

間欠ばっ気運転による溶存酸素量の時系列解析について

公益社団法人福島県浄化槽協会
鳴原 己八

1. はじめに

当県の一般家庭における浄化槽の実使用人員は、年々減少し、『福島県の推計人口（福島県現住人口調査年報）平成26年版』によると、平成26年10月1日現在で、一世帯当たり2.7人である。また、当協会の7条検査結果による平均実使用人員は、平成26年度で約3.6人と年々漸減傾向であり、保守点検時に良好な処理水を確保するためには、二次処理装置のエア調整が不可欠な浄化槽も多い。

このような中、東日本大震災の前からブロワの省電力化が図られ、国の浄化槽整備事業においても「低炭素社会対応型浄化槽整備推進事業」としてその普及が図られてきた。

しかし、ブロワの性能による省電力化及び浄化槽に必要な吐出量の低減化等の省エネルギー化（以下「省エネ」という。）も限界に近付きつつ感があったが、「間欠ばっ気運転方法」による省エネ化を目的とした浄化槽が開発され、当県においても設置されている。

間欠ばっ気運転方法による省エネ化については、中野らは、家庭用浄化槽の間欠ばっ気運転による省電力化と水質への影響について調査し、処理水の水質に影響がなかったと報告している。^{1) 2)}

本調査は、「猪苗代湖・裏磐梯湖沼群流域」における水質保全のため、平成25年度から「窒素・りん除去型浄化槽」の設置が義務付けられていることから、一般家庭に設置する窒素・りん除去型浄化槽の溶存酸素量（DO）について、通常運転と間欠ばっ気運転時の時系列的な変化及び処理水の水質への影響等を調査し、その結果を考察する。

2. 調査方法

調査方法は、一般家庭浄化槽一箇所に計測機器を備え、常時観測する。

水質調査は、午前6時から午前7時30分の間に実施し、調査期間中の間欠ばっ気時間の設定切替についても、同時間帯に行った。

（1）調査対象浄化槽の概要

調査対象浄化槽は、フジクリーン工業(株)CRX型（処理方式；流量調整型嫌気濾床担体流動生物濾過循環方式にリン除去装置を加えた処理方式）で、処理対象人員5人である。浄化槽の性能（処理目標水質）は、BOD10mg/l以下、T-N10mg/l以下、T-P 1 mg/l以下及びSS10mg/l以下である。この型式は、流量調整機能を備えるため、ブロワは「移送・逆洗（18W）」用と「散気・逆洗（59W）」用の2台が設置され、リン除去方法は鉄電解法でリン除去装置の消費電力が約15Wである。

（2）調査場所及び流入条件

調査場所は福島市内で、平成20年9月より使用開始し、実使用人員は3人である。なお、直近の清掃は平成27年1月27日に実施されている。

(3) 水質計測機器及び分析項目

1) 水質計測方法

DO計（K社製 DC-502 ポーラログラフ隔膜電極法）センサーを嫌気濾床槽第1室流出部（清掃口）及び担体流動生物濾過槽「好気部」（以下「担体流動槽」という。）の担体浮上防止ネット面下 60cm 並びに処理水槽の水面下約 60cm の位置に固定し、DOを常時計測する。また、水位計を嫌気濾床槽第2室清掃口に設置し、洗浄装置付き濁度計については、K社製のプロトタイプを処理水槽に設置し処理水透視度の参考値とした。

2) 分析項目

嫌気濾床槽第1室流出水（以下「嫌気1室流出水」という。）及び処理水槽流出水を回転調整堰内から試料（以下「処理水」という。）を採水し、環境計量証明事業所に分析を委託し、その結果を解析した。

分析項目は、BOD、ATU-BOD、S-BOD、SS、T-N、T-P、NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、PO₄-P の10項目とした。

