

(iii) 540 は 1 37 年生

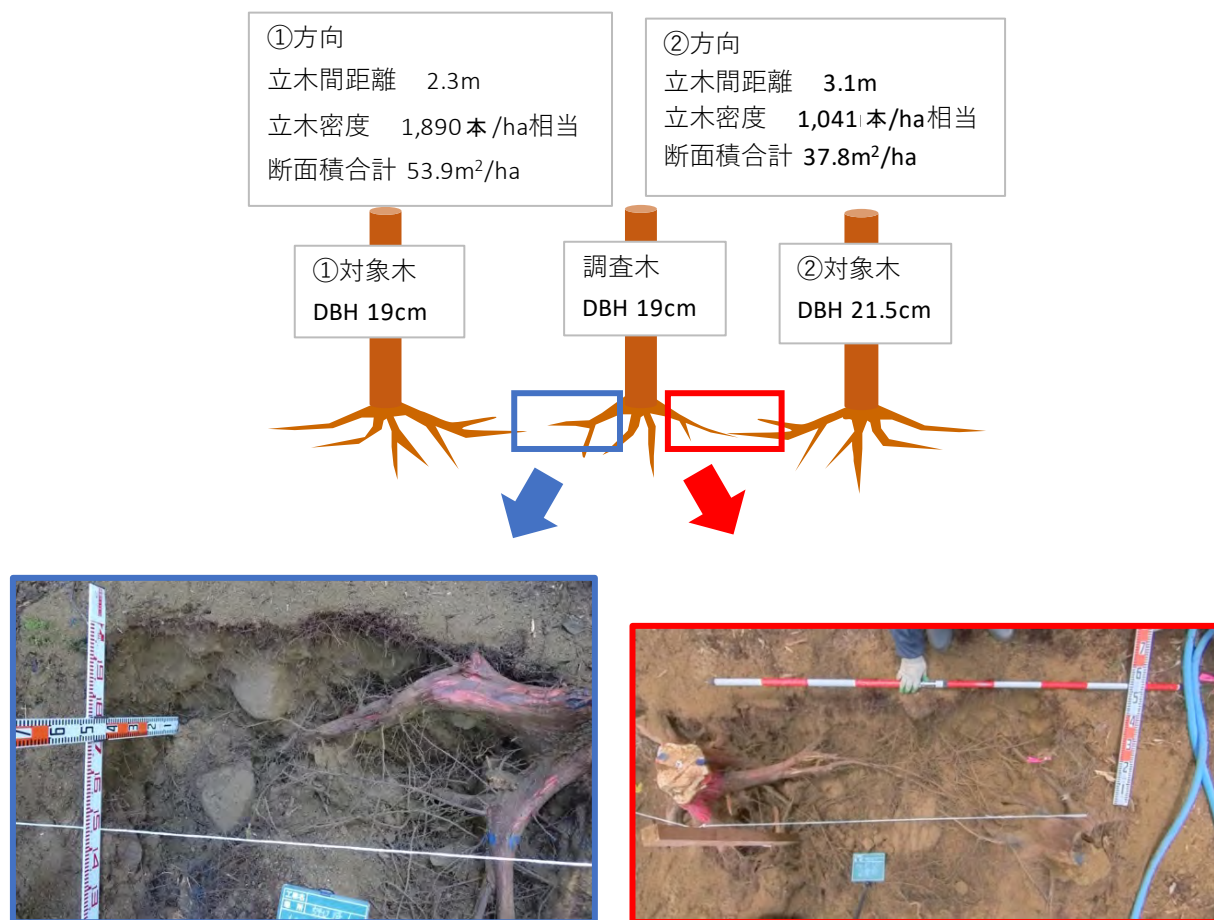


図 2.7 調査方法

表 2.9 根量分布の割合

		ブロック	4	3	2	1	
		距離[cm]	立木距離	115	86	58	29
階層	深度	割合	100%	75%	50%	25%	合計
1	20	25%	1.5%	1.3%	9.3%	38.6%	51%
2	40	50%	0.4%	0.8%	10.7%	15.9%	28%
3	60	75%	0.7%	4.9%	5.8%	1.7%	13%
4	80	100%	0.2%	3.7%	2.2%	2.3%	8%
		合計	3%	11%	28%	58%	100%

		ブロック	1	2	3	4	
		距離[cm]	立木距離	39	78	116	155
階層	深度	割合	25%	50%	75%	100%	合計
1	20	33%	37.0%	8.4%	0.7%	4.1%	50%
2	40	67%	14.3%	2.2%	4.3%	7.6%	28%
3	60	100%	3.8%	4.5%	7.1%	5.9%	21%
		合計	55%	15%	12%	18%	100%

表 2.10 根重 [g] 実測値

		ブロック	4	3	2	1	
		距離[cm]	立木距離	115	86	58	29
階層	深度	割合	100%	75%	50%	25%	合計
1	20	25%	78	67	494	2,044	2,683
2	40	50%	22	43	569	840	1,474
3	60	75%	39	259	306	89	693
4	80	100%	12	194	117	122	445
		合計	151	563	1,486	3,095	5,296

		ブロック	1	2	3	4	
		距離[cm]	立木距離	39	78	116	155
階層	深度	割合	25%	50%	75%	100%	合計
1	20	33%	972	220	18	109	1,319
2	40	67%	376	58	114	199	746
3	60	100%	101	118	185	156	559
		合計	1,449	395	317	463	2,625

