

IV. 植栽による更新促進

IV-7. 地域性種苗の安定生産

ブナの豊作は数年に一回で、種子の生産量の変動が著しいため、豊作後の数年間は新たな種子の供給（採種）が期待できません。その間、ブナの地域性種苗はどのようにして供給を維持すればよいのでしょうか？

近年、採取種子を長期間保存できるようになりました。また、根切りを行うことにより、地上部の成長を抑制し地下部の充実した苗をストックすることができます。

そこで、種子の冷凍保存の可能性と、根切りの苗の形質に与える効果や枯損などのリスクを検証し、種苗の安定供給の可能性を探りました。

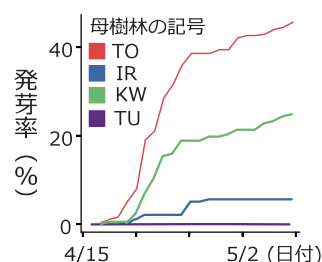
種子の取り扱いと保存

低温湿層処理^{*R3}

なるべく落下直後のものを拾い集めて水選する。その後、同量の川砂と混ぜて土中埋蔵するか、果皮にわずかの湿りを与えてポリエチレン袋に密封し、3～5℃の低温で貯える。

冷凍保存^{*R4}

採種後水選し風乾（室温20℃、2-3日）した種子をポリ袋に密封し、-20℃の冷凍庫で保存する。秋時きならばそのまま、春時きならば2℃の冷湿処理後播種する。
検証：冷凍して1年経過後（2007年4月）冷凍庫から取り出してすぐに播種し、室温で発根数を観測しました。その結果、発芽率には採種地による差がありました（右図）。



ブナの種子は、豊作年に採種し、湿らせ低温で蓄えることで翌春に確実に発芽させることができます。冷凍保存については、2年以上の保存についても報告されています^{*R4}が、まだ実用化にはいたっていません。

根切りや根揚げは根を重くする

夏に根切りや根揚げの作業を行った苗を秋に掘り取り、その枝、葉、根の部位別の重さを何もしなかった苗と比較しました。

作業方法	枝の重さ	葉の重さ	根の重さ
1 / 3 切除または植え替えをした苗	より軽い	より軽い	より重い
根切り鋤（処理5回）をした苗	より軽い	より軽い	より重い
根揚げ機（処理1回）をした苗	より軽い	より重い	より重い



