手良沢山演習林ヒノキ林の経年変化
—1997年と2003年の比較—

斉藤方彦・加藤正人
信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター

要　約

長野県伊那谷に位置する信州大学農学部附属手良沢山演習林において，1923年から1981年に植栽されたヒノキ17林分の1997年から2003年の6年間の経年変化を解析した。肥大成長は林齢に関わらず増加していた。66～79年生3林分では各林齢時の地位等級における成長量をはるかに上回る0.79cm/yearを越える肥大成長が確認された。伸長成長は各林齢時の地位等級における成長量と比べ，71～80年生と林齢が高い林分では減退していた。また地位，連年成長量，標高，斜面方位の因子からヒノキ適地を検討した結果，標高1050～1150mの東向き斜面が良好な成長であった。

キーワード：ヒノキ，経年変化，地位，標高，斜面方位，連年成長量

はじめに

南アルプスの麓，伊那山地の標高950～1450mに位置する手良沢山演習林は1968年に国有林より移管されて以来，林業経営を主体とした試験林と位置づけられ利用されてきた。その中でもヒノキは主要造林樹種として，面積が113.53ha（面積比51.4%），蓄積が37066m³（蓄積比54.1%）を占め，カラマツの64.55ha（29.2%），16649m³（24.3%），アカマツの37.91ha（17.2%），12770m³（18.6%）に比べ面積，蓄積が大きい[2]。ヒノキ林は継続した施業により80年生（2003年現在）までの連続的な齢級構成となっている。1997年から2003年の年間主伐面積は約0.3ha，他樹種の間伐に重点をおいた2002年を除いた請負間伐を含む年間間伐面積は約1.3～4.3haであり，今後も同規模の主伐と間伐を実施していくのであれば次第に蓄積量が増加する状況である[1,2,3]。

手良沢山演習林はカラマツ造林が盛んであった長野県に位置することから，カラマツに関連する報告が積極的にされてきた一方で[4,5,6,7,8]，ヒノキに関連する報告は少ない[9,10,11]。また，試験林を設定したヒノキの蓄積調査はなされていない。全国的に見ると最近のヒノキに関する研究報告は，人工林であっても高齢林の場合には高い公益性の発揮が期待されている[12]ことから，長伐期や高齢林分に焦点を当てた研究報告が多い[13,14,15,16,17]。これらの報告はその目的から，ある1林分に着目したものや，高齢林分に焦点を当てているために異なる施業区や流域から集められたデータを用いた報告である[13,14,15,16,17]。そこで本研究では，ある特定の施業区である手良沢山演習林の中からヒノキ林分に着目し，若齢林から高齢林に至る調査を行い，1997年と2003年の6年間の経年変化を通して実証的にヒノキ林分の動態を探り，検討を行った。

調査地と調査方法

調査地は長野県伊那市にある信州大学農学部手良沢山演習林2～6林班のヒノキ林分である。その中から幼齢期を除き概ね各齢級が揃うように22～80年生16プロットを対象とした。プロット位置図を図—1に示す。調査プロットの標高は1042～1312mで，斜面の向きは北東を除く7方位，傾斜は25～43度，土壌はBd型土壌でやや乾性であるが土壌層は深い。当演習林の気象観測資料によると，年平均気温12°C前後，最高気温30°C，最低気温－15°C，年降水量1400mm程度で，降水は夏季に多く，冬季は少ない。最大積雪深は30cm程度である[7]。

1997年，4～74年生ヒノキ林分に林齢10年生未満は半径5mの円形プロット，林齢10年生以上は20×20mを基本に，「平均樹高と等しい長さを一辺とする正方形の林地に生育する立木本数は，正常な林分密度を持つ単純同齢林分では林齢に関係なく一定の値をとるという」Czarnowski仮説（C係数）に基づきプロット内立木の樹高が低い場合には一辺を樹