(iv) 542 ち 46 年生

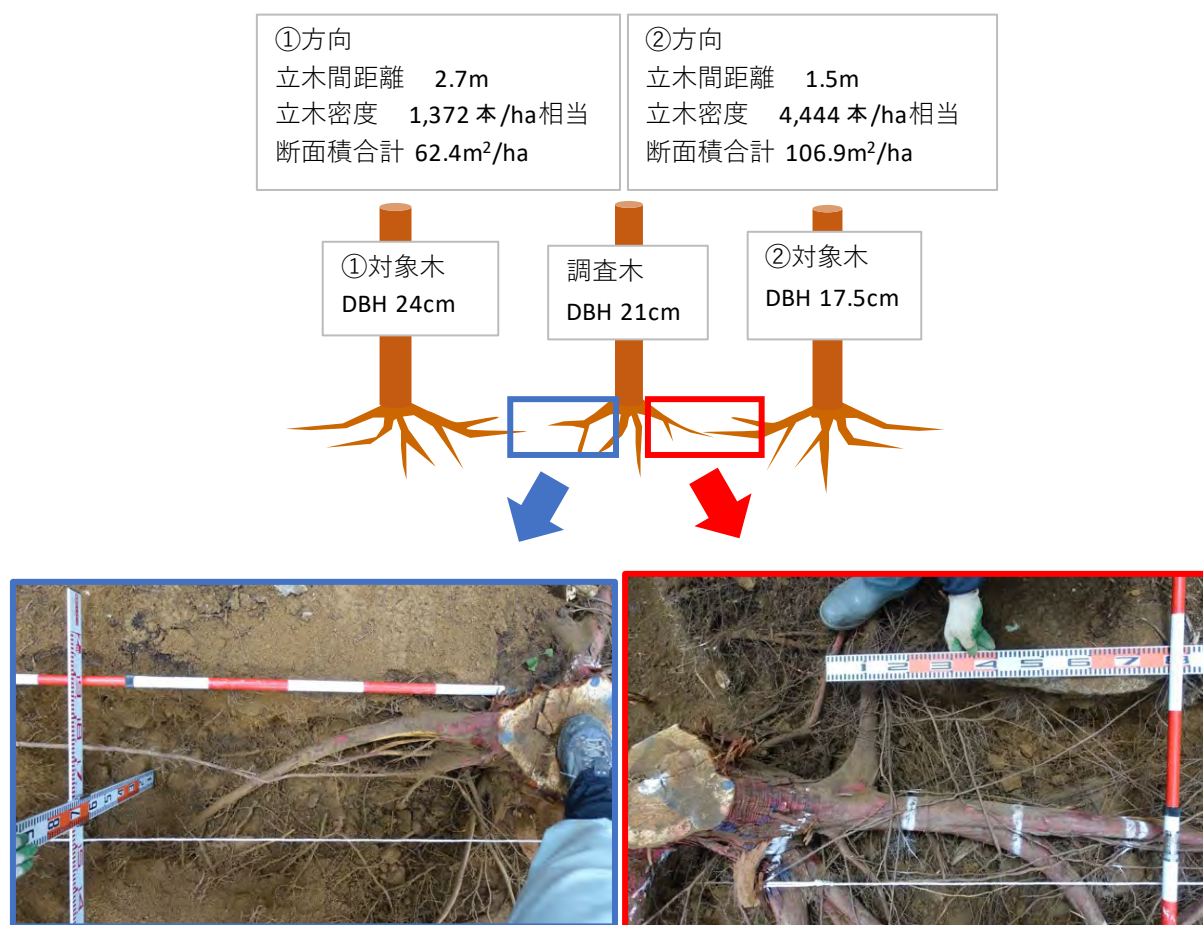


図 2.8 調査方法

表 2.11 根量分布の割合

		ブロック		4	3	2	1	
		距離[cm]	立木距離	135	34	34	34	
階層	深度	割合	100%	25%	25%	25%	合計	
1	20	25%	6.2%	2.8%	5.4%	41%	41%	
2	40	50%	2.4%	2.4%	8.2%	10%	10%	
3	60	75%	1.5%	1.3%	2.2%	12%	12%	
4	80	100%	石	石	石	4%	4%	
合計			10%	6%	16%	68%	100%	

		ブロック		1	2	3	
		距離[cm]	立木距離	25	50	75	
階層	深度	割合	33%	67%	100%	合計	
1	20	25%	44.1%	26.6%	12.8%	83%	
2	40	50%	1.1%	1.4%	0.5%	3%	
3	60	75%	11.2%	0.6%	0.4%	12%	
4	80	100%	0.3%	0.6%	0.4%	1%	
合計			57%	29%	14%	100%	

表 2.12 根重 [g] 実測値 (土付、乾燥前)

		ブロック		4	3	2	1	
		距離[cm]	立木距離	135	34	34	34	
階層	深度	割合	100%	25%	25%	25%	合計	
1	20	25%	214	97	184	1,406	1,901	
2	40	50%	82	81	282	354	798	
3	60	75%	50	44	77	422	593	
4	80	100%	石	石	石	142	142	
合計			346	222	542	2,323	3,434	

		ブロック		1	2	3	
		距離[cm]	立木距離	25	50	75	
階層	深度	割合	33%	67%	100%	合計	
1	20	25%	1,895	1,141	550	3,587	
2	40	50%	48	60	20	128	
3	60	75%	483	28	15	525	
4	80	100%	15	28	15	58	
合計			2,441	1,257	600	4,298	

