると予想されるが、従来はコーチェネレーションシステム（業務用自家発電）に適用される予備電力契約は設けられていなかつたが、コーチェネレーションシステムを適切に位置づけ、その導入を図る観点から、新たに業務用予備電力契約制度が設定された。

③ 業務用予備電力契約は、現行の予備電力（甲）と比較して、一般的には次の点で利用実態が異なるものと考えられる。

- i) 定期検査・補修等の時期について、業務用は小規模かつ多数になるものと予想されることから、個別管理に関して困難な面がある。
- ii) 自家発電管理体制も異なり、業務用自家発の方が予備電力を利用する機会が多くなる可能性がある。
- iii) 業務用電力は、負荷を計画的に調整することに困難な面がある。
- iv) 業務用自家発の多くは高圧系統に接続されるものと考えられる。

④ コーチェネレーションシステムが一般電気系統に並列される場合には適正な需要契約秩序の維持の観点から、定期検査・補修時又は事故時における不足電力について、業務用予備電力契約に加入することが必要であると考えられる。

4. ガスタービン・ガスエンジン等の保安

1) ガスタービン・ガスエンジン等の発電設備については、電気工作物として電気事業法の保安規制を受けている。一方、都市ガスの供給を受け、ガスタービン・ガスエンジンを使用する場合には、これらの燃焼器はガス消費機器としてガス事業法の保安規制を受けており、排熱回収ボイラーについても電気事業法、ガス事業法、熱供給事業法（一般的の需要に応じる場合に限る）または、労働安全衛生法の適用を受けている。

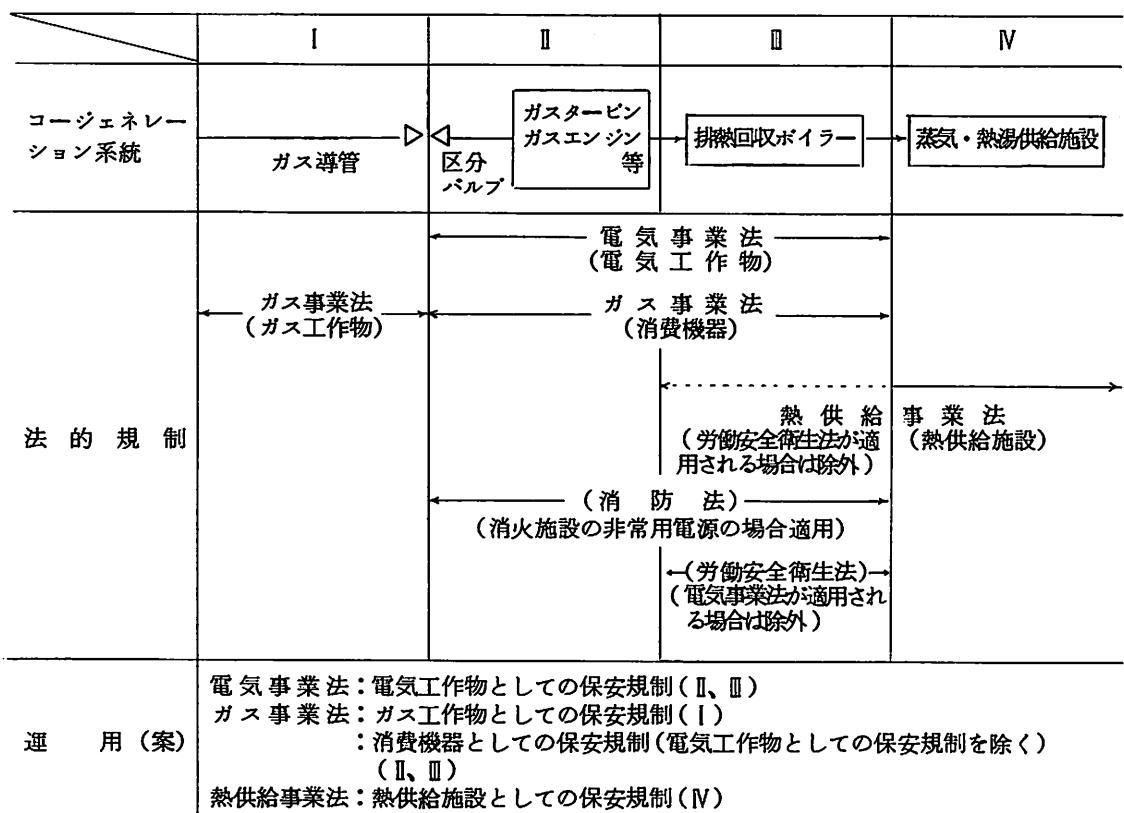
2) 業務用ビル等に設置する都市ガスを燃料としたガスタービン・ガスエンジンは、関係法令の整合性と高い圧力での大量のガスを屋内で消費すること等をも勘案して、次のような保安確保のための措置を講ずることになっている。

① ガス保安の観点から、ガス配管の遮断装置の設置の義務づけ、地震対策用伸縮吸収機構の採用等、ガス消費機器としての設計・製作・設置基準および

保守管理の実施方法等を内容とするガイドラインの作成。

- ② 電気主任技術者の選任についてはコーチェネレーション設備の具備すべき保安レベルを検討し、可能な場合には、保守・管理について保安協会等に委託できるように電気事業法施行規則の改正が行われる。
- ③ ビル内に設置されるコーチェネレーションシステムについては、各種の法令により保守・保安・防災面からの規制を受けるが、保安の周知徹底を図るために、民間サイドにおいて、これら関係法令による規制を総合的に網羅した保安マニュアルを作成するよう指導されることになっている。（表-2、図5）

