

課 題	3 5 列状間伐施業における林況変化把握と経営的評価試験				開発期間	平成 8 年度～令和 2 年度 (1996 年度～2020 年度)	
開発箇所	水昌山 6 0 3 か林小班	担当部署	森林技術・支援 センター	共 同 研究機関	森林総合研究 所関西支所	技術開発 目 標	3 (1)
開発目的 (数値目標)	高性能林業機械等による間伐を促進するため、列状間伐の実施による林況変化及びその分析等による経営的評価を行う。						
実施経過	<p>【林況・地況】</p> <p>ヒノキ更新年度：昭和 48 (1973) 年度 3000 本/ha</p> <p>傾斜：中 地質：花崗岩 土壌：BD 向き：北東 標高：550～630m</p> <p>平成 10 年度 試験区設定 列状区 1.19 定性区 0.40 対照区 0.35 計 1.94ha</p> <p>平成 11 年度 伐採実施、時間観測、経営的評価 間伐 平成 12 年 (2000 年) 2 月 間伐後の林況調査 平成 12 年 4 月</p> <p>平成 12 年度 林況変化の把握 局主催「森林・林業交流研究発表会」にて第 1 報を発表</p> <p>平成 13 年度 林況変化の把握 (照度調査)</p> <p>平成 14 年度 経過観察</p> <p>平成 15 年度 相対照度測定 ・隣接地で「秋の植樹と森の集い」を実施</p> <p>平成 16 年度 相対照度測定 森林総研、主任研究官現地調査及び検討</p> <p>平成 17 年度 相対照度測定 列状間伐区 14.0% 定性間伐区 3.8% 対照区 5.3% 間伐 5 年後 (17.4) データは別紙の通り 局主催「森林・林業交流研究発表会」にて第 2 報を発表</p> <p>平成 19 年度 相対照度測定 列状間伐区 5.4% 定性間伐区 3.3% 対照区 3.2%</p>						

平成 20 年度	<p>相対照度測定、2 回目の間伐検討</p> <p>林況変化の把握、成長量調査</p> <p>開発期間延長(H23～R2)</p>
平成 22 年度	林況調査・相対照度測定
平成 23 年度	局主催「森林・林業交流研究発表会」にて第 3 報を発表
平成 24 年度	<p>林野庁「国有林野事業業務研究発表会」にて発表</p> <ul style="list-style-type: none"> ・相対照度測定 ・間伐の検討 <p>1 列状間伐区の取り扱い</p> <p>列状間伐区内の間伐方法について、列状から定性に変更。</p> <p>2 対照区（無間伐区）の取り扱い</p> <p>列状間伐区と定性間伐区で取得した間伐後の蓄積の回復、施業と個体の肥大成長の関係などを見るため、対照区を設置しているが、Ry0.96 不健全な林分になってきていることから、列状間伐（列間については定性間伐）を実施し、成長反応調査及び経営評価を行う。</p>
平成 25 年度	<ul style="list-style-type: none"> ・間伐方法、搬出路線の決定 ・間伐調査
平成 26 年度 (2014 年度)	<ul style="list-style-type: none"> ・功程調査及び生産性等分析 ・間伐の実行
平成 27 年度	<ul style="list-style-type: none"> ・林況変化の把握
平成 28 年度	<p>林況変化の把握</p> <p>成長量調査（胸高直径）</p>
平成 29 年度	<p>林況変化の把握</p> <p>間伐実施後における試験区別の成長量調査実施</p> <p>林分の混み具合指数の算出</p> <p>林内相対照度調査</p>

	<p>平成 30 年度～ 林況変化の把握 令和元年度 成長量調査実施 林内相対照度調査 樹幹解析</p>
<p>開発成果</p>	<p>1 林況変化の推移</p> <p>(1) 平均樹高 (表 1、表 3、図 1)</p> <p>平成 11 年度の間伐において列状区は伐採列に優勢木・劣勢木が含まれていたため 14.2m と伐採前後で変化はなかった。定性区は劣勢木や形質不良木を中心に下層間伐を実施したため、間伐前の 12.9m から 13.1m に増加した。</p> <p>平成 11 年度間伐後から平成 25 年度 2 回目間伐前までの成長量は、列状区 3.5m、定性区 4.7m、対照区 4.6m で、定性区の伸びが最も良く、続いて対照区であった。</p> <p>平成 26 年度の間伐は列状区、定性区とも定性間伐を実施したことから伐採前後で、列状区 0.1m、定性区 0.3m、対照区 0.2m で大きな差はなかった。</p> <p>平成 26 年度 2 回目間伐後から令和元年度までは、列状区 3.4m、定性区 3.4m、対照区 2.7m で、列状区、定性区とも定性間伐を実施したことから増加量に差はみられなかった。</p> <p>平成 11 年度間伐前から令和元年度までは、列状区 7.0m、定性区 8.6m、対象区 7.5m で、定性区の伸びが最も良かった。</p> <p>令和元年度の樹高は、列状区 21.2m、定性区 21.5m、対象区 20.4m で列状区、定性区で大きな差はなかった。</p> <p>(2) 平均胸高直径 (表 1、表 4、図 2)</p> <p>平成 11 年度の間伐において、列状区は伐採列に優勢木・劣勢木が含まれていたことから伐採前 16.7 cm、伐採後 16.8 cm で変化はほとんどなかった。定性区は劣勢木や形質不良木を中心に下層間伐を実施したため、間伐前の 15.6 cm から 16.1 cm に増加した。</p> <p>平成 11 年度間伐後から平成 25 年度 2 回目間伐前までの増加量は、列状区 5.6 cm、定性区 6.9 cm、対照区 3.6 cm で、定性区の肥大成長が最も良かった。</p> <p>平成 26 年度 2 回目間伐後から令和元年度までは、列状区 3.3 cm、定性区 2.5 cm、対照区 2.0 cm で、列状区の肥大成長が最も良かった。</p> <p>平成 11 年度間伐前から令和元年度までは、列状区 9.6 cm、定性区 11.0 cm、対照区 6.0 cm で、定性区の肥大成長が最も良かった。</p> <p>令和元年度の平均胸高直径は、列状区 26.3cm、定性区 26.6cm、対象区 21.4cm で列状区、定性区で大きな差はなかった。</p>

(3) ha 当たり蓄積 (表 5)

平成 11 年度間伐後から平成 25 年度 2 回目間伐前までの蓄積増加量は、列状区 236m³、定性区 288m³、対照区 266m³ で、定性区が最大となった。

平成 26 年度 2 回目間伐後から令和元年度までは、列状区 191 m³、定性区 187 m³、対照区 122 m³で、列状区が最大となった。H26 年度間伐時に列状区は、1 回目未実施だった残存列 (5 m幅) 内の間伐を実施したため、2 回目間伐時の選木で並の木や二又等を多く伐採したため伐採後の材積に差が生じた。

平成 11 年度間伐前から令和元年度までは、列状区 215m³、定性区 309m³、対照区 189m³ で、定性区が最大となった。

令和元年度の ha 当たり蓄積は、列状区 526m³、定性区 568m³、対象区 499m³ となった。

(4) 直径階別の ha 当り本数について試験区毎に取りまとめた。(表 8 図 9)

対照区は小径木が多いが、列状区は 2 回目間伐時に定性間伐を行ったこともあり、定性区と似た径級分布となった。

(5) 植生調査 (写真 1 ~ 6)

2m四方のプロットを設置し、目視による全体被度は写真のとおりである。

列状区 85%、定性区 70%、対照区 40%と対照区の被度が低くなった。

(6) 林内相対照度 (図 11)

間伐前平成 24 年度は、列状区 0.9%、定性区 0.5%、対照区 0.4%、間伐後 3 年経過した平成 29 年度は、列状区 1.8%、定性区 3.7%、対照区 3.6%間伐により林内照度が改善したもののばらつきが見られた。

令和 2 年度には、列状区 2.6% 定性区 1.1% 対照区 1.8%となった。

2 経営的評価

(1) 作業システム

平成 11 年度間伐 (ヒノキ 27 年生)

作業システム : チェーンソー タワーヤーダ プロセッサ

平成 26 年度間伐 (ヒノキ 42 年生)

	使用機械と作業班	人工数 (伐倒~集材まで)
1 回目間伐	チェーンソー (ドルマー) 2 名 タワーヤーダ (モリトウ) 2 名 プロセッサ (GP-35) 1 名	列状間伐区 : 18.2 人/ha 定性間伐区 : 26.3 人/ha
2 回目間伐	チェーンソー (ハスクバーナ 346XP) 3 名 ザウルス (住友 SH125X-3) 1 名 プロセッサ (コベルコ SK135) 1 名 グラップル (PC55) 1 名 フォワーダ (モロオカ MST650) 1 名	列状間伐区 : 5.9 人/ha 定性間伐区 : 3.8 人/ha 対照区 : 8.9 人/ha ※労働生産性試算ソフト (岡山県農林水産総合センター森林研究所) での試算結果。

作業システム：チェーンソー ザウルス プロセッサ グラップル フォワーダ

(2) 生産性

平成 11 年度間伐（1 回目 ヒノキ 27 年生）

列状区は、かかり木が少なく、伐倒、集材においても定性区の工期より高かった。

伐倒工期 列状区 6.9 m³/人、定性区 5.3 m³/人

集材工期 列状区 2.6 m³/人、定性区 1.9 m³/人（タワーヤーダ―）

平成 26 年度間伐（2 回目 ヒノキ 42 年生）

平成 26 年度伐採時、かかり木が多く、工期調査が出来なかったため、労働生産性試算ソフト（岡山県農林水産総合センター森林研究所）で試算を行った。（資料 1 参照）

列状区と定性区は定性間伐を行ったため、伐倒、集材共に同程度の工期を示し、対照区は列状間伐と残存列内の定性間伐を行った結果、伐採量は多いが単木材積が低いことから、列状区、定性区より工期が低くなった。

