再生可能エネルギーを活用した浄化槽システムにおける実証実験の一事例

公益社団法人　宮城県生活環境事業協会　浄化槽法定検査センター
○吉田　恵也
協業組合　アクアネット
村上　武弘

１．はじめに

近年、我が国の地球温暖化対策として温室効果ガスの削減に向け、各分野において研究開発が進められており、浄化槽分野でも低炭素社会対応型浄化槽等により、積極的に低炭素化が推進されている。これらの導入効果により、浄化槽のブロワにかかるエネルギー消費量および温室効果ガス中の二酸化炭素（以下、「CO_2」という。）の削減に大きく貢献するものと考えられる[1、2)]。しかしながら、現状として既設の浄化槽ブロワや省エネルギー対応型ブロワ（以下、「省エネ型ブロワ」という。）にかかる電力は、東日本大震災の発生以降、石炭火力発電等の化石燃料で発電した電力となっていることから、さらなるCO_2の削減[3)]が必要である。

本研究では、戸建住宅に設置された性能評価型浄化槽（7 人槽）を使用し、省エネ型ブロワにかかる電力を再生可能エネルギーで賄うことにより、浄化槽からのエネルギー起源におけるCO_2の削減を図ることを目的とした。また、大規模災害時でも良好な処理水質を担保し、かつ非常用電源としても利用できるシステムを目指した。加えて、調査研究の過程で余剰となった小型風力発電装置を活用し、鉄電解リン除去装置付設による処理水の高度処理化についても、実証試験を行ったので報告する。

２．実験方法

(1)実験施設の概要

宮城県内の戸建住宅に設置された、性能評価型浄化槽の嫌気ろ床担体流動方式（7 人槽）を実験施設とした。施設の実使用人員は大人 3 名で人員比は 0.43 であった。省エネ型ブロワは定格風量 60L/min、消費電力は 32Wの仕様である。

(2)太陽光と小型風力によるハイブリッド発電システムの構成

ハイブリッド発電システムの構成を図−1 に示す。太陽光発電システムは、205W の太陽光パネル 3 枚（615W）を実験施設の倉庫屋根上に傾斜角 30 度で真南の方位に設置した。また、発電した電力を蓄電するため、過充電等を防止する MPPT 方式充放電コントローラーを設置し、安全対策を施した上で、充電用に 12V 仕様 105Ah のバッテリーを 4 台並列に接続した。バッテリーは繰り返しの充放電等に対応するため、鉛式のディープサイクルバッテリーを採用した。蓄電した電圧は直流 12V であるため、家庭用の交流 100V に変換する装置として、DC−AC インバーターを経由しブロワに接続した。本システムは、大規模災害時の停電時にも非常用電源として使用可能となっている。また、夜

間および悪天候時にも安定的に電力を供給させるために、小型風力発電として、水平軸３枚翼風車（WF‐600N）を設置した。12V 仕様で最大 400W の発電が可能であり、風速 2m/s から発電を開始し、5m/s で約 30W、10 m/s で約 110 W と風速と共に上昇する発電性能を有している。なお、強風時に発電装置を制御する MPPT 方式充放電コントローラーを設置した。

