

2A-01 筑波山の窒素飽和森林における無機態窒素の流入量と流出量の算定

*渡邊未来, 林誠二, 三浦真吾, 山村茂樹, 渡邊圭司, 越川昌美 (国立環境研究所)
高松武次郎 (茨城大・広域水圏セ)

1. はじめに

窒素飽和とは、水源となる森林が窒素過剰状態に陥り、溪流への NO_3^- 流出量が増大する問題である。窒素飽和森林では、大気から多量かつ慢性的に流入する無機態窒素を保持しきれないため、過剰な NO_3^- 流出が生じる。なかには、土壤中に蓄積していた窒素化合物までもが流出し、無機態窒素の流出量が流入量を上回る場合もある (Gundersen et al., 2009)。

我々はこれまで、茨城県筑波山の森林は、渓流水中の NO_3^- 濃度が高く、林内雨による無機態窒素の流入量も多いことから、既に窒素飽和状態にあることを明らかにしてきた。実際、07~08年に筑波山の40源流域で季節毎に測定した平水時の渓流水中 NO_3^- 濃度 (1.8 mgN L^{-1}) は、全国平均値 (0.4 mgN L^{-1} , 木平ら, 2006) の5倍にまで達していた。

本研究では、筑波山森林における窒素飽和状態をより明確にするため、平水時の渓流水中 NO_3^- 濃度が異なる2つの小集水域を対象に、無機態窒素の流入量と流出量を正確に算定することを試みた。

2. 方法

先述の40源流域のうち、渓流水中の NO_3^- 濃度が比較的低い“集水域L” (集水域面積 9.5 ha) と中程度の“集水域H” (5.9 ha) を対象に、2008年5月から2年間、林内雨と渓流水の水量と水質を測定した。

集水域単位の無機態窒素の流入量は、ヒノキ林、スギ林、広葉樹林の林内雨を測定して NO_3^- と NH_4^+ の流入量を求め、これに航空写真を用いた画像解析により求めた各樹種の森林面積を乗じて算出した。

無機態窒素の流出量は、各集水域出口の渓流水を8回の降雨流出イベント期間に測定し、 NO_3^- -N 流出量 (L) と流出水量 (Q) の関係式 (L-Q 式) を求め、この式と10分間隔で2年間観測した流出水量を用いて算出した。

3. 結果

集水域LとHにおいて、2年間を平均した無機態窒素の流入量は 13.9 と $15.5 \text{ kgN ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$, 流出量は 16.9 と $23.2 \text{ kgN ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ であった (図1)。また、平水時における渓流水中の NO_3^- 濃度は、それぞれ 0.5 と 1.3 mgN L^{-1} ($n=47$) であった。

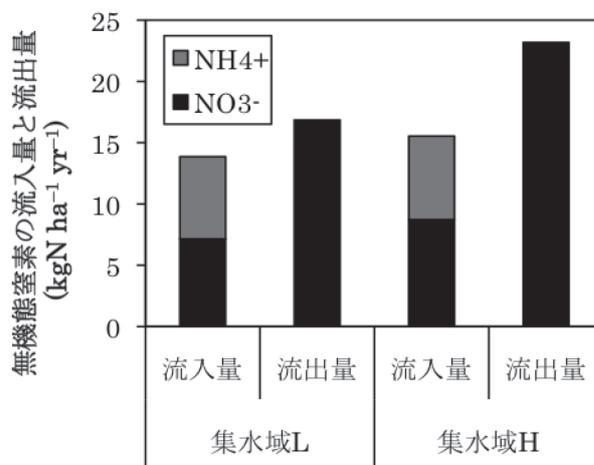


図1. 集水域LとHにおける無機態窒素の林内雨による流入量と渓流水への流出量

4. 考察

両集水域とも無機態窒素の流出量が流入量を上回っていたことから、これらの森林は、下流の河川や湖沼への窒素負荷を増大していた。また、筑波山の窒素飽和森林は、大気から流入する無機態窒素を保持しきれないだけでなく、慢性的な高窒素負荷によって生態系の窒素動態が変化し、土壤中に蓄積していた窒素化合物までもが流出していると考えられた。

さらに、集水域HとLの無機態窒素の流出量の差 ($6.3 \text{ kgN ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) は、流入量の差 ($1.7 \text{ kgN ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) より大きかったことから、集水域Hのように平水時の渓流水中 NO_3^- 濃度の高い集水域では、無機態窒素の流入量が多いこと以外にも、 NO_3^- 流出を加速する因子があると考えられた。

【引用文献】 Gundersen et al., *For. Ecol. Manage.*, 258, 1137-1146 (2009). 木平ら, *日本水文学会誌*, 36, 145-149 (2006).

2A-02 流下に伴う河川中硝酸の窒素・酸素安定同位体比の変化から見た自然及び人為的負荷量推定の試み

*神谷 宏、宮廻隆洋（島根県保健環境科学研究所）、田林 雄（産業技術総合研究所）、三木健太郎、山室真澄（東京大学院）、木庭啓介（東京農工大）

1. はじめに

河川に流入する負荷量は森林等の自然負荷と下水道や工場排水等の人為的な負荷に分けられる。河川に流入するこれらの負荷量の割合を把握することは困難で、現在まで原単位法を用いて計算されている。しかし、この方法は様々な問題点が指摘されていることから、硝酸の窒素・酸素安定同位体比が発生源によって異なることを利用して、河川に流入する負荷量を自然系、人為系に分けることが可能か検討を行った。

2. 方法

島根県の東部に位置する斐伊川において、源流から下流部までに12の採水地点を設定し、2008年4月から2009年3月まで月1回ずつ通算11回の採水・分析を行った。採水は原則として平水時に行った。なお、9月については採水日が確保できず欠測となった。比較のため降水（n=61）と雲南市内の下水道及び農集の排水（12月17日採水、n=6）を採取した。分析項目は全窒素（TN）、硝酸態窒素（NO₃-N）、硝酸の酸素同位体比（δ¹⁸O）・窒素同位体比（δ¹⁵N）等である。原単位については様々な報告があり、用いるデータによって結果が異なる可能性があるが、同位体比についてはその発生源によって特異な値をとるので（例えばKendall et al. 1997）、河川水中の同位体比を調べることによって発生源が比較的わかりやすい利点がある。

3. 結果および考察

TN は平均値で見ると横田町の上流部から濃度が高く、横田町の下流部で最も濃度が高くなっていた。また、濃度には流量に影響された変動が見られ、流量の大きい冬期に高く、流量の少ない6月、11月に低くなっていた。降水のTNは河川水よりもかなり高く約2

倍、排水のTNは河川水の約6倍の濃度であった。TNの約80%がNO₃-Nであり、NO₃-NはTNとほとんど同様の変化をしていた。

降水中の硝酸のδ¹⁸Oは文献に示されているように河川水に比べ非常に高かった（平均72.1‰）。しかし、河川水のδ¹⁸Oは6～8‰の範囲にあり、しかも流下に伴う変化はなかった。ただし季節的な変化があり、水温の低い11月から3月にかけて高い値をとっており、これは降水の変化と同様であった。δ¹⁵Nに関しては文献が示しているとおりの排水の値が高かった。また、河川水に関してはδ¹⁸Oと同様な季節的な変化があった。河川水の結果を平均値で見ると流下に伴う変化は小さく、2‰前後の値をとっていた。

δ¹⁵Nが河川の流下に伴う変化がなかったことから排水の流入による影響はほとんど見られなかったと考えられる。

神立橋の上流にある大津流量観測所の結果によると、調査期間中の流量の平均値、最大値及び最小値はそれぞれ32.2、227.6、7.2m³s⁻¹であった。また調査日の大津流量観測所の平均値、最大値及び最小値はそれぞれ33.5、70.1、8.9m³s⁻¹であり、平均値及び最小値はほぼ近いものであった。一方、神立橋より上流にある排水処理施設の保健所届け出合計水量は0.2m³s⁻¹であり、河川流量に比べるとはるかに小さい。排水の硝酸態窒素濃度は平均で3.6mgL⁻¹で河川水の硝酸態窒素濃度の約6.5倍と顕著に高かった。しかし低流量時にも、排水の影響は河川水に現れなかった。このことから、山林から流入する負荷量が非常に大きい、もしくは今回の試みでは把握できなかった農地等からの負荷量が河川水質に大きく影響している可能性がある。

地点	TN (μg/l)			NO ₃ -N (μg/l)			δ ¹⁸ O (‰)			δ ¹⁵ N (‰)		
	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値
渓流水	410	570	260	340	470	220	7.4	16.3	1.6	2.3	7.0	-0.6
横田町上流部	610	860	430	510	680	420	6.1	16.6	2.6	1.6	4.5	-1.8
横田町中上流部	560	770	400	460	650	350	6.8	17.4	1.8	2.6	6.1	-1.4
横田町中下流部	590	800	400	470	670	340	7.5	18.6	3.5	1.8	5.2	-1.9
横田町下流部	690	1100	440	480	660	320	6.0	12.1	0.0	1.7	7.2	-3.2
仁多町上流部	550	670	410	430	580	340	6.8	11.0	3.3	1.7	5.1	-1.9
仁多町下流部	490	650	310	370	530	210	6.9	10.7	3.6	1.6	6.3	-2.8
木次町中流部	520	650	330	400	550	260	7.0	13.7	3.2	1.4	4.5	-2.1
木次町下流部	560	780	440	430	600	280	8.0	14.5	3.5	1.7	5.0	-2.2
大東、加茂合流後	550	760	310	430	610	250	8.0	14.4	3.4	1.9	6.0	-3.1
神立橋	580	870	390	430	600	260	7.1	10.9	3.2	2.1	5.1	-1.6
降水(n=61)	950	11000	120	460	5100	14	72.1	91.7	52.4	-0.5	5.9	-5.4
下水道、農集(n=6)	3600	5900	930	3000	5300	81	8.5	16.8	4.4	21.9	27.1	18.7

* 林誠二、渡邊未来、山村茂樹、渡邊圭司、越川昌美（国立環境研究所）

1. はじめに

大都市周縁の山地域では、人為影響による大気降下物由来の慢性的な高窒素負荷によって、森林渓流水の平水時 NO_3^- -N 濃度は高い傾向にある一方で、近接する集水域間で大きく異なる事例が報告されている（駒井，2009）。茨城県筑波山森林域でも、40 地点の源流域における年平均濃度は、0.5~4.2ppmN と大きくばらつくことが、演者等の調査によって確認されている。そこで、森林集水域の林内環境がこのような濃度のバラツキ、すなわち窒素流出に及ぼす主な影響因子の一つであると仮定の下、特に、スギ、ヒノキ等人工林の間伐遅れ等、管理不備による林内環境の違いが窒素流出に及ぼす影響に着目し、平水時の渓流水中の NO_3^- -N 濃度の異なる2つの人工林集水域を対象に、調査検討を行ったのでここに報告する。

2. 材料と方法

調査対象は、筑波山中の2つの集水域、H（集水域面積 5.9ha、平水時 NO_3^- -N 濃度 1.3ppm）と L（同 9.5ha、同 0.5ppm）である。主な植生は、集水域 H がヒノキ（31~89 年生）で 63%を占め、その他は落葉広葉樹である。同 L はヒノキ（33~56 年生）が 47%、スギ（33~56 年生）26%、落葉広葉樹が 27%を占めている。まず、集水域の林内環境の把握を目的に、2008 年 9 月に面積 100 m^2 の円形プロットを集水域 H で 10 地点、同 L で 19 地点設け、人工林の混み具合（荒廃程度）指標である相対幹距（上層木平均樹高に対する平均樹間距離の割合）、断面積（1ヘクタール当りの胸高断面積合計値）を測定した。次いで、林内環境が窒素流出に及ぼす影響把握を目的として、2008 年 5 月より 2 週間に一度、集水域内の湧水（集水域 H：3 地点、同 L：4 地点）の採取と NO_3^- -N 濃度の測定と、各調査プロットで 2009 年 12 月に採取した O 層と A 層の土壌試料の 2MKCl 抽出液中の NO_3^- -N と NH_4^+ -N の濃度測定から土壌中の無機態窒素含有量の算定を行い、地理的に対応する調査プロットの人工林混み具合とこれら測定結果との関係性を検討した。

3. 結果

(1) 林内環境の定量化

通常、人工林の混み具合の判断基準は、相対幹距で 17% 以下、断面積で 50 m^2 以上とされている。調査から、集水域 H のヒノキ林で相対幹距と断面積の平均値は、それぞれ 15%と 67 m^2 、集水域 L のヒノキ林で 17%、51 m^2 、同

スギ林で 18%、55 m^2 という結果が得られた。これにより、平水時渓流水中の NO_3^- -N 濃度の高い集水域 H は同 L に比べて、人工林が混み合った状況にあることが定量評価された。

(2) 人工林混み具合と土壌含有無機態 N との関係

図 1 は、調査プロットにおける相対幹距と A 層土壌中の無機態窒素 (NO_3^- -N + NH_4^+ -N) 含有量の関係を示している。測定試料中に O 層の混入した影響が高い集水域 L のヒノキ林 1 地点を除いて、人工林の混み具合と表層土壌中に含まれる無機態窒素量の間に関連があることが確認された。

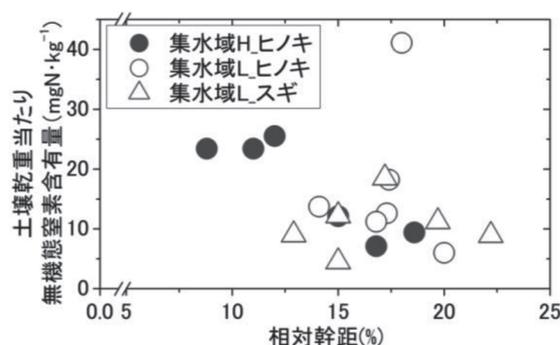


図 1 人工林混み具合と土壌含有無機態 N との関係

(3) 人工林混み具合と湧水中の NO_3^- -N 濃度との関係

相対幹距、断面積のいずれを用いた場合でも、集水域 H、L ともに人工林の混み具合が強まれば、その下流に位置する NO_3^- -N 濃度が上昇する傾向が確認された。特に、集水域 H 内の超過密林分状態（相対幹距 11%）にある区域の下流部湧水中の NO_3^- -N 濃度は 2.4ppm であった。

4. まとめ

調査結果は、人工林の混み具合が表層土壌中の無機態窒素含有量の増加と下層への NO_3^- -N の溶脱を促し、その結果、平水時の渓流水中の NO_3^- -N 濃度上昇がもたらされることを示唆している。Gundersen ら(1998)は、土壌表層に集積したリターの C/N 比が森林土壌からの NO_3^- -N 溶脱を規定しているとした。本研究では上記知見に基づき、各調査プロットでのリター集積状況とその組成、窒素代謝に係る微生物活性について現在検討を進めている。

参考文献

駒井 (2009) 大気由来の窒素に着目した流域の窒素収支に関する報告書、河川環境管理財団, 156-164.
Gundersen, P. et al. (1998) Environ. Pollut., 102, 403-407.

