

森林流域における水量・水質の降雨流出特性と土地被覆状況との関係

岐阜大学大学院工学研究科	学生員	○ 都築克紀
岐阜大学流域環境研究センター	正員	篠田成郎
岐阜大学大学院工学研究科	学生員	佐藤嘉則
岐阜大学大学院工学研究科	学生員	久野佳毅
岐阜大学工学部		瀬古賢司

1. 緒言

森林は水源涵養や土砂流出防止などの様々な環境保全機能を有している。とりわけ、流域上流部での森林域は、水量の安定供給源としての役割だけでなく、良好な水質を形成・維持する点においても重要な機能を持っている。このため、従来より、各地で森林内溪流の水質観測が実施され、水質の変化特性が検討されてきている（例えば、吉田ら、1994）。とくに、狭い集水域に限定して物質動態を把握する努力が続けられている。

一方、森林内溪流での流量や水質を決定づけているものは、入力としての降雨はもちろんのこと、林内気象や土地被覆状態などの森林環境要因と考えられる。森林環境要因が保水・水質形成維持機能に及ぼす影響を検討するためには、従来のような小集水域を対象とするだけでは不十分であり、いくつかの小集水域を含んだ比較的大い集水域での現地観測・検討が必要になる。こうした観点から、本研究では、乗鞍岳南西斜面に位置する木曽川水系飛騨川最上流森林域（1752ha）での短期集中観測を実施し、森林内溪流の流量・水質に及ぼす土壌分布・植生分布の影響を検討する。

2. 現地観測の概要

現地観測は1996年9月6日～9日の4日間に実施された。図-1には、流量・水質観測地点（●印6点）、降雨量観測地点（降雨量のみ：▲印2点；降雨量・温度・湿度：■印3点）および総合気象観測地点（□印1点）の位置関係を示す。観測水質項目は、水温、水素イオン濃度（pH）、電気伝導度（EC）、紫外部吸光度（E220、E260、E390）、全窒素（TN）、全リン（TP）および濁度の計9種類である。図-2は降雨量・流量・水質の観測記録の一例である。また、久々野高山営林署森林管理簿に基づき算出した各観測地点上流集水域における表層土壌種別の面積割合を図-3に示す。図中の土壌分類は、BC：弱乾性褐色森林土壌、BD：適潤性褐色森林土壌、BB：粒状・堅果状構造型乾性褐色森林土壌、BD(d)：適潤性褐色森林土偏乾亜型、PW(h)：湿性腐食型ポトゾル亜群、PD：乾性ポトゾル亜群、PW(i)：湿性鉄型ポトゾル亜群、dBD：暗色系褐色森林土亜群、BID：黒色土およびEr：受食土を表す。

3. 流量・水質と土壌分布特性との関係

流量・水質の時間変化特性に及ぼす小集水域ごとの土壌分布特性の影響を検討したものが表-1である。この表では、土壌面積割合を説明変数として、各観測点ごとの流量・水質の実測値、平均値および変動係数に対する重回帰分析を行った結果得られた重回帰係数および重相関係数を示している。なお、図-3に示したように、各観測点に対応する上流側集水域での土壌分布を特徴づけているのはBDおよびPW(h)の2種類であるため、表-1ではこれら以外の土壌種別をB群とP群とにまとめて解析してある。この表より、実測値に対する重相関係数の低い水質項目も存在するが、全体的にはかなり高い重相関が得られていると判断される。とくに、変動係数に関しては、pHを除く全水質項目および流量において極めて高い重相関を示しており、これらの時間変動幅が土壌面積割合に大きく支配されていると判断される。

4. 流量・水温が水質に及ぼす影響と土壌分布特性との関係

水質形成過程に対する直接的支配要因として流量や水温が挙げられるが、これらの影響力が土壌分布特性によってどのような違いをもたらされるのかを検討してみる。まず、図-2に示した観測データからスプライン補間により毎時の時系列データを作成し、流量や水温時系列に対する水質時系列の相互相関関数を算出する。相互相関関数の極値の大きさおよび位置をそれぞれ相関係数 γ および遅れ時間 τ とすれば、これらが流量や水温に対する各水質項目の応答特性を表すパラメータの一種となる。表-2は γ および τ と表層土壌面積割合との重回帰分析から得られる重回帰係数および重相関係数を示す。また、 γ および τ に関する実測値と重回帰式による推定値との比較の一例を図-4に示す。これらの図表から、 γ や τ が驚くほど正確に土壌面積割合によって説明されており、流量や水温に対する水質の応答特性が土壌分布に大きく影響を受けていると判断される。

