

2. 根系調査

【仕様書項目①】

令和元年度の本事業において立案した現地調査計画表（別添資料１）、調査項目（別添資料２）及び根系調査方法（別添資料３）に基づき、現地調査を実施する。

森林の表層崩壊防止機能は樹木根系によりその多くが発揮されると考えられることから、次の２種類の現地調査を実施する。

- 2018 年広島豪雨災による崩壊地及びその近辺における現地根系調査（水平根、根量、簡易貫入試験等）。
- エリートツリーを対象とした樹木性状調査、根系抵抗試験。

2.1 調査項目

調査項目を表 2.1 に示す。

表 2.1 調査項目

区分	調査項目	細目	内容	備考
根系調査 5 箇所	地上部情報	単木（調査候補木）	樹高、胸高直径、樹冠長率、樹冠面積	調査候補木を含む林分情報を整理する。
		周辺対象木	立木情報、位置、胸高直径、密度	
		低木	樹種、樹高、根元直径、地上部重量	
	根系	水平根	樹種、直径、本数	
		根量	ヒノキ根系重量	
	土壌調査	断面調査	断面の観察 SH 貫入試験（10 箇所）	層位、土壌硬度、土色等の調査を行う。
エリート ツリー 5 本	調査地選定	ヒアリング	作業性、林齢等	
	樹木性状調査	単木 T/R 率	樹高、直径、樹冠長率、地上重量、地下重量、水平根、垂下根の割合	
	水平根引き抜き試験		調査木	

2.2 根系調査

2.2.1 調査概要

(1) 調査目的

苅住¹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。

北原²（2010）は、立木間の中央部分で根量はもっとも希薄で、崩壊が発生する際の側壁部分は立木間中央部であるとする考え方に基づき、さまざまな地域、樹種、林齢で立木間中央部での水平根の量を調査した。その上で、水平根による崩壊抵抗力を安定解析に反映させ、根系と崩壊防止機能を論じている。北原による森林の崩壊防止力 ΔC は、林野庁委託事業「平成 26 年度土砂流出防止のための森林施業方法に関する調査委託事業³」において、より詳細に検討され、胸高断面積合計と ΔC が比例関係にあることが判明した。

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⁴」で主張するように、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、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。

しかし、北原の ΔC と阿部の根量の関係を同一の樹木にて調査した事例はなく、本調査によってその関係性を整理することを目的とする。

なお、根系調査の樹種はすべてヒノキである。

(2) 調査内容

(i) 調査方法

2018 年広島豪雨災による崩壊地及びその近辺における現地根系調査、以下 1) および 2) を行う。また簡易貫入試験等を実施し、土壌特性を把握する。

- 1) 水平根の立木間中央までの根量（重量）（図 2.1）。
- 2) 立木間中央に露出する根の断面直径を樹種と共に測定する（図 2.2）。

¹ 苅住昇(2010)：最新樹木根系図説、誠文堂新光社、2066pp.

² 北原曜（2010）：森林根系の崩壊防止機能、水利科学、No.311、p.11-37

³ 林野庁(2015)平成 26 年度土砂流出防止のための森林施業方法に関する調査委託事業報告書、 p.4-29.

