

(d) 重ね合わせ図の作成及び表層崩壊と森林状態との関係解析

崩壊前のレーザ計測データを活用し、樹種区分、立木密度、樹高、平均胸高直径を推定することができる。そこから算定された森林の崩壊防止力 ΔC を林小班単位で算定することで、森林の崩壊防止力マップ(ΔC マップ、図 2.46)が作成できる。

ΔC マップを広島県と愛媛県の崩壊地マップと重ね合わせることで、森林の崩壊防止力が崩壊発生箇所にあぼす影響を検討する。また、斜面勾配やその他各種要因と ΔC マップの比較検証をあわせて行う。これらは(2)で実施する調査候補地選定の基礎資料とする。

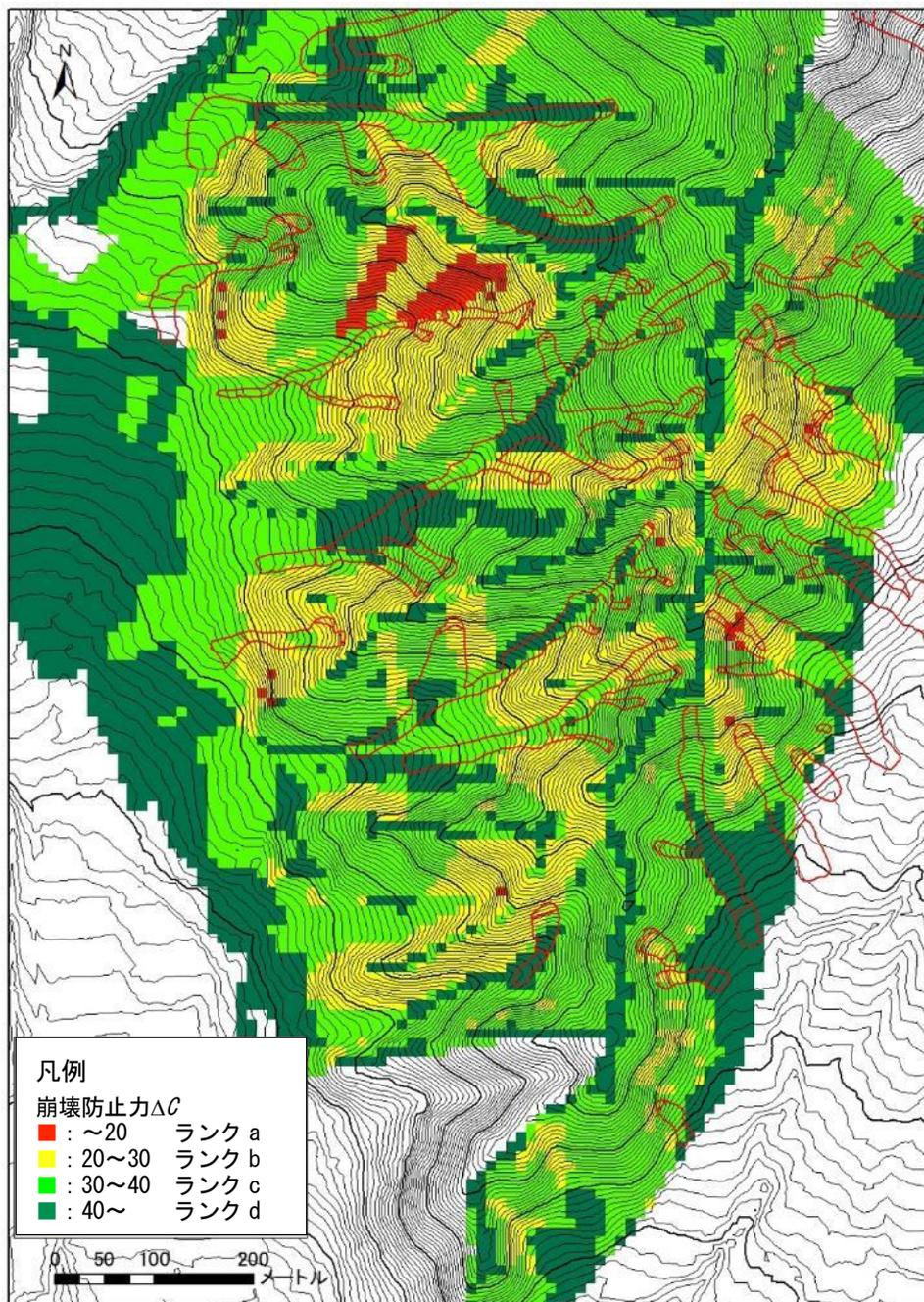


図 2.46 森林の崩壊防止力 ΔC マップと崩壊発生箇所重ね合わせ図の例

(3) 根系が発揮する崩壊防止機能の評価への胸高断面積合計の適用

荻住¹³は、樹木と根系の生長に関して、胸高断面積が深く関わることを明らかにしている。林分単位でみたとき、胸高断面積合計は胸高直径と立木密度から算出される。また、p.2-50 で記述したように水平根による崩壊抵抗力 ΔC の大きさは林分の胸高断面積合計の1.5乗に比例する。

根系による森林の防災力を評価するには、阿部が著書「森林と災害¹⁴」で主張されるように、垂直根、水平根の区分に関わらず、土中に存在する根量全体で評価するという新しい評価軸がある。根量全体で評価するという発想は、p.2-50 で示した林分の胸高断面積合計と ΔC がリンクするという北原の研究結果とも基本的に合致する内容といえる。

これら近年の新しい研究成果を鑑みると、林分が有する根量（≒林分の胸高断面積合計）を増加させることで、森林の崩壊防止機能を高めることができる、という簡潔な結論に達する。ただし、根量が多いほど崩壊防止機能が高いという評価軸は、過密林において崩壊防止機能が高い、という結論につながる。治山的視点からのこうした要請と、森林整備におけるあるべき施業の形はまた異なることから、適切な密度管理をしつつ崩壊防止機能が一定レベルを下回らないよう根量を維持するという方向で、森林整備との関係検討を進めていきたい。

以上を踏まえ、森林整備と根系が発揮する表層崩壊防止機能の関係を論ずるにあたっては、胸高断面積合計（すなわち林分の平均胸高直径と立木密度）を軸として整理する方針とする。

