

図 2.10.a 深さ方向への根系材積分布 (和歌山) (掛谷ら 2016、文献番号

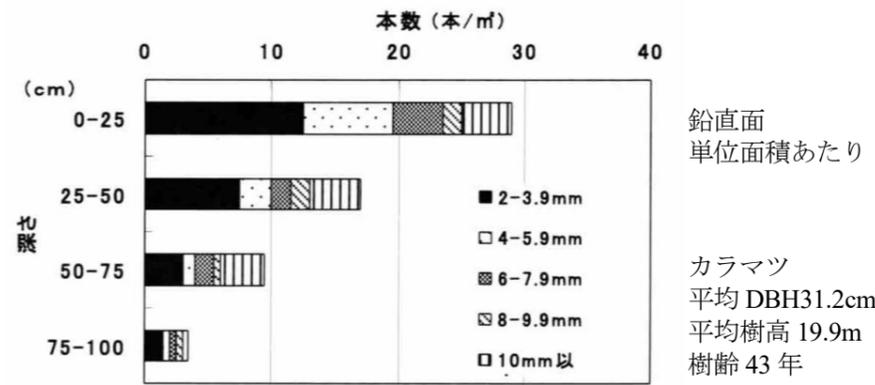


図 2.10.b 立木間中央断面で計測した根本数の深度方向分布 (伴ら 2009、文献番号 164)

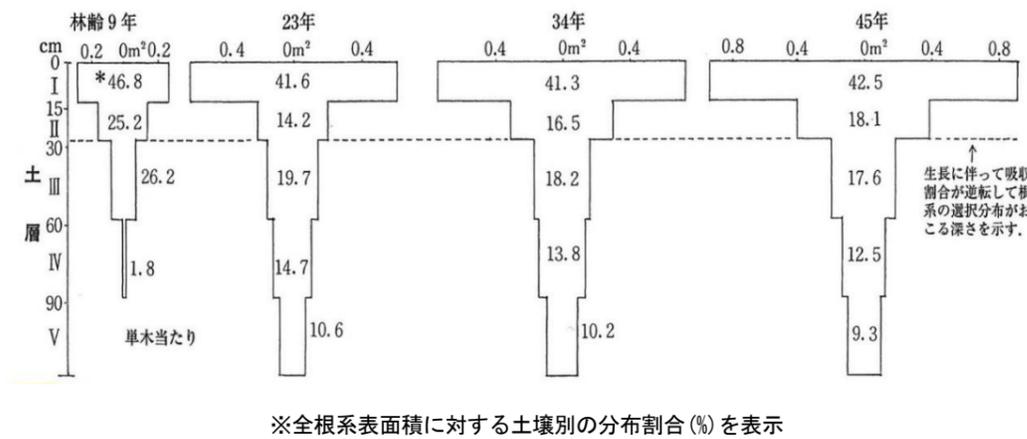


図 2.10.c スギの生長に伴う吸収構造の変化 (8本の調査木の平均値、苅住昇 1979)

