

実生出現法によるスギ植林地と広葉樹二次林の 埋土種子集団の比較[#]

川 西 基 博^{*} 崎 尾 均^{**} 米 林 伸^{***}

キーワード：埋土種子、スギ植林、広葉樹二次林、種多様性

1. はじめに

日本におけるスギやヒノキなどの人工林は、産業・社会構造の変化に伴って管理の放棄が進んでおり、管理放棄林を今後どのように管理していくかは、林業の問題のみならず自然環境の保全・復元を考える上でも重要である(長池 2000)。その理由の一つに、管理放棄に伴う人工林の種多様性の変化がある。人工林の種多様性は、植栽種(Harrington & Ewel 1997)、リター(Facelli & Pickett 1991)、林床の光環境(清野 1990、斎藤 1989)などの様々な要因に影響を受けて変化する。それは、植栽時に一旦地上部植生が取り除かれ、その後侵入してきた種がこれらの要因に大きく影響を受けるためである。また、長池(2000)は、人工林は天然林や二次林に比べて種多様性が高いものから低いものまで様々な例があることを報告している。人工林は周辺の森林と比べて群集構造が変化したことは明らかであるものの、その種多様性に一定の傾向は見られない。これは、人工林のなかでも様々な立地環境が存在しているためと考えられる。したがって、植物の侵入を通じた人工林の種多様性を検討するためには、非生物的環境や周辺植生との関係など様々な要因を考えなくてはならず、地域ごとに基礎的な研究が必要となってくる。

人工林への新たな植物種の定着は、植栽前と植栽後の植生に由来する埋土種子および周辺植生からの散布種子の二つの経路が想定され、これらの種子が人工林における種多様性の増大に大きな役割を果たすと考えられる。このうち、埋土種子集団は、放棄水田(中本ほか 2000)、二次遷移初期群落(沼田ほか 1964a、b、林 1977)、コナラ林(浜田・倉本 1994、岩村・亀山 1996)などの様々な群落において、地上部の環境の変化に応じて多様な植物群落を成立させる潜在的な能力として群落の維持

と再生に重要な役割を果たす(林 1977)。しかし、人工林では、地上部植生のほとんどが植栽木であること、動物散布型の種子は地上部植生の違いによって散布される量が異なること、植栽種によっては供給されるリターが土壌 pH に影響を与えている可能性があること(Harrington & Ewel 1997)など、自然林とは異なる特徴が多くある。したがって、人工林は、自然植生とは違った埋土種子集団を形成していることが予想される。

本研究は、実生出現法によってスギ植林と広葉樹二次林の土壌における埋土種子集団の種組成と個体数を比較し、人工林の潜在的な種多様性回復能力を明らかにすることを目的とした。さらに、再び管理が行われた際の種多様性回復への貢献について考察をすすめた。

2. 調査地

植生調査および発芽試験用土壌試料の採取は、埼玉県秩父市浦山の川俣地区で行った(図 1)。標高は850mで、冷温帯下部に相当する。周辺の斜面の大部分はスギ植林地であり、一部の尾根にはヒノキの植林地が見られる。また、フサザクラ、チドリノキなどが優占する広葉樹二次林が崖錐斜面の一部に成立している。

調査対象とした林分は、約40年生のスギ植林および、それに隣接する広葉樹二次林である。調査地としたスギ植林地は、土石流の堆積地とみられる谷底の南西向き緩斜面に位置している。炭焼き窯の跡が残っていることから、スギが植林される以前は薪炭林として利用されていたとみられる。

比較の対象とした広葉樹二次林は、上記の土石流堆積地に隣接する崖錐斜面に成立している。チドリノキ、フサザクラを優占種としカツラ、ケヤキ、イタヤカエデなどが分布する。ここも薪炭林として利用されていた可能

* 立正大学地球環境科学研究科オープンリサーチセンター

** 埼玉県農林総合研究センター / 立正大学客員教授

*** 立正大学地球環境科学部

平成18年度立正大学大学院地球環境科学研究科オープンリサーチセンター業績

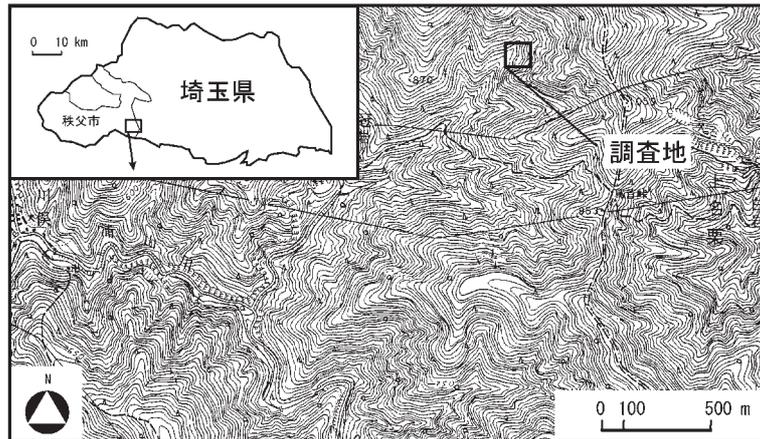


図1. 調査地の位置。国土地理院1/25000地形図「武蔵日原」を使用。

性が高い。

3. 方法

(1) 土壌の採取

土壌試料は、谷底のスギ植林地と崖斜面の広葉樹二次林から、2006年5月21日に採取した。土壌中の埋土種子は不均一に分布していることが知られている(浜田・倉本 1994)。この不均一性の影響を極力避けるため、スギ植林地と広葉樹二次林において、約15m四方の範囲からそれぞれランダムに3地点を選定し土壌を採取した。埋土種子の分布に関しては、表層から5cmまでの土壌にほとんど全ての種の埋土種子が含まれることが知られている(林 1977、中越ほか 1983)ため、本研究では1地点から40×20×5cmの土壌を採取した。したがって、採土量は各地点から4ℓであり、スギ植林地と広葉樹二次林の合計はそれぞれ12ℓである。なお、土壌の採取に際し、A₀層および土壌中に含まれる大きな礫は取り除いた。