5. 結語

以上、本研究では、物質動態の観点からではなく、森林環境要因としての土壌分布と流量・水質との関係を検討し、流量・水質が小集水域ごとの土壌面積割合に大きく依存していることを明らかにした。なお、植生分布との関係については講演時に発表したい。

最後に、本研究で用いた森林管理簿は久々野高山営林署より提供していただいたものであり、ここに記して深謝の意を表すとともに、本研究が文部省科学研究費基盤研究 A(07406015)の一部であることを付記する。

参考文献 吉田・端野・田村・村岡：山地小流域での渓流水質形成過程に関する基礎的検討，水工論集，38，pp. 271-276，1994。

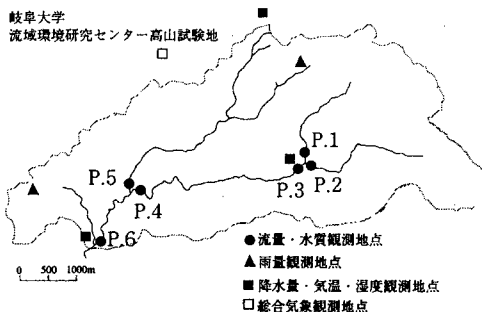


図-1 観測地点

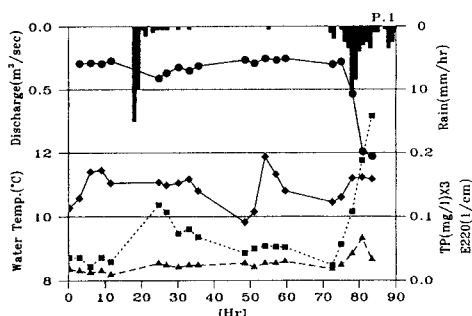


図-2 降雨量・流量・水質の観測記録

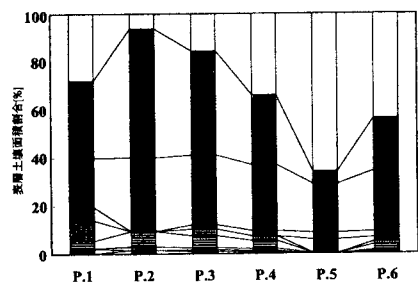


図-3 各観測地点上流集水域における表層土壌種別の面積割合

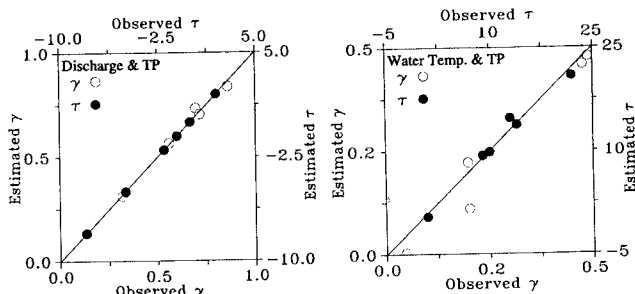


図-4 γ および τ に関する実測値と重回帰推定結果との比較

表-1 流量および水質と表層土壌面積割合との重回帰分析結果

		切片	BD	PW(h)	B 群	P 群	重相関
水温 [°C]	実測値	26.6	-22.1	-52.5	3.7	177.2	0.79
	平均	26.6	-22.1	-52.6	3.7	177.1	0.99
	変動係数	0.3	-0.3	-0.4	-0.1	0.2	0.99
pH	実測値	14.5	-11.4	-10.8	-1.0	-2.6	0.44
	平均	14.5	-11.4	-10.8	-1.0	-2.6	1.00
	変動係数	-0.7	1.1	1.3	0.0	-0.8	0.60
EC ×10 ³ [mS/m]	実測値	54.7	25.5	-19.4	-55.1	243.8	0.49
	平均	54.6	25.7	-19.3	-55.1	243.9	1.00
	変動係数	1.8	-2.8	-2.7	0.0	0.3	1.00
TN ×10 ² [mg/L]	実測値	-23.3	55.2	39.9	13.4	75.8	0.14
	平均	-14.9	44.4	28.6	7.2	85.5	0.87
	変動係数	3.0	-4.1	-2.5	-0.8	-8.7	0.97
TP ×10 ² [mg/L]	実測値	4.1	-1.3	8.5	-9.4	-65.2	0.56
	平均	4.1	-1.3	8.4	-9.4	-64.4	0.99
	変動係数	4.4	-6.2	-5.8	-1.5	4.6	1.00
E220 ×10 ² [l/cm]	実測値	3.8	-1.4	13.2	5.7	-67.0	0.19
	平均	3.9	-1.5	12.8	5.9	-65.2	1.00
	変動係数	10.0	-13.6	-7.4	-5.3	-34.4	1.00
E260 ×10 ² [l/cm]	実測値	13.2	-20.3	-7.6	0.4	-63.5	0.26
	平均	13.0	-20.0	-7.4	0.7	-63.0	1.00
	変動係数	18.9	-25.7	-15.1	-10.2	-60.3	0.99
E390 ×10 ² [l/cm]	実測値	2.3	-3.6	-1.5	0.0	-11.0	0.26
	平均	2.5	-3.8	-1.8	0.1	-10.2	1.00