表-2 コーチェネレーションの保安規制に関する法律関係



(注) 現在、高圧受電設備等の需要設備を有する自家用電気工作物の設置者は、主任技術者を自ら選任せずに保守・管理を保安協会に委託することができるが、コーチェネレーション設備は電気事業法上発電所として位置づけられており、これについては主任技術者を選任しなければならないこととなっている。

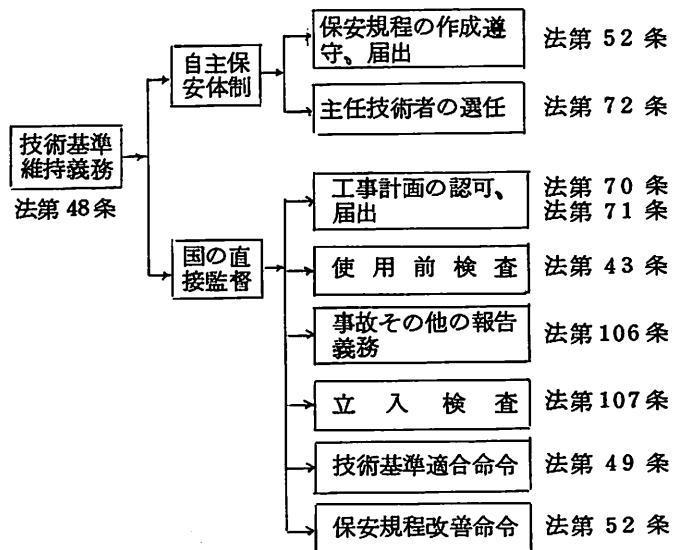


図 5 自家用電気工作物に関する法体系

また、常用発電設備における法規制は表 3 のとおりである。

表3 常用発電機設備における法規制

項目	適用部分	適用法令	備考	
発電設備	発電機 + ガスエンジン	電気事業法 電気設備に関する技術基準 発電用火力設備に対する技術基準 電気用品取締法 電気工事士法 電気工事業の義務の適正化に関する法律 消防法 建築基準法 労働基準法 労働安全衛生法 公害対策基本法 大気汚染防止法 水質汚濁防止法 騒音規制法 振動規制法 建築物用地下水の採取の規制に関する法律	<ul style="list-style-type: none"> 発電設備の種類 常用発電設備として発電所の取扱い 非常用と兼用するにあたっては特認が必要 非常に兼用した場合は消防法により多くの規制を受ける 自家用電気工作物となり電気主任技術者が必要 発電出力 <ul style="list-style-type: none"> 100 kW以上は工事計画届(電事業法)必要 500 kW以上は工事計画認可申請(電事業法)必要 保安規程(電事業法)必要 消防法上の発電設備設置届必要 常用発電の場合年1回の電事業法上の点検を要する(内燃力発電所除く) 	常用発電設備 非常用(予備) 発電設備 防災上の非常用発電設備 内燃力発電所 (内燃力発電所以外はすべて工事計画認可申請必要)
排熱回収	熱交換器 冷温水ヘッダー 貯湯槽	ボイラー及び圧力容器安全規則	第1種圧力容器として適用される。ただし、小形圧力容器は除外。	容器内圧力が大気圧以下、又はその最高使用圧力と内容積を m^3 で表わした数値の積が0.2以下のものを小形圧力容器という。
	排熱回収 ボイラー	労働安全衛生法	<ul style="list-style-type: none"> 簡易ボイラー、小形ボイラー、ボイラーに区分されて適用を受ける。 簡易ボイラー…取扱い資格不要 小形ボイラー…ボイラー取扱技能講習受講者 ボイラー…ボイラー技士 	
		ボイラー及び圧力容器安全規則	第1種圧力容器として適用される。ただし、小形圧力容器は除外。	
	煙突	建築基準法 消防法	構造規定、断面積 可燃物との保安距離	
冷温水発生機	温水だき吸收 冷温水機	高圧ガス取締法 冷凍保安規則	臭化リチウムを用いる場合は適用除外	
		騒音規制法	7.5 kW以上のプロワー、冷却塔	屋外設置時
		建築基準法	耐震規定	
	排ガスだき吸收 冷温水機	高圧ガス取締法 冷凍保安規則	臭化リチウムを用いる場合は適用除外	
		騒音規制法	7.5 kW以上のプロワー、冷却塔	屋外設置時
		建築基準法	耐震規定	
		大気汚染防止法	ばいえん発生施設の届出	
		消防法	火気設備設置届	
補助機器	ボイラー	ボイラー及び圧力容器安全規則	排熱回収ボイラーと同じ	
	油タンク	消防法	危険物の規制	
	ターボ冷凍機	高圧ガス取締法 冷凍保安規則	R-11 使用の場合は、高圧ガスとならないので適用除外	
	ガスだき吸收 冷温水機	同上		
	灯油だき吸收 冷温水機	騒音規制法 建築基準法 大気汚染防止法 消防法	排ガスだき吸收冷温水機の場合と同様	

5. コージェネレーション設備等の系統連系に関する技術要件ガイドライン

コージェネレーション運営委員会の報告を受けて、業務用予備電力契約制度が昭和61年8月15日から設定された。

また、昭和61年8月1日付けで「系統連系技術要件ガイドライン」が作成され、資源エネルギー庁公益事業部長から各通商産業局長あて通達された。

その概要は次のとおり

1) 今後回転機を用いた自家用発電設備(コージェネレーション設備を含む)を電力系統に連系しようとする場合において、当該設備がこのガイドラインに適合していれば連系しても差し支えないものとした。

