

# バルキング抑制剤の魚類に及ぼす影響

中山 真治<sup>1</sup>・松原 英隆<sup>1</sup>

## The Influence of Bulking Inhibitor on Fish

Shinji NAKAYAMA and Hidetaka MATSUBARA

下水処理におけバルキングを抑制するため、バルキング抑制剤の使用が各事業場で検討されているが、この薬剤は、遊離の状態では魚に対する毒性を持つことが知られている。そこで、この薬物の種々の条件下における魚毒性の調査を行った結果、遊離の状態では3.0 mg/l という低濃度でも強い魚毒性を示すこと、及び活性汚泥を加えた後の上澄み液の場合も流入水等の条件によっては弱い魚毒性を示すことが明らかとなった。

**Key Words :** バルキング抑制剤 bulking inhibitor, 下水処理 wastewater treatment, 魚毒性 toxicity to fish, 活性汚泥 activated sludge

### I はじめに

下水処理における活性汚泥法の問題点の一つとして固液分離障害がある<sup>1)</sup>。これはスカムの発生や、糸状微生物によるバルキングが主な原因である<sup>2,3)</sup>。この問題を解消するため、バルキング抑制剤として主鎖にNを含む第4級アンモニウム塩すなわちイオン系ポリマー（構造式を図1に示す）<sup>4,5)</sup>の使用が多く、の事業場で検討されている。この化合物の通常の使用濃度における活性汚泥中での微小動物に対する影響は、非常に小さいことが稲森ら<sup>6)</sup>によって報告されている。また一方、この化合物を遊離の状態で用いた場合には、強い魚毒性を示すことが明らかにされている<sup>7)</sup>。しかし、実際の下水処理場で使用された場合のバルキング抑制剤の魚毒性について検討された例はほとんどない。著者らは、この化合物について3種の条件（遊離状態、活性汚泥中および活性汚泥と混合後の上澄み液）を設定し、下水処理過程で使用された場合の魚毒性について検討した。

1. 福岡市衛生試験所 理化学課

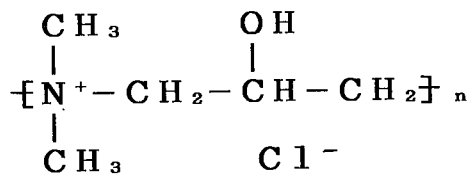


図1 イオン系ポリマー構造式

### II 実験方法

#### 1. 魚毒性試験1（遊離状態における実験）

遊離したバルキング抑制剤による魚毒性を調べるため以下の実験を行った。

##### 1) 使用材料

魚：県内の養魚場より入手した体長20 cm程度の鯉を用いた。

バルキング抑制剤：市内A下水処理場より入手したバルキング抑制剤を用いた。

鯉の飼育容器：20 l のガラス水槽を用いた。

水：水道水（亜硫酸ナトリウムで残留塩素を消去したもの）を用いた。

## 2) 鯉飼育用水の作成と鯉の飼育方法

3 個の水槽に水 18 l と、バルキング抑制剤をそれぞれ 3.0 mg/l、5.0 mg/l、12.5 mg/l となるように加えた。これに鯉を 3 尾ずつ加え、水槽にふたをして室温下で 72 時間エアバブリングを行い、一定時間毎に鯉の遊泳状態や食欲の有無を監視し、健康状態を把握した。なお、コントロールとしてバルキング抑制剤を添加しない実験も行った。

## 2. 魚毒性試験 2（活性汚泥中での実験）

バルキング抑制剤処理した活性汚泥による魚毒性を調べるため以下の実験を行った。

### 1) 使用材料

活性汚泥：福岡市内 A 下水処理場より採取したもの（MLSS = 4000 mg/l）を用いた。

魚、バルキング抑制剤、飼育容器：魚毒性試験 1 と同様のものを用いた。

### 2) 鯉飼育用水の作成と鯉の飼育方法

返送汚泥 5 l に水道水 15 l を加え、攪拌後、バルキング抑制剤を 100 mg/l となるよう添加した。5 分間攪拌後、1 時間エアバブリングした後、これに鯉 3 尾を入れ、水槽にふたをして室温下で 48 時間エアバブリングを行い、一定時間毎に鯉を観察した。なお、飼育用水の DO 濃度と pH は定期的に測定し、pH は、7.0 付近に水酸化ナトリウム水溶液を用いて調整した。また、コントロールとしてバルキング抑制剤を添加しない実験も行った。

