

資料 (Technical Report)

浸出水処理施設の適正管理手法に関する研究

秀平敦子, 井上充
(調査研究部)

Studies on the proper management technique of leachate treatment plant

Atsuko HIDEHIRA and Mitsuru INOUE(Research Division)

キーワード： 産業廃棄物処分場, 浸出水処理施設, COD 処理, オゾン酸化, 粉末活性炭処理

1 はじめに

平成 18 年 6 月から稼働し始めたかながわ環境整備センター（横須賀市芦名）は県営の管理型産業廃棄物処分場であり、燃えがら、ばいじんのほか、非飛散性のアスベストを含んだがれき類、その他アスベストを含まない石膏ボード、ガラス・陶磁器くず等が埋め立てられている。埋立物は無機物主体ではあるが、埋立開始直後は浸出水の COD が高かった。その原因に重金属溶出防止用としてばいじんに添加されたキレート剤が考えられたため、①混練り後の養生日数を長くとり、②埋め立て前にばいじんを水洗してキレート剤を使用しないなど、キレート剤に由来する COD の削減対策が検討された¹⁾。その後、平成 19 年度を境にばいじん埋立量が大きく減少したこともあり、通常時における浸出水の COD は処理しやすいレベルまで低下している。

しかしながら、昨今増加しているゲリラ豪雨時には、多量に発生した浸出水でかながわ環境整備センターにある 4 つの浸出水調整槽が満水になる状況が発生している。このようなときは、次の降雨で発生する浸出水に備え、これを短期間で効率的に処理して調整槽を空にする必要があるが、豪雨で発生した浸出水は COD が比較的高いことが多く、現在は、放流基準になるまで少しずつ処理をしている状況にある。そこで今回、既存の浸出水処理施設を活用しながら、COD が高い浸出水が発生した際の水処理効率を改善する方法について検討を行った。

2 方法

2. 1 浸出水処理施設における COD の処理状況
かながわ環境整備センターでは、発生した浸

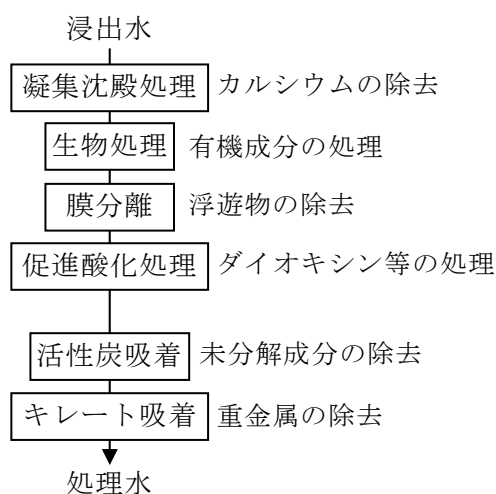


図 1 浸出水処理施設のフロー

出水を 4 つの調整槽に貯めており、処理する際に 1 槽分ずつ後段の処理槽へ移送してから処理を行っている。水処理の工程としては、凝集沈殿、生物処理などの一般的な水処理のほか、ダイオキシンなどの微量化学物質を処理する促進酸化などの高度処理が実施されており（図 1）、処理された水は放流基準を満たしていることが確認されてから下水道へ放流されている。今回、浸出水処理施設における COD の処理状況について、現在使用されている工程ごとに 4 回採水を実施し、JIS K 0102²⁾ により COD の分析を行った。

なお、凝集沈殿処理では処理槽が 3 槽に分かれており、段階的に薬剤が添加されていることから、それぞれの槽において採水を実施し、COD の処理状況を確認した。

2. 2 凝集沈殿設備の活用

浸出水 100mL に凝集剤を添加後 20 分間攪はんを行い、予め純水 200mL で洗浄した No. 2 ろ紙でろ過した溶液について COD の分析を行った。凝集

剤として、炭酸ナトリウム（和光純薬工業(株)製特級）、塩化鉄(Ⅲ)六水和物（和光純薬工業(株)製特級）のほか、市販の COD 凝集剤を 4 種類入手し、処理前後の COD を分析した。

