平成16年台風による

風倒木被害と再度災害防止対策

(社)兵庫県治山林道協会

表紙の画像

宍粟市一宮町杉田

佐用郡佐用町下石井

佐用郡佐用町海内

「再度災害」という用語について

類似の用語である「二次災害」は、災害（一次災害）が起こった際にそれに続いて起こる災害のことをいい、主に災害直後の応急対策時に注意しなければならない課題である。「再度災害」とは、災害復旧が完了した箇所で災害（一次災害）が起こった同等の規模の自然外力（台風、豪雨、洪水、地震など）で再び起こる災害のことをいう。

再度災害防止は、原形復旧（もとのままに直すこと）を目標とする災害復旧のみでは達成できず、被災前よりも「災害に強い」機能の向上を目標とする災害復興により成し遂げられる。

災害発生後の時間変化に応じた災害対策に係る目標と課題に即して、風倒木被害対策に適用すると次のように考えられる。

時間経過による対応ステージ		災害対策の目標	主な課題	
			社会基盤施設（EX.河川）	風倒木被害地での特徴
1	発　　生	生命安全確保 情報収集・解析	連絡体制の確保	同左
2	緊急・応急	二次災害の防止	仮設物などによる被害拡大防止	実態把握の調査 森林外の被害木撤去
3	復　　旧	平時までの復帰	堤防の原形復旧	森林内の被害木片付け 跡地造林
4	復　　興	再度災害の防止	堤防の嵩上げ 洪水調整池設置 防災情報の周知	林地の補強（治山対策） 複層林・針広混交林化 被害の教訓・反省等

はじめに

平成16年（2004年）は、数多く発生した台風や中越地震などにより、全国各地で大規模な自然災害が多発した。特に、台風は、全国で過去最高の10個が上陸し甚大な被害をもたらした。　それらの中で兵庫県に大きな影響をもたらした台風は、16号（８月30日～31日）、18号（９月7日）、21号（９月28日～30日）、23号（10月19日～20日）の４個であった。県北部の但馬地域や県南部の淡路島では河川の破堤等による大規模な水害や土石流、山腹崩壊などの土砂災害が発生し、県中西部の播磨地域では強風によって立木がなぎ倒される大規模な風倒木被害が発生した。

風倒木被害は、台風16号、18号でも見られたが、台風23号による被害が広範囲にわたる激しいものであり、山腹崩壊を伴うものも多かった。

本書は、平成16年に兵庫県で発生した風倒木被害とその処理、また、被害後の降雨による山腹崩壊および流木災害等に対する対策の概要を記録し、後年の風倒木被害に際する治山対策についての参考資料とするためとりまとめたものである。

風倒木と山腹崩壊（平成16年台風23号後）　　佐用郡佐用町水根（写真提供：兵庫スカイ・フォトサービス）

目　次

1．風倒木被害と対策

（1）風倒木被害について …… 1

①風倒木被害の概要 …… 1

②平成16年台風の風速と雨量 …… 3

③風倒木に伴い発生した山腹崩壊 …… 6

（2）山腹崩壊等の対策事例 …… 8

（3）風倒木被害対策の反省と教訓 …… 11

①被害把握 …… 11

②対応事業の区分 …… 11

③被害木処理方針と実態 …… 11

④河川沿いの風倒木 …… 11

⑤道路沿いの風倒木 …… 12

2．再度災害と防止対策（風倒木フォローアップ作戦の展開）

（1）風倒木被害地の再度災害について …… 13

①他府県での事例 …… 13

②再度災害防止対策について …… 13

③平成16年11月～17年4月の崩壊状況 …… 15

④平成18年7月豪雨の災害 …… 19

⑤風倒木被害地の崩壊の特徴 …… 22

（2）再度災害防止対策の方針 …… 25

（3）ハード対策（対策工事） …… 26

①崩壊に対する予防対策 …… 26

②流木に対する予防対策 …… 27

③道路・河川の保全対策 …… 27

（4）ソフト対策（警戒・避難） …… 28

①ひょうご治山・治水防災実施計画 …… 28

②土砂災害警戒避難基準雨量（CL）の引き下げの検討 …… 28

③CGハザードマップ作成事業 …… 35

④裏山危険箇所診断事業 …… 36

3．今後の課題

（1）激甚な再度災害のおそれ …… 37

（2）森林の管理体制の充実 …… 37

（3）ボランティアやCSR活動への誘導 …… 37

1. 風倒木被害と対策

（1）風倒木被害について

① 風倒木被害の概要

平成16年の風倒木被害は、台風16号（８月30～31日）、18号（９月７日）、23号（10月19日～20日）において発生したが、特に23号による被害が甚大であった。播磨及び南但馬地域を中心に発生し、被害額は78億円に達し兵庫県ではかつて経験したことのない森林被害であった。

被害は30年～40年生のスギ・ヒノキの壮齢林を中心に発生した。市町別の被害状況は、表１、被害箇所は図１のとおりで、県の西部から中央部に集中している。被害地の斜面方向は北西から北東斜面に集中しており、これは23号の風向と一致する。また、斜面勾配の急峻な斜面で面的な被害が多く見られ、斜面勾配が40度を越すような斜面では山腹崩壊を伴うものも多かった。

風倒木の形態は、根返りを伴った倒伏被害が多く見られ、幹折れや幹曲がり（傾斜）被害も見られた。

表１　市町別被害箇所数・被害面積

（平成18年9月末）

県民局	事務所	市町名	箇所数（箇所）	被害面積（ha）
阪神北	宝　塚	三 田 市	4	0.97
		猪名川町	4	3.00
		計	8	3.97
北播磨	社	西 脇 市	10	5.85
		加 西 市	96	35.68
		社　　町	1	1.20
		中　　町	8	15.85
		加 美 町	44	61.28
		八千代町	214	207.77
		黒田庄町	16	4.40
		計	389	332.03
中播磨	姫　路	姫 路 市	7	8.90
		夢 前 町	69	67.10
		神 崎 町	60	61.10
		大河内町	46	36.90
		市 川 町	58	27.11
		福 崎 町	42	41.40
		香 寺 町	9	27.30
		安 富 町	280	269.47
		計	571	539.28
西播磨	上　郡	相 生 市	7	3.52
		上 郡 町	17	5.61
		佐 用 町	260	229.42
		上 月 町	27	19.50
		南 光 町	97	134.44
		三日月町	62	84.86
		計	470	477.35
西播磨	龍　野	龍 野 市	3	6.04
		新 宮 町	27	49.43
		山 崎 町	280	372.17
		一 宮 町	122	240.44
		波 賀 町	30	21.91
		千 種 町	58	121.52
		計	520	811.51
但　馬	豊　岡	豊 岡 市	30	11.60
		城 崎 町	13	0.98
		竹 野 町	23	6.54
		香 住 町	7	10.72
		日 高 町	16	4.51
		出 石 町	37	11.46
		但 東 町	17	8.00
		村 岡 町	28	13.67
		美 方 町	8	4.22
		浜 坂 町	5	3.25
		温 泉 町	1	0.05
		計	185	75.00
	和田山	養 父 市	167	188.47
		生 野 町	87	140.00
		和田山町	45	30.00
		山 東 町	10	16.09
		朝 来 町	164	375.79
		計	473	750.35
丹　波	柏　原	篠 山 市	10	5.45
		丹 波 市	213	249.37
		計	223	254.82
合　計		46	2839	3244.31

（林務課資料）

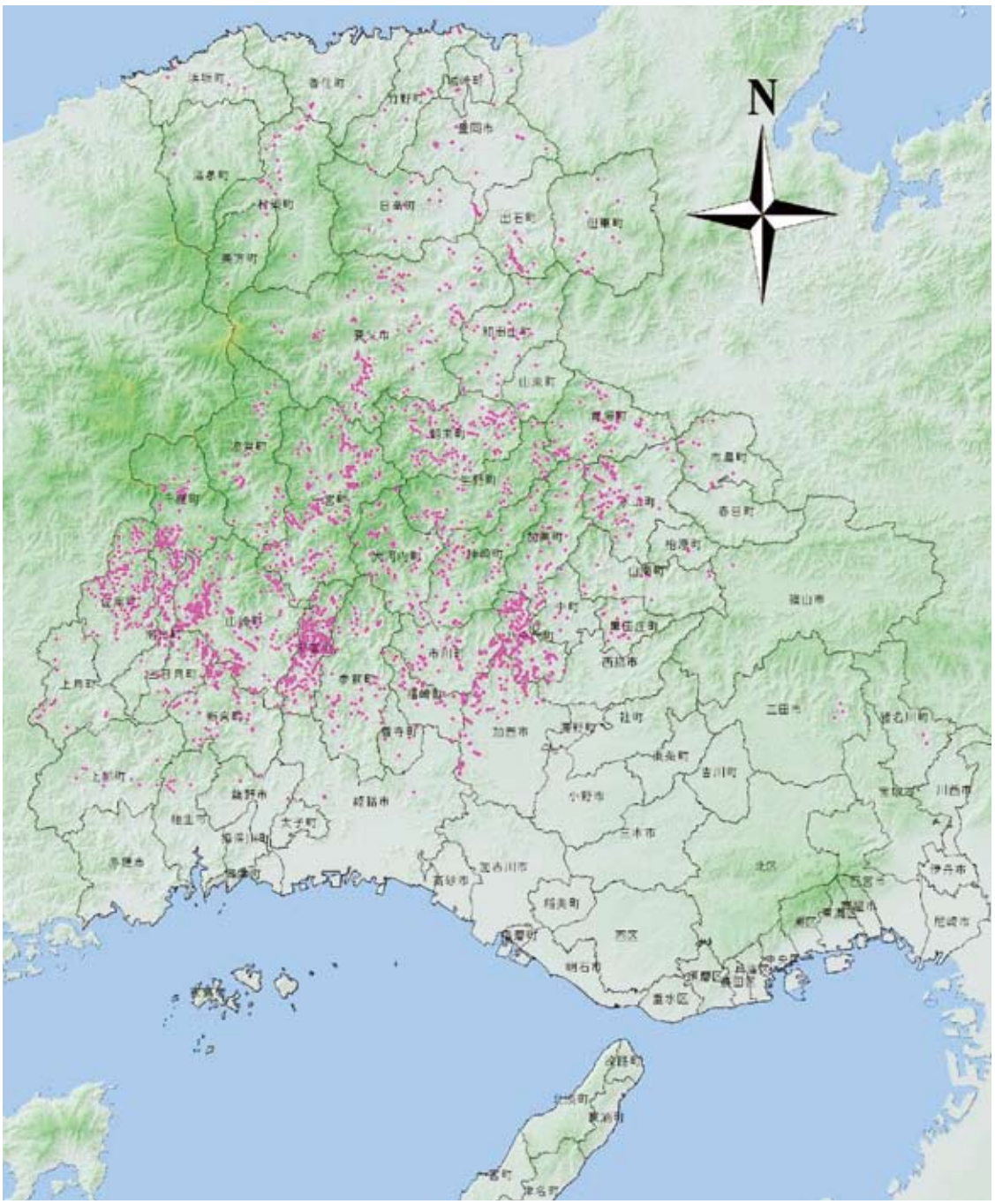


図１　風倒木被害箇所図（市町名は平成16年10月現在）

② 平成16年台風の風速と雨量

今回の大規模な風倒木被害及びそれに伴う山腹崩壊の多くは、台風23号によって発生したが、23号が16号や18号・21号と比較し記録的な強風や降雨ではなかった。

特に、西播磨地域では、少量の降雨で大規模な山腹崩壊が発生しており、過去の台風（16号や18号・21号）が影響していると考えられる。

そこで、平成16年に兵庫県に影響を与えた台風の風速と降雨量について、風倒木被害の激しかった西播磨地域及び周辺の観測記録を表２、３及び図２～４に、各観測所の位置を図５に示す。

表２　西播磨地域周辺の最大風速

		最大風速（m/s）				
台　風	月　日	福　崎	一　宮	姫　路	上　郡	今　岡
6号	6/20～21	6	7	11.8	6	3
11号	8/4～5	9	10	18.3	8	3
16号	8/30～31	13	13	23.5	12	6
18号	9/6～7	13	14	24.5	12	7
21号	9/29～30	5	5	10.9	9	4
23号	10/19～20	8	6	22.9	13	5

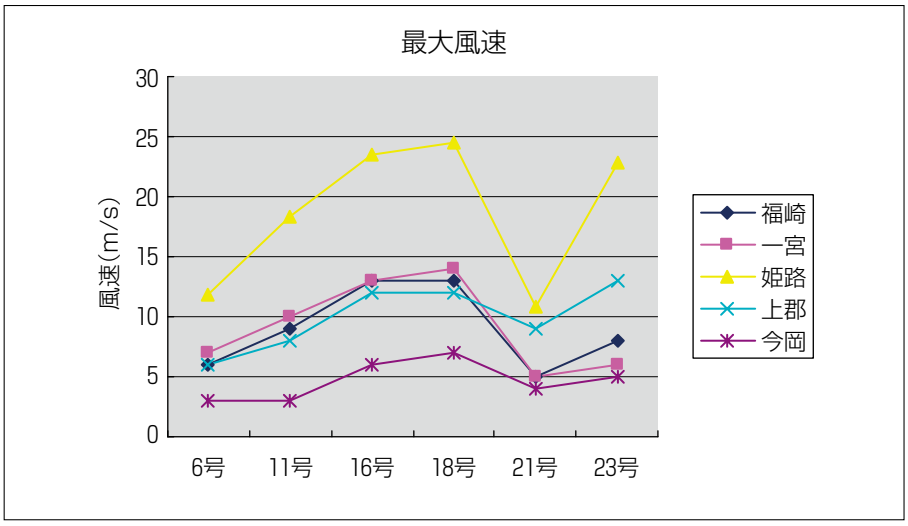


図２　西播磨地域周辺の最大風速

風速については、23号より16号や18号でより大きな最大風速を記録しており、23号が特に激しかった訳ではなかったことがわかる。特に福崎や一宮では、23号に比べ18号のほうが強風であったことがわかる。

表３　西播磨地域周辺の降雨量

		48時間連続雨量（㎜）							最大時間雨量（㎜）						
台　風	月　日	福崎	一宮	姫路	的場山	上郡	佐用	今岡	福崎	一宮	姫路	的場山	上郡	佐用	今岡
6号	6/20～21	17	29	14	12	15	7	8	6	8	4.5	5	9	4	3
11号	8/4～5	58	52	10.5	27	44	55	45	14	16	4.3	15	14	19	12
16号	8/30～31	55	135	41.5	31	57	90	102	28	32	25	19	29	26	26
18号	9/6～7	31	46	28.5	56	32	41	35	22	25	11	18	13	13	10
21号	9/29～30	121	145	123	172	217	188	188	33	33	43	42	34	49	48
23号	10/19～20	173	215	159	123	162	149	151	17	23	13.5	11	12	14	14

