

# 上下水道設備における環境に優しいエネルギーの活用

Practical Use of Eco-Friendly Energy in Water and Sewage Equipment

田村 俊夫

TAMURA Toshio

猪俣 吉範

INOMATA Yoshinori

岡崎 吉倫

OKAZAKI Yoshimichi

近年の急激な産業の発展により、化石エネルギーの消費に伴って発生する二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)などの温室効果ガスによる地球温暖化が問題になっている。2001年11月、マラケシュにおいて“気候変動枠組み条約第7回締約国会議(COP7)”が開催され、先進国に温室効果ガスの削減を義務づけた“京都議定書”の運用ルールが合意された。これより先、わが国では1999年4月に地球温暖化対策推進法及び省エネルギー法の改正が施行され、資源供給の面から制約の少ない新エネルギーを利用した発電システムの導入と省エネルギー対策を積極的に推進することになっている。

ここでは、上下水道設備において環境に優しいエネルギーを導入するうえでのシステム選定時の留意点と効果につき、事例を含めて技術を提案する。

Accompanying the rapid industrial development that has taken place in recent years, global warming by greenhouse gases such as carbon dioxide generated by the consumption of fossil fuels has become a problem. At the 7th Session of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (COP7) held in Marrakech, Morocco, in November 2001, agreement was reached on the provisions of the Kyoto Protocol concerning the curtailment of greenhouse gases by industrialized nations.

In this paper, technology including an example is proposed and important considerations and effects at the time of system selection are discussed for the introduction of eco-friendly energy in water and sewage equipment.

## 1 まえがき

温室効果ガスの濃度が高くなればなるほど、地表の温度が上昇していく。これが地球温暖化である。温室効果ガスの代表としてCO<sub>2</sub>が挙げられるが、温暖化防止対策が実施されないと環境に様々な悪影響を引き起こすことが予想される。

95年3月、ベルリンで気候変動枠組み条約第1回締約国会議(COP1)が開催された。97年12月の京都會議では、先進国に温室効果ガスの削減目標が決定され、わが国のCO<sub>2</sub>削減目標値は、2008年から2012年までの期間中に90年比で6%減である。更に、2001年11月にはマラケシュで第7回締約国会議(COP7)が開催され、京都議定書の運用ルールが合意された。

わが国では、99年4月に地球温暖化対策推進法及び省エネルギー法の改正が施行され、資源供給の面から制約の少ない新エネルギーを利用した発電システムの導入と省エネルギー対策を積極的に推進することになっている。

ここでは、上下水道設備における新エネルギー及び電力貯蔵システムの活用技術について、概要と特長などを紹介するとともに、今後の課題についても述べる。

## 2 新エネルギーの活用技術

新エネルギーは、大きく三つの形態に分類することができる。供給サイドのエネルギーとしては、自然エネルギーとりサイクルエネルギーがあり、需要サイドのエネルギーとしては、従来型エネルギーの新利用形態である。

### 2.1 自然エネルギーの活用技術

新エネルギーの導入では、導入理由や目的を明確にすることがたいせつである。次に、新エネルギー応用システムを計画・設計し、経済性を含め評価する。現在の新エネルギー応用システムの発電コストは、電力会社からの買電コストより高く、経済性評価で導入を見送る場合が多い。したがって、下記に示す経済性以外の多様な効果も、個々の導入事業で評価しておくことが重要である。

- (1) 環境保全効果
- (2) エネルギーの多様化、分散化
- (3) 電力需要のピークカットへの貢献
- (4) 災害時の対応

以下に、上下水道設備への導入が比較的容易な太陽光発電、風力発電及び小水力発電システムについて、その概要と特長、並びにシステム選定時の留意点及び適用例などについて述べる。

### 2.1.1 太陽光発電システム

(1) 概要と特長 太陽の光エネルギーを直接電気に変換する発電方法で、太陽電池が発生した直流電気をインバータで交流電気に変換する。太陽光発電システムは、設置場所の広さに合わせて自由に規模を決めることができ、その施設に合ったシステムを設置することができる。主な特長を次に示す。

- (a) CO<sub>2</sub>、騒音、振動の発生がないクリーンなエネルギーである。
- (b) エネルギーが無尽蔵である。
- (c) 設置場所に合わせて自由に規模を決められる。
- (d) 屋根などの空間を有効に活用できる。

(2) システム選定時の留意点 太陽電池パネルはグループごとの日照状況により、最大電力を出力するポイント追従制御の採用が必要である。太陽光発電システム選定時の留意点は、おおむね次のとおりである。

