

スギ・ヒノキ中齢林における間伐放置材の分解と養分動態

平田彩 (東京農工大院)・大塚敏博 (群馬県環境森林部)、戸田浩人、崔東壽 (東京農工大院)

要旨: 切り捨て間伐によって発生した間伐放置材は、枝葉に比べ長期にわたり養分を還元する。1995年に切り捨て間伐が行われた群馬県のスギ・ヒノキ中齢林小流域において、間伐放置材の養分循環への役割を調査した。また、相対成長式を用いて、間伐後の15年間で地上部に蓄積された窒素量を推定した。間伐放置材の容積重減少速度定数は、スギが $0.037\sim 0.057\text{ yr}^{-1}$ 、ヒノキは $0.06\sim 0.11\text{ yr}^{-1}$ であった。間伐放置材から失われた乾物量は 5 t ha^{-1} 、還元された窒素量は 3.7 N kg ha^{-1} であり、2010年で 8.7 N kg ha^{-1} 存在していた。K, Ca, Mgの還元量は 19.1 kg ha^{-1} 、 13.73 kg ha^{-1} 、 0 kg ha^{-1} 、保持量は 0.6 kg ha^{-1} 、 3.7 kg ha^{-1} 、 0.9 kg ha^{-1} であり、間伐後15年間で間伐放置材はK, Caの大部分を還元していた。一方窒素は、15年経過後も間伐放置材中に間伐放置材70%にあたる量を保持していた。間伐放置材は森林生態系において、量は少ないが、長期間にわたり窒素を保持し続ける効果があると考えられる。

キーワード: 切り捨て間伐, 間伐放置材, 養分動態

Abstract: Nutrient reduction of thinned stems are longer than that of leaves and branches. The role of thinned stems for nutrients cycling, which were left on forest floor, were investigated in the watershed of middle-aged Japanese cedar and cypress in Gunma prefecture thinned in 1995. Accumulated nutrients of above-ground in the watershed during 15 years after thinning were also estimated by the allometric equation. The rate constant of thinned stems density decreases were $0.037\sim 0.057\text{ yr}^{-1}$ for Japanese cedar and $0.06\sim 0.11\text{ yr}^{-1}$ for cypress. The dried weight loss of thinned stems was 5 t ha^{-1} in the watershed. The amount of reduced nitrogen from thinned stems was 3.7 N kg ha^{-1} , and they had 8.7 N kg ha^{-1} in 2010. The amounts of K, Ca and Mg reduced from thinned stems were 19.1 kg ha^{-1} , 13.73 kg ha^{-1} and 0 kg ha^{-1} , respectively. And the amount of K, Ca and Mg retained in thinned stems were 0.6 kg ha^{-1} , 3.7 kg ha^{-1} and 0.85 kg ha^{-1} , respectively. For these results, the most of K and Ca was reduced in thinned stems. On the contrary, nitrogen of thinned stems in 2010 was 70% in 1995. Thinned stems have effect of nitrogen retention on forest ecosystem in the long term.

Keywords: non-commercial thinning, thinned stems, nutrient dynamics

I はじめに

間伐は林分密度を調節し、健全な森林生態系を維持する保育作業として重要である。林野庁は、平成19年から平成24年までの6年間で330万haの間伐の実施を目標としている。しかし、間伐材は安価な小径木・低質木が多いこと、収集・運搬コストがかかること、搬出に不向きな林地が多くあることなどから、民有林の約7割で材を搬出せずに林内に放置する切り捨て間伐が行われている(3)。間伐放置材は立地条件によって、土石流の被害を拡大させるなどのデメリットがある。一方、これまでは間伐推進のために切り捨て間伐にも支払われてい

た間伐補助金が、今後収穫間伐のみとなる。すると、場所によっては無理な収穫間伐を行ったために搬出による林地の攪乱が生じたり、収穫できないため間伐し切れない林分が増大したりする可能性がある。