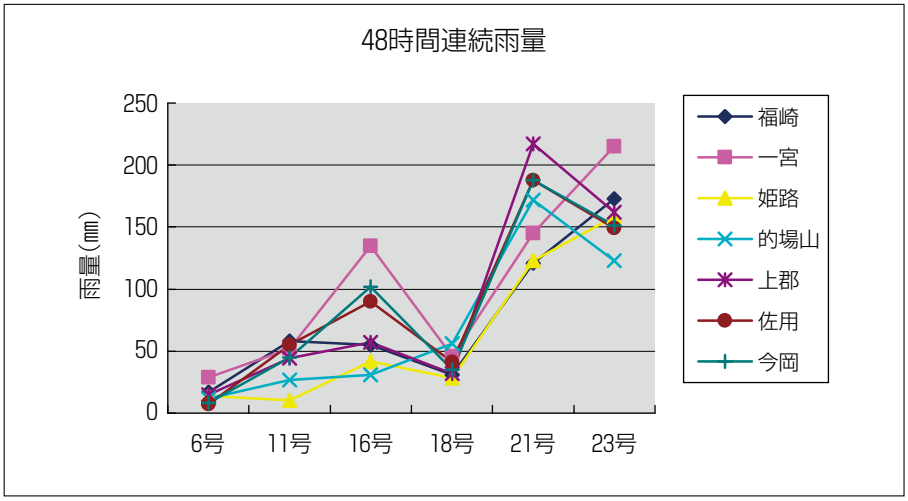


図３　西播磨地域周辺の48時間連続雨量

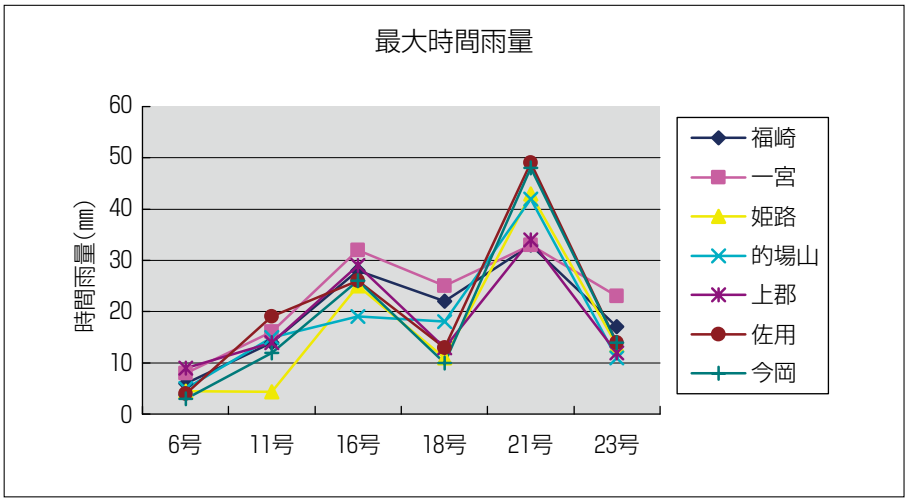


図４　西播磨地域周辺の最大時間雨量

降雨量については、福崎や一宮の48時間連続雨量では21号より23号が多かったが、その他の地域では21号が多く、最大時間雨量ではすべての観測所で21号の雨量が多かった。佐用や今岡では９月29日に21号の日雨量が過去20年間で最大値（佐用187㎜／日、今岡182㎜／日）を記録した。

一宮で23号の48時間連続雨量が200㎜を超えているものの、その他の地域では200㎜未満で、23号の時間雨量についてもすべての地域で25㎜未満となっている。西播磨地域では23号の降雨量がそれほど多くなかったと言える。

これらのことから、西播磨地域では、平成16年の８月から数回にわたり台風の強風で立木が揺すられ根元周辺の地盤が緩んでいたことと、21号の豪雨で地盤の支持力が低下していたところに、23号の強風と降雨の影響で、根返りを伴う倒伏状の大規模な風倒木被害が発生し、それと同時に山腹崩壊が発生したと考えられる。

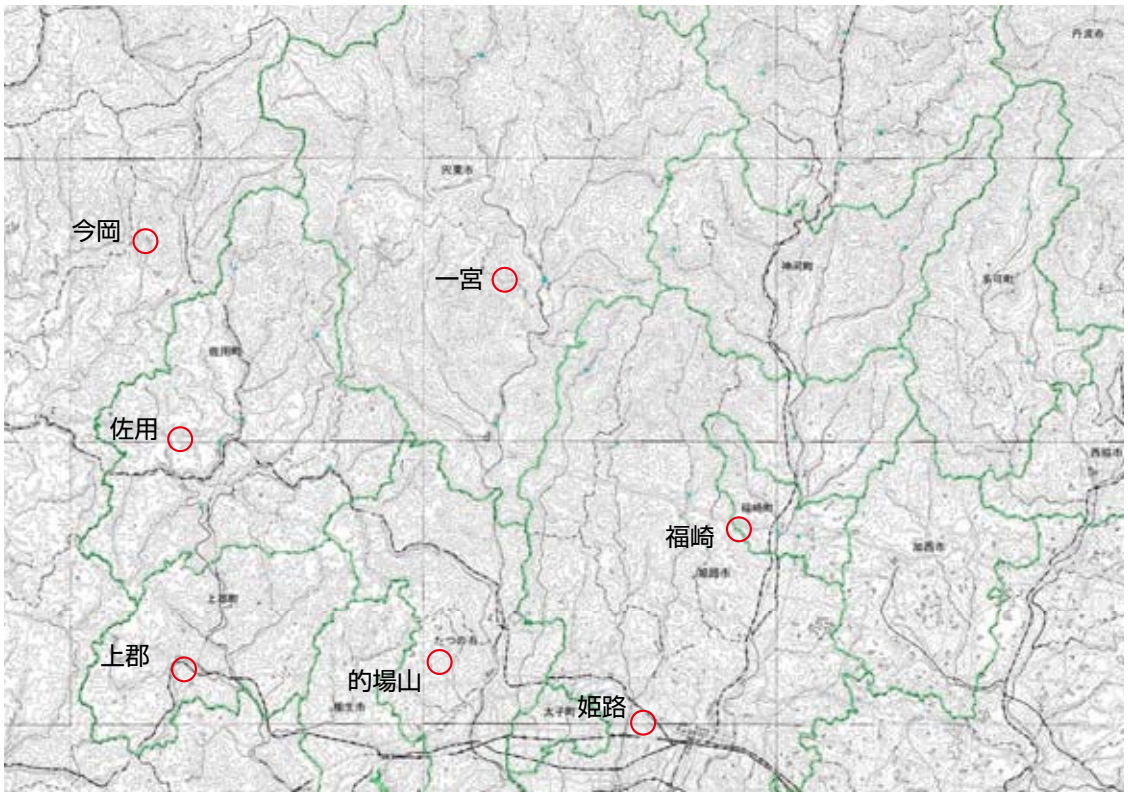


図５　西播磨地域周辺の観測所

③ 風倒木に伴い発生した山腹崩壊

（姫路市安富町塩野）

（宍粟市山崎町高下）

（佐用郡佐用町下石井字陰ノ平）

（佐用郡佐用町下石井字大ドウ）

（佐用郡佐用町水根）

（朝来市山内）

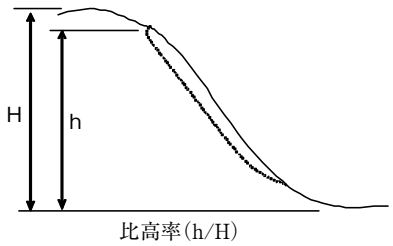
台風23号による山腹崩壊の状況

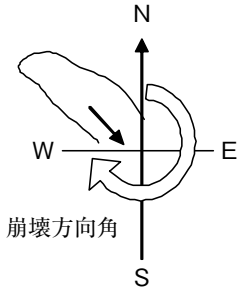
台風23号の風倒木被害に伴い発生した山腹崩壊箇所のうち、測量の実施されていた30箇所について調査した。調査項目は、斜面形状・斜面勾配・斜面高さ・崩壊の高さ・崩壊の幅・崩壊の深さ・崩壊の方向・樹種・林齢について調査しその結果を表４に示す。

表４　台風23号風倒木に伴う山腹崩壊の調査結果

崩壊地(No)	箇　所	斜面形状	勾 配 θ(度)	斜面高さ H(m)	崩壊高 h(m)	比高率 h/H(%)	崩壊幅 W(m)	崩壊深さ D(m)	崩壊方向角(度)	樹種	林齢(年)
1	宍粟市山崎町葛根	凸形直線	40	120	85	71	8	0.5	165	広葉樹	
2	宍粟市山崎町高下	凹形谷型	40	100	70	70	22	1.0	187	ヒノキ	25
3	宍粟市山崎町下町	等斉谷型	40	50	20	40	10	0.5	186	スギ	30
4	宍粟市山崎町下町	等斉谷型	40	90	60	67	20	0.7	190	スギ	30
5	宍粟市山崎町段	凹形直線	35	30	30	100	29	1.0	288	ヒノキ	25
6	宍粟市山崎町下町	等斉直線	35	120	70	58	20	2.0	242	スギ	30
7	宍粟市山崎町戸敷	凸形直線	40	60	60	100	15	－	99	スギ	25
8	姫路市安富町皆河	凹形谷型	35	145	130	90	30	0.5	310	スギ	35
9	姫路市安富町末広	凹形谷型	40	70	60	86	10	1.0	96	スギ	40
10	姫路市安富町栃原	等斉直線	40	80	70	88	30	1.0	136	スギ	35
11	姫路市安富町末広	凹形谷型	30	160	135	84	20	2.0	179	スギ	35
12	姫路市夢前町勘野	凸形直線	40	30	30	100	10	0.5	217	－	－
13	姫路市夢前町前之庄	凹形直線	30	40	40	100	20	1.5	259	スギ	40
14	宍粟市山崎町高下	等斉谷型	40	90	70	78	18	0.5	210	スギ	30
15	宍粟市一宮町西深	等斉直線	45	60	50	83	80	1.0	285	スギ	40
16	宍粟市一宮町福知	等斉直線	45	85	80	94	80	0.5	190	スギ	35
17	宍粟市一宮町福知	凸形直線	43	65	45	69	20	0.8	190	ヒノキ	35
18	姫路市安富町塩野	凸形直線	41	140	90	64	50	1.0	150	スギ	30
19	宍粟市一宮町草木	等斉直線	45	80	60	75	60	1.0	225	スギ	45
20	宍粟市山崎町葛根	凸形直線	40	70	40	57	30	0.8	170	スギ	40
21	多可町八千代区大和	等斉谷型	40	100	70	70	40	0.5	225	ヒノキ	40
22	養父市養父市場	等斉谷型	44	100	85	85	20	1.0	250	ヒノキ	30
23	佐用郡佐用町水根	凸形直線	40	75	60	80	80	1.0	245	スギ	35
24	佐用郡佐用町石井地	等斉直線	40	70	45	64	25	0.5	230	スギ・ヒノキ	50
25	佐用郡佐用町大船	等斉直線	40	120	80	67	150	0.7	140	スギ・ヒノキ	40
26	佐用郡佐用町下石井	凸形直線	40	120	60	50	15	0.7	285	ヒノキ	35
27	佐用郡佐用町亀尻	凹形直線	35	110	70	64	10	1.0	215	ヒノキ	35
28	佐用郡佐用町上石井	等斉直線	40	100	60	60	30	0.8	130	スギ	40
29	相生市小河	凸形直線	40	55	35	64	30	0.5	110	スギ	40
30	相生市小河	等斉直線	40	80	40	50	30	0.7	185	ヒノキ・広葉樹	25

（参考）





風倒木被害に伴う崩壊の特徴についてとりまとめると次のとおりであった。

①崩壊の勾配は、40度を超えるような箇所が多く、ほとんどが35度以上であった。

②斜面形状は平行斜面が多く、また比高率が高いことから斜面の上部から崩壊が発生している。

③崩壊深さは平均0.88mで、浅い表層崩壊であった。

（2）山腹崩壊等の対策事例

佐用郡佐用町水根 地区

崩壊発生直後（平成16年10月）

復旧状況（平成19年３月）

多可町八千代区大屋 地区

風倒木発生直後（平成16年10月）

復旧状況（平成19年３月）

養父市養父市場 地区

崩壊発生直後（平成16年10月）

復旧状況（平成19年３月）

（3）風倒木被害対策の反省と教訓

① 被害把握

台風23号では、但馬や淡路地域に人的物的被害を伴う激甚な土砂災害が発生したため、治山事業ではそれらの地域に対して優先的に応急対策や復旧対策を実施せざるを得なかった。そのため、直接人的被害等がなかった風倒木の被害地については、平成16年12月ごろまで十分な被害地対策を実施していなかった。

特に、被害把握については、人家・主要道路周辺については目視で被害把握可能であったが、奥地については道路が風倒木で塞がれ近づけない状態で、被害把握に時間を要した。

一部の市町においては航空写真撮影を行ったが、完全に倒伏した木は判読できたものの、傾斜木は正常な立木との判読が困難な状況であった。

② 対応事業の区分

風倒木のみで山腹崩壊を伴っていない箇所は造林事業・治山事業（保安林改良事業等）で対応し、風倒木と山腹崩壊を伴う箇所は治山事業（復旧治山事業等）で対応することと平成17年１月に方針決定した。また、山腹崩壊が伴っていなかった箇所にその後の降雨等で山腹崩壊が発生し、治山対策等のハード対策が追加で必要となった。

③ 被害木処理方針と実態

ア．兵庫県では、風倒木被害の発生後平成16年11月に「兵庫県森林災害復旧対策委員会」を設置し、被害メカニズムの解明や被害木の搬出方法や利活用について検討した。その中で、被害地の危険度を保全対象に近接しているものからＡ、Ｂ、Ｃランクに区分し、３年間で伐倒、玉切、林内集積または搬出し、５年間で跡地に植栽する処理を講じることとした。処理はＡランク箇所から進めることとした。

Ａランク：人家、道路、河川に近接している被害地
降雨等により二次災害の恐れのある谷筋等の被害地

Ｂランク：林道、作業道から200m以内の被害地

Ｃランク：林道、作業道から200m以上の被害地

イ．現場では、危険性の高いＡランク箇所から風倒木処理（被害木の搬出等）が実施されたが、被害木を搬出しても土砂災害の危険性が排除されず、被害木処理跡地の表層崩壊が課題として残った。