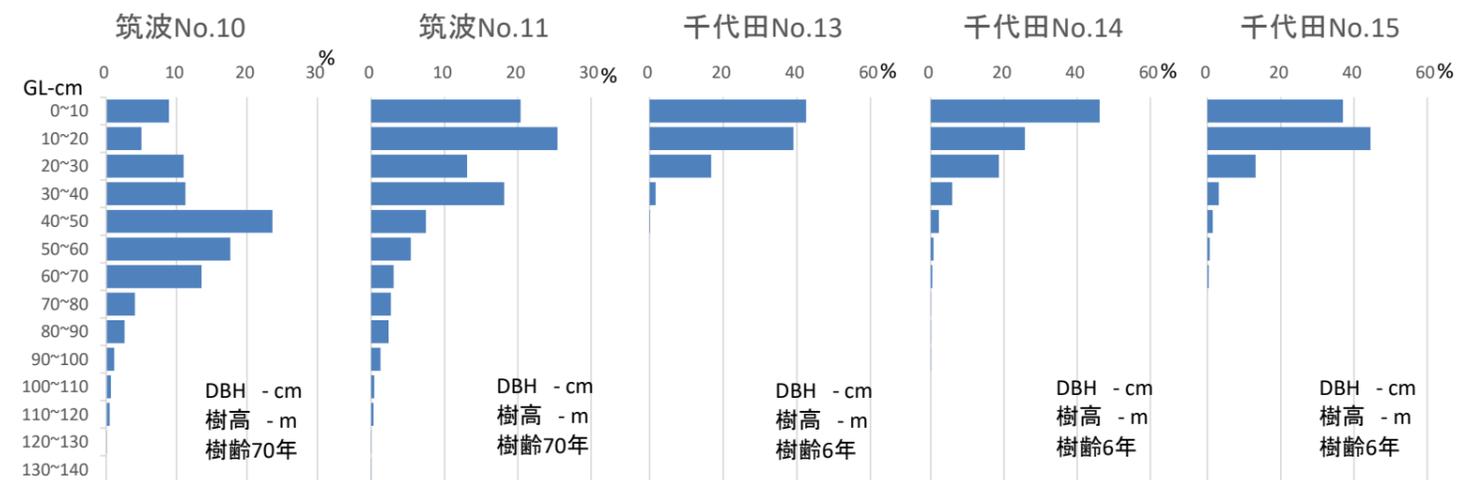
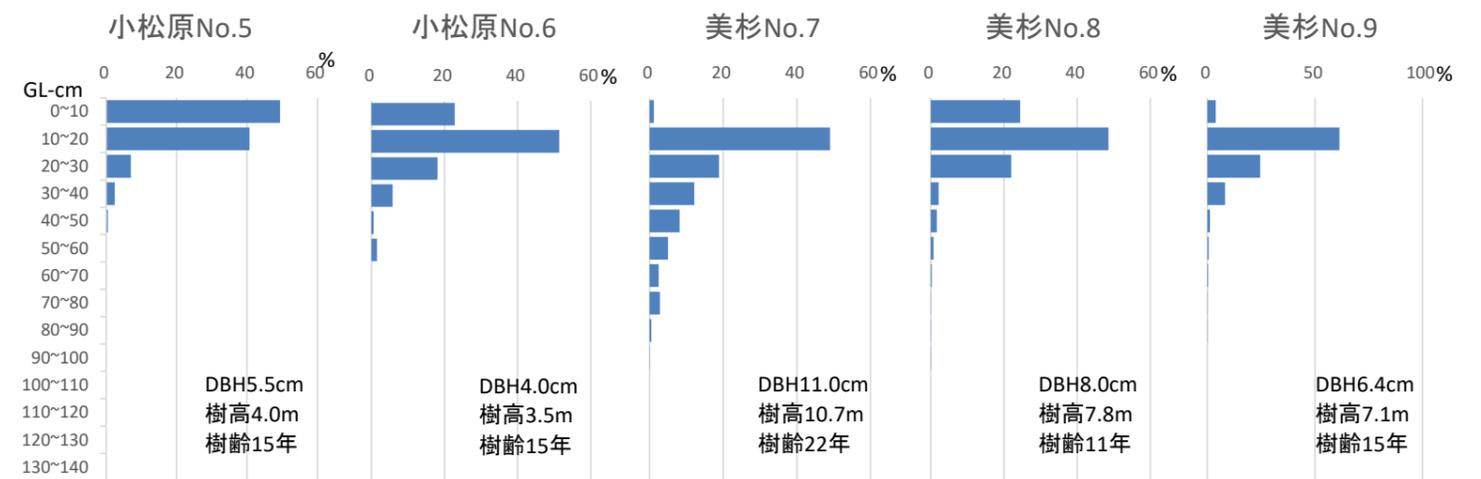
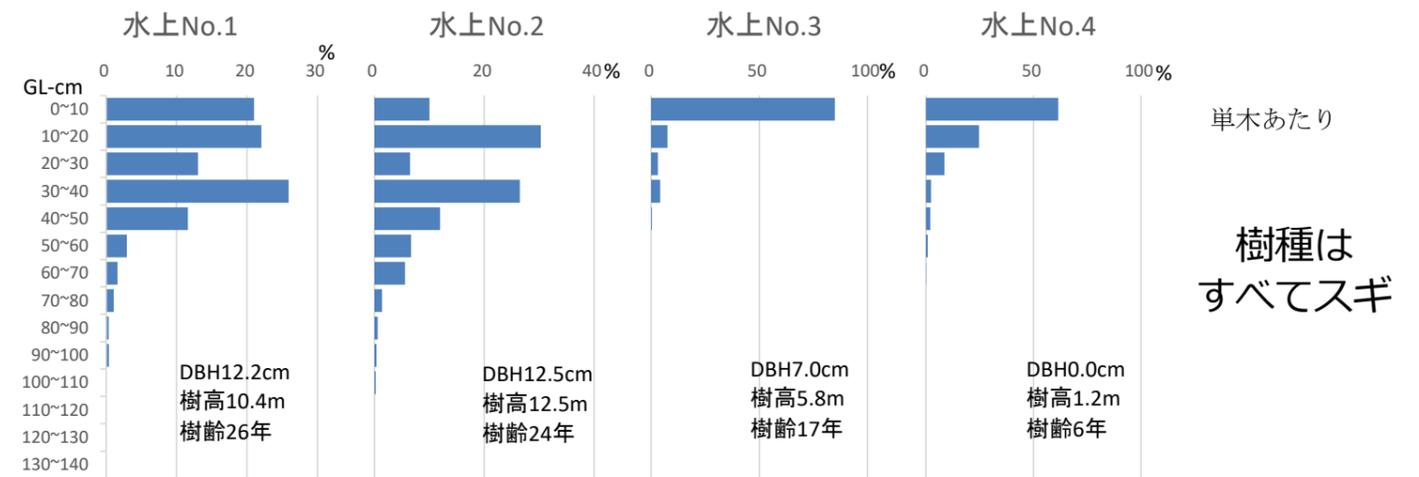


図 2.10.d 10cm 厚土層ごとに測定した単木の根の体積率 (阿部 1997、文献番号 1 のデータを基に作

## 2.2 収集事例・文献等の整理

### 2.2.1 平成30年度に収集された文献の整理

平成30年度に根系と崩壊に関する文献118本が収集されている。国内の文献が中心だが、海外文献6本を含み、根系と崩壊に関する主だったものが集められている。また、本業務では早生樹等の活用や最新の造林技術も視野に入れることから、早生樹関連文献が12本、挿し木関連文献も11本収集している。



### 2.2.2 これまでの根系と崩壊に関わる研究

収集された118本の文献のうち、キーとなる研究を取り上げ、現在の崩壊と樹木根系に関する研究の概要を説明する。

樹木根系と崩壊に関する研究は右のように数多い。しかし、その中でも研究の大きな流れを作ったキーとなる研究者として次の3人を挙げる。

|                                  |      |           |
|----------------------------------|------|-----------|
| 日本における根系と崩壊研究のながれをつくった代表的な3人の研究者 |      |           |
| ①：文献番号 81～83                     | 塚本良則 | 1984～1987 |
| ②：文献番号 1～4                       | 阿部和時 | 1997～2006 |
| ③：文献番号 151～179                   | 北原曜  | 2006～2015 |