本研究の一部は第52回日本林学会中部支部大会で口頭発表した。

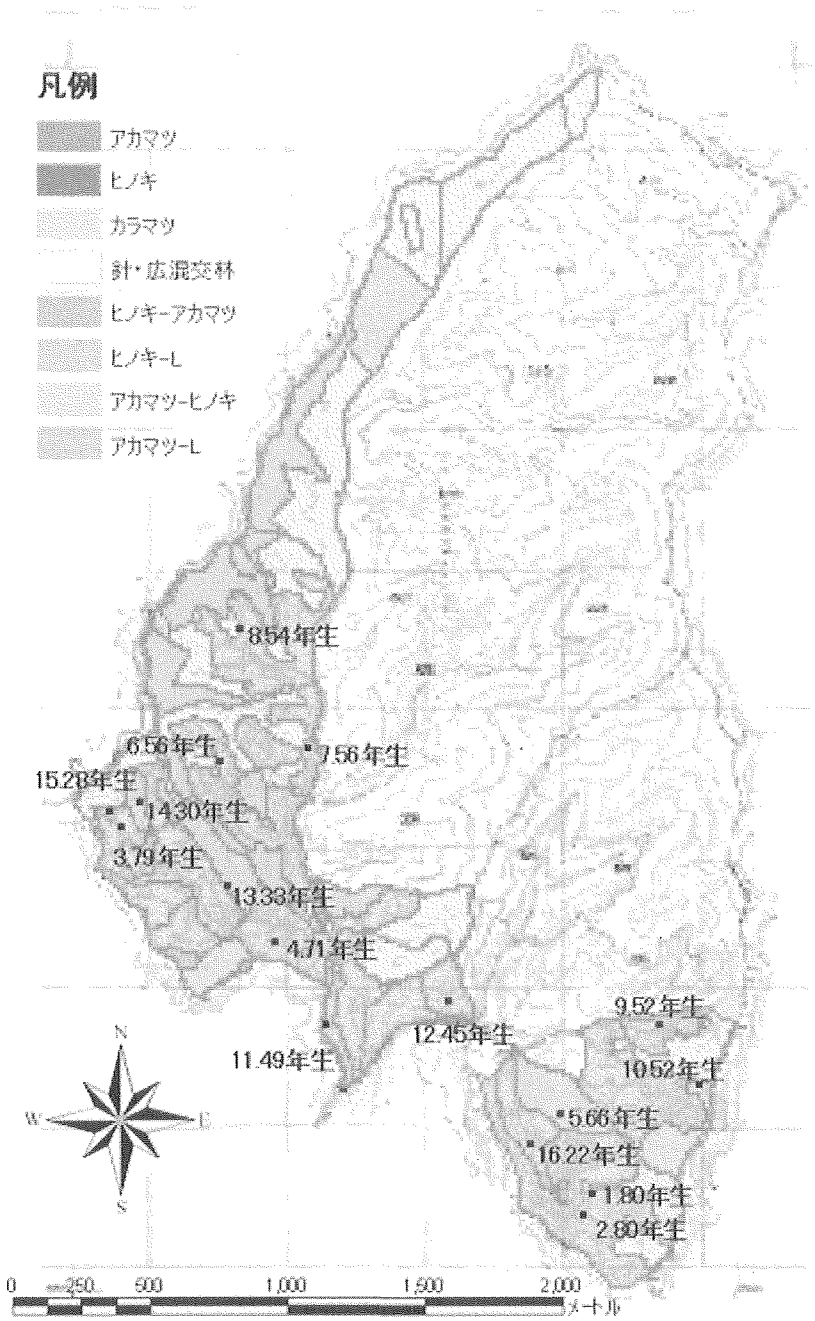

図１　手良沢山演習林プロット位置図

高と同程度とする方形プロットを標準地法に基づき，コンパス測量で53プロット設定し，毎木調査を実施した。

2003年，設定プロットより林齢22～80年生林分16プロットの追跡調査を行った。衛星が捕捉できるプロットにおいては位置の確定と周囲測量に高精度GPS 受信機である Trimble 社製の Pathfinder Pro XR とレーザー測距 LaserAce を利用した（写真―１）。地形要因，林分密度，時間帯等の問題により衛星の捕捉できないプロットについては従来の方法を用いた。

