

上水汚泥によるリンの吸着に関する基礎的研究

宮崎大学工学部 ○学生員 関文雄

学生員 豊島正久

正会員 渡辺教公

正会員 石黒政徳

1. はじめに

凝集沈殿プロセスを持つ浄水場で発生するスラッジ(以下、上水汚泥という)は、濃縮・脱水して埋立処分するのが一般的である。上水汚泥は、粘土粒子を主体とする固形物と凝集剤として添加されたアルミニウムの複合体である。アルミニウムはその保水性のゆえに、上水汚泥の処理処分上の障害となっているが、優れたリン除去能力を持ち下水の物理化学的処理に用いられている。粘土粒子は、リン吸着力を持ち下水汚泥の沈降性を向上させる作用を有する事も知られている。本論文では、上水汚泥を構成する粘土粒子やアルミニウムの上述の特性を考慮して、上水汚泥を下水水のリンの吸着剤として利用するための基礎的実験結果について報告する。

2. 実験方法

ビーカーに上水汚泥を25ml添加し、蒸留水を加えて1ℓとした。PHは、PH5, PH7, PH8の3通り設定し、これにリン酸濃度500ppmを2ml, 4ml, 6ml, 8ml, 10ml投入した。その後、水温を18±1℃に保ち、ジャーテスターで攪拌(120~130rpm)し、5分間隔でサンプリングを行った。試料を1μmのガラスフィルターで濾過した後、濾液中のリン酸イオン濃度をモリブデン青法により定量した。上水汚泥は、宮崎市下北方浄水場の濃縮汚泥を使用した。

3. 実験結果と考察

上水汚泥を100ml添加し初期リン酸濃度を50mg/Lとして、各PHにおけるリン酸イオン濃度の経時変化を求めた。(図-1) 上水汚泥は、実験開始後約30分間で急速にリンを吸着し、特にPH5の時、著しく吸着を行った。図-2は、攪拌50分反応後の残留リン酸イオン濃度とPHとの関係である。上水汚泥によるリン吸着機構は、以下のように考察される。上水汚泥の構成成分は、粘土を主成分とする固形物と凝集剤(硫酸アルミニウム、PAC)として添加されたアルミニウムである。

アルミニウムは、PHに応じて様々な錯体を形成する。アルミニウムは、PH4~PH9の領域以外では解重合してモノマーとなる。PHが5以下になると上水汚泥のリン吸着能力は、著しく低下したと考えられる。また、PHが8以上になると $Al(OH)_4^-$ とい、た負電荷のアルミニウム錯体を形成する。本研究のように、 PO_4^{3-} が存在するときは、 OH^- イオンと競合しながらアルミニウムと重合錯体を形成し不溶化する。例えば、次のような化学

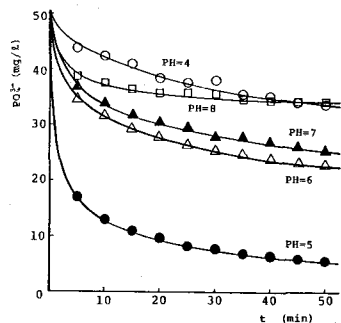


図-1 PHと吸着速度の関係

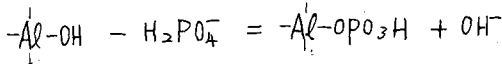
表-1 実験条件及び結果

		初期リン酸イオン濃度 C_0 (mg/L)				
		10	20	30	40	50
初期 PH 5	PH*	—	5.55	5.86	5.79	5.77
	S_0	—	0.99	0.98	0.89	0.98
	Ce	—	1.70	5.30	12.90	19.20
	q	—	18.58	25.33	30.62	31.43
	Ce/q	—	0.09	0.21	0.42	0.61
	Ce/q	—	0.09	0.21	0.42	0.61
初期 PH 7	PH*	7.03	6.96	6.96	6.78	6.76
	S_0	0.79	0.85	0.93	0.75	0.85
	Ce	4.00	10.50	18.40	28.20	36.20
	q	5.56	11.18	12.47	15.73	16.24
	Ce/q	0.60	0.94	1.48	1.79	2.23
	Ce/q	0.60	0.94	1.48	1.79	2.23
初期 PH 8	PH*	7.56	7.30	7.18	7.09	6.89
	S_0	0.92	0.93	0.91	0.93	1.04
	Ce	7.56	15.10	23.20	30.80	37.80
	q	2.72	5.30	7.51	9.89	11.79
	Ce/q	2.76	2.85	3.09	3.11	3.21
	Ce/q	2.76	2.85	3.09	3.11	3.21

PH*: 実験開始60分後のPH S_0 : 汚泥添加量 (g/L) C_e : 平衡濃度 (mg/L)

q: 吸着量 (mg/g)

