

高低差 4000m の富山～森から海への物質循環像～

増田 亮介（富山大学大学院 理工学教育部 生物圏環境科学専攻 修士課程 1 年）

片境 紗希（富山大学大学院 理工学教育部 生物圏環境科学専攻 修士課程 2 年）

神林 翔太（富山大学大学院 理工学教育部 地球生命環境科学専攻 博士課程 3 年）

1. はじめに

森林地帯から供給される栄養塩類は河川水や海底湧水によって富山湾へ供給され、沿岸域の生態系を支えている。このように森と海はつながっており、水は「森－海」をつなぐコンベアーベルトである。しかし近年、地球温暖化や土地利用の変化による、水循環系の変化に伴う栄養塩供給の変動が沿岸域の生態系に大きな影響を及ぼすことが予想されている。本研究では水循環を基軸とする森から海への物質循環像を明らかにするために、以下の観点から研究を行うこととした。

- ① 河川源流域における植生及び藻類と河川水中の栄養塩類の関係を把握する（増田担当）。
- ② 現場観測と過去データから平野部の河川水と地下水の水質形成と流動系を把握する（片境担当）。
- ③ 河川及び地下水による栄養塩供給の変動が生態系に及ぼす影響を把握する（神林担当）。

本年度は、①河川源流域の水循環（増田担当）に重点を置き、人為的影響が少ないと考えられる富山県東部の河川上流部における「集水域」に着目し、河川水中の栄養塩類や植生との関係の把握を試みた。

河川水は森林地帯から平野部や沿岸域へミネラル成分や栄養塩などの様々な物質を輸送している。栄養塩は沿岸域へ供給され、食物網を支える基礎生産に影響を及ぼすため、上流からの物質輸送を把握することは沿岸環境について考えるうえでもとても重要である。河川水と降水の溶存成分濃度を比較すると河川水が圧倒的に多く、さらに、集水域毎に比較すると採水地点が近接しているにも関わらず、

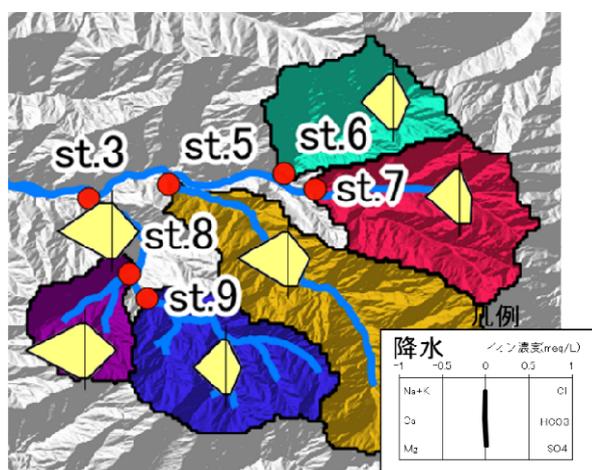


図 1：ヘキサダイアグラム

その水質は少しずつ異なっている（図 1）。以上のことから、河川水は森林にもたらされた降水が浸透・湧出し、河川水を形成する過程で様々な物質が付加され、その水質は集水域内の植生・地質・土壌といった森林環境によって変化していると考えられる。

2. 試料・方法

図 2 に示した 4 河川 15 地点で河川水試料・付着藻類試料を採取した。付着藻類を採取する目的は、水中の栄養塩を利用しており一定期間の値を平均して記録していると考えられるためである。水試料は主要化学成分の測定と水の水素・酸素安定同位体比の測定を行い、付着藻類は凍結乾燥・炭酸塩除去などの前処理を行い炭素・窒素安定同位体比を測定した。また、QGIS を用いて各採水地点の集水域（山の稜線によって囲まれた水が集まってくる範囲）を算出し、各集水域内の植生・地質・土壌の割合を集計した。

