

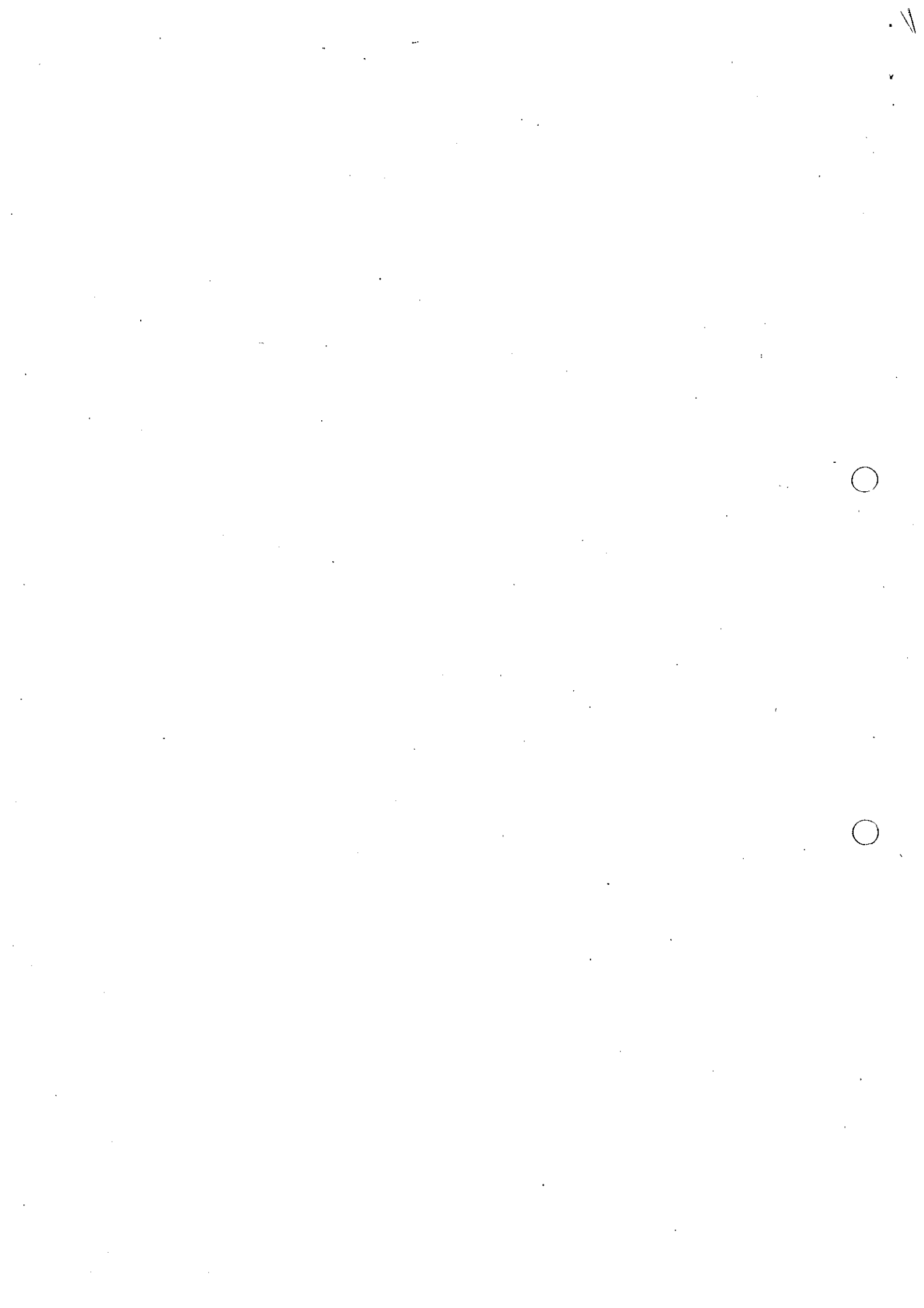
森林と海の関わりに関する研究等の概要

- 流域圏における水循環・農林水産生態系の自然共生型管理技術の開発
 - ・概要：森林から沿岸域までの水・物質循環の機構や農林水産生態系の機能を解明するとともに、農林水産活動が生態系へ及ぼす影響を評価し、農林水産生態系の機能を維持・向上させる技術の開発等を行う。
 - ・実施年度：H14～18年度
 - ・実施機関：(独)森林総合研究所、(独)水産総合研究センター、(独)農業工学研究所外
 - ・資料：別添1

- 湖沼での有機物の動態解析手法の開発に関する研究
 - ・概要：琵琶湖北湖の有機汚濁の兆候の背景には、湖周辺の宅地開発や産業の活性化などが関係していると推定されるが、森林は集水域の6割を占めており森林から流出する有機物を正確に把握することが総合的な対策において重要であることから、森林からの有機物の流出量等について調査・研究
 - ・実施年度：H7～9年度
 - ・実施機関：(独)森林総合研究所
 - ・資料：別添2

- 水土保持機能強化総合モデル事業
 - ・概要：複層林造成に伴う森林の整備等が水土保持機能の向上にどのように関与しているかを定量的に扱うため、立木の生長量、土砂移動量、渓流水質、流量等についてのデータ収集と解析を実施中。
 - ・実施年度：S58年度～
 - ・実施機関：福岡県森林林業技術センター外
 - ・資料：別添3

- 森林が河口域の水産資源に及ぼす影響の評価
 - ・概要：森林で生産された様々な物質は河川を通過して河口域で海に供給されるが、森林から河口に至る物質の流れと魚類など水棲生物による利用形態を明らかにし、沿岸域の森林整備の方策を確立する。
 - ・実施年度：H12～14年度
 - ・実施機関：北海道立林業試験場
 - ・資料：別添4



平成 14 年度研究成果報告書

A	1	1	1	1		1	1
大 課 題 名	流域圏における水物質循環、生態系のモニタリング及び機能の解明・評価						
中 課 題 名	森林から沿岸域までの水・物質循環プロセスの解明						
小 課 題 名	森林流域における水・物質循環プロセスの解明						
実 行 課 題 名	森林流域における主要栄養塩類の収支の解明						
実行課題代表研究機関・研究室名・研究者名	森林総合研究所・立地環境研究領域 土壌特性研究室・吉永秀一郎					研究期間	
分担機関・研究室名等	森林総合研究所・関西支所・森林環境研究グループ 京都大学大学院・農学研究科・森林育成学研究室					14~18年度	

1. 研究目的

近年、清澄で良質な水の生産の場としての森林に対する期待が高く、森林から流出する渓流水の水質を維持することが求められている。また、海域における生物生産が、上流域の森林から供給される窒素などの主要栄養塩類だけでなく、珪素や鉄などの栄養塩類の供給量に強く影響されていることも指摘されている。このため、国土の約7割を占める森林における渓流水への栄養塩類の供給過程ならびにその下流への供給量を正しく評価する必要がある。本課題では、森林流域における主要栄養塩類の流入、生成過程を明らかにするとともに、森林から流出する栄養塩類の下流域への供給量を解明する。

2. 研究方法

1) 森林流域における流入量、流出量を計測する試験地として、宝川試験地（群馬県水上町：利根川上流域）、桂不動谷津試験地（茨城県桂村：那珂川支流）、山城試験地（京都府山城町：淀川水系木津川支流）、三興試験地（奈良県十津川村：新宮川支流）を設定し、渓流水、降水の溶存成分の測定を開始する。

2) 既存の水質データセット、流量データセットが揃っている竜の口試験地（岡山県岡山市）北谷、竜の口試験地南谷、志賀試験地（滋賀県志賀町）の流入負荷量、流出負荷量を算出する。

3) 宝川試験地では融雪時、桂試験地では洪水時に水質試料を採取し、非定常時の水質変動について検討する。

4) 桂試験地周辺において岩石、土壌試料の主成分化学組成を測定し、岩石、土壌からの栄養塩類の生成過程を検討する。

3. 研究成績の概要

1) 桂不動谷津試験地における珪素(Si)濃度は、平水時には夏季に約7mg L⁻¹、冬季に約6mg L⁻¹であり、明瞭な季節変動を示した。一方、硝酸イオン(NO₃)濃度は、平水時には2mg L⁻¹程度の値を示し、明瞭な季節変動は認められなかった。しかし、降水時には硝酸イオンの濃度は上昇し、珪素の濃度は減少する傾向が認められた(図1)。珪素濃度の変動は、夏季に風化がより進行し、鉱物からの珪素の放出が増加したためであると考えられる。

2) 竜の口試験地北谷、南谷、志賀試験地における栄養塩類の収支は、窒素(N)は流入が多く、珪素、カルシウム(Ca)イオン等は流出が多い傾向を示した。窒素の流出量はそれぞれ、0.4、1.9、3.1(kg ha⁻¹)であった。この値は、既往の報告による値より低い値を示した。また、珪素の流出量は、12.7、13.5、154.1(kg ha⁻¹)であった(表1)。志賀試験地で珪素の流出量が多いのは、流域の地質が風化したマサが発達した花崗岩であるためと考えられる。

3) 宝川試験地における2002年春の融雪期には積雪期に比べて栄養塩類の濃度が低下し、融雪が終了し梅雨が始めると回復するという変動傾向が認められた。融雪期の初期に硝酸イオンならびに硫酸イオン濃度が上昇するのは、融雪に伴って、土壌中に蓄積されたこれらのイオンが急激に洗

脱されたためと推定される。また、融雪期には流量の日変化にともなって、栄養塩類の濃度も変動し、流量が多いときに濃度が低下する傾向が認められた。この変動は融雪による希釈効果によるものと考えられる。(参考資料1)

桂不動谷津試験地における豪雨時の水質を集中的に観測した結果、硝酸イオン、溶存有機炭素(DOC)は流量の増加に伴って、急激に濃度が高くなる変動を示した(図2)。一方、珪素は一定の流量に達するまでは濃度の変化が顕著ではないが、それを超すと濃度が減少する傾向を示した。流量と負荷量の間には硝酸イオン、溶存有機炭素以外の成分では良い相関が認められ、一本の回帰式近似することが可能であった(参考資料2)。しかし、硝酸イオン、溶存有機炭素はバラツキが多い傾向が認められた。これは流量の増加に伴う濃度の増加が一様ではないためである(図3)。このため、これらの成分の流出量の推定のためには濃度変化に起因する要因を解析し、その結果に基づいて濃度と流量の関係を整理することが必要であることが明らかになった。

4) 桂不動谷津試験地における深さ10mのボーリングコア試料の主成分化学組成の分析結果から、全体としてみればMgO、CaO、Na₂O、K₂O含有率は、下層に向かって上昇する傾向を示した。一方、TiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃含有率は深さ方向の明瞭な変化は認められなかった。アルカリ元素の溶脱程度を示す指標であるCIA値は下層ほど小さい値を示し、風化に伴って表層部ほどアルカリ元素が溶脱されていることを示していた(図4)。

4. 具体的データ

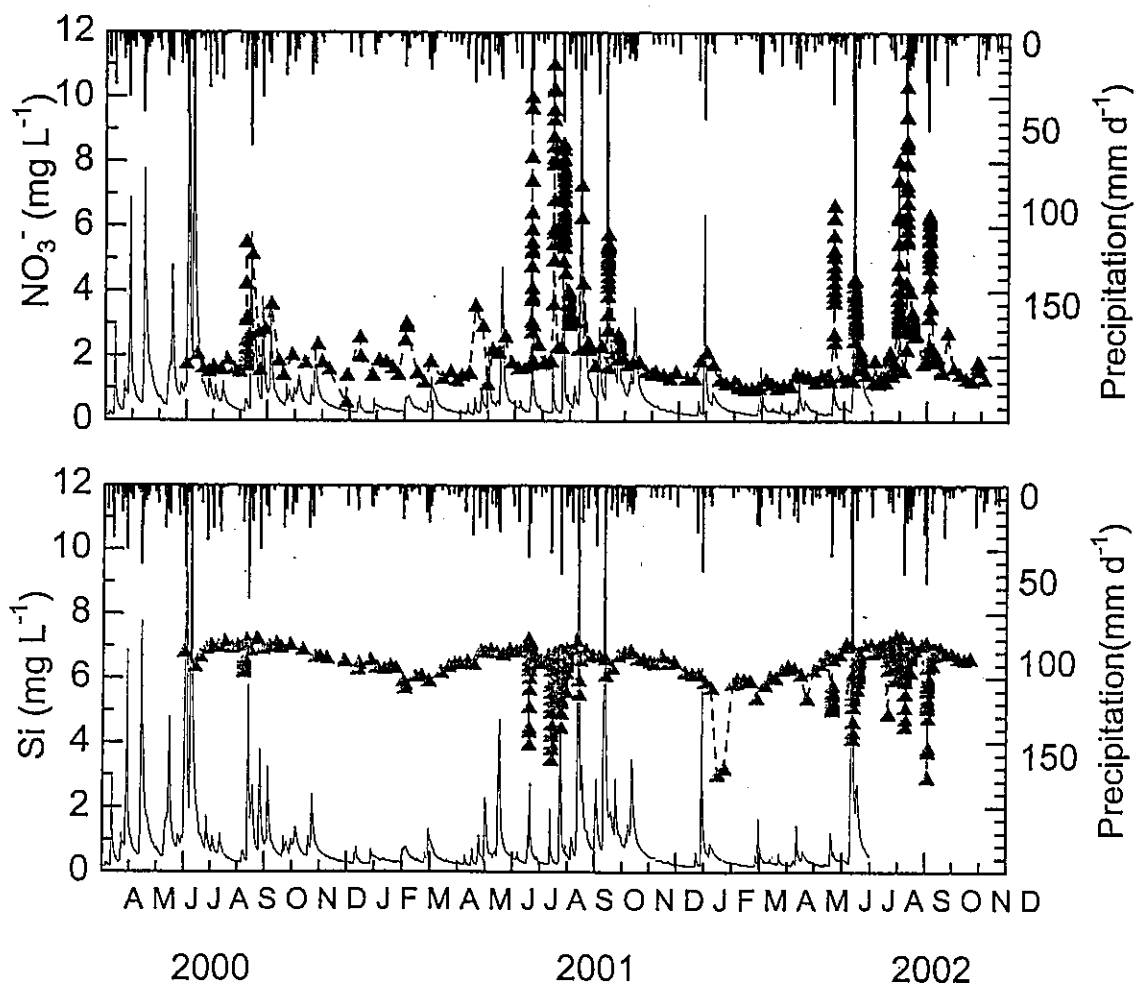


図1 桂不動谷津試験地における硝酸イオン、珪素濃度の変動

表1 竜の口試験地、志賀試験地における物質収支

試験地名	Ca	Mg	Na	K	NO3	SO4	Si	N
	kg/ha/yr	kg/ha/yr	kg/ha/yr	kg/ha/yr	kg/ha/yr	kg/ha/yr	kg/ha/yr	kg/ha/yr
竜の口北谷 1995年								
流入負荷量	12.3	1.1	4.7	0.9	18.6	29.0	0.0	8.9
流出負荷量	16.9	4.1	10.2	0.6	1.8	15.9	12.7	0.4
収支	4.6	3.0	5.5	-0.3	-16.8	-13.2	12.7	-8.5
竜の口南谷 1995年								
流入負荷量	12.3	1.1	4.7	0.9	18.6	29.0	0.0	8.9
流出負荷量	19.8	5.2	14.8	0.8	8.6	15.0	13.5	1.9
収支	7.5	4.1	10.1	-0.1	-10.1	-14.0	13.5	-6.9
志賀 1996年								
流入負荷量	6.8	2.7	21.8	2.9	17.1	34.7	0.0	6.1
流出負荷量	33.1	3.4	71.3	6.5	13.7	34.7	154.1	3.1
収支	26.3	0.7	49.5	3.5	-3.4	0.0	154.1	-3.0

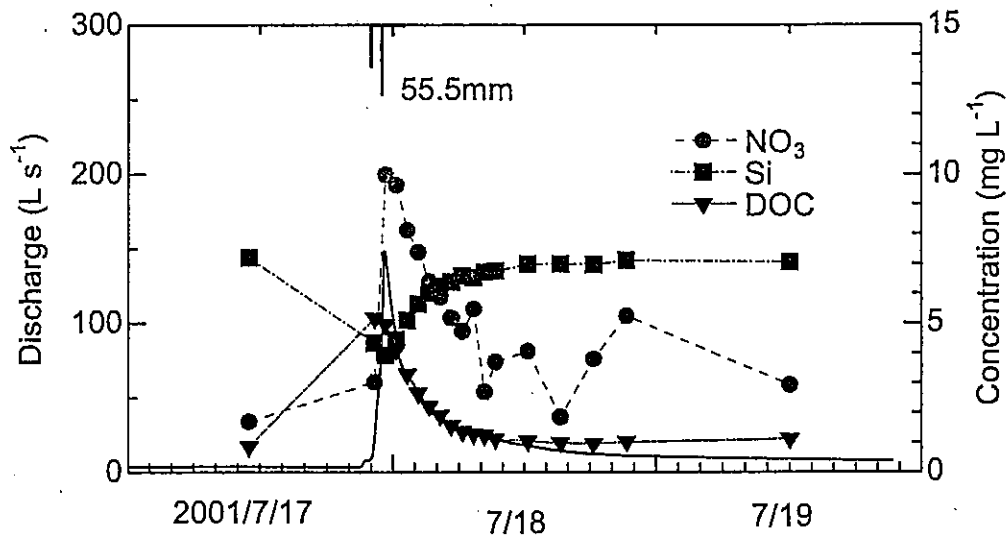


図2 桂不動谷津試験地における出水に伴う栄養塩類濃度の変化

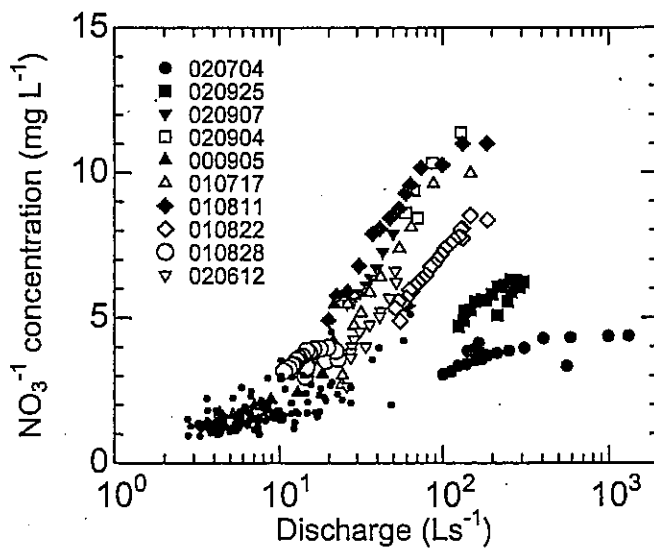


図3 桂不動谷津試験地における流量と硝酸イオン濃度との関係

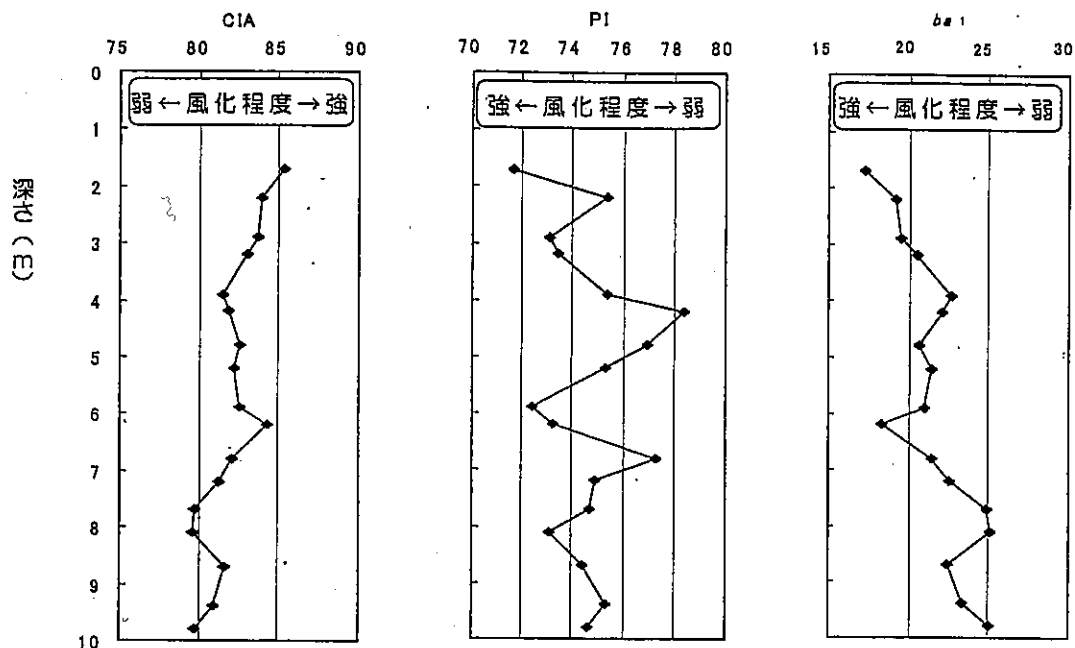


図4 風化指標値の深さによる変化

$$CIA = Al_2O_3 / (Al_2O_3 + Na_2O + K_2O + CaO) * 100$$

$$PI = SiO_2 / (SiO_2 + Fe_2O_3 + Al_2O_3) * 100$$

$$ba_1 = (Na_2O + K_2O) / Al_2O_3 * 100$$

CIA: Chemical Index of Alteration, PI: Product Index

次年度の計画と研究推進上の問題点

- 1) 引き続き、各試験地における主要栄養塩類の流入量、流出量を測定し、季節変動や非定常時の変動を検討するとともに、年間の流入負荷量、流出負荷量を算出する。ただし、三興試験地については流量観測施設の設置が遅れ、次年度に設置する予定のため、濃度の変動のみを検討する。
- 2) 全国的な流出負荷量の傾向を把握するため、既存の水質データセット、流量データセットが揃っている去川試験地（宮崎県高岡町）、西川流域（高知県魚梁瀬村）などにおいて流入負荷量、流出負荷量を算出する。
- 3) 山城試験地周辺、三興試験地周辺において、岩石、土壌試料の主成分化学組成を測定するとともに、物質量の深度方向の変化を解析し、各試験地における岩石、土壌からの栄養塩類の生成過程を検討する。

文献発表

① 論文等

金子・服部・後藤・玉井(2002): 竜の口森林理水試験地の渓流水質. 水文・水資源学会誌、15: pp. 472-485

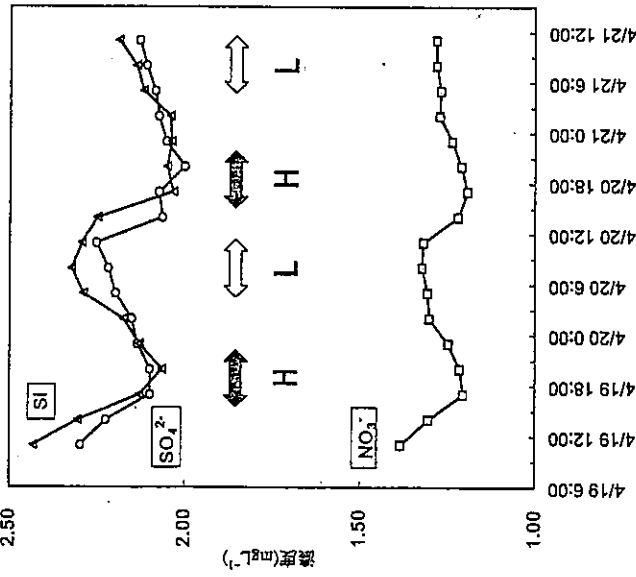
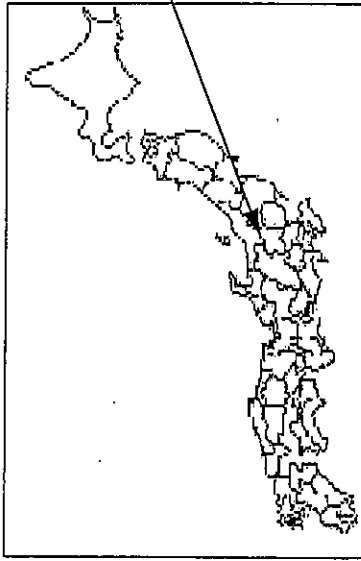
Ohte, N., Tokuchi, N., Hobara, S., Asano, Y., Koba, K. and Katsuyama, M. (2002): Episodic increases in nitrate concentrations in streamwater due to the partial dieback of a pine forest in Japan: runoff generation processes control seasonality. Journal of Hydrology. (in press)

② 特許等の出願・取得状況

なし

A1111

宝川森林理水試験地
群馬県利根郡水上町
利根川源流部
流域面積：1906ha

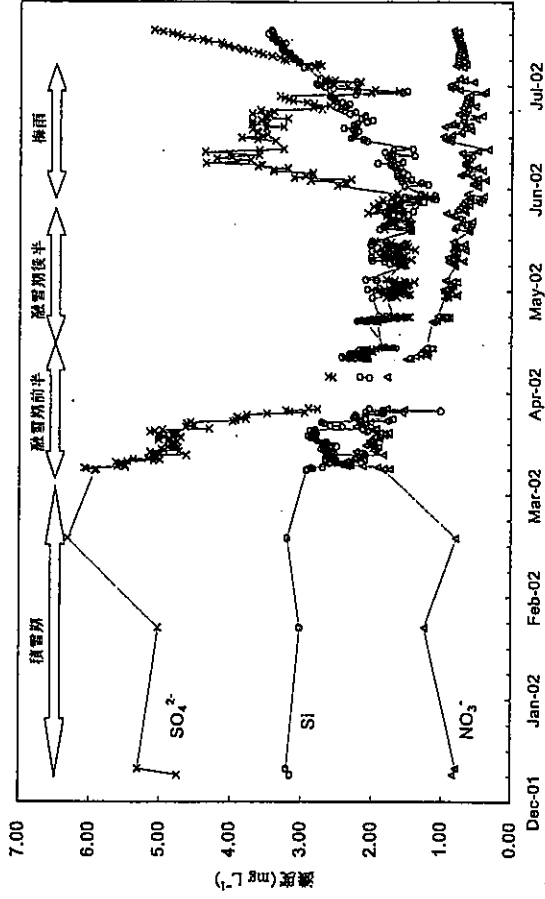


融雪期のSi,SO₄²⁻,NO₃濃度の日変動

各時期のSi,SO₄²⁻,NO₃,DOCの平均濃度

	Si	NO ₃	SO ₄ ²⁻	DOC
積雪期	3.15	0.92	5.35	0.86
融雪期前半	2.30	1.66	3.50	1.76
融雪期後半	1.71	0.81	1.65	1.27
梅雨	2.17	0.67	3.17	1.49

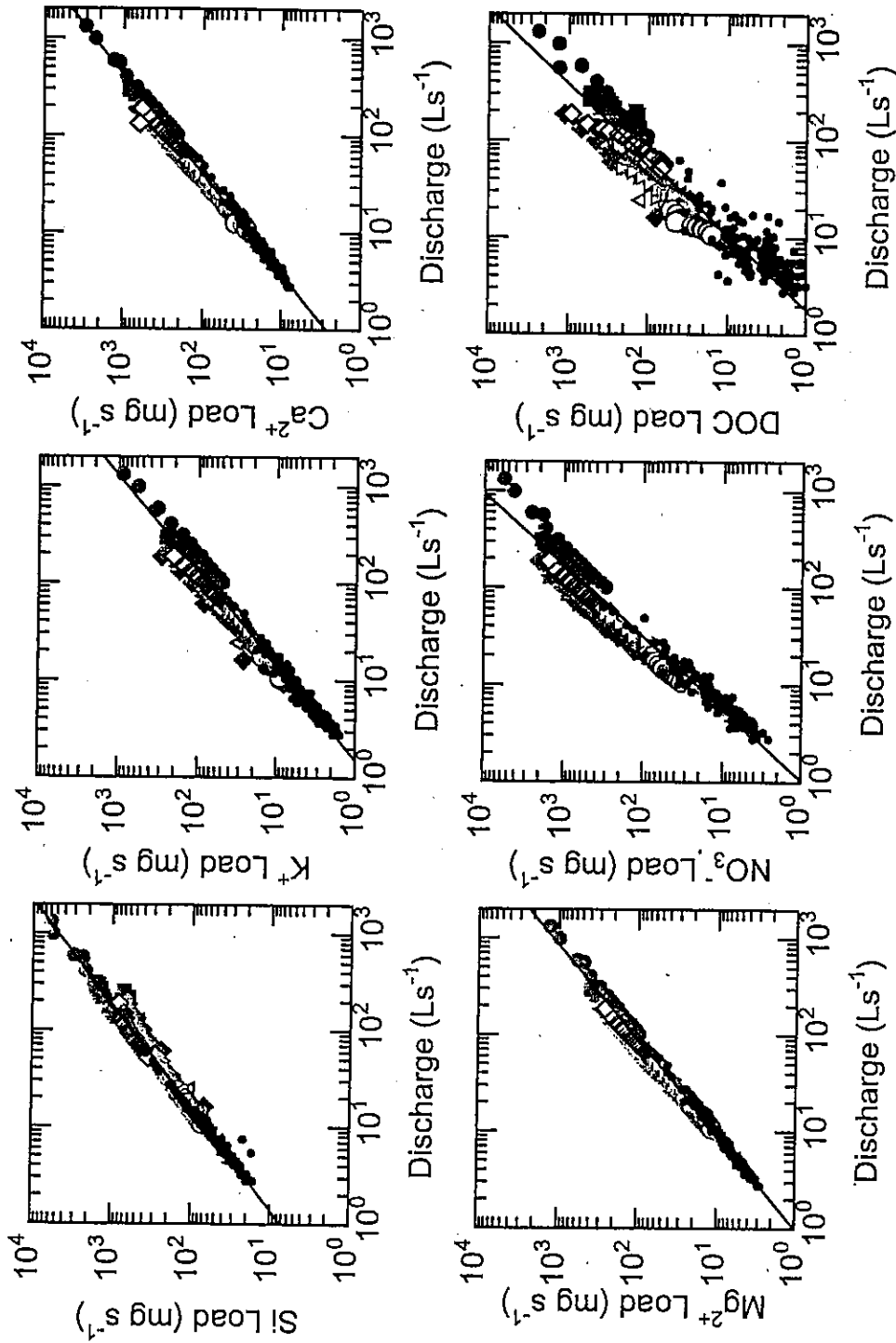
(単位：mgL⁻¹)



宝川本流のSi,SO₄²⁻,NO₃の濃度変化

桂不動谷津試験地における流量と負荷量の関係

A1111



湖沼での有機物の動態解析 手法の開発に関する研究

2000年3月

目 次

研究の要約	1
第1章 渓流水中の有機物量の季節変動の把握	5
1 渓流水中の有機物量の季節変動の把握	5
(1) 調査流域の水文環境の解析	5
(2) 調査地域の渓流水質の解明	10
(3) 溶存有機物の経時的変動の解明	14
(4) 浮遊有機物の経時的変動の解明	19
(5) 土砂及び粗大有機物の流出機構の解明	20
(6) 有機物流出量の年変動の把握	24
2 降雨時における有機物の流出機構の解明	26
(1) 降雨水質及び土壌水質の変動特性の解明	26
(2) 降雨時における浮遊有機物の流出特性の解明	29
(3) 降雨時における溶存有機物の流出特性の解明	33
第2章 渓流水中の有機物に寄与する立地別要因の解明	36
1 立地条件の異なる流域間における渓流中の有機物濃度の検討	36
2 土壌水中の有機物濃度と渓流中の有機物濃度との関係の解明	39

研究の要約

I 研究年次・予算区分

研究年次 平成7年度～9年度(3ヶ年)

予算区分 環境庁一括計上

国立機関公害防止等試験研究費

濃度の季節変動のパターンを把握するとともに、樹種や環境要因が異なる溪流間での有機物濃度の変動を調査し、琵琶湖北湖における有機汚濁と森林との関わりを明らかにすることを目的とする。

II 主任研究者

主査：森林総合研究所長

大貫仁人(平成7年～平成10年3月)

副主査：森林総合研究所関西支所長

陶山正憲(平成7年～平成9年3月)

高田長武(平成9年～平成10年3月)

まとめ責任者

森林総合研究所関西支所 育林部 土壤研究室長 金子真司

V 研究方法

ア 渓流水中の有機物量の季節変動の把握

比良山系の南比良峠を源頭とする四ツ子川の支流(滋賀県志賀町：標高310m, 北緯35°13'37", 東経135°55'31", 流域面積6.57ha)に固定試験地(四ツ子試験地)を設置する。

1. 四ツ子試験地において降水量, 流量, 水温, 気温の自動観測によって, 試験地の水文環境や流域の保水特性を検討する。四ツ子川の本流および支流において, 渓流水中の有機成分(DOC, COD_{Mn}, BOD), 無機成分, 浮遊物質(SS), 粗大有機物等を定期調査し, それら成分の季節変動を把握する。それとともに有機成分の季節変動に係わる要因の解析を行う。四ツ子試験地における有機成分の形態別年間流出量を明らかにする。

2. 四ツ子試験地の降雨水質および土壌水質を定期調査し, 有機成分を中心に水質の季節変動を把握する。降雨の際の増水時に自動水質測定装置を用いて水質変化を調べるとともに, 自動採水装置を用いて有機成分の濃度変動を調査し, 降雨時の有機成分の流出変動特性を解析する。

イ 渓流水中の有機物に寄与する立地別要因の解明
植生図や地質図等の既存の資料に基づき, 琵琶湖北湖集水域を代表する立地環境を有する河川を選出し, 現地調査によって渓流水の調査地点(1河川につき6～8ヵ所)を決める。その地点で渓流水質を調査し, 有機成分濃度の溪流間の変動を明らかにする。さらに, 渓流水中の有機成分濃度の高い流域と低い流域の土壌水質を調べて両者の関係を明らかにする。

III 研究場所

森林総合研究所

(共同研究機関)

環境庁 国立環境研究所

通商産業省 大阪工業技術研究所

IV 研究目的

琵琶湖北湖では流入する河川のCOD濃度はここ数年横ばい状態であるのに, 湖水のCOD濃度は上り傾向にある。この原因の1つに, COD濃度として計測されない流入有機物量の増加や流入有機物の質的变化が考えられる。滋賀県における森林面積は琵琶湖を除くと県土の61%であり, 特に琵琶湖北湖は北西側に平野部が少ないことから, 流入河川中の有機物の給源として森林地帯が大きな役割を果たしている。これらの森林地帯では, 近年間伐の遅れ等の未整備林が増加傾向にあり, 一方でマツクイムシ等の被害によって構成樹種が変化している森林も多い。そのため, 森林から流れ出す渓流水中の有機物の量や質に変化が生じている可能性が考えられる。森林の伐採や植栽時の施肥が渓流水質に影響することが知られているが, 森林の構成樹種と渓流水質との関係についてはほとんど調べられておらず, 特に炭素を中心とする有機物についてのデータ蓄積は皆無に等しい。そこで, 本研究では渓流水中の有機物

VI 研究成果

量水堰堤を設置した四ツ子試験地を含む四ツ子川流域の地質は花崗岩であった。試験地流域ではかつて崩壊が発生して現在はヒノキやスギが植栽されて

いるが、土壌は未熟で有機物含量は少なかった。試験地の降水量は琵琶湖岸の南小松に比べて1.26倍であった。水温の変動パターンは気温に類似するが年較差は気温に比べて小さかった。流況については豊水量と渇水量の差が少なく流量は安定しており、水が保持されやすい流域であることが判明した。この流域の保水特性は地質（花崗岩）に関係すると考えられた。

渓流水の無機成分は本流および支流とも濃度変動が極めて小さく、年間を通じて濃度はほぼ一定であった。無機成分の濃度が安定していることは流域の保水特性に関係があると推察された。本流および支流の溶存有機成分は琵琶湖水や琵琶湖に流入する河川と比べると低濃度であった。季節的には春から夏にかけて濃度が高まり冬季に低くなる傾向がみられた。支流における浮遊物質中の有機物割合は平均31.7%であり、4月から7月にかけて高い傾向がみられた。夏期には浮遊有機物中の粒径の小さな画分が増加する傾向が認められた。この現象は夏期に有機物の分解が進行することを示唆していた。試験地流域から流出する土砂は降雨の影響が大きく、有機物の流出にも降雨が影響していた。しかし、土砂に占める粗大有機物の割合は、冬期に高く夏期に極めて低くなることが明らかになった。このことから、渓流水中の粗大有機物量は落葉期の後に増加し、夏期にはほとんど分解されるものと推察された。この夏期の分解によって、浮遊有機物や溶存有機物の濃度が高まることが考えられた。また、渓流水中での

粗大有機物の樹種組成を調べたところ、粗大有機物は溪畔近くに生育する樹木から供給されていることが判明した。さらに、ヤシャブシ、ヤマハンノキの窒素含量はその他広葉樹に比べて高いことも明らかになった。

四ツ子試験地における溶存態有機物 (DOM)、浮遊態有機物 (OSS)、粗大有機物 (WD) の年間流出量は、それぞれ3.7~7.9, 3.31~6.11, 2.29~9.22 (C・kg・ha⁻¹・yr⁻¹) であった。流量が少ない年はDOMとOSSの流出量が低下し、集中豪雨のある年はWDが多くなることが判明した。これまでの報告と比べて、今回の調査地ではDOMが少なくWDが多かった。その理由は調査地点が人工流路上であったことや流域が急傾斜であったことが関係していると考えられた。

降雨によってもたらされるDOCの年間負荷量は36.7C・kg・ha⁻¹・yr⁻¹で、渓流水へ流出する有機物量より雨水として流入する有機物が多いことが判明した。土壌水中のDOCは測定方法によって濃度が異なったが、いずれの場合も渓流水よりはるかに濃度が高かった。自動水質測定装置による調査によって、濁度が降雨時に急激に上昇することが明らかになった。流量の変化に対する濁度の上昇を図示することによって濁度の上昇がヒステリシスループを描くことが判明した。さらにそのパターンが複数存在することも確かめられた。自動採水装置を使って降雨時の渓流水の連続試料を採取して分析した。その結果、降雨時にはDOC, SS, T-N, T-Pの濃度上

研究計画表

研究課題	課題番号	研究番号			担当場所・研究室		
		7	8	9	場所	部	研究室
1. 湖沼での有機物の動態解析手法の開発に関する研究							
(1) 渓流水中の有機物の実態把握と生成メカニズムの解明							
ア. 渓流水中の有機物量の季節変動の把握		←————→			森林総研	関西支所	土壌研 造林研 防災研
イ. 渓流水中の有機物に寄与する立地別要因の解明		←————→			森林総研	関西支所	土壌研 造林研 防災研

昇のピークが確認された。DOC と SS のピークは流量ピークに類似したピークであったが、T-N と T-P のピークは一点だけ上昇するピークで流量との対応はよくなかった。成分毎のピークのパターンは従来の報告とは異なった結果となった。この点については、本試験地流域の立地特性が関係していると推察された。

植生図や地質図などの資料から北湖周辺は中古生代の砂質泥岩が4割近くを占め、花崗岩や石灰岩の分布も広いことが明らかになった。植生はスギ・ヒノキ人工林が北湖集水域の大半を占めているが、北部地域を中心に落葉広葉樹が分布し、低山地帯にアカマツ群落が分布していた。これらの情報を元にして現地調査を行い、和途川(大津市)、田川(浅井町)、内川(マキノ町)の3河川の支流各6~8カ所を渓流水の採取地とした。3河川の支流において渓流水を採取して分析した結果、 NO_3^- -N 濃度は流域が広葉樹林で覆われた渓流で低く、針葉樹高齢林の渓流で高いことが判明した。DOC 濃度は針葉樹人工林の渓流で低く、広葉樹林の渓流で高いことが明らかになった。さらに流域面積が大きいほど NO_3^- -N 濃度が高くなる傾向を示し、DOC はこれとは反対に流域面積が小さい渓流ほど濃度が高い傾向を示した。同一流域の土壌水と渓流水の比較から、 NO_3^- -N 濃度は土壌水、渓流水とも針葉樹高齢林で覆われた流域で高く、広葉樹で覆われた流域で低いことが明らかになった。DOC 濃度は渓流水では広葉樹で覆われた流域が針葉樹で覆われた流域に比べて有意に高かった。土壌水も DOC 平均濃度が広葉樹流域で高かったが、2流域間の濃度に有意さは認められなかった。ただし広葉樹流域と針葉樹流域の土壌水中の DOC は質的な違いがあることが示唆された。

VII 今後の問題点

四ツ子試験地では冬期の降水は積雪による場合が多いので、正確な年間水収支を求めるために積雪量を計測する必要がある。流域の保水特性が渓流水質の形成に影響していると推察されたので、流域の保水特性に基づく水質形成のモデルをつくる必要がある。渓流水中の DOC 濃度は 1 mg/l 以下と低濃度であることが明らかになったが、琵琶湖の有機汚濁との関わりを考える上では、DOC の化学組成についても検討する必要がある。今回観測された渓流水中

の有機浮遊物質の濃度や粒径組成の季節変動が、他の渓流においても一般的に見られるかどうか調べる必要がある。土壌における溶存有機物の吸着を調べると共に、渓流水中の粗大有機物の分解によってどの程度の DOC が生産されるかを明らかにする必要がある。粗大有機物や浮遊態有機物の流出量が溶存態有機物の流出量に匹敵することが明らかになったが、この原因は人工の流路や流域の急峻な地形が関係すると考えられたので、今後は傾斜がゆるやかで人工改変されていない森林流域において同様の調査が必要であろう。

土壌水中の DOC 濃度はバッチ法と吸引法で異なった結果となったので、遠心分離法などの別の方法で土壌水を採取する必要がある。山地小流域の降雨時の水質調査に自動水質測定装置を使用する場合は、10分以下の間隔で行う必要がある。降雨時の有機物流出にも流域の保水特性が影響することが考えられるので、保水特性の異なる流域で同様の試験を行う必要がある。

DOC や NO_3^- -N はともに有機物由来成分であるが、流域の植生や流域面積の大きさとの関係は異なる傾向を示したので、DOC や NO_3^- -N 濃度を決定しているメカニズムを明らかにする必要がある。流域の樹種が針葉樹の流域では土壌水と渓流水とも NO_3^- 濃度が高く DOC 濃度が低かった。それに対して広葉樹の流域では NO_3^- 濃度が低く DOC 濃度が高かった。この関係が普遍的に認められるかどうかを検討するとともに、渓流内で粗大有機物から生成する DOC 量の調査も必要であろう。

VIII 研究発表

- 1) Shinji Kaneko: DOC concentrations in stream water around Kyoto city, central Japan. 1st International Conference-Contaminants and the Soil Environment-Extended Abstract, 1996
- 2) 荒木誠・鳥居厚志・金子真司・吉岡二郎: 花崗岩山地小流域における保水容量と保水量の変動: 森林応用研究6, 49-52, 1997
- 3) 金子真司・玉井幸治・深山貴文・後藤義明: 渓流水質に及ぼす流出率の影響: 水文・水質源学会 1997年発表会要旨集, 173, 1997
- 4) 深山貴文・金子真司: 山地小流域における浮遊物質組成の変動, 日本林学会大会論文集108, 401

