

生物膜を用いた、活性汚泥の二次処理水中の窒素、リン除去

金沢大学工学部

正会員

池本 良子

金沢大学工学部

学生会員

○大山 和栄

野田 卓史

1. はじめに

硫酸塩還元が主体的に起こる嫌気性生物ろ床の生物付着担体として鉄材を投入することにより、有機性排水、無機性排水いずれにおいても、りん除去が可能であることを報告した。本研究では、りん除去機構について回分実験により検討を行った。

2. 実験方法

実験装置には図—1に示す直径100mm、高さ300mm、容積2.356mLのアクリル樹脂製カラムを用い、カラム下半分に鉄くずを充填し、上部には発泡ポリプロピレン担

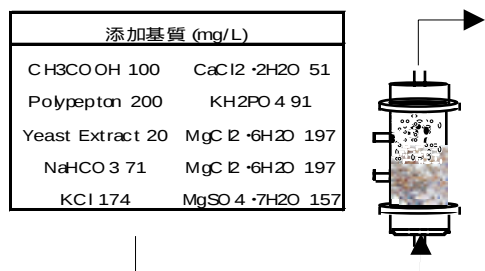


図 - 1 装置図

表 - 1 回分実験実行表

		基質	生物膜	鉄	量 (g)	Mo	O ₂
S-1	0+IW+O ₂	0	○	○	1	x	○
S-2	I+IW+O ₂		○	○	1	x	○
S-3	0+IP+O ₂	0	x	○	13	x	○
S-4	I+IP+O ₂		x	○	13	x	○
S-5	0+IP	0	x	○	13	x	x
S-6	I+IP		x	○	13	x	x
S-7	0	0	x	x	x	x	x
S-8	I		x	x	x	x	x
S-9	0+IP	0	○	○	13	x	x
S-10	I+IP		○	○	13	x	x
S-11	0	0	○	x	x	x	x
S-12	I		○	x	x	x	x
S-13	0+IP+Mo	0	○	○	13	○	x
S-14	I+IP+Mo		○	○	13	○	x
S-15	0+Mo	0	○	x	x	○	x
S-16	I+Mo		○	x	x	○	x

(0:有機基質,I:無機基質,IW:針金,IP:鉄粉,O₂:酸素、Mo:モリブデン)

体を充填した。20℃の恒温室内で、カラム下部から人工排水40mL/dayで通水した。実験開始から50日程度で生物膜の形成が確認できたことから、流入および流出水を計日できに採取して分析を行った。実験開始後168日後にカラム内の生物膜を取りだして、容積102mLのふらん便を用いて表-1に示す条件で回分実験を行った。基質としては、事項下水と同組成の有機脂質または、そこから有機物を除いた無機基質を用い、鉄材としては、鉄粉(IP)および針金(IW)を用いた。S-1～S-4は基質の窒素曝気を行わず、酸素が混入した状態で行ったものであり、S-5～S-16は窒素パージにより嫌気条件で行った物である。S-11～S-16では硫酸塩還元細菌の阻害剤としてモリブデン酸ナトリウムを添加した。

3. 実験結果と考察

1) りん除去量の変化

図2は硫酸塩濃度の経日変化を示したものである。水質分析を開始した50日目以降硫酸塩が減少し、硫酸塩還元が行われていることがわかる。回分実験のために168日後に装置内の生物膜を引き抜いたが、硫酸塩還元率に変化は認められなかった。図-3はりん酸塩濃度とりん酸除去量の変化を示したものである。運転開始から170日目までは、流入水中のりん酸塩濃度が高いために除去率は10.9%～60.4%であるが、りん除去量は5.9mg/L～31.8mg/Lと高いりん除去量を示した。都市下水程度のりん濃度であれば、十分に除去が可能であると考えられる。一方、170日目以降りんの除去量が一日しく低下した。221日目に装置の逆洗浄を行った結果、りん除去量の回復が認められたことから、りん除去率の低下は、鉄くず表面へのりん酸鉄および硫化鉄の付着によるものであり、りん除去量の継続には定期的な逆洗浄が必要であると考えられる。さらにその後装置を解体した結果、鉄の腐食が著しく進行し、鉄が粉々になっているのが観察されたことから、鉄の充填量の増大と定期的な補給が課題である。

硫酸塩還元、鉄接触材、回分実験、経日変化

〒920-8667 石川県金沢市小立野金沢大学工学部 (TEL)076-234-4641 (FAX)076-234-4644

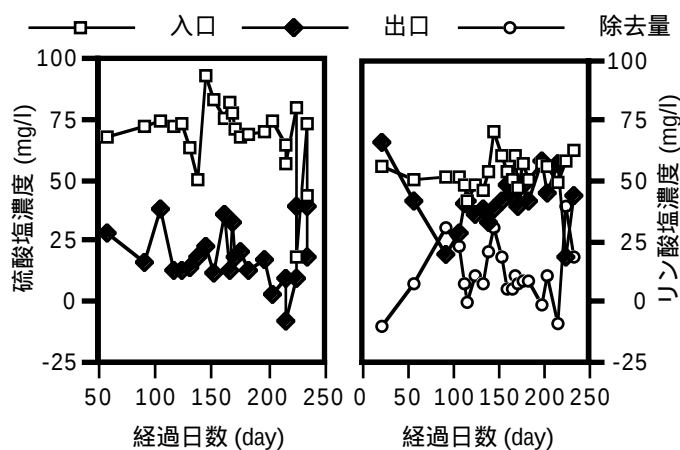


図2 硫酸塩濃度経日変化 図3 リン酸塩濃度経日変化

2) リン除去機構

図-4は装置内の生物膜を用いた回分実験の典型例として、嫌気条件で有機基質を用いて鉄粉を13g添加したS-10の結果を示したものである。硫酸塩還元に伴い、りん酸塩が減少している。また、pHの増大が認められた。硫酸塩還元による鉄腐食にともなうりん除去は次のような理論式で示すことができる。