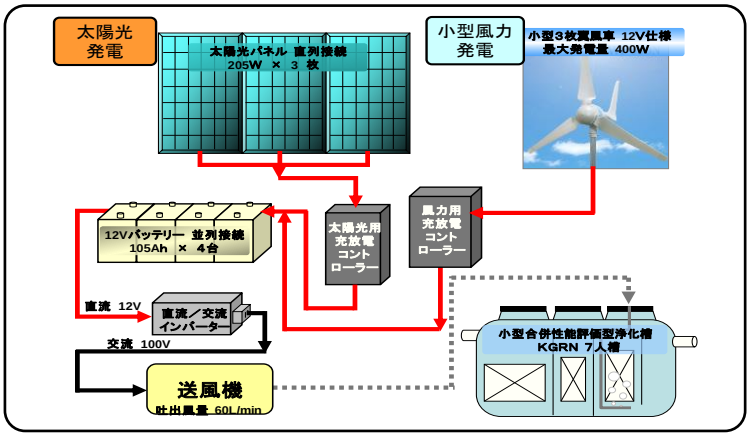


図-1　ハイブリッド発電システムの構成

(3) タイマー間欠ばっ気運転の導入

本システムのスリム化を図るため、DO 制御装置（HACH 社製 SC200）を使用した最適なばっ気時間を算出した。これを参考にタイマー制御による間欠ばっ気運転に切り替え調査を実施した。これにより、太陽光と小型風力を併せたハイブリット発電を切り離し、太陽光発電のみで浄化槽ブロワを稼働させた。

(4) 鉄電解リン除去装置の構成

鉄電解リン除去装置の設置前後の状況を写真-1 に示す。余剰となった小型風力発電を主電源とした「鉄電解リン除去装置（フジクリーン工業㈱社製）」を導入し、再生可能エネルギーによる処理水の高度処理化の可能性を探るために、一次処理槽の嫌気ろ床槽第一室にリン除去装置を設置した。

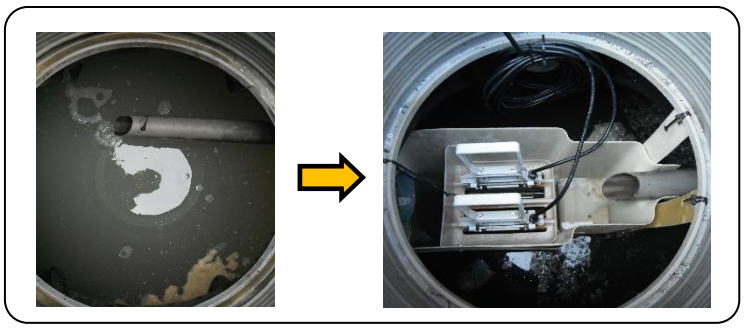


写真-1　鉄電解リン除去装置の設置前後の状況

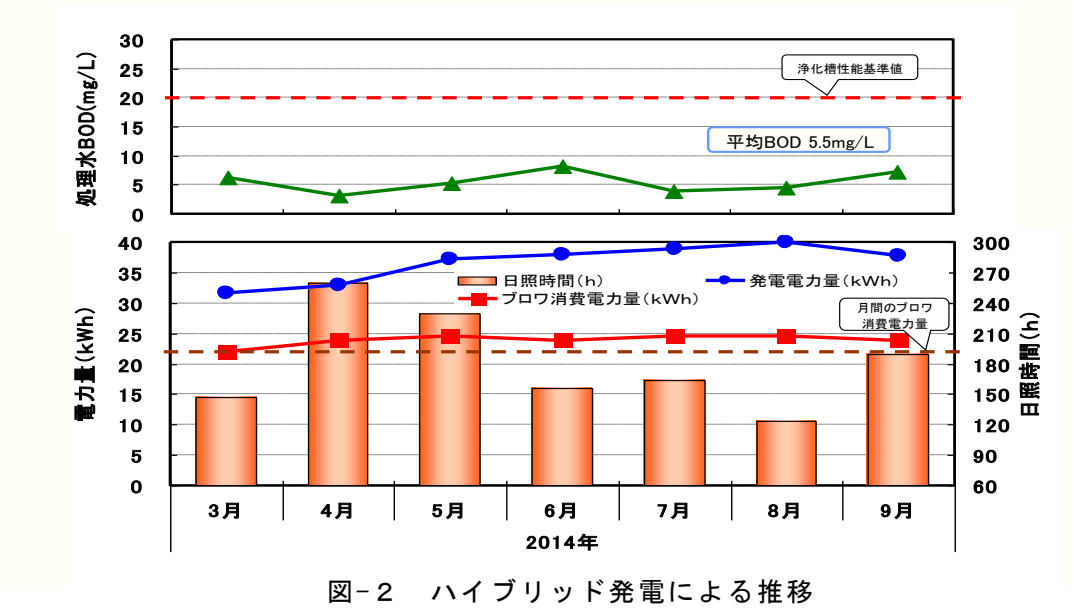
(5) 調査期間、計測データおよび水質測定項目

調査期間は、2013 年 10 月から 2018 年 10 月まで月 1 回の調査を実施した。計測データ等は、ブロワ消費電力量、太陽光・風力発電電力量、日照時間、処理水 BOD および処理水 T-P 等を測定した。