-402, 1997

- 5) 金子真司：近畿地方における渓流水質の広域調査, 水利科学239, 35-55, 1998
- 6) 金子真司, 深山貴文, 荒木誠, 古澤仁美, 鳥居厚志, 西本哲昭：滋賀県志賀町における渓流水質の変動：森林応用研究7, 39-42, 1998
- 7) 金子真司, 荒木誠, 古澤仁美, 鳥居厚志, 西本哲昭, 深山貴文, 清野嘉之：渓流水中の有機物の動態と生成メカニズムの解明：平成9年度森林総合研究所研究成果選集, 42-43, 1998
- 8) 金子真司：関西地域における渓流間の水質の比較：日本林学会大会講演要旨集108, p.105：1997
- 9) 金子真司：近畿地域における渓流水質の特徴：水環境研究会シンポジウム, 1998
- 10) 金子真司：森林からの有機物の流出特性, 平成10年度森林総合研究所関西支所研究発表会, 1998
- 11) Takafumi Miyama and Shinji Kaneko：Fluctuation of the concentration of particulate organic matter (POM) in small mountain catchment areas, EOS Transaction American Geophysical Union 1998 Fall Meeting 79 (45), 313, 1998
- 12) 金子真司：渓流水質の形成における森林の役割, 1999年度水文ワークショップ, 1999
- 13) 金子真司, 深山貴文, 荒木誠, 古澤仁美, 西本哲昭, 鳥居厚志：森林からの有機物流出, 第110回日本林学会大会学術講演集, 610, 1999

IX 担当研究者

第1章

森林総研・関西支所・育林部・土壌研究室, 荒木誠 (森林総研企画調整部・研究管理室長), 金子真司*, 鳥居厚志 (森林総研・関西支所・連絡調整室長), 古澤仁美

森林総研・関西支所・育林部・造林研究室, 加茂皓一 (森林総研・森林環境部・種生態研究室長), 清野嘉之 (森林総研・生産技術部・植生制御研究室長), 千葉幸弘 (森林総研・生産技術部・物質生産研究室長), 井鷲裕司, 伊東宏樹

森林総研・関西支所・育林部・防災研究室, 後藤義明, 玉井幸治, 小南裕志, 深山貴文*

森林総研・関西支所, 西本哲昭 (元森林総研・関

西支所)

第2章

森林総研・関西支所・育林部・土壌研究室, 荒木誠 (森林総研企画調整部・研究管理室長), 金子真司*, 鳥居厚志 (森林総研・関西支所・連絡調整室長), 古澤仁美

森林総研・関西支所・育林部・造林研究室, 加茂皓一 (森林総研・森林環境部・種生態研究室長), 清野嘉之 (森林総研・生産技術部・植生制御研究室長), 千葉幸弘 (森林総研・生産技術部・物質生産研究室長), 井鷲裕司, 伊東宏樹

森林総研・関西支所・育林部・防災研究室, 後藤義明, 玉井幸治, 小南裕志, 深山貴文*

森林総研・関西支所, 西本哲昭 (元森林総研・関西支所)

X 取りまとめ責任者のあしがき

琵琶湖はかつて貧栄養湖であった。その頃の琵琶湖の生態系は森林から流出する栄養塩で支えられていた。琵琶湖水質の悪化は人間活動によるリンや窒素の負荷量が増加したことによって始まった。琵琶湖の有機汚濁も滋賀県における人口増加や工業化が深く関わっていると推察される。ただし、森林流域で生産された有機物の一部が湖水に流入していることも事実である。湖水全体での汚染対策を考える上で、この有機物量を明らかにする必要がある。しかしながら、森林から流出する有機物については、これまでほとんど研究が行われたことがなかった。そこで、森林から流出する有機物を時間的、空間的に明らかにする事を目的として本研究が開始された。

3年間の研究によって、渓流水中の溶存有有機物が時間的、空間的に濃度変動する事実を明らかにし、その変動要因についても解明が進んだ。特に、流域の樹種が渓流水中の溶存有有機物に関係しているという興味深い事実も明らかになった。最近では溪畔生態系について関心が高まっており、今後渓流水中の有機物に関して盛んに研究が行われることになるであろう。本研究の成果が活用されることを望む次第である。

最後に、本研究に携わった方々をはじめ、研究を強力に支援していただいた環境庁、農林水産技術会議事務局の担当者の方々に心から謝意を表す。

第1章 渓流水中の有機物量の季節変動の把握

1 渓流水中の有機物量の季節変動の把握

(1) 調査流域の水文環境の解析

ア 研究目的

森林小地域からの有機成分の流出量を把握するには、その成分の濃度とともに流量のデータが必要となる。年降水量の多少は渓流水質に影響する重要なファクターであり、溶存有機物に関しても降水量が少ない年は降水量が多い年に比べて濃度が高くなることが報告されている¹⁾。また温度は水文学的には流域の蒸発散量に関係するファクターであるが、植物の生育や有機物の分解にも関係するので、有機物流出に対する影響も考えられる。以上のように、森林小地域からの有機物の流出には流域の水文環境が深く関わっている。そこで、ここでは調査流域の水文環境の解明を目的に調査研究を行った。

イ 研究方法

比良山系の南比良峠を源流とする四ツ子川の支流（滋賀県志賀町、標高310m、北緯35°13'37"、東経135°55'31"に固定試験地を設定した（以後、四ツ子試験地と呼ぶ）。図1-1に調査地から上流側の四ツ子川流域の地形を、また図1-2に試験地流域の地形を示した。調査地から上流の本流域の面積は114haであり、溪流長は垂平距離で900m、勾配は21.6%（ $\angle 12^\circ$ ）であった。支流は流域面積が6.57ha、溪流長が200m、勾配は28.3%（ $\angle 15.8^\circ$ ）であった。吉田ら（1991）によれば四ツ子川流域には風化が著しく節理が一般によく発達した中～粗粒黒雲母花崗岩が分布していると記載されている。比良山の花崗岩地帯は崩壊地

の密度と量が多いといわれている³⁾が、2万5千分の1の地形図の四ツ子川本流域にも多数の崩壊地が分布していた。支流も昭和57～58年に滋賀県によって建設された砂防ダム5基が設置されているが、地元の人の話では広葉樹を伐採した後に大規模な崩壊が生じたために砂防工事が行われたとの話である。図1-3に四ツ子川支流の溪流の断面図を示した。図中のD1-D5が砂防ダムである。崩壊箇所にはヒノキとスギが植栽されており、崩壊を免れた流

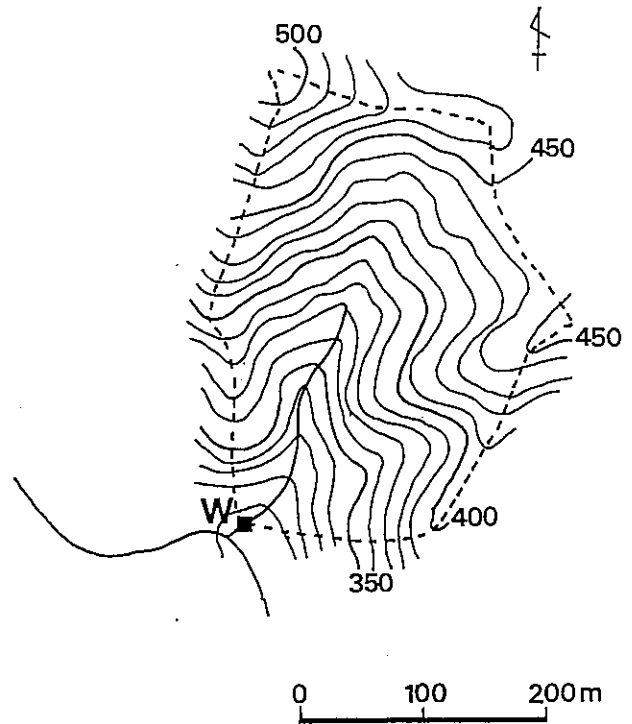


図1-2 四ツ子川支流の地形

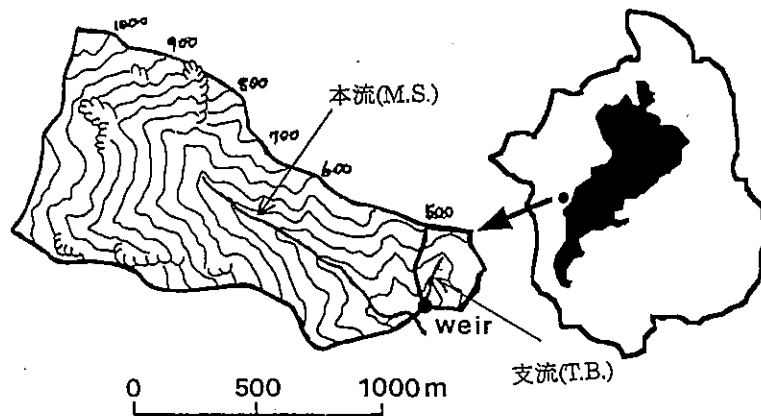


図1-1 四ツ子川流域の地形

域出口付近の急傾斜地は広葉樹林で覆われている。土壌は全般に未熟であり、特に崩壊地はA層の発達
の乏しい土壌が分布している。

砂防ダム(図1-3のD5)から本流にかけての3面張りの流路に、量水堰提を設置した(写真1-1)。量水堰提はステンレス製の三角堰で(図1-4)上流部に静水板2枚を置いた仕様となっている。水

位は水圧式センサー(横河ウェザック社 W-435-01)で測定したデータをデータロガー(横河ウェザック社フィールドμ)に記録した。雨量は百葉箱の上部に雨量計感部を設置し、データロガー(カーターアート社 MDL1000II)に記録した。また、気温および量水提内の水温を温度センサー(カーターアート社 LSA20)で測定し、雨量と同じデータロガーに記録

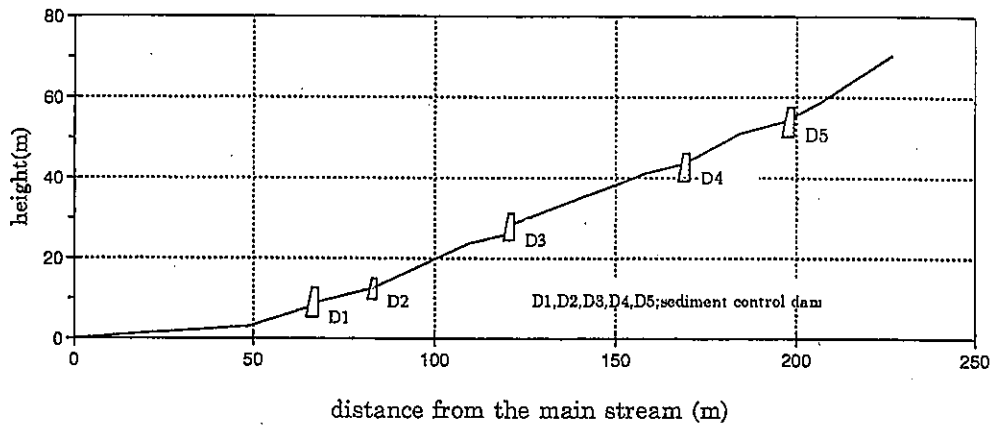


図1-3 四ツ子川支流の縦断面



写真1-1 四ツ子試験地の量水堰提(左:夏, 右:冬)

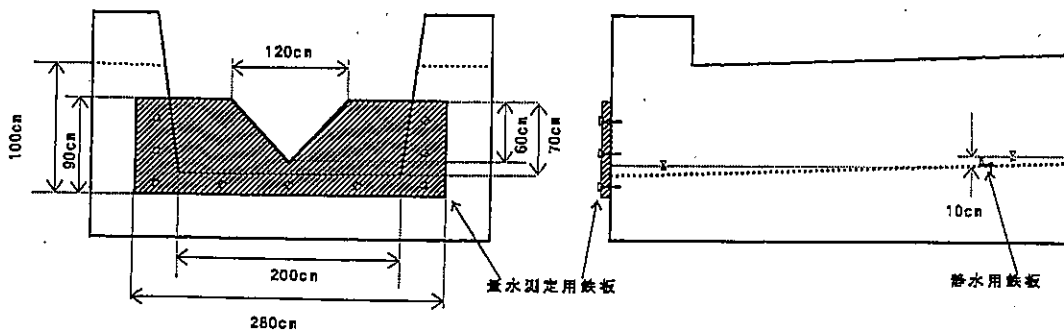


図1-4 量水堰提の構造

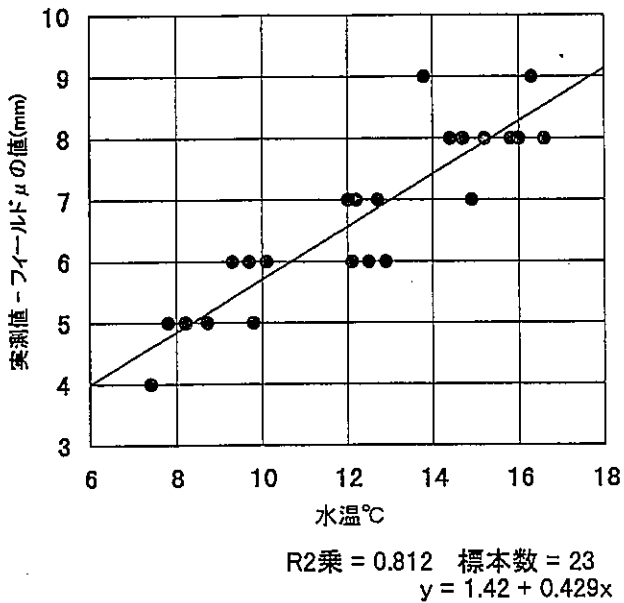


図1-5 水圧式水位計センサーへの水温の影響

した。水位、雨量、気温、水温の観測は当初1時間単位で記録したが、2年目の途中から10分単位で記録した(1997年度の冬は1時間単位で測定)。

今回使用した水圧式水位センサーは水温の影響を受けることが判明した(図1-5)。また、流量Qは水量の実測によって水位tと(1)式の関係にあった。そこで、水圧式水位センサーの測定値から図1-5

の回帰式を用いて実際の水位t(ノッチから水面までの高さ)を推定し、さらに(1)式によって流量を計算した。

$$Q = 1.311 \times t^{2.437} \quad (1)$$

ウ 結 果

四ツ子試験地付近では志賀町南小松1122(標高90m, N35°14.0', E135°55.6')に気象庁のアメダス観測所がある。そこで、四ツ子試験地で観測された降水量と南小松の降水量⁴⁾を比較して図1-6に示した。1995年12月から1996年3月までの降水量は雨量計の転倒ますが作動しなかったので欠測になっている。1996年4月以降の両地点の各月の降水量を比べると、調査地の降水量が南小松に比べて常に多く、四ツ子試験地の降水量は南小松の1.08~1.84倍であった。年間降水量ではその比率が1996, 1997年度ともそれぞれ1.26, 1.25とほぼ一定であった。

図1-7に調査期間中の試験地の各月の平均気温と南小松の平均気温を比較して示した。試験地は南小松に比べて標高が200m高いので標高100mにつき気温が0.6℃遞減するならば両地点の気温差は1.2℃のはずであるが、調査期間の各月の気温の差を平均すると1.8℃であった。各月の比較では、夏や冬の両地点の気温差が大きく、春と秋に小さい傾向がみら

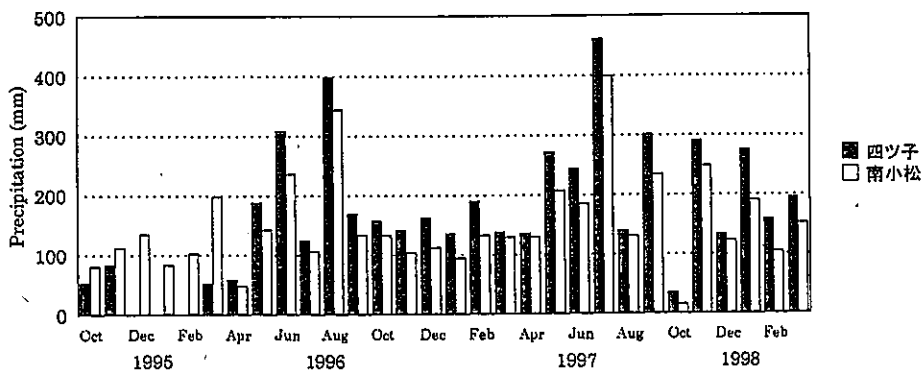


図1-6 四ツ子試験地と南小松の月降水量の比較

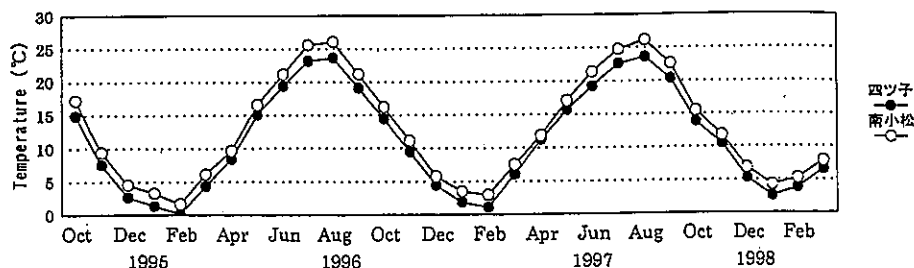


図1-7 四ツ子試験地と南小松の月平均気温の比較

れた(図1-8)。

図1-9は量水堰堤内の月平均水温と試験地の月平均気温を比較したものである。水温も気温と同様の季節変化のパターンを示し、1月ないし2月が最低となり、8月が最高となった。ただし、冬期の水温は気温に比べて高く、夏期の水温は気温に比べて低く、水温の年較差は11.8℃であった。水温の年較差は気温の年較差(21.9℃)の約半分であった。

図1-10に月降水量と月流出量を示した。先に述べたように1995年12月から1996年2月までの降水量は雨量計感部が止まっていたために欠測であった。四ツ子試験地の年降水量は南小松の1.25~1.26倍であるので、欠測期間の月降水量は南小松の月降水量に1.255を乗じた値とした。また、1996年8月から11月にかけての水位データも水位測定装置の電池切れ

のために欠測となった。この期間の流出量は月降水量に流出率0.69を乗じて求めた。流出率0.69は1997年度の6月から11月の総流出量をこの期間の総降水量で除した値である。図1-10では1996年3月を境にして、それ以後の月流出量は100mmを大きく下回することは少なかったのに対して、1996年2月までは50mm前後の流量であった。1995年の夏から秋にかけては少雨であり、1995年の冬期も降水量がやや少なかったため、その影響と考えられる。

表1-1は本試験地の水文特性を示したものである。1995年度は測定期間が6ヶ月ではあるが、降水量は他の年の4分の1以下であり、流出量も他の年の6分の1以下であった。1996年は降水量が2174mm、流出量が1303mmであり、流出率は60%であった。1997年度は降水量が2272mm、流出量が1576mmで流出率が

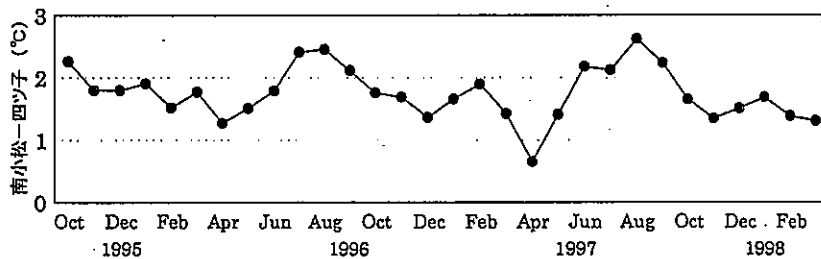


図1-8 四ツ子試験地と南小松の月平均気温の差

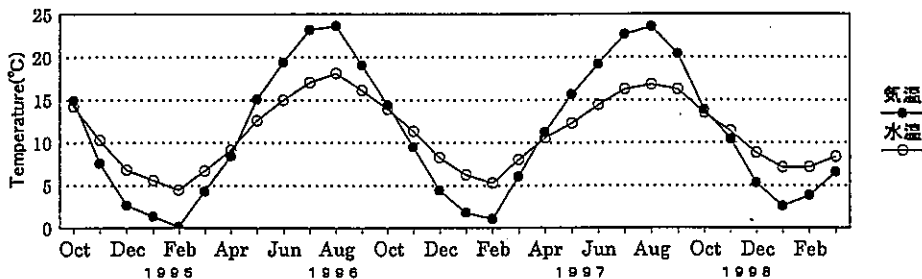


図1-9 四ツ子試験地における水温と気温の比較

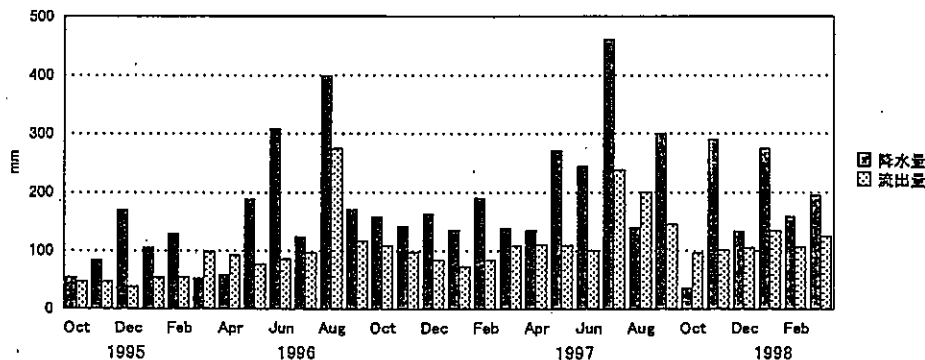


図1-10 四ツ子試験地における降水量と流出量

表1-1 四ツ子試験地の水文特性

年度	降水量 mm	蒸発散量 mm	流出量 mm	流出率 %
1995	542.0	299.6	242.4	45
1996	2174.0	871.4	1302.6	60
1997	2271.5	696.0	1575.5	69

1995年度は10月以降のデータ

69%であった。1995年は西日本全域が渇水になった年であり、琵琶湖の水位も過去最低を記録した。1995年の雨量や流出量が少なかったのも渇水の影響と考えられる。

エ 考察

彦根气象台(編)「滋賀県の気候」⁵⁾によれば、志賀町周辺は年降水量が1800mmを越えていて琵琶湖沿岸地域では降水量の最も多い地域である。今回の測定では冬季の積雪が十分に計測されていないが、それでも年降水量は2200mm程度の高い値を示した。四ツ子試験地と琵琶湖岸に位置する志賀町南小松との温度差は夏と冬に大きくなった。先に述べたように夏期の渓流水温は気温に比べて低いので、夏期の気温低下は主に渓流水の冷却効果によるものと考えられる。しかし冬期は渓流水温が気温に比べて高いので、気温を低下させる別の理由があるはずである。琵琶湖西岸では冬季に北西の季節風が卓越し、降雪が多くなる。谷地形の試験地と琵琶湖岸の南小松では、季節風の吹き方や積雪量などが異なる。また試験地は谷地形であるので冬期の日射は少なくなると見積られる。これらの気象要因が試験地と南小松と冬期の気温差に関係しているものと推測される。

図1-9で水温と気温が交差するのは4月と10月であるが、その時の温度は4月が10℃であるに対して10月は13.5℃であった。春と秋で水温と気温の交差する温度が異なることは、水温の変化が気温に比べて遅れることを意味している。この原因は渓流水の元になる地下水の温度が春よりも秋の方が高いためであろうと考えられる。なお、支流では採水時に堰堤上部の流水で水温を測定しているが、その水温は堰堤内で記録された水温よりも冬期は0.5℃高く、夏期は約1℃低かった。また、本流における採水時の水温は、夏は支流よりも高く、冬は低かった。堰堤内部の渓流水はその上部を流れる渓流水よりも大気と接している時間が長く、本流の渓流水も支流よ

表1-2 四ツ子試験地流域の豊水量, 平水量, 低水量, 渇水量 (mm/d)

年度	豊水量	平水量	低水量	渇水量
1997	3.96	3.18	2.46	1.93
1998	4.47	3.71	3.11	2.50

り流路が長い関係で長時間大気と接している。このため、堰堤内部や本流の渓流水は支流の堰堤上部の流水よりも気温の影響を長時間受けていると考えてよいであろう。ところで3月の本流と支流の水温の差は真冬より大きく、本流の方が2℃以上も低い場合があった。この時期は支流にはほとんど残雪はないが本流域ではまだ雪が残っているので、融雪によって水温が低くなっていることが考えられる。

四ツ子試験地は流域面積が6.57haと小流域であるが、流量は安定しており無降雨期間がしばらく続いても水量が著しく低下することはなかった。この点を確認するために1996年度および1997年度の日流量データから試験流域の豊水量(95日)、平水量(185日)、低水量(275日)、渇水量(355日)を求めた(表1-2)。この結果から、試験地流域は豊水量と渇水量の差が小さく、渇水流量が1.9~2.5mm/dと多いことが明らかになった。藤枝(1995)は堆積岩流域では豊水量と渇水量との幅が大きくかつ流域間の変動が大きいと報告している。花崗岩流域は0.8~3.5mm/dの比較的狭い範囲に分布すると報告している。花崗岩地域は第三・第四紀火山岩類とともに、渇水流量が中生代、第三紀層流域に比較して豊富であることも報告されている⁷⁾。四ツ子試験地の流域の地質は花崗岩である。花崗岩であることが流量が安定している要因となっていると考えてよいであろう。そして、2100mmを越える年降水量も渇水流量を高めている要因になっていると推察される。

エ 今後の問題点

四ツ子試験地では冬期の降水は積雪による場合が多いので、正確な年間水収支を求めるためには積雪量を計測する必要がある。

オ 要約

比良山系の南比良峠を源流とする四ツ子川の支流(滋賀県志賀町)に量水堰堤(標高310m, 北緯35°13'37", 東経135°55'31", 流域面積6.57ha)を設置した。試験地流域および四ツ子川本流域の地質は花崗岩である。試験地流域ではかつて崩壊が発生し、現在は

ヒノキやスギが植栽されている。土壌は未熟で有機物含量は少なかった。調査地における降水量は南小松の1.25~1.26倍と多かった。水温は気温と同様のパターンで変化するが年較差は小さかった。試験地流域では豊水量と渇水量の差が少なく水量は安定しており、渇水流量が多かった。水量が豊富で流量の変動が少ない理由は、流域の地質が花崗岩であることと、年降水量が多いことが原因になっていると考えられる。

カ 文 献

- 1) Tate, C. M. and Meyer, J. L.: The influence of hydrologic conditions and successional state on dissolved organic carbon export from forested watersheds, *Ecology* 64 25-32, 1983
- 2) 吉田源市・西橋秀海・竹本健一・久田義之・西村貞浩・齋田敏彦・澤田一彦・中野聡志: 琵琶湖周辺の花崗岩体: 滋賀県自然保護団体(編) 滋賀県自然誌, 1991
- 3) 滋賀県自然保護財団: 滋賀県の自然, p.544, 関西出版印刷, 大阪, 1979
- 4) 日本気象協会: 滋賀県気象年報1995, 1996, 1997, 1998年
- 5) 彦根気象台(編): 滋賀県の気候, p.215, 大蔵省印刷局, 東京, 1993
- 6) 藤枝基久: ブラジル・サンパウロ州海岸山脈における流出特性。森林総研研報369, 63-152, 1995
- 7) 志水俊夫: 山地流域における渇水量と表層地質・傾斜・植生との関係。林試研報310, 109-128, 1988

(金子真司・荒木誠・清野嘉之)

(2) 調査地域の渓流水質の解明

ア 研究目的

我が国における渓流水質の調査は近年盛んになりつつあるが、空間的変動および時間的変動やその変動要因は十分に解明されていない。ここでは渓流水質中の無機成分に焦点をあてて調査を行う。無機成分は渓流水質の基本をなすものでその特徴を明らかにすることは流域の生物地球化学的な特性の解明につながる。しかしながら、渓流水中の無機成分の起源は主に降水や風化層にあると考えられるので、森林や土壌を起源とする有機成分とは起源が異なる上に、流域内を移動する際の土壌層との反応も同じと

は言えない。ただし、両者の流出特性の相違について詳しい解析はなされていない。そこで、ここでは渓流水質の定期調査によって無機成分の経時的変動特性を明らかにするとともに、森林流域から無機成分の流出メカニズムを考察することを目的とした。

イ 研究方法

渓流水の採取は、四ツ子川本流と支流の各1ヵ所で1995年7月から1998年3月までの期間、月2回の頻度で行った。本流における採水地点は本流と支流の合流地点のすぐ上流側を、また支流は量水堰堤の上流部の流水地点を選んだ。渓流水は250mlポリエチレン製ボトル1本で採取し、その際に水温の測定を行った。試料は実験室まではクーラーボックスに入れて運び、実験室では冷蔵庫で保存し、一部をPTFEメンブレンフィルター(0.45 μ m)でろ過し、残りはpH、導電率(EC)の測定に供した。pH、ECの測定はそれぞれガラス電極法および導電率法で定量した。メンブレンフィルターでろ過した試料は無機炭素(IC)を燃焼赤外吸収法(島津TOC5000)で、無機イオンをイオンクロマト法(横河アナリティカルIC7000s)で、さらに溶存ケイ酸はモリブデンイエロー法で定量した。ICはすべて重炭酸イオンであるとみなして解析を行った。

ウ 結 果

表1-3に四ツ子川本流と支流の水質成分の平均濃度、標準偏差、最大値、最小値を示した。渓流水のpHは本流が7.54、支流が7.20とほぼ中性であり、表1-4に示した近畿地域の渓流水の平均値とほぼ等しかった。ECは本流、支流とも近畿の溪流に比べてやや低めであり、Mg²⁺濃度が本・支流とも近畿の溪流の2割程度と低く、Ca²⁺やSO₄²⁻もやや低めであったが、F⁻は本流が0.73mg/l、支流が0.39mg/lと極めて高かった。その他の成分は近畿の溪流とほぼ等しい濃度であった。近畿地方における渓流水の広域調査において、流域の地質が花崗岩の場合は堆積岩に比べて、渓流水中のCa²⁺、Mg²⁺、SO₄²⁻濃度が低いことが報告されている(金子1997)。四ツ子川本・支流も地質が花崗岩であるのでその影響と考えられる。ただ、試験地は年降水量が2000mm以上と多いのでその影響もあると思われる。F⁻に関しては、降水中のF⁻濃度は極めて低いことから流域を構成する花崗岩に由来すると推察された。

本流と支流の濃度を比較すると、Ca²⁺、K⁺、

表 1-3 四ツ子川本流と支流の水質成分の平均濃度, 標準偏差, 最大値および最小値

溪流名		pH	EC (mS/m)	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	HCO ₃ ⁻ -C mg/l	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	F ⁻ mg/l	SiO ₂ mg/l
本流	平均	7.54	5.25	5.75	0.31	4.33	0.64	3.19	3.22	1.72	2.20	0.73	21.13
	標準偏差	0.16	3.56	0.30	0.02	0.30	0.07	0.32	0.27	0.35	0.15	0.05	2.57
	最大値	7.84	6.48	6.23	0.34	4.90	0.79	3.94	4.08	3.17	2.82	0.82	28.35
	最小値	7.20	4.61	5.19	0.28	3.91	0.54	2.52	2.65	1.31	2.02	0.59	15.66
支流	平均	7.30	4.14	2.49	0.25	5.29	0.47	1.99	3.55	1.03	2.57	0.39	17.52
	標準偏差	0.16	0.31	0.17	0.02	0.39	0.07	0.30	0.31	0.48	0.14	0.03	2.51
	最大値	7.52	5.05	3.06	0.30	6.37	0.67	2.74	4.40	3.25	2.98	0.42	26.32
	最小値	7.01	3.55	2.24	0.22	4.36	0.37	1.44	3.02	0.69	2.34	0.24	11.83

調査期間: 1995. 10. 30-1998. 3. 2

表 1-4 近畿地域の52溪流の平均水質*

	pH	EC mS/m	DOC mg/l	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	HCO ₃ ⁻ -C mg/l	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	F ⁻ mg/l	SiO ₂ mg/l
平均	7.24	7.75	0.51	9.63	1.43	4.21	0.44	5.29	4.05	1.90	5.20	0.10	11.52
標準偏差	0.56	4.52	0.36	10.20	0.95	1.68	0.26	5.23	1.42	1.33	4.07	0.16	4.83
最大値	8.21	22.70	1.79	43.48	3.70	8.46	1.75	20.64	7.59	5.73	27.49	0.81	26.88
最小値	5.78	1.40	0.04	0.81	0.21	1.31	0.14	0.33	1.03	0.03	0.64	0.00	1.31

*金子(1997)

HCO₃⁻, NO₃⁻, F⁻は本流の方が濃度が高く, Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, SiO₂は支流の方が濃度が高かった。本・支流で濃度の異なる成分の中で Cl⁻は岩石からの溶出がほとんどなく, すべてが海塩由来であると考えられる。本流と支流の流域における Cl⁻の負荷量が等しいとすると, 2 溪流の濃度差はそれぞれの流域の降水量や蒸発散量が異なるために生じたことになる。そこで, 支流/本流の Cl⁻濃度の比1.10を基準にして渓流水中の各成分の濃度を比較すると, Na⁺, SO₄²⁻, SiO₂は支流/本流の濃度比が1.10よりわずかに大きく, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, HCO₃⁻-C, NO₃⁻はその比が1.10より小さい。前者の成分は支流からの溶出が多く, 後者は本流からの溶出が多いと推察される。本流と支流の流出量の違いは風化の程度や鉱物の化学組成の違いなどの影響と考えられる。

図 1-11に四ツ子川の本・支流の pH, EC および無機成分の経時変化を示した。各成分の濃度変動は極めて小さく, 特に Ca²⁺や Mg²⁺などの成分は極めて濃度が安定していた。それに対して, HCO₃⁻, NO₃⁻-SiO₂はやや変動が大きく, NO₃⁻は時おりの増大ピークが出現した。表 1-5 は渓流水の採取日の日平均水温と各成分との相関係数である。プラスの成分は夏期に濃度が上昇する成分で, マイナスは濃度が低下する成分である。この表よりも, K⁺も夏期に濃度上昇する成分であるといえる。それに対して

Cl⁻は冬期に濃度上昇する成分であり, F⁻もこの傾向がみられた。HCO₃⁻は1995年秋から冬にかけて濃度が低下していき春に上昇し, その後1997年の夏から秋にかけて増大し, その年の冬に濃度がやや低下した。SiO₂も HCO₃⁻と同様に1995年秋から冬にかけて濃度が低下し, 1997年度の冬にわずかな濃度の低下がみられた。

エ 考 察

春から秋にかけての気温の高い時期は有機物の分解が進み地中の CO₂ガス分圧が上昇するので HCO₃⁻濃度が高くなり, その結果 Si の溶脱が促進するものと推察された。夏期には pH もやや上昇したが H⁺の減少量としては極めてわずかであるので, その理由を説明できるような無機イオン濃度の変化は認められなかった。四ツ子試験地は日本海から35km程度と近く, 冬期に降水量が多い日本海側の気候である。日本海側の気候の地域では冬場の降水中の海塩成分が増加することが明らかにされているが, 当試験地でも図 1-12に示すように, 夏期には Na⁺, Cl⁻とも通常 1 mg/l 以下であるが, 秋から春にかけて Na⁺, Cl⁻とも濃度が高まり, Cl⁻は 4 mg/l 以上の場合もしばしばみられた。1996年10月15日~1997年3月28日の降雨中の Cl⁻濃度の加重平均は 4.05mg/l であった。これに対して1997年3月29日~1997年10月1日の Cl⁻濃度の加重平均は 0.52mg/l であり, 秋から春

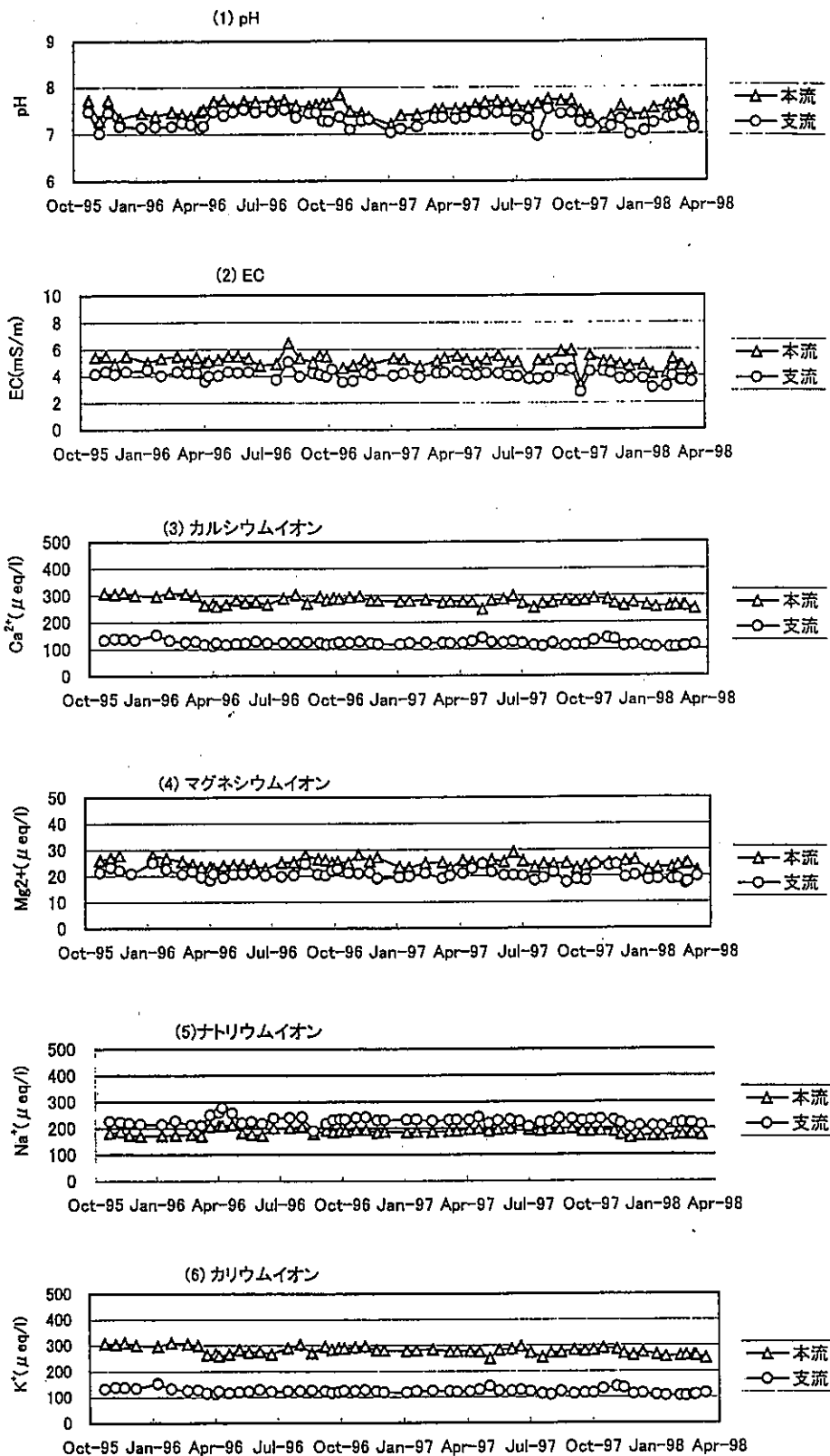


図 1-11 pH, EC および無機成分濃度の変化(1)

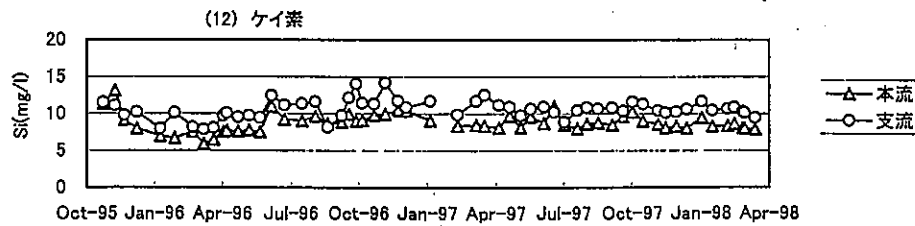
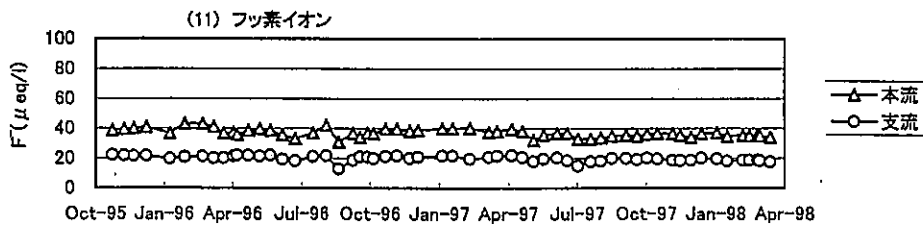
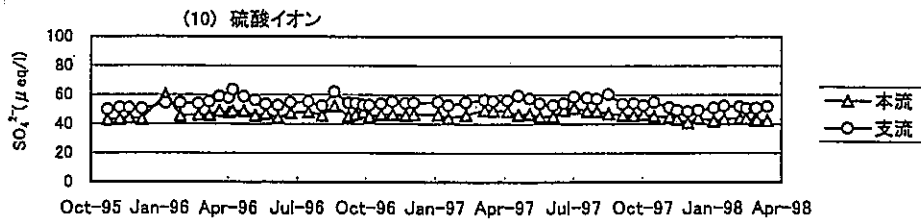
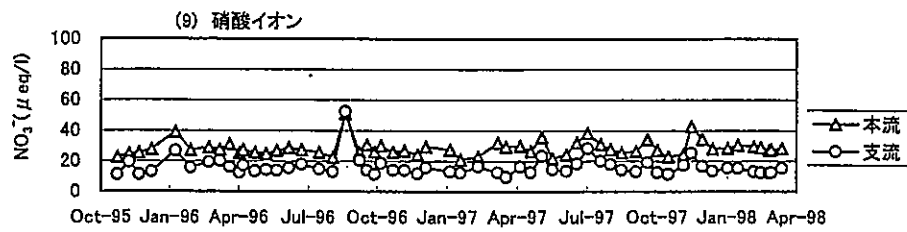
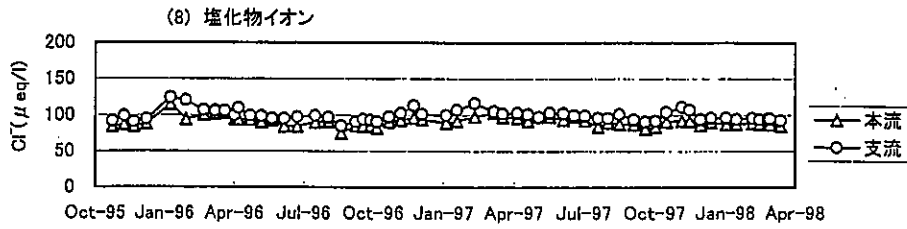
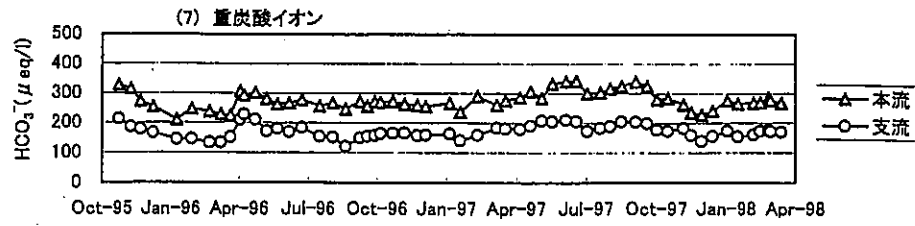
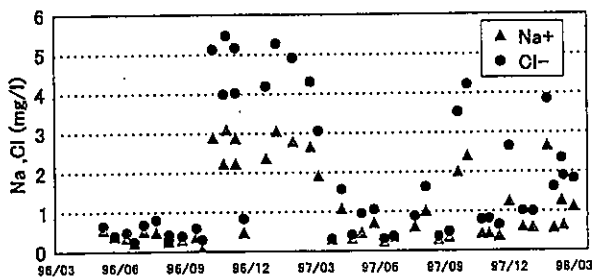