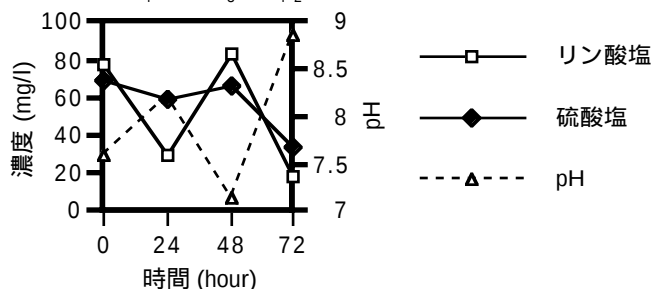


図4 S-10 典型例

1モルの硫酸塩の還元に伴い2モルのりんが除去できることになるが、実験結果は硫酸塩還元量の方がりん除去量をはるかに上回っていた。これは、有機物の分解に伴う硫酸塩還元が同時に進行しているためと考えられる。

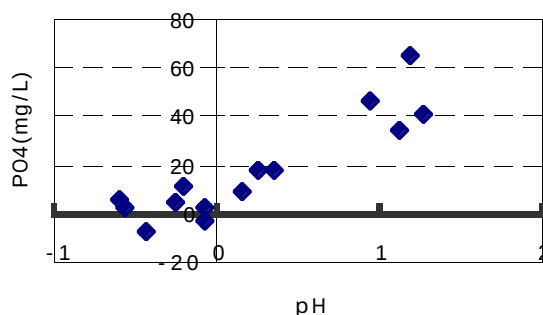
表-2にそれぞれの回分実験におけるりん除去量と硫酸塩還元量、pHの増加量をまとめて示した。酸素の存在する条件のS-1~S-4では生物膜が存在しなくともりん酸塩が減少した。これは、酸素が水素受容体となったためと考えられる。嫌気条件では、生物膜も鉄も添加しない場合(S-7,S-8)や、微生物のみを添加した場合(S-11,S-12)には、りん除去はほとんど起こらなかった。鉄のみを添加した場合には好気条件よりもりん除去速度が遅いがりんの除去は行われた(S-5,S-6)が、微生物と鉄が共存するとりんが除去速度が増大した(S-9S-10)。モリブデン酸ナトリウムを添加して硫酸塩還元を抑制するとりん除去速度が低下するが、鉄が存在すればりん除去が行

われた(S-13,14)。これは、硫酸塩還元細菌以外にも水素を消費することにより鉄の腐食を促進する微生物が存在するためと考えられる。

りん除去が行われるとpHの上昇が認められたことから、りん除去量とpHの増加量をプロットしたのが、図5である。りん除去量が多いとpHがより上昇する傾向が認められた。これは、鉄の溶出に伴うOH⁻の増大に起因するものであり、りんは鉄の溶出によって除去されていることを示すものである。その際発生する水素を酸素や硫酸塩還元細菌、メタン生成細菌等が酸化することによって、反応がより進行し、りん除去が促進され则认为られる。

表-2 回分実験結果

		pH変化	りん除去速度	硫酸塩還元速度	リン酸低下量
S-1	0+IW+O2	-0.2	0.48	2.596	11.521
S-2	I+IW+O2	0.15	0.216	1.296	9.217
S-3	0+IP+O2		0.784	-0.204	56.452
S-4	I+IP+O2		0.752	-0.178	54.147
S-5	0+IP	0.34	0.256	-0.011	18.433
S-6	I+IP	0.24	0.256	-0.131	18.433
S-7	0	-0.6	0.048	0.065	3.456
S-8	I	-0.1	-0.032	0.014	-2.304
S-9	0+IP	1.18	0.912	0.633	65.668
S-10	I+IP	1.27	0.401	0.481	41.475
S-11	0	-0.1	0.048	0.817	3.456
S-12	I	-0.4	-0.096	0.926	-6.912
S-13	0+IP+Mo	0.93	0.656	0.007	47.235
S-14	I+IP+Mo	1.11	0.48	-0.154	34.562
S-15	0+Mo	-0.6	0.096	-0.108	6.912
S-16	I+Mo	-0.3	0.08	-0.064	5.76

図-5 pHとPO₄との関係

4. 結論

嫌気性生物ろ床に鉄くずを充填することにより、滞留時間1.5hr程度でmg/Lのりん酸塩の除去が可能であった。りん除去量は生物膜の付着により低下したが、逆洗浄によって回復した。

生物膜のりん除去機構は、鉄内部での電子の移動による鉄イオンの溶出に伴うものであり、その際に発生する水素を硫酸塩還元細菌およびその他の嫌気性細菌が利用することによって鉄イオンの溶出が促進され、りん除去速度が増大した。