

## 重力濃縮汚泥を添加した余剰汚泥からの元素類の嫌氣的溶出と機械濃縮による分離

岩手大学 学生会員 ○菊池康太郎 白岩卓也

岩手大学 正会員 笹本誠 石川奈緒 伊藤歩 海田輝之

(公財) 岩手県下水道公社 金郁磨 高舘尚史 佐々木正之

## 1. 本研究の背景と目的

現在、岩手県流域下水道の浄化センターは、標準活性汚泥法によって下水を処理しており、バルキング制御を目的として反応タンクの前段に嫌気槽を設けている。最終沈殿池から引き抜かれた余剰汚泥は、受槽を経て機械濃縮機で濃縮され、機械濃縮汚泥は重力濃縮された生汚泥と共に嫌気性消化されている。しかし、消化過程で発生するアンモニアと余剰汚泥から溶出するリン及びマグネシウムが反応し、リン酸マグネシウムアンモニウム（以下、MAPとする）の結晶が生じ、送泥管の内壁や脱水機スクリーンに付着して閉塞の原因となる。

本研究では、余剰汚泥に含まれるリン等の元素類を消化工程の前に分離、回収するために、余剰汚泥を機械濃縮する前段階の受槽に重力濃縮汚泥を投入して短時間で嫌気状態にする場合と、投入しないで嫌気状態にする場合での元素類の溶出率の違いを比較した。

## 2. 調査方法

本調査は岩手県内の都南浄化センターを対象とし、余剰汚泥の嫌気培養による元素類（Mg、P、K）の溶出とその元素類の機械濃縮機による分離を行った。まず、余剰汚泥中の元素類を溶出するために、余剰汚泥受槽内の攪拌装置と機械濃縮機への給泥を6時間程度停止し、受槽内の余剰汚泥を嫌気状態にして経時的（0, 3, 6 h）に採泥した。採泥の際は受槽内の余剰汚泥濃度を均一にするため攪拌機で10秒程度攪拌し、受槽底部の排泥管からポリ瓶に採取した。また、嫌気状態にする前と6時間嫌気状態にした後の機械濃縮汚泥とその分離液を採取した。

次に、調査日を変えて、まず、通常状態の受槽内の余剰汚泥、重力濃縮汚泥、機械濃縮汚泥およびその分離液を採取した。その後、余剰汚泥受槽内の攪拌装置と機械濃縮機への給泥を停止し、余剰汚泥量を28.5 m<sup>3</sup>程度に調整した後、余剰汚泥からの元素類の溶出を促すために、有機炭素源として重力濃縮汚泥を3 m<sup>3</sup>加え、30秒程度攪拌してから嫌気培養を開始した後、経時的（0, 1.5, 3, 6 h）に採泥し、6時間嫌気状態にした。最初の余剰汚泥を採泥してから重力濃縮汚泥の投入直後の汚泥を採取するまでに1時間を要した。また、6時間嫌気状態にした後の機械濃縮汚泥と分離液を採取した。

採取した余剰汚泥について直ちに溶存酸素（DO）、酸化還元電位（ORP）、pH及び水温を測定した。その後、試料を浄化センター内の水質試験室に運び、試料の一部を遠心分離（3,000 rpm、10 min）した後、上澄液を採取し、余剰汚泥と分離液の上澄液については孔径0.45 μmのメンブレンフィルターでろ過し、ろ液を2本のポリ瓶に分けて採取した。一方のポリ瓶に金属類の沈殿を防ぐため硝酸を少量加えて、元素濃度分析用とした。もう一方のろ液には何も加えず、全有機炭素（TOC）濃度の測定用とした。重力濃縮汚泥、余剰汚泥、機械濃縮汚泥及び分離液とそれらのろ液にそれぞれ塩酸と硝酸を加え、ホットプレートで加熱分解した。その後、メンブレンフィルター（0.45 μm）でろ過し、このろ液について元素類の濃度を誘導結合プラズマ発光分析装置（Shimadzu, ICPE-9000）で測定した。TSとVSについても測定した。さらに、ろ液のTOCを全有機体炭素計（Shimadzu, TOC-V CSH）で測定した。

