

上下水道・環境システム分野での 温室効果ガス削減技術

Greenhouse Gas Reduction Technologies for Water Supply and Sewerage Systems and Environmental Systems

三木 勇 数澤 真也 波多野 晶紀

■ MIKI Isamu ■ KAZUSAWA Shinya ■ HATANO Akinori

上下水道・環境システム分野でも、世界的に深刻化する地球温暖化問題に対応するため、温室効果ガスの削減に向けた様々な取組みが必要になってきている。

東芝は、上下水道施設の特徴に合わせて、太陽光や小水力の発電装置など再生可能エネルギーを活用した設備を提供している。太陽光発電などの再生可能エネルギー電源の導入が今後拡大された場合、電源システムの安定化が問題になることから、電力需要に合わせて適切に出力を制御できるマイクログリッド技術を開発している。また、排水処理でのメタン回収と熱エネルギー生成技術を用いたCDM（クリーン開発メカニズム）プロジェクトにも取り組んでいる。

In response to the growing problem of global warming, there is a strong need for reduction of greenhouse gas emissions in the fields of water supply and sewerage systems and environmental systems.

Toshiba offers solar power generators and small hydroelectric power generators as renewable energy systems for water supply and sewerage facilities. We have developed a microgrid technology for power system stabilization corresponding to the expansion of such renewable energy systems. We are also engaged in Clean Development Mechanism (CDM) projects utilizing technologies for methane recovery and thermal energy production during the process of wastewater treatment.

1 まえがき

2008年3月に改定された「京都議定書目標達成計画」には、国と地方公共団体などの基本的役割や、各分野での、二酸化炭素（CO₂）に代表される温室効果ガスの削減対策と削減見込み量などが明記されている。水道事業では2008年から2012年までの排出削減見込み量として全国で約35～37万t-CO₂/年、下水道事業では約56～126万t-CO₂/年と記載されている⁽¹⁾。

上下水道施設での再生可能エネルギーの利用レベルは、現在、上水と下水ともに約0.2%^{(2),(3)}であるが、今後、温室効果ガス削減への取組みは更に強化されると考えられる。

東芝はこの課題に対し、上下水道・環境システム分野で、各施設の特徴に合った再生可能エネルギーを利用する設備などを提供している。

ここでは、上下水道施設での再生可能エネルギーの活用と、その導入時の電源システムを安定化する技術、及び排水処理からのエネルギー生成技術のCDM適用について述べる。

2 上下水道施設での再生可能エネルギー活用

「新エネルギーの利用等の促進に関する特別措置法」（新エネルギー法）で指定されている新エネルギーの中で、ここでは上下水道設備に導入されている再生可能エネルギーを活用した、太陽光発電と小水力発電について述べる。

2.1 太陽光発電

太陽光発電は、太陽電池を利用し太陽の光を直接電気に変換するため、そのエネルギー量は無尽蔵であり、CO₂や、騒音、振動が発生しないクリーンな発電方式である。

当社の太陽光発電設備は、数10kW級の太陽光発電システムから数MWを超えるメガソーラー発電プラントまで広範囲に適用できる。また、100kWの太陽光発電は、約2,000m²の敷地面積が必要であるが43t-CO₂/年の削減^(注1)が見込まれ、温室効果ガス削減に有効な対策として積極的に導入が進められている。

太陽光パネルは通常、建物の屋根や屋上、あるいは施設内の空きスペースに設置されていることが多い。特に上水施設では沈殿池やろ過池などの覆がい（ふた）に、また下水施設では水槽の上部などに取り付けることが可能である。

2.2 小水力発電

小水力発電は、太陽光発電と同様にCO₂が発生しないクリーンな発電方式であり、今まで使用されていなかった水的位置エネルギーを有効活用する。また昼夜、年間を通じて安定した発電が可能であり、出力変動も少ない。

当社の水車と発電機を一体パッケージにした低落差ユニット型水力発電装置Hydro-eKIDS_{TM}は、ユニット単体での適

(注1) CO₂削減量は、発電電力量1kWh当たり0.410kg-CO₂/kWhという電気事業連合会2006年の実績を使用し、平均稼働時間1,051h/年として算出。

