

第三章 ヤツガタケトウヒとヒメバラモミの保全

第一節 ハヶ岳におけるヤツガタケトウヒの天然更新

1. はじめに

マツ科トウヒ属のヤツガタケトウヒ (*Picea koyamae* Shiras.) とヒメバラモミ (*P. maximowiczii* Regel) は個体数が少ないことから世界および国の絶滅危惧種としてリストされており、適切な保全対策が求められている。野生植物を保全する手法として、自生している野生集団を維持する現地保全が理想的であり、優先して検討されなければならない。ヤツガタケトウヒとヒメバラモミの現地保全について考えると、南アルプスの石灰岩地では比較的大面積の自生地が残されており、この地域ではこのまま人為を加えることなく天然更新が可能であると考えられる(第二章)。一方、秩父とハヶ岳山域では分断化と小集団化が進行しており、放置すると集団が消失、さらには地域絶滅となる危険が高いと考えられる(第二章)。ヒメバラモミはすでに単木的に残されていることから天然更新の可能性は低いものの、ヤツガタケトウヒは比較的個体数が多い集団が残されており、天然更新によって集団が維持されることが期待される。しかしハヶ岳のヤツガタケトウヒ集団の多くは後継樹が存在せず、このままでは集団が消失する危険性が高い。

そこで、ヤツガタケトウヒとヒメバラモミに対する保全対策のなかで、もっとも効果が期待される人為的な保全活動の対象として、ハヶ岳地域のヤツガタケトウヒの天然更新について検討することとした。ハヶ岳地域のヤツガタケトウヒ 2 集団に対して、開花から結実・種子散布・発芽・実生定着にいたる生活史の過程について調査をおこない、天然更新で集団を維持していく可能性について明らかにした。さらに天然更新が困難である場合、天然更新を促進する技術について実証試験をおこない、その効果について検討した。

2. 材料と方法

2-1. 調査地

調査は長野県富士見町の西岳国有林 1310 林班(カラマツ沢集団: 北緯 35°56'29" 東経 138°19'09" 標高 1700m WGS 84 測地系)と、山梨県北杜市大泉の山梨県有林(天女山第 1 集団: 北緯 35°56'08" 東経 138°23'33" 標高 1740m WGS 84 測地系)においておこなった。カラマツ沢集団はおよそ 10ha に樹齢約 140 年の母樹サイズのヤツガタケトウヒ 135 個体が生育しており、国有林の林木遺伝資源保存林に指定されている。天女山第 1 集団には 4ha ほどの範囲に 62 本のヤツガタケトウヒが生育しており、これまでハヶ岳で確認された 3

番目に大きな集団である。まず、これらの林分全体の状態を把握するために、ヤツガタケトウヒの密度が高い場所にそれぞれ 2ha(100×200m)と 1ha(100×100m)の固定試験地を設定し、固定試験地内の樹高 1.3m 以上の木本個体の樹種と胸高直径を 2005 年に測定した。この測定結果から、樹種別に 10cm 毎の胸高直径階個体数を求めるとともに、胸高断面積合計(BA)を算出し、各調査区の林況とともに、ヤツガタケトウヒの更新状況について検討した。

2-2. 開花・結実ステージの調査

開花状況を調べるため、カラマツ沢では 1993-2010 年に、天女山では 2005-2010 年に毎年 6 月の開花時期に双眼鏡によって開花状況を観察した。個体によっては雄花だけ、あるいは雌花だけ咲く個体もあるほか、開花量にも大きな差が見られたが、もっとも簡便な開花状況を示す指標として、雌花あるいは雄花が確認された開花個体の割合を求めた。なお、1994、1998、1999 年のカラマツ沢の観測については、すべて未開花と考え個々の個体の観察をおこなわなかった。また、1993-2000 年のカラマツ沢は欠測個体数があるために総個体数と観察個体数が一致していない。

カラマツ沢では種子生産量を調べるため、シードトラップ(面積 0.5m²)をヤツガタケトウヒの密度が高い樹冠下 12ヶ所に設置し、1993 年から 2005 年まで冬季を除く期間中 1-2 ヶ月ごとにトラップ中の落下物を回収した。回収物は自然乾燥させた後、ヤツガタケトウヒの成熟種子、未成熟種子、雄花、雌花、未成熟球果、球果に区別し、それぞれの数を集計した。短径が 1.4mm 以下の種子にはほとんど充実種子がない(勝木 1994)ので、ふるいで分けた 1.4mm 以上の種子を成熟種子、1.4mm 以下の種子を未成熟種子とした。成熟種子には充実種子、しいな、虫害種子が含まれるが、外観からは判別できないことからこれらを区別せずに集計した。また、ヤツガタケトウヒは通常開花した年の秋から翌年春に種子が散布される。そこで、種子や球果などは生産した翌年以降も数年にわたって計測される場合、何らかの原因で樹上の球果などに残されていたものと判断し、次の開花・結実が観察される年まで前回の開花結実年に生産されたものとして集計した。

さらに成熟種子の内容について検討するため、カラマツ沢からは 2 母樹について 1993-2005 年に、天女山については 2005 年に 6 母樹から球果を採取し、短径が 1.4mm 以上の成熟種子を軟 X 線写真で撮影し、1 球果あたりの充実種子数と、しいな数、虫害種子数、および充実率について求めた。また、参考として同じ八ヶ岳のフウキ沢集団の 1 母樹についても、1993-2005 年の球果を採取し、充実種子数と、しいな数、虫害種子数、およ

び充実率について求めた。

2-3. 実生ステージの調査

実生密度の年変動を調べるため、カラマツ沢固定試験地内のヤツガタケトウヒ樹冠下で10ヶ所の実生調査区(1×1m)をシードトラップの脇に設置し、1993年から2010年まで冬季を除く期間に3-8回/年、個体識別をした実生の生死を観察した。こうして林床の実生密度の変化について明らかにするとともに、種子トラップで得られた種子数との関係について検討した。また、天女山の固定試験地内でも合計12ヶ所の実生調査区(1×2m)を設置し、2005年から2010年まで7月に実生数を観察し、林床の実生密度の変化を明らかにした。

2-4. 実生定着試験

カラマツ沢・天女山試験地ともに母樹サイズの個体は高い密度で存在するが、若木・稚樹サイズの個体がほとんど見られず(第二章)、天然更新を阻害するなんらかの障害があると考えられる。カラマツ沢では数年生の実生は比較的高い密度で見られることから、実生定着後の光環境が暗いことが天然更新を妨げる大きな原因のひとつと予想した。そこで明るい光環境下での実生の生育について検討するため、2003年に固定試験地内に伐採実生定着試験区(40×40m)を設置し、中央部の20×20mの範囲内のカラマツ植栽木(57年生)を全て伐採した。試験区内には10mグリッド毎に2×2mの実生調査枠を計29ヶ所設置し、2003年から2010年まで5-11月に実生を観察し、消長及びサイズを測定した。実生調査枠内のヤツガタケトウヒの実生には個体識別をおこなうとともに、毎年秋に樹高を測定し、伐採区と林縁区、樹冠下区との間で樹高を比較することで光環境の実生定着への影響について検討した。なお、伐採実生定着試験区では獣害が激しく観察されたことから、2007年に獣害対策ネットで周囲を囲い、以降は毎年7月に手刈りによる下草刈りをおこなった。

一方、天女山の調査地では若木・稚樹サイズに加え、実生もまったく見られなかった。ヤツガタケトウヒ集団の多くはコケ林床をもつ森林にあり、種子生産が見られる母樹の周囲ではほとんど実生が存在する(第二章)。しかし天女山集団がある森林の林床は高さ1mほどのシナノザサ(*Sasa senanensis* (Franch. & Sav.) Rehder)が繁茂している点が他集団と異なる特徴となっている。樹木の天然更新に対して一般にササ類は悪影響を及ぼしていると考えられるので、ササを除去することで実生が定着するか試みた。12ヶ所の無処理区のほか、毎年夏に下刈りをおこなう下刈り区と、毎年の下刈りに加え熊手などによって落葉や枝条を取り除く地掻き区それぞれ12ヶ所を設置した。この合計36ヶ所の調査区にそ

れぞれ実生調査区(1×2m)を設置し、2005年から2010年まで7月に実生数を観察するとともに、シナノザサの高さと被度を測定した。高さは実生調査区内のシナノザサの最大高を、被度は目測により5%きざみで測定した。この結果から、実生が発芽した年のシナノザサの高さ・被度と発芽実生密度の関係について検討した。なお、天女山試験地では胸高直径約20cmの植栽と推測されるカラマツと胸高直径50cmを超え天然生と推測されるカラマツが混在し、その区別は明瞭ではなかった。また植栽の記録も得られなかった。

以上の結果から、ヤツガタケトウヒの天然更新を阻害する要因および天然更新を促進する技術について検討した。

3. 結果

3-1. 試験地の林況

カラマツ沢の毎木調査の結果(表3-1)、固定試験地内はカラマツやヤツガタケトウヒ、ミズナラが優占する天然林であるが、一部はカラマツの植林地となっていた。全ての樹種を合計した胸高直径階をみると、サイズが大きくなると個体数が次第に少なくなるL字型の分布を示していたが、ヤツガタケトウヒに限ると胸高直径30-40cmの個体数がもっとも多い一山型の分布を示した。ヤツガタケトウヒの最大サイズは胸高直径63.2cm、樹高31.4mであった。また、胸高直径が0-10cmの個体はわずか3個体/haと後継樹がきわめて少ない状態であることが改めて示された。

天女山の固定試験地は、植栽木を含むカラマツが優占していた(表3-2)。その他ヤツガタケトウヒやヤハズハンノキ(*Alnus matsumurae* Callier)、コメツガなどの天然生の樹木も混在していた。なお、天女山においては天然生と植栽されたカラマツが混在していたが、明瞭に区分することは困難であったので、区別せずに集計した。全ての樹種を合計した胸高直径階をみると、カラマツ沢と同様にL字型の分布を示していたが、ヤツガタケトウヒに限ってみると胸高直径30-40cmの個体数がもっとも多い一山型の分布を示した。ヤツガタケトウヒの最大サイズは胸高直径80.9cm、樹高24.8mであった。一方、直径20cm以下の若木サイズの個体はわずかに5本であり、10cm以下だと1本、樹高1.3m以下のサイズ稚樹・実生はまったく確認されなかった。

3-2. 開花結実調査

カラマツ沢の開花状況を観察したところ、1995、1997、2002、2003、2005、2009年に半数以上の個体で雄花あるいは雌花の開花が見られた(図3-1)。もっともよく開花した

1995年には観測した107個体中92個体と86%の個体で雄花あるいは雌花の開花が観察された。なお、もっとも小さな開花サイズは胸高直径9.8cmであったが、10cm以下の階級で開花する個体は稀で、直径20cmを超えた階級では半数以上が開花していた。一方、1996、2004年などまったく開花木が観察されない年もあった。

天女山の開花状況を観察したところ、2005、2006、2009年は半数以上の個体で雄花あるいは雌花の開花が見られ、もっともよく開花した2009年は68個体中47個体と69%の個体で開花が観察された。ただし、2006年は開花した42個体の中、雌花が開花したものは14個体に過ぎず、41個体で雌花が観察された2005年や、40個体で雌花が観察された2009年と比較すると、開花状況に大きな違いが見られた。また、カラマツ沢と天女山の集団間において開花個体の割合は比較的と似ている傾向が見られたが、2008年のように集団間でまったく異なる結果を示す年も見られた。

カラマツ沢において、ヤツガタケトウヒの種子は1993、1995、1997、2001、2002、2003、2005年に生産されたことが確認された（図3-2）。1993-1998年は隔年周期で結実が見られたものの、2001年からは3年連続で結実し、明瞭な周期性は見られなかった。また、種子落下量は年によって0-1,736個/m²と大きく変化した。なお、2000年は開花個体が観察されたが、その多くの個体は雄花だけであり、シードトラップ中に種子は得られなかった。

各母樹から採取した成熟種子を軟X線写真で撮影し、分析したところ、カラマツ沢の母樹2本の充実種子数は0.8-47.1粒/球果と年によって大きな変動があることが示された（表3-3）。特に2005年は充実種子数が少なく虫害種子数が多い傾向が見られ、カラマツ沢のP-046個体とフウキ沢のYD008個体は有意($P<0.01$)に2005年の充実種子数が少なく虫害種子数が多かった。一方、天女山は2005年に採取した母樹だけしか分析していないため年比較は出来ないものの、充実種子数は0.0-0.1粒/球果に対し、虫害種子数は3.5-61.0粒/球果と大部分が虫害種子であった。

