

Ⅲ 災害に強い森づくり（第3期対策）」の整備効果の検証結果について

1 「災害に強い森づくり」（第3期）事業効果検証の概要

(1) 整備効果（災害後の緊急点検結果）

H30年7月豪雨により山地災害が数多く発生した宍粟市と丹波市（H26豪雨で被害が集中）において、緊急防災林整備実施箇所（74箇所）の緊急点検を行った結果、侵食や崩壊、流木及び土砂流出がないことを確認した。

また、里山防災林整備実施箇所（20箇所）、都市山防災林整備実施箇所（4箇所）の緊急点検でも同様に行い、被害がなかった。

(2) 各事業の検証状況

事業名 〔主な機能〕		主な効果															
緊急 防災 林 整備	斜面对策 〔土砂災害防止〕	【H30年7月豪雨後の施工地調査】 ・宍粟市の12箇所において、土留工等の整備により侵食や崩壊、土砂流出なしを確認 【土砂流出防止効果】 ・土留工設置後18年経った森林からの年間土砂流出量は0.41 m ³ /haで、「健全な森林の目安となる1 m ³ /ha以下」に抑制できている ・土留工設置により、シダ類など下層植生が豊かになることを確認															
	溪流対策 〔土砂災害防止〕	【H30年7月豪雨後の施工地調査】 ・宍粟市・丹波市の62箇所において、危険木除去や簡易流木止施設などの整備より流木発生なしを確認 【災害緩衝林の評価】 ・本数調整伐（伐採率50%程度）10年後のスギは、未整備と比べて1.6倍倒れにくくなることを確認 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4">本数調整伐後のスギの倒れにくさの変化※（単位:kNm）</th> </tr> <tr> <th>区分</th> <th>整備前</th> <th>10年後</th> <th rowspan="3">）約1.6倍 倒れにくくなる</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>未整備</td> <td>38.9</td> <td>46.1</td> </tr> <tr> <td>整備</td> <td>40.3</td> <td>71.6</td> </tr> </tbody> </table> ※倒れにくさの変化は、引き倒し試験によるモーメント値を記載 ・模型水路実験の結果、目標緩衝林（胸高直径30cm相当、800本/ha）の流木捕捉効果が高いことを実証 ・整備地のうち74箇所を抽出調査した結果、目標とする災害緩衝林へ順調に移行（直径28→32cm）			本数調整伐後のスギの倒れにくさの変化※（単位:kNm）				区分	整備前	10年後	）約1.6倍 倒れにくくなる	未整備	38.9	46.1	整備	40.3
本数調整伐後のスギの倒れにくさの変化※（単位:kNm）																	
区分	整備前	10年後	）約1.6倍 倒れにくくなる														
未整備	38.9	46.1															
整備	40.3	71.6															
針葉樹林と 広葉樹林の 混交整備 〔土砂災害防止〕 〔風倒木被害防止〕	【目標林への到達度・表層崩壊防止】 ・植栽した高木性の広葉樹（10年生）は、樹高3～5mにまで順調に成長し、根系も順調に伸長 ・高木・低木・草本がバランス良く生長 ・周辺の針葉樹林の下層植生の種数が4.3倍（6→26）になるなど、多様な森林へ移行																

<p>里山防災林整備 〔土砂災害防止〕</p>	<p>【H30年7月豪雨後の施工地調査】 ・県内20箇所において、簡易防災施設による土砂流出軽減効果を確認</p> <p>【防災意識の高まり】 ・住民の7割が、倒木・山崩れ等の不安解消など整備効果を評価。「減災活動支援」実施地区の住民の8割が評価</p> <p>【伐採後の根系量変化】 ・伐採後のコナラの崩壊防止力（引き抜き抵抗）は根系の腐食によって、一時的に60%程度に低下</p>
<p>野生動物共生林整備 〔農作物被害防止〕 〔生態系保全〕</p>	<p>【農作物被害の変化】 ・バッファゾーン整備と集落防護柵の一体整備により、農作物被害が発生していた農地の約7割が解消又は減少</p> <p>【被害対策意識の高まり】 ・住民の8割以上が事業実施を評価、7割が整備を契機として新たに被害防止活動を開始</p> <p>【共生林整備地の植生回復】 ・シカ食害で下層植生が衰退した整備地に植生保護柵や不嗜好性植物を導入し、土砂流出防止効果を確認</p>
<p>住民参画型森林整備 〔快適環境形成〕</p>	<p>【獣害対策への意識の高まり】 ・集落柵周辺の見通し確保、潜み場除去等により対策効果が向上 ・住民の8割が事業実施を評価。「今後の森林整備に協力したい」、「獣害対策の知識が高まった」との意見多数あり</p> <p>【集落裏山への意識の高まり】 ・危険木伐採や竹林整備の取組が進み、防災面での機能が向上（3年間で17市町64haの整備が進んだ） ・事業での活動を契機に、住民の集落裏山に対する意識が向上（住民の8割が今後も協力したいと回答）</p>
<p>都市山防災林整備 〔3期新規〕 〔土砂災害防止〕</p>	<p>【H30年7月豪雨後の施工地調査】 ・神戸市4箇所において、侵食や崩壊、土砂流出なしを確認</p> <p>【本数調整伐による地上部成長と根系成長】 ・本数調整伐により、地上部が太くなると根系の崩壊防止力が大きくなり、崩壊防止力の増加が示唆</p>

2 緊急防災林整備（斜面对策）

(1) 第1期整備地の状況

ア 検証目的

緊急防災林整備（斜面对策）第1期（H18～H22）に整備された、伐倒木を利用した土留工設置箇所現在の状況を把握する。

イ 調査方法（期間：令和元年10月）

- 平成18年に整備され、土留工未設置の対照区が設置してある、豊岡市出石町、宍粟市山崎町の調査地において、整備後13年経過した状況を確認した。
- 整備区、対照区について、状況調査と写真記録を行った。

ウ 検証結果

(ア) 調査結果

- 豊岡市出石町の整備区は、下層植生は少ないものの、落葉落枝に覆われており裸地は見られなかった。一方、対照区は、一部裸地化しており流出土砂が多い可能性が示唆された（図Ⅲ-2-1）。
- 宍粟市山崎町の整備区は、設置されている植生保護柵の破損程度は対照区と同様であったが、対照区に比べ下層植生が繁茂していた（図Ⅲ-2-2）。
- すべての箇所において、土留工上や直下にシダ植物が定着しており、土留工設置による土砂流出の抑制及び、湿度の保持により、下層植生繁茂の効果が見られた（図Ⅲ-2-3）。



図Ⅲ-2-1 豊岡市出石町の整備区（左）と対照区（右）、赤丸は落葉が無い裸地状態



図Ⅲ-2-2 宍粟市山崎町の整備区（左）と対照区（右）、対照区は下層植生が無い



図Ⅲ-2-3 土留工上や直下に繁茂するシダ植物（左：豊岡市出石町、右：宍粟市山崎町）

(1) 検証の評価

- 整備後 13 年が経過した箇所でも土留工は表層土壌の安定に寄与しており、土砂流出防止機能が継続していることがわかった。

(2) 土留工設置から 18 年目の整備地の状況

ア 検証目的

土留工の土砂流出防止機能の発揮期間がどのくらい続き、その効果の程度はどのくらいなのかを明らかにする。また、土留工設置は下層植生回復に寄与する効果が期待されるため、回復状況についても明らかにする。

イ 調査方法（期間：平成 31 年 4 月～令和 2 年 3 月）

- 土留工を設置してから県下で最も時間が経過しているヒノキ林（佐用町口長谷、設置後 18 年治山事業で実施）において、本数調整伐＋土留工の調査区（整備区）と本数調整伐のみの区（対照区）を設置する。両区ともシカ害は以前から植生保護柵にて排除している。
- 斜面下方に土砂受け箱を設置し、降雨により流出した土砂量を測定する。
- 整備区と対照区における植生を調査し、下層植生の状況を写真記録する。
- 土留工の腐朽程度を、ピロディン（木材腐朽測定機器）によって調査する。

ウ 検証結果

(7) 調査結果

- 土留工設置後 18 年における整備区の年間土砂流出量は、対照区よりも少なく、抑止率は 80%程度となった（表Ⅲ-2-1）。
- 整備区は比較的下層植生が豊かであったが、対照区は下層植生が貧弱であった（図Ⅲ-2-4、表Ⅲ-2-2）。
- 整備区の土留工の腐朽程度は、木製構造物の使用限界値（ $Pe \geq 35$ ）よりも小さかった（表Ⅲ-2-3）。

(1) 検証の評価

- 土留工設置による土砂流出防止効果は、設置後18年の時点で継続していた。
- 土留工設置により表層土壌の移動が抑制され、下層植生の植被率が増加した。
- 設置後18年が経過した土留工の腐朽程度は、木製構造物の使用限界値よりも小さく、使用に耐えうるということがわかった。
- このようなことから、光環境の改善が十分であり下層植生の植被率が増加した場合には、災害に強い森づくり事業においても同様に、少なくとも土留工設置後18年は土砂流出防止機能の効果が期待できる。



図Ⅲ-2-4 整備区(左)と対照区(右)の下層植生の状況

表Ⅲ-2-1 年間土砂流出量と抑止率の比較 (単位: m³/ha・年)

区分	1年後	5年後	10年後	13年後	18年後
整備区(a)	0.52	0.77	0.17	0.11	0.41
対照区(b)	1.10	1.47	1.14	0.54	2.07
抑止率 (1-a/b)×100	53%	47%	85%	85%	80%

表Ⅲ-2-3 設置後の経過年数が異なる土留工の腐朽程度
(ピロディン打込深さ)の違い
(いずれも樹種はヒノキ)

表Ⅲ-2-2 整備区と対照区の植被率

	植被率(%)	
	草本層	低木層
整備区	60	40
対照区	30	3

	平均ピロディン打込深さ Pe(mm)
土留工設置後2年(豊岡市金剛寺)	24.5
土留工設置後18年(佐用町口長谷)	30.1

Pe ≧ 35が木製構造物の使用不能限界値(飯島1999)

(3) シカ食害の差異による土砂流出量、植生回復の比較

ア 検証目的

下層植生が回復すると、斜面对策地での土砂流出量が減少することはすでに明らかになっているが、シカの食害により下層植生の回復ができていない事業地がある。

従って、シカが土砂流出量に与える影響を調査して、シカが土砂流出に与える影響を明らかにし、事業地でシカ食害が見られた場合の対策の必要性を検討する。

イ 調査方法（期間：平成28年2月～平成31年3月）

- シカ密度の高い地域（豊岡市出石町、養父市大屋町、宍粟市一宮町）において、植生保護柵を設置した区（間伐+土留工+柵区）、設置しない区（間伐+土留工区）を設けた。
- 斜面下方に土砂受け箱を設置し、降雨により流出した土砂量を測定した。

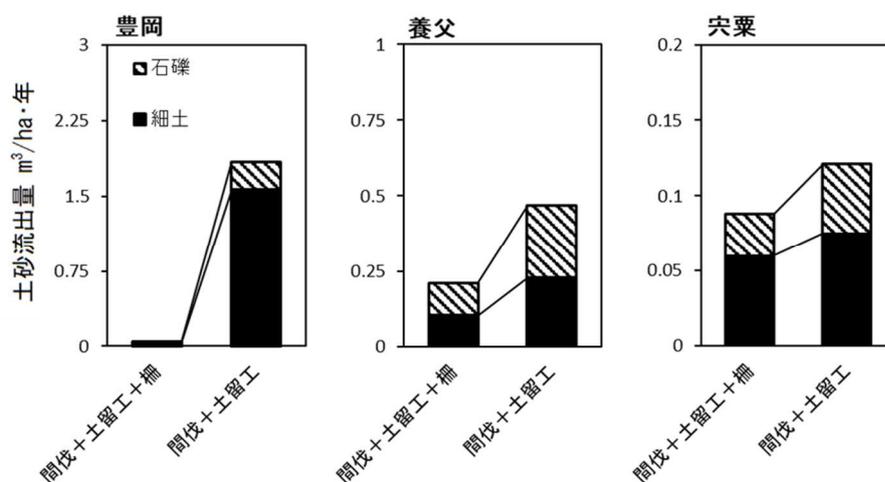
ウ 検証結果

(7) 調査結果

- 植生保護柵を設置した調査区の方が、土砂流出量が少なかった（図Ⅲ-2-5）。
- 植生保護柵を設置した調査区の土砂流出量は、設置していない調査区の土砂流出量の2～73%になった（図Ⅲ-2-5）。

(イ) 検証の評価

- シカ密度が高い地域では、シカ食害による下層植生回復の遅れにより土留工の効果が減少する可能性があるため、シカ不嗜好性植物を導入し、下層植生を回復させることを検討する。



図Ⅲ-2-5 調査地ごとの年間土砂流出量
(山瀬他 2017 を改変)

(4) シカ不嗜好性の低木性樹種（ミツマタ）による土砂流出防止効果

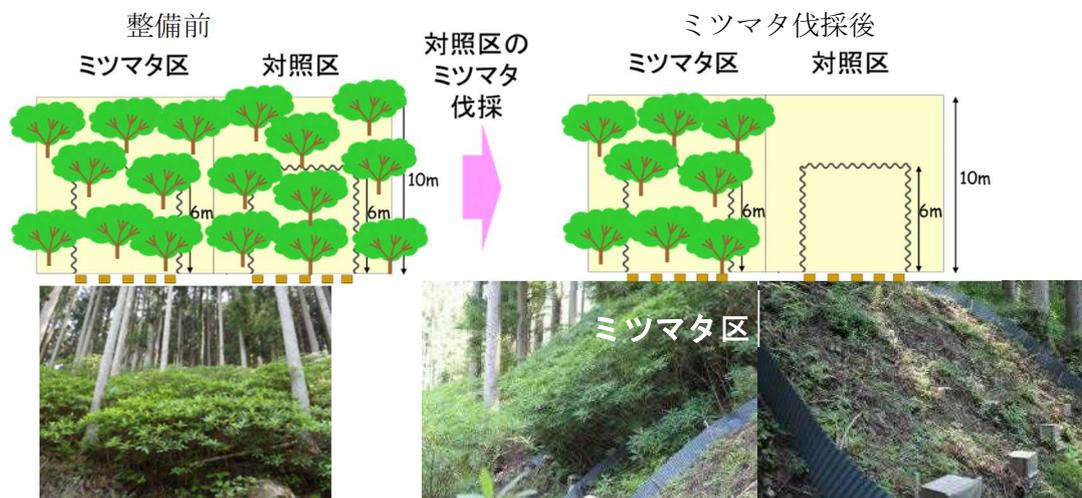
ア 検証目的

シカ不嗜好性低木性樹種であるミツマタの土砂侵食量に与える影響を明らかにし、シカ食害が多く土砂流出対策が必要な箇所における下層植生の回復対策の一つとして、ミツマタの導入の可否を示す。

イ 調査方法（期間：土砂流出防止効果 平成27年8月～平成31年3月）

- スギ林下にミツマタが繁茂する区（ミツマタ区）とミツマタを除去した区（対照区）それぞれ1箇所について、斜面下方に土砂受け箱を設置し、降雨により流出した土砂量を測定する（図Ⅲ-2-6）。

- 調査開始時には、両区の土砂流出量に差異がないことを示すため、ミツマタ区と対照区とも同様にミツマタが繁茂した状態でデータを取り、差異がないことを確認した時点で対照区のミツマタを伐採する。伐採は土砂を攪乱しないよう行なう。

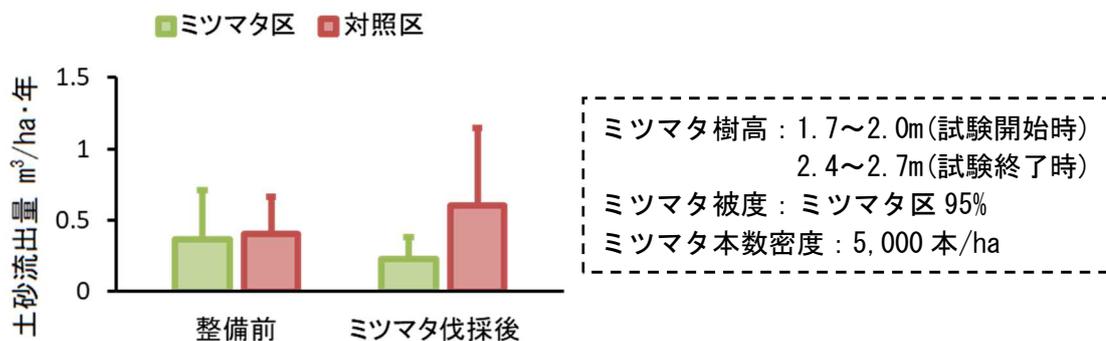


図Ⅲ-2-6 土砂流出防止効果の調査区の状況

ウ 検証結果

(7) 調査結果

- ミツマタの繁茂（樹高 2.0m 程度、被度 95% 程度）はミツマタが繁茂していないところに比べ、土砂流出量を 38% 程度に減少させた（図Ⅲ-2-7）。



図Ⅲ-2-7 ミツマタの有無による土砂流出量の違い

(1) 検証の評価

- ミツマタの繁茂は土砂流出防止機能が高いため、人工林の林床に導入することで土砂流出量が減少する効果が期待できる。

(5) 植栽したミツマタの成長

ア 検証目的

植栽により導入されたミツマタの苗木成長を把握し、植栽されたミツマタが林床を覆うまで成長する時間を推測する。

イ 調査方法（期間：令和元年5月～令和2年3月）

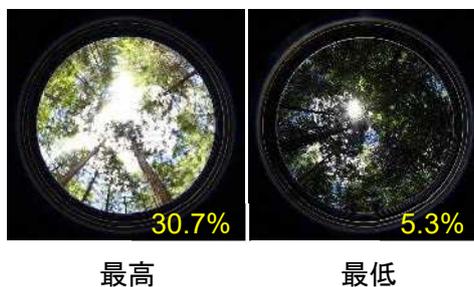
- 林床に植栽されたミツマタの成長（樹高、地際径、照度の指標；開空度）を調査する。調査地は豊岡市金剛寺。植栽密度は2,000本/ha

ウ 検証結果

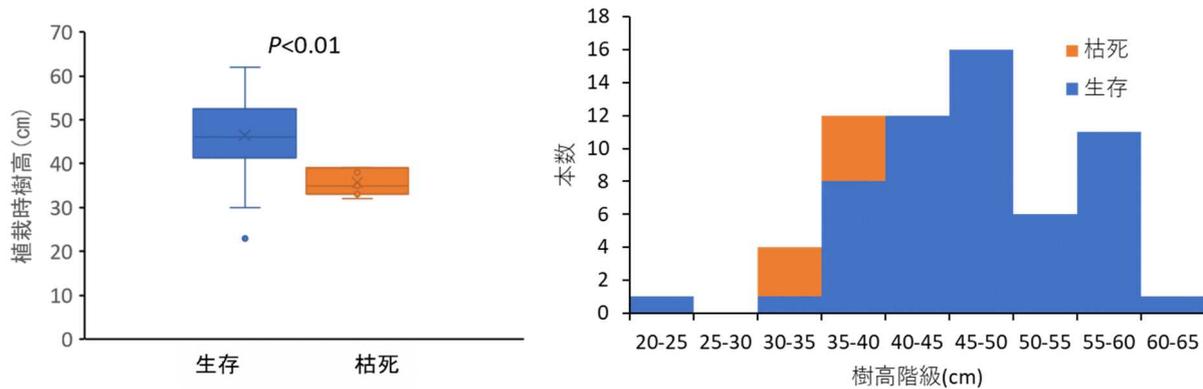
- 平成30年11月に植栽されたミツマタの1年間の成長量は、樹高成長で平均2.7cm、地際径成長で0.9mm程度あり（表Ⅲ-2-4）、開空度との関係は見られなかった。このことから、植栽後1年の成長には今回の開空度のばらつきには左右されない。
- 植栽後1年時には、63個体中7本が枯死しており（図Ⅲ-2-8）、枯死個体は開空度との関係は見られず、植栽時樹高が低い傾向が見られた（図Ⅲ-2-9）。

表Ⅲ-2-4 ミツマタ苗木の植栽時および植栽後1年のサイズ、成長と林内の開空度

	地際径(cm) (最低-最高)	樹高(cm) (最低-最高)	平均地際径 成長(mm)	平均樹高 成長(cm)	開空度(%) (最低-最高)
植栽時	6.6 (4.0-9.0)	45.3 (23.0-62.0)			
植栽後1年	7.5 (5.0-10.6)	48.6 (27.0-64.0)	0.9	2.7	18.0 (5.3-30.7)



図Ⅲ-2-8 植栽後1年が経過したミツマタ 生存個体(左)、枯死個体(右)



