

大山モミ採種園の造成と種子生産

齋藤央嗣*・河野明子*・藤澤示弘**・越地 正*・
毛利敏夫*・三橋正敏*・久保典子*

Planting fir tree (*Abies firma*) seed orchard of Oyama Mountain and seed production.

Hiroshi SAITO*, Akiko KONO*, Tokihiro FUJISAWA**, Masashi KOSHIJI*,
Toshio MORI*, Masatoshi MITUHASHI* and Noriko KUBO*

要 旨

齋藤央嗣・河野明子・藤澤示弘・越地 正・毛利敏夫・三橋正敏・久保典子：大山モミ採種園の造成と種子生産 神奈川県自環保セ報告 12：27-34, 2014 ；丹沢東部の大山では1960年代にモミの集団枯死が発生しその保全が課題となっており、大気汚染等対策の候補木として1993年から1996年にかけて選抜を行い、接ぎ木増殖により、2003年に保全センター所内に採種園形式で植栽している。2年目の2004年に初めて種子が生産され、以後毎年結実しており、2011年には5.5kgの種子を生産した。開花結実は、接ぎ木で増殖した大山モミクローンのみで見られ、比較として植栽した実生個体では全く結実が見られなかった。モミの種子は、宮ヶ瀬、大山等の自然林からも採取しているが、その結実の周期は同調している傾向が見られ、豊作年の種子は、発芽率も高くなった。採種園で採取された種子の発芽率は、自然林から採取した種子と比較し低かったものの、生産量の増加とともに発芽率も向上し、園内での開花個体の増加により、種子の稔性が向上していると考えられた。モミは、これまで採種園造成の事例は報告されていないが、接ぎ木苗を利用することにより連年的な結実が得られ、採種園形式での種子生産が可能であることが明らかになった。

キーワード：モミ、採種園、発芽率、大山、モミ枯れ

I はじめに

モミ (*Abies firma* Sibold & Zucc.) は、マツ科モミ属に属する高木性の針葉樹でシイ・カシ帯とブナ帯の間である、いわゆる中間温帯に広く分布しており、神奈川県内にも広く自生する（神奈川県, 2001）。その中でも伊勢原市の大山のモミ原生林は神奈川県の天然記念物に指定されている（神奈川県教育庁社会教育部文化財保護課, 1978）。しかし大山では大気汚染が原因と考えられるいわゆ

る“モミ枯れ”が発生しており（鈴木, 1992、神奈川県, 2001）その保全が課題となっている。

一方、林野庁林木育種センター（現独立行政法人森林総合研究所林木育種センター）では、マツクイムシなどの森林被害に対する抵抗性育種を実施しており、その一環として大気汚染等の森林被害に対する抵抗性育種として、大山でのモミの選抜を行った（中田ら, 2005）。この調査に著者らも協力し、大山モミ原生林の遺伝資源保存と大山のモミ林再生を目的として、選抜木の接ぎ木クロー

* 神奈川県自然環境保全センター研究企画部研究連携課（〒243-0121 厚木市七沢 657）

** 神奈川県自然環境保全センター研究企画部自然再生企画課（〒243-0121 厚木市七沢 657）

ン苗及び実生苗を用いて2003年に大山モミ採種園を造成してきた(齋藤ら,2003)。

モミは林業的に造林の例は少ないが、モミの属するモミ属のトドマツは、北海道の主要樹種であり林木育種事業の対象樹種として、精英樹選抜が行われ、古くから多数の採種園造成の報告がある(例えば片寄ら,1985)。他にはシラベが森林総研育種センター長野事業場(遠藤ら,1982)や山梨県でも採種園造成がなされるほか(山梨県林業試験場,1985)、ウラジロモミ(伊藤ら,1981)など、同属の樹種では造成されている。しかしモミは発芽後の初期成長が遅いことや材質等の問題から、林業対象樹種とされず、採種園等の造成はこれまで報告がなかった。