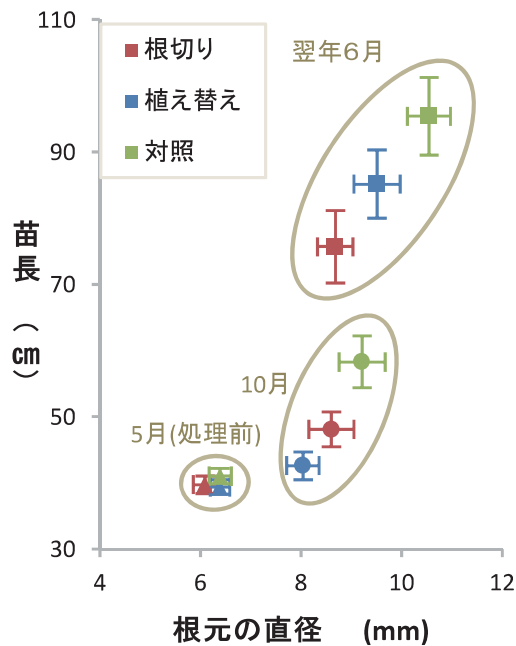
根切り鋤



根揚げ機

どのような作業方法でも、夏に根切りを行うと地上部の成長は抑えられ、根の重量が重くなります。ヨーロッパブナでも同様なことが報告されています。

作業後翌年まで続く成長抑制効果



※エラーバーは標準誤差

処理前（5月）に比べ、ひと夏を経た10月には植え替え、根切りの順で抑制効果が現れ、1年を経た翌年6月には根切りの効果が強く、その差はさらに大きくなりました。

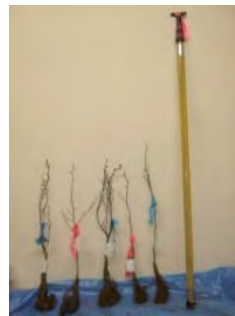
成長抑制方法を変え、その効果の違いを比較しました。

根切り区：主根と一次側根の上位3本の長さの1/3を切除

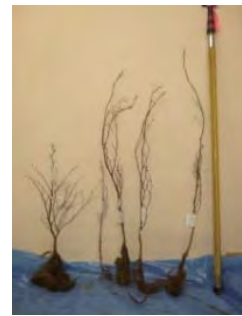
植え替え区：掘り出したのち、再び植栽



処理の様子（6月）



10月
根切り、植え替え



10月
対照（無処理）

根切りが苗長、直径の成長に及ぼす影響は翌年の春まで（1年以上）続くことが認められました。ブナは特に、前年のうちに翌春の成長量が決まる性質を持つためと考えられます。植林地での旺盛な成長を求めるためには、山出し前年の強い根切りは避ける必要があります。

1. ブナ種子は翌年の春までは低温湿層処理で保存可能です。風乾後冷凍することで数年間発芽率を保つことができますが、ほとんど発芽しなかった場合もあり、実行に際してはまだリスクがあります。
2. 成長期に根切りを行うと、地上部の成長が抑制され、根の発達した苗を育成できました。枯損も発生しなかったことから、苗の成長をコントロールするために有効な作業となると考えられます。ただし、翌年の成長にも影響を与えるため、山出しの前年に強い根切りを行うことは避けたほうが良さそうです。ブナの成長は庇陰処理によっても抑制できるので、根切りと庇陰処理を併用した育苗システムを構築するのが得策です。

V. 土壌保全機能の維持向上と評価

V-1. 土砂受け箱を使った評価

広葉樹林に対しては、公益的機能が高いという期待感があります。実際に、人工林を広葉樹林へと誘導した場合やその過程において、この機能はどのように変わるのでしょうか？

機能の変動が著しいと言われる土壌（表土）の保全機能について簡便な手法で評価が出来れば、森林経営上の的確な判断ができるようになります。

抜き伐りなど施業による土壌保全機能への影響は、土砂受け箱法によってその変化を評価することができます。土砂受け箱は作成・設置が簡単で、すでにこの方法で、継続的に土壌保全機能の評価したデータが日本各地で蓄積されています。これらを比較することにより、施業の影響や広葉樹林化の効果が理解・評価でき、森林の持続的管理にとって、きわめて重要な情報となります。

土砂受け箱法とは

1. 土砂受け箱による土砂移動量の測定は、簡便な装置を用いるので利用しやすく、土壌保全機能の評価に使えます。
2. 個々の林分間の土壌侵食強度の違いや施業前後の土砂移動量の経年変化が比較できます。
3. 土砂受け箱は作成が容易で、10個から20個を林内に設置すると、施業法や樹種の違いが土砂移動量に与える影響を検出できます。
4. 日本各地でデータがすでに蓄積されており、調査した林分の土砂移動量と他の地方の土砂移動量とを、同じ単位で比較ができます。
5. 強度の抜き伐りと土砂移動量抑制の関係がよく説明できます。なぜなら、強度の抜き伐り後に林床植生が繁茂して植被率が増加し、結果として雨滴浸食による土砂移動が抑制されるという因果関係が明らかだからです（V-2, 3参照）。



林内に設置された土砂受け箱（左）とそこに溜まった土砂及びリター（右）

土砂受け箱法については巻末参考文献^{*R5}もご覧ください

土砂受け箱の仕様と設置方法

1. 土砂受け箱の仕様（写真1）

- ・ 内法で、幅25cm、高さ15cm、奥行き20cm
- ・ 厚さ15mmのスギ板（推奨）を使用する（赤味の板が腐りにくい）
- ・ ペンキ塗りは不要
- ・ 前面に、アルミ板（厚さ0.5mm、6.5×28cm）をネット釘で固定する（挟み込み1.5cm、張り出し5cm）
- ・ 背面には、寒冷紗（縦32cm、横44cm）を網戸用スクリーンベルトなどで固定



写真1 土砂受け箱の前（左、斜面に設置）と後ろ（右）



写真3 土砂受け箱の配置

3. 箱の配置と繰り返し数

土砂受け箱は、通常1調査地につき5～10個を等高線に沿って均等に配置する（写真3）。試験目的によって、箱をプロット内にランダム配置したり、特定の位置に配置したりしてもよい。