３．実験結果および考察

(1) ハイブリッド発電システムによる結果

太陽光と小型風力のハイブリッド発電により、電源供給を行った結果を図-2 に示す。その結果、月間の発電電力量が増加し、3 月 31.6 kWh、4 月 33.0 kWh、5 月 37.2 kWh、6 月 38.0 kWh、7 月 38.9 kWh、8 月 40.0 kWh、9 月 37.8 kWh となり、いずれの月も発電電力量が 30kWh 以上と定格のブロワ消費電力量を上回り、非常に安定した電力が供給されていることを確認した。また、処理水 BOD は 10 mg/L を下回るきわめて良好な処理水が得られ、調査開始から 7 か月間の平均は 5.5 mg/L であった。



図−２　ハイブリッド発電による推移

(2) ＤＯ制御装置による最適なばっ気時間の試験結果

流入負荷に見合ったばっ気時間を調査するため、HACH 社製の DO 制御装置（SC200）を活用し、実証試験を行った。DO 制御設定値とブロワ稼働時間（合計）を表−1 に示す。各 DO 制御の設定値におけるブロワ稼働時間と処理水 BOD は、① DO 設定値 1～6 mg/L では 5 時間の稼働となりブロワ停止時間が最も長く、処理水 BOD は 27.0 mg/L と性能基準値を上回った。② DO 設定値 2～6 mg/L では、ブロワ稼働時間 10 時間、処理水 BOD 4.7 mg/L と良好であった。③ DO 設定値 2～5mg/L では、ブロワ稼働時間が 12 時間となり、処理水 BOD は 8.3 mg/L と良好であった。この結果から、負荷に見合った最適なばっ気時間を②10 時間運転とし、タイマー制御による間欠運転を行うこととした。

表−１　DO 制御設定値とブロワ稼働時間（合計）

No.	DO制御設定値	ブロワ稼働時間(合計)	処理水BOD
①	1～6 mg/L	5 h	27.0mg/L
②	2～6 mg/L	10h	4.7mg/L
③	2～5 mg/L	12h	8.3mg/L

(3) タイマー制御間欠ばっ気運転

3.（2）の結果から、タイマーによりばっ気時間を制御し調査を実施した。ブロワ消費電力は、10 時間の間欠ばっ気運転で 9.6kWh/月となり、連続ばっ気運転と比較すると 58.3%の削減となった。これにより、ハイブリッド発電から太陽光発電のみに切り替え、本システムのスリム化を図ることとした。なお、バッテリーの経年劣化を調査したところ、蓄電能力は 1／2 程度低下していたことから、バッテリーを交換し対応した。

(4) 余剰電力による高度処理化の検討結果

余剰となった小型風力発電装置を活用し、再生可能エネルギーによる処理水の高度処理化を図る目的で「鉄電解リン除去装置（フジクリーン工業㈱社製）」を導入し、調査を実施した。このリン除去装置は、一次処理槽への循環水移送管の直後に設置し、2 枚の鉄板間に電流を流すことによって陽極より鉄成分 Fe^{2+}が溶け出し、溶存酸素で Fe^{3+}に酸化される。Fe^{3+}が PO_4^{3-}と反応して不溶性のリン化合物になり、一次処理槽に貯留されることが処理水のリン除去メカニズムである。このことから、循環水を考慮しばっ気時

間と同様の設定でタイマー制御間欠運転を行った。なお、電力のパワー調整ダイヤルは、通常 7 人槽で目盛 4（13～14W）だが、使用人員を勘案し目盛 2（6～7W）に設定した。

