森林の侵食土砂中に含まれる埋土種子量

山瀬敬太郎¹⁾・関岡裕明²⁾・栃本大介³⁾・藤堂千景¹⁾

1) 兵庫県立農林水産技術総合センター *Keitarou_Yamase@pref.hyogo.lg.jp*

2) 株式会社環境アセスメントセンター

3) 財団法人ひょうご環境創造協会

摘要: 兵庫県下のヒノキ人工林および落葉広葉樹林で、土砂受け箱を用いて侵食土砂の移動量を測定するとともに、実生出現法により、その移動土砂中に含まれる埋土種子集団を調査した。その結果、移動土砂量が多くなるほど、山腹斜面から流出する埋土種子量も多くなる傾向がみられた。さらに、斜面部に滞留する深さ 5 cm の森林表土中の埋土種子密度より、移動土砂中に含まれる埋土種子密度の方が高くなっていることがわかった。谷部の土壤水分が高い条件下では、樹木種子の発芽率の低下をもたらす可能性があることから、植生回復に寄与する埋土種子ポテンシャルの劣化を防ぐためには、斜面から埋土種子を含む森林表土が流出しないようにすることが重要であると結論づけた。

キーワード: 表面侵食、土砂受け箱、埋土種子集団、実生出現法、埋土種子密度

1. はじめに

埋土種子集団は、地上部の環境の変化に応じて多様な群落を成立させる潜在的な能力を有し、群落の維持と再生、すなわち遷移に重要な役割を果たしており²⁾、また、伐採跡地の植生回復に寄与している⁷⁾ことが指摘されている。

筆者らは、遷移や植生回復、あるいは生物多様性緑化において重要な役割を果たす埋土種子集団の特性を明らかにするために、異なる地域や地点から採取した森林表土の撒き出し発芽試験を行い、スギ人工林から採取した森林表土においても、森林再生の初期段階に有効なパイオニア植物の種子を多く含むこと¹⁰⁾、埋土種子密度と出現種数は、尾根部や斜面部より谷部で上回る傾向があり、重力作用によって埋土種子が谷部に集中していること¹¹⁾、同様の緩勾配の地点でも、土壌含水率によって出現種組成は異なる傾向がみられること¹²⁾を明らかにしてきた。

近年、森林の手入れ不足により樹冠がうっ閉し、下層植生の減少と林床の裸地化が各地でみられており、その結果、表面侵食による地力低下が危惧されている。また、ニホンジカ (*Cervus Nippon Temminck*) の採食の影響で林床植生が衰退し、表面侵食が山腹斜面で広範囲に進行していることが指摘されている⁸⁾。これらの表面侵食は、森林表土中に含まれ

る埋土種子の流出をもたらすことから、植生回復ポテンシャルの劣化が懸念される。

そこで本報告では、山腹斜面から流出する侵食土砂量を測定するとともに、この流出土砂中に含まれる埋土種子集団の密度や種組成を調査し、斜面部から流出する埋土種子集団の把握を試みたので、その結果を報告する。

2. 調査地と方法

2.1 調査地の概要

調査地は、兵庫県神戸市北区唐櫃六甲山（以下、神戸）、多可町加美区丹治（多可）、養父市奥米地（養父）のヒノキ人工林と、兵庫県神河町猪篠（神河）、佐用町上石井（佐用）、宍粟市山崎町矢原（宍粟）、香美町村岡区高津（香美）、篠山市火打岩（篠山）の落葉広葉樹林である（図-1）。

図-1 調査地点

各調査地の気候は、神戸調査地は、冬は温暖で夏は暑い瀬戸内気候地域に属しており、多可調査地と神河、佐用、宍粟、篠山の調査地が瀬戸内気候に近い特性を持つ内陸気候地域、養父調査地と香美調査地が日本海気候に近い特性を持つ内陸気候地域に属している。