そこで、筆者らは、造成した大山モミ採種園において、今後の大山モミ林の森林衰退の対策として、近年必要性が指摘されている地域性種苗(小林,2003)として種子の供給の可能性を探るため、開花・結実について調査したところ、造成した翌年の2004年から種子の生産が見られた。そこで種子の生産量の動態について、さらには発芽率などの生産した種子の性能について調査するとともに、あわせてモミの採種園造成樹種としての可能性について考察したので報告する。

II 調査方法

1 大山モミの選抜、増殖と大山モミ採種園の造成

大山モミの選抜は、1993年から98年にかけて4回の調査で28本の個体を大気汚染抵抗性候補木として大山で選抜を実施した(中田ら,2005)。選抜にあたっては、残存木が大気汚染に強いという想定から、比較的大径で生育にすぐれた個体を選抜した。選抜個体の位置を参考図1、一覧を参考表1に示す(いずれも中田ら,2005)。

選抜個体は、接ぎ木により増殖を行った。増殖は、林木育種センター長野事業場(現森林総合研究所林木育種センター長野増殖保存園)及び森林研究所(現自然環境保全センター)苗畑で行った。接ぎ木苗は林木育種センターでは、台木にウラジロモミ、シラベを用い、森林研究所では、モミを台木として用いた。

採種園は、選抜した候補木モミ28本のうち22本から採種し接ぎ木により育苗した苗木211本を自然環境保全センター所内(厚木市七沢、以下大山モミ採種園、又は採種園という)に採種園形式(9型)で2003年に植栽した。またその後もクローンの育成を継続し、育成した大山モミ苗を順次植栽した。

2 モミの着花と種子生産量

造成した翌年の2004年から種子の生産が見られたことからモミの種子の生産量を調査した。調査は所内に造成した大山モミ採種園において、結実した個体の種子をすべて採取した。採取した種子は、球果重と精選後の種子重を測定し、球果重に対する精選率を求めた。さらに比較として、苗木生産用に伊勢原市大山と、愛甲郡清川村宮ヶ瀬地内のモミ天然林から採取した種子についても調べた。これらは、結実が見られた際に、木に登り直接球果を採取したものである。これらは結実が見られた際に登って採取していることから、実質的に自然状態の豊凶を指標するものである。宮ヶ瀬

