

○土屋梨恵(山形大学大学院農学研究科)・大久保博(山形大学農学部)・前川勝朗(山形大学農学部)

1.はじめに 砂防ダムは落葉などの有機物の堆積が多く見られる。よって湛水域の水底部では湖沼同様嫌気的状態であると考えられ、河川の水質に影響を与えていていると考えられる。そこで2001年に山形大学附属演習林内を流れる早田川の第2砂防ダムにおいてダム上流下流およびダム湛水域の表面水について NH_4^+ 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 濃度を調査した。その結果、水温が高い夏季ではダム下流の SO_4^{2-} 濃度がダム上流の SO_4^{2-} 濃度より低下していた。しかし、ダム湛水域の表面水の SO_4^{2-} 濃度は上流より高い場所があり、表流水の中で SO_4^{2-} 濃度が減少する現象が起きているとは考えにくい結果であった¹⁾。よって、ダム湛水域堆積土層内の河床間隙水域中で硫酸還元が起こっておりそこを表流水が通過することによって濃度の減少が生起することが推察された。また常時湛水状態にある堤体付近の最深部が嫌気状態の可能性があり、そこで SO_4^{2-} の濃度の低下が起こることも推察された。02年の調査は、これらの事柄を検証することを大きな目的とした。

2.目的 第1はダム湛水域全体の SO_4^{2-} 濃度の平面分布・鉛直分布を測定する。第2はダム湛水域での有機物と堆積土層内間隙水に着目し、ダム上下流の河川水、ダム湛水域の堆積土層内間隙水の Fe 濃度を測定する。砂防ダムの上流と下流の河床の色を比べると下流の河床は赤茶色を呈している。これは砂防ダムの湛水域は落葉が多く堆積しており、一般に有機物の分解に伴って鉄が溶出すると言わわれていることから、溶出した Fe^{2+} は水中の酸素に触れて水酸化鉄となり河床の石などに沈着するものと考えられる。既往の研究²⁾でも T-Fe についてはダム下流ではダム上流に比べ増加しているという結果が得られている。

3.調査概要 調査地は早田川第2砂防ダムとした。3.1 SO_4^{2-} 、T-Fe の季別変化

02年6月～11月まで週1回を基本にしてダム上流、ダム下流、ダム直下流において河川水を採取した。またダム流入部における流量、水温も測定した。3.2 ダム湛水域内調査 ダム湛水域内において堤体付近と堤体から50m、100m、150mの4断面を設け、さらにそれぞれの断面においては右岸側、ほぼ中央、左岸側と3点とり(Fig.1)、全部で10地点の水面の河川水(表面水)、水底の河川水を採取した。堆積土層内間隙水は堤体から200m地点(A、B、C)で採取した。間隙水は鉛直方向に10cm、30cmの深さにポーラスカップを埋め、シリンジで減圧採水した。さらに調査地点A、B、Cでは堆積土層からコア採取し、1mmのふるいにかけ層別に有機物(CPOM)を取り出し、48時間乾燥した後重量を測定した。各調査地点ではDOも測定した。 SO_4^{2-} 濃度はイオンクロマトグラフィー装置により測定し、Fe濃度は1,10-フェナントロリン法により測定を行った。

4.結果 4.1 SO_4^{2-} に関する結果 4.1.1 季別変化

SO_4^{2-} 濃度の経時変化をFig.2に示す。02年ではほぼすべての調査日においてダム上流の SO_4^{2-} 濃度の値がダム下流、直下流の値より高くなっていた。01年の夏季は02年の夏季と比べるとダム上下流間の値の差が大きくなっていた。4.1.2 ダム湛水域内調査結果 鉛直分布

(Fig.3)をみると堆積土層内間隙水の SO_4^{2-} 濃度の値

は深度-10cm以下でほぼ0となっていた。各調査地点の水深、水温、DOをTable1に示す。DOは地点1,2ではやや低くなっていた。各採水地点の SO_4^{2-} 結果をFig.4-1,2に示す。各横断面でみると濃度に差が見られたが、水面、水底どちらも流入部から堤体に向かうにつれ濃度が低下する傾向が見られた。同一調査地点での水面と水底の濃度差をFig.5に示す。ここでは水