Ａランク箇所の中でも特に人家裏で、斜面勾配35度を越える箇所では、被害木の搬出だけでなく落石防護柵等のハード対策が必要な箇所もあった。

ウ．不在村森林所有者等があり、所有境界の確認に期間等を要し、被害木処理のスケジュール管理に苦慮した。

エ．処理歩掛の未整備

被害木や根株の撤去が必要な箇所では、倒木の伐倒・玉切・搬出・根株撤去を実施

する必要があり、それらの工程を高性能林業機械で実施する事例も多くあった。しかし、それらの標準歩掛がなく、歩掛調査する時間もなかったため、昭和30年代に作成された県行造林の伐採・搬出歩掛を参考に歩掛作成せざるを得なかった。

④ 河川沿いの風倒木

河川にも被害木が倒伏した。特に、山腹崩壊を伴った箇所では土砂と流木が混在し河川断面を塞いだ箇所もあった。また、河川沿いの倒伏木は、流されると河道閉塞、応急護岸土のうを破壊する懸念があり、河川管理者から早期処理の強い要望があったが、人家や道路に近接している区域との処理優先度に苦慮した。

⑤ 道路沿いの風倒木

道路沿いで風倒木を処理して林内集積した箇所に、平成18年７月の降雨で表層崩壊が発生し、処理木が道路へ落下する事例が発生した。幸いにも人的被害はなかったが、道路通行止の措置等が行われた。このため、道路管理者より、風倒木の処理木の落下を懸念して、平成18年９月に道路沿いの風倒木を全量搬出するよう造林・治山事業部局に要請があった。しかし、直径が大きく林内処理すると植栽が困難な箇所などでは索道架設などして全量林外搬出したが、処理が既に終了している箇所や索道架設が技術的に困難な箇所などでは、林外に搬出できなかった。

2. 再度災害と防止対策
（風倒木フォローアップ作戦の展開）

（1）風倒木被害地の再度災害について

① 他府県での事例

大規模な風倒木被害発生後の山腹崩壊などの再度災害については、大分県や奈良県の事例が知られていた。

大分県では、平成３年９月の台風19号で22,483haの風倒木被害が発生し、平成５年６月の降雨で1,132箇所の崩壊が報告されている。また、風倒木地の二次災害について次のように特徴づけている。

ア．風倒木地斜面の表層土層は擾乱を受けて不安定な状態で、非風倒木地に比べ崩壊発生率が高い。

イ．風倒木地の斜面では非風倒木地の斜面に比べ、崩壊の発生に関わる雨量が少ない。

ウ．崩壊に関わる雨量が少ない分、急勾配風倒木地から崩壊・土石流が発生しても土砂・流木は勾配の緩い下流の保全対象地域まで流下せずに渓流内に停止・堆積している。

エ．今後の降雨で堆積土砂・流木が流出することにより二次災害を発生させる可能性が残っている状況である。

奈良県では、平成10年９月の台風７号で4,227haの風倒木被害が発生し、平成12年、13年の降雨で流木、土砂の流出が報告されている。

② 再度災害防止対策について

兵庫県においても、風倒木発生直後から、風倒木で擾乱された斜面の山腹崩壊や、渓流を閉塞させている土砂や流木による土石流など大規模な再度災害を懸念していた。

そこで、平成17年から風倒木被害地の人家裏や山地災害危険地などを対象に定期的にパトロールを実施し危険箇所を監視するとともに、防災対策が必要な箇所については治山事業で予防対策を実施してきた。

風倒木被害地のパトロールの状況

崩壊直後（平成16年10月）

応急対策完了後（平成17年３月）

完了（平成19年11月）

佐用町上石井の風倒木被害と復旧の状況

③ 平成16年11月～17年４月の崩壊状況

風倒木被害発生後から、降雨により小規模な表層崩壊が発生していたが、被害を伴うような大規模なものではなく、その全体像を把握できていなかった。そこで、風倒木被害発生後（平成16年11月以降）の崩壊箇所を把握するため、平成18年２月に風倒木被害発生後の撮影時期の異なる衛星画像（平成16年11月、平成17年４月）を用いて崩壊箇所の判読を行った。

崩壊箇所の把握は、衛生画像で判読を行った箇所のうち、41箇所において現地調査を実施し、崩壊地の適否（人工改変地か否か）、崩壊地面積等を確認し、画像判読精度をフォローした。

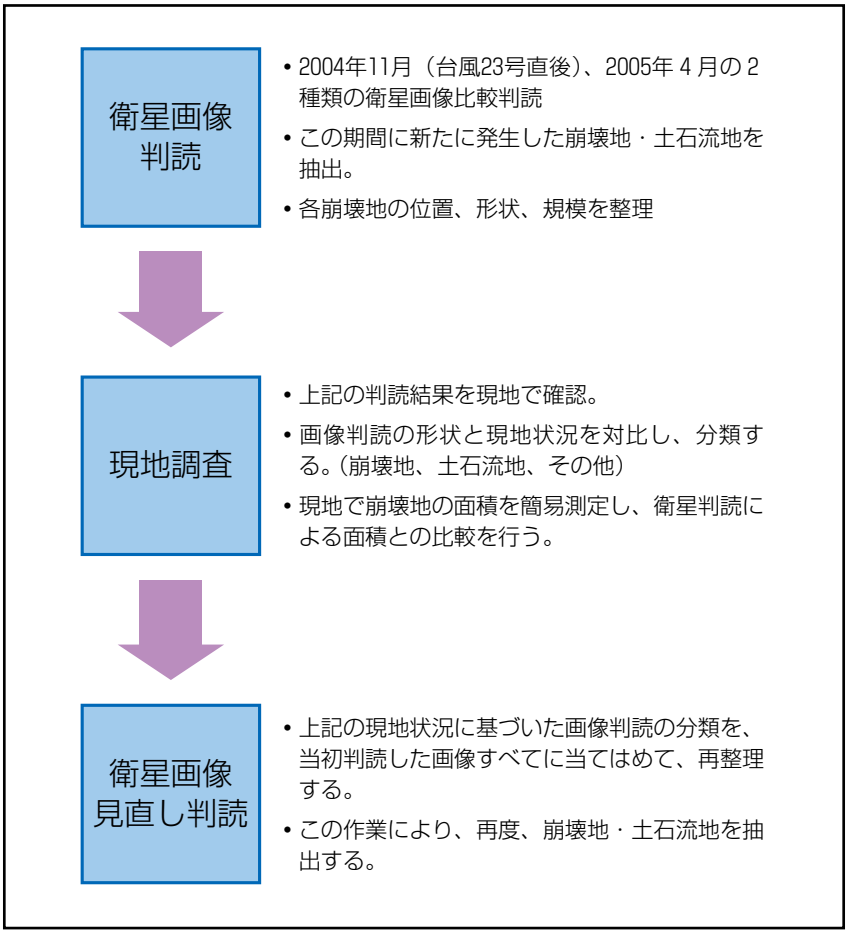


図６　衛星画像判読のフロー図

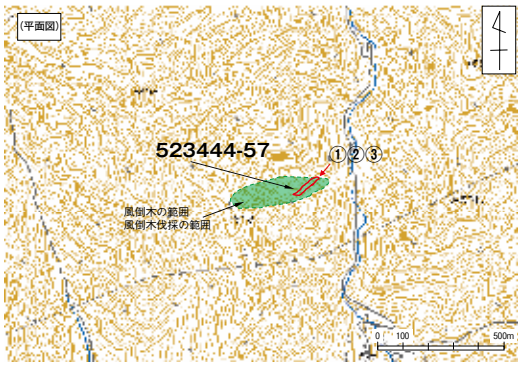
表５　現地調査結果一覧表

崩壊地番号		衛星画像判読結果	現地踏査結果							衛星画像判読の評価	
撮影位置番号	箇所番号	崩壊形態	崩壊地有無	状況	風倒木被害状況	画像判読面積(㎡)	実測面積(㎡)	実測／判読面積差(%)	正誤判定	判読分類
7	1	風倒木	○	広い範囲での人工林(杉)の風倒木が顕著。根返り、根曲がり被害が主。	顕著	203129	測定不可	－	○	風倒木型
7	3	崩壊地	○	尾根地形の急斜面での表層崩壊、斜面中腹で止まっている。	顕著	2173	測定不可	－	○	崩壊地型
7	4	崩壊地	○	尾根地形の急斜面での表層崩壊、斜面中腹で止まっている。	顕著	4069	2359	58	○	崩壊地型
12	23	崩壊地	○	林道沿いの切土法面の崩壊	なし	169	141	83	○	崩壊地型
12	24	崩壊地	○	林道沿いの切土法面の崩壊	なし	467	250	54	○	崩壊地型
12	25	崩壊地	×	林道沿いの植生が無いところを認識している。	なし	183	－	－	×	林道型
12	26	崩壊地	○	尾根地形における表層崩壊、斜面中腹で止まっている。	顕著	353	測定不可	－	○	崩壊地型
12	27	崩壊地	○	尾根地形における表層崩壊、斜面中腹で止まっている。	顕著	298	948	318	○	崩壊地型
12	28	崩壊地	○	比較的大きな表層崩壊、河川まで土砂流下している。	僅か	2857	4045	142	○	崩壊地型
13	5	土石流崩壊地	○	谷頭急斜面における表層崩壊、崩壊土砂は3基の砂防堰堤のうち最上流部を満砂にし止まっている。	顕著	2305			○	土石流崩壊地型
13	9	崩壊地	○	谷地形頂部における表層崩壊。	顕著	578			○	崩壊地型
13	10	崩壊地	○	尾根側部斜面における表層崩壊、崩壊土砂は一部末端部の渓流に流入･拡散している。	顕著	1771	1109	63	○	崩壊地型
13	24	崩壊地	○	尾根地形における表層崩壊、斜面中腹で止まっている。	顕著	1362	890	65	○	崩壊地型
13	25	崩壊地	○	尾根地形における表層崩壊、斜面中腹で止まっている。	顕著	1574	1404	89	○	崩壊地型
13	26	崩壊地	○	谷地形における表層崩壊、斜面中腹で止まっている。	顕著	2050	測定不可		○	崩壊地型
13	28	崩壊地	×	家屋周辺の空き地が認識されている。	なし	944	－	－	×	構造物型
13	29	崩壊地	×	家屋周辺の空き地が認識されている。	なし	1061	－	－	×	構造物型
13	34	崩壊地	×	小屋周辺の空き地が認識されている。	なし	236	－	－	×	構造物型
13	35	崩壊地	×	小屋周辺の空き地が認識されている。	なし	126	－	－	×	構造物型
13	36	崩壊地	×	林道沿いの空き地が認識されている。	なし	338	－	－	×	伐採地植生変化型
13	37	崩壊地	×	林道沿いの植生が無いところを認識している。	なし	434	－	－	×	林道型
13	56	崩壊地	○	比較的大きな表層崩壊、河川まで土砂流下している。	顕著	3779	2585	68	○	崩壊地型
13	57	崩壊地	○	比較的大きな表層崩壊、河川まで土砂流下している。	顕著	2308	2328	101	○	崩壊地型
15	5	崩壊地	×	造成されて共同墓地となっている。	なし	1576	－	－	×	人工改変型
15	6	崩壊地	○	尾根先端斜面(三角末端面)における表層崩壊、崩壊土砂は斜面尻まで拡散している。	顕著	869	1006	116	○	崩壊地型
15	8	崩壊地	×	林間遊戯施設および林道新設による改変	僅か	213	－	－	×	人工改変型
15	9	崩壊地	×	林間遊戯施設および林道新設による改変	僅か	531	－	－	×	人工改変型
15	10	崩壊地	×	林間遊戯施設および林道新設による改変	僅か	596	－	－	×	人工改変型
15	11	崩壊地	×	林間遊戯施設および林道新設による改変	僅か	355	－	－	×	人工改変型
15	14	崩壊地	○	尾根側部斜面における表層崩壊、崩壊土砂は一部末端部の河川に流入･拡散している。	顕著	826	1201	145	○	崩壊地型
18	15	崩壊地	○	平行斜面の表層崩壊、小規模な崩壊で斜面中腹で止まっている。	顕著	355	345	－	○	崩壊地型
18	18	崩壊地	○	比較的大きな表層崩壊、河川まで土砂流下している。	顕著	2686	2624	98	○	崩壊地型
19	8	土石流崩壊地	○	渓床は著しく侵食され、河川合流部に土砂が堆積している。	顕著	2504	3000	120	○	土石流崩壊地型
29	1	崩壊地	×	棚状の耕地	なし	1998	－	－	×	伐採地植生変化型
30	22	崩壊地	×	伐採地、周縁部に風倒木あり。	僅か	17799	－	－	×	伐採地植生変化型
30	23	崩壊地	×	伐採地	なし	20347	－	－	×	伐採地植生変化型
30	24	崩壊地	×	伐採地、周縁部に風倒木あり。	僅か	20347	－	－	×	伐採地植生変化型
30	25	崩壊地	×	伐採地、周縁部に風倒木あり。	僅か	20347	－	－	×	伐採地植生変化型
30	26	崩壊地	×	伐採地	僅か	26446	－	－	×	伐採地植生変化型
30	27	崩壊地	×	伐採地	僅か	15372	－	－	×	伐採地植生変化型
30	28	崩壊地	×	伐採地	僅か	14842	－	－	×	伐採地植生変化型

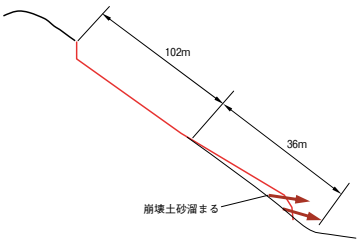
画像判読の結果、台風23号被害発生後の平成16年11月から17年４月の間に132箇所の崩壊地や土砂流出箇所が発生していることが判明した。

ア．風倒木被害地のその後の崩壊事例写真

崩壊分類	撮影位置番号	崩壊地番号 地図 ― 箇所	位　置			
崩壊地	4.13 5.13		兵庫県宍粟市山崎町梯			
		523444 ― 57	東経	134.538144	北緯	35.066949



(模式図)



