

(23) 伊自良川上流の森林流域における 栄養塩流出負荷量の評価

酒井 友美¹・井上 隆信^{2*}・横田 久里子²・大久保 陽子²

¹豊橋技術科学大学大学院 工学研究科 (〒441-8580愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1)

²豊橋技術科学大学大学院 建築・都市システム学系 (〒441-8580愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1)

* E-mail: inoue@ace.tut.ac.jp

岐阜県山県市伊自良川上流の流域内が森林のみの地点において、高頻度の調査を行い全窒素・全リンの年間比流出負荷量の算出を行った。2日に1回観測したデータを用いて、濃度・流量一定法、濃度一定法、LQ式の数値法と直接法による算出値をもとに、最適な年間比流出負荷量算出方法についての評価を行った。年間比流出負荷量について、全窒素は流量の連続観測と2週間以内の調査での算出値と、LQ式の直接法を用いた算出値がほぼ同じになり、全リンについては、流量の連続観測と8日間以内の調査での算出値と、LQ式の数値法を用いた算出値がほぼ同じになり、LQ式の直接法で高い値となった。年間比流出負荷量は全窒素で他流域に比べて高い値を示し、全リンは他流域と同程度の値であった。

Key Words : total nitrogen, total phosphorous, annual runoff loads

1. はじめに

湖沼などの閉鎖性水域では、植物の制限因子である窒素やリンの流入による富栄養化が依然として問題となっている。主な汚染源は2つに分けられる。1つは工場や家庭など発生源が特定できる特定汚染源、もう1つは森林や農地など発生源が特定できない非特定汚染源である。特定汚染源については法令などによる規制が行われており減少傾向にあるが、非特定汚染源は規制が十分に行われておらず、また降雨の影響を受け発生負荷量に変化するため、年間流出負荷量を予測することは難しい¹⁾。非特定汚染源の1つである森林は日本の国土面積の約66 %²⁾とかなりの割合を占めており、そこからの発生負荷量の正確な算出を行うことはきわめて重要である。森林流域からの栄養塩流出負荷に関する調査は数多く実施されているが³⁻⁹⁾、高頻度で調査を行っているものは少ない。正確な流出負荷量を把握するには降雨時調査を行うことが望ましいが、定期調査による算出に着目して評価を行うこととした。

本研究は伊自良川流域における高頻度の定期調査によって得られたデータを基に、全窒素・全リンの年間流出負荷量を4つの異なる算出方法を用いて算出するこ

とで、連続流量データの有無と採水頻度が年間負荷量算出へ与える影響を検討すること、それによって年間流出負荷量の正確な値を算出する方法を把握すること、算出値と他流域の森林からの汚濁負荷量原単位とを比較し検討することを目的とした。

2. 研究方法

(1) 調査地

調査地点は、岐阜県山県市にある伊自良湖の主要流入河川にあたる伊自良川の上流部である(図-1)。伊自良湖は島根県蜷川湖とともに、13カ国が加盟している東アジア酸性雨モニタリングネットワークの我が国のモニタリング地点に設定されている¹⁰⁾。調査地点は伊自良湖流入地点より約1.7 km上流であり、流域には民家等の人為的汚染源がない地点である。集水域面積は92 haで、最大標高は釜ヶ谷山の696 mである。植生はスギ・ヒノキ・サワラ植生の地域が最も多く¹¹⁾、地質はジュラ紀-白亜紀最前期の美濃帯堆積岩コンプレックスに属する根尾メランジのチャートに分類される¹²⁾。

