

「六本木ヒルズ」におけるエネルギーシステム (環境性・BCP機能に優れた分散型電源と熱供給施設)



六本木エネルギーサービス株式会社 技術部 三上泰幸

六本木エネルギーサービス株式会社: 会社概要

会社概要 名称: 六本木エネルギーサービス株式会社

設立: 2000年8月4日

事業内容: 電気供給および冷水・蒸気の熱供給

所在地: 東京都港区六本木6-10-1 六本木ヒルズ森タワー

資本金: 4億9千万円

出資会社: 森ビル株式会社(65%)、東京ガス株式会社(35%)

事業認可: 2001年9月7日(経済産業大臣)

事業開始: 2003年5月1日

1995年の電気事業法改正により、一般電気事業者以外の事業者による一般への電気の供給が可能となる「特定電気事業」の制度が施行される。

これにより、特定電気事業者※が複数の建物に電気を供給し、発電時の排熱を熱供給事業者を介して、その地域の熱需要に有効利用することができるようになる。

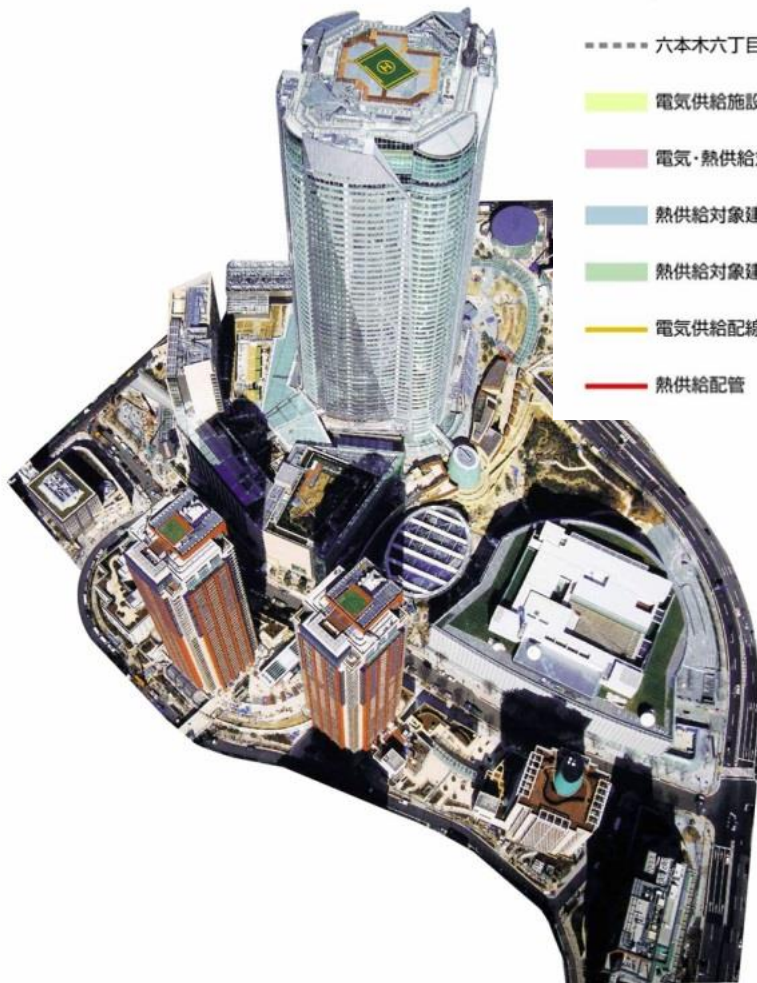
この経緯をふまえ、森ビル株式会社と東京ガス株式会社は、エネルギーサービス会社を設立し、六本木ヒルズ地区において電気と熱の供給事業を行うことにした。

※2016年4月1日より、電気事業法改正により登録特定送配電事業者となる

六本木エネルギーサービス株式会社：供給区域・ルート

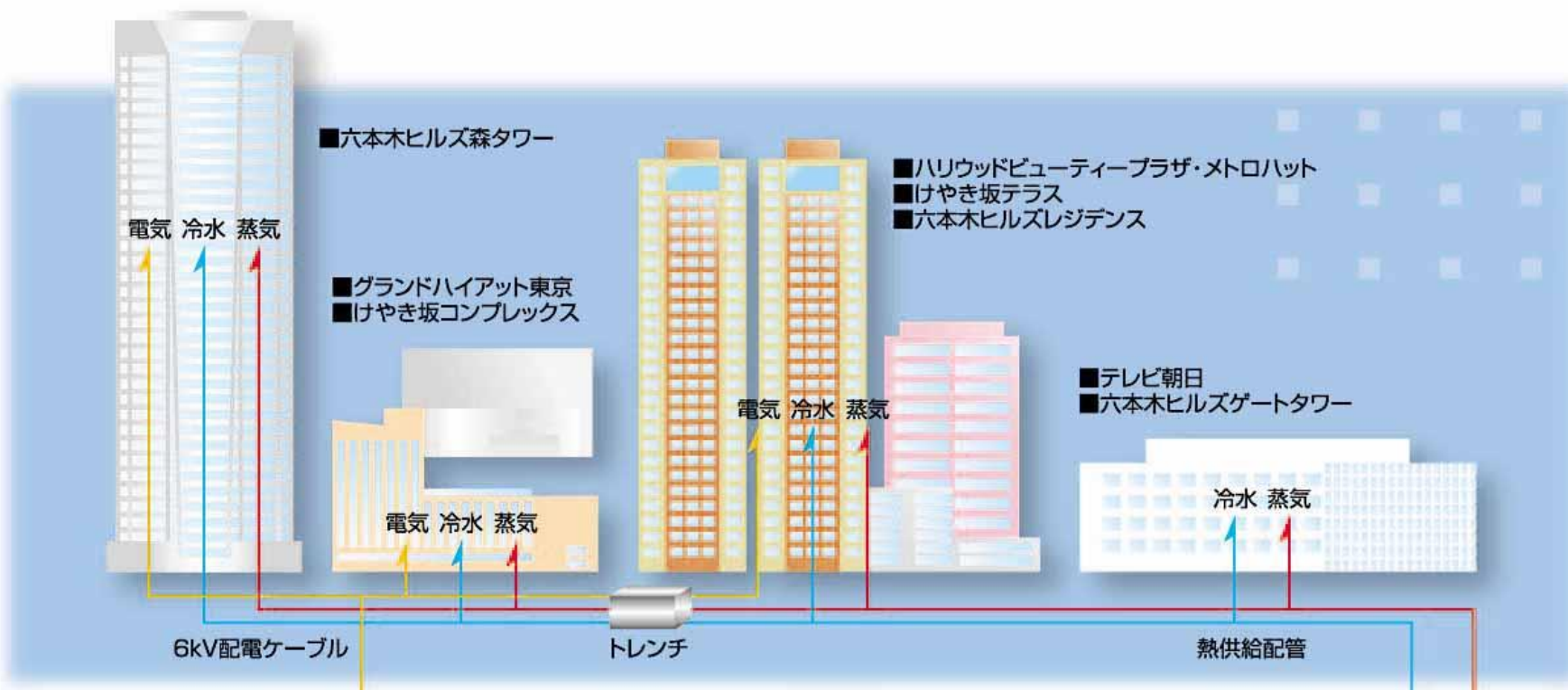
■ 計画区域・供給ルート図

- 計画区域
- 六本木六丁目地区第一種市街地再開発事業区域
- 電気供給施設・熱供給施設
- 電気・熱供給対象建物
- 熱供給対象建物
- 熱供給対象建物(将来)
- 電気供給配線
- 熱供給配管



