

6. 次年度根系調査計画案

次年度（令和 2 年度）は、現地にて詳細調査（土壌調査、根系調査）を予定する。土壌調査は根系調査の掘削に伴い、あわせて実施する予定であることから、ここでは根系調査の具体を提示する。

6.1 次年度根系調査方法

次年度は、森林の崩壊防止機能を評価する指標として、 ΔC と Wr に着目し、整理を進めていく。そのために、 ΔC と Wr と森林と根系の関係を整理できる根系調査を実施する。

ΔC と Wr が共に断面積合計に関係することを考えると、それ以外の条件が同一で、胸高直径と密度が異なる調査地の選定が必要であると考えられる。比較する要因（案）を図 6.1 に示す。

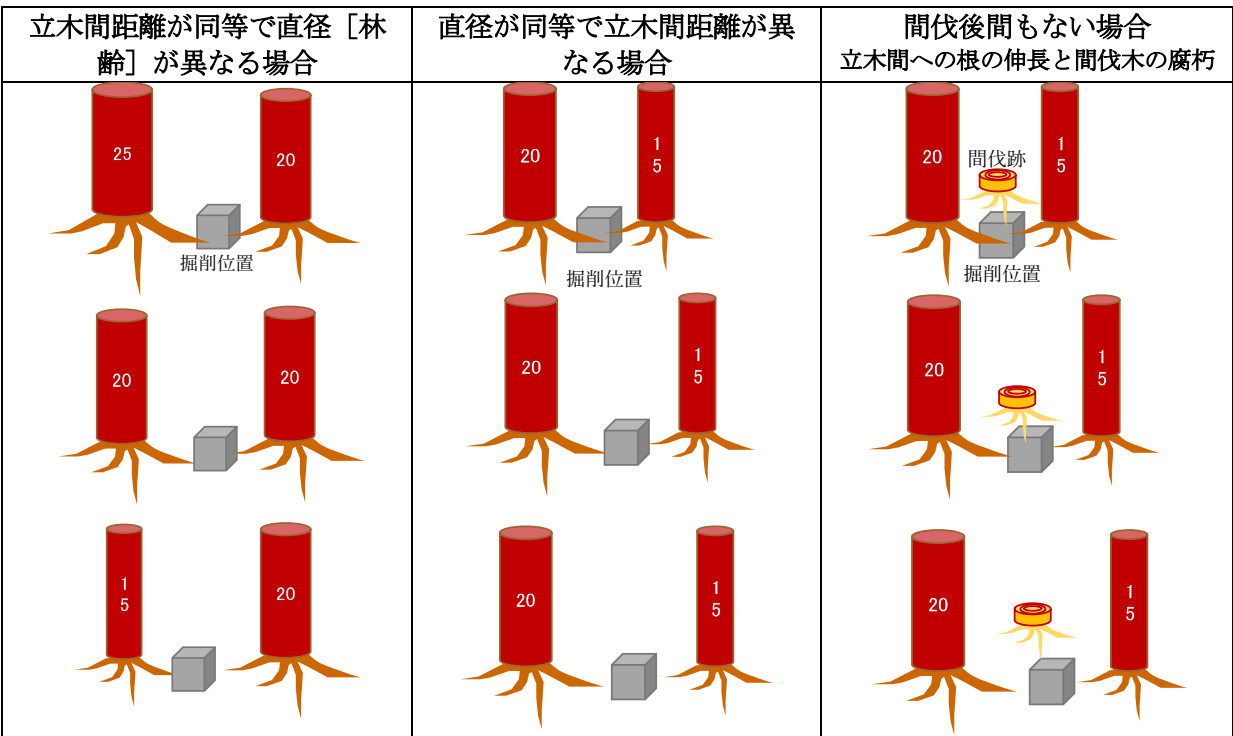


図 6.1 比較要因の選定の例

6.2 根系調査方法

6.2.1 調査箇所

根系調査箇所は、最も根が少ないと考えられる立木間中央（図 6.1 の樹種と根系断面直径（ ΔC ）、根重量を測定する。

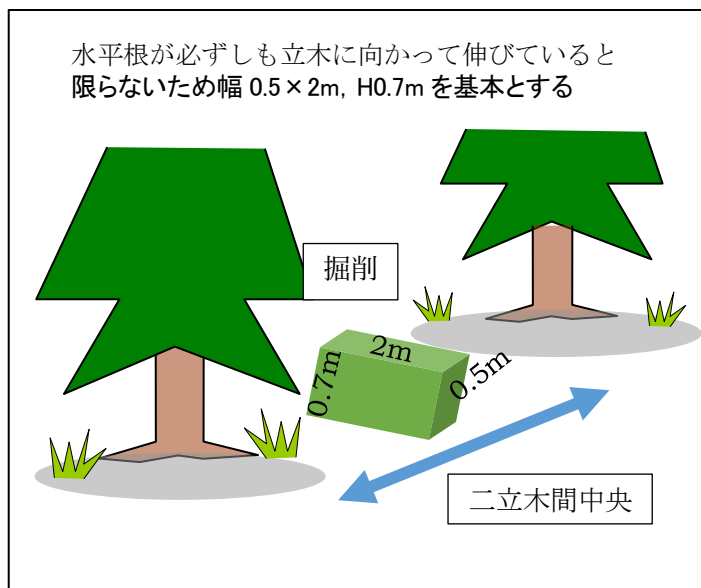


図 6.2 掘削位置

6.2.2 根系測定サイズ

測定サイズは、図 6.3 のように、立木間中央を幅 $0.5 \times 2\text{m}$ 、 10cm ごとの ΔC （樹種と根系断面直径）、 0.7m 程度とし、樹木サイズの根系成長深度に合わせて変更していく。

根直径、根重量の値は $50 \times 50\text{cm}$ 、深さ 10cm ごとに集計する。そのため、根直径の正確な位置は測定できない。

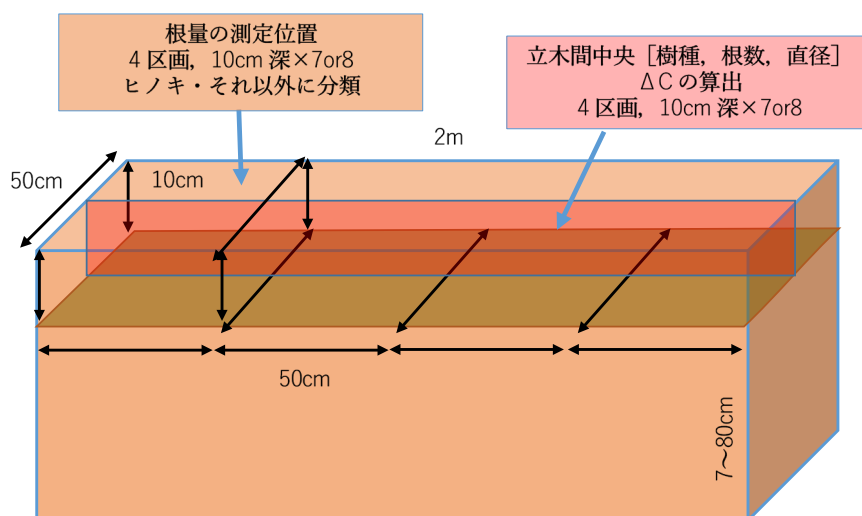


図 6.3 根系調査サイズ

6.2.3 測定方法

測定方法は以下の手順とする。

1. 立木間中央部分を 10cm 掘り、中央部分にあたる場所の樹種と根径を測定する。
2. 直径測定後、直径 50cm 四方を掘り取り、そこに位置する根を全て切り取る。この時に a) ヒノキと b) それ以外の樹種、c) ヒノキで間伐後経過した古い根の 3 つに分ける。
3. 掘り取り後、エアー洗浄し $a \cdot b \cdot c$ の 3 つの重さをそれぞれ計量する。これが根の生重量となる。
4. 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。
5. 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。

