

5)

アラスカの凍土流域における融雪流出特性

和田知之¹・Yongwon Kim²・知北和久¹・工藤勲³

1. 北大・理 2. アラスカ大・工 3. 北大・水産

1. はじめに

タイガ帯を水源とする河川が海洋へ供給する溶存態有機炭素(DOC)量は全世界の約 13%を占め、炭素循環におけるその役割は大きい。また、河川が供給する栄養塩は、海洋生産に大きな影響を与える。これらの高緯度地域からの流出は、近年の気候変動に伴う降水量変化や凍土融解進行の影響を受けていると考えられ、その流出特性を理解することは重要である。本発表では、特に流出に対する寄与の大きい融雪期に注目して、アラスカ凍土流域の溶存態有機炭素、溶存態有機/無機窒素の流出特性を明らかにすることを目的とする。

2. 観測流域・方法

観測流域であるアラスカ・チェナ川の流域図を図 1 に示す。流域面積 5167km²。年降水量 387mm うち約 35%が雪である。流域内には不連続な永久凍土が広がり、土壌は冬季に地表面まで凍結、融雪期以降の気温の上昇とともに地表面から徐々に融解する。河川は冬季結氷するが、氷の下で流れは継続している。4 月下旬~5 月上旬に融雪による流出イベントがあり、その後 10 月に再結氷するまで降雨による流出イベントがある。そこで、結氷期(10 月~4 月中旬)、融雪期(4 月下旬~5 月)、夏期(6 月~9 月)に分けて以降の議論を行う。観測項目は、溶存態有機炭素(DOC)、溶存態有機/無機窒素(DON/DIN)及びケイ酸塩である。その他、流量データは米国地質調査所から、降水量データは米国西部気象センターから提供を受けた。観測期間は、2007~2009 年の 4 月~9 月で、週一回~数回採水し、分析を行った。

3. 結果と考察

図 2 に 2009 年 4 月~9 月のチェナ川の日流出高



図 1 アラスカ・チェナ川の流域図と観測地点

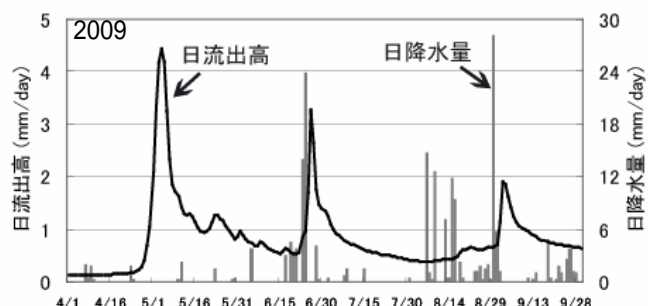


図 2 2009 年の日流出高と日降水量(mm/day)

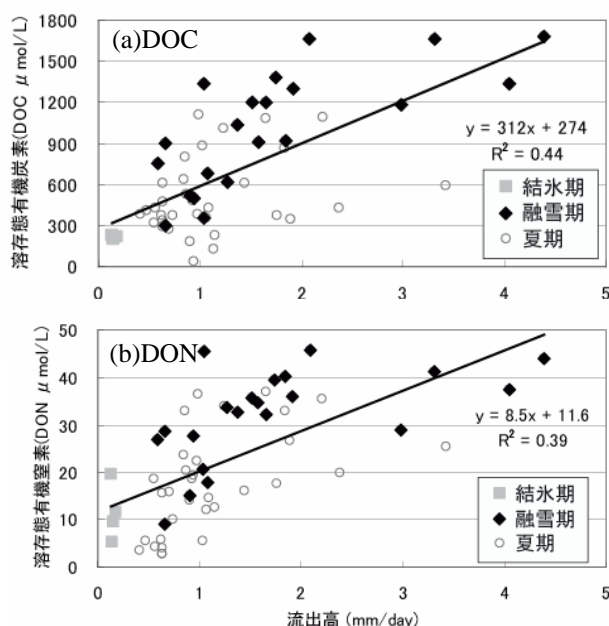


図 3 2007~2009 年の(a)溶存態有機炭素/(b)窒素濃度(μmol/L)と日流出高(mm/day)の関係

と日雨量を示す。4/27 まで結氷下の低い流出高が続く(約 0.2 mm/day)、5 月に融雪出水(~4.5 mm/day)、6 月~9 月に降雨出水(~3.2 mm/day)が起きている。図 3 に 2007 年~2009 年の DOC・DON 濃度と流出高の関係を示す。両者共に流量と正の相関があり、直接流出が卓越すると土壌内の有機物が洗い出されてきていることがわかる。

一方、SiO₂ 濃度(図 4)は流出高と負の相関がある。SiO₂ 濃度は岩石や土壌と水の接触時間に比例して増加する性質を持つため、直接流出の SiO₂ 濃度が基底流出と比べて低いためである。