図1-11 pH, EC および無機成分濃度の変化(2)

表 1-5 日平均水温と各成分の相関係数

項目	本流	支流
pH	0.72	0.74
EC	0.16	0.05
Ca ²⁺	-0.14	-0.20
Mg ²⁺	0.02	0.02
Na ⁺	0.30	-0.02
K ⁺	0.61	0.28
HCO ₃ ⁻	0.32	0.07
Cl ⁻	-0.60	-0.70
NO ₃ ⁻	0.13	0.20
SO ₄ ²⁻	0.02	-0.02
F ⁻	-0.54	-0.32
Si	0.35	0.34

(1) 降雨中のNa, Cl濃度の季節変化



(2) 降雨成分に占めるNa, Cl割合の季節変化

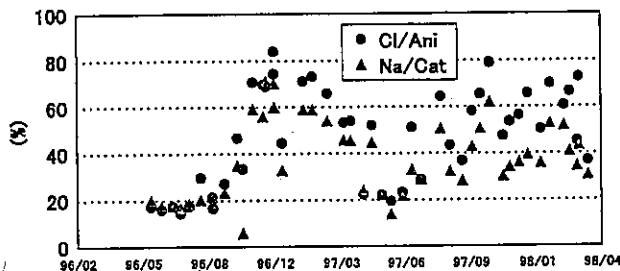


図 1-12 降雨中の Na, Cl 濃度およびその割合の季節変化

にかけての降雨中の Cl⁻ は春から秋の 8 倍の濃度であった。しかし渓流水の Cl⁻ 濃度は最大値が 4.08mg/l, 最小値が 2.65mg/l でその比はわずかに 1.54 倍であった。渓流水中の Cl⁻ 濃度の変動が小さいことは流域の保水特性に関係すると推察される。すなわち、調査流域の水文環境の解析で述べたように試験地流域は流量が安定しており、渇水流量が豊富であった。流域内部に水を一時的に蓄える間隙が多いと仮定するならば、流域に降った雨は時間をかけて流域内部を通過することになるので流量が安定していて渇水流量が豊富であることを説明できる。流域に降った雨は流域内部に保持された水と混合した後に流出するので、降雨中の Cl⁻ 濃度が大きく変化した場合も

渓流水の Cl⁻ 濃度の変動は小さいと推定される。Cl⁻ 以外の無機成分についても流域内部の水によって渓流水中の濃度変動が一定に保たれていると推定される。

オ 今後の問題点

流域の保水特性が渓流水質の形成に影響していると推察された。今後は流域の保水特性に基づく水質形成のモデルをつくる必要がある。

カ 要 約

四ツ子川の本流, 支流の水質の特徴について調査を行った。本流, 支流とも近畿地方の渓流に比べて Mg²⁺, Ca²⁺, SO₄²⁻ 濃度がやや低かった。本流の方が Ca²⁺, K⁺, HCO₃⁻, NO₃⁻, F⁻ 濃度が高く, 支流の方が Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, SiO₂ 濃度が高かった。本流と支流の濃度差は両流域の水文条件の差や岩石の成分の違いが影響していると推定された。本流, 支流とも無機成分は全般的に安定していた。Cl⁻ 濃度は冬期にやや上昇したが, 降雨に比べると夏期と冬期の濃度変動は小さかった。この原因は流域内部に多量の水が保持されているためであろうと推察された。このために渓流水中の無機成分濃度が安定していると考えられた。

キ 文 献

- 金子真司：近畿地方における渓流水質の広域調査, 水利科学239, p.35-55, 1997

(金子真司)

(3) 溶存有機物の経時的変動の解明

ア 研究目的

森林流域から流出する有機成分は形態によって、溶存態有機物 (DOM: dissolved organic matter), 浮遊態有機物 (OSS: organic suspended sediments), 粗大有機物 (WD: woody debris) に分けられる。ここでは DOM を対象にその流出メカニズムの検討を行う。わが国では有機汚濁に関わる環境基準項目として、湖沼の場合には化学的酸素要求量 (COD_{Mn}) が、また河川では生物化学的酸素要求量 (BOD) が採用されている。しかし、世界的には重クロム酸カリウム法 (COD_{Cr}) や炭素量をベースにした全有機炭素 (TOC: total organic carbon) および溶存有機炭素 (DOC: dissolved organic carbon) が一般的である¹⁾。本試験では DOC, COD, BOD の 3 項目を分析し、それぞれの測定法の有用性につい

て検討するとともに、分析データを基にして森林流域からの溶存有機物の流域特性の特徴を明らかにすることを目的とした。

イ 研究方法

渓流水の採取は250mlポリエチレン製ボトル1本と3ℓポリエチレン製ボトル1本で行った。250mlポリエチレン製ボトルの試料では無機イオンと同一のものであり、PTFEメンブランフィルター(0.45 μ m)でろ過後、溶存有機炭素(DOC)は燃焼赤外吸収法(島津 TOC5000)で測定したが、その際に無機炭素は塩酸を加えバブリングすることで除去した。また、紫外域の吸光度(260nmと240nm)を難分解性有機物の指標として測定した²⁾。3ℓポリエチレン製ボトル1本の試料は東レテクノ(株)に依頼し、JIS 0102-17滴定法³⁾で化学的酸素要求量(COD_{Mn})を、JIS0102-21滴定法³⁾で生物化学的酸素要求量(BOD)を分析した。

ウ 結果

表1-6と表1-7に四ツ子川の本流と支流のDOC、260nmの吸光度(UV260)、240nmの吸光度(UV240)、BOD、CODの平均値、標準偏差、最大値、最小値を示した。BOD、CODの検出限界は0.5mg/ℓであり、BODは56回の測定中本流では37回が、支流では32回が0.5mg/ℓ未満であった。CODが0.5mg/ℓ未満となったのは本流では56回中4回あったが、支流は一度もなかった。なお、BOD、CODとも0.5mg/ℓ未満の測定値は全期間の平均値や標準偏差を求める際に0.25mg/ℓとして扱った。

本流と支流の比較：DOCの平均濃度は本流0.29

表1-6 四ツ子川本流のDOC、紫外外部吸光度、BOD、CODの平均、標準偏差、最大値および最小値

	DOC mg/l	UV260	UV240	BOD mg/l	COD Mn mg/l
平均	0.29	0.009	0.015	0.38	0.93
標準偏差	0.17	0.004	0.006	0.21	0.61
最大値	1.04	0.020	0.031	1.10	3.50
最小値	0.04	0.000	0.003	<0.50	<0.50

表1-7 四ツ子川支流のDOC、紫外外部吸光度、BOD、CODの平均、標準偏差、最大値および最小値

	DOC mg/l	UV260	UV240	BOD mg/l	COD Mn mg/l
平均	0.44	0.016	0.023	0.47	1.50
標準偏差	0.20	0.006	0.009	0.25	0.99
最大値	0.94	0.041	0.053	1.10	7.20
最小値	0.15	0.006	0.009	<0.50	0.50

mg/ℓに対して支流0.44mg/ℓであり、支流の方が有意に高かった(P<0.01)。同様にUV260、UV240の吸光度やCODも有意に支流の方が高かった(P<0.01)。BODの平均値は本流と支流で有意な差はなかったが、本流の方が0.5mg/ℓ未満の回数が多かった。以上のデータから、支流は本流に比べて溶存有機物濃度が高いと推定された。

滋賀県では琵琶湖に流入する24河川のBODを定期調査している。平成5年度の報告によれば南湖流入10河川の平均は1.7mg/ℓであり、北湖東部流入河川の平均は0.9mg/ℓ、北湖西部流入河川の平均は0.7mg/ℓである⁴⁾。四ツ子川におけるBOD値は本流0.38mg/ℓ、支流0.47mg/ℓと琵琶湖流入河川に比べて低かった。滋賀県の調査は各河川の下流部で行っているため、工業排水、生活排水、農業排水の影響でBOD値が高い可能性も考えられる。滋賀県では琵琶湖水のCODの調査も定期的に行なっている。平成5年度のCOD値は北湖で2.3mg/ℓ、南湖で2.9mg/ℓである。四ツ子川の平均値は本流(0.9mg/ℓ)、支流(1.5mg/ℓ)とも琵琶湖水に比べて低かったが、四ツ子川のCOD値の変動は大きく本流では最大3.5mg/ℓ、支流では最大7.2mg/ℓを記録した。CODは降雨時に増大するといわれているが、今回の調査ではCODと流量との正の相関は低かった。調査溪流は流域の保水容量が大きいので、降雨時に土壌水の流出が生じて地下水によって希釈されるので、CODの上昇は起こりにくいのではないかと推察される。

図1-13に本流と支流のDOC、COD、BOD、UV260の測定期間の変動を示した。DOC濃度は1996年度の春から夏にかけて濃度が高くなったが、1997年度は年間を通じて変動が小さく、冬期の初めにやや濃度が高まる傾向を示した。この傾向は本流、支流とも共通していた。CODも1997年度の夏は本流、支流とも高いケースが多く、1998年度の冬の初めにもややピークがみられた。BODもDOCやCODとほぼ同様の傾向が認められた。UV260nmは1997年度の秋～冬を除けば、冬期に低く夏期に高くなる傾向を示した。以上、DOC、COD、BOD、吸光度(260nm)は夏期に高くなる傾向があることが明らかになった。

エ 考察

渓流水中のDOCについては、流域の樹種が広葉

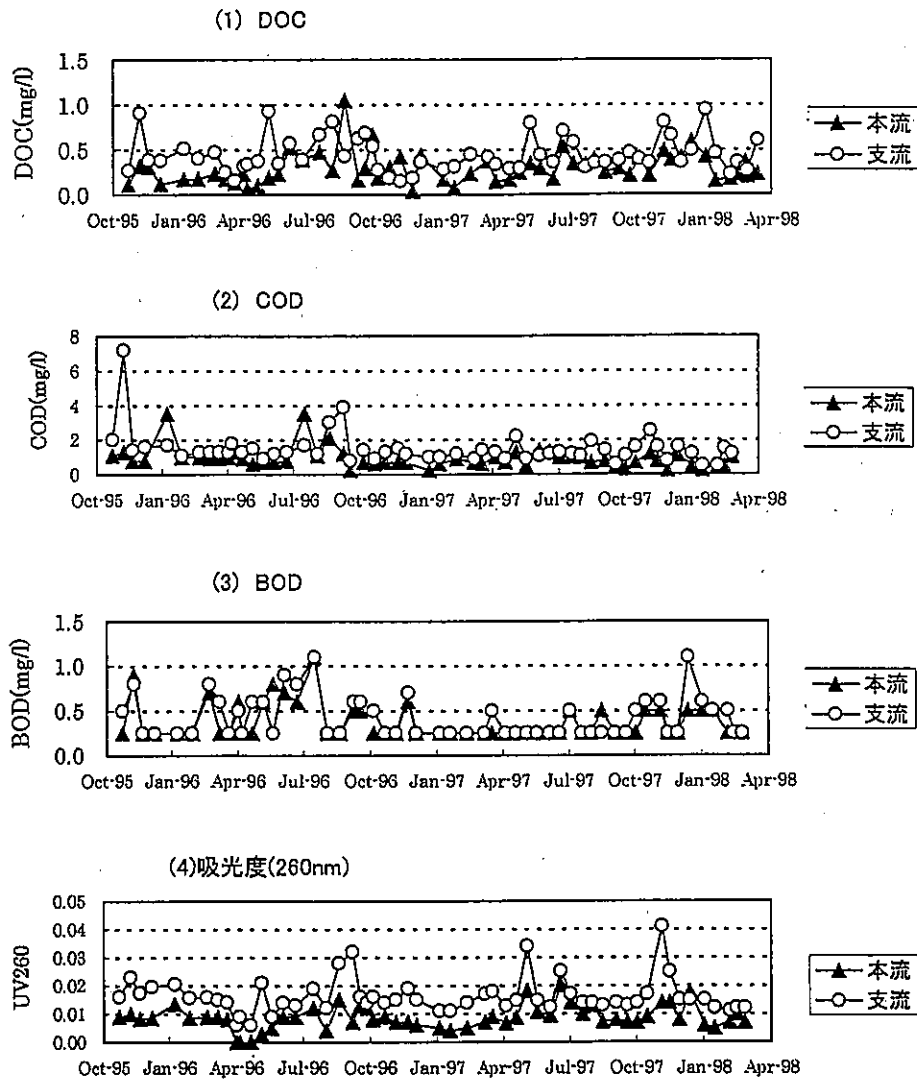


図1-13 渓流水中の有機成分指標の季節変化

樹の溪流は針葉樹の溪流に比べてDOC濃度が高いと報告されている(金子1997)⁵⁾。調査地の場合、支流は大半がスギやヒノキの20年生以下の人工林で覆われているのに対して、本流は標高600m付近を境にしてそれより低いところはスギ人工林、それより高いところは落葉広葉樹林であった。本流の方が広葉樹の割合が高かったがDOC濃度は低く、先の報告⁵⁾とは反対の結果となった。渓流水中のDOCは、土壤水に由来するものと、渓流水において粗大有機物や浮遊有機物から溶出するもの、さらには溪流において純生産されるものが考えられる。土壤水中のDOCは一般に濃度が高いといわれているが、土壤水の浸透とともに鉱質土壤に吸着されていく。本流は流域が広いために土壤水は深くまで浸透するので有機物の除去が進み、流出水中の有機物濃度が低くなると考えられる。さらに、本流では流量が大きいので粗大有機物が溪床に堆積しにくいために渓流水中の

粗大有機物からのDOC溶出が少ないと推定される。その結果、本流のDOC濃度は支流に比べて低くなると考えられる。ところで、溪流中における有機物の一次生産については今回測定していないが、本流、支流とも流速が大きく水温も低いので、溪流中で生産される有機量は少ないと見積もられる。

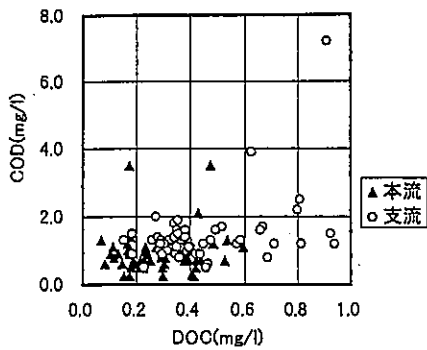
DOC, COD, BOD, UV260がやや高くなる傾向がみられた(図1-13)。理由は、夏期に渓流水中における粗大有機物の分解が進行するためと考えられる。その点について粗大有機物のところで述べる予定である。1997年度の冬期の初めに全体の濃度が上昇した点については、この年度の10月の降水量が36mmと少なかったことに加えて11月中旬以降12月の初めまでの降水量が400mmを越えて多雨であったことが関係していると考えられる。12月以降はその前の2年間とは異なり冬期の積雪が極めて少なかった。このことも有機物量の上昇の原因になっている

と思われる。

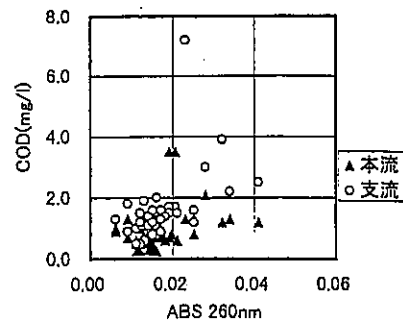
図1-14(1)はDOCとCODの関係を示したものである。CODが高い試料ではDOCが高い傾向にあるが、DOCの高い試料にはCODが高くない場合も多く、全体的に両者の対応関係は明瞭でなかった。また、COD/DOCは本流が4.5、支流が3.7で、有機物 $(CH_2O)_n$ が酸化される場合のCOD(理論値)2.67⁶⁾に比べて大きな値であった。今回のCODは末ろ過の試料を測定したもので、粒子状の有機物による酸素消費のために、COD/DOCが大きくなったと推測される。すなわちCOD測定においてろ過をしなかったことが、CODとDOC濃度に一定の関係

が認められなかった原因にもなっていると推察される。図1-14(2)に示すようにBODの高い試料はDOCが高い関係にあったが、DOCが高くBODが低い試料も存在し、DOCとBODの対応関係はよくなかった。さらに、BODはCODとも正の相関が認められない(図1-14(3))ことから、微生物が利用する有機物(DOC)と化学的に酸化されやすい有機物(COD)とは別のものであり、その有機物の濃度変動のパターンも異なると推定される。図1-14において明瞭な関係が認められたのは260nmの吸光度とDOC濃度であった。Fukushima et al (1996)は霞ヶ浦湖水中の260nmの吸光度とDOC濃度に正

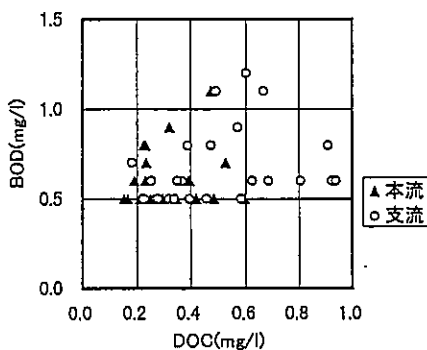
(1) The relationship of DOC and COD



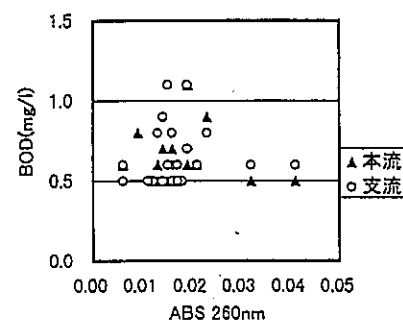
(4) The relationship of DOC and COD



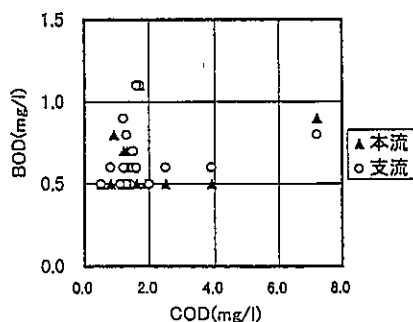
(2) The relationship of DOC and BOD



(5) The relationship of UV260 and BOD



(3) The relationship of DOC and COD



(6) The relationship of UV260 and BOD

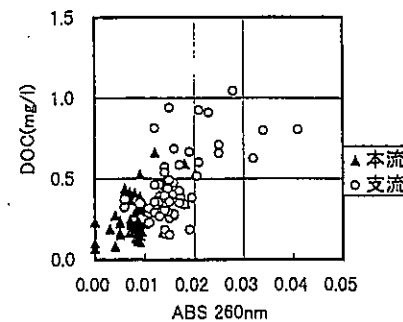


図1-14 有機成分指標間の関係

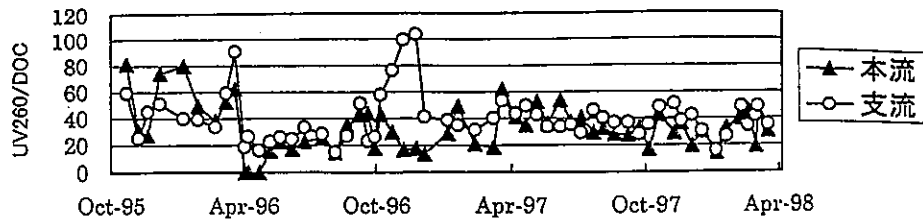


図1-15 UV260:DOC比の季節変化

の相関関係が認められることを報告している⁵⁾。福島ら(1997)はUV:DOC比(紫外部260nmの吸光度 $\times 1000 \div \text{DOC}$)が湖水に比べて流入河川で有意に高く、流入河川でその比が夏に高くなることを報告している¹⁾。この原因を福島ら(1997)は、流域の多くが森林の場合は流入河川のUV:DOCは季節変化を示さないことから、流入河川のUV:DOC比の季節変化はUV:DOC比の低い生活雑排水や浄化槽由来有機物の寄与が相対的に冬期に大きくなるためと考えている。しかし、図1-15に示すように、四ツ子川本流および支流では時折大きな値が出現するものの全般的に夏期に高くなる傾向がみられたことから、森林流出水自体にもUV:DOC比の季節変動が存在する可能性があるのではないかと考えられる。湖沼への流入河川ではUV:DOC比が20~30 ($\text{mABS} \cdot \text{cm}^{-1}$) / ($\text{mg C} \cdot \text{mg} / \ell^{-1}$) の範囲に入る場合が多いと報告されている(福島ら1997)が、腐植物質が主要成分である非汚染の自然水や2次流出水中のそれは30~50であるとされている¹⁾。琵琶湖流入河川でも14~24 ($\text{mABS} \cdot \text{cm}^{-1}$) / ($\text{mg C} \cdot \text{mg} / \ell^{-1}$) で湖水DOCよりも約60%高く、特に森林自然系河川で高いと報じられている⁸⁾。四ツ子川本流および支流のUV:DOC比の平均はそれぞれ33.3, 40.5 ($\text{mABS} \cdot \text{cm}^{-1}$) / ($\text{mg C} \cdot \text{mg} / \ell^{-1}$) であることから、DOCは腐植物質が主体であると考えられ、特に支流ではその傾向が強いと考えられる。

オ 今後の問題点

渓流水中のDOC濃度は1 mg/ℓ以下と低濃度であることが明らかになった。しかし、UV:DOC比から渓流水中のDOCが腐植質であると判断された。今後、琵琶湖の有機汚濁との関わりを考える上では、DOCの化学組成についても検討する必要がある。

カ 要 約

森林流域から流失する溶存態有機物(DOM)の流出特性について検討を行った。調査を行った四ツ子

川の本流と支流のDOC濃度はそれぞれ、0.29mg/ℓ, 0.44mg/ℓであり、CODやBODは琵琶湖北湖や北湖流入河川よりも低かった。DOC, COD, BOD濃度は変動が大きいだが、春から夏にかけて高まり冬期に低くなる傾向がみられた。本流、支流のUV:DOC比はそれぞれ33.3, 40.5 ($\text{mABS} \cdot \text{cm}^{-1}$) / ($\text{mg C} \cdot \text{mg} / \ell^{-1}$) と琵琶湖水や流入河川に比べて高く、DOCは腐植質であると推定された。

キ 文 献

- 1) 福島武彦・今井章雄・松重一夫・井上隆信・小澤秀明：湖水溶存有機物の紫外部吸光度:DOC比の特性とその水質管理への利用, 水環境学会誌20, 397-403, 1997
- 2) Tambo, N. and Kamei, T: Evaluation of extent of humic-substance removal by coagulation. In Aquatic Humic Substances: Influence on Fate and Treatment of Pollutants. I. H. Suffect, and P. MacCarthy (eds.): 453-472. American Chemical Society. Washington DC., 1989
- 3) JIS K0102 工場排水試験方法 (1993)
- 4) 滋賀県：環境白書一資料編一, p.273, 1994
- 5) 金子真司：近畿地方における渓流水質の広域調査, 水利科学239, 35-55, 1997
- 6) 福島武彦・相崎守弘・松重一夫・今井章雄：湖沼の有機物指標, 水環境学会誌20, p.238-247, 1997
- 7) Fukushima, T., Park, J., Imai, A. and Matsu-shige, K.: Dissolved organic carbon in eutrophic lake; dynamics, biodegradability and origin. Aquatic Science 58, 139-151, 1996
- 8) 今井章雄・福島武彦・松重一夫・井上隆信・石橋敏昌：琵琶湖湖水および流入河川中の溶存有機物の分画, 陸水学雑誌59, 56-68, 1998

(金子真司)

(4) 浮遊有機物の経時的変動の解明

ア 研究目的

森林から溪流を通じて浮遊有機物や微細土砂が流出しており、これらは溪流内や下流域の生態系に対して影響を与えていると考えられる。我が国における浮遊物の流出形態や流出量の調査は北海道南部における観測例^{1),2)}等があるが、年間を通じて観測された例は少ない。そこで本研究では浮遊物質組成と浮遊物質濃度の季節変動について観測を行った。

イ 研究方法

調査は四ツ子川支流において1995年10月から1997年3月にかけて行った。測定間隔はほぼ15日おきとし、平水時に表層水の採水を行った。浮遊物の組成は柳井ら³⁾の方法を参考とし、4つに分類した。すなわち、粒径別に粗粒浮遊物(粒径106 μ m以上2mm未満)と細粒浮遊物(粒径1 μ m以上106 μ m未満)に2分し、さらにそれらをそれぞれ有機物と無機物に分けた。粒径区分の基準は約100 μ mの直径が浮遊砂と掃流砂の限界粒径と推定されている³⁾ため、それに近い篩の孔径である106 μ mを用いた。表1-8にそれらの浮遊成分の略称を示す。以下、これらの略称を用いる。

採水に際してCSSはFSSと比較してその濃度が低く、FSSと同じ5mg/ℓの採水量では重量分析に不足したため、CSSの採水量は30mg/ℓとした。濾過には東洋濾紙製GFP(ガラス繊維濾紙)を用い、灼熱減量にGFPの重量変化を補正した値をOSSと見なして有機物の測定に用いた。灼熱減量はマッフル炉において30分間、GFPの限界温度である500℃で行った。灼熱減量によるGFP自体の重量の減少量は平均0.86mg($\sigma=0.088$)であり、この平均減少量の値を用いて重量補正を行った。

ウ 結果

調査の結果、支流におけるTSS(総浮遊物)濃度は平均2.78mg/ℓで平均31.7%の有機物を含んでいることが分かった。支流のOSS(浮遊有機物)濃度の変動を図1-16に示す。OSS濃度は平均0.88mg/ℓで5月から7月頃に高く、冬期には低下する傾向

が認められた。冬期に一時的に高い値が観測された原因としては、冬期に水位が低下した影響で採水時に溪床の底質成分が混入した可能性が考えられた。一方、図1-17には粒径別の浮遊有機物濃度の比であるFOSS/COSSの季節変動を示した。FOSS/COSS冬期に低く、4月頃から7月にかけて上昇する傾向が認められた。浮遊有機物濃度が非ピークとなる夏期には、冬期に比べてやや微細な有機物が浮遊態として流下している可能性が考えられた。図1-18にはTSSに占めるOSSの割合を示した。浮遊物全体に占める有機物の割合は、落葉の供給される10月頃を境に1月頃にかけて急激に上昇し、落葉の供給される直前の9月頃にかけて低下していく傾向が認められた。

エ 考察

浮遊有機物成分の変動要因としては溪畔林から溪

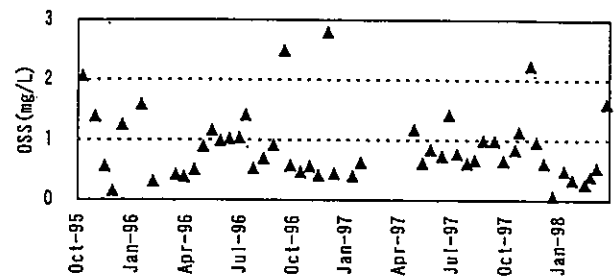


図1-16 OSS濃度の季節変動

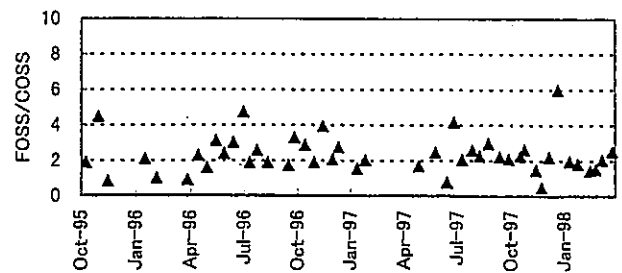


図1-17 FOSS/COSSの季節変動

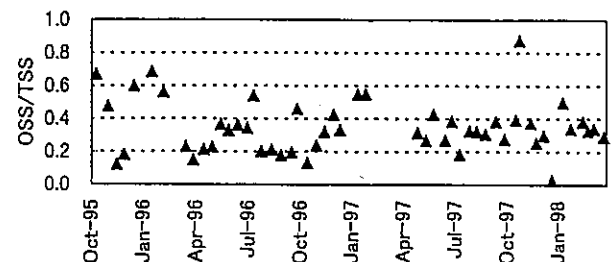


図1-18 OSS/TSSの季節変動

表1-8 浮遊物成分の略称

	粗粒浮遊物	細粒浮遊物	合成成分
有機物	COSS	FOSS	OSS
無機物	CIOSS	FIOSS	IOSS
合成成分	CSS	FSS	TSS

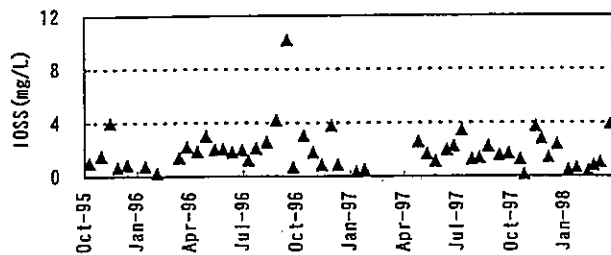


図1-19 IOSSの季節変動

流に供給された粗大有機物が水温の上昇と共に破碎、分解され、次第に細分化されて流出している可能性が考えられる。これまでに、溪流における葉の分解には冬から春にかけては水生昆虫の摂食が大きく関与し、春から夏にかけてはバクテリアによる分解が顕著に表れることが報告されている⁴⁾。しかし、OSSの発生源は溪内だけに特定されておらず、他からも供給されている可能性がある。今後は溪床における有機物の分布や種類、分解過程を把握し、地下水や降雨からの有機物の流入量の測定も行っていく必要があると考えられる。図1-19には、IOSS(浮遊無機物)濃度の変動を示した。IOSS濃度は平均1.62mg/lでOSS濃度よりも常に高かったが、冬期に濃度の低下が認められた。IOSSの発生源が上流域の裸地であると仮定すると、冬期は積雪の影響で移動がおきにくいのではないかと考えられる。

オ 今後の問題点

本研究によって溪流の有機浮遊物の濃度や粒径組成が変動する現象のあることが明らかになった。しかし、この現象が今後も継続して観測されるか、また他地域ではどうであるか今後観測を続けていく必要がある。

カ 要約

本研究は、山地小流域における浮遊物質の組成の変動を明らかにすることを目的とした。渓流水は月に2回の割合で平水時に採水した。その結果、浮遊物質中に有機物が占める割合は支流で平均31.7%であったが、4月から7月にかけて比較的浮遊有機物濃度が高かった。また、夏期に粒径の小さな浮遊有機物の比率が高くなる現象が認められた。これらは気温、水温の上昇に伴う有機物の分解の進行によるものと考えられた。

キ 引用文献

1) 柳井清治・寺沢和彦：沿岸山地流域における林相別の浮遊砂及び浮遊有機物の流出過程—夏期に

- における流出観測—, 日林北支論39: 171~173, 1991
- 2) 柳井清治・寺沢和彦：北海道南部沿岸山地流域における森林が河川及び海域に及ぼす影響 (I) —山地流域から津軽海峡に流出する浮遊土砂と有機物—, 日林誌77, 408~415, 1995
- 3) 江頭進治・芦田和男：山地流域における微細土砂の生産場と流出過程に関する研究, 京大防災研年報24, B-2, 239~250, 1981
- 4) 柳井清治・寺沢和彦：北海道南部沿岸山地流域における森林が河川及び海域に及ぼす影響 (II) —山地溪流における広葉樹9種落葉の分解過程—, 日林誌77, 563~572, 1995

(深山貴文)

(5) 土砂及び粗大有機物の流出機構の解明

ア 研究目的

森林流域から流出する粗大有機物(WD)は落葉や落枝が大半を占める。河川生態学ではWDのように陸上生態系に由来する生産物を他生性有機物(heterotrophs; allochthonous organic matter), 藻類や水生植物など溪流内で生成するものを自生性有機物(autotrophs; autochthonous organic matter)と区別している⁵⁾。山地溪流におけるエネルギー収支を比較した場合、他生性有機物が99%を越えるとの調査結果もあり、溪流に生息する生物にとって川畔林や森林からの有機物流入は重要であるといえる⁶⁾。WDは生物学的あるいは物理的に破碎されて微粒状有機物(FPOM)や溶存態有機物(DOM)となっていくので、DOMの動態を考える上でもWDの流出を明らかにする必要があるといえる。

イ 研究方法

四ツ子川支流の量水堰堤内に堆積した土砂およびWDをほぼ1月に1回の間隔で浚渫した。土砂およびWDはポリ容器で浚一杯毎にバネばかりで秤量したが、土砂は砂質なもの(砂)と泥質なもの(ヘドロ)に区分した。ただし、1996年8月の豪雨の際は土砂の流出量が膨大であったので、現地における測量から流出量を推定した。毎回、砂、ヘドロ、落ち葉の一部を実験室に持ち帰った。砂、ヘドロは105℃で24時間乾燥して乾燥前後の重量から水分含量を求めた。WDには土砂が付着していたので洗浄してから70℃で48時間乾燥して水分含量を求めた。

以上の結果を基に、砂、ヘドロ、WDの流出量を計算し、砂とヘドロは合計して土砂とした。ただし、渓流水内における有機物の分解については調査していないので、量水堰堤内における分解量を考慮するとWDの流出量は今回の結果よりも多くなると推定される。また、量水堰堤は砂防ダム下流の流路上に設置されているので、土砂やWDの移動はこれら建造物の影響を受けている。そのため、今回の結果を自然環境下にある溪流に適用する場合には注意する必要がある。

乾燥したWDは粉碎後、NCアナライザー（住友化学）で全炭素および全窒素含量を測定した。1996年12月16日に採取したWDは洗浄・乾燥後に含まれる葉を樹種毎に区分して枚数と重量を測定した。

ウ 結果

図1-20に、土砂とWDの一日当たりの流出量と土砂に占める有機物量の割合(%)を示した。土砂、WDとも一日当たりの流出量はそれぞれの流出量を前回の採取日からの日数で除した値である。まず

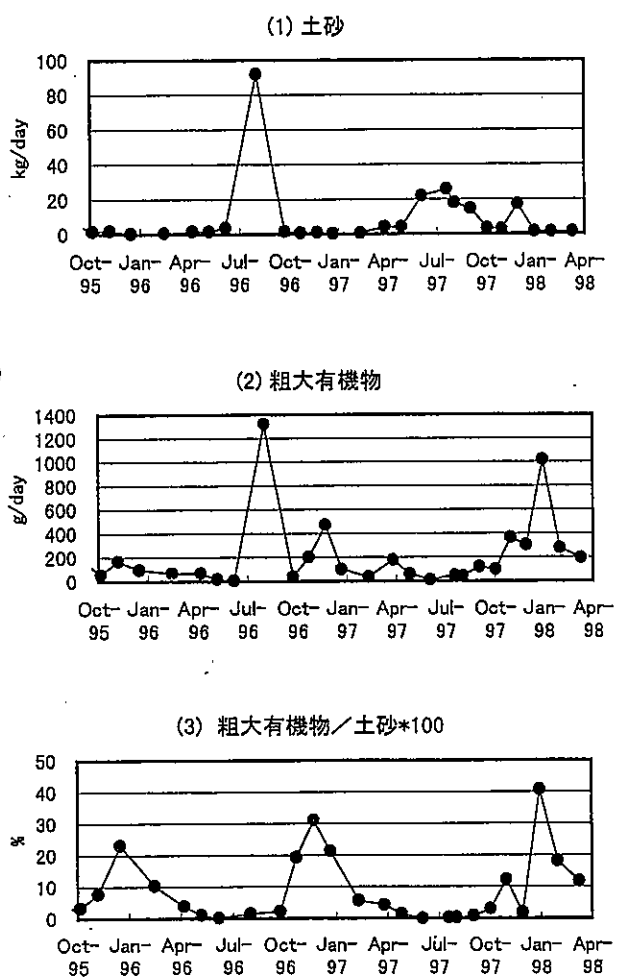


図1-20 土砂および粗大有機物(WD)の流出量の季節変化

土砂であるが、測定期間中における最大のピークは1996年8月に観測された90kg/dayを越えるピークであった。このときは1996年8月27~29日の3日間で253mmの降雨があり、28日の降雨は171mmであった。この他に土砂流出が多かったのは、1997年の夏から初秋にかけてとその年の12月で、いずれも20kg/dayを前後の土砂流出がおきた。

WDも土砂流出の大きかった1996年8月は1300g/dayを越える流出が観測された。ただし、このピーク以外は土砂流出のピークとWDのピークはほとんど重なっていない。WDは秋から冬にかけて流出量が多くなる傾向がみられた。土砂に占めるWDの割合をみると、12~1月に最高になり、その後割合が低下し6~8月はほとんど0%になり、以後また増加する明瞭な季節変動がみられた。

1996年12月16日に採取されたWD中の葉の組成を調べた結果、枚数ではヤシヤブシとコナラがともに20%を占め、ヤマハンノキが10%、エゴノキとクマシデが5%と続き、その他イヌシデ、ヤマザクラ、フジであり、形が不完全などの理由で同定できない落葉は30%であった(図1-21)。重量ではヤシヤブシ30%、ヤマハンノキ21%、コナラ18%の順になり、クマシデ、イヌシデ、エゴノキはそれぞれ2.5、1.3、1.2%であった。流路に沿って植栽されたヤシヤブシとヤマハンノキからWDが枚数で30%、重量で50%

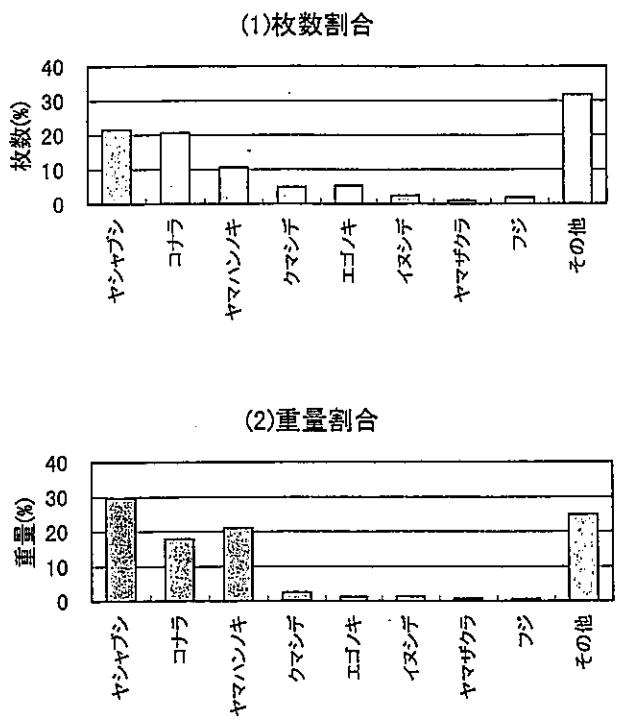


図1-21 粗大有機物中(WD)の落葉の樹種組成

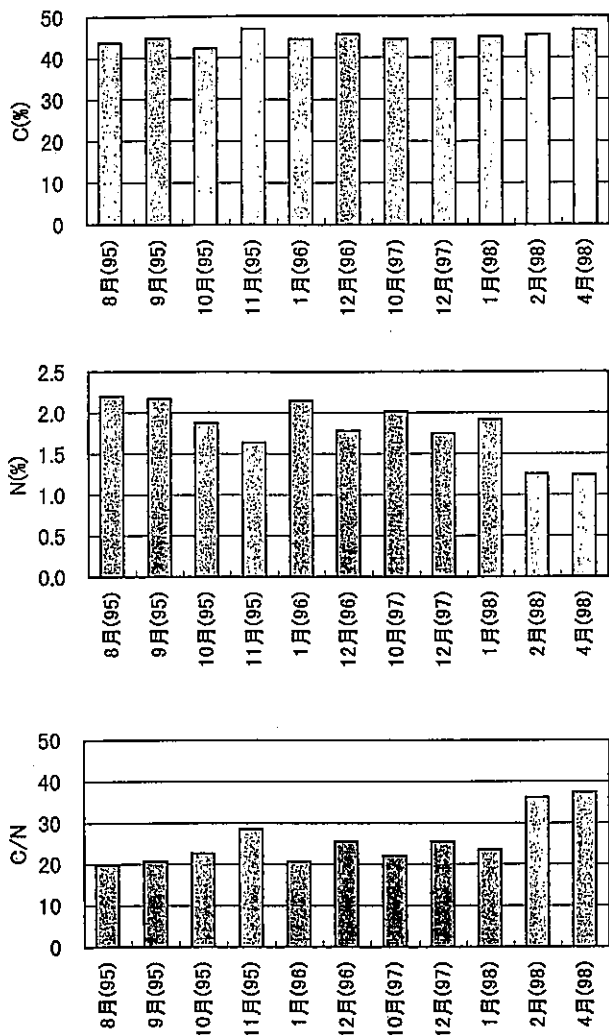


図1-22 粗大有機物 (WD) 中の落葉の炭素、窒素および C/N 比

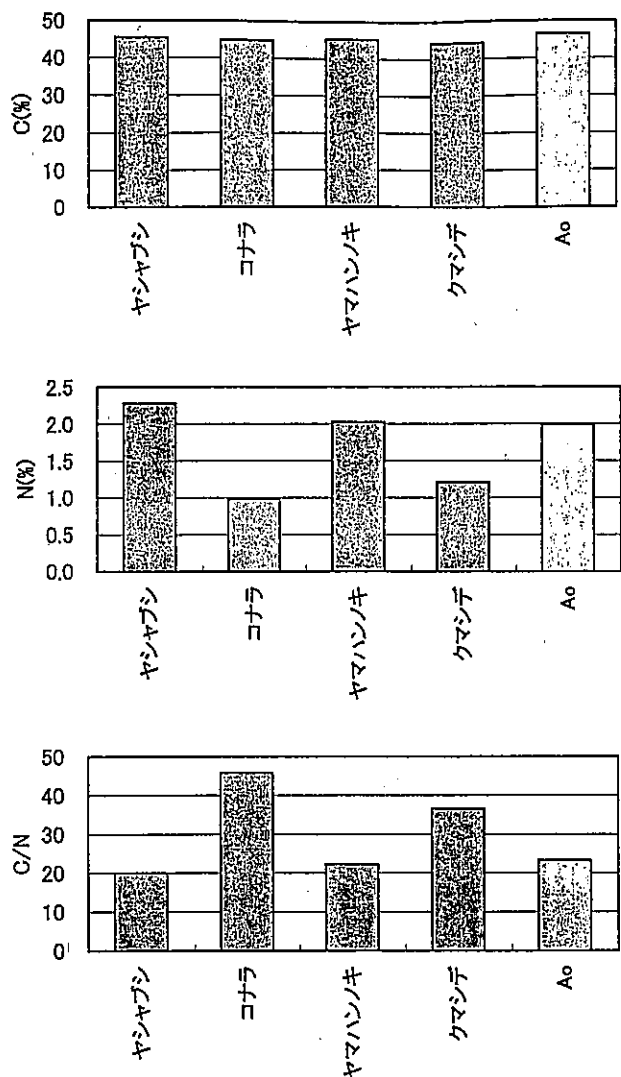


図1-23 粗大有機物 (WD) 中の落葉の炭素、窒素および C/N 比—樹種および A₀ 層との比較—

供給されていた。そのほかの同定された広葉樹もすべて流路付近に生育している樹種であった。図1-22は採取時期の異なる WD 中の炭素と窒素および C/N 比を比較したものである。炭素濃度は42~47%と試料間のばらつきは小さく、ほぼ一定で季節変動は認められなかった。それに対して WD 中の窒素濃度は最高2.2% (1995年8, 9月) から最低1.2% (1998年2, 4月) と試料間のばらつきが大きかった。図1-23は1996年12月16日に採取されたヤシヤブシ、コナラ、ヤマハンノキ、クマシデの炭素と窒素濃度を調べた結果である。樹種間で炭素濃度はほぼ一定であるのに対して、窒素濃度は樹種間に大きな違いがみられた。ヤシヤブシ、ヤマハンノキが2%前後であるのに対して、コナラ、クマシデはそれぞれ1.0, 1.2%であった。この図には量水堰提付近の落葉樹林下で採取した堆積腐植層 (A₀層) の分析