■文献番号1~179 (根系と崩壊の関係：国内文献、実数83本、平成30年度収集)

| 番号  | 論文名                                 | 著者名                     | 出典<br>(雑誌巻号)        | 掲載ページ   | 発行年  |
|-----|-------------------------------------|-------------------------|---------------------|---------|------|
| 1   | 樹木根系が持つ斜面崩壊防止機能の評価方法に関する研究          | 阿部和時                    | 森林総合研究所研究報告第373号    | 105-181 | 1997 |
| 2   | 樹木根系の斜面崩壊防止機能                       | 阿部和時                    | 森林科学22              | 23-29   | 1998 |
| 3   | 間伐が森林の持つ表層崩壊防止機能に及ぼす評価手法の開発         | 阿部和時・黒川潮・竹内美次           | 日本地すべり学会誌41巻3号      | 225-235 | 2004 |
| 4   | 森林の持つ斜面崩壊防止機能                       | 阿部和時                    | 日本緑化工学会誌31(3)       | 330-337 | 2006 |
| 5   | 崩壊に強い森林とは                           | 阿辻雅言                    | 長野県林業総合センター技術情報148  | 6-11    | 2014 |
| 6   | 樹木根系の斜面崩壊抑制効果に関する調査研究               | 今井久                     | ハザマ研究年報             | 34-52   | 2008 |
| 7   | 間伐が及ぼすヒノキ根系の崩壊防止機能への影響              | 今井裕太郎・小野裕・北原曜           | 日本森林学会大会学術講演集119巻   |         | 2008 |
| 11  | スギ根系が持つ崩壊防止力の評価方法に関する研究             | 掛谷亮太・阿部和時・垂水秀樹・大澤光・森下篤彦 | 第124回日本森林学会大会発表データペ |         | 2013 |
| 12  | 原位せん断試験による森林の崩壊防止機能の考察              | 掛谷亮太・荒金達彦・村津匠・阿部和時・岡田   | 関東森林研究65-2          |         | 2014 |
| 13  | スギ林分の間伐が根系生長と表層崩壊防止機能に与える影響         | 掛谷亮太・瀧澤英紀・小坂泉・園原和夏・石垣   | 日本緑化工学会誌42(2)       | 299-307 | 2016 |
| 14  | ケヤキ人工林の崩壊防止機能                       | 神田誠也・北原曜・小野裕            | 日本森林学会大会学術講演集122巻   |         | 2011 |
| 15  | 森林根系の崩壊防止機能                         | 北原曜                     | 水利科学No.311          | 11-37   | 2010 |
| 16  | 水平根に着目した森林の土砂崩壊防止機能の評価について-治山事業は    | 木下篤彦                    | 治山55巻5号             | 28-35   | 2010 |
| 18  | 分布型表層崩壊モデルによる樹木根系の崩壊防止機能の定量的評価につ    | 執印康裕・鶴見和樹・松英恵吾・有賀一広・田   | 日本緑化工学会誌35(1)       | 9-14    | 2009 |
| 27  | 間伐が根系に及ぼす影響-長野県におけるカラマツ林の場合-        | 伴博史・北原曜・小野裕             | 日本森林学会大会講演要旨集120巻   |         | 2009 |
| 29  | 間伐がカラマツ人工林の崩壊防止機能に与える影響             | 伴博史・北原曜・小野裕             | 日本森林学会大会学術講演集121巻   |         | 2010 |
| 34  | 根系の引張り強度から推定した斜面安定効果に及ぼす樹木根系の効果(第   | 阿部和時・岩元賢                | 日林誌67(12)           | 505-510 | 1986 |
| 35  | 樹木根系分布・シミュレーションモデル-斜面安定解析への適応を考慮したモ | 阿部和時・岩元賢                | 日林誌72(5)            | 375-387 | 1990 |
| 36  | 原位位置一面せん断試験によるスギ根系の斜面崩壊防止機能の研究      | 阿部和時                    | 日本緑化工学会誌22(2)       | 95-108  | 1996 |
| 38  | 樹木根系の分布特性と斜面の保護・安定効果                | 阿部和時                    | 緑化工技術10(3)          | 1-9     | 1984 |
| 39  | 樹木根系の変位を考慮した土のせん断抵抗力補強の解明           | 阿部和時                    | 林業土木施設研究報12         | 2-21    | 2009 |
| 44  | スギ引き倒し試験における樹幹の曲げ応力分布               | 茅島信行・佐々木重行              | 九州森林研究No.64         | 98-101  | 2011 |
| 45  | スギ試験林における引き倒し試験                     | 茅島信行・佐々木重行              | 九州森林研究No.63         | 25-28   | 2010 |
| 46  | 斜面傾斜地における根系分布の偏りが引き倒し試験に与える影響       | 茅島信行・佐々木重行              | 森林立地52(2)           | 49-55   | 2010 |
| 50  | 樹木の斜面安定効果                           | 駒村富士弥・渡辺武夫              | 日林誌59(9)            | 338-340 | 1977 |
| 55  | 原位位置一面せん断試験による樹木根系の崩壊抵抗力と引き抜き抵抗力の比  | 佐藤剛・大谷健一・神原孝義・鳥田宏行      | 砂防学会誌VOL66-4        | 15-20   | 2013 |
| 56  | 冷温帯落葉広葉樹林の根系が斜面安定に及ぼす影響             | 佐藤剛・大谷健一・神原孝義・鳥田宏行      | 砂防学会誌VOL62-4        | 29-37   | 2009 |
| 58  | 表層崩壊と森林                             | 佐藤剛                     | 森林科学47              | 22-27   | 2006 |
| 60  | 異なる土壌環境下における根系構造と引き抜き抵抗力の関係         | 山瀬敬太郎・谷川東子・池野英利・藤堂千景    | 日本緑化工学会誌41(2)       | 301-307 | 2015 |
| 61  | 低木樹種2種の根系による崩壊防止力の検討                | 山瀬敬太郎・藤堂千景・平野恭弘         | 日本緑化工学会誌41(1)       | 15-20   | 2015 |
| 62  | 土壌水分変化が斜面表層土における根系の土質強度補強効果に与える影    | 執印康裕・加藤尚子・鈴木雅一・太田猛彦     | 砂防学会誌VOL51-1        | 23-30   | 1998 |
| 64  | 植生が表層崩壊に与える影響について                   | 執印康裕                    | 砂防学会誌VOL55-1        | 71-78   | 2002 |
| 69  | 山地急傾斜地におけるヒノキ単木周囲の崩壊防止力分布           | 神田誠也・北原曜・小野裕            | 中部森林学会第2回大会発表要旨集    |         | 2012 |
| 72  | 樹木根系の根張り抵抗力の理論的算定法                  | 正野光範・中村浩之・池田浩子          | 砂防学会誌VOL50-5        | 3-11    | 1998 |
| 73  | ゼロ凹谷における水分環境・林相と災害発生との関係について        | 清水靖久・向山繁幸・戸田堅一郎         | 砂防学会誌VOL61-6        | 47-53   | 2009 |
| 81  | 斜面の基盤構造と樹木の斜面安定効果                   | 塚本良則・峰松浩彦・城戸毅・小宮山浩司     | 緑化工技術 11-(1)        | 1-7     | 1984 |
| 83  | 樹木根系の斜面安定効果-主として水平根の量と動きについて-       | 塚本良則・峰松浩彦・藤波武史          | 緑化工技術 12-(1)        | 1-3     | 1986 |
| 87  | 樹木根系による斜面崩壊防止機能                     | 鳥田宏行・佐藤剛                | 道徳研季報128            | 11-20   | 2009 |
| 88  | 間伐がスギの最大引き倒し抵抗モーメントに与える影響           | 藤堂千景・山瀬敬太郎・谷川東子・大橋瑞江    | 日本緑化工学会誌41(2)       | 308-314 | 2015 |
| 89  | 治山用緑化樹種の根系強度について                    | 陶山正憲・原敬一                | 緑化工技術 13-(2)        | 19-23   | 1988 |
