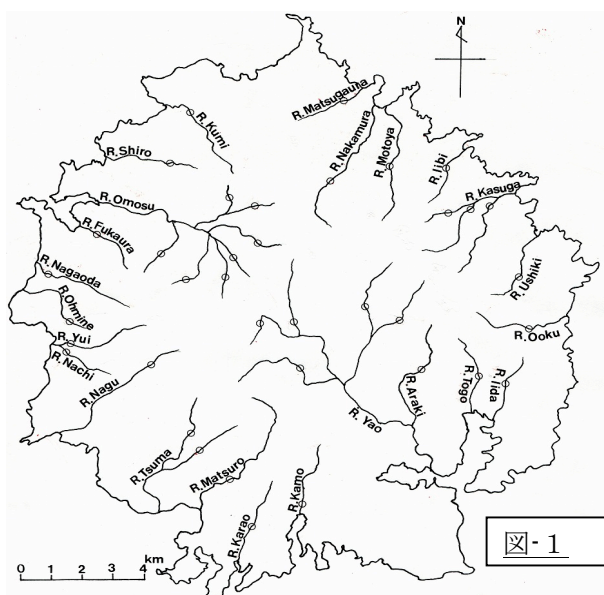


円形島隠岐道後の放射状河川水質の方位分布特性

○海老瀬 潜一 ・ 山本 健太(摂南大学・理工学部)

1. はじめに

四周が海の円錐形状高山島の屋久島で放射状流下溪流の水質調査を 20 年間継続し、気象・水文条件や酸性雨・海塩等の影響を検討してきた。また、2009～2010 年に標高が 1600m 以上で冬季冠雪する円錐形独立峰の岩木山・鳥海山・大山の放射状流下溪流で秋季・融雪期・夏季の水質調査を実施し、屋久島を含めて方位別平均水質濃度分布を比較検討した。今回、屋久島(面積 505km²)と円形島だが標高 608m 以下の山地しかない隠岐道後(図-1, 同 242km²)の放射状溪流水質の方位分布の比較のために調査を行った。



2. 道後の地理的特性

隠岐道後は、島根半島東部美保関の北 70km の日本海上にあり、四大島を除くと 15 番目の大きさで屋久島の約半分である。南西側に約 13km 隔てて 3 つの島からなる道前がある。北緯 36° 9′ ～36° 21′ , 東経 133° 11′ ～133° 23′ に位置し、海岸線の凹凸は激しい。島中央部の少し北寄り、島で 5 番目の標高 522m の時張山を中心とすれば、島全体では半径 9km 弱の円形に近い。地質は約 500 万年前の火山島だが、浸食で火山地形が失われて玄武岩・粗面岩・流紋岩等の第三紀の火山岩類である。朝鮮半島の西 420km に位置し、偏西風の影響を受ける。

年間降水量の年平均値 1795mm, 平均気温 14.3℃で、最多風向は北西で、西北西部の福浦に国設酸性雨測定所がある。調査は 5 月 13～14 日に 20 河川の人為汚染の少ない溪流部下流端の 38 地点で実施した。他と比べて Cl⁻, SO₄²⁻濃度や、EC が高かった 1 地点を除いて、その流域を時張山中心に東西南北の 4 方位に分割し、無機イオン等の平均濃度を求めた。

3. 水質の方位分布特性

4 方位別主要水質の平均濃度を表-1 に示す。平均値では、EC, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻-N, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺が西で最も高く、EC, SO₄²⁻, NO₃⁻-N, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺は東で最も低く、Cl⁻, Na⁺は北で最も低かった。pH, アルカリ度は東で最も高く、西で最も低かった。TOC は北で高く、南で低かった。平均水質濃度の方位別差が有意かどうかの F 分布検では、有意水準 5% で Na⁺, K⁺で方位分布差が認められた。

4. おわりに

道後は、横尾山(標高 573m)や大峯山(474m)等の北西部から南部への山地、大峯山(508m)や大満寺山等の北から南東部への山地はあるが、偏西風への大きな壁にはなっていない。このため、高山島屋久島とは異なり、平均値では差が見られても、分布差としてはさほど明瞭でないことが明らかになった。

引用文献：1)海老瀬他(2010)日本陸水学会 75 大会, p.57, 2)海老瀬他(2011)日本水環境学会 44, p.82, 3)海老瀬(2011)日本水文科学学会学術大会, p.13-14.

表-1 水質方位別平均値 (mg/l; mS/m; meq/l)

	n	EC	pH	Alkalinity	TOC	Cl ⁻
北	6	16.4	7.31	0.442	1.28	27.1
東	9	13.4	7.08	0.378	1.18	22.5
南	9	15.5	7.25	0.434	1.25	24.9
西	13	17.4	7.27	0.409	1.29	27.9
	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	NO ₃ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺
北	17.2	2.01	3.63	0.183	7.94	6.32
東	12.9	1.24	2.50	0.132	9.99	3.60
南	15.7	1.90	2.90	0.140	9.92	4.81
西	17.8	2.32	3.00	0.161	9.14	5.19

魚野川流域における積雪深分布特性と積雪水・融雪水の化学組成

-融雪期の河川水質を考慮して-

※森本洋一（法政大・院）・小寺浩二（法政大・地理）

I はじめに

新潟県中越地方を流れる魚野川流域は有数の豪雪地帯として知られており、一冬の最大積雪深が3mを超える場所もある。冬季に多量の降雪を伴う流域では、春先から初夏にかけて融雪水による流量増加が見られ、河川の水循環や水質を形成する。さらに、本州日本海側地域は積雪期間中にも融雪が生じやすい温暖積雪地域であり、積雪層内での凍結・融解が頻繁に繰り返される。その際、積雪中の成分濃度が徐々に高まり、融雪初期には高濃度の融雪水が河川へ流出することが知られている。本研究では融雪期の河川水質形成の観点から、積雪水（積雪層内含む）・融雪水の水質化学組成と積雪水質、積雪深分布の特徴を明らかにし、河川流域に及ぼす積雪水・融雪水の影響を考察した。

II 研究方法

積雪調査は2009年12月～10年4月、2010年12月～11年4月にかけて、積雪深、密度、積雪サンプル採取（上から20cmごと最大3層）を週1回行った。同時に、河川水の観測を週1回（WT、EC、pH-RpH、TURB）、積雪・河川水サンプルともにイオンクロマトグラフによる主用溶存成分分析、TOC分析計によるDOC分析を行った。さらに、流域内に散布される凍結防止剤（NaCl）、融雪剤（CaCl）の影響を評価するため捨て雪、除雪雪のサンプリングもした。また、融雪期には本流部に水質の時記録計を一定期間設置した。なお、09年4月～12月、10年4月～12月の暖候期の調査も継続して行っている。

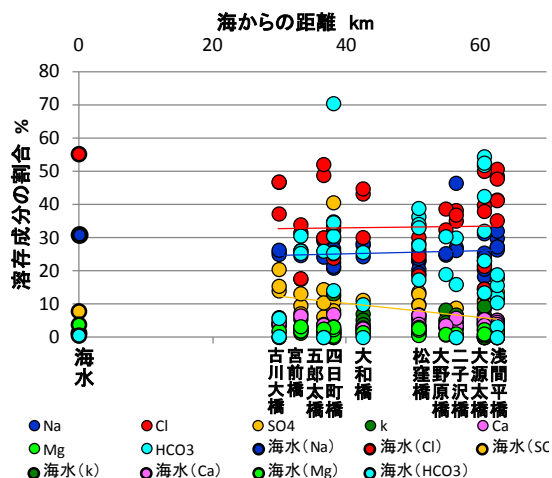


図1 海水・積雪水の成分割合と海岸からの距離

III 結果と考察

積雪水の成分組成を検討するため、主用溶存成分に占める各成分の割合と海岸からの距離、海水組成との関係を図1に示した。海水の主用溶存成分に占めるNa⁺、Cl⁻割合は30%、55%であり、積雪水も地点や積雪層ごとのばらつきは見られるものの、海水のNa⁺、Cl⁻と同じ傾向を示す。しかし、HCO₃⁻やSO₄²⁻成分は海水とは大きく異なっている。また、海岸からの距離に対して、海塩由来であるNa⁺、Cl⁻の成分割合に明瞭な変化は見られなかったが、SO₄²⁻に関しては海に近いほど溶存成分に占める割合が増加する傾向にあり、大気由来物質濃度の地域的な差の可能性が示唆されるが、さらなる検討が必要である。

積雪水、河川水、海水のNa⁺Cl⁻成分濃度に占めるNaとClの割合を図2に示した。積雪、河川水のNa⁺、Cl⁻比は約3.5:6.5に集中しており、海塩由来のNa⁺、Cl⁻が積雪水、融雪水、河川水質を形成していることが示唆された。ただし、融雪初期に関してはその成分比が大きく異なり地点があり、SO₄²⁻やNO₃⁻といった酸性化寄与物質の割合が増加した可能性がある。

また、積雪水質は地域や積雪層内で異なり、前者は海に近いほどNa⁺やCl⁻成分濃度が高い。

IV おわりに

今後は微量金属や酸性化物質の分析、降雪型による解析など多方面からの考察が必要であり、河川流域への影響という観点から研究を進めていく。

参考文献

森本洋一・小寺浩二(2011):魚野川流域における積雪・融雪期の水質変動とその要因について,第33回陸水物理研究会発表要旨

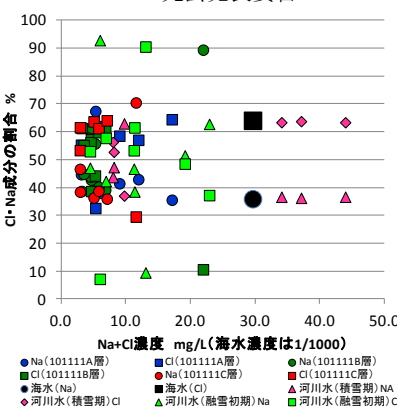


図2 海水・積雪水・河川水の関係

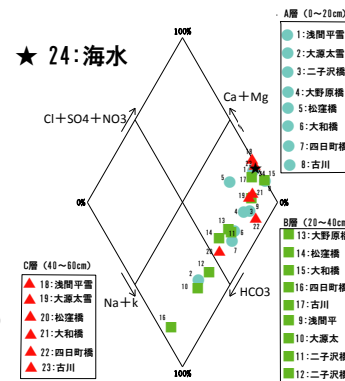


図3 積雪・海水の成分組成 (101111)

凍結防止剤の渓流水水質への影響（滋賀県北部での調査結果）

* 大久保卓也（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

1. はじめに

冬季の道路における凍結防止剤の散布量が、自動車のスパイクタイヤの禁止（1993 年）以降、増加していることがわかっている¹⁾。その凍結防止剤の水環境への影響については、調査事例はみられるものの²⁾⁻⁴⁾まだ観測例が少なくよくわかっていないのが現状である。そこで、本研究では滋賀県北部において道路が流れの近くを走っている溪流において凍結防止剤の河川水質への影響を調査したので報告する。

2. 方法

調査は、2011 年の 12 月から 2012 年の 7 月にかけて滋賀県高島市朽木荒川付近の溪流 2 カ所で行った。この溪流沿いには片側 1 車線の国道 367 号（通称、鯖街道）が走っており、朽木・京都方面～福井方面を行き来する車が通過する。「渓流水 1」の地点は峠の北側に位置し、その上流に約 2.6km の道路がある。「渓流水 2」の地点は峠の南側に位置し、その上流に約 2.2km の道路がある。それぞれの地点に水位計と電気伝導度計を設置し、自動観測を行った。流量は、別途、各地点で流量測定を行って求めた HQ 曲線を用い推定した。また、週 1 回程度の頻度で採水を行い、各種イオン、栄養塩等を測定した。

3. 結果

水位データからそれぞれの地点の流量を推定した結果、および、電気伝導度と CL イオン濃度の関係から CL イオン濃度の時間変化を求めた結果を図 1 に示

した。道路に凍結防止剤が散布された 12 月から 2 月にかけては、CL イオン濃度が激しく変動し、高い値が頻繁に出現していた。しかし、雪解けが終わり、凍結防止剤が散布されなくなる 3 月中旬以降は、CL イオン濃度は安定して低い値が維持されていた。今回の調査から、凍結防止剤の流出は、時間変動が激しく、日中に気温が高くなると融雪とともに短時間に流出してくる場合が多いことがわかった。したがって、週に 1 回あるいは数日に 1 回程度の採水では、凍結防止剤の流出実態を把握することは難しいのではないかと考えられた。ただし、今回は測定していないが、さらに下流では CL イオンの濃度変化は緩慢になる可能性はある。CL イオンが高濃度に長時間維持される頻度が少なければ、生物への影響は小さい可能性もある。今後さらに底生動物、魚類等の生物への影響把握調査が必要である。

引用文献

- 1) 大久保ほか（2006）琵琶湖における塩化物イオン濃度増加の原因分析，日本水環境学会年会講演集。
- 2) 小澤ほか（2009）凍結防止剤の河川表流水への流出調査，日本水環境学会年会講演集。
- 3) 小澤ほか（2010）凍結防止剤の河川表流水への流出調査(2)，日本水環境学会年会講演集。
- 4) 鹿角ほか（2003）凍結防止剤の表流水・植物・土壌への影響と大気中への飛散，季刊全国環境研会誌，28，91-97。

