

エネルギー自立型の浄水場

山本 総一郎(やまもと そういちろう)

長倉 善則(ながくら よしのり)

伊藤 一(いとう はじめ)

1 まえがき

地球温暖化、酸性雨などに見られる地球環境の悪化を受けて、気候変動枠組み条約第3回締約国会議(COP3)において「京都議定書」が採択(1999年4月)されて以来、「『エネルギーの使用の合理化に関する法律』の改正法(改正省エネルギー法)(1998年6月)」、「地球温暖化対策の推進に関する法律」(1999年4月)、「循環型社会形成推進法」(2000年5月)と法整備も進み、21世紀に地球環境に優しい循環型社会を構築する素地が形成された。水道事業体においても水道事業への環境会計の導入、浄水場の環境ISO(ISO14001)の取得など、このような社会構築に向けた取り組みが行われ始めている。

新エネルギー機器の導入により、通常時は地球環境に優しいエネルギー利用によって省エネルギーと環境性の改善を行い、震災などの災害時には自前のエネルギーとして水道施設を停電させることなく自立的に稼働させることで、環境保全およびライフラインとしての水道施設機能保全の双方に寄与する取り組みが行われている。

本稿では、このような環境保全と災害対策の意味合いを併せ持つ設備として、東京都水道局東村山浄水場に納入した水力発電設備、コージェネレーション設備、太陽光発電設備などの事例について紹介する。

2 東村山浄水場の特徴

東村山浄水場は新宿から西方約20kmの東村山市内にあり、施設能力は126.5万m³/日(平均給水量約90万m³/日)で、都内の7区部と多摩地区の約200万人に給水している浄水場である。

東村山浄水場の水運用面での特徴として、

- (1) 多摩川系・利根川系の原水連絡接点となっており、双方の原水を処理できる。
 - (2) 比較的標高の高い場所に位置するため、区部へは自然流下により給水することができる。
- ことが挙げられ、震災などの災害時においても施設機能を

維持することができれば、拠点施設として稼働することが可能である。また施設面では、

- (1) 貯水池から自然流下の導水路を有している。
- (2) 熱利用が可能な排水処理設備を有している。
- (3) 配水池の上部に広大なスペースを有している。

ことが挙げられ、水力発電、コージェネレーション、太陽光発電の各設備導入に適した施設環境であるといえる。

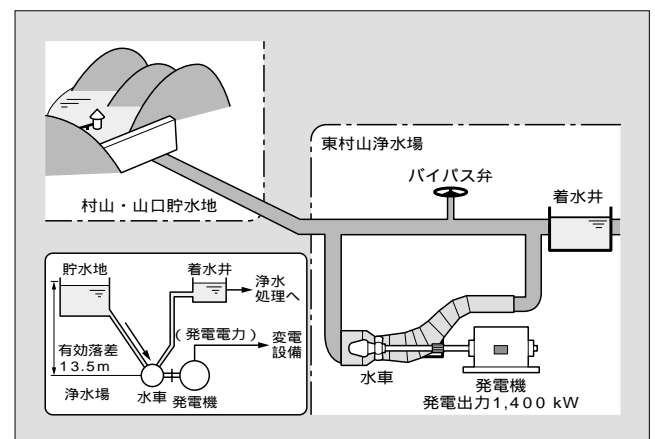
また東村山浄水場は、東京都水道局の環境保全のためのモデルサイトとして、水源管理事務所とともに2001年2月にISO14001を取得し、環境マネジメントシステムを運用する浄水場としても注目されている。

3 発電設備

3.1 原水流入導水管に適用した水力発電

東村山浄水場の取水系統のうち村山下貯水池(多摩湖)からの導水管は、浄水場との間の落差を利用して自然流下方式により導水を行っている。この導水管を分岐して水車を設置し、浄水場内負荷への電力供給を行う水力発電設備が2001年4月から稼働している。設置場所は地下とし、地上部にあるのは水力発電所の入口および換気排風口のみである。施設フローを図1に、設備の外観を図2に示す。

