

1. はじめに

我が国では、生活雑排水や小規模排水の土壌浸透処理が注目されてきた。土壌処理では、有機物のみならず、窒素やリンも除去できる。とりわけ土壌はリン酸を吸収する能力が大きいいため、リンの土壌処理は有効と考えられる。しかしながら、排水中のリンがどれくらい、またどのようにして土壌に吸収されていくのか、さらに吸収されたリンは再び流出しないのかといったリンの挙動について検討された例はほとんどない。本研究では、リンの分画手法を用いて土壌処理過程における土壌中のリンの形態変化について検討した。

2. 実験方法

国立公害研究所臨湖実験施設で霞ヶ浦の湖水を処理している真砂土、川砂、鹿沼土、黒ボク土、淡色黒ボク土を試料とした。また長野県で採取した砂、ローム土壌も試料とした。さらに霞ヶ浦湖心底泥も参考試料とした。これらの試料について、以下のようにリン吸着実験を行なった。試料5gをフタ付き遠沈管に入れ、種々のリン溶液を50ml加え振とうする。1日後、遠沈して上澄液のリン濃度を測定する。リンの測定は、アスコルビン酸—モリブデン青法に準拠したオートアナライザーによった。次に、吸着実験前後の各土壌試料についてリンの分画定量を試みた。リン分画は細見ら(1979)の手法に従った。全リンは、無機態リン、有機態リンに分画し、さらに無機態リンをNH₄Cl抽出リン、Al-P、Fe-P、Ca-Pに分画する(図1)。真砂土、川砂、鹿沼土、黒ボク土、淡色黒ボク土の土壌カラム(φ10.5cm,長さ36cm)上部にトレンチ方式で合成下水(BOD 200mg/l, T-N 27mg/l, T-P 5.4mg/l)を流入した。BOD 負荷は5~40 g/m²/dとした。実験期間は、5か月である。処理実験後、各土壌カラムを上、中、下部に分け、土壌を回収した。この試料についてリンの分画定量を行なった。また、砂、ローム土壌については、土壌カラム(φ7cm,長さ50cm)上部から単独し尿浄化槽放流水を1日1回、10ml/cmで注入した。実験期間は1年である。実験終了後、試料をリン分画定量に供した。

3. 実験結果および考察

1) 吸着実験——各土壌のリン吸着特性をラングミュア—等温吸着式で整理した。結果を表1に示す。砂、真砂土、川砂のリン最大吸着量は、0.012~0.17 mg/gと火山灰土壌系の1.14~4.74 mg/gに比べ、はるかに小さい。土壌の最大吸着量としては、0.1~2 mg/gの値がよく報告されている。黒ボク土、ローム土壌は非常にリン吸着能力が大きいといえる。また吸着結合エネルギーに関する定数は、0.05~0.494であった。McCallisterら(1978)は、最大吸着量とこの定数とが逆相関にあるとしているが、表1の結果ではそうした傾向は認められない。また彼らは、最大吸着量と非結晶質のケイ素やAl, Feとの相関を認めた。表2に1N HClで抽出した代表的な元素を示した。Al, Feをはじめとして各元素とも表1の最大吸着量と比例関係が認められる。また強熱(600℃、1時間)後、1N HClで熱抽出した各元素についてもほぼ同様の関係が認められた。

次に土壌に吸着したリンの形態について検討した。初期濃度を20 mg/lとした吸着実験前後における各無機態リンの差を吸着リン量として示したのが表3である。吸着リンの総和(ΣIP)を吸着平

