

## 茨城県北部のヒノキ林における間伐に伴う林分構造と樹冠通過雨量の変化

延廣竜彦・坪山良夫(森林総研)・久保田多余子(森林総研東北)・玉井幸治(森林総研)

要旨：茨城県北部の常陸太田試験地内のヒノキ林流域において本数割合で約 50%の切り捨て間伐を行い、間伐前後の林分構造と樹冠通過雨量の関係について検討を行った。流域内に 20m×20m 方形区の調査プロットを設定し、間伐前および間伐後、定期的に毎木調査を行った。プロット内に 2つの雨樋と 10個のボトルを配置し、樹冠通過雨量の測定を行った。林外雨量に対する樹冠通過雨量の割合は間伐により増加し、間伐後 3年経過した後も間伐前の割合より高い値を示した。樹冠通過雨量の空間分布は観測地点上空部の樹冠状態の変化に大きく影響を受けていた。プロット内の総樹冠面積は間伐後 2年で間伐前の水準まで回復していたが、LAI は間伐後 3年経過時においても間伐前の水準まで達していなかった。これらの結果から、本試験地では樹冠面積よりも LAI の変化による影響の方が間伐による樹冠通過雨量の変化に大きな影響を与えたと推察された。

キーワード：ヒノキ、間伐、樹冠通過雨量、樹冠構造

**Abstract:** We examined the relationship between the crown structure and throughfall before and after non-commercial thinning at an intensity of 50% in a Japanese cypress forest in the Hitachi Ohta Experimental Watershed, northern Ibaraki. We constructed a 20m × 20m investigation plot within the watershed, and conducted periodical surveys before and after thinning. Two gutters and ten bottles were arranged within the plot to measure throughfall. The throughfall rate increased with thinning and remained higher than before thinning 3 years later. The spatial distribution of throughfall was greatly affected by the change in upper crown condition at each observation point. Two years after thinning, the total crown projection area within the plot had recovered to the level before thinning, although 3 years after thinning, the Leaf Area Index (LAI) had not recovered. From these results, we postulated that the change in throughfall in our experimental watershed was affected more by the change in LAI than by the crown projection area.

**Keywords:** Japanese cypress, thinning, throughfall, crown structure

## I はじめに

ヒノキは日本における人工林の主要な樹種の一つである。人工林の総面積 1,035 万 ha に対して、ヒノキの植栽面積は 260 万 ha であり、面積比率では 25%に達している(7)。森林の多面的機能を発揮するには下刈りや枝打ち、間伐など成長過程に応じた適切な施業を行う事が必要であるが、近年の林業活動の停滞による施業の遅れが懸念されており、森林の多面的機能の一つである洪水・渇水の緩和機能や水源涵養機能にも影響を与える。

一般に森林への降水は樹冠による降水の配分過程を経て、流域から流出する。降水量から樹冠通過雨量と樹幹流下量を差し引いたものが樹冠による降水の遮断量と定義され、森林流域からの水損失量の一部とみなされるが、間伐などの林分構造の急激な変化に伴い、樹冠による降水の配分割合も変化する事が予想される。

ヒノキ林における間伐と樹冠による降水の配分割合の関係について、服部ら(1)や小松(2)は間伐により林冠が疎開した結果、樹冠通過雨量が増加した事を報告

している。また、中北ら(3, 4)や田中ら(5)はヒノキ林内に多くのコレクターを密に配置して樹冠通過雨量の空間分布について検討を行い、樹冠通過雨量が空間的に不均一であることを示した。これら先行の研究報告に対して、ヒノキ林において間伐による樹冠状態の変化と樹冠通過雨量の空間分布について検討を行った事例はほとんどない。このため、本研究では茨城県北部のヒノキ林において強度の間伐を行い、間伐前後における樹冠構造変化の定量化を試みた。また、間伐後 3年間の樹冠通過雨量の経年的な変動ならびに空間分布について検討を行った。

## II 試験地の概要および観測方法について

本研究は茨城県北部に位置する常陸太田試験地(36°34'N, 140°35'E)で行った。同試験地における 1992年~1997年の年平均気温は 12.3°C, 1981年~1998年の年平均降水量は 1,429mmであった(6)。

