

林地貯水能の定量化に係わる因子の測定・分析に関する試験

片倉正行

要 旨

林地3種(スギ林, ヒノキ林, カラマツ林)と草原について, 水源涵養機能の一つである貯水能の差を土壤粗孔隙量を中心に検討を行った。

- (1) 林地に比較して草原の貯水能は明らかに低いと判断された。
- (2) 林地3種間ではヒノキ林がスギ林, カラマツ林よりも低く示された。
- (3) 土壤透水性も, 粗孔隙量と類似した傾向を示した。
- (4) こうした差を生じさせる原因を地表有機物の供給分解(量, 及び速度)の面から検討したが, これらだけでは十分な説明を得ることはできず, 土壤生物あるいは土壤動物および化学性からの検討が必要と考えられた。

1 はじめに

林地の水源涵養機能のうち貯水能を計量するさいには, 土壤孔隙量をその指標とすることが一般的¹⁾である。しかし, 林種別, あるいは林相別, または立地条件別等の貯水能についての検討は十分に行われていない。

ここではスギ林, ヒノキ林, カラマツ林において, その貯水能を表現する因子として土壤孔隙量を取りあげ, その林種間差およびこれを生じさせる原因と考えられる, 落葉落枝の供給と分解速度, また土壤流亡量等を測定しこれらの相互関係を検討した。

2 研究の方法

(1) 試験地

試験の対象はスギ林, ヒノキ林, カラマツ林とし, また林地の対照として草原を取りあげた。

試験地は林齢, 土壤型, 土壤母材, 山腹傾斜, 標高等ができるだけ同一となるように配慮しスギ, ヒノキ林は三郷村居森塚, カラマツ林は安曇村稲核に試験地を設けた。なお草原としては堀金村内の牧場跡地を用いた。

ア 地況及び林況

試験区内の立木を毎木調査するとともに, 調査試孔により土壤調査を行った。また気象条件, 地質などは既往の資料により調査した。

a 地 況

スギ, ヒノキ, カラマツ林及び草原ともに県中部内陸性気候域に属するが, 日本海側気候の影響を多少受けている地域であり, 土壤母材は古生界砂岩・泥岩上に薄く火山灰が堆積したもの²⁾であ

表-1 試験地の地況・林況(昭和57年現在)

樹種	場 所	標高 (m)	山腹 方位 (°)	山腹 傾斜 (°)	位 置	土壤母材	土壤型	林齢 (年)	胸高 直径 (cm)	樹高 (m)	林分 密度 (木/ha)	収量 比数
スギ	三郷村19-ホ-2	900	E	33	山腹中部 平衡斜面	古生界砂岩・泥岩 上部火山灰	B _D	28	13.9	11	1750	0.65
ヒノキ	三郷村19-ホ-3	970	E20S	32	"	"	B _D	43	23.2	17	700	0.75
カラマツ	安曇村19-ハ-9	1080	N30W	33	"	"	B _D (d)	40	21.2	21	900	0.78
草原	堀金村18-リ	1250	N20E	3	山頂 緩斜面	"	B ₀ (m)	-	-	-	-	-