図Ⅲ-2-9 植栽時樹高と植栽後1年の生死の関係(左)と枯死個体、生存個体の樹高ヒストグラム(右)

(7) 検証の評価

- 導入するミツマタ苗木は、樹高が高いもの(40cm以上)の方が生存率が良い。

3 緊急防災林整備（溪流対策）

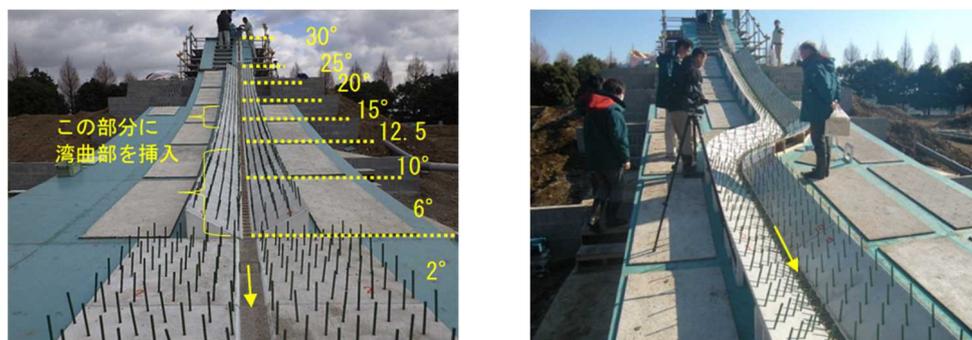
(1) 目標緩衝林（胸高直径 30cm 以上）の評価

ア 検証目的

当事業では、目標緩衝林を胸高直径 30cm 以上と設定している。この目標緩衝林の流木捕捉効果に対する評価を、実在木の耐力を再現させた模型樹林を使用した水路実験により検証し、目標の妥当性を明らかにする。

イ 調査方法（期間：平成 27 年 11 月～平成 29 年 3 月）

- 縮尺 1/30 の災害緩衝林検証用の模型水路（図Ⅲ-3-1）を作製する。模型水路は、湾曲部の流木捕捉効果が検証できるよう湾曲区間を設定する。
- 模型水路に導入する模型樹木には実在木と同様の耐力を果たさせるため、根元をメラミンスポンジにし、差し込む深さを変化させる。流木の長さは、実際の整備溪流の平均樹高がおよそ 14m であり、流下途中で 1/3-1/2 程度になる報告（石川ら 1989）から 7m を想定する。土石流の規模は、H26 年丹波災害の規模とし、流木量は 121.5m^3 とする。
- 湾曲区間に木が無い状態（a：緩衝林無し）、未整備の直径が細く密度が高い（胸高直径 12cm、立木密度 1,200 本/ha を想定）森林（b：整備前森林）、整備後十数年が経過した直径が太く密度が低い（胸高直径 30cm、立木密度 600 本/ha を想定）森林（c：目標緩衝林）の 3 パターンを設定して、流木や土砂の捕捉状況を調査する。森林は湾曲区間のみとする。
- 湾曲区間の勾配は、 6° 、 10° 、 15° の 3 パターンとする。



図Ⅲ-3-1 縮尺 1/30 模型水路(左：水路の勾配配分、右：湾曲部分挿入状況)

ウ 検証結果

(7) 調査結果

- 湾曲部の溪床勾配が 10° 以下の場合の流木捕捉効果が高かった。一方で溪床勾配 15° の場合では、模型樹木が大きくなぎ倒され、緩衝林だけでは流木捕捉が困難である可能性が示唆された（図Ⅲ-3-2）。



図Ⅲ-3-2 異なる湾曲部勾配の流木捕捉状況

- 溪床勾配 10° に湾曲区間を挿入した水路を用いた実験の結果、流木捕捉効果は整備前森林（胸高直径 12cm 相当、1200 本/ha）よりも目標緩衝林（胸高直径 30cm 相当、600 本/ha）の効果が高いことがわかった（図Ⅲ-3-3、表Ⅲ-3-1）。



図Ⅲ-3-3 災害緩衝林の種類による森林内の流木捕捉状況

(a: 緩衝林無し、b: 整備前森林、c: 目標緩衝林)

表Ⅲ-3-1 災害緩衝林の種類による森林内の流木捕捉量及び流木捕捉本数率

災害緩衝林の種類	森林内での 流木捕捉量 (m ³)	森林内での 流木捕捉本数率 (%)
a) 緩衝林無し	4.6	3.8
b) 整備前森林	18.6	15.3
c) 目標緩衝林	82.5	67.9

(1) 検証の評価

- 事業で目指す目標緩衝林(胸高直径 30cm 以上)の妥当性が明らかになった。
- 流木捕捉効果の高い溪床勾配 (10 度以下) や湾曲区間を挿入した勾配との関係性を検証することによって、目標緩衝林に向けて効果的な整備を行うことが可能となった。

(2) 整備地の目標緩衝林への到達状況

ア 検証目的

整備された災害緩衝林（スギ林）の地上部成長を調査し、溪流対策整備後の災害緩衝林が確実に成長して、目標緩衝林に向かっているかどうかを検証する。

イ 調査方法（期間：平成 25 年 4 月～）

- 整備、未整備のスギの成長の差異及び整備後の成長の持続を検討するため、

神河町峰山の伐採整備後 23 年が経過したスギ林分（整備区）と隣接したスギ未整備林分（対照区）の年輪を解析する（10 個体ずつ）。

- 胸高直径と引き倒しモーメント（樹木の倒れにくさの指標となる力）との関係式*（藤堂他，2014）を使用し、成長したスギの引き倒しモーメントを換算する。
- 県内各地の平成 22～24 年の溪流対策事業地（整備後の経過年数 3～5 年）74 箇所において、整備後 4 年後のスギの胸高直径成長を把握する。

ウ 検証結果

(7) 調査結果

- 強度に伐採した整備区（本数伐採率 55.5%、723 本/ha）スギ林分の胸高直径成長を隣接している対照区（1,700 本/ha）のものと比較すると、整備の有無で胸高直径成長は明らかに差異があり、また、整備から 23 年が経過しても整備の効果が持続していることがわかった（図Ⅲ-3-4、5）。
- 整備区と対照区の最大引き倒しモーメントを換算すると整備区は整備後 3 年で 6.6kNm(40.3kNm→46.9kNm)、整備後 10 年で 31.3kNm(40.3kNm→71.6kNm) 増加した。一方、対照区は 2.4kNm(38.9kNm→41.3kNm)、7.2kNm(38.9kNm→46.1kNm) の増加に留まり、整備することでおよそ 1.6 倍倒れにくくなることがわかった（表Ⅲ-3-2）。
- 整備経過 3～5 年が経過した整備地 74 箇所（整備前平均胸高直径 28.4cm、整備後平均直径 31.8cm）での平均胸高直径成長は、3.4cm（標準偏差±1.7）であり、緩衝林の目標である胸高直径 30cm を上回っていることが明らかになった（表Ⅲ-3-3）。

※スギの引き倒しモーメントと胸高直径の関係式（藤堂他，2014）

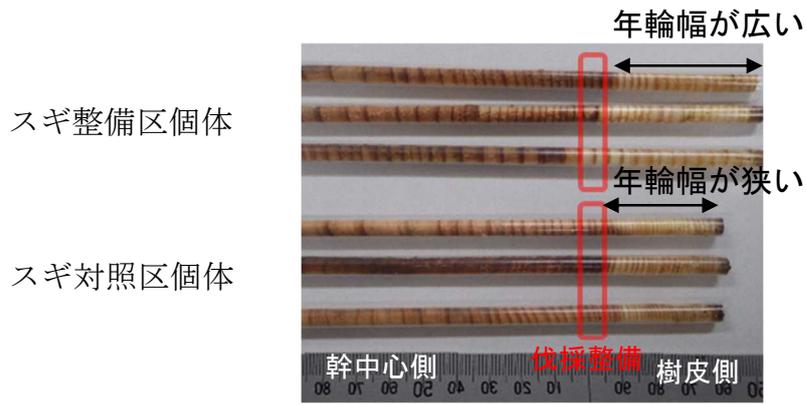
$$\text{対照区： } F = 0.1782 \times D^{1.6820}$$

$$\text{整備区： } F = 0.0076 \times D^{2.6355}$$

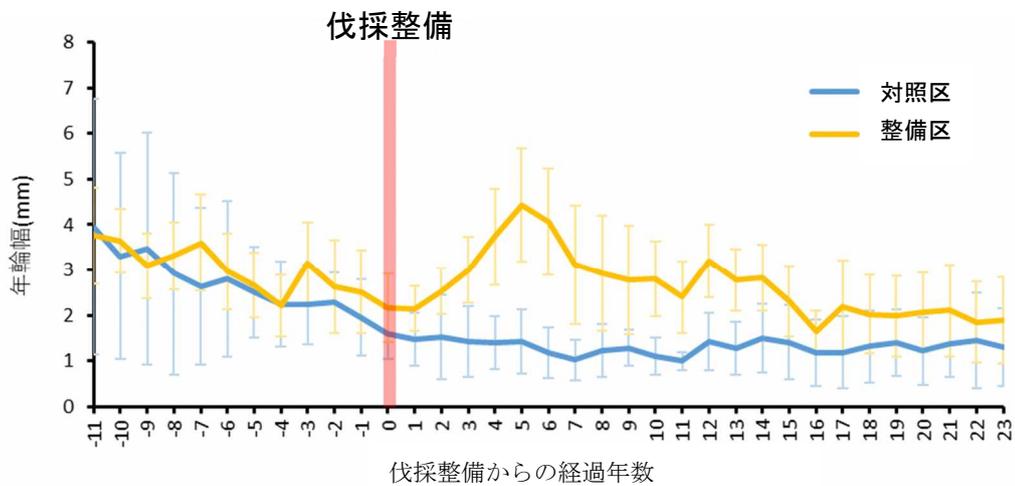
F：引き倒しモーメント(kNm)、D：胸高直径(m)

(イ) 検証の評価

- 強度伐採整備をすることでスギの胸高直径は増加、10 年で 1.6 倍倒れにくくなる。
- 整備区のスギの直径は、整備後 3～5 年経過時で平均胸高直径が 30cm 以上となり、目標緩衝林に到達していることがわかった。



図Ⅲ-3-4 整備の有無の違いによるスギ年輪幅の異なり（成長錐サンプル）



図Ⅲ-3-5 整備前後のスギの胸高直径成長の推移

表Ⅲ-3-2 整備後のスギの引き倒しモーメントの変化

	引き倒しモーメント（整備前からの増加量）(kNm)			
	整備前	3年後	5年後	10年後
対照区	38.9	41.3 (2.4)	42.9 (4.0)	46.1 (7.2)
整備区	40.3	46.9 (6.6)	54.7 (14.4)	71.6 (31.3)

およそ
 1.6倍
 倒れに
 少くなる

表Ⅲ-3-3 整備地 74 箇所における整備後のスギの胸高直径の変化（整備経過 3 - 5 年）

	平均胸高直径 (cm) (±標準偏差)	平均成長 (cm) (±標準偏差)
整備前	28.4 (±7.1)	
整備後	31.8 (±7.5)	3.4 (±1.7)

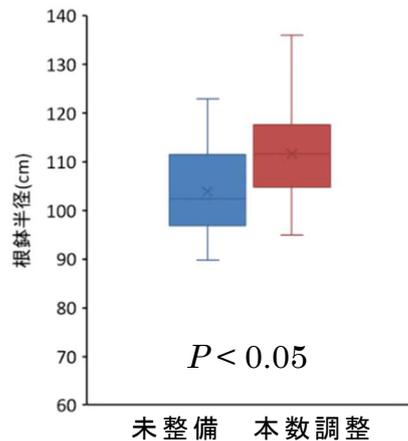
◆トピックス◆ 本数調整伐をしたらなぜ倒れにくくなるの？

○樹木の倒れにくさには、樹木の地下部が関与していることが報告されており、特に樹木の根が土と一体となる「根鉢（図Ⅲ-3-6）」の大きさが関与しているとされる。

○本数調整伐を行うと地上部とともに根鉢も大きくなることが明らかになっている（図Ⅲ-3-7）。



図Ⅲ-3-6 根鉢



図Ⅲ-3-7 スギ整備・未整備個体の根鉢の大きさ（藤堂他 2015 を図化）

(3) 簡易流木止め施設の設置効果（豪雨後の目視点検）

ア 検証目的

災害緩衝林が成長して効果を発揮するまでの補完として、簡易流木止め施設を設置している。この施設の大雨後の流木捕捉状況を検証し、実際の豪雨時における施設整備効果を明らかにする。

イ 調査方法（期間：平成28年4月～令和2年3月）

○ 緊急防災林整備（溪流対策）の平成22～24年度施行地（72箇所）のうち、豪雨（時間雨量50mm以上）後の簡易流木止め施設の上流側の堆積状況を調査する。

ウ 検証結果

(7) 調査結果

- 平成28年度は、72箇所の中で豪雨に相当する雨量を記録した箇所はなかった。
- 平成29年度は、72箇所の中で豪雨に相当する雨量を記録したのは丹波市であったため、丹波市（5箇所）の調査を行ったところ、土砂・流木の堆積はなく、下流への流出も見られなかった。
- 平成30年度は、72箇所の中で、豪雨に相当する雨量を記録したのは朝来市であったため、朝来市（6箇所）の調査を行った。また、宍粟市一宮町（6箇所）は付近で大きな流木被害があったため、雨量は豪雨の基準に達していないが調査対象とした。流木止め施設に土砂、流木の堆積が確認された調査地は、朝来市4/6箇所、宍粟市一宮町1/6箇所であった。

表Ⅲ-3-4 流木止め施設の点検箇所数と土砂・流木捕捉箇所数、流木流出箇所数

	平成 28 年度	平成 29 年度	平成 30 年度
点検箇所数 (72 箇所中)	0 箇所	5 箇所	12 箇所
土砂・流木 捕捉箇所数	0/0 箇所	0/5 箇所	5/12 箇所
流木 流出箇所数	0/0 箇所	0/12 箇所	0/12 箇所



豪雨前



豪雨後

図Ⅲ-3-8 平成 30 年度の朝来市佐囊曲山の点検の状況

(左：豪雨前 (H30/5/21)、右：豪雨後 (H30/9/3))

(イ) 検証の評価

- 流木止め施設よりも下流への流木の流出はなく、流木止め施設の捕捉機能を十分に発揮していた。

4 針葉樹林と広葉樹林の混交整備

(1) 植栽木の成長調査

ア 検証目的

本事業では、常緑針葉樹林から夏緑広葉樹林に樹種転換を図り、林床を明るくして下層植生を繁茂させることで表面侵食防止機能の向上を狙い、根系の引き抜き抵抗力が比較的大きい夏緑広葉樹を高木層の中心構成種とすることにより表層崩壊防止力の向上を狙う。

したがって、事業地が目標である夏緑広葉樹林（2015 報告書 p32、図Ⅲ－4－1）に進んでいるかどうかを検証し、表面侵食防止機能や表層崩壊防止機能が高い森林に向かっているかを明らかにする。

イ 調査方法（期間：平成 30 年 11 月）

- 平成 19・21 年に針葉樹林と広葉樹林の混交整備によって広葉樹を植栽した箇所、およそ 10 年後に 10m×10m の調査区において植生、毎木調査を行う。
- 調査地：宍粟市一宮町東河内と一宮町河原田の 2 箇所

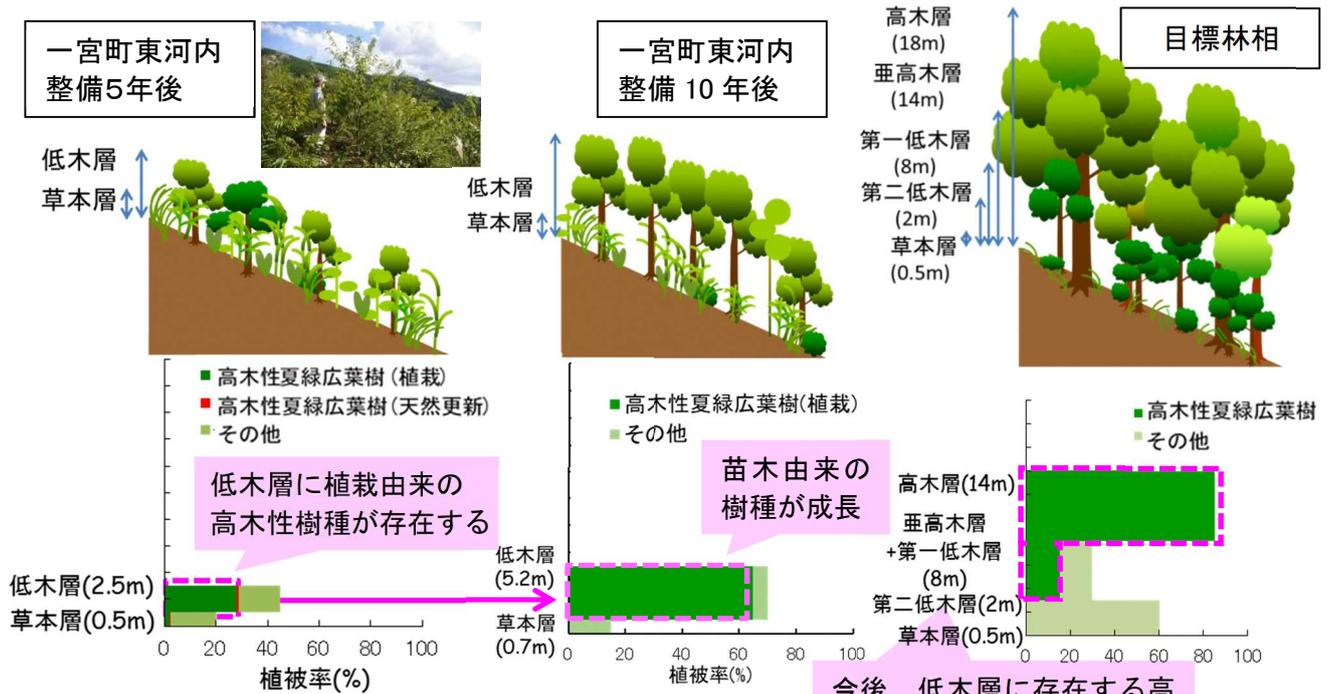
表Ⅲ-4-1 植栽木成長調査地

調査地	植栽年	前生樹種	植栽樹種
宍粟市一宮町東河内	H19 年	ヒノキ	クリ
宍粟市一宮町河原田	H21 年	ヒノキ	コナラ

ウ 検証結果

(ア) 調査結果

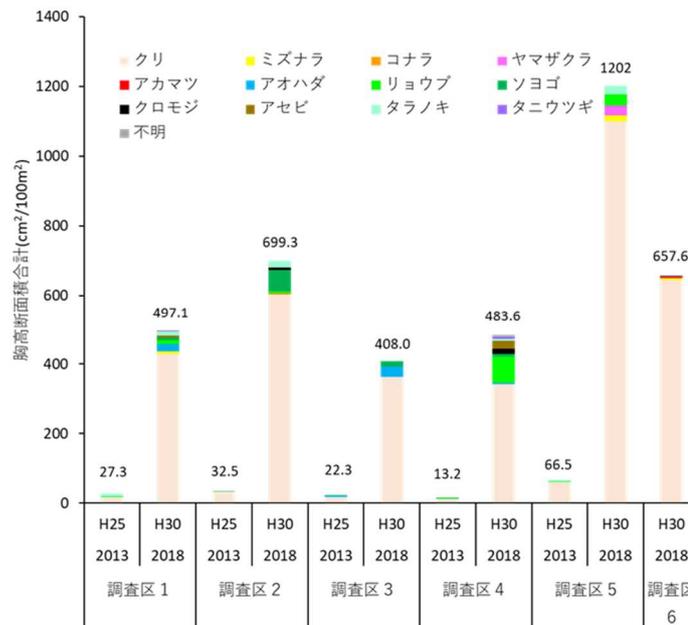
- 整備後 10 年が経過した広葉樹植栽箇所について調査したところ、整備 5 年後に比べ植栽木の樹高が高くなっており、植被率も 60%以上を占めていた（図Ⅲ－4－1）。
- 植栽樹種に多く見られるコナラ、クリの樹高は、植栽 10 年程度で 300cm を超えた。斜面下部では 500cm を超える樹高となった（表Ⅲ－4－2）。
- 胸高断面積合計は、5 年から 10 年にかけて 18.1－36.6 倍となった（図Ⅲ－4－2）。また、植栽後 8～10 年程度の森林の胸高断面積合計をみるとそのほぼ半分以上が植栽木のコナラ、クリで占められていた（図Ⅲ－4－2、3）。



