

釧路川における復元河川が釧路湿原内の物質循環に与える影響

吉田 磨^{1,2,3)}・亀井 まなみ²⁾・古川 雄大³⁾

Effect on the Ecosystem of Kushiro Wetland by Restriction of River in Kushiro River

Osamu YOSHIDA^{1,2,3)}, Manami KAMEI²⁾ and Yuta FURUKAWA³⁾
(Accepted 21 July 2014)

1. はじめに

1.1. 釧路湿原

釧路湿原は、北海道東部に位置する日本最大の湿原である。屈斜路湖を源とする釧路川に沿って発達し、湿原面積は約 1.9 万 ha におよぶ。1980 年に湿地保全を目的としたラムサール条約登録湿地となった。また、1987 年には自然性の高い広大な水平的景観などが評価され、湿原単体としては初めての国立公園に指定された [大西ら, 2012]。

近年の釧路湿原では、土地開発のための河川の直線化や湿原周辺の森林伐採が行われた。上流部の河川では土砂の流出量が増加し、多くの土砂が湿原内へ流入することによって、ハンノキ林が急激に増大し、湿原面積が減少する問題等人為的影響を受けて多くの環境問題が引き起こされている。このような問題の中で、地域住民、NPO、専門家、自治体、国等からなる釧路湿原自然再生協議会が 2003 年に設立され、同年、「釧路湿原自然再生全体構想」が策定された。

1.2. 釧路川

釧路川は長さ 154 km、流域面積 2,510 km² から成り、屈斜路湖から弟子屈町、標茶町を通り、釧路湿原内を流れ太平洋に流出している一級河川である。主な支川は下雪裡川、幌呂川、釧路川、オソベツ川、仁々志別川、久著呂川、アレキナイ川、鑑別川の 8 つであり、流域面積は、道内では第 4 位、全国では第 25 位に相当する。流域の土地利用は 7 割が

森林、農地が 2 割、湿原は 1 割ほどである。

流域の産業は、農業、水産業、観光業、製紙業等が主産業で、農業では、生乳生産の酪農が盛んである。上流の屈斜路湖などは阿寒国立公園に、下流の釧路湿原はラムサール条約登録湿地及び釧路湿原国立公園に指定されている [国土交通省 北海道開発局, 2013]。

1.3. 茅沼地区における釧路川復元

茅沼地区を流れる釧路川は、河川改修工事が行われるまで蛇行した河川であり、流下能力が低いために氾濫することが多かった。そのため流下能力の向上と新たに周辺地区の農業事業を促進させることを目的とし、1973 年に蛇行河川を直線化する工事が開始された。オソベツ川合流点から下流約 5 km の区間を対象にし、1984 年に完了した [国土交通省 釧路開発建設部, 2006]。

これにより、希少種であるイトウの減少 [笠井ら, 2008]、直線化した流域周辺の乾燥化に伴うハンノキ林の増大 [佐藤ら, 2012]、湿原内へ流入する土砂の増加等が問題となり、釧路湿原自然再生全体構想を元に釧路開発建設部では、「茅沼地区旧川復元事業」、「久著呂川土砂流入対策事業」等の実施計画書を策定し、事業を実施している [大西ら, 2012]。

2006 年に約 2 km の区間を対象として再度蛇行させる工事を開始し、2011 年に完了している [中村ら, 2003; 国土交通省 釧路開発建設部, 2011; 大西ら, 2012]。

¹⁾ 酪農学園大学農食環境学群環境共生学類環境地球化学研究室

Laboratory of Environmental Geochemistry, Department of Environmental & Symbiotic Science, College of Agriculture, Food and Environment Sciences, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

²⁾ 酪農学園大学環境システム学部生命環境学科環境地球化学研究室

Laboratory of Environmental Geochemistry, Department of Biosphere & Environmental Sciences, Faculty of Environment Systems, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

³⁾ 酪農学園大学大学院酪農学研究科酪農学専攻

Graduate school of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

1.4. 久著呂川

釧路川の支川の一つである久著呂川においても排水路整備によって河川の直線化が行われた。釧路湿原北側に位置する久著呂川は、長さ 60.2 km、流域面積 148.0 km² の河川である。釧路川本川を除く主要支川の中で流入量が最も多く、他の主要支川に比べ、流域面積当たりの浮遊土砂量が最も多い。そのため、捷水路により流入する土砂が増加し湿原内に影響を与えると考えられている [釧路開発建設部 北海道釧路土木現業所, 2006; 藤村ら, 2010]。

また、排水路の設置により湿原の地下水位が低下するという報告が多く [Cownway and Millar, 1960], 排水路の水位低下に伴い、湿原の地下水が排水され乾燥化が進行するという報告がある [Barid and Gaffyney, 2000; Van Seters and Price, 2002]。しかし、釧路湿原においては排水路の設置の影響よりも、河川が分断されたことにより地下水位が低下することによる [山田ら, 2004], ハンノキ林の増大が懸念されている [羽石ら, 2009]。

降雨時には栄養物質を含んだ濁水が排水路末端から拡散し湿原内部まで運搬されるようになり、それによる自然植生等への影響が懸念されている [釧路湿原自然再生協議会, 2004]。

1.5. 河川栄養塩

湿原を通る河川は湿原内を蛇行しながら通過する過程で土壌や植物からの多くの栄養塩を運搬し、または増減させながら下流へと流れていく [Michael et al., 2004]。

釧路川は釧路湿原にとって最も重要な河川の一つである。釧路湿原に流入する栄養塩類の供給源の中で人為起源としては、生活排水、産業排水、農業排水等があげられる [釧路湿原自然再生協議会, 2004]。

釧路川支流における硝酸塩 (NO₃) 濃度は、亜硝酸塩 (NO₂) 濃度、アンモニア (NH₄) 濃度、リン酸塩 (PO₄) 濃度と比較すると高く、明瞭な季節変動はない。また、NO₃ と土地利用には関係があり、湿原流入部においては周辺の農業由来によるものであるが、湿原内で除去されていると考えられる。しかし、湿原内においては畜産由来の窒素流入による汚染が大きな問題の一つであり、流域の土地利用変化による窒素負荷の問題が懸念されている [野原, 2010]。