3-3. 実生ステージの調査

カラマツ沢の林床においてヤツガタケトウヒの実生は、種子生産が確認された翌年の1994、1996、1998、2002、2003、2004、2006年に0.1-19.7本/m²の密度で発生したことが観察された（図3-3）。6-8月に発芽した実生はその後ほぼ一定の生存率（50-70%/年）で減少した。1996年に19.7本/m²ともっとも多く発生した実生は、全調査期間中の実生の48%であり、10年後の2006年現在でも0.4本/m²が生存していたが、2010年にはすべ

て消失した。この 1996 年と 2003 年は実生発生密度が 10 本/m²を超え、調査期間中の大豊作年であった。

またカラマツ沢における平均の成熟種子落下量と翌年の実生密度を分析したところ、相関係数は 0.76 と相関があった ($P<0.01$, 図 3-2)。もっとも、2001 年にカラマツ沢で 1,135 個/m²と 1995 年につぐ種子生産量が見られたが、翌年に発芽した実生は 1.1 本/m²と低密度であった。さらに翌 2002 年は 705 粒/m²と 2001 年よりも低い種子生産量であったが、発芽した実生密度は 11.7 本/m²と 1995 年につぐ発生密度となり、年によっては必ずしも比例しない場合もあることが示された。なお、種子落下量と実生発生密度の回帰直線の傾きは 0.010 であり、散布された種子が発芽する確率はおおよそ 1.0%であった。

天女山では、地表における種子発芽密度を観察したところ、2006-2009 年は当年生を含む実生はまったく観察することが出来なかった。2008 年は実生調査をおこなわなかったが、林分内を観察する限り発芽した実生はまったく見られなかった。一方、2010 年 7 月に無処理の林床の実生を調査したところ、0-1.5 本/m²(平均 0.7 本/m²)の当年生の実生が観察された(図 3-4)。ただし、翌 2011 年には平均 0.04 本/m²とほぼ消失した。

3-4. カラマツ沢伐採実生定着試験区

カラマツ沢伐採試験区における実生は、2006 年まではおおむね順調に生育し(図 3-4)、2010 年現在、最大サイズは樹高 75cm にまで成長した。光環境で比較すると、1996 年発芽の実生の 2010 年の平均高は伐採区が 23.1cm、林縁区が 17.4cm、樹冠下区が 11.4cm と、光環境により有意($P<0.05$)に差が生じた。また、2003 年発芽および 2006 年発芽の実生も、より明るい環境では大きく育つ傾向が見られ、伐採区の 2003 年発芽実生は発芽 2 年後には平均 6.7cm にで成長した。しかし、実生の樹高が 10cm を超えるサイズになるとシカやウサギなどによる獣害を受ける頻度が高くなり、2007 年春には樹高 10cm 以上であった 54 個体中 15 個体が被害を受け、樹高が低くなった個体もあった。その後、2007 年末に獣害防止ネットを設置しシカによる食害対策をおこない、一定の防護効果が見られたが、2010 年には再びウサギによる被害を受け、樹高 10cm 以上の 150 個体中の 136 個体の先端部あるいは側枝が切断された。そのため、2010 年の実生平均高についてみると、1996 年発芽の林内区を除き、すべての調査区において前年度より減少していた。2003 年発芽実生の 2010 年の伐採区の平均高は 88.2mm と前年の 139.4mm から明らかに低下していた。また、1996 年発芽実生の 2010 年の伐採区の平均高も 231.6mm と、前年の 282.1mm から顕著ではないが低下していた。

3－5．天女山地表処理試験区

天女山の地表処理試験区において、ヤツガタケトウヒの実生は 2005・2009 年の間はまったく観察されなかった。しかし、2010 年は下刈り処理区で 1.8 本/m²、地掻き処理区で 1.7 本/m²の密度で実生が発生した（図 3－5）。この時点で無処理区と有意な(P<0.05)差はなかったが、2011 年まで生存した実生数は、無処理区が 0.0 本/m²に対し、下刈り処理区は 0.6 本/m²、地掻き処理区は 0.9 本/m²と有意な(P<0.05)差が生じた。また、各処理区のシナノザサの被度と最大高の 2010 年の平均は、対照区は 87%・58cm、下刈り処理区は 49%・35cm、地掻き処理区は 39%・34cm であった。これらの平均値について有意差を検定したところ、ササの被度と高さについては、対照区と下刈り・地掻き処理区の間で有意(P<0.05)な差が見られた。

4．考察

4－1．種子生産

開花個体の観測から示される(図 3－1)ように、ヤツガタケトウヒは毎年同様に開花するのではなく、ほぼ隔年周期で開花していた。こうした周期性は同じ風媒の針葉樹であるスギやヒノキと同様であり、開花前年の気象要因と結実量などが影響していると考えられる(矢田・小谷 2006)。開花・結実に必要な資源の蓄積には年数がかかるため、最適な気象環境と蓄積資源量が一致した年が大豊作年となる。カラマツ沢における 13 年間の観測で大豊作年と考えられる年は 2 回しかなく、こうした少ない大豊作年が天然更新の阻害要因のひとつになっていると考えられる。

採取した母樹の種子に対する虫害率は 3・74%(表 3－3)と、全てのケースで虫害が認められた。この虫害は、種子中にエゾマツモンオナガコバチ(*Megastigmus ezomatsuanus* Huss. & Kam.)に近似のタネバチの幼虫が寄生するものであり、寄生された種子は発芽しない。北海道のエゾマツにおけるエゾマツモンオナガコバチの虫害率は 0.2-2.2%であり(小川ら 2005)、ヤツガタケトウヒの虫害率はこれと比較すると極めて高い。さらに、西岳においても 2005 年の虫害率は有意に高いことが示されている。したがって、2005 年の天女山のヤツガタケトウヒはタネバチによってほとんど充実種子がなくなる深刻な被害を受けたと考えられる。年変動はあるものの、タネバチはヤツガタケトウヒの重要な天然更新阻害要因のひとつと考えられる。

4－2．実生定着環境

開花・結実の豊凶やタネバチの被害は種子生産量に大きな影響を与えているものの、年によって変動し、大豊作年には天然更新に十分な量の種子が生産される可能性がある。実際にカラマツ沢では 1996 年に 10 個体/m² 以上、天女山でも 2010 年には平均 0.7 本/m² の密度で実生が発芽している(図 3-3 ; 5)。したがって、豊凶やタネバチとは別に、実生定着後の環境も、天然更新の阻害要因として重要と考えられる。カラマツ沢の樹冠下における実生の消長からは、10 本/m² の密度で実生が発生しても 15 年ほどですべて消失することが示された(図 3-3)。しかもこの間最大でも 5cm 程度にしか成長しておらず、樹冠下で長期間実生が生存し、稚樹バンクを形成することは期待できない。一方、カラマツ沢の伐採区では発芽 2 年後で 6cm 以上にも成長することが示されており、実生の成長には樹冠外の明るい光環境が必要であると考えられる。

また、天女山の地表処理試験の結果からは、対照区と処理区で実生密度におよそ倍の違いがあった。各実生調査区間の種子落下量にも差がある可能性があるので、単純な比較は困難であるが、シナノザサがヤツガタケトウヒの実生の発芽、あるいは発芽直後の生存に影響を与えていることが示唆される。さらに、ササ林床では翌年の生存率は極めて低いことが示されており(図 3-5)、ササ林床はヤツガタケトウヒの天然更新の阻害要因と考えられる。実際に第二章で示したようにヤツガタケトウヒの自生地多くはコケ林床であることも、この考えを支持する。

これらのことを総合すると、ヤツガタケトウヒの実生の定着にはササがなく、明るい光環境の立地条件が必要と考えられた。八ヶ岳山域では岩礫地や崩壊地などに適切な立地条件をもつ場所が見られ、過去にはヤツガタケトウヒがそうした環境で天然更新してきたことが推測される。カラマツ沢のおよそ 100 年前の写真(Wilson 1916)は、ヤツガタケトウヒ若木の周囲に高木がない疎林状態であったことを示しており、明治時代の森林簿にも当時は山火事や盗伐が頻繁に起こり、成熟した森林ではなかったことが記録されている。ただし、現在の八ヶ岳のヤツガタケトウヒ自生地の周囲は、大部分が成熟したカラマツ人工林であり、天然更新に最適な環境は存在しない。この現在の植生状況が現在の八ヶ岳におけるヤツガタケトウヒの天然更新の大きな阻害要因であると考えられる。

そこで、伐採、あるいは下刈り・地掻きなどの人為的な施業によって更新適地を形成することが、天然更新を促進させる手法のひとつとして考えられる。カラマツ沢の伐採実生定着試験区で実際に樹高 75cm の稚樹が生育していることは、この手法が有効であることを示している。また、ササ林床であっても下刈り・地掻きなどの地表処理によって実生の

定着に効果があることが示された。今後はより大規模に天然更新を促進する施業をおこない、検証していくことが期待される。

4－3．獣害

これまでの結果から、光環境を改善することでヤツガタケトウヒの天然更新を促進させることが可能であることが示された。しかし稚樹の生育段階において、獣害が大きな更新阻害要因となっている点も検討しなければならない。年変動が大きい、カラマツ沢の伐採更新試験区では 2010 年に 9 割以上のヤツガタケトウヒ稚樹がウサギによる被害を受けた。また、ヤツガタケトウヒとヒメバラモミの自生地的大部分でシカによる被害痕を確認しているうえ、実際にシカ害により枯死した成木サイズの個体も観察されている。天女山のヤツガタケトウヒ林に接したカラマツ人工林でも深刻な被害が報告されている(長池ら 2008a, 2008b)。ニホンジカやカモシカなどの獣害は南八ヶ岳では現在深刻な問題となっており(諏訪地域野生鳥獣被害対策プロジェクトチーム 2008)、ヤツガタケトウヒの天然更新に対する阻害要因として重要と考えられる。

しかし獣害に対する対応策には様々な問題がある。大規模な柵の設置によって、シカ害に対する効果があることは本研究でも確認された。しかし、天然更新が想定される数 ha の面積に対して獣害防止柵を設置することは、莫大な費用がかかることに加え、メンテナンスも常に必要であり、現実的な対応策として最適であるとは考えられない。またこうした大規模な柵は、ウサギ害に対する効果が低い。相応の資材費や人件費などの費用が必要となるが、現状では 1 本ごとに獣害防止用の不織布やネットなどのを設置することがもっとも効果的であると思われる。将来的にはシカの頭数調整によってシカ害そのものが減少していくことに期待したいが、当面は費用がかかっても個体ごとに獣害防止用の措置をおこなう方法が次善の手法であると考えられる。

4－4．効果的な現地保全手法

これまで、天然更新を阻害する要因として、種子生産量や光環境、獣害などが重要であることを述べた。同じ針葉樹の希少種であるヤクタネゴヨウは種子生産に大きな障害がある(金指ら 1998)ことに対し、ヤツガタケトウヒとヒメバラモミは、十分な量の種子を生産した際に、光環境を改善させる施業をおこない、その後の獣害対策をおこなうことで、稚樹を生育させることが可能と考えられた。しかし、現実的な保全対策の手法として天然更新を考えた場合、天然下種更新はもっとも効果的な保全手法とはいえないだろう。稚樹が天然更新に必要なほど高密度で生育する保証はなく、確実性に欠ける手法と考えられる。

また、ササ林床であった場合、下刈りや地搔きに多くの費用が必要となることも予想され、費用対効果が疑問視される。現状でもっとも効果的で安価な現地保全の手法としては、種子を採取して育苗し、現地に植え戻すことではなかろうか。次節で述べるように、ヤツガタクトウヒの種子から育苗し、造林した事例もあり、育苗・造林に技術的な障害はない。この手法であれば種子生産量が少ない場合でも、確実に増殖することが可能である。また、増殖した苗木を現地外保全の素材としても活用することもできる。今後は天然下種更新だけでなく、種子からの育苗と、植え戻す対策を平行しておこなう保全対策が必要と考えられる。

第二節 ヤツガタケトウヒとヒメバラモミの保全活動とその評価

1. はじめに

ヤツガタケトウヒとヒメバラモミは第二章で示したように、ともに総母樹数が約 1,600 個体と推定され、絶滅の危険が増大している絶滅危惧 II 類と考えられる。いずれも最大樹齢は 100 年を超える長寿の樹木であることから、数十年の間に絶滅する危険性は低いですが、将来にわたって多様性をもった健全な集団・集団群を維持していくためには適切な保全活動が必要である。保全生態学においては、常に現状を把握しながら、管理計画も見直していく順応的管理が求められる(松田 2002)。ヤツガタケトウヒとヒメバラモミについては現在、中部森林管理局を中心にいくつかの保全対策がおこなわれているが、個々の活動は独立しておこなわれており、種としての総合的な保全計画は進められていない。そこで、本節では現在おこなわれているヤツガタケトウヒとヒメバラモミの保全活動について述べ、その評価をおこなうことで、今後のより適切な保全計画の指針を示したい。

