

災害に強い森づくり  
事業検証報告書 2020  
(案)

令和2年(2020)  
兵庫県



# 目 次

## I 「災害に強い森づくり（第3期対策）」の導入の経緯

- 1 平成26年8月豪雨災害の状況 …………… 1
- 2 「災害に強い森づくり」の課題と取組 …………… 4

## II 事業検証の方針

- 1 事業検証委員会における検討 …………… 7
- 2 各事業の目標とする機能と主な調査項目 …………… 9

## 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 1
- 2 緊急防災林整備（斜面对策） …………… 1 3
- 3 緊急防災林整備（溪流対策） …………… 1 9
- 4 針葉樹林と広葉樹林の混交整備 …………… 2 4
- 5 里山防災林整備 …………… 3 0
- 6 野生動物共生林整備 …………… 4 0
- 7 住民参画型森林整備 …………… 5 1
- 8 都市山防災林整備 …………… 6 4

## IV 事業評価

- 1 数量的評価 …………… 6 8
- 2 経済的評価 …………… 7 3
- 3 経済波及効果 …………… 7 7

## V 「災害に強い森づくりの新たな展開」に向けた提言

- 1 背 景 …………… 7 9
- 2 近年の豪雨等の多発化などの課題 …………… 7 9
- 3 提 言 …………… 8 1

## 参考資料

- 1 「災害に強い森づくり（第3期対策）」の実績
- 2 「災害に強い森づくり（第1期対策）」の導入の経緯
- 3 「災害に強い森づくり（第2期対策）」の導入の経緯
- 4 「災害緩衝林整備方針の手引き」
- 5 SDGsについて
- 6 引用文献・参考文献

後日添付予定

# I 「災害に強い森づくり（第3期対策）」の導入の経緯

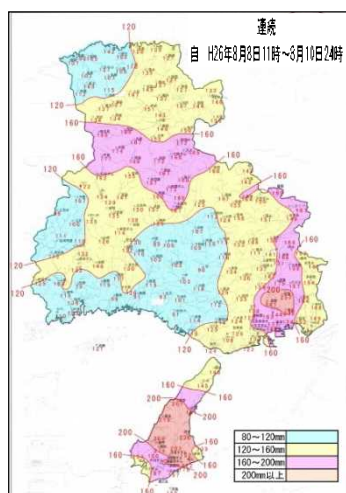
## 1 平成26年8月豪雨災害の状況

### (1) 平成26年台風第11号による被害

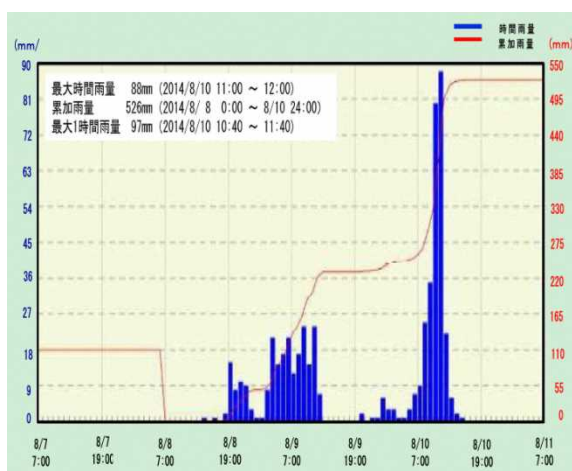
#### ア 降雨の状況

平成26年8月8日から10日にかけて台風第11号の影響で、神戸・淡路・阪神地域では断続的に雨が降り、神戸市北区有馬町では時間最大雨量88mm、累加雨量526mmを観測した。

今回の台風は、六甲山系の北東側で雨量が多く、局地的には昭和42年災害（24時間最大319.4mm、時間最大75.8mm）の雨量を上回った。



図VI-1-1 等雨量曲線図（連続雨量）



図VI-1-2 8月8～10日にかけての時間降水量（観測所：有馬川 国土交通省）

#### イ 住家被害状況

この大雨の影響により、神戸・淡路・阪神地域を中心に、家屋の全半壊が3棟、床上・床下浸水が526棟など大きな被害が発生した。

表VI-1-1 兵庫県内の住家被害（単位：戸）

全壊	半壊	一部損壊			計
		一部損壊	床上浸水	床下浸水	
2	1	139	33	354	529

※戸数はH26.8.20現在（兵庫県記者発表）

住家とは、現実に居住のために使用している建物とする

#### ウ 山地災害の発生状況

六甲山系を中心に新たに268箇所では崩壊が発生した。そのうち1,000㎡以上の崩壊は42箇所であった（国土交通省 六甲砂防事務所調査）。

地域的には、雨量が多かった六甲山系の北東側（裏六甲地域）に崩壊が集中した。





道路の崩落状況  
(神戸市北区有馬町)



急峻な斜面の崩壊状況  
(神戸市北区有野町)



人家への土砂流出状況  
(神戸市北区山田町 六甲砂防事務所撮影)



砂防ダムに堆積した流木  
(神戸市北区有野町 六甲砂防事務所撮影)

【台風 11 号災害の特徴】

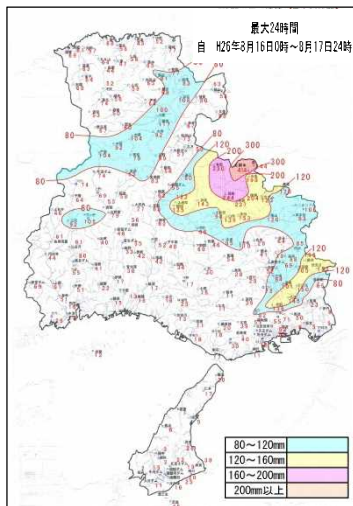
- ①花崗岩地帯で山腹崩壊が多く発生
- ②過密で立木の成長の悪い林分の急峻な斜面において崩壊が発生
- ③谷筋の斜面崩壊により流木と土砂が流出

(平成 26 年 10 月 21 日 「災害に強い森づくり」 検証委員会現地調査より)

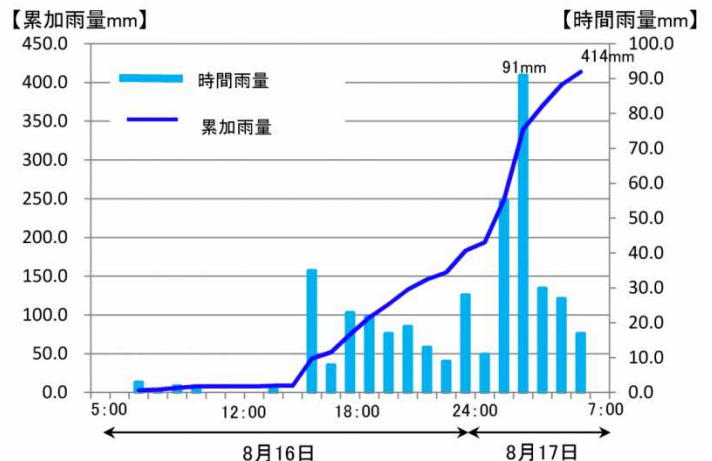
(2) 平成 26 年 8 月 16 日からの大雨による被害

ア 降雨の状況

平成 26 年 8 月 16 日から 17 日にかけて西日本に停滞する前線上の影響で、兵庫県では丹波市を中心に大雨となり、丹波市市島町では最大時間雨量 91mm、最大 24 時間雨量 414mm を観測した。



図VI-2-1 等雨量曲線図 (最大 24 時間雨量)



図VI-2-2 8月16～17日にかけての時間降水量 (観測所: 北岡本 国土交通省)

## イ 人的被害と住家被害状況

この大雨の影響により、丹波市内では死者が1名、負傷者が4名、家屋の全半壊が69棟、床上・床下浸水が954棟など甚大な被害が発生した。

表VI-2-1 丹波市内の住家被害

(単位：戸)

全 壊	大規模 半 壊	半 壊	一部損壊			計
			一部損壊	床上浸水	床下浸水	
18	9	42	1	169	784	1,023

※戸数はH27.1.16現在（丹波市記者発表）、住家とは、現実に居住のために使用している建物とする

## ウ 山地災害の発生状況

丹波市市島町を中心に、人家に影響する104箇所での山地災害が確認された。

今回の災害では、24時間雨量が400mmを超えたうえ、時間当たり91mmの猛烈な雨が降ったことによって、人家裏や谷頭部の凹型斜面で多数の山腹崩壊が発生し、山裾の人家に大きな被害を与えた。また、山腹崩壊土砂が溪流の立木を巻き込み流下し、河道埋塞を引き起こしたことにより、下流の人家や農地等の被害が拡大することとなった。



谷頭部の凹型斜面で多発した崩壊  
(丹波市市島町前山川流域 国土地理院撮影)



流木と土砂による家屋の被害状況  
(丹波市市島町上竹田)



土砂流出による河道埋塞状況  
(丹波市市島町徳尾)



護岸侵食による路側崩落状況  
(丹波市市島町上鴨坂)

### 【平成26年8月16日からの大雨による災害の特徴】

- ①凹型斜面（谷地形）の崩壊により大量の流木・土砂が流出し、山裾の人家が被災
- ②流木・土砂が河川に堆積し埋塞したため、溢水により下流の人家や農地等の被害が拡大
- ③河川の流下能力不足等により河岸が侵食されたため、道路や周辺農地等の被害が拡大

(平成26年8月豪雨災害の復旧・復興計画 平成27年4月 災害復興室より)

## 2 「災害に強い森づくり」の課題と取組

平成16年の台風災害を踏まえ、森林の防災面での機能強化を早期・確実に進めるため、「県民緑税（18年度導入）」を活用した「災害に強い森づくり（第1期対策 H18～H22年度）」を推進してきた。

これまでの取組効果に加え、平成21年台風9号災害等における谷筋の立木の流出など新たな課題への対応が必要になったため、平成23年度から県民緑税の課税期間を5年間延長し、溪流対策など内容を拡充した「災害に強い森づくり（第2期対策）」を計画的に推進している。

これらの取組の結果、平成26年8月豪雨時も、被害の大きかった丹波地域等の災害に強い森づくり事業整備地では、下流集落への流木、土砂流出を防止するなど被害は軽微で、凶らずもその効果が実証されたものの、新たな課題も浮かび上がってきた。

予測が極めて難しい災害に備えるため、森林の防災機能を一層強化していくことの重要性は増すばかりで、森林の有する多様な機能の向上を図り、安全・安心な県土づくりを進めることが求められた。

### (1) 平成26年8月豪雨災害の教訓

区 分	内 容
緊急防災林整備	<ul style="list-style-type: none"> <li>○既整備地での被害は軽微（面積崩壊率0.15%）で、整備効果を発揮</li> <li>○危険溪流沿いの森林の防災機能強化が必要               <ul style="list-style-type: none"> <li>・勾配が15度未満の溪流でも、谷上流にある30度以上の凹型斜面の崩壊により、溪流沿いの脆弱な人工林の立木が土石流とともに流下したため、流木災害が発生</li> </ul> </li> <li>○下層植生の衰退した森林の防災機能強化が必要               <ul style="list-style-type: none"> <li>・シカ食害等で下層植生が衰退した箇所では土壌の侵食が著しく、一部の箇所では伐倒木を利用した土留工の流出も見られた。</li> </ul> </li> </ul>
針葉樹林と広葉樹林の混交整備	<ul style="list-style-type: none"> <li>○高齢の間伐手遅れ林での土砂災害防止機能の強化が必要               <ul style="list-style-type: none"> <li>・斜面上部の間伐手遅れ林の崩壊に起因する土砂災害を確認</li> </ul> </li> </ul>
里山防災林整備	<ul style="list-style-type: none"> <li>○既整備地における下流への被害は無く、整備効果を発揮</li> <li>○集落裏山の防災機能の強化が必要               <ul style="list-style-type: none"> <li>・人家裏の凹型斜面で、表層崩壊が多発</li> <li>・整備地の中においても凹型斜面や丸太柵工が施工されていない箇所では崩壊を確認</li> </ul> </li> </ul>
六甲山系の広葉樹林整備	<ul style="list-style-type: none"> <li>○松枯れ跡地の広葉樹林での防災機能の強化が必要               <ul style="list-style-type: none"> <li>・六甲山系では、過密で成長が悪く、下層植生が衰退した広葉樹林の急斜面において表層崩壊が多発し、人家・道路等が被災</li> </ul> </li> </ul>

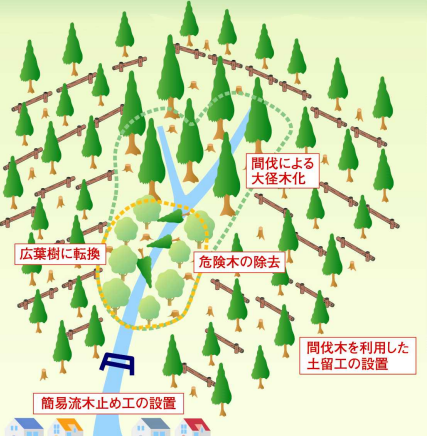
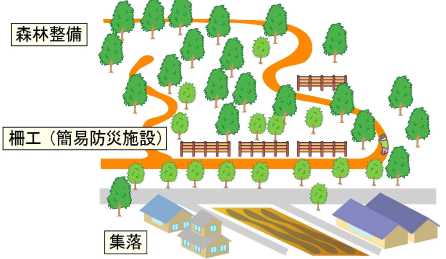
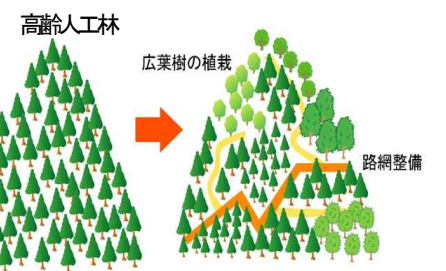
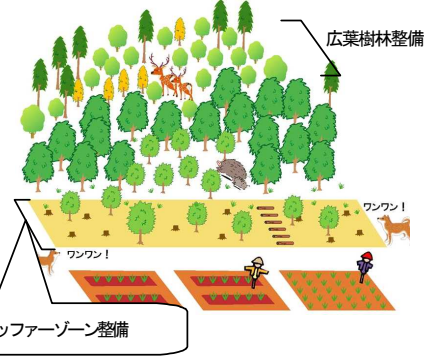
### (2) 第3期対策の概要

平成26年8月豪雨災害では、六甲山系の過密で生長の悪い林分の急斜面で表層崩壊が多発し、人家道路等が被災したことから、本数調整伐と土留工の設置により斜面崩壊防止、土砂流出防止対策として都市山防災林整備を新規事業として取り組む。

次に第3期対策各事業の概要を示す。



表Ⅲ-2 「災害に強い森づくり（第3期対策）」の概要

区分 (H28～R2)	事業概要及び実施方針	
<p><b>緊急防災林整備</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・斜面对策 4,500ha (2,250箇所)</li> <li>・溪流対策 136ha(68箇所)</li> </ul> <p>[2,840百万円]</p>	<p>スギ・ヒノキ人工林が大半を占め、土石流や流木災害が発生する恐れのある危険溪流を対象に、表面侵食防止機能を向上させるため、斜面对策を実施するとともに、流木・土石流災害を軽減させる溪流対策を実施</p> <p><b>【整備内容】</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・斜面对策：伐倒木を使用した土留工、シカ不嗜好性樹種の植栽等</li> <li>・溪流対策：危険木除去、災害緩衝林整備、簡易流木止め施設等</li> </ul> <p><b>【事業主体】</b> 斜面对策：市町、溪流対策：県</p>	 <p>The diagram illustrates various measures: '簡易流木止め工の設置' (Installation of simple log stopper), '間伐による大径木化' (Thinning for large diameter trees), '危険木の除去' (Removal of dangerous trees), '広葉樹に転換' (Conversion to broadleaf trees), and '間伐木を利用した土留工の設置' (Installation of soil retention work using thinning wood).</p>
<p><b>里山防災林整備</b></p> <p>1,000ha (100箇所)</p> <p>[2,540百万円]</p>	<p>倒木や崩壊の危険性の高い集落裏山の山地災害防止機能等を高めるための森林整備を実施</p> <p><b>【整備内容】</b></p> <p>危険木伐採などの森林整備、簡易防災施設整備等</p> <p><b>【事業主体】</b> 県</p>	 <p>The diagram shows '森林整備' (Forest maintenance), '柵工(簡易防災施設)' (Fencing (simple disaster facilities)), and '集落' (Settlement).</p>
<p><b>針葉樹林と広葉樹林の混交整備</b></p> <p>1,000ha (40箇所)</p> <p>[1,450百万円]</p>	<p>広範囲にわたる手入れ不足の高齢人工林をパッチワーク状に部分伐採し、その跡地に広葉樹を植栽することにより、風水害に強い森林整備を実施</p> <p><b>【整備内容】</b></p> <p>広葉樹林整備、作業道開設、伐倒木を利用した土留工等</p> <p><b>【事業主体】</b> 市町</p>	 <p>The diagram shows '高齢人工林' (Old-growth artificial forest) being converted to '広葉樹の植栽' (Planting of broadleaf trees) and '路網整備' (Road network maintenance).</p>
<p><b>野生動物共生林整備</b></p> <p>1,810ha (77箇所)</p> <p>[1,520百万円]</p>	<p>野生動物による農作物被害が深刻で、住民の取り組み意欲が高い地域の森林を対象に、人と野生動物の棲み分けゾーン（バッファゾーン）を整備するとともに、野生動物の生息地となる森林の整備を実施</p> <p><b>【整備内容】</b></p> <p>バッファゾーン整備、広葉樹林整備 植生保護柵設置、管理道の開設等</p> <p><b>【事業主体】</b> 県</p>	 <p>The diagram shows '広葉樹林整備' (Broadleaf forest maintenance) and 'バッファゾーン整備' (Buffer zone maintenance) with 'ワンワン!' (Woof woof!) indicating wildlife presence.</p>
<p><b>住民参画型森林整備</b></p> <p>120ha (60箇所)</p> <p>[150百万円]</p>	<p>地域住民やボランティア団体等による自発的な集落裏山の危険木伐採や土砂流出防止柵設置、バッファゾーン整備活動等に対し、資機材の購入費及び委託費等に対する支援を実施</p> <p><b>【事業主体】</b> 市町（実施主体：自治会等）</p>	
<p><b>都市山防災林整備</b></p> <p>200ha (20箇所)</p> <p>[300百万円]</p>	<p>六甲山系において、立木が過密状態にあり、下草が生育していないなど危険な森林を対象に、防災機能を強化するための森林整備や土留工の設置等を実施</p> <p><b>【整備内容】</b></p> <p>広葉樹林の本数調整伐、伐倒木を利用した土留工の設置、高齢大径木の伐採等</p> <p><b>【事業主体】</b> 六甲山系の市（神戸市・西宮市）</p>	

(3) 「災害に強い森づくり（第3期対策）」の実績

表Ⅲ-3 「災害に強い森づくり（第3期対策）」の実績 (単位：ha)

県民局・県民センター	緊急防災林整備 (斜面对策)	緊急防災林整備 (渓流対策)	針葉樹林と広葉樹林の混交整備	里山防災林整備	野生動物共生林整備	住民参画型森林整備	都市山防災林整備	合計
神戸								
阪神南								
阪神北								
東播磨								
北播磨	実績確定次第記載予定							
中播磨								
西播磨								
但馬								
丹波								
淡路								
計								

注) 令和元年度末実績、箇所別の実績は巻末の資料編を参照

## II 事業検証の方針

### 1 事業検証委員会における検討

事業の整備効果の検証にあたり、第1～2期対策と同様に、学識者による事業検証委員会を平成30年9月11日に設置し、今までの効果検証結果を踏まえた、専門的な観点から検証方法や評価手法等の検討を行うとともに、調査データの分析を進め、効果検証を実施した。

#### (1) 「災害に強い森づくり（第3期対策）」事業検証委員会

表Ⅱ-1-1 「災害に強い森づくり（第3期対策）」事業検証委員会の開催概要

区 分		開催日	内 容
平成 30 年 度	第 1 回	平成30年11月21日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事業概要・実績・計画</li> <li>・第1・2期検証結果</li> <li>・第3期検証内容の概要・検証方針、調査方法等</li> </ul>
	現地調査	平成30年12月27日 (宍粟市)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事業実施状況等調査</li> </ul>
	現地調査	平成31年2月1日 (神戸市・宝塚市)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事業実施状況等調査</li> </ul>
令和 元 年 度	第 2 回	令和元年5月24日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第3期検証内容について</li> <li>・「中間報告」作成に向けた検討</li> </ul>
	第 3 回	令和元年9月5日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第3期検証内容について</li> <li>・「中間報告」(案) 審議</li> </ul>
	中間報告 とりまとめ	令和元年10月	
	第 4 回	令和元年12月26日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第3期検証内容について</li> <li>・次期対策に向けた提言内容の検討</li> <li>・「報告書」(素案) 審議</li> </ul>
	第 5 回	令和2年3月18日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第3期検証内容について</li> <li>・次期対策に向けた提言</li> <li>・「報告書」(案) 審議</li> </ul>
	報告書 とりまとめ	令和2年3月以降	

