

地力に及ぼす集約的保育作業の影響 (3)

誌名	日本林學會誌 = Journal of the Japanese Forestry Society
ISSN	0021485X
巻/号	673
掲載ページ	p. 73-81
発行年月	1985年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



論 文

地力に及ぼす集約的保育作業の影響 (III)

幼齡林での下刈りと施肥および第1回枝打ちによる流出養分量*

相場芳憲**・生原喜久雄**
近藤 晃**,**・池田直弥**

相場芳憲・生原喜久雄・近藤 晃・池田直弥：地力に及ぼす集約的保育作業の影響 (III) 幼齡林での下刈りと施肥および第1回枝打ちによる流出養分量 日林誌 67: 73~81, 1985 皆伐後、スギ・ヒノキの人工植栽を行った幼齡林で、下刈り・施肥・枝打ちなどの保育作業が小流域からの養分の流出に及ぼす影響をみるため、この幼齡林と隣接する壮齡林の実態とを比較させながら、流出水量およびその流出水中の養分量を5年間調べた。調査開始後3年間の幼齡林での消失水量は300~400 mm/年であったが、枝打ち後1年目の消失水量は100 mm/年に減少し、次の年には200 mm/年に増加した。下刈りしてから、大きな降水のない日が続いた後、一度に多量の降水があると、一時的ではあるが、流出水の K, Ca, Mg 濃度の増加がみられた。施肥による流出水中の養分濃度の高まりは、造林後まもない皆伐の影響の強い時期に顕著にみられ、年数が経過し、閉鎖にもなると小さくなる。流出養分量は流出水量が大きいと多くなるので、枝打ちなどで林冠が破られた後にはできるだけ早く閉鎖させ、林分の蒸発散量を安定させることが、生態系からの流出養分量を少なくさせることにつながる。

AIBA, Yoshinori, HAIBARA, Kikuo, KONDO, Hikaru & IKEDA, Naoya: **The effects of intensive tending works on soil productivity (III) Nutrient discharge from young stands caused by weeding, fertilization, and the first pruning** J. Jap. For. Soc. 67: 73~81, 1985 The effects of tending works such as fertilization, weeding, and pruning on nutrient discharge and the changes of nutrient discharge accompanying crown closure in young sugi (*Cryptomeria japonica* D. DON) and hinoki (*Chamaecyparis obtusa* S. et Z.) stands were compared for five years with established adjacent stands. The results were as follows: The annual water-loss of the young stands was 300~400 mm for three years (third to fifth year). The annual water-loss decreased to 100 mm after pruning, but increased to 200 mm the following year. K, Ca, and Mg concentrations in the stream water of the young stands after weeding increased as the precipitation increased. Increase of nutrient concentrations of the stream water following fertilization occurred in a period influenced strongly by clear cutting. However, this increase was not evident purely as a result of a decrease in the influence of clear cutting. Nutrient discharge is influenced considerably by water discharge. Therefore, crown closure as fast as possible after pruning and its stabilizing effect on the evapotranspiration of the stand are important in minimizing the nutrient discharge from an ecosystem.

I. はじめに

中径の優良材生産を目的とした皆伐人工林では、下刈り、枝打ち、間伐などの保育作業が回数多く行われる。これらの保育作業は、土壌への有機物供給を通じて、土

壌の理化学性や養分の循環に強く影響していると考えられる。さらに、枝打ちや間伐で林内を明るくすることも、土壌有機物の分解促進と下草の繁茂を通じて、地力に影響するであろう。

そこで、皆伐された後、集約的に保育されている林分

* 本研究の一部は第94回日本林学会大会で発表した。

本研究は文部省科学研究費(課題番号57480053, 59440013)で行われたものである。

** 東京農工大学農学部 Fac. of Agr., Tokyo Univ. of Agr. & Tech., Fuchu, Tokyo 183

*** 現勤務先: 静岡県庁 Present address: Shizuoka Pref. Office, Shizuoka 420

の養分循環が生育にともなってどのように変化していくか、保育作業は物質の循環にどのようにかかっているかなどを、長期にわたって調査するための試験地を1976年に植栽した幼齢林に1978年に設けた。試験地設定後1年間の幼齢林小流域での養分状態と流失については、隣接する壮齢林小流域と対比して前報(1)で報告した。その後の流出養分量を調査するとともに、1981年11月(植栽後5年目)に第1回枝打ちを行い、枝打ちによる流出水量・流出養分量の変化を枝打ち前の状態ならびに壮齢林と比較して調査した。

本研究を行うにあたり、東京農工大学演習林の職員の方々に多大の援助を、また壮齢林の現存量調査および間伐調査については本学造林学研究室の戸田浩人氏にご協力をいただいた。厚くお礼申しあげる。

II. 試験地の概況および調査方法

試験地は前報(1)で報告した幼齢林と壮齢林の二つの小流域で、ともに上部斜面にヒノキ、下部斜面にスギが植栽されている。両集水域の地況および1979年までに実施された施業についてはすでに報告(1)してある。1980年以降の幼齢林での施業は次のとおりである。1980年7月および1981年8月に下刈りを実施し、1981年11月には第1回目の枝打ち(ひも打ち)を行った。さらに1982年5月には尿素系三要素肥料(20:10:10)をNで100 kg/ha 施用した。

