

第1章 モニタリング調査

資料3

2021年1月14日
第三回植生管理WG会議

1. 植生モニタリング調査

1.1 2014年度から2020年度の植生調査結果をとりまとめ評価

1.1.1 目的

赤谷プロジェクトは、自然林を復元するために現在3割を占める人工林を伐採し、将来的に1割に減らすことを目標としている。2004年に赤谷プロジェクトが発足した時自然林を復元するための基本的な方針として、できるだけ人の手によらず、人工林を間伐などの手法を用いて伐採をし、空間を確保することで残された周辺の自然林からの種子の供給や林床に残する前生樹を活かして復元を進める方法を用いた（関東森林管理局 2007;2009）。人工林を自然林に転換するための植生管理の方法として伐採幅を変えることにより更新に与える影響を把握することを目的に試験地の設定を行った（関東森林管理局 2009）。

一般的に、人工林を天然林に転換する上では、将来的に天然林の林冠を構成しうる樹木がどれだけ天然更新しているかを把握することがまず重要であるとされる（Igarashi and Kiyono 2008）。人工林の種多様性、特に植物種多様性が植栽木の樹種や林齢、林内の光環境、枯木立や倒木の有無などにより大きく異なることが知られている（長池 2000）。人工林に出現する樹種に及ぼす要因としては、人工林の土地利用前歴と施業履歴（Utsugi et al. 2006）や、種子供給源となる母樹源からの距離（Kodani 2006）。さらに母樹源からの距離が近いと天然更新が豊富である（長池ら 2009）ことが指摘されてきた。中でも土地利用前歴が重要であることを Ito et al. (2004)は報告している。このように伐採をして天然更新を誘導する上で多くの要因が関わるが多く複雑であるため、どの要因が強く影響するかを把握する必要がある（Yamagawa et al. 2006）。また、ブナ科の実生は人工林内にそもそも少ないため、豊作年に合わせて間伐などの管理を行うことが提案されているが、現状のままでは構成樹種として期待される広葉樹の更新は容易ではないとの指摘もある（長池ら 2010）。

この本報告は、2014年度から2020年度が対象であるが、必要に応じてさらに過去にさかのぼり過年度データを用いて解析を行った。ここでは、赤谷プロジェクトの試験地で実施された調査結果をその目的に応じて、伐採幅、自然林からの距離、履歴、広葉樹保残、伐採木の処理方法、ササの有無など更新に影響を与える要因に着目して結果の整理を行った。また、気象環境、豊凶、GISを用いた自然環境情報（土壌、地形、地質、植生）や林齢、施業群、広葉樹混交率、林道からの距離など施業情報についても整理をした。

1.1.2 調査・解析手法

1) 調査地の概要

人工林における間伐の目的は、植栽木の成長により混みすぎた林相を改良することにより、残存木の成長を促すこと、下層植生を回復させ土壌流亡を防ぐこと、病虫害・風雪害に対して抵抗力の高い健全な森林を造ることである。ここでは、従来の目的に加え、間伐による光環境改善により、積極的に広葉樹の侵入を促進し、将来的に天然林に誘導する手法を研究することも目的とした。日光の林床への進入状況に差を設けることとし、伐採幅の異なる列状間伐を導入する。光環境の改善状況の差による天然林化のスピードの違いや生態系への影響を継続的に把握する（関東森林管理局 2007）。

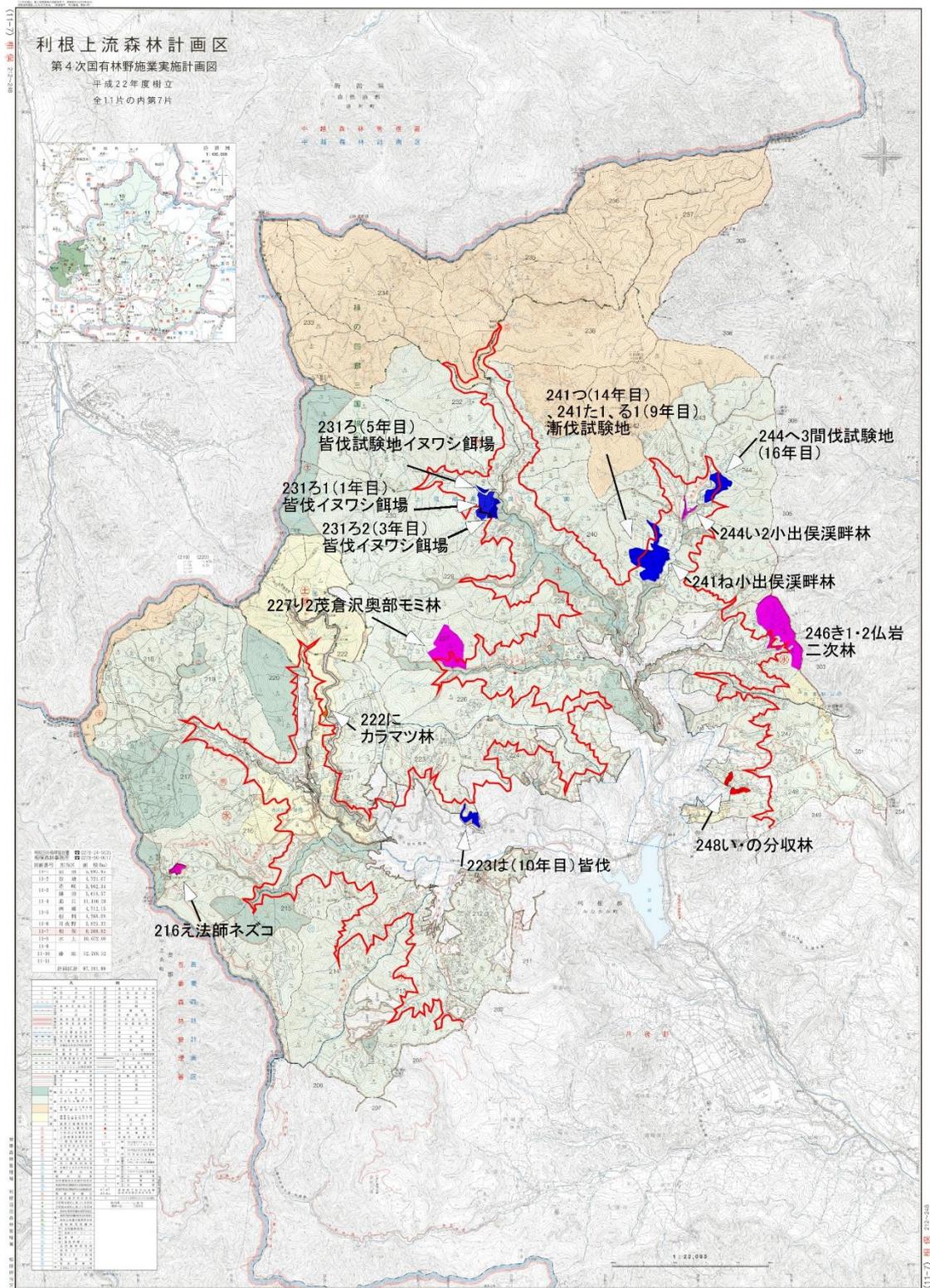


図 1.1- 赤谷プロジェクトエリア内に設置された復元試験地
赤線は標高 900m を示す。

間伐試験地

① 244 林班へ3 小班 (目的: 伐採幅×伐採木処理の有無)

この林小班は面積が 9.7ha あり、伐採時 28 年生であり、樹高約 15m のスギ林であった。管理履歴によると、1975 年に既存の自然林を皆伐して植林された 1 代目人工林である (関東森林管理局 2008)。1977 年に地植えが行われ、スギ 3 年生実生苗が 29,100 本/ha で植付けされた。その後、1978 年から 1981 年まで毎年、下刈りが行われた。1985 年に下刈り、1988 年に除伐、1992 年につる切りが行われた。林冠はスギによって閉鎖され、下刈りや除伐が実施されていたので、林内に広葉樹は生育できない状況であった。

2004 年より赤谷プロジェクトによって管理されるようになってから、この林小班は自然林復元試験地に設定され、自然林復元の知見を得るべく、合計伐採率 35% の二列状間伐 (2 列 4 残) と三列状間伐 (3 列 6 残) が 2004 年に行われた。それ以来、下刈りや除伐は行われていない。

調査区は 2 伐 4 残と 3 伐 6 残の間伐を行った場所に処理区を設置した。間伐幅に応じてプロットを設定したため面積は 30m²~225m² までさまざまである。間伐後、伐採木を除去した場合と存置した場合のそれぞれにプロットを設定した。すなわち、P1 (4m×16m) と P2 (4m×16m) は 2 伐 4 残で間伐、伐採木を除去、P6 (3m×10m) は 2 伐 4 残で存置、P4 (6m×15m) と P5 (6m×17m) は 3 伐 6 残で除去、P7 (6m×11m) は 3 伐 6 残で存置、P3 (15m×15m) は対照区で伐採をしていないプロットとした。

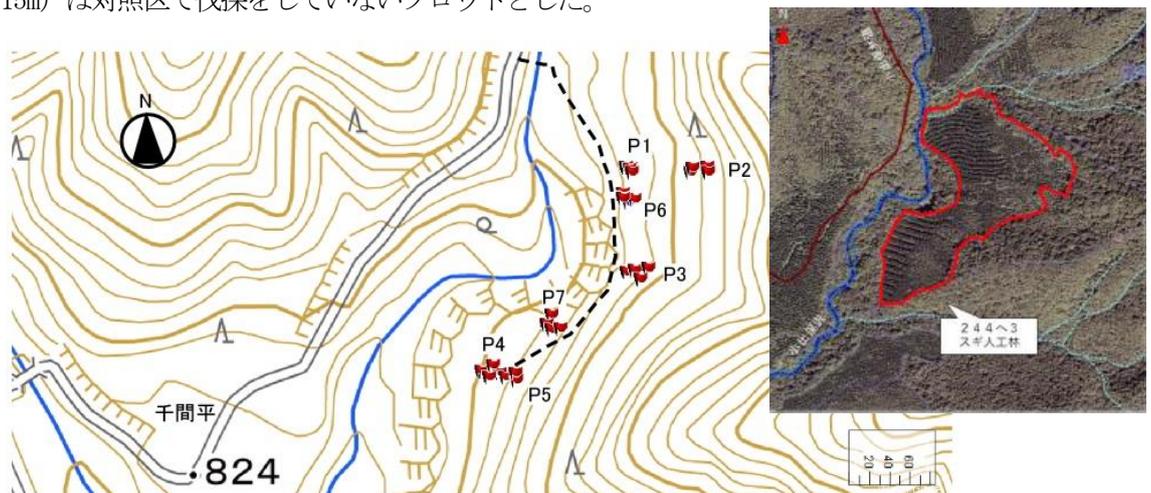


図 1.1-1 244 林班へ3 小班のの位置および試験地配置

近接した自然林は小出俣沢周辺の段丘崖 (西側) や斜面上部 (東側)

漸伐試験地

② 241 林班つ小班 (目的: 伐採幅×ササ)

この林小班は面積が 2.94ha あり、48 年生、樹高約 30m のカラマツ林である。この林小班の管理履歴は記録が無いので、最寄りのカラマツ林の管理履歴を参照すると、過去 40 年間は下刈りや除伐が行われていないことがわかる。カラマツは落葉針葉樹であり、葉の構造や落葉する性質から、林床への透光性が高く、下層の植物が生育しやすい。そのため、この林小班においても広葉樹の侵入がみられた。この林小班において、2006 年に合計伐採率 50% の漸伐が行われた。林道に沿って試験的に伐採幅を 20m、30m、40m とし、伐採はカラマツだけではなく、侵入した広葉樹も対象とした。

それぞれの伐採地に2箇所ずつの調査区（20m幅：K01・K02、30m幅：K03・K04、40m幅：K07・K08）を設け、残置するカラマツ林内に対照区として2箇所の調査区（K05・K06）を設けた。また、林道を境に植生に変化がみられたため、林道下方斜面の伐採幅40m幅のササ覆地に2箇所の調査区（SK9・SK10）を設け、その対照区として、林道下方斜面において林床がササで覆われている残置カラマツ林内に2箇所の調査区（SK11・SK12）を設けた。30m幅の調査区K03はカラマツの伐採後に枝葉の集積場になっていたため、2007年6月に撤去した。

土地利用履歴をみると、過去に草地として利用されていたが、その後1代目でスギ（49年生）、2代目でカラマツ（48年生）を植栽した。自然林からは100m以上離れているため復元はもともと困難な条件であると思われる。伐採方向は北西から南東方向を向いている。また、斜面の下部、すなわち林道下部にはクマイザサ（ミナカミザサ）が優占するため斜面上部と林床の状態が異なる。これまで、伐採前の2006年、2007年、2008年、2009年、2010年、2011年、2015年、2020年にモニタリング調査を実施した。

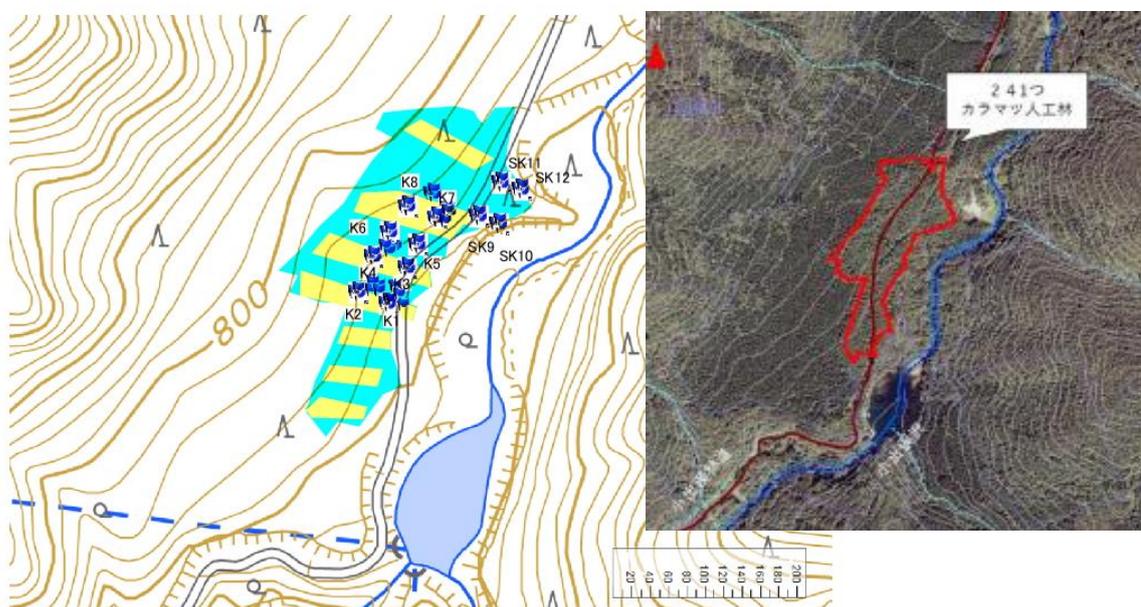


図 1.1- 自然林復元試験地（241 林班つ小班）の位置および試験地配置

最も近い自然林は小出俣沢周辺（東側）のみに見られる。

③ 241 林班つ小班、る 1 小班（目的：伐採幅×履歴×自然林からの距離×広葉樹保残）

241 た 1 林小班は、2011 年伐採。伐採時には樹高約 25m、37 年生のスギ人工林だった。この人工林は、草地となっていたが、1971 年に 52 年生のヒノキ人工林を皆伐してスギ人工林とした 2 代目の人工林である。標高約 800m で中間温帯に属する。伐採方向は北東から南西方向に長く伐採した。

241 林班る 1 小班は、1945 年当時の地形図によると、広葉樹林とされており、林内には、炭焼き釜の跡が多数存在することから、薪炭 林として利用されていたと考えられる。1970 年に 32 年生の広葉樹林（ブナ：ミズナラ：ほか広葉樹=20：40：40）を伐採し、スギ人工林にした履歴があり、人工林としては、1 代目の人工林である。標高 900m の冷温帯に属する。伐採方向は北東から南西方向に長く伐採した。自然林は南西側にコナラ優占林が位置している。

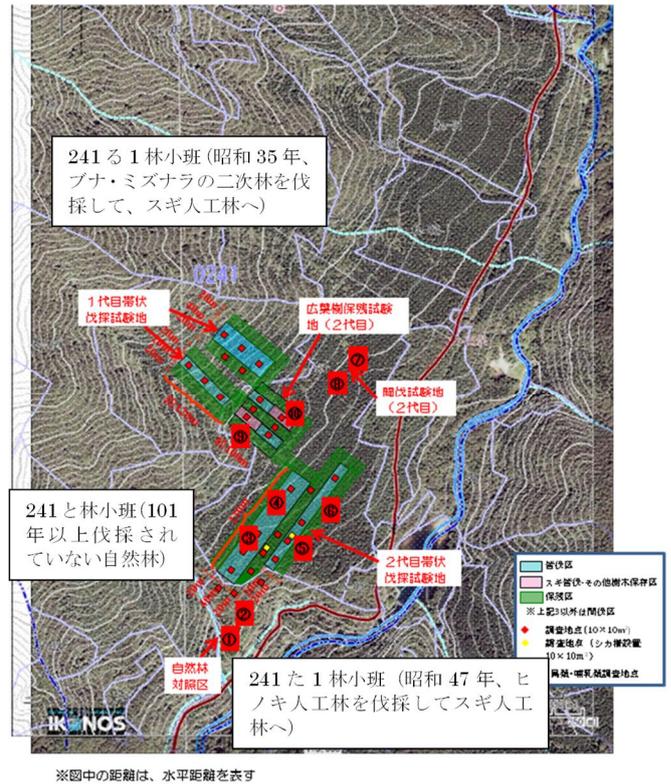
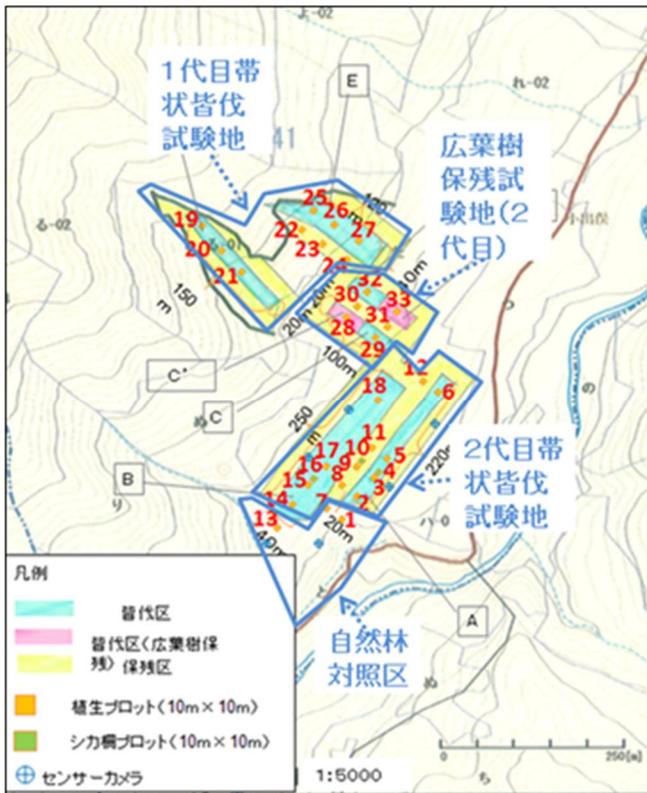