2. 3 生物処理設備の活用

2. 3. 1 浸出水中における有機物分解性

凝集沈殿処理後の水（以下、「凝集処理水」という。）に生物分解性のある D(+)-グルコース（和光純薬工業(株)製特級）、りん、窒素などの栄養塩類及び植種菌として土壌溶液の上澄みを組み合わせて添加したものをふらん瓶に密封し、20℃で 5 日間培養した。培養前後の溶存酸素を JIS K 0102 により分析し、浸出水中で有機物の分解を阻害する要因について検討を行った。

2. 3. 2 連続処理実験

りんを添加した凝集処理水を 1 日あたり 300mL ずつ間欠的に小型の接触式生物処理装置（反応槽容量：1L、接触材：10mm 角の浮遊性不織布）へ導入し、現場の生物処理設備と同じ滞留時間 3 日間で処理を行った。処理前後の水について COD を分析した。

2. 3. 3 粉末活性炭添加による処理

かながわ環境整備センターの生物処理設備は 1 日あたり 130m³ の浸出水を 3 日間滞留させることが可能である。また、槽内はブロワーにより空気が送り込まれており、水が槽内で攪拌される構造になっている。比較的 COD 濃度が高い浸出水量が多量に発生した場合の緊急対策として、生物処理槽を利用した粉末活性炭添加処理について検討を行った。凝集処理水 300mL（COD 濃度 70mg/L）に粉末活性炭（関東化学(株)製）を添加後 3 日間攪はんを行い、予め純水 200mL で洗浄した No.2 ろ紙でろ過した溶液について COD を分析した。

2. 4 促進酸化処理設備の活用

2. 4. 1 処理条件の検討

かながわ環境整備センターでは、オゾンと紫外線を組み合わせることで、オゾンより酸化力の高いヒドロキシラジカルを生成し、微量化学物質の促進酸化処理を実施している。そこで、オゾン及びヒドロキシラジカルによる浸出水中の COD 処理条件について検討を行った。

オゾンは発生量を一定（0.74mg/分）に保つため、酸素を供給ガスとして蕪木科学器械工業(株)製 OB-211 型（K-1）を用いて発生させた。凝集処理水、または紫外線照射の代わりに過酸化水素水を添加した凝集処理水 300mL に、オゾンを直接吹

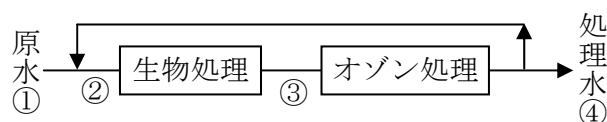


図 2 オゾン-生物連続処理

き込んで処理を行い、処理前後の COD を分析した。

また、酸化処理が浸出水の生物分解性へ与える影響について検討するため、オゾン処理後の水について 2. 3. 1 と同様の方法で検討を行った。

2. 4. 2 オゾン-生物連続処理

オゾン量 0.74mg/分、pH9 で 2 時間処理した凝集処理水をオゾン処理していない凝集処理水と 1:3 の割合で混合し、1 日あたりの流入水量を 400mL として 2. 3. 2 と同様の方法で検討を行った。次に、得られた処理水をオゾン処理して、上記と同様に生物処理前に返送する連続処理を行い、処理前後の水（①～④）の COD を分析した（図 2）。

なお、オゾン処理については連続処理ではなく、集めた生物処理後の水を 300mL ずつに分け、バッチ処理を行った。

2. 4. 3 現場実験

かながわ環境整備センターの促進酸化処理設備（ダイオキシン処理装置）では、構造上、流入水の貯水槽と処理後の水を貯水して再度処理に回す循環槽の 2 か所で pH 調整ができるようになっている。そこで、流入水の pH を調整の安全を見て 9.5 に変更した場合と、流入水及び循環槽水の pH を 9.5 に変更した場合の 2 パターンで通常と同じ水量の水を処理し、処理前後の COD を分析した。また、設備の設計条件にあわせて室内処理実験を実施し、現場における処理効率との比較を行った。

