

# 犬山浄水場の常用発電設備等の コージェネ大賞受賞について

愛知県企業庁

水道部水道事業課

## 1. はじめに

JWRCから、愛知県企業庁犬山浄水場のコージェネ大賞受賞（2018優秀賞）について原稿執筆の依頼がありました。導入可能性（FS）調査が平成24年度、設計・建設事業が同27・28年度、運転開始が同29年度の事業であり、やや新鮮味はありませんが、当庁でのコージェネ導入の経験が、全国の水道事業体での検討のお役に立てばと思います、引き受けることとしました。導入契機を振り返りつつ、現在の運転状況までを記します。

コージェネ大賞は、環境負荷低減に資するコージェネレーションやエネルギーの普及拡大に向けた調査研究などの事業活動を行うコージェネ財団（一般財団法人コージェネレーション・エネルギー高度利用センター）が、省エネルギー等において優れたコージェネレーションを毎年度表彰するものです。

受賞対象となったのは、犬山浄水場に導入したオールガスの常用／非常用兼用の発電・熱供給システムです。システムは、LNGを燃料とする1,000kW×6台のガスエンジンなどにより構成されており、常用は4台運転で、BOS（ブラックアウトスタート）時は、全6台が同期運転し、商用電源を喪失しても浄水場を起動することが可能です。従来からの商用電源にオールガスの常用発電機を加えて電源を二重化したため、浄水場の停電リスクへの備えは格段に向上しました。「災害に対する高い電源セキュリティを実現した浄水場の事例」として、受賞理由が選考講評で紹介されています。非常時に備えて、常用発電機の燃料を浄水場に備蓄する形式（LNGサテライト）を採用したことも評価を受けたポイントだと考えています。

また、大賞を受賞したコージェネとあわせて、3.1メガソーラーと浄水汚泥脱水機を一体的にPFI事業で導入したところも本件の特徴であり、これらについても紹介します。



写真 PFI設計・建設事業完成後の犬山浄水場

## 2. コージェネ導入の動機

### (1) 非常用自家発電施設の整備

令和元年度も台風や豪雨による災害で、停電による断水が発生しました。当庁では、かねてより浄水場の停電対策として重油を燃料とする非常用自家発電施設（以下、「非発」という。）の整備を進めてきました。高圧受電の浄水場は度々停電する経験から整備が先行していましたが、特別高圧（以下、「特高」という。）受電の浄水場は長時間の停電リスクが低いと考えられてきたため、建設投資全体における相対的な優先順位は低くなっていました。このため、特高の浄水場では、計装用などの蓄電池等は整備していたものの、浄水場全体の動力負荷を賄うだけの非発の整備は先送りになっていました。

しかしながら平成23年3月11日に発生した東日本大震災では、広域で長時間の停電が起きました

た。このため、当庁では東日本大震災の事例を踏まえて、地震などによる停電発生時においても浄水場を継続稼働できるように、特高の浄水場を含む全ての浄水場で非発の整備に取り組んでいくこととなったのです。

## (2) PFIとの関わり

前述のとおり、犬山浄水場及び尾張西部浄水場などの特高の浄水場において、非発の整備を進めることとなりましたが、この2浄水場は、平成14年度に実施したFS調査以降に進めてきた排水処理施設PFI事業に関するPFI法の実施プロセス（実施方針の策定及び特定事業の選定等）に、これから着手するタイミングでもありました。ただし、同FS調査において「愛知用水地域（H18～）が4浄水場、三河地域（H23～）が6浄水場であることに対して、尾張地域は事業対象が2浄水場と少ないために、民間資金を活用するPFI事業としては、排水処理施設のみでは整備に係る建設資金が小額過ぎる」と指摘されていました。こうした事情により尾張地域のPFI事業は、排水処理及び非発を組み合わせたものとして企画され、その事業化の可能性について平成24年度にFS調査を追加実施しました。検討にあたっては、この年から始まったFIT（固定価格買取制度）を活用した太陽光発電についても検討することとなりましたが、排水処理、非発、太陽光を単に一緒にしても効果が限定的だと考え、非発を常用発電に置き換えて、常用発電機を軸に、熱で排水処理施設と、電気ですべて太陽光発電施設との関連を持たせることをFS調査の主眼に置きました。浄水場は24時間操業ですが、これらの運転が基本的には全て昼間に限られるところでも相乗効果を発揮できると考えました。

FS調査の結果は「尾張西部浄水場の非発兼常用発電は可能性がないが、犬山浄水場の非発兼常用発電及び排水処理並びに尾張西部浄水場の排水処理をPFIで整備することは可能性があり、犬山浄水場では太陽光発電の整備も可能性がある」というものでした。商用電源と同等のランニングコストで常用発電機を運用することは、大変難しいと思われたので、FS調査では、この経済性が議論になり、また、前例のないユニークな設備設計であったため、技術的な検討を重ねました。FS調査から落札者グループの提案書に至るまでを3