間伐放置材は分解が葉や枝条に比べて遅く、有機物や養分を貯留し、長期間にわたって林地へ還元する役割を有している(4)。よって、切り捨て間伐が多く行われているこれまでの森林生態系において、間伐放置材の物質循環への影響評価は重要である。これまで、林地における枯死木の養分動態に関する研究では、材中のK, Caなどの養分は分解過程に

Aya HIRATA, Toshihiro OTSUKA, Hiroto TODA, Dong-su CHOI (Tokyo University of Agriculture and Technology, 3-5-8, Saiwai-cho, Fuchu, Tokyo 183-8509) Decomposition of Thinned Stems and Nutrient Dynamics in Middle-aged Japanese Cedar and Cypress Watershed

伴って急激に減少することが報告されている(1)。しかし、伐倒樹幹の養分動態や、土壌への養分還元の情報には限られている。

本研究では、長期に渡る森林施業の物質循環への影響をモニタリングしている群馬県の小流域試験地において、主要造林樹種であるスギ(*Cryptomeria japonica*)とヒノキ(*Chamaecyparis obtusa*)の間伐放置材の分解速度、地上部バイオマスの増加量、間伐放置材の蓄積量と分解量を推定し、分解に伴って材から林地に供給される養分動態について明らかにすることを目的とした。

II 調査方法

1. 調査地の概況調査地は、群馬県みどり市東町に位置する東京農工大学フィールドミュージアム大谷山内の中齢林小流域(1.27ha)である(図-1)。母材は秩父古生層の砂岩および粘板岩で構成されている。植生は斜面上部にヒノキ、斜面中下部にスギが植栽された人工林であり、スギが72%、ヒノキが28%の割合で存在している。1975年に皆伐後、1976年に植栽が行われた二代目再造林地である。この小流域にて、1987年まで施肥(尿素化成系肥料, N:P₂O₅:K₂O=20:10:10)、下刈り、枝打ちの保育作業が行われてきた(表-1)。1995年に本数間伐率38%の下層間伐が行われ、haあたり幹20t、葉4.5t、枝3.2tが林地に放置された。

2. 間伐放置材の分解速度 分解速度の算出には単一項目の指数モデルを用いることが多い(2)。容積重と間伐後の経過年数の関係を以下の指数関数で求めた。

$$D_t = A \exp(-kt)$$

ここで、 D_t は時間 t (year) における容積重 (g cm^{-3})、 A は定数、 k は減少速度定数 (year^{-1})を示す。

試料は、中齢林小流域のほかにも FM 大谷山と、同じ市内にある FM 草木の5つの間伐後経過年数の異なる林分で採取した(図-1)。調査地点の標高は700~1050m、母材は秩父古生層である。材の樹種はスギ・ヒノキを別々に、直径クラスを3段階(0-5cm、5-10cm、10-20cm)に設定し、2010年10月に各林分から樹種、クラスごとに5つずつ試料を採取した。間伐放置材の心材部と辺材部を区別し、約 1cm^3 の木片を作った。その木片の生重量を測定し、浮力法で容積を測定した。浮力法は、木片を水に浸したときに受ける浮力の大きさと物体の重力の大きさが同じであるという、アルキメデスの原理を利用した方法である。その後木片を 105°C で全乾し、全乾重量を求め、容積重を算出した。

3. 林木の地上部の窒素蓄積量 小流域における現存量を把握するために、相対成長式を作成した。スギ・ヒノキ

ともに $20 \times 20\text{m}$ と $20 \times 40\text{m}$ の標準的な調査区を設定し、2010年8月に胸高直径と樹高を測定した。調査区内でスギ・ヒノキ各4本の供試木を選定した。2010年9月に供試木を伐採後、梢端から2m毎に切断し、各階層で葉、枝、幹に分割し、それぞれの生重量を測定し、各階層毎に試料を採取した。葉と枝は生量重量を測定し、幹は円板の容積と重量を求め、容積重から幹材部の重量を換算した。これらの試料の一部を 105°C の乾燥器で全乾させ、全乾重量を求めた。