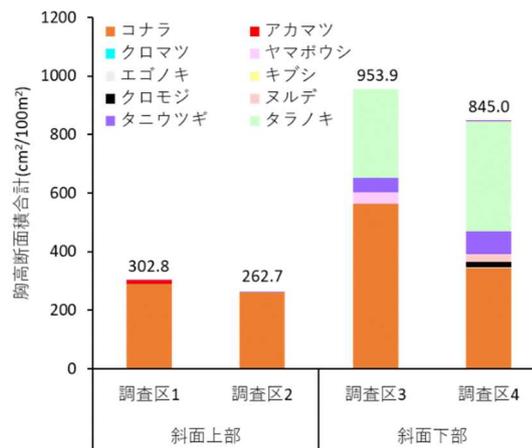
図Ⅲ-4-1 整備後5、10年後および目標林相の様子と階層別植被率(%)

表Ⅲ-4-2 植栽およそ10年後の植栽木の樹高成長(上:クリ、下:コナラ)

	平均樹高(cm)		
	H20	H25	H30
クリ(東河内)	72.5	206.8	314.2
平均樹高(cm)			
	H23	H30	
コナラ(河原田)斜面上部		330.8	
コナラ(河原田)斜面下部	77.1	557.0	



図Ⅲ-4-2 植栽後5年（H25）と10年（H30）での種別胸高断面積合計
（植栽木：クリ、調査地：東河内）



図Ⅲ-4-3 植栽後8年の種別胸高断面積合計
（植栽木：コナラ、調査地：河原田）

(1) 検証の評価

- 高木性夏緑樹種を植栽後10年程度が経過した箇所は、植栽木主体の低林となっており、目標林相に近づきつつある。

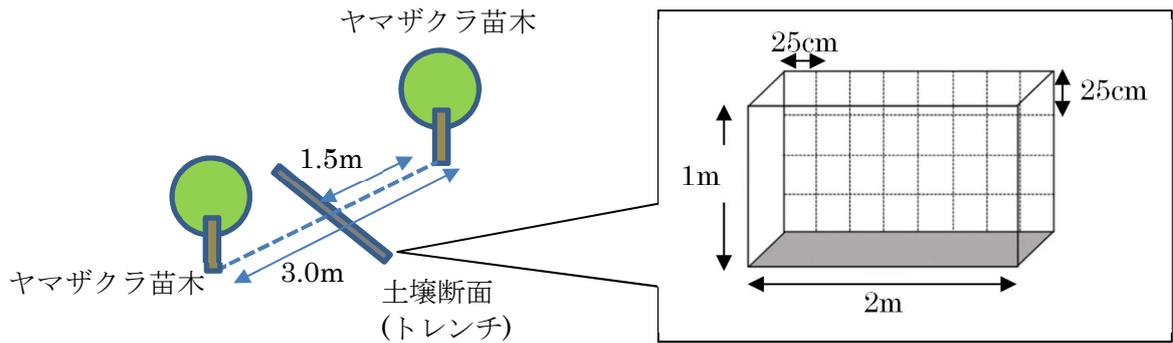
(2) 植栽苗木の根系成長

ア 検証目的

表層崩壊防止力の増加状況を検証するため、植栽木の根系が樹木間中央（苗木間中央）に到達する時期を検討する。

イ 調査方法（期間：平成30年10月）

ヒノキを皆伐し、植栽後3、4年が経過した広葉樹苗木（ヤマザクラ）の苗木間中央における根系調査（図Ⅲ-4-4、5）を行う（5調査区）。

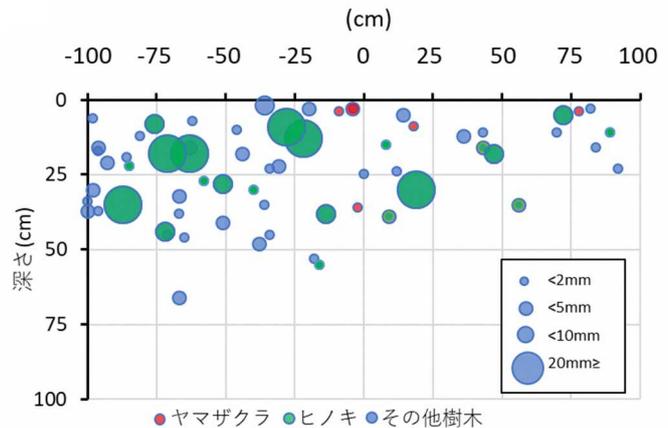


図Ⅲ-4-4 土壌断面（トレンチ）の設定方法（左）とトレンチの模式図（右）

ウ 検証結果

(7) 調査結果

- 植栽後3、4年が経過した植栽間隔3mのヤマザクラは苗高300cm、胸高直径2.8cm程度に成長していた。
- 最も根系の土壌緊縛力が弱いとされる樹木間中央（苗木間中央）において、根系断面調査を行ったところ、ヤマザクラの根系が数本見つかった（図Ⅲ-4-5）。ヤマザクラ根系の断面積合計に占める割合はまだ小さいが、植栽3年後から樹木間中央に存在し、徐々にその割合を増加させる可能性が示唆された（表Ⅲ-4-3）。
- 伐採したヒノキ根系量が圧倒的に多かった（表Ⅲ-4-3）。伐採木のヒノキ根系は腐朽していくので、今後はヤマザクラ根系の成長とヒノキ根系の腐朽を考慮した根系全体による土壌緊縛力の変化を調査する。



図Ⅲ-4-5 根系調査の状況（左）と根系分布（調査区2）の例（右）

表Ⅲ-4-3 樹種別の根系断面積合計（ヒノキはすべて枯死根）

樹種	根系断面積合計に占める割合(%)				
	植栽3年後		植栽4年後		
	調査区1	調査区2	調査区3	調査区4	調査区5
ヤマザクラ	0.95	0.18	14.3	13.5	10.6
ヒノキ	71.3	97.6	33.1	63.2	85.9
その他	27.8	2.2	52.6	23.3	3.5

(イ) 検証の評価

- 植栽間隔3m程度の広葉樹植栽地において、植栽後3年程度の苗木は苗木間中央の崩壊防止力に寄与し始める(図Ⅲ-4-5、表Ⅲ-4-3)。

(3) 広葉樹植栽地周辺の針葉樹林内の植生の変化

ア 検証目的

針葉樹林を広葉樹林へ樹種転換した後の、隣接針葉樹林に与える効果を調査する。

イ 調査方法(期間:令和元年10月)

- 針葉樹林を皆伐して広葉樹林化を図った箇所(植栽後10年が経過)に隣接するヒノキ林において下層植生(草本層)の調査を行い、整備直後の下層植生データと比較した。調査区サイズは10m×10mで、林縁から10m程度離れた箇所に設置している。この10年間、調査区を含むヒノキ林で間伐は行われていない。
- 調査地は、(1)と同様の宍粟市一宮町東河内

ウ 検証結果

(7) 調査結果

- 整備直後(平成19年)は下層植生がほとんど見られなかったが、整備後10年が経過した下層植生の植被率および高さは増加した(図Ⅲ-4-6、表Ⅲ-4-4)。
- 下層植生の種数も、整備直後から比較して4.3倍になった(表Ⅲ-4-4)。



図Ⅲ-4-6 広葉樹植栽箇所に隣接するヒノキ林内の状況

(左:整備直後(H19)、右:整備後10年経過(R1))

表Ⅲ-4-4 広葉樹植栽箇所に隣接するヒノキ林草本層の高さ、植被率、種数

	高さ(m)	植被率(%)	種数(うち高木種)
整備直後(H19)	0.1	0.1	6(1)
整備後10年経過(R1)	0.6	5.0	26(5)

(イ) 検証の評価

- 皆伐と植栽による広葉樹林化により、周辺の針葉樹林内に主に広葉樹(植栽木起源と考えられるものも含む)の出現が増加し、針葉樹林内の多様性が高まることで、表層崩壊が起こりにくい森林になりつつある。

◆トピックス◆ 植生保護柵はいつまで必要？

- 東河内は植栽木（クリ）が10年で3m以上に育ったが、下層植生があまり見られない（図Ⅲ-4-7）。
- その理由の一つとしては、数年前に植生保護柵が破損したことによる、シカ食害のためと考えられる。
- 植栽木が食害を受けにくい樹高になっても下層植生を繁茂させ表面侵食防止機能をもつためには、低木層が発達するまでの植生保護柵の延長が望ましい。



図Ⅲ-4-7 宍粟市一宮町東河内の下層植生の状況
(平成30年8月29日撮影)

5 里山防災林整備

(1) 第1期整備地の状況

ア 検証目的

里山防災林整備第1期（H18～H22）において整備された箇所、現在の状況を把握する。

イ 調査方法（期間：令和元年10月）

- 平成20年に整備され、地上部伐採及び土留工未設置の対照区が設置してある、豊岡市出石町の調査地において、整備後10年経過した状況を確認した。
- 整備区、対照区の状況について調査と写真記録を行う。

ウ 調査結果

(7) 調査結果

- 整備区は10年前に伐採した広葉樹（アラカシ、アベマキなど）が萌芽再生しており、ほぼ樹冠を閉鎖している状況（樹高5～8m程度）。
- 整備区の林床は、低木が侵入しており、林床の落葉の状況からみて、土砂の移動はほとんどないと思われる。
- 伐採広葉樹を利用した土留工は腐朽が進んでいるが、斜面は安定している。
- 対照区は、下層植生はほとんどなく、所々で落葉が流れ、裸地化している。



図Ⅲ-5-1 整備直後（左）と整備後10年の植生の回復状況（右）



図Ⅲ-5-2 整備後10年の土留工の状況、土留工背面に植生が見られる

(1) 検証の結果

- 土留工が表層土壌の安定に寄与しており、整備後 10 年が経過しても土留工による表面侵食防止効果が保たれていることがわかった。
- 整備後 10 年が経過すると広葉樹が樹高 5～8m 程度に再生・成長し、根系の土壌緊縛力も保たれている状況が確認できた。

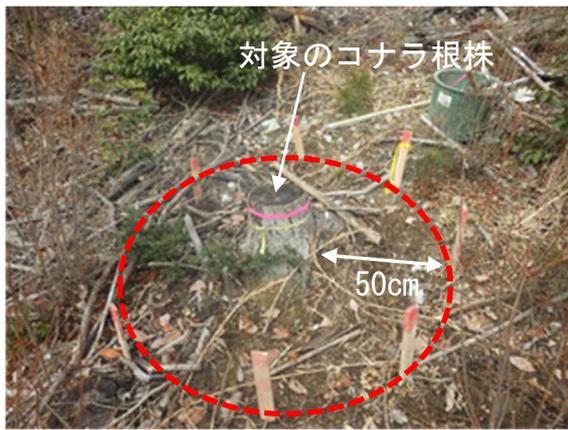
(2) 危険木伐採後の萌芽再生による根系の崩壊防止力（引き抜き抵抗力）の変化

ア 検証目的

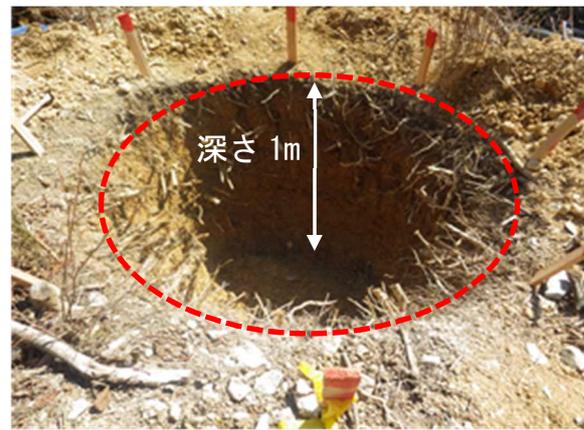
倒伏の恐れのある危険木を伐採することで、倒木による保全対象への影響はほとんどなくなったが、危険木伐採後のコナラの根系量の動態および崩壊防止力は分かっていない。したがって、コナラ林の最弱部分である樹木間中央の根系量や崩壊防止力がどのくらいあり、伐採後萌芽再生時にどのように変化するのかを明らかにする。このことにより、里山防災林整備の危険木伐採後の根系量が事業後低下するのか、低下するならばどの程度なのかが明らかになる。

イ 調査方法（期間：平成 26 年 6 月～令和 2 年 3 月）

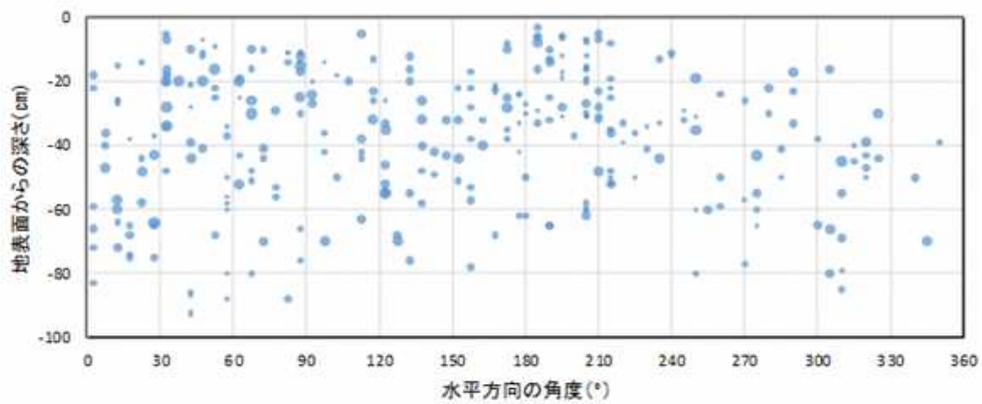
- 平成 27 年 11 月に宝塚市長谷のコナラ林を皆伐する。
- 皆伐前の樹木位置から、林内で最も根系密度が低いとされている樹木間中央まで距離の平均値を算出する（樹木の地際から樹木間中央までの平均距離：50cm）。
- コナラ根株の周りに、根株の地際から樹木間中央までの平均距離（50cm）の印をつけ、円状に線を結ぶ（図Ⅲ－5－3）。
- 中心の根株を取り去り、線に沿って土壌を掘り、深さ 1m の円筒状の土壌断面を作成する（図Ⅲ－5－4）。
- 土壌断面上に現れる根の位置（水平方向は北からの角度、垂直方向は深さ cm）とその根径を記録する（図Ⅲ－5－5）。
- 土壌断面上に現れる根の一部（1 根株 50 本以上）を根系緊縛力測定用ハサミで挟んで引っ張り、引き抜き荷重を測定し根径－引き抜き抵抗力の関係式を作成する。
- 伐採直後から、毎年 6 個体ずつ掘り取って調査を行う。各年の個体の大きさのばらつきをできるだけ均等にするため、林内のコナラの根株を大きさにより 3 区分し、それぞれの区分から 2 個体ずつ選ぶようする。
- 危険木伐採・萌芽再生木と危険木伐採後萌芽しない木を比較するために、伐採直後に枯死した根系（枯死後 3 年経過）についても同様に調査する。
- 調査個体数は計 27 個体（内訳：伐採直後 6 個体、伐採・萌芽再生 1～3 年後各 6 個体、枯死後 3 年 3 個体）。



図Ⅲ-5-3 対象根株と周囲に描いた円



図Ⅲ-5-4 円柱状の土壌断面の状況

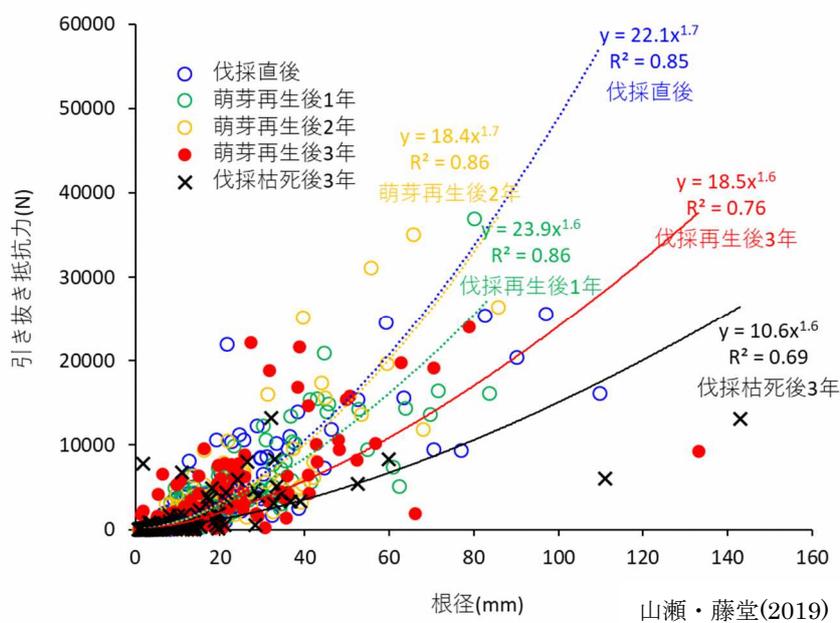


図Ⅲ-5-5 土壌断面上の根の調査例

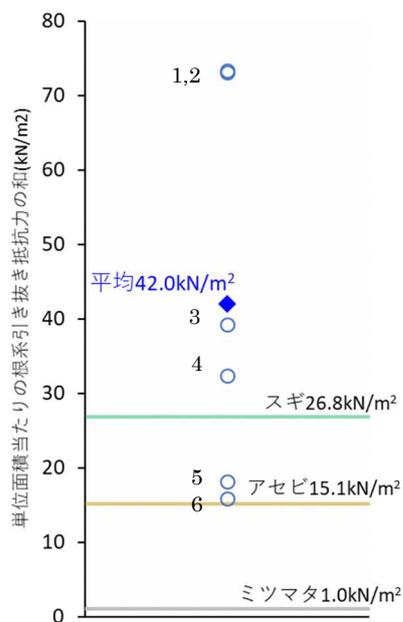
ウ 検証結果

(7) 調査結果

- 伐採・萌芽再生後3年の個体は、枯死根が一部見られ、その枯死根が根系断面面積合計に占める割合（根の枯損率）で見ると、7.4～55.0%であった。根の枯損率は、萌芽枝の量や数、コナラ根株のサイズとは顕著な関係は見られなかった。
- 伐採・萌芽再生後の引き抜き抵抗力は、伐採直後と比べて低下しており、伐採・萌芽再生後3年で60%程度まで減少していた（図Ⅲ-5-6）。一方、伐採枯死後3年の根系引き抜き抵抗力は、伐採前と比べて40%程度まで減少していることがわかった。
- 伐採・萌芽再生後3年のコナラの崩壊防止力を換算すると、15～73kN/m²であった（図Ⅲ-5-7）。
- 伐採・萌芽再生後3年のコナラの崩壊防止力を低木樹種である平均樹高2.4mのミツマタ（1.0kN/m²、以下いずれの数値とも山瀬他2015）、平均樹高2.6mのアセビ（15.1kN/m²）、高木樹種である平均樹高23.6mのスギ（26.8kN/m²）と比較したところ、平均が42.0kN/m²となり、スギよりも強くなった（図Ⅲ-5-7）。しかし、スギよりも弱くアセビ程度である箇所も一部見られた。



図Ⅲ-5-6 伐採後の年数別の根径-引き抜き抵抗力の関係式（コナラ）



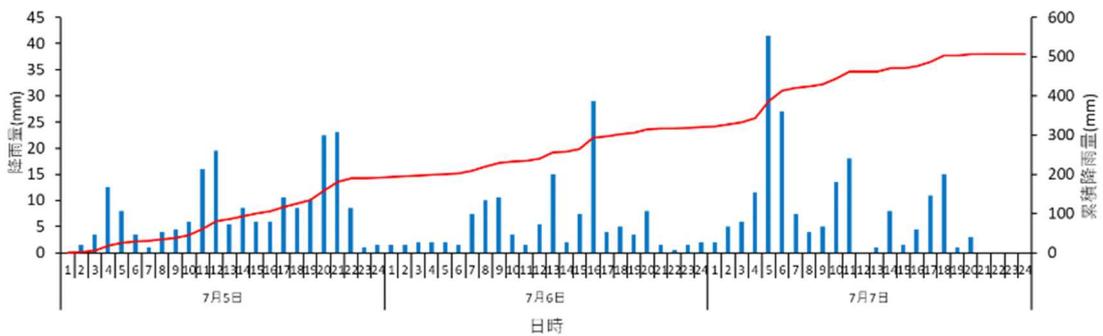
図Ⅲ-5-7 伐採・萌芽再生後3年の単位面積当たりのコナラの引き抜き抵抗力（6箇所、図中の数字は便宜上の箇所名を表す）と他樹種との比較（他樹種データは山瀬他 2015）

