

6 揮発性有機化合物（VOC）の 水処理に与える影響

横浜市 亀山 建一
 広沢 昭一
 ○ 片岡 雅樹

1. はじめに

下水道施設には様々な産業活動から排出される化学物質が流入しており、また、化学物質の種類は増加する傾向にある。それらの物質の中には微量でも毒性が認められるものや、蓄積性のあるものも少なからず存在する。これらの物質が誤って公共下水道に排出され下水処理場に流入した場合、活性汚泥処理に悪影響を与える可能性がある。

このような化学物質のなかで、平成6年に水質汚濁防止法の一部改正により、下水処理場の放流水に対して排水基準が追加指定された13物質のうち揮発性有機化合物（以下VOCという）に着目し、活性汚泥処理への影響、特に硝化に対する影響を中心に基礎的な実験を行った。

2. 実験方法

本実験は、3リットルのビーカーを用いた回分式実験装置により行い、合流式下水処理場の最初沈殿池流出水（アモニア態窒素 約15mg/l, TOC 約50mg/l）と返送汚泥を1：1の割合で混合したものにVOCを添加することにより行った。

検討は水温：20℃、MLSS：2000mg/lのもとで行い、空気量についてはDOが高めとなるように設定した。

以下の検討における試料の採取は、VOC添加後、0, 10, 30, 60, 90, 120, 180, 240分後に行い、5Bろ紙でろ過したものを測定に用いた。

測定項目と測定方法を以下に示す。

VOC：パージトラップ-ガスクロマトグラフ(FID)法

DO：隔膜電極法

TOC：燃烧酸化-赤外線式TOC自動計測法

窒素類：イオンクロマトグラフ法

(1) VOCの残存性についての検討

揮発性有機化合物混合標準溶液（揮発性有機化合物16種類 IN マリール 各1mg/ml）を各物質200μg/lとなるように実験装置に添加し、VOCの濃度の測定を行い残存性についての検討を行った。

(2) VOCの排水基準濃度添加における硝化への影響についての検討

表-1に示す物質について、排水基準ならびに排水基準の10倍の濃度になるように実験装置に添加し、窒素類の測定を行い、VOCが活性汚泥の硝化に与える影響についての検討を行った。なお、実験は物質ごとに行い、VOC無添加を対象とした。また、炭素類の処理への影響をみる目的でTOCの測定も併せて行った。

さらに、活性汚泥中の原生動物への影響をみる目的で実験終了後、検鏡を行った。

表-1 揮発性有機化合物の排水基準と沸点

物質名	排水基準(mg/l)	沸点(℃)
1,1-ジクロロエチレン	0.2	31.5
ジクロロメタン	0.2	39.8
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.4	60.6
1,1,1-トリクロロエタン	3	74.1
四塩化炭素	0.02	76.5
1,2-ジクロロエタン	0.04	83.5
ベンゼン	0.1	80.0
トリクロロエチレン	0.3	86.7
シス-1,3-ジクロロプロペン	0.02	104.3
トランス-1,3-ジクロロプロペン		112.0
1,1,2-トリクロロエタン	0.06	113.8
テトラクロロエチレン	0.1	121.2

(3) VOCの高濃度添加における硝化への影響についての検討

表-1に示す物質のうち、沸点の低いジクロロメタン、沸点の高い1,3-ジクロロプロパン、それらの中間である1,2-ジクロロエタンを1,10mg/lとなるように実験装置に添加し、窒素類の測定を行い、活性汚泥の硝化に与える影響について検討を行った。実験は(2)と同様に物質ごとに行い、炭素類、原生動物への影響も調べた。

3. 結果と考察

(1) VOCの残存性についての検討

図-1にVOCの残存性の検討結果の一例を示す。

実験開始時におけるVOCの濃度に違いがあるが、これは、添加直後からエアレーションによるVOCの揮散が始まっているものと考えられる。

実験開始60分後には、ほとんどの物質が添加した濃度の1/100程度の濃度まで減少したが、1,2-ジクロロエタン、1,1,2-トリクロロエタン、1,3-ジクロロプロパンについては、濃度に差があるものの活性汚泥上澄液に残存していた。また、実験開始240分後には1,1,2-トリクロロエタンを除き全ての物質が上澄液中に残存していなかった。

