

担体流動・生物ろ過方式浄化槽の 容積比率最適化に関する研究

社団法人 宮城県生活環境事業協会
浄化槽法定検査センター ○齋藤 茂
東北工業大学 江成 敬次郎

1. 背景

近年、小型合併処理浄化槽（以下、小型合併と記す。）のうち二次処理装置に担体流動、生物ろ過、膜分離等を組みこみ、既存の構造例示型と比較し処理性能が同等以上で容積を30～40%削減した小容量型の小型合併が設置基数を延ばしている。当県においても、約1万9千基の合併処理浄化槽¹⁾のうち、約4千基（平成14年2月までの検査データから）が小容量型である。この背景としては、合併処理浄化槽の普及促進、既存の単独処理浄化槽の合併処理浄化槽への付け替えがあり、今後もこの傾向は続くと考えられる。

一般に、小容量型は放流水質が望ましくないケースが多いと言われているが、その原因が流入負荷や維持管理方法によるものなのか等は明確になっていない。また、この小容量型について流入負荷の影響を人員比（ $x = \text{実使用人員} \div \text{処理対象人員}$ ）から考察した結果によれば、人員比の増加に伴いBOD適合率（20mg/ℓ以下の割合）が低下し、人員比 $x \leq 0.2$ から $0.6 > x$ の増加に対しBOD適合率が80.0%から30.5%²⁾、 $x \leq 0.3$ から $0.7 > x$ の増加に対し88.1%から35.3%³⁾への低下や、93.0%から57.0%⁴⁾に低下するとの報告がある。

一方、各都道府県に小容量型の7条検査についてアンケート調査を行った結果によれば、全国的にみた小容量型のBOD適合率は、平成13年では55～87%とばらつきが認められるものの、全国平均値は75.8%となっており、前年と比較し6.3%上昇している結果が明らかにされている。⁴⁾ このことは、各メーカーで実施してきた製品の改良、施工・維持管理技術を普及、向上させる為の講習会などの効果が結果として現れてきているのではないかと推測される。

この小容量型には数種類あるが、なかでも二次処理の上部に担体流動槽、下部に生物ろ過槽を組み合わせた構造（下降流）のものが登録型式、設置基数ともに多い。このタイプのろ過特性について水量負荷の面から調査した報告によると、実態調査結果から水量負荷は流出SS濃度・流出BOD濃度への影響が大きいことが確認され、モデル装置を用いたろ過実験では、水量負荷の増加に伴いSSの流出量も増加する結果が得られている。⁵⁾ また、担体流動槽についても、すでに多くの研究がなされているが、その大部分は窒素除去のため硝化を促進させることを目的としている。使用する担体についても数多く検討されており、その担体の材質・形状などによって、処理性能や処理特性が大きく異なってくることが報告されている。^{6) 7) 8) 9)}

このように小容量型、担体流動・生物ろ過方式の処理特性についてそれぞれ個別の知見はあるが、担体流動槽と生物ろ過槽を組み合わせた場合の個々及び全体での処理機能については十分に検討されていない。また、限られた容積で十分に処理能力を発揮させるためには、担体流動槽、生物ろ過槽各部の処理機能について把握し、容積比率を最適化する必要があると考えられるが、その点についても十分に検討されていないと考えられる。

2. 目的

本研究の目的は、担体流動槽と生物ろ過槽の組み合わせにおいて、容積比率を変化させることにより処理水にどのような影響が現れるのかを実験によって検討し、容積比率の最適化に関する知見を得ることである。

3. 実験方法

(1) 実験期間

平成13年9月30日～平成14年1月7日まで

(2) 実験装置

透明アクリルパイプを用いて担体流動部とろ過部からなる実験槽を作成し、容積比率がそれぞれ1:1の系1と1:1/2の系2の2つの条件を設定した。図-1に実験槽の概略図を示す。1 cm³のポリエチレン製多孔性担体を、上部の担体流動部には流動性確保のため1/8にカットしたものを30%程度充填し、下部のろ過部にはそのまま90%程度充填した。なお、本実験においては、平成13年8月から約3週間行った予備実験により生物膜の付着・浸透がみられた担体を用いた。

