

微量元素の不足によるリン除去悪化の検討と不足元素の特定

The study on deterioration of enhanced biological phosphorus removal without trace element and specification of short trace element.

学籍番号 47-106757
氏名 佐藤 祐樹 (Yuki Sato)
指導教員 佐藤 弘泰 准教授

1. 背景と目的

生物学的リン除去プロセスは、経済的なリン除去の手法として多くの下水処理場で導入されているが、リン除去が不安定になる場合がある。その原因として、降雨の影響や下水中の有機成分の種類、水温、pH等の因子が指摘されているが、十分解明されるには至っていない。生物学的リン除去プロセスの不安定な処理性能の原因を解明するため、リン除去に関わる制限因子について、さらなる検討が必要である。

そこで、筆者は生物学的リン除去プロセスの制限因子の中でも、微量元素に着目した。微量元素は、生物にとってごく少量しか必要とされていないが、細胞機能にとって重要な元素である。微量元素の必要量と微生物の関係は、十分に解明されておらず、それは活性汚泥中の微生物、とりわけポリリン酸蓄積細菌においても例外ではない。

本研究は、生物にとって必要であると考えられている微量元素のうち、8つの微量元素 (Fe, Mo, Cu, Co, B, I, Mn, Zn) が、生物学的リン除去プロセスに及ぼす影響を明らかにすることが目的である。

2. 実験方法

本研究では、実下水処理場から種汚泥を採取し、人工下水を基質とした二つの実験室規模 SBR 式リアクター (実験系及び対照系) で、生物学的リン除去プロセスを運転した。

運転期間のうち、最初の期間は、準備期間として、実験系・対照系とも8種の微量元素を添加した人工下水で運転した。その後の期間は、比較期間として、実験系のみ微量元素の全て、もしくは一部の添加を停止し、運転を継続した。Run1 と Run2 では、8種の微

量元素の添加停止後、比較期間2として、微量元素の再添加を行った。各リアクターの比較期間において、人工下水に添加した微量元素の種類を表1.に示す。人工下水に添加した微量元素の濃度は、Fe 92 μ g/L、Mo 7.1 μ g/L、Cu 2.2 μ g/L、Co 13 μ g/L、B 7.8 μ g/L、I 41 μ g/L、Mn 9.9 μ g/L、Zn 8.1 μ g/Lである。

表 1. 比較期間に人工下水に添加した微量元素

Run 名	実験系	対照系
Run1	Fe, Mo, Cu, Co, B, I, Mn, Zn	Fe, Mo, Cu, Co, B, I, Mn, Zn
Run2	Fe, Mo, Cu, Co, B, I, Mn, Zn	
Run3	Fe, Mo, Cu, Co, B, I, Mn, Zn	
Run4	Fe, Mo, Cu, Co, B, I, Mn, Zn	
Run5	Fe, Mo, Cu, Co, B, I, Mn, Zn	
Run6	Fe, Mo, Cu, Co, B, I, Mn, Zn	
Run7	Fe, Mo, Cu, Co, B, I, Mn, Zn	
Run8	Fe, Mo, Cu, Co, B, I, Mn, Zn	

(取消線は添加しなかった元素を表す。)

リアクターの有効容積は10L、人工下水の流入と嫌気反応が1時間、好気反応が2時間、沈殿・放流合わせて1時間の合計4時間を1サイクルとして運転した。水理学滞留時間は約8時間、汚泥滞留時間は約7日と設定した。流入人工下水は、1サイクルあたり5Lを供給した。人工下水の組成は、酢酸ナトリウム3水和物113mg/L、プロピオン酸ナトリウム53.6mg/L、ペプトン100mg/L、酵母エキス20mg/L、塩化カリウム42mg/L、塩化カルシウム2水和物13.2mg/L、硫酸マグネシウム7水和物110mg/L、リン酸水素2カリウム72mg/Lである。

各リアクターの各Runの運転期間(Run1~Run8)は、2011年の1月~11月にかけて行った。途中、外部からの汚泥の植種は行わず、二基のSBRの運転を継続した。各Runの開始時、二基の汚泥を混合し、

その後、各 Run を運転した。各 Run の終了後、リン除去が悪化した汚泥は廃棄し、4°Cの冷蔵庫に蓄えた余剰汚泥を追加して汚泥を補った。

運転期間中は、嫌気反応終了時と好気反応終了時の DOC、及び好気終了時のリン酸濃度、MLSS を測定した。DOC は混合液中の有機物濃度、MLSS はリアクター内の生物量を指す。

