

~~~~~

## 第5章 反応槽器の検討

~~~~~

5.1 目的

本プロジェクトで用いた吸着剤は実廃液や廃棄物からの溶出液に対しても高い吸着能を示した。粒子径の小さい吸着剤を用いる大きな表面積で吸着率は高くなるが、第2章で検討したように沈降性が悪くなって連続処理に適しない。また固定相リアクターで処理するにしても体積の膨潤の恐れがある。そのために本吸着剤に適したリアクターをひとつひとつ検討をおこなった。

- 1 吸着塔の主流を占めている固定相型反応槽の適用。
- 2 固定相型を選択しないときには攪拌槽式が考えられ吸着剤の分離をするに、沈殿部分が必要となる。本提案吸着剤は粒子径が大きいときには沈降速度が大きく取れるので、上端に設ける排出口を粒子径より小さくすることで一槽式の反応槽を構成することができる。
- 3 反応場を高密度にしてより吸着率を高めるのに流動層型反応槽が考えられる。

5.2 固定相型反応槽

5.2.1 リン溶液の吸着

1) 実験方法および材料

Zr-SOJR 300 mg を **Fig. 5.1** のように充填したカラムに pH 7 のリン濃度 10 mg/dm^3 を流

速 $5 \text{ cm}^3/\text{h}$ で通液させた。一定時間おきに流出液を回収し、リン濃度を ICP 原子発光分光光度計(Shimadzu ICPS-8100)により測定した。

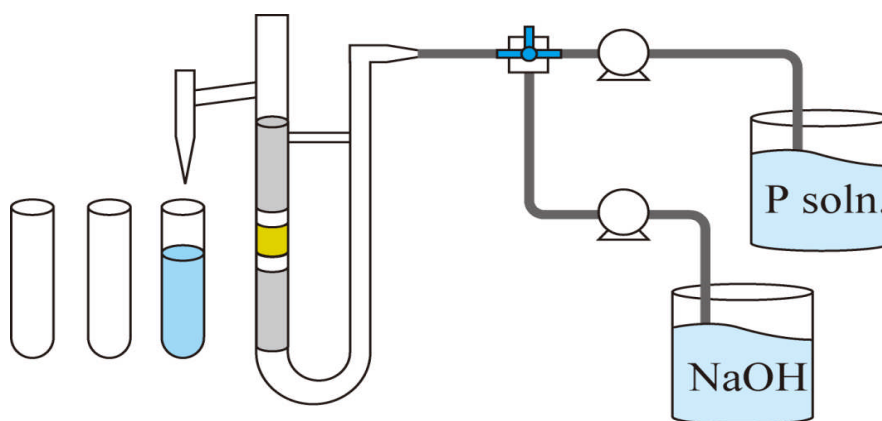


Fig. 5.1 装置図

飽和吸着後、 0.2 M NaOH を $5 \text{ cm}^3/\text{h}$ で通液し、吸着されたリン酸イオンの脱着を行った。しかし、チューブが外れ通液できなかった。これは NaOH を流すことで Zr-SOJR が膨潤したため通液できなかったと思われる。

2) 結果および考察

リン酸溶液を通液した場合のリン吸着破過曲線を **Fig. 5.2** に示す。 $B. V. = 100$ まで完全に吸着し、その後リンが流出し始めた。このときの吸着量は 0.15 mol/kg であった。

5.2.2 二次処理水のカラム実験

1) 実験方法

Zr-SOJR 100 mg を充填したカラムにろ過した二次処理水を流速 $12 \text{ cm}^3/\text{h}$ で通液させた。一定時間おきに流出液を回収し、リン濃度を ICP 原子発光分光光度計(Shimadzu ICPS-8100)により測定した。吸着後、 0.2 M NaOH を $8 \text{ cm}^3/\text{h}$ で通液し、吸着されたり

