

急傾斜地ヒノキ林における表土流亡の実態

東 敏 生

東 敏生：急傾斜地ヒノキ林における表土流亡の実態，広島県林技セ研報31：9～20，1999．急斜面にあって、下層植生の量や林床の堆積腐植層の状態が異なるヒノキ林において、表土の移動の実態を測定し、目視による林床の観察が表土流亡の危険度判定の際に有効かどうかを検討した。下層植生が豊富な林地では、林床における堆積腐植が多く、これらが土砂移動の抑制に大きく寄与していた。特に林床の落枝には石れきの移動を押さえる効果があった。作為的に林床の堆積腐植層を除去したり、地表面を押し固めると、土壌や石れきの移動が激化したが、このことから林地表面の攪乱を少なくする施業方法の必要性が示唆された。

[キーワード]

ヒノキ林，表土流亡

1. はじめに

間伐や枝打ちなどの保育施業が遅れたヒノキ林を中心に、表層土壌の移動・流亡が激しい林地がみられる。表層土壌は植物への養分供給のみならず、水の浸透や保持に関しても大きな役割を担っているため、表層土壌の流亡が進行すると、生産力はもとより、水土保持機能の低下を引き起こす恐れがある。このことは古くから指摘されているが(1,10)，表土流亡の実態を定量的に調査された例は少なく、また表土流亡防止の視点からみた森林施業方法は確立していない。そこで、ヒノキ林における表層土壌の流亡の実態を明らかにするとともに、流亡の程度と森林管理との関係、並びに流亡の危険性について調査し、土壌を保全する適正な保育施業の進め方を明らかにする必要がある。

本研究では、急傾斜地のヒノキ林の表層土壌の移動・流亡実態を調査するとともに、表土流亡の危険度判定のための指標の検討を行った。

なお、本研究は、国庫補助・地域重要研究課題「急傾斜地における表土流亡危険度判定技術の検討(平成4～6年度)」として全国9県の共同研究で進められたものであるが、本報は広島県関係分についてのみ記載した。

2.1 調査地の概況と試験区の設定

調査は広島県高田郡甲田町内の2つのヒノキ

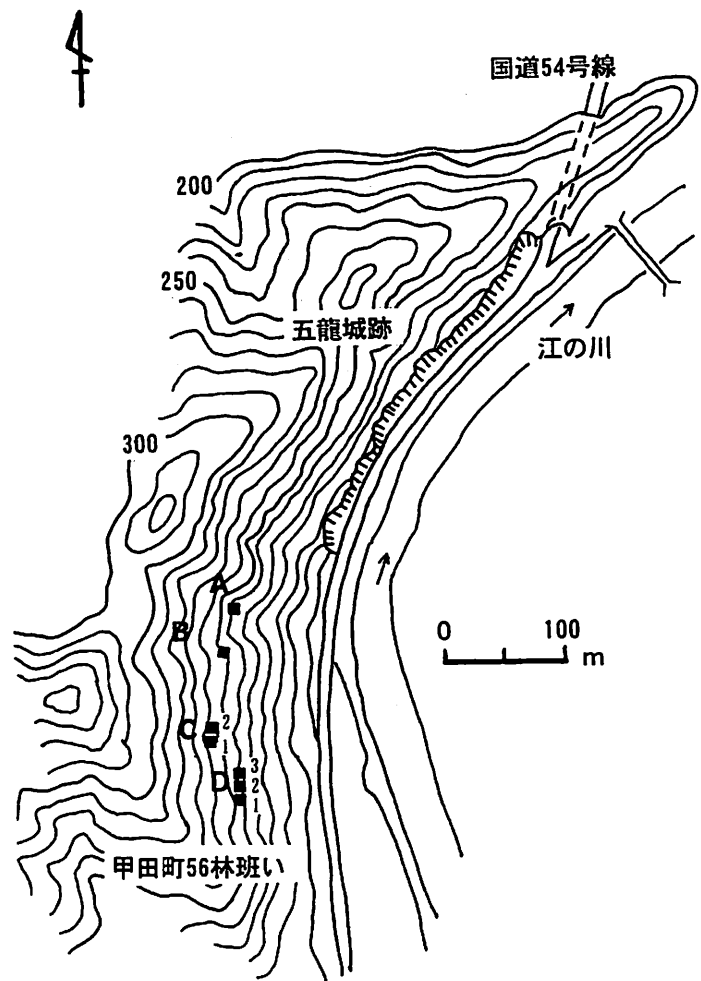


図1 調査地の位置と試験区の配置

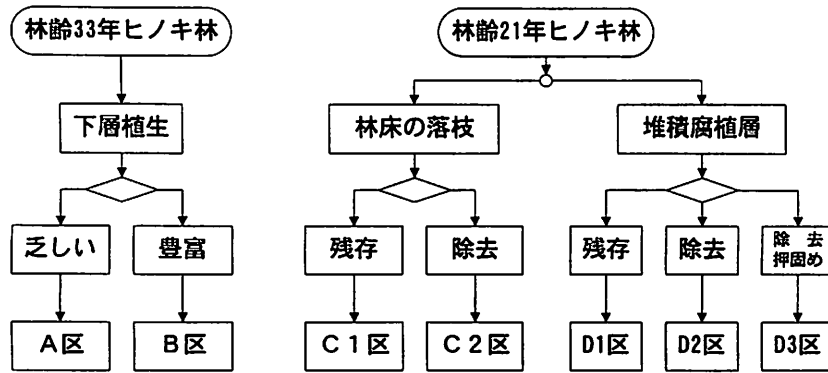


図2 各試験区の処理内容と試験区名

植生はシダ類がわずかに見られた程度で、堆積腐植層も乏しく、裸地面が露出したところが多かった。B区はヒサカキやヒイラギなどの常緑低木が多く見られ、林床にはヒノキの落葉に混じって、これらの落葉も多く堆積していた。

両区は隣接した林分で、共に斜面の中腹部に位置し、A区はやや凹地形、B区はやや凸地形の斜面型で、平均的な傾斜角度はそれぞれ35度、36度であった。

表1 試験区の状況

試験区名	林齢 (年)	平均樹高 (m)	平均直径 (cm)	枝下高 (m)	立木密度 (本/ha)	斜面傾斜 (度)	微地形 指数
A区	33	16.3	16.1	9.3	1800	36	3.66
B区	33	16.1	16.7	9.2	1300	35	-2.81
C1区	21	11.5	12.9	5.7	2900	39	0.86
C2区	21	11.5	12.9	5.7	2900	40	0.79
D1区	21	12.7	12.3	6.3	3300	38	-0.57
D2区	21	12.3	12.7	6.3	3000	39	-0.74
D3区	21	12.3	12.7	6.3	3000	39	-0.74

ただし

A区：下層植生が乏しい状態

B区：下層植生が豊富な状態

C1区：枝打ちされた枝が林床に残されたままの状態

C2区：枝打ちされた枝を林床から除去した状態

D1区：D2及びD3区の対照区

D2区：作為的に堆積腐植層（A₀層）を除去した状態

D3区：堆積腐植層を除去し、さらに地表面を押し固めた状態

微地形指数：10m四方枠内において中心部と各枠点（計8点）との高低差の総和を表し、(+)凹地形、(-)凸地形、(±0)平坦地形を示す。

林分内で行った(図1)。対象としたヒノキ林の林齢は調査開始時に21年生及び33年生であった。これらの林分内に、下層植生、堆積腐植層、林床の落枝の量などをもとに、合計7か所の試験区を設定した。各処理区の大きさは、一辺が10mの方形区とした。それぞれの試験区における処理内容と試験区名は図2のとおりである。

試験区の設定は1992年6月に行った。調査地の地質は流紋岩、土壌は褐色森林土、土壌型はBD(d)、最近10年間(1985-1994)の平均年間降水量は1576mmであった(4)。