より多くの埋土種子を発芽させることを目的とし、各地点から採取した土壌を2ℓのサンプルに二分し、発芽試験開始までの条件を変えた。一方のサンプルは採取日の2006年5月21日から試験を開始し(無処理)、他方は5月の冷蔵庫に約2ヶ月間保存した後、2006年7月29日から試験を開始した(冷湿処理)。

(2) 発芽試験

実生出現法(露崎 1990)によって発芽した実生から、埋土種子の種組成を推定した。実生出現法における土壌の撒き出しは、立正大学熊谷キャンパス(標高約50m)で行った。

プランター(60×17×17cm)に底石として赤玉土を約3cmの厚さで敷き、その上にパーミキュライトを7cmの厚さで入れた。その上に土壌サンプル(2ℓ)を約2cmの均等な厚さになるように敷き詰めた。これらのプランターは全て、外部からの種子が混入しないように遮光率約22%の白色の寒冷紗で覆い、明るい野外に設置した。土壌の表面が乾燥しないように、定期的に散水を行った。

発芽個体の記録は、発芽の多い5月から9月までは約1週間間隔で行い、ほとんど発芽しなくなった2006年10月から2007年1月までは約2週間間隔で行った。発芽個体には番号札を立てて成長させ、種が同定できた時点で抜き取った。ある程度成長しても同定不能な個体に関しては、別のプランターに移植してさらに成長させ、種名を同定した。同定不能のまま枯死したものは不明種とした。

以上のようにして発芽試験をすすめたので、各採取地点につき5月撒き出しと7月撒き出しの2つの結果が得られることになる。二つの条件のうち多いほうの個体数が、潜在的な発芽能力をよりよく示すと考えられるため、本研究では、それを各種の発芽個体数として扱った。また、発芽実験に用いた土壌サンプルは、各地点・撒き出し時期ごとに3反復ずつの土壌試料を用いたが、各地点の3つの土壌試料間に出現種と個体数のばらつきがみられたので、以下の結果は3反復の合計を1m²あたりに換算した値に代表させた。

(3) 植生調査

土壌試料の採取地点の地上部植生を把握するため、3つの採取地点を含む範囲に方形区を設け、植物社会学的手法にもとづく植生調査を行った。方形区の面積は、ス

ギ植林で20×20m、広葉樹二次林で15×15mとした。

4. 結果

(1) 埋土種子由来の実生と地上部植生の種組成

スギ植林には、25種が生育していた(表1)。高木層、亜高木層にスギ以外の樹木はみられなかった。低木層にはアブラチャンとチドリノキがみられたが、いずれも被度が小さかった。草本層ではチドリノキ、オオバアサガラなどの実生やオオバノイノモトソウ、イヌワラビといったシダ植物など24種が生育していたが全て被度が1%以下(+)であった。

スギ植林から採取した土壌から発芽した実生のうち、種が同定できたものは合わせて27種であった(表1)。種類の違いは識別できたが、属以上の分類階級までしか同定できなかったもの(スゲ属、キク科、キイチゴ属それぞれ1種)を含めると合計30種、1866.7個体/m²×5cmが確認された。最も発芽個体数が多かったのは、フサザクラ(758.3個体/m²×5cm)で、全体の約40%を占めていた。次いで、フジウツギ、コアカソなどの低木が多く、それぞれ375.0(20.1%)、108.3個体/m²×5cm(5.8%)であった。草本植物では、ギンレイカ(175.0個体/m²×5cm、9.4%)、コナスビ(75.0個体/m²×5cm、4.0%)が比較的多かった。埋土種子から発芽した種のうち、地上部植生と対応しているのは、フサザクラ、コアカソ、アオミズ、サルナシ、オオバアサガラの5種であったが、いずれも地上部の被度は1%以下(+)であった。

広葉樹二次林の地上部植生には、28種が生育していた(表1)。高木層ではカツラやオニタヤなどが、亜高木層ではフサザクラやチドリノキなどの樹木が優占していた。また、低木層ではチドリノキやキブシが優占していた。草本層では、17種が生育していたが、全て被度が1%以下(+)であった。

広葉樹二次林の土壌から発芽した実生のうち、種が同定できたものは合わせて26種であった(表1)。種類の違いは識別できたが、属以上の分類階級までしか同定できなかったもの(イネ科、キイチゴ属それぞれ1種)を含めると合計28種、2408.3個体/m²×5cmが確認された。最も発芽個体数が多かったのは、フサザクラ(1216.7個体/m²×5cm)で、全体の約50%を占めていた。また、フジウツギ、サルナシが次いで多く、それぞれ275.0個体/m²×5cm(11.4%)、241.7個体/m²×5cm(10.0%)であった。草本植物では、ギンレイカ