中村 [2011] は北海道東部における自然蛇行河川の別寒辺牛川と河道が直線化された標津川を比較したところ、自然蛇行河川において高い脱窒能がある

ことを報告している。

1.6. 目的

本研究では、釧路川と久著呂川における蛇行河川と直線化河川とを比較することによって水環境の変化を明らかにし、釧路湿原に与える影響を明確にすることを目的とする。

2. 方法

2.1. 観測点及び観測方法

観測は 2013 年 7-10 月の間、月に 1 回行った。測点は、茅沼地区における釧路川において 4 測点 (BO01-04)、久著呂川において 2 測点 (BA01-02) の計 6 測点で採水を行った (図 1)。BO01, 02 は直線化された河川であり、BO03, 04 は再蛇行された河川である。BA01 は自然蛇行河川であり、BA02 は直線化された河川である。採水は、釧路川においてはゴムボートと 2.5 L 横型ニスキン採水器を用いて行い、久著呂川においては表面採水用バケツを用いて行った。

2.2. 測定項目

2.2.1. 栄養塩 (NO₃, NO₂, SiO₂)

試料採取には共洗いした 250 mL ポリボトルを用い、栄養塩類の分析は、吉田ら [2011] に従って行った。

2.2.2. 全窒素 (TN), 全リン (TP)

試料採取には共洗いした 250 mL ポリボトルを用い、栄養塩類の分析は、吉田ら [2011] に従って行った。

2.2.3. クロロフィル *a* (Chl. *a*) 濃度

試料採取には供洗いした 50 mL 褐色ポリボトルを用い、分析は吉田ら [2011] に従って行った。

2.2.4. 各種イオン成分濃度

各種イオン成分 (硝酸イオン, 亜硝酸イオン, カリウムイオン, リン酸イオン) は、共洗いした 250 mL ポリボトルに採取し、そこから 9 mL スクリュー管瓶に分取した。2.5 mL シリンジを使用し、スクリュー管瓶から 10 μ L をインジェクションし、ノンサプレッサイオンクロマトグラフ法を用い、イオンクロマトグラフ (SHIMADZU・PIA-1000) を使用して分析を行った。

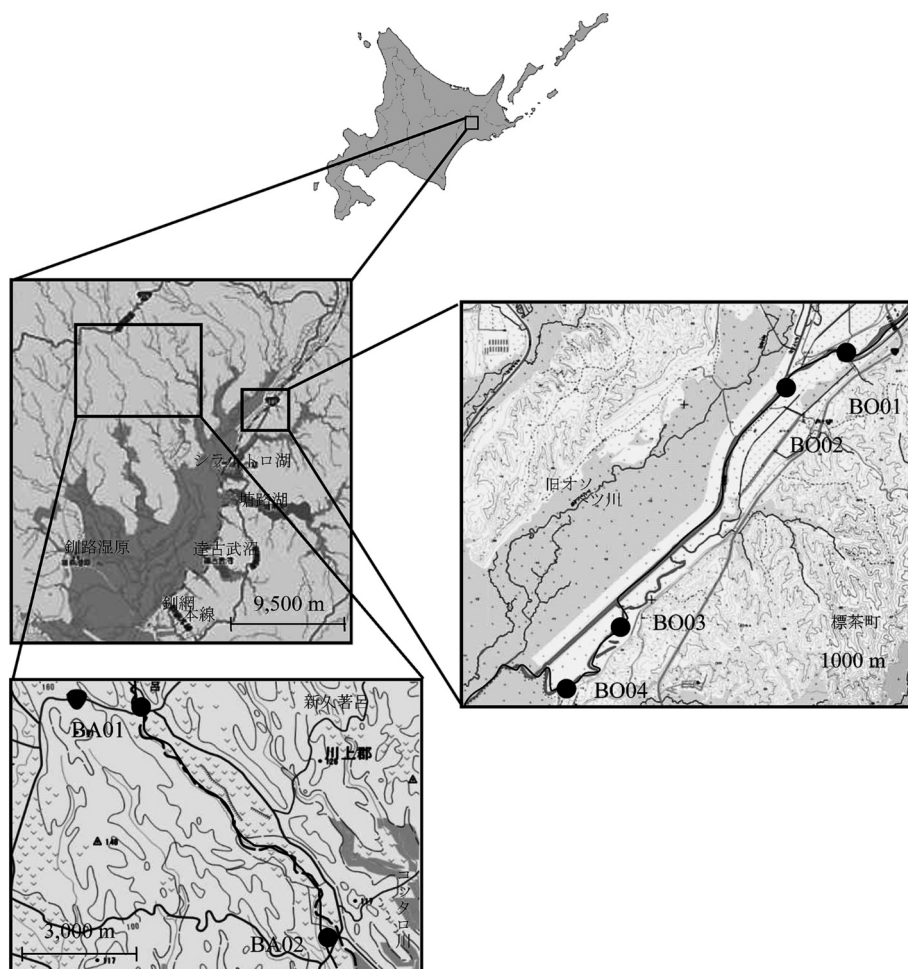


図1 本研究における測点。

2.2.5. 溶存酸素 (DO) 濃度

共洗いしたデュラン瓶に試料を2倍量オーバーフローさせて分取し、ポータブル溶存酸素計 (METTLER TOLEDO・SG6-ELK) を用いて測定した。その際、大気交換によってDOが変化しないように採水後、最初に測定を行った。

2.2.6. pH, 水温, 気温, 風速

pH及び水温は、pHメーター (METTLER TOLEDO・SevenGO pH) を用いて、デュラン瓶に試料を分取し測定した。気温及び風速は風速計 (CUSTOM・WS-01) を用いて測定した。