伐倒工期 列状区 22.7 m³/人、定性区 24.3 m³/人、対照区 19.2 m³/人

集材工期 列状区 9.6 m³/人、定性区 9.9 m³/人、対照区 7.4 m³/人（スイングヤーダ、路網）

(3) 事業収支

平成 11 年度間伐（1 回目）

支出は、列状区 20,198 円/m³、定性区 20,299 円/m³とほぼ同じ金額となった。これは、試験区の広さの違いによりタワーヤーダ―の索張りの本数と、索長のスパンが異なったことによるものと考えられる（列状区 8 本、平均架線長 164m、定性区 2 本、平均架線長 93m）。

収入は、列状区 17,696 円/m³、定性区 12,671 円/m³を上回った。これは、定性区が下層間伐であったこと、列状区は列で伐採していることから、下層木から太い径級に至るまで様々な径級、品質の材が含まれていたためであると考えられる。

収支は、支出がほぼ同額であったが、収入で差が生じ、列状区で▲2,502 円/m³で定性区の▲7,628 円/m³を上回った。同じような地形、面積であれば、結果はさらに列状区に有利に働いたと考えられる。

平成 26 年間伐（2 回目）

支出は、列状区 20,379 円/m³、定性区 19,949 円/m³、対照区 20,804 円/m³となった。支出は、各試験区の面積の違いによる作業道の開設延長により支出が異なつたと考えられる。(路網密度：列状区 360m/ha、定性区 312m/ha、対照区 442m/ha)

収入は、列状区 11,127 円/m³、定性区 10,608 円/m³、対照区 11,354 円/m³となった。

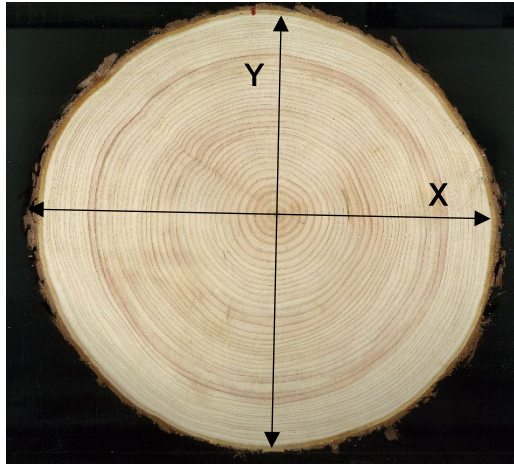
収支は、列状区▲9,251 円/m³、定性区▲9,341 円/m³、対照区▲9,450 円/m³となった。

「2 回目間伐後のまとめ」

- (1) 平均樹高、平均胸高直径は、列状区、定性区に顕著な差はなかつた。
- (2) ha 当たりの蓄積は定性区が最大となった。
- (3) 対照区は、初回間伐を実施したが、林冠がうっ閉し、現在もなお過密林分となっている。
- (4) 1 回目の間伐については、列状区でかかり木が少なく、伐倒、集材工期において定性区の工期より高い。
- (5) 列状区、定性区は、2 回目の間伐をどちらも定性にした結果、伐倒、集材工期は、試算上同程度となった。
- (6) 1 回目の間伐については、支出は、列状区、定性区ともほぼ同じ金額となり、収入は、列状区が定性区を上回つた。これは、定性区が下層間伐であつたためと考えられる。

3 真円度の調査

間伐後の肥大成長において、列状間伐の列側への成長の偏りが懸念されることから、成長過程における影響の有無を検証するため、樹幹解析データより、プロット毎の真円度を調査した。



1. 調査方法

各試験区の平均的な立木それぞれ2本を伐採し計測した。列状区は残存列の中央部1本、伐採列側の1本を調査した。

- (1) 真円度を $X \div Y$ で計算し、1 (100%) が真円とする。
- (2) 高さ 1.2m、3.2m、5.2m、7.2m、9.2m の一年ごとの真円度を算出し、グラフ化し、算出された各年の真円度の平均と標準偏差を求め、各プロットを比較した。

2. 調査結果

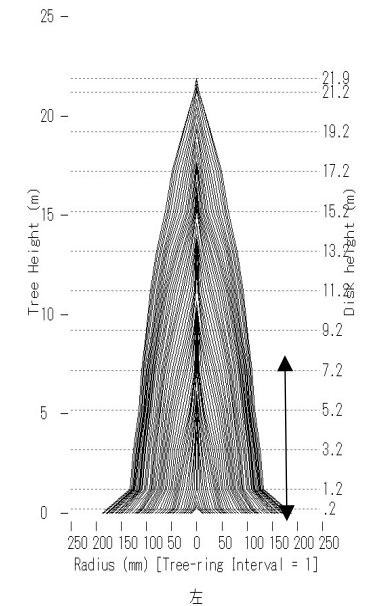
(1) 列状区

列中の平均真円度は 97% から 102% (平均 100%)、標準偏差 1% から 4% (平均 3%) で、ばらつきも小さく真円度は高い。

列側の平均真円度は 99% (5.2m) から 104% (9.2m)、標準偏差 1% から 3% でばらつきも小さく真円度は高い。

(2) 定性区

2本計測し1本は平均真円度 98%~103% (平均 100%)、標準偏差 3~4% (平均 4%)、2本目は平均真円度 101%~104% (平均 102%)、標準偏差 2~5% (平均 3%) でありばらつきも小さく真円度は高い。



		<p>(3) 対照区</p> <p>2本計測し1本は平均真円度96%~99%(平均97%)、標準偏差2~4%(平均3%)、2本目は平均真円度93%~103%(平均102%)、標準偏差1~13%(平均7%)となり、9.2mのデータで扁平の値となった。</p> <p>各プロットの全体平均を比較するが、平均真円度は97%~102%となる。</p> <p>標準偏差は3%~7%であり、ばらつきも小さい。列状区列側は平均真円度101%、標準偏差3%であり、成長途中の成長についても真円度は高い結果となった。</p> <p>以上の結果より、列状間伐後の偏った肥大成長は成長過程においても見られないことから、材質への影響は無いものと考えられる。</p> <p>※間伐は2000年と2014年に実施しており、グラフ中緑の目盛り線で表示している。</p>
--	--	---

資料1 行程計算結果

列状			生産量	人工数		人工数割合	生産割合	生産性
人工数	伐倒		73.5	3.24	3.24	30%	21.84770642	22.68519
	集材	集材(木寄)		3.46	7.66	70%		
		造材		2.00				
		集材(搬出)		2.20				
計			10.90	10.90	100%	73.5	6.743119	
定性			生産量	人工数		人工数割合	生産割合	生産性
人工数	伐倒		58	2.39	2.39	29%	16.84325638	24.26778
	集材	集材(木寄)		2.54	5.84	71%		
		造材		1.56				
		集材(搬出)		1.74				
計			8.23	8.23	100%	58	7.047388	
対象区			生産量	人工数		人工数割合	生産割合	生産性
人工数	伐倒		124.7	0.82	6.51	28%	34.64775928	19.15515
	集材	集材(木寄)		1.40	16.92	72%		
		造材		2.26				
		集材(搬出)		1.44				
計			5.92	23.43	100%	124.7	5.322236	