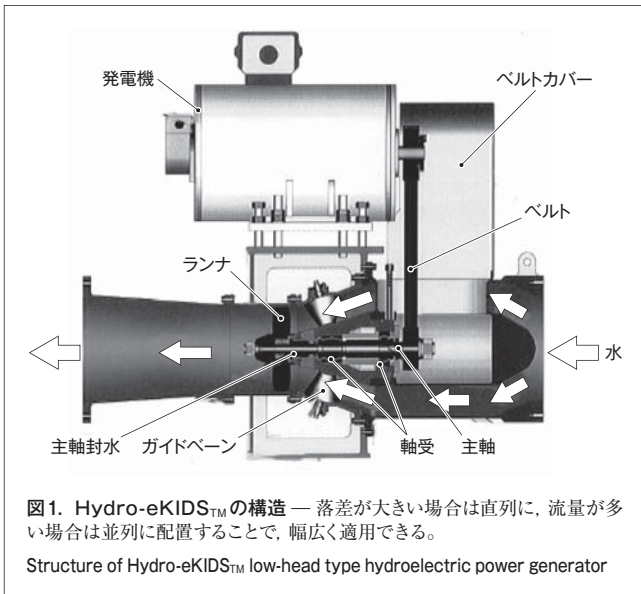


図1. Hydro-eKIDS™の構造 — 落差が大きい場合は直列に、流量が多い場合は並列に配置することで、幅広く適用できる。

Structure of Hydro-eKIDS™ low-head type hydroelectric power generator

用落差が2～15 mである。落差が大きい場合は直列に、流量が多い場合は並列に配置することで、幅広く適用できる。Hydro-eKIDS™の構造を図1に示す。

Hydro-eKIDS™の特長は、次のとおりである。

- (1) ガイドベーン開度の設定と、ランナベーン枚数や水車回転速度の選択により、広範囲の流量や落差に適用できる。
- (2) 水車と発電機が一体のパイプイン構造になっており、少ないスペースで設置でき、据付け工事も簡単である。
- (3) 交換部品が少なく、メンテナンスが容易である。

上水施設では水道水の余剰圧力の利用や流量調整弁の代替使用、下水施設では処理水の放流落差の利用など、今後、小水力発電は、広範囲の流量や落差での適用が見込まれる。

3 再生可能エネルギー導入時の電源安定化技術

今後、上下水道設備では、太陽光、風力、小水力、及び消化ガスによる発電など、温室効果ガスの削減を目的とした多様な分散型電源の導入拡大が見込まれる。このような再生可能エネルギーによる分散型電源を多量に導入する場合、以下に示すような問題が懸念されている。

- (1) 天候によって不規則に出力変動する太陽光発電や風力発電と商用電源系統を連系運転する際に、商用電源系統の電圧や周波数の変動を引き起こす可能性がある。
- (2) 発電量が需要家の負荷量よりも大きくなると配電系統内で電力の流れる方向が逆転する“逆潮流”が生じる。このため、商用電源系統で行われている電圧管理などの運用や、保護方法に大きく影響するおそれがある。

これらの課題を解決する手段として、マイクログリッド技術が挙げられる。CERTS (Consortium for Electric Reliability Technology Solutions)^(注2)は、マイクログリッドを“集約した

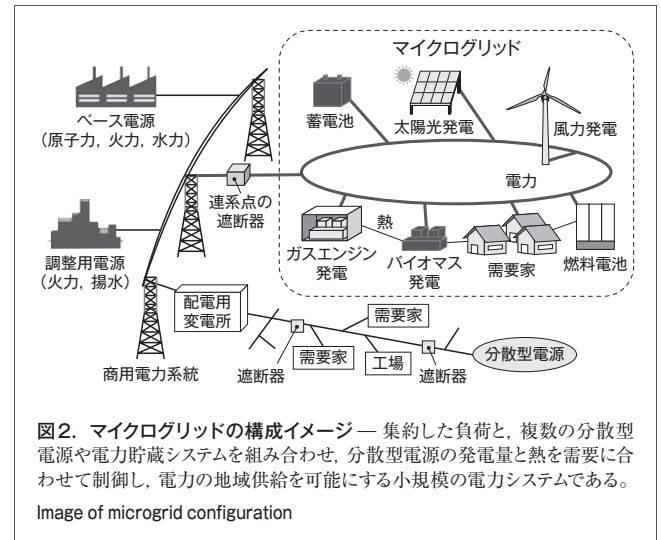


図2. マイクログリッドの構成イメージ—集約した負荷と、複数の分散型電源や電力貯蔵システムを組み合わせ、分散型電源の発電量と熱を需要に合わせて制御し、電力の地域供給を可能にする小規模の電力システムである。