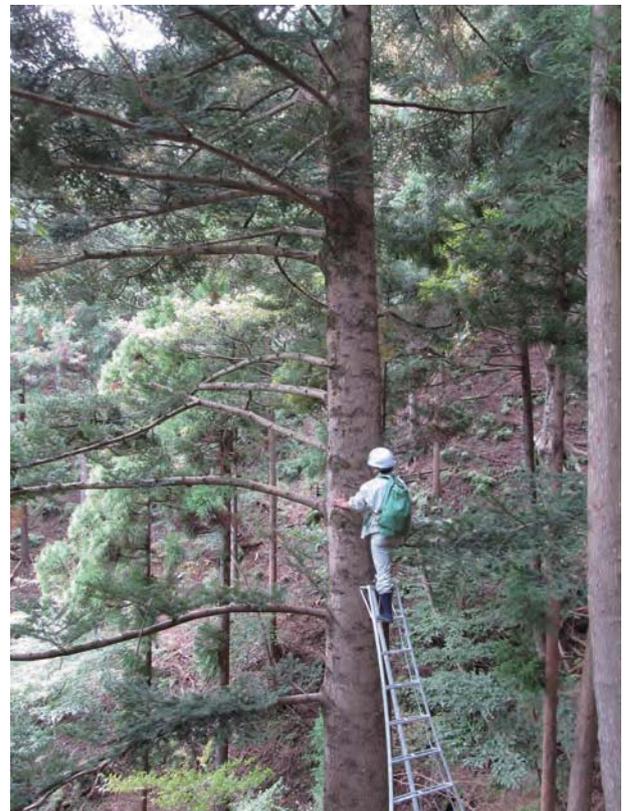


写真1 モミ種子の採種状況(2010,10 清川村宮ヶ瀬)モミの種子は通常このような大径木に登って上部に結実した球果を採取する。

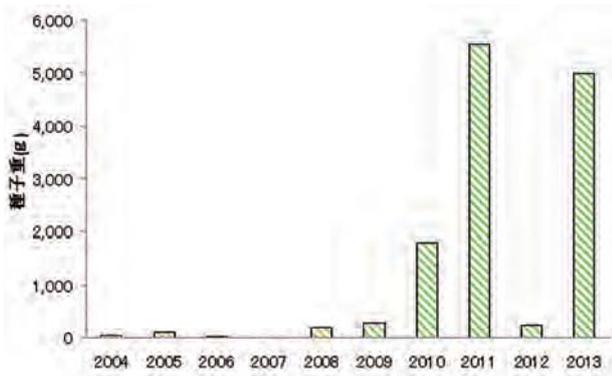


図2 七沢採種園の種子生産量の年次変動

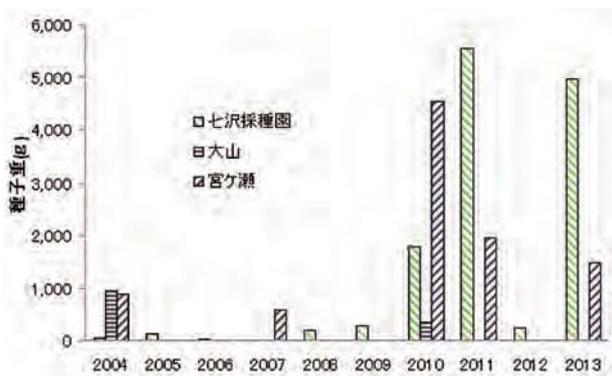


図3 種子生産量の年次変動

要因	自由度	平方和	平均平方	F値	有意確率
系統	20	575,533	28,776.7	3.719	0.000
年次	5	193,655	38,731.0	5.005	0.000
系統×年次	100	1,059,310	10,593.1	1.369	0.014
誤差	702	5,432,284	7,738.3		
総和	828	7,502,481			

られた(写真4)。開花・結実したのは、全て接ぎ木増殖した大山モミクローンであり、実生個体は一度も着花・結実しなかった。最小は2007年の4.2gで、最大の2011年には、16クローン33本の採種木から5,539gの種子が採取された。



写真4 大山モミ採種園における結実状況

2008年から2013年までの実生個体を除く年次ごと、系統ごとの個体別の種子生産量をデータとした2元配置分散分析の結果、年次、系統とも有意な差が認められたが、交互作用も有意であった(表1)。

②モミ林の種子生産量

宮ヶ瀬、大山での種子生産量とあわせたグラフを図3に示す。宮ヶ瀬では、結実が見られた際には必ず採取しており、実質的に地域の豊凶の動態と一致している。2004年から2013年までの10年間で5回の結実が見られ、2010年、2011年は連続して豊作となった。

④大山モミ採種園の開花

採種園で調査した開花の動態を図4に示す。この調査は、2007年から試行したが、2009年から雄花、雌花の調査を実施している。調査は指数で実施しているが、1以上の指数となった着花割合を図4に示す。この割合は着花していない実生個体の本数は母数から除いた。2007年より増加傾向にあり、最大の2011年で雄花の着花率は5割近くに達した。また2007年、2012年では、この地域のモミではほとんど着花が見られないにもかかわらず2割近い雄花の着花が認められた。雌花の着花率は、雄花着花率より1/3程度で低く、種子生産に寄与する母樹の割合は、最大の2011年で2割程度であっ