- (a) 日照状況により発電出力が変化するため、自家用発電機や蓄電池などと組み合わせて、電源としての安定性を高める。
- (b) 商用電力系統に連系するにあたり、「系統連系技術要件ガイドライン（資源エネルギー庁、98年3月10日付け。以下、系統連系ガイドラインという）及び「高圧又は特別高圧で受電する需要家の高調波抑制対策ガイドライン（資源エネルギー庁、94年9月30日付け。以下、高調波抑制ガイドラインという）を技術上の目安とする。

(3) 経済性、環境性 メンテナンスコストが安価であるため、それを含めたランニングコストの経済性評価は、比較的に良好である。しかし、イニシャルコストが高価であるため、それらを含めた太陽光発電コストは一般的に105円/kWh程度であり、商用電力と比較すると経済性評価は低くなる。しかし、各種助成制度の利用や量産

化によるコスト低減で、経済性評価は多少改善する。他方、地球環境への影響度をライフサイクルにわたるCO<sub>2</sub>排出量（以下、LC-CO<sub>2</sub>排出量という）で評価した場合、化石燃料を使用する発電システムに比べ、環境に優しい発電システムとして大きな評価を与えることができる。

（財）電力中央研究所による発電方式別 LC-CO<sub>2</sub>排出量の比較を図1に示す<sup>(3)</sup>。

(4) 上下水道設備における導入効果 太陽電池パネルで浄水場の沈殿池、ろ過池などの水面を覆うことにより、下記効果が考えられる。

- (a) 藻の発生を減少できる。
- (b) 塩素使用量を削減できる（塩素の発散防止）。
- (c) 異物投入を防止できる。

(5) 実施例 横浜市水道局・横須賀市水道局小雀浄水場（施設能力100万m<sup>3</sup>/日）に納入した太陽光発電システムのシステム構成、機器仕様、並びに外観を図2、表1、図3に示す。

### 2.1.2 風力発電システム

(1) 概要と特長 風力発電は、風力エネルギーの約40%を電気エネルギーに変換でき、比較的効率が良い。

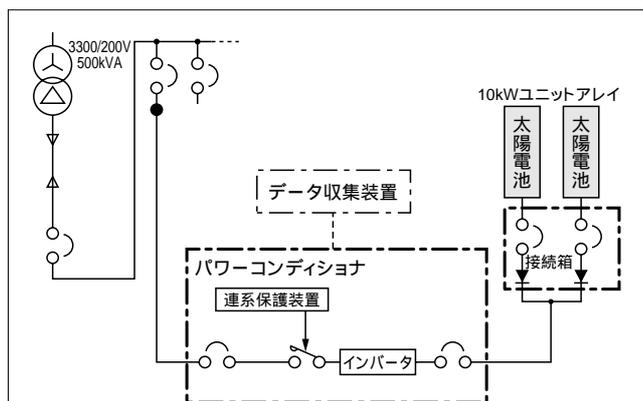


図2. 太陽光発電のシステム構成 10kWユニットの太陽電池で構成する太陽光発電のシステム構成を示す。  
Configuration of photovoltaic power generation system constituted from 10 kW unit solar cell array

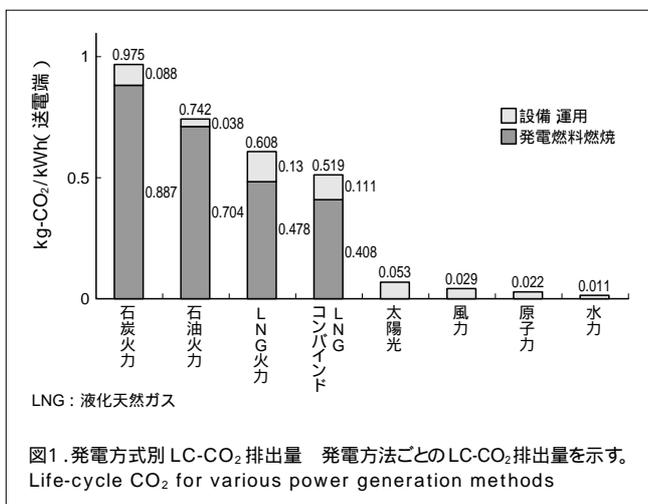


図1. 発電方式別 LC-CO<sub>2</sub> 排出量 発電方法ごとのLC-CO<sub>2</sub>排出量を示す。  
Life-cycle CO<sub>2</sub> for various power generation methods