葉・枝・幹の試料はポットミルを用いて粉碎し、それぞれの階層の重量比率に従って混ぜ合わせて調整した。各器官の炭素・窒素含有量をCNコーダ(Yanaco, MT-700)により測定した。以上のデータから、胸高直径と各部位の乾物重量および窒素含有量の相対成長式を作成した。この式から、中齢林小流域における林木の地上部窒素現存量を推定した。また1995年の林木の地上部窒素現存量と比較して、15年間の増加量を求めた。

4. 間伐放置材から林地への養分還元量 間伐放置材の分解量と養分量を調べ、1995年の間伐時の間伐放置材の養分保持量(未発表データ)と比較することで、15年間の養分還元量および残存量を推測した。材の分解量を推測するために、容積重の減少量と辺材部の体積の減少量を調査した。体積減少量は、1995年と、2010年に間伐した材の心材が占める割合を比較し、分解によって土壌へ還元された辺材部の量を推定した。

間伐放置材からの養分還元量は、材を心材部と辺材部に分け、粉碎後、炭素量、窒素量はCNコーダにより、K、Ca、Mgは湿式灰化後Sr1000ppmの存在下で原子吸光度計(日立、170-10)により測定した。以上の方法で、間伐から15年後に林地に存在する間伐放置材の養分含有量を推定した。また、間伐直後の乾物還元量、材の養分含有量のデータと照らし合わせ、間伐から15年間の養分還元量を推定した。

III 結果および考察

間伐後の経過年数に伴う辺材部の容積重変化を図-2、減少速度定数 k を表-2に示す。辺材部は経過年数が19年の林分では存在が確認できなかったため、15年までの結果を示す。樹種別に比較すると、どの直径クラスでもヒノキの方がスギよりも1.05~2倍容積重の減少速度が速かった。直径クラスで比較すると、クラスごとに明確な違いは得られなかったが、スギは直径10cmを境に、ヒノキは5cmを境に直径が大きくなると減少速度がやや遅くなっていた。直径が小さいと、体積あたりの表面積が大きく、分解が進みやすいため、容積重

の減少速度が速くなると考えられる。

2010年現在の林木の地上部の窒素蓄積量は、スギ 307 N kg ha⁻¹、ヒノキ 120 N kg ha⁻¹、流域全体では 427 N kg ha⁻¹であった(図-3)。間伐直後は流域全体で 282 N kg ha⁻¹であったので(未発表データ)、15年間の地上部窒素増加量は 145 N kg ha⁻¹、1年間の増加量は 10 N kg ha⁻¹ yr⁻¹と算出され、間伐木全窒素量(葉・枝・幹)の 85 N kg ha⁻¹(未発表データ)を上回る窒素量が地上部に蓄積されていた。2010年時点で間伐放置材が保持している窒素量は、スギ 6.5 N kg ha⁻¹、ヒノキ 2.2 N kg ha⁻¹、流域全体で 8.7 N kg ha⁻¹であった(図-4)。1995年の間伐時と比較すると、15年間の間伐放置材からの窒素還元量は、スギ 2.5 N kg ha⁻¹、ヒノキ 1.2 N kg ha⁻¹、流域全体で 3.7 N kg ha⁻¹となった。このことから、間伐放置材は間伐時に保持していた窒素量の 70%を 15年後も保持していることが明らかになった。また他の養分は、間伐放置材からの還元量は間伐時の保持量の K97%、Ca79%と大部分を 15年間で還元していた(図-6)。

1995年から2010年の各養分の地上部の蓄積量、間伐放置材の保持量、還元量を表-3に示した。間伐放置材からの養分還元量は、地上部蓄積量に対し Kは 14%と比較的高かったが、その他の養分は 0~5%と少量であった。経過後も間伐放置材中に間伐時の 70%にあたる窒素を保持していた。以上のことから、間伐放置材は森林生態系において、量は少ないが、長期間にわたり窒素を保持し続ける効果があると考えられる。