壮齢林流域での施業は過去十数年間なされていない。1982年7月に調査した全林木の毎木調査による胸高直径の度数分布(図-1)で明らかなように、胸高直径階の幅が広く、また枯死木もかなりみられている。そこで1983年3月から4月にかけて間伐を実施した。

枝打ち直前の1981年10月および枝打ち後1年を経過した幼齢林の概況については表-1に、また間伐前の1982年7月の壮齢林分の概況については表-3に示してある。スギ幼齢林の平均樹高、平均胸高直径はヒノキ幼齢林よりも約2倍、胸高断面積合計で約6倍の差がみられている。壮齢林では下草も少なく、小径木に立枯れがみられ、かなり密な林分になっている。

幼齢林に対する第1回目の枝打ちは、樹高2m以上の林木に対して、樹高の1/2を目安とし、1981年11月に行った。枝打ち方法および枝打ちで落とされた枝葉量の測定方法などの詳細は別報(2)で報告する。また枝打ち後、一生育期を経過した1983年5月に、毎木調査による胸高直径の度数分布(図-2)から、直径階別に4本の供試木を伐倒し、 D^2H と各部位の相対生長式で、現存量を推定した。枝打ち前後の現存量を表-1に示す。

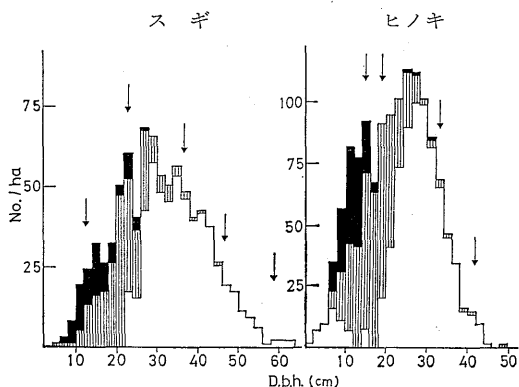


図-1. 壮齢林の胸高直径の度数分布
Histogram of d. b. h. in the established stands
■ 枯死木 Dead tree, ↓ 供試木 Sample tree,
striped bar: 間伐木 Thinned tree

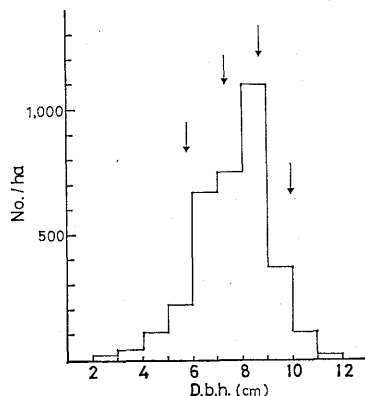


図-2. 枝打ち後1年経過したスギ幼齢林の胸高直径の度数分布
Histogram of d. b. h. one year after pruning
in the young sugi stand
↓ 供試木 Sample tree

壮齢林について、間伐前後の現存量は、胸高直径階別にスギ・ヒノキとも、それぞれ5本の供試木を伐倒し、部位別重量を求め、胸高直径と各部位の相対生長式(表-2)から推定した。その結果を表-3に示す。

両集水域の下端に量水堰を設置し、1978年から流出水量の測定とともに流出水に含まれる養分量の測定を行っており、1978年8月から1979年7月までの1年間の測定結果についてはすでに報告(1)した。北関東の本調査地域では7月から9月にかけて雨量が多いため、今回は11月から翌年の10月までを1水年とし、1979年11月から1983年10月までの5水年について検討した。

降水量および流出水量の測定方法、養分濃度の分析方法は前報(1)で報告した。ただし、今回は降水の $\text{NH}_4\text{-}$

表-1. 枝打ち前後の現存量
Biomass of the young stands before and after pruning

		スギ Sugi			ヒノキ Hinoki		
		枝打ち前 Before pruning	枝打ち直後 After pruning	枝打ち1年後 One year after pruning	枝打ち前 Before pruning	枝打ち直後 After pruning	枝打ち1年後 One year after pruning
木の大きさ Size of the stand trees	平均樹高 Mean tree height (m)	4.8±0.7	—	5.3±0.7	2.5±0.4	—	2.9±0.5
	平均胸高直径 Mean d. b. h. (m)	6.8±1.6	—	7.6±1.5	2.8±1.0	—	3.4±1.2
	立木本数 No. of trees per ha	3,352	—	3,271	3,344	—	3,062
	胸高断面積合計 Basal area (m ² /ha)	12.8	—	15.4	2.2	—	3.2
現存量 Biomass (t/ha)	当年葉 Current year's foliage	4.59 (100)	2.10 (46)	2.86 (62)	—	—	—
	旧葉 Old year's foliage	9.91 (100)	1.15 (12)	4.48 (45)	—	—	—
	小計 Total	14.50 (100)	3.25 (22)	7.34 (51)	3.49 (100)	1.60 (46)	—
	緑色枝 Green branches	1.93 (100)	0.61 (32)	0.86 (45)	—	—	—
	褐色枝 Brown branches	2.17 (100)	0.36 (17)	1.29 (59)	—	—	—
	小計 Total	4.10 (100)	0.97 (24)	2.15 (52)	1.33 (100)	0.44 (33)	—

The values in parenthesis are percentages of the values before pruning.