### 3. 魚毒性試験 3

（活性汚泥と混合後の上澄み液を使用した実験）

バルキング抑制剤を用いる場合の実際の下水処理行程を考慮して以下の実験条件を設定した。

#### 1) 使用材料

活性汚泥、初沈越流水：福岡市内 A 下水処理場および B 下水処理場より採取したものを用いた。

魚、バルキング抑制剤、飼育容器：前試験と同様のものを用いた。

#### 2) 鯉飼育用水の作成と鯉の飼育方法 (a)

A 下水処理場の返送汚泥（MLSS = 4000 mg/l）20 l にバルキング抑制剤を添加し、30 分間攪拌後、A 下水処理場の初沈越流水を 10 l 加え、5 時間エアバブリングを行った。（返送汚泥と初沈越流水の混合液に対するバルキング抑制剤の濃度は、100 mg/l となるようにした。）1.5 時間静置させ、汚泥と水を分離後、上澄み液 14 l を別のガラス容器に採取した。この飼育用水に

鯉 3 尾を入れ、容器にふたをして、室温下でエアバブリングをしながら 48 時間鯉を飼育、観察した。なお、前試験と同様に、DO 濃度と pH は定期的に測定し、コントロール試験も行った。

#### 3) 鯉飼育用水の作成と鯉の飼育方法 (b)

B 下水処理場の返送汚泥（MLSS = 2000 mg/l）20 l にバルキング抑制剤を添加し、30 分間攪拌後、B 下水処理場の初沈越流水を 10 l 加え、5 時間エアバブリングを行った。（返送汚泥と初沈越流水の混合液に対するバルキング抑制剤の濃度は、100 mg/l となるようにした。）1.5 時間静置させ、汚泥と水を分離後、上澄み液 14 l を別のガラス容器に採取した。この飼育用水に鯉 3 尾を入れ、容器にふたをして、室温下でエアバブリングをしながら 24 時間鯉を飼育、観察した。次にこの鯉を同様の処理を行った飼育用水（混合液のバルキング抑制剤濃度は 160 mg/l）で 24 時間飼育し、さらに同様の処理を行った飼育用水（混合液のバルキング抑制剤濃度は 320 mg/l）で 24 時間飼育、観察した。なお、前試験と同様に、DO 濃度と pH は定期的に測定し、コントロール試験も行った。

## III 実験結果

### 1. 魚毒性試験 1

表 1 遊離のバルキング抑制剤による魚毒性試験結果（鯉の生存数/飼育数）

濃 度	24 時間	48 時間	72 時間
12.5 mg/l	0 / 3	—	—
5.0 mg/l	2 / 3	0 / 3	—
3.0 mg/l	3 / 3	1 / 3	0 / 3
コントロール	3 / 3	3 / 3	3 / 3

表 1 に示すようにバルキング抑制剤濃度が 12.5 mg/l のときは 24 時間以内に鯉は 3 尾とも死滅した。5.0 mg/l のときは 24 時間までは 2 尾生存したが、48 時間経過後には 3 尾とも死滅した。また、3.0 mg/l のときは 24 時間までは 3 尾とも生存したが 48 時間後には 2 尾が弊死し、残りの 1 尾も 72 時間後までに弊死した。このことから、遊離のバルキング抑制剤は低濃度でも非常に強い毒性を示すことが明らかになった。

## 2. 魚毒性試験 2

表 2 バルキング抑制剤処理した活性汚泥による魚毒性試験結果

濃 度	24 時 間 後			48 時 間 後		
	DO	pH	鯉	DO	pH	鯉
100mg/l	8.5	6.8→7.2	正常	8.3	7.2	正常
コントロール	8.2	6.1→7.3	正常	7.9	6.1	正常