(4) 調査期間及びブロワの運転方法

調査期間は、平成27年6月23日から平成27年8月11日までの期間とした。

また、ブロワの運転方法は、タイマーにより1日の停止時間を7回又は8回とし、停止時間を通常運転と20分、40分、60分、90分及び120分の間欠ばっ気運転とした。

なお、逆洗稼働時間時にばっ気停止を避けるため、停止時間の一部を変更し、ばっ気時間の通常運転及び停止時間を表-1に示す設定とした。

表-1 ブロワの運転方法

調査期間	停止時間	第1回	第2回	第3回	第4回	第5回	第6回	第7回	第8回	
6/23 ~ 7/6	0分	通常運転→								
7/6 ~ 7/13	20分	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	21:00	1:00		
7/13 ~ 7/21	40分	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	21:00	1:00		
7/21 ~ 7/28	60分	7:00	10:00	13:00	16:00	19:00	21:00	1:00	4:00	
7/28 ~ 8/4	90分	6:30	9:30	12:30	15:30	18:30	21:30	0:25	3:30	
8/4 ~ 8/11	120分	6:00	9:00	12:00	15:00	18:00	21:00	23:55	3:00	

タイマーによる自動逆洗は、午前2時から5分間、1日1回とし、また、リン除去装置の制御ボックスのパワー調整ダイヤル目盛りを4人の設定で固定した。

3. 結果及び考察

(1) 流入汚水量

調査対象浄化槽の流入汚水量の把握は、水道使用量とした。

平成27年6月8日から8月11日までの64日間における1日当たりの水道使用量は0.85 m³であった。更に、この期間における最大水道使用量は1.33 m³/日、最小は0.57 m³/日であった。水道使用量の検針は、該当する調査日の午前6時30分頃から次回調査日の同時間帯までとして統計処理をした。調査期間における水道使用量を表-2に示す。なお、夏季期間のため散水用に使用した水道水については、補正し表に記載した。

表-2 平均流入汚水量

調査期間	停止時間	平均流入汚水量 (m ³ /日)
6月23日 ~ 7月6日	通常	0.70
7月6日 ~ 7月13日	20分	0.91
7月13日 ~ 7月21日	40分	0.89
7月21日 ~ 7月28日	60分	0.83
7月28日 ~ 8月4日	90分	1.10
8月4日 ~ 8月11日	120分	0.95

(2) 溶存酸素量

DO の計測は 3 箇所で行い、それぞれのばっ気時間の運転方法により、以下のデータが得られた。それぞれの図（グラフ）は、運転方法毎の任意の 24 時間を示している。

なお、通常運転及び間欠ばっ気運転の各データは、それぞれ 144 時間で処理した。

1) 通常運転方法

通常運転時における担体流動槽の平均 DO は、 3.92mg/l であった。

図-1 において、汚水の流入時間における担体流動槽の DO は下がり、その後緩やかに上昇する傾向を示している。このことは、流量調整機能の働きにより急激な DO の変化は伴わないと推察された。

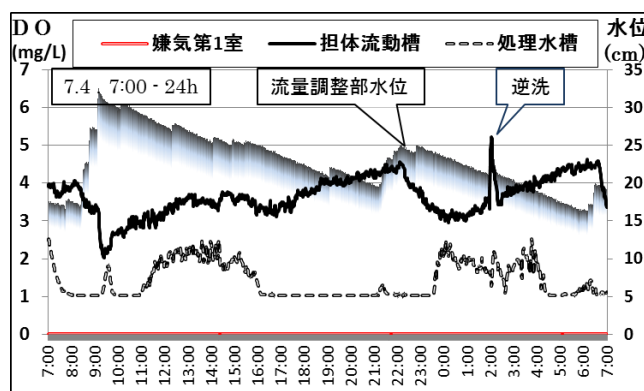


図-1 通常運転方法の DO の推移

2) 間欠ばっ気運転 (20 分×7 回停止)

