

Ⅱ－22

大倉ダム流域におけるカルシウムの輸送特性

東北大学大学院 学生会員 ○江川 幸佑

東北大学大学院 正会員 真野 明

1. はじめに

酸性雨などによって土壤中に酸が供給されると、リター(落葉落枝)層や土壌からカルシウムなどの塩基類が溶出する。この反応により土壌や河川は中性を保つことができる。既存の研究¹⁾では、酸が供給された場合、他の塩基類と比べてカルシウムが多く溶出することがわかっている。しかし、酸の挙動と密接な関係のある個々の元素の反応過程に関しては十分な検討がなされていない。また、今後の二酸化炭素濃度の上昇によって、雨の酸性が強くなる可能性がある。

そこで本研究では、大倉ダム流域におけるカルシウムの輸送特性に着目し、輸送解析を行う。そして、河川中のカルシウム濃度の変化を検討することで、今後の水質の予測に役立てることを目的とする。

2. 対象流域

対象流域は、仙台市西部に位置する大倉ダム流域とした(図-1)。流域面積は88.5km²、大倉ダムの総貯水量は2.8×10⁷m³である。

3. 現地実測

大倉ダムの輸送特性を分布的に知るために、2004年10月13日(晴)と2004年11月19日(雨・19mm)に大倉ダム上流部において実測を行った。図-1の中の大倉川に沿った地点1～3において採水し、カルシウムなどの塩基類はイオンクロマトグラフィーで分析し、pH、アルカリ度はpH計を用いて分析を行った。

3. 分析結果

分析を行った結果は表-1のようになった。他の塩基類と比べるとカルシウムは濃度が高いことがわかる。また、上流にいくにつれてカルシウム濃度だけが顕著に高くなっていることがわかる。これは図-2に示したように大倉川上流部には大きく分けて2種類の土壌が分布している。上流に分布するポドゾルからのカルシウムの溶出が褐色森林土よりも多いため上流部のカルシウム濃度が高くなっていると考えられる。そして、下流における褐色森林土からの濃度の低い河川の流入により、大倉川を流下するにつれてカルシウム濃度は徐々に減少していく。pHを見ると、大倉川はほぼ中性に保たれていることが確認できる。

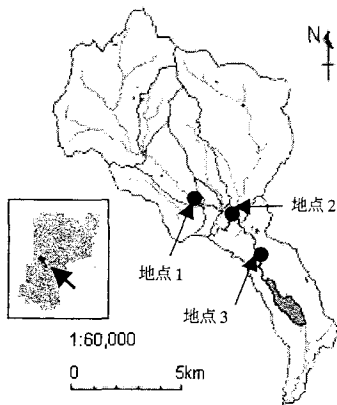


図-1 大倉ダム流域図と実測地点

表-1 実測結果

10/13 実測	Ca(mg/l)	Na(mg/l)	NH ₄ (mg/l)	K(mg/l)	Mg(mg/l)	pH	アルカリ度(mg/l)
地点1	7.35	2.72	0.198	0.463	1.17	7.07	11.5
地点2	6.78	3.67	0.160	0.600	1.12	7.03	11.0
地点3	4.78	2.67	0.226	0.523	0.975	7.15	14.5
11/19 実測	Ca(mg/l)	Na(mg/l)	NH ₄ (mg/l)	K(mg/l)	Mg(mg/l)	pH	アルカリ度(mg/l)
地点1	8.21	3.85	0.0963	0.484	1.11	7.04	11.4
地点2	7.76	3.56	0.0800	0.534	1.13	7.10	11.3
地点3	6.46	3.70	0.0707	0.573	1.15	7.18	13.5

4. 輸送解析

4.1 流出解析

輸送解析を行うには、流出解析を行う必要がある。今回用いたモデルは、河道計算が kinematic wave 法、斜面計算は加藤ら²⁾の分布型タンク流出モデルで行った。加藤らは地下に2層のタンクを考えていたが、今回の計算ではタンクを3つにして計算を行った。また、今回の計算で用いた降雨のデータは、新川における1時間ごとの雨量データを用いて、流域に一樣な雨を降らせた。