2. 保全に関わる制度・活動

ヤツガタケトウヒとヒメバラモミの保全に関わる制度・活動などを表 3-4 に示した。おもな制度・活動などについて以下に概要を述べる。

2-1. 天然記念物

ヤツガタケトウヒ 2 件、ヒメバラモミ 5 件と計 7 件の県や市・村など各自治体が指定する天然記念物が確認された(長野県教育委員会 2000)。このほか、山梨県北杜市須玉町に県指定の天然記念物「諏訪神社のヒメバラモミ」があったが、1999 年に枯死した。「樋沢のヒメバラモミ」が 2 本、原村の「ヒメバラモミ」が 4 本であった他、いずれも単木であった。第二章で示したように「アズサバラモミ」は近くに自生集団があることから自生個体と考えられたが、残りの個体はいずれも推定樹齢が 100 年を越え、その由来などは明らかではなく、植栽したものと判断した。なお、いずれの個体も天然記念物として表示があり、相応の管理はおこなわれており、個体の存続に大きな問題はないと判断された。

2-2. 自然公園

ヤツガタケトウヒとヒメバラモミの生育地は、中部山岳地の山地帯上部から亜高山帯であるため、秩父多摩甲斐国立公園と南アルプス国立公園、八ヶ岳中信高原国定公園と環境省管轄の国の自然公園にその一部が含まれている。しかし、これらの自然公園が設定されている区域は高山帯が中心で標高が高い場合が多く、実際に含まれている産地はそれぞれ

梓山、戸台川、八ヶ岳と限定されていた。八ヶ岳の山梨県部分は比較的広い自生地が国定公園内に含まれていたが、その区域の大部分は第3種特別地域であり、手続きをおこなえば木材生産目的の伐採・植林が可能な地域となっていた。

2-3. 保護林

ヤツガタケトウヒとヒメバラモミの自生地の多くは国有林や県有林など公的な所有となっており、それぞれ独自の保護林が設定されている。国有林では遺伝資源林や特定地理等保護林、植物群落保護林など、様々な目的の保護林にヤツガタケトウヒとヒメバラモミの自生地が指定されていた。ただし、「白岩岳特定地理保護林」や「燕岩植物群落保護林」など、ヤツガタケトウヒとヒメバラモミの保全以外の目的で設定されていたものも多く含まれている。2種の保全のために設定された保護林としては、まず八ヶ岳のヤツガタケトウヒ等林木遺伝資源保存林がある。この林分は発見当初からヤツガタケトウヒの自生地として知られた集団であり、1967年に学術参考保護林、1987年に林木遺伝資源保存林として再設定され、現在5.92haが遺伝資源保存林に設定されている(技術開発室 1989)。この保護林は後述する遺伝子保存林や人工林の母樹林としても活用されている。一方、フウキ沢ヤツガタケトウヒ植物群落保護林、尾勝谷ヤツガタケトウヒ・ヒメバラモミ植物群落保護林、丸山谷ヤツガタケトウヒ・ヒメバラモミ植物群落保護林、小瀬戸谷・東風巻谷ヤツガタケトウヒ・ヒメバラモミ植物群落保護林、風巻峠ヤツガタケトウヒ・ヒメバラモミ植物群落保護林は、2009年に新たに設定された2種の保全のための保護林である。後述するヤツガタケトウヒ保護管理調査事業の一環として2種の分布調査がおこなわれ、明らかにされた国有林内のおもなヤツガタケトウヒとヒメバラモミの自生地に対し、これまで保護林などによって対策がとられていなかった区域に設定された。また、山梨県大平の学術参考林は新たに確認されたヤツガタケトウヒとヒメバラモミの自生地(勝木・清藤 1999)に対し、山梨県が保全のために設定した保護林である。なお、これらの保護林は原則として伐採など人為的な活動に対して一定の規制をおこなうものである。

2-4. 保全事業

これまであげた保護制度は為的な活動に対して規制する従来のタイプで、伐採などから保護することがもっとも大きな目的である。これに対して、種の保全に対する積極的な対策が次の事業でおこなわれている。まず、ヤツガタケトウヒ等林木遺伝資源保存林に対して、1966・1967年に計71本のヤツガタケトウヒ（ヒメマツハダを含む）の穂木が採取され、接ぎ木クローン苗が育苗された。このクローン苗は西岳国有林1329林班と長野県小

諸市にある森林総合研究所林木育種センター長野増殖保存園に 1969 年に植栽されており、現在では開花結実をみせるまで成長している。西岳国有林に植栽された計 1ha は、遺伝子保存林に指定されている。また、同じ集団から採取した種子由来の苗木を育苗し、同じ西岳国有林 1329 林班に約 44ha と大規模に植林したほか、長野県下諏訪町の東俣国有林 1162 林班や埼玉県秩父市の中津川国有林 67 林班などにも植林されている。中津川国有林の林分は遺伝子保存林に指定されているが、西岳国有林の遺伝子保存林がクローン苗であることに對し、中津川国有林の遺伝子保存林は種子から増殖された苗であり、由来が異なっている。現在、西岳の種子由来の人工林は一般の人工林として管理・施業され、数万本以上のヤツガタケトウヒが生育し、すでに開花・結実も観察されている。これらの事業によって、カラマツ沢集団のヤツガタケトウヒは 4ヶ所以上に外部保全されていることになる。

一方、近年の国有林の野生動植物への取り組みの変化にともない、中部森林管理局ではヤツガタケトウヒとヒメバラモミに対する積極的な保全対策事業を進めている。ヤツガタケトウヒ保護管理調査事業は 2003 年よりおこなわれ、ヒメバラモミ保護管理調査事業は 2004-2010 年度におこなわれた。ヤツガタケトウヒ保護管理調査事業はおもに西岳国有林の遺伝資源保存林の集団を維持・管理することを目的とし、天然更新を補助するための技術開発などを中心におこなっている。遺伝資源保存林の天然更新については前節で詳細に検討したように、天然更新は可能であるもの獣害対策が必要であることが明らかにされている。獣害対策などに費用がかさむこともあり、今後の施業方針についてはまだ定まっていない。そのほか、この事業において、2006-2008 年度にヤツガタケトウヒとヒメバラモミの分布調査をおこない、これまで保護林指定がなされていないヤツガタケトウヒとヒメバラモミの自生地を明らかにし、主な産地の保護が必要な部分に対して、2009 年に植物群落保護林として保護林指定をおこなった。さらに管理をおこなうことでより適切に個体群が維持されると判断されたフウキ沢ヤツガタケトウヒ植物群落保護林については、ヤツガタケトウヒ母樹育成のために加圧木の伐採事業を 2010 年度より開始している。

一方、ヒメバラモミについてはこれまで積極的な保護活動はなかった。そこでヒメバラモミ保護管理調査事業では、種としてのヒメバラモミ全体の遺伝子を出来る限り後世に伝えることを目的とし、分布地全体から穂木を採取して接ぎ木クローン苗を増殖し、遺伝資源林の造成をおこなった(勝木ら 2008b; 塩崎 2010)。2004-2006 年に採取個体の調査および接ぎ木手法の検討、2007 年に 143 個体から採穂(勝木ら 2008b; 図 3-6)、接ぎ木苗の増殖をおこなった。2010 年に 134 クローン、744 本の接ぎ木苗を西岳国有林 1333・1334

林班に遺伝資源林として植栽した。2011 年現在、まだ樹高 50cm 程度ではあるが、順調に生育している。

このほか、山梨県では近年のシカ害への対策として、不織布(商品名ザバーン)などを幹にまく対策事業を進めている。2009 年に八ヶ岳のヤツガタケトウヒ・ヒメバラモミに対しても不織布を設置し、シカ害への対策をおこなっている(長池 私信)。また、森林総合研究所林木育種センターでは、長野増殖保存園と同様の手法でヤツガタケトウヒの南限の産地である天主岩から採穂し、接ぎ木クローンを育苗して保存している(板鼻 私信)。

2-5. そのほか

八ヶ岳の山麓などでは植えられているヤツガタケトウヒやヒメバラモミが見られる(植松 1987)。とくにヒメバラモミは神社などに植えられている事例が多い。こうした植栽木も遺伝資源として利用対象とすることが可能である。実際に前述したヒメバラモミ保護管理調査事業では、こうした植栽木 30 本以上から採穂をおこなっている。八ヶ岳・秩父山域では自生木の個体数が極めて少なかったために貴重な資源となった。特に長野県南牧村の農家に植栽されているヒメバラモミは重要であった。およそ 90 年前に近くの西川(二ツ山)に自生していたヒメバラモミ若木を山取り、防風林として列状に植えたと伝えられており、41 本が残されている。現在、二ツ山集団では母樹サイズの野生個体は 7 個体しか確認されておらず、貴重な現地外保全の成功事例となっている。また、植物園などに植栽されている個体も同様に貴重な遺伝資源となる。森林総合研究所多摩森林科学園(浅川実験林)に 1944 年植栽の林(1969)によって「ヒメマツハダ」とされたヤツガタケトウヒ 26 個体(2005 年現在)があった。八ヶ岳産としか記録されていなかったが、DNA を用いた解析により、八ヶ岳の千枚岩集団に由来することが推定された(勝木ら 2008a)。現在千枚岩では 42 個体しか確認されておらず、これも貴重な現地外保全の成功事例となっている。

3. 保全への効果

ヤツガタケトウヒとヒメバラモミに対する保全活動の評価を表 3-5 にまとめた。保全活動は現地保全と現地外保全に区分し、現地保全は秩父・八ヶ岳山域と南アルプス山域に、現地外保全は種の保全と多様性の保全に細分化した。そのそれぞれの項目について A-D の 4 段階評価をおこなった。

3-1. 現地保全

ヤツガタケトウヒとヒメバラモミの現地保全に関しては、現在の分布状況や対策のあり

方も異なることから、秩父・八ヶ岳山域と南アルプス山域に区分して検討する。ヤツガタケトウヒもヒメバラモミも秩父・八ヶ岳山域において、野生集団は分断化・小集団化しており、消失の危機にあると考えられる。特にヒメバラモミは 10 個体以上のまとまった集団は梓山だけで、大部分は孤立しており、天然更新が期待できず地域絶滅の可能性が高い。現在この地域のヒメバラモミに対しては、わずかに梓山の産地の一部が国立公園に含まれているだけであり、積極的な保全活動はまったくない。この地域の自生集団に対して現地保全を講ずるのであれば、早急に対策事業をおこなわなければならない。

一方、秩父・八ヶ岳山域のヤツガタケトウヒに関しては国有林によるヤツガタケトウヒ保護管理調査事業がおこなわれているほか、前節で述べたように天女山において天然更新についての調査が進められている。いずれも天然更新は不可能ではないことが示されているが、実際に更新を補助する保全事業をおこなうのであれば多額の費用と労力が必要になることが想定されている。このまま放置するとそれぞれの集団はいずれ消失する危険性が高く、前節で提案した種子からの増殖と植え戻しを含め、どのような形で現地保全を進めるのか、関係者の間で対策を決定していく必要がある。

南アルプス山域については、ヤツガタケトウヒもヒメバラモミも個体数が多い地域において天然更新が見込めることから、現状の保護林制度によって、一定の個体数は保たれ、保全効果があると考えられる。ただし、北杜市白州町や大鹿村などの分断化・小集団化した集団については個々の保全対策をおこなうことが望まれる。

3-2. 現地外保全

ヤツガタケトウヒの遺伝資源保存林に対して 1960 年代におこなわれた保全事業は、現地外保存が成功した事例として考えられる。大規模な人工林を造成したことで種の絶滅の危険性は著しく低下している。ただしひとつ問題がある。アイソザイムや核 SSR の変異を調べたところ、カラマツ沢の集団が保有する遺伝的多様性は他集団と比較すると低いことが示されている(第一章)。つまり、ひとつの集団の現地外保全としては成功しているが、保全された遺伝子は種がもつ変異のごく一部でしかなく、ヤツガタケトウヒ全体の多様性を保全するためには、不十分であると考えられる。しかし現在、現地外保全の対象とされているのは、他に天主岩集団からクローン苗が育成されている事例だけである。また、カラマツ沢集団のヤツガタケトウヒについてはさび病による著しい被害が報告されている(浜 1970, 1972, 1987)が、他の集団ではそうした被害は確認されておらず、遺伝的な劣化の事例である可能性が疑われる。種の多様性を保全するためには、より多くの集団に対し

て現地外保全がおこなわれることが必要と考えられる。

一方、ヒメバラモミについては、ヒメバラモミ遺伝資源林によって種全体の多様性を集中的に保全していくことが期待される。秩父・八ヶ岳山域のヒメバラモミに対しては現在確認されている母樹サイズの自生木 58 個体を上回る 75 個体からクローン苗木を増殖している。これは植栽個体や若木サイズの個体からも採穂したためであるが、きわめて効果が高い現地外保全の事例と考えられる。ただし、まだ植栽したばかりであり、開花結実するようになるまで 20 年以上かかることが予想されている。その間にこの遺伝資源林をどのように活用するのか、検討していくことが今後の課題である。