ン酸イオンの脱着を行った。一定時間おきに流出液を回収し、リン濃度を ICP 原子発光分光光度計(Shimadzu ICPS-8100)により測定した。

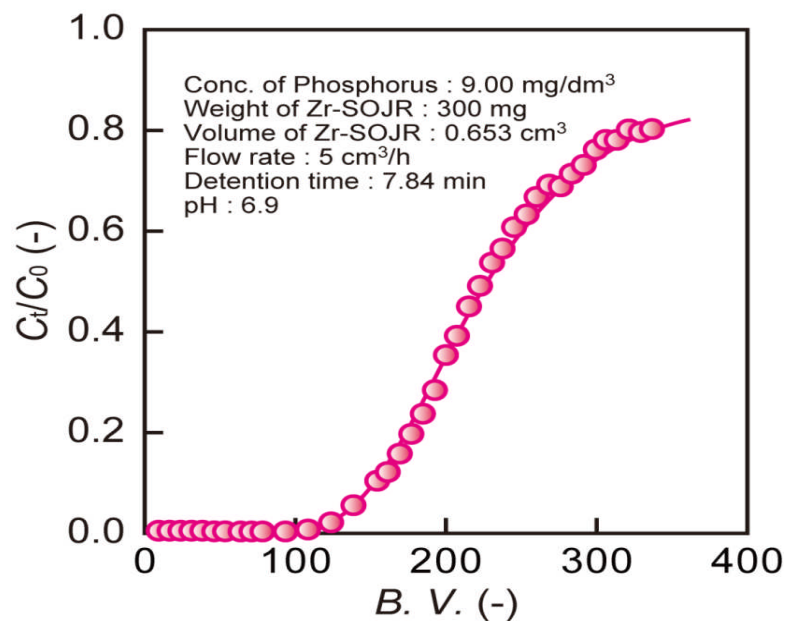


Fig. 5.2 吸着破過曲線

2) 結果と考察

Zr-SOJR を用いた固定相による二次処理水中のリン吸着の破過曲線を **Fig. 5.3** に示し、吸着後の溶離曲線を **Fig. 5.4** に示す。吸着は $B.V.$ 約 300 で破過に達し、その後 3000 程度まで吸着された。このときの吸着量は 1.31 mo/kg であった。脱着濃度を吸着時の流入濃度と比較すると約 54 倍の濃縮で回収できた。このときの脱着率が 1.24 mol/kg であった。よって、回収率は 94.6%と高い値を示した。このことから、二次処理水からの吸着および濃縮が可能だと

思われる。

今回、脱着まで行えたのは吸着剤を充填する際に詰めすぎないように注意したためである。しかし、NaOH を通液し続けると流速は低下した。このため B. V. = 50 あたりで洗浄する蒸留水を通液するべきである。