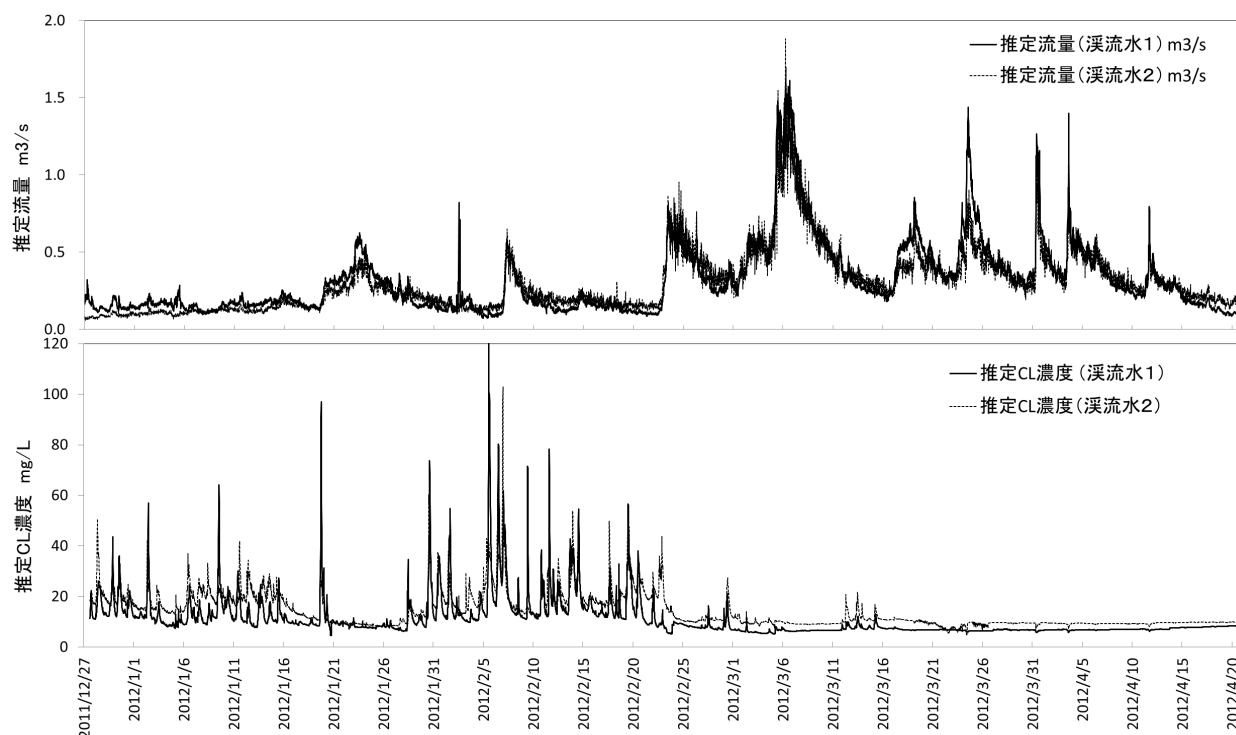


図 1 滋賀県北部の渓流水における流量、CL イオン濃度の時間変化（2011/12/17～2012/4/20）

間伐による渓流水質変化に対する水文学的および

生物地球化学的要因の寄与

* 小島永裕¹⁾, 長井正博²⁾, 柴田直人²⁾, 藤井芳一²⁾, 片山幸士²⁾

¹⁾滋賀県森林センター, ²⁾人間環境大学人間環境学部

はじめに

渓流水中の成分濃度は、森林系外からの流入、系内での生物地球化学的過程、水文学的過程などのいくつかの過程が複合的に作用して決まっている。これらを解明するために、我々は渓流水中の溶存成分濃度に対する流量と温度の影響について検討してきた¹⁾。

生物地球化学的な作用を解明する上で、樹木の生長や伐採に伴う渓流水中成分の濃度変化を把握することは重要である。昨年の発表²⁾では、間伐前後での渓流水の主要なイオンの濃度変化について検討し、間伐後に硝酸濃度が増加すること、これに伴いアルカリ度が減少することを報告した。

今回は、これらのイオン濃度の変化に対する水文学的要因と生物地球化学的要因の寄与の程度について考察を行った。

調査方法

調査地は滋賀県野洲市大篠原にある集水面積 20.0 ha の森林で、日野川支流光善寺川の最上流部に位置し、花崗岩質で、スギ、ヒノキの人工林を主体とする。2003 年に量水堰を設置し、渓流水量を自動計測している。

水質分析用に渓流水を 2004 年 9 月から 2010 年 10 月にかけて毎週、量水堰の上流約 10 m において採取した。試料水は、その一部で pH を測定し、残りを孔径 0.4 μm のニュクリポアフィルター(Whatman 製)でろ過した。ろ液中の Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Al³⁺, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, F⁻, Si(OH)₄ をイオンクロマトグラフ、空気分節自動流れ分析装置、分光光度計、蛍光光度計を用いて測定した。また、ろ液に純空気(CO₂ < 0.5 ppm)を通気して溶存 CO₂ を除去した溶液を全有機炭素計に供し、アルカリ度成分としての HCO₃⁻ (以下、Alk-HCO₃⁻) 濃度を測定した。

間伐は 2008 年 1 月 25 日から 4 月 20 日に実施し、本数率で約 10% の造林木を伐採した。

結果と考察

本稿では、NO₃⁻ および Alk-HCO₃⁻ 濃度について検討する。

間伐前における渓流水量(Q mm/week)と NO₃⁻ 濃度(C μmol/L)の間には次の関係が見られた。

$$\log C = 0.185 \times \log Q + 1.50 \quad (1)$$

間伐前 3 年間の NO₃⁻ 濃度および渓流水量の相乗平均値はそれぞれ 45.3 μmol/L, 7.03 mm/week であった。NO₃⁻ 濃度の年間相乗平均は間伐後 1, 2, 3 年目にはそれぞれ 63.9, 52.5, 53.9 μmol/L と変化し、間伐前の平均濃度に対する変化率はそれぞれ 1.41, 1.16, 1.19 倍であった。

一方、間伐後 1, 2, 3 年目の渓流水量の年間相乗平均の間伐前 3 年間の平均に対する変化率は、それぞれ 1.63, 1.41, 1.71 倍となった。上記の関係式 (1) が間伐後も成立すると仮定して、渓流水量の実測値から NO₃⁻ 濃度を予測し、その予測値の年間相乗平均を求めると、間伐後 1, 2, 3 年目でそれぞれ 49.6, 48.3, 50.1 μmol/L となり、実測値よりも低い値となった。このことから、NO₃⁻ 濃度の増加には渓流水量の増加以外の要因が大きく寄与していると考えられる。その程度は、例えば間伐後 1 年目では渓流水量の増加による濃度変化率が 1.09 倍、それ以外の要因によるものが 1.29 倍と推定された。この水量増加以外の要因の主なものとして、間伐に伴って樹木の NO₃⁻ の吸収が減少したことが考えられ、こうした生物地球化学的要因の NO₃⁻ 濃度増加への寄与の方が渓流水量の増加による寄与よりも大きいといえる。また、間伐後 2, 3 年目についても同様の結果が得られた。

Alk-HCO₃⁻ 濃度の間伐前 3 年間の相乗平均値は 108.3 μmol/L で、間伐後 1 年目には 91.6 μmol/L となり間伐前に対する変化率は 0.85 倍であった。上記と同様の計算をすると、渓流水量の増加による Alk-HCO₃⁻ 濃度の変化率が 0.94 倍、水量増加以外の要因による変化率が 0.90 倍と推定された。間伐後の Alk-HCO₃⁻ 濃度減少に対しても、NO₃⁻ の場合と同様に生物地球化学的要因の寄与の方が渓流水量の増加による寄与よりも大きいと推察された。

引用文献

- 1) 小島永裕ほか(2009) 渓流水中の溶存成分濃度に対する水量および温度の影響, 第 120 回日本森林学会大会要旨集, D24
- 2) 小島永裕ほか(2011) 間伐後の渓流水中の硝酸イオン濃度増加に伴う炭酸水素イオン濃度の減少, 日本陸水学会第 76 回大会要旨集, p191

人工酸性雨滴下実験による臨界土壌酸性化への到達時期の評価： 横浜市における事例研究

*咸泳植・小堀洋美・東海林良太・松本祥平・金井友美
(東京都市大学・環境情報学部)

1. はじめに

近年、世界各国で酸性雨による環境問題が顕在化している。横浜市内においても過去 20 年間、欧米並みの酸性雨が降り続けている(加藤・梅田 2007)。酸性雨が陸地生態系に及ぼす影響の中で「臨界土壌酸性化」は、酸性雨による土壌内の酸の負荷が、その土壌が持つ緩衝能力以上になったときに起こる現象で、酸性化により土壌中のアルミニウム(Al)が溶け出し、植物の成長阻害を引き起こすことなどが知られている。このように土壌から Al が溶脱し始めると予想される時期を臨界土壌酸性化時期という(Ham & Kobori, 2007)。

本研究では横浜市内の土壌を採取し、酸に対してそれらの持つ中和能を調べ、これまでの平均的な酸性雨による土壌酸性化の速度から今後どの程度の緩衝能力を持っているのかを酸中和能と臨界土壌酸性化到達時期を用いて算出し、土地利用別(林地・公園、農地、市街地)の土壌 pH と臨界土壌酸性化到達時期の相違について調べた。

2. 材料と方法

土壌試料は、横浜市内の北部、中部、南部のエリアでそれぞれ「農地」、「林地・公園用地」、「市街地」から採取した。一つのエリアにつき、土壌の採取はこの 3 つの異なる土地利用の各々 3 地点で行い各地点から 4 サンプルの計 36 サンプルとし、全体では合計 108 サンプルを分析した。

採取した土壌は自然乾燥後、風乾細土を作成した。土壌 pH は、風乾細土 10g を蒸留水 25ml で溶かし攪拌後ガラス電極法で測定した。酸中和能の測定には 108 個の土壌試料のうち 36 サンプルを用い、土壌カラムに人工酸性雨[pH3.0]を滴下させ(大喜多敏一、1996)、そのカラムを通過した水(透水)をフラクションコレクター(CHF161RA、ADVANTEC)を用いて 20ml ずつ試験管に採取し、5 本分(100ml)を合わせて透水試料とした。

佐藤・大岸(1990)は、アルミニウムイオンが溶出するまでに負荷された水素イオン量を測定した実験から、土壌 pH を 4.7 に低下させるために必要な水素イオン量を土壌の酸中和能(ANC)とみなした。

臨界土壌酸性化到達時期は表面流去水を考慮したシンプルマスバランス法を用い計算した。

臨界土壌酸性化到達時期(年後)

$$= \frac{[(ANC \text{ mmolc}/100\text{g}) \times \text{土壌仮比重} (1\text{g}/\text{cm}^3) \times \text{土壌深さ} (10\text{cm}) \times 100]}{\text{酸性雨が土壌に透水する年間 } H^+ \text{ 負荷量} (\text{mmolc}/\text{m}^2/\text{yr})}$$
 (Ham & Kobori, 2007)

3. 結果および考察

横浜市における土壌 pH は pH4.4~8.6 の範囲で、平均 pH6.5 を示した。場所による土壌 pH の比較では、中部(平均 pH6.3)が北部(平均 pH6.5)と南部(平均 pH6.6)に比べてより酸性を示したが、有意な相違は得られなかった(Games-Howell test、IBM® SPSS® Statistics Version 19)。土地利用の違いによる土壌 pH の比較では、林地・公園(平均 pH6.1)と農地(平均 pH6.4)が市街地(平均 pH7.0)より各々 0.1%と 1%水準で有意に酸性を示した(Games-Howell test、IBM® SPSS® Statistics Version 19)。

横浜市における酸中和能は、0~67.91 mmolc/100g の範囲で、平均 22.39 mmolc/100g を示した。なお、横浜市における土壌 pH から酸中和能を標準化し臨界土壌酸性化到達時期を求めた結果、すでに臨界に達している 0 年後(約 3%の林地・市街地)から 1951 年後(市街地)の範囲で、平均 790 年後と推定された(図 1)。酸中和能と臨界土壌酸性化への到達時期については、土壌 pH または酸中和能が高い土壌ほど臨界土壌酸性化到達時期が遅れるシミュレーション結果が得られた(図 1)。土地利用の違いによる臨界土壌酸性化到達時期の比較では、林地・公園(平均約 400 年後)、農地(平均約 800 年後)、市街地(平均約 1100 年後)の順であり、1%水準で有意な相違が得られた(Games-Howell test、IBM® SPSS® Statistics Version 19)。さらに特筆すべきは、横浜市において 100 年以内に臨界土壌酸性化へ到達すると推定された地点の割合が農地 0%、市街地約 3%、林地・公園約 11%であったことから、この場所による違いについて原因はまだ不明であるが、横浜市の林地・公園の土壌における酸中和能が他の場所と比べて劣っていると言える。

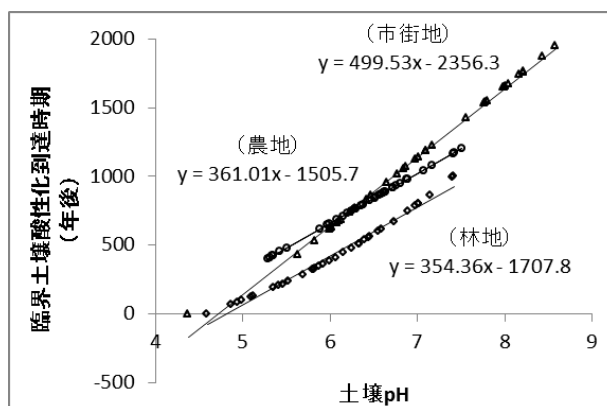


図 1 横浜市における土壌 pH の臨界土壌酸性化到達時期

北八ヶ岳における降水中の化学成分とその環境動態

*松尾 悠太郎、山田 智哉、村津 瑛世、山本 雅道、宮原 裕一

(信州大学山岳科学総合研究所)

【はじめに】

大気中には天然起源、人為起源の様々な化学物質がエアロゾルとして大気中を漂い、その中には多環芳香族炭化水素 (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons : PAHs) など人体への健康影響が懸念される物質や、酸性降水の原因となる成分も含まれている。降水は大気中の化学成分を取り込み、沈着させるため、地域の大气汚染が降水の成分に反映される。故に、湿性沈着を調べることは、集水域の水質汚染を知る上で重要であると言える。

北八ヶ岳の標高 2115m に位置する白駒池は、人為汚染源から遠く離れた山岳湖沼である。ここの底質中 PAHs 濃度を分析したところ、市街地に囲まれた諏訪湖よりも高い値となった。この結果は、PAHs の大気から集水域を経て湖沼底質へとといった移行の仕方が湖沼によって異なることが原因だと推察された。そこで本研究では、白駒池における PAHs の湖沼底質への移行の詳細を明らかにするため、白駒池の近傍で降水を採取し、PAHs の沈着量、湖内新生沈殿物や底質中濃度について調査を行い、諏訪湖との比較を試みた。