表-2. 胸高直径と部位別重量との関係
Relationship between weight (Y: kg) of each part and d. b. h.
(D: cm) (log Y=log a+b log D)

部 位 Part	スギ Sugi			ヒノキ Hinoki		
	b	log a	Correlations coefficient	b	log a	Correlations coefficient
緑葉 Live foliage	2.628	-6.406	0.976	2.822	-6.554	0.995
枯葉 Dead foliage	1.699	-7.138	0.887	—	—	—
緑枝 Green branches	2.622	-9.437	0.987	2.238	-7.879	0.945
生枝 Live brown branches	3.349	-8.512	0.991	3.281	-7.709	0.983
枯枝 Dead branches	2.964	-9.298	0.928	2.265	-5.360	0.951
球果 Corns	3.358	-11.780	0.993	12.751	-46.280	0.933
幹 Stem	2.367	-2.709	0.997	2.780	-4.031	0.988
樹皮 Bark	2.204	-7.124	0.993	1.879	-5.997	0.952

N をインドフェノール法(9) で求めた。また前報(1) で報告したように、流出水の NH₄-N 濃度は 0.1ppm 以下であること、流出水量にあまり関係なくほぼ一定であること、流出 NH₄-N 量も幼齢林で 0.5 kg/ha・年、壮齢林で 0.2 kg/ha・年と少ないことなどから、今回は分析せず、前報の平均値に流出水量を乗じて求めた。

III. 結果および考察

幼齢林および壮齢林集水域での水収支を表-4 に示した。調査期間中の年降水量は 1,500~1,900 mm であった。本調査地における過去 8 年間の年平均降水量は 1,722 mm であるから、1 水年の年降水量では平均より

表-3. 壮齢林の間伐前・後の現存量
Biomass of the established stands before and after thinning

	平均樹高 Mean height (m)	平均胸高 直 Mean d. b. h. (cm)	立木本数 No. of trees per ha	胸高断面 積 計 Basal area (m ² /ha)	幹材積 Volume (m ³ /ha)	葉重 Foliage (t/ha)	枝重 Branches (t/ha)	幹重 Stem (t/ha)	地上部重 Total of above ground (t/ha)	
スギ	間伐前 Before thinning	25	31	766	66.1	725	14.3	25.5	212.2	252.9
	間伐木 Thinned trees	17	20	233	8.6	68	2.0	1.9	23.6	27.6
	間伐後 After thinning	29	36	533	57.5	657	12.3	23.6	188.6	225.3
	間伐率 Thinning rate	—	—	30	13	9	14	7	11	11
ヒノキ	間伐前 Before thinning	17	23	1,110	53.2	386	15.0	30.7	164.2	201.1
	間伐木 Thinned trees	14	16	403	9.9	60	2.2	4.2	23.9	30.4
	間伐後 After thinning	19	26	707	43.2	326	12.8	26.5	140.3	179.7
	間伐率 Thinning rate	—	—	36	18	15	14	13	14	14

表-4. 幼齢林流域および壮齢林流域での水収支
Water budget for the experimental watershed of young and established stands

		水 年 Water year*				
		I	II	III	IV	V
降水量 Precipitation (P)		1,504 (100)	1,751 (100)	1,686 (100)	1,937 (100)	1,976 (100)
幼齢林 Young stands	流出水量 Discharge (D _Y)	1,197 (80)	1,378 (79)	1,310 (78)	1,845 (95)	1,754 (89)
	消失水量 Water loss (P-D _Y)	307 (20)	373 (21)	376 (22)	92 (5)	222 (11)
	流出水量 Discharge (D _E)	613 (41)	733 (42)	684 (41)	960 (50)	970 (49)
壮齢林 Established stands	消失水量 Water loss (P-D _E)	891 (59)	1,018 (58)	1,002 (59)	977 (50)	1,006 (51)

* I: Nov. 1978 to Oct. 1979, II: Nov. 1979 to Oct. 1980, III: Nov. 1980 to Oct. 1981, IV: Nov. 1981 to Oct. 1982, V: Nov. 1982 to Oct. 1983

(): 降水量に対する比率 The values in parenthesis are percentages for precipitation values.