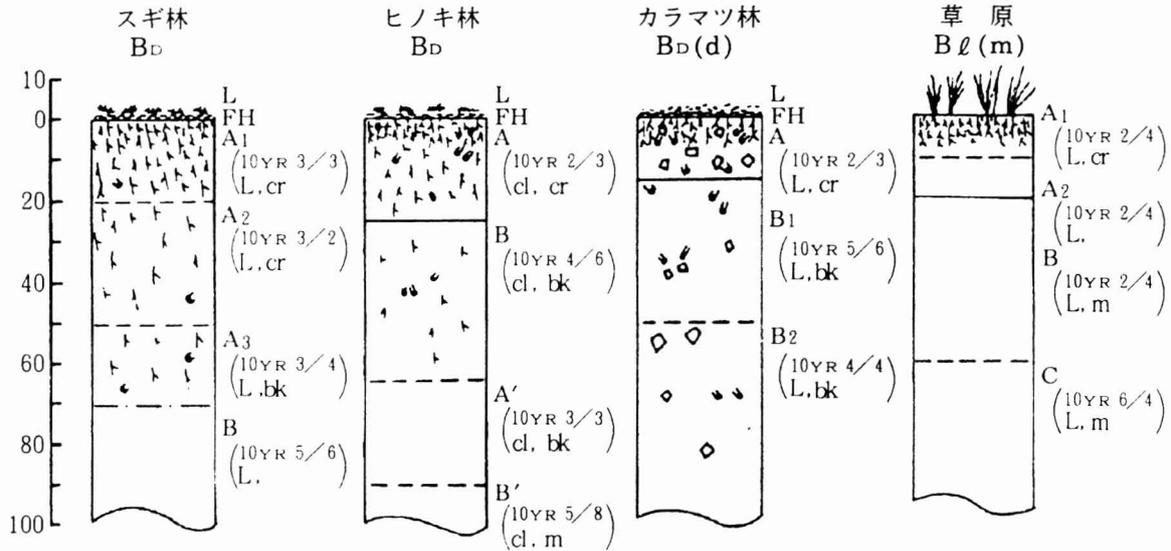


図-1 各試験地の代表土壌断面図

る。

山腹傾斜は林地は約30°, 土壌型はスギ, ヒノキ林がBD型土壌カラマツ林がBD(d)型土壌であり, 草原はBℓD(m)型土壌であった。

また標高はスギ林が900m, ヒノキ林970m, カラマツ林1080m, 草原1250mであり, 草原を除いてはほぼ同程度といえた。

b 林況

ヒノキ, カラマツ林は林齢, 蓄積ともほぼ類似したが, スギ林はこれらに比べて若齢でありまた数年前に間伐を受け林冠の閉鎖が破壊されていたため, 有機物供給の測定値が過小となる可能性があった。

また草原は植被率80%程度, 草高約20cmであった。なお各試験地の代表土壌断面を図-1に, 地況・林況の詳細については表-1に示した。

(2) 試験方法

ア 試験区

各試験地に水平距離で20×20mの試験区を設けた。

イ 土壌孔隙量及び透水性

400cc採土円筒により土壌層位毎に試料を採取し常法³⁾により測定した。なお試料点数は表層土壌は5点, それ以下の層は各1点である。

ウ 有機物(落葉落枝)の供給量

リタートラップ(1×1m 方形トラップ, 40目サランネット製)を1試験区に9基設定し, その内部に落下捕獲される有機物を毎月回収し, 乾燥後枝葉その他に分別秤量した。

エ 有機物分解速度

リターバック(30目サランネット製, 20×20cm平袋)にそれぞれ該当する針葉を乾燥重量で50gずつ詰めたものを, 試験区内のA₀を除去した鉾質土壌表面に各80個設置し, 2ヶ月毎にそのうちの10ヶを回収し, 内容をネットから取り出し, 軽く水洗し60°Cで乾燥したのち秤量し, その減少重量から分解速度を求めた。

オ A₀層現存量

各試験地内あるいはその付近の近似した場所で50×50cmの方形採取を5ヶ所行い、L、F、H層に分別し軽く水洗し60℃で乾燥したのち秤量した。

カ A₀層及びA層の含水率

A₀層及びA層(鉍質土壌表層5cm)の土壌を定期的に採取して含水率を測定した。

表-2 各試験地の土壌理化学性(採土円筒法)

