

# 生物接触濾過法による水道原水の前処理

## Pretreatment of Municipal Water with Biocontact Filtration (BCF)



(環)技術室  
西尾 弘 伸  
Hironobu Nishio

Experimental tests applying BCF were conducted to remove odor substance (2-methylisoborneol, MIB) and agricultural chemical (CAT) in the municipal source water. The test results indicated the LV, SV, and the concentration of DOC and MIB in the raw water were main factors for biodegradability of MIB. CAT was not found decomposable.

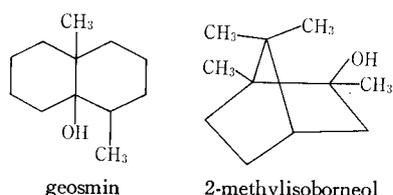
### まえがき

平成元年度、『水道水がくさい』という異臭味被害を受けた人は、日本全国で1750万人もあり、その中でも琵琶湖・淀川水系で約1190万人とその大半を占め、続いて利根川・荒川水系の約490万人と関西、関東に集中している<sup>1)</sup>。特に、淀川水系では1980年度以降、毎年のように異臭味が発生している。この異臭味の原因は主として、かび臭である。このかび臭として、現在確認されているのは、2-メチルイソボルネオール、ジェオスミンの2種類である。(第1図に、これらのかび臭物質の構造式を示す。)

これらのかび臭物質は、湖沼の富栄養化による藍藻類の *Phormidium tenue*, *Oscillatoria tenuis*, *Anabaena macrospora* が原因生物とされており、*P. tenue* と *O. tenuis* が2-メチルイソボルネオールを、*A. macrospora* はジェオスミンを産生するとされている<sup>2)</sup>。また、これかび臭の閾値は10 ng/l程度で濃度としては非常に低く (ng/l = 10<sup>-9</sup> g/l), また既存の浄水プロセス (凝集沈澱+砂濾過) では除去できず、新たに高度処理プロセスを付加する必要がある。

現状、かび臭が発生した場合 (主として夏期)、浄水プロセスの前段で粉末活性炭を投入し対処しているが、完全な異臭味改善には至っていない。しかし、緩速濾過法 (生物膜処理) では、ある程度の異臭味改善がなされていることから、生物処理での対応は十分に可能であると思われる。

上水道における生物処理法としては、浸漬濾床法 (ハニコム法)、回転円板法、生物接触濾過法な



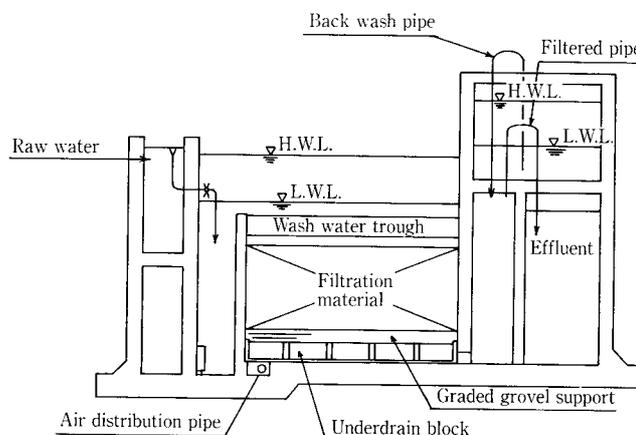
第1図 臭気物質構造式  
Fig. 1 Structural formula of musty materials

どが上げられる<sup>3)</sup>。当社では、現在まで生物接触濾過法における水道原水中のアンモニア性窒素の酸化 (硝化) についての一連の研究を行ってきており<sup>4)5)</sup>、本法をこのかび臭除去に適用し、その除去特性について得られた知見を述べると共に、最近、問題化されつつあるゴルフ場など起因の農薬 (除草剤) についてもその生物分解性について検討を行ったので、併せてここに報告する。