調査結果と考察

１．調査林分の6年間の比較

1997年と2003年の調査結果の概況は表―１のとおりである。プロット12～15の植栽本数は，3000～3500本/haであり，移管前に植栽されたプロット１～11についても同程度の植栽本数と見られている。蓄積算出にあたり樹高未測定木の樹高算出は５種類の樹高曲線式を比較した中で最も当てはまりが良かった Naslund 式を用い，幹材積は長野地方ヒノキ人工林材積式[18]を用いた。1997年の蓄積は

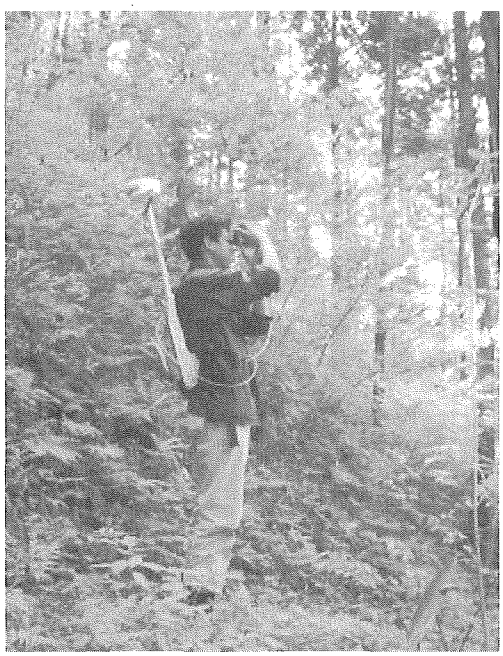

写真１　調査風景

一番林齢の低い16年生プロット16の77m³から高齢無間伐林分である74年生プロット１の783m³であるのに対して，2003年の蓄積は標高1330mの一番高い尾根筋に位置する52年生プロット10の166m³から高齢無間伐林分である80年生プロット１の638m³である。蓄積を基に算出した連年成長量は80年生プロット１の－24m³から33年生プロット13の17m³と大きな差が見られた。なお，本研究では1997年から2003年の６年間の定期成長量から，１年間あたりに換算した値を連年成長量と呼ぶこととし，連年成長量は枯損量と収穫量を差し引いた純増加量を基に算出された値を用いた。

2003年の追跡調査では林齢に関わらず何れのプロットにおいても直径の肥大成長と樹高の伸長成長が確認された。立木本数に関して，1997年から2003年の６年間に行われた除間伐により大きく立木本数を減らしたのはプロット９，10，14，15，16の５プロットである。その他のプロットの立木本数の減少は，著しく立木本数を減らしているプロット３を含め，自然枯死による劣勢木と衰退木の淘汰や風雪害によるものである。また，除間伐の推進と高密度林分での枯損により林分が空いたことで，2003年相対幹距は1997年相対幹距と比べて0.8ポイント上昇した。

２．地位区分

長野県林務部が調整したヒノキ樹高曲線[19]から各プロットの地位を求めた（図―２）。分布は50年生と70年生を境に３パターンに分かれている。70年生以上と50年生未満のプロットは地位２，３等級と良好であったのに対し，50年生以上70年生未満の６プロットでは４プロットが地位４等級（◇印）となった。