## (2) 事業検証委員会委員

表Ⅱ-1-2 「災害に強い森づくり(第3期対策)」事業検証委員名簿

役職	分野	氏名	所属・職名
委員長	植物生態	服部 保	兵庫県立大学 名誉教授 兵庫県立南但馬自然学校長
委員	山地防災	北原 曜	信州大学 名誉教授
〃	山地防災	松浦 純生	京都大学 防災研究所 教授
〃	森林施業	大住 克博	鳥取大学 農学部 教授
〃	森林動物	安藤 正規	岐阜大学 応用生物科学部 准教授
〃	獣害対策	山端 直人	兵庫県立大学 自然・環境科学研究所 教授 兵庫県森林動物研究センター 主任研究員
〃	森林育成・管理	山瀬 敬太郎	兵庫県立農林水産技術総合センター 森林林業技術センター 主席研究員兼森林活用部長
〃	市民参画	石丸 京子	県立尼崎の森中央緑地 生物多様性コーディネーター 園田学園女子大学 非常勤講師



第1回現地調査【緊急防災林整備（溪流対策）】  
（宍粟市一宮町）



第2回現地調査【都市山防災林整備】  
（神戸市北区有野町）

## (3) 調査機関（所属名）

- ・農政環境部農林水産局 豊かな森づくり課・治山課
- ・県立農林水産技術総合センター  
森林林業技術センター 森林活用部
- ・県森林動物研究センター 研究部
- ・各県民局 農林（水産）振興事務所  
森林林業課・治山課



第4回委員会の検証状況

## 2 各事業の目標とする機能と主な調査項目

県民緑税を活用した「災害に強い森づくり」は、森林の持つ公益的機能のうち「防災機能」の向上を目指すことを主とし、動植物の生息環境の場の創出を目的とする野生動物共生林整備については「環境保全機能」の向上も合わせて目指すこととする。

各事業が目指す「防災機能」及び「環境保全機能」の種類及び評価の対象となる調査項目は、次のとおり整理する。

表Ⅳ-2-1 目標とする機能と評価の対象となる調査項目（第3期対策）

事業名	機能区分	[細区分]	主な調査項目
緊急防災林整備 (斜面对策)	土砂災害防止	表面侵食防止	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第1期整備地の追跡調査</li> <li>・土留工設置から18年目の整備地の状況</li> <li>・シカ食害の差異による土砂流出量、植生回復の比較</li> <li>・シカ不嗜好性低木性植物（ミツマタ等）による土砂流出防止効果</li> </ul>
		豪雨に対する防災機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・豪雨後の目視点検</li> </ul>
緊急防災林整備 (溪流対策)	土砂災害防止	土石流軽減	<ul style="list-style-type: none"> <li>・模型水路実験による災害緩衝林（湾曲部）の土石流軽減効果</li> <li>・本数調整伐の有無による樹木地上部及び地下部成長</li> </ul>
		豪雨に対する防災機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・豪雨後の目視点検</li> </ul>
針葉樹林と広葉樹林の混交整備	土砂災害防止	表面侵食防止	<ul style="list-style-type: none"> <li>・植栽木の成長調査</li> <li>・針葉樹林内の植生調査</li> </ul>
		表層崩壊防止	<ul style="list-style-type: none"> <li>・植栽木の成長量調査</li> <li>・植栽苗木の根系成長調査</li> </ul>
里山防災林整備	土砂災害防止	表面侵食防止	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第1期整備地の追跡調査</li> </ul>
		表層崩壊防止	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> </ul>
		豪雨に対する防災機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・豪雨後の目視点検</li> </ul>
		防災意識の高まり	<ul style="list-style-type: none"> <li>・整備後の住民意識の変化（アンケート）</li> </ul>
野生動物共生林整備	快適環境の形成	農作物被害防止	<ul style="list-style-type: none"> <li>・整備後の住民意識の変化、獣害対策の進展状況の評価</li> <li>・バッファゾーン整備後の農作物被害変化</li> </ul>
	生態系保全	生育環境の回復	<ul style="list-style-type: none"> <li>・植生保護柵の有無による植生回復状況及び土砂流出量の比較</li> <li>・シカ不嗜好性樹木の植栽の有無による土砂流出量の比較</li> </ul>

次ページへ続く



住民参画型 森林整備	快適環境 の形成	野生動物型	<ul style="list-style-type: none"> <li>・整備後の農作物被害変化</li> <li>・整備後の住民意識の変化（アンケート）</li> </ul>
		里山防災林型 放置竹林整備型	<ul style="list-style-type: none"> <li>・整備後の住民意識の変化（アンケート）</li> </ul>
都市山防災 林整備	土砂災害 防止	表層崩壊防止	<ul style="list-style-type: none"> <li>・広葉樹の本数調整伐による根系成長の比較</li> <li>・広葉樹の大径木化による倒れやすさの比較</li> </ul>

### 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	<b>斜面对策</b> 〔土砂災害防止〕	<b>【H30年7月豪雨後の施工地調査】</b> ・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  <b>【表面侵食防止】</b> ・土留工設置後13年目でも表面侵食防止効果は継続中 ・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  <第2期対策までに判明した主な効果> ・未整備地に比べ表土流出量を約1/8に抑制し、土砂災害を未然に防止 ・未整備地に比べ下草が地面を覆う植被率が4倍（20%→80%）に増加し、下流への土砂流出を抑制											
	<b>溪流対策</b> 〔土砂災害防止〕	<b>【H30年7月豪雨後の施工地調査】</b> ・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  <b>【災害緩衝林の評価】</b> ・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%;"> <thead> <tr> <th colspan="3">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> </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> 約1.6倍倒れにくくなる ※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 ・災害緩衝林整備により、土石流被害を軽減する森林に育成中	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	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											
未整備	38.9	46.1											
整備	40.3	71.6											
<b>針葉樹林と広葉樹林の混交整備</b> 〔土砂災害防止〕 〔風倒木被害防止〕		<b>【目標林への到達度・表層崩壊防止】</b> ・広葉樹植栽後10年経過した箇所では、植栽木が樹高3～5mに成長し、表面侵食及び表層崩壊防止機能が期待できる目標林相に移行中（年間土砂流出量：1m <sup>3</sup> /ha以下）											

<p>里山防災林整備 〔土砂災害防止〕</p>	<p><b>【H30年7月豪雨後の施工地調査】</b> ・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>＜第2期対策までに判明した主な効果＞</p> <p><b>【表面侵食防止】</b> ・危険木伐採後に伐採木を利用して土留工を設置した整備地は、未整備地に比べ土砂流出量を1/3に抑制し土砂災害防止機能が向上</p> <p><b>【防災意識の高まり】</b> ・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>野生動物共生林整備 〔農作物被害防止〕 〔生態系保全〕</p>	<p><b>【農作物被害の変化】</b> ・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><b>【被害対策意識の高まり】</b> ・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><b>【共生林整備地の植生回復】</b> ・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、土壌侵食防止効果を確認</p>
<p>住民参画型森林整備 〔快適環境形成〕</p>	<p><b>【獣害対策への意識の高まり】</b> ・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><b>【集落裏山への意識の高まり】</b> ・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><b>【H30年7月豪雨後の施工地調査】</b> ・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><b>【本数調整伐による地上部成長と根系成長】</b> ・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期待できる。</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、伐倒材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う。

#### ウ 検証結果

##### (7) 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、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1-1）。
- 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1-2）。
- 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移動の抑制及び、湿度の保持により、下層植生繁茂の効果が見られた（図1-3）。



図1-1 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1-2 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1-3 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）

#### (イ) 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、表面侵食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

土留工の表面侵食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、下層植生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～）

- 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。
- 下層植生の状況を写真記録する。
- 整備区と対照区における植生を調査する。
- 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

- 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1-4、表1-1）。
- 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1-2）。
- 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1-3）

#### (イ) 検証の評価

- 土留工設置による表面侵食防止効果は、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、使用に耐えうることがわかった。
- このようなことから、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 年は表面侵食防止機能の効果が期待できる。



図 1-4 整備区(左)と対照区(右)の下層植生の状況

表 1-2 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 1-1 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)

表 1-3 年間土砂流出量と抑止率の比較（単位：m<sup>3</sup>/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%

### (3) シカ食害の差異による土砂侵食量、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、シカが土砂侵食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する。



## 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、土砂侵食量が少なかった（図1-5）。
- 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1-5）。

### (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。

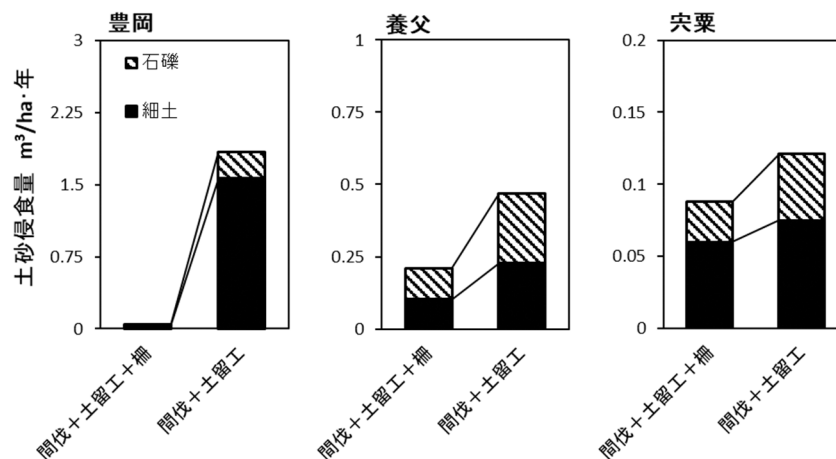


図1-5 調査地ごとの

年間土砂移動量

(山瀬他 2017 を改変)

## (4) シカ不嗜好性の低木性樹種（ミツマタ）による表面侵食防止効果

### 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1-6）。
- 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。

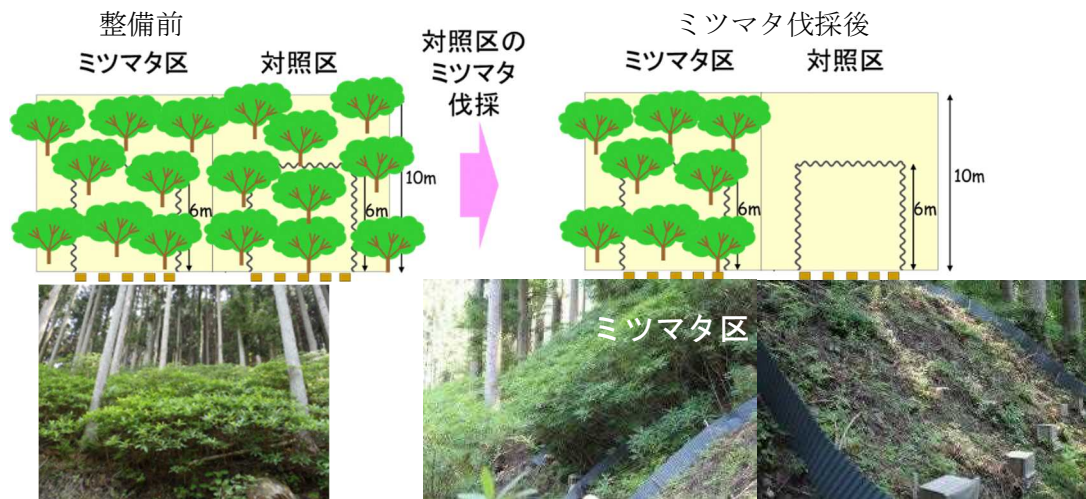


図 1-6 土砂流出防止効果の調査区の状況

## 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、土砂侵食量を 38%程度に減少させ、表面侵食防止機能の増加に効果があることがわかった（図 1-7）。

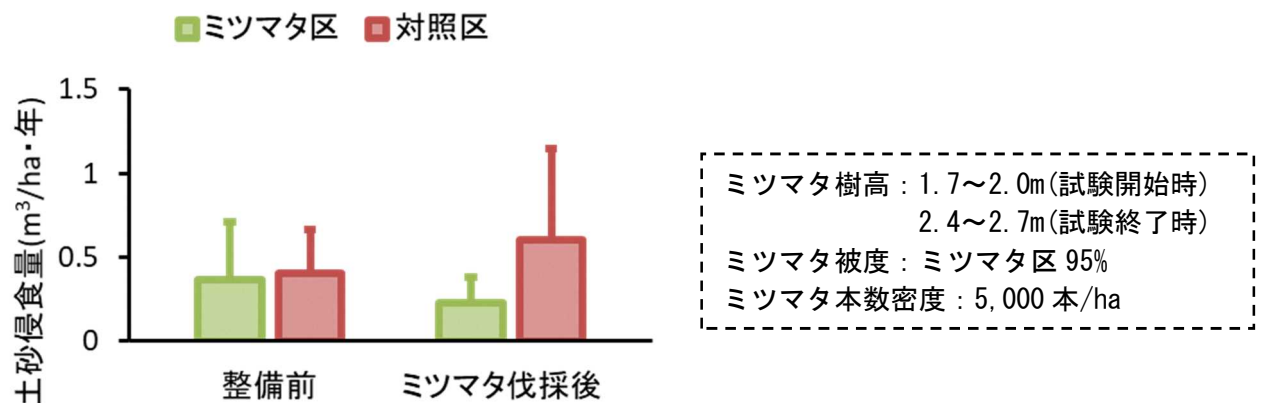


図 1-7 ミツマタの有無による土砂流出量の違い

### (イ) 検証の評価

- ミツマタの繁茂は表面侵食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侵食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～）

- 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 1-4）、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 1-8）、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 1-9）。

表 1-4 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)	0.9	2.7	18.0 (5.3-30.7)
植栽後1年	7.5 (5.0-10.6)	48.6 (27.0-64.0)			








図 1-8 植栽後 1 年が経過したミツマタ 生存個体(左)、枯死個体(右)

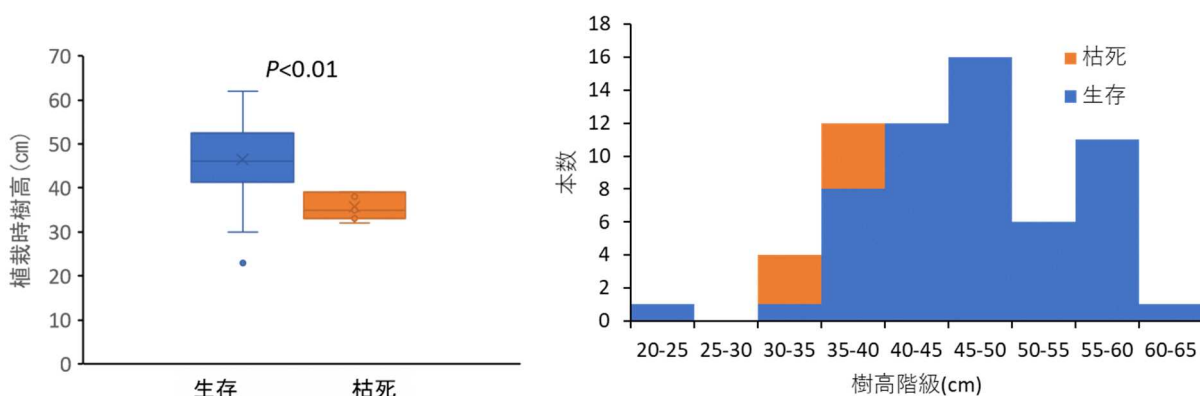


図 1-9 植栽時樹高と植栽後 1 年の生死の関係(左)と枯死個体、生存個体の樹高ヒストグラム(右)

### (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 30 年月）

- 縮尺 1/30 の災害緩衝林検証用の模型水路（図 2-1）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持たせるよう、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<sup>3</sup> 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。

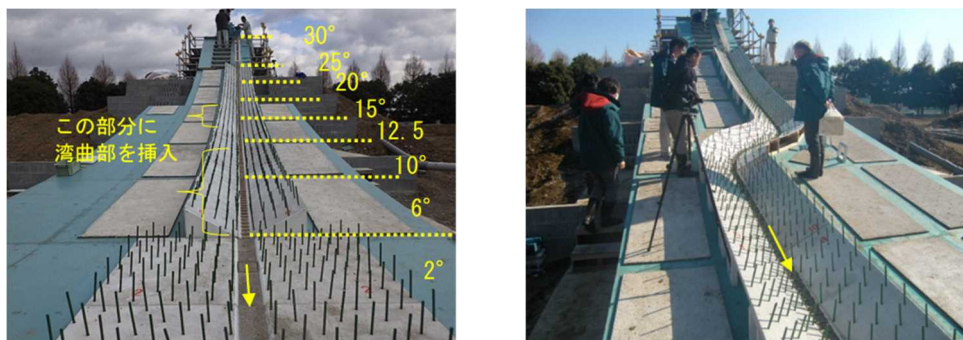


図 2-1 縮尺 1/30 模型水路(左：水路の勾配配分、右：湾曲部分挿入状況)

##### ウ 検証結果

###### (7) 調査結果

- 湾曲部の溪流勾配が 10° 以下の場合の流木捕捉効果が高かった。一方で溪流勾配 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 2-2）。

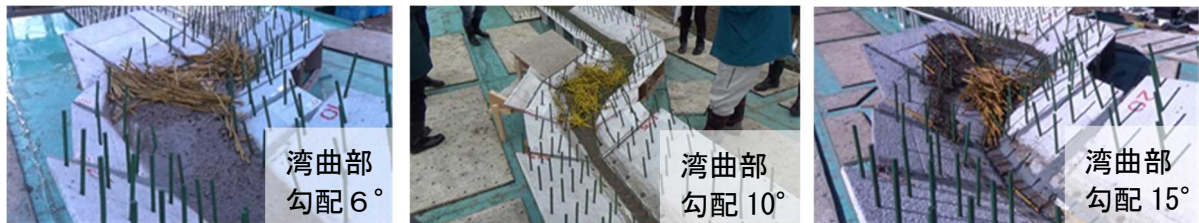


図 2-2 異なる湾曲部勾配の流木捕捉状況

- 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 2-3、表 2-1）。



図 2-3 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 2-1 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 <sup>3</sup> )	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

#### (イ) 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。
- 流木補足効果の高い溪床勾配（10 度以下）や湾曲区間を挿入した地形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）。



- 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 2－4、5）。
- 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）より、整備区と対照区の最大引き倒し抵抗力を換算すると整備区の引き倒しモーメントは整備後 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、整備することでおおよそ 1.6 倍倒れにくくなることがわかった（表 2－2）。
- 整備経過 3－5 年を経過した整備地 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 2－3）。

※スギの引き倒し抵抗力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：引き倒し抵抗力(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。

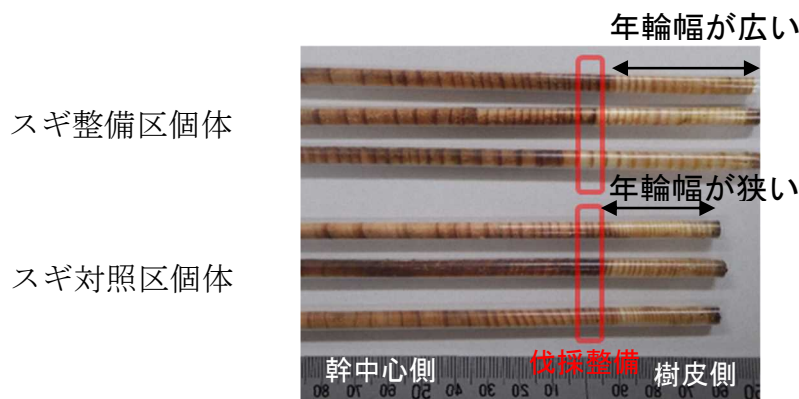


図 2－4 整備の有無の違いによるスギ年輪幅の異なり（成長錐サンプル）

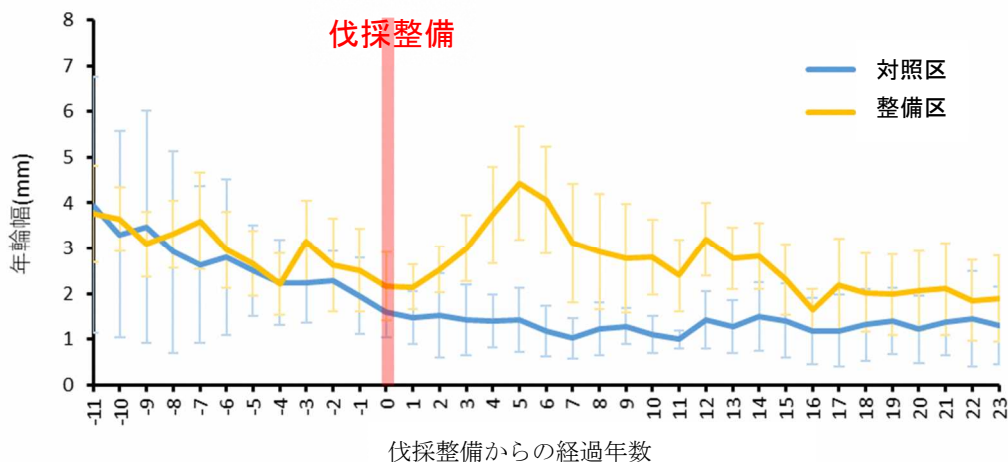


図 2-5 整備前後のスギの胸高直径成長の推移

表 2-2 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)

