

3. 航空 LP による災害発生地とスギ林の関係

3.1 愛媛国有林スギの調査

昨年度業務の調査では、山腹崩壊発生地と森林状態等に関する関係は、ヒノキ林を中心にまとめられており、本年度については、もう一つの代表的な人工林針葉樹であるスギを整理していく必要がある。

整理方法は、昨年度調査により整理したヒノキ林のデータと併せて比較検討ができるよう、小班単位で、航空 LP データから森林解析、及び調査を実施し、山腹崩壊発生地と森林状態に関する関係を整理する。

本解析においては、スギ林を対象とするため、スギ以外の樹種と混交している小班についてはスギ範囲の抽出を行う。スギ範囲の抽出については、図 3.1 に示すように、森林 GIS の樹種 1 にスギが登録されている小班を確認し、オルソ写真の目視判読によりスギ以外の樹種部分と分類し、森林解析にはスギ部分の解析結果を使用する。樹種 1 にスギが登録されているが、他の樹種が著しく優勢な箇所、もしくは細かく混交し分類が困難である箇所については、調査対象から除外する。

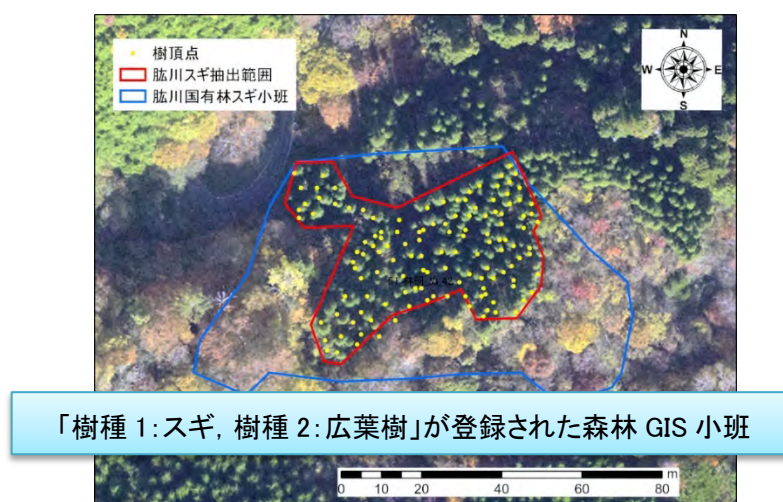


図 3.1 小班内のスギを目視判読により抽出

検討を実施するうえで、必要な森林情報のうち、主なデータを以下に挙げる。

①林齢	②立木密度	③樹高	④胸高直径	⑤根量	⑥ ΔC
⑦安全率	⑧施業履歴	⑨勾配	⑩雨量	⑪崩壊地データ	

① 林齢は、森林 GIS に登録されているものを使用し、平成 30 年の時点の林齢に換算する。

②及び③ 航空 LP データを用いた点群解析により、スギの上層木単木ごとの樹頂点及び、樹高を取得し、樹頂点から小班のスギ範囲の立木密度を算出する。

- ④ 航空LPデータの解析結果である樹幹投影面積、もしくは樹高と地上レーザスキャナを使用した現地調査による胸高直径との相関式から、単木ごとの胸高直径推定式を作成し、算出する。
- ⑤ 令和元年度報告書の p.2-43 表 2.6「単木の胸高直径と地下部重の関係(文献 5:荻住昇 2010)」の回帰式及び、スギの係数を使用し、根量を算出する。

表 2.6 単木の胸高直径と地下部重の関係(文献 5:荻住昇 2010)				
	スギ	ヒノキ	アカマツ	カラマツ
測定個数	180	61	141	118
係数 a	29.0955	51.4377	82.5245	40.6171
係数 b	2.3015	2.1493	1.8922	2.2251
相関係数	0.90	0.91	0.92	0.94

係数 a, b は、回帰式 $y=ax^b$ を適用した際の係数。 y : 地下部重量 [g]、 x : 胸高直径 [cm]

