

砂防ダム上下流間の水質の差異に関する研究 Study on the differences of the water quality between the upper and the lower stream of an erosion control dam

土屋 梨恵・大久保 博・前川 勝朗
TSUCHIYA Rie OKUBO Hiroshi MAEKAWA Katsuro

はじめに 近年砂防ダム下流において水質の悪化が報告されている。砂防ダム湛水域は水位変動があり、落葉などの有機物の堆積が多く見られ、これらの砂防ダムに堆積する落葉などが嫌氣的な分解をすることが考えられる。

目的 砂防ダム上下流間での水質の違いについて考察する。また砂防ダム湛水域において堆積状況の違いに焦点をあて、堆積層土層内の水質変化と流量や水温などによる水文現象の違いによる水質変化を捉える。

調査概要 調査地は山形大学農学部附属演習林内を流れる早田川第2砂防ダムとした。調査日、調査地点数は Table1、Fig.1 に示す。1)採水、採土方法...ダム上下流で採水を行い、各調査地点において表面水と堆積土層内の水を 10、30、50cm おきに鉛直方向に採取した。間隙水の採水方法としては、土壤中にポラスカップを埋没しシリンジを用いて減圧採水した。同時にその地点の土も鉛直方向に採取した。2)調査項目、分析方法...水深、水温、湛水域の流入量を測定した。12月4、5日では地点ごとの流速、溶存酸素量を測定した。12月4、5日では地点ごとの流速、溶存酸素量を測定した。溶存イオン濃度(NH₄⁺、NO₃⁻、SO₄²⁻)はイオンクロマトグラフィー装置により測定する。採土したサンプルは5cmごとに分け、1mmのふるいにかけて有機物を取り出し、48時間乾燥した後重量を測定した。

結果・考察 1) ダム上下流河川水の水質の差異に関する考察 Fig.3、4、5の各水質の濃度は調査日における各調査地点平均を用いた。NH₄⁺についてはダム上下流では検出されなかった。また、NO₃⁻については上下流間で差は見られなかった。9/3、9/7ではダム下流の濃度が上流より減少していた。ここで9/3、9/7ではNH₄⁺は表面水では検出されなかったが、間隙水では高くなるほど高くなっていた。NO₃⁻については表面水と間隙水では0~1mg/lと低くなっていた。SO₄²⁻についてはTable2より、表面水が上流の濃度より高い地点と低い地点があった。間隙水

ではほぼ検出されなかった。以上より堆積土層内では硫酸還元反応が起こっているということが推察された。硫酸還元反応の結果H₂Sが生成され、酸素を含んだ表面水に触れると

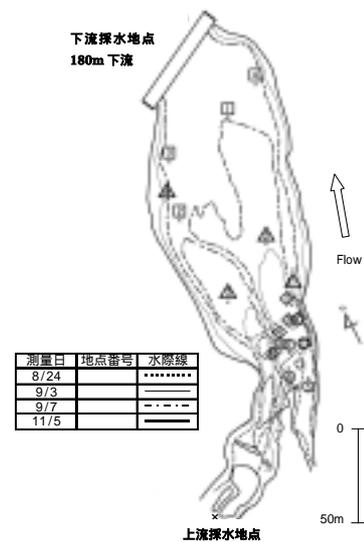


Fig.1 調査地点図 Study area

Table1 調査地点概要
Outline of characteristics of the surveyed sites

調査日	湛水域の状況	地点番号	湧年の状況	各調査地点の場所
8/24	水没と露出を繰り返す	1	水位変動あり	湖流と湛水域の合流部
		2	水位変動あり	右岸と左岸のほぼ中間地点
		3	水位変動あり	右岸と左岸のほぼ中間地点
		4	水位変動あり	湛水域内流路
		5	水位変動あり	湛水域内流路
9/3	水没と露出を繰り返す	1	水位変動あり	湖流と湛水域の合流部
		2	水位変動あり	右岸と左岸のほぼ中間地点
		3	水位変動あり	湛水域内流路
		4	水位変動あり	左岸堤体近く
9/7, 9	最濁水	1	常時湛水	右岸と左岸のほぼ中間地点
		2	常時湛水	湛水域内流路
		3	常時湛水	左岸堤体近く
		4	常時湛水	右岸堤体近く
10/31, 11/1 11/15, 17 11/22, 23 12/4, 5	満水	1	水位変動あり	湖流と湛水域の合流部
		2	水位変動あり	右岸と左岸のほぼ中間地点
		3	水位変動あり	湛水域内流路
		4	水位変動あり	湖流と湛水域の合流部
		5	水位変動あり	湛水域内流路

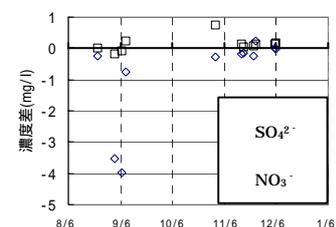


Fig.2 上下流における濃度差 (下流 上流) Difference of the concentration between the upper and the lower stream