各試験区の状況を、林齢、平均樹高、平均胸高直径、平均枝下高、立木密度、斜面傾斜角度及び微地形指数で示したのが表1である。

A区及びB区は、下層植生の有無による表土流亡防止効果を比較することを目的として設定した。A区の林床

調査時(1992年)の林齢はともに33年生で、平均樹高にもほとんど差がなく、A区が16.3m、B区が16.1mであった。平均胸高直径はA区が16.1cm、B区が16.7cmでB区が若干大きめであった。枝下高はA区9.3m、B区9.2mと差が見られなかった。立木密度はA区が1800本/ha、B区が1300本/haで、B区の方がやや強めの間伐が実施されており、この効果が平均胸高直径に現れたと考えられた。

C1、C2区は、林床の落枝の有無による表土流亡防止効果を比較することを目的として設定した。両区は林齢が21年生のヒノキ林内の斜面中腹部に隣接する。平均樹高は11.5m、平均胸高直径は12.9m、枝下高は5.7m、立木密度は2900本/haであった。この林分は数年前に枝打ち施業が実施されているが、間伐は実施されておら

ず、林冠がほぼ閉鎖し、林内は薄暗く、林床植生はほとんど見られなかった。林床は枝打ち後の落枝が放置されたままの状態であったので、堆積腐植層のうち比較的新鮮な落枝を作為的に持ち出した所をC2区とし、またC2区から落枝を持ち込んで散布したところをC1区とした。両区の斜面型はともに平衡で、平均的な傾斜角度はC1区が39度、C2区が40度であった。

D1, D2, D3区は、堆積腐植層(落葉及び落枝)による表土流亡防止効果を比較することを目的として設定した。これら3区は林齢が21年生のヒノキ林内の斜面中腹部に隣接している。平均樹高はD1区が12.3m, D2及びD3区が12.7m, 平均胸高直径がそれぞれ12.3cm, 12.7cm, 12.7cm, 枝下高はともに6.3m, 立木密度はD1区が3300本/ha, D2及びD3区が3000本/haであった。これら3区ではC1, C2区と同様に、林床植生がほとんど見られなかった。数年前に枝打ち施業が実施されていたが、間伐は実施されておらず、立枯れ状態の枯損木も見られた。

D2区では林床から堆積腐植層の一部を作為的に除去した。また地表面の強度の攪乱による影響を見るため、林床から腐植層を除去した上に、地表面を手の平で押し固める処理を施しD3区とした。D1区は対照区として林床のAo層をそのまま残した。斜面型はいずれもほぼ平衡斜面で、平均的な傾斜角度はD1区が38度、D2及びD3区が39度であった。

2.2 調査項目と測定方法

各試験区における調査項目は、林床植生の状況、堆積腐植層の量、表層土壌の移動量、地表面の浸食状況の観察及び調査期間内の降水条件などである。

各項目の調査方法はつぎのとおりであるが、表土移動量の調査以外はすべて1994年10月に実施した。

下層植生のうち、高さ1m以上の個体についてはペンファウンドラ(7)による被度階級を求め、高さ1m未満の個体については、土砂受け箱の直上部の50cm四方を撮影した写真によって植被率を求めた。

堆積腐植層については、各試験区内で50cm四方の測定枠を3か所ずつ設置して採取した。採取物は「ふるい」を用いて2mm以上の枝とその他の有機物(落葉及びその腐植物)に分け、乾燥重量を測定した。表層土壌の流亡量は、「土砂受け箱法」により計測した。土砂受け箱は、受口幅が25cm, 奥行き20cm, 高さ15cmの木製の木枠で、受口側に地表面との接合を滑らかにするためのステンレス板を付け、奥側にはサランネット(メッシュNo.32)を張り、捕捉された土砂が箱中に留まるようにした(図3)。この土砂受け箱を、10m方形区内に等高線に沿って、

試験区あたり10個ずつ設置し、1993年6月から1994年10月の間に計8回、1~3か月間隔で捕捉物を回収した。回収した試料はふるい分けし、細土(2mm未満)、石れき(2mm以上)及び有機物に区分し、70℃乾燥重量を計測した。

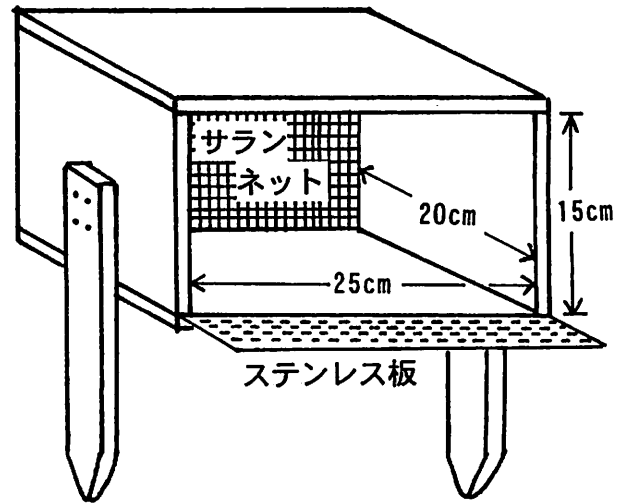


図3 土砂受け取の構造

また、各試験区内で50cm四方の測定枠を5か所ずつ設置し、地表面の観察により、裸地率及び石れきの露出率を求めた。

降水条件については、広島県気象月報(4)により最近の10年間の年降水量及び土壌流亡量の測定期間中の総降水量及び日降水量を調べた。

3. 結果

3.1 表土の移動、流亡状況

試験区別に細土、石れき、有機物の移動量を取りまとめたのが表2, 表3, 表4である。(土砂受け箱ごとの細土、石れき、有機物の移動量は付表1, 2, 3に示す)

また、年間の土砂移動量を細土、有機物、石れき別に集計した結果が表5である。

3.2 下層植生の状況

表6に各調査区の下層植生の状態を示した。高さ1m未満の平均植被率はA区が最も大きく13.6%, ついでB区の10.8%, 以下にC1区3.1%, さらにD1区1.8%, C2区0.8%, D2, D3区が0%であった。高さ1m以上の被

表2 土砂受け箱による細土の捕捉量の集計結果(単位は、グラム/25cm)

試験区名	細土	1993年				1994年			
		6月分	7-8月分	9月分	10-12月分	1-3月分	4-5月分	6月分	7-9月合計
	測定開始日	6月1日	7月1日	9月1日	10月4日	1月5日	3月28日	6月2日	6月30日
	測定終了日	7月1日	9月1日	10月4日	1月5日	3月28日	6月2日	6月30日	10月7日
A区	平均値	10.5	37.9	13.6	37.3	12.9	10.1	3.2	12.3
	標準偏差	13.1	33.9	8.3	66.1	13.1	9.0	4.3	21.1
B区	平均値	2.3	7.0	4.0	2.5	3.1	2.8	0.7	2.2
	標準偏差	2.9	4.3	4.1	1.6	2.0	2.0	0.5	2.4
C1区	平均値	9.0	44.7	16.6	10.4	6.9	8.1	2.7	5.6
	標準偏差	6.4	33.6	11.4	6.6	3.8	6.3	2.0	3.5
C2区	平均値	8.8	45.6	17.2	9.2	7.5	8.7	3.0	7.0
	標準偏差	6.0	31.9	10.8	4.7	3.6	4.2	1.2	4.5
D1区	平均値	4.8	18.4	10.6	5.2	4.2	4.0	1.3	3.0
	標準偏差	2.9	9.6	6.0	2.4	1.7	2.3	1.2	2.9
D2区	平均値	92.0	424.3	317.4	102.9	22.8	31.4	9.1	24.9
	標準偏差	39.3	91.9	65.7	21.1	5.3	6.1	1.6	9.9
D3区	平均値	84.8	635.8	326.5	110.5	27.5	42.0	15.4	46.1
	標準偏差	24.6	180.7	52.9	18.5	5.6	12.0	4.2	17.2

表3 土砂受け箱による有機物の捕捉量の集計結果(単位は、グラム/25cm)