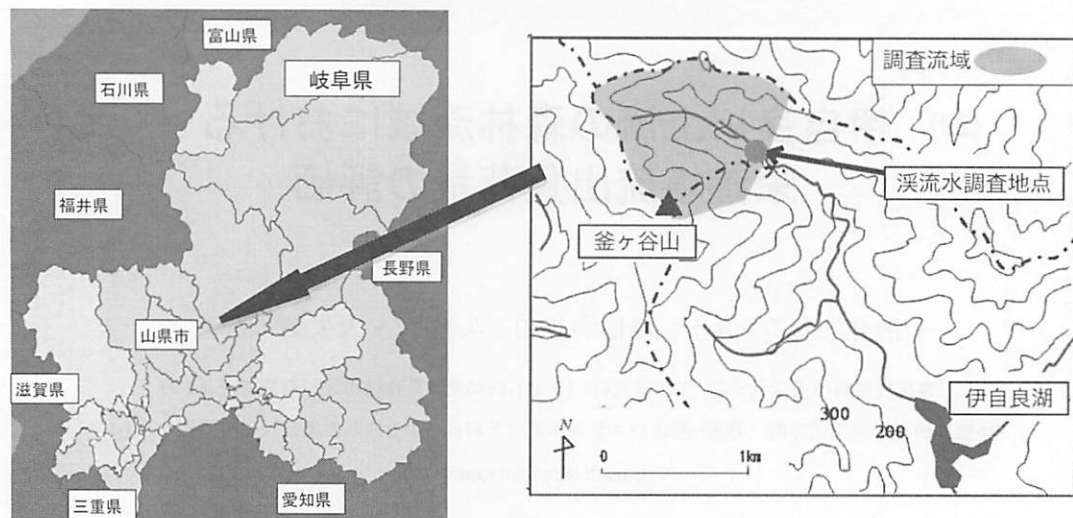


図-1 調査流域および調査地点

(2) 調査方法

調査地点（北緯 $35^{\circ} 34'47.1''$ ，東経 $136^{\circ} 41'27.9''$ ，標高300 m）に設置した自動観測機で，水位，水温，pH，電気伝導度，雨量の測定をした．記録および制御装置にはデータロガー（CR-10X, Campbell Scientific, Inc.）を用いて，10秒間隔の瞬間値の10分間平均値を記録した．また同じ地点に自動採水機（6712型, ISCO）を設置し，2日に1度の採水を行った．さらに標高425 m地点に転倒マス雨量計とデータロガー（アメンボ RF-3，株式会社T&D）を設置，観測した．現地調査は2週に1度行い，観測データおよび自動採水機のサンプルの回収，採水，流速・水位測定，pH電極の校正を行った．

自動採水機によって採水したサンプルは，持ち帰り室内分析を行った．分析項目は，全窒素（TN），全リン（TP）である．懸濁物質（SS）は以前の観測において降雨時でも濃度が低かったため，測定を行わなかった．なお2週毎の調査日には自動採水機の起動時に採水も行い，調査日に持ち帰った試料水と2週間自動採水機中に保存した試料水の分析を行い，2週間保存による影響を確かめた．

本論文では，2010年4月～2011年3月を対象期間とし，考察には流量・水位・TN及びTP濃度を用いた．

a) TNの分析方法

試料水を水酸化ナトリウム-ペルオキシ二硫酸カリウム溶液を用いて高圧蒸気滅菌器で分解し，塩酸（1+16）でpHを2～3にした．その後，Auto Analyzer (BRAN LUEBBE社)を用いて，銅・カドミウムカラム還元-ナフチルエチレンジアミン吸光光度法により550 nmで測定した．

b) TPの分析方法

試料水をペルオキシ二硫酸カリウム溶液を用いて高圧蒸気滅菌器で分解し，Auto Analyzer (BRAN LUEBBE社)を用いて，モリブデンブルー吸光光度法により880 nmで測定した．

(3) 流量算出方法

現地調査時に流量観測と水位測定を行い，図-2に示す水位流量曲線を作成した．この式を用いて，自動観測機による水位データより10分間隔流量の算出を行なった．なお，台風による9月8日の洪水の影響により観測地点の状況が変化したため，台風前は上段，台風後は下段の水位流量曲線を用いて流量を算出した．図-3に台風後の水位観測地点の河道断面図を示したが，堰を設けず自然の河川上で両岸に岩が露出している地点で観測した．

(4) 年間比流出負荷量算出方法

流量の連続観測データと2日間隔でのTN，TP濃度データを用いて，最も確からしい年間比流出負荷量を算出するために，4つの推定方法で算出を行った．

a) 推定方法①

流量の連続観測が行われていない場合で，現地調査時に流量観測と採水を行い，成分濃度分析を行うことを想定した算出方法を示す．

調査時における流量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$ ，成分濃度 $c(\text{mg}/\text{L})$ を用いて流出負荷量を算出する．この負荷量が測定間隔前後の1/2の期間の負荷量を代表しているとして，年間比流出負荷量 $L_1(\text{kg}/\text{ha}/\text{year})$ を算出する方法である．つまり2週に1度の調査時の流量と濃度が2週間一定と仮定して年間比流出負荷量を算出した．また，自動採水