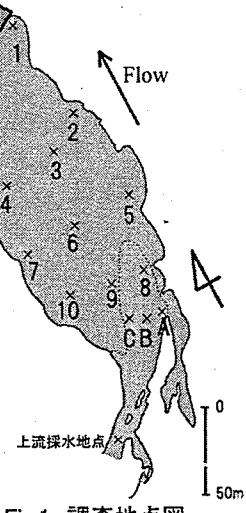


Fig.1 調査地点図

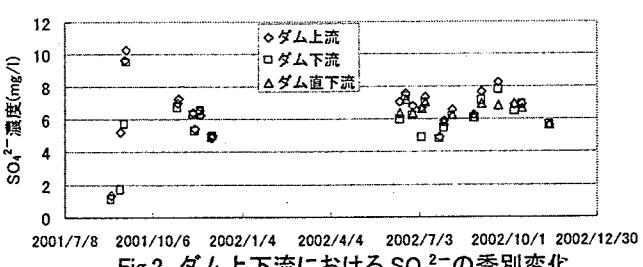


Fig.2 ダム上下流における SO_4^{2-} の季別変化

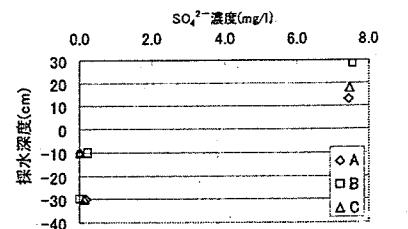


Fig.3 SO_4^{2-} 鉛直分布(表面水、間隙水)

面に比べ水底の方が SO_4^{2-} が高くなる地点が見られた。4.2 T-Fe, Fe^{2+} に関する結果 02 年 6 月～11 月までのダム上下流と直下流における T-Fe の値を Fig.6 に示す。またダム湛水域内調査地点の有機物密度と堆積土層内間隙水の Fe^{2+} の結果を Fig.7 に示す。Fig.6 よりすべての調査日においてダム下流、直下流の T-Fe の値がダム上流の値に比べて高くなっていた。有機物密度と Fe^{2+} の間には有意な相関が見られた(kenndall 順位相関 ; n=6, $\tau = 0.867$, $P=0.0146$)。

5. 考察 夏季ではダム湛水域堆積土層内間隙水中の SO_4^{2-} が 0 になっており堆積土層内で硫酸還元反応が起こっていることが推察された。その時のダム湛水域内における河川水中の SO_4^{2-} 分布を見てみると、流入部から堤体に向かうにつれその濃度は低下する傾向が見られた。ダム湛水域内の DO は嫌気状態といえるものではなく、また堤体付近の地点 1,2 では他の地点と比べやや低かったが、他の地点間では顕著な差は見られず、河川水中には SO_4^{2-} 濃度を低下させる要因はない判断された。以上から SO_4^{2-} の低下の原因としてダム湛水域全体で堆積土層内の間隙水と河川水との間で水の交換が行われているためであると結論された。しかし 01 年のダム上流とダム下流 SO_4^{2-} の差が 02 年に比べ大きかった理由をこの間隙水と河川水の間の水の交換という点からでのみ考えると矛盾する。01 年は堆積土層の露出部分が多く間隙水と河川水の交換が起こっている面積は小さかつたが、02 年は雨が多かつたことやダム堤体の水抜き穴が流木など（未確認）でふさがれたためダム湛水域の水位が下がらず間隙水と河川水の間の水の交換が行われている面積が 01 年に比べ大きかった。加えて 01 年と 02 年でダム湛水域流入量と水温はほぼ等しかった。よってダム下流での濃度を考える際には、湛水域で堆積土層中の H_2S が河川水の DO により酸化され SO_4^{2-} 濃度が増加することが考えられるために堆積土層の露出状態も考慮する必要があると思われる。Fe については、堆積土層内間隙水中の Fe^{2+} 濃度と有機物に関係が見られたことと、ダム下流でダム上流より T-Fe 濃度が増加していたことから下流での SO_4^{2-} 低下の上述の説明を裏付ける結果であると思われる。

6. まとめと今後の課題 堆積土層内での化学的反応を受けた間隙水とその上を流れる河川水との間の水の交換がダム湛水域内を流れる河川水に影響を与えていたことが明らかになった。今後は河川水が堆積土層を通過する水量と SO_4^{2-} の濃度変化の関係を現地試験などにより把握することが必要であると考えられた。

