

II - 122

生物膜法における固定床と流動床の比較

東北工業大学 ○今野 弘 東北学院大学 石橋良信

東北大学 後藤俊亀

1. はじめに

水道水源の水質汚濁の進行の一方で、安全でおいしい水の追求により、浄水処理においても高度な処理が導入されるようになった。筆者らは実際の水道原水を用いて、高度処理の手法として生物膜法を取り上げ、特に流動床方式の処理性などについて、固定床と比較しながら検討している^{1), 2), 3), 4)}。今回ここでは、年間を通した固定床、流動床方式の平均的な処理性と生物膜の活性度について報告する。

2. 実験装置、条件および方法

実験装置を図-1に示した。原水は、実際の浄水場着水井から水中ポンプでタンクに導いて使用している。

一定水位に保たれた高架水槽から各固定床と流動床の各カラムそれぞれに独立に原水が流入できる。また、充填材の再生のための逆洗は、原水と空気により行うことができる。処理水は、各カラムの流出口で採水して分析した。実験条件を表-1に示した（流動床1の充填材は、後に活性炭に交換した）。原水のアンモニア性窒素（ $\text{NH}_4\text{-N}$ ）の濃度が低すぎるため塩化アンモニウム（ NH_4Cl ）を添加して調整した。処理水は、1カ月に1~2度、処理水を流出部で採水し、検査した。また、週2~3回現地にて各カラムの流量、マノメータなどの測定をし、また、実験条件

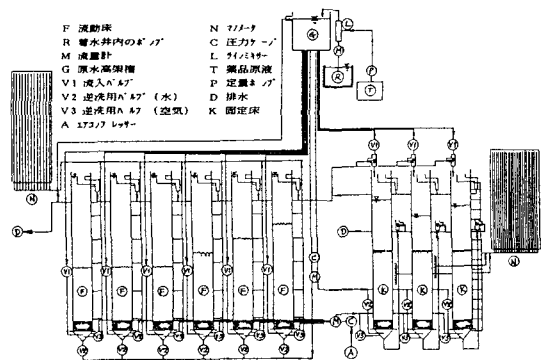


図-1 実験装置

表-1 実験条件

No	ろ材	径(mm)	充填厚(m)	速度(m/d, m/h)
固定床 1	多孔質ゼライト	2.1	1.5	300 m/d
2	"	5.0	"	330
3	アンスラサイト	2.0	"	250
流動床 1	多孔質ゼライト	2.1	1.5	65 m/h
2	"	"	1.3	55
3	"	"	1.1	40
4	"	1.1	1.0	12
5	球状活性炭	0.6	"	9
6	粒状交換樹脂	"	"	10

の維持に努めた。必要に応じて充填材の再生のため、原水を使って逆流洗浄した。なお、表に示した速度は、実験期間中の各カラムの平均速度である。また、生物膜内の生物活性を評価するためにATPの測定をした。ATPは5%グリシン溶液で細胞から抽出し、発光試薬を注入して発光量を測定することによって求めた。試料は固定床、流動床の各カラムに付いている試料採取用のチューブから担体と付着している生物膜と一緒に採取し、実験室に持ち帰ってATPを測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 原水の水温と濁度の年変化 図-2に、原水の水温の経日変化を示した。1月から4月下旬までと11月中旬から水温は10℃を割ること、特に12月下旬から3月下旬までの3ヶ月間は5℃も割ることがわかる。10℃以下では生物の活性が低下すると一般に言われている⁵⁾が、仙台では、この期間が半年にもなることがわかる。また、図-3に同じく原水の濁度の1年間の変化を示した。1991年は、珍しく2月に高濁度が観測されたが、冬と春には低濁度で、秋には濁度が高いというのが日本における水源の特徴と思われる。特に固定床方式の生物膜法では、高濁度は充填材が目詰まりを起こし易いという意味で不都合と考えられる。