3. 結果と考察

3.1. 釧路川

3.1.1. 釧路川におけるNO₃, NO₂, TP濃度

釧路川における全ての観測月のNO₃濃度、8月のNO₂濃度はBO02-03の間において減少傾向であった。NO₃濃度は7月と8月においてBO04のみ

高かった。また、10月においては高濃度であった(図2, 3)。

9月のTP濃度が他の月に比べ高かった。7月, 8月, 10月においてはBO02-BO04においてわずかであるが、増加傾向にあった(図4)。

蛇行域は、地下水位の高い湿地や河畔林が存在し、脱窒が起こりやすい場とされている[中村, 2011]。BO02-03の間は直線化域から蛇行域に変わるためNO₃濃度が脱窒により減少したと考えられる。7月, 8月におけるNO₃濃度はBO04において他の測点に比べ高く、蛇行域における全ての地点で脱窒が起こっているかはわからない。BO04は酪農地帯に隣接しているためNO₃濃度が増加したと考えられる。しかし、BO04より下流には蛇行河川が続いているため、湿原への負荷は少なくなると考えられる。

10月のNO₃濃度は他の月に比べると高かった。これはNO₃濃度が秋季, 冬季においては河床堆積物からの溶出や降水等からの供給によりNO₃濃度が増加した[藤永, 2006]ためと考えられる。その

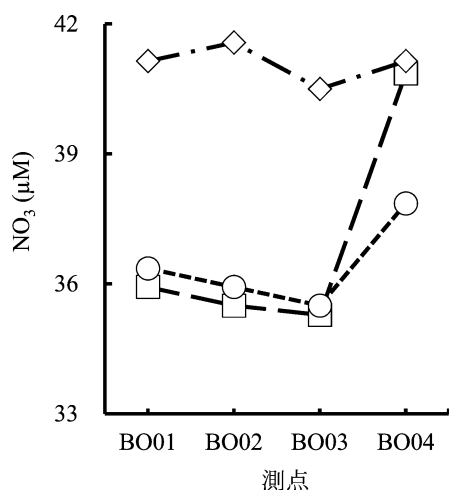


図2 釧路川 (BO01-04) における7月 (○), 8月 (□), 10月 (◇) のNO₃濃度 (μM)。

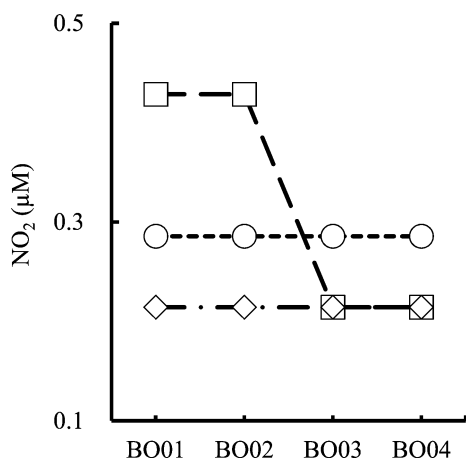


図3 釧路川 (BO01-04) におけるNO₂濃度 (μM)。図2と同様に示す。

ため、秋季、冬季においては春季、夏季よりも高い濃度で湿原内に流入していると考えられる。

8月のNO₂濃度においてもBO02-03の間において濃度が減少していることから、NO₃濃度と同様のことが考えられる。

9月におけるTP濃度は他の月に比べ約7-9倍高かった。これは観測日前日の降雨によるものと考えられる。降水中にリンはほとんど含まれない [神山, 2009] が、河川流域土壌が降雨の影響により浸食され河川に流出したため濃度が増加したと考えられる。

7月、8月、10月はBO02-04において増加傾向であった。蛇行域の水衝部では河岸の土壌が浸食されやすい [横山ら, 2006]。そのため、釧路川においても蛇行域の水衝部では河岸が浸食されていると考えられる。土壌が浸食することによりリンが流出する

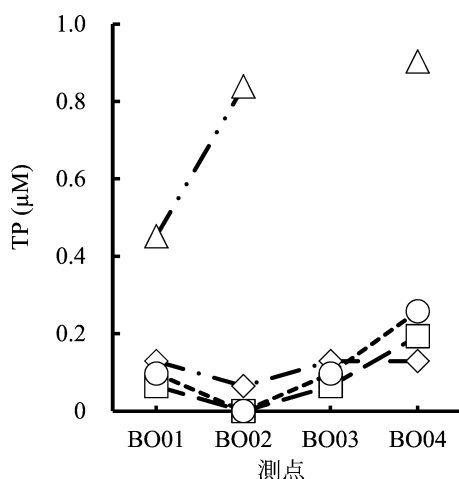


図4 釧路川 (BO01-04) における7月 (○), 8月 (□), 9月 (△), 10月 (◇) のTP濃度 (μM)。

ということが報告されており [神山, 2009], 釧路川においても河岸の土壌が浸食され、土壌に含まれていたリンが流出し、濃度が増加したと考えられる。

3.1.2. 釧路川における脱窒作用

釧路川におけるNO₃濃度はDO濃度と正の相関 ($r^2=0.7651$) がみられた (図5)。

中村 [2011] による蛇行河川と直線化河川の脱窒能を図6に示す。中村 [2011] によると脱窒を制御する要因の一つは嫌気環境であるとされ、湿地や高濃度のNO₃が供給される陸地と河川の間に位置する河畔域では脱窒が起りやすいとされている。蛇行河川は直線化河川に比べ地下水位が高くなるため嫌気環境になりやすい。釧路川におけるNO₃濃度はDO濃度と正の相関がみられたことから、釧路川

