

Ⅲ 整備効果の検証結果

1 緊急防災林整備

緊急防災林の整備地で設定した県内 15 箇所の調査区において、土留工の設置の有無による比較調査を実施した。

(1) 検証項目

整備後、数年経過した時点で、計測されたデータに基づき検証を行った。

〔表Ⅲ-1-1〕 検証項目と調査手法

区分	検証項目	調査手法
土砂災害防止	土砂流出量の比較	土砂受け箱に流入した土砂量を計測
	植生回復の比較	林床の被覆率を計測
	根系の崩壊防止力の比較 ^{※1}	根の分布、直径、引き抜き抵抗力 ^{※2} を計測
	立木の樹幹支持力の比較 ^{※1}	立木の引き倒し抵抗力 ^{※2} を計測
洪水防止	森林土壌の浸透能力の比較 ^{※1}	冠水による浸透量を計測

※1 効果の発現に年数を要する項目については、過去に整備した試験地のデータを使用

※2 引き抜き抵抗力は、主に水平根による崩壊防止に寄与する抵抗力であり、引き倒し抵抗力は、主に垂直根による土石流緩衝に寄与する抵抗力を示す。

(2) 調査内容及びその結果

① 土砂流出量の比較（降雨により森林から流出する土砂量）

ア 調査方法

○間伐を実施した場所で、土留工を設置した整備区と設置していない対照区（伐り捨て間伐のみ、但し、無間伐の 1 箇所を含む）の各 16 箇所に、土砂受け箱（幅 25 cm×高さ 15 cm×奥行 20 cm）を各 5 個設置し（岩川他 1984）、降雨等により流出した土砂量を測定した。

○溜まった土砂の回収は、1～4 ヶ月おき、又は豪雨[※]後に行い、乾燥重量を計測した後、単位面積当たりの年間土砂流出量に換算した。

※豪雨の定義は、気象庁の注意報・警報区分別に、阪神、播磨南東部に位置する調査区が日雨量 30 mm 以上、播磨南西部、淡路島が日雨量 50 mm 以上、播磨北西部、但馬北部、但馬南部、北播丹波が日雨量 60 mm 以上と設定した。

○平成 21 年台風 9 号の豪雨が発生した市町で観測している 5 調査地（上郡、佐用、宍粟、養父、朝来）において、通常降雨時と豪雨時での土砂流出量を比較した。

イ 調査期間

○平成 20 年 9 月～21 年 8 月（12 ヶ月間）

ウ 調査結果

○整備区の土砂流出量は、全ての調査地において、対照区の土砂流出量に比べ減少し、平均で 68% の土砂流出を抑止した（表Ⅲ-1-2、図Ⅲ-1-1）。

○また、整備区の土砂流出量の平均値は、0.40 m³/ha と、適正に管理された森林の指標値（1 m³/ha～0.1 m³/ha、川口 1951）の範囲内に収まり、表面侵食防止機

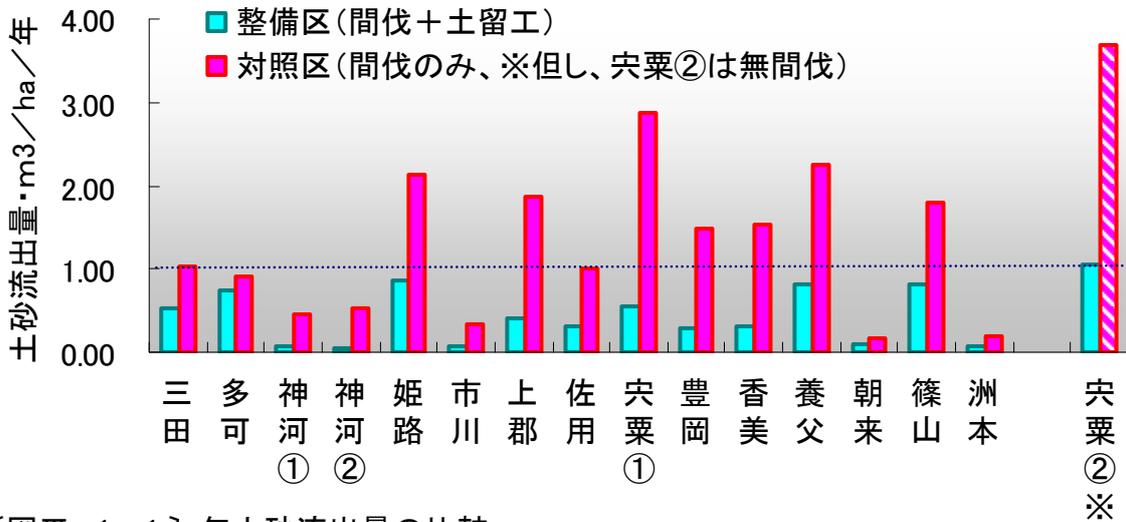
能が高まっている。

○豪雨時と通常降雨での土砂流出量を比較した結果、対照区では通常降雨より1.86 m³増加したのに対し、整備区では0.23 m³の微増で、指標値の1 m³以内に留まり、豪雨での土砂流出抑止効果が大きく発揮された(抑止率は12%増)(表Ⅲ-1-3、図Ⅲ-1-2)。

〔表Ⅲ-1-2〕土留工設置による土砂流出量の比較

区 分	対照区(無間伐)	対照区(間伐のみ)(a)	整備区(b)	抑止率(1-b/a)
土砂流出量(全箇所)	3.69 m ³ /ha	1.24 m ³ /ha	0.40 m ³ /ha	68%
(対照区が1 m ³ を超えた箇所)	—	1.77 m ³ /ha	0.54 m ³ /ha	69%

※抑止率とは、対照区の土砂流出量に対して、整備の実施により実際に抑止された土砂流出量の割合を示す。

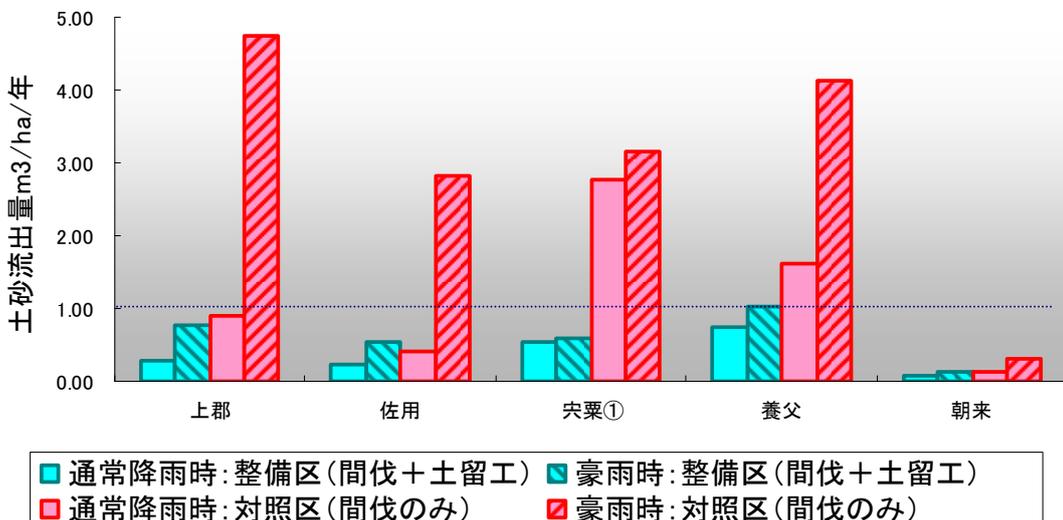


〔図Ⅲ-1-1〕年土砂流出量の比較

〔表Ⅲ-1-3〕豪雨による土砂流出量の比較(上郡、佐用、宍粟、養父、朝来の5箇所)

区 分	対照区(a)	整備区(b)	抑止率(1-b/a)
通常降雨での土砂流出量	1.17 m ³ /ha	0.38 m ³ /ha	68%
豪雨での土砂流出量*	3.03 m ³ /ha	0.61 m ³ /ha	80%
豪雨による増減	+1.86 m ³ /ha	+0.23 m ³ /ha	+12%

※8月の豪雨を含む、平成21年5月～21年8月までの観測値



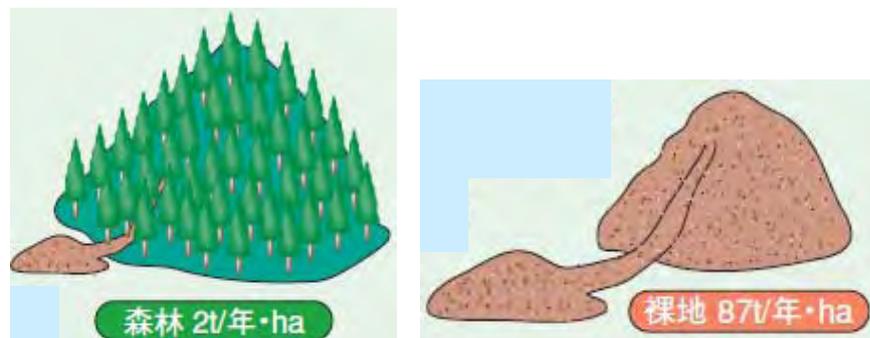
〔図Ⅲ-1-2〕通常降雨時と豪雨時における年土砂流出量の比較

◆ 参考：森林と裸地の土砂流出量

裸地での年間土砂流出量 87 t/ha (m³換算で約 54 m³/ha) に対して、森林の土砂流出量は 2 t/ha (約 1 m³/ha) である (図Ⅲ-1-3)。

土砂流出量が多い裸地では森林に比べて、崩壊箇所や崩壊面積が 2 倍以上あることが報告されている (表Ⅲ-1-4)。

緊急防災林整備では、土砂流出量が 1 m³/ha 以下まで抑制されていることから、崩壊発生の危険性がさらに低くなっているものと考えられる。



〔図Ⅲ-1-3〕 地被別の土砂流出量 (森林・林業白書平成 19 年版)

〔表Ⅲ-1-4〕 森林と裸地の崩壊の違い (難波 1959、一部改変)

	占有面積	1ha当たりの崩壊箇所数	1ha当たりの崩壊面積
森林	128, 097ha	0. 081	123m ²
裸地	12, 213ha	0. 181	238m ²

② 侵食土砂流亡予測式による土留工の効果分析

ア 調査方法

土留工による表面侵食の防止効果を他の工種と比較するため、侵食土砂流亡予測式 (USLE) に調査地ごとの土砂流出量、降雨、土壌、斜面長、傾斜、植被の係数 (以下に示す計算式) を与え、土留工の保全係数を算出した。

◆ USLE 解析とは。

USLE (Universal Soil-Loss equation) は、多数の侵食土砂観測プロットの観測データをもとに開発された経験式である。以下に示す計算式に各係数を与えることにより、異なる調査地の間で、山腹工等の保全工事や植生回復による表面侵食の防止効果を数値で比較することが可能になる。従来、農地侵食の解析に使用されてきた方法であるが、近年、山地森林へも適用 (北原 2002) されている。

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

A : 土砂流出量 R : 降雨係数 K : 土壌係数

L : 斜面長係数 S : 傾斜係数 C : 植被係数 P : 保全係数

イ 調査結果

調査地 15 箇所での USLE 解析を実施した結果、土留工の保全係数は平均で 0. 27 (0. 04~0. 65) となり、山腹緑化工のひとつである伏工*の保全係数 0. 16 (北原 2002) と同程度の効果の数値を得た (表Ⅲ-1-5)。

*伏工：崩壊斜面や切土のり面をマット状の二次製品等で覆い、表面侵食、崩落防止、緑化を図る工種

〔表Ⅲ-1-5〕 USLE 各係数の算出結果

No.	調査地		土砂流出量(A)		降雨係数(R)	斜面長係数(L)	土壌係数(K)	傾斜係数(S)		植被係数(C)		保全係数(P)	
	地点名	林分	整備区	対照区				整備区	対照区	整備区	対照区	整備区	対照区
01	三田	ヒノキ	0.63	1.10	320.6	0.52	0.105	22.0	23.1	0.0040	0.0027	0.41	1.00
02	多可	ヒノキ	0.80	0.78	349.9	0.52	0.105	24.2	24.2	0.0040	0.0017	0.43	1.00
03	神河①	スギ	0.06	0.57	396.8	0.52	0.105	20.8	22.0	0.0017	0.0012	0.08	1.00
04	神河②	ヒノキ	0.03	0.60	565.3	0.52	0.105	26.5	24.2	0.0010	0.0008	0.04	1.00
05	姫路	ヒノキ	0.73	1.81	163.1	0.52	0.105	34.8	34.8	0.0036	0.0058	0.65	1.00
06	市川	スギ	0.08	0.35	276.1	0.52	0.105	34.8	34.8	0.0020	0.0007	0.08	1.00
07	上郡	ヒノキ	0.48	2.35	251.6	0.52	0.105	20.8	22.0	0.0078	0.0078	0.21	1.00
08	佐用	ヒノキ	0.34	1.38	609.5	0.52	0.105	28.8	31.2	0.0012	0.0013	0.29	1.00
09	宍粟	スギ	0.73	2.82	149.5	0.52	0.105	36.0	34.8	0.0099	0.0099	0.25	1.00
10	豊岡	ヒノキ	0.29	1.52	234.2	0.52	0.105	24.2	26.5	0.0047	0.0045	0.20	1.00
11	香美	スギ	0.25	1.38	241.3	0.52	0.105	26.5	32.4	0.0032	0.0032	0.22	1.00
12	養父	ヒノキ	0.80	2.46	259.7	0.52	0.105	27.7	24.2	0.0055	0.0071	0.37	1.00
13	朝来	スギ	0.09	0.21	343.9	0.52	0.105	31.2	30.0	0.0012	0.0004	0.13	1.00
14	篠山	ヒノキ	0.82	2.03	336.7	0.52	0.105	30.0	30.0	0.0044	0.0037	0.34	1.00
15	洲本	ヒノキ	0.04	0.14	177.5	0.52	0.105	22.0	22.0	0.0013	0.0007	0.16	1.00
平均													0.27

③ 植生回復の比較（植物による被覆）

ア 調査方法

○土留工を設置した整備区と未整備地に設定した対照区 15 箇所、斜距離で 10 m×10m の方形区を設定し、林床を構成している植物全体の被覆率（植被率）を測定した。

イ 調査時期

○平成 18 年 10 月（整備前）
○平成 19 年 10 月（1 年後）、平成 20 年 10 月（2 年後）、平成 21 年 10 月（3 年後）

ウ 調査結果

○整備 3 年後の林床の植被率は、土留工設置の有無による大きな差はみられないが、3 箇所の調査地（神河②、姫路、佐用）については、平均で 5 % から 37 % まで回復していることが確認された（表Ⅲ-1-6）。

○過去に整備した試験地^{*}では、整備後 3 年以上が経過した頃から植被率の差が確認されていることから（図Ⅲ-1-4）、今後年数の経過とともに植被率の増加が期待される。

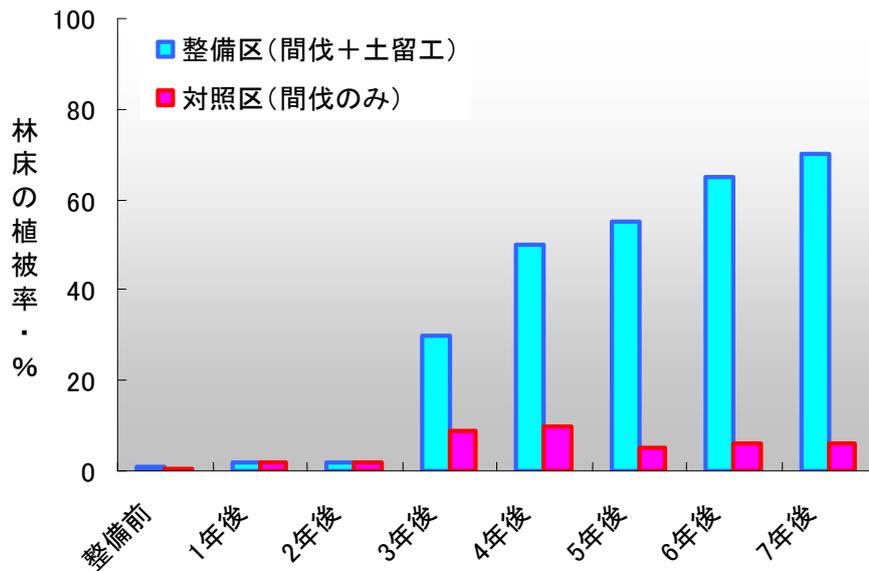
※佐用町のヒノキ林 29 年生（調査時は、土留工設置後 7 年が経過）

注）植被率の回復は、林床の光環境（図Ⅲ-1-5）やニホンジカの採食圧が大きく影響することから、調査地点での相対照度、ニホンジカの食害状況については継続して観察する。