Image of microgrid configuration

負荷と、複数の分散型電源や電力貯蔵システムを組み合わせ、分散型電源の発電量と熱を需要に合わせて制御し、電力の地域供給を可能にする小規模の電力システム” (図2) と定義している。更に連系する電力系統に対して悪影響を及ぼさない“良き市民”であることを前提としている。

3.1 マイクログリッドに要求される制御機能

3.1.1 負荷や再生可能エネルギー電源の変動抑制 太陽光や風力による発電は、出力を制御できない変動源となるため、制御の観点から需要負荷と同類とみなされる。これに対して、図3に示すように、速い電力変動を吸収するのが得意な蓄電池と、ゆっくりとした電力変動を吸収するガスエンジン発電機 (以下、ガスエンジンと略記) や燃料電池などを組み合わせて、連系点の電力を目標値に一致させるように制御するのが一般的である。

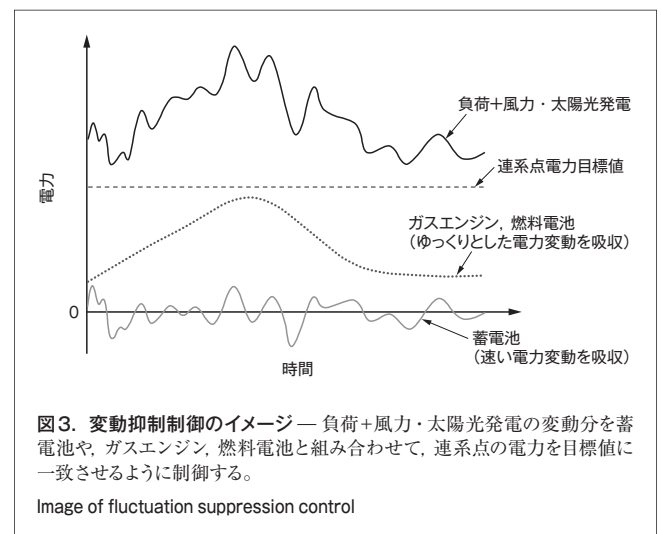


図3. 変動抑制制御のイメージ—負荷+風力・太陽光発電の変動分を蓄電池や、ガスエンジン、燃料電池と組み合わせ、連系点の電力を目標値に一致させるように制御する。

Image of fluctuation suppression control

(注2) 米国DOE (エネルギー省) やCEC (カリフォルニアエネルギー委員会) の支援により、ウイスコンシン大学をはじめとする国立研究機関や、電力会社、メーカーが参加して、信頼性に関する研究を行っている。

3.1.2 経済性や環境性を実現できる運転計画の策定と運用

需要予測と太陽光発電などの発電予測を加味し、経済性や環境性を評価関数として連系点電力の目標を策定し、目標を実現できる電源設備の運転計画と出力配分を策定する。ここで商用電力系統とマイクログリッドで大きく異なる点は、規模が小さいため相対的な変動量が大きくなることと、必要に応じて熱需要も考慮することである。

例えば、図4に示すように、前日のうちに翌日の需要（負荷）と太陽光発電の発電電力を30分単位で予測し、負荷と発電の差分を実質の総需要とする。次に、図5に示すように、この総需要をマイクログリッド内の発電設備でどのように分担するかの発電計画を行う。マイクログリッド技術を適用する場合、需要や発電の予測精度の向上と短時間での出力変動を考慮した運転を計画することが重要なポイントとなる。

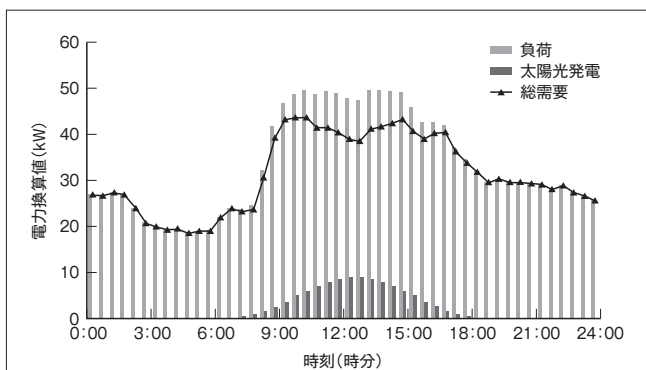


図4. 電力需要予測と太陽光発電電力予測のイメージ— 翌日の需要（負荷）と太陽光発電電力を30分ごとに予測し、負荷から太陽光発電電力を差し引いた部分が実質の総需要の予測になる。