六本木エネルギーサービス株式会社: 需要家

■システムフロー図



■建物概要

	六本木ヒルズ 森タワー	けやき坂テラス	グランドハイアット 東京	けやき坂 コンプレックス	ハリウッド ビューティープラザ	六本木ヒルズ レジデンス	テレビ朝日	六本木ヒルズ ゲートタワー
延床面積	38.0万m ²	0.7万m ²	6.9万m ²	1.9万m ²	2.5万m ²	15.0万m ²	7.4万m ²	3.1万m ²
階数	B6F~54F	B1F~6F	B2F~21F	B2F~6F	B3F~12F	B2F~43F	B3F~8F	B2F~15F

六本木ヒルズにおける特定電気事業導入 経緯と目的

- ① 1995年電気事業法改正で特定電気事業が規定⇒電力事業参入が可能となる
- ② 六本木ヒルズ開発計画の「防災・エネルギー分科会」での研究テーマであった
- ③ 欧米アジア各国の電力網供給安定性は日本に比べ脆弱、かつ2000年問題で外資系金融企業は電力安定供給に対し、強い危機感を持っていた
(当時2,000kWの移動電源車3台を仮設して対応することまで検討していた)
- ④ 外資系金融・IT企業の電力安定供給志向に対して、特定電気事業によるコージェネレーションシステム(CGS)は合致した
- ⑤ 当時CGSは、経済性重視のデマンドコントロール導入が多かったが、電力系統と連系しており、これが解列時には負荷選択遮断を行うことで切れ目の無い連続給電を可能とすることで、付加価値のあるBCP電力とすることにした



- 目的1：外資金融系企業誘致営業戦略の重要条件として整備
目的2：激甚災害の時でも地域内に安定した電力を継続して供給

六本木エネルギーサービスの電気供給事業と熱供給事業

- ・常用発電を主に大規模コージェネレーションシステム(CGS)を計画し、電力と熱を供給
- ・省エネ性と環境性に優れた高効率システムを実現 <排熱は100%回収し利用>

発電、電力供給設備の特徴

- ① 特定地点(六本木ヒルズ開発地区)に電力を二重化・自営配電線で供給
- ② 発電設備能力は需要を100%賄える供給施設で構成し、需要家に対し年間を通して100%供給する義務
- ③ ピークカット用CGSと違い、常時給電である ⇒ 付加価値のあるBCP電源となる
- ④ 系統電力との連系により、発電機メンテナンス時にはバックアップ電力を受けることができる
- ⑤ 電力需要が多く熱需要が少ない場合、排熱ボイラからの蒸気をタービンに噴射することで発電出力UPできる蒸気噴射型ガスタービン発電機を採用
- ⑥ 電気と熱の需要変動に、最適な熱電比で運転される