(v) 544 リ 60 年生

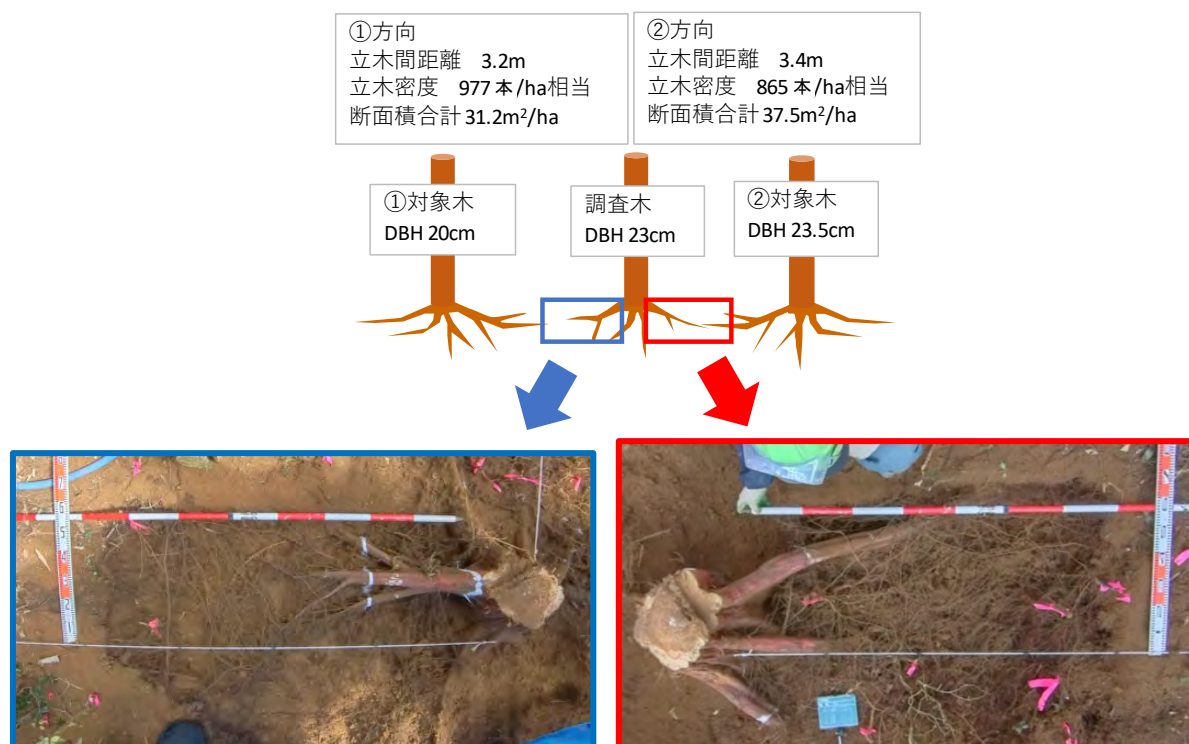


図 2.9 調査方法

表 2.13 根量分布の割合

		ブロック	4	3	2	1	
距離[cm]		立木距離	160	120	80	40	
階層	深度	割合	100%	75%	50%	25%	合計
1	20	33%	1.7%	2.0%	1.8%	38.0%	43%
2	40	67%	0.9%	1.2%	6.2%	24.9%	33%
3	60	100%	0.4%	4.3%	2.5%	16.2%	23%
		合計	3%	7%	10%	79%	100%

		ブロック	1	2	3	4	
距離[cm]		立木距離	43	85	128	170	
階層	深度	割合	25%	50%	75%	100%	合計
1	20	33%	34.0%	10.4%	1.4%	2.1%	48%
2	40	67%	32.6%	9.9%	2.1%	0.9%	46%
3	60	100%	2.8%	2.4%	0.8%	0.6%	6%
		合計	69%	23%	4%	4%	100%

表 2.14 根重 [g] 実測値

		ブロック	4	3	2	1	
距離[cm]		立木距離	160	120	80	40	
階層	深度	割合	100%	75%	50%	25%	合計
1	20	33%	94	115	102	2,155	2,465
2	40	67%	54	67	354	1,414	1,888
3	60	100%	21	244	140	917	1,321
		合計	168.3	425.0	594.8	4486.2	5,674

		ブロック	1	2	3	4	
距離[cm]		立木距離	43	85	128	170	
階層	深度	割合	25%	50%	75%	100%	合計
1	20	33%	2,577	788	109	155	3,630
2	40	67%	2,472	750	158	71	3,452
3	60	100%	210	180	58	43	491
		合計	5258.9	1718.0	325.6	270.0	7,572

(2) 立木間中央

中木間中央断面の状況を示す。

(i) 540 た 24 年生

①方向断面

2 立木 DBH[cm]	13.5×14.5
立木間距離[m]	2.1
立木密度[本/ha]	2,268
断面積合計[m ² /ha]	37.5



②方向断面

2 立木 DBH[cm]	13.5×14
立木間距離[m]	1.9
立木密度[本/ha]	2,770
断面積合計[m ² /ha]	42.6



(ii) 540 は 2 36 年生

①方向断面

2 立木 DBH[cm]	18×18
立木間距離[m]	2.5
立木密度[本/ha]	1,600
断面積合計[m ² /ha]	40.9



②方向断面

2 立木 DBH[cm]	18×19
立木間距離[m]	1.6
立木密度[本/ha]	3,906
断面積合計[m ² /ha]	110.8



(iii) 540 は 1 37 年生

①方向断面

2 立木 DBH[cm]	19×19
立木間距離[m]	2.3
立木密度[本/ha]	1,890
断面積合計[m ² /ha]	53.9



②方向断面

2 立木 DBH[cm]	19×21.5
立木間距離[m]	3.1
立木密度[本/ha]	1,041
断面積合計[m ² /ha]	37.8



(iv) 542 ち 46 年生

①方向断面

2 立木 DBH[cm]	21×24
立木間距離[m]	2.7
立木密度[本/ha]	1,372
断面積合計[m ² /ha]	62.4



②方向断面

2 立木 DBH[cm]	21×17.5
立木間距離[m]	1.5
立木密度[本/ha]	4,444
断面積合計[m ² /ha]	106.9



(v) 544 リ 60 年生

①方向断面

2 立木 DBH[cm]	23×20
立木間距離[m]	3.2
立木密度[本/ha]	977
断面積合計[m ² /ha]	31.2



②方向断面

2 立木 DBH[cm]	23×23.5
立木間距離[m]	3.4
立木密度[本/ha]	865
断面積合計[m ² /ha]	37.5



(3) 土層調査

(i) 540 た 24 年生

- 土壌は風化花崗岩のマサ土。
- 土層は、A 層が 10cm 程度まで細根が多い。以深は、B_A 乾性褐色森林土。
- 土色は、2.5YR6/4。
- SH 型土壌貫入試験の結果からも 30～40cm の深さに硬い層がある。掘削しても、40cm 以深に岩層が現れた。
- 山中式土壌硬度計の数値は、いずれの層も 27mm 未満で根の伸長可能硬度。