* 石川靖, 北川房穂, 高田雅之, 山口高志 ((地独) 道総研環境科学研究センター)

1. はじめに

流域開発の影響と見られる原因により閉鎖性水域では富栄養化が進み水質悪化や生態系の変化が起きている。このような状況を改善するため、地元関係者が一体となり、様々な負荷低減対策を講じた結果、著しい水環境の悪化から改善されつつあるが環境基準から見て不十分と判断される水域は少なくない。

富栄養化の原因は工場排水等に代表されるポイント型が多く占めていたが、近年はノンポイント型と呼ばれる広域的かつ汚濁源を単に特定できないものへと変わってきている。これらの由来としては、生活排水や森林等の自然源に加えて、ふん尿や施肥投入等を原因とした農畜業なども含まれる。一方で1999年から「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」が施行されたことに伴い、家畜ふん尿由来の窒素, リンの負荷低減が期待されているが、施行後の水環境への影響については、未だ十分に明らかにされていない。

2009年から、我々は富栄養化の改善が進まない閉鎖性水域における流入河川を対象に負荷量を把握する調査を始めた。今回、基礎的な水環境を明らかにすることに加えて、法施行後の負荷量変動を把握すると同時に、流域の土地利用について着目して水環境との関係を検討した。

2. 調査地点と調査項目

閉鎖性水域に流入する河川の内、最も水量が多い1河川(河川SKN)を調査対象とした。河川規模は、河川長31.7km, 流域面積64k m²である。流域人口は2千人未満であり、主として穀物や畜産業が営まれる農業地帯である。この河川には、AK, ITKY, SZN, BNの4本の支流が右岸側から流入している。調査地点は、本流と支流合わせて計15地点を設定した。調査は2009年5月から12月までほぼ1月毎に、なお、一部の地点では10日間隔で調査を行った。現地では、流量、水温、EC、pHを測定し、室内分析用のものは適量採水し冷蔵保存して持ち帰って処理した。測定項目は栄養塩類(NO₃-N, NO₂-N, NH₄-N, PO₄-P, Si, TN, TP)等に加えて、一部地点では安定同位体(δ 13C, δ 15N)用のサンプルを収集した。

表1 主な支流における日平均流量と、TN、TP負荷量と過去の調査結果比較

	日平均流量(m ³)		日平均TN負荷量(kg)		平均TP負荷量(kg)	
	1997	2009	1997	2009	1997	2009
SKN-2	64,500	56,200	15.5	12.2	0.71	0.59
AK-4	3,800	3,500	6.3	7.9	0.12	0.10
SZN-1	63,000	52,100	39.5	26.5	1.16	0.81
BN	4,000	3,500	51.9	27.6	1.05	0.83

3. 結果と考察

3.1 流域の土地利用状況

図1に土地利用の10項目に分類した区分状況を、調査地点間毎として示した。いずれの地点でも最も優占していたのが森林であり、ほぼ50%以上であった。河川AKでは、地点AK-2から4までの流域利用として、農地の割合が29.3~31.2%と他地点流域に比して高く、加えてこの流域に接しているSZN-1も43.9%と15地点中で最も高い比率であった。

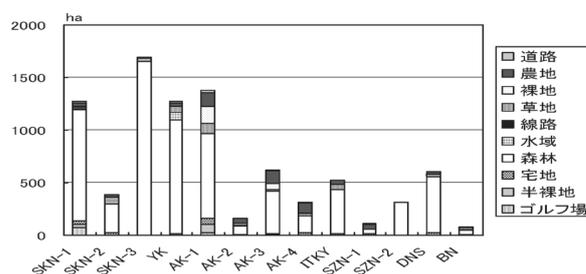


図1 調査地点間における土地利用面積と割合

3.2 1997年との負荷量の比較

表1に流量と負荷量(TNとTP)について1997年の調査結果と比較したものを示した。流量は、2009年が1997年より21~8%ほど低いが、これは降雨量の差と考えられる。AK-4のTNを除けば、各地点のTN、TP負荷量は流量より下回っており、全体的に負荷量は低下していると見られた。河川BNの流量比は末流に対して1%であるが、TNとTP負荷量比は18%、13%と報告¹⁾されていたが、今回は、TN負荷量は1997年の半分程度に下がり、NH₄-Nの濃度低下(平均濃度:10から3.5mg/L)による影響を反映していた。河川BKの流域では養豚業が営まれていることから法律施行に伴う結果を反映したと思われる。

地点BNを除く主な地点において、TN濃度の主成分はNO₃-Nであった。主な地点において、測定した δ 15Nと硫酸イオン濃度の相関からは、硫酸塩肥料由来とされる結果が得られたことから農地へ蒔いた肥料のうち作物等に吸収されなかった分が、降雨による表面流出や地下浸透を介して流出し、河川中の窒素成分として反映している可能性が示唆された。

1) 三上ら(1999)道環境科学研究センター所報, Vol. 26, 117-120.

1. はじめに

高く規模の大きい孤立峰に放射状河川群が存在する場合、地形が単純でそれらの水質分布に地理学的や気象学的特徴が顕著に現れることが多く、海岸からの距離の違いによる海塩影響も知られている。長い日本列島でこの条件に近い地形は、図-1の岩木山(1625m:30河川)、鳥海山(2236m:32河川)、大山(1729m:25河川)、屋久島(1936m:65河川)である。いずれも日本海(東シナ海)側で冬季冠雪する高山で、屋久島のみの四囲が海で隆起高山であり、他は休火山である。各河川群の水質調査を2009年秋季と2010年春季の2回行った。最も高い鳥海山は山麓に環状道路がなく、調査地点の高度の範囲が少し広く1日半の調査となった。明らかに火山・温泉の影響があった河川は除外した。



図-1 調査山系

表-1 調査山系特性

	高度(m)	緯度	海岸線	降水量	卓越風向	河川数	調査面積
岩木山	1625	40°39'	西30km	1290mm	南西	35	120 km ²
鳥海山	2236	39°06'	西15km	1861mm	南東	36	250 km ²
大山	1729	35°22'	北17km	1898mm	東南東	23	290 km ²
屋久島	1936	30°20'	全方向	4300mm	西北西	60	440 km ²

2. 秋季調査

北から順に2009年10月10日～11月22日の調査で、先行晴天期間は大山のみがほぼ22日間と長かった他は、数日間での調査であった。秋季は暖候期を過ぎた後で、岩石・土壌の風化や植生や微生物の生物活動の影響の結果が見られ易い時期である。調査水質項目はWT, EC, pH, アルカリ度, TOCと10種の無機イオンである。

3. 春季調査

南から順に2010年3月14日～6月13日の調査で、高山部に残雪存在下の融雪期で、先行晴天期間は岩木山と鳥海山

*海老瀬 潜一(摂南大・理工)、西端 駿(摂南大・理工)

で11, 14日間と長かった他は、数日間での調査であった。春季調査は流域面積規模と流量の大きさを考慮し、本州の3山系の採水地点を少し減らし、1地点のデータの重みの平均化に配慮した。冬季の中国大陸方面からの偏西風による大気汚染物質の沈着負荷や降雪への海塩の影響の大きさが見られる時期であった。表-2に最大値を斜字, 最小値を下線で示す。

表-2 春季調査水質平均値(mS/m; meq/l; mg/l)										
水質	n	EC	pH	Alkali	Cl ⁻	Na ⁺	Na ⁺ /Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻ -N	
岩木山	東	7	<u>7.52</u>	<u>7.05</u>	<u>0.352</u>	<u>13.68</u>	8.95	0.95	<u>3.23</u>	0.125
	北	7	7.58	7.07	0.423	14.85	8.91	<u>0.93</u>	4.15	<u>0.117</u>
	西	9	9.06	7.12	0.361	<u>15.65</u>	<u>9.95</u>	<u>0.99</u>	9.15	<u>0.390</u>
	南	5	<u>11.67</u>	<u>7.37</u>	<u>0.508</u>	13.73	8.69	0.98	<u>10.24</u>	0.319
鳥海山	東	7	<u>3.85</u>	<u>6.38</u>	<u>0.128</u>	<u>5.13</u>	4.55	1.37	<u>13.30</u>	<u>0.079</u>
	北	11	6.86	6.80	0.284	6.92	5.96	1.33	10.69	0.093
	西	9	<u>9.27</u>	6.83	0.320	<u>13.30</u>	<u>9.40</u>	<u>1.09</u>	<u>3.05</u>	<u>0.230</u>
	南	8	4.68	6.96	<u>0.328</u>	6.24	6.15	<u>1.52</u>	8.13	0.135
大山	東	7	<u>5.57</u>	<u>6.97</u>	<u>0.325</u>	<u>6.78</u>	5.35	1.23	2.26	<u>0.373</u>
	北	5	7.05	7.11	0.427	8.49	6.76	1.22	2.72	0.435
	西	6	<u>8.45</u>	<u>7.12</u>	<u>0.441</u>	<u>8.59</u>	<u>7.23</u>	<u>1.30</u>	<u>2.99</u>	<u>0.508</u>
	南	7	6.39	7.09	0.441	7.13	5.76	1.29	<u>2.41</u>	0.429
屋久島	東	22	4.93	6.47	<u>0.097</u>	<u>10.38</u>	6.14	<u>0.97</u>	3.18	<u>0.222</u>
	北	13	5.80	<u>6.57</u>	0.087	12.39	7.53	0.94	3.81	0.153
	西	17	<u>6.04</u>	<u>6.38</u>	<u>0.070</u>	<u>14.34</u>	<u>7.99</u>	0.86	<u>4.29</u>	<u>0.134</u>
	南	13	<u>5.02</u>	6.45	0.078	11.98	6.50	<u>0.84</u>	<u>2.99</u>	0.194

4. まとめ

春季調査と秋季調査を通して、全体的に偏西風の影響と海塩の影響が大きかった。春季調査では、偏西風による海塩の影響が大きかったのか、Na⁺/Cl⁻(モル比)が秋季調査より小さく、1.0以下となり、Cl⁻やNa⁺のほかSO₄²⁻濃度が西側で高かった。秋季調査のK⁺やMg²⁺ほか各種イオン濃度が春季調査の値を上回るものが多く、Na⁺/Cl⁻モル比の大きさからも岩石等の風化・溶出の影響の大きさが明らかとなった。

渓流水質への影響の大きい年間降水量の平面的・地理的分布では、4つの山系とも東部や東北部で大きくなる特徴がある。水質濃度は先行降雨の規模の大きさや先行晴天日数に大きく左右されるほか、流出水の植生・土壌・基盤岩層での経路と滞留時間の影響が大きい。

屋久島での長年の継続調査結果から、高度が高いと渓流河川の勾配が急なことと流域面積が比較的小さいことに加えて、降水量が多いことから、低い地点と比べて一般に水質濃度が低い。屋久島での4方角での水質の最大値と最小値の出現位置は秋季調査と春季調査でほとんど変わらなかった。また、海岸線からの距離と地点高度も海塩の影響を左右する。

参考文献

- 1)海老瀬(2009)日本陸水学会第74回大会, p.174.
- 2)海老瀬・阿部(2010)第44回日本水環境学会年会, p.219

* 三上 一 (青森環境管理事務所)

1. はじめに

山岳積雪地帯を源流とする河川の流量は融雪期に大きく変動し、水循環、水利用に多大な影響を及ぼしている。

ここでは、融雪期において温暖化が八甲田山系を源流とする河川の流量に及ぼした影響について報告する。

2. 調査方法

調査は1998年11月～2007年5月で、地点は青森地方気象台、アメダス酸ヶ湯及び駒込川中流域の幸畑橋水位局である。気象データは、

<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>、流量はテレメータによる日間値を用いた。

3. 結果と考察

3.1) 気温と総降雪量の経年変化 (1980～2009)

酸ヶ湯における1980年以降の気温と総降雪量の経年変化をみると、気温、総降雪量ともに上昇傾向にあった(図1)。一方、青森地方気象台では気温は上昇傾向にあったが、総降雪量は減少傾向にあり、両地点では総降雪量の挙動に差が認められた。その要因として、積雪期における酸ヶ湯での気温が低く推移していたことが考えられた。

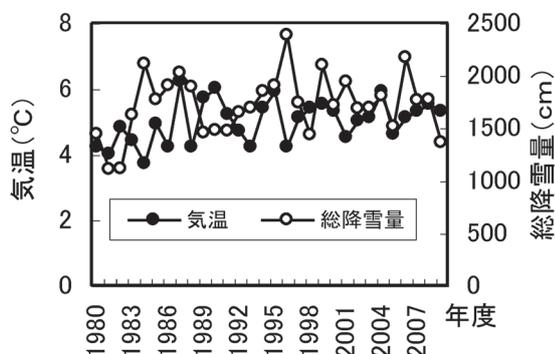


図1 酸ヶ湯における気温と総降雪量の経年変化(1980～2009)

3.2) 流量と最深積雪の変動パターン

酸ヶ湯における積雪期間は、およそ11月～5月で、2月中旬から3月中旬頃に最深積雪が最大となり、これ以降、融雪し、流量が上昇しはじめた。特に、4月～5月には流量が大幅に上昇し、年間総流量のおよそ40%を占め、融雪期には流量の変動が大きかった(図2)。このことから、積雪地帯での河川の水質特性、負荷量を把握するためには融雪期の調査が重要である。

3.3) 流量と総降雪量の経年変化 (1998～2006)

融雪期における流量を最深積雪の最大日から消雪まで

の日間流量の合計、総降雪量を初雪から消雪までの日間総降雪量の合計として、流量と総降雪量の経年変化をみると、2002年以降、酸ヶ湯での総降雪量が上昇傾向にあったにもかかわらず、流量が減少する傾向にあった(図3)。

これは、山岳地帯では総降雪量の変動が少ないが、平野部では温暖化により総降雪量の減少が著しかったためと考えられた。

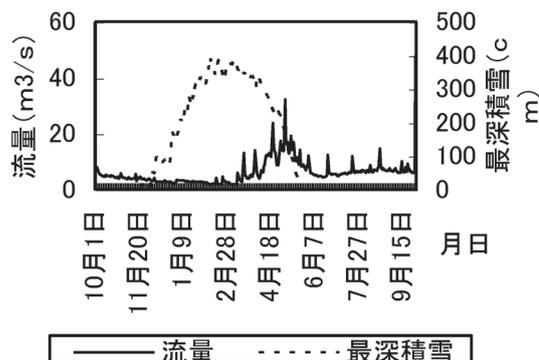


図2 流量と最深積雪の経日変化 (2003.10.1～2004.9.30)