4. 試料の回収と処理

寒冷紗の覆いはずして箱の背面から試料を回収する。木製ヘラなどを用いて、ちりとり様の受け器（写真4）に箱内の土砂、リターを掻き出す。これをビニール袋に移して持ち帰る。試料は風乾する。風乾試料は、リター、細土、礫に分けてから、乾燥重量を測定する（105℃、24時間乾燥）。試料回収の間隔は、1降雨毎から年2回程度まで調査目的に応じて決める。



写真2 ばらした状態の土砂受け箱

2. 土砂受け箱設置のコツ

箱と杭はばらして別々に運ぶ（写真2）。まず箱よりわずかに狭い幅で杭を打ち込む。次に箱が斜面にぶつかる位置（地面）に剪定バサミで水平に切れ目を入れる。切れ目にアルミ板を差し込むように箱全体を押し込み、2本の釘で内側から固定する。



写真4 土砂受け箱(上)と土砂回収用受け器(下)

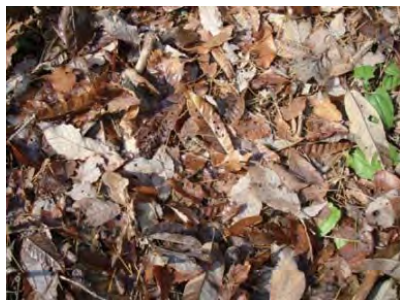
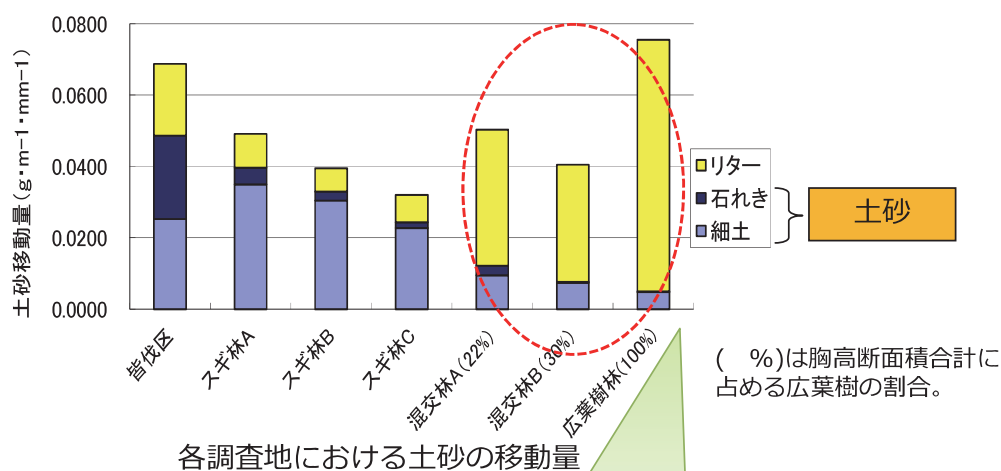
V. 土壌保全機能の維持向上と評価

V-2. 広葉樹の定着と土壌保全機能

広葉樹林化や混交林化によって、森林の土壌保全機能の発揮が期待されています。しかし、人工林内に広葉樹が定着することでその機能は向上するのでしょうか？森林の土壌保全機能について、広葉樹の混交割合が異なるスギ林で土砂受け箱を用いて土砂移動量を測定して比較しました。また、スギの抜き伐り後の広葉樹の定着状況についても調べ、土壌保全機能との関係を分析しました。

混交林や広葉樹林の土壌保全機能

広葉樹の混交割合が異なるスギ林および周辺の混交林や広葉樹林において1年間の土砂移動量を調査しました。（秋田県大館市、2008年、年間降水量1,476mm）



広葉樹の落葉による林地の被覆

広葉樹林や混交林はスギ林と比べて落葉（リター）の移動が多く、土砂（土や石）の移動は少ない事が解りました。これは、土壌保全機能が高い事を示しています。

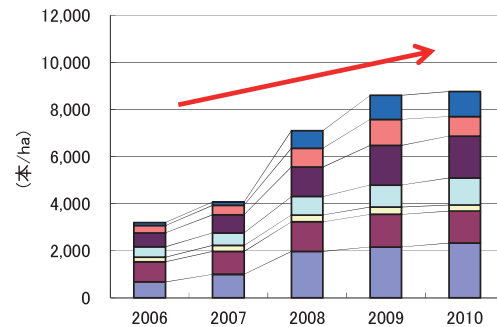
雨滴による土壌浸食の緩和は、林床植生だけでなく、落葉の豊富さにも左右されます（V-3, 5参照）。