(ii) 540 は 2 36 年生

- 岩が多く SH 型貫入試験の結果では 50cm 程度で根の侵入限界が出る。
- 掘削すると、大きな転石のような石が出てこれに当たり掘削できない。最深 80cm 程度にて巨大な転石に当たる。
- A 層が 10cm 程度、以深は B_D 適潤性褐色森林土。
- 土色は、2.5YR7/4。
- 山中式土壌硬度計の数値は、いずれの層も 27mm 未満で根の伸長可能硬度。

(iii) 540 は 1 37 年生

- 540 は 2 と同様の崩積土、そのため岩が多く SH 型貫入試験の結果では浅い層までしか測定できない。
- 掘削すると、大きな転石のような石が出てこれに当たり掘削できない。最深 80cm 程度にて石が大きくなり掘削困難。
- A 層が 10cm 程度、以深は B_D 適潤性褐色森林土。
- 土色は、10YR6/3 と 540 は 2 などと比較して黒色が強い。微地形から周辺からの崩積土が体積している箇所と推定される。
- 山中式土壌硬度計の数値は、いずれの層も 27mm 未満で根の伸長可能硬度。

(iv) 542 ち 46 年生

- SH 型貫入試験の結果では、100～130cm で根の侵入限界。
- A 層は 15cm 程度、以深は B_D 適潤性褐色森林土。
- 根は 80cm 以深にも到達していたが、石が多く、掘削調査が困難
- 土色は、2.5Y7/4。
- 山中式土壌硬度計の数値は、いずれの層も 27mm 未満で根の伸長可能硬度。

(v) 544 り 60 年生

- SH 型貫入試験の結果では、60～80cm で根の侵入限界。
- 掘削すると、60cm で岩盤、滞水しているようで、細根が根腐れ。
- A 層は 15cm 程度、以深は B_D 適潤性褐色森林土。
- 土色は、2.5Y7/4。
- 山中式土壌硬度計の数値は、いずれの層も 27mm 未満で根の伸長可能硬度。

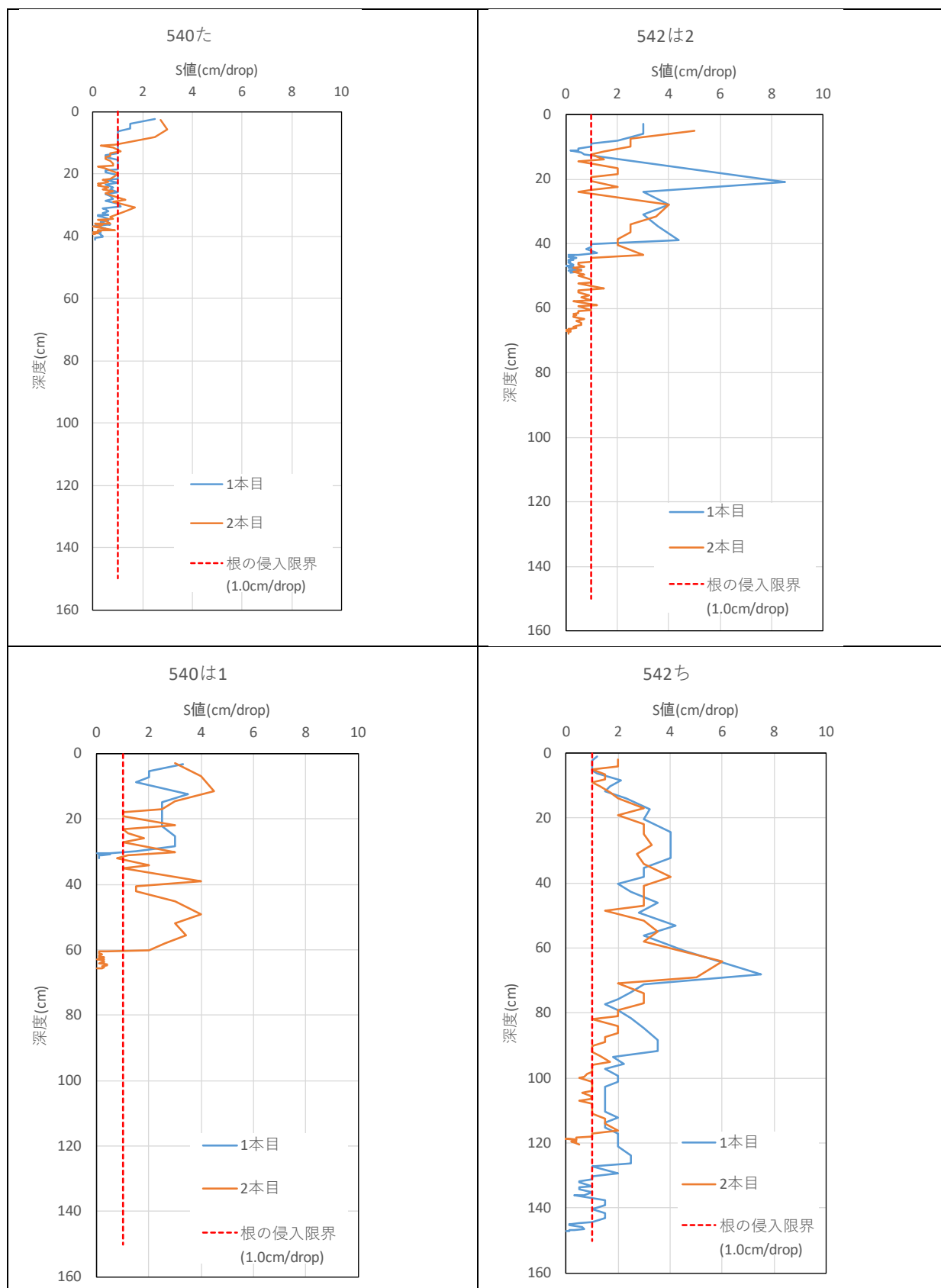


図 2.10 SH 型土壌貫入計測結果 (1)