3 結果

3. 1 浸出水処理施設における COD の処理状況

各処理設備における処理後の COD は、いずれ

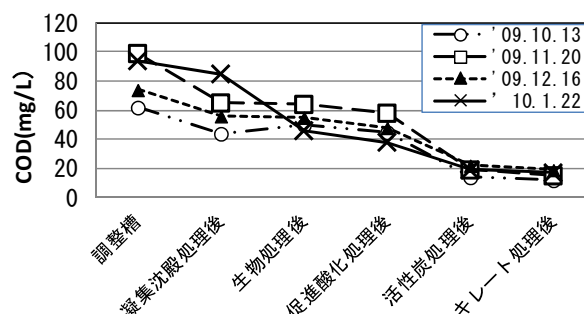


図 3 各処理設備における COD の処理状況

の採取日においても同様の傾向を示した (図 3)。COD は凝集沈殿処理 (全除去量の約 30%) と活性炭処理 (同約 40%) で大半が除去されており、有機物の分解処理で活用されている生物処理はほとんど機能していなかった。促進酸化処理では、1,4-ジオキサンなどの微量化学物質を分解・処理していることは明らかになっている¹⁾が、今回対象とした COD はこれらの物質と比べて濃度が 1000 倍以上高いことから、その影響をはっきりと捉えることはできなかった。キレート処理の目的は未処理の重金属類を吸着除去することであり、COD 除去に対する効果がないことから、検討対象から除外した。

また、凝集沈殿処理装置について詳細に調べた結果、炭酸ナトリウムを添加して炭酸カルシウムの凝集体を形成する第一段階で COD は除去されており、鉄系凝集剤を添加して凝集体を沈殿しやすくする第二段階ではほとんど除去されていなかった。

3. 2 凝集沈殿処理設備の活用

かながわ環境整備センターで使用している凝集剤について、炭酸ナトリウムと鉄系凝集剤による凝集実験を行ったところ、それぞれの添加量を変化させても COD の除去率にほとんど変化はなく、COD の処理に対しては現状の添加量で十分であることがわかった。

市販の凝集剤については、現場において pH などの処理条件を変更することが難しいことから、そのまま添加する形で同様の処理を実施したが、除去効果は見られなかった。

3. 3 生物処理設備の活用

3. 3. 1 浸出水中における有機物分解性

凝集処理水にグルコースと植種菌を添加した場合には溶存酸素濃度の減少は見られなかったことから、菌の増殖に必要なものが欠如しているか、菌の増殖を阻害する要因があると考えられた。そこで、グルコースと植種菌に加えて栄養塩である窒素やりんを添加したところ、溶存酸素濃度が減少したことから、浸出水中には菌の増殖に必要な栄養が不足していることがわかった。さらに、窒素とりんのどちらが不足しているか確認するため、グルコースと植種菌を添加した凝集処理水に窒素とりんをそれぞれ添加して同様の実験を行ったところ、りんが不足していることがわかった。

3. 3. 2 連続処理実験

3. 3. 1 の結果から、りんを添加した凝集

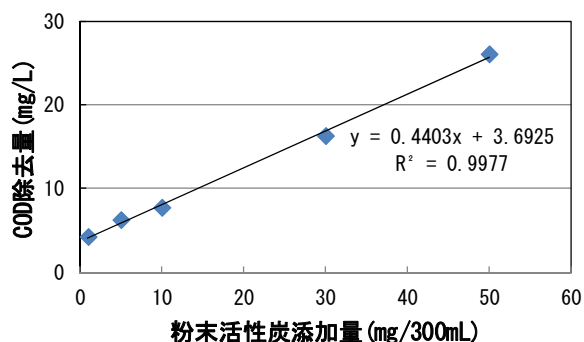


図 4 粉末活性炭添加量と COD 除去量の関係

処理水の連続処理を行い、生物処理効果の確認を行った。その結果、処理前後の COD はほとんど変わらなかった。このことから、主にキレート剤由来と見られる COD は生物分解性の低いものであり、そのままでは生物処理が困難であることがわかった。

