

豊洲三丁目エネルギー供給施設（東京都江東区）の概要

Outline of Toyosu 3-Chome Energy Service Plant

伊勢田 敬^{*1} 豊洲エネルギーサービス株式会社

1. はじめに

東京湾奥に位置する造船所であった東京第一工場が、横浜地区へ移転することを契機に豊洲一～三丁目地区の再開発が本格化した。都心への近接性とウォーターフロントという立地上の特徴を活かしつつ、「技術をもって社会の発展に貢献する」ことを社是として掲げる当社と、次世代産業を創造する複数の IT 関連企業およびインキュベーション機能をもった芝浦工業大学といった、技術に立脚した「知のコンソーシアム」を目指した街づくりが進められている。

このようなコンセプトの街づくりにおけるエネルギー供給に関して、エネルギー関連設備の供給者である当社のかかわりや、民間主導型再開発での最適なエネルギー供給のあり方などについて、街づくりの当初からケーススタディを行った。さらに、豊洲地区タウンマネジメント研究会のなかにエネルギー専門部会を設けて、コンセプトのオーソライズを図ってきた。この結果、豊洲再開発の特徴である段階的開発に合わせた最適なエネルギー供給のあり方として、地区全体の集中供給方式ではなく、街区ごとまたは隣接する街区ごとに、建物計画に沿いながら、かつ過剰な設備とすることなく段階的に設備を拡充することにした。さらに、順次開発される隣接街区と連携をとることによって効率的な運用を図っていく。

東京臨海副都心から東京臨海新交通臨海線（愛称：ゆりかもめ）が延伸して豊洲駅が開業し、また豊洲 IHI ビルと芝浦工業大学豊洲キャンパスがオープンする 2006 年度当初を街びらきと位置づけ、再開発の第 1 期とした。先に述べたエネルギー供給のコンセプトに沿って、まず豊洲 IHI ビルと芝浦工業大学の 2 街区にエネルギーを供給することにし、2003 年にエネルギー供給を目的とした新会社を発足、2006 年 2 月から運用を開始した。本稿ではこのエネルギー供給施設の概要を紹介する。

2. 施設概要

エネルギーシステムは、豊洲 IHI ビルに電力を供給するコージェネレーション設備と、そのコージェネレーションから発生した蒸気およびボイラから供給される蒸気ならびに冷凍機で冷やされた冷水を同ビルおよび芝浦工業大学豊洲キャンパスに供給する熱源設備に大別される。電力供給は豊洲 IHI ビルの自家発自家消費として運用し、熱供給は公益事業として経済産業省から熱供給事業許可を取得した地域冷暖房で、同ビルならびに芝浦工業大学豊洲キャンパスに冷温熱を供給する。

名 称	豊洲三丁目エネルギー供給施設
所 在 地	東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号（豊洲 IHI ビル地下 2 階）
プラント面積	約 3 800 m ²
発電機最大出力	2 500 kW（豊洲 IHI ビルに供給）
温 熱 源 容 量	56 950 MJ/h（22.6 t/h）
冷 熱 源 容 量	64 560 MJ/h（5 100 RT）
熱 供 給 条 件	
蒸 気	0.73 ～ 0.83 MPa（飽和）
冷水標準温度	往 6.5℃，還 13.5℃
熱 供 給 区 域	豊洲 IHI ビルおよび芝浦工業大学豊洲キャンパス
区 域 面 積	約 4.8 ha
延 床 面 積	約 159 000 m ²