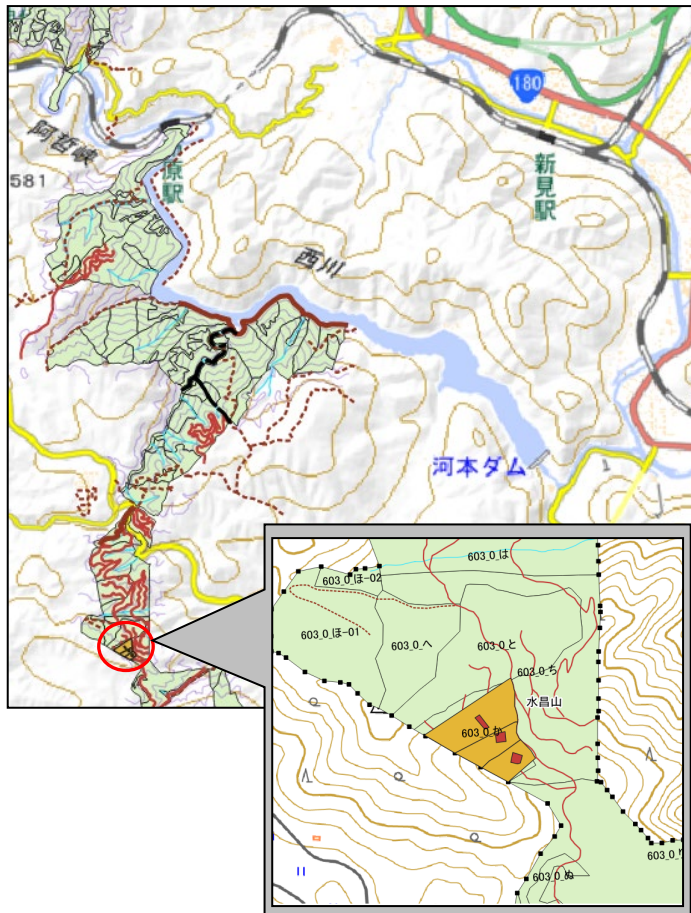
試験地概況

岡山県新見市

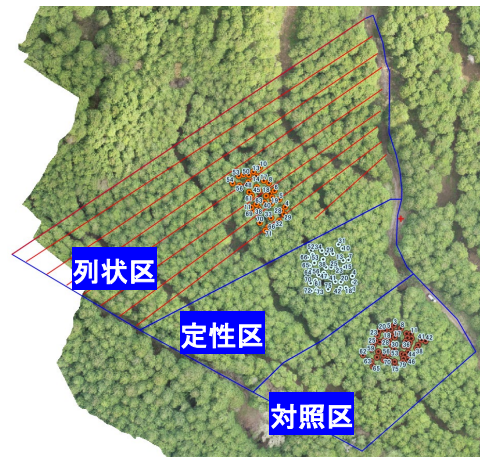
水昌山603か林小班

更新年度 昭和48(1973)年度

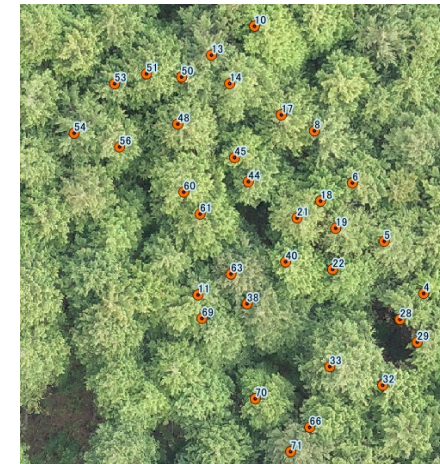
面積 1.94ha



①水昌山 603 か林小班全景

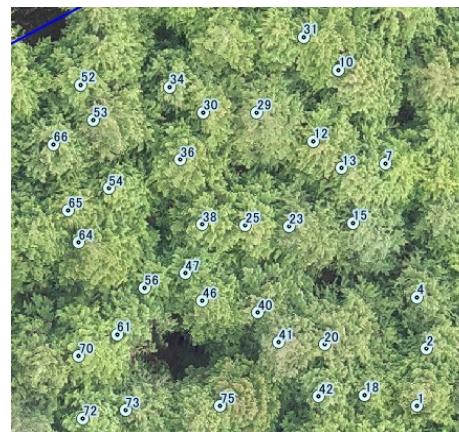


②列状区標準地上空写真 875本/ha



列状間区では、列が明確には解らないぐらいにまで樹冠が鬱閉している。

③定性区標準地上空写真 925本/ha



④対照区標準地上空写真 1,351本/ha

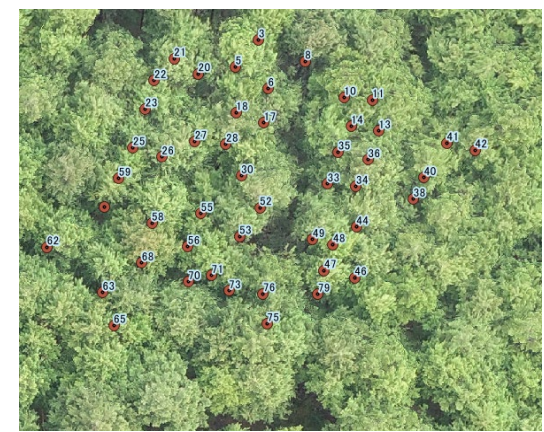


表 1 間伐後の林況変化

間伐区別	平均胸高直径 (cm)						平均樹高 (m)						収量比数 (Ry)			
	間伐前	間伐後		現況	比率 (%)	比率 (%)	間伐前	間伐後		現況	比率 (%)	比率 (%)	間伐前	間伐後		現況
	(H26)	(H26)	(H29)	(R1)	3 成長期 経過	5 成長期 経過	(H26)	(H26)	(H29)	(R1)	3 成長期 経過	5 成長期 経過	(H26)	(H26)	(H29)	(R1)
列状間伐区	22.4	23.0	24.7	26.3	107	114	17.7	17.8	19.1	21.2	107	119	0.78	0.69	0.71	0.80
定性間伐区	23.0	24.1	25.3	26.6	105	110	17.8	18.1	19.5	21.5	108	119	0.80	0.71	0.75	0.83
対照区	19.0	19.4	20.3	21.4	105	110	17.5	17.7	19.1	20.4	108	115	0.96	0.79	0.81	0.91

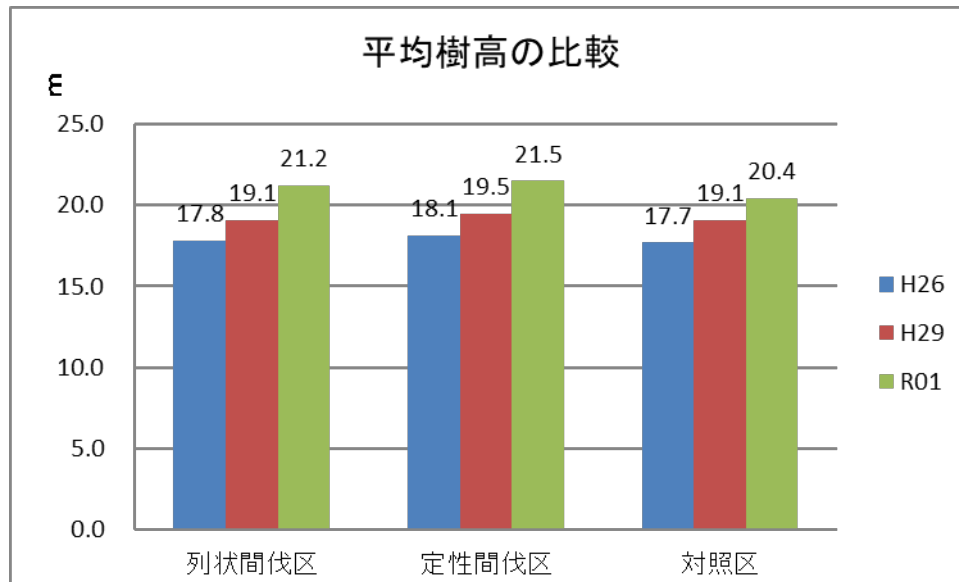


図 1 平均樹高の比較平均

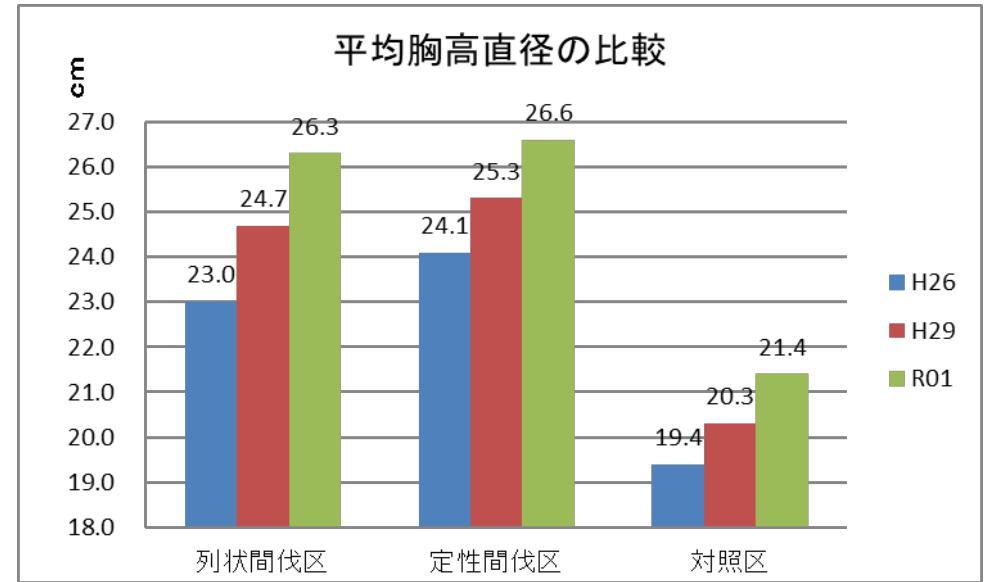


図 2 胸高直径の比較

(2) 成長量の年度推移

表2 ha 当たり本数

単位:本

間伐区分	H11 (間伐前)	H11 (間伐後)	H17	H20	H23	H25 (間伐前)	H26 (間伐後)	H29	R1
列状間伐区	1775	1225	1225	1225	1225	1225	875	875	875
定性間伐区	1875	1225	1225	1225	1225	1225	925	925	925
対照区	2275	2275	2275	2275	2250	2162	1351	1351	1323

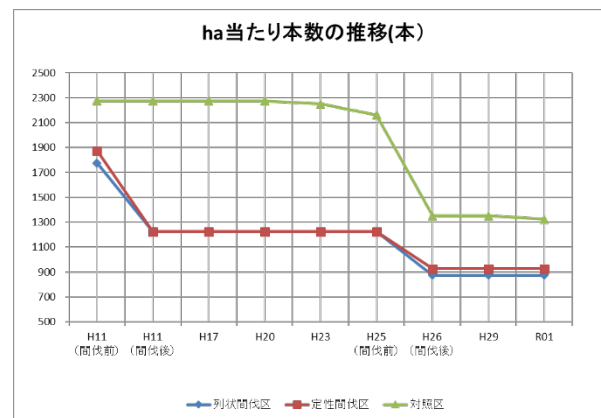


図3 ha 当たり本数の推移

表3 平均樹高

単位:m

間伐区分	H11 (間伐前)	H11 (間伐後)	H17	H20	H23	H25 (間伐前)	H26 (間伐後)	H29	R1
列状間伐区	14.2	14.2	15.6	16.6	17.6	17.7	17.8	19.1	21.2
定性間伐区	12.9	13.1	15.2	16.1	17.7	17.8	18.1	19.5	21.5
対照区	12.9	12.9	15.4	15.5	17.4	17.5	17.7	19.1	20.4