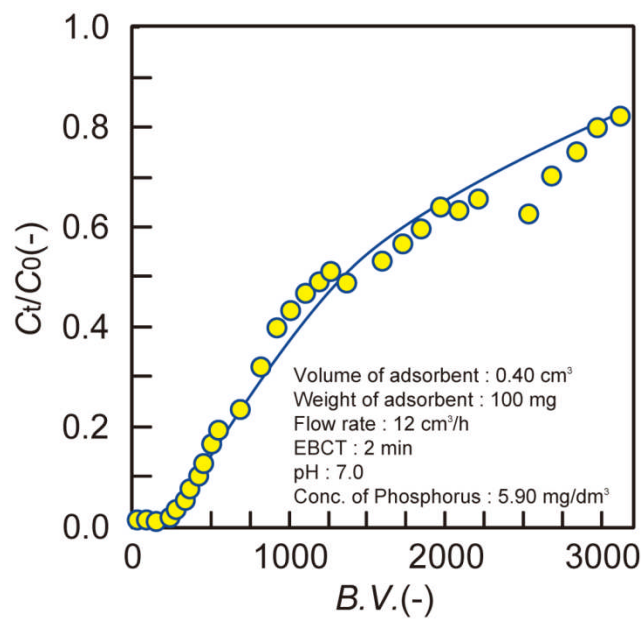


Fig. 5.3 実排水での吸着破過曲線

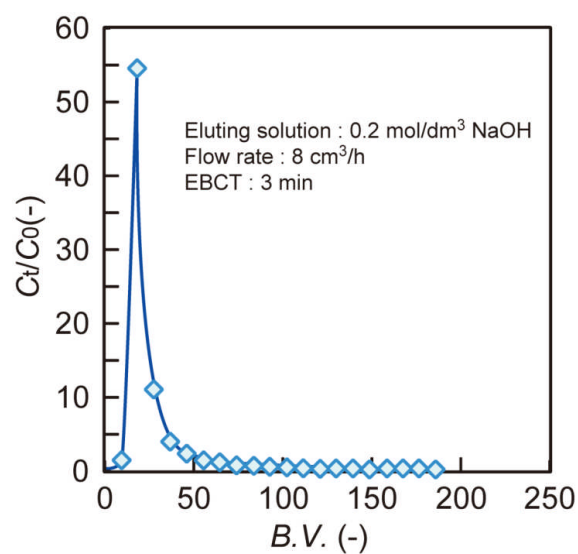


Fig. 5.4 脱着曲線

5.3 攪拌型反応槽

5.3.1 実験方法と実験材料

固定相式反応槽で Zr-SOJR が膨潤し圧力損失が大きくなり、カラムが閉塞した。そこで 2 章の検討から 粒径を $150\mu\text{m}$ 以上の粒子を用いて分離しやすい状況にすると、一槽式での対応が可能と考えられる。そこで **Fig.5.5** に示すように $10\text{ cm}\times 10\text{ cm}\times 20\text{ cm}$ の反応槽で実験を行った。

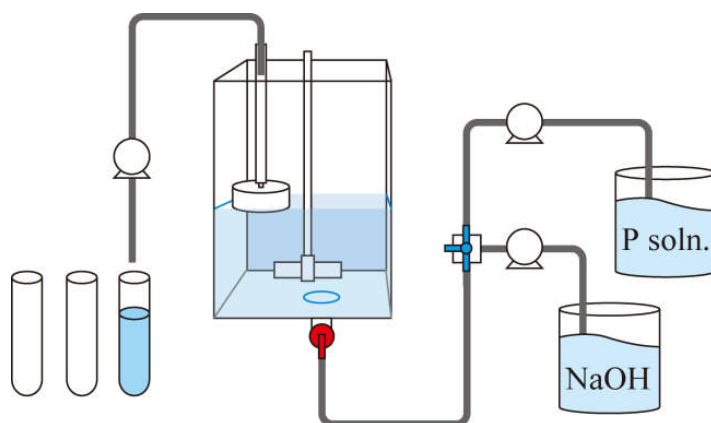


Fig. 5.5 一槽式攪拌型反応槽

Zr-SOJR 5.00 g を反応槽に加え、 $\text{pH } 7$ でリン濃度 10 mg/dm^3 のリン溶液を流速 $50\text{ cm}^3/\text{h}$ で通液した。時間毎にフラクションコレクターでサンプルを回収しリン濃度を ICP 原子発光分光光度計(Shimadzu ICPS-8100)で測定した。また奪着は槽内の吸着剤を回収し 0.2 M NaOH を加え 150 cm^3 にした。攪拌機で 24 時間攪拌を行った。ろ過を行い、リン濃度を ICP 原子発光分光光度計(Shimadzu-ICPS-8100)で測定した。

5.3.2 結果と考察

リンの連続処理結果を **Fig. 5.6** に示す。リン濃度は時間経過に伴い低下し、ある程度時間が経つと上昇し始めた。同じ傾向で比例的に変化をすると、今後 $B. V. = 2600$ 程度まで吸着可能とみなせる。Zr-SOJR のリン吸着量は、この時点で 0.241 mol/kg であった。また 脱着液のリン濃度は 88.3 mg/dm^3 で、脱着操作の合計脱着率が 83.1% であった。

