

A L C を用いたリン除去に関する基礎的検討

九州共立大学 学生員○紫関正興 副島洋史 堂本昌嗣
正 員 森山克美

1. はじめに

都市下水からリンを除去する技術としては、嫌気-好気法、嫌気-無酸素-好気法などの生物学的処理法、生物反応槽へ凝集剤を直接添加する同時凝集法や二次処理水を対象とした晶析脱リン法などの化学的処理法が実用化されている。これらは、処理規模の比較的大きな実施設で採用されつつあるが、余剰汚泥発生量の増加や処理前後での水質調整のための前処理、後処理を必要とするなど、中小規模の処理場への適用にあたっての課題も残されている。一方、ここで報告するA L C (Autoclaved Lightweight Concrete)を用いたリン除去法(今田ほか、1994)は、処理に比較的長い時間を要するが、複雑な調整を必要とせず、また汚泥発生量の増加もない等、中小規模処理場への適用性に優れた特徴を有する。本論文は、このA L Cによるリン除去法の設計において必要となるリン除去反応の形式とその反応速度に及ぼす水温、リン($\text{PO}_4\text{-P}$)濃度、および反応槽をカラムとしたときの空塔速度(SV : Space Velocity)の影響について検討を加えたものである。

2. 反応速度式

本研究では、図-1あるいは図-2に示すカラム反応装置でリンを添加した水道水をポンプ循環させ、経時的にリン濃度を計測するカラム型式の回分実験を行った。この実験のリン除去反応速度式として、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度に関する一次反応を仮定し、式(1)とした。

$$\frac{d(P \cdot V_w)}{dt} = -k \cdot V_a \cdot P \quad \dots (1)$$

ここに、 P : $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度 (mg/ℓ)

V_w : 液容積 (ℓ)

V_a : A L Cかさ容積 (ℓ)

k : 反応速度定数 (hr^{-1})

したがって、実験データを用いて次式(2)で k を求めた。

$$k = \frac{\ell \ln(P_0/P)}{t} \cdot \frac{V_w}{V_a} \quad \dots (2)$$

P_0 : 初期 $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度 (mg/ℓ)

V_a は、A L Cかさ容積であるので、A L C粒径によって、同一かさ容積に充填できるA L C量やその表面積は異なることになる。したがって、本実験で得られた反応速度定数は、後述の粒径範囲のA L Cにおける値となる。

3. 実験装置及び実験方法

回分実験には2種類の実験装置A、Bを用いた。図-1に実験装置Aを示す。装置Aでは、カラムにA L Cをかさ容積1000 ml 充填し、ポンプを用いて後述の $\text{SV} 4.64\text{hr}^{-1}$ 、 11.8hr^{-1} の実験では700 ml 、 $\text{SV} 205\text{hr}^{-1}$ の実験では1000 ml の所定の初期濃度のリン溶液を循環させ、受水槽から採水した。受水槽には100 ml の溶液を溜めるようにした。図-2に実験装置Bを示す。装置Bでは、カラムにA L C1000 ml を充填し、所定濃度のリン溶液を1200 ml 入れ、エアリフトにより循環させた。A L Cは、10 mm を通過し5 mm ふるいに留まったもの90%、5 mm を通過し0.1 mm

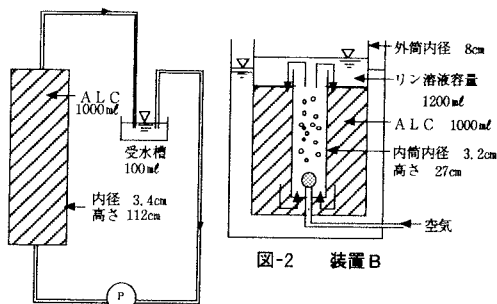


図-1 装置A

リン溶液容量 700 ml ($\text{SV} 4.64$ 、 11.8hr^{-1} の時)
又は 1000 ml ($\text{SV} 205\text{hr}^{-1}$ の時)

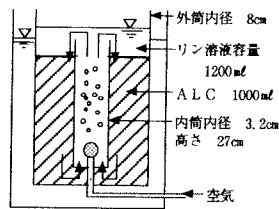


図-2 装置B

に留まったもの9%、0.1mmを通過したもの1%であるから、10mm以下5mm以上のものと考えて良い。

(1)水温の影響に関する実験 実験には、装置Aを用いた。①水温12-16度、②水温16-19度、③水温22-23度、④水温23-27度の4段階に分け、①・②では未使用のALCを使用、③では①のALC、④では②のALCを使用した。すべての実験は $SV=11.8\text{hr}^{-1}$ 、 P_0 (初期 P_0 -P濃度) = 5mg/l の条件とした。

