

■スギ林分の崩壊防止機能の評価例

茨城県地方スギ林分地位 2 を対象に、すべり面における根系量を阿部の根系分布シミュレーションモデルで算定し、根による崩壊防止機能を評価した。阿部の方法は胸高直径と樹高情報があれば、根量予測ができるため、林分収穫表があれば間伐等の森林施業にともなった林地斜面の安定度も評価可能である。

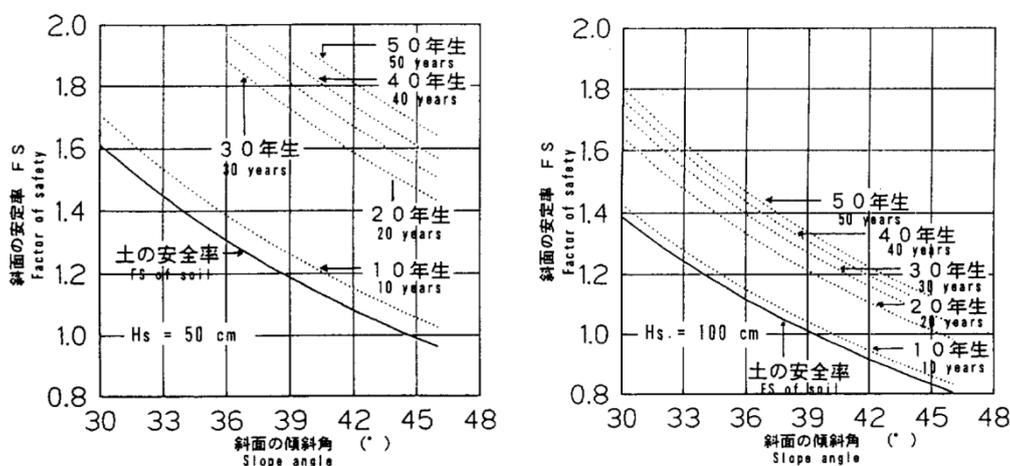
阿部の根系研究による方向付け

- ・鉛直根の空間分布（直径と本数）をモデルで精度よく評価。
- ・間伐等、森林施業に伴う林地斜面の安定度の変化を評価。

表 2.1 根の分布再現モデルと実用 ΔS モデルで推定したセン断補強強度
(阿部、1997、文献番号 1)

(単位 : $\text{kgf}/\text{m}^2 = 0.01\text{kN}/\text{m}^2$)

表層土厚 Thickness of soil layer	林 齢 Forest age									
	Hs (cm)	10	15	20	25	30	35	40	45	50
40	56.62	261.17	372.73	385.29	438.68	486.17	518.13	570.47	605.05	
50	42.20	172.75	304.15	337.62	352.31	373.32	392.24	414.88	437.83	
60	40.98	201.00	314.51	295.64	322.10	378.03	408.53	424.18	444.15	
70	38.71	120.13	208.36	237.27	275.89	307.54	325.43	357.32	357.84	
80	26.56	113.52	165.78	185.61	201.50	219.10	234.77	249.31	263.75	
90	23.53	92.82	134.21	160.88	181.00	211.02	216.21	225.80	235.46	
100	17.45	69.91	114.37	133.73	148.38	161.65	168.95	181.48	186.13	
120	18.22	69.47	92.51	111.81	127.91	141.78	149.27	155.27	161.27	
140	12.14	58.38	73.47	83.43	94.28	102.77	109.39	116.46	120.43	
160	9.11	43.60	74.67	75.93	86.18	89.26	97.13	106.47	109.50	
180	6.07	31.78	48.61	60.78	70.53	77.77	87.97	91.16	96.14	
200	6.07	22.91	40.59	49.13	61.30	71.09	78.39	83.42	84.20	



(左 : 斜面の土層圧 50cm、右 : 斜面の土層圧 100cm の場合)

図 2.14 斜面傾斜角の違いと林齢の増加にともなう斜面安全率の変化 (阿部、1997、文献番号 1)

③北原曜（2006～2015）

北原は崩壊すべり面が根系範囲（1~1.5m）より深い場合、根系の崩壊防止機能は発揮されないのではなく、崩壊の側壁に位置する水平根が崩壊防止機能を発揮する、として2006年から2015年まで水平根の研究を精力的に行った。

崩壊を三次元で捉えれば、崩壊周囲の側壁面に存在する水平根が滑動時に切断され必ず抵抗力を発揮する、ということで崩壊側壁となるだろう地中の鉛直面（北原は立木間中央断面と呼んだ）に存在する根の直径と本数を徹底して調査した。



図 2.15 水平根・鉛直根の崩壊防止機能



図 2.16 立木間中央断面での根の分布調査と引き抜き抵抗力試験

■根の引抜き抵抗力の回帰係数

図 2.13 に示す引抜き抵抗力と根直径の関係式はこれまで多数事例があり、根の引抜き抵抗力は、一般に次の回帰式で表される。

$$T = aD^b \quad \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 T ：引き抜き抵抗力 (N または kN)、 D ：根系断面直径 (mm)、 a と b ：回帰係数。
 b が 2 であると断面積に比例することになるが、実際は 2 よりも小さい場合が多い。