試験地内にある 1987年に植栽されたヒノキを主体と

Tatsuhiko NOBUHIRO (FFPRI, Matsunosato 1, Tsukuba Ibaraki 305-8687), Yoshio Tsuboyama (FFPRI), Tayoko Kubota (Tohoku Research Center, FFPRI), Koji Tamai (FFPRI)

Change in canopy structure and throughfall accompanying thinning in a Japanese cypress forest, in northern Ibaraki

するHV流域(0.88ha, 310~340m A.S.L.)を本報告の調査対象とした。本流域のヒノキ林分内に約20m×20m方形区の毎木調査プロットを設定し、プロット内の全個体の樹高、胸高直径ならびに4方向の枝張りを定期的に測定した。材積は樹高と胸高直径から材積式(8)を用いて算出した。各個体の樹冠投影面積(CPA)は4方向の枝張り測定結果を元に、楕円近似して算出した。また、これらの調査とあわせ、プロット内の9地点でLAI-2000(LI-COR)を用いて葉面積指数(LAI)の測定を行った。

HV流域では2009年3月から5月にかけて本数で約50%、材積で約30%の切り捨て間伐を行った。この間伐により、HV流域の立木密度は2,229本ha<sup>-1</sup>から1,132本ha<sup>-1</sup>に変化した。なお、間伐の際には樹木の配置に偏りがないよう留意した。

樹冠通過雨量は400cm×26cmの雨樋を二つ設置して観測を行った。雨樋内の雨水は容量100Lのボトルに導水し、圧力式水位計(CS450, Campbell)とデータロガー(CR10X, Campbell)を用いて10分ごとに水位として記録したものを水高に換算した。また、樹冠通過雨量の空間分布について検討を行うため、二つの雨樋の周囲10地点に直径21cmの漏斗を用いた容量10Lのボトルを無作為に設置し、2週間に1回程度の頻度で計量したものを水高換算した。林外雨量については、常陸太田試験地内の気象露場で観測している降水量を用いた。降水量は転倒マス型雨量計(TE525MM, Campbell)とロガーを用いて10分間積算値として記録し、トータライザに貯留した降雨量を転倒回数に応じて配分した。以下、雨樋およびボトルで測定した樹冠通過雨量をTHgおよびTHb、林外雨量をPと略す。本報告ではPおよびTHg、THbの欠測がなかった期間について解析に用い、降雪・積雪があった期間については検討から除外した。間伐前後の樹冠通過雨量の経年変化について検討を行うため、図-3に示す4期間に区切って解析を行った。

### III 結果と考察

1. 間伐に伴う林分・樹冠構造の変化 図-1は樹冠通過雨量観測地点付近の間伐前および間伐後3年経過時の樹冠投影図を示している。図の破線は間伐により伐倒

されたヒノキの樹冠を示し、実線は残存個体の樹冠を示している。また、図中には雨樋ならびにボトルの位置も記載している。

表-1は間伐前および間伐後定期的に行った毎木調査結果から得られた林分状態の変化を示す。また、表-1には間伐前のプロット内全個体を対象とした平均値並びに積算値も記載している。2009年に行った切り捨て間伐では劣勢木を中心に伐倒した結果、プロット残存木の平均樹高・胸高直径は間伐前より大きい値を示した。材積は樹高および胸高直径から算出したものであることから、樹高などと同様の成長傾向を示しており、2011年夏季に間伐前の材積水準まで回復した。これに対して4方向の枝張りから算出したプロット内全個体の総樹冠投影面積は間伐により593m<sup>2</sup>から364m<sup>2</sup>に低下したが、間伐後に枝条が速やかに伸長した結果、2010年春季には間伐前の水準まで樹冠が広がり、毎木調査データのある2011年末まで増加する傾向にあった。

図-2は20m×20mプロット内の9地点で観測を行った2008年から2011年までのLAIの変化を示す。間伐前のLAIが概ね4~5の範囲であったのに対して、間伐直後には2前後まで低下した。間伐後のLAIの変動幅は2~3.5の範囲にあり、間伐後から緩やかな増加傾向を示していたが、間伐前の水準には達しなかった。

以上より、本プロットでは本数割合約50%の強度で間伐を行った結果、CPA・LAIともに大きく減少した。間伐後は横方向への枝張りの伸長が先行し、樹高・胸高直径から求められる材積はそれに少し遅れて増加していた。CPA・材積ともに2011年末には間伐前の水準まで回復していた。これに対して、植物群落の葉量を表す指標であるLAIは間伐後に緩やかな増加傾向を示したものの、CPAや材積ほど顕著な変化はなく、本研究で対象とした期間中には間伐前の水準まで達していなかった。

