

シラス粉末添加による排水処理の脱窒速度向上

向吉郁朗*

Improvement of Denitrification Speed in Relation to Wastewater Treatment by Adding Shirasu Powder

Ikuro MUKOYOSHI

脱窒用に馴養した活性汚泥にシラス粉末（鹿屋土粉末や普通シラス粉末）を添加したところ脱窒能が向上することを見いだした。13mg/Lの添加でも効果が確認でき、40～44mg/Lの添加で頭打ちになり、それ以上の添加では脱窒能がほとんど上がらないことがわかった。汚泥の状態により効果が少ない場合もあるが、効果がある場合では脱窒速度が最大約2倍に向上することが確認できた。

Keyword : 活性汚泥, 硝化脱窒, 脱窒速度, シラス, 鹿屋土

1. 緒 言

県内の排水処理設備管理会社が、約250世帯、人口約700名の団地の排水処理設備において、汚泥の沈降性改善を期待して、数年前から曝気槽にシラスの風化物である鹿屋土の粉末を継続して添加したところ、沈殿槽の界面が下がり管理が容易になったという事例（以下、先行事例）がある。

先行事例は、曝気槽容量が約200m³の標準活性汚泥法による排水処理施設で間欠曝気運転により硝化脱窒処理を行っている。鹿屋土の粉末を1週間に約2.5kgずつ添加したところ（1.8mg/L/日に相当）、活性汚泥沈殿率SV₃₀が、添加前で95%あった汚泥の状態が、良好なときで60%程度にまで改善した。また、添加開始当初は、装置内に泡が発生し、特に沈殿槽で多量の発泡がみられたというものである。

排水中の粘土鉱物などの微粒子（無機性懸濁物質）は、フロック形成の核となり沈降性向上に役立ち、不足する場合はこれを添加することによって、沈降性が良好な汚泥になると言われている。鹿屋土や普通シラスでも同様の効果が期待できるため、予備実験として、活性汚泥を2Lの曝気槽（回分式、硝化脱窒処理無し）に入れ、鹿屋土を先行事例と同程度投入し約1か月培養したが、はっきりとした沈降性の向上は見られなかった。

先行事例においては、間欠曝気により硝化脱窒処理を行っていることと鹿屋土添加開始時に沈殿槽で多量の発泡が生じたということから、鹿屋土を添加することによって、脱窒速度が向上している可能性が推定され、このことが間接的に沈殿槽の界面低下に寄与しているとも考えられた。そこで今回、脱窒速度について検討を行ったので報告する。

2. 実 験

2. 1 汚泥の馴養

当センターで培養していた活性汚泥を種汚泥に用い、図1に示す装置で汚泥の馴養を行った。硝酸態窒素源としては硝酸ナトリウム（特級）を、BOD源としては焼酎粕濃縮液¹⁾（BOD 175,000mg/L）を適宜希釈して用い、表1の条件で馴養を行った。2週間ほど馴養するとpHが8以上と

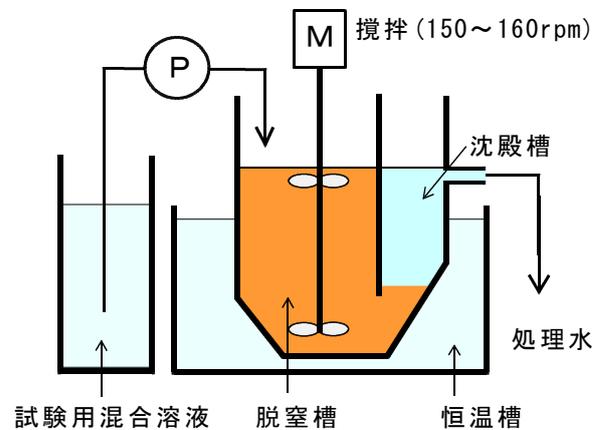


図1 汚泥馴養装置

表1 脱窒試験用汚泥の馴養条件

基 質	硝酸態窒素	200mg/L（硝酸ナトリウムで調整）
	BOD	600mg/L（焼酎粕濃縮液で調整）
	硫酸（中和用）	350mg/L（2週間目から添加）
装 置	水温	30℃
	容量	脱窒槽：10L 沈殿槽：5L
	基質投入量	1日当たり10L