【材料と方法】

長野県白駒池と諏訪湖近傍において、バルクサンプラーを用いて降水の採取を行った。試料中の PAHs はろ過し、ろ紙をアセトンとヘキサンで抽出した後、蛍光検出器付き HPLC で分析した。また、湖心の湖底より 1m 上の位置に設置したセジメントトラップを用いて湖内に流入する新生沈殿物を採取した。さらに、コアサンプラーを用いて湖の底質を採取した。これらについてはソックスレー抽出とシリカゲルカラムクロマトグラフィーによって精製を行った後に PAHs 濃度を求め、一部試料については含水率や強熱減量を求めた。

【結果】

降水中の PAHs の分析を行ったところ、その沈着速度は冬に大きくなる傾向があった。さらに沈着速度が大きい時期は、降水量が多いことがわかった。

新生沈殿物中の PAHs 濃度は冬に増加する傾向がみられた (Fig. 1)。2011 年の 6 月には諏訪湖に匹敵する濃度にもなっていたが、1 日当たりの沈着速度は諏訪湖よりもはるかに小さかった。

白駒池の底質については、測定対象とした 14 種類の PAHs の合計濃度は表層から下層に向かって減少し、表層では乾重量 1g あたり 2500ng を超える PAHs が検出された。一方諏訪湖では、表層 0cm から 10cm まで大きな濃度変化は見とめられなかった。表層の PAHs 濃度は乾重量 1g あたり 700ng で白駒池よりも低く、過去の調査と一致する結果が得られた。

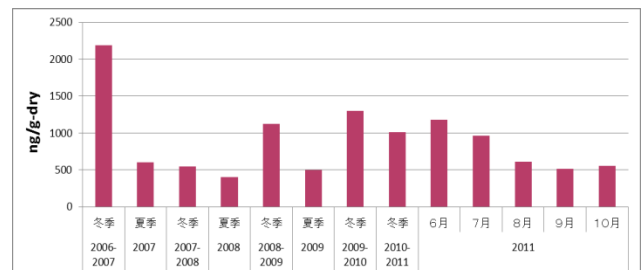


Fig. 1 白駒池新生沈殿物 PAHs 濃度 (乾重量 1g あたり)

【考察】

諏訪の降水は、現在分析中のため、PAHs 沈着速度から白駒池と諏訪湖の比較はできていない。

新生沈殿物の結果では、湖内での PAHs 沈着速度は諏訪湖の方が白駒池よりも大きくなっていった。すなわち、諏訪湖に比べ白駒池の堆積速度が遅いため、流入した PAHs の土砂等での希釈が弱く、相対的に諏訪湖よりも底質中の PAHs 濃度が高くなったものと考えられた。

※本研究は信州大学山岳科学総合研究所重点研究費によって実施されました。

茨城県筑波山森林域からの放射性セシウム流出特性

*林 誠二, 越川 昌美, 渡邊 未来, 渡邊 圭司, 錦織 達啓, 田中 敦 (国立環境研究所)

1. はじめに

東京電力福島第一原発事故によって飛散した放射性セシウムは、福島県を初めとして森林率の高い南東北や北関東各県に大量に沈着した。森林域を対象とした、効率的かつ効果的な除染を進めるためには、放射性セシウムの生態系内の循環と集水域からの流出に関する知見の集積は不可欠となっている。

演者らは茨城県筑波山森林試験地を対象に、放射性セシウム流出源としての実態把握を目的に、水文連続観測と降雨出水時の連続採水調査を実施した。これにより、事故後から現在に至るまでの土砂流出を介した放射性セシウムの流出量推定を試みるとともに、土砂粒径や有機物含有量との関係性から、放射性セシウムの流出特性について検討を行った。

2. 方法

森林試験地（集水域面積：67.5 ha）は、筑波山の南東斜面に位置し、スギとヒノキの人工林が全体の約 75%を占めている。放射性セシウム流出調査として、試験地下流端で流量自動連続観測（2010 年 5 月開始）と、5 回の降雨事象を対象に出水時の渓流水を 1 試料あたり 6~10L 採取した。採取試料の一部を直接、残りの部分を篩目 1mm、250 μm 、63 μm の 3 つのふるいを用いた分級操作後に、遠心分離機による固液分離（10,000rpm, 25 分間）を実施し、それぞれ抽出した固相部分のセシウム 137 (^{137}Cs) 濃度を Ge 半導体検出器によって測定した。また、各試料とも浮遊性懸濁物質（SS）濃度と粒度分布、強熱減量の測定を行った。 ^{137}Cs 流出量は、渓流水の SS 濃度と流量観測値から作成した SS 流出フラックス式（L-Q 式）と流量連続観測データを基に算定した土砂総流出量に、SS 単位重量当たりの ^{137}Cs 量測定値を乗ずることによって推定した。

3. 結果

出水時の渓流水中の SS 濃度と SS 含有セシウム 137 濃度の間には有意な相関は確認できず、平均値は（ $0.84 \pm 0.22\text{Bq/g}$, $n=24$ ）であった。一方、SS の強熱減量と ^{137}Cs 濃度には有意な正の相関関係（ $R=0.67$, $p<0.001$ ）が認めら

れた（図 1）。分級操作による各粒径画分の ^{137}Cs 濃度は、いずれの試料も最小画分（63 μm 未満）で最も高く、SS に含まれる全量の 5~7 割を占めた。各画分の強熱減量と ^{137}Cs 濃度の関係は、最小画分で明確な傾向は見られなかったが、それより大きい 2 画分（63 μm 以上 250 μm 未満と 250 μm 以上 1mm 未満）では、強熱減量の増加により ^{137}Cs 濃度が上昇する傾向が確認された。また、L-Q 式と上記 ^{137}Cs 濃度平均値を基に推定した事故後 16 か月間の ^{137}Cs 総流出量は 42,000kBq であり、単位面積当たりで 0.06kBq/m^2 となった。

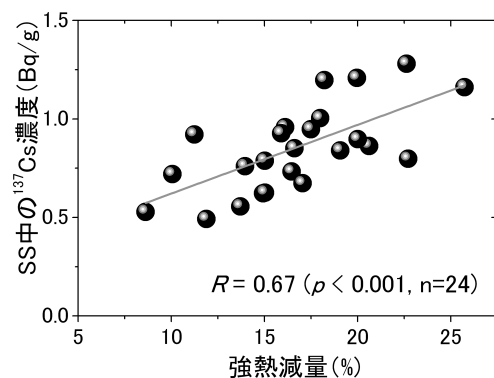


図 1 SS における強熱減量と ^{137}Cs 濃度の関係

4. 考察

出水時の SS 試料において、強熱減量と ^{137}Cs 濃度に有意な正の相関が見られることは、微細な無機態粒子だけでなく、分解過程にある粒状態有機物（POM）も、吸着サイトとして下流への ^{137}Cs の輸送作用を担っていることを示している。森林域に沈着した ^{137}Cs の多くがリター層に留まっていることから（文科省, 2012）、今後、 ^{137}Cs の流出に対する POM の寄与を定量評価する必要があるとともに、下流水域の生態系における ^{137}Cs の生物濃縮を検討する際に、食性を考慮した生物調査が重要であると考えられる。また、推定された 16 か月間の単位面積当たりの ^{137}Cs 総流出量は、森林試験地への ^{137}Cs 沈着量推定値（錦織ら, 2012）に対して 0.5%程度であることから、森林域の ^{137}Cs 流出源としての寄与が、現状で小さいことが示唆された。

【引用文献】 文科省(2012), 放射性物質の包括的移行状況調査

錦織ら(2012), 日本陸水学会第 77 回大会講演要旨集, 名古屋

溪流の瀬におけるリター堆積の藻類生産促進効果

*加賀谷隆，後藤元保（東大院・農学生命科学）

1. はじめに

森林溪流における藻類の生産速度は、光制限がない場合、窒素（N）やリン（P）によって制限されていることが多い。溪畔より溪流に流入する葉リターからは、流入直後の短期間に可用性の N や P が溶脱する。また、破碎食性底生動物（シュレッダー）の摂食・同化過程で、体内に取り込まれない N や P は排泄物として放出される。藻類生産の大きな瀬においては、リター堆積と石礫はモザイク状に分布する。したがって、溶脱やシュレッダーの摂食・同化過程にともない、リター直下流の石礫に生育する藻類に利用可能な栄養塩が高濃度で供給され、藻類生産を促進する可能性がある。本研究では、森林溪流の瀬において、様々な樹種や条件の葉リターおよびシュレッダーの存在が、石礫上の藻類と付着物食性底生動物（グレイザー）に与える影響を、野外実験と室内実験により評価することで、リター堆積の藻類生産促進効果を明らかにすることを目的とする。

2. 方法

①野外実験：多摩川支流の河道上部の樹冠が開放されている二次河川において、3つの実験を行った。いずれに実験においても、樹木の落葉もしくはポリエチレン製の疑似葉を封入したメッシュバッグとレンガを近接させて棒で固定した装置を、バッグを上流側にして河床に設置し 7～12 日後に回収した。レンガ上面の付着物のクロロフィル a 量と有機物量を測定するとともに、レンガに定着したグレイザーの個体数を計数した。実験 1：フサザクラ、ハンノキ、アカガシ、コナラ、ケヤキ、チドリノキの枯葉と疑似葉（対照）を用いて、枯葉からの溶脱の影響を検討した。実験 2：ハンノキ緑葉と疑似葉（対照）を用いて、緑葉からの溶脱の影響を検討した。実験 3：初期溶脱と微生物定着を経たチドリノキ枯葉とともに、シュレッダーのオオカクツツトビケラを封

入したバッグとしないバッグ（対照）を用いて、シュレッダーの影響を検討した。②溶脱実験：野外実験 1 で用いた 6 樹種の枯葉を対象とした。葉を溪流水とともに瓶に封入し、7 日後の N と P の減少量を求め、各樹種の溶脱量を推定した。

3. 結果

①野外実験 実験 1：レンガ上のクロロフィル a 量には処理間で差が検出され、フサザクラ区は対照の 3 倍であった。実験 2：ハンノキ緑葉区のレンガ上のクロロフィル a 量、グレイザーのコカゲロウ属個体数は、それぞれ対照の 45%、40%であり有意に小さかった。実験 3：シュレッダーの有無によるクロロフィル a 量、グレイザー個体数への影響は認められなかった。②溶脱実験 フサザクラの枯葉では、N、P の正味の減少が認められた。各樹種枯葉の N、P 減少量と、野外実験 1 におけるクロロフィル a 量には正の相関が認められた（N, $r_s = 0.89$; P, $r_s = 0.81$; ともに $P < 0.05$ ）。

4. 考察

森林溪流の瀬において、枯葉リターの堆積は、直下流の石礫に生育する藻類の生産を促進する効果を示す証拠が得られた。溶脱実験の結果から、野外実験区間の藻類は栄養塩制限を受けており、葉リターからの溶脱栄養塩によって生産が促進されたと考えられる。一方、ハンノキ緑葉の堆積は、藻類やグレイザーに負の影響を与えた。ハンノキ緑葉は、N、P 含有率が高いものの、フェノール含有率も高いことが知られており、溶脱したフェノールが藻類に負の影響を与えたと考えられる。シュレッダーの藻類の生長に対する影響は認められなかったが、様々なシュレッダー種と樹種の組み合わせを検討する必要がある。

照葉樹林の落葉と水生昆虫密度の季節変動

林裕美子*（てるはの森の会）、高木正博（宮崎大学）、程木義邦（慶応大学）、
大林夏湖（京都大学生態学研究センター）、上野薫（中部大学）、
寺井久慈（名古屋大学）、村上哲生（名古屋女子大学）

はじめに

河川上流部では、落ち葉などの外来性の有機物が食物網のエネルギー源となると考えられている。落葉広葉樹林では、こうした落ち葉は秋に供給されるのに対し、日本の西南部に分布する暖温帯性常緑広葉樹林（照葉樹林）では、落葉は春（5 月前後）にみられる。集水域の樹木の落葉時期が河川生態系におよぼす影響を見るために、照葉樹林と針葉樹林の比率が異なる溪流の環境要因を比較した。

調査地

九州中央部で太平洋に注ぐ大淀川水系の上流部（宮崎県綾町）で、集水域の照葉樹林率が 6%と 72%の隣接する溪流を選んで比較をおこなった。標高約 200m の調査地から標高 1180m の大森岳山頂までの急峻な斜面には、照葉樹自然林と針葉樹人工林がモザイク状に分布する。

方法

水温（毎時）と照度（15 分ごと）はデータロガー、流量（月 1 回）は川幅・深さ・流速から算出、栄養塩濃度（月 1 回）はオートアナライザー、底生生物密度とデトリタス量（月 1 回）はサーバーネットを用いた。観測は 2006 年 1 月から 2009 年 12 月までの期間におこなった。

結果

いずれの溪流も、水温は 6～20℃の変動を示し、一日の積算照度は 3 月から 5 月にかけて高くなり、流量は 6 月から 9 月にかけて増加した。栄養塩濃度は、溪流間で差はなく、季節変動もみられなかった。河床砂礫中のデトリタス量は、照葉樹林率 72%の溪流では 3 月から 5 月にかけて増加し、照葉樹林率 6%

の溪流では大きな季節変動はみられなかった。底生生物のうち、*Baetis* 属幼虫の密度はいずれの溪流でも季節変動を示さず、*Ecdyonurus* 属幼虫は照葉樹林率が低い溪流でのみ 12 月から 2 月にかけて密度が高くなり、*Chironomidae* 科幼虫は照葉樹林率が高い溪流でのみ 3 月から 5 月にかけて密度が高くなるという季節変動を示した（図 1）。