(3) 実験条件

原水は市販の牛乳と、さらに無機塩類を補充するため、BOD希釈水A、B、D液、NH₄Clを添加しBOD濃度200mg/ℓ程度になるように調整したものである。無機塩類の添加量については表-1に示す。こ

れを1日ごとに調整し、定量移送ポンプを用い16ℓ/日で各系に流入させた。送風量は系1を2ℓ/分、系2を2.7ℓ/分に設定し、ろ過部の逆洗は蓄積したSSや逆洗時期について検討するため行わなかった。実験槽は恒温室に設置し、20℃の一定温度で実験を行った。

(4) 採水箇所及び測定項目

採水は図-1に示すA、B、Cの3箇所から月、水、金曜日に行った。測定項目はpH、T-BOD、D-BOD、COD_{Mn}、D-COD_{Mn}、SS、各無機態窒素、PO₄-P、N-BOD（硝化が進行し始めたあたりから測定）、生物相（10/11～12/16、担体流動槽の担体を絞り検鏡）であり、D-BOD、D-COD_{Mn}、各無機態窒素、PO₄-PについてはADVAN

A：流入，B：担体流動槽処理水，C：流出

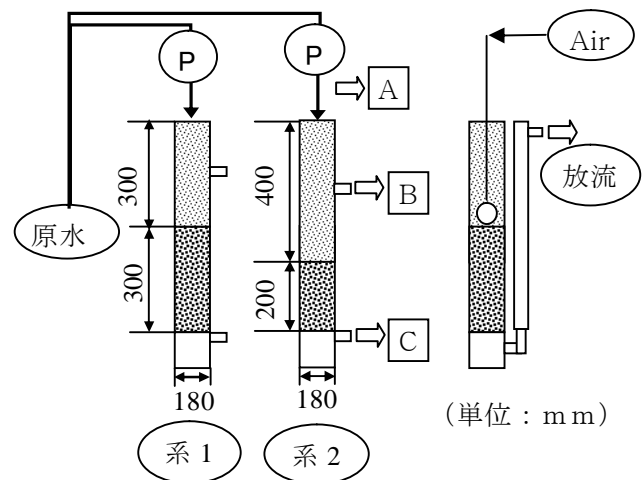


図-1 実験装置概略図

表-1 原水1ℓあたりの添加量(単位:mg)

| | | | |
|--|-------|---|------|
| K ₂ HPO ₄ | 7.25 | CaCl ₂ | 27.5 |
| KH ₂ PO ₄ | 2.83 | FeCl ₃ ·6H ₂ O | 0.25 |
| Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O | 14.9 | NH ₄ -N: 10mg/ℓ PO ₄ -P: 4mg/ℓ | |
| NH ₄ Cl | 38.72 | | |
| MgSO ₄ ·7H ₂ O | 22.5 | | |

TEC社のガラス繊維ろ紙（1 μm）でろ過したサンプルを測定に用いた。

4. 結果と考察

流出T-BOD濃度の経日変化から、実験開始後35日目あたりと、70日目あたりを境に前半は系2が高く、後半は系1が高い値を示していた。そこで、36～71日目を第一期、73～99日目を第二期として以下考察を進める。

(1) 各期間のT-BOD, D-BOD, SS除去率

表-2に各期間の平均値から求めたT-BOD, D-BOD, SS除去率を示す。まず、全体で比較するとT-BOD, D-BODは第二期において各条件の差が認められ、系2の方が高い除去率を示している。また、SSは第一期で差が認められ、系1の方が高い除去率であった。

表-2 各期間の除去率(%)

| | 条件 | T-BOD | | D-BOD | | SS | |
|--------|----|-------|------|-------|------|------|------|
| | | 第一期 | 第二期 | 第一期 | 第二期 | 第一期 | 第二期 |
| 担体流動槽 | 系1 | 58.1 | 60.8 | 96.8 | 96.2 | | |
| | 系2 | 72.4 | 68.9 | 92.2 | 97.2 | | |
| 流出(全体) | 系1 | 87.8 | 84.8 | 87.7 | 86.5 | 98.3 | 95.5 |
| | 系2 | 83.7 | 92.7 | 87.1 | 95 | 80.5 | 93.5 |