| 91  | 樹種の違いによる樹木根系の引張り強度特性                | 福田耕司・大塚淳彦・杉山太宏・赤石勝      | 土木学会第57回学術講演会       | 29-30   | 2002 |
| 92  | 樹木根系の存在が森林土壌中の水分移動に与える影響            | 平松晋也・熊沢至朗               | 砂防学会誌VOL55-4        | 12-22   | 2002 |
| 99  | スギ・ヒノキ林における水平根が発揮する抵抗力の検討           | 木下篤彦・坂井佑介・大野亮一・田畑三郎・川   | 砂防学会誌VOL65-5        | 11-20   | 2013 |
| 100 | 樹木根系の水平根が発揮する断面抵抗力の計算モデル            | 木下篤彦・坂井佑介・大野亮一・田畑三郎・川   | 砂防学会誌VOL65-5        | 35-40   | 2013 |
| 101 | 樹幹引き倒しによる根張りの発生機構                   | 野々田稔郎・林拙郎・川邊洋一・本多深・小敷一  | 日林誌78(4)            | 390-397 | 1996 |
| 102 | 根系の引張り強度と曲げ強度から推定した樹木根系の斜面安定効果      | 野々田稔郎・林拙郎・川邊洋一          | 日林誌75(5)            | 456-461 | 1994 |
| 113 | 災害に強い森林整備                           | 北沢沢村                    |                     |         |      |
| 120 | 樹木の根の引き抜き抵抗力による表層崩壊防止機能の評価方法に関する    | 掛谷亮太・瀧澤英紀・小坂泉・園原和夏・石垣   | 砂防学会誌VOL71-3        | 3-11    | 2018 |
| 135 | 根系の引き抜き抵抗力によるせん断補強強度の推定             | 阿部和時                    | 日本緑化工学会誌16(4)       | 37-45   | 1991 |
| 144 | 2010年広島県庄原市豪雨災害で発生した斜面崩壊と地形・森林の関係(第 | 黒川潮・岡田彦彦                | 砂防学会誌VOL67-3        | 14-21   | 2014 |
| 145 | 多様な森林における根系の崩壊防止力分布                 | 北原曜・小野裕・阿辻雅言            | 地形37(4)             | 455-463 | 2016 |
| 147 | 森林管理と表層崩壊発生との関係について                 | 執印康裕・鶴見和樹・松英恵吾・有賀一広・田   | 駿野                  | 2-7     | 2009 |
| 148 | 森林植生による表層崩壊防止機能の評価に向けて              | 執印康裕                    | SABO Vol.98         |         | 2009 |
| 151 | 鉄道防備林におけるケヤキ人工林の崩壊防止機能              | 神田誠也・北原曜・小野裕            | 中部森林研究59            | 199-202 | 2011 |
| 152 | カラマツ根系の崩壊防止力と立木密度の関係                | 伴博史・北原曜・小野裕             | 中部森林研究59            | 195-198 | 2011 |
| 153 | ミズナラ・コナラ天然広葉樹林における崩壊防止機能の評価         | 矢下誠人・北原曜・小野裕            | 中部森林研究59            | 203-206 | 2011 |
| 154 | 樹種による根系分布と引き抜き抵抗力の違い                | 久保田遼・北原曜・小野裕            | 中部森林研究55            | 123-126 | 2007 |
| 155 | マダケ林の崩壊防止機能の評価                      | 岩波定裕・北原曜・小野裕            | 中部森林研究55            | 127-130 | 2007 |
| 156 | 立木周囲の崩壊防止力の分布                       | 神田誠也・北原曜・小野裕            | 中部森林研究60            | 117-120 | 2012 |
| 157 | 山地急傾斜地におけるヒノキ単木周囲の崩壊防止力             | 神田誠也・北原曜・小野裕            | 中部森林研究61            | 9-12    | 2013 |
| 158 | 広葉樹天然林における根系による崩壊防止力分布              | 阿辻雅言・北原曜・小野裕            | 中部森林研究62            | 99-102  | 2014 |
| 159 | 表層崩壊に及ぼすカラマツ根系の引き抜き抵抗力に関する力学的評価     | 久保田遼・北原曜・小野裕            | 中部森林研究54            | 191-193 | 2006 |
| 160 | 樹木根系による崩壊防止機能に及ぼす立木密度の影響            | 白井隆之・相馬健人・北原曜・小野裕       | 中部森林研究54            | 187-190 | 2006 |
| 161 | 土壌水分状態がヒノキ根系の引き抜き抵抗力に及ぼす影響          | 相馬健人・北原曜・小野裕            | 中部森林研究54            | 183-186 | 2006 |
| 162 | 林分における崩壊防止力-二次元分布図の構築               | 阿辻雅言・北原曜・小野裕            | 中部森林研究61            | 13-16   | 2013 |
| 163 | 間伐後の経過年数による根系の崩壊防止機能の違い             | 今井裕太郎・北原曜・小野裕           | 中部森林研究56            | 269-272 | 2008 |
| 164 | 間伐がカラマツ根系の崩壊防止機能に及ぼす影響              | 伴博史・北原曜・小野裕             | 中部森林研究57            | 179-182 | 2009 |
| 165 | 若齢ヒノキ林における崩壊防止機能の力学的評価              | 永田惟人・小野裕・北原曜            | 中部森林研究58            | 183-186 | 2010 |
| 166 | カラマツ根系に及ぼす間伐の影響                     | 伴博史・北原曜・小野裕             | 中部森林研究58            | 179-182 | 2010 |
| 167 | 立木引き倒し試験による森林の土石流緩衝機能の力学的評価         | 深見悠矢・北原曜・小野裕            | 中部森林研究56            | 283-285 | 2008 |
| 168 | 愛知県伊良湖岬におけるクロマツ引き倒し試験               | 宮田賢・北原曜・小野裕             | 中部森林研究61            | 1-4     | 2013 |
| 169 | アカマツの引き倒し抵抗力と模型実験による根張りメカニズム        | 高橋悠介・北原曜・小野裕・小野圭        | 中部森林研究62            | 91-93   | 2014 |
| 170 | 模型実験による樹木の根張りメカニズムの解明               | 高橋悠介・北原曜・小野裕            | 中部森林研究63            | 123-126 | 2015 |
| 171 | 津波緩衝機能を発揮する海岸林整備計画のためのアカマツ引き倒し試験    | 高橋悠介・北原曜・小野裕            | 中部森林研究61            | 5-8     | 2013 |
| 172 | 林耕跡地に成立するカラマツ人工林における根系分布            | 小林健之・北原曜・小野裕            | 中部森林研究57            | 191-194 | 2009 |
| 173 | 林床に侵入する広葉樹根系の引き抜き抵抗力と単根引張り強度の関係     | 松下将大・小野裕・北原曜            | 中部森林研究57            | 183-186 | 2009 |
| 174 | 飽和条件下におけるヒノキ根系の引き抜き抵抗力              | 岩名祐・北原曜・小野裕             | 中部森林研究57            | 187-190 | 2009 |
| 175 | ヒノキ根系の崩壊防止力に及ぼす間伐の影響                | 今井裕太郎・北原曜・小野裕           | 中部森林研究57            | 175-179 | 2009 |
| 176 | スギ・ヒノキ・カラマツ・コナラ立木の引き倒し抵抗力           | 深見悠矢・北原曜・小野裕・宮崎隆幸・山内仁   | 中部森林研究57            | 195-198 | 2009 |
| 177 | 根系断面の顕微鏡画像を用いた引き抜き抵抗力の推定            | 岡田萌・北原曜・小野裕             | 中部森林研究60            | 125-128 | 2012 |
| 178 | 常緑広葉樹を主とする生根の引張り強度試験                | 若杉祐希・北原曜・小野裕            | 中部森林研究60            | 129-132 | 2012 |
| 179 | 引き抜き試験における根の破断位置の推定                 | 奥中大智・北原曜・小野裕            | 中部森林研究62            | 87-90   | 2014 |