土壌調査、根系分布調査等の詳細調査の実施箇所は、樹種、林齢と立木密度が異なる場所から選定することを基本とする。

¹³ 荻住昇(2010)：最新樹木根系図説、誠文堂新光社、2066pp.

¹⁴ 中村太士・菊沢喜八郎編著（2018）：森林と災害、第2章 表層崩壊（執筆担当：阿部和時）、共立出版

2.4.7 ΔC マップと Wr マップの特徴

今回作成したΔC マップと Wr マップの共通点および相違点を以下に整理する。

■共通点

- 林分の樹種、立木密度、胸高直径の情報を利用する。
- 樹種別ではスギがもっとも強く、次いでヒノキ、アカマツはもっとも弱い。
- 胸高直径が大きくなると崩壊防止機能が高まる。その度合は線形比例よりも強くべき乗式で影響。

■相違点

- 考え方の根本（抛り所とする概念）が異なる。
 - ・ ΔC マップは断面で評価される根系抵抗力に基づく。
 - ・ Wr マップは領域内に存在する根量に基づく。
- 根拠文献が異なる。
 - ・ ΔC マップはおもに北原が調査した研究成果に基づく。
 - ・ Wr マップはその基本概念を阿部が提唱した（掛谷ら 2016、文献番号 13）が、これに続く研究成果はまだない。今回の検討では根量の算定に荻住のデータ（べき乗式）を利用。
- 立木密度の影響が異なる。
 - ・ ΔC マップは 800～1600 本/ha がもっとも強く、それより密でも疎でも弱くなる（表 2.7）。
 - ・ Wr マップは根重量[kg/本]に本数を乗じるため、本数が多いほど Wr は増える。一方で、本数密度が高いほど胸高直径は細く根重量[kg/本]が小さくなるため、単純に本数密度が高いほど崩壊防止機能が高いかどうかは要検討。→阿部の試算データでは 20～30 年生で Wr 最大とも。
- 樹種の影響が異なる。
 - ・ ΔC マップはもっとも強い A 種が 1.6、もっとも弱い C 種が 0.8 で、A は C の 2 倍強い（表 2.7）。
 - ・ Wr マップをスギとアカマツで表 2.6 の係数 a 、 b を使って比較すると、胸高直径 10cm では $29.1 \times 10^{2.3} / 82.5 \times 10^{1.9} = 0.9$ 倍、20cm で 1.2 倍、30cm で 1.4 倍となり、樹種間の最大差が 2 倍ある ΔC マップよりも差が小さい。