プロット位置の選定は林分の一般的な林相（胸高直径，樹高，本数，混交割合）を重視して選んでお

表―１．調査林分の概況

プロット No.	林小班名	標高 (m)	斜面方位	林齢 1997	林齢 2003	直径 (cm) 1997	直径 (cm) 2003	樹高 (m) 1997	樹高 (m) 2003	本数 (N/ha) 1997	本数 (N/ha) 2003	蓄積 (m³/ha) 1997	蓄積 (m³/ha) 2003	連年成長量 (m³/year)	肥大成長 (cm/year)	伸長成長 (m/year)	本数増減	相対幹距 1997	相対幹距 2003
1	２は２a	1312	南	74	80	20.8	22.1	22.6	23.0	1838	1471	783	638	-24.3	0.22	0.07	-367	10.3	11.3
2	２は２b	1310	北	74	80	23.1	24.9	23.5	24.3	942	780	483	488	0.9	0.30	0.13	-162	13.9	14.7
3	４ろ１a	1213	南西	73	79	16.6	21.4	19.6	19.7	1229	788	305	309	0.6	0.81	0.02	-441	14.6	18.1
4	４は１Aa	1115	東	65	71	26.3	31.3	23.2	23.4	439	439	294	361	11.2	0.83	0.03	0	20.6	20.4
5	２いb	1251	北西	60	66	16.3	21.0	14.9	16.3	1346	1092	232	332	16.7	0.79	0.23	-254	18.3	18.6
6	５へa	1192	東南	50	56	20.5	23.4	14.9	15.7	898	687	213	247	5.7	0.49	0.13	-211	22.3	24.3
7	５へb	1093	東南	50	56	18.3	21.2	15.4	16.5	1393	1184	299	355	9.4	0.49	0.19	-209	17.5	17.6
8	６ちa	1167	東南	48	54	20.6	23.6	16.1	17.2	972	777	271	353	13.7	0.51	0.19	-195	20.0	20.9
9	１ほ	1224	西	46	52	15.2	17.3	13.4	15.1	2167	1496	290	282	-1.4	0.35	0.29	-671	16.1	17.1
10	１は	1330	西	46	52	14.5	16.3	12.0	13.1	1523	1181	162	166	0.8	0.30	0.18	-342	21.4	22.2
11	３へ	1042	西	43	49	20.2	22.9	14.9	15.8	1011	716	248	239	-1.6	0.45	0.15	-295	21.1	23.6
12	３は	1080	南西	39	45	17.8	19.4	13.9	15.1	2012	1963	326	408	13.7	0.26	0.20	-49	16.1	14.9
13	４に	1122	南西	27	33	14.0	17.0	12.3	14.7	1929	1700	201	303	17.0	0.50	0.40	-229	18.5	16.5
14	４ろ２	1196	東	24	30	10.5	13.0	10.6	12.8	2863	2174	152	190	6.3	0.42	0.37	-689	17.6	16.8
15	４ろ３	1220	南	22	28	12.6	15.1	11.9	12.1	2424	1927	193	237	7.3	0.42	0.03	-497	17.1	18.8
16	２は３b	1207	東	16	22	8.8	13.0	7.5	10.4	2927	2329	77	172	16.0	0.70	0.49	-598	24.7	19.9
平均		1188	—	—	—	18.8	21.7	16.7	17.7	1361	1098	316	345	4.8	0.48	0.17	-263	17.7	18.5