考察

照葉樹林率が高い溪流では、春の落葉時期に河床砂礫中のデトリタス量が増加し、それを利用する *Chironomidae* 科幼虫の密度が高くなると考えられる。摂食機能群で剥ぎ取り食者に分類される *Ecdyonurus* 属の底生密度が、照葉樹林率の低い溪流で高くなるのは、餌となる礫表面の藻類の増加が考えられたが、溪流水面上で測定した照度は、照葉樹林率の低い溪流で 12 月から 2 月に際立って高くなる傾向はみられなかったので、集水域植生以外の要因が関与していると思われる。

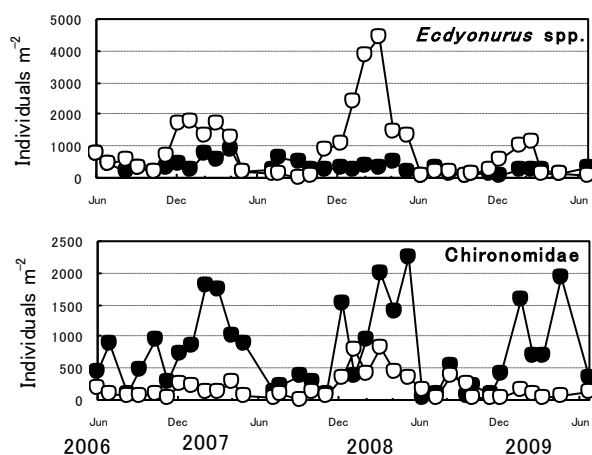


図 1. タニガワカゲロウ属とユスリカ科幼虫の底生密度の季節変動。●：照葉樹林率 72%の溪流、○：照葉樹林率 6%の溪流

溪流性底生動物グレイザーの二次生産に対する藻類とデトリタスの相対的貢献度の季節変化

*田村繁明, 加賀谷隆 (東大院・農学生命)

1. はじめに

森林溪流の食物網において、藻類とデトリタスのいずれを基礎とするエネルギー流が重要かについては、長く議論されている。石面付着物は、グレイザーと呼ばれる底生動物によって摂食されるが、藻類とともにデトリタスを含むため、グレイザーへのエネルギー流にはそれら2つに由来するものが存在する。温帯の落葉広葉樹林の溪流では、グレイザーの二次生産に対する藻類の相対的貢献度は、デトリタスが増加する秋から冬に小さく、水温上昇とともに春から夏に増加するというモデル (Mihuc, 1997) が示されている。このモデルにしたがえば、一般にグレイザーの二次生産がピークとなる春は比較的藻類の貢献度が高く、年間総エネルギー流は藻類由来のものが卓越すると予測される。炭素安定同位体比分析に基づく研究では、一般にグレイザーに対する藻類の貢献度を80%前後と推定している。しかしこれらの推定には、グレイザー体組織における同位体の回転時間に関する仮定の妥当性に問題がある。

本研究は、森林溪流のグレイザーについて、二次生産の季節変化を推定し、二次生産に対する藻類貢献度を消化管内容物分析によって評価することで、石面付着物からグレイザーへのエネルギー流における藻類の重要性の季節変化を明らかにすることを目的とする。

2. 材料と方法

多摩川水系の二次河川の瀬において、2~8週間隔でグレイザーの採集を行い、各種の二次生産の季節変化を瞬間成長速度法によって推定した。消化管内容物分析により藻類、植物片デトリタス、不定形デトリタスの各面積割合を求め、既往文献より得た各餌資源の同化効率と純生産効率を乗じた値を食物資源間で比較することで、各調査間隔における二

次生産に対する相対的貢献度を推定した。

3. 結果

グレイザー全体の日生産量は、春に最大で秋に最小となる一山型の季節変化を示した。グレイザーの二次生産に対する藻類の貢献度は夏と冬に大きく、初秋と春に小さい二山型の季節変化を示した。春(3~5月)の藻類の貢献度は50%程度であった。また、植物片デトリタスの貢献度は晩秋にピークをもつ一山型、不定形デトリタスの貢献度は晩秋と春にピークをもつ二山型の季節変化を示した。グレイザー全体の年間生産量は $294 \text{ mg DW} \cdot \text{m}^{-2}$ 、それに対する藻類の貢献度は62%と推定された。

各種の年生産量に対する藻類貢献度は41~78%の範囲を示した。藻類貢献度の種間変異は、分類学的近縁性では説明できず、各種のフェノロジーと対応していた。

4. 考察

本研究では、グレイザーの二次生産がピークとなる春に藻類の貢献度は低下し、不定形デトリタスの貢献度が増加した。不定形デトリタスは、主に石面付着物中の細菌類によるリター由来の溶存炭素の取り込みによって生成されと考えられている。冬から春の温度上昇は、藻類生産のみならず細菌類の活性も高めるため、グレイザーの生産が高まる春にはデトリタスの重要性も無視できないと考えられる。一方、秋から冬にかけてのデトリタスの貢献度の増加は観察されなかった。また、藻類貢献度の種間変異は、石面付着物の構成物の季節性によって生じることが示唆された。

多摩川の瀬における物理条件と付着藻類の剥離の関係

*岡田久子（明治大学研究知財戦略機構）・倉本宣（明治大学農学部）

1. はじめに

光の届きやすい瀬はさまざまなサイズの礫で構成され、その河床上には多様な付着藻類が生育する。これらの藻類によって一次生産された有機物の一部は水生昆虫の幼虫や藻食性魚類などの一次消費者に摂食されるが、多くの部分は遅かれ早かれ水の流れにより剥離し、流水中の懸濁有機物質として下流へ流送され、汚濁負荷として作用する。瀬における河床礫上の付着藻類について、その物理環境と流水による剥離の関係を明らかにすることを本研究の目的とした。

2. 材料と方法

リーチスケールにある平瀬（平均流速 26.6cm/s、平均水深 31.9cm）と早瀬（平均流速 66.5cm/s、平均水深 19.4cm）の河床にある石について、出水のインパクトを人工的に与える剥離実験を実施し、比較した。

（インパクト：河床にある約 10cm 径の石をそれぞれ 10 ヶ取り出し、石を流速の速い場所（流速が約 100cm/s・水深約 10cm）へ移動させ 20 分間設置させる）

- ① 石の移動前後に、剥離操作前と剥離捜査後の付着物を金ブラシで採取した。
- ② 採取した付着物は冷暗状態で持ち帰り一部を直ちにろ過して河床付着物を、付着藻類量（クロロフィル）・有機物量（強熱減量）・無機物量（乾燥重量から強熱減量を減じた量）に分けて処理した。細粒土砂堆積量として無機物量を使用した。

- ③ 藻類の剥離率（TE）は以下の式で示した。

$$TE(\%) = (\text{preCHL.A} - \text{postCHL.A}) / \text{preCHL.A} * 100$$

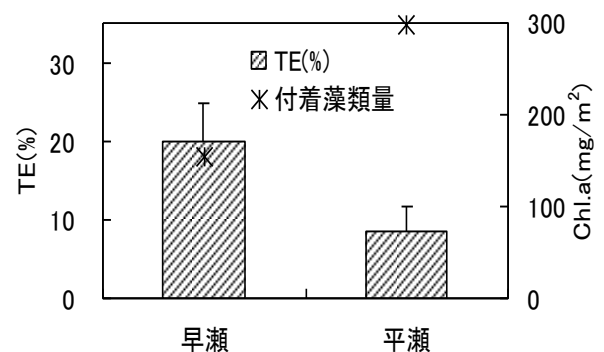
（preCHL.A と postCHL.A は速い流れへの移動前後の河床材料表面での単位面積当たりの Chl. a）

- ④ 付着物中の種組成は顕微鏡観察により、細胞

数を計数した。

3. 結果

付着藻類量は平瀬で顕著に大きい（ $p < 0.001$ ）にも関わらず、付着藻類の剥離率は有意な差はなかった（ $p = 0.291$ ）。『藻類量が大きいほど剥離率も大きい』といわれていることに合致しなかった。



平瀬に比べ早瀬で糸状藻の種組成割合が大きかった。特に、早瀬では大型の糸状緑藻が全体の約 30% を占めていた。このことから、早瀬の付着構造は大型の糸状藻を含む 3 次元構造であったといえる。一方、平瀬では単細胞性藻類が約 50% を占め、残りは小型の糸状藍藻であった。

4. 考察

平瀬では単細胞藻類が多く、藻類量が多いにもかかわらず剥離率に有意な差はなかった。単細胞性藻類は細胞ごとに粘性物質をだして層状に付着することにより、平瀬では密着性が高くなって剥離しにくくなっている可能性が考えられた。一方、早瀬で見られた *Ulothrix* などの糸状緑藻は肉眼で確認できる程度に大きく生育し、藻体を水の流れによってたなびかせる。早瀬では糸状緑藻の割合が大きいため、付着構造の密着性が低くなって剥離しやすい可能性が示唆された。

島根県高津川における水質と汚濁負荷の関係

*中島結衣、小山維尊、佐藤紗知子、野尻由香里、
宮廻隆洋、神谷宏（島根県保健環境科学研究所）

1. はじめに

高津川は島根県鹿足郡吉賀町田野原に源流地点があり、津和野町、益田市を経由して日本海に注ぐ幹川流路延長 81 km、流域面積 109 km²、流域人口 38,600 人の支流も含めてダムのない国内唯一の一級河川である。源流は河川争奪の影響で南接する錦川水系に谷を奪われて平坦な地形となっている。

本川は平成 18, 19, 22 年度の国交省の調査において水質日本一となった。現在水質は良好であると考えられるが、その水質は BOD で評価されており、その他の理化学検査は全窒素・全リンが測られているのみである。そのため水質の実態把握は不十分であり、今後も水質日本一を維持するためには汚濁負荷と水質の関係を明らかにする必要がある。

2. 方法

平成 22 年 4 月から平成 24 年 3 月までの 2 年間、月 1 回ずつ 12 地点（流入量の多い津和野川と匹見川の源流・下流、高津川本川においては各市町村の下流と主な河川の流入前後と下流）でバケツを用いて表層水を採取し分析を行った。白上川については平成 23 年 7 月から平成 24 年 3 月までの 9 ヶ月間採水を行った。採水地点は生活排水の影響を把握するため旧市町村の下流、また支川として流入量の多い匹見川の源流と下流及び津和野川の源流と下流も採水した。分析項目は pH, EC, BOD, COD, TN, DN, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, TP, DP, PO₄-P, TOC である。分析方法は JIS に示された常法を用いた。

3. 結果

国交省の水質ランキングでは河川の複数の調査地点の BOD の各地点の平均値の平均で評価されている。高津川においては 4 つの調査地点のうち下流側 2 地点における BOD が 0.5mg/l を下回らないことが問題となっている。

当初は生活排水による負荷量の増加により下流ほど汚濁が進んでいると思われたがそのような傾向はなかった。流入量の多い津和野川による若干の上昇はあるもののほとんどの調査で合流以降の BOD も

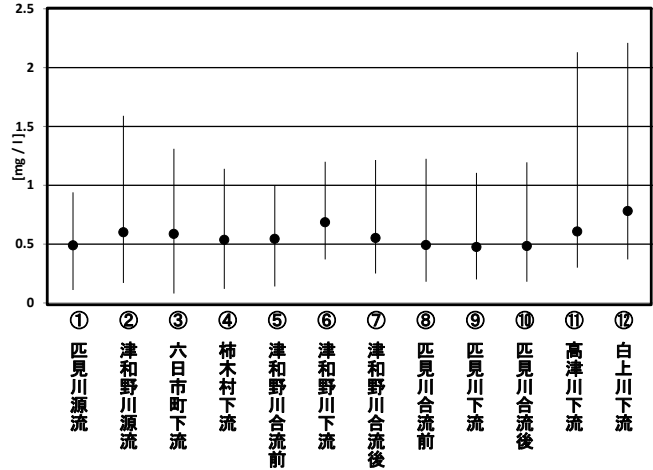


Fig.1 BOD の測定結果(H22.4～H24.3)

0.5mg/l を下回っていた。しかしながら、比較的流入量の少ない白上川合流以降の地点(⑪高津川下流)では高めの BOD を示していた(Fig.1)。

各測定結果(TN, TP, COD, TOC)からも同様に匹見川合流後から高津川下流までの間で負荷の流入があることが示唆された。

そこで上流から下流までの白上川とその流入河川と匹見川合流後から高津川下流までの間に流入している角井川について追加調査を行った。その時の BOD の結果から比較的高い値が各地点見られ、下流だけでなく白上川・角井川流域全体での水質を改善する必要があると考える。

4. まとめ

津和野川の流入により各項目において上昇がみられたが、国交省の上流側の 2 つの調査地点に影響を与えるほどではなかった。高津川の水質を今後も維持していくためには、上流側 2 地点においては今後も負荷量が増加する懸念は小さいことから国交省の下流側の 2 つの調査地点の直前に流入する白上川と角井川の水質を改善していく必要がある。

具体的な方法としては農業集落排水処理施設（可能であれば高度処理のできるもの）が必要であると考える。

高知県物部川の大規模山腹崩壊に伴う 濁質の流出特性の変化

*和 吾郎・藤田 真二・東 健作・平賀 洋之（榊西日本科学技術研究所）

1. はじめに

河川の濁りは付着藻類の生育を阻害し、それを餌料とする水産重要種のアユの育成にも影響を及ぼし得る。高知県が公表している県下河川の水質測定結果によると、物部川は相対的に SS が高い特徴が見られる。そこで物部川の濁りの実態を把握するため、物部川とその比較対象とした四万十川で 2001 年より濁度観測を開始した。観測継続中の 2004 年と 2005 年に、物部川では台風通過に伴う降雨により上流域で大規模な山腹崩壊が生じ、高濁水発生やその長期化が社会的に注目された。近年、本邦各地で集中豪雨による山腹崩壊が発生しており、今後、その濁質の流出が水生生物に影響を及ぼすことが懸念される。本報告では 2001～2011 年までの濁度の長期観測の結果をもとに、物部川の山腹崩壊に伴う濁質の流出特性の変化を明らかにすることを目的とした。

2. 材料と方法

物部川及び四万十川下流部の国土交通省による流量観測所付近で採水し（図 1）、積分球式法により濁度を測定した。測定期間は 2001 年 1 月～2011 年 12 月であり、各年の検体数は物部川が 363～366 日（11 ヶ年で欠測 2 日）、四万十川が 243～314 日（概ね毎月 20 日以上）の測定）である。