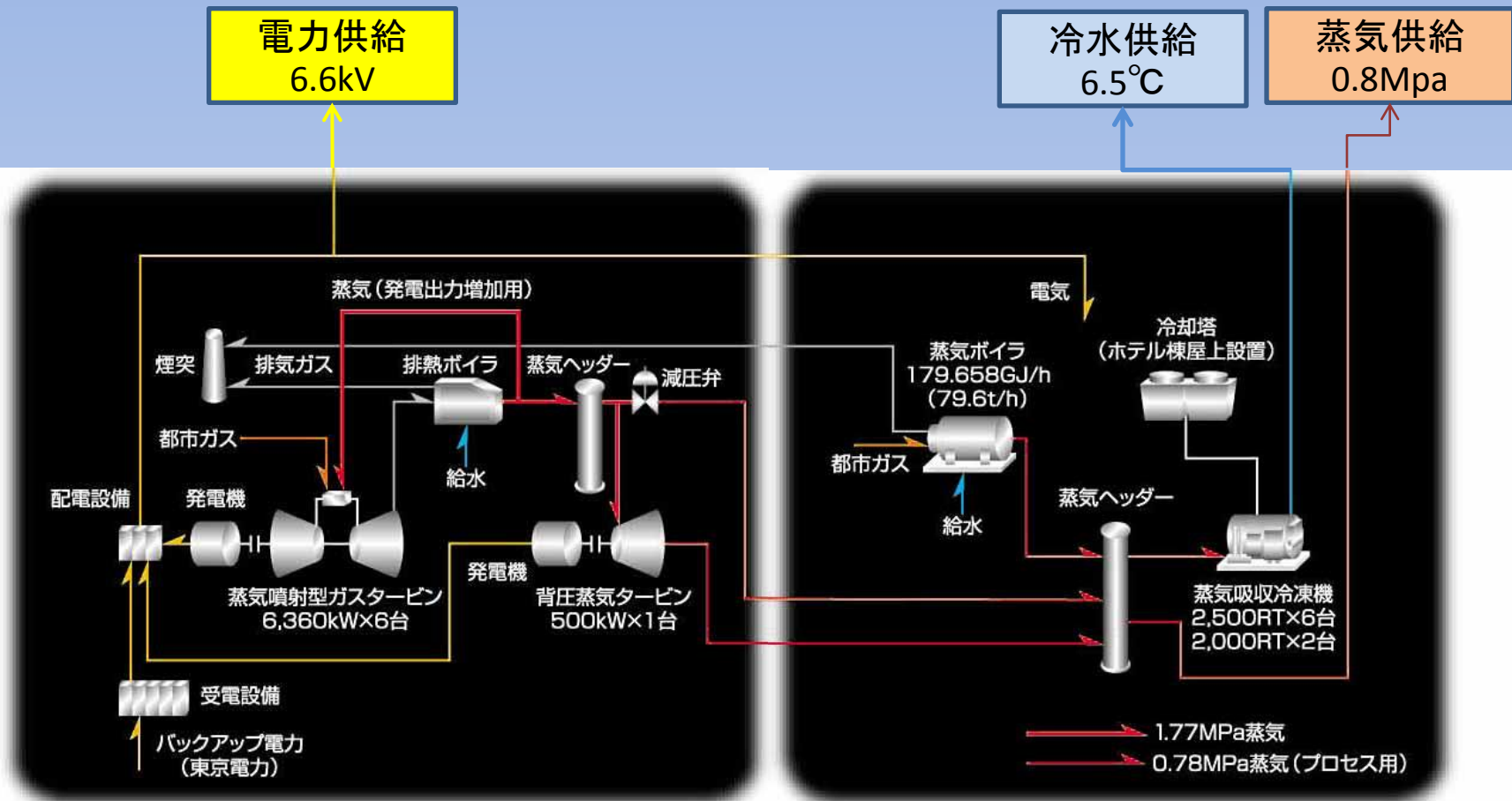
六本木ヒルズにおける分散型電源と排熱利用熱供給事業

エネルギー利用効率の高い分散型電源の構築

⇒発電時に発生する排熱を有効活用できる熱供給事業との連携が必須

- ① 熱・電気の地域エネルギーとして省エネ性・環境性と防災面でも優れたシステムを構築できる
- ② 1995年の阪神・淡路大震災で100万戸、2011年の東日本大震災では850万戸の停電が発生、首都圏でも計画停電が発生⇒分散型電源の優位性が認識される
- ③ BCP対応の分散型電源として非常用の用途だけではなく、常用発電として運用することで発電施設(デュアル燃料型)を有効利用し、付加価値のあるBCP電力とすることができる

六本木ヒルズエネルギーセンター: 設備概要 (リニューアル前)



■電気供給施設
発電設備: 38,660kW

■熱供給施設
冷熱源設備: 240.516GJ/h (19,000RT)
温熱源機器: 179.658GJ/h (79.6t/h)

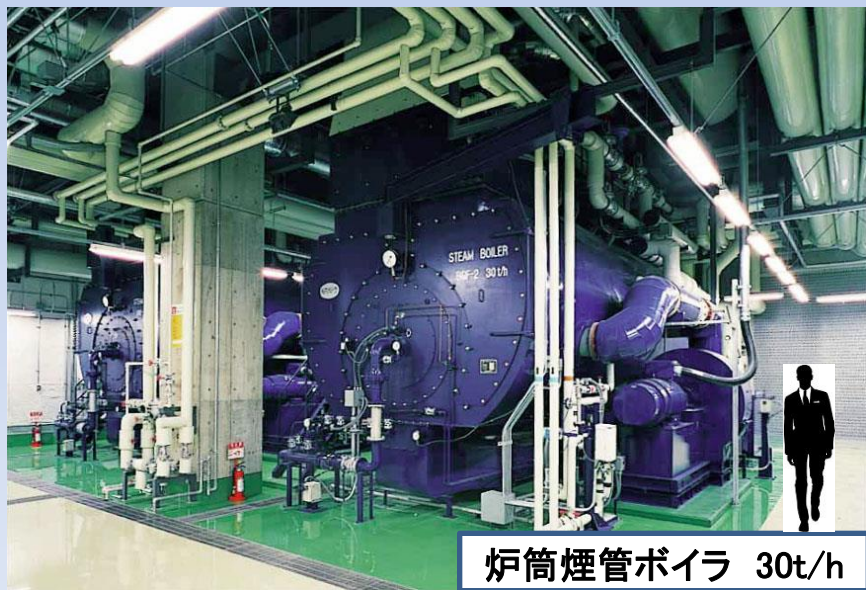
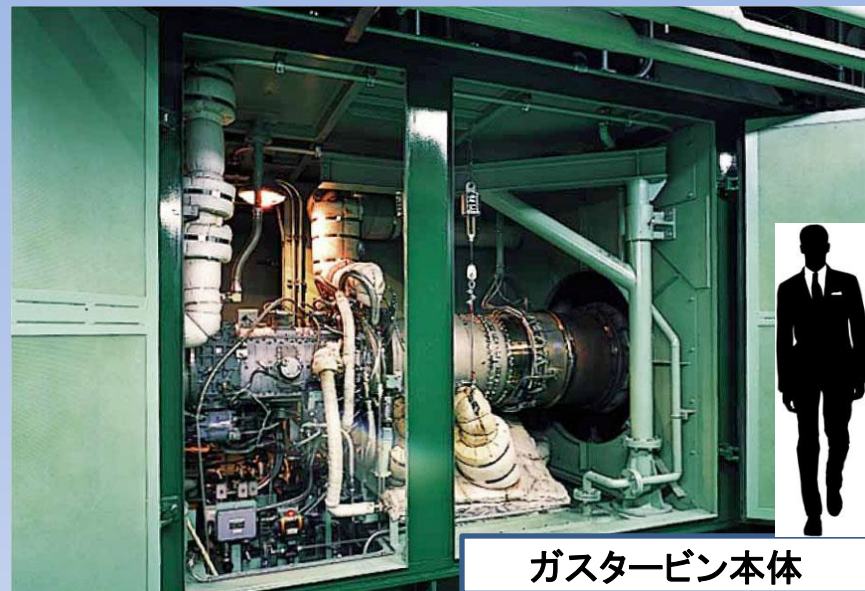
特定電気事業施設

熱供給施設

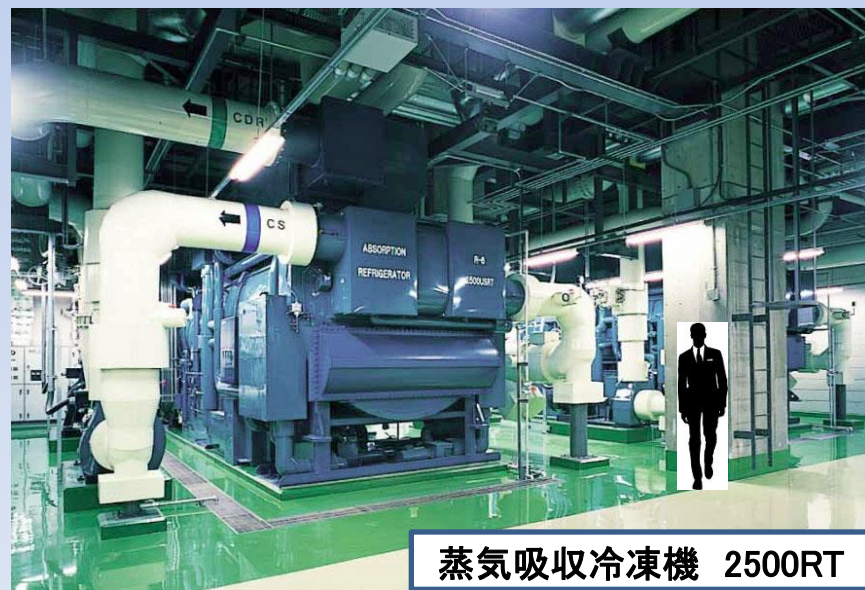
六本木ヒルズエネルギーセンター: 設備(リニューアル前)