重要なのは、両者で抛り所とする概念（出発点）が異なるということと、**立木密度の違い**である。

ΔC マップには立木密度の最適範囲が存在する。800～1600 本/ha である。

これより疎でも密でも崩壊防止機能が低下するが、特に 1800 本/ha を超えて密になると最適時の 4 割まで崩壊防止機能が低減する。この傾向は図 2.17 を反映させたもので、原著論文をみると過密時に図 2.17 で ΔC が低下する理由として、「立木密度が密な林分は、まだ成長途中である若齢林や手入れがなされていない無間伐林である」と記載されている。つまり、図 2.17 は若齢林の ΔC が低いことを表した図となっている。

過密な壮齢林の場合は図 2.17 と異なるとも考えられるが、形状比が高く、幹折れや風倒害に弱い

樹形であり、倒木化すれば土壌流出や流木化の可能性が増し、崩壊とは異なる土砂災害リスクを高める。そうした観点から、過密な壮齢林も若齢林同様に施業を行うべき林分といえるだろう。

表 2.7 評価点 P1, P2, P3 の配点 (林野庁手引 2016 より)

樹種(P1)		立木密度(P2)			胸高直径(P3)	
区分	点数	本数 (本/ha)	点数		胸高直径 (cm)	点数
			針葉樹人工林	針葉樹人工林以外		
A (参考樹種:スギ、 針・広天然生林)	1.6	400~600	0.5	0.5	10~15	0.2
		600~800	0.8	0.8	15~20	0.5
B (参考樹種:ヒノキ、 広葉樹二次林)	1.2	800~1,600	1.0	1.0	20~25	1.0
		1,600~1,800	0.7	1.0	25~30	1.9
C (参考樹種:マツ類)	0.8	1,800~2,000	0.4	1.0	30~35	3.0
					35~40	4.4

手引2016の評価点P3

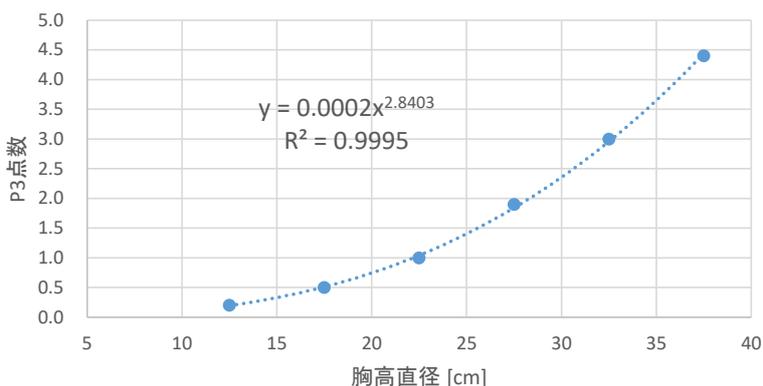


図 2.47 手引 2016 の評価点 P3 における胸高直径の影響 ($y=ax^b$ のべき係数 $b=2.8403$)

表 2.8 胸高直径の影響 ($y=ax^b$ のべき係数 b の値)

b が大きいほど胸高直径が崩壊防止機能に強く影響する

ΔC マップ		
評価点 P3		
べき係数 b	2.8403	樹種によらず同じ値。 樹種は評価点 P1 で別途評価。

Wr マップ					
	スギ	ヒノキ	アカマツ	カラマツ	広葉樹
べき係数 b	2.3015	2.1493	1.8922	2.2251	2.2814

2.4.8 崩壊防止機能指標として W_r の論理的根拠付け

先述のように、土中内に存在する根量 W_r を崩壊防止機能に見立ててよい、との概念は阿部が提唱した（掛谷ら 2016、文献番号 13）が、これに続く研究成果がまだない。したがって、**斜面土層内に存在する根量を崩壊防止機能に見立てることが妥当かどうか、その裏付け（根拠付け）をとることは今後非常に重要となる。**