*食品・化学部

なったことから、それ以後は処理後のpHが中性付近になるように混合溶液に硫酸(350mg/L)を加えた。

2. 2 無機性懸濁物質

2. 2. 1 鹿屋土粉末

鹿屋土は、鹿児島県鹿屋市周辺に産出する降下軽石(火山噴出物)が風化した黄色の土の通称で、ボラ、さつま土、鹿屋土などの名で園芸用に出荷されている²⁾。本研究では原料の土を篩分する際に発生する平均粒径30 μ mの粉末を使用した。比表面積は60m²/g以上である³⁾。図2に電子顕微鏡写真を示す。

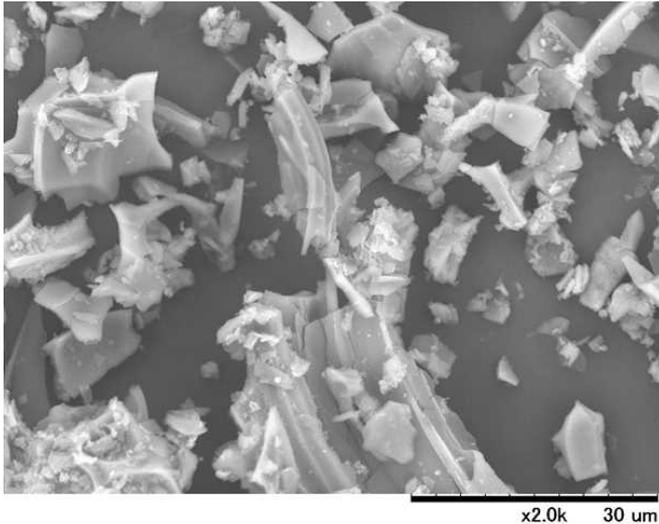


図2 鹿屋土粉末の電子顕微鏡写真

2. 2. 2 普通シラス粉末

普通シラスは、シラスの中で最も埋蔵量が多く、シラス台地を形成する入戸火砕流の堆積物である²⁾。この普通シラスをJETミルで平均粒径30 μ mに粉砕した粉末を使用した。比表面積は約3m²/gである⁴⁾。図3に電子顕微鏡写真を示す。

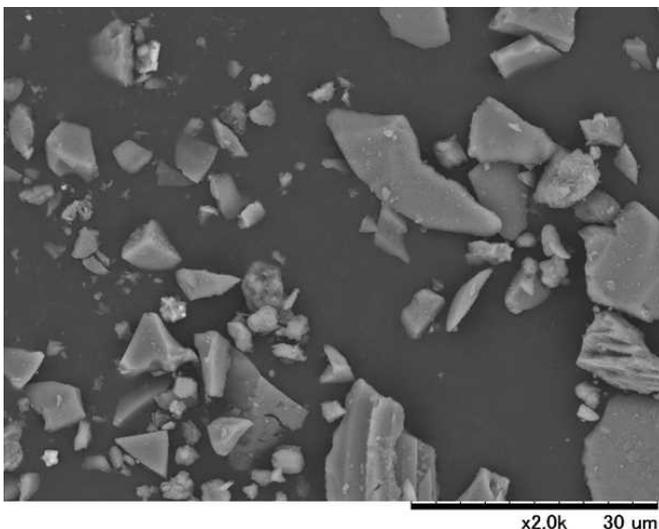


図3 普通シラス粉末の電子顕微鏡写真

2. 2. 3 活性炭素粉末

和光純薬(株)製の活性炭素粉末(和光特級)を比較のために使用した。比表面積は、約1430m²/gである。

2. 3 馴養2日目の汚泥による脱窒速度試験

脱窒馴養2日目の汚泥(MLSS 2970mg/L)500mLを2倍に希釈し1000mLにして、30°Cで汚泥が沈降しない程度にゆるやかに攪拌した。

表2に示す試験条件で粉末、焼酎粕濃縮液と硝酸ナトリウム(特級)を適宜希釈した溶液を添加した後、所定の時間毎に汚泥を採取(約0.6mL)して、0.2 μ mのフィルターでろ過し、ろ液中の硝酸イオン濃度をイオンクロマトグラフ(日本ダイオネクス(株)製ICS-2100)で測定した。先行事例における鹿屋土添加量は、1.8mg/L/日であるが、汚泥滞留時間(SRT)を7日程度と想定し、これに相当する添加量は13mg/L(\equiv 1.8mg/L/日 \times 7日)であることから、これを最小添加量に設定した。