IV おわりに

本研究では、物質循環における間伐放置材による養分還元量・保持量を明らかにした。間伐から 15年経過後も窒素保持量が多いことから、微生物による窒素有機化が示唆された。また、間伐放置材を搬出しても、葉や枝に比べ養分的に影響は少ないと考えられた。しかし、無理な搬出は土壌かく乱などの問題が懸念され、控えるべきであると考えられる。

V 引用文献

- (1) HOLUB, S. M., SPEARS, J. D. H. A. and LAJTHA, K (2001) A reanalysis of nutrient dynamics in coniferous coarse woody debris. Canadian Journal of Forest Research 31:1894-1902.
- (2) OLSON, J. (1963) Energy storage and balance of producer and decomposers in ecological systems. Ecology 44:322-351.
- (3) 林野庁 (2010) 森林・林業白書 平成 22 年度版. 14pp, 財団法人農林統計協会, 東京.

(4) 米田健 (1985) 森林における枯死材の分解. 日生態会誌 36 : 177-129.

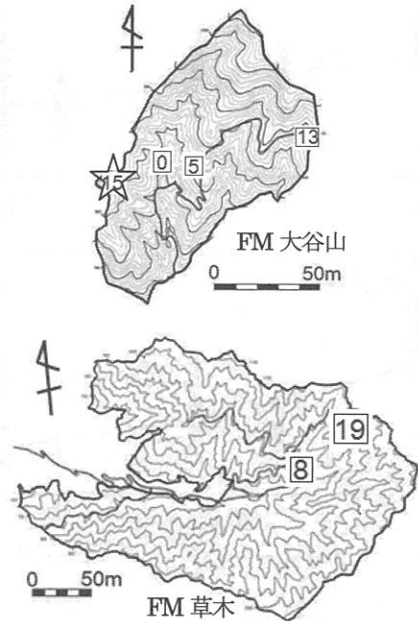


図-1. 調査地および調査地点

☆: 中齢小流域の位置、数字: 間伐後の経過年数

Figure-1. Location of study area and sample plot

☆ : watershed, number: number of years after thinning

表-1. 流域における保育作業の概要

Table-1. Details of tending work

1976年6月	植栽(4500本 ha ⁻¹)
7月	施肥(N,P ₂ O,K ₂ O=33,16,16kg ha ⁻¹)
1977年4月	施肥(N:38kg ha ⁻¹)
7月	下刈り
10月	下刈り
1978年5月	施肥(N,P ₂ O,K ₂ O=60,30,30kg ha ⁻¹)
6月	下刈り
9月	下刈り
1979年4月	施肥(N,P ₂ O,K ₂ O=100,50,50kg ha ⁻¹)
7月	下刈り
1980年7月	下刈り
1981年8月	下刈り
11月	枝打ち(樹高の50%)
1982年5月	施肥(N,P ₂ O,K ₂ O=100,50,50kg ha ⁻¹)
1984年6月	施肥(N,P ₂ O,K ₂ O=100,50,50kg ha ⁻¹)
1986年3月	枝打ち(樹冠長の40%)
1987年4月	施肥(N,P ₂ O,K ₂ O=154,77,77 kg ha ⁻¹)
1995年3月	間伐(本数間伐率 38%)