機による採水時の水位データと成分濃度を用いて、8日・4日・2日毎に調査を行った場合についても年間比流出負荷量の算出を行った。dは調査間隔日数、Aは流域面積(ha)とする。L₁は次式により算出される。

$$L_1 = \frac{1}{A} \sum_{m=1}^{365} (3.6 \times 24 \times d \times (c_m \times Q_m)) \quad (1)$$

b) 推定方法②

現地調査だけでなく、水位の自動観測機を現場に設置して流量の連続観測データが得られる場合についての算出方法を示す。

流量の連続データと調査時の成分濃度c(mg/L)を用いて年間比流出負荷量L₂(kg/ha/year)を算出する方法(式(2))である。今回は10秒間隔の瞬間値を1時間の平均流量Q(m³/s)とし、調査日の濃度c(mg/L)は推定方法①と同様に期間内に変化しないと仮定して、年間比流出負荷量を(2)式より算出した。また、自動採水機による採水時の水位データと成分濃度を用いて、8日・4日・2日毎に調査を行った場合についても年間比流出負荷量の算出を行った。

$$L_2 = \frac{1}{A} \sum_{m=1}^{365} (c_m \times \sum_{i=1}^{24 \times d} (3.6 \times Q_i)) \quad (2)$$

c) 推定方法③、④

流出負荷量は、流量と水質成分負荷量の関係を式で表した経験式を用いて行う回帰結果より算出できる。流量と水質成分負荷量の経験式はLQ式で示される。Lは比流出負荷量(g/ha/s)、Qは流量(m³/s)、a、nは係数である。

推定方法③では、 $L = a \times (Q / A)^n$ をそれぞれの対数での回帰直線として求める対数法

$\log L = \log a + n \times \log (Q / A)$ を用いた。これによって求めた係数 a、n と 1 時間当たりの平均比流量 Q/A (m³/ha/s) を用いて年間比流出負荷量 L₃ (kg/ha/year) を算出した(式(3))。

$$L_3 = \sum_{i=1}^{24 \times 365} (3.6 \times a \times \left(\frac{Q_i}{A} \right)^n) \quad (3)$$

推定方法④では、LQ式を用いて直接最小二乗法により、誤差の総和をもとめ試行錯誤的に係数と指数の最適解を求める直接法を用いた。これによって求めた係数 a'、n' と 1 時間当たりの平均比流量 Q/A (m³/ha/s) を用いて年間比流出負荷量 L₄ (kg/ha/year) を算出した(式(4))。

$$L_4 = \sum_{i=1}^{24 \times 365} (3.6 \times a' \times \left(\frac{Q_i}{A} \right)^{n'}) \quad (4)$$