図 1.1- 自然林復元試験地 (241 林班た小班、る 1 小班) の位置および試験地配置

近接した自然林は、241 林班た小班は南西側 (プロット 1、7、13)、241 林班る 1 小班は斜面上部 (北西側)

皆伐試験地

④ 223 林班は 1 小班・い小班 (目的: 自然林からの距離)

林小班は面積が 3.6ha、標高約 770m にあり、2010 年に皆伐が行われた際は 47 年生、樹高約 21m のスギ人工林であった。この林分は 1949 年調査の地形図によれば広葉樹林とされ、2010 年の伐採時に 47 年生であったことから 1963 年に造林された 1 代目の人工林と考えられる。どの区画も伐採前の下層植生は広葉樹が比較的少なかった。隣接する自然林からの距離に応じて P1、P2 は 30m、P3、P4 は 60m、P5、P6 は 100m に配置されている。プロット面積は、Plot3、4 は、作業道敷設や伐木の存置によりそれぞれ 52m²、56m² に縮小・削除されていたものを今回は 50m² に統一した。それら以外は 100m² である。過去の調査は、伐採前の 2008 年、2009 年、2010 年、伐採後の 2011 年、2012 年、2014 年となっている。2008 年、2009 年は群落調査のみであり、2010 年以降は群落調査に加えて毎木調査を実施している。そのため個体数の変動は伐採以降のデータのみである。また、2019 年の段階では個体に固定したナンバーテープは剥離していたため、個体の追跡は行えなかった。

種子源となる自然林は東側にコナラ・アカマツ優占林が位置している (関東森林管理局 2019)。

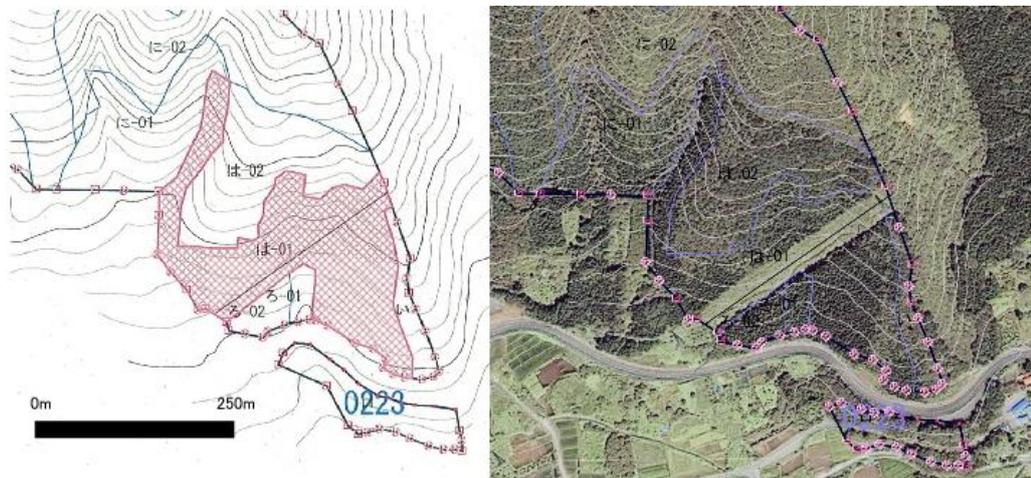
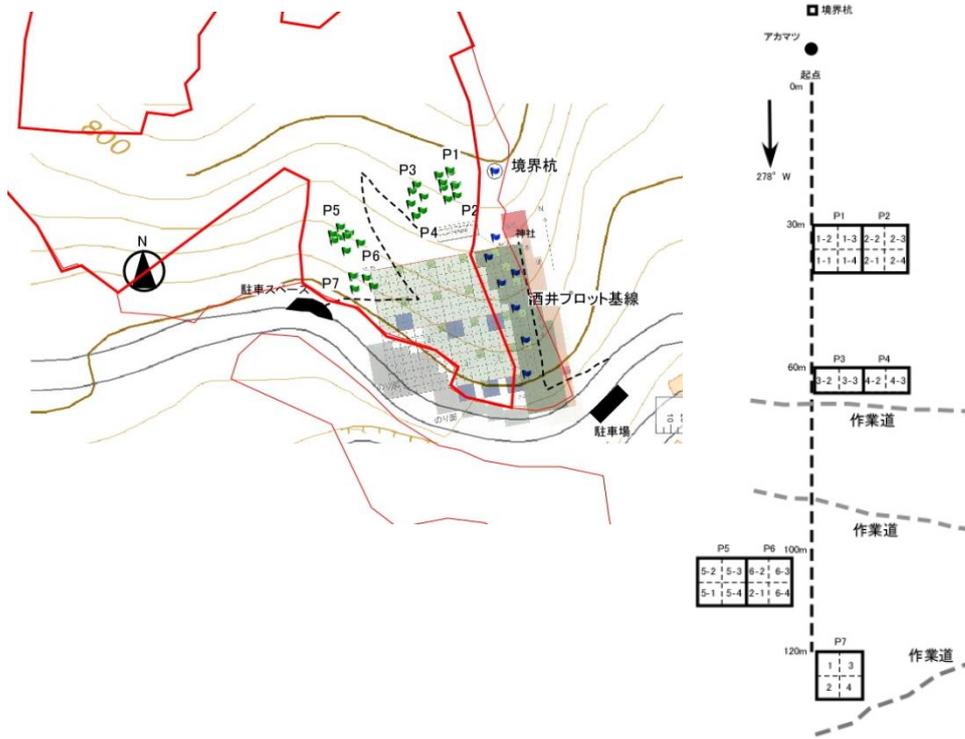


図 1.1- 自然林復元試験地 (223 林班は 1 小班) の位置および試験地配置

近接した自然林は、223 林班の小班のコナラ林 (北東側) である。森林総研のプロットあり。

⑤イヌワシ餌場創出のための皆伐復元試験地 (231 ろ林小班)

231 ろ林小班の面積は、1.82ha であり 49 年生スギ人工林である。標高は 760~780m で傾斜約 14° の緩斜面で斜面方位は南斜面である。伐採に際しては作業道を入れ、伐採木は搬出した。自然林に隣接している。

目的：自然林に隣接した皆伐地での復元

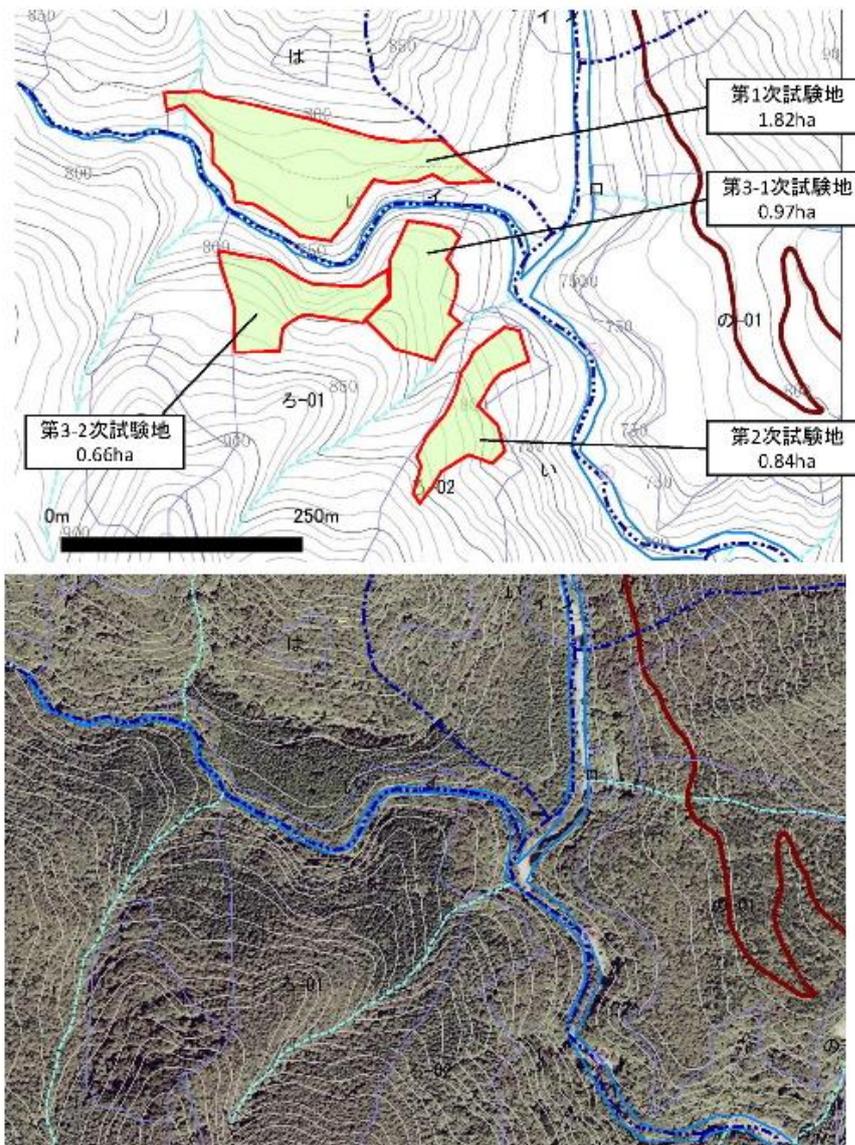


図 1.1- 自然林復元試験地（第 1 次イヌワシ餌場創出試験地 231 林班ろ小班、第 2 次ろ 2、第 3 次ろ 1 小班）の位置および試験地配置

近接した自然林は、イヌワシ餌場創出試験地は自然林に囲まれているが、渋沢沿いの段丘斜面が隣接している。第 1 次は南側、第 2 次・第 3 次は北側から北東側の自然林が近接する。

⑥主伐分収林試験地（247 い 1、248 の、248 こ、248 れ 1 林小班）

主伐が予定されている林分において、人工林における伐採後の林地の状況変化、天然更新に適した箇所の条件等を把握し、人工林を自然林（天然林）に復元していくにあたって、効果的な施業方法を検討するための基礎情報の収集及び分析を目的とする。さらに、分収造林の主伐後の再造林の際に生物多様性保全上配慮すべき観点を再確認すると共に、主伐時の配慮事項についても整理する。

目的：主伐時の配慮事項、再造林の際に生物多様性保全上配慮すべき観点

⑦248 林班の小班

248 の林小班の伐期は、平成 28 (2016) 年に延長され、平成 32 (2020) 年度予定となっている。平成 31 (2019) 年度に収穫調査、平成 32 (2020) 年度に伐採を予定しており、搬出期間は基本 3 年間となっている (作業期間は 8 月～11 月)。伐採方法は皆伐、更新方法は単層林造成であり、植栽本数は 2,000 本/ha を予定している。248 の林小班の面積は 2.33ha で、尾根から斜面、谷までの地形が認められる。スギ 50% (斜面下部)、アカマツ 50% (尾根) の植栽比率であり、共に林齢は 53 年生である。標高 740m～760m で尾根から北西斜面を含む。

⑧248 林班こ小班

248 林班こ小班は、分収造林地であり、面積は 1.48ha でスギ 45% (斜面下部)、アカマツ 55% (尾根) の植栽比率であり、共に林齢は 56 年生である。伐期は平成 28 (2016) 年に延長され、平成 32 (2020) 年度の予定となっている。このため、平成 31 (2019) 年度に収穫調査、平成 32 (2020) 年度に伐採 (搬出期間は基本 3 年間、作業期間は 8 月～11 月)、伐採方法は皆伐、更新方法は単層林造成、植栽本数は 2,000 本/ha を予定している。標高は 780～860m で尾根から南東斜面を含む。

⑨その他の調査地

主に小出俣、赤谷源流エリアの一部で計 190 箇所 (10m×10m) の調査プロットを設置した (長池 2008) (平成 21 年度報告書)。内訳はスギ人工林で 141、カラマツ人工林で 5、自然林で 44 箇所である。設置の目的は、スギ人工林における天然更新の状況を把握することである。

表 1.1-1 赤谷プロジェクトエリアに設定された試験地概要

目的	林小班	林小班面積 _{ha}	エリア	地名	調査箇所数	調査面積 (/プロット)	伐採面積 _{ha}	伐採方法	伐採木	復元方法	標高	自然林からの距離	履歴	樹種	植生	備考	試験地設定の目的						
																	伐採幅	伐採木処理	自然林からの距離	履歴	広葉樹保残	ササの有無	林床植生の効果
自然林復元・イヌワシ餌場創出(第1次)	231ろ	15.3	エリア1	赤谷林道	3	100	1.82	皆伐後放置	搬出	放置	790	0	1代目	スギ	中間温帯								
自然林復元・イヌワシ餌場創出(第3次)	230ろ1	8.8	エリア1	赤谷林道	3	100	4.63	皆伐後放置	搬出	放置	790		1代目	スギ	中間温帯					可			
自然林復元・イヌワシ餌場創出(第2次)	230ろ2	3.4	エリア1	赤谷林道	2	100	0.84	皆伐後放置	伐捨	放置	800	0	1代目	スギ、カラマツ	中間温帯								
自然林復元	241つ	3.3	エリア2	小出俣	12	100	0.30,0.45,0.6	20m、30m、40m幅220mで皆伐	搬出	放置	770	100	2代目	カラマツ	中間温帯		可					可	可
自然林復元	244へ3	9.7	エリア2	小出俣	7	100	0.1,0.2	2伐4残(4m)間伐、3伐6残(6m)	伐捨・搬出	放置	900	100	1代目	スギ	中間温帯		可	可					
自然林復元	241た	17.1	エリア2	小出俣	24	100	0.88,0.44	20m、40m幅	搬出	放置	800	0	2代目	自然林、スギ	中間温帯		可		可	可			可
自然林復元	241る1	8.3	エリア2	小出俣	9	100	0.88,0.44,0.2	20m、40m幅、20m広葉樹保残	搬出	放置	900	0	1代目	スギ	中間温帯		可		可	可			可
自然林復元	223は1	4.6	エリア4	吹路	6	100	3.6	皆伐	搬出	放置	800	0	1代目	スギ	中間温帯						可		
自然林復元	223い	0.5	エリア4	吹路	1	6400	3.6	皆伐	搬出	放置	800	0	1代目	スギ	中間温帯	森林総研					可		
分収林の生物多様保全	247い1	11.3	エリア5	いきもの村	3	100	11.2				840	50	2代目	スギ	中間温帯								
分収林の生物多様保全	248の	2.6	エリア5	いきもの村	4	100	2.33				750	100	1代目	スギ、アカマツ	中間温帯								
分収林の生物多様保全	248こ	1.6	エリア5	いきもの村	4	100	1.48				780	0	1代目	スギ、アカマツ	中間温帯								
分収林の生物多様保全	248れ1	11.1	エリア5	いきもの村	3	100	11.1				920	50	1代目	スギ	冷温帯								
人工林			エリア2	小出俣	146	100										長池卓男							
自然林			エリア2	小出俣	44	100																	
人工林			エリア2	小出俣	4	100					660	0	PL1	スギ	中間温帯								
自然林			エリア2	小出俣	2	100					680	0	PL2	ウワミズサ	中間温帯								
自然林	244い2		エリア2	小出俣	2	100					810	0	溪畔林	サワグルミ	中間温帯								
自然林			エリア2	小出俣	2	100					820	0	1,2	ミズナラ	中間温帯								
自然林			エリア3	法師 奥	2	100					880	0	7,8	ミズナラ	中間温帯								
自然林	227り2		エリア4	茂倉	2	100					960	0		モミ	冷温帯								
自然林			エリア4	三国峠下	2	100					1040	0	5,6	ブナ	冷温帯								
自然林	246き1,2		エリア5	仏岩	2	100					1040	0		ブナ、ミズ	冷温帯								
自然林			エリア4	三国峠	2	100					1120	0	3,4	ブナ	冷温帯								
自然林			エリア4	三国峠	2	100					1240	0	PL4	ブナ、ミズ	冷温帯								
自然林			エリア4	三国峠	4	100					1250	0	PL3	ミズナラ	冷温帯								
自然林			エリア4	三国峠	4	100					1270	0	PL5	カラマツ	冷温帯								
人工林			エリア4	三国峠	2	100					1270	0	PL6	ミズナラ	冷温帯								
自然林	216え		エリア3	法師	2	100					1300	0	法師ネズミ	ネズコ	冷温帯								

中間温帯450m～900m、冷温帯落葉広葉樹林600m～1600m(須藤1977)
 中間温帯850m～900m、冷温帯落葉広葉樹林700m～1700m(長島2014)
 を参照し、ここでは中間温帯450m～900m、冷温帯落葉広葉樹林900m～1600mとした。

表 1.1-2 試験地における伐採、モニタリング調査のタイミング

目的	林小班	エリア	地名	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
				2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
自然林復元・イヌワシ餌場創出(第1次)	231ろ	エリア1	赤谷林道												前	伐採			4年					10年		
自然林復元・イヌワシ餌場創出(第3次)	230ろ1	エリア1	赤谷林道																伐採	1年		3年		5年		
自然林復元・イヌワシ餌場創出(第2次)	230ろ2	エリア1	赤谷林道													前	伐採				4年					9年
自然林復元	241つ	エリア2	小出俣			前	伐採			4年	5年					9年				14年						20年
自然林復元	244へ3	エリア2	小出俣	伐採	1年		3年			6年			9年						15年					20年		
自然林復元	241た	エリア2	小出俣								伐採	1年		3年		5年					10年					15年
自然林復元	241る1	エリア2	小出俣								伐採	1年		3年		5年					10年					15年
自然林復元	223は1	エリア4	吹路							前	1年	2年		4年					9年						15年	
自然林復元	223い	エリア4	吹路																							
分収林の生物多様保全	247い1	エリア5	いきもの村											前	伐採											
分収林の生物多様保全	248の	エリア5	いきもの村															前								
分収林の生物多様保全	248こ	エリア5	いきもの村															前								
分収林の生物多様保全	248れ1	エリア5	いきもの村											前	伐採											
人工林		エリア2	小出俣						調査																	
自然林		エリア2	小出俣						調査																	
人工林		エリア2	小出俣						調査																	
自然林		エリア2	小出俣						調査																	
自然林	244い2	エリア2	小出俣						調査																	
自然林		エリア2	小出俣						調査																	
自然林		エリア3	法師 奥																							
自然林	227り2	エリア4	茂倉																							
自然林		エリア4	三国峠下																							
自然林	246き1.2	エリア5	仏岩																							
自然林		エリア4	三国峠																							
自然林		エリア4	三国峠																							
自然林		エリア4	三国峠																							
人工林		エリア4	三国峠																							
自然林		エリア4	三国峠																							
自然林		エリア3	法師																							
自然林	216え	エリア3	法師																							