反応式で表わされる。²⁾



この反応式から、アルミニウム水酸化物によるリンの化学吸着が進むとPHは上昇する。

次に、実験データを吸着等温式によって解析した。一般に、Freundlich型とLangmuir型の吸着等温式がよく用いられ、それぞれ次式で示される。

$$\delta = a C_e^{1/n} \quad (\text{Freundlich型})$$

$$\frac{C_e}{\delta} = \frac{b \delta_{\max} C_e}{1 + b C_e} \quad (\text{Langmuir型})$$

ここで δ : 吸着量 (mg/g)、 a : 吸着定数

$\delta_{\max}$: 飽和吸着量 (mg/g)、 n : 吸着指数

C_e : リン酸平衡濃度 (mg/l)、 b : 吸着定数

表-1に、PHと上水汚泥添加量 S_0 とリン酸平衡濃度 C_e 及びリン酸吸着量 δ の関係を示した。Freundlich型を用いた場合、図-3のような直線となり、この直線の傾きより n 、 C_e が 1 mg/l の時の δ から a が求められる。PHによりFreundlich型の吸着等温式の n と a が異なり、PH5の a 値は、PH8の a 値の約35倍であるが、 n 値はPHが下がるにつれて大きくなっている。Langmuir型を用いた場合は、図-4ようになる。

上水汚泥のリンの吸着速度について以下のように考察した。吸着速度式は次のようになる。

$$-\frac{dC}{dt} = K(C - C_e) \quad \text{---(1)} \quad \text{ここで } C_0: \text{初期濃度} (\text{mg/l})$$

$$\text{積分すると} \quad C_e: \text{平衡濃度} (\text{mg/l})$$

$$\ln \frac{C_0 - C_e}{C - C_e} = Kt \quad \text{---(2)} \quad C: \text{溶液濃度} (\text{mg/l})$$

$$K: \text{定数} (\text{1/分}), t: \text{時間} (\text{分})$$

図-5は、図中の $\circ$, $\triangle$, $\square$ で示したデータを式-(2)に従ってプロットしたものである。吸着速度係数 K は、濃度に影響されないことがわかる。直線の傾きより、定数 K は $0.07 (\text{1/分})$ と求められる。

4. おわりに

本論文では、上水汚泥の持つリン吸着能力を明らかにし、下水処理での再利用のための方途を探るための若干の知見を報告した。具体的実施のためには、多くの課題が残されているが、従来とは全く異なる発想に基づいて本稿をまとめたのであった。便宜をはかっていたいただいた宮崎平下北方浄水場の久野浄水場長に謝意を表す次第である。

参考文献 1) 伊藤恵仁: 新体系土木工学道, 技報堂 pp223-270, 1980

2) Stumm, W. & Morgan, J.J.: Aquatic chemistry, Wiley Inter. 1970

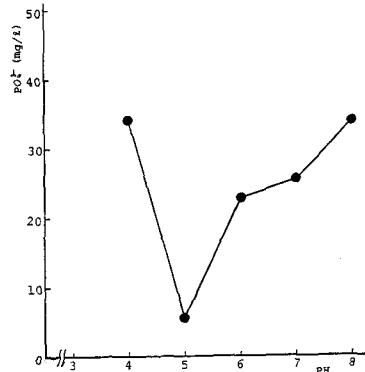


図-2 リン酸イオン濃度とPHの関係

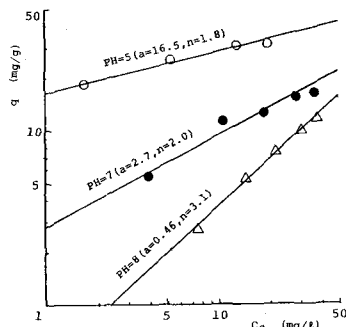


図-3 Freundlich型の吸着等温線

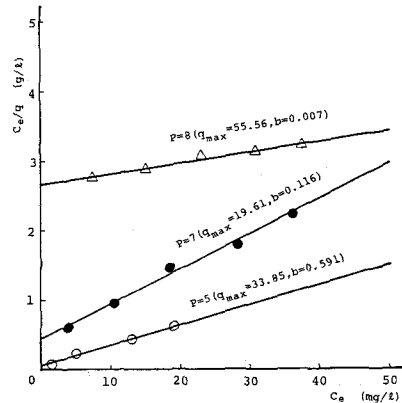


図-4 Langmuir型の吸着等温線

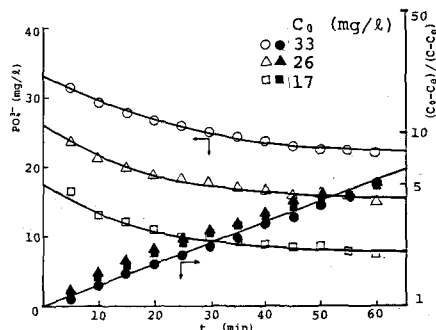


図-5 リン吸着速度の解析