広葉樹林化の効果

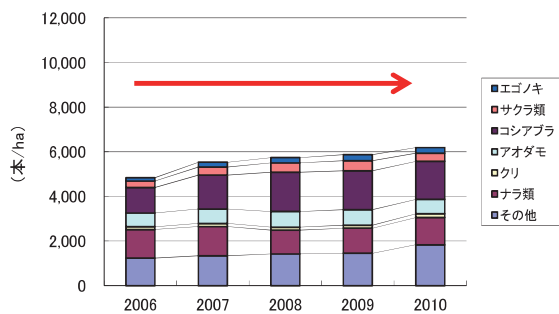


抜き伐り後の広葉樹の定着状況

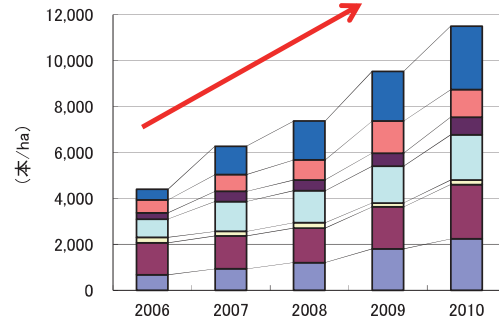
抜き伐り区



無施業区



皆伐区



抜き伐り後の広葉樹の定着本数の推移
(秋田県大館市、2007年3月に伐採、高さ30cm以上の幹を対象。
矢印は定着本数の傾向を示している)

前生稚樹がある程度ある林分では、抜き伐りの強度が強いほど、その後の広葉樹の定着本数が増加していきます（いずれは頭打ちが始まります）。このように、抜き伐り後に早急な更新が見込める林分では、混交林・広葉樹林化によって、土壌保全機能が向上することが期待できます。

1. 広葉樹林や混交林では、林地の土砂（細土や石礫）の移動量がスギ林と比較して少なく、大部分がリター（落葉）の移動でした。
2. この事例では、スギ林であっても土砂移動量が少なく、土壌保全上の問題はありませんでしたが、広葉樹林化や混交林化によってさらなる機能の向上が期待できます。
3. 抜き伐り後、エゴノキなど高木性広葉樹の定着本数が増加し、抜き伐りによる更新促進と機能向上効果が認められました。
4. 土砂の移動は、降水が地面を打ちつけるときに発生する雨滴浸食の影響が大きいとされています。人工林の場合、林床に広葉樹が定着することによって、植生や落葉による被覆が増大し、機能が向上するものと考えられます。