結果も示したが、A₀層の窒素濃度は渓流水中のヤシヤブシ、ヤマハンノキに近かった。

エ 考 察

土砂の流出は降水量に依存するので、降水量の多い月は流出量が多かった。しかし1997年7月9~13日は前年の8月を上回る合計273mmの降雨があったが、土砂の流出規模は前年よりもはるかに小さかった。その理由は日降水量が最大99mmに留まったことに加えて、前年と直前の6月に多量の土砂流出があったためと推察される。このように土砂流出にはそのときの降水量だけでなく、降雨強度やそれまでの土砂流出の履歴が影響すると考えられる。WD に関しては樹木からの落葉の供給が秋に集中するために季節変動することが予想された。しかし1997年8月の場合に見られるように、WD の流出も降雨の影響を受けるので流出量の季節変動は予想に反してはっ

きりしなかった(図1-20)。しかし、土砂に占めるWD割合は春から夏の低下と秋から冬の増加という季節変動のパターンが明瞭に見られた。秋のWDの増加は当初考えていたように溪流沿いの落葉広葉樹からの落葉供給の増加によるものと考えられるが、冬期までWDの流出が続く理由は溪床や溪流周辺に堆積したWDが降雨や融雪などで再移動するためと思われる。また、春から夏にかけての流出量の減少は、水棲生物によってWDの分解が進むためと推察される。

ヘドロの有機物含量は結果に示していないが、炭素含量6.9% (n=14) とかなり多くの有機物を含んでいた。しかし今回の有機物流出量の計算にはヘドロ中の有機物含量は含めなかった。その理由はヘドロを浮遊有機物(OSS)の一部とみなしたことと、ヘドロの形態で流出する有機物量を正確に評価することが困難なためである。ヘドロは堰堤内で流速が落ち堆積したOSSであると考えられる。OSSのすべてが堰堤内で堆積するならば、ヘドロ中の有機物量を詳しく調査した方がOSSの流出量を把握するには適しているが、堰堤を越えて下流に流出するOSSもある。その上ヘドロは重量の半分以上が水分であり、試料間の水分のばらつきも大きいのでヘドロ全体の水分含量を正しく評価するのは難しい。さらに炭素含量も水分と同様に試料間のばらつきが大きい。そのためヘドロの形態で流出する有機物量を正確に推定するには、試料数を増加させるなど調査方法を改善する必要がある。

四ツ子試験地の流域の大半はスギ、ヒノキ若齢林であるが、流域の出口付近の両岸は急斜面で天然性広葉樹二次林が残されており、流路に沿ってヤシャブシとハンノキが植栽されている。上流部も溪流沿いは大半が広葉樹である。現地の堰堤内で集められたWDには、流域の大半を占めるヒノキやスギの枝葉が含まれることは稀であったので、渓流水中のWDは溪流近くの樹木に由来すると考えられる。実際にWDに含まれる落葉の樹種構成(図1-21)からも溪流近くの林からWDが供給されていることが示された。

葉中の窒素含量は春先に高く落葉期に含量が低下することが知られている²⁾。今回の測定でも夏期の試料は含量が高いことが多く、冬期はその反対に含量が低い試料が多かった(図1-22)。しかし、冬期

でも1996年1月のように2%を越える試料も存在していた。溪流に沿って植栽されているヤシャブシ、ヤマハンノキは根圏に窒素固定菌を共生する肥料木として知られており³⁾葉中の窒素含量が高い樹木である。WD中のヤシャブシやヤマハンノキの落葉、およびヤシャブシ・ヤマハンノキ林の近くで採取したA₀層は他の広葉樹に比べて窒素含量が高かった(図1-23)。これらの結果から、WD中の窒素含量が試料毎にばらつく原因はヤシャブシやヤマハンノキの落葉の混入率の違いにあるのではないかと推察される。なお今回の調査から、炭素に関しては明瞭な季節変動や樹種間の変動は認められなかった。そこで、WD量を炭素量に換算する際は図1-22に示した11試料の平均値44.9%を用いることにした。

エ 今後の問題点

今回の結果から土砂に対するWDの割合が明瞭な季節変化を示すことが明らかになった。この結果から渓流水中のWDがDOCの重要な給源となっていると推定されたので、今後はWDからどの程度のDOCが生産されるかを明らかにする必要がある。

オ 要約

四ツ子試験地流域から流出する土砂およびWDの測定から、土砂流出は降雨の影響が大きいことが明らかになった。有機物の流出も降雨の影響を受けるが、土砂に占めるWDの割合でみると、冬期に高く夏期に低下する明瞭な季節変動が観察された。渓流水中でのWD量には樹木からの落葉と渓流水中での有機物の分解が関係しているものと推察された。WDを構成する樹種の調査からWDは溪流近くに生育する樹木から供給されていることが明らかになった。WDに含まれる落葉中の窒素含量は肥料木であるヤシャブシ、ヤマハンノキがその他広葉樹に比べて高いことが明らかになった。

カ 文献

- 1) 竹門康弘：溪流生態系における食物連鎖と物質循環，溪流生態砂防学，東京大学出版，1999
- 2) 河田弘：森林土壌学概論，博友社，1989
- 3) 藤田桂治：のり面緑化の望ましい施肥技術，のり面緑化の最前線，ソフトサイエンス社，1995
(金子真司・深山貴文・古澤仁美)

(6) 有機物流出量の年変動の把握

ア 研究目的

森林流域から流出する溶存態有機物 (DOM), 浮遊態有機物 (OSS), 粗大有機物 (WD) の中で, 琵琶湖水の有機汚濁に直接関係するのは DOM であるが, OSS や WD も渓流水中での分解によって DOM の供給源となる。また琵琶湖に直接流入する OSS や WD もあることから, 琵琶湖水における有機汚濁を考える際には森林から流出する DOM, OSS, WD のいずれも重要であるといえる。我が国では森林から流出する DOM, OSS, WD に関する研究は少なく, すべてを対象とした研究は安田ら (1989) が行っているがそれ以外は見あたらない。ここでは, 3 年間の調査結果から DOM, OSS, WD の年間流出量を計算し, 有機物の形態別の流出割合や年変動の特徴を明らかにするとともに, その要因について検討を行った。

イ 研究方法

第 1 章の(3)~(5)の結果に基づき, 四ツ子試験地流域における DOC, OSS, WD の流出量を計算した。DOC の流出量は年平均濃度に年間流出量を乗じ, 流域面積で除して求めた。OSS についても平均濃度に年間流出量を乗じ, 流域面積で除して求めた。OSS は灼熱損量から求めた数値であるので, 粗大有機物中の炭素濃度 44.9% を乗じて炭素流出量とした。WD については年間流出量の合計を流域面積で除して求めた。この場合も炭素濃度は 44.9% とした。ただし, 1995 年度は 10 月に調査を開始したので, 日数割合で 1 年間の流出量を計算した。

安田ら (1989) も東京都八王子市裏高尾町の浅川上流の溪流 (標高 400 m) で同様の調査を行っているため, そのデータと比較した。さらに, 有機物流出量が流域のリターフォール量に比較してどの程度の規模であるかを知るために, ヒノキ若齢林のリターフォールとの比較を行った。

ウ 結果

図 1-24 に四ツ子川支流流域における溶存態有機物 (DOM), 浮遊態有機物 (OSS), 粗大有機物 (WD) の 3 年間の ha 当たりの年流出量を炭素量ベースで示した。裏高尾は安田ら (1989) の調査結果に基づいて計算したものである。四ツ子川支流では DOM の流出量は 3.27~7.39 ($C \cdot kg \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$) で, 最も少ない 1995 年度は最も多い 1997 年度の半分弱であっ

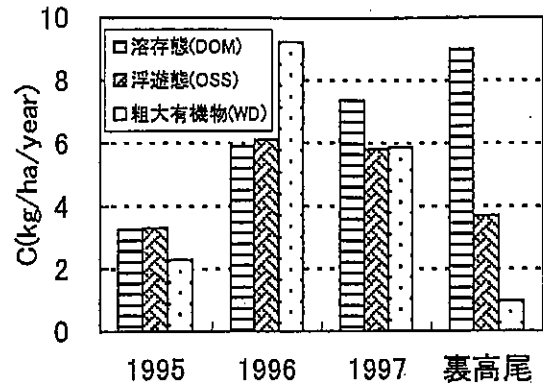


図 1-24 有機物の形態別流出量

た。裏高尾の DOM の流出量は $9.0 (C \cdot kg \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1})$ で, 調査流域よりやや多かった。OSS の流出量は $3.31 \sim 6.11 (C \cdot kg \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1})$ で 1995 年度が他の年の約半分程度であった。裏高尾では $3.7 (C \cdot kg \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1})$ であり, 四ツ子川支流とはほぼ同程度の流出量であった。WD の流出量は $2.29 \sim 9.22 (C \cdot kg \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1})$ で, 最も少ない 1995 年度は最も多い 1996 年度の 4 分の 1 の流出量であり, 年変動が大きかった。裏高尾は $1.0 (C \cdot kg \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1})$ と四ツ子川支流に比べてはるかに少なかった。有機物の年変動の理由であるが, DOM や OSS に関しては年毎の濃度の変動はそれほど大きくないので, 流出が原因となっているといえる。例えば 1995 年 10 月から 1996 年 2 月までは降水量が 413 mm と少なかったために, DOM や OSS の流出量が少なかったと推察される。WD については, 流出特性の項で述べたように, 集中豪雨の際に多量に流出する。1996 年 8 月の豪雨はその典型で, この年度はこの 8 月の豪雨のために $9.22 (C \cdot kg \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1})$ もの流出になった。反対に 1995 年度は特に集中した降雨はなく, 冬期の降雨は大半が降雪であったので流出量が少なかったものと推定される。

図 1-25 は試験地流域からの COD 流出量を示したものである。COD は $15.7 \sim 21.1 (C \cdot kg \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1})$ で, 1995 < 1996 < 1997 の順に流出が多かった。琵琶湖流域の森林溪流からの COD 流出を調査した國松ら⁴⁾によれば COD の流出は $12 \sim 23 (C \cdot kg \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1})$ であり, 今回の結果とほぼ一致していた。今回は COD の年平均値を基にして年間の流出量を推定したが, 降雨時の COD 濃度の上昇を考慮すると流出量はさらに多くなる可能性がある。

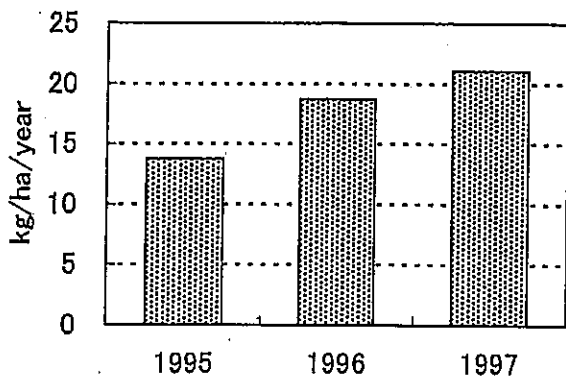


図1-25 試験地流域におけるCOD流出量

エ 考 察

四ツ子試験地におけるDOM, OSS, WDのha当たりの年間流出量は同程度の規模であったが、裏高尾ではDOM>OSS>WDと形態によって著しい違いが認められた。有機物の総流出量は四ツ子試験地が8.9~19.1 (C・kg・ha⁻¹・yr⁻¹)で、裏高尾とはほぼ同じであり、WDの流出が多い1996, 1997年度は四ツ子試験地の方がやや流出が多かった。図1-26は流出する有機物の形態別割合を示したものであるが、この図から四ツ子試験地は裏高尾に比べてDOMの割合が少なく、WDの割合が大きいことがわかる。四ツ子試験地は流域の傾斜が40% (∠23.2°)と裏高尾(3%)に比べて大きく、溪流の平均勾配も12.2%も大きいことに加えて、堰堤の上流は3面張りの流路になっているために周囲からの有機物が流入や溪流中での移動が起こりやすい環境にあると考えられる。さらに四ツ子川試験地では年降水量が2000mmを越えている上に冬期には積雪があり、裏高尾とは降水環境が相当に異なっている。すなわち、四ツ子川試験地は流域面積、傾斜、降水の点で裏高尾よりもWDが流入しやすい環境にあるといえる。WDは

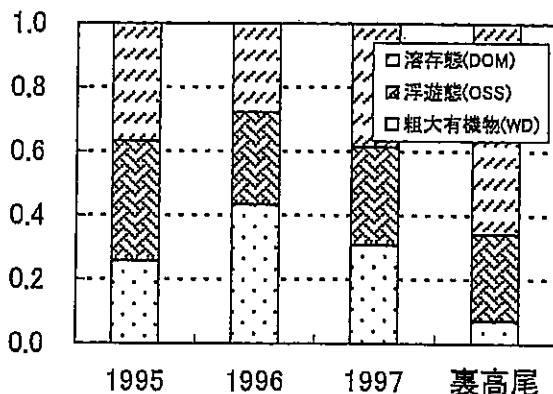


図1-26 流出有機物の形態別割合

大半が溪畔沿いの樹木に由来する(1-5)ので、裏高尾は四ツ子川試験地に比べて谷密度が低く、そのために流域面積あたりのWDの流出量が低い可能性も考えられる。

有機物流出量は流域の森林で生産される有機物に対してどの程度の割合になるであろうか。試験地流域はその大半は若齢のスギ、ヒノキ林で覆われているが、生産量の調査は行なっていない。そこで河原(1985)の報告にある若齢(12~19年生)のヒノキ3林分のリターフォール量の平均値2315 (C・kg・ha⁻¹・yr⁻¹)を試験地流域のリターフォール量であると仮定すると、有機物の総流出量はリターフォールに対して1995年度が0.38%, 1996年度が0.92%であった(図1-27)。ただし全流出有機物の24~42%を占めるWDは大半が溪畔沿いの樹木起源であるので、WDの流出量は溪畔の森林の状態で変化すると予想される。OSSも渓流水中でWDから生成する割合が高いと推定されるので、WDの流入量の変化によって流出量も変化すると予想される。さらに谷密度の増減も流域面積あたりの有機物流出量は変化をさせる要因となる。このため、ここで求めた流域のリターフォールに対する有機物流出の割合はあくまでも一事例であって、溪流が異なれば変化すると考えられる。

今回の有機物流出量の測定では、渓流水中におけるWDの分解量を考慮しておらず、増水時のOSSやDOMの濃度上昇も考慮していない。そのため各形態の有機物流出量は実際とはかなり異なる可能性がある。また砂防堰堤の流路上での測定があるので、自然の溪流とはかなり条件が違っている。しか

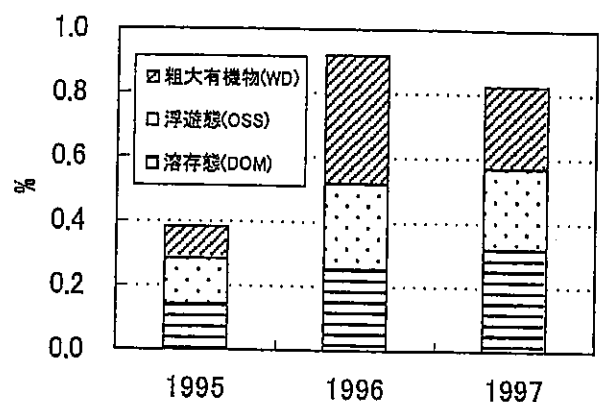


図1-27 ヒノキ・リターフォールに対する有機物流出量の比較 (ヒノキ・リターフォール量2315kg/ha/yrは河原(1986)を参考)

し、森林からの有機物流出に関するデータが乏しい現状においては、貴重なデータであるといえるだろう。

オ 今後の問題点

今回の調査の結果、森林流域からの粗大有機物や浮遊態有機物が溶存態有機物の流出に匹敵することが明らかになった。ただし調査流域は傾斜が急であり、人工流路での測定であったので、今後傾斜の緩やかな自然のままの森林地域において調査する必要がある。さらに粗大有機物や浮遊態有機物の溪流における分解過程においても研究を行い、分解に伴って生成する溶存有機物量を明らかにする必要がある。さらに、降雨時には琵琶湖へ直接流入する粗大有機物や浮遊態有機物が増加すると推定されるので、その量についても明らかにする必要がある。

カ 要約

琵琶湖へ流入する四ツ子川支流における形態別有機物の年間流出量を明らかにした。溶存態有機物(DOM)、浮遊態有機物(OSS)、粗大有機物(WD)の流出量は、炭素量としてそれぞれ3.27~7.39, 3.31~6.11, 2.29~9.22 ($C \cdot kg \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$)であった。流量が少ない年はDOMやOSSの流出量が低下し、集中豪雨のある年はWDが多くなることが判明した。安田ら(1989)が裏高尾の溪流で調査した結果と比較すると、四ツ子川支流ではDOMがやや少なくWDの量が多かった。今回の調査地は植生や土壌が未熟であることがDOMが少ない原因となっており、流域の面積が小さく地形が急峻なことがWDの流出を多くしている要因であろうと考えられた。なお、年間の有機物流出量を森林のリターフォールと比較すると、その0.4~0.9%程度であると推定された。CODの年間流出量は琵琶湖流域の森林溪流で測定された既存のデータと同レベルであることが明らかになった。

キ 文献

- 1) 安田卓哉・市川秀夫・小倉紀雄：裏高尾の山地溪流における有機物収支。Jpn. J. Limnol. 50, 3, 227-234, 1989
- 2) 河原輝彦：森林生態系における炭素の循環—リターフォール量とその分解速度を中心として、林業試験場研究報告334, 21-52, 1985
- 3) 國松孝男・須戸幹：森林溪流の水質と汚濁負荷流出の特徴。琵琶湖研究所所報14, 6-15, 1997

- 4) 國松孝男・須戸幹：山地河川の窒素・リン・CODの濃度とその変動特性。濃土論集166, 35-44, 1993 (金子真司)

2. 降雨時における有機物の流出機構の解明

(1) 降雨水質及び土壌水質の変動特性の解明

ア 研究目的

降雨は流域の森林や土壌を通過する際に、植物による吸収やイオン交換、さらには物理的吸着等によって水質を変化させて土壌水となる。土壌水は風化帯を浸透していく過程で鉱物層から物質を溶解するとともにイオン交換や物理的吸着によって溶存成分濃度を変化させる。無降雨時における流域内部における水の移動速度は遅く、鉱物層との反応は十分に進行するので、渓流水質は地質の影響を強く受けるとともに、安定した水質になる。一方、降雨時には流域内部の水の移動速度は大きくなるので、渓流水は降雨や土壌水の水質に近くなると考えられる。土壌水中の有機物濃度は高いので、降雨時には流出が増加することが予想される。そこで、ここでは試験地の流域における降雨水質と土壌水質の実態について調査を行った。

イ 研究方法

四ツ子試験地にポリロート(直径21cm)とポリタンク(10ℓ)を組み合わせた降雨採取装置を1996年5月にセットした。試料の回収は渓流水の採取と同様に月2回の頻度で行った。試験地流域のヒノキ林とスギ林下において土壌水をバッチ法と吸引法で月1回の頻度で採取した。バッチ法はステンレス製円筒(100ml)で採取した土壌を実験室に持ち帰り、脱イオン水100mlを加え、振とう、浸出する成分を測定した。吸引法はセラミック製ポーラスカップと採血管を組み合わせた土壌水採取装置で行った。バッチ法、吸引法とも各林分3試料を採取した。吸引法の採水量は最大10mlであるが、土壌の湿り具合によって採水量は変化し、全く採水できない場合もあった。降雨試料とバッチ法の浸出水はpHとEC、DOCおよび無機イオンを、また吸引法で得た土壌水は採取量が少ないときは無機イオンのみを測定し、採取量が多いときは無機イオンとDOCの両方を測定した。なお、土壌水を採取したヒノキ林は崩壊跡地に植栽された若齢林であり、土壌はB層のほとんど発達していない未熟土であった。流域の大半は崩壊跡

地であり、このタイプの森林と土壌であった。スギ林は崩壊を免れた斜面の下部に残る壮齢林で、広葉樹二次林に混在して成立している。土壌はやや未熟な褐色森林土であるがヒノキ林に比べて有機物が高かった。

ウ 結 果

表1-9に1997年4月～1998年3月の四ツ子試験地の降雨水質を京都市山科区安祥寺山国有林（山科試験地）⁽¹⁾の調査結果と比較して示した。四ツ子試験地では降水量が山科試験地の約1.5倍であった。pHはほぼ等しかったが、ECは四ツ子試験地の方が大きかった。成分的には四ツ子試験地でNa⁺、Cl⁻、Mg²⁺、SO₄²⁻の濃度が高かった。特に、日本海側から北西の季節風の吹く冬期にはこれら成分の濃度が上昇しECも高くなった。それに対して夏期はすべての濃度が低くECも低かった。

四ツ子試験地と山科試験地の年間負荷量を比較すると、四ツ子試験地の降水量は山科試験地の1.5倍なので、すべての負荷量が多かったが、特にNa⁺、Cl⁻、Mg²⁺、SO₄²⁻は2倍の負荷量であった(表2-2)。DOCの平均濃度は山科試験地の方がわずかに高いが年間負荷量では降水量の違いを反映して四ツ子試験地の方が大きかった。

土壌浸出液のpHはほぼ年間を通してスギ林<ヒノキ林であり、ECは同様にヒノキ林<スギ林であった(図1-28)。pHおよびECとも夏期に2林分の差が大きく、冬期は差が小さくなった。スギ林、

ヒノキ林とも夏期にイオン濃度が上昇したが、スギ林では特にこの傾向が強かった(図1-29)。スギ林ではヒノキ林に比べてNO₃⁻濃度が高かった。

図1-30に土壌浸出液中のDOC濃度から求めた土壌水中のDOC濃度(バッチ法)とポーラスカップ

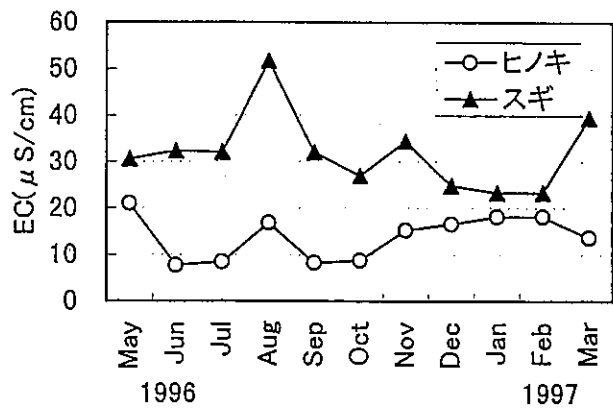
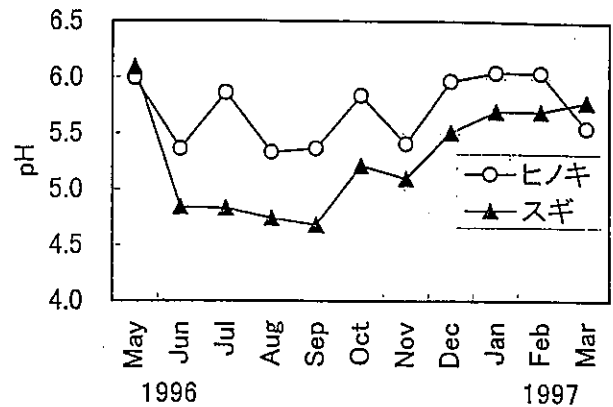


図1-28 土壌浸出液のpH, ECの季節変化

表1-9 四ツ子試験地と山科試験地における降雨水質の比較

	降雨量 mm	pH	EC μ/cm	H ⁺ mg・l ⁻¹	Na ⁺ mg・l ⁻¹	K ⁺ mg・l ⁻¹	NH ₄ ⁺ mg・l ⁻¹	Ca ²⁺ mg・l ⁻¹
四ツ子	2521.1	4.77	16.6	0.02	0.61	0.14	0.11	0.31
山科	1680.2	4.79	11.0	0.02	0.41	0.13	0.15	0.29

	Mg ²⁺ mg・l ⁻¹	Cl ⁻ mg・l ⁻¹	NO ₂ ⁻ mg・l ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg・l ⁻¹	PO ₄ ³⁻ mg・l ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg・l ⁻¹	nss-Ca ²⁺ mg・l ⁻¹	nss-SO ₄ ²⁻ mg・l ⁻¹	DOC mg・l ⁻¹
四ツ子	0.08	0.96	0.02	0.47	0.00	1.22	0.28	1.07	1.46
山科	0.06	0.67	0.02	0.49	0.00	0.97	0.28	0.87	1.63

測定期間；1997.4-1998.3, 降水量は期間の合計, 他は加重平均

表1-10 四ツ子試験地と山科試験地における負荷量 (mg/m²) の比較

	H ⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	DOC
四ツ子	0.04	1.53	0.35	0.27	0.78	0.20	2.42	0.05	1.18	0.00	3.07	3.67
山科	0.03	0.69	0.21	0.24	0.49	0.11	1.12	0.03	0.82	0.00	1.64	2.74

測定期間；1997.4-1998.3

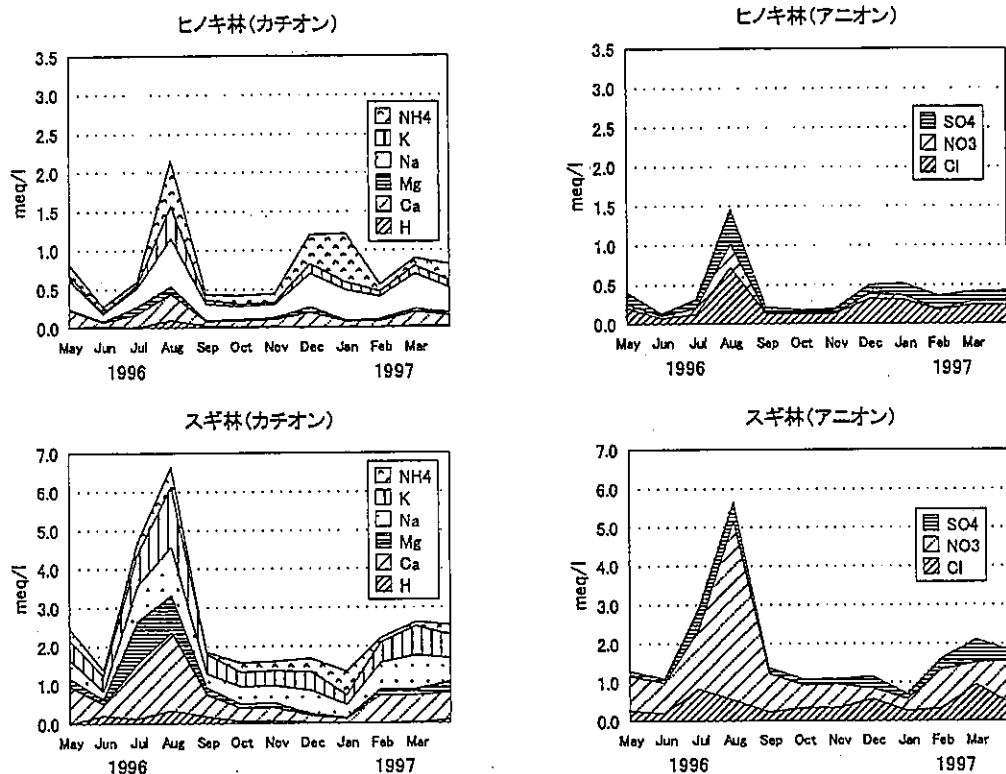


図1-29 土壤浸出液中のイオン濃度の季節変化

で採取した DOC 濃度 (吸引法) を比較して示した。ヒノキ林ではスギ林に比べて DOC 濃度が高く、土壤中の炭素含量を反映した結果となった。スギ林は土壤が砂質であるために、吸引法ではわずかしき試料が採取されず、DOC 分析はできないことが多かった。採取された試料について比較すると、ほとんどの場合でバッチ法の DOC 濃度が高かった。

エ 考 察

四ツ子試験地において降水中の Na^+ 、 Cl^- 、 Mg^{2+} 濃度が高かった原因は、1-1-(1)で述べたように、四ツ子試験地が日本海に比較的近く冬期の降水中の海水由来成分濃度が上昇するためである。しかし、 SO_4^{2-} については冬期に濃度上昇はみられない上に、 nss-SO_4^{2-} も 1.07mg/l と山科試験地に比べて高いので、別の理由があるものと推察される。

四ツ子試験地における DOC の年間負荷量 ($36.7\text{C}\cdot\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{yr}^{-1}$) は、四ツ子試験地流域からの有機物流出量 ($8.9\text{--}19.1\text{C}\cdot\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{yr}^{-1}$) の 2~4 倍であった、降雨中の DOC の起源が、降雨採取装置の周囲にある樹木 (落葉広葉樹林) であるならば、DOC 濃度に何らかの季節的変化が期待されたが、年間を通して一定の傾向は認められなかった (図 1-31)。降雨中の DOC 濃度はむしろ降水量と関係があ

り、降水量が 100mm 以上では DOC 濃度は 1mg 以下であったが、 100mm 以下になると DOC 濃度が高い降雨が観察された (図 1-32)。

土壤水中の DOC はバッチ法で測定した濃度に比べて、ポーラスカップ法で測定した濃度の方が低かった。この原因として、セラミック製のポーラスカップはリン酸イオンや有機物を吸着する性質があるので実際よりも濃度が低下した可能性がある。バッチ法では土壤の構造を壊すので、構造内部の有機物が溶出し DOC 濃度が実際よりも高くなることも考えられる。バッチ法における DOC の平均濃度はヒノキ林が 38.5mg/l 、スギ林が 80.9mg/l であり、吸引法ではヒノキ林が 9.6mg/l 、スギ林が 30.6mg/l であった。いずれにしても土壤中の DOC 濃度は渓流水に比べてはるかに高濃度であった。

以上のように、降雨や土壤水中の DOC 濃度は高いので、降雨によって直接流出が増加すると、渓流水中の DOC 濃度が上昇する可能性が考えられた。

オ 今後の問題点

土壤水中の DOC 濃度はバッチ法と吸引法で異なった結果となった。今後は遠心分離法などさらに信頼性の高い方法とも比較する必要がある。

(1)バッチ法

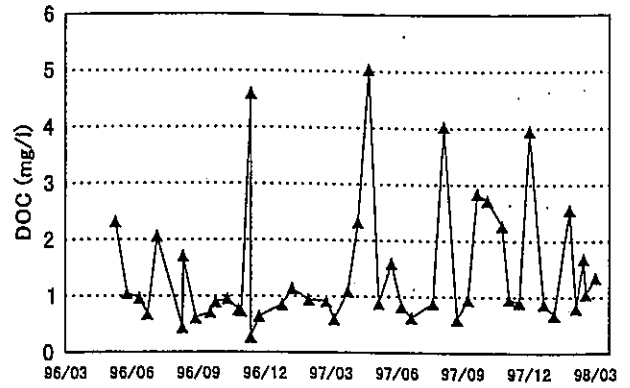
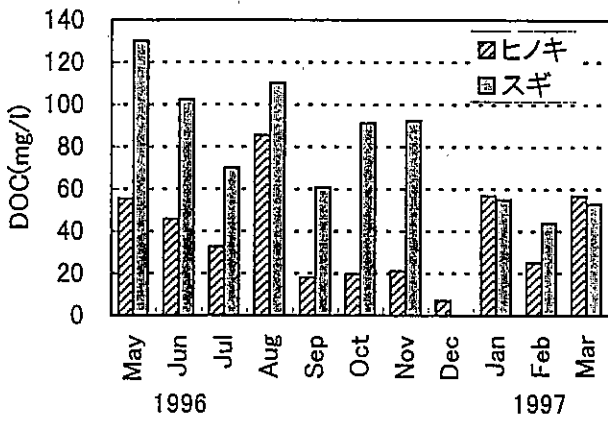


図 1-31 降水中の DOC 濃度の変化

(2)ポーラスカップ法

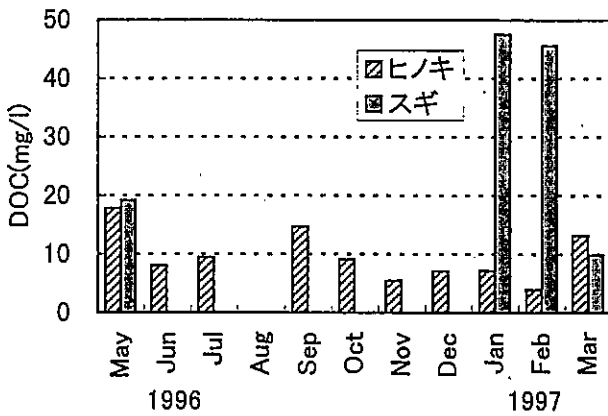


図 1-30 土壤溶液中の DOC 濃度

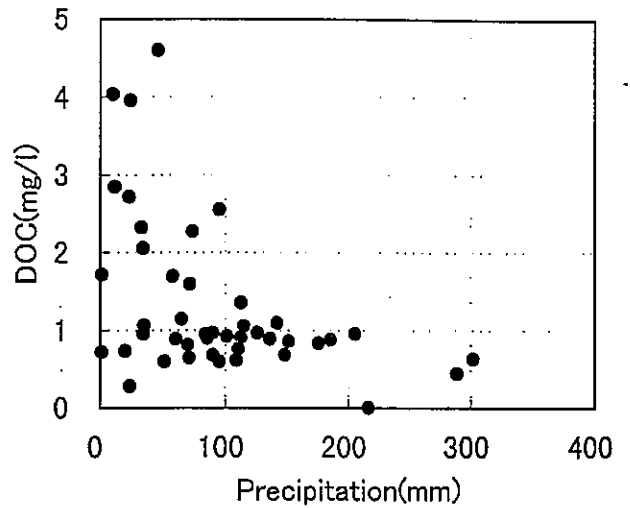


図 1-32 降水量と DOC 濃度の関係

カ要約

降雨によってもたらされる DOC の年間負荷量は $36.7C \cdot kg \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$ となり、溶存態、浮遊態、粗大有機物として流出する有機物 ($8.9 \sim 19.1C \cdot kg \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$) よりも大きかった。また、土壤水中の DOC 濃度は測定法によって結果は異なったが、渓流水よりもはるかに濃度が高かった。降雨時に降雨や土壤水の流入がおこれば渓流水の DOC 濃度が上昇すると考えられた。

キ文献

- 1) 森林総合研究所：特定研究「酸性雨等の森林生態系への影響モニタリング」平成9年度年次報告，1999
- 2) Guggenberger, G. and Zech, W： Sorption of organic carbon ceramic P80 suction cups. Z. planzernahr, bodenk 155, p.151-155, 1992

(金子真司)

(2) 降雨時における浮遊有機物の流出特性の解明

ア 研究目的

近年、森林の開発に伴う水質の悪化が問題となっている。例えば濁水に含まれる微細土砂等は、降雨時の流水によって遠方まで運ばれて海域環境を悪化させている(吉永ら1996)。また、降雨時の懸濁物質にはリンなども多く含まれ、強い降雨時には多量に流下していることが報告されている(國松ら1986)。以上のことから降雨による増水時には渓流水の浮遊物質濃度は大きく変動することが予想される。しかし、降雨の発生を前もって予測することは困難であり、しかも山地における降雨時の調査には危険が伴う。そこで本研究では降雨時における濁度等の水質変化を解明することを目的として、市販の自動水質測定装置を用いて調査を行った。

イ 調査方法

水質の測定は(株)CTIサイエンスシステム社製のC600型自動水質測定装置を用いて行った。本装置に

表 1-11 装置のセンサーの仕様

項目	測定方式	測定範囲	精度 (以内)	最小表示桁数
水温	半導体センサー	-5~50℃	±0.2℃	0.1℃
EC	交流4極	1~100,000μs/cm	各レンジFSの2%	1μs/cm
pH	ガラス電極	1~14	±0.2	0.1
濁度	積分球	0~500ppm	FSの2%	0.1ppm

よる測定項目は濁度、水温、電気伝導度(以下 EC と略す)、pH の 4 項目である。各センサーの測定方式、測定範囲、精度などの仕様は表 1-11 のとおりである。試験流域下部に量水堰堤を設けて流量を観測しているため、解析の際の流量データにはこの結果を用いた。

調査は測定間隔を変えて 2 回行った。1 回目の調査は 1 時間間隔で 1996 年 4 月 1 日より 1996 年 6 月 30 日まで 3 ヶ月間行った。この間の測定回数は 2184 回であった。2 回目の調査は 10 分間隔で 1996 年 7 月 7 日 21 時 30 分より 7 月 8 日 13 時 40 分まで 16 時間 10 分間行った。測定回数は 97 回であり、この調査では 58.6 mm の断続的な降雨があった。以後、1 回目の調査を 3 ヶ月調査、2 回目の調査を降雨時調査とよぶ。

自動水質測定装置の各センサーは量水堰の静水板に固定した。3 ヶ月調査にあたって、ほぼ 15 日おきにデータの回収、バッテリーの交換、測定値の携帯用測定機との比較などのメンテナンスを行った。その際、必要に応じてセンサーの校正を行った。濁度計の校正にはキシダ化学㈱の濁度試験用ホルマジン標準液 (200 度) と純水を用いた。濁度計の校正は測定期間中 2 回行った。EC の測定値については、式-1 を用いて 25℃ の時の値に温度補正した。

$$x = x_t / (0.022t + 0.67) \quad (\text{式-1})$$

x : EC 25℃ 温度補正值

x_t : EC 実測値

ウ 結 果

水温：3 ヶ月調査では水温と流量に一定の関係が認められなかったが、降雨時調査では 1 降雨イベントの中で流量変化に伴う水温変化が観察された。図 1-33 に降雨時調査で得られた水温と流量の関係を示した。降雨時調査では、流量が増加するに従って水温が上昇し、流量が減少するに従って水温が下降する変化が 3 回繰り返し観測され、流量と水温の間に相関が認められた ($r=0.89$)。

EC：3 ヶ月調査では 4 月 1 日～4 月 15 日と 4 月

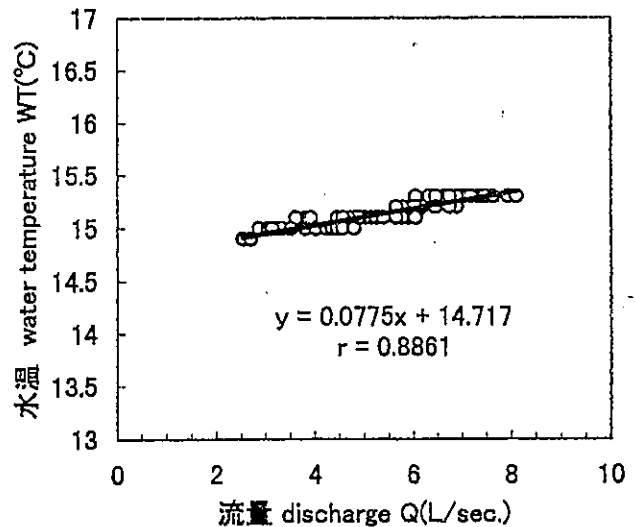


図 1-33 降雨時調査における流量と水温の関係 (1996. 7.7~7.8)

30 日～5 月 15 日の 2 回の欠測があった。欠測期間を除いた 3 ヶ月調査期間の EC の平均値は 35.3 μS/cm であった。また、図 1-34 に示すように 3 ヶ月調査では 6 月 18 日～6 月 25 日に変動があり、6 月 11 日の増水時に僅かに EC の低下があったが、それ以外はほぼ一定の値を示した。

pH：3 ヶ月調査中の渓流水の pH の平均値は 7.1 で、最低値は 6.6、最高値は 7.4 であった。pH と流量の明確な関係は認められなかったが、降雨時調査では pH が流量の増加のピークにあわせて、やや低下する様子が記録された (図 1-35)。

濁度：3 ヶ月調査では、図 1-36 に示すように流量との間には弱い正の相関が認められた ($r=0.46$)。流量が増加しても必ずしも濁度が増加するわけではないが、濁度が高まるのは流量が大きいときであった。このことは濁度の増加が降雨によって引き起こされていることを示唆している。降雨時の濁度と流量、降水量の経時変化を図 1-37 に示した。この図に示すように降雨によって流量が増加すると濁度が高くなる関係が見られた。しかし、図中 B の記号で表す 2 回目のピークでは急激に濁度が高まった後は