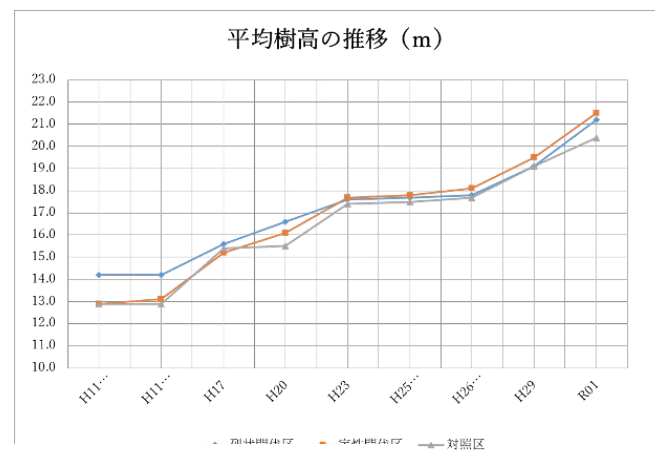


図4 平均樹高の推移

表4 平均胸高直径

単位:cm

間伐区分	H11 (間伐前)	H11 (間伐後)	H17	H20	H23	H25 (間伐前)	H26 (間伐後)	H29	R01
列状間伐区	16.7	16.8	18.6	20.8	21.5	22.4	23.0	24.7	26.3
定性間伐区	15.6	16.1	18.7	20.9	21.7	23.0	24.1	25.3	26.6
対照区	15.4	15.4	17.0	18.1	18.6	19.0	19.4	20.3	21.4

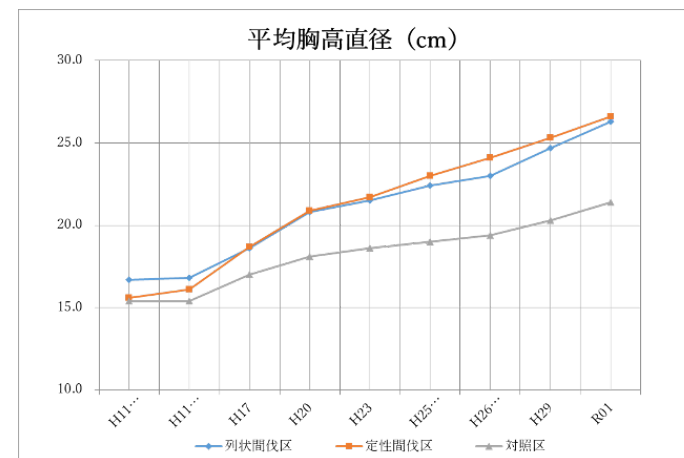


図5 平均胸高直径

表5 haあたり蓄積

単位:m3

間伐区分	H11 (間伐前)	H11 (間伐後)	H17	H20	H23	H25 (間伐前)	H26 (間伐後)	H29	R01
列状間伐区	311	216	286	372	422	452	335	423	526
定性間伐区	259	183	275	360	429	471	381	465	568
対照区	310	310	435	491	588	576	377	457	499

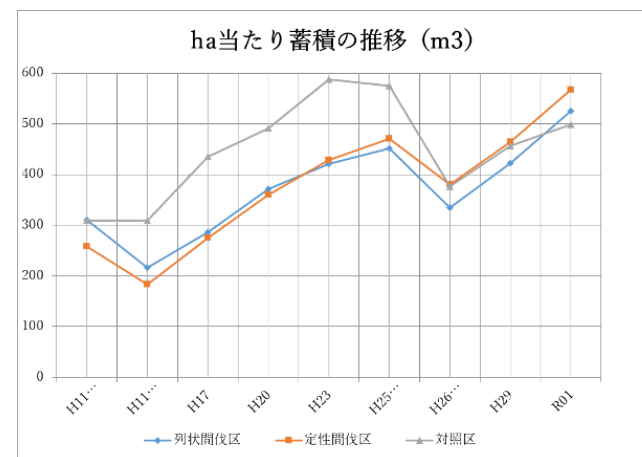


図6 ha あたり蓄積の推移

表6 単木材積

単位:m3

間伐区分	H11 (間伐前)	H11 (間伐後)	H17	H20	H23	H25 (間伐前)	H26 (間伐後)	H29	R01
列状間伐区	0.18	0.18	0.23	0.30	0.34	0.37	0.38	0.48	0.60
定性間伐区	0.14	0.15	0.22	0.29	0.35	0.38	0.41	0.50	0.61
対照区	0.14	0.14	0.19	0.22	0.26	0.27	0.28	0.34	0.37

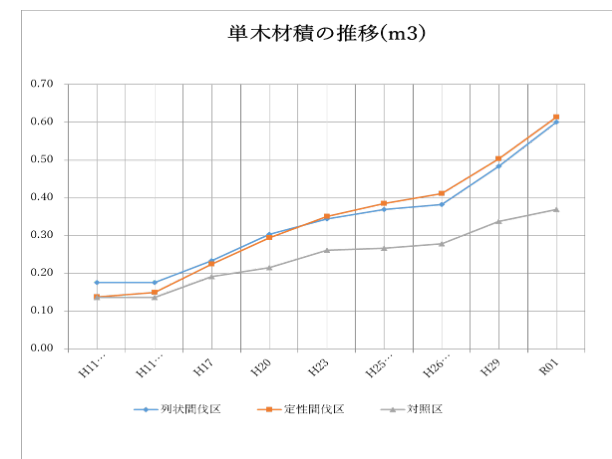


図7 単木材積の推移

表7 収穫比数(Ry)

間伐区分	H11 (間伐前)	H11 (間伐後)	H17	H20	H23	H25 (間伐前)	H26 (間伐後)	H29	R01
列状間伐区	0.76	0.63	0.70	0.75	0.78	0.78	0.69	0.73	0.80
定性間伐区	0.73	0.61	0.70	0.73	0.80	0.81	0.71	0.77	0.83
対照区	0.79	0.79	0.88	0.90	0.95	0.96	0.82	0.87	0.89

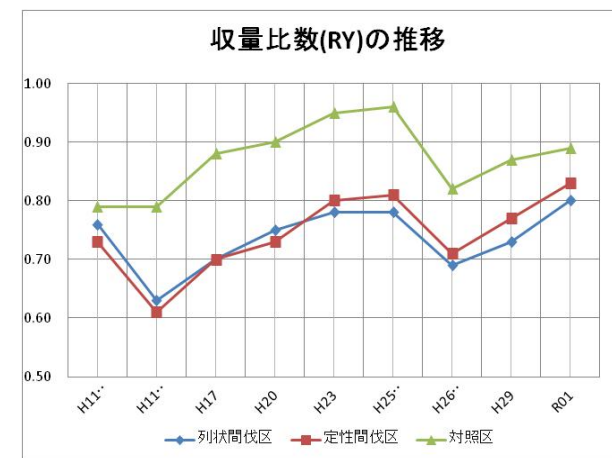


図8 収量比数 (Ry) の推移

表 8 直径階別 ha 当り本数(本)

径級	対照区	定性区	列状区
12	27	0	0
14	108	0	0
16	54	0	25
18	189	25	0
20	162	50	50
22	378	75	75
24	108	200	150
26	135	175	200
28	108	100	175
30	27	150	125
32	27	125	25
34	0	25	25
38	0	0	25
計	1,323	925	875