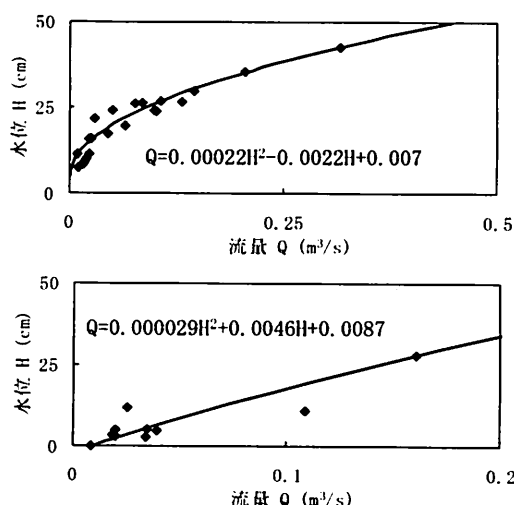


図-2 観測地点における水位流量曲線
上段は9月8日の台風前、下段は台風後

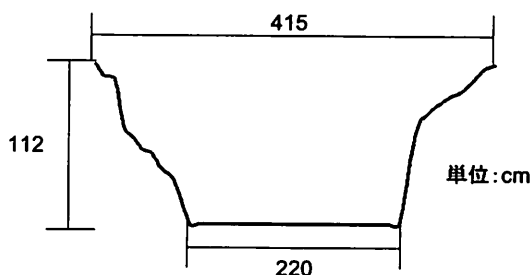


図-3 水位観測地点の河道断面図

3. 結果と考察

(1) サンプル放置の影響

自動採水機で採水したサンプルは回収するまで最長で2週間採水機の中に放置される。しかし無電源での観測を行っており保存期間中低温で保存ができないため、保存期間中に濃度が変化しないか検証を行った。検証を行うために、調査時に採水して持ち帰るとともに、自動採水機でも採水を行い次の調査時に回収した。持ち帰った後すぐに測定したTN、TP濃度と、自動採水機の中に2週間放置した後に持ち帰って測定したTN、TP濃度との関係を図-4に示した。相関係数はTNで $r=0.73$ 、TPで $r=0.70$ となった。対照線から少しずれているものについて、季節的關係、採水時の流量との関係が見られなかったため相関係数が高くなかった理由は不明である。しかし調査時に採水したものと2週間放置後に回収したサンプルとの濃度差の最大はTNで0.17 mg/L、TPで1点(0.013 mg/L)を除いて0.004 mg/Lであった。このため、

2週間放置していることによる濃度への影響は許容範囲内であると考えて以下の解析を行った。

(2) 流量および降水量の経時変化

水位流量曲線より算出した1時間毎の平均流量および日降水量を図-5に示した。9月末までは降雨時に流量が増加するため流量の変化が激しいが、10月以降は降雨が少なかったためあまり変化しなかった。9月8日は台風により1時間あたりの最大積算雨量74 mmとなり、1時間当たりの最大平均流量 $1.70 \text{ m}^3/\text{s}$ と非常に多くなった。また、年間平均流量は $0.070 \text{ m}^3/\text{s}$ 、流域内で観測した年間降水量は3414 mmであり、年間流量は年間降水量の約70%であった。近傍の気象台における年間降水量は、美濃気象台（北緯 $35^\circ 33.4'$ 、東経 $136^\circ 54.6'$ 、標高68 m）で2925 mm、岐阜気象台（北緯 $35^\circ 24.0'$ 、東経 $136^\circ 45.7'$ 、標高13 m）で2190 mmであった。年平均降水量は美濃気象台で2153 mm、岐阜気象台で1828 mmであることから、2010年度は降水量が多かった年であることが言える。降雨時の流量観測が行えていないため、高流量時の流量が正確でない可能性は否定できないが、図-3に示したように、兩岸の水位70 cmまではほぼ直線で河道断面形状が台形であることや、小森林流域における流出率が年間降水量3400 mmで70~90%である¹³⁾のに対して本対象流域における年間降水量3414 mmでの流出率が約70%であったことから、ほぼ妥当な流量が推定できていると考えた。

(3) 濃度の経時変化

TN、TP濃度の経時変化を図-6に示した。TNの平均濃度は 0.55 mg/L になり、年間で $0.4 \sim 0.8 \text{ mg/L}$ の範囲で変化しており季節変化は見られなかった。生育期には植物による窒素の利用が活発になるため、濃度減少が考えられるが本調査地では見られなかった。その要因として日本の森林流域は、生育期に降雨が集中することや急峻な地形を持つといった無機態窒素の流出に適した条件であるため、生育期においても硝酸イオン濃度が流出水によってある程度高められ、1年を通して濃度変化が少ないことが考えられる¹⁴⁾。また、伊自良川流域はN沈着量が多いことが指摘されており¹⁵⁾、その影響も考えられる。

TPの平均濃度は 0.008 mg/L になり、10月中旬から3月末にかけて特に一定の濃度を示していた。これは流量の変化と類似しているように見え、表流水による懸濁物の流入が要因とも考えられる。また、夏の濃度が高いため、植物による利用が少ないことも考えられる。