V. 土壌保全機能の維持向上と評価

V-3. 伐採の影響（スギ林）

人工林内での広葉樹の更新を図る上で、抜き伐りは欠かすことのできない施業です。では、抜き伐りという作業は土壌保全機能にどのような影響を及ぼすのでしょうか？

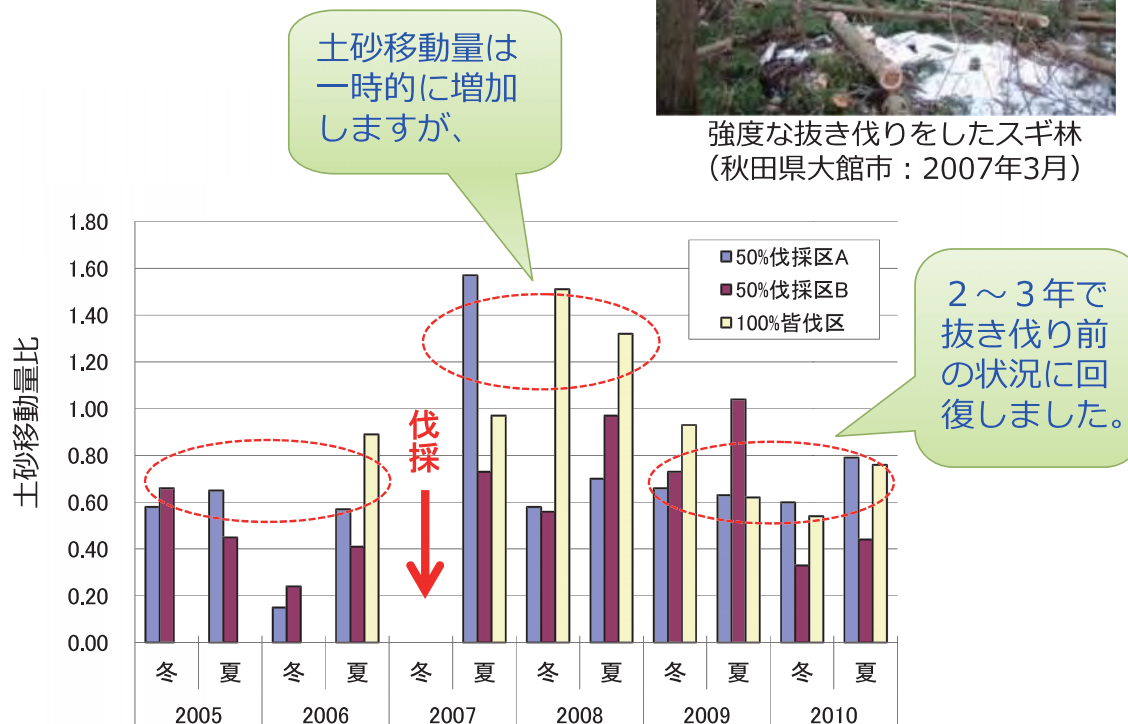
実際のスギ人工林において強度の抜き伐りを実施し、表土の移動量や下層植生の変化を無施業林と比較しながら観測しました。

抜き伐り後の土砂移動量

スギ人工林（約40年生）において、強度（本数率50%）の抜き伐りを行い、土砂受け箱法によって、土砂の移動量を測定しました。



強度な抜き伐りをしたスギ林
（秋田県大館市：2007年3月）



隣接した無施業林と比較した抜き伐り区の土砂移動量
（無施業林の移動量に対する比率）の推移（リターを除く）

強度の抜き伐りをする、土砂の流出量は一時的に上がります。これは、伐採した場合、いずれの場合でも土壌攪乱が起きるため、多少の土砂流出が生じますが、この施業そのものの影響は皆伐と比べてそれ程小さく、影響が一時的であることがわかりました。

林床の植被率

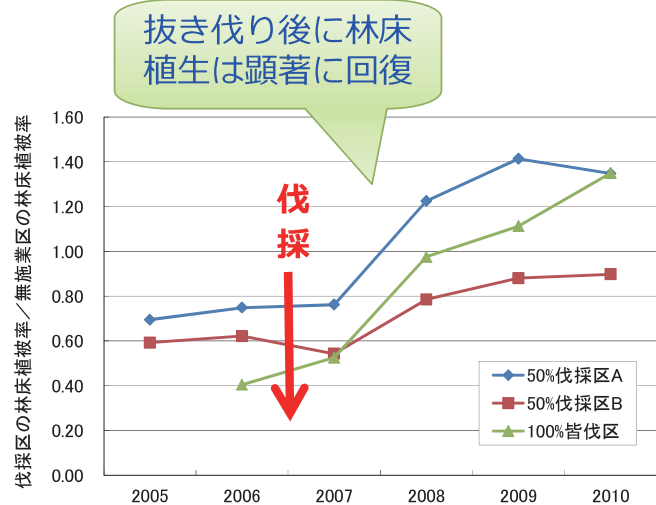


抜き伐り後3年目の林床植生の回復



冬期（落葉期）には積雪が林床をカバー

冬期の土砂移動量は春・夏（無積雪期）と比べて少なく、これは雪のカバーが土砂流出を防いでいる影響と考えられます。



隣接した無施業林と比較した抜き伐り処理区の林床植被率の推移（地上50cmまで）

土砂流出量の減少は、抜き伐り後の植生の回復に対応していました。植生の回復に伴う林床の植被率の上昇は、土壌保全機能を高めると考えられ、抜き伐り前より植被率が上昇した林分では、機能が更に高くなると予想されます。また、冬期の積雪も、土壌保全機能の維持に役だっていることがわかりました。