小型風力発電における発電量、鉄電解リン除去装置による処理水 T-P および処理水 BOD の推移を図-4 に示す。発電量は、1000～2300Wh と月毎に変動が認められた。処理水 T-P の推移は、リン除去装置導入以前は、8.8mg/L と高い値を示していたが、導入 2 か月後には 2.6 mg/L（約 70%除去）、7 か月後には 1.7 mg/L（約 80%除去）と減少した。その後、安定した電源による装置の性能を確認するため、商用電源に切り替えて実証試験を行ったところ、処理水 T-P は 0.7mg/L とメーカーが提唱している性能 1 mg/L 以下を発揮していた。1 月から電源を小型風力発電に戻したところ、T-P 値は月毎に増減を繰り返す結果となったが、処理水 T-P は最大で 0.5 mg/L （94.3%低減）、平均 3.3 mg/L となり、導入以前から比較すると約 62.3%低減することができた。

調査結果から、再生可能エネルギーの電源供給によるリン除去は、放流先の富栄養化問題と CO_2 の削減に寄与するものと考えられる。

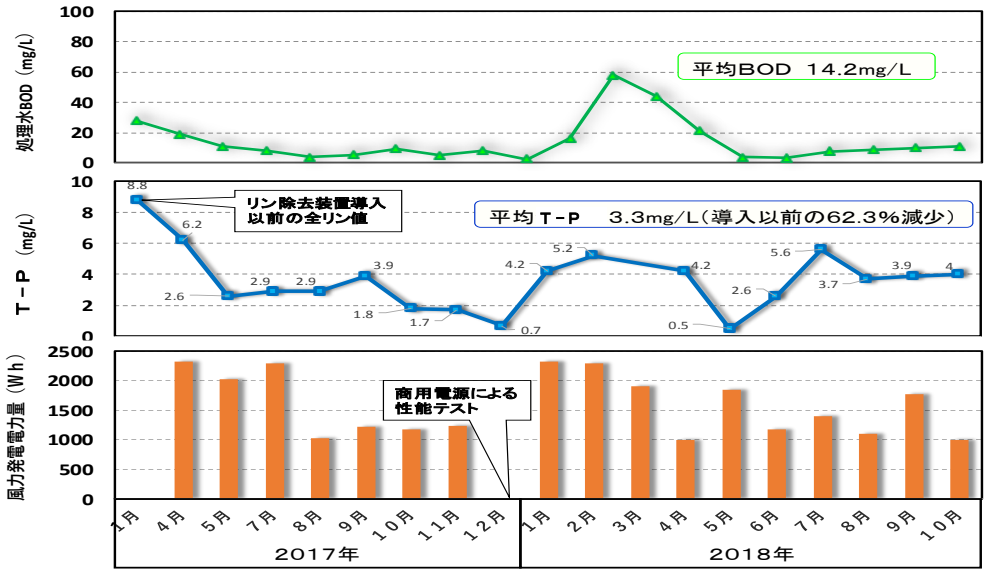


図-4 月毎の風力発電電力量，処理水 T-P および処理水BODの推移

４．まとめ

①太陽光と小型風力によるハイブリッド発電により、ブロワを稼働させたところ、非常に安定した電力を供給できることがわかった。

②DO 制御による最適なばっ気時間を算出したところ、ブロワ稼働時間の合計は 10 時間となり、タイマー制御間欠ばっ気運転に切り替えることで、ハイブリッド発電システムをスリム化すること（太陽光発電のみ）ができた。

③余剰電力を活用し、小型風力発電により鉄電解リン除去装置に電源を供給したところ、処理水 T-P を最大で 94.3%、平均で 62.3%低減することができた。

参考文献

1）浄化槽システム協会：平成 21 年度浄化槽の低炭素化に向けた調査検討業務報告書（2010）

2）古市昌浩:浄化槽分野における低炭素化の検討事例,月刊浄化槽（2011）

3）吉田恵也,村上武弘:低炭素社会に貢献する浄化槽システムの実現化への取組み,第 29 回全国浄化槽技術研究集会要旨集（2015）