### ①塚本良則（1984～1987）

塚本は根系と崩壊に関する既往の研究報告をまとめ、共通する結果と特徴を以下にまとめた。

- I. 林齢 20 年生前後を境にして、幼齢林と壮齢林では崩壊率が大きく異なり、幼齢林が 3～6 倍高い。
- II. 報告のほとんどが花崗岩地域と新第三紀層の山地を対象にしており、中生層では崩壊多発による災害がほとんどなく、花崗岩・新第三紀層と中生層斜面の基盤地質条件の違いが、森林の崩壊防止機能の問題に強く関わっている。

現在では「幼齢林で崩壊率が高い。特に林齢 20 年生前後」という認識が広く共有されている。また、広葉樹林と針葉樹林では崩壊防止効果に差があるかは各種研究がなされているが、十分な結論には至っていない。

塚本はそれまでの根系に関する力学的なアプローチをとりまとめ、斜面崩壊の安定度に樹木根系がどれほど寄与しているかを安全率で評価した。そのために、崩壊底面で抵抗する鉛直根と崩壊側壁で抵抗する水平根という根系を鉛直根と水平根の 2 種類に分ける、方向付けをした。根の抵抗力を斜面安定解析に含める上では避けて通れないものだったが、樹木が鉛直根と水平根に、それぞれどれぐらいの割合で根を割り振っているかは、究極にはわからないものであり、鉛直根と水平根に分ける方法は後年手詰まりを生む。