- ⑥ 令和元年度報告書の p.2-50 の式を使用し、 ΔC を算出する。

$$\Delta C = \alpha(\Sigma A)^{1.4}$$

ΔC : 森林根系(水平根)が発揮する崩壊抵抗 [kN/m²]
 ΣA : 胸高断面積合計 [m²/ha]
 α : 樹種別係数(スギ、ヒノキが既知)

- ⑦ 安全率については、令和元年度報告書の p.4-17 式 4.1「安全率式(執印ら 2009)」及び、表 4.8「安全率式に用いた設定値」を使用し、算出する。

$$F = \frac{(\gamma Z - \gamma_w h) \cos^2 \alpha \tan \phi + C + \Delta C}{\gamma Z \cos \alpha \sin \alpha}$$

但し F : 安全率, γ : 土の湿潤単位体積重量 (kN/m³),
 γ_w : 水の単位体積重量 (kN/m³), α : 基盤層勾配 (degree),
 Z : 表層土層厚さ (m), h : 基盤層からの地下水位 (m),
 ϕ : 土の内部摩擦角 (degree), C : 土の粘着力 (kPa),
 ΔC : 樹木根系による粘着力増分 (kPa)

式 4.1 安全率式(執印ら 2009¹⁾)

表 4.8 安全率式に用いた設定値

	計算設定諸元	設定値
1	γ_w : 水の単位体積重量 (kN/m ³)	9.81
2	γ : 土の湿潤単位体積重量 (kN/m ³)	17.66
3	Z : 表層土層厚さ (m)	1.0
4	ϕ : 土の内部摩擦角 (degree)	30.0
5	C : 土の粘着力 (kPa)	3.5

- ⑧ 施業履歴については、貸与資料である国有林情報管理システムデータの「四国_小班実行管理(内子町、西予市、鬼北町抜粋).xlsx」を基に整理する。ただし、資料には平成 2 年から平成 30 年までの履歴が記載されているため、それ以前のデータについては整理対象としない。

H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20
下刈	下刈	下刈	下刈											除伐	
地拵	植付	下刈	下刈	下刈	下刈									除伐	
植付	下刈	下刈	下刈	下刈	下刈									除伐	
植付	下刈	下刈	下刈	下刈	下刈						除伐				
地拵	植付	下刈	下刈	下刈	下刈									除伐	

図 3.2 四国_小班実行管理データの施業履歴の表示例

- ⑨ 勾配については、航空 LP データのグラウンドデータより作成された DEM を用いて、GIS により傾斜角ラスターを作成し、対象範囲の統計値を算出する。
- ⑩ 雨量については、令和元年度報告書 p.3-7「レーダー雨量と崩壊発生地点の重ね合わせ図」の作成で使用した 10m メッシュの雨量グリッドデータを使用する。
- ⑪ 崩壊地のポリゴンデータは貸与資料「平成 30 年度森林域における航空レーザ計測業務成果」の「01_崩壊地_20190306.shp」を使用する。

検討方法は、昨年度業務のヒノキと比較検討するため、令和元年度報告書 4.3 及び、4.4 に示す散布図による森林解析をベースとし、本年度は昨年度委員会でいただいた意見を踏まえ、林齢、及び施業後経過年についても考慮した整理を行う。

