林相の異なる森林流域における Si 動態と負荷量の評価

大西健夫* 市川聖佳** 上村岳斗*** 豊田政幸** 千家正照** 平松 研*

* 国立大学法人東海国立大学機構 岐阜大学応用生物科学部,〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1
 ** (㈱ユニオン,〒501-0106 岐阜市西河渡2丁目57番地
 *** 三重県庁農林水産部,〒514-0006 三重県津市広明町13
 Correspondence:大西健夫,e-mail:onishi.takeo.k7@f.gifu-u.ac.jp

要 旨

対照流域法により,落葉広葉樹林流域と針葉樹人工林流域の水文諸量を連続観測し,Si 動態と負荷量を評価した. 渓流中のSi 濃度は,通年で落葉広葉樹林流域が針葉樹人工林流域に比して明瞭に高い値を示し,降雨流出量の増加に伴い 非線形に低下することがわかった.無降雨時・降雨時の区別なく各流域で単一のLQ式が高い相関をもって得られたた め,このLQ式により負荷量を算出し,落葉広葉樹林流域の負荷量が針葉樹人工林流域の約1.5倍と推定した.渓流水中 のSiのエンドメンバーである林外雨,樹冠通過雨,土壌水,基岩湧水のSi濃度特性と,流況曲線が示す流出特性とを考 えあわせ,地下水の滞留時間の相違が明瞭な濃度差を生み出していると推察した.

キーワード: 落葉広葉樹林, 針葉樹人工林, Si 濃度, 基底流出, 滞留時間

1. はじめに

戦後の拡大造林政策と、1970年代以降の木材需要の高ま り等により常緑針葉樹であるスギ・ヒノキからなる人工林 が整備され、現在日本の森林は、常緑針葉樹林が全森林面 積の4割以上を占めている(林野庁、参照2024.11.6).一 方、人工林化されなかった森林は、何らかの人為的影響を 受けた落葉広葉樹二次林であることが多い.すなわち、針 葉樹人工林と落葉広葉樹二次林は、日本にみられる森林の 典型的植生のひとつと言ってもよい.

これまでに、針葉樹人工林流域は、落葉広葉樹林流域に 比べて全流出量に占める地表流出量の割合が大きい傾向に あることや、ピーク流出量に相違が認められることが報告 されている(恩田,2008;平野ら、2009;久田ら、2011; Rahmat et al., 2018,2019).また、このような流出成分や流 出パターンの相違は、水量のみならず水質形成機構にも影 響を及ぼすものと考えられる.

森林は下流域の河川・湖沼・水田といった水域,ひいて は沿岸域にいたるまで栄養塩を供給する物質供給の役割を 果たしており,森林の水質形成機構の理解は重要な課題で ある.これまでに窒素(N)やリン(P)については,森林 流域からの水質特性についても多数の研究蓄積がある.一 方,珪藻類の外殻となるケイ素(Si)や,植物プランクトン の光合成における電子伝達系に不可欠な元素である鉄(Fe) なども,N,Pに次いで栄養塩として重要な元素であり,例 えば海洋ではこれらの元素の比はレッドフィールド比や拡 張レッドフィールド比などと呼ばれ,重要な指標となって いる (Redfield, 1958).本研究で対象とした Si については, 水稲生育に不可欠な元素であるにもかかわらず,近年河川 中の Si 濃度の低下や,土壌の可給態 Si の減少が報告され ており, Si の適切な供給は稲作にとっても重要な課題とな ってきている (金田, 2019).しかし,陸域の森林流域から の Si や Fe 動態を継続して観測した事例は,少なくとも日 本においてはごくわずかと言ってよく (阿部・藤枝, 2003), 林相の異なる流域間における水質の相違を確かな根拠をも って議論するには,十分なデータ蓄積が未だなされている とは言い難い.

そこで本研究では、農業用水中のSi濃度にとっても重要 となる森林からのSi流出特性を明らかにするため、落葉広 葉樹林流域と針葉樹人工林流域の2流域におけるSiの動態 に着目し、平水時および出水時の濃度変動パターンおよび 負荷量を比較検討した.なお、本研究で対象としたSiの化 学種形態は溶存態ケイ素である.

