

樹冠通過雨の溶質濃度推定モデルの構築と溶質負荷量の算定に関する検討

徳島大学大学院 学生員 酒巻和美 徳島大学大学院 正員 田村隆雄
 徳島大学大学院 フェロー 端野道夫 港産業（株） 高橋純也

1.はじめに: 森林流域の水質保全機能は土壌が大きな役割を担っている。しかし、その機能を評価する際、樹冠域において降雨水質を変化させる洗脱や溶脱の影響を無視することはできない。本研究ではクス、ヒノキ、コナラを対象樹種として一雨毎に降雨水質を観測し、樹冠通過雨濃度を推定するモデルの構築を行い、樹冠通過雨濃度と溶質負荷量の再現結果について検討する。対象とする溶質は洗脱の影響を受ける $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、 SO_4^{2-} 、溶脱の影響を受ける K^+ である。

2.降雨水質の観測方法: 林外雨と樹冠通過雨について一雨毎の水質観測を行った。水質観測は、クスは2004年8月から2005年11月に徳島大学常三島キャンパス内で、ヒノキとコナラは2005年6月から11月に香川県東かがわ市千足で行った。そして、樹冠通過雨は対象樹木の樹冠下に、林外雨は対象樹木の近辺の開けた場所にポリバケツを設置して採水を行い、イオンクロマトグラフで濃度を計測した。一雨の総雨量、降雨継続時間、累積先行雨量などの気象データは、徳島地方気象台、香川県千足ダムの気象観測データを用いた。

3.樹冠通過雨濃度の推定モデル: 林外雨濃度、総雨量、降雨継続時間、累積先行雨量（1～5日前）を説明変数として式（1）のような簡易な一雨の樹冠通過雨濃度の推定モデルを構築した。

$$\ln(y+1) = a_1 \ln(x_1+1) + a_2 \ln(x_2+1) + a_3 \ln(x_3+1) + a_4 \ln(x_{4,i}+1) + c \quad (1)$$

ここで、 y ：樹冠通過雨濃度、 x_1 ：林外雨濃度、 x_2 ：総雨量、 x_3 ：降雨継続時間、 $x_{4,i}$ ：累積先行雨量（ i ：日数、1～5）、 $a_1 \sim a_4$ ：係数、 c ：定数である。

4.重回帰分析の結果:（1）**重相関係数と偏回帰係数:** 樹冠通過雨濃度の推定モデルについて重回帰分析を行い、一雨の樹冠通過雨濃度の推定を試みる。重回帰分析を行うにあたり、本研究では変数増減法により説明変数の選択を行った。表-1に推定モデルについて重回帰分析を行った結果を示す。重相関係数は0.60以上であった。最も高い重相関係数は、コナラの SO_4^{2-} の0.90、最も低い重相関係数はクスの K^+ の0.66であった。これらは、イベントの観測数の少なさを考慮すると、良好であると考えられる。

（2）**溶質ごとの説明変数の影響度:** 偏相関係数を用いて、変数増減法により選択された説明変数が樹冠通過雨の溶質濃度の形成に与える影響度について検討を行う。表-2に対象樹種の説明変数間の偏相関係数を示し、選択される説明変数の中で最も偏相関係の強い説明変数を表中に太字で示した。分析結果からクスとヒノ

表-1 重回帰分析結果

	観測数	重相関係数	回帰係数								定数 c	
			林外雨濃度 a_1	総雨量 a_2	降雨継続時間 a_3	累積先行雨量						
						1日前 $a_{4,1}$	2日前 $a_{4,2}$	3日前 $a_{4,3}$	4日前 $a_{4,4}$	5日前 $a_{4,5}$		
$\text{NH}_4^+\text{-N}$	クス	31	0.85	1.17	-0.30	0.21	**	**	**	**	-0.10	1.10
	ヒノキ	26	0.77	0.47	-0.27	**	-0.18	**	**	**	**	1.06
	コナラ	26	0.67	**	**	-0.26	-0.18	**	**	**	**	0.77
SO_4^{2-}	ヒノキ	26	0.75	0.33	-0.29	**	**	**	**	-0.20	**	2.15
	コナラ	26	0.90	0.79	-0.14	**	**	**	**	-0.11	**	1.01
K^+	クス	31	0.66	**	-0.32	**	**	**	-0.11	**	**	2.21
	ヒノキ	26	0.68	**	-0.44	0.31	**	**	-0.18	**	**	1.94
	コナラ	26	0.74	**	-0.41	**	**	**	**	**	-0.12	2.71