* 第一期:36～71日目, 第二期:73～99日

* SS除去率は担体流動槽, 流出SS濃度平均値より算定。

(2) 流出SS濃度の経日変化

図-2に流出SS濃度の経日変化を示す。除去率で差が認められた第一期で系2はピークが40～50, 60～70日目に認められ、系1は大きな濃度の上昇は認められない。第二期では系1も濃度が上昇し始めるが、系2の方が系1と比較し全体的に高い値を示している。

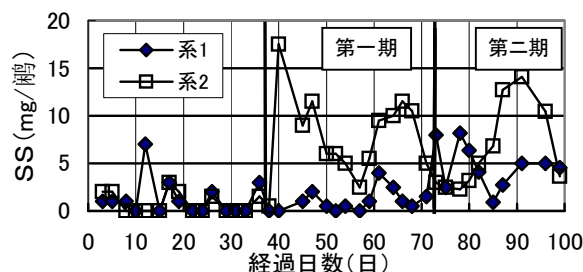


図-2 流出SS濃度の経日変化

(3) 流出D-BOD濃度の経日変化

図-3に流出D-BOD濃度の経日変化を示す。除去率に差が認められた第二期はT-BODと同様な傾向を示しており、T-BOD除去率の差は主にD-BODによるものと考えられた。また、第一期の系2において図-2で示したSSと同じ時期にピークが認められる。

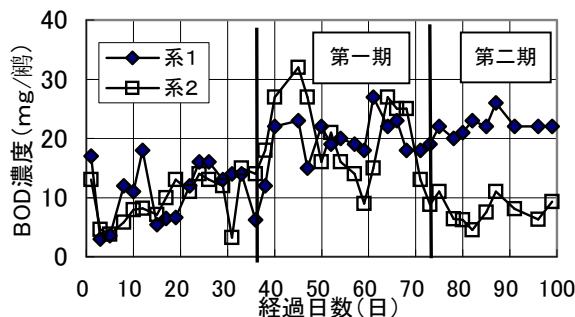


図-3 流出D-BOD濃度の経日変化

次に、全体で認められた処理水の差について、担体流動槽処理水から検討を行う。

(4) 担体流動槽D-BOD濃度の経日変化

図-4に担体流動槽D-BOD濃度の経日変化を示す。流出D-BODで差が認められた第二期では各系ごとの差は認められないが、系2の第一期で流出SS、D-BODと同じ時期にピークが認められ、槽内液の白濁も認められた。

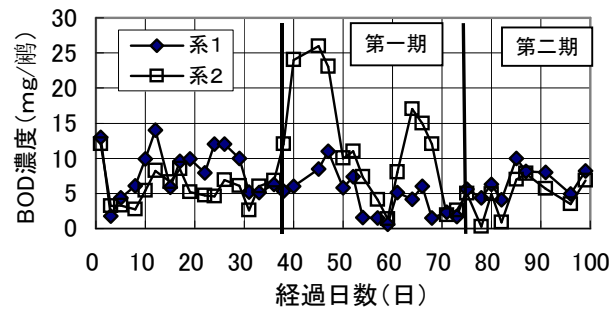


図-4 担体流動槽D-BOD濃度の経日変化

次に、この処理水の白濁について、10/11 から 12/19 まで行った検鏡結果をみると、系2においては、処理水BOD濃度が 10~20mg/ℓ以下の指標生物で

ある *Oxytricha. sp.*, *Vorticella. sp.* や *Colurella. sp.* などの原生動物、後生動物¹⁰⁾も認められたが、この処理水の白濁が生じていた時期においては、*Monas. sp.*, *Peranema. sp.*, 小型 *Amoeba* 等が優先して確認された。処理水の白濁は分散状の細菌が浮遊することにより起こり、その原因として①高負荷、②DO不足、③毒物混入、④過ばっ気、⑤低負荷の5つの原因が指摘されている¹¹⁾。本実験では、①流入BOD濃度が他の期間と比較し顕著な違いが認められない。②実験期間中おおよそ6~8mg/ℓのDO値を示しており極端にDO値が減少することはなかった。③特に該当する事例がない。同じ原水を供給している系1について、その期間に同様な顕著な違いが認められない。などにより、①~③は原因としては考えられず、担体流動槽のD-BODが他の期間において低いこと、小型 *Amoeba* や *Peranema. sp.* 等の指標生物が優占していたことから④、⑤が原因として考えられた。

