

## 第24回 国土技術開発賞 入賞

# 実発電と実負荷状況に応じた 発電共通制御システム

## 多元化電源を明日へつなぐ「次の」複合制御システム

〔受賞者〕 株式会社日本設計／東芝インフラシステムズ株式会社

〔本稿執筆者〕 株式会社日本設計 佐藤 好宏

東芝インフラシステムズ株式会社 市川 博則, 中原 毅朗

以下に、第24回 国土技術開発賞で入賞した「実発電と実負荷状況に応じた発電共通制御システム」を紹介します。

### 1. はじめに

東日本大震災では電力逼迫が起こり、事業継続計画（BCP）としてエネルギーの多元化、および節電意識を見直すきっかけとなった。災害時における従来の考え方として発電設備は多元化されたものではなく、電力供給範囲が限定的で単一的なシステムであったことが課題として挙げられる。

今回の開発は非常用発電機ガスタービン3台燃料備蓄72時間分とCGS（Co-Generation System）ガスエンジン2台で多元化された自立電源（通常時の80%相当）を構築し、特徴の異なる発電設備と昼夜の負荷変動が発生する負荷設備を最適な自動制御にて実現する複合的なシステム（発電共通制御システム）である。

### 2. 技術概要

本システムを導入した建物全体の電源システムの概要について、以下へ記載する。建物は延床面積約35万m<sup>2</sup>の複合用途ビルである。インフラライン

は66kVループ受電にて引き込み、特高部でビル用とIDC用にシステムを分けている。ビル用は各タワーのサブ変（サブ変電所）を経由して負荷設備へ供給している。また、地冷会社のサブ変はビルと一括受電のため、ビル側の特高より供給している。通常時に発電設備はCGSにより系統連系を行い、DSS（Daily Start Stop：日間起動停止）による受電電力一定制御にて地域の電力負荷平準化に貢献している。停電時は開発した制御システムと5台の発電設備により、ビル内の広域供給が可能な計画とした（図-1）。

