

論文の内容の要旨

森林科学専攻

平成 11 年度博士過程入学

氏 名 真板英一

指導教員名 鈴木雅一

論文題目 千葉演習林袋山沢試験地における森林伐採が流出量に及ぼす影響に関する研究

本論文は、東京大学千葉演習林袋山沢試験地で行なわれた森林伐採試験のデータを基に、森林伐採による流出量の変化について解析したものである。

第一章では研究の背景と論文の目的について記述した。水は人間にとって欠かせないものであり、生活に十分足るだけの水量が確保できるかどうかは古来から重大な関心事であった。森林水文学では森林の有無もしくは森林の状態と流出水量の関係を解明することが主要な研究課題のひとつと考えられており、森林植生を人工的に改変して流出量の変化を追跡する森林伐採試験という実験的な研究が多数行なわれてきている。それらの試験の総括から、森林を伐採すると流出量は増加するという一般的性質が明らかになっているが、増加の程度は流域によってバラツキが大きく、増加量の量的議論は未だ十分に整理されていない。また流出量の増加が大きく現れる季節は流域によって異なるが、その理由は詳しくわかっていない。さらに、伐採によって流出量が増加するメカニズムについては、蒸発散量の減少が原因であることに疑いの余地はないが、蒸発散を構成する各成分（樹冠遮断蒸発、蒸散、地表面蒸発）の個々の振るまいについては未解明の点が多い。本研究は袋山沢試験地での伐採試験のデータを解析し、これらの点を明らかにすることが目的である。

第二章では対象流域である袋山沢試験地の概要を記述した。袋山沢試験流域は東京大学農学部附属千葉演習林内に設けられた東向きの山地斜面で、基岩は新第三紀堆積岩である。流域は東西に細長いふたつの流域が南北に隣接する形状になっており、北側を A 流域 (0.802ha)、南側を B 流域 (1.087ha) と称している。伐採試験は対照流域法によって行なわれ、A 流域は森林植生を保持する

対照流域、B 流域は皆伐処理を施す処理流域とされた。伐採時の植生は A、B 両流域ともスギ・ヒノキ人工林である。伐採時には約 70 年生で、樹高約 20~25 m の樹冠がほぼ閉鎖した壮齢林であった。伐採は 1999 年春に行なわれ、B 流域の上層木・下層木すべてが皆伐された。植生除去の影響のみを検討するために、地表面の攪乱が最小限にとどまるよう索道を用いた架線集材によって搬出を行なった。伐採翌年の 2000 年 3 月に新たにスギ・ヒノキの苗木が植栽された（植栽密度約 3000 本/ha）。流域の年降水量は 1993~2002 年の平均で 2170.1 mm/year で、年平均気温は 14.2 °C である。解析期間は伐採前期間 4 年（1994~1998 年、ただし 1996 年を除く）、伐採後期間 3 年（2000~2002 年）とした。

第三章では、流出量の議論においてもっとも基本的な時間スケールである年流出量の変化を解析した。(1) 伐採による変化を解析するに先立ち、まず袋山沢流域の水文学的特徴を把握するために年水収支の検討を行なった。袋山沢流域の年損失量は約 1300 mm/year で、わが国の森林小流域の観測事例の中では大きい部類に入る。特にシラス地質である桜島の流域を除くと国内最大量の損失量であった。また年流出量 Q と年降水量 P の一次式 $Q = aP + b$ における係数 a の値は約 0.6 で、わが国の森林小流域の観測事例の中で最小レベルであった。また全流出に占める基底流出の比率が低く、盛夏および冬季に流出が停止する現象がほぼ毎年観測された。年損失量が多く年流出量が少ないという袋山沢流域の特徴の原因として、袋山沢流域において深部浸透量が非常に多いことが推察された。(2) 森林伐採によって袋山沢 B 流域の年流出量は平均で約 300 mm/year 増加したことがわかった。この量はわが国の他事例に対して比較的大きなものであった。(3) 伐採による流出量変化の降水量依存性を 3 つの観点から解析した。まず年流出量 Q と年降水量 P の一次式 $Q = aP + b$ における係数 a の値を調べたところ、伐採によって大きくなったことがわかった。すなわち Q の増加には降水量依存性が見られた。伐採によって係数 a が大きくなる現象が存在することは先行研究で指摘されていたが、本研究においてわが国における森林小流域の事例と比較した結果、この現象は一般的に見られる現象であることが示された。(4) 次に、伐採後の各年の年流出増加量 ΔQ と各年の年降水量 P の関係を調べたところ、一次式 $\Delta Q = aP + b$ で回帰できることがわかった。袋山沢 B 流域の係数 a の値を他流域の針葉樹林伐採事例と比較した結果、各流域の係数 a はほぼ一定値（約 0.10 ~ 0.15）になった。(5) 更に、わが国の森林小流域における針葉樹林伐採試験等の結果を整理し、平均年降水量 \bar{P} と伐採による年流出量の平均増加量（あるいは森林回復による年流出量の平均減少量） $\overline{\Delta Q}$ が一次式 $\overline{\Delta Q} = a\bar{P} + b$ で直線回帰できることを明らかにした。また袋山沢 B 流域の値はその回帰直線の上にプロットされることが明らかにされた。(6) (3) ~ (5) から、 Q 、 ΔQ 、 $\overline{\Delta Q}$ のいずれにも降水量依存性が見られることがわかった。この共通の原因として樹冠遮断蒸発が考えられた。すなわち、伐採による流出増加は蒸発散の減少によって起こるが、蒸発散のうち樹冠遮断蒸発量は降水量に強く依存するため、結果として伐採による流出増加量に降水量依存性が現れるものと推察された。