(4) 年間比流出負荷量算出方法

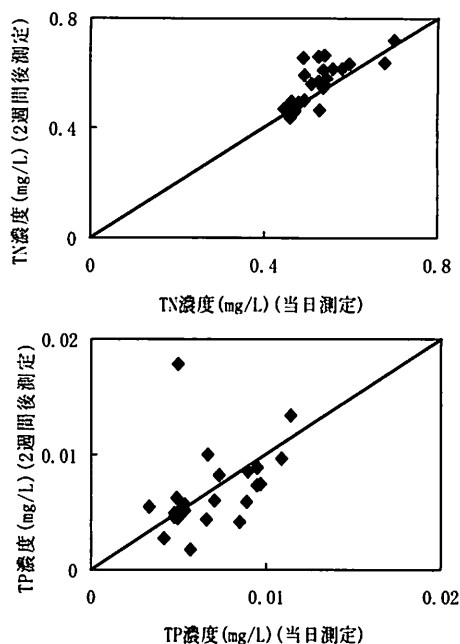


図-4 当日測定と2週間後測定のTN、TP濃度

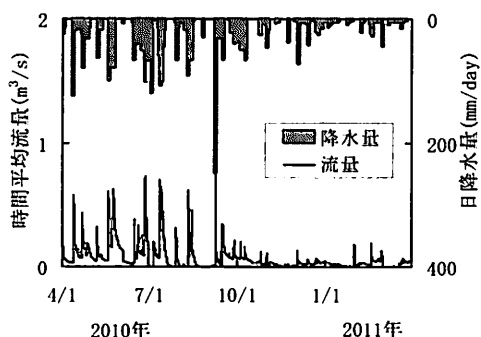


図-5 時間平均流量および日降水量の変化

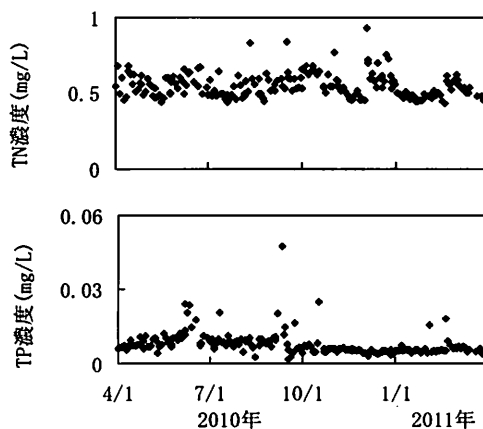


図-6 TN及びTPの濃度変化

表-1 年間負荷量推定結果

		推定方法									
		①-1	①-2	①-3	①-4	②-1	②-2	②-3	②-4	③	④
年間負荷量	TN	18.9	11.9	13.2	14.7	12.7	13.2	13.6	13.5	16.5	13.7
(kg/ha/year)	TP	0.325	0.191	0.215	0.255	0.181	0.216	0.240	0.239	0.225	0.256
年間流量		32.2	21.2	24.1	25.7			24.0			
($\times 10^3$ m ³ /ha/year)											

年間比流出負荷量推定結果を表-1に示した。推定方法①は、2週毎(①-1)、8日毎(①-2)、4日毎(①-3)、2日毎(①-4)として表記した。推定方法②についても同様の分け方をした。また、推定方法③と④におけるLQ式中の係数a、nと、LQ式によって求めた比流出負荷量と測定値の相関係数を表-2に示した。さらに、実測値とLQ式の数値法及び直接法の関係を図-7に示した。算出方法③、④によって算出した値は、9月8日の台風時の流出負荷量を反映したLQ式とはなっていないが、本対象流域では降雨時においても大抵SS濃度が低く、LQ式の係数nが1付近であることから流量の増減にかかわらず濃度が変化しない濃度一定型に分類されることや、比流量で0.0061 m³/ha/s、流量で0.56 m³/sの時のデータを取得できていることから、算定したLQ式は妥当であると考えられる。

a) 年間流量について

連続観測データを用いて算出した年間流量は 24.0×10^3 m³/ha/year が最も実際の値に近いと考えられる。この値と比較して、推定方法①-1、①-2、①-3、①-4 は、134%、88%、100%、107%となり、調査頻度を上げるにつれて差が小さくなった。降雨時には短期間での流量変化が見られるため、正確な流出負荷量の算出には流量の連続観測を行うことが望ましいと考えられる。