(2)リン濃度の影響に関する実験 実験には、装置Bを用いた。 P_0 を、① 0.5mg/l 、② 1mg/l 、③ 5mg/l 、④ 10mg/l の4段階に分け、①・②では未使用のALCを使用し、③では①のALC、④では②のALCを使用した。水温は 20°C の一定とした。

(3)SVの影響に関する実験 実験には、装置Aを用いた。同一ALCを用いて、 SV 4.64hr^{-1} 、 11.8hr^{-1} 、 205hr^{-1} の順で、実施した。すべての実験は水温 20°C 、 $P_0=5\text{mg/l}$ の条件とした。

採水は、いずれの実験でも10分間隔で60分まで行った。

4. 実験結果及び考察

(1)水温の影響 図-3に実験結果を示す。図に示す直線で近似した部分の反応速度定数 k を式(2)により求めると、表-1の値が得られた。 k の値は、低水温時が若干大きい値を示している。しかしながら実験の再現性として、この程度の違いがあることを考えれば、水温の影響はほとんどないと考えられる。

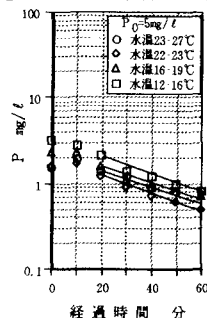


図-3 水温の影響

(2)リン濃度の影響 図-4に実験結果を示す。片対数紙上で、リン濃度が低くなるに従い除去速度が低下することが読み取れる。そこで、図-4の10分間隔の各測定点間で k を求め、その区間の平均リン濃度に対してその k 値をプロットした結果を図-5に示す。この結果よりリン濃度が高くなるに従い一次反応速度定数 k が大きくなることが分かる。

表-1
 k に及ぼす水温の影響

水温 ($^\circ\text{C}$)	k (hr^{-1})
12-16	1.26
16-19	1.38
22-23	1.16
23-27	1.08

(3)SVの影響 上記(2)の結果でリン濃度の影響が明らかになったので、 SV の違いをパラメータにして、図-5と同じようにデータを整理した結果を図-6に示す。 SV の違いに関係なくリン濃度と k の関係がほぼ一つの直線で近似できることから、 SV の違いによる影響はないものと考えられる。

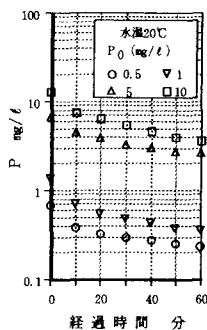


図-4 リン濃度の影響

5. おわりに

本研究では、ALCによる排水からのリン除去法における基礎的影響因子について検討した。その結果、水温およびカラム反応塔における空塔速度 SV は反応速度に影響を及ぼさないことが確認された。リン濃度については、反応速度様式を一次反応として解析したが、結果的には完全な一次反応では表現できず、リン濃度に比例して更に一次反応速度定数が大きくなることを明らかにした。ALCによるリン除去機構には不明な点が多く、提案した反応速度式では、ALC単位かさ容積基準の反応速度定数を求めたが、ALC粒体の表面積基準、あるいは内部の細孔表面積も含めた表面積基準、晶析反応が可能な表面積基準など、反応の基準となる部位の考え方も、ALCによるリン除去機構と共に今後さらに検討しなければならない。

【参考文献】

今田ほか、1994：ALCのリン除去に関する基礎的研究（Ⅱ）、土木学会第49回年次学術講演会講演概要集2-B

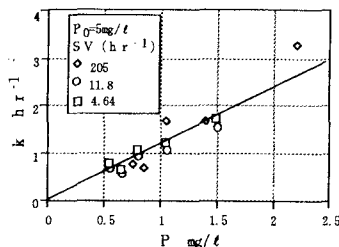


図-5 SVの影響

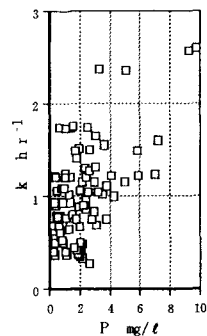


図-6 一次反応速度定数のリン濃度による変化