おおよそ 1.6 倍 倒れにくくなる

表 2-3 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 2-6)」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のが明らかになっている (図 2-7)。



図 2-6 根鉢

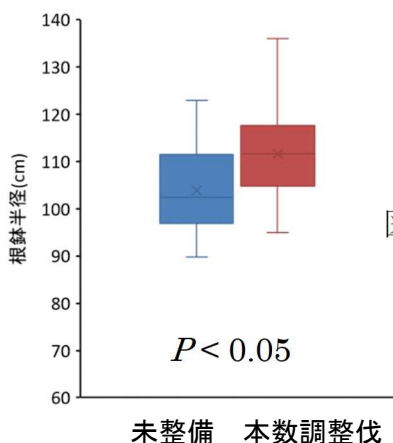


図 2-7 スギ整備・未整備個体の根鉢の大きさ (藤堂他 2015 を図化)

### (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～）

- 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）後の流木止め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 2－4 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 2－8 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）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 年に針広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 3-1 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	H20 年	ヒノキ	クリ
宍粟市一宮町河原田	H22 年	ヒノキ	コナラ

#### ウ 検証結果

##### (7) 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 3-1）。
- 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 3-2）。
- 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 3-2）。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 3-2、3）。

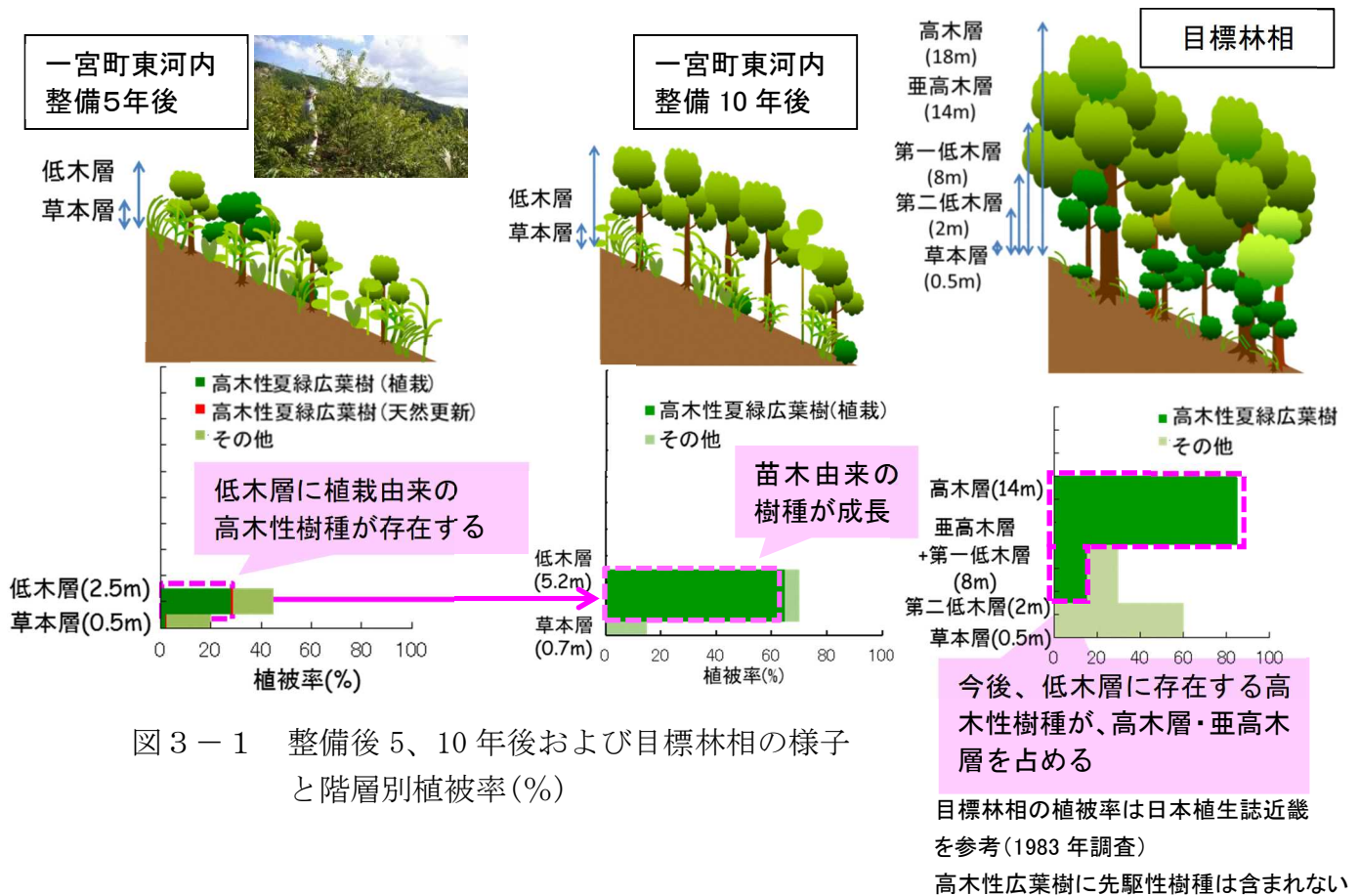


図3-1 整備後5、10年後および目標林相の様子と階層別植被率(%)

表3-2 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	



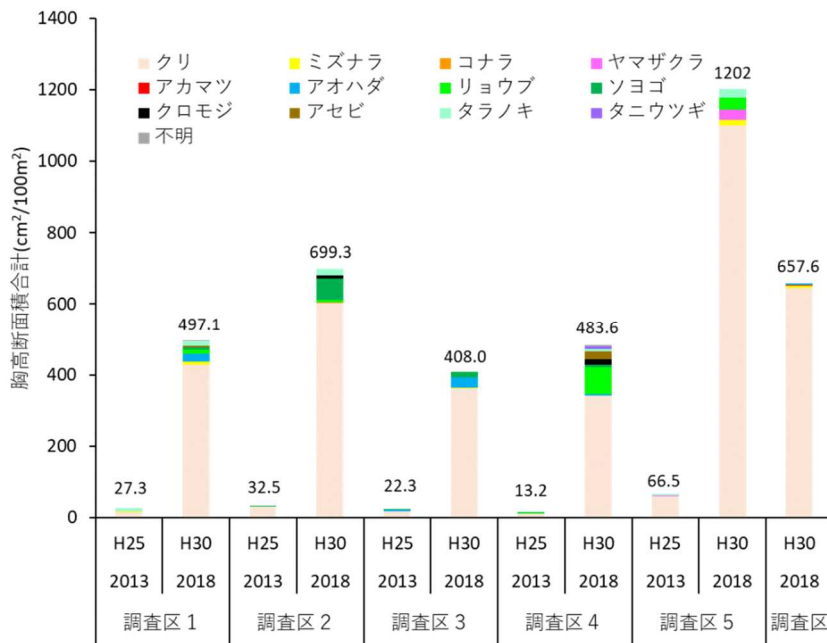


図 3-2 植栽後 5 年 (H25) と 10 年 (H30) での種別胸高断面積合計

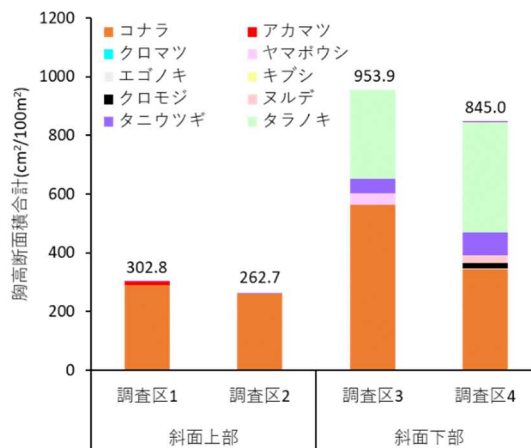


図 3-3 植栽後 8 年の種別胸高断面積合計  
(植栽木：コナラ、調査地：河原田)

### (イ) 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、目標樹林に近づきつつある。

## (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 3-4、5)を行う(5 調査区)。

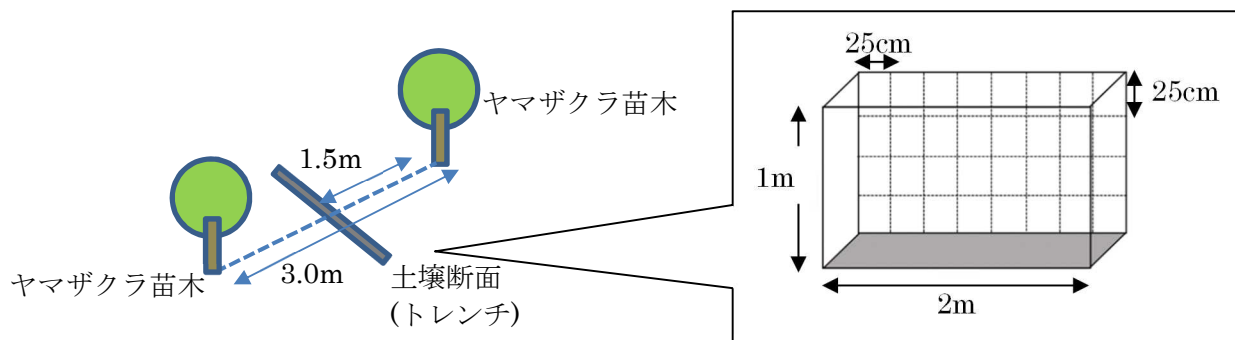


図3-4 土壌断面（トレンチ）の設定方法（左）とトレンチの模式図（右）

## 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3-5）。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3-3）。
- 伐採したヒノキ根系量が圧倒的に多かった（表3-3）。伐採木のヒノキ根系は腐朽していくので、今後は土壌断面における根系による土壌緊縛力の変化を調査する。

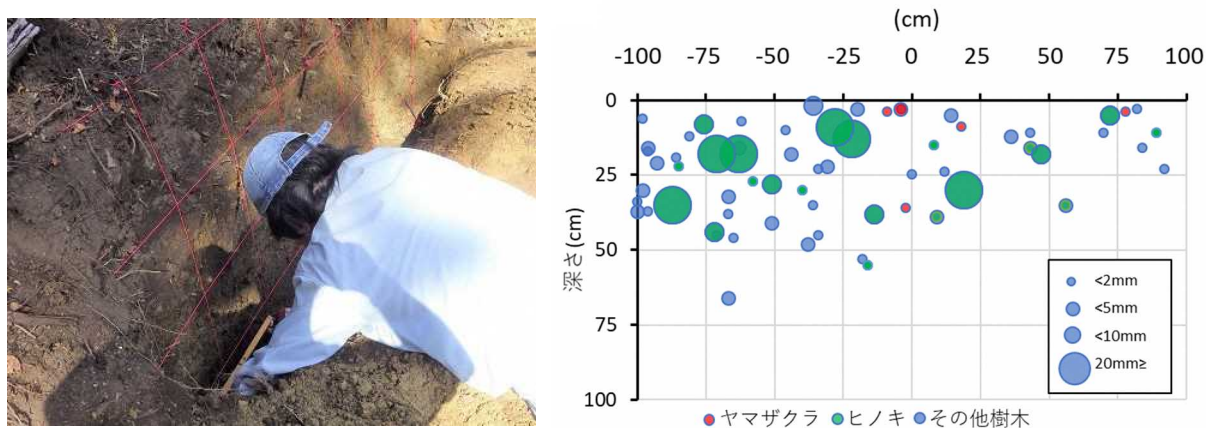


図3-5 根系調査の状況（左）と根系分布（調査区2）の例（右）

表3-3 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 3-5、表 3-3)。

### (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影響を調査する。

#### 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 3-6、表 3-4)。
- 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 3-4)。



図 3-6 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 3-4 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、崩壊や倒木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3-6）。
- 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高めるためには、植生保護柵の修理補修期間の延長が望ましい。

図3-7 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。

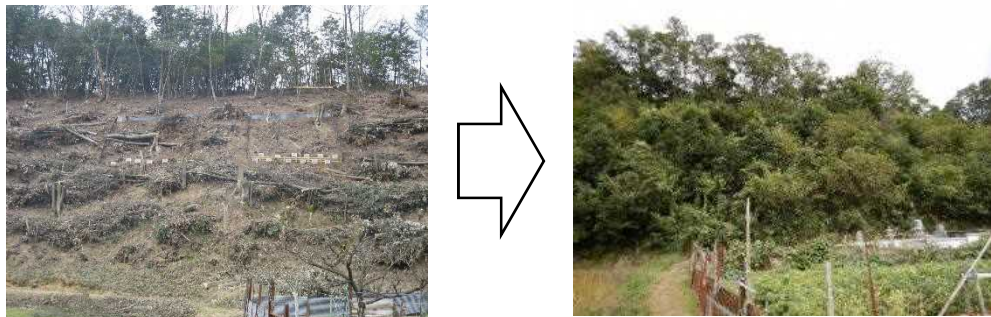


図4-1 整備直後（左）と整備後10年の植生の回復状況（右）



図4-2 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

#### (イ) 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1箇所を確認できた。



## (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）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、倒木の危険性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かを明らかにする。このことにより、里山防災林整備の低林管理時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～）

- 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 4-2）。
- 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 4-3）。
- 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 4-4）。
- 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（破壊的な調査）。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）。

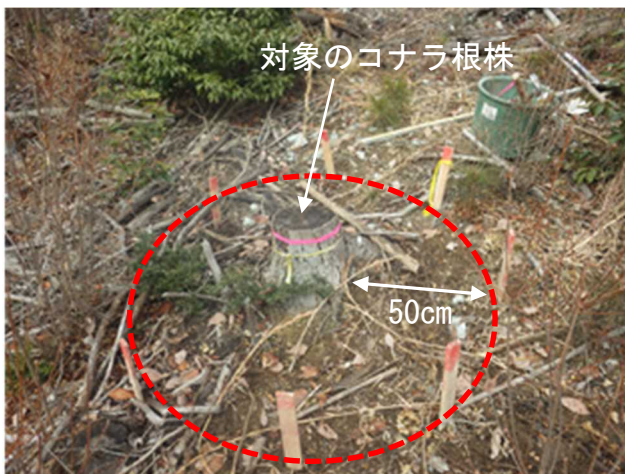


図 4-2 対象根株と周囲に描いた円

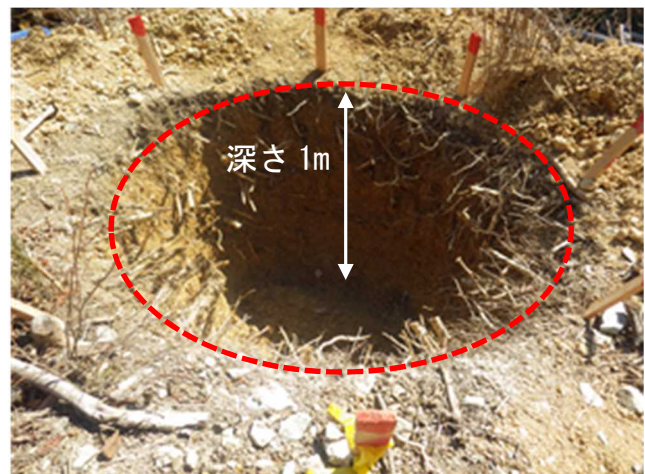


図 4-3 円柱状の土壌断面の状況

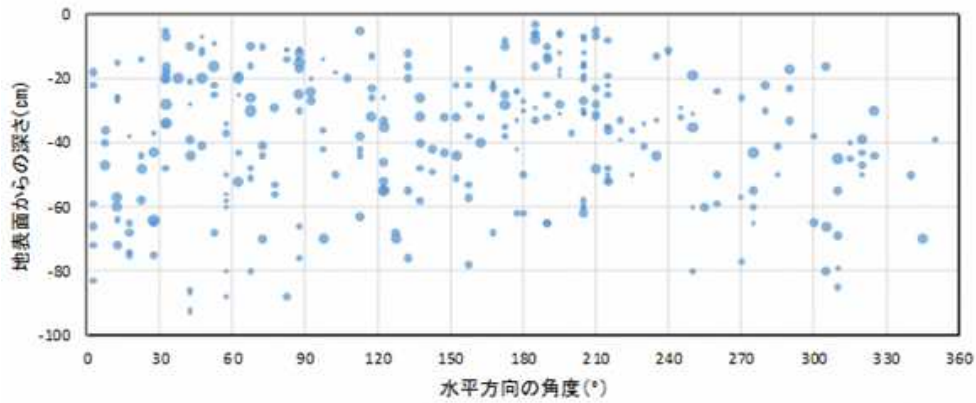


図4-4 土壌断面上の根の調査例

## 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4-5)。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/m<sup>2</sup>であった(図4-6)。
- 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/m<sup>2</sup>、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/m<sup>2</sup>)、高木樹種である平均樹高23.6mのスギ(26.8kN/m<sup>2</sup>)と比較したところ、平均が42.0kN/m<sup>2</sup>となり、スギよりも強くなった(図4-6)。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。

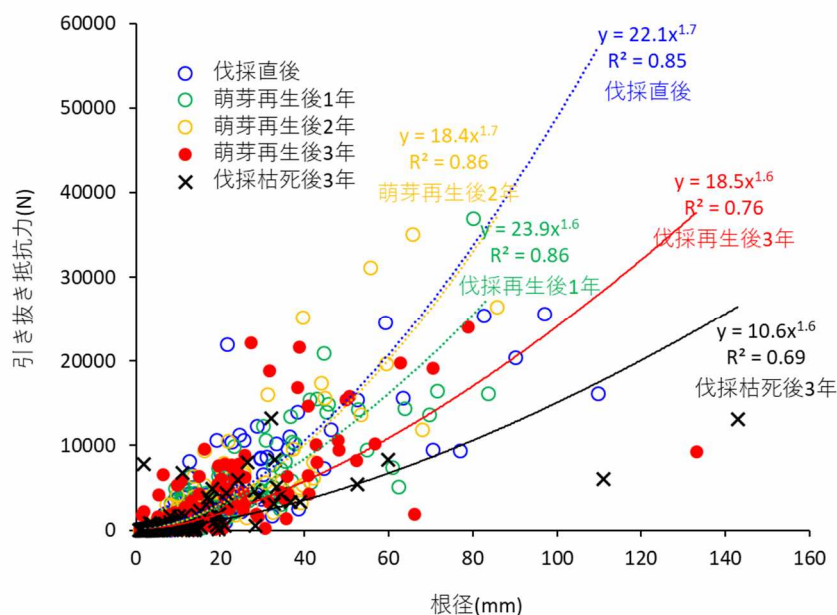


図4-5 伐採後の年数別の根径-引き抜き抵抗力の関係式(コナラ)

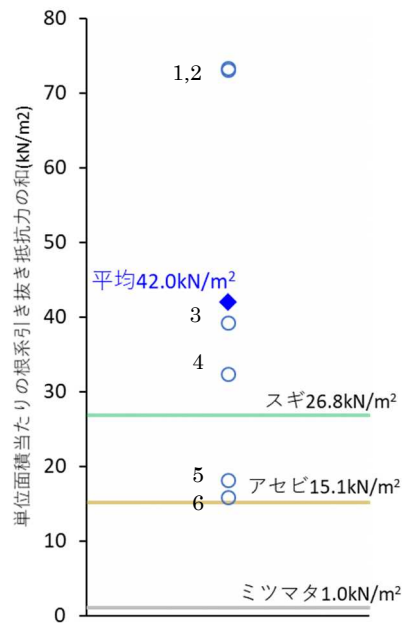


図4-6 伐採・萌芽再生後3年の単位面積当たりのコナラの引き抜き抵抗  
力（6箇所、図中の数字は便宜上の箇所名を表す）と他樹種との比較  
（他樹種データは山瀬他 2015）

#### (イ) 検証の評価

- 危険木伐採により、倒木による被害の危険性はなくなったが、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 時間あたり降雨量：48.5mm、累積降雨量 506mm 図 4-7）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 4-8）。

○ 崩壊地縁の根系量（根系断面積合計）は、平均で 25.6cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>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 63.3cm<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>となった（図 4-9）。