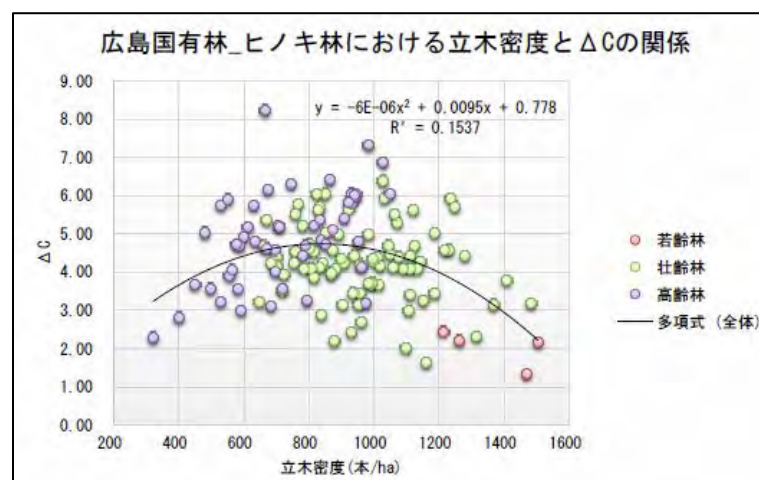


図 3.3 散布図による森林解析例

【昨年度委員会でいただいた意見】

- 施業回数だけの評価では、施業を実施したタイミングと豪雨時期の関係がまったく評価されていないため、施業後経過年数と崩壊発生状況の整理を行う。
- 崩壊発生斜面について、当該斜面の斜面勾配と降雨量に基づく斜面安全率を検証し、極力同じ安全率となる比較ペアを選定し、施業履歴の影響を調べる。
- 令和元年度に実施された散布図による検討において、施業情報は考慮されていなかったため、散布図の凡例に施業情報による区分をあらたに設定し、その影響を検証する。

森林情報については、施業履歴が整理され、かつ、最新の航空 LP データを入手できる範囲から収集しなくてはならない。【平成 30 年度森林域における航空レーザ計測業務その 2】の成果の愛媛県及び、広島県内にある国有林の崩壊発生箇所から、スギ林の小班を抽出し、航空 LP データによる解析を実施するに十分な点群密度を有する範囲内に存在する林小班を対象とし、森林解析を実施する。

スギ林の森林解析対象地として、愛媛県及び、広島県内の国有林を設定したが、広島県ではスギ林自体が少なく、崩壊の発生したスギ林が非常に少なかったため、愛媛県の国有林を対象とすることとした。そこで、愛媛県の国有林で崩壊地を含む範囲を確認した。

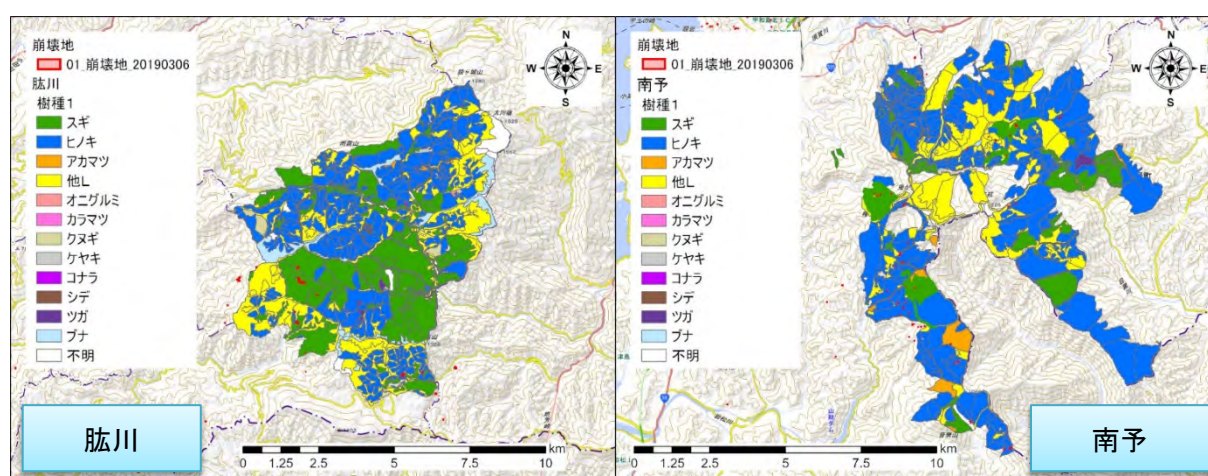


図 3.4 愛媛県国有林内の樹種と崩壊地データの重ね合わせ図
(左：肱川の一部、右：南予の一部)

