

B-13 マイクロバブルを用いた都市排水路浄化対策実験

○石川 美宏^{1*}・堀田 哲夫²・今西 由美³

¹株式会社 建設技術研究所都市部（〒103-8430東京都中央区日本橋浜町3-21-1）

²株式会社 建設技術研究所水システム部（〒103-8430東京都中央区日本橋浜町3-21-1）

³株式会社 建設技術研究所国土文化研究所（〒103-8430東京都中央区日本橋浜町3-21-1）

* E-mail: y-isikaw@ctie.co.jp

1. 背景・目的

近年マイクロバブル(気体溶解器含む)の性質を活用した技術が社会的に注目され、水産、食品、農業、水環境、健康、医療分野等幅広い分野でその応用研究が始められている。水環境分野で注目されているマイクロバブルの性質は気体の溶解効率の高さと汚濁物質の吸着浮上分離機能であり、従来のミリバブルに比べかなり有利であるとされている。また、現在の水環境改善手法はコスト面で課題があるが、本技術はその課題に堪えうるものと期待される。特に適用が期待されるのは貧酸素化で栄養塩溶出等が懸念されるダム湖・湖沼や沿岸停滞水域、汚濁が激しく無酸素で悪臭が発生する都市排水路、そして懸濁物等で汚濁した池沼での懸濁物の除去等である。

本実験は、生活雑排水が流入している都市排水路におけるマイクロバブルの浄化効果及び適用可能性を確認することを目的として実施した。

2. 実験概要

(1) 実験対象地の概要

実験対象は、千葉県H川へ流入する都市排水路(ボックスカルバート)で排水量は約400m³/日である(図-1)。この流域は下水道整備自体は進んでいるものの、下水道接続率が低い状態にあるため、生活雑排水が都市排水路を経由してH川へ未処理のまま流入し水質悪化を招いている。特に夏季の悪臭が地域住民の間で最も大きな問題となっている。

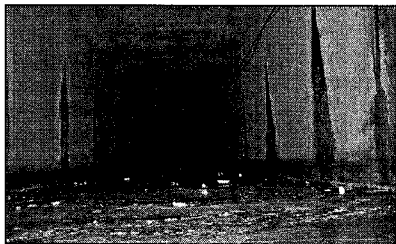


図-1 排水路内の様子

(2) 実験により確認した項目

本実験で確認した主な項目は以下のとおりである。

- ① 実験前の水質現況(臭気の発生等含む)
- ② マイクロバブルによるDO増加量
- ③ マイクロバブルの都市排水路浄化対策への適用性

(3) 実験方法

実験は、排水路内にマイクロバブル発生装置を設置し、水路内の水を連続的に装置に通水後、水路へ戻す方法とした。なお、装置によりDO改善した水と水路内を流れている水を十分に混合するため水路内に堰を設け流下時間を調整した(図-2)。

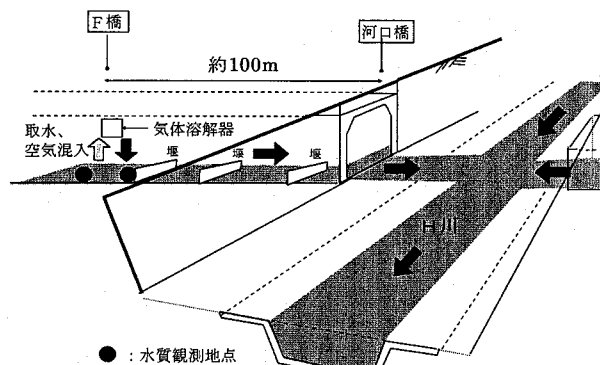


図-2 実験方法イメージ

3. 実験前の水質状況

対策効果を把握するため、実験開始前の水質状況を確認した(表-1)。観測時が冬(2月)であったこともあり、DOは予想以上に高かったが、ORPがかなり低く、有機物に加え還元性物質が多く存在している可能性が示唆された。還元性物質の成分は、重金属や硫化物等ではないかと予想されるが、今回は含有成分等の詳細な調査を行っていない。

表-1 実験開始前の水質状況(2005. 2. 10)

	F 橋	河口橋
水温(℃)	14. 8	15. 3
pH	7. 9	7. 3
濁度(NTU)	138	133
DO(mg/L)	5. 17	3. 04
BOD(mg/L)	71. 50	—
SS(mg/L)	20. 40	—
ORP(mV)	-327	-265
COD(mg/l)	40	13
NO ₂ (mg/l)	0. 06	0. 15
NO ₃ (mg/l)	0. 23	0. 46
透視度(c m)	25	23