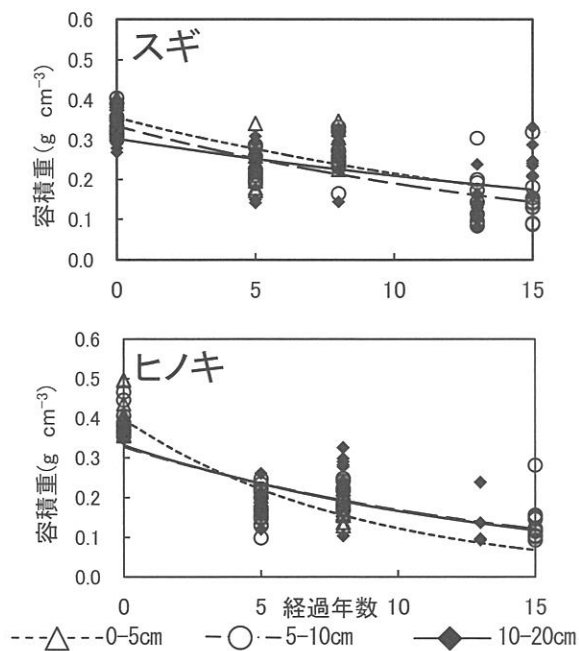


図-2. 間伐放置材辺材部の経過年数に伴う容積重変化
Figure-2. Change of wood density for thinned stems

表-2. 間伐放置材辺材部の減少速度定数k

Table-2. Rate constant (k) of sapwood of thinned stems

樹種	直径クラス	減少速度定数 k
スギ	0-5cm	0.05
	5-10cm	0.057
	10-20cm	0.037
ヒノキ	0-5cm	0.11
	5-10cm	0.06
	10-20cm	0.07

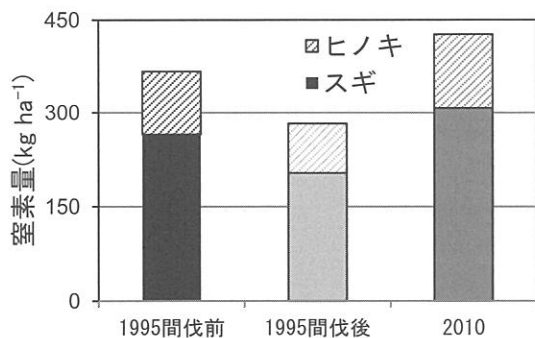


図-3. 地上部の窒素蓄積量
Figure-3. Nitrogen accumulation of above-ground

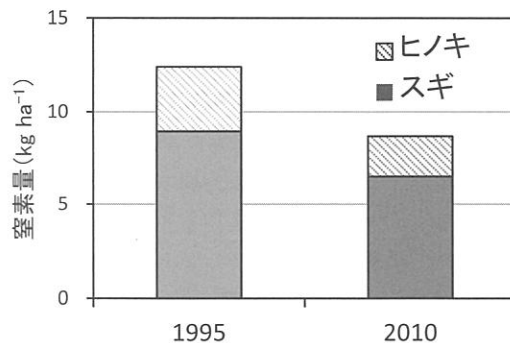


図-4. 間伐放置材の窒素含有量
Figure-4. Nitrogen content of thinned stems

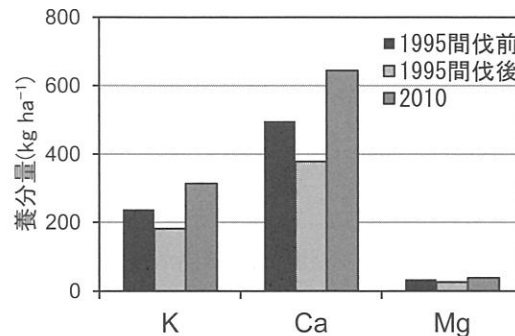


図-5. 地上部の養分蓄積量
Figure-5. Nutrient accumulation of above-ground

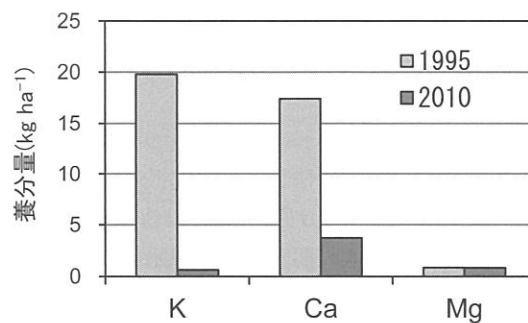


図-6. 間伐放置材の養分量
Figure-6. Nutrient content of thinned stems

表-3. 1995年から2010年までの流域の養分動態
Table-3. Nutrient dynamics in watershed from 1995 to 2010

		kg ha ⁻¹ 15yr ⁻¹			
		N	K	Ca	Mg
地上部	蓄積量	145	132	266	12
間伐放置材	還元量	4	19	14	0
	保持量	9	0.6	4	0.9