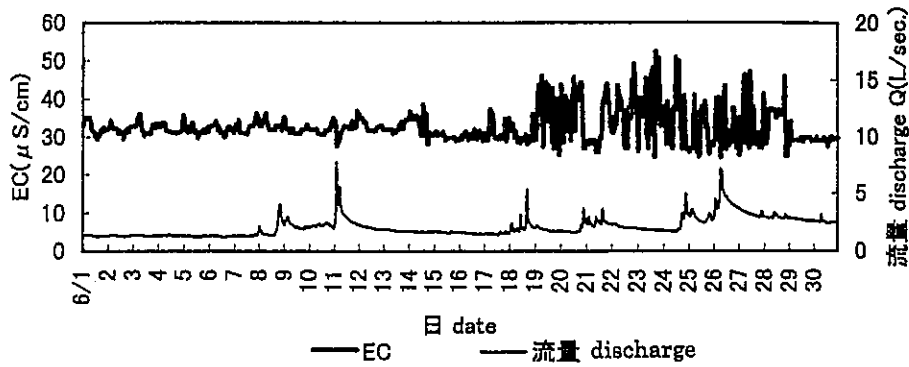


図 1-34 3ヶ月調査における EC の変動

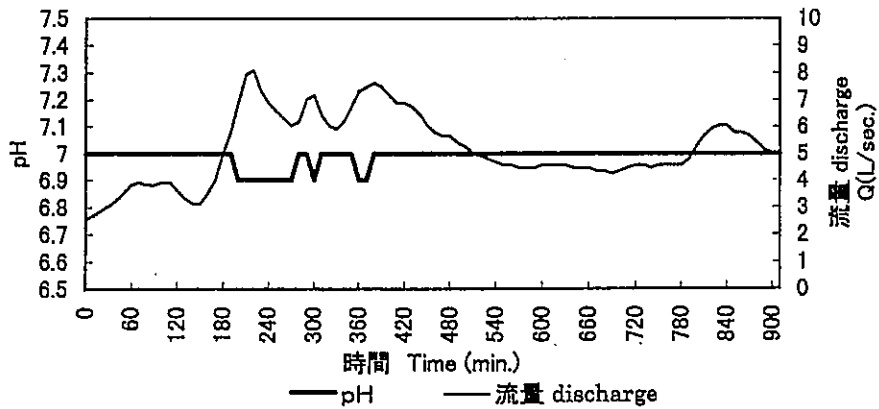


図 1-35 降雨時調査期間の pH と流量の変動

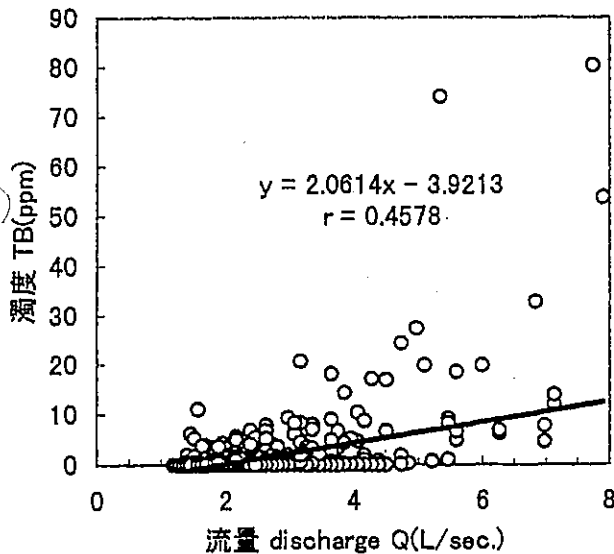


図 1-36. 3ヶ月調査における流量と濁度の関係

その履歴によって異なっているために起こると考えられる。今回の降雨時調査期間中、図 1-38 に示したように複数の形状のヒステリシスループが描かれた。図中 A のループは、濁度のピークがやや流量のピークに先行しているが、図中 B, C, D の記号で表したループは、濁度のピークが流量のピークにやや遅れている。E の記号で表したループはほぼ一本の直線上にのるもので、流量と濁度のピークは同時であった。

エ 考 察

これまでに、河川では気温と水温の間に応答関係があることが認められているが(三宅ら1951)、特に山地小流域では地表面下の流出経路が水温形成に重要な役割を果たしていることが水温、気温、地温の年変化の性質から指摘されている(谷1982)。また、中緯度湿潤地域の多くの流域では直接流出のかなりの部分を地中水が占めるという結果が得られている(田中1989)。これらのことから降雨時調査の水温変化は水移動に伴う地表面下の熱移動による可能性も考えられた。今回は流量の増加に伴い水温が上昇し

C, D, E と流量増加しても濁度はわずかしか上昇しなかった。また図 1-38 によって示されるように、各流量変化に伴う濁度変化も上昇期と下降期では経路が異なり、それぞれループを描いた。これはヒステリシス(履歴現象)とよばれ、濁度の発生機構が

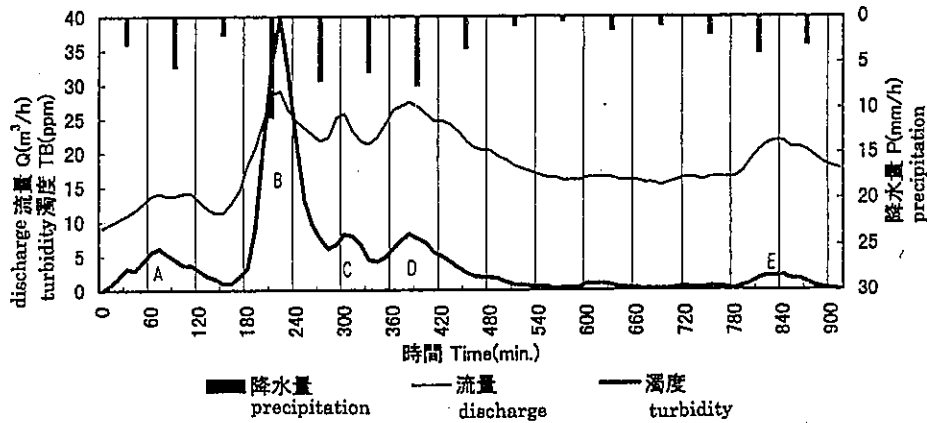


図1-37 降雨時調査における濁度と流量の経時変化

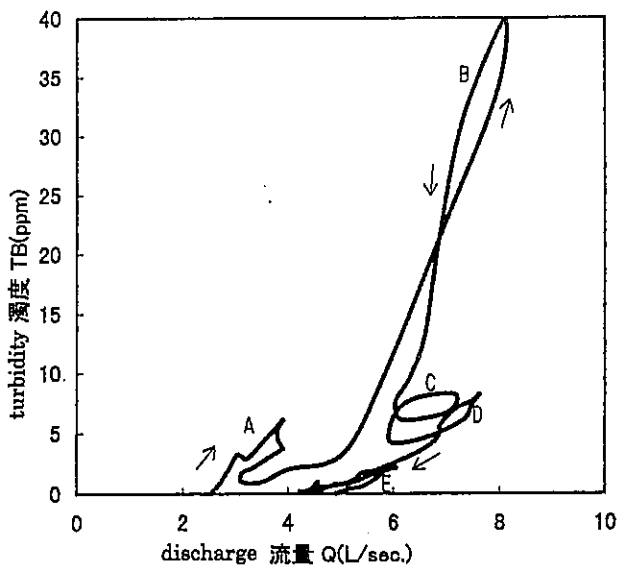


図1-38 降雨時調査に出現した濁度ヒステリシス

たが、水温の低い降水が連続的に多量に供給された場合や、地温が水温より低い状況では流量の増加に伴う水温低下もあり得ると考えられた。なお、降雨時調査における水温の変化は降雨時直後から流量の増減に合わせて短い時間内に変化した。そのため、山地流域において水温と流量の関係を捉えるには、少なくとも10分間隔の測定が必要なが分かった。また、降雨時調査における水温の変動は 0.4°C であったので、本装置の測定可能範囲内であると考えられた。

山地小流域のECが流量の増加に伴って減少した変化が報告されている(瀬口ら1985)。ただし、この報告で用いられた試験流域の基底流出時のECは $200\mu\text{S}/\text{cm}$ 前後であり、流量の増加によって減少した時の値も約 $80\mu\text{S}/\text{cm}$ ほどである。降雨時のECの低下は降雨により渓流水の溶存成分濃度が希釈される

ことによって生じるといわれている。四ツ子川支流の基底流出時のECは元々低いことから、比較的希釈の影響を受けにくくECが一定していたと考えられる。降雨時調査の結果でも流量変化の際、ECが約 $20\sim 50\mu\text{S}/\text{cm}$ の間で変動したが、ECと流量の一般的な関係は認められなかった。降雨時調査や3ヶ月調査の6月18日以降のECの変動の要因については、土壌微粒子などの水中懸濁物質のセルへの影響も考えられるが、濁度との関係は見出せなかった。今後、降雨時のECセンサーの校正頻度を上げて観測を繰り返す、また降雨時の溶存成分濃度の変化を測定することなどによってECの変動要因を明らかにしていく必要がある。

今回の降雨で観測されたpHの低下は 0.1 であった。この程度のpH変化を正確に把握するためにはさらに高い精度のセンサーが必要であるといえる。

濁度においてヒステリシスが認められる理由は、多くの懸濁物質の発生源と考えられる溪床に沈殿していた土砂が、次第に洗い流されて、同じ流量でも次第に低い濁度を示すようになってきている可能性が考えられる。また、ヒステリシスのパターンが複数認められるのも、溪床が洗い流されることによって、次第に濁度を形成する粒子の粒径分布が変化している可能性が考えられる。これまでも同一河川で濁度と流量の間に複数のヒステリシスが認められることが報告されている(恩田ら1996)。今後、ヒステリシス発生メカニズムや懸濁物の発生源の検討を行う上で、ピーク流量とピーク濁度濃度の時刻の差は重要と考えられる。今回観測されたヒステリシスにおけるピーク流量とピーク濁度濃度の時刻の差は僅かであった。この時間差を把握するためにはさらに

測定間隔を短くする必要があると考えられる。

オ 今後の問題点

今回の調査において用いた自動水質測定装置は、山地小流域における降雨時の水質調査に有効であることが明らかになった。今回、降雨時調査では10分間隔で測定を行ったが、調査地における降雨時の水質変化はきわめて短時間で起きるため、測定間隔の短縮については検討の余地がある。また、携帯用の測定装置を併用するなどしてデータを補完していくことも必要であろう。

カ 要 約

山地小流域において降水時の流量と水質の関係を調べるために自動水質測定装置を用いて調査を行った。調査地は滋賀県志賀町四ツ子川支流である。調査は、1966年4月1日から6月30日までの3ヶ月間、1時間間隔で測定したものと(3ヶ月調査)、1966年7月7日から7月8日までの1日間、10分間隔で測定したもの(降雨時調査)の2つである。

調査の結果、水温が流量の増加に伴って上昇する傾向が認められた。濁度は降雨時に急激に上昇するが、流量の変化に対してはヒステリシスループを描いた。また、そのパターンは複数存在することが確かめられた。降雨時の水質変化は短時間に生じるために測定間隔は少なくとも10分間隔が望ましいことが分かった。

キ 引用文献

- 1) 國松孝男・吉良竜夫：山林からの栄養塩の流出と対策。水処理技術27, 721~730, 1986
- 2) 三宅康雄・竹内丑雄：本邦河川の水温について。陸水学雑誌15, 145~151, 1951
- 3) 恩田裕一ら(編)：水文地形学, 267pp, 古今書院, 東京, 1996
- 4) 瀬口昌洋ほか：水質による山地小河川の基底流出成分の分離。農土論集116, 49~57, 1985
- 5) 田中 正：流出, 気象研究ノート167, 67~89, 1973
- 6) 谷 誠：山地小流域における流出水の水温の形成に関する研究(1), 水温の研究26, 1, 27~46, 1982
- 7) 吉永安俊・翁長謙良・酒井一人：沖縄県の農地における赤土流出防止対策と赤土等流出防止条例, 水利科学228, 1~13, 1996

(深山貴文)

(3) 降雨時における溶存有機物の流出特性の解明 ア 研究目的

無降雨時の渓流水は流域内をゆっくりと浸透してから流出した基底流出からなるので、水質は風化層から溶出した成分によって形成されるが、降雨時には短時間に流出する直接流出の割合が増加する。そのため、土壌層からの溶脱成分が渓流水に流れ込むために渓流水質は大きく変化する。降雨に起因する増水時の渓流水ではDOCやK⁺など土壌水中の濃度が高い成分は濃度が高まり、反対に風化層で濃度の高い成分は低下することが知られている¹⁾。ここでは特に溶存有機炭素(DOC)とNO₃⁻に注目して調査を行った。

イ 研究方法

志賀町四ツ子川支流の試験地において降雨時の渓流水をイスコ社製の自動採水装置を用いて連続採取した。本機は水位が一定レベル以上になると採水を開始し、連続24試料(1試料の採水量は1000ml)を採取できる仕様になっている。採取は平成8年11月1~2日、12月5~6日に1時間間隔で行った。採取した渓流水はpH, EC, T-N, T-P, 無機イオン濃度およびSSの分析を行った。

ウ 結 果

11月1~2日の降雨は前線を伴った低気圧が山陰沿岸を東進したことでもたらされたものである²⁾。このときの降雨は途中の中断をはさみ前半と後半に分けられるが、後半の降雨では最大の降雨強度が10mm/hrに達し、その際に流量の急激な増大が観測され、T-N, T-P, DOC, SSのピークが出現した(図1-39)。ピークの出現時刻は試料によってやや異なり、T-NとT-Pは流量のピークの直前に、DOCは流量ピークの直後に、そしてSSは流量のピークと同時に出現した。また、DOCやSSは流量ピークと同様に数時間かけて上昇するのに対して、T-NやT-Pは1試料のみの濃度上昇であった。このようにDOCやSSのピークは流量の変動に類似したが、T-NやT-Pのピークは異なるパターンを示した。渓流水の採取開始時点のpHとECはそれぞれ6.9, 40 μ s/mであったが、後半の降雨直前まで徐々に上昇して7.0, 44 μ s/mとなったが、10mm/hrの降雨で6.9, 40 μ s/mまで低下した。pHおよびECの変化は比較的小さく、溶存成分の変化もわずかであった。

12月1~2日は強い冬型の気圧配置になり、上空

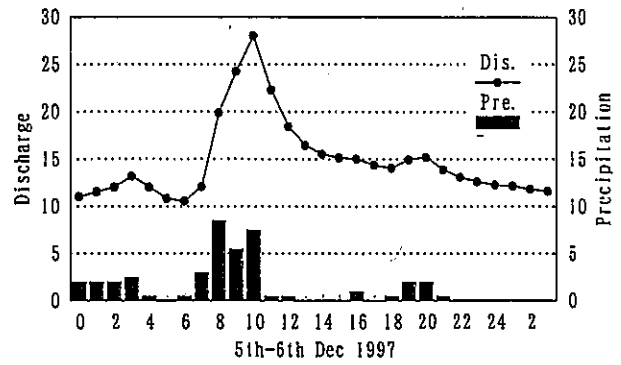
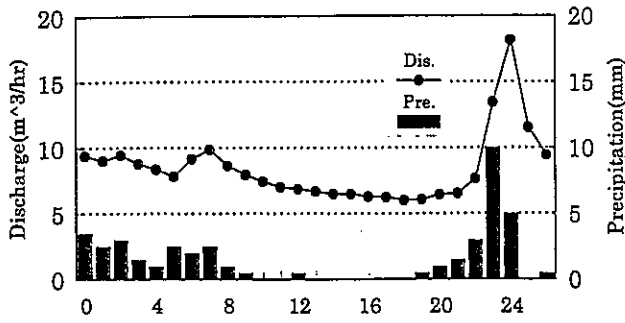


図1-39 11月1-2日の降雨における降水量, 流出量の時間変化(上)と溶存有機炭素, 全窒素量の時間変化(下)

図1-40 12月5-6日の降雨における降水量, 流出量の時間変化(上)と溶存有機炭素, 全窒素量の時間変化(下)

に真冬並の強い寒気が流れ込み、風雪ともに強く滋賀県下では20cm前後の大雪となった。4日には黄海から前線を伴った低気圧が東に進んで西日本を覆い夜に雨となった³⁾。12月5-6日の連続試料はこの低気圧に伴う雨で、流出にはその前に降った大雪の影響があると推察される。試料の採取が開始されたのが5日午前4時であるが、この時点ですでに12.5 mmの積算降雨があり、pH、ECがそれぞれ6.8、39 μ S/mと無降雨時に比べて低かった。その後pH、ECともに上昇するが8 mm/hrの降雨を境に低下を示した。この8 mm/hrの降雨で流量の増加、DOC濃度の上昇、SSの増加が観測されたが、T-NとT-Pのピークは観測されなかった(図1-40)。

エ 考 察

今回の調査ではDOCやSSのピークは流量ピークに類似していたが、T-Nのピークは流量とは異なるパターンを示した。降雨による渓流水質の変動について國松らはT-PやTCOD_{Mn}は1データによる独立した針状のピークであるが、T-NやNO₃-Nは数点が連続した鋸状のピークになると述べてい

る⁴⁾。降雨時に流出ピークがある点は今回の結果と共通していたが、各成分の流出ピークのパターンは異なっており、無降雨時に対する降雨時のピークの大きさも今回は小さかった。

調査流域は1-2-1(1)で述べたように多量の水を保持しているために年間を通して渓流水質が安定していた。降雨時においても渓流水のpHやECの変化は小さかった。土壌水や降雨は酸性でECは小さいので、仮にそれらの水が多量に流れ込めば、渓流水のpHやECは低下するはずである。降雨時のpHやECの変化が小さいことは渓流水質への土壌水や降雨の直接の流入が小さいことを示唆している。このことが降雨時のDOCやT-Nなどのピークが小さかった原因になっているものと推察される。また、今回の調査ではDOCは流量ピークに類似した幅の広いピークであり、國松らのTCOD_{Mn}の針状のピークとは異なっている。降雨時には増水によって渓流が攪乱されるためにDOCのピークと流量のピークが一致した可能性もある。その点を明らかにするには、降雨時の土壌水や湧水についても調べる必要がある。また、先に述べたように保水量の大き

さが DOC や T-N の流出ピークに影響していることが考えられるので、今回の調査とは異なる保水量の小さい流域において調査を行なうことも必要であろう。

オ 今後の問題点

今回調査した流域は保水量が大きく降雨時に水質が変化しにくい流域であった。保水量の小さい流域では降雨時の渓流水質の形成に土壌水や降雨の寄与が大きいと推察されるので、今後このような流域における降雨時の有機物流出について調べることが必要である。

カ 要 約

降雨時における有機物の流出を明らかにするために、自動採水装置を使って降雨時の渓流水の連続試料を採取して分析を行った。その結果、降雨時には DOC, SS, T-N, T-P のピークが出現した。ピークのパターンは DOC と SS が流量ピークに類似し、T-N と T-P のピークは一点だけのピークで流量と

の対応はよくなかった。調査流域は流域の保水量が大きい特徴があり、そのため特性から降雨時の水質変化が起こりにくい流域であると考えられた。琵琶湖北湖の流域全域を考える場合には、降雨時に水質変化が起こりやすい保水量の小さい流域における調査も必要であると考えられる。

キ 文 献

- 1) Moldan, B. and Cerny, J.: Biogeochemistry of small catchments. John Wiley Sons, p.419, 1992
- 2) 日本気象協会：滋賀県気象月報平成8年11月, 1996
- 3) 日本気象協会：滋賀県気象月報平成8年12月, 1996
- 4) 國松孝男・須戸幹：山地河川の窒素・リン・COD の濃度とその変動特性。農土論集166, 35-44, 1993
(金子真司・深山貴文)

第2章 渓流水中の有機物に寄与する立地別要因の解明

1 立地条件の異なる流域間における渓流水中の有機物濃度の検討

ア 研究目的

滋賀県では琵琶湖北湖に流入する10河川12地点で水質調査を行っている¹⁾。この調査は河川が湖に流入する直前の河口付近で行っているため、人為汚染の影響の少ない森林から流出する渓流水の水質は把握されていない。しかも有機物に関する調査項目はCODとBODであり、有機物そのものの測定は行われていないため、琵琶湖周辺の森林地域から流出する溶存有機物炭素(DOC)についてのデータは皆無に等しい状況にある。近畿地方の渓流水質を調べた例では、渓流水中のDOC濃度が流域毎に異なることが報告されている²⁾。その原因は現在のところ明らかにされていないが、流域の土壌型、地質、植生などの立地要因が関係していると推察される。そこで、琵琶湖北湖に流れ込む河川支流において水質調査を行い、流域間におけるDOC濃度の変異と流域の立地要因との関係を解明することを目的とした。

イ 研究方法

国土庁発行の「20万分の1土地分類図：滋賀県」³⁾の土壌図および表層地質図と環境庁発行の5万分の1植生図⁴⁾に基づき、琵琶湖北湖集水域の立地環境の特徴を明らかにした。その特徴に基づき複数の河川を選出し、渓流水のサンプリングに適した河川であるかどうかを現地調査によって確認した。

試料と現地調査で選出した河川の支流(1河川6~8ヵ所)において渓流水を採取した。いずれの採取地点も流域は森林に覆われており、上流部に人家や田畑はなかった。採水は和途川、知内川は1995年11月22日、1996年5月16日、8月13日、11月19日に、また田川は1995年7月19日、1996年5月16日、8月13日、11月19日に行った。分析項目はpH、EC、無機イオン、全窒素(T-N)、DOC、無機態炭素(IC)、溶存ケイ酸、紫外部260nmの吸光度(UV260)である。pH、ECはそれぞれpHメータ(ガラス電極法)とECメータで、無機イオンはイオンクロマトグラフ法で、全窒素はペルオキソ二硫酸カリウムを使い湿式分解した後、吸光度法で、DOCとICは燃焼

赤外吸収法で、溶存ケイ酸はモリブデン酸イエロー法で定量した。

ウ 結果

北湖周辺の地質は、図2-1に示すように砂質泥岩が4割近くを占めていた。そして、花崗岩が比良山系とマキノ町周辺および奥伊吹に、石灰岩が伊吹山や霊山および御池岳に、石英ひん岩が愛東町付近にまとまって分布していた。砂質泥岩や石灰岩は国土庁土地分類図³⁾では、古生代の堆積物とされているが、最近では古生代の地層を含む中生代堆積物であるといわれているものである。植生については、北湖周辺の森林はスギ・ヒノキ人工林が大半を占めていた。落葉広葉樹は北部地域を中心に標高の高いところに分布が広く、低山地帯にはアカマツ群落が広く分布していた。樹齢に関しては人工林の大半が昭和30年代以降に植栽された林であり、落葉広葉樹林はかつての薪炭林であり、高齡林がまとまって残存する林分は少なかった。滋賀県森林センターに問い合わせたところ、浅井町谷口に樹齢100年を越すスギ複層林が存在するとの話であった。

以上を参考に、高齡林が流域に存在する田川(浅井町)、複数の林相もつ和途川(大津市)、落葉広葉樹の面積比率が高い知内川(マキノ町)、石灰岩地帯を流れる芹川(彦根市)を候補河川として現地調査を行った。その結果、芹川では予定していた石灰岩地帯において渓流水の採取が可能な溪流は見つけることができなかった。他の河川では渓流水の採取地がほぼ予定通り見つかった。そこで、芹川を除く、3河川を調査河川とした。流域の地質は田川が中・古生層堆積岩、和途川が中・古生層堆積岩で一部花崗岩、知内川が大部分が花崗岩で中・古生層堆積岩

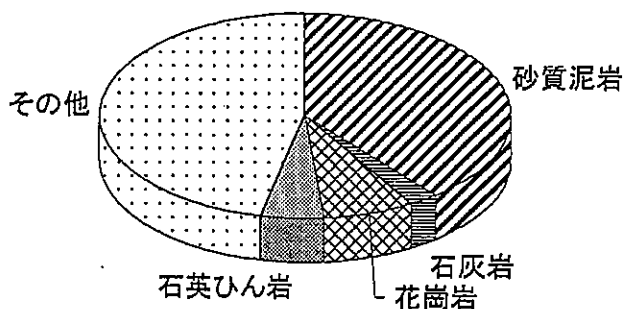


図2-1 琵琶湖北湖周辺の地質

表 2-1 和迩川, 知内川, 田川の平均水質

河川名	平均流域面積 (ha)	pH	EC μS	T-N	SiO ₂	DOC mg/l	HCO ₃ ⁻ -C mg/l
和迩川	13.2	7.20	58.3	0.42	13.38	0.58	3.33
知内川	6.0	7.08	46.9	0.46	16.54	0.71	1.32
田川	31.7	7.65	94.0	0.65	14.64	0.46	6.04

河川名	Ca ²⁺ mg/l	Mg ²⁺ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ Mg/l	Cl ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ -N mg/l	SO ₄ ²⁻ mg/l	F ⁻ mg/l
和迩川	6.15	1.11	3.69	0.31	3.92	0.21	5.44	0.05
知内川	1.93	0.56	5.55	0.41	6.34	0.25	2.48	0.13
田川	10.68	1.87	5.91	0.47	5.30	0.53	7.80	0.06

の支流も含んでいた。

表 2-1 に調査した 3 河川支流の平均の流域面積と平均水質の結果を示した。溪流は年間を通じて採水が可能な規模の小さな溪流を選ぶように心がけたが、各河川支流の平均流域面積は河川によって異なり、田川は知内川の 5 倍、和迩川は 2 倍であった。河川間の溪流水質も pH, EC, Ca²⁺, Mg²⁺, HCO₃⁻, SO₄²⁻濃度が田川 > 和迩川 > 知内川と河川によって異なっていた。田川の T-N や NO₃⁻-N 濃度が他の 2 河川に比べて高かった。Cl⁻は知内川 > 田川 > 和迩川の順で、それぞれの河川の海からの距離に対応していた。SiO₂, DOC と F⁻は知内川が他の 2 河川に比べて濃度が高かった。

Ca²⁺, Mg²⁺, HCO₃⁻は溪流水中の主要成分であるが、流域間における濃度差が大きい特徴があり、Ca²⁺, Mg²⁺は HCO₃⁻と高い相関関係が認められた(図 2-2)。Cl⁻は Na⁺と正の相関が認められたが、溪流水の Na⁺は岩石にも由来するため Na⁺/Cl⁻の当量比は海水(Na⁺/Cl⁻=0.87)よりもやや大きかった(図 2-3)。

調査を行った各支流流域の森林のタイプを現地調査の結果に基づき、1. 湿地(採取地上流に湿地あり)、2. 広葉樹林(大半が広葉樹)、3. 広葉樹林・針葉樹林(広葉樹林・針葉樹林の一方が面積的に優占しない)、4. 針葉樹新植地(広葉樹伐採地)、5. 針葉樹人工林(大半が針葉樹)、6. 針葉樹高齢林(高齢の針葉樹人工林)に区分した。この区分と流域面積によって、NO₃⁻-N および DOC 濃度の比較を行った。ここで湿地から流出する溪流を分けた理由は、湿地(泥炭地)を通過した水の有機物含量が高いことが報告されている⁶⁾ためである。2~5は流域における広葉樹あるいは針葉樹の占有面積に基づいて区分した。5と6はともに針葉樹の林分であるが、

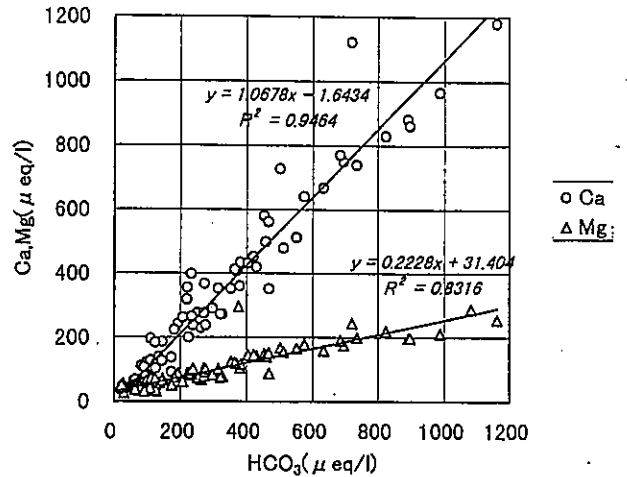


図 2-2 溪流水中の HCO₃⁻と Ca²⁺, Mg²⁺の関係

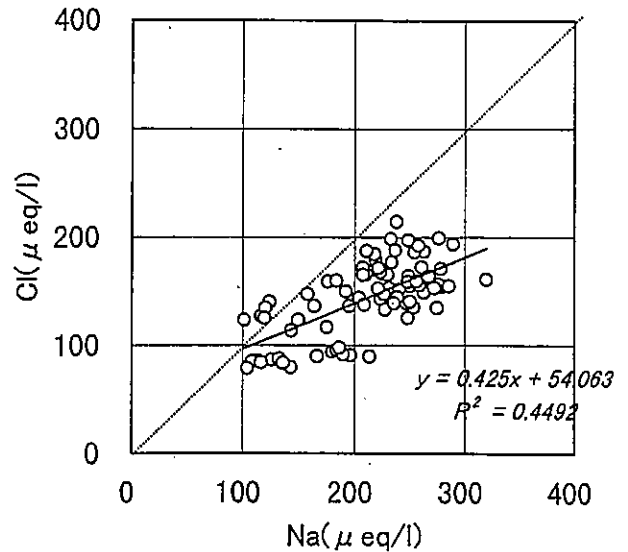
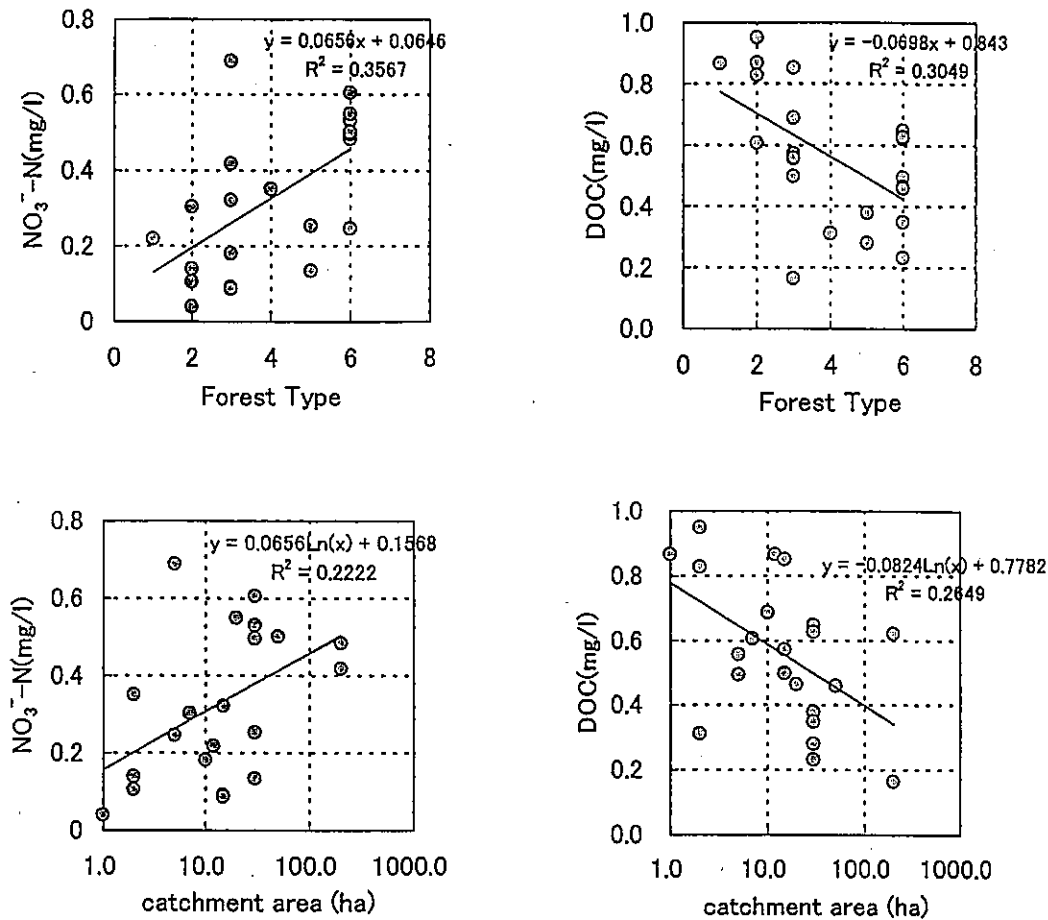


図 2-3 溪流水中の Na⁺と Cl⁻の関係

6は今回調査した林分の中でとりわけ林齢が大きいために区分した。

まず NO₃⁻-N 濃度について見ると、流域が広葉樹林で覆われた溪流で低く、針葉樹高齢林の溪流で高く、広葉樹林と針葉樹林が混在した溪流では濃度の



- | | | |
|-------|------------|----------|
| 森林タイプ | 1 湿地 | 4 針葉樹新植地 |
| | 2 広葉樹林 | 5 針葉樹人工林 |
| | 3 広葉樹・針葉樹林 | 6 針葉樹高齢林 |

図2-4 NO₃⁻-N, DOC濃度と流域面積および流域の植生との関係

ばらつきが大きかった。これに対してDOC濃度は、針葉樹高齢林、針葉樹人工林、針葉樹新植地の溪流で低く、広葉樹林の溪流や湿地を流れる溪流で高く、広葉樹林と針葉樹林が混在する林分でやや高かった。

また、流域面積に対しては、流域面積が大きいほどNO₃⁻-N濃度が高くなる傾向を示し、DOCはこれとは反対に流域面積が小さい溪流ほど濃度が高い傾向を示した。(図2-4下)

エ 考 察

3河川支流では平均の流域面積や溪流水質に違いがみられた。知内川支流は大部分が花崗岩であり、和迺川支流と田川支流はほとんど中・古生層堆積岩であった。しかし田川支流には石灰岩の礫が混っていたことから流域に石灰岩を含む地層が分布していると推定された。地質の違いは流域の地形形成に影響し、流域毎に流域面積が異なる要因になってい

る可能性もあるものと思われる。

NO₃⁻-N濃度は広葉樹林の溪流で低く針葉樹高齢林の溪流で高かった(図2-4)。隣接する流域の溪流水質を調べた例でも、林齢が高い流域から流出する溪流の方が林齢の低い流域の溪流よりもNO₃⁻濃度が高いことが報告されている⁹⁾。林齢が高まると森林のNO₃⁻-Nの吸収量が低下するので、NO₃⁻の流出量が増加するものと推定される。溪流水中のDOC濃度は広葉樹で覆われた流域ではDOC濃度が高く、針葉樹の溪流ではDOC濃度が低かった(図2-4)。そしてDOC濃度は流域面積が大きくなるほど、濃度が低下する傾向を示した。北米の31溪流水中のDOM(溶存有機物)について検討した研究⁷⁾では、流域面積が溪流幅の大きな溪流ほどDOM濃度が高いことが報告されている。同時にこの報告では溪流の傾斜が小さい溪流ほどDOM濃度が高いと述べられている。本調査で調べた溪流では流域面積

が小さい溪流ほど溪流の傾斜が大きい傾向にあった。すなわち、わが国の溪流では流域面積が小さく傾斜の大きな流域ほど DOC 濃度が高く、北米の結果とは反対の傾向を示した。北米では調査地が寒帯から亜熱帯、乾燥地から湿潤地と幅広い気候での比較であり、大きな流域の溪流も対象としている。これに対して本研究は限られたエリアの調査であり、気候もほぼ同一である。対象とした溪流が異なることが、DOC 濃度と流域面積や溪流の傾斜との関係が一致しなかったことに関係するのかもしれない。渓流水中の DOC については、流域における DOC の生成過程をさらに丁寧に調べる必要がある。

オ 今後の問題点

DOC や NO_3^- -N はともに有機物由来成分であるが、流域の植生や流域面積の大きさととの関係は異なった傾向を示した。渓流水中の DOC や NO_3^- -N 濃度を決定しているメカニズムを明らかにする必要がある。

カ 要 約

有機成分と流域の立地要因との関係を明らかにすることを目的として、琵琶湖北湖に流れ込む和迩川、知内川、田川の支流において渓流水を採取し水質分析を行った。

その結果、 NO_3^- -N 濃度は広葉樹林で覆われた溪流で低く、針葉樹高齡林の溪流で高く、広葉樹林と針葉樹林が混在した溪流では濃度のばらつきが大きいことが明らかになった。これに対して DOC 濃度は針葉樹高齡林、針葉樹人工林、針葉樹新植地の溪流で低く、広葉樹林の溪流や湿地を流れる溪流で高く、広葉樹林と針葉樹林が混在する林分でやや高かった。また、流域面積に対しては、流域面積が大きいほど、 NO_3^- -N 濃度が高くなる傾向を示し、DOC はこれとは反対に流域面積が小さい溪流ほど濃度が高い傾向を示した。

キ 文 献

- 1) 滋賀県生活環境部環境室：滋賀の環境，滋賀県 p.53, 1993
- 2) Shinji Kaneko: DOC concentrations in stream water around Kyoto city, central Japan. (1st International Conference Contaminants and the Soil Environment Extended Abstract 2, 1996
- 3) 金子真司：近畿地方における渓流水質の広域調

査，水利科学239，p.35-55，1997

- 4) 国土庁土地局：縮尺20万分の1土地分類図（滋賀県），1975
- 5) 環境庁：滋賀県現存植生図，日本野生動物研究センター，1988
- 6) 谷昌幸：V-3 湿地・泥炭地の開発と保全，北海道農業と土壤肥料1999（日本土壤肥料学会北海道支部編），北農会，1999
- 7) Mulholland, P. J.: Dissolved organic matter concentration and flux in stream. J. N. Am. Benthol. Soc 16(1), p.131-141., 1997
- 8) 広瀬頭・岩坪五郎・堤敏夫：森林流出水の水質についての考察(1)，京都大学演習林報告60，162-173，1988

(金子真司・深山貴文)

2 土壤水中の有機物濃度と溪流中の有機物濃度と関係の解明

ア 研究目的

琵琶湖北湖に流入する河川支流の渓流水質の調査から、流域の植生が渓流水中の溶存有機炭素(DOC)濃度や NO_3^- 濃度に関係することが判明した。DOC や NO_3^- は一般的に森林土壌中の濃度が高いので、森林土壌は渓流水中のそれら成分の起源になっていると推定される。そこで、広葉樹で覆われた流域と針葉樹で覆われた流域の土壤水中に溶存成分とその流域から流出する渓流水中の溶存成分を比較して両者の関係を解明することを目的とした。

イ 研究方法

琵琶湖北湖に流入する知内川支流の中で流域が広葉樹に覆われた3支流と、同じく北湖に流入する田川支流の中で針葉樹に覆われた3支流を対象に土壤水と渓流水を採取した。土壤水は吸引式の簡易型土壤水採取装置を1997年10月6日に設置し、10月9日に回収した。渓流水は土壤水採取装置の設置日と回収日に、土壤水採取地流域の溪流で採取した。土壤水採取装置は1地点あたり5個設置したが、知内川流域ではいずれも3個しか土壤水を採取できなかった。採取した土壤水はDOC、紫外部吸光度(260nm)¹⁾、無機イオンを、渓流水はpH、EC、DOC、紫外部吸光度(260nm)、無機イオン、溶存ケイ酸を分析した。

表 2-2 樹種の異なる流域における土壌水中の溶存成分濃度の比較

河川	DOC mg·l ⁻¹	Ca ²⁺ mg·l ⁻¹	Mg ²⁺ mg·l ⁻¹	Na ⁺ mg·l ⁻¹	K ⁺ mg·l ⁻¹	Cl ⁻ mg·l ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg·l ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg·l ⁻¹	F ⁻ mg·l ⁻¹	UV260/DOC *1000
広葉樹	45.2	4.08	1.95	4.10	1.39	9.53	1.38	3.43	0.10	26.2
針葉樹	19.6	13.03	2.36	2.29	2.71	10.08	24.36	5.77	0.05	14.7

表 2-3 樹種の異なる流域における渓流水中の溶存成分濃度の比較

河川	DOC mg·l ⁻¹	Ca ²⁺ mg·l ⁻¹	Mg ²⁺ mg·l ⁻¹	Na ⁺ mg·l ⁻¹	K ⁺ mg·l ⁻¹	Cl ⁻ mg·l ⁻¹	NO ₃ ⁻ mg·l ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg·l ⁻¹	F ⁻ mg·l ⁻¹
広葉樹	0.71	1.08	0.43	5.90	0.39	6.04	0.44	1.95	0.11
針葉樹	0.51	16.16	2.53	6.53	0.63	5.00	2.42	10.42	0.06

ウ 結 果

表 2-2 に土壌水中の溶存成分を、また表 2-3 に渓流水中の溶存成分を示した。まず土壌中の無機成分では、広葉樹林下で採取した土壌水において Na⁺、F⁻濃度がやや高いが、多くの成分は針葉樹下で採取した土壌で高く、特に Ca²⁺が広葉樹の 3 倍、K⁺が 2 倍、NO₃⁻が 18 倍と濃度が高かった。渓流水では、Cl⁻濃度が広葉樹の渓流でやや高かったが、土壌の場合と同様に針葉樹の渓流で濃度の高い成分が多く、特に Ca²⁺は広葉樹の 18 倍、Mg²⁺が 5 倍、K⁺が 2 倍、NO₃⁻が 5.5 倍、SO₄²⁻が 5 倍であった。土壌

水と渓流水で各成分毎の濃度の傾向は概ね共通していたが、土壌水と渓流水を比較すると針葉樹の土壌水で NO₃⁻が、また針葉樹の渓流水で Ca²⁺、Mg²⁺、SO₄²⁻が多い特徴がみられた。

有機成分について、広葉樹林下の土壌水中の DOC は針葉樹の土壌水の 2 倍の濃度であったが、図 2-5 に示すように土壌水中の DOC 濃度は試料間のばらつきが大きく、両者の濃度に有意差は認められなかった (P>0.5)。渓流水の場合には両者の濃度差は小さかったが、広葉樹の渓流が針葉樹に比べて有意に DOC 濃度が高かった (P<0.01)。NO₃⁻も土壌水では試料間の濃度のばらつきが大きく、渓流水では

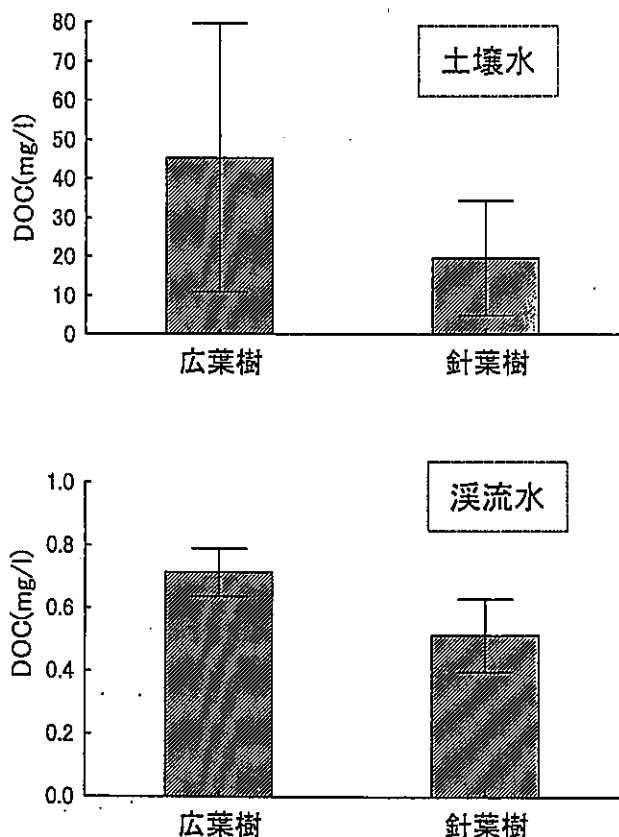


図 2-5 広葉樹と針葉樹の DOC 濃度の比較 (上; 土壌水, 下; 渓流水)

