

森林植生の消失が年最大日流出量に及ぼす影響*1

玉井幸治*2

玉井幸治：森林植生の消失が年最大日流出量に及ぼす影響 九州森林研究 73：139－141，2020 岡山市竜ノ口山森林理水試験地と宮崎市去川森林理水試験地を対象に，林野火災，マツ枯れ，皆伐による森林植生の消失が年最大日流出量に及ぼす影響を，対照流域法によって解析した。その結果，総合的に森林植生の消失による年最大日流出量の増加は明瞭には認められなかった。プロセスベースモデルを用いた既往研究での報告に基づいて森林土壌による流出遅延効果と植生による蒸発散効果を考察した結果，本研究で対象とした林野火災，マツ枯れ，皆伐では森林土壌による流出遅延効果が損なわれなかったために，森林植生の消失による年最大日流出量の増加が認められなかったとの結論を得た。仮に斜面崩壊や流亡により森林土壌が損なわれた場合には，森林の洪水防止機能も悪化すると考えられる。森林土壌を保全することが，森林の洪水防止機能を保つためには重要である。

キーワード：去川，竜の口山，森林土壌，流出遅延効果，洪水防止機能

I. はじめに

森林は様々な公益的機能を有している。森林・林業白書には世論調査に基づいて，国民が森林に期待する役割の内容を報告している。それによると「山崩れや洪水などの災害を防止する」災害防止機能への期待は常に高い。しかし森林がどのように洪水防止機能をどの程度発揮しているかを観測データに基づいて評価した研究報告は少ない。

任意の流域からの1年間にわたる日流出量値を大きな順に並べなおしたものを流況曲線という。そして95番目，175番目，265番目，355番目に大きな日流出量値をそれぞれ，豊水量，平水量，低水量，渇水量という。玉井ら（2004，2008）は，基準流域と処理流域からの豊水量，平水量，低水量，渇水量のそれぞれを横軸と縦軸にプロットした。そして処理流域に森林植生がない期間（処理期間）の点は，森林のある期間（基準期間）の点よりも上に分布すること，すなわち豊水量，平水量，低水量，渇水量のいずれも森林植生が消失することにより増加することを明らかにした。その中で，玉井ら（2004）には流況曲線の1番目である年最大日流出量が処理期間には基準期間に比べて10%程度大きくなった図を示している。しかしこれは水源涵養機能の評価を目的とした研究ではあるので，洪水防止機能については改めて評価を行う必要があろう。そこで玉井ら（2004，2008）と同じ手法を年最大日流出量に適用して，皆伐などの森林植生の消失が及ぼす影響を評価する。またそのメカニズムを，2つの要因による影響度の比較によって考察する。2つの要因とは，「森林土壌による流出遅延」と「植生による蒸発散」である。

II. 試験地

本研究では，玉井ら（2008）が扱った竜ノ口山森林理水試験地と去川森林理水試験地を対象とした。

竜ノ口山森林理水試験地は，旭川左岸の岡山市竜ノ口山国有林

（北緯34°42′東経133°58′）に位置する。標高は45～257mである。北谷（17.27ha），南谷（22.61ha）の2つの流域からなる。地質は秩父古生層で硬砂岩が優勢である。土壌はクレイロームに分類される礫の多く混じった粘土質層（谷・阿部，1996）である。

去川森林理水試験地は，大淀川流域の宮崎市高岡町去川国有林（北緯31°54′東経131°12′）に位置する。標高は200～370mである。I号沢（6.57ha），II号沢（9.17ha），III号沢（8.18ha）の3つの流域からなる。試験流域の地質は中生層四万十層群からなり，とくに頁岩が優勢である。走向はほぼN-Sで西側に45度以上の傾斜で落ち込んでいる。土壌は森林褐色土に分類される（丸山ら，1960）。

III. 対照流域法

本研究で対象とする森林植生の消失イベントは，玉井ら（2008）が扱った5事例のうち，流域面積の80%以上で森林植生が消失した4事例を対象とした（表-1）。処理期間は玉井ら（2008）と同じとした。但し森林植生消失イベント発生直後には，より大きな影響が見いだされる可能性がある。そのため森林植生消失イベント発生直後2年間の年最大日流出量については特に示

表-1 対照流域試験の概要

事例番号	場所	森林植生消失イベント	基準流域	処理流域	基準期間	処理期間	植生消失面積率 (%)
1	宮崎市	皆伐	去川II号沢	去川I号沢	1977-1981 1995-2005	1967-1976	100
2				去川III号沢	1977-1981 1995-2005	1967-1976	100
3	岡山市	林野火事	竜ノ口山 北谷	竜ノ口山 南谷	1937-1959 1968-1979	1960-1966	100
4				マツ枯れ	竜ノ口山 北谷	1998-2002	1981-1992

*1 Tamai, K.: Effect on maximum daily discharge by forest distinguish.