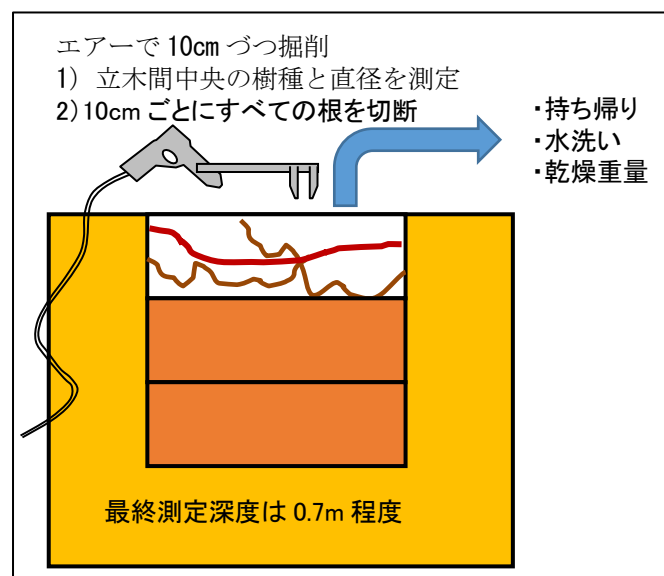


図 6.4 調査方法

6.3 根系調査を実施する森林

5章で、広島5箇所、愛媛5箇所の計10箇所において現地確認を行った。両者ともヒノキ林であり、国有林である広島の施業情報が充実していることから、広島ヒノキ林を対象とする調査計画案を提示する。

5章の表5.6に示す広島国有林の小班540た、541そ、540は1に加え、その近傍から540は2、532へ、532る、541る、541わの5箇所を加えた合計8箇所を対象とする。

現地調査と比較検証すると航空LPデータの立木密度は、若干の誤差があることがわかっている。また、調査候補地として現地調査を実施していない小班もあるため、広島森林管理署の林班沿革簿データと照らし合わせ、植栽密度、間伐率等を推定した。この施業履歴からLYCS〔収穫表作成システム¹⁾〕を使用し、現在の立木密度、樹高、胸高直径を推定した。

なお、林班沿革簿には次の情報が記載されていた。

- 森林沿革簿には間伐年月と施業方法、間伐率等が記載。
- 除伐は伐採率の記載はない。間伐率は材積率にて記述〔今回の8小班はすべて材積率35%：保安林〕。

整理の結果、現地調査を実施した小班などから5つのパターン、合計8小班を選定した結果を表6.1に示す。このうち、現地調査結果を実施した小班が4つあったため、現地調査結果と、航空LP、およびLYCS計算結果の図6.5平均胸高直径、図6.6立木密度、図6.7断面積合計を比較した。

結果、現地調査結果とLYCSの立木密度は近い値を取る。

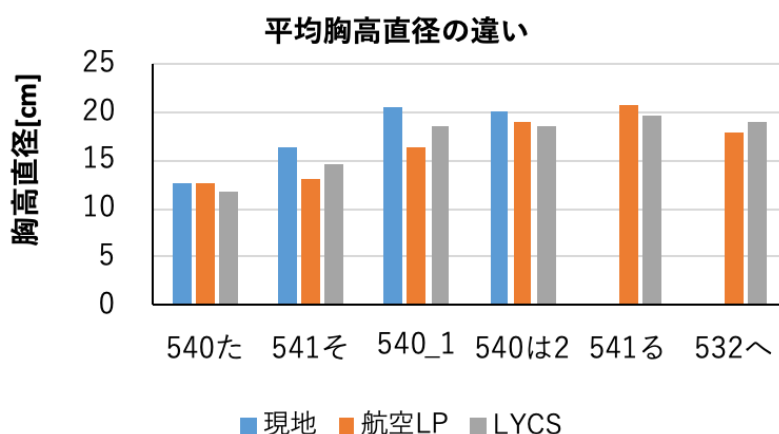


図 6.5 現地調査および航空LP,LYCSによる胸高直径の違い

¹⁾ (独) 森林総合研究所, “収穫表作成システム LYCS 3.3” <https://www2.ffpri.go.jp/labs/LYCS/>

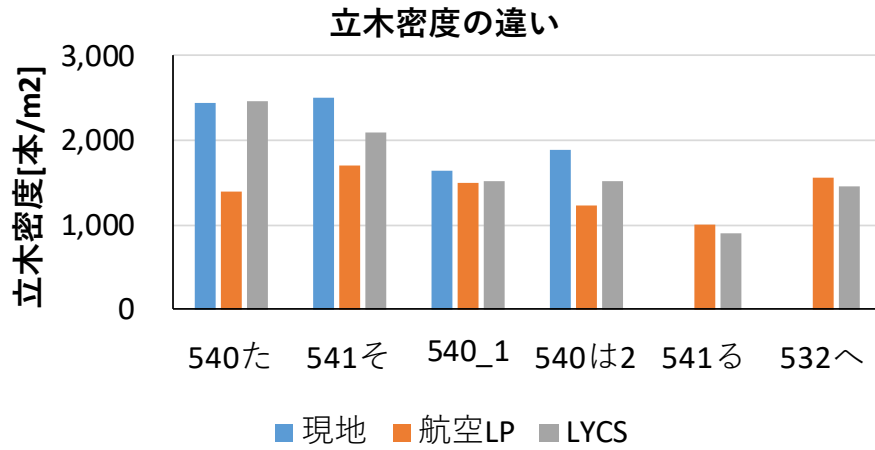


図 6.6 現地調査および航空 LP,LYCS による立木密度の違い

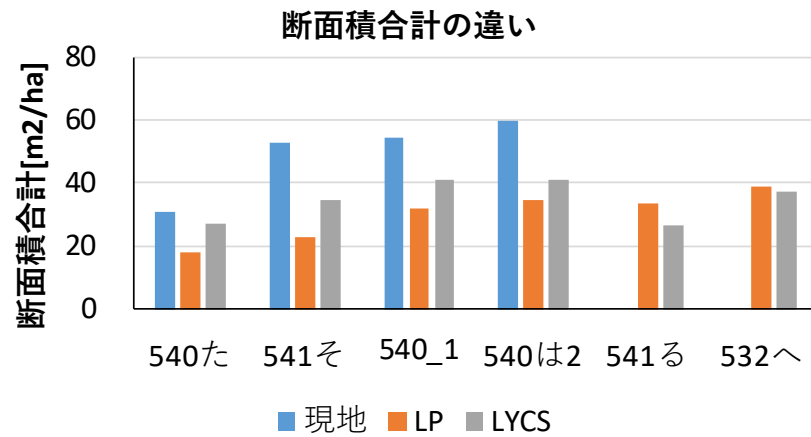


図 6.7 現地調査および航空 LP,LYCS による断面積合計の違い

表 6.1 次年度根系調査の候補地とした小班（広島国有林内）

林小班	樹種1	林齢	齢級	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	間伐回数	間伐後の年数
540_た	ヒノキ	21	5						地拵	植付	下刈	下刈	下刈	下刈								除伐											1	11
541_そ	ヒノキ	24	5				下刈	下刈		下刈	下刈	下刈									除伐						除伐						2	5
540_は_1	ヒノキ	34	7			下刈			除伐													保育間伐(存置型)										2	9	
540_は_2	ヒノキ	33	7						除伐													保育間伐(存置型)										2	9	
532_へ	ヒノキ	37	8			除伐	つる切														保育間伐(存置型)	路網整備等										2	11	
532_る	ヒノキ	37	8			除伐	つる切														保育間伐(存置型)										2	11		
541_る	ヒノキ	44	9		除伐																保育間伐(存置型)							保育間伐(活用型)				3	3	
541_わ	ヒノキ	43	9		除伐																保育間伐(存置型)							保育間伐(活用型)				3	3	

6.4 立木間距離と立木密度の関係

6.4.1 立木間距離のパターン

広島国有林ではすべて 3,000 本/ha 植栽であり、地形などによって多少変動するが、植栽間隔は約 1.8m となる。

そのため、立木間距離[図 6.4]は 1.8、2.5、3.6、4.0m の 4 種類が考えられる。

間伐の影響を受けない立木間隔は 1.8m もしくは 2.5m の 2 種類となる。この場合、間伐等の回数が少ない若齢林の場合はこのような立木間距離にて調査することが可能であるが、高齢化し間伐回数が増え立木密度が低下した場合、この立木間隔での調査が困難となる可能性もある。