試験区名	有機物	1993年				1994年			
		6月分	7-8月分	9月分	10-12月分	1-3月分	4-5月分	6月分	7-9月合計
	測定開始日	6月1日	7月1日	9月1日	10月4日	1月5日	3月28日	6月2日	6月30日
	測定終了日	7月1日	9月1日	10月4日	1月5日	3月28日	6月2日	6月30日	10月7日
A区	平均値	7.3	19.6	5.2	8.2	11.1	5.0	1.3	3.3
	標準偏差	4.7	10.6	2.3	10.7	3.4	2.5	1.5	2.1
B区	平均値	3.0	10.2	2.5	2.6	5.7	4.9	1.7	4.9
	標準偏差	1.4	2.6	2.6	1.0	2.7	3.7	1.8	3.0
C1区	平均値	5.8	15.4	5.1	5.9	14.2	6.0	2.4	7.7
	標準偏差	2.6	11.1	2.0	3.7	3.5	2.7	1.4	8.6
C2区	平均値	5.5	17.9	5.7	4.6	13.6	7.9	1.9	3.1
	標準偏差	4.3	6.0	5.0	1.8	2.6	4.7	1.4	1.4
D1区	平均値	3.5	8.0	2.8	3.5	14.8	4.5	0.8	1.9
	標準偏差	1.8	4.1	1.4	1.7	4.3	2.4	0.6	0.9
D2区	平均値	27.7	122.2	56.4	34.4	26.7	16.2	3.3	9.6
	標準偏差	8.1	73.4	14.3	14.0	7.7	5.6	0.7	4.6
D3区	平均値	38.7	106.9	52.7	22.3	27.5	18.8	6.0	12.5
	標準偏差	12.6	35.7	16.0	2.6	5.5	6.6	1.8	5.4

表4 土砂受け箱による石れきの捕捉量の集計結果(単位は、グラム/25cm)

試験区名	石れき	1993年				1994年			
		6月分	7-8月分	9月分	10-12月分	1-3月分	4-5月分	6月分	7-9月合計
	測定開始日	6月1日	7月1日	9月1日	10月4日	1月5日	3月28日	6月2日	6月30日
	測定終了日	7月1日	9月1日	10月4日	1月5日	3月28日	6月2日	6月30日	10月7日
A区	平均値	6.7	28.1	16.2	69.7	14.6	5.5	13.4	17.6
	標準偏差	7.3	47.9	22.9	115.2	24.2	6.5	32.7	23.5
B区	平均値	3.0	2.6	2.4	0.8	12.3	1.3	0.1	0.5
	標準偏差	4.5	2.3	4.3	0.7	27.6	2.8	0.2	0.7
C1区	平均値	7.1	8.8	4.9	9.4	6.4	4.4	2.3	3.4
	標準偏差	8.8	7.4	3.8	10.5	7.0	5.1	4.2	4.7
C2区	平均値	18.4	99.6	22.3	60.3	306.8	95.4	12.3	48.7
	標準偏差	9.7	75.1	26.1	59.6	230.2	69.2	7.0	44.0
D1区	平均値	3.4	10.3	2.6	21.5	15.1	20.3	1.2	6.2
	標準偏差	3.4	12.1	2.3	46.6	26.5	40.2	2.2	13.7
D2区	平均値	81.4	203.3	76.2	117.8	146.3	60.9	24.3	76.8
	標準偏差	15.9	65.4	16.9	26.1	53.0	21.3	22.5	38.5
D3区	平均値	36.2	123.5	56.9	42.0	99.1	19.8	6.4	29.5
	標準偏差	11.8	48.6	13.4	16.4	50.0	10.8	2.8	9.4

表5 年間細土、有機物、石れき移動量 (単位はkg/m)

試験区名	細土	有機物	石れき
A区	0.46	0.20	0.59
B区	0.08	0.11	0.08
C1区	0.36	0.20	0.14
C2区	0.37	0.21	2.39
D1区	0.17	0.14	0.28
D2区	3.63	1.04	2.52
D3区	4.63	0.94	1.39

表6 下層植生の植被率及び被度階級

試験区名	高さ1m未満の	高さ1m以上の
	植被率の平均値	被度階級
A区	13.6	2
B区	10.8	4
C1区	3.1	1
C2区	0.8	+
D1区	1.8	+
D2区	0	+
D3区	0	+

植被率：土砂受箱の斜面直上部の50cm四方を測定 (10か所)
 被度階級：高さ1m以上の植生について測定

度階級は、A区が2、B区が4、C1区が1、C2区、D1区、D2区、D3区はいずれも(+)であった。

3.3 堆積腐植層の状況

各試験区の堆積腐植層の量 (kg/m²) を、落枝と落葉にわけて測定した結果が表7である。落枝量は、A区が0.656、B区が0.953、であった。また落枝を除去したC2区では0.363、落枝を残したC1区では0.897であった。また堆積腐植層を除去したD2、D3区がそれぞれ0.523、0.401、堆積腐植層を残したD1区は1.157であった。

表7 堆積腐植層の量と内容

試験区名	堆積腐植層の量	主に落葉分	落枝分
	kg/m ²	kg/m ²	kg/m ²
A区	1.126	0.470	0.656
B区	1.720	0.767	0.953
C1区	1.481	0.584	0.897
C2区	0.639	0.276	0.363
D1区	1.624	0.467	1.157
D2区	0.691	0.168	0.523
D3区	0.592	0.191	0.401

堆積腐植物のうちの主に落葉分 (kg/m²) については、A区が0.470、B区が0.767、C1区が0.584、C2区が0.276、D1区が0.467、D2区が0.168、D3区が0.191であった。

3.4 降水状況

1993年7月1日から1994年6月30日までの1年間の降水量は1991mmであり、平年値と比べて300mmほど多い状況であった。

調査期間中の降水状況を、移動土砂量の測定期間に合

わせて集計した期間降水量、日降水量が10mmを越えた分の合計降水量、期間内の最大1時間降水量などで示したのが表8である。

表8 土砂移動量の調査の期間中の降水量

調査期間	調査年	開始日	終了日	月分	期間降水量	日10mm越分合計降水量	最大時間降水量
1	1993	6/1	7/1	6	252	142	23
2	1993	7/1	9/1	7,8	840	608	17
3	1993	9/1	10/4	9	334	247	23
4	1993	10/4	1/5	10,11,12	262	97	15
5	1994	1/5	3/28	1,2,3	254	80	6
6	1994	3/28	3/28	4,5	213	106	11
7	1994	6/2	6/30	6	88	20	11
8	1994	6/30	10/7	7,8	171	94	18

(気象月報：広島県高田郡甲田町/単位:mm)

4. 考 察

4.1 下層植生による表土流亡防止効果

(A区とB区の比較)

高さ1m以上の被度階級はA区が2 (植被率25-50%)、B区が4 (植被率75-100%) であり、大きく異なった。B区ではシキミ、ヒイラギ、ヒサカキなどの常緑低木が優占していた。

高さ1m未満の植被率はA、B区それぞれ13.6%及び10.8%で両区に違いはほとんどなかったが、B区の堆積腐植層は落葉、落枝量いずれもA区の約1.5倍であった。これは両区の高さ1m以上の被度の差 (A区が2、B区が4) が反映したものと考えられる。

一方、A区の年間の総移動土砂量 (kg/m) は、1.25でB区 (0.27) の4.6倍であった。その内訳は、細土が0.46、有機物が0.2、石れきが0.59で、いずれもB区の0.08 (細土)、0.11 (有機物)、0.08 (石れき) を上まわり、その差は特に細土と石れきにおいて明確であった (表5)。また、図4に示した移動土砂量の種別比率をみると、A区では石れきが47.2%を占めたのに対し、B区では29%

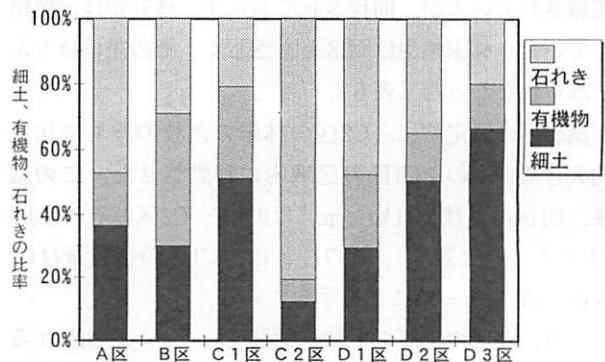


図4 年間の移動土砂等の種別比率

(調査期間：1993/7/1-1994/6/30)