2.2 移動土砂量と移動土砂中の埋土種子量の測定

水平方向 10 m の間に、土砂受け箱をヒノキ人工林は 5 個、落葉広葉樹林は 10 個設置し、3 個 (6 個) を移動土砂量の測定用とし、残りの 2 個 (4 個) を埋土種子量の測定用とした。土砂受け箱は、森貞・平井⁶⁾に従い、高さ 15 cm、幅 (間口) 25 cm、奥行き 20 cm の木製枠で、背面に 30 メッシュの寒冷紗を取り付けた仕様とした。移動土砂量測定用と埋土種子量測定用の流出土砂の回収は、2008 年 3 月 10～11 日および 4 月 14～16 日まで (4 月期) と、2008 年 4 月 14～16 日および 5 月 15～16 日まで (5 月期) の計 2 回実施した。

移動土砂量測定用の土砂受け箱より回収した堆積物は、回収月ごとに有機物、2 mm 未満、2 mm 以上に分けて、分画したサンプルの 80 °C 乾燥重量をそれぞれ測定した。

また埋土種子量測定用の土砂受け箱に捕捉された流出土砂を、兵庫県宍粟市山崎町五十波の兵庫県立農林水産技術総合センターに持ち帰り、同一調査区において 2 個 (4 個) の土砂受け箱で捕捉した流出土砂は、一つにまとめて十分に攪拌した後にコンテナ (43 cm×32 cm、深さ 12 cm) に撒き出した。撒き出しの厚さは、コンテナの底にパーミキュライト 2 cm を敷き詰めた上に、表土厚 2 cm 以下になるように撒き出した。灌水は原則的に 1 日 1 回以上行った。調査は、実生出現法⁷⁾により発芽個体の種名と個数を、調査地ごとに記録した。発芽の観察は 2 週間に 1 回程度とし、2009 年 3 月まで観察を継続した。

2.3 現地表土中の埋土種子量の測定

斜面部に滞留する森林表土中の埋土種子量を把握するために、方形区外側の周辺部において、20 cm×20 cm、深さ 5 cm の表土 (リターを除く) を、1 調査地につき 5 地点から採取し、同様に持ち帰った。採取は、移動土砂量測定用と埋土種子量測定用の流出土砂の回収を実施した 4 月期 (4 月 14～16 日) と同じ期日とした。持ち帰った森林表土は、別々にコンテナ (43 cm×32 cm、深さ 12 cm) に撒き出した。撒き出しの厚さは、コンテナの底にパーミキュライト 2 cm を敷き詰めた上に、表土厚が一定になるように撒き出した。各調査地のコンテナごとに発芽個体の個数のみの記録を行い、灌水处理や観察日は、移動土砂中の埋土種子量の測定と同様とした。

2.4 侵食土砂量の測定

侵食土砂量の測定は、2008 年 9 月から 2009 年 2 月 (香美調査地のみ 3 月) まで行った。侵食土砂量の測定には、土砂受け箱の周囲を閉鎖し、観測される侵食土砂量の起源を明確にする必要がある⁸⁾ため、調査地ごとに、斜面方向 (斜距離) 6 m×水平方向 6 m (=36 m²) の区画を畦シートで囲い込み、その区画の下部に約 1 m 間隔で土砂受け箱 6 個が配置される

ように設定した。土砂受け箱より回収した堆積物の取り扱いには、移動土砂量の測定と同様とした。

3. 結果と考察

3.1 侵食土砂量

各調査地における、移動土砂量および侵食土砂量を示したのが、表-1 である。

移動土砂量 (2 mm 未満+2 mm 以上) は、回収月ごとに 1 m 幅の土砂通過量の値を示した。ヒノキ人工林の移動土砂量は 41.48～255.20 g・m⁻¹、落葉広葉樹林は 213.92～1,054.24 g・m⁻¹であった。同一調査地における回収月による移動土砂量の違いは、明らかでなかった。