Example of power demand and generation prediction

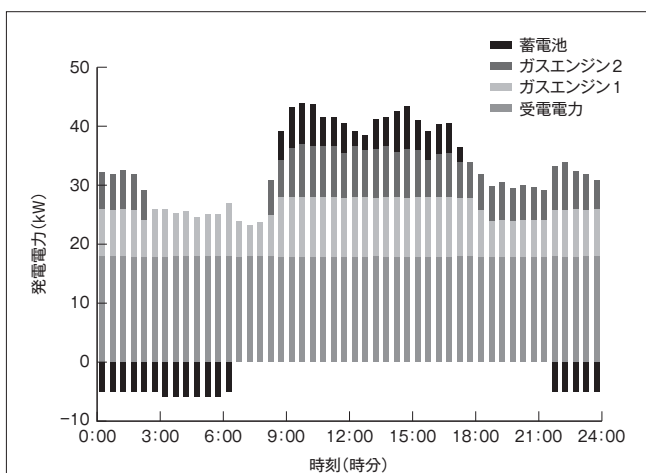


図5. 発電計画のイメージ— 総需要予測から連系点の電力を終日一定の値に維持するように、ガスエンジンや蓄電池といった制御可能な分散電源の運転を計画した例である。

Example of power generation plan

3.2 マイクログリッド技術の導入効果

上下水道施設は重要な社会インフラであるため、安定的な電源供給が必要である。マイクログリッド技術を導入することで、電源系統を安定化するとともに、電力のピークカット、瞬時電圧低下の対策、停電時の非常用電源などの効果も期待できる。

4 排水処理からのエネルギー生成とCDMの適用

排水処理でのメタン回収と熱エネルギー生成技術を活用した温室効果ガス削減のCDMプロジェクトについて述べる。

4.1 プロジェクトの背景

ベトナム南部のタイニン省では、キャッサバ芋の生産が盛んであり、その根茎を原料とするタピオカでんぷん製造工場が数多く存在する。

これらの工場から、高濃度の有機性排水が放出される。多くの場合、排水は工場敷地内に設置された広大な開放型ラグーン^(注3)で処理されているが、それらのラグーンでは温室効果ガスのメタンが発生し、そのまま大気中へ放散している。メタンは地球温暖化係数が21と、CO₂の21倍もの温室効果をもたらす気体であり、排出削減が求められている。

また、最終製造工程では、製品を乾燥させるために石炭などの化石燃料が使用されており、化石燃料由来のCO₂発生が無視できないという課題もある。

4.2 プロジェクトの概要と適用技術

当社がこれらの課題の対策として取り組んでいるプロジェクトでは、放散されるメタンを回収するとともにエネルギー源として利用するため、図6のように、既設開放型ラグーンに替えて

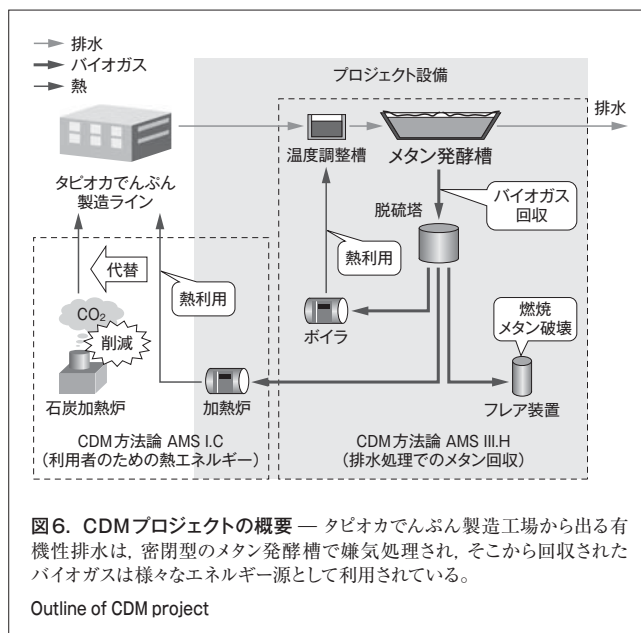


図6. CDMプロジェクトの概要— タピオカでんぷん製造工場から出る有機性排水は、密閉型のメタン発酵槽で嫌気処理され、そこから回収されたバイオガスは様々なエネルギー源として利用されている。