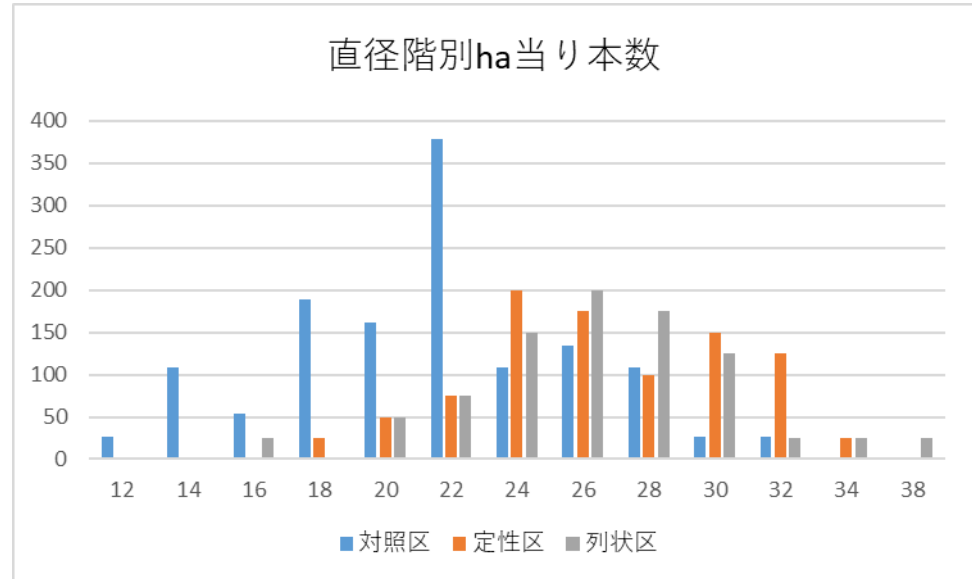


図 9 直径階別 ha 当り本数



図10 位置図

【列状間伐区】



写真1 列状区：撮影 2020/02/26

下層植生：
クロモジ
アセビ
マメイチゴ
チマキザサ
コガクウツギ
ソヨゴ



写真2 列状区：撮影 2007/11/21

【定性間伐区】



写真3 定性区：撮影 2020/02/26

下層植生：
チマキザサ
クロモジ
ヒサカキ
コガクウツギ
ムラサキシキブ



写真4 定性区：撮影 2007/11/21

【対照区（列状間伐実施）】



写真5 対照区：撮影 2020/02/26

下層植生：
コガクウツギ
サルトリイバラ
クロモジ
タチツボスミレ



写真6 対照区：撮影 2007/11/21

相对照度

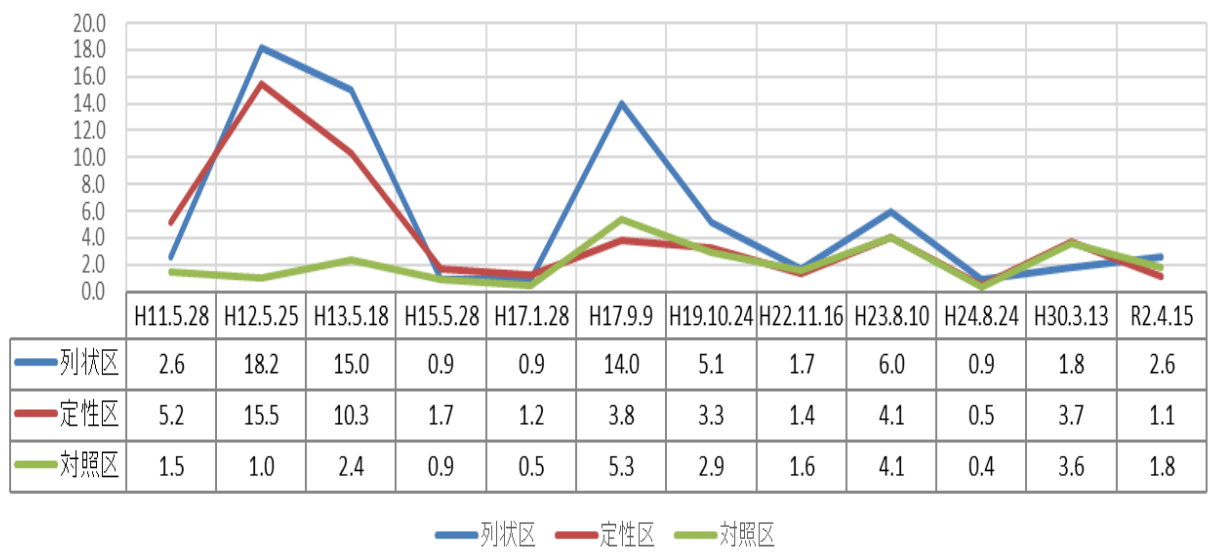
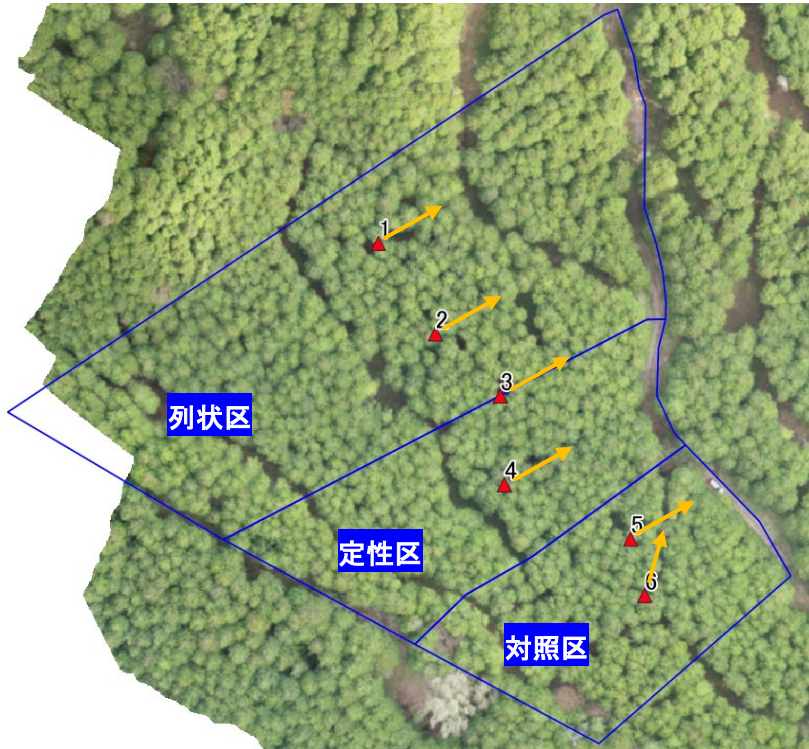


图 11 相对照度

列状区林内状况



写真 7 列状区林内状况



※矢印は斜面下側方向

図 12 樹冠解析立木位置図

No	DBH (cm)	樹高 (m)	メモ
①	26.4	21.5	列状区
②	26.6	21.9	列状区
③	26.4	20.5	定性区
④	25.6	22.1	定性区
⑤	21.0	20.1	対照区
⑥	20.5	21.9	対照区

各試験区の平均的な立木それぞれ2本を伐採し、樹幹解析により成長過程における真円度を計測

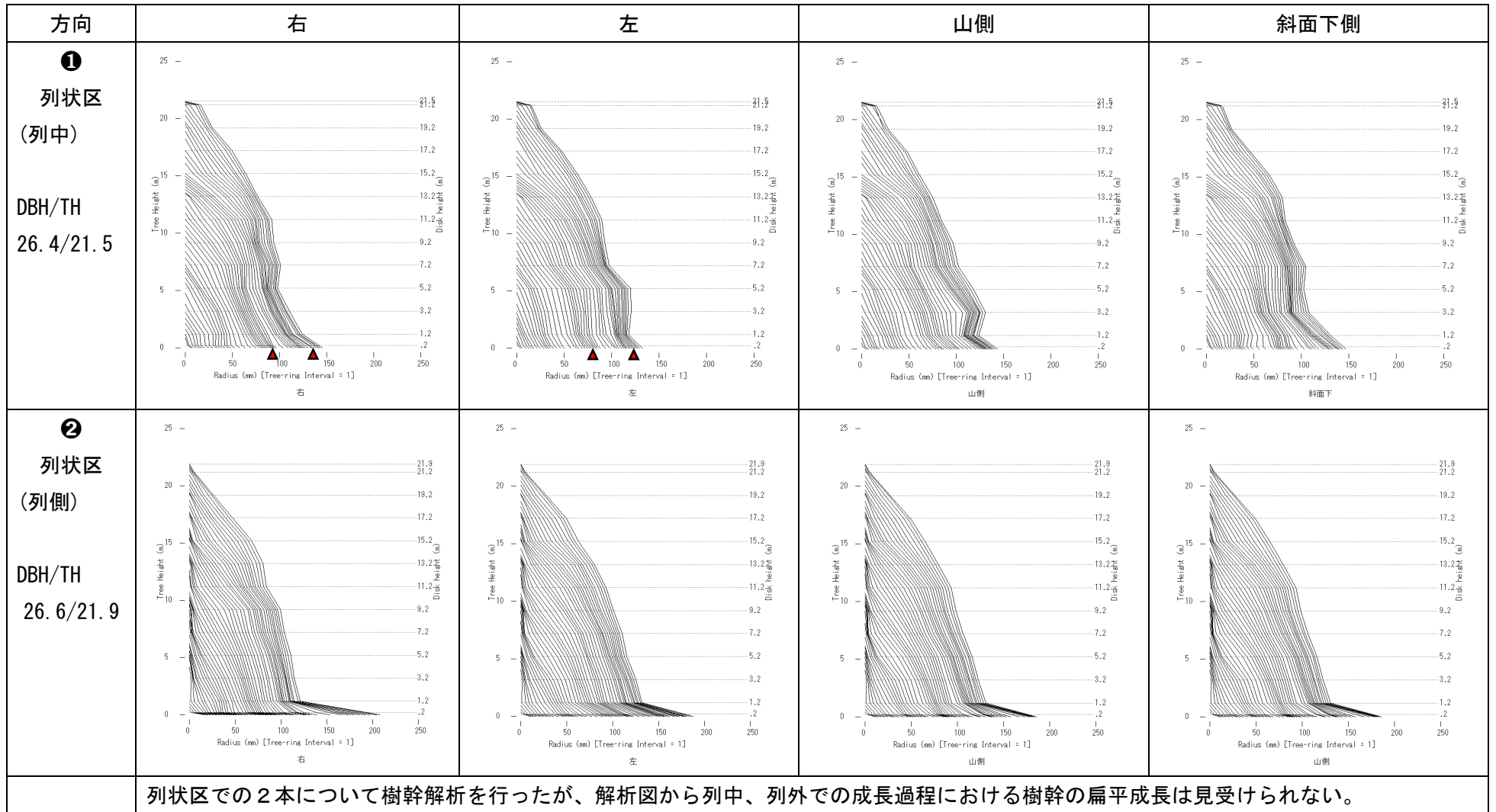


図 13 樹冠解析図 (列状区)