(116.7個体/m²×5cm、4.8%)とコナスビ(33.3個体/m²×5cm、1.4%)の個体数が比較的多かったが、それ以外の全ての種は全体の1%未満であった。埋土種子から発芽した樹木のうち、フサザクラ、サルナシ、キブシ、キハダは地上部植生と共通しており、成長した個体が高木層から低木層にかけて生育していた。

(2) スギ植林と広葉樹二次林間の発芽個体の比較

スギ植林と広葉樹二次林の土壌中から、少なくとも44種の発芽が確認された。このうち、両林分で共通していたのは14種、スギ植林のみで出現していたのは16種、広葉樹二次林でのみ出現したのは14種であった。両林分に共通していた、フサザクラ、フジウツギ、ギンレイカ、キブシなどは発芽個体数が多かったのに対し、スギ植林と広葉樹二次林のいずれかのみに出現する種は、発芽個体数が少なかった。

発芽個体数の合計は、スギ植林のほうがやや少なかったが、有意差は認められなかった(Mann-Whitney、*U*-test、*p*>0.05)。また、種ごとに個体数を比較すると、フサザクラ、キブシ、ヌルデ、サルナシ、オオバアサガラのように広葉樹二次林で多い種がみられる一方で、フジウツギ、ギンレイカ、コアカソ、コナスビ、ヨモギ、タケニグサのようにスギ植林のほうが多い種もあった。しかし、いずれの種の個体数も、スギ植林と広葉樹二次林の間に有意な差は認められなかった(Mann-Whitney、*U*-test、*p*>0.05)。

(3) 発芽個体数の季節変化

スギ植林と広葉樹二次林の5月に撒き出した土壌(無処理試料、6ℓ)から、それぞれ192個体、262個体の実生が発芽した。発芽個体数の経日変化は、スギ植林、広葉樹二次林ともに、撒き出しの約1週間後から発芽をはじめ、約3週間を経た6月中旬をピークとして、7月上旬まで続いた。8月上旬にも数個体のまとまった発芽が見られたが、それ以降は1、2個体が不定期に発芽するのみであった(図2)。

埋土種子からの発芽特性を明らかにするために、各種の発芽の季節的变化を比較した(図3)。発芽個体数が多かった種に関しては、撒き出し時期が異なっても撒き出し後の発芽パターンに大きな違いはみとめられなかった。いずれの種も、スギ植林と広葉樹二次林の間で発芽個体数の違いは認められたが、6月上旬に発芽のピークがあり、夏以降はほとんど発芽しないという発芽のパターンに違いはなかった。フサザクラ、コアカソ、キブシ、

表 1. スギ植林地と広葉樹二次林における埋土種子から発芽した種と植生の対応。

種名	スギ植林					広葉樹二次林						
	発芽数		地上部植生 (被度・群度)				発芽数		地上部植生 (被度・群度)			
	(個体/m ² ×5cm)	(%)	T1	T2	S	H	(個体/m ² ×5cm)	(%)	T1	T2	S	H
合計	1866.7	100.0					2408.3	100.0				
フサザクラ	758.3	40.6	.	.	.	+	1216.7	50.5	.	4・4	.	.
フジウツギ	375.0	20.1	.	.	.	.	275.0	11.4	.	.	.	.
ギンレイカ	175.0	9.4	.	.	.	.	116.7	4.8	.	.	.	.
コアカソ	108.3	5.8	.	.	.	+	16.7	0.7	.	.	.	+
コナスビ	75.0	4.0	.	.	.	.	33.3	1.4	.	.	.	.
キブシ	41.7	2.2	.	.	.	.	108.3	4.5	.	.	2・2	.
ヨモギ	33.3	1.8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
タケニグサ	25.0	1.3	.	.	.	.	8.3	0.3	.	.	.	.
アオミズ ^{*1}	25.0	1.3	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
スゲ属 sp.	25.0	1.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ヌルデ	16.7	0.9	.	.	.	.	133.3	5.5	.	.	.	.
キイチゴ属 sp.	16.7	0.9	.	.	.	.	8.3	0.3	.	.	.	+ ^{*2}
オニタビラコ	16.7	0.9	.	.	.	.	8.3	0.3	.	.	.	.
ヒメジョオン	16.7	0.9	.	.	.	.	8.3	0.3	.	.	.	.
キランソウ	16.7	0.9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ヒナノウスツボ	16.7	0.9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
サルナシ	8.3	0.4	.	.	.	+	241.7	10.0	.	1・1	.	.
オオバアサガラ	8.3	0.4	.	.	.	+	66.7	2.8	.	.	.	.
ヤマブドウ	8.3	0.4	.	.	.	.	16.7	0.7	.	.	.	.
カツラ	8.3	0.4	.	.	.	.	.	.	3・2	.	.	.
ウツギ	8.3	0.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
エノキグサ	8.3	0.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
キク科 sp.	8.3	0.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
クサイチゴ	8.3	0.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
クズ	8.3	0.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
セイトカアワダチソウ	8.3	0.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
タニソバ	8.3	0.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ヘビイチゴ	8.3	0.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
マルバウツギ	8.3	0.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ヤマグワ	8.3	0.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
スギ	.	.	5・5	.	.	.	.	.	.	.	.	.
チドリノキ	.	.	.	.	1・1	+	.	.	.	3・2	3・3	+
アブラチャン	.	.	.	.	1・1	+	.	.	.	.	+	+
イヌワラビ	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+
イワトラノオ	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+
フタリシズカ	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+
アマチャヅル	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
ウリノキ	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
オオバノイノモトソウ	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
オニドコロ	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
クマワラビ	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
コクサギ	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
コナラ	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
ジュウモンジシダ	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
ハクモウイノデ	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
ボタンヅル	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
ミヤマハコベ	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
ムカゴイラクサ	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
ヤマヤブソテツ	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
ヨツバムグラ	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.