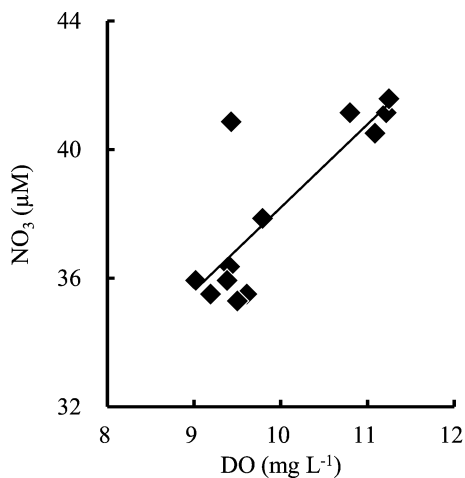


図5 釧路川 (BO01-04) における全観測月のDO濃度 (mg L⁻¹) とNO₃濃度 (μM) の相関図。

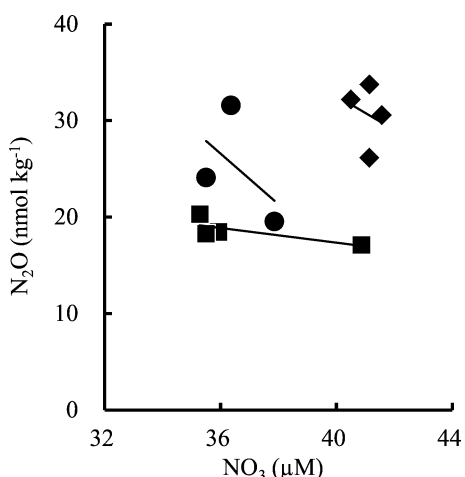


図6 釧路川 (BO01-04) における7月(●), 8月(■), 10月(◆)のN₂O濃度 (nmol kg⁻¹) とNO₃濃度 (μM) の相関図。

のNO₃濃度はDO濃度によって制御されていると考えられる。

また、図7に示すように窒素を除去する能力である脱窒能は蛇行河川の河畔林において高いことがわかる。別寒辺牛川と標津川は釧路川と同様に道東に位置し、流域周辺には牧草地が多いことから、河川には牧草地からの窒素負荷の影響があると考えられる。しかし、蛇行河川の河畔林は直線化河川の河畔林に比べ脱窒能が約30倍高いことから蛇行河川をもつ別寒辺牛川に流出する窒素は少ないと考えられる。

3.1.3. 釧路川におけるChl. a濃度

Chl. a濃度は7月、9月において減少傾向であった(図8)。

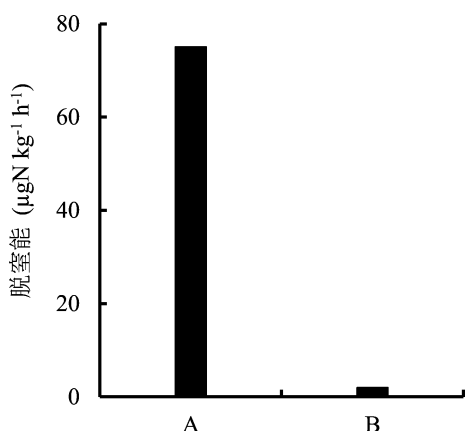


図7 河畔林(深度0-30cm)の別寒辺牛川における蛇行河川(A)および標津川における直線化河川(B)における脱窒能 [中村, 2011]。

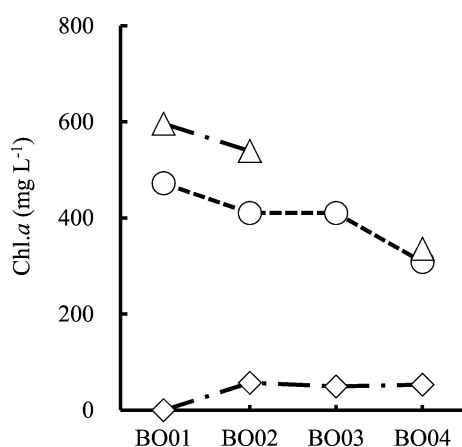


図8 釧路川 (BO01-04) における7月(○), 9月(△), 10月(◇)のChl. a濃度 (μg L⁻¹)。

直線域では砂が掃流している状態が維持されており [萱場ら, 2009], 掃流砂は基質からの底生藻の剥離を促進することがわかっている [北村ら, 2000; 山本ら, 2003]。そのため、直線化域に比べ蛇行域ではChl. a濃度が高くなることが予想されたが、7月、9月において減少傾向であった。蛇行域の水衝部では、河畔に生育している樹木の倒木、または増水時に上流から運ばれた流木が堆積し、底生動物や魚類の生息場所をつくることによって生息数や種数が増加する [中村ら, 2011]。そのため、Chl. a濃度が減少した要因は底生動物や魚類の摂食によると考えられ、また、それらの生物が増加したことによると考えられる。

3.1.4. 釧路川における溶存イオン (PO₄³⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺)濃度

7月におけるNO₂⁻, NO₃⁻, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺濃度は下流に行くにつれて減少傾向であった。PO₄³⁻, K⁺濃度は他のイオン成分よりも濃度が高く、Ca²⁺濃度が低かった(図9, 10)。

釧路川流域は泥炭地土壌であり [国土交通省 釧路開発建設部, 2002], 泥炭地土壌はイオンの吸着性が高く [谷ら, 1998], 泥炭地の河川では一般の河川よりも無機イオン濃度が低いことがわかっている [Thurman, 1985]。PO₄³⁻以外の各種イオン成分濃度は下流に行くにつれて減少しており、上流から流出する泥炭地土壌が下流の蛇行域において堆積しているためと考えられる。土壌が堆積することによって土壌に吸着するイオンの量も増加するため、河川水中のイオン濃度が減少したと考えられる。蛇行域には土壌が堆積しやすい環境があると考えられ、湿原への負荷は減少していると考えられる。

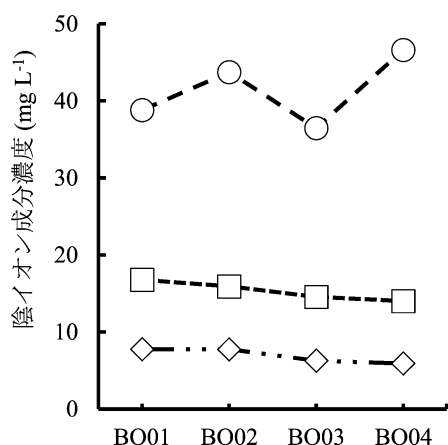


図9 釧路川 (BO01-04) における7月の PO_4^{3-} (○), NO_2^- (□), NO_3^- (◇) 濃度 (mg L^{-1})。

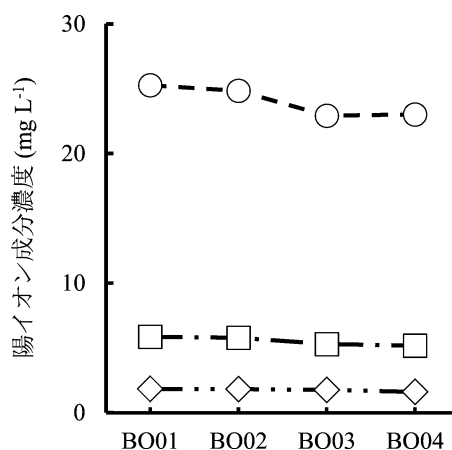


図10 釧路川 (BO01-04) における7月の K^+ (○), Mg^{2+} (□), Ca^{2+} (◇) 濃度 (mg L^{-1})。

PO_4^{3-} 濃度は他の種類のイオンと違う挙動を示し、濃度が高くみられた。釧路川における河川水中に含まれている PO_4^{3-} 濃度が元々高いと考えられるが、その要因の解明にはいたらなかった。