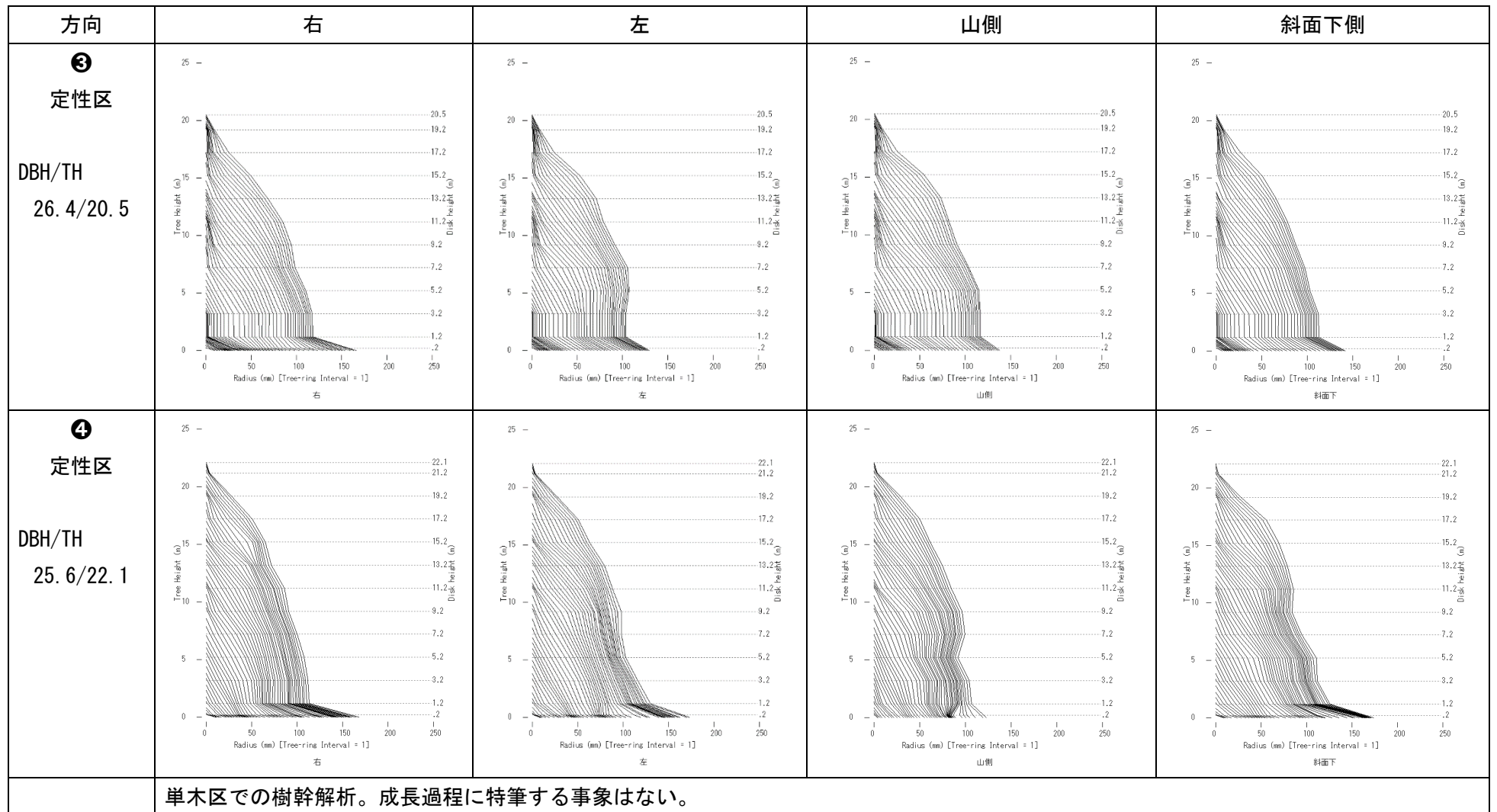


図 14 樹冠解析図（定性区）

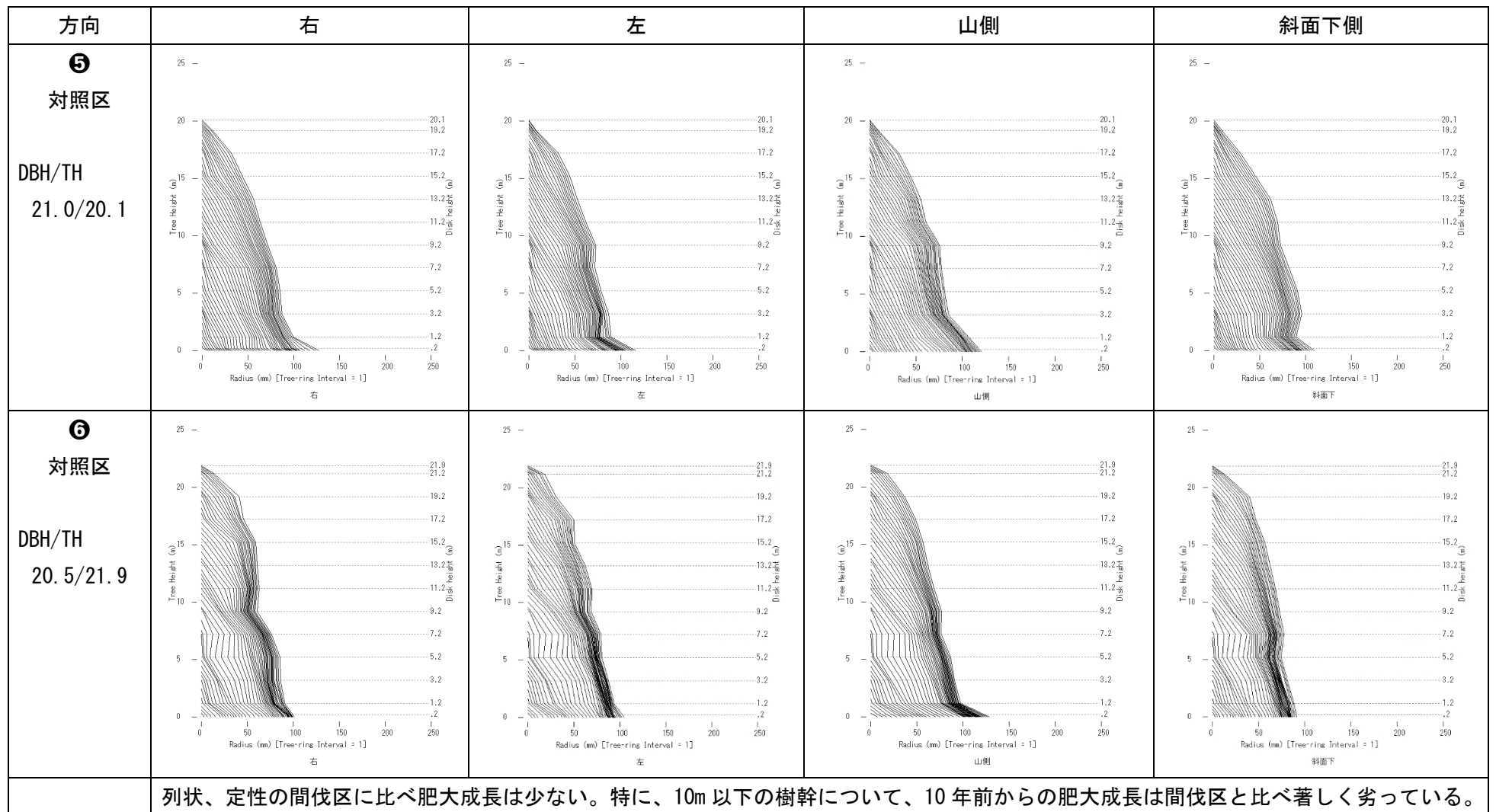


図 15 樹冠解析図（対照区）

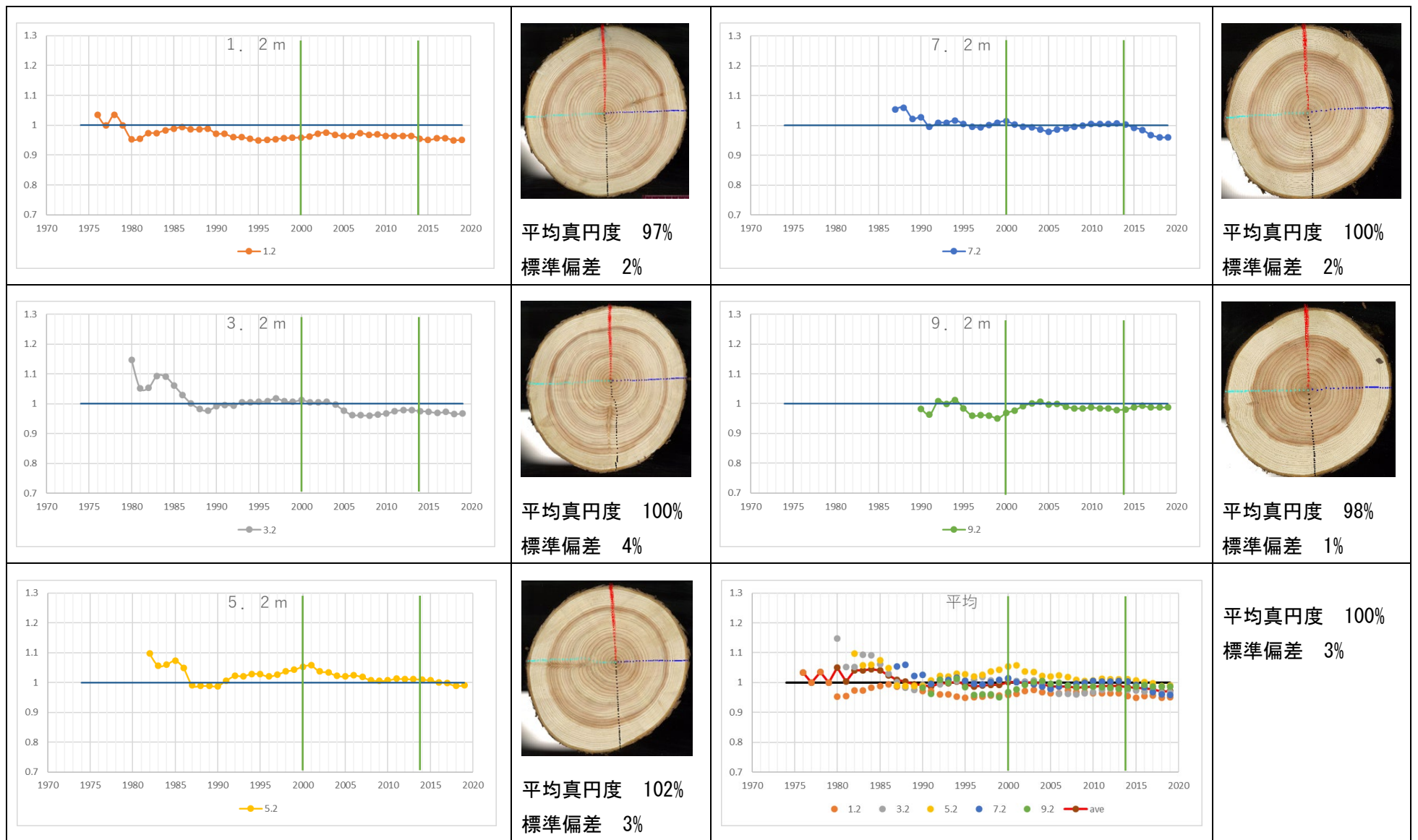


図 16 真円度 (列状区：列中No.①)