(状況写真)　　現地調査日　2006/6/16

写真１　崩壊箇所状況

地形	地形分類	① 凸状尾根地形 ・ ② 凹状谷地形 ③ 平行斜面 ④その他（　　）
	斜面の方向	東南東～南東向き
	斜面勾配（°）	34° 以上
	斜面形状	凹状
		植林地
地質	基盤岩の地質	流紋岩質凝灰岩：生野層群
	表層土の地質	礫混り土砂からなる表土及び強風化岩の移動岩塊
	崩壊層の特徴	未固結で締まりが悪い。
	土層深（m）	1.0
植生	樹種・特徴	杉（人工林）・径 40cm程度
風倒木	被害の有無	倒木、渓流に土砂が流入
	被害形態（主に）	幹折れ木　根返り木　曲がり木 ・ 無し
	根返り状況	根返り厚さ（ 0.4 m ） ・ 根返り直径（ 0.8 m）
	倒木方向	南東～東
崩壊状況	崩壊形態	土石流崩壊
	幅（m）	20
	斜面長（m）	102
	斜面勾配（°）	38
	崩壊深さ（m）	3
	流出長（m）	36
	流出状況	概ね斜面末端に留まっているが、一部は川に到達している。
	面積（㎡）	実面積（2760㎡）・水平面積（2328㎡）
	湧水状況	末端部露岩の開口亀裂より湧水あり
崩壊時期	画像判読結果	2004年11月24日画像（崩壊あり　なし）　2005年4月19日画像（崩壊あり　なし）
	崩壊時期の情報	

写真２　崩壊箇所近景

写真３　崩壊箇所末端状況

2004年11月24日撮影

2005年4月19日撮影

現地調査結果	
植林地、風倒木あり。急傾斜地崩壊が認められる。	
総合判定根拠	
広く発生した風倒木斜面に囲まれた形で、新たな崩壊が発生している。 現地状況でも、根返り木が著しく、土砂擾乱が顕著な斜面。	
総合判定結果	風倒木による土砂擾乱によって、斜面崩壊が生じたと考えられる

イ．衛星画像判読崩壊箇所

図７に風倒木被害箇所と画像判読した崩壊箇所を示す。風倒木被害地およびその周辺で崩壊地が集中していることが確認できた。

なお、画像判読期間内での最大雨量は、安富ダムで平成16年12月４日に観測された時間雨量27㎜、連続雨量141㎜であった。雨量と崩壊の関係については、⑷②ソフト対策（土砂災害警戒避難基準雨量の引き下げの検討）で詳細に述べる。

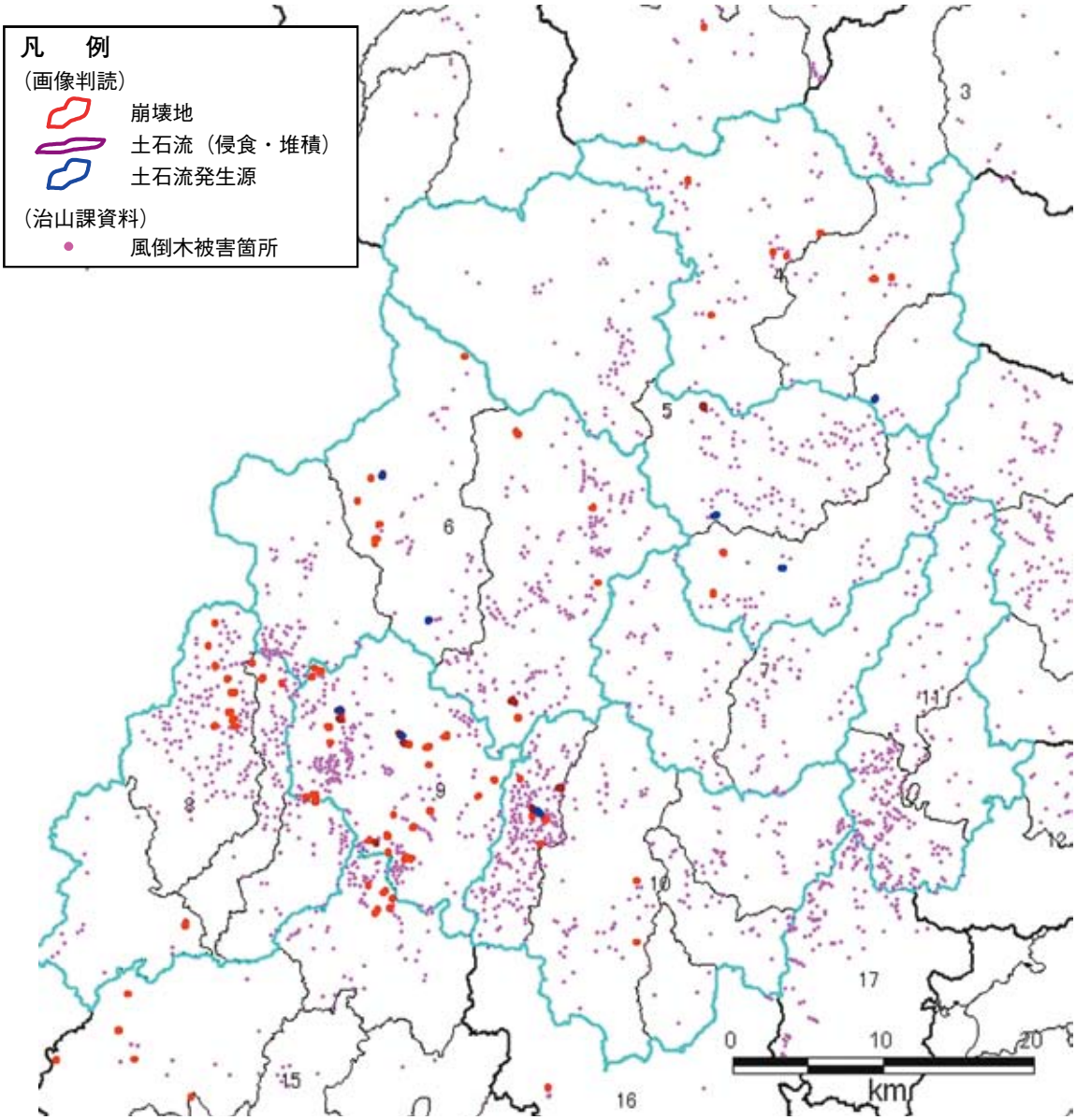


図７　風倒木被害箇所と崩壊発生箇所の重ね合わせ図

④ 平成18年７月豪雨の災害

平成18年７月13日から20日にかけて梅雨前線により断続的に雨が降り続き、18日未明に風倒木被害地をはじめとして各地で土砂災害が発生した。主な災害発生場所と最寄り観測所の降雨状況を表６に示す。

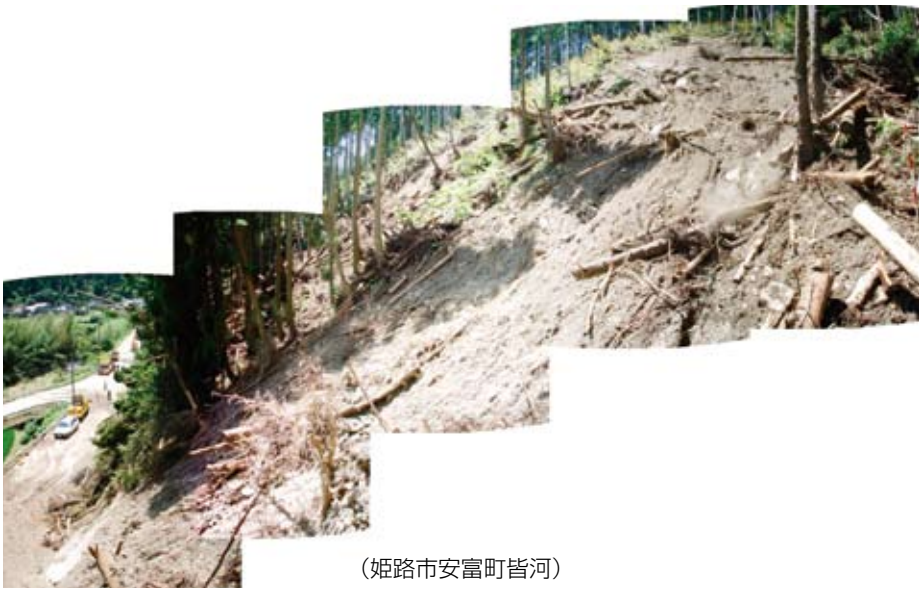
表６　平成18年７月災害箇所と観測所一覧

発生場所		災害発生日時			災害形態	被害状況				観測所	距離	降雨期間			ブロック	備　考
地区名	市町名	年月日	時刻	備考		全壊	半壊	一部破損	備考		(km)	開始時刻	終了時刻	連続雨量		
山内字北山	朝来市	H18.7.19	5:50		山腹崩壊					朝来	3.66	H18.7.13 19:00	H18.7.21 6:00	255.0	5	
羽淵字奥山	朝来市	H18.7.19	5:50		山腹崩壊					朝来	2.66	H18.7.13 19:00	H18.7.21 6:00	255.0	5	
一宮町杉田トチガツボ	宍粟市	H18.7.19			渓流荒廃 山腹崩壊					一宮（気）	4.27	H18.7.13 20:00	H18.7.21 6:00	366.0	6	風倒木被害地
一宮町聞賀高畑②	宍粟市	H18.7.19			山腹崩壊					三軒屋	0.93	H18.7.16 2:00	H18.7.21 6:00	258.0	6	風倒木被害地
波賀町原カイガケ	宍粟市				渓流荒廃					野尻（国）	2.62	H18.7.12 17:00	H18.7.21 6:00	497.0	6	
千種町下河野竹ノ内	宍粟市				施設災害					千種	3.16	H18.7.12 1:00	H18.7.21 6:00	345.0	6	
南小田和入道	神崎郡神河町	H18.7.18			山腹崩壊					大河内	4.75	H18.7.13 20:00	H18.7.21 8:00	336.0	7	風倒木被害地
桑野	佐用郡佐用町	H18.7.17	9:00		山腹崩壊					三河	3.27	H18.7.13 20:00	H18.7.21 15:00	345.0	8	風倒木被害地
海内	佐用郡佐用町	H18.7.17	9:00		山腹崩壊					三河	2.88	H18.7.13 20:00	H18.7.21 15:00	345.0	8	風倒木被害地
海内みの畑	佐用郡佐用町	H18.7.19			山腹崩壊					三河	2.90	H18.7.13 20:00	H18.7.21 15:00	345.0	8	風倒木被害地
水根大道ノ上へ	佐用郡佐用町	H18.7.19	3:00	新聞３時頃	山腹崩壊			1		上石井	0.65	H18.7.13 19:00	H18.7.21 6:00	341.0	8	風倒木被害地
下石井石井地	佐用郡佐用町	H18.7.19	3:00	暫定版災害報告では時刻の記載なし→続報に時刻特定	山腹崩壊					上石井	1.15	H18.7.13 19:00	H18.7.21 6:00	341.0	8	風倒木被害地
下石井下サラエ	佐用郡佐用町	H18.7.19	3:00		山腹崩壊					上石井	2.83	H18.7.13 19:00	H18.7.21 6:00	341.0	8	風倒木被害地
上石井高野	佐用郡佐用町	H18.7.19	3:00		山腹崩壊					上石井	1.34	H18.7.13 19:00	H18.7.21 6:00	341.0	8	
上石井荒神ノ下	佐用郡佐用町	H18.7.19	3:00		山腹崩壊					上石井	0.72	H18.7.13 19:00	H18.7.21 6:00	341.0	8	風倒木被害地
山崎町大沢野々谷	宍粟市	H18.7.17	8:50		山腹崩壊					中野（国）	5.29	H18.7.13 20:00	H18.7.21 15:00	417.0	9	風倒木被害地
山崎町段大谷	宍粟市	H18.7.19	3:00		山腹崩壊					中野（国）	5.53	H18.7.13 20:00	H18.7.21 15:00	417.0	9	風倒木被害地
山崎町下比地子の谷	宍粟市	H18.7.19	5:00		山腹崩壊					山崎	3.90	H18.7.14 17:00	H18.7.22 6:00	317.0	9	風倒木被害地
山崎町横須岩ヶ谷	宍粟市	H18.7.19	5:00		山腹崩壊					山崎	1.86	H18.7.14 17:00	H18.7.22 6:00	317.0	9	風倒木被害地
夢前町山之内字子リキ庚	姫路市	H18.7.19			山腹崩壊	1				菅生ダム	3.23	H18.7.16 3:00	H18.7.21 19:00	233.0	10	風倒木被害地
田中字護生寺山	市川町	H18.7.19			山腹崩壊	1				小室	1.37	H18.7.14 14:00	H18.7.21 19:00	297.0	10	
上牛尾	市川町	H18.7.19			渓流荒廃					笠形山（気）	3.35	H18.7.14 13:00	H18.7.21 19:00	304.0	10	
皆河尾ノハナ	姫路市安富町	H18.7.19	2:20	暫定版災生、時刻は7/18発生、時刻の記載なし→続報にて日時特定	山腹崩壊					安富ダム	1.43	H18.7.13 20:00	H18.7.21 16:00	298.0	10	風倒木被害地
皆河足谷	姫路市安富町	H18.7.19	2:20		山腹崩壊					安富ダム	1.11	H18.7.13 20:00	H18.7.21 16:00	298.0	10	風倒木被害地
皆河アワシ	姫路市安富町	H18.7.19	2:20		山腹崩壊					安富ダム	2.32	H18.7.13 20:00	H18.7.21 16:00	298.0	10	風倒木被害地
枥原東山	姫路市安富町	H18.7.19	2:20		山腹崩壊					安富ダム	1.58	H18.7.13 20:00	H18.7.21 16:00	298.0	10	風倒木被害地
枥原口中山	姫路市安富町	H18.7.19	2:20		山腹崩壊					安富ダム	1.91	H18.7.13 20:00	H18.7.21 16:00	298.0	10	風倒木被害地
東田原妙徳山	神崎郡福崎町	H18.7.18			施設災害					福崎	1.98	H18.7.14 14:00	H18.7.21 20:00	270.0	10	風倒木被害地
八千代区大屋288	多可郡多可町	H18.7.19	4:00	新聞４時頃	渓流荒廃 山腹崩壊			4		中町	6.39	H18.7.14 12:00	H18.7.21 20:00	285.0	11	風倒木被害地

風倒木被害の著しかった西播磨県民局管内では、57箇所の崩壊が発生しそのうち47箇所が風倒木被害地であった

平成18年７月の崩壊は、連続雨量では300㎜を超える雨量で発生したが、時間雨量では19㎜ /hの雨量で発生しており、比較的少ない降雨量で発生した。

崩壊の特徴は、平成16年の風倒木被害発生時の崩壊と同様で、40°前後の急勾配の平行斜面で発生しており、崩壊土層深1.0m以下の浅い表層崩壊であった。



（姫路市安富町皆河）

（姫路市安富町末広）

（たつの市新宮町牧）

（宍粟市一宮町杉田）

（佐用郡佐用町水根）

（佐用郡佐用町上石井）

⑤ 風倒木被害地の崩壊の特徴

風倒木被害後に発生した山腹崩壊のうち、測量等が実施されていた13箇所について調査した。調査項目は、風倒木被害時に発生し調査した30箇所（表４）と同様に斜面形状・斜面勾配・斜面高さ・崩壊の高さ・崩壊の幅・崩壊の深さ・崩壊の方向・樹種・林齢について調査した。風倒木被害時に発生した30箇所とあわせた43箇所について表７に示す。