注）1997年６月～12月，2003年５月～８月調査値

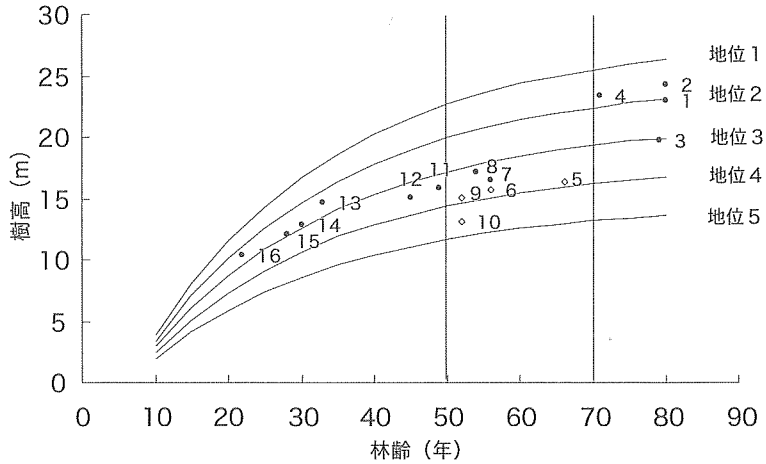

図 2　調査プロットの地位区分

◇：地位 4 等地

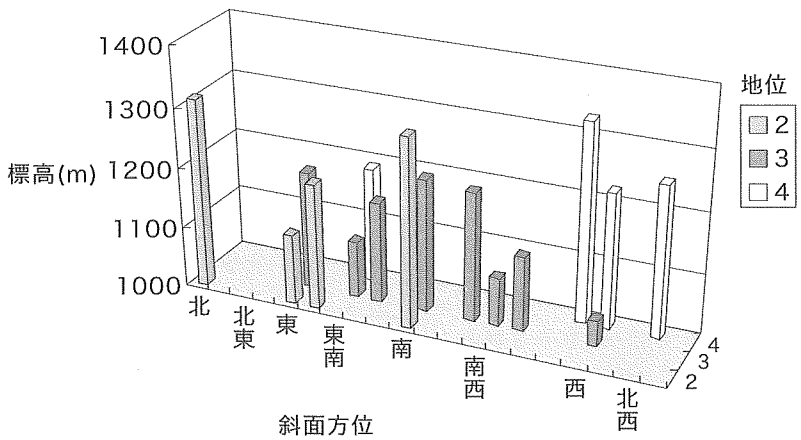

図 3　斜面方位と標高別の地位区分

り，各プロットの斜面における位置は，66年生プロット 5 と28年生プロット15を除き，斜面下部から斜面中腹である。プロットの斜面方位と地位と標高の関係を見ると，東南と西と北西斜面で地位が低く，北と東と南斜面で地位が高い（図―3）。標高1150m以下に位置するプロットにおいては地位 2，3 等級が占めており，地位 4 等級の出現は見られない。標高が上がるにつれて地位 3 等級の出現は見られなくなり，地位 2，4 等級のどちらかが現れるようになる。各地位の標高分布を見ても，地位 4 等級の出現している最低標高が1192mであることから標高がそれよりも低ければ良好な地位が望める。全プロットの平均地位は 3 等級であり，手良沢山演習林ヒノキ林分は長野県内において標準的なヒノキ造林地と言える。今回使用した既存のヒノキ樹高曲線は林齢80年生付近から樹高成長が停滞する傾向を示していたが，新たに調整されたヒノキ樹高成長曲線では80年生付近での停滞は見られず，120年生付近においても成長が続くことが報告されている[20]。元来のヒノキ樹高曲線[19]では初期成長が低く見積もられている40年生未満の調査プロットで地位が上がり，成長が高く見積もられている40年生以上では地位等級が下がる傾向がある。

3．肥大成長，伸長成長

ヒノキ林分材積表[19]から，地位等級別の各林齢時における 1 年分の肥大成長，伸長成長，減少本数を求め，これをそれぞれ標準肥大成長，標準伸長成長とする。そして，各調査プロットの肥大成長，伸長成長の 6 年間を集計した（表―2）。

全調査プロットの平均肥大成長は0.48cm/year であり平均標準肥大成長は0.21cm/year であった。各調査プロットでその齢級，地位における標準肥大成長の値を上回った。特に50年生以上の調査プロットでは標準肥大成長の値を 2 倍以上上回る結果となった。これは66～79年生の 3 プロットの急激な肥大成長0.79～0.83cm/year は地位 2 等級に相当する林齢

表―2．各林齢，地位における標準成長量との比較

プロット No.	林齢 2003	地位	肥大成長（手良）(cm/year)	伸長成長（手良）(m/year)	標準肥大成長 (cm/year)	標準伸長成長 (m/year)
1	80	2	0.22	0.07	0.08	0.06
2	80	2	0.30	0.13	0.08	0.06
3	79	3	0.81	0.02	0.08	0.04
4	71	2	0.83	0.03	0.10	0.08
5	66	4	0.79	0.23	0.08	0.08
6	56	4	0.49	0.13	0.14	0.12
7	56	3	0.49	0.19	0.16	0.14
8	54	3	0.51	0.19	0.16	0.14
9	52	4	0.35	0.29	0.14	0.14
10	52	4	0.30	0.18	0.14	0.14
11	49	3	0.45	0.15	0.18	0.16
12	45	3	0.26	0.20	0.22	0.22
13	33	3	0.50	0.40	0.30	0.30
14	30	3	0.42	0.37	0.38	0.34
15	28	3	0.42	0.03	0.38	0.34
16	22	2	0.70	0.49	0.66	0.60
平均	—	3	0.48	0.17	0.21	0.19