Outline of CDM project

(注3) 排水を長期間滞留させ、沈殿と生物により浄化する池。

密閉型のメタン発酵槽を中核とする設備を新設している。

メタン発酵槽で有機排水から発生する、メタンとCO₂の混合気体のバイオガスを回収する。回収されたバイオガスは、工場の乾燥工程用加熱炉のエネルギー源として使用されるとともに、メタン発酵槽内の水を加熱するためのボイラのエネルギー源としても用いられる。また余剰のバイオガスは、フレア装置で確実に焼却処分する。

4.3 CDMの適用

CDMは、京都議定書で規定された京都メカニズムの一つである。温室効果ガスの総排出枠が設定された先進国(投資国)が、設定されていない途上国(ホスト国)で温室効果ガス削減プロジェクトを実施することにより、その結果削減された量に対するクレジットが発行され、投資国の排出枠として活用できる。

今回のプロジェクトは、温室効果ガスの排出削減量を、既に承認された方法論の中から次の二つの方法論を用いて算出した。

- (1) AMS (Approved Small-Scale Methodology)^(注4) III.H (排水処理でのメタン回収) ラグーンで自然発生していたメタンを回収して破壊することでCO₂換算の排出量を削減する場合の方法論
- (2) AMS I.C (利用者のための熱エネルギー) 回収したメタンを加熱炉で使用されていた化石燃料(石炭)の代替エネルギーとして利用することで、化石燃料由来のCO₂発生を削減する場合の方法論

当社がベトナムで取り組んでいるプロジェクトのうち、これまでに表1に示す2件が国連に登録され、合計約8万t-CO₂/年の削減効果が見込まれる。

Ref. No.	プロジェクト名	ホスト国	登録年月日	排出削減量 (t-CO ₂ /年)
2572	Wastewater treatment with Anaerobic Digester at Viet Ma starch processing plant in Tay Ninh, Vietnam	ベトナム	2009年10月20日	39,814
2571	Wastewater treatment with Anaerobic Digester at Truong Thinh starch processing plant in Tay Ninh, Vietnam	ベトナム	2009年10月20日	42,389

5 あとがき

2009年8月に見直しが行われた「低炭素社会づくり行動計画」では、太陽光パネルの普及を2020年ごろまでに、2005年の20倍程度とする目標が掲げられている。また、国は「地域

(注4) 小規模CDMプロジェクトのための方法論。現在用いられているAMSは、CDM理事会の小規模CDMプロジェクトワーキンググループでまとめられた。

新エネルギー等導入促進事業」などの補助制度を設けるなど、上下水道・環境システム分野を含むすべての分野で再生可能エネルギーの導入が促進されると考えられる。

今後、上下水道・環境システム分野で、導入普及制度などが確立されれば、再生可能エネルギーの導入は更に拡大し、それに伴う電源安定化問題に対する解決策の一つであるマイクログリッド技術への期待は高まっていくと考えられる。

また、スマートグリッドなどの分散型エネルギーシステムの普及への期待が高まるなかで、これらに対応したIT(情報技術)化は更に進化していくと考えられる。

わが国の温室効果ガス排出削減の目標を達成するには、国内の対策だけではなく、京都メカニズムを活用した排出権の確保も必要となり、今後ますますCDMの適用事例の増加が期待できる。

当社は、これからも、上下水道・環境システム分野での温室効果ガス削減に効果的な技術の開発を進めるとともに、それらの技術を組み合わせたソリューションを提供していく。

文献

- (1) 首相官邸. “低炭素社会づくり”. 首相官邸ホームページ. <<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/teitanso/>>. (参照2010-03-25).
- (2) 厚生労働省 健康局 水道課. “環境問題の背景と関連する法体系等”. 厚生労働省ホームページ. <<http://www.mhlw.go.jp/za/0723/c02/dl/c02-02.pdf>>. (参照2010-03-25).
- (3) 国土交通省. “下水道—資源・エネルギー循環の形成”. 国土交通省ホームページ. <<http://www.mlit.go.jp/crd/sewage/sesaku/09shigen.html>>. (参照2010-03-25).



三木 勇 MIKI Isamu

社会システム社 水・環境エンジニアリングセンター 関西・四国社会システム技術部主務。公共システムのエンジニアリング業務に従事。

Water & Environmental Engineering Center



数澤 真也 KAZUSAWA Shinya

社会システム社 水・環境エンジニアリングセンター 水・環境システム技術部主務。廃棄物処理の電気設備のエンジニアリング業務に従事。

Water & Environmental Engineering Center



波多野 晶紀 HATANO Akinori

社会システム社 水・環境エンジニアリングセンター 水・環境プロセス技術部主務。水処理システムのエンジニアリング業務に従事。

Water & Environmental Engineering Center