また、ガイドラインに適合している場合と同等以上の保安の確保が図れると認められる場合にも電力系統に連系して差し支えないこととした。

2) コージェネレーション設備等の設置・改造に係る申請書には、次の資料を参考として添付することとした。

- ① 当該設備がコージェネレーション設備等の系統連系に関する技術要件ガイドライン(表4)を満足することを示す説明書
- ② 当該設備を電力系統に連系するにあたっての一般電気事業者との検討結果に関する説明書

表 4 系統連系技術要件ガイドラインの概要

検討項目	技術的要件	技術的対応			参考
		高压配電系統(6kV)	逆潮流なし	特別高压送電系統	
1. 貨物容量	○コーチェネレーションの連系により系統の設備構成上の基本に影響を与えないこと ○系統電圧を適正値内に維持することと配電系統の場合 $101 \pm 6\%$ 等 (低圧需要家) 変動幅が士 1 ~ 2 %程度	原則として 2000t/h未満 逆潮流なし	逆潮流あり (専用競争系とするため不要)	系統の各電圧別の契約電力の上限の範囲内 整接置等の設置	逆潮流あり
2. 電圧変動	○並列時の瞬時電圧低下を系統の常時電圧の 10 %以内に抑制すること ○送電系統の場合	同期発電機：自動同期装置の設置等 非同期発電機：貯流リクトル等の設置（左記対策が不可能な場合は配電線の増強等）	回 左 回 左 回 左 回 左 回 左 回 左	必要に応じ自動電圧調節 整接置等の設置	高圧配電系統で逆潮流がある場合は、逆潮流を除く) 及び転送しや断接置の設置
3. 保護協調	○事故（コーチェネレーション機内停電、配電線切故、上位系統中止）時又は緊急時等の系統操作時にコーチェネレーションが確実に解離されること ○事故時の自動再閉路を可能にするためコーチェネレーションが確実に解離されていることを確認すること	短絡・地絡・第3相異常検出用遮断器、逆電流遮断器、周波数低下遮断器等の設置 用等)	回左(逆電流遮断器を除く) 及び転送しや断接置の設置並びに専用線連系 回左(ただし、コーチェネレーション設置要家が自動再閉路を必要とするときのみ)	高圧配電系統(逆潮流なし)と同様及び周波数上昇遮断器の設置 回左	回左(逆電流遮断器を除く) 及び転送しや断接置の設置
4. 短絡容量	○系統の短絡容量が他の需要家の遮断器のしゃ断容量を上回らないこと ○連系点における力率を 85 %以上でかつ過少力率とならないこと ○緊急時に迅速かつ確実な遮断及び復旧が行われること	限流リクトル等の設置 整接置	回 左 回 左 回 左	回 左	回 左
5. 力率		誘導発電機：力率改善コンデンサーの設置(ただし進み力率とならないよう)に制御)	回 左	回 左	回 左
6. 連絡体制		電力会社とコーチェネレーション設置要家間の保安通信用電話設備の設置並びに連絡体制及び既存体制の整備	回 左	回 左	回 左

- * その他
 - 上記既定は原則なものであり、実際の適用にあたっては、系統の実態等に応じ、個別に検討するものとする。
 - コーチェネレーションの設置、運転、保守、適用にあたっては設代者と電力会社で十分協議を行い協調を図ること。
 - 20 kV配電は比較的新しい配電方式であり、コーチェネレーションの連系については、高圧配電系統の場合に併しつつ個別に検討することが必要である。

III コージェネレーションシステムの運転管理

1. コージェネレーションシステムの運用形態

コージェネレーションシステムの運用については、前述のとおり熱と電力の消費バランスが一定であることが望ましいが、需要場所の熱と電力の消費パターンは昼夜あるいは季節により変動することが多い。このため、負荷の過不足による電力及び熱の円滑な供給に支障を与えないような適正な設備容量が必要である。

設備の運転については、コージェネレーションシステムと一般商用電力系統との並列運転が行われる場合には、電力消費量の変化には配電系統が対応し、運転は熱主体の運転を行うことができ、システムの高効率が図れることになる。また、発電電圧や周波数の変動とか、エンジン等の負荷投入耐量の問題も同時に解決され、きわめて安定した運転が行える。

2. コージェネレーションシステムと受電設備との電気回路構成

1) コージェネレーションシステムと受電設備との電気回路構成例(表5)

表5 受変電設備の回路構成と特徴

	(1) 独立回路方式	(2) 単母線主回路方式	(3) 時限分割式	(4) 二重母線方式
主回路構成実験結果				
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 単独送電 ピークカット運転 切替時に瞬時停電が発生 	<ul style="list-style-type: none"> 単独もしくは並列運転 ピークカット運転 	<ul style="list-style-type: none"> 並列運転が主流 単独で受変電系統分離運転も可能 	<ul style="list-style-type: none"> 並列・分離運転どちらも可能 無停電切替

① 独立回路方式

比較的小規模設備に用いられ、負荷を受電専用、発電機専用、受電発電切

替に分割し、発電機停止時には、受電発電切替負荷は受電側に切替えられる。

② 単母線主回路方式

中規模設備に用いられ、コーチェネレーションシステムの場合、ピークカット運転に使用される。発電機と受電は並列運転して負荷へ電力を供給する。

③ 母線分割式

受電だけで運用する際は、52S、52Bを共に閉路して、受電母線、発電母線の負荷に電力を供給する。コーチェネレーションシステム運用時は発電機を運転し、52Gを閉路して並列運転を行う。52Bを開路して受電と無関係に発電機を運転することができる。

