

ダム湖等閉鎖性水域の底質浄化のための高濃度気体溶解装置の開発

山口大学工学部 今井 剛、○汐重 啓、浮田正夫、関根雅彦、樋口隆哉
宇部工業高等専門学校 深川勝之、(有)パブルタンク 藤里哲彦

1. はじめに

我が国の公共用水域の生活環境に係わる環境基準の達成率は、特に河川を中心に向上しつつある。これは事業所排水規制ならびに下水道整備の進展によるところが大きい。一方で、閉鎖性水域、特に人口や産業が集中する瀬戸内海あるいはその内湾域、湖沼など、未だに環境基準を達成できない水域が数多く存在する。このような現況に対処するため、第5次水質総量規制では、富栄養化対策として従来のCODに加えて窒素やリンについても規制される。しかしながら、水質改善の抜本的対策として、底質の浄化は必要不可欠であるにもかかわらず、浚渫、覆砂程度しか対策がなく、しかもこれらの方法では要する費用のわりには効果が得られていない。第5次水質総量規制にしても、今後水域に流入する汚染原因物質の規制のみであり、これまでに水域の底質に蓄積した汚染原因物質の浄化策が講じられていない。もちろん、流入する汚染原因物質の規制が不可欠であることは疑いないが、第5次総量規制と対になる底質の浄化策を講じるべきである。総量規制と底質の浄化が両輪となって、初めて環境基準の達成が実現できる。

したがって、本研究では、底質の浄化策として高濃度酸素水を用いる方法を考案し、そのために必要となる高濃度酸素水の製造装置の開発を目的とした。その方法とは底質近傍から水を汲み上げ、その水を高濃度気体溶解装置に投入し、溶存酸素濃度を高濃度状態にした後に、底質近傍に返送するものである。作業を春～夏にかけて行うことで、温度成層を利用して酸素濃度を高濃度状態にした水を長時間にわたり底質に接触させ、堆積物中に含まれる鉄を酸化し堆積物上部に酸化鉄の皮膜を形成させ堆積物から水域へのリンの溶出を抑制すると同時に、嫌気的な状態にある底質近傍部を高濃度酸素水により好気的な条件へと移行させることにより底質の浄化速度を飛躍的に高めさせる。このためには高濃度気体溶解装置の開発が必須であるが、大量の水を安価でしかも高速に酸素濃度を高濃度状態にできる装置は現在のところ存在しない。そこで、本研究では高濃度気体溶解装置の開発を行う。

2. 高濃度気体溶解装置の開発

本研究では、接触効率を増加させる方法として、水の薄膜に酸素を接触させることを考案した。さらに水の溶存酸素濃度を上げるために、加圧された酸素を接触させることを考案した。すなわち、水の薄膜に加圧された酸素を接触させることにより、極めて高効率な酸素の溶解が短時間で可能となる。純酸素を用いることは、一般にコスト的に高いように考えられがちだが、空気中の酸素濃度が約21%しかないことを考えると、5倍近くの効率アップとなり、本研究のように大量の水を処理する場合には十分検討する余地がある。また水に空気を接触させるとその溶解度は酸素の半分程度ながら空気中に8割存在する窒素も溶解してしまい、結果として溶存酸素濃度を低下させてしまう。さらに、本研究では高濃度気体溶解装置内に酸素回収部を設置することを考案し、処理水中に溶存する以外に酸素が排出されないよう工夫する。これにより、溶解できなかった酸素が大気中に放出されることによる無駄をなくし、エネルギーならびにコスト削減を実現できる。開発のポイントは水の薄膜形成の方法

と加圧接触させるための方法である。

3. 高濃度気体溶解装置の概略

装置の開発において重要なポイントである、供給した酸素を100%有効利用するために酸素回収部を高濃度気体溶解装置内に設けた。酸素回収部の設置により適切な運転条件下では高濃度気体溶解装置に供給された酸素は水に溶解した状態でしか装置外へ流出できなくなる。また、気体をより多く水に溶解させるために加圧した状態で水の薄膜に気体を接触させる（つまり加圧された容器内で大量に水泡を発生させる）方法が有効であると考えた。本装置では水の薄膜形成のために微細気泡発生装置を用いた。装置の概略を図1に示す。