図1 東村山浄水場水力発電設備の施設フロー



山本 総一郎

上下水道用電気・計装システムの設計に従事。現在、電機システムカンパニー環境システム本部水処理システム事業部首都圏技術部次長。電気学会会員。



長倉 善則

上下水道用電気・計装システムの設計に従事。現在、電機システムカンパニー環境システム本部水処理システム事業部首都圏技術部課長。電気学会会員。



伊藤 一

上下水道用電気・計装システムの設計に従事。現在、電機システムカンパニー環境システム本部水処理システム事業部首都圏技術部。

3.1.1 水力発電設備の仕様

東村山浄水場における過去10年間の貯水池からの導水量

図2 東村山浄水場向け水力発電設備の外観



図3 水車の形式選定グラフ

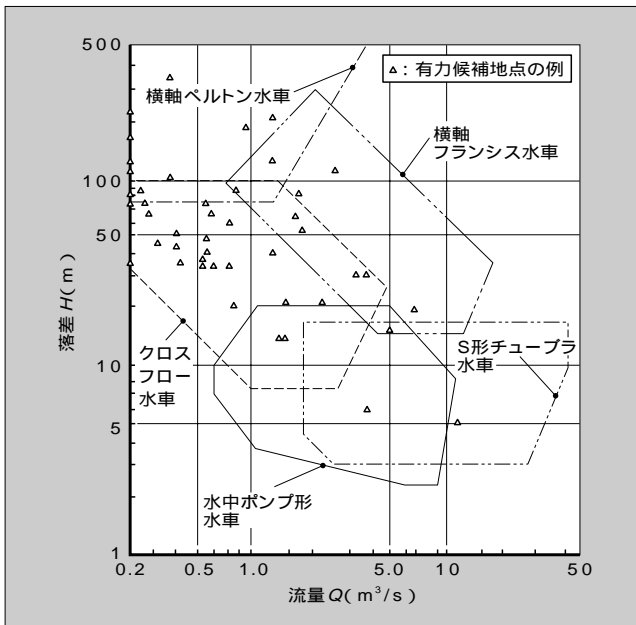
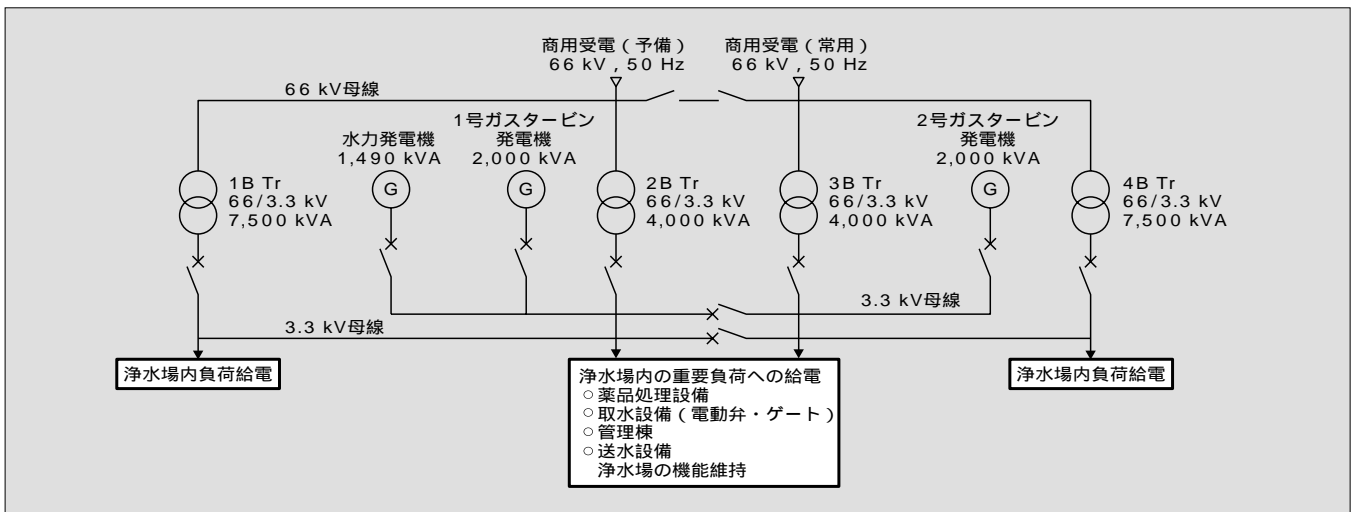