	変動係数	18.5	-25.0	-14.2	-10.4	-62.7	0.99
流量 [m³/sec]	実測値	30.1	-47.2	-65.1	3.2	94.9	0.77
	平均	30.0	-47.2	-65.1	3.2	94.9	0.97
	変動係数	0.5	1.4	11.2	-6.6	-46.8	0.92

表-2 γ および τ と表層土壌面積割合との重回帰分析結果
(流量・水温と水質との相互相関関数のピーク値・遅れ時間)

		切片	BD	PW(h)	B 群	P 群	重相関
相 関 係 数	流量 & pH	3.21	-2.16	7.74	-6.10	-57.05	1.00
	流量 & EC	-1.10	-1.61	-18.96	9.15	98.59	1.00
	流量 & TN	-1.24	2.64	-1.29	1.39	21.97	0.82
	流量 & TP	5.86	-7.65	-2.45	-3.67	-27.18	1.00
	流量 & E220	-2.54	5.24	12.27	-1.90	-38.31	0.96
	流量 & E260	-0.36	2.55	10.79	-3.56	-45.76	1.00
	流量 & E390	3.21	-2.16	7.74	-6.10	-57.05	1.00
	水温 & pH	1.24	-2.49	-9.97	4.74	36.91	0.99
	水温 & EC	1.53	-4.68	-13.45	5.14	55.56	0.99
	水温 & TN	-1.25	0.82	-5.00	5.59	31.62	0.69
遅 れ 時 間	流量 & TP	-5.26	8.58	3.70	2.01	28.83	0.93
	流量 & E220	-6.85	8.63	1.98	8.28	36.33	0.99
	流量 & E260	-10.73	15.41	11.73	6.32	20.74	0.98
	流量 & E390	-11.36	17.54	16.14	3.59	7.03	0.98
	流量 & pH	-93.67	159.91	346.66	-74.68	-1033.04	1.00
	流量 & EC	-68.30	51.12	-178.02	181.19	1351.59	1.00
	流量 & TN	-161.31	257.11	377.21	-27.55	-630.61	0.99
	流量 & TP	202.82	-293.45	-223.90	-98.58	-442.76	1.00
	流量 & E220	9.57	-48.50	-178.82	96.10	765.00	1.00
	流量 & E260	30.91	-81.23	-202.14	90.12	709.92	1.00
推 定 値	流量 & E390	95.70	-165.29	-222.24	29.72	322.37	0.99
	水温 & pH	-53.90	70.12	32.61	43.25	206.82	0.90
	水温 & EC	29.79	19.77	143.94	-162.47	-785.53	0.99
	水温 & TN	45.52	-63.38	5.95	27.45	-552.43	0.93
	水温 & TP	-31.61	152.81	226.49	-213.24	-170.22	0.99
	水温 & E220	31.39	-83.33	-39.82	129.49	-553.14	1.00
	水温 & E260	29.71	-21.86	-184.76	17.57	856.72	0.99
	水温 & E390	-13.74	29.47	-187.97	70.01	1189.20	0.99