中間温帯450m~900m、冷温帯落葉広葉樹林600m~1600m(須藤1977)

中間温帯850m~900m、冷温帯落葉広葉樹林700m~1700m(長島2014)

を参照し、ここでは中間温帯450m~900m、冷温帯落葉広葉樹林900m~1600mとした。

表 1.1-3 赤谷プロジェクトエリア内で実施されている試験地における復元方法

冷温帯林(900m~1600m)		未実施							
中間温帯林(600m~900m)		未実施							
生物多様性復元施業群		未実施							
目的	伐採方法	詳細	植栽木の取り扱い	復元作業	試験地	伐採主体	モニタリング調査	面積 ha	備考
復元	間伐、漸伐	小面積伐採(樹高のh幅0.5~5倍)	搬出	放置	244へ3、241つ	国有林	あり	2.9	
			切捨	放置	244へ3、241つ	国有林	あり	2.9	
	主伐(皆伐)、漸伐	大面積伐採(樹高の3~5倍以上)	搬出	放置	241た1	国有林	あり	11.6	
			搬出	放置	241る1	国有林	あり	3.2	
			搬出	放置	231ろ	国有林	あり	1.8	
			搬出	放置	223は1	国有林	あり	3.6	
			切捨	放置	230ろ2	国有林	あり	0.8	
	主伐(択伐)	0.5~2倍未満			未実施				
保残伐	広葉樹保残	切捨	放置	241る1	国有林	あり	8.3		
								35.2	小計
分収	皆伐	大面積伐採(3~5倍以上)	搬出	再造林	248の	分収契約者	あり	2.6	尾根のアカマツ人工林を残すなどのため提案を行った。尾根のアカマツ人工林を残すなどのため提案を行った。
		大面積伐採(3~6倍以上)	搬出	再造林	248こ	分収契約者	あり	1.6	
								4.2	小計
普及		223い林小班で種子採取、育苗、移植		育苗、植栽	いきもの村	新治小PTA	なし	0.1	
	皆伐	H25年皆伐し搬出、その後ブナ、ミズナラなど対象木以外を除伐		除伐	220へ1	ニコンCSR	なし	0.9	
	間伐	ヒノキの皮を竹べらなどで剥き立ったまま枯らすことで間伐を行う。		皮むき間伐	245ろ	赤谷センター	なし	0.1	
								1.1	小計
								40.6	合計
生産群									
目的	伐採方法	詳細	植栽木の取り扱い	復元作業	試験地もしくは対象地	伐採主体	モニタリング調査		備考
第一次スクリーニング		100%人工林	放置		多数				人工林の状況を判断するための評価ポイント
		100%広葉樹林	放置		なし				
		針広混交林	要検討	例)	230は	広葉樹混交率	40~60%		
					240ね	広葉樹混交率	40~60%		
					240と	広葉樹混交率	40~60%		
					239は	広葉樹混交率	60~100%		
					240ろ	広葉樹混交率	60~100%		
第二次スクリーニング	針広混交林	要検討	例)	224と	広葉樹混交率	60~100%			
				240の1,2,3	広葉樹混交率	0~40%			
							アカマツ林、イヌワシ観察地点		
							H29年度		
							H29年度		
			二ホンジカによる潜在的な高木種群更新阻害状況	H29年度					
			立地環境に応じた遷移パターン	H29年度					
			植栽木の本来の生育地						
			植栽木の階層構造上の位置						

2) 植生調査

2-1) 植生調査

植生調査は、10m×10m内の植生を対象とし、植物社会学的手法(Braun-Blanquet, 1964)による植生調査を実施した。実生調査は、高さ30cm未満を対象とし、方形区の4隅、実生

調査区 (1m×1m) を設置して実施した。稚樹長 30cm 未満の高木性樹種を対象とし、種ごとに、本数 (個体数) を記録した。稚樹調査は、高さ 30cm 以上で胸高直径 3cm 未満の高木性樹種を対象とし、5m×5m のサブコドラート (A) を設置し、同一個体内の萌芽枝も稚樹長 30cm 以上のものをすべて計測し、個体がわかるように記録した。根元にナンバーテープをホチキスで打ち、稚樹長を計測した。記録項目は、個体ナンバー、樹種名、樹高 (1cm 単位)、被食の有無、樹洞の有無、生死を記録。ササがある場合、ササの種名と被度・最大高・平均高を記録した。成木調査は、高さ 30cm 以上胸高直径 3cm 以上を対象とし、10m×10m 内で実施した。4つのサブコドラート (A~D) 毎に分けて記録した。調査対象は、胸高直径 3cm 以上 (胸高周囲長で 9.3cm 以上) の生立木・枯立木。同一個体内の萌芽枝も、胸高直径 3cm 以上のものをすべて計測し、個体がわかるよう記録した。記録項目は、ナンバー、樹種名、胸高周囲長、樹高 (10cm 単位、スギを除く)、被食の有無、生死を記録した。

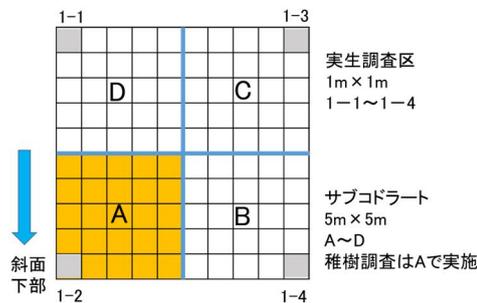


図 1.1- コドラートのデザイン

2-2) ニホンジカによる摂食状況の調査

ニホンジカによる摂食状況を把握するため、5m×5m のサブコドラートにおいて哺乳類調査と同様の手法を用いて調査を行った。植被率は高さ 2.5m 以下に葉や芽がある枝、萌芽枝が覆っている割合を、針葉樹、広葉樹、草本に分けて 5%刻みで記録した。摂食率は摂食痕を確認し、摂食率(食痕のある枝数/全枝数)を、針葉樹、広葉樹、草本に分けて 5%刻みで記録した。なお、植被率及び摂食率は、0-0.5、0.5-1.0、1.0-1.5、1.5-2.0、2.0-2.5m の各階層に分けて記録した。

3) 和名学名

植物種和名、学名は、「Green List」 (<http://www.rdplants.org/gl/>, 2020.12 参照) にした。生活型分類は日本の野生植物木本 I、II (佐竹ら編 1989) によった。

4) 気象観測

赤谷プロジェクトエリア内の大源太山から赤谷川に至る登山道沿いで、センサーカメラによる哺乳類の生息状況調査を実施している地点を対象とする。気象ロガーは、大源太山頂から N06 (1656m)、N07 (1410m)、N08 (1122m)、N09 (847)、N14 (川古温泉 697m) の 5 箇所を対象とする。データロガーは、HOBO H8 pro, Onset Inc. USA であり、1 時間に 1 回

の計測間隔で気温と湿度の測定を行う。解析には2019年10月3日～2020年11月6日までのデータを使用した。2019年10月に設置予定。最大2022年までの3年間継続観測を行う。年一回程度を想定している。電池は2年半程度の寿命である。

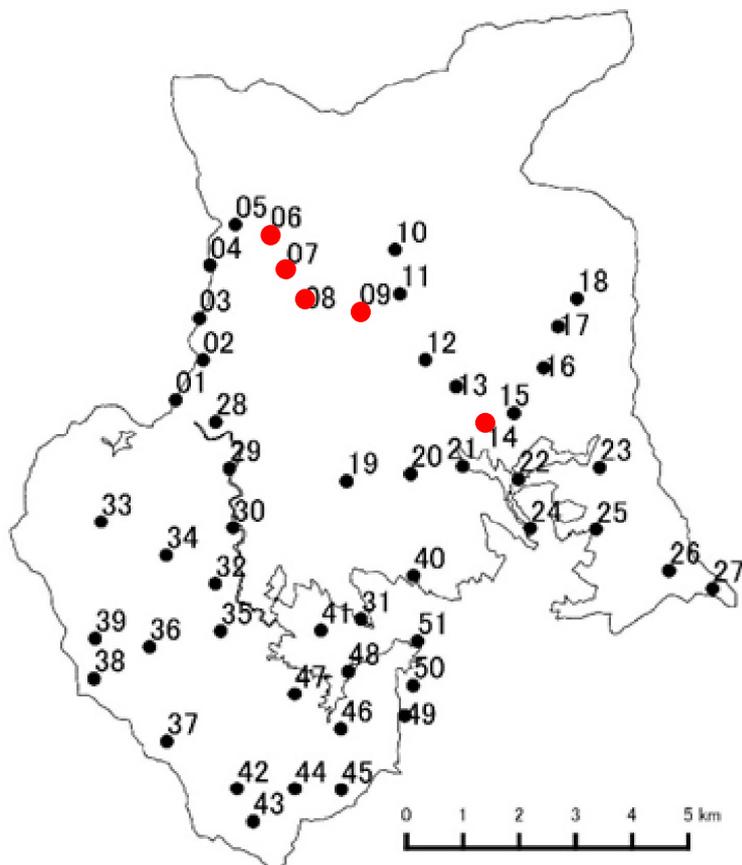


図 1.1- 赤谷プロジェクトエリア内の気象観測器の設置箇所

表 1.1-4 みなかみBR エリア内に設置された気象観測器の設置箇所

	地点No.	設置された植生	地形	標高(m)	緯度	経度
1	N06	落葉広葉樹林	尾根	1656.1	36.7924	138.8408
2	N07	落葉広葉樹林	斜面	1410.3	36.7866	138.8444
3	N08	スギ植林	斜面	1121.7	36.7820	138.8478
4	N09	落葉広葉樹林	谷	846.7	36.7801	138.8589
5	N14	落葉広葉樹林	斜面	697.4	36.7624	138.8841
6	M_TAK01	たくみの里、森のおもちゃの家	平坦	552.0	36.4149	138.5433
7	M_UEN01	上ノ原、北山家	斜面	829.5	36.5022	139.0424
8	M_SAN01	真沢、だんだん広場	斜面	589.2	36.4225	138.5741
9	M_TUK01	月夜野ホタルの里、蛍月亭、落葉樹下	平坦	468.0	36.4134	138.5828

この中で、No6 M_TAK01 と No7 M_UEN01 は林内ではなくオープンサイトに設置しているため通減率を求める地点からは除外した。

5) 豊凶 (群馬県林業試験場 : <https://www.pref.gunma.jp/07/p13700563.html>、2020年12月確認)

1 利根沼田地域

利根沼田地域では3カ年実施した調査方法を継続し、同地域の基準地域メッシュを5km四方の28区画に区分して固定調査木の豊凶調査を行った。調査は9月2日～9月6日まで行い、調査木はブナ、ミズナラ、コナラ、クリ、ミズキの5種とした。

評価方法は、調査木を2～6分割し(図1.1-8)、この分割内の豊凶状況を双眼鏡を利用した目視により確認し、表1により評価する方法とした。これにより各調査木の豊凶を計算し、表1.1-5により28区画の豊凶指数を算出した。

2 県内全域

県内全域を10kmメッシュ(1/25000地形図)の49区画に区分し、利根沼田地域同様に目視による豊凶調査を行った。なお、調査が不可能な場所、調査樹種や利用する動物種が少ない地域については、調査地域から除外している。調査は8月20日～9月19日まで行い、調査木は同様に5樹種とした(なお、イヌブナの調査も実施しているが、地域に限られるため集計からは除外している)。

表 1.1-5 豊凶判定基準

0	無結実
1	数個確認できる
2	一部に疎に着果
3	全体に疎に着果
4	全体に密に着果
5	全体に過密に着果

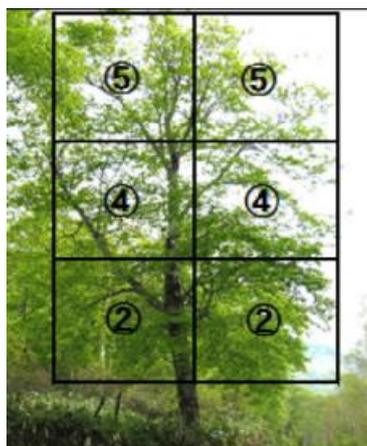


図 1.1-1 分割図

表 1.1-6 豊凶指数 (%)

凶作	無	0
	大凶作	0～10
	凶作	11～25
並作	不作	26～45
	並作	45～65
豊作	豊作	66～85
	大豊作	86～100

※図中の丸数字は豊凶判定基準の例示

(注 : 図 1.1-8 を利用した調査木毎の豊凶指数計算例)

$$5+5+4+4+2+2=22$$

総数を5(判定基準)×6(分割数)=30として、 $22/30=73\%$

6) GIS を用いた地図情報の整理

赤谷プロジェクトでは、国有林野施業実施計画図をベースマップに、現存植生図、潜在自然植生図、土壌図、数値標高モデル (DEM)、国立公園地種区分、各林小班の林齢などを GIS データとして整備してきた(関東森林管理局 2011)。その後、赤谷の森の中長期的な将来像～生物多様性復元に向けた概ね 20 年間の計画～を策定するにあたり、復元に影響する自然

林からの距離、施業群・樹種ごとの主伐可能な下限の林齢、施業群・樹種ごとの主伐可能面積、広葉樹の混交率などより具体的な要因についても GIS データが整備され解析に寄与した（関東森林管理局 2013）。さらに、人工林の過去の植生を把握するために前橋営林局発行の事業図、地理調査書発行の 5 万分の 1 地図を用いて履歴の把握を行った。広葉樹の侵入状況に関しても、オルソフォト（幾何補正した空中写真、衛星写真）を判読し、デジタル化により植生図を作成した。これらの情報から自然林からの復元のしやすさとして、広葉樹の混交率、自然林からの距離（100m）、人工林の履歴（1 代前の植生）をもとにした復元適地（復元ポテンシャル）を図化した（関東森林管理局 2015）。これらの過去に作成された GIS データ等を参照し、加えて現在使用できる自然環境 GIS、国土数値情報、国有林 GIS 等を参照して以下の主題図を作成した。土壌、地形、地質、斜面方位、傾斜、植生、サブエリア、施業群、広葉樹混交率（森林簿、空中写真判読）、復元適地（自然林からの距離 30m）、林齢、道路や林道からの距離、伐採履歴、調査地点を整備した。

1.1.3 調査結果

自然環境

1) 気象観測

2019 年 11 月～2020 年 10 月までの 1 年間の気温データ（1 回記録/1 時間）をもとに平均気温（℃）、最高気温（℃）、最低気温（℃）を表 1.1-7 に示す。年平均気温（MAT）の最高が月夜野の M_TUK01（468m）の 12.2℃、最低は黒金山山頂付近の No6（1656m）の 4.9℃であった（表 1.1-7a）。最高気温（MAT）の最高は同様に M_TUK01 の 34.6℃、最低は No6 の 25.4℃であった。最低気温（MAT）は、すべて氷点下となったが、最高は M_SAN01（589m）の -9.2℃であり、最低は同様に No6 の -15.5℃だった。ちなみに、気象観測器が異なるので参考値ではあるが、No14（697m）は 2006 年から 2010 年にかけて測定された地点（川古温泉）と隣接しており比較可能であるが、この期間の最高気温は 2006 年 8 月 31.9℃、最低気温は 2008 年 2 月と 2010 年 1 月の -10.6℃だった。2020 年の最高気温は、8 月の 31.9℃で変わらなかったが、最低気温は -11.5℃とむしろ低かった（関東森林管理局 2011）。

表 1.1-7 赤谷プロジェクトとみなかみ BR エリア内に設置された 9 地点の (a) 平均気温、
(b) 最高気温、(c) 最低気温

(a)

		平均気温(°C)								
年	月	M_TUKO	M_TAKO	M_SANO	No.14	M_UENO1	No.9	No.8	No.7	No.6
		468m	552m	589m	697m	829.5m	847m	1122m	1410m	1656m
2019	11	7.8	8.1	7.6	6.8	5.5	6.7	5.3	3.0	0.9
	12	2.9	3.0	2.7	2.0	0.4	1.9	0.8	-1.4	-3.7
2020	1	2.1	2.2	1.6	0.8	-0.7	0.5	-1.1	-3.5	-5.6
	2	2.7	2.7	2.0	1.3	-0.5	0.8	-1.1	-3.6	-5.6
	3	5.6	5.6	5.0	4.0	2.7	3.6	2.0	-0.4	-2.4
	4	8.4	8.2	7.6	6.5	5.4	6.0	4.0	1.4	-0.7
	5	16.0	16.2	15.4	14.2	13.9	13.7	12.6	10.6	9.0
	6	20.3	20.9	19.7	18.3	18.4	17.4	16.4	14.7	13.5
	7	21.4	21.6	20.7	19.5	19.9	18.8	17.8	16.2	15.2
	8	25.3	26.1	24.7	23.1	23.6	22.4	21.6	19.8	18.4
	9	20.9	21.0	20.1	18.9	19.1	18.2	16.8	15.1	14.0
	10	13.0	13.0	12.4	11.4	10.7	11.0	9.7	7.6	5.9
年間		12.2	12.4	11.6	10.6	9.9	10.1	8.7	6.6	4.9

(b)

		最高気温(°C)								
年	月	M_TUKO	M_TAKO	M_SANO	No.14	M_UENO1	No.9	No.8	No.7	No.6
		468m	552m	589m	697m	829.5m	847m	1122m	1410m	1656m
2019	11	21.5	23.3	22.3	19.7	18.2	19.1	17.0	13.8	13.2
	12	16.1	15.3	14.6	15.6	11.5	12.6	11.2	8.4	7.0
2020	1	13.1	14.2	12.7	11.5	7.5	10.2	7.2	4.7	2.8
	2	15.9	18.3	16.7	16.3	12.5	12.7	11.6	9.0	8.7
	3	19.8	19.6	18.6	18.4	16.5	16.4	14.1	10.4	10.8
	4	22.3	21.7	20.6	20.9	21.9	19.7	18.1	13.0	12.5
	5	30.8	32.3	30.4	30.4	28.9	28.1	26.4	22.7	20.1
	6	30.6	32.5	30.6	28.4	30.5	26.6	25.3	23.6	24.8
	7	29.2	31.2	30.0	25.5	28.1	23.3	22.6	20.9	20.0
	8	34.6	36.8	34.9	31.9	34.4	29.0	28.1	26.0	25.4
	9	32.2	31.7	31.5	28.6	31.1	26.6	25.0	23.7	22.8
	10	24.1	24.5	24.0	21.4	23.5	19.4	17.2	14.7	14.7
年間		34.6	36.8	34.9	31.9	34.4	29.0	28.1	26.0	25.4