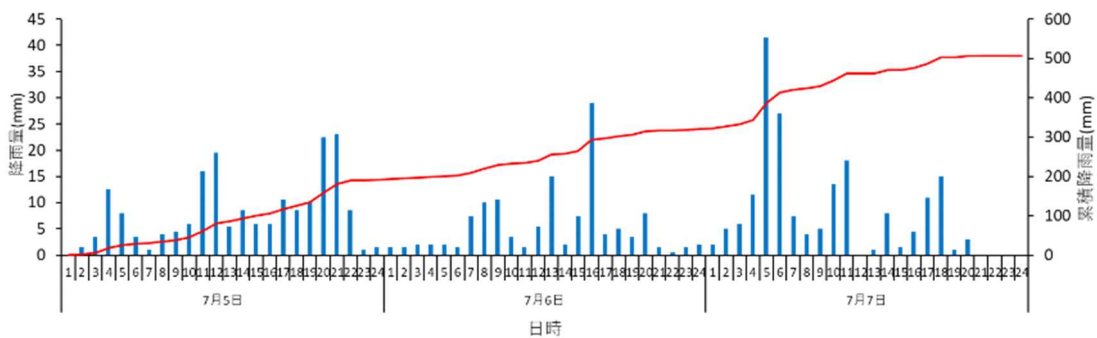


図 4-7 7 月 5 - 7 日にかけての 1 時間あたり降雨量（後川アメダスデータ）

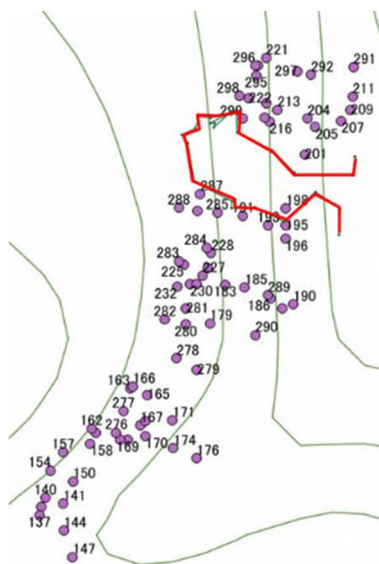


図 4-8 調査地のコナラ配置（紫○）と崩壊地（赤線）の位置

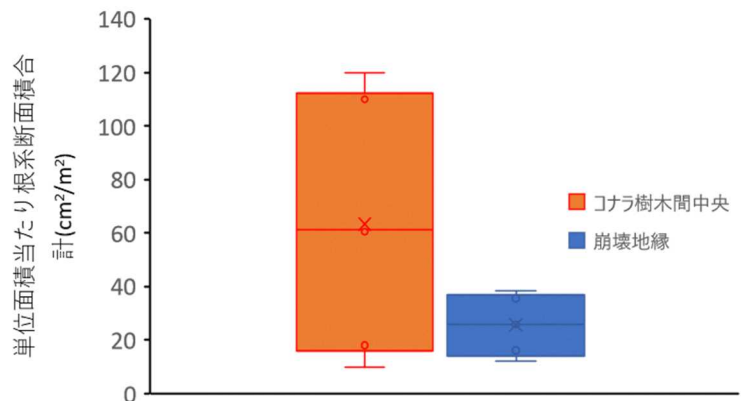


図 4-9 伐採後 3 年の萌芽コナラと崩壊地縁の単位面積当たりの根系断面積合計

### (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<sup>\*1)</sup>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<sup>\*2)</sup>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1)。

「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2)。

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3)。

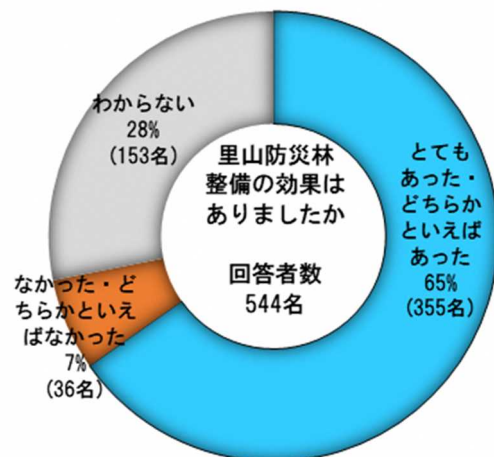


図1 事業に対する評価

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

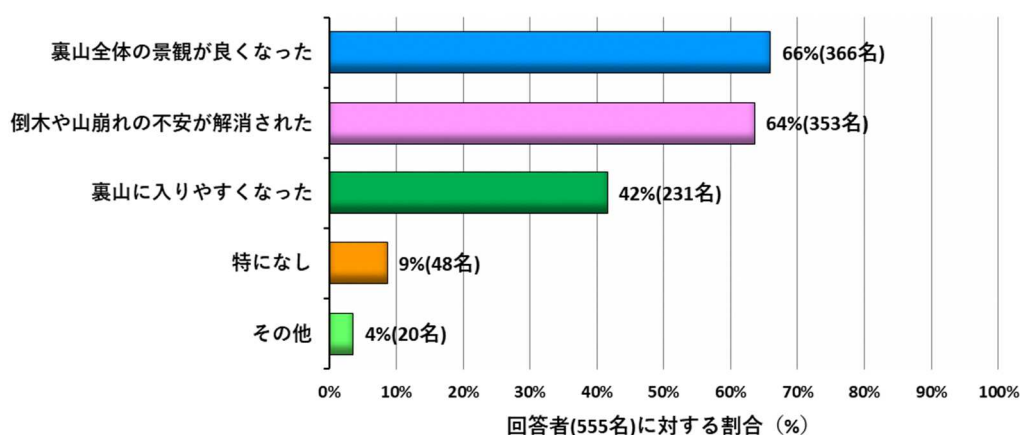


図2 事業効果の内容

里山防災林整備に不満・不安な点はありませんか（複数回答）

回答者数555名

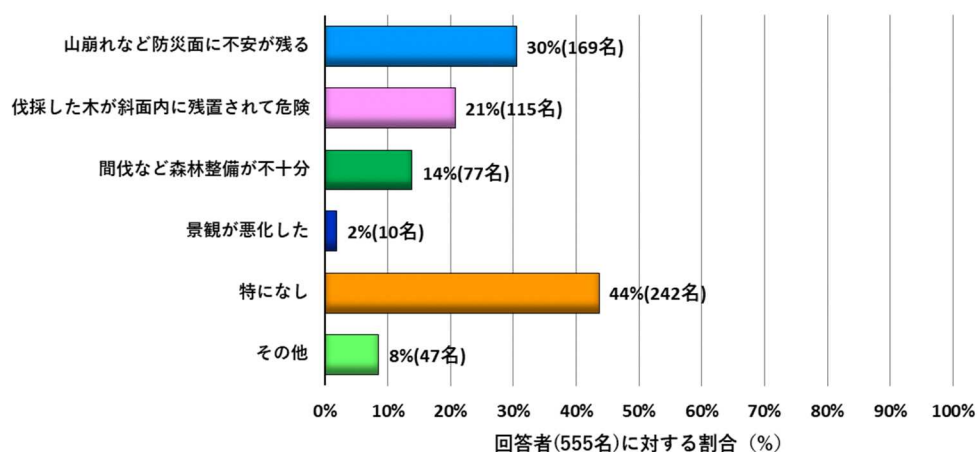


図3 整備後の不安・不満内容

※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、防災の定義に含まれている。

※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4)。

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5)、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6)。

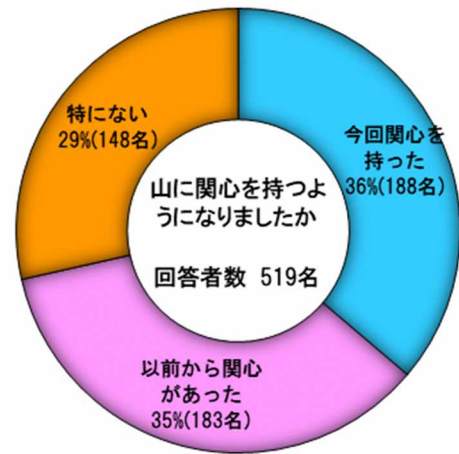


図4 山への関心

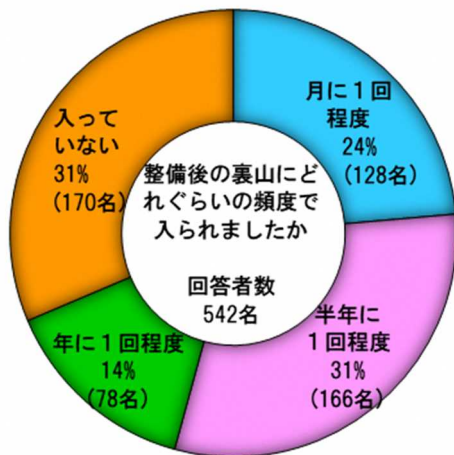


図5 裏山への入山頻度

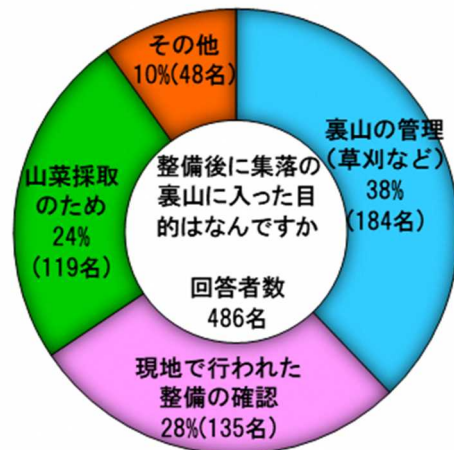


図6 集落裏山への入山目的

(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7)。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8)。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9)。

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10)。

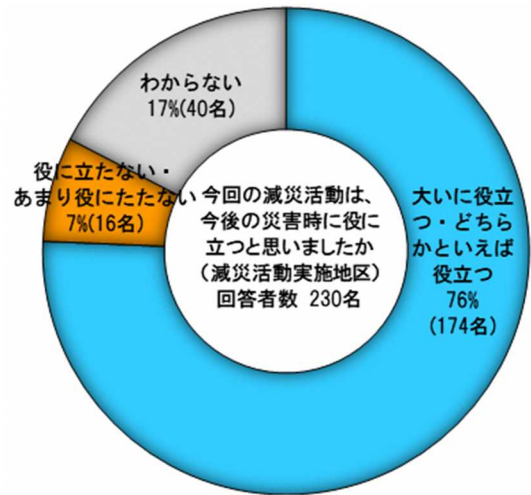


図7 減災活動支援の評価 (実施地区)

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

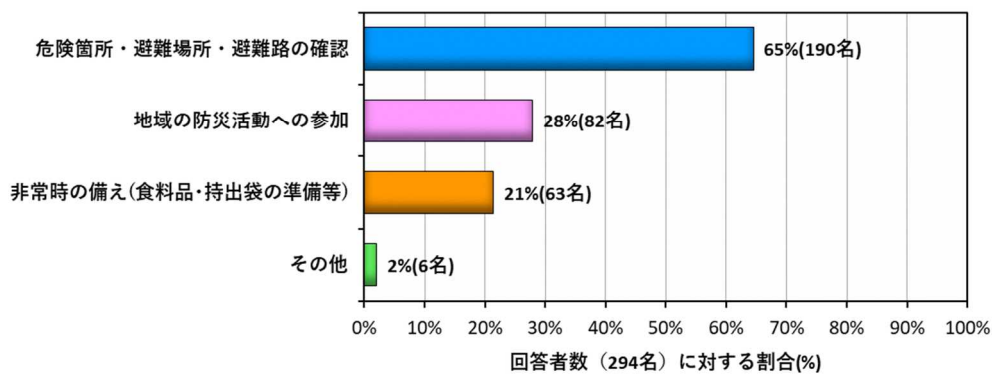


図8 減災活動支援後の実践内容

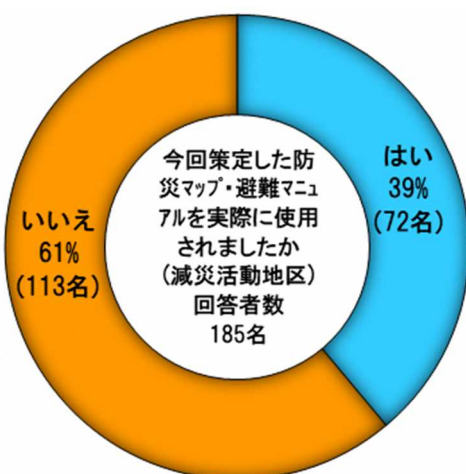


図9 防災マップ・避難マニュアルの利用状況

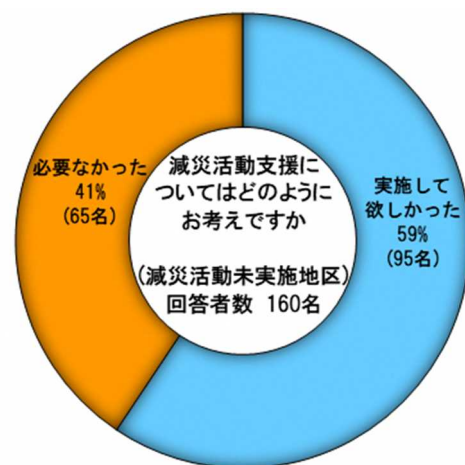


図10 減災活動支援の要望 (未実施地区)



## 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。

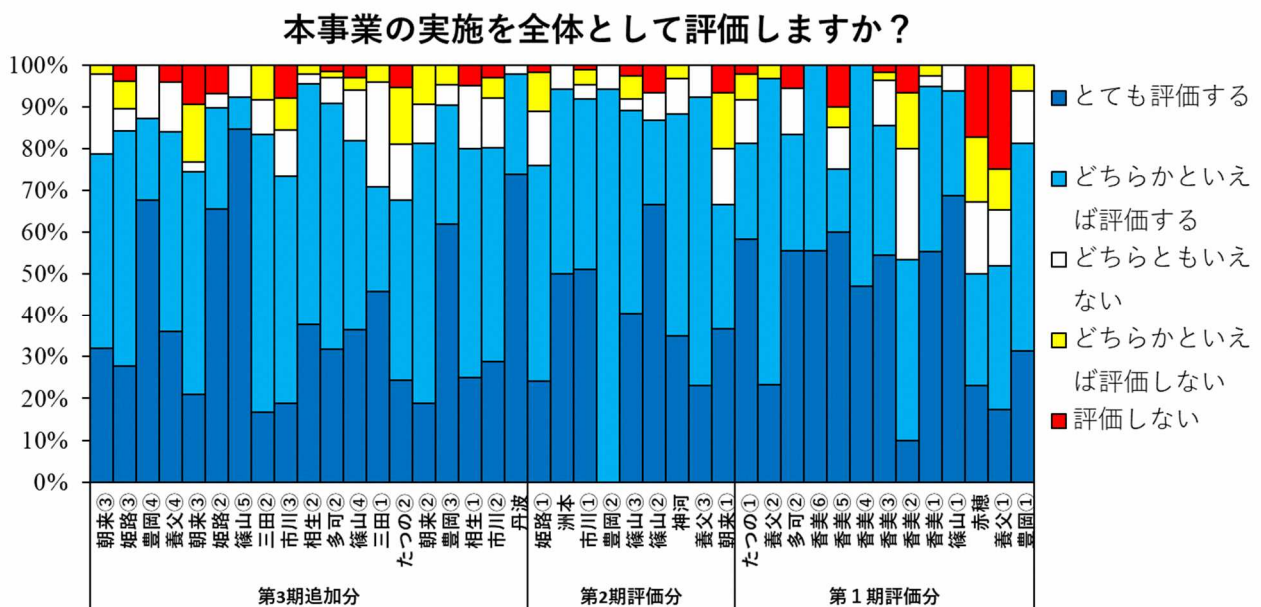
#### イ 検証方法

- 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IV-6-1）。



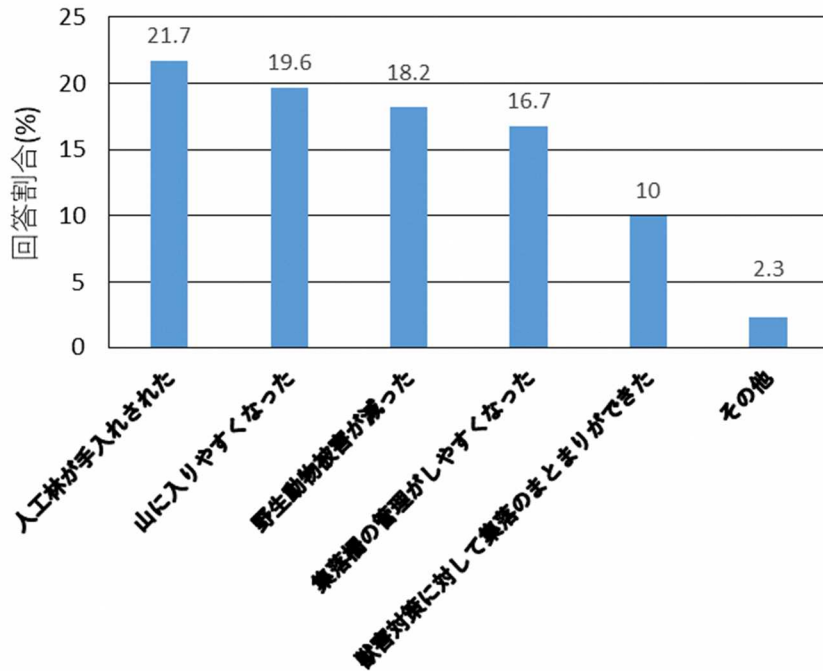
図IV-6-1 集落住民へのアンケート結果（事業評価）

- 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IV-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



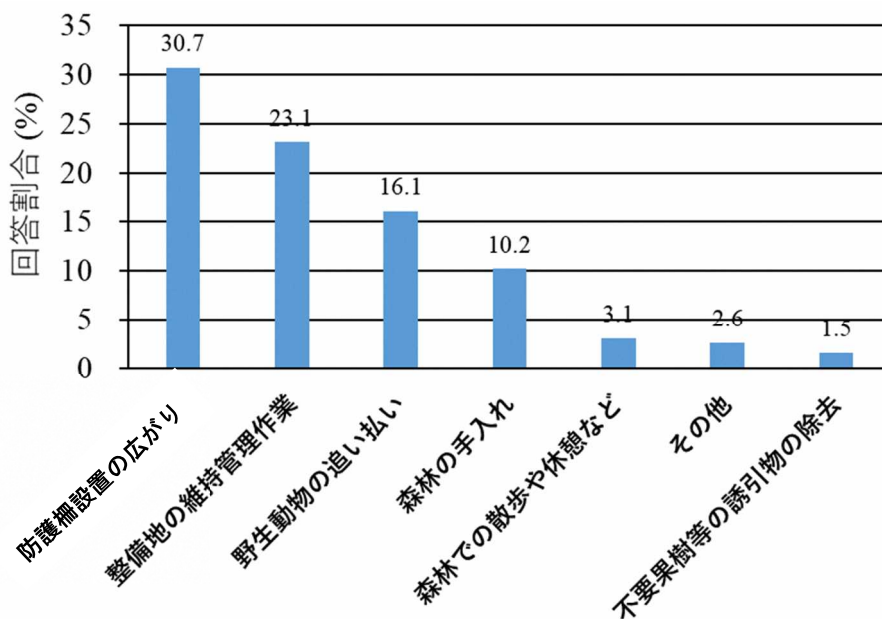
ができた」が10%、「その他」が2.3%であった。

- ・参考として、「見通しがよくなった」が51%であった。



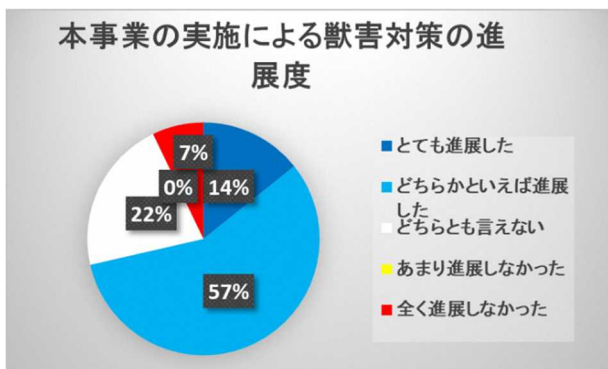
図IV-6-2 集落住民へのアンケート結果（事業の評価点）

- 「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IV-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%、「その他」が2.6%、「不要果樹等の誘因物の除去」が1.5%であった。

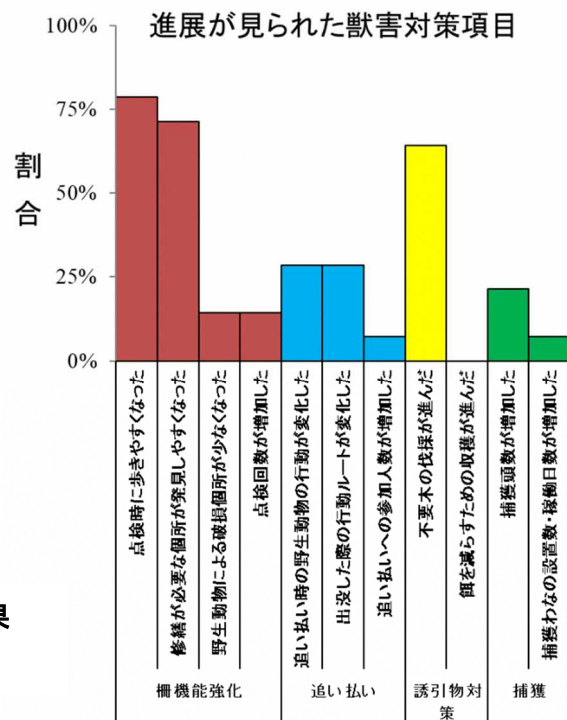


図IV-6-3 集落住民へのアンケート結果（住民自身の新たな取組み内容）

- 「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IV-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IV-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。