次項に、実際の小班の間伐率や立木密度を確認した。

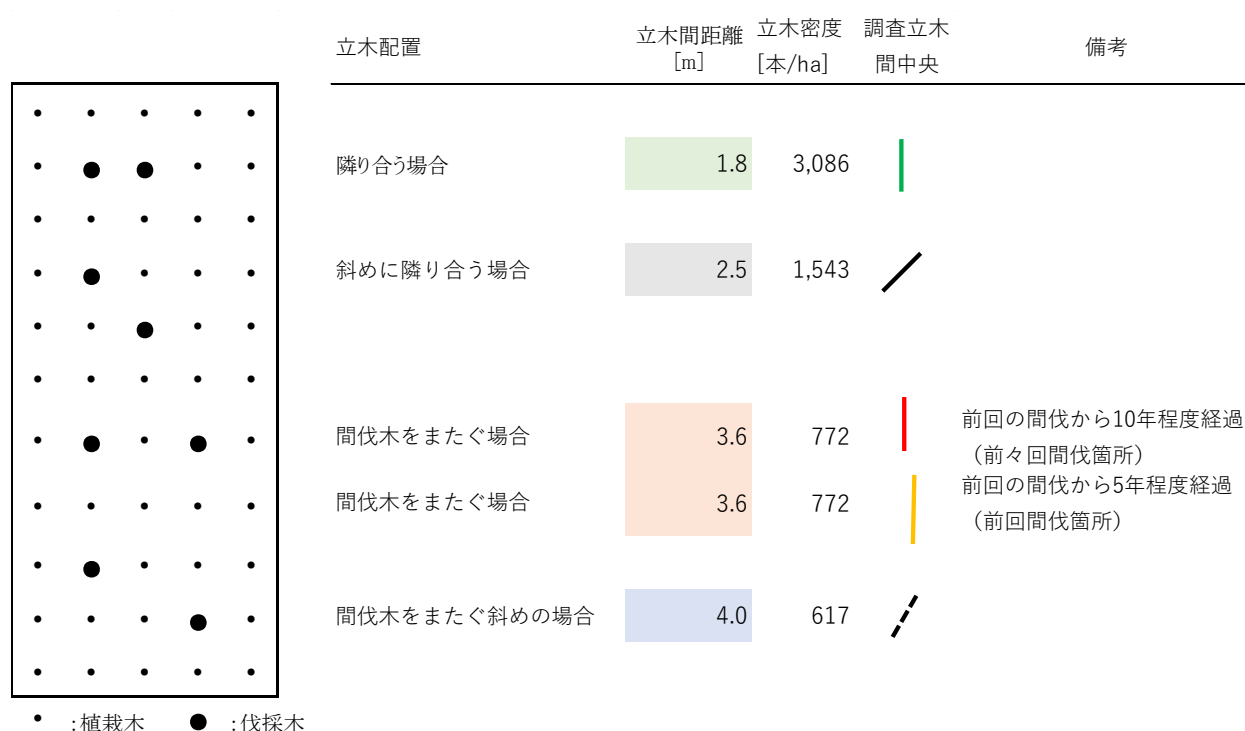


図 6.8 立木間距離と立木密度の関係

6.4.2 立木位置の予測

国有林ではすべて 3,000 本植栽であり間伐回数などを想定してそのような立木位置関係にあるかをシミュレーションした。図は約 10m 四方、1.8m 間隔で植栽された 6×6 本(合計 36 本)/約 100m² として、森林簿の間伐率によってどのような立木配置となるかを想定した。現地地形によって均等配置とはならないが、現地ではおおよそ 1.8m 間隔で植栽されていることは確認しているため、同様の立木位置と想定できる。

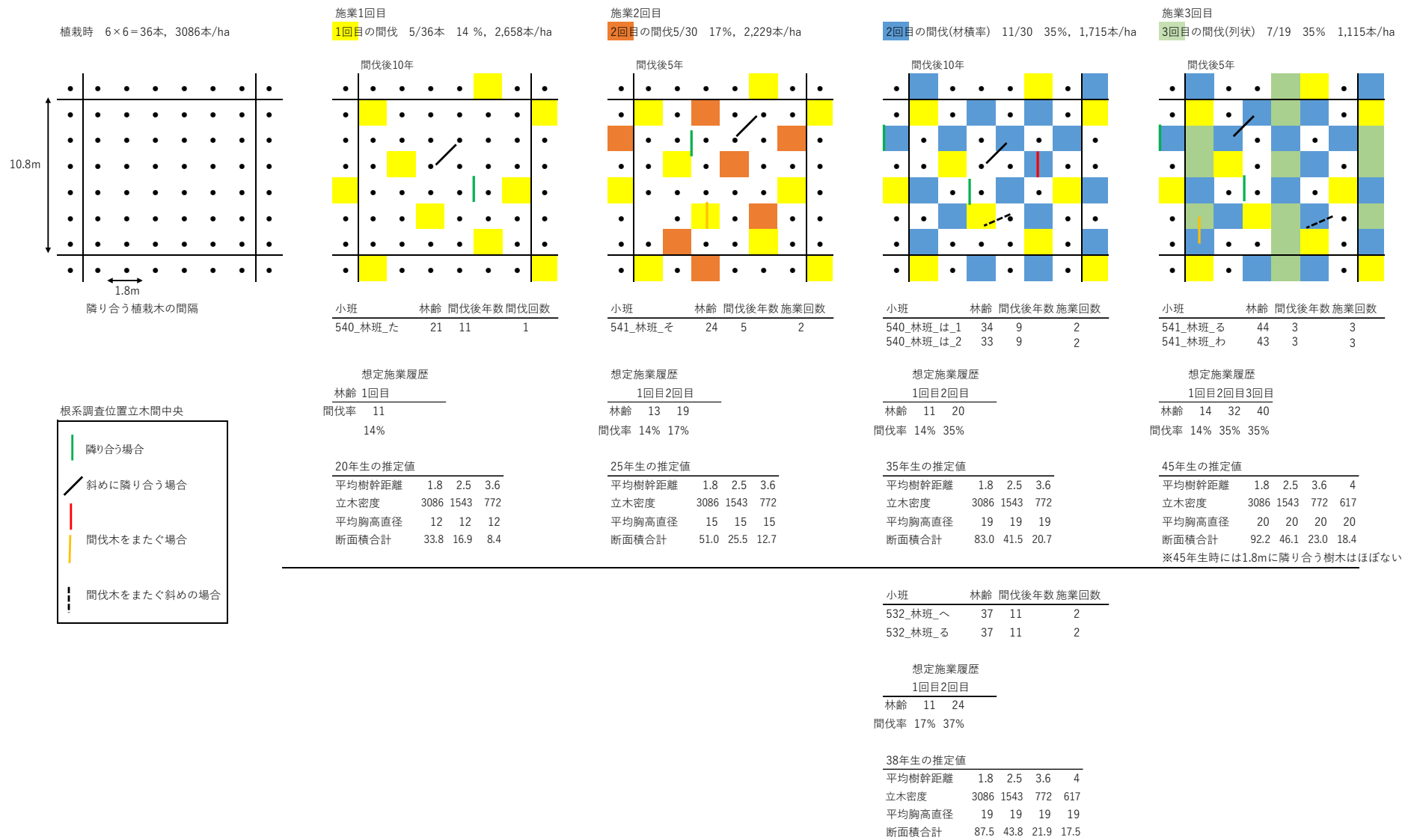


図 6.9 立木位置シミュレーション

6.5 調査パターンの設定

6.5.1 立木間距離が同等で直径〔林齢〕が異なる場合

間伐後10年程度の根系が十分に成長している林分

- 林齢（胸高直径）の異なる〔21年生，34年生，37年生〕 ΔC 、 W_r データを収集できる。

表 6.2 立木間距離が同等で直径〔林齢〕が異なる場合

小班	林 齢	間伐 回数	間伐 後年 数	平均胸 高直径 [cm]	断面積合計				備考
					1.8 3,086	2.5 1,543	3.6 772	4.0 617	
542 た	21	1	11	11.8	33.8	16.9	8.4		
540 は1・2	34	2	9	18.5	83.0	41.5	20.7		
534 へ・る	37	2	11	19.0	87.5	43.8	21.9	17.5	
544 そ	24	2	5	14.5	51.0	25.5	12.7		
541 る・わ	44	3	3	19.5		46.1	23.0	18.4	