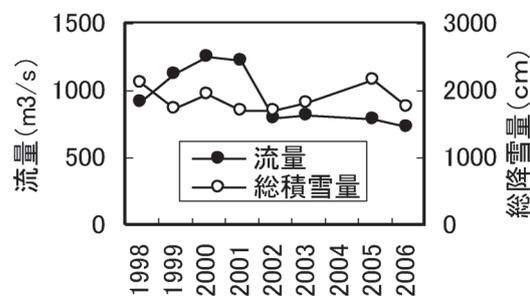


図3 流量と総降雪量の経年変化

4. まとめ

1980年代以降、温暖化が進行し、水質や生態系に大きな影響を及ぼしていることが報告されている。

八甲田山系の酸ヶ湯において気温が上昇傾向にあり、温暖化の兆しが認められたが、総降雪量への温暖化の影響が少なかった。一方、近年、平野部では、温暖化により総降雪量が減少した結果、融雪期の河川流量の減少を招いた可能性が示唆された。

今後、山岳積雪地帯を源流とする河川の水循環、水利用を考えるうえで、気象、流量等のモニタリングデータを活用し、長期変動を把握する必要がある。

2A-07 降雨時初期流出における濁質分散値のモニタリングによる考察

＊鮎川和泰 穴手 隆広 菅原庄吾 清家 泰 (島根大 総合理工)

はじめに

降雨時負荷を考えるにあたり、近年、降雨のパターンが大きく変化している。降雨が局所的集中豪雨化してくる中、負荷量を考える場合、降雨時初期流出の採水時期を検討する必要がある。

特に我々が対象としている河川が小規模な河川であり、山間部においては濁水到達時間が早く、また、小規模都市河川においても、降雨後の河川流出が早急であり、短時間で判断を必要とする。

従来我々は、降雨後一定時間間隔で採水するほか、水位により採水間隔を変化させてきたが、必要とする採水を行うことが容易ではなかった。今回我々は降雨時の濁度について着目し、濁度計測方法について新たな検討を行った結果、濁度を連続して計測した分散値において、興味深い結果を得ることが出来た。

結果と考察

数日間まとまった降雨を計測しなかったのちの降雨時、濁度計は5分間隔において、採水は現場の状況により、おおよそ2時間毎を目安に行った。降水量については、気象庁松江観測所の結果を用いた。Fig.1 に濁度、及び濁度分散値、降雨のデータを示す。濁度分散値において、少量の降雨にも敏感に対応している。特に初期降雨時には、様々な懸濁物が河川に流入してくることが予測され、粒度分布を計測した(Fig.2)。

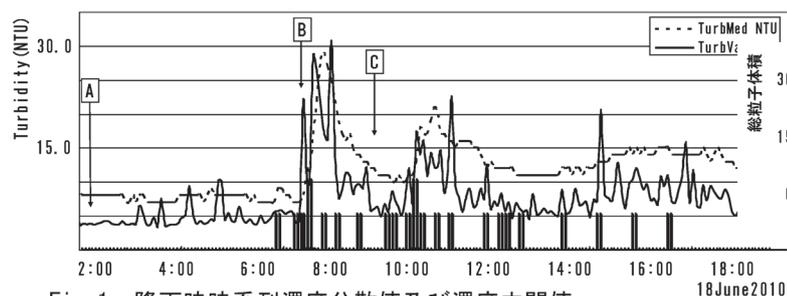


Fig.1 降雨時時系列濁度分散値及び濁度中間値

使用機材

FTS 社 濁度計 DTS-12

ISCO 社 自動採水器 Model6712

濁度計測方法

本検討に用いた濁度計は赤外散乱光方式であり、5秒間の計測時間で100回データを取得する(サンプリングタイム20Hz)ことができる。取得したデータは、そのメモリー内部で濁度中間値($x_{50}+x_{51}/2$ (濃度順に並べ替えた上位からの順序))、濁度最大値、濁度最小値と共に、濁度分散値($1/99((X_i - \text{mean})^2)$)の計測を行うことが出来る。

本濁度計を、鳥取県袋川において2010年5月より連続した計測を、また島根県下2河川において、降雨時の計測をそれぞれ行った。

Fig.1 上に示したA,B,Cが採水の時間で、従来初期流出と見られている高濁度の約20分前であるBにおいて、粒径の中心が、大きな方へ移動していることがわかる。今回、同時にT-N及びT-Pの計測も行ったが、採水時期の設定が困難で、対比させるデータは得られなかった

我々は、まだ計測を始めてから時間が短く多くのデータを得られていない。これらの継続的なモニタリングにより、降雨と粒度分布の規則性、その粒度による流入負荷の関係を継続して検討していく予定である。

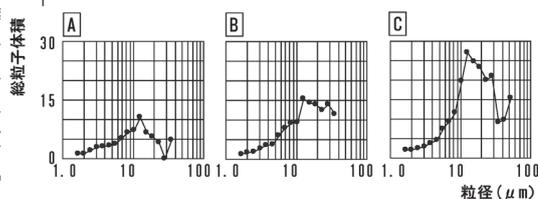


Fig.2 採水による粒度分布の計測結果

* 駒井幸雄 (大阪工大・工), 海老瀬潜一 (摂南大・理工),
永淵 修 (滋賀県立大・環境科学), 村松和夫 (大阪工大・工)

1. はじめに

屋久島は、周辺部をほぼ取り巻く形で古第三紀層(3,600~6,300 万年前)の堆積岩からなる熊毛層群と、これを貫いて宮之浦岳など奥山と呼ばれる中央部の山岳を構成し全島の大半を占める花崗岩からなっている。降水量は(5ヶ年平均値)は、平地で4,500 mm/年、山地で7,500mm/年と日本の平均降水量1,718mmの2.5倍~4.3倍と多い。降水のpHの年平均値は4.8(平成19年度)であるため、降水量に比例して多量の酸性物質が負荷されている。酸性物質を含んだ水は、地表面から溪流として流出する過程で岩石の化学的風化に寄与するため、この風化に伴って岩石成分の溶解・流出が生じることになる。

そこで、本研究では、岩石の主要成分の中で最も多いケイ酸について、屋久島の溪流(河川)水の現状と季節変化の特徴、および2006年に実施した調査結果との比較を行った。

2. 調査方法

調査は、流域の上流から人為的影響を直接受けていないと思われる地点を選んだ。調査地点は、図1に示すように、大きく宮之浦川水系、安房川水系、全島河川、鯛ノ川上流域の4つに分け、各1日ずつの4日間に分けて3月、7月、9月、10月の4回採水した。各回の調査地点数は、若干の増減はあったが概ね160地点であり、一部の地点を除くと同一地点で採水を行った。

ケイ酸の分析は、0.45 μ mのメンブランフィルターでろ過後、ICP/AES(島津ICPS2000)により分析した。その他、pH、EC、アルカリ度、主要無機イオンの分析を行った。

3. 結果と考察

溶存ケイ酸の分析結果を表1に示すように、2009年の平均値は5.5~10.2 mg/Lであり、鯛ノ川最上流<安房川水系≒宮之浦川水系<全島河川の順で濃度が高く、鯛ノ川最上流は全島河川の1/2程度と低かった。これは、溶存ケイ酸は岩石の風化に伴って生じることから、結果として岩石との接触時間が長い水の割合が多くなる下流では上流に比べて相対的に高い濃度を示すものと思われる。

溶存態ケイ酸の濃度は、小林(1960)による全国河川(19.0 mg/L)¹⁾や兵庫県全域の渓流水の平均値(13.6 mg/L)²⁾に比べて0.4~0.7倍低い濃度である。また、

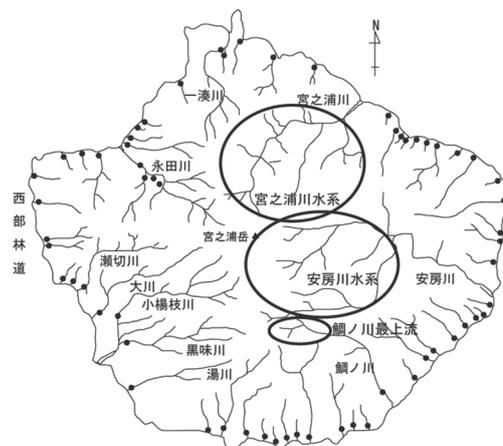


図1. 調査地点の概要

表1. 溶存ケイ酸濃度のまとめ

年	月	宮之浦水系	安房川水系	鯛ノ川最上流	全島河川
2006年	3月	9.1	7.7	6.1	10.3
	7月	7.0	6.9	4.5	10.8
	9月	9.3	9.3	3.7	10.2
	10月	10.4	10.9	9.4	12.1
2009年	3月	7.5	7.0	3.3	7.1
	7月	9.3	9.5	6.9	11.6
	9月	8.3	8.0	7.6	11.8
	10月	8.1	6.8	4.3	10.3

(mg/L)

屋久島と同じく花崗岩類から成っている兵庫県の六甲山系住吉川は中流地点で13.9mg/Lであり、同様に低い濃度である。屋久島の宮之浦水系および安房川水系と六甲山住吉川を比べると、屋久島河川の Cl^- と Na^+ のモル比の平均値は、1.04~1.32(平均値:1.13)であり、例えば六甲山住吉川中流地点の1.8に比べて低く海塩粒子のモル比に近い。

宮之浦水系における7月について、海老瀬(1998)による1992年の結果と2006年および2009年の結果を比べると、2006年は同じ濃度であり2009年はやや高い濃度になっている。このデータから時系列的な変化をみることはできないが、2006年と2009年で濃度が急に上昇するとは考えられないので、この差は濃度変動の範囲であり大きな変化はないと推察される。

謝辞

本研究の一部は、(財)河川環境管理財団自主研究「河川におけるケイ酸など無機溶存物質の流出機構に関する研究会」、および平成21年度(財)河川環境管理財団河川整備基金の研究助成を受けて実施した。

*岩木真穂¹⁾, 長谷川直子²⁾, 大久保卓也³⁾

¹⁾京都大学 人間・環境学研究所
²⁾お茶の水女子大学 人間文化創成科学研究科
³⁾滋賀県琵琶湖環境科学研究センター

1. はじめに

本研究は、姉川流域での積雪・水位観測や水質分析によって降雪や融雪と河川水質との関係を明らかにすることを目的としている。

2. 方法

2009年12月から2010年5月末まで滋賀県北部の姉川流域にて①河川水質測定②水位観測③積雪観測を行った。

①水質測定：水質測定は3点(野寺橋・新福橋・摺墨)で行った(図1)。濁度の測定はアレック電子社製 Compact CLW を用いて10分間隔で行い、電気伝導度の測定はRBR社製 XR-420CTf を用いて20分間隔で行った。また、1~2週間に1回、2地点(野寺橋・新福橋)にて採水を行い(計19回)、各態栄養塩等の水質分析を行った。

②水位観測：水位の測定は、同期間中、2地点(野寺橋・摺墨)に水位計を設置し、10分間隔で行った。

③積雪観測と気象データ：積雪観測は4点(栃ノ木峠、中河内、柳ヶ瀬、摺墨)にて同期間中、週に1~3回、計100回程度、積雪観測を行った。測定内容は、積雪深、積雪重量、雪温、雪の層状態の観察である。1回の観測で、積雪深と積雪重量は3回測定し、その平均値を用いた。また、アメダスデータ(長浜・柳ヶ瀬・今庄)の気温と降水量の10分間隔値を使用した。

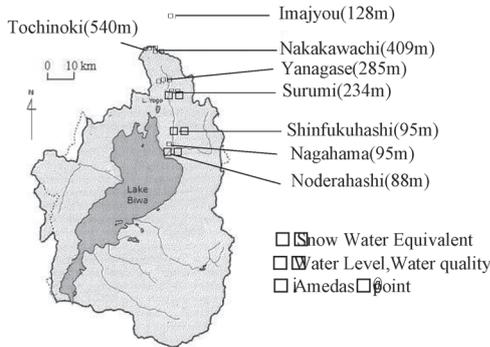


図1：調査地

3. 結果・考察

アメダスデータの気温(長浜・今庄)と降水量(長浜・柳ヶ瀬・今庄)の時系列を図2、積雪水量と実測積雪水量の差から推定した融雪量(摺墨)と水位(野寺橋・摺墨)を図3に示した。水質測定に関して、濁度(野寺橋・摺墨)と水位(野寺橋・摺墨)の測定結果を図4に示し、電気伝導度と硝酸態窒素の測定値(野寺橋・新福橋)を図5に示した。

降雪による水位上昇よりも、高温時の融雪による水位上昇のほうが大きく(図2, 3)、期間を通じて融雪量と水位上昇は対応していた。また、水位の上昇時に濁度が増加していた(図4)。

電気伝導度、硝酸態窒素濃度ともに、融雪期には低下する傾向が見られた。また、電気伝導度は融

雪期に低下し、その後は上昇傾向にあったのに対して、硝酸態窒素は融雪初期に濃度が上昇し、融雪期の後半になるにつれて濃度が低下していく傾向が見られた(図5)。

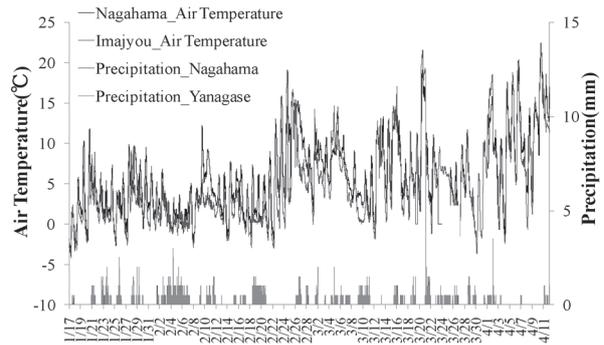


図2：気温と降水量(長浜・摺墨・柳ヶ瀬・今庄)

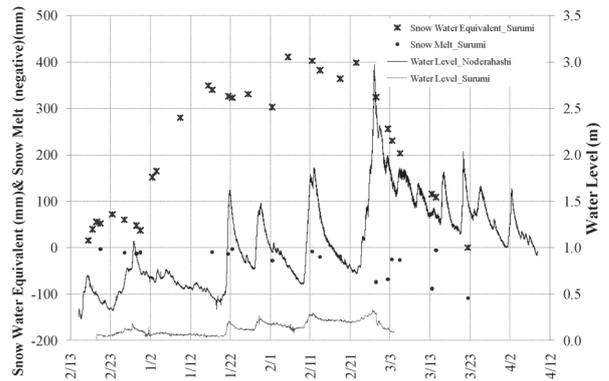


図3：積雪水量・融雪量(摺墨)と河川水位(野寺橋・摺墨)

