

II-649

河川水の礫間接触浄化に伴う酸素吸収
および二酸化炭素発生について

京都大学 学生員 ○樋口 能士
正 員 西田耕之助
正 員 松井 三郎

1. はじめに

近年、都市域河川を親水空間として位置づけるために、より高度な水質改善が望まれているが、その手法として礫間接触浄化法が注目されている。礫間接触浄化水路には、外気に対して閉鎖された構造のものがあり、この場合、作業上の安全面から、浄化水路内のガス組成についても把握する必要がある。酸欠事故が生じた浄化施設における、ガス濃度の観測結果を表-1に示す。本研究では、閉鎖型の浄化水路内において、礫の存在が酸素吸収、二酸化炭素発生に及ぼす影響を解明する目的で、実験的に検討を行った。

表-1 地下埋込型礫間浄化施設内におけるガス濃度の測定結果の一例（K市T川河川敷）

深さ (m)	O ₂ (%)	H ₂ S (ppm)	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)
0.5	4.8	N.D.	0.5	-
1.0	4.3	0.2	0.5	-
1.5	3.8	N.D.	0.5	-
2.0	3.6	0.2	0.5	-
2.5	3.5	N.D.	0.5	6.0

表-2 試料礫の組成

SiO ₂	63.98(%)
Al ₂ O ₃	14.49(%)
Fe ₂ O ₃	5.12(%)
CaO	5.09(%)
MgO	2.19(%)
強熱減量	5.56(%)

2. 実験内容

1) 礫層カラムを用いた連続通水実験

試料礫の性状は表-2に示す通りである。この試料礫を用いて、図-1に示す充填カラムを作成し、室温にて60[day]循環通水を行った。通水期間中、カラム空隙のO₂およびC O₂濃度、循環液のpH、ORP、COD_{Cr}、DOの経時変化を観察した。また実験終了後に循環水を採取し、溶存C O₂濃度を測定した。

2) 礫層中の有機物分解実験

礫層底部の底泥など、高濃度有機物の滞留した状態を想定して、図-2に示す装置を用いて実験を行った。4個のフラスコにそれぞれ表-3に示す組成の試料を入れ、密閉状態、26±2℃の条件下で静置した。実験期間中、フラスコ気相部と大気との気圧差を水柱マンメータにて測定し、また気相部のO₂、C O₂濃度、さらにサンプル水のpHおよびCOD_{Cr}を測定した。なお、毎回の測定終了時にはフラスコ気相部が大気圧と等しくなるよう、清浄空気を封入して調整した。

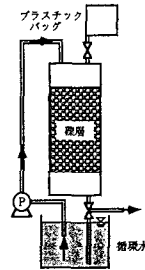


図-1 連続通水実験の装置の概要

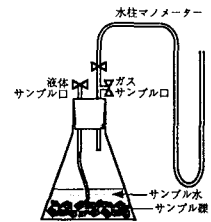


図-2 有機物分解実験の装置の概略

表-3 有機物分解実験における試料の組成

試料 No.	フラスコ内組成	栄養水の組成	
	フラスコ内組成	デキストリン	Na ₂ SO ₄
1	礫(300g)のみ	0.75g	25mg
2	礫(300g)+蒸留水(300g)	ペプトン 1.6g	KCl 15mg
3	栄養水(300g)	酵母エキス 1.6g	KH ₂ PO ₄ 9.5mg
4	礫(300g)+栄養水(300g)	肉エキス 1.8g	MgCl ₂ ・6H ₂ O 5.5mg
	[nut.]	NaCl 8mg	MgSO ₄ ・7H ₂ O 1.5mg
	[pcb.+nut.]	NaHCO ₃ 2.5mg	蒸留水 1L

3. 実験結果と考察

1) 礫層カラムを用いた連続通水実験

①カラム空隙のガス（O₂、C O₂）濃度

実験結果を図-3に示す。礫と河川水が接触する系のみでは、著しいO₂およびC O₂濃度の変化は認められなかった。

②循環水のpH、ORP、COD_{Cr}、DO

pHは、初期7.0から増加し、40[day]には最大値7.8となった。理由には、礫からのアルカリ成分の溶出が考えられる。液相のアルカリ性が高くなると、

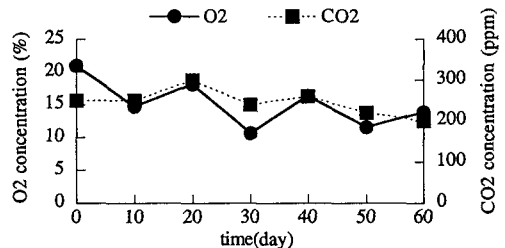


図-3 連続通水実験におけるO₂およびCO₂濃度の経時変化

溶存 CO_2 濃度が高くなることが予想される。またORPは200[mV]付近、 COD_{Cr} は15[mg/L]付近を維持していた。一方DOは減少傾向（初期8.6[mg/L]、60[day]後1.7[mg/L]）であった。