*2 森林総合研究所 For. & Forest Prod. Res. Inst., Ibaraki 305-8687, Japan

すことにする。

玉井ら (2008) では、去川森林理水試験地での事例 1, 2 の基準期間が 5 年間で短かった。現在、清水ら (2008), 浅野ら (2011) により、去川森林理水試験地の日流出量データは 2005 年まで公開されている。一方で基準流域としている II 号沢流域では 1982 年に流域面積の 43 % を部分皆伐している。その影響が薄れて II 号沢を再び基準流域として扱うことができるようになった時期を、はっきりと定めることは難しい。玉井ら (2008) では、流域面積の 80 % 以上の森林植生が消失したイベントによる処理期間を、森林植生消失イベント後の 7~12 年間とした。そこで 1982 年の部分皆伐から 12 年を経過した 1995 年から 2005 年までも、事例 1, 2 に対する基準期間とした。竜ノ口山森林理水試験地での事例 3, 4 は、玉井ら (2008) と同じとした。

使用したデータは、竜ノ口山森林理水試験地では農林省林業試験場 (1961), 関西支場防災研究室・岡山試験地 (1979), 防災研究室・岡山試験地 (1981), 後藤ら (2005) を、去川森林理水試験地では清水ら (2008), 浅野ら (2011) の他に九州支場防災研究室 (1982), 竹下ら (1996) から得た。

IV. 結果

結果を図-1~3 に示す。事例 3 と 4 は、図-3 に合わせて示した。いずれの事例においても、基準期間と処理期間の間で、点の分布域に明瞭な違いは認められなかった。森林植生消失イベント直後の 2 年間についても、1 例を除いて他の年との違いは認められなかった。事例 3 において、林野火災発生から 2 年後の 1961 年のみは、他の年に比べて左上に離れて位置している。つまりこの年のみは、基準流域に比べて処理流域からの年最大日流出量が相対的に大きかったことを意味している。林野火災跡地では、土壌透水性の低下が報告されている (例えば村井, 1987)。土壌透水性の低下は直接流出量の増加をもたらし、そのため年最大日流出量も増加すると考えられる。しかし本研究の場合は、林野火災発生から 1 年後の 1960 年には、1961 年のような処理流域

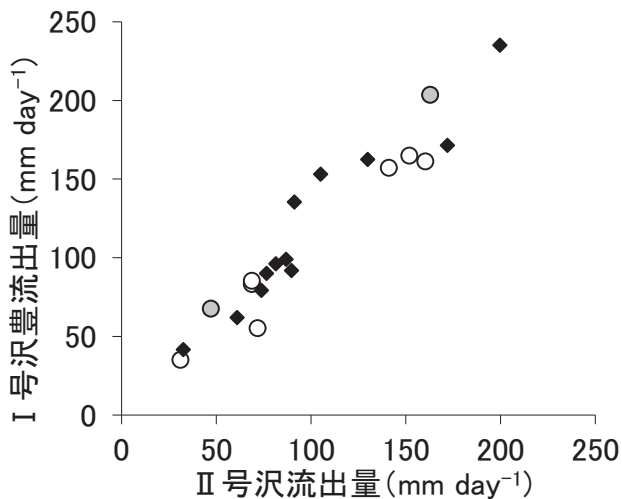


図-1. 基準期間と処理期間における流出量の関係 (事例 1)
 ◆: 基準期間
 ○: 処理期間 灰色で塗りつぶしてあるのは 1967, 1968 年の値

からの年最大日流出量の相対的な増加は認められなかった。そのため 1961 年に基準流域からの年最大日流出量が相対的に増加した理由は、今後の課題としたい。

総体的に本研究では、森林植生の消失による年最大日流出量の増加は認められなかった。

玉井ら (2004) は、図-3 が示している事例 3, 4 に相当する竜ノ口山森林理水試験地での林野火災、マツ枯れによる処理期間では、年最大日流出量が平均で 10 % 程度増加したと報告している。図-3 において基準期間と処理期間それぞれにおける直線回帰式を求めたところ、それぞれ (1) 式と (2) 式が得られた (図-4)。