⁴ 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

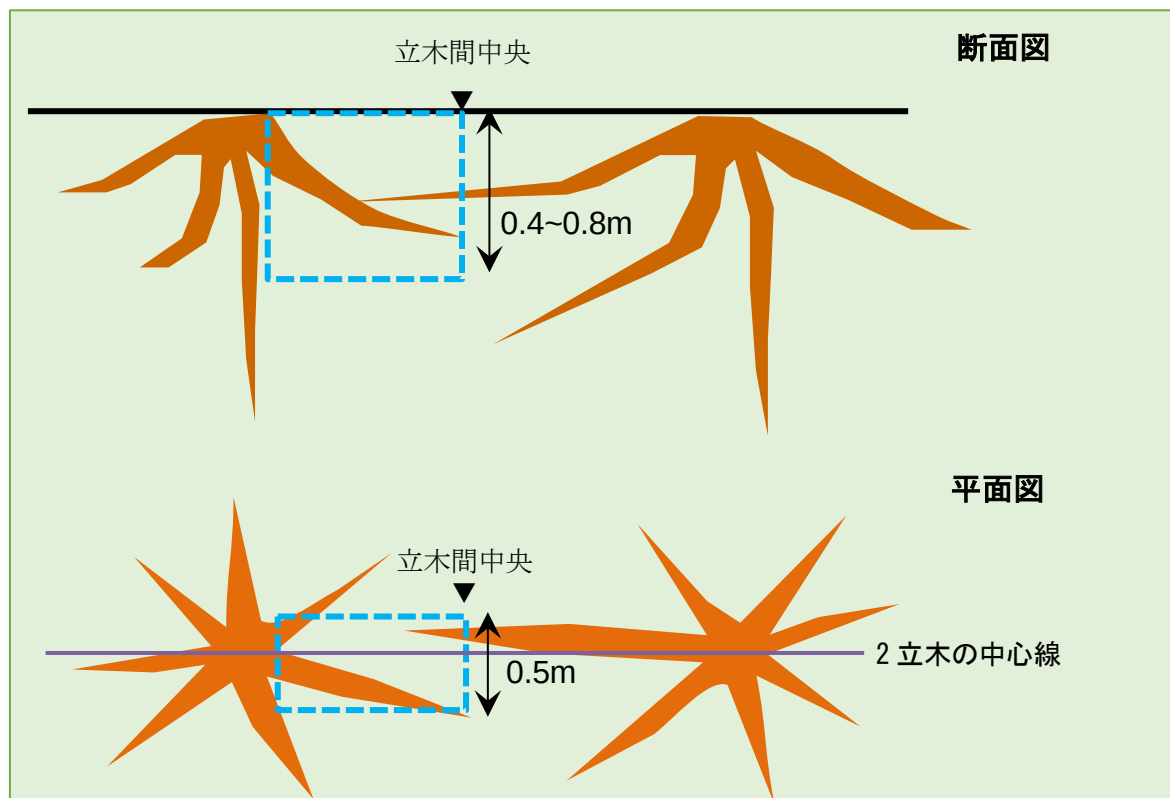


図 2.1 水平根の根量測定

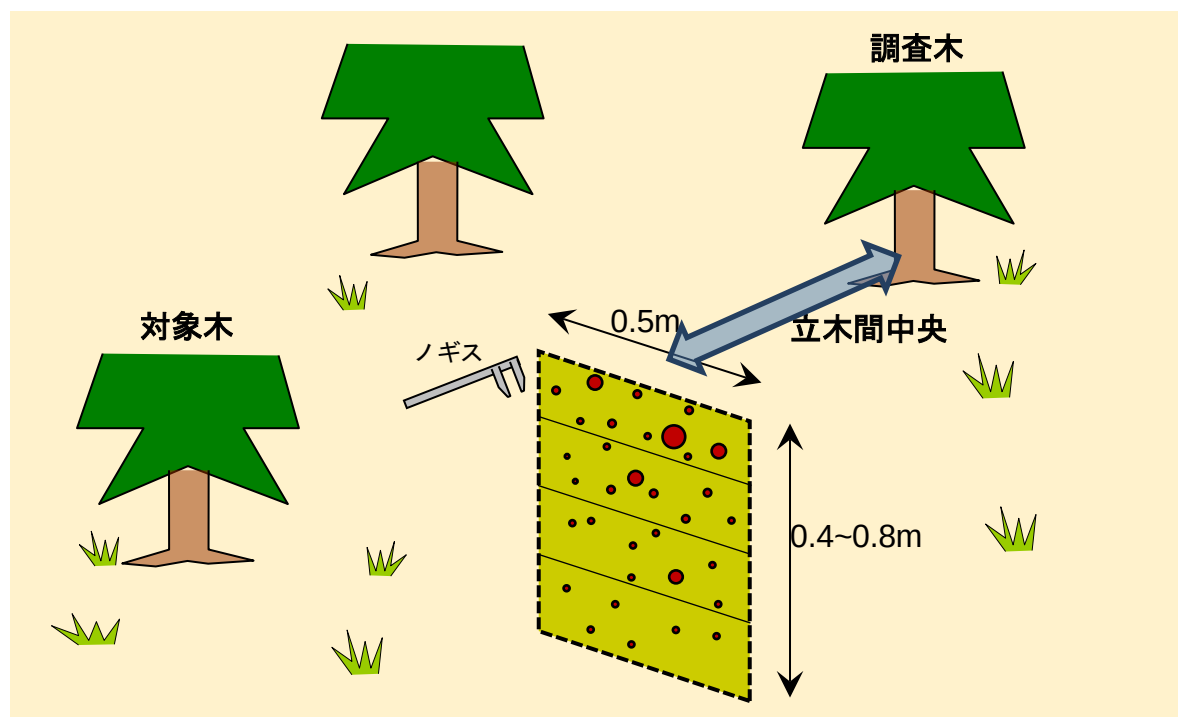


図 2.2 立木間中央の根量測定

(ii) 測定方法

測定方法を図 2.3 に示す。

手順は以下とする。

1. 掘削範囲を 20cm 掘り、そこに位置する根を全て切り取る。この時に、a)樹木の生根と b)ヒノキで間伐後経過した古い根に分ける。
2. 掘り取り後、エアークリーンし、a)、b)の重さをそれぞれ計量[Wr 算出根拠データ]する。なお、根重量は a)のみとなる。これが根の生重量となる。