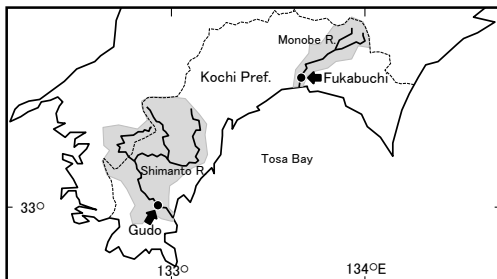


図 1. 物部川と四万十川の濁度観測地点（●）。

3. 結果と考察

濁度の年平均は物部川が 2.1～21.0 度、四万十川が 1.5～7.0 度の範囲にあり、各年とも物部川が高濃度で、特に山腹崩壊発生年とその翌年（2004～2006 年）

の年平均が濁度 10 度以上で相対的に高かった。

物部川の各年の濁度と採水時比流量との関係性（C-Q 関係式の傾き）は、四万十川のそれに比べて大きく変化する特徴を示し、2004～2007 年では流量増加に対する濁度の上昇が崩壊前の 2001～2003 年に比べて大きい特徴を示した。それ以降の物部川では、流量増加時の濁度上昇は抑制する傾向を示しつつも、崩壊前の状態までは回復しなかった。

採水時比流量と濁度から各年の年間濁質（カオリンとして）負荷量を L-Q 関係式により推定した（図 2）。物部川と四万十川とを比較すると、2004～2006 年の 3 ヶ年では物部川が明瞭に多く、2005～2006 年は四万十川の 4 倍と見積もられた。直近の 2010～2011 年の物部川では、2006 年に比べて年降水量は多かったものの、濁質負荷量は少ないと推定された。

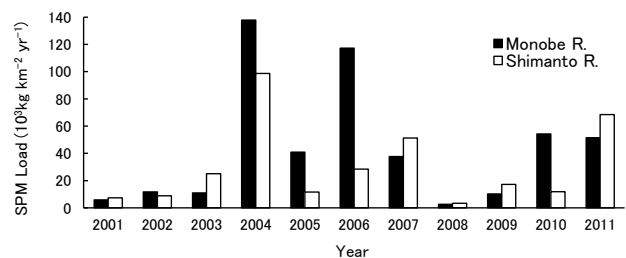


図 2. 物部川と四万十川の年間濁質負荷量。
SPM：カオリンとしての浮遊性懸濁物質

既往文献よりアユの育成不良が懸念される濁度水準を 10 度と想定し、アユ河川定着期間（6～9 月）における濁度 10 度以上の日数を計数した（欠測日の濁度は C-Q 式と比流量から推定し補間）。四万十川では 2004 年の 21 日（対象期間の 17%）が最多で、物部川はそれ以上の年が 2004 年以降に 6 ヶ年あり、特に 2006 年は 70 日（57%）に及んだ。物部川では 2010 年、2011 年もそれぞれ 41 日、54 日を観測し、同年の四万十川（3 日、15 日）との差異が見られた。

以上より、物部川では山腹崩壊によって高濁水が発生し易い状況に変化し、近年ではそれが緩和される状況を示しつつも、アユへの影響が懸念される水準の濁水は、依然、高頻度で生じている状況にある。

わが国の河川水中溶存鉄の濃度分布とその地理的要因

*正木篤（東京農工大学大学院、農学府）、白岩孝行（北海道大学）、大西健夫（岐阜大学）
木庭啓介（東京農工大学）、楊宗興（東京農工大学）

1、はじめに

鉄(Fe)は生物にとって必須元素であり、一部の海域では鉄の不足により植物プランクトンの一次生産が制限されている(Martin et al. 1989)。陸域環境からの河川を介した溶存鉄の供給は、沿岸域の生物生産にとって重要と考えられるがその供給プロセスは未解明の点が多い。鉄は腐植物質と錯体形成し、腐植酸鉄の形態で多く存在するため、森林域は溶存鉄の供給源となるという説もあるが、これは十分に検証されていない。本研究の目的は、河川の溶存鉄濃度と、それを決定する地理的要因を解明することにある。このため、既存データと実地調査によって全国の河川の溶存鉄濃度レベルを明らかにし、流域の GIS 解析を行った。

2、材料と方法

【全国の河川水質データベースを用いた解析】

「日本の河川水中元素濃度分布図」(放射線医学総合研究所)に示されているデータに基づき、全国全 45 河川の溶存鉄濃度の地理的分布を明らかにした。なお、本研究は各河川複数箇所あるデータの内、最下流地点のデータを解析材料として用いた。

【実地調査】

本研究独自の調査を北海道・東海・北陸地方の河川について行った。北海道の河川では、上流から下流にかけて複数の箇所で、北陸・東海地方の河川では下流部のみで河川水を採取した。試水は孔径 0.45 μ m の GF/F を用いて現地

でろ過した。溶存鉄濃度の測定は ICP-AES (Thermo-Fisher iCAP6000)を用いた

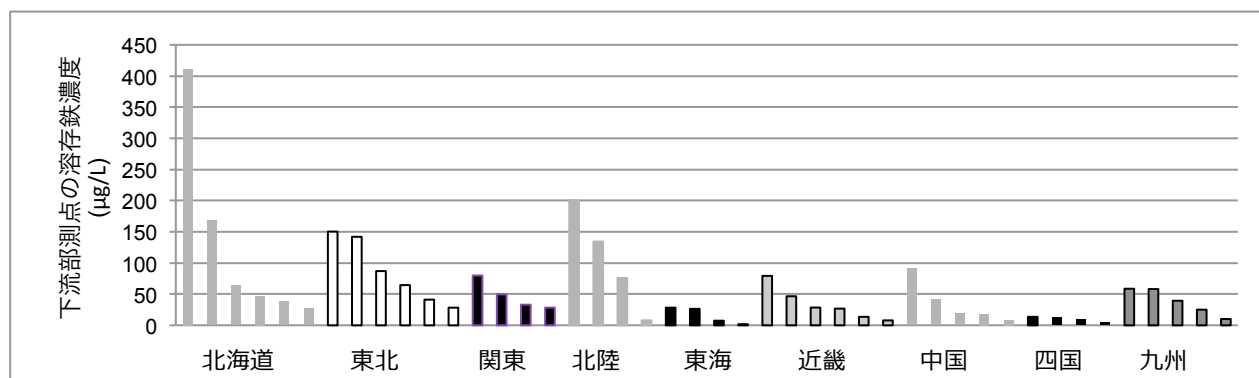
【GIS 解析】

Arc GISTM9.3.1.(ESRI 社監修)を用いて、流域ごとの土地利用形態(森林を含む)の組成や流域の傾斜度を求めた。

3、結果と考察

以下に挙げる点が明らかになった。

- ①全国データの解析結果から、各河川の下流部の測点の濃度で比較した場合、その最大値(石狩川：412 μ g/L)と最小値(安倍川：1.8 μ g/L)の間に 2 桁もの開きがあった。(下図) 河川により溶存鉄の濃度の値が大きく異なることがわかった。地域間でも濃度の差が見られ、北海道、北陸、東北地方では、濃度レベルが高い河川が多くみられたのに対し、東海、四国地方の河川はいずれも濃度レベルが低かった。
- ②全国の多くの河川で上流から下流に向かって溶存鉄濃度が上昇していく傾向を示し、下流域が溶存鉄の供給源として重要であった
- ③地理的要因に関する解析の結果、流域中の森林域が占める面積の割合と河川水中の溶存鉄濃度の相関は弱かった。一方で、流域中の傾斜の小さい土地が占める割合が大きくなるにしたがって、河川水中の溶存鉄濃度が高くなることが分かった。したがって土地の傾斜の緩やかさが溶存鉄の濃度を決める重要な要因であることが明らかになった。



図、全国 45 調査河川の下流部測点の溶存鉄濃度
(「日本の河川水中元素濃度分布図」(放射線医学総合研究所)にもとづく)

桂川・宇治川・木津川の合流に伴う淀川本川の農薬濃度変化

川村裕紀（摂南大・大学院），海老瀬潜一（摂南大・理工），藤田 満胤（摂南大・理工）

1. はじめに

淀川は近畿地方の主要な水道水源であり、約1,200万人が淀川水系の水を浄化し飲用している。近年の微量汚染化学物質の研究では、医薬品等に熱い視線が注がれている感があるが、依然として農薬の流出は続いている。本研究では、淀川水系の上流側の三河川（桂川・宇治川・木津川）と、三河川合流後の淀川本川で同日調査を実施し、合流および流下に伴う農薬濃度の変化実態を明らかにする。

2. 調査概要

桂川、宇治川、木津川の三河川の合流直前で、2011年4月23日～11月22日に3日に1度定時に72回の調査と、三河川合流後の濃度変化を捉える目的で、下流側の淀川の淀川新橋で、同年4月26日～12月10日の6日に1度定時に39回の調査を行った。なお三河川の調査と淀川での調査日は同日になるように設定した。調査地点は桂川（宮前端）、宇治川（御幸橋）、木津川（御幸橋）と、淀川は三河川合流後13.9km下流の淀川新橋であった。調査地点の位置関係図を図-1に示す。2011年の調査期間中の降水量と各河川の流量状況を表-1に示す。2011年は、降水量が多く、流量も平年より多く豊水年であった。なお、調査期間中の降水量は、気象庁気象統計情報より、流量データは国土交通省より提供を受けた。

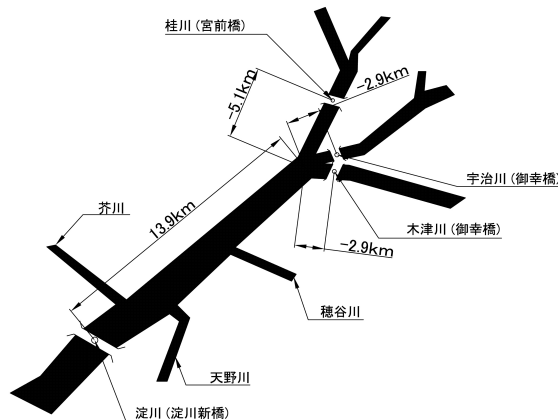


図-1 調査地点位置関係図

表-1 2011年各河川流量と降水量

観測場所 (降水量測定点)	調査回数(回)	調査期間中 降水量(mm)	平均流量(m ³ /s)	最大流量(m ³ /s)
桂川(京北)	72	1502.0	41.5	291.0
宇治川(大津)		1488.0	222.2	861.5
木津川(上野)		1443.0	66.8	615.0
淀川	39	—	437.3	2195.4

3. 調査結果

長期間かつ高濃度で検出されたプロモプチドの三河川の濃度変化を図-2に、淀川の変化を図-3に示す。

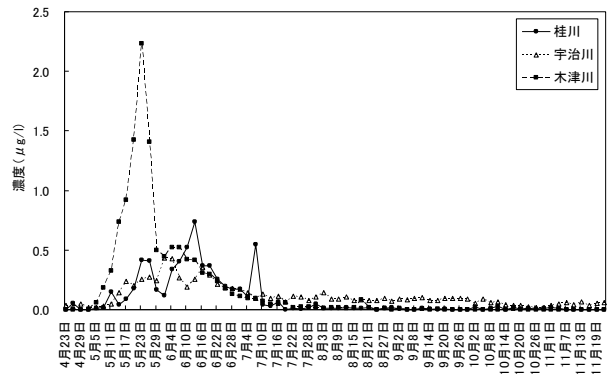


図-2 三河川の濃度変化

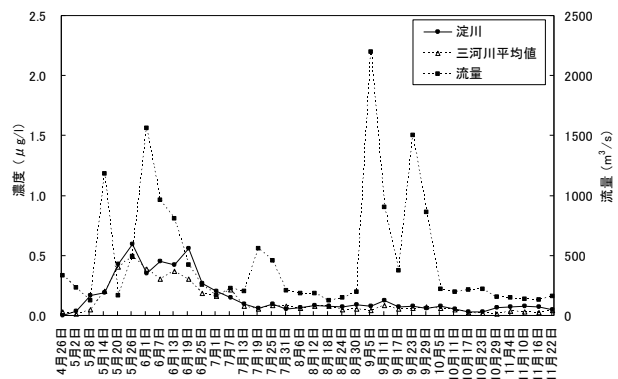


図-3 淀川の濃度変化

図-2の三河川のプロモプチドの濃度変化は、5月上旬～7月上旬に高濃度での流出が確認された。また低濃度ながら長期にわたり流出していることも確認できた。図-3に示した淀川の濃度変化は、前述の同時期に高濃度での流出となり、淀川でも低濃度ながら長期間の流出が明らかとなった。

4. まとめ

三河川調査では、河川ごとに異なる流出特性が見られ、木津川で最高2.3μg/lの高濃度流出が見られた。合流後の淀川では、合流ならびに流下過程で濃度が平均化され、最高濃度でも0.5μg/l程度であった。このように、三河川が合流し流下するうちに、濃度が平均化される状況が確認できた。また、その他の農薬でも、検出回数が多いものは、三河川が合流後平均化される傾向が強く、逆に低濃度で検出回数が少ない農薬は、合流することで検出限界を下回る傾向にあった。流下過程における濃度変化では、淀川（横断方向3地点）と三河川の平均濃度はほぼ同程度であり、流下過程で濃度に著しい変化が見られるようなことはなかった。

湿地生態系の環境放射性物質汚染

*野原 精一（国立環境研究所）

1. はじめに

福島原発事故に伴って放出された放射性物質の高濃度汚染地域の上流から河口域における森林・河川・湖沼・湿地等の放射性物質（特に ^{137}Cs 、 ^{134}Cs ）の汚染実態の把握、環境動態の解明を行い、湖沼・ダム堆積物による過去の放射性物質の履歴評価、河川植生や土地利用の違いによる汚染の評価、流域生態系での低減予測に資する研究を行った。高濃度汚染地域、低濃度汚染地域、非汚染地域での時空間的なモニタリング計測技術を確立し、各流域生態系における放射性物質の詳細なモニタリングを目指す。長期的な放射性汚染がもたらされる経路として、「大気放出一地表沈着一河川流出」の経路が考えられる。一般に河川における放射性核種の移行量の把握については、大きく2つの研究手法が考えられる。1) 移流拡散方程式を用いる手法、2) 流域を1つの応答系と見なす手法である。ここでは流域を1つの応答系と見なした。