侵食土砂量は、6 ヶ月分 (香美調査地のみ 7 ヶ月分) のデータを 1 年間の侵食土砂量に換算して示した。ヒノキ人工林の年侵食土砂量は 0.200～0.930 ton・ha⁻¹・yr⁻¹、落葉広葉樹林は 1.330～4.564 ton・ha⁻¹・yr⁻¹であり、既往研究⁹⁾と比較して、特に落葉広葉樹林での侵食土砂量が多く、また、ヒノキ人工林よりも落葉広葉樹林の方が表面侵食は激しい状況にあった。一般的に、ヒノキ人工林は他の樹種が優占する森林と比較して表面侵食が激しく、このような差が生じるのは、林床の堆積リター量と下層植生の多寡による³⁾ことが指摘されている。しかし、本報告における落葉広葉樹林では、ヒノキ人工林よりも侵食土砂量が多かった。この理由については、土壌流亡予測式 (USLE)⁴⁾を適用することによって、異なる調査地間の侵食土砂量の解析が可能になると思われるが、本報告では、侵食土砂中に含まれる埋土種子集団を把握することが主目的であるため、調査地別あるいは樹種別の侵食土砂量の比較については、他稿に譲ることとする。

3.2 移動土砂量と埋土種子量との関係

埋土種子量への影響が少ないと考えられる石礫は、調査地間でその量の差が大きかった (表-1)。そこで、リターや礫を除く 2 mm 未満の移動土砂量と移動土砂中に含まれる埋土種子の個数との関係を示したのが、図-2 である。ヒノキ人工林あるいは落葉広葉樹林の樹種別にみると、ヒノキ人工林 ($r=0.609$)、落葉広葉樹林 ($r=0.551$) とともに有意に正の相関がみられ ($P<0.05$)、2 mm 未満の移動土砂量が多いほど、その土砂に含まれる埋土種子の個数は多かった。

表-1 各調査地の移動土砂量および侵食土砂量

	移動土砂量 (2mm未満+2mm以上)		移動土砂量 (2mm未満のみ)		侵食土砂量 (2mm未満+2mm以上)
	2008.4 (g・m ⁻¹)	2008.5 (g・m ⁻¹)	2008.4 (g・m ⁻¹)	2008.5 (g・m ⁻¹)	2008.9～2009.3 (ton・ha ⁻¹ ・yr ⁻¹)
ヒノキ人工林					
神戸	255.20	91.72	21.72	8.32	0.755
多可	72.20	41.48	27.72	15.72	0.200
養父	129.32	94.80	19.80	31.92	0.930
落葉広葉樹林					
神河	553.96	1054.24	12.60	5.16	3.249
佐用	701.76	764.60	167.32	130.84	4.564
宍粟	315.64	213.92	29.36	26.08	1.330
香美	318.96	463.96	49.44	29.32	3.297
篠山	517.96	364.80	22.60	38.84	2.620

図-2 2 mm 未満の移動土砂量と埋土種子の個数との関係

図-3 2 mm 未満の移動土砂量と埋土種子の種数との関係

次に、2 mm 未満の移動土砂量と移動土砂中に含まれる埋土種子の種数との関係を示したのが、図-3 である。ヒノキ人工林 ($r=0.429$)、落葉広葉樹林 ($r=0.137$) とともに、有意の相関はみられず、移動土砂量と埋土種子の個数との関係のように明らかな傾向はみられなかった。

以上のことから、埋土種子は侵食土砂と一緒に移動しており、その埋土種子の移動量は、土砂の移動量が多いほど多くなることがわかった。

3.3 移動土砂に含まれる埋土種子の種組成

調査地および回収月別に、移動土砂に含まれる埋土種子の種類と個数を示したのが、表-2 である。調査地は、2 mm 未満の移動土砂量の少なかった順に、左から並べている。29 種 129 個体の植物が実生出現法により観察された。ヒサカキ (*Eurya japonica* Thunb.) やウツギ (*Deutzia crenata* Sieb. et Zucc.)、カラスザンショウ (*Zanthoxylum ailanthoides* Sieb. et Zucc.)、コナスビ (*Lysimachia japonica* Thunb.) の種子が比較的多くみられ、斜面部に滞留する森林表土から多く出現するキク科の植物¹⁰⁾は、比較的少なかった。埋土種

