

微細気泡発生装置を用いた水路の嫌気化抑制

原田 加奈子

独立行政法人水資源機構 関西支社 中津川管理室 (〒554-0001 大阪府大阪市此花区高見1-10-46)

正蓮寺川利水事業では淀川の水（汽水）を高見機場で取水し、六軒家川水路及び正蓮寺川水路に分水して下流河川の浄化をおこなっている。

毎年、冬期には通水を停止するが、その間閉鎖水域となる六軒家川水路では汽水中の塩分による硫化水素が発生し、特に将来公園となる吐出樋門地点での悪臭や通水再開時の白濁水が問題となっている。

中津川管理室ではこの問題に対応するため、平成21年度から微細気泡発生装置による対策を実施してきた。今回、硫化水素を抑制出来ることを確認したのでその結果を述べる。

キーワード 嫌気化抑制，微細気泡，硫化水素，汽水

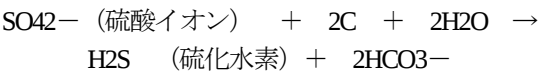
1. はじめに

正蓮寺川利水事業では淀川の水を高見機場で取水し、六軒家川水路及び正蓮寺川水路に分水して下流河川の浄化をおこなっている。取水地点が感潮域であるため汽水による発錆や生物付着が著しく、毎年冬季に高見機場からの分水を停止し施設の整備等を行っている。

その間六軒家川水路は閉鎖水域となることにより水中への酸素の供給がなくなる。一方、水中や堆積物中の有機物を分解する為に酸素が消費されるため、水路内部は酸素のない状態（嫌気状態）となる。

嫌気状態の下では硫酸還元菌による次の反応により、汽水中の硫酸イオンが硫化水素に変化する。

【硫酸還元】



発生した硫化水素は六軒家川水路両端の樋門立坑から周辺に拡がり悪臭問題となったり、分水再開時には白濁水の原因になったりする。特に六軒家川水路の下流端である吐出樋門部は民家が近接しており、住民から異臭に対する苦情が寄せられた経緯がある。更に周辺が大阪市により公園として整備される計画となっており、硫化水素の発生を抑えることが課題である。

表-1 六軒家川水路の緒元

構造	鉄筋コンクリート函渠（暗渠）
断面	高さ 3.1m×幅 2.3m×二連
延長	約 850m

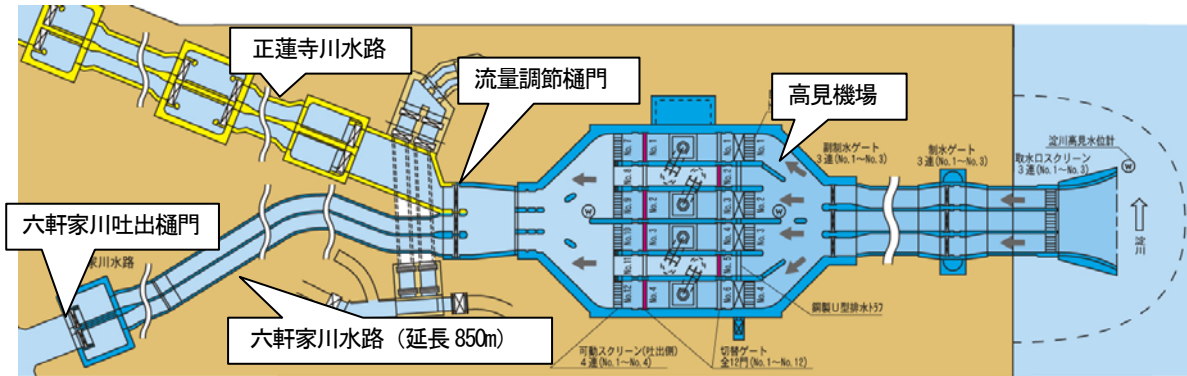


図-1 施設概要



写真-1 水路からの白濁水



写真-2 公園整備計画（枠内が公園となる）¹⁾

2. 硫化水素対策の検討

(1) 硫化水素抑制方法

嫌気化に伴って発生する硫化水素の一般的対策方法は、①酸素供給（空気・酸素の注入）、②水路内の清掃、③薬品添加（硫化物の固定化や殺菌など）がある。

六軒家川水路は延長約850mの途中に立坑が無く土砂の搬出や作業員の安全確保の観点から②は難しいと考えられ、河川維持用水として生物や環境への安全性にも配慮が必要なので③にも慎重になるべきである。よって、対策としては①の酸素供給が最も現実的と言える。