200 mm 少なく、Ⅳ水年およびⅤ水年では約 200 mm 多い。幼齢林流域からの流出水量は 1,200~1,800 mm、壮齢林流域からの流出水量は 600~1,000 mm であった。降水量から流出水量を差し引いた値を流域の消失水量とすると、幼齢林ではⅠ水年からⅢ水年にかけて 300~400 mm と安定しているが、枝打ちを行ったⅣ水年は 100 mm と非常に少ない値を示し、枝打ちの翌年であるⅤ水年になると 200 mm に増加している。一方、壮齢林の消失水量はⅤ水年で間伐を行っているにもかかわらず、5水年とも 900~1,000 mm と安定した値であった。幼齢林での消失水量が著しく減少したⅣ水年では、降水量が前年よりも多いにもかかわらず、壮齢林の消失水量は前年とかわりないが、幼齢林の消失水量は前年の約 75% と大きな減少を示した。幼齢林での消失水量の大きな減少は、Ⅳ水年の当初 (1981 年 11 月) に、第 1 回

目の枝打ちがなされ (詳細については別報(2)で報告する)、この枝打ちで土壌表面へ落とされた葉量 (表-1) は、スギ林で約 11 t/ha (当年葉の 54%、旧葉の 88%)、ヒノキ林で約 2 t/ha (葉量の 54%) という大きな量であり、この葉量の減少が大きく影響したものと推察される。また、枝打ちしてから一生育期をすぎた、1983 年 5 月に調査したスギ林現存量でみると、枝打ちで 22% に減少した葉量が枝打ち前の葉量の 51% にまで回復している。枝量も 24% に減少したのが、52% にまで回復している。調査流域は 72% がスギ造林地であることから、Ⅴ水年の消失水量の増加は、造林木の葉量の増加が大きく影響したものと推察される。

壮齢林の間伐前後の現存量調査結果 (表-3) で、間伐によってスギおよびヒノキの葉はそれぞれ 2 t/ha 落とされた。間伐後のⅤ水年の消失水量は降水量の 54%

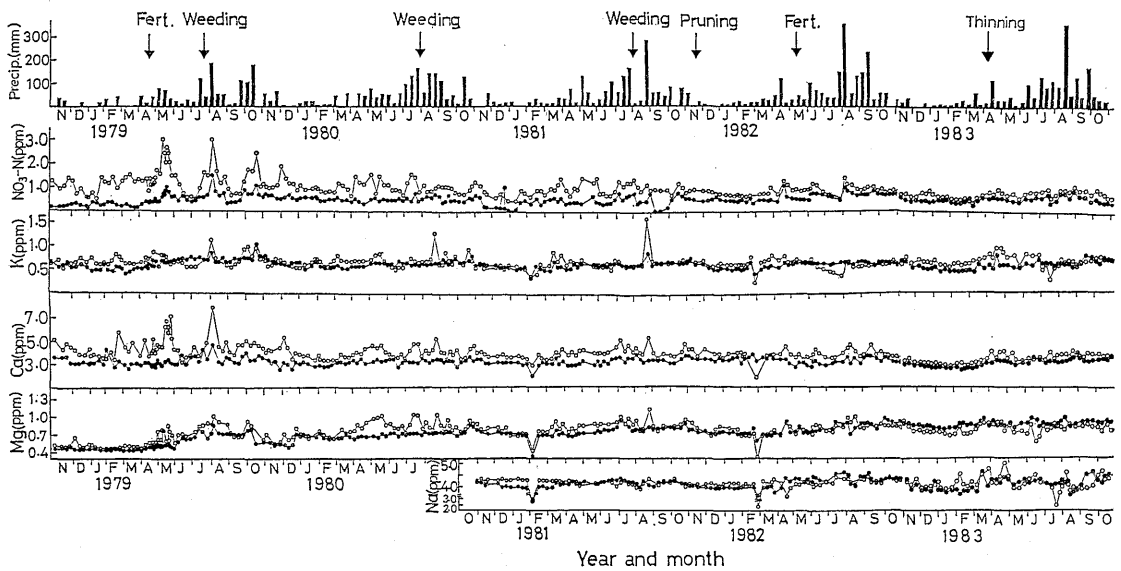


図-3. 流出水の養分濃度の経時的変化

Changes of nutrient concentrations in the stream water

○ 幼齢林 Young stands, ● 壮齢林 Established stands, Tending: 保育
Fert., weeding, and pruning in the young stands, thinning in the established stands

で、この値は降水量のほぼ同じIV水年と同じであり、現段階では今回の間伐による影響はみられていない。North Carolina の Coweeta での調査(4)によれば、胸高断面積合計の20%以下の伐採率では、伐採後1年目の流出水量に変化はみられないが、20%以上になると伐採率と流出水量との間には一次の関係式で表示できるとしている。本調査地の間伐率は胸高断面積でスギ:13%、ヒノキ:19%、葉量でスギ:14%、ヒノキ:15%であった。搬出方法がジグザグ・エンドレス方式のため、地表のかく乱が少なく、小径木を対象とした間伐のため、本数間伐率は多いが、壮齢林の場合、この程度の間伐による葉量の減少では消失水量に変化はしていないのかもしれない。枝打ちを実施した場合、流出水量への影響は斜面の向きによっても異なり、蒸散量の減少、地表面からの蒸発量の増加およびクローネによる遮断量の減少などが考えられる。これらについては、今後の研究課題であろうが、造林地の場合、造林木の葉量が消失水量に大きな影響を及ぼし、枝打ちや間伐によって、集水域からの流出水量をある程度コントロールできるといえる。ただし、低い葉量除去率では影響がでにくい。本調査地(幼齢林)の消失水量の92mmという値は既往の報告(8)に比較して非常に少ないので、さらに引きつぎ調査していく予定である。