また5台の発電設備はエネルギーの多元化として、非常用発電機（3,600kW×3台）とCGS（4,000kW×2台）により、災害時においても通

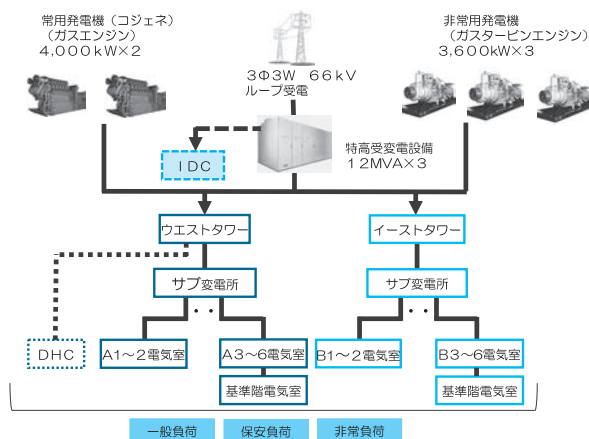


図-1 電源システムの概略図

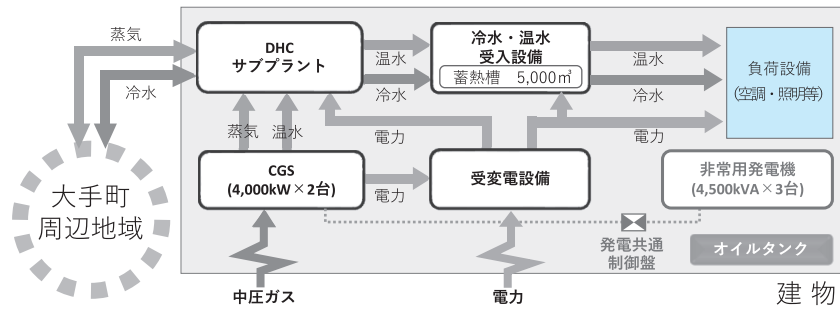


図-2 通常時のエネルギー相関図

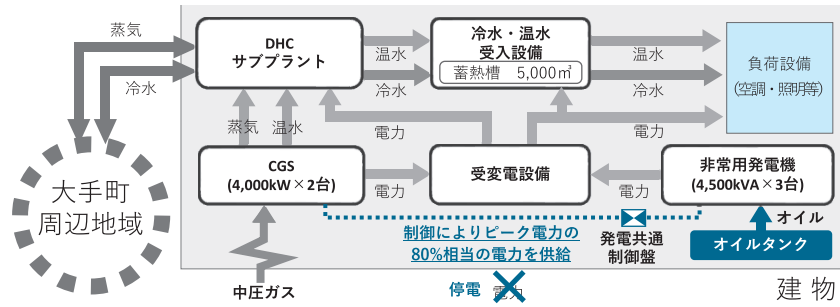


図-3 停電時のエネルギー相関図

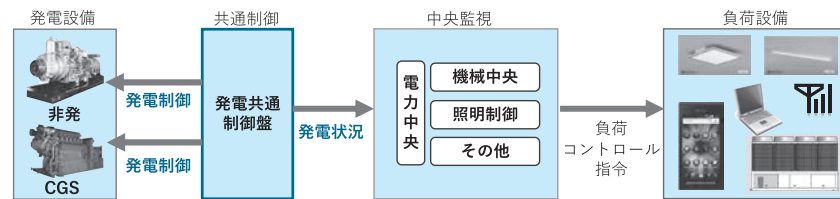


図-4 発電共通制御システム概念図

常時の80%に相当する発電能力を確保した（図-2, 3）。

本システムは、多元化されたエネルギーと変動する負荷設備を最適化された制御とするために開発した（図-4）。開発にあたっての主な留意点は以下のとおりである。

(1) 異なる原動機（エンジン）を同期制御

非常用発電機（ガスタービンエンジン）と常用発電機（ガスエンジン）の異なる原動機を持つ発電設備を、最適化された同期タイミング制御と電力使用状況に応じたCGSの台数および出力制御を自動制御で構築した（写真-1）。

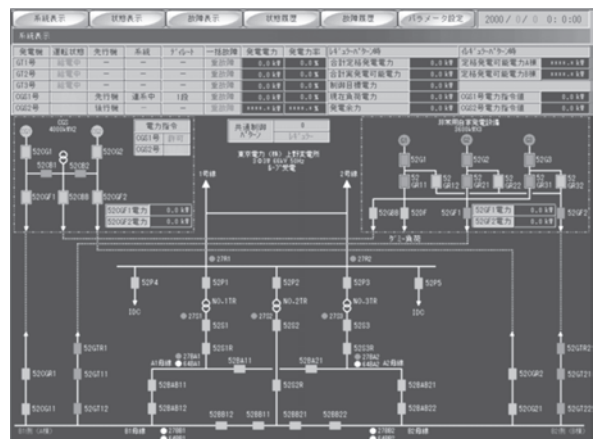


写真-1 発電共通制御盤 サマリ画面

(2) 発電状況に合わせた負荷制御

発電設備と負荷設備の制御を連動させ、発電共通制御盤からの実発電状況を基に電力中央監視設備にて制御目標電力を演算して、各設備へ負荷制御指令（供給範囲の拡大と縮小）を出力した。

(3) 発電設備の系統解析シミュレーションと実証試験

各発電設備の特性データを使用し、同期時における負荷投入の影響度合いをシミュレーションし、効率的な実証試験を可能とした。

3. 開発技術の特徴

(1) 発電設備の同期タイミング制御と出力・台数制御

非常用発電機（ガスタービン）は負荷変動に強いが、CGS（ガスエンジン）は負荷変動に弱く、軽負荷運転（製造者により異なるが、定格の40%程度）が30分継続すると重故障停止する。また各発電設備が同期した際にCGSが負荷を取り過ぎると、必要な無効電力を供給するために非常用発電機が進み力率になり、さらに許容範囲を超えると保護動作にてエンジンが停止する課題があった。それらの課題を解決するために、以下の機能を構築した。