2. 試験流域の概要

試験流域は、岐阜県下呂市に位置する岐阜大学応用生物 科学部附属岐阜フィールド科学教育研究センター位山演習 林(以降,演習林)内の隣接する2流域である.試験流域 の概要を Fig.1 および Table1に示す.なお,演習林は、東 経137°12'14"~137°14'10",北緯35°58'40"~36° 01'06"の範囲に位置している.北側の流域は50~60年生 のスギ・ヒノキ等の針葉樹人工林が全体の65%を占めるの に対し、南側の流域は落葉広葉樹二次林が78%を占める.



Fig.1 試験流域の概要 Outline of experimental catchments

Table 1 流域特性 Characteristics of catchment area

		針葉樹林流域	広葉樹林流域				
流域面積	(km ²)	0.60	0.72				
最高標高	(m)	1,278	1,278				
最低標高	(m)	926	909				
平均傾斜	(°)	32.5	33.1				
最大傾斜	(°)	63.9	61.1				
最低傾斜	(°)	0.7	0.5				
地質		濃飛	濃飛流紋岩				
土壌		褐色森林土					

以降,それぞれの流域を「針葉樹林流域」と「広葉樹林流 域」と呼ぶ.下層植生のクマイザサ(Sasa senanensis)の平 均被覆度は,針葉樹林流域で67%,広葉樹林流域で82%と なっている(石田ら,2013).地質は濃飛流紋岩を基岩とし (山田ら,2005),表層土壌は主として褐色森林土に分類さ れる(農研機構,参照2024.11.5).数十地点での検土杖によ る簡易な土壌深度測定結果によると,土壌層は概ね50 cm 前後と浅いことがわかっている.また,試験流域末端より 下流に約600 m下った地点に位置する演習林事務所付近 (標高730 m)で得られた観測データによると,冬の最低気 温が約-10℃,夏の最高気温は約30℃であり,年間降水量は 約2,500 mmである.

両試験流域は、同様の標高帯に位置し、地形および地質 特性も類似している.あわせて、流域どうしが隣接してお り、一般的には気象条件にも大きな相違がないものとみな すことができる.よって、根群域を含む植生がもたらす水 文学的特性の相違を評価するのに適した対照流域法が適用 可能な観測体制であると考えられる.

3. 観測および分析方法

3.1 水文観測

3.1.1 降雨量

降雨量は広葉樹林流域の量水堰付近に設置した転倒桝式 雨量計(RT-5,(株)池田計器製作所)により測定した.な お、データ欠測時には、近傍の気象庁アメダス船山観測点 の雨量データを使用した.船山観測点と試験流域中心との 間には直線距離にして約4.3kmの距離があるが、当該地点 における観測値と、本研究で設置した雨量計による観測値 との間には、日雨量のデータに対して強い相関(R²=0.95, 量水堰雨量=1.1657×船山観測点雨量,2021年のデータに より算出)が認められるため、この線形回帰式を用いて欠 測値を補間した.

3.1.2 流量

各流域末端の量水堰 (Fig.1 の●印の地点)には,直角三 角堰が設置されているため,水圧式自記水位計 (HOBO U20-001-04, Onset 社)を量水堰内に設置し,2020 年度は5分間 隔,2021 年度以降は3分間隔で水圧データを記録した.あ わせて大気圧を同じ計器により記録し,量水堰における水 深データに換算した.この水深データを用いて,次式に示 す沼地・黒川・淵沢の堰公式(土木学会水工学委員会水理 公式集編集小委員会,2019)により流量に換算した.

$$Q = K H^{\frac{3}{2}} \tag{1}$$

$$K = 1.354 + \frac{0.004}{H} + \left(0.14 + \frac{0.2}{\sqrt{W}}\right) \left(\frac{H}{B} - 0.09\right)^2$$
(2)

 ここで、Q:流量(m³/s)、H:越流水深(m)、W:河床から ノッチまでの高さ(m)、B:堰幅(m)である.両試験流域 ともにBは1.8mであり、Wは針葉樹林流域で0.163m、 広葉樹林流域で0.126mである.

