

< 特集 >

東京都の下水道事業における PFI

— 森ヶ崎水処理センター常用発電事業への PFI 事業適用 —

PFI business of Sewerage in Tokyo

- PFI business application to Power Generation System at Morigasaki WWTP -

中里卓治

東京都下水道局* 技術開発 担当部長

TAKUJI NAKAZATO

Director of Engineering R&D Division Bureau of Sewerage
Tokyo Metropolitan Government

1 はじめに

東京都下水道局の森ヶ崎水処理センターは、東京区部で最大の14,675ha(区部の約4分の1にあたる)の処理区を擁し、日量120万 m^3 以上の下水を処理する、都内でも最大の下水処理場である(Fig.1)。



Fig.1 センターの航空写真

下水の処理には、地下の下水管から流れ込む下水を地上の処理施設へ揚水するポンプの運転や、汚水を浄化する活性汚泥処理に必要な酸素を処理水に送り込む送風機の運転のためなどに、多くの電力を必要とする。東京都区部の場合、下水処理に使用する

電力は年間約80万MWhであり、これは都内の工場やオフィス、一般家庭などすべての需要家が使用する電力の1%を占めている。このうち森ヶ崎水処理センターでは年間約10万MWhの電力を使用し、これに要する費用は年間約13億円である。

森ヶ崎水処理センター常用発電のPFI事業は、水処理に不可欠な電力を低廉に確保するために常用発電設備を整備し、あわせて電源の多様化による処理場運営の信頼性の向上と、後述する汚泥消化ガスを発電用に有効利用することで省エネルギーと地球環境改善に貢献することを狙いに事業化したものである。平成13年3月に事業の説明、募集等を行い、平成14年10月に東京電力株式会社と三菱商事が共同出資して設立した特別目的会社の森ヶ崎エナジーサービス株式会社と事業契約を締結した。このプロジェクトは年間約6億円の電力コストを縮減するとともに、重油換算で年間ドラム缶約23,000本相当のエネルギー消費量を節約し、1,325ヘクタールの森林が吸収する量に相当する二酸化炭素排出量を削減することを想定している。今後、施設の建設を行い、平成16年4月より運用開始する予定である。本稿ではこの事業の詳細について報告する。

*〒163-8001 東京都新宿区西新宿2-8-1
TEL:03-5320-6591 FAX:03-5388-1705
E-mail:t-nakazato01@gesui.metro.tokyo.jp

2 PFIとは

PFIはPrivate Finance Initiativeの略で、公共事業に民間の事業ノウハウや資金力を取り入れ、効率的な事業実施を図る手法である (Fig2) . サッチャー

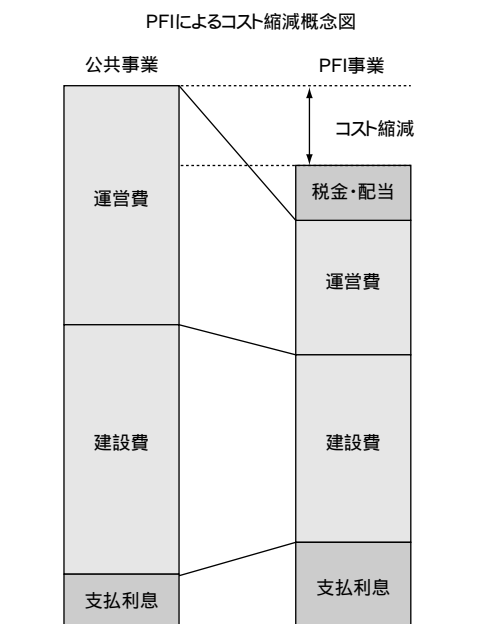


Fig.2 PFIによるコスト縮減概念図

政権下のイギリスでは、それまで国営として運営されてきた鉄道、通信、石油、上下水道等の事業は株式会社化が進み、事業運営の効率化に大きな成果をもたらした。その後、株式会社化になじみにくい病院経営や学校運営にPFIの手法が取り入れられ、民営化が進展した。具体的には、公共施設などの設計・建設、維持管理及び運営までを民間企業の資本と技術、経営ノウハウを活用して実施し、公共サービスを民間主導で行うことにより、効率的かつ効果的なサービスを実現して事業経費の削減に貢献するものである。

