The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Aerobic granular sludge augmentation strategyの希薄下水処理への適用に関する研究
Author(s)	三宅, 將貴
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/92905
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（三宅　將貴）	
論文題名	Aerobic granular sludge augmentation strategyの希薄下水処理への適用に関する研究

論文内容の要旨

下排水処理には一般的に活性汚泥法が利用されているが、汚泥の沈降性が不安定であるという課題を有している。この課題に対して、汚泥沈降性を高め、栄養塩除去性能の向上も可能な好気グラニュール汚泥（AGS）を用いた排水処理技術が注目を浴び幅広く研究が進められている。しかし、その多くは回分式反応槽（SBR）による処理法であり、希薄下水処理に適用されている連続流入式処理システムへのAGS技術の適用（CF-AGS）に関する知見は乏しい。近年では新たなCF-AGSとして、メインストリームプロセスである連続流入式活性汚泥法の反応槽に、サイドストリームのSBRで形成されたAGSを供給するAGS augmentation strategyが提唱されているが、本法についても希薄下水を処理対象とした研究例は見られない。AGS技術を広く適用し、活性汚泥法の有する汚泥沈降性の問題を解決していくためには、AGS augmentation strategyによる希薄下水の処理が可能であることを実証することが重要である。本論文は、希薄下水を処理対象とし、AGS augmentation strategyを用いたCF-AGSを実用化するための技術を確立することを目的として、本技術の実証に重点を置いた一連の研究開発を行ったものであり、緒論、計４章の本論、総括並びに結論で構成されている。

緒論では、既存の活性汚泥法による下水処理の課題、近年開発が進められているAGS技術に関する課題を整理したうえで、研究目的と本論文の概略を述べた。

第1章では、AGS形成に影響を及ぼす各種ファクターを整理し、希薄下水を対象としたAGS形成技術に関する既往研究を概観するとともに、これまでに提唱されているCF-AGSプロセスに関する既往研究をとりまとめ、その課題を把握することで本研究の位置づけを明らかとした。

第2章では、サイドストリームSBRにおける希薄下水を用いたAGSの効率的かつ安定的な形成条件を、ラボスケールリアクターを用いた試験により検証した。SBRでは、原水の流入と処理水排出を同時に行う工程（流入工程）、曝気による反応工程、汚泥沈降工程から構成される運転方式を採用し、流入工程における処理水交換率を高めて有機物負荷（OLR）を高めることで、早期のAGS形成が可能となることを明らかとした。また、高OLR条件下においても、形成されるAGSの性状を安定化するとともに、AGSの生成効率も高めることができる運転条件を確立した。

第3章では、AGS augmentation strategyを適用したCF-AGSによる希薄下水処理の可能性を、パイロットスケールプラントを用いて検証した。パイロットスケールのSBRを用いたAGS形成試験では、長い反応工程と短い反応工程を交互に行う運転方法を導入し、AGS性状の安定化とメインストリームプロセスへのAGS供給量増大の両立を可能とする高OLR運転技術を確立した。また、AGSの供給運転を行ったメインストリームプロセスでは、反応槽内でのAGSの保持によって汚泥沈降性が改善され、汚泥濃度を高めることが可能となった結果、OLRの変動が大きい条件下でも有機物およびアンモニア態窒素の安定処理が可能となった。これにより、AGS augmentation strategyを適用することで、希薄下水を対象とした場合においても、CF-AGSの処理効率の向上と安定化が可能であることを実証した。

第4章では、AGS augmentation strategyを用いたCF-AGSにおいて、メインストリームプロセス内での同時硝化脱窒反応（SND）を促進し、窒素除去性能の向上を可能とする運転方法の確立を試みた。メインストリームプロセスにおける曝気制御をアンモニア態窒素濃度の計測に基づいて行う方式を導入することにより、溶存酸素濃度を低いレベルで維持し得ることが確認され、SNDの促進とそれによる窒素除去性能の向上を達成できることを示した。また、窒素除去性能に加え、リン除去性能の向上と曝気量の削減効果も確認されたことから、本制御法を適用することでAGS augmentation strategyを用いたCF-AGSによる優れた高度処理性能と低カーボンフットプリント化が可能となることが明らかとなった。

総括ならびに結論では、以上の成果を整理し総括したうえで、本研究で開発したAGS augmentation strategyを用いたCF-AGSは、希薄下水を処理する既存下水処理設備に対して容易に適用し、性能を向上させることのできる有望な技術であると結論付けるとともに、実用化に向けた課題について述べた。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　三宅　將貴　）		
論文審査担当者	（職）	氏　名
	主 査　教授	池　道彦
	副 査　教授	近藤　明
	副 査　准教授	井上　大介
	副 査	
	副 査	
	副 査	
	副 査	