ガスタービン発電機 6,360kW



炉筒煙管ボイラ 30t/h

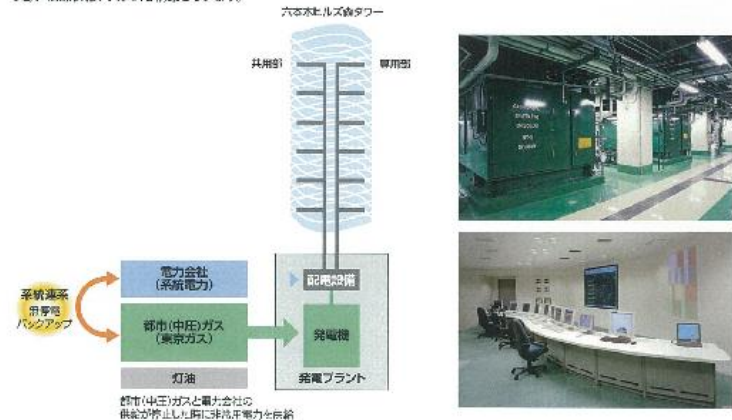


蒸気吸収冷凍機 2500RT

BCP対応分散型電源:「逃げ出す街」から「逃げ込める街へ」

2-6 独自のエネルギープラントによる安定的な電力供給 <六本木ヒルズ>

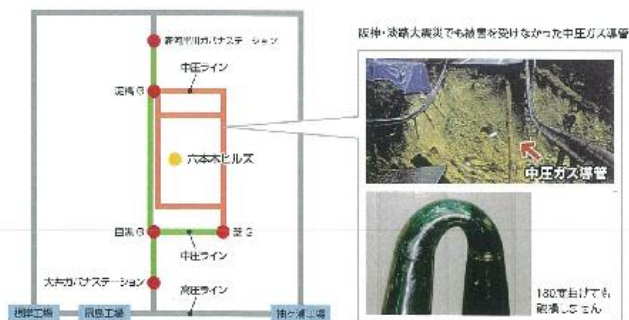
六本木ヒルズでは、独自のエネルギープラント(特定電気事業施設)により、域内に電力を供給しています。当プラントは、都市(中庄)ガスを燃料とするため、系統電力会社による電力制約の影響を受けることなく、極めて安定的な電力供給が可能です。さらに系統電力によるバックアップと灯油のストックも備えた3重の安定性を持つ電力供給により、一般的な5クラスビルを上回る信頼性の高い電源供給システムを構築しています。



都市(中庄)ガス供給の高い信頼性

六本木ヒルズの発電機燃料としている都市(中庄)ガスは、供給ルートをループ化・ネットワーク化しており、さらには都市ガスの中庄ガス導管は送電インフラに比べ災害に強く、信頼性が非常に高い供給インフラとなっています。

※都市ガス供給のネットワーク系統図版



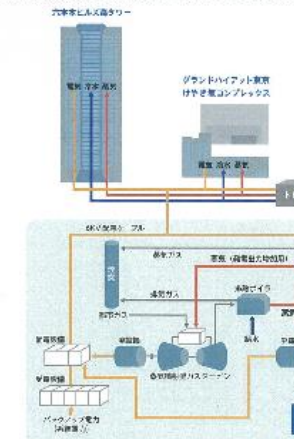
六本木ヒルズの発電電力を東京電力へ提供

東日本大震災後の電力供給逼迫時は、六本木ヒルズの発電電力の余力分と貯電分を合わせ、東京電力に提供いたしました。

送電期間	2011年3月16日～4月30日	2011年7月10日～9月22日
供給時間	24時間	
送電電力	0時～20時: 4,300kW 20時～6時: 3,000kW	

自家発電・発熱エネルギーシステムの面的活用

六本木ヒルズでは、地域一帯でエネルギーネットワークを(中庄)ガスによる発電を行い、その排熱を域内のオフィス・中庄地域冷暖房(DHC)と平ばれるシステムを導入してい



(参考) 環境面での特性

オフィス、住宅、商業、ホテル等の複合用途から構成されることなどからエネルギーの効率的利用を実現しています。さらに、コージェネレーションシステムによって電気と熱を16%、CO₂で18%の削減を達成しています。また、大気汚染の元であるNO_x(窒素酸化物)の排出が1/3達成し、環境面での負荷が非常に少ないシステムを構築し



