農業集落排水処理施設における 省エネ運転に関する研究

竺 文 彦* 沼 野 浩 祐*

1. は じ め に

近年、農村地域において生活排水による農業用水の水質汚濁や居住環境の悪化が問題になり始めており、その背景として、上水道の整備が進んだこと、生活様式の向上にともなって食生活が豊かになったこと、電気洗濯機など家庭電化が普及したこと、通勤圏の拡大による農村のベッドタウン化・混住化が進んだこと、生活排水の自家処理を基本とした水利用や水環境保全などの伝統的秩序が崩壊してきたことなどがあげられる。また生活様式の都市化の進行とともにトイレの水洗化志向が強まり、単独し尿浄化槽からの放流水が農業用水の汚濁を加速するようになってきている。

これら農村地域の生活排水の処理対策として、小規模の下水道や各戸の合併浄化槽などの対策が講じられてきている。農林水産省では、昭和48年から農業集落排水事業を発足させ、処理対象人口1,000人未満を原則とする通称「農村下水道」を建設するようになってきた。

滋賀県においては琵琶湖の水質を守るため、家庭下水や農業排水の処理が緊急の課題としてあげられており、数多くの「農村下水道」が計画され、建設されてきている。しかし、今後農村部に多くの処理施設が建設されていくにしたがい、様々な問題も発生してくるものと考えられ、その代表的な課題として、コストの問題と汚泥処理の問題があげられる。維持管理コストの問題については、いかに低コストで維持管理を行い、担当する町村や住民の負担を軽くしていくかが課題となるであろう。

そこで本研究では、農業集落排水処理施設を対象として、夜間に曝気を停止した場合処理、性能にどの程度の影響があらわれるかなどについて実験的検討を行

なった。

2. 処理施設の概要

調査対象は滋賀県高島郡マキノ町白谷地区の処理施設であり、その計画処理人口230人、処理水量62.1m³/日、BOD除去率90%、T-N除去率55%、T-P除去率85%の計画である。

処理施設のフローシートを図-1に示し、各処理槽の容量を表1に示す。ただし、現在における実際の流入水量は、40~50m³/日程度であり、脱窒を行うための第3曝気槽から第1嫌気槽への循環水量は、およそ65m³に設定されている。

接触嫌気槽、接触曝気槽にはそれぞれ接触ろ材が充

図-1 処理施設フローシートおよび採水地点

* 福井工業大学工学部

Fumihiko JIKU, Kosuke NUMANO

表 1 各処理槽容量

処理槽	容量 (m^3)	計画滞留時間 (時間)
原 水 槽	6.2	2.4
第 1 嫌気ろ床槽	34.7	13.4
第 2 嫌気ろ床槽	34.7	13.4
第 3 嫌気ろ床槽	34.7	13.4
第 1 接触曝気槽	24.8	9.6
第 2 接触曝気槽	12.4	4.8
第 3 接触曝気槽	12.4	4.8
沈 澱 槽	10.2	3.9
計	170.1	2 日 18 時間

填されており、嫌気槽には球状プラスチックろ材（バイオス）、曝気槽にはネット状ろ材（すだれ）が用いられている。

3. 実 験 方 法

夜間における曝気停止の時間帯の設定に関して、流入水量の時間的な変化を把握するため、原水ポンプの作動回数を記録用紙より集計した。その結果を図-2に示す。図-2より、流入水量の減少する時間帯として、午前2時から午前6時までの間を曝気停止時間として設定した。

また、実験に先立ち、曝気停止を行なった場合における曝気槽内のDOの減少の状況を把握しておくため予備実験を行った。予備実験は、午前1時頃から4時間、曝気槽における曝気を停止し、その後曝気を再開したが、その間およそ15分間隔で曝気槽の上部のDOを測定した。槽の中間部、下部のDOについても一部測定を行った。DOの測定は、DOメーター（セントラル科学製）を用いて行い、水温、pHの測定についても、それぞれメーターを用いて行った。実験は、

図-2 1ヶ月の平均作動回数(30分くぎり)

1月13日に行った。

本実験としては、午前2時から6時まで夜間の曝気を停止し、およそ30分間隔で各槽から採水を行い、水質の測定を行った。実験は2月27日に行い、採水の時刻は、

午前 0:00, 1:00, 1:30, 2:00
2:30, 3:00, 3:30, 4:00
4:30, 5:00, 5:30, 6:00
6:30, 7:00, 8:00

とし、計15回とした。採水地点は、図-1 処理施設フローシートに示した各槽の流出口である。夜間曝気停止の設定は、2月7日に行い、20日間の馴致期間をとった。水質測定項目は、SS、BOD、COD、各種窒素、リンなどであり、測定方法は、おもにJISによった。

