

荒廃地における樹林化を目的とした粘土団子種子による試験

水谷 完治^{*1}

水谷完治：荒廃地における樹林化を目的とした粘土団子種子による試験 日林誌 88：126~130, 2006 荒廃地における樹林化手法の開発のため、緑化資材として粘土団子種子を用いた試験を足尾松木沢で行った。6種類の本木類を用いた播種粒数密度 200 粒/m² および 60 粒/m² では、クロマツとアカマツ合計の播種粒数密度に対する 3 年目の成立本数密度の割合がそれぞれ 2.5% および 3.7%、成立本数密度は 0.192 本/m² および 0.085 本/m² であった。樹林化のための目安として植栽本数密度の基準を参考にし、3 年目の成立本数密度を 0.4~1.2 本/m² とすると、本木類をクロマツとアカマツのみとした播種粒数密度 60~200 粒/m² 程度で、目安の成立本数密度に達すると試算でき、従来の播種工よりかなり少ない播種粒数密度での樹林化の可能性を提示できた。

キーワード：アカマツ、足尾松木沢、クロマツ、播種粒数密度、緑化資材

Mizutani, K.: An Examination Using Seeds in Clay Pellets for Reforestation of Devastated Land. J. Jpn. For. Soc. 88: 126~130, 2006 To develop a reforestation method for devastated land, the author investigated the behavior of seeds in clay pellets as reforestation materials in the Matsukisawa Basin in Ashio. In the case of a seeding density of 200 and 60 grains/m² with six tree species, the ratios of the third-year stem density to the seeding density were 2.5 and 3.7%, and stem density were 0.192 and 0.085 stems/m², respectively, with respect to the total of *Pinus thunbergii* Parl. and *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. It appears that reforestation by these two tree species may be possible using a seeding density of about 60~200 grains/m² which is much lower than the previous seeding density, in the cases where the third-year stem density for reforestation is regarded as 0.4~1.2 stems/m² based on the planting density.

Key words: Matsukisawa Basin in Ashio, *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc., *Pinus thunbergii* Parl., reforestation materials, seeding density

I. はじめに

播種工は、草本類を主体とした早期全面緑化方式から、早期樹林化方式へと変化してきた。山寺 (1986) は、播種工による樹林化の合理性について述べ、草本類の発生期待本数密度を抑えることによる早期樹林化手法を提案した。吉田ら (1992) は草本類の発生期待本数密度を本木類のそれより少なくしたり本木類のみの播種工により、法面樹林化の成果を上げている。荒廃地の緑化は足尾が著名で、長年の治山工事により緑は徐々に回復しているが、足尾松木沢の樹林化はなかなか進まない状況にある。そこで、松木沢のような立地条件が劣悪な荒廃地の樹林化のために、緑化資材として福岡 (1985) が考案し砂漠緑化で使用されている粘土団子種子を用いた。

播種粒数密度は、通常、発生期待本数密度をもとに決められ、本木類の発生期待本数密度を治山技術基準解説では 1,000~3,000 本/m² (林野庁, 1983) としており、法面の施工では 1,700 本/m² (吉田ら, 1992) や 530 本/m² (清野ら, 1995) の例がある。道路法面の場合、保全対象は施工地の直下であるが、松木沢のような荒廃地では、施工地から保全対象まで比較的距離がある。したがって、道路法面の場合と比較すると、播種粒数密度を高くすることによる早期の樹林化はそれほど要求されないと考えられる。小橋

(2001) も荒廃地の緑化に時間がかかっても重要な問題になることは少なかったとしている。より少ない播種粒数密度によって荒廃地を樹林化しようとする場合、従来の発生期待本数密度ではなく、植栽本数密度の基準を参考にする方法が考えられ、播種粒数密度は大幅に減少させることとした。

本研究では、足尾松木沢において粘土団子種子を用いた播種試験を実施し、発芽後 3 年間について調査を行ったので、そのデータを整理し樹林化の可能性について検討した。

II. 方 法

1. 粘土団子種子とその作製方法

粘土団子種子は粘土を用いて種子を直径 1 cm 程度に丸くコーティングしたもので、播種後、種子が腐敗しにくく虫や小動物にも食べられにくいとされている (福岡, 1985)。したがって、播種後から発芽するまで、降雨や降雪により粘土団子種子がなるべく型崩れしない方が、粘土のコーティング効果は発揮される。

粘土団子種子の作製には、小型のコンクリートミキサー (光洋機械産業 KAB-2.5) を用いた。ミキサーの中で種子を転がしながら粉末粘土のまぶしと噴霧器 (クボタ MS009M-1) による霧吹きを交互に行い、このような作業