(イ) 検証の評価

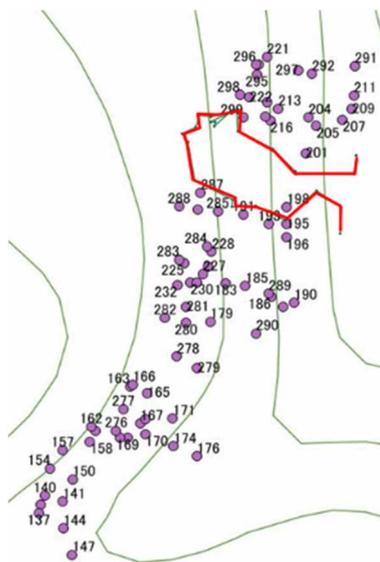
- 危険木伐採により、倒木による保全対象への影響はなくなったが、伐採・萌芽再生後3年の時点で、崩壊防止力は3割程度（6個体中2個体）が低木であるアセビ程度まで低下していることがわかった。
- 今後も引き続き、伐採・萌芽再生後の引き抜き抵抗力および根系分布状況は追跡調査を行い、事業によるリスクがどのくらいあるかを検討する。

◆トピックス◆ 崩壊地縁の根系量

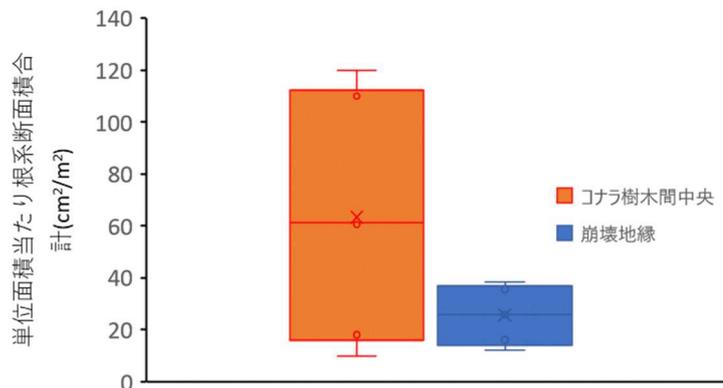
- 平成 30 年 7 月 5～7 日の豪雨（最大 1 時間当たり降雨量：48.5mm、累積降雨量 506mm 図Ⅲ-5-8）において、根系調査地内で崩壊が起こった。
- 崩壊地の位置を伐採前の樹木位置と比較したところ、コナラが無い箇所が崩壊したことがわかった（図Ⅲ-5-9）。
- 崩壊地縁の根系量（根系断面積合計）は、平均で $25.6\text{cm}^2/\text{m}^2$ であった。一方で、コナラ萌芽個体の樹木間中央に現れる単位面積当たりの根系量（枯損した根は排除）は、6 個体平均で $63.3\text{cm}^2/\text{m}^2$ となった（図Ⅲ-5-10）。
- 調査地内の崩壊原因の 1 つとして、未崩壊地に比べて根系量が少ないことが考えられた。
- 崩壊を防ぐためには、林内の急斜面において根系量が極端に少ない箇所を作らないことが重要と考えられる。



図Ⅲ-5-8 7月5～7日にかけての1時間当たり降雨量（後川アメダスデータ）



図Ⅲ-5-9 調査地のコナラ配置（紫○）
と崩壊地（赤線）の位置（山瀬・藤堂 2019）



図Ⅲ-5-10 伐採後 3 年の萌芽コナラと崩壊地縁
の単位面積当たりの根系断面積合計

(3) 整備地区住民の事業の評価、並びに防災意識の変化による整備効果の検証

ア 検証目的

第1期対策、第2期対策に引き続き、第3期対策の整備した地区の住民を対象にアンケートを実施し、事業に対する評価や集落裏山に対する防災^{※1)}意識の変化を把握し、整備効果を検証する。

イ 検証方法

平成29・30年度に、里山防災林整備の整備造成を実施した地区(40地区)の住民を対象にアンケート調査を実施した。

アンケートが回収できた地区は34地区、総回答者数は555名であった。このうち減災活動支援^{※2)}実施地区は11地区であり、回答者数は294名であった。

アンケート調査結果に記載している割合(%)は有効回答者数に対するものとし、グラフ中に回答者数を明記している。また、複数回答による設問については、アンケートの総回答者数555名(減災活動支援地区対象の場合は294名)に対する割合(%)を示したものである。

ウ 結果

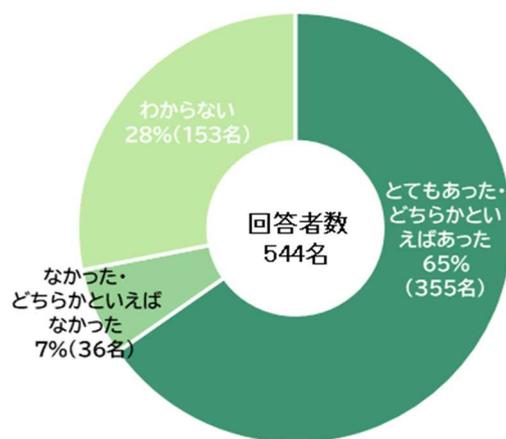
(7) 事業に対する評価

里山防災林整備の実施により、住民の65%が「効果があった」と回答した(図Ⅲ-5-11)。

「どのような効果を感じたか」については、「裏山全体の景観が良くなった」が66%、「倒木や山崩れの不安が解消された」が64%、次いで「裏山に入りやすくなった」で42%であった(図Ⅲ-5-12)。

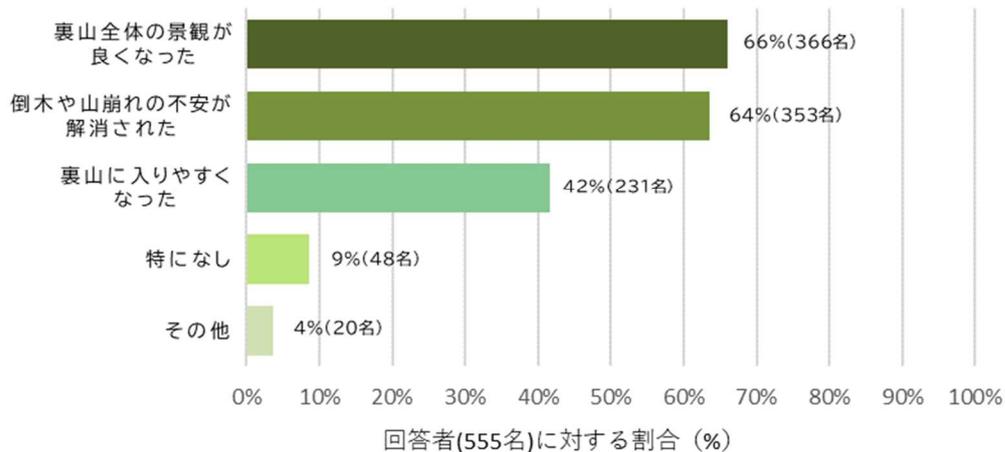
整備後の不満・不安については、「特になし」が最も多く44%、次いで「山崩れなど防災面に不安が残る」が30%、「伐採した木が斜面内に残置されて危険」が21%、「森林整備が不十分」が14%であった(図Ⅲ-5-13)。

里山防災林整備の効果はありましたか



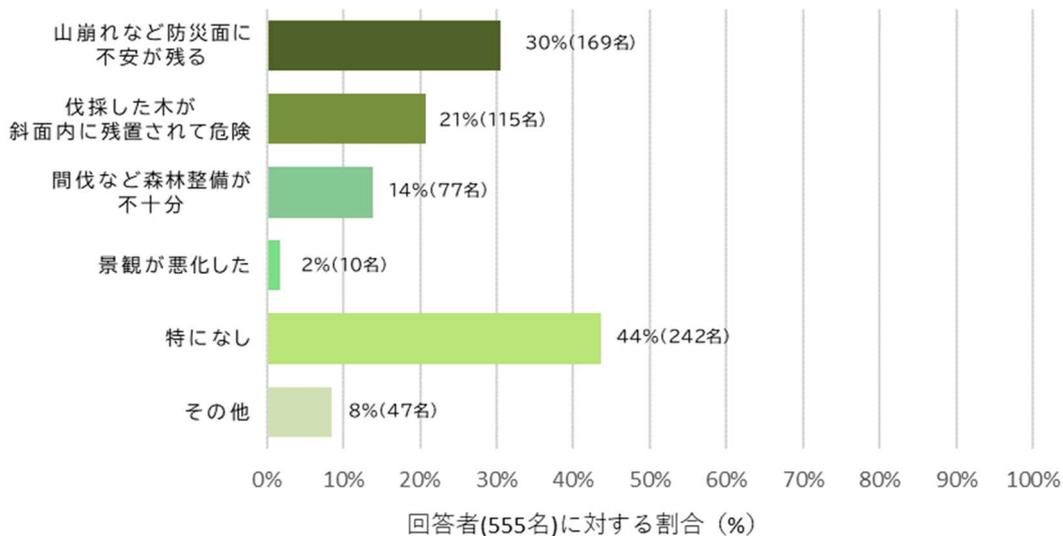
図Ⅲ-5-11 事業に対する評価

里山防災整備が実施されて、どのような効果を感じましたか（複数回答）
回答者数 555名



図Ⅲ-5-12 事業効果の内容

里山防災林整備に不満・不安な点はありますか（複数回答）
回答者数 555名



図Ⅲ-5-13 整備後の不安・不満内容

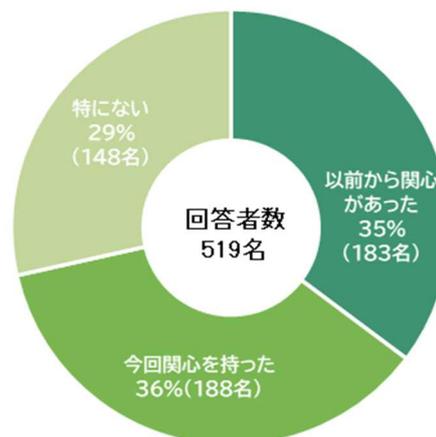
- ※1) 防災とは、災害を未然に防止し、災害が発生した場合における被害の拡大を防ぎ、及び災害の復旧を図ることをいう（引用：災害対策基本法第2条第2項）。
加えて、災害が発生した場合に被害を抑える「減災」と、災害によって被害を受けたものをもとの状態に戻す「復旧」が、防災の定義に含められている。
- ※2) 減災活動支援とは、地元住民に対して、各種の災害危険情報を周知するとともに、住民の地域防災力の向上と自助意識の向上によって災害時の被害を抑えることを目的として、山地防災啓発ビデオ、パンフレットを用いた防災研修会を開催することや、詳細な現地調査結果を基に、地域住民からの意見を反映させたきめ細やかな防災マップ（※3）、避難マニュアルを作成することである。
- ※3) 防災マップとは、災害時または緊急時に地域住民が利用するため、各種の災害危険情報を基に、現地詳細調査の結果を反映させた集落裏山の危険箇所や、避難場所、避難経路等を明示したマップである。

(イ) 山への関心

住民の36%が「今回、関心を持った」と回答し、「以前から関心があった」の35%と併せると、住民の71%が山に関心を持っていることがわかった(図Ⅲ-5-14)。

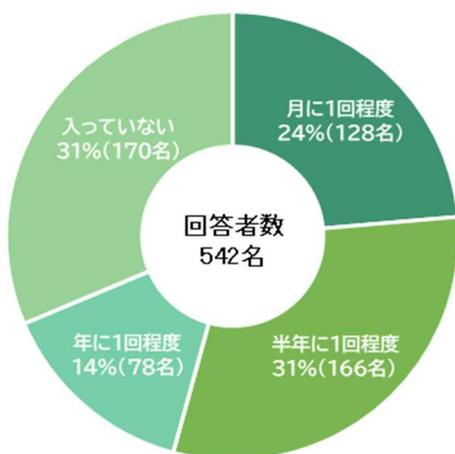
また、住民の69%が整備後の裏山に年に1回以上入ったと回答しており(図Ⅲ-5-15)、入山の目的としては、38%の住民が、裏山の草刈りなど維持管理作業の実施、28%の住民が現地で行われた整備の確認のためと回答した(図Ⅲ-5-16)。

山に関心を持つようになりましたか



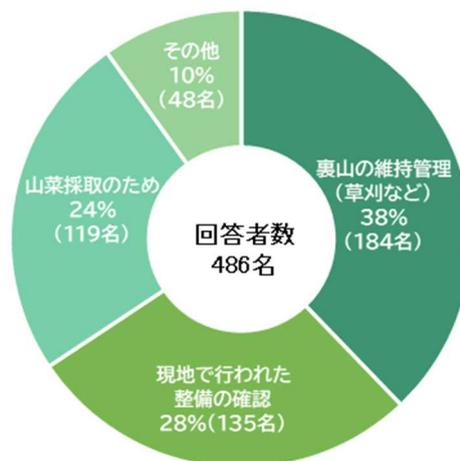
図Ⅲ-5-14 山への関心

整備後の裏山にどれぐらいの頻度で入られましたか



図Ⅲ-5-15 裏山への入山頻度

整備後に集落の裏山に入った目的はなんですか



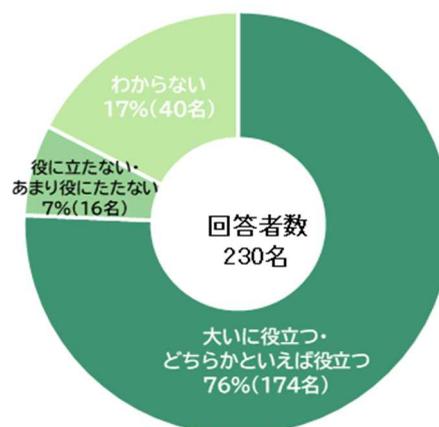
図Ⅲ-5-16 集落裏山への入山目的

(ウ) 減災について

減災活動支援を実施した11地区(対象者294名)においては、回答者の76%が「今回の減災活動支援が今後の災害時に役に立つ」と評価した(図Ⅲ-5-17)。減災活動支援後、回答者の65%が危険箇所、避難場所、避難経路の確認を行っており、28%の住民が地域の防災活動へ参加したと回答した(図Ⅲ-5-18)。また、39%の回答者が今回作成した防災マップや避難マニュアルを実際に使用したことがわかった(図Ⅲ-5-19)。

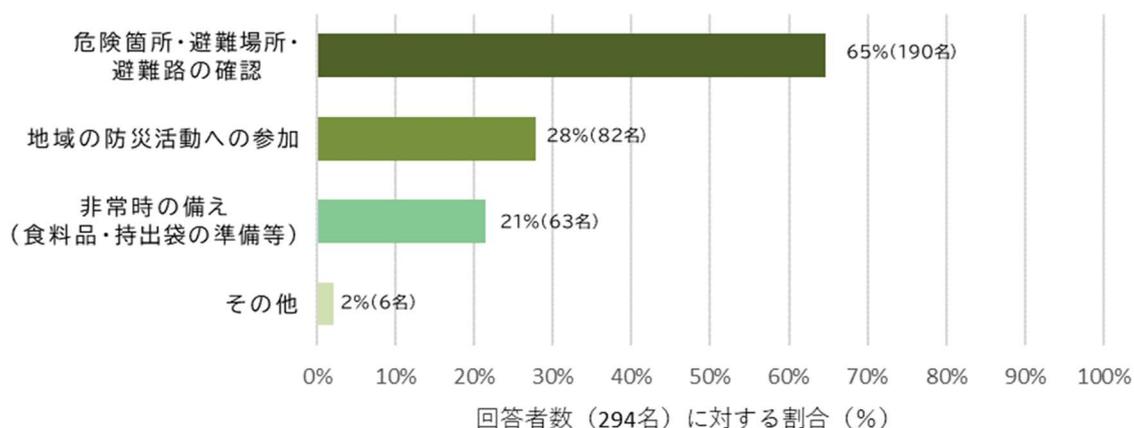
減災活動支援を実施しなかった23地区については、住民の59%が減災活動を実施して欲しかったと回答した(図Ⅲ-5-20)。

今回の減災活動は、今後の災害時に役に立つと思われましたか
(減災活動実施地区)



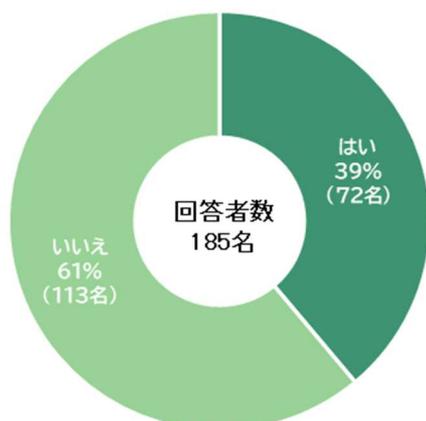
図Ⅲ-5-17 減災活動支援の評価(実施地区)

今回の減災活動後、あなたが実践されたことは何ですか(複数回答)
回答者数294名



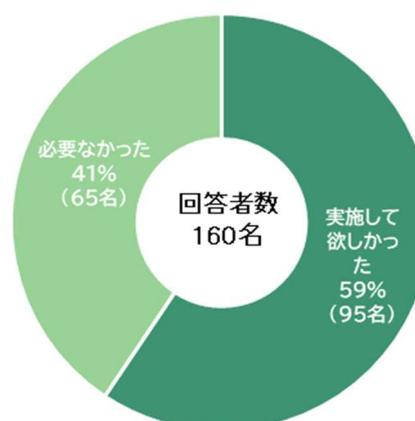
図Ⅲ-5-18 減災活動支援後の実践内容

今回策定した防災マップ・避難マニュアルを実際に使用されましたか
(減災活動地区)



図Ⅲ-5-19 防災マップ・避難マニュアルの利用状況

減災活動支援についてはどのようにお考えですか
(減災活動未実施地区)



図Ⅲ-5-20 減災活動支援の要望(未実施地区)

エ 検証の評価

- (ア) 里山防災林整備について、住民の約7割が「効果があった」と評価した。
- (イ) 本整備により、住民の約4割が「今回山に関心を持った」と回答し、以前から関心があったと回答した方を含めると、住民の約7割が山への関心を有していることがわかった。また、整備後に住民の約7割が実際に入山したと回答しており、山へ関心を持たれた方の多くが実際に入山していることが推測された。
- (ウ) 入山したと回答が得られた住民へ入山目的を確認した結果、約7割の住民が、草刈りなどの維持管理作業や整備地の確認を行ったと回答しており、今後も住民による整備地の維持管理が期待できる。
- (エ) 住民の約8割が今回の減災活動支援が役に立つと評価しており、減災活動支援で作成した防災マップや避難マニュアルについては、約4割の住民が実際の豪雨・台風発生時に活用したと回答した。減災活動支援後、多くの住民が危険箇所の把握や避難所の確認、非常時の備え、地域の防災活動への参加等を実践しており、減災活動支援の効果が高かった。
- (オ) 減災活動支援を実施しなかった地区の住民の約6割が実施してほしいと回答し、防災マップや避難マニュアル作成などの減災活動支援に対する要望が多いことがわかった。

6 野生動物共生林整備

(1) バッファゾーン整備後の住民意識の変化

ア 検証目的

第2期検証では、22 集落を対象に報告したが、今回はその後に整備が完了した 19 集落を追加して、集落住民による事業の評価状況を検証する。また、整備後の集落の獣害対策の進展状況についても新たに把握する。

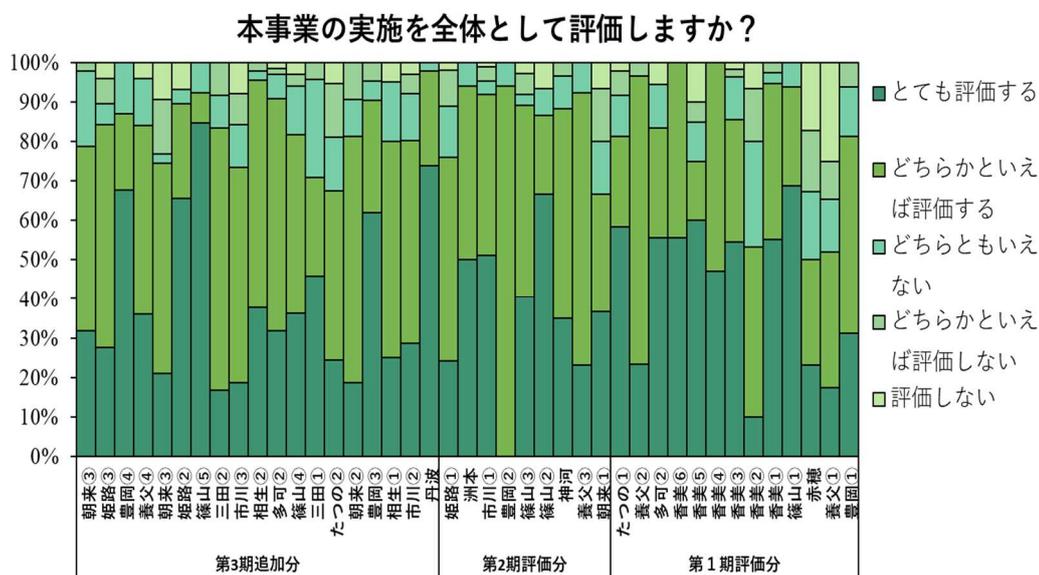
イ 検証方法

- 第1～3期でバッファゾーン整備を実施した 41 集落を対象に、事業の評価と意識の変化に関する全戸配布アンケート（有効回答数 1,512）を整備後 1 年以内に実施した。
- 第3期で整備を実施した 14 集落の役員を対象に、整備後の獣害対策の進展状況に関するアンケート（n=14）を実施した。