試験区	土壌型	層位深さ (cm)	三相組成(%)			容積重 (g/100cc)	孔隙量(%)			最大容 水量(%)	最小容 気量(%)	透水性 (cc/min)
			固相	液相	気相		粗孔隙	細孔隙	全体			
スギ林	B _D	A ₁ 0~20	39	35	26	88	43	17	60	42	18	46
		A ₂ 21~50	37	26	37	97	41	21	62	55	7	44
		A ₃ 51~70	42	33	25	107	29	28	57	53	4	20
ヒノキ林	B _D	A 0~25	38	29	33	104	39	21	60	50	10	21
		B 26~65	48	32	20	125	27	25	52	50	2	32
		A' 66~90	41	31	28	108	31	27	58	55	3	24
カラマツ林	B _D (d)	A 0~15	41	18	41	105	44	15	59	37	22	86
		B 16~50	45	21	34	120	39	15	54	48	6	36
		B 51~	42	20	38	115	41	16	57	47	10	52
草原	B _l (m)	A ₁ 0~10	27	50	23	53	30	43	73	70	3	18
		A ₂ 11~20	28	60	12	58	18	54	72	70	2	8
		B 21~	34	56	10	71	17	49	66	62	4	6

キ 土壌流亡量

ソイルトラップ(H:W:D=15:25:20cmで斜面上部方向に開口部をもち、下部方向は30目サランネットで閉鎖した木製の箱)を各試験区内に10個設置し、これに流入捕獲される土砂礫及び落葉落枝を毎月回収秤量した。

3 結果と考察

(1) 土壌孔隙と透水性

ア 表層土壌

この測定結果は表-2に示したように、全孔隙量で見ると約60%とスギ、ヒノキ、カラマツ林とも同程度で一般数値を示した⁴⁾が、一般的に貯水能の計量化において指標因子とする粗孔隙量はスギ、カラマツのA層(地表下2~6cm)では約43%であるのに対し、ヒノキ林では39%とこれらを下回っていた。また透水性はカラマツ林で86cc/min、スギ林46cc/minに対し、ヒノキ林は21cc/minとヒノキ林が最も低く示された。この原因を数値的に明らかにすることはできなかったが、試料調査時及び円筒試料において土壌団粒がヒノキ林はスギ、カラマツ林に比べて微小細密であることが認められたので、このことが大きな原因かと思われる。

表層土壌は土壌深部に対しての門戸であり、ここにおける透水性の寡多は重要な意味を持つので、さきに述べたようにヒノキ林の透水性が他の2樹種に比較して低く示されたことは問題となる。またこれら林地の孔隙組成、及び透水性と草原のそれを比較すると、草原では粗孔隙量は30%、透水性は18cc/minと示され林地に比べ低い数値を示した。

イ 表層より下部の土壌

先の地表下2~6cmの土壌をとりあえずA層土壌の代表値と考え、これより下部の層位についてみると、粗孔隙量はスギ林、カラマツ林が41%、39%と表層土壌と大差ないのに対し、ヒノキ林では27%と10%の低下が認められる。透水性はスギ林でA₂層44cc/min、A₃層20cc/minと漸減していたが、ヒノキ林のB層では32に増加したのちその下層で24と減少していた。カラマツ林ではB₁層36、B₂層52とヒノキ林とは逆の変化を示した。

A層より下部は試料数各一点であり、試料誤差が入っている可能性が高いのでこれらの数値は概

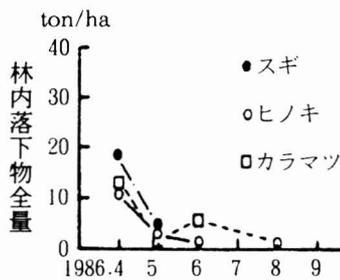


図-2 林内落下物の季節変化

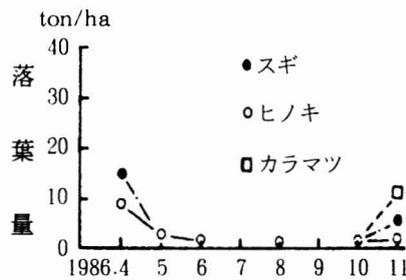


図-3 落葉量の季節変化

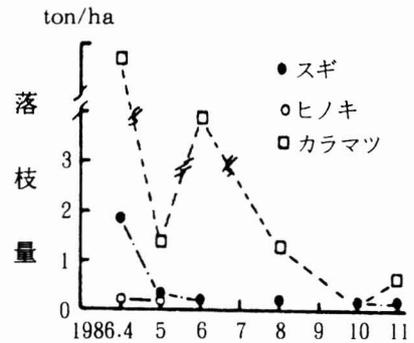


図-4 落枝量の季節

表-3 落葉落枝量とAo層現存量 (ton/ha, 60°C24hr)