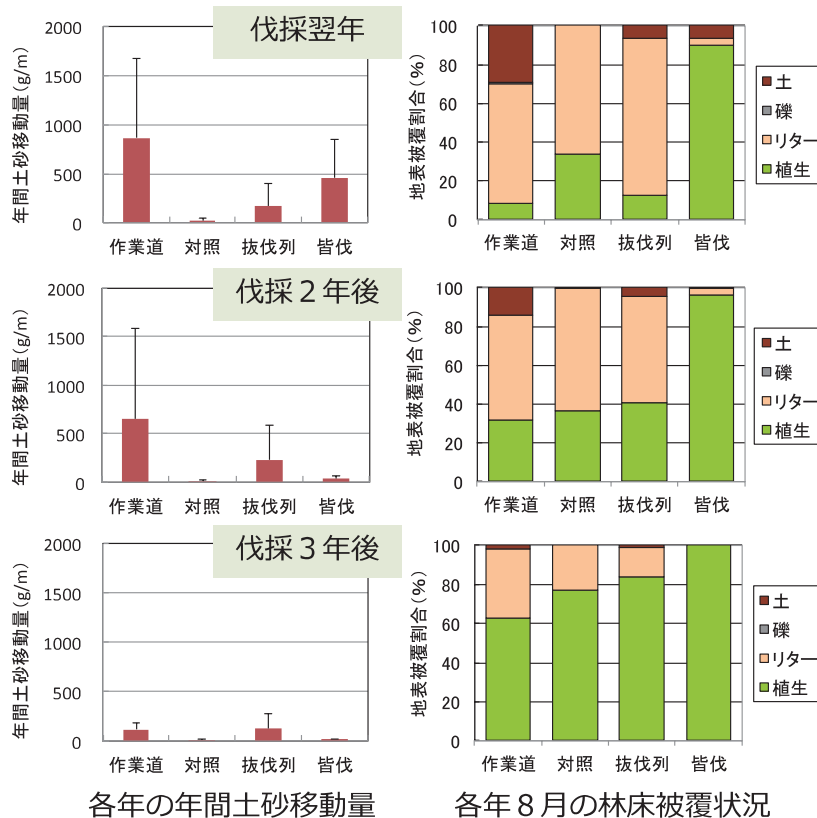
1. 抜き伐り後、土砂の移動量は一時的に増加しましたが、2～3年後には伐採前の状況程度に回復しました。これは、伐採作業に伴う林地の攪乱が収まったことや、林床植生の回復によるものと考えられます。
2. 植生が回復して、植被率が以前より高くなれば、土壌保全機能はより高くなると考えられます。
3. このスギ林の事例では、強度な抜き伐りを実施しても土壌保全機能の発揮に大きな影響はありませんでした。抜き伐りに際しては、林地の攪乱を抑えることや林床植生の回復を促すなどの林地保全に配慮することが機能の維持・向上に繋がります。

V. 土壌保全機能の維持向上と評価

V-4. 伐採の影響（トドマツ林）

森林の更新のために抜き伐りや小面積皆伐などを行う際、なるべく地表の攪乱を少なくするため、北海道では冬期に伐採を行うことが一般的です。それでも、林床植生の少ない間伐遅れのトドマツ林や、搬出のための作業道などでは施業後に地表面が露出しやすくなります。そこで、緩傾斜のトドマツ林で抜き伐り、皆伐後の林床被覆の変化と、土砂移動量の関係を調べました。