〔表Ⅲ-1-6〕 植被率の比較（緊急防災林整備）：単位%

調査地	間伐＋土留工				間伐のみ			
	整備前	整備1年後	整備2年後	整備3年後	整備前	整備1年後	整備2年後	整備3年後
神河①	0.02	3	3	3	0.03	2.5	1	0.2
神河②	1.5	38	35	30	0.05	1.5	1	1
姫路	1.5	15	15	30	1.5	4	4	6
佐用	13	30	35	50	12	15	30	35
宍粟	0.5	3	6	7.5	1.5	1.5	4	5
養父	3.5	0.5	1	3	1.5	1	3	6.5
朝来	1.5	0.3	2.5	1	0.5	0.4	0.7	0.5
篠山	3	4	4	4	3	0.7	0.7	0.7

◆過去に整備した試験地における植生回復の状況



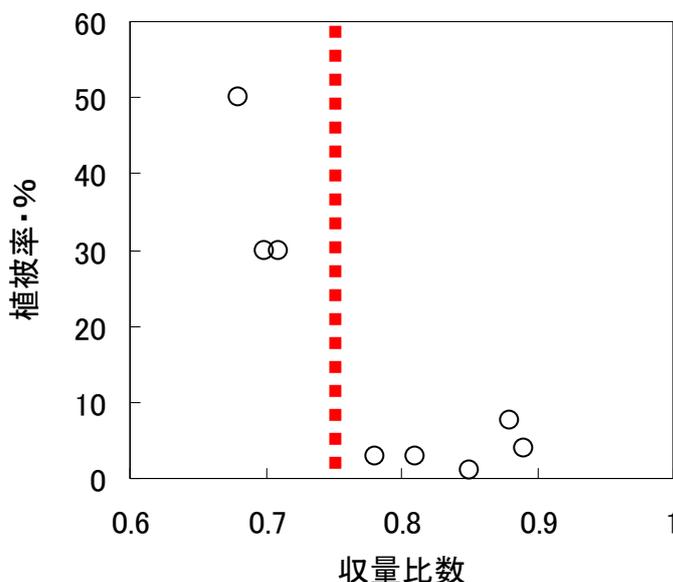
〔図Ⅲ-1-4〕 土留工設置後の植被率の変化 (ヒノキ人工林)

◆地被状態と崩壊の関係

過去に報告された荒廃地基礎調査による「地被状態と崩壊の関係」をみると、地表を被覆する植生がない場合には、崩壊面積が増加しており(表Ⅲ-1-7)、今後期待される地表の植被率の増加(前述)は、表層崩壊の防止に有効であると考えられる。

〔表Ⅲ-1-7〕 地被状態と崩壊の関係 (難波 1957)

地被状態	占有面積	1ha当たりの崩壊箇所数	1ha当たりの崩壊面積
灌木あり	144,813ha	0.047	107m ²
草あり	82,437ha	0.071	133m ²
なし	47,610ha	0.041	249m ²



各調査区の収量比数と植被率の関係をみてみると、収量比数0.75付近を境に、収量比数が低いほど植被率は高くなっており、光環境の影響を受けていることが推察される。

*収量比数

森林の混み具合を相対的に示す指標。実際の森林の材積と理論上最も混み入った状態の材積との比で、0から1の間の値で表される。この値が1に近いほど森林が混んでいるということになり、0.8より高い森林では、通常、間伐が必要といわれる。

〔図Ⅲ-1-5〕 整備区の収量比数(※)と植被率との関係

④ 根系の崩壊防止力の比較（引き抜き抵抗力）

ア 調査方法

○過去に整備した試験地*において、立木から等高線方向に1m離れた位置で、斜距離2m×深さ1mの土壌断面を整備区と対照区に各3箇所掘削し、出現した根系の分布と直径を測定した。

※佐用町のヒノキ林29年生（調査時は、土留工設置後7年が経過）

イ 調査結果

○整備区での根系の崩壊防止力（引き抜き抵抗力の合計値）は、対照区に比べて約2倍の値が得られ、根系の抵抗力（△Cに対応）と斜面安定の関係式（鈴木2007、以下の計算式参照）からも、斜面崩壊に対する安全率（以下、斜面安全率）が増加しているものと期待できる（表Ⅲ-1-8）。

○抵抗力の増加は、土留工を設置した場所では、土砂流出量が減少し土壌養分が留まるために根系の発達が促進されたこと、土留工を設置しない場所では、根系が露出した状態になり枯損してしまったことが原因と考えられる。

◆根系による表層崩壊防止機能について

水平根が土をつなぎ止める働き（土壌せん断抵抗力の粘着力の増加）を持つという近年の研究（北原2006）から、以下の斜面安定解析式により根系の表層崩壊防止機能の評価が可能となった。

$$FS = \frac{Wr \times \sum (Di \times \cos \theta i \times \tan \phi) + C + \Delta C}{Wr \times \sum (Di \times \sin \theta i)}$$

Fs：斜面安全率

Wr：土壌単位体積重量

Di：細分化された各土塊の体積

θi：各土塊の底面の傾斜

φ：土壌内部摩擦角

C：球面すべての土壌粘着力

△C：球面に出現した根系の粘着力増分（補強強度）

〔表Ⅲ-1-8〕 土留工の有無による崩壊防止力（根直径2mm以上）の比較

	整備区				対照区			
	整-1	整-2	整-3	平均	対-1	対-2	対-3	平均
根の本数(1㎡当たり)								
2mm以上 5mm未満	20.5	52.5	33.5	35.5	42.5	56.5	55.0	51.3
10mm未満	6.5	11.5	6.5	8.2	6.5	5.5	7.0	6.3
20mm未満	3.5	2.0	2.5	2.7	3.5	1.5	2.5	2.5
20mm以上	2.0	4.0	0.5	2.2	1.0	0.5	0.0	0.5
計	32.5	70.0	43.0	48.5	53.5	64.0	64.5	60.7
根の断面積(mm ² /㎡)								
0-25cm	16779	19613	2808	13067	3189	2388	3056	2878
25-50cm	220	3819	1675	1905	4313	2076	894	2428
50-75cm	0	0	0	0	0	0	0	0
75-100cm	0	0	0	0	0	0	0	0
計	16999	23433	4484	14972	7502	4465	3950	5306
引き抜き抵抗力 (kN/㎡)								
0-25cm	157.3	193.0	38.9	129.7	37.4	31.2	50.2	39.6
25-50cm	4.2	45.9	25.6	25.2	61.0	36.8	16.1	38.0
50-75cm	0	0	0	0	0	0	0	0
75-100cm	0	0	0	0	0	0	0	0
計	40.4	59.7	16.1	38.7	24.6	17.0	16.6	19.4

崩壊防止力：38.7/19.4=1.99⇒約2倍

◆ 間伐区と無間伐区との根系分布の比較

間伐の有無による違いを把握するために、調査地(スギ：45年生)でのスギ水平根の単位断面積当たりの本数や断面積、根系の崩壊防止力を比較した。

いずれの平均値も、無間伐区に比べ、間伐区の方が高い数値が確認された(表Ⅲ-1-9)。

[表Ⅲ-1-9] 間伐の有無による根系(直径2mm以上)の比較

	間伐区				無間伐区			
	間-1	間-2	間-3	平均	無間-1	無間-2	無間-3	平均
本数(1m ² 当たり)	51.0	84.0	68.0	67.7	68.0	50.5	47.5	55.3
断面積(mm ² /m ²)	5845	14931	6324	9033.3	11270	5298	6469	7679.0
引き抜き抵抗力(kN/m ²)	15.0	34.2	17.6	22.3	26.3	16.2	14.6	19.0

注) 無間伐-1の26.3という高い数値は、対象木とは異なる樹木の太根が混在したために、平均値を押し上げているものと考えられる。
26.3を除いた平均は、本数49.0本/m²、断面積5883.5mm²/m²、崩壊防止力15.4kN/m²である。

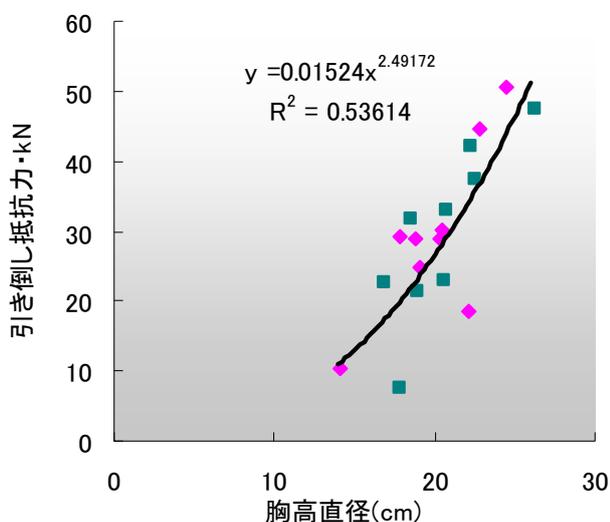
⑤ 立木の樹幹支持力の比較(崩壊土砂、土石流や風倒に対する立木の抵抗力)

ア 調査方法

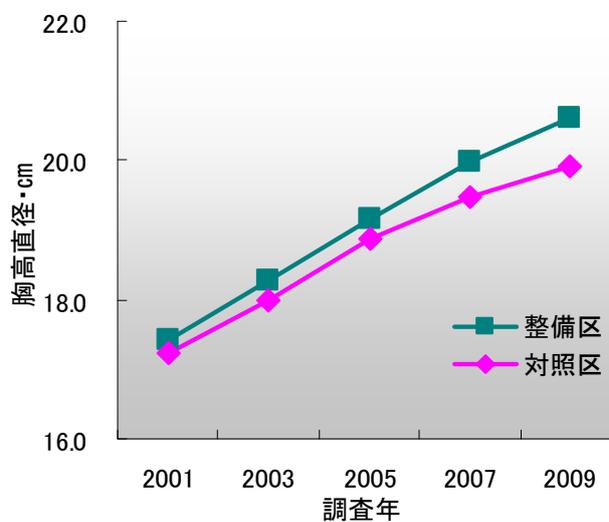
- 過去に整備した試験地*において、整備区と対照区のスギ各10本を選定し、地上高1mの高さの最大引き倒し抵抗力(以下、引き倒し抵抗力)を測定した。
※佐用町のスギ林30年生(調査時は、土留工設置後8年が経過)

イ 調査結果

- 整備区と対照区との同じ胸高直径での引き倒し抵抗力は、土留工の有無による有意差はみられず、両者とも胸高直径が大きくなるほど引き倒し抵抗力は大きくなることが確認された(図Ⅲ-1-6)。
- 一方、幹の太さの成長は、整備区の方が対照区よりも良好で、土留工により胸高直径が大きくなる傾向がみられ(図Ⅲ-1-7)、上方からの崩壊土砂、土石流や風倒に対する抵抗力の高い森林に向かっていることが推察される。
※2009年時点の引き倒し抵抗力(平均)：整備区28.7kN>対照区26.3kN



[図Ⅲ-1-6] 胸高直径と最大抵抗力との関係



[図Ⅲ-1-7] 胸高直径の成長曲線

⑥ 森林土壌の浸透能の比較（降雨が土壌にしみこむ量）

ア 調査方法

○過去に整備した試験地^{*}において、冠水型浸透能試験を実施した。整備区と対照区に各 10 個の塩ビ管円筒（径 10.7 cm、長さ 20 cm）を設置し、塩ビ管内の冠水高を、一定に保つために必要な注水量を 1 分ごとに計測し、注水開始から 30 分後の浸透強度を、終期浸透強度として測定した。

※佐用町のヒノキ林 30 年生（調査時は、土留工設置後 8 年が経過）

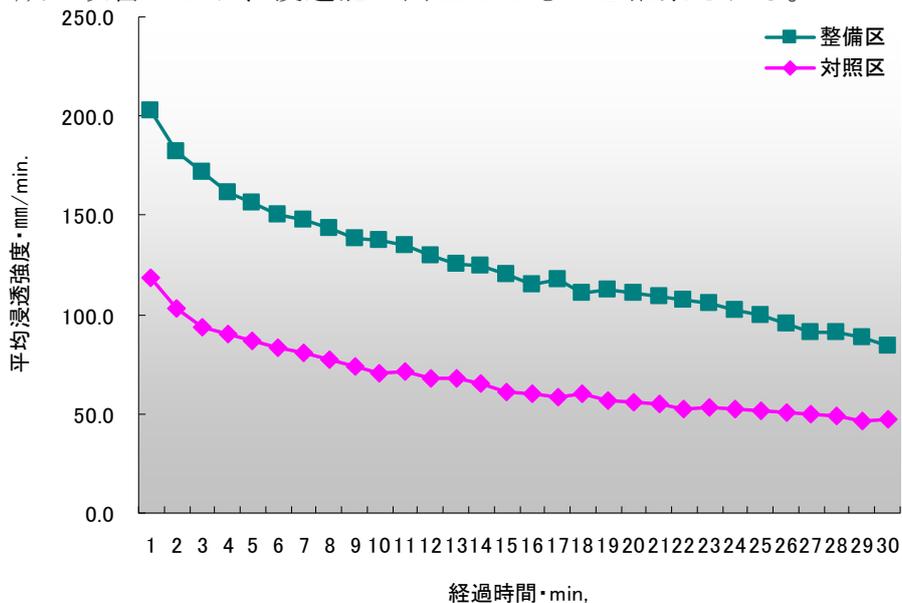
○塩ビ管を設置した各試験区 10 箇所のうち 6 箇所において、塩ビ管に近接する場所で 400cc 円筒を用いて土壌を採取し、粗孔隙量を測定した。

イ 調査結果

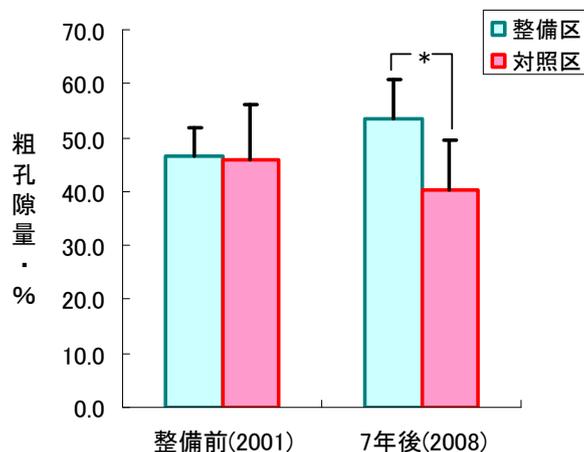
○終期浸透強度は、整備区が 84.0±38.7 mm/分、対照区：47.4±31.5 mm/分となり、整備 8 年を経過した時点で、浸透能が約 1.8 倍に向上した（図Ⅲ-1-8）。

○整備後 7 年目の粗孔隙量は、対照区では減少する一方で、整備区では増加する傾向（46.5%→53.4%）がみられ（図Ⅲ-1-9）、整備区と対照区の間で有意の差がみられた。

○土留工の設置に伴い表面侵食が抑制された結果、土壌生成の促進と表土の孔隙組成の改善により、浸透能が向上したものと推察される。



〔図Ⅲ-1-8〕 時間～浸透強度曲線（ヒノキ林）



〔図Ⅲ-1-9〕 整備前後の粗孔隙量の変化（*は、有意差あり (p<0.05) を示す）

(3) 整備効果の評価

間伐が遅れた急傾斜地のスギ、ヒノキ人工林において、間伐の実施と土留工の設置によって表土が安定し、豪雨に伴う表面侵食や崩壊の防止、崩壊土砂や土石流を緩衝する機能が向上しているほか、森林土壌の保全により浸透能力の高い森林に向かっている。

〔表Ⅲ-1-10〕 整備効果の評価（まとめ）

区 分		評 価
土砂災害防止	表面侵食防止	<ul style="list-style-type: none"> ・約7割程度の土砂流出を抑え、かつ年間土砂流出量を健全な森林の指標である1 m³/ha以下に抑制しており、表面侵食防止機能が向上している。 ・整備3年目で、植生の回復が一部で確認されており、光環境の維持、シカによる食害を防止することにより、植被率の増加が見込まれ、さらなる土砂流出量の抑制が期待できる。
	表層崩壊防止	<ul style="list-style-type: none"> ・表土の安定により根系の発達が大きくなる傾向がみられ、斜面安全率が向上している。
	土石流緩衝	<ul style="list-style-type: none"> ・表土の安定により胸高直径の成長が大きくなる傾向がみられ、崩壊土砂、土石流や風倒に対する抵抗力が向上している。
洪水防止		<ul style="list-style-type: none"> ・孔隙量の大きい土壌生成が促進しており、浸透能の向上が期待できる。

2 里山防災林整備

里山防災林整備を実施した地域住民に対し、整備後の集落裏山に対する防災意識の変化や、森林整備と簡易防災施設(丸太柵工等)の設置の有無による表面侵食防止の比較ほか、集中豪雨に対する簡易防災施設の防災機能の点検を実施した。

(1) 検証項目

整備後のアンケート調査や現地の計測で得られたデータ、及び目視点検に基づき検証を行った。

〔表Ⅲ-2-1〕 検証項目と調査手法

目的	検証項目	調査手法
土砂災害防止	住民の防災意識の変化	・アンケート結果を分析 ・自主防災活動の取組を調査
	土砂流出量の比較	土砂受け箱に流入した土砂量を計測
	植生回復の比較	林床の被覆率を計測
	集中豪雨に対する防災機能	台風等の豪雨後に目視点検により確認