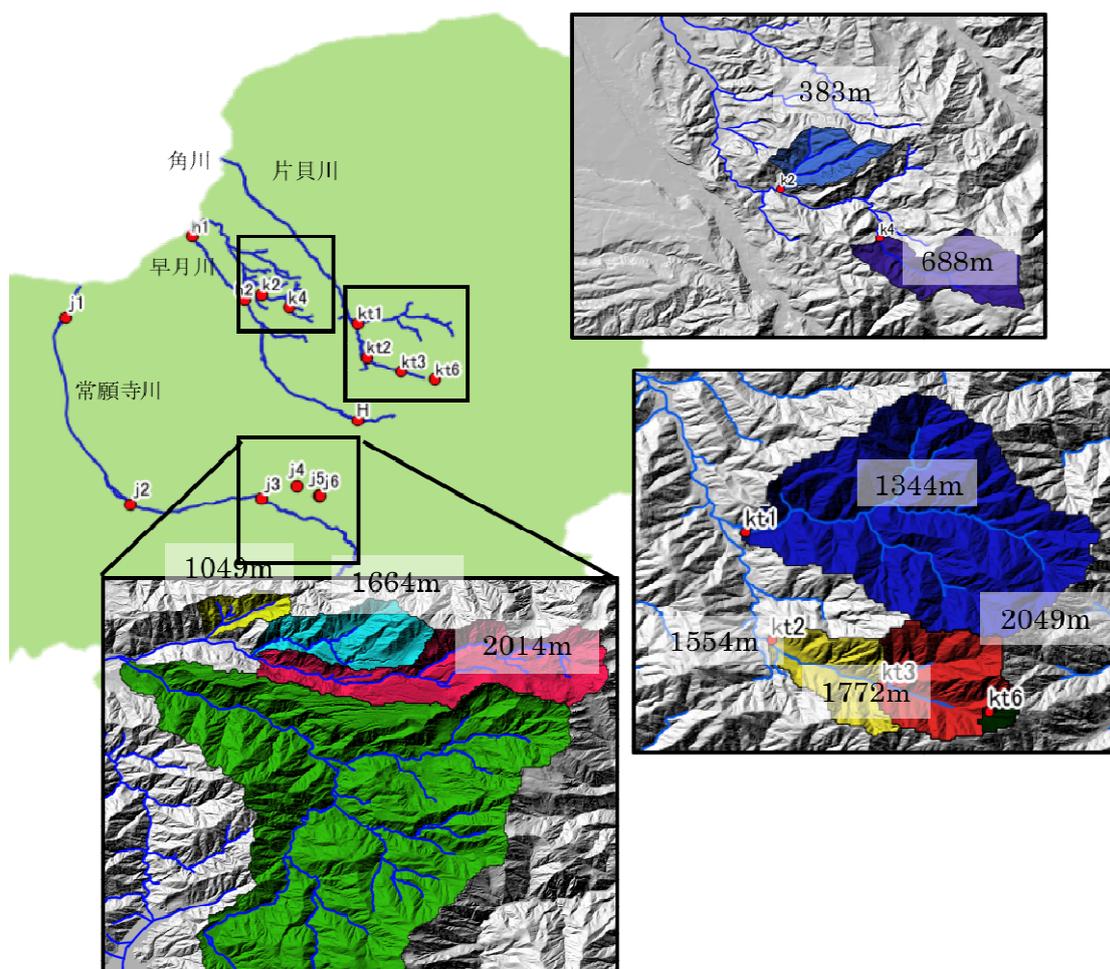


図 2：サンプリング地点

3. 結果・考察

降水は夏季と冬季で同位体比が異なり、その性質を利用して、河川水を形成している水がどの時期の降水なのかを推定することができる。図 3 に、片貝川 (kt)、早月川 (h)、常願寺川 (J) における河川水の水素・酸素安定同位体比の測定結果をプロットした。結果をみるとおおむね夏季と冬季の天水線上にプロットされたことから夏季と冬季の降水が 1 : 1 の割合でよく混合した水が河川水を形成していると考えられた。

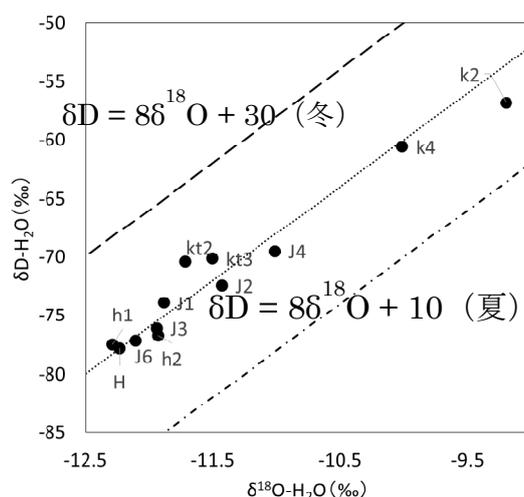


図 2 : 水の水素・酸素同位体比

次に主要化学成分の測定結果を図 4 に示す。集水域毎や河川ごとに水質が異なることが分かった。 $\delta^{18}\text{O}$ から算出した涵養源標高と Cl 濃度との関係から J6 の地点を除いて標高の低下に伴って Cl 濃度が増加していることが分かった。これは、海塩の影響を受けていると考えられた。