## 3. 調査結果及び考察

採取した余剰汚泥の性状は表-1,2に示すとおりである。時間の経過とともにpHはわずかに低下した。DOは0.2 mg/L未満であり、ORPも減少したことから、攪拌機の停止によって受槽内の余剰汚泥が還元的な状態に変化したことが確認された。また、嫌気培養前後における余剰汚泥のTSに大きな変化がないことから、重力濃縮汚泥と余剰汚泥が均一に混合されていることがわかる。

---

キーワード 余剰汚泥 元素類溶出 MAP抑制 リン回収

連絡先：岩手大学（盛岡市上田4-3-5 TEL：019-621-6449）

表-1 余剰汚泥の性状（重力濃縮汚泥の添加無し）

| 経過時間<br>(h) | 平均水温<br>(°C) | DO<br>(mg/L) | ORP<br>(mV) | TS<br>(g/L) | pH  |
|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-----|
| 0           | 15.4         | 0.13         | 7           | 4.3         | 6.8 |
| 3           | 15.3         | 0.05         | 4           | —           | 6.8 |
| 6           | 15.3         | 0.03         | -75         | 4.7         | 6.7 |

表-2 余剰汚泥の性状（重力濃縮汚泥の添加有り）

| 経過時間<br>(h) | 平均水温<br>(°C) | DO<br>(mg/L) | ORP<br>(mV) | TS<br>(g/L) | pH  |
|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-----|
| -1          | 14.5         | 0.06         | 9           | 5.8         | 7.0 |
| 0           | 14.6         | 0.06         | -170        | —           | 6.8 |
| 1.5         | 14.9         | 0.07         | -188        | —           | 6.7 |
| 3           | 14.8         | 0.04         | -191        | —           | 6.7 |
| 6           | 15.0         | 0.03         | -223        | 6.8         | 6.6 |

図-1は重力濃縮汚泥の添加の有無における余剰汚泥中の元素類の全量濃度および溶解性濃度の経時変化を示している。ここでは嫌気培養開始直後を0 hとし、重力濃縮汚泥投入前試料を-1 hとした。各元素とも溶解性濃度が時間の経過とともに増加している。重力濃縮汚泥の添加の有無を比較すると、重力濃縮汚泥を添加した場合において、各元素の溶解性濃度の増加分が大きく、特に-1~0 hの傾きが大きい。Pについて考えると、重力濃縮汚泥の添加による-1~0 hにおける溶解性濃度の増加は18.2 mg/Lである。表-3より重力濃縮汚泥中の溶解性P濃度は23.2 mg/Lであり、余剰汚泥と重力濃縮汚泥は28.5:3の体積比で混合しているので、重力濃縮汚泥の添加による溶解性Pの流入分は、増加量18.2 mg/Lのうち2.21 mg/Lとなる。残りの16.1 mg/Lは重力濃縮汚泥の投入によって余剰汚泥中のポリリン酸蓄積細菌が活発になりPの溶出が進んだため増加した可能性が考えられる。Kは-1~0 hの増加分4.2 mg/Lに対して重力濃縮汚泥の寄与分が3.5 mg/L、Mgも同様に増加分3.9 mg/Lに対して寄与分が1.5 mg/Lであった。0 h以降の溶解性濃度は各元素とも重力濃縮汚泥の添加にかかわらず同程度の傾きで上昇した。

表-3 重力濃縮汚泥中の各元素濃度(mg/L)

|     | P    | K    | Mg   |
|-----|------|------|------|
| 全量  | 253  | 58.4 | 49.1 |
| 溶解性 | 23.2 | 34.5 | 14.8 |