④ 二重母線方式

独立した受電母線と発電母線を設け、各負荷にどちらかの母線から電力を供給できる。52Bを開路して並列運転、52Bを開路して受電・発電の分離単独運転ができる。

2) 単独運転方式

① 電力の質

コーチェネレーションシステムが単独で運転される場合、負荷側の要求する仕様に整合することは当然である。

商用電源は電源容量が大きく、電圧変動も少く、周波数の変動もほとんどない。

一方、発電機の単独運転では対象負荷容量の1～1.5倍程度の発電機容量となるのが通例で、発電機容量に対し、負荷設備の運用状況に応じて発生する電圧変動、周波数変動は、商用電源に比しかなり大きく、電圧変動は瞬時25%、整定時3%、周波数変動は瞬時10%、整定時3%程度となる。

従って、対象負荷設備の運転計画に際しては、対象負荷設備の電圧、周波数の変動許容範囲とコーチェネレーションシステムの発電機の変動値との整合をとておく必要がある。特定の負荷で高精度の電源が必要な場合には、当該負荷設備のみを対象とした定電圧定周波数電源装置等を設置し、他の負荷設備に対しては発電機の標準特性で適用することが経済的である。

② 発電設備に適当な負荷

コーチェネレーションシステムを高効率で運転するためには、可能な限り定格出力付近での運転が望ましい。また、電圧・周波数変動をできるだけ小さくする運転が要求されることから、負荷変動の少ない負荷設備が好ましい。

i) 好ましい負荷設備

照明、コンセント、空調動力（比較的小さな負荷、安定した負荷等）

ii) 好ましくない負荷設備

エレベーター、大容量電動機、水銀灯等許容電圧変動の小さい負荷（コンピューター等起動電流の大きな電動機負荷等、精度の高い電気を要求する機器等）

3) 商用電力系統との並列運転方式

① 並列時における運転方式

コーチェネレーションシステムの発電機を効率的、経済的に有利な運転をするためには、発電機を定格出力で運転することが望ましく、一定負荷で運転できるため、機械の耐久性、信頼性も高く、商用電力系統との並列運転が可能な場合は最も適した運転といえる。（表6）

表 6 コージェネレーションの運転方式

運転方式	特徴	デマンドと負荷パターンの関係 電気 热	デマンド過不足への対処方法	負荷パターン	備考
熱負荷追従型運転	熱負荷デマンドに合わせて原動機を運転する	余ったり不足したりする くコ・ジエネレーションの負荷により供給される	過不足なくコ・ジエネレーションの負荷により供給される (電力)供給が過剰な場合は系統にもどす(逆送電)。不足の場合、系統電力から補う	<p>熱デマンド=熱サプライ 電力デマンド↓ 不足電力 出力 電力サプライ 系統へ</p> <p>時刻</p>	逆送電力が不可能な場合、コ・ジエネレーションによる電力の供給量がつねに電力デマンドを下回るようにシステム設計をする
電気負荷追従型運転	電力デマンドに合わせて原動機を運転する	過不足なくコ・ジエネレーションの負荷により供給される	余ったり不足したりする (熱)供給が過剰な場合は捨てるか燃然する。不足の場合、蓄熱槽から引き出すか、ボイラー等でバックアップする	<p>熱サプライ 余剰熱→蓄熱槽へ 放熱 ボイラー 不足熱→蓄熱槽から 電力デマンド=電力サプライ 出力</p> <p>時刻</p>	(1)部分負荷運転があるため変動メリットが小さい (2)コ・ジエネレーションによる熱供給量がつねに熱負荷デマンドを下回るのが望ましい
定出力運転	原動機をつなに一定出力で運転する	不足する	不足する (電気、熱)不足電力は系統から、不足熱はボイラーで補う	<p>熱負荷デマンド 熱供給 電力供給 出力</p> <p>時刻</p>	(1)コ・ジエネレーションの設備にとっては望ましい運用である (2)原動機負荷が定格であれば、変動メリットも大きい

② 商用電力系統との並列運転の長所

i) 熱需用主体の運転ができ、高効率運転ができる。

- ・ 負荷電力は時間的に変動するが変動電力量は受電電源が対応し、発電機は常に一定負荷で運転を行い、運転効率を維持するとともに、熱需要に応じた運転を行い高効率を維持する。(図 6)

ii) 電源設備が簡単である。

iii) 切替操作時の瞬時停電がない。

単独運転の場合は発電機負荷の確保のため、対応負荷の受電・発電の電源系統の切替移行操作が行われるが、この際負荷は瞬時停電する。(図 7)