2. 間伐前後の樹冠通過雨量の変化 図-3に間伐前および間伐後のP、THg、THbを示す。Pに対するTHgの割合は、間伐前(period 0)が72.5%であったのに対して間伐直後(period 1)が81.7%であり、その後は80.7%(period 2)、77.2%(period 3)と減少する傾向を示した。

THgと10地点平均のTHb(THb\_ave)を比較したとこ

表-1. 20m×20m調査プロット毎木調査結果  
Tab.1 Results of forest survey within the 20m×20m plot

Results of forest survey	Whole plot	Remained trees								
	Dec. 2008	Dec. 2008	May. 2009	Aug. 2009	Nov. 2009	Feb. 2010	May. 2010	Aug. 2010	Feb. 2011	Aug. 2011
Tree height (m)	11.09	12.07	12.47	12.62	12.67	12.78	13.02	13.28	13.47	14.19
DBH (cm)	13.97	16.76	16.93	17.42	17.47	17.58	17.70	18.37	18.39	18.71
Total volume (m <sup>3</sup> )	12.83	8.98	9.47	10.11	10.19	10.42	10.77	11.81	12.03	13.15
Total CPA (m <sup>2</sup> )	592.9	363.7	452.0	548.6	532.8	582.3	607.8	636.3	658.2	705.5

る、全期間において THb\_ave は THg よりも大きい値を示していたが、間伐前後の変化という点では、THb\_ave は THg と同様に間伐前 (period 0) の 75.7% から 89.9% (period 1) まで増加した。しかしながら THg と異なり、THb\_ave は間伐後 3 期間を通じて大きな変動は認められなかった。

これらの結果から、本研究で得られた間伐前後および間伐後の降雨量 P に対する樹冠通過雨量 THg、THb\_ave の割合の変化は、CPA など毎木調査結果から得られた平面的な樹冠の広がりよりも、群落の葉量を示す LAI の変化と対応していると考えられた。

3. 樹冠通過雨量の空間分布 間伐前後の林分内の樹冠通過雨量の空間分布の変化について検討するため、THb について間伐前後の結果を地点間で比較した。図-3 で示したように、6 地点 (No.1, 2, 3, 6, 8, 10) で間伐直後 (period 1) に THb が大きく増加し、その他 4 地点では THb がわずかに増加 (No.4) もしくはほとんど変化が認められなかった (No.5, 7, 9)。

本研究で対象としたプロットでは本数で約 50% の強度の間伐が行われた直後、図-2 で示したように樹冠の重なっている面積が大幅に減少したのと同時に、間伐により林冠にギャップが形成された。このため、間伐直後、林外雨量に対する THb の割合が 100% 前後まで増加した地点 (No.1, 3, 8) については、樹冠に遮られずに直接地表に達する降雨成分が多くなったためと推察された。No.2, No.6, No.10 の 3 地点も同様に、間伐後にはギャップまたは樹冠の縁付近に位置していたが、THb は間伐

前より増加したものの、前述の 3 地点よりは樹冠通過雨量率は小さかった (85.0~93.7%)。No.5 および No.9 地点も間伐後には残存木の樹冠の縁付近に位置していたと考えられるが、THb は間伐前後でほとんど変化していなかった。これら間伐の影響があったと考えられる観測地点に対して、周囲に間伐対象木がなかった No.4 および残存木の幹付近に位置している No.7 地点では間伐による上部樹冠の変化が小さかったため、THb が大きく変化しなかったと考えられた。

次に、10 地点で観測された THb について、間伐後の経年変化について検討を行う。THg と同様に、period 1~3 の期間で徐々に THb が減少する地点 (No.1, 5, 9) があった。しかしながら THg とは逆に、徐々に増加する地点 (No.2, 4, 6, 8) や、間伐後に大きく変化しない地点 (No.3, 7, 10) が認められた。樹冠が重なり合う地点に位置し、周囲に伐倒木のなかった No.4 地点では樹冠の発達と共に THb が増加する傾向を示していたと考えられた。また、ボトル No.7 は残存木の幹近くに配置されており、樹冠の重なりや発達による影響が少なかった結果、間伐後に THb の大きな変動が認められなかったと推察された。No.4, 7 以外の地点で観測された個別の THb は、観測地点上空部の樹冠状態の変化、すなわちギャップの再開鎖や樹冠の発達の影響により樹冠通過の割合が今後変化していくと予測されるが、現有する情報のみで結論づけるのが難しいため、今後も情報収集および検討が必要であると考えられた。