すべての鯉は、非常に懸濁した中であつバルキング抑制剤が 100 mg/l という高濃度中にもかかわらず 48 時間生存し、食欲泳ぎ方等に異常は見られなかった。したがって、活性汚泥に吸着されたバルキング抑制剤は毒性を示さないことが明らかになった。なお、活性汚泥を 4 倍に希釈したのは、2 倍希釈では、DO、pH の調整が大変困難であつたためである。

## 3. 魚毒性試験 3

### 1) A 下水処理場の返送汚泥と越流水を用いた場合

表 3 バルキング抑制剤処理をとり入れた下水処理水の魚毒性試験結果 (a)

濃 度	24 時 間 後			48 時 間 後		
	DO	pH	鯉	DO	pH	鯉
100mg/l	8.8	7.0	ハナアゲ	8.6	6.8	ハナアゲ
コントロール	8.8	6.9	正常	8.2	6.7	正常

バルキング抑制剤処理した飼育水の鯉は 3 尾ともに、実験開始後 24 時間以降ハナ上げ状態で、食欲は全く無い状態が続いた。このことから、越流水に含まれるある成分の作用によって、活性汚泥に吸着されたバルキング抑制剤が遊離したものと推察された。ここでバルキング抑制剤濃度を 100 mg/l としたのは、通常の使用濃度を考慮したものである。なお、この下水処理場のスカム発生の原因物質は放線菌であつたが、顕微鏡写真 (写真は示していない) で見る限りにおいては、活性汚泥に変化は認められなかった。

### 2) B 下水処理場の返送汚泥と越流水を用いた場合

表 4 バルキング抑制剤処理をとり入れた下水処理水の魚毒性試験結果 (b)

濃 度	鯉の状態
100mg/l 添加 1 日後	正 常
160mg/l 添加 1 日後	正 常
320mg/l 添加 1 日後	食 欲 不 振
コ ン ト ロ ー ル	正 常

B 下水処理場の返送汚泥に、A 下水処理場の場合と同濃度の 100 mg/l のバルキング抑制剤を添加してエアープラブリングしながら 24 時間放置したが魚にハナ上げ等の異常は全く見られなかった。そこで 160 mg/l の濃度にしたがこのときも変化は見られなかった。320 mg/l としたとき、ハナ上げ状態とはならなかったが、初めて食欲不振状態となった。

ここで、B 下水処理場のバルキングの原因は主に糸状菌と考えられるが、写真 1~4 に同処理場の返送汚泥にバルキング抑制剤を添加した時の各時間における顕微鏡写真 (100 倍) を示す。写真 2 に示すようにバルキング抑制剤 100 mg/l 添加 1 日後にはかなりの糸状菌の切断が進んでいた。また、160 mg/l 添加した場合には 1 日後にはほぼすべての糸状菌が切断されていた (写真 4)。このように糸状菌がバルキング発生の原因となっている場合は、この種のバルキング抑制剤はかなりの効果を示すものと推察される。しかも、前述したようにこの濃度では魚に対する毒性は認められなかった。

## IV 考 察

今回バルキング抑制剤の魚毒性について検討した結果、この化合物は遊離の状態では、3.0 mg/l という低濃度でも強い魚毒性を示すことが明らかとなった。また、活性汚泥のみを用いた実験では、完全に汚泥に吸着されたためか、魚毒性は示さなかった。しかし、A 下水処理場の活性汚泥に越流水を加えた試料の上澄み液の場合には、鯉はハナ上げ状態となり、明らかにダメージを受けていた。これは、活性汚泥にいったん吸着されたバルキング抑制剤が越流水中の何らかのマトリックス因子と作用して上澄み液中に遊離してきたためと考えられる。ここで A 下水処理場では、通常バルキング抑制剤使用量の 100 mg/l でも 24 時間飼育後に鯉にハナ上げ、食欲不振等の異常が認められたが、B 下水処理場の場合は 320 mg/l 添加で初めて食欲不振となった。これは流入水の性質の違いによる結果、すなわち A 下水処理場と B 下水処理場とで流入水の有機物の種類や汚濁負荷量が異なるため、A 下水処理場の実験系では、バルキング抑制剤が微量遊離してきたためと推察される。このように下水の性質によってバルキング抑制剤の遊離状況が異なることが予想されるので下水処理場がこの化合物を使用する場合には、処理水で常時魚類を飼育する等の水質監視を行い、異常が生じた時には直ちに抑制剤処理の停止ができるような体制にしておくことが必要だと考えられる。