3. 代表サンプルを選び、試験室等に持ち帰り、水洗いしたのち乾燥重量を測定する。
4. 生重量と乾燥重量の減少率を計算し、根量の乾燥重量を測定する。
5. 立木間中央部分にあたる場所の樹種と根径を測定[ΔC の算出根拠データ]する。

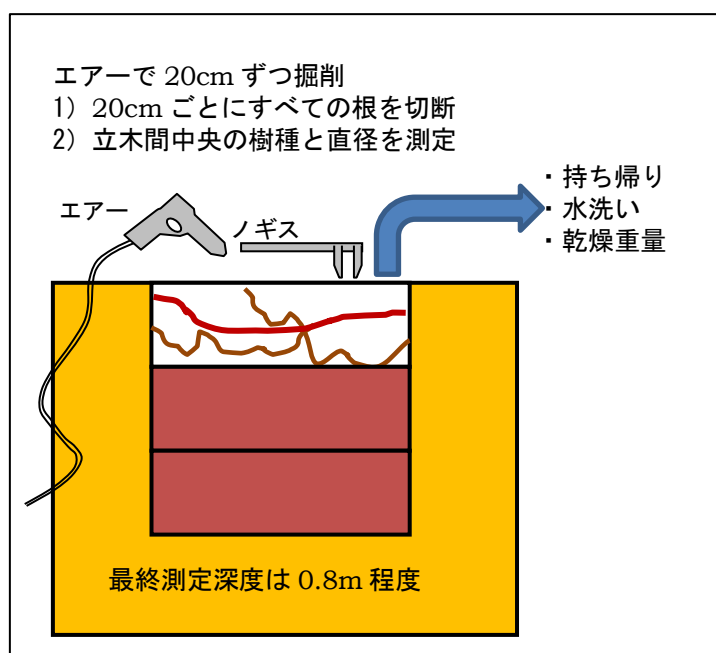


図 2.3 根量の測定方法

(iii) ΔC の算出方法

ΔC は、既存の回帰式により 1 本当たりの根系引抜抵抗力の合計により算出される。

$$T = a \times Db$$

T : 根 1 本あたりの引抜き抵抗

D : 直径[mm]