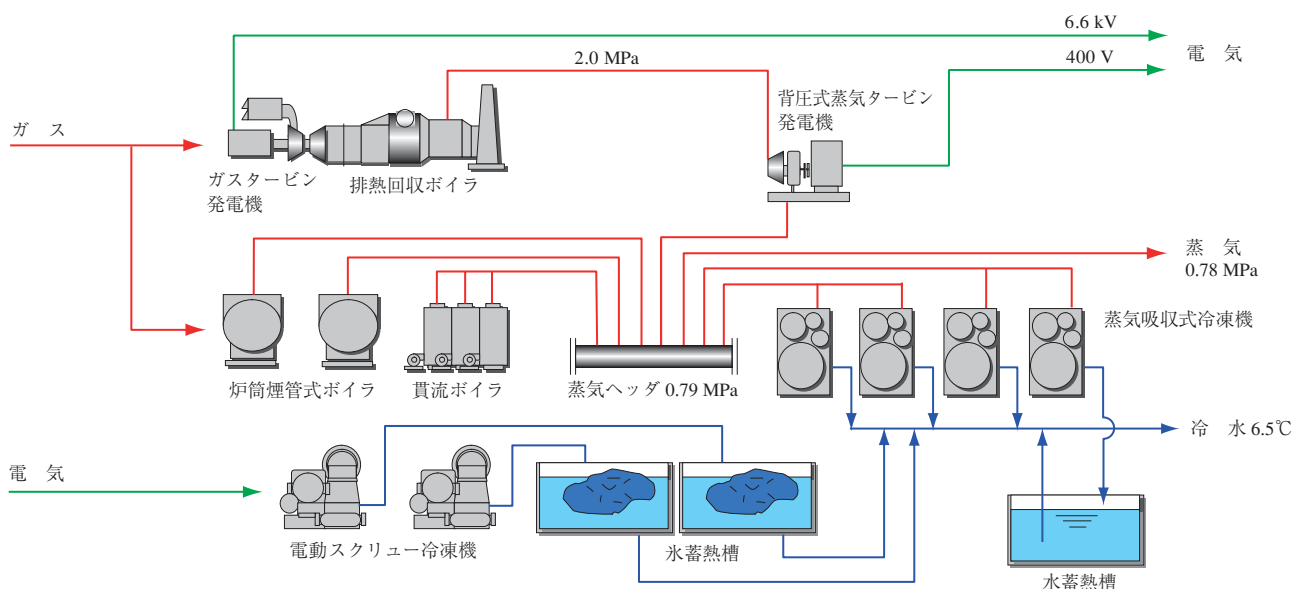
第 1 図に豊洲地区全体図および熱供給区域を、第 2 図に概略系統図を、第 1 表に主要機器一覧を示す。



第 1 図 豊洲地区全体図および熱供給区域
Fig. 1 Toyosu map and heat service district

第 1 表 主要機器一覧
Table 1 Major equipment list

機 器 名 称	単 位	容 量	台 数
ガスタービン発電機	kW	2 500	1
背圧式蒸気タービン発電機	kW	85	1
排熱回収ボイラ	kg/h	6 300 (最大)	1
炉筒煙管式ボイラ	kg/h	6 000	2
貫流ボイラ	kg/h	1 430	3
蒸気吸収式冷凍機	MJ/h	12 660	4
	RT	1 000	
電動スクリーン冷凍機	MJ/h	2 530	2
	RT	200	
氷蓄熱放熱用プレート式熱交換器	MJ/h	4 430	2
	RT	350	
氷蓄熱追掛用プレート式熱交換器	MJ/h	2 530	2
	RT	200	
氷蓄熱用プレート式熱交換器	MJ/h	6 330	2
	RT	500	
氷蓄熱槽	m ³	144	2
氷蓄熱槽	m ³	600	1
冷却塔	kW	7 170	4
冷却塔	kW	1 050	2



第 2 図 概略系統図
Fig. 2 System flow diagram

3. ガスコージェネレーション設備 (CGS)

ガスコージェネレーション設備 (CGS) は、① 最大出力 2 500 kW の熱電可変型ガスタービン発電機 (IM270-IHI-FLECS) ② 2.0 MPa 蒸気を最大 6.3 t/h 発生する排熱回収ボイラ ③ 85 kW の背圧式蒸気タービン発電機、で構成される。各発電機の概観を第 3 図および第 4 図に示す。ガスタービン発電機で発電した電力は、豊洲 IHI ビルの 6.6 kV システムと連系し、ビル電力負荷の約半分を供給する。ガスタービンの吸気システムには吸気冷却器を設置し、夏期においても蒸気噴射なし (ドライ運転) で 2 000 kW の発電を可能にしている。