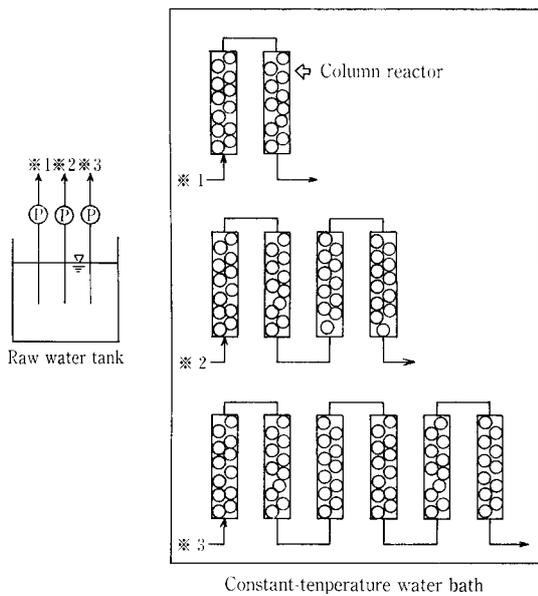
### 1. 生物接触濾過法<sup>3)</sup>

生物接触濾過法とは、接触粒状媒体 (充填材) に微生物を付着、これを繁殖させた生物膜に水道原水と接触させることにより、原水中のアンモニア性窒素などを生物化学的に酸化、除去する方法であり、既存の浄水プロセスの前処理として位置づけられる。

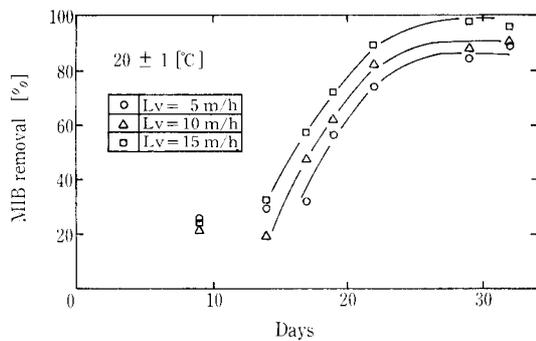
第2図に生物接触濾過装置の概略図を示す。本法は重力式下向流定速濾過を標準とし、原水水質 (主に、アンモニア性窒素濃度) にも関係するが、通常曝気を行いながら濾過を行う。充填濾材には、セラミック系多孔質充填濾材 (平均径: 4~5 mm) を使用しているため、充填層全体が有効に働く。このため、充填層全体を効率良く洗浄する必要があり、本法ではA/W式レオポルドブロックを使用し



第2図 生物接触濾過 (BCF) 断面図  
Fig. 2 Biocontact filter (BCF) (Cross-sectional view)



第3図 実験フロー  
Fig. 3 Schematic diagram of experimental apparatus



第4図 生物接触濾過によるMIB除去率の経日変化  
Fig. 4 Variations of MIB removal by biofilm filtration

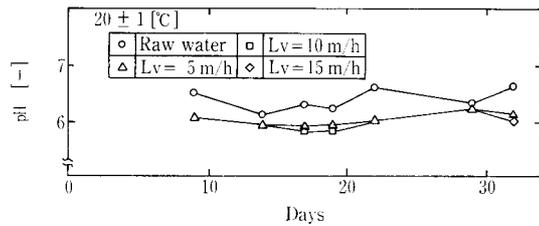
た空気洗浄, 空気水同時洗浄, 水洗浄を標準として行うこととし, 水洗浄には原則として原水を使用する。なお, 洗浄の頻度は通常, 1週間に1回程度でよく, この洗浄操作は20 min程度で終了する。

## 2. 生物接触濾過法によるかび臭除去について<sup>6)</sup>

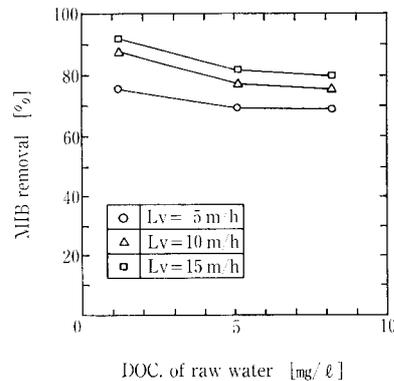
### 2.1 実験装置および実験方法

本文では, 生物接触濾過のかび臭除去特性を原水水質をも含めた種々の影響を定量的に把握するために, 市販フミン酸 (NaOH で精製したもの) を炭素源とし, これと無機栄養塩類を純水に溶解した人工原水を使用した。<sup>7)</sup> 実験には, フミン酸の注入濃度を変化させ, 人工原水の DOC (0.45 μm のメンブランフィルターで濾過後の TOC 値) を所定の濃度にした。これに市販ガスクロ標準用の2-メチルイソボルネオール (以下, MIB) を残留農薬試験用メタノールで溶解したものを所定の濃度になるように調整した。MIB の分析は, n-ヘキサンで抽出し, キャピラリーガスクロマトグラフ質量分析計で定量を行った。<sup>8)</sup>