ウ 検証結果

(7) 調査結果

- 「整備の評価」について、集落ごとの平均で 83%の住民が事業の実施を評価していた（図Ⅲ-6-1）。

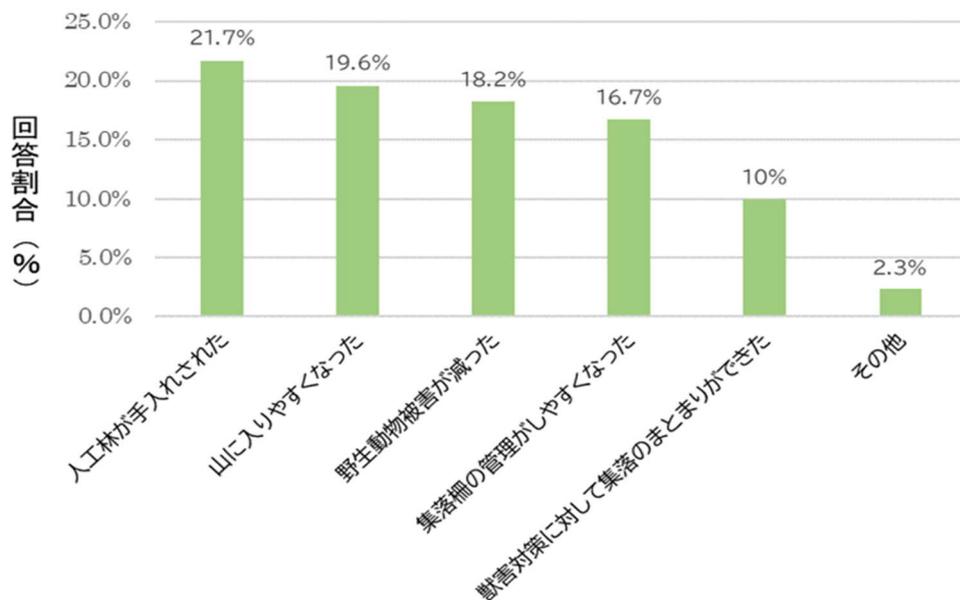


図Ⅲ-6-1 集落住民へのアンケート結果（事業評価）

- 具体的な評価点についてアンケート（複数回答可）を行った結果は以下のとおりだった（図Ⅲ-6-2）。
 - ・「人工林が手入れされた」への評価が最も多く 21.7%であった。
 - ・次いで、「山に入りやすくなった」が 19.6%、「野生動物被害が減った」が 18.2%、「集落柵の管理がしやすくなった」が 16.7%、「獣害対策に対して集

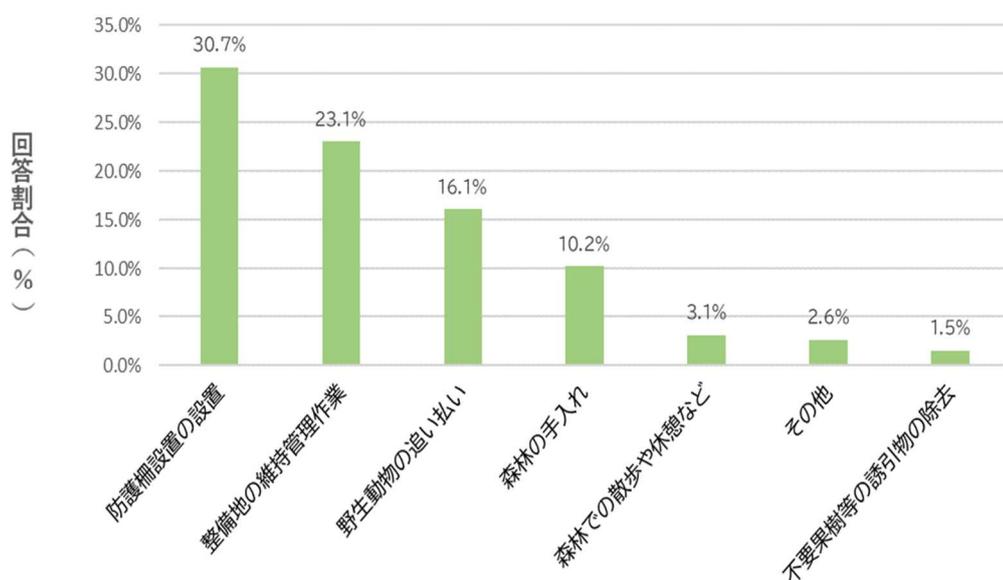
落のまとまりができた」が10%、「その他」が2.3%であった。

- ・参考として、「見通しがよくなった」が51%であった。



図Ⅲ-6-2 集落住民へのアンケート結果（事業の評価点）

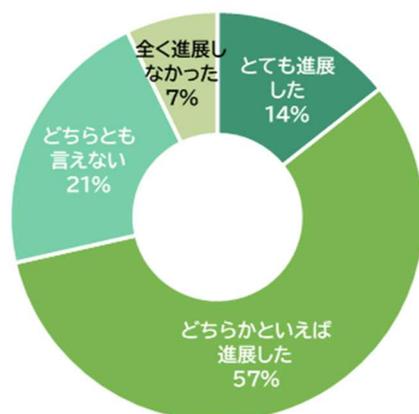
- 「整備を契機とした新たな取組み」（複数回答可）については、66%の住民が何らかの取組みを始めていた（図Ⅲ-6-3）。
- ・具体的な取組みについては、「防護柵設置の広がり」と回答した住民が31%と最も多かった。
- ・次いで、「整備地の維持管理作業」が23.1%、「野生動物の追い払い」が16.1%、「森林の手入れ」が10.1%、「森林での散歩や休憩など」が3.1%、「森林での散歩や休憩など」が3.1%、「その他」が2.6%、「不要果樹等の誘引物の除去」が1.5%であった。



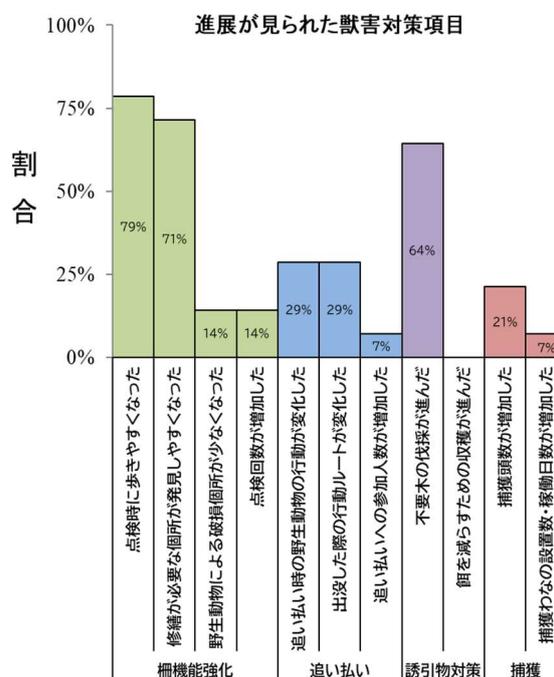
図Ⅲ-6-3 集落住民へのアンケート結果（住民自身の新たな取組み内容）

- 「整備による獣害対策の進展度」については、71%の集落から「とても進展した」あるいは「どちらかといえば進展した」という回答が得られた(図Ⅲ-6-4)。
- 進展が見られた獣害対策項目についてアンケート(複数回答可)した結果は以下のとおりだった(図Ⅲ-6-5)。
- ・「柵の点検時に歩きやすくなった」と回答した集落が最も多く79%であった。
- ・次いで、「柵の修繕が必要な個所が発見しやすくなった」が71%、「不要木の伐採が進んだ」が64%、「追い払い時の野生動物の行動が変化した」並びに「出没時の行動ルートが変化した」が29%、「捕獲頭数が増加した」が21%、「柵の破損個所が少なくなった」並びに「柵の点検回数が増加した」が14%、「追い払いへの参加人数」並びに「捕獲わなの設置数・稼働日数が増加した」が7%であった。

本事業の実施による獣害対策の進展度



図Ⅲ-6-4 集落役員へのアンケート結果
(整備による集落の獣害対策の進展)



図Ⅲ-6-5 集落役員へのアンケート結果
(進展が見られた獣害対策項目)

(イ) 検証の評価

- 8割以上の住民が事業の実施を評価した(図Ⅲ-6-1)。
- 約2/3の住民が事業を契機に「防護柵の設置」や「整備地の維持管理作業」などの取組みを始めるなど、バッファゾーンの維持管理や利活用を進めた(図Ⅲ-6-3)。
- 約7割の集落が整備によって、集落の獣害対策が進展したと評価した。具体的に進展した内容としては、本整備によって集落防護柵の点検作業が効率化された点と、不要木の伐採により誘因物対策が進んだ点を挙げた集落が多かった(図Ⅲ-6-4、5)。
- 地域住民の多くが本整備について「人工林の手入れ」や「山に入りやすくな

った」などについても高く評価していた。本整備は景観やアメニティ(快適性)の向上といった効果も有することが明らかとなった(図Ⅲ-6-2)。

(2) バッファゾーン整備後の農作物被害の変化について

ア 検証目的

第2期検証では、整備後の農作物被害の動向を22集落を対象に報告したが、今回はその後に整備が完了した19集落を追加して、バッファゾーン整備による農作物被害軽減効果を検証する。

イ 検証方法

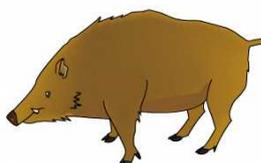
- 整備を実施した41集落の区長、農会長などの集落役員に、集落内の各農地におけるイノシシ、シカ、サルによる農作物被害の発生状況の整備前後における変化について聞き取り調査を実施した。

ウ 検証結果

(ア) 調査結果

- イノシシによる被害は調査を実施した 41 集落中 37 集落で発生していた。整備前に被害が発生していた農地のうち、整備後にイノシシによる被害が解消あるいは減少した農地の割合を集計すると約 78%であった(表Ⅲ-6-1)。

表Ⅲ-6-1 各集落の整備前後におけるイノシシによる農作物被害の変化

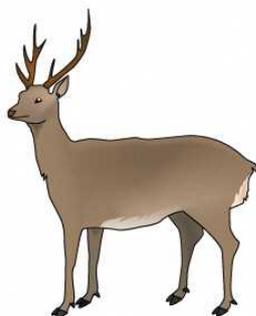


地区名	解消	減った	変わらない	増えた	合計
朝来③	5		10	2	17
姫路③	7	2	2	1	12
豊岡④	1				1
養父④			1		1
姫路②	1				1
篠山⑤			2		2
三田②		30	30		60
市川③		4			4
相生②	74	69	11	2	156
多可②		1	56		57
篠山④			2	1	3
三田①		3	7		10
たつの②			62		62
相生①			36	2	38
市川②		6	19	6	31
丹波		11	10	1	22
姫路①	3	85	7		95
洲本	446	183	1		630
市川①	509	3			512
豊岡②	31	12	3		46
篠山③	2	33			35
神河	118				118
養父③				2	2
朝来①	3	1			4
たつの①		6	5	36	47
養父②			16		16
多可②			1	2	3
香美⑥			33	4	37
香美⑤			35	2	37
香美④		31			31
香美③	13	25	2		40
香美②	3	18	7	11	39
香美①	87	1		3	91
篠山①			1		1
赤穂			1	35	36
養父①		32	40		72
豊岡①			5	2	7
合計	1,303	556	405	112	2,376
%	54.8	23.4	17.0	4.7	100.0

「解消」と「減った」の計 1,859 農地。全体 2,376 農地の約 78%

- シカによる被害は調査を実施した 38 集落中 24 集落で発生していた。整備前に被害が発生していた農地のうち、整備後にシカによる被害が解消あるいは減少した農地の割合を集計すると約 65%であった（表Ⅲ-6-2）。

表Ⅲ-6-2 各集落の整備前後におけるニホンジカによる農作物被害の変化

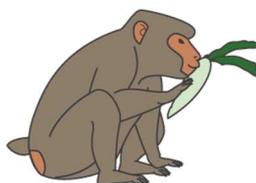


地区名	解消	減った	変わらない	増えた	合計
朝来③	1		8		9
姫路③	32	9	1	3	45
豊岡④	19				19
朝来③			39		39
姫路②	13	34	3		50
三田②		27	31		58
市川③		9	2	1	12
朝来②		7	14		21
豊岡③		104	93		197
相生①		6	57		63
丹波	1	39	36	9	85
姫路①	3	118	29		150
豊岡②	41	36	49		126
神河	118	10			128
養父③			7	4	11
朝来①	66	33	9		108
養父②	101	93	8		202
香美③				1	1
香美②				19	19
香美①				3	3
篠山①		28	7		35
赤穂				20	20
養父①		10	38		48
豊岡①		1	5	16	22
合計	395	564	436	76	1,471
%	26.9	38.3	29.6	5.2	100.0

「解消」と「減った」の計 959 農地。全体 1,471 農地の約 65%

- サルによる被害は調査を実施した 41 集落中 17 集落で発生していた。整備前に被害が発生していた農地のうち、整備後にサルによる被害が解消あるいは減少した農地の割合を集計すると約 78%であった（表Ⅲ-6-3）。

表Ⅲ-6-3 各集落の整備前後におけるニホンザルによる農作物被害の変化



地区名	解消	減った	変わらない	増えた	合計
朝来③	1				1
篠山⑤		1	4		5
篠山④			20	1	21
丹波			1		1
姫路①	3	85	7		95
豊岡②			1		1
篠山③		15			15
篠山②	91	3	22		116
神河	119	2	4		125
香美⑥	1	1	4	32	38
香美⑤		1	23		24
香美④		40	1		41
香美③	6	26	3		35
香美②	4	28	9	13	54
香美①	88	1			89
篠山①			2		2
養父①		1	3		4
合計	313	204	104	46	667
%	46.9	30.6	15.6	6.9	100.0

「解消」と「減った」の計 517 農地。全体 667 農地の約 78%

(イ) 検証の評価

- 整備後、イノシシ、シカ、サルによる被害が発生している集落農地の約7～8割において被害が軽減していることが確認された（表Ⅲ-6-1～3）。このような農作物被害の軽減は、集落柵の設置に加え、バッファゾーン整備によって林縁部から林内の見通し環境が向上したこと、整備した場所やその周辺を利用して住民が集落防護柵の点検や潜み場の除去、追い払い活動などを行うようになったことの相加的な効果と考えられる。

(3) 広葉樹林整備による植生の保全・回復について

ア 検証目的

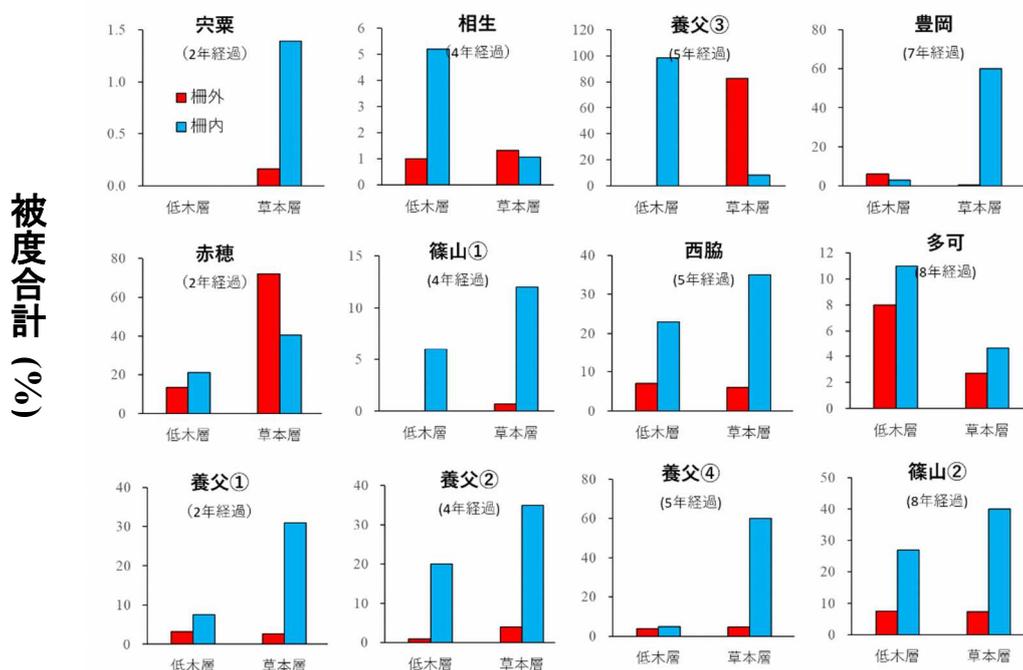
シカの食害により、下層植生が衰退した夏緑広葉樹林内に広葉樹林整備により設置された植生保護柵（概ね1,000m²/箇所）による植生の保全・回復の継続的効果について明らかにする。

イ 検証方法

- 植生保護柵の設置年数が2～8年経過した広葉樹林整備地において、柵内外に10m×10mの方形調査区を設置し、群落組成調査を実施した。

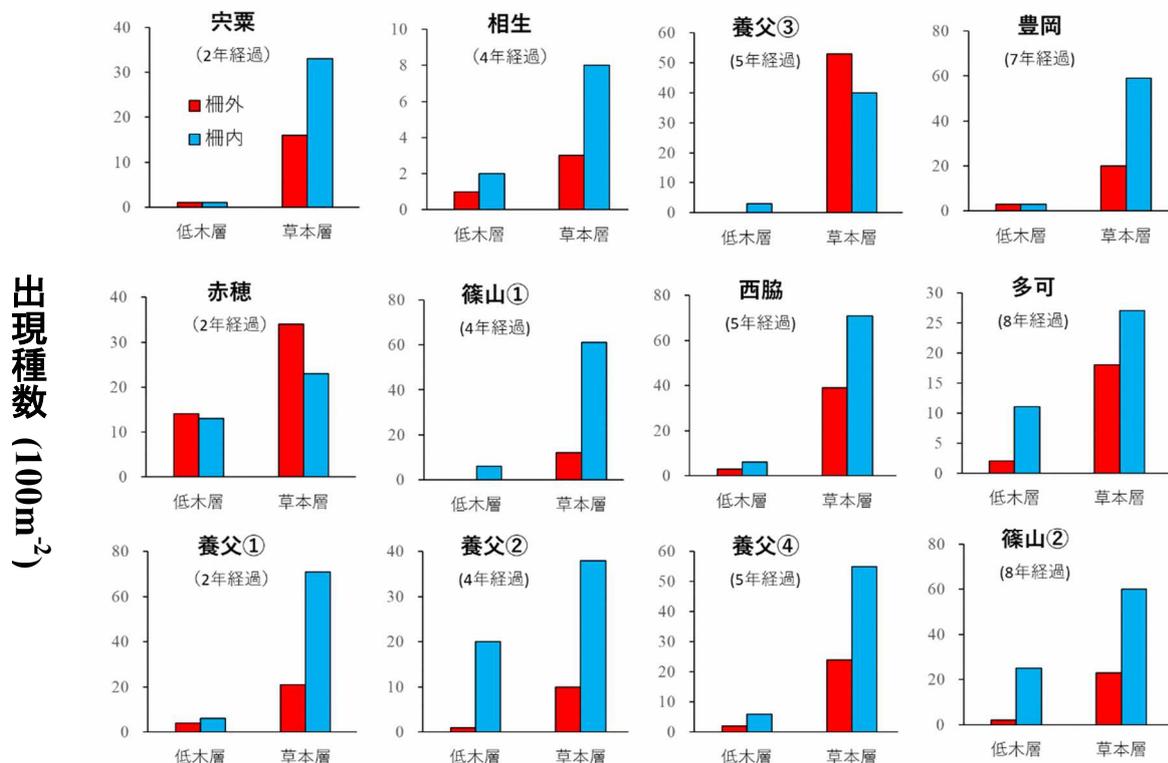
ウ 検証結果

- 各整備地の夏緑広葉樹林の下層植生の被度を柵内外で比較した結果、低木層、草本層ともに柵外より柵内の方が被度が大きい傾向が認められた。この傾向は経過年数に関わらず認められた（図Ⅲ-6-6）。