酸素の供給技術としては、周辺が公園として整備されることから、設備規模や騒音が比較的小さく効率的に水中に酸素を供給出来る微細気泡方式を検討した。気泡の発生方式は比較的低コストであり環境中の水質浄化への実績が多い旋回流ノズル型²⁾を採用した。

(2) 微細気泡の特性

微細気泡とは、一般的に気泡の直径が10～100 μ m程度の微細な気泡であり、以下のような特性を持ち医療、環境および水処理関係に実用化されてきている³⁾。

- 気泡同士の合体や吸収が起こらず、単一気体のまま水中に長時間留まり、気泡としての寿命が比較的に長い。
- 単位体積あたりの気泡表面積が大きい。
- 浮上速度が極めて遅い（一般的に2～3m/h）ため、水平方向への拡散性に優れている。

これらの特性により空気と水との接触効率が高められ、

効率的に水中に酸素を供給出来る。また、浮上速度が小さいことは気泡が長距離を移動拡散でき、底泥を巻き上げることもないという利点もあり、環境分野では主に小規模水域（ため池など）の水質改善に利用されている。

(3) 装置規模の設定

水路内で消費される以上に酸素を供給する、という発想から装置の規模を検討した。溶存酸素消費速度は財団法人ダム水源地環境整備センター「曝気・循環施設マニュアル」の算定式を参考に、六軒家川水路における2008年の最高COD値46mg/Lを用いて計算した。

その結果、必要給気量は210L/minとなり、ノズルの1本当たりの給気量は110L/min（32口径ノズルの実測ベース）であることから、必要ノズル数は2本とした。

表-2 微細気泡発生装置の諸元等

ノズル形式	旋回流ノズル型 水中ポンプ併用型 口径 32mm×2本/台
ポンプ規格	口径 100A 吐出量 1.6m ³ /min 以上 電源 7.5kw, 60Hz, 200V
吐出量 給気量	800L/min（参考） 200L/min（参考）
運転期間	概ね 12月～3月の冬期

装置は1水路あたり1台設置とし、設置箇所は対策の必要度と開口部の規模から吐出樋門側の立坑とした。

2009年度に装置規模の検討・導入をし、本格的には2010年度から運用した。稼働期間は分水を停止する概ね12月～3月の冬期である。また、貝類や藻類によるノズルの目詰まりを防ぐため、月に1回の清掃を実施している。

3. 結果（2010～2012年度、吐出樋門閉）

(1) 吐出樋門部における効果

2010～2012年度の吐出樋門立坑部での硫化水素の測定結果を図-2に示す。

微細気泡発生装置を設置した吐出樋門では、No.2水路において2011年度は12月、2012年度は1月に硫化水素が発生した。これは2011年度については装置を清掃するために水路から引上げたことによる一時的なものである。

平成24年度はコスト削減の可能性を探るため3.7kWに装置能力を落としたことによる（その後7.5kW装置を追加稼働することで硫化水素は減少した。）。

よって吐出樋門部では7.5kWの装置を用いることにより硫化水素が抑制出来ることを確認し、近隣や将来の公園への硫化水素対策という所期の目的は達成できた。但し、装置清掃時には水路内を攪乱しないよう注意が必要である。