5水年にわたる流出水の養分濃度の経時的変化を図-3に示す。1981年11月に多量の枝打ち枝葉が林床に落と

されたにもかかわらず、幼齢林でのI~III水年とIV~V水年での流出水の養分濃度に違いはみられない。また、5水年を通して幼齢林のNO₃-Nは、壮齢林よりもかなり高い値を示していたが、その差は経年的に小さくなっている。Caについても同様の傾向がみられた。Mgでは、I水年からIV水年にかけて幼齢林で高い傾向を示したが、V水年になるとかえって壮齢林で高い。KおよびNaでは幼齢林と壮齢林の間にはそれほど大きな差はみられない。

K, Ca, Mg濃度に共通して、著しい高濃度が夏季の1979年8月4日、1980年8月23日、1981年8月22日に著しい低濃度が冬季の1981年2月4日、1982年2月25日にみられた。これらの高濃度や低濃度でのピークは幼齢林で明瞭である。これらのピークについて検討した結果、次のように考察した。高濃度がみられた1981年8月22日前後および低濃度がみられた1982年2月25日前後の流出水量の経時的変化を一例として図-4に示した。渓流水を採取した日(1981年8月22日)には、大きな降水量(138mm/日)があり、翌日(23日)には流出水量がピーク(114mm/日)に達している。このピーク以前の大きな流出ピークは、かなり前まで(8月2日)さかのぼることになり、その間では小さな降水はみられるが、流出ピークを出現させるにはいたらなかった。この期間に幼齢林では下刈り(8月2日から8月11日)が行われた。下刈りされた分解しやすい下草が林

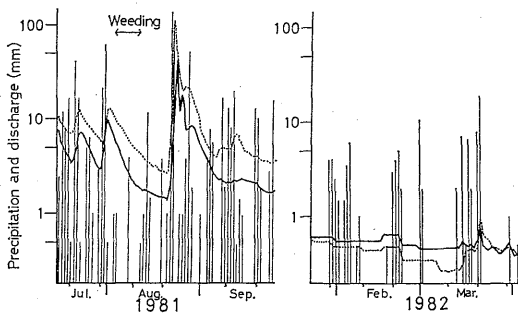


図-4. 流出水の K, Ca, Mg に高濃度がみられた 1981 年 8 月 22 日前後および低濃度がみられた 1982 年 2 月 25 日前後の流出水量の経時的変化

Discharge and precipitation contained high concentrations of K, Ca, and Mg before and after Aug. 22, 1981 and low concentrations of these cations before and after Feb. 25, 1982
 --- 幼齡林 Young stands, — 壯齡林 Established stands

床に堆積され、1 か月間でかなり分解されること(3)、また夏季における表層土の有機物分解もさかんであることなどから、有機物の分解にもなって遊離したこれらの塩基類が多量の降水により一度に流出したものと思われる。同じことが下刈り後の 1979 年 8 月 4 日、1980 年 8 月 23 日にもいえる。

冬期の低濃度の場合 (1981 年 2 月 4 日)、当日を含めそれ以前 (9 日間) の日平均気温は連日、氷点下であった。土壤凍結のため、降水は土壤へ十分浸透できず、土壤中の塩基との置換や溶脱がおこらず、土壤中の塩基類は遊離されず流出しにくい。このため冬季の厳寒期には氷点下気温中の前降雨にともなう流出水の低濃度があると推察された。しかし、氷点下気温中の前降雨にともなう流出は冬期にしばしばあるが、必ずしもすべて低濃度ではない。冬期の低流出水量時のこのような低濃度は通常の流出養分量の算出にあたって、大きな障害とはならないであろう。

1979 年 4 月に N として 101 kg/ha の三要素肥料が施用され、施用後流出水に $\text{NO}_3\text{-N}$, Ca, Mg 濃度の増加がみられるようである。しかし、1982 年 5 月に N として 100 kg/ha の三要素施肥がなされ (前年の 2 年間は施肥されなかった)、施用後のこれらの養分要素の流出水中での増加は明らかでなかった。2 回の施肥による溪流水の養分濃度の変化を、濃度の高い生長期の 5 月から 10 月における流出水量と $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度との関係から検討した (図-5)。同じ流出水量の場合、1979 年の濃度が他の年の濃度よりも明らかに高い。また 1979 年の施用後 1

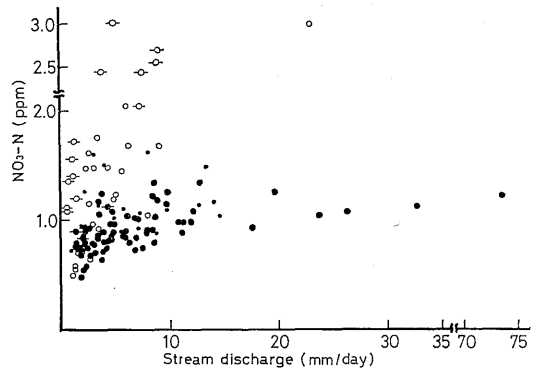


図-5. 流出水量と $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度との関係

Relationship between stream discharge from the young stands and $\text{NO}_3\text{-N}$ concentration