日本におけるPFI事業の導入実績は、PFI推進法施行前のため法に基づく特定事業ではなかったが、平成11年の東京都水道局金町浄水場PFIモデル事業を皮切りに、国や地方等の採用例が増えている。平成11年9月のPFI推進法(「民間資金等の活用による公共施設等の整備等の促進に関する法律」)の施工以後、平成14年12月の時点で、本事業を含め85の事業が特定事業として選定され実施中である。

典型的なPFI事業のスキームは、民間の事業者が自ら調達した資金で施設の建設を行い、事業期間にわたってサービスを提供するもので、公共側は初期費用を負担する必要がない。サービス提供の対価は事業期間にわたって支払う。この場合、公共が自ら事業を実施するよりも、民間企業の事業ノウハウを活用する分だけ低コストとなることが多い。PFIにはPFI事業者が施設を保有しながら、公共からの支払いによって資金の償還を行いつつ自らの利益も確保するBOT(Build Operate Transfer)方式がある。東京都水道局が実施した例がこれに当たるが、今回の森ヶ崎水処理センター常用発電事業の場合、下水道管理者は法によって下水処理に必要な設備を所有することが義務づけられているため、PFI事業者が施設を建設した後に公共部門に譲渡するとともに、初期投資の一部は公共が行うこととしているBTO(Build Transfer Operate)方式を採用した。第3セクターなどこれまでの民間活力活用策は、行政と民間の役割分担が不明確になりやすいなどの課題を抱えていたが、PFIでは契約によって役割と責任を明確に規定することで、事業の確実な実施を担保している。

3 森ヶ崎水処理センター常用発電事業の内容

3.1 事業の技術的背景

本事業の実施においては以下のような現状があり、これら諸課題の解決を目指した。

(1) 消化ガスについて

下水処理過程では、微生物の働きによって下水中の有機物が分離され、汚泥が発生する。汚泥の処理方法は数種類あるが、その一つに消化槽と呼ばれるタンクの中で50°C前後に保温し、嫌気性細菌の働きで分解する「高温消化法」がある。森ヶ崎水処理センターでは汚泥処理の一部にこの方法を採用している (Fig.3)。高温消化法により、メタンガスと二酸化炭素を主成分とする消化ガスが発生する。消化ガスは、硫化水素ガスを取り除いた後、一部をボイラーで燃焼させて水蒸気を作り、消化槽の加温や保



Fig.3 森ヶ崎水処理センター消化槽

温のために利用している。しかし、大部分はフレアスタックで燃焼して処分しており、未利用のエネルギー源としての有効活用が課題であった。

(2) 森ヶ崎水処理センターの電力需要について

森ヶ崎水処理センターの流入下水処理量は住民の生活サイクルと密接に関係している。水の消費量は朝、洗濯や朝食の準備で増え、昼間は若干減少し、夕方から夜にかけて入浴などのために再び増え、深夜は減少する。この傾向は下水が下水管の中を数時間かけて流下した後に森ヶ崎水処理センターへ到達するため、森ヶ崎水処理センターの電力需要変動は水の消費パターンから数時間から半日程度遅れたものとなる。このほか、台風や集中豪雨などにより大雨が降ると大量の雨水が流れ込み、揚水のための電力需要が急増して晴天時の数倍の電力が必要となる。

下水処理場の電力契約は大雨時に発生する最大需要時に応じて締結せざるを得ない。このため、工場など他の需要家に比べて下水処理場では負荷率（契約電力量に対する実際に使用する電力量の比率）が低くなり、電力使用量がそもそも多いことと合わせて電力コストが大きい。