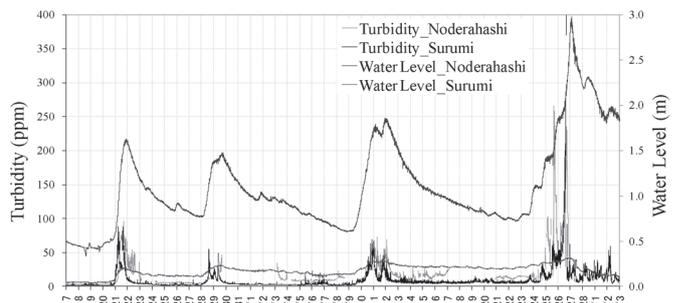


図4：濁度(野寺橋・摺墨)と河川水位(野寺橋・摺墨)

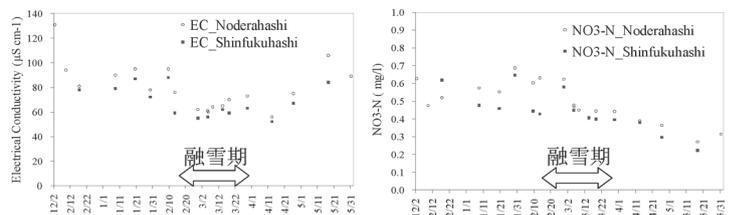


図5：電気伝導度(左側)と硝酸態窒素(右側)(野寺橋・新福橋)

森本洋一¹⁾・小寺浩二²⁾

1) 法政大・学、2) 法政大・地理

I はじめに

豪雪地帯を流れる河川では、降雪や積雪、融雪水が河川環境に影響を与え、河川水質や水文特性を特徴づける。積雪・融雪期では暖候期と異なる物質収支や水収支が見られ、寒候期における詳細な水質観測や積雪調査が重要である。特に、温暖積雪地では融雪が積雪期間中にも生じ、融雪水の影響は寒冷積雪地に比べて多岐に渡るため、そのメカニズムを捉えるためにも、詳細な観測は必要である。筆者らは2009年4月から魚野川流域一帯と信濃川中流部において、水文観測を継続して行ない、暖候期の水質変動や年間を通じた水質変動(森本ほか2009)について研究を行ってきたが、本研究では積雪が河川水に影響を及ぼす2009年12月から2010年5月における河川水質特性とその変動について明らかにし考察した。

II 対象地域概要

魚野川は谷川岳西麓に源頭を持ち、流域面積は1519 m^2 、幹線流路長は68 km である。主な支流は右岸側の越後山脈系から流下する大源太川、登川、三国川、水無川、左梨川、破間川などであり、流域一帯が特別豪雪地帯に指定されている。年平均比流量は11.2 $\text{m}^3/\text{s}/100\text{km}^2$ 、年流出高は3532 mm と日本有数の流量である。左岸側は標高の低い魚沼丘陵が信濃川本流との流域界を形成している。

III 研究方法

魚野川流域と信濃川中流域において2009年4月から月1回の定点観測を行った(AT、WT、比色pH-RpH、EC、TURB、DO、TDS)。2009年12月21日から6月12日までは魚野川流域の26地点において週1回の水質観測、積雪深観測、積雪サンプルの採取を行い、本研究では、09年12月から10年5月において、過去のデータや公共のデータを用いながら、降雪や積雪が河川水に及ぼす影響や融雪水が及ぼす影響、夏季や秋季との流量や水質の差異についても考察をし、魚野川流域における積雪・融雪期の水質変動の特性を明確にした。

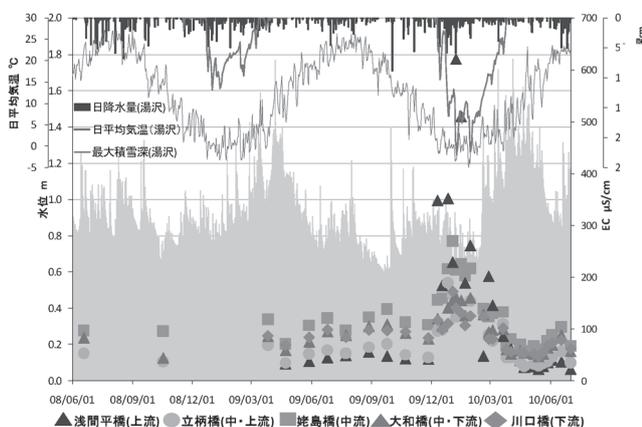


図1 EC変動と水位変化(六日町観測所・気象データはアメダス湯)

IV 結果と考察

本流部では降雪が始まる12月中旬以降にEC値が大幅に上昇し、上流部が中流部より高くなった。特に、本流最上流部では1月24日に621 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と極端に高い値を観測し、その前後でも高い値が観測された。EC値の低下は積雪期間中である2月上旬からはじまり、3月上旬には上流部を除き12月と似た値となった。本流上流部で積雪期に大幅なEC値の上昇が見られる要因は、魚野川に沿って通る関越自動車道において、大量の凍結防止剤が散布されるためであり、除雪された雪が土樽PAにおいて川に捨てられている。凍結防止剤の成分はNaClであり、EC値の増加の要因となる。

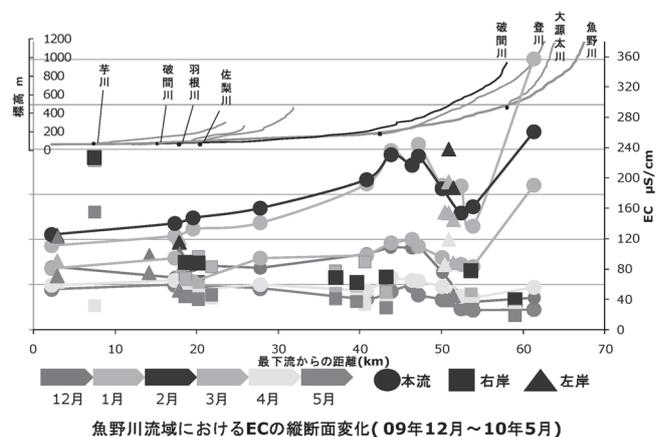
水位は3月から上昇し、それに伴いEC値の低下が見られた。4月3日には本流全体のECが100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下になり、融雪期間中に最も低い値を観測したのは5月22日であった。また、3月中旬になると上流部のEC値が中流部より低くなり、12月以前と同様になった。気温の上昇とともに融雪水が増加したこと、高速道路に散布される凍結防止剤が少なくなった、または、積雪量が減少し捨て雪として河川に捨てられなくなったことが原因として考えられる。09年冬季は08年に比べ積雪量が多く、融雪による水位上昇が長く続いたため、EC値の上昇が見られたのは6月26日と、前年比約1ヶ月遅れであった。

V おわりに

魚野川本流における積雪期間中のEC値は、中流と上流部では逆転し上流部のほうが高くなった。これは、上流部で捨て雪が川に捨てられているためである。3月以降は融雪水が増加し、上流・中流ともにEC値の低下が見られ、再び上昇したのは6月下旬であり、08年冬季に比べ約1ヶ月遅れであった。今後は積雪や積雪深の解析を進め、積雪・融雪期の物質収支や水収支についてGISを用い検討を行う。

参考文献

森本洋一・小寺浩二(2009): 魚野川流域における暖候期の水質変動要因, 日本地理学会 2010年度春季学術大会発表要旨



魚野川流域におけるECの縦断面変化(09年12月~10年5月)

2B-01 北海道北部の旧炭鉱におけるマンガン堆積の原因生物の探索と特定

* 高野敬志（北海道立衛生研究所）・荻野 激（北海道立総合研究機構地質研究所）

1. はじめに

マンガンは地殻中で12番目に多い元素であり、動植物の生体反応で利用されたり、酸化される際に他の元素を吸着するなど、自然界で多様な役割を担っている。水中のマンガニオンが空気酸化されるのはpHが10程度に上昇した状態であるが、pHが中性の水域において酸化マンガンの堆積が認められる場合があり、生物の働きにより酸化されていることが予想される。マンガン酸化能をもった生物は、鉄バクテリアなど多様な微生物種が報告されているが、マンガン酸化能を持ちながらも、いまだにその能力が確認されていない微生物種があることも考えられる。マンガン酸化能を持つ微生物種を明らかにするためには、環境中からそのような微生物の探索を行い、その種を特定することが必要である。今回、北海道北部の旧鉱山から排出されている廃水中の堆積物からマンガン酸化能のある微生物の分離を試み、その形態的特徴及び遺伝子の情報から種の特定を試みた。

2. 材料と方法

マンガンを添加したペプトン・酵母エキス培地に堆積物少量を直接塗布し、室温で培養し、褐色のコロニーを形成したものを分離した。分離株にマンガン酸化能があるかどうか、成長したコロニーをマンガン溶液で浸し、溶液中のマンガン濃度の減少を確認した。すなわち、ツアペックス・ドックス寒天培地上にコロニーを直径約3.5 cmに形成させ、その上に緩衝マンガン溶液（20 mmol l⁻¹ HEPES、2 mmol l⁻¹ MnSO₄、pH 7.0）を重層させ、2日間室温（26-27℃）で静置し、マンガン濃度の変化を求めた。更に分離株の種を特定するため、微生物の形態と遺伝子の情報を調べた。遺伝子の情報については、ssu rRNAの領域をPCRにより増幅し、ダイレクトシーケンスによって塩基配列を決定した。決定した塩基配列に相同性のある塩基配列をGenBankから検索し、系統

樹を製作することによって種の決定をする際の資料とした。

3. 結果および考察

分離培養により褐色のコロニーを形成した一株を得た。この株は真菌の一種で、マンガンを添加した培地では褐色のコロニーを形成し、マンガンを添加しない培地では白色のコロニーを形成した。真菌のコロニーを発達させた寒天上に緩衝マンガン溶液を重層させた実験では、2日間の培養でマンガン濃度が減少し、コロニーを植えていないコントロールとの間で、重層させたマンガン溶液のマンガン濃度に有意差が認められた。同時にコロニーの周囲が褐色に変化したことから、この真菌が溶液中のマンガニオンを酸化し、マンガン濃度を減少させる働きがあることが示唆された。

この真菌の形態について、分生子形成細胞は内出芽型のモノフィアライドで、分生子柄上に頂生した。分生子は両端が細まった長い紡錘形であった。遺伝子の情報について、この真菌の18S rRNAの塩基配列に近い塩基配列は、*Plectosphaerella*属の種が登録されていた。またITS1-5.8S rRNA-ITS2の塩基配列では、この真菌と*Plectosphaerella cucumerina*が近い関係にあることが明らかとなった。これらの形態的特徴と遺伝子の解析は、今回分離した真菌は少なくとも*Plectosphaerella*属に含まれる種であること、更に*P. cucumerina*という種であることを示唆している。

これまで*P. cucumerina*は農業関連の分野で注目されていた真菌であるが、マンガン酸化能に関しては認められていなかった。この種にとってマンガン酸化能が普遍的な特徴であるかどうか他の株などを用いて確認する必要があると考えられる。

*野原精一・広木幹也・井上智美（国立環境研究所）

1. はじめに

北海道東部の釧路湿原は、国立公園やラムサール登録湿地として残された日本最大の湿原である。この湿原で顕在化している問題は、湿原への土砂や栄養塩の流入、ハンノキ林の拡大がある。これまで湧水起源の栄養塩の寄与について定量的な研究が十分されてこなかった。そこで釧路湿原をモデル集水域として、集水域からの栄養塩負荷を評価することを目標とし、湧水・森林溪流・牧草地排水等の多様な水源からの栄養塩流入を考慮し、安定同位体比等を使って物質循環の解明を目的に取り組んだ。具体的には、1) 周辺の集水域から河川等を通じた物質流入過程、2) 湧水モデル小流域としてツルワシナイ川流域において水位変動、水温・気温変動特性、3) 河川の窒素動態の解明の観点から温根内川中流域と赤沼周辺における植物の役割について取り組み、湧水・溪流・植生の役割という3つの面から流域の物質循環過程を明らかにすることを目的にした¹⁾。

2. 方法

2.1 釧路湿原流入河川及び湧水・井戸水の水質モニタリング

釧路湿原に流入する負荷量を把握するため河川における採水はK1（達古武川）、K4（アレキナイ川）、K5（シラトロロエトロ川）、K6（コッタロ川）、K8（雪裡川）、K9（幌呂川）、K10（温根内川）、K11（幌呂川）のK13（久著呂川）9地点で冬期を除き調査を行った。湧水・井戸水の採水はコッタロ川流域の井戸、北斗井戸、キラコタン岬湧水、下雪裡湧水（自然水）、アキアジ沼で行った。

2.2 ツルワシナイ川流域での水質変動特性

モデル流域であるツルワシナイ川流域で水位変動、地温変動及び気温変動を明らかにするため、自記記録式の温度計を湧水・溪流・牧草地排水、池とう等に設置して温度変動特性のモニタリングを実施した。

2.3 温根内川中流域の赤沼周辺における植物

1993年5月20日から10月14日に先端に穴を開けた塩ビパイプをピエゾメータとして圧力センサーをデータロガーに接続し地下水位を10分間隔でAK1～AK4において観測を行った。1996年にはAK1～AK4の植生調査をして優占種の種数を調べた。

2.4 現地水質調査

現地での水温、pH、電気伝導度を測定しサンプルを

GF/F フィルターでろ過した後研究室に冷蔵搬送し、水質分析を行った。流量は河川上にラインを引き、10～50cm毎に水深と水深中央部の流速を電磁流速計で測定し、矩形に分けて断面積と流速から流量を推定した。

2.5 水質分析及び同位体比分析

全炭酸（TIC）、溶存態有機炭素（DOC）の分析はTOC5000A（島津KK）で、窒素（NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N）、リン（PO₄-P）はオートアナライザーで行った。酸素安定同位体比は平衡装置による前処理後に安定同位体比分析計によって分析した。赤沼周辺の主な高等植物の採取を行い80℃で十分乾燥した後粉砕して窒素安定同位体比測定サンプルとした。植物体の窒素安定同位体比はケルダール分解を行った後、安定同位体比分析計で分析を行い大気同位体比を標準にして $\delta^{15}\text{N}$ を求めた。

3. 結果及び考察

温根内川では湿原を経由するうちに硝酸などの窒素は湿原の途中で半分程度除去されていた。一方、下流のDOCは増加し湿原が溶存有機物の供給源となっているものと考えられた。植物体の窒素安定同位体比の分析から河川に近いほど植物の窒素安定同位体比が上昇し、河川周辺の上流域からの窒素汚染の影響があると考えられた。釧路湿原周辺の井戸水の硝酸態窒素及びリン酸態リンの平均濃度(ppm)はそれぞれ(0.10、0.07)、湿原端（キラコタン岬）の湧水では(0.19、0.04)、一方酪農の盛んな下雪裡の湧水では硝酸が高く(2.97、0.04)地下水の集水域の窒素利用環境を反映していた。6～8月の気温は 16.5 ± 5.0 で日変化が大きいものに対して、湿原端のある湧水では 7.4 ± 0.2 ℃、別の湧水では 8.6 ± 0.6 ℃でほぼ一定であった。渓流水は 13.9 ± 2.2 ℃、河川水である下流では 12.2 ± 1.7 ℃となり渓流水に湧水や牧場排水が合わさったため水温の低下と変動幅が小さくなっていた。流量観測地の上下間に湧水の流入（543L/sec）が加わり、この区間で湧水が流入している割合は62%と推定された。牧場排水や集水域起源の湧水からの窒素負荷は大きいのが、湿原流下の過程で消費され半分程度の濃度になっていた。

キーワード： 栄養塩、河川水、釧路湿原、窒素汚染、窒素同位体比、湧水

引用文献

1) 野原精一(2010)：湿原生態系の窒素汚染。地球環境 15: 153-160.