第四章では、伐採の影響が高水時と低水時とでどのように異なるのかを明らかにするために、流量の高低と伐採による流量変化との関係が解析された。(1) 流況曲線の変化を解析した結果、高水側から低水側にかけて、ほぼすべての流量範囲で流出量の増加が認められ、既往の知見が追試された。また、低水時流量の増加によって、袋山沢流域の流出の特徴である、夏季および冬季の流出停止が発生しなくなった。(2) 増加量の実量は流量の大小と連動して変化し、より高水側の方が増加量が大きかった。このことから、高水側の流量増加が年単位の増加に対して支配的な要因であった。これらの結果は既往の試験と同様のものであった。(3) 流量の増加率は流量の大小と連動して変化し、より低水側の方が増加率が大きかった。(4) 全流出量に占める高水側流出量と低水側流出量の比率を指標に流出の年間一様性を調べたところ、伐採によって一様性が高くなったことがわかった。

第五章では、主に月流出量の解析を通じて、伐採の影響が季節によってどう異なるのかについて検討した。(1) 伐採前後で月流出量を比較したところ、伐採による流出量変化は月毎に量が異なるが、すべての月で流出量は増加した。既往の研究では盛夏期に流出量が減少する例があることが報告されているが、袋山沢 B 流域では盛夏期にも月流出量の増加した。また月増加量には、春秋に大きく、夏冬に小さいという季節的な変動が見られた。(2) 短期水収支法を用いて伐採前後で蒸発散量を比較したところ、伐採によってほぼ通年で蒸発散の減少が認められた。またその減少量は、春秋に大きく、夏冬に小さかった。(3) (1) と (2) の結果はほぼ正確に対応した。一般に森林流域では流域貯留量の影響で降雨と流出の間に時間遅れがあり、流出量と蒸発散量にずれが生じるが、袋山沢流域は流域貯留量が小さいためにそのずれが無視できるほど小さいと推察された。このことにより、以降の解析において、月流出量の解析から月蒸発散量を議論することが可能であると考えられた。(4) 伐採による月流出増加量は月降水量と強い正の相関（相関係数 0.80）があった。このことから、降水量依存性の強い樹冠遮断蒸発の減少が流出増加の主要因であると推察された。(5) 同量の月降水量に対する月流出増加量の大きさは、季節の進行に伴って、冬が最大で夏が最小になるような年周変化をしていることがわかった。これは、伐採前の蒸散量と伐採後の地表面蒸発量を比較した時に地表面蒸発量の方が多く、両者の差が夏に大きく冬に小さいことが反映していると解釈された。(6) (4) および (5) から、袋山沢流域で生じた伐採後の月流出増加量が春秋に大きいという季節性について、降水量の季節分布に基づく樹冠遮断蒸発の季節性と、蒸散・地表面蒸発の年周変動に基づく「同量の降水量に対する流出増加量の大きさ」の季節変動の組合せによって定量的に説明可能であることを明らかにした。

第六章では、袋山沢試験地における樹冠遮断量測定など他の観測例を総合し、伐採による蒸発散各項（樹冠遮断蒸発、蒸散、地表面蒸発）の変化を推定した。(1) 年水収支の推定の結果、伐採によって、遮断蒸発量は 350 mm/year の減少、蒸散は 300 mm/year の減少、地表面蒸発は 350 mm/year の増加と推定された。(2) 月水収支の推定の結果、伐採による遮断蒸発、蒸散、地表面

蒸発の各月変化量のうち、伐採前の蒸散量と伐採後の地表面蒸発量は、季節変化の傾向がほぼ同様でその値も著しい差がないことから、互いにほぼ変化を打ち消し合い、主に遮断蒸発の減少が伐採による流出量の増加に対して支配的な要因となっている。(3) 降水量の季節分布は流域によって違いがあるが、一方で蒸散量と地表面蒸発量は植生や緯度・斜面方位などの流域条件によって異なることから、伐採による蒸散・地表面蒸発の変化の季節性も流域ごとに異なると考えられる。従来の伐採試験研究では流出量変化の季節性が流域によって異なることについて十分な整理がされていなかったが、本研究で得られた、伐採による月毎の流出増加量が降水量に依存して変動する遮断蒸発起源の流出量変化と、伐採前の蒸散量と伐採後の地表面蒸発量の差から生ずる流出量変化の和として説明されるという知見を用いることにより流域間の差異をより良く説明できる可能性が示された。

第七章では、以上の内容を要約したものが記されている。