表1. 太陽光発電の機器仕様  
Specifications of photovoltaic power generation system

項目	仕様
設備容量	20kW( 将来50kW )
系統連系の有無	あり
連系する電力系統	200V 配電線
逆潮流の有無	なし
蓄電池設備の有無	なし
太陽電池設置場所	ろ過池上部
太陽電池設置面積	約270m <sup>2</sup> ( 今回 )



図3 . 太陽光発電の外観 ろ過池の上部に設置した太陽光発電の外観を示す。  
Photovoltaic power generation system installed in upper part of filtration pond

風車は安定した風力を受けられる仕組みになっている。主な特長を次に示す。

- (a) CO<sub>2</sub>の発生がないクリーンなエネルギーである。
  - (b) エネルギーが無尽蔵である。
- (2) システム選定時の留意点 風力発電システム選定時の留意点は、おおむね次のとおりである。
- (a) 設置する場所及び景観に配慮する。
  - (b) 風況により発電出力が変化するため、自家用発電機や蓄電池などと組み合わせて、電源としての安定性を高める。
  - (c) 商用電力系統に連系するにあたり、系統連系ガイドラインを技術上の目安とする。
- (3) 経済性、環境性 年間平均風速6 m/s以上の風況下の選定場所であれば、より大きな風車を設置することで発電コストを下げるができる。インシャルコストがやや高価であるため、風力発電コストは一般的に25円/kWh程度になり、商用電力と比較すると経済性評価は低くなる。しかし、各種の助成制度の利用や量産化によるコスト低減で、経済性評価は多少改善する。他方、LC-CO<sub>2</sub>排出量で評価した場合、太陽光発電システムよりも、更に環境に優しい発電システムである。
- (4) 上下水道設備における導入効果 浄水場や下水処理場などに設置することで、住民の環境意識を高めることができる。

### 2.1.3 小水力発電システム

- (1) 概要と特長 小水力発電は、太陽光発電や風力発電と同じく、環境に優しい自然エネルギーを利用した発電方式である。河川水や水路などのエネルギー源を使い常時発電ができ、ディーゼル発電などの従来型発電に比べ、燃料代が不要でCO<sub>2</sub>を発生しない。水車発電機は、2～15m程度の低落差で使用され、流量に応じて5～200kWの発電ができる。主な特長を次に示す。
- (a) CO<sub>2</sub>の発生がないクリーンなエネルギーである。

- (b) エネルギーが無尽蔵である。
- (c) 低落差、小流量での発電ができる。

水車と発電機を一体パッケージとした低落差ユニット型水力発電装置Hydro-e KIDS™の外観を図4に示す。



図4 . 小水力発電の外観 水車上部に発電機を搭載した一体構造で、2～15mの低落差に対応できる。  
Small-scale hydroelectric power system installed on water wheel

- (2) システム選定時の留意点 導入条件として有効落差と流量の確保が必要であり、水車は安定した流量(0.1～3.5m<sup>3</sup>/s)の得られる場所に設置する必要がある。小水力発電システム選定時の留意点は、おおむね次のとおりである。
- (a) 設置する場所の有効落差、流量に配慮する。
  - (b) 流量変動による発電出力の変化を抑制する。
- (3) 経済性、環境性 発電電力は、有効落差及び流量に大きく影響される。流量により経済性評価は大きく異なるが、一定流量下での発電コストの経済性評価は良く、各種の助成制度による補助を考慮すると、比較的短時間で商用電力削減分の累計コストがインシャルコストを上回る。更に、LC-CO<sub>2</sub>排出量で評価した場合、自然エネルギーを利用した発電システムの中で、もっとも環境に優しいものである。
- (4) 上下水道設備における導入効果 浄水場の遊休落差(着水井流入圧力、減圧調整)や下水処理場の残存落差(下水放流口の落差)を活用できる。

### 2.2 従来型エネルギーの活用技術

改正された省エネルギー法では、エネルギー効率の改善を徹底すると同時に、もっとも効率の高い製品を省エネルギーの基準とするトップランナー方式が採用され、エネルギーの有効利用が強化された。

ここでは、上下水道分野への従来型エネルギーの活用技術で比較的導入が容易な燃料電池コージェネレーションシステムについて概要と特長、並びにシステム選定時の留意点などについて述べる。