であった。これらは、いずれもA区での土砂の移動がB区に比べて激しいことを示している。

ヒノキの落葉は鱗片状に細かく分解し、土壌粒子と混じり合うため落葉層が形成されにくい特徴があるが(9)、広葉樹を主とする下層植生があるとその落葉や落枝が地表面に堆積して、雨滴による土壌粒子の直接の破壊を防ぐ効果が期待できる。また、下層植生の枝葉によって、雨の落下強度を弱める効果も発揮されると考えられる。B区における下層植生の存在がこれらの相乗効果を高めることになり、B区の土砂流亡量がA区より少なくなったものと推察され、これらのことから1m以上の下層植生の被度は土砂移動の程度を示す指標になることが示唆された。

表9 「裸地」及び「石れき」の露出率

試験区名	裸地率		石れき率	
	(%)	標準偏差	(%)	標準偏差
A区	18.2	10.70	1.6	1.11
B区	6.0	1.54	0.4	0.45
C1区	37.7	10.59	2.6	0.92
C2区	36.9	14.83	9.3	4.88
D1区	32.5	3.83	9.7	4.12
D2区	30.0	8.31	5.7	3.59
D3区	30.0	8.31	5.7	3.59

(各区50cm方形区を5か所設定)

また、表9に示した地表面の観察による「裸地率」及び「石れきの露出率」は、A区の18.2%、1.58%に対し、B区ではそれぞれ6.0%、0.4%であり、いずれもA区がまさった。このことから「裸地率」及び「石れきの露出率」も移動土砂量の目安になり得ると思われた。

4.2 落枝による表土流亡防止効果 (C1区とC2区の比較)

C1区及びC2区は林齢が21年生で、数年前に枝打ちが実施されているが、間伐されておらず、林冠がほぼ閉鎖していた。林床植生は両区とも乏しく、その差はほとんどみられなかった(表6)。

試験区の設定時に、C2区の林床の落枝のうちで比較的大きめのものをC1区の区域内に移動させた。この結果、C1区の落枝量(kg/m²)は0.897、C2区のそれは0.363となった(表7)。このことは、C1区の落枝量はC2区の2.5倍であったことを示している。

一方、両区の年間の土砂移動量(kg/m)を比較すると(表5)、細土はC1区が0.36、C2区が0.37、有機物はC1区が0.20、C2区が0.21であり、いずれも両区間でほとんど差が認められなかった。しかし、石れきについては

C1区が0.14であったの対して、C2区は約17倍の2.39であった。

以上のことから、林床における落枝の存在は細土、有機物の流亡防止効果に比べて、石れきの転落防止効果が大きいことが示唆された。

4.3 堆積腐植層(落葉、落枝)の除去と表土流亡の関係(D1,D2,D3区の比較)

D1, D2, D3区は未間伐の閉鎖林分で、林床植生がほとんど見られない。ここでは、作為的に堆積腐植層(落葉と落枝)を除去したD2区、除去した後に手の平で地表面を押し固めたD3区、それらの対照として何も処理をしていないD1区を設置した。

これらの処理によって各区の堆積腐植層の量(kg/m²)はそれぞれ、D1区が1.624、D2区が0.691、D3区が0.592となった(表7)。これは、D1区を100とした場合、D2区では43、D3区では36に相当する。

以下、D1区とD2区の比較によって、堆積腐植層の土砂移動防止効果を検証する。堆積腐植層の一部を除去したD2区の年間の細土移動量(kg/m)は3.63であり、これは対照のD1区(0.17)の21倍に相当する。同様にD2区の有機物の移動量は、D1区(0.14)の7.4倍に相当する1.04であった。石れきの移動量(kg/m)も、D2区ではD1区の9倍に相当する2.52であった。つまり、堆積腐植層の存在は細土、有機物、石れきのいずれに対しても流亡防止効果を示した。これらのことは落枝のみと比較して落枝と落葉を合わせた堆積腐植層の土砂移動防止効果が大きいことをあらわしていると考えられた。

つぎに、D2区とD3区の比較により、押し固めの影響について検証する。

堆積腐植層を除去しただけのD2区と地表面を押し固めたD3区との比較から、細土はD3>D2、有機物はD3≤D2、石れきはD3<D2、の関係が認められた。D3区では地表面を押し固めたことによってD2区と比べて透水性が悪くなり、降水時に地表面流下水が発生しやすくなって、細土量の移動量が増したのではないかと考えられる。また、D2区に比べて、D3区で石れきの移動量が少なかった原因として、D3区では地表面が押し固められた際に石れきが土中へ押し込まれ固定されたことが考えられた。

D2, D3区は全調査区の中で最も土砂移動量の大きかった調査区であるが、ここでは特徴的に土柱の形成が観察された。このことから土柱の有無は目視による表土の状況把握を行う場合の指標に成り得ると判断された。

4.4 降水条件と表土の移動

地表における土砂の移動は、地表面の浸透能力を上回る降水量があった場合に地表面流下水によって運ばれたり、雨滴による衝撃により土壌粒子が飛散したりすることによって生じる(5)。

林相、施業、立地条件などによる違いが、土砂の移動に及ぼす影響を明らかにするためには、比較する林分の降水条件を指数化する必要があると考えられる。大味らは(8)、斜面における土砂移動に影響を及ぼす降水因子として降水量、60分間最大降水量、10分間最大降水量をとり、これら三者の積を降水加速指数とし、移動土砂量との間に高い相関関係を見出している。また、井上らは(5)降水量と60分間最大降水量の二者の積を降水指数としても、ヒノキ落葉及び土砂の移動量との間に高い相関が認められることを報告している。しかし降水量と降水強度を考慮したこれらの指数は10あるいは60分の時間単位で降水量が観測されている必要があり、観測データが日単位の場合には適用できない。東は(3)降水の強度と降水の持続時間に関連するいくつかの指標とヒノキ林における土砂(細土)移動量との相関関係を評価し、日単位の降水因子の内では「日降水量が10mm以上を記録した日の合計降水量」との間に比較的良い相関関係を認めており、今回はこの指標を用いることにした。

図5は各調査期間内で日降水量が10mmを超えた時の日降水量の合計値と移動細土量の関係である(縦横軸ともに対数表示)。どの区においても、両者の間に直線関係があり、降水量が多いほど移動細土量も大きくなる関係が認められた。単位降水量あたりの移動量で比較すると、最も少なかったのは下層植生が比較的豊富であったB区で、つづいてD1区、下層植生が乏しいA区、C1区及びC2区がほぼ同程度、腐植層を取り除いたり、押し固めるなど林地表面を攪乱したD2及びD3区が最も多かった。例えば、降水量(10mm以上を記録した日降水量合計)が100mmのときのB区の移動細土量を基準にすると、D1区は1.6倍、C1区は3.1倍、A区は3.3倍、C2区は3.4倍、D2区は15倍、D3区は20倍に見積もられた。ただし、D2及びD3区については、B区に比べて直線の傾きが大きいことから、降水量が増すにつれて移動細土量の比数も増加することを示しており、例えば1000mmのときにはB区に比べてD2区は85倍、D3区は91倍の移動細土量になると予測された。