キーワード 樹冠通過雨 広葉樹と針葉樹 溶質濃度推定モデル 重回帰分析 溶質負荷量

連絡先 〒770-8506 徳島市南常三島町 2-1 徳島大学工学部建設工学科 TEL/FAX 088(656)7333

表-2 説明変数の評価

		偏相関係数							
		林外雨濃度	総雨量	降雨継続時間	累積先行雨量				
					1日前	2日前	3日前	4日前	5日前
NH ₄ ⁺ -N	クス	0.54	-0.64	0.36	**	**	**	**	-0.47
	ヒノキ	0.27	-0.75	**	-0.33	**	**	**	**
	コナラ	**	**	-0.65	-0.36	**	**	**	**
SO ₄ ²⁻	ヒノキ	0.31	-0.53	**	**	**	**	-0.47	**
	コナラ	0.79	-0.47	**	**	**	**	-0.48	**
K ⁺	クス	**	-0.63	**	**	**	-0.33	**	**
	ヒノキ	**	-0.57	0.32	**	**	-0.45	**	**
	コナラ	**	-0.73	**	**	**	**	**	-0.36

キの樹冠通過雨濃度の形成には、総雨量が大きく影響を与えていることがわかる。しかし、コナラの樹冠通過雨濃

度の形成に影響を与える説明変数には、溶質ごとに違いが見られる。K⁺はクスやヒノキと同様に、総雨量の影響度が大きい。NH₄⁺-Nでは総雨量が説明変数として選択されず、降雨継続時間の影響度が大きいことがわかる。

5. 樹冠通過雨の溶質負荷量の算定: 表-3 から表-5 にクス、ヒノキ、コナラの樹冠通過雨の溶質負荷量の算定結果を示す。クスでは、K⁺で 22%の相対誤差が生じた。また、ヒノキは、NH₄⁺-N で 62%、SO₄²⁻で 38%の相対誤差が生じた。コナラは、NH₄⁺-N で 78%の相対誤差が生じた。また、ヒノキで、相対誤差が大きかった樹冠通過雨 NH₄⁺-N 濃度の再現結果を図-1 に示す。この図から溶質負荷量の誤差が大きくなる原因は 10 月下旬と 11 月上旬の降水量の少ないイベントの再現性にあることが分かる。

6. まとめ: 本研究では一雨毎の樹冠通過雨濃度を推定するモデルを構築し、樹冠通過雨濃度と溶質負荷量の再現結果について検討した。重回帰分析の結果、洗脱されやすい溶質は、溶脱されやすい溶質より高い重相関係数を得た。また、総雨量が樹冠通過雨濃度の形成に最も影響を与えていることがわかった。樹冠通過雨濃度の再現で、降水量の少ないイベントの再現性に難が見られたものの、提案したモデルを用いることにより樹冠通過雨濃度の推定を行える大まかな見通しが立ったと考える。

表-3 樹冠通過雨の溶質負荷量の算定結果(クス)

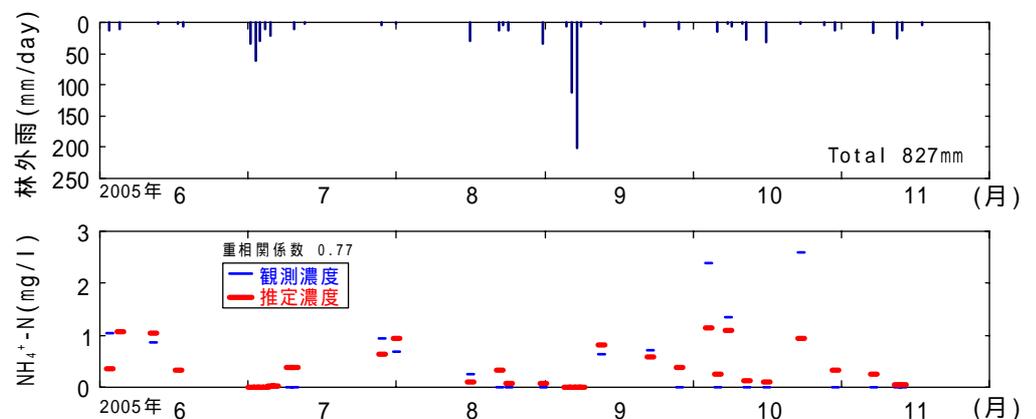
項目	溶質負荷量 (kg/ha)	
	NH ₄ ⁺ -N	K ⁺
モデル計算値	3.77	10.81
観測値	3.39	13.87
相対誤差	11%	22%

表-4 樹冠通過雨の溶質負荷量の算定結果(ヒノキ)

項目	溶質負荷量 (kg/ha)		
	NH ₄ ⁺ -N	SO ₄ ²⁻	K ⁺
モデル計算値	0.54	3.01	8.63
観測値	0.34	4.89	9.01
相対誤差	62%	38%	4%

表-5 樹冠通過雨の溶質負荷量の算定結果(コナラ)

項目	溶質負荷量 (kg/ha)		
	NH ₄ ⁺ -N	SO ₄ ²⁻	K ⁺
モデル計算値	0.45	2.23	8.39
観測値	0.25	2.49	10.59
相対誤差	78%	10%	21%

図-1 樹冠通過雨 NH₄⁺-N 濃度の再現結果(ヒノキ)