また、ヒメバラモミ遺伝資源林を除くと、ヒメバラモミは植栽・管理されている個体の絶対数が少なく、また由来が不明である場合が多い。他の由来が明らかなヒメバラモミ植栽個体は南牧村の農家の防風林ではなかろうか。種の多様性を保全するためには、由来が明らかな個体を増殖していく必要がある。なお、ヒメバラモミの種子からの育苗は難しいものではなく、東京都の小石川植物園や神代植物園ではヒメバラモミの成木が育っており、暖温帯での生育も可能である。今後は由来が明瞭な個体を多くの場所に植栽し、さらに増殖していくことが望まれる。

4. 保全への提言

ヤツガタクトウヒとヒメバラモミに対する現在の保全活動は自生地を管理する中部森林管理局が中心となって進め、森林総合研究所など公的な研究機関などが協力している体制となっている。もちろん、実際に保全活動を実施することが可能な予算や人手を擁している国有林が今後も中心となって保全活動を継続していくことが望ましいが、将来的には地元の市町村や NPO などの市民活動とも連携し、多くの関係者が保全活動に関わっていくことも重要である。国有林だけに依存した活動は、予算に限界があり、活動が停止する恐れがある。実際に 1960 年代におこなわれたヤツガタクトウヒ遺伝資源保存林に対する増殖事業は、記録が散逸しており、消失する危険すらあった。この増殖事業への評価は筆者らがいわば外部の立場からおこなったものである。このように多くの人に関わることで活動が活性化し、国有林中心の活動では扱うことが難しい私有地での保全活動や、多様な人材を活用することも可能となる。

一方、ヤツガタクトウヒとヒメバラモミの保全がこれまで進んでいなかったことの原因のひとつとして、認知度が低いことが考えられる。実際に両種の樹木が存在していてもそ

の木をヤツガタケトウヒ、あるいはヒメバラモミとして認識しなければ存在しないも同然である。本研究において分布調査をおこなう段階で自生地の関係者に問い合わせても存在すら知らない場合も多く、遠山ら(1993)のように誤った同定結果が報告されている例もあった。また、前述したような市民活動に発展させていくためにも、一般の市民にヤツガタケトウヒとヒメバラモミの正確な情報を広めていく必要がある。そこで、直接的に個体群を維持・増殖していく保全活動と平行して、ヤツガタケトウヒとヒメバラモミの認知度をあげる観察会や講演会などの普及活動をおこなっていくことも、保全活動の一環としてきわめて重要と考えなければならない。

さらに、ヤツガタケトウヒとヒメバラモミの植林について今後は本格的に検討していく必要があると思われる。トウヒ類の木材は良質であり、ドイツトウヒやエゾマツなど植林されている樹種も多い。ヤツガタケトウヒの木材の性質は、ドイツトウヒやエゾマツとほぼ同等であることが確認されている(久保島ら 2010; Yamashita et al. 2010)。経済的な人工林の造林樹種としての評価は今後の検討課題であるが、その可能性はある。また樂器材のような高品質材としての利用も考えられる。種の保全の観点からは、人工林によって多くの個体が存在している状況は望ましく、小規模ではあっても、西岳国有林にあるような人工林が今後も造成されていくことが期待される。その際は、実生増殖だけではなく、組織培養を利用した増殖法も検討するべきであろう。現在、種子の胚組織から植物体を再生できることが確認されており(丸山ら 2007)、大量の苗木を生産することは技術的に可能である。種の多様性を保全するためには、どのような器官からも増殖できることが理想的であり、今後の研究の進展に期待する。

表3-1. カラマツ沢固定試験地(1ha)における主な出現種の2005年の直径階個体数と胸高断面積合計(BA)

Table 3-1. The diameter class density and basal area (BA) of major species in the Karamatsu-sawa survey area (2ha) in 2005.

sp.		Diameter (cm) class density										Total	BA(cm ² ha ⁻¹)
		0-10	- 20	- 30	- 40	- 50	- 60	- 70	- 80	- 90	- 100		
Larix kaempferi	カラマツ	1	4	2	10	23	19	7	2	2	1	70	144912
Larix kaempferi (planted)	カラマツ(植栽)	1	32	60	34	4						130	72535
Picea koyamae	ヤツガタケトウヒ	3	2	6	17	11	10	2				50	64144
Quercus mongolica	ミズナラ	28	46	47	16	2	1					139	54102
Pinus densiflora	アカマツ			3	12	2	1					16	16166
Clethra barbinervis	リョウブ	293	3									295	7314
Acer pictum	エンコウカエデ	19	8	6								32	5598
Acer japonicum	ハウチワカエデ	16	8	3	1							27	4150
Aria japonica	ウラジロノキ	11	5	3	2							20	3531
Cerasus maximowiczii	ミヤマザクラ	17	3	2	1							22	2981
Acer rufinerve	ウリハダカエデ	13	6	1								20	2284
Acer ukurunduense	オガラバナ	2	3	2								6	2274
Populus maximowiczii	ドロノキ							1				1	1853
Enkianthus campanulatus	サラサドウダン	76	1		1							77	1764
Aria alnifolia	アズキナシ	8	6	1								14	1545
other	その他	247	24	5	1							276	10064
Total		732	147	138	92	41	29	9	2	2	1	1230	395218

表3-2. 天女山固定試験地(1ha)における主な出現種の2005年の直径階個体数と胸高断面積合計(BA)

Table 3-2. The diameter class density and basal area (BA) of major species in the Tenyo-san survey area (1ha) in 2005.

sp.		Diameter (cm) class density								Total	BA(cm ² ha ⁻¹)
		0-10	- 20	- 30	- 40	- 50	- 60	- 70	- 80		
Larix kaempferi	カラマツ	27	115	71	40	18	2			273	131436
Picea koyamae	ヤツガタケトウヒ		6	12	17	11	1		1	48	47107
Alnus matsumurae	ヤハズハンノキ	4	24	29	7	1				65	29220
Enkianthus campanulatus	サラサドウダン	135	36			1				172	21197
Tsuga diversifolia	コメツガ	16	18	5	2					41	9318
Aria japonica	ウラジロノキ	12	8	5	1	1				27	8316
Betula ermanii	ダケカンバ	4	5	5	1	2				17	8299
Rhododendron wadanum	トウゴクミツバツツジ	263								263	8192
Cerasus maximowiczii	ミヤマザクラ	7	5	8	1	1				22	8057
Quercus mongolica	ミズナラ		4	2	1	1				8	5185
Fraxinus apertisquamifera	ミヤマアオダモ	115	9							124	4623
Abies homolepis	ウラジロモミ	7	6		2	1				16	4602
Cerasus nipponica	タカネザクラ	3	2				1			6	3018
Pinus densiflora	アカマツ		1	4						5	1754
Picea jezoensis	トウヒ						1			1	1576
other	その他	86	10		1					97	5641
Total		679	249	141	73	39	3	0	1	1185	297541

表 3 - 3 . 1993-2005年のヤツガタケトウヒの分析された球果数(Nc)と分析種子数(Ns)、球果あたりの充実種子数(Nf)と虫害種子数(Np)・しいな数(Ne)・充実率($Pf = Nf / (Nf + Np + Ne)$)および虫害率($Pp = Np / (Nf + Np + Ne)$).

Table3-3. Numbers of analyzed corn (Nc), number of analyzed seed (Ns), full seed number (Nf), parasitized seed number (Np), empty seed number (Ne), proportion of full seed ($Pf = Nf / (Nf + Np + Ne)$), and proportion of parasitized seed ($Pp = Np / (Nf + Np + Ne)$) in *Picea Koyamae* collected in 1993-2005.

Population	Mother	year	Nc	Ns	Nf	Np	Ne	Pf [*]			Pp [*]				
Tennyo-san-A	P013	2005	20.0	443	0.0	7.4	14.8	0.00	-	0.01	0.29	-	0.38		
	P016	2005	6.9	468	0.1	32.7	34.5	0.00	-	0.01	0.44	-	0.53		
	P018	2005	4.1	43	0.0	3.5	7.2	0.00	-	0.07	0.20	-	0.47		
	P056	2005	1.9	201	0.0	61.0	43.8	0.00	-	0.01	0.51	-	0.65		
	P060	2005	10.3	416	0.0	11.4	29.0	0.00	-	0.01	0.24	-	0.33		
	P074	2005	17.3	618	0.0	8.1	27.7	0.00	-	0.00	0.19	-	0.26		
Karamatsu-sawa	P-046	1993	3.0	296	19.0	23.7	56.0	0.15	-	0.24	++	0.19	-	0.29	--
		1995	4.4	2162	47.1	33.6	413.7	0.08	-	0.11	++	0.06	-	0.08	--
		1997	7.4	707	16.7	18.6	60.6	0.15	-	0.20	++	0.17	-	0.22	--
		2001	21.4	757	8.8	9.1	17.4	0.22	-	0.28	++	0.23	-	0.29	--
		2005	16.4	832	0.8	64.6	26.1	0.00	-	0.01		0.44	-	0.51	
	P-B	1995	13.0	1626	9.4	21.5	94.4	0.06	-	0.09		0.15	-	0.19	++
		1997	11.3	520	6.2	5.3	34.4	0.11	-	0.17	++	0.09	-	0.15	++
		2005	3.8	533	8.7	6.6	125.6	0.04	-	0.09		0.03	-	0.07	
Fuki-sawa	YD008	1993	79.0	10712	4.9	8.2	122.5	0.03	-	0.04	++	0.06	-	0.07	--
		1995	9.7	960	2.3	63.0	33.4	0.02	-	0.03	++	0.61	-	0.67	--
		1997	20.5	611	0.4	18.0	11.4	0.01	-	0.03		0.56	-	0.64	--
		1999	4.9	415	0.8	31.8	52.5	0.00	-	0.02		0.33	-	0.42	--
		2001	31.9	1019	0.8	10.9	20.2	0.02	-	0.04	++	0.31	-	0.37	--
		2005	11.2	775	1.0	131.1	19.9	0.00	-	0.01		0.67	-	0.74	

*Confidence interval of proportion (95%)

++:The proportion is higher ($P<0.01$) than that in same mother tree at 2005

--:The proportion is lower ($P<0.01$) than that in same mother tree at 2005

表3-4. ヤツガタクトウヒとヒメバラモミの保全に関わる制度・活動など

Table 3-4. The legal system and activity for conversation of *Picea koyamae* and *P. maximowiczii*.

種類	名称	主体	産地	対象
天然記念物	樋沢のヒメバラモミ	長野県	川上村(植栽?)	ヒメバラモミ
	アズサバラモミ	川上村	梓山	ヒメバラモミ
	井富のヒメバラモミ	北杜市	北杜市(植栽?)	ヒメバラモミ
	ヒメバラモミ	原村	原村(植栽)	ヒメバラモミ
	高鳥谷のマツハダ	伊那市	伊那市(植栽?)	ヤツガタクトウヒ
	ヒメマツハダ	大鹿村	大鹿村(植栽)	ヤツガタクトウヒ
	ヒメバラモミ	泰阜村	泰阜村(植栽)	ヒメバラモミ
自然公園	秩父多摩甲斐国立公園	環境省	梓山	ヒメバラモミ
	南アルプス国立公園	環境省	戸台川	ヤツガタクトウヒ・ヒメバラモミ
	八ヶ岳中信高原国定公園	環境省	八ヶ岳	ヤツガタクトウヒ・ヒメバラモミ
保護林	ヤツガタクトウヒ等林木遺伝資源保存	国有林	八ヶ岳	ヤツガタクトウヒ
	学術参考林	山梨県	大平	ヤツガタクトウヒ・ヒメバラモミ
	フウキ沢ヤツガタクトウヒ植物群落保護	国有林	八ヶ岳	ヤツガタクトウヒ
	尾勝谷ヤツガタクトウヒ・ヒメバラモミ植	国有林	戸台川	ヤツガタクトウヒ・ヒメバラモミ
	物群落保護林			
	丸山谷ヤツガタクトウヒ・ヒメバラモミ植	国有林	丸山谷	ヤツガタクトウヒ・ヒメバラモミ
	物群落保護林			
	小瀬戸谷・東風巻谷ヤツガタクトウヒ・ヒ	国有林	奥三峰川	ヤツガタクトウヒ・ヒメバラモミ
	メバラモミ植物群落保護林			
	風巻峠ヤツガタクトウヒ・ヒメバラモミ植	国有林	奥三峰川	ヤツガタクトウヒ・ヒメバラモミ
	物群落保護林			
	白岩岳特定地理等保護林	国有林	戸台川	ヤツガタクトウヒ・ヒメバラモミ
	千丈岳特定地理等保護林	国有林	戸台川	ヤツガタクトウヒ・ヒメバラモミ
	巫女淵特定地理等保護林	国有林	奥三峰川	ヤツガタクトウヒ・ヒメバラモミ
	西岳カラマツ植物群落保護林	国有林	八ヶ岳	ヤツガタクトウヒ・ヒメバラモミ
	白岩岳カラマツ植物群落保護林	国有林	戸台川	ヤツガタクトウヒ・ヒメバラモミ
	燕岩植物群落保護林	国有林	天主岩	ヤツガタクトウヒ
保全事業	歌宿シラベ等林木遺伝資源保存林	国有林	戸台川	ヤツガタクトウヒ・ヒメバラモミ
	林木遺伝子保存林(西岳・中津川国有	国有林	八ヶ岳	ヤツガタクトウヒ
	接木クローン採種園	林木育種	八ヶ岳	ヤツガタクトウヒ
	センター			
	接木クローン採種園	林木育種	天主岩	ヤツガタクトウヒ
	センター			
	シカ害対策(2009-)	山梨県	八ヶ岳	ヤツガタクトウヒ・ヒメバラモミ
	ヤツガタクトウヒ保護管理調査事業	国有林	全域	ヤツガタクトウヒ
	(2003-)			
	ヒメバラモミ保護管理調査事業(2004-	国有林	全域	ヒメバラモミ
	2010)			
	ヒメバラモミ遺伝資源林	国有林	全域	ヒメバラモミ

表3－5. ヤツガタケトウヒとヒメバラモミに対する保全活動の評価.