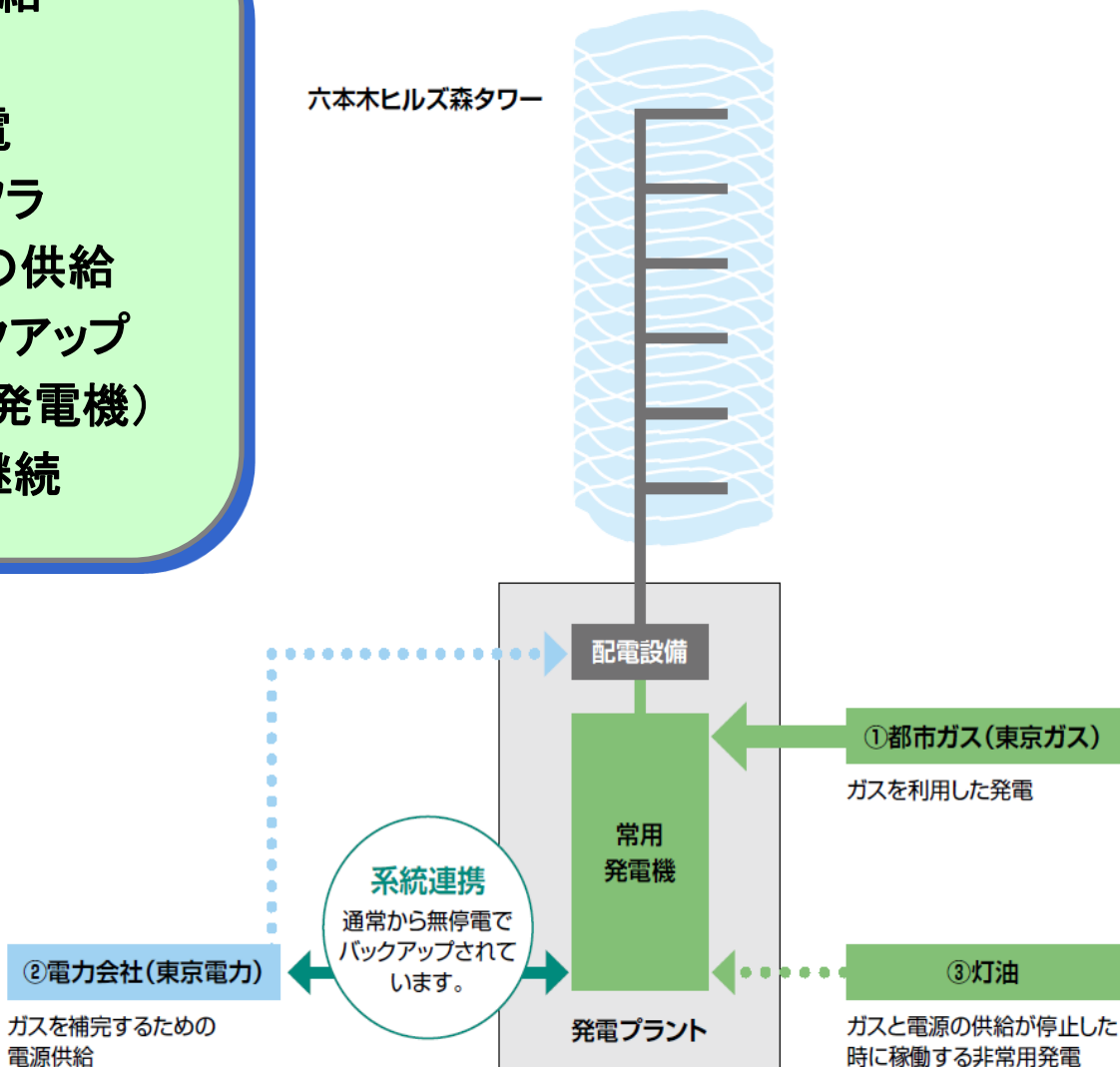
「逃げ出す街」から「逃げ込める街」へ
森ビルの総合震災対策



BCP対応分散型電源：三重の安定性

三重の安定性を持つ電力供給

- ①都市ガス(中圧ガス)による発電
震災に強く信頼性の高いインフラ
- ②系統連系による電力会社からの供給
万一の事態でも無停電でバックアップ
- ③灯油による発電(デュアル燃料発電機)
備蓄灯油により3日間の発電継続



BCP対応分散型電源：震災時ライフラインとしての中圧ガスの健全性

内閣府中央防災会議「首都直下地震の被害想定と対策について(最終報告)」('13/12/19)

「高圧ガス及び中圧ガスに関しては、ガス導管の耐震性が高いため被害が発生する可能性が低く、一部で被害が発生した場合でも、導管のネットワークが冗長化されていることにより、基本的に供給継続される」

東京都防災会議地震部会「首都直下地震等による東京の被害想定」('12/4/18)

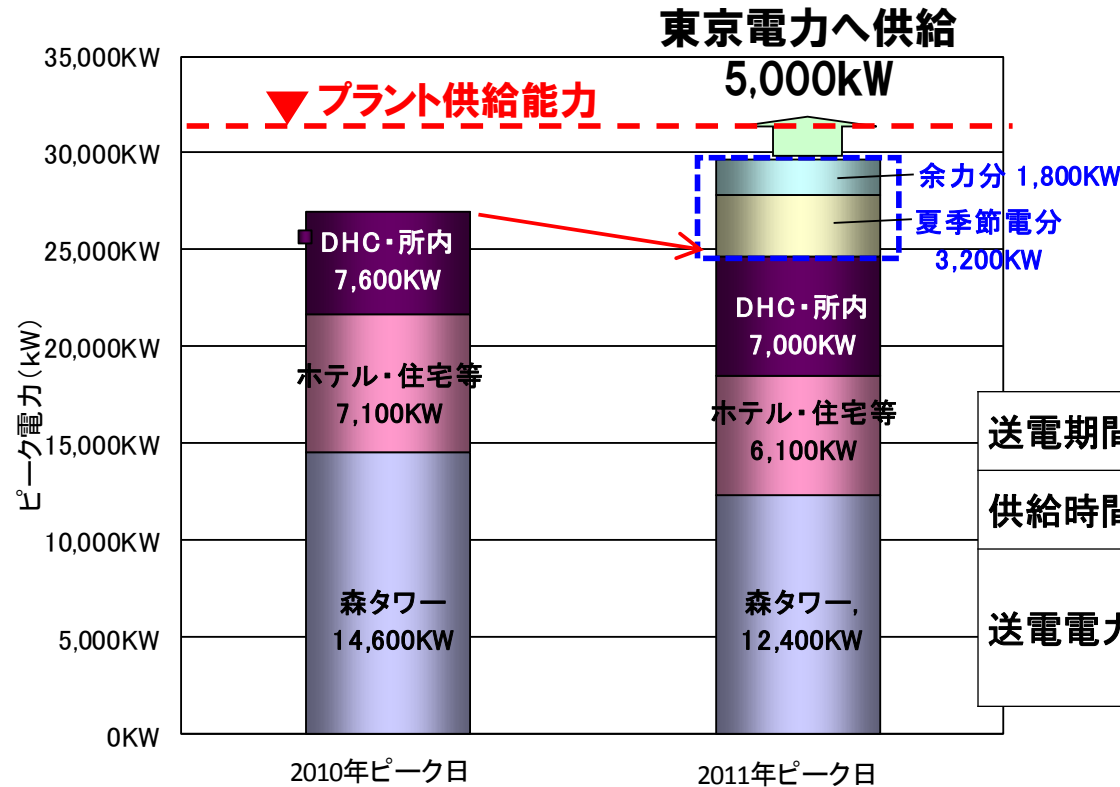
「都市ガスの製造供給を支える製造工場、高圧ガス導管、中圧ガス導管等の重要設備については、阪神・淡路大震災クラス地震に耐えられるよう設計・建設されていることから、今回の地震想定に対しても、製造供給に支障を与える被害は受けず、高圧ガス、中圧ガスについては供給継続が可能と想定している」