抜き伐り、皆伐後の土砂移動量は？



約40年生のトドマツ林を、1伐2残で抜き伐りしました。25年前の伐採列（幅3m）は林床植生とリターに覆われており、そこを対照区としました。

伐採翌年の土砂移動量は、作業道が最も多く、次いで皆伐跡地、抜き伐り列の順となりました。対照区は植生とリターの被覆で、土砂流出量は低く抑えられていました。

林床被覆による土壌保全効果

皆伐跡地



伐採翌年4月

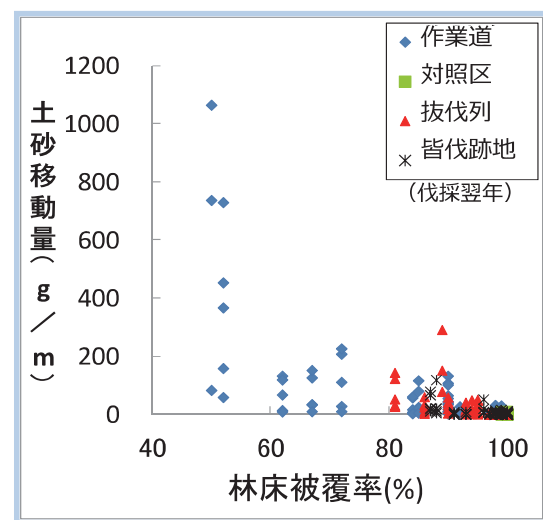


同6月

作業道



作業道のわだち付近（上）と、伐採2年後の植生回復（下）



林床被覆率（植生とリターが地表面を覆っている割合）と土砂移動量との関係

皆伐跡地は初夏には草本に覆われたため、伐採直後でも土砂流出量は減少しました。

土砂流出には表土の硬さも影響し、作業道では強雨時に明瞭な表面流が発生し、土砂が移動しました。

土砂移動と林床の被覆率には負の相関がみられ、被覆率が60%より少なくなると土砂移動量が急増しました。

緩傾斜のトドマツ林の場合、皆伐地では直後に土砂の移動が多くなりますが、翌年の夏には植生が回復し、移動量は低減しました。重機が入らなかった伐採列では土砂移動は少なく、作業道では3年後に林床被覆が回復し、土砂移動量が大幅に減りました。土壌保全には、林床の被覆が重要で（被覆率60%以上が望ましい）、地表面を露出させない施業や作業後に早期に植生回復させ、リターを保持させることが求められます。