第3図に, 実験フローを示す。実験には, 内径 13 mm の塩ビ製カラムを使用し, これに多孔質充填濾材 (調和平均径: 4.8 mm) を所定量充填した。これらカラムは, す



第5図 生物接触濾過による pH の経日変化  
Fig. 5 Variations of pH by biofilm filtration



第6図 原水DOC濃度とMIB除去率との関係  
Fig. 6 Relationship between DOC of raw water and MIB removal

べて恒温水槽中に水没させ所定の水温  $\pm 1^\circ\text{C}$  で管理した。本実験では, 空間速度 (SV) は  $3.3\text{ h}^{-1}$  で固定し, 通水速度 (LV) を 5, 10, 15 m/h の3系列で行った。カラムの洗浄は, 1週間に1回原水による水洗浄 (逆洗速度: 30 m/h) を 15 min 行った。なお, 本実験では, 曝気は行わず, 原水中の溶存酸素のみで処理を行った。(実験期間中の原水の溶存酸素は  $7.5\sim 9.0\text{ mg/l}$  であった。)

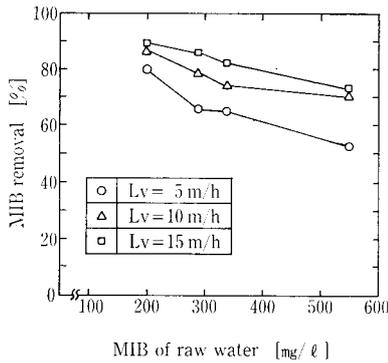
実験を開始する前に, 生物接触濾過パイロットプラントの逆洗排水を濃縮したもの (SS 濃度として,  $1000\text{ mg/l}$ ) を一昼夜カラム内を強制循環させた後, 連続通水実験を行った。

### 2.2 実験結果

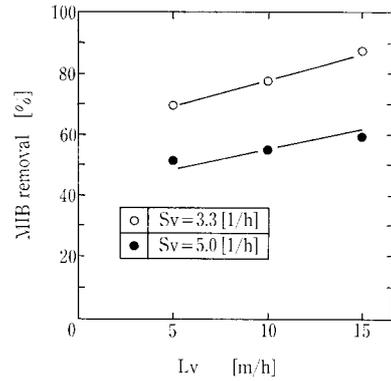
第4図に, 水温が  $20^\circ\text{C}$  の場合の MIB 除去率と積算通水日との関係を示す。この期間中の原水の平均の MIB 濃度は  $260\text{ ng/l}$  である。これより, LV の速い系の方が MIB 除去率が高いことがわかる。これは, LV の速い系 (生物膜表面流速の速い系) の方が物質移動がより促進され MIB 除去率が高くなるものと考えられる。また, 生物接触濾過法において, MIB 除去能力が出現する日数は 10 日程度であり, 安定な処理能力を発揮するのに要する日数は 20 日程度であることがわかる。この 20 日程度を要する馴養期間の短縮については今後の検討課題である。

第5図に, 水温が  $20^\circ\text{C}$  の場合の pH と積算通水日との関係を示す。この期間中の原水の平均の pH は, 6.4 であり, 各 LV の処理水において若干の pH の低下が認められた。

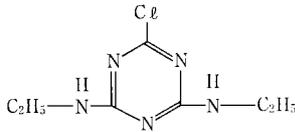
第6図に, 水温が  $15^\circ\text{C}$  の場合の MIB 除去率と原水 DOC 濃度との関係を示す。これより, 原水 DOC 濃度が増加するのに伴い, MIB 除去率が低下することがわか



第7図 原水MIB濃度とMIB除去率との関係  
Fig. 7 Relationship between MIB of raw water and MIB removal



第8図 LVとMIB除去率との関係  
Fig. 8 Relationship between LV and MIB removal



第9図 CAT (除草剤) の構造式  
Fig. 9 Structural formula of CAT (Weed killer)

る。この結果は、易分解性有機物を使用した芳倉らの結果<sup>9)</sup>と同様な結果であり、本実験のように難分解性のフミン酸を使用しても共存有機物が高濃度で存在する場合にはMIBは分解し難いことがわかる。

また、原水DOC濃度が高い場合においても、LVの速い系がMIB除去率が高いこともわかる。

第7図に、水温が25°Cの場合の原水MIB濃度とMIB除去率との関係を示す。この場合の原水DOC濃度は、2.0 mg/lである。これより、原水MIB濃度の増加に伴い、MIB除去率が低下することがわかる。