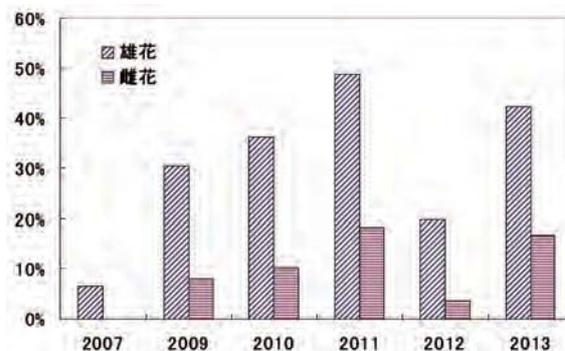


図4 雄花と雌花の着花率の年次変動
着花率は実生個体を除く。2007年の雌花、2008年は未測定。

た。

3 モミ種子の品質

生産した種子の品質を明らかにするため、図5に精選率、図6に1g当たり粒数を、比較に用いた

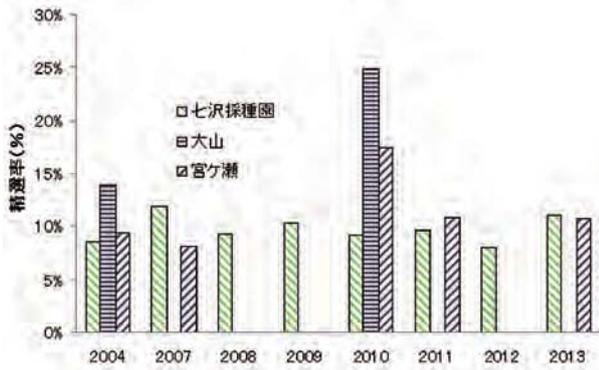


図5 精選率の年次変動
注) 2005・2006年の七沢は未測定

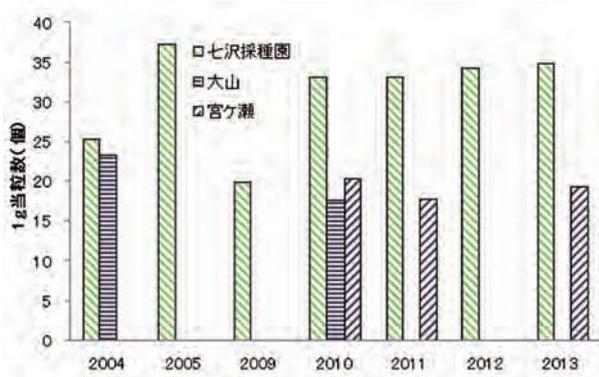


図6 1g当粒数の年次変動
注) 2006~08の七沢は未測定

大山・宮ヶ瀬産種子とあわせて示す。

精選率は、大山、宮ヶ瀬産種子が8～25%と比較的ばらつきが大きかったのに対して、大山モミ採種園産種子が8～12%と豊凶にかかわらず安定していた。1g当粒数は、比較した宮ヶ瀬・大山の種子は17～23個/gで20個/g前後の値であったのに対して、採種園産種子は19～35個/gで比較的高い値となり、種子が小さい傾向を示した。

種子の発芽検定結果を図7に示す。当初の採種園産種子の発芽率は低く2004年、2005年とも4.5、

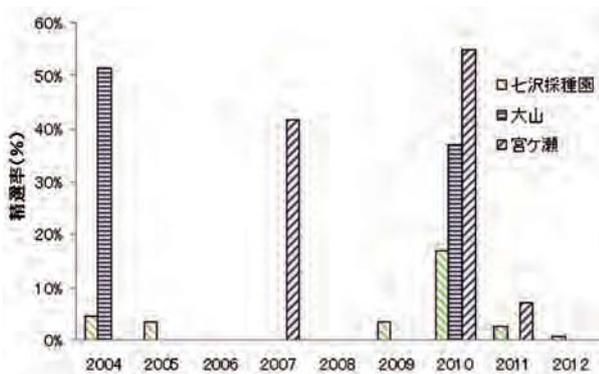


図7 発芽率の年次変動
注) 2006~08の七沢は未測定、
2004~08・2010は室内発芽率、他は、苗畑発芽率

3.5%にとどまり、50%を超える発芽率を示した大山と比較すると大幅に下回っていた。これに対して2010年の豊作年では、採種園産種子の発芽率は17%まで向上した。

一方、宮ヶ瀬、大山産種子は、豊作年と思われる2004年、2007年、2010年で40%以上と高くなったが、豊作年であっても2年連続した2011年などは1割未満の低い発芽率となった。