a、b は定数

具体的に、 ΔC は次式であらわされる。トレンチ断面に露出した 1mm 超の根すべての Y[kN]を足し合わせ、トレンチ断面積 A [m²]で除す。

$$\Delta C = \frac{1}{A} \sum_{x>2mm} T \quad [\text{kN/m}^2]$$

使用した定数をにまとめる。ヒノキは 3 つの式が提示されていたためそれぞれ計算した。

表 2.2 使用定数

樹種	定数 a	定数 b	引用元
ヒノキ	0.0123	1.8	野毛 (2002) ⁵
ヒノキ	0.023	1.68	相馬 (2006) ⁶
ヒノキ	0.0294	1.44	岩名 (2009) ⁷
広葉樹	0.0111	1.74	北原 (2002) ⁸

(3) 調査場所

調査場所は、表 2.3 に示す広島県呉市にある野路山国有林の 5 箇所である。図 2.4 に調査場所を示す。

表 2.3 調査場所

樹木 No	林小班	林齢	胸高直径 [cm]	樹高 [m]	法令等
16	540 林班た小班	24	12	7	水源涵養保安林 国立公園普通地域
5	540 林班は 1 小班	37	16	14	水源涵養保安林
17	540 林班は 2 小班	36	18	13	水源涵養保安林
15	542 林班ち小班	46	20	17	水源涵養保安林 国立公園第三種特別地域
14	544 林班り小班	60	22	17	国立公園第三種特別地域



図 2.4 調査場所

- ⁵ 野毛伴基(2002)ヒノキ林における水平根の崩壊防止機能の力学的評価——伐採 1 年後の伐根間における根系の補強強度——、信州大学農学部専攻研究論文
- ⁶ 相馬健人(2004)異なる土壌水分条件下におけるヒノキ根系の力学的評価、信州大学農学部専攻研究論文
- ⁷ 岩名祐・北原曜 他(2009)飽和条件下におけるヒノキ根系の引き抜き抵抗力、中部森林研究、57、187-190.
- ⁸ 北原曜、野毛伴基、小野裕(2002)ヒノキ林における水平根の崩壊防止効果、113 回日林論



540 林班 た小班 24 年生



540 林班 は 2 小班 36 年生



540 林班 は 1 小班 37 年生

写 2.1 調査林分 (1)



542 林班 ち小班 46 年生



544 林班 り小班 60 年生

写 2.2 調査林分 (2)

(4) 調査木

前年度の調査から、現地の航空 LP から推定した立木密度や胸高直径は、精度の面から疑問が残る結果であった。一方、林小班の施業履歴はわかっている。そこで、各林小班の施業履歴から、現在の立木密度、平均胸高直径を推定し、この値をその林小班の標準的な樹木と考え現地にて選定した。なお、立木密度や平均胸高直径の推定は、LYCS（収穫表作成システム）を使用した。

2 立木間の根の分布は、2 立木間の距離に影響を受ける。調査木は、対象木との 2 立木間距離から立木密度に換算し、断面積合計を計算した。そのため、1 調査木について、2 つの立木密度や断面積合計が算出されることになる。結果を表 2.4 に示す。