$$Q_k = 0.9793 Q_m - 4.2411 \quad (1)$$

$$Q_k = 0.9654 Q_m + 0.5352 \quad (2)$$

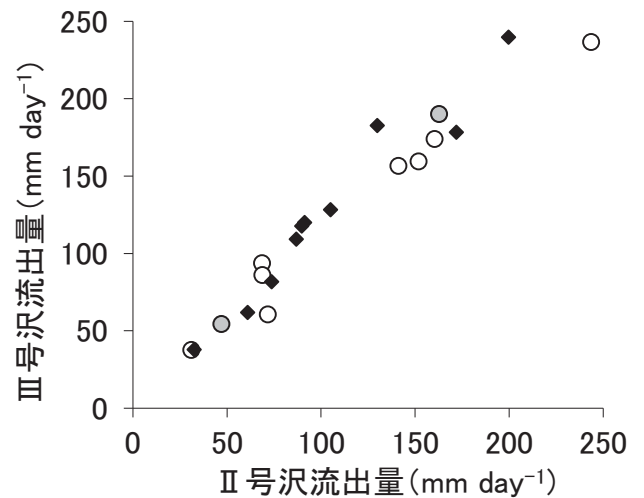


図-2. 基準期間と処理期間における流出量の関係 (事例 2)
 ◆: 基準期間
 ○: 処理期間 灰色で塗りつぶしてあるのは 1967, 1968 年の値

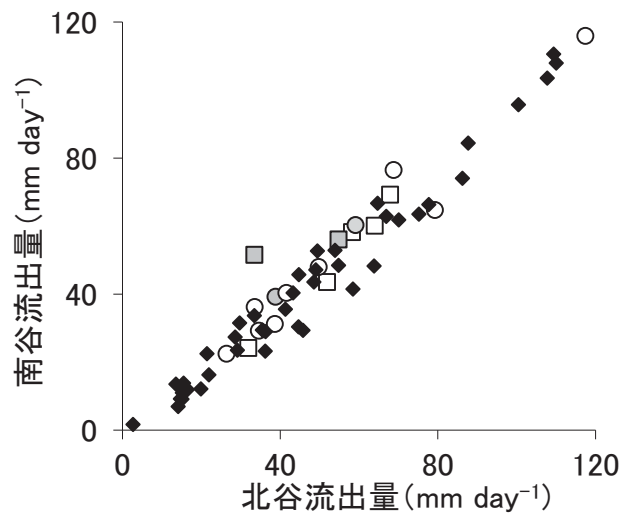


図-3. 基準期間と処理期間における流出量の関係 (事例 3, 4)
 ◆: 基準期間
 □: 事例 3 の処理期間 灰色で塗りつぶしてあるのは 1960, 1961 年の値
 ○: 事例 4 の処理期間 灰色で塗りつぶしてあるのは 1981, 1982 年の値

ここで Q_k と Q_m はそれぞれ、処理流域と基準流域の年最大日流出量である。(1) 式と (2) 式の相関係数はそれぞれ、0.9769 と 0.9835 であった。

基準期間と処理期間を合わせた全ての期間における、竜ノ口山森林理水試験地基準流域からの年最大日流出量の平均値は 49 mm であった。それに対し 2 つの式の傾きはほぼ同じであるが、切片の値は約 5 mm 程度の違いがあった。この 5 mm の違いは、年最大日流出量の平均値 49 mm の約 10 % に相当する。つまり基準期間と処理期間のそれぞれをまとめて平均値で比較すると、森林植生の消失により年最大日流出量が 10 % 生じた計算結果となる。しかし本研究のように各年の値を比較すると、基準流域と処理流域からの年最大日流出量の相対関係の年々変動が大きくなり、そのため森林植生の消失による年最大日流出量の増加を本研究では明瞭に認めることはできなかった。

洪水災害は、再現期間数十年以上の日流出量のときに発生すると考えられる。そのため森林植生の影響を洪水流出観点から評価するには、年最大日流出量の平均値ではなく、各年の値を用いるべきである。そのため、本研究では森林の消失による年最大日流出量の増加は認められなかったことを結論とする。