20 分停止運転時における担体流動槽の平均 DO は、 4.25mg/l であった。

図-2 において、ブロワ停止後、担体流動槽 DO は急激な低下後、ばっ気が開始されると急上昇を示した。

また、処理水槽 DO は、汚水の流入後に上昇する傾向があるが、それ以外は、 1.0mg/l 前後で推移したが、逆洗稼動時間後は、更に上昇傾向を示し、逆洗後の剥離汚泥の移送等に伴う微生物の減少によるものと推察された。

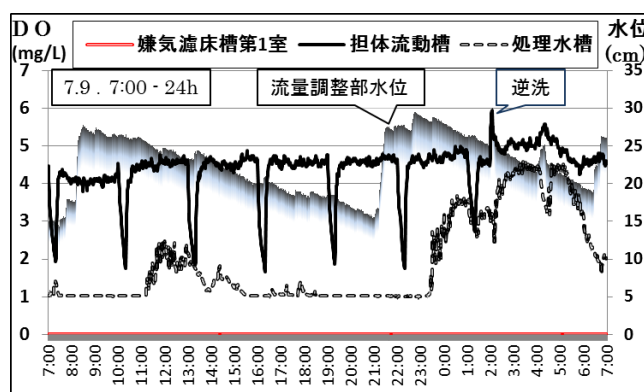


図-2 間欠ばっ気 (20 分) DO の推移

3) 間欠ばっ気運転 (40 分×7 回停止)

40 分停止運転時における担体流動槽の平均 DO は、 2.52mg/l であった。

図-3 において、汚水の流入時のばっ気停止時間は、最小値の 0.0mg/l まで低下し継続し、ばっ気再開後急上昇する。

担体流動槽 DO は、20 分停止運転時と比較すると低く、処理水槽 DO よりも低い時間帯が出現した。また、流量調整部の水位が上昇したため、次の停止時間の変更日に $0.7\text{m}^3/\text{日}$ から $0.9\text{m}^3/\text{日}$ と放流量を増加する調整を行った。

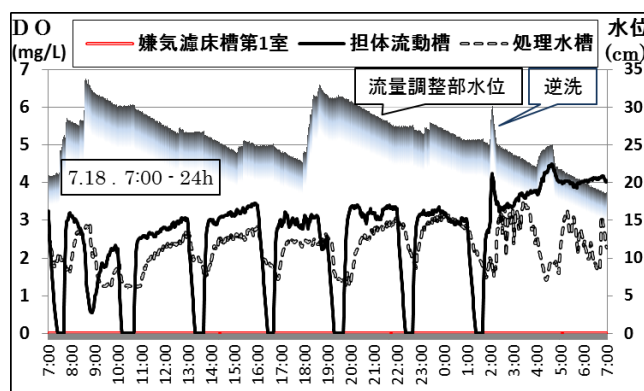


図-3 間欠ばっ気 (40 分) DO の推移

4) 間欠ばっ気運転 (60 分×8 回停止)

60 分停止運転時における担体流動槽の平均 DO は、 3.44mg/l であった。

図-4において、担体流動槽 DO は、40分停止運転時と比較するとやや高いが、停止時間帯は全てにおいて、処理水槽 DO よりも低い時間帯が出現し、最小値の 0.0mg/l に低下した後も最小値を継続することは、微生物にダメージを与え始める初期と容易に推察できる。

5) 間欠ばっ気運転(90分×8回停止)

90分停止運転時における担体流動槽の平均 DO は、1.37mg/l であり、処理水槽平均 DO の 1.36mg/l とほぼ同様の値となった。

図-5において、担体流動槽 DO は、60分停止運転時と比較すると低く、稼動時間においては 2.0mg/l 前後であり、ばっ気停止と同時に処理水槽 DO が最小値の 0.0mg/l に低下し、おおよそ停止時間の 90 分間最小値を継続した。このことは、ばっ気時間帯における必要な DO が満たされていないことが推察された。

6) 間欠ばっ気運転(120分×8回停止)