確認したエリアは肱川と南予である。しかし、図 3.4 に示すように、肱川で 4 小班、南予で 5 小班と両者ともにスギ林に崩壊地を含む小班は少なかった。また、樹種 1 でスギの登録がある小班であっても、混交している場合が多く、オルソ写真による目視により広葉樹等から崩壊が発生している箇所も見られる。そのため、崩壊地を含む小班数が山腹崩壊発生地と森林状態等に関する関係を示すうえで、不足することも考えられ、場合によっては、広島県・愛媛県以外の国有林を対象地に含まれることを考慮する必要がある。

3.2 次年度の調査地選定

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を取りまとめるには、スギ林についても根系調査を実施し、評価していかなければならない。そのため、次年度の調査候補地を選定する必要がある。

調査候補地の選定には、航空 LP データから樹高、立木密度等を整理し、現況の森林情報を俯瞰的に整理した上で、施業履歴と照らし合わせ、調査候補小班を選定する。

表 3.1 調査候補地整理のための小班施業履歴の整理例

林小班	樹種1	林齢	林分	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	調査回数	調査後の 林齢
540.た	ヒノキ	21	5						地帯	補付	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									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)	経路整備等											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

3.3 高知国有林スギの調査

3.3.1 施業前後の航空 LP データによる差分比較

施業による森林の土砂崩壊防止機能への影響力を可視化するため、施業前、及び施業後の各データの差分値を算出し比較検証した。

検証対象小班は以下の条件を満たす高知県安芸市、香美市、及び大豊町に属する 56 小班とした。

- ・ 施業前の航空 LP データと施業後の航空 LP データの両者がある。
- ・ 施業前の航空 LP データが ALS 解析の実施可能な点密度である。
- ・ 10ha 以上である。
- ・ 施業前の航空 LP データ取得年と施業後の航空 LP データの取得年の間に森林施業が実施されている。