Table 3-5. The assessment for the conservation activity of *Picea koyamae* and *P. maximowiczii*.

保全対象		ヤツガタケトウヒ		ヒメバラモミ	
		評価 [#]	内容	評価 [#]	内容
現地保全	秩父・ハケ岳山域	C	一部の集団が保護指定されているが、更新しておらず対策が必要	D	自生集団を保全する対策がなく、早急な対策が必要
	南アルプス山域	B	コア地域では保護林の設定が効果的 分断化した小集団では対策が望まれる	B	コア地域では保護林の設定が効果的 分断化した小集団では対策が望まれる
現地外保全	種の保全	A	人工林造成に成功	C	個体保護が中心の保全であり、種を維持するための対策が必要
	多様性の保全	C	一部の集団だけが対象となっており、多くの集団に対する対策が必要	B	遺伝資源林が効果的に機能することが期待される

[#]評価A, 十分に効果的な活動がおこなわれている; B, 一定の効果が見込める活動はある; C, 活動の効果が低く、見直しが必要; D, 活動がない

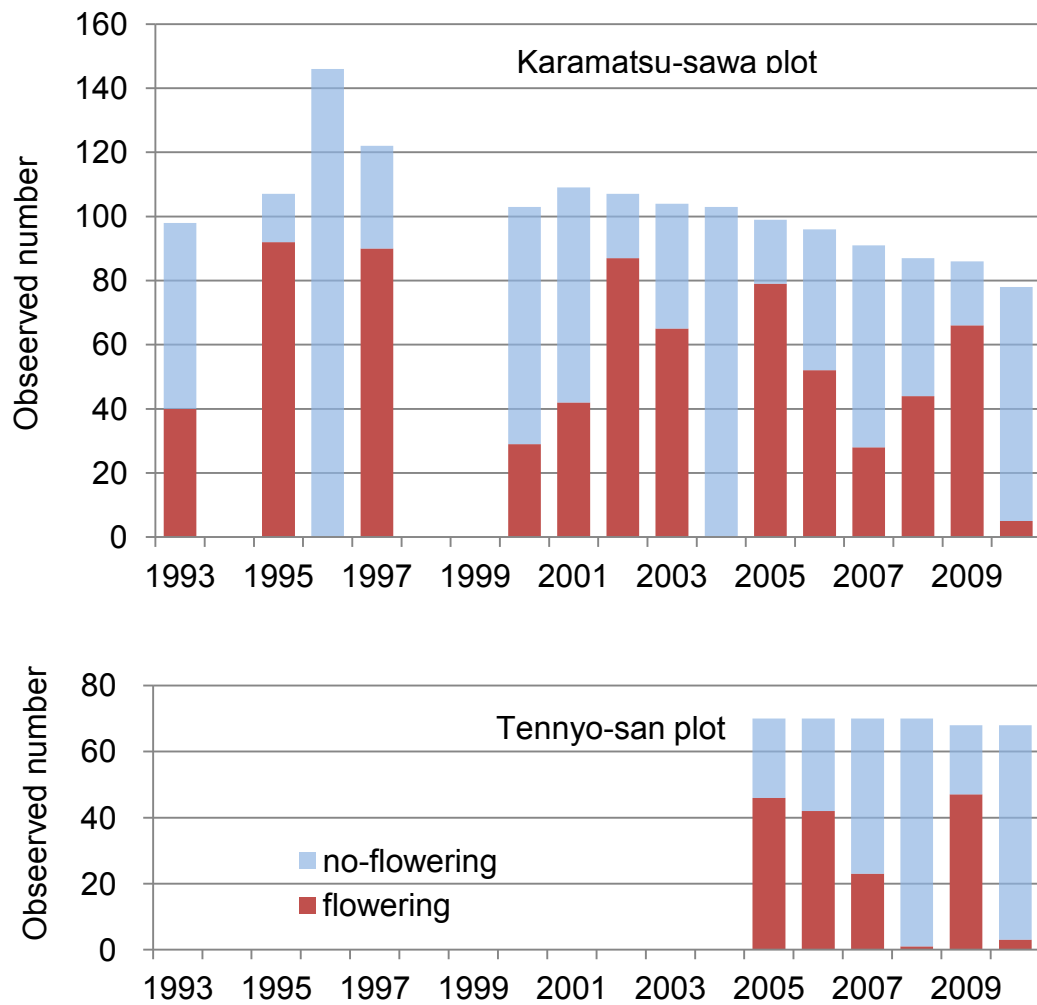


図3-1. カラマツ沢と天女山の固定試験地におけるヤツガタケトウヒの開花と未開花の観察個体数.

Fig. 3-1. The observed number of flowering and no-flowering individuals in *Picea koyamae* at Karamatsu-sawa and Tenryo-san survey plot.

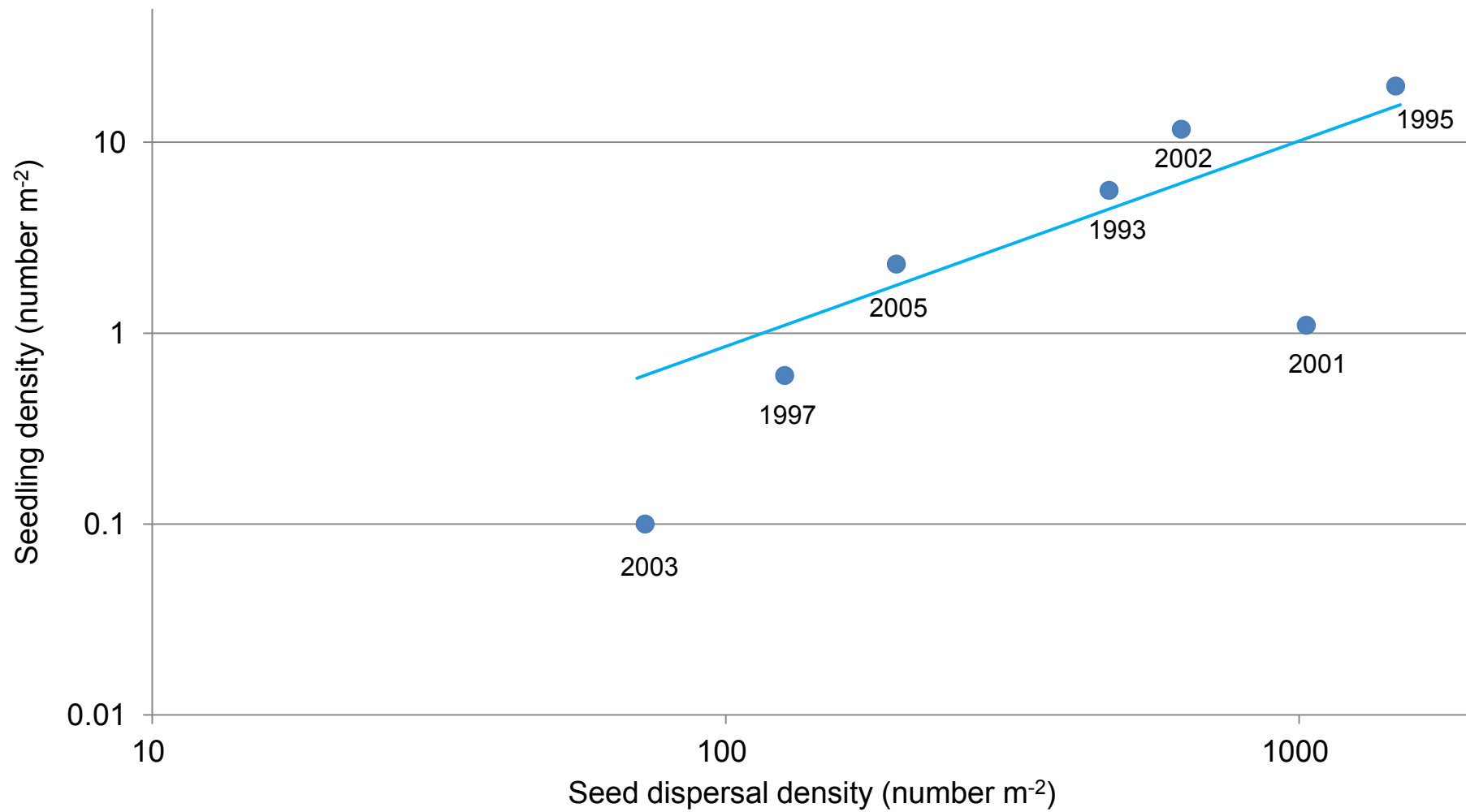


図3-2. カラマツ沢における1993-2005年のヤツガタケトウヒの種子(成熟種子)生産量と翌年の実生発生密度.
 Fig3-2. The seed (mature seed) pdispersal density and seedling density of *Picea koyamae* at Karamatsu-sawa in 1993-2005.

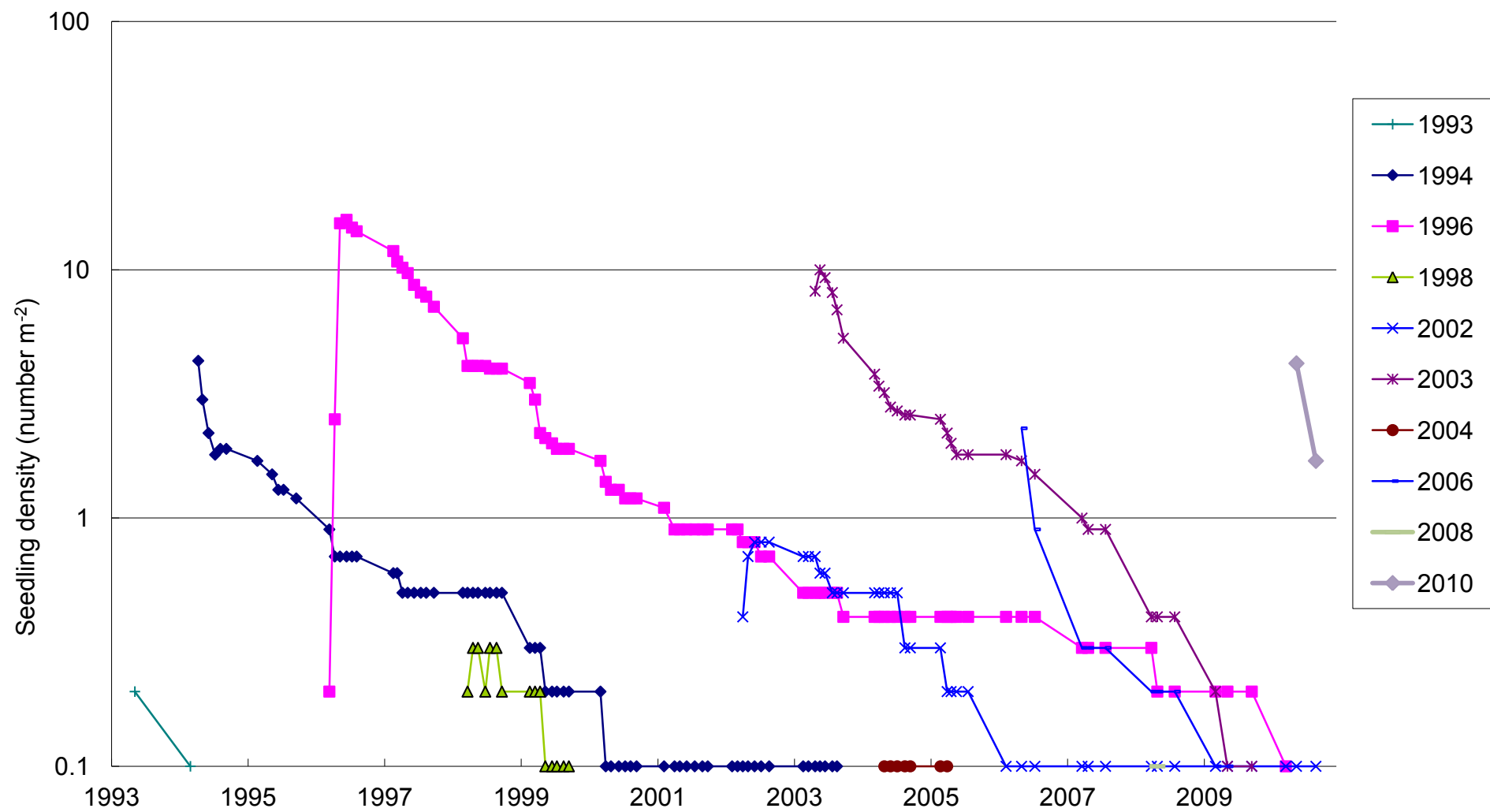


図 3-3. カラマツ沢におけるヤツガタケトウヒ実生の各発芽年ごとの密度変化.