b) TNについて

推定方法①-1を用いて算出した年間比流出負荷量 18.9 kg/ha/year は②-1と比較して、149%大きかった。これは①-1の年間比流量が多いことが大きく影響し、過剰評価になっていると考えられる。そこで連続流量データを用いた算出を行い、調査頻度が最も多い②-4の年間比流出負荷量 13.5 kg/ha/year とそれぞれの頻度での年間比流出負荷量と比較した。推定方法①は調査頻度が高くなるにつれて、140%、88%、98%、109%と差が小さくなり、誤差を10%以内にするには、4日以下の調査頻度が必要であると言える。推定方法②も同様に比較すると、94%、98%、101%と差が小さくなり、流量を連続観測している場合は2週間に1度の調査で正確な流出負荷量算出が行える。推定方法③は②-4と比較して122%と差が大きくなった。この要因としては、対数法のnの値が1.04と直接法の1.00と比べて高かったことによる。推定方法④は②-4と比較して101%と差

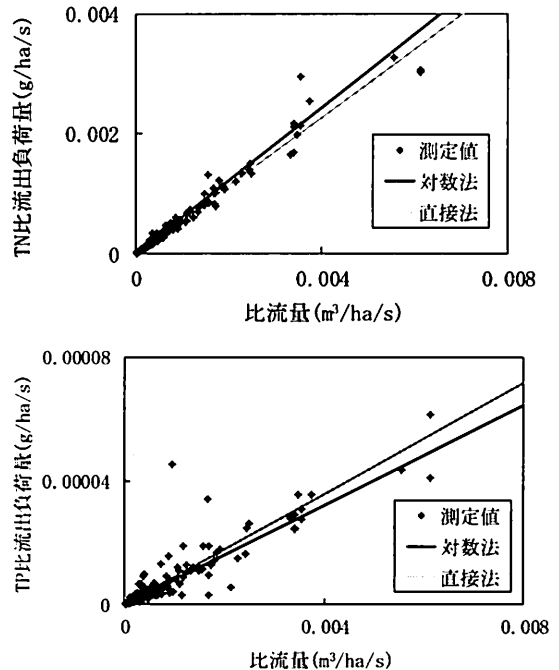


図-7 実測値と対数法及び直接法の比較

が小さかった。このことから、推定方法④の直接法の方がより正確な年間比流出負荷量を算出できると言える。

c) TPについて

推定方法①-1を用いて算出した年間比流出負荷量 0.325 kg/ha/year は②-1と比較して、179%大きかった。そこで連続流量データを用いた算出を行い、調査頻度が最も多い②-4の年間比流出負荷量 0.239 kg/ha/year とそれぞれの頻度での年間比流出負荷量と比較した。推定方法①は調査頻度が高くなるにつれて、136%、80%、90%、107%と差が小さくなり、誤差を10%以内にするには、4日以下の調査頻度が必要であると言える。推定方法②も同様に比較すると、76%、90%、100%と差が小さくなり流量の連続観測を行う場合は、8日毎の調査頻度で正確な年間比流出負荷量を算出できると言える。推定方法③は②-4と比較して94%、推定方法④は②-4と比較

表-2 係数 a, n 及び相関係数

		a	n	相関係数
推定方法③	TN	0.74	1.04	0.98
	TP	0.010	1.05	0.90
推定方法④	TN	0.57	1.00	0.98
	TP	0.012	1.06	0.90

表-3 山林からの汚濁負荷量原単位¹⁶⁾

	TN (kg/ha/year)	TP (kg/ha/year)
原単位調査結果例の 最大値～最小値	0.3～20.9	0.01～1.31
指定湖沼	1.4～6.8	0.08～0.32
霞ヶ浦	5.7	0.20
諏訪湖	4.2	0.32
琵琶湖	5.7～6.8	0.10
内湾	6.9	0.18

して107 %となった。これは直接法のnの値が1.06と対数法の1.05より大きかったことによると考えられた。また、推定方法③、④ともにTNに比べて実測値との相関係数が低くなった。これはわずかであるがTP濃度が懸濁物の流入等による影響を受けるため、同じ流量でも濃度の変化が大きかったことによると考えられる。