図IV-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IV-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IV-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IV-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引物対策が進んだ点を挙げた集落が多かった(図IV-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IV-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。

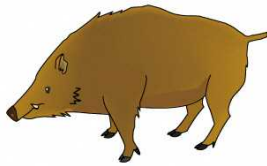
## イ 検証方法

- 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

### (7) 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IV-6-1）。

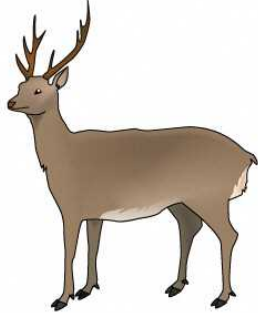


表IV-6-1 各集落の整備前後におけるイノシシによる農作物被害の変化

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	1303	556	405	112	2376
%	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IV-6-2）。

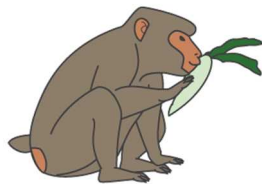


表IV-6-2 各集落の整備前後におけるニホンジカによる農作物被害の変化

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	1471
%	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IV-6-3）。



表IV-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Ⅳ-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

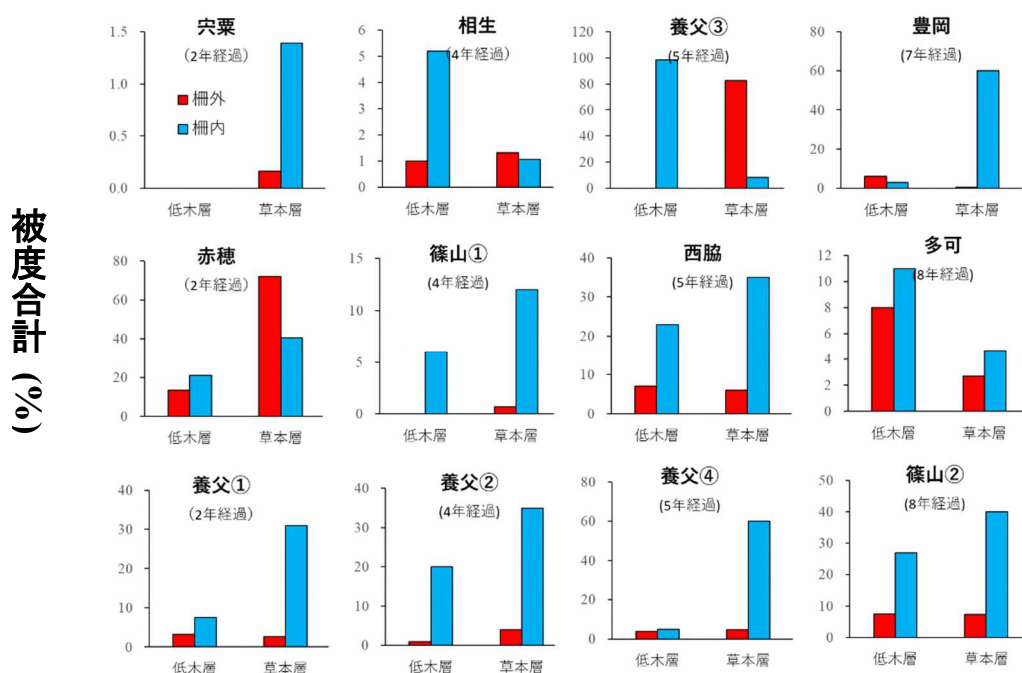
- シカの食害により、下層植生が衰退した夏緑広葉樹林内に共生林整備にて設置された植生保護柵（概ね 1,000m<sup>2</sup>/箇所）による植生の保全・回復の継続的效果について明らかにする。

#### 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。

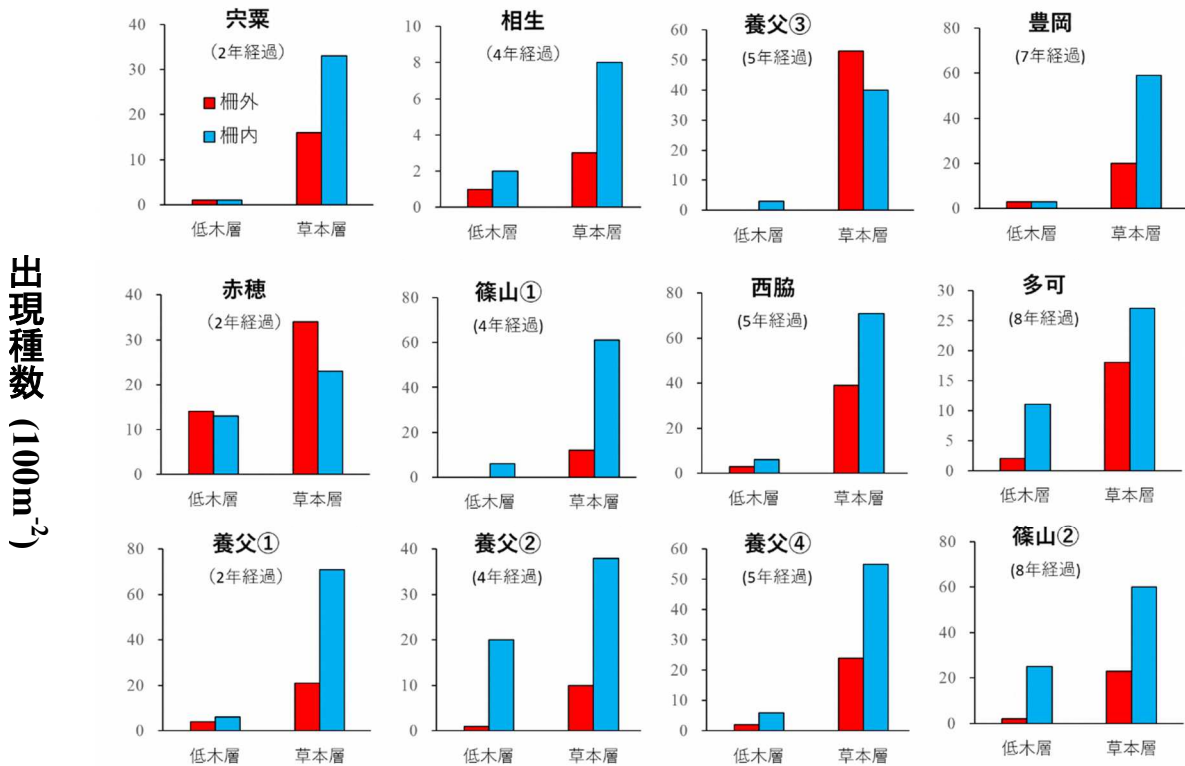
#### ウ 検証結果

- 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Ⅳ-6-6）。



図Ⅳ-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IV-6-7）。



図IV-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IV-6-6）、維管束植物の出現種数が増加しており（図IV-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

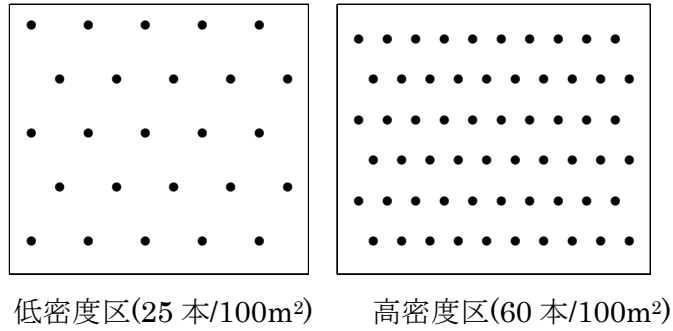
#### (7) 検証目的

- 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/100m<sup>2</sup>、低密度区：25本/100m<sup>2</sup>、高密度区：60本/100m<sup>2</sup>）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。





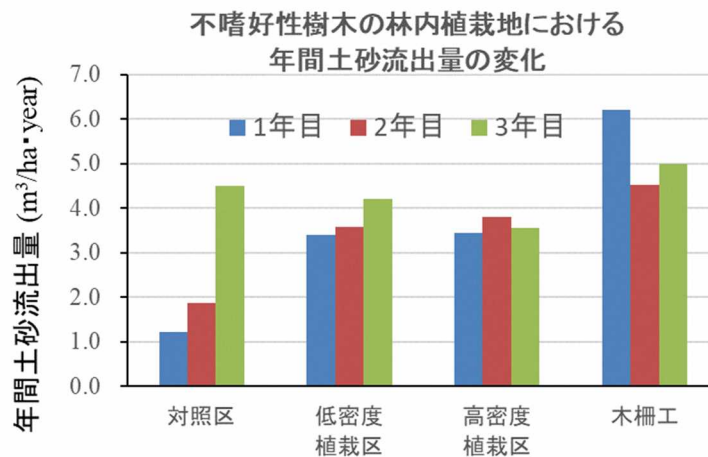
図IV-6-8 植栽試験区の実験設定



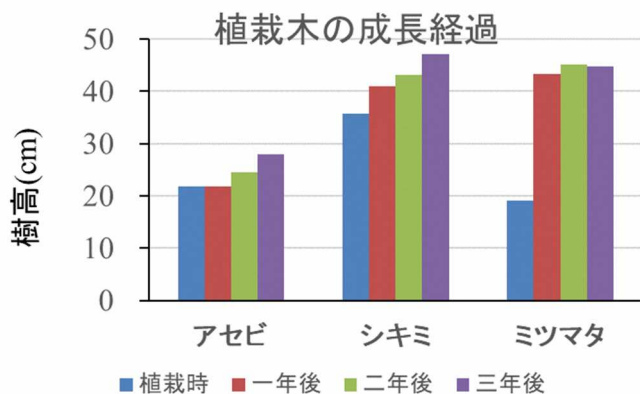
不嗜好性低木の高密度区の概観（矢印の位置に植栽木）

(ウ) 検証結果

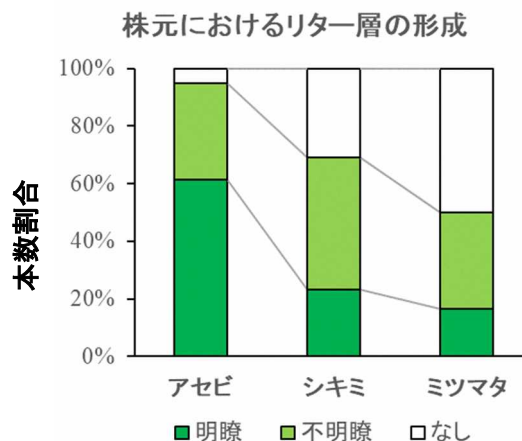
- 対照区では、3年目に年間土砂流出量が西日本豪雨の影響で1年目の3.7倍まで増加したが、低密度植栽区では1.2倍、高密度植栽区では1.0倍、木柵工区では0.8倍の増加にとどまった（図IV-6-9）。
- 植栽木の樹高成長はミツマタ、シキミ、アセビの順でよかった（図IV-6-10）。一方、樹高成長の悪い樹種ほど、地這性の樹形をとることでリターを多く捕捉した（図IV-6-11）。



図IV-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



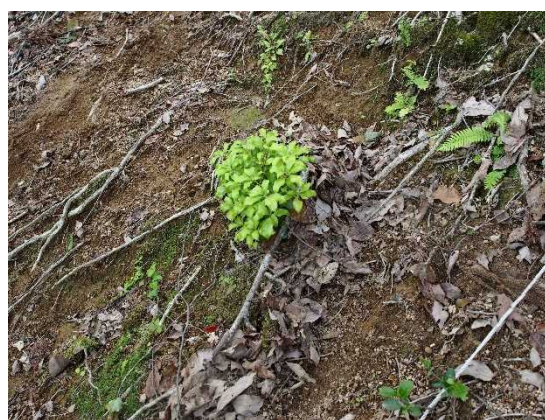
図IV-6-10 植栽木の平均樹高の経年変化



図IV-6-11 植栽木の樹種別のリターの捕捉状況

### (エ) 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。

### (イ) 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～)



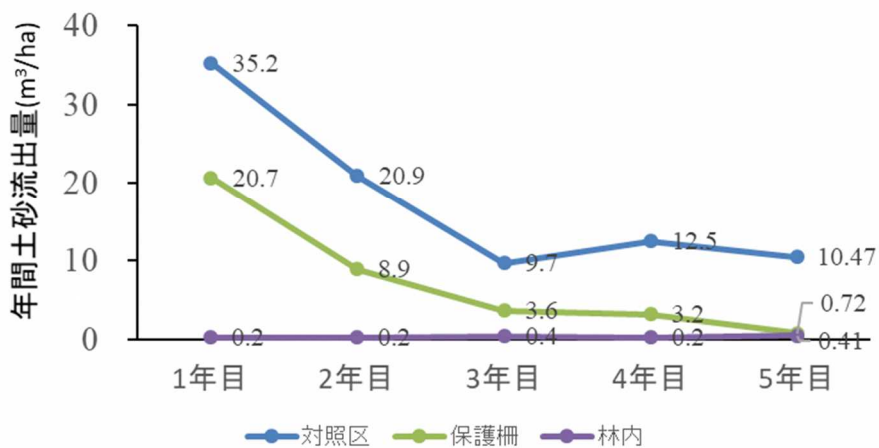
伐採跡荒廃地(南あわじ市灘吉野)の整備前の状況

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年目-5年目)/1年目×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20.7m<sup>3</sup>/haであったのが、整備5年目には0.7m<sup>3</sup>/haまで減少した(図IV-6-12)。

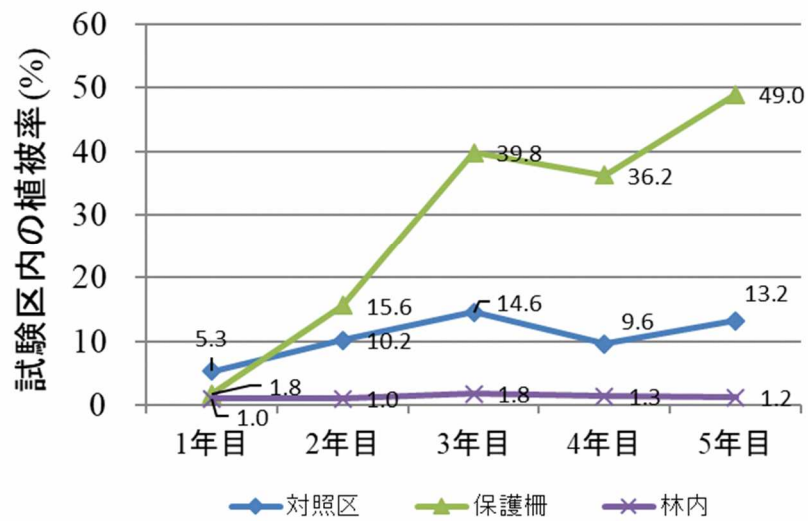
灘吉野事業地における年間土砂流出量の変化



図IV-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IV-6-13)。





図IV-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IV-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

##### (7) 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 1）

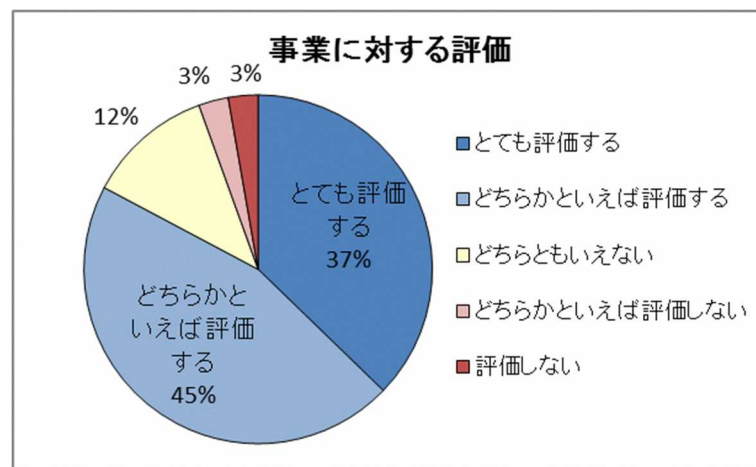


図 1 事業に対する評価

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 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。



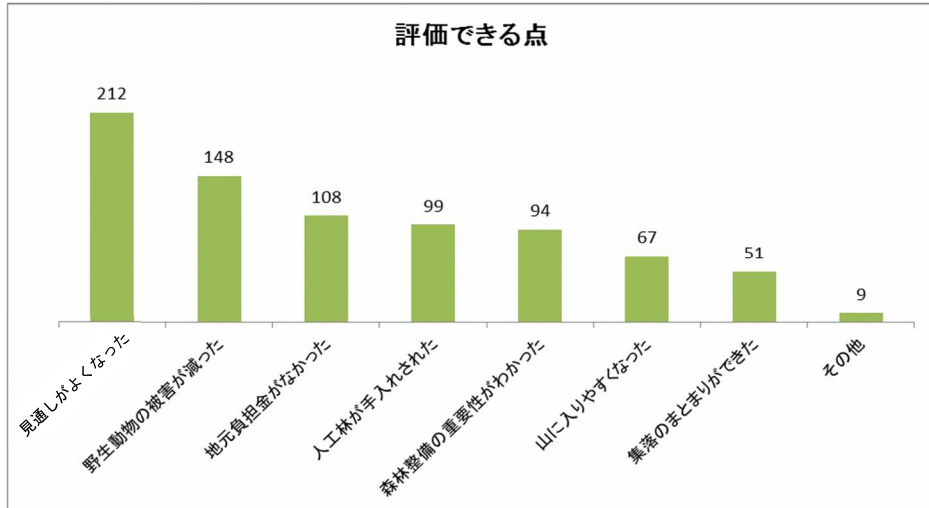


図2 事業について評価できる点

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3）。

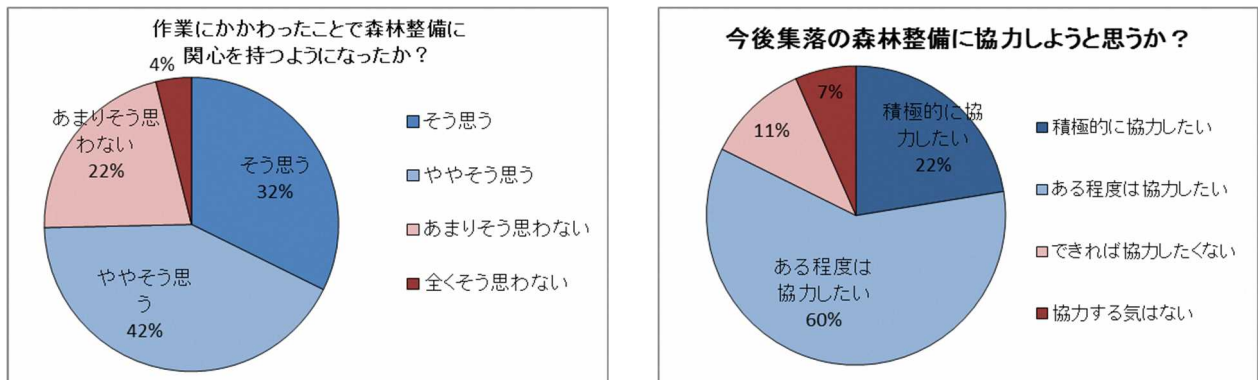


図3 森林整備への関心

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5）。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7）。