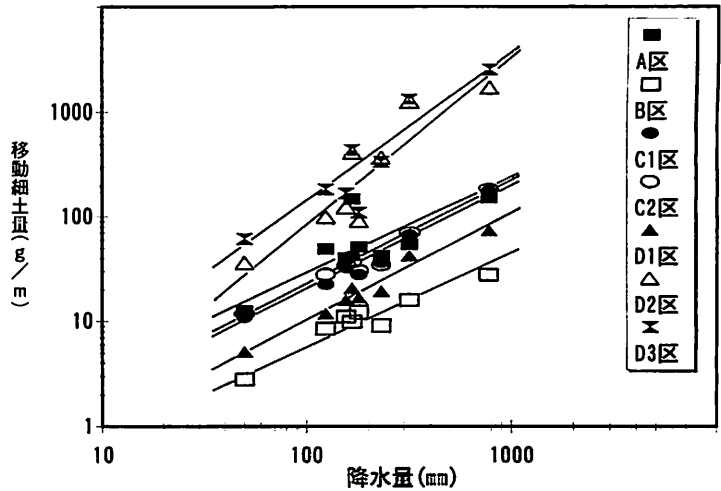


図5 10mm以上を記録した日降水量合計と細土移動量

- A 区 : $\log (y) = 0.7685 \times \log (x) - 0.0227$ [$R^2 = 0.5839$, $n = 6$]
 - B 区 : $\log (y) = 0.7892 \times \log (x) - 0.7814$ [$R^2 = 0.9010$, $n = 6$]
 - C 1 区 : $\log (y) = 1.0150 \times \log (x) - 0.7374$ [$R^2 = 0.9517$, $n = 6$]
 - C 2 区 : $\log (y) = 0.9777 \times \log (x) - 0.6326$ [$R^2 = 0.9543$, $n = 6$]
 - D 1 区 : $\log (y) = 0.9967 \times \log (x) - 0.9816$ [$R^2 = 0.9621$, $n = 6$]
 - D 2 区 : $\log (y) = 1.5544 \times \log (x) - 1.1490$ [$R^2 = 0.8161$, $n = 6$]
 - C 3 区 : $\log (y) = 1.4451 \times \log (x) - 0.7892$ [$R^2 = 0.8217$, $n = 6$]
- [ただし、(x)は調査期間内で10mm以上を記録した日降水量の合計値]
[(y)は調査期間内の移動細土量をg/mに換算した値]

5. おわりに

間伐や枝打ちなどの保育施業が遅れ、林冠が閉鎖した下層植生に乏しい急斜面のヒノキ林における、激しい表土移動の実態が測定、観察された。下層植生が豊富な林地では、林床における堆積腐植層も多く、これらが土砂移動の抑制に大きく寄与していた。さらに、急傾斜地での石れきの移動は林床の落枝によってかなり押さえられていた。ヒノキの人工林は外見上は「濃い緑色」であるため、これらの現象が見過ごされやすいが、これらの目視による林床の観察が表土流亡の危険度判定の際に有効な方法であることが判明した。また、作為的に堆積腐植層を除去したり、地表面を押し固めると、土壌や石れきの移動が激化したが、このことは森林整備の際に林地表面をできるだけ攪乱しない配慮が必要であることを示唆している。

国産材の材価低迷により林業経営が困難となった今、森林の公益機能の維持向上のための森林施業を展開するためには、国民の理解と協力が欠かせないが、水土保全機能の定量的な情報や機能を高めるための実用的で具体的な施業方法の提供が遅れており、合意の形成が進んでいない。ひきつづき森林機能の定量化と森林施業による機能の維持並びに増進技術の開発が課題である(6)。

6. 引用文献

- 1) 赤井龍男(1977)ヒノキ林の地力減退問題とその考え方, 林業技術, 419, 7~11.
- 2) 荒木 誠・塚本次郎(1994)雨滴衝撃の推定値による表土流亡の危険度判定の試み, 日林関西支論, 3, 62~64.
- 3) 東 敏生(1987)林地貯水能の定量化に関する試験—林種・林況の違いが林地土壌の孔隙組成に及ぼす影響について—, 広島県林試研報, 22, 63~111.
- 4) 広島地方气象台・日本気象協会中国センター(1985-1994)広島県気象月報. 昭和60年~平成6年
- 5) 井上輝一郎・岩川雄幸・吉田桂子(1987)ヒノキ単純林における落葉および土砂の移動, 林試研報, 343, 171~186.
- 6) 牧 勉(1984)ヒノキ林における水土保全上の問題点と対策, 山林, 1202, 27~31.
- 7) 沼田 真(1969)群落測度と優占度.(図説植物生態学, 沼田 真編, 286pp, 朝倉書店, 東京). 24~36.
- 8) 大味新学・網本皓二(1974)山腹斜面の浸食に関する研究 —林種および土壌の相違における降雨加速指数と浸食量の関係について—, 日林誌, 56, 379~385.
- 9) 酒井正治・井上輝一郎・岩川雄幸(1987)粗大有機物の土壌への混入量(Ⅲ)—斜面位置の違いによるヒノキ葉混入量—, 98回日林論, 193~196.
- 10) 杉浦孝蔵(1976)ヒノキ林の地力低下とその対策—表面土壌の浸食と防止—, 森林と肥培, 89, 1~11.

付表1 土砂受け箱ごとの細土の補促量(単位は、グラム/25cm)