4. 実験装置及び実験方法

3.で示した超高濃度気体溶解装置を用いて高濃度酸素水の製造に関する実験を行った。実験装置の概略を図2に示す。

本実験では本研究で開発した高濃度気体溶解装置の運転条件について検討を行った。本装置を用いて高濃度酸素水の製造を行う場合に処理水の溶存酸素（以後、DO）濃度に影響を及ぼすのは、①水温、②装置内圧力、③供給酸素流量である。実際に閉鎖性水域での処理を行う場合に、水温をコントロールすることは容易ではない。そこで、本実験では水温のコントロールは行わず、実験当日の水温を測定し、実験日の違いにより大きな水温変化が確認された場合においては実験結果を温度補正して比較した。本実験では酸素流量を100～500mL/min、装置内圧力を0.05～0.2MPaまで変化させて実験を行った。

5. 高濃度酸素水製造時の運転条件に関する結果及び考察

図3は装置内圧力、供給酸素流量を4.で示した範囲で変化させ高濃度酸素水の製造実験を行った結果の処理水流量とDO濃度との関係に加えて処理水中の溶存酸素量を示したものである。処理水のDO濃度は表1に示すように処理時間の経過とともに変化し、ある時間でDO濃度は定常に達した。本実験では定常に達した時間の

処理水流量とDO濃度、処理水中の溶存酸素量を用いて各処理条件の比較・検討を行った。本実験で用いた高濃度気体溶解装置では供給酸素流量を300mL/min以上とすると水の流量に比べ酸素の供給量が過剰となり回収部からの酸素の漏れが確認された。供給酸素量を100mL/minとした場合では、

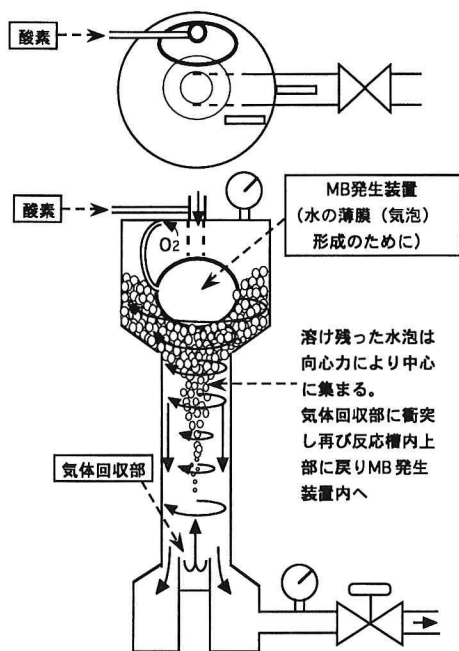


図1 高濃度気体溶解装置の概略図

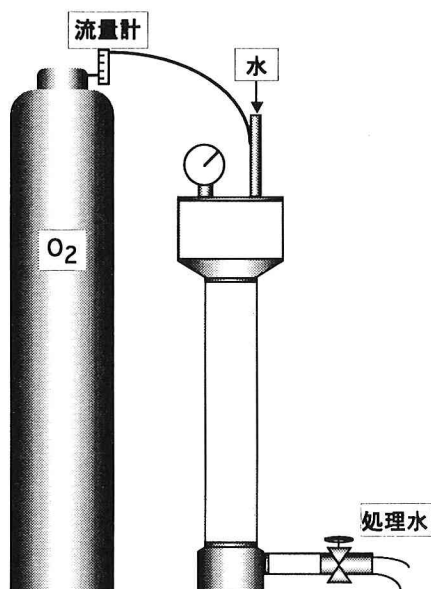


図2 実験装置の概略図

表 1 経過時間に伴うDO濃度の変化の一例

初期設定：装置内圧力 0.08MPa、水温 17.1℃

酸素流量 (mg/L)	200									
突入圧 (MPa)	0.205	0.205	0.205	0.200	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205
装置内圧力 (MPa)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
DO(mg/L)	22.8	27.6	29.7	29.9	30.5	30.7	31.2	32.8	36.7	36.2
経過時間 (min)	1	2	3	4	5	10	15	20	30	40
処理水流量 (L/min)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	15.56
水温 (℃) (out)	16.9	16.9	17.2	17.2	17.2	17.2	16.9	17.2	17.2	16.9