物質によってVOCの減少速度が異なっており、これは物質の沸点やエアレーションによる揮散性の違いによるものと思われる。

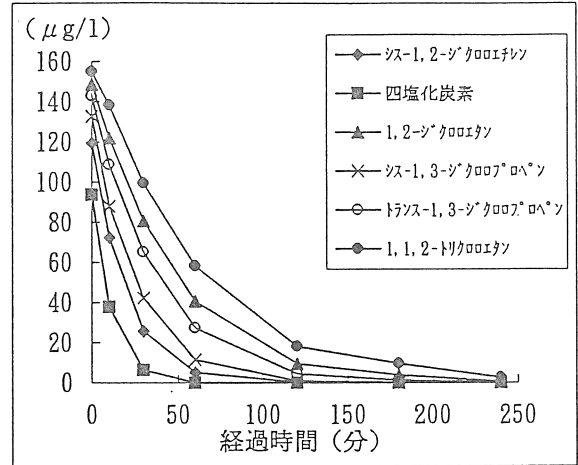


図-1 VOCの残存性結果

(2) VOCの排水基準濃度添加における硝化への影響についての検討

表-2にVOCを排水基準ならびに排水基準の10倍の濃度になるように添加したもののアンモニア性窒素の減少率を示す。

各物質とも排水基準程度の添加濃度では、VOC無添加のものと比較して活性汚泥の硝化に対する大きな影響はみられず、実験時間内に硝化が完全に進行していた。

排水基準の10倍の添加濃度では1,1,2-トリクロロエタンが添加濃度が0.6 mg/lと低いにも関わらず、アンモニア性窒素の減少率が低下していた。また、シス-1,2-ジクロロエタンについても添加濃度が高めではあるが、アンモニア性窒素の減少率が大きく低下し、活性汚泥の硝化に影響を及ぼしていると思われる。

他の物質については排水基準の10倍程度の添加濃度でもアンモニア性窒素の減少率に大きな影響はみられず、特に、1,1,1-トリクロロエタンは添加濃度がかなり高濃度であるにもかかわらず、活性汚泥の硝化への影響はみられなかった。

TOCの除去は排水基準の10倍濃度添加でもすべての物質について良好であり、また、活性汚泥中の原生動物の活動についても大きな影響はみられなかった。

表-2 VOC添加濃度とアンモニア性窒素の減少率

物質名	添加濃度	減少率	添加濃度	減少率
	mg/l	%	mg/l	%
1,1-ジクロロエタン	0.2	82	2.0	81
ジクロロメタン	0.2	95	2.0	95
シス-1,2-ジクロロエタン	0.4	88	4.0	47
1,1,1-トリクロロエタン	3	98	30	98
四塩化炭素	0.02	100	0.20	97
1,2-ジクロロエタン	0.04	97	0.40	99
ベンゼン	0.1	87	1.0	91
トリクロロエタン	0.3	87	3.0	86
シス-1,3-ジクロロプロパン	0.02	97	0.20	91
トランス-1,3-ジクロロプロパン				
1,1,2-トリクロロエタン	0.06	99	0.60	79
テトラクロロエタン	0.1	93	1.0	96

(3) VOCの高濃度添加における硝化への影響についての検討

(1)の検討結果より、活性汚泥上澄液への残存性が高かった1,2-ジクロロエタンと1,3-ジクロロプロパンについて、添加濃度を1,10mg/lとした場合のアンモニア性窒素の挙動を図-2, 図-3に示す。両物質とも無添加のものと比べて、1 mg/l濃度の添加でもアンモニア性窒素の減少速度が低下しており、硝化への影響がみられた。また、10mg/lの添加では、さらに、アンモニア性窒素の減少速度の低下がみられ、添加濃度が高くなるにつれて、硝化への影響の度合いが強くなるものと思われる。