に記します。

---

## 3. 事業化に向けた検討内容

---

### (1) 概要

コージェネは負荷変動へ追従することが苦手です。1,600～1,700kWの導水ポンプが常時2台稼働し、時々3台目が起動する犬山浄水場は送水が自然流下で他に大きな負荷設備はないので、浄水場のロードカーブは約3,300kWで一定、時々約5,000kWになります。コージェネが一定量を発電したり、ピークカットするのに適しています。一方、尾張西部浄水場は、電力需要の変動が大きく、コージェネの苦手な負荷変動が生じると分析されました。このため、尾張西部浄水場ではコージェネ導入は見送りました（後に、従来手法で非発が整備されています。）。

犬山浄水場は、コージェネの運転条件に適してはいますが、廃熱利用は概ね排水処理における汚泥の加温に限られると考えられました。脱水ケーキの乾燥や電気事業者のようなコンバインドサイクル発電は、投資回収が困難と試算されたのです。このため、廃熱量が少なく燃費に優れたガスエンジンでFS調査は進みました。これに基づき、後の発注仕様では燃費基準が設定されています。ただし、ガスエンジンはガスタービンと比べると初期負荷投入率が低く、前述の導水ポンプをBOSで起動することが難しく、ここが事業化計画立案の難関になりました。燃費に優れたガスエンジン複数台で発電システムを構成すると、BOS実現のために設置台数（発電機の合計出力）が嵩み、導入コストが高騰します。ガスタービンだけだと設置台数は少なく済みますが、廃熱の利用先がないことから、常用で運転すると経済的な損失が生じます。

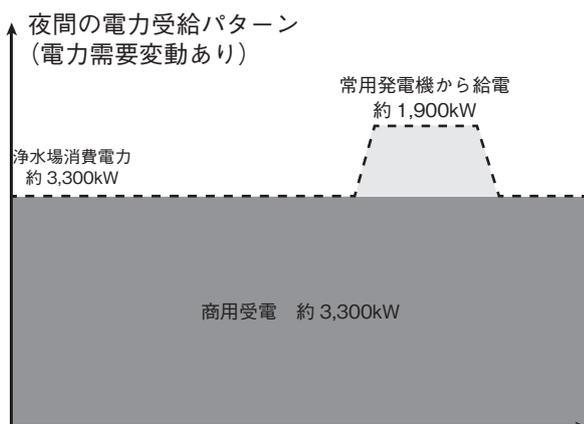
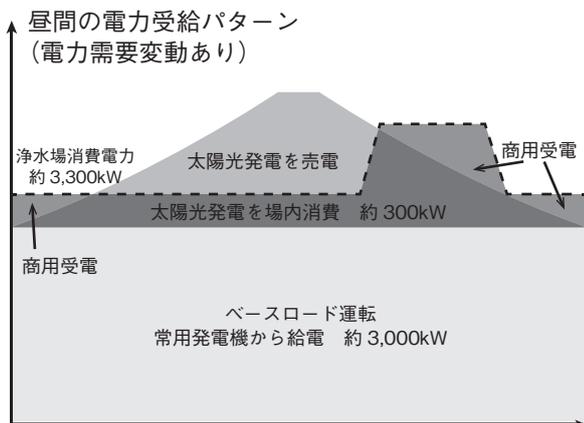
そこで、FS調査においては、BOS専用の起動用発電機を1台設置し、これで導水ポンプ1台を起動した後、遮断器の切り替えによってガスエンジンの常用発電機に負荷を載せ替え、その後切り離れた起動用発電機が再度単独で2台目の導水ポンプを起動するという機構を捻り出しましたが、非発に代えて常用発電機を導入するという企画の趣旨が分かり難くなり、庁内での評判は芳しくありませんでした。これが後の総合評価方式に

よる入札での標準提案となりますが、入札では、柔軟な運用が可能なガスエンジンだけの構成で、合計出力も少ない非常に優れた提案を受けることができました。民間の優れた技術力を活用するPFIの長所が発揮されたと思います。

## (2) コージェネと太陽光

常用発電は、電気料金の高い昼間にベースロードで一定運転し、電気料金の安価な夜間はピークカット運転に切り替えることで契約電力を引き下げれば、商用電源と同等のコストで運用が可能とFS調査で試算されました。

また、これに2.5MW程度の太陽光発電を組み合わせると、太陽光発電を自家消費しつつ、余剰は既設の特高受電設備を逆潮流させて売電が可能と試算しました。



太陽光発電を売電専用とすると技術的には容易ですが、水道施設との電氣的な繋がりはなく事業目的があいまいになります。大型の太陽光発電所を建設するには、特高で連系するための引き込み鉄塔や昇圧変電所の新設が必要ですが、余剰売電

であればこれらの新設が不要と考えました。他には、高压連系だと地区の電力需給によって売電が難しくなることがあります。特高ならば、その制約から解放されて手堅く事業化計画を立案できるという事情もありました。