*対馬孝治（日本大・生物資源科学）、上田眞吾（日本大・生物資源科学）

土橋亨子（元東京農工大・農）、齋藤真理（元東京農工大・農）

本間君枝（国際航業(株)）、松永義徳（アジア航測(株)）、小倉紀雄（元東京農工大・農）

1. はじめに

台地や丘陵地は農地や住宅地、商工業地に利用されやすいことから、その浅層地下水は人間活動による影響を強く受けることが懸念され、硝酸イオン濃度が高い地下水や湧水の観測例は国内でも数多く報告されている。東京都あきる野市東部に位置する秋留台地では、湧水中の硝酸イオンが環境省の定める環境基準値の10mgN/L(714 μ M)を超えていた。しかし、長い滞留時間で地中を移動・混合する地下水では、その水質や水量の変化に対する人間活動の因果関係を評価することは難しい。それら浅層地下水への人為影響の評価手法として長期間のモニタリングの必要性も指摘されている。

本研究では秋留台地において数年間隔で実施した15年間の調査結果をまとめ、主要イオン濃度と硝酸イオンの窒素安定同位体比の変化傾向から、その要因を考察することを目的とした。

2. 方法

東京都西部の丘陵地域に位置する秋留台地は、三方を平井川、多摩川、秋川に囲まれ、東西に約7km、南北には約2.5kmの広さの地理的に孤立した台地である。台地の南・東辺の湧水6地点（A-1、A-4、A-7、A-8w、H-2、NS）を調査地点とした。調査は1994年1～12月、1995年10月～1996年9月、1999年7月～2000年7月のそれぞれ毎月一度（年間12～13回）、2004年2月～2005年2月と2008年2月～2009年2月の年間6回であった。湧水の採取時には水温、水素イオン濃度指数(pH)、電気伝導度を測定した。採取した水試料について主要なイオン（Na⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、NH₄⁺、NO₂⁻、NO₃⁻、Cl⁻、SO₄²⁻）の濃度と硝酸イオンの窒素安定同位体比（ $\delta^{15}\text{N}-\text{NO}_3^-$ ）を測定した。

3. 結果と考察

塩化物イオン濃度は、15年間でそれぞれの調査湧水においてほぼ一様な減少傾向を示した（図.1）。濃度減少率は地点によって異なった。A-8wでは1994年の算術平均濃度604 μ Mから2008年の153 μ Mへと約25%に減少した。H-2では1994年の438 μ Mから2008年の251 μ Mへと約57%に減少していた。

硝酸イオンの年平均濃度は台地南側の4地点（A-1、A-4、A-7、A-8w）では1996年は1994年と同程度か微増だったが、2000年以降は減少傾向が見られた（図.2）。A-8w地点は1994年と1996年では高濃度で変動も大きかった（それぞれ算術平均 \pm 標準偏差；899 \pm 249、926 \pm 243 μ M）が、2004年と2008年は濃度が減少しただけでなく変動も小さくなっていった（それぞれ424 \pm 30、358 \pm 117 μ M）。台地東側の2地点（H-2、NS）は有意な減少傾向が見られなかった。

硝酸イオンの窒素安定同位体比は1994年には測定されず、2008年は未測定だが、台地南側の4地点は低下傾向を示した（図.3）。台地東側の2地点は低下傾向が見られなかった。

15年間の塩化物イオンや硝酸イオンの濃度変化で概ね一様な減少傾向が見られた台地南側の4地点において、年平均濃度(C)の年(t)変化を速度定数(k)による式 $dC/dt = k \cdot f(C)$ の一次反応と仮定し、速度定数を求めて観測期間前後の年平均濃度を予測した。2020年には塩化物イオンは30～70 μ Mに、硝酸イオンは130～500 μ Mに減少することが予測された。あきる野市（旧秋川市・旧五日市町）は八王子処理場が運転開始した1992年から下水道の供用が始まり、あきる野市の下水道普及率は1997年に61%、2008年に90%（東京都下水道局事業概要）であり、下水道の普及による湧水水質の改善効果が示唆された。

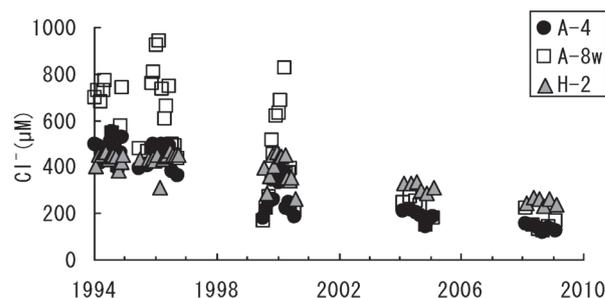


図.1 塩化物イオン濃度の15年間の変化

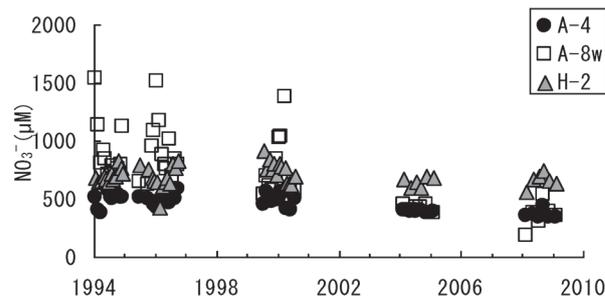


図.2 硝酸イオン濃度の15年間の変化

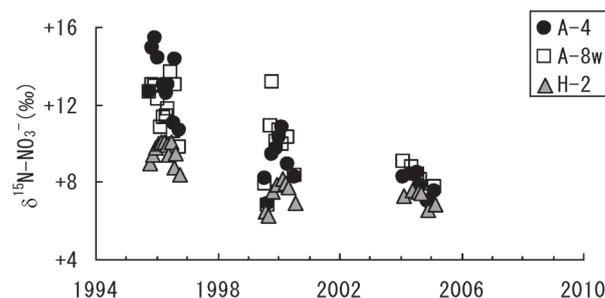


図.3 硝酸イオン窒素安定同位体比の15年間の変化

*齊藤由倫, 木村真也, 小澤邦寿(群馬衛環研), 飯島明宏(高崎経済大), 野原精一(国立環境研)

1. はじめに

有限な温泉資源を恒久的に利活用していくためには、地下の温泉流動を科学的に理解し、合理的な管理を行う必要がある。しかしながら、深層の岩盤中を流れる温泉は流動が複雑である場合が多く、その理解が進んでいない。地下水流動の解析手法の一つである数値解析モデルは、地質透水性が均質で単純な浅層を流れる地下水に対しては利用できるが、透水性が不均質で複雑な深層を流れる温泉に対してはそのまま適用することは難しい。一方、温泉中の希土類元素(REEs)は、詳細な地質情報を保持することが先行研究で示されている。そのため、REEsを温泉流動のトレーサーとして地下の地質情報を補完することで、数値解析モデルを温泉へ応用できる可能性が考えられる。本研究では、温泉中REEsを指標として既存の数値解析モデルを改良することで、温泉の実測水位を再現できるかどうかを検討したので報告する。

2. 方法

調査対象とした群馬県谷川温泉は、ここを流れる谷川に沿って上流から下流にかけ約20個の源泉が分布する。本研究では、この中の12個の源泉(#1~#12)から温泉を採取し、孔径0.45 μm のフィルターでろ過して温泉中REEsを残渣とろ液に分離し、それぞれICP-MSによって定量分析した。モデル化については図1のフローに従って行った。初めに温泉中REEsの挙動に基づき各源泉の地下環境の違いを識別し、これと地表面付近の岩石種の地質分布図を併せて地下状況を推測した。この推測結果に加え、標高情報、降水の地下涵養量、源泉井戸情報をMODFLOWのパラメーターとして与え、谷川温泉の流動モデルの構築を試みた。

3. 結果及び考察

温泉中REEs濃度をコンドライトで規格化した12源泉のREEsパターンについて、クラスター分析を行った(図2)。クラスター分析では横軸の結合距離が近いほどREEsパターンが類似していると解釈できる。残渣の結果(図2(a))から12源泉はCluster R1, R2および#11のグループに識別でき、Cluster R1の源泉は共通して谷川の上流域に位置し、Cluster R2では結合距離が特に近い#6~#9は中流域に、結合距離が離れた#10, 12は下流域に位置していた(図3)。#11については他の源泉とは異なるREEsパターンであった。この残渣の分析結果は、上流から下流にかけての源泉同士の近接性と概ね良い相関を示した。そのため、残渣中のREEsパターンは局地的な地質組成を反映し、

残渣はストレーナー付近の岩石断片である可能性が考えられた。この識別結果から地下の地質区分を行った(図3, A~D)。一方、ろ液のREEsパターンは、地質を構成する元素の価数を反映することが示されている¹⁾。従って、これに着目すればより詳細な地質組成の違いを識別できることが期待される。そこで本研究では、前述の地質区分が同じで、且つろ液の結果も同じグループ(Cluster F1かF2)に属した源泉同士は、高透水性の岩石破碎帯(水脈)のような同一の地質構造によって繋がっていると仮説立てた(すなわち図3のx; [#1, 3, 4], y; [#6, 7, 9])。透水係数を含む地下状況の推測については、地表面付近の岩石種の分布が図3のA~Dに沿って地下へ続くと仮定し透水係数を割り当て、水脈については岩石破碎帯の透水係数を割り当てた。この推測結果に加え、図1の各種情報をMODFLOWに投入しモデルを構築したところ、5源泉のモデルにおける計算水位と、実際の観測水位はRMS 10%で概ね良い一致を示した(図4)。

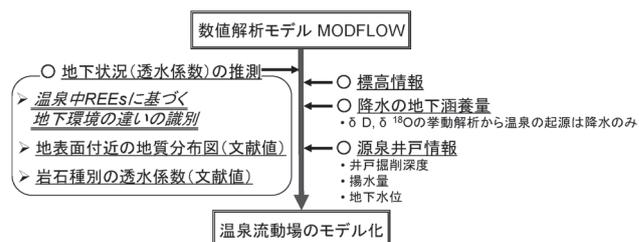


図1 温泉流動モデル構築のフロー

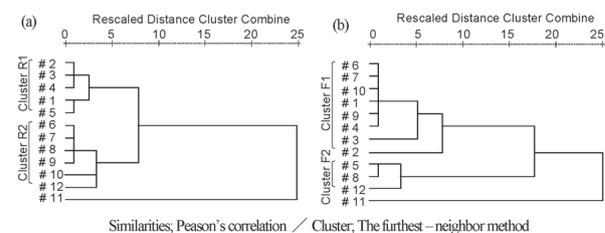


図2 REEsパターンに対するクラスター分析 (a); 残渣, (b); ろ液

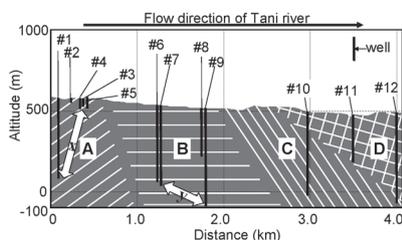


図3 地下断面図と温泉掘削井戸 (REEsパターンの識別に基づき地質区分A~Dと水脈x, yを推測)

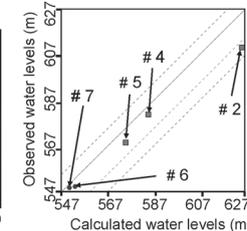


図4 計算水位と観測水位の比較

引用文献

1) 齊藤ほか(2009): 群馬県谷川温泉における温泉水中希土類元素パターンの識別, 日本陸水学会講演要旨集

*千賀有希子¹, 広木幹也^{1,2}, 中村洋介³渡来靖¹, 渡辺泰徳¹, 照井滋晴⁴, 野原精一²

1: 立正大地球, 2: 国立環境研, 3: 産総研, 4: NPO, PEG

1. はじめに

釧路湿原は北海道の北東部に広がる日本最大の湿原であり、1980年に日本で初めてラムサール条約に登録された湿原である。近年、開発は規制され保全に力が注がれているが、湿原周辺では農地開発が進んでいる。これに伴って施肥など農地由来の栄養塩が湿原へ大きく流入していると言われており、湿原生態系への影響が懸念されている。

湿原土壤は一般的に未分解の有機物が厚く堆積しており、その地下水位は高い。そのため流入してきた栄養塩は土壤表層だけでなく深層に潜り込み土壤深層部の生態系にも影響を与える可能性がある。そこで、本研究では、まず約1.5mの湿原土壤中の栄養塩濃度および有機物の量と質を鉛直的に測定し、それらの動態を考察した。次に土壤深層部における脱窒に注目し、インキュベーション実験により脱窒過程の特徴を検証した。

2. 材料と方法

釧路湿原土壤の採泥は、ヨシ (*Phragmites australis* (Cav.)) とイワノガリヤス (*Calamagrostis langsdorffii*) が優占している St. 1 およびイワノガリヤスが優占している St. 2 の2地点において、2008年11月(冬期)と2009年8月(夏期)に行った。採泥器により土壤を約1.5m回収し、5~6層に取り分けた。各層の有機物含量(灼熱減量, IL) およびP含量を測定した。また、各層の間隙水中の NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , DOC濃度を測定した。腐植物質は、蛍光分光光度計を用いて3次元蛍光スペクトル法によって解析した。脱窒は、アセチレン阻害法によって検討した。脱窒に対する電子供与体(有機物)と地温の影響は、グルコース溶液の添加後、5, 20, 30°Cの恒温槽中でインキュベーションすることによって検討した。

3. 結果と考察

2地点におけるILとP含量は表層が最も高かった。 NH_4^+ , DOC濃度は、冬期および夏期とも土壤深度

にともなって増加した。また両地点の NO_3^- 濃度も深度に伴って増加し、還元的な深い土壤中で蓄積していた。この傾向は、特に冬期によりはっきりと観られた。脱窒活性は、全てにおいて表層で最も高く、下層でほとんど検出されなかった。 NO_3^- が存在し、脱窒にとって電子供与体となると考えられるDOCも十分に存在する還元的な土壤中で脱窒はほとんど進行しないことが示された。