再び SO_4^{2-} となる。表面水が上流の SO_4^{2-} より高い地点と低い地点があるのはこうしてできる SO_4^{2-} の量の違いによると考えられる。ダム下流で SO_4^{2-} が減少したにもかかわらず、表面水でダム上流より高い地点があったことから、ダム下流で SO_4^{2-} が減少する理由として、堤体近傍の最深部付近の影響(嫌気的状況)も受けていると考えられる。もう一つ考えられる理由は、河床間隙水が硫酸還元層を通過することによる減少である(Fig.6)。10月以降の調査では上下流間で水質に差は見られず、 NH_4^+ については表面水、間隙水とともに検出されなかった。 NO_3^- については表面水では上流とほぼ変わらず、間隙水は表面水よりやや低かったが $0 \sim 1.2 \text{mg/l}$ 以下と全体的に低い値であった。 SO_4^{2-} については表面水では地点ごとにおいても上流と大きな差はみられなかった。間隙水では地点や深さごとに差が見られた(Table3)。これにより10月以降では、9月に比べ硫酸還元反応は顕著には起こっていないと考えられる。10月以降の水温は9月に比べ水温が大きく減少している(Fig.3)。水温が低いと微生物の働きも低下すると考えられる。ここで8/24の間隙水については、水温が高いが NH_4^+ が検出されず、 SO_4^{2-} が検出されていることから、顕著に硫酸還元反応が起こっていないということが推察されるが、これは8/22までは晴天が続き調査地点は露出した結果、酸素が供給され、硫酸還元層はさらに深い層になっていたということが考えられる。流入部の水位変動域での濃度変化は、酸化層と還元層の境界も関係していると思われる。2)有機物密度と水質の関係 有機物密度と関係が見られたのは間隙水の NH_4^+ であった(Fig.7)。

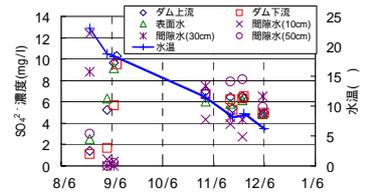


Fig.3 SO_4^{2-} 濃度と水温
Between concentration of SO_4^{2-} and water temperature

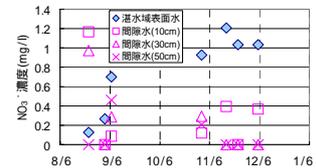


Fig.4 NO_3^- 濃度
Concentration of NO_3^-

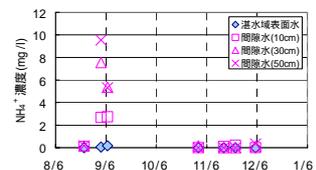


Fig.5 NH_4^+ 濃度
Concentration of NH_4^+

Table2 SO_4^{2-} 濃度(9/3,9/7,9/9)
Concentration of SO_4^{2-} (9/3,9/7,9/9)

9/3		9/7		9/9	
ダム上流	5.23	9.65	10.26		
ダム下流	1.7	5.68	9.51		

単位: mg/l

9/3		9/7		9/9	
表面水	7.72	2.57	6.80	8.14	
間隙水10cm	0	0	2.4	0	
間隙水30cm	0	0	0	0	
間隙水50cm	0	0	0	0	

4の9/9に採水

Table3 SO_4^{2-} 濃度(12/4,12/5)
Concentration of SO_4^{2-} (12/4,12/5)

12/4		12/5	
ダム上流	4.843	4.985	
ダム下流	4.84	4.962	

単位: mg/l

12/4		12/5				
表面水	4.88	4.78	4.99	4.91	4.77	5.03
間隙水10cm	5.04	7.97	5.10	3.20	3.14	5.36
間隙水30cm	0	7.85	14.52	0	9.93	6.89
間隙水50cm	6.28	9.62	6.81	2.87	7.70	0

は12/5に採水

ここで8/24の間隙水については、水温が高いが NH_4^+ が検出されず、 SO_4^{2-} が検出されていることから、顕著に硫酸還元反応が起こっていないということが推察されるが、これは8/22までは晴天が続き調査地点は露出した結果、酸素が供給され、硫酸還元層はさらに深い層になっていたということが考えられる。流入部の水位変動域での濃度変化は、酸化層と還元層の境界も関係していると思われる。2)有機物密度と水質の関係 有機物密度と関係が見られたのは間隙水の NH_4^+ であった(Fig.7)。 NH_4^+ 濃度は調査日における各調査地点の平均を用いた。有機物密度が増加すると間隙水の NH_4^+ も増加している。これは有機物の嫌気的分解の過程で NH_4^+ を生成するためと考えられる。9月と10月以降で NH_4^+ に差が見られたが、ここでも水温の影響が考えられる。

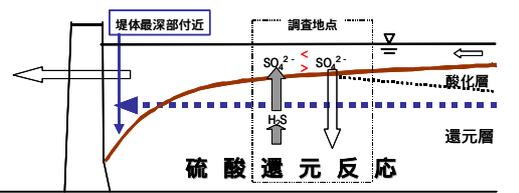


Fig.6 砂防ダムにおける SO_4^{2-} 増減のメカニズム
Increase and decrease mechanism of SO_4^{2-} in erosion control dam

まとめ 有機物密度が高い地点では間隙水の NH_4^+ も多く検出された。ダム上下流間では、水温の高い夏季において SO_4^{2-} が上流より下流で減少するという違いが見られたが、その原因としては堆積土層内で顕著に起こっている硫酸還元反応が考えられた。そして堆積層内を中心にして硫酸還元反応により表面水の SO_4^{2-} が上流より高くなる場合と低くなる場合の2つの現象がダム湛水域で起こっているということが示唆された。ダム堤体最深部付近での影響及び河床間隙水が今後の課題である。

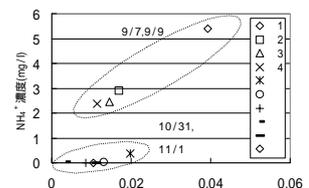


Fig.7 有機物密度と NH_4^+ の関係
Relation between density of organicmatter and concentration of NH_4^+