3.2 水質分析

3.2.1 水質試料の採水

両試験流域の量水堰に自動採水器(ISCO 6712, Teledyne ISCO 社)を2台設置し,1台を1日に1度採水する「日採 水」に,もう1台を降雨流出時にあらかじめ設定した水位 を超過したときに採水する「出水時採水」に供した.採水 期間は,2020年7月11日~2022年10月10日である. DOC 濃度分析にも供することを勘案してガラス製の採水 ボトル(容量350mL)を用いている.なお,ガラスからの Si 溶出が採水瓶交換の間隔である2週間の間では無視でき る程度であることを事前に確かめたうえで,ガラスボトル を採用することとした.日採水の採水時刻は,針葉樹林流 域で13時,広葉樹林流域で12時と設定した.また出水時 採水の採水間隔は2時間とした.なお,日採水と出水時採 水の採水ボトルはともに概ね2週間に1度の頻度で回収・ 交換した.

量水堰を通過する渓流水のエンドメンバーとなりうる林

外雨,樹冠通過雨,土壤水,基岩湧水も,概ね2週間に1度 の頻度で定期採水した.採水期間は2020年7月11日~2022 年1月30日の1年半とし,両流域とも2020年12月6日~ 2021年2月28日,2021年12月15日~2022年1月30日 の期間は冬季のため採水は実施しなかった.

林外雨は演習林事務所周辺の3 地点に設置した直径21 cm の漏斗を直結したポリタンク(10 L)により採水した. なお、ポリタンク内には、微生物活動を抑制するため 0.1 mg/L CuBr 溶液を 10 mL 添加した. さらに漏斗底部にガラ スウールを敷き詰め、 市販の三角コーナーネットをかぶせ ることにより、落葉・落枝など粗大物の混入を防止した. また,各流域内において斜距離 20~30 m 程度の森林斜面プ ロットを1ヶ所設定し(Fig.1の〇印の地点),林外雨と同 様のポリタンクを斜面の上、中、下部に設置して樹冠通過 雨を採水した. さらにテンションライシメータ (DIK-8392, 大起理化工業(株))も斜面の上,中,下部にそれぞれ深度 10 cm と 50 cm の 2 深度に 1 セットずつ設置して土壌水を 採水した. なお, 広葉樹林流域内のプロットにおける樹冠 通過雨は、下層植生であるクマイザサの下に設置した. 土 壌水採水においては,採水日直前の数日以内での採水シリ ンジによる吸引圧セットにより集水された試水を採水した. また基岩湧水は、各流域の森林斜面プロット下流端におい て定常的な流出水が観察される基岩露頭からの湧水を採水 した.

3.2.2 分析方法および分析試料

採水試料は、すべて 0.45 μm メンブレンフィルター(A045 A047A, ADVANTEC)を用いてろ過し、誘導結合プラズマ 発光分析装置(ULTIMA2, 堀場 Jobin Yvon)で Si 濃度を分 析した. Si の日採水試料は 2020 年のみ 2 日間隔で分析試 料に供し、それ以外の期間については全採水試料を分析し た.計 34 回の出水イベント時の Si 濃度を測定した.試料 総数は、針葉樹林流域では 439 個(日採水サンプル)、438 個(出水時サンプル)、広葉樹林流域では 451 個(日採水サ ンプル)、434 個(出水時サンプル)である.

3.3 負荷量の推定

得られた流量および水質データを用いてLQ式を作成し、 両流域からの負荷量を、2021 年と2022 年に対して推定し 比較検討した. なお、以後の解析では、LQ式の作成のみな らず、流量と水質濃度とを対応させるときには、水質試料 の採水時刻と同一時刻もしくは最も近い時刻における流出 量の瞬時値を、当該水質データに対応する流量値として採 用した.