120分停止運転時における担体流動槽の平均 DO は 1.20mg/l であり、処理水槽平均 DO が 1.63mg/l と高い傾向を示した。

図-6において、この運転期間は、流量調整部の水位が中水位 (MWL) ~ 高水位 (HWL) を占める時間帯がほとんどであったこと、スカムの蓄積も確認できた。

(3) 単位装置の水質

1) BOD、T-N、T-P

嫌気濾床槽第1室流出水及び処理水の通常運転開始後からばっ気停止 120 分終了までの BOD、T-N 及び T-P の水質分析結果を図-7に示す。嫌気濾床槽第1室流出水の平均 BOD、T-N 及び T-P は、それぞれ 12.1mg/l、10.0mg/l 及び 1.8mg/l であった。

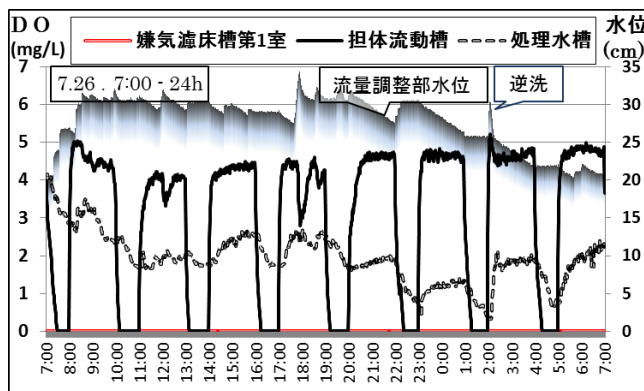


図-4 間欠ばっ気 (60分) DO の推移

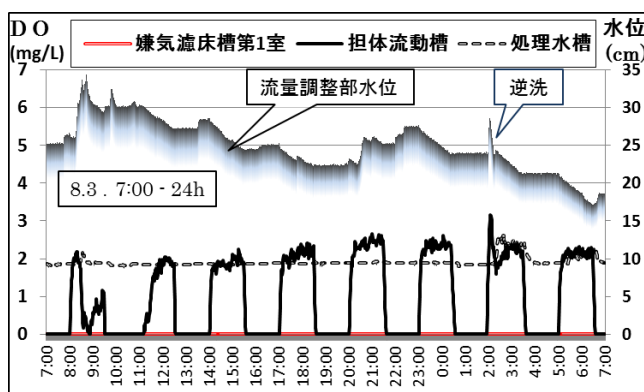


図-5 間欠ばっ気 (90分) DO の推移

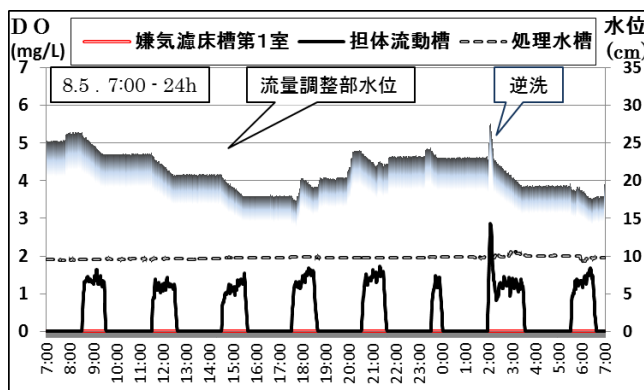


図-6 間欠ばっ気 (120分) DO の推移

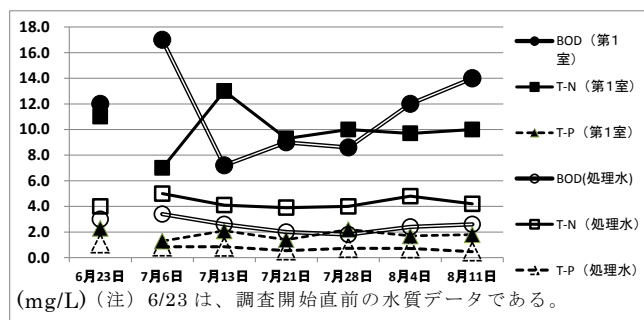


図-7 単位装置流出水の結果 (BOD T-N T-P)