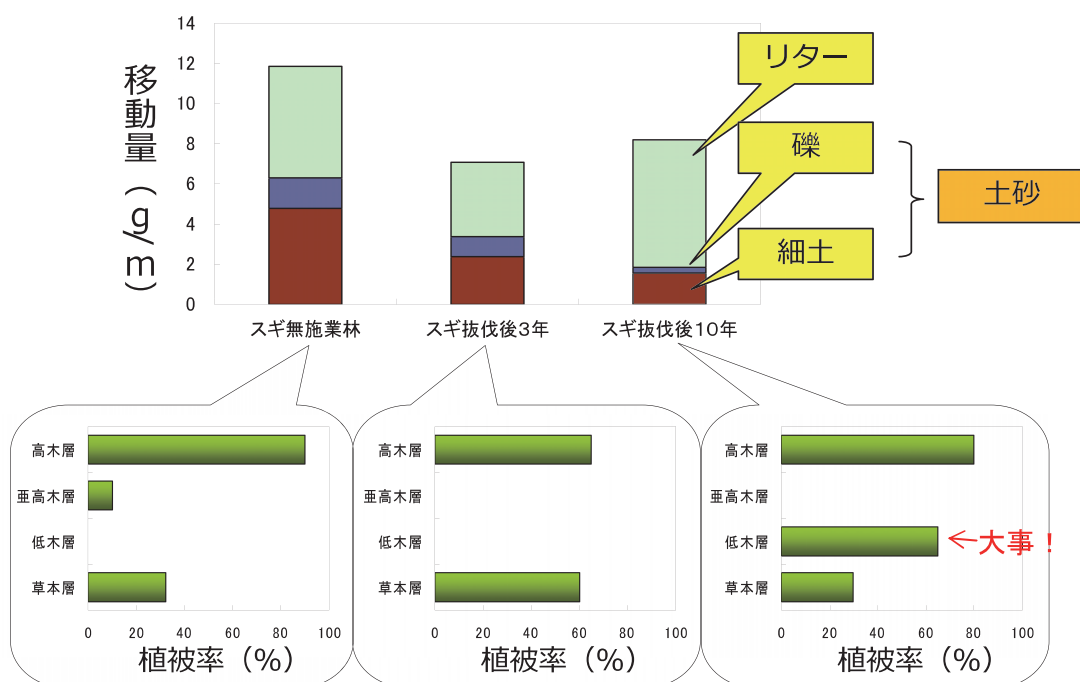
V. 土壌保全機能の維持向上と評価

V-5. 植生による土壌保全機能の発揮

人工林の広葉樹林化を図る場合、どのような機能を森林に求めるかで目標とする林型が異なってきます（景観や生物多様性を重視したい、有用樹を育成したい、など）。では表土の流出を防ぐには、どのような林型を目標とすればよいのでしょうか？ タイプの異なるスギ人工林において、土砂の移動量（土砂受け箱法）と林床植生（植被）の関係を調べました。（山形県の例）

まずは草本、つぎに広葉樹の低木層が機能する

スギ人工林（37年生）において、抜き伐り後の経過時間と植被・土砂の移動量との関係を明らかにしました。

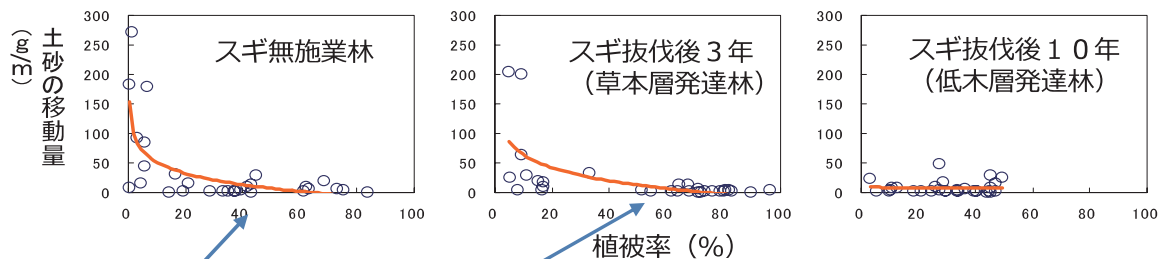


1. 土壌保全機能を高めるためには、雨滴による土壌浸食を避けることが大切で、いかに地表面を植生で覆うかが重要となります。
2. 抜き伐り直後地表面を覆う草本類でも、その機能は得られますが、草本類は種類、量とも数年で変化し、機能の安定性が低いと考えられます。
3. 短・中期的には、草本層に加えしっかりとした低木層を発達させること（広葉樹で林内植生を充実させること）が、土壌保全機能を高めることとなりますが、広葉樹林化の観点から見ると高木性樹種が豊富で、高木・亜高木・低木層何れもが存在する林分へと誘導することが重要です。

草本層・低木層の植被率がポイント

試験地の主な林床植生

	スギ無施業林	スギ抜伐後3年	スギ抜伐後10年
低木層	—	—	コシアブラ、ウワミズザクラ、オオバクロモジなど（高木種を含む）
草本層	シシガシラ、リョウメンシダ、ヒカゲスゲ、フジなど	シシガシラ、リョウメンシダ、タチツボスミレ、イカリソウなど	ヒメアオキ、シシガシラ、ヒカゲスゲ、タチツボスミレなど



土砂受け箱ごとの草本層の植被率と土砂移動量の関係

草本層 (H=50cm) の植被率が50%を超えると、土砂の移動量は安定的に少なくなる。



土砂受け箱

【ポイントカウンティング法】
5cmメッシュの交点（100ポイント）を
①植生, ②リター, ③細土, ④礫に分類して
カウントし、地表面を評価します。

ポイントメッシュ枠
5cm毎に銅糸を張設したもので、測定時に置きます



林床植生は少ない



草本層が発達



広葉樹林化進行中

- スギ人工林において、無施業林・抜き伐り後3年経過した林では、草本層が多くなるほど、土砂の移動量が減少しました。
- 抜き伐り後10年経過した林では、草本層が少ない場所でも、低木層（木本）類が発達すれば、土砂の移動量は少なくなります。

- 草本層＋低木層の植被が土砂移動の抑制には重要です（植被率で50%以上が望ましい）。
- 草本類と一部の木本類は寿命が短く盛衰の変動が大きいので、長命な木本類を主体とした植生が機能を充実させます。
- 土壌保全機能を考えると、木本類が早期に生育し、充実する林型作りを目標として下さい。