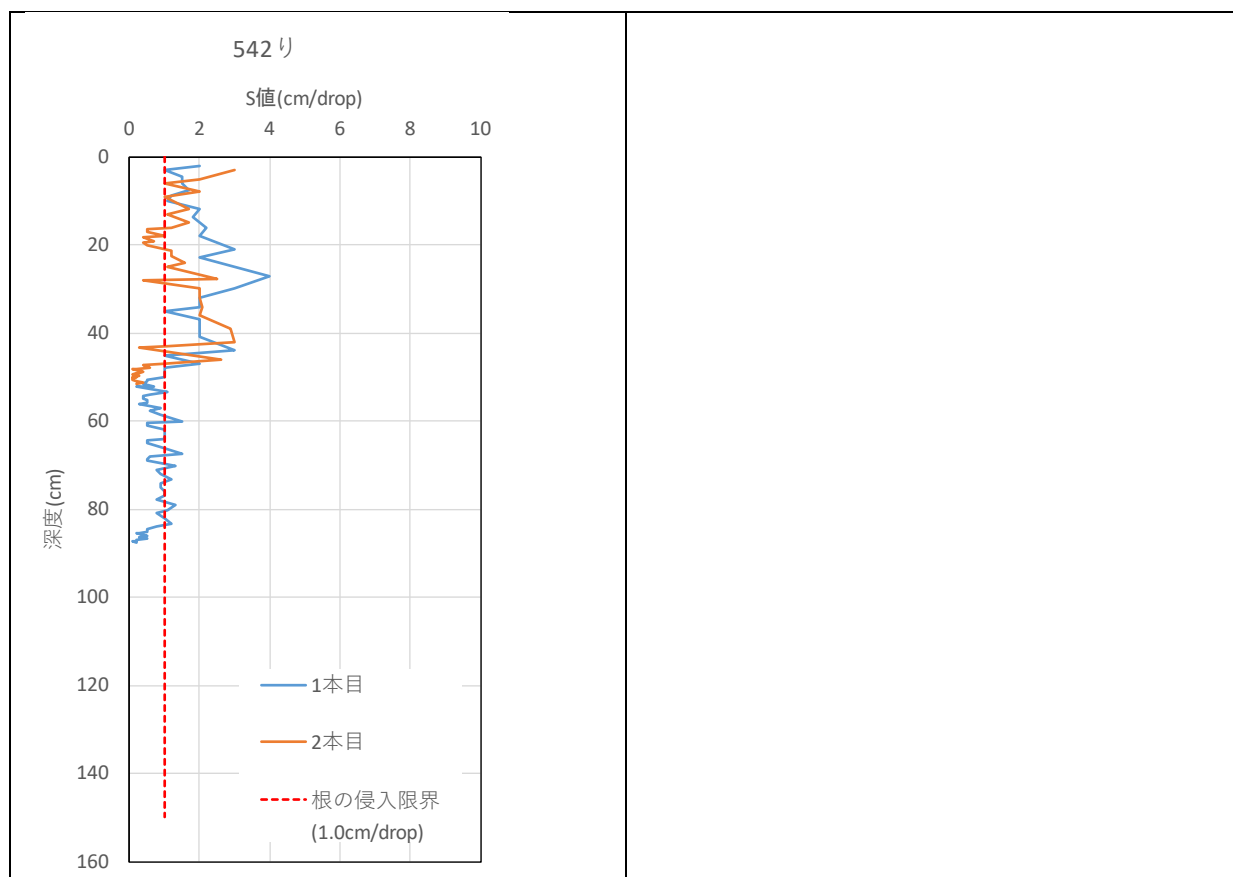


図 2.11 SH 型土壤貫入計測結果 (2)

2.2.3 根系調査結果まとめ

樹木情報および根重、 ΔC の調査結果を表 2.15 に示す。

表 2.15 根系調査結果まとめ

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		
毎 木 調 査 結 果 小 班 の 標 準 地	平均胸高 直径[cm]	10.8		25.2		19.4		17.6		27.2		
	立木密度 [本/ha]	2,548		1,300		1,592		1,950		1,170		
	断面積合 計[m²/ha]	23.3		64.8		47.1		47.4		68.0		
調 査 2 立 木	2 立木 DBH[cm]	13.5 × 14.5	13.5 × 14	18 × 18	18 × 19	19 × 19	19 × 21.5	21 × 24	21 × 17.5	23 × 20	23 × 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]	37.5	42.6	40.9	110.8	53.9	37.8	62.4	106.9	31.2	37.5	
水 平 根 根 重	1 掘削量当 [kg]	1.67	2.81	4.08	2.29	5.30	2.62	3.43	4.30	5.67	7.57	
ΔC [kN/m²] ※2	3 回 帰 式 平 均 ※3	1 層	15.3	12.5	3.0	12.4	1.9	5.0	30.4	37.4	4.0	5.8
		2 層	1.1	4.2	1.0	10.6	1.0	4.9	2.0	0.6	0.8	3.2
		3 層			4.2	2.9	1.8	1.5	0.9	1.7	0.4	0.8
		4 層					3.2			1.2		
		合 計	16.4	16.7	8.3	25.9	8.0	11.3	33.3	40.9	5.2	9.8