(c)

		最低気温(°C)								
年	月	M_TUKO	M_TAKO	M_SANO	No.14	M_UENO1	No.9	No.8	No.7	No.6
		468m	552m	589m	697m	829.5m	847m	1122m	1410m	1656m
2019	11	-2.2	-2.5	-2.0	-2.6	-5.9	-2.5	-4.7	-7.7	-9.6
	12	-4.7	-5.4	-4.3	-4.4	-7.7	-3.8	-6.4	-9.4	-11.5
2020	1	-5.5	-6.0	-5.8	-7.6	-11.1	-6.5	-6.5	-9.3	-11.3
	2	-10.0	-9.7	-9.2	-11.5	-13.5	-9.6	-10.9	-13.7	-15.5
	3	-4.8	-5.1	-4.7	-6.0	-10.0	-4.9	-7.0	-9.4	-11.4
	4	-0.8	-0.9	-0.5	-1.2	-3.2	-0.6	-3.0	-5.5	-7.7
	5	3.0	2.5	3.0	1.4	-0.1	3.6	3.4	0.6	-2.0
	6	13.4	14.0	12.6	10.8	9.0	10.7	10.4	8.4	6.6
	7	14.9	14.6	14.5	13.4	12.1	14.3	13.5	11.0	9.0
	8	18.2	18.4	17.9	16.9	16.0	16.8	16.5	14.4	13.5
	9	11.1	11.1	10.7	9.0	8.1	9.6	9.5	7.1	5.9
	10	2.8	1.2	3.4	2.9	1.3	3.6	2.0	-1.0	-3.4
年間		-10.0	-9.7	-9.2	-11.5	-13.5	-9.6	-10.9	-13.7	-15.5

2) 植生帯区分

2019年11月から2020年10月の年間の気温データを用いて植生帯区分を行った(図1.1-)。ここでは、山城の異なるM_UEN01(上ノ原)と町の中に設置したM_TAK01(たくみの里)のデータを除いて解析をおこなった。一般的に、東アジアの森林植生は、3つの温度条件によって説明できるとされる。すなわち、温量指数(WI)、寒さの指数(CI)、最寒月平均気温(CMT)であり、暖温帯常緑広葉樹林は、温量指数85°C月~180°C月、寒さの指数(CI)-10°C月、最寒月平均気温-1°Cとされる(Ohasawa 1990)。温暖湿潤な沿海域では、温量指数85°C月と最寒月平均気温-1°Cが一致しているために、どちらの指標を使っても説明ができる。しかし、年較差が大きく(より寒く)乾燥する内陸では、常緑樹の耐性限界を決める最寒月平均気温-1°Cがより冷温帯落葉広葉樹林域にずれ込むため中間温帯が形成される(吉良 1949)。そこで、これらの3つの指標を使って赤谷プロジェクトエリアの植生帯区分を行った。標高との関係においては、直線回帰式を当てはめ各指標数値における標高を求めた。温量指数(WI)45°C月は1635.4m、85°C月は627.1mであった。最寒月平均気温-1°Cは1008.3m、寒さの指数-10°Cは669.1mとなった。したがって、温度条件から推定された植生帯区分は、暖温帯常緑広葉樹林600m以下、中間温帯600m~1000m、冷温帯落葉広葉樹林1000m~1600m、それ以上は高山帯(偽高山帯)とすることができる。中間温帯450m~900m、冷温帯落葉広葉樹林600m~1600m(須藤 1977)、中間温帯850m~900m、冷温帯落葉広葉樹林700m~1700m(長島 2014)などが知られており、赤谷プロジェクトでは、中間温帯450m~900m、冷温帯落葉広葉樹林900m~1600mとしていた。2019年度は、冬期の雪が少なく暖冬だったことから、引き続き標高別の気温変化のモニタリングを継続して、温暖化傾向や植生帯区分を明らかにすることが必要である。

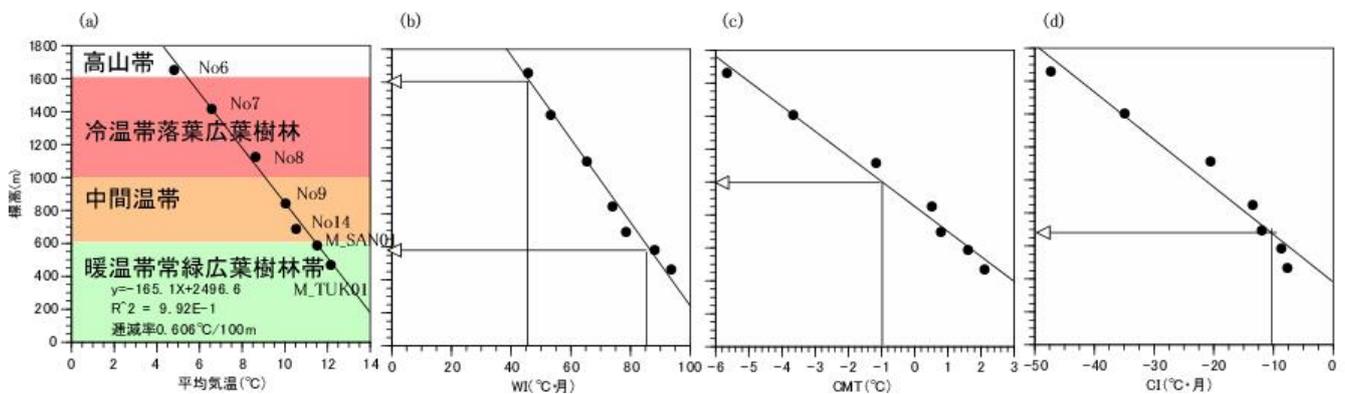
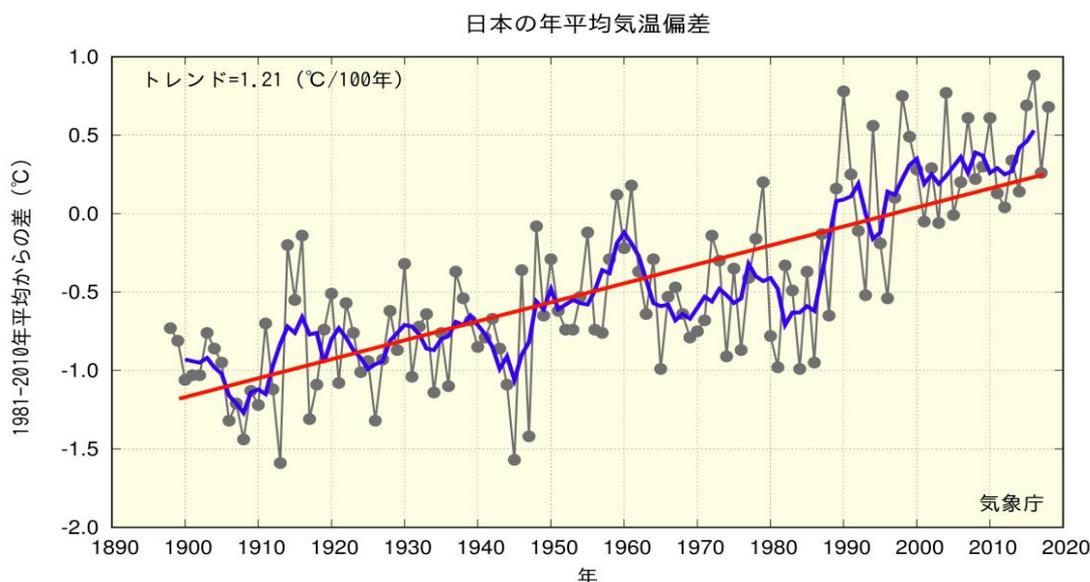


図 1.1- 年平均気温 (MAT)、温量指数 (WI)、最寒月平均気温 (CMT)、寒さの指数 (CI) と標高との関係



日本の平均気温の変化

都市化の気温への影響が比較的少ない 15 地点のデータをもとに、日本の平均気温の年平均差（1981 年から 2010 年までの平均値からの差）の変化を求めた。長期的な変化を見やすくするために、5 年の移動平均処理（ある年を中心とする連続する 5 年の平均値をその年の値とする）を行った。

日本の平均気温は、1898 年（明治 31 年）以降では 100 年あたりおよそ 1.2°C の割合で上昇しています。特に、1990 年代以降、高温となる年が頻繁にあらわれています。日本の気温上昇が世界の平均に比べて大きいのは、日本が、地球温暖化による気温の上昇率が比較的大きい北半球の中緯度に位置しているためと考えられます。

気温の上昇にともなって、熱帯夜（夜間の最低気温が 25°C 以上の夜）や猛暑日（1 日の最高気温が 35°C 以上の日）は増え、冬日（1 日の最低気温が 0°C 未満の日）は少なくなっています。

1 日に降る雨の量が 100 ミリ以上というような大雨の日数は、長期的に増える傾向にあり、地球温暖化が影響している可能性があります。

参考 気象庁 https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn.html、2020 年 12 月 確認

3) 豊凶

ブナは2011年、2015年に豊作があった。また並作は2015年までは豊作と合わせれば2年に一度であったが、2016年以降は2年に一度など間隔が1年のびるなど期間が長くなる傾向があった。ミズナラは2010年だけは、凶作であったが基本的には並作あるいは豊作で、2013年は豊作となった。コナラも同様の傾向で2013年が豊作となり、凶作は期間中は見られなかった。241林班た小班、る小班的漸伐試験地を設置する際は、ブナの豊作年のあたり、2015年のイヌワシの第1次餌場創出試験地を設置した年もブナの豊作年にあたっていた。ちなみに、2014年～2016年は谷川岳エコツアーリズムの簡易モニタリング調査でもブナの豊凶は同様の傾向を示した（谷川岳エコツアーリズム協議会 <http://www.tanigawadake-eco.com/category/information/>、2020年12月確認）。

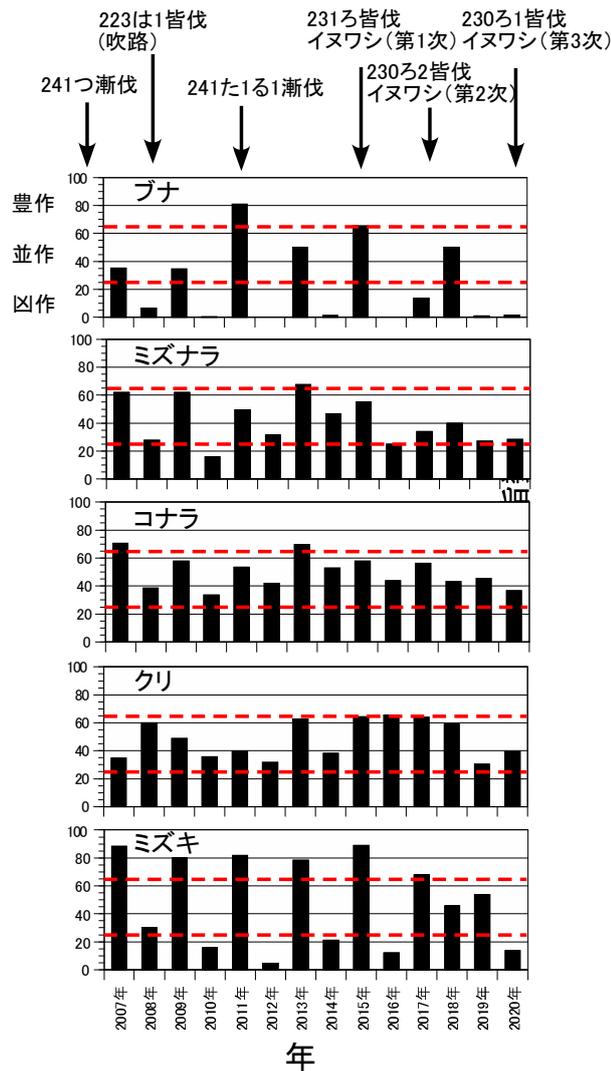


図 1.1- 2007 年から 2020 年の豊凶指数と試験地設置に伴う伐採時期

4) 光条件

伐採方向を東西に設定した場合、南側に建物があった場合の距離に応じた日照時間の違いによって近似できる。日照時間は、想定する場所の緯度・経度、建物の高さ、建物からの距離、日時によって決まる（参考 日照時間計算 <https://keisan.casio.jp/exec/system/1176871247>、2020年12月確認）。ここでは、241林班つ小班のカラマツ人工林の試験地において伐採幅ごとの積算日照時間を求めた。すなわち、伐採区の南側のカラマツ（30m）からの距離に応じた日照時間を4月から9月の成長期に関して積算した。1伐2残の間伐に相当する4mと20m、30m、40m幅を想定して積算をしたところ、図1. 1-に示すように伐採幅と積算日照時間の間には非線形の関係があり、30m以上で2500時間に漸近していくことがわかった。積算日照時間が半減するのは約5mである。

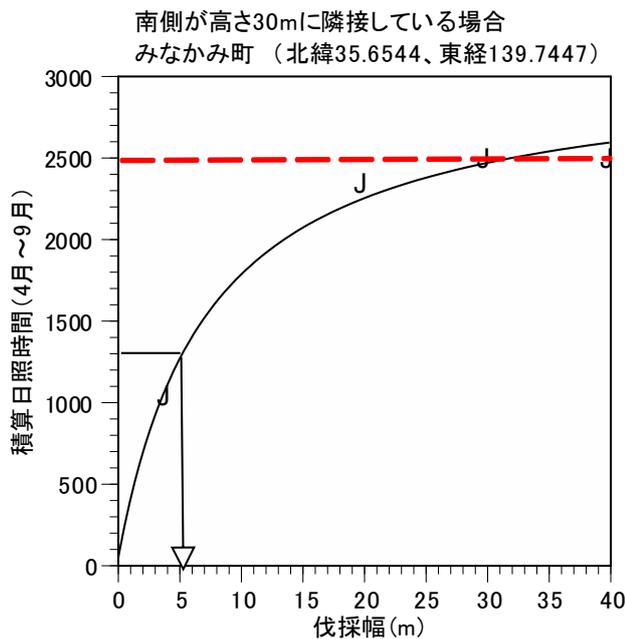


図1. 1- 伐採幅の違いによる積算日照時間（4月～9月）

南側に30mのカラマツが立つことを想定した時の伐採幅ごとの日照時間を4月から9月までを積算した。

みなかみ町の北緯35度、東経139度から計算された。

人工林の特性

5) 復元試験地の復元適地の評価

赤谷プロジェクトエリアにおいて、人工林の履歴や自然林からの距離に応じて自然林への復元のしやすさを評価した（関東森林管理局 2015）。この時は広葉樹林化ハンドブックを参照して自然林からの距離 100m で区分し、適（1 代前広葉樹林、100m 未満）、やや適（1 代前針葉樹 100m 未満あるいは広葉樹林 100m 以上）、やや不適（1 代前針葉樹林 100m 以上、草地 100 未満）、不適（1 代前草地、100m 以上）とした。例えば 244 林班へ 3 小班は、この評価にしたがうと、1 代前が広葉樹林で 100m 以内なので適と判定される。しかし、その後人工林内の広葉樹の混交率データ（空中写真判読）（関東森林管理局 2015）の整備やコナラやミズナラの実生の分布がせいぜい 30m 以内であること（長池 2014；図 1.1-参照）から、復元適地の評価に加えた（図 1.1-）。その結果復元のしやすさに応じて 12 段階が区分された。赤谷プロジェクトエリア全体の区分ごとの面積率をみると、1 代前の人工林が広葉樹林であった面積率は 65% となり、比較的復元しやすいと考えられるが、自然林からの距離が 30m 以上、混交率 50% 以下の面積が 27.2% と高いため、やはり復元は困難を伴うと予想される（表 1.1-a）。ちなみに最も復元可能性が高い人工林（1 代前広葉樹林、30m 以内、混交率 50% 以上）は 6.9% であった。エリアごとの面積率を比較してみると、奥山エリアに近接し、自然林からの距離が近く復元適地が多いと想定される、エリア 1 は、1 代前の人工林が広葉樹林であった面積率は 76% で、復元しやすい場所が多いと想定されるが、自然林からの距離が 30m 以上、混交率 50% 以下の面積が 29.4% と困難な人工林の割合も多くなっていた。最も復元可能性が高い人工林は、11.9% と高かった。一方、エリア 2 は、1 代前の人工林が広葉樹林であった面積率は 68% で、自然林からの距離が 30m 以上、混交率 50% 以下の面積が 29.0% と困難な人工林の割合も多くなっていた。最も復元可能性が高い人工林は、6.2% だった。

スギ人工林から 100m 以内に広葉樹林がある場合は、ない場合よりも広葉樹の成木、稚樹ともに密度が高くなっていること（長池ら 2009）や施業履歴が同一な人工林を比較した場合、保残帯（隣接自然林）に生育する広葉樹の更新は、一代目林分の方が優位であることが示されている（長池 2010）。しかし、ブナ属の実生は非常に少なく、伐採時の豊凶が影響しているのではないかとしている。伐採前の人工林の復元適地を考える場合、1 代目で 100m 以内であれば天然更新している可能性が高いと考えられることから、伐採前の復元適地評価である 100m と伐採後の復元適地評価としての 30m を両面から検討する必要がある。