15～20年生の標準肥大成長0.66cm/yearをも上回っており，これまでの過密な林分が近年の間伐や枯損木の発生により残存木の生育空間が大きく変化したことを表している。最高値0.83cm/yearを記録した71年生プロット4は64年生時の1996年に間伐が行われており，この林齢において間伐効果が期待できる。

全調査プロットの平均伸長成長は0.17m/yearであり，平均標準伸長成長は0.19m/yearであった。全調査プロットの伸長成長は伸長成長と標準伸長成長の差が－0.31m/yearと著しく低い28年生プロット15を除き，標準伸長成長±0.15m/yearの値を取っている。林齢50年生以上70年生未満のプロットで地位4等級に相当する調査プロットは，66年生プロット5において標準伸長成長の約3倍0.23m/year，52年生プロット9において約2倍0.29m/yearをはじめ，何れのプロットも標準伸長成長よりも高い値となった。地位2，3等級ではプラス成長とマイナス成長が混在している。林齢70年生以上の地位2，3等級4調査プロットは，60年生以降間伐実施2林分と施業放置2林分である。これらのうち，80年生間伐実施林分のプロット2を除いた3プロットの伸長成長は何れも地位齢級別の標準伸長成長を下回る結果となった。今後，地位の低いプロットで伸長成長は高い水準を保つのか，高齢4調査プロットの伸長成長がこのまま停止するのかを含め継続モニタリングが必要である。

4．連年成長量

低い連年成長量を記録したプロットを個別に見てみる（表―1）。79～80年生3プロット中では，プロット1と3は施業放棄林分であり1997年相対幹距が10.3と14.6と著しく低く，2003年調査時に林分内で枯損，衰退木，風倒による根返り等がそれぞれのプロットで確認された。特にプロット3では6年間で多くの枯死木・風倒木の発生が見られ，結果として残存木の肥大成長により単木幹材積は上昇したが，著しい立木本数の減少によりha換算した林分としての蓄積が低下したために低い連年成長量となった。また，79～80年生3プロットの伸長成長は0.02～0.13m/yearと低水準に留まっている。プロット2はプロット1の対象区であり60年生及び70年生前後に間伐が行われた林分である。しかし，2002年間伐材出材に伴う架線に隣接していたため，支障木としてプロット内立木の一部が伐採された影響が大きく，純増加量は低く抑えられた結果，低い連年成長量となった。49～52年生3プロットでは，プロット9は除間伐による立木本数減少の影響が大きく，プロット9と10は低水準の肥大成長・伸長成長に起因し低い連年成長量となっている。40年生以下のプロットは連年成長量に関係する肥大成長・伸長成長・立木本数の3因子が大きく変化していることからこれらを除外して考えると，概ね低い連年成長量を記録したプロットは6年間で260本を上回る