特に、1,3-ジクロロプロパンについては、著しくアンモニア性窒素の減少速度の低下がみられ、実験終了時点でも相当量のアンモニア性窒素が残っており、活性汚泥の硝化に大きく影響を及ぼしていた。また、亜硝酸性窒素ならびに硝酸性窒素の測定結果では、1mg/lの添加濃度では、最終的に硝酸性窒素まで進行していた。10mg/lの添加では、アンモニア性窒素が減少した分については、硝酸性窒素まで進行していた。ジクロロエタンについては、1,10mg/l添加でも影響はみられず、物質によって同一添加濃度にも関わらず、硝化への影響の度合いに違いがみられた。これは、物質によって硝化菌の活性に対する影響の度合いに違いがあるものと考えられる。

TOCの除去は両者ともVOCを10mg/l添加した場合でも良好であり、炭素系の処理への影響はみられなかった。

また、活性汚泥中の原生動物の活動についてもVOCの添加による影響はみられなかった。

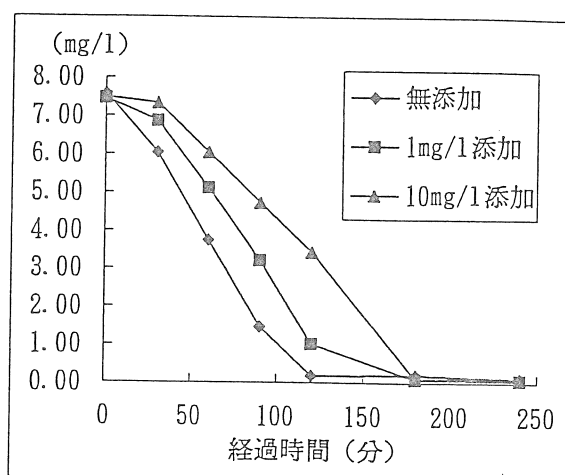


図-2 1,2-ジクロロエタンの硝化への影響

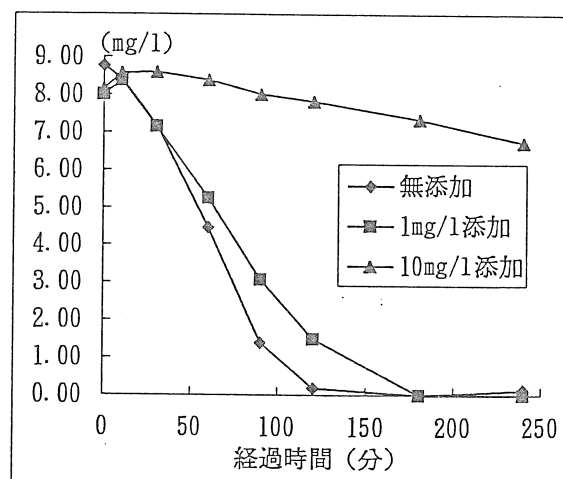


図-3 1,3-ジクロロプロパンの硝化への影響

4. まとめ

- (1) 下水処理場の排水基準として追加された揮発性有機化合物の活性汚泥処理における残存性は、200μg/l添加では120分程度でほとんどの物質で認められなかったが、240分たっても極微量ではあるが残存する物質もあった。下水処理場にVOCが高濃度で流入した場合、処理水中より検出される危険性もあると考える。
- (2) 排水基準と、その10倍の濃度の添加では一部の物質を除いて活性汚泥の硝化に大きな影響を及ぼさなかった。
- (3) 1,10mg/lの高濃度の添加では物質によって活性汚泥の硝化に大きく影響を及ぼしていた。また、物質の違いによって硝化に与える影響も違っていった。ただし、今回の検討では亜硝酸菌、硝酸菌個々への影響の違いについては確認できなかった。

以上のことより、揮発性有機化合物のように揮散性の高い物質でも高濃度に下水処理場に流入した場合、活性汚泥処理に影響を及ぼすことが予想される。

今後、複数の物質による相乗影響や亜酸化窒素の発生に対する影響等の調査が必要と考える。

5. 参考文献

田中 他：「下水処理施設における有機塩素化合物の影響に関する調査」 土木研究所資料 第3374号