* 1 : 一部ミズを含む可能性あり

* 2 : モミジイチゴ

表 1. 続き

種名	スギ植林					広葉樹二次林						
	発芽数		地上部植生 (被度・群度)				発芽数		地上部植生 (被度・群度)			
	(個体/m ² ×5cm)	(%)	T1	T2	S	H	(個体/m ² ×5cm)	(%)	T1	T2	S	H
クサギ	16.7	0.7	.	.	.	.
タネツケバナ	16.7	0.7	.	.	.	.
ヒヨドリジョウゴ	16.7	0.7	.	.	.	.
キハダ	8.3	0.3	2・1	.	.	.
アオダモ	8.3	0.3	.	.	.	.
イネ科 sp.	8.3	0.3	.	.	.	.
オランダミミナグサ	8.3	0.3	.	.	.	.
ガクウツギ	8.3	0.3	.	.	.	.
タラノキ	8.3	0.3	.	.	.	.
ツルウメモドキ	8.3	0.3	.	.	.	.
ナベナ	8.3	0.3	.	.	.	.
ヒメウツギ	8.3	0.3	.	.	.	.
ムラサキシキブ	8.3	0.3	.	.	.	.
ヤエムグラ	8.3	0.3	.	.	.	.
オニイタヤ	2・1	2・1	1・1	+
ケヤキ	2・1	.	.	.
ウワミズザクラ	1・1	.	.
クマシデ	1・1	.	.
サワシバ	1・1	.	.
メグスリノキ	1・1	.	.
ミヤマアオダモ	1・1	.
イロハモミジ	+
イワボタン	+
サンショウ	+
クマシデ属 sp.	+
スマレ属 sp.	+
ハシリドコロ	+
ヤマブキ	+
不明	+
不明 1	8.3	0.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
不明 2	8.3	0.3	.	.	.	.