塚本の研究は、土中内に存在する根を鉛直根割合と水平根割合で分配した上で、根の伸長距離を数式モデルで評価し、根直径と根本数の空間分布を導くというものだった。これよりしばらく、根の空間分布を論じる研究が多くでてくるようになる。

#### 塚本の根系研究による方向付け

- 根を鉛直根と水平根に分けて考える。
- 根の空間分布（直径と本数）を数式モデルで評価する。

■文献番号 3001～3006 (根系と崩壊の関係：海外文献、平成 30 年度収集)

| 番号   | 論文名   | 著者名  | ひらがな | 出典<br>(雑誌巻号)   | 掲載<br>ページ | 発行年  |
|------|---|--|------|--|-----------|------|
| 3001 | Root-soil mechanical interactions during pullout and failure of root bundles                                    | M. Schwarz, D. Cohen, and D. Or                                |      | JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 115                  | 1-19      | 2010 |
| 3002 | Quantifying the role of vegetation in slope stability: A case study in Tuscany (Italy)                          | M. Schwarz, F. Preti, F. Giadrossich, P. Lehmann, D. Or        |      | Ecological Engineering 36                                  | 285-291   | 2010 |
| 3003 | Quantifying lateral root reinforcement in steep slopes - from a bundle of roots to tree stands                  | M. Schwarz, P. Lehmann and D. Or                               |      | Earth Surf. Process. Landforms 35                          | 354-367   | 2010 |
| 3004 | Effect of forest clear-cutting on landslide occurrences: Analysis of rainfall thresholds at Mt. Ichifusa, Japan | Hitoshi Saito, Wataru Murakami, Hiromu Daimaru, Takashi Oguchi |      | Geomorphology Volume 276                                   | 1-7       | 2017 |
| 3005 | Long-term modelling of landslides for different forest management practices                                     | Amod S. Dhakal, Roy C. Sidle                                   |      | Earth Surface Processes and Landforms / Volume 28, Issue 8 | 853-868   | 2003 |
| 3006 | Effects of forest harvesting on the occurrence of landslides and debris flows in steep terrain of central Japan | Fumitoshi Imaizumi, Roy C. Sidle, Rieko Kamei                  |      | Earth Surface Processes and Landforms / Volume 33, Issue 6 | 827-840   | 2008 |

■文献番号 3007～3012 (降雨と崩壊の関係、平成 30 年度収集)

| 番号   | 論文名   | 著者名   | ひらがな | 出典<br>(雑誌巻号)           | 掲載<br>ページ | 発行年  |
|------|---|---|------|------------------------|-----------|------|
| 3007 | 2014年8月20日の広島豪雨災害における雨量を用いた土砂災害危険度評価に関する考察              | 土田孝, 森脇武夫, 田中健路, 中井真司   |      | 地盤工学ジャーナル Vol.11, No.1 | 53-68     | 2016 |
| 3008 | 2014年8月の豪雨による兵庫県丹波市で発生した土砂災害                            | 松村和樹, 長谷川祐治, 藤本将光, 中谷加奈, 西川友章, 笠原拓造, 柳崎剛, 鏡原聖史, 加藤智久, 岡野和行, 鈴木崇, 平岡伸隆 |      | 砂防学会誌, Vol. 68, No. 1  | 60-67     | 2015 |
| 3009 | 2016年9月7日台風13号による柿平沢土砂災害                                | 石川芳治, 執印康裕, 柏原佳明, 宮田直樹, 大野亮一, 飛岡啓之, 榎原誠, 沼宮内信                         |      | 砂防学会誌, Vol. 69, No. 4  | 37-43     | 2016 |
| 3010 | 豪雨による斜面表層崩壊と実効雨量-斜面内土層の浸透流からの検討-                        | 林拙郎, 山田孝  |      | 地盤工学ジャーナル Vol.10, No.1 | 157-162   | 2015 |
| 3011 | 実効雨量の概念を用いた分布型崩壊概念モデルによる降雨指標と表層崩壊の関係について-東京都伊豆大島を事例として- | 執印康裕, 堀田紀文  |      | 砂防学会誌, Vol. 69, No. 6  | 3-14      | 2017 |
| 3012 | 斜面崩壊の誘因となった降雨の評価手法                                      | 小杉賢一郎   |      | 砂防学会誌, Vol. 67, No. 5  | 12-23     | 2015 |

■文献番号 1001～1012 (早生樹関連、平成30年度収集)

| 番号   | 論文名                           | 著者名                          | 出典<br>(雑誌巻号)        | 掲載ページ | 発行年  |
|------|-------------------------------|------------------------------|---------------------|-------|------|
| 1001 | センダン植栽木への施肥が成長に及ぼす影響          | 池本省吾                         | 第129回日本森林学会大会発表データー | —     | 2018 |
| 1002 | 施肥がセンダン苗木の成長に及ぼす影響            | 池本省吾                         | 第128回日本森林学会大会発表データー | —     | 2017 |
| 1003 | 京都府立大学大野演習林での早生樹センダンの植栽試験     | 糟谷信彦, 上田菜津美, 堀田耀介, 藤田夏子      | 第127回日本森林学会大会発表データー | —     | 2016 |
| 1004 | 本州西部地域での早生樹センダンの植栽試験          | 糟谷信彦, 宮藤久士, 村田功二, 中村彰男, 榎田浩雄 | 第128回日本森林学会大会発表データー | —     | 2017 |
| 1005 | 本州西部地域での早生樹センダンの造林成績          | 糟谷信彦, 宮藤久士, 村田功二, 中村彰男, 榎田浩雄 | 第129回日本森林学会大会発表データー | —     | 2018 |
| 1006 | センダン植栽木の初期成長と立地環境             | 高山勉, 山田範彦, 山瀬敬太郎             | 第129回日本森林学会大会発表データー | —     | 2018 |
| 1007 | 関西地区における国産早生樹センダンの試験植林        | 村田功二, 内海真弓, 宮藤久士, 横尾謙一郎      | 第128回日本森林学会大会発表データー | —     | 2015 |
| 1008 | コウヨウザンの簡易収穫予想表の試作             | 山田浩雄, 近藤禎二, 大塚次郎, 磯田圭哉, 生田浩雄 | 第129回日本森林学会大会発表データー | —     | 2018 |
| 1009 | コウヨウザンの所在地データベースの作成           | 山田浩雄, 安部波夫, 堀栄一, 大塚次郎, 磯田圭哉  | 第127回日本森林学会大会発表データー | —     | 2016 |
| 1010 | 成長曲線を用いたコウヨウザンの材積成長過程の解析      | 山田浩雄, 近藤禎二, 磯田圭哉, 大塚次郎, 生田浩雄 | 第128回日本森林学会大会発表データー | —     | 2017 |
| 1011 | 平成29年度早生樹利用による森林整備手法検討調査事業報告書 | 林野庁                          | —                   | —     | 2017 |
| 1012 | コウヨウザン林における土砂流出量の変化           | 渡辺靖崇, 鈴木保志, 涌嶋智, 坂田勉, 東敏生    | 第129回日本森林学会大会発表データー | —     | 2018 |