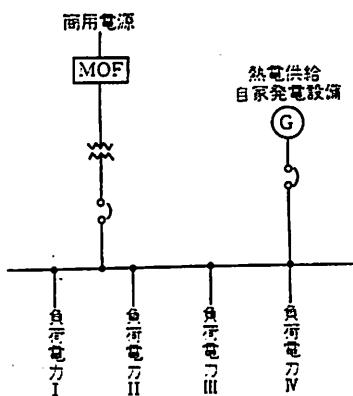


図 6 並列運転の主回路構成図

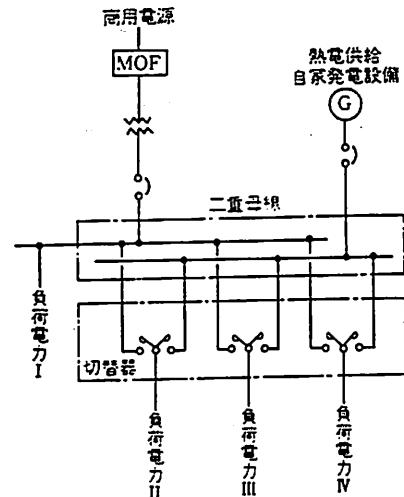


図 7 単独運転の主回路構成図

iv) 電力負荷設備の単基容量の細分化の必要がない。

商用電源の電源容量が大きく大容量にも対応できるため、負荷設備の選定に際して発電機容量によって制限される電圧変動値、負荷投入耐量など容量選定上の制約を受けない。

v) 電圧及び周波数変動幅が少ない。

商用電源と並列運転する発電機の電圧及び周波数の変動は、商用電源により定まり安定している。単独運転の場合は発電機の電圧・周波数の変動率は商用電源の変動率に比し、若干大きい値となる。

vi) 発電機として誘導発電機が使用できる。

③ 並列運転の短所

- i) 商用電源との保護協調を図るために必要な保護継電器等を設置しなければならない。
- ii) 同期発電機では自動同期検定装置が必要となる。
- iii) しゃ断器のしゃ断容量は商用電源の短絡容量、もしくは発電機単独時よりも大きくなければならない。

④ 発電機の台数制御

コーチェネレーションシステムを効率よく運転するには、常時 75 % 以上

の電力負荷をかけることが望ましい。負荷が時間的変化をする場合には、発電設備容量もこれに対応することにより、高効率運転が可能となる。

負荷状況に応じ、運転台数は負荷に対して 75% 以上の運転が行えるよう運転管理を行うべきである。なお、台数制御運転方式は単独運転でも商用電源との並列運転でも適用することができる。

3. 保守・点検

1) 保安規則に関する法律関係

コージェネレーションシステムの運用に際し、関係する保安規則は前述のとおりであり、特に電気事業法においてはコージェネレーションシステムの発電設備は常用発電所扱いとなるため、各種規制に合致するよう保安体制は万全をきさなければならない。

2) 保守・点検の留意点

保守・点検においては、保安規程に基づいた保守・点検を綿密に実行することはいうまでもないが、特にガスタービンなどは電気事業法で定められた年に1回の定期検査が官庁立会いのもとに行われる関係上、定検期間も長くとなることが必要となる。これらの停止期間を十分配慮したうえで、年間の運転・保守点検計画を立てなければならない。

4. 環境対策

コージェネレーションシステムは需要地に近接して設置されるため、騒音、振動、排気など周辺地域の環境に与える影響を最小限に抑える必要がある。

環境対策の主な項目は表7のとおりとなる。

表7 環境条件の項目

No	項目	検討が必要となる理由
1	NO _x	ある値を超えると人体に害を及ぼすことがある（環境規制値が定められている）
2	騒音	
3	振動	
4	高温排気	既存の建物への熱による影響を考える必要がある。

いずれの項目についても、技術的に対処することは可能であるが、経済性との兼ね合いも含め、最適な環境対策を施すべきである。

IV コージェネレーションシステムの経済性

1. イニシャルコスト

イニシャルコストについては規模やシステム構成によって異なるが、一般にシステム全体で25万円／1kWといわれている。システムの稼動率が高い程総合的経済性が良くなるが、コージェネレーションシステムは電気を買電で、熱を油、ガスボイラーでまかなった場合よりイニシャルコストが高くなるので稼動率が採算に合う値であることが必要である。

2. コージェネレーションシステム経済評価の事例

四国のある旅館のコージェネレーション導入の経済性検討結果をまとめて表8に示した。この結果よりコージェネレーションシステム導入にはメリットがあると考えられる。

表 8

計算条件（四国電力、業務用、力率100%）	
貴社契約電力	550 kW
基準電力	275 kW
コージェネレーションシステム導入出力	400 kW
発電容量（年間）	2,937,600 kWh
稼働時間／日	24 時間
稼働日数／月	30 日
稼働日数／年	360 日
燃料（A重油）単価	25 円／ℓ
潤滑油単価	150 円／ℓ
メリット計算結果（概算）	
電気料金低減額（年間）	63,156,287 円
SCS 運転経費（年間）	△ 30,283,392 円
予備電力契約額（年間）	△ 1,193,724 円
SCSによる熱回収額（年間）	8,303,615 円
最終低減額（年間）	39,982,786 円
設備費	120,000,000 円
回収年数	3 年

V コージェネレーションの我が国における現状について

海外におけるコージェネレーションの普及状況については各国の自然条件、産業構造、電気事業及び地域冷暖房のあり方等によって大きく左右されるが、西ドイツ、デンマーク、フランス、イギリス、米国等において採用されている。

我が国では産業用自家発電は昭和62年3月末現在で総発電出力の8.9%を占めており年々増加している。また民生用も今年末で108件 全発電設備量の約0.03%にあたる。

関西における比較的新しい例として大阪ガス(株)地域冷暖房プラント「千里エネルギーセンター」のガスタービンコージェネレーションシステム、ツイン21のコージェネレーションシステム、大阪ガスICCビル、神戸生活協同組合六甲アイランド食品工場の常用、非常用兼用ガスエンジン・コージェネレーションシステム等がある。