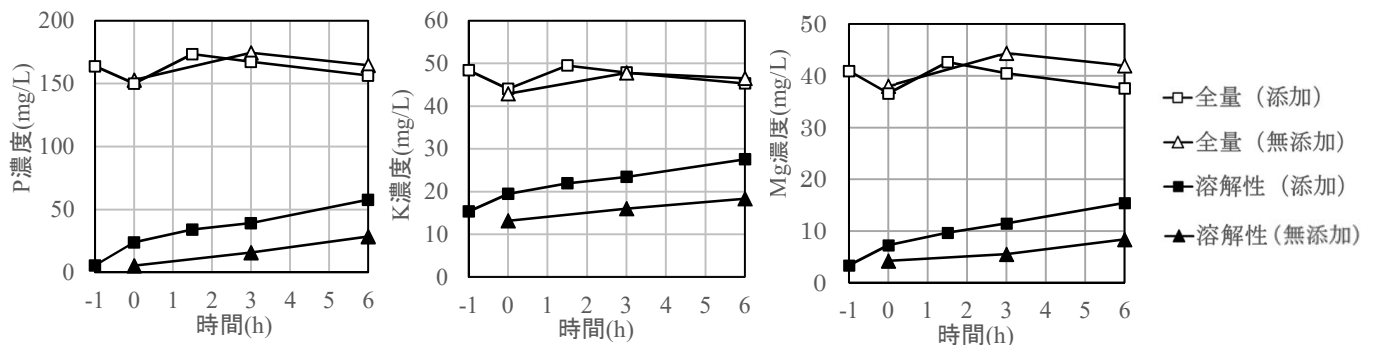


図-1 余剰汚泥中の各元素濃度の経時変化

表-4は重力濃縮汚泥の添加の有無における余剰汚泥からの元素類の溶出率（＝（6 hにおける溶解性元素濃度）／（6 hにおける全量元素濃度）×100％）を示している。各元素とも、重力濃縮汚泥を添加した場合での溶出率は、重力濃縮汚泥の添加前に比べて約2倍となった。

表-5は重力濃縮汚泥の添加の有無での機械濃縮分離液に含まれる元素類濃度を示す。Pに関して、嫌気培養前後での濃度増加分は重力濃縮汚泥の添加無しで17.6 mg/L、添加した場合で40.5 mg/Lであり、重力濃縮汚泥の添加によって増加分が約2.3倍に向上している。Kの濃度増加分は無添加の場合5.40 mg/L、添加した場合は9.09 mg/Lと約1.7倍向上しており、Mgの濃度増加分は2.33 mg/Lから8.92 mg/Lへと約3.8倍に向上している。

表-6は重力濃縮汚泥の添加の有無での機械濃縮汚泥の全固形物量（TS）当たりの元素量とその除去率（＝（嫌気培養前元素量-嫌気培養後元素量）／嫌気培養前元素量×100％）を示している。嫌気培養によって機械濃縮汚泥中の元素類の含有量が減少し、その減少の程度は重力濃縮汚泥を添加した方が大きかった。

#### 4. まとめ

重力濃縮汚泥を有機炭素源として余剰汚泥に加えることで、元素によってばらつきはあるが、元素類の嫌気的な溶出が促進し、機械濃縮機によって濃縮汚泥中の含有量を低減できる可能性が示された。本実験は冬季に行ったが、夏季の水温が高い時期では細菌が活発になり、より溶出が進むのではないかと考えられる。今後は水温や重力濃縮汚泥と余剰汚泥の割合等の条件を変えて検討をする必要がある。

表-4 余剰汚泥の元素類の溶出率(%)

|     | P    | K    | Mg   |
|-----|------|------|------|
| 無添加 | 17.4 | 39.4 | 19.9 |
| 添加  | 36.9 | 60.8 | 41.1 |

表-5 分離液中の元素類濃度(mg/L)

| 重力濃縮汚泥 | 無添加  |      | 添加   |      |
|--------|------|------|------|------|
| 嫌気培養   | 前    | 後    | 前    | 後    |
| P      | 7.49 | 25.1 | 4.58 | 45.1 |
| K      | 12.2 | 17.6 | 15.1 | 24.2 |
| Mg     | 5.47 | 7.80 | 3.67 | 12.6 |

表-6 機械濃縮汚泥における乾燥重量当たりの元素量 (mg/g TS) と除去率(%)

| 重力濃縮汚泥 | 無添加  |      |      | 添加   |      |      |
|--------|------|------|------|------|------|------|
| 嫌気培養   | 前    | 後    | 除去率  | 前    | 後    | 除去率  |
| P      | 33.2 | 28.9 | 13.0 | 38.5 | 21.7 | 43.7 |
| K      | 8.84 | 6.89 | 22.1 | 9.37 | 5.02 | 46.4 |
| Mg     | 7.71 | 7.11 | 7.78 | 8.70 | 5.15 | 40.8 |