■文献番号 2001～2011 (挿し木関連、平成30年度収集)

| 番号   | 論文名                                 | 著者名                       | 出典<br>(雑誌巻号)        | 掲載ページ   | 発行年  |
|------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------|---------|------|
| 2001 | スギ挿し木コンテナ苗の活着と初期成長                  | 重永英年, 山川博美, 野宮治人, 荒木眞岳    | 第126回日本森林学会大会発表データー | —       | 2015 |
| 2002 | 夏季植栽されたスギ挿し木苗の生残親定要因—苗種か物質分配か?—     | 新保慶美, 平田令子, 今岡成紹, 伊藤哲     | 第128回日本森林学会大会発表データー | —       | 2017 |
| 2003 | 福岡県におけるスギ挿し木コンテナ苗と裸苗の成長—植栽年の異なる5つ   | 鶴崎幸, 佐々木重行, 宮原文彦          | 第127回日本森林学会大会発表データー | —       | 2016 |
| 2004 | 東北地方におけるスギコンテナ苗と裸苗の成長               | 榎田圭, 八木橋勉, 松尾亨, 中原健一, 那須理 | 東北森林科学会誌20巻1号       | 16-18   | 2015 |
| 2005 | スギコンテナ苗および裸苗の根系形態                   | 平田令子, 大塚温子, 伊藤哲           | 第124回日本森林学会大会発表データー | —       | 2013 |
| 2006 | スギ挿し木コンテナ苗と裸苗の植栽後2年間の地上部成長と根系発達     | 平田令子, 大塚温子, 伊藤哲, 高木正博     | 日本森林学会誌96巻1号        | 1-5     | 2014 |
| 2007 | スギおよびヒノギにおける寒生とさし木の初期成長形態の比較        | 松永治, 倉本哲嗣, 下村治雄, 江藤幸二     | 日林九支研論61            | 124-127 | 2008 |
| 2008 | 多雪地帯に植栽されたスギ挿し木苗と実生苗の幼齢期における成育特性の比較 | 宮下智弘                      | 日本森林学会誌89巻6号        | 369-373 | 2007 |
| 2009 | スギにおける光質とさし木発根性との関係                 | 吉村知也, 栗田学, 田村美帆, 酒本大, 大田司 | 第129回日本森林学会大会発表データー | —       | 2018 |
| 2010 | アカマツ・アイロマツ挿し木苗の発根指数と吸水量および植栽後の針葉落   | 米道学, 野込勉, 久本洋子, 後藤晋       | 日本緑化工学会誌43巻4号       | 611-613 | 2018 |
| 2011 | スギ及びヒノギの系統別の挿し木苗と実生苗による成長比較試験       | 九州森林管理局 森林技術・支援センター       | —                   | —       | 2014 |

②阿部和時（1997）

阿部（1997、文献番号 1）は、既往研究成果およびその課題を整理し、樹木根系が持つ表層型崩壊防止機能を力学的に評価するために、崩壊すべり面に生育する根の分布量を推定する研究と、崩壊すべり面で根が発揮する土のせん断抵抗力補強強度を求める研究を行った。

■阿部の根分布モデル

塚本の根分布モデルはパイプ理論を用い根本数と平均直径を算定していたが、阿部はこれを拡張して、ワイブル関数を使った根分布モデルとした。阿部モデルは鉛直方向の根分布を算定する。

特徴として、胸高直径、樹高、根の最大伸長深さを与えれば根の分布が算定でき、崩壊すべり面に存在するであろう mm 単位の細い根の直径階級別本数が推定可能な点である。