4. 結果

4.1 水収支および流況曲線

水収支特性を Table 2 に示す. 流出率に明瞭な差異が認め られ,久田ら (2011) が得た当該流域に対する値とも整合 している. 次に,2021 年および 2022 年の流出高に対する 流況曲線を Fig. 2 に示す. なお,2021 年については,広葉

Table 2	水収支特性
Characteristic	s of water budget

			0	
	年	降水量	流出量	流出率
		(mm)	(mm)	(%)
创善博林达标	2021	3,230	2,000	61.9
町朱樹林侃坝	2022	2,769	1,640	59.2
亡善世壮法社	2021	3,230	2,353	72.8
丛 果樹	2022	2,769	2,037	73.6



Flow duration curves of paired catchments

樹林流域で10月13日~24日ならびに11月30日~12月 13日の期間,針葉樹林流域で11月30日~12月13日の期間に欠測があったため,この期間を除く期間の観測値から 流況曲線を作成した.

流況曲線には明瞭な相違が見られ,特に平水流量(185日) 以上では両流域の流出高の差は顕著であり,広葉樹林流域 において常に高い流出高が維持されていることが見て取れ る.同様の傾向は豊水流量(95日)より順位の高い領域で も見られるものの,年最大流出高より 10 日程度の順位で は,その傾向が逆転し針葉樹林流域が広葉樹林流域を上回 っている.

4.2 Si 濃度の変動特性

Si 濃度の時系列変化を Fig. 3 に示す. 針葉樹林流域の平





Si concentration of paired catchments





均濃度が 4.32 mg/L であったのに対し, 広葉樹林流域は 5.15 mg/L と年間を通して針葉樹林流域と広葉樹林流域との間 には明確な相違が認められる.流出との関係をみることが できる流量-濃度関係を Fig. 4 に示す.両流域ともに降雨 流出量の増加に伴い Si 濃度が非線形に低下する傾向を示し, 明瞭なヒステリシスは認められなかった.低水時には針葉 樹林流域に比べ広葉樹林流域の Si 濃度が顕著に大きな値を 示し,流出高 50 mm/d といった比較的大きな流出時でもそ の差は明瞭である.ただし,流出高 10 mm/d 以下での濃度 には大きなばらつきも認められる.また,データ数は少な いものの大出水時には低水時に比較してその差は小さくな る傾向にあることがわかる.

次に, Fig. 5 に渓流水水質を構成するエンドメンバーに おける Si 濃度の統計的集計結果を示す.林外雨,樹冠通過 雨,土壤水はいずれも 3 点の観測値の平均値と変動幅を求 めた.また,図中には,Fig. 3 に示した流出水中の Si 濃度 も「渓流水」濃度として示した.さらに,連続無降雨日が 10 日以上のときの Si 濃度データを基底流出時の渓流水水 質と定義し,その集計値を BF としてあわせて示した.

両流域に共通して降水、樹冠通過雨、土壌水、湧出水の 順にその値は大きくなる.湧出水については、他のエンド メンバーの値に対して一番大きな値を示している点は2地 点に共通しているものの地点間の差が大きいことには注意 が必要である.また、土壌水中のSi濃度は、降水と樹冠通 過雨に比して顕著に大きく変動幅も大きい.特に広葉樹林



P:林外雨, TF:樹冠通過雨, SW10:土壌水(深度 10cm),
 SW50:土壌水(深度 50 cm), GW_d:広葉樹林プロットの湧出水,
 GW_e:針葉樹林プロットの湧出水, BF:基底流出時の渓流水,
 ST:渓流水

Fig. 5 渓流水エンドメンバーの Si 濃度 (上図:針葉樹林流域,下図:広葉樹林流域) Si concentration of end-member of stream water (Upper: Coniferous catchment; Lower: Deciduous catchment)

プロットの深度 50 cm における Si 濃度の変動幅は針葉樹林 プロットのそれに比べても大きく, 湧出水中の Si 濃度に匹 敵するときもあり, プロット間の林相の相違が反映されて いる可能性を示すものとして興味深い.

渓流水中の Si 濃度は土壌水と湧出水の間に位置し,相対 的には湧出水濃度に近いと言える.BF で示される基底流出 水中の Si 濃度は,BF のデータを含む渓流水の平均値より も大きくなり湧出水の値に近づくものの,湧出水のほうが 高い値であることには変わりはなかった.