※間伐は 2000 年と 2014 年に実施しており、グラフ中緑の目盛り線で表示している。

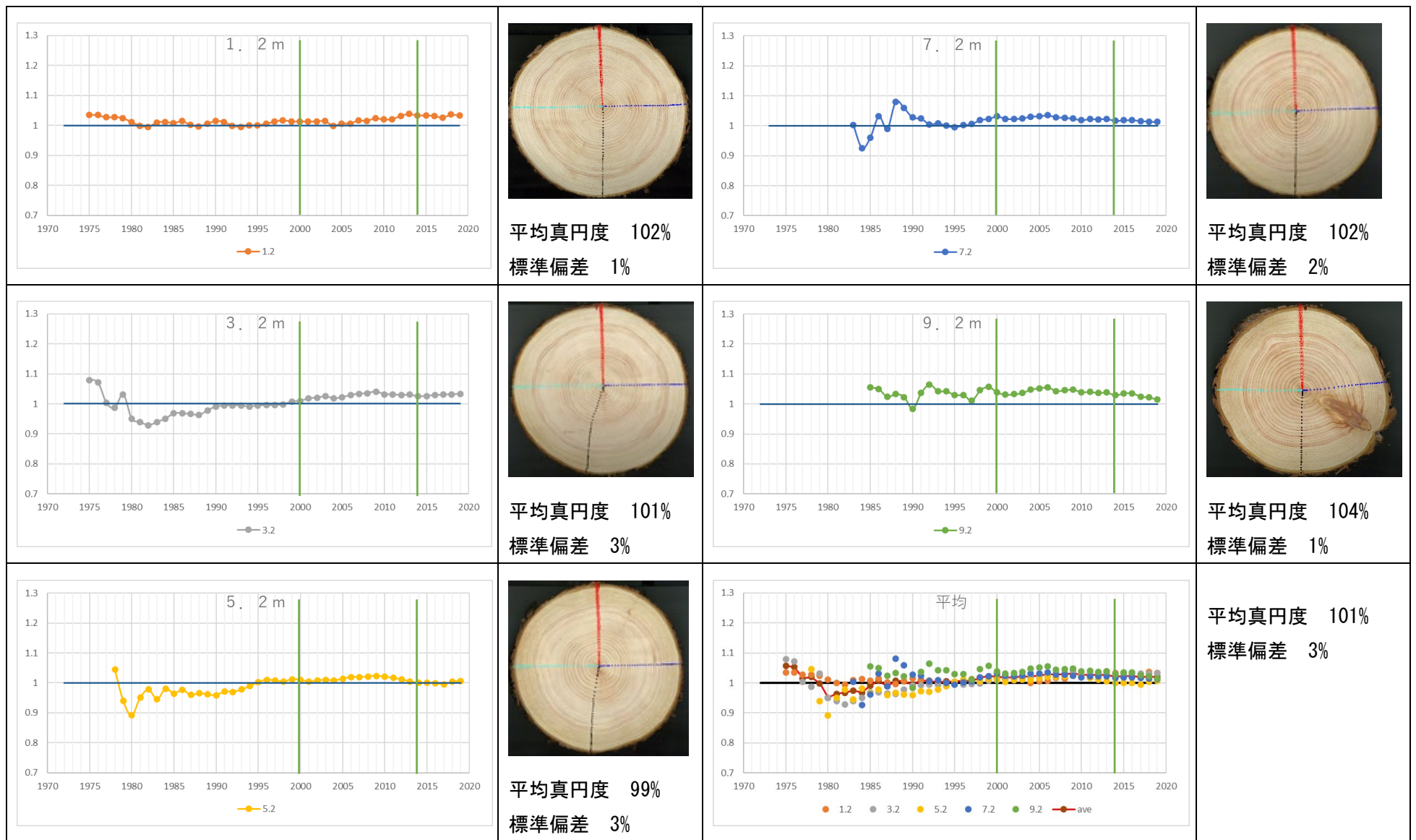


図 17 真円度 (列状区 : 列側No.2)

※間伐は 2000 年と 2014 年に実施しており、グラフ中緑の目盛り線で表示している。

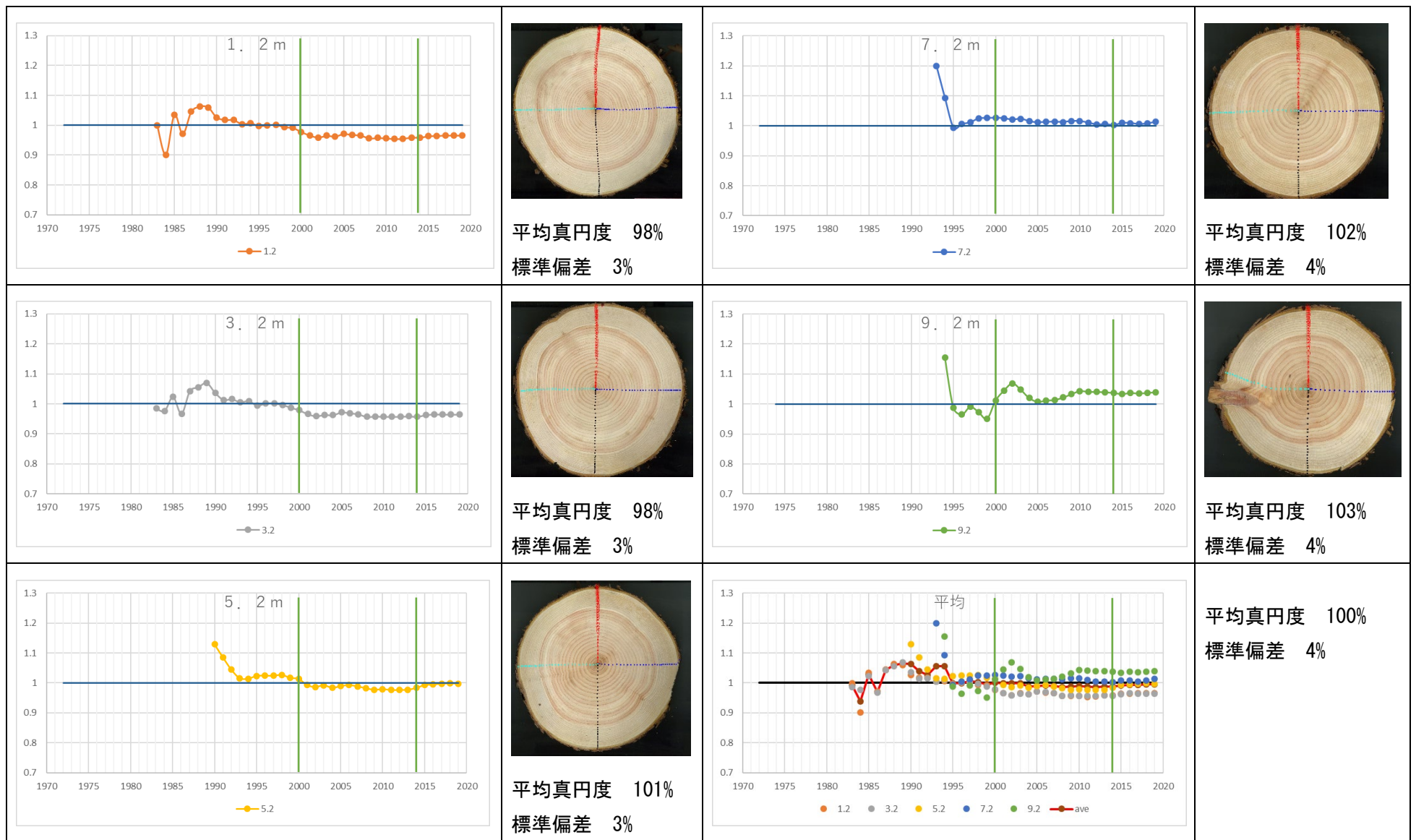


図 18 真円度 (定性区No.③)