3. 実験結果

3-1. 微量元素の添加停止によるリン除去機能悪化及び微量元素の再添加によるリン除去改善の検討

Run1 のリアクターの運転状況を図 1 に表す。Run1 では、実験系で微量元素の添加停止後にリン除去が悪化した。微量元素の添加を続けた対照系では、良好なリン除去が維持された。また実験系で微量元素の添加停止後、MLSS の低下、嫌気反応時の DOC の上昇が見られたが、対照系では MLSS も DOC も安定していた。

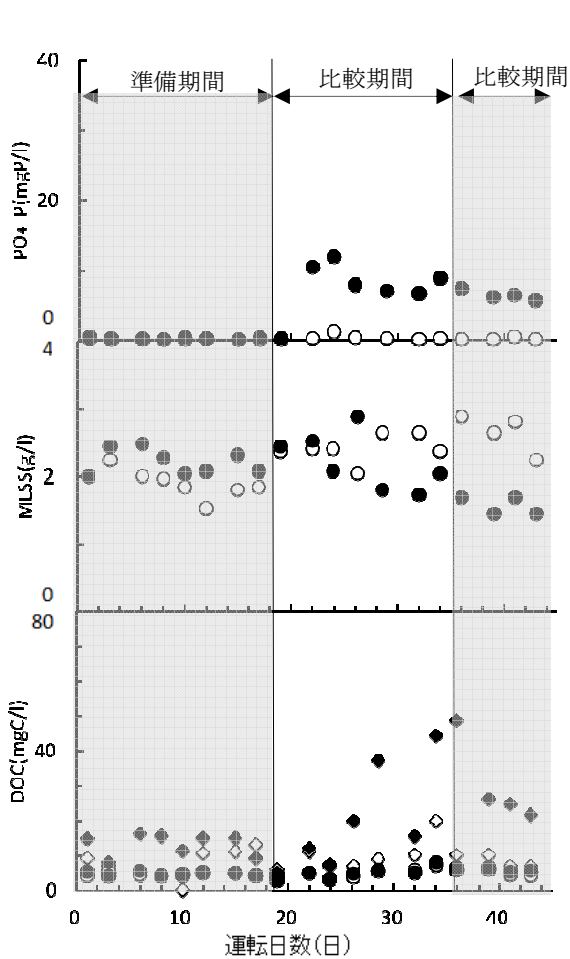


図 1. Run1(8 種全て添加停止)

その後、実験系の人工下水に微量元素を再添加したが、リン除去、MLSS、DOC とともに改善が見られなかった。また同じ実験を 2 回行ったが、同様の結果が得られた。

Run2 のリアクターの運転状況を図 2 に表す。Run2 では、実験系で微量元素の添加停止 2 日後にリン除去が悪化した。同日に微量元素を再添加したところ、1 日でリン除去が改善した。一方、微量元素の添加を続けた対照系では、良好なリン除去が維持された。また実験系で微量元素の添加停止後、MLSS、DOC とともに変化は見られなかった。一方、対照系では、どの測定項目も安定していた。この結果から、微量元素の添加を停止すると、リン除去が悪化することが分かった。また微量元素の添加を 7 日間停止した場合、微量元素を再添加してもリン除去は改善しないが、添加を 2 日間停止した場合は、1 日でリン除去が改善することが分かった。