カリウムは植物の生育に欠かせない成分であり肥料の三大要素である。窒素やリンと比べ土壌中の含有量が低く、カリウム肥料として農地に施肥される [藤井ら, 1984]。そのため、 K^+ 濃度が高くみられた要因は流域周辺におけるカリウム肥料の施肥の影響が大きいと考えられる。

Ca^{2+} 濃度が他の陽イオンよりも低い濃度を示す傾向は泥炭地河川水に特有である [Thurman, 1985]。釧路川においても一般的な泥炭地河川と同様の傾向がみられたと考えられる。

3.2. 久著呂川

3.2.1. 久著呂川における栄養塩 (NO_3^- , NO_2^- , SiO_2 , TP) 濃度

久著呂川における全ての月の NO_3^- , 8月, 9月の NO_2^- 濃度は BA01 に比べ, BA02 において高かった。また, NO_3^- 濃度は9月, 10月において高かった (図11, 12)。 SiO_2 濃度は BA01 に比べ BA02 において濃度が高かった (図13)。TP 濃度は BA01 に比べ, BA02 で低かった (図14)。

BA02 において濃度が増加したが, これは周辺に農地があるため農業排水によるものと考えられる。そのため, 湿原内に NO_3^- , NO_2^- 濃度が高いまま流入していると考えられる。河道の状況や流域周辺の土地利用にもよるが上流域は川幅の広さや河畔林による日射量等から栄養塩濃度が低いとされて [Vannote et al., 1980] おり, 久著呂川においても上流で濃度が低かった。そのため, 蛇行域による脱窒の影響

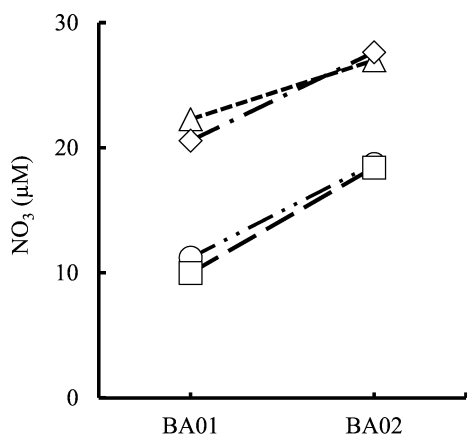


図11 久著呂川 (BA01-02) における NO_3^- 濃度 (μM)。図4と同様に示す。

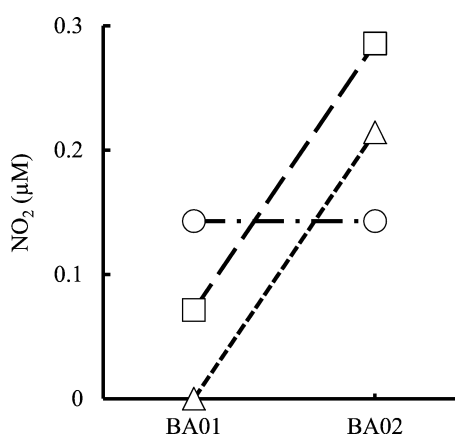


図12 久著呂川 (BA01-02) における7月 (○), 8月 (□), 9月 (△) の NO_2^- 濃度 (μM)。

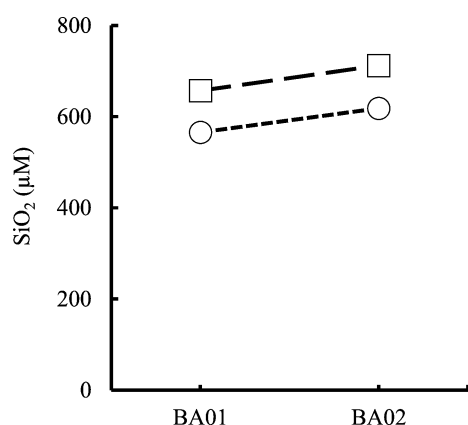


図13 久著呂川 (BA01-02) における7月 (●), 8月 (□), 10月 (◆) の SiO₂ 濃度 (μM)。

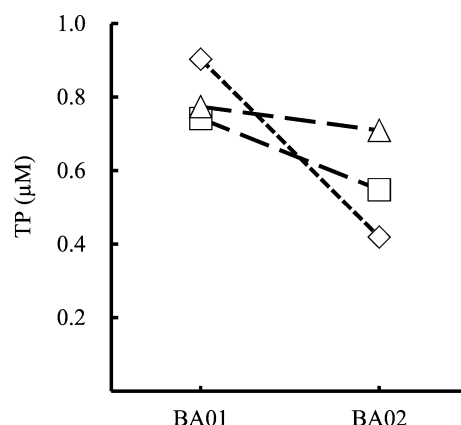


図14 久著呂川 (BA01-02) における8月 (□), 9月 (△), 10月 (◇) の TP 濃度 (μM)。

響を明確にすることは出来なかったが、BA02がある直線化域下流は自然蛇行域となるため、釧路川と同様に直線化域において増加した NO₃、NO₂ 濃度は蛇行域において脱窒が起こることにより低くなつたと考えられる。