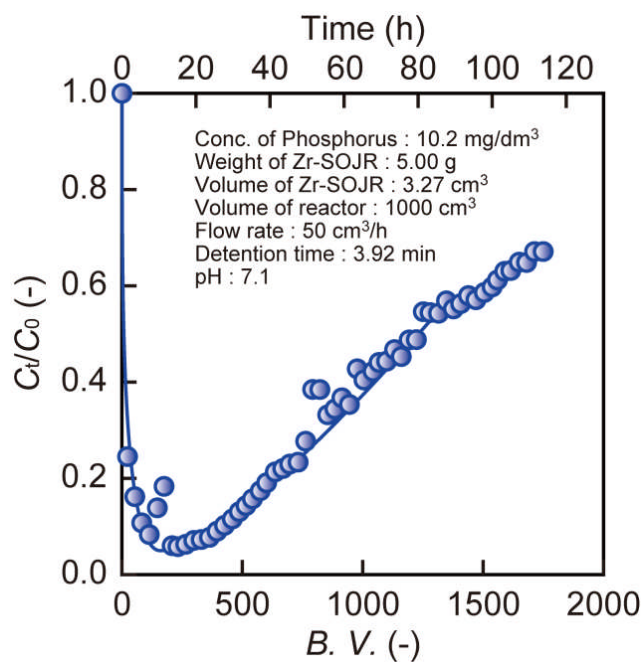


Fig. 5.6 CSTR を用いたリンの連続処理結果

5.3.2 まとめ

・大きな粒子径の吸着剤を用いることで分離が容易となり沈殿槽不要の一層式攪拌混合槽での処理が可能であった。

しかしながら脱着が連続的に行う工夫が必要である。

5.4 流動層式反応槽

5.4.1 実験装置と実験方法

装置図を Fig 5.7 に示す。流動層は Fig. 5.8 および Fig.5.9 に示すように粒子が高密度で流動する流動部と上部の断面積の大きな沈殿部から構成される。吸着剤粒子は供給液および循環液の上向流に伴って移動するが、断面積の大きな沈殿部で流速が遅くなり流動層部に沈降するので分離が可能となる。それは粒子の大きな吸着剤を用いることで、また体積が膨潤してさらに粒子径が大きくなることでも容易になる。