※間伐は 2000 年と 2014 年に実施しており、グラフ中緑の目盛り線で表示している。

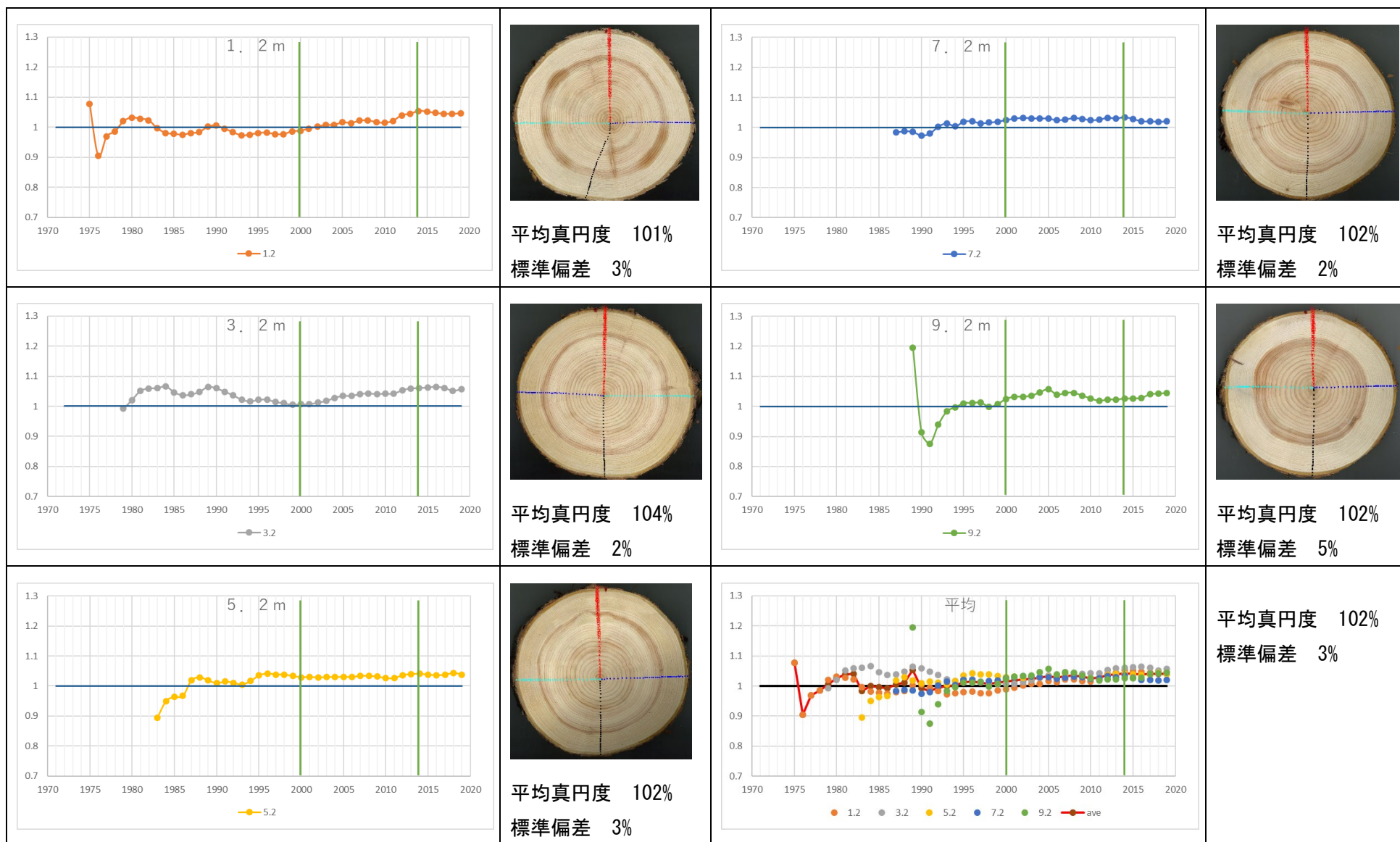


図 19 真円度 (定性区No.4)

※間伐は 2000 年と 2014 年に実施しており、グラフ中緑の目盛り線で表示している。

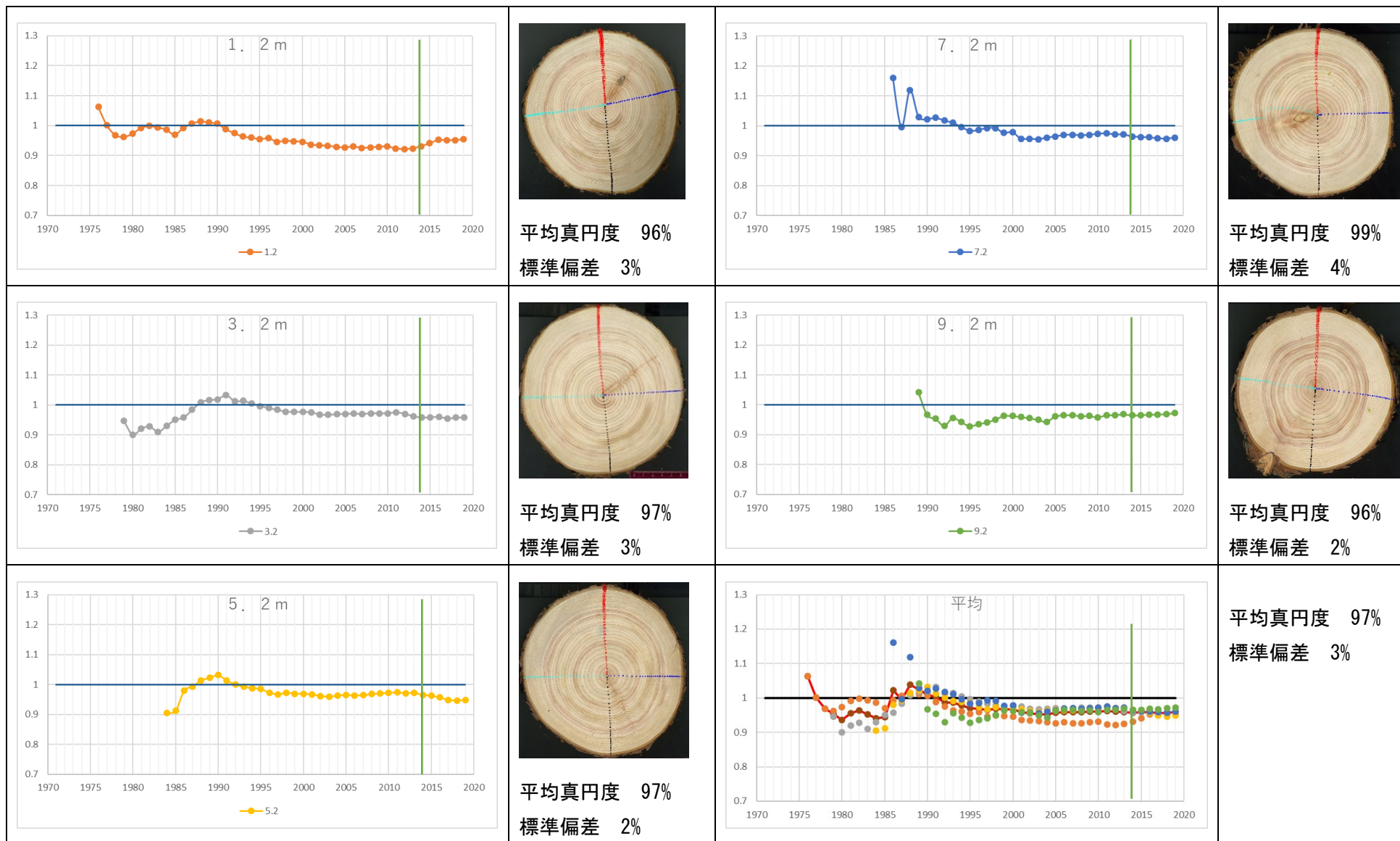


図 20 真円度 (対照区No.5)

※間伐は 2000 年と 2014 年に実施しており、グラフ中緑の目盛り線で表示している。

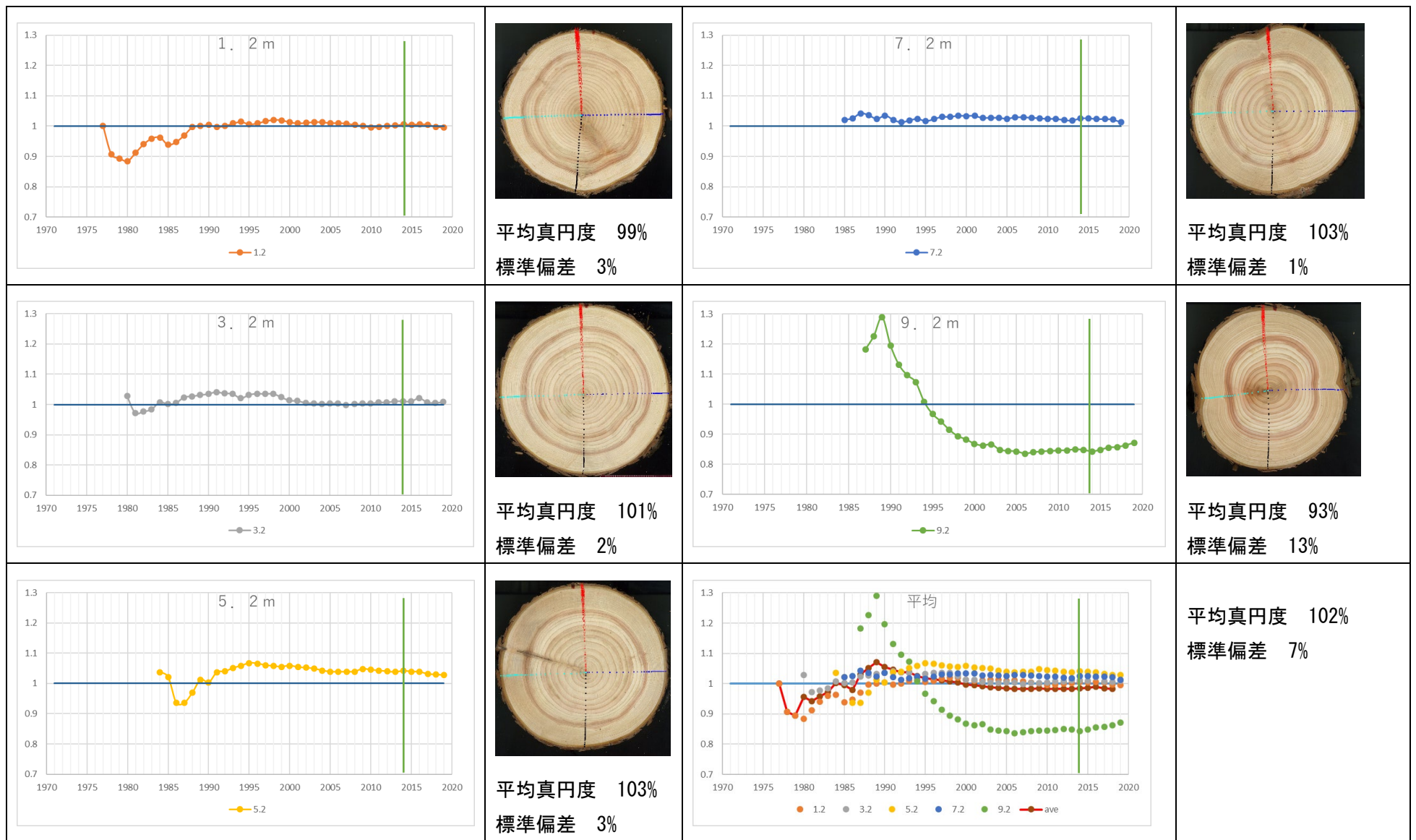


図 21 真円度 (対照区No.⑥)

※間伐は 2000 年と 2014 年に実施しており、グラフ中緑の目盛り線で表示している。