表７　風倒木被害地の山腹崩壊箇所調査結果

発生年月	崩壊地 (№)	斜面形状	勾　配 (θ度)	斜面高さ H(m)	崩壊高 h(m)	比高率 h/H(%)	崩壊幅 W(m)	崩壊深さ D(m)	崩壊方向角 (度)	樹種	林齢 (年)
H16.10	1	凸形直線	40	120	85	71	8	0.5	165	広葉樹	
H16.10	2	凹形谷型	40	100	70	70	22	1.0	187	ヒノキ	25
H16.10	3	等斉谷型	40	50	20	40	10	0.5	186	スギ	30
H16.10	4	等斉谷型	40	90	60	67	20	0.7	190	スギ	30
H16.10	5	凹形直線	35	30	30	100	29	1.0	288	ヒノキ	25
H16.10	6	等斉直線	35	120	70	58	20	2.0	242	スギ	30
H16.10	7	凸形直線	40	60	60	100	15	－	99	スギ	25
H16.10	8	凹形谷型	35	145	130	90	30	0.5	310	スギ	35
H16.10	9	凹形谷型	40	70	60	86	10	1.0	96	スギ	40
H16.10	10	等斉直線	40	80	70	88	30	1.0	136	スギ	35
H16.10	11	凹形谷型	30	160	135	84	20	2.0	179	スギ	35
H16.10	12	凸形直線	40	30	30	100	10	0.5	217	－	－
H16.10	13	凹形直線	30	40	40	100	20	1.5	259	スギ	40
H16.10	14	等斉谷型	40	90	70	78	18	0.5	210	スギ	30
H16.10	15	等斉直線	45	60	50	83	80	1.0	285	スギ	40
H16.10	16	等斉直線	45	85	80	94	80	0.5	190	スギ	35
H16.10	17	凸形直線	43	65	45	69	20	0.8	190	ヒノキ	35
H16.10	18	凸形直線	41	140	90	64	50	1.0	150	スギ	30
H16.10	19	等斉直線	45	80	60	75	60	1.0	225	スギ	45
H16.10	20	凸形直線	40	70	40	57	30	0.8	170	スギ	40
H16.10	21	等斉谷型	40	100	70	70	40	0.5	225	ヒノキ	40
H16.10	22	等斉谷型	44	100	85	85	20	1.0	250	ヒノキ	30
H16.10	23	凸形直線	40	75	60	80	80	1.0	245	スギ	35
H16.10	24	等斉直線	40	70	45	64	25	0.5	230	スギ・ヒノキ	50
H16.10	25	等斉直線	40	120	80	67	150	0.7	140	スギ・ヒノキ	40
H16.10	26	凸形直線	40	120	60	50	15	0.7	285	ヒノキ	35
H16.10	27	凹形直線	35	110	70	64	10	1.0	215	ヒノキ	35
H16.10	28	等斉直線	40	100	60	60	30	0.8	130	スギ	40
H16.10	29	凸形直線	40	55	35	64	30	0.5	110	スギ	40
H16.10	30	等斉直線	40	80	40	50	30	0.7	185	ヒノキ・広葉樹	25
H17. 2	31	凸形直線	35	90	20	22	20	2.0	130	スギ	35
H18. 7	32	等斉谷型	40	85	60	71	60	0.5	170	ヒノキ	30
H18. 7	33	等斉谷型	37	130	90	69	20	1.0	270	スギ	30
H18. 7	34	等斉谷型	44	80	60	75	40	0.5	250	スギ	40
H18. 7	35	凸形直線	42	150	130	87	15	0.8	320	スギ	30
H18. 7	36	凸形直線	42	64	55	86	25	0.5	285	スギ	40
H18. 7	37	等斉谷型	42	50	40	80	10	0.5	130	スギ	30
H18. 7	38	等斉谷型	40	80	45	56	10	1.0	300	スギ	40
H18. 7	39	凹形直線	38	100	40	40	15	1.5	10	ヒノキ	40
H18. 7	40	等斉谷型	40	70	35	50	3	0.5	110	スギ・ヒノキ	40
H18. 7	41	等斉谷型	42	100	80	80	15	1.5	245	ヒノキ	35
H18. 7	42	凸形直線	38	90	35	39	20	1.0	135	スギ	40
H18. 7	43	等斉谷型	40	60	45	75	20	0.5	215	ヒノキ	35

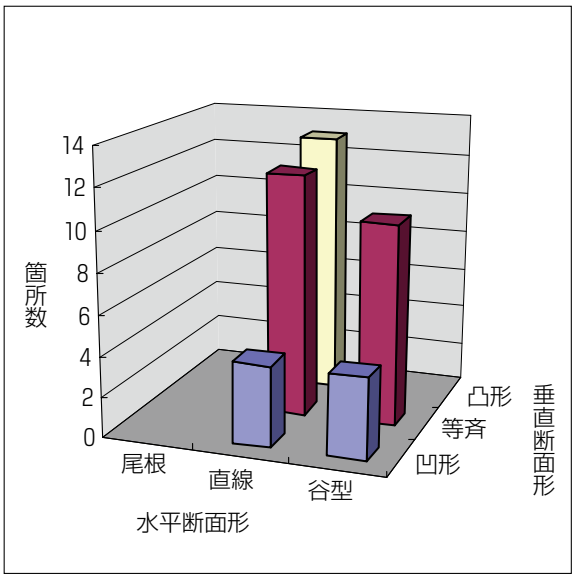


図８　斜面形状別の箇所数

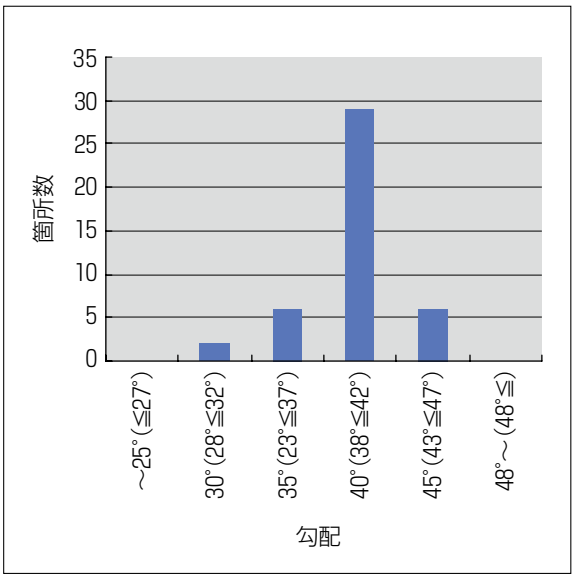


図９　斜面勾配別の箇所数

崩壊地の斜面形状については、直線斜面が多く、次に谷型斜面で、尾根型斜面では発生していなかった（図８）。また、等斉斜面や凸形斜面が多かった。斜面勾配については、40度前後の斜面がほとんどであった（図９）。

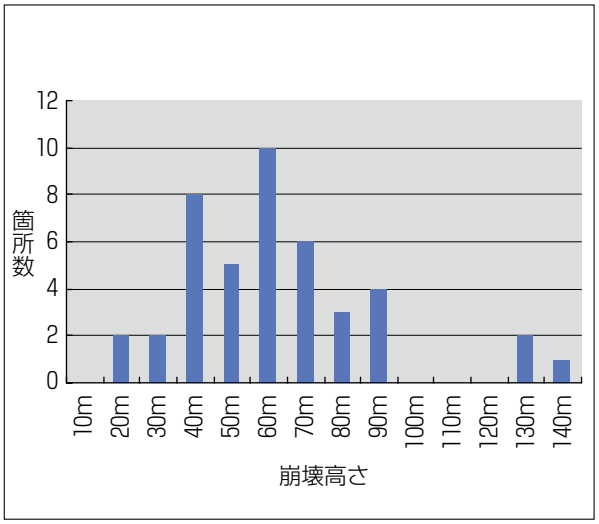


図10　崩壊高さの分布

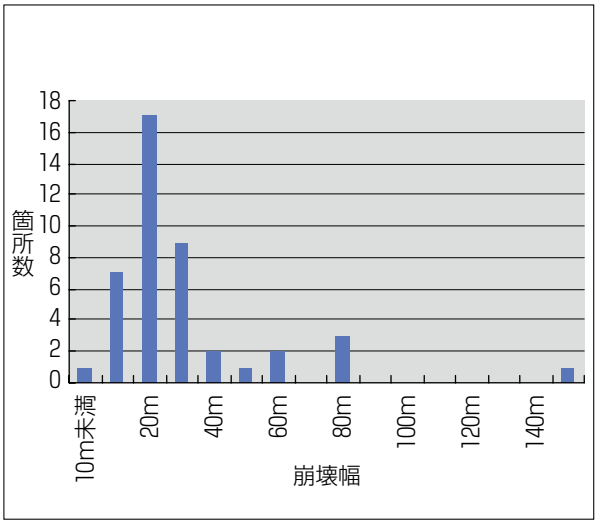


図11　崩壊幅の分布

崩壊高さは40mから70m、平均61mで、崩壊幅は10mから30m、平均30mであった（図10、図11）。

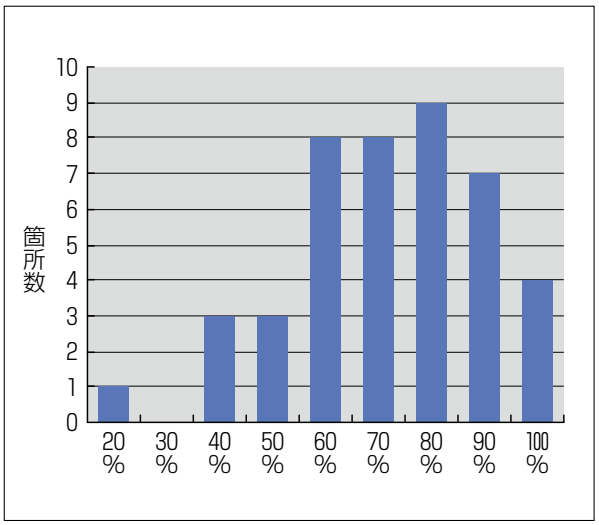


図12　比高率の分布

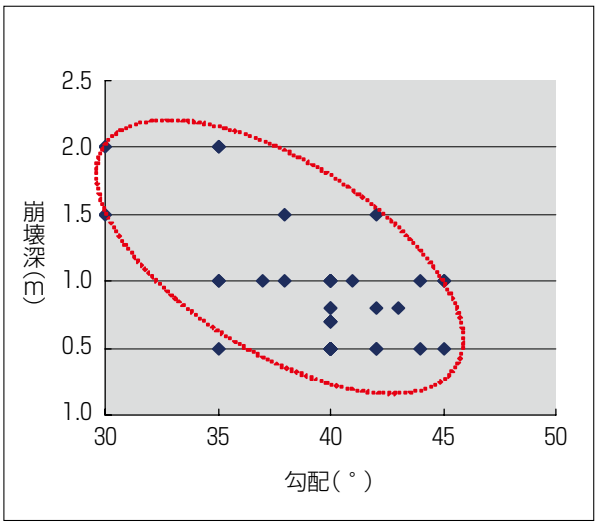


図13　崩壊深と勾配の関係

比高率は60%を超えるものが多く、斜面の上部から崩壊していることがわかった（図12）。崩壊深の平均は0.9mで、崩壊深と勾配の関係を見ると、勾配が急になるほど崩壊深が浅くなる傾向が見られた（図13）。

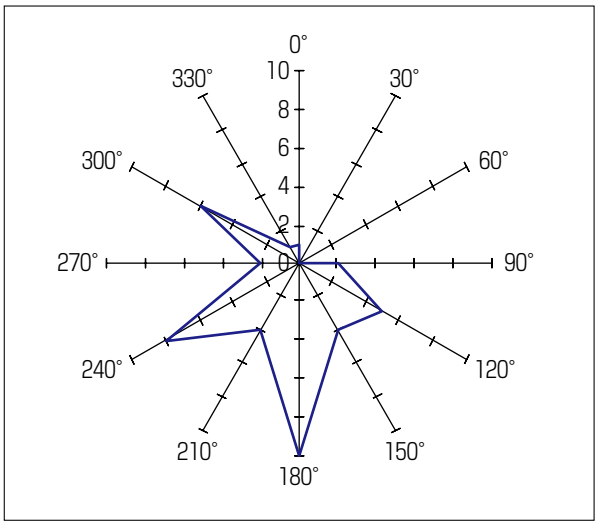


図14　崩壊斜面の方向

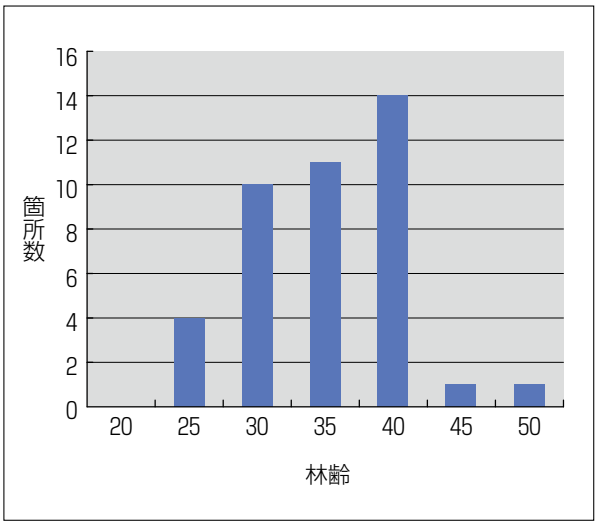


図15　崩壊地のスギ・ヒノキの林齢

崩壊斜面は北向き斜面（崩壊方向角180度～240度）で多く発生していた（図14）。林齢は30年を超える林分が多く（図15）、これは風倒木被害林分について書かれた引用文献の内容とも一致している。

これらを取りまとめると表８のとおりであった。

表８　風倒木被害地の崩壊の特徴

区分	特　　徴
斜　面　形　状	直線斜面や谷型斜面
斜　面　勾　配	40度前後
比　　高　　率	60%以上
斜 面 の 方 向	北向き斜面
林　　分	スギ・ヒノキの30年～40年