表 2.2 引抜き抵抗力の回帰係数 a、b 値

(北原曜 2010：森林根系の崩壊防止機能、水利科学、53 巻 6 号 p.11-37)

	a	b	直径10mm の引き 抜き抵抗力(N)	引用文献
スギ	31.6	1.34	688	森岡ほか 1989
スギ	42.2	1.48	1274	石垣ほか 1989
スギ	126.8	1.08	1524	同(資料数少ない?)
スギ	19.4	1.60	772	阿部ほか 1996
ヒノキ	12.3	1.80	776	野毛ほか 2002*
ヒノキ	23.0	1.68	1101	相馬ほか 2004*
ヒノキ	29.4	1.44	810	岩名ほか 2009*
トドマツ	8.58	1.71	440	神原ほか 2002(垂直根のみ)
アカマツ	10.7	1.70	536	北原ほか 2002*
アカマツ	11.7	1.59	455	久保田ほか 2006*
カラマツ	12.3	1.46	357	久保田ほか 2005*
スギ, 広葉樹	27.4	1.45	772	塚本 1987(樹種で差がない)
広葉樹	11.1	1.74	610	北原ほか 2002*
コナラ	39.3	1.41	1010	石垣ほか 1989
コナラ	28.4	1.56	1031	松下ほか 2009*
ミズナラ	20.7	1.56	752	久保田ほか 2006*
クヌギ	14.5	1.72	761	松下ほか 2009*
クリ	21.1	1.49	652	松下ほか 2009*
ケヤキ	34.3	1.87	2543	松下ほか 2009*
ミズキ	25.3	1.54	877	松下ほか 2009*
リョウブ	18.5	1.51	599	松下ほか 2009*
ウワミズザクラ	20.4	1.51	660	松下ほか 2009*
カスミザクラ	14.9	1.47	440	松下ほか 2009*
ウリハダカエデ	17.5	1.49	541	松下ほか 2009*
ヒトツバカエデ	23.7	1.53	804	松下ほか 2009*
ケヤマハンノキ	9.73	1.74	535	加藤ほか 2008*
ヤシャブシ	17.0	1.54	589	加藤ほか 2008*
ニセアカシア	7.28	1.94	634	加藤ほか 2008*
ヤマハギ	9.67	1.68	463	加藤ほか 2008*
マダケ(ひげ根)	13.5	1.73	—	岩波ほか 2006*

(マダケのひげ根は 5 mm まで。地下茎は断面直径と関係なく 1 本あたり平均 6.25kN)

*信大での研究例

■ 立木間中央断面で発揮される根の抵抗力 ΔC

北原は立木間の中央断面がもっとも根密度が低く、この断面での根本数と根直径を調べ、1本1本の根の引抜き抵抗力 T を(1)式で算定し、断面に存在する根の数だけ T を足し合わせた値を ΔC として、森林による崩壊防止機能の指標とした。

$$\Delta C = \sum T_i \quad \dots\dots\dots(2)$$

ΔC は単位断面積あたり（例えば kN/m^2 ）の根系による崩壊防止力であり、断面掘削調査により得られる。これをさまざまな林分で調査し、北原は図 2.17、図 2.18、図 2.19 の結果を得ている。

北原の調査結果では、間伐によって根系の崩壊防止機能が增大している（図 2.18、図 2.19）。

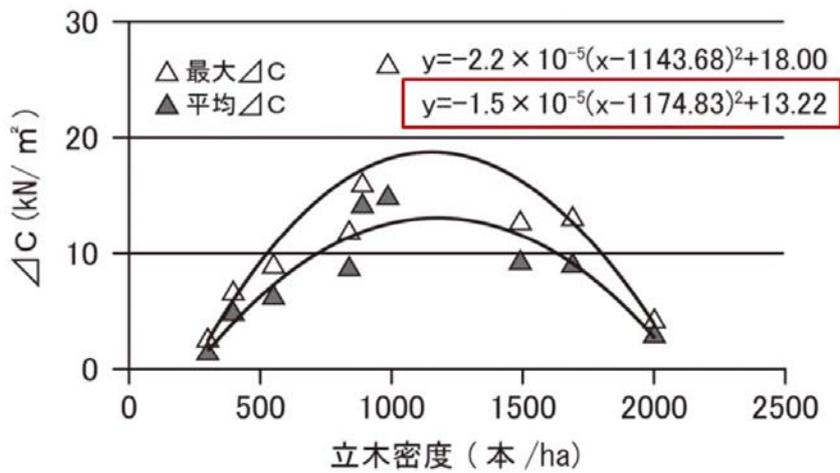
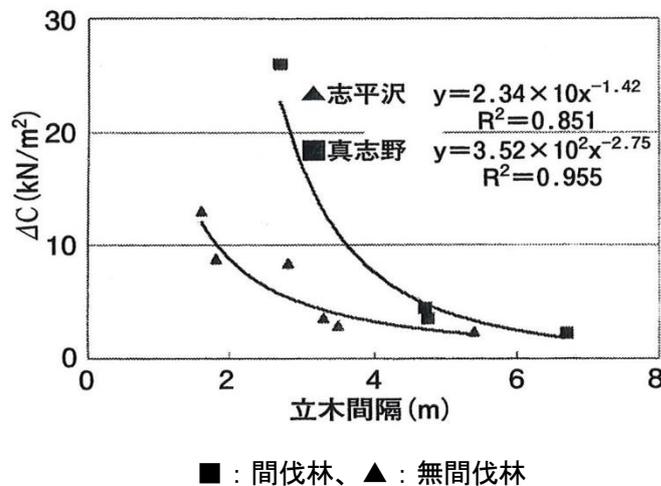


図 2.17 カラマツ林の平均、最大 ΔC と立木密度の関係（伴・北原ら 2011、文献番号 152）



■ : 間伐林、▲ : 無間伐林

図 2.18 カラマツ林での立木間隔と ΔC の関係（伴・北原ら 2009、文献番号 164）