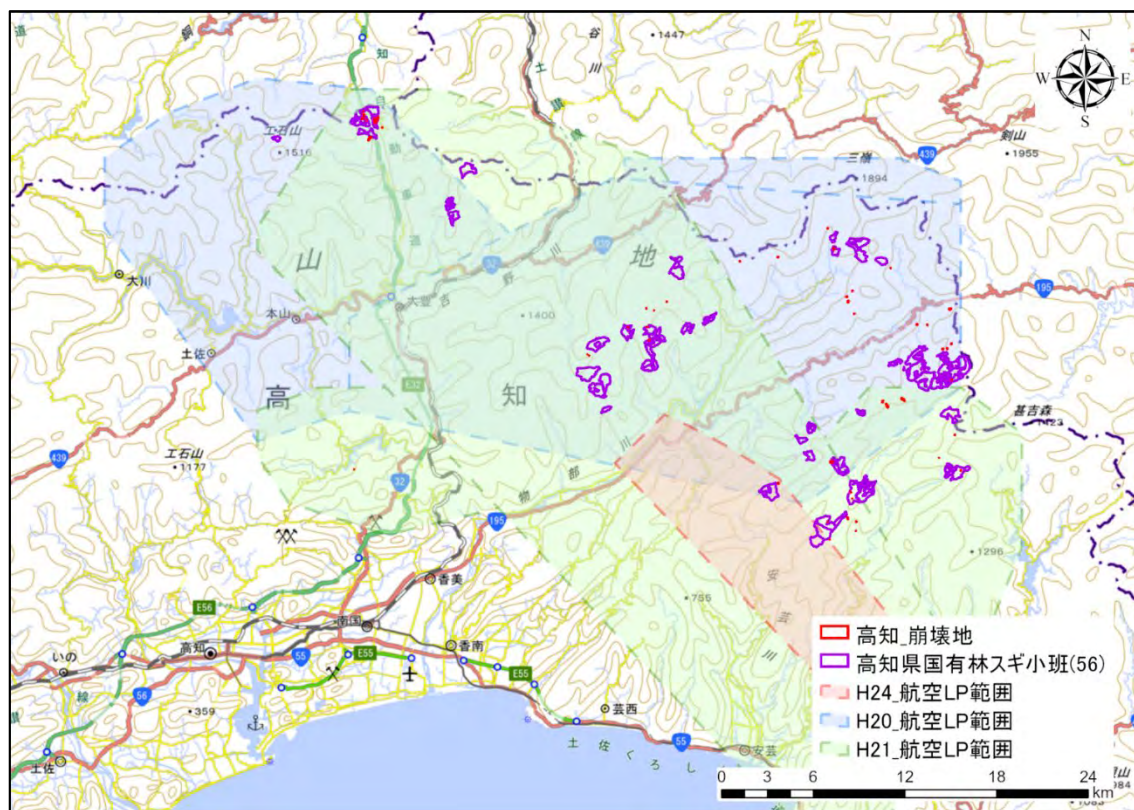


図 3.5 調査対象の 56 小班と崩壊地（紫色：小班、赤色：崩壊地）

56 小班のうち、8 小班は崩壊地を含む小班であった。

施業前の航空 LP データが複数年度取得されている小班については、最新施業が実施された年度と最も近いデータを森林解析に使用した。（図 3.6）

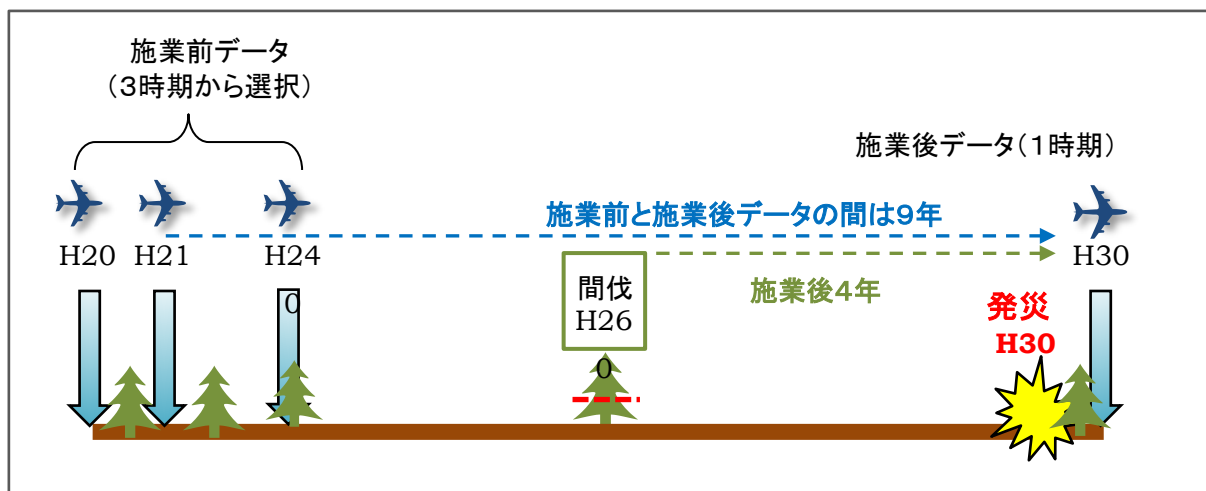


図 3.6 施業前後の LP データと施業後経過年の関係（イメージ）

本検証では、航空 LP データから ALS 森林解析を実施し、樹高の算出を行う。胸高直径については、現状では現地調査が実施されておらず、推定式は作成していない。そのため、森林総合研究所の「収量比数 R_y 計算プログラム」を使用し、胸高直径を算出した。