③循環水の溶存 CO_2

溶存 CO_2 の測定は、密閉フラスコ内にて試料液のpHを酸性にし、気中に揮散する CO_2 ガスの濃度を測定することにより行った。pHが7.0～3.0に移行する間に発生する CO_2 量[mol]を、蒸留水（室内にて放置したもの）、河川原水、循環水の3試料で比較した結果を図-4に示す。河川原水に比べて、循環水からは、約3倍量の CO_2 発生が認められた。

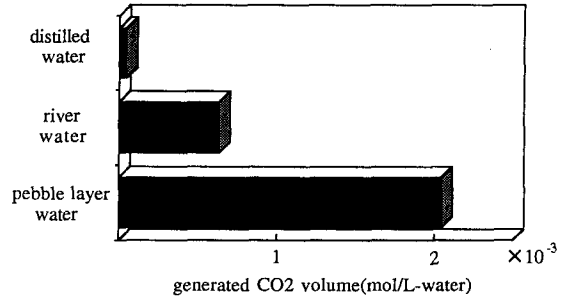


図-4 液相pHが7.0から3.0に移行する間に発生する CO_2 ガス量の比較

2) 礫層中の有機物分解実験

①フラスコ気相部と大気圧との気圧差

礫+栄養水の条件のみで、実験開始後20[day]までに、気相部の著しい負圧が観察された。最大値は61.6 [cm H_2O]であり、これはフラスコ気相部のガス6.0[%]が吸収されたと換算される。

②フラスコ気相部の O_2 および CO_2 濃度

栄養水では実験開始直後に速やかに O_2 吸収が始まり、同時に CO_2 発生が観察された。また、礫+栄養水では、 O_2 吸収は見られたものの、 CO_2 発生は若干観測されたにとどまった。高濃度有機物の生物分解により CO_2 、あるいは CH_4 が生成されるが、礫の存在下では、生成した CO_2 の多くが液相に捕捉されと考えられた。この結果は、礫+栄養水の条件のみで、著しい負圧が観察されたこととも合致する。一方、礫の存在下では O_2 消費速度が若干低くなり、礫のみ、あるいは礫+蒸留水の条件下では O_2 吸収、 CO_2 発生がともに観察されなかった。したがって、礫自身の化学的な O_2 吸収効果はないものと考えられる。

③試料水のpH、 COD_{Cr}

いずれの試料水においてもpHの若干の上昇が観察された。また栄養水、礫+栄養水の2条件では、定常的な COD 消費が観察された。ただし、 COD 消費速度は礫+栄養水で高い結果となった。好気条件下で COD 消費量より推算される理論的 CO_2 発生量と、実験で観察された CO_2 発生量との比較を図-5に示す。栄養水のみでは両者がほぼ当量になっているのに対し、礫+栄養水では、 COD 消費量に対して CO_2 発生量が著しく低いことがわかる。すなわち、礫の存在の有無で有機物の分解機構は大きく異なり、また礫からのアルカリ成分溶出により、生物分解で生成した CO_2 を過剰に溶存している現象が想定された。

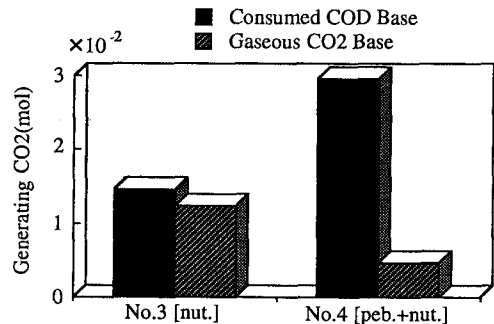


図-5 実験開始から30日間で生成した CO_2 ガス量と COD_{Cr} 消費量より算出される CO_2 生成量との比較

4. 結論

本実験で得られた知見は以下の通りである

- 1) 礫への通水により、液相の CO_2 濃度の上昇が認められた。礫からのアルカリ成分の溶出が、 CO_2 ガスの吸収効果を促進すると考えられる。
- 2) 礫自身が持つ O_2 吸収能力は低く、礫間浄化水路における酸欠事故は、礫自身の O_2 吸収によるものではないと考えられた。
- 3) 礫の存在下では CO_2 の気中への放散は妨げられ、分解された炭素分が高密度に液相に蓄積する現象が観察された。

本実験では、礫間浄化水路における酸欠事故を十分に再現することは不可能であった。ただし以上の結果より推察すれば、水路底部に蓄積した底泥の嫌気分解の影響を受けて、水路内に滞留する液相が酸性化すると、液相に大量に溶存した CO_2 が一時的に大量に気中に放散し、酸欠状態を生成することが考えられる。