表-2 移動土砂に含まれる埋土種子の種類と個数

調査地名 回収月		神河 May	神戸 May	神河 Apr	多可 May	養父 Apr	神戸 Apr	篠山 Apr	宍粟 May	多可 Apr	香美 May	宍粟 Apr	養父 May	篠山 May	香美 Apr	佐用 May	佐用 Apr
樹種		広葉樹	ヒノキ	広葉樹	ヒノキ	ヒノキ	ヒノキ	広葉樹	広葉樹	ヒノキ	広葉樹	広葉樹	ヒノキ	広葉樹	広葉樹	広葉樹	広葉樹
2 mm未満の移動土砂量(g・m ⁻¹)		5.2	8.3	12.6	15.7	19.8	21.7	22.6	26.1	27.7	29.3	29.4	31.9	38.8	49.4	130.8	167.3
科名	種名	合計個数															
マツ	アカマツ				1					1							2
ヒノキ	ヒノキ				1					1							2
イネ	メリケンカルカヤ							1									1
カヤツリグサ	アオスゲ						1	1	1					1		2	6
カバノキ	ミズメ											3			3		6
ニレ	エゾエノキ										4						4
	ケヤキ										1						1
クワ	ヒメコウゾ										2			1	2		5
イラクサ	カラムシ																1
ヤマゴボウ	ヨウシュヤマゴボウ													1		1	3
ツバキ	ヒサカキ				1				1	1			2	2	1		2
ユキノシタ	ウツギ	4		1					1						1	3	10
バラ	クマイチゴ											1	1				3
マメ	ネムノキ								3				1		1		4
ミカン	カラスザンショウ	3				4			2					5			14
ウルシ	ヤマウルシ														1		1
リョウブ	リョウブ					1		4	1					2			8
サクラソウ	オカトラノオ															1	1
	コナスビ	1				1		1				1		1		8	5
キョウチクトウ	テイカカズラ								2			3					1
クマツヅラ	ムラサキシキブ	1													1		3
シソ	キランソウ											1					1
ゴマノハグサ	キリ											3					3
キク	ノアザミ											1					1
	ノゲシ																1
	ハルジオン													1			1
	ヒメジョオン	1							3					1	1		6
	ヒメムカシヨモギ													1			1
	ベニバナポロギク	1			1									1		1	3
種子の個数(実数)		11	0	1	4	7	1	12	8	3	11	10	8	13	11	16	13
種子の種数		6	0	1	4	4	1	7	4	3	5	6	3	11	8	6	6

図-4 現地表土および移動土砂中の埋土種子密度との関係

子の移動の容易さは、例えば、冠毛を有するキク科の植物は、他物に引っ掛かりやすく移動しにくいなど、種子の形状やそのサイズが関係しているのかも知れない。今後の詳細な調査が必要と思われる。

3.4 現地表土および移動土砂中の埋土種子密度との関係

現地表土および移動土砂中の埋土種子個数を、それぞれ 1 L あたりの埋土種子密度に換算し、調査地ごとに、現地表土中の埋土種子個数と移動土砂中の埋土種子個数を比較したのが、図-4 である。なお、現地表土および移動土砂の容積重は、 $1.60 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1}$ として換算した。両者の間には、有意に正の相関がみられ ($r=0.796$, $P<0.01$)、現地表土中の埋土種子密度が高いほど、移動土砂中に含まれる埋土種子密度も高いことが明らかになった。さらに、現地表土中の埋土種子密度より、移動土砂中の埋土種子密度の方が高い傾向がみられた。これは、より埋土種子密度の高い表層部の土砂が、侵食され移動しているためと考えられる。