図4 東村山浄水場の電源系統図



は0～13 m³/s程度の範囲で変動があり、貯水池との落差は約11～22 mで運用されている。また導水管の管路損失により、流量が大きい場合には有効落差が小さくなり、流量が小さい場合には有効落差が大きくなる。図3の水車の形式選定グラフで上記の条件を満たし、部分負荷でも効率がよく、運転範囲も広い特徴を持つことから、S形チューブラ水車を採用した。水力発電設備の主な仕様は以下のとおりである。

- (1) 定格流量：13 m³/s
- (2) 定格有効落差：13.5 m
- (3) 定格水車出力：1,490 kW
- (4) 発電機定格出力：1,490 kVA (同期発電機)

3.1.2 水力発電システムの特徴

浄水場における水力発電システムの特徴として、

- (1) 水の位置エネルギーにより発電しているため、地球温暖化などの環境破壊につながる二酸化炭素 (CO₂)、窒素酸化物 (NO_x) などの大気汚染物質を発生しないクリーンエネルギー源である。
- (2) ダム、水路などの施設については既存のものを使用できるので、電気事業者の設置する発電設備に比較して少ない建設コストで済むことやランニングコストがほとんどかからないことなどによりコスト削減効果大きい。
- (3) エネルギー源は水のため、浄水場が導水していれば発電が可能となり、震災などの災害時における自前の電源の一つとして有効である。

などが挙げられ、経済的にも有効かつ環境保全にも寄与し、震災時の電源として使用可能であるなど、非常に有利な点が多い発電システムであるといえる。

3.1.3 水力発電による発電電力

水車定格点での発電電力は約1,400 kWで、図4に示すように浄水場内の変電所設備にて3.3 kV系統で商用電源と系統連系し、場内負荷への給電を行っている。水力発電による発電電力は導水量と有効落差に依存し、水位差が同じであれば導水量が大きいほど得られる電力は大きくなる。計画では、年間約590万 kWhの発電電力量を見込んでお

り、浄水場全体の消費電力の約 25 %を補うことが可能となる。

3.2 都市ガス燃料によるコージェネレーションシステム

コージェネレーションシステム（CGS）は石油、天然ガスなどの燃料から発電を行い、発電時の排熱を回収して有効利用することで総合熱効率を高めるシステムで、オフィスビル、病院、スポーツ施設などの民生分野では広く導入されているものである。

東村山浄水場では、都市ガスおよび灯油を燃料として発電を行い、発電時の排熱回収により蒸気を発生させて排水処理の熱源とする CGS が1998年10月から稼働している。東村山浄水場の CGS フローを図5に示す。

3.2.1 発電設備

発電には定格出力 1,600 kW のガスタービン発電機 2 台を用いており、常用時は都市ガスを燃料とした運転、非常時（商用電源の停電時）には都市ガスまたは場内燃料タンクに備蓄した灯油を燃料とした運転を行う。場内燃料タンク容量は 40 kL で、これは発電装置 2 台が24時間稼働可能な容量となっている。また、災害時などの主電源として位置づけられることから、燃料二重化のほか、下記の配慮を行った。

- (1) 補機類は共通補機を設置せず、おのおの独立で運用できる設備とした。
- (2) 発電機の設計にあたっては、インピーダンスの配慮を行い、発電機運転中に商用停電が発生したときなどいかなる場合でも運転継続できるような設備とした。

発生した電力は、図4に示したように浄水場内の変電所設備の 3.3 kV 系統で商用電源と系統連系して場内負荷への給電を行っており、浄水場全体の消費電力の約 43 %を