溶存有機物質の性質を解析したところ、Ex/Em=330/410, 330/440付近等にピークが観られたことから、溶存有機物質中に腐植物質が含まれていることが解った。また、深度が深くなるのにしたがってピーク数も多くなったことから、土壤深層中のDOCの大部分は腐植物質であると推察した。ほとんどの腐植物質は難分解性有機物である。このことから、深い土壤中においては脱窒細菌が利用できる電子供与体が少ないため脱窒が進行し難く、結果として NO_3^- が蓄積していたのではないかと推察した。また、土壤深層部の地温は低い(1.5mの土壤中でも約5°C)ことから、地温によっても脱窒活性は抑制されていると考えられた。

両地点とも最も深い層の土壤を用いて脱窒に対する電子供与体および地温の影響を検討した。両地点の脱窒活性は、温度が高くなるに従って増加した。一方、脱窒活性はグルコース溶液の添加で増加しなかった。このことから、湿原土壤深層部における脱窒は主に地温によって支配されていることが解った。詳細な電子供与体の影響については、現在検討中である。また、間隙水中の NO_3^- の起源を明らかにするために $\delta^{15}\text{N}$ 値の測定を行っている。

本研究により湿原土壤深層部で脱窒がほとんど進行しないことが解った。今後湿原へ栄養塩の負荷量が増えた場合、土壤中でも窒素種の蓄積が起り、湿原および集水域で富栄養化や酸性化などが引き起こされる可能性がある。

*長山美由貴¹⁾、大手信人¹⁾、尾坂兼一²⁾、小田智基¹⁾、鈴木雅一¹⁾

1) 東大院・農学, 2) 滋賀県立大・環境科学部

1. はじめに

硝酸態窒素, アンモニア態窒素などの反応性の無機態窒素は森林をはじめとする陸域生態系の動植物にとって必要な養分の一つであり、温帯では一般に樹木の成長制限要因となる。しかし近年の人間活動の拡大によって、大気から森林生態系への窒素供給が過剰供給に変化することが憂慮されている (Aber *et al.*, 1989, 1998 など)。一方、森林生態系の窒素循環における無機態窒素の流入過程については不明な点が多く残されている。本研究では、無機態窒素が樹体を通して流入するメカニズムの解明し、森林生態系内の窒素循環に与える影響を水文学・生物地球化学的な観測によって評価することを目的とする。

2. 材料と方法

観測は東京都中部にある東京大学演習林田無試験地で実施した。対象とした樹種はスギ, シラカシ, クヌギの3種である。林外雨, 林内雨, 樹幹流を5/9~7/2, 8/12~4/9の期間の降雨を対象に、降雨毎に採取した。また、テンションライシメータを用いて降雨前後で対象木付近の土壌水(深度: 10, 30, 70cm)を採取した。試料採取時には採取水量, 電気伝導度(EC), pHを計測した。更に、試料中の無機イオン濃度(Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺)をイオンクロマトグラフィー法で、NO₃⁻のNとOの安定同位体比を脱窒菌法 (Casciotti *et al.* 2002)を用いて測定した。

3. 結果・考察

NO₃⁻, NH₄⁺濃度は林外雨に対し林内雨, 樹幹流で高くなった。しかし生物地球化学的な反応を受けにくいとされるCl⁻濃度と比べると、林外雨>林内雨>樹幹流と、流下するに従って徐々に減少する傾向が見られ、葉面・樹幹でNO₃⁻, NH₄⁺を減少させる生物化学的な過程が働いていることが示唆された。

安定同位体比の分析によって濃度だけからはわからないNO₃⁻の起源が明らかになる。分析の結果、林外雨から林内雨, 樹幹流にかけてNO₃⁻のδ¹⁸Oが徐々に下がることがどの樹種においても有意に認められた(林外-林内および林内-樹幹流でp<0.05, 林外-樹幹流でp<0.01)。このことは、葉面や樹皮の表面等でNH₄⁺が微生物に硝化されて生成されたNO₃⁻が混合した可能性を示している。他方、林内雨のδ¹⁵Nは林外雨, 樹幹流に比べ有意(p<0.05)に高く、δ¹⁵Nが高い乾性沈着の付加が原因ではないかと考えられる。以上より、樹木葉面では乾性沈着の沈着及び洗脱が優先し、樹幹流では微生物による硝化が生じていることが示唆される。また、樹幹流でNO₃⁻の濃度比が減少することから、樹体内への吸収か樹体表面の微生物や藻類による消費を受けていることが示唆される。

土壌水では、平均485μmol L⁻¹と高い濃度のNO₃⁻が検出され、スギ・シラカンでは70cmの深度まででNO₃⁻濃度の減少は認められなかった。このことは、植物の吸収や微生物による消費を上回る無機態窒素の供給があることを示しているが、安定同位体比はδ¹⁸O=0~20‰であり、土壌中の殆どのNO₃⁻が硝化由来であることが分かった。

田無試験地における無機態窒素の負荷量としては、林外雨において5.1kgN ha⁻¹ 208day⁻¹, 林内雨においては平均11.7kgN ha⁻¹ 208day⁻¹, 樹幹流においては0.32kgN ha⁻¹ 102day⁻¹と、他の研究例と比較しても非常に大きな負荷量が認められた。なお土壌溶液中のNO₃⁻濃度も高かったが、土壌中のNO₃⁻は大気降下物としてのNO₃⁻ではなく、殆どが土壌中で生成したものと考えられた。今後、この現象のメカニズムを明らかにしていく必要がある。

1. はじめに

アサザやオニバスのような水生植物の貴重種が最近の水辺環境の変化の中で絶滅、あるいは絶滅に瀕している事は多くの湖沼で報告されてきている。その原因の一つとして、湖沼の富栄養化が挙げられ、防止策として下水道の整備や湖底泥の浚渫または両方が行われている湖沼も多い。一方で、ヒシ類などは富栄養化の中で被覆面積を拡大させている例も報告されている。その中で、近年ほとんどヒシが消失した新潟県の鳥屋野潟の例を紹介し、その原因として浚渫の影響の可能性を考察する。

2. 鳥屋野潟の概要

新潟市の鳥屋野潟を調査地とした。新潟県内には湖面積 1ha 以上を有する自然湖沼は約 60 あるが、鳥屋野潟は湿地を含めた湖面積が 172 ha あり、最大面積を有する汽水湖である加茂湖を別にする、新潟県内の淡水湖の中では 1 番の広さを持つ湖である。湖面積は約 140 ha あり、他はヨシなどを含む湿地帯となっている。深さは 2.5 m 程度である。年平均 COD は近年低下しているとはいえ 8 mg/L 前後である。これまでの植物の記録種数は 522 種で約 300 種が確認されている（新潟市、2005）。帰化率は約 30% で周辺の湖沼よりもかなり高い。

3. 水生植物の変化

最初の総合的な調査が行われた 1985 - 1987 年（鳥屋野潟生物調査会、1986；鳥屋野潟植物調査会、1988）から 2004 年（新潟市、2005）までの間に湿性植物は 55 種から 27 種に抽水植物は 25 種から 10 種に、浮葉植物は 7 種から 2 種に、沈水植物は 10 種から 2 種に減少している。浮葉植物ではオニバス、ヒツジクサ、トチカガミなどが絶滅し、アサザ、ヒシ（オニビシを含む）だけが残っている。沈水植物ではクロモヤミズ

オオバコ、イバラモ、マツモなどが姿を消している。現在生育が認められている貴重種（新潟県 RDB）はタカアザミ、アサザ、ヤナギトラノオ、サデクサ、ハンゲショウ、カキツバタの 6 種のみであり、1985-87 年当時の 25 種から激減している。アサザの生育は比較的良く、群落合計で約 1ha（2004 年）生育しているが、一部の調査では短花柱花のみのものであり、有性生殖は行われていない可能性が高い。

4. ヒシの生育面積の減少

鳥屋野潟では古くより地元で「ヒシ採り」がおこなわれていたように、ヒシの豊富な湖沼であった。しかし、2007 年、2008 年の観察ではまとまったヒシの生育がほとんど認められなかった。ヒシは 1993 年当時、約 30 ha ほど生育していたが、その後減少し、2004 年では約 1.5 ha となった（新潟県、2007）。同時に進行していたのは 1977 年から 2006 年まで続いた浚渫であった。約 72 万 m³ が浚渫された。浚渫後の堆積と潜掘の分布図（新潟県、2007）より、ヒシの減少と浚渫の関係性を考察する。

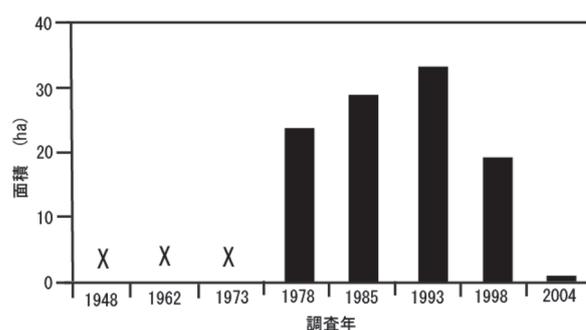


図 鳥屋野潟におけるヒシ群落面積の変化。新潟県（2007）を一部改変して示す。図中 X は種類別に分けた面積計算を行っていない。

*坂本健太郎, 関根秀明, 川嶋崇之 (株式会社 建設技術研究所)

浅枝 隆 (埼玉大学大学院理工学研究科)

1. はじめに

ダム貯水池に河川水を貯留する一般的な貯留型ダムが建設されると、ダム堤体によりダム下流への土砂供給が減少し、ダム下流河川の河床材料、河床高の変化や、これらの変化に関連する生物生息環境の変化が生じると考えられる。また、ダムの維持管理の側面から見ると、貯水池内の堆砂が進行すると、貯水容量の減少といったダム機能の低下が懸念される。こうした背景から近年、治水専用ダムと呼ばれる(流水型ダム、穴あきダムとも呼ばれる)、洪水時のみ流量を調節し、平常時はダム堤体底部から自然流下させるダムが注目されている。治水専用ダムは平常時も自然流下によりダム下流への土砂供給を減少させないため、ダム下流への影響も一般的な貯留型ダムよりも小さいと考えられる。こうしたダムは古くは農地防災ダムとして全国に建設されている。

治水専用ダムは洪水時には流量調節されるため、貯水池内では洪水時に輸送される土砂が貯留型ダムよりは少ないものの堆積すると考えられる。この土砂の堆積は、上流からの大量のリターなどの有機物を含むため、貯水池内の植生の侵入や樹林化を促進させる可能性があり、樹林化が過度に進行した場合には洪水時の水位上昇、流木等による通水阻害の影響も考えられる。

貯水池内の樹林化は降雨特性や洪水時の貯水池内の水位変動により異なるものと考えられる。ここでは、貯水池内が樹林化しているダム、貯水池が樹林化していないダムについて、降雨特性や洪水時の水位変動の違いから樹林化との関連を考察した。

2. 方法

農地防災ダムである岩手県の外柘沢ダム(1961年竣工)、レン滝ダム(1968年竣工)は、2009年に貯水池内のカワヤナギ(*Salix gilgiana*)の樹林化を現地にて確認した。一方、鹿児島県の農地防災ダムである高

松ダム(1969年竣工)、高尾野ダム(1966年竣工)では樹林化は確認されなかった。これらのダムにおける降雨特性及び洪水時の貯水池内の水位変動を算出し比較した。なお、降雨はそれぞれ最寄りの気象庁アメダス観測地点として、外柘沢ダム及びレン滝ダムは雫石地点、高松ダム及び高尾野ダムは阿久根地点の1990年から2009年までの20年間の降雨量データを使用し、この降雨データから貯留関数法により流入量を計算した。

3. 結果

降雨特性は、雫石地点では月平均4.3mm、阿久根地点では月平均10.6mmの降水量であり、各月とも阿久根地点では雫石地点よりも多い降水量であった。特に6月及び7月の阿久根地点は平均20.8mmと雫石地点の約3.3倍の降水量であり、最大値では平均376mmと雫石地点の約4.4倍の降水量であった。

春から初夏の3月～6月の雫石地点、阿久根地点で最大の降水量を記録した洪水時のダム貯水池内の水位変動は、外柘沢ダム及びレン滝ダムでは、貯水位の上昇はそれぞれ1～3m、2～6m程度である一方、高松ダム及び高尾野ダムではそれぞれ5～24m、2～10m程度であり、外柘沢ダム及びレン滝ダムでは、高松ダム及び高尾野ダムと比較して、洪水時の水位上昇は小さく、水位波形はなだらかであった。

4. 考察

外柘沢ダム及びレン滝ダムで樹林化が進行した理由として、水位変動は洪水ピーク時には大きくなるものの、洪水後期の水位変動が小さい状態で継続することから、結果として上流からの有機物を含んだ土砂が貯水池内に堆積しやすいこと、また、カワヤナギの種子の定着と発芽の時期である5月から6月は融雪出水があるものの、流量もそれほど小さくなく、土砂とともに漂着し発芽生長し、その後も土砂堆積とともに樹林化が進行したものと推察された。

W
E
B
非
公
開
希
望

2C-01 水温と電気伝導度を指標とした河川水と湖水の混合過程の把握(2)

—瀬田川・安曇川・姉川について—

*遠藤修一・中嶋 岳・齊藤紫保（滋賀大・教育）、
奥村康昭（大阪電通大・工）

1. はじめに

昨年に引き続き、水温と電気伝導度をトレーサとして、河川水と湖水の混合過程について報告する。今回、対象とするのは瀬田川、安曇川、および姉川である。

2. 瀬田川に流入する高温・高電気伝導度水

瀬田川に流入する工業廃水と下水処理水の実態について、水温・電気伝導度の曳航観測によって調べた（図1）。工業廃水は、JR鉄橋と唐橋の間に流入し、年間を通して瀬田川よりも高温・高電気伝導度の水である。矢橋人工島にある湖南中部浄化センターの下水処理水は近江大橋の南から $2 \times 10^5 \text{ m}^3 \text{ day}^{-1}$ の割合で放流されている。水温は冬季でも 20°C に近く、電気伝導度はびわ湖の約4倍に相当する $500 \mu\text{S cm}^{-1}$ である。また処理水の全窒素 5 mg L^{-1} 、全リン 0.1 mg L^{-1} 、COD 5 mg L^{-1} は、南湖水のそれぞれ15倍、5倍、1.5倍という高い値となっている。規制基準を満たしているとはいえ、これは下流住民に対する冒涇ではなからうか。