2. 4 馴養1か月の汚泥による脱窒速度試験

脱窒馴養1か月の汚泥(MLSS 4080mg/L)100mLについて、表3の条件で前項(2.3)の手順により試験した。

3. 結果と考察

3. 1 馴養2日目の汚泥による脱窒速度試験

硝酸態窒素の分解量を図4に示す。0分から40分の分解量を基に単位重量の活性汚泥当たりの脱窒速度(mg-N/g-MLSS/時)を計算し、無添加(粉末添加量0mg/L)に対する脱窒速度の比(以下、脱窒能とする)を表4に示す。

表4から鹿屋土の添加に応じて脱窒能が大きくなり、44mg/Lの添加で脱窒能が約1.69倍に向上し、500mg/Lの添加で1.92倍の脱窒能になることがわかった。

3. 2 馴養1か月の汚泥による脱窒速度試験

鹿屋土粉末を添加したときの硝酸態窒素の分解量を図5に示す。このときの汚泥中における初期硝酸態窒素濃度は約30mg/Lであった。普通シラス粉末を添加したときの硝酸態窒素の分解量を図6に示す。このときの汚泥中における初期硝酸態窒素濃度は約35mg/Lであった。活性炭素粉末を添加したときの硝酸態窒素の分解量を図7に示す。このときの汚泥中における初期硝酸態窒素濃度は約40mg/Lであった。

表5に各粉末の脱窒速度(0~30分の分解量から計算)と脱窒能(各試験の無添加に対する脱窒速度の比較)を示す。それぞれの無添加の脱窒速度を比較すると脱窒速度が変化していることがわかる。これは汚泥採取時における硝酸イオン濃度や有機物量などの汚泥のコンディションによって硝酸態窒素の脱窒速度が変化しやすいため、ほぼ同時に採取した汚泥同士は比較が可能だが採取時間が異なると直接比較が難しいと考えられる。

表2 馴養2日目の汚泥による脱窒速度試験条件

脱窒汚泥	馴養2日目を2倍に希釈
添加した粉末	鹿屋土粉末
粉末添加量(mg/L)	0, 13, 44, 150, 500
硝酸態窒素	100mg/L (硝酸ナトリウムを添加)
BOD	300mg/L (焼酎粕濃縮液を添加)
採取時間(分)	0, 20, 40, 60, 80, 100

表3 馴養1か月の汚泥による脱窒速度試験条件

脱窒汚泥	馴養1か月をそのまま使用
添加した粉末	鹿屋土粉末 普通シラス粉末 活性炭素粉末
粉末添加量(mg/L)	0, 20, 40, 80, 120
硝酸態窒素	汚泥中の硝酸態窒素を利用 (試薬の添加無し)
BOD	180mg/Lになるように添加 (焼酎粕濃縮液を使用)
採取時間(分)	0, 10, 20, 30, 40