賄い、契約電力の低減に寄与している。

3.2.2 排熱利用設備

発電時に発生する排熱は排熱ボイラにより蒸気として回収（常用圧力 0.83 MPa、100 % 負荷時 4.9 t/h）し、浄水場内で発生する汚泥の加温用熱源として利用している。浄水場内の水処理プロセスで発生する汚泥は、場内の排水処理設備において濃縮・脱水され、含水率 50 ~ 60 % のケーキ（発生土）となって、園芸用培養土として有効利用したり処分場で処分される。この脱水プロセスで汚泥を 40 程度に加温すると、滞留時間が非加温時の 1/2 程度となるため、脱水機運転台数の低減、消費電力の削減が可能となる。東村山浄水場では図5に示すように、濃縮汚泥を加温するための加温槽、脱水機に汚泥を供給するための給泥槽に対して蒸気を注入するシステムとしている。

3.3 太陽光発電設備

太陽光発電設備は下記のような特徴を持つ発電システムである。

- (1) 大気汚染物質を排出しないクリーンエネルギーである。
- (2) エネルギー密度が小さく、設置にあたっては広大な面積を要する。

東村山浄水場では、1995年に配水池の上部空間を利用して太陽光発電設備を設置した。1995年度から1998年度の4年間は東京都水道局と新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）と東京都環境保全局とが共同でフィールドテストを実施した。それ以降は東京都水道局による運用を行っており、現在も稼働中である。設備の外観を図6に示す。