（2）再度災害防止対策の方針

平成16年災害で発生した風倒木被害については、平成18年度末で被災箇所の復旧対策を完了するとしていた。

しかし、次のような課題が残されていた。

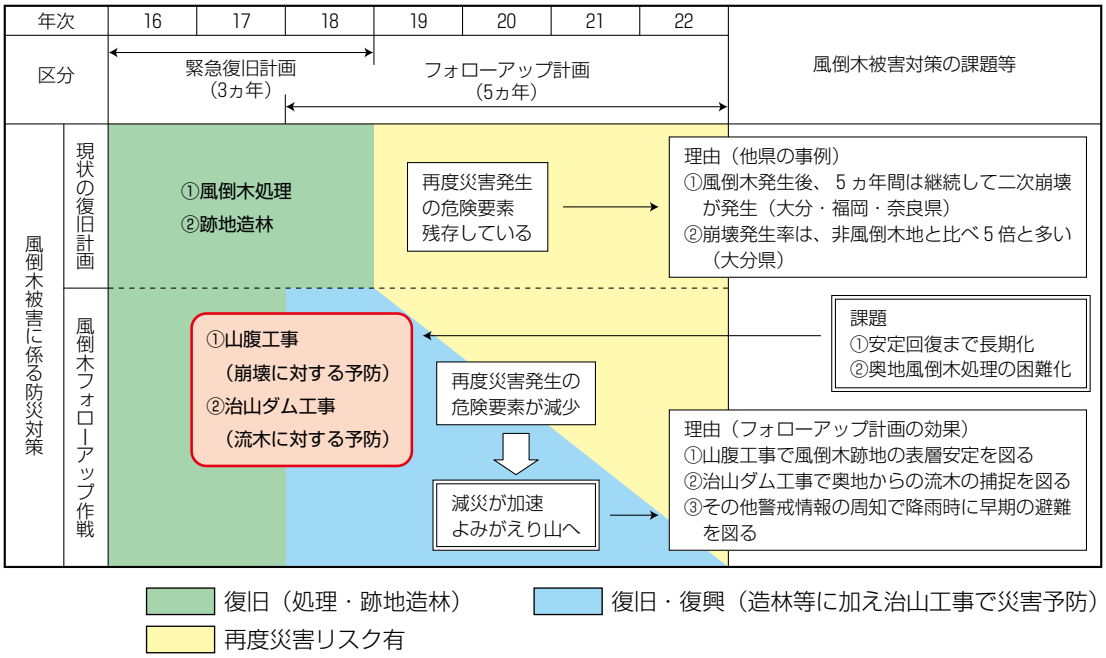
- 渓流内に風倒木が堆積し、流木として流下するおそれがあった。
- 融雪あるいは少ない降雨で山腹崩壊が発生するおそれがあった。

これらのことから、兵庫県では平成18年度から「風倒木フォローアップ作戦」（H18～H22）として、治山事業で再度災害防止対策を図ることにした。

1. 平成18年度風倒木フォローアップ作戦の概要

(1) 風倒木被害を受けた斜面は、今後、崩壊・流木災害の危険性が高いので、山地災害の予防・減災を図るため、H18～22年度（他県の事例から風倒木被害発生後５ヵ年間は崩壊等が発生しやすかったため計画期間を５ヵ年とした）にかけて治山工事を重点的に実施

(2) 風倒木被害に係る今後の崩壊や流木の発生の危険箇所を把握して、ＣＧハザードマップ等により地域住民に周知するよう努めるとともに、関係機関と協力して警戒避難基準雨量を設定しパトロールを強化する。



2. 事業計画

（単位：箇所；数、県予算ベース金額；千円）

事業 ＼ 年度計画			18年度		19～22年度		合計	
			箇所	金額	箇所	金額	箇所	金額
ハード対策	公共	崩壊・流木対策（うち災害関連；現年災分）	21 (4)	1,755,500 (600,000)	25 (12)	2,934,400 (600,000)	46 (16)	4,689,900 (1,200,000)
	県単	**（新規）風倒木被害地対策治山事業**	**4**	**46,333**	**30**	**242,000**	**34**	**288,333**
	ハード対策費計		25	1,801,833	55	3,176,400	80	4,978,233

※県単独の風倒木被害地対策治山事業は公共事業の採択基準に満たない小規模な崩壊対策等において実施

ソフト対策	県単	（新規）CGハザード作成	－	35,000	－	98,000	－	133,000
		警戒避難基準雨量策定	－	5,000	－	0	－	5,000
	ソフト対策費計		－	40,000	－	98,000	－	138,000

（3）ハード対策（対策工事）

① 崩壊に対する予防対策

人家等に近接した風倒木被害地では、崩壊地斜面については土留工法枠工等の山腹工を施工し、また、未崩壊斜面でも強風で根系が揺すられ地盤が緩んでいるとして予防的に※ひょうご式斜面工等で山腹工を施工して対策を進めた。

※ひょうご式斜面工

阪神・淡路大震災を教訓に、兵庫県が全国に先駆けて開発した地震に強い地山補強工法。

ロックボルトとロープネットの併用で地山を補強するもので、森林を伐採せずに施工可能であり、風倒木被害跡地の崩壊予防策として実施している。

養父市養父市場地内（H16災害関連治山・H17補正復旧治山）

図16　地山補強工（ひょうご式斜面工＝耐震性能を持つ地山補強工）模式図

② 流木に対する予防対策

山間奥地からの流木が、集落等に被害を及ぼすおそれのある箇所について、土石流と併せて流木を捕捉するスリットダム等を施工した。

佐用郡佐用町水根（H17：復旧治山事業）

③ 道路・河川の保全対策

風倒木処理した道路・河川に近接した斜面において、平成18年７月に被害後の降雨で玉切りした処理木が表層崩壊とともに落下する事例が発生し、平成18年９月に道路・河川管理部局と造林・治山部局合同で風倒木被害斜面の現地調査を行った。

その結果、道路事業、治山事業、造林事業で分担して対策を講ずることとし、治山対策として風倒木フォローアップ作戦が拡充された。

1. 平成19年度風倒木フォローアップ作戦拡充目標

(1) 対象範囲を風倒木処理・造林跡地の未崩壊箇所まで拡大

(2) ハード事業と併せて風倒木被害地に係る危険情報の周知を徹底

2. 取組内容

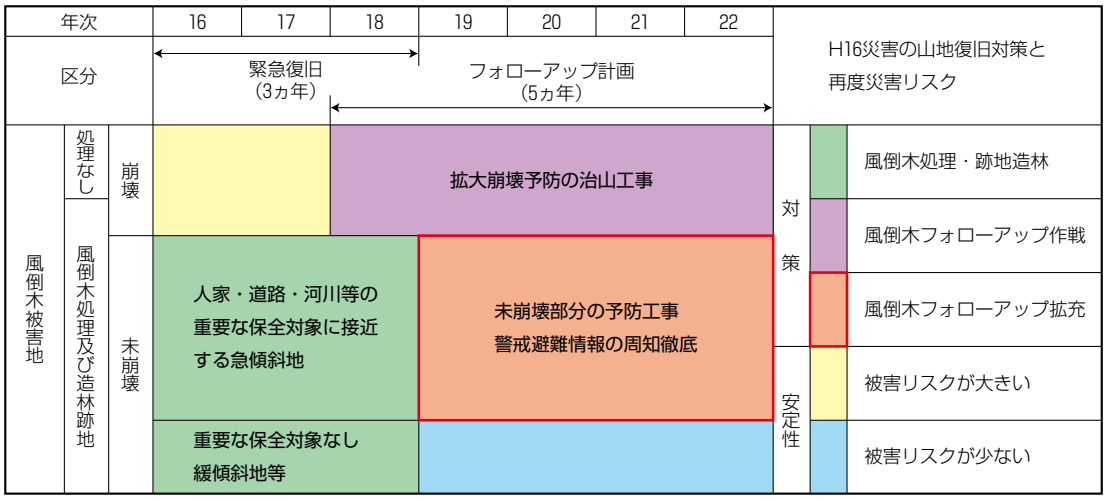
(1) 事業名　風倒木フォローアップ作戦（拡充）

(2) 趣旨・目的

① H18. ７月豪雨を踏まえると、風倒木処理による復旧が終了しても防災上の安全性回復には至らないことから、風倒木処理・造林跡地の経過を観測するとともに重要な保全対象に近接する箇所では治山事業の実施が必要である。

② そのため、今年度よりスタートした風倒木フォローアップ作戦の対象範囲を、風倒木処理・造林跡地の未崩壊箇所まで拡充するとともに降雨時警戒避難を促すための危険情報の周知を徹底する。

H16年風倒木被害に係る治山事業の対象範囲と今回拡充部分（イメージ図）



（4）ソフト対策（警戒・避難）

兵庫県では、平成16年の相次ぐ台風による風水害を契機に、行政のハード対策には限界があり、災害による被害を最小限におさえる「減災」の考え方のもと平成18年７月に「ひょうご治山・治水防災実施計画」を策定した。

① ひょうご治山・治水防災実施計画

ひょうご治山・治水防災実施計画は、次のような方針で策定されている。

ⅰ　風水害などに対する減災対策を行い、10年後の地域の姿を示す。

ⅱ　森や山、川、海の流域全体の視点で、自然環境や土地利用状況などを踏まえた総合的な対策を示す。

ⅲ　過去の災害に加え、平成16年台風23号など近年の災害から明らかになった新たな課題に的確に対応する。

ⅳ　整備目標とそれを達成するための整備の優先順位を明確にし、流域全体で効率的・効果的な対策を推進する。

ⅴ　構造物の整備などのハード対策だけでは災害に対して限界があることを全県民の共通認識とし、情報や知識の活用などソフト対策と一体となった減災対策を目的として、自助、共助、公助で対応する兵庫独自のすぐれた社会システム（災害文化）をみんなでつくりあげる行動規範とする。

当計画では、土砂災害対策のソフト対策として、ＣＧハザードマップの作成、土砂災害警戒避難基準雨量（ＣＬ）の情報提供、土砂災害に関する知識の普及啓発等の対策を実施することとしている。

風倒木フォローアップ作戦では、この計画の中で風倒木被害地での対策として、土砂災害警戒避難基準雨量（ＣＬ）の引き下げ、ＣＧハザードマップ作成について実施した。

② 土砂災害警戒避難基準雨量（CL）の引き下げの検討

土砂災害警戒避難基準雨量

土砂災害警戒区域等の住民が警戒避難するための基準雨量で、ＣＬ（Critical Line：土砂災害発生基準線）が基準雨量として設定されている。兵庫県では、平成16年度に県内を23ブロックに区分しＣＬを設定している。

ＣＬ（Critical Line：土砂災害発生基準線）

土砂災害の発生と降雨状況をもとに土砂災害が発生する危険性をしめす基準線。兵庫県では1.5時間半減期と72時間半減期の実効雨量を基に定めている。

ア．目的

風倒木被害地では、斜面崩壊や強風による地山の擾乱に伴って、通常の降雨でも崩壊や土石流が発生する懸念があった。そのため、台風23号以降発生した土砂災害と降雨の

関係を整理、分析し、現行の土砂災害警戒避難基準雨量（ＣＬ）の引き下げについて検討することとした。

イ．検討会と委員構成

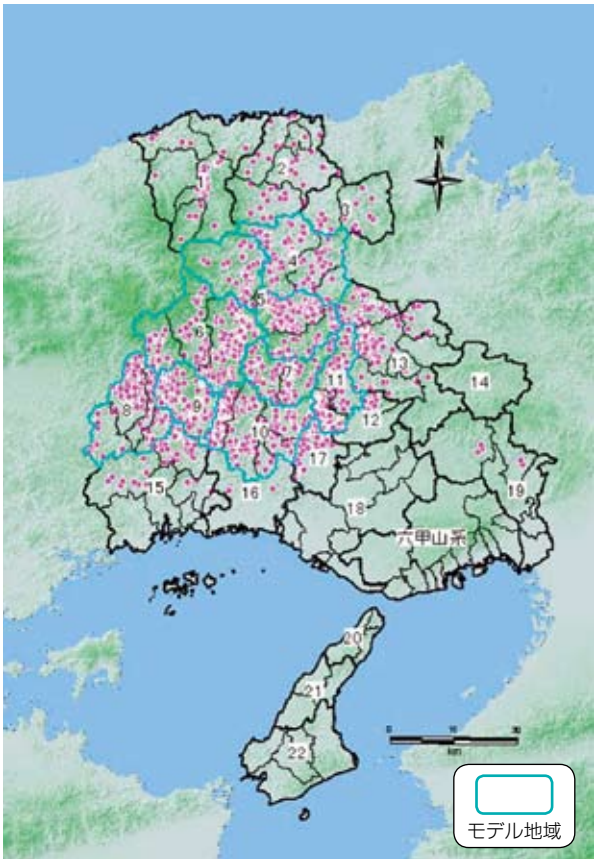
ＣＬの引き下げについては、平成18年７月に「兵庫県土砂災害警戒避難基準雨量検討会」（次表）を設置し、助言、提言を受けたうえで検討した。

兵庫県土砂災害警戒避難基準雨量検討会と委員

委員長	沖村　孝	神戸大学都市安全研究センター教授
委員	松村和樹	京都府立大学大学院農学研究課教授
委員	新津美晴	神戸海洋気象台業務課長
委員	白谷敏明	宍粟市長
委員	森脇康仁	兵庫県県土整備部土木局砂防課長
委員	松原浩二	兵庫県企画管理部防災企画局防災計画課長
委員	足立　誠	兵庫県企画管理部災害対策局災害対策課長
委員	西川　貢	兵庫県農林水産部農林水産局治山課長

ウ．対象地域および検討の流れ

ＣＬの引下げ検討は既存のＣＬブロックを基本とし、風倒木被害が発生した北播磨、中播磨、西播磨、但馬地域の１～17ブロック（14ブロックを除く）を対象とした。また、特に被害の激しかった４～10ブロック（７ブロックを除く）の６ブロックをモデル地域として土砂災害の履歴・降雨データの分析を実施した。