3.5 土砂侵食に伴う埋土種子ポテンシャルの劣化

侵食土砂中に含まれる埋土種子集団の調査結果から、多くの埋土種子が山腹斜面から流出している実態が明らかとなった。流出した埋土種子は、谷部に集中する¹²⁾ことになるが、この谷部の土壌環境は水分条件が高いものと想定される。この土壌水分条件について、筆者らは、実験条件下において、高い土壌水分下に晒された埋土種子状態の樹木種子は、種類によって発芽率が低下していることを指摘した¹³⁾。つまり、斜面部から流出した埋土種子が谷部に達すると、発芽率が低

下してしまう可能性がある。そこで、森林の植生回復に寄与する埋土種子ポテンシャルの劣化を防ぐためには、例えば、伐採木を等高線に並べる⁹⁾ことによって、表層土砂およびその土砂中に含まれる埋土種子の流出を防ぐ取り組みが、今後必要になると考えられる。

謝辞：本調査を進めるにあたり、兵庫県農政環境部治山課の皆様には、調査地の提供でご協力をいただきました。また、兵庫県立農林水産技術総合センターの橋本忠義氏、中川 勉氏、岩槻和正氏、山田直也氏、中井清美氏には、土砂回収とその処理、埋土種子調査で大変お世話になりました。ここに感謝するとともにお礼申し上げます。

引用文献

- 1) 浜田 拓・倉本 宣 (1994) 実生出現法によるコナラ林の埋土種子集団の研究およびその植生管理への応用, ランドスケープ研究, 58 (1) : 76-82.
- 2) 林 一六 (1977) 埋土種子集団, 沼田真編, 群落の遷移とその機構—植物生態学講座 4—, 朝倉書店, pp. 193-203.
- 3) 金 栄麒・北原 曜・小野 裕 (2007) 林地条件の異なるヒノキ林における侵食土砂量, 中部森林研究, 56: 259-262.
- 4) 北原 曜 (2002) 植生の表面侵食防止機能, 砂防学会誌, 5 (5) : 92-101.
- 5) 北原 曜 (2008) 人工林斜面の土壌侵食, 恩田裕一編, 人工林荒廃と水・土砂流出の実態, 岩波書店, pp. 134-142.
- 6) 森貞和仁・平井敬三 (1994) 表層土壌の移動を測る, 林業新知識, 482: 10-11.
- 7) 佐藤重徳・酒井 敦 (2003) 鳥類による種子散布が針葉樹人工林伐採跡地の植生回復に果たす役割, 森林応用研究, 12: 23-28.
- 8) 若原妙子・石川芳治・白木克繁・戸田浩人・宮 貴大・片岡史子・鈴木雅一・内山佳美 (2008) ブナ林の林床植生衰退地における実生出現法によるリター堆積量と土壌侵食量の季節変化—丹沢山地堂平地区のシカによる影響—, 日林誌, 90 (6) : 378-385.
- 9) 山瀬敬太郎・田中義則 (2003) ヒノキ人工林における間伐木を利用した丸太筋工の効果, 森林立地, 45 (2) : 89-92.
- 10) 山瀬敬太郎・関岡裕明・谷口真吾 (2005) 異なる地点における森林表土中の埋土種子相の把握, 日本緑化工学会誌, 31 (1) : 159-162.
- 11) 山瀬敬太郎・関岡裕明 (2006) 兵庫県下 3 地域における埋土種子相の比較, 日本緑化工学会誌, 32 (1) : 266-269.
- 12) 山瀬敬太郎・関岡裕明 (2007) スギ林内の連続斜面における埋土種子の分布, 日本緑化工学会誌, 33 (1) : 187-190.
- 13) 山瀬敬太郎・関岡裕明・石坂知行 (2008) 埋土期間中の土壌水分が森林樹木種子の発芽率に及ぼす影響, ELR2008 福岡講演要旨集: 209.

(2009. 7. 15 受理)