本設備の発電出力は最大 70 kW で、発電した電力は浄水場内の薬品処理設備の低圧系統にて商用電源と系統連系

図5 東村山浄水場の CGS フロー

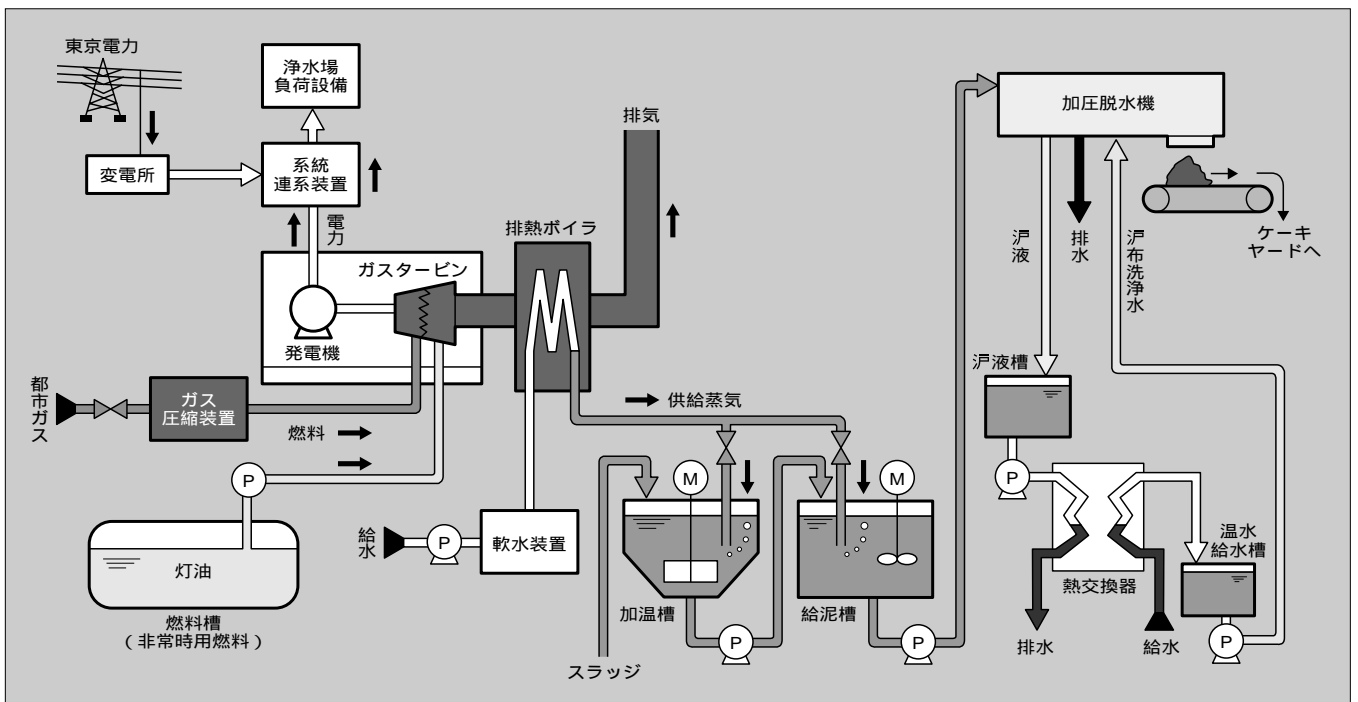


図6 東村山浄水場向け太陽光発電設備の外観



図7 東村山浄水場向け風力発電設備の外観



し、浄水場内負荷への給電を行っている。設備の稼動状況は、

- (1) 年間発電電力量：約 69,400 kWh
 - (2) 年間発電時間：約 3,000 時間
 - (3) 平均発電電力：約 23 kW
- となっている。

3.4 風力発電実験設備

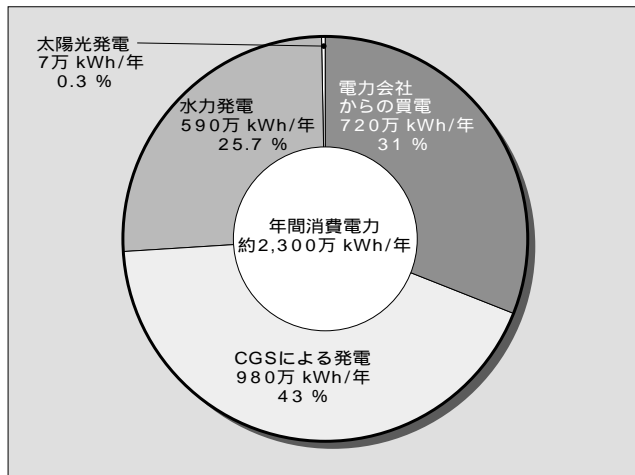
2001年3月に、風力エネルギーの有効活用方法を検討するための風力発電調査実験設備を設置した。設備の外観を図7に示す。

発電装置の定格出力は1kWで、実験設備専用の負荷に対し給電する設備となっている。2001年度以降、風速などの基礎データの収集、発電電力データの収集を行い、今後の風力発電設備実用化に向けた基礎資料とする予定である。

4 各発電設備の運用

東村山浄水場における電力消費量は年間約2,300万kWhとなっており、各発電設備導入後の電力運用状況は図8に示すようになる。また災害時などの商用停電時においては、CGSと水力発電を運用することで、ほぼ平常通りの浄水場の機能を維持することが可能となっている。

図8 東村山浄水場の各発電設備導入後の電力運用状況



各発電設備の運用にあたっては、おのおのの運用上の条件を考慮した経済的・効率的な制御を行うことが必要である。以下に主な発電設備であるCGSと水力発電設備の運用について述べる。

4.1 CGSの運用

東村山浄水場では商用電源系統への売電を行っていないため、CGS運転時には商用電源からの受電電力が一定となるようにCGS発電電力を制御（設定した最小受電電力以上の電力を常に受電）し、負荷の変動に追従した電力制御を行っている。最小受電電力の選定にあたっては、深夜帯に頻繁に発停するポンプ容量をもとに200kW程度に定めている。また同時に発電機が出力する無効電力の制御も可能であるため、受電無効電力を一定にする制御も行っており、既存の受電率改善コンデンサによる段階的な無効電力制御と併用することで、細やかな無効電力制御を可能としている。

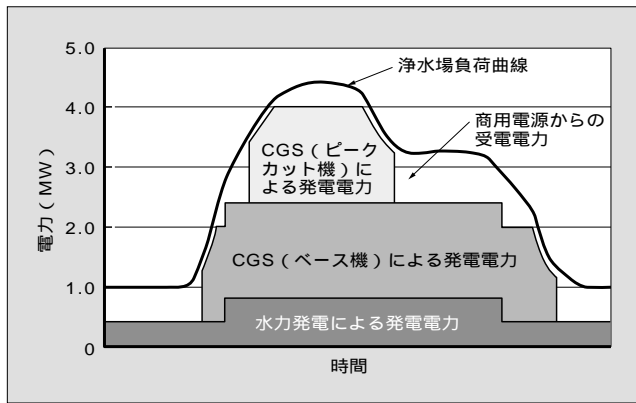
CGSは、排熱利用による総合熱効率向上、消費電力ピーク時の発電による契約電力削減といった効果を主目的として運用する必要がある。東村山浄水場では脱水設備が朝から夕方にかけて稼動するため、CGS発電機2台のうち1台がその時間帯にほぼ100%負荷運転で発電・排熱回収を行って総合熱効率の向上を図り、もう1台は昼間数時間のピークカット機としてほぼ100%負荷運転で発電を行って契約電力低減に寄与する運転パターンで運用している。

