

## 高濃度酸素水を用いた閉鎖性水域の浄化に関する基礎的研究

山口大学工学部 ○汐重 啓（学）、今井 剛（正）、浮田正夫（正）  
宇部工業高等専門学校 深川勝之（正）（有）バブルタンク 藤里 哲彦

### 1. 研究背景及び目的

閉鎖性水域における環境基準の達成率は、特に湖沼において低い値となっている。湖沼、ダム貯水池などは富栄養化が進行しやすい形態であることに加え、流域からの流入負荷の急増など、富栄養化が急激に進行している水域は少なくない。このような閉鎖性水域の浄化においては、流域の排水処理施設の整備などの流入負荷削減と同時に、嫌気的な状態にある底質を介して生産される内部負荷の削減が重要である。したがって、内部負荷削減には底質の浄化が必要不可欠である。本研究では、底質の浄化法として高濃度酸素水を用いる方法が有望であると考え、そのために必要な高濃度気体溶解装置の開発、及び高濃度酸素水を底質に接触させた場合の基礎的な知見を得るための実験を行う。

高濃度酸素水を閉鎖性水域の底層部へ導入し底質と接触させることで、1) 主として有機物の嫌気的分解が進行している底層部を好酸化し、底質からのリンの溶出を抑制する。2) 継続して高濃度酸素水を供給することで、底層部の溶存酸素濃度を適正值（3mg/L 以上）に維持し、底質環境の改善に加え自然の浄化機能を回復・強化することができると考えられる。今回の実験では本研究で開発した高濃度気体溶解装置による水への酸素の溶解を行い、運転条件の検討を行った。また、高濃度酸素水を底質に接触させた場合の基礎的なデータ（リンの溶出抑制効果）を得るための実験を行った。これまでに、本研究で開発した装置により瞬時に高濃度酸素水を製造可能であることと、高濃度酸素水を底質に接触させることでリンの溶出抑制効果があることが確認されている。

### 2. 高濃度気体溶解装置の開発

#### 2. 1 装置について

本研究で開発した高速・高濃度気体溶解装置の概略図を図-1に示す。本装置では、気体（本実験では酸素）と水の接触効率の向上のため、水の薄膜に加圧された酸素を接触させる方法を採用した。つまり、加圧容器内で、水の薄膜（水泡）を大量に発生させることで、高効率に気体溶解を行い、その溶存濃度を大幅に増加させるものである。大量の水泡を発生させるために、気液混合流体を反応槽内に接線方向に噴射する部位にはエジェクターを設置した。さらに、高速に高濃度酸素水を製造可能な特徴に加え、本装置では気体回収部を設置することで、適正な運転条件下において供給した酸素を100%有効利用する、つまり装置に供給した酸素は水に溶解する以外には装置外に排出されない構造となっている。

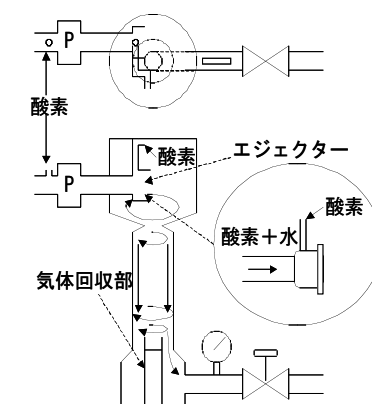


図-1 高濃度気体溶解装置の概略図

#### 2. 2 装置の運転条件の検討

供給された酸素を水に溶解させ DO 濃度を高めるためには、単純には装置内圧力を高めることで達成できる。本装置は、装置の排出口側に設置されているバルブを閉めることで装置内圧力を高める構造となっている。これはすなわち、装置内圧力を高めると処理水流量が減少してしまうことを意味する。したがって、処理水の DO 濃度と処理水流量の最適値に関して検討する必要がある。また、気体の最適供給量を検討することで、気体のロスをはば 0 にできる本装置において、供給気体量に関する検討も重要である。

本実験ではラボスケール（容積約 2.3L、図-1 参照）の装置を作成し、装置内圧力を 0.2Mpa とした場合の

キーワード 閉鎖性水域, 高濃度酸素水, 高濃度気体溶解装置, 底質浄化, リン溶出抑制

連絡先 〒755-8611 宇部市常盤台 2-16-1 TEL 0836-85-9312 FAX 0836-85-9301

供給気体量を 300, 500, 700, 900mL/min と変化させた場合の処理水 D0 濃度、処理水量を測定した。なお本実験では供給気体は酸素（酸素ポンプ）を使用した。