根量が斜面の崩壊防止機能と直接リンクとする阿部理論は、シンプルでありながらこれまでの研究においてその視点が欠けており、崩壊の発生/非発生を当該視点から分析した研究例は見当たらない。したがって、**根拠付けをするにあたっては、あらたな検証作業を積み上げていく他ないと考えられる。**

既往の崩壊事例から崩壊発生前の森林情報が得られるケースを選定し、 W_r マップを作成し、発生域と非発生域の違いにどれほどの説明力を有するかを検証していかねばならない。

また、理論面では下記の阿部スライド（図 2.48）が非常に重要な指摘と考える。

せん断域が厚い場合、小さな滑動力でも崩壊が発生するが、根が存在することで厚い領域のせん断破壊を抑制する、という考え方である。いわば根系が土塊を一体化（緊縛）し、すべりを薄いすべり面に限定する（すべり面を下方に押し込める）働きをしているともいえ、いままでの根系に期待する崩壊防止力とは異なる見方である（図 2.49）。

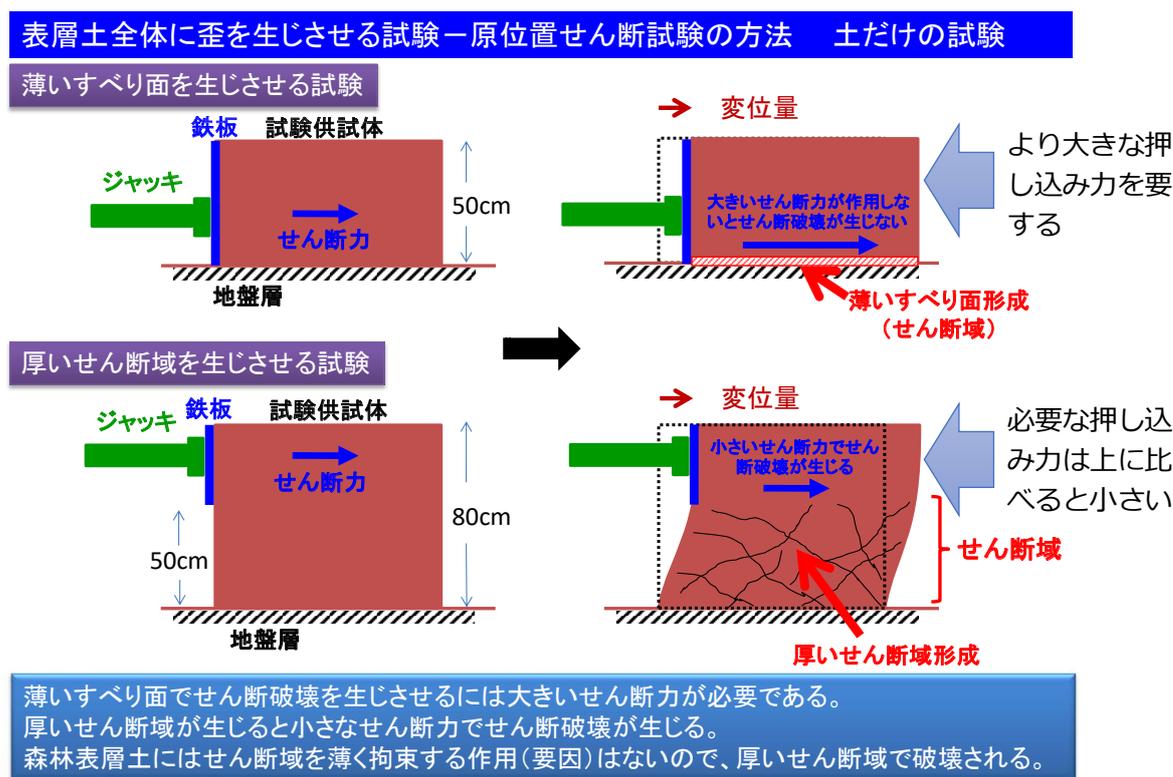


図 2.48 せん断域が薄い場合と厚い場合のせん断試験の違い（阿部¹⁵、2019）

¹⁵ 阿部和時（2019）：豪雨災害でみられる森林の持つ表層崩壊防止機能とそのメカニズムに関する研究動向、補強土植生のり枠工「GT フレーム工法」技術講習会（東京地区）—特別講演—、配布資料