

間伐が水流出へ及ぼす影響

—常陸太田試験地における間伐後約1年間の観測結果から—

久保田多余子・坪山良夫・延廣竜彦 (森林総合研究所)

要旨：茨城県北部の常陸太田試験地内の1987年に植栽されたヒノキ・スギ人工林流域(0.88 ha)において、間伐が水流出へ及ぼす影響を明らかにするために、2005年12月から流量観測と気象観測を行った。流域内に20 m×20 mの林分調査プロットを設置して2006年3月から樹冠遮断量の観測を行った。2009年3月と5月に本数で約50%かつ材積で約30%の間伐を実施した。本研究では、間伐前3年間と間伐後約1年間の観測データより、樹冠遮断量、日流出量、および流域貯留量を算出し間伐前後で比較した。その結果、間伐に伴い樹冠遮断量は減少した。日流出量は観測期間内の平均値は若干増加した一方で、低水時には減少する傾向がみられた。流域保留量曲線は間伐前後で変化せず、すなわち、流域貯留量には変化がなかった。

キーワード：間伐、樹冠遮断量、日流出量、保留量曲線

I はじめに

間伐は森林の地上部を減少させて水消費を少なくする。また、間伐区では無間伐区より表層土壌の層厚が厚く、土壌孔隙量が大きい(5)ことや、放置人工林に間伐を入れ、浸透能が回復した(4)という調査結果が得られている。これらのことから、近年、間伐により水源涵養機能が高まると期待されている。しかしながら、もともと間伐は適切な密度管理により価値の高い木材を生産し、収量を上げる目的で行われる施業であるため、水源涵養機能との関係に着目した調査・研究は未だに少ない。間伐に伴う樹冠遮断量の変化に関しては観測例が増え、間伐により樹冠遮断量が減少することが明らかになった。また、対照流域法による研究結果(1)より、皆伐を行うと多くの場合、年流出量が増加することが明らかになった。しかし、間伐に伴う流域からの流出量の変化についてはまだほとんど調査が行われていない。そこで、本研究では遮断プロットにおいて樹冠遮断量の観測を行い、間伐に伴う樹冠遮断量の変化を明らかにするとともに、気象および流量観測より、日流出量と流域貯留量の変化を解析した。ただし、間伐後のデータは間伐後約1年間のデータであるため、これらの解析による数値はまだ暫定的な値である。

II 方法

間伐試験は茨城県北部にある常陸太田試験地(茨城森林管理署管内堂平国有林118林班)内の0.88 haの流域(HV)で行った(図-1)。ここは1987年に植栽されたヒノキとスギの人工林である。この流域内に20 m×20 mの林分調査区を設置し、間伐前の本数、胸高直径、樹高、枝下高と枝張りを測定した。2009年3月と5月に本数で約50%および材積で約30%の伐り捨て間伐を行った。この間伐において重機による作業および作業路の開設はなかった。

MSとRP地点において降雨量を観測した。降雨量はMS地点で転倒ます式雨量計による計測を行い、RP地点に設置した貯留式雨量計により補正を行った。HV流域の出口において2005年12月より流量観測を開始した。また、林分調査区内の遮断プロットにおいて、2006年3月より樹冠通過雨量と樹幹流下量を観測した。樹冠通過雨を2つの大型雨樋(260 mm×4000 mm)を用いて集め、樹幹流はウレタンマットを樹木に巻いて集めた。集めた水を大型タンク(容量200 L)に導いて、タンク内の水位を水位センサーにより観測した。

また、常陸太田試験地ではHV流域以外にHA流域(0.84 ha)とHB流域(2.54 ha)においても流量観測を行っている。HAとHBはともに1919年に植栽されたスギとヒノキの人工林であり、流

Tayoko KUBOTA, Yoshio Tsuboyama, Tatsuhiko Nobuhiro (For. Forest Prod. Res. Inst., Matsunosato 1, Tsukuba, Ibaraki 305-8687) Influence of thinning for water yield - From the observation for about one year after thinning on Hitachi Ohta Experimental Watershed.