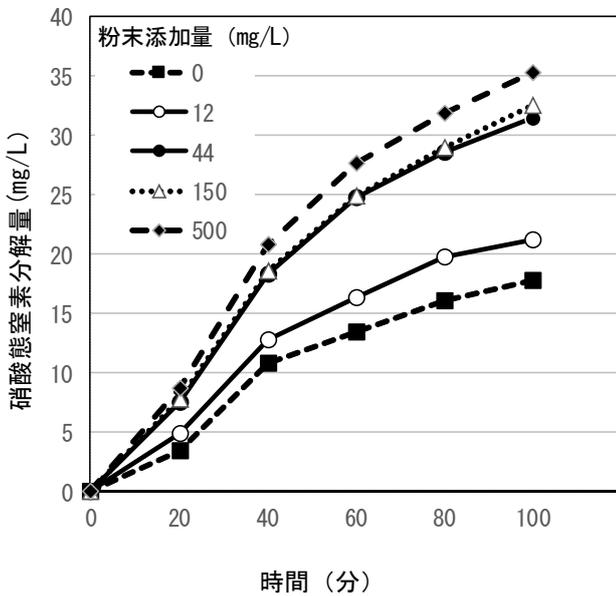


図4 馴養2日目の汚泥による硝酸態窒素分解量

表4 脱窒速度と脱窒能

添加量(mg/L)	脱窒速度 (mg/g/時)	脱窒能
0 (無添加)	11.0	1.00
13	13.0	1.18
44	18.6	1.69
150	18.7	1.71
500	21.1	1.92

(馴養2日目の汚泥)

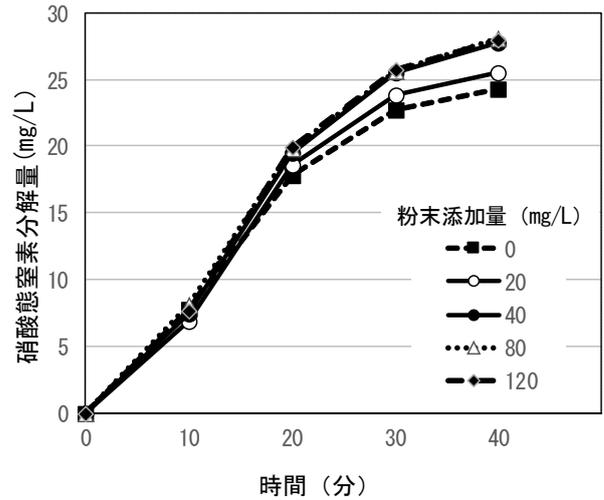


図5 馴養1か月の汚泥による硝酸態窒素分解量 (鹿屋土粉末)

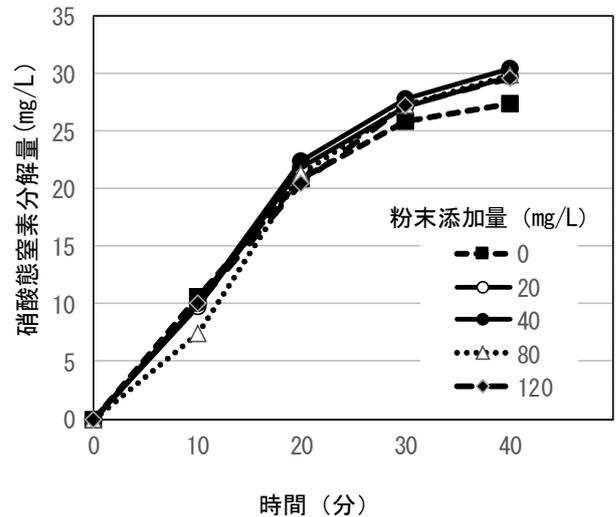


図6 馴養1か月の汚泥による硝酸態窒素分解量 (普通シラス粉末)

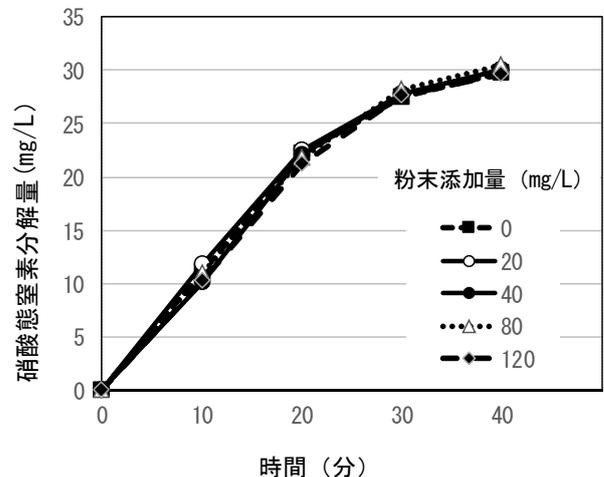


図7 馴養1か月の汚泥による硝酸態窒素分解量 (活性炭素粉末)