2. 3 装置の運転条件の検討結果

2. 2 に示した条件での実験結果を図-2 に示す。本実験では実際の環境改善処理においては、単位時間当たりの酸素供給量が重要であると考え、酸素供給速度 [mg/min]（＝処理水 D0 濃度 [mg/L] × 処理水流量 [L/min]）を用いて運転条件の検討を行った。結果より酸素供給量 700, 900mL/min とした場合に酸素供給速度がほぼ同じ値となっているが、900mL/min とした場合では溶け残った気体が回収できないまま装置外に排出された。実フィールドでの使用において、以上に示した方法で装置内に対する最適気体供給量を決定し、運転条件の検討をまず行うことで、より効率的に処理が行える。ラボスケールの装置においては装置内圧力 0.2Mpa においては酸素供給量 700mL/min が最適であり、この条件下では高濃度（D0 濃度 60mg/L 以上）酸素水を 22m<sup>3</sup>/day 供給可能であることが確認された。

3. 高濃度酸素水接触によるリン溶出抑制の効果の確認

高濃度酸素水を富栄養化した水域の底層に導入することで、底質から水域へのリンの溶出を抑制する効果が期待できる。リン溶出抑制の効果を端的にとらえるため、回分式の接触実験を行った。300mL フランビンに酸素溶解処理を行った底層水と底質（底層水と底質は同水域のもの）を供し、水封後 20℃の恒温槽（暗所）に静置し、設定時間ごとにフランビン内の溶解性リン（PO<sub>4</sub>-P）、溶解性鉄（Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>）を測定した。実験条件を表-1 に示す。

以上の条件で行った実験の結果（溶解性リン及び溶解性鉄の経日変化）を図3, 4, 5 に示す。結果より酸素水を接触させた場合と、対照系におけるリンの溶出には明らかな差が見受けられ、酸素水の接触によるリンの溶出抑制効果が確認された。

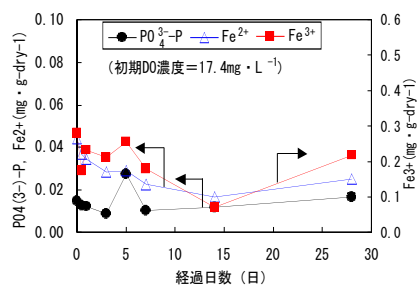


図-3 酸素水+底質

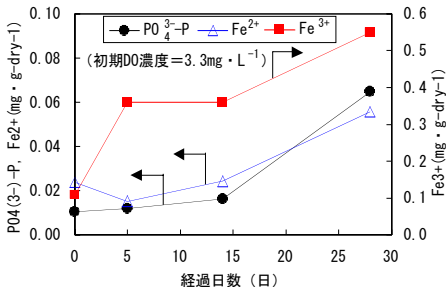


図-4 底層水+底質

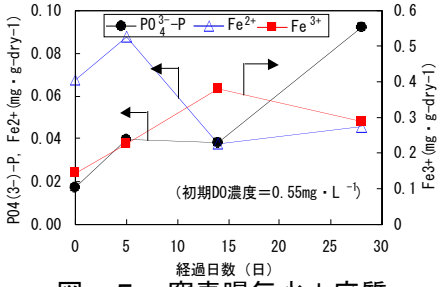


図-5 窒素曝気水+底質

4. まとめ

- 1) 本研究で開発した装置での高速・高濃度酸素水製造が可能であり、装置の最適運転条件についてラボスケール（容積約 2.3L）の装置で検討を行った。結果より、装置内圧力 0.2Mpa においては供給酸素量は 700mL/min が最適であり、本条件において高濃度酸素水を 22m<sup>3</sup>/day 供給可能であることが確認された。
- 2) 回分式接触実験において、高濃度酸素溶解処理を行った底層水と底質を接触させた場合、未処理の底層水または窒素曝気を行った底層水を接触させた場合と比較して、明らかな溶出抑制の効果が確認された。

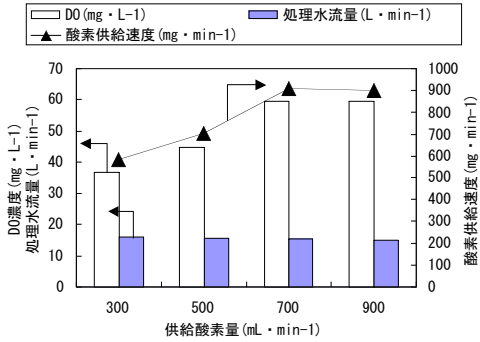


図-2 各条件における酸素供給速度の比較

| 表-1 実験条件       |               |                                    |
|----------------|---------------|------------------------------------|
| 実験条件           | サンプリング        | 分析項目                               |
| 底層水（酸素溶解処理）+底質 | 0,12,24 時間経過時 | PO <sub>4</sub> -P                 |
| 底層水+底質         | 3,5,7 日経過時    | Fe <sup>2+</sup> ,Fe <sup>3+</sup> |
| 底層水（窒素曝気）+底質   | 2,4 週間経過時     |                                    |