IV 考察

これまで、モミでは採種園の造成の事例はなく、苗木生産を行う場合、成木に登って種子を確保するか、落下した種子を拾う必要があった。しかし自生個体からの採種は木の先端に集まって球果が着くため危険を伴うこと(写真1)、モミ属の球果は、球果のマツカサ部分も落下すること、種子にも翼があることから、母樹からかなり広域に飛散していると思われ、強風などで球果ごと落下したもの以外は、落下した種子の収集は効率的ではなかった。

しかし造成した採種園では、植栽開始後わずか一年で種子の生産があり、その後も種子が生産されている。モミの豊凶については、2～3年とされれており(浅川ら, 1981)、実際に宮ヶ瀬の自然林で採取された回数も10年間で5回の採取となっている(図3)。しかし設定した採種園では、2年目から毎年種子が採取されており、例年一定量の苗木生産を行う観点からも特筆される。モミをはじめとしたマツ科樹種は、着花促進方法が確立されておらず、種子も樹冠の先端部になる特性から、設定時も種子の生産は当面先になると考えられていた。実際に植栽された実生個体では一度も着花・結実が見られず、結実までは、相当の年数が必要であると推定される。実際モミでは結実までの年数は40年以上とされている(小沢, 1958)。今回の採種園に導入された大山モミと実生個体の違いは、接ぎ木の有無のみであり、接ぎ木がモミの着花を促していると考えられ、種子の生産を目的としたモミの採種園造成にあたっては、接ぎ木苗の利用が必要であると考えられる。また採種木ごとの種子の生産量をデータとした分散分析では、系統間、

年次間とも有意な差が認められたが、交互作用も有意であった。このことは、クローンによって種子の生産性が異なることを示唆すると同時に、年次によって異なることを示すが、系統によって接ぎ木による種子生産量の効果に違いがあることを示唆するともとらえられる。年とともに着花個体、クローンともに増加傾向にあることから、年次の経過、すなわち一定の個体サイズなると結実を開始すると考えられる。この点においては、当初の植栽したサイズが増殖年次にも左右され、一定でなかったことも交互作用が有意となった一因であろう。

一方、得られた種子の品質に関しては、発芽率も比較したモミ林由来の種子に比べて低く、1g当粒数も多く、種子も小さくなっていた。モミ種子の1g当粒数は、24.4～28.0個/g(浅川ら, 1981)と報告されており、採種園産のモミは連年の平均で31.1個/gとかなり多い値であった。図7の発芽率の高かった2010年も多い値であるため、種子のサイズと発芽率は直線的な関係はなく、単に採種木の個体サイズが小さいために種子も小さくなっている可能性がある。スギでは小型の採種木を使用したミニチュア採種園産種子において球果が小さくなる事例が報告されており(たとえば伊藤, 1987)、シベレリンによる強制的な着花促進の影響もあるが、母樹の個体サイズの影響が強いと考えられる。このことは種子の充実性は懸念されるが、種子が小さい方が発芽率が低くても重量当たりの発芽数は多くなるため、有利な面もある。

一方肝心の発芽率は、5%程度の値が多かった。これは、採種木が小さいこと、園内の花粉が十分でないため種子が充実していない可能性がある。採種園に隣接するモミはないが、この地域のモミ林が豊作となった2010年に発芽率が17%に向上したことは、後者の可能性を示唆している。ただし今回の検討に使用した発芽率は、一部に苗畑での実現発芽率を含み、試験の際にカラス等の被害も確認されていることから、通常発芽率よりも低くなっている可能性がある。近年、遺伝子の調査により、採種園における園外花粉の交配実態が明らかにされ、その弊害が指摘されているが(たとえば Moriguchi, 2005)、種子の品質向上のみの側