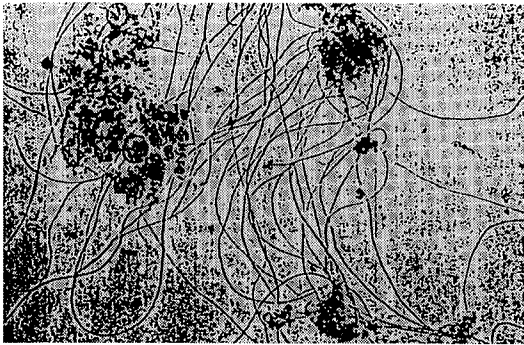


写真1 B下水処理場返送汚泥 (×100)

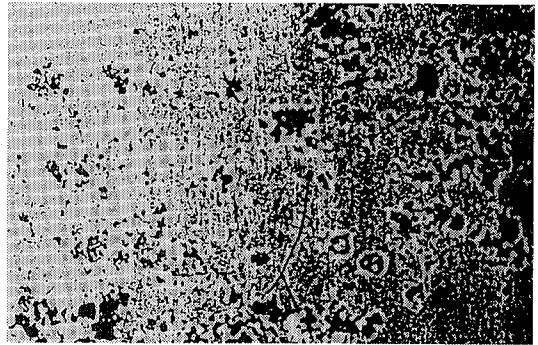


写真4 バルキング抑制剤 160 mg/l 添加1日後 (×100)

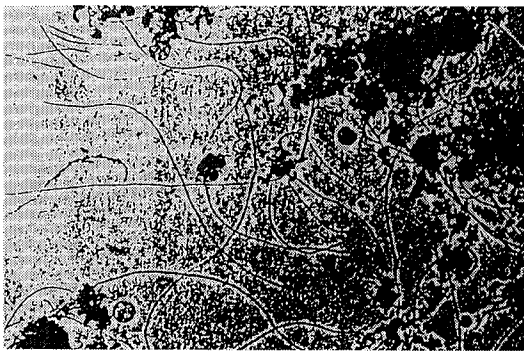


写真2 バルキング抑制剤 100 mg/l 添加1日後 (×100)

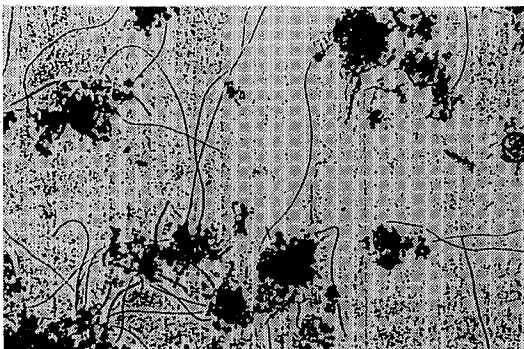


写真3 バルキング抑制剤 160 mg/l 添加6時間後 (×100)

## 文 献

- 1) 木村隆二、他：活性汚泥の固液分離障害の改善と管理、用水と廃水、33 (10)、834 ~ 839、1991
- 2) 須藤隆一：廃水処理の生物学、308 ~ 316、産業用水調査会 (東京)、1977
- 3) 河沢 勇：排水の生物学的処理、118 ~ 120、技報堂 (東京)、1976
- 4) G.K.Noren : 2-Hydroxy-3-Ionene Chloride, Journal of Polymer Science (Polymer Chemistry Edition), 13,693 ~ 700, 1975
- 5) 武捨 清、他：水溶性高分子の<sup>13</sup>C-核磁気共鳴スペクトル、分析学、34、665 ~ 670、1985
- 6) 稲森悠平、他：Type 021 Nバルキング抑制剤合成高分子有機化合物の微小動物の生存・増殖特性に及ぼす影響、日本微生物学会第25回大会講演要旨集、48、1987
- 7) Mark S.Goodrich, et al. : Acute and long-term toxicity of water-soluble cationic polymers to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and the modification of toxicity by humic acid, Environmental Toxicology and Chemistry, 10 (4), 509 ~ 515, 1991