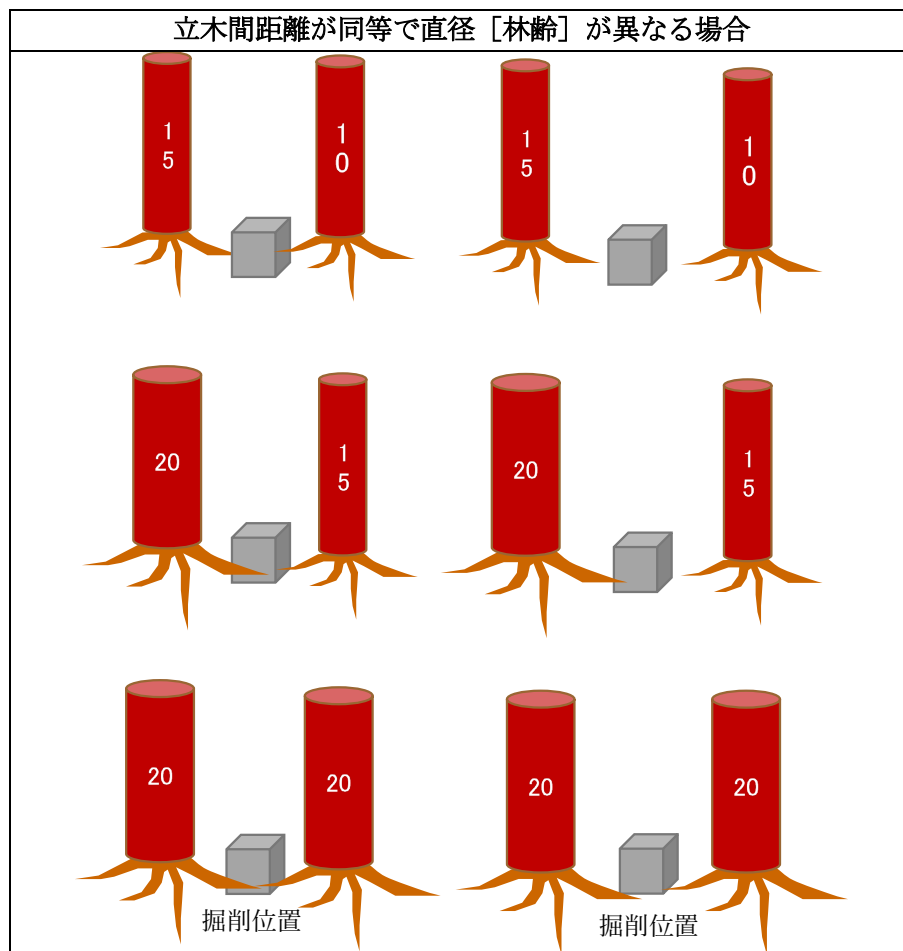


図 6.10 立木間距離が同等で直径〔林齢〕が異なる場合

6.5.2 直径が同等で立木間距離が異なる場合

間伐後 10 年程度の根系が十分に成長している林分

- 林齢（胸高直径）が同じ程度（小班は 2 つ）で立木間距離が異なる [34 年生・37 年・34 年生・37 年生] ΔC、Wr データを収集できる。

表 6.3 直径が同等で立木間距離が異なる場合

小班	林 齢	間 伐 回 数	間 伐 後 年 数	平均胸 高直径 [cm]	断面積合計				備考
					1.8	2.5	3.6	4.0	
					3,086	1,543	772	617	立木間距離 立木密度
542 た	21	1	11	11.8	33.8	16.9	8.4		
540 は 1・2	34	2	9	18.5	83.0	41.5	20.7		
534 へ・る	37	2	11	19.0	87.5	43.8	21.9	17.5	
544 そ	24	2	5	14.5	51.0	25.5	12.7		
541 る・わ	44	3	3	19.5		46.1	23.0	18.4	

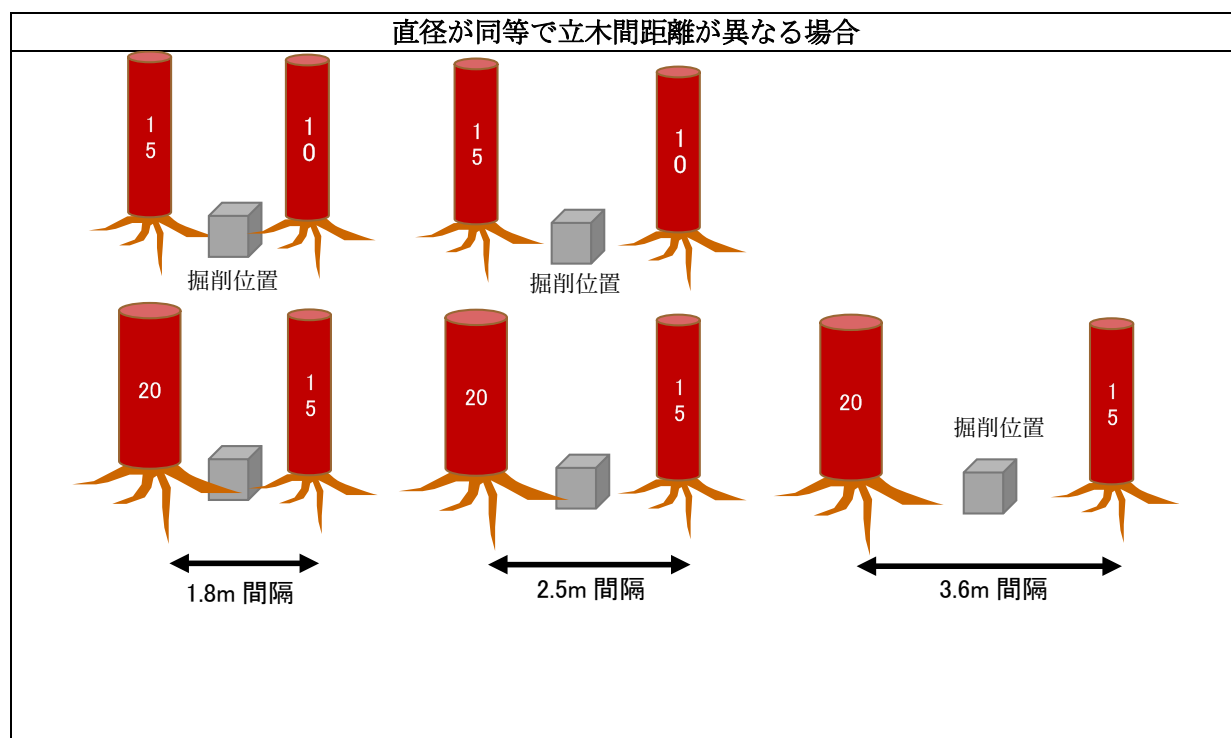


図 6.11 直径が同等で立木間距離が異なる場合

6.5.3 間伐後の年数による比較

立木間中央に伐採木の切株が存在する 3.6m 間隔の場所で、間伐後 10 年程度の林分と間伐後 5 年以内のものを比較し、間伐後による ΔC 、 W_r の違いを確認する。

- 間伐後 10 年以上と 5 年以内の ΔC 、 W_r データを比較できる。

表 6.4 間伐後の年数による比較

小班	林 齢	間伐 回数	間伐 後年 数	平均胸 高直径 [cm]	断面積合計				備考
					1.8	2.5	3.6	4.0	
					3,086	1,543	772	617	立木間距離 立木密度
542 た	21	1	11	11.8	33.8	16.9	8.4		除 1
540 は 1・2	34	2	9	18.5	83.0	41.5	20.7		除 1, 間 1
534 へ・る	37	2	11	19.0	87.5	43.8	21.9	17.5	除 1, 間 1
??	50		10?	20					除 1・間 2
544 そ	24	2	5	14.5	51.0	25.5	12.7		除伐 2 回
541 る・わ	44	3	3	19.5		46.1	23.0	18.4	除 1・間 2