東日本大震災では油系燃料供給が平常に復旧するのに10日間を要したことから、BCP対応として災害時用燃料は油ではなく、中圧ガスと言える



BCP対応分散型電源：東日本大震災でのBCP対応電源の実績

東日本大震災後の電力供給逼迫時に、都内唯一の分散電源の強みを生かし、需要家の節電分と六本木ヒルズの発電の余力を合せ、系統側（東京電力）に電力供給支援を行った



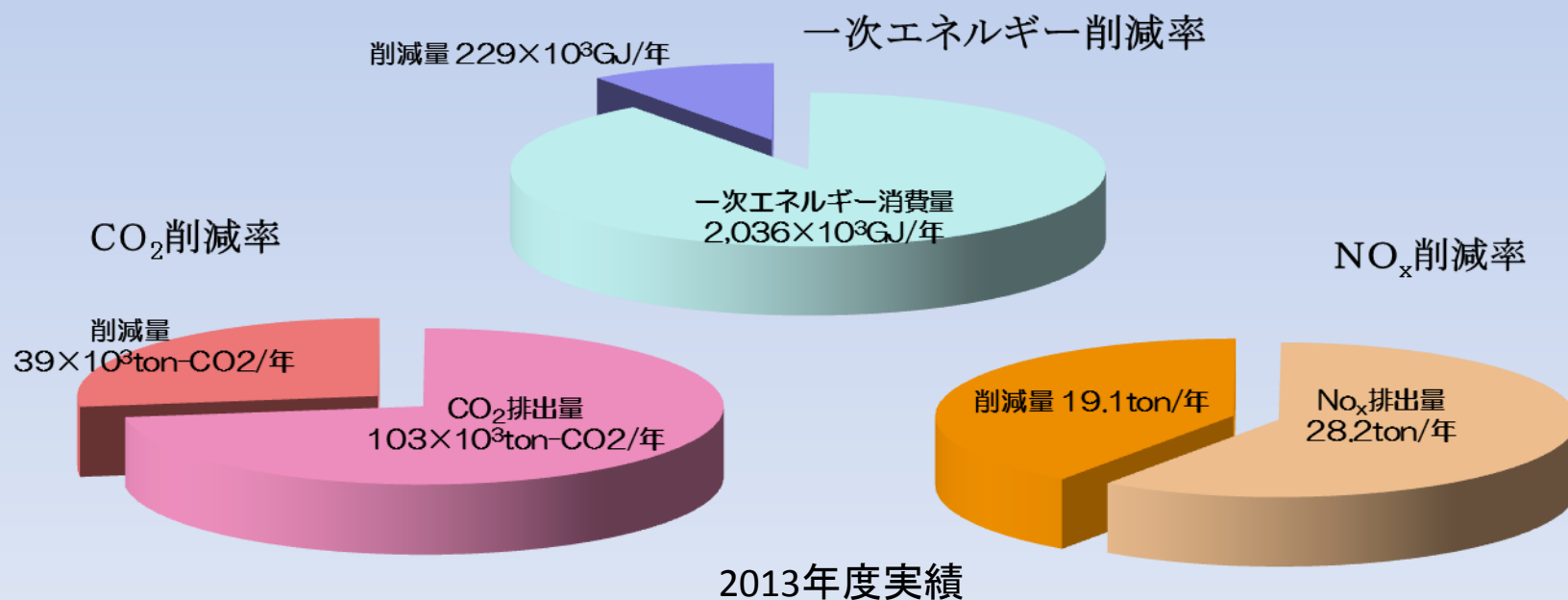
送電期間	2011/3/18～4/30	2011/7/1～9/22
供給時間	24時間	
送電電力	6時～20時：4,000kW	6時～20時：5,000kW
	20時～6時：3,000kW	20時～6時：4,000kW

環境面での特性

- ① オフィス、住宅、商業施設、ホテル等の複合用途から構成される六本木ヒルズでは、安定した電気・熱の需要があり、電力需要ピークも平準化される
- ② コージェネレーションシステムで電気と熱を一体的に製造することで、発電機の排熱も無駄なく活用



エネルギーの効率利用を達成し、省エネルギーと環境性に寄与

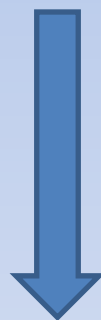
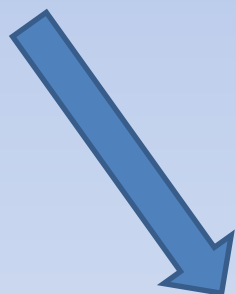


CGS設備リニューアル:リニューアルへの動機

六本木ヒルズ開業以来14年、24時間365日発電を続け、ガスタービン発電機の累積運転時間が7~80,000時間を超え、今後メンテナンス費の増加と、突発故障による安定供給の支障懸念が増大

当初の特定電気事業は全量発電が原則、その後2011年に発電容量は需要量の50%に電気事業法が改正され、50%は買電が受けられるよう、一般電気事業者に対し託送義務も付加される

東日本大震災以降、需要家の省エネルギーが進み、電力需要の変化に対応した効率的な運用が課題となる一方で、近年発電効率を従来から15~18%向上したガスエンジン発電機も登場



安定供給とBCP機能の維持と、更なる省エネルギーを目指し、ガスタービン発電機からガスエンジン発電機によるCGS設備にリニューアルすることに決定

CGS設備リニューアル:リニューアル前後の設備概要

<リニューアル概要>

1. 常用ガスタービン3台、非常用兼用ガスタービン2台をガスエンジン5台に更新
2. 非常用兼用ガスタービン1台を非常用専用3台にする
3. 蒸気吸収式冷凍機2500RT×1台を単効用温水吸収式冷凍機468RT×2台に更新

<リニューアル前設備>

CGS設備			
エンジン: 蒸気噴射型ガスタービン			
ガスタービン発電機(常用)	6,360kW	×	3台
ガスタービン発電機(非常兼用)	6,360kW	×	3台
合計		38,160	kW

冷熱設備			
蒸気吸収式冷凍機	2,500RT	×	6台
蒸気吸収式冷凍機	2,000RT	×	2台
合計		19,000	RT

<リニューアル後設備>

CGS設備			
エンジン: ガスエンジン 18気筒			
ガスエンジン発電機(常用)	5,750kW	×	5台
ガスタービン発電機(非常専用)	4,000kW	×	3台
合計		40,750	kW

冷熱設備			
蒸気吸収式冷凍機	2,500RT	×	5台
蒸気吸収式冷凍機	2,000RT	×	2台
単効用温水吸収式冷	468RT	×	2台
合計		17,436	RT