試験区別	区分	落葉落枝量 (1985. 12~1986. 11)				Ao層現存量 (1985. 10)			
		落葉	落枝	その他	合計	佐藤1974	L層	FH層	合計
スギ林	(Ry=0.65)	1.52	0.40	0.32	1.88		6.68	12.92	19.60
同上	(Ry=0.8換算)	1.87	0.49	0.39	2.31	3.5±3.4	8.22	15.90	24.12
ヒノキ林	(Ry=0.75)	2.42	0.26	0.57	3.25		2.22	22.67	24.89
同上	(Ry=0.8換算)	2.98	0.32	0.70	4.00	3.5±1.9	2.73	27.90	30.63
カラマツ林	(Ry=0.78)	1.26	1.93	1.06	4.25		4.56	10.24	14.80
同上	(Ry=0.8換算)	1.55	2.38	1.30	5.23	2.7±0.6	5.61	12.60	18.22

数として扱い、林地のデータとして草原との比較を行うにとどめる。

草原では地表11cm以下で粗孔量18%、透水性10cc/min以下となり、林地の数値を大きく下回った。この原因としては草原が以前牧場であり踏圧を受けたであろうこと、また平坦地形であり土壤の移動が少なく定積状態であり、土壤が緊密化しているためとも考えられるが、林地のように林冠層を持たないため冬季に土壤凍結が発達し粘土成分が移動集積しやすいこと、また土壤内の水温あるいは温度条件が激しく変動しやすく、Ao層も林地では枝葉の腐植構成が多様であるのに対し、草原では単純であることから土壤微生物及び土壤動物の活動が不活発となることにも大きな原因があるのではないかと考えられた。

また根系分布がAo層上部10cmのみに限られるため、ルートチャンネルの発達が悪く、また同時に根圏生物の活動範囲も狭くなっていることが考えられた。

(2) 有機物の供給量

1年間に林冠層から林床に落下した有機物の測定結果は図-2~4に示したとおりで、ヒノキ林で3.25ton/ha、カラマツ林4.25ton/ha、スギ林1.88ton/haとなった。

林内落下物の内訳をみるとスギ、ヒノキ林では落葉が約80%、落枝10%以下であったのに対しカラマツ林では落葉が30%、落枝45%と落枝が著しく多かったので特徴的であった。

林内落下物の季節変動をみると供給量が多いのは秋期から冬期であったが、カラマツ林では61年6月に強風によると思われる大量の供給があったのが特異的で、またこれはそのほとんどが落枝で占められていた。

(3) 有機物分解速度

落葉分解率の推移を図-5に示したが、スギ、ヒノキは2ヶ年経過で50%の減少を示したのに対し、カラマツではこれが40%と10%少なかった。スギ、ヒノキのリターバックはバック間で平均的な減少傾向を示していたが、カラマツではほとんど分解が進んでいないものがあったり、極端に分解が進んでいるものがあった。なおカラマツで極端に分解が進んでいたものでは、白色腐朽菌の蔓

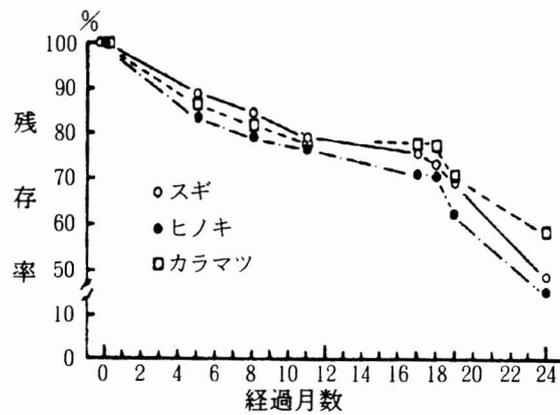


図-5 落葉の分解の推移

延が著しかった。

(4) A層現存量

A層現存量はスギ林19.6ton/ha, ヒノキ林24.9ton/ha, カラマツ林14.8ton/haと示された。なおスギ, カラマツ林ではA層の堆積状態が比較的均一であるのに対し, ヒノキ林では厚いところと薄いところの差が著しかった。これはヒノキの鱗片葉が簡単に分離小片化し, 移動し易いことに原因があろう。