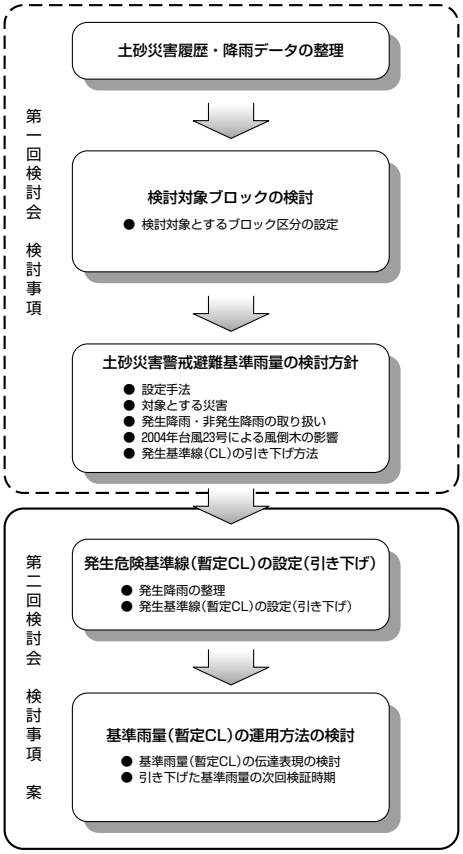


図17　CLブロック区分図

エ．CL引き下げの考え方、暫定CLの設定

現行のＣＬはＹ＝ａＸ＋ｂと表現されており、暫定的に引き下げを検討するＣＬ（以降、「暫定ＣＬ」という）においても傾きａは現行ＣＬと同一とした。

風倒木被害が特に激しかったモデル地域において、平成16年11月と17年４月の２枚の衛生画像から崩壊を判読し、この間（平成16年11月～17年４月の６ケ月）の最大時間雨量時に崩壊等が発生したと想定した。

崩壊等の発生場所と同一のブロック内にある雨量観測所との距離が５km以内の崩壊等を対象として、雨量観測所ごとに崩壊を発生させた降雨をグラフ化（スネークライン）し、そのライン上に崩壊をプロットした。雨量観測所ごとに、崩壊プロット以下となるように現行ＣＬの切片ｂを５％ピッチで減少させ、暫定ＣＬを求めた。暫定ＣＬは、現行ＣＬのｂに対する掛け率（以降、「暫定ＣＬ掛け率」という）であらわした。同一ブロック内で観測所ごとの最小の暫定ＣＬ掛け率を各ブロックの暫定ＣＬ掛け率とした。

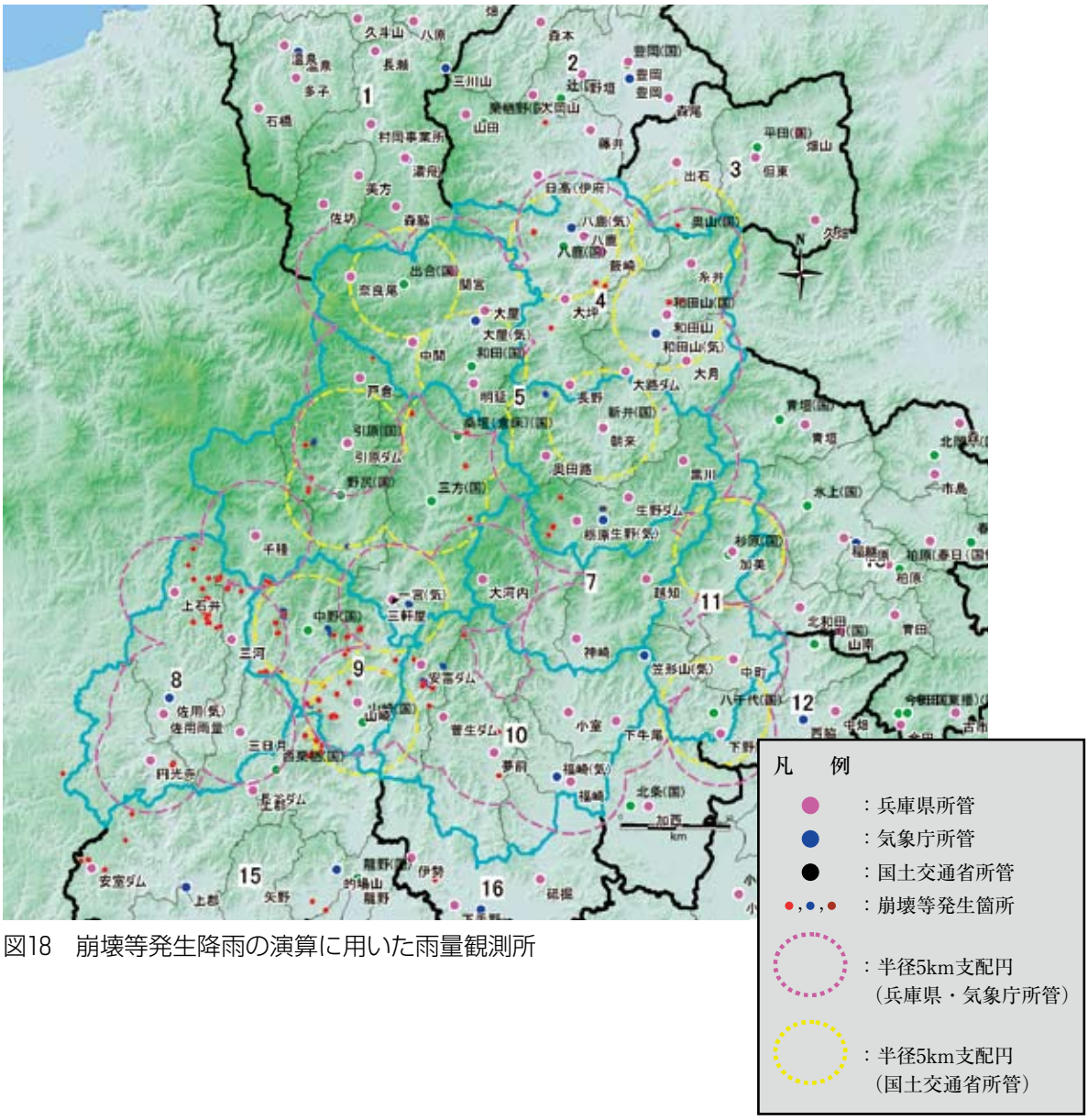


図18　崩壊等発生降雨の演算に用いた雨量観測所

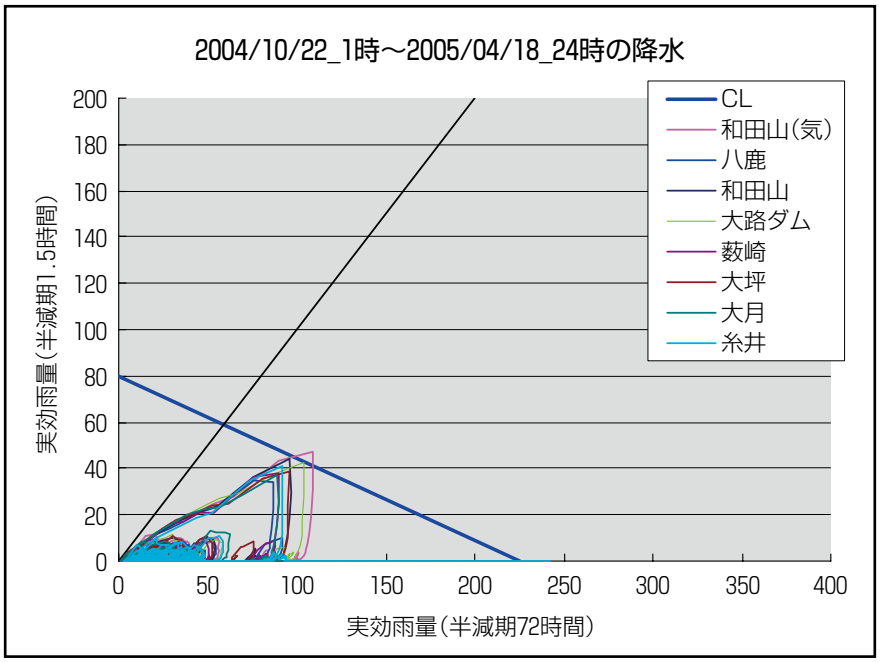


図19　崩壊等発生降雨・非発生降雨プロット図例（ブロック４）

表９　ブロック毎の暫定CL掛け率（パターン1）

ブロック	観測所番号	観測所名	崩壊地との距離 (km)	暫定CL (%)	ブロック暫定CL
4	1	八鹿(気)	3.9	冬期休止	75
	2	和田山(気)	3.4	90	
	3	八鹿	4.2	75	
	4	和田山	1.3	75	
	5	大路ダム	4.0	85	
	6	薮崎	2.6	75	
	7	大坪	2.9	80	
	8	大月	2.9	85	
	10	糸井	3.5	75	
5	12	生野(気)	1.3	75	70
	15	生野ダム	2.8	70	
	18	奥田路	1.3	90	
	19	栃原	2.4	70	
6	23	一宮(気)	1.1	65	65
	25	引原ダム	3.4	65	
	26	戸倉	2.3	75	
	27	三軒屋	1.1	65	
	49	桑垣(倉床)(国)	0.6	65	
	50	三方(国)	3.5	65	
	51	野尻(国)	3.2	70	
8	31	佐用(気)	3.2	55	50
	32	佐用雨量	4.4	55	
	33	三河	2.0	55	
	34	上石井	2.1	50	
	35	円光寺	1.8	60	
	36	三日月	3.6	50	
9	37	山崎	2.4	95	85
	52	中野(国)	1.6	85	
10	38	安富ダム	1.2	80	60
	42	夢前	1.9	60	
	43	菅生ダム	2.0	70	

例えば、表９のとおりブロック４では八鹿、和田山、薮崎、糸井観測所の暫定ＣＬ掛け率75％が最小となり、ブロック全体の暫定ＣＬ掛け率は75％とした。

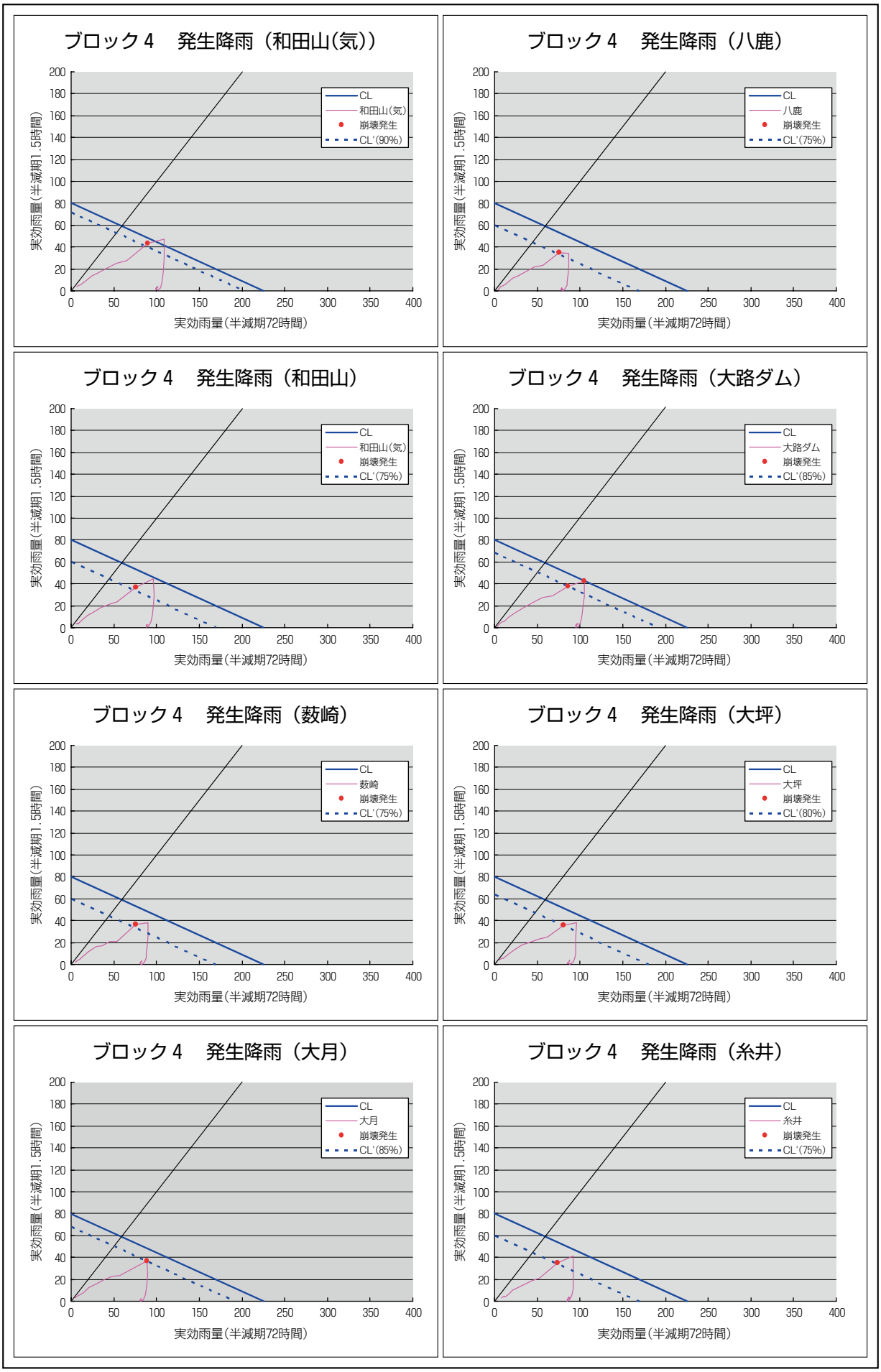


図20　CL設定図例（ブロック４）

図21　CL設定図例（ブロック４）図

モデル地域外の各ブロック（１，２，３，12，13，15，16，17）の暫定ＣＬ掛け率は、モデル地域の風倒木密度とＣＬ超過頻度の両者を説明変数としてＣＬ掛け率を重回帰式で求め決定した。なお、７、11ブロックは土砂災害の誘因となる雨の降り方が近傍ブロックと類似しており、近傍ブロックであるブロック５と同じ暫定ＣＬ掛け率70％を採用した。