また、NO₃ 濃度は釧路川と同様に秋季において濃度が高く、秋季は高い濃度で湿原内に流入していると考えられる。

SiO₂ は河川水中の珪藻類の重要な栄養源であるため河川の生物生産に重要であり [深見ら, 2007], 浮遊性および付着性の微細藻類が河川水中の栄養塩を利用して増殖し、一次生産者として重要な役割を果たしている [深見ら, 1994]。BA02においてBA01より SiO₂ 濃度が高く、これは、BA02付近では流域周辺の森林土壌から河川中に供給されやすい環境があるためと考えられる。

また、SiO₂ 濃度が低い BA01 においては付着藻類が多く生息している可能性がある。付着藻類は浮遊性のものとは異なり水流に流されることがないため特に蛇行域にて増殖しやすく SiO₂ を消費したと考えられる。

TP 濃度は BA01 に比べ、BA02 で低かったが、これは蛇行域の水衝部では河岸の土壌が浸食されやすい [横山ら, 2006] ため釧路川と同様に土壌浸食によりリンが流出していると考えられる。そのため、BA01 の TP 濃度は BA02 と比べ高いと考えられる。

また、TP は河川周辺における緩衝地帯の影響を受けやすい。緩衝地帯の機能として草地からの表面流去水に含まれる汚濁負荷物質が緩衝地帯の土壌を通過することにより、TP が 95% 低下するという報告がある [土木研究所, 2010]。そのため、流域周辺に農地が存在しても緩衝地帯の機能により濃度が

低くなつたと考えられる。

3.2.2. 久著呂川における脱窒作用

図15に示すように、久著呂川における NO₃ 濃度は DO 濃度と相関がみられなかった ($r^2=0.280$) ことから、久著呂川の NO₃ 濃度は DO 濃度によって制御されていないと考えられ、DO 濃度による脱窒の影響はみられなかった。そのため、有機物の影響や流域周辺の NO₃ の供給が関係していると考えられる。

3.2.3. 久著呂川における Chl. a 濃度

Chl. a 濃度は7月においてBA02で高く、9月においては低かった (図16)。

7月の Chl. a 濃度は蛇行域において低く、直線化域において高く、釧路川と同様に底生動物や魚類の摂食によるものと考えられる。しかし、9月においては前日の降雨の影響により流量が増え直線化域に

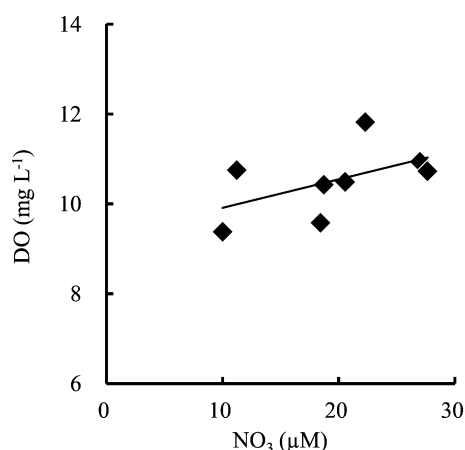


図15 久著呂川 (BA01-0) における全観測月の DO 濃度 (mg L⁻¹) と NO₃ 濃度 (μM) の相関図。

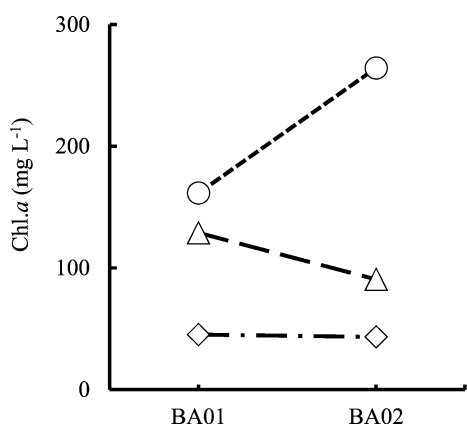


図16 久著呂川 (BA01-02) における7月 (○), 9月 (△), 10月 (◇) のChl. a濃度 ($\mu\text{g L}^{-1}$)。

における掃流砂が多くなったため掃流砂により底生藻の剥離を促進させたと考えられる。そのため、直線化域における濃度が低かったと考えられる。

また、流速が速いと浮遊性の藻類は流されてしまう [深見ら, 2007] ため、Chl. a濃度が低くなったと考えられる。久著呂川の藻類は流量や流速によって変化しやすいことが明らかになった。

3.2.4. 久著呂川における溶存イオン (PO_4^{3-} , NO_2^- , NO_3^- , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) 濃度

PO_4^{3-} 濃度はBA01において高く、 NO_2^- , NO_3^- , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} 濃度はBA02において高かった。また、 Ca^{2+} 濃度が他の陽イオンよりも最も低かった (図17, 18)。

Ca^{2+} 濃度が低いことから泥炭地河川水の特徴がみられたため、泥炭地土壌が堆積していると推測される。そのため、陰イオン濃度は釧路川と大きな変化はなく、イオン成分の吸着性は釧路川と同様に高いと考えられる。BA01においてわずかだが、濃度が減

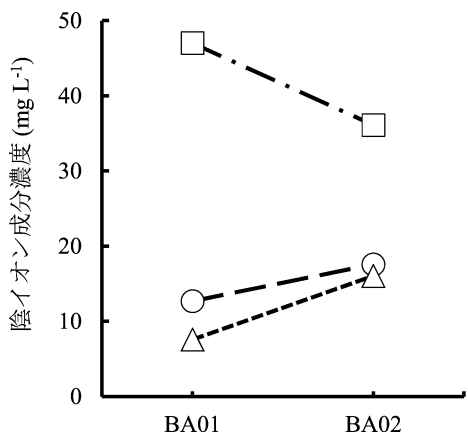


図17 久著呂川 (BA01-02) における7月の PO_4^{3-} (□), NO_2^- (○), NO_3^- (△) 濃度 (mg L^{-1})。

少傾向にみられたため蛇行域において泥炭地土壌が堆積しイオン成分が吸着していると考えられる。

一方、釧路川と比べると陽イオン濃度が低い。これは久著呂川における土壌への陽イオンの吸着能が高かったか、周辺の植物に吸収されたためと考えられる。 K^+ 濃度は他の陽イオン濃度に比べ高くみられ、釧路川と同様に流域周辺の農地において K^+ を含む肥料が施肥されているためと考えられる。