図 5 に DIN と流出高の関係を示す。DIN は、期間ごとに流出高との関係が異なる。結氷期~融雪期は、直接流出が卓越すると濃度が下がる一方、夏期は流出高と共に濃度が上昇している。これは、夏期は凍土融解が進み、窒素を多く含む土壌の有機層を水が通って流出するのに対して、融雪期は土壌が表面まで凍結していることが影響していると考えられる。

直接流出と基底流出を分離するために、直接流出水と基底流出水の単純混合モデルを用いた。直接流出(10 μmol/L)と基底流出(110 μmol/L)の SiO₂ 濃度は一定であると仮定し、図 4 の回帰式を元に計算した日 SiO₂ 濃度を再現するように両流出水の混合率を求めた(図 6)。結果、高水位時に一部基底流出が少なく見積もられているが、概ねよい分離結果となった。融雪期の直接流出(融雪水)は年流出量の約 15%、同基底流出約 7%、夏期の直接流出約 19%、同基底流出約 34%、結氷下の流出量約 24%であった。

次に、分離した基底流出水の DOC 濃度を図 3 から 200 μmol/L で一定と仮定し、直接流出の DOC 濃度は実測値を再現するような L-Q 曲線を用いることで、DOC 流出を直接流出と基底流出に分離した(図 7)。その結果、結氷下の DOC 流出量は年流出量の約 12%、融雪期・夏期の基底流出による DOC 流出はそれぞれ約 3%、13%であったのに対し、直接流出はそれぞれ約 35%、約 38%と高い寄与率を示した。

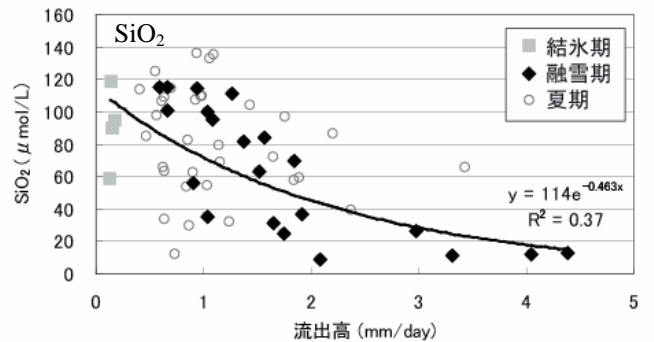


図 4 2007 ~ 2009 年のケイ酸塩濃度(SiO₂ μmol/L)と日流出高(mm/day)の関係

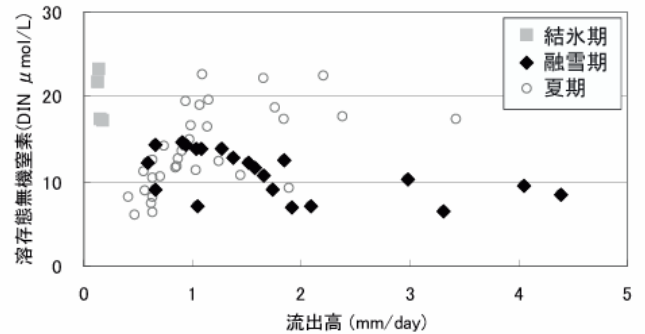


図 5 2007 ~ 2009 年の溶存態無機窒素濃度(DIN μmol/L)と流出高(mm/day)の関係

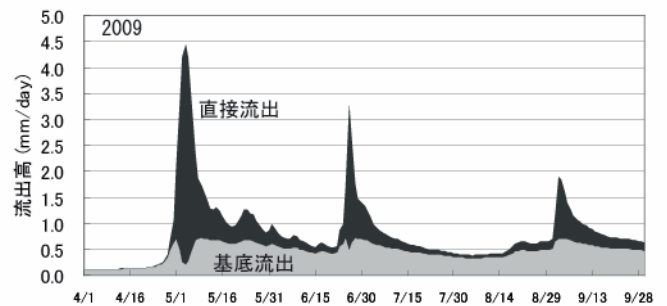


図 6 2009 年の直接流出と基底流出の日流出高(mm/day)

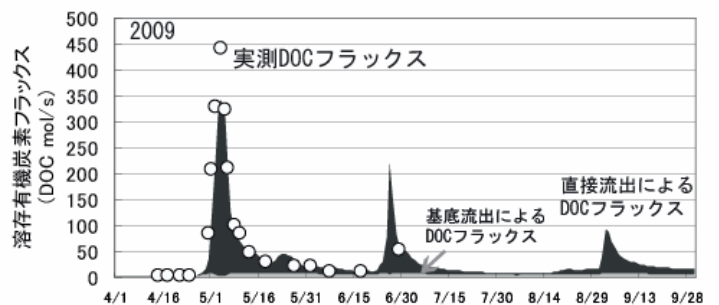


図 7 2009 年の直接流出と基底流出起源の日平均 DOC フラックス(mol/s)と実測 DOC フラックス(mol/s)の比較