また、処理水の平均 BOD、T-N 及び T-P、それぞれ 2.4mg/l、4.4mg/l 及び 0.7mg/l と通常運転及び間欠運転においても所期の性能を発揮していた。このことは、清掃時期から約 6 ヶ月経過後及び水温が 24℃～29℃と高い状態を示しており、良好な微生物の生育環境であったと考えられた。

2) 透視度及び濁度

各单位装置の流出水透視度及び濁度計による値の推移を図-8に示す。

処理水の透視度においては、8月4日からばっ気停止時間を120分に設定して5日目の8月9日が29.5度と最も低く、徐々に回復傾向を示したが、明らかに処理水の低下が認められたため、8月11日をもって調査を終了した。

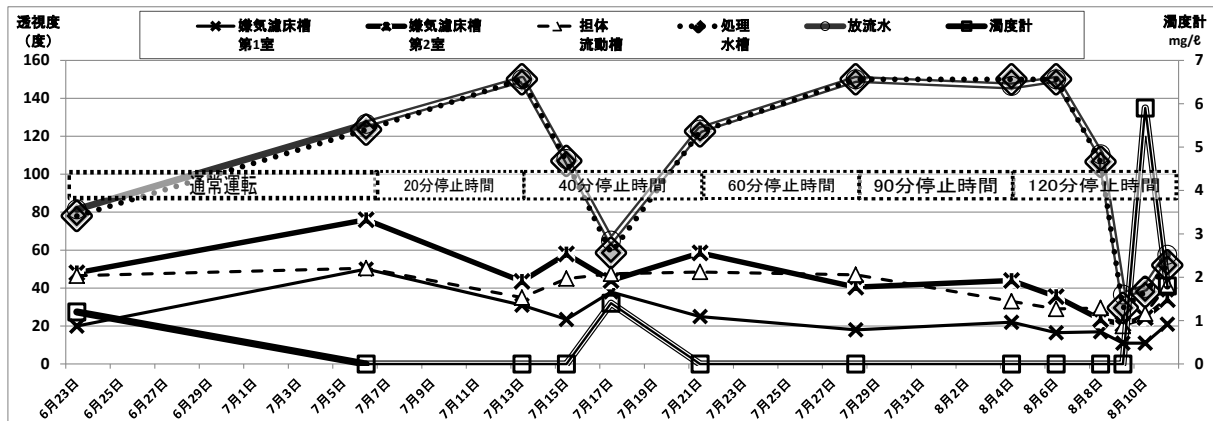


図-8 単位装置流出水の透視度及び濁度計(値)の推移

次に7月14日は33.5度であったが、原因は、洗濯回数が多く実流入汚水量の過多であった。また、濁度計による処理水の水質の推移は、ほぼ透視度と同様な傾向を示した。

(4) 消費電力

ブロワの消費電力は、逆洗稼動時間5分を見込み約2kWhである。調査期間中のブロワ2台、計測機器及び制御盤の1日当たりの消費電力を表-3に示す。なお、リン除去装置に消費する電力は除いた。

表-3 ブロワ(2台)等の消費電力

調査期間	停止時間	平均電気使用量(kWh/日)
6月23日～7月6日	通常	2.09
7月6日～7月13日	20分	1.53
7月13日～7月21日	40分	1.41
7月21日～7月28日	60分	1.35
7月28日～8月4日	90分	1.16
8月4日～8月11日	120分	0.80

(5) DO 計測場所

DOの測定場所として、嫌気濾床槽第1室清掃口を計測したが、ほぼ0.0mg/lを示していた。このため、調査終了後にリン除去装置の電源を切り、担体流動生物濾過槽「好気部」の担体浮上防止ネット面上にDOセンサーを設置し計測した結果が図-9である。