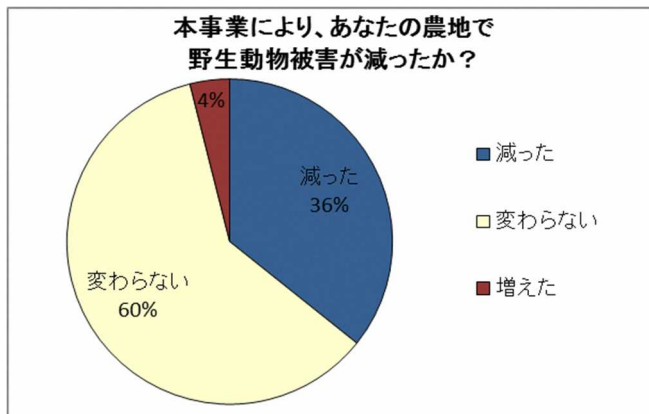


図4 野生動物被害の変化

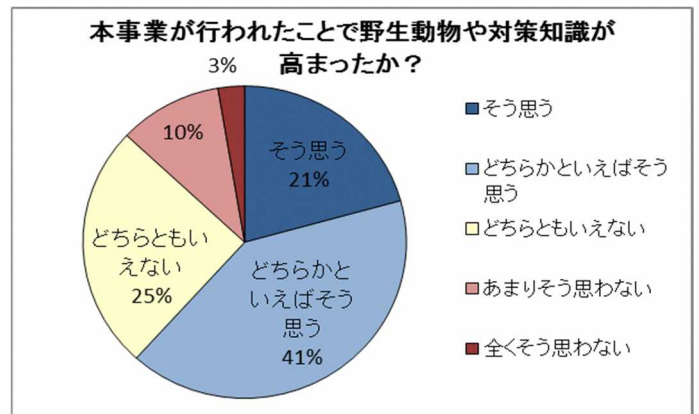


図5 獣害の知識

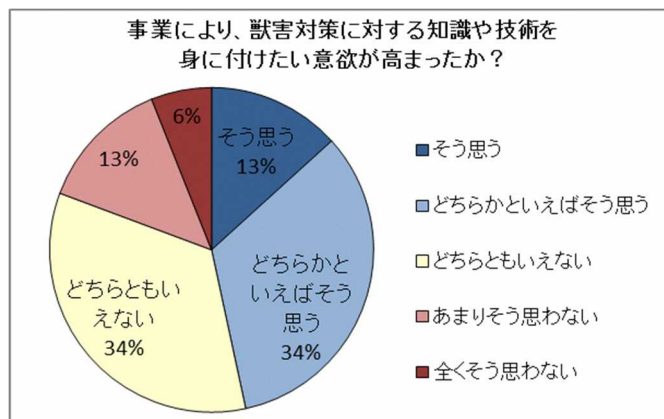


図6 獣害対策等に関する意欲

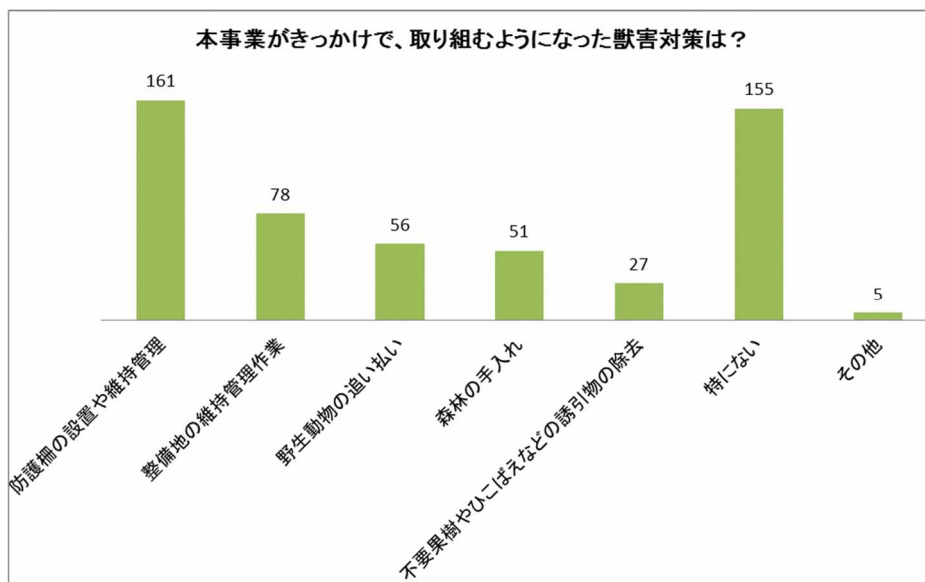


図7 獣害対策への取り組み

(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」2集落（18%）、「目的はあまり明確ではなかった」1集落（9%）あった（図8）。

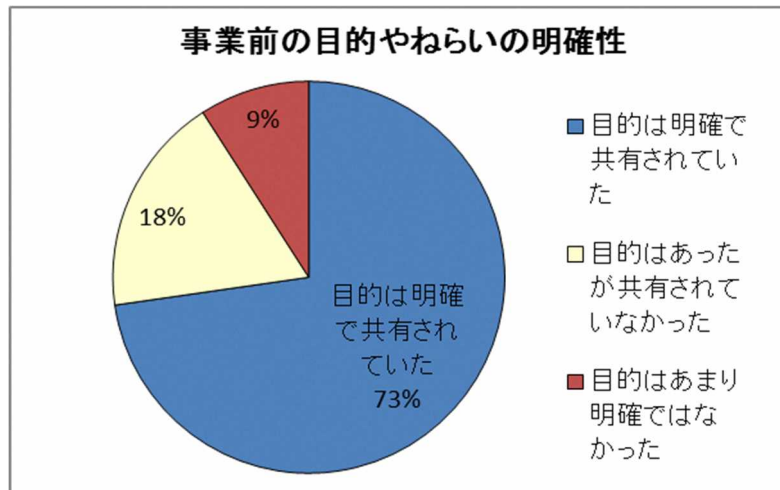


図8 事業前の目的やねらいの明確性

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9）。

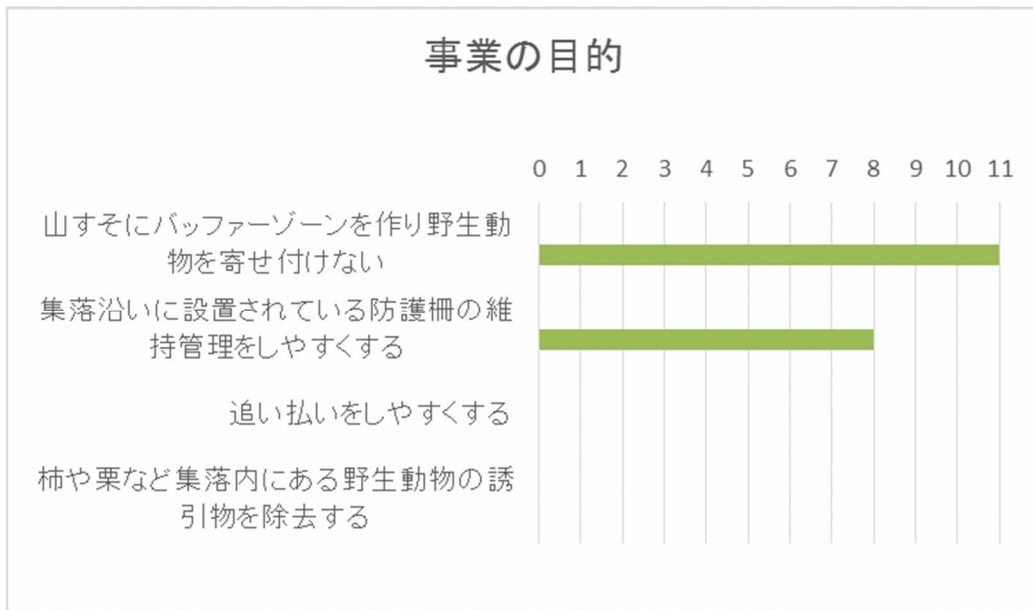


図9 事業の目的

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10）。

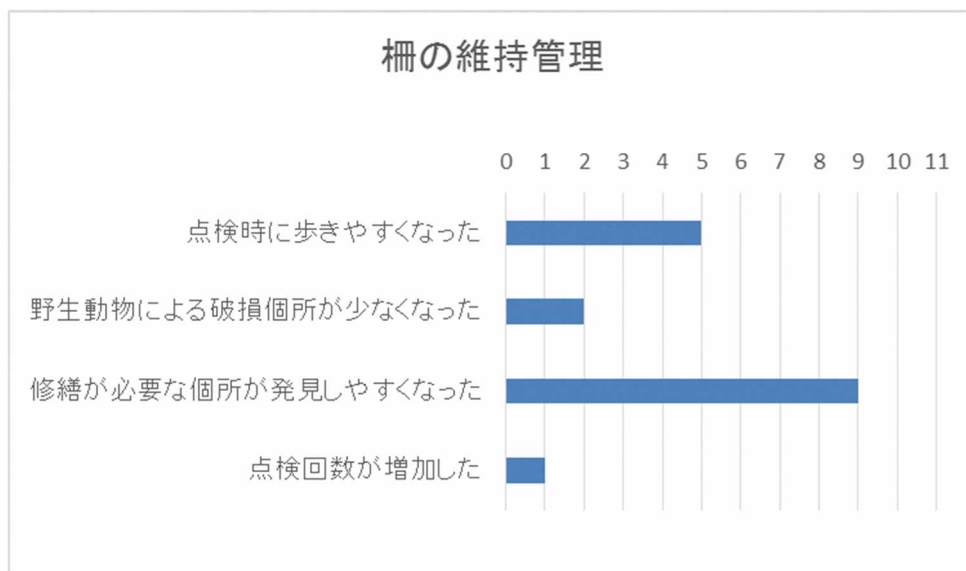


図10 柵の維持管理

(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11）。

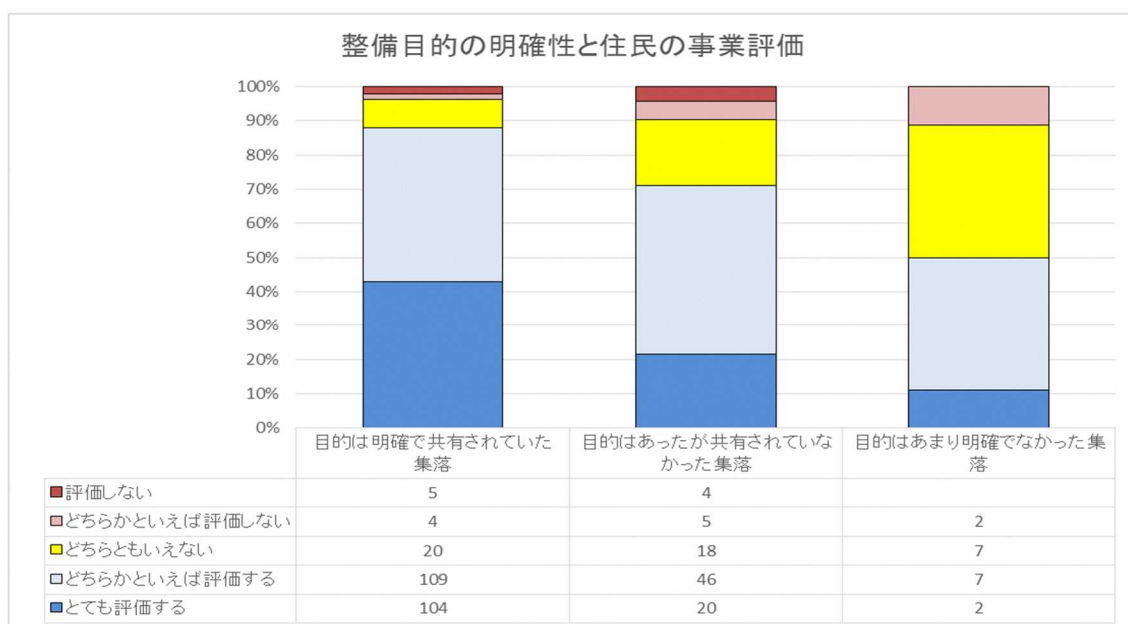


図11 整備目的の明確性（代表者アンケートによる）と住民の事業評価（全戸アンケートによる）の関係

(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12）。



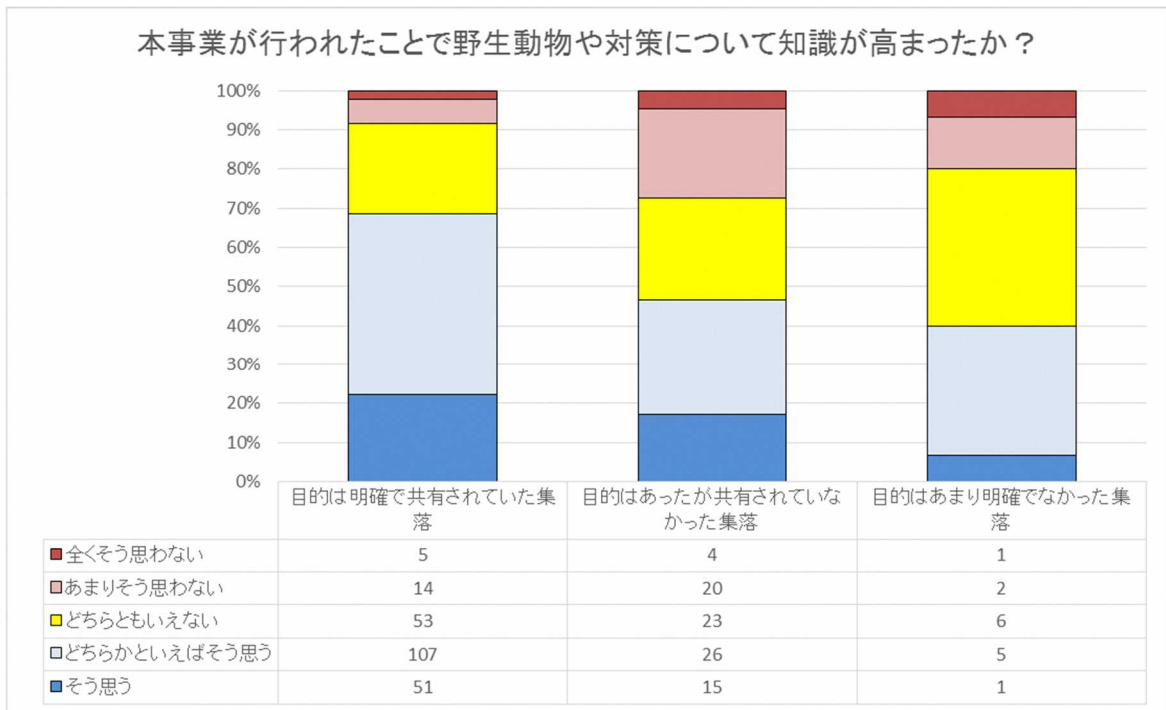


図 12 整備目的の明確性（代表者アンケートによる）と住民の対策知識の向上（全戸アンケートによる）の関係

(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」では、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 13）。

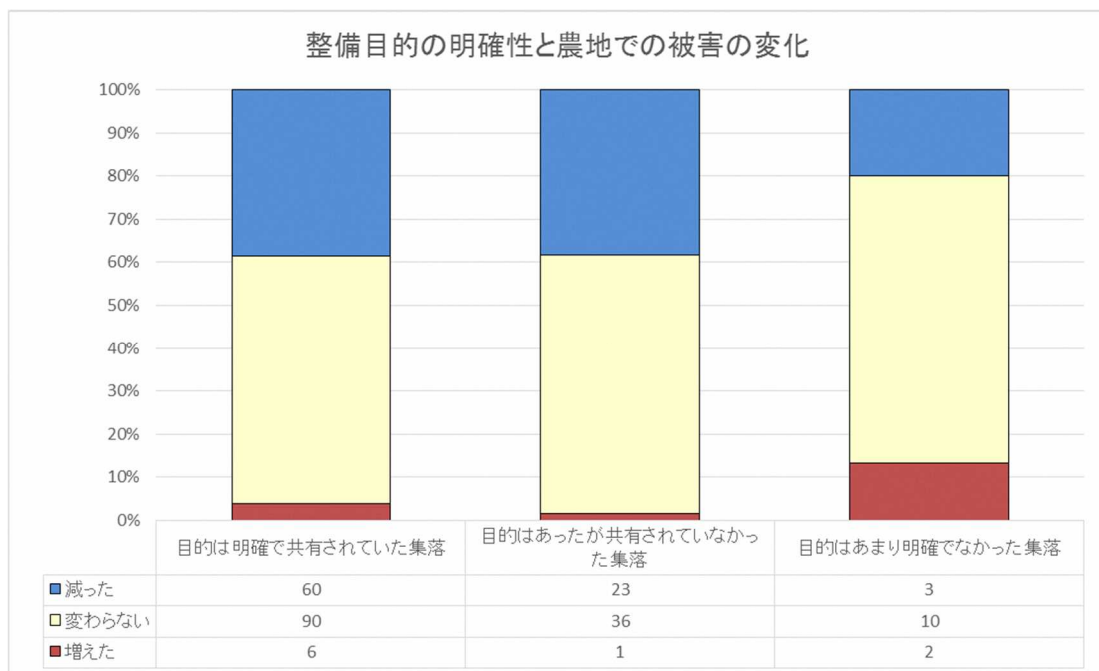


図 13 整備目的の明確性（代表者アンケートによる）と農地被害の変化（全戸アンケートによる）の関係

## 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くする」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）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 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

#### (ア) 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56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、77%の住民(とてもあった:32%、どちらかといえばあった45%の合計)が肯定的な評価をした(図1)

#### 【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

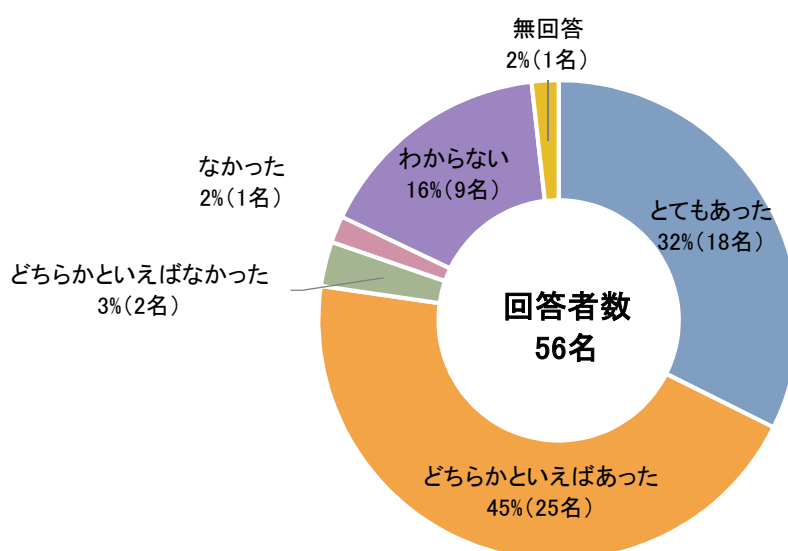


図1 事業に対する評価

### b 事業の効果

効果について尋ねたところ(複数回答可)、「裏山に入りやすくなった」が最も多く31名、次いで「危険木を伐採して倒木の不安が解消された」25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2)



【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 81名

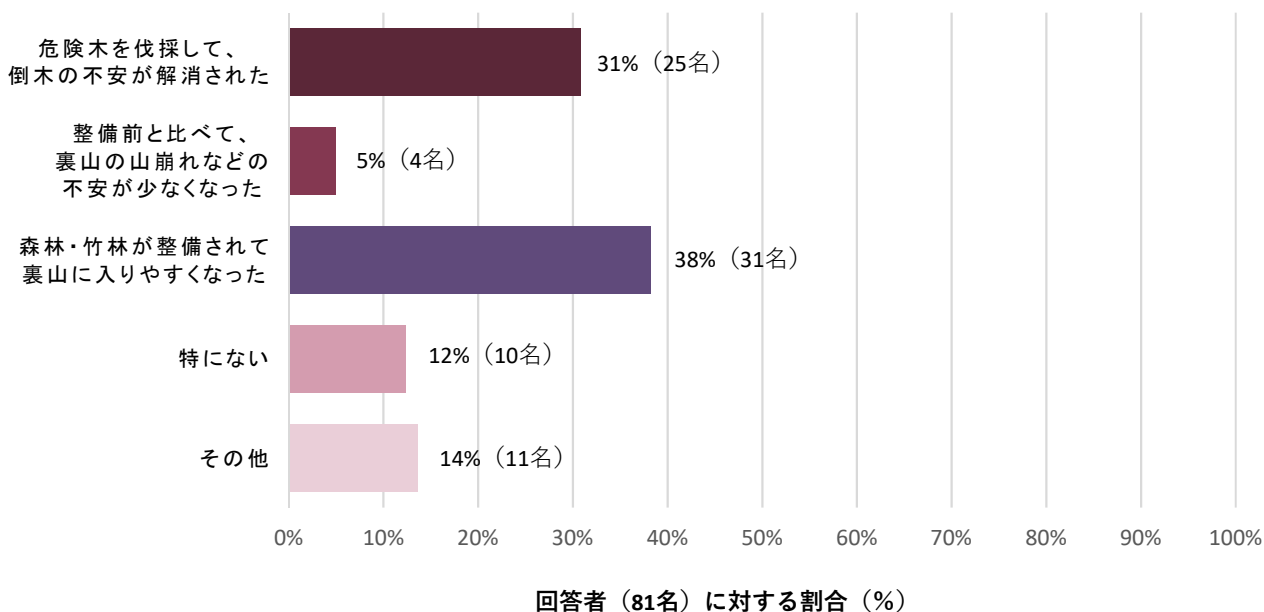


図2 事業の効果

c 森林整備への関心

18%の住民が「以前から関心があった」と回答し、59%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3)

これらと合わせると、77%の住民が本事業により森林整備への関心をもった。

また、79%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：27%、ある程度は協力したい：52%の合計)と回答した。(図4)