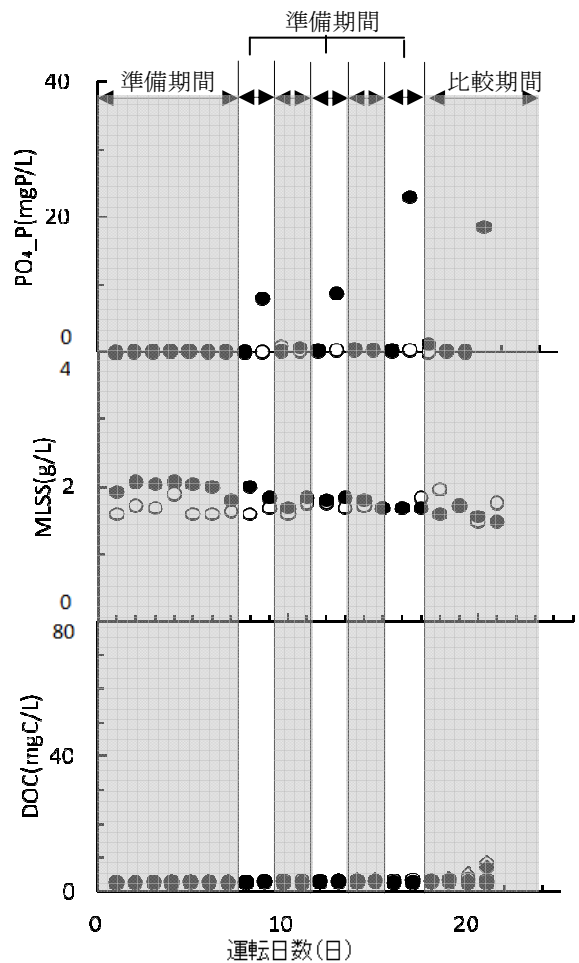


図 2. Run2(8 種全て添加停止)

3-2. 生物学的リン除去における不足元素の特定

Run1の結果より、実験系で添加を停止した8元素のうち、いずれかが不足したためにリン除去が悪化したものと推察された。またRun2より、微量元素の添加停止から2日でリン除去の悪化が見られたことから、実験系では運転開始後4日で添加する微量元素の種類を減らし、その後3日間運転した。対照系では、常時人工下水に微量元素を添加して運転した。Run3(Fe, Mo, Cu, Coのみ添加)、Run4(B, I, Mn, Znのみ添加)、Run5(Fe, Moのみ添加)、Run6(Cu, Coのみ添加)、Run7(Feのみ添加)、Run8(Moのみ添加)と検討を続け、Cu, Co, B, I, Mn, Znについては添加を停止してもリン除去には影響がないことが確認された。

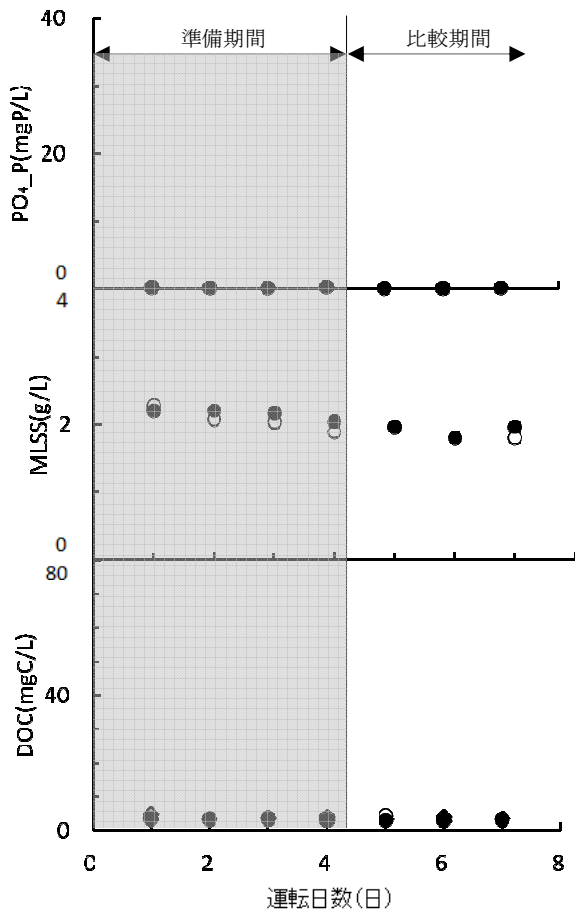


図3. Run3(Fe, Mo, Cu, Coのみ添

一方、Feの添加を停止したRun4、Run6、Run8では、リン除去が明らかに悪化した。また、Moの添加を停止したRun7もリン除去がやや悪化する傾向が見られた。常時人工下水を添加した対照系では、汚泥の状態の悪かったRun8を除き、良好なリン除去が行われていた。

