

ラウス川流域におけるリン流出量と還元量の推定

Estimation of Phosphorus flow between Ocean and Rausu river basin

北見工業大学	○学生員	徳重彰倫	(Akinori Tokushige)
北見工業大学	正 員	中山恵介	(Keisuke Nakayama)
北見工業大学	学生員	丸谷靖幸	(Yasuyuki Maruya)
港湾空港技術研究所	正 員	桑江朝比呂	(Tomohiro Kuwae)
港湾空港技術研究所	正 員	井上徹教	(Tetsunori Inoue)
北見工業大学	非会員	松本経	(Kei Matsumoto)
北見工業大学	正 員	駒井克昭	(Katsuaki Komai)

1. はじめに

北海道東部のオホーツク海に面した知床半島は、海陸両方に展開される食物連鎖の特異性と絶滅危惧種の生息地であることなどが評価され、2005年7月17日に世界自然遺産に登録された。しかし近年、地球規模での環境変動が問題となっており、知床半島にも影響が徐々に表れてきている。例えば、オホーツク海への流水輸送量の低下が確認されており^{1),2)}、それに伴い沿岸部から海岸部への栄養輸送量の減少が問題になっている。栄養循環は知床半島の生態系を構築していく上で非常に重要な要素である。よって、絶妙なバランスで保たれている生態系を保全するために、栄養循環の解明が将来予測手法を考察する上で必要不可欠になってくる。そこで本研究では、知床半島で最大の流域面積であるラウス川を対象に、流域単位での栄養流出量および海域からの還元量を示すことを目的とする。

2. 栄養流出量の推定

本研究で対象とするラウス川は流域面積 31.8 km²、流路延長 7 km、平均河道勾配が約 1/7 である(図-1)。流域からの栄養流出量は、Aynur ら³⁾がラウス川流域において流量と栄養濃度の関係を推定している。そこで本研究も同様に、栄養流出量は流量と栄養濃度の関係を用いた。

流量の推定は、2009年のラウス川流域における現地観測の結果を基に行った。一般的に貯留関数法は、山地河川で代表されるような急勾配の河川において再現性が高いと言われている。ラウス川流域は河道勾配が約 1/7 と急勾配であるため、貯留関数法が適した環境であると言える。そこで本研究では、貯留関数法を用いてラウス川流域の流量の再現を行った(式(1), (2))。

$$\frac{ds}{dt} = fr - q \quad (1)$$

$$S = Kq^p \quad (2)$$

ここで、 S : 貯留高(mm), r : 降水量(mm/h), q : 流出高(mm/h), f : 流出率(本研究では、 $f=0.7750$ とした), K , p : モデルパラメーター(本研究では、 $K=12$, $p=0.6$ とした)である。また、北海道のような寒冷地域では融雪の影響を考慮する必要があるため、degree-day 法を用いて融雪計算を行った(式(3),(4), 図-2)。

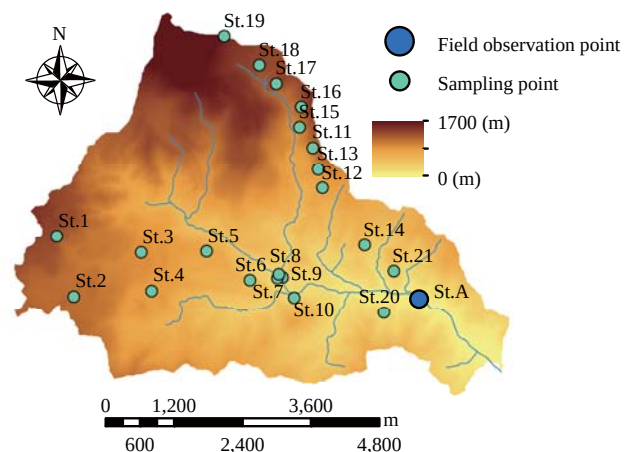


図-1 2012年に行ったラウス川流域の標高および採泥地点

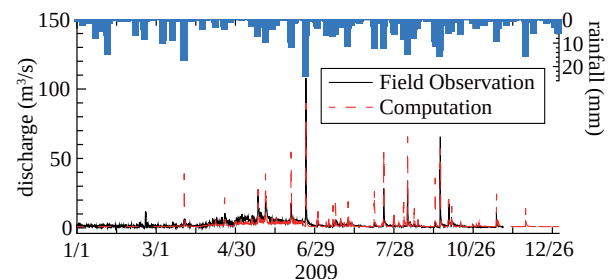


図-2 2009年における流出解析結果

$$SM = \alpha \cdot T \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{SWE}{A \sum D} \quad (4)$$

ここで、 SM : 融雪量(mm/h), T : 日平均気温(°C), α : 融雪係数(mm/°C・d), SWE : 積雪水量(m³), A : 流域面積(km²), D : 0°C以上の日平均気温(°C)である。

流出解析で得られた流量の精度の検証を行うため、基底流量も含めた全体的な再現性の検討に用いられるCoefficient of Determinant(CoD)を利用した。その結果、CoD が 0.6053 と一般的に再現性が高いと言われる 0.6 以上の値を示したため、計算精度に問題ないことが示された。

次に、本研究ではリンに着目し、ラウス川流域からの栄養流出量を算出した。知床半島のような山地地形では、洪水時に流出する粒状物質によって、栄養供給に影響を与えることが既往の研究で示されている^{4),5)}。そのため