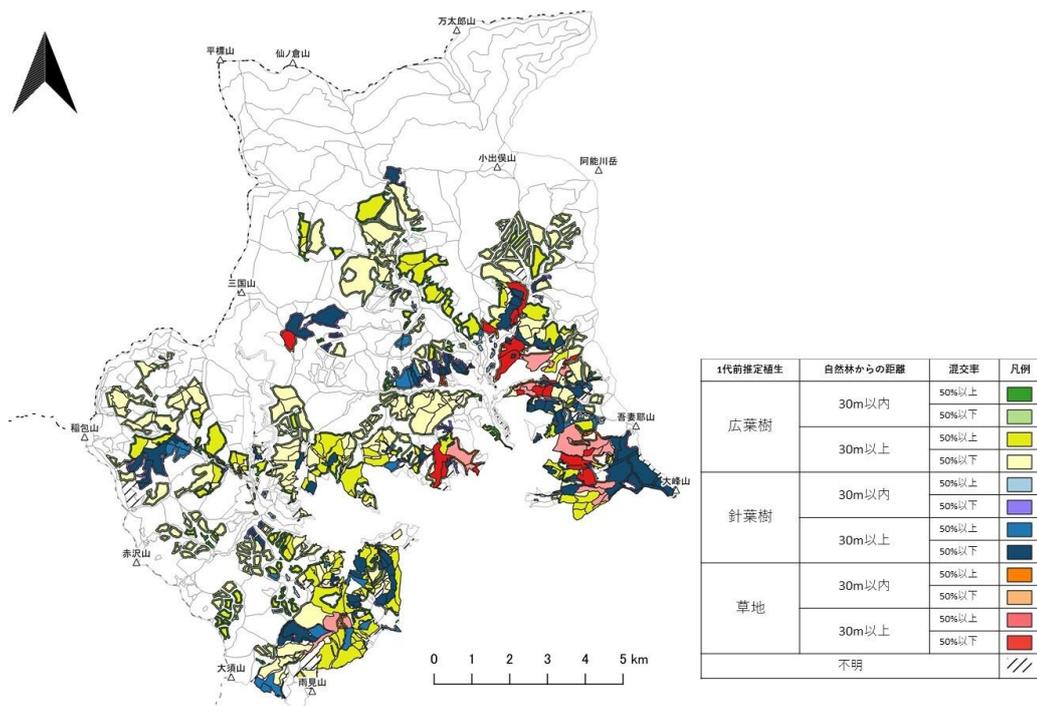


図 1.1- 履歴、自然林からの距離、広葉樹混交率からみた復元適地の推定

自然林からの距離を 30m に設定した場合の推定。広葉樹混交率は空写真判読による。

表 1.1- a 区分ごとの面積と面積率 (赤谷プロジェクトエリア全体)

全体					
1代前の植生	自然林からの距離	混交率	面積(m ²)	面積 (ha)	面積率
広葉樹林	30m以内	50%以上	2070876	207.1	6.9
		50%以下	3779350	377.9	12.5
	30m以上	50%以上	5455406	545.5	18.1
		50%以下	8212041	821.2	27.2
針葉樹林	30m以内	50%以上	494547	49.5	1.6
		50%以下	861720	86.2	2.9
	30m以上	50%以上	936903	93.7	3.1
		50%以下	3624081	362.4	12.0
草地	30m以内	50%以上	231741	23.2	0.8
		50%以下	221821	22.2	0.7
	30m以上	50%以上	1335614	133.6	4.4
		50%以下	1159497	115.9	3.8
不明			1762097	176.2	5.8
総計			30145694	3014.6	100.0

表 1.1- b 区分ごとの面積と面積率 (赤谷プロジェクト エリア1)

エリア1					
1代前の植生	自然林からの距離	混交率	面積(m ²)	面積 (ha)	面積率
広葉樹林	30m以内	50%以上	585415	58.5	11.9
		50%以下	775717	77.6	15.8
	30m以上	50%以上	928266	92.8	18.9
		50%以下	1441004	144.1	29.4
針葉樹林	30m以内	50%以上	94290	9.4	1.9
		50%以下	338622	33.9	6.9
	30m以上	50%以上	120578	12.1	2.5
		50%以下	579764	58.0	11.8
草地	30m以内	50%以上	0	0.0	0.0
		50%以下	20596	2.1	0.4
	30m以上	50%以上	0	0.0	0.0
		50%以下	13709	1.4	0.3
不明			7129	0.7	0.1
総計			4905090	490.5	100.0

表 1.1- c 区分ごとの面積と面積率 (赤谷プロジェクト エリア2)

エリア2					
1代前の植生	自然林からの距離	混交率	面積(m ²)	面積 (ha)	面積率
広葉樹林	30m以内	50%以上	219034	21.9	6.2
		50%以下	693731	69.4	19.6
	30m以上	50%以上	454365	45.4	12.9
		50%以下	1023727	102.4	29.0
針葉樹林	30m以内	50%以上	43576	4.4	1.2
		50%以下	61271	6.1	1.7
	30m以上	50%以上	3781	0.4	0.1
		50%以下	374864	37.5	10.6
草地	30m以内	50%以上	0	0.0	0.0
		50%以下	105401	10.5	3.0
	30m以上	50%以上	0	0.0	0.0
		50%以下	436914	43.7	12.4
不明			115204	11.5	3.3
総計			3531868	353.2	100.0

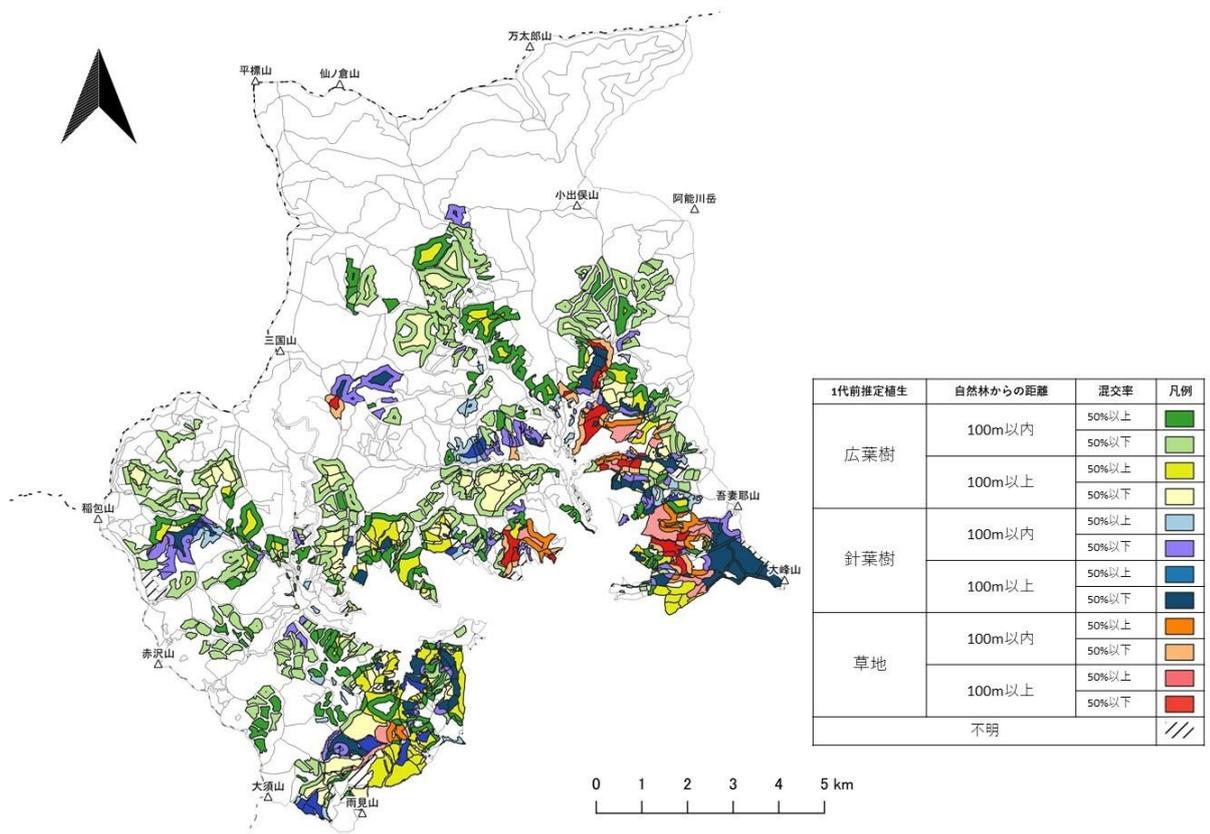


図 1.1- 履歴、自然林からの距離、広葉樹混交率からみた復元適地の推定

自然林からの距離を 100m に設定した場合の推定。広葉樹混交率は空写真判読による。

表 1.1- a 区分ごとの面積と面積率（赤谷プロジェクトエリア全体）

全体					
1代前の植生	自然林からの距離	混交率	面積(m ²)	面積 (ha)	面積率
広葉樹林	100m以内	50%以上	4611307	461.1	15.3
		50%以下	8567197	856.7	28.4
	100m以上	50%以上	2914973	291.5	9.7
		50%以下	3424193	342.4	11.4
針葉樹林	100m以内	50%以上	895165	89.5	3.0
		50%以下	2193728	219.4	7.3
	100m以上	50%以上	536282	53.6	1.8
		50%以下	2292074	229.2	7.6
草地	100m以内	50%以上	681562	68.2	2.3
		50%以下	694733	69.5	2.3
	100m以上	50%以上	885790	88.6	2.9
		50%以下	686587	68.7	2.3
不明			1762095	176.2	5.8
総計			30145686	3014.6	100.0

表 1.1- b 区分ごとの面積と面積率 (赤谷プロジェクト エリア1)

エリア1

1代前の植生	自然林からの距離	混交率	面積(m ²)	面積 (ha)	面積率
広葉樹林	100m以内	50%以上	1249438	124.9	25.5
		50%以下	1816026	181.6	37.0
	100m以上	50%以上	264246	26.4	5.4
		50%以下	400690	40.1	8.2
針葉樹林	100m以内	50%以上	178245	17.8	3.6
		50%以下	777482	77.7	15.9
	100m以上	50%以上	36624	3.7	0.7
		50%以下	140906	14.1	2.9
草地	100m以内	50%以上	0	0.0	0.0
		50%以下	34305	3.4	0.7
	100m以上	50%以上	0	0.0	0.0
		50%以下	0	0.0	0.0
不明			7129	0.7	0.1
総計			4905091	490.5	100.0

表 1.1- c 区分ごとの面積と面積率 (赤谷プロジェクト エリア2)

エリア2

1代前の植生	自然林からの距離	混交率	面積(m ²)	面積 (ha)	面積率
広葉樹林	100m以内	50%以上	505327	50.5	14.3
		50%以下	1393656	139.4	39.5
	100m以上	50%以上	168071	16.8	4.8
		50%以下	323803	32.4	9.2
針葉樹林	100m以内	50%以上	47356	4.7	1.3
		50%以下	165199	16.5	4.7
	100m以上	50%以上	0	0.0	0.0
		50%以下	270937	27.1	7.7
草地	100m以内	50%以上	0	0.0	0.0
		50%以下	298208	29.8	8.4
	100m以上	50%以上	0	0.0	0.0
		50%以下	244107	24.4	6.9
不明			115203	11.5	3.3
総計			3531867	353.2	100.0

6) 人工林の林齢

列状間伐は概ね30-40年生まで、やや間伐遅れの林分に対して行われてきた。一度ならず二度目の列状間伐を実施することには注意が必要で、50年生以上くらいの伐期を迎えたあとの林分に対しては、長伐期施業を行っていく林分に対しての積極的な列状間伐の実施は復元にとって困難が予想される。生物多様性復元施業群、人工林整備型長伐期施業群において列状間伐を実施する場合、林齢の若い林分で実施するといったような条件を記述するのが良い。人工林としての林齢が高ければ、土壌条件や林内の前生樹の分布などから復元にとっては困難が予想される。2010年における人工林の林齢別面積は、30~39年生、40~49年生で最も高くそれぞれ約1000haだった(藤田2014)。10年経過し、20~29年生が減少し、50~59年生が増加しており、伐期齢にきた林分が多くなってきている(図1.1-)。