蒸気タービン発電機は、エネルギー回収用として設置した。すなわち、排熱回収ボイラの圧力設定は、ガスタービンへの蒸気噴射が可能な圧力設定としていることから、熱供給に必要な蒸気圧力よりも高く、このエネルギー落差を減圧ロスとす



第 3 図 ガスタービン発電機
Fig. 3 Gas turbine power generator



第 4 図 背圧式蒸気タービン発電機
Fig. 4 Back pressure turbine power generator

ることなく電力として回収する。発生した電力は CGS の所内動力系統に接続し、ガスタービン発電機の補機動力の一部をまかなう。

排熱回収ボイラで発生した蒸気は、前述のとおりガスタービンで電気に変換されるか、または蒸気タービンでエネルギーの一部を電気に変換した後、熱エネルギーとして熱供給施設に送られるシステムである。本システムは電力需要と熱需要に合わせたフレキシブルな運用を可能にすると同時に省エネルギー性を追及したものである。

なお、 NO_x 値 40 ppm ($\text{O}_2 = 0\%$) 以下とするため、触媒式脱硝装置を設置した。

4. 熱供給施設

熱供給施設は、① 蒸気を発生する温熱源設備 ② 6.5°C の冷水として冷熱を発生する冷熱源設備 ③ これらを供給する供給管と戻り管、で構成される。

4.1 温熱源設備

温熱源設備は、① 3 章で述べた CGS の排熱回収ボイラ（1 基）から蒸気タービンで減圧された蒸気（タービン出口 0.83 MPa）② 0.78 MPa の蒸気を発生する炉筒煙管式ボイラ（2 基）③ 貫流ボイラ（3 基）、で構成される。炉筒煙管式ボイラおよび貫流ボイラの概観を第 5 図および第 6 図に示す。

熱供給事業者は一定圧力の蒸気を供給する責務があるため、熱負荷が高い場合は、安定した圧力を得やすい炉筒煙管式ボイラを使用する。また、極低負荷時および夜間は貫流ボイラ優先の自動運転とし、特に夜間は運転員の負荷低減と省力化を目指している。



第 5 図 炉筒煙管式ボイラ
Fig. 5 Fire tube boiler



第 6 図 貫流ボイラ
Fig. 6 Once-through boiler

供給した蒸気は、各需要先の熱交換器で熱の授受をした後、凝縮水としてプラントに戻る。ボイラ出口 NO_x 値は、脱硝装置なしで環境規制値の 40 ppm ($\text{O}_2 = 0\%$) 以下を達成している。

4.2 冷熱源設備

冷熱源設備は、① 蒸気吸収式冷凍機 ② 水蓄熱システム ③ 氷蓄熱システム、で構成される。各冷凍機の運転は、CGS からの発生蒸気を利用する蒸気吸収式冷凍機を優先使用する。

4.2.1 蒸気吸収式冷凍機（第 7 図）

蒸気吸収式冷凍機は、蒸気消費率 $3.5 \text{ kg}/(\text{h} \cdot \text{RT})$ の高効率機を 3 台採用するとともに、水蓄熱専用機を 1 台（蒸気消費率 $4.3 \text{ kg}/(\text{h} \cdot \text{RT})$ ）設置している。水蓄熱専用機は CGS からの余剰蒸気を冷水に変換し、冷熱として蓄熱することによってシステム効率を上げるために設置しており、定格時の効率よりも起動時間を含めた運用上の効率を考慮して機種選定を行った。