(2) 調査内容及びその結果

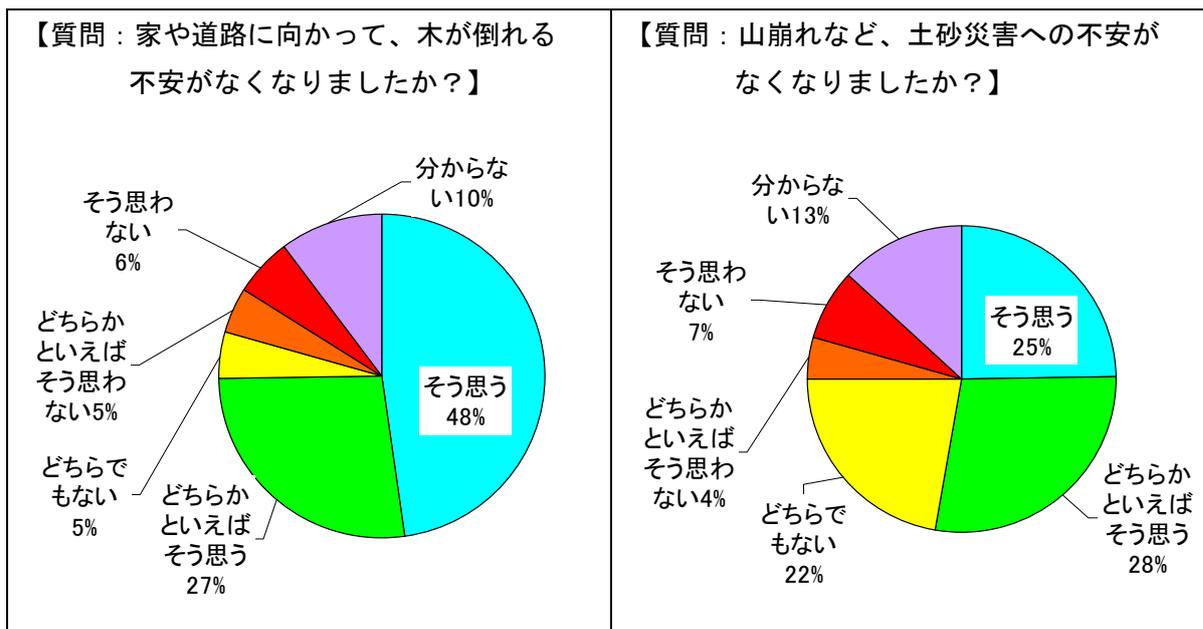
① 地域住民の集落裏山に対する防災意識の変化

ア 調査方法

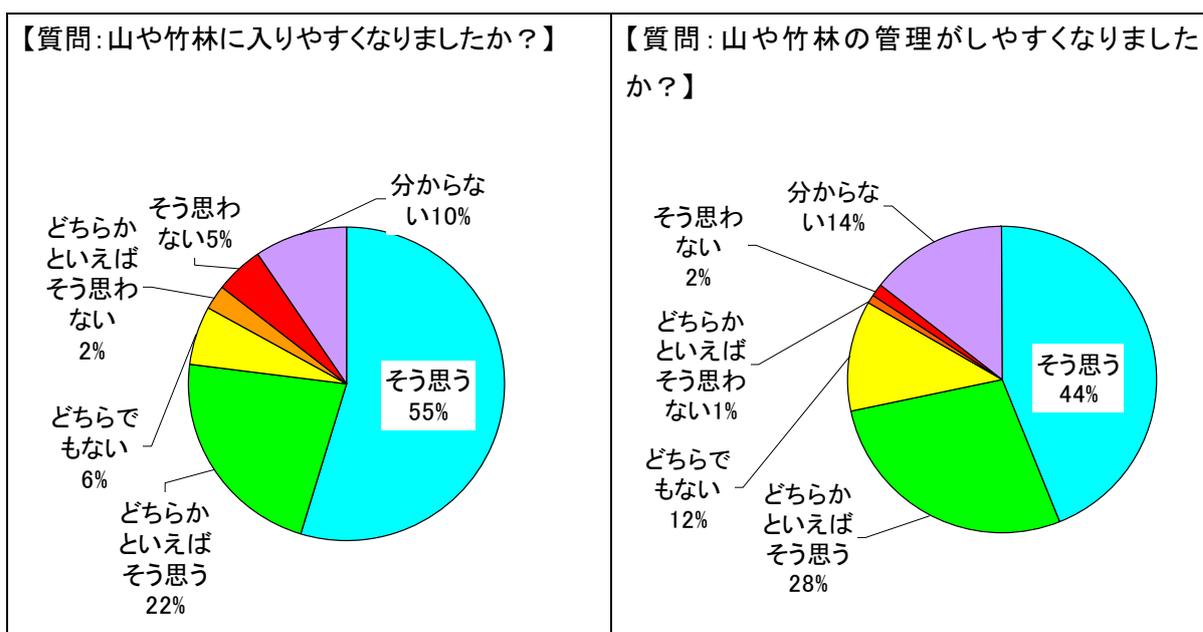
- 整備を実施した集落の住民に対して、「災害等に対する不安の解消」や「裏山に対する関心度等」に関する質問アンケートを実施し、回答の得られた 20 集落 626 人の意識の変化を分析した。
- 整備を契機に、地域住民による自主防災活動に向けた取組が開始された集落を調査した。

イ 調査結果

- 倒木の恐れのある危険木の除去等の森林整備や木柵等の防災施設の設置、歩道等の整備により「安全・安心になった」、「入山・管理しやすい裏山になった」という意識の変化が確認された(図Ⅲ-2-1、図Ⅲ-2-2)。
 - ・7割以上の住民が「倒木に関する不安が緩和」と回答
 - ・半数以上の住民が「土砂災害への不安がなくなった」と回答
 - ・7割以上の住民が「里山へ入りやすくなった」「管理しやすくなった」と回答
- 整備後 13 集落において、裏山の維持管理組織の形成や点検パトロールの実施、地域版防災マップの作成など、自ら裏山を管理する取組が確認された(表Ⅲ-2-2)。



〔図Ⅲ-2-1〕 「安全・安心」の意識



〔図Ⅲ-2-2〕 「入山・管理しやすい裏山」の意識

〔表Ⅲ-2-2〕 地域による取組事例

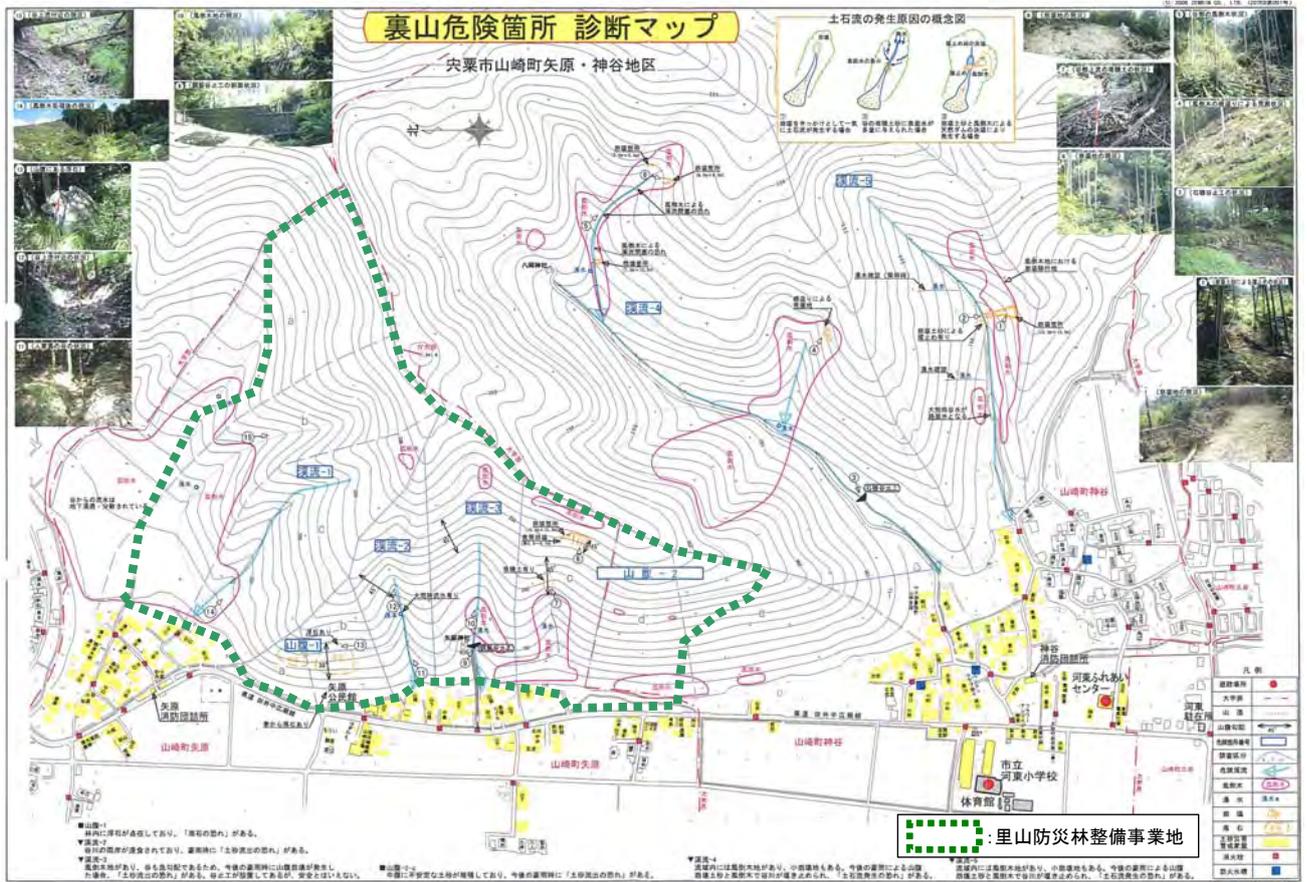
取組内容	集落数（地区名）注	備考
点検パトロールや裏山危険箇所診断マップの作成等	10 集落（宍粟市矢原地区ほか）	事例 i ii
環境・防災教室の開催	5 集落（豊岡市久畑地区ほか）	事例 iii
組織の形成による維持管理活動の実施	1 集落（豊岡市林地区）	事例 iv

注）延べ集落数：複数の取組を実施している集落がある。

【事例 i : 裏山危険箇所診断マップの作成 (宍粟市矢原地区)】

地域住民が参画した裏山危険箇所診断マップの作成により危険箇所の共有化が図られ、整備した歩道等を活用した点検パトロールの実施が組み合わせり、豪雨時の効果的な減災活動が期待できる。

■裏山危険箇所診断マップ：山地災害危険地区に係る山の荒廃情報(風倒木・崩壊地など)や災害時の被害想定範囲、避難場所等を掲載した地域版の防災マップ。



〔図Ⅲ-2-3〕 裏山危険箇所診断マップ



〔写真Ⅲ-2-1〕 防災研修の様子 (左) と防災マップ (右)

集落各戸に防災マップを配布するとともに、公民館内に掲示し、防災研修の開催など、自主防災活動に役立っている。

【事例 ii : 点検パトロール等の実施 (加古川市、篠山市)】

地域住民による整備地の巡回パトロールや森林所有者、森林ボランティアを対象とした現地研修会等の開催により、里山の管理技術の習得、防災知識の向上が期待できる。



〔写真Ⅲ-2-2〕 住民による点検パトロール



〔写真Ⅲ-2-3〕 危険木伐採箇所の現地研修

【事例 iii : 環境教育・防災教育への展開 (豊岡市但東町久畑地区)】

整備地に隣接する小学校では、全児童 (44 名) が学校裏山に入り、手入れをされていない放置林や整備後の防災林を見学して災害を防ぐ森林の役割を学ぶとともに、地域住民も参加した植樹活動や防災学習を通じて、防災意識の向上が期待できる。



〔写真Ⅲ-2-4〕 整備前の放置林の見学 (豊岡市立高橋小学校 44 名)



〔写真Ⅲ-2-5〕 整備後の防災学習と植樹活動 (神戸新聞に掲載)



〔写真Ⅲ-2-6〕 防災教室の開催（左：降雨体験装置 右：土石流実験装置）

【事例Ⅳ：維持管理組織の形成による森づくり活動への展開（豊岡市竹野町林地区）】

16年の台風23号で被害を受けた竹野町林地区では、地域の子供からお年寄りまで地域の住民で「里山防災林を守る会」を結成し、裏山の密生した竹林の伐採など、継続的な里山林の適正な維持管理が期待できる。



〔写真Ⅲ-2-7〕 維持管理組織による繁茂した竹林の伐採活動



〔写真Ⅲ-2-8〕 整備後の植樹活動

（神戸新聞に掲載）

② 土砂流出量の比較（降雨により森林から流出する土砂量）

集落背後の危険木等の伐採と併せ、簡易防災施設（丸太柵工等）を設置した場所（森林整備A）、及びうっ閉した広葉樹林等を伐採し、伐採木を土留工として設置した場所（森林整備B）において、整備前後の土砂流出量を比較する（図Ⅲ-2-4）。

ア 調査方法

- 森林整備A（1調査地）及び森林整備B（5調査地）の区域内で、整備を実施する整備区と未整備のままの状態での対照区を設定し、土砂受け箱（幅25cm×高さ15cm×奥行20cm）を各5個設置し、降雨等により流出した土砂量を測定した。
- 溜まった土砂の回収は、1～4ヶ月おき、または豪雨後に行い、乾燥重量を計測した後、単位面積当たりの年間土砂流出量に換算した。

イ 調査期間

- 森林整備A：平成21年4月～21年8月（5ヶ月間）
- 森林整備B：平成20年9月～21年8月（12ヶ月間）

ウ 調査結果

- 森林整備Aでの整備区の土砂流出量は、対照区の土砂流出量に比べ、99%の土砂流出を抑止した（表Ⅲ-2-3、図Ⅲ-2-5）。
- 森林整備Bでの整備区の土砂流出量は、全ての調査区で対照区の土砂流出量に比べ減少し、平均で58%の土砂流出を抑止した（表Ⅲ-2-3、図Ⅲ-2-5）。
- 整備区の土砂流出量の平均値は、0.58 m³/ha〔森林整備A：0.01 m³/ha、森林整備B：1.16 m³/ha〕と、適正に管理された森林の指標値（1 m³/ha～0.1 m³/ha、川口1951）の範囲内に収まり、土壌保全機能が高まっている。



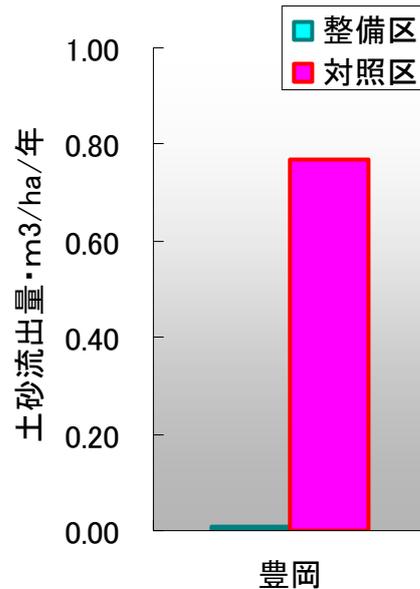
〔図Ⅲ-2-4〕 里山防災林の整備区分

〔表Ⅲ-2-3〕 整備による土砂流出量の比較

区 分	対照区(a)	整備区(b)	抑止率(1 - b/a)※
森林整備Aの土砂流出量	0.77 m ³ /ha	0.01 m ³ /ha	99%
森林整備Bの土砂流出量	2.75 m ³ /ha	1.16 m ³ /ha	58%
平均値	1.76 m ³ /ha	0.58 m ³ /ha	67%

※抑止率とは、対照区の土砂流出量に対して、整備の実施により抑止された割合を示す。

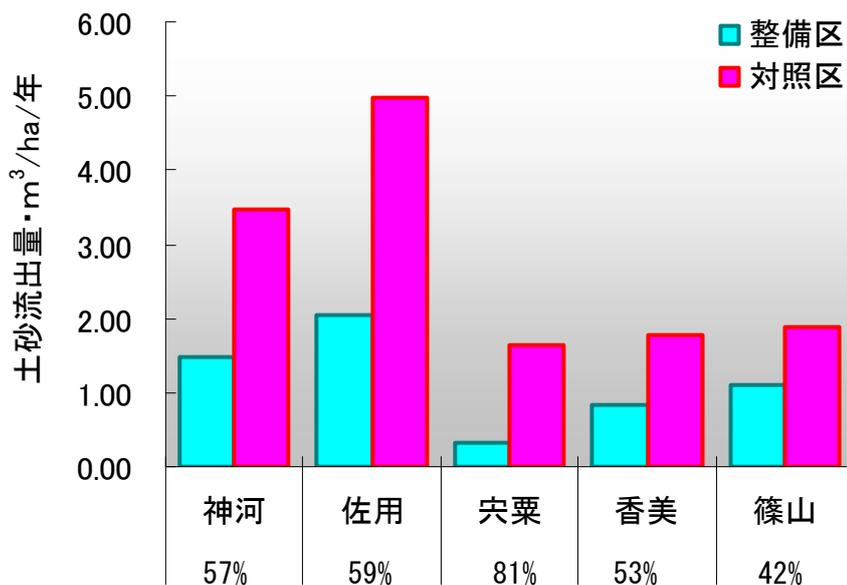
(a) 森林整備A (集落裏山の危険木等伐採 + 丸太柵工)