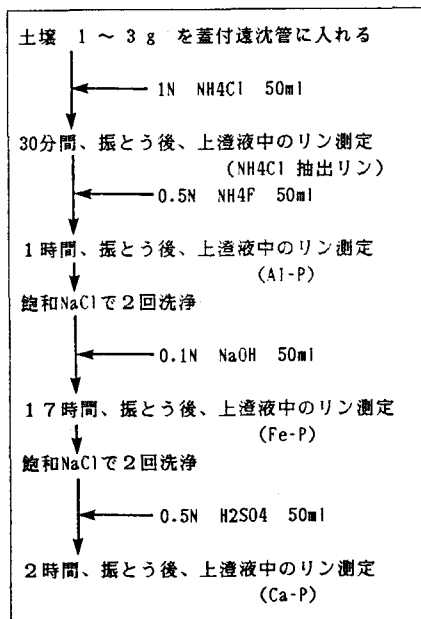


図1 無機態リンの分画定量法

表1 ラングミュア—等温吸着式の諸定数

土壌試料	最大吸着量 (mg/g)	吸着結合の定数 (L/mg)
真砂土	0.17	0.080
川砂	0.059	0.052
鹿沼土	2.56	0.051
黒ボク土	4.74	0.274
淡色黒ボク土	1.14	0.075
砂	0.012	0.153
ローム土壌	4.45	0.494
底泥(霞ヶ浦)	1.85	0.054

衡濃度から求めた吸着リン量で除して回収率を求めた。回表2 1N HCl で抽出される土壌試料中の各元素 (mg/g) 収率は72~147%となった。リン吸着量の少ない試料は100%を超えることがあった。吸着したリンはAl-Pとして48~79

土壌試料	Al	Fe	Ca	Si	Na	Mg
真砂土	2.0	1.1	0.5	1.4	0.08	0.3
川砂	3.2	3.7	1.1	2.1	0.15	0.7
鹿沼土	83	9.8	1.2	26	0.26	0.3
黒ボク土	98	35	8.2	45	0.29	2.7
淡色黒ボク土	7.2	7.2	1.6	3.7	0.20	1.1

と関係があると思われる。表3の底泥の結果は吸着量が増加すると、吸着するリンの形態がどのように変化するのかを示している。霞ヶ浦底泥の場合、吸着したリンがAl-P、あるいはFe-Pとして検出される割合がリン吸着量によらず、ほとんど一定であることが注目される。

2) 土壌処理実験――合成下水を流入させた実験では、鹿沼土、黒ボク土、淡色黒ボク土のリン除去率が95%前後と非常に高い値を示すが、真砂土は80%、川砂は50%と低い値を示した。これはリン吸着実験結果から予測されうる。処理実験前後における各態リンの濃度差を除去リン量として表4に示す。T-Pの増加分とΣIPとが多少逆転する場合もあるが、おおむね一致した結果が得られた。土壌カラムで除去されたリンはAl-P、Fe-Pとして検出される割合が高いことがわかる。ただ注目されるのは、吸着実験でのAl-P/吸着リン量に比べると、処理実験でのAl-P/除去リン量が、いずれの試料とも減少し、かわって、Fe-P/除去リン量の割合が高くなることである。特に淡色黒ボク土(上部)では、Fe-Pの方が、Al-Pよりも高くなった。Beekら(1977)は、50年

にわたって生下水を土壌処理している砂質土壌のリン分画を行ない、対照土壌に比べ、増加しているリンの大半がAl-Pであることを示した。これは砂質土壌のFe含量が本実験に用いた土壌試料の1/5~1/20と非常に少ないことによると考えられる。

浄化槽放流水を用いた砂カラム処理実験の結果を表5に示す。T-Pの増加分とΣIPの増加分とがほぼ一致した。このΣIPの増加分を砂カラムへの流入リン量と流出リン量から求めたリン除去量で除すと、78%の回収率が得られた。ここでも吸着実験(表3)のAl-P/吸着リン量に比べ、処理実験のAl-P/除去リン量が低くなり、逆にFe-P/除去リン量が高くなった。これらの結果は、長期にわたる土壌処理過程において、リンの形態が少しずつ変化していくことを示唆している。今後、土壌のリン吸着除去に係わる諸要因について詳細に検討するとともに、吸着除去されたリンがどの程度再可溶化するのかについて定量的に検討する必要がある。

最後に、砂、ローム土壌を提供して頂いた長野県衛生公害研究所 山浦源太郎水質部長に深く感謝いたします。

《参考文献》細見ら(1979); 水質汚濁研究、2、157-162. McCallister, D.L. et al (1978); J. Environ. Qual. 7, 87-92. Beek, J. et al (1977); J. Environ. Qual. 6, 4-7, 7-12.