第8図に、水温が15°Cの場合のSVが3.3 h<sup>-1</sup>と5.0 h<sup>-1</sup>におけるLVとMIB除去率との関係を示す。この場合の原水DOC濃度は4.4 mg/l、原水MIB濃度は135 ng/lである。また、SVが3.3 h<sup>-1</sup>の場合の空筒滞留時間は約18 min、SVが5.0 h<sup>-1</sup>の場合は12 minである。これより、SVの低い系がMIB除去率が高いことがわかる。

以上、生物接触汚過法におけるMIB除去に関して、今回の実験により、MIB除去に影響を及ぼす因子として、①汚過速度(LV)、②空間速度(SV)、③原水DOC濃度、④原水MIB濃度が確認された。

### 3. 生物処理による農薬(除草剤)の除去性について

最近、ゴルフ場など起因の農薬の水道原水への混入が問題になってきている。厚生省は、これを受けて平成2年度に『ゴルフ場使用農薬に係る水道水の安全対策』について水道環境部長名で各都道府県知事宛に通知を行った。この通知の中には、21種類の農薬(殺虫剤、殺菌剤、除草剤)の暫定水質目標が含まれている。

この農薬の除去法としては、活性炭吸着が有効であると考えられるが、伏脇らによると<sup>10)</sup>、除草剤の生物分解性が示唆されており、本実験において比較的良好に出現するシマ

ジン(以下、CAT:第9図にその構造式を示す<sup>11)</sup>)の生物分解性の検討を行った。

#### 3.1 実験方法

本実験において、CATの生物分解性を確認するために、生物接触汚過パイロットプラントの逆洗排水を用い恒温振とう機(20°C)中で振とうさせて行った回分式実験並びに2項のMIB除去実験と同様な生物接触汚過による連続式通水実験を行った。

実験に用いたCATは、市販ガスクロ標準用CATではなく(このCATは有機溶剤にしか溶解せず、生物処理実験には不相当と判断)、実際に散布する園芸用粉末CATを純水に溶解し精製したものを先の人工原水に所定の濃度になるように注入した。CATの分析は、固相抽出により、MIBの場合と同様にキャピラリーガスクロマトグラフ質量分析計により定量を行った。

連続式通水実験には、2項で述べたものと同じ装置を使用した。LV5 m/h(SV3.3 h<sup>-1</sup>)の1系列で行い、この場合も曝気を行わず、溶存酸素のみで行った。他の条件は2項と同一である。

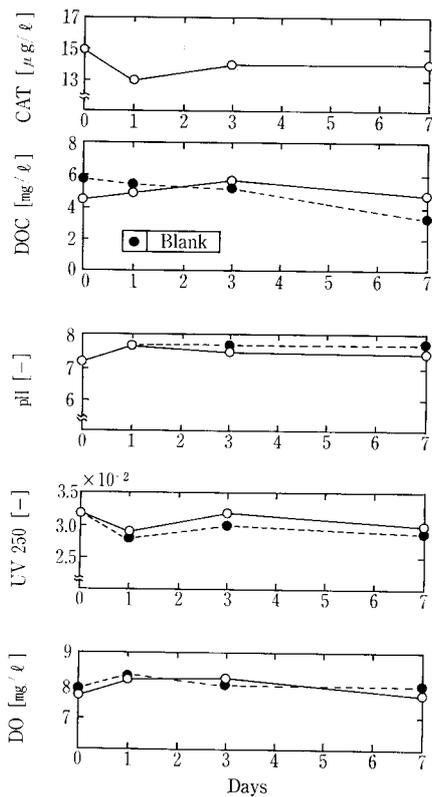
#### 3.2 実験結果(回分式実験結果)

第10図に、逆洗排水のSS濃度が500 mg/l、CAT濃度が15 µg/lの場合のCAT濃度と振とう日数との関係を示す。これより、CATは、振とう日3、7日においてもCAT濃度の低下は認められなかった。また、DOC、pH、UV250、DO共に農薬を添加しないブランクとの差はほとんど認められなかった。

次に生物接触汚過パイロットプラントの逆洗排水を適宜沈降濃縮し、SS濃度を変化させたものにCAT濃度が12 µg/lとなるように注入した結果を第11図に示す。これより、SS濃度を最大36 000 mg/lまで濃縮を行って実験を行ったが、CATの分解は確認されなかった。