表 2.4 調査木と対象木

林小班		540 た		540 は 2		540 は 1		542 ち		544 り	
ID		16		17		5		15		14	
林 齢		24		36		37		46		60	
胸高直径 [cm]		13.5		18		19		21		23	
樹 高 [m]		8.85		15		14.8		16.45		16.6	
材積量 [m³]		0.052		0.197		0.156		0.265		0.318	
施業回数 (森林調査簿・造林簿等より)		1 回		2 回		2 回		2 回		3 回	
施業履歴 (間伐率) (森林簿・林班沿革簿等より)		11 年生 14%		11 年生 14% 20 年生 35%		11 年生 14% 20 年生 35%		15 年生 14% 33 年生 35%		16 年生 14% 39 年生 35% 45 年生 35%	
施業後経過年数 (2020 年度現在)		14 年		12 年		12 年		14 年		14 年	
LYCS 想定※¹	胸高直径 [cm]	14		18.5		18.5		20		23	
	立木密度 [本/ha]	2,462		1,522		1,522		1,360		843	
	立木間距離 [m]	2.0		2.6		2.6		2.7		3.4	
	断面積合計 [m²/ha]	37.9		40.9		40.9		42.7		35.0	
調査 2 立木	2 立木 DBH [cm]	13.5 ×	13.5 ×	18 ×	18 ×	19 ×	19 ×	21 ×	21 ×	23 ×	23 ×
		14.5	14	18	19	19	21.5	24	17.5	20	23.5
	立木間距離 [m]	2.1	1.9	2.5	1.6	2.3	3.1	2.7	1.5	3.2	3.4
	立木密度 [本/ha]	2,268	2,770	1,600	3,906	1,890	1,041	1,372	4,444	977	865
断面積合計 [m²/ha]		<u>37.5</u>	<u>42.6</u>	<u>40.9</u>	<u>110.8</u>	<u>53.9</u>	<u>37.8</u>	<u>62.4</u>	<u>106.9</u>	<u>31.2</u>	<u>37.5</u>