Fig. 3-3. The change of seedling density for each production year of *Picea koyamae* in Karamatsu-sawa during 1993-2010.

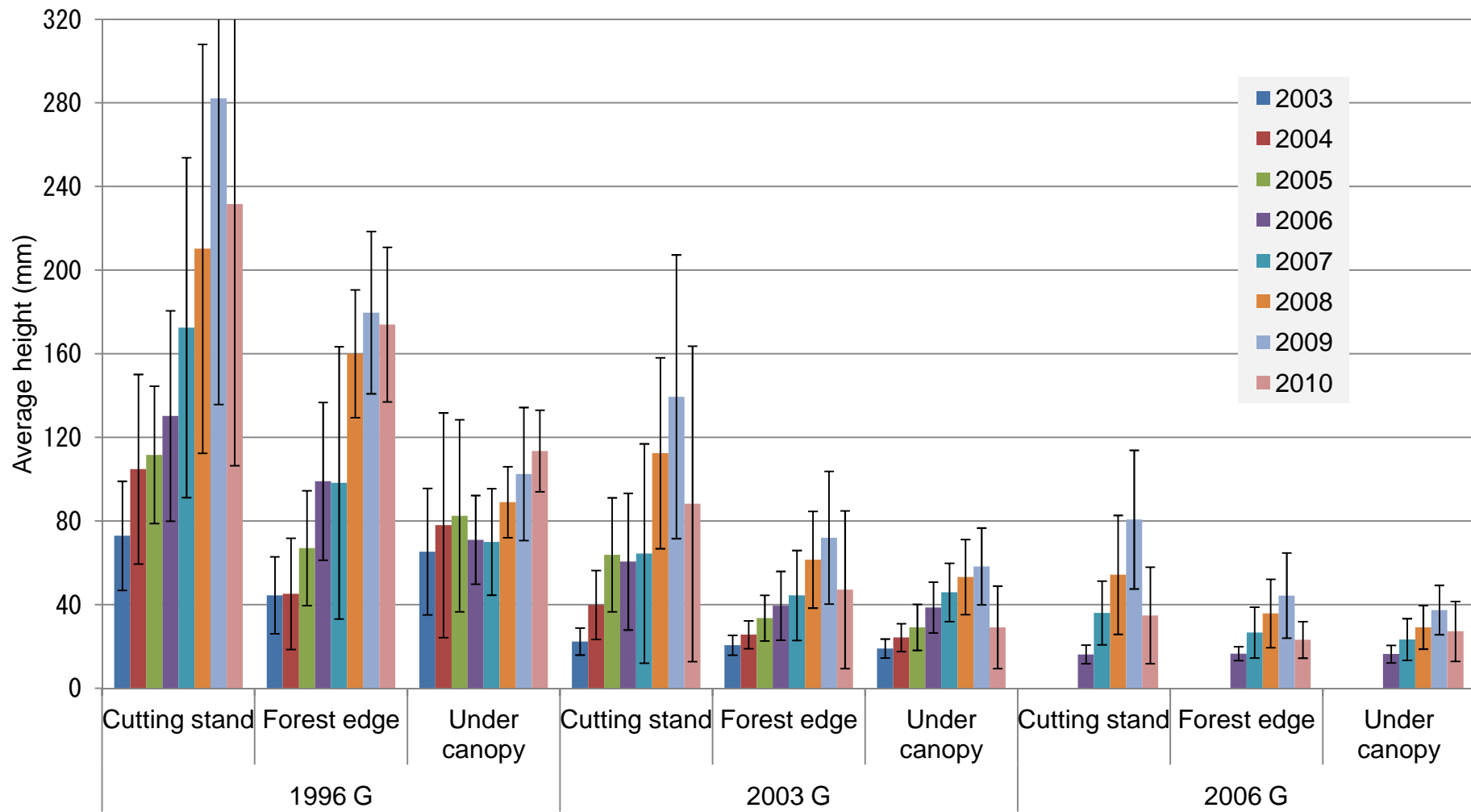


図3-4. カラマツ沢伐採試験区における各発芽年・区分ごとのヤツガタケトウヒ実生の高さの変化.
 Fig3-4. The change of seedling height for each germination(G) year and condition at Karamatsu-sawa survey plot during 2003-2010.

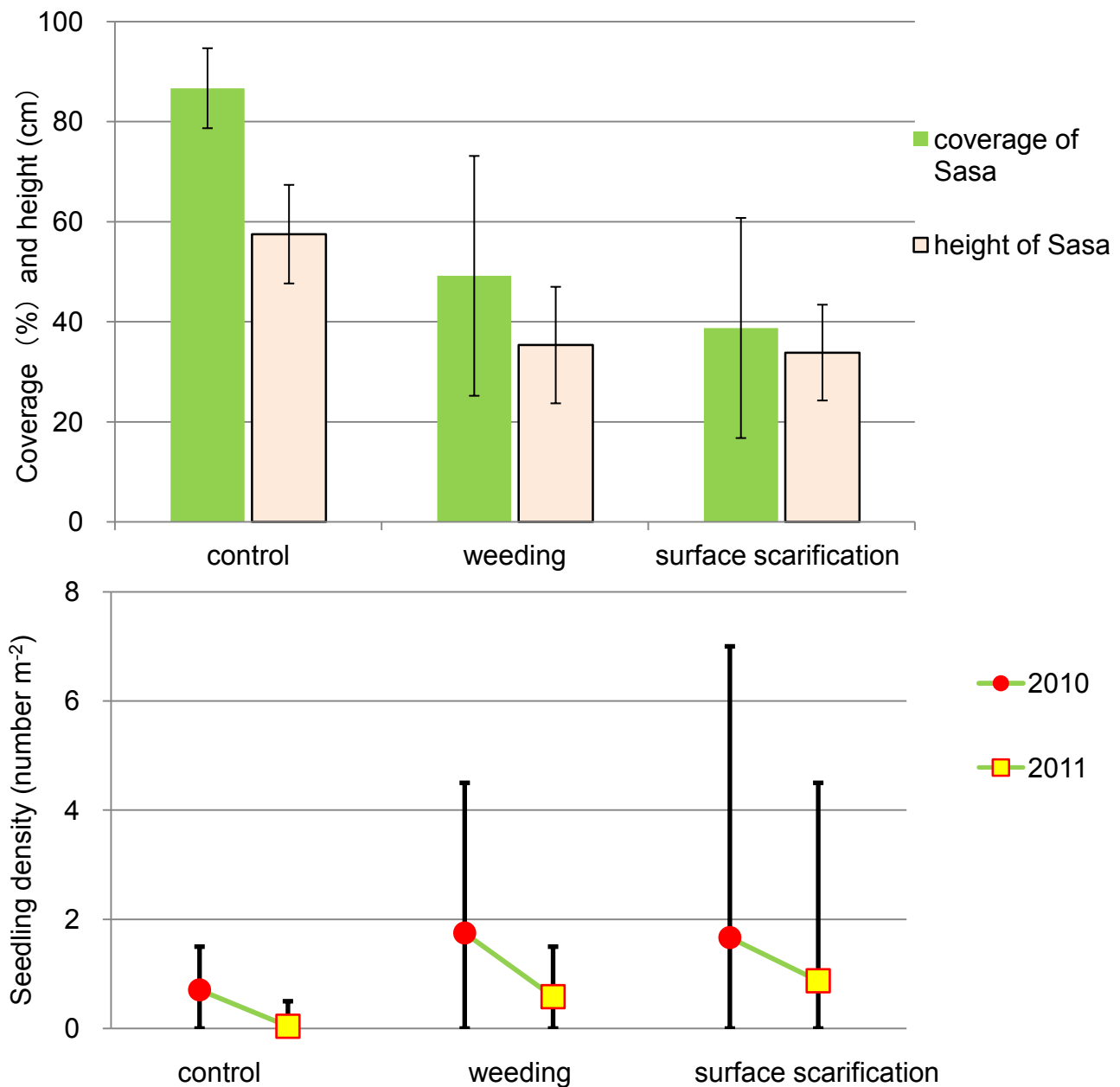


図3-5. 天女山第1集団における2010年の各処理区(下刈り区; 地掻き区; 無処理区)のシナノザサの被度(%)と高さ(cm)およびヤツガタケトウヒ実生の発生数と2011年の実生数の平均値と最大値、最小値.

Fig. 3-5. The average of coverage (%) and height (cm) of *Sasa senanensis* in 2010 and the average, maximum and minimum seedling density of *Picea koyamae* in 2010 and 2011 for each management type (weeding plot; surface scarification plot; control plot).

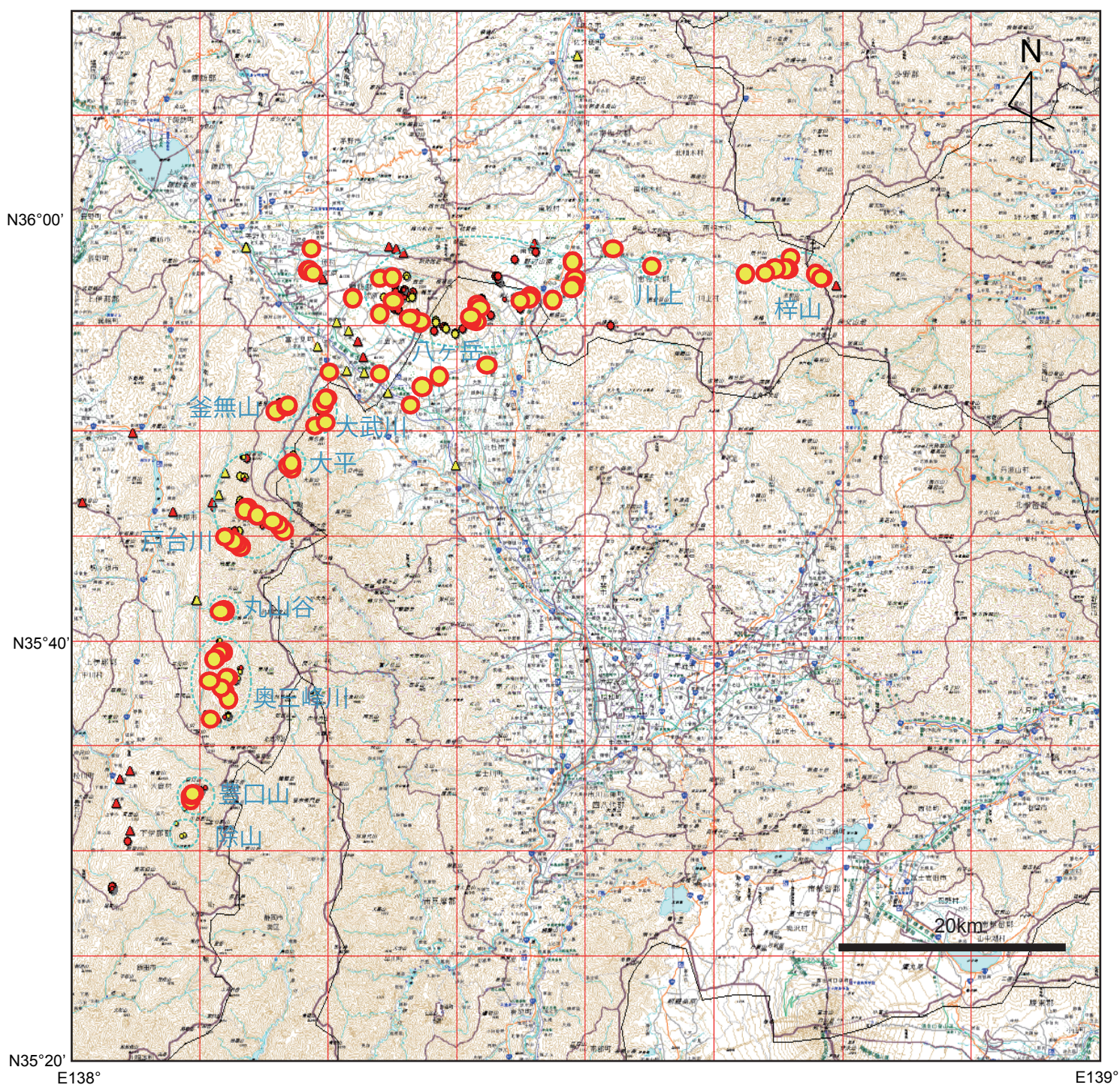


図3-6. ヒメバラモミ保護管理調査事業で採穂されたヒメバラモミの位置 (赤丸) と産地 (青丸)。

Fig. 3-6. The location (red circle) and locality (blue circle) of *Picea maximowiczii* collected for the conservation management and examination project of *Picea maximowiczii*.