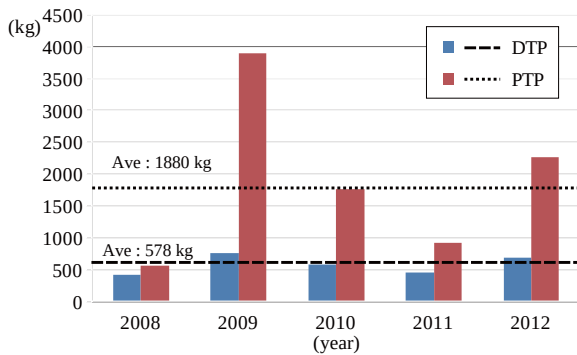


図-3 2008年から2012年までの1年間総計の溶存態リン(DTP)および粒状態リン(PTP)の流出量

粒状態リン(以下、PTP)の流出量は流量により影響を受ける。そこで2008年、2009年におけるSt.Aでの計測結果を基に、PTPと流量の関係をモデル化した式(5)。

$$PTP = 0.0086 \cdot Q^{0.7846} \quad (5)$$

ここで、 Q ：流量(m^3/s)、 PTP ：粒状態リン(mg/L)である。

しかし、溶存態リン(以下、DTP)の流出量は流量の変化による影響を受けないため、既往の研究と同様に $0.01 mg/L$ の一定値とした³⁾。

式(1)から(4)を利用し、2008年から2012年の流量の算出を行った。ここで得られた流量と式(5)を用いて、PTP、DTPの年平均流出量を推定した。その結果、DTPは578 kg、PTPは1880 kgであることが分かった(図-3)。これらの和をラウス川の流域面積 $31.8 km^2$ で割ることにより、ラウス川からの全リン(以下、TP)の流出量を推定した。その結果、1年間に単位面積あたり $75.6 kg km^{-2}$ 流出していることが示された。

3. 安定同位体比を用いた栄養の還元量の推定

調査を行った2008年、2009年および2012年において過去の研究と同様に^{3),6),7)}、海起源の代表としてサケ、陸起源の代表として笹を用いて安定同位体比の $\delta^{15}N$ と $\delta^{13}C$ を測定し、栄養が表層土壌(陸域)へどの程度還元されているのか検討した。陸域への栄養還元量を推定するに当たり、各定点の $\delta^{15}N$ は、年によって変動が大きいが予備検討で分かったので、ここでは各地点の $\delta^{13}C$ を利用することとした。

海域からの陸域への栄養の還元割合を推定するため、採泥結果を基に2起源モデルを利用した。2起源モデルの詳細は参考文献を参照していただきたい^{3),6),7)}。2起源モデルを用いて得られた $\delta^{13}C$ から推定される流域の平均還元率を2008年、2009年、2012年の3年間で算出し平均値を求めた結果、32.3%であった。この割合と前章で求めた単位面積あたりのTP流出量との積により栄

養の還元量を算出した。その結果、ラウス川流域において海域から陸域への単位面積当たりのTPの還元量は $24.4 kg km^{-2}$ であることが示された。

4. おわりに

本研究では、ラウス川流域における栄養循環の推定を行い、以下のような結論を得た。

- (1) ラウス川流域に着目し、流量と栄養濃度の関係式を作成した。
- (2) 融雪の影響を考慮した貯留関数法により、2009年の流量を再現することが出来た。
- (3) 流量の再現結果を用いてラウス川流域からのTPの流出量を算出した結果、単位面積当たり年間で $75.6 kg km^{-2}$ の量が流出していることが分かった。
- (4) 安定同位体比の測定を行い、その結果を用いて海域から陸域へ還元されるTPの流出量の算出をした結果、ラウス川流域全体に $24.4 kg km^{-2}$ の量が還元されていることが分かった。

参考文献

- 1) 小杉知史, 高橋修平, 堀彰: 知床半島ウトロを中心としたオホーツク海南西部の海水勢力の沿岸気象条件, 北海道の雪氷, 第28号, pp.77-80, 2009.
- 2) 青田昌秋: オホーツク海・北海道沿岸域における流水勢力の減少傾向(1892年-2000年), 号外海洋, 第30巻, pp.18-24, 2002.
- 3) Aynur Abliz, 中山恵介, 丸谷靖幸, 井上徹教, 桑江朝比呂, 館山一孝, 岡田知也, 加藤淳子, 石田哲也: 知床を対象とした海陸の栄養塩循環機構の解明, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.68, No.4, pp.721-726, 2012.
- 4) 大澤和敏, 山口悟司, 池田駿介, 高棕恵: 農地における土砂流出抑制対策の比較試験, 水工学論文集, 第49巻, pp.1099-1104, 2005.
- 5) Yoshikawa Y., H. Yasuda, K. Nakayama, and D. Dutta, Changes in Sediment Transport during Snowmelt Flood after Large-Scale Flooding, Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources, ST1-01-A06-119, 2006.
- 6) Maruya Y., A. Abuliz, K. Nakayama, T. Kuwae, T. Okada, T. Ishida: Mass transport and nutrient circulation evaluated by stable isotope analysis and chemical decomposition, APHW, pp.428-435, 2010.
- 7) Aynur Abliz, 中山恵介, 丸谷靖幸, 桑江朝比呂, 岡田知也, 石田哲也: 安定同位体比による知床ラウス川を通じた海起源栄養塩の流域内分布, 水工学論文集, 第55巻, pp.1303-1308, 2011.