4. 予備実験

気体溶解装置による酸素の溶解能力について確認するため、原水(水道水)に溶解している酸素を取り除いた上で、空気を使用した溶存酸素向上度合を実験により確認した。

(1) 実験方法

φ300 の球形の気体溶解器を用いて溶解水を作製し、あらかじめ亜硫酸ナトリウムで溶存酸素を除去した溶液を用いて 5 倍希釈して溶解水の DO を求めた(図-3)。変化させた実験条件は以下のとおりである。

【実験条件】

ポンプ能力(A) : 100W, 200W, 400W

噴出口径(B) : φ5.0, φ5.5, φ6.0, φ7.0, φ8.0, φ9.0

排出口径(C) : φ6.0, φ5.0, φ4.5, φ4.0, φ3.5, φ3.0
(噴出、排出口径により圧力が変化する)

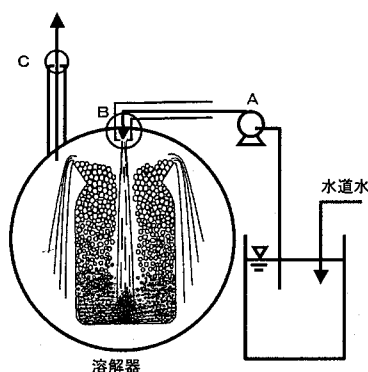


図-3 実験装置の概略

(2) 予備実験結果

気体溶解装置内圧力と DO の関係を図-4 に、気体溶解装置内圧力と溶解効率の関係を図-5 にそれぞれ示す。

なお、ここでは代表例として噴出口径 9.0mm についてのみ示す。(他のケースは同様の傾向を示していたので

割愛する。)また、溶解効率 η は、流量 Q ×DOの増加量/使用電力量として評価した。

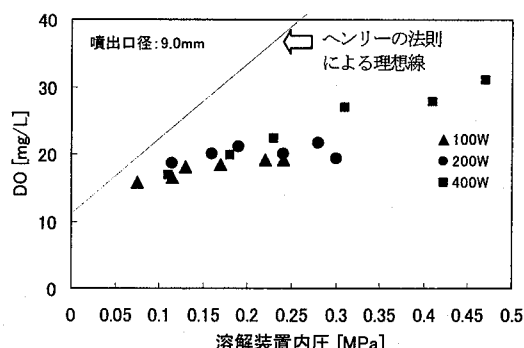


図-4 溶解装置内圧とDOの関係

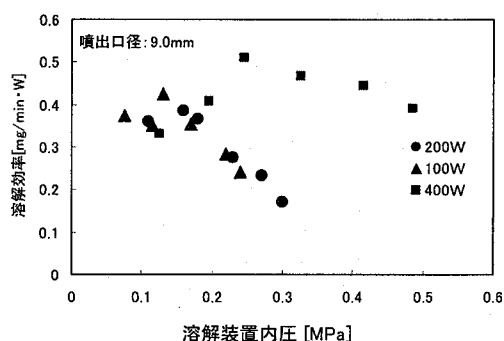


図-5 溶解装置内圧と溶解効率の関係

実験結果から次のことが言える。

- ① いずれのポンプ使用時でも概ね20mg/L程度のDO濃度が得られている(図-4)。
- ② 溶解装置内圧が高くなるにしたがい、ヘンリーの法則の理想線との乖離が大きくなる(図-4)。
- ③ 溶解効率では、400Wポンプで0.25MPa~0.35MPaで最高となる山形の曲線を描く(図-5)。

これらの結果から、溶解水のDO濃度と流量(ポンプ能力)および使用電力の関に最適値があるであろうと予想されるものの、DO濃度の低い都市排水路においてもある程度のDO増加は期待できるものと判断した。

5. 都市排水路における実験結果

(1) DO増加量

図-6 に実験時のDO及びORPの変化を示す。なお、原水DOは0mg/Lであった。気体溶解装置を通過させたDO濃度は、通過直後の放流部(下図 0.0m地点)でさえ0mg/Lであり、そこから下流部についてもやはり0mg/Lのままであった。