1. ツイン21のコージェネレーションシステムとメンテナンス

ツイン21におけるコージェネレーションシステムのメンテナンスがどのように行われているかを知るため同ビルを訪問し、関係者より実情を聴取した。以下その結果を要約する。

まずツイン21の外観を写真1に、配置図を図8に示す。

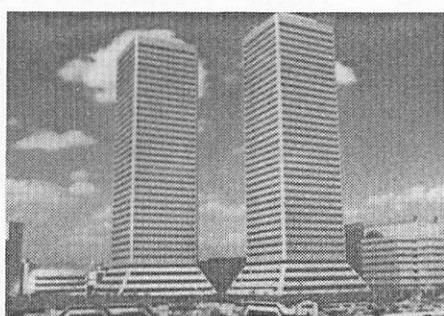


写真1 ツイン21の外観

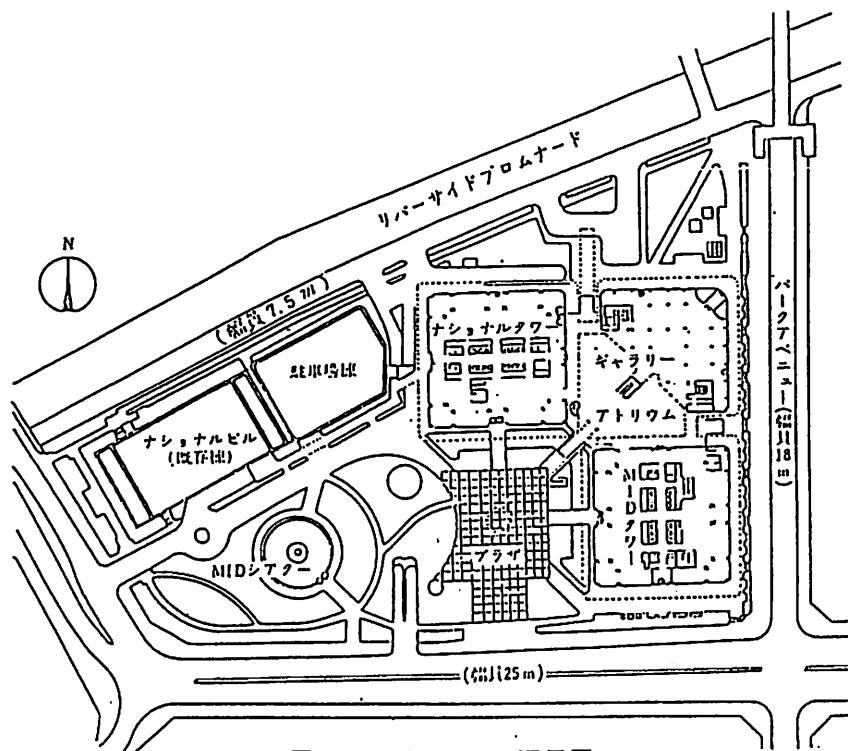


図8 ツイン21の配置図

1) 建築および設備概要

ツイン21の建築および設備の概要は次の通りである。

① 建築概要

建物名称：ツイン21

所在地：大阪市中央区城見2丁目1

敷地面積：31,861.6 m^2

建築面積：14,341.80 m^2

延床面積：172,454.10 m^2

ナショナルタワー：18,666坪

MIDタワー：18,742坪

ギャラリー：1,850 m^2

MIDシスター：2,603.8 m^2

基準階面積：1,469 m^2

階数：地下1階、地上38階、塔屋1階

高さ：軒高150m

② 設備概要

i) 空調設備

熱 源：ガス吸収式冷温水発生機(628 USRT × 3)、ガスエンジン発電機排熱利用吸収式冷凍機(250 USRT × 3)、スクリュー式冷凍機(325 USRT)、スクリュー式ヒートポンプ(96 USRT × 2)

基準階空調：各階4ゾーンマルチユニット全空気式(空調機12台／各階)、インバータ制御可変風量方式

ii) 電気設備

受変電：22KV 3回線スポットネットワーク方式

特高変圧器：2000 KVA × 3台、2300 KVA × 3台(22KV/415V)

発電機：都市ガス、ガスエンジン駆動発電機 907 KVA × 3台

照 明：基準階 500ℓ ×、システラ天井

iii) インテリジェント機能

インテリジェントビルとして前述のガスエンジン(907 KVA × 3台)によるコージェネレーションシステム採用の他、下記の先進機能を有している。

- ツイン21ビル管理総合システム
- 分散処理型ビル設備管理システムとしてマイクロコンピューターの光ファイバーケーブルによるLANの採用
- 各階にセルラーダクト2ウェイを採用
- B1F ICテナント用発電機スペースの確保
- CATV、映像情報ネットワークサービス

2) コージェネレーションシステムの概要

ツイン21のガスエンジンの入出力を表9に、システムの詳細フロー図を図9に示す。

表9 ガスエンジン入出力

名 称		ガスエンジン発電装置	
燃 料 ガ ス		13 A	
性 能	称 呼 能 力	KW	2,173
	分 割 × 台 数	KW	726 KW × 3 台
能 能	エンジン排熱回収	kcal/h	3台合計 2,140,572
	排 ガ ス	kcal/h	3台合計 1,107,918
機 関	形 式		L70-12C (×3台)
	出 力 × 回 転 数	PS×rpm	1,038×1,200
エン ジ ン 冷 却 水	回 収 热 量	kcal/h	617,851×3
	L. O. 冷却水		95,670×3
	計		713,524×3
機 器 分 離	流 体		清水
	流 量	m³/h	108×3
	温 度 差	°C	80—86.6
排 ガ ス 温 水 器	回 収 热 量	kcal/h	369,306×3
	流 体		清水
	流 量		108 m³/h×3
	温 度 差	°C	86.6—90.0
	燃 料 消 費 热 量	kcal/h	1,901,541×3
	热 效 率	%	34.6
	必 要 空 気 量	m³/h	2,742×3
	放 散 热 量	kcal/h	65,366×3