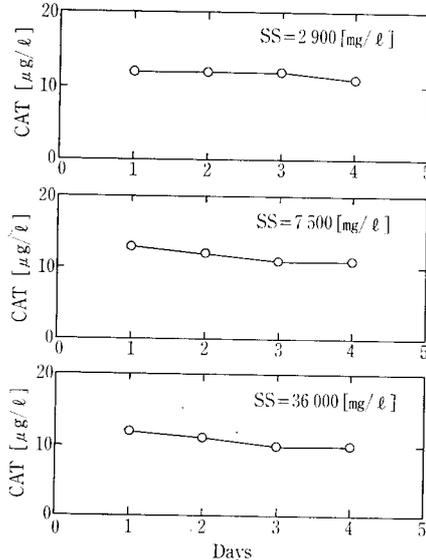
#### 3.3 実験結果(連続式通水実験結果)

第12図に、水温が15°Cの場合のCAT濃度、DOC、pH、UV250と積算通水日との関係を示す。これより、積算通水日24日まで原水のCAT濃度を26 µg/lで通水していたが、CATは除去されることがわかる。次に、通水日25日から、原水のCAT濃度を13 µg/lとしたが、CATは除去されなかった。

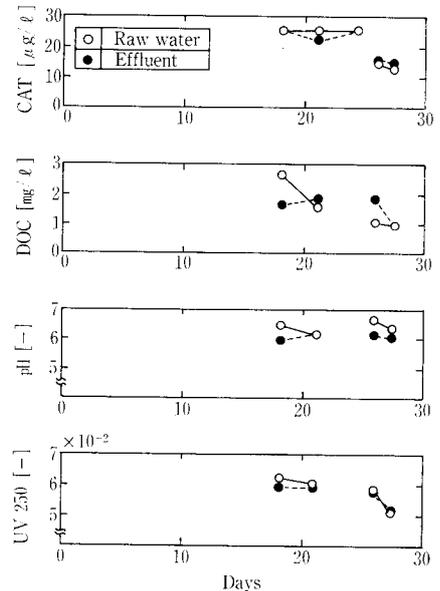


第10図 CAT, DOC, pH, UV250, DOの経日変化

Fig. 10 Variations of CAT, DOC, pH, UV250 and DO



第11図 CATの経日変化  
Fig. 11 Variations of CAT



第12図 生物接触濾過によるCAT, DOC, pH, UV250の経日変化  
Fig. 12 Variation of CAT, DOC, pH and UV250 by biofilm filtration

以上の回分式, 連続式実験結果からCATの生物分解性は確認されなかった。

### むすび

以上, 生物接触濾過における臭気(MIB)除去並びに農薬(CAT)の生物分解性について述べた。MIB除去に関しては, その除去の高効率性および除去に影響を及ぼす因子を確認したが, 残された課題も多く更に研究開発を進めて行く必要がある。

### 参考文献

- 1) 水道産業新聞, '91年7月18日付
- 2) 八木正一: "水中の臭気物質", p. 16, vol. 8, No. 11, 水質汚濁研究, (1985)
- 3) 厚生省生活衛生局水道環境部水道整備課監修: "高度浄水施設技術資料(生物処理施設)", p. 8, (1989), 日本水道協会

- 4) 西尾弘伸ら: "生物接触濾過による硝化について", 環境技術, p. 35, vol. 17, No. 9, (1988)
- 5) 西尾弘伸ら: "生物接触濾過における硝化特性", 第40回全国水道研究発表会講演集, p. 207, (1989)
- 6) 西尾弘伸ら: "生物接触濾過による水道原水の前処理", 第42回全国水道研究発表会講演集, p. 118, (1991)
- 7) E. Namkung: "Removal of Taste-and Odor-Causing Compounds by Biofilms Grown on Humic Substances", Jour. AWWA, p. 107, vol. 79, No. 7, (1987)
- 8) 中町真美ら: "溶媒抽出法による臭気物質の分析", 第42回全国水道研究発表会講演集, p. 566, (1991)
- 9) 芳倉太郎: "2MIB分解菌の高度上水処理過程からの分離と2MIB分解特性", 用水と廃水, p. 463, vol. 33, No. 6, (1991)
- 10) 伏脇裕一ら: "除草剤CNPの微生物分解性の評価(第3報)", 第20回水質汚濁学会講演集, p. 189, (1985)
- 11) 浜島健二郎: "実用農薬ガイドブック", p. 112, 化学工業社, (1989)