掘土	1993年					1994年				
	6月分	7-8月分	9月分	7-9月合計	10-12月合計	1-3月合計	4-5月分	6月分	4-6月合計	7-9月合計
A区	測定開始日	7月1日	9月1日	7月1日	10月4日	1月5日	3月28日	6月2日	3月28日	6月30日
	測定終了日	7月1日	11月4日	10月4日	1月5日	3月28日	6月2日	6月2日	6月30日	10月7日
1	2.3	3.9	3.1	7.0	3.1	5.9	4.8	1.3	6.1	1.2
2	1.8	10.1	13.1	23.2	7.5	7.2	4.1	1.0	5.1	1.6
3	25.5	53.6	17.3	70.9	230.1	44.3	29.8	4.8	34.6	71.5
4	0.5	7.9	6.6	14.5	3.5	3.7	2.9	0.6	3.5	2.7
5	2.7	51.8	5.1	56.9	2.9	2.0	1.9	0.5	2.4	3.0
6	5.6	42.6	18.8	61.4	16.0	8.2	9.4	2.1	11.5	7.0
7	8.6	11.0	13.4	24.4	55.4	31.2	24.9	15.7	40.6	27.7
8	1.2	11.2	6.8	18.0	8.8	5.0	6.0	1.3	7.3	2.3
9	13.6	75.7	19.8	95.5	31.5	11.3	7.2	1.5	8.7	2.5
10	43.1	110.8	31.6	142.4	13.8	9.7	10.0	2.8	12.8	3.2
平均値	10.49	37.86	13.56	51.42	37.26	12.85	10.10	3.16	13.26	12.27
標準偏差	13.10	33.87	8.25	40.88	66.13	13.05	9.03	4.35	12.62	21.13
B区										
	6月分	7-8月分	9月分	7-9月合計	10-12月合計	1-3月合計	4-5月分	6月分	4-6月合計	7-9月合計
1	0.1	3.9	0.8	4.7	0.9	2.8	1.6	0.2	1.8	0.9
2	0.5	5.0	14.1	19.1	5.9	4.1	3.9	0.9	4.8	3.0
3	0.4	4.5	1.3	5.8	3.0	1.0	1.1	0.3	1.4	0.5
4	0.3	1.1	0.7	1.8	0.8	0.9	0.8	0.3	1.1	0.4
5	0.1	9.0	6.1	15.1	0.3	0.7	0.3	0.2	0.5	0.6
6	1.6	3.8	1.2	5.0	1.4	1.6	1.8	0.5	2.3	0.8
7	2.5	5.1	1.5	6.6	2.6	6.2	5.9	1.0	6.9	2.4
8	3.3	13.7	3.1	16.8	3.4	2.5	2.6	0.6	3.2	1.1
9	3.9	14.8	7.9	22.7	3.4	4.9	3.4	1.1	4.5	2.9
10	9.9	8.9	3.6	12.5	3.2	6.1	6.6	1.9	8.5	8.9
平均値	2.26	6.98	4.03	11.01	2.49	3.08	2.80	0.70	3.50	2.15
標準偏差	2.87	4.26	4.06	6.80	1.59	2.01	2.03	0.51	2.51	2.44
C1区										
	6月分	7-8月分	9月分	7-9月合計	10-12月合計	1-3月合計	4-5月分	6月分	4-6月合計	7-9月合計
1	2.8	18.0	7.4	25.4	4.9	5.5	6.1	2.3	8.4	5.8
2	8.8	36.6	20.8	57.4	23.4	11.1	19.4	5.7	25.1	9.3
3	9.3	21.4	7.9	29.3	5.5	3.5	4.9	2.5	7.4	5.2
4	4.1	12.5	7.6	20.1	6.3	2.9	1.6	0.3	1.9	1.1
5	13.9	83.1	26.4	109.5	13.8	8.5	13.3	3.3	16.6	6.5
6	4.4	30.2	10.6	40.8	7.3	3.1	3.4	1.1	4.5	2.9
7	10.8	65.7	19.9	85.6	14.2	11.6	12.6	4.8	17.4	8.0
8	25.0	123.5	44.0	167.5	19.5	13.5	16.2	6.0	22.2	12.9
9	3.1	30.2	17.4	47.6	7.1	5.9	2.4	0.5	2.9	3.0
10	7.3	25.4	4.3	29.7	2.4	3.7	1.4	0.9	2.3	1.4
平均値	8.95	44.66	16.63	61.29	10.44	6.93	8.13	2.74	10.87	5.61
標準偏差	6.36	33.58	11.42	44.52	6.58	3.76	6.30	2.03	8.26	3.55
C2区										
	6月分	7-8月分	9月分	7-9月合計	10-12月合計	1-3月合計	4-5月分	6月分	4-6月合計	7-9月合計
1	5.3	20.7	8.0	28.7	4.9	5.1	6.7	2.5	9.2	4.6
2	6.2	20.1	6.4	26.5	4.4	7.6	11.0	5.0	16.0	4.6
3	8.7	45.8	31.9	77.7	13.1	8.8	11.0	3.7	14.7	10.6
4	16.4	59.0	25.6	84.6	11.7	13.1	12.5	3.1	15.6	4.8
5	15.2	106.1	24.4	130.5	13.6	11.8	17.5	4.7	22.2	10.8
6	1.5	22.1	10.2	32.3	15.4	7.2	5.1	1.7	6.8	5.2
7	17.1	64.4	33.2	97.6	11.5	7.7	4.9	2.3	7.2	18.3
8	13.6	90.8	22.5	113.3	11.7	10.0	7.3	2.2	9.5	3.5
9	2.8	20.5	5.5	26.0	4.7	3.9	8.8	3.3	12.1	5.0
10	0.8	6.8	4.6	11.4	1.0	0.1	2.1	1.2	3.3	3.0
平均値	8.76	45.63	17.23	62.86	9.20	7.53	8.69	2.97	11.66	7.04
標準偏差	6.02	31.93	10.81	40.56	4.69	3.62	4.24	1.17	5.28	4.55
D1区										
	6月分	7-8月分	9月分	7-9月合計	10-12月合計	1-3月合計	4-5月分	6月分	4-6月合計	7-9月合計
1	1.4	7.1	3.0	10.1	2.0	1.6	1.2	0.4	1.6	0.6
2	6.8	30.3	4.9	35.2	2.3	2.2	4.3	0.4	4.7	3.1
3	5.5	21.1	9.6	30.7	4.5	2.9	3.6	1.3	4.9	2.1
4	2.5	19.0	8.9	27.9	3.5	4.0	2.7	0.9	3.6	1.9
5	8.9	3.0	24.4	27.4	10.0	7.1	6.2	1.5	7.7	4.1
6	6.6	33.7	13.8	47.5	6.8	4.4	1.6	0.4	2.0	1.6
7	9.4	25.0	5.8	30.8	6.9	3.1	3.1	0.9	4.0	1.4
8	3.4	12.1	6.7	18.8	3.1	6.3	3.7	1.3	5.0	1.2
9	1.1	10.2	14.0	24.2	6.7	4.5	3.9	1.0	4.9	2.3
10	2.8	22.8	14.6	37.4	5.9	5.6	9.6	4.8	14.4	11.3
平均値	4.84	18.43	10.57	29.00	5.17	4.17	3.99	1.29	5.28	2.96
標準偏差	2.87	9.58	6.01	9.72	2.40	1.69	2.29	1.23	3.44	2.93
D2区										
	6月分	7-8月分	9月分	7-9月合計	10-12月合計	1-3月合計	4-5月分	6月分	4-6月合計	7-9月合計
1	117.7	347.1	363.3	710.4	136.2	29.3	39.9	10.9	50.8	36.7
2	79.4	550.0	394.3	944.3	95.1	27.3	32.9	11.0	43.9	34.4
3	73.1	343.3	308.5	651.8	110.2	23.3	28.7	8.7	37.4	24.6
4	152.0	522.2	319.4	841.6	101.6	19.2	33.8	7.0	40.8	10.0
5	37.7	358.9	201.4	560.3	71.2	14.7	21.5	7.8	29.3	19.0
平均値	91.98	424.30	317.38	741.68	102.86	22.76	31.36	9.08	40.44	24.94
標準偏差	39.31	91.85	65.67	136.38	21.12	5.32	6.09	1.62	7.11	9.86
D3区										
	6月分	7-8月分	9月分	7-9月合計	10-12月合計	1-3月合計	4-5月分	6月分	4-6月合計	7-9月合計
1	110.1	786.0	283.1	1069.1	106.3	22.9	34.4	9.4	43.8	23.9
2	107.4	877.3	388.5	1265.8	124.5	37.9	65.7	22.1	87.8	71.8
3	92.3	637.1	380.0	1017.1	83.7	22.6	36.8	13.1	49.9	31.0
4	45.3	490.2	327.7	817.9	101.2	26.2	34.5	15.6	50.1	48.3
5	68.7	388.5	253.1	641.6	136.8	27.7	38.6	16.8	55.4	55.6
平均値	84.76	635.82	326.48	962.30	110.50	27.46	42.00	15.40	57.40	46.12
標準偏差	24.60	180.69	52.87	214.58	18.49	5.57	11.95	4.20	15.64	17.18

付表2 土砂受け箱ごとの有機物の捕促量(単位は、グラム/25cm)