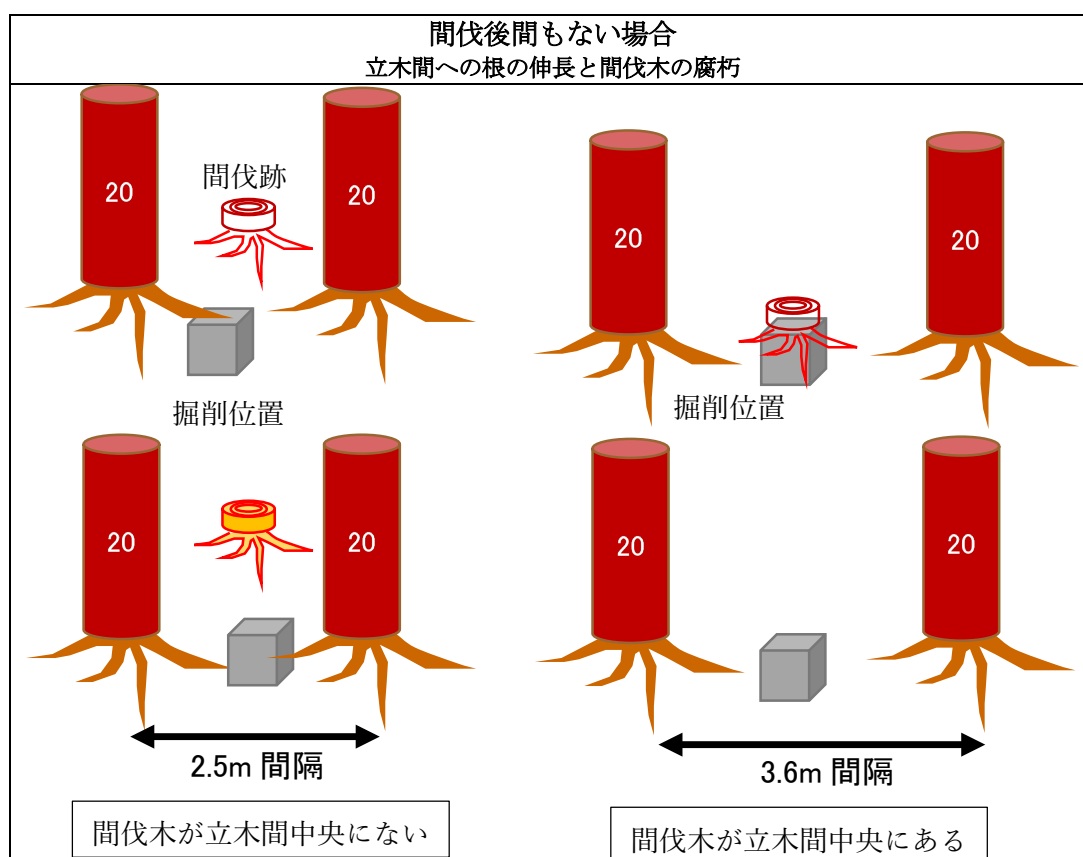


図 6.12 間伐後の年数による比較

6.5.4 調査小班（案）

3つの比較要因の調査小班を（太字）にて記した。合計9箇所、小班数では4小班となった。

また、造林簿のデータを元に表4.4の林齢が高い候補小班2つ追加した。林班沿革簿を確認していないため、施業の正確実施状況は確認できないが、林道沿い（走破済）にあり、調査は可能と考えられる。この2つのうちどちらかを加えると10箇所程度5小班となる。

表 6.5 調査小班（案）

小 班	林 齢	間伐 回数	間伐 後年 数	平均胸 高直径 [cm]	断面積合計				備 考
					1.8	2.5	3.6	4.0	
					3,086	1,543	772	617	立木間距離 立木密度
542 た	21	1	11	11.8	33.8	16.9	8.4		除 1
540 は 1・2	34	2	9	18.5	83.0	41.5	20.7		除 1, 間 1
534 へ・る	37	2	11	19.0	87.5	43.8	21.9	17.5	除 1, 間 1
542 ち	43	2?	13						除 1?・間 1?
544 り	57	4?	10						除 1?・間 3?
544 そ	24	2	5	14.5	51.0	25.5	12.7		除伐 2 回
541 る・わ	44	3	3	19.5		46.1	23.0	18.4	除 1・間 2

6.6 根系調査箇所案

作業工程等を考慮し、高齢林が増えている森林の現況を踏まえ、樹幹距離（林齢）の関係に注視して調査小班を決定する。また ΔC と立木密度の関係とを整理するため 3.6m[1000 本/ha 未満]も加え、表 6.6 の太字の合計 6 箇所（図 6.13）を最終調査候補とする。

また、この間伐後の樹木配置を図 6.14 に示す。現状では、林班沿革簿の確認は未実施である。そのため、正確な間伐回数などは推定値となっている。しかし、算出した胸高直径及び断面積合計については、実際の林分との差が生じる可能性はあるが、おおよそ近い値を取ると考えられる。

表 6.6 最終調査小班（案）

					2.5	3.6	立木間距離[m]
					1,543	772	立木密度[本/ha]
小班	林 齢	間伐 回数	間伐後 年数	平均胸高直径 [cm]	断面積合計[m ² /ha]		施業履歴
542_た	21	1	11	11.8	16.9		除 1
540_は_1・2	34	2	9	18.5	41.5		除 1, 間 1
542_ち	43	2	11	20.3	49.9	25.0	除 1・間 1
544_り	57	3	11	23.2	65.2	32.6	除 1・間 2