量観測を開始した 1989 年以降間伐等の伐採は行っていない。HA と HV は流域面積がほぼ同じである。これらの流域の流量を間伐に伴う HV の日流出量の変化を解析する際に使用した。

III 結果と考察

間伐に伴う林況の変化を表-1 に示した。立木密度は 3300 本 ha⁻¹ から 1554 本 ha⁻¹ に減少した。全体的に大きい木が残してあるため、胸高直径と平均樹高は増加した。形状比は樹高を胸高直径で割った比数で 70 未満が健全な森林、70 以上であると災害などを受けやすい森林と判断される。この流域では間伐前は形状比が 79 と高かったが、間伐後は 72 まで減少した。今後の幹の生長により、形状比がより小さくなることが期待される。

間伐前後の森林樹冠による降雨量の樹冠通過雨、樹幹流および樹冠遮断への再配分量を表-2 に示した。樹冠遮断量は降雨量から樹冠通過雨量と樹幹流下量を引いて求めた。樹冠通過雨、樹幹流下量、および樹冠遮断量を降雨量に対する比率で表した。算出はそれぞれ観測期間の総量を用いて行った。この結果、樹冠通過雨率は間伐前に 76% であったのが、間伐後 82% に増加した。樹幹流下率は間伐前に 8% であったのが、5% に減少した。遮断率は間伐前に 17% であったのが、13% に減少した。このように間伐により林内雨量が増加した。

間伐に伴う HV の日流出量の変化を調べるために、HV の日流出量を流域面積がほぼ同じで、1989 年以降間伐が入っていない HA と比較した。比較にあたり、両流域の流出量の HB の流出量に対する比を取り、これを比較した。このような比較をした理由は、HA や HV のような流域面積の小さい流域の日流出量は気象条件の違いによるばらつきが大きく (7)、より流域面積が大きい HB 流域との比をとることにより、そのばらつきの影響が小さくなったためである。図-2 に HB に対する HA と HV の日流出量を示した。日流出量の比の平均値は、HA で間伐前後にそれぞれ 0.87 と 0.88 であり、HV ではそれぞれ 1.03 と 1.08 であった。このように間伐をした HV は日流出量の平均値が間伐前より 5% 増加していた。

一方、HV の日流出量は低水時に減少しているように見えた (図-2b)。低水時に日流出量が減

少したのは、地面蒸発量が増加したためか、あるいは、2009 年は 9 月の降雨量が平均値と比べて極めて少ないことが影響している可能性がある。

流域貯留量の変化を調べるために、間伐前後において保留量曲線 (2) を比較した。そのために、まず洪水ハイドログラフを直接流出量と基底流出量に分離した。分離はハイドログラフの立ち上がり地点から傾き $2\text{m}^3\text{h}^{-2}\text{km}^{-2}$ の直線で分離した (3, 6)。次に損失雨量を次式により算出した。

$$(\text{損失雨量}) = (\text{総降雨量}) - (\text{直接流出量}) \quad (1)$$

総降雨量と損失雨量の関係をプロットした。その回帰直線は保留量曲線と呼ばれ (2)、次式で求められる。

$$L = S_B(1 - \exp(-kP)) \quad (2)$$

ただし、L:損失雨量;P:総降雨量;k:定数である。また、P を無限大にすると $L = S_B$ となり、これを最大流域貯留量とする。

総降雨量と損失雨量の関係を図-3 に示した。損失雨量は一時的に流域内に貯留された雨量で、樹冠遮断量、窪地貯留量および土壌水分貯留量が主要成分であり、その総量は流域の地質・地形・土壌・植生によって異なる (2)。図-3 に示した S_B 値は藤枝 (2007) に示された値と比較して妥当な値であった。保留量曲線の解析の結果、間伐にともない、貯留量はわずかに減少した。このことは間伐により直接流出量がわずかに増加したことを示している。しかしながら、大きな変化は見られなかった。今回の間伐は重機を入れず、作業道を開設せず、切り捨て間伐を行っており、林床のしめ固めや攪乱がない。そのため、間伐後も表面流が発生することがないため、直接流出量や流域貯留量に変化がなかったと考えられる。