また、冷水・冷却水流量とも 50 ～ 100% 変流量対応型としている。

4.2.2 蓄熱システム

蓄熱システムは、電動スクリュウ冷凍機による直接過冷却式氷蓄熱システム（2 基）および水蓄熱用蒸気吸収式冷凍機による水蓄熱システム（1 基）から成る。

氷蓄熱システムは、安価な夜間電力を活用した、低負荷およびピーク負荷対応として設置している。本氷蓄熱システムはダイナミック型で、いったん 0°C 以下の過冷却水とした後、過冷却を解除してシャーベット状の氷水（ 0°C ）を生成する。今回採用した直接過冷却式氷蓄熱システムの特長は、① ブラインなどの不凍液を使用せずに冷凍機で直接過冷却水を生成すること ② 生成した過冷却水を解除する方式が旋回流を利用した密閉型の過冷却解除器であること、である。ブラインを使用しないため、保守が容易で環境にも優しい蓄熱システムとなっている。第 8 図に直接過冷却式氷蓄熱システムを示す。水蓄熱システムは、前述のとおり CGS の発生蒸気を利用し、蒸気吸収式冷凍機で冷水として水蓄熱槽に貯めた後、主に夜間負荷用として供給する計画とした。さらに水蓄熱槽の一部を経由して直接冷水を供給することができるシステムにしている。なお、蓄熱槽はビル躯体の 2 重スラブを利用している。

4.2.3 冷水供給システム

冷水供給システムは、低負荷時の動力削減を図るため冷水ポンプをインバータ制御とし、中央監視装置からの選択が可能な以下の機能をもつ。

（1）供給差圧一定制御

冷水供給差圧を一定とするようにインバータ制御を行う。

（2）供給差圧可変制御

冷水供給流量に対する冷水差圧曲線を設定し、これを制御設定値とするインバータ制御を行う。

なお、いずれの制御方式も、インバータ制御の下限值以下は、冷水差圧調整弁によるバイパス制御である。



第 7 図 蒸気吸収式冷凍機
Fig. 7 Steam effect absorption chiller



第 8 図 直接過冷却式氷蓄熱システム
Fig. 8 Direct-type ice slurry storage system

4.2.4 冷却水システム

冷却水系統は、蒸気吸収式冷凍機系と電動スクリーウ冷凍機系の2系統とし、それぞれの機器の許容下限温度まで冷却水温度を下げることで冷凍機の高効率運転を図っている。

冷却塔（第9図）は、低層棟屋上に設置され白煙防止型とした。冷却塔上部はルーバ構造による建築意匠となっており、白煙防止型とあいまって高層棟からの眺望に配慮した設計となっている。また冷却水ポンプも冷水ポンプと同様にインバータ制御を採用し、部分負荷運転時の動力削減に寄与している。

4.3 プラント補給水システム

プラント補給水は、ボイラ用、冷水、冷却水とも工水を使用するシステムにしている。工水をいったん工水槽に引き込んだ後、二層ろ過装置で水処理し補給水槽に蓄えて飲料水以外のプラント内各機器に使用する。また工水の断水を考慮して、上水による完全バックアップをとっている。

5. 電気設備

CGS は前述のとおり豊洲 IHI ビルの電力系統と連系しているので、ここでは主として熱供給施設部分の電気設備について概説する。

5.1 受変電設備

電力引込は、系統から高压ピラボックス経由で地下2階にある電気室まで単独引込としている。主な仕様を次に示す。

受電方式	AC 6.6 kV 高压2回線受電方式（本線・予備線）
想定契約電力	2 000 kW 未満（産業用夜間蓄熱契約有）
設備形式	屋内キュービクル式、上部引込（高压部分は薄型）
設備容量	
動力用	AC 6.6 kV/415 V, 750 kVA×4 台（モールド型、自冷式）
電灯用	AC 415 V/105～210 V, 50 kVA×2 台（モールド型、自冷式）

主要機器は、熱源種別で A・B の2系統にバンクを分割し、高压母線で接続する。

低压機器も A・B の2系統に分割、低压母線で接続し、変圧器1台が故障した場合にバックアップが可能なシステムにしている。電気設備の定期点検時においても、A系もしくはB系のどちらか一方で熱源機器の約50%の運転を可能にしている。第10図に受変電設備結線図を示す。