有機物 A区	1993年					1994年				
	6月分 測定開始日 6月1日 測定終了日 7月1日	7-8月分 7月1日 9月1日	9月分 9月1日 11月4日	7-9月合計 7月1日 10月4日	10-12月合計 10月4日 1月5日	1-3月合計 1月5日 3月28日	4-5月分 3月28日 6月2日	6月分 6月2日 6月30日	4-6月合計 3月28日 6月30日	7-9月合計 6月30日 10月7日
1	5.2	6.2	3.0	9.2	2.0	11.6	3.9	0.7	4.6	1.3
2	2.3	13.0	3.3	16.3	2.6	13.1	10.5	0.8	11.3	4.2
3	12.6	17.3	4.4	21.7	9.2	14.7	4.0	0.8	4.8	8.3
4	1.1	12.6	2.5	15.1	2.3	7.8	4.0	0.8	4.8	4.0
5	3.5	15.4	3.9	19.3	1.8	4.6	1.0	0.7	1.7	2.4
6	9.0	41.0	7.0	48.0	4.0	7.8	3.1	0.5	3.6	2.0
7	9.7	14.8	8.2	23.0	13.3	14.6	5.9	5.9	11.8	5.3
8	2.4	12.8	3.0	15.8	3.1	13.5	6.7	0.8	7.5	1.0
9	12.5	34.3	8.3	42.6	38.4	14.4	7.3	0.8	8.1	2.8
10	14.3	28.8	7.9	36.7	5.7	8.9	3.8	1.1	4.9	2.1
平均値	7.26	19.62	5.15	24.77	8.24	11.10	5.02	1.28	6.30	3.32
標準偏差	4.68	10.60	2.28	12.37	10.65	3.39	2.52	1.54	3.13	2.09
B区	6月分	7-8月分	9月分	7-9月合計	10-12月合計	1-3月合計	4-5月分	6月分	4-6月合計	7-9月合計
1	2.2	8.5	1.2	9.7	1.4	5.2	3.9	0.7	4.6	2.4
2	4.8	12.0	10.0	22.0	3.9	9.4	13.8	6.5	20.3	10.8
3	2.2	9.1	1.2	10.3	1.7	3.2	1.6	2.1	3.7	1.9
4	1.4	7.7	1.0	8.7	2.0	8.4	1.9	0.3	2.2	2.3
5	1.1	11.7	3.1	14.8	1.5	2.5	1.6	1.4	3.0	7.2
6	2.2	8.4	2.0	10.4	3.6	5.4	9.4	3.0	12.4	6.6
7	5.3	6.5	1.4	7.9	3.0	10.4	4.3	0.8	5.1	7.9
8	4.9	13.2	1.8	15.0	2.8	6.4	3.5	0.5	4.0	1.8
9	2.9	15.1	1.8	16.9	3.9	3.3	3.3	0.3	3.6	2.7
10	3.4	9.8	1.7	11.5	1.7	3.2	6.0	1.2	7.2	5.0
平均値	3.04	10.20	2.52	12.72	2.55	5.74	4.93	1.67	6.60	4.86
標準偏差	1.43	2.57	2.56	4.18	0.96	2.69	3.71	1.80	5.33	2.97
C1区	6月分	7-8月分	9月分	7-9月合計	10-12月合計	1-3月合計	4-5月分	6月分	4-6月合計	7-9月合計
1	3.3	7.9	4.3	12.2	3.3	14.0	4.2	1.3	5.5	15.1
2	6.6	13.2	4.4	17.6	16.5	12.3	9.8	1.9	11.7	3.6
3	6.2	16.6	3.8	20.4	6.0	13.0	8.6	5.0	13.6	5.7
4	2.3	4.7	3.5	8.2	3.7	8.1	3.3	1.3	4.6	2.6
5	10.8	18.7	7.1	25.8	5.8	16.8	6.8	1.5	8.3	3.6
6	8.6	13.6	5.1	18.7	4.9	12.1	4.9	0.8	5.7	0.8
7	6.5	21.4	6.1	27.5	5.2	15.5	6.7	3.8	10.5	30.9
8	6.4	44.6	8.9	53.5	6.3	17.9	10.2	4.2	14.4	5.6
9	2.1	8.1	6.1	14.2	3.3	20.7	4.0	1.5	5.4	6.7
10	5.0	5.3	1.5	6.8	3.8	11.1	2.0	2.9	4.8	3.0
平均値	5.78	15.41	5.08	20.49	5.88	14.15	6.05	2.41	8.46	7.74
標準偏差	2.59	11.11	1.97	12.75	3.70	3.47	2.68	1.38	3.60	8.55
C2区	6月分	7-8月分	9月分	7-9月合計	10-12月合計	1-3月合計	4-5月分	6月分	4-6月合計	7-9月合計
1	4.8	13.2	3.1	16.3	2.5	13.9	4.4	0.8	5.2	1.8
2	3.5	12.4	2.1	14.5	3.0	17.9	9.3	3.6	12.9	3.8
3	4.6	19.2	8.5	27.7	5.0	15.4	11.1	2.0	13.1	3.3
4	16.7	18.2	5.7	23.9	8.4	13.4	9.5	1.0	10.5	3.1
5	6.7	17.7	6.8	24.5	3.6	15.3	11.6	4.2	15.8	3.3
6	1.9	8.9	2.4	11.3	3.4	12.6	3.8	0.9	4.7	1.3
7	7.5	24.4	19.3	43.7	2.8	12.9	3.9	1.1	5.0	5.1
8	5.9	31.1	3.9	35.0	6.4	15.2	5.1	0.7	5.8	1.9
9	2.0	15.3	2.1	17.4	4.7	12.3	18.2	4.1	22.3	5.7
10	1.1	18.1	2.6	20.7	6.2	7.4	1.9	0.3	2.2	1.8
平均値	5.47	17.85	5.65	23.50	4.60	13.63	7.89	1.86	9.75	3.12
標準偏差	4.25	5.99	5.00	9.41	1.82	2.63	4.72	1.43	5.96	1.39
D1区	6月分	7-8月分	9月分	7-9月合計	10-12月合計	1-3月合計	4-5月分	6月分	4-6月合計	7-9月合計
1	2.7	6.0	2.3	8.3	3.1	9.4	2.7	2.0	4.7	2.9
2	3.3	6.3	1.7	8.0	1.4	12.2	7.3	0.5	7.8	0.7
3	7.4	11.7	1.7	13.4	3.3	21.1	3.6	1.0	4.6	1.8
4	2.5	6.2	1.4	7.6	3.1	15.3	2.5	0.3	2.8	0.9
5	5.6	2.1	4.3	6.4	8.2	13.3	2.2	0.6	2.8	1.7
6	5.2	17.6	4.0	21.6	3.3	21.5	3.3	0.7	4.0	1.5
7	1.9	5.6	1.6	7.2	2.2	9.0	2.5	0.3	2.7	1.2
8	2.6	5.5	1.4	6.9	2.5	11.6	6.1	0.3	6.5	2.2
9	1.3	8.8	4.9	13.7	4.2	16.0	4.8	0.6	5.4	2.1
10	2.3	9.7	4.3	14.0	4.0	18.6	10.0	2.0	12.0	3.8
平均値	3.48	7.95	2.76	10.71	3.53	14.80	4.51	0.81	5.33	1.88
標準偏差	1.84	4.08	1.36	4.62	1.74	4.28	2.45	0.63	2.74	0.87
D2区	6月分	7-8月分	9月分	7-9月合計	10-12月合計	1-3月合計	4-5月分	6月分	4-6月合計	7-9月合計
1	38.9	259.1	73.9	333.0	59.2	39.2	23.1	3.8	26.9	17.8
2	26.2	78.7	53.1	131.8	36.6	22.8	17.4	3.5	20.9	10.7
3	19.9	136.4	35.3	171.7	32.7	27.4	14.6	4.1	18.7	8.4
4	35.2	55.5	70.8	126.3	26.3	28.1	19.3	2.2	21.6	6.0
5	18.4	81.1	49.1	130.2	17.2	15.8	6.4	3.0	9.5	4.9
平均値	27.72	122.16	56.44	178.60	34.40	26.66	16.16	3.32	19.49	9.55
標準偏差	8.14	73.45	14.30	78.94	14.03	7.65	5.60	0.66	5.70	4.57
D3区	6月分	7-8月分	9月分	7-9月合計	10-12月合計	1-3月合計	4-5月分	6月分	4-6月合計	7-9月合計
1	35.4	174.4	35.4	209.8	19.2	18.8	10.4	2.8	13.3	4.5
2	56.5	106.7	78.0	184.7	19.5	34.9	29.7	6.6	36.3	16.5
3	49.4	98.4	59.2	157.6	24.6	25.9	21.8	5.5	27.2	7.5
4	21.9	76.9	35.8	112.7	25.5	26.2	15.4	7.2	22.6	17.7
5	30.4	78.0	54.9	132.9	22.5	31.6	16.5	8.0	24.4	16.3
平均値	38.72	106.88	52.66	159.54	22.26	27.48	18.75	6.00	24.76	12.47
標準偏差	12.60	35.68	15.95	34.83	2.57	5.50	6.56	1.78	7.43	5.42

付表3 土砂受け箱ごとの石れきの補促量(単位は、グラム/25cm)