○ 1979 年 5 月から 10 月の濃度 Concentration from May to Oct. 1979, —○— 1979 年の施肥後 1 か月間の濃度 Concentration for one month after fertilization in 1979, ● 1980 年 5 月から 10 月の濃度 Concentration from May to Oct. 1980, ● 1981 年, 1982 年および 1983 年の 5 月から 10 月の濃度 Concentration from May to Oct. 1981, 1982, and 1983, —●— 1982 年の施肥後 1 か月間の濃度 Concentration for one month after fertilization in 1982

か月間の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は同年の他の月に比べて著しく高いが、1982 年の施用後 1 か月間の濃度では施肥していない年の濃度と違いがみられない。1980 年の濃度では、1979 年 5~10 月にかけての濃度ほどではないが、1981 年から 1983 年にかけての濃度よりも高い場合が何点かみられた。以上のことから、本調査林分での施肥による流出水の養分濃度の高まりは、造林後まもない皆伐の影響の強い時期に大きくみられ、年数が経過し、下草の繁茂や造林木の生長などによって、その高まりは小さくなるものと思われる。

幼齡林および壯齡林流域からの $\text{NO}_3\text{-N}$ の月別流出量 (図-6) は生長期で多く、生長休止期で非常に少なかった。これは降水量が林木の生長期に集中し (図-3)、しかもすでに述べたように流出水量が多いと流出養分量が増すので、施肥や下刈りが流出養分量にどの程度影響していたかを明らかにするのは難しい。

溪流からの流出養分量は生長期で多いことから、この期間での林分の破壊、表層土のかく乱には十分注意すべきであろう。材質の面から、多くの施業林での伐採作業が生長休止期に行われるが、林地をいためる伐出作業が流出養分量の少ない時期であることは意義があると考えたい。

幼齡林および壯齡林流域からの流出水の 1 水年ごとの平均養分濃度を表-5 に示す。幼齡林からの流出水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は、1 水年で 1.33 ppm であったが、その

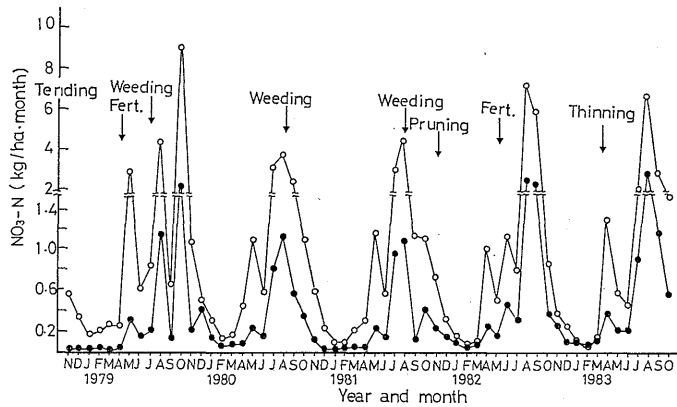


図-6. NO₃-N の月別流出量

NO₃-N amount of stream discharge for one month

○ 幼齢林 Young stands, ● 壮齢林 Established stands, Tending: 保育
Fert., weeding and pruning in the young stands; thinning in the established stands

表-5. 幼齢林流域および壮齢林流域からの流出水の水年ごとの平均養分濃度とその比率
Average nutrient concentration in the stream water of the experimental watershed
of young and established stands

水年 Water year*	流出 Discharge	NO ₃ -N	K	Ca	Mg	Na
I	幼齢林 Young stands (Y)	1.33 0.50~3.04	0.68 0.50~1.13	4.56 3.40~7.86	0.65 0.44~1.32	—
	壮齢林 Established stands (E)	0.46 0.10~1.50	0.62 0.40~1.05	3.29 2.63~4.69	0.56 0.43~0.86	—
II	幼齢林 Young stands (Y)	1.06 0.69~1.90	0.68 0.52~1.28	3.89 3.25~5.27	0.79 0.53~1.19	—
	壮齢林 Established stands (E)	0.54 0.32~0.75	0.63 0.53~0.78	3.10 2.54~3.54	0.68 0.48~0.87	—
III	幼齢林 Young stands (Y)	0.94 0.45~1.41	0.65 0.37~1.58	3.89 2.86~5.23	0.82 0.46~1.12	4.17 2.55~4.37
	壮齢林 Established stands (E)	0.43 0.03~0.80	0.61 0.34~0.85	3.17 1.97~3.78	0.75 0.40~0.95	4.11 2.64~4.37
IV	幼齢林 Young stands (Y)	0.84 0.29~1.35	0.61 0.21~0.77	3.78 1.91~4.66	0.79 0.32~0.99	4.11 1.72~4.44
	壮齢林 Established stands (E)	0.59 0.33~1.10	0.59 0.40~0.74	3.34 2.78~3.82	0.79 0.60~0.98	4.15 3.23~4.62
V	幼齢林 Young stands (Y)	0.78 0.41~1.21	0.63 0.30~0.86	3.54 2.06~4.36	0.80 0.61~0.96	4.17 2.07~5.17
	壮齢林 Established stands (E)	0.60 0.33~1.10	0.60 0.45~0.79	3.15 2.65~4.15	0.89 0.81~1.02	4.17 3.55~4.81
I	Y/E	2.89	1.10	1.39	1.16	—
II	Y/E	1.96	1.08	1.25	1.16	—
III	Y/E	2.19	1.07	1.23	1.09	1.01
IV	Y/E	1.42	1.03	1.13	1.00	0.99
V	Y/E	1.30	1.05	1.12	0.90	1.00

上段: 平均濃度, 下段: 範囲

Numerator: average concentration of samples, denominator: range of concentrations of samples

* See Table 4.