図Ⅲ-6-6 各事業地の夏緑広葉樹林の低木層・草本層における植生保護柵内外の個々の被度合計(%)の比較

- 各整備地の夏緑広葉樹林の下層植生の維管束植物種数を柵内外で比較した結果、低木層、草本層ともに柵外より柵内の方が種数が多い傾向が認められた。この傾向は経過年数に関わらず認められた（図Ⅲ-6-7）。



図Ⅲ-6-7 各事業地の夏緑広葉樹林の低木層・草本層における
植生保護柵内外の維管束植物種数の比較

エ 検証の評価

- シカによる強い食害を受けて下層植生が衰退している広葉樹林整備地では、植生保護柵の設置により、下層植生の被度が増加し（図Ⅲ-6-6）、維管束植物の出現種数が増加しており（図Ⅲ-6-7）、野生動物の生息環境を改善するための植生の再生拠点作りが進んでいる。

(4) 広葉樹林整備による土壌の保全・回復について

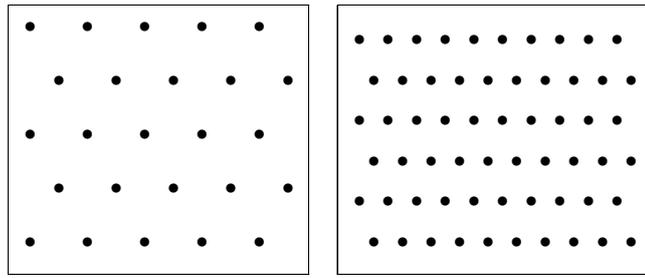
ア 下層植生衰退林分における不嗜好性樹種の植栽による表面侵食防止効果

(7) 検証目的

下層植生が消失し、表面侵食が発生している夏緑広葉樹林の事業整備地（養父市奥米地）を対象に、不嗜好性低木の植栽による表面侵食の抑制効果について検証する。

(イ) 検証方法

- コナラ林下に植栽密度が異なる3つの試験地（対照区：0本/100m²、低密度区：25本/100m²、高密度区：60本/100m²）と木柵工設置区を設け、年間土砂流出量の変化を測定した。植栽木（アセビ、シキミ、ミツマタ）の成長経過についても調査した。



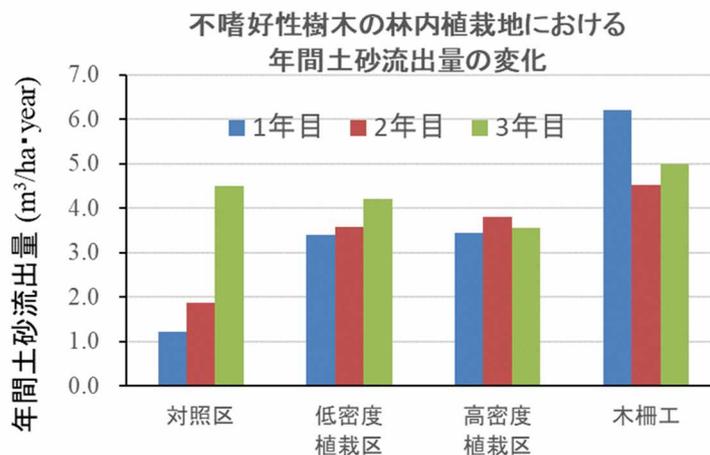
低密度区(25本/100m²) 高密度区(60本/100m²)
 図Ⅲ-6-8 植栽試験区の実験設定



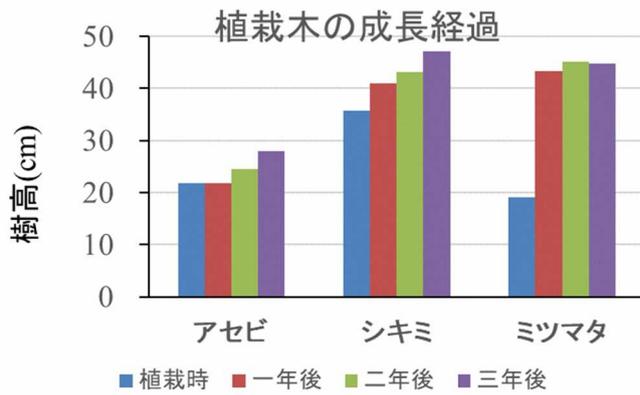
不嗜好性低木の高密度区の概観 (矢印の位置に植栽木)

(ウ) 検証結果

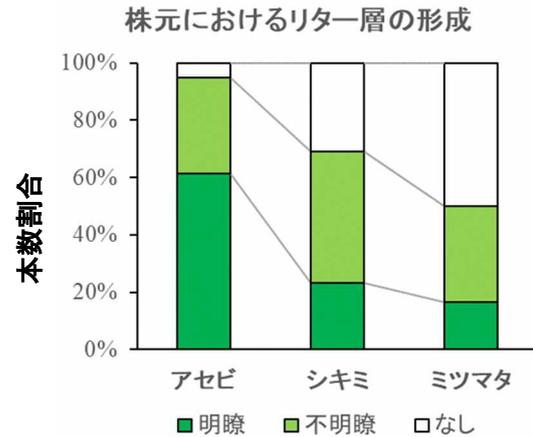
- 対照区では、3年目に年間土砂流出量がH30年西日本豪雨の影響で1年目の3.7倍まで増加したが、低密度植栽区では1.2倍、高密度植栽区では1.0倍、木柵工区では0.8倍の増加にとどまった(図Ⅲ-6-9)。
- 植栽木の樹高成長はミツマタ、シキミ、アセビの順でよかった(図Ⅲ-6-10)。一方、樹高成長の悪い樹種ほど、地這性の樹形をとることでリターを多く捕捉した(図Ⅲ-6-11)。



図Ⅲ-6-9 不嗜好性樹木の植栽試験地における年間土砂流出量の変化



図Ⅲ-6-10 植栽木の平均樹高の経年変化



図Ⅲ-6-11 植栽木の樹種別のリターの捕捉状況

(I) 検証の評価

- 不嗜好性低木を植栽した区では、対照区に比べて土砂流出量が抑制される効果が認められた。また、その傾向は高密度植栽区ほど顕著であった。一方で植栽木の成長は緩慢なため、土砂流出抑制効果がより発揮されるには、より長期的な経過が必要なものと推察された。



植栽したアセビのリター捕捉状況

イ 伐採跡荒廃地における植生保護柵の設置による表面侵食の防止効果

(7) 検証目的

シカの食害によって裸地化し、表面侵食が発生した伐採跡荒廃地の整備地（南あわじ市灘吉野）を対象に、植生保護柵の設置による表面侵食の抑制効果を検証した。

(1) 検証方法

- 伐採跡荒廃地に設置された植生保護柵の内側と外側（対照区）、隣接する未伐採林内の3試験区において、土砂受け箱を設置し、年間土砂流出量の変化を測定した（平成26年5月～）。



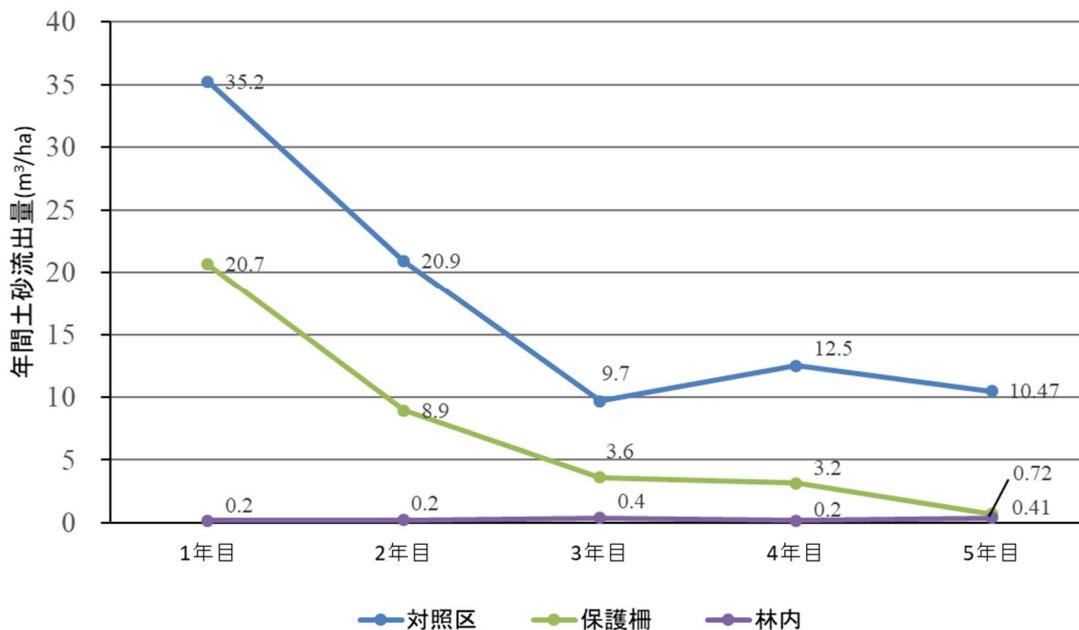
伐採跡荒廃地（南あわじ市灘吉野）の整備前の状況

整備後の土砂受け箱の設置状況（対照区）

(ウ) 検証結果

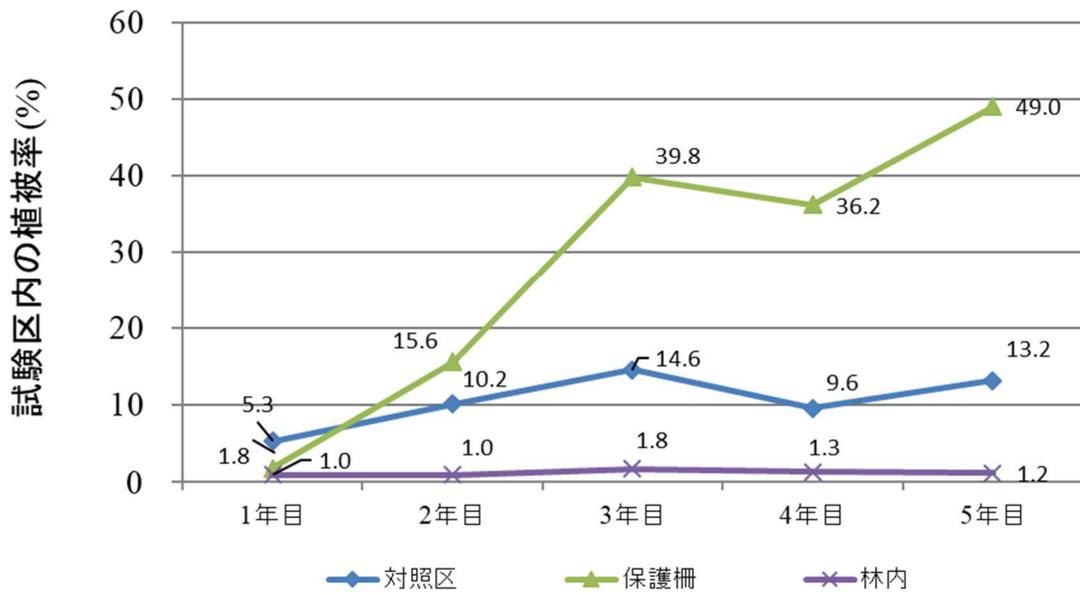
- 年間土砂流出量の減少率 $[(1\text{年目}-5\text{年目})/1\text{年目}\times 100\%]$ は、植生保護柵区で最も高く（96.5%）、次いで対照区（70.3%）、林内区（-106.8%）であった。
- 植生保護柵内の年間土砂流出量は、整備1年目は $20.7\text{m}^3/\text{ha}$ であったのが、整備5年目には $0.7\text{m}^3/\text{ha}$ まで減少した（図Ⅲ-6-12）。

灘吉野事業地における年間土砂流出量の変化



図Ⅲ-6-12 伐採跡荒廃地における整備後の試験区毎の年間土砂流出量の変化

- 整備後の5年間で、植生保護柵内の植被率が著しく増加した（1.8%→49.0%）。一方、対照区（5.3%→13.2%）の植被率の増加は緩やかであった。林内区ではほとんど変化しなかった（1.0%→1.2%）（図Ⅲ-6-13）。



図Ⅲ-6-13 伐採跡荒廃地における整備後の試験区毎の植被率の変化

(I) 検証の評価

- 伐採跡荒廃地の年間土砂流出量は、植被率の増加程度に応じて低下していった（図Ⅲ-6-12、13）。植被率が顕著に増加した植生保護柵内では、5年間で年間土砂流出量が $1\text{m}^3/\text{ha}$ 未満まで抑制された。一方、シカの食害を受ける植生保護柵外（対照区）では植被率の増加が緩やかであったため、土砂流出量の抑制は大きくは進まなかった。



伐採跡荒廃地（南あわじ市灘吉野）に設置された植生保護柵の1年目（左）と5年目（右）の状況

7 住民参画型森林整備

(1) 住民参画型森林整備事業に対する評価および事業実施による意識の変化

ア 検証目的

住民参画型森林整備（野生動物育成林整備型）を実施した集落を対象にアンケートを実施し、事業に対する評価や作業を通じた住民意識の変化を把握し、整備効果を検証する。

イ 検証方法

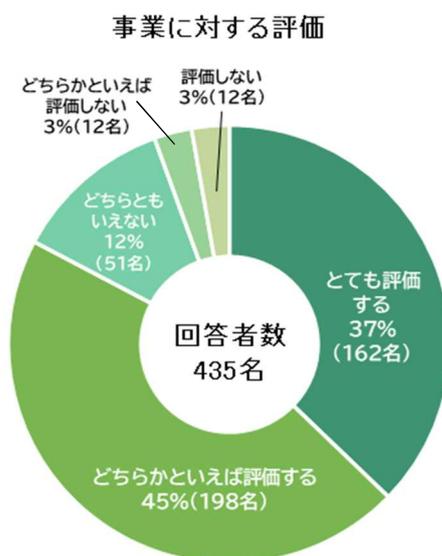
H25 年度以降、住民参画型森林整備（野生動物育成林整備型）を実施した 14 集落を対象に全戸アンケートを実施した。また、H26 年度以降に住民参画型森林整備（野生動物育成林整備型）を実施した 11 集落に対して、集落代表者に対する聞き取りおよびアンケート調査を実施した。

ウ 結果

(ア) 地域住民の事業評価について

a 事業に対する評価

全戸アンケートの結果、本整備の実施について 82%（とても評価する：37%、どちらかといえば評価する：45%の合計）の住民が肯定的な評価をした（図Ⅲ-7-1）。

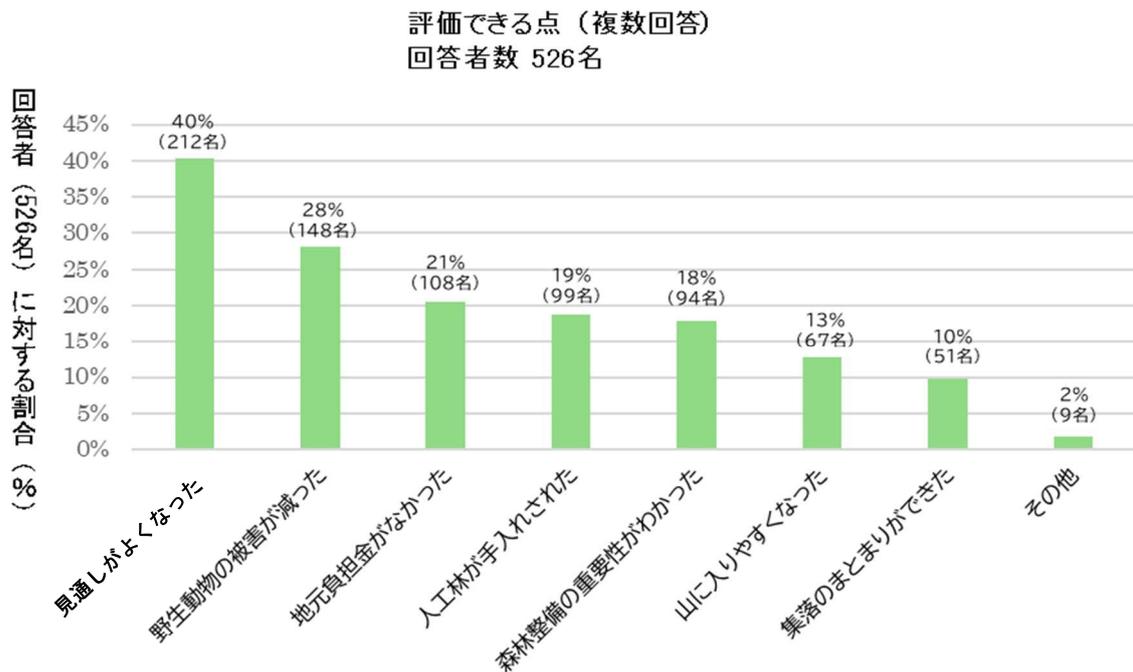


図Ⅲ-7-1 事業に対する評価

評価できる点について尋ねたところ（複数回答可）、「見通しがよくなった」が最も多く40%、次いで「野生動物の被害が減った」28%、「地元負担金がなかった」21%、「人工林が手入れされた」19%、「森林整備の重要性がわかった」18%、「山に入りやすくなった」13%、「集落のまとまりができた」10%、「その他」2%であった（図Ⅲ-7-2）。

評価できない点について尋ねたところ（複数回答可）。「作業が大変だった」が最も多く25%、次いで「野生動物の被害が減らなかった」

18%、「特にメリットが感じられなかった」12%、「その他」4%であった。



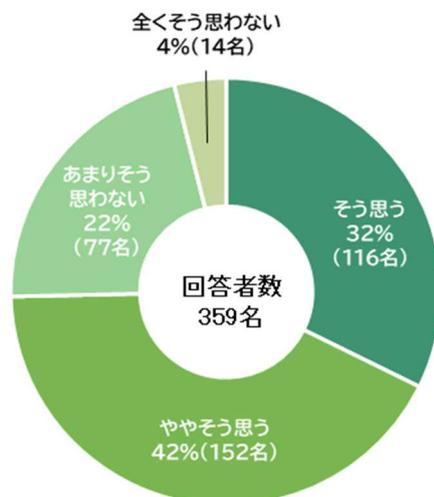
図Ⅲ-7-2 事業について評価できる点

b 森林整備への関心

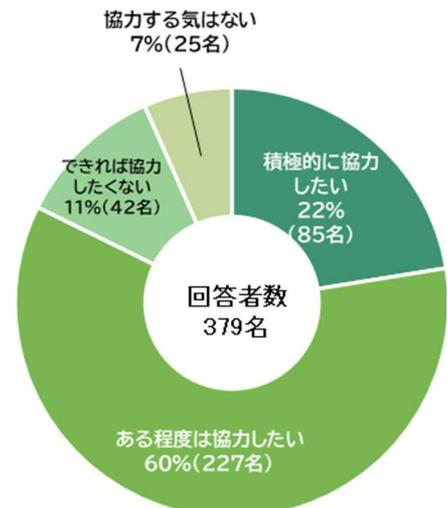
本整備の作業にかかわったことで、全体の74%の住民が「森林整備に関心を持つようになった」（そう思う：32%、ややそう思う：42%の合計）と回答した（図Ⅲ-7-3）。

また、82%の住民が「今後集落で森林整備が行われた場合協力したい」（積極的に協力したい：22%、ある程度は協力したい：60%の合計）と回答した（図Ⅲ-7-3）。

作業に関わったことで森林整備に関心を持つようになったか



今後集落の森林整備に協力しようと思うか



図Ⅲ-7-3 森林整備への関心

c 獣害の軽減について

本整備による獣害軽減効果について尋ねたところ、元々被害を受けていた農地を持つ住民のうち36%が本整備により「被害が減った」と回答した(図Ⅲ-7-4)。一方「変わらない」と回答した割合も高く60%であった。また、4%は「被害が増えた」と回答した(図Ⅲ-7-4)。

d 獣害対策の知識について

本整備による野生動物や獣害対策に関する知識の高まりについて尋ねたところ、全体の62%の住民が本整備により「知識が高まった」(そう思う:21%、どちらかといえばそう思う:41%の合計)と回答した(図Ⅲ-7-5)。