4.3 Si に対する LQ 式および負荷量の算定

流量と負荷量との関係を日採水データと出水時データご とにプロットした結果を Fig. 6 に示す.両流域において, 日採水データ、出水時データの区別なく,流量と負荷量と の間には高い相関が認められる.また一般に y = ax^bの関係 式により与えられる LQ 式の係数 a, b の値は,同一流域内 では日採水データと出水時データ間で近い値をとることが わかる.また,流域間でもそれほどの顕著な相違がないこ







ともわかる.

この結果を踏まえ、日採水データと出水時データを合わ せて流域ごとにひとつの LQ 式を算定した.得られた LQ 式 は、針葉樹林流域で $y = 373.85x^{0.8824}$,広葉樹林流域で $y = 390.93x^{0.8762}$,であり、決定係数 R^2 は、それぞれ 0.96 と 0.97 であった.両式を用いて算定した負荷量を日単位で集計して得た Si 負荷量の時系列変化を Fig.7 に示す.

流出イベント時の流量増加とともにSi濃度は非線形に低下するが,流出量の増加を相殺するほどには濃度低下は生じないため流出ピーク時に負荷量は増加する特性をもつ. そのため,両流域ともに流出量の大小に応じて負荷量も増減する.結果として年ごとの流出量に規定された変動特性を示すことになる.

日平均負荷量は、広葉樹林流域では 29.7 kg/(d・km²) (2021 年), 24.9 kg/(d・m²) (2022 年), 針葉樹林流域では 19.3 kg/(d・ km²) (2021 年), 15.8 kg/(d・m²) (2022 年) となった. 2 年 間の評価ではあるが、広葉樹林流域における負荷量が、針 葉樹林流域の約 1.5 倍であると定量化された.

5. 考察

5.1 Si 濃度および負荷量の特性

東海地方の主要河川における Si 濃度として、小林(1961) による 6.4 mg/L という値が得られている. この値に照らす と、当該流域における Si 濃度は東海地方における河川水に 含まれる Si 濃度としては標準的な値であると判断される.

流量-濃度関係(Fig.4)から明らかなように、出水時に は流出量増加とともに非線形な濃度低下が起こるが、これ は降雨そのものや、降雨を直接の起源とする地表付近の流 出水が卓越することによる希釈効果であると推察される. 久田ら(2011)による同流域の流出解析は、広葉樹林流域 に比べて針葉樹林流域における直接流出率が大きいことを 示している.このことから、降雨流出時における Si 濃度の 低下率は針葉樹林流域が広葉樹林流域に比べて大きくなる ことが期待されたが、低下率は同程度と判断された. Table 2 に示したように、広葉樹林流域からの総流出量が針葉樹 林流域に比較して顕著に多く、あわせて流出ピーク時以外 では、広葉樹林流域の Si 濃度が高くなるため、総じて広葉 樹林流域からのSi 負荷量が針葉樹林流域より大きくなると 言える.

5.2 渓流における Si 濃度の相違が生じる要因

ー般にSiの主要なソースは基岩風化ならびに土粒子からの溶出であると言えるが、大局的には地質特性が基岩風化の程度と化学成分を支配すると考えられている(Maybeck, 1987;古米ら、2012).本研究対象地においても、両流域ともに土壌水に比べて湧出水のSi濃度が顕著に高く、その値が渓流水のそれと比較的近い値を示していることから基岩風化がSiの主要ソースであると推察される.

土壌中の CO₂による基岩の化学的風化作用により溶存態 Si が形成されるが、この基岩からの溶存態 Si の溶出速度が 岩石の種類ごとに一定であるとの仮定が妥当であれば、基 岩と接触する地中水の滞留時間が長いほど、その地中水に 含まれる Si 濃度は高くなると言える.よって、Si 濃度の高 い広葉樹林流域のほうが針葉樹林流域に比較して、基岩に 接触する土壌水や地下水の滞留時間が長いと考えられる. 流況曲線(Fig.2)に示される両流域の相違は、このことと 整合的であると思われる.なぜなら、広葉樹林流域からの 流出は長期にわたり高い値を保つ性質をもっており、流域 内に保持され、とどまる時間が相対的に長い水体が存在す ることを示唆しているからである.実際に久田ら(2011) は同流域を対象とした流出解析により、基底流出率が広葉 樹林流域において高いことが流況曲線の相違の主たる要因 であることを示している.