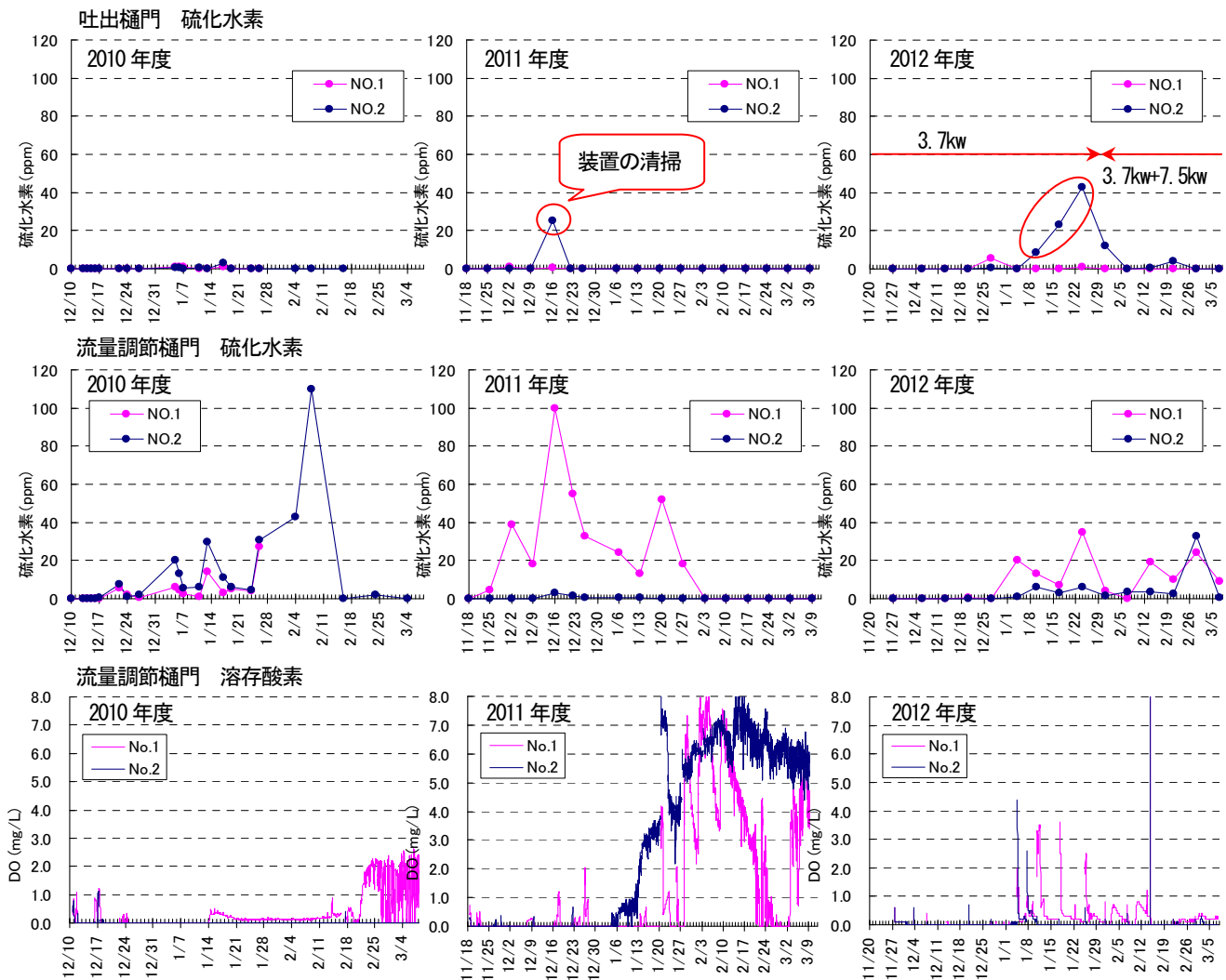


図-2 硫化水素及び溶存酸素測定結果

(2) 流量調節樋門部における効果

一方、微細気泡発生装置から約850m離れた流量調節樋門では2011年度のNo.2水路以外の全てのケースで数十ppm以上の硫化水素が発生した（図-2：中段）。

硫化水素は概ね0.3ppmで大多数の人間の鼻で感知されることから、流量調節樋門部での硫化水素発生濃度はかなり高い。

流量調節樋門底層の溶存酸素（DO）測定結果（図-2：下段）をみると、例年分水停止後すぐに溶存酸素濃度が0となり、2011年度は両水路とも微細気泡発生装置稼働後2ヶ月程度で溶存酸素が回復しているが、それ以外の年では分水再開まで溶存酸素が回復せず嫌気的な状態が続いていた。

流量調節樋門部までは微細気泡による酸素供給が足りていない、あるいは効果が達するのに時間がかかっており、嫌気状態が続いた結果、硫酸還元反応が起こり硫化水素が発生したと考えられる。