※1：林齢と施業回数・施行時期より推定した小班の標準的な値

※2：調査断面は幅 0.5m であるため、2 倍した値

※3：野毛（2002）、相馬（2004）、岩名（2009）の回帰式から算出した値を平均

(1) 根重と材積量

根系調査を実施した樹木の胸高直径、樹高から計算した材積量と根重の関係を示す。なお、根重は、1本の樹木に対して2方向の水平根重の合計値としている。つまり、1本の樹木の水平根重量を示す値と考えられる。結果は、標本数が5と少ないためか関係性は見られないが、やや傾向はあると思われる。材積量は地上部のバイオマス量を示す値であり、この値と測定した根重量の関連性が高いということは、根重は樹木1本の根系環境を示す値と思われる。

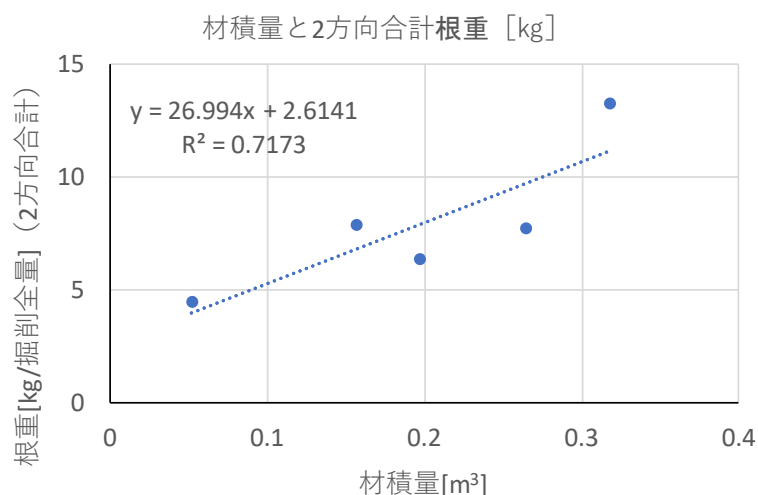


図 2.12 材積量と根重

(2) 根量と ΔC の関係

本調査は、2立木間中央までの水平根重量と、2立木間中央断面に出現する水平根の根直径、樹種の区別を行った。樹種ごとの根直径の値を活用し、断面の合計引き抜き抵抗 (ΔC) を算出した。

図 2.13 根重 (水平根) と ΔC の関係は、相関性が低いという傾向を示す。

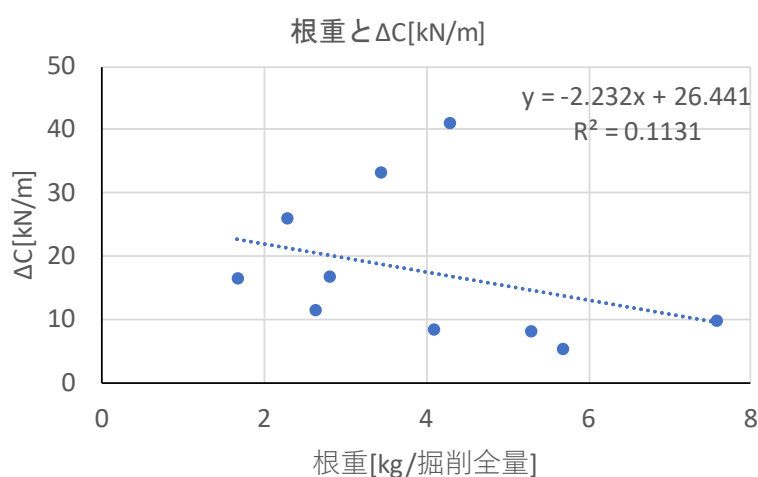


図 2.13 根重と ΔC の関係

(3) ΔC と断面積合計

ΔC は、断面積合計 [m^2/ha] (胸高直径と立木密度から算出) と関連性が高い。本調査の立木密度の

算出方法は、①根系調査を実施した 2 立木間の距離から換算した立木密度と、②小班の毎木調査から算出した立木密度がある。

図 2.14 ΔC は①2 立木間の距離から換算した断面積合計と ΔC は高い相関関係を示す一方、②小班毎木調査結果から算出した断面積合計との関連性は低い。

ΔC は、狭い範囲の根系情報を整理しやすい指標といえる。

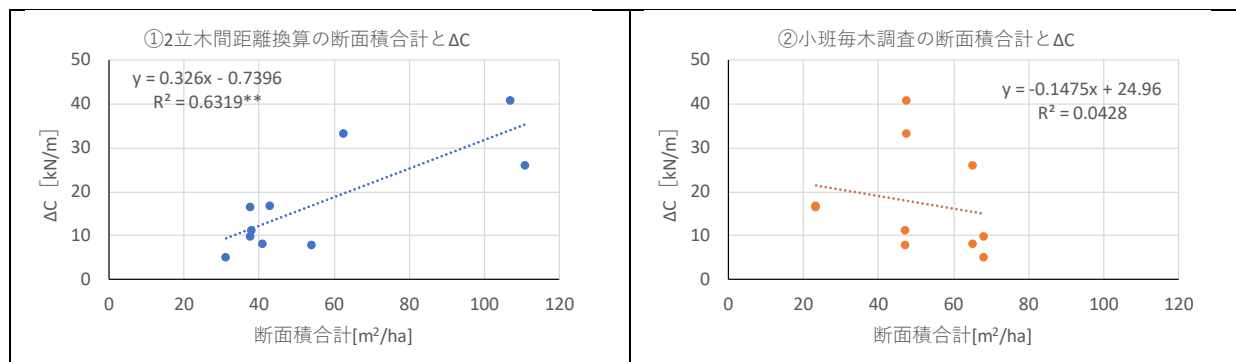


図 2.14 断面積合計と ΔC の関係

(4) 根重と断面積合計

図 2.15 は、①2 立木間の距離から換算した断面積合計 2 立木間距離から換算した断面積合計と②小班毎木調査結果から算出した断面積合計と根重の関係を示したものである。