2. 方法

1) 水生植物 ライントランゼクト上に設けた5地点で、50cmの方形区を設けその中のヨシの草高測定後、全ての植物を採集しヨシ、スゲ、その他、枯死体に分け、それぞれ紙袋に入れ80℃で熱風乾燥して重量を測定した。種類毎に450℃で灰化して放射能分析の試料とした。

2) 湿地底質コア カッターで根を切りながらアクリルコアサンプラー（直径5cm）を湿地に挿入してコアを採取し、深度2cm毎に切り分けて底質サンプルとして80℃で乾燥、灰化して、放射能分析の試料とした。

3) 土壌・底質環境中の放射性Csの分析

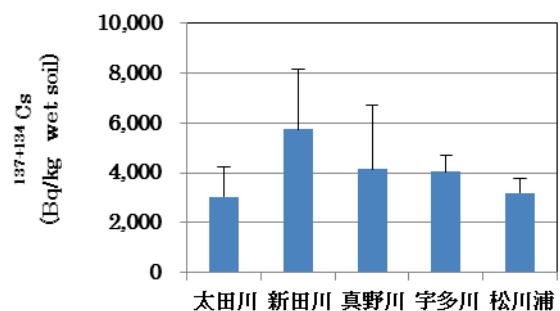
底質の放射性Csの定量には、パンケーキ型GM管汚染サーベイメータ（RadEye 放射能測定キット、ポニー工業株式会社製）を簡易法として用いた。GM管使用の検出器で、バッテリー電源のみの野外条件下で測定でき、鉛シールドして検出限界が300Bq/L以下、試料容量は200ml未満で、バツ

クグラウンドを自動補正し、試料に応じた換算係数で校正できる、60秒間でI-131、Cs-137+Cs-134が計測できる。後日ゲルマニウム検出器で比較・校正を行った。

3. 結果と考察

調査した4河川の中では、新田川におけるCsの蓄積量が最も高く、発電所から離れるにしたがって真野川、宇多川の順に下がっている。松川浦について、干潟の底質におけるCs蓄積量（図）を示した。宇多川河口域における砂干潟においては、放射性Csの蓄積が比較的低いが、泥干潟の地点においては非常に高い濃度の放射性Csの蓄積がみられた。このことから、河口直下においてよりも波の静かな干潟の奥に放射性Csの蓄積が高くなることが明らかになった。

調査した4河川の中では、新田川におけるCsの蓄積量が最も高く、発電所から離れるにしたがって真野川、宇多川の順に下がっている。20km圏の直ぐ北に位置する太田川は比較的流域面積がさく、そのため比較的上流からの移行による蓄積量はやや低くなっている。湿地場所によるCsの蓄積量に空間的な違いが大きい。河川流域の河道内湿地における蓄積量の総量は空間的なばらつきを伴う事を考慮して流域全体の蓄積量を推定する必要がある。



河口域裸地におけるCs蓄積量（2012年3月）

釧路湿原における土壌間隙水の水質特性

*千賀 有希子, 大沢 雄一郎 (東邦大・理), 照井 滋晴 (NPO・PEG)
対馬 孝治 (日本大・生物資源) 白木 洋平 (立正大学・地球環境)
広木 幹也, 野原 精一 (国環研)

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, 土地利用の変化や水路化に伴う土砂や栄養塩の流入, 乾燥化, または植生の変化などの人為的な攪乱が無視できない状況となっており (Nakamura et al. 1997, 2002, 2004), これに伴って湿原内の物質の動態が大きく変化していると考えられる。今後これらの攪乱による湿原の富栄養化や酸性化, あるいは希少植物の絶滅などが懸念されていることから, 湿原内における物質の動態をモニタリングしていくことは重要である。

湿原土壌は一般的に未分解の有機物が厚く堆積しており, その地下水位は高く, 水の動きは複雑である。そのため湿原内の物質の動態は, 土壌表層だけでなく土壌深層を含めて考える必要があるが, その知見は不足している (Senga et al. 2011)。そこで本研究では, まず約 2m の湿原の間隙水を深度を追って回収し, 各間隙水中のさまざまなイオン種や溶存有機物, 栄養塩を測定し, それらの動態を考察した。

2. 方法

間隙水の採取は, 2011 年夏期 (8 月) と秋期 (10 月) に釧路湿原赤沼周辺の St. A1 および堤防付近の St. A2 において間隙水採取器 (DIK-300B, DIK-8392, Daiki) を用いて行った。2 地点とも土壌深度約 0, 20, 50, 100, 150, 200cm の間隙水を回収し, 実験室に冷凍して持ち帰った。

間隙水中に含まれる Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, La, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, S, Sc, Se, Si, Sr, Ti, V, Y, Zn, Na, K 濃度については誘導結合プラズマ発光分光分析装置 ICP-AES (ICAP-750, Nippon Jarrell-Ash) で分析を行った。また, NH_4^+ ,

NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} 濃度は比色法で測定した。さらに, 溶存態有機炭素 (DOC) 濃度の測定は TOC 計 (TOC-2300, HIRANUMA) で, 溶存有機物の成分解析は水中溶存有機物蛍光測定装置 (aqualog, HORIBA) で行った。

これらの分析値の統計解析は, 統計ソフト R (2.14.2 ver.) を用いて行った。

3. 結果と考察

ICP-AES による測定により, Al, Ca, Fe, Mg, Mn, S, Si, Sr, Zn, Na 濃度において興味深い値が得られた。St. A1 における Ca, Fe, Mg, Mn, S, Si, Sr, Na 濃度は深度に伴って増加する傾向を示した。一方, St. A2 では, Ca, Fe, Mg, Mn, Sr 濃度が深度に伴って減少する傾向を示した。その他, Al, Zn 濃度は, 両地点ともある深度までは濃度が増加するがそれ以降減少する傾向が観られた。いずれの物質も表層と深層では動態が異なっていた。また, これらの物質の鉛直プロファイルは, 夏期と秋期で顕著な変化はなかった。これらの物質の挙動は湿原内の水の移動や人工的につくられた堤防が大きく影響していると考えられた。

DOC 濃度は, 夏期については両地点とも深度に伴って増加する傾向が観られた。一方で冬期の DOC 濃度は, 深度に伴う大きな変化は観られなかった。夏期は気温の増加により湿原土壌表層の微生物活性が活発化し溶存態有機物質が盛んに分解されるのに対して, 冬期は気温が低下し微生物の活動は抑制され溶存態有機物質が分解されず土壌中に蓄積するものと考えられた。

蛍光分析による溶存態有機物質の成分解析の結果より, 両地点とも深度に伴って成分が異なることが示唆された。

栄養塩濃度と, 各物質の相互的な動態については現在解析中である。

広島太田川干潟における地下水及び湧水の水質について

*清家 泰・鮎川和泰・管原庄吾・三上育英・奥村 稔（島根大院・総合理工）

1. はじめに

広島県太田川放水路は、治水を目的に 1940 年より約 40 年かけて造成された全長約 9 km の人工的な河川であるが、洪水時以外は緩やかに流れ、広島湾の潮位変動に伴い海水が遡上する感潮河川である。その両岸には泥干潟、砂泥干潟及び砂干潟が形成されており、河口からの距離により塩分差があるため、多様な生態系を有している。

太田川放水路干潟の、特に石積み護岸によって作られた高水敷に発達したタイドプールを有する低水路に形成された干潟（低水路干潟）では、継続的に地下水を供給する機構が形成されており（Fig. 1）、低水路干潟における高水敷方向からの地下水流は、干潟地盤の地下水位の保持のみならず、水質浄化にも寄与している可能性がある。

そこで、地下水及び湧水の水質調査を行い検討した。

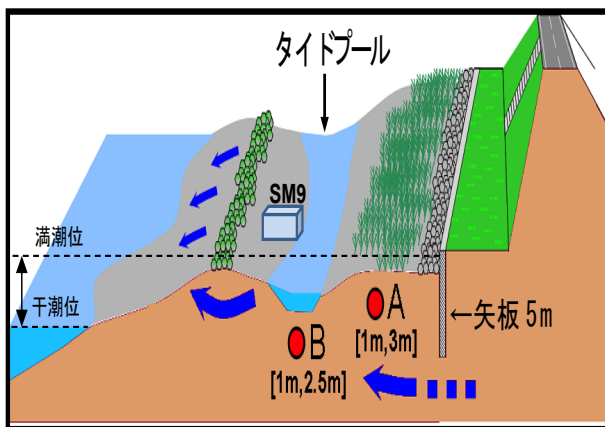


Fig.1 タイドプールのイメージ図

2. 方法

太田川放水路 1.8 K 地点（タイドプール存在）を中心に調査を行った。地下水は、陸域（A）とタイドプール内（B）の井戸からそれぞれ採取し（Fig. 1 参照）、湧水はシーページメーターを用いて採取した。

3. 結果と考察

(1) 地下水の栄養塩に関する結果概要

1.8 K 陸域の地下水の栄養塩は硝酸態窒素の占める割合が高かった。これは、D0 濃度が高いことから、活発な硝化によることを示唆する。

一方、タイドプール内では、アンモニア態窒素の占める割合が高い傾向を示したが、濃度としては、0.1~0.3 mgN/L 程度と低かった。陸域の硝酸態窒素を多く含む地下水がタイドプール内に湧出する過程で脱窒による窒素除去機能が働いていることを示唆する。

(2) 湧水に関する結果概要

湧水量は、全般に上潮時よりも下潮時に多い傾向を示した。特に 1.8K タイドプール内の湧出量は、56 L/m²/h（最大値）で最も高かった。一方、湧水中の栄養塩濃度は低い傾向を示した。

(3) タイドプール内の直上水・湧水の D0 の概要

タイドプール内（1.8 K）直上水の D0 は、夜間減少し、日中増加するという明瞭な日周変動を示した。加えて、水位低下時に高濃度 D0 を示した。これは、付着藻類の光合成による寄与を示唆する。

また下潮時に、湧水の D0 濃度が上昇する興味深い現象を見出した。これは、陸域の高い D0 を含む地下水が、タイドプール内に湧出していることを示すものであり、特筆に値する。また、下潮時の増加傾向は特に日中に顕著であった。

(4) 脱窒に関する結果概要

タイドプール内の脱窒活性は、28 mgN/m²/day（8 月）及び 7.6 mgN/m²/day（10 月）であり、全 10 地点の平均値（8 月：7.5 mgN/m²/day, 10 月：9.9 mgN/m²/day）と比べると、10 月は平均値程度であったが、8 月は平均値の 4 倍程度高かった。活発な脱窒反応が起こっていることを裏付ける結果である。

全般に、脱窒活性と PC（懸濁態炭素）の間に良好な正の相関が認められた。本水域の脱窒活性が有機物濃度に依存していることを示唆する。

年代解析を併用した地下水の硝酸塩汚染の解析

*戸田任重（信州大・理/山岳科学総研），浅井和由（地球科学研究所）

宮原裕一（信州大・山岳科学総研）

1. はじめに

農耕地周辺を中心に、国内各地で地下水の硝酸塩汚染がみられる。汚染源の解析には、硝酸塩の窒素同位体比解析が有効な手段になっている。一方、地下水は河川や湖沼等の地表水に比べて、その滞留時間が長く、現在の地下水の汚染源解析を行っても、それがいつの時代に起きたものかを特定することは困難であった。また、今後の汚染状況を予測するためにも地下水の年代解析が切望されていた。今回の調査では、窒素同位体比解析に加えて、人工不活性ガスを利用した地下水の年代解析を行った。

2. 方法

2011年8月に、長野県南部豊丘村において、水道水源井戸4本、観測井戸2本、個人井戸4本で採水した。硝酸塩の窒素同位体比は、濃縮・凍結乾燥後、元素分析計を直結した質量分析計（Thermo Fisher Scientific: Delta V Advantage）で計測した。各窒素源の寄与率の算定には、中西ら(1995)の算定方法を用いた。窒素同位体比には、現地での実測値に基づいて（齊藤、2007）、化学肥料： $-0.6 \pm 0.8\text{‰}$ 、畜産堆肥： $+17.2 \pm 4.2\text{‰}$ 、非汚染土壌： $+0.4\text{‰}$ （ 0.2 mgN ）を適用した。豊丘村では、生活排水や下水等の地下水への流入は極めて小さい。

人工不活性ガス（CFCs と SF_6 ）は、試水 40ml を用いて、純窒素によるページ、冷却トラップ捕集後、ECD 付きガスクロマトグラフ（Shimadzu GC-8A）

で測定した。トリチウム（ ^3H ）は、試水を蒸留精製し、Fe-Ni 電極を用いた電気分解で濃縮後、液体シンチレーションカウンタ（Aloka model LB5）で β 線を計測した。

3. 結果

調査した井戸水の硝酸態窒素濃度は $3.2 \sim 17.7 \text{ mgN/L}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ は $2.7 \sim 7.5\text{‰}$ であり、汚染源として化学肥料由来窒素が $51 \sim 79\%$ 、堆肥由来窒素が $18 \sim 45\%$ と推定された（表 1）。

井戸水の CFCs 濃度は、一部の井戸を除き、過去の大気濃度よりも数倍高く、地下水の涵養・流動過程で、大気以外の地域的な汚染が起きたことが示された。今回は、CFCs は地下水の年代解析には使えなかった。一方、井戸水の SF_6 濃度は $0.28 \sim 2.64 \text{ f mol/kg}$ で、概ね大気の溶解平衡濃度の範囲内であった。 SF_6 による年代解析では、地下水の滞留時間（2011 年現在）は $1 \sim 32$ 年間と推定された。水源井戸（4 本）および観測井戸（1 本）については、トリチウム（ ^3H ）も測定した。これらの井戸水の ^3H 濃度は $1.2 \sim 3.2 \text{ TU}$ であり、いずれの地下水も 1953 年の大気核実験開始以降の降水に由来していることを示し、 SF_6 による年代解析の妥当性を裏付けた。水道水源および観測井戸（いずれも 30m 以上の深井戸）の地下水の硝酸態窒素濃度は、滞留時間が 20 年弱（1993～94 年涵養）で極大を示した。