FS調査で、既設特高の改造は技術的に可能と判断していました。また、コージェネと太陽光を備え、これを自家消費しつつ、不足分は順潮流で商用電源を受電し、余剰が生じた時は太陽光のみ逆潮流で売電するシステムは、関係官庁や電力会社に相談したところでは、制度的にはFITが適用可能とのことでした。ただし、大変ユニークな機構のため、担当者としては、一抹の不安がありました。FS調査終盤で、名古屋市鳴海工場（ごみ焼却施設（ガス化溶融炉））がPFI事業者提案で蒸気発電とガスエンジン発電を行い、自家消費した後の余剰電力は、蒸気発電のみを電気事業者へ逆潮流で売電しているとの噂を耳にしました。その後、幸運にも鳴海工場で施設を見学することができました。企画していた機構とそっくりで大変驚きましたが、実現事例を確認できたことから、以降は自信を持って入札に向けた準備を進めることができました。

## (3) LNGサテライト

常用発電は、当初、導管でガス供給を受けることでFS調査を進めました。まず、非常時に備えて、都市ガスを浄水場に備蓄することを試算しましたが、自前で巨大なガスホルダーの設置が必要になり、現実的でないことがすぐに判りました。そこで、都市ガス事業者の防災対策を伺いましたが、十分に納得できるものだったので調査を続行しました。ところが、犬山浄水場周辺は都市ガス未普及地区で、新たに2.3kmのガス管敷設が必要で、鉄道軌道の横断が不可避のため、実現には相当な年数が必要であることが判りました。そんなときに、偶然LNG（液化天然ガス）で燃料を調達する手段があることを知りました。天然ガスをマイナス162度まで冷却して液体にしたLNGは、体積が600分の1になり浄水場で燃料を備蓄することができます。マイナス162度で燃料を備蓄するためには、冷却設備などが必要になるのではないかと心配しましたが、極めて断熱性の高い屋外設置型のタンクであるため、冷却設備は不要であり、

真夏であっても自然気化による損失はごく僅かです。今年、日本がLNGの輸入を始めてから50年になります。LNGは半世紀に渡り実用されてきた技術と運用の実績があるのです。県内でLNGサテライトを採用している事業所を見学するなどして、PFI事業で民間に管理委託する形式であれば、浄水場にも安心して導入が可能な技術だと理解しました。およそ9割を中東に頼っている原油と異なり、東南アジアやオーストラリアなど世界各地に調達先が分散しているLNGは、燃料調達リスクが低く、SOX（硫黄酸化物）やNOX（窒素酸化物）の排出量が石油や石炭に比べて格段に低いこともあって、LNGでFS調査を進めることとしました。現在、犬山浄水場には、80kLのLNG貯蔵タンク2基が設置されています。

---

#### 4. 運転状況、まとめ

---

これまでの運用実績はLNG燃料の購入費用と使用電力量の減が概ね同等、コージェネ運転管理費とピークカットによる契約電力の引き下げ額が概ね同等であり、経済的に無理をしないでコージェネを導入するという初期の目標は概ね達成しています。また、常用発電の廃熱で汚泥を加温することで、フィルタープレス式脱水機の能力は20～30%向上していますし、太陽光発電も概ね予定どおりの発電量です。

LNGの調達は、PFI事業者任せではなく、当庁が直接、調達しています。PFI事業実施方針の公表などを通じて、民間事業者の意見招請を行ったところ、LNGの価格高騰リスクは公共側で負ってほしいとの意見が多く、事業者選定委員会でも県がリスク負担することが適当との意見だったた

めです。年に一度の入札としたため、LNGの輸入価格に連動させて、毎月、購入単価を調整する契約としました。輸入価格がストレートに反映されるので、電力料金の燃料調整単価より大きな変動幅になりますが、年単位で見れば概ね一致した値動きとなっています。

犬山浄水場の事例から、自家発電機を設置して、商用電源より低コストで運用しつつ、差額で導入コストを回収することは大変難しいと感じますが、非発を設置・更新する計画があるならば、これを常用／非常用兼用の発電機にして、商用電源と同等のコストで運用することは可能性があると思います。大きな災害を考えたとき、常用発電機には長期間の連続運転が可能という非発にはない長所があります。また、日常起こり得る短時間の停電に対しては、復電時に再度、停電しなくてもよいというメリットもあります。

---

#### 5. 最後に

---

幾多の幸運が重なり、犬山浄水場にはガスコージェネが導入されました。これまでの運用実績も順調です。これらは、ひとえにPFI事業者が民間ならではの高い技術力とスピード感で設計・建設事業を進めたこと、浄水場職員が優秀でPFI工事の監督、工事調整を担いつつ、関連工事もやり遂げたことに他なりません。20年間に渡るPFIの運営・維持管理事業は、始まったばかりで、今後の維持管理においてトラブルは付き物と思いますが、関係者で協調して課題に立ち向かってゆくことで、これからも安全安心な水道水の供給に努力していくことが私たちの使命であると思っています。