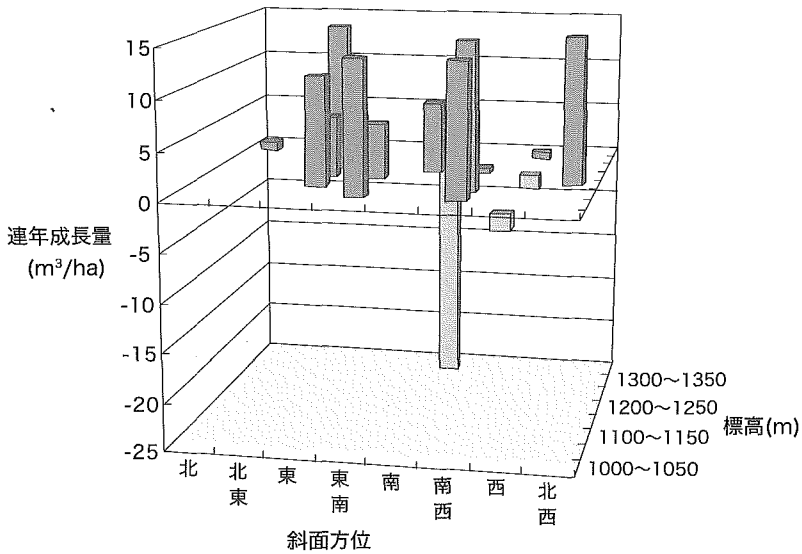

図 4　斜面方位と標高別の連年成長量

立木本数の減少と0.48cm/year の肥大成長・0.17 m/year の伸長成長をそれぞれ下回る成長を取る傾向がある。一方で高い連年成長量を記録したプロットは林齢が28年生のプロット15を除き，何れも肥大成長・伸長成長・本数増減の 3 要素中で 2 要素以上が平均よりも高い値を取るようになっている。40年生以下のプロットでは立木本数の減少は旺盛な肥大・伸長成長が勝るため連年成長量に影響しない結果となった。

目的変数を連年成長量とし，説明変数を肥大成長 X_1・伸長成長 X_2・減少立木本数 X_3 とした重回帰分析を行ったところ，連年成長量と他の説明変数はいずれも正の相関であり次式で表される。

$$Y=24.6379X_1+48.0857X_2+0.0224X_3-8.3806(R^2=0.5221)\cdots\cdots\cdots（式－1）$$

各調査プロットの斜面方位と標高別の連年成長量の関係から，良好な連年成長量が望める条件をヒストグラムで示した（図－4）。斜面方位と標高に着目すると東と東南と南西と北西斜面における1050～1250m地点において良好な連年成長量となっている。また，これらに該当するプロットの林齢は，林齢の最も高い79～80年生 3 プロットと林齢が中間である49～52年生 3 プロットを除いた，22～45と54～71年生プロットと連続しているのが特徴的である。

おわりに

本研究は1997年から2003年の 6 年間の経年変化を実証的に検討し，以下の 3 点を明らかにした。

(1)　肥大成長は林齢に関わらず増加しており，特に66～79年生 3 調査プロットで地位齢級別の標準肥大成長を大きく引き離す成長が見られた。このことは当該林齢において間伐を中心とした密度管理が残存木の肥大成長につながることを示している。

(2)　71～80年生の 4 調査プロットは80年生間伐実施林分のプロット 2 を除き，伸長成長は何れも地位齢級別の標準伸長成長を下回る結果となった。（式－1）で示されたように連年成長量には伸長成長が最も影響を及ぼすことから，今後の施業方針・林分の取り扱いを考慮していく上で，高齢林分の伸長成長の推移を慎重に見守る必要がある。また，従来の収穫予想表は，同一林分の追跡ではなく多くの林齢の林分の資料をつなぎあわせて調整されていることから林分成長の実態を正確に反映できていないとの指摘[16]もあり，今後継続モニタリングを続けデータ蓄積を図ることで，林分成長の実態を反映した手良沢山演習林ヒノキ林独自の収穫予想表の調整も可能となろう。

(3)　地位と標高・斜面方位の検討からは北と東と南斜面で地位が高く，標高1150m以下に位置するプロットにおいては地位 2，3 が占有しており，連年成長量と標高・斜面方位の検討からは東と東南と南西と北西斜面における1050～1250m地点において良好な連年成長量となったことから，標高1050～1150mの東向き斜面が手良沢山演習林のヒノキ適地としての良好な条件を備えていることが明らかになった。

今回の調査結果は6年間の経年変化を追求したも

のである。今後，より詳細な解析・検討を行うためには標準木の樹幹解析や調査プロットの土壌や斜面特性（山腹平衡斜面等）等の要素も加え，継続したモニタリングを続ける必要がある。