CGS設備リニューアル:リニューアル前後の機器配置

図-1

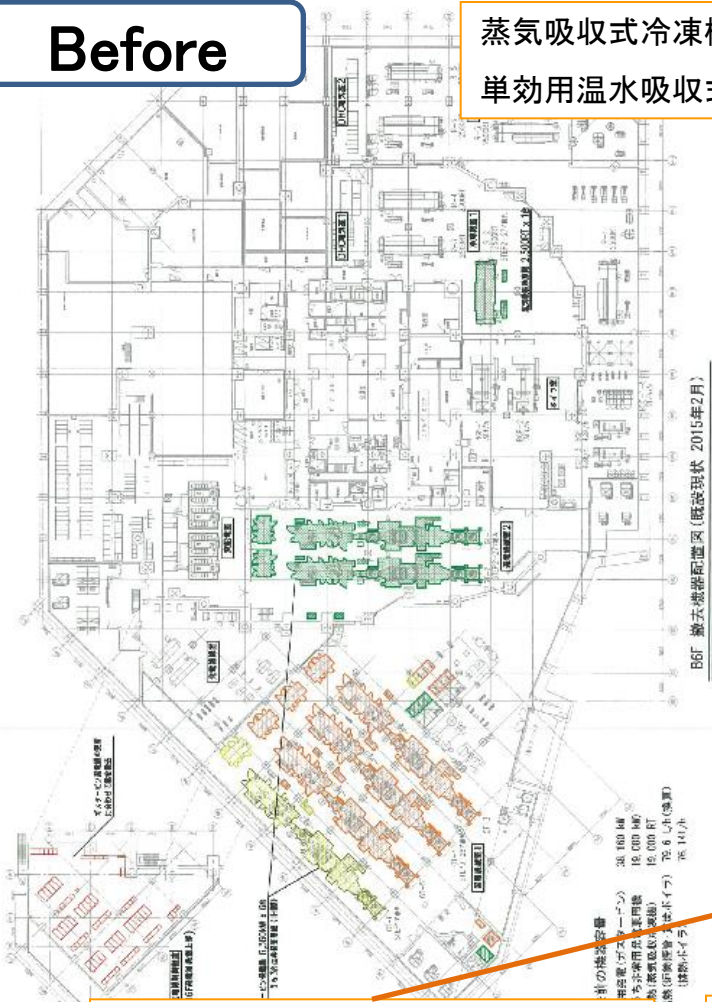
Before

After

蒸気吸収式冷凍機から
単効用温水吸収式冷凍機に更新(2台)

非常用兼用ガスタービン(1台)から
非常用専用ガスタービン(3台)に更新

常用ガスタービン(3台)、非常用兼用ガスタービン(2台)
からガスエンジンに更新(5台)



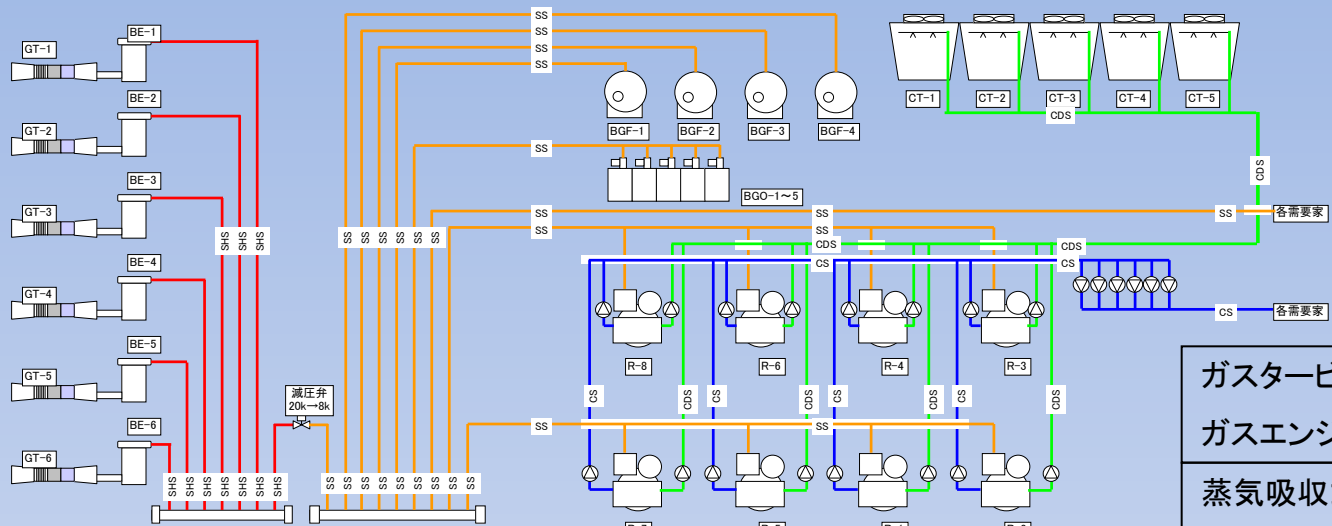
1. 非常用兼用ガスタービン (1台)
 2. 非常用専用ガスタービン (3台)
 3. 蒸気吸収式冷凍機 (2台)
 4. 単効用温水吸収式冷凍機 (2台)
 5. 常用ガスタービン (3台)
 6. 非常用兼用ガスタービン (2台)
 7. ガスエンジン (5台)

CGS設備リニューアル:リニューアル工事工程

六本木ヒルズエネルギーセンターCGS更新工事工程

		2015年				2016年				2017年					
		1月 ~3月	4月 ~6月	7月 ~9月	10月 ~12月	1月 ~3月	4月 ~6月	7月 ~9月	10月 ~12月	1月 ~3月	4月 ~6月	7月 ~9月	10月 ~12月		
1期	既存発電機1台 ⇒非常用発電機3台に換装	既存撤去		搬入	試運転・運用										
2期	既存発電機2台 ⇒常用発電機2台に換装					既存撤去		搬入据付		試運転・運用					
2期	既存吸収冷凍機1台 ⇒温水吸収冷凍機2台に換装					撤去	搬入	窒素封入		試運転・運用					
3期	既存発電機3台 ⇒常用発電機3台に換装									既存撤去		搬入据付		試運転・運用	