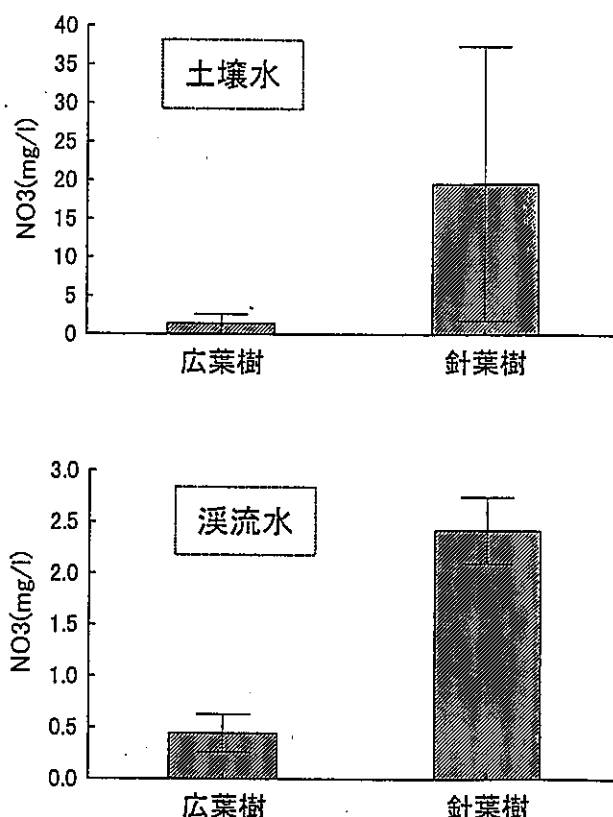


図 2-6 広葉樹と針葉樹の NO₃⁻濃度の比較 (上; 土壌水, 下; 渓流水)

試料間の濃度変動が小さかった (図 2-6)。

渓流水中の DOC および NO_3^- 濃度は土壤水よりも低く、渓流水中の DOC 濃度は広葉樹で土壤水の 1/64, 針葉樹で 1/38 であった。 NO_3^- の場合は広葉樹の渓流水で土壤の 1/3, 針葉樹で 1/10 であった。

エ 考 察

田川流域では土壤水中の NO_3^- 濃度も高かった。田川流域は林齢の高いスギ人工林で覆われているために NO_3^- の吸収が少なく、その結果、土壤中に残る NO_3^- 濃度が高いことが考えられた。一方で田川流域の土壤 pH は石灰岩を含む地質の影響を受けて、平均 6.2 と我が国の森林土壤としては pH が高かった。pH が高い土壤では一般に硝化活性が高いといわれていることから、田川土壤の硝化活性が高いことも考えられた。土壤中の NO_3^- 濃度が高い理由を特定することはできないが、土壤中の NO_3^- 濃度が高いことが渓流水中の NO_3^- 濃度が高い原因になっていると推定される。土壤水中の DOC 濃度は針葉樹に比べて広葉樹林で平均濃度が高かったが、濃度のばらつきが大きく有意差は認められなかった。ただし土壤水中の DOC の平均濃度は渓流水の平均濃度に比べて、広葉樹で 64 倍、針葉樹で 38 倍であった。下層土 (B 層や C 層) はアルミニウムや鉄の酸化物を含んでいるために、土壤水中の DOC を効率よく吸着あるいは不動化させるので、渓流水へ流出する土壤水中の DOC はごくわずかである。このため吸着や不動化の割合がわずかでも異なれば、流出水である渓流中の DOC 濃度は大きく変化している。土壤中の DOC 濃度に対する紫外吸光度 (UV260/DOC×1000) は、広葉樹の土壤水は 26.2 であるのに対して針葉樹のそれは 14.7 であった ($P < 0.01$, 表 2-3)。UV260/DOC×1000 は不飽和有機物の存在割合を示す⁽²⁾ものであるため、この値が異なることは広葉樹と針葉樹の DOC の質的な違いを示唆している。また、DOC とアニオン不足量 (無機カチオン-無機アニオン) には正の相関が認められるが、DOC に対するアニオン不足量の割合は針葉樹の方が高い (図 2-7) ことから DOC の一部は有機酸であると考えられる。この図で針葉樹の方が回帰線の傾きが小さいので DOC 中の有機酸の割合が高いと推定される⁽³⁾。以上より広葉樹と針葉樹の土壤水中の DOC には質的な差異があることが示唆された。DOC の質的な差異が下層土における DOC の吸着

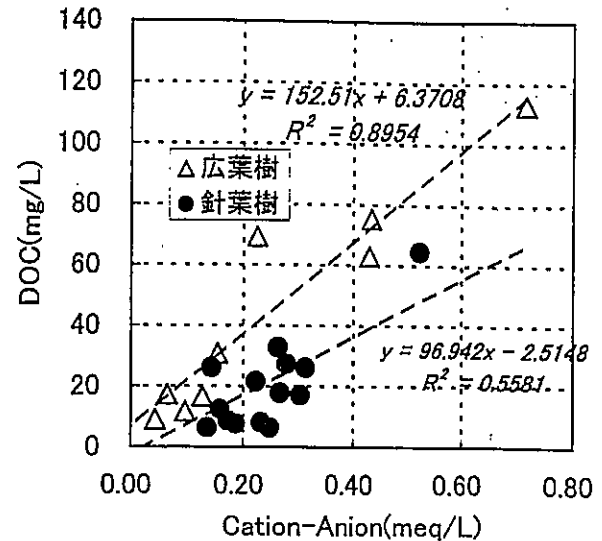


図 2-7 アニオン不足量と DOC との関係研究計画表

や不動化に影響し、渓流水中の DOC 濃度が異なる要因となっている可能性も考えられる。渓流水中の DOC は無脊椎動物による WD の捕食や新鮮落葉からの物理的溶出によっても生成していると推定される⁽⁴⁾。流水中における粗大有機物 (WD) からの DOC 溶出量が広葉樹起源の WD の方で大きい可能性も考えられ、そのことが広葉樹の渓流で DOC 濃度の高い要因になっている可能性も考えられる。

オ 今後の問題点

流域の樹種が針葉樹の場合は土壤水と渓流水とも NO_3^- 濃度が高く DOC 濃度が低く、広葉樹の場合は NO_3^- 濃度が低く DOC 濃度が高かった。この関係が普遍的に認められるかどうかをさらに検討する必要がある。DOC の起源として渓流水における粗大有機物の分解も重要であると考えられるので、その点の研究も必要であろう。

カ 要 約

渓流水中の NO_3^- 濃度や溶存有機炭素 (DOC) に与える流域の樹種の影響をみるために、広葉樹と針葉樹の流域において土壤水と渓流水を採取して溶存成分の比較を行った。その結果、針葉樹で覆われた流域 (田川) では土壤水および渓流水の NO_3^- 濃度が、広葉樹で覆われた流域 (知内川) に比べて高かった。渓流水中の DOC 濃度は広葉樹流域が針葉樹流域に比べて有意に高かった ($P < 0.01$)。土壤水でも DOC 濃度は広葉樹流域が針葉樹流域に比べて高かったものの両者に有意差は認められなかった。ただし広葉樹流域と針葉樹流域の DOC には質的相違が認められたので、流出までの過程における DOC の分解や

吸着が2流域で異なり, そのために渓流水中のDOC濃度に差が生じている可能性が考えられた。

キ 文 献

- 1) Tambo, N. and Kamei, T: Evaluation of extent of humic-substance removal by coagulation, In Aquatic Humic Substances: Influence on Fate and Treatment of Pollutants, I. H. Suffect, and P. MacCarthy (eds.): 453-472, American Chemical Society. Washington DC., 1989
- 2) 丹保憲仁: 水道水とトリハロメタン, p.273, 技報堂, 1983
- 3) Nambu, K. and Yonebayashi, K.: Role of dissolved organic matter in translation of nutrient cations from organic layer materials in coniferous and broad leaf forests, *Soi. Sci. Plant Nutr.*, 45, 307-319, 1999
- 4) Mulholland, P. J. and Walter, R. H.: Seasonal patterns in streamwater nutrient and dissolved organic carbon concentrations: Separating catchment flow path and in-stream effects, *Water Resour. Res.* 33, p.1297-1306, 1997

(金子真司・深山貴文)

水土保全機能強化総合モデル事業
効果調査報告書（第18報）

平成14年3月

林 野 庁
福 岡 県
福岡県森林林業技術センター

はじめに

1983年度から1987年度までの5年間にわたって、福岡県田川郡添田町の陣屋ダム上流域にある中元寺地区で水土保全機能強化総合モデル事業が行われた。この事業の実施と併せて、水土保全機能の意義と事業効果を実証するための調査が実施された。森林の持つ水土保全機能の解明や事業の効果については、森林の変遷に対応した総合的な因子の長期間にわたる観測、測定、分析や調査が必要である。特に様々な因子を内在する森林では、これらの因子が相互に作用しあって複雑となり、短期の観測では有効な結論を導き出すことは困難である。これらの機能解明のためには、短期間のこま切れの調査を何回も繰り返すよりも、固定した試験地において数十年単位で調査を続けた方が有効であり、結論を得るための早道であると思われる。また、長期にわたる森林での量水、水質、林分の調査データは国民の貴重な財産であり、このデータを積み上げることも重要で意義のあることである。このような背景のもとに、国民及県民の要請が強い森林の公益的機能の一つである水土保全機能の解明には、長期に渡って観測・調査を実施する必要がある。

本報告書は、福岡県及び福岡県森林林業技術センターが国の委託事業として継続実施した2001年度の調査をとりまとめたものである。

調査内容

複層林造成に伴う森林の整備及び水土保全施設が水土保全機能の向上にどのように関与しているかを、定量的に扱うための基礎データの収集と解析を行う。

1. 複層林調査

複層林調査を実施した林分から10カ所の固定プロットを設定して、上木、下木の成長量及び林内の相対照度を測定した。

2. 土砂移動量調査

ライシメーター3カ所と11林分21カ所の土砂移動量を測定した。

3. 水質調査

渓流水6点、降水4点及び林内雨1点の計11点での水質調査を行った。

4. 量水調査

6流域を対象とし、降水、流量を測定した。また、ライシメーター3カ所での水文調査を行った。

5. その他

各項目毎に新しい知見があれば、その都度報告を行う。また、このほかに地下水位の観測も行っている。

目 次

はじめに

目 次

1.	複層林調査	1
2.	土砂移動量調査	4
3.	水質調査	7
4.	量水調査	21

1. 複層林調査

事業開始より毎年調査を行っている固定プロットの位置を図-1に示す。1999年2月に測定した上木の状態を表-1に、2002年3月に調査した下木の状態を表-2、スギ、ヒノキそれぞれの下木の成長経過を図-2, 3に示す。下木はプロット 17,18 以外では根樹高の年成長量が 20cm 以下となった。このような状態では、まともな下木の成長は期待できにくくなっており、林内の光環境改善のため早急な上木の間伐が必要である。昨年度まで、下木梢端部での相対照度の測定を実施していたが、今年度は下木の樹高が高くなったこともあり、測竿の上部に照度計を設置して行う方法では、難しいと考え行わなかった。

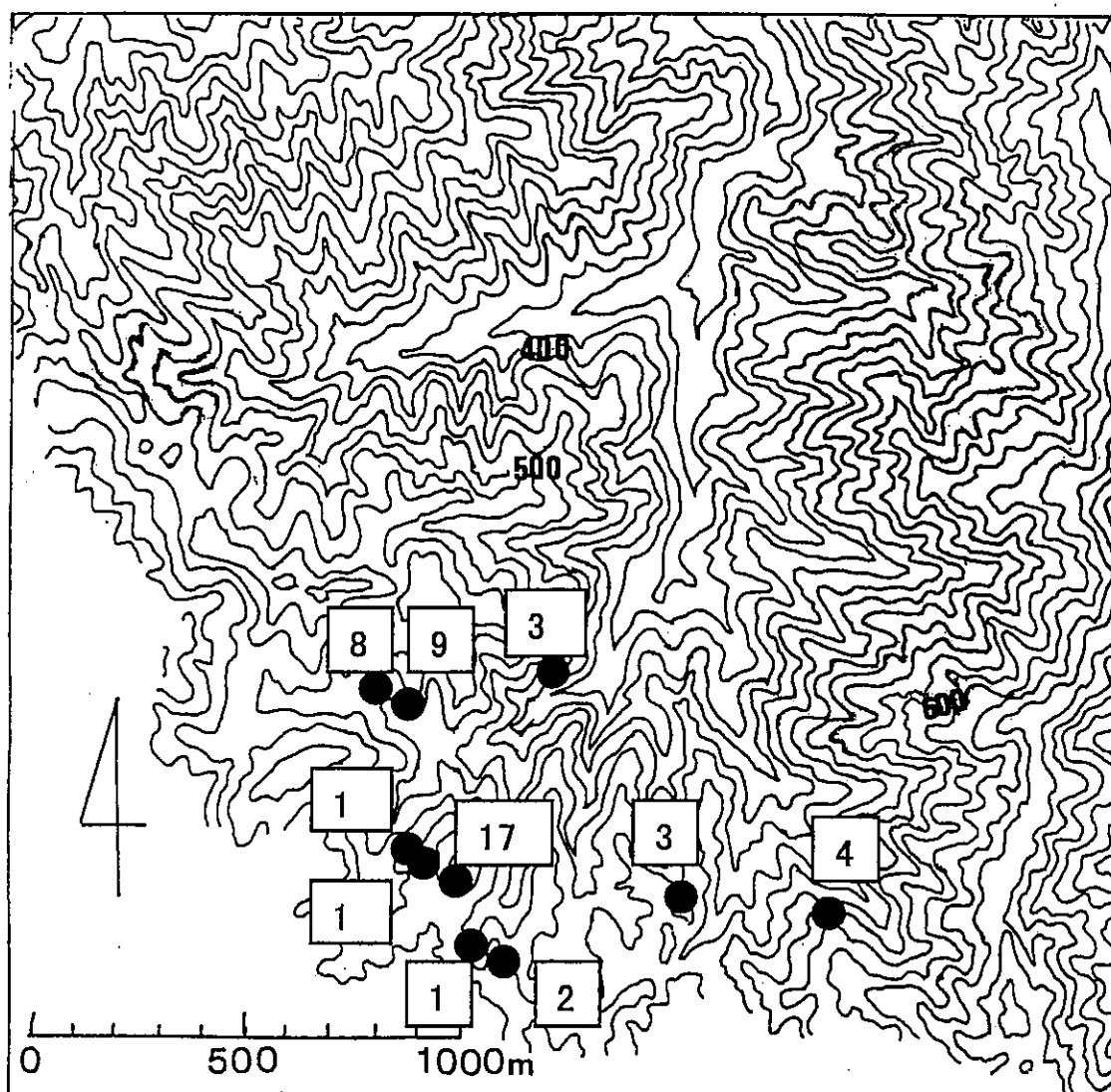


図-1 複層林の調査プロット位地図

表-1 1999年2月測定の上木の状態

No.	樹種	調査面積 m ²	本数 本/ha	平均樹高 m	平均胸高直 径 cm	樹冠投影 面積 m ²	樹冠 体積 m ³	材積 m ³ /ha	胸高断面積合 計 m ² /ha
1	スギ	275	836	19.1	24.5	194.8	606.0	394.9	41.1
2	ヒノキ	186	1,075	17.6	26.2	206.8	505.2	509.5	59.5
3	ヒノキ	389	283	16.7	31.5	178.1	423.4	172.8	22.2
4	スギ	448	491	20.5	35.1	233.2	725.6	449.7	48.2
17	ヒノキ	226	664	17.8	25.6	160.1	377.0	307.6	35.0
18	ヒノキ	163	613	19.3	31.0	158.4	393.4	432.1	47.0
19	ヒノキ	227	837	19.4	28.8	190.3	502.6	520.2	55.6
39	スギ	315	315	22.0	36.1	148.3	492.5	328.9	33.1

表-2 2001年度の下木の成長と相対照度

No.	樹種	測定本数 本	下木密度 本/ha	樹高 m	年成長量 cm	胸高直径 cm	根元直径 cm
1	スギ	64	2,328	3.11	8	2.5	3.7
2	ヒノキ	29	1,559	6.00	18	6.8	9.0
3	ヒノキ	72	1,850	7.96	11	8.8	11.3
4	スギ	42	938	6.65	18	7.3	9.3
17	スギ	35	2,522	5.46	25	6.7	8.7
	ヒノキ	19		5.94	24	6.5	8.3
18	ヒノキ	55	3,374	7.64	36	8.7	11.1
19	スギ	32	2,379	5.27	12	5.5	7.7
	ヒノキ	22		5.21	10	5.1	5.1
39	スギ	60	1,968	6.44	36	7.7	9.8
8*	スギ	53		13.85	86	16.1	20.0
9**	ヒノキ	35		10.80	51	14.4	18.3

*:2001年に間伐

** :2000年に間伐

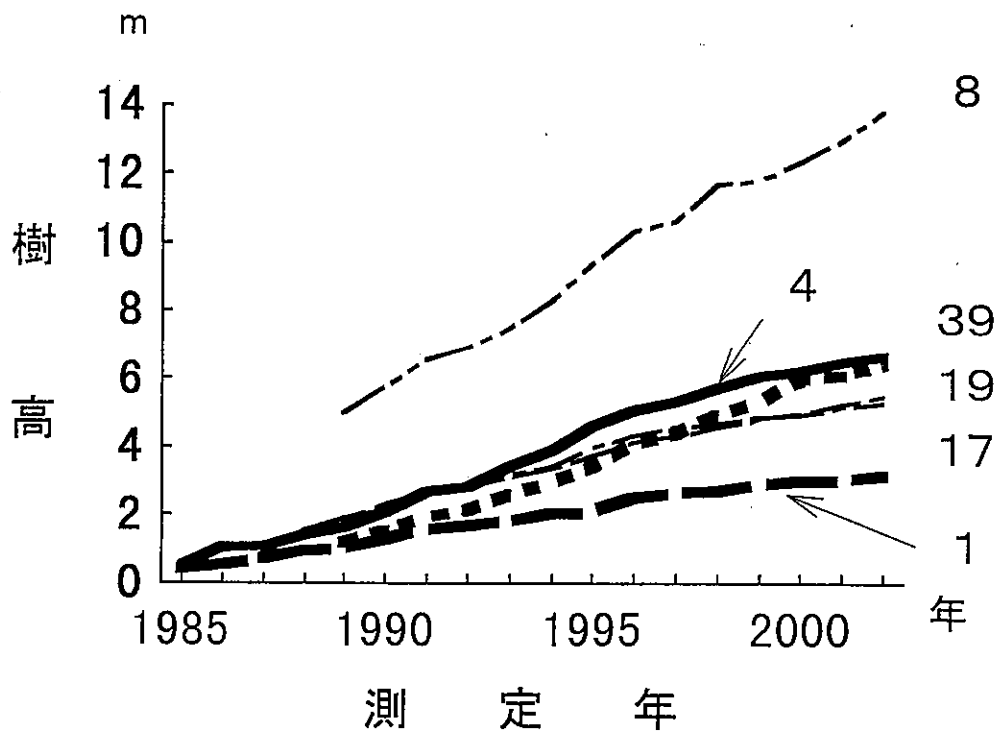


図-2 スギの下木の樹高成長経過

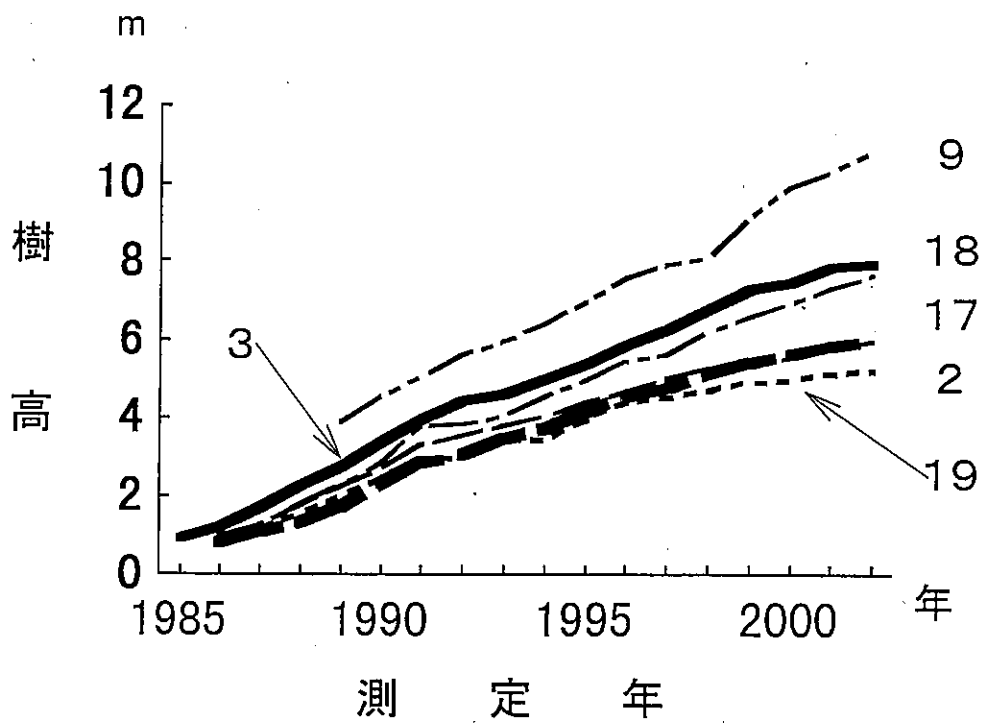


図-3 ヒノキの下木の樹高成長経過

2. 土砂移動量調査

調査地に設定されたライシメーターの土砂移動量（3カ所）とスギ、ヒノキのそれぞれの複層林・単層林、幼齢林や広葉樹林、マツ林に設定した土砂貯溜箱に溜まった土砂、礫、腐植の量（11カ所）を調査した。それぞれの調査地点を図-4に示す。

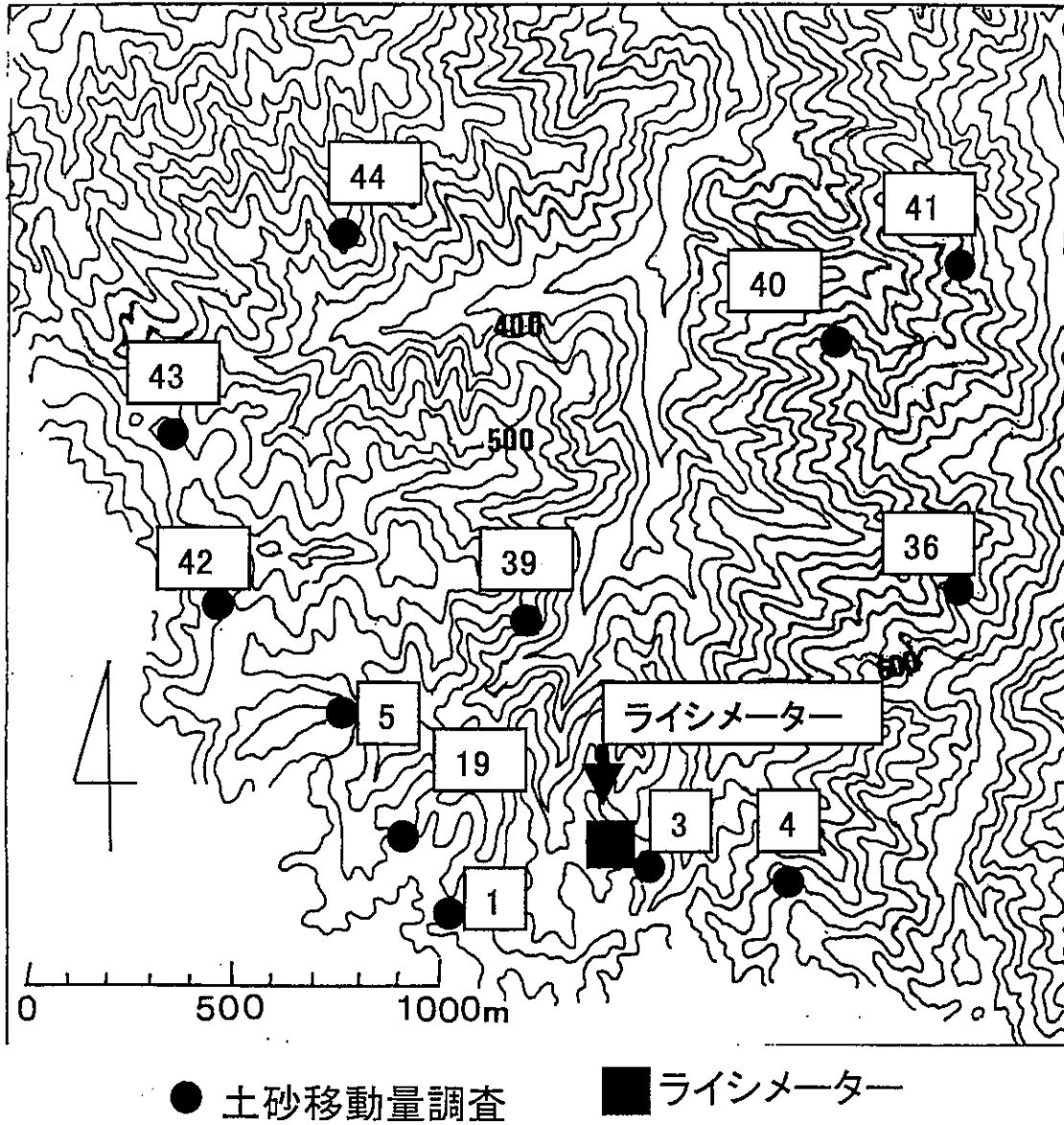


図-4 ライシメーターおよび土砂移動調査地点位地図

2-1 ライシメーターによる土砂移動量の測定

ヒノキ52年生複層林(測定点1)、ヒノキ15年生幼齢林(測定点2)、スギ30年生(測定点3) 壮齢単層林の3種の林分に長さ10m、幅5mの面積を鋼製矢板で囲んだライシメーターを設置してある。このライシメーターの下端に土砂受けを設置してあり、2000年5月26日に溜まった土砂の深さを測定した。土砂受けは、長さ5m、幅0.3m、深さ約0.2mのステンレス製で作成されている。土砂の深さの測定は、横方向に0.5mおきに、その位置で平均的と思われる部分で測定を行った。測定終了後、土砂受けに溜まった土砂は全部除去した。ライシメーターの集水面積は測定点1では48.0144 m²、測定点2では48.6052 m²、測定点3では46.4396 m²である。

表-3にライシメーターの土砂堆積の厚さを、表-4にこれまでの堆積した土砂量とその土砂量を集水面積で割って求めた流出土砂高の経過を示す。今年(2000年)はライシメーターからの土砂流出高は、0.005mm程度と若干昨年より増加したが、それでも、ほとんど土砂の移動がみられないと考えて良いと思われた。設定時に土砂の移動は大きかったが1年後には土砂流出高は1mm以下になった。

表-3 ライシメーターの土砂堆積厚さ (mm)

測定点	距離 (m)										
	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
ライシ1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
ライシ2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0
ライシ3	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0

表-4 ライシメーターの土砂移動量経過

測定年	ライシ1		ライシ2		ライシ3	
	土砂量 m ³ /年	流出土砂高 mm/年	土砂量 m ³ /年	流出土砂高 mm/年	土砂量 m ³ /年	流出土砂高 mm/年
1986	0.201875	4.205	0.066875	1.377	0.080000	1.723
1987	0.004125	0.086	-	-	0.002580	0.114
1989	0.015167	0.316	0.005600	0.216	0.014000	0.301
1990	-0.000425	-0.009	0.036000	0.074	0.008425	0.181
1991	0.004555	0.095	-0.004350	-0.890	-0.004000	-0.086
1992	0.009750	0.203	0.007125	0.146	0.003075	0.066
1993	0.002400	0.050	0.001575	0.032	0.001503	0.032
1994	0.002167	0.045	0.000570	0.012	0.006170	0.013
1995	0.001910	0.040	0.003380	0.070	0.001280	0.028
1996	0.002025	0.042	0.002138	0.044	0.000780	0.017
1997	0.002625	0.055	0.001125	0.230	0.000600	0.012
1998	0.000225	0.005	0.000075	0.002	0.000113	0.002
1999	0.000375	0.007	0.000538	0.011	0.000213	0.005
2000	0.000125	0.003	0.000150	0.003	0.000088	0.002

2-2 土砂貯溜箱による土砂移動量調査

異なる林相での土砂の移動量を調べるために設置した土砂貯溜箱に溜まった土砂、礫、腐植を測定した。調査箇所はアカマツ林1カ所、広葉樹林1カ所、ヒノキ林の複層林2カ所、単層林2カ所、スギ林では複層林3カ所、単層林1カ所である。土砂貯溜箱は各調査地にそれぞれ2個ずつ設置した。土砂貯溜箱の構造と設置方法を図-5に示す。この1年間に貯溜箱に溜まった土砂、礫、腐植を全てビニール袋に入れて持ち帰り、実験室の送風乾燥機を用い約85度で乾燥し、それぞれの重量を測定した。各調査地点の林相と土、礫、腐植及び葉の貯溜量を表-5に示す。ヒノキの単層林であるNo.5で移動量が近年多くなってきた。又、複層林である、No.3、19、39で貯留量が昨年より多くなっている。

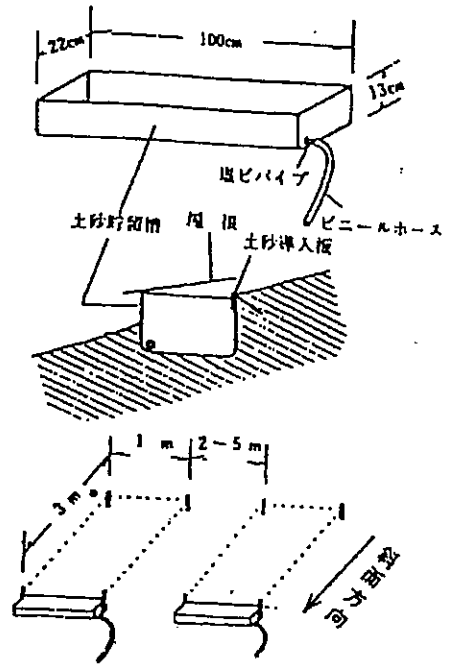


図-5 土砂貯溜箱

表-5 土砂の移動量

調査地点	林相	左			右		
		土	礫	腐植及び葉	土	礫	腐植及び葉
		g	g	g	g	g	g
1	スギ複層林	41.3	5.6	40.0	2.6	0.0	3.4
3	ヒノキ複層林	232.11	15.48	78.8	56.9	9.8	63.1
4	スギ複層林	-	-	-	25.3	0.3	43.1
5	ヒノキ単層林	126.8	125.0	129.3	27.3	8.6	85.7
19	ヒノキ複層林	617.3	4.0	26.8	90.9	0.5	20.8
36	ヒノキ単層林	11.6	0.0	32.8	9.8	1.0	56.16
39	スギ複層林	55.7	11.5	5.9	-	-	-
40	スギ単層林	93.6	28.2	32.9	9.3	1.4	21.4
41	ヒノキ幼齡林	13.0	0.3	7.6	50.8	1.4	81.3
42	ヒノキ若齡林	11.4	61.2	66.9	1.3	3.0	45.1
43	広葉樹林	1.1	0.3	6.6	21.0	0.2	30.1
44	マツ林	1.0	0.2	81.8	2.7	2.0	35.1

3. 水質調査

(1) 通年調査

1. 調査方法

①調査項目

色、味、臭い、水温、気温、pH、電気伝導度 (EC)、濁度、SS、COD

T-N、T-P、塩素イオン、硝酸イオン、亜硝酸イオン、リン酸イオン、アンモニウムイオン、硫酸イオン、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+

②測定方法

T-N、T-Pは日本工業規格 (JIS) による工業用水試験法方書にペルマンゲート硫酸カリウムを加えオトリブで分解し、発色処理を行い分光光度計で測定した。陰イオンとアンモニウムイオンはイオンクロマトを用いて分析した。他の陽イオンは原子吸光法で分析した。

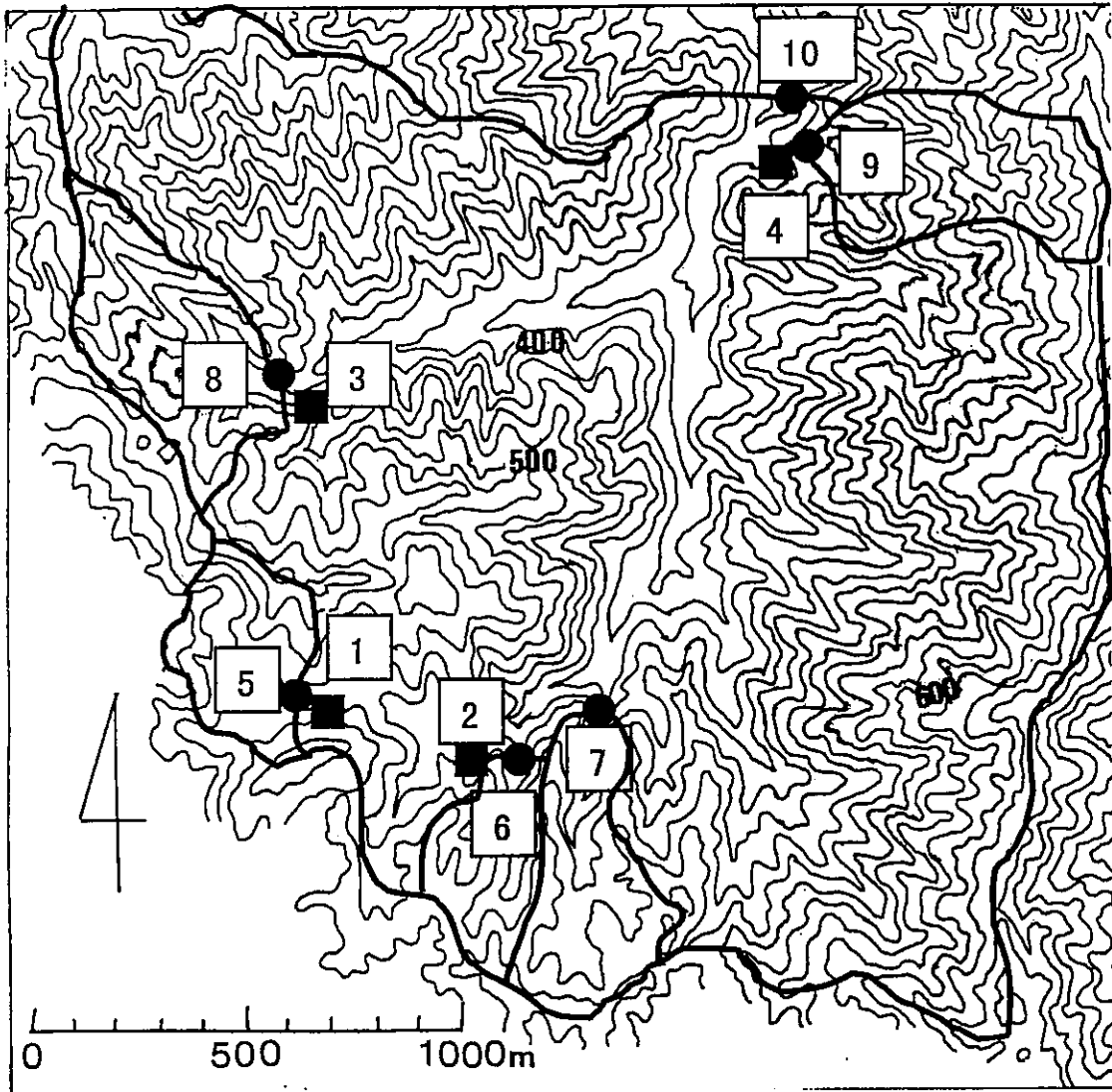
③採水の方法および場所

降水は4カ所 (No.1~4)、渓流水は6カ所 (No.5~10) 及びヒノキ林の林内雨を毎月1回の割合で採水した。降水と林内雨は20リットルのポリタンクに次の採水時まで貯まった水を分析した。採水位置を図-6、渓流水の集水域の特徴を表-6に示した。

2. 調査結果

表-6 渓流水採水地点の集水面積と流域の特徴

採水地点	集水面積	主流長	流域周囲長	平均傾斜
	ha	m	m	度
5	15.8	660	1,900	28.7
6	28.4	530	2,500	26.3
7	15.0	620	1,540	30.1
8	23.7	790	2,400	31.6
9	22.9	720	2,000	34.0
10	全てが集まった流域			



■ 降水 ● 渓流水

図-6 降水、渓流水の採水

2001年
表-7-1 1月

場所 項目	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	林内雨	降水 平均	渓流水 平均
色	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透
味	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
臭	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
水温 °C	2.0	5.0	0.0	2.0	6.5	5.0	5.0	5.0	6.0	4.0	1.0	2.3	5.3
気温 °C	8.5	5.5	4.5	4.0	8.5	5.5	4.5	4.5	4.0	4.0	1.0	5.6	5.2
pH	4.79	4.66	4.60	4.56	7.07	6.54	7.13	7.15	7.14	7.13	4.90	4.65	7.03
伝導率 $\mu\text{s}/\text{cm}$	35.2	41.7	40.4	40.3	77.4	44.4	71.7	56.1	67.6	65.7	83.8	39.40	63.82
濁度 ppm	1.49	0.68	0.93	2.21	1.40	0.63	0.47	0.86	0.96	0.89		1.33	0.87
SS mg/l	0.02	0.00	0.70	0.26	0.06	0.08	0.04	0.00	0.00	0.00		0.25	0.03
COD mg/l	2.68	0.82	1.28	0.84	1.34	1.04	2.68	1.28	0.92	0.80		1.41	1.34
T-N mg/l	1.0114	1.0934	1.0968	0.9508	0.1507	0.2206	0.1481	0.3992	0.5057	0.5016	1.9136	1.0381	0.3210
T-P mg/l	0.0234	0.0284	0.0348	0.0311	0.0000	0.0019	0.0341	0.0167	0.0067	0.0077	0.0008	0.0294	0.0112
NH ₄ ⁺ mg/l	0.579	0.606	0.548	0.527	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.402	0.565	0.000
SO ₄ ²⁻ mg/l	3.946	4.307	4.222	4.110	3.075	3.793	4.615	4.540	6.313	5.730	8.378	4.15	4.678
Cl ⁻ mg/l	5.454	6.242	6.166	6.114	2.969	3.298	3.322	3.269	4.472	3.913	15.692	5.99	3.541
NO ₂ ⁻ mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NO ₃ ⁻ mg/l	2.221	2.318	2.215	2.276	0.806	1.219	0.896	1.873	2.629	2.300	5.877	2.258	1.621
PO ₄ ³⁻ mg/l	0.000	0.000	0.000	0.188	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.047	0.000
K ⁺ mg/l	0.2842	0.3146	0.3034	0.3202	0.5186	0.4706	0.4655	0.5159	0.4983	0.5461	1.1446	0.3056	0.5025
Ca ²⁺ mg/l	0.6219	0.6633	0.6546	0.6647	16.4452	4.2623	12.3187	4.5598	7.2511	7.7931	1.2499	0.6511	8.7717
Mg ²⁺ mg/l	0.3180	0.3359	0.3273	0.3377	1.0598	0.6324	0.7912	0.8561	0.7466	0.9034	0.7989	0.3297	0.8316
Na ⁺ mg/l	1.6180	1.8879	1.8270	1.8827	2.9632	3.1206	3.4502	4.3347	5.7346	4.4807	8.4358	1.8039	4.0140

表-7-2 2月

場所 項目	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	林内雨	降水 平均	渓流水 平均
色	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透
味	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
臭	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
水温 °C	2.5	2.5	2.0	1.0	9.5	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	3.0	2.0	6.6
気温 °C	10.0	11.0	9.0	8.0	10.0	11.0	10.0	9.0	8.0	9.0	10.0	9.5	9.5
pH	5.48	5.75	5.86	5.87	7.09	6.96	7.07	7.06	7.12	7.13	5.22	5.74	7.07
伝導率 $\mu\text{s}/\text{cm}$	14.46	13.93	13.31	13.49	68.50	40.40	63.00	61.70	53.30	65.60	19.34	13.80	58.75
濁度 ppm	1.23	1.33	1.45	1.82	1.79	0.55	0.56	1.63	0.45	0.70		1.46	0.95
SS mg/l	0.00	0.00	0.04	0.18	0.18	0.00	0.20	0.16	0.18	0.12		0.06	0.14
COD mg/l	0.82	0.36	0.76	0.68	1.20	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00		0.66	0.36
T-N mg/l	0.5664	0.7446	0.5085	0.5796	0.4050	0.3918	0.4198	0.6823	0.5916	0.5663	0.8263	0.5998	0.5095
T-P mg/l	0.0074	0.0390	0.0004	0.0022	0.0080	0.0082	0.0051	0.0206	0.0106	0.0338	0.0005	0.0123	0.0144
NH ₄ ⁺ mg/l	0.433	0.481	0.361	0.342	0.032	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.208	0.404	0.007
SO ₄ ²⁻ mg/l	2.398	2.249	1.999	2.155	3.320	3.748	4.732	4.589	6.229	5.415	2.865	2.2	4.672
Cl ⁻ mg/l	1.225	1.134	0.983	1.029	2.738	2.988	2.972	3.120	4.066	3.546	1.717	1.1	3.238
NO ₂ ⁻ mg/l	0.009	0.014	0.007	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.012	0.000
NO ₃ ⁻ mg/l	1.498	1.333	1.196	1.244	1.213	1.288	0.992	2.494	2.658	2.313	2.030	1.318	1.826
PO ₄ ³⁻ mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000	0.426	0.000	0.000	0.261	0.242	0.238	0.000	0.000	0.195
K ⁺ mg/l	0.1471	0.1702	0.1570	0.1420	0.5038	0.4648	0.4714	0.5237	0.5025	0.5303	0.5102	0.1541	0.4994
Ca ²⁺ mg/l	0.8504	0.8125	0.7572	0.7743	12.5954	3.4413	9.9971	4.3167	6.8069	6.8080	0.8692	0.7986	7.3276
Mg ²⁺ mg/l	0.1565	0.1435	0.1393	0.1398	0.7959	0.5358	0.6781	0.8219	0.6970	0.8150	0.2372	0.1448	0.7240
Na ⁺ mg/l	0.5194	0.4930	0.4592	0.4728	2.5245	2.8912	3.3655	4.2058	5.5898	4.1653	0.0431	0.4861	3.7904