・同期タイミング制御

停電初期は非常用発電機のみで供給し、CGSの運転に支障がない程度まで電力が増加した場合に発電共通制御盤にてCGSの台数制御と出力制御を行った（図-5）。

非常用発電機の進み力率対策は発電共通制御盤で力率を監視し、アラート発報時はCGSの出力を低減する制御にて対策を図った。

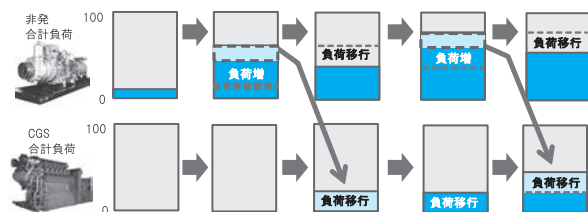


図-5 発電設備間の負荷移行

(2) 発電設備のデマンドレスポンス機能

発電設備の制御目標電力を可変にすることで、災害時のデマンドレスポンス機能を可能とした。これは需要電力に合わせるのではなく、発電出力

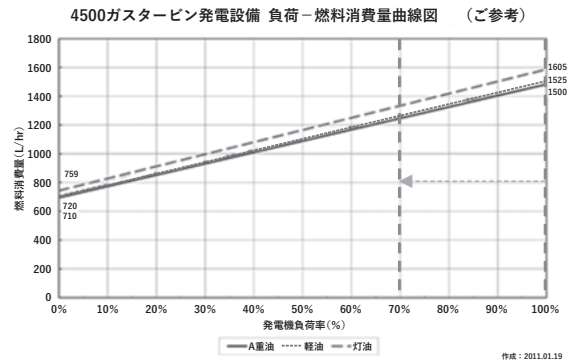


図-6 非常用発電機の燃料消費曲線図

を設定で管理することにより、非常用発電機の燃料の有効活用とさらなる長時間運転が可能である（図-6）。

(3) 負荷制御の速応性と選択性の拡張

BCP制御として、発電状況を監視・制御しながら負荷設備へ段階的な供給を行っている（図-7、写真-2）。また、建物全体の負荷設備を発電設

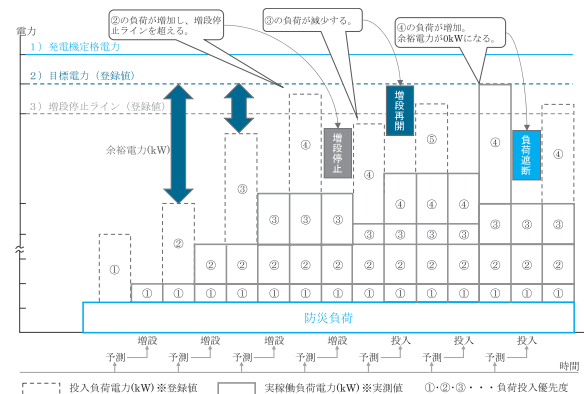


図-7 発電量に応じた電力供給範囲の制御方法



写真-2 災害時における電力制御状況

表-1 制御機能の拡張

制御機能	従来技術	本技術
速応性（制御周期）	1分単位	1秒単位
選択性（供給先の選択）	16段階	32段階

備の状況に合わせて制御（電力供給範囲の拡大と縮小）するために、負荷制御機能を拡張させた(表-1)。拡張したことにより、災害時に必要なエリアへ迅速な電力供給と発電設備の状況に応じた電力供給先の細分化制御が実現できる。

#### 4. 発電設備の系統解析シミュレーション

異なる原動機を同期させ、電圧および周波数の変動を管理値以内に収めつつ、負荷の投入量と投入間隔の目安を決めるために系統解析シミュレーションを実施した。以下に検討フローを記載する(図-8)。

##### (1) シミュレーション結果

発電設備の運転台数、負荷投入量と投入間隔を変えながら管理値に収まるパターンを抽出し、そ

の中から実証試験を行う際の条件の目安とした(表-2)。

#### 5. 実証試験

竣工前の試験試運転時に実証試験を実施した。竣工前であるため、入居者専有部の負荷（OA コンセント等）を補うために負荷抵抗車 4,000 kW と 8,000 kW（計 12,000 kW）を用意して試験を実施した。効果の検証を行うにあたり、電力が該当エリアに供給される確認だけでなく、非常用発電機と CGS の同期制御と負荷変動が発生しても各発電設備が安全に運転を継続することも確認した。