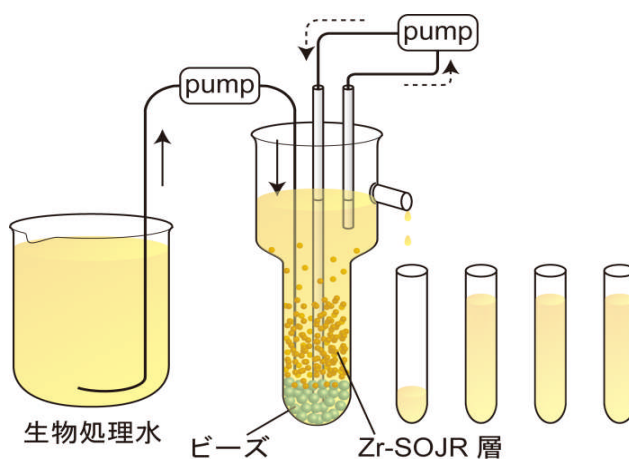


Fig5.7 流動層型実験装置図

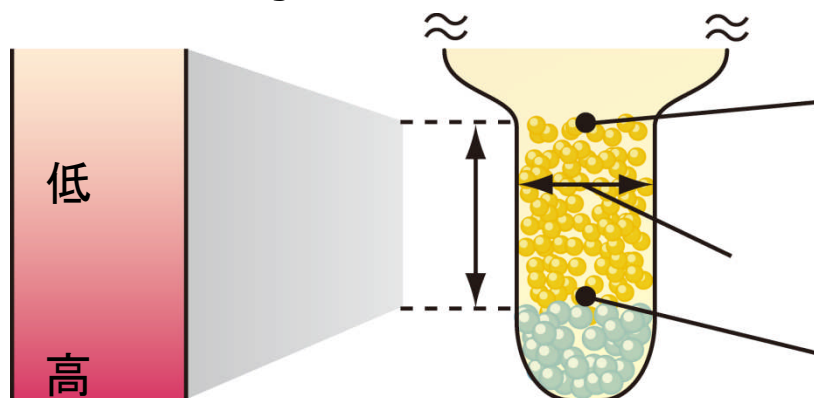


Fig5.8 流動層概要（濃度勾配）

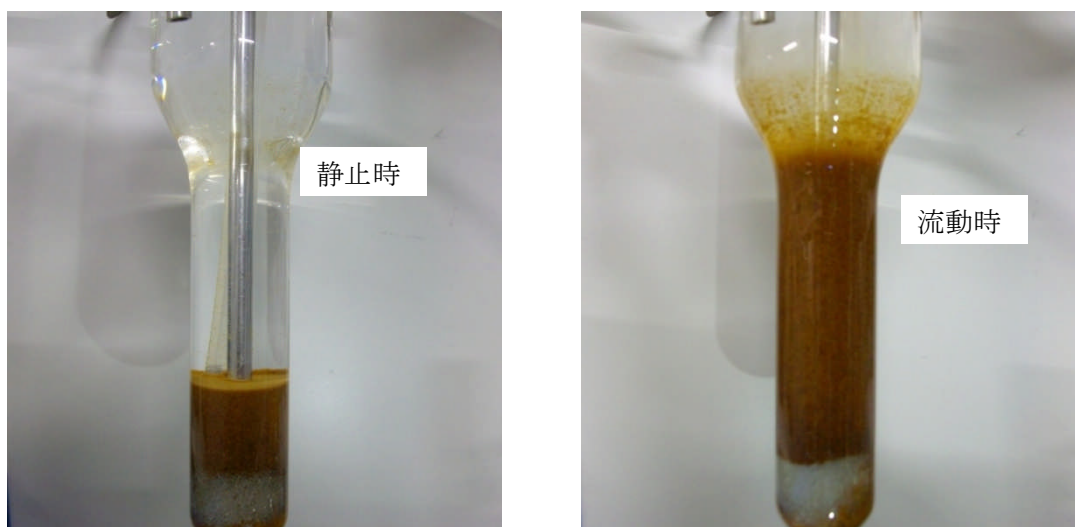


Fig.5.9 静止時と流動時の様子

この反応槽は流動層部の体積が小さいので、Fig.5.9 の静止時のように粒子を沈降させると、上澄みをできるだけ排除することができ、そのあとに連続的に脱着液を連続的に供給しやすい。このことは次の章で検討する。

実験は Zr-SOJR 5.0 g を十分に膨潤させた後反応器に充填し、pH 2.0 に調整した生物処理水(リン濃度約 45 ppm)を流速 1870 cm³/h(滞留時間 0.016 h)で通液させた。pH2.0 にするのは色度成分が沈殿するためリンの吸着に有利と考えた。畜産生物処理水は水質的に問題ない場合でも着色しているため、放流先で汚濁感を与えることがあり、pH を下げることで色度も低下すれば、pH を下げることのメリットが生じる^[22]。流出液を回収しリン濃度を ICP 原子発光分光光度計(Shimadzu-ICPS-8100)により測定した。

5.4.2 結果および考察

結果を **Fig.5.10** に示す。通液開始後 3 分程度で、リン濃度が約 40 mg/dm³ から約 5 mg/dm³ まで低下した。また、通液開始後 5 分の時点では、流入口と流出口のリン濃度はそれぞれ 15.6 mg/dm³ および 7.40 mg/dm³ であり、濃度勾配が確認された。

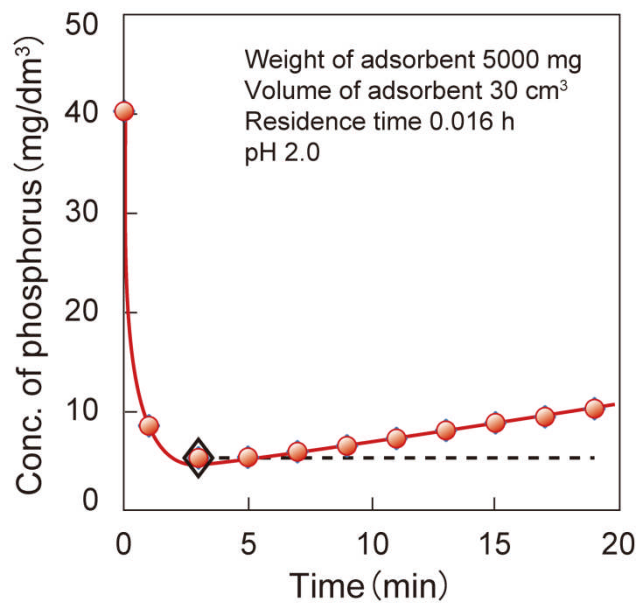


Fig.5.10 流出液のリン濃度

5.5 まとめ

- ・固定相型反応槽においては吸着操作では問題は吸着剤の膨潤により脱着操作が困難となる。
- ・攪拌型反応槽においては吸着剤の膨潤による問題を解決できるが、脱着の操作が難しい。
- ・流動層型反応器においては滞留時間 1 分で除去率 90%以上となった。