表一7-3 3月

場所 項目	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	林内雨	降水 平均	渓流水 平均
色	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透
味	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
臭	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
水温 °C	8.0	7.0	7.0	6.0	9.5	8.0	9.0	8.0	8.0	8.0	7.0	7.0	8.4
気温 °C	13.0	12.0	12.0	9.0	13.0	12.0	13.0	12.0	9.0	9.0	13.0	11.5	11.3
pH	4.96	5.05	5.01	4.94	7.13	7.11	7.19	7.13	7.23	7.23	5.13	4.99	7.17
伝導率 μ s/cm	29.40	30.80	25.80	29.80	69.10	42.90	68.20	56.40	66.80	66.80	52.00	28.95	61.70
濁度 ppm	4.26	2.83	3.64	5.04	3.30	0.95	0.90	1.52	1.25	1.58		3.94	1.58
SS mg/l	1.94	0.28	1.42	2.70	2.20	0.62	0.60	1.34	0.80	0.48		1.59	1.01
COD mg/l	0.42	0.30	2.60	2.72	2.02	3.66	0.00	0.00	0.84	0.56		1.51	1.18
T-N mg/l	0.9580	0.9328	0.8670	0.9369	0.2862	0.4921	0.2401	0.4627	0.5063	0.5058	1.7136	0.9237	0.4155
T-P mg/l	0.0055	0.0053	0.0009	0.0122	0.0056	0.0322	0.0000	0.0453	0.0119	0.0119	0.0000	0.0060	0.0178
NH ₄ ⁺ mg/l	0.493	0.579	0.379	0.436	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.465	0.472	0.004
SO ₄ ²⁻ mg/l	3.770	3.692	3.388	3.415	3.107	3.756	4.584	4.650	6.210	5.625	6.096	3.566	4.655
Cl ⁻ mg/l	4.358	4.623	3.854	4.475	2.920	3.132	3.139	3.283	4.258	3.726	9.433	4.328	3.410
NO ₂ ⁻ mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NO ₃ ⁻ mg/l	2.113	1.917	1.815	1.835	0.978	1.062	0.841	1.910	2.047	1.815	4.851	1.920	1.442
PO ₄ ³⁻ mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.232	0.000	0.000	0.214	0.000	0.039
K ⁺ mg/l	0.2490	0.2927	0.3192	0.3374	0.6247	0.5675	0.5707	0.8123	0.6675	0.7507	0.7858	0.2996	0.6656
Ca ²⁺ mg/l	1.0103	1.0759	1.0266	1.0456	13.4097	4.2887	10.5962	5.3163	7.3116	7.1434	2.7224	1.0396	8.0110
Mg ²⁺ mg/l	0.4338	0.4539	0.4216	0.4771	1.8915	1.0830	1.4727	1.7820	1.4524	1.7424	0.9803	0.4466	1.5707
Na ⁺ mg/l	2.6610	2.9083	2.4156	2.8597	3.5094	3.6529	3.9652	5.0633	6.1582	4.8930	5.2590	2.7112	4.5403

表-7-4 4月

場所	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	林内雨	降水	逕流水
項目												平均	平均
色	透	透	-	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透
味	なし	なし	-	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
臭	なし	なし	-	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
水温 °C	14.0	13.0	-	12.0	12.0	11.0	10.0	10.5	10.0	10.0	12.0	13.0	10.6
気温 °C	24.0	22.0	-	18.0	24.0	22.0	24.0	24.0	18.0	18.0	21.0	21.3	21.7
pH	5.08	5.28	-	5.52	7.27	7.22	7.28	7.31	7.32	7.35	5.28	5.29	7.29
伝導率 $\mu\text{s}/\text{cm}$	27.70	27.20	-	28.10	75.60	47.00	74.40	59.00	72.20	69.30	49.70	27.67	66.25
濁度 ppm	3.87	1.03	-	0.17	3.42	1.74	2.19	2.36	1.22	1.82		1.69	2.13
SS mg/l	1.68	0.50	-	1.06	2.90	1.56	0.60	1.68	1.52	0.42		1.08	1.45
COD mg/l	1.58	2.48	-	1.60	1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36		1.89	0.28
T-N mg/l	1.7282	1.4483	-	1.6818	0.5200	0.2317	0.4784	0.4871	0.4013	0.4531	2.6388	1.6194	0.4286
T-P mg/l	0.0153	0.0348	-	0.0223	0.0085	0.0124	0.0070	0.0210	0.3983	0.0179	0.0205	0.0241	0.0775
NH ₄ ⁺ mg/l	0.950	0.895	-	1.021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.626	0.955	0.000
SO ₄ ²⁻ mg/l	4.728	4.523	-	4.839	2.695	3.621	4.331	4.754	6.192	5.678	7.811	4.697	4.545
Cl ⁻ mg/l	1.727	1.646	-	1.701	2.613	2.988	2.994	3.376	4.325	3.718	4.485	1.691	3.336
NO ₂ ⁻ mg/l	0.000	0.000	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NO ₃ ⁻ mg/l	3.557	3.319	-	3.428	0.815	1.226	0.935	1.773	1.977	1.766	7.525	3.435	1.415
PO ₄ ³⁻ mg/l	0.359	0.000	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.394	0.000	0.409	0.000	0.120	0.134
K ⁺ mg/l	0.3769	0.3782	-	0.6199	0.5961	0.6226	0.6109	0.7902	0.7346	0.8044	1.4732	0.4583	0.6931
Ca ²⁺ mg/l	1.9698	2.0053	-	2.1454	13.5396	4.8210	12.1751	5.4634	7.6738	8.3950	4.4301	2.0402	8.6780
Mg ²⁺ mg/l	0.3030	0.3177	-	0.3359	2.1224	1.2361	1.6476	1.8265	1.5563	1.8719	0.8650	0.3189	1.7101
Na ⁺ mg/l	1.2757	1.1991	-	1.1905	3.6922	3.8497	4.1964	5.0163	6.5173	5.0739	2.4344	1.2218	4.7243

表一7-5 5月

場所	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	林内雨	降水	渓流水
項目												平均	平均
色	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透
味	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
臭	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
水温 °C	20.0	20.0	18.0	17.0	15.0	15.0	15.0	15.0	14.0	15.0	17.0	18.8	14.8
気温 °C	27.0	26.0	23.0	23.0	27.0	26.0	25.0	23.0	23.0	22.0	27.0	24.8	24.3
pH	4.88	4.55	4.60	4.54	6.66	6.81	6.90	7.10	7.15	7.16	4.87	4.64	6.96
伝導率 $\mu s/cm$	13.41	13.46	13.41	14.52	76.10	47.80	77.20	61.10	76.50	73.40	18.55	13.70	68.68
濁度 ppm	0.88	1.00	0.76	0.68	3.31	1.28	1.64	2.65	2.53	1.38		0.83	2.13
SS mg/l	0.22	0.14	0.00	0.00	3.62	1.42	0.98	2.58	2.04	1.58		0.09	2.04
COD mg/l	3.18	2.08	1.88	1.32	1.66	1.56	1.20	1.90	1.90	1.38		2.12	1.60
T-N mg/l	1.5603	1.1494	1.0512	1.0385	1.1403	0.7400	1.1206	0.4796	0.9385	1.3157	1.4213	1.1999	0.9558
T-P mg/l	0.0955	0.0406	0.0035	0.0076	0.1893	0.0244	0.0440	0.0336	0.0255	0.0254	0.0150	0.0368	0.0570
NH ₄ ⁺ mg/l	0.581	0.375	0.310	0.249	0.000	0.065	0.120	0.047	0.089	0.100	0.560	0.379	0.070
SO ₄ ²⁻ mg/l	2.156	1.295	0.240	0.957	0.457	0.776	0.513	0.248	0.269	0.287	0.411	1.162	0.425
Cl ⁻ mg/l	0.799	0.541	0.059	0.216	0.284	0.189	0.099	0.000	0.000	0.000	0.117	0.404	0.095
NO ₂ ⁻ mg/l	0.000	0.043	0.000	0.004	0.001	0.060	0.037	0.000	0.050	0.059	0.065	0.012	0.034
NO ₃ ⁻ mg/l	1.497	0.000	0.550	0.925	0.863	0.813	0.733	0.538	0.608	0.610	0.677	0.743	0.694
PO ₄ ³⁻ mg/l	0.434	0.251	0.000	0.198	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.220	0.221	0.000
K ⁺ mg/l	0.1985	0.1259	0.1265	0.1169	0.5865	0.6920	0.6709	0.8446	0.7682	0.8981	0.8409	0.1420	0.7434
Ca ²⁺ mg/l	0.2160	0.1702	0.2081	0.2342	17.2968	5.5166	15.1902	6.6866	9.3437	10.7347	0.9912	0.2071	10.7948
Mg ²⁺ mg/l	0.0728	0.0539	0.0628	0.0605	2.0268	1.1728	1.5761	1.7960	1.5294	1.8805	0.1876	0.0625	1.6636
Na ⁺ mg/l	0.5097	0.4062	0.4626	0.3925	3.6388	3.8677	4.2346	5.1125	6.5252	5.2254	0.5552	0.4428	4.7674

表-7-6 6月

場所 項目	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	林内雨	降水 平均	渓流水 平均
色	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透
味	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
臭	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
水温 °C	24.0	28.0	24.0	25.5	17.0	16.5	17.0	17.0	17.0	18.0	24.0	25.4	17.1
気温 °C	34.0	33.0	33.0	30.0	34.0	35.0	35.0	33.0	30.0	30.0	30.0	32.5	32.8
pH	4.75	4.82	4.98	4.90	7.37	7.20	7.30	7.30	7.35	7.42	4.94	4.86	7.32
伝導率 $\mu\text{s}/\text{cm}$	5.35	4.94	4.32	4.28	61.70	40.00	61.90	48.80	62.80	63.60	8.08	4.72	56.47
濁度 ppm	1.02	0.53	0.61	1.14	6.87	2.56	3.44	5.55	2.27	4.28		0.83	4.16
SS mg/l	0.00	0.00	0.00	0.04	3.56	1.00	1.36	3.66	2.72	1.40		0.01	2.28
COD mg/l	1.96	0.90	3.32	2.90	2.96	3.16	3.78	4.62	1.90	3.78		2.27	3.37
T-N mg/l	0.6949	0.3963	0.6748	0.7613	1.1199	0.5586	0.9172	1.2078	1.1398	0.6592	0.8996	0.6318	0.9338
T-P mg/l	0.0027	0.0065	0.0100	0.0139	0.0160	0.0202	0.0147	0.0574	0.0307	0.0460	0.0070	0.0083	0.0308
NH_4^+ mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.046	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008
SO_4^{2-} mg/l	0.748	0.703	0.687	0.677	3.063	3.487	4.279	5.104	4.253	5.468	0.904	0.704	4.276
Cl^- mg/l	0.269	0.255	0.244	0.303	3.093	3.227	3.233	3.783	3.154	4.300	0.532	0.268	3.465
NO_2^- mg/l	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
NO_3^- mg/l	1.008	0.818	0.780	0.795	1.025	1.430	1.182	2.332	2.170	2.700	1.195	0.850	1.806
PO_4^{3-} mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.000	0.219	0.251	0.000	0.000	0.000	0.115
K^+ mg/l	0.0341	0.0960	0.0674	0.0730	0.5622	0.6715	0.6467	0.9125	0.8177	0.8340	0.3521	0.0676	0.7408
Ca^{2+} mg/l	0.0000	0.0438	0.0532	0.0289	11.7799	3.8764	10.8366	4.5616	7.1438	7.3614	0.2499	0.0315	7.5933
Mg^{2+} mg/l	0.0192	0.0225	0.0218	0.0213	1.4702	0.8755	1.1794	1.3487	1.1593	1.4523	0.0663	0.0212	1.2476
Na^+ mg/l	0.1789	0.1822	0.1689	0.2082	3.4083	3.6381	3.9655	4.8022	6.1435	4.8182	0.3151	0.1846	4.4626

表一7-7 7月

場所	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	林内雨	降水	渓流水
項目	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透
色	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
味	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
臭	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
水温 °C	28.0	28.0	26.0	26.0	17.5	17.5	17.0	18.0	18.0	18.0	22.0	27.0	17.7
気温 °C	35.0	34.0	34.0	31.0	35.0	34.0	35.0	34.0	31.0	31.0	30.0	33.5	33.3
pH	4.84	4.85	4.77	4.91	6.85	6.92	6.87	6.90	7.02	7.01	4.92	4.84	6.93
伝導率 $\mu\text{s}/\text{cm}$	3.93	3.96	4.13	3.72	59.30	39.30	64.10	50.80	61.20	61.00	9.23	3.94	55.95
濁度 ppm	0.40	0.35	0.37	0.42	7.70	2.23	2.42	5.52	2.69	1.52		0.39	3.68
SS mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	4.56	2.64	2.50	5.10	2.38	2.12		0.00	3.22
COD mg/l	0.52	3.20	3.22	3.00	3.80	3.66	4.78	5.08	3.84	3.90		2.49	4.18
T-N mg/l	0.2390	0.2342	0.2182	0.2094	0.4522	0.7722	0.3619	0.6441	0.6080	0.4934	0.4897	0.2252	0.5553
T-P mg/l	0.0023	0.0071	0.0000	0.0000	0.0217	0.0265	0.0129	0.0362	0.0263	0.0171	0.0273	0.0023	0.0234
NH ₄ ⁺ mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.047	0.019	0.005	0.000	0.004	0.195	0.000	0.013
SO ₄ ²⁻ mg/l	0.635	0.629	0.647	0.592	2.772	3.259	4.027	4.095	5.269	4.757	1.057	0.626	4.030
Cl ⁻ mg/l	0.278	0.271	0.262	0.260	3.036	3.179	3.243	3.322	4.468	3.872	0.804	0.268	3.520
NO ₂ ⁻ mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NO ₃ ⁻ mg/l	0.982	0.853	0.843	0.837	1.100	1.540	1.215	2.035	2.855	2.390	1.378	0.879	1.856
PO ₄ ³⁻ mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.233	0.310	0.262	0.241	0.000	0.000	0.174
K ⁺ mg/l	0.0191	0.0599	0.0279	0.0281	0.5320	0.6379	0.6084	0.7693	0.7465	0.8449	0.3049	0.0338	0.6898
Ca ²⁺ mg/l	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	10.5462	4.1850	10.5122	4.3849	7.1922	7.0645	0.1656	0.0000	7.3142
Mg ²⁺ mg/l	0.0110	0.0166	0.0149	0.0138	1.5564	0.9355	1.2867	1.3745	1.2000	1.5194	0.0764	0.0141	1.3121
Na ⁺ mg/l	0.0966	0.1219	0.0997	0.1157	3.5079	3.6957	4.0776	4.8127	6.4782	5.0149	0.3942	0.1085	4.5978

表一7-8 8月

場所	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	林内雨	降水 平均	渓流水 平均
項目													
色	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透
味	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
臭	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
水温 °C	22.0	23.0	22.0	21.0	17.0	17.5	18.0	17.0	18.5	18.0	22.0	22.0	17.7
気温 °C	31.0	31.0	29.0	26.0	31.0	31.0	29.0	29.0	26.0	26.0	29.0	29.3	28.7
pH	4.75	4.53	4.62	4.48	6.71	6.99	6.83	7.02	6.86	6.93	4.43	4.60	6.89
伝導率 μ s/cm	12.18	18.70	13.90	16.02	60.50	44.90	70.90	54.10	71.20	65.20	30.90	15.20	61.13
濁度 ppm	0.79	0.94	1.10	0.78	7.88	7.26	5.17	6.58	2.98	1.46		0.90	5.22
SS mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	3.82	2.00	1.44	4.14	3.36	1.20		0.00	2.66
COD mg/l	2.84	4.86	3.02	2.96	2.04	1.36	1.64	1.98	1.84	1.14		3.42	1.67
T-N mg/l	1.2775	0.5048	0.5254	0.3827	0.2505	0.1751	0.3102	0.3865	0.6454	0.3511	1.6769	0.6726	0.3531
T-P mg/l	0.0326	0.0118	0.0331	0.0378	0.0440	0.0178	0.0213	0.0750	0.0207	0.0262	0.0187	0.0288	0.0342
NH ₄ ⁺ mg/l	0.215	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.000	0.886	0.054	0.003
SO ₄ ²⁻ mg/l	2.468	2.616	2.140	2.132	2.525	3.520	4.085	4.235	5.440	5.044	4.369	2.339	4.142
Cl ⁻ mg/l	0.601	0.730	0.498	0.493	2.928	3.175	3.372	3.430	4.547	3.851	1.647	0.581	3.551
NO ₂ ⁻ mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NO ₃ ⁻ mg/l	1.835	1.712	1.577	1.563	1.035	1.573	1.270	1.908	2.632	2.312	4.240	1.672	1.788
PO ₄ ³⁻ mg/l	0.255	0.000	0.000	0.000	0.000	0.249	0.273	0.264	0.258	0.296	0.000	0.064	0.223
K ⁺ mg/l	0.1497	0.6707	0.1010	0.1354	0.6037	0.7341	0.6754	0.8252	0.8176	0.9057	1.0725	0.2642	0.7603
Ca ²⁺ mg/l	0.1857	0.2759	0.3146	0.1971	11.9104	5.4770	13.1210	5.3532	8.5012	8.9877	1.3659	0.2433	8.8918
Mg ²⁺ mg/l	0.0553	0.1016	0.0492	0.0494	1.8018	1.1341	1.4811	1.5494	1.4016	1.6941	0.2497	0.0639	1.5104
Na ⁺ mg/l	0.3047	0.2632	0.2429	0.2026	3.8350	4.0445	4.4273	5.1713	6.7473	5.3416	0.5364	0.2534	4.9278

表一7-9 9月

場所	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	林内雨	降水	渓流水
項目	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	平均	平均
色	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
味	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
臭	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
水温 °C	21.0	21.0	20.5	17.0	16.0	15.0	15.0	17.0	16.0	16.0	20.0	19.9	15.8
気温 °C	27.5	28.0	27.0	24.0	27.5	28.0	27.0	27.0	24.0	24.0	25.0	26.6	26.3
pH	4.60	4.96	4.67	4.63	7.07	7.08	7.05	7.09	7.14	7.06	4.62	4.72	7.08
伝導率 μ s/cm	8.56	6.89	8.94	9.80	75.50	45.10	76.50	58.80	73.90	70.00	9.96	8.55	66.63
濁度 ppm	1.06	1.27	0.31	0.48	3.45	1.34	1.74	3.14	2.79	3.20		0.78	2.61
SS mg/l	0.00	1.64	0.00	0.00	4.10	2.02	2.36	3.94	4.76	1.50		0.41	3.11
COD mg/l	1.02	4.42	0.54	1.56	1.48	0.94	0.78	2.04	2.14	0.94		1.89	1.39
T-N mg/l	0.7547	0.3592	0.3491	0.3663	0.3235	0.3387	0.3147	0.5965	0.6549	0.7265	0.5030	0.4573	0.4925
T-P mg/l	0.0108	0.0148	0.0121	0.0064	0.0135	0.0133	0.0311	0.0314	0.0000	0.0167	0.0053	0.0110	0.0177
NH ₄ ⁺ mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.050	0.020	0.000	0.000	0.183	0.000	0.012
SO ₄ ²⁻ mg/l	1.154	1.097	1.069	1.316	2.739	3.656	4.117	4.373	5.535	5.219	1.662	1.159	4.273
Cl ⁻ mg/l	0.285	0.439	0.279	0.224	3.242	3.405	3.524	3.465	4.342	3.831	0.545	0.307	3.635
NO ₂ ⁻ mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NO ₃ ⁻ mg/l	0.770	0.089	0.632	0.653	0.532	1.216	0.985	1.876	2.279	2.091	0.997	0.536	1.497
PO ₄ ³⁻ mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.059	0.000	0.000	0.093	0.000	0.010
K ⁺ mg/l	0.0607	0.0610	0.0347	0.0670	0.6186	0.7271	0.7515	0.8832	0.8772	0.9909	0.4481	0.0559	0.8081
Ca ²⁺ mg/l	0.0776	0.1683	0.0346	0.1551	13.4469	4.8976	12.1375	5.1885	8.1705	8.1418	0.3718	0.1089	8.6638
Mg ²⁺ mg/l	0.0265	0.0698	0.0194	0.0313	1.9854	1.2221	1.5625	1.6547	1.5322	1.8573	0.0759	0.0368	1.6357
Na ⁺ mg/l	0.1883	0.1007	0.0956	0.1257	3.5955	3.8419	4.3433	5.0851	6.2803	5.0944	0.2102	0.1276	4.7068

表-7-10 10月

場所	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	林内雨	降水	渓流水
項目												平均	平均
色	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透
味	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
臭	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
水温 °C	13.0	14.0	12.0	11.0	16.0	14.0	14.0	14.0	13.0	13.0	14.0	12.5	14.0
気温 °C	19.0	19.0	18.0	17.0	19.0	19.0	18.0	18.0	17.0	17.0	18.0	18.3	18.0
pH	4.62	4.65	4.74	4.71	7.19	7.19	6.94	7.06	6.88	6.86	4.59	4.68	7.02
伝導率 μ s/cm	10.24	10.21	7.55	7.80	81.40	45.10	70.50	59.70	71.30	71.20	17.73	8.95	66.53
濁度 ppm	0.23	0.40	0.42	0.89	5.32	2.69	1.59	5.90	4.79	1.95		0.49	3.71
SS mg/l	0.00	0.28	0.00	0.00	5.92	2.90	1.46		8.04	0.92		0.07	3.85
COD mg/l	0.00	5.96	0.78	0.66	2.94	1.38	1.20		2.78	1.06		1.85	1.87
T-N mg/l	0.6040	0.3001	0.3859	0.2550	0.4415	0.3139	0.3038	0.6280	0.8316	0.5787	0.6409	0.3863	0.5163
T-P mg/l	0.0050	0.0038	0.0123	0.0227	0.0331	0.0316	0.0071	0.0293	0.0206	0.0135	0.0034	0.0109	0.0225
NH ₄ ⁺ mg/l	0.243	0.115	0.211	0.157	0.000	0.077	0.000	0.000	0.000	0.000	0.172	0.182	0.013
SO ₄ ²⁻ mg/l	0.000	0.198	0.263	0.142	2.542	3.006	3.623	3.849	5.374	4.915	1.257	0.151	3.885
Cl ⁻ mg/l	0.213	0.284	0.193	0.181	3.165	3.337	3.291	3.266	4.498	4.086	1.576	0.218	3.607
NO ₂ ⁻ mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NO ₃ ⁻ mg/l	0.638	0.151	0.095	0.184	4.139	0.747	0.424	1.566	2.008	1.757	0.880	0.267	1.774
PO ₄ ³⁻ mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000	0.315	0.000	0.000	0.000	6.969	0.000	0.000	0.000	1.214
K ⁺ mg/l	0.0318	0.7063	0.0942	0.1057	0.6404	0.6466	0.6606	0.8089	0.7509	0.8591	1.3348	0.2345	0.7278
Ca ²⁺ mg/l	0.0530	0.2477	0.2552	0.0980	15.4675	4.4182	9.2645	4.7404	7.5549	8.1275	0.5050	0.1635	8.2622
Mg ²⁺ mg/l	0.0304	0.1071	0.0401	0.0320	1.7464	1.0787	1.4383	1.7031	1.3339	1.7545	0.1685	0.0524	1.5092
Na ⁺ mg/l	0.2136	0.2167	0.2043	0.2257	3.3299	3.6127	4.0602	4.9316	6.0848	4.9785	0.6697	0.2151	4.4996

表一7-11 11月

場所	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	林内雨	降水	渓流水
項目	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透
色	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
味	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
臭	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
水温 °C	7.0	5.0	5.0	7.0	9.0	10.0	8.0	10.0	8.0	8.0	7.0	6.0	8.8
気温 °C	10.0	11.0	8.0	9.0	10.0	11.0	10.0	8.0	9.0	9.0	10.0	9.5	9.5
pH	4.54	4.56	4.54	4.48	6.92	6.87	6.91	7.04	7.00	7.00	4.67	4.53	6.96
伝導率 μ s/cm	14.55	17.22	16.35	15.29	69.30	40.30	64.90	54.10	63.10	60.30	26.70	15.85	58.67
濁度 ppm	1.99	0.75	1.13	0.76	0.80	2.73	0.86	2.22	2.13	2.07		1.16	1.80
SS mg/l	0.00	0.60	0.00	0.00	2.14	1.10	1.70	3.24	2.92	0.78		0.15	1.98
COD mg/l	1.12	8.66	0.52	0.82	1.38	1.06	1.02	1.54	2.14	0.44		2.78	1.26
T-N mg/l	0.6384	0.5977	0.5841	0.6067	0.4438	0.3261	0.2808	0.5931	0.6746	0.5796	0.8828	0.6067	0.4830
T-P mg/l	0.0221	0.0095	0.0000	0.0062	0.0220	0.0205	0.0394	0.0468	0.0268	0.0575	0.0162	0.0094	0.0355
NH ₄ ⁺ mg/l	0.392	0.238	0.346	0.325	0.043	0.000	0.000	0.000	0.070	0.048	0.159	0.325	0.027
SO ₄ ²⁻ mg/l	1.155	1.137	1.249	1.033	2.489	3.289	4.058	4.213	5.960	5.125	2.188	1.144	4.189
Cl ⁻ mg/l	1.043	1.018	1.019	0.998	3.355	3.504	3.611	3.432	4.456	3.988	3.252	1.020	3.724
NO ₂ ⁻ mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NO ₃ ⁻ mg/l	0.000	0.000	0.000	0.556	0.224	0.597	0.418	1.397	1.688	1.374	1.637	0.139	0.950
PO ₄ ³⁻ mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
K ⁺ mg/l	0.1211	0.4306	0.1260	0.1399	0.6241	0.5710	0.5822	0.6993	0.6838	0.7448	3.4424	0.2044	0.6509
Ca ²⁺ mg/l	0.1440	0.3892	0.2050	0.1563	12.7236	4.3837	10.0990	5.0963	7.4563	6.8101	0.8875	0.2236	7.7615
Mg ²⁺ mg/l	0.0915	0.1537	0.0820	0.0829	1.7654	1.0424	1.3834	1.6263	1.3287	1.5940	0.5400	0.1025	1.4567
Na ⁺ mg/l	0.6353	0.5536	0.5592	0.6232	3.3028	3.5334	3.8749	4.6622	5.7020	4.6089	1.0893	0.5928	4.2807

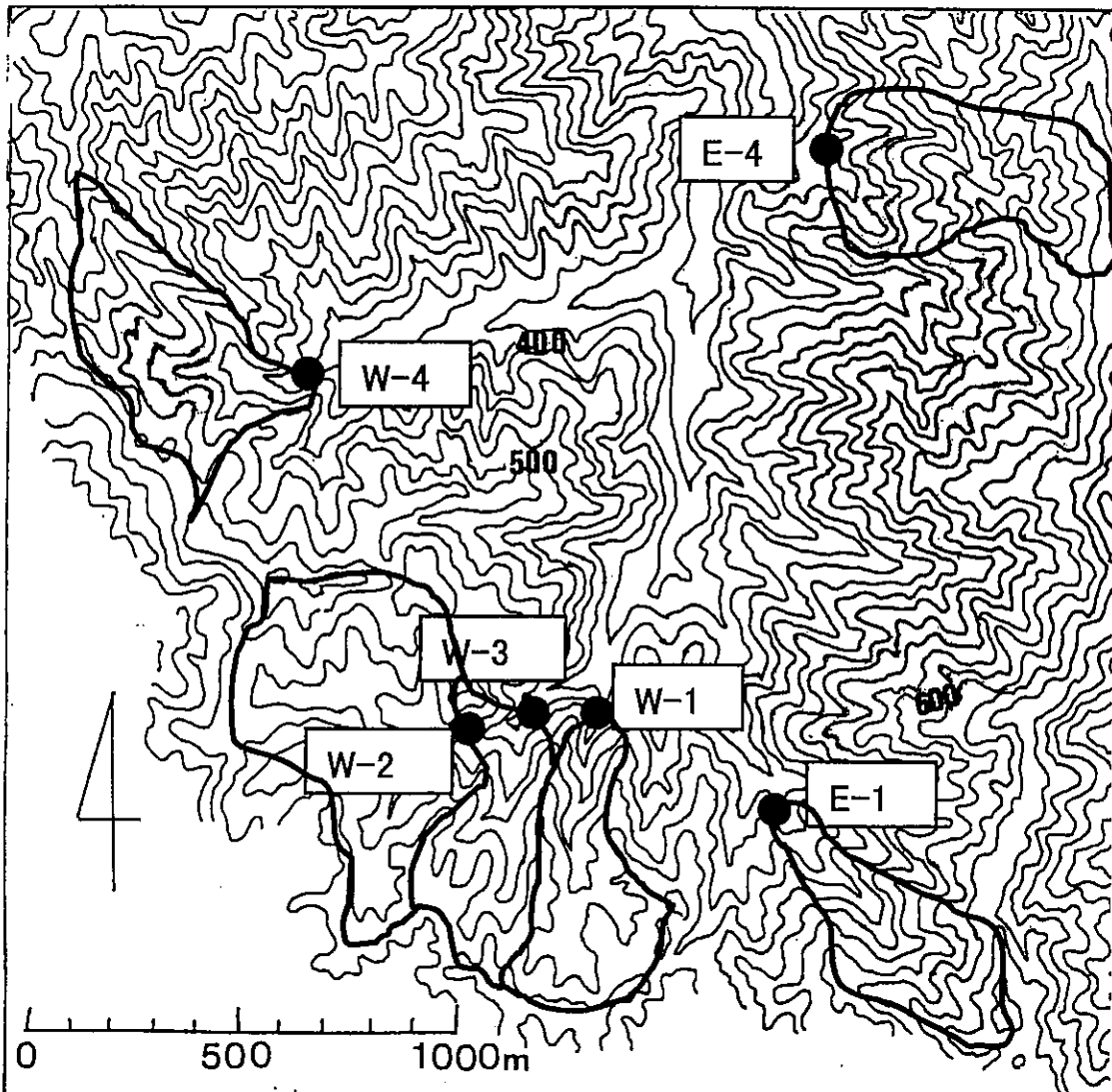
表-7-12 12月

場所	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	林内雨	降水	渓流水
項目												平均	平均
色	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透	透
味	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
臭	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし	なし
水温 °C	5.0	1.0	1.5	2.5	7.0	6.0	54.5	5.5	6.0	5.5	4.0	2.5	14.1
気温 °C	9.0	8.0	7.5	7.0	9.0	8.0	8.0	7.5	7.0	7.5	8.0	7.9	7.8
pH	4.26	4.28	4.30	4.28	6.98	6.92	6.96	7.08	7.10	7.08	4.27	4.28	7.02
伝導率 $\mu\text{s/cm}$	49.6	53.5	44.4	54.8	67.5	41.7	66.2	53.3	66.2	63.9	104.9	50.58	59.80
濁度 ppm	1.67	1.41	1.46	2.22	2.25	1.06	1.01	0.85	1.91	0.60	3.22	1.69	1.28
SS mg/l	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.38	0.06	0.32	0.30	0.00		0.00	0.32
COD mg/l	1.46	1.68	0.80	1.96	-	0.52	0.32	1.62	0.20	0.56		1.48	0.64
T-N mg/l	1.5256	1.3943	1.1318	1.5165	0.2401	0.2582	0.2491	2.3856	0.4528	0.4392	2.8383	1.3921	0.6708
T-P mg/l	0.0209	0.0325	0.0367	0.0168	0.0049	0.0169	0.0142	0.0269	0.0156	0.0107	0.0073	0.0267	0.0149
NH ₄ ⁺ mg/l	0.784	0.746	0.584	0.744	0.000	0.068	0.000	0.000	0.000	0.000	0.751	0.715	0.011
SO ₄ ²⁻ mg/l	5.009	5.117	4.258	4.986	3.112	4.185	4.742	4.915	6.853	5.984	9.718	4.843	4.965
Cl ⁻ mg/l	10.008	10.588	8.174	9.300	3.509	3.764	3.753	3.878	4.835	4.290	16.198	9.518	4.005
NO ₂ ⁻ mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NO ₃ ⁻ mg/l	3.826	3.652	3.079	3.707	0.685	1.197	0.710	1.664	2.019	1.916	10.363	3.566	1.365
PO ₄ ³⁻ mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000	0.166	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028
K ⁺ mg/l	0.3998	0.5406	0.3912	0.4164	0.6250	0.5463	0.5488	0.6559	0.6135	0.7267	3.0244	0.4370	0.6194
Ca ²⁺ mg/l	0.7493	0.8609	0.8922	0.8231	13.2246	4.6397	11.6557	5.2408	7.9308	7.8692	2.9155	0.8314	8.4268
Mg ²⁺ mg/l	0.7167	0.7585	0.5406	0.6467	1.9949	1.0602	1.5232	1.6904	1.3993	1.6837	1.8078	0.6656	1.5586
Na ⁺ mg/l	5.3821	5.6708	4.2624	5.0171	3.6212	3.5499	4.0407	4.6970	5.8465	4.7550	10.2222	5.0831	4.4184

4. 量水調査

量水調査としてライシメーターによる水収支と、流域を設定した量水ダムを設けて量水調査を行っている。調査地点を図-7に示す。

地区内の6流域で、降水量、流量の経年観測を行っている。降水量は、雨量計でカウントした数を15分毎に集計して基礎データとして時間降水量を求め、0時から24時までの時間降水量を日降水量として整理している。流量も15分ごとに水位を読みとり、流量に換算し、時間流量、日流量（0時から24時）、月流量、年流量として集計している。そして、流量は他の流域と比較ができるように流量を流域面積で割った比流量として整理している。2001年の各流域の日降水量と日流量を表-8-1から表8-6に示す。また、各集水域の月ごとの降水量、流出量を表-9に示す。



■ 降水 ● 渓流水

図-7 各集水域と測定地点

表-8-1 East-1 2001 年 11.75 ha

	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm
1	-	1.11	16.0	3.47	30.0	4.36	-	2.21	1.56	3.5	1.69	-	10.88	21.5	4.24	-	1.72	30.0	8.79	2.31	*	3.50		
2	2.5	1.11	-	2.78	3.0	5.81	-	1.96	5.91	46.0	1.46	-	9.26	-	3.27	6.0	1.55	0.5	3.00	2.28	*	2.98		
3	-	1.09	-	2.51	16.0	4.58	-	1.88	2.70	1.5	1.35	-	7.98	-	2.94	38.5	5.78	-	2.41	4.29	*	2.73		
4	-	1.06	-	2.38	7.0	6.33	-	1.81	2.03	-	1.30	-	6.90	-	2.74	-	2.41	-	2.14	3.31	*	2.74		
5	-	1.01	-	2.39	3.5	4.65	-	1.78	1.79	-	1.48	11.5	16.72	-	2.63	17.5	2.68	*	2.00	3.49	*	2.56		
6	-	0.95	-	2.83	9.0	4.21	-	1.69	1.64	-	2.91	20.5	51.49	1.5	2.49	16.0	2.52	*	1.96	6.02	*	2.58		
7	16.0	1.49	6.0	2.70	-	3.97	-	1.63	1.51	-	1.73	-	22.43	-	2.43	-	2.71	*	1.91	4.54	*	2.49		
8	3.5	1.42	-	2.52	-	3.62	-	1.61	1.47	0.5	1.53	-	11.89	3.5	2.39	1.5	2.31	*	1.86	3.88	*	2.40		
9	24.0	2.38	-	2.32	-	3.46	4.0	1.67	1.45	-	1.42	-	7.34	7.5	2.60	-	2.05	*	3.06	3.50	*	2.21		
10	-	2.02	-	2.22	9.5	3.41	-	1.67	1.38	-	1.38	-	5.53	55.0	6.98	0.5	1.90	*	2.72	3.76	*	1.89		
11	4.0	1.47	-	2.12	-	3.28	0.5	1.60	1.28	-	1.36	-	11.86	2.0	3.16	0.5	1.86	*	2.09	3.25	*	1.86		
12	-	1.36	0.5	2.04	1.0	3.11	2.0	1.55	1.23	-	1.32	-	71.15	-	2.55	-	1.71	*	1.92	3.11	*	2.14		
13	0.5	1.31	-	2.00	-	2.90	-	1.46	1.22	50.0	3.31	-	47.30	-	2.32	3.0	1.66	*	1.85	2.99	*	3.43		
14	-	1.26	-	1.95	-	2.74	-	1.42	1.21	28.0	6.26	-	23.63	-	2.14	26.5	2.95	*	1.79	2.86	*	2.22		
15	-	1.23	1.0	1.87	3.0	2.69	-	1.39	1.20	3.5	3.42	-	14.55	2.0	2.01	2.0	2.73	*	1.72	2.73	*	2.10		
16	-	1.20	3.0	1.90	2.0	2.58	-	1.37	1.19	-	2.71	-	10.85	-	1.91	-	2.08	*	2.87	2.60	*	2.05		
17	-	1.20	0.5	1.95	30.0	4.44	-	1.36	1.16	-	2.30	-	15.21	-	1.86	-	1.87	*	5.08	2.50	*	2.03		
18	-	1.19	5.0	1.98	3.5	3.18	3.0	1.37	1.14	-	2.07	4.0	11.89	-	1.80	-	1.74	*	3.45	2.43	*	1.97		
19	1.5	1.20	-	1.98	-	2.82	-	1.33	1.13	-	1.13	250.5	9.86	-	1.74	-	1.64	*	2.76	2.37	*	1.90		
20	26.5	2.57	-	1.93	-	2.60	-	1.30	1.12	-	1.12	48.0	8.55	-	1.73	-	1.59	*	2.45	2.28	*	1.87		
21	-	2.36	15.5	2.17	-	2.42	19.0	1.82	1.66	26.0	1.66	18.5	7.56	3.0	1.73	-	1.56	*	2.71	2.23	*	1.84		
22	-	1.82	0.5	2.04	-	2.31	-	1.48	1.84	4.0	41.49	4.0	6.75	-	1.67	-	1.51	*	3.75	2.16	*	1.82		
23	-	1.57	47.5	4.09	-	2.22	-	1.31	1.70	2.5	41.94	91.0	6.10	-	1.58	-	1.47	*	4.36	2.13	*	1.78		
24	-	1.41	13.0	6.80	-	2.09	11.0	1.32	2.02	12.5	60.82	21.5	5.54	-	1.49	-	1.44	*	3.34	2.09	*	1.73		
25	59.0	7.26	2.0	4.31	12.5	2.15	5.5	1.50	1.41	-	42.01	56.0	5.08	0.5	1.44	-	1.40	*	2.94	2.04	*	1.71		
26	6.5	4.79	-	3.52	-	2.15	-	1.33	1.28	-	32.05	2.5	4.68	-	1.41	-	1.38	*	2.69	1.99	*	1.71		
27	37.0	6.90	-	3.14	-	2.00	-	1.22	1.24	-	17.26	6.0	4.53	-	1.37	15.5	1.62	*	2.50	1.96	*	1.69		
28	-	6.13	12.5	3.16	-	1.93	-	1.18	1.21	-	13.64	20.0	4.56	-	1.35	-	1.48	*	3.43	1.89	*	1.71		
29	-	3.98	-	3.22	6.5	1.99	11.5	1.30	1.17	-	17.12	35.5	4.56	-	1.30	-	1.39	*	2.88	7.04	*	1.69		
30	-	3.22	-	2.33	16.0	2.33	15.0	1.90	2.46	36.5	13.12	0.5	4.40	69.5	5.19	64.5	3.46	*	2.60	6.62	*	1.67		
31	6.5	2.76	-	2.84	11.5	2.84	-	1.90	2.37	4.5	2.37	-	3.92	-	2.45	-	2.45	*	2.43	-	-	1.5	1.63	
合計	187.5	69.82	145.5	75.08	164.0	99.15	71.50	46.47	137.5	51.66	671.5	691.43	368.5	432.94	164.0	74.87	192.0	62.18	30.5	89.45	0.0	94.63	52.5	66.64
流出係数		0.37		0.52		0.60		0.65		0.38		1.03		1.17		0.46		0.32		2.93		#DIV/0!		1.27

**

年降水 年流出 年消出 流出 最大 豐水 平水 低水 湯水 最小 流出係数

mm mm mm mm/day mm/day mm/day mm/day mm/day mm/day

2185 1854.3 330.67

**

193.45 3.255 2.1746 1.6633 1.1749 1.0099 0.8487

* は欠測

** は欠測を含む

表-8-2 East-4 2001 年 22.5 ha

	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm
1	-	2.50	11.0	3.56	38.0	5.78	*	2.27	4.0	1.99	-	1.98	0.5	11.08	21.0	4.74	-	2.18	22.0	8.14	0.5	2.26	-	3.26
2	1.0	2.24	-	3.03	0.5	6.88	*	2.24	53.5	7.95	-	1.69	-	9.55	-	3.77	5.0	2.00	2.5	3.20	-	2.20	-	2.80
3	0.5	2.00	-	2.82	18.5	5.56	*	2.21	1.5	3.49	-	1.53	-	8.47	-	3.48	37.5	6.68	-	2.57	35.5	4.98	1.0	2.53
4	1.0	1.77	10.5	2.96	6.5	6.32	*	2.19	-	2.62	-	1.45	-	7.64	-	3.30	-	2.94	-	2.37	-	3.65	6.5	2.70
5	-	1.56	3.5	2.88	4.0	5.15	*	2.16	-	2.26	10.5	1.61	76.5	14.18	-	3.23	16.0	3.31	0.5	2.12	22.5	3.93	-	2.39
6	-	1.47	8.0	3.52	7.0	4.78	*	2.13	-	2.06	27.0	3.66	38.84	-	3.08	16.0	3.54	-	1.96	14.5	6.97	6.5	2.53	
7	16.5	2.08	6.0	3.30	-	4.41	-	2.11	-	1.92	-	2.05	1.0	21.65	-	3.01	-	3.36	-	1.90	-	4.54	-	2.29
8	3.5	1.77	0.5	3.06	0.5	3.97	-	2.09	0.5	1.84	-	1.83	-	15.73	1.5	2.90	1.5	2.87	-	1.85	-	3.73	-	2.21
9	24.0	2.83	-	2.92	0.5	3.86	3.5	2.16	-	1.80	-	1.69	0.5	12.88	5.0	3.06	-	2.53	35.5	3.59	5.5	3.39	-	2.14
10	-	2.29	-	2.76	10.5	3.74	-	2.07	-	1.68	-	1.61	-	10.87	54.0	7.24	-	2.33	-	2.71	6.5	3.63	-	2.05
11	5.5	1.88	-	2.64	-	3.53	-	1.98	-	1.59	-	1.55	32.0	12.47	1.5	3.86	0.5	2.23	-	2.11	0.5	3.08	-	2.02
12	-	1.75	0.5	2.56	1.0	3.38	2.5	1.93	-	1.54	-	1.49	107.5	34.07	-	3.00	-	2.12	-	1.93	-	2.88	19.0	2.46
13	1.5	1.67	1.0	2.50	-	3.22	-	1.82	-	1.52	57.5	5.49	20.0	25.01	-	2.76	2.0	2.07	-	1.75	-	2.75	12.5	4.06
14	-	1.62	1.5	2.42	-	3.08	-	1.78	-	1.50	24.0	8.12	1.0	18.34	-	2.58	31.0	3.89	-	1.77	2.0	2.70	2.5	2.63
15	-	1.58	5.5	2.35	2.0	3.00	-	1.74	-	1.48	3.0	4.41	10.5	15.38	-	2.48	2.0	3.24	-	1.71	-	2.58	4.5	2.45
16	-	1.63	3.0	2.50	1.0	2.88	-	1.74	-	1.42	-	3.34	4.0	12.80	-	2.42	-	2.59	37.0	3.31	0.5	2.47	5.0	2.33
17	-	1.64	-	2.36	30.0	5.43	-	1.72	-	1.37	-	2.73	26.0	14.26	-	2.31	-	2.31	21.0	5.75	-	2.41	-	2.34
18	-	1.66	-	2.32	5.5	3.82	2.0	1.75	-	1.34	3.5	2.46	-	11.26	-	2.18	-	2.11	-	3.83	-	2.36	-	2.24
19	-	1.74	-	2.27	-	3.32	-	1.71	-	1.33	274.5	66.86	-	9.67	-	2.10	-	1.98	-	2.94	-	2.32	-	2.13
20	29.5	3.39	-	2.21	-	3.07	-	1.65	-	1.32	48.5	79.18	-	8.54	-	2.06	-	1.92	-	2.57	-	2.26	-	2.07
21	1.0	2.69	16.0	2.68	-	2.89	18.5	2.36	30.0	2.40	19.5	25.34	-	7.73	4.0	2.12	-	1.89	15.5	3.00	-	2.19	-	2.05
22	-	2.14	-	2.51	-	2.74	-	1.83	-	2.25	4.0	16.91	-	7.03	-	2.07	-	1.80	13.0	3.62	-	2.13	0.5	2.04
23	-	1.91	52.0	5.50	-	2.63	-	1.66	8.0	1.67	104.5	26.09	-	6.43	-	1.93	-	1.74	6.5	4.09	-	2.10	-	2.03
24	-	1.78	13.5	8.60	-	2.55	10.5	1.77	14.0	2.61	18.0	36.75	-	5.97	-	1.84	-	1.74	-	3.20	-	2.04	0.5	2.02
25	56.5	8.85	2.0	5.17	11.5	2.93	6.0	2.19	-	1.75	66.5	39.17	-	5.67	5.0	2.03	-	1.74	-	2.83	-	2.01	5.5	2.01
26	5.5	5.57	-	4.19	-	2.60	-	1.69	-	1.55	4.0	28.14	-	5.26	-	1.86	-	1.70	-	2.60	0.5	1.98	-	1.99
27	41.0	9.91	-	3.74	-	2.45	-	1.58	-	1.45	7.0	20.44	-	4.88	-	1.71	9.0	1.99	-	2.42	4.0	2.09	-	1.98
28	5.5	7.12	12.0	3.79	-	2.37	0.5	1.54	-	1.36	12.0	15.40	4.5	4.75	-	1.68	-	1.80	21.0	3.51	-	1.97	1.5	2.03
29	-	4.68	-	2.35	*	2.35	9.5	1.71	-	1.33	42.5	18.70	-	4.36	-	1.63	-	1.66	4.0	2.81	70.5	6.60	2.5	2.01
30	-	3.82	-	2.32	*	2.32	12.5	2.41	39.5	3.52	0.5	13.46	-	4.08	71.0	7.10	58.5	4.39	-	2.53	7.0	5.75	1.0	1.99
31	7.0	3.37	-	2.29	*	2.29	-	2.29	5.5	2.90	-	3.86	-	3.86	0.5	3.12	-	2.35	-	2.35	-	0.51	-	1.98
合計	199.5	90.91	146.5	91.14	137.0	113.31	65.50	58.16	156.5	64.84	727.0	435.14	358.0	372.70	163.5	90.63	179.0	76.64	178.5	91.02	170.0	93.93	69.0	71.73
流出係数		0.46		0.62		0.83		0.89		0.41		0.60		1.04		0.55		0.43		0.51		0.55		1.04