表 1 長野県南部豊丘村における地下水の硝酸態窒素濃度、窒素同位体比、 SF_6 、 ^3H 濃度

	$\text{NO}_3\text{-N}$ mg/L	$\delta^{15}\text{N}$ per mil	寄与率 (%)			SF_6 f mol/kg	涵養年代	滞留時間 年	^3H T.U.
			化学肥料	堆肥	土壌				
1 伴野新水源	6.9	2.7	78.7	18.4	2.9	0.90	1990	21	3.0
2 田村水源	3.2	7.0	51.5	42.1	6.3	1.65	2000	11	1.2
3 河野第 4 水源	4.0	6.9	53.2	41.9	4.9	2.18	2007	4	2.5
4 北村No. 4	14.0	4.3	70.9	27.6	1.4	1.25	1994	17	3.2
5 南市場No. 5	17.7	5.8	63.0	35.8	1.1	1.17	1993	18	
6 浄化センター	8.7	6.4	58.2	39.5	2.3	0.28	1979	32	2.9
7 個人井戸 (M)	17.7	6.3	60.3	38.5	1.1				
8 個人井戸 (K)	5.1	7.5	51.0	45.1	3.9	2.64	2010	1	
9 個人井戸 (SD)	4.4	6.5	55.6	39.9	4.5	1.07	1992	19	
10 個人井戸 (S)	11.9	6.0	61.5	36.9	1.7	2.52	2010	1	

陸水生態学における イメージングソーナーの有効性

*虻川和紀（東大 生産研），水野勝紀（東大 生産研），浦環（東大 生産研），浅田昭（東大 生産研）
嶋田哲郎（伊豆沼・内沼環境保全財団），藤本康文（伊豆沼・内沼環境保全財団）

1. はじめに

先に策定された「生物多様性国家戦略 2010」により様々な地域で生物多様性の保全に向けた取り組みが進展しつつあるが、試行錯誤の段階である。その要因の一つとして、現状を把握する科学的根拠に基づく評価指標や、対策のための基本的な知見・情報が圧倒的に不足している。

陸水における生態学調査は、古くから採取・捕獲などのサンプリングによる調査方法が基本である。しかし、一度サンプリングしてしまうと、同個体での生育過程を観察することが困難となる。また、湖沼で行う植生や仕掛けによる外来魚駆除対策等では、対策前後の変化は把握出来るが、対策中の状況を把握することが難しく、取得情報も少ない。発表者らは、陸水における生態学調査を効率的に進めるうえで潜在的な問題となっているのが、人間が直視できない水中での調査にあると考えている。そこで本発表では、これまでに発表者が行ってきたイメージングソーナーを用いた湖沼における *in situ* 調査の幾つかの例を挙げ、陸水生態調査におけるイメージングソーナーの有効性を検討する。

2. 材料と方法

発表者らはこれまでに、音響イメージングソーナーの有効性を評価するために高解像度音響ビデオカメラ DIDSON (Sound Metrics 社) を用いて水生生物の撮影を行ってきた。DIDSON は、1.8 MHz、1.1 MHz の 2 周波の超音波を用いて物体をイメージングするため、光学カメラでは撮影することが出来ない濁度の高い水中でも撮影対象物を捉えることが出来る。1.8 MHz では、最大レンジ 12 m、水平方向 29°の範囲が撮影可能で、画像

分解能は 5-20 mm/pixel である。大きさは 32.5 cm×22.4 cm×18.4 cm で、他のイメージングソーナーに比べ小型であり、湖沼でも容易に使用できる。

また、イメージングソーナーで取得したデータは、数値データとして蓄積・提供することが出来る。表 1.に調査手法と解析可能な項目を示す。

表 1. 調査手法と解析項目

調査手法	調査対象	解析項目
船上調査	水生植物	水生植物高・形状・分布・種別・出現量（図 1）
	湖底・川底	水深・湖底表面形状・底質分布
定点モニタリング	水生生物 (数 cm 以上)	行動・体長・出現数・移動速度

3. まとめ

以上の手法により、水中での生態系の変化を視覚的に捉えるとともに、細かな生態系の変化をモニタリング可能である。

発表者らは、イメージングソーナーを用いて水中内を視覚的に把握することで、新しい知見や情報を得ることができると考えている。今後、さらなる調査対象や解析手法を検討したい。

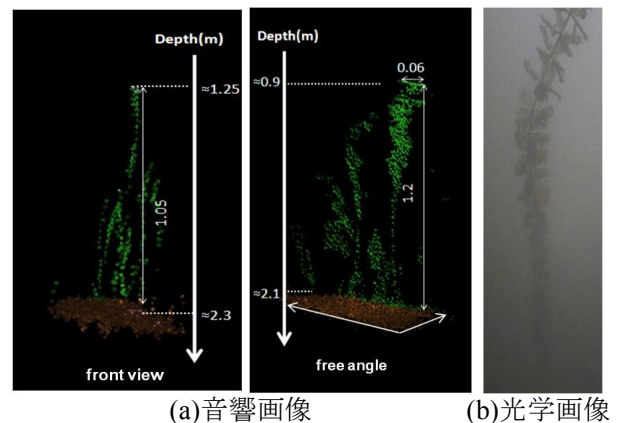


図 1. 撮影後 3 次元化した沈水植物

シングルセル PCR を用いた *Cryptomonas* 個体群の検出と動態追跡

*西野寛志（京大生態研）, 程木義邦（慶応大・経）,
高尾祥丈（福井県大・海洋）, 中野伸一（京大生態研）

1. はじめに

植物プランクトンの中には、独立栄養と従属栄養を併せ持つ混合栄養を行うものが存在する。混合栄養を行う植物プランクトンは、活発な光合成とバクテリア摂食を維持しながら、動物プランクトンの餌資源としても機能しており、水中の物質循環において重要な地位を占めている（Tittel et al. 2003）。

Cryptomonas 属は、温帯湖沼に広く分布し、季節を問わず確認され、主に昼間に活発な光合成と共に細菌摂食を行う（Urabe et al. 2000）。*Cryptomonas* 属は、複数の種から構成されているが、湖沼における各々の種の個体群動態はほとんど分かっていない。この理由は、本属の細胞は形態的特徴に乏しく、形態観察による種ごとの現存量測定が困難であることに起因する。近年、分子生物学的手法により、細胞形態を用いた識別が困難な生物に対して、遺伝子の塩基配列の違いによって同定を行うことが可能となってきた。本研究では、滋賀県内の淡水域における *Cryptomonas* 属の細胞密度、種組成、個体群細胞密度を調べ、さらにそれらがどのような環境条件によって決定されるか検討した。

2. 材料と方法

2012 年 5 月 28 日から週一回の頻度で、滋賀県草津市周辺の二つの湖沼（平湖と野上池）にて調査を行った。表層からバケツで採取した試水を実験室に持ち帰り、一つの試水当たり *Cryptomonas* を一細胞ずつ合計 48 細胞拾い上げた。各細胞から Chelex® (Bio-Rad) を用いて DNA を抽出し、*Cryptomonas* 属の DNA の ITS2 領域を増殖するためのプライマーを設計して、PCR を行った。PCR 産物をシーケンスにかけ、塩基配列のデータから種を特定した。*Cryptomonas* の細胞密度は、落射蛍光顕微鏡を用い、緑色励起光下、400 倍で計数して求めた。

上記で採取した試水を用いて、環境要因として水

温, pH, 濁度, 栄養塩濃度, クロロフィル *a* 濃度を測定した。また、*Cryptomonas* の餌資源として細菌の細胞密度、捕食者として動物プランクトンの個体密度をそれぞれ測定した。また、*Cryptomonas* の増殖が顕著な時期（6 月～7 月）に、上記 2 湖沼に加えて 17 湖沼を巡り、一回ずつ同様の調査を行った。

3. 結果と考察

調査を開始した 5 月 28 日には、平湖の水温は 24.8°C で pH は 8.7、野上池では水温が 25.0°C で pH が 7.99 であった。その後、それぞれの湖沼では、水温は上昇したが、pH は不規則に変動した。平湖における *Cryptomonas* の細胞密度は、6 月 4 日に最高値 ($4.4 \times 10^4 \text{ cell ml}^{-1}$) に達し、その後は $2.7 \times 10^3 \text{ cell ml}^{-1}$ 程度にまで急速に減少し、7 月中旬から再び増加傾向が見られた。野上池では、5 月～6 月までは $2.9 \times 10^3 \text{ cell ml}^{-1}$ 程度であったが、7 月初旬に $1.2 \times 10^4 \text{ cell ml}^{-1}$ まで増加し、その後は減少した。本研究で新たに設計したプライマーを用いたシングルセル PCR では、毎回一細胞からでも確実に DNA を増幅できた。シーケンスの結果、48 細胞中 20 細胞について、ITS2 領域の塩基配列を明らかにすることができた。

本発表では、7 月以降の *Cryptomonas* 属の細胞密度、種組成、個体群細胞密度および関連する環境因子のデータも含め、優占 *Cryptomonas* 個体群を決定する環境条件等について報告する。

Tittel, J, Bissinger, V, Zippel, B, Gaedke, U, Bell, E, Lorke, A, Kamjunke, N (2003) Mixotrophs combine resource use to out-compete specialists: implications for aquatic food webs. Proc Natl Acad Sci USA 100: 12776–12781

Urabe J, Gurang TB, Yoshida T, Sekino T, Nakanishi M, Marao M, Nakayama E (2000) Diel changes in phagotrophy by *Cryptomonas* in lake Biwa. Limnol Oceanogr 45:1558–1563

流動を考慮した堆積物による酸素消費速度測定実験

* 井上徹教（港空研），中村由行（港空研）

1. はじめに

堆積物による酸素消費速度（SODとする）には直上水の流動が影響を及ぼすことが知られている．本稿では3種類の室内実験手法により得られた結果を紹介する．それぞれの手法の詳細についてはInoue and Nakamura (2009)¹⁾を参照されたい．

2. 実験結果

未攪乱堆積物コアを用いた連続培養実験から得られた結果を図1に示す．培養実験から得られた結果を図1に示す．直上水は上部に設置したプロペラにより攪拌される．ここでCore1~6は直上水の酸素濃度が約0.7 mg L⁻¹，Ex#1のCore7~12は約1.8 mg L⁻¹，Ex#2のCore7~12は約0.4 mg L⁻¹での結果である．図1からわかるように，直上水の酸素濃度が高い方が相対的に高いSOD値を持つことがわかる．また，攪拌速度の増加に伴いSODも増加する傾向がみられる．これは直上水中濃度と流速が高いほど，水・堆積物界面における濃度勾配が大きくなるためであると考えられる．

循環水路を用いた培養実験から得られた結果を図2に示す．本実験は堆積物を床面の一部に敷設した矩形の水路を使用し，水路内の水を循環させる系で行っている．前述と同様に，酸素濃度および流速とSODとの間には正の相関がみられる．

上記2つの系を組み合わせた複合実験系での結果の一例を図3に示す．本手法では小型の水路床部に未攪乱堆積物コアを取り付けることができる．図3は微小酸素電極を用いて，水・堆積物界面近傍の酸素濃度分布を測定した結果である．流速の増加に伴い堆積物直上の拡散境界層厚さが減少し，界面における濃度勾配が大きくなる傾向が見て取れる．図中Inoue and Nakamura (2009)¹⁾による数値モデルから予測された酸素濃度分布も記載している．モデル計算結果は，低流速側の2つの分布については精度良く再現しているが，流速が10.49 cm/sでの再現性は不十分である．この時巻き上げは起こっていなかったが，堆積物表面を小さな粒子が掃流に近い状況で移動していた．このような条件下では単純な拡散現象だけでなく，表面付近の圧力変動などによる間隙水の移流などが生じていた可能性がある．

3. まとめ

3つの実験系を用いたSODおよび酸素濃度分布の測定結果について紹介した．同様の実験遂行においては，それぞれの特徴を踏まえ目的に応じた最適な手法の選択することが望まれる．

参考文献

- 1) Inoue and Nakamura (2009). J Environ Eng 135(11): 1161-1170.