(5) 他の調査地との比較

山林からの汚濁物質負荷量原単位¹⁶⁾を表-3 に、他の調査地における流出負荷量を表-4示す。

推定方法④によって算出したTN年間比流出負荷量13.7 kg/ha/year, TP年間比流出負荷量0.256 kg/ha/yearを代表値として比較を行った。山林からの汚濁負荷量原単位と比較すると、TN負荷量は指定湖沼や内湾の約2倍と高かった。しかし非特定汚染源に対して算出された原単位は過小評価となっている場合が多い¹⁾。TP負荷量は指定湖沼の値と同程度であるが、琵琶湖や内湾の値よりも高かった。また、他流域における山林からの流出負荷量と比較すると、TN負荷量は2倍以上高い値となった。その要因は、美濃気象台における年間降水量2925 mmが、年平均降水量2153 mmよりも772 mm多かったために比流量が65.9 m³/ha/dayと高い値となったこと、窒素の総年間沈着量（平成15～19年度平均）が130 mmol/m²/yearと日本の他の地域に比べて高いこと¹⁵⁾によって、TN年平均濃度が0.55 mg/Lと高くなったことによる。本流域において窒素の沈着量が大きい原因としては、全体の90%が弱風型であることと、濃尾平野周辺の他の観測点におけるNO_x高濃度日の出現状況も同様の傾向を示し地域差がほ

表-4 他流域における山林からの流出負荷量

	比流量 (m ³ /ha/day)	TN (kg/ha/year)	TP (kg/ha/year)	調査年	対象流域
梅本 ら ³⁾	22.13	2.35	0.05	1997～ 1998	兵庫県 銀山湖流入河 川
岩坪 ら ⁴⁾	20.54		0.12	1962～ 1963	京都府 上賀茂試験地
渡部 ら ⁵⁾	10.55	3.29	0.19	1980～ 1983	香川県 土器川上流
堤ら ら ⁶⁾		1.83 ～ 4.20	0.13 ～ 0.55	1989	滋賀県 若女・梁ヶ 谷・竜王山
國松 ら ⁷⁾		1.05	0.04	1989	滋賀県 三上山森林実 験流域
國松 ら ⁸⁾	31.20～ 44.82	1.92 ～ 4.14	0.11 ～ 0.22	1991	滋賀県 朝日の森
生田 ら ⁹⁾		1.22 ～ 5.62	0.04 ～ 0.18	1989～ 1995	鳥取県 本谷流域

とんど見られないことから、各々の地域内に存在する近傍の発生源の影響が大きい¹⁷⁾とされているが、他流域に比べて高い原因は不明である。TP負荷量については、他流域の高い値と同程度になった。本調査流域はLQ式（対数法）のn値が1.05であることからわかるように、降水時においてもSS濃度が増加しなかった。これは地質がチャートであり、土壌層が薄いことによると考えられる。このため、他流域でTP負荷量が高くなる要因である降雨時の懸濁物リンの負荷量が多くないことから、比流量が高いにもかかわらず他流域と比較して大きな値にならなかったと考えられる。

4. 結論

流量連続データを用いて算出した年間流量が24.0×10³ kg/ha/yearとなったのに対して、2週毎の調査頻度で流量測定を行った場合の年間流量は322×10³ kg/ha/yearで134%になった。2週毎の流量データを用いて算出された年間流出負荷量は、流量連続データを用いた算出値と比較してTN149%、TP179%と大きな差となった。また、流量連続データを用いて算出した年間流出負荷量は採水頻度2日毎でTN13.5 kg/ha/year, TP0.239 kg/ha/yearとなったのに対して、2週毎の採水頻度でTN12.7 kg/ha/year, TP0.181 kg/ha/yearでそれぞれ94 %、76 %になり、調査頻度を上げると差は小さくなった。LQ式を用いた算出値は対数法でTN16.5 kg/ha/year, TP0.225 kg/ha/yearとなり、直接法でTN13.7 kg/ha/year, TP0.256 kg/ha/yearとなった。

これらを流量連続データと2日毎の採水頻度による算出値と比較すると、対数法が122%と94%であったのに対して、直接法は101%と107%とTNについてはかなり小さい差となった。

全窒素は流量の連続観測と2週間以内の調査での算出値と、LQ式の直接法を用いた算出値がほぼ同じになり、全リンについては、流量の連続観測と8日間以内の調査での算出値と、LQ式の対数法を用いた算出値がほぼ同じになり、LQ式の直接法で高い値となった。