(3) 非常用発電機の整備について

下水処理は浸水から街を守り、公共用水域の水質を保全する観点から、常に安定した運転を行う必要がある。このような下水処理には電力が不可欠であるため、商用電源が停電する場合に備えて非常用発電機を設置している。しかし、森ヶ崎水処理センター

では非常用発電機の一部が未整備であった。また、非常用発電機的能力を常時も活用して発電することが考えられるが、この場合には電気事業法の関係から非常用発電機を常用発電機として登録して運用する必要がある。このような使用法は非常用発電機のコストを増大させるので実例が少ない。

3.2 事業者の募集と審査方法

PFI 事業者の募集及び契約に至る経緯は以下の通りである (Fig.4)。

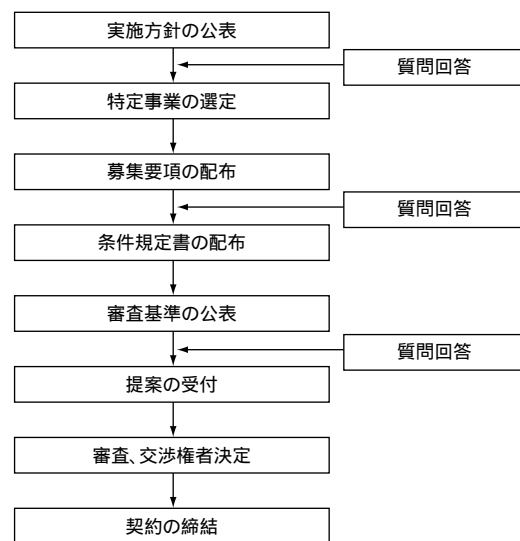


Fig.4 契約に至る手順フロー

- (1) 平成 13 年 3 月に本事業を PFI 事業として実施することを発表。事業の概念とおおまかな日程を提示した。
- (2) 同 7 月に、事業者の提案を厳正に審査するため、外部の学識経験者を含む提案審査委員会を設置した。
- (3) 同 9 月に、PFI 推進法の定める事業の概略を示した実施方針を公表し、広く一般より質問、意見を受け付けた。それらの意見も踏まえ、11 月に PFI 推進法に基づく特定事業として選定し、提案を行う際の条件を示した募集要項を公表した。この際、前項の課題を示す技術的データ（消化ガスの性状、センターの電力需要の状況、センター内の電力設備）については特に詳細なも

- のを付し、事業者の積極的検討を促した。
- (4) 平成 14 年 1 月に、審査をどのように行うかを示す審査基準を公表した。この中で、環境に対する配慮、非常用発電機の安定的な運転について特に高く評価することを明記することで、事業者の配慮を促した。
 - (5) 同 3 月に、9 グループからの提案を受け付けた。いずれの提案も、募集の主旨を十分に理解して創意工夫に満ちたものであった。提案内容もガスタービンと蒸気タービンを組み合わせた総合効率に優れているコンバインド・コジェネレーションシステムを用いるもの、大型機器の設置でコスト削減を目指すもの、新型の燃料電池を用いて発電効率の向上を目指すもの等各事業者のノウハウを活かす個性的なものであった。これらの提案に対し (4) 項の基準に基づいて技術審査等を実施して 5 グループを選定した。さらに提案価格による審査を行い、4 月に東京電力株式会社と三菱商事株式会社のグループを優先交渉権者として決定した。
 - (6) その後、契約交渉を経て同 10 月 21 日に事業契約を締結した (Fig.5)。



Fig.5 官民のパートナーシップ (右:東京都下水道局 鈴木局長, 左:森ヶ崎エナジーサービス(株) 片倉社長)

3.3 PFI 事業者選定の際の公募条件

今回の PFI 事業者の選定で用いた「公募型プロポーザル方式」は、建設する設備の仕様などの事業の詳細は定めず、要求する性能・能力などを満たす

企画書の提出を公募によって求め、コストの面も含めた最も優れた提案を選出する方法である。提示した条件は以下の通りである。

- (1) PFI 事業者は、常用発電設備を設計・建設して下水道局に所有権を移転する。
- (2) PFI 事業者は常用発電設備を運営・維持管理し、下水道局に電力及び温水を供給する。
- (3) PFI 事業者は、消化ガスを全量有効利用する。下水処理水は提案する量を冷却水などに用いる。消化ガスと下水処理水は、局が無償で提供する。