立木間距離が同等で直径〔林齢〕が異なる場合

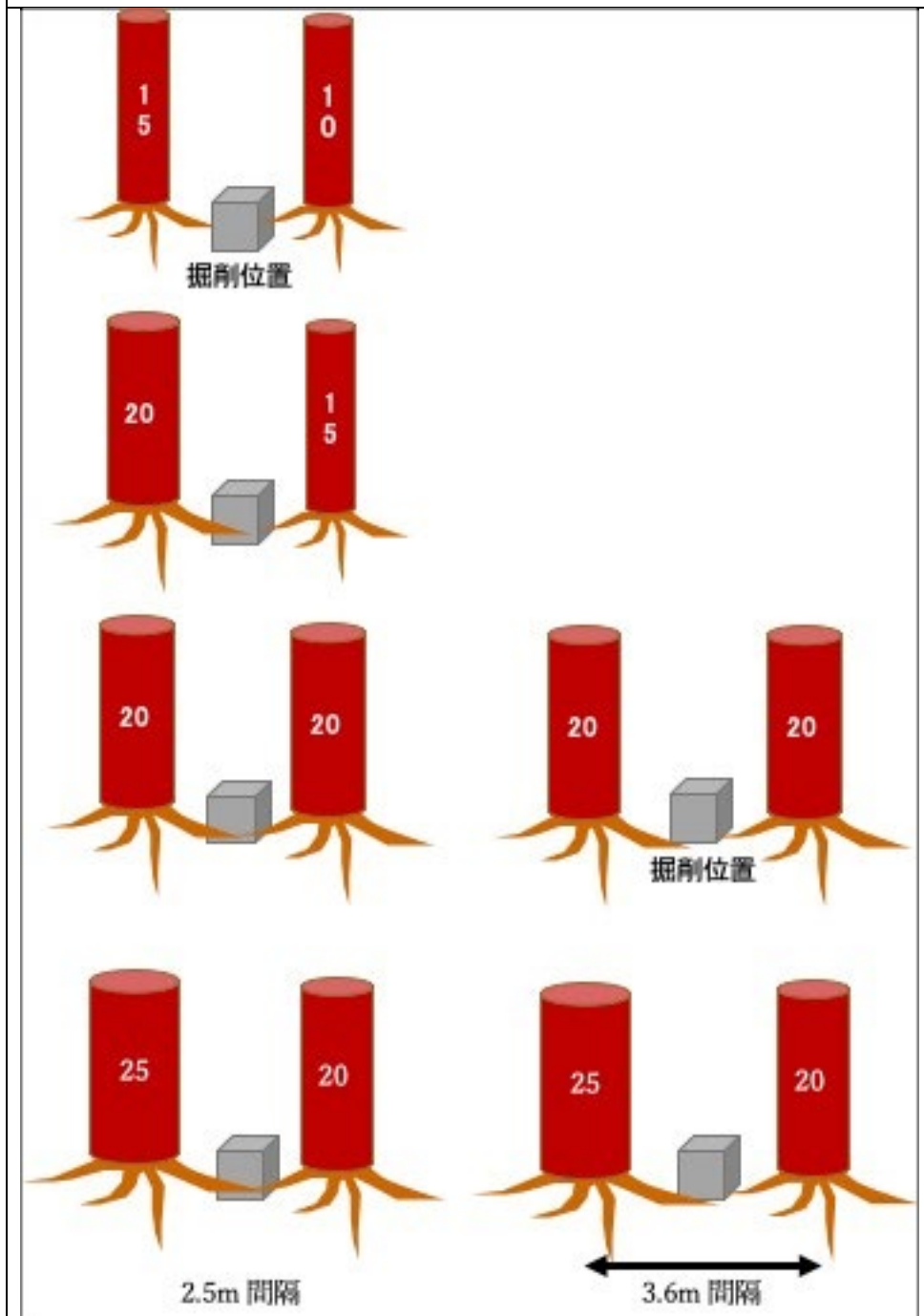


図 6.13 調査 6 箇所のイメージ

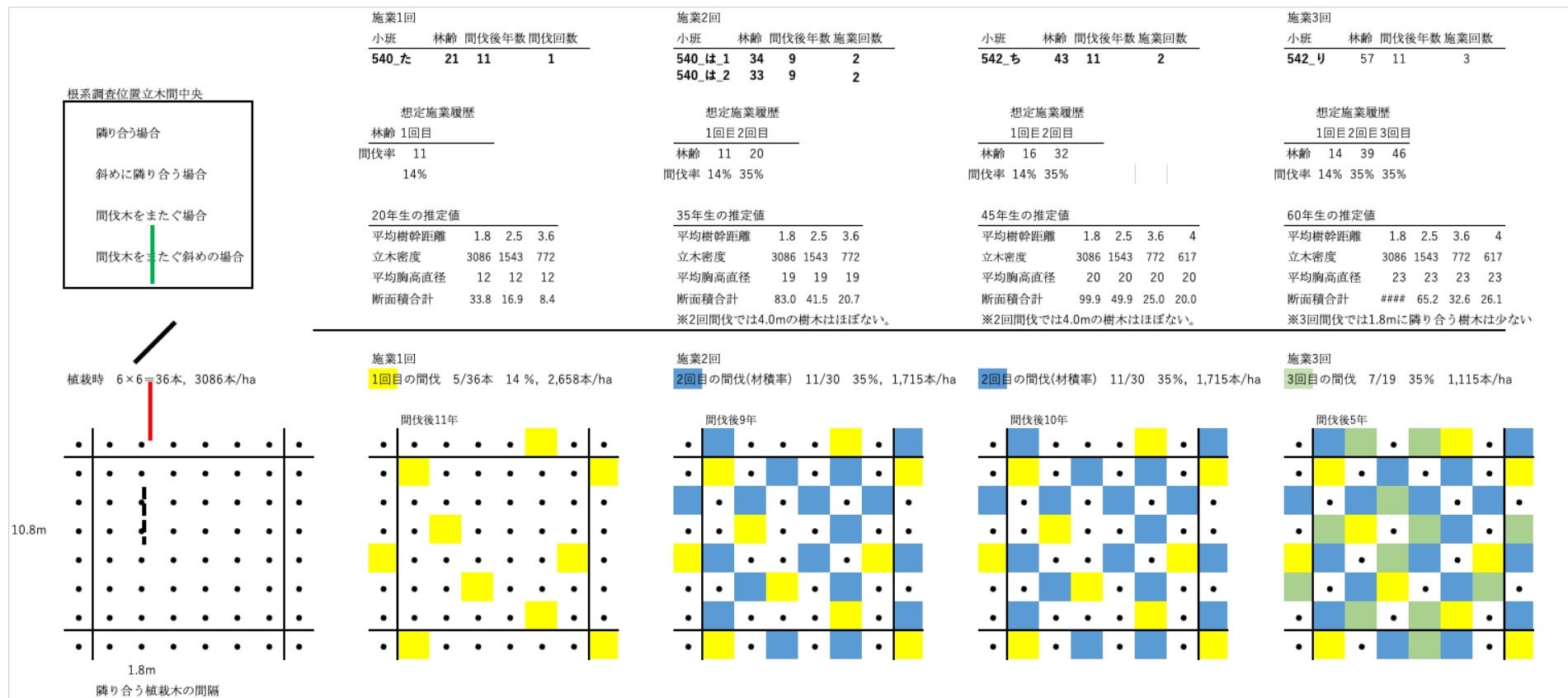


図 6.14 樹木配置想定

7. まとめ・今後の課題等

7.1 本業務による成果

令和元年度に実施した本業務の成果をまとめる。

2章 表層崩壊の発生メカニズムと樹木根系に関する知見のとりまとめ

平成 30 年度業務で収集された「根系と表層崩壊に関する文献」を精査し、特にその中でも日本における研究の方向性を形作る次の 3 つの研究を詳しく、2 章でレビューをおこなった。

①塚本良則（1984～1986）

②阿部和時（1997）

③北原曜（2006～2015）

④掛谷ら（2016）

塚本が水平根と鉛直根に分類して根系抵抗を評価する枠組みを提示し、阿部が鉛直根の分布を考慮した抵抗力の評価方法を詳細に取り上げ、北原は水平根が発揮する抵抗力を、立木間中央で ΔC として定義し、これを数多くの樹種、林分で調査した。林野庁が平成 27 年に作成した「流木災害対策の必要な森林を抽出する手法 手引書（案）」は北原の ΔC の考えを取り入れたものとなっている。

一方、最近の研究で掛谷らは根系が発揮する表層崩壊防止機能は、土塊のせん断ひずみを抑制する効果ではないかと仮定し、地中に存在する根量 W_r で評価できるのではないかと提案している。

本業務において内容を精査し、「樹種」「胸高直径」「立木密度」を基に、 ΔC マップ（区分図）と W_r マップ（区分図）を、広島、愛媛の事例について作成した。これより ΔC と W_r の分布傾向は似るものの異なる部分もあり、今後両者の特徴を分析しつつ、長所・短所を探っていくものとする。

根量 W_r による崩壊防止機能評価は既往研究①～③とは異なる新しい考え方であり、 ΔC と重なる部分もある一方で、異なる部分もある。本業務における今後の現地調査では ΔC だけではなく、根量 W_r をあわせて評価し、その活用法を模索していくこととする。

3章 山腹崩壊発生地と森林状態等の関係に関する調査

平成 30 年 7 月豪雨による広島・愛媛の豪雨災害地を対象として、GIS 上に 10m グリッドで雨量、傾斜、尾根谷度、樹種、林齢について分布図およびプロット図を作成し、分析した。

雨量：アメダスデータで多くの観測点で 24、48、72 時間降水量の値が観測史上 1 位、雨量の増加に伴い崩壊箇所数が増加、特に 72 時間雨量と崩壊発生箇所数に関係性がみられた。

地質：崩壊地を地質別にみると、広島県では深成岩（花崗岩類）が最も多く、愛媛県では付加コンプレックスが 69%を占めた。変成岩類では崩壊地はほとんどみあたらない。広島県の山腹崩壊は、花崗岩に加え流紋岩での崩壊が、愛媛県の山腹崩壊では、付加コンプレックスでの崩壊が多い。