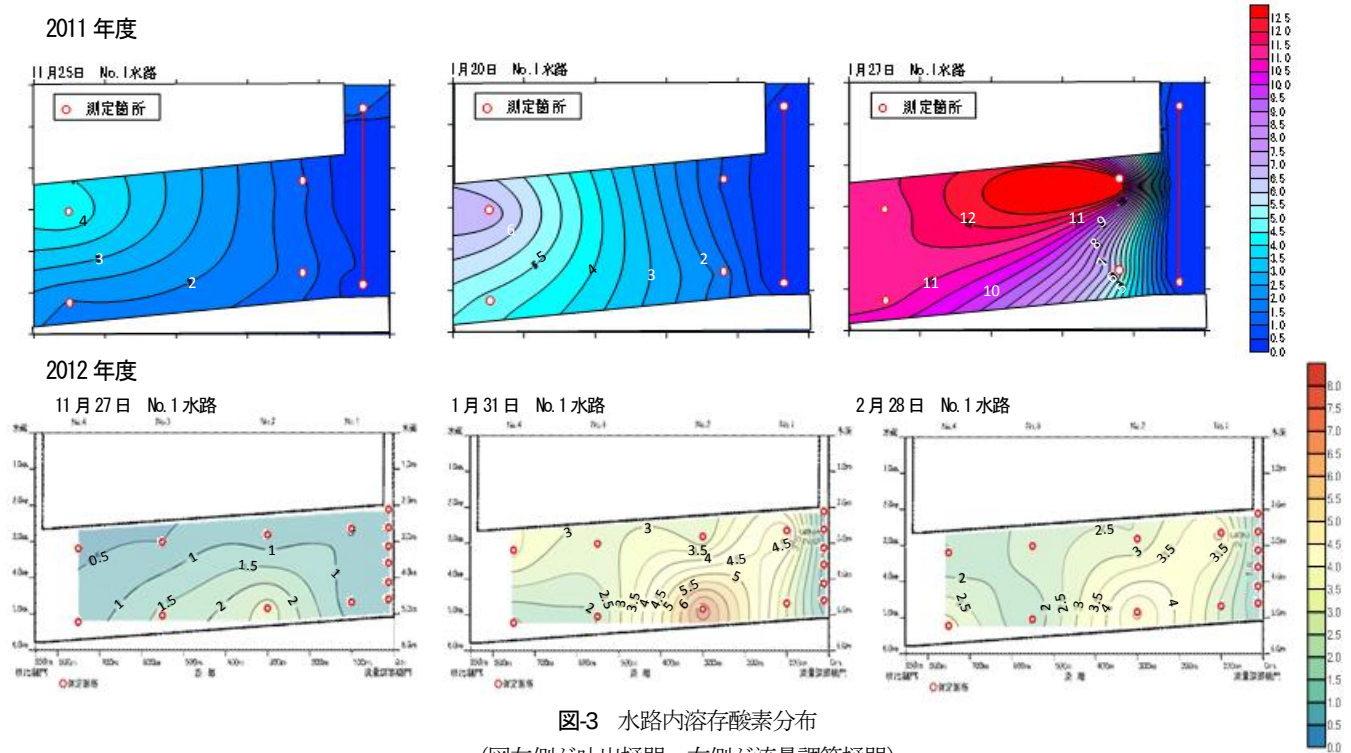
なお、同じ装置を用いたにも関わらず、年度及び水路によって水質改善結果が異なることについては、気温

（水温）や分水停止時の水路内水質、堆積物の量が関係していると想像される（2011年度は比較的水温が低く、水路内の堆積物量が少なかったため、酸素を消費しにくい環境だったと考えられる）

(3) 水路内部における効果

2011、2012年度には樋門立坑部に加えて水路内の溶存酸素を測定した。No.1水路の結果（縦断分布）を図-3に示す。2011年度は時間の経過とともに吐出樋門から流量調節樋門に向かって、徐々に溶存酸素の回復がみられた。2012年度も微細気泡発生装置により溶存酸素が改善されていた。しかし必ずしも装置に近い箇所で溶存酸素が高い値となった訳ではなく、流量調節樋門から約300mの地点で局所的に溶存酸素が高くなっていた。

このように水路内の嫌気化改善の様子は複雑と想像されるが、微細気泡発生装置の稼働が六軒家川水路閉塞に伴う嫌気化の改善に有効であるものと考えられる。



4. 結果 (2013年度, 吐出樋門開)

2010～2012年度は吐出樋門を全閉とした運用での結果であったが、2013年度は吐出樋門を開いた状態で微細気泡発生装置を稼働した。使用した装置や稼働期間は過年度と同じである。