(丸太柵工)

〔図Ⅲ-2-5〕 年土砂流出量の比較 (森林整備A)

(b) 森林整備B (鬱閉した広葉樹林等の森林整備 + 土留工)



〔図Ⅲ-2-6〕 年土砂流出量の比較 (森林整備B)

調査地名の下の数値は、対照区に対する抑止率を示す

③ 植生回復の比較（植物による被覆）

鬱閉した広葉樹林等において、林床植生の衰退を調整伐により改善し、表面侵食防止機能を向上させる植被率の増加を測定した。

ア 調査方法

○森林整備B（5調査地）の区域内で、整備を実施する整備区と未整備のままの状態での対照区に10m×10mの方形区を設定し、林床を構成している植物全体の被覆率（植被率）を測定した。

イ 調査時期

- 平成19年10月（整備前）
- 平成20年10月（1年後）、平成21年10月（2年後）

ウ 調査結果

○過去の経験では、整備後3年以上が経過した頃から植被率の増加が確認されているが、整備後2年経過で、5調査地中3調査地（神河、佐用、宍粟）の整備区において、対照区よりも植被率の回復（平均で13%⇒40%）が確認された。（表Ⅲ-2-4）。

〔表Ⅲ-2-4〕 植被率の比較 （単位：％）

調査地	整備区			対照区		
	整備前	整備1年後	整備2年後	整備前	整備1年後	整備2年後
神河	6.5	30.0	40.0	2.5	4.0	0.9
佐用	21.0	30.0	65.0	27.0	40.0	45.0
宍粟*	11.0	3.0	15.0	9.0	1.0	1.0
平均	<u>12.8</u>	21.0	<u>40.0</u>	12.8	15.0	15.6
香美*	5.5	3.0	4.0	1.0	2.5	4.0
篠山	2.8	2.0	2.0	6.0	4.0	4.0

※ 宍粟、香美では、整備前から1年後にかけて、ニホンジカの食害の影響がみられたため、シカの生息密度の高い調査区では植生保護柵を設置。

④ 台風等、豪雨後の防災効果

通常降雨時と台風等の豪雨時における簡易防災施設の効果を比較調査した。

ア 調査方法

○18年度から20年度に整備した45箇所を対象に、平成21年度に台風等の豪雨が発生した後に、簡易防災施設（床固工、水路工、柵工、土留工）による土砂抑止状況等の目視点検を実施した。

イ 調査時期

- 平成21年8月

ウ 調査結果

○簡易防災施設が、豪雨に伴う崩壊土砂等の流出を抑止、または軽減しており、下流集落等への被害を未然に防止したことが確認された（表Ⅲ-2-5）。

○簡易防災施設が土砂等を受け止めたことにより、一部(7/45箇所=15%)で軽微な損傷等が現れているが、その後の適切な維持管理により土砂災害防止機能は保持されている(表Ⅲ-2-5)。

〔表Ⅲ-2-5〕簡易防災施設の点検結果 (単位：箇所)

工種	点検項目	点検結果		
		なし	軽微	重大
床固工	施設の損傷	26	0	0
	上流の溪床侵食	22	4	0
	土砂の乗り越え	19	7	0
	基礎の洗掘	26	0	0
	施設袖部の洗掘	25	1	0
水路工	施設の損傷	16	0	0
	溪岸の侵食	15	1	0
	水路内の土砂の堆積	14	3	0
	オーバーフローした痕跡	13	3	0
	基礎の洗掘	14	2	0
	継目からの漏水	16	0	0
柵工	施設の損傷	42	1	0
	傾き	42	1	0
	土砂の乗り越え	41	2	0
	下部からの土砂の抜け出し	41	2	0
土留工	傾き	43	0	0
	段積の崩壊	43	0	0
	土砂の乗り越え	43	0	0
	固定している杭・立木の損傷	43	0	0
森林整備	倒木	44	1	0

【事例 i 床固工(カゴ柵)や柵工等による土砂流出抑止状況(佐用町淀地区)】

○カゴ柵による床固工が上流からの流木等を抑制した効果や、丸太柵工が崩壊土砂を抑止した効果、地表流を分散させる表面侵食を抑止した効果を確認



〔写真Ⅲ-2-9〕簡易防災施設の効果(左：床固工 右：丸太柵工)

○整備地内の立木が、山腹崩壊による土砂等の流出を抑止した効果や、最下流部の水路工に土砂等が停滞し、下流への流出を抑止した効果も確認された。



管理者による撤去後は、機能は回復

〔写真Ⅲ-2-10〕 森林整備、水路工の効果（左：立木 右：水路工）

(3) 整備効果の評価

集落裏山の土砂災害の危険度の高い里山林において、森林整備や簡易防災施設の設置により、集落の安全安心な生活を確保するとともに、住民の防災・減災に対する備えが形成されつつある。また、表面侵食を防止する機能が向上し、21年の台風9号豪雨においても、その機能を発揮するなど、土砂災害防止機能の高い森林に向かっている。

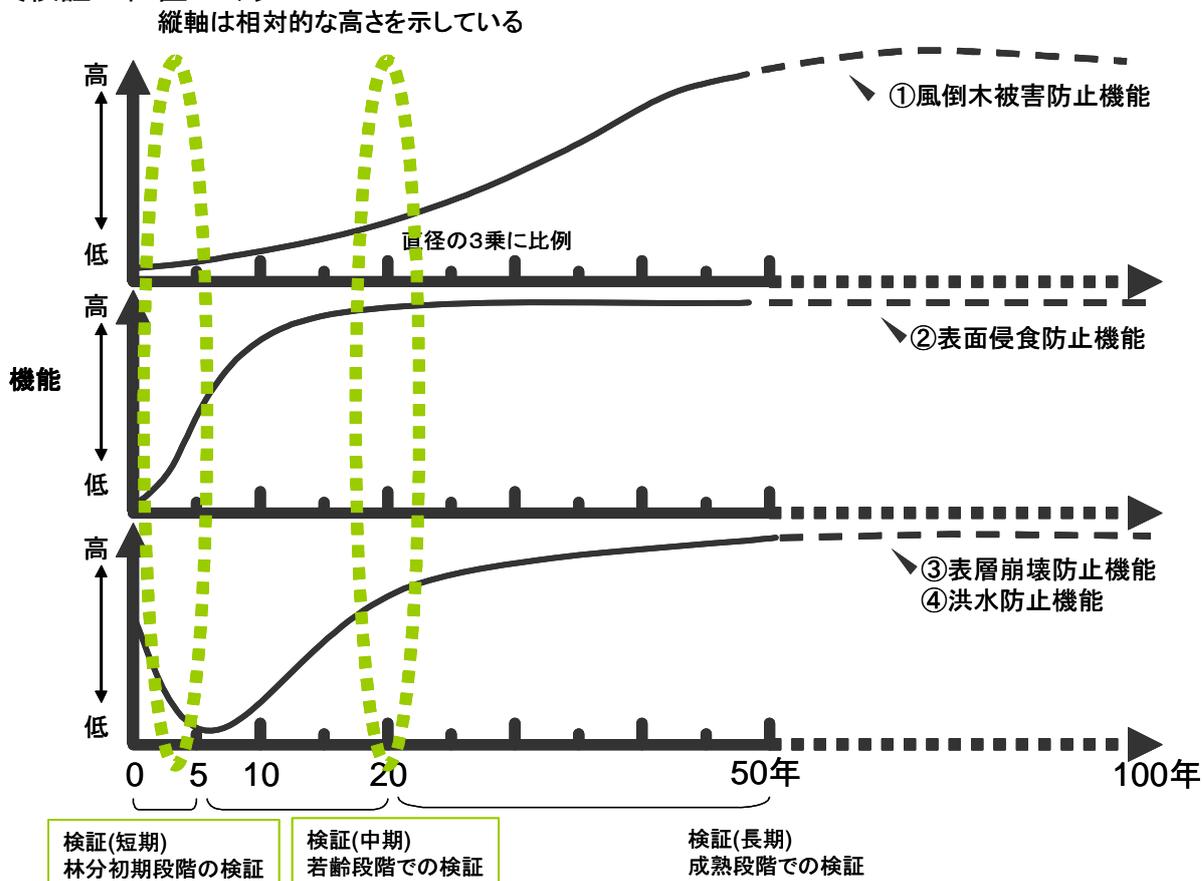
〔表Ⅲ-2-6〕 整備効果の評価（まとめ）

区 分		評 価
土砂災害防止	地域住民の防災意識の変化	<ul style="list-style-type: none"> ・ 7割以上の住民が人家等へ倒木に対し、5割以上の住民が土砂災害に対し、「安全安心になった」と回答を得るなど、集落の安全安心な生活を確保した。 ・ 7割以上の住民から管理しやすくなったと回答を得ており、裏山の適正管理が期待できる。 ・ 事業がきっかけで、地域ぐるみで防災に取り組む事例（13例）も見られる。
	表面侵食防止	<ul style="list-style-type: none"> ・ 人家裏では9割以上の土砂流出を抑え、広葉樹林内では約6割程度の土砂流出を抑制しており、表面侵食防止機能が向上している。 ・ 整備2年目で、植生の早期回復が一部で確認されており、今後の植被率の増加が見込まれ、さらなる土砂流出量の抑止が期待できる。
	集中豪雨に対する防災機能	<ul style="list-style-type: none"> ・ 台風9号等による記録的な集中豪雨時においても、下流集落等への流木・土砂流出の被害がなく、森林整備と簡易防災施設による一定の防災効果が期待できる。

3 針葉樹林と広葉樹林の混交林整備

針葉樹林と広葉樹林の混交林整備では、その効果は伐採跡地に植栽した広葉樹が成長した時にみられることから、今回の検証は、整備後の初期段階での林分状況を把握し、広葉樹林化への整備について検証(短期検証および中期検証)を行う。

〔検証の位置づけ〕



〔図Ⅲ-3-1〕 広葉樹植栽地の各種機能の変化(予測)と検証との関係

(北村・難波 1981, 田中他 1997, 塚本 1986, 兵庫森林技セ 2005, 2007, 藤森 1997, 諫本・高宮 1992 を参考に作成)

●当事業で期待する整備効果(図Ⅲ-3-1)

- ①風倒木被害防止機能：植栽広葉樹苗木の根系の発達とともに向上
- ②表面侵食防止機能(土砂災害防止)
：苗木成長や植生回復(植被率の向上)及びリター(落葉、落枝)堆積とともに向上
- ③表層崩壊防止機能(土砂災害防止)
：伐採した針葉樹人工林の根株の腐朽とともに一時的に低下するが、植栽した広葉樹苗木の根系の発達とともに向上
- ④洪水防止機能
：針葉樹人工林の伐採・搬出とともに一時的に低下するが、表面侵食防止機能の向上やリター堆積とともに向上

(1) 検証項目

検証項目の内容に応じて、本事業による整備地のほか、整備後、数年経過した時点で計測されたデータに基づき検証を行った。

〔表Ⅲ-3-1〕 検証項目と調査手法

区分	検証項目	調査手法
風倒木被害防止	過去の台風災害の検証 ^{※1}	過去の台風災害報告書等の文献調査
	立木の樹幹支持力の比較 ^{※2}	立木の引き倒し抵抗力を計測
土砂災害防止	土砂流出量の比較 ^{※2}	土砂受け箱に流入した土砂量を計測
	植生回復の比較	林床の被覆率を計測
	林床における出現種	林床に出現した種の分析
	植栽苗木の生育状況	植栽苗木の生存率および苗高を計測
洪水防止	森林土壌の浸透能力の比較 ^{※2}	冠水による浸透量を計測
総合評価	機能の総合評価	各機能を点数化し、地図上に表示

※1 文献調査を基本とした。

※2 効果の発現に年数を要する項目については、過去に整備した試験地のデータを使用した。

(2) 調査内容及びその結果

① 過去の台風災害の検証

ア 調査方法

- 平成 16 年台風災害の風倒木被害から、崩壊発生箇所数等を調査
- 針葉樹林と広葉樹林の被害率を調査した過去の台風被害の文献を調査

イ 調査結果

- 平成 16 年台風災害にて針葉樹林の大規模な風倒木被害が発生した中に広葉樹林の残存を確認した（写真Ⅲ-3-1）。



〔写真Ⅲ-3-1〕 平成 16 年台風による風倒木被害の様子

（左：佐用町水根 右：佐用町下三河）（○は残存している広葉樹林、←は風倒木の方向）

- 広葉樹林に比べ、針葉樹人工林での崩壊発生箇所が多かった（3 ページの図 I-1-1 を参照）。
- 広葉樹林の風倒木被害率は針葉樹人工林と比べて低く、風倒木被害防止機能が高いことが示唆された（表Ⅲ-3-2）。

〔表Ⅲ-3-2〕 針葉樹林と広葉樹林の風倒木被害の比較

	針葉樹	広葉樹	備考
被害率（本数割合）	50.9%（スギ） 46.1%（ヒノキ）	12.7%（クヌギ）	諫本・高宮 1992
被害率（面積割合）	40～60%	1～2%	稲垣 1999

② 立木の樹幹支持力の比較（風倒や崩壊土砂、土石流に対する立木の抵抗力）

ア 調査方法

○過去にコナラとヒノキを植栽した試験地(宍粟④)において、コナラとヒノキ各13本を選定し、地上高1mの高さの最大引き倒し抵抗力（以下、引き倒し抵抗力）を測定した。

イ 調査結果

- コナラ植栽木とヒノキ植栽木の引き倒し抵抗力には有意差がみられ($p < 0.05$)、コナラ植栽木の方が高い抵抗力を示した（図Ⅲ-3-2、表Ⅲ-3-3）。
- 他の調査事例の結果（表Ⅲ-3-3）も踏まえると、同一直径ではスギ・ヒノキよりもコナラの方が風倒や崩壊土砂、土石流に対する抵抗力が高いことが推察された。

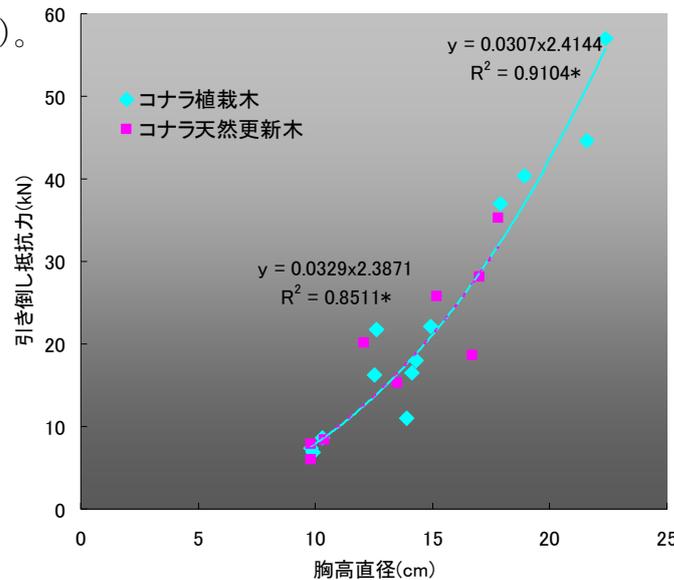
〔表Ⅲ-3-3〕 針葉樹(スギ・ヒノキ)と広葉樹(コナラ)の
引き倒し抵抗力の比較（胸高直径20cmの場合）

区分	引き倒し抵抗力(kN)	摘要
コナラ植栽木	42.5 kN	今回の調査
ヒノキ植栽木	36.1 kN	
ヒノキ植栽木	35.8 kN	深見・北原ほか(2009)
スギ植栽木	25.2 kN	

◆ 植栽木と天然更新木の引き倒し抵抗力

植栽木と天然更新木の抵抗力の違いを把握するため、センター内調査地にて、ほぼ同齢のコナラ植栽木(②アのコナラ13本と同一)とコナラ天然更新木(9本)の引き倒し抵抗力を測定した。

両者の引き倒し抵抗力には有意差が認められず、植栽による林分であっても、天然更新林分と同様の風倒木被害等防止機能の高い森林となることが確認できた（図Ⅲ-3-2）。



* 決定係数は有意である $p < 0.01$

〔図Ⅲ-3-2〕 コナラ植栽木・天然更新木の引き倒し抵抗力（地上高1m）

③ 土砂流出量の比較（降雨により森林から流出する土砂量）

ア 調査方法

○広葉樹林化による土砂流出量の変化を検証するため、県内の広葉樹林*（整備目標林）と針葉樹林*（ヒノキ人工林）を調査し、そのデータを比較した（調査方法はⅢ-1-(2)-①-アを参照のこと）。