(5) ろ過部におけるD-BODの溶出

図-5にろ過部におけるD-BOD濃度平均値の増加を示す。この値は担体流動部と流出D-BOD濃度平均値の差から算出したものである。系2と比較し系1が高い値を示しており、ろ過部の容積の大きい系1では、ろ過部に蓄積したSSが嫌気化し、D-BOD成分の溶出も大きくなることが認められた。

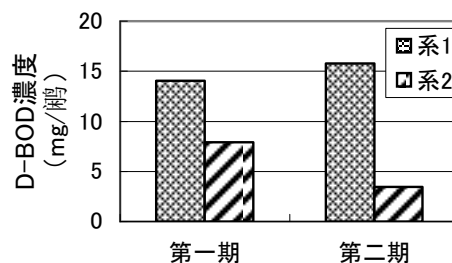


図-5 ろ過部におけるD-BOD濃度平均値の増加

5. まとめ

今回の実験から得られた結果を以下に示す。

- (1) 担体流動槽の容積を大きくすると、容積が小さい場合と比較して低負荷や過ばっ気になることがあり、その結果、生物膜の解体、処理機能の低下が生じることがある。
- (2) 生物膜の解体が起こり微細なSSが生じると、ろ過部におけるSS除去性能も低下する傾向がある。
- (3) 逆洗を行わない状態では、ろ過部の容積が大きいとSS除去能力は安定しているものの、ろ過部から溶出するD-BODも多くなる。

本実験の結果から、ある程度容積比を変化させた場合の処理水質に対するメリット、デメリットが予測されたが、今後、さらに容積比を変えて実験を行い、容積比の最適化について検討していく予定である。

参考文献

- 1) 浄化槽年鑑（平成 14 年度版），484～485.
- 2) 齋藤 茂，江成敬次郎：平成 11 年度法定検査結果から考察した小容量型小型合併処理浄化槽の現状について，月刊浄化槽，9～16，2001，8.
- 3) 大河内吉二，佐久間俊也，渡邊 敦他：コンパクト型小型合併処理浄化槽における堆積汚泥の移送効果について，第 15 回全国浄化槽技術研究集会分科会要旨集，29～35，2001.
- 4) 国安克彦：実地調査結果等について，第 15 回全国浄化槽技術研究集会分科会要旨集，99～109，2001.
- 5) 渡辺雅徳，田中義勝，若園彰裕他：小型合併処理浄化槽生物濾過槽内担体における濾過特性，第 15 回全国浄化槽技術研究集会分科会要旨集，42～46，2001.
- 6) 三島浩二，北川政美，勝倉 昇：担体投入型活性汚泥法の研究（第 1 報），第 30 回下水道研究発表会講演集，359～361.
- 7) 竹島 正：包括固定化担体を用いた硝化促進型循環変法ーペガサスによる窒素・りん除去ー，下水道協会誌，18～28，vol. 31，No. 373，1994，8.
- 8) 須藤隆一，今井章雄，杉浦紀夫，稲森悠平：生物活性炭流動床プロセスによる高度処理，用水と排水，34（11），10～17，1992.
- 9) 川村 潤，海田輝之，大村達夫他：担体にアンバーライトを用いた流動床による生物学的硝化，水質汚濁研究，14（3），190～198，1991.
- 10) 須藤隆一，稲森悠平：図説生物相からみた処理機能の診断，産業用水調査会.
- 11) 千種 薫：図説微生物による水質管理，産業用水調査会.