おわりに

ヤツガタケトウヒとヒメバラモミは、名前だけは森林学や植物学など一部の関係者の間で知られた存在であったが、実物を知る人は少なく、自生状況についてもほとんど実態が明らかにされていなかった「幻の植物」であったと思われる。本研究を含めた最近の研究によって、ようやく分類や分布の実態が明らかになってきており、2種に対する本格的な研究は今後の課題である。本研究では、基本的な情報を明らかにすることに終始したが、保全指針については一定の内容を示すことが出来たと自負する。

なお、第三章でも述べたように、ヤツガタケトウヒとヒメバラモミがこれまで「幻の植物」であった理由のひとつは、その認知度の低さにあると思われる。本研究がそうした認知度の改善に役立ち、さらには実際の保全に役立つことを期待したい。

謝辞

研究を進めるにあたり、森林総合研究所の吉丸博志氏と金指あや子氏、津村義彦氏、宇都宮大学の谷本丈夫教授、九州大学の白石進教授、東北大学の鈴木三男教授、千葉大学の松本みどり氏、University of Maine の C. Campbell 教授、には有益な助言・指導をいただいた。また現地調査にあたっては森林総合研究所の前田武彦氏、吉村研介氏、島田和則氏・島田健一氏、森林総合研究所多摩森林科学園の西山嘉彦氏(当時)、大中みちる氏・別所康次氏、宇都宮大学の逢沢峰昭氏、山梨県森林総合研究所の西川浩己氏・長池卓男氏、清藤城宏氏、中部森林管理局の元島清人氏、東京農業大学の勝田証教授、武内俊一氏、菅谷貴志氏ほかの学生の皆様、山梨植物研究会の田中智氏、飯田美術博物館の明石浩司氏などの多くの皆様に多大な協力をいただいた。また中部森林管理局南信森林管理署、長野県の富士見町、南牧村、川上村、大鹿村、山梨県には調査の便宜を計っていただいた。関係した皆様に心からお礼を申し上げます。

引用文献

- Akçakaya, R. H., Buurgman, M. A. & Ginzburg, L. R. 1997 Applied population ecology using RAMUS EcoLab, 2nd ed. Applied Biomathematics.
- Aizawa, M. & M. Kaji 2006 Taxonomic review of *Picea alcoquiana* var. *reflexa* (Pinacea) based on cone morphology. Acta. Phytotax. Geobot. 57: 167-174.
- 逢沢峰昭・勝木俊雄・梶幹男 2002 秩父山地西部におけるヤツガタケトウヒの新産地. 分類 2: 77-78.
- Aizawa, M., H. Yoshimaru, T. Saito, T. Katsuki, K. Kawahara, K. Kitamura, F. Shi & M. Kaji 2007 Phylogeography of a northeast Asian spruce, *Picea jezoensis*, inferred from genetic variation observed in organelle DNA markers. Molecular Ecology 16: 3393-3405.
- Aizawa, M., H. Yoshimaru, T. Katsuki, & M. Kaji 2008 Imprint of post-glacial history in a narrowly endemic spruce, *Picea alcoquiana*, in central Japan observed in nuclear microsatellite and organelle DNA makers. Journal of Biogeography 35: 1295-1307.
- Aizawa, M., H. Yoshimaru, H. Sato, T. Katsuki, T. Kawahara, K. Kitamura, F. Shi, R. Sabirov & M. Kaji 2009 Range-wide genetic structure in a north-east Asian spruce (*Picea jezoensis*) determined using nuclear microsatellite markers. J. Biogeogr. 36: 996-1007.
- 明石浩司 2006 赤石山脈北西部, 戸台川上流域における土石流氾濫原の微地形・堆積物と森林植生. 伊那谷自然史論集 7: 33-78.
- 程東昇・五十嵐恒夫 1990 エゾマツ, アカエゾマツ, トドマツ及びカラマツ種子・稚苗の暗色雪腐病菌に対する感受性. 北海道大学農学部演習林研究報告 47: 125-136.
- 中部建設協会 1984 天竜川上流域地質図. 建設省天竜川上流工事事務所, 飯田.
- Constantine, C. C., R. P. Hobbs & A. J. Lymbery 1994 FORTRAN programs for analyzing population structure from multilocus genotypic data. J. Hered. 85: 336-337.
- Crow, J. F. & M. Kimura 1970 An Introduction to Population Genetics Theory. Harper & Row, New York.
- Evanno, G., Regnaut, S. & Goudet, J. 2005. Detecting the number of clusters of

- individuals using the software structure: a simulation study. *Molecular Ecology*, 14: 2611–2620.
- Falush, D., Stephens, M., & Pritchard, J. K. 2007. Inference of population structure using multilocus genotype data: dominant markers and null alleles. *Molecular Ecology Notes*. doi: 10.1111/j.1471-8286.2007.01758.x.
- FAO Forestry Department 2001 Global ecological zoning for the global forest resources assessment 2000. FAO, Rome.
- Farjon, A. 1990. Pinaceae. Koeltz Scientific Books, Königstein, Germany.
- Farjon, A & Page, C.N. (eds.) 1999. Conifers, Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN, Cambridge, England.
- 藤森隆郎・由井正敏・石井信夫 1999 森林における野生生物の保護管理. 日本林業調査会. 255pp.
- Gamache, I., Jaramillo-Correa, J. P., Payette, S. & Bousquet, J. 2003. Diverging patterns of mitochondrial and nuclear DNA diversity in subarctic black spruce: imprint of a founder effect associated with postglacial colonization. *Molecular Ecology* 12: 891-901.
- Gapare, W. J., Aitken, S. N. & Ritland, C. E. 2005. Genetic diversity of core and peripheral Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr) populations: implications for conservation of widespread species. *Biological Conservation* 123: 113-123.
- 技術開発室 1989 生物遺伝資源保存林(第一種)の紹介. 長野林友 194: 60-65.
- Goudet, J. 2001. FSTAT, a program to estimate and test gene diversities and fixation indices, version 2.9.3. Available at web site, <http://www2.unil.ch/popgen/softwares/fstat.htm>.
- 浜武人 1970 亜高山生樹種の病害に関する研究(XII)ヤツガタケトウヒ, 「ヒメマツハダ」のさび病について. 日林中支講 18: 91-94.
- 浜武人 1972 ヤツガタケトウヒ, 「ヒメマツハダ」のさび病. 森林防疫 21(1): 13-16.
- 浜武人 1987 中部山岳地帯針葉樹の主要さび病に関する研究. 林試研報 343: 1-118.
- Hamrick, J. L. & M. J. W. Godt 1992 Allozyme diversity in plant species. In: Brown, A. H. D., M. T. Clegg, A. L. Kahler & B. S. Weir (eds.) *Plant Population Genetics, Breeding and Genetic Resources*. pp. 43-63. Sinauer, Sunderland, MA.

- Harris, H. & D. A. Hopkinson 1976 Handbook of Enzyme Electrophoresis in Human Genetics. North-Holland Publishing Company, Amsterdam.
- 林弥栄 1951 長野営林局管内に自生する針葉樹の天然分布について. 長野林友 7: 2-21.
- 林弥栄 1960a 日本産針葉樹の分類と分布. 農林出版, 東京, 246pp.
- Hayashi, Y. 1960b. Note on Japanese trees and shrubs (4). Bull. Gov. For. Exp. Stn. 125: 67-74.
- 林弥栄 1969 有用樹木図説. 誠文堂新光社, 東京, 472pp.
- 林弥栄 1971 高等植物分布資料(91). 植物研究雑誌 51: 410.
- 平出暢 1979 学術参考保護林. 富士見町教育委員会編, 富士見町の書行く物. 富士見町, 210-215.
- 平出暢 1981 西岳の学術参考保護林. 諏訪の自然誌植物編編集委員会編, 諏訪の自然誌 植物編. 諏訪市, 642pp.
- Hodgetts, R. B., Aleksiuk, M. A., Brown, A., Clarke, C., Macdonald, E., Nadeem, S. & Khasa, D. 2001. Development of microsatellite markers for white spruce (*Picea glauca*) and related species. Theor. Appl Genet. 102:1252-1258.
- 石田清 1994 樹木における近親交配と近交弱勢. 北海道の林木育種. 37(1): 17-24.
- Jost, L. 2008 GST and its relatives do not measure differentiation. Mol. Ecol. 17: 4015-4026.
- 金指あや子・中島清・河原孝行 1998 ヤクタネゴヨウの遺伝資源保全研究. 林木の育種 188: 24-28.
- 金指達郎 2005 風媒高木種ウラジロモミが受粉した花粉はどこから飛来していたか? — 低密度個体群における父性解析と胚珠あたり受粉数による検討 —. 日本森林学会大会講演要旨集 116: 1G12.
- 環境庁自然保護局野生生物課 2000 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物 8 植物 I. 自然環境研究センター, 660pp.
- 勝木俊雄 1994 ヤツガタケトウヒの種子の個体変異. 日林講要旨 105: 256.
- 勝木俊雄・清藤城宏 1999 山梨県白州町におけるヤツガタケトウヒとヒメバラモミの集団の実態. 日本林学会関東支部大会発表論文集 50: 69-70.
- 勝木俊雄・島田健一 2003 ハヶ岳の林木遺伝資源保存林におけるヤツガタケトウヒの更新の可能性. 日本林学会大会学術講演集 114: 689.

- 勝木俊雄・岩本宏二郎・吉丸博志 2008a 植栽されたヤツガタケトウヒにおける母樹集団の推定. 日本森林学会学術講演集 118: P2c15.
- 勝木俊雄・田中智・明石浩司 2008b 絶滅危惧種ヒメバラモミの生育地の現況 ―ヒメバラモミ穂木採取事業報告―. 林木の育種 226: 28-36.
- Karvonen, P., A. E. Szmidt & O. Savolainen 1994 Length variation in the internal transcribed spacers of ribosomal DNA in *Picea abies* and related species. Theoretical and Applied Genetics 89: 969-974.
- Kimura, M. & J. F. Crow 1964 The number of alleles that can be maintained in a finite population. Genetics 49: 725-738.
- 吉良竜夫 1948 温量指数による垂直的な気候帯のわちかたについて―日本の高冷地の合理的利用のために―. 寒地農学 2: 47-77.
- 気象庁 2002 メッシュ気候値 2000 CD-ROM. 気象庁, 東京.
- 国土地理院 1979 国土数値情報 土地分類メッシュ (G05-54M). <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>, 国土交通省, 東京.
- 国土地理院 1994 数値地図ユーザズガイド 第2版. 日本地図センター, 東京.
- 小山泰弘・成瀬友季・高橋誠・渡邊敦史・戸丸信弘 2007 長野県ブナ人工林の系統と環境適応性. 日本森林学会大会学術講演集 118.
- 久保島吉貴・勝木俊雄・明石浩司・山下香菜・鈴木養樹・外崎真理雄 2010 絶滅危惧種ヤツガタケトウヒの木材特性の半径方向の変動. 木材学会誌 56: 258-264.
- 倉田悟 1968 原色日本林業樹木図鑑 第2巻. 日本林業技術協会編, 地球出版, 東京, 265pp.
- Ledig, F. T., Bermejo-Velazquez, B., Hodgskiss, P. D., Johnson, D. R., Flores-Lopez, C. & Jacob-Cervantes, V. 2000. The mating system and genic diversity in Martinez spruce, an extremely rare endemic of Mexico's Sierra Madre Oriental: An example of facultative selfing and survival in interglacial refugia. Canadian Journal of Forest Research. 30: 1156-1164.
- Ledig, F. T., Jacob-Cervantes, V., Hodgskiss, P. D. & Eguiluz-Piedra, T. 1997. Recent evolution and divergence among populations of a rare Mexican endemic, chihuahua spruce, following holocene climatic warming. Evolution 51: 1815-1827.
- Ledig, F. T., Hodgskiss, P. D. & Johnson, D. R. 2005. Genic diversity, genetic structure,