面であれば、園外花粉は不足する花粉を供給している存在とも考えられる。この採種園は、大山モミの遺伝資源保存に資することを目的としているが、所在地が大山に隣接する地域にあるため、園外花粉自体の是非について議論があるところである。仮に園内交配の種子が必要であれば、周囲が開花していない2012年などの年の種子は、発芽率は低いものの園内交配率がきわめて高いと考えられる。この点については、今後の遺伝解析の実施が待たれる。一方で2010年は園内の雄花の着花率も5割に達しているので、採種園自体の花粉の生産性も採種木の個体サイズとあわせて向上してきていると考えられる。発芽率17%に向上したことは、十分使用できる種子を生産する可能性を示唆している。こうした結果から、モミ採種園は接ぎ木苗を用いることで早期にモミの種子が生産でき、植栽後10年程度の年数で良好な種子の生産ができる可能性が示された。

V 謝辞

本研究を実施するにあたり、林野庁林木育種センター(現森林総合研究所林木育種センター)の中田了五博士、谷口亨博士には、共同研究として個体の選抜、試料収集、その後の増殖で大変お世話になった。あわせて草稿に対し貴重なご意見をいただいた。クローンの収集にあたっては、土地所有者である大山阿夫利神社、大山寺のご協力を得た。また接ぎ木増殖、採種園の設定・管理にあたっては元職員の小山直次氏、田中ミサエ氏、藤原和子氏にお世話になった。また種子の採取や調査にあたっては、小島弥生氏にお世話になった。ここに記してお礼申し上げる。

VI 引用文献

浅川信彦, 勝田 柁, 横山敏孝(1981)日本の樹木種子(針葉樹編). 150pp, 林木育種協会, 東京
遠藤昭太, 伊藤昌司, 原善三(1982)シラベ採種園からの種子生産. 林木の育種 124: 22-26
小沢準二郎(1958)林木のタネとその取扱い. 林業技術叢書 19, 322pp, 日林協, 東京

神奈川県教育庁社会教育部文化財保護課 (1978) 神奈川県文化財図鑑史跡名勝・天然記念物篇. 72pp, 神奈川県教育委員会, 横浜

神奈川県植物誌調査会 (2001) 神奈川県植物誌 2001. 1580pp, 神奈川県生命の星地球博物館, 小田原.

片寄 謙, 氏家雅男 (1985) トドマツ採種園における球果の生育動態 (I) -乾重量、窒素、炭素および無機物の季節的变化-, 日林論 96 : 291-292

小林達明 (2003) 特集「地域種苗の可能性」企画の趣旨. 日本緑化工学会誌 28, 469

伊藤昌司, 遠藤昭太 (1981) 種子の取れ始めたウラジロモミ採種園. 林木の育種 121 : 27-30

伊藤信治 (1987) スギのミニチュア採種園における種子生産, 林木の育種 143 : 24-27

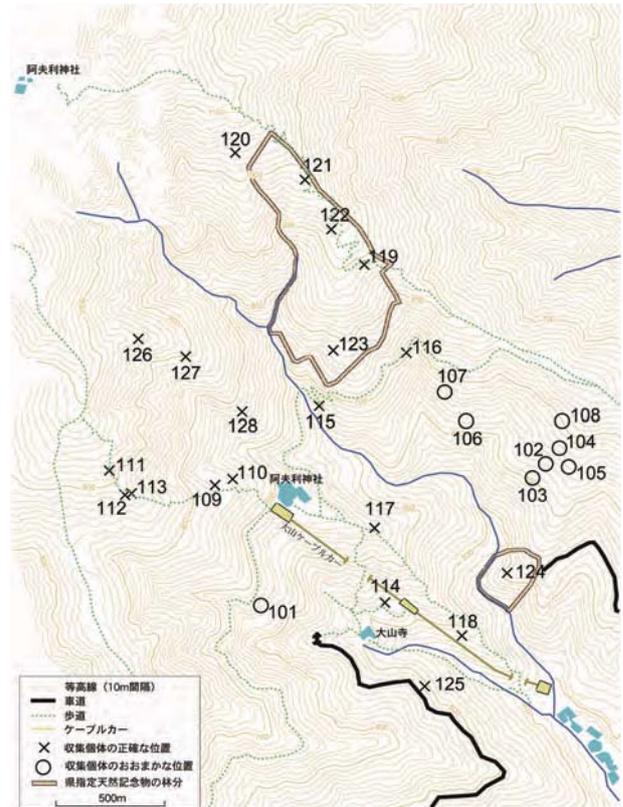
Moriguchi, Y., Tani, N., Ito, S., Tanaka, K., Yomogida, H., Taira, H., and Tumura, Y. (2005) Gene flow and mating system in five *Cryptomeria japonica* D. Don seed orchards as revealed by analysis of microsatellite markers. *Tree Genet. Genomes* 1:174-183.