4. 実験結果および考察

予備実験の結果における各曝気槽の上部のDO濃度を図-3に示す。図-3において、もっともDO濃度の低い第1曝気槽では、曝気停止後2時間半程度でDOは0となり、4時間の曝気停止時間のうち1時間15分間はDO濃度が0 ppmとなっている。第2曝気槽では、およそ4時間程度でDOは0となっている。第3曝気槽では、4時間後においてもDOは0とはならず、最初のおよそ $\frac{1}{2}$ 程度のDOを保持していることが分かる。したがって、各曝気槽においてDOが0となる時間が異なり、DOレベルが生物に与える影響は異なるものと考えられる。また、曝気が再開された後は、急速にDOが回復しており、1時間ないし1時間30分程度で、最初の9割り近くの値まで回復している。

DOの低下が微生物にとってどの程度の影響を与えるかについては、微生物の種類、例えば、バクテリア

図-3 DOの変化

であるか節足動物など比較的大型の動物であるかなどによって大きく異なり、高等な生物になるほどD Oの低下の影響を強くうけるものと考えられる。実験中の観察においても、第3曝気槽において、水面全体にミジンコが浮き上がってきたことを認めており、ミジンコなどにおいては、D Oが0とならない状況でもかなりの影響があるものと思われる。

また、曝気槽の上部、中部、下部におけるD Oの値についてはあまり違いが認められず、曝気槽の内部ではどの部分も同様にD Oの低下が進んでいるものと推定された。

夜間曝気停止実験におけるD Oの測定結果を図-4に示す。予備実験の場合と同様に、曝気槽のD Oは減少していることが分かる。St. C 1（第1曝気槽）では、0:00-2:00の平均値は5.3ppmであるが、2:00以降は値が低下し、5:30、6:00には0 ppmとなり、その後値は急激に上昇している。St. C 2では、0:00-2:00の平均値は6.6ppmでその後直線的に値が減少し、6:00には0.5ppmまで低下した後、回復している。St. C 3では、0:00-2:00の平均値は8.0ppmであり、その後徐々に値が減少し、6:00には3.8ppmとなった後、値は上昇している。

pHおよびSSの測定結果に関しては、曝気停止の影響はほとんど認められず、pHではほぼ中性で安定しており、SSではSt. A（原水槽）の平均値は約58 ppmであったが、St. D（沈澱槽）では約9 ppm程度の処理状況となった。

BODの測定結果を図-5に示す。St. AではBODの平均値は、約120ppmであるが、嫌気槽、曝気槽と処理が進むにしたがって値は低下しており、St. Dでは、約19ppmまで減少している。各槽における曝気停止の影響は明確には認められず、同様に、曝気の再開による効果についても、あまり変化は認められない。

図-4 D O の 変 化

CODの測定結果を図-6に示す。CODにおいても、BODと同様に、曝気停止による影響はほとんど認められない。St. Aの平均値は、約23ppmで、St. Dの平均値は約8 ppmとなっており、時間的な変化はほとんどなく、St. Aを除けば、ほぼ平坦なグラフとなっている。

TOCの測定結果を、図-7に示す。図-7では、2:00から2:30にかけて全ての地点で値が大きくなっており、曝気停止による影響と思われるが、St. Eにおいても値が上昇しており、流入水の影響など他の因子の影響の可能性も考えられる。2:30以降の値には変化が認められない。また、St. Aでは6:00以降に急激に値が上昇しており、これは朝の時間帯に濃度の

図-5 B O D の 変 化

図-6 C O D の 変 化

図-7 T O C の 変 化

高い流入水が入ってきていることを示している。

アンモニア性窒素の測定結果を図-8に示す。アンモニア性窒素の値は、2:00から6:00にかけて、一般的に低下する傾向を示している。すなわちアンモニア性窒素は曝気停止の間においても硝化作用などにより減少しているものと考えられる。ただし、この減少傾向はSt. Aの原水槽においても同様に認められる。St. Aにおける平均値は約22ppmであり、St. Dにおける平均値は約6 ppmである。

亜硝酸性窒素の測定結果を図-9に示す。亜硝酸性窒素の値は、全般に0.5ppm以下の低い値であるが、St. C 3, St. C 2では、曝気停止により減少の傾向が認められる。St. Aでは値が最も低く0.1-0.5ppm程度の値となっている。

硝酸性窒素の測定値を図-10に示す。St. Aでは0.2ppm以下の低い値であり、嫌気槽のSt. B 1, St. B 2では1-2 ppm程度、St. B 3では1 ppm以上となっているのであるが、図-10に示すごとく曝気槽では、徐々に値は大きくなっており、各槽ごとに硝化が進んでいることが示されている。曝気停止の時間帯においては、St. C 3, St. C 2において値が減少しており、脱窒が起きていることが示唆される。