5.2 直流電源設備

受変電設備の操作・表示用とし、屋内キュービクル式上部引込型の直流電源設備を電気室に設置している。主な仕様を次に示す。



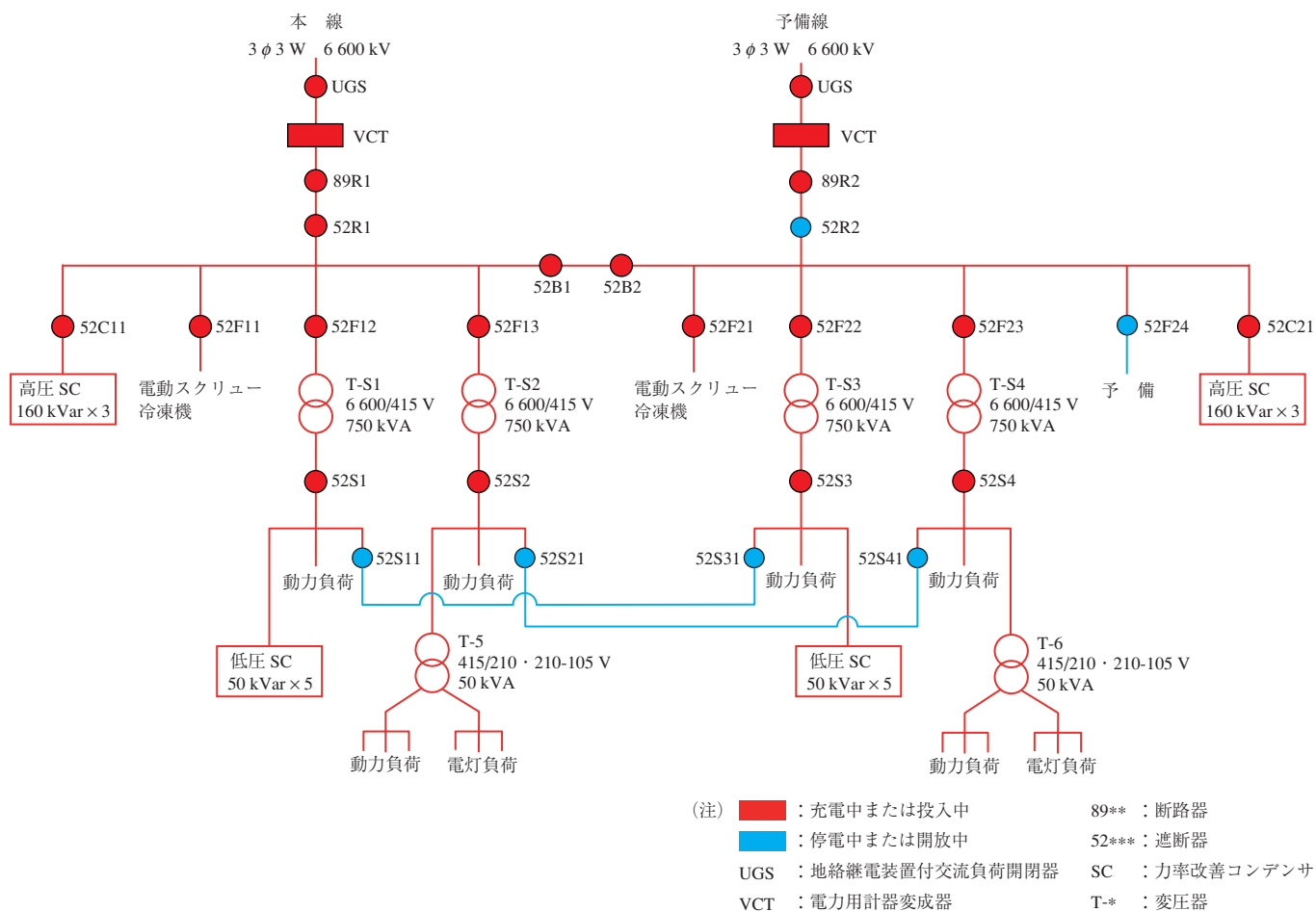
第9図 冷却塔
Fig. 9 Cooling tower

鉛蓄電池型式	MSE
セル数	54
放電終止電圧	1.76 V/セル
容量	50 A・h/10 h (at 5℃)