滞留時間が基岩風化に起因するSi濃度に影響することに 加えて,植物根が分泌する多種の有機酸もまた基岩風化速 度そのものに影響することが一般には知られている

(Schlesinger and Bernhardt, 2020). すなわち, 植物根を含 んだ林相が基岩風化に及ぼす影響も一般には考慮する必要 があろう.実際,クマイザサと同様に Si の集積性が高い竹 林が土壌中の Si プールの増加に寄与しているという報告が ある(Ikegami et al., 2015).また,Si 集積性の高いイネ科 植物が卓越する草本生態系における Si 循環については知見 が極めて乏しいということも指摘されている(Conley et al., 2006).このような知見を鑑みると,本研究ではこのことに 言及可能なデータ取得にまでは及んでいない以上,植物根 のSi 動態に及ぼす影響を否定することが現時点ではできな いものの,少なくとも水文要因と植物要因とが複合して Si 動態が決まっているとは言えるであろう.なお,クマイザ サが土壌中の Si プールへ及ぼす影響と流域からの Si フラ ックスとの関係を評価することは,生態系における物質循 環という視点からは興味深いと思われる.

6. 結論

本研究では、対照流域法によりスギ・ヒノキの人工林が 卓越する「針葉樹林流域」と落葉広葉樹の二次林が卓越す る「広葉樹林流域」を比較し、両流域のSi動態および負荷 量の推定を行った.得られた結果をまとめると以下のよう になる.

- (1) 渓流中のSi 濃度について、針葉樹林流域の平均濃度は
 4.32 mg/L,広葉樹林流域の平均濃度は 5.15 mg/L と両流域の間には明確な相違が認められた.
- (2) 無降雨時の広葉樹林流域と針葉樹林流域のSi濃度の相 違は明瞭である一方,降雨時は希釈により両流域とも に流量に反比例して濃度低下をした.
- (3) 無降雨時と降雨時のSi 濃度データに対して個別に立て た LQ 式は類似性が高く,無降雨・降雨の区別なくひ とつの LQ 式により Si 負荷量を算出可能であった.
- (4) 得られた LQ 式から算定した負荷量は、広葉樹林流域 が針葉樹林流域の約1.5 倍であると見積もられた.
- (5) 両流域に見られる明瞭な Si 濃度差は,流出特性を反映 した流域内の滞留時間の相違が主たる原因と推察され た.
- 謝辞:本研究遂行にあたり,岐阜大学応用生物科学部附属岐阜フ

ィールド科学教育研究センター位山演習林の技術職員,都竹彰則 氏および青木将也氏の献身的協力なくしては現地調査を達成する ことができなかった.ここに深く感謝の意を表したい.