このように今回の PFI 事業は、PFI 事業者が民間資金で設備を設計・建設した後、その所有権を下水道局に移転し、設備の管理・運営を PFI 事業者が行う BTO 方式をとった。また、事業規模は以下の通りである。

- (1) 森ヶ崎水処理センターの電力需要を超えない範囲で、PFI 事業者の提案に基づく電力を供給できること。また、商用電力停電時(非常時)には、最低 9,000kW の電力を供給する。
- (2) 温水の供給能力は、センターの需要に応じるものとする。
- (3) 事業期間は、電力及び温水の供給開始の日から 20 年間とする。

このように、公募にあたって具体的な発電設備の構成やシステムなどの技術的な条件や制約を最小限とすることで、民間の発想、ノウハウ、技術力をできる限り引き出すことをねらいとした。

3.4 今回の PFI 事業内容とその特徴

選定された事業者の事業内容は、以下の通りである。

(1) 晴天時昼間の運転方法

発生する消化ガスには、硫化水素ガスなど設備に悪影響を与える恐れのある不純物が含まれる。そのため、活性炭を用いたフィルタで前処理をした後、3,000kW 級のレシプロ式ガスエンジンの燃料として発電を行う。また、電力消費のピーク時間には次に述べる NaS 電池からの放電を行い、割高な商用電力

の使用を極力避けながら森が崎水処理センターの電力需要に応じて発電を行う。また、発電時に発生する余熱を用いて温水の供給を行う。

(2) 夜間の運転方法

NaS 電池 (Fig.6) とは正極にナトリウム, 負極に硫黄を用い, 両極をベータアルミナ製の個体電解質で分離する構造の二次電池である。電池全体を高温に保ちナトリウムと硫黄を熔融状態とし, ベータアルミナのナトリウムイオン伝導性を利用して充放電する。NaS 電池は自動車のバッテリーに用いる鉛蓄電池に比べ, 約 3 倍のエネルギー密度があり, 高性能でコンパクトな電力貯蔵電池として普及しつつある。



Fig.6 平成 13 年葛西処理場に導入した NAS 電池

本事業ではこの NaS 電池を 8,000kW (7.2 時間放電時) 設置し, 電力需要が小さくなる夜間に低廉な夜間電力を用いて充電する。ガスエンジンは昼夜とも連続して発電, 温水供給を行う。

(3) 雨天時の運転方法

雨天時には雨水が森が崎水処理センターに流れ込み, ポンプ設備等の運転のために短時間ではあるが晴天時の数倍の電力を必要とする。本事業ではガスエンジンの運転に加えて, NaS 電池を定格の 1.3 倍で放電させ, 商用電力の受電と合わせてこの電力需要のピークに対応する。

(4) 非常時の運転方法

商用電力の停電など非常時には, 非常用発電設備 (ガスタービン) により, 必要な電力を供給する。

(5) 主な設備の構成

- ① 常用発電設備 3,200kW×1 基 (消化ガス専焼型ガスエンジン)
- ② 非常用発電設備 3,200kW×2 基 (灯油専焼型ガスタービン)
- ③ 常用非常用兼用発電設備 3,200kW×1 基 (消化ガス・灯油切替混焼型ガスタービン)
- ④ 電力貯蔵用電池設備 2,000kW×4 基 (NaS 電池)

(6) 供給能力

- ① 常用電力供給能力 3,000kW
- ② 非常用電力供給能力 9,000kW
- ③ 温水供給能力 46,000MJ/h
- ④ 電力貯蔵用電池放電能力 8,000kW×7.2 時間

(Fig.7)