次に、保存性の高い Cl-をすべて海塩由来と仮定し、地表で新たに付加された成分 (非海塩性イオン) を下記の式を用いて算出した結果、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ の各成分に強い相関関係が見られた。このことから、これらの成分の付加経路は同様であると考えられ、各集水域内の地質や植生の割合と

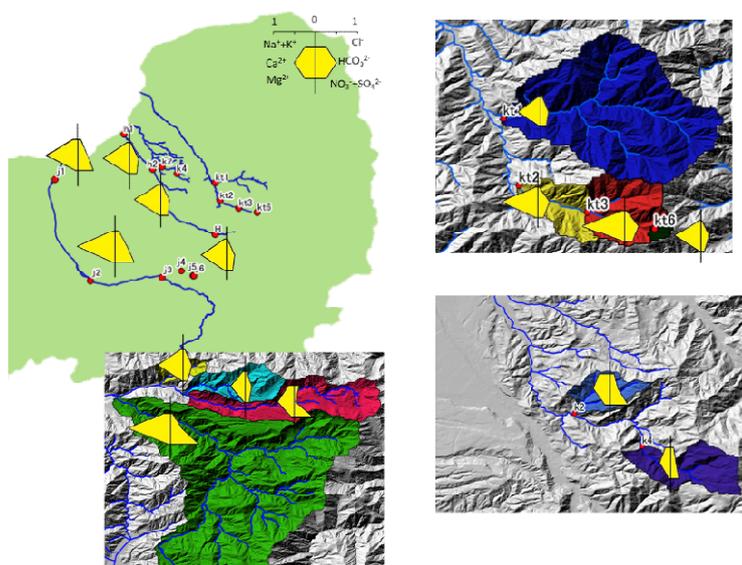


図 3 : 主要化学成分の測定結果

比較すると安山岩質岩石割合と正の相関関係、落葉樹割合と負の相関関係が見られた。

Cl を全て海塩由来：補正式 (Berner and Berner, 1987) で非海塩性成分 (nss-A) を算出

$$\text{nss(non sea salt)-A} = [\text{A}]_{\text{measured}} - [\text{A}]/[\text{Cl}]_{\text{sea salt ratio}} \times [\text{Cl}]_{\text{measured}}$$

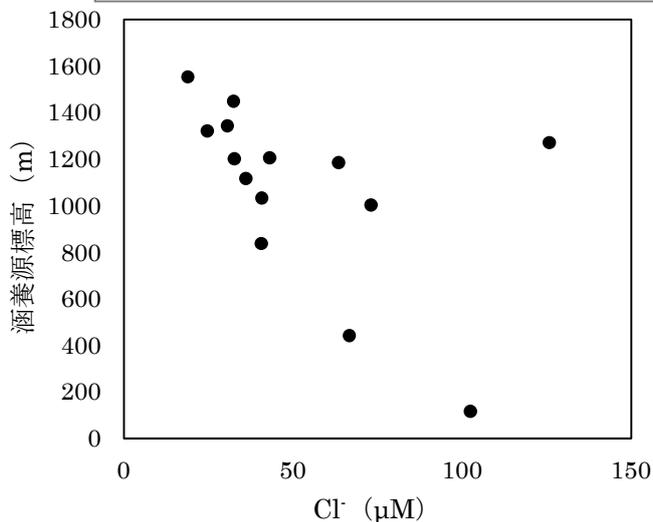


図 5：涵養源標高と Cl 濃度

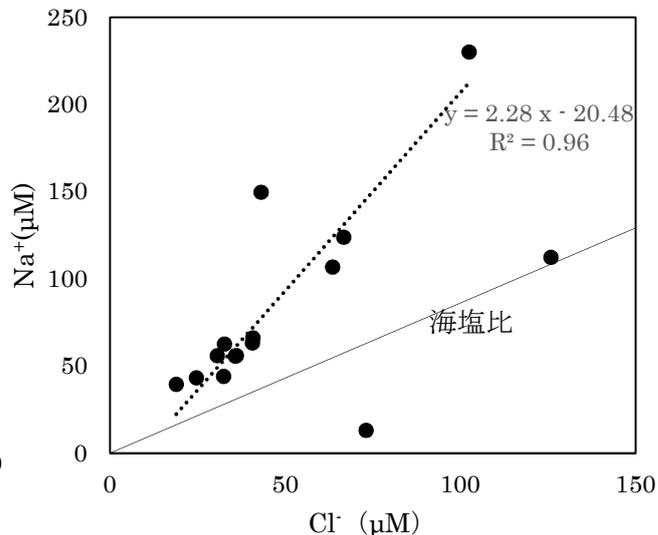


図 4：Na と Cl

栄養塩の一つである NO_3^- 濃度の測定結果を示す。集水域内の乾燥性土壌の割合が減少するに伴って、 NO_3^- 濃度が減少していることがわかる (図 7)。この結果は、乾燥状態では土壌中の硝化細菌の活性が低くなるという室内実験の結果 (沓名ら,1988、Ohte,1994) を支持する結果となった。活性が低くなると硝化細菌による硝化が抑制される。これらのことから、乾燥性土壌の割合が増加すると集水域内の硝化細菌の活性が低下し、 NO_3^- 濃度が減少したという可能性を示唆している。