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

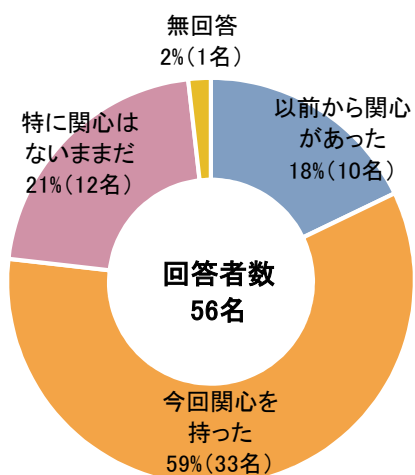


図3 森林整備に対する関心

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えますか

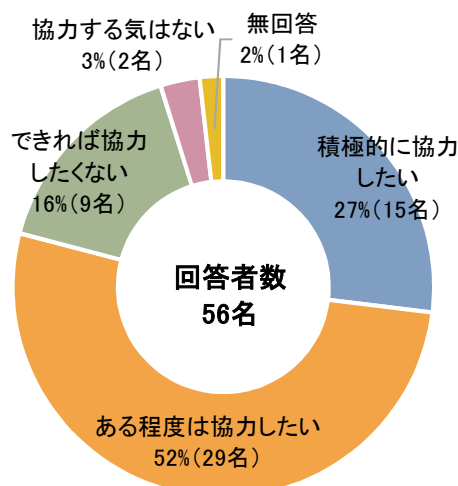


図4 今後の協力に対する意向

## エ 検証の評価

(ア) 77%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) 77%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) 79%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、P21 3-(2)など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～）

##### a：スギ林調査

- P21 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 5-1）。
- 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 5-1 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 2-5) 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 5-1)。

表 5-1 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には有意差はないものの、整備区の周囲長成長が大きい傾向が見られた。
- 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。

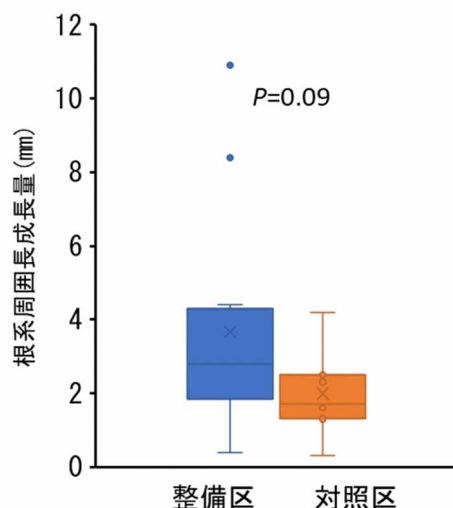


図 5-2 コナラ整備後の根の周囲長の成長

### (イ) 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 5-1、図 5-2)、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5-4)\*を検討。
- 地中レーダ法により非破壊的にコナラ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5-5)。

※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 ( $\Sigma T$ ) が根径指標となる (図5-4)。

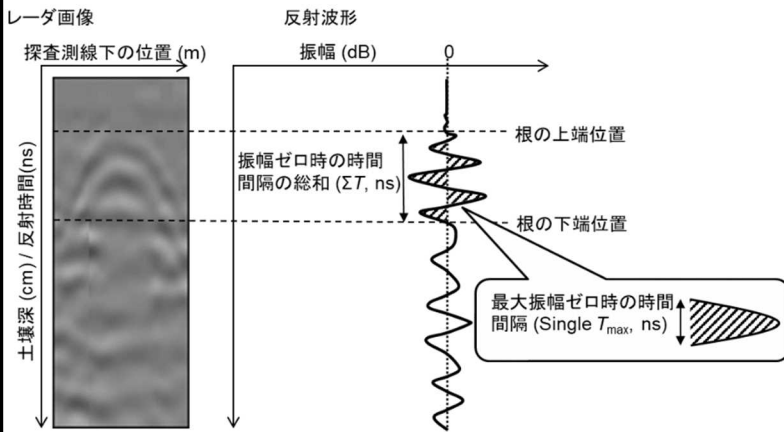


図5-4 レーダ波形と根径指標( $\Sigma T$ )の関係

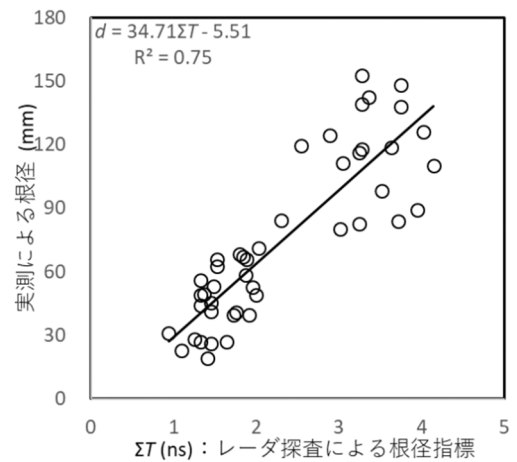


図5-5 根径指標( $\Sigma T$ )と実測根径

◆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

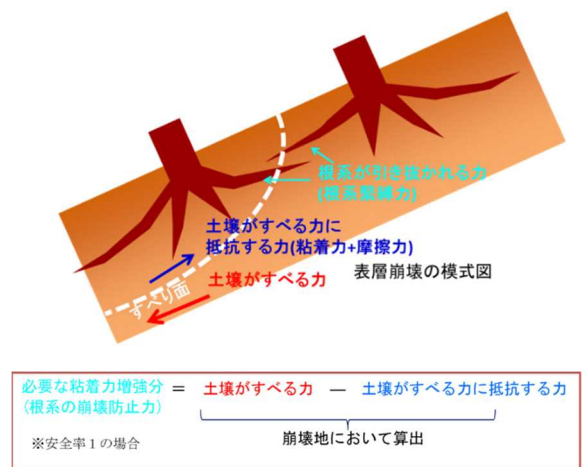


図5-6 崩壊防止に必要な根系量を算出するための考え方



## (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～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（神戸地方気象台、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 5-3）。
- 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 5-4）。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 5-3 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 5-4 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。

#### IV 事業評価

5年間で約88億円の事業費を投入して実施する「災害に強い森づくり事業」の整備効果について、県民に分かりやすく示すため、できる限り定量的に評価を行うこととした。

森林の持つ多面的機能の定量的評価については、平成13年に日本学術会議により「地球環境・人間生活にかかわる農業・森林の多面的な機能の評価」についての答申が行われ、その中で、森林の多面的機能の具体的内容の整理や、定量的に評価する手法、定量的評価の限界点などが示された。

災害に強い森づくり事業の評価については、この答申で示されている水源かん養や土砂災害防止機能などの機能区分を基本に、数値化が可能なものについて行った。具体的には、現地調査データや気象データ等を元にした数量的評価や、日本学術会議でも適用された代替法等を用いた経済的評価、産業連関分析による経済波及効果の推計を行った。

これらの評価の結果、30年間で事業費の約5倍の経済的評価が見込まれるなど、事業実施により大きな効果を生み出している。

##### 1 数量的評価

森林は、水源のかん養、土砂流出防止、二酸化炭素吸収など、様々な公益的機能を有している。これらの機能は、日常生活においてその価値を実感することは難しい。

この公益的機能には、土砂流出防止や洪水緩和、二酸化炭素吸収など数量的に評価できるものと、生物多様性保全機能などのように数量を把握することが困難なものがある。

ここでは、災害に強い森づくり事業で実施した森林機能の向上効果について、数量的に評価が可能な土砂流出防止、水資源貯留、水質浄化、洪水緩和、二酸化炭素吸収について評価を行った。

なお、評価にあたっては、検証にかかる調査地データや気象データ、林野公共事業事前評価の適用値、林野庁の二酸化炭素排出権取引価格を使用して実施した。

##### (1) 土砂流出防止効果

緊急防災林整備（斜面对策）、針葉樹林と広葉樹林の混交整備、里山防災林整備、都市山防災林整備を実施することにより、年間5,444 m<sup>3</sup>の土砂流出防止効果があることが見込まれた。

##### ア 緊急防災林整備（斜面对策）による土砂流出防止量

表IV1-1 年間土砂流出防止量

区 分	整備前 a	整備後 b	評価値 (a-b)	年間土砂流出防止量 (a-b)*整備量*係数
土砂流出量	1.75 m <sup>3</sup> /ha	0.45 m <sup>3</sup> /ha	1.30 m <sup>3</sup> /ha	3,529 m <sup>3</sup> /年
崩壊土砂量	—	—	0.11 m <sup>3</sup> /ha	299 m <sup>3</sup> /年
計				3,828 m <sup>3</sup> /年

(注1) 整備量を4,500haとして試算

(注2) 整備前、整備後の数値は、検証にかかる調査地データ

(注3) 年間の崩壊見込量 0.11 m<sup>3</sup>/ha

(注4) 年間土砂流出防止量 = 1.30\*4,500\*18.3/30.5 = 3,529 m<sup>3</sup>

年間崩壊土砂防止量 = 0.11\*4,500\*18.3/30.5 = 299 m<sup>3</sup>

※緊急防災林整備費 18.3億円（間伐経費や維持管理費を含めた経費 30.5億円）

## イ 針葉樹林と広葉樹林の混交整備による土砂流出防止量

表IV-1-2 年間土砂流出防止量

区 分	整備前 a	整備後 b	評価値(a-b)	年間土砂流出防止量 (a-b)*整備量*係数
土砂流出量	3.69 m <sup>3</sup> /ha	1.03 m <sup>3</sup> /ha	2.66 m <sup>3</sup> /ha	174 m <sup>3</sup> /年

(注1) 整備面積 92ha として試算

(注2) 整備前、整備後の数値は、検証にかかる調査地データ。整備後の数値は検証により得られた流出土砂量の相対値(27.9%)を整備前に乗じた。

(注3) 年間土砂流出防止量は 30 年間の平均 (1,835 m<sup>3</sup>+3,671 m<sup>3</sup>)\*14.5/15.3/30 年= 174 m<sup>3</sup>

※針葉樹林と広葉樹林の混交整備費 14.5 億円 (維持管理費を含めた経費 15.3 億円)

15 年目まで 2.66 m<sup>3</sup>/ha\*92ha\*15 年\*1/2= 1,835 m<sup>3</sup>

16 年目以降 2.66 m<sup>3</sup>/ha\*92ha\*15 年 = 3,671 m<sup>3</sup>

土砂流出量が安定するのに 15 年かかることから 1/2 を乗じる

## ウ 里山防災林整備による土砂流出防止量

表IV-1-3 年間土砂流出防止量

区 分	整備前 a	整備後 b	評価値(a-b)	年間土砂流出防止量 (a-b)*整備量*係数
土砂流出量	2.17 m <sup>3</sup> /ha	0.54 m <sup>3</sup> /ha	1.63 m <sup>3</sup> /ha	1,078 m <sup>3</sup> /年
崩壊土砂量	—	—	0.11 m <sup>3</sup> /ha	97 m <sup>3</sup> /年
計				1175 m <sup>3</sup> /年

(注1) 整備量を 1,000ha として試算

(注2) 整備前、整備後の数値は、検証にかかる調査地データ

(注3) 年間の崩壊見込量 0.11 m<sup>3</sup>/ha

(注4) 年間土砂流出防止量 = 1.63\*1,000\*3/4\*25.4/28.8= 1,078 m<sup>3</sup>

年間崩壊土砂防止量 = 0.11\*1,000\*25.4/28.8= 97 m<sup>3</sup>

※里山防災林整備費 25.4 億円 (維持管理費を含めた経費 28.8 億円)

## エ 都市山防災林整備による土砂流出防止量

表IV-1-4 年間土砂流出防止量

区 分	整備前 a	整備後 b	評価値(a-b)	年間土砂流出防止量 (a-b)*整備量*係数
土砂流出量	2.17 m <sup>3</sup> /ha	0.54 m <sup>3</sup> /ha	1.63 m <sup>3</sup> /ha	245 m <sup>3</sup> /年
崩壊土砂量	—	—	0.11 m <sup>3</sup> /ha	22 m <sup>3</sup> /年
計				267 m <sup>3</sup> /年

(注1) 整備量を 200ha として試算

(注2) 整備前、整備後の数値は、検証にかかる調査地データ

(注3) 年間の崩壊見込量 0.11 m<sup>3</sup>/ha

(注4) 年間土砂流出防止量 = 1.63\*200\*3/4= 245 m<sup>3</sup>

年間崩壊土砂防止量 = 0.11\*200= 22 m<sup>3</sup>

※都市山防災林整備費 3 億円

年間の土砂流出防止量の合計 (ア～エ) は、 5,444 m<sup>3</sup>

年間の土砂流出防止量は、

10t ダンプトラック約 880 台分に相当

※ ダンプトラック 10 t 車 1 台の積載量：6.2 m<sup>3</sup>（土砂の単位重量 1.6t/m<sup>3</sup> で計算）

(2) 水資源貯留、水質浄化効果

森林には、雨水を一時的に貯え、水質を浄化する働きがあることから、緊急防災林整備（斜面对策）、針葉樹林と広葉樹林の混交整備の実施により、整備前後の水資源貯留量を試算した結果、年間 2,010 千 m<sup>3</sup> の貯留量が増加した。

表IV-1-5 年間の水資源貯留量

区 分	整備前の貯留量 a	整備 15 年後の貯留量 b	貯留量増加分 (b-a)	年間平均貯留量 (b-a) × 係数
緊急防災林整備	33,737 千 m <sup>3</sup> /年	37,044 千 m <sup>3</sup> /年	3,308 千 m <sup>3</sup> /年	1,488 千 m <sup>3</sup> /年
針葉樹林と広葉樹林の混交整備	7,497 千 m <sup>3</sup> /年	8232 千 m <sup>3</sup> /年	735 千 m <sup>3</sup> /年	522 千 m <sup>3</sup> /年
計				2,010 千 m <sup>3</sup> /年

(注 1) 緊急防災林整備面積を 4,500ha として試算

整備前の貯留量 (33,737 千 m<sup>3</sup>/年)

= 整備前の貯留率 (0.51) × 年間平均降雨量 (1470mm/年) × 整備面積 (4,500ha) × 10

整備後 15 年後の貯留量 (37,044 千 m<sup>3</sup>/年)

= 整備後 15 年後の貯留率 (0.56) × 年間平均降雨量 (1470mm/年)

× 整備面積 (4,500ha) × 10

年間平均貯留量 = 3,308 (千 m<sup>3</sup>/年) × 3/4 × 18.3/30.5 = 1,488 千 m<sup>3</sup>

(注 2) 針葉樹林と広葉樹林の混交整備面積を 1,000ha として試算

緊急防災林に準じて算出

年間平均貯留量 = 735 (千 m<sup>3</sup>/年) × 3/4 × 14.5/15.3 = 522 千 m<sup>3</sup>

年間の水資源の平均貯留量増加分の合計は、2,010 千 m<sup>3</sup>

年間の水資源貯留量増加分は、加古大池の貯水量の約 1.5 倍に相当

※ 加古大池（稲美町）は貯水面積が県下最大のため池で、貯水量は 1,300 千 m<sup>3</sup>

(3) 洪水緩和効果

森林には豪雨時に河川に流出する水量を緩和する働きがある。緊急防災林整備、針葉樹林と広葉樹林の混交整備の実施により、整備前と整備後 15 年後のピーク流量（豪雨等により河川に流れ込む最大流出量）を試算した結果、洪水緩和量は合計 188 m<sup>3</sup>/秒となった。

表IV-1-6 洪水の緩和量

区 分	整備前の ピーク流量 a	15 年後の ピーク流量 b	流量減少分 (a-b)	洪水緩和量 (a-b) × 係 数
緊急防災林整備	1279 m <sup>3</sup> /秒	1046 m <sup>3</sup> /秒	233 m <sup>3</sup> /秒	140 m <sup>3</sup> /秒
針葉樹林と広葉樹 林の混交整備	284 m <sup>3</sup> /秒	233 m <sup>3</sup> /秒	51 m <sup>3</sup> /秒	48 m <sup>3</sup> /秒
計				188 m <sup>3</sup> /秒

(注1) 緊急防災林整備面積を 4,500ha として試算

整備前の流量(1279 m<sup>3</sup>/秒)

= 整備前の流出係数(0.55) × 100 年確率時雨量強度(186mm/h) × 整備面積(4,500ha) / 360

整備後 15 年後の流量(1046 m<sup>3</sup>/秒)

= 整備後の流出係数(0.45) × 100 年確率時雨量強度(186mm/h) × 整備面積(4,500ha) / 360

洪水緩和量 = 233 × 18.3 / 30.5 = 140 m<sup>3</sup>/秒

(注2) 針葉樹林と広葉樹林の混交整備面積を 1,000ha として試算

緊急防災林に準じて算出

洪水緩和量 = 51 × 14.5 / 15.3 = 48 m<sup>3</sup>/秒

(4) 二酸化炭素吸収効果

緊急防災林整備、針葉樹林と広葉樹林の混交整備を実施することにより、年間約 32 千トンの二酸化炭素の吸収効果があることが見込まれた。

ア 緊急防災林整備による二酸化炭素吸収量 30 年間で約 1,245 千トン

年間の二酸化炭素吸収量 = 1,245,000 / 30 × 18.3 / 30.5 = 24,940 トン

イ 針葉樹林と広葉樹林の混交整備による二酸化炭素吸収量 30 年間で約 277 千トン

年間の二酸化炭素吸収量 = 277,000 / 30 × 14.5 / 15.3 = 8,751 トン

年間の二酸化炭素吸収量 合計 (ア、イ) 33,691 トン

約 6,700 世帯が 1 年間に排出する二酸化炭素を吸収

※ 一世帯あたりの二酸化炭素排出量（電気やガス、ガソリン等）は年間約 5.04 t  
〔日本の温室効果ガス排出量データの 2008 年度数値（独立行政法人国立環境研究所）〕



(5) 付記されるべき機能

森林の持つ多面的機能のうち、生物多様性保全や快適環境形成、保健・レクリエーションなどの機能は、定量的に把握することが困難である。

しかしながら、多様な動植物の生息・生育の場としての働きや心身の癒しや安らぎを提供する場としての働きなどがあり、事業を実施することにより、これらの機能が発揮され、生活環境の向上効果が期待されるため、表IV-1-7のとおり付記する。

表IV-1-7 付記されるべき機能

原理	機能区分	機能の種類・内容
環境	生物多様性保全	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 生物の遺伝子の保全</li> <li>・ 生物種の保全</li> <li>・ 生物の生息・生育に必要な生態系の保全</li> </ul>
	快適環境形成	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 気温上昇の抑制などの気候の緩和</li> <li>・ 騒音防止やストレスの軽減など快適な生活環境の形成</li> <li>・ 粉塵の吸着など大気の浄化</li> <li>・ 野生動物被害による精神的ストレスの軽減</li> </ul>
文化	保健・レクリエーション	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 療養、保養</li> <li>・ レクリエーションの場の提供</li> </ul>
	文化・教育	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 伝統文化伝承の基盤として人の自然観を形成</li> <li>・ 森林環境教育や体験学習の場の提供</li> </ul>

## 2 経済的評価（費用対効果分析）

数量的評価などの結果から、「林野公共事業における事前評価マニュアル」等に基づき、代替法等を用いて貨幣換算を行った。各事業の目的に応じて、直接的な効果の高い「山地保全便益」「水源かん養便益」「環境保全便益」等の各項目について便益額（B）を算出した。

なお、評価期間は、事業によって整備された森林及び施設が効果を発現し続ける期間とし、森林が存在する限りその効果は発現し続けるものであることを踏まえ、事業費が大きい緊急防災林整備と里山防災林整備の考え方により30年とした。算出結果は、表IV-2-1のとおりである。

5年間の災害に強い森づくり事業（投資額8,800百万円）の実施による便益額を算出すると44,550百万円となり、費用対効果指数（B/C）は5.1となった。

### (1) 緊急防災林整備

#### ア 斜面对策

調査結果から得られたデータ等（単位面積当たりの土砂流出量）を活用し、1ha当たりの間伐費用及び伐倒木を利用した土留工の設置費用、土留工設置後の間伐費用に対する便益を計算した。

評価期間は、整備した森林が皆伐されるまで期間とし30年間とする。

#### イ 溪流対策

「林野公共事業における事前評価マニュアル」から事業趣旨に合致する項目を準用する。評価期間は、緊急防災林整備に準じて30年間とする。

### (2) 里山防災林整備

平成28～令和2年度に実施する100箇所において、里山防災林整備費用及び維持管理費用に対する便益を計算した。

評価期間は、林野公共事業事前評価では施設の耐用年数等を考慮して50年間とされているが、里山防災林整備における施設整備は簡易防災施設であることから、30年間とする。