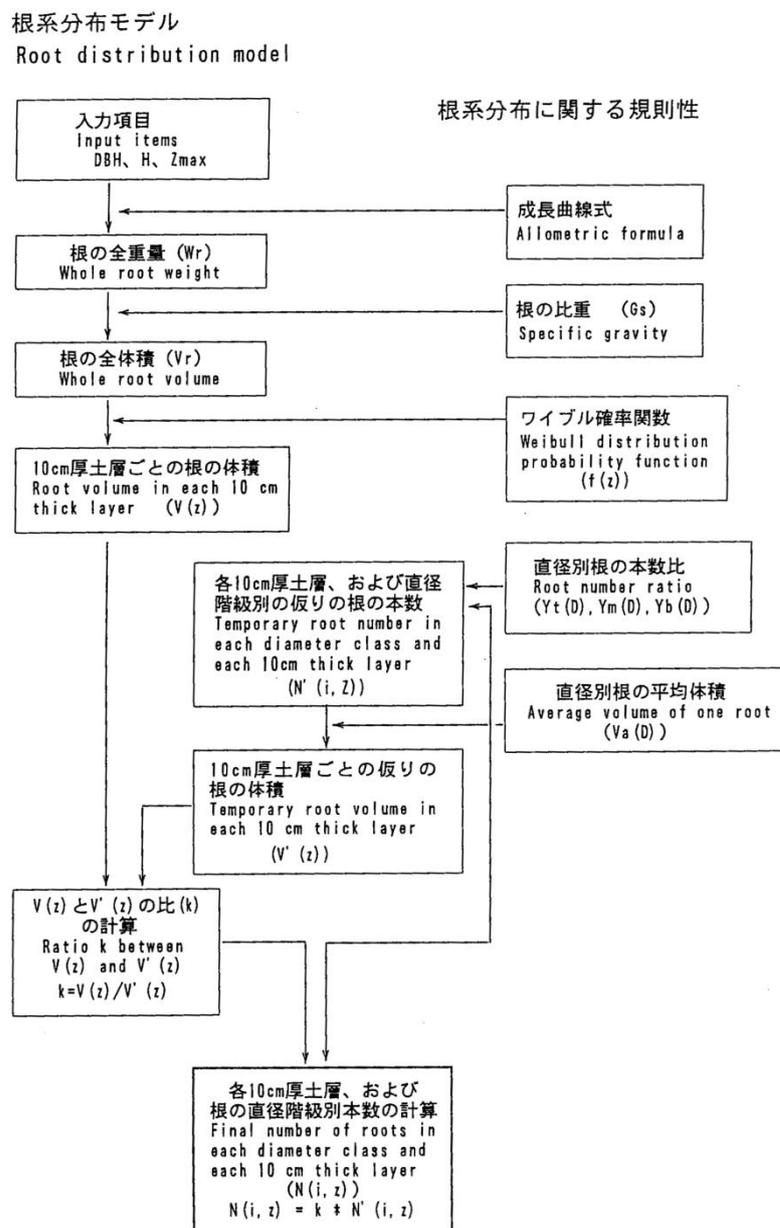


図 2.11 根系分布再現モデル（阿部、1997、文献番号 1）

## ■根の引抜き抵抗力による土の強度補強

1960年代から根系が発揮する抵抗力をせん断試験、原位置せん断試験等により、多くの調査がなされた。なかには小橋（1983）のように、「根の効果は内部摩擦角に表れる」とする研究もあったが、多くの研究で根の抵抗は土の粘着力増加をもたらす、とされている。

根の抵抗力は、Wu, 1979<sup>1</sup>が提示したように根の最大引張り力で評価する流れとなり、多くの根の引抜き試験が実施された。根の直径別に計測された最大引張り抵抗力は、図 2.13 に示す2軸散布図にプロットされ、直径に応じた最大引張り力の回帰線が樹種別に整理されている。

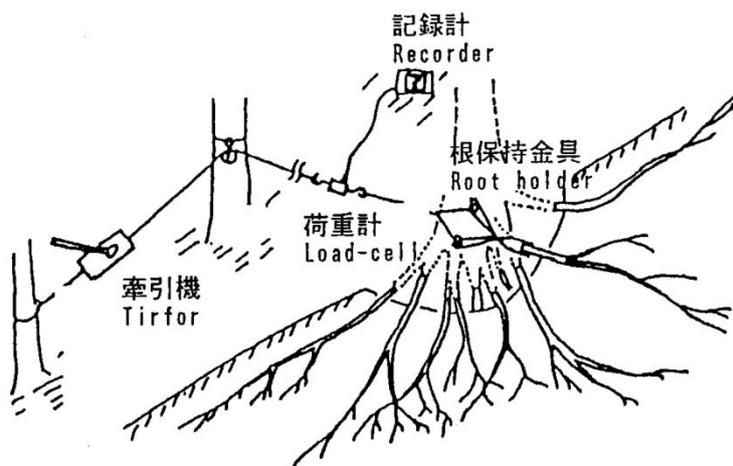


図 2.12 原位置引抜き試験模式図（阿部、1997、文献番号 1）

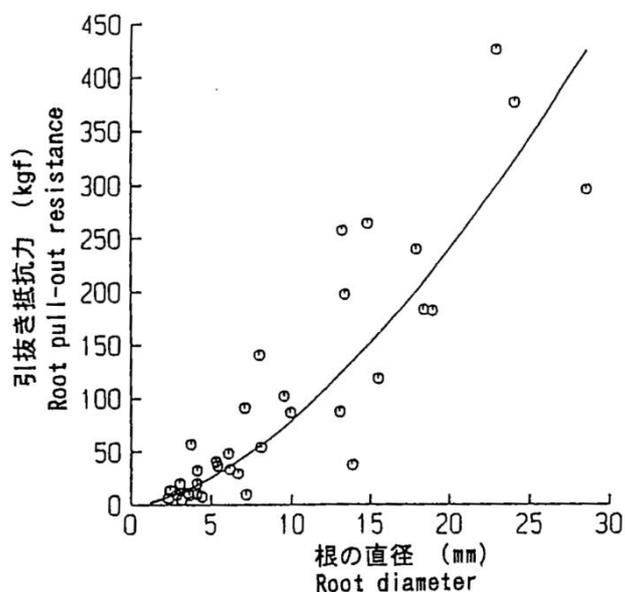


図 2.13 根の直径と引抜き抵抗力の関係（阿部、1997、文献番号 1）

<sup>1</sup> Wu TH, McKinnell WP, Swanston DN. (1979) : Strength of tree roots and landslides on Prince of Wales Island, Alaska Canadian Geotechnolgy Journal 16: 19-33.