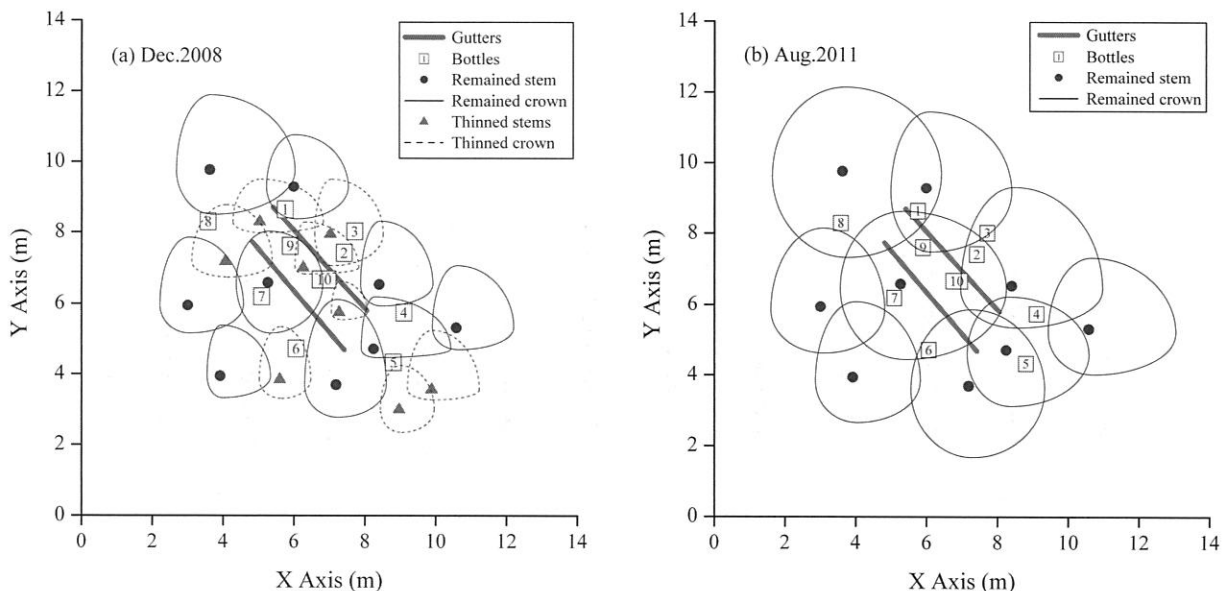


図-1. 測器の配置および樹冠投影図

Fig.1 Location of trees and throughfall collectors

Boxed numbers are corresponded to bottle ID in Fig.3.

#### IV まとめ

茨城県北部のヒノキ林において観測された間伐前後の樹冠通過雨量の変化について検討を行った。本数で約50%の間伐を行った結果、樹冠通過雨量は増加した。樹冠通過雨量の間伐後の経年変化は、群落の葉量の指標であるLAIの変化と対応していると推測された。また、樹冠通過雨量は空間的なばらつきが大きく、間伐に伴うギャップの形成・再閉鎖など観測地点上部の樹冠の状態に大きく影響を受けると考えられた。

#### 引用文献

- (1) 服部重昭, 近嵐弘栄 (1988) ヒノキ林における間伐が樹冠遮断に及ぼす影響, 日本林学会誌 : 70, pp. 529-533
- (2) 小松光 (2008) ヒノキ林における間伐区と無間伐区の間伐蒸発量の比較, 九州大学演習林報告 : 89, pp. 1-12
- (3) 中北理, 井倉洋二, 細川雅永, 丸谷知己, 竹下敬司 (1984) 林内における降雨パターンについて, 日林論 : 95, pp. 517-518
- (4) 中北理, 静孝明, 丸谷知己, 竹下敬司 (1985) 林内における降雨パターンについて (III) -4 樹種7 地点19 降雨による比較-, 日林論 : 96, pp. 537-538
- (5) 田中延亮, 蔵治光一郎, 鈴木雅一, 太田猛彦 (2005) ヒノキ壮齢林の下層樹木の樹冠下における樹冠通過雨量の空間分布特性, 東京大学農学部演習林報告 : 113, pp. 133-154
- (6) YOSHIO TSUBOYAMA (2006) An experimental study on temporal and spatial variability of flow pathways in a small forested catchment, Bulletin of FFPRI : 5 (2), pp. 135-174
- (7) 林野庁 (2011) 平成23年度版森林・林業白書, 208pp.
- (8) 林野庁計画課 (1970) 立木幹材積表東日本編, p.223