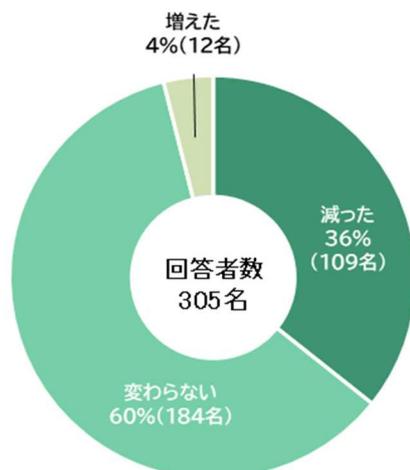
e 獣害対策に関する意欲の高まり

本整備による野生動物や獣害対策に関する意欲の高まりについて尋ねたところ、全体の47%の住民が本整備により「意欲が高まった」(そう思う:13%、どちらかといえばそう思う:34%の合計)と回答した(図Ⅲ-7-6)。

f 獣害対策への取組

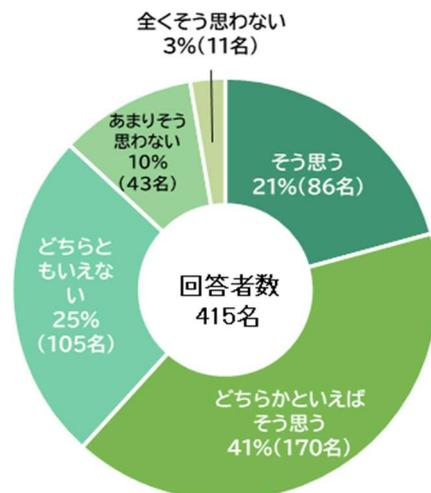
具体的に本整備がきっかけで、取り組むようになった獣害対策について尋ねたところ(複数回答可)、「防護柵の設置や維持管理」が最も多く31%であった。次いで「整備地の維持管理作業」15%、「野生動物の追い払い」11%、「森林の手入れ」10%、「不要果樹やひこばえなどの誘引物の除去」5%で多く、「特にない」という回答も29%あった(図Ⅲ-7-7)。

本事業により、あなたの農地で野生動物被害が減ったか



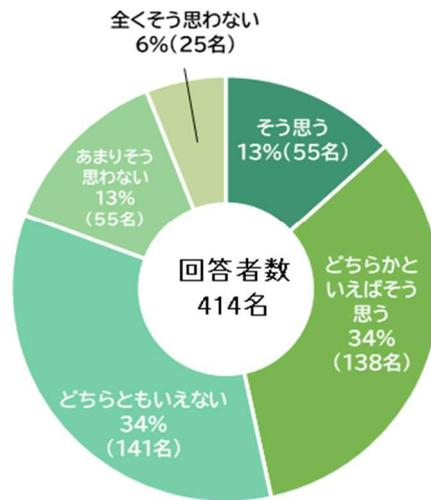
図Ⅲ-7-4 野生動物被害の変化

本事業が行われたことで野生動物や対策知識が高まったか



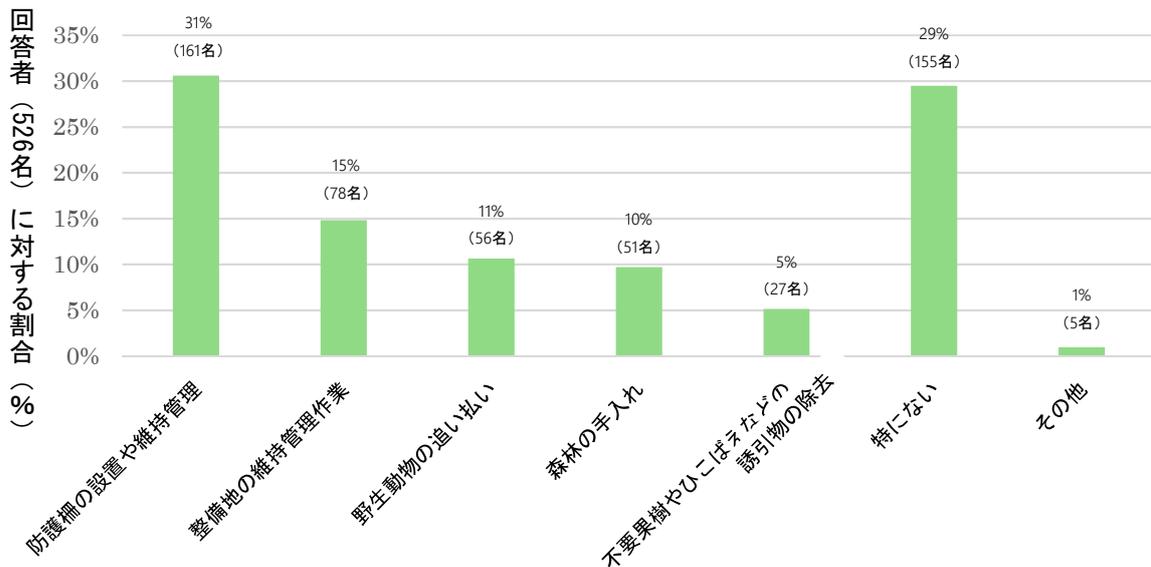
図Ⅲ-7-5 獣害の知識

本事業により、獣害対策に対する知識や技術を身に付けたい意欲が高まったか



図Ⅲ-7-6 獣害対策等に関する意欲

本事業がきっかけで、取り組むようになった獣害対策は？（複数回答）
回答者数 526名



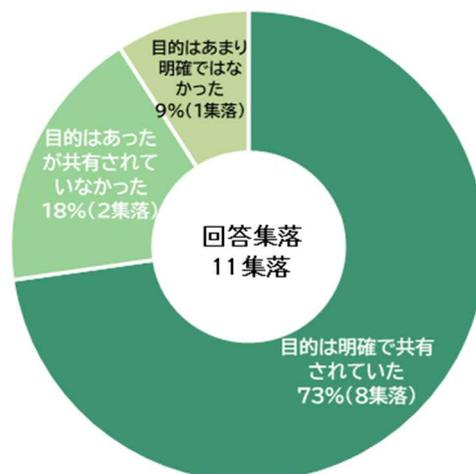
図Ⅲ-7-7 獣害対策への取り組み

(イ) 集落代表者の認識について

a 事業前の目的やねらいの明確性

11集落の代表者に対して、本整備による事業前の目的やねらいについて尋ねたところ、「目的は明確で共有されていた」が最も多く8集落（73%）あった。次いで「目的はあったが共有されていなかった」が2集落（18%）、「目的はあまり明確ではなかった」が1集落（9%）あった（図Ⅲ-7-8）。

事業前の目的やねらいの明確性

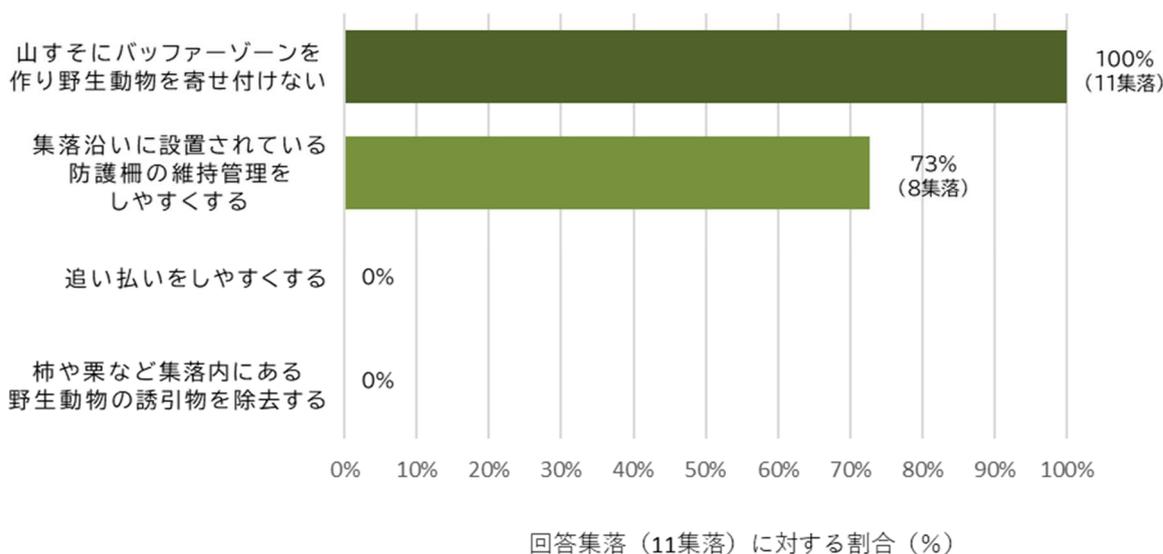


図Ⅲ-7-8 事業前の目的やねらいの明確性

b 事業目的の内容について

集落の代表者に対して、本整備による事業の目的について尋ねたところ、11集落すべてにおいて「山すそにバッファゾーンを作り野生動物を寄せ付けない」を目的にしていた。次いで「集落沿いに設置されている防護柵の維持管理をしやすいとする」が8集落（73%）であった。平成26年度以降に整備した集落では「追い払いをしやすいとする」、「柿や栗など集落内にある野生動物の誘引物を除去する」の目的はなかった（図Ⅲ-7-9）。

事業の目的（複数回答） 回答集落 11集落

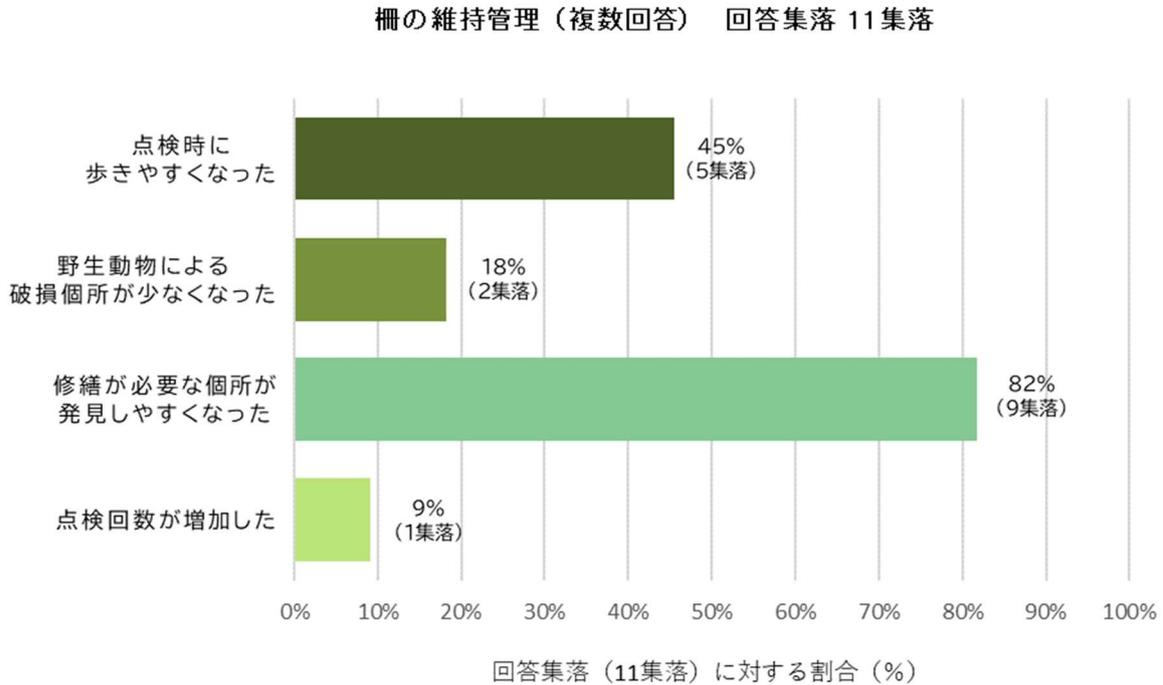


図Ⅲ-7-9 事業の目的

c 柵の維持管理上の効果

集落の代表者に対して、本整備後の柵の維持管理における効果につ

いて尋ねたところ、「修繕が必要な場所が発見しやすくなった」が9集落(82%)あった。次いで「点検時に歩きやすくなった」が5集落(46%)、「野生動物による破損個所が少なくなった」が2集落(19%)、「点検回数が増加した」が1集落(9%)であった(図Ⅲ-7-10)。



図Ⅲ-7-10 柵の維持管理

(ウ) 事業の効果に影響を与える要因について

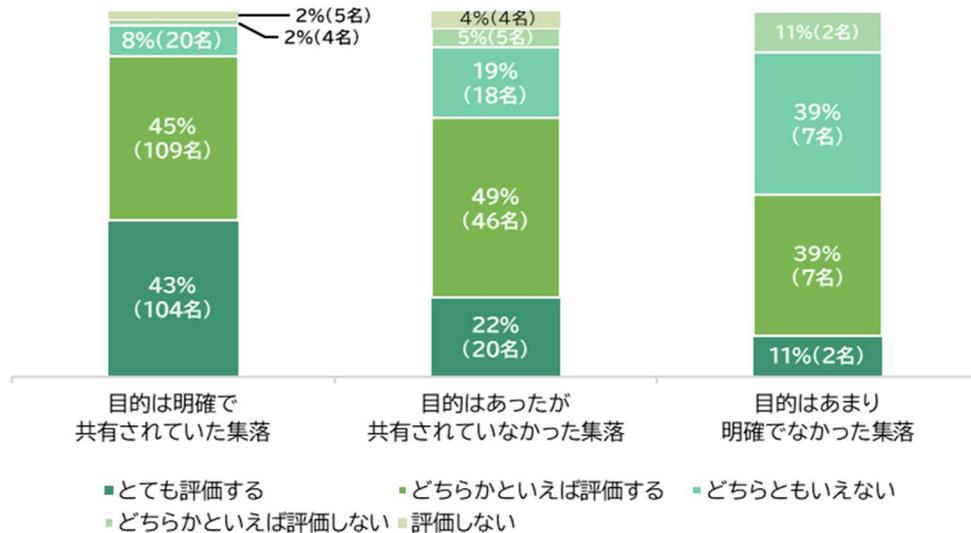
a 整備目的の明確性と住民の評価

代表者アンケートでの回答を元に、対象集落を3つのグループ（「事業目的が明確で共有されていた集落（8集落）」「目的はあったが共有されていなかった集落（2集落）」「目的はあまり明確でなかった集落（1集落）」）に分け、整備目的の明確性の違いによる住民評価の差異について検討した。

(a) 事業評価について

本整備に対する肯定的な評価をした住民の割合について、「事業目的が明確で共有されていた集落」が最も高く 88%（とても評価する：43%、どちらかといえば評価する：45%の合計）、次いで「目的はあったが共有されていなかった集落」が 71%（とても評価する：22%、どちらかといえば評価する：49%の合計）、「目的はあまり明確でなかった集落」が 50%（とても評価する：11%、どちらかといえば評価する：39%の合計）であった(図Ⅲ-7-11)。

整備目的の明確性と住民の事業評価

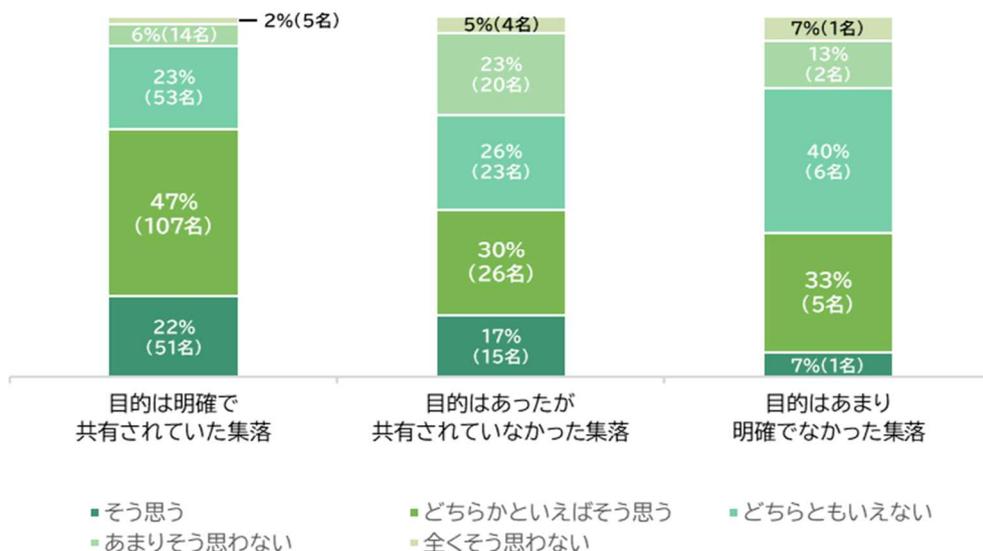


図Ⅲ-7-11 整備目的の明確性（代表者アンケートによる）と住民の事業評価（全戸アンケートによる）の関係

(b) 野生動物や対策に対する知識の高まりについて

本整備を実施したことによる住民の対策知識の向上について肯定的な評価をした人の割合は、「事業目的が明確で共有されていた集落」が最も高く69%（そう思う：22%、どちらかといえばそう思う：47%の合計）、次いで「目的はあったが共有されていなかった集落」が47%（そう思う：17%、どちらかといえばそう思う：30%の合計）、「目的はあまり明確でなかった集落」が40%（とても評価する：7%、どちらかといえば評価する：33%の合計）であった（図Ⅲ-7-12）。

本事業が行われたことで野生動物や対策について知識が高まったか？



図Ⅲ-7-12 整備目的の明確性（代表者アンケートによる）と住民の対策知識の向上（全戸アンケートによる）の関係

(c) 農地における被害の変化

本整備を実施したことによる被害の変化について、「減少した」と回答した人の割合は、「事業目的が明確で共有されていた集落」と「目的はあったが共有されていなかった集落」が同率で 38% だったのに対し、「目的はあまり明確でなかった集落」が 20% と低く、増加した人の割合も他のグループと比較して高かった (13%) (図 III-7-13)。

整備目的の明確性と農地での被害の変化

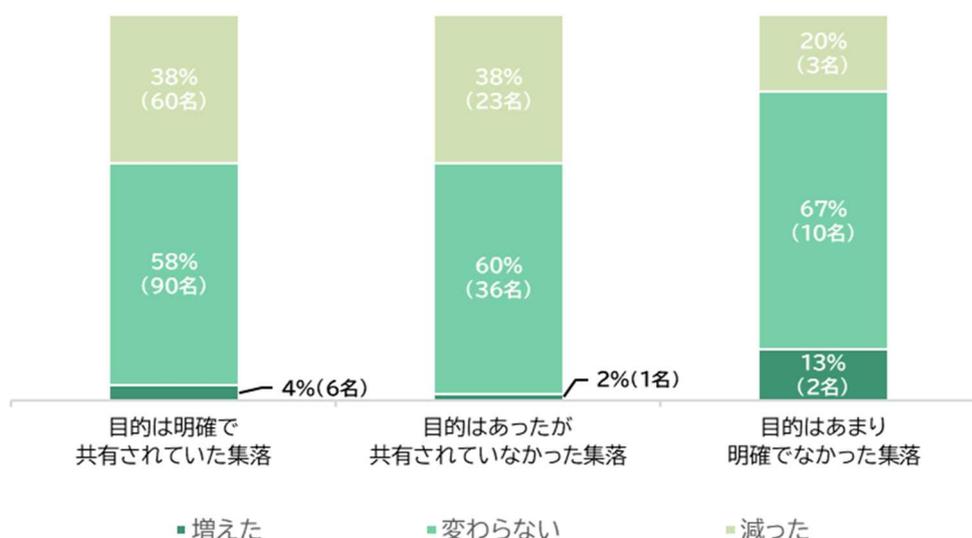


図 III-7-13 整備目的の明確性 (代表者アンケートによる) と農地被害の変化 (全戸アンケートによる) の関係

エ 検証の評価

- (ア) 本整備の実施について 82%の住民が評価し、整備効果が上がっている。
- (イ) 住民自らの参画を促すことにより「森林整備への関心」「森林整備への協力」「獣害対策の知識」「獣害対策の意欲」が向上した。
- (ウ) 多くの集落では 事業前に目的やねらいが共有されており、そのほとんどは「バッファゾーンを作る」 ことに加えて、「防護柵の維持管理をしやすい」ことであった。
- (エ) 主な目的である「防護柵の維持管理」 について、具体的には、主に「修繕が必要な箇所が発見しやすくなった」「点検時に歩きやすくなった」 効果が得られた。
- (オ) 「整備目的が明確で共有されていた集落」と比べて、「目的が共有されていなかった集落」、「目的が明確でなかった集落」は「事業評価」や「知識の向上」に対する住民評価が低い。