3. 3. 3 粉末活性炭添加による処理

粉末活性炭の量を変えて 3 日間攪拌処理を行った結果、粉末活性炭添加量に比例して COD の除去量は増加した (図 4)。得られた関係式から、COD を 20mg/L 除去する場合、粉末活性炭添加量は 300mL あたり約 40mg となることから、今回使用した活性炭で 130m³ の凝集処理水を処理する場合、1 日あたり 17.3kg の粉末活性炭が必要となることがわかった。この方法は、活性炭の汚泥が生成することから、後段におけるオゾン・紫外線処理装置へ微粒子の流入を防ぐため、膜分離設備の稼働が必要となる。

また、この手法の応用としては、後段に凝集処理設備を備える調整槽を利用する方法もあるが、この場合、調整槽内の水を攪拌し、粉末活性炭との接触時間を増やす必要がある。

3. 4 促進酸化処理設備の活用

3. 4. 1 処理条件の検討

予め水酸化ナトリウム溶液を用いて pH を 9 に調整した凝集処理水について 4 時間オゾン処理を行ったところ、COD はほとんど除去されなかった。

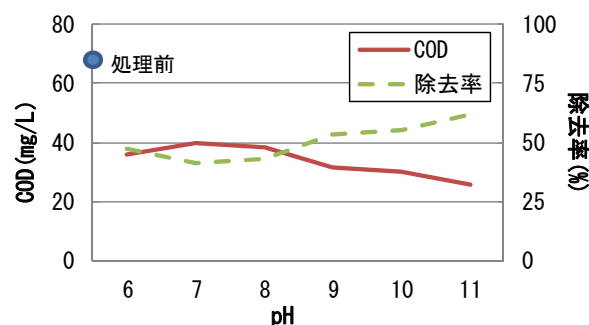


図 5 処理 pH と COD 除去率の関係

この理由を検討するため、処理中の pH を分析したところ、オゾンの影響により処理の進行とともに pH が低下していることがわかった。そこで、水酸化ナトリウム溶液を添加して pH を一定に保ちながら処理を行ったところ、処理 pH が上昇するにつれて COD の除去率が向上することが判明した (図 5)。

また、凝集処理水に過酸化水素を段階的に添加して処理を行ったが、COD 除去率に変化は見られなかった。このことから、浸出水に含まれる COD は、オゾン、ヒドロキシラジカルのどちらでも分解が可能な物質であることが判明した。

浸出水の生物分解性はオゾン処理によって一時的に向上したが、分解が進むにつれて低下した。このことから、オゾン処理条件を適切に管理することにより、COD の生物分解性を高めることが可能であり、無機物主体の処分場においては、生物処理の前処理としてオゾン処理を使用することも考えられる。この場合、凝集処理後の pH 調整をせずに直接流入させることが可能になるため、中和用薬剤の使用量低減にもつながる。

なお、オゾン処理を長時間継続した場合、最終的に COD はほぼ 0 となったことから、十分に時間をかければ COD をオゾンで分解処理できることがわかった。

3. 4. 2 オゾン-生物連続処理

オゾン処理で生物分解性が向上した処理水の一部を生物処理前に返送することで、生物処理槽が活用できないか検討を行った。凝集処理水とオゾン処理水を混合した時の COD と比較して、生物処理後の COD はわずかに低下した (図 6)。また、同様にオゾン処理水の COD も低下した。