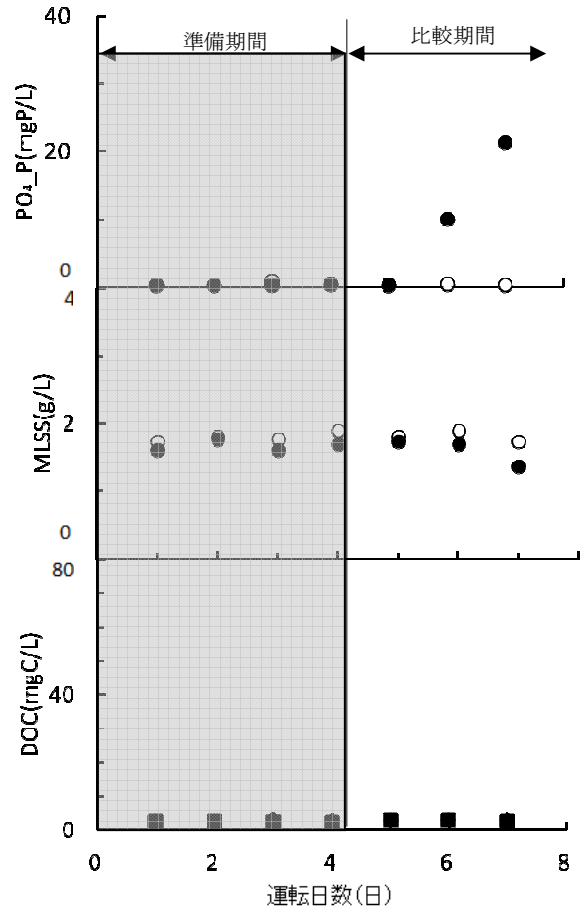


図4. Run4(B, I, Mn, Znのみ添加)

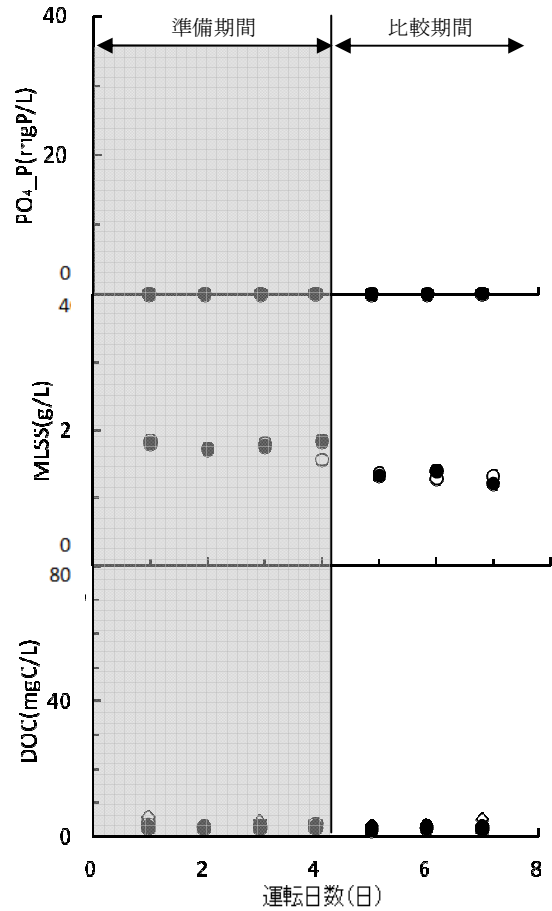


図5. Run5(Fe, Moのみ添加)

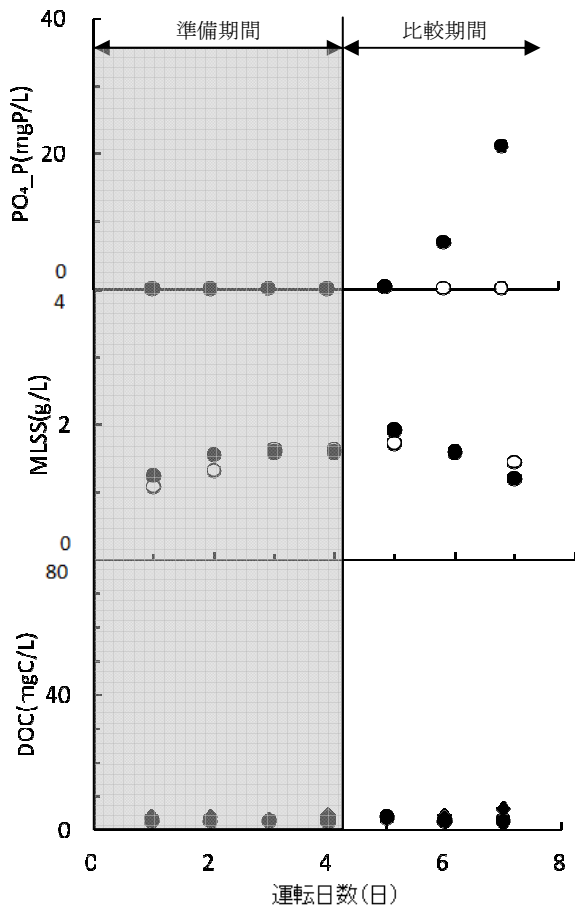


図 6. Run6(Cu, Coのみ添加)