この理由としては以下のようなことが考えられる。

- ① 原水の汚濁状況が著しく、還元性物質も多く含

まれているためDOが消費されてしまっている(ORP値がマイナス値で非常に大きい)。

- ② 原水に含まれる気体量が比較的大きく、酸素があまり溶解できなかった。

①については、ORP値が放流直後に比べ距離が離れるにしたがい低くなる傾向になっていることから説明できる(図-6)。

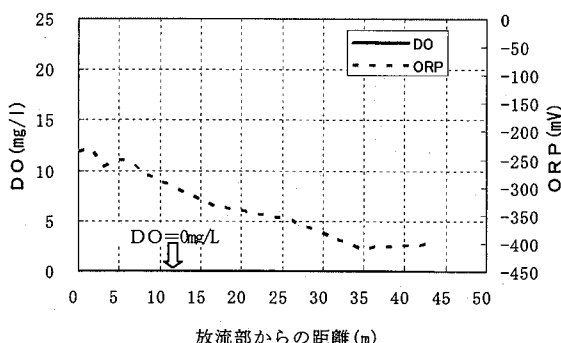


図-6 DOとORPの変化(2005.5.14)

(2) 都市排水路浄化対策への適用性

水質観測は実験当日しか行っていないが、気体溶解装置自体は実験後も稼働させ続けた。その結果、施設稼働期間内における臭気は改善され、悪臭による苦情は大きく減少した。一方、DOについては0 mg/Lのままであり、原水を改善できていない。これは前述(2)に示した理由が中心と考えられる。池沼のような滞留水域と異なり、常に汚濁水が流れてくる排水路に適用する場合には、機器の仕様や台数など供給能力を大きく見直す必要があることが分かった。

6. 純酸素(酸素ポンプ)を使用した実験

前節の実験では排水路内の空気を気体溶解器に吸い込む通常の方法で実験を行っていたが、思うようにDO増加が見られなかった。そこで、空気の代わりに酸素ポンプから直接純酸素を気体溶解器に供給し放流水のDO増加量を確認した(図-7)。

原水DOは0 mg/Lであったが、放流口(下図0.0m地点)におけるDO濃度は20 mg/L(機器の観測可能最大値)と大きく増加した。その後すぐに5 mg/L弱になるものの、10m下流においてもほぼその値を維持しており、前述の実験に比べかなりの効果があったといえる。(実験時の水温は約22℃であり、飽和溶存酸素濃度は約8.5 mg/Lであったと考えられる。)また、ORP値は放流口部分で-215(mv)を示し、その後すぐに-280(mv)前後となるが、放流口から10m下流においてもほぼ同様の値となっており、DO値に連動した動きをしていると考えられる。

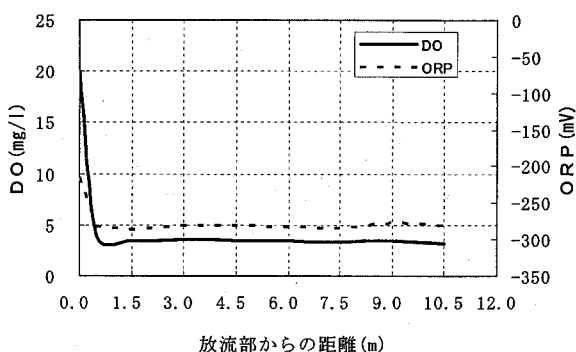


図-7 純酸素を使用した時のDOとORPの変化

5. 今後の課題

(1) 基礎データの蓄積

気体溶解器を用いたDO改善は、比較的小規模な池沼等の滞留水において有効である事例が知られている。一方で都市排水路は常に汚濁水が流れており、このような場所での事例はほとんど無い。このため機器の必要能力、必要台数、改善効果等について未知の部分が多く、今後、性質の異なる他の水路や河川で同様の実験を行い、必要データを蓄積していくことが実用化に向けて重要となる。

(2) 還元性物質の成分調査

今回対象とした都市排水路は当初考えていたよりも還元性が強く、思うようにDO増加が見られなかった。

また、その主な要因と考えられる還元性物質の成分についても明らかにするに至らなかった。今後、実験を行う際には、還元性物質の成分を事前調査するとともに、その対処方法と気体溶解装置の適用が可能な場所であるかについても精査が必要である。

(3) 維持管理

今回の実験では約4ヶ月に渡り装置を現地に設置し稼働し続けたが、この期間内は特に異常なく運転することができた。しかし、台風や豪雨後には給・排水ホースのねじれやノズル破損あるいは気体溶解器の転倒の危険性があることや、長期間利用時に給水ホース内に付着する汚濁物の問題があることが分かった。このような状況では十分な水質改善が期待できないことが想定され、以下の改良を行うのが望ましい。

- ① 逆洗が可能な設備の追加
- ② 豪雨時等における設備防護対策

6. おわりに

今回の実験により都市排水路の水質浄化対策におけるマイクロバブル技術の適用可能性、DO改善効果の概要及び課題を確認することができた。これらの結果を踏まえ、今後の実用化に向けて特性の異なる他の排水路でも同様の実験を行っていく予定である。