4.2 カルシウムの溶出と輸送解析

カルシウムの溶出はタンクからのみ溶出するとした。図-2のように、大倉ダム流域では大きく分けて2種類の土壤があるが、今回はさらにポドゾルを2種類に分け、計3種類の特性の違う土壤を考えた。実測の結果より、上流のほうがカルシウムの濃度は高いので、今回は上流の土壤ほどカルシウム濃度が高くなるように設定した。これらのカルシウム濃度は、環境省の酸性雨対策調査総合とりまとめデータ集の値を用いた。今回の計算では土壤からの溶出速度は一定で、常に平衡に達しているものとし、大倉ダム流域の地下水と接している全カルシウム量と大倉ダム流入口における流出量の関係からその値を決定した。

$$m = M \times K \times \frac{h}{h_i} \quad \dots (1)$$

ここで、 m ：カルシウムの溶出量、 M ：初期水位のときに水と接しているタンク内のカルシウム量、 K ：溶出速度、 h ：タンクの水位、 h_i ：タンクの初期水位をそれぞれ表す。

河道では、移流と雨による希釈のみを考えた次の式(2)を用いた。

$$\frac{\partial C}{\partial t} A = -u \frac{\partial C}{\partial x} A - Cr_e B_{st} \quad \dots (2)$$

ここで、 C ：カルシウム濃度、 u ：流速、 A ：流水断面面積、 r_e ：有効降雨量、 B_{st} ：メッシュ幅をそれぞれ表す。

5. 結果と考察

図-2、図-3に11月19日の採水時における濃度分布と、濃度に流量をかけたカルシウムフラックスの分布を示した。濃度は上流の方が高く、カルシウムフラックスは下流の方が大きくなっていることが表現できている。

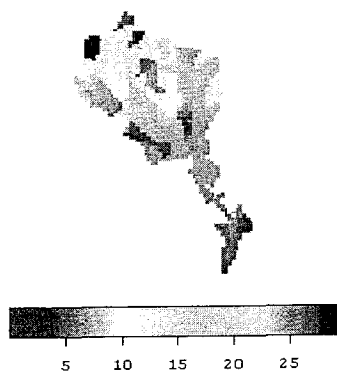


図-2 カルシウム濃度分布 (mg/l)

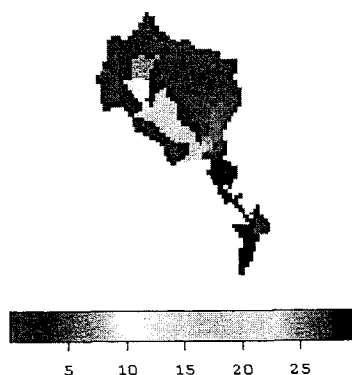


図-3 カルシウムフラックス分布 (g/s)

今回は、土壤中のカルシウム濃度など、文献を参考にカルシウムの輸送を分布的に表現することができた。このような計算の上に、植生によるカルシウムの循環などを考慮することによって、植生の有無によるカルシウムの溶出の違いや土壤の酸度の変化を、河川の濃度変化から議論ができると考えられる。

6. 結論

- ・大倉ダム流域では上流ほどカルシウム濃度が高い。
- ・カルシウムの輸送を分布的に表現できた。

<参考文献>

- 1) 林 誠二(1996)：森林土壌における溶存態物質の挙動に及ぼす酸性降下物の影響に関する研究，東北大学大学院工学研究科土木工学専攻修士論文，pp.1-20
- 2) 加藤宏康(2004)：ダルシー側を用いた分布型タンク流出モデルの提案－長江上流域への適用－，東北大学大学院工学研究科土木工学専攻修士論文，pp.4-15