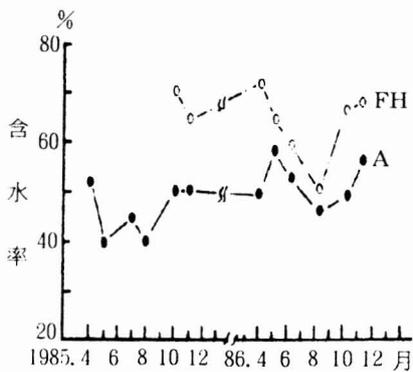


図-6 A層, A層含水率の季節変動(スギ林)

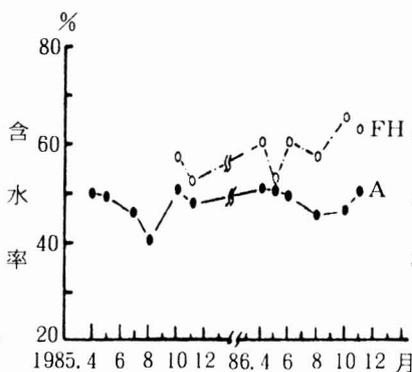


図-7 A層, A層含水率の季節変動(ヒノキ林)

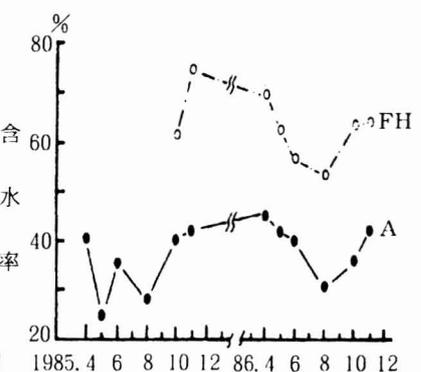


図-8 A層, A層含水率の季節変動(カラマツ林)

(5) A層及びA層の含水率変化

L層の年平均含水率は, スギ, ヒノキ, カラマツ林とも30~40%であり, FH層では約60%であったが, 図-6~8に示したように季節変動が大きく, 夏期は乾燥し, 約50%, 秋期から春期にかけては湿潤で約70%の範囲を示した。

これはL層においても同様であり, A層の含水率は気温, 乾燥等気象条件を鋭敏に反映していた。これに対してA層の含水率はスギ, ヒノキ林で約50%と比較的安定的に推移していた。カラマツ林は春期から夏期にかけて乾燥が進行し, 秋期には再び含水率の上昇が認められ, スギ, ヒノキ林に比較して乾燥しやすい傾向が伺えた。

なお図-3には示してないが, 1985年5月には大気湿度が著しく低下した時期にL層の含水率が10%以下になったにもかかわらず, A層の含水率はそれほど極端な低下を示さず, A層が土壌水分変動に対して大きな緩衝作用を持っていることが伺えた。

(6) 土壌流亡量

土壌流亡量はカラマツ林がスギ, ヒノキに比べて2倍以上となったが, この原因としてカラマツ林には石礫が多かったことが考えられた。なおヒノキ林では強い降雨のあとに土壌が流下した跡が

認められたが、ソイルトラップにはこれらは捕獲されなかった。この原因としてはトラップの編目が土壌を捕獲するだけの細かなメッシュでなかったことにある。カラマツ林は土壌が多少乾燥傾向にあり、土壌構造的に弱度の堅果状構造が発達していたことから試験区設定あるいは調査時の踏み荒しによる流亡が起りやすく、またトラップに捕獲されやすかったとも考えられた。