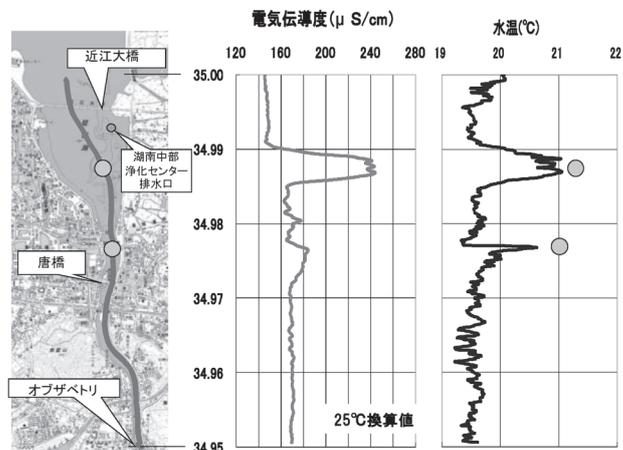


図1 瀬田川曳航観測結果（2009年10月23日）

3. 安曇川と姉川河口における河川水の分散

2009年1月から2010年4月までの16ヶ月間にわたり、安曇川河口沖と姉川河口沖に5～7測点を設け、毎月一回の割合で水温、濁度、クロロフィルa、電気伝導度、溶存酸素濃度、pH、気象の観測を実施した。

安曇川河川水はびわ湖に流入後、河軸の延長方向ではなく、南流する傾向が強いことがわかった（図2）。一方、姉川河川水は河軸の延長方向に流れる傾向が強かった。両河川ともに春季は表層に流入し、成層期には水温躍層に貫入する。冬季については明瞭な密度流は観測されなかった。

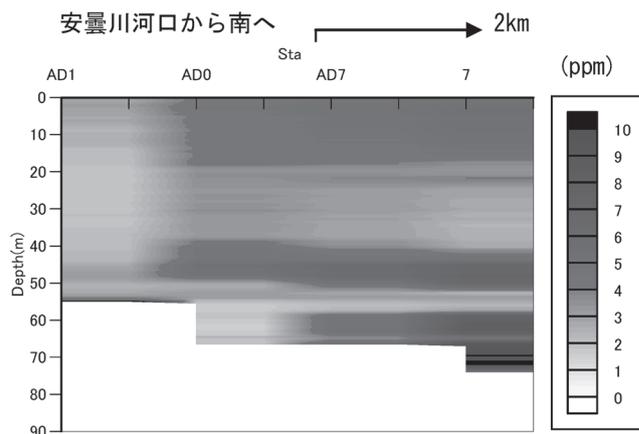


図2 安曇川河口付近における濁度分布（2009年2月16日）

4. 姉川野寺橋における冬季の河川水観測

姉川河口から約2.5km上流の野寺橋において、2010年1月～4月に水位・水温・濁度の連続観測を実施した。得られた記録を流域の気象データやびわ湖の水文水質データと比較した（図3）。

河川水温は総じて湖水温よりも低く推移したが、両者の密度差は $1 \times 10^{-4} \text{ g cm}^{-3}$ 以下であり、河口沖で明瞭な密度流を形成することはないと考えられる。事実、上で述べた河口沖での水質観測結果もこれを裏付けるものとなっている。琵琶湖大橋付近での密度流は有名であるが、顕著に観測されるのは南湖水と北湖水の密度差が大きい11月や12月である。したがって、姉川融雪水がいかに低温であっても、湖水との密度差が小さければ、密度流としてびわ湖の湖底深くに酸素を運ぶとは考えられない。むしろ北湖沿岸で冷却された大量の水の潜り込みによる深層水の形成という観点が重要である。

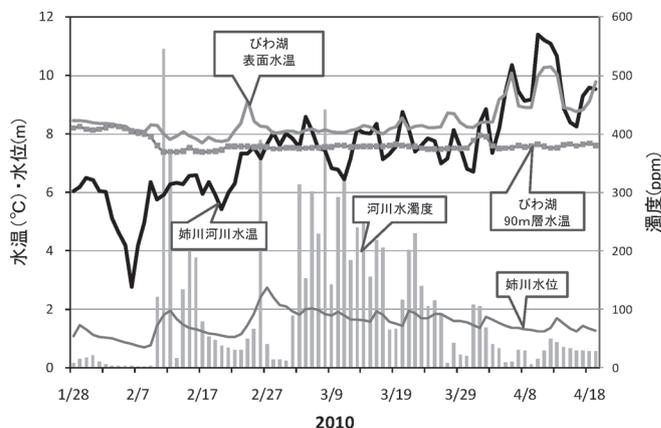


図3 姉川野寺橋における河川水温・水位・濁度、およびびわ湖の水温（2010年1月～4月）

2C-02 びわ湖集水域北部における河川への降雪と河川水温の関係について

*岩木真穂¹⁾, 酒井敏¹⁾, 古川善紹²⁾, 長谷川直子³⁾, 大久保卓也⁴⁾

¹⁾京都大学 人間・環境学研究所

²⁾京都大学 理学研究所

³⁾お茶の水女子大学 人間文化創成科学研究科

⁴⁾滋賀県琵琶湖環境科学研究センター

1. はじめに

これまでに、河川(河道を含む)に直接降る雪についてほとんど着目されてこなかった。そこで、びわ湖集水域北部において小規模な河川に直接降る雪と河川水温との関係に着目して考察を行った。

2. 方法

2009年12月から2010年4月まで、びわ湖集水域北部にて河川水温を13地点(野寺橋・新福橋・五村・伊吹・草野・甲津ヶ原・川合・金居原・摺墨(234m, 260m)・菅並(2地点)・中河内), 積雪観測を4地点(摺墨・柳ヶ瀬・中河内・栃ノ木峠), 気温観測を2地点(柳ヶ瀬・栃ノ木峠), 水位観測を2地点(野寺橋・摺墨(260m))で行った。

水温観測には Onset Computer 社の Hobo Water Temp を使用し, 気温観測には, T&D 社のおんどり Jr. を使用して測定した。水温・気温・水位は 10 分間隔で測定を行った。積雪観測は週に 1 回程度, 積雪深, 積雪密度, 雪温の観測を行った。アメダスデータ(柳ヶ瀬)の 10 分間降水量の値も降雪の有無の確認に使用した。

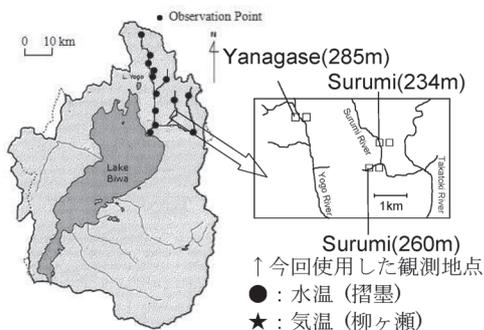


図 1: 調査地

3. 結果と考察

びわ湖集水域北部に位置する摺墨における水温(摺墨川 2 地点)・水位・積雪観測結果と柳ヶ瀬における気温観測結果を用いた(図 1: 右側)。

晴天時と降雪時の気温と河川水温の時系列と関係を図 2, 図 3, 図 4 に示した。晴天時(2010年2月23日)の水温と気温が低下する時の関係は線形であることがわかる(図 2)。しかし, 降雪時には降雪開始(12月31日11時頃)から日中に気温が6時間で約2°C低下しているが, 河川水温は6.19°Cから0.16°Cへと約6°C低下している(図 3, 図 4)。この時, 摺墨における積雪水量は2009年12月31日12:00で38.3mm, 同日16:30で50.6mmであった。ここで, 12.3mmの雪による融解潜熱は, 氷の融解潜熱(79.7cal/g)を用いると約100cal/cm²となり, 水深が10cm程度のところでは, 10°C程度冷やされること

になる。この時, 摺墨では水位が低く(図 5: 右側), 気温も 0°C 以下のため, 融雪量は少ない。また雪融水による流出は融雪期の気温の上昇時に起こると考えられる(図 5: 左側)。したがって, 小規模な河川(河道を含む)への降雪によって河川水が直接的に冷やされるという仮説は検証されたと考えた。

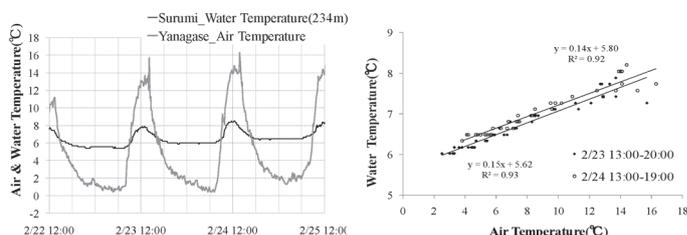


図 2: 晴天時(2010/02/23,24)の河川水温と気温

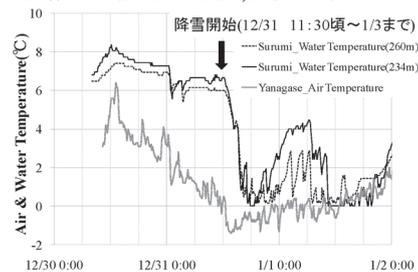


図 3: 降雪時(2009/12/31-)の河川水温と気温(時系列)

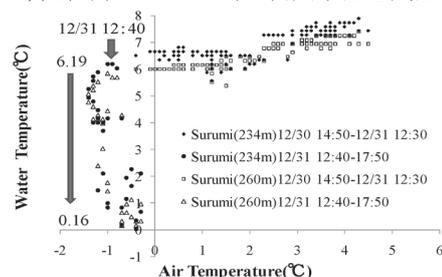


図 4: 降雪時(2009/12/30-31)の河川水温と気温

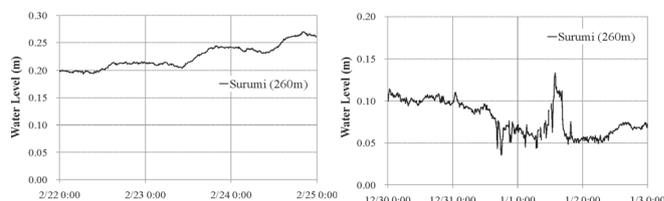


図 5: 晴天時(2010/02/23-)と降雪時(2009/12/30-)の水位

4. まとめ

びわ湖集水域北部において積雪・気温・水温観測を行い, 融解潜熱を考慮して, 河川(河道含む)に降る雪により河川水が直接冷却される可能性を示唆した。今後は河口部での水温低下について, 上流からの移流を考慮して考察を行う。

謝辞: 測器を貸して下さった滋賀県立大学の倉茂好匡教授に感謝いたします。

*三浦真吾（榊武揚堂），沖一雄（東京大学），今井章雄，小松一弘
高津文人，川崎伸之，佐藤貴之（国立環境研究所）

1. はじめに

面源系からの負荷が湖沼環境に及ぼす影響は定量的に明らかにされたとは到底言い難い。加えて面源負荷に関する調査事例は少なくかなり古い。従って、流域の土地利用算定を含めた頻度の高い実地調査に基づいた定量的な負荷の算定が求められている。

本研究では、QuickBird 衛星画像を用いて土地被覆分類を実施した。其々の小流域の土地被覆面積比率と小流域単位で実測した流出負荷量を基に、重回帰分析によって各土地被覆別の流出負荷量の算定を実施した。またこの結果から、負荷形態あるいは季節変化を考慮した場合に、負荷流出の構成因子がどのように変化するのかについて検討した。

2. 調査及び解析方法

調査対象河川は、霞ヶ浦西浦に流入する恋瀬川である。恋瀬川は全長 27.9km で筑波山麓に源流を持ち、その流域面積は 212.6km² の一級河川である。

小流域は標高データ（国土数値情報）を基に ArcGIS (ESRI 社) の Surface analysis を使用して 8 つの小流域を区分し、其々の末端部に採水地点を設定した。調査は 2007 年 3 月から 2008 年 2 月まで毎月行い、夏季には 2 週間に 1 回行い、合計で 17 回行った。現地では採水と同時に流量測定を行い、採水した試料は氷冷状態で実験室に持ち帰り窒素(N)、リン(P)及び炭素(C)について各種水質分析を行った。

土地被覆分類は QuickBird の Multispectral 画像 (2.44m 分解能) を用いて行った。2 時期の画像 (2003/2, 2004/5) を使用し、データ解析には Erdas Imagine (ERDAS 社) を用いた。分類精度を上げるため ISODATA 法を改良した階層型 ISODATA 法を使用した事で、従来法に比べて精度が 10% 向上した。

河川流出負荷量を求めるために沖ら(1997)の手法に基づき重回帰分析を行ったが、負荷流出の季節性を評価するため、あるいは非線形モデルでは複数の解が存在するなどの理由から、Stepwise 法を使用した線形モデルに改良して計算を行った。

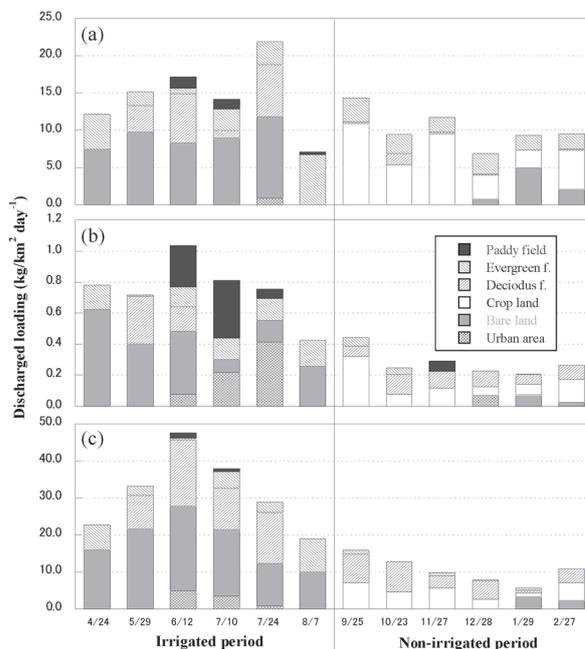


Fig. 1 Predicted variations of (a) total nitrogen, (b) total phosphorus and (c) total organic carbon discharge from each land cover

3. 結果及び考察

土地利用ごとの流出負荷原単位の季節変化を Fig.1 に示す。T-N (Fig.1a) では灌漑期には裸地が、非灌漑期には畑地からの負荷が卓越しており、各々が負荷の半分以上を占めていた。また、山林からの負荷も年間を通して 2~3 割を占めており重要なソースと言える。T-P (Fig.1b) では非灌漑期に畑地と山林の寄与が同じ位の割合で推移し、灌漑期には水田や市街地の寄与がかなり強い影響を及ぼしていると推察された。TOC (Fig.1c) では、非灌漑期に落葉樹と畑地の負荷が卓越しており、灌漑期には裸地や落葉樹の負荷が特に大きくなった。

恋瀬川流域での流出負荷は、山林のように年間を通してコンスタントなものと、灌漑期における気象や農業用水など水文条件の変化に起因して引き起こされる裸地や水田からのものとに分類される事がわかった。恋瀬川流域の面源負荷対策としては、山林からの通年の流出負荷対策と、季節的な負荷要因の変化に対応した対策を別個に考える必要があるだろう。

2C-05 モニタリングデータ及び流域からの負荷量を用いて計算した 宍道湖・中海堆積物からのリンの溶出速度と溶存酸素濃度との関係

*神谷 宏、大城等、神門利之、狩野好宏、三島幸司（島根県保健環境科学研究所）、
田林 雄（産業技術総合研究所）、山室真澄（東京大学）、三田村緒佐武（滋賀県立
大学）、石飛 裕（自然と人間環境研究機構）