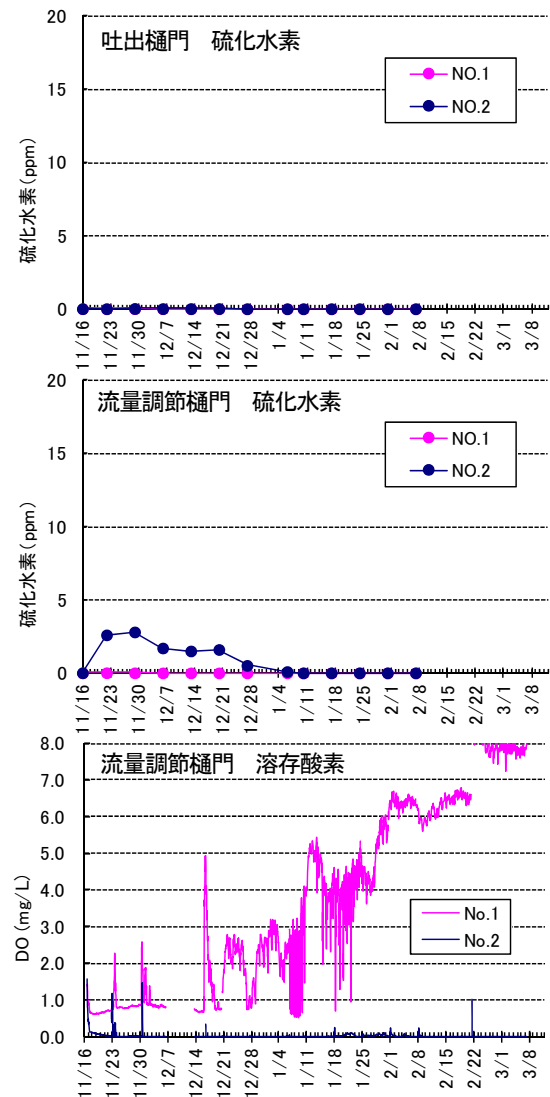
立坑部での硫化水素及び溶存酸素の測定結果を図-4に示す。

吐出樋門、流量調節樋門ともに硫化水素の値は低く、最大でも流量調節樋門 (No. 2) の2.8ppmであった。特に流量調節樋門では例年数十ppm以上の硫化水素が発生していたので、2013年度は硫化水素が抑制できていると言える。

流量調節樋門底層での溶存酸素については、No. 1水路で1月より順調に回復していた。No. 2水路では分水再開まで回復しなかったが、中層以浅では数mg/Lまで回復しているのを別途確認している。

吐出樋門を開いておくことで僅かではあるが水路に水の出入りが生じ、これが水路内の溶存酸素を回復するうえで有利に働き、結果、硫化水素の発生が抑制されたと考えられる。

水路の運用上可能であれば、吐出樋門を開いておくことが流量調節樋門部での硫化水素対策に有効であり、望ましい (今のところ一般への影響はないものの、流量調節樋門上空には高速道路淀川左岸線及び淀川南岸線が繋がる海老江JCTが建設中であり、将来的に悪臭対策はやはり重要と考えられる)。



5. まとめと今後の課題

以上をまとめると

- 六軒家川水路では、7.5kwの微細気泡発生装置を1水路あたり1台用いることで吐出樋門付近での硫化水素臭を抑制でき、近隣や将来の公園への硫化水素対策という所期の目的は達成できた。
- 吐出樋門を閉状態とした場合、微細気泡発生装置から約850m離れた流量調節樋門では完全に嫌気状態を改善することが出来ず、硫化水素が発生した。
- 水路内の溶存酸素は年によっては微細気泡発生装置から離れた地点で局所的に高くなるなど改善の様子は複雑と考えられるが、徐々に回復していた。
- 吐出樋門を開状態にすると、流量調節樋門部でも硫化水素は発生しなかった。水路の運用上支障がなければ

吐出樋門を開いておくことが望ましい。

今後は微細気泡発生装置の効果をより経済的に発揮しこの課題に対処できるよう、今ある装置（微細気泡発生装置以外の汎用的な装置も含む）の有効活用や水路の運用方法を検討することとしたい。

参考文献

- 1) 大阪市.2011.事業再評価調書（正連寺川公園）
- 2) (株)トータルビジョン研究所.2006.マイクロ・ナノバブル調査総覧
- 3) 岩松，二井.2009.閉鎖水域における微細気泡発生装置の試み（平成21年度(独)水資源機構技術研究発表会）