※広葉樹林：コナラ天然林（宍粟①、佐用①、西宮、香美②③）

※針葉樹林：ヒノキ放置林（宍粟②）、ヒノキ間伐林（佐用②）



〔写真Ⅲ-3-2〕 調査地の状況（左から広葉樹林（宍粟①、香美②）、ヒノキ放置林、ヒノキ間伐林）

イ 調査結果

○ヒノキ放置林の土砂流出量と比較して、コナラ林では、72.1%を抑止した。それに対して、ヒノキ間伐林では23.7%の抑止に留まった（表Ⅲ-3-4）。

〔表Ⅲ-3-4〕 土砂流出量の抑止率の比較

区分	侵食土砂量(相対値)	抑止率(100-相対値)
ヒノキ放置林(1箇所)	100	—
コナラ林(5箇所)	27.9(7.9~55.3)	72.1(92.1~44.7)
ヒノキ間伐林(1箇所)	76.3	23.7

④ 植生回復の比較（植物による被覆）、植栽苗木の生育状況

ア 調査方法

○平成19年度に植栽を実施した混交林整備地5地点（表Ⅲ-3-5）において、広葉樹を植栽した区（整備区）と未整備の針葉樹林区（対照区）を設け、斜面長10m×10mの方形区を設定し、林床（草本層）の植被率および種数、植栽苗木の生存率および成長調査を実施した。

〔表Ⅲ-3-5〕 調査地の概要

調査地	傾斜(°)		標高(m)	土壌	伐採前樹種
	対照区	整備区			
多可	40	30	450	褐色森林土	ヒノキ
神河	38	38	870	黒色土	ヒノキ
宍粟③	30	26	850	褐色森林土	ヒノキ
香美①	15	20	1000	褐色森林土	スギ
養父	20	15	800	褐色森林土	スギ

イ 調査期間

○平成19年9月～21年12月

ウ 調査結果

(ア) 林床の植被率

○整備後の林床の植被率は、前生樹伐採による光条件の良好化により増加しており

(表Ⅲ-3-6)、裸地化による表層土砂の流出はある程度抑制できるものと考えられる。

〔表Ⅲ-3-6〕 混交林整備地における草本層植被率(%)の比較

調査地	整備区			対照区		
	整備1年後	整備2年後	整備3年後	整備1年後	整備2年後	整備3年後
多可	8.0	12.0	30.0	1.5	1.5	2.5
神河※	0.2	70.0	55.0	1.0	1.0	2.0
宍粟③	1.0	3.0	10.0	0.1	0.1	0.1
香美①	65.0	75.0	95.0	15.0	20.0	20.0
養父	5.0	80.0	98.0	30.0	75.0	90.0

※ 神河の整備3年後の減少は、草本層の植物が成長し、低木層へと移行したためである(神河の低木層植被率 1.0% (1年後)→1.5% (2年後)→25% (3年後))。

◆ 植生回復の違い

宍粟③の植被率の回復が遅れている(表Ⅲ-3-6、写真Ⅲ-3-3)原因としては、ヒノキ植栽前がササ草地であり、前植生に由来する埋土種子(土中に埋まっている発芽能力を有する種子)が少なかったことが考えられる。



〔写真Ⅲ-3-3〕 整備1年後の植生回復状況の差 左:神河整備区(70%) 右:宍粟③整備区(3%)

(イ) 林床(草本層)の出現種

○林床の出現種数は、整備区では整備2年後で大きく増加し、その後も増加傾向がみられたが、対照区は養父を除いてほとんど増加していない。整備によって出現種数が増加し、多様性が高まることが示唆された(表Ⅲ-3-7)。

※養父の対照区の植被率と種数が増加した原因としては、調査区の周囲の林分で間伐が実施されたことによって光条件が改善し、整備区と同様に種数が増加したと思われる。

○整備区の林床に出現した高木性樹種のなかには、深根性であるコナラ、ミズナラ、クリや樹幹支持力の大きいウラジロガシを確認した(表Ⅲ-3-8)。

○しかし、出現する高木性樹種の植被率が小さい(0.01%-3%)ことから、天然更新による広葉樹林化は困難であり、広葉樹林へ確実に更新させるには植栽が必要であることが推測された(表Ⅲ-3-9)。

〔表Ⅲ-3-7〕 林床の出現種数

調査地	整備区			対照区		
	整備1年後	整備2年後	整備3年後	整備1年後	整備2年後	整備3年後
多可	32	46	54	13	16	21
神河	17	56	58	19	19	22
宍粟③	11	28	31	7	7	7
香美①	51	59	59	38	42	43
養父	56	90	86	59	82	86

〔表Ⅲ-3-8〕 林床に出現した高木性樹種（整備3年後）

調査地	樹種(赤字は深根性または樹幹支持力が大きい樹種、*は遷移初期段階に優占する樹種)
多可	ウラジロガシ・クリ・リュウブ・スギ・ヒノキ*・ヤブツバキ・サカキ・ネシギ・ヤマザクラ・カラスサンショウ*・アカメガシワ*
神河	リュウブ・スギ・アカマツ・ヒノキ*・ヤマザクラ・ウラジロノキ・カラスサンショウ*
宍粟③	クリ・ミズナラ・コナラ・リュウブ・アカマツ・ヒノキ*・アオハダ・カラスサンショウ*
香美①	ブナ・ナナカマド・リュウブ・スギ・ウリハダカエテ・ハクウンボク・タムシバ・ホオノキ
養父	リュウブ・オニグルミ・スギ・ヤマウルシ・ウリハダカエテ・アオハダ・ミスギ・カラスサンショウ*・アカメガシワ*

樹木根系図説(菊住 1979)参照

※ ヒノキについては、スギよりも引き倒し抵抗力が大きいとの報告(深見・北原ほか 2009)があり、土壌条件次第では樹幹支持力は大きい可能性がある

〔表Ⅲ-3-9〕 深根性または樹幹支持力が大きい高木性樹種の被度*(%)の変化

高木種	多可			神河			宍粟③			香美①			養父		
	1年後	2年後	3年後	1年後	2年後	3年後	1年後	2年後	3年後	1年後	2年後	3年後	1年後	2年後	3年後
リュウブ	0.1	0.1	1	0	0.01	0.2	0	0	0.01	2	2	2	0.01	0.01	0.1
コナラ	-	-	-	0.01	0.01	0	0	0	0.01	-	-	-	-	-	-
ブナ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5	0.02	0.05	-	-	-
クリ	0.1	0.5	3	-	-	-	0.8	1	3	-	-	-	-	-	-
ミズナラ	-	-	-	-	-	-	0.01	0.01	0.05	-	-	-	-	-	-
ナナカマド	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0.05	-	-	-
オニグルミ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0.05
ウラジロガシ	0	0.8	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
アカマツ	-	-	-	0	0	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
スギ	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	-	-	-	0.01	0.1	0.05	0.01	0.1	0.01

※被度：植物の種ごとの被覆率のこと

(ウ) 植栽苗木の生育状況

○整備後3年後の生存率はおおむね80%以上であった(表Ⅲ-3-10)。

○苗高成長は順調であったが、一部、シカ害により成長が抑制されている地点がみられた(表Ⅲ-3-10)。

〔表Ⅲ-3-10〕 調査地ごとの整備後3年後の生存率と苗高成長

調査地	樹種	整備3年後 生存率(%)	苗高(m)		
			整備1年後	整備2年後	整備3年後
多可* ¹	クリ	100	1.2	1.5	1.8
	ケヤキ	67	0.6	0.7	0.8
神河	ヤマザクラ	100	2.1	2.1	2.6
	ヤマモミジ	100	1.6	1.5	1.5
宍粟③	クリ	97	0.7	0.7	0.9
香美①	トチノキ* ²	75	0.6	0.5	0.8
	ミズメ	100	0.9	1.8	1.8
養父	クリ	88	1.0	1.1	1.6
	ケヤキ	100	1.2	1.5	1.9
	トチノキ* ²	50	1.0	1.4	1.4

※1 多可のケヤキの生存率の低下は、立地(尾根筋)がケヤキに不適であることが原因と考えられた。

※2 トチノキの生存率の低下は、獣害防止資材内で展葉できず枯死した可能性が示唆された。

⑤ 森林土壌の浸透能の比較（降雨が土壌にしみこむ量）

ア 調査方法

○ヒノキ林を小面積皆伐し広葉樹苗木を植栽した試験地（表Ⅲ-3-11）の整備区と整備区に隣接した間伐遅れのヒノキ林*（対照区）に、各5個（広葉樹23年後のみ10個）の塩ビ管円筒を設置して冠水型浸透能試験（詳細はⅢ-1-(2)-⑥-ア）を実施した。

※整備区の伐採・植栽前の林分は対照区のヒノキ林と同一林分

〔表Ⅲ-3-11〕 浸透能調査地の概要

調査地	整備区	対照区	備考
広葉樹1年後（神河②）	植栽後1年後	ヒノキ41年生	樹種：コナラ・ヤマザクラ・ケヤキ
広葉樹2年後（宍粟③）	植栽後2年後	ヒノキ45年生	樹種：クリ
広葉樹23年後（市川）	植栽後23年後	ヒノキ69年生	樹種：クスギ

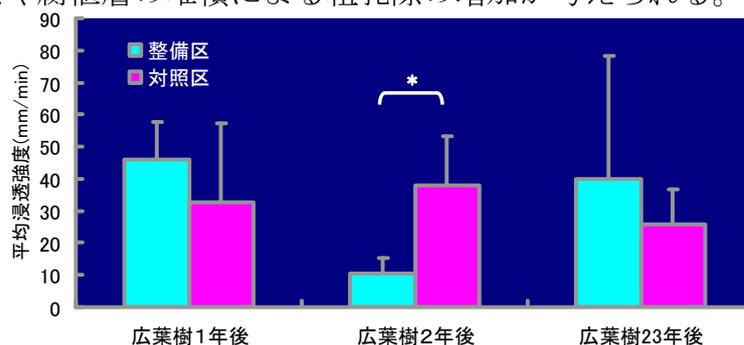


〔写真Ⅲ-3-4〕 浸透能調査地の状況（上：整備区（広葉樹）、下：対照区（ヒノキ））

イ 調査結果

○広葉樹2年後の整備区の浸透能は対照区の約27%に低下した（図Ⅲ-3-3）。これは、伐採・搬出作業での表土の攪乱と、伐採したことで雨滴が直接地面に当たり浸透能の高い表層土壌が侵食されたことが原因と考えられる。

○広葉樹23年後では一度低下した浸透能の回復がみられ、場所によって回復程度にばらつきがみられるものの、ヒノキ林と同程度まで回復した（図Ⅲ-3-3）。特に回復が顕著な場所では、ヒノキ林を上回る浸透能の改善がみられた。その理由として、植栽広葉樹の成長とともに、林床植生の回復による表層土壌の侵食の減少、植生の根系や腐植層の堆積による粗孔隙の増加が考えられる。



〔図Ⅲ-3-3〕 終期浸透強度結果

* 有意差有り (p<0.05)

⑥ 機能の総合評価

ア 調査方法

- 整備後の風倒木被害防止・表面侵食防止・表層崩壊防止の各機能の発現状況を予測するため、事業区域内を図上で 50m×50m の区画に分割し、区画毎に 30 年後の各機能の評価を行った。
- 表層崩壊防止機能の算出には田中（1995）の方法を使用し、他の機能もそれに準じた。得点および係数は県独自の基準を設けた。
- 対象とした事業地は、朝来市生野町川尻事業地（朝来）である（図Ⅲ-3-4）。事業地周辺の人工林率が高いこと、平成 16 年台風によって風倒木被害が発生していることから、事業効果が高いと考え、総合評価の対象とした。

◆ 機能の評価方法

各機能について評価点を表Ⅲ-3-12により算出し、整備の有無を比較する。

〔表Ⅲ-3-12〕 着目した機能と評点の算出方法

機能	評価項目	評価点の算出方法
風倒木被害防止	引き倒し抵抗力	樹種の評価点×傾斜係数×重み付け係数(1.1) ^{※1}
表面侵食防止	植生回復能力	樹種の評価点×種子供給係数
表層崩壊防止	引き倒し抵抗力	樹種の評価点×傾斜係数

※1 重み付け係数：表層崩壊防止機能より風倒木被害防止機能が早く回復すると考え、重みをつけた

※2 整備（広葉樹植栽）を行わなかった場合の各機能は、整備前と変化無しとした

※3 総合評価点は各評価点を平均して算出

〔表Ⅲ-3-13〕 評価点の算出に用いる得点・係数

評価要素		得点・係数
樹種の評価点 ^{※1}	広葉樹	10
	針葉樹	8
傾斜係数 ^{※2}	10° 未満	1.3
	10° 以上 20° 未満	1.2
	20° 以上 30° 未満	1.1
	30° 以上 40° 未満	1.0
	40° 以上 50° 未満	0.9
	50° 以上	0.8
種子供給係数 ^{※3}	広葉樹からの距離 100m 未満	1.1
	広葉樹からの距離 100m 以上	1.2

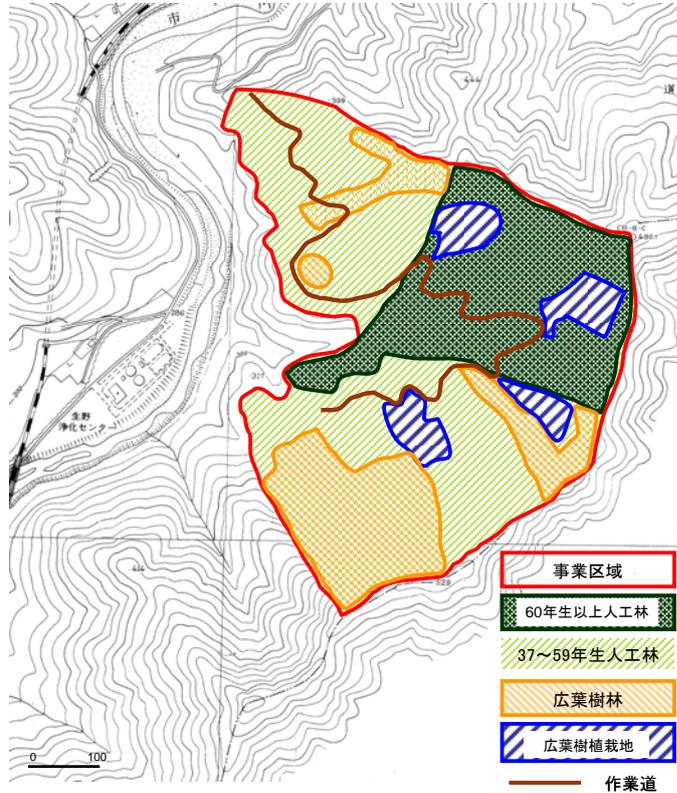
※1 樹種の評価点は、田中（1995）の考え方を元に、今回の引き倒し試験（表Ⅲ-3-3）のデータから算出

※2 傾斜係数は、田中（1995）の考え方を元に算出

※3 種子供給係数は、中西（1994）を参考に独自の基準で作成

◆ 朝来市生野町川尻事業地の概要

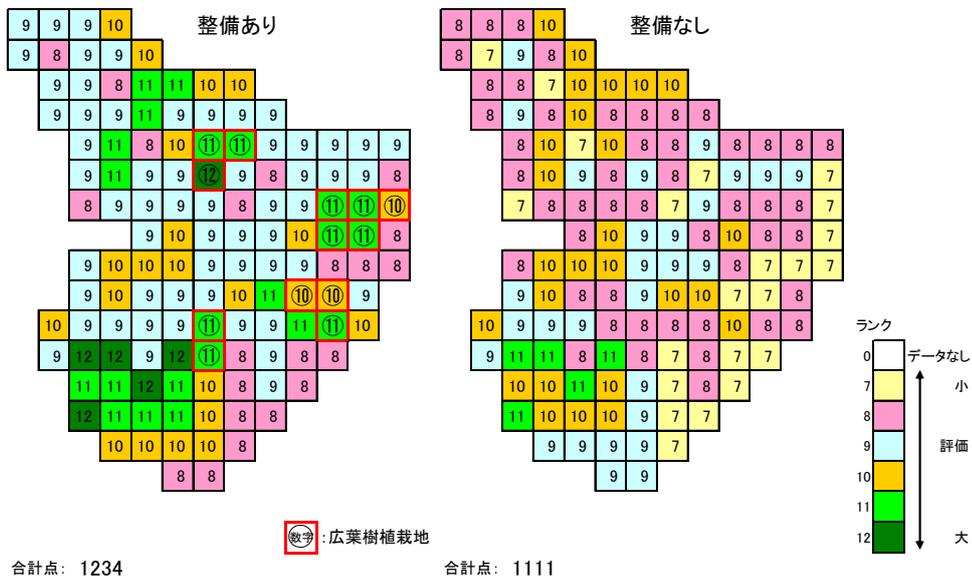
- 事業の目標：林業に適さない尾根筋や急峻な沢筋とそれに続く谷部、風倒木被害地を広葉樹林へ誘導し、風倒木被害に強い森をめざす。
- 森林の状況：事業区域面積 31ha（うち 37 年生以上の針葉樹人工林面積 27ha）
針葉樹人工林の大半をヒノキが占める。