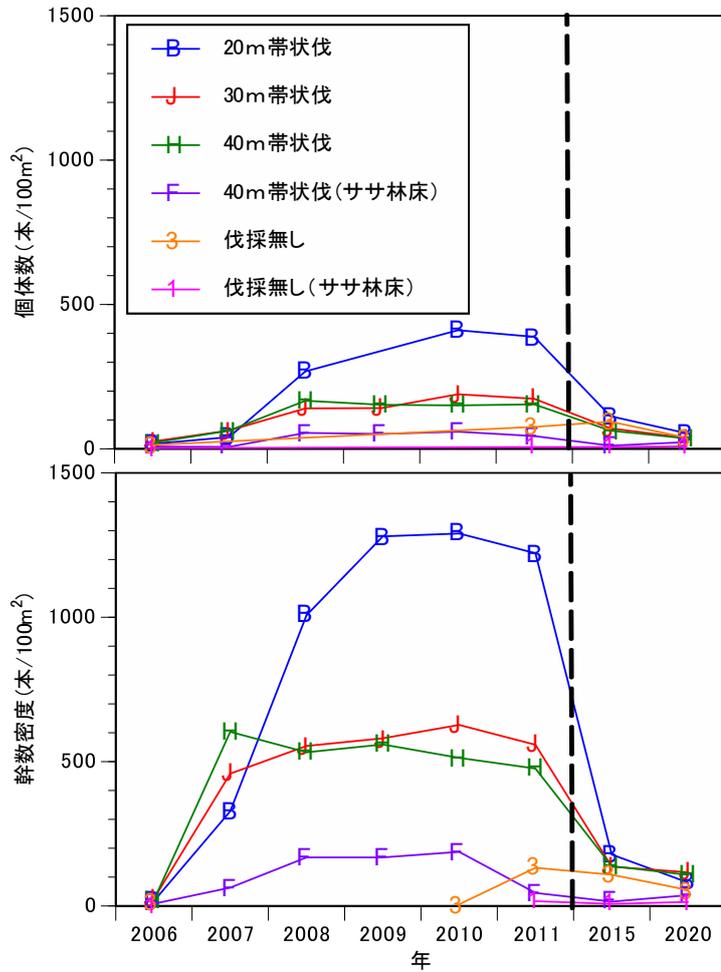


図 1.1- 伐採幅ごとの個体数と幹数密度の変化 (2006 年伐採) 241 林班つ小班
稚樹と成木を含む。

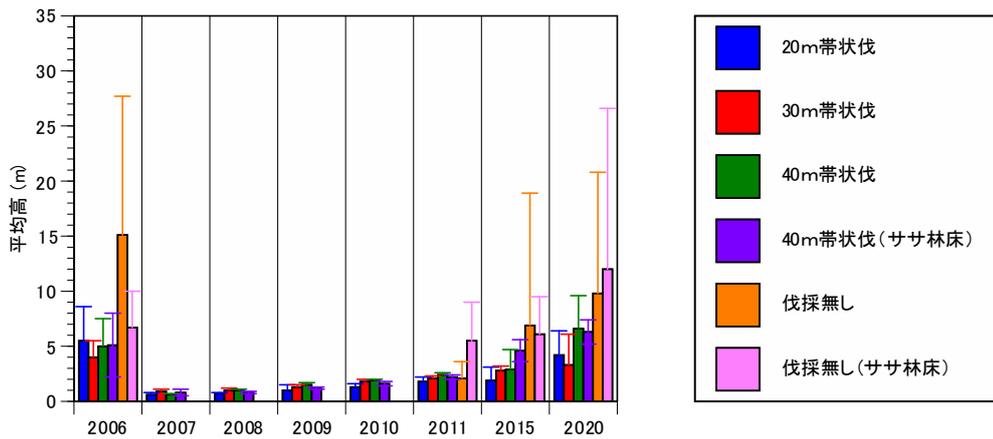


図 1.1- 伐採幅ごとの平均樹高の変化 (2006 年伐採) 241 林班つ小班
稚樹と成木を含む。

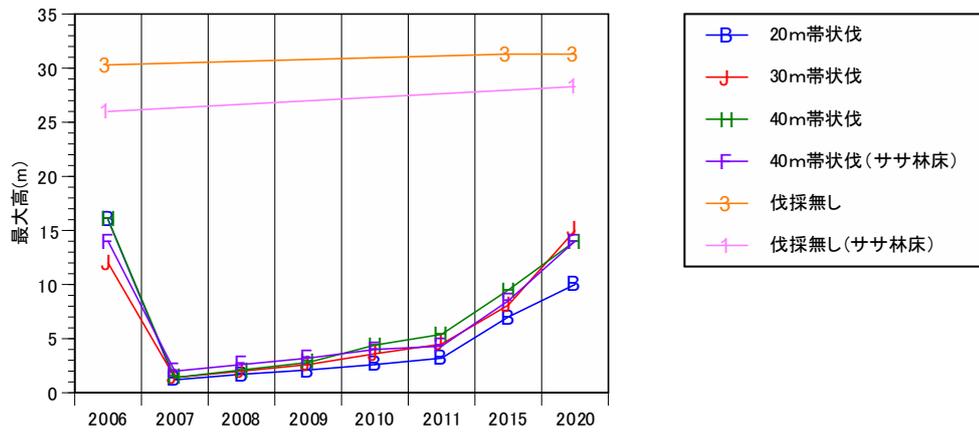


図 1.1- 伐採幅ごとの最大高 (m) の変化 (2006 年伐採) 241 林班つ小班
稚樹と成木を含む。

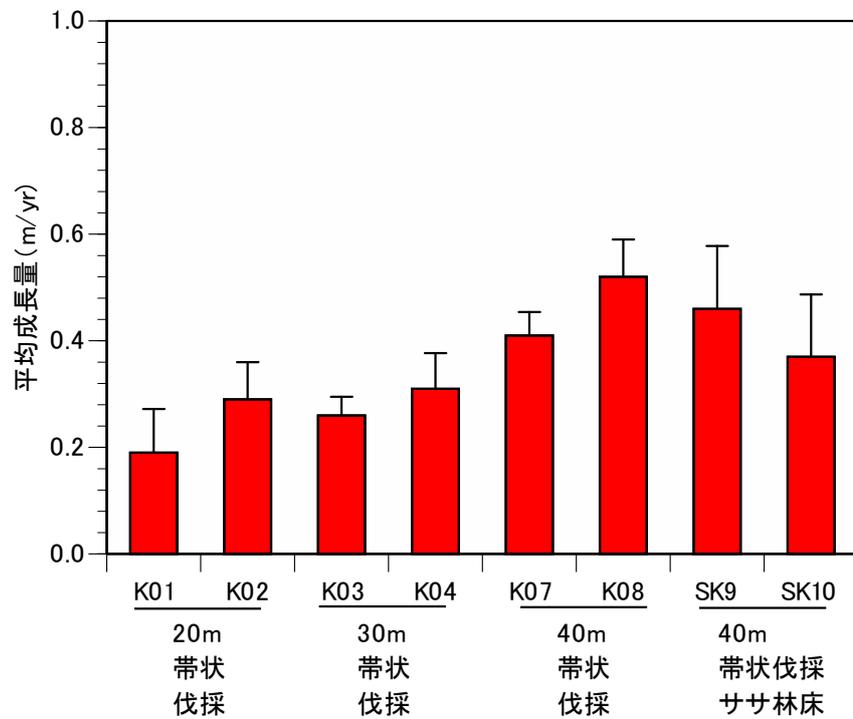


図 1.1- 伐採幅ごとの 14 年間の樹高相対成長量 (\pm SE) (m/yr) の変化 (2006 年伐採)
241 林班つ小班
稚樹と成木を含む。

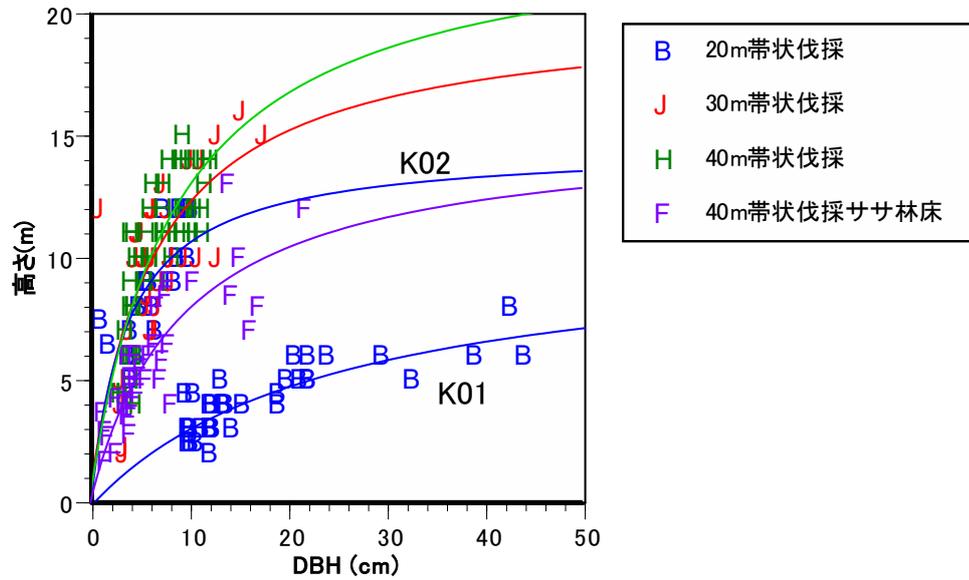


図 1. 1ー 伐採幅の違いによる群落のD-H関係
 拡張相対成長式 (小川 1980) を伐採条件ごとに適用した。

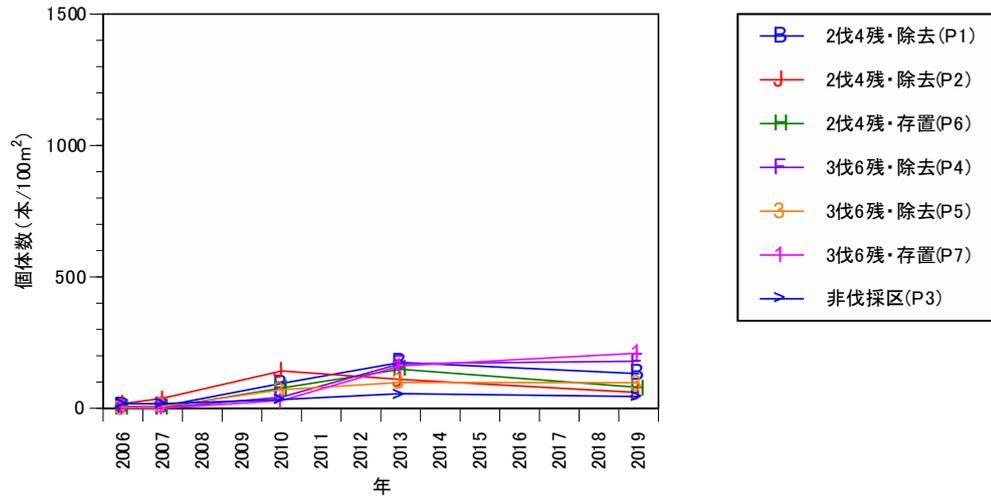


図 1. 1ー 伐採幅ごとの個体数と幹数密度の変化 (2004 年伐採) 244 林班へ 3 小班
 稚樹と成木を含む。2 伐は 4m 幅、3 伐は 6m 幅に相当する。

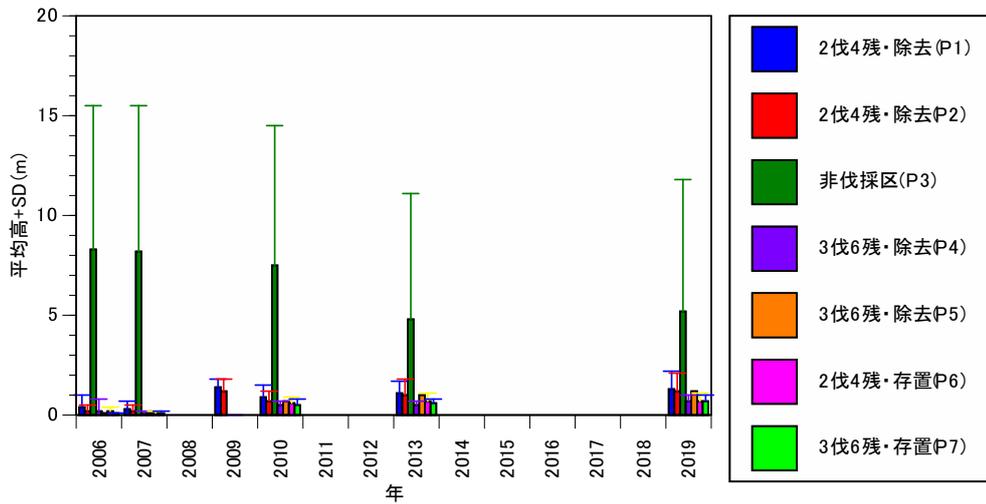


図 1.1- 伐採幅ごとの平均樹高の変化 (2006 年伐採) 244 林班へ 3 小班
稚樹と成木を含む。2 伐は 4m 幅、3 伐は 6m 幅に相当する。

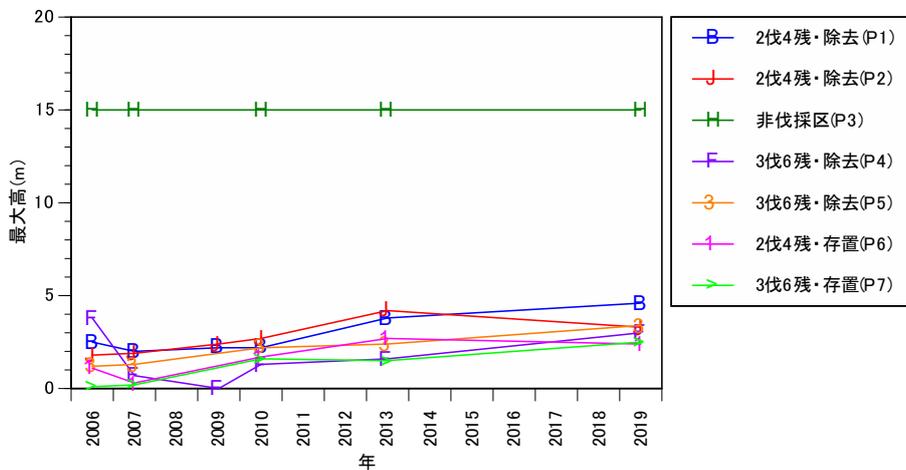


図 1.1- 伐採幅ごとの最大高 (m) の変化 (2006 年伐採) 244 林班へ 3 小班
稚樹と成木を含む。2 伐は 4m 幅、3 伐は 6m 幅に相当する。

8) 自然林から距離の違いが復元に及ぼす影響

241 林班た小班、る小班の漸伐試験地と 223 林班は 1 小班的皆伐試験地で自然林からの距離の効果を検証できるように距離に応じてプロットを設定した。241 林班た小班に設置した 2 代目人工林では、自然林からの距離 10m、50m、60m、100m、200m、1 代目人工林では、10m、50m、100m に設置して侵入状況を測定した (図 1.1-)。しかし、2 代目では、むしろ自然林からの距離が離れた方が個体数が多くなるなど、ここでは伐採後に成立した初期再生群落では、種組成、個体数、樹高に関して自然林からの距離の効果が認められなかった。

一方、223 林班は 1 小班においては、30m、60m、100m にプロットを設置して侵入状況を測定した。個体数は、6 年目 (2014 年) までは、あまり違いがなかったが、10 年目 (2019 年) には、自然林から近い 30m では増加傾向を示したが、60m、100m は減少した (図 1.1-)。

2019 年に皆伐されたイヌワシの餌場試験地 (第 3 次) 230 林班ろ 1 小班で測定されたミズナラ実生の個体数とミズナラ林からの距離との関係を調査したところ、自然林からの距離に応じてミズナラの実生の個体数が減少していくことがわかり、その範囲はおよそ 30m 以内であることがわかった (図 1.1- 参照)。

試験地ごとに対象となる近接する自然林の伐採地に対する配置を見てみると、241 林班た小班は南西側、241 林班る小班は北西側、223 林班は1 小班は北東側、230 林班ろ1 小班は北東側であった。伐採幅の違いによる積算日照時間（4月～9月）（図1. 1- ）のモデルから自然林からの距離を設定した場合にも、積算日照時間の関係は成立し、特に241 林班た小班のように南側に自然林が配置されていた場合光条件の制約を受けると考えられる。241 林班た小班では、自然林からの距離による効果が認められなかったが、南側に位置するコナラ自然林が20m であるため、10m の範囲で光条件の制約を受けている可能性がある。

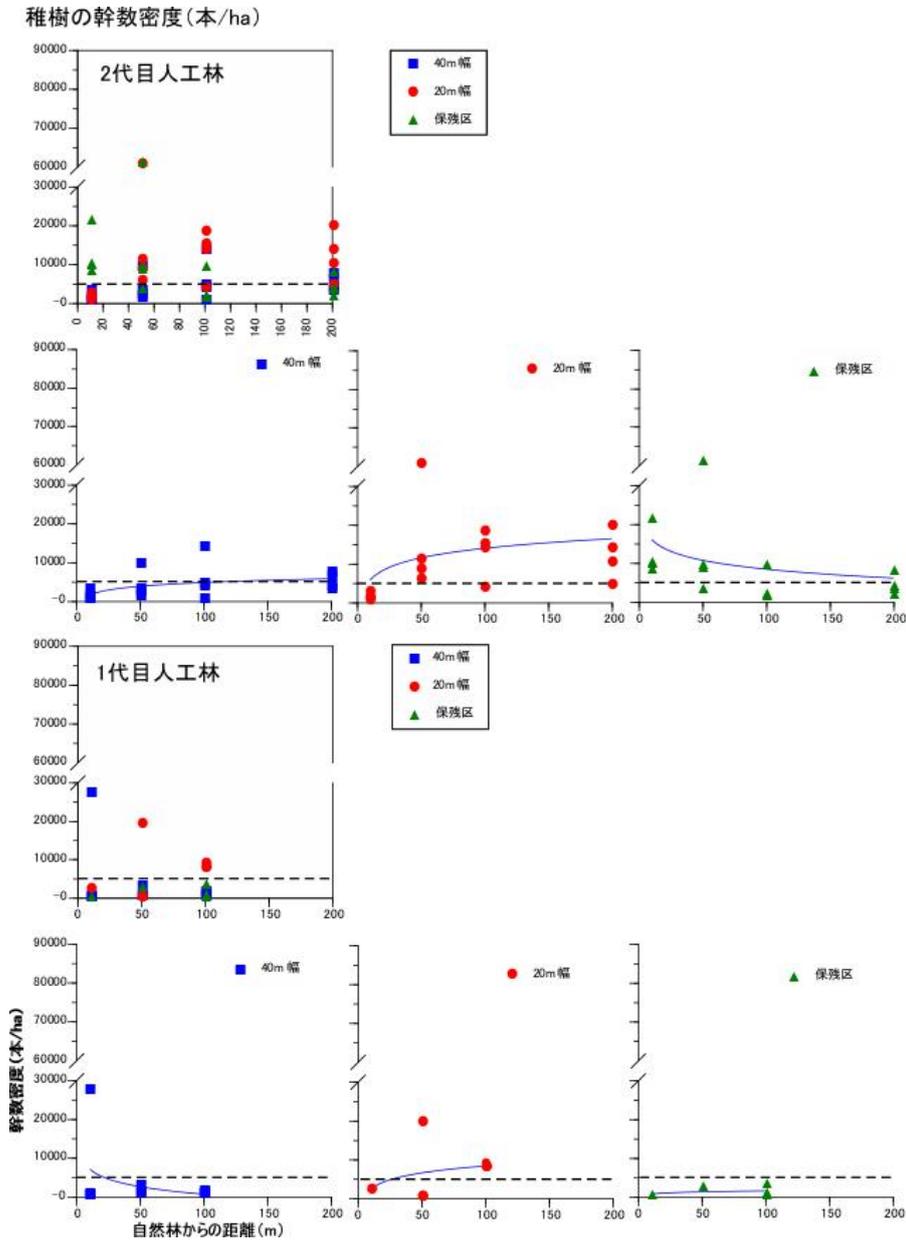


図1.1- 自然林からの距離と稚樹個体数の関係（2011、2012、2014、2016年含む）241 林班た小班、る小班 2011年伐採後の自然林からの距離ごとの年ごと幹数密度を示す。

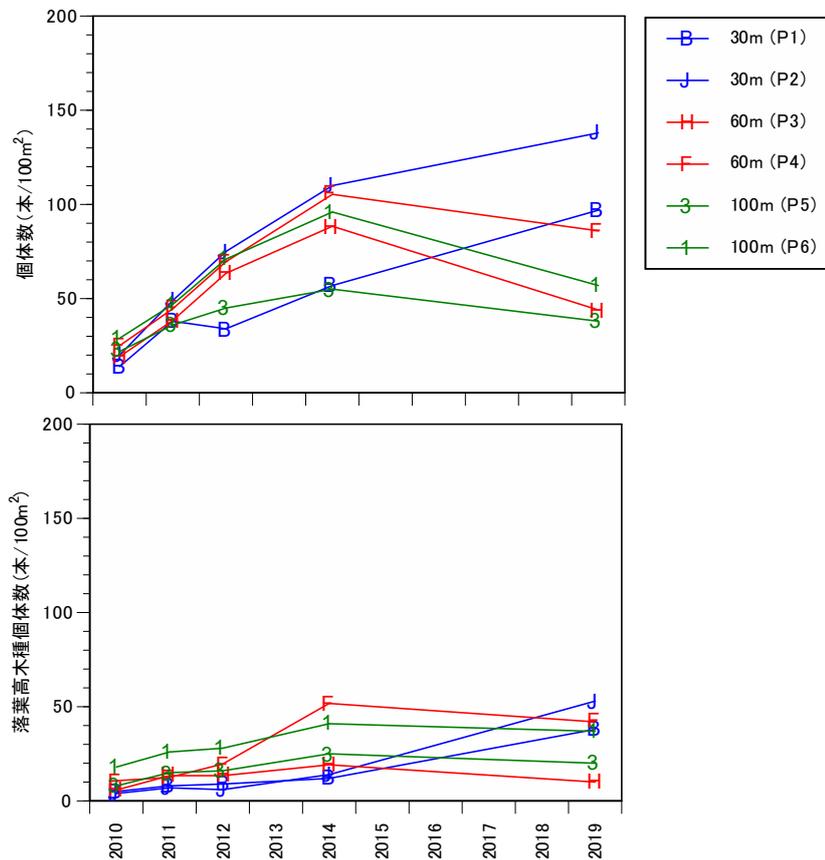


図 1.1- 自然林からの距離と稚樹+成木個体数の関係 (223 林班は 1 小班)

(a) 全体、(b) 落葉高木種を示す。2008 年伐採後の個体数の推移。自然林からの距離が近い 30m で全体、および落葉高木種の個体数が増加していた。

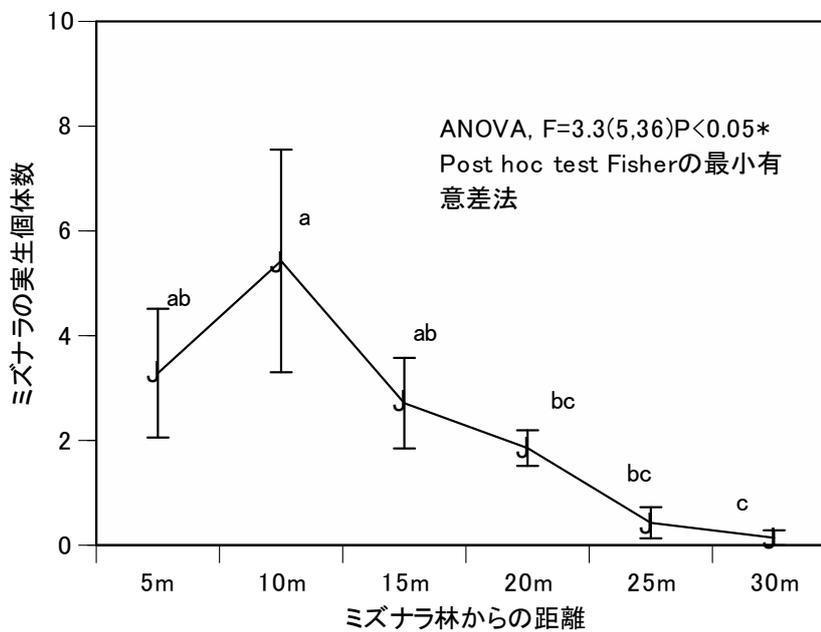


図 1.1- 2019 年に皆伐されたイヌワシの餌場試験地 (第 3 次) 230 林班ろ 1 小班で測定されたミズナラ実生の個体数とミズナラ林からの距離との関係

2020 年 9 月 29 日幅 35m× ミズナラ林からの距離 30m の範囲で調査を行った。

9) 履歴

人工林を天然林に転換する上では将来的に天然林の林冠を構成しうる樹木が人工林内にどれだけ天然更新しているかを把握することが重要であるとされている (Igarashi and Kiyono 2008)。人工林に出現する樹種に及ぼす要因としては、人工林の土地利用前歴と施業履歴 (Usugi et al. 2006) や種子の供給源となる母樹源からの距離 (Kodani 2006)、さらに母樹源からの距離が近いと天然更新が豊富である (長池ら 2009) こと、中でも土地利用前歴が重要であるとされている (Ito et al. 2004) が指摘されている。また、施業前歴が同一な人工林を比較した結果、保残帯に生育する広葉樹の更新は、新たに林種転換した一代目の方が二代目に比べて優位であることが指摘されている (長池ら 2010)。二代目は保残帯からの距離が遠い程サルナシのようなツル性種が多く、高木性樹種が更新しにくいこと、鳥散布種子が多く、保残帯に出現する種があまり更新していないという特徴を示した (長池ら 2010)。

また、広葉樹林からの距離に応じた種子散布制限が天然更新に影響を及ぼしており、広葉樹林からの距離が 100m 以内であることが天然更新した稚樹密度に影響していると指摘されている (長池ら 2009)。したがって、対象地の土地利用前歴の把握と自然林からの距離を把握しておくことは、そもそも土地利用前歴によって人工林内に更新している樹種や密度が異なること、種子散布制限により広葉樹林からの距離に応じて天然更新が影響を受ける可能性があることが示唆された。