以下は試験項目の抜粋として挙げる。

- (1) 各発電設備が同期運転中に負荷変動を発生させても、管理値以内で運転を継続すること(表-3)（管理値は図-9 参照）。

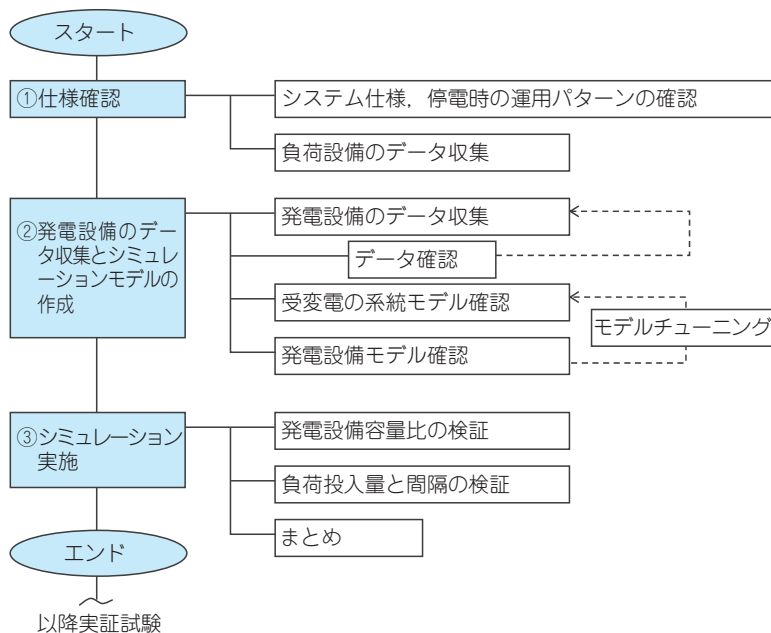


図-8 系統解析シミュレーション検討フロー

表-2 シミュレーション結果\*1

管理値	GT	CGS	負荷投入間隔	負荷投入量
周波数± 0.5 Hz 以内*2 電圧± 10% 以内	2台	1台	5 S 以上	1,200 kW 以下

\* 1 発電設備の運転台数が増えれば投入量等も変わるが、全体の制御を成立させるための最低限必要な発電設備として検討した内容

\* 2 瞬時は± 15% 以内

表-3 (1)の試験抜粋(負荷変動に弱いCGSの挙動を確認)

項目	内容
図-9	5台の発電設備を同期させ、負荷変動試験(実負荷+負荷抵抗車)を行った。初期負荷8,500kWで1,500kWの負荷を投入した場合の試験
図-10	5台の発電設備を同期させ、初期負荷7,500kWでELVを同時に17台運転(上昇)した場合の試験
図-11	5台の発電設備を同期させ、初期負荷7,500kWでELVを同時に17台運転(下降)した場合の試験
図-12	5台の発電設備を同期させ、初期負荷7,500kWでターボ冷凍機(763kW)を1台運転した場合の試験

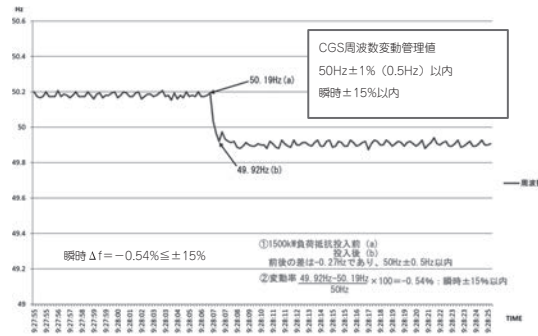


図-9 CGS2号機\_負荷1,500kW急上昇\_周波数換算データ

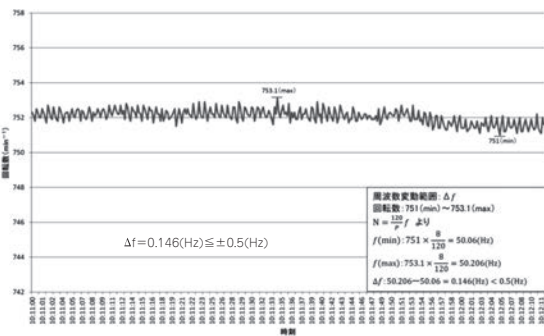


図-10 CGS2号機\_ELV17台 同時運転(上昇時)

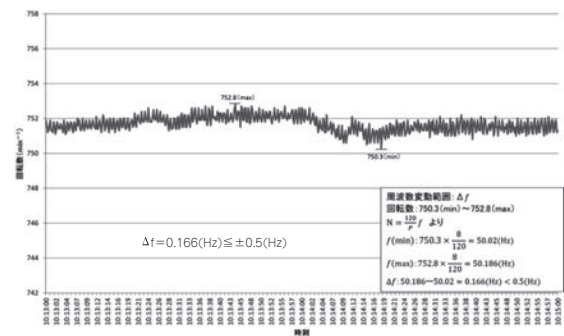


図-11 CGS2号機\_ELV17台 同時運転(下降時)

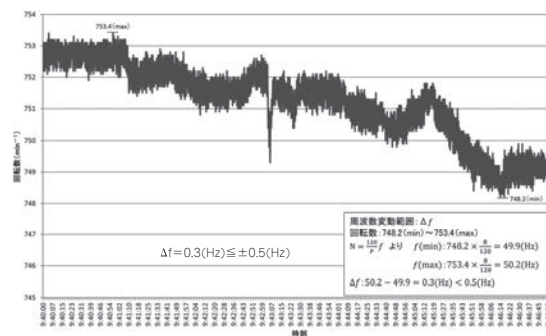


図-12 CGS1号機\_冷凍機1台 投入時

## 6. まとめ

本技術は建物のレジリエンシーを高めるために、インフラ途絶時でも自立電源の制御にて建物のBCP性能を向上させるだけでなく、地域の防災拠点化として貢献している。また災害時における運用の省力化が行える。その他、開発の過程においてシステム解析シミュレーションは、現場試験段階

における試験パターンの合理化も行える結果となった。

### 謝辞:

本技術の開発にあたり多くの課題がありましたが、関係者の皆さまとの協働にて築き上げた発電共通制御システムです。最後に、本技術の共創に携わった全ての皆さまに誌面をお借りして心より御礼申し上げます。