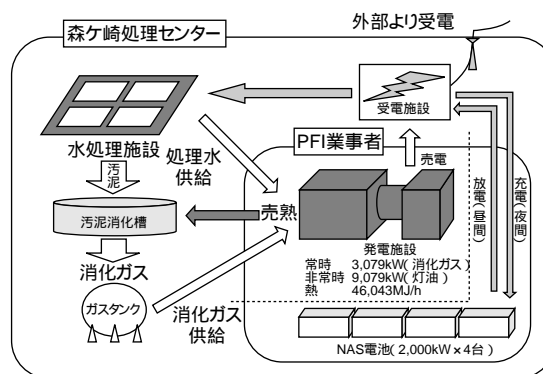


Fig.7 システム概要

(7) 資金の調達方法

資金調達は PFI 事業者が自ら資金調達するが, 非常用発電設備については下水道局が負担する。

(8) 事業に係るリスクの分担

過失などそれぞれの責によるリスクはそれぞれが負担することを基本とする。ただし, 天災等不可抗力によるものは下水道局が負担する。また, 第三者に被害を及ぼした場合の賠償などについて, 保険への加入によって担保する。なお, 発電事業では石油

や天然ガスなどエネルギー価格の変動が大きな事業リスクとなるが、このリスクは下水道局が負担する。

(9) 特別目的会社の設立

PFI 事業出資者の経営状況の変化によらず事業運営の安定性を確保するため、特別目的会社 (SPC: Special Purpose Company) である「森ヶ崎エナジーサービス株式会社」を平成 14 年 10 月 1 日に設立した。この会社は、設立時の資本金が 1.55 億円で、東京電力株式会社 (全株式の 80% を保有) と三菱商事株式会社 (全株式の 20% を保有) の共同出資となっている。

3.5 事業の効果

本事業を PFI 事業として実施することにより、以下の効果が見込まれる。

(1) 電力コストの縮減

これまで森ヶ崎水処理センターでは、年間約 13 億円の電力料金がかかっていた。本事業の実施により内部で電力調達を行えることから、電力会社から購入する電力料金を大幅に引き下げることができる。この料金は年間約 7 億円と見積もられており、電力購入の点からは年間約 6 億円のコスト縮減となる。事業期間 20 年間では、約 128 億円の財政支出の縮減が見込まれている (Fig.2)。

(2) 未利用エネルギー等の活用

未利用エネルギーである汚泥消化ガスを全量有効活用することにより、重油換算で年間ドラム缶約 23,000 本相当のエネルギー消費量を削減できる。こ

の量は、温室効果ガスである二酸化炭素に換算すると 1,325 ヘクタール (東京ドーム約 300 個分の広さに相当) の森林が吸収する量 (年間 4,772 トン) を削減することに相当する。

(3) 複数電源によるセンターの信頼性確保

現在森ヶ崎水処理センターでは、商用電力のみを使用して運営を行っている。本事業により、この他に汚泥消化ガス専焼ガスエンジン発電、NaS 電池や灯油専焼ガスタービン発電などにより電力源の多様化が図られ、電力確保の信頼性確保と停電リスク、電力コストリスクを分散できる。

4 まとめ

電力は下水処理に欠くことのできないものであり、コスト面でも負担は大きい。一方で電力供給事業は自由化が進展しつつあり、電力確保の手段は今後ますます多様化・複雑化していくものと思われる。そのような状況の中で下水道事業の特性に見合った最適な電力確保方法を見いだしていかなばならないのは当然のことであるが、その際 PFI やその他の手段で民間のノウハウを活用することが、今後ますます必要になるとと思われる。

PFI は VFM (Value For Money) を前提としている。VMF の内容は民間ノウハウ導入以外にも長期契約、リスク予測、新技術導入などがある。そして、PFI 導入の目的は民営化と同じように公共事業の競争状態創出にあり、PFI や民営化そのものではないことに注意したい。競争があるところに VFM が優位に作用し、下水道事業のサービス向上がある、との考えである。