また有機物の流亡はヒノキ、カラマツ林がスギ林に比べて多かったが、これはスギの落葉落枝が枝に着葉したままで地表に供給され移動しにくいのに対し、ヒノキは鱗片葉が簡単に分離小片化し移動しやすくなり、カラマツは落葉時あるいは落葉後に風によりかなりの移動をしているためと考えられた。

4. まとめ

(1) 3樹種の林分表層土壌の粗孔隙量及び透水性を比較すると、スギ、カラマツ林に比べてヒノキ林は少なく示された。地況的には大差ないと判断されたので、何かヒノキ林特有の原因があるように思われるが、明確にはできなかった。

草原土壌は林地土壌に比べて粗孔隙量の面からみても、また透水性の面からみても明らかに貯水能が低いと判断された。これは地表下60cmまでについている。

(2) 落葉落枝として地表に供給される有機物量は、落葉はスギ林1.52ton/ha、ヒノキ林2.42ton/ha、カラマツ林1.26ton/haとなったが、林齢、閉鎖状況に差があるので、これらをそろえるため便宜的に3林分の落葉落枝量を収量比数=0.8相当に換算したところ、スギ林1.87、ヒノキ林2.98、カラマツ林1.55ton/haとして示された。なおカラマツ林ではリッタートラップの目を通る落葉が比較的多く認められたので、この数値の1.2倍(1.86ton/ha)程度が実際の数値となりそうであった。

(3) 落葉は2年経過の時点でスギ、ヒノキは50%、カラマツ40%の重量減少が認められた。この結果は河原ら⁷⁾が山梨県のヒノキ・カラマツ混交林で得た結果とほぼ一致している。なお3年目以降についての減少は、河原らの資料からみると指数関数的に低下し、すべてが分解するのには15年程度を要すると考えられる。

(4) A層の現存量はスギ林で約24ton/ha、ヒノキ林で10ton/ha、カラマツ林で18ton/haが認められ、その多くはFH層で占められていた。

この現存量を1年間の落葉落枝供給量で除してみると10年以上の蓄積であるという結果が示されるので、先の15年という数値は妥当なものといえよう。

(5) A層の含水率はスギ、ヒノキの約50%に対しカラマツが40%と多少乾燥している傾向を示した。A層の含水率はA層に比べて高い傾向をしめしたが変動が大きく、鉍質土壌中からの水分蒸発をかなり抑制し、コントロールしているものと考えられた。

(6) 土壌流亡の林分間差について明確なことはいえなかったが、土壌流亡は少ないといえよう。なお調査時の肉眼的観察では、スギ林ではほとんど流亡が発生していないのに対し、ヒノキ林、カラマツ林ではこれが認められていた。

5. おわりに

スギ、ヒノキ、カラマツ林の3種及び草原を対象として土壌孔隙量、特に貯水能と関わりの深い粗孔隙量を中心として検討を行ったところ、3樹種の中ではヒノキ林の粗孔隙量がスギ、カラマツにくらべて少なく示され、また透水性も低く示された。なおこれら林地の粗孔隙量、及び透水性に比較して草原のそれらは明らかに低かった。

樹種間の粗孔隙量あるいは透水性の差は有機物の供給分解、及び下層植生量の面からは説明できな

かった。これを説明するためには、土壤微生物あるいは土壤動物の面からの検討を併せて行うことが必要ではないかと考える。

なお今回ヒノキ林の粗孔隙量がスギ、カラマツ林に比べて少なく示されたことは、県下でヒノキ林が増加しつつある現状を考えると、問題点といえよう。

引用文献

- 1) 真下育久：森林造成維持費用分担推進調査報告書－木曾三川流域－，水利科学研究所，297～305， 1976
- 2) 有光一登：土壤物理性測定法，養賢堂，466～477， 1972
- 3) 経済企画庁総合開発局：土地分類図（長野県），表層地質図，1974
- 4) 有光一登：森林土壤の保水のしくみ，創文，137， 1987