全窒素の測定結果を図-11に示す。St. Aの平均値

図-8 $\text{NH}_4\text{-N}$ の変化

図-9 $\text{NO}_2\text{-N}$ の変化

図-10 $\text{NO}_3\text{-N}$ の変化

図-11 T-N の変化

は約37ppmであるが、St. B 1の平均値は約19ppmであり、St. B 1の段階で値はおおよそ $\frac{1}{2}$ に減少している。これは、有機態の窒素の嫌気的な分解と、St. C 3からのリターン水による脱窒作用の効果によるものと考えられる。曝気槽においては、2:00から4:00頃まではあまり変化が認められないが、4:00から6:00にかけてはSt. C 3, St. C 2において値が減少していることが分かる。St. C 3の平均値は約15ppmであり、嫌気槽から曝気槽にかけての全窒素の除去の程度は、それほど大きくはないが、St. Dの沈澱槽の平均値は6.4ppmであり、沈澱槽での除去効果が大きくなっていることがわかる。

リン濃度の測定結果を図-12に示す。図-12に明らかなように、St. Aの7:00, 8:00の値が大きくなっ

図-12 P の変化

図-13 T-P の変化

ている以外は、各槽のリン濃度はおよそ 2 ppm 程度でほとんど変化なく一定の値となっている。当然、曝気停止、曝気再開の影響も全くない。

全リンの測定結果を図-13に示す。全リンにおいても、各処理槽の値にはほとんど変化が認められず、およそ 3 ppm 程度の値となっており、リンの場合と同様、曝気停止、曝気再開による影響は全くみられない。

5. ま と め

夜間の流入水量が少なくなる間、維持管理の電気代を節減するため、実際の処理装置において午前 2 時から 6 時まで曝気を停止する実験を行った結果、次のような事項が明かとなった。

まず、第 1 曝気槽では、曝気停止後 3 時間 30 分で D

O は 0 ppm となり、30 分間 DO は 0 ppm のままととなった。第 2 曝気槽の DO は、4 時間で 0.5 ppm とかなり 0 ppm に近いところまで値が低下し、第 3 曝気槽では、8 ppm であったものがおよそ $\frac{1}{2}$ の 3.8 ppm まで減少した。

この夜間における 4 時間の曝気停止の水質に対する影響については、SS、BOD、COD においてはあまり影響がみられなかった。アンモニア性窒素、亜硝酸窒素、硝酸性窒素については、曝気停止の時間帯において濃度が減少する傾向が認められ、とくにアンモニア性窒素においては、全槽において値が減少している。また、第 3 曝気槽、第 2 曝気槽においては、アンモニア性窒素と共に硝酸性窒素についても同時に減少する傾向が認められた。全窒素においては、曝気停止による影響はあまり認められず、原水槽から嫌気槽への段階で、値はおよそ $\frac{1}{2}$ に減少しており、これは循環水による効果が大いものと考えられる。リンおよび、全リンにおいては、曝気停止の影響は全くなく、各処理槽における値もほとんど変化がなく、ほとんどリンの除去は行われていないという結果となった。

省エネルギーの観点からは、曝気時間を短縮していくことが一つの方策であろうと考えられるが、時間帯の設定や、水質への影響については、さらに十分な実験的検討が必要である。

海外環境情報

酸性露：その挙動

Acid dew: What it does

H2101642

北欧では、酸性雨、酸性霧、酸性雪に次いで、最近酸性露が環境上の重大問題になっている。Georgia 技術研究所の W. L. Chameides の研究によると、酸性露の酸性化プロセスは予想以上に複雑であり、樹木などに害を与える可能性がある。自動車、石炭燃料施設からの排ガス中の SO_2 や硝酸が露滴に吸収されると、酸性露を生成する。 SO_2 が酸化されて硫酸になると、露滴の酸性度はさらに増加する。

これらの酸性露滴は、通常夜間はそれほど有害でないが、日の出とともに蒸発して酸が濃縮されると、植

物の葉に害を与える。酸性露は、大気中の微粒子またはガスの乾性沈着 (dry deposition) となる。酸性雨の場合には、溶解した大気中の化学物質が地上まで運ばれるが、乾性沈着は粒子またはガスが地上に降下する際に起こり、酸性露は湿った表面に降下するが多い。

米国における SO_2 排出量の約 $\frac{1}{3}$ は乾性沈着によって地上に達すると Chameides は述べている。また、同氏の試算によると、乾性沈着のメカニズムはきわめて複雑である。通常、乾性沈着モデルは、大気中の SO_2 が 50% 減少するとき地上への硫黄が沈着率も 50% 減少するものと仮定しているが、実際には SO_2 排出量を 50% 削減しても、沈着率は 25% あるいは 10% しか減少しないとしている。

E087 A Sci News 132 [16] 247 (Oct. 17, '87)

(日本科学技術情報センター 許可第文-6225号)