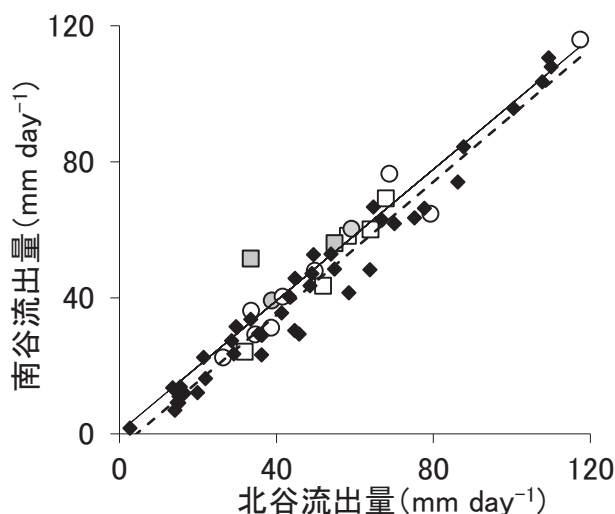


図-4. 事例3, 4における基準期間と処理期間それぞれの直線回帰

◆: 基準期間

□: 事例3の処理期間

灰色で塗りつぶしてあるのは1960, 1961年の値

○: 事例4の処理期間

灰色で塗りつぶしてあるのは1981, 1982年の値

破線: 基準期間の回帰式である(1)式

実線: 処理期間の回帰式である(2)式

V. 考察

森林流域からの水流出に影響を及ぼす要因には、森林土壌による流出遅延効果と植生による蒸発散効果がある。総体的に本研究では森林植生の消失による年最大日流出量の増加は認められなかった理由を、両効果の影響度を比較することによって考察する。Hy-Cy モデル(福島・鈴木, 1986)は、森林流域内における水

移動粗過程をシミュレートするモデルである。Tani *et al.* (2012) は、緑化工事が施されて森林が成立した流域と裸地のままの状態である流域を対象としてHy-Cyモデルを適用し、同一の降水・蒸発散データを与えた場合に得られる流況曲線を比較した。森林が成立した流域では、緑化工事と森林の成長に伴い、森林土壌が発達していると考えられる。そのため森林流域と裸地流域での流況曲線の違いは、森林土壌による流出遅延効果の違いによる。裸地流域の流況曲線の最大値は、森林流域のその2倍弱もの違いがあった。

Tani *et al.* (2012) は、裸地流域で実際に観測された降水量と流出量から推定した蒸発散量を与えた場合の流況曲線も示している。与えられた蒸発散量の異なる裸地流域の2本の流況曲線の違いは、流域内の植生の有無による蒸発散量の違いによる。裸地流域の2本の流況曲線の最大値は、ほぼ同じであった。

このことは、森林土壌の流出遅延効果による年最大日流出量への影響度は非常に大きく、植生の蒸発散効果によるそれは小さいことを示している。本研究で森林植生の消失による年最大日流出量の増加が認められなかったのは、対象とした4つの森林消失イベントによって森林土壌による流出遅延効果が損なわれなかったためであろう。

森林植生が消失しても森林土壌が保全されていれば、森林の洪水防止機能は損なわれないことが示唆された。逆に斜面崩壊や流亡により森林土壌が損なわれた場合には、森林の洪水防止機能も悪化することが考えられる。森林土壌を保全することが、森林の洪水防止機能を保つためには重要である。

本研究は環境省による地球環境保全等試験研究費(農1942)により実施された。

引用文献

- 浅野志穂ほか(2011) 森林総合研究所研究報告 418: 49-71
 防災研究室・岡山試験地(1981) 林業試験場関西支場年報 22: 56-69
 福島義宏・鈴木雅一(1986) 京都大学農学部演習林報告 57: 162-185
 後藤義明ほか(2005) 森林総合研究所研究報告 394: 87-133
 関西支場防災研究室・岡山試験地(1979) 林業試験場報告 308: 133-195
 九州支場防災研究室(1982) 林業試験場報告 317: 147-190
 丸山岩三ほか(1960) 林業試験場報告 123: 47-70
 村井 宏(1987) 水利科学 16(2): 51-76
 農林省林業試験場(1961) 森林理水試験観測報告 174-225
 清水 晃ほか(2008) 森林総合研究所研究報告 406: 13-65
 竹下 幸ほか(1996) 森林総合研究所研究報告 370: 31-75
 玉井幸治ほか(2004) 日本林学会誌 86: 375-379
 玉井幸治ほか(2008) 森林総合研究所研究報告 408: 111-120
 谷 誠・阿部敏夫(1996) 水文・水資源学会誌 9: 425-437
 Tani, M. *et al.* (2012) *Hydrological Processes* 26: 809-826
 (2019年10月30日受付; 2020年1月6日受理)