論文審査の結果の要旨

下排水処理に一般的に利用される活性汚泥法では、汚泥の沈降性が不安定であるという課題を有している。この課題に対して、汚泥沈降性を高め、栄養塩除去性能の向上も可能な好気グラニュール汚泥（AGS）を用いた排水処理技術が注目されているが、既往研究の大部分では回分式反応槽（SBR）による処理法が用いられており、希薄下水処理に適用されている連続流入式処理システムへの AGS 技術の適用（CF-AGS）に関する知見は乏しい。近年では新たな CF-AGS として、メインストリームプロセスである連続流入式活性汚泥法の反応槽に、サイドストリームの SBR で形成された AGS を供給する AGS augmentation strategy が提唱されているが、本法についても希薄下水を処理対象とした研究例は見られない。そのため、AGS 技術を広く適用し、活性汚泥法の有する汚泥沈降性の問題を解決していくためには、AGS augmentation strategy による希薄下水の処理が可能であることを実証することが重要である。

本論文は、希薄下水を処理対象とし、AGS augmentation strategy を用いた CF-AGS を実用化するための技術を確立することを目的として、本技術の実証に重点を置いた一連の研究開発を行ったものであり、緒論、計 4 章の本論、総括ならびに結論で構成されている。

緒論では、既存の活性汚泥法による下水処理の課題、近年開発が進められている AGS 技術に関する課題を整理したうえで、研究目的と本論文の概略を述べている。

第 1 章では、AGS 形成に影響を及ぼす各種ファクターを整理し、希薄下水を対象とした AGS 形成技術に関する既往研究を概観するとともに、これまでに提唱されている CF-AGS プロセスに関する既往研究をとりまとめ、その課題を把握することで本研究の位置づけを明らかとしている。

第 2 章では、サイドストリーム SBR における希薄下水を用いた AGS の効率的かつ安定的な形成条件を、ラボスケールリアクターを用いた試験により検証している。SBR では、原水の流入と処理水排出を同時に行う工程（流入工程）、曝気による反応工程、汚泥沈降工程から構成される運転方式を採用し、流入工程における処理水交換率を高めて有機物負荷（OLR）を高めることで、早期の AGS 形成が可能となることを明らかとしている。また、高 OLR 条件下においても、形成される AGS の性状を安定化するとともに、AGS の生成効率も高めることができる運転条件を確立している。

第 3 章では、AGS augmentation strategy を適用した CF-AGS による希薄下水処理の可能性を、パイロットスケールプラントを用いて検証している。パイロットスケールの SBR を用いた AGS 形成試験では、長い反応工程と短い反応工程を交互に行う運転方法を導入し、AGS 性状の安定化とメインストリームプロセスへの AGS 供給量増大の両立を可能とする高 OLR 運転技術を確立している。また、AGS の供給運転を行ったメインストリームプロセスでは、反応槽内での AGS の保持によって汚泥沈降性が改善され、汚泥濃度を高めることが可能となった結果、OLR の変動が大きい条件下でも有機物およびアンモニア態窒素の安定処理が可能となることを示している。これにより、AGS augmentation strategy

を適用することで、希薄下水を対象とした場合においても、CF-AGS の処理効率の向上と安定化が可能であることを実証している。

第 4 章では、AGS augmentation strategy を用いた CF-AGS において、メインストリームプロセス内での同時硝化脱窒反応（SND）を促進し、窒素除去性能の向上を可能とする運転方法の確立を試みている。メインストリームプロセスにおける曝気制御としてアンモニア態窒素濃度の計測に基づいて行う方式を導入することにより、溶存酸素濃度を低いレベルで維持し得ることを確認し、SND の促進とそれによる窒素除去性能の向上を達成できることを示している。また、窒素除去性能に加え、リン除去性能の向上と曝気量の削減効果も確認し、本制御法を適用することで AGS augmentation strategy を用いた CF-AGS による優れた高度処理性能と低カーボンフットプリント化が可能となることを明らかにしている。

総括ならびに結論では、以上の成果を整理し総括したうえで、本研究で開発した AGS augmentation strategy を用いた CF-AGS は、希薄下水を処理する既存下水処理設備に対して容易に適用し、性能を向上させることのできる有望な技術であると結論付けるとともに、実用化に向けた課題について述べている。

以上のように、本論文は、ラボスケール実験及び実下水処理場に設置したパイロットスケールプラントを用いた検証を通じて、AGS augmentation strategy を用いた CF-AGS が希薄下水処理に有効であることを明らかにし、更なる技術発展に寄与する重要な知見を導出している。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。