〔図Ⅲ-3-4〕 朝来市生野町川尻事業地

イ 調査結果

- 各機能の総合評価点は、整備（広葉樹林化）により高くなったことから、その効果は事業地全体に広がる事が認められた（図Ⅲ-3-5）。



〔図Ⅲ-3-5〕 整備の有無による総合評価の比較（30年後を想定）

(3) 整備効果の評価

高齢人工林に部分伐採を行い、広葉樹を植栽し、これが成長することで、樹種、林齢が異なる多様な森林が形成され、風倒木被害等に強い森林に向かっている。

〔表Ⅲ-3-14〕 整備効果の評価（まとめ）

区 分		評 価
風倒木被害防止		<ul style="list-style-type: none"> ・ 広葉樹林は針葉樹一斉林に比較して、風倒や崩壊土砂、土石流に対する抵抗力が高い。 ・ 植栽による広葉樹林でも、天然更新林と同様に風倒木被害等防止機能の高い森林となることが期待できる。
土砂災害防止	表面侵食防止	<ul style="list-style-type: none"> ・ 広葉樹林はヒノキ人工林よりも表面侵食防止機能が高い。
	表層崩壊防止	<ul style="list-style-type: none"> ・ 針葉樹一斉林の伐採により林床植生が回復し、植栽木に加えて深根性・樹幹支持力の高い樹種の侵入が促進されることから、将来的には表層防止機能の高い広葉樹林の成立が期待できる。
洪水防止		<ul style="list-style-type: none"> ・ 浸透能は伐採時の攪乱等の影響により、皆伐後一時低下するが、広葉樹の成長に応じてヒノキ林と同等以上に回復することから、高い水源かん養機能の発揮が期待できる。
機能の総合評価		<ul style="list-style-type: none"> ・ 各機能の総合評価は、整備により高くなり、広葉樹植栽区域だけでなく、周辺森林への波及効果が期待できる。

4 野生動物育成林整備

野生動物育成林整備では、現地調査から得られる数値データ、及び住民からの聞き取り調査に基づき、整備前後における農作物被害や野生動物出没の比較検証を行う。

(1) 検証項目

整備前から整備2年後までの期間中に計測されたデータに基づき検証を行った。

〔表Ⅲ-4-1〕 検証項目と調査手法

目的	検証項目	調査内容
農作物被害防止 精神的・身体的被害防止	林縁環境の変化	林縁部において、地上高1mの空間が見通せる距離を測定
	動物行動と被害抑制状況の変化	(サル) ・農地被害アンケートの実施 ・目視による出没調査及びラジオテレメトリーによる行動圏調査
		(イノシシ) ・糞塊、掘り返し等の痕跡調査
		(イノシシ・シカ) ・農地の被害動向調査の実施 ・農地被害変化の空間分析
	(シカ) ・防護柵の設置別にバッファゾーン整備前後の農地被害変化	
	住民意識の変化	・集落住民の意識調査
生態系保全 (野生動物との共生)	生息環境回復状況	・奥地広葉樹林整備による植生変化 ・植生保護柵設置後の植生変化

(2) 調査内容及びその結果

① 集落周辺の林縁環境調査

ア 調査方法

○2007年(平成19年度)に整備が完了した5箇所において、整備地内の集落、及び集落境界から外側500m範囲の林縁部において、林縁から林内に向けて地上高1mの空間が連続的に見通せる距離を測定した。

イ 調査期間

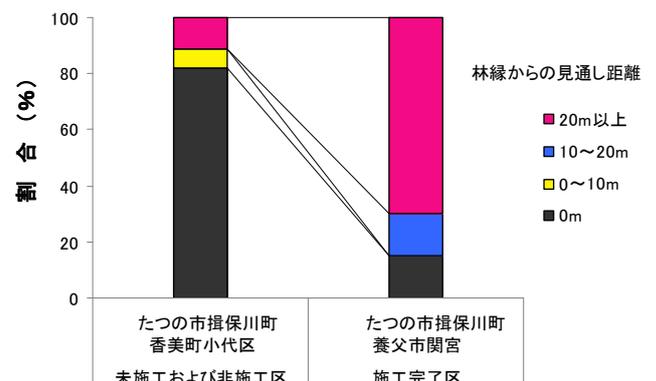
○2008年(平成20年)9月～10月

ウ 調査結果

○整備前の林縁では、林内を全く見通せない区間(見通し距離0m)が調査地点の82%を占めていたのに対し、整備後は15%に減少した。

一方で、林縁からの見通しが20m以上確保された区間が70%となり、林縁部の環境が著しく改善した。(図Ⅲ-4-1)

〔図Ⅲ-4-1〕 バッファゾーン整備による林縁部の見通し改善状況



② 動物行動の変化調査

◇ サル：香美町小代区



○ 農地被害アンケート調査

ア 調査方法

○整備1年後に、バッファゾーン整備を行った6集落において、全戸を対象に、農地被害の変化に関するアンケートを実施した。

イ 調査期間

○2010年(平成22年)1月

ウ 調査結果

○回答のあった152戸のうち、被害が「減った」、「少し減った」と答えたのが、70戸(46%)という結果となり、整備後もバッファゾーンの効果が続いていると考えられる(表Ⅲ-4-2)。

〔表Ⅲ-4-2〕 農地被害アンケート結果

(単位：戸)

地区名	減った	少し減った	変わらない	増えた	もともと被害がない	計
小代区茅野			1	23	1	25
小代区佐坊	1	10	6	1		18
小代区鍛冶屋	1	8	8	1		18
小代区東垣		3	7			10
小代区秋岡	3	18	26	1		48
小代区新屋	8	17	8			33
計(6地区)	13	57	78	4	0	152
割合	9%	38%	51%	3%	0%	100%
	70戸(46%)		82戸(54%)			

○ 行動圏調査

ア 調査方法

○目視及びラジオテレメトリーによる追跡調査により、サルの群れの集落への出没状況を毎日確認した。

イ 調査期間

○整備前：2006年(平成18年)4月～11月

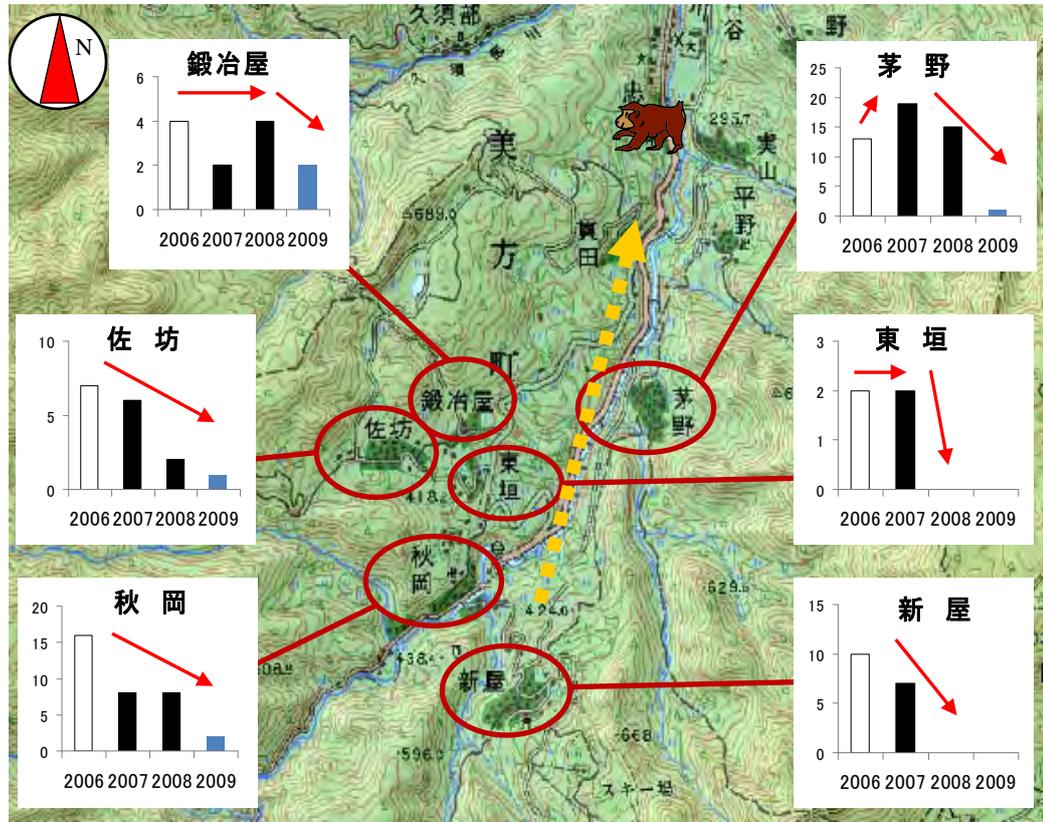
○整備中：2007年(平成19年)4月～11月、2008年(平成20年)4月～11月

○整備後：2009年(平成21年)4月～11月

ウ 調査結果

○バッファゾーン整備を行った6集落において、整備前(2006年)と整備中(2007・2008年)及び整備後(2009年)のサルの群れの集落への出没日数を集計した結果、整備前と比べて全集落で減少(52→6日)する結果となった(図Ⅲ-4-2)。

- 整備中は、林縁部の見通し環境の向上に加えて、作業員が頻繁に山に入り込むことによる追払い効果によって、サルの群れの出没日数が減少したものと推察される(図Ⅲ-4-2)。



〔図Ⅲ-4-2〕 香美町小代区のバッファゾーン整備集落におけるサル出沒数の変化
整備前(2006年)・整備中(2007・2008年)・整備後(2009年)

※ラジオテレメトリーで探索し、目視で確認できた群れの見撃日数も含む。

※美方地域個体群の行動圏については、ラジオテレメトリーによる調査で小代区内の全域に及ぶことがわかっており、2007, 2008年の調査では、整備によりサルの行動圏が北側の地域に偏り、北側の2集落で横ばい或いは増加したと推測される結果となった。

◇ イノシシ：たつの市揖保川町



○ 農地の被害動向調査

ア 調査方法

- 区長あるいは集落役員に、集落内の農地毎の被害変化に関する住民への聞き取り調査を依頼した。

イ 調査時期

- 整備直後 2009年(平成21年)1月
- 整備1年後 2009年(平成21年)12月

ウ 調査結果

- 整備前に被害があった36農地のうち、整備直後は7農地(19%)において、整備1年後は11農地(31%)において、被害の減少あるいは解消がみられた(表Ⅲ-4-3)。

〔表Ⅲ-4-3〕「被害動向マップ」集計表

(単位：農地)

時 期	対 象 農 地 a+b	被 害 履 歴 なし a	整備前 被害有 b	整備後の被害状況の変化			
				被害有			被 害 解 消
				増 加	変化なし	減 少	
整備直後	69	33	36	—	29	2	5
整備1年後				15	10	7	4

注1) 整備直後の調査では、「増加」の選択肢を入れていなかった。

注2) 整備1年後の調査で、「増加」となった農地のうち、堆肥置場となっているのが1農地、野菜残渣が見られたのが3農地あり、これらの農地及び周辺農地で被害が集中する結果となった。

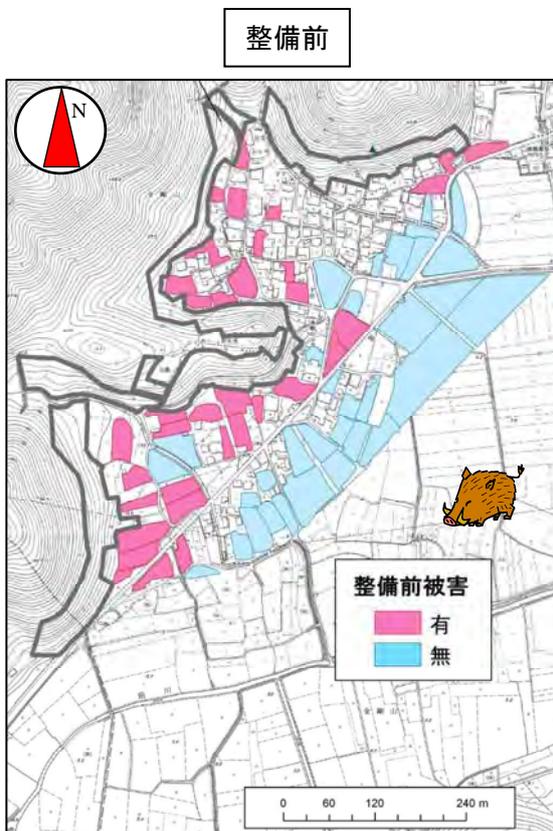
○ 農地被害変化の空間分析

ア 分析方法

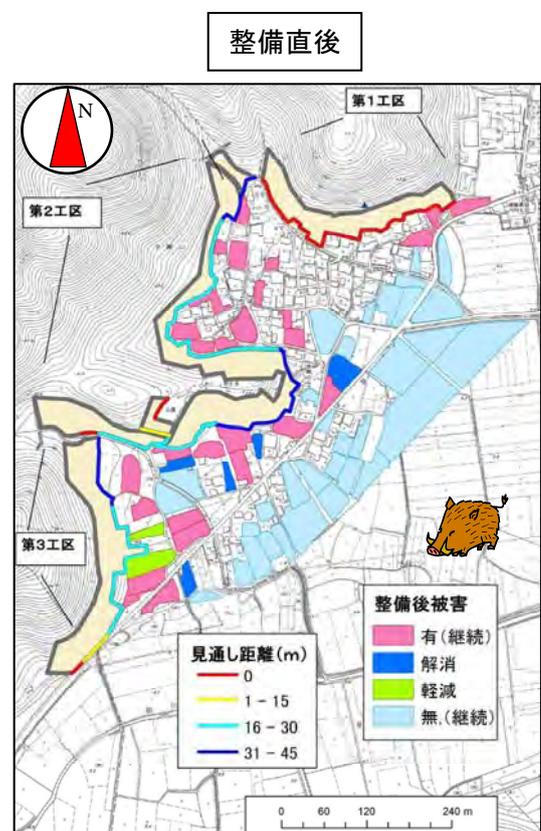
○農地の被害動向調査データと林縁環境調査データを地理情報システム(GIS)上で統合し、加工・分析した。

イ 分析結果

○整備直後、被害が軽減または解消した農地は、バッファゾーン整備によって林縁の見通し距離が16m以上確保された第2・3工区沿いで確認された(図Ⅲ-4-3、図Ⅲ-4-4)。