表5 各無機懸濁物における脱窒速度と脱窒能

粉末添加量 (mg/L)	脱窒速度 (mg/g/時)			脱窒能		
	鹿屋土粉末	普通シラス粉末	活性炭素粉末	鹿屋土粉末	普通シラス粉末	活性炭素粉末
0 (無添加)	11.1	12.6	13.5	1.00	1.00	1.00
20	11.7	13.3	13.6	1.05	1.05	1.01
40	12.5	13.6	13.6	1.13	1.08	1.01
80	12.5	13.4	13.8	1.13	1.06	1.02
120	12.6	13.3	13.5	1.13	1.05	1.00

そこで、それぞれの実験における脱窒能を比較すると、鹿屋土粉末の場合、添加に応じて脱窒速度が速くなり、40 mg/Lの添加で脱窒能の向上が最大1.13倍でほぼ頭打ちになった。普通シラス粉末においても、脱窒能の向上は見られるものの鹿屋土粉末と比較すると低く、20mg/Lの添加で頭打ちになった。比較のために行った活性炭素粉末は、3種類の粉末の中では比表面積が一番大きいですが、影響がほとんど見られなかった。

以上の結果から、鹿屋土が脱窒能向上の効果が一番高いことがわかった。また、先行事例における鹿屋土添加量でも脱窒能が向上している可能性が示唆された。

また金ら⁵⁾は、流動床生物活性炭において活性炭の吸着能が脱窒活性の向上に影響しており、アクリル管に充填した活性炭(約2Lに対し、330gの活性炭)を担体にして脱窒菌を1か月馴養して試験を行った結果、活性炭の有機物吸着能が脱窒活性の向上に影響を与えていると述べている。今回の試験においても、有機物吸着能の差によるものであれば、活性炭粉末の効果が大きくなるはずだが、添加量が少なすぎたためか、活性炭への馴養不足のためか活性炭による影響はほとんど確認できなかった。また、鹿屋土粉末と普通シラス粉末の硝酸イオンの吸着能も調べたが、ほとんど吸着能は見られなかった。これらのことから、有機物や硝酸イオンの吸着能による影響とは考えにくい。そのため現状では、脱窒能が向上する理由について不明であった。今後、実汚泥を用いた試験等を行い、検討する必要がある。

4. 結 言

活性汚泥とシラスの相互作用として、鹿屋土粉末13mg/Lの添加量で脱窒速度向上を確認することが出来、先行事例の添加量である1日あたり1.8mg/Lの添加量でも効果があ

ることが示唆された。また添加量の適量としては鹿屋土粉末40mg/Lであることがわかった。汚泥のコンディションによるが、無添加と比較して1.18~1.92倍の脱窒能の向上効果がみられた。

一般に脱窒量に比例して有機物(BOD)を消費するため、脱窒速度向上により排水処理全体でBOD負荷が若干減少することになる。先行事例においては、この効果も寄与することで、汚泥の状態が好転し沈降性の良い汚泥に変化したものと推定される。しかし、火山性ガラスである普通シラスでも若干の効果がみられることから今回確認試験をしていないシラス以外の鉱物や粘土などの無機性懸濁物質でも効果がある可能性が考えられる。また、模擬排水には金属酸化物や粘土鉱物の微粒子が存在しないので、現場から採取した汚泥を馴養すると当初含まれていた金属酸化物や粘土鉱物などが余剰汚泥の引き抜きに伴って減少消失する⁵⁾。従って本報で用いた活性汚泥には無機性懸濁物質がほとんど含まれていないため、実際の汚泥でも同様の効果が見られるのか今後確認する必要がある。

参 考 文 献

- 1) 向吉郁朗, 西和枝: 鹿児島県工業技術センター研究報告, 26, 15-17(2012)
- 2) 袖山研一: かがしまシラス産業おこし企業ガイドブック, 70-76(2011)
- 3) 山一軽石: かがしまシラス産業おこし企業ガイドブック, 46-47(2011)
- 4) 袖山研一, 中重明, 国生徹郎, 神野好孝, 菌田徳幸: 鹿児島県工業技術センター研究報告, 3, 31-39(1989)
- 5) 金徳鎮, 宮原高志, 野池達也: 土木学会論文集, 589, 87-96(1998)