3.2 年平均の除去率 表-2に年間の平均除去率を一覧にしてまとめた。表から処理性を概観すると、固定床で全体的に除去率

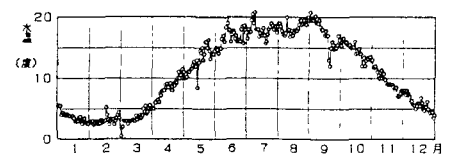


図-2 原水の水温変化（1991年）

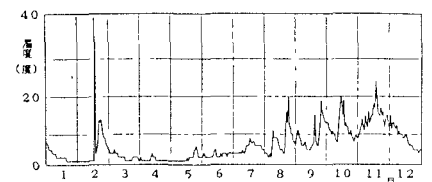


図-3 原水の濁度変化（1991年）

の高い水質項目は、①アンモニア性窒素、②大腸菌群数、③マンガン、④SS、⑤鉄、一般細菌などであり、充填材の種類では、2.1mmのセラミック、次いでアンスラサイトという順である。5mmとセラミックの直径が大きくなると若干除去効率が低下するものもある。粒径が大きくなると懸濁性物質の除去が悪くなることに起因すると考えられるが、アンモニア性窒素やマンガン、塩素要求量の除去効果はそれほど低下しない。一方、流動床では①アンモニア性窒素、②大腸菌群数、③マンガン、④SS、鉄、⑤塩素要求量などという順になる。（ここでのマンガンは、総マンガンを示しているが、その後の継続実験で、固定床、流動床とも溶存態マンガンの除去に効果的であることが明らかになった）。線速度の遅い流動床4、5、6の方が全体的に除去効果は高いといえる。他に10～20%の除去率を示すものとして、固定床では色度、過マンガン酸カリウム消費量があり、流動床では過マンガン酸カリウム消費量がある。期待していたトリハロメタン生成能については、除去はほとんど望めないという結果になった。全体的に固定床と流動床を比較すると、この運転条件では固定床方式が優れているといえる。

3.3 ATPによる生物の活性度評価 図-4、5にそれぞれ固定床、流動床の充填材深さごとに、生物膜付着担体の乾燥重量に対するATPの重量の百分率をまとめた。担体の重量に対してATPの重量は、 $10^{-6} \sim 10^{-5}$ %のオーダーである。固定床については、固定床1の2.1mmのセラミック粒子のATPが若干大きい程度で、3つの充填材について大きな差は見られない。深さ方向については、比較的表層付近のATPが下層より高く、表層の方が生物活性が高いと考えられる。流動床に関しては、流動床によって大きな違いが見られる。すなわち、流動床1、2、3では、流動床1の値が最も大きい。これはセラミック粒子から活性炭に交換したための影響と考えられる。粒子径の小さい流動床4は、全体的にATP百分率は小さいといえる。深さ方向にはばらついているが、流動床4では、下層と上層が高いという結果が得られた。固定床の傾向から考えると、流入側の生物活性が高いといえるが、流動床については必ずしもそうではない。流動床4は25～30cm間隔で試料を採取したが、目視観察の結果によると、流入側である下層ほど充填材が褐色から黒色に変色している。これは生物膜の付着による変色と考えたが、その割にはATPが大きくないので、この黒色はセラミック粒子の表面に二酸化マンガンの付着して“マンガン砂”のようになったということも考えられる。溶存マンガンの除去もその触媒的作用によると考えると高い除去も納得できる。

4. おわりに

半年間が10℃以下という条件下での固定床、流動床方式のたくさんの水質項目の処理性を検討した。効率の低い項目もあるが、わずかの項目を除いて水道水の水源レベルの水質で期待できる方式である。固定床は処理効果としては、流動床に優るものがあるが、維持管理面の問題がやはり残る。ATPについては、さらに生物の働きの詳細な議論にも活用していきたい。

参考文献

- 1) 石橋 他：水質汚濁学会講演集，25，132，1991.3
- 2) 今野 他：全国水道研究発表会講演集，42，112，1991.5
- 3) ISHIBASHI et al: IWSA Regional Conference, 8, 1992.10
- 4) 今野 他：東北工業大学紀要Ⅱ，13，1993.3
- 5) 須藤 他著：生物膜法，産業用水調査会，1980

表-2 各水質の平均除去率(%)
(1991.1～12)

水質項目	固定床			流動床					
	1	2	3	1	2	3	4	5	6
SS	63	41	60	11	10	20	23	40	32
色度	14	11	11	2	-5	-1	-2	6	5
KMnO4消費量	17	17	17	1	0	5	14	18	19
塩素要求量	37	34	26	9	17	18	34	31	33
NH4-N	69	71	59	42	44	38	75	53	58
クロロフィルa	42	34	41	3	7	9	21	35	21
一般細菌	54	20	49	22	-3	2	18	31	14
大腸菌群数	66	52	75	26	41	15	44	60	60
鉄	47	41	41	6	13	16	36	31	32
マンガン	62	63	59	14	31	30	52	46	46
総TMB生成能	6	0	2	-5	-7	-6	2	0	0

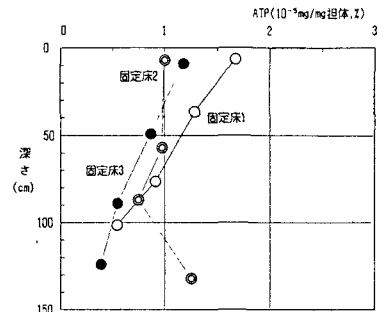


図-4 ATP/乾燥重量(固定床)

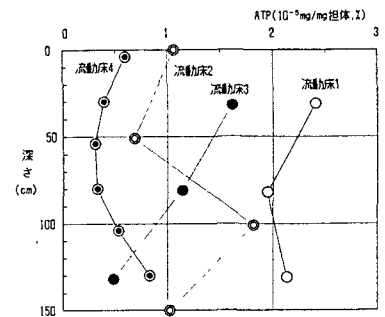


図-5 ATP/乾燥重量(流動床)