担体浮上防止ネット面上DOは、ばっ気攪拌時にDOが飽和状態を示し、汚水の流入時は大きく低下することもあるが、ばっ気停止時にばっ気攪拌時の担体流動槽DOより高い

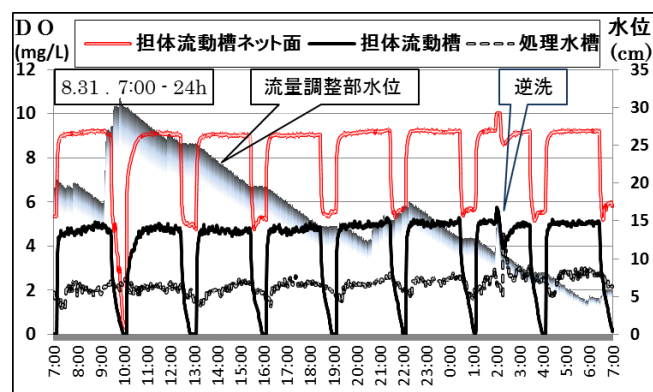


図-9 DOの推移(ばっ気停止40分)

値を示した。

担体流動を採用する性能評価型浄化槽において、担体流動槽内部の DO 測定が困難な場合は、処理水槽底部等で計測するよう維持管理要領書に記載されている。このことは、本調査における処理水槽 DO の測定結果から、DO の測定場所として一定の評価をすることができた。

4. まとめ

間欠運転方法による省エネ効果等の調査研究が多く報告³⁾されているが、本調査において以下のようなことが確認できた。

- (1) 人員比が低い既設浄化槽において、処理目標水質を達成している場合は、間欠ばっ気運転方法の導入による電気使用量の削減効果が期待でき、水質の安定も担保できる可能性が高いことが推察された。
- (2) ブロワの間欠運転方法におけるばっ気停止については、担体流動槽内の DO の保持状況及び処理水の水質等から、長時間（120 分）よりは短時間のばっ気停止が処理水の水質が担保されることが確認できた。
- (3) 間欠運転方法でもリン除去性能が低下することはなかった。
- (4) ばっ気運転時においても、多量の流入水がある場合に急激な DO 低下を確認できたことから、流入水のある時間帯はばっ気運転をするか、間欠ばっ気の停止時間を短くする等、調整が必要になるものと考えられた。
- (5) 本調査では、ブロワの吐出量に余裕があり、負荷も低く、ばっ気停止時間を長く設定しても処理水の水質は安定していたが、負荷が高いケースでは間欠ばっ気運転方法の導入の見送り又は短時間の間欠ばっ気運転方法を採用するなどの配慮が必要である。

活性汚泥法における間欠ばっ気運転方法は一般的であるが、今後、生物膜法に対しても間欠ばっ気運転方法による浄化槽開発・設置が多くなることが予想される。

私の経験から、処理水の水質低下の場合は、吐出量の大きいブロワに交換することや増設をアドバイスすることも多々ある。

生物膜法、特に担体を採用する浄化槽の間欠ばっ気運転方法に対する維持管理手法の調査・研究が重要になることが予想される。

参考資料

- 1) 中野仁、奥村早代子、百合竜三、井上俊行：使用人員の少ない家庭用浄化槽の夜間間欠ばっ気運転による省電力化と水質への影響、第 24 回全国浄化槽技術研究集会要旨集、p.103-108、(2010)
- 2) 中野仁、奥村早代子、井上俊行、近藤伊知朗：低負荷家庭用浄化槽の間欠ばっ気運転による省電力化と水質への影響、第 26 回全国浄化槽技術研究集会要旨集、p.50-54、(2012)
- 3) 研究代表者 稲森悠平：高度省エネ低炭素社会型浄化槽の新技术・管理システム開発 (K2403)