以上の検討により、暫定ＣＬを表10の通り設定した。

表10　暫定CL設定結果

ブロックNo.	CL式	掛け率(%)	b'	暫定CL式	採　用
1	Y=−0.373X+ 82.3	85	70.0	Y=−0.373X+70.0	回帰式
2	Y=−0.409X+ 90.0	75	67.5	Y=−0.409X+67.5	回帰式
3	Y=−0.378X+ 85.0	75	63.8	Y=−0.378X+63.8	回帰式
4	Y=−0.356X+ 80.0	75	60.0	Y=−0.356X+60.0	モデル検討
5	Y=−0.404X+105.0	70	73.5	Y=−0.404X+73.5	モデル検討
6	Y=−0.254X+ 85.0	65	55.3	Y=−0.254X+55.3	モデル検討
7	Y=−0.254X+ 80.0	70	56.0	Y=−0.254X+56.0	近傍類似
8	Y=−0.254X+ 90.0	50	45.0	Y=−0.254X+45.0	モデル検討
9	Y=−0.310X+ 65.0	85	55.3	Y=−0.310X+55.3	モデル検討
10	Y=−0.293X+ 85.0	60	51.0	Y=−0.293X+51.0	モデル検討
11	Y=−0.347X+ 85.0	70	59.5	Y=−0.347X+59.5	近傍類似
12	Y=−0.450X+ 90.0	85	76.5	Y=−0.450X+76.5	回帰式
13	Y=−0.348X+ 80.0	85	68.0	Y=−0.348X+68.0	回帰式
14	Y=−0.380X+ 89.1	−	−	−	−
15	Y=−0.382X+105.0	65	68.3	Y=−0.382X+68.3	回帰式
16	Y=−0.441X+ 75.0	85	63.8	Y=−0.441X+63.8	回帰式
17	Y=−0.304X+ 70.0	75	52.5	Y=−0.304X+52.5	回帰式
18	Y=−0.254X+ 75.0	−	−	−	−
20	Y=−0.462X+ 90.0	−	−	−	−
21	Y=−0.434X+115.0	−	−	−	−
22	Y=−0.433X+130.0	−	−	−	−

オ．暫定CLの検証

平成18年７月の豪雨で風倒木被害地に発生した崩壊と降雨データを用いて、暫定ＣＬの検証を行った（表11）。22箇所の崩壊箇所のうち20箇所において暫定ＣＬ超過後に災害が発生しており、設定した暫定ＣＬは概ね平成18年７月災害を分離できたと思われる。

表11　モデル検討範囲内　暫定CL　検証結果

ブロック	風倒木被害地	発生場所		被害	観測所	距離（km）	暫定CL超過	備　考
		地区名	市町名					
5		山内字北山	朝来市		朝来	3.66	○	
		羽淵字奥山	朝来市		朝来	2.66		
6	○	一宮町杉田トチガツボ	宍粟市		一宮(気)	4.27	○	
	○	一宮町閏賀高畑②	宍粟市		三軒屋	0.93	○	
		波賀町原カイ	宍粟市		野尻(国)	2.62	○	
		千種町下河野竹ノ内	宍粟市		千種	3.16	○	
7	○	南小田和入	神崎郡神河町		大河内	4.75	△	
8	○	桑野	佐用郡佐用町		三河	3.27	○	
	○	海内	佐用郡佐用町		三河	2.88		
	○	海内みの畑	佐用郡佐用町		三河	2.90	○	
	○	水根大道ノ上へ	佐用郡佐用町	損壊1	上石井	0.65	○	
	○	下石井石井地	佐用郡佐用町		上石井	1.15		
	○	下石井下サラエ	佐用郡佐用町		上石井	2.83		
		上石井高野	佐用郡佐用町		上石井	1.34		
	○	上石井荒神ノ下	佐用郡佐用町		上石井	0.72		
9	○	山崎町大沢野々谷	宍粟市		中野(国)	5.29	○	
	○	山崎町段大	宍粟市		中野(国)	5.53	○	
	○	山崎町下比地子の谷	宍粟市		山崎	3.90	○	
	○	山崎町横須岩ヶ谷	宍粟市		山崎	1.86		
10	○	夢前町山之内字小畑子リ	姫路市	全壊1	菅生ダム	3.23	○	
		田中字護生寺山	市川町	全壊1	小室	1.37	○	
		上牛尾	市川町		笠形山(気)	3.35	○	
	○	皆河ノノハナ	姫路市安富町		安富ダム	1.43	○	
	○	皆河足谷	姫路市安富町		安富ダム	1.11		
	○	皆河アワシ	姫路市安富町		安富ダム	2.32		
	○	枡原東山	姫路市安富町		安富ダム	1.58		
	○	枡原口中山	姫路市安富町		安富ダム	1.91		
	○	東田原妙徳	神崎郡福崎町		福崎	1.98	△	（施設災害）
11	○	八千代区大屋288	多可郡多可町	損壊4	中町	6.39	○	

○：超過後発生，△：超過前発生

カ．適用範囲、伝達方法、伝達上の留意事項

平成18年９月１日から兵庫県では、「兵庫県フェニックス防災システム」において全市町に対し避難指示・避難勧告の目安となる土砂災害警戒避難基準雨量（ＣＬ）に関する情報の提供を開始した。

今回設定したＣＬは、風倒木被害地およびその周辺の危険箇所を対象とした暫定的なＣＬであること。並びに、散発的に発生するがけ崩れ等は降雨量が現行のＣＬを超過しなくとも発生し得ることも、併せて周知する必要がある。また、雨量は時々刻々と空間的に変化するものであるから、市町等がＣＬを監視するにあたっては、当該地域のＣＬのみを監視するのではなく、周辺地域の情報も参考に判断する必要があることを周知する必要がある。

また、今後は、新たな雨量データと災害データを基に定期的に暫定ＣＬを検証し、現行ＣＬに近づけていくことが必要である。

キ．適用時期

平成16年10月に風倒木被害があり、18年度にＣＬ引き下げを検討したが、より少雨で崩壊するのは風倒木被害直後からであり、16年度後半、17年度は被害前のＣＬのままであった。本来は、被害直後に見込みでＣＬを引き下げ、その後、検討を行いながら徐々に引き上げていくべきであった。

③ CGハザードマップ作成事業

兵庫県では、県民の防災意識の向上を図り、災害時に県民が的確に行動できるよう、洪水、土砂災害、津波、高潮による危険度や避難に必要な情報等を記載したCGハザードマップを県のホームページ上で公表している。

治山課では、林野庁が平成18年７月に改訂した「山地災害危険地区調査要領」に基づく既存の危険地区の見直し調査を18、19年度で実施した。風倒木被害地については、斜面が不安定で危険な状態になっていることから、風倒木被害地の斜面危険度を考慮した県独自の危険度判定を実施することとした。

ア．兵庫県山地災害危険地区情報システム（平成18年度開発）

風倒木被害地の危険度判定も含めた兵庫県治山課独自の山地災害危険地区の判定等に係る情報システムを開発し、これを利用して危険地区の見直し等を行う。

■システムの機能

ⅰ　山地災害危険地区危険度判定機能

ⅱ　「土砂災害防止法基礎調査マニュアル（案）（兵庫県砂防課）」に基づく被害想定区域の表示機能

ⅲ　被害想定区域内施設判定機能
　　被害想定区域内の人家・公共施設等の自動抽出機能

ⅳ　山地災害危険地区の検索・表示機能

イ．山地災害危険地区の危険度判定（平成18、19年度開発）

ウ．土砂災害防止法の基礎調査手法による被害想定区域の設定（平成19年度設定）

エ．山地災害危険地区ポリゴンデータの作成（平成19年度作成）

オ．兵庫県CGハザードマップ等へのデータ導入（平成20年度以降導入予定）

ⅰ　兵庫県森林GISシステムへのデータ導入

林務課が所管する兵庫県GISシステム上に、山地災害危険地区及び被害想定区域等の位置データ並びに各帳票をデータ導入する。

ⅱ　兵庫県ＣＧハザードマップへのデータ導入

兵庫県が作成している兵庫県ＣＧハザードマップ上に、現在の山地災害危険地区データに換えて、見直した山地災害危険地区及び被害想定区域等の位置データを導入する。

④ 裏山危険箇所診断事業

風倒木被害の特に激しかった西播磨県民局では、平成18年７月の風倒木被害地の山腹崩壊を契機に、集落ごとの避難体制の確立が急務として、自助・共助の減災対策を支援する裏山危険箇所診断事業を平成19年度から実施している。

ア．目的

裏山危険箇所診断事業では、次のような視点から、人家裏山の詳細な危険情報を住民に提供し、住民の自主避難計画策定や地域版ハザードマップ作成を支援することとした。

- 風倒木被害地では、通常の降雨で山腹崩壊が発生する危険性がある。
- 現行のハザードマップでは、集落全体が被害想定区域となるため、個々の住民が避難行動を実行するには個々の人家を対象にしたような詳細情報が必要。
- 土砂災害は、洪水や高潮災害に比べ、災害発生箇所がゲリラ的で被害想定困難。

イ．事業の概要

災害想定区域にある人家を対象に、住民とともに人家裏山の斜面や渓流を目視等で調査し、山腹崩壊の危険性の高い斜面を診断する。また、崩壊発生時や土石流発生時の影響範囲を、斜面と人家の距離や防災施設の有無等を現地調査し、人家ごとの危険性を診断する。

ⅰ　調査方法

山地防災の専門家に委託し、簡易な計測器を用いて、斜面の微地形や斜面状況、人工構造物の有無、人家と斜面の距離等を調査する。

ⅱ　調査結果

土砂崩壊の危険性、崩壊の規模や方向、安全な避難経路、避難場所等を把握する。

ⅲ　活用方法

調査結果から危険箇所マップを作成し、自治会（自主防災組織）や市町に提供する。

避難体制の普及啓蒙、ハード対策の相談、兵庫県住宅再建共済制度のPRなどを行う。

3. 今後の課題

平成16年の風倒木被害地における風倒木処理は、奥地の自然復旧を期待する箇所を除き平成18年度で完了した。

現在、兵庫県では風倒木フォローアップ作戦として、風倒木被害地の治山対策を重点化しているところである。今のところ、その後の降雨で山腹崩壊や土石流の発生はあるものの、人命に影響を与えるような大きな再度災害は発生していない。

しかし、風倒木被害で山腹斜面の表層土は擾乱を受けており、崩壊発生の危険性も高く、奥地の渓流では風倒木が流木となって堆積している箇所も多く存在する。また、風倒木処理跡地では、野生シカからの造林木の保護や下刈等の保育の問題など、今後の森林管理についても多くの問題や課題が混在している。そこで、風倒木被害地の今後の課題について取りまとめる。

（1）激甚な再度災害のおそれ

風倒木被害地の崩壊については、人家や道路等の重要な保全対象が存在する箇所から復旧工事が実施されているが、奥地の崩壊地までは十分な対策が実施されているとはいえない。また、崩壊地からの土砂や流木が渓流に堆積したり、治山ダム等に不安定な状態で堆積している事例も見受けられる。これらの不安定な斜面や土砂・流木が、今後の強い降雨で、山腹崩壊や土石流を発生させる可能性は高く、激甚な再度災害を引き起こす可能性もある。

このため、保全対象に近接している斜面や渓流については、大規模な災害が発生することを前提として、更なるソフト、ハードの対策を講じていく必要がある。

（2）森林の管理体制の充実

今回の風倒木被害は、森林所有者にとって広範囲で激甚な被害であったため、県では、森林所有者の負担の軽減を図るべく、充実した公的支援のもと被害地復旧に取り組み、風倒木を処理し、植栽を行ってきた。

今後、多面的機能の発揮される森林へと導くため、下刈等の保育をはじめ獣害防止柵の管理など、長期間にわたる森林の管理を適正に効果的に実施していく必要がある。

（3）ボランティアやCSR活動への誘導

県で策定した「ひょうご治山・治水防災実施計画」では、行政が実施するハード対策には限界があり、住民や地域の自助・共助の減災対策が重要としている。特に風倒木被害地域の山村では、土砂災害から住民を守るため、自主的な避難体制の確立が急務とな

っている。

しかし、山間部では、限界集落が増加し、高齢化や孤立化、都市型ライフスタイルへの転換が進むなど、自助・共助で築き上げられてきた従来の山村機能の崩壊が著しい。

一方で、団塊の世代の退職後の余暇活動として、また、企業のＣＳＲ活動として森づくりが積極的に実施されている。これらの森づくり活動の延長として、土砂災害に対する防災対策について経験や知識を持った一般市民や企業に、ボランティア活動や企業のＣＳＲ活動をとおして、山村の自主防災組織体制確立へ向けたソフト対策の一翼を担ってもらえるような仕組みを検討していく必要があると思われる。

【参考文献】

兵庫県農林水産部農林水産局林務課（2005）：兵庫県森林災害復旧対策委員会報告書（台風16, 18, 21, 28号被害）

社団法人兵庫県治山林道協会（2005）：森林被害速報（2004年台風23号災害ほか）

兵庫懸内務部（1934）：昭和九年九月二十一日の颱風禍と兵庫懸下森林被害の状況並びにその對策.
農林資料第十號昭和九年十一月

鈴木隆介（1997）：建設技術者のための地形図読図入門 第１巻 読図の基礎. 古今書院

沖村孝・鳥居宜之・伊井政司（1995）：兵庫県南部地震による山腹斜面崩壊の実態.
土地造成施設工学研究施設報告　第13号

大分県砂防課（1994）：大分県風倒木災害対策砂防

谷口房一（2003）：1998年７月台風による奈良県における風倒木災害とその後の対策.
第35回㈳砂防学会シンポジウム講演集

兵庫県西播磨県民局（2006）：平成18年度警戒・避難基準雨量検討業務委託報告書

兵庫県西播磨県民局（2007）：平成18年度警戒・避難基準雨量（暫定CL）検討業務委託報告書

編集後記

平成16年の一連の台風は、県下各地で人的被害や住家被害をはじめ道路・河川・農地など生活基盤全般に大きな被害をもたらしました。とりわけ最後の台風23号では、風倒木や林地崩壊・林道施設災害など甚大な森林被害は受けました。

これらの災害復旧については、平成17・18年度の２カ年で概ね終了しましたが、風倒木被害跡地では、渓流内に堆積した風倒木の流下の恐れや少ない雨量強度での山腹崩壊が発生するなど再度災害が、強く懸念されているところです。

平成16年の台風による森林被害については、その復旧事業についていろんな側面から検証されてきており、既に、平成19年３月に県の森林林業技術センターから冊子「平成16年　台風23号等による森林災害（風倒木）復旧事業の検証」が発刊され、風倒木の処理作業システムや、ストックポイント設置について検証されているところです。

今回、当協会が発刊させて頂く「平成16年台風による風倒木被害と再度災害防止対策」は、風倒木被害地における山腹崩壊の実態や、その後の山腹崩壊の発生状況調査を始め、これまでの復旧対策の反省と教訓を踏まえ、風倒木フォローアップ作戦の展開など、再度災害対策の方針、ハード・ソフト対策等について記述しました。

本冊子が、風倒木被害地等における再度災害防止対策の推進に役立てば幸いです。

終わりにあたり、本冊子の発刊に、ご指導・ご支援を頂きました県治山課及び関係事務所に衷心よりお礼を申し上げます。

特に、編集にあたり中心的役割を果たして頂きました渡邊陽氏、太田雄一郎氏（県治山課）、山田裕司氏（県豊かな森づくり課）に心より感謝申し上げます。

平成20年６月

（社）兵庫県治山林道協会

常務理事　**中　野　一　郎**