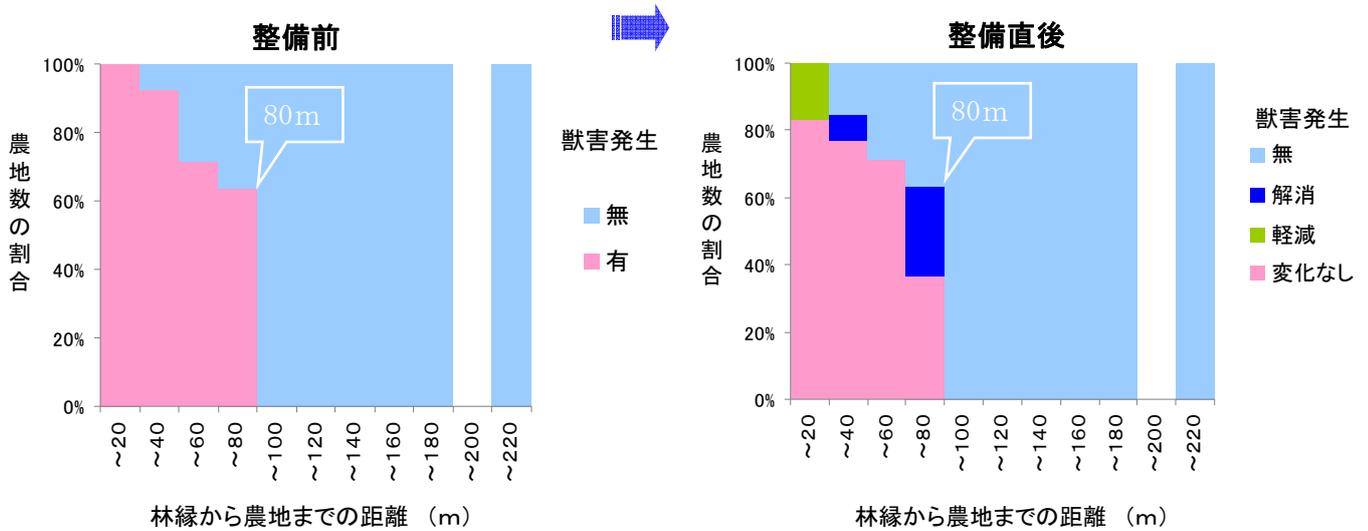


〔図Ⅲ-4-3〕 整備前の農地被害状況



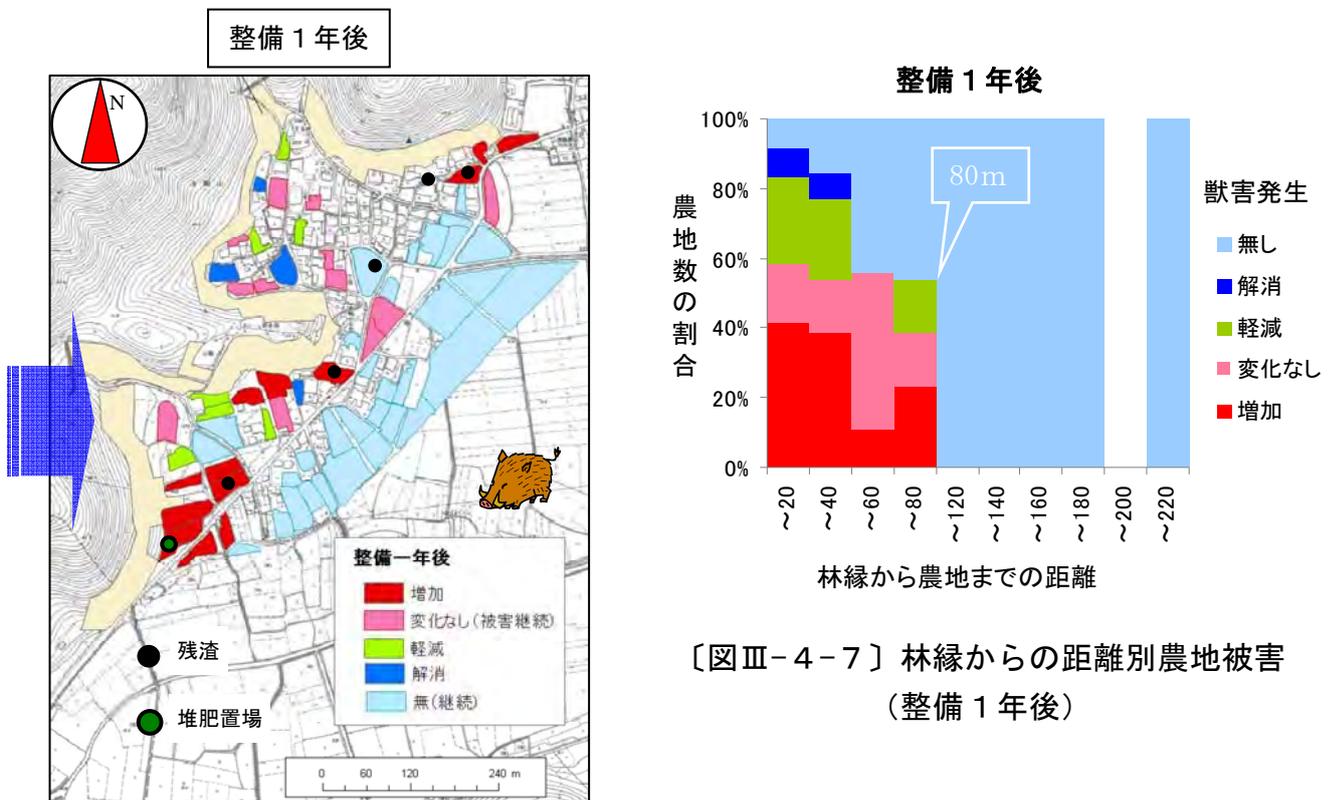
〔図Ⅲ-4-4〕 整備直後の見通し距離と農地被害状況

○整備直後の被害割合の変化をみると、林縁から80m以上離れた農地では被害の発生はなく、距離が遠い農地ほど被害減少割合が大きい傾向がみられた(図Ⅲ-4-5)。



〔図Ⅲ-4-5〕 林縁からの距離別農地被害割合

○一方、整備1年後は、林縁からの距離が近い農地で被害減少割合が大きく、整備直後と傾向が異なった(図Ⅲ-4-7)。新たに被害の軽減または解消が見られたエリアが現れた一方(図Ⅲ-4-6左上)、被害が増加に転じたエリア(図左下)もみられた。前者のエリア内では、堆肥置場や野菜残渣等がみられなかった一方、後者のエリア内では、残渣等が放置されている農地が散見された。



〔図Ⅲ-4-7〕 林縁からの距離別農地被害 (整備1年後)

〔図Ⅲ-4-6〕 整備1年後の農地被害状況

○ 糞塊、掘り返し等の痕跡調査

ア 調査方法

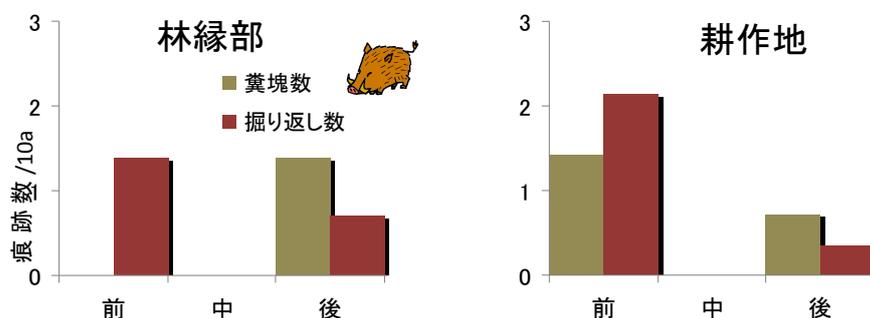
○バッファゾーン整備の前後にかけて、林縁部と耕作地を対象に、イノシシの糞塊、掘り返し等の痕跡調査を行った。

イ 調査期間

○2008年(平成20年)10月～12月(3か月間)

ウ 調査結果

○バッファゾーン施工区の林縁とその近くの耕作地において、整備前(2008年10月)にはイノシシの糞塊と掘り返しが認められたが、整備を開始した翌月(11月)にはこれらの痕跡が一端途絶え、整備終了後(12月)には、再び痕跡が確認されるようになった。一方で耕作地での痕跡数は、整備前に比べて低い値に留まっている(図Ⅲ-4-8、表Ⅲ-4-4)。



〔図Ⅲ-4-8〕バッファゾーン整備前後における周辺でのイノシシ痕跡数の変化(10a当り)

〔表Ⅲ-4-4〕 バッファゾーン整備前後における周辺でのイノシシ痕跡数の変化

林縁	1440 m ²		
	前	中	後
糞塊数	—	—	2
掘り返し数	2	0	1
合計	2	0	3

耕作地	2800 m ²		
	前	中	後
糞塊数	4	0	2
掘り返し数	6	0	1
合計	10	0	3

○イノシシの痕跡が確認された地点を地図化した結果、バッファゾーン整備後は林縁からもっとも遠い隣接耕作地(畑4)において、痕跡が確認されなくなり、痕跡の分布が林縁側へと縮小する傾向がみられた(図Ⅲ-4-9、Ⅲ-4-10)。



〔図Ⅲ-4-9〕整備前のイノシシの痕跡分布



〔図Ⅲ-4-10〕整備後のイノシシの痕跡分布



◇ シカ：養父市関宮

○ 農地の被害動向調査

ア 調査方法

○区長あるいは集落役員に、集落内の農地毎の被害変化に関する住民への聞き取り調査を依頼した。

イ 調査時期

- 整備直後 2009年(平成21年)1月
- 整備1年後 2009年(平成21年)12月

ウ 調査結果

- 整備前に被害のあった205農地のうち、197農地(96%)で被害の軽減あるいは解消がみられた(表Ⅲ-4-5)。
- 防護柵の設置別にその内訳をみると、防護柵を設置している農地では、全ての農地で被害が軽減あるいは解消していた(表Ⅲ-4-6)。
- 一方、防護柵を設置していない農地でも、7割以上の農地で被害が軽減あるいは解消していた(表Ⅲ-4-6)。

〔表Ⅲ-4-5〕「被害動向マップ」集計表

(単位：農地)

時 期	対 象 農 地 a+b	被 害 履 歴 なし a	整備前 被害有 b	整備後の被害状況の変化			
				被害有			被 害 解 消
				増 加	変化なし	減 少	
整備直後	205	0	205	—	8	93	104
整備一年後				0	8	93	104

注) 整備直後の調査では、「増加」の選択肢を入れていなかった。

〔表Ⅲ-4-6〕整備前後の農地被害変化の防護柵設置内訳

防護柵あり農地(176農地) (%)			防護柵なし農地(29農地) (%)		
	整備前	整備後		整備前	整備後
被害あり	100	0	被害あり	100	27.6
軽 減	0	51.7	軽 減	0	6.9
解 消	0	48.3	解 消	0	65.5
} 100%			} 72.4%		

※防護柵あり農地 全体の86% ※防護柵なし農地 全体の14%

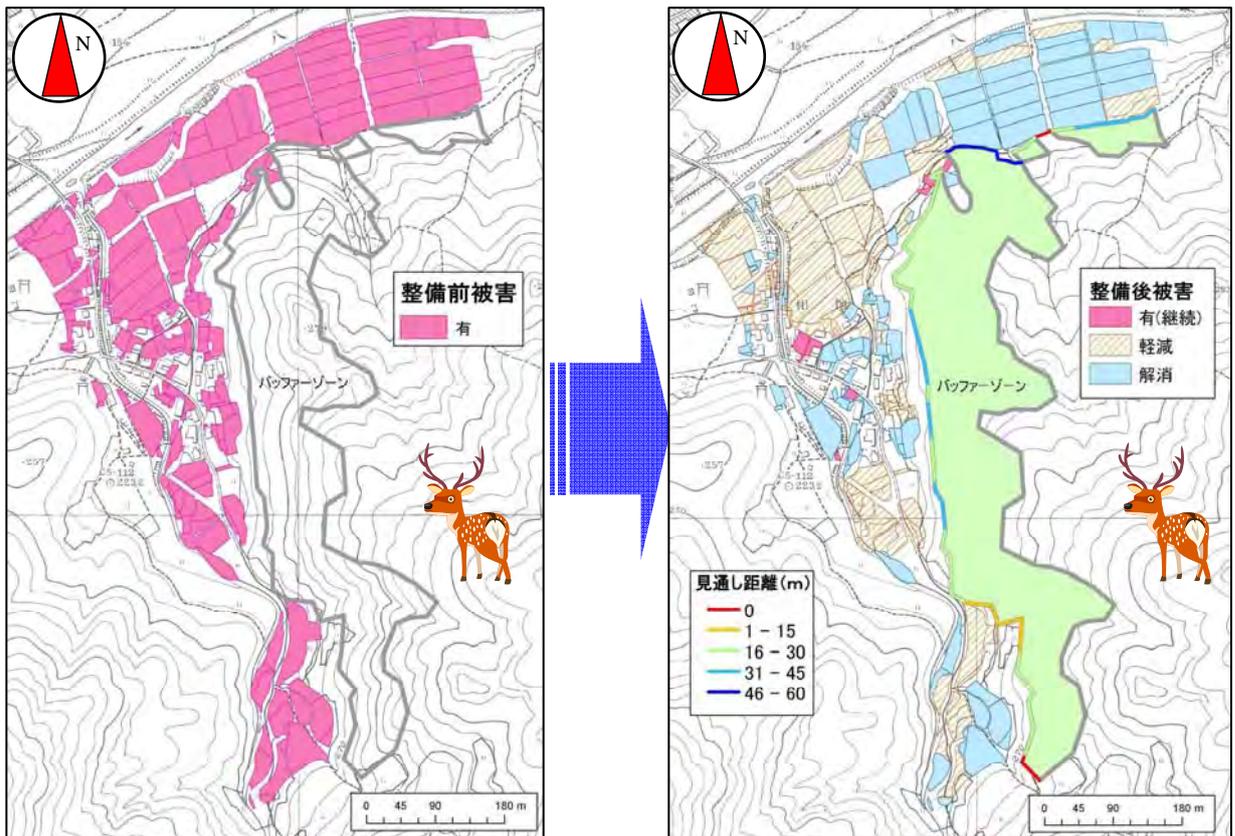
○ 農地被害変化の空間分析

ア 分析方法

- 農地被害動向調査データと林縁環境調査データを地理情報システム(GIS)上で統合し、加工・分析した。

イ 分析結果

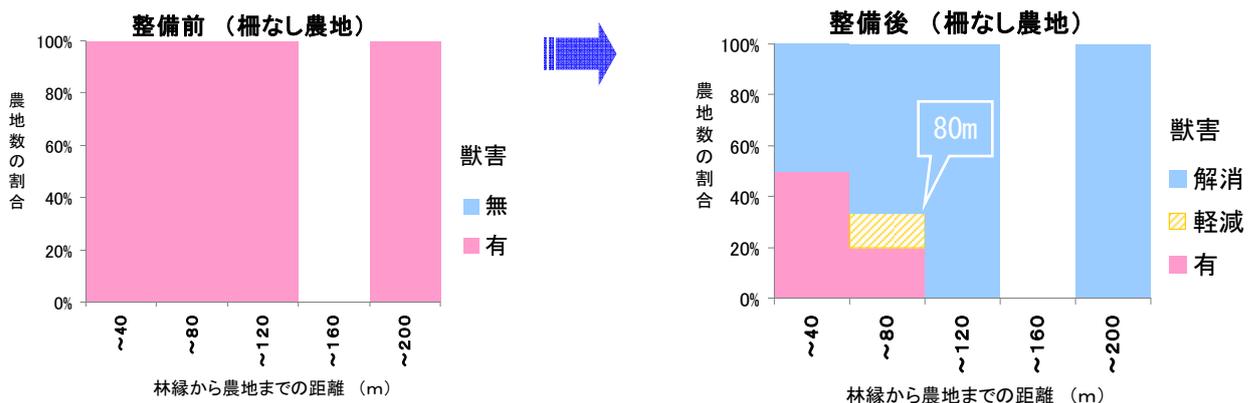
- 整備前は、調査対象農地の全域で被害が発生していた(図Ⅲ-4-11)。バッファゾーン整備後は林縁のほぼ全域で見通し距離が16m以上確保され、その前面に存在する農地の大半で被害が減少・解消した(図Ⅲ-4-12)。



〔図Ⅲ-4-11〕 整備前の農地被害状況

〔図Ⅲ-4-12〕 整備後の林縁の見通し距離と農地被害状況

- 防護柵を設置していない農地を対象に、林縁から農地までの距離別に、被害割合をみると、整備前は距離に関係なく全ての農地で被害が見られた(図Ⅲ-4-13 左)。一方、整備後は林縁からの距離が大きい農地ほど、被害が軽減あるいは解消した農地の割合が高くなった(図Ⅲ-4-13 右)。また、林縁からの距離が80m以上の農地では被害が解消していた。



〔図Ⅲ-4-13〕 防護柵なし農地における被害変化

バッファゾーン整備前(左)、整備後(右)

③ 奥地広葉樹林整備による植生変化の調査



◇ 植栽木の成長：新温泉町中辻

ア 調査方法

○植栽木の初期成長調査(樹高，樹幹長，地際直径，胸高直径，主軸の当年伸長量)を測定した。

イ 調査時期

○整備後1成長期間経過後 2008年(平成20年)11月

○整備後2成長期間経過後 2009年(平成21年)11月

ウ 調査結果

○ケヤキ植栽木の2成長期間後の生存率は、92%であり、樹高は平均62.5cm伸長し、平均樹高は115.4cmとなった(表Ⅲ-4-7)。

○コナラ植栽木の生存率は50%であったが、樹高は平均59.0cm伸長し、平均樹高は136.5cmとなった(表Ⅲ-4-7)。

○枯死木は生残木に比べ、植栽時点での比較苗高が高かったことから、枯死の多くは苗木の形質の問題と考えられる(表Ⅲ-4-7)。

〔表Ⅲ-4-7〕2成長期間終了後の広葉樹植栽木の生残状況と成長成績

ケヤキ植栽木

	本数	割合 (%)	平均樹高(cm)±SD			平均総伸長量		平均比較苗高	
			2008春	2008秋	2009秋	(cm) SD	(L/D _B) SD		
生残木	46	92.0	56.6 ± 21.5	99.3 ± 33.0	115.4 ± 30.0	62.5 ± 43.5	83 ± 34		
枯死木	4	8.0	51.5 ± 5.7	96.8 ± 30.5	— ± —	— ± —	119 ± 29		
全体	50	100.0	56.1 ± 20.7	99.1 ± 32.5	115.4 ± 30.0	62.5 ± 43.5	86 ± 35		

コナラ植栽木

	本数	割合 (%)	平均樹高(cm)±SD			平均総伸長量		平均比較苗高	
			2008春	2008秋	2009秋	(cm) SD	(L/D _B) SD		
生残木	2	50.0	77.5 ± —	116.0 ± —	136.5 ± —	59.0 ± —	82 ± —		
枯死木	2	50.0	90.0 ± —	109.0 ± —	— ± —	— ± —	135 ± —		
全体	4	100.0	83.8 ± 19.3	112.5 ± 13.7	136.5 ± —	59.0 ± —	108 ± 48		