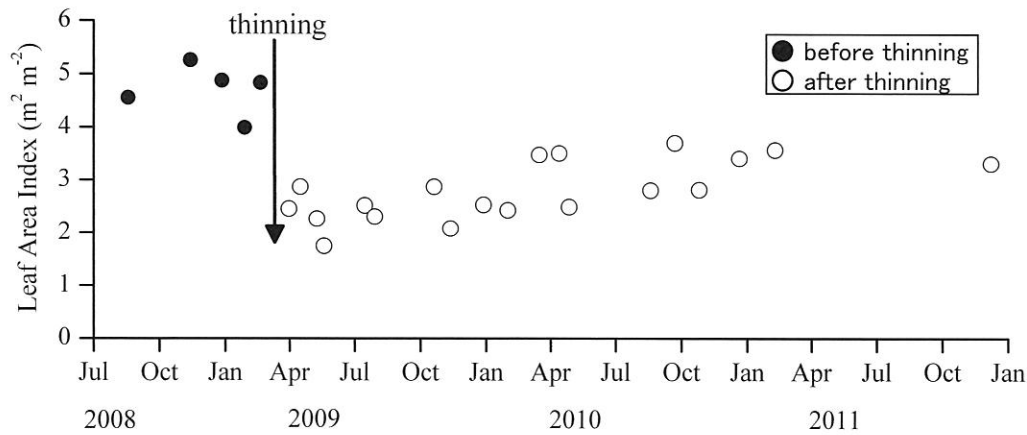


図-2. 20m×20mプロット内におけるLAIの経年変化

Fig.2 Change in LAI within 20m × 20m plot

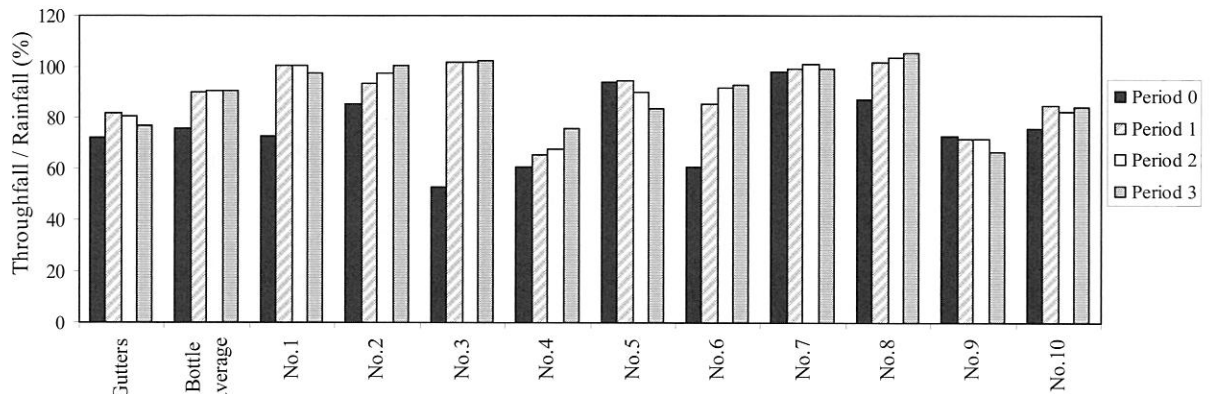


図-3. 樹冠通過雨量測定結果

Fig.3 Result of throughfall observations

Legends indicate Period 0: Oct. 2007 – Jan. 2009, period 1: Jun. 2009 – Dec. 2009, period 2: Jan. 2010 – Dec. 2010, and period 3: Apr. 2011 – Dec. 2011, respectively.