引用文献

- 阿部俊夫,藤枝基久(2003):茨城県内の2渓流におけるリター供給量と有機物流出量,日本林学会大会学術講演集,114, p.717.
- Conley, D.J., Sommer, M., Meunier, J.D., Kaczorek, D. and Saccone, L. (2006) : Silicon in the terrestrial biogeosphere, In: Ittekkot, V., Unger, D., Humborg, C. and Nguyen, T.A. (Eds.), *The silicon cycle – human perturbations and impacts on aquatic systems*, Island Press, 13-28.
- 土木学会水工学委員会水理公式集編集小委員会(2019):2018 年版 水理公式集,土木学会,243-244.
- 古米弘明,山本晃一,佐藤和明(2012):ケイ酸 その由来と行方, 技報堂出版.
- 平野智章, 寺嶋智巳, 中村智博, 境 優, 青木文聡, 名波明菜 (2009): 針葉樹林流域と広葉樹林流域の短期流出特性の違い一降雨イベ ントの規模が森林流域の水流発生機構に及ぼす影響-, 水文・水 資源学会誌, 22(1), 24-39.
- 久田重太,千家正照,伊藤健吾,丸山利輔(2011):落葉広葉樹林 流域と常緑針葉樹林流域における水収支特性の比較,農業農村 工学会論文集,271,1-7.
- Ikegami, N., Satake, T., Nagayama, Y. and Inubushi, K. (2015) : Biogeochemical Si cycling in bamboo forests with evergreen broadleaved forest and coniferous forest in a temperate climate, *Japanese Journal of Forest Environment*, 57(1), 7-17.
- 石田 仁, 芦原雅人, 川口泰平 (2013): LiDAR とオルソ写真を用 いたクマイザサの分布予測, 日本森林学会大会学術講演集, 124, p.737.
- 金田吉弘(2019):近年における水田土壌の変化と持続的水稲生産 に向けた対応,土壌の物理性,141,41-48.
- 小林 純(1961):日本の河川の平均水質とその特徴に関する研究, 農学研究, 48(2), 63-106.
- Meybeck, M. (1987) : Global chemical weathering of surficial rocks estimated from river dissolved loads, *American Journal of Science*, **287**, 401-428.
- 農研機構 (参照 2024.11.5):日本土壌インベントリー, (オンライン), 入手先<https://soil-inventory.rad.naro.go.jp/figure.html>
- 恩田裕一(2008):人工林荒廃と水・土砂流出の実態,岩波書店.
- Rahmat, A., Noda, K., Onishi, T. and Senge, M. (2018) : Runoff characteristics of forest watersheds under different forest managements, *Reviews in Agricultural Science*, 6, 119-133.
- Rahmat, A., Ariyanto, D.P., Noda, K., Onishi, T., Ito, K. and Senge, M. (2019) : Hydrological characteristics under deciduous broadleaf and evergreen coniferous forests in central Japan, *International Journal of GEOMATE*, 16(54), 217-224.
- Redfield, A.C. (1958) : The biological control of chemical factors in the environment, *American Scientist*, **46**(3), 205-221.
- 林野庁 (参照 2024.11.6):都道府県別森林率・人工林率, (オンラ イン), 入手先<https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/r4/ 1.html>

Schlesinger, W.H. and Bernhardt, E.S. (2020): *Biogeochemistry: An analysis of global change*, 4th ed., Academic Press, p.121.
山田直利,小井土由光,原山 智,棚瀬充史,鹿野勘次,田辺元祥,

曽根原崇文(2005):濃飛流紋岩の火山層序,地団研専報, 53, 29-69.

Evaluation of Si Dynamics and Loads in the Different Forest Types

ONISHI Takeo*, ICHIKAWA Seika**, UEMURA Taketo***, TOYODA Masayuki**, SENGE Masateru** and HIRAMATSU Ken*

* Faculty of Applied Biological Sciences, Gifu University, 1-1 Yanagido, Gifu City 501-1193, JAPAN
 ** The Union Co., Ltd., 2-57 Nishigodo, Gifu City 501-0106, JAPAN
 *** Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, Mie Prefectural Government, 13 Koumei Town, Tsu City 514-0006, JAPAN
 Correspondence: ONISHI T., e-mail: onishi.takeo.k7@f.gifu-u.ac.jp

Abstract

Applying the paired-catchment method, we conducted comparative hydrological observations between deciduous broad-leaved forest and coniferous planted forest. Based on observations, we evaluated Si dynamics and Si load from each catchment. We confirmed a single LQ equation could be applied with good accuracy in each catchment, regardless of whether it was raining or not, so the load amount was estimated using the obtained LQ curve. The result showed that Si load from deciduous broad-leaved forest is 1.5 times larger than that of coniferous planted forest. The characteristics of the Si concentrations of the potential end members of Si in stream water, such as rainwater outside the forest, through fall, soil water, and bedrock, and consideration of flow duration curve, suggested that clear difference in concentration between the two catchments is thought to reflect the difference in groundwater residence time.

Key words : Deciduous broad-leaved forest, Coniferous artificial planted forest, Si concentration, Base flow, Residence time