(1) 概要と特長 燃料電池は、水素と酸素を化学反応させて、直接電気を発電する装置であるが、蓄電池のように電気をためておくことはできない。燃料となる水素は、天然ガスやメタノールを改質して作るのが一般的で、酸素は大気中から取り入れる。また、発電の熱を活用することでエネルギーの利用効率を高めることができる。各種の燃料電池のうち、現在もっとも実用化されているものはリン酸型燃料電池である。燃料電池は環境性能が高く、更に汚泥消化ガスを使用できるなどリサイクル思想を組み込んだ環境型システムである。主な特長を次に示す。

- (a) 窒素酸化物などの環境負荷物質の排出が少ない。
- (b) 回転体がなく、騒音及び振動が少ない。

(2) システム選定時の留意点 燃料電池コージェネレーションシステム選定時の留意点は、おおむね次のとおりである。

- (a) 非常用電源として利用する場合は、災害発生時用の燃料を確保しておくことが望ましい。
- (b) 商用電力系統に連系するにあたり、系統連系ガイドライン及び高調波抑制ガイドラインが技術上の目安となる。

(3) 経済性、環境性 ランニングコストとして保守点検費用が高価となり、また燃料費も必要である。そのため、燃料電池コージェネレーション発電電力を商用電力と単価比較すると、経済性評価はあまり高くない。しかし、環境負荷物質の排出が少なく、排熱の有効活用ができる環境に優しいシステムである。

(4) 上下水道分野における導入効果は次のとおりである。

- (a) 排熱を場内の冷暖房、給湯に使用できる。
- (b) 汚泥処理の脱水能力向上に利用できる。

### 3 電力貯蔵システムの活用技術

新型電池を使用した電力貯蔵システムは、夜間電力などオフピーク時の電力を新型電池に貯蔵し、これをピーク時に放出して電力の平準化に役だてるものである。新型電池の一つであるナトリウム硫黄(NaS)電池の概要と特長、並びにシステム選定時の留意点などについて述べる。主な特長を次に示す。

(1) 概要と特長 NaS電池は、セラミックス製の固体電解質で隔てた正極側の硫黄と負極側のナトリウムを液体になるまで加熱し、その間を移動するイオンの働きにより充電や放電を行う電池である。主な特長を次に示す。

- (a) エネルギー密度が高く、鉛電池の約3倍である。
- (b) 充放電効率が高く、自己放電が少ない電池である。

(2) システム選定時の留意点 NaS電池システム選定時の留意点は、おおむね次のとおりである。

- (a) 適用する負荷特性を把握し、導入効果を検討する。
- (b) 消防法、電気事業法、建築基準法など各種の法規制に対応する必要がある。
- (c) 商用電力系統に連系するにあたり、系統連系ガイドライン及び高調波抑制ガイドラインが技術上の目安となる。

(3) 経済性、環境性 燃料電池とは違い、発電できないがメンテナンスコストは安価で、また燃料費も不要である。そのため、商用電力とNaS電池システムを組み合わせ、電力を有効活用することで経済性評価が向上する。

(4) 上下水道設備における導入効果は次のとおりである。

- (a) ピークカットによる契約電力の低減
- (b) 深夜電力の利用による電力料金の削減

## 4 あとがき

新エネルギーの導入では、信頼性、安定性及び経済性の向上が必要である。循環型社会を形成するために、環境に優しいエネルギーの利用推進は欠くことができない。技術面では、電力系統との連系を行うパワーコンディショニングシステム、系統連系に必要な単独運転検出機能、及び分散電源として必要な自立運転機能などの開発を行っている。更に、ハイブリッド発電や電力貯蔵システムの技術促進も必要である。

## 文献

- (1) 資源エネルギー庁編．新エネルギー便覧．1998．
- (2) 新エネルギー産業技術総合開発機構．太陽光発電導入ガイドブック．2000．
- (3) (財)電力中央研究所．地球温暖化の解明と抑制．電中研レビュー，45，2000-11．



田村 俊夫 TAMURA Toshio

社会インフラシステム社 社会・産業システム事業部 公共システム技術第二部グループ長。公共システムのエンジニアリング業務に従事。

Public & Industrial Systems Div.



猪俣 吉範 INOMATA Yoshinori

社会インフラシステム社 社会・産業システム事業部 公共システム技術第一部主務。公共システムのエンジニアリング業務に従事。

Public & Industrial Systems Div.



岡崎 吉倫 OKAZAKI Yoshimichi

社会インフラシステム社 社会・産業システム事業部 公共システム技術第二部主務。公共システムのエンジニアリング業務に従事。

Public & Industrial Systems Div.