2.2.2 調査結果

(1) 水平根

水平根の根重測定結果を示す。表の濃淡は、各掘削範囲内の相対値であり、色が濃いほど高い（根の割合が多い）ことを示す。

(i) 540 た 24 年生

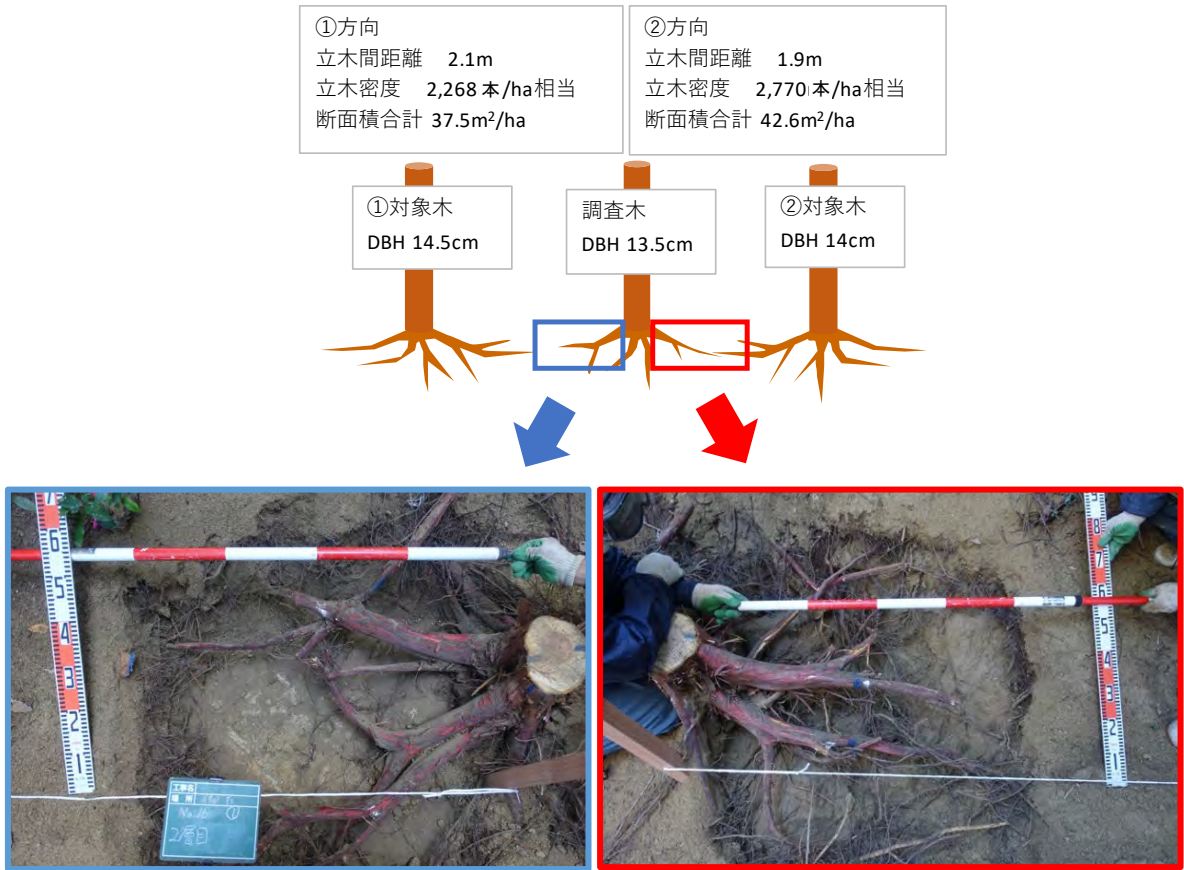


図 2.5 調査方法

表 2.5 根量の分布割合

		ブロック		3	2	1	
		距離[cm]	立木距離	105	70	35	
階層	深度	割合	割合	100%	67%	33%	合計
1	20	50%	11%	25%	60%	96%	
2	40	100%	2%	1%	1%	4%	
		合計		12%	26%	61%	100%

		ブロック		1	2	3	
		距離[cm]	立木距離	32	63	95	
階層	深度	割合	割合	33%	67%	100%	合計
1	20	50%	63%	25%	4%	92%	
2	40	100%	3%	3%	3%	8%	
		合計		65%	28%	6%	100%

表 2.6 根重 [g] 実測値

		ブロック		3	2	1	
		距離[cm]	立木距離	105	70	35	
階層	深度	割合	割合	100%	67%	33%	合計
1	20	50%	178	420	1,007	1,605	
2	40	100%	27	18	21	66	
		合計		205	439	1,027	1,671

		ブロック		1	2	3	
		距離[cm]	立木距離	32	63	95	
階層	深度	割合	割合	33%	67%	100%	合計
1	20	50%	1,763	715	102	2,580	
2	40	100%	74	83	71	228	
		合計		1,837	798	173	2,807