樹高を算出する際の森林解析の実施は以下の条件で行った。

<崩壊地を含む 8 小班>

対象小班内の崩壊地周辺のスギ林を主とする 20m×20mの正方形の範囲を 3 箇所設定し、その平均の値を使用した。

<崩壊地を含まない 48 小班>

対象小班内の崩壊地周辺のスギ林を主とする 50m×50mの正方形の範囲を 1 箇所設定し、その平均の値を使用した。

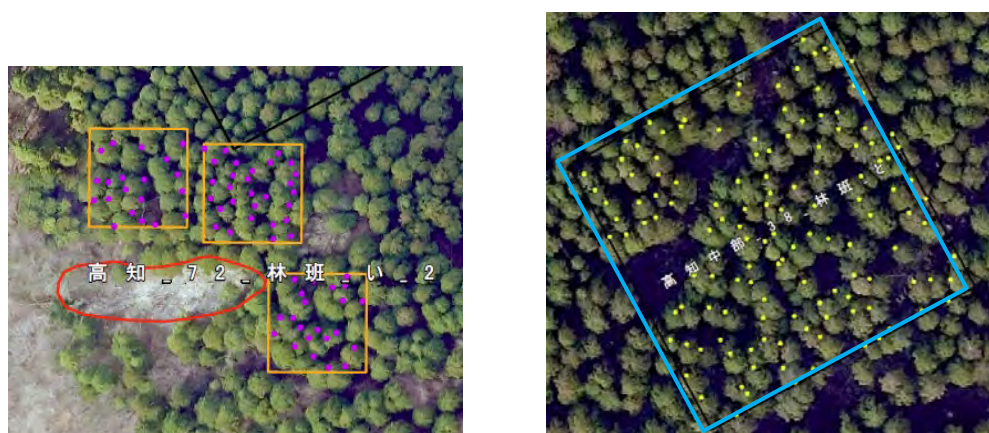


図 3.7 小班のプロット例（左：崩壊地あり、右：崩壊地なし）

56 小班の施業履歴を表 3.2 に示す。なお、本検証では災害発生年である平成 30 年を基準(0 年)として施業後経過年数を数えることとする。

表 3.2 調査対象の 56 小班の施業履歴

No	林小班名	林 齢	崩壊地 の有無	施業履歴	最終 施業年	施業後 経過年	使用 LP 取得年
1	安芸 49 い	49	有	H24 保育間伐/H29 主伐 1	2017	1	H21
2	嶺北 50 れ	56	有	H23 本数調整伐/H29 間伐 2	2017	1	H21
3	高知中部 70 い 4	56	有	H22 保育間伐/H23 間伐 2/H26 間伐 2 /H28 間伐 2	2016	2	H20
4	安芸 52 い 1	44	有	H26 保育間伐	2014	4	H21
5	高知中部 153 は	56	有	H20 保育間伐/H21 保育間伐/H25 間伐 2 /H26 間伐 2	2014	4	H24
6	高知中部 72 に 1	43	有	H23 本数調整伐	2011	7	H20
7	嶺北 50 い	68	有	H23 本数調整伐	2011	7	H21
8	高知中部 20 ろ	49	有	H21 保育間伐	2009	9	H20
9	安芸 48 ろ	54	無	H23 保育間伐/H29 主伐 1	2017	1	H24
10	高知中部 73 と	39	無	H29 本数調整伐	2017	1	H20
11	嶺北 50 そ	61	無	H29 間伐 2	2017	1	H21
12	高知中部 15 い	54	無	H20 保育間伐/H28 間伐 2 /H29 植付	2016	2	H20
13	高知中部 4 ろ	42	無	H21 保育間伐/H28 間伐 2	2016	2	H21
14	高知中部 91 よ	50	無	H28 間伐	2016	2	H20
15	嶺北 55 ち	56	無	H23 間伐 2 /H27 間伐/H28 保育間伐	2016	2	H21
16	嶺北 55 へ	63	無	H28 保育間伐	2016	2	H21
17	安芸 30 に	66	無	H27 間伐 2	2015	3	H21
18	高知中部 2 は 2	45	無	H27 保育間伐	2015	3	H21
19	高知中部 22 い	50	無	H26 間伐/H27 保育間伐	2015	3	H20
20	高知中部 71 い	54	無	H21 間伐 2 /H23 保育間伐	2015	3	H21
21	高知中部 91 に	61	無	H21 間伐 2 /H23 間伐 2 /H25 間伐 2 /H27 間伐 2	2015	3	H20
22	嶺北 51 に	61	無	H26 間伐/H27 保育間伐	2015	3	H21
23	安芸 44 い 1	47	無	H24 間伐 2 /H25 保育間伐/ H26 保育間伐	2014	4	H21
24	高知中部 39 い	52	無	H26 間伐	2014	4	H20
25	高知中部 69 い	60	無	H25 間伐/H26 間伐	2014	4	H20
26	嶺北 65 に	58	無	H26 間伐 2	2014	4	H20
27	安芸 21 ろ	49	無	H22 間伐 2 /H25 保育間伐	2013	5	H21
28	安芸 43 い	48	無	H24 保育間伐/H25 保育間伐	2013	5	H21
29	安芸 48 い	53	無	H25 保育間伐	2013	5	H24