1. はじめに

堆積物からのリンの溶出速度の測定は、ほとんどが室内実験により求められている。しかし溶出速度に影響を与える因子は多く、実際の現場で発生している溶出過程は複雑なものである。そこで、我々は宍道湖・中海での月1回行っているモニタリングデータ、流域からの負荷量及び水収支の計算結果から実際に現場で発生しているリンの溶出及び沈降速度の計算を行った。

2. 方法

対象とした水域は宍道湖、中海及び中海の北西側の干陸を目的に築堤した本庄水域の3つである。斐伊川以外は流量が測定されていないため、宍道湖、中海及び本庄水域の各水域への淡水流入量は斐伊川の天津日流量（国土交通省測定）と流域面積および各水域の集水面積の比から比例配分して求めた。計算には1993年1月から2002年12月までのデータを用いた。水質データは毎月1回測定されている公共用水域の監視調査結果を用いた。宍道湖への流入負荷量は、淡水流入量の75%を占める斐伊川で得られた Kamiya et al. (2008)のLQ式を用いて計算を行い、残りの25%は同じLQ式を用いて加算した。本庄水域についても同じLQ式を用いた。中海については松江市、米子市などから多くのTPが負荷されるためこのLQ式は適応できなかった。しかし、このLQ式と島根県が計算した原単位法による発生負荷量がほとんど同じであったことから、中海へ流入する負荷量は原単位法による負荷量が流入しているものとして計算した。

3. 結果および考察

保存物質である塩化物イオン濃度と斐伊川の河川流量を用いて月ごとの各水域での収支計算を行った。その結果、水収支については宍道湖及び中海については90%以上の精度で再現されていた。

全リン（TP）の堆積物からの溶出速度は、ある調査日の現存量とその次の月の調査日のTP現存量の変化量と、その間に各水域に流入及び流出した負荷量から計算される。宍道湖において、ある月の調査日と次の月の調査日との間に Q_0 の淡水が流入し、それに伴い流入負荷量 L_s が宍道湖へ負荷される。ある月の宍道湖のリン濃度を C_{sn} 、次の月のリン濃度を

C_{sn+1} 、中海も同様にそれぞれ C_{nn} 、 C_{nn+1} とおき、その間に宍道湖から流出する水量を Q_1 、リン濃度を C_{sn} 及び C_{sn+1} との平均、中海から宍道湖へ流入する水の水量を Q_2 、リン濃度も C_{nn} 及び C_{nn+1} との平均とすれば、次の月の溶出量 A_{sn+1} は、

$$A_{sn+1} = V_s(C_{sn+1} - C_{sn}) + Q_2 \times (C_{sn+1} + C_{sn})/2 - Q_1 \times (C_{nn+1} + C_{nn})/2 - L_s$$

で表される。同様にして中海及び本庄水域の溶出量も計算を行った。

図1に堆積物直上のDOと得られた沈降・溶出速度との関係を示す。各水域ともDOが 2mg L^{-1} を下回ると溶出が大きくなる傾向が見られた。中海の▲で示したデータは*Prorocentrum minimum*による赤潮が観測されたときのデータで、本種は表面に集積する傾向があるため実際の数値より過大に見積もっていると思われるためこれらのデータを除いて判別分析を行った。その結果DO 2.54 mg L^{-1} が得られ、それ以下のDO濃度では溶出が卓越していることが明らかとなった。

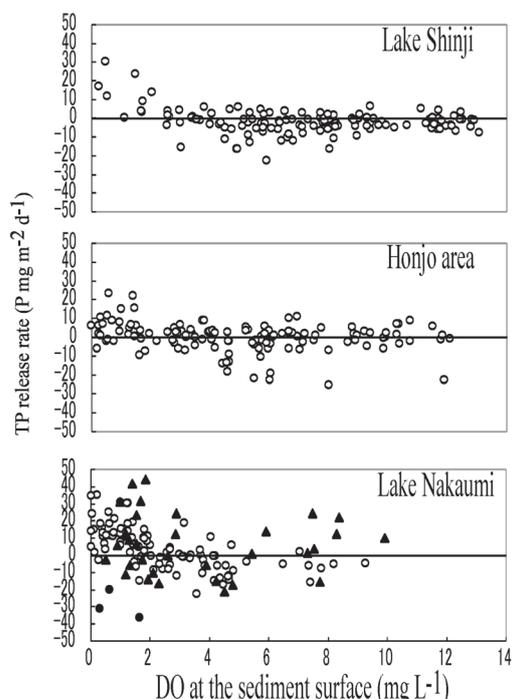


図1 各水域におけるTPの溶出又は沈降速度と溶存酸素の関係

*遠藤修一・奥野光久・田尾一樹（滋賀大・教育）、
奥村康昭（大阪電通大・工）、藤井智康（奈良教大・教育）

1. はじめに

調査艇による移動観測および定点における連続観測により、びわ湖の水質分布や時間変動を10年余にわたってモニタリングしている。昨年の報告に引き続き、主として2009年における調査結果から、水温と溶存酸素濃度に着目した解析結果について報告する。

2. 観測概要

びわ湖の縦断測線上で、水温・電気伝導度・濁度・クロロフィル・溶存酸素濃度の鉛直分布の観測を毎月1回の頻度で継続実施している。また、北湖の今津沖と近江舞子沖の底層で溶存酸素濃度の観測を継続している。近江舞子沖では、1998年以来、計11層の水温と、表層での電気伝導度とクロロフィルの連続観測を行っている（図1）。

3. 溶存酸素の季節変動とカワウとの関係

図2は、2008年1月から2010年6月までの近江舞子沖（水深70m）と今津沖（水深90m）の湖底直上における溶存酸素飽和度の変動を示したものである。一般的には、湖底の溶存酸素は冬季オーバーターン直前に最低値を示すと考えられるが、近江舞子沖ではまさにそのような季節変化を示す。一方、今津沖では9～11月にその年の酸素極小値が出現している。この原因として、竹生島に営巣するカワウによる影響が考えられる。すなわち、約5万羽のカワウにより2.5トン/日の糞が供給され、それによって0.3トン/日のリンがもたらされる計算になる。これはびわ湖へのリンの総流入負荷量の30%にも相当する。

カワウの主たる行動範囲が竹生島周辺であることを考えれば、今津沖には相当な糞が供給され、湖底に沈降した有機物の分解により酸素が消費されていると考えられる。カワウは秋以降に生息数が激減することが知られていて、2009年には10月以降、竹生島からカワウの姿が消えた。すなわち、湖底への有機物輸送が途絶えたために湖底の溶存酸素低下に歯止めがかかり、その後は深水層における鉛直循環や内部波の影響で湖底の酸素濃度がゆるやかに回復したと解釈することができよう（図3）。

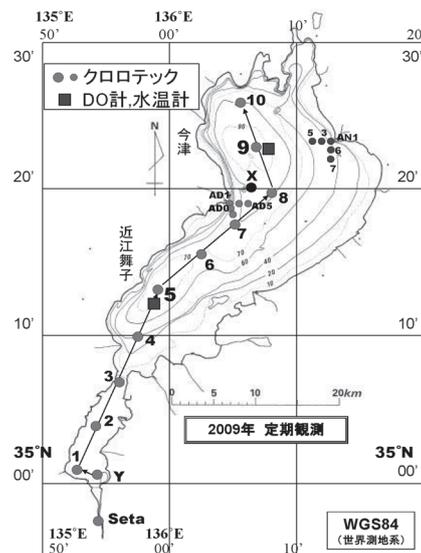


図1. 測点の配置

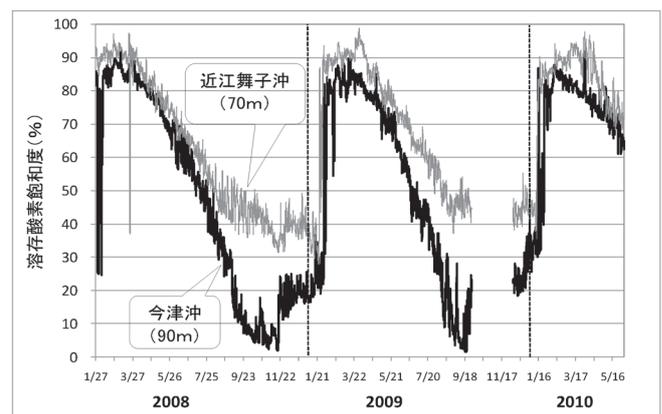


図2. 湖底直上における溶存酸素飽和度の季節変化（近江舞子沖と今津沖）

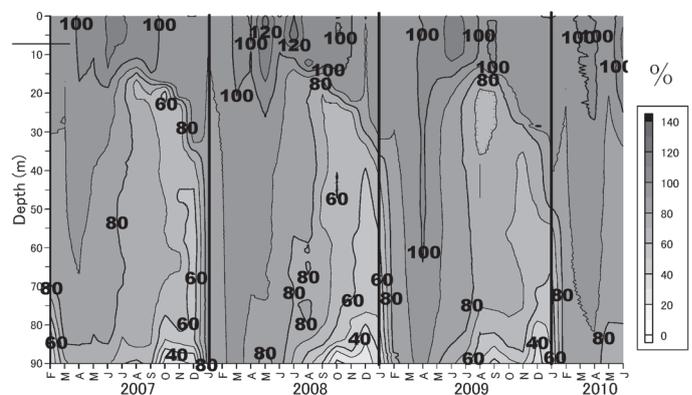


図3. 今津沖における溶存酸素飽和度鉛直分布の季節変化

W
E
B
非
公
開
希
望

W
E
B
非
公
開
希
望

W
E
B
非
公
開
希
望

超高速液体クロマトグラフィー (UHPLC) を用いた 植物プランクトン由来光合成色素分析の迅速化

*田林 雄 (産総研)、谷 幸則 (静岡県立大)、寺田英敏 (島津製作所)、三上博久 (島津製作所)、
神谷 宏 (島根県・保環研)、山室真澄 (東大・新領域)、齋藤文紀 (産総研)

1. はじめに

植物プランクトンは種毎に固有のカロテノイドを含有するため、カロテノイド類の分析と顕微鏡による植物プランクトン種の同定結果を組み合わせることにより、植物プランクトン種毎の水圏の一次生産性への寄与率を定量的に見積もることができる。

一般に、植物プランクトンのカロテノイド類の分析には高速液体クロマトグラフィー (HPLC) が用いられてきた。一方、最近開発されてきた超高速液体クロマトグラフィー (UHPLC) は、微粒子化した充てん剤 (2 μm 程度) を用い、移動相を高線速度で流すことにより、HPLC よりも格段に高速な分析が可能である。

本研究では、植物プランクトン由来色素 (クロロフィルおよびその誘導体、カロテノイド類) の UHPLC を用いた分析条件を検討し、多成分分離 (多くの種を含む植物プランクトンサンプル) を保持しつつ、従来の HPLC 法と比較して、分析時間を大幅に短縮化することを目的とした。

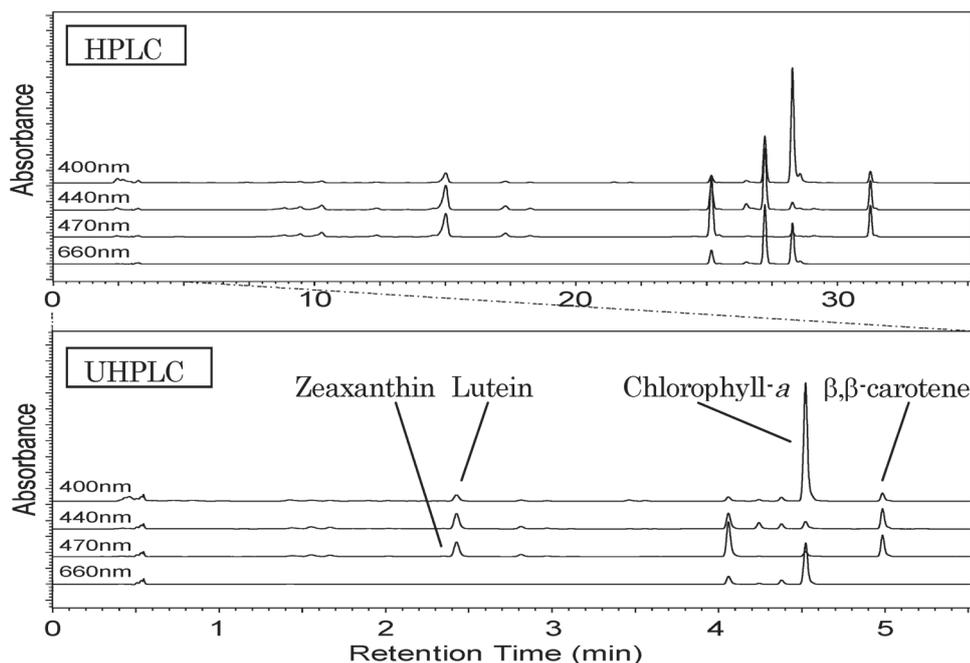
2. 方法

UHPLC を用いて、光合成色素分析に対する移動相、カラム、カラムオープン温度、移動相の条件を検討した。このとき、光合成色素試料として、木の葉 (ヤマモモ) からアセトン抽出した試料を用いた。また、比較検討として用いた従来の HPLC による分析は、谷

(2009) の条件を用いた。このような分析条件の最適化をおこなった後、多様な種の植物プランクトンを含む湖水試料および湖沼堆積物試料から抽出した植物プランクトン由来光合成色素についても分析し、その汎用性を確認した。

3. 結果

UHPLC において、移動相として主にテトラヒドロフランを 30~60% の濃度勾配をつけて送液し、カラム温度を 40°C に設定することにより、光合成色素の分離能をほぼ保持したまま、従来 HPLC 法に比較して 6~7 倍の速さでの分析が可能になった。また、従来 HPLC 法では、カロテノイド中で分離しにくかったゼアキサンチンとルテインの分離度 (R_s) は 1.0 (HPLC) から 1.2 (UHPLC) に向上した。本研究で見出した測定条件により、植物プランクトンに由来する光合成色素の迅速化が可能となり、単位時間当たりの分析検体数の大幅な増加が可能となった。植物プランクトンは食物連鎖の底辺にあり、動物プランクトンや二枚貝等の上位生物に対する餌の質がその種毎に大きく異なる。このため、出現している植物プランクトンの種毎の存在量を明らかにすることはその水域の生態系を管理して行く上で重要である。本研究で開発された UHPLC による植物プランクトン色素分析の迅速化は水質管理上、大きな利点をもたらすと考えられる。



ヤマモモの葉の光合成由来色素のクロマトグラム

- ・ UHPLC を用いることで分析時間が HPLC の 1/6~1/7 になった。
- ・ 高速化しても各成分の分離度、および定量性は HPLC 同様に保たれている。