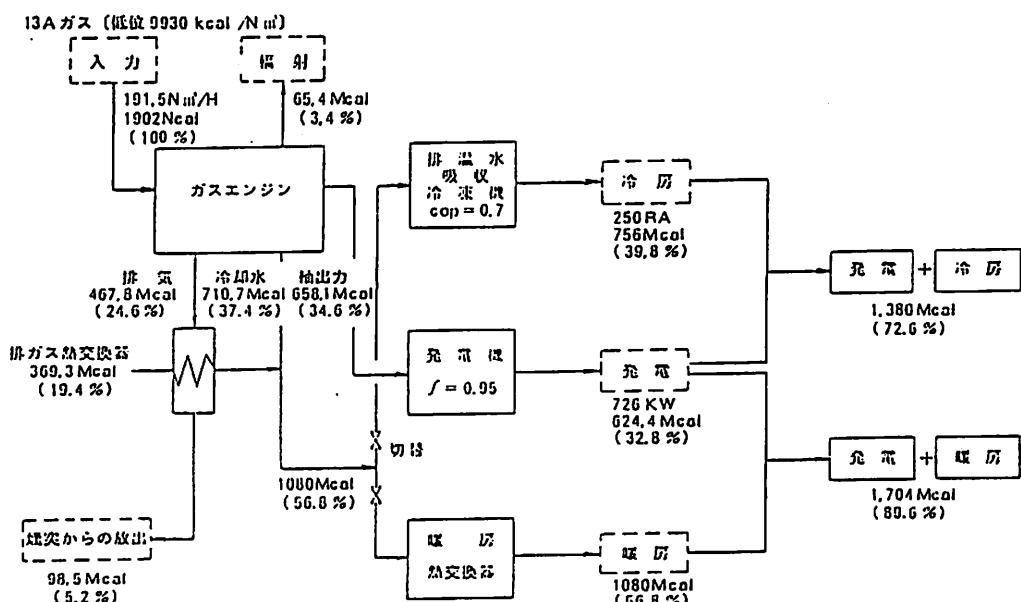


図9 コージェネレーションシステム詳細フロー図

3) 運転とメンテナンス

昭和61年8月より昭和62年7月までの運転実績を表10に示す。

ガスエンジン駆動発電機は3台設置されているが、総括して云えば常時1台、平均2台、真夏には3台が運転されていると云うことができる。

夜8時以降および休日はエンジンは運転していない。

また表11にメンテナンス計画、表12に点検内容を示した。

メリットとしては従来システムに比して最近では年間約6,000万円のコストダウンとなっている。

表 10 運転実績表

項目	月	61年8月		9		10		11		12		62年1月		2		3		4		5		6		7		計					
		電機 運転時間 (H)	No.1 225	No.2 200	No.3 76	合計 501	123	86	110	110	62	142	231	237	215	214	231	211	135	134	124	1	1	1	58	83	73	193	185	1,515	
受電力 (kW)	1,583.364	1,547.940	1,522.260	1,510.860	1,527.324	1,454.760	1,471.476	1,675.356	1,639.992	1,702.956	1,810.668	2,034.720	19,511,676	344	313	344	313	344	313	344	313	344	313	344	313	344	313	344	3,103		
発電力 (kW)	279,000	291,400	175,400	76,800	119,700	127,900	106,700	122,700	213,600	274,300	340,300	431,000	2,558,800																		
総発電量 (Mcal)	1,862.364	1,839,340	1,697,660	1,587,660	1,647,024	1,582,660	1,578,176	1,798,056	1,853,592	1,977,256	2,180,968	2,465,720	22,070,476																		
発電ガス消費熱量 (Mcal)	810.583	837,133	505,345	220,153	347,647	356,250	301,674	347,024	588,203	770,223	988,469	1,238,416	7,313,120																		
排温水回収熱量 (Mcal)	434,789	451,545	269,715	108,237	191,059	171,520	152,987	184,623	326,343	428,265	530,840	690,438	3,940,361																		
有効回収熱量 (Mcal)	296,440	298,155	181,335	43,772	58,156	24,193	34,389	68,697	196,392	312,471	392,385	471,687	2,378,072																		
総負荷熱量 冷房 暖房 冷房 暖房 冷房 暖房 冷房 暖房	—	—	—	48,205	109,015	133,794	101,350	86,661	40,560	—	—	—	—	519,585																	
第電端効率 (%)	29.6	29.9	29.8	30.0	29.6	30.7	30.4	31.2	30.6	30.4	30.7	30.4	30.7	30.4	30.7	30.4	30.7	30.4	30.7	30.4	30.7	30.4	30.7	30.4	30.7	30.4	30.1				
排温水回収率 (%)	53.6	53.9	53.4	49.2	54.9	47.9	50.7	53.2	55.5	55.6	55.6	55.7	55.7	53.7	55.5	55.6	55.5	55.6	55.5	55.6	55.6	55.6	55.6	55.6	55.6	55.6	53.9				
有効回収率 (%)	36.6	35.6	35.9	41.8	48.1	44.1	45.0	44.8	40.3	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6				
総合効率 (%)	66.2	65.5	65.7	71.8	77.7	74.8	75.4	75.2	71.5	71.5	71.5	71.5	71.5	71.5	71.5	71.5	71.5	71.5	71.5	71.5	71.5	71.5	71.5	71.5	71.5	71.5	71.5				
発電機負荷率 (%)	76.7	78.1	75.5	74.5	71.4	74.3	68.6	69.6	83.3	84.0	87.3	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2			
コジェネ依存率 (%)	15.0	15.8	10.3	4.8	7.3	8.1	6.8	6.8	11.5	13.9	15.6	17.5	11.6																		
冷暖房	17.8	22.3	49.6	33.0	32.5	20.7	20.5	30.5	65.6	45.2	29.7	23.6	27.7																		