No	林小班名	林 齢	崩壊地 の有無	施業履歴	最終 施業年	施業後 経過年	使用LP 取得年
30	高知中部 16 に	49	無	H24 間伐/H25 間伐 2	2013	5	H20
31	高知中部 68 ち	43	無	H23 本数調整伐/H25 主伐 1	2013	5	H20
32	高知中部 69 に	68	無	H20 保育間伐/H25 間伐 2	2013	5	H20
33	高知中部 90 ほ	53	無	H25 間伐 2	2013	5	H21
34	嶺北 38 い	33	無	H25 保育間伐	2013	5	H20
35	嶺北 55 い	52	無	H23 間伐 2 /H25 保育間伐	2013	5	H21
36	安芸 22 る	53	無	H24 保育間伐	2012	6	H21
37	安芸 49 ろ 1	42	無	H24 保育間伐	2012	6	H21
38	高知中部 16 い	55	無	H24 間伐	2012	6	H20
39	高知中部 38 い	51	無	H24 間伐	2012	6	H20
40	高知中部 38 と	50	無	H24 間伐	2012	6	H20
41	高知中部 38 ろ	51	無	H21 間伐 2 /H23 間伐 2 /H24 間伐	2012	6	H20
42	高知中部 67 ほ	65	無	H24 間伐	2012	6	H20
43	高知中部 11 い	44	無	H23 本数調整伐	2011	7	H20
44	高知中部 11 ろ	48	無	H23 本数調整伐	2011	7	H20
45	高知中部 68 へ	49	無	H22 保育間伐/H23 保育間伐	2011	7	H20
46	高知中部 72 い 2	48	無	H23 保育間伐	2011	7	H20
47	高知中部 77 へ 1	52	無	H23 保育間伐	2011	7	H20
48	高知中部 84 い	46	無	H23 間伐 2	2011	7	H20
49	嶺北 56 に	65	無	H22 保育間伐/H23 間伐	2011	7	H21
50	高知中部 51 は	52	無	H22 保育間伐	2010	8	H20
51	高知中部 72 い 1	52	無	H21 保育間伐/H22 保育間伐	2010	8	H21
52	高知中部 14 ろ	54	無	H21 保育間伐	2009	9	H20
53	高知中部 21 い	59	無	H21 保育間伐	2019	9	H20
54	高知中部 80 た	38	無	H21 保育間伐	2009	9	H20
55	嶺北 57 は	49	無	H20 保育間伐/H21 保育間伐	2009	9	H20
56	嶺北 60 い	54	無	H20 主伐/H21 保育間伐	2009	9	H20

本検証範囲のスギ小班の林齢は、33～68 年生となり、壮齢から高齢林の小班のみで、平均林齢は 52 年生であった。