※ 比較苗高 (植栽時点の樹幹長(cm) / 地際直径(cm))

○幼齡木ネットは若干破損するものが存在したが、苗木の生育に深刻な影響を与える破損は発生せず、その結果、シカの深刻な食害も発生しなかった(表Ⅲ-4-8)。

〔表Ⅲ-4-8〕2成長期間終了後の広葉樹植栽木の生残状況と成長成績

幼齡木ネットの状態

	本数	割合 (%)
良好	21	43.8
軽微な破損	19	39.6
破損	8	16.7
合計	48	100.0

シカの食害

	本数	割合 (%)
深刻	0	0.0
軽微	7	14.6
なし	41	85.4
合計	48	100.0

◇ 植生保護柵設置後の植生変化：赤穂市周世・養父市八鹿町八木・宍粟市波賀町原

ア 調査方法

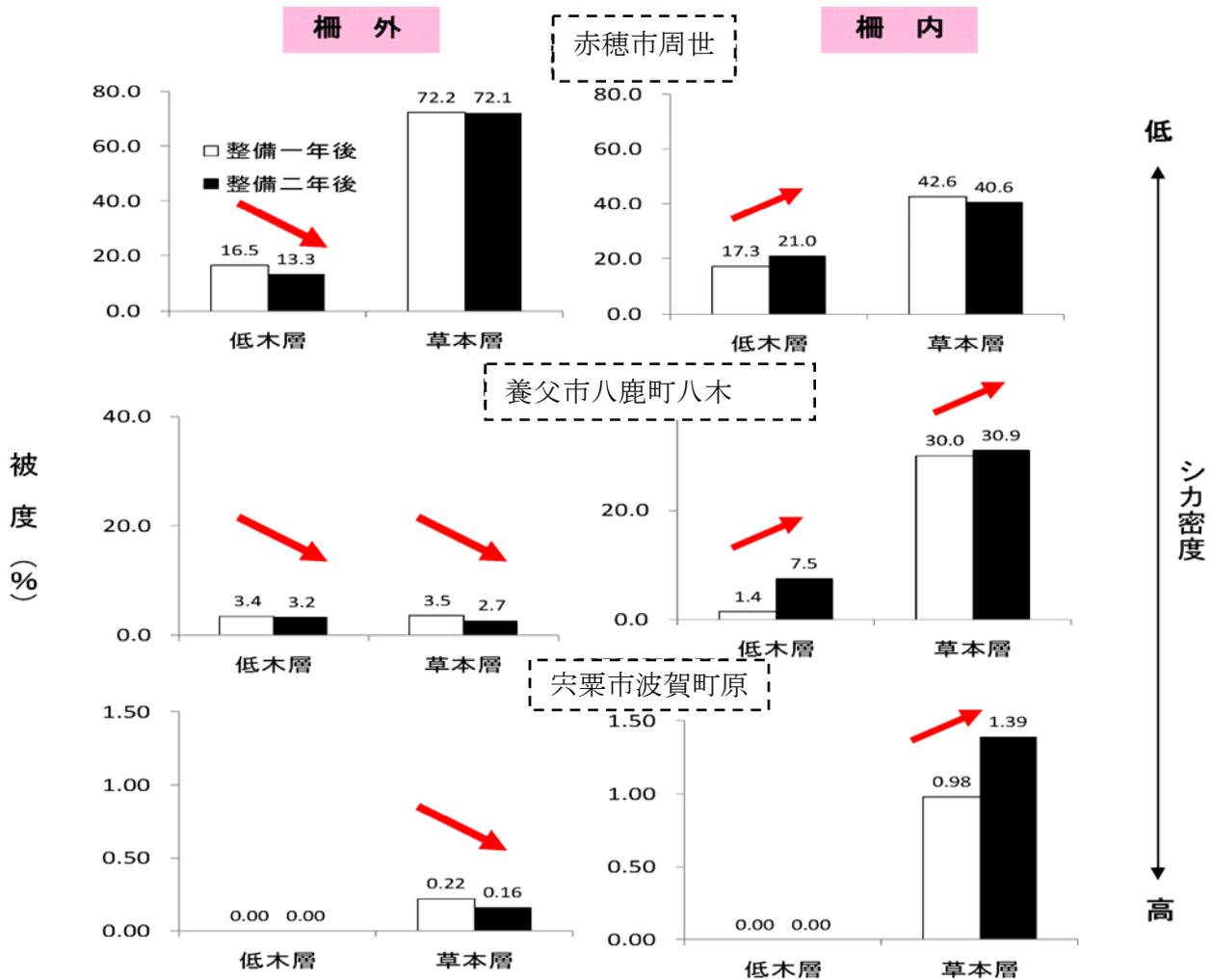
○植生保護柵(概ね 1,000 m²/箇所)を設置した 3 箇所において、10m×10m の方形調査区を植生保護柵内外にそれぞれ 1～2 箇所設置し、群落組成調査を実施した。

イ 調査時期

- 整備後 1 成長期間経過後 2008 年(平成 20 年)10 月
- 整備後 2 成長期間経過後 2009 年(平成 21 年)10 月

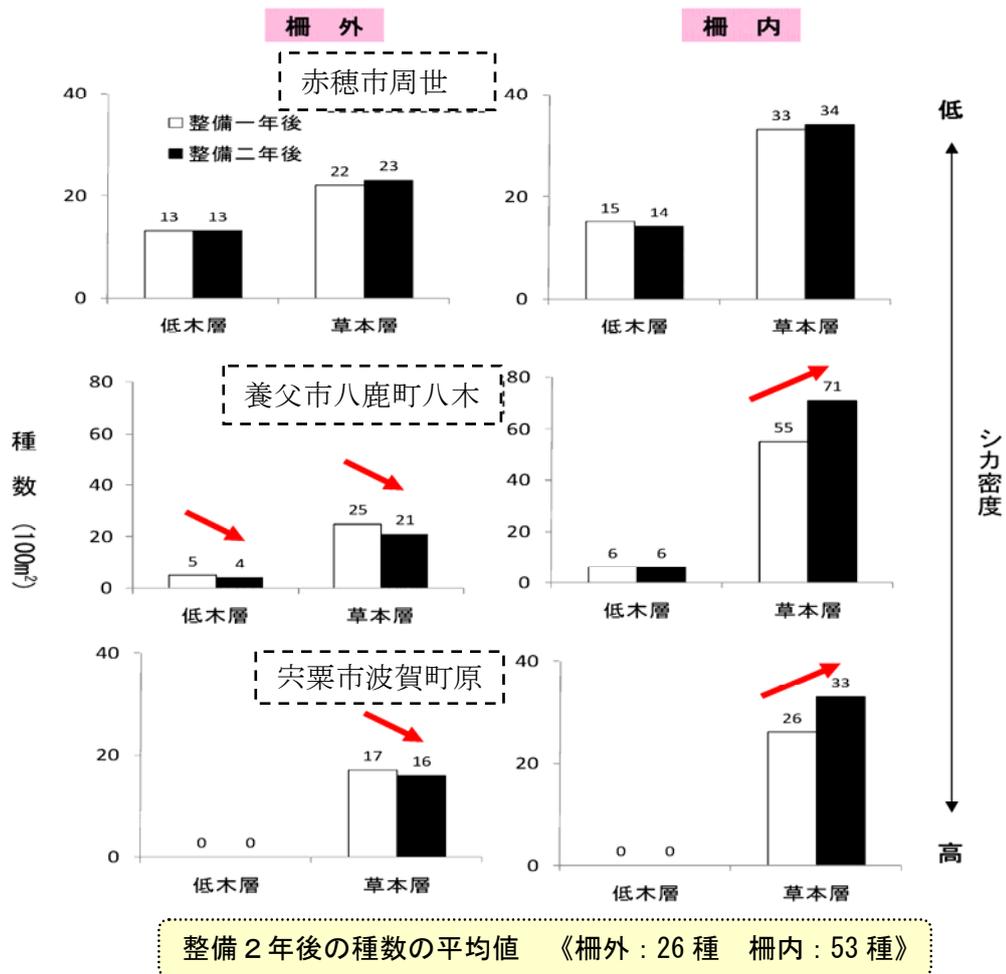
ウ 調査結果

○整備 1 年後と整備 2 年後のデータの比較から、柵内では低木層・草本層ともに被度の回復が認められる一方、柵外では被度の減少が進んでいることが確認された(図Ⅲ-4-14)。



〔図Ⅲ-4-14〕 植生保護柵内外における低木層と草本層の被度の推移

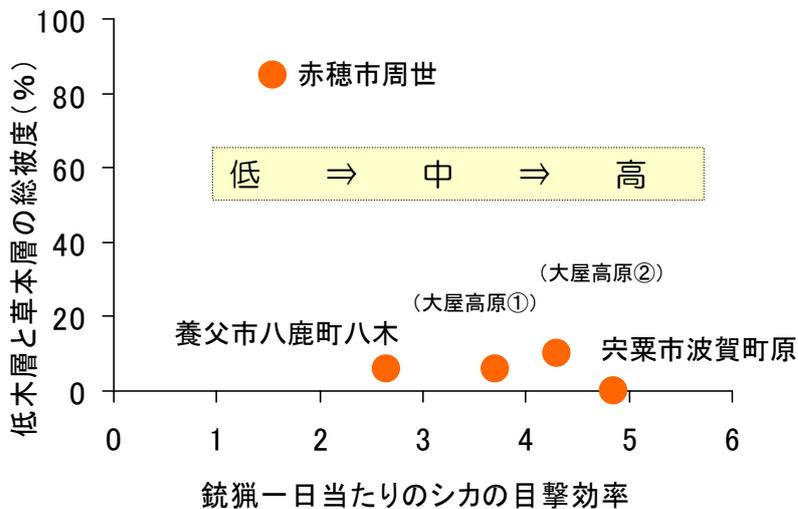
○また、整備 1 年後と整備 2 年後の種数の比較では、養父市八鹿町八木と宍粟市波賀町原において、柵内における種数の増加、柵外における種数の減少が認められた(図Ⅲ-4-15)。



〔図Ⅲ-4-15〕 植生保護柵内外における低木層と草本層の種数の推移

【シカ生息密度と植生回復との関係】

○養父市八鹿町八木と宍粟市波賀町原は、シカ密度が高く、下層植生の衰退が進んだ地域であり、一方、赤穂市周世はシカ密度が低く、下層植生の衰退が軽微な地域であった(図Ⅲ-4-16)。



〔図Ⅲ-4-16〕 各調査地の周辺シカ密度と森林下層植生の被度



④ 集落住民の意識調査

ア 調査方法

○整備の完了している 12 地区の集落全戸数を対象にアンケートを実施した。

イ 調査時期

○2010 年(平成 22 年) 2 月

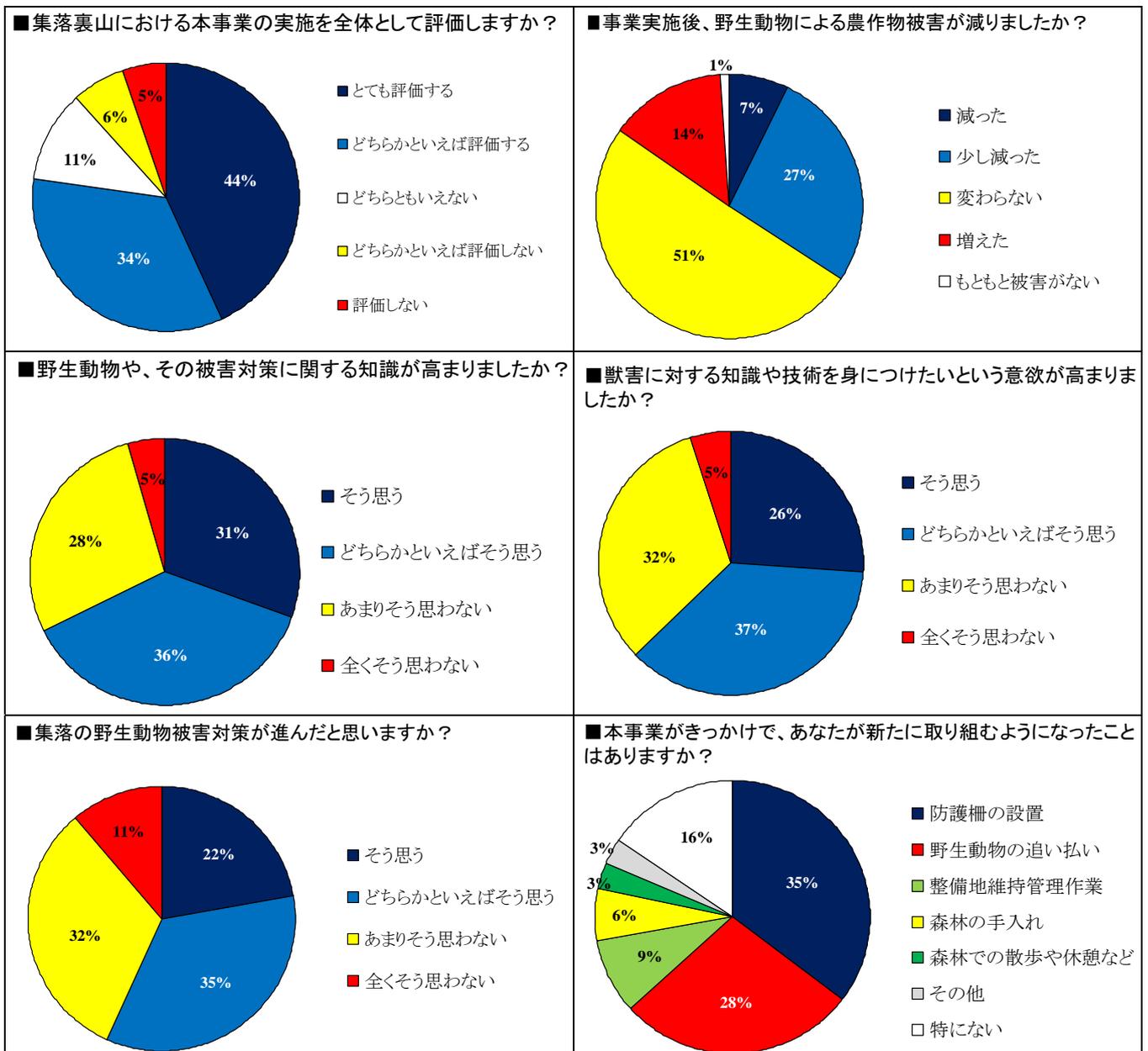
ウ 調査結果

○回答者の 78%が本事業の実施を評価していた。

○回答者の 34%が事業実施後、野生動物による農作物被害が軽減したと回答した。

○回答者の約 2/3 が、野生動物やその被害対策に関する知識や意欲の高まり、集落の野生動物被害対策が進んだと感じていた。

○本事業がきっかけで防護柵の設置や野生動物の追払いなどの被害対策につながる取り組みを新たに始めた人が数多く存在した。



〔図Ⅲ-4-17〕 集落住民の意識調査アンケート

(3) 整備効果の評価

野生動物による農作物被害や人への精神的・身体的被害が生じている集落裏山の里山林において、バッファークーンの設置や奥地の広葉樹林を整備することにより、野生動物が人家や農地へ近寄り難い森林空間、野生動物の生息環境に適した森林が形成され、農作物被害防止、精神的・身体的被害防止、生態系保全機能の高い森林に向かっている。

〔表Ⅲ-4-9〕 整備効果の評価（まとめ）

区 分		評 価
農作物被害 防止	林縁環境の変化	(サル) ・バッファークーン整備後、被害農家 150 戸のうち 70 戸で農地被害は減少し、被害軽減効果が確認された。 効果を維持させるためには集落住民による追い払い活動の継続的実施が必要である。
	動物行動と被害抑制状況の変化	(イノシシ) ・バッファークーン整備後、出没痕跡が 10 箇所から 3 箇所に減少するなど、被害軽減効果が確認された。 ・農地付近の堆肥・野菜残渣などが誘因物となって整備後に被害の再増加が認められたことから、これらの除去など地域で協力して取り組む必要がある。
精神的・身体的 被害防止		(シカ) ・バッファークーン整備後、被害農地 205 区画のうち 197 区画で被害減少するなど、被害軽減効果が確認された。防護柵未設置の農地においてもバッファークーン整備による被害軽減が確認され、防護柵設置箇所は、その効果はより高まることが確認された。
	住民意識の変化	・集落住民の大半が事業の実施を評価していた。 ・本事業の実施が住民による積極的な野生動物被害対策の意識づけとしての効果があることが示された。 ・集落の様々な被害対策の取組による相乗効果が現れている。
生態系保全 (野生動物との 共生)	生息環境回復 状況	・シカによる強い食害を受け、下層植生が衰退している地域では、植生保護柵の設置により、散布種子や埋土種子からの実生、萌芽再生等による植生回復が確認され、野生動物にとっての生息環境改善に繋がっている。