付着藻類の窒素安定同位体比と $\delta^{18}\text{O}$ から算出した涵養源標高をプロットした図 8 から標高 1500m を境に異なる傾向が見られた。また、異なる季節で採取された付着藻類の値は同様の標高帯では似たような値を示したため標高や標高によって変化する要因の影響を反映していると考えられた。富山県の植生は 1500 m 付近を境に広葉樹から針葉樹が優占する特徴 (富山県森林研究所研究報告、中島・小林、2014) を示しており、その植生の違いを付着藻類の窒素安定同位体比は反映している可能性があると考えられた。

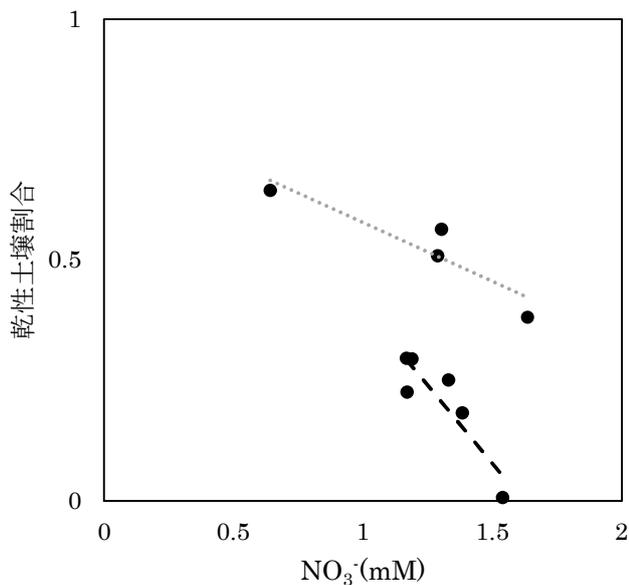


図 7：乾燥性土壌割合と NO₃⁻濃度

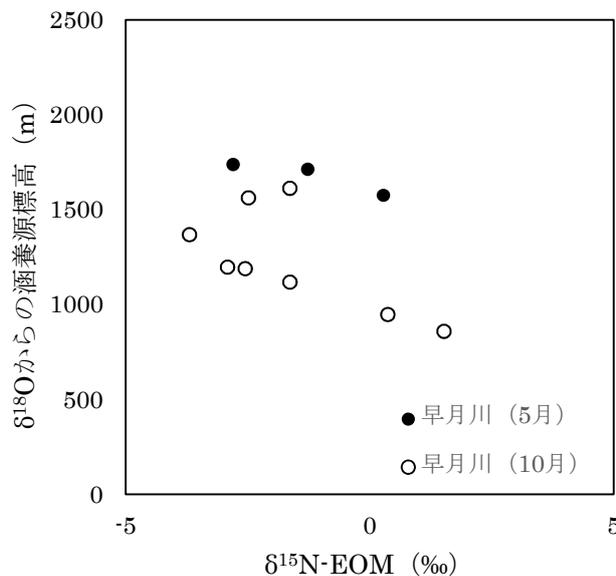


図 6：涵養源標高と δ¹⁵N-EOM

4. まとめ

本研究によって、以下のことが示された。

- ① Na⁺、Mg²⁺、K⁺の濃度は集水域内の安山岩質岩石の割合と正の相関、落葉樹割合と負の相関関係を示したことから、これらの物質の供給に安山岩岩石や落葉樹が寄与している可能性が示唆された。しかし、地質や植生の分類は細分化しており、相関関係はみられるものの濃度の変化量に対して、1項目の地質や植生の変化量は小さい。今後、性質の似た岩石や植生を分類して考察する必要がある。
- ② NO₃⁻濃度は河川ごとに見ると、集水域内の乾燥性土壌の割合と強い負の相関関係を示した。これは、土壌中の微生物の活性に影響を及ぼすことによる可能性が示唆された。

これらの考察は、集水域内に均一な雨が降ったことを前提に進めており、詳細を明らかにするためには、降水量のばらつきなどを考慮する必要があり、今後の課題として現在検討中である。

(文責：増田亮介)