斜面傾斜度：崩壊発生地点の最頻値は広島県では $28\sim 30^\circ$ 、愛媛県では $32\sim 34^\circ$ 。山腹崩壊は森林地域の中でも比較的急勾配な斜面で発生したわけではなく、最頻値よりもやや緩勾配の斜面で発生している。

尾根谷度：山腹崩壊発生地点は尾根部が多く（例えば谷：尾根＝27：73）、広島県、愛媛県において大きな傾向の違いは見受けられない。平成 30 年の 250m グリッドでの検討結果と異なるが、グリッドサイズを 10m に変更した影響と考えられる。

樹種：広島県ではスギ、ヒノキのグループとマツ、広葉樹のグループで傾向が異なる。スギは 75% の崩壊地が谷で発生、ヒノキの 46% と比較し谷地形に偏った結果となった。愛媛県も同様にスギが谷地形で多く崩壊するがその割合は 50% まで低下する。

林齢：平成 30 年度の調査から林齢データを変更し、森林簿の値を採用した。広島県での山腹崩壊の発生は 10～13 齢級が全体の 44% となった。愛媛県では 10～13 齢級が全体の 60% とやはり過半数を占める。愛媛県では面積割合の大きい齢級である壮齢林（10～13 齢級）で多く崩壊が発生し、広島県では 5 齢級の若齢林の林分で山腹崩壊が生じやすい結果であった。

4 章 森林施業と山腹崩壊の検討調査

広島国有林および愛媛民有林を対象に、根系情報（ ΔC と W_r ）、施業情報（皆伐、択伐等）と山腹崩壊の関係について検討した。

皆伐や択伐等の施業回数と崩壊発生状況を比較したが、施業回数が多いほど崩壊発生率が低下する等の傾向はなく、施業回数と崩壊の関係性はみられなかった。

根系情報（ ΔC と W_r ）については、広島県で 280 小班、愛媛県で 1,700 小班を対象に算定し、崩壊との関係性を検証した。その結果、広島国有林のデータでは、同一林齢の中でも立木密度が高く、かつ根量が少ない小班で崩壊が多く発生していた。また、横軸：立木密度と縦軸： ΔC の関係を検証したところ上に凸型の分布が得られ、 ΔC がピークとなるのは立木密度が 800～1,000 本/ha 付近となった。これは、北原の研究成果と概ね同じ傾向である。

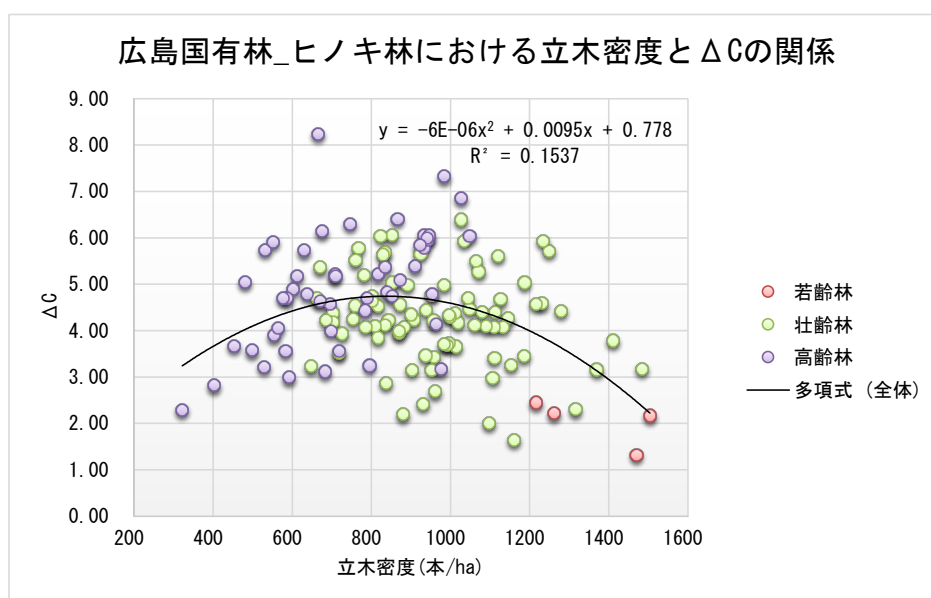


図 7.1 広島国有林・ヒノキ林の立木密度と ΔC の関係

また、森林根系が発揮する抵抗力 ΔC を、無限長斜面の安定解析式に与え斜面安全率を求めた。その結果、森林の林齢が 50 年増加したとき、斜面安全率の増分として広島（ヒノキ）で 0.145 の上昇、愛媛（ヒノキ）で 0.005 の上昇が見込まれる結果が得られた。

5 章 詳細調査候補地の選定と現地確認

次年度（R2 年度）に実施する詳細調査（土壌調査、根系調査）を実施する箇所は、広島県、愛媛県ともに平成 30 年災害前の 2012 年に取得された LP データと災害後 2018 年の LP データの両者が重なる範囲とした。また、九州北部豪雨災害では崩壊深度が 3m を越え根系の深さよりも深い崩壊が多かったことから、深い崩壊は除外できるように平成 30 年豪雨災害による崩壊地データ、広島 407 箇所、愛媛 73 箇所の分析を行い、表層崩壊に絞り込めるよう選定基準を設定した。

絞り込みにより詳細調査候補地は、広島 27 箇所、愛媛 9 箇所となった。

そのうち、災害後のアクセス状況や実際の現場状況を踏まえ、広島・愛媛から 10 箇所を選定し、現地確認を行った。現地確認では、崩壊地周辺およびその比較対象地となる未崩壊斜面において、樹高（レーザ距離計トゥルーパルスで測定）、胸高直径（輪尺）、立木密度（樹幹距離から逆算）、土層深（土層強度検査棒）を計測・整理した。また、あわせてバックパック型レーザにより、林内樹木群の点群情報を取得している。

6 章 次年度根系調査計画案

次年度（R2 年度）は、現地にて詳細調査（土壌調査、根系調査）を予定する。土壌調査は根系調査の掘削に伴いあわせて実施する予定であることから、ここでは根系調査の具体を提示する。

2 章における文献調査の検討結果を踏まえ、次年度の根系調査では、立木間中央で定義される根系抵抗力 ΔC および根量 W_r 、両者の計測取得を目指す。 ΔC および W_r は、両者ともにそれぞれ森林が発揮する崩壊防止機能と密接に関わっており、両者の特徴を見出していくためである。また、これまでに収集された文献や委員指摘で、 ΔC で算定される崩壊抵抗力が 10 [kN/m²] を超過するケースがあり、絶対値が過大ではないかという点がある。 ΔC の推定は北原らの多数のデータ蓄積から導かれたものだが、今後の現地調査で検証するとともに、すべての根が同時に抵抗力を発揮するわけではない、というルートバンドルモデル（RBM）の概念を踏まえた検討を行うことが望まれる。

4 章の検討で、立木密度や根量 W_r と崩壊発生との関わりが強かったことから、立木密度と ΔC および W_r との関係を現地調査でデータ取得することを目標とする。さまざまな樹間距離（≒立木密度）の調査地を選定できるように、2 立木の樹間距離と立木密度の関係を理論的に整理し、同程度の林齢間での比較、同程度の胸高直径間での比較、同程度の間伐後経過年数間となる比較ペアができるよう候補箇所を厳選した。

5 章では広島 5 箇所、愛媛 5 箇所の計 10 箇所について現地確認を実施した。両者ともヒノキ林であり、国有林である広島が施業情報も充実していることから、広島国有林内のヒノキを対象とした調査計画とし、近傍の小班を新たに加えた 8 小班を対象に計画案を策定した。その上で、さまざまな樹間距離で複数の比較ペアができるよう、対象となる小班同士の組み合わせを複数シミュレーションし、次年度の根系調査の対象小班と調査方法を提示した。

7.2 今後の課題

7.2.1 森林の持つ表層崩壊防止機能を評価する上での課題

表層崩壊の発生メカニズムと樹木根系に関する知見を整理する中で、新たに考慮しなければならない課題がみえてきた。

本業務で取り組むべき課題

課題1：手引 2016 に準じる形で、 ΔC の崩壊防止機能区分図と根量 W_r の区分図、2 種類の指標についてその特徴を調べ整理を活用する。ただし、 ΔC の矛盾を回避するため、評価点 P_2 と P_3 の設定を見直す。(赤字：第 1 回委員会資料から追記した部分)