IV まとめ

間伐により立木本数が減少して、樹冠遮断量は減少した。日流出量は観測期間内の平均値は若干増加した一方で、低水時には減少する傾向がみられた。このことから、間伐により流況が変化していると考えられる。また、直接流出量や流域貯留量には変化がなかった。いわゆる間伐手遅れ林分

での間伐は、下草植生の繁茂やそれに伴う将来的な土壌の形成により、直接流出量の減少が期待される。一方で、間伐などの施行には林床の攪乱により直接流出量を増加させる可能性もある。本研究のように手入れされた林分における注意深い間伐で、流域貯留量に変化がなかったのは、森林の水源涵養機能の中の洪水防止機能を損なわないという点でいい結果であった。

謝辞

間伐にあたり、茨城森林管理署および幡森林事務所の多大なご協力を得ました。また、間伐前後の毎木調査には森林総合研究所玉井幸治氏、清水貴範氏、飯田真一氏、および壁谷直記氏の多大なご協力を得ました。ここに記し感謝いたします。

引用文献

- (1) BOSCH, J. M. and HEWLETT, J. D. (1982) A Review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. *J. Hydrol.* 55:3-23.
- (2) 藤枝基久 (2007) 森林流域の保水容量と流域貯留量. 森林総合研究所研究報告 6(2):101-110.
- (3) HEWLETT, J. D. and HIBBERT, A. R. (1967) Factors affecting the response of small watersheds to precipitation in humid areas. In: W. E. Sopper and H. W. Lull (eds), *Proc. Int. Symp. on Forest Hydrology*. pp. 275-290.
- (4) 中根周歩・金子悦子・遠藤康裕・部坂和代 (2004) 吉野川上流域の放置人工林と強間伐人工林の土壌浸透能、土壌貯留能力の比較. 第115回日林学術講 2004:802.
- (5) 林野庁 平成12年度荒廃現況調査報告書 (2001).
- (6) SIDLE, R. C., Tsuboyama, Y., NOGUCHI, S., HOSODA, I., FUJIEDA, M. and SHIMIZU, T. (1995) Seasonal hydrologic response at various spatial scales in a small forested catchment, Hitachi Ohta, Japan. *J. Hydrol.* 168: 227-250.
- (7) Tsuboyama Y, SIDLE, R. C., NOGUCHI, S., MURAKAMI S. and SHIMIZU T. (2000)

A zero-order basin - its contribution to catchment hydrology and internal hydrological processes. *Hydrol. Process.* 14: 387-401.

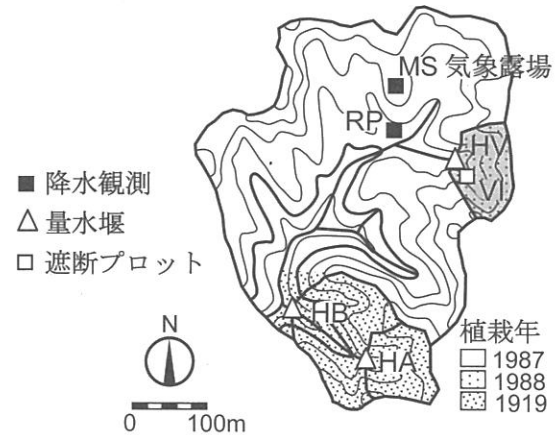


図-1 常陸太田試験地

表-1 間伐前後の林況

	間伐前	間伐後
立木密度 (本 ha ⁻¹)	3300	1554
林分材積 (m ³ ha ⁻¹)	308	218
平均胸高直径 (cm)	13.6	16.8
平均樹高 (m)	10.8	12.1
平均単木材積 (m ³)	0.093	0.140
形状比	79	72

調査時期;間伐前:2008年10月~2009年2月.
間伐後の数値は上述の調査期間に得られた測定値を
残存木の測定値のみ集計した結果による.