久著呂川においても釧路川と同様に、蛇行域においては土壌が堆積していると示唆された。しかし、蛇行域において堆積することなく下流に流された場合は、下流の直線化域を通過し湿原内へと流入するため、湿原内の蛇行域において堆積していると考えられる。

4. まとめ

4.1. 釧路川

釧路川における蛇行域には脱窒が起こりやすい環境があると考えられる。脱窒により NO_3^- , NO_2^- 濃度が減少傾向であり、蛇行を復元することによって余剰窒素を削減させ、湿原への負荷を少なくする可能性がある。10月の NO_3^- 濃度は高く、秋季は元々の濃度が高いため脱窒が起こっていても濃度が高いまま湿原内に流入していると考えられる。また、釧路川における NO_3^- 濃度は久著呂川と比べ高かったが、これは釧路川上流域における酪農地帯の影響と考えられる。

Chl. a濃度は蛇行域における水衝部では、倒流木により底生動物や魚類が増加し、また、よどみでは止水環境を好む生物が生息するためこれらの生物の摂食により、減少の傾向がみられたと考えられる。

溶存イオンは釧路川流域の泥炭地土壌に吸着しやすく、蛇行域に土壌が堆積し、河川水中のイオン濃

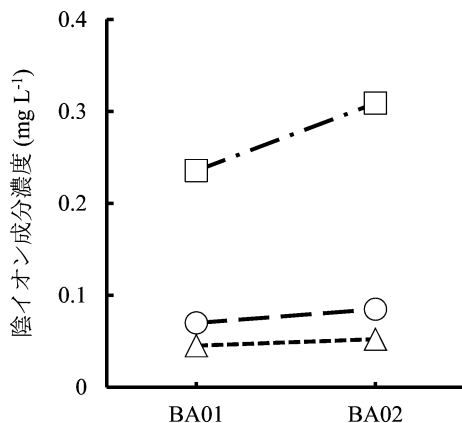


図18 久著呂川 (BA01-02) における7月の K^+ (□), Mg^{2+} (○), Ca^{2+} (△) 濃度 (mg L^{-1})。

度が減少した。このことから、蛇行域には土壌が堆積しやすい環境があると考えられ、湿原への土砂流出は減少傾向であると考えられる。

4.2. 久著呂川

久著呂川における NO₃、NO₂ 濃度は BA02 において濃度が高くみられ、湿原内に濃度が高いまま流入していることが示唆された。また、これは周辺の農地由来のものと考えられる。

溶存イオンの土壌への吸着性は釧路川と同様に高いと考えられる。蛇行域において土壌が堆積することにより河川水中のイオン濃度が減少しやすい環境があると考えられるが、蛇行域において堆積せず下流の直線化域に流出した土壌は、直線化域では堆積しにくいいため、湿原内へと流入している可能性がある。

5. 今後の課題

5.1. 釧路川

釧路川における NO₃ 濃度は BO04 において濃度が高くみられたため、BO04 より下流の復元河川の最終地点付近においてサンプリングし、比較する必要がある。BO04 において増加した NO₃ が復元河川の最終地点において減少していれば、復元河川の蛇行域における環境により、湿原への負荷を低くすることが出来ると考えられる。しかし、脱窒が起こることにより温室効果気体の一つである N₂O が生成され、温暖化に寄与すると考えられるため N₂O を分析し、窒素の動態を把握する必要がある。

また、溶存イオン濃度が蛇行域において低くみられたことから、土壌が堆積していると考えられるが、実際に堆積しているかは明確ではない。そのため、濁度や SS 等を測定し浮遊砂量を把握する必要がある。

5.2. 久著呂川

久著呂川においては蛇行域による脱窒の影響を明確にすることが出来なかったが、直線化域下流の蛇行域において NO₃、NO₂ 濃度が減少していれば、脱窒が起こっている可能性があると考えられる。そのため、直線化域下流に存在する蛇行域においてサンプリングし比較する必要がある。

また、釧路川と同様に各種イオン成分を分析することにより土壌の堆積を推測したが、明確ではないため、浮遊砂量を把握する必要がある。それによって、湿原への土砂の流出による負荷を評価出来る可能性がある。

謝 辞

釧路河川事務所の山崎猛様、高貝一義様、稲垣乃吾様には釧路川の復元河川を観測するにあたり、観測地の状況や復元箇所へのアクセスの仕方などの情報をご提供頂きました。心より感謝申し上げます。

環境省羽幌自然保護官事務所の竹中康進様、環境省釧路湿原自然保護官事務所の渡邊雄児様には釧路湿原においての研究を行うにあたり、ご助言と調査の協力を頂きました。心より感謝申し上げます。

環境地球化学研究室の学生や OB・OG の方々には観測や分析についてご指導を頂き、大変お世話になりました。心より感謝申し上げます。

本稿の改訂に際し、大変貴重なコメントを頂きました校閲者に深く感謝いたします。

参考文献

- Barid A. J. & Gaffney S. W. (2000), Solute movement in drained fen peat: a field tracer in a Somerset (UK) wetland. *Hydrol, process.* 14: 2489-2503.
- Conway, V. M., and A. Millar, (1960), The hydrology of some small peat-covered catchments in the N. Pennines, *J. the Inst. of Water Eng.*, 14, 415-424.
- 土木研究所 寒地水圏研究グループ(2010), 寒地河川をフィールドとする環境と共存する流域, 河道設計技術の開発, 平成22年度 重点プロジェクト研究報告書, 15.
- 藤井國博, 広木幹也, 服部浩之, 向井 哲, 久保井徹, 稲森悠平, 袴田共之, 山口武則, 矢木修身, 須藤隆一, 松坂泰明, 石井修司(1984), 汚泥の土壌還元とその環境影響に関する研究, *国立郊外研究所研究報告*, 68, 1-16.
- 藤村善安, 加藤邦彦, 藤原英司, 富士田裕子, 竹中眞, 柳谷修自, 永田 修(2010), 釧路湿原久著呂川後背湿地における土砂堆積履歴と堆積厚の推定, *日本生態学誌*, 60, 157-168.
- 藤永大輔(2006), 河川水中の窒素及びリンの時空間分布, 北九州市立大学 国際環境工学部 環境化学プロセス工学科 生態系機能解析学研究室 卒業論文.
- 深見公雄, 水成隆之, 久保田浩, 西島敏隆 (1994), 高知県下の二河川における付着藻類の増殖速度およびアユによる藻類消費速度の見積り, *水産増殖*, 42, 199-206.
- 深見公雄, 玉置 寛, 和 吾郎(2007), 高知県仁淀