<引用・参考文献>

1) 土屋梨恵、大久保博、前川勝朗：砂防ダム上下流間の水質の差異に関する研究 平成 14 年度農業土木学会大会講演会講演要旨集 pp.828-829 (2002)

2) Okubo, H., Shima, E. and Maekawa, K., et al: ACCUMULATED SITUATION OF ORGANIC

MATTER AT SABO DAM AREA AND THE PROCESSES OF INFLUENCE ON WATER ENVIRONMENT IN TOHOKU RIGION INTERPRAEVENT 2002 in the Pacific Rim-MATSUMOTO/JAPAN Congress publication, Volume 2, pp.943-950 (2002)

Table 1 各調査地点の水深、水温、DO

調査地点番号	水深(m)	水温(°C)		DO(mg/l)	
		水面	水底	水面	水底
①	1.5	19.5	18.6	8.01	8.05
②	2	19.6	18.6	7.95	7.96
③	1.7	19.9	18.7	8.8	8.53
④	2.3	20.1	18.5	8.66	8.48
⑤	1.3	21	19.5	8.59	8.71
⑥	1.8	21.6	18.8	9.27	8.54
⑦	1.7	20.7	19.1	8.9	8.51
⑧	0.3	21.2	—	8.8	—
⑨	1	21.9	21.4	8.75	8.75
⑩	1.1	22.2	19.7	8.73	8.62
A	0.13	20.7	—	8.7	—
B	0.28	22.4	—	8.81	—
C	0.18	19.8	—	8.88	—

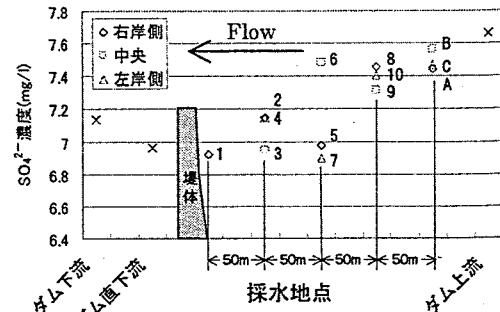


Fig.4-1 各採水地点における SO_4^{2-} 濃度(水面)

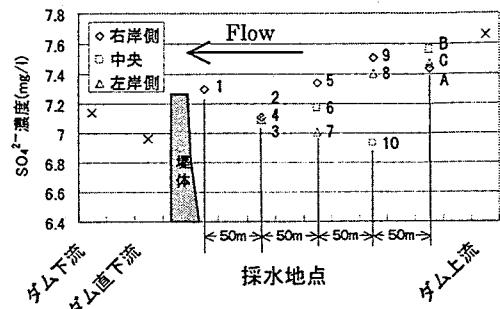


Fig.4-2 各採水地点における SO_4^{2-} 濃度(水底)

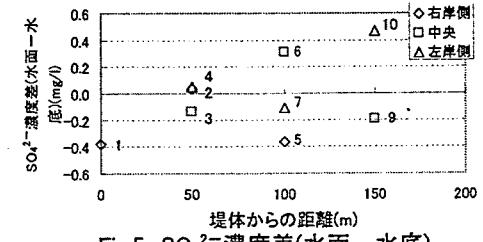


Fig.5 SO_4^{2-} 濃度差(水面-水底)

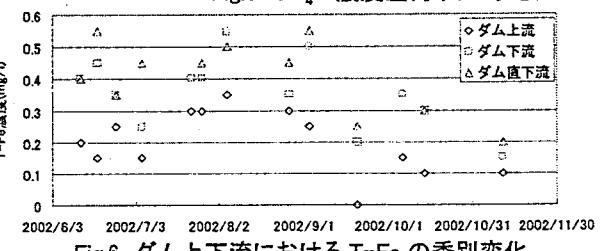


Fig.6 ダム上下流における T-Fe の季別変化

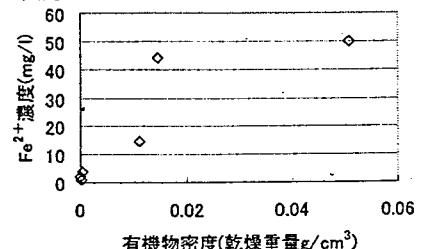


Fig.7 有機物密度と Fe^{2+} の関係