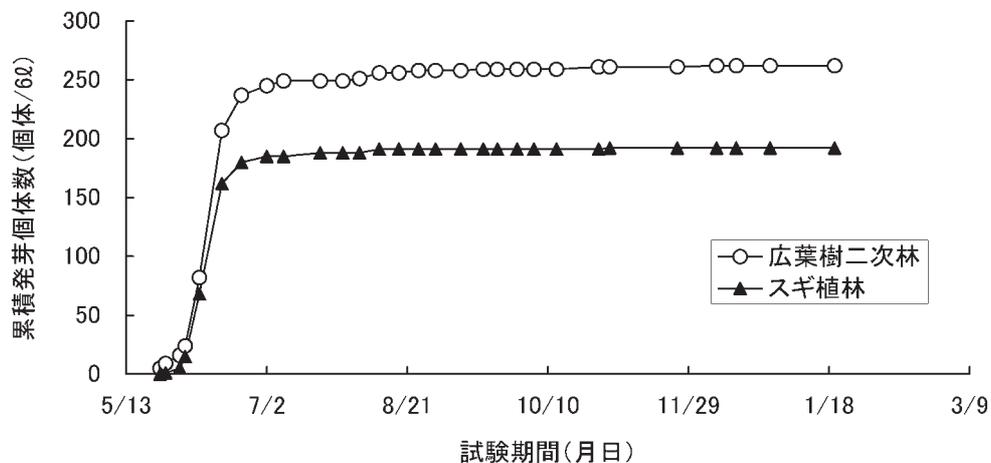


図 2. 5月21日に撒き出した土壌から発芽した実生の累積個体数の経日変化 (土壌試料 6 l あたり)。

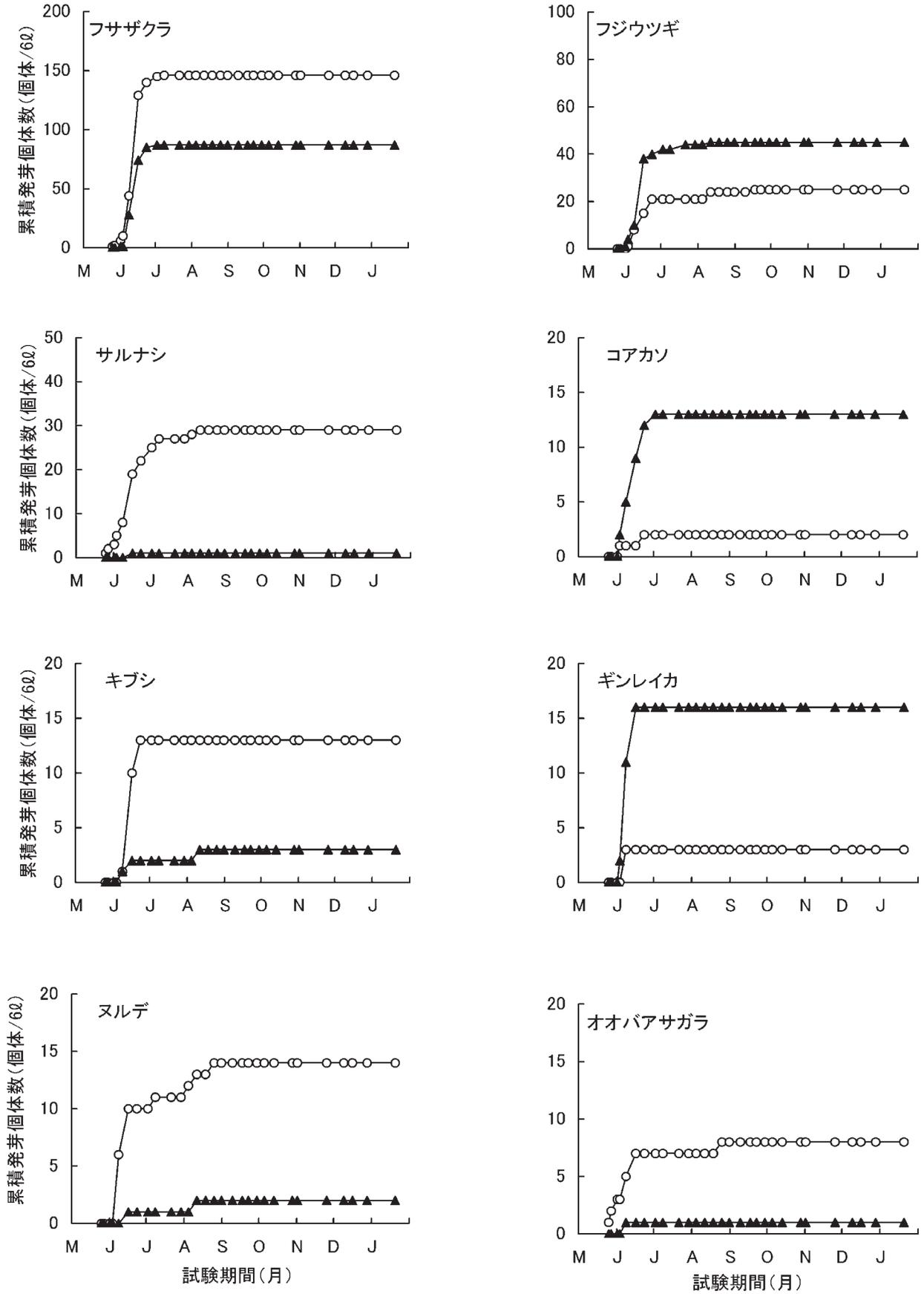


図3. 種別発芽実生個体数の累計変動 (土壌試料60gあたり)。スギ植林地、広葉樹二次林。

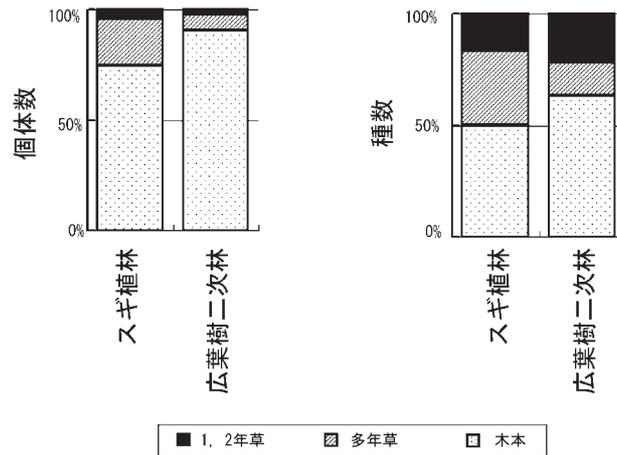


図4. スギ植林と広葉樹二次林における生活型別発芽個体数 (左) と種数 (右)。

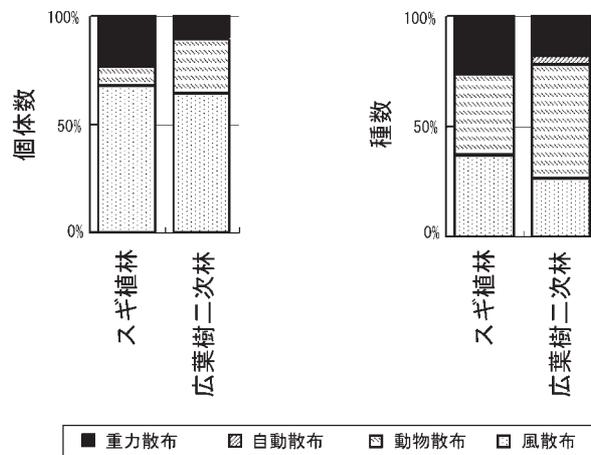


図5. スギ植林と広葉樹二次林における散布型別発芽個体数 (左) と種数 (右)。

ギンレイカは、撒き出しから2週間後の6月上旬に発芽のピークがあり、7月上旬に発芽が終了した。フジツギ、サルナシ、ヌルデも6月上旬に発芽のピークがあるが、その後8月まで発芽が続いた。

以上のような発芽特性を示さず、夏から秋にかけて発芽した種としては、ヒメジョオン、オランダミミナグサ、ヤエムグラがあったが、発芽個体数はごく少数で、それぞれ3個体、1個体、1個体であった。

7月に撒き出した試料(冷湿処理)だけで発芽した種は、スギ植林で12種(18個体)、広葉樹二次林で7種(9個体)であった。いずれの種も個体数が3個体以下であった。ほとんどの種は撒き出しから2週間後までに発芽していたが、オニタビラコ、タネツケバナは1~2ヶ月後の9月に発芽していた。