5.3 無停電電源設備 (UPS)

中央監視制御用として、薄型屋内キュービクル式上部引込型の UPS を電気室内に設置した。

入力電圧	AC 415 V 3相3線
出力電圧	AC 105～210 V 単相3線
容量	30 kVA (30 min)
鉛蓄電池型式	MSE
容量	150 A・h (at 5℃)



第 10 図 受変電設備結線図
 Fig. 10 Single line diagram

5.4 幹線動力設備

配電方式および範囲を以下に示す。

(1) 配電方式

高圧機器（電動式冷凍機） AC 6 600 V 3 相 3 線
 プラント熱源機器 AC 415 V 3 相 3 線
 電灯コンセント AC 105 ～ 210 V 単相 3 線

(2) 供給範囲

熱源機器用動力盤（CGS 室内は別電源）
 プラント内空調・衛生設備用動力盤
 プラント内電灯コンセント用分電盤（CGS 室内は別電源）

(3) 動力制御盤

地下 2 階および低層棟屋上に設置

(4) 制御方式

手元－遠方または自動

(5) 始動方式

AC 415 V, 22 kW 以上はスターデルタ始動

6. 中央監視・自動制御設備

6.1 中央監視設備

中央監視装置は、運用に必要な種々の情報を収集・表示すると同時に、熱源プラントの効率的な管理と熱供給事業の円滑な運営を総合的に支援する機能をもつ。

中央監視室には、中央監視装置、運転支援装置、データ管理装置および CGS 監視装置を設置している。中央監視装置は、監視部分の 2 重化を図っている。

6.2 自動制御設備

自動制御設備は、熱源プラントが安定して信頼性のある熱供給ができるようローカルで自動制御システムを構築し、調節計も自動制御盤に設置するなどローカルで完結する設備にした。

冷水受入設備は、熱交換器方式のため、冷水差圧制御などに高速性を要しないことから電動式制御弁を採用し、計装用空気源装置の省略できる方式にした。

夜間運転時の省力化の観点から、システム設計（機器構成、自動制御、監視機能など）において、昼間運転、夜間運転とその運用を明確にし、夜間運転対象機器の自動運転を可能にした。また、省エネ運転のための冷水流量可変制御機能を備え、その運用は負荷状況に応じ選択が可能である。

7. 概略スケジュール

2001 年から豊洲再開発地区のエネルギー供給について検討を開始し、第 1 期のエネルギー供給開始まで約 5 年間の歳月を要した。概略スケジュールを次に示す。

2003 年 3 月 3 日	エネルギー供給会社設立
2004 年 4 月 15 日	東京都地域冷暖房計画区域指定
2004 年 7 月 1 日	着 工
2004 年 9 月 29 日	経済産業省熱供給事業許可
2004 年 12 月 1 日～	現地工事開始
2005 年 8 月 23 日	受 電
2005 年 10 月 ～	試運転調整
2005 年 10 月 7 日	ボイラ落成検査合格
2005 年 11 月 8 日	CGS の点火式
2005 年 12 月 6 日	CGS の使用前安全管理審査受審
2006 年 1 月 27 日	熱供給規程認可
2006 年 1 月 31 日	竣工・引渡し
2006 年 2 月 1 日	熱供給事業開始

8. お わ り に

IHI グループの最新型もしくは高効率機器でプラントを構成した IHI グループ初の熱供給事業を、豊洲再開発を契機に無事立ち上げることができた。今後、運用面でのデータ収集や安全で安定したエネルギー供給の追求、さらには豊洲再開発地区のエネルギーコンセプトへの貢献を目指していく所存である。

— 謝 辞 —

豊洲再開発におけるエネルギーコンセプトの策定から、第 1 期エネルギー供給事業の立ち上げに至る各段階において、社内外の多くの方々によるご指導・ご協力をいただきました。ここに記し、心からお礼申し上げます。

*1：エネルギー・プラント事業本部電力事業部相生工場生産管理部 次長