CGS設備リニューアル:リニューアル前後の設備フロー

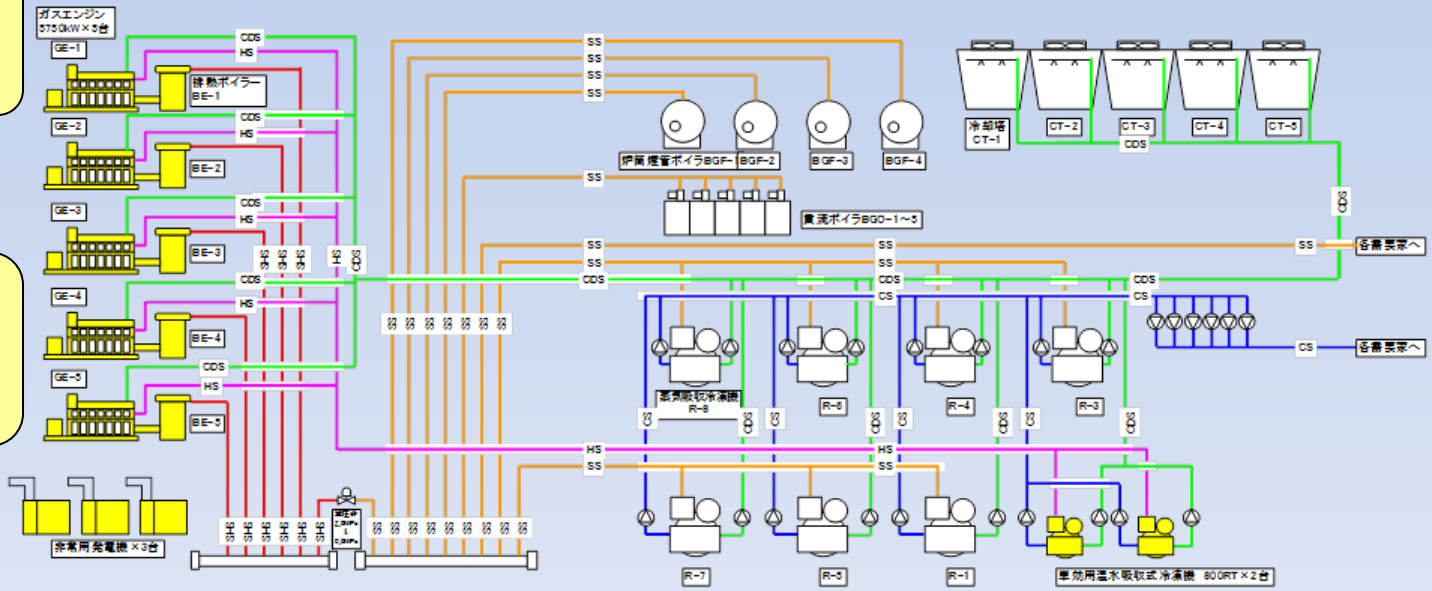


ガスタービン6,360kW×6台から
 ガスエンジン5,750kW×5台へ更新
 蒸気吸収式冷凍機2,500RT×1台を
 単効用温水吸収式冷凍機468RT×2台へ更新

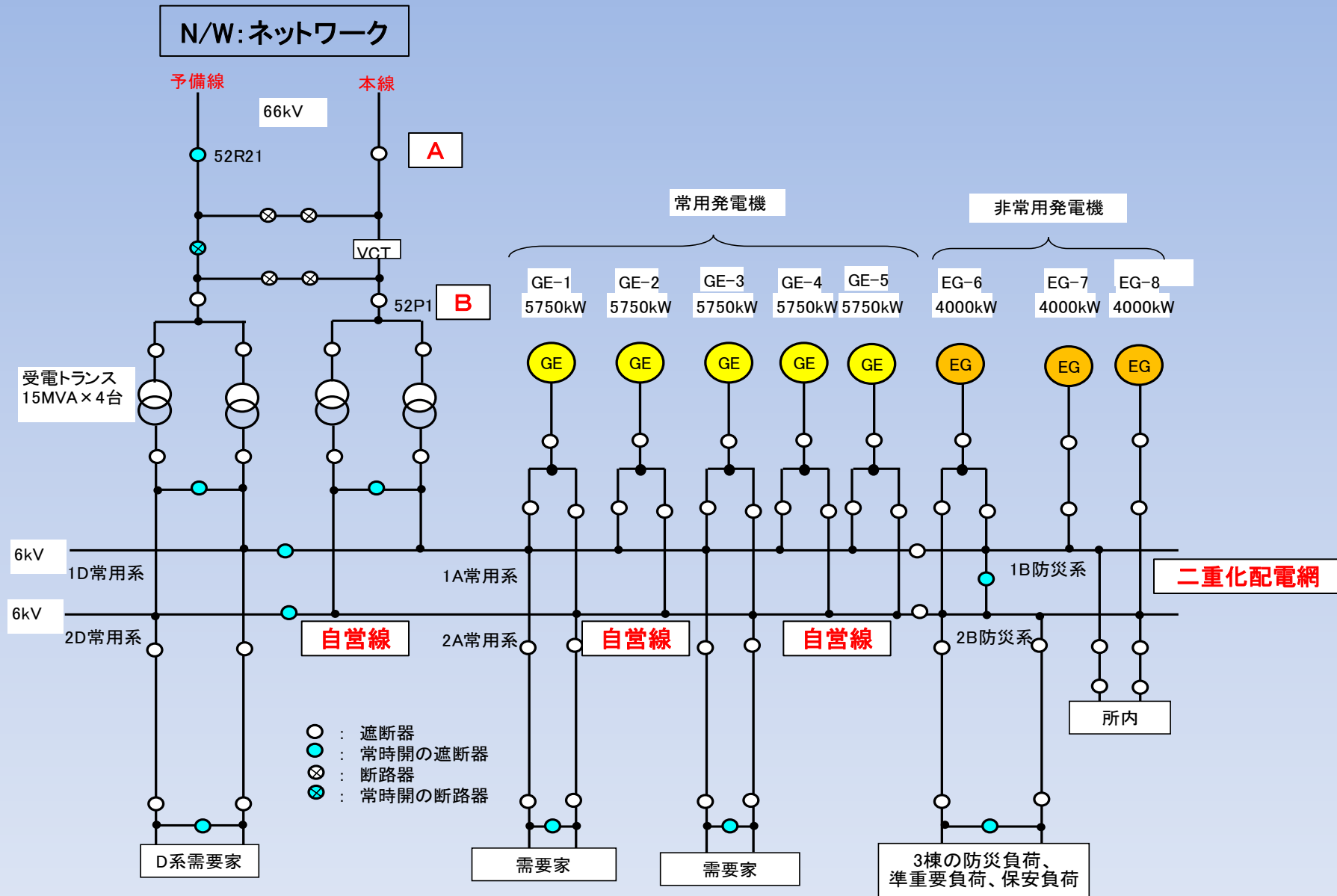
ガスタービンCGS
 機器発電効率: 35.4%
 総合効率 : 47.3%



ガスエンジンCGS
 機器発電効率: 48.8%
 総合効率 : 76.2%



系統N/W電力との関係：電源系統図(リニューアル後)



リニューアル工事:ガスエンジン発電機搬入据付工事



2016年5月20日早朝
ガスエンジン1号機搬入



ガスエンジン(60トン)
マシンハッチ吊下



ガスエンジン
エアパレット利用横移動



ガスエンジンリフトアップ
防振ベッド組込



ガスエンジン+発電機
2組据付完了

最後に:ガスタービンとガスエンジンの大きさ比べ



発電出力 6.360kWのガスタービン

発電出力 5,750kWのガスエンジン

エンジン排気量:約480,000cc/台
2000ccの車240台分
5台設置するので、合計1,200台分



Roppongi Hills Energy Center

六本木エネルギーサービス株式会社

ご清聴ありがとうございました