- 川における森林土壌からの栄養塩供給および微細藻類へのその影響, *黒潮圏科学*, 1, 96-104.
- 羽石 嵩, 中津川誠(2009), 河川流路の変化が湿原植生へ及ぼす影響の研究, *土木学会北海道支部論文報告集*, 66.
- 神山和則(2009), 土壌侵食ポテンシャルの広域評価とリンの流出, *土・水研究会資料*, 26, 41-47.
- 笠井文考, 山本敦也, 田中俊次, 夏原憲子, 小宮山英重(2008), 釧路川流域のイトウ (*Hucho perryi*) 産卵河川における礫の移動・供給に関する調査研究, *東京農業大学集報*, 53(3), 283-287.
- 国土交通省 北海道開発局(2013), 釧路川総合水系環境整備事業, *再評価原案準備書説明資料*, 2-7.
- 国土交通省 北海道開発局 釧路開発建設部(2002), *第1回釧路川流域委員会 第1回委員会資料*, 2-4.
- 国土交通省 北海道開発局 釧路開発建設部(2006), *釧路湿原自然再生事業 茅沼地区旧川復元実施計画*, 3-2.
- 国土交通省 北海道開発局 釧路開発建設部(2011), *第14回旧川復元小委員会 資料*, 1-1.
- 国土交通省 北海道開発局 釧路開発建設部 北海道釧路土木現業所 他(2006), 釧路湿原自然再生事業 土砂流入対策実施計画〔久著呂川〕.
- 釧路湿原自然再生協議会(2004), *第4回水循環小委員会 資料*, 2-3.
- 萱場祐一, 野崎健太郎, 河口洋一, 皆川朋子(2009), 標津川の再蛇行化が一次生産過程に及ぼす影響の評価, *応用生態工学*, 12(1), 37-47.
- 北村忠紀, 加藤万貴, 田代 喬, 辻本哲郎(2000), 砂利投入による付着藻類カワシオグサの剥離除去に関する実験研究, *河川技術論文集*, 6, 124-130.
- Michale, R. M, C. P. Cirimo, M. J. Mitchell, and J. J. McDonnell (2004), Wetland nitrogen dynamics in an Adirondack forested watershed, *Hydrol. Process*, 18, 1853-1870.
- 中村太士, 中村隆俊, 渡辺 修, 山田浩之, 中川泰則, 金子正美, 吉村暢彦, 渡辺綱男(2003), 釧路湿原の現状と自然再生事業の概要, *保全生態学研究*, 8, 129-143.
- 中村太士(2011), *川の蛇行復元 — 水理・物質循環・生態系からの評価 —*, 技報道出版.
- 野原精一, 湿原生態系の窒素汚染地球環境(2010), *Airies*, 15, 2, 153-160.
- 大西正容, 高貝一義, 加治昌秀(2012), 釧路湿原自然再生事業の取り組みについて, *国土交通省北海道開発局 第56回 北海道開発技術研究発表会 発表論文*.
- 佐藤好茂, 矢野雅昭, 矢部浩規(2012), 釧路湿原における蛇行復元後のハンノキ林の変遷について, *国土交通省 北海道開発局 第56回 北海道開発技術研究発表会 発表論文*.
- 谷 昌幸, 近藤鍊三, 筒木 潔(1998), 十勝太平洋沿岸泥炭地における湖沼・河川の水質特性, *水環境学会誌*, 22, 3, 232-237.
- Thurman, E. M. (1985), Amount of organic carbon in natural waters, in "Organic Geochemistry of Natural Waters", Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, 7-65.
- Vannote, R. L., G. W. Minshall, K. W. Cummins, J. R. Sedell and C. E. Cushing (1980), "The river continuum concept.", *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 37 (1), 130-137.
- Van Seters T. E. & Price J. S. (2002) Towards a conceptual model of hydrological change on an abandoned cutover bog, Quebec. *Hydrol. Process*, 16, 1965-1981.
- 山田浩之, 中村隆俊, 仲川泰則, 神谷雄一郎, 中村太士, 渡辺綱男(2004), 自然再生事業区域釧路湿原広里地区における湿原環境の実態 — 酪農草地化および河川改修が湿原地下水環境に及ぼす影響 —, *応用生態工学*, 7(1), 37-51.
- 山本亮介 松梨史郎 下垣 久(2003), 移動粒子を伴う流れの付着藻類剥離効果, *水工学論文集*, 47, 1069-1074.
- 横山勝英, 山本浩一, 一寸木朋也(2006), 筑後川感潮河道における地形・底質の季節変動に関する研究, *海岸工学論文集*, 53, 土木学会, 471-475.
- 吉田 磨, 今井 翔, 窪田千穂(2011), 地球の測り方, *中原准一教授退職記念論文集 — 一酪農学徒として考えてきたこと —*, 159-169.

Abstract

Kushiro river and Kuchoro has been straitenined for land development. However it cause drying wetland, therefore in 2011, government rebuilt them meander. The purpose of this study is to compare the effect of straitenined river and meandering river to Kushiro wetland. In Kushiro river, NO₃ concentration of

meandering river was higher than straight river and dissolved ion concentration was lower than straight river. In Kuchoro river, Nutrients except TP was a rising trend from straight river to meander river, and dissolved ion concentration of meander river was lower than straight river. Soil tend to accumulate in meander river. Also, the soil of Kushiro watershed is a peatland soil which absorbs ion. Therefore, there was less effect of nutrients to the downstream of meandering river.