- and mating system of Brewer spruce (Pinaceae), a relict of the Arcto-Tertiary forest. *American Journal of Botany*. 92: 1975-1986.
- Liu, L. & Muse, S. V. 2005. PowerMaker: Integrated analysis environment for genetic marker data. *Bioinformatics* 21(9):2128-2129.
- Liu, T.S. 1982 A new proposal for the classifications of the genus *Picea*. *Acta Phytotaxonomica et Geobotanica* 227:227-245.
- Luo, J., Wang, Y., Korpelainen, H. & Li, C. 2005. Allozyme variation in natural populations of *Picea asperata*. *Silva Fennica* 39: 167-176.
- 丸山エミリオ毅・細井佳久・石井克明・勝木俊雄 2007 絶滅危惧種ヤツガタケトウヒの不定胚形成. 日本森林学会学術講演集 118: P114.
- 松田裕之 2002 野生生物を救う科学的試行とは何か?. 種生物学会編, 保全と復元の生物学. 文一総合出版, 19-36.
- Matumae, T. & T. Itoh 1996 The composition of tree species in the forest buried by the Aso-4 pyroclastic flow -Identification of wooden remains excavated from Yato relics in Saga prefecture. *Wood research* 83: 30-32.
- Matsumoto, A., K. Uchida, Y. Taguchi, N. Tani & Y. Tsumura 2010 Genetic diversity and structure of natural fragmented *Chamaecyparis obtusa* populations as revealed by microsatellite markers. *J. Plant Res.* DOI 10.1007/s10265-009-0299-4.
- 馬渡俊介 1994 動物分類学の論理 -多様性を認識する方法-. 東京大学出版会, 233pp.
- 南木睦彦 1987 最終氷期の植物化石とその進化上の意義. 遺伝 41(12): 30-35.
- Mosseler, A, Major, J. E. & Rajora, O. P. 2003. Old-growth red spruce forests as reservoirs of genetic diversity and reproductive fitness. *Theoretical and Applied Genetics* 106: 931-937.
- 村上雄秀 1985 山地針葉樹林. 宮脇昭編, 日本植生誌 中部. 至文堂, 242-251.
- 長野県自然保護研究所 2002 長野県版レッドデータブックー維管束植物編. 長野県自然公園協会, 297pp.
- 長野県植物誌編纂委員会 1997 長野県植物誌. 信濃毎日新聞社, 1735pp.
- 長池卓男・久保満佐子・松崎誠司・高橋一秋・高野瀬洋一郎・新井伸昌 2008a ヤツガタケトウヒ自生地に隣接するカラマツ人工林の種組成と林分構造 1. ニホンジカによる剥皮の影響. 山梨県森林総合研究所研究報告 27: 23-28.

- 長池卓男・久保満佐子・松崎誠司・高橋一秋・高野瀬洋一郎・新井伸昌 2008b ヤツガタケトウヒ自生地に隣接するカラマツ人工林の種組成と林分構造 2. 2年間の林分動態に及ぼすニホンジカの剥皮の影響. 山梨県森林総合研究所研究報告 27: 29-32.
- 長野県教育委員会 2000 改訂版 長野県の文化財 長野県文化財総合目録. 八十二文化財団, 331pp.
- 中村幸人 1985 亜高山帯針葉樹林. 宮脇昭編, 日本植生誌 中部. 至文堂, 326-344.
- Nei, M. 1973 Analysis of gene diversity in subdivided populations. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 70: 3321-3323.
- Nei, M. 1978 Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. Genetics 89: 583-590.
- Nei, M. & Chesser, R. K. 1983 Estimation of fixation indices and gene diversities. Ann. Hum. Genet. 47: 253-259.
- Nei, M. & Roychoudhury, A. K. 1974. Sampling variances of heterozygosity and genetic distance. Genetics 76: 379-390.
- 根井正利 1990 分子進化遺伝学. 培風館, 433.
- Nienstaedt, H. & Zasada, J.C. 1990 *Picea glauca* (Moench) Voss. in Burns, R. M. & Honkala, B. H. Silvics of North America Vol. 1, Conifers. 204-226.
- 野上道男・大場秀章 1991 暖かさの指数から見た日本の植生. 科学 61: 36-49.
- 野手啓行・沖津進・百原新 1998 日本のトウヒ属バラモミ節樹木の現在の分布と最終氷期以後の分布変遷. 植生史研究 6: 3-13.
- 野手啓行・沖津進・百原新 1999 ヤツガタケトウヒとヒメバラモミの立地. 日本林学会誌 81 236-244.
- O'Connell, L. M., A. Mosseler, O. P. Rajora 2006 Impacts of forest fragmentation on the reproductive success of white spruce (*Picea glauca*). Can J Bot. 84: 956-965.
- 小川瞳・芝野伸策・大屋一美・鈴木憲 2005 エゾマツ種子の充実率と虫害率ー富良野市の小林分における 2003 年の結果ー. 日本森林学会北海道支部論文集 53: 18-20.
- Ota, T. 1993 DISPAN: Genetic distance and phylogenetic analysis. The Pennsylvania State University, University Park, PA 16802.
- 沖津進・百原新 1997 日本列島におけるチョウセンゴヨウ (*Pinus koraiensis* Sieb. Et Zucc.) の分布. 千葉大学園芸学部学術報告 51: 137-145.

- Perry, D. J. & Bousquet, J. 2001 Genetic diversity and mating system of post-fire and post-harvest black spruce: an investigation using codominant sequence-tagged-site (STS) markers. *Canadian Journal of Forest Research* 31: 32-40.
- Pfeiffer A, Olivieri, A. M. & Morgante, M. 1997 Identification and characterization of microsatellites in Norway spruce (*Picea abies*). *Genome* 40:411-419.
- Rajora, O. P., Mann, I. K. & Shi, Y. Z. 2005. Genetic diversity and population structure of boreal white spruce (*Picea glauca*) in pristine conifer-dominated and mixedwood forest stands. *Canadian Journal of Botany* 83 (9): 1096-1105.
- Rajora, O. P., Mosseler, A. & Major, J. 2000 Indicators of population viability in red spruce, *Picea rubens*. II. Genetic diversity, population structure, and mating behavior. *Canadian Journal of Botany* 78: 941-956.
- Rajora, O. P., Rahman, M. H., Dayanandan S. & Mosseler, A. 2001 Isolation, characterization, inheritance and linkage of microsatellite DNA markers in white spruce (*Picea glauca*) and their usefulness in other spruce species. *Molecular & General Genetics*. 264(6): 871-882. 2001.
- Ran, J.-H., Wei, X.-X. & Wang, X.-Q. 2006. Molecular phylogeny and biogeography of *Picea* (Pinaceae): Implications for phylogeographical studies using cytoplasmic haplotypes *Molecular & Phylogenetic and Evolution* 41: 405-419.
- 埼玉県 1977 土地分類基本調査 三峰・金峰山. 埼玉県.
- 斎藤章一郎 1957 ハケ岳国有林に自生する珍稀樹種について. 長野林友 21: 70-78.
- Shimizu, T. 1989. New names of some Japanese plants. *J. Phytogeogr. Taxon.* 37: 120.
- 清水建美 1979 植物の種類と分布. 富士見町教育委員会編, 富士見町の植物. 富士見町, 11-42.
- 清水健美 1992 針葉樹の分類・地理, とくに 2, 3 の亜高山性の属について その 2. トウヒ属. 植生史研究 9: 3-11.
- 塩崎實 2010 絶滅危惧種ヤクタネゴヨウ・ヒメバラモミ増殖・保存事業(記録). 林木育種協会, 東京, 212pp.
- 白沢保美・小山光男 1913 本邦産唐桧属及樅属ノ新種. 植物学雑誌 315:127-132.
- Sigurgeirsson, A. & Szmidt, A. E. 1993 Phylogenetic and biogeographic implications of

- chloroplast DNA variation in *Picea*. *Nordic Journal of Botany* 13: 233-246.
- Slatkin, M. 1995 A measure of population subdivision based on microsatellite allele frequency. *Genetics* 139: 457-462.
- 相馬寛吉・辻誠一郎 1987 植生. 日本第四紀地図解説, 日本第四紀学会編, 東京大学出版, 東京. 80-86.
- 諏訪地域野生鳥獣被害対策プロジェクトチーム 2008 諏訪地域のニホンジカ等野生鳥獣被害対策. 37pp.
- Suyama, Y., Y. Tsumura & K. Ohba 1997 A cline of allozyme variation in *Abies mariesii*. *J. Plant Res.* 110: 219-226.
- Suzuki, K. 1991 *Picea* cone-fossils from Pleistocene strata of northwest Japan. *Saito Ho-on Kai Mus. Nat. Hist., Res. Bull.* 59: 1-41.
- Takahashi, T., N. Tani, H. Taira & Y. Tsumura 2005 Microsatellite markers reveal high variation in natural populations of *Cryptomeria japonica* near refugial areas of the last glacial period. *J. Plant Res.* 118: 83-90.
- 田中信行 2010 地球温暖化と森林生態系. 中村徹編, 森林学への招待, 丸善, 87-102.
- 田中智 1999 野辺山のヒメバラモミ. *山梨生物* 55: 1-3.
- Tani, N., N. Tomaru, M. Araki & K. Ohba 1996 Genetic diversity and differentiation in populations of Japanese stone pine (*Pinus pumila*) in Japan. *Can. J. For. Res.* 26: 1454-1462.
- 谷本丈夫 1990 森林からのメッセージ 5 広葉樹施業の生態学. 創文, 東京.
- 竹内典之 1980 東北海道における火山灰土の凍結と融解 I. 畑地土壌の凍結状況の季節変化. *京大農演報* 52: 112-129.
- Tomaru, N., Y. Tsumura & K. Ohba 1994 Genetic variation and population differentiation in natural populations of *Cryptomeria japonica*. *Plant Species Biology* 9: 191-199.
- 遠山三樹夫・富野美子・坂井敦・柳澤健一・吉川菊葉・安島美穂 1993 清里龍泉峽における針葉樹の垂直分布. 横浜国立大学教育学部野外教育実習施設研究報告 11: 1-8.
- Tsumura, Y. & K. Ohba 1993. Genetic structure of geographical marginal populations of *Cryptomeria japonica*. *Can. J. For. Res.* 23: 859-863.
- 津村義彦・戸丸信弘・陶山佳久・モハマドナイム・大庭喜八郎 1990 アイソザイム実験法.

筑波大学農林技術センター演習林報告 6: 63-95.

Uchida, K., N. Tomaru, C. Tomaru, C. Yamamoto & K. Ohba 1997 Allozyme variation in natural population of hinoki, *Chamaecyparis obtusa* (Sieb. et Zucc.) Endl., and its comparison with the plus-tree selected from artificial stands. *Breeding Science* 47: 7-14.

植松春雄 1987 ハヶ岳地域における低海拔地産ヒメバラモミについて. 植物地理・分類研究 35: 189-191.

我が国における保護上重要な植物種及び群落に関する研究委員会種分科会 編 1989 我が国における保護上重要な植物種の現状. 320pp., 日本自然保護協会, 東京.

Wilson, E. H. 1916 The conifers and taxads of Japan. The University Press, Cambridge, 91pp.

Wright, S. 1951 The genetical structure of population. *Ann. Eugen.* 15:323-354.

矢原徹一 2002 植物レッドデータブックにおける絶滅リスク評価とその応用. 種生物学会編, 保全と復元の生物学. 文一総合出版, 59-93.

山梨県 1991 土地分類基本調査 ハヶ岳・金峰山・高遠. 山梨県.

Yamashita, K., Katsuki, T., Akashi, K. & Kubojima, Y. 2010 Wood properties of *Picea koyamae*: within-tree variation of grain angle, tracheid length, microfibril angle, wood density and shrinkage. *Bulletin of FFPRI* 9: 19-29.

山崎敬 1970 高等植物分布資料(41). 植物研究雑誌 40: 328.

Yamazaki, T. 1995. Pinaceae. In Iwatsuki, K., T. Yamazaki, D. E. Boufford & H. Ohba (eds.) *Flora of Japan*, vol. 1 Pteridophyta and Gymnospermae. Kodansha, Tokyo, pp. 266-277.

矢田豊・小谷二郎 2006 前年の気象条件によるブナおよびスギの開花結実量の予測ー石川県におけるブナ 7 年間、スギ 15 年間の解析結果からー. 日本森林学会大会学術講演集 117: PC36.

横内斎 1966 ヤツガタケトウヒ・ヒメバラモミの自然林調査について. 長野林友 (2): 3-18.

横内文人 1966 ヤツガタケトウヒ林の植生. 長野林友 (2): 19-24.

学位論文

本州産希少トウヒ属樹木の保全に関する研究

勝木俊雄

東京大学大学院農学生命科学研究科

第 17624 号

平成 24 年 2 月 29 日