本研究を進めるにあたり，1997年度卒論作成時に森林計画学研究室の故魚住侑司教授から研究計画と論文作成への的確な助言を頂きました。心から感謝申し上げます。

参 考 文 献

1）信州大学農学部附属演習林第５次編成教育研究計画
2）信州大学農学部附属演習林第６次編成教育研究計画
3）信州大学農学部演習林教育研究計画1998－2002
4）島崎洋路（1984）高密カラマツ林の林分構成　信州大演報21　131～160
5）島崎洋路（1986）高密カラマツ林の間伐に関する研究　信州大演報23　１～117
6）金井賢介・島崎洋路・魚住侑司（2000）カラマツ列状間伐の経過－信大手良沢山演習林試験地の経過報告－　中森研48　107～110
7）王賀新・魚住侑司・植木達人・佐々木賢治（2002）異なる方式によるカラマツ林の間伐効果－信州大学農学部手良沢山演習林島崎試験地の経過－　中森研50　155～160
8）中森由美子・川崎圭三（2002）間伐後のカラマツ林に侵入した広葉樹の処理（III）　中森研50　57～58
9）川崎圭三・馬場多久男・小野裕（1994）植栽後間もないヒノキ人工林の地形と植生　日林中部支論42　79～82
10）小野裕（2001）森林土壌における暖流の発達が土壌物理性に及ぼす影響　日林誌83(2)　116～124
11）辻野新子・川崎圭三（1999）長伐期施業によるヒノキ林間伐後の林内環境の変化（II）表層土壌の養分状態　日林論110　90～91
12）藤森隆郎（1997）日本のあるべき森林像からみた「１千万ヘクタールの人工林」　森林科学19　２～８
13）近藤洋史（1998）高齢林分調査データの林分密度管理図への応用　日林九州支論51　９～10
14）國崎貴嗣・藁谷紀恵・柴田信明（1999）岩手山麓におけるスギ高齢林の林分構造と成長　日林誌81(4)　346～350
15）西園朋広・宮本麻子・福田未来・家原敏郎（2000）133年生ヒノキ人工林の林分構造と成長　日林関東支論52　17～18
16）大住克博・森麻須夫・桜井尚武・斉藤勝郎・佐藤昭敏・関剛（2000）秋田地方で記録された高齢なスギ人工林の成長経過　日林誌82(2)　179～187
17）近藤洋史・野田巌・堀靖人・今田盛生・吉田茂二郎（2001）立田山実験林における高齢ヒノキ林の成長解析　日林九支論54　37～40
18）林野庁（1970）立木幹材積表－東日本編－
19）長野県林務部（1984）長野県民有林ヒノキ・アカマツ人工林分材積表・人工林収穫予想表
20）古川仁（2002）長期育成循環施業に対する森林管理技術の開発 長野県林業総合センター業務報告2002.6　24～25
21）斉藤方彦・加藤正人（印刷中）手良沢山演習林ヒノキ林の経年変化と中部地区森林資源モニタリング調査との比較　中森研51

Periodic change of hinoki (*Chamaecyparis obtusa Sieb.*) plantation on Terasawayama Experimental Forest

-1997 and 2003 forest inventory data comparison-

Masahiko SAITO, Masato KATOH
Faculty of Agriculture, Shinshu University,
Education and Research Center of Alpine Field Science

Summary

17 hinoki plots planted between 1923 and 1981 on Terasawayama Experimental Forest in Ina valley Nagano were surveyed in both 1997 and 2003. Hinoki growth characteristics were analyzed from the viewpoint of site index, diameter increment, height growth and periodic annual increment crossed with

altitude and slope direction. Regardless of stand age, diameter increments on all plots were higher than the standard diameter increments defined by Forest Agency. Moreover, diameter increments on 3 plots between 66 and 79 years showed an impressive increase of 0.79 cm/year or more. On the other hand, height growth on 4 plots over 70 years was lower than standard height growth at age respectively, except for one plot. Results of cross comparison of site index and periodic annual increment with that of altitude and slope direction showed plots located between 1050m and 1150m on East facing slope were best for hinoki growth in Terasawayama Experimental Forest.

Key word : hinoki (*Chamaecyparis obtusa Sieb.*), periodic change, site index, altitude, slope direction, periodic annual increment