**

年降水 mm 2550
 年流出 mm 1650.1
 流出係数 0.6471

最大豊水 mm/day 79.184
 平水 mm/day 3.619
 低水 mm/day 2.4622
 渇水 mm/day 1.9907
 最小流出係数 0.6471

* は欠測
 ** は欠測を含む

表-8-3 West-1 2001 年 16.75 ha

	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		
	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	
1	-	1.50	16.0	4.50	34.5	6.06	-	-	3.01	5.5	2.41	-	10.13	18.0	5.03	-	-	-	2.97	31.5	13.18	0.5	2.92	-	5.13
2	2.5	1.50	-	3.52	2.5	8.04	-	-	2.82	47.5	9.37	-	8.59	-	3.94	-	-	5.0	2.73	0.5	4.30	-	2.94	-	4.32
3	-	1.46	-	3.15	18.0	5.75	-	-	2.53	1.5	4.19	-	7.57	-	3.46	-	-	38.0	8.09	-	3.31	36.0	5.94	-	3.96
4	1.0	1.44	11.5	3.31	7.5	8.13	-	-	2.36	-	3.04	-	6.83	-	3.25	-	-	-	3.52	2.0	2.92	-	4.51	1.0	4.24
5	-	1.42	3.0	3.35	5.5	5.61	-	-	2.24	-	2.65	12.5	11.28	-	3.09	-	16.0	17.0	3.45	1.0	2.70	24.5	4.87	-	3.84
6	-	1.39	8.0	3.94	8.0	5.03	-	-	2.21	-	2.42	24.5	35.82	-	2.97	-	17.0	3.99	-	-	2.48	11.5	8.27	7.5	4.18
7	16.0	1.92	6.0	3.66	-	4.93	-	-	2.21	-	2.26	-	18.45	-	2.93	-	0.5	3.83	-	-	2.34	-	6.50	0.5	3.60
8	4.0	1.91	-	3.42	-	4.39	-	4.5	2.20	0.5	2.16	-	12.24	4.0	2.88	-	1.0	3.08	0.5	2.27	-	5.51	-	3.43	
9	24.5	3.16	-	3.13	-	4.11	-	-	2.21	0.5	2.12	-	10.05	7.0	3.23	-	-	0.5	2.72	33.5	4.14	7.0	5.01	-	3.22
10	-	2.84	-	2.98	11.5	4.02	-	-	2.21	-	2.03	-	8.62	-	8.35	-	0.5	2.49	-	0.5	3.89	6.5	5.50	-	2.45
11	4.5	1.98	-	2.79	0.5	3.91	-	-	2.13	-	1.91	-	8.21	-	4.16	-	0.5	2.40	-	-	2.76	-	4.69	-	2.30
12	-	1.79	0.5	2.69	1.5	3.67	2.5	-	2.08	-	1.83	-	113.5	48.49	3.38	-	-	2.27	-	-	2.52	-	4.38	19.0	2.70
13	0.5	1.70	1.0	2.65	-	3.42	-	-	1.98	-	1.80	51.0	28.72	-	3.03	-	2.5	2.23	-	-	2.38	-	4.13	11.5	5.02
14	-	1.63	-	2.61	-	3.20	-	-	1.93	-	1.79	26.0	17.47	-	2.84	-	35.0	4.11	-	-	2.29	4.0	4.06	1.5	3.02
15	-	1.58	2.0	2.47	3.0	3.17	-	-	1.88	-	1.76	5.0	14.63	-	2.70	-	1.5	3.91	-	-	2.19	-	3.92	2.0	2.80
16	-	1.59	4.0	2.57	2.0	3.02	-	-	1.82	-	1.70	-	11.77	-	2.56	-	-	2.86	-	36.5	3.86	-	3.75	2.5	2.62
17	-	1.58	1.5	2.36	30.0	6.16	-	-	1.81	-	1.66	-	17.46	-	2.46	-	-	2.51	-	21.5	7.05	-	3.63	4.5	2.60
18	-	1.56	3.5	2.32	4.0	4.12	3.0	-	1.83	-	1.66	4.0	12.35	-	2.95	-	-	2.31	0.5	0.5	4.60	-	3.52	-	2.54
19	-	1.59	-	2.25	-	3.58	-	-	1.80	-	1.63	278.5	10.00	-	2.29	-	-	2.21	-	-	3.54	-	3.46	0.5	2.44
20	40.0	3.43	-	2.17	-	3.25	-	-	1.74	-	1.60	62.5	8.66	-	2.25	-	-	2.14	-	-	3.11	-	3.39	-	2.35
21	1.5	3.27	16.0	2.64	-	3.04	18.0	-	2.49	29.0	2.39	18.0	7.66	3.5	2.31	-	-	2.06	17.5	3.62	-	3.30	-	2.30	
22	-	2.47	-	2.84	-	2.87	-	-	2.09	3.0	2.62	3.5	6.98	0.5	2.26	-	-	1.96	20.5	5.27	-	3.22	0.5	2.27	
23	-	2.12	48.0	5.04	-	2.76	-	-	1.82	3.0	1.99	91.5	6.31	-	2.14	-	-	1.92	6.0	5.45	-	3.18	-	2.21	
24	-	1.92	15.0	9.91	-	2.65	10.5	5.0	1.99	12.0	2.75	23.5	5.82	-	2.07	-	-	1.91	-	4.20	-	3.13	0.5	2.15	
25	57.5	10.07	2.5	5.59	12.0	3.03	5.0	-	2.37	0.5	2.08	62.0	5.42	1.0	2.08	-	-	1.87	-	3.63	-	2.99	5.0	2.19	
26	6.5	6.23	-	4.39	-	2.76	-	-	1.90	-	1.84	2.0	5.05	-	2.02	-	-	1.84	-	-	3.30	1.0	2.89	1.0	2.23
27	36.5	10.19	-	3.77	-	2.56	-	-	1.74	-	1.74	5.5	4.70	-	2.00	-	-	2.28	1.0	3.08	3.08	4.5	3.08	0.5	2.09
28	0.5	7.41	12.0	3.94	-	2.48	-	-	1.69	-	1.66	18.5	4.67	-	2.01	-	-	1.92	22.0	4.62	-	2.88	0.5	2.09	
29	-	4.86	-	-	8.0	2.64	11.5	-	1.90	-	1.61	37.0	4.37	-	2.07	-	-	1.81	4.0	3.66	72.5	10.85	3.5	2.07	
30	1.5	3.97	-	-	16.0	2.96	12.5	-	2.85	36.5	3.47	0.5	4.03	67.0	7.47	-	66.0	4.64	-	3.27	6.5	9.41	1.5	2.09	
31	6.0	3.51	-	-	11.5	4.12	-	-	2.85	5.0	3.43	0.5	3.80	0.5	4.41	-	-	3.05	-	3.05	-	-	-	1.98	
合計	203.0	92.98	150.5	97.96	176.0	125.44	67.50	63.64	144.5	75.56	726.0	411.22	303.5	370.16	156.5	97.99	199.0	86.03	199.0	118.99	174.5	135.82	71.5	90.41	
流出係数				0.65		0.71		0.94		0.52		0.57		1.22		0.63		0.43		0.60		0.78		1.26	

**

年降水 年流出 年消出 流出

mm mm mm mm

2571.5 1766.2 805.29

**

最大 豊水 平水 低水 渴水 最小

mm/day mm/day mm/day mm/day mm/day mm/day

76.484 4.1959 2.9662 2.208 1.595 1.416

**

流出係数

0.6868

* は欠測
** は欠測を含む

表-8-4 West-2, 2001 年 29 ha

	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		
	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	
1	-	1.69	19.0	4.21	32.5	5.77	-	2.74	4.5	2.10	-	2.26	0.5	9.44	18.5	4.86	-	2.97	30.0	11.63	0.5	2.75	-	3.93	
2	2.5	1.71	-	3.41	3.5	7.44	-	2.51	56.5	9.98	-	1.90	-	7.94	-	4.15	-	5.5	2.75	1.0	4.52	-	2.68		
3	-	1.70	-	3.12	17.0	5.92	0.5	2.42	1.0	4.69	-	1.70	-	6.95	-	3.92	-	36.5	7.04	-	3.47	35.0	1.0	3.00	
4	-	1.69	11.0	3.19	5.0	6.77	-	2.29	-	3.43	-	1.61	-	6.18	-	3.71	-	0.5	3.59	2.0	3.09	0.5	4.02	3.13	
5	-	1.59	3.0	3.12	2.5	5.24	-	2.18	-	2.92	13.0	1.91	64.0	13.00	-	3.57	-	16.0	3.57	1.0	2.85	25.5	4.62	2.79	
6	-	1.51	8.0	3.70	12.0	4.69	-	2.14	-	2.60	23.5	4.28	73.0	45.78	-	3.54	-	17.0	4.02	-	2.71	12.0	7.35	3.04	
7	17.0	2.10	6.0	3.51	0.5	4.37	-	2.12	0.5	2.39	-	2.42	1.5	26.74	-	3.57	-	0.5	3.86	-	2.57	-	5.13	2.74	
8	4.5	1.94	-	3.32	-	3.99	-	2.10	1.0	2.29	-	2.15	-	15.47	2.5	3.50	-	1.0	3.26	0.5	2.51	-	4.22	2.62	
9	24.5	3.01	-	3.12	-	3.74	4.5	2.13	0.5	2.23	-	1.99	4.0	11.65	9.5	4.06	-	2.88	34.5	4.39	6.5	3.79	-	2.50	
10	-	2.52	-	2.95	-	3.57	-	2.07	-	2.10	-	1.88	-	9.23	50.0	7.93	-	0.5	2.67	0.5	3.59	6.5	4.14	2.37	
11	4.5	2.00	-	2.79	12.0	3.40	-	1.96	-	1.97	-	1.81	40.5	13.60	2.5	4.35	-	1.0	2.59	-	2.85	-	3.46	2.32	
12	-	1.86	0.5	2.84	2.5	3.22	2.5	1.96	-	1.89	-	1.73	114.5	59.96	-	3.89	-	2.43	-	2.63	-	3.19	19.5	2.79	
13	0.5	1.81	1.0	2.63	-	3.05	-	1.85	-	1.82	51.5	4.88	23.0	40.15	-	3.58	-	3.0	2.39	-	2.48	-	3.03	4.41	
14	-	1.75	0.5	2.57	-	2.89	-	1.80	-	1.78	25.5	7.95	1.5	24.42	-	3.37	-	34.5	4.43	-	2.36	3.5	2.97	2.91	
15	-	1.70	0.5	2.47	3.0	2.83	-	1.75	-	1.73	7.0	5.25	17.0	20.00	-	3.24	-	1.5	3.77	-	2.26	-	2.82	2.75	
16	-	1.71	4.0	2.56	1.5	2.71	-	1.71	-	1.66	-	4.13	3.5	14.97	-	3.11	-	0.5	2.99	37.0	3.86	-	2.70	3.0	2.62
17	-	1.69	1.0	2.37	30.0	5.29	-	1.69	-	1.61	-	3.50	33.5	16.99	-	3.01	-	2.68	21.5	6.12	-	2.60	5.5	2.60	
18	-	1.71	6.0	2.33	3.5	3.71	-	1.77	-	1.57	4.0	3.03	0.5	11.50	-	2.89	-	2.46	-	4.57	-	2.52	1.0	2.48	
19	-	1.76	-	2.27	-	3.32	-	1.71	-	1.53	267.5	73.07	-	9.63	-	2.81	-	2.31	-	3.63	-	2.50	-	2.38	
20	32.5	3.52	-	2.20	-	3.10	-	1.64	-	1.51	55.0	87.77	-	8.42	-	2.76	-	2.21	-	3.21	-	2.47	-	2.31	
21	0.5	2.87	16.5	2.69	-	2.92	18.0	2.45	28.5	2.49	18.5	21.79	-	7.56	5.5	2.95	-	2.16	18.0	4.88	-	2.39	-	2.26	
22	-	2.40	-	2.56	-	2.74	-	1.89	3.5	2.44	3.5	13.75	-	6.87	-	2.82	-	2.07	21.0	4.88	-	2.33	1.0	2.22	
23	-	2.17	51.0	5.55	-	2.62	-	1.70	2.5	1.84	88.5	23.81	-	6.32	-	2.63	-	1.99	5.0	4.85	-	2.28	-	2.15	
24	-	2.01	15.0	9.09	-	2.51	11.5	1.86	13.5	2.78	22.0	38.81	-	5.90	-	2.51	-	1.93	-	4.01	-	2.22	0.5	2.12	
25	54.5	8.67	3.0	5.85	11.5	2.78	5.0	2.15	-	1.96	65.5	40.35	-	5.50	1.0	2.46	-	1.88	-	3.53	-	2.16	1.5	2.17	
26	6.0	5.96	-	4.64	-	2.58	-	1.74	-	1.77	2.0	24.04	-	5.18	-	2.41	-	1.84	-	3.21	1.0	2.12	3.0	2.16	
27	35.0	9.06	-	4.04	-	2.42	-	1.61	-	1.65	5.5	15.38	-	4.90	-	2.32	-	2.43	1.0	2.98	4.5	2.26	3.0	2.06	
28	-	7.22	13.0	4.07	-	2.34	0.5	1.56	-	1.56	20.0	11.77	6.0	4.84	-	2.27	-	2.02	22.5	4.21	-	2.10	1.0	2.06	
29	-	4.92	-	2.49	7.5	2.49	11.0	1.79	-	1.50	37.0	15.94	-	4.54	-	2.23	-	1.82	4.0	3.35	70.5	7.90	3.5	2.03	
30	0.5	4.14	-	2.87	16.0	2.87	14.0	2.57	36.5	3.34	-	12.07	-	4.23	69.0	7.40	-	5.02	-	3.07	7.0	7.02	1.0	2.03	
31	5.0	4.02	-	3.61	13.0	3.61	-	2.57	6.5	3.16	-	-	-	4.01	-	3.90	-	5.02	-	2.86	-	-	-	1.94	
合計	187.5	92.39	159.0	97.16	173.5	114.92	70.50	59.85	155.0	76.31	709.5	432.91	383.0	431.88	158.5	109.75	197.0	88.05	199.5	115.89	173.0	104.99	72.5	80.19	
流出係数		0.49		0.61		0.66		0.85		0.49		0.61		1.13		0.69		0.45		0.58		0.61		1.11	

年降水 mm 2638.5 年流出 mm 1804.3 年消出 mm 834.22
 最大 mm/day 87.771 豊水 mm/day 4.0601 平水 mm/day 2.8183 低水 mm/day 2.1956 最小 mm/day 1.6112 流出係数 0.6838

* は欠測
 ** は欠測を含む

表-8-5 West-3 2001 年 41 ha

	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm
1	-	2.10	17.0	5.17	33.0	7.15	-	3.49	5.0	2.79	-	3.18	0.5	11.58	19.0	5.95	-	3.10	32.0	14.90	-	3.42	-	4.86
2	2.5	2.14	-	4.11	3.0	9.16	-	3.13	53.5	12.13	-	2.76	-	9.80	-	4.79	5.5	2.92	1.0	5.50	-	3.32	-	3.99
3	-	2.06	-	3.77	17.5	7.45	0.5	2.93	1.5	5.73	-	2.53	-	8.61	-	4.42	37.5	8.44	-	4.22	37.0	6.58	1.0	3.63
4	-	2.09	11.0	3.97	8.0	8.80	-	2.82	-	4.14	-	2.43	-	7.79	-	4.19	-	4.05	2.0	3.80	-	5.03	6.5	3.88
5	-	2.00	3.5	3.83	4.5	6.80	-	2.69	-	3.55	12.5	2.58	65.0	13.88	-	4.03	17.0	4.36	1.0	3.49	24.5	5.67	8.0	3.41
6	-	1.93	7.5	4.61	7.5	6.11	-	2.71	-	3.18	26.5	5.91	75.0	37.80	-	3.86	17.5	5.02	-	3.23	13.5	9.19	8.0	3.75
7	7.0	2.62	6.0	4.39	0.5	5.67	-	2.72	-	2.98	-	2.93	1.0	21.44	-	3.73	0.5	4.80	-	3.06	-	6.25	0.5	3.30
8	*	1.65	0.5	4.09	-	5.04	-	2.68	0.5	2.93	-	2.60	-	14.53	4.0	3.65	1.0	3.97	0.5	3.00	-	5.12	-	3.12
9	*	*	-	3.85	1.0	4.77	4.5	2.75	-	2.82	-	2.41	4.0	11.83	7.5	4.19	-	3.51	35.0	5.34	6.5	4.60	-	3.08
10	*	*	-	3.68	10.5	4.64	-	2.66	-	2.61	-	2.29	-	9.97	52.0	9.04	0.5	3.26	-	4.42	6.5	5.05	-	3.01
11	*	*	-	3.50	-	4.38	-	2.52	-	2.45	-	2.21	41.0	13.45	1.5	4.82	0.5	3.16	-	3.14	-	4.18	-	2.90
12	*	*	0.5	3.38	1.5	4.18	1.5	2.54	-	2.37	-	2.13	132.0	53.49	-	4.08	-	2.95	-	3.14	-	3.89	20.0	3.45
13	*	*	-	3.30	-	3.94	-	2.38	-	2.32	*	5.95	22.0	31.84	-	3.94	3.0	2.94	-	2.99	-	3.69	13.5	5.73
14	*	*	1.5	3.14	-	3.75	-	2.33	-	2.30	*	10.09	1.5	20.65	-	3.70	33.0	5.39	-	2.87	3.5	3.65	3.0	3.65
15	*	*	6.0	2.88	3.0	3.73	-	2.27	-	2.24	5.0	6.35	16.5	17.66	-	3.36	2.0	4.56	-	2.75	-	3.46	-	3.49
16	*	*	3.5	3.11	1.5	3.55	-	2.22	-	2.16	-	4.91	3.5	14.15	-	3.22	-	3.58	37.5	4.74	-	3.31	1.5	3.27
17	*	*	0.5	2.88	30.0	6.82	-	2.21	*	2.10	-	4.06	38.5	17.72	-	3.10	-	3.23	22.0	7.82	-	3.19	5.0	3.28
18	*	*	-	2.85	4.0	4.93	2.5	2.34	-	2.07	4.0	3.65	-	13.94	-	2.94	-	2.99	-	5.52	-	3.09	-	3.11
19	*	*	-	2.76	-	4.24	0.5	2.22	-	2.02	261.0	82.43	-	11.55	-	2.93	-	2.86	-	4.32	-	3.09	0.5	3.00
20	*	*	-	2.69	-	3.93	0.5	2.15	-	2.00	61.0	96.19	-	10.05	-	2.92	-	2.76	-	3.84	-	2.96	-	2.92
21	*	*	16.0	3.37	-	3.72	*	3.16	29.0	3.29	18.5	23.77	-	9.06	4.5	3.08	-	2.69	17.5	4.48	-	2.84	-	2.85
22	*	*	-	3.29	-	3.52	-	2.43	4.0	3.15	4.0	15.27	-	8.24	-	2.90	-	2.55	21.0	6.03	-	2.77	0.5	2.80
23	*	*	48.0	5.99	-	3.38	-	2.19	2.5	2.37	99.0	24.95	-	7.59	-	2.73	-	2.50	6.0	6.05	-	2.72	-	2.72
24	*	1.35	15.5	11.39	-	3.24	16.0	2.48	*	3.50	23.0	40.12	-	7.03	-	2.61	-	2.44	-	4.87	-	2.65	0.5	2.67
25	58.0	10.82	2.5	7.32	11.0	3.75	5.0	2.84	-	2.52	67.5	41.72	-	6.57	1.0	2.59	-	2.39	-	4.26	-	2.59	4.5	2.74
26	6.5	7.44	-	5.85	0.5	3.26	-	2.26	-	2.27	2.0	25.78	-	6.19	-	2.54	-	2.39	-	3.90	1.0	2.54	2.5	2.75
27	37.0	11.27	-	5.00	-	3.05	-	2.11	-	2.17	5.5	17.47	-	5.85	-	2.44	15.0	3.11	1.0	3.61	4.5	2.70	-	2.59
28	0.5	8.89	13.5	5.11	-	2.93	0.5	2.08	-	2.06	21.0	14.39	-	5.82	-	2.39	0.5	2.54	23.0	5.29	-	2.49	1.0	2.59
29	0.5	6.00	-	5.11	8.0	2.72	11.0	2.43	-	2.01	37.5	19.21	-	5.40	-	2.35	-	2.31	4.0	4.14	74.0	9.73	3.5	2.56
30	2.0	4.87	-	5.00	15.0	3.64	14.0	3.45	38.0	4.63	1.0	14.37	-	5.03	68.5	8.56	64.0	5.94	-	3.76	6.5	8.74	1.5	2.60
31	7.0	4.35	-	4.65	*	4.65	-	4.65	5.5	4.50	-	4.80	-	4.80	-	4.26	-	4.26	-	3.56	-	8.74	1.5	2.48
合計	121.0	71.60	154.0	119.27	160.0	146.89	56.50	77.20	139.5	97.37	649.0	484.68	406.5	423.32	158.0	119.31	197.5	106.72	203.5	142.31	177.5	128.52	73.5	100.17
流出係数	**	0.59	**	0.77	**	0.92	**	1.37	**	0.70	**	0.75	**	1.04	**	0.76	**	0.54	**	0.70	**	0.72	**	1.36

年降水 mm 2496.5
 年流出 mm 2017.4
 年流出 mm 479.14
 流出係数 0.8081

最大 豊水 平水 低水 渴水 最小
 mm/day mm/day mm/day mm/day mm/day mm/day
 96.191 4.9271 3.4087 2.6772 * *

* は欠測
 ** は欠測を含む

	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm	Pmm	Qmm
1	-	1.32	16.5	2.44	3.58	1.71	1.35	-	1.34	-	1.34	-	8.69	13.5	4.90	-	2.28	19.5	5.91	0.5	1.67	-	2.07	
2	1.0	1.32	-	1.97	4.17	1.58	6.52	-	1.15	-	1.15	-	7.72	-	4.40	-	2.16	1.0	2.50	-	1.64	-	1.79	
3	-	1.29	-	1.82	3.22	1.55	2.43	-	1.07	-	1.07	-	7.01	-	4.18	-	5.03	2.0	2.08	-	3.25	-	1.67	
4	1.5	1.28	8.5	1.90	3.69	1.47	1.78	-	1.03	-	1.03	-	6.43	-	4.01	-	2.61	-	1.93	-	2.37	-	1.83	
5	0.5	1.26	4.0	1.83	2.88	1.41	1.57	-	1.21	-	1.21	-	11.91	-	3.90	-	16.5	1.5	1.77	-	2.77	-	1.62	
6	0.5	1.25	8.0	2.21	2.69	1.38	1.44	-	2.81	-	2.81	-	81.0	-	3.78	-	19.5	3.25	1.64	-	4.02	-	1.83	
7	14.0	1.62	6.5	2.08	2.52	1.35	1.35	-	1.49	-	1.49	-	1.0	-	3.73	-	0.5	3.04	1.59	-	2.67	-	1.61	
8	4.5	1.45	-	1.94	2.31	1.33	1.34	-	1.32	-	1.32	-	10.64	5.0	3.69	-	1.0	2.55	1.58	-	2.28	-	1.58	
9	23.5	2.09	-	1.81	2.21	1.39	1.30	-	1.23	-	1.23	-	9.30	5.0	3.79	-	0.5	28.5	2.89	-	2.09	-	1.48	
10	-	1.65	-	1.72	2.15	1.33	1.22	-	1.17	-	1.17	-	8.19	49.0	7.16	-	2.15	-	2.22	-	2.39	-	1.41	
11	4.0	1.46	-	1.64	2.06	1.28	2.06	-	1.17	-	1.17	-	35.0	1.0	4.09	-	2.09	-	1.79	-	1.97	-	1.38	
12	-	1.37	-	1.59	1.99	1.31	1.14	-	1.08	-	1.08	-	29.37	-	3.65	-	1.97	-	1.66	-	1.86	-	1.71	
13	0.5	1.34	-	1.58	1.89	1.22	1.12	-	1.12	-	1.12	-	19.80	-	3.42	-	2.5	-	1.57	-	1.81	-	2.64	
14	-	1.31	-	1.58	1.81	1.20	1.12	-	1.12	-	1.12	-	14.28	-	3.24	-	2.95	-	1.50	-	1.76	-	1.74	
15	-	1.28	0.5	1.50	1.80	1.18	1.09	-	1.09	-	1.09	-	18.5	-	3.13	-	2.5	-	1.42	-	1.71	-	1.69	
16	-	1.30	3.5	1.54	1.74	1.16	1.06	-	1.06	-	1.06	-	13.48	-	3.01	-	1.99	-	2.49	-	1.64	-	1.61	
17	-	1.30	-	1.43	3.37	1.16	1.04	-	1.04	-	1.04	-	3.5	-	2.93	-	0.5	-	3.73	-	1.61	-	1.61	
18	-	1.30	5.5	1.42	2.32	1.21	1.03	-	1.03	-	1.03	-	24.5	-	2.84	-	1.92	-	2.55	-	1.56	-	1.58	
19	1.0	1.50	-	1.39	2.04	1.16	0.98	-	0.98	-	0.98	-	10.15	-	2.76	-	1.85	-	2.05	-	1.53	-	1.50	
20	24.5	2.20	-	1.36	1.90	1.13	0.92	-	0.92	-	0.92	-	9.07	-	2.72	-	1.77	-	1.86	-	1.49	-	1.46	
21	0.5	1.87	15.5	1.72	1.79	1.61	1.70	-	1.70	-	1.70	-	8.31	6.5	2.82	-	1.72	15.5	2.17	-	1.46	-	1.45	
22	-	1.58	0.5	1.55	1.71	1.22	1.50	-	1.50	-	1.50	-	7.19	-	2.67	-	1.65	16.5	2.74	-	1.44	-	1.39	
23	-	1.43	50.0	3.65	1.67	1.12	1.16	-	1.16	-	1.16	-	6.76	-	2.54	-	1.61	2.5	2.55	-	1.42	-	1.38	
24	-	1.34	16.0	5.32	1.61	1.33	1.78	-	1.78	-	1.78	-	6.39	-	2.41	-	1.58	-	2.15	-	1.40	-	1.38	
25	52.5	5.37	3.0	3.15	1.84	1.47	1.20	-	1.20	-	1.20	-	6.06	1.0	2.36	-	1.55	-	1.95	-	1.37	-	1.42	
26	6.0	3.33	-	2.50	1.63	1.17	1.08	-	1.08	-	1.08	-	5.76	-	2.31	-	1.53	-	1.80	-	1.36	-	1.40	
27	34.0	5.55	-	2.16	1.56	1.10	1.03	-	1.03	-	1.03	-	5.51	-	2.22	-	1.94	1.0	1.70	-	1.41	-	1.34	
28	-	3.72	12.0	2.25	1.53	1.11	0.98	-	0.98	-	0.98	-	6.0	-	2.04	-	1.59	21.0	2.53	-	1.35	-	1.36	
29	-	2.60	-	2.25	1.64	1.26	0.92	-	0.92	-	0.92	-	5.14	-	1.98	-	1.48	3.0	2.00	-	4.72	-	1.35	
30	-	2.19	-	2.25	1.64	1.26	0.92	-	0.92	-	0.92	-	4.87	59.0	5.42	-	3.45	-	1.85	-	3.67	-	1.34	
31	6.0	2.01	-	2.28	2.28	1.57	2.23	-	2.23	-	2.23	-	4.68	-	2.86	-	3.45	-	1.72	-	0.5	-	1.30	
合計	174.5	59.86	150.0	57.04	69.45	39.44	148.5	46.57	706.5	345.27	384.0	312.13	140.0	104.98	187.0	65.72	166.0	67.93	152.0	61.69	70.5	48.93	0.69	
流出係数	0.34	0.38		0.44	0.44	0.66	0.31	0.31	0.49	0.49	0.81	0.75	0.35	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.69

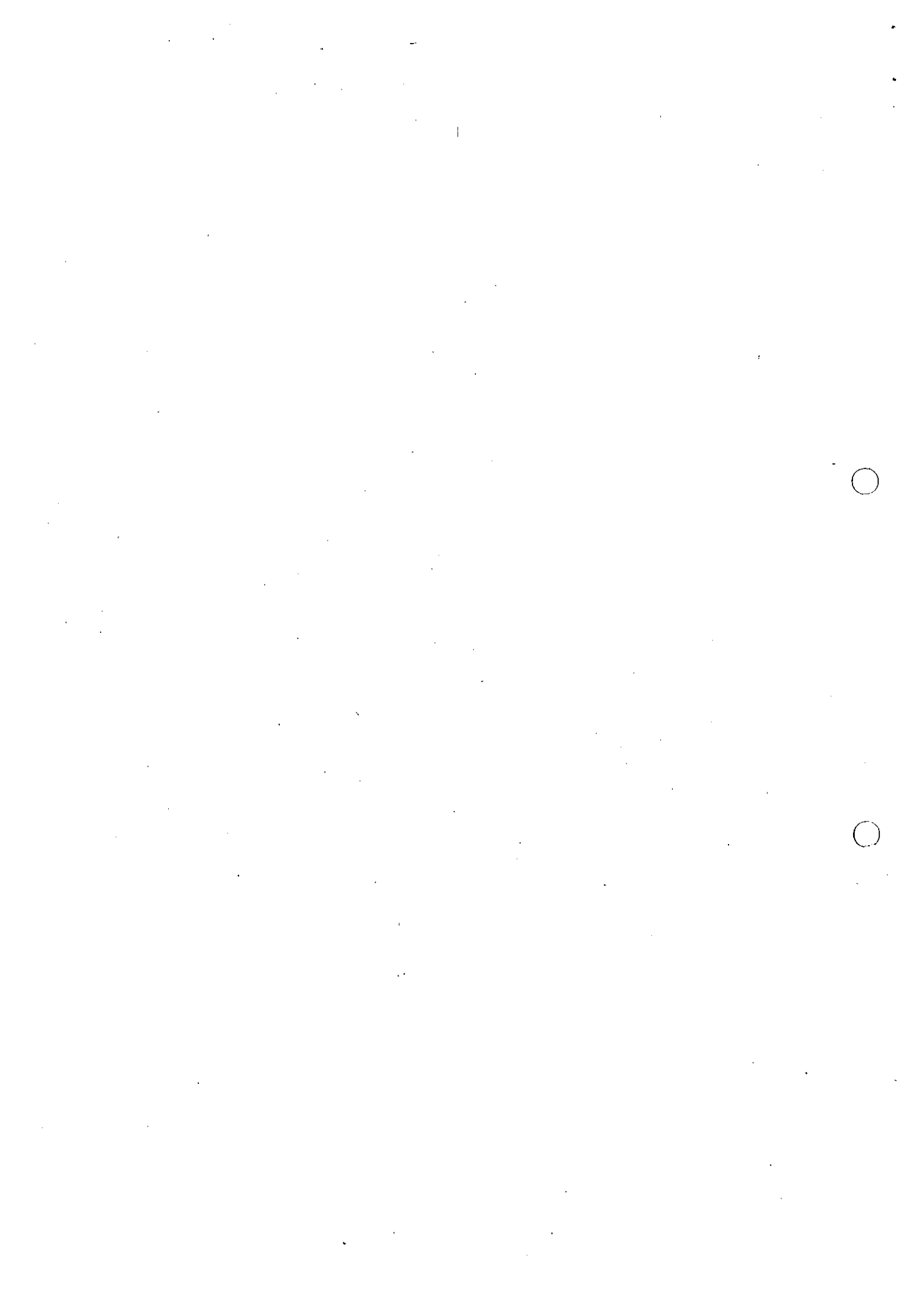
**

年降水 年流出 年消出 流出 最大 豊水 平水 低水 渇水 最小 流出係数
 mm mm mm mm/day mm/day mm/day mm/day mm/day mm/day mm/day mm/day
 2497 1279 1218 68.6 2.7691 1.8129 1.4291 1.0794 0.9248 0.5122

* は欠測
 ** は欠測を含む

表-9 各集水域の月降水量・月流出量

月	E1		E4		W1		W2		W3		W4	
	月降水量 mm	月流出量 mm	月降水量 mm	月流出量 mm	月降水量 mm	月流出量 mm	月降水量 mm	月流出量 mm	月降水量 mm	月流出量 mm	月降水量 mm	月流出量 mm
1	187.5	69.8	199.5	90.9	203.0	93.0	187.5	92.4	121.0	71.6	174.5	59.9
2	145.5	75.1	146.5	91.1	150.5	98.0	159.0	97.2	154.0	119.3	150.0	57.0
3	164.0	9.2	137.0	113.3	176.0	125.4	173.5	114.9	160.0	146.9	158.0	69.5
4	71.5	46.5	65.5	58.2	67.5	63.6	70.5	59.9	56.5	77.2	60.0	39.4
5	137.5	51.7	156.5	64.8	144.5	75.6	155.0	76.3	139.5	97.4	148.5	46.6
6	671.5	39.0	727.0	435.1	726.0	411.2	709.5	432.9	649.0	484.7	706.5	345.3
7	368.5	76.1	358.0	372.7	303.5	370.2	383.0	431.9	406.5	423.3	345.3	312.1
8	164.0	74.9	163.5	90.6	156.5	98.0	158.5	109.8	158.0	119.3	140.0	105.0
9	192.0	62.2	197.0	76.6	199.0	86.0	197.0	88.1	197.5	106.7	187.0	65.7
10	*30.5	89.5	178.5	91.0	199.0	119.0	199.5	115.9	203.5	142.3	166.0	67.9
11	*0.0	94.6	170.0	93.9	174.5	135.8	173.0	105.0	177.5	128.5	152.0	61.7
12	*52.5	66.6	69.0	71.7	71.5	90.4	72.5	80.2	73.5	100.2	70.5	48.9
計	*2185.0	845.0	2550.0	1650.0	1866.5	1766.0	1900.5	1804.0	2497.0	2017.0	2497.0	1279.0



平成14年度(2002年)

北海道林業試験場 年報

北海道立林業試験場

美唄市 光珠内

森林が河口域の水産資源に及ぼす影響の評価

研究期間 平成12～14年度(2000～2002) 区分 重点領域特別研究(道単)

研究担当者 長坂 有, 寺澤和彦, 佐藤弘和, 小野寺賢介, 長坂晶子

共同研究機関 北海道立水産試験場, 北海道立水産孵化場

1 目 的

森林で生産された様々な物質は、河川を通過して沿岸域に供給される。しかし、その物質の形態や供給量、また魚類の生息場や餌資源としての利用実態に関してはほとんど研究されていない。そこで、森林から河口域に至る物質の流れと、魚類など水生生物による利用形態を明らかにし、沿岸域の森林整備の方策を確立する。

2 方 法

石狩北部厚田村と浜益村の境界に位置する濃屋川流域(20km²)を調査対象流域とした。溪畔林から溪流への物質供給量は、濃屋川中流域の流路脇にリタートラップを設置し求めた。源流域から河口域まで水系次数別に調査定点(St.1～3)を設け、溪畔林から供給される有機物の溪流内での分解・貯留・流出過程について、底質サンプラー・サバーネットによりそれぞれ有機物を採取し、量的・質的な季節変化を調べた。また、沿岸域における冬期間の粗粒有機物(落葉)の分解過程を解明するため、リターバッグを海底に設置し、定期的に回収して分解過程を測定した。

一方、溪流内の代表的な生物としてサクラマス稚魚を、沿岸域の代表的な生物としてクロガシラガレイ稚魚をとりあげ、胃内容物調査および安定同位体分析により森林起源有機物への依存度を算出した。

3 結 果

(1) 森林溪流における物質生産の量的・質的評価

濃屋川沿いの溪畔林から溪流に落下したリター量は年毎にほぼ平均的に約5トン/haであり(図-1)、このうち落葉が全体の70%を占めた。また、源流域では、溪流に供給された有機物の約8割がそのまま溪床に留まり(図-2)、分解され、細粒有機物として集積されることがわかった。細粒有機物の溪流貯留量は粗粒有機物と同程度であり、とくに礫の隙間が貯留空間としてきわめて重要な役割を果たしていることがわかった。単位面積あたりの貯留量は源流域で最も多く、中流域、河口域の1.7倍であった。また濃屋川河口から沿岸海域に流出する総有機物量は1年間で163.5トン、うち粗粒有機物は1.4トン、細粒有機物は67トン、溶存有機物は95トンと算出され、総有機物に占める各成分の割合はそれぞれ粗粒1%、細粒41%、溶存態58%であった(図-3)。

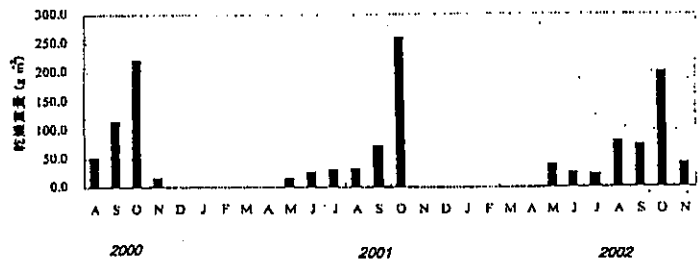


図-1 溪畔林からの直接落下有機物量の月別変化 (2000年8月～2002年11月)

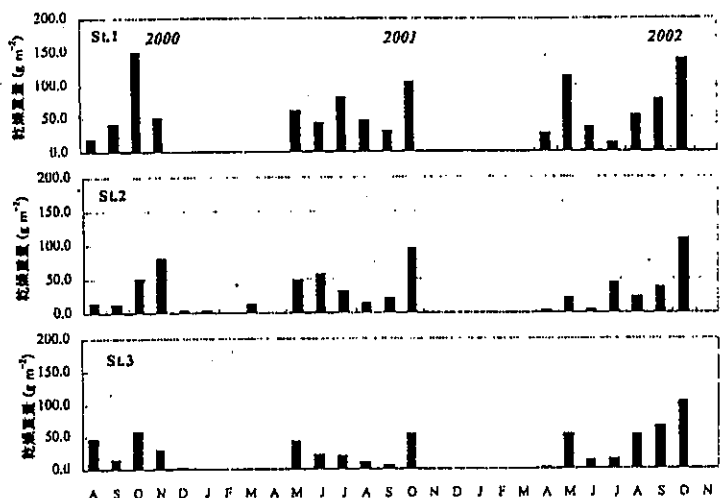


図-2 溪床の粗粒有機物滞留量の月別変化

毎週、もしくは2週間毎の計測値を月別に積算した。

冬期間は積雪・結氷などのためSt.1では採集できなかった。

(2) 沿岸域森林および森林起源物質の生息場としての評価

サクラマス稚魚は、春季には鱗翅目幼虫を、夏季～冬季にはタキヨコエビを介して、その体成分の約40～70%が森林起源の有機物によって支えられていることが明らかとなった。濃昼川の河口近傍の海底では、森林からの粗粒有機物が堆積して形成された「落ち葉だまり」に、トンガリキタヨコエビを主体とする端脚類群集が形成され、クロガシラガレイの0歳魚の主食となっており、年間成長量の22.0%がトンガリキタヨコエビの存在を介して森林起源の有機物に支えられていると試算された。

(3) 水産資源増殖のための沿岸森林管理技術の検討

濃昼川流域の溪流－河口域の生態的つながりの特徴は、溪流・沿岸域それぞれに分布し、落葉リターの分解者となっている端脚類群集に代表されるように、森林起源有機物への依存度が高い生物が食物連鎖のなかで重要な役割を担っていることに象徴される。溪流内では、有機物の保持構造が維持されることにより、生物による繰り返し利用を経て細粒化されるとともに、高次のエネルギーに転換されていくことが可能となる。その場合、より貯留能の高い源流域の溪畔林の保全、倒流木や礫など有機物を効果的に保持する構造を維持することが大切である。また、沿岸河口域の「落ち葉だまり」形成には河口近くの溪畔林が大きな役割を果たすと考えられ、溪畔林の連続性を維持することが重要である。

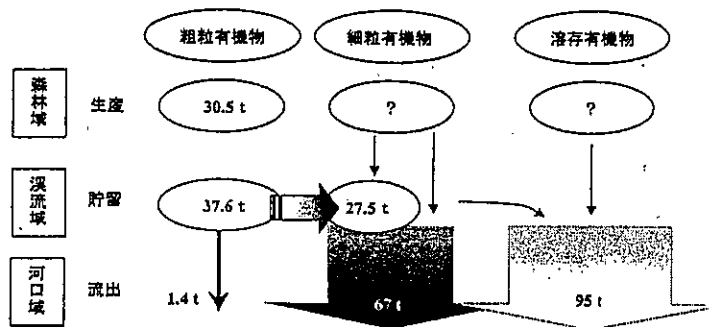


図-3 有機物採取の実測値から得られた濃昼川(流域面積 20km²)における1年間の有機物動態
細粒有機物と溶存有機物の森林域からの生産量は実測していないため、?(未知)とした。