表-2 間伐に伴う森林樹冠による降雨量の樹冠通過雨, 樹幹流および樹冠遮断への再配分量の変化

	樹冠通過率 (%)	樹幹流下率 (%)	遮断率 (%)
間伐前	76	8	17
間伐後	82	5	13

集計期間は間伐前：2006年3月1日～2009年1月24日；間伐後：2009年6月1日～2010年6月23日

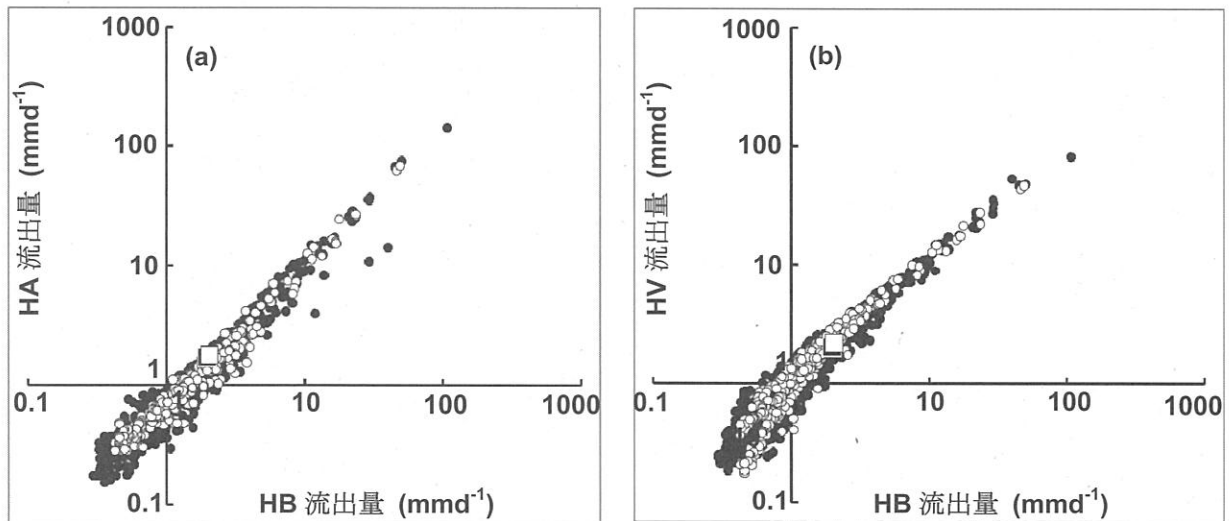


図-2 HV流域で行われた間伐の前後における(a)HA および (b)HVの流出量。(●)は間伐前,(○)は間伐後を示す。観測期間は間伐前:2006年3月1日～2009年1月31日;間伐後:2009年6月1日～2010年6月30日。(■)と(□)はそれぞれ間伐前後の流出量の平均値を示す。

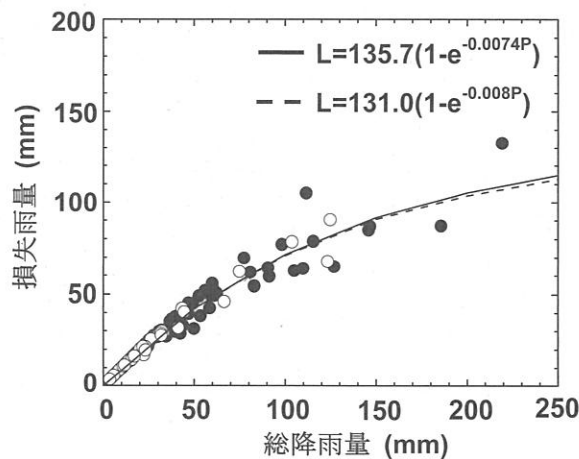


図-3 降雨量と損失雨量の関係。(●)と実線は間伐前および(○)と波線は間伐後を示す。観測期間は間伐前:2006年3月1日～2009年1月24日;間伐後:2009年6月1日～2010年6月23日。