なお、241 林班た小班、る小班において、一代目人工林と二代目人工林の比較を行っているが、伐採方向の相違、地形 (傾斜角) (長池ら 2010)、土地利用前歴、自然林の配置などが異なるため履歴のちがいによる復元への影響を検証するには比較が困難である。

■復元に向けての対応

・自然林からの距離が 100m 以内で一代目人工林であれば、もともと林内に自然林の行性樹種が更新している可能性が高いため自然林復元に有利であると考えられる。

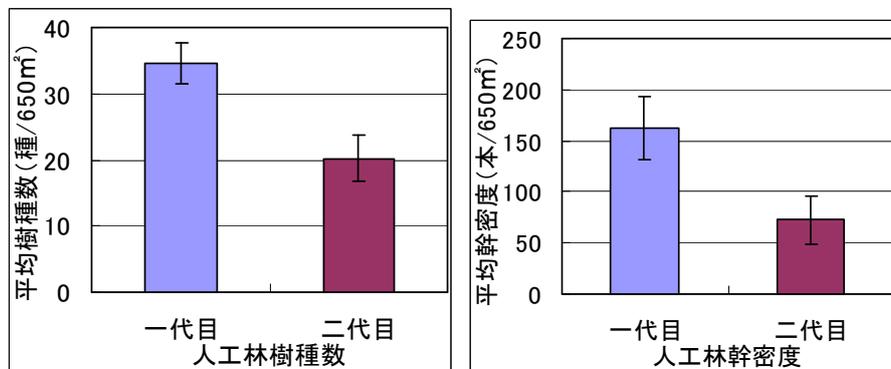


図 1.1- 人工林から天然更新した樹種数 (左図) と幹数密度 (右図) (縦棒は標準偏差を示す) (長池ら 2010) H21 年度報告書より

10) 広葉樹保残が復元に与える影響

広葉樹保残の効果については 241 林班た小班、る小班で検証を行った (表 1.1-8)。(H28 年度報告書) その結果、ハルニレについては、保残することで周辺に実生の分布が確認され、効果が確認された。おそらく、他の樹種に関しても、広葉樹林からの距離や履歴により種子散布制限がある (長池 2009) とすれば、有効に機能すると想定され、広葉樹保残の効果は大きいと考えられる。しかし、単木的な保残では雪や風の影響を受けやすく母樹への物理的障害が大きいため、団地状に保残、あるいは周辺の植栽木などを伐り残すなどの処置が有効とされた。

特に二代目人工林や自然林からの距離が遠い場合、初期再生段階では、伐採前の前生樹からの実生更新や萌芽更新が大きいため広葉樹が保残されていても新規の個体群の定着が困難になることも予想される（長池ら 2013、関東森林管理局 2014、関東森林管理局 2020）。

表 1.1-8 241 林班た小班、る小班における広葉樹保残の効果（5 年目調査）

地点番号 自然林からの距離(m) 種数			29	32	28	33	29	32	28	33	29	32	28	33
			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			1	1	3	5	9	7	9	12	1	0	4	0
森林の区分			2代目人工林											
			実生				稚樹				成木			
伐採方法 散布型 生活型			20m帯状伐採		20m帯状伐採(広葉樹保残)		20m帯状伐採		20m帯状伐採(広葉樹保残)		20m帯状伐採		20m帯状伐採(広葉樹保残)	
スギ	風	常緑針葉高木	25					4		4				
キハダ	周食	落葉高木												1
ミズキ	周食	落葉高木			50		4		24	8				
クマノミズキ	周食	落葉高木				25	16		4	4				
オオバアサガラ	周食	落葉高木						8	2	4				
オニグルミ	貯食	落葉高木												1
ミズメ	風	落葉高木		25					4					
ハルニレ	風	落葉高木			75									4
リョウブ	風	落葉高木				50	8			12				
マルバアオダモ	風	落葉高木				50								
アカイタヤ	風	落葉高木					4							
ウダイカンバ	風	落葉高木							4	4				
オニイタヤ	風	落葉高木												1
アオダモ	風	落葉高木						4		4				
ウリハダカエデ	風	落葉高木								4				
ヌルデ	周食	落葉小高木				25								
エゴノキ	周食	落葉小高木					8			4				
ヤマウルシ	周食	落葉小高木						4						
ニワトコ	周食	落葉小高木								4				
アブラチャン	周食	落葉低木			75		12	24	28					
キブシ	周食	落葉低木				25			16	4				
サンショウ	周食	落葉低木					12	4	24					
オオバクロモジ	周食	落葉低木					4	4						
ヤマグワ	周食	落葉低木							8					
タラノキ	周食	落葉低木									4			
ムラサキシキブ	周食	落葉低木								24				
総計			25	25	200	175	68	52	114	80	4	0	7	0

1.1.4 考察

1) 自然環境からみた復元試験地の位置づけ

赤谷の森は、赤谷湖のバックウォーターの 545m から仙ノ倉山 2026m の標高差 1500m に及ぶ。気候によって規定される植生帯区分は、温帯（夏緑樹林帯）700～1700m、亜高山性針葉樹林帯及び亜高山性夏緑樹林並びに偽高山帯が主に区分された（長島 2014）。900m までを現地状況や温量指数からクリーコナラ群集として区分している。また、温量指数から群馬の植生垂直分布は、600m まで暖温帯常緑広葉樹林、450m～800m 中間温帯林、600m～1600m 冷温帯落葉広葉樹林としている（須藤 1977）。今回、川古温泉（697m）～黒金山山頂（1656m）5か所、月夜野ホテルの里（468m）、真沢（589m）に温湿度ロガーを設置して 2019 年 11 月から 2020 年 10 月までの一年間の標高別を気温データを得ることができたため、このデータに基づいて年平均気温、温量指数（WI）、最寒月平均気温（CMT）、寒さの指数（CI）を求め、植生帯区分を試みた。その結果、600m まで暖温帯常緑広葉樹林、600m～1000m 中間温帯林、1000m～1600m 冷温帯落葉広葉樹林であることがわかった。ただし、昨年度は暖冬だったこともあり、年により前後する可能性があることから、引き続き継続してモニタリングを行い平年値に近い値から植生帯区分を行えるとよい。

赤谷の森は暖温帯から中間温帯をへて冷温帯にいたる移行地域に相当すると考えられる。したがって、試験地や復元対象地の植生区分を知ること目標となる植生を明確にすることができ、近年の温暖化傾向から移行部ではどちらの植生復元を目指すかの指標になりうる。

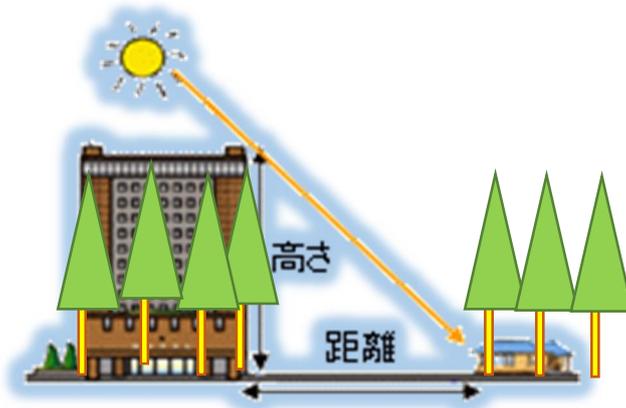
2) 伐採幅の違いが復元に及ぼす影響

赤谷プロジェクト発足当初から自然林復元を誘導する手段として光条件を改善するために伐採幅を変えて復元状況を把握する試みを実施してきた（関東森林管理局 2007）。これは人工林を自然林に転換するためにできる植生管理の一つとして伐採幅を変えることが検討されたことによる（関東森林管理局 2009）。244 林班へ 3 小班における間伐（伐採幅 4m と 6m）、241 林班つ小班における漸伐（伐採幅 20m、30m、40m）、241 林班た小班、る小班（伐採幅 20m、40m）さらに、223 林班は 1 小班における皆伐（伐採幅無限）などである。この間、人工林内における相対光量子束密度の測定（長池ら 2009、関東森林管理局 2011、2012、2014）、相対日射量（長池ら 2010）、魚眼レンズによる空隙率（関東森林管理局 2012、2013、2015、2017）が測定された。しかし、現場での光環境の測定は瞬時値であること、植物の成長にともない被陰されてしまうことなどばらつきが大きくなり、年間を通した伐採幅による光環境のちがいが表現できない。

そこで、南側の植栽木からの距離に応じた日照時間を想定して展葉期の積算日照時間（4 月～9 月）を算出した（イラスト参照）。この場合、東西方向に間伐、あるいは漸伐を行ったことを想定している。結果には、4m（2 伐 4 残）、20m、30m、40m 幅における積算日照時間を示した。積算日照時間は、対象とする地域の緯度経度によって変化する値である。厳密には、南側の植栽木からの距離に応じて積算日照時間が変化してしまうが、近似値として今回は、最大距離における日照時間を採用する。その結果、伐採幅と積算日照時間の間には非線形曲線で回帰することができ、30m 以上で 2500 時間に漸近していくことがわかった。このことから 20m 帯状伐採区では、積算日照時間が減少し始め 4m では 2500 時間の半分以下となった。このことから、30m や 40m 幅と比較すると個体数の侵入、定着、成長は、特に南側の遮蔽物（植栽木）による積算日照時間の違いにより近似され、樹高成長は抑制されるものと推定された。

実際、241 林班つ小班における 14 年目の伐採地ごとの D-H 関係からわかるように 30m 帯状伐採区、40m 帯状伐採区、40m 帯状伐採区ササ林床においては、肥大成長よりも樹高成長を優先させているのに対して、20m 帯状伐採区においては顕著に樹高成長が抑制され（K01）、肥大成長に移行している様子が観察された。

この関係は、自然林と伐採地の位置関係でも認められると予想される。**試験地ごとに対象となる近接する自然林の伐採地に対する配置を見てみると**、241 林班た小班は南西側、241 林班る小班は北西側、223 林班は 1 小班は北東側、230 林班ろ 1 小班は北東側であった。伐採幅の違いによる積算日照時間（4 月～9 月）（図 1. 1- ）のモデルでは植栽木を想定したが、自然林からの距離を想定した場合にも、積算日照時間の関係は成立し、特に 241 林班た小班のように南側に自然林が配置されていた場合光条件の制約を受けると考えられる。241 林班た小班では、自然林からの距離による効果が認められなかったが、南側に位置するコナラ自然林が 20m であるため、10m の範囲で光条件の制約を受けている可能性がある。実際に自然林に隣接するにもかかわらず、自然林構成種の侵入、定着、成長が 10m の範囲で現在でも認められない。土壌による影響も想定されたが、231 ろ（イヌワシ餌場試験地）においても南側の渋沢沿いの自然林（南側）に隣接する部分は、他に比ベヌルデやクサギなどの先駆種の侵入が見られず、前生樹の成長が悪いことが観察された。



■復元に向けての方針

・30～50年生程度のスギ、ヒノキ人工林では間伐を繰り返し行い、明るい林床の光環境を整えて下層植生の発達を図りつつ林分の発達を促し、階層構造がみられるようにしていく。

・間伐等が適切に行われていない場合は林床が暗く前生稚樹が全くみられないことがあるので、前生稚樹を林床に確保してから、上層木を伐採することで広葉樹林化を確実に図る可能性が高くなる。

・冷温帯（東日本）では、いきなり強度の伐採（小面積皆伐など）を行えば、なんらかの広葉樹が繁茂するが、より確実なのは間伐を繰り返し、前生稚樹の定着を確認してから伐採することである。

3) 伐採木の処理方法が復元にどのような影響をするか？

基本的には、伐採木を残置した場合には、林床が伐採木により物理的に覆われてしまうため、実生の発芽・定着に影響を与えると考えられる。ただし、間伐を実施した244へ3の結果からは、はっきりとした違いが見られなかった。試験地の状況等により必ずしも想定通りとはならない場合がある。また、皆伐を行った試験地での枝条の残置の効果については検証が行われておらず、追加の検証が必要である。

■復元に向けての対応

・伐採木はできるだけ更新予定箇所から除去する。また、その後の更新に大きな影響が予想されるため、除去する際に土壌のかく乱を抑制する。同様に伐採木を集材して残置する場合には、その後の更新に大きな影響が考えられるため、分散して残置する。

4) 自然林からの距離の違いが復元に及ぼす影響

基本的に、自然林からの距離が近ければ、種子散布や前生稚樹の蓄積が見られるため復元の際に有利であると考えられる。ただし、試験地では、広葉樹の種類、個体数、樹高成長については、自然林からの距離の効果が明確には認められなかった。これは、伐採前の前生稚樹の分布や環境条件が一様ではないことと、大きく伐採した場合は先駆種や萌芽再生種の成長が速いため、初期の再生群落の優占種に自然林構成種がなりにくいことによると考えられる。

試験地ごとに対象となる近接する自然林の伐採地に対する配置を見てみると、241林班た小班は南西側、241林班る小班は北西側、223林班は1小班は北東側、230林班ろ1小班は北東側であった。伐採幅の違いによる積算日照時間（4月～9月）（図1.1-）のモデルか

ら自然林からの距離を設定した場合にも、積算日照時間の関係は成立し、特に241林班た小班のように南側に自然林が配置されていた場合光条件の制約を受けると考えられる。241林班た小班では、自然林からの距離による効果が認められなかったが、南側に位置するコナラ自然林が20mであるため、10mの範囲で光条件の制約を受けている可能性がある。

■復元に向けての対応

・自然林からの距離が近い方が復元に有利であると考えられる。同じ人工林であるなら自然林からの距離が近い方が、自然林からの種子の侵入を期待できる。

5) 人工林の履歴（1代目/2代目）の違いが復元に及ぼす影響

基本的には、1代目よりも2代目の人工林の方が前生樹の蓄積が少なく、土壌条件も劣化するため、復元にとって不利であると考えられる。伐採前の前生樹の種数や幹数密度が1代目の方が高かった場合でも、伐採後の初期再生群落において組成や幹数密度などにあまり違いが検証されなかった。土壌の違いは、短期的な影響だけでなく中長期的にも影響すると考えられるため、今後、群落の組成や成長に違いが生じる可能性がある。

自然林、赤は2代目人工林、緑は1代目人工林を示す。（H28年度報告書）

6) 広葉樹保残が復元に及ぼす影響

人工林の伐採の際に広葉樹を保残すると、それが林分の複雑性を保持することによる鳥類などの生物群のハビタットとなることに加え、母樹になって継続的な種子供給が期待できるため、自然林復元効果が高いと考えられる。ただし、単木的でなく団地状に保残する方が母樹の維持上効果が高い。

■復元に向けての対応

・人工林内に侵入した広葉樹については、伐採作業の支障とならない範囲で積極的に保残する。保残すべき広葉樹については、植生管理WG等で事前に確認し、伐採方法を検討する。

・小面積皆伐（複層伐）を行う場合は、前生樹や成木が残存する場所で実施し、伐採の際の支障木についても高木種はできるだけ伐採を避けるようにする。

7) ササの有無が復元に及ぼす影響

ササが繁茂していると広葉樹の実生・稚樹の密度は低く抑えられ、上層木を伐採しても改善されなかった。更新に際しては、残存する広葉樹を保残することと豊作年の秋にササ刈りやかき起こしを行うなど更新補助作業が必要である。

■復元に向けての対応

・林床にササが繁茂する人工林の場合、更新が困難であるため残存する広葉樹は保残する。

・母樹周辺のササについては、豊作年の秋にササ刈りやかき起こしを行うことで稚樹を発生させることができたとする報告もある（寫田・工藤1981）。

8) 伐採前の林床植生が復元に及ぼす影響

間伐の場合は林床が保残されることが多いため、伐採後の初期再生群落は基本的に前生樹によるところが大きい。皆伐の場合は、林床が明るくなるため、前生樹の萌芽再生や新規個体の侵入によるところが大きいと考えられる。

■復元に向けての対応

・人工林内の広葉樹を保残するのと同様に伐採前の前生樹をできるだけ保残するようにする。

9) 皆伐の際に生物多様性復元に配慮した伐採、再造林の方法

皆伐の際には、広葉樹保残、希少種の保全等の生物多様性復元に配慮した伐採方法の検討をする。再造林の際には、植栽樹種、植栽する地形や土壌、林床の植生、植栽密度などに考慮して生物多様性復元に配慮した再造林の方法を検討する。

■結果の概要

・223は1、247い1、248の、248こ、248れ1林小班で検証を行った。

・平成30年度248こ林小班調査を実施し、分収林における生物多様性に配慮した伐採の考え方を整理した。

①広葉樹を保残する伐採:

アカマツ林には、ミズナラ、アオハダ、ウラジロノキ、ウワミズザクラ等の高木種だけではなく、リョウブ、アオダモ、ウリカエデ、エゴノキ、コハウチワカエデ等の広葉樹が高木層や亜高木層に侵入し混交していた。尾根にはブナ、斜面下部にはケヤキの巨樹が残存していた。広葉樹を保残することで鳥類や昆虫類の多様性が増加することが知られている(Lindbladh et al. 2017)。また、広葉樹が残存することで、マイタケやサルノコシカケ等の菌類の多様性が増すこと、残存する広葉樹がブナ科であれば、どんぐりを散布しツキノワグマの餌資源となる可能性も指摘されている。

②希少種の確認:

谷部には、サルメンエビネ(VU:絶滅危惧Ⅱ類)、ツチアケビ(新潟県等他の県ではRDBに記載されている場合がある)が見られた。イヌワシの餌場創出試験を実施した際には、林内にサルメンエビネを発見し、移植した経緯がある。一方では、移植せずに残した個体は消失してしまっただが、移植した個体は半分程度定着した。したがって、主伐前に事前に調査を行い、希少種が確認された場合は、その場所における域内保全が困難である等で他の方法がない場合、記録を残した上で近隣の影響が生じない場所へ移植等の対策を行うことが考えられる。

③契約者との協議:

分収林では、伐採を契約者とともに決めるため、国有林だけで伐採方法を決めることはできない。伐期60年の満期を迎えると伐採の希望を聞くことになる。今回の248林班こ小班では2年後伐採が発生する。再造林にコストがかかるため伐採の延期や権利放棄もあるが、アカマツのように販売が見込めない場合でも一旦は入札を希望するのが通例である。赤谷プロジェクトの趣旨等を理解頂いた上で伐採方法について検討できる可能性があれば、広葉樹やアカマツを伐採せずに長伐期としたり、一部保残することが望ましい。

・皆伐における生物多様性に配慮した再造林の考え方を整理した。

①樹種:

カラマツ、スギ、アカマツ、ヒノキ(ただし、カラマツに関しては現在、苗木供給が困難な状況)。カラマツは落葉樹であるため、適地であればカラマツを選択することで林床における春植物(アズマイチゲ、イチリンソウ等)の種多様性が高まる可能性がある。