齋藤央嗣, 毛利敏夫, 萩原ミサエ (2003) 林木育種事業 (特定林木種事業・林木育種維持管理事業). 神奈川県自然環境保全センター研究部業務報告 36 : 58-60

中田了五, 谷口亨, 齋藤央嗣 (2005) 大山モミの収集と保存. 林木育種センター研究報告 21 : 107-114

鈴木清 (1992) 神奈川県大山モミ林枯死経過とその周辺地域の年輪幅の変化. 神林試研報 19 : 23-42

山梨県林業試験場 (1985) IV 林木育種事業, 山梨県林業試験場事業報告 H59. 131-134



参考図1 収集個体位置図 (中田ら 2005 より転載)

参考表-1. 収集個体の詳細 (中田ら2005 を一部改変)

個体名	採集日	再採集日	収集時個体データ				備考	選材群分			モミ残存率	林相	高木種占率	低木種占率	備考	
			樹高 m	幹高 m	枝下 長 m	根 長 m		結果 状況	標高 m	傾斜 方位						土壌水 分・ 深度
大山101号	1993/2/28		26	110	10	良	無	中		700 SE	40 乾・浅	尾根	40 群状混交林	アラカシ、シデ、ミズナラ、シラカシ	アオキ	歩道そば、尾根の突端
大山102号	1993/2/28		30	126	10	良	無	中	太郎モミ、ニ又	700 SW	35 適・中		50 点在混交林	アラカシ、シデ、ミズナラ、シラカシ	アオキ	
大山103号	1993/2/28		24	120	8	並	有	中		650 SW	20 適・中		40 点在混交林	アラカシ、シデ、ミズナラ、シラカシ	アオキ、ヒイラギ	105号の奥
大山104号	1994/2/14		23	114	5	良	無	多		650 SSW	32 適・中		点在混交林	アラカシ、シデ、ミズナラ、シラカシ	アオキ	
大山105号	1994/2/15		22	91	8	並	有	中	針葉エゾマツタイプ	500 SW	35 適・中	尾根	44 点在混交林	アラカシ、シデ、ミズナラ、シラカシ	アオキ、アセビ	
大山106号	1994/2/15		33	117	6	良	無	中		700 SW	30 適		63 群状混交林	アラカシ、シデ、ミズナラ、シラカシ	アオキ	スギ林の斜面下部
大山107号	1994/2/15		26	114	11	良	無	少		650 SW	30 適・深		55 群状混交林	アラカシ、シデ、ミズナラ、シラカシ	アオキ	
大山108号	1994/2/16		23	100	7	並	有	少	原因不明枝枯あり	650 SW	30 適・深		62 群状混交林	アラカシ、シデ、ミズナラ、シラカシ、ケヤキ、スギ	アオキ、ヒイラギ	
大山109号	1996/2/14		30	108	8.3	良	無	無	先折れ	768 NNW	22 適・中	尾根上	60 点在混交林	スギ、モミ	シキミ、アオキ	110号の近く
大山110号	1996/2/14		29	140	8.2	良	有	無	ニ又、片枝	755 NNW	22 適・中	尾根上	60 点在混交林	スギ、モミ	シキミ	109号の近く
大山111号	1996/2/14		21	100	4.2	並	無	無		920 SSW	29 乾・浅	尾根上 道側	75 点在混交林	スギ、モミ、ウラジロガシ、クマシデ、アカガシ	ササ	下は茶室から頂上へ向かって3分、18丁目の標柱の上
大山112号	1996/2/14		26	96	3.5	並	無	無	力枝直下太し先折れ	895 SW	40 乾・浅	斜面、道から10m下	95 点在(ほぼ純林)	モミ、スギ	ササ	113号の近く