商用電源停電時には、CGSが運転中であれば場内の負荷制限を自動的に行って重要負荷への給電の継続を可能としており、CGSが停止状態であれば即時自動起動して給電を開始する。

4.2 水力発電の制御

水力発電電力は流量および有効落差により発電電力が決定するが、本発電設備に導水される水は浄水場の原水であるため、決められた流量を確保することに主眼を置いた制御が必要となる。そこで、本設備ではガイドベーンにより

図9 東村山浄水場におけるCGSおよび水力発電設備の運転例



設定流量になるよう流量制御し、そのときの流量および有効落差に応じた発電電力を得るといった制御方式をとっている。したがって、本水力発電設備単独では運用せず、必ず商用電源あるいはCGSとの併用が前提となり、負荷に追従した電力調整を行わせるようにする必要がある。

また、水力発電設備を使用しない場合にも導水を確保することが必要となるため、水車をバイパスする配管と弁を設けている。故障発生時や水車始動動作中・停止動作中は水車設備（入口弁、ガイドベーン）、バイパス弁、着水井入口の減勢弁を連動させて設定流量となるよう自動流量調整し、浄水場の水運用に影響が出ないように配慮している。

4.3 発電設備の運用例

図9にCGSおよび水力発電設備の運転例を示す。図の例は、水力発電は導水量に応じた発電電力で24時間運転、CGSのうち1台は早朝負荷の増加に伴い起動して深夜の負荷減少に伴い停止（昼間はボイラを運転して汚泥の加温に蒸気を利用）、もう1台は午前中の負荷ピーク時間帯にのみ運転を行うものである。

⑤ 環境負荷の低減効果

地球温暖化や酸性雨などの地球環境問題は、化石燃料を中心としたエネルギー消費によって発生するCO₂、NO_xなどに起因している。ここでは、化石燃料消費すなわち商

用電源からの受電電力量を抑え、水力発電や太陽光発電などのクリーンエネルギー消費に切り換えることによる大気汚染物質排出量の低減効果について述べる。

5.1 水力発電による大気汚染物質の低減効果

年間590万kWhの電力量を水力発電に置き換えたことによるCO₂、NO_xの削減量は以下のとおりである。

- (1) 発電電力量：5,900,000 kWh/年
- (2) CO₂ 削減量：約3,400 t/年
- (3) NO_x 削減量：約1,400 kg/年

算出にあたって使用した排出原単位は次のとおりである。

CO₂：0.52 kg/kWh

NO_x：0.22 g/kWh

〔出典：東京電力(株)「環境行動レポート」2000年7月〕

5.2 太陽光発電による大気汚染物質の削減量

年間69,400kWhの電力量を太陽光発電に置き換えたことによるCO₂、NO_xの削減量は以下のとおりである。

- (1) 発電電力量：69,400 kWh/年
- (2) CO₂ 削減量：約40 t/年
- (3) NO_x 削減量：約17 kg/年

⑥ あとがき

ここで紹介したCGS、未利用エネルギーの有効利用は、環境対策のCO₂削減に非常に効果があり、地球環境対策に対しても有効であるといえよう。また、水力発電所の浄水場への適用のみならず下水処理場への適用も期待される。

新エネルギーを活用し自立型浄水場、下水処理場を普及させることで、今後とも社会に貢献できるよう努力する所存である。

参考文献

- (1) 新エネルギー財団．中小水力発電ガイドブック．
- (2) 中原泰男ほか．水処理施設における新エネルギー技術．富士時報．vol.71，no.6，1998，p.316-323．
- (3) 東京電力．環境行動レポート．2000-7．



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。