②地形:

尾根や斜面上部は、乾燥し貧栄養であることから、ヒノキやアカマツ等の乾燥に比較的強い樹種を選択。湿潤な谷部や斜面下部はスギやカラマツを選択。谷(砂礫堆)は、カラマツの本来の生育地に類似しており、標高が低くても砂礫堆のような場所は適地である可能性が高い。再造林の際には崖地等は避ける。

③土壌:

適潤性黒色土（谷部、下部谷壁斜面）、適潤性黒色土（扁乾亜型）（上部谷壁斜面、頂部斜面）の違いにより樹種を選択。

④林床の状態:

スギ林やヒノキ林では、林床植生の種数や個体数がアカマツ林と比較して少なかった。乾燥し貧栄養な尾根であれば、常緑樹ではヒノキよりはアカマツを選択すると林床植生の多様性が高まる可能性がある。

⑤植栽密度:

従来の 3,000 本/ha の植栽密度を 2,000 本/ha に減らすことで、林床の光環境が改善されることが期待できる。特に、林床植生が豊富な上部谷壁斜面は、造林密度を疎にすることで林内に光を誘導できるため、林床植生の種多様性が高まる可能性がある。

10) 針広混交林の取り扱い

自然林復元を目標としている人工林の中で、広葉樹がすでに混交している場合は、森林の状況を評価した上で森林管理の一環として自然の推移にゆだねることの妥当性を検討する。自然の推移に委ねることが妥当であると判断される場合は生産群から生物多様性復元施業群への転換など取り扱いを検討し、植栽木が優占している場合は植生管理 WG で検討を行い推移を見守るか除伐等の伐採を検討する。

■結果の概要

・自然林への復元を目指すエリア 1、エリア 2、エリア 3、エリア 4 の人工林では、林分へのアクセスが悪く施業が困難な場所がある。このうち広葉樹が混交している人工林については（図 12）、森林の状況を評価した上で森林管理の一環として自然の推移にゆだねることの妥当性を検討するために、人工林の状況を判断するための評価ポイントを示した（表 6、表 7、図 13）。（H30 年度報告書）

■復元に向けての対応

- ・アカマツ人工林は、人為的に植栽されたものだが、自然植生でも尾根上などに見られるため、広葉樹が混交している場合には自然の推移に委ねる。
- ・アカマツ以外の人工林に関しては、伐採しない場合には長期にわたり生存する可能性があるため、必要に応じて除伐するなど検討する。
- ・カラマツ人工林で広葉樹が侵入し混交している場合は、広葉樹を保残し小面積皆伐（複層伐）により復元を進めることができる。

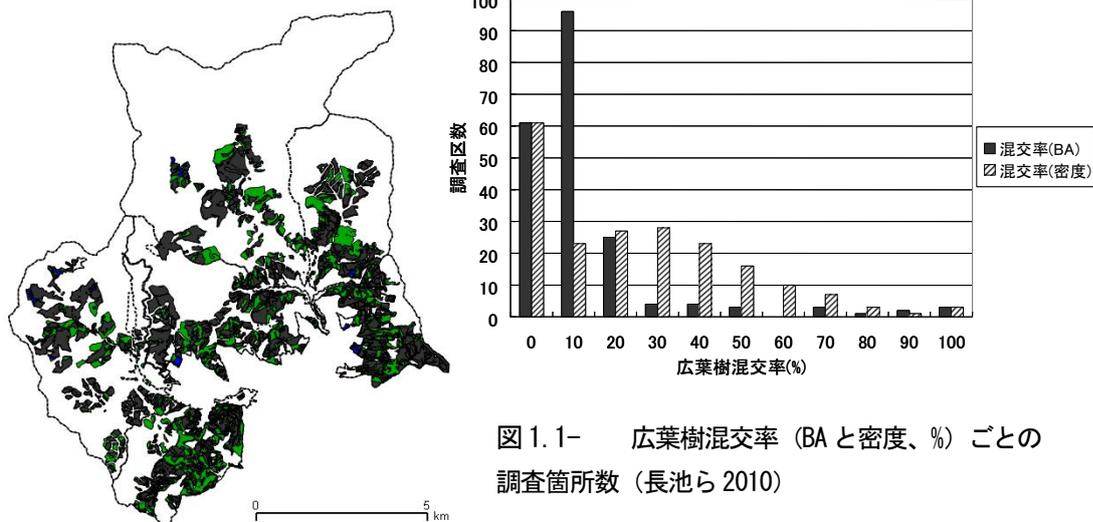


図 1.1- 広葉樹混交率 (BA と密度、%) ごとの調査箇所数 (長池ら 2010)

表 1.1-9 人工林の状況を判断するための評価ポイント

評価内容		評価方法	検討事項・今後の課題
第一次スクリーニング (衛星写真や航空写真による林冠の把握)			
①	対象とする林分の特 性 (自然林への復元の しやすさ) を判定	自然林からの距離 (近ければ復元 しやすい)、1 代前の履歴 (1 代前が天 然林であれば復元しやすい) を参照。	現時点で判断可能
②	混交状態の把握	空中写真、衛星写真等を用い、林冠 への広葉樹の侵入状況を判定する。	現時点で一部判断可 能 (広葉樹の樹種や混 交率までは判断不可)
第二次スクリーニング (現地調査による樹種や更新状態の把握)			
③	林冠に達している樹 種の特種	目標としている潜在的な高木種群 が林冠に達しているかどうかを判定 する。	ミズキ、オニイタヤ、 ホオノキといった高木 種が優占すれば復元し ていると判定すること も可能と考えられる が、樹種別の評価につ いて議論が必要。
④	潜在的な高木種群更 新状況	林内の実生・稚樹を把握し、目標と している潜在的な高木種群が更新し ているかどうかを判定。樹種 (高木種 の存否) や更新状況 (Inverse-J、 Sporadic、Emergent 型*1)、更新して	立地や経過年により 樹種は変化するため、 段階に応じた判定が必 要。既往研究なども参 照。

		いる種群が実生由来か萌芽由来かどうかを判定。	
⑤	ニホンジカによる潜在的な高木種群更新阻害状況	ニホンジカによる食害の影響を把握し、目標としている潜在的な高木種群が更新できるかどうかを判定。哺乳類調査で実施しているシカの分布状況のデータを活用し、ニホンジカによる食害の影響の将来予測を行い防鹿柵など対策の必要性について判定。	ニホンジカの個体数の増加が懸念されているが、現段階で将来予測は困難である。高木種群は嗜好性植物である場合が多く、ニホンジカの個体数の増加に敏感に反応すると考えられる。
⑥	立地環境に応じた遷移パターン	立地の環境の把握を行う(1.1.5章参照)。自然林からの距離や履歴に加え、標高や地形により遷移パターンは異なる。伐採後の復元状況を既存の遷移状況や既往研究を参考にして想定する。	赤谷プロジェクト・エリア内の試験地では伐採後10年程度しか経過しておらず、長期的な遷移パターンについては他の地域における既往研究を参照する。

表 1.1-10 広葉樹が混交した人工林の考え方

広葉樹が混交した人工林の考え方

1. 植栽樹種が赤谷の森周辺の潜在的な生育地であるかどうか

	植生帯	赤谷の森周 辺にもともと 生育	備考
アカマツ	暖温帯～中間温帯	生育	
カラマツ	冷温帯～亜寒帯～寒帯	生育しない	ただし、中間温帯の岩礫地などに見られることもある
スギ	暖温帯～中間温帯～冷温帯	生育しない	温帯性針葉樹
ヒノキ	暖温帯～中間温帯～冷温帯	生育しない	温帯性針葉樹

2. 広葉樹との階層構造上の位置関係

階層	樹種	長期的な状態	対策
アカマツ			
上層	アカマツ	長寿命で広葉樹と共存し、本来の自然林と相似。	育成天然林
下層	広葉樹		
上層	広葉樹		育成天然林
下層	アカマツ	被陰された場合、短寿命	
カラマツ			
上層	カラマツ	長寿命で広葉樹と共存する。	要伐採
下層	広葉樹		
上層	広葉樹		
下層	カラマツ	被陰された場合、短寿命	育成天然林
スギ			
上層	スギ	長寿命で広葉樹と共存する。	要伐採
下層	広葉樹		
上層	広葉樹		
下層	スギ	長寿命で広葉樹と共存する。	要伐採
ヒノキ			
上層	ヒノキ	長寿命で広葉樹と共存する。	要伐採
下層	広葉樹		
上層	広葉樹		
下層	ヒノキ	長寿命で広葉樹と共存する。	要伐採

図 13 エリア 1、エリア 2 における広葉樹の混交状況（関東森林管理局作成）

11) 植栽による復元等における多様な主体の参画

- ・人工林を伐採し自然林の復元を行う過程で自然の遷移の進行が認められない場所においては、十分に検証を行った上で植栽も含めた人為的な手段による復元を検討する。
- ・除伐・除草作業、皮むき間伐、植栽など多様な主体が森林管理に参画する機会を設けることで、より多くの参加者がモデルプロジェクトを理解し、国民に支持される取り組みとなる。

12) その他

①種子の豊凶

人工林に生育しているブナ属の成木は非常に少なかった。人工林内のブナ科の分布は一代目でも二代目でも非常に少なかった。これは、スギ植栽時の種子の豊凶が更新に影響を与えていると予想している（長池ら 2010）。ブナでは、周囲 5m 四方に母樹の樹幹がない、適正な母樹密度（40～50 本/ha）が確保されていない場合は更新が難しく（小山ら 1999）、母樹の 5m～10m の範囲であれば、豊作に合わせてかき起こしを行うことが更新に有効である（小山ら 2000）とされる。赤谷プロジェクトエリア内では豊凶調査を行っていない。

②気温

ブナ属やクリ属では、種子に休眠性（幼根休眠）があり、発芽には吸水した状態で一定の低温にさらされる必要があることが知られている（Baskin & Baskin 1998；勝田 1998；横山 1998）。日本産のブナでは低温を経過したのち発芽の適温が0～10℃と非常に低い範囲にあることが知られている（広木・松原 1982）。

③土壌

赤谷プロジェクトエリア内の土壌については、長島（2014）が全域の土壌図を作成している。また、伐採の際の作業道敷設や植栽木の搬出に伴い表土の剥離が生じた場合更新に大きな影響を与える可能性がある（Yamagawa and Ito 2006）。

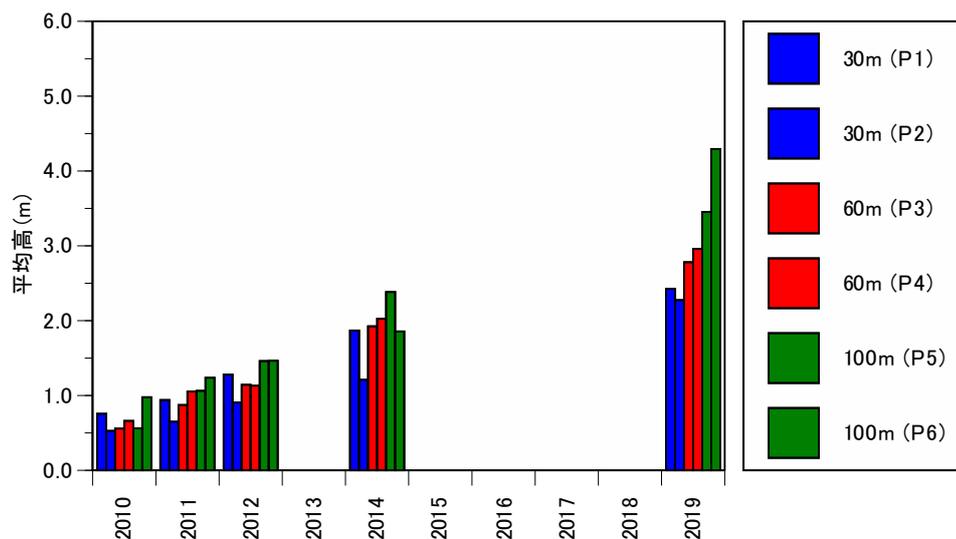


図 1.1- 皆伐試験地における自然林からの距離に応じた平均高（223 林班は 1 小班）

自然林は尾根に位置しており、そこからの距離を示す。北東側に自然林が位置していることや皆伐を行っていることから光の要因ではなく、地形に伴う水分条件や栄養塩によると推定される。

④二ホンジカによる採食

小出俣エリアの上流域では二ホンジカの生息が確認されており、漸伐試験地では帯状伐採地に更新したウワミズザクラが摂食されていることが確認されていた（長池ら 2009）。伐採地が増えることで二ホンジカの餌場環境が好転し、個体群増加を引き起こすことがすでに懸念されていた。植生モニタリング二ホンジカによる影響を考慮して実施し、二ホンジカの個体数変動に対する順応的な伐採計画を立てることが可能と指摘されていた。

■復元に向けての方針

・自然林復元を図る人工林は、林道などの地理的条件、傾斜などの地形的条件などが悪い場所が多いため、そのような条件のところでは伐採後に植栽を選択することはほとんど想定されないと考えられる。しかし、早急に自然林復元を目指す場合や、積極的な市民参加や地域の社会的需要に対応する必要がある場合は、苗木の遺伝的多様性や植栽樹種の選定の検討を踏まえた上で、広葉樹植栽も選択肢のひとつにはなる。

1.1.5 引用文献

- Baskin, C. C. and Baskin, J. M. (1998) Ecology, Biogeography, and evolution of dormancy and germination. 666pp. Academic Press, San Diego.
- Igarashi, T. and Kiyono, Y. (2008) The potential of hinoki (*Chamaesparis obtusa* [Sieb. et Zucc.] Endlicher) plantation forests for the restoration of the original plant community in Japan. *Forest Ecology and Management* 255: 83-192.
- 関東森林管理局 (2007) 平成 18 年度 自然再生推進モデル事業報告書. 業務受託財団法人 日本自然保護協会、関東森林管理局.
- 関東森林管理局 (2008) 平成 19 年度 自然再生推進モデル事業報告書. 業務受託財団法人 日本自然保護協会、関東森林管理局.
- 関東森林管理局 (2009) 平成 20 年度 自然再生推進モデル事業報告書. 業務受託財団法人 日本自然保護協会、関東森林管理局.
- 関東森林管理局 (2010) 平成 21 年度 自然再生推進モデル事業報告書. 業務受託財団法人 日本自然保護協会、関東森林管理局.
- 関東森林管理局 (2011) 平成 22 年度 三国山地/赤谷川・生物多様性復元計画 (赤谷プロジェクト) 推進事業報告書. 業務受託財団法人 日本自然保護協会、関東森林管理局.
- 関東森林管理局 (2013) 平成 25 年度 三国山地/赤谷川・生物多様性復元計画 (赤谷プロジェクト) 推進事業報告書. 業務受託財団法人 日本自然保護協会、関東森林管理局.
- 関東森林管理局 (2014) 平成 26 年度 三国山地/赤谷川・生物多様性復元計画 (赤谷プロジェクト) 推進事業報告書. 業務受託財団法人 日本自然保護協会、関東森林管理局.
- 関東森林管理局 (2020) 平成 31 年度 三国山地/赤谷川・生物多様性復元計画 (赤谷プロジェクト) 推進事業報告書. 業務受託財団法人 日本自然保護協会、関東森林管理局.
- 勝田 桓 (1998) クリ属. 勝田 桓・森徳典・横山敏孝編「日本の樹木種子広葉樹編」 pp. 83-87. 林木育種協会, 東京.
- Lindbladh, M., Lindstom, A., Hedwall, P. O., and Felton, A. (2017) Avian diversity in Norway spruce production forests – how variation in structure and composition reveals pathways for improving habitat quality. *Forest Ecology and Management* 397: 48-56.
- 小山浩正・八坂通泰・今博計 (1999) ブナの豊凶予測は天然更新の成功に貢献したか? 日林北支論 47: 39-41.
- 小山浩正・八坂通泰・寺澤和彦・今博計 (2000) かき起こしのタイミングがブナの天然更新の成否に与える影響—豊凶予測手法の導入の有効性—日本林学会誌 82: 39-43.
- 長池卓男・松崎誠二・安藤麻菜・高野瀬洋一郎・高橋一秋・久保満佐子・藤田卓 (2009) 小出俣エリアのスギ人工林に天然更新する樹種の組成・構造およびそれに及ぼす要因. 「三国山地/赤谷川・生物多様性復元計画 (赤谷プロジェクト) 推進事業平成 20 年度報告書 公益財団法人 日本自然保護協会編、関東森林管理局.
- 長池卓男・藤田卓・出島誠一・茅野恒秀・松崎誠二・高野瀬洋一郎・高橋一秋 (2010) スギ人工林に天然更新した広葉樹の種組成に保残帯からの距離と土地利用前歴が及ぼす影響. 「三国山地/赤谷川・生物多様性復元計画 (赤谷プロジェクト) 推進事業平成 21 年度報告書 公益財団法人 日本自然保護協会編、関東森林管理局.
- 長池卓男・高野瀬洋一郎・高橋一秋・村尾未奈・松井睦子・藤田卓 (2014) スギ人工林の自然林復元試験地における伐採前の林分構造と種組成. 「三国山地/赤谷川・生物多様性

- 復元計画（赤谷プロジェクト）推進事業 植生管理WG・哺乳類WG・猛禽類WG10年間の
まとめ」公益財団法人日本自然保護協会編、関東森林管理局。
- 長島成和（2014）プロジェクトエリア内の土壌、現存植生の把握及び潜在自然植生の推定、
「三国山地/赤谷川・生物多様性復元計画（赤谷プロジェクト）推進事業 植生管理WG・
哺乳類WG・猛禽類WG10年間のまとめ」公益財団法人日本自然保護協会編、関東森林管
理局。
- Ohsawa, M. (1984) Differentiation zones and species strategies in the subalpine
region of Mt. Fuji, *Vegetatio*, 57:15-52.
- Ohsawa, M. (1990) An interpretation of latitudinal patterns of forest limits in
South and East Asian mountains. *Journal of Ecology* 78: 326-672.
- 小川房人（1980）個体群の構造と機能. 朝倉書店. 東京.
- 須藤志成幸（1982）群馬の植物（みやま文庫66）. 上毛新聞社. 群馬.
- 寫田康之・工藤鈴雄（1981）ブナ更新試験—かき起こし、刈出し作業における事例—昭和55
年度林業技術研究発表会大会論文集 150-151.
- Yamagawa, H. and Ito, S. (2006) The role of different sources of tree regeneration
in the initial stages of natural forest recovery after logging of conifer
plantation in a warm-temperate region. *Journal of Forest Research* 11: 455-460.
- 横山敏孝（1998）ブナ属. 勝田 昶・森徳典・横山敏孝編「日本の樹木種子広葉樹編」pp. 57-63.
林木育種協会, 東京.