課題2：実際の崩壊データを用いて施業履歴と崩壊発生条件を整理し、両者の関係を検証する。その上で『崩壊防止機能区分図』に施業履歴の情報をどう追加できるか検討する。

課題3：根系の崩壊防止メカニズム、そして森林の崩壊防止機能を断面でなく根量で評価する、という考え方を広めるためエビデンスの整理と根拠づけをする。

課題4：土層内に存在する根量のめやすとなる指標として、胸高断面積合計、地上部重量、材積、立木密度、樹冠長率等の中から適切なものを選ぶ。

課題1については、本年度業務の中で ΔC および W_r の崩壊防止機能区分図を作成し、両者の傾向を比較した。その結果、 ΔC だけでなく根量 W_r も崩壊地の検知力を有することがわかったが、大きく有意な結果というものではなかった。今後両者を比較しつつより精度の高い方法を模索していく。

課題2に関しては、本年度施業履歴の情報と崩壊発生率の比較を実施したが、両者のあいだで具体的な関係性はみえなかった。施業の回数を軸に整理したため施業の影響がぼやけた可能性があることから、今後は施業以外の要因(斜面勾配、林齢)を極力同等にするなどさらなるデータの精査を行いつつ検証を進めていく必要がある。また、施業履歴情報を『崩壊防止機能区分図』に重ねて描画するための方法を検討していく。

課題3は根量 W_r の認知度が低く、またその特徴や特性はまだよくわかっていない。したがって、本業務の中で現地調査や机上調査において ΔC とともに W_r の調査を並行し、将来的に W_r をどう活用できるか見極めていくべきである。

課題4は以上の課題1～課題3の答えを見出す頃には自ずと答えがでるのではないかと考える。

7.2.2 根系等の現地調査に関する課題

次年度以降に現地調査を実施する上で、考慮すべき点を以下に掲げる。

- 対象樹種の拡大
 - スギ林に関する検討不足
- ヒノキ林の航空 LP による立木密度抽出方法の検討
 - 樹冠疎密度に応じたパラメーターの設定

- 施業履歴の収集評価
- 早生樹やエリートツリーの崩壊防止機能の評価
- ΔCの検証：絶対値が過大かどうか、ルートバンドルモデル（RBM）との突き合わせ検証。

7.3 今後の行程

7.3.1 次年度の調査項目案

次年度調査は 1)根系調査 2)早生樹・エリートツリーの生育特性（T/R 率）調査 3)スギ林に関する特性整理の 3 つを想定する（表 7.1）。

表 7.1 次年度調査項目案

区分	調査項目	細目	内容	備考
根 系 調 査	地上部情報	単木	樹高，胸高直径，樹冠長率，樹冠面積	
		周辺木	立木情報，位置，直径，密度	地上 LP にて測定
		低木	樹種，樹高，根元直径 地上部重量	根系調査場所に位置する樹木
	根系	水平根	樹種，直径，本数 〔立木間中央に出現する根〕	2m を 0.5m ごとに 4 分割し 中央部に出現する根を 10cm 深毎
		根量	ヒノキ根系重量 それ以外根系重量	2m を 0.5m ごとに 4 分割し 10cm 深毎
	土壌調査	断面調査	断面の観察 SH 貫入試験	層位，土壌硬度，土色等簡易なものの 根系深度可能深度
早生樹・エリートツリー	調査地選定	ヒアリング	作業性，林齢等	壮齡林については重機掘削を前提
	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	若齡木 2～3 本 壮齡木 1～2 本
スギ林	山腹崩壊と森林の関係		航空 LP による災害地発生地とスギ林の関係	森林簿や造林簿など施業履歴が確認できるところ
	調査地選定		次年度以降の根系調査候補地選定	同上
その他	航空 LP 技術		根系調査地周辺にて現地調査結果との検証を実施	ヒノキ林の立木密度精度向上

7.3.2 次年度以降に想定される内容

本業務の目的である、森林の表層崩壊防止機能を高めるための森林整備手法の具体を描くため、2022 年度までのロードマップを以下のとおりとする。

2019 年度

- ① 2018 年度に収集・整理した既往の研究成果を活用し、表層崩壊と根系に関する知見を整理する。
- ② 広島県・愛媛県内 10 箇所について、H30 豪雨災害の崩壊データと林分情報を重ね合わせ、崩壊防止力の高い林分条件の抽出・絞り込みを行う。また、課題 2 対応として施業履歴情報を収集する。

- ③ **課題 1** 対応：広島県・愛媛県の 10 箇所について、手引 2016 に準じた ΔC の崩壊防止機能区分図と根量 W_r の区分図の 2 種類の指標について、その特徴を比較整理する。~~を作成する。このとき、 ΔC の矛盾を回避するため、評価点 P2 と P3 の設定を見直す。(赤字：第 1 回委員会資料から追記した部分)~~
- ④ **課題 2** 対応：広島県・愛媛県の 10 箇所で、地上部情報のみで判定された『崩壊防止機能区分図』に施業履歴情報の追加による有用性を検証する。
- ⑤ 次年度予定の現地調査を広島県・愛媛県で計 10 箇所を選定し、具体的な調査内容を提案する。このとき、将来的な**課題 3**および**課題 4**への対応を視野に入れた調査計画を立案する。
- ⑥ ⑤で選定した 10 箇所について、予備調査を行い崩壊発生箇所付近の林分条件を調べ、②の検討成果と比較検証する。

2020 年度

- ① 本年度立案した詳細調査計画に基づき、現地調査を実行する。立木間中央の根系抵抗力 ΔC と根量 W_r を計測し、これまで理論的に得られた両者の関係図に計測値をプロットし、その妥当性を検証する。
- ② **課題 1** 対応：①の結果を踏まえ、 ΔC もしくは根量 W_r による森林の『崩壊防止機能区分図』の作成とその活用法を提案する。
- ③ **課題 2** 対応：施業履歴の情報とそれによる森林が持つ崩壊防止機能の関係を定量評価し、両者の間に関係性が見いだせた場合、『崩壊防止機能区分図』に施業履歴情報を反映させる方法を検討する。
- ④ 早生樹やエリートツリーは地上部生長とともに地下部も同様に生長しているかの確認を目的として、調査地を選定の上、根系の掘り取り調査を実施する。調査結果より T/R 率を得るものとする。
- ⑤ スギを対象とした現地調査計画を立案する。

2021 年度

- ① **課題 3** および**課題 4** に対する答えとして、新たな根系の崩壊防止メカニズムの考え方と根量による評価、という従来とは異なる評価軸を確立させ、2021 年度に**課題 3**、**課題 4**への対応を完了する。
- ② 『崩壊防止機能区分図』を用いて、崩壊防止機能を高めるための施業が必要な森林を特定し、森林整備の優先順を決める方法を提案・整理する。
- ③ 森林総研が進める研究プロジェクト成果である樹種、樹齢、地形（微地形を含む）、立地環境等の要因と根系の発達状況の関係成果を取り入れ、立地に応じた森林施業のあり方を整理・検討する。
- ④ ②及び③の成果をとりまとめ、森林の立地環境と林分状態に応じた施業計画立案の考え方を検討する。

2022 年度

- ① 過去4カ年の成果を踏まえ、森林整備による崩壊防止機能増進のための手法をさまざまな観点から総合的に検討する。
- ② 最終成果として、「表層崩壊防止機能を高めるための森林整備手法に関するガイドライン(案)」をとりまとめる。

表 7.2 本業務の調査工程計画案

	2019	2020	2021	2022
広島・愛媛データ解析				
課題1・崩壊防止機能区分図				
課題2・施業履歴情報				
現地調査(課題3, 4対応)				
課題3・新たなメカニズムの確立				
課題4・根量のめやす指標				
森林整備の優先順の決め方				
立地環境に応じた施業のあり方				
ガイドライン案の作成				