(4) 生活型と散布型

生活型別に個体数をみると、スギ植林では広葉樹二次林に比べて多年草の割合がやや大きい傾向があったが、

両林分ともに樹木が圧倒的に多かった(図4、左)。1、2年草の占める割合は両林分ともに小さかった。生活型別の種数でみると、樹木、多年草、1、2年草は、スギ植林でそれぞれ50%(15種)、33%(10種)、17%(5種)、広葉樹二次林で63%(17種)、15%(4種)、22%(6種)であり、スギ植林では多年草の種数が比較的多かった(図4、右)。

散布型別に発芽個体数をみると(図5、左)、両林分ともに風散布が最も多かった。次いで、スギ植林では重力散布型が多く、広葉樹二次林では動物散布型が多かった。重力散布、自動散布、動物散布、風散布の種数は、スギ植林でそれぞれ27%(8種)、0%(0種)、37%(11種)、37%(11種)、広葉樹二次林で19%(5種)、4%(1種)、52%(14種)、26%(7種)であり、スギ植林に比べて広葉樹二次林のほうが動物散布型の割合が大きい傾向があった(図5、右)。

5. 考 察

(1) 埋土種子の種数と個体数

本研究では、埋土種子を検出する方法として実生出現法を用いた。この方法は、比較的手軽に多量のサンプルを扱え、同定精度が高いという利点があるものの、活性のある全ての種子の発芽に最適な環境を設定することはできない。種子の休眠を誘導あるいは解除する条件は、温度一つをとってみてもその範囲に種間差が大きい(鷲谷 1996)、休眠が解除されない種子や調査中に死亡する種子はカウントできていない可能性がある。したがって本研究では、水分、光が十分な条件において発芽した種子を考察の対象とした。

本研究の発芽試験における合計発芽個体数は、スギ植林地のほうが広葉樹二次林より若干少なかったが、有意な差ではなかった。スギ植林地で、 1866.7 個体/ $m^2 \times 5$ cm、広葉樹二次林で、 2408.3 個体/ $m^2 \times 5$ cm であり(表 1)、 1ℓ 当たり換算すると、それぞれ、 37.3 個体/ ℓ 、 48.2 個体/ ℓ となる。実生出現法による埋土種子の研究では、コナラ林から 35.4 個体/ ℓ (細木ほか 2004)、 16.2 個体/ ℓ (浜田・倉本 1994)、アカマツ林から 14.1 個体/ ℓ (細木ほか 2004) という結果が得られている。また、中越 (1981) は直接検視法により、モミ林で $4.1 \sim 4.4$ 粒/ ℓ の種子を抽出しており、花田ほか (2006) は $0.75 \sim 2$ mm ふるいを用いたふるい分け法により、北海道のカラマツ人工林から平均 21.5 粒/ ℓ の種子を抽出している。それぞれの研究の間で埋土種子調査法の違いはあるものの、本調査地のスギ植林地における埋土種子数は、これらの林分と比較してもむしろ多い。

中越 (1981) によると、42年生ヒノキ植林地は、ほぼ同様の二次林における埋土種子の種類数と比較して半分くらいであり、また、埋土種子数についてもヒノキ以外の種子は多くないという(ヒノキ植林地で約20種、 $1000 \sim 4000$ 粒/ $m^2 \times 10$ cm、二次林で約40種、約7000粒/ $m^2 \times 10$ cm)。それに対して、本研究では発芽個体における種数はほとんど違いがなかった(スギ植林地で合計30種、広葉樹二次林で合計28種、表 1)。一方、木佐貫ほか (2002) では、天然生ブナ林とそれに隣接するヒノキ人工林の埋土種子を比較し、種数、個体数ともに両林分間で違いはないという結果が得られている。本研究と木佐貫ほか (2002) とは、広葉樹林と隣接した人工林を対象にしていることが共通していることから、広葉樹林が隣接する人工林では、広葉樹林と同程度の種子数、種数をもつ埋土種子集団が形成されると考えられる。

(2) 埋土種子集団の種組成の比較

本調査地の埋土種子は、広葉樹二次林とスギ植林地で共通する種が多数種であり、両林分の種構成はよく似ている(表 1)。両林分の共通種としては、広葉樹二次林に親木があるものとなないものの二つに分けられる。前者に関しては、風散布型の種子を持つフサザクラ、動物散布型のキブシやサルナシがあるが、これらは隣接する広葉樹二次林に親木が生育していることから、散布型に関係なくスギ植林地にも多く散布されたと考えられる。一方、後者についても、フジウツギなどの風散布型や、ヌルデ、ヤマブドウ、キイチゴ属といった動物散布型が見られ、両林分とも同様に種子が散布されたと考えられる。これらの種は近くに親個体が見られないため、長距離を飛散してきたものなのか、過去の植生から散布された種子に由来する休眠種子なのかは不明である。

一方、スギ植林地にのみ出現する種は16種、広葉樹二次林にのみ出現する種は14種であった。これらの種はいずれも個体数が少ないものの、種数からみるといずれの林分でも約半数を占めている。スギ植林地にのみ出現する種には、ヨモギ、ヒナノウスツボ、セイタカアワダチソウといった風散布型が多く含まれるのに対し、広葉樹二次林にのみ出現する種ではクサギ、タラノキ、ムラサキシキブといった動物散布型の種が多く、それが全体の散布型組成にも反映されていた(表 1、図 5)。こうした散布型組成の違いは、地形による風散布型種子の散布動態の違い、または植生による散布者(動物)の行動の違いを反映していると予想されるが、その解明は今後の課題である。