石れき A区	1993年					1994年				
	6月分	7-8月分	9月分	7-9月合計	10-12月合計	1-3月合計	4-5月分	6月分	4-6月合計	7-9月合計
測定開始日	6月1日	7月1日	9月1日	7月1日	10月4日	1月5日	3月28日	6月2日	3月28日	6月30日
測定終了日	7月1日	9月1日	11月4日	10月4日	1月5日	3月28日	6月2日	6月30日	6月30日	10月7日
1	1.1	1.1	0.4	1.5	0.6	40.3	0.5	0.1	0.6	0.1
2	0.7	1.5	1.3	2.8	2.1	0.8	0.6	0.4	1.0	3.1
3	15.5	20.5	6.2	26.7	84.1	10.8	10.6	1.4	12.0	55.5
4	0.5	1.1	3.8	4.9	1.8	0.8	2.2	0.1	2.3	0.4
5	1.4	9.0	2.5	11.5	1.4	0.3	10.1	0.0	10.1	60.7
6	6.4	15.9	14.8	30.7	9.8	2.6	2.3	0.6	2.9	2.2
7	3.4	1.5	78.6	80.1	316.6	78.6	22.1	109.9	132.0	41.5
8	0.7	3.1	34.8	37.9	0.7	0.5	2.7	0.8	3.5	0.8
9	16.7	159.7	9.2	168.9	271.7	5.2	3.1	19.8	22.9	9.7
10	20.1	67.8	10.0	77.8	8.4	6.2	1.2	1.0	2.2	1.8
平均値	6.65	28.12	16.16	44.28	69.72	14.61	5.54	13.41	18.95	17.58
標準偏差	7.33	47.92	22.90	49.65	115.19	24.20	6.52	32.67	38.26	23.47
B区	6月分	7-8月分	9月分	7-9月合計	10-12月合計	1-3月合計	4-5月分	6月分	4-6月合計	7-9月合計
1	0.0	2.2	0.0	2.2	0.0	0.3	0.1	0.0	0.1	0.1
2	0.1	1.0	14.8	15.8	1.4	94.1	1.1	0.2	1.3	0.7
3	0.0	1.0	0.4	1.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	3.0	0.7	3.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	6.6	0.4	0.3	0.7	0.2	10.9	0.0	0.1	0.1	0.0
7	1.1	1.5	0.2	1.7	1.2	13.3	9.4	0.1	9.5	1.1
8	4.3	6.4	3.0	9.4	1.7	1.5	0.0	0.1	0.1	0.1
9	2.7	7.2	3.0	10.2	1.0	0.8	0.6	0.2	0.8	0.4
10	15.0	3.1	1.2	4.3	1.8	2.1	1.7	0.6	2.3	2.2
平均値	2.98	2.62	2.36	4.98	0.77	12.30	1.29	0.13	1.42	0.47
標準偏差	4.55	2.28	4.28	4.86	0.69	27.65	2.76	0.17	2.79	0.67
C1区	6月分	7-8月分	9月分	7-9月合計	10-12月合計	1-3月合計	4-5月分	6月分	4-6月合計	7-9月合計
1	0.8	4.9	2.6	7.5	1.2	2.7	2.1	1.0	3.1	0.6
2	3.4	3.8	2.6	6.4	16.2	7.2	15.4	2.5	17.9	3.1
3	2.9	1.9	1.4	3.3	1.5	0.3	1.4	0.8	2.2	1.9
4	2.6	2.9	1.8	4.7	4.1	20.0	2.8	0.1	2.9	1.1
5	9.2	14.4	7.2	21.6	3.9	1.7	2.7	0.8	3.5	8.2
6	7.1	12.6	4.8	17.4	3.9	0.4	0.1	0.1	0.2	0.2
7	3.6	7.3	4.0	11.3	4.2	17.8	5.0	3.1	8.1	1.1
8	32.5	28.0	12.8	40.8	6.0	11.0	12.7	14.4	27.1	15.7
9	2.9	6.6	10.6	17.2	16.2	3.1	1.5	0.0	1.5	1.5
10	6.1	5.8	1.5	7.3	36.7	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1
平均値	7.11	8.82	4.93	13.75	9.39	6.44	4.37	2.29	6.66	3.35
標準偏差	8.78	7.44	3.81	10.73	10.46	7.04	5.06	4.16	8.45	4.69
C2区	6月分	7-8月分	9月分	7-9月合計	10-12月合計	1-3月合計	4-5月分	6月分	4-6月合計	7-9月合計
1	11.7	4.4	2.6	7.0	7.9	938.3	1.8	7.7	9.5	10.1
2	17.9	22.9	3.0	25.9	3.0	166.6	3.3	8.0	11.3	7.8
3	20.0	85.2	20.8	106.0	88.5	251.5	102.3	6.1	108.4	31.2
4	28.1	144.0	90.7	234.7	75.6	193.9	102.6	10.3	112.9	57.8
5	31.5	65.4	17.5	82.9	199.7	149.7	248.1	20.2	268.3	81.2
6	3.5	249.1	3.6	252.7	5.4	231.4	48.9	24.4	73.3	60.4
7	23.3	193.9	30.3	224.2	43.0	321.1	71.9	18.2	90.1	4.8
8	19.5	116.5	11.9	128.4	103.7	468.6	91.8	0.8	92.6	159.5
9	27.5	96.9	41.6	138.5	75.9	215.9	151.6	17.5	169.1	45.3
10	0.9	18.1	1.0	19.1	0.0	131.2	131.5	9.6	141.1	28.4
平均値	18.39	99.64	22.30	121.94	60.27	306.82	95.38	12.28	107.66	48.65
標準偏差	9.75	75.15	26.10	86.82	59.64	230.24	69.17	7.02	71.67	44.01
D1区	6月分	7-8月分	9月分	7-9月合計	10-12月合計	1-3月合計	4-5月分	6月分	4-6月合計	7-9月合計
1	0.2	0.6	1.3	1.9	0.3	7.5	0.4	0.0	0.4	16.0
2	2.4	6.8	1.3	8.1	0.3	21.3	123.2	0.0	123.2	0.0
3	5.7	8.3	3.3	11.6	1.6	4.1	0.2	2.7	2.9	0.1
4	1.7	6.6	3.3	9.9	1.2	8.5	1.5	0.6	2.1	0.1
5	4.8	35.8	8.8	44.6	5.2	2.2	2.1	0.3	2.4	0.4
6	1.5	3.3	3.1	6.4	1.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
7	11.6	5.8	1.2	7.0	8.3	0.3	0.2	0.5	0.7	0.1
8	0.9	1.9	1.0	2.9	1.3	14.7	71.3	0.1	71.4	0.0
9	0.1	32.1	1.2	33.3	157.6	0.1	0.5	0.6	1.1	0.1
10	5.3	1.4	1.2	2.6	38.1	92.1	3.2	7.5	10.7	44.8
平均値	3.42	10.26	2.57	12.83	21.54	15.09	20.26	1.23	21.49	6.16
標準偏差	3.36	12.12	2.27	13.63	46.64	26.51	40.22	2.22	39.74	13.73
D2区	6月分	7-8月分	9月分	7-9月合計	10-12月合計	1-3月合計	4-5月分	6月分	4-6月合計	7-9月合計
1	70.5	296.9	90.0	386.9	159.3	110.5	24.6	31.1	55.7	74.3
2	75.0	227.5	64.6	292.1	121.2	156.7	75.0	6.3	81.3	63.6
3	80.1	93.7	68.4	162.1	127.4	167.6	84.3	65.2	149.5	14.8
4	112.3	202.9	101.5	304.4	96.7	226.5	50.5	5.2	55.7	129.1
5	69.2	195.7	56.3	252.0	84.2	70.3	70.2	13.6	83.8	102.0
平均値	81.42	203.34	76.16	279.50	117.76	146.32	60.92	24.28	85.20	76.76
標準偏差	15.91	65.45	16.86	73.28	26.08	53.01	21.25	22.46	34.33	38.46
D3区	6月分	7-8月分	9月分	7-9月合計	10-12月合計	1-3月合計	4-5月分	6月分	4-6月合計	7-9月合計
1	41.1	209.2	59.1	268.3	70.1	85.7	13.9	2.0	15.9	15.2
2	55.5	111.4	65.6	177.0	35.9	75.3	39.6	8.4	48.0	39.3
3	36.4	94.9	32.0	126.9	49.9	117.1	7.7	6.7	14.4	40.3
4	24.5	136.4	56.9	193.3	25.5	183.6	16.8	4.8	21.6	26.1
5	23.3	65.6	70.8	136.4	28.6	33.7	21.1	10.1	31.2	26.5
平均値	36.16	123.50	56.88	180.38	42.00	99.08	19.82	6.40	26.22	29.48
標準偏差	11.83	48.64	13.37	50.40	16.38	49.97	10.81	2.82	12.38	9.36

Soil movement on the steep slope of *Japanese cypress* stands.

HIGASHI, Toshio

Summary

Observation of land surface conditions as a validity index of erosion were examined in steep slope stands of *Japanese cypress*.

Mass of soil movement, undergrowth and litter layer were measured under several conditions of forest floor.

The ground surface was covered with a lot of litter layer in the stands which had rich undergrowth.

These vegetation factors contributed to forest floor preservation.

Especially fallen branches restrained the stone movement on slope.

Mass of soil movement was increased by artificial work as litter removing or soil treading.

These results suggest, it needs less disturbance on land surface for preservation of steep slope in *Japanese cypress* Stands.

[Key words]

Japanese cypress, surface erosion