(ii) 540 は 2 36 年生

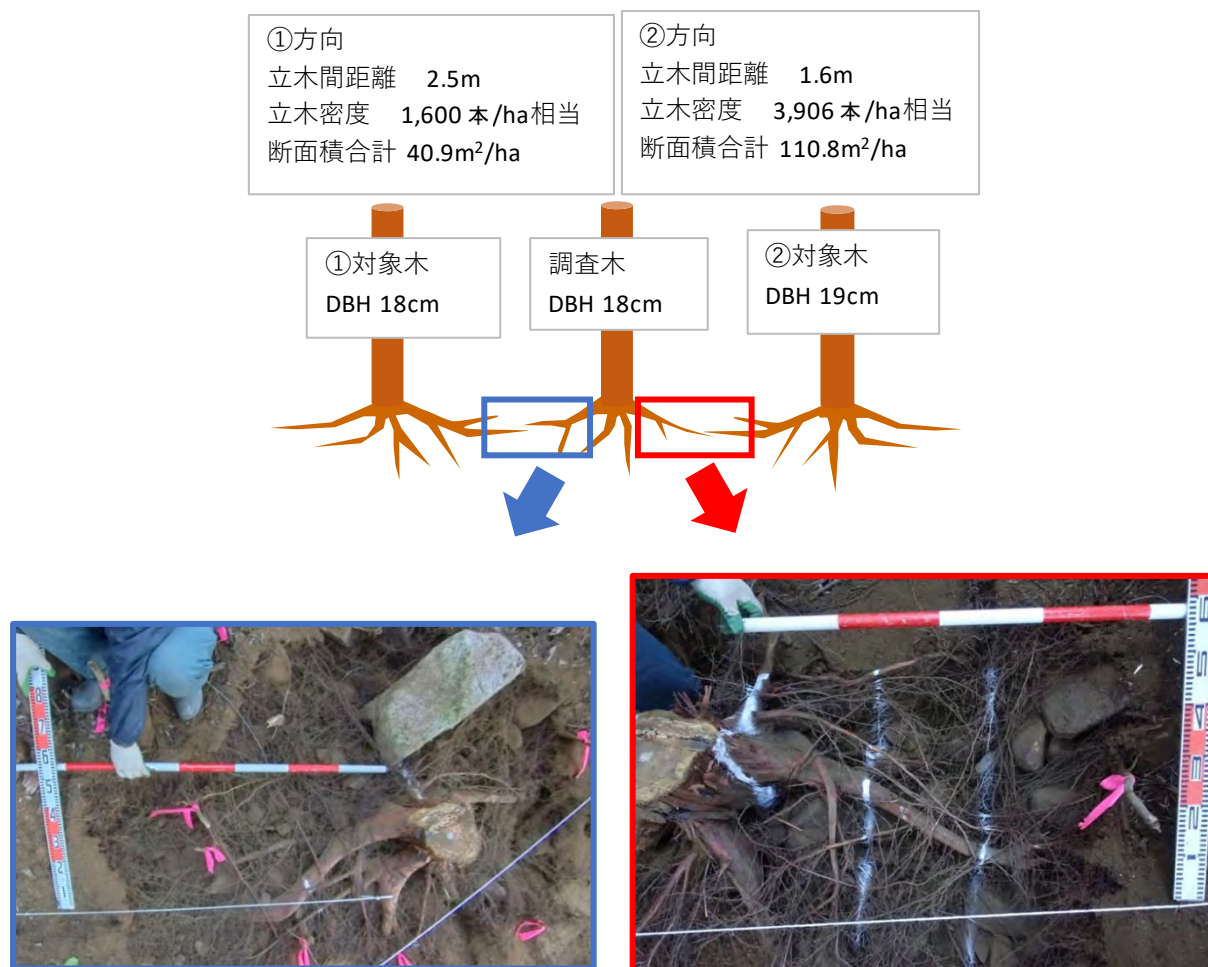


表 2.7 根量の分布割合

		ブロック	4	3	2	1	
距離[cm]		立木距離	125	94	63	31	
階層	深度	割合	100%	75%	50%	25%	合計
1	20	25%	1.6%	3.1%	12.5%	41.5%	59%
2	40	50%	0.9%	1.7%	1.8%	20.1%	24%
3	60	75%	0.9%	3.6%	3.5%	5.7%	14%
4	80	100%	石	石	0.8%	2.3%	3%
		合計	3%	8%	19%	70%	100%

		ブロック	1	2	3	
距離[cm]		立木距離	27	53	80	
階層	深度	割合	33%	67%	100%	合計
1	20	33%	46.8%	18.0%	2.5%	67%
2	40	67%	9.0%	5.9%	7.9%	23%
3	60	100%	4.0%	3.0%	2.9%	10%
		合計	60%	27%	13%	100%

表 2.8 根重 [g] 実測値

		ブロック	4	3	2	1	
距離[cm]		立木距離	125	94	63	31	
階層	深度	割合	100%	75%	50%	25%	合計
1	20	25%	67	126	512	1,694	2,398
2	40	50%	35	68	74	823	999
3	60	75%	38	147	143	231	560
4	80	100%	石	石	34	95	129
		合計	139	341	762	2,843	4,085

		ブロック	1	2	3	
距離[cm]		立木距離	27	53	80	
階層	深度	割合	33%	67%	100%	合計
1	20	33%	1,074	413	57	1,543
2	40	67%	207	136	182	525
3	60	100%	92	68	66	226
		合計	1,373	618	304	2,295