※ 13Aガス低位発熱量 9,931kcal/m³

※ ガス温度補正、年間平均 20°C

※ 電力日報、空調日報より

※ 定期点検、調整運転時の稼働時間は除く。

表 11 メンテナンス計画

項目	月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	計
1 台 目		25日	25日	26日	27日	26日	24日	26日	25日	25日	23日	24日	26日	
2 台 目				26日	27日	26日	24日	10日			23日	24日		
3 台 目					10日	10日	10日							延 492 日
延 遅 転 時 間 11 時 間 / 日	275 H 275 H 572 H 704 H 682 H 638H 396H 275H 506H 275H 528H 286H													
1 日 平 均 運 転 時 間	95 H 95 H 180 H 250 H 230 H 220H 135H 95H 90H 170H 175H 95H													
1 日 平 均 累積延運転時間	95 H 190 H 370 H 620 H 850 H 1,070H 1,205H 1,300H 1,390H 1,560H 1,735H 1,830H													
A 点 檢	(△) ○ △ ○ (△) ○ (△)													
B 点検(C点検)														
D 点 檢														

表 12 点 檢 内 容

点検の種類	点 檢 内 容	点検の種類	点 檢 内 容
	巡視点検 発電機関の運転中に、目視の他、一部触手により設備全体の異常の有無を確認するもので、重要なもののについては計器類の値を眺んで各種機器の状況を判定する。 日常点検(250時間点検) 発電機関の内、運転時間が所定の日常点検目標時間に近いものから順次機関を停止して行うもので、点火系統の他、ボルト類及びベルトのゆるみ、各種流体の流れの異常状況に伴う配管中の異物の有無、素酸化物除去装置の作動状況を確認する。	C 点 檢	2年毎 内部点検(C点検) 機関を停止してから、タイミング歯車の点検、クランクケース油シール部分シール材の劣化確認の他、調速機ボテンショ、燃焼空気クリーナエメント、ガスガバナー用ダイヤフラムを点検し、圧力計の指示値及び設定値等の異常の有無を確認する。
A 点 檢	中期定期点検(500時間毎点検) 機関付属品の点検を主体としたもので、クランクケース、ミストブリーザ等、簡単に整備出来るものの内部点検の他、計装品及び付属電線類の劣化の程度、発電機関各部の点検、燃料ガスの漏れ等を確認する。	D 点 檢	4年毎内部点検(D点検) 機関をシリンダヘッド、ピストン等、中規模に分解して点検を行い、カラーチェック程度の検査で材料の初期破壊の有無を確認する他、給排気弁、カム軸の歯当り、油こし器エレメントの状況を確認して、要すればこれを交換、付属品の内、点火用発電機、エアーモーターの分解、温度計回転計の指示値を確認、防振装置の姿勢状況、付属補機器の異常の有無も確認する。
B 点 檢	年次定期点検(B点検) 運転中機関の燃焼状況を確認した後、機関を停止して小規模に分解し、動弁装置、クランクケース内及び油フィルターの点検、清掃、調速機コントローラ、始動用電磁弁等の点検、機関据付ボルトのゆるみ確認、ガスマーテーの油交換を行ない、機関潤滑油の性状分析用サンプリング及び分析の結果、油の劣化状況等を確認する。	E 点 檢	総合開放定期点検(E点検) 外観検査の他、各機関部品の摩耗状況を計測確認、要すればシリンダーヘッド、タイロッド等の交換を行う。カム、ローラ軸受、メタルギヤ等の摩耗計測、発電機軸受の摩耗状況、ガスケット、伸縮接手等に異常があればこれを交換、計器類の指示値及び測定値についても入念に確認する。 臨時点検 発電設備の事故、災害等により異常のおそれのある場合に行うもので、その規模により既に述べた内容の点検を臨時に行う。

2. 大阪ガス㈱地域冷暖房プラント

「千里エネルギーセンター」のガスター・ビンコーチェネレーション

建築設備 63-9 より要約する。

おわりに

コーチェネレーションは今後建物だけでなく広く地域
冷暖房に欠くことのできないものとなりつつある。

また現在主として実用に供されているディーゼルエン
ジン、ガスエンジン、ガスタービン等を駆動に使った各
システムの実績、それによる改造、システムの小型化等
により益々使用されることと思われる。

また現在開発中の燃料電池、スターリングエンジンシ
ステムの実用化により一層促進されるものと思われる。

我々メンテナンス業者もシステムの動向を知り、それに
適応したメンテナンス方式を見出し習熟することが大
切である。

本書は下記の設備部会委員によって作成編集されました。

総括	南	茂雄
担当委員	藪本	滋
"	脇坂	伊佐夫
"	田中	利一
"	岡野	勝