遷移系列における位置づけに関しては、両林分ともに遷移初期に出現する先駆植物が多く含まれていた。これは、埋土種子集団における一般的な特徴で、その他の多くの群落でも確認されている(林 1977、岩村・亀山 1996)。例えば、暖温帯の森林の土壌には、ハハコグサ、ヤクシソウ、タチツボスミレなどの在来の陽地生草本、ベニバナボロギク、ヒメジョオンなどの外来草本、およびアカメガシワ、イヌザンショウ、ヌルデなどの先駆性木本の種子が広い範囲に散布されて埋土種子として存在している(林 1977、細木ほか 2004)。このような埋土種子の種組成は、遷移に従って変化し、ある遷移段階の埋土種子集団には、前段階の残存種を含むとともに次の段階に出る種が先行して出てくる(沼田ほか 1964b)。中越ほか (1983) によると、アカマツ林の山火事跡地における遷移の初期には草本種の種子が多いが、7年目になると遷移の進行に伴って木本主体の埋土種子に遷移し

ていたという。

本調査地の埋土種子には、冬季一年生草本や外来草本などがほとんど含まれず、樹木が全個体数の大部分を占めていた(図4)。スギ植林の林齢が約40年であることから、植栽後の時間経過とともに、遷移初期に出現する草本の埋土種子が減少し、木本主体の埋土種子集団に変化していると考えられる。しかし、人工林の埋土種子に関しては、草本や低木種の個体数が多いという報告が多く(酒井ほか 2000、五十嵐ほか 2000、花田ほか 2006)、本調査地の埋土種子集団と同様に木本が多い結果が得られているものは少ない。また、人工林の埋土種子の種組成は、林外から侵入したキイチゴ類、ウルシ属や、林内で種子生産するスミレ属の埋土種子が目立つのが特徴であるという(中越 1981)。これらのことから、本調査地の埋土種子の種組成は、単純に植栽からの時間経過に伴う埋土種子の変化だけでなく、立地環境の違いが影響している可能性もある。

(3) 発芽の季節性

本調査地のスギ植林、広葉樹二次林における埋土種子は、いずれも春期に発芽が集中しており、両林分の発芽パターンに違いはみられなかった。

発芽個体数が多かったフサザクラやフジウツギ、サルナシなどの樹木は、いずれも春期に集中的に発芽する特性をもっており、それ以外の時期に発芽する個体はほとんど見られない(図3)。このような種は、樹木を伐採すると春先の気温の上昇とともに一気に発芽する特性を持っているといわれており(岩村・亀山 1996)、本調査地においても、植林の伐採、間伐等によって光や温度環境が改善されれば多くの個体が発芽してくると考えられる。一方、夏から秋にかけて発芽する種としては、二年草のヒメジョオン、オランダミミナグサ、ヤエムグラといった冬季一年生草本があったが、全体に占める割合は小さかった。したがって、本調査地の埋土種子集団は、春期に一斉に木本が発芽した後は、ごく少数の草本が発芽するのみで、発芽の季節性がはっきりしていると考えられる。

(4) 種多様性回復における埋土種子集団の役割

休眠解除の条件は種ごとに異なるため、埋土種子集団を構成する全ての種子にとって最適な発芽環境を同時に満たすことは不可能である。しかし、本研究で行った実生出現法は、適湿な立地において光条件の改善を目的に伐採や掻き起こしなどの管理を実際に行った場合、類似

の発芽特性を示すことが予想される。したがって、本調査地のスギ人工林における種多様性の回復に埋土種子集団がどのように貢献し、植生がどう変化するのか予測することは可能であると考えられる。

本研究では、隣接する広葉樹二次林から散布された種子は、スギ植林の埋土種子集団にも多く含まれており、広葉樹二次林と、それに隣接するスギ植林地では類似した埋土種子集団が成立していることが明らかになった。スギ植林地において光環境が改善されれば、埋土種子数が圧倒的に多いフサザクラが優占し、フジウツギやヌルデなどの陽地生の低木が混生する群落が成立する可能性が高い。人工林の埋土種子組成は貧弱化する例が多いが、本調査地においては、人工林地の種多様性の回復を進める上で、埋土種子が大きく貢献することが予想される。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、発芽試験において多大なご協力をいただいた立正大学地球環境科学部の小松忠敦氏、ならびに有益な助言を下された山梨県森林総合研究所の久保満佐子博士に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- Facelli, J.M. & Pickett, S.T.A. (1991) Plant litter: Its dynamics and effects on plant community structure. *Botanical Review*, 57: 1-32. *
- 浜田 拓・倉本 宣 (1994) 実生出現法によるコナラ林の埋土種子集団の研究及びその植生管理への応用. *日本造園学会誌*, 58: 76 - 82.
- 花田尚子・渋谷正人・斎藤秀之・高橋邦秀 (2006) カラマツ人工林内における広葉樹の更新過程. *日本森林学会誌*, 88: 1 - 7.
- Harrington, R.A. & Ewel, J.J. (1997) Invasibility of tree plantations by native and non-indigenous plant species in Hawaii. *Forest Ecology and Management*, 99: 153-162.
- 林 一六 (1977) 埋土種子集団. (沼田真編)「群落の遷移とその機構」pp.193-204, 朝倉書店, 東京.
- 細木大輔・米村惣太郎・亀山 章 (2004) 関東の森林の土壌シードバンクにおける緑化材料としての利用可能性とその測定方法. *日本緑化工学会誌*, 29: 412 - 422.
- 五十嵐哲也・竹内郁雄・奥田史郎・伊藤武治 (2000) ヒノキ人工林の埋土種子集団. 第111回日本林学会大会学術講演集, p.145.
- 岩村夏紀・亀山 章 (1996) 雑木林の埋土種子の発芽特性と種組成. (亀山章編)「雑木林の植生管理」pp.61 - 68, ソフトサイエンス社, 東京.
- 木佐貫博光・巾 高志・武田明正 (2002) 天然林と人工林における林床植生および埋土種子集団の種組成の比較. *中部森林*