3. 4. 3 現場実験

流入水の pH だけを 9.5 に変更して処理した場合は、室内実験と同様に処理中に pH が低下したため、これまでの COD 除去率とほとんど変わらなかった。

次に、流入水及び循環槽水の pH を 9.5 にした場合は、処理中の pH が 9.5 に保たれていたため COD は低下したが、室内実験から予測していたほどではなかった。そこで、処理水量あたりのオゾン量が実機的设计値とほぼ同じになるよう調整し、処理前の COD 確認用として採取しておいた試料をオゾン処理したところ、処理後の COD は大きく減少した (図 7)。このことから、現場での除去率が低くなる原因としては、オゾン発生装置が処理

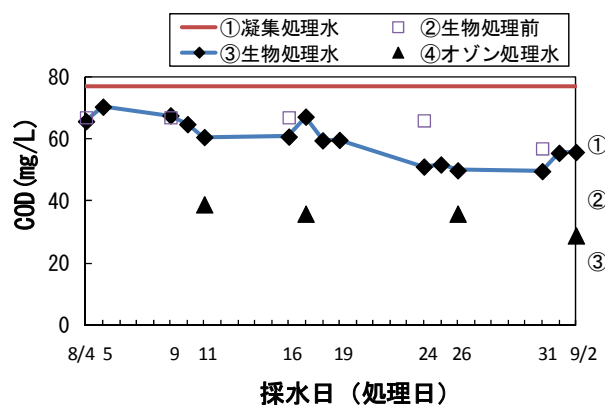


図 6 オゾン-生物連続処理結果

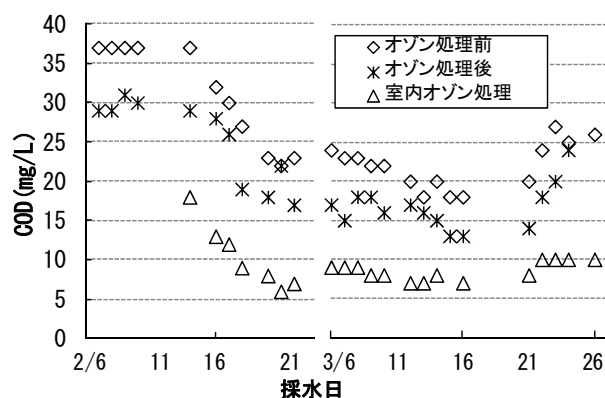


図 7 現場実験結果

装置近傍に設置されていない等の構造的な理由や、オゾンとの接触時間が短いことなどが考えられた。

また、オゾンによる酸化分解が進むと、処理水中のカルシウムイオンが生成物と反応して炭酸カルシウムと思われる微粒子を生成することから、実用化する場合には、酸洗浄などのスケール対策をとることや、オゾンとの接触時間が十分とれる場合には、微粒子が生成しない中性に pH を保ちながら処理する必要があることが判明した。

4. まとめ

かながわ環境整備センターの水処理施設を活用して、比較的 COD 濃度が高い浸出水を処理する方法について検討を行ったところ、次の知見を得た。

- (1) 個々の処理設備の機能検査を実施したところ、浸出水中の COD は凝集沈殿処理及び活性炭処理で低下していた。
- (2) 凝集沈殿処理で COD の除去効率を向上させることは難しいと思われた。
- (3) 浸出水中の COD は適度なオゾン処理によって生物分解性が向上し、生物処理によって COD が低下することが確認された。

(4) 緊急対策として、生物処理槽における粉末活性炭添加処理を検討したところ、1 日あたり 20kg 程度の粉末活性炭投入で COD が約 20mg/L 低下する可能性があることがわかった。

(5) オゾン処理では、pH をアルカリ側に固定しながら処理することで COD の低下が見られた。実際の処理装置においては、室内実験より COD 除去率が低く、設計値よりオゾンとの接触効率が低下していることが考えられた。生成する微粒子については、処理の合間に酸洗浄を行うなどの対策が必要であることがわかった。

参考文献

- 1) 坂本広美ら：廃棄物最終処分場の適正管理に関する研究，神奈川県環境科学センター研究報告，(33)，83-88 (2011)
- 2) 日本工業規格協会：JIS K 0102 工場排水試験方法，日本工業標準調査会 (2008)