さらに、TN年間比流出負荷量13.7 kg/ha/yearは他流域に比べて2倍かそれ以上高いことが明らかとなった。TP負荷量0.256 kg/ha/yearは他流域と同程度であるが琵琶湖や内湾の原単位の値よりも高い結果となった。

謝辞：本研究の一部は、環境省の環境研究総合推進費（B-0908）の支援により実施した。

参考文献

- 1) 井上隆信：非特定汚染源の原単位の現状と課題，水環境学会誌，26(3)，pp. 131-134, 2003.
- 2) 森林・林学学習館，<http://www.shinrin-ringyou.com/>.
- 3) 梅本諭・駒井幸雄・井上隆信：山林域小水域における栄養塩類の濃度変動と流出特性，国立環境研究所研究報告「水環境における流出特性に関する研究」，R-144，pp. 101-113, 1999.
- 4) 岩坪五郎・堤利夫：森林内外の降水中の養分量について(Ⅲ) 流亡水中の養分量について，京大演報，40，pp. 140-156, 1967.
- 5) 渡部春樹・伊井貞博・田中金春：林地からの汚濁流出特性，下水道協会誌，24(273)，pp. 41-51, 1987.
- 6) 堤利夫編：森林生態系，朝倉書店，1989.
- 7) 國松孝男・須戸幹：林地からの汚濁負荷とその評価，水環境学会誌，20(12)，pp. 810-815, 1997.
- 8) 國松孝男・須戸幹，島田佳津比古，海老沢秀夫：朽木『朝日の森』落葉広葉樹二次林における水質形成機構に関する研究（Ⅰ）隣接する2試験流域から流出する溪流水の水質特性の比較，森林文，1992.
- 9) 生田和義・藤山英保・長井武雄：山林小流域からの窒素流出に影響をおよぼす溪流流量と土壌温度，日本土壌肥科学雑誌，66(4)，pp. 348-355, 1995.
- 10) 東アジア酸性雨モニタリングネットワーク，<http://www.canet.co.jp/index.html>
- 11) 高橋慎也・井上隆信・対馬孝治・崎岡聖導・松永武：伊自良川における降雨時の水質変化特性，環境工学研究論文集，46，pp. 565-572, 2009.
- 12) 脇田浩二：谷汲地域の地質，地質研究所，1991.
- 13) 中野秀章：森林水文学，共立出版，1976.
- 14) 大類清和：森林生態系での“Nitrogen Saturation” -日本での現状-，森林立地学会誌，39(1)，pp. 1-9, 1997.
- 15) 環境省：酸性雨長期モニタリング報告書（平成15～19年），2009.
- 16) 社団法人日本下水道協会：流域別下水道整備総合計画調査指針と解説，pp. 59, 2009.
- 17) 森博明・北田敏廣，濃尾平野における高濃度日の出現状況と気象条件との関係，大気環境学会誌，34(5)，pp. 352-375, 1999.

(2011. 5. 30受付)

The evaluation of nutrient loads at forest watershed of Ijira River

Tomomi SAKAI¹, Takanobu INOUE^{2*}, Kuriko YOKOTA² and Yoko OKUBO²

¹Dept. of Architecture and Civil Engineering, Graduate school of Engineering, Toyohashi University of Technology, ²Dept. of Architecture and Civil Engineering, Toyohashi University of Technology

The investigations of water quality at forest watershed located at the upstream of the Ijira River, Yamagata city, Gifu prefecture, were conducted to evaluate the annual runoff loads of total nitrogen(TN) and total phosphorus(TP). The appropriate annual runoff loads of TN and TP were calculated using the following methods, constant-concentration・flow method, constant-concentration method, LQ method using either the logarithmic method or direct method. TN observed by the continuous observation of water level, the investigations carried out an interval of less than two weeks, and those calculated using LQ model were almost the same. TP observed by the continuous observation of water level, the investigations carried out an interval of less than eight days, and those calculated using LQ model were almost the same. These results suggested that the survey and the calculation we conducted here were proper to obtain the annual runoff loads of TN and TP in the Ijira River. TN contents from the forest watershed were higher than any other watersheds, whereas TP concentrations showed almost the same as the other watersheds.