表-6. 幼齢林流域および壮齢林流域での5年間の養分収支
Nutrient budget for the experimental watershed of young and established stands
(kg/ha·yr)

	水年 Water year**	NO ₃ -N	NH ₄ -N	K	Ca	Mg	Na
降水 Precipitation (P)	I	3.3	6.8	7.1	11.0	2.4	—
	II	4.4	4.7	4.1	15.7	1.7	—
	III	3.9	3.6	9.8	17.4	3.2	6.8
	IV	3.3	2.6	10.2	21.9	5.0	9.2
	V	4.2	3.6	7.8	23.7	4.5	13.1
幼齢林の溪流からの流出 Stream discharge of young stands (D _Y)	I	20.1	1.0	9.2	63.4	8.9	—
	II	14.8	1.1	9.8	54.7	11.6	—
	III	13.4	1.0*	10.5	55.6	11.8	55.0
	IV	18.6	1.5*	11.2	75.5	16.0	77.1
	V	16.4	1.5*	11.4	68.4	14.6	72.0
壮齢林の溪流からの流出 Stream discharge of established stands (D _E)	I	4.5	0.4	4.6	23.1	3.8	—
	II	4.4	0.4	4.9	24.2	5.4	—
	III	3.4	0.4*	4.5	22.7	5.4	28.4
	IV	6.9	0.6*	5.9	32.6	7.9	40.3
	V	7.1	0.6*	6.0	33.0	8.8	40.3
幼齢林流域における収支 Budget for young stands (P-D _Y)	I	-16.8	5.8	-2.1	-52.4	-6.5	—
	II	-10.4	3.6	-5.7	-39.0	-9.9	—
	III	-9.5	2.6	-0.7	-38.2	-8.6	-48.2
	IV	-15.3	1.1	-1.0	-53.6	-11.0	-67.9
	V	-12.2	2.1	-3.6	-44.7	-10.1	-58.9
壮齢林流域における収支 Budget for established stands (P-D _E)	I	-1.2	6.4	2.5	-12.1	-1.4	—
	II	0	4.3	-0.8	-8.5	-3.7	—
	III	0.5	3.2	5.3	-5.3	-2.2	-21.6
	IV	-3.6	2.0	4.3	-10.7	-2.9	-31.1
	V	-2.9	3.0	1.8	-9.3	-4.3	-27.2

* 別報(I)のデータからの推定値

Estimation from the data of previous report (I)

** See Table 4.

後減少し、V水年には0.78 ppmに低下した。幼齢林のCa濃度でもNO₃-Nと同じ低下傾向といえる。しかし、Mg濃度ではやや増加の傾向があり、Kでは水年による一定の増減傾向はみられない。壮齢林の流出水では、V水年で間伐が行われたにもかかわらず、KおよびCa濃度ともに5水年を通して安定していた。Mg濃度ではわずかであるが増加傾向がみられた。以上のことから、V水年の壮齢林分での間伐やIV水年の幼齢林分での枝打ちの流出水の養分濃度に対する影響はみられなかった。水年ごとの幼齢林と壮齢林との平均養分濃度比で、最も大きな値を示したのはI水年のNO₃-Nで、2.9であった。しかし、その後の値は小さくなり、V水年では1.3になった。Ca比でも年とともに減少を示した。Mg比およびK比でも例外はあるが、年とともに減少傾向がみられた。V水年のMg比は0.9で、幼齢林よりも壮齢林で高くなった。幼齢林の場合、閉鎖にもなって壮齢林とくらべた流出水の養分濃度比は1に近づき、そして植栽後かなり早い時期に安定した値になると推察された。NO₃-Nについては、皆伐の影響がまだかなり残っているものの、当初2.9の比が4年目に1.3まで減少している。

5水年の養分収支を表-6に示す。各水年ともに流出養分量は壮齢林よりも幼齢林で2~4倍多い。幼齢林ではIV水年で流出水量が増加したため、流出養分量が増加していた。前述したように、幼齢林と壮齢林との流出水の養分濃度差は、経年的に小さくなってきているが、流出養分量で2~3倍の違いは表-4で明らかのように流出水量の違いと一致し、流出水量が流出養分量に大きく影響を及ぼしていることがわかる。岩坪ら(6)も溪流の養分量を規制する最大の要因は溪流の流出水量であるとしている。以上のことから、植栽後まもない、皆伐の影響が強い幼齢林では流出水量が多く、流出水の養分濃度も高いため、生態系からの流出養分量の大きな値を示す。しかし、林冠の閉鎖にもなって、早い時期に流出水の養分濃度は安定し、流出養分量は流出水量に規制されることがわかった。本研究の結果から、植栽後できるだけ早く林冠を閉鎖させ、流出水が著しく増加するような強度の枝打ちや間伐はできるだけさけ、林分からの蒸発散量を高い水準で安定させる手段をとることが、生態系からの流出養分量を最小にするための方法と考えられる。