いずれも相関関係はないが、②小班毎木調査結果から算出した断面積合計の方は寄与率が高く、関連性が高い。

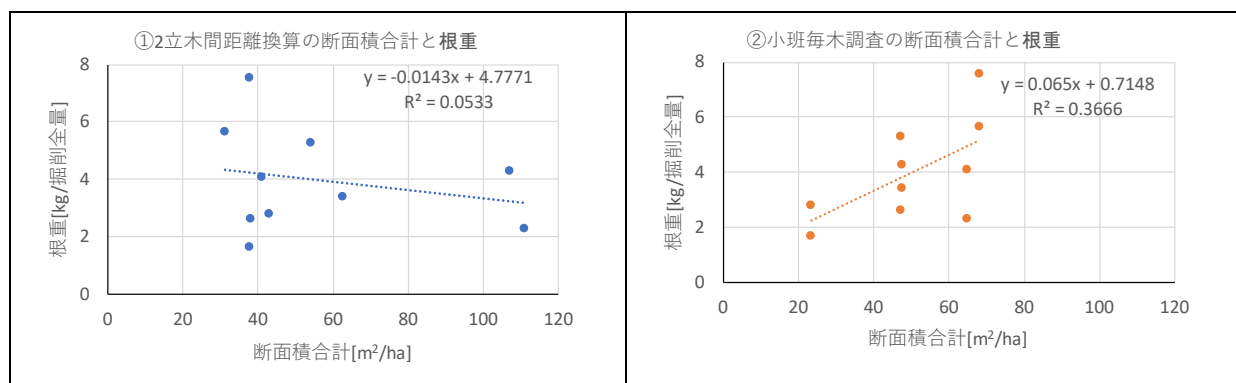


図 2.15 断面積合計と根重の関係

(5) まとめ

- 2 立木間から換算した断面積合計では 100m²/ha 以上という、最多密度以上の想定しにくい値が存在する。
- 2 立木間という狭い範囲を見るとそのような密度は存在するが、林分全体をみると現実的とはいえない。土砂崩壊防止機能を評価するという使い方をする場合、根量の方が説明しやすい指標であるかもしれない。
- ΔC は 2 立木間の狭い範囲の林分情報を特徴づける値であり、根量は小班などもう少し広い範囲の林分情報を特徴づける値といえる。

2.3 エリートツリー

2.3.1 調査目的

エリートツリーの成長特性は優れるが、地下部(根系)について早期成長を確認した事例は⁹少ない。荻住¹⁰は、樹木と根系の生長に関して、胸高直径が深く関わることを明らかにしている(図 2.16)。

エリートツリーについては、根系と胸高直径の関係を整理することが必要である。

エリートツリーとは、第1世代精英樹同士を交配させた第2世代精英樹の中から特に優れた個体を選抜したものであり、林齢が若い個体が多い。そこで、同齡林でも胸高直径の異なる調査木を選定し、胸高直径と地下部の関係を整理する。