逆に水の流量の方が過剰となった。装置内圧力をより高くする、もしくは水の流量を増やすことで300mL/min以上の酸素を完全溶解させることは可能である。しかし本実験では装置内圧力は0.2MPaまでしか行っておらず、この範囲内で供給した酸素を100%有効利用することを第一に考え、酸素流量200mL/minとした場合において、各圧力における処理水流量、DO濃度、処理水中のDO濃度について比較を行った。実験結果より処理水の流量は装置内圧力の増加にともない減少したことがわかる。処理水のDO濃度だけをみると装置内圧力は高い方がよいと考えられるが、圧力を高くしている分、処理水の流量は少なかった。浄化の対象とする閉鎖性水域の大小はあるが、処理水が高いDO濃度であってもその流量が少ないとその実用化は難しい。

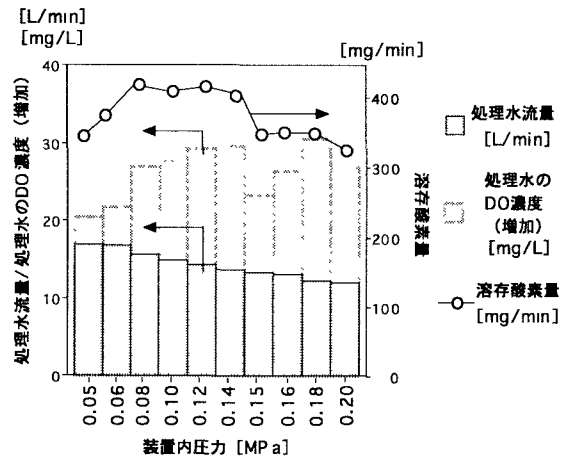


図 3 実験結果 (まとめ)

鎖性水域の大小はあるが、処理水が高いDO濃度であってもその流量が少ないとその実用化は難しい。そこで、運転条件の検討方法として処理水中の溶存酸素量（処理水のDO濃度 (mg/L) × 流量 (L/min)）を用いて評価を行った。結果より装置内圧力を0.08MPa～0.14MPaと設定した場合が処理水をDO濃度、流量の両面から評価した場合に最も良好であることがわかった。したがって本実験装置において供給酸素量200mL/minと設定した場合では、装置内圧力を0.08MPa～0.14MPaと設定するのが最適な運転条件であることがわかった。この条件で運転した場合、処理水のDO濃度を処理前に比べて+35mg/L程度増加させることが可能であることがわかった。

6. まとめ

本実験では開発した装置の運転条件の検討を行った。その結果をまとめると以下のようである。

- ①本装置による高濃度酸素水の製造は可能である（処理後のDO濃度は+35mg/L程度が可能）。
- ②装置内圧力を0.05～0.2MPaの範囲で変化させる実験を行った結果、供給酸素量が300mL/minを超えると酸素回収部で溶け残った酸素を回収することができなかった。また100mL/minの場合においては水の流量が過剰となり効率よく気体溶解が行えなかった。
- ③本装置への供給酸素量を200mL/minとした場合で、装置内圧力を0.08MPa～0.14MPaとした場合が最も効率よく酸素溶解を行えることが確認された。

現在、気泡発生のために微細気泡発生装置を用いているが気泡発生の際に圧力損失が大きく、この部分を改善することで短時間でより多くの処理水が得られると考えられる。微細気泡発生装置に変わる方法としてエジェクター方式による装置について検討を行い、底質の浄化に関する研究を室内実験、実地試験へと発展させ、本装置の実用化を目指す。