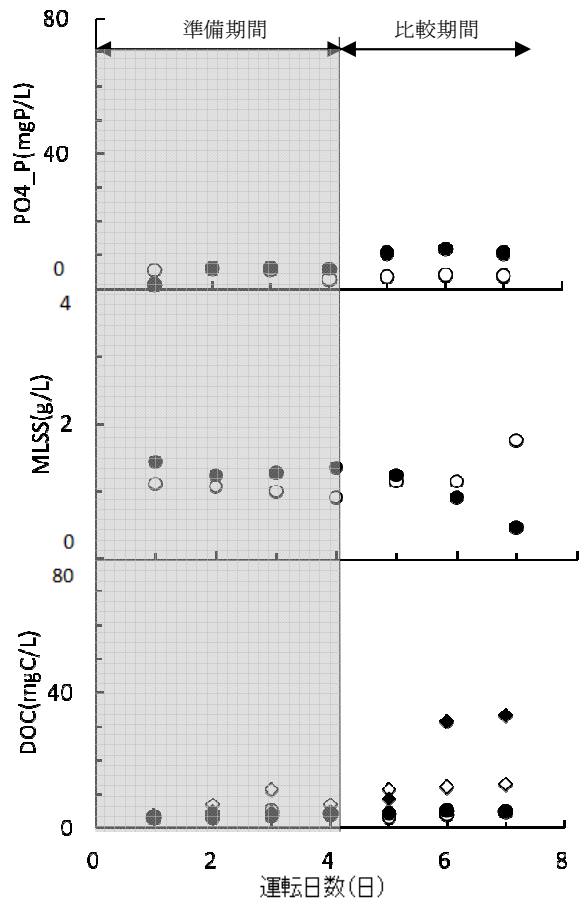


図 8. Run8(Moのみ添加)

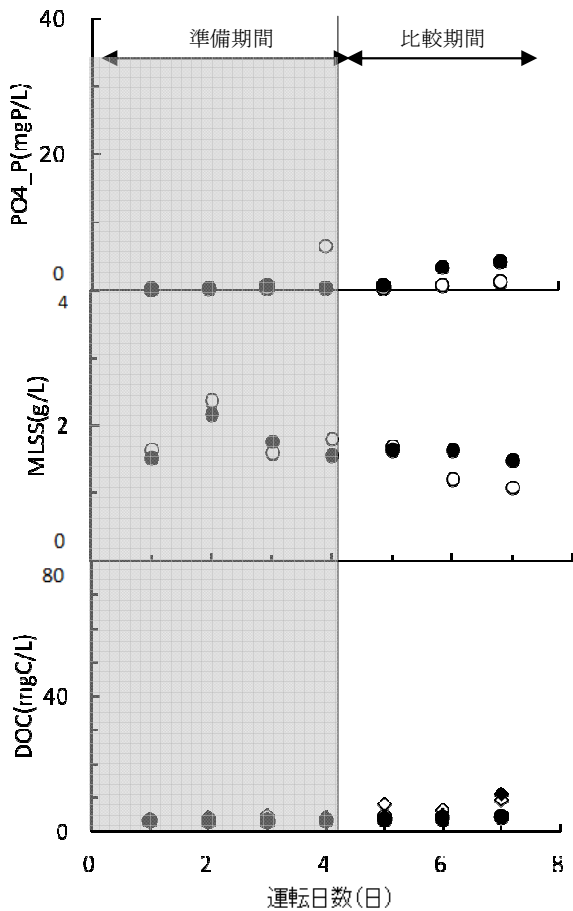


図 7. Run7(Feのみ添加)

この結果から、少なくとも、本研究で運転した活性汚泥リアクターについては、良好なリン除去を行うためにFeあるいはMoの供給が必須であったと考えられる。

4. 結論

本研究で運転した活性汚泥リアクターについては、微量元素の添加を停止すると、生物学的リン除去が悪化することが分かった。また微量元素の添加を7日間停止した場合、その後再添加してもリン除去は改善しないが、2日間停止した後再添加すると、リン除去を1日で改善できるという知見を得ることが出来た。そして良好なリン除去を行うためにFe、そして恐らくMoの添加が必須であるという結果を得られた。

参考文献

- 1) Development of the quantitative PCR method for Candidatus 'Accumulibacter phosphatis' and its application to activated sludge, Fukushima et al., Journal of Water and Environment Technology, 2007, 5(1), 37-43.