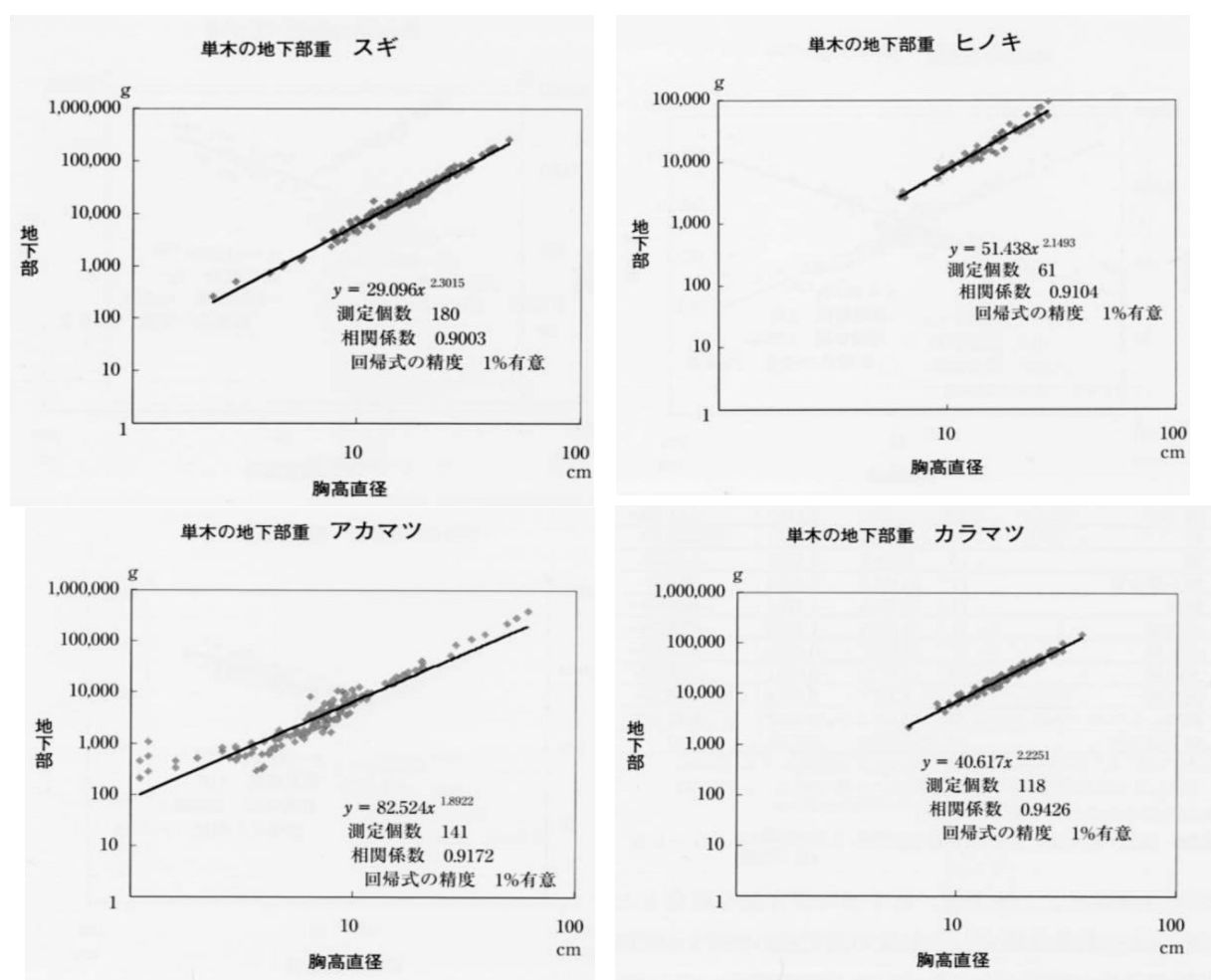


図 2.16 胸高直径と根量の相関図イメージ

2.3.2 調査場所

調査場所は、森林総合研究所 林木育種センターより紹介を受けた九州森林管理局内の検定林中から、林齢などを考慮して「宮崎森林管理署都城支署 黒原国有林 3017 林班ほ小班」および、「熊本森

⁹ 川野康朗・岡田康彦(2019): エリートツリーの開発・普及による「緑の国土強靱化」へ向けて、水利科学、63、21-39.

¹⁰ 荻住昇 (2010): 最新樹木根系図説、誠文堂新光社、2066pp.

林管理署 熊野岳国有林 159 林班と 1 小班」を選定した。

調査場所および検定林の諸元を（表 2.16）に示す。

表 2.16 提案を受けた検定林

検定林名	所在地	森林管理署	林班	植栽年、月	林齢
九熊本 162 号	宮崎県えびの市	宮崎森林管理署 都城支署	黒原国有林 3017 ほ	2012.3 植栽	9
九熊本 147 号	熊本県玉名市	熊本森林管理署	熊野岳国有林 159 と 1	2004.3 植栽	17

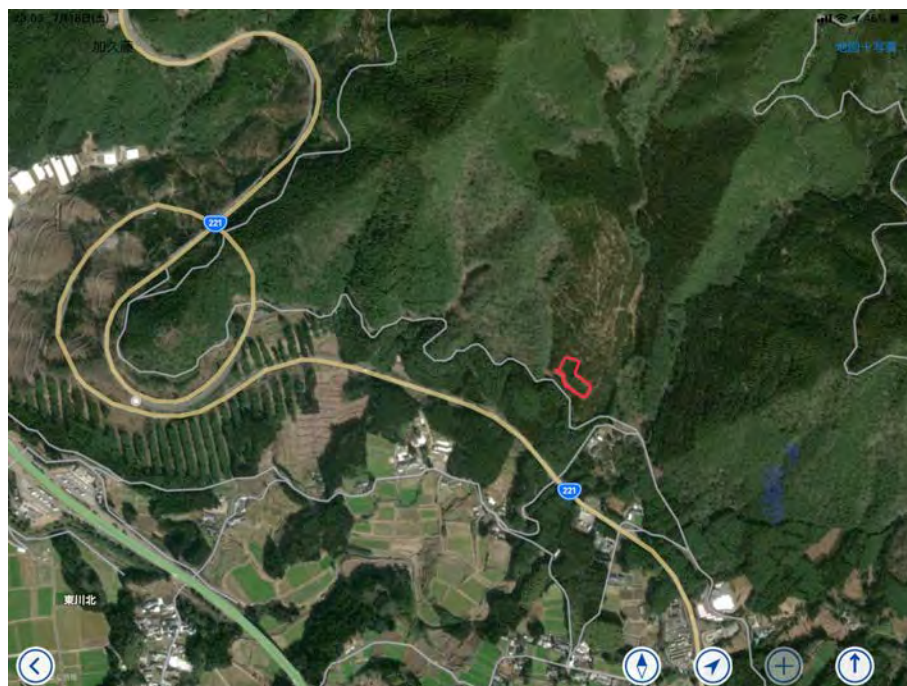


図 2.17 九熊本 162 号検定林（宮崎森林管理署都城支署）

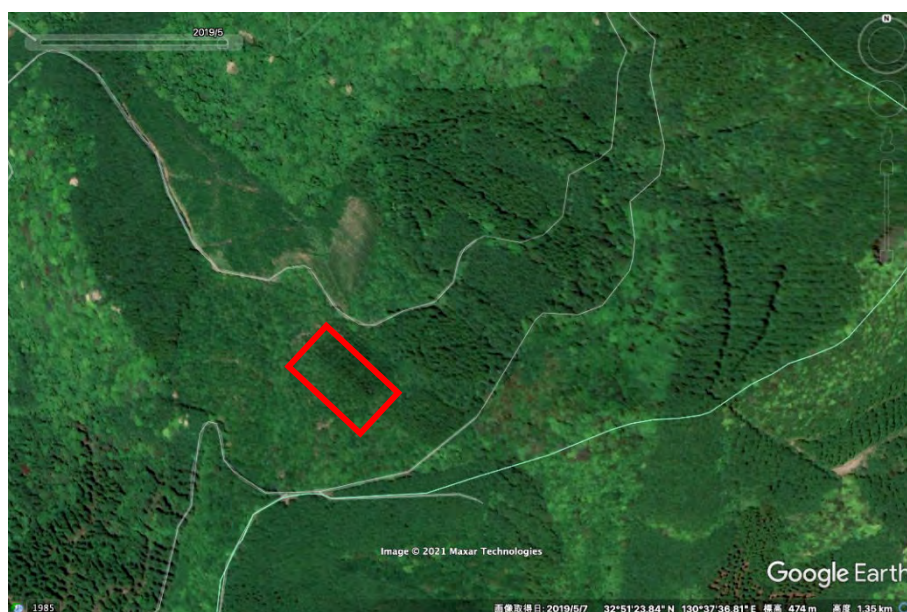


図 2.18 九熊本 147 号検定林（熊本森林管理署）