幼齢林では各水年ともにNH₄-Nを除いた他の養分要

素はマイナス収支で、塩基類とくに Na および Ca 流出量で著しい。前報(1)で述べたように、諸外国の報告でもほとんど Ca および Mg はマイナス収支になっている。

一般に林地に施用される尿素系三要素肥料の N は短期間に $\text{NO}_3\text{-N}$ に変化する(5, 7, 10)ので、施用された N の流亡が懸念される。本試験地において、I 水年および IV 水年にそれぞれ N として 100 kg/ha の三要素肥料が施用されているが、N 流出量は両水年ともに約 20 kg/ha で、施肥が実施されていない II 水年、III 水年および V 水年の N 流出量は、それぞれ 16, 14, 18 kg/ha である。このことから単純に計算すると、施用された N 量のうち 2~6 kg/ha が生態系から流出したことになる。同様に K についてみると、K を施用した I 水年および IV 水年の K 流出量は 9~11 kg/ha、施用していない II 水年、III 水年および V 水年で 10~11 kg/ha とほぼ同じ量である。したがって、施用された K の流出量は少なく、土壤中での K の置換による他の塩基の置換浸出も考えられる。

IV. おわりに

幼齢林での当初 3 年間の年消失水量(降水-流出水)は 300~400 mm と既往の報告(8)に比較して少なく、4 年目の枝打ちでその値は 100 mm に減少した。一般に流出水量は流域の形状係数、谷密度などにも影響されることから、さらに調査を続けていく予定である。着葉量の 80% を切り落とす枝打ちで、消失水量は約 1/4 に減少したが、次年度では 2 倍に増加し、また枝打ち前の葉量に対する着葉量も、枝打ち直後の 22% から 50% に回復している。今後、林分の葉量および雑草木の変化と対応させて、さらに調査を続けていく予定である。V 水年のときに壮齢林分で間伐を実施し、ha 当たり 2t の葉を落としたが、この影響は水収支や溪流の養分濃度の変化にあらわれなかった。

施肥した N は短期間に $\text{NO}_3\text{-N}$ に変化して流亡するといわれるが、本調査地の場合、閉鎖にもなって流出養

分量に及ぼす皆伐の影響が少なくなるにつれ、N の流亡もそれほど多くなく、また施用した K の流亡も少ないものと考察した。今後、施用した N や K はどのような形態で土壤に残留するのか、またそれらの土壤表面および土壤表層での動態などを明らかにする必要がある。

本調査は植栽 3 年目からであるが、幼齢林での流出養分量は流出水量に大きく影響され、5 水年を通して、幼齢林の Ca および Mg 流出量は壮齢林の 2~3 倍である。一般に三要素施肥で置換性 Ca, Mg の減少が明らかにされているが、一つの集水域での三要素施肥が土壤からの置換性 Ca, Mg の流出量および置換性 Ca, Mg の非置換性への変化に及ぼす影響について今後の調査研究が必要である。

引用文献

- (1) 相場芳憲・生原喜久雄・木下喜博: 地力に及ぼす集約的保育作業の影響 (I) 壮齢林と対比した幼齢林での養分状態と流失. 日林誌 63: 425~434, 1981
- (2) ————・———・近藤 晃: 地力に及ぼす集約的保育作業の影響 (IV) スギ・ヒノキ幼齢林における養分の循環とその収支. 日林誌 (投稿中)
- (3) 生原喜久雄・相場芳憲・日高壮一: スギ幼齢林内での雑草木の葉の分解と養分動態. 日林誌 65: 237~242, 1983
- (4) HIBBERT, A. R.: Forest treatment effects on water yield. In International symposium on forest hydrology (SOPPER, W. E. & LULL, H. W., eds.). 527~543, 1967
- (5) 伊藤守夫: 壮齢林肥培に関する研究 (II) スギおよびヒノキ林に施肥した場合の無機態窒素の消長. 静岡県林試研報 10: 19~37, 1979
- (6) 岩坪五郎・堤 利夫: 森林内外の降水中の養分量について (III) 流亡水中の養分量について. 京大演報 40: 140~156, 1968
- (7) 越地 正・藤田桂治: 林地に施肥した無機態窒素の消長(予報). 89 回日林論: 149~151, 1978
- (8) 中野秀章: 森林水文学. 228 pp, 共立出版, 東京, 1976
- (9) 日本分析化学会北海道支部編: 水の分析. 504 pp, 化学同人, 京都, 1981
- (10) 佐藤久男・吉本 衛: 林地に施肥した場合の無機態窒素の消長 (I) 苗畑のスギ模型林分の場合. 84 回日林論: 133~134, 1973

(1983 年 6 月 27 日受理)