- 研究, 50 : 37 - 38.
- 清野嘉之 (1990) ヒノキ人工林における下層植物群落の動態と制御に関する研究. 森林総研研報, 359 : 1 - 122.
- 長池卓夫 (2000) 人工林生態系における植物種多様性. 日本林学会誌, 82 : 407 - 416.
- 中越信和 (1981) 森林の下の土に埋もれている種子群. (沼田真編)「種子の科学 - 生態学の立場から -」pp.101 - 124, 研成社, 東京.
- 中越信和・根平邦人・中根周歩 (1983) アカマツ林の山火跡地における植生回復IV. 初期段階の埋土種子. 広島大学総合科学部紀要IV, 8 : 87 - 110.
- 中本 学・名取祥三・水澤 智・森本幸裕 (2000) 耕作放棄水田の埋土種子集団 - 敦賀市中池見の場合 -. 日本緑化化学会誌, 26 : 142 - 153.
- 沼田 真・青木一子・林 一六 (1964a) 遷移からみた埋土種子集団の解析 II - 特に二次遷移初期のブタクサ群落について -. 日本生態学会誌, 14 : 224 - 227.
- 沼田 真・林 一六・小村登志子・大木 薫 (1964b) 遷移からみた埋土種子集団の解析 I. 日本生態学会誌, 14 : 207 - 215.
- 斎藤昌宏 (1989) スギ人工林における林内日射量と林床植生量の関係. 日本林学会誌, 71 : 276 - 280.
- 酒井 敦・田淵隆一・酒井 武・倉本恵生 (2000) 林齢の異なる人工林における埋土種子の組成と分布パターン. 第111回日本林学会大会学術講演集, p.144.
- 露崎史郎 (1990) 埋土種子集団の研究法 - 種子の教材利用 -. 生物教材, 25 : 9 - 20. *
- 鷲谷いづみ (1996) 保全「発芽生態学」マニュアル 休眠・発芽特性と土壌シードバンク調査・実験法 (連載第2回). 保全生態学研究, 1 : 191 - 203.
- *を付したものは直接参照できなかった.

要 旨

スギ植林と広葉樹二次林の土壌における埋土種子集団の種組成と個体数を比較し、人工林の潜在的な種多様性回復能力を明らかにした。埼玉県秩父市浦山のスギ植林と広葉樹二次林から、土壌試料を採取し、実生出現法による発芽試験を行った。発芽のピークは撒き出しから約3週間を経た6月中旬であった。スギ植林の土壌から合計30種、1866.7個体/m²×5cm、広葉樹二次林の土壌から合計28種、2408.3個体/m²×5cmが確認された。発芽個体の個体数、種数は両林分間に有意な違いはなかった。本調査地の埋土種子には、冬季一年生草本や外来草本などがほとんど含まれず、フサザクラ、フジウツギなどの樹木が占める割合が大きかった。このような樹木の多くは風散布や動物散布型であったことから、隣接する広葉樹二次林から散布された種子が、スギ植林の埋土種子集団にも多く含まれていると考えられた。スギ植林地では隣接する広葉樹二次林と類似した埋土種子集団が成立しており、伐採や掻き起こしといった人工林の管理が行われる際には埋土種子が種多様性の増大に大きく貢献することが予想された。

A comparative study of buried seed assemblages in conifer plantation and secondary broad-leaved forest

Motohiro KAWANISHI*, Hitoshi SAKIO**, Chuh YONEBAYASHI**

*Graduate School of Geo-environmental Science, Open Research Center, Rissho University

**Saitama Prefectural Agriculture & Forestry Research Center

***Faculty of Geo-Environmental Science, Rissho University

Buried seed assemblages in *Cryptomeria japonica* plantation and secondary broad-leaved forest were compared to clarify the potential capacity for recovery of species diversity. Soil samples (4 ℓ × 3 repeat per forest type) were laid on seed-free vermiculite and set under light outdoor conditions. Germinations were concentrated in mid-June. The number of seedlings per 1m² × 5 cm depth of soil were 1866.7 in *Cryptomeria* plantation, and 2408.3 in secondary forest. Species observed in total were 30 and 28 respectively. The density and number of germinated species did not differ significantly between forest types. Woody plants such as *Euptelea polyandra* and *Buddleja japonica* dominated the seedling assemblages, whereas winter annuals and naturalized herbs were hardly observed. Because these trees and shrubs have zoochorous or anemochorous seeds, they would have been dispersed easily to *Cryptomeria* plantation from neighboring secondary forests. As a result, they have dominated buried seed assemblages in the plantation. The seed assemblages buried in the *Cryptomeria* plantation will contribute as potential sources to recover plant species diversity, if the forest is managed properly.

Keywords: buried seeds, *Cryptomeria japonica* plantation, secondary broad-leaved forest, species diversity