### (3) 針葉樹林と広葉樹林の混交整備

平成28～令和2年度に実施する40箇所において、広葉樹林化及び保育費用に対する便益額を計算した。評価期間は、緊急防災林整備に準じて30年間とする。

### (4) 野生動物共生林整備

平成28～令和2年度に実施する52箇所において、野生動物共生林整備費用に対する便益額を計算した。評価期間は、緊急防災整備に準じて30年間とする。

### (5) 住民参画型森林整備

「林野公共事業における事前評価マニュアル」から事業趣旨に合致する項目及び、副次的効果を見込める項目を準用する。

評価期間は、緊急防災林整備に準じて30年間とする。

表IV-2-1 事業別費用対効果分析結果

○災害に強い森づくり事業別・機能別評価額

事業名	全体事業量 (ha)	機能区分		投資額 (億円)	投資額 (億円)	ha当たり便益額 (千円)	便益額 (億円) [30年間]	機能区分別構成比 (%)	B/C
				初期投資分					
緊急防災林整備 (斜面対策)	4,500	水源かん養	洪水防止			2,602	70.2	39.7	
			流域貯水			299	8.1	4.6	
			水質浄化			1,169	31.5	17.9	
		山地保全	土砂流出防止			926	25.0	14.1	
			土砂崩壊防止			28	0.8	0.4	
		環境保全	二酸化炭素吸収			1,522	41.0	23.3	
	小計		18.3	30.5	6,546	176.5	100.0	9.6	
緊急防災林整備 (溪流対策)	136	水源かん養	洪水防止			2,602	3.5	9.6	
			流域貯水			299	0.4	1.1	
			水質浄化			1,169	1.6	4.3	
		災害防止	山地災害防止			23,077	31.4	85.0	
	小計		10.1	10.1	27,147	36.9	100.0	3.7	
針葉樹林と広葉樹林の混交整備	1,000	水源かん養	洪水防止			2,602	24.7	39.9	
			流域貯水			299	2.8	4.6	
			水質浄化			1,169	11.1	17.9	
		山地保全	土砂流出防止			926	8.8	14.2	
		環境保全	二酸化炭素吸収			1,522	14.5	23.4	
	小計		14.5	15.3	6,518	61.9	100.0	4.3	
里山防災林整備	1,000	山地災害防止	山地災害防止			14,049	124.0	100.0	
			小計		25.4	28.8	14,049	124.0	100.0
野生動物共生林整備	1,810	生産被害防止	生産減収被害防止			1,402	24.7	100.0	
			小計		15.2	15.6	1,402	24.7	100.0
住民参加型森林整備	120	山地保全	土砂流出防止			926	1.1	14.5	
			炭素固定			2,804	3.4	43.9	
		環境保全	生物多様性保全			823	1.0	12.9	
			その他	ボランティア誘発			1,832	2.2	28.7
	小計		1.5	1.5	6,385	7.7	100.0	5.1	
都市山防災林整備	200	水源かん養	洪水防止			2,602	5.2	37.9	
			流域貯水			299	0.6	4.4	
			水質浄化			1,169	2.3	17.0	
		災害防止	山地災害防止			2,795	5.6	40.7	
			小計		3.0	3.0	6,865	13.7	100.0
合計	8,766			88.0	104.8	6,865	445.5		5.1

※便益額と投資額は、間伐や維持管理費等を含めて算出し、その額を事業費88億円に対する便益額に置き換えて、費用対効果分析を実施した。

※投資額には、評価期間中の維持管理費を含む

※緊急防災林整備投資分には間伐経費12.2億円を含む

整備当初経費 407千円\*4500ha=18.3億円

評価期間中維持管理費 272千円\*4500ha=12.2億円

合計 30.5億円

- (注1) 事業費には、評価期間中の維持管理費等を含めて算出し、災害に強い森づくりの経費との按分で便益額を算出した。
- (注2) 評価期間は30年間とする。
- (注3) 事業費は、整備等に要する経費及び維持管理に要する経費につき、現在価値化を行い計測する。
- (注4) 便益額は、事業を実施した場合の効果について、事業特性を踏まえ網羅的に整理した上で整備する施設の耐用年数若しくは森林の効果の発揮期間に応じて貨幣化し、現在価値化を行い計測する。
- (注5) 貨幣化による費用対効果分析の結果 (B/C) は、計測された便益額と投資額の比をもって表す。

算定式

$$B/C = \sum_{t=1}^n \frac{B}{(1+i)^t} / \sum_{t=1}^n \frac{C}{(1+i)^t}$$

B: 便益 (すべての評価対象便益の合計)

C: 費用 (初期投資+保育・維持管理に要する費用)

n: 評価期間 [30年]、i: 社会的割引率 [4%/年]、t: 年数

- (注6) 便益額は、県内調査地データや気象データ、林野公共事業事前評価の適用値、東京都の二酸化炭素の排出権取引価格等をもとに、算出した。

## (参考) 各便益の考え方

### ア 山地保全

#### (7) 土砂流出防止便益

整備を実施する場合と実施しない場合の土壌表面の土砂流出量について、整備区域の年間土砂量の差により推計し、この土砂量を除去するために必要となる土砂除去コストをもって便益とする。

#### (4) 土砂崩壊防止便益

整備を実施する場合と実施しない場合について、評価期間30年間での山腹崩壊の見込量を比較し、この崩壊見込土砂を除去するために必要となる土砂除去コストをもって便益とする。

### イ 水源かん養

#### (7) 洪水防止便益

降雨によって地表に達した雨水が該当流域の河川等へ流れ込む最大流出量について、整備前後を比較し、整備に伴う最大流出量減少分を推定し、減少量を治水ダムで機能代替させる場合のコストを便益額とする。

#### (4) 流域貯水便益

整備を実施する地域の直近で観測された年間平均降水量から、事業実施区域の森林整備による森林の貯留率の改善分を基に整備地での年間の降雨貯水量上積み分を算出し、利水ダムで代替した場合の減価償却費を便益額とする。

#### (4) 水質浄化便益

整備を実施する地域の直近で観測された年間平均降水量から、事業実施区域の森林整備による森林の貯留率の改善分を基に、整備地での年間の降雨貯水量上積み分を算出し、この上積み分を新たに水質浄化機能が向上したとして、上水道料金及び雨水浄化費のコストを便益額とする。

### ウ 環境保全

#### (7) 二酸化炭素吸収便益

整備を実施することにより、樹木が成長して炭素ストック量に変化（増加）するため、この増加量を二酸化炭素吸収量への換算式を基に樹種・林齢別の1ha・1年当たりの二酸化炭素吸収量を算出する。これに事業実施面積をかけることで、本事業による吸収量が算出され、同等量の二酸化炭素排出権を排出権取引価格で購入した場合に必要な費用に換算し、それを便益額とする。

#### (4) 炭素固定便益

森林への適切な施業を実施することによって当該森林に蓄えられる炭素量を推

計し、炭素固定便益として評価する。

**(ウ) 生物多様性保全便益**

適切な森林整備の実施により森林内部の下層植生を増加させ、これらを利用する動植物を増加させる便益を評価する。

**エ 災害防止**

**(7) 山地災害防止便益**

事業を実施しない場合の山腹崩壊、土石流、地すべり等による災害発生による想定被害額を算定し、これを便益として評価する。

**オ 野生動物被害防止**

**(7) 生産減収被害防止便益**

受益地区内の農地において整備を実施しなかった場合に発生する作物等（水稻）の野生動物被害による減産額をもって便益とする。

**カ その他**

**(7) ボランティア誘発便益**

地域住民などにより草刈り、側溝清掃などのボランティア活動が見込まれる場合に維持管理費も縮減される便益についても評価する。



### 3 経済波及効果

#### (1) 生産誘発効果

大型の公共投資やイベントなどがあると、新たな需要が生まれ、さまざまな生産活動を誘発するが、関連産業の生産活動の生産額等を累計したものを経済波及効果という。

災害に強い森づくり事業による事業費（最終需要額※）の経済波及効果を産業連関分析により推計した。その結果は、表IV-3-1のとおりである。

災害に強い森づくり事業による生産誘発効果は12,159百万円となり、これは最終需要額比（8,800百万円）の1.38倍に当たる。

また、付加価値誘発効果（GDPに相当）は8,048百万円である。

※全体事業費（最終需要額）内訳（平成28年度～令和2年度計）

林業部門（主に森林整備）	6,855百万円
公共事業部門（防災施設整備等）	1,945百万円
合計	8,800百万円

〔表IV-3-1〕 経済波及効果推計結果

項目	金額(百万円)	備考
総合効果(生産誘発額計) A=B+C	12,159	経済波及効果(売上額の合計)
直接効果 B	8,800	直接需要増加額(最終需要額)
間接効果 C=D+E	3,359	間接需要増加額
第一次間接効果 D	1,683	原材料消費から誘発効果
第二次間接効果 E	1,676	消費支出による誘発効果
生産波及倍率(A/B)	1.38	生産波及の大きさを示す係数
(参考)付加価値誘発額	8,048	GDPに相当、(売上額-経費等)の合計

(資料)兵庫県統計課「平成27年兵庫県産業連関表」

#### (2) 雇用誘発効果

平成27年兵庫県雇用表等を用いて推計した雇用創出効果について、就業者誘発数は1,437人で、このうち雇用者誘発数は1,150人である。

(参考) 経済波及効果推計に関連する用語

○ 産業連関表

域内経済において一定期間（1年間）に行われた財貨、サービスの産業間の取引関係を示した一覧表である。産業連関表から作成された各種係数を用いた産業連関分析により経済波及効果の測定を行うことができる。

○ 経済波及効果

直接効果（最終需要額）に間接波及効果（第一次間接波及：原材料からの波及、第二次間接波及：消費支出からの波及）を加算した額。

○ 直接効果（最終需要額）

需要発生額で事業実施経費、施設維持経費、家計消費支出などの支出のうち各産業部門にもたらされた金額。

○ 間接効果

直接効果に間接波及効果（第1次間接効果：原材料からの波及、第2次間接効果：消費支出からの波及）を加算した額。

○ 付加価値誘発効果

生産誘発額のうち、生産に要した原材料やサービスなどの中間投入額を控除したもので、雇用者報酬、営業余剰などである。一定期間における付加価値の合計額がGDPである。

○ 雇用誘発効果

経済波及効果を雇用（就業者数、雇用者数）に換算したもので雇用表等を用いて推計する。

**就業者**：個人業主（個人経営の事業主）、家族従業者（個人業主の家族）及び雇用者

**雇用者**：就業者のうち、常用雇用者及び臨時・日雇

## V 「災害に強い森づくりの新たな展開」に向けた提言

### 1 背景

平成 16 年度の甚大な台風被害を踏まえ、森林の防災機能を高めるため、平成 18 年度からに県民緑税を活用して「災害に強い森づくり」を推進してきた。5 年を 1 期として、その期間に必要な事業量を把握し計画的に実施しており、平成 21 年台風 9 号災害や平成 26 年 8 月豪雨災害等を教訓として新たな課題にも取り組むため、2 度の期間延長を経て、現在、第 3 期対策を計画的に推進している。

第 3 期対策では、26 年度の局地的豪雨等による丹波市や六甲山系での土砂崩壊被害を踏まえ、土石流の発生防止のため、溪流の防災施設整備や六甲山系斜面での広葉樹林の本数調整伐と土留工の整備も新たに事業に追加した。

これらの取組の結果、平成 30 年 7 月豪雨でも、宍粟市等における災害に強い森づくりの整備地では流木や土砂流出を防止するなど、被害はなかったことが確認された。加えて、このたびの検証による整備効果も踏まえ、森林の防災機能は着実に高まりつつある。

しかしながら、近年の豪雨等の多発化、頻発化等の気候変動の影響に伴う災害リスクの高まりや、山地災害危険地区の見直しに伴う危険地区の増、さらにはこれまで鳥獣被害が見られなかった集落などへの被害拡大などの新たな課題が生じており、これらの課題にも早期に対応していく必要がある。

### 2 近年の豪雨等の多発化などの課題

#### (1) 気候変動の影響に伴う災害リスクの高まり

平成 30 年の 7 月豪雨など記録的な豪雨や台風のかつてない規模の災害の激甚化や頻発化しており、気候変動の影響は、過去の経験が活かされない事象が増加する可能性もあるなど、風水害リスクは増大している。

#### ○ 近年の主な豪雨・台風

豪雨・台風	説明
平成 29 年 7 月九州北部豪雨	12 時間で 600mm 超の大雨、多数の斜面崩壊が発生
平成 30 年 7 月豪雨（西日本豪雨）	長時間の降水量による記録的な大雨、極めて甚大な被害が発生 気象庁がはじめて個別災害に気候変動による影響を言及
平成 30 年台風 21 号	大阪湾では第二室戸台風を上回る既往最高潮位を記録、浸水や風害も発生
令和元年台風 15 号	強風により、関東地方を中心に人工林の倒木が多数発生
令和元年台風 19 号	関東地方や甲信地方などで記録的な大雨、甚大な被害が発生

令和元年 9 月に行った森林に求める役割に関する内閣府の国民調査の結果（1,546 人が回答）では、「山崩れや洪水などの防止機能」がトップの 48%となるなど、森林に対する防災への期待も高まっている。

## ○ 顕在化する気候変動の影響

	既に発生していること	今後予測されること
気温	・世界の平均気温が1850～1900年と2003～2012年を比較し <b>0.78℃上昇</b>	・21世紀末の世界の平均気温は <b>更に0.3～4.8℃上昇</b>
降雨	・豪雨の発生件数が約30年前の <b>約1.4倍に増加</b> ・平成30年7月豪雨の陸域の <b>総降水量は約6.5%増</b>	・21世紀末の豪雨の発生件数が <b>約2倍以上に増加</b> ・短時間豪雨の発生回数と降水量がともに増加 ・ <b>流入水蒸気量の増加</b> により、総降水量が増加
台風	・平成28年8月に北海道へ3つの台風上陸	・日本周辺の <b>猛烈な台風の出現頻度が増加</b> ・通過経路が北上

引用：「気候変動を踏まえた治水計画のあり方（R元年10月、国土交通省）」

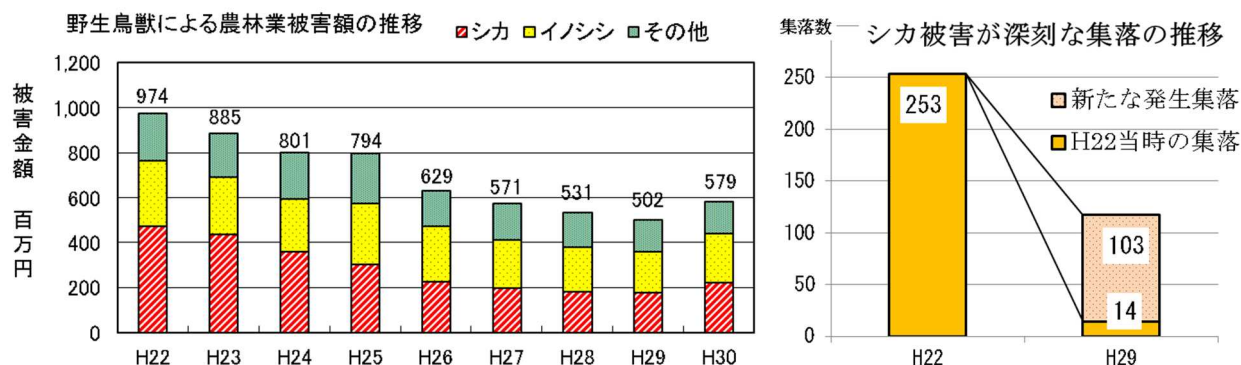
さらに、スギ・ヒノキの人工林や広葉樹林の現存量（材積）は急速に増大しており、流木や土砂崩壊の被害発生時に大径木化による影響も大きくなる恐れがある。また、里山林の放置により、照葉二次林化など植生の変化が進行し、下層植生が失われ土砂流失が懸念される。

### (2) 山地災害危険地区の見直しに伴う危険地区の増

近年、全国各地で山地災害が発生していることから、国の危険地区調査要領の改正に伴い、平成29年度に県が再調査を実施した結果、山地災害危険地区は、6,306箇所から9,051箇所（うち、H30年末現在で未着手地区5,605箇所）に増加した。

### (3) 鳥獣被害への適切な対応と強化

農林業被害額は、対策の効果によって減少傾向となっている。一方、近年の少雪等に伴う野生動物の生息範囲の拡大や、地域によっては狩猟者の高齢化等に起因する捕獲圧の低下等により、新たな被害集落が発生しており、鳥獣被害への適切な対応と強化が求められている。



### 3 提言

前記の検証結果やこれまでの取組成果、及び気候変動に伴う近年の豪雨等の多発化などの課題を踏まえ、県民の安全・安心を確保するためには、「災害に強い森づくり」事業の継続と内容の充実が必要であり、対象森林に応じた今後の整備方針や整備内容等について、以下のとおり提言を行う。

また、「災害に強い森づくり」事業は超過課税による財源を活用しており、今後も絶えざる検証を行い、その効果を県民にわかりやすく示していく必要がある。

なお、森林環境譲与税が創設されたことに伴い、県民緑税は今後も森林の防災機能の強化に活用することとして、用途を明確に区分することによって、説明責任を果たしつつ、両税を活用して森林の整備・保全を図ることが重要である。

#### (1) 提言① **危険溪流沿いの森林の防災機能を強化** 緊急防災林整備（溪流対策）

##### 「整備方針」

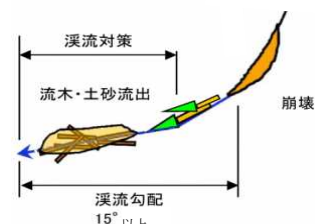
- 近年の災害リスクの高まりから、新たに増加した山地災害危険地区の未整備危険溪流で、流木・土石流災害の軽減対策を実施

##### 「整備内容」

- 溪流内の倒木・流木を伐採・除去
- 災害緩衝林の造成
- 簡易流木止め施設等の設置



災害緩衝林と簡易流木止め施設



整備する溪流のイメージ

#### (2) 提言② **危険斜面の表面侵食防止機能を強化** 緊急防災林整備（斜面对策）

##### 「整備方針」

- 近年の災害リスクの高まりから、新たに増加した山地災害危険地区の未整備危険渓流域で伐倒木を利用した土留工対策を実施
- シカ食害の甚大な箇所では下層植生が衰退しているため、土留工及びシカ不嗜好性植物の導入による植生回復を実施

##### 「整備内容」

- 伐倒木を利用した土留工の設置
- シカ不嗜好性樹種の植栽



伐倒木を利用した土留工の設置 土砂流出抑止と植生回復状況



(3) 提言③ **気象災害や土砂災害防止機能を強化** 針葉樹林と広葉樹林の混交整備

「整備方針」

- 気象災害に弱く、崩壊防止力の向上が見込めない高齢の間伐手遅れ林分について、広葉樹林と混交した多様な森林へ誘導
- 状況に応じ土留工を設置し表面侵食を防止

「整備内容」

- パッチワーク状に広葉樹等多様な樹種を植栽
- 伐倒木を利用した土留工の設置
- 作業道の整備
- シカ不嗜好性樹種の植栽



パッチワーク状の広葉樹植栽

(4) 提言④ **人家裏の防災施設を重点整備** 里山防災林整備

「整備方針」

- 近年の倒木被害や山地災害リスクの高まりから、新たに増加した山地災害危険地区を含む、未整備の人家裏山危険斜面での防災対策を実施

「整備内容」

- 危険木の伐採、本数調整伐
- 簡易防災施設（丸太柵工等）の設置
- 危険地避難マップ作成等の減災活動支援



人家裏の危険斜面で危険木の伐採・簡易防災施設の設置

(5) 提言⑤ **バッファゾーン整備の推進と総合的な獣害対策** 野生動物共生林整備

「整備方針」

- 未整備の地区で新たに獣害が発生するなど、依然として獣害が地域の深刻な課題となっており、引き続き対策を実施
- 集落への総合的な獣害対策指導支援で高い整備効果を発揮

「整備内容等」

- バッファゾーンの整備 ○管理道の整備 ○有用低木の植栽
- 整備後の集落への効果的な維持管理の指導
- 獣害対策チームや鳥獣サポーター派遣支援事業との連携
- 植生保護柵の設置 ○不嗜好性樹種植栽
- 野生動物の生息地となる人工林の広葉樹林化



獣害対策チームによる集落への獣害対策指導

(6) 提言⑥ **地域住民による主体的な取組の推進**

住民参画型森林整備

「支援方針」

- 地域住民が主体的に防災・獣害対策の森林整備に取り組んだ結果、住民の評価も高く、引き続き推進
- 地域の課題軽減にあたり、森林整備目的を明確化して住民間での共有を図り、協同して作業に取り組む

「支援内容」

- 安全作業の対策強化支援（チェンソー防護衣等、刈払い機等の安全衛生教育）
- 住民と外部ボランティアとの協働を支援
- 大型機材の導入支援

(7) 提言⑦ **六甲山系の防災機能強化**

都市山防災林整備

「整備方針」

- 風化花崗岩の崩れやすい六甲山系において、防災機能の高い森林へ引き続き誘導

「整備内容」

- 荒廃広葉樹林の本数調整伐
- 伐倒木を利用した土留工の設置
- 倒木の危険性が高い大木の伐採
- 落石発生源対策として石筋工等の設置



過密林分のため下層植生が消失



本数調整伐後に、土留工を設置