大山113号	1996/2/14		30	115	3	良	無	無		880 SW	30 乾・浅	斜面 道側	95 点在(ほぼ純林)	モミ、スギ	ササ	112号の近く
大山114号	1996/2/14	2000/2/14	31	120	2.5	良	有	無		525 ESE	32 乾・浅	斜面	100 点在混交林	ウラジロガシ、スギ、モミ	イネ科草本	大山寺観音像の等高線上、NEに20m
大山115号	1996/2/15	2000/2/15	22	84	5.7	良	無	無		660 SE	45 乾・浅	小谷の筋	89 点在混交林	モミ、アカガシ、コナラ	シキミ	道側(谷側)
大山116号	1996/2/15		32	122	8.7	良	有	無		710 SSW	48 乾・浅	斜面	95 点在混交林	アカガシ、モミ、ウラジロガシ	シキミ、ササ	道側(谷側)
大山117号	1996/2/15	2000/2/14	20	85	4.6	並	無	無		645 NW	45 乾・浅	斜面	100 孤立混交林	スギ、マツ、モミ、カエデ	ササ	道そばの広場、忠魂碑の法面
大山118号	1996/2/15		24	84	5	並	有	無		475 SSE	35 適・中	斜面	100 点在混交林	アカガシ、モミ、ウラジロガシ	シキミ	尾根とケーブルの間
大山119号	1998/2/17		21.5	91	2.9	良	有	無		880 SSE	42 適・浅	斜面	60 点在混交林	モミ、アカガシ、ミズナラ	スズタケ	県指定天然記念物林分、歩道のわき
大山120号	1998/2/17	2000/2/16	21.8	69	6.6	良	無	無		1040 SSE	30 適・中	尾根	80 群状混交林	モミ、ケヤキ、イヌシデ	アセビ、スズタケ	
大山121号	1998/2/17	2000/2/16	21.4	75	3.7	並	無	無		980 SSW	21 乾・中	尾根	95 群状混交林	モミ、イヌシデ、ケヤキ、アカガシ	アブラチャン、アセビ、ヤマツツジ、スサ	県指定天然記念物林分
大山122号	1998/2/18	2000/2/16	21.2	74	3.2	並	有	多		920 S	22 適・中	尾根	60 群状混交林	モミ、シラカシ、シデ	ササ	県指定天然記念物林分
大山123号	1998/2/18		29.2	111	8.9	良	無	中		780 SW	35 適・中	小谷の中の小尾根、ガレ場	80 点在混交林	モミ、スギ、シラカシ、シデ	ヒイラギ、シキミ、ニシキウツキ	県指定天然記念物林分
大山124号	1998/2/18		19.3	101	6.7	並	有	無		500 W	43 適・中	尾根	95 点在混交林	モミ、アカガシ、シラカシ	シキミ、ヒサカキ、ヒイラギ	県指定天然記念物林分(雷神社付近)、砂防工事の真上
大山125号	1998/2/19	2000/2/16	24.1	10100	4.1	良	有	多		500 ENE	36 適・浅	斜面	周囲孤立スギ人工林	スギ	シキミ(少し)	林道から20m下
大山126号	2000/2/15		25.0	85	0.1	並	有	少		960 なし	0 乾・浅	尾根	90 群状混交林	モミ、アカガシ、ケヤキ	ササ、シキミ	荷棚(モノレールの側)
大山127号	2000/2/15		23.8	107	7.3	良	無	無		895 SSE	27 乾・浅	小尾根	95 群状混交林	モミ、アカガシ、マユミ	アブラチャン、シキミ	荷棚(モノレールから30m西)
大山128号	2000/2/15		18.8	124	6.4	並	有	無	先折れ	775 SE	35 乾・浅	広い尾根	95 群状混交林	モミ、アカガシ、スギ	アブラチャン、シキミ	荷棚(モノレールから20m西)