効果的な獣害軽減対策を行うためには、事業導入にあたり、整備目的の明確化と住民全体による共有の重要性が示唆された。

オ 今後に向けて

事業効果を高めるためには、整備目的の明確化と住民間での共有が重要である。

そのためには、事業においてバッファゾーンを作ることが、「防護柵の修繕箇所が発見しやすくなる」、「点検時に歩きやすくなる」などの効果を生み出すことを、住民に理解してもらうことが必要である。

また、これらの効果を住民に具体的なイメージとして伝えるために、県及び市町職員による事前の説明方法を工夫することが重要であると考えられる。

(2) 住民参画型森林整備（里山防災林型・放置竹林型）の導入効果の検証

ア 検証目的

住民参画型森林整備のうち里山防災林型・放置竹林型を実施した集落を対象に、住民の取組状況や意識について調査し、本事業の導入効果と課題を検証する。

イ 検証方法（令和2年2月）

住民参画型森林整備のうち里山防災林型又は放置竹林型を実施した4集落（H29・30年度実施）の代表者等に対し、整備目的と取り組みの効果について聞き取り調査を行うとともに、事業に参加した住民に対し、事業の評価についてアンケート調査を実施した。

表Ⅲ-7-1 各調査地の構成人数と主な事業目的

区分	番号	調査地	構成人数	主な実施目的
里山防災林型	①	市川町西田中	18	集落裏山の高木伐採、管理歩道の整備
	②	姫路市石倉	20	荒廃森林の整備、広葉樹の植栽
	③	神戸市西区神出町	36	危険木の伐採、管理歩道の整備
放置竹林型	④	姫路市白国	7	荒廃した放置竹林の整備

ウ 結果

(7) 聞き取り調査の結果

- ・住民による森林整備の取り組みが進み、防災面での機能が向上した。
- ・事業での森林整備活動を契機に、集落裏山の整備や森林の活用に対する住民意識が向上した。
- ・管理歩道を整備した結果、裏山に入りやすくなり、住民が集落裏山の整備や活用を行う機会が増加した。

① 市川町西田中

- ・裏山の高木を伐採し、広葉樹の植栽や管理歩道の整備を実施したことで、周辺の森林の安全が確保されるとともに、住民参画による森林整備意欲が向上した。



植栽した広葉樹(サクラ・カエデ)



整備した管理歩道と丸太の階段

② 姫路市石倉

- ・地元管理の公園に隣接する、放置された人工林と広葉樹林を伐採して広葉樹を植栽したことで愛着が生まれ、森林整備活動への意欲が向上した。



広葉樹植栽（左：コナラ、右：センダン）

③ 神戸市西区神出町

- ・集落裏山の管理歩道が倒木により通れなくなっていたが、管理歩道と周辺森林の整備を行ったことで、森林の利用者が増加し、森林整備意欲が向上した。



森林の整備



整備後の状況

④ 姫路市白国

- ・放置され荒廃し、集落へ侵入する恐れがあった竹林を整備したことで、住民の竹林整備に対する意欲が向上するとともに、竹垣や門松の材料を採取するなど、竹林の利用につながった。



伐採し立ち入り可能となった竹林

(イ) アンケート調査の結果

アンケートは聞き取り調査を行った4集落において行い、総回答者数は94名であった。

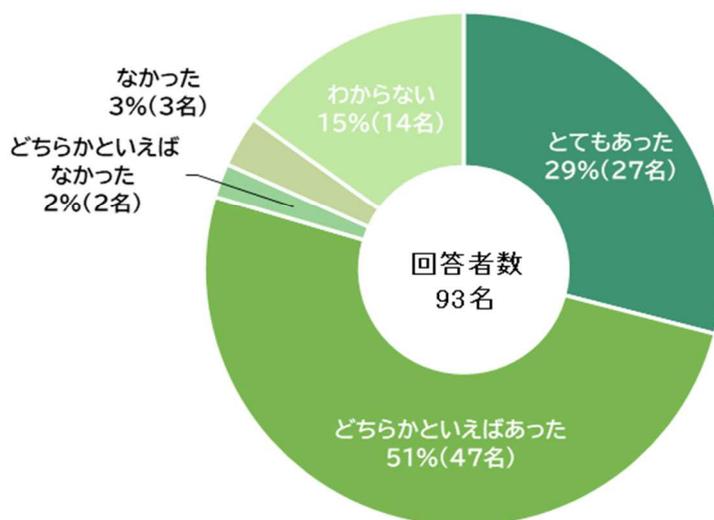
調査結果に記載した割合(%)は総回答者数に対するものとし、グラフ中に回答者数を明記した。

また、複数回答による設問については、総回答者数に対する割合(%)を示した。

a 事業に対する評価

本事業による森林整備の効果については、80%の住民(とてもあった:29%、どちらかといえばあった51%の合計)が肯定的な評価をした(図Ⅲ-7-14)。

【住民参画型森林整備】が実施されて、森林整備の効果はありましたか

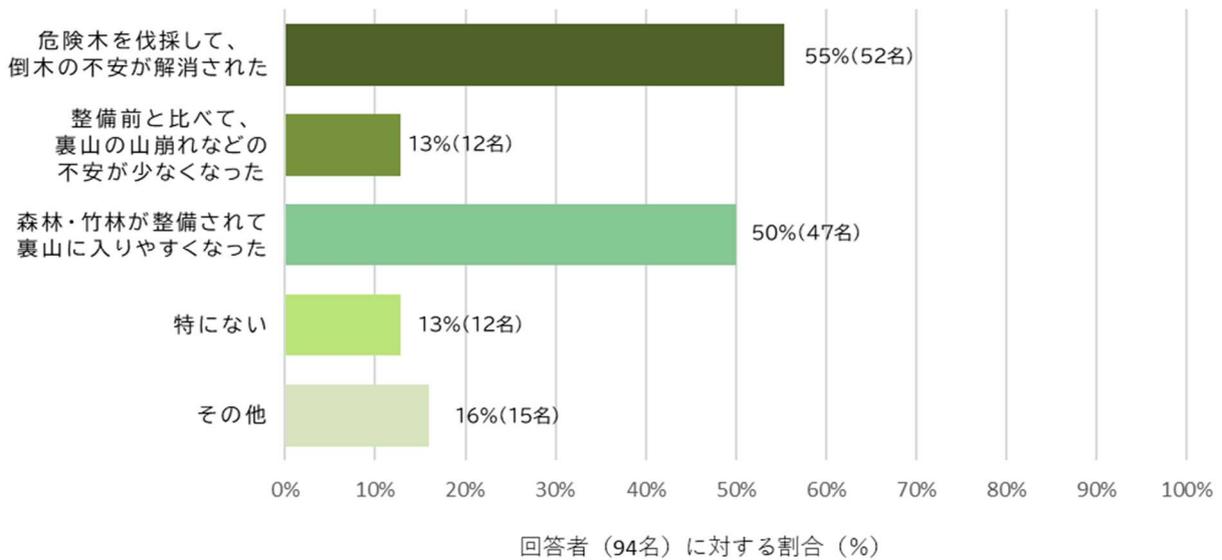


図Ⅲ-7-14 事業に対する評価

b 事業の効果

効果について尋ねたところ(複数回答可)、「危険木を伐採して倒木の不安が解消された」が最も多く52名、次いで「裏山に入りやすくなった」47名、その他として「森林の状況がわかった」「親しみがわいた」等の意見があった(図Ⅲ-7-15)。

【住民参画型森林整備】が実施されて、どのような効果がありましたか（複数回答可）
回答者数 94名



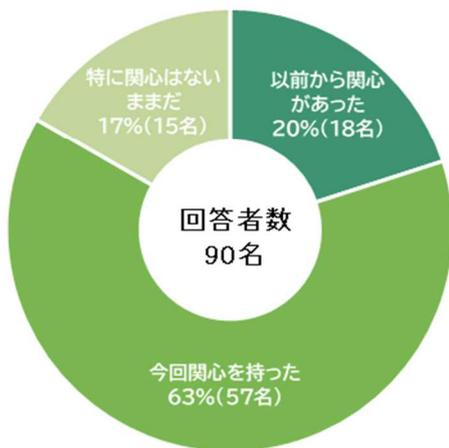
図Ⅲ-7-15 事業の効果

c 森林整備への関心

20%の住民が「以前から関心があった」と回答し、63%の住民が、本事業にかかわったことで「今回関心を持った」と回答した（図Ⅲ-7-16）。これらと合わせると、83%の住民が本事業により森林整備への関心をもった。

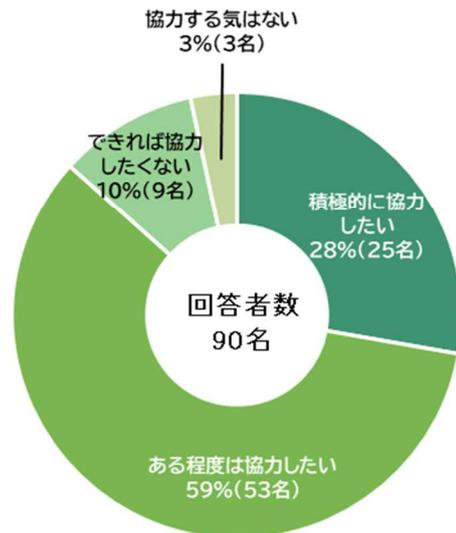
また、87%の住民が「今後集落で森林整備活動が開催された場合協力したい」（積極的に協力したい：28%、ある程度は協力したい：59%の合計）と回答した（図Ⅲ-7-17）。

本事業に関わったことで、あなたは集落裏山の森林整備について関心を持つようになりましたか



図Ⅲ-7-16 森林整備に対する関心

今後、集落で森林整備活動が開催された際に、あなたは協力しようと思いませんか



図Ⅲ-7-17 今後の協力に対する意向

エ 検証の評価

- (ア) 80%の住民が本事業による森林整備について肯定的に評価した。
- (イ) 83%の住民が事業の実施により森林整備への関心を持った。
- (ウ) 87%の住民が「今後の森林整備活動に協力したい」と回答した。

これらのことから、事業での森林整備活動を契機に、集落裏山の整備や活用に対する意識が向上し、その後の森林整備の取組が継続して進み、防災面での機能が向上したことが分かった。

オ 今後に向けて

今回、調査を行った集落では、整備手法について市役所等に相談し、助言を得て森林整備計画を立て、事業に取り組んでいた。その結果、住民の森林整備意欲が高まり、事業完了後も継続的に整備を実施していた。

事業効果をより高めるためには、事業地を含めた集落裏山を住民自らが継続的に整備していくことが重要である。

そのためには、県及び市町の技術職員が、住民の意向や事業地の状況に応じた整備内容を助言し、住民自らが創意工夫して整備方針を作成することが継続的な森林整備につながると考えられる。

8 都市山防災林整備

都市山とは：都市に隣接する山地のこと。生物多様性保全、防災などの環境機能、学習、レクリエーション、観光などの文化機能を果たす役割が重要であり、例えば六甲山などの「都市山」においては減災機能を重視した目標林設定を進めるべきである（服部 2007、2018 を一部改変）。

(1) 樹木の本数調整伐による地上部成長と根系成長

ア 検証目的

樹木を本数調整伐すると、地上部が成長することは、P22 3 - (2) でも明らかになっているが、それに伴って表層崩壊防止力に寄与する根系の成長がどのようなになっているかは不明である。

本数調整伐が行われた樹木の地上部成長と地下部成長について調査する。

イ 調査方法（期間：平成 31 年 6 月～令和 2 年 3 月）

a：スギ林調査

- P22 3 - (2) で調査した、伐採整備後 23 年が経過したスギ林において、根系を採取し根系の年輪を解析することで、地下部の成長と本数調整伐の関係を明らかにする（整備区、対照区それぞれ 3 個体 2 サンプルずつ（整備区：6、対照区 6））。

b：コナラ林調査

- コナラの胸高直径成長と根径成長の関係を調査するため、神戸市北区唐櫃のコナラ林に、①コナラの周囲の木を伐採した区（整備区）、②本数調整伐をしない区（対照区）の 2 区を設定し、それぞれの区からコナラ個体を選び（整備区 5 個体、対照区 3 個体）、1 個体あたり 3 本程度の根の周囲長（太さ）を測定する（図Ⅲ-8-1）。
- 測定時期は、本数調整伐直前と、本数調整伐後 1 年経過時であり、同じ位置を測定するようにした。



図Ⅲ-8-1 コナラ根系の周囲長調査の状況

ウ 検証結果

(7) 調査結果

a : スギ林調査

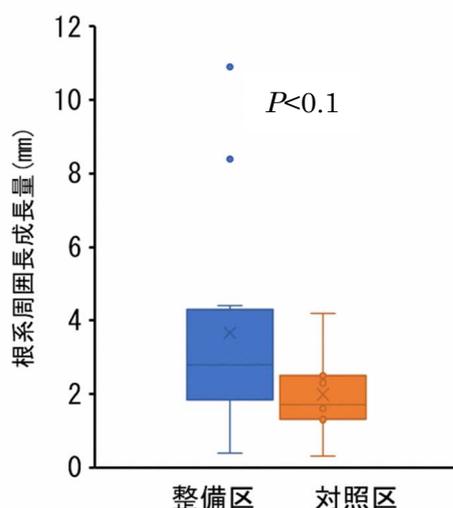
- 伐採整備後 23 年が経過した神河町峰山のスギ林において、地上部の胸高直径成長 (P22 図Ⅲ-3-5) と根系の年輪成長について関係の有無を調べたところ、本数調整伐を行うことで地上部とともに地下部も成長することがわかった (表Ⅲ-8-1)。

表Ⅲ-8-1 整備の有無によるスギ根系の年輪成長

	スギ根の平均年輪成長 (mm)		
	整備前 (5 年間)	整備後 0-10 年	整備後 11-23 年
対照	3.0	2.0	0.8
整備	2.7	2.9	1.9
	有意差なし (P=0.5)	P<0.001	P<0.001

b : コナラ林調査

- 本数調整伐後 1 年が経過したコナラの根の周囲長成長は、整備区で大きい傾向が見られた (図Ⅲ-8-2)。
- このことから、コナラ林で本数調整伐を行い、適度に抜き切りを行うことで、根の成長が促され、根系の土壌緊縛力が増大する傾向があることが示唆された。



図Ⅲ-8-2 コナラ整備後の根の周囲長の成長

(1) 検証の評価

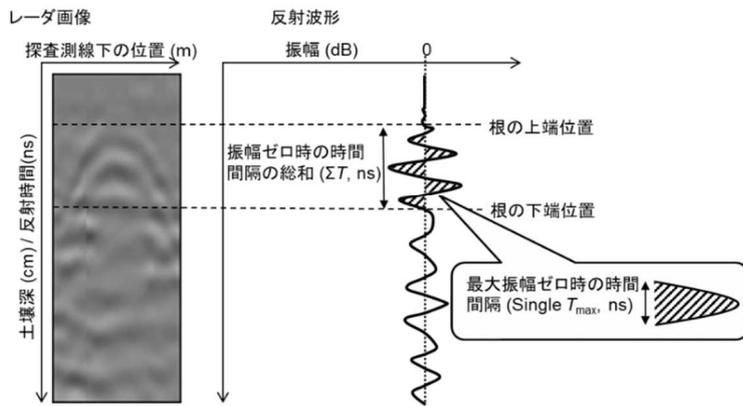
- スギもコナラも整備を行うことで根系の肥大成長が見込めるため (表Ⅲ-8-1、図Ⅲ-8-2)、本数調整伐による崩壊防止力の増加が見込める。

◆トピックス◆ 非破壊で面的に根系調査をする方法の検討

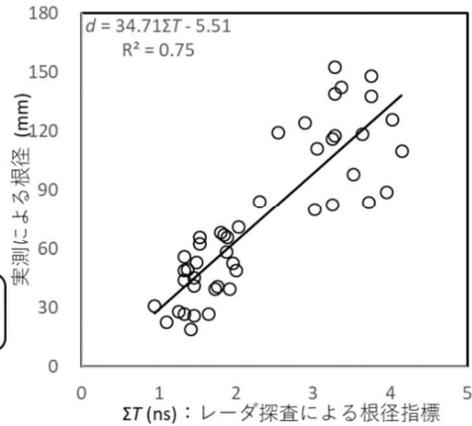
- 非破壊でかつ面的に根系の経年変化が取得できる地中レーダ法（図Ⅲ-8-3）※を検討。
- 地中レーダ法により非破壊的に根系の位置及び太さを測定することが可能であることがわかった（図Ⅲ-8-4）。

※地中レーダ法

高周波の電磁波を地中に向けて放射し、地中の対象物より跳ね返ってくる反射波を測定することによって、地中の様子を非破壊的に探査する方法。地中の水道管や、遺跡の非破壊的探査に利用される。近年、地中の根系調査への利用研究が進められている。地中根系に関しては、その深さなどの位置情報だけでなく、根の太さも測定できることが明らかになっており、レーダの反射波形から読み取る振幅がゼロの時の時間間隔の総和（ ΣT ）が根径指標となる（図Ⅲ-8-3）。



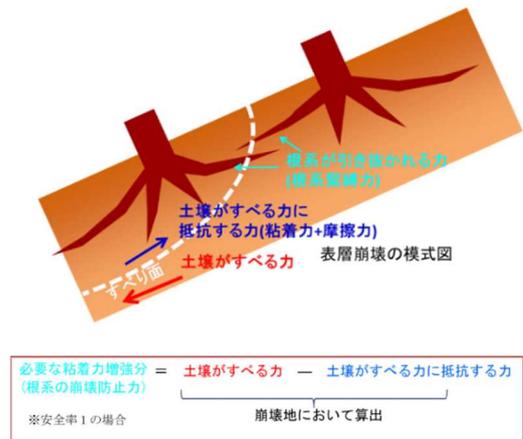
図Ⅲ-8-3 レーダ波形と根径指標（ ΣT ）の関係



図Ⅲ-8-4 根径指標（ ΣT ）と実測根径
(Yamase et al., 2018 一部改変)

◆トピックス◆ 崩壊防止に必要な根系量の検討

- 森林整備で目指す根系の崩壊防止力の目安を明らかにするため、斜面の根系量と崩壊の関係性を下記のような方法で検討している。
- 崩壊林分とそれに隣接する未崩壊地林分における根系量の違いを検討する方法。
- 樹木根系の崩壊防止力は、土壌の崩壊防止力に加えられる、粘着力増強分として発揮するため、既崩壊地における安全率が1以上となるのに必要な粘着力増強分を算出する方法。
- データを積み重ね、検討を続ける



図Ⅲ-8-5 崩壊防止に必要な根系量を算出するための考え方

(2) 広葉樹の大径木化による倒れやすさの比較

ア 検証目的

「都市山」において減災機能を重視した目標林設定を進めるため、広葉樹が大径木化することで倒れやすくなり、それに起因して崩壊等の発生源となる危険性が高くなるとの仮説のもと、広葉樹大径木化の危険性について検討を行う。

イ 調査方法（期間：平成 29 年 12 月～平成 31 年 2 月）

- 平成 29 年 10 月の強風※によって発生した、六甲山系一帯での風倒木状況を踏査した。特に、風倒木被害が集中した神戸市中央区再度谷（全長約 600 m、幅約 20 m の区域）での風倒木の特徴について、胸高直径 20 cm 以上の樹木種を対象に、種名と胸高直径、立木位置周辺の土壌深の測定（長谷川式土壌貫入計による）を実施した。

※最大瞬間風速 45.9 m（神戸地方气象台、平成 29 年 10 月 23 日 0 時 33 分）

ウ 検証結果

(7) 調査結果

- アカガシの風倒木が集中した区域のアカガシの風倒木割合は、29.9%であった。
一方、同所的に生育しているスギやイロハモミジに倒木はみられなかった（表Ⅲ-8-2）。
- 風倒したアカガシの胸高直径は、健全木より有意に大きくなった。一方、土壌深による差はみられなかった（表Ⅲ-8-3）。以上のことから、アカガシの大径木化は風倒の一因と考えられた。

表Ⅲ-8-2 樹種別の風倒木割合

樹種	調査本数	胸高直径 (cm)	風倒本数
アカガシ	67	34.6	20
スギ	15	34.3	0
イロハモミジ	3	35.1	0

表Ⅲ-8-3 アカガシの健全木と風倒木の比較

	健全木	風倒木	P 値
胸高直径 (cm)	32.8 ± 8.8	39.0 ± 7.8	< 0.05
土壌深 (cm)	41.8 ± 10.9	48.0 ± 14.5	0.08

(イ) 検証の評価

- アカガシの大径木は倒木する恐れがあるため、登山道沿いなどのアカガシ個体のうち太い個体は伐採し、樹高を低くすることが望まれる。