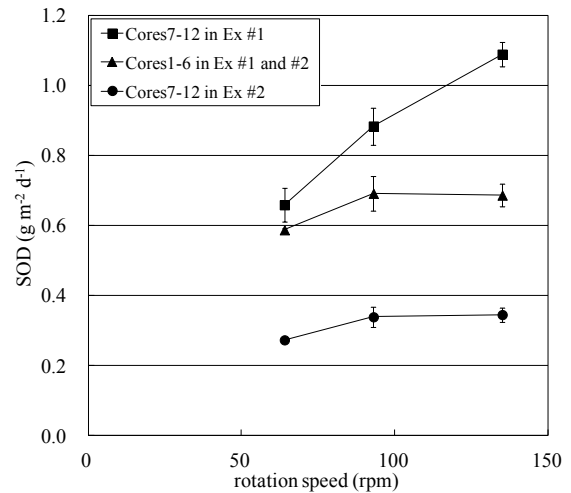


図1 連続培養実験でのSODと攪拌速度との関係

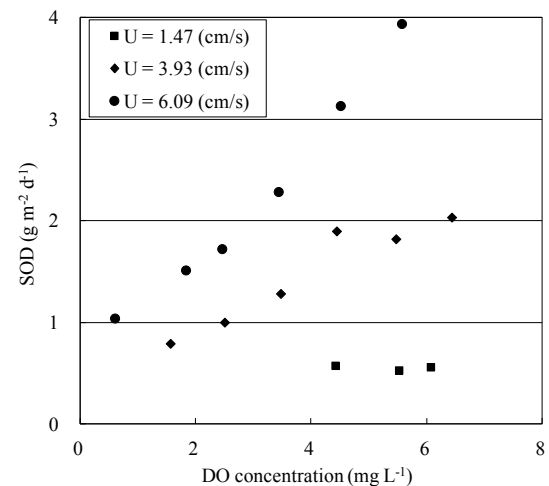


図2 循環水路実験での酸素濃度とSODとの関係

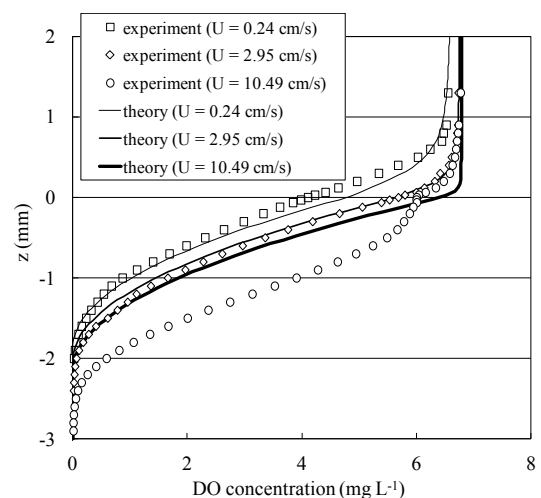


図3 複合実験での酸素濃度分布
(z=0は水・堆積物界面を表す)

湖沼沿岸域底質の酸素消費速度に関する研究

* 奥村浩気¹⁾, 岸本直之²⁾, 一瀬諭³⁾, 馬場大哉⁴⁾

1) 龍谷大院・理工, 2) 龍谷大・理工, 3) 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター, 4) 東レテクノ

はじめに

湖沼底層での貧酸素状態は底生生物にとって非常に重要である。貧酸素水塊の形成プロセスを明らかにするためには、酸素消費に強く影響している因子を検討することが重要である。そこで今回、実際に湖沼に堆積した底泥を用いて酸素消費速度を明らかにした。さらに得られた酸素消費速度より今後の貧酸素予測モデルの基礎データとすることを視野に酸素消費の影響因子について評価した。

方法

琵琶湖南湖 3 地点において毎月 1 回底泥と湖底直上水を採取した。また琵琶湖北湖、埼玉県山ノ神沼においても 3 ヶ月に 1 回採取した。採取した試料水は実験室に持ち帰り DO, pH, ORP, SS, DN, NO₃-N, DP, PO₄-P, TOC, クロロフィル a, フェオフィチンを測定した。さらに採取した底泥は 24 時間以上 100℃で乾燥し、ふるい分けした。ふるい分けした試料は粒度ごとに NCH 分析を行った。採取した底泥は BOD 瓶に約 500mg 入れ、その上から濾過した直上水を入れた。また対象に濾過した直上水のみの BOD 瓶も用意した。それらの BOD 瓶は採水時の水温に合わせて暗条件で 1 週間培養した。培養を開始し、約 24 時間ごとに DO, pH, ORP を測定した。得られた DO の値より酸素消費速度を算出した。酸素消費速度は C' を BOD 瓶中の泥体積あたりの溶存酸素量 [mg/cm³]、t を時間 [hr]、k' を C' に基づく速度定数 [hr⁻¹] とし以下の式をもとに求めた。

$$\frac{dC'}{dt} = -k'C' \cdots \cdots \text{式(1)}$$

式(1)を積分し経過時間 t に対して BOD 瓶中の泥体積あたりの溶存酸素量 C' を片対数紙上にプロットすると

直線が得られ、その直線の傾きより k' の値を得た。k' を変換し式(2)から k を得た。

$$k = \frac{k'V}{M'} \cdots \cdots \text{式(2)}$$

V を BOD 瓶体積、M' は BOD 瓶に投入した泥体積 [cm³] とした。さらに溶存酸素濃度を k に乗じることで酸素消費速度 [mg hr⁻¹ cm⁻³] を求めることができる。

結果および考察

酸素消費に最も影響を及ぼす因子を決定するために、スピアマンの順位相関係数を求めた結果が表. 1 である。表 1. にあるパラメーターの他にクロロフィル a, SS などと酸素消費速度定数 k の相関係数も求めたが、今回は代表的なものを表にした。そのうち、最も相関係数が高かったのは底泥 1g 中の窒素含有率であり、相関係数は 0.955 となった。続いて相関係数が高かったのは底泥 1g 中の炭素含有率であった。また溶存態窒素の相関係数は 0.682 と低い値となった。したがって水中の溶存態窒素は酸素消費には影響が少ないと示唆される。さらに底泥有無で対照的に行った連続酸素消費実験において底泥無の酸素消費はほとんど見られなかった。以上のことより湖沼での酸素消費に影響する因子は水中の栄養塩物質よりも底泥中の窒素、炭素含有量の可能性の方が高いと推測される。

表1.各パラメーターと酸素消費速度定数kの順位相関係数						
	炭素含有率	窒素含有率	C/N比	水温	溶存態窒素	溶存態リン
相関係数	0.95	0.955	0.814	0.884	0.682	0.807

謝辞

本研究の一部は環境省環境研究総合推進費「湖沼水質形成における沿岸帯の機能とその影響因子の評価」の助成を受けて実施しました。ここに記して謝意を表します。

植物プランクトン計数データに基づく琵琶湖水柱一次生産量の推定

*岸本直之（龍谷大・理工），山本千尋，鈴木 恵（龍谷大院・理工）
一瀬 諭（滋賀県琵琶湖環境科学研究センター）

1. はじめに

琵琶湖のように水深の深い湖において，植物プランクトンによる一次生産は，湖への有機物供給源として大きな割合を占める。そのため，その経年変動の把握は湖沼の有機汚濁や生物生産を考える上で重要である。琵琶湖では，近年，クロロフィル a 濃度の低下や透明度の上昇に見られるように，植物プランクトンバイオマスの減少が観測されている。植物プランクトンバイオマスの減少は植物プランクトンによる一次生産の減少をもたらすと考えられるが，一方で，比生産速度の大きい小型の植物プランクトンの増加も報告されており，琵琶湖の植物プランクトンによる一次生産が本当に減少しているのか否か必ずしも明確ではない。

そこで，本研究では，琵琶湖での植物プランクトン鉛直分布調査データに基づき，琵琶湖の水柱一次生産量の経年変化の推定を試みた。

2. 材料と方法

一次生産量評価には，琵琶湖今津沖中央地点（17B）の植物プランクトン観測データ（水深 0.5, 5, 90m）および水質データ（水温，透明度，クロロフィル a），彦根気象台の日射量データを用いた。

まず，水温の鉛直分布および水深 0.5, 5, 90m のクロロフィル a 濃度からクロロフィル a の鉛直分布を推定する方法を開発した。開発した推定法の推定精度は平均誤差率 7.5%であった。次に植物プランクトン計数データにクロロフィル a 鉛直分布推定法を適用し，種毎の鉛直分布を評価した。水面有効光合成放射は彦根気象台の全天日射量より換算し，水中有効光合成放射は透明度より求めた消散係数を用いて計算した。また，予めラン藻 *Aphanothece clathrata*，緑藻 *Coelastrum cambricum*，車軸藻 *Staurastrum dorsidentiferum* の室内培養実験により，植物プランクトン細胞当りの総生産速度や呼吸速度を，植物プランクトンの細胞サイズ，光合成有効放射，水温の関数として表現した。この細胞当り総生産速度・呼吸速度計算式に現場水温，水中有効光合成放射を代入し，種毎の細胞当り総生産速度，呼吸速度を求め，差をとることで純生産速度を求めた。得られた細胞当り純生産速度に細胞密度を乗じ，

水深方向に積分することで，水中純生産量を求めた。

3. 結果および考察

図 1 に表水層（表層～水深 30m 層）の水柱純生産量の経年変化を示す。一部データが無い年があるが，これは水深別植物プランクトンデータの一部の欠測により，評価ができなかったためである。また，琵琶湖北湖の水柱一次生産量については，和爾沖で $0.16 \sim 1.50 \text{ gC/m}^2/\text{d}$ （1982～1984 年）， $0.25 \sim 2.20 \text{ gC/m}^2/\text{d}$ （1996～1997 年）という報告があり，本推定結果は過去の報告の範囲内にあった。

図 1 より，年によって変動はあるものの，琵琶湖今津沖中央地点の表水層水柱純生産量は経年的に増加傾向にあることが判る。水柱純生産量をラン藻とラン藻以外に分けて求めると，ラン藻以外の水柱純生産量は大きな変動を示さず，ほぼ一定で推移していたが，ラン藻の水柱純生産量は急激に増加していた。すなわち，琵琶湖北湖ではラン藻の増加により水柱純生産量が大きく増えていることが示唆された。本結果は，琵琶湖の内部生産や有機汚濁を考える上で，小型ラン藻の挙動に着目する必要があることを示していると考えられた。

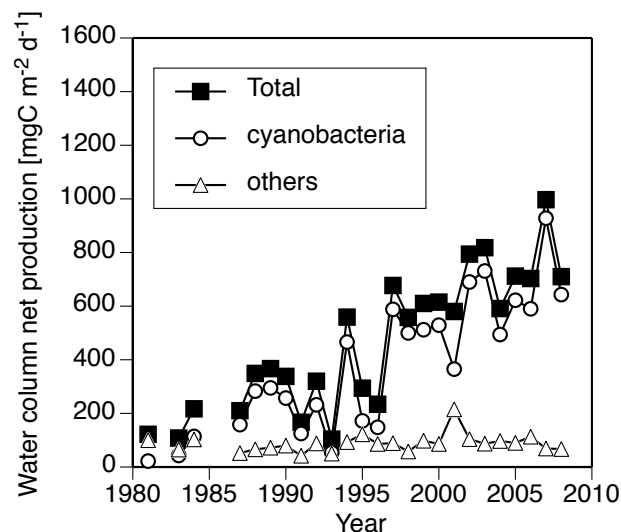


図. 今津沖中央地点における水柱純生産量の経年変化（表層～水深 30m 層）

謝辞

本研究の一部は環境省環境研究総合推進費の助成を受けた。記して謝意を表する。

河川実習を受講した大学生は何を学ぶのか

野崎健太郎(椋山女学園大学教育学部)

1. 研究の背景と目的

陸水学は野外科学(Field Science)の一分野であり、その学びの過程では、理論を中心とした座学に加え、現実の陸水環境を体験し、理論と実践の融合を図ることが欠かせない。そのため、湖沼や河川における野外調査実習(あるいは巡検)を学びのカリキュラムに組み込むことは、重要な意味を持つ。しかしながら、受講学生が、実習に対し、どのような内容を期待しているのか、あるいは、実習を経て、どのような力を獲得したのか、について実証的な研究を行った事例は、極めて限られている(萩原ほか, 2010; 野崎, 2012)。陸水学という分野を今後も持続させていくためには、魅力的な実習内容について検討し、その効果を測定していく必要があるだろう。

私は、保育者・小学校教員養成課程における自然体験学習の立案とその教育効果を主な研究課題としている。これは、自然体験の量と質が、子どもたちの発達に影響を及ぼすと考えられ、学校教育法第二十一条に、その促進が記されているためである。子どもたちの自然体験を支援する保育者・教師自身の自然体験が減少している今、養成課程のカリキュラムに自然体験を行う実習を組み込むことは意義がある

陸水学の重要な研究対象の1つである河川は、日本では最も人間生活に身近な陸水環境であり、子どもたちの遊び場となるだけでなく、保育や教材の素材となる。さらに保育・学校現場で河川を扱うことが広がれば、陸水学の裾野を広げていく可能性をも広がる。このような目的意識の下、私は、河川実習を立案し、その教育効果を検討している。本講演では、受講学生が、実習前に、河川実習で獲得したいと考えている力と、実習後に獲得したと考えている力について紹介する。

2. 河川実習の内容

実習内容の詳細は、野崎(2012)に記した。本実習は、8月後半～9月前半にかけて、長野県木曽郡木曽町(旧木曽福島町)にて4泊5日の合宿形式で行った。実践対象は、椋山女学園大学教育学部3年生である。実習中は、京都大学理学部附属木曽生物学研究所を拠点とした。2011年度の受講学生は22名

で、安全確保を考慮して、11名ずつ、2回の実習に振り分けた。1回の実習につき、外部講師2名、TA2名を配し、私を含め5名の指導体制で実習を運営した。

1日目は、河川源流域、2日目は河川上流域、3日目は河川中流域を実習対象にした。実習内容は地形測量、流量、水質、水生生物相、川遊び(水泳、たき火、魚とり等)である。4日目は、川での楽しみ方の実践、そして調査結果をもとにした10～15ページの報告書の作成を行った。5日目は研究所を清掃して解散である。受講学生は、教科書(日本陸水学会東海支部会編, 2010)を用いて事前学習課題の報告書(A4用紙5枚以上)を作成して実習に臨んだ。そして、実習中は、3～4名の班で行動し、協働的な学びをしてもらった。

3. 結果と考察

実習前の質問紙調査によると、幼児～小学校時、中学～高等学校時、大学時の受講学生の川との関わりは、遊びの面では、あると回答した割合が、順に100, 60, 73%であり、川との関わりが続いている傾向が得られたが、学びの面では、96, 36, 23%と低下していく傾向が見られ、陸水学の持続を考えた場合、特に教養全般を学ぶ、中学～高等学校時の低下が気になった。実習前に受講学生が獲得したいと考えていた力は、「安全確保の方法」、「川の仕組み」、「水生生物の知識」が主なものであった。実習後に、受講学生が獲得したと感じた力は、実習目には主ではなかった「人間関係力」を、回答した21人中12名が挙げた。続いて「安全確保の方法」、「川の仕組みの理解」、「水生生物の知識」が主であった。保育者・教師には、学術的な専門知識に加え、チームで保育・教育を行う人間関係力の向上が求められている。河川実習は、危険や労力を伴う活動が多い。その中で、人間関係力を高めることができたと評価される。

4. 引用文献

日本陸水学会東海支部会編(2010)身近な水の環境科学, 朝倉書店
野崎健太郎(2012)日本生態学会誌 **62**:51-58.
萩原彰ほか(2010)環境教育 **20**(2):16-25.