* 連絡・別刷請求先 (Corresponding author) E-mail: mizutani@ffpri.affrc.go.jp

¹ (独) 森林総合研究所 (305-8687 つくば市松の里 1)

Forestry and Forest Products Research Institute, 1 Matsunosato, Tsukuba 305-8687, Japan.
(2005 年 7 月 5 日受付; 2005 年 10 月 14 日受理)

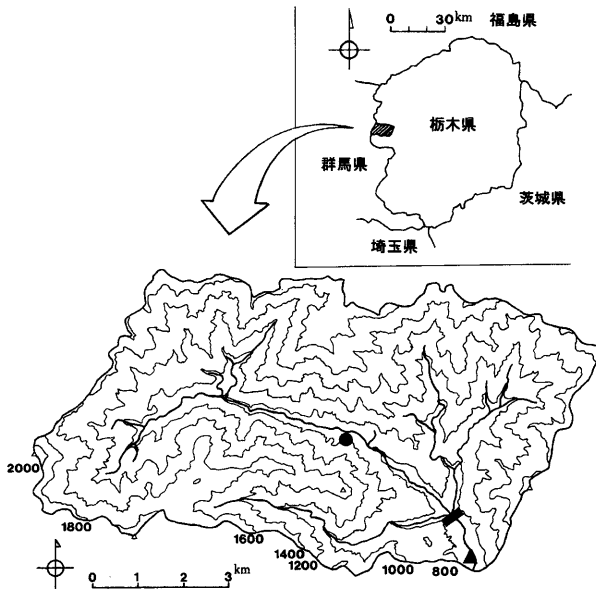


図-1. 試験地の位置図

●, 試験地; ■, 足尾ダム; ▲, 精錬所。

を15分間程度続ければ、大量の粘土団子種子を作ることができる。市販の小型コンクリートミキサーを用いる場合、毎分回転数が小さく(27回転/分程度)種子が旨く転がらないため丸くコーティングできない。そのため、インバーター(三菱FR-E510W-0.75K)を用いて毎分回転数を50回転/分まで上げ、丸い粘土団子種子を作製した。

2. 試験地の概要

栃木県足尾町の森林は、明治時代より銅精錬時に発生する亜硫酸ガスによる被害、精錬用薪炭などの燃料や坑木のための伐採、さらには明治20年に発生した山火事(1,100haを消失)により、荒廃の一途をたどった。そして、昭和31年に有毒ガスから硫酸を取り除く施設が完成するまで、長い期間にわたって汚染は続いた。この年から治山工事が本格的に始まり、植生盤の開発やヘリコプター実播工などが行われ、足尾の緑は徐々に回復してきている。しかし、松木沢については、九蔵沢、仁田元沢と比較すると緑の回復が遅れ、樹林化が進んでいない状況にある。

図-1は精錬所より上流域を示したが、流域は庚申山(1,892m)、皇海山(2,144m)などの高い山々に囲まれ、急峻な山岳地形である。地質は、チャート、泥岩、砂岩などの堆積岩と火山活動による花崗岩類や流紋岩類が分布している。流域には、長年の治山工事などによりススキ、イタドリ、ヤシヤブシ、リョウブ、クロマツ、ニセアカシアなどがみられるが、カモシカ、ニホンジカ、サル、クマによる食害が発生しており、植林する場合は防護ネットを用いないと生育しない状況にある。

試験地は足尾ダムより松木沢を約3km上流に上ったところで、湖南国有林263林班内にあり、標高は約900m、傾斜度は約32°、斜面方位は北北東である。また、当該試

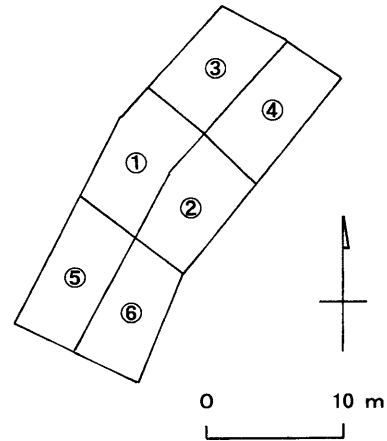


図-2. 試験プロット

①秋と春の2度播き200粒/m², ②秋と春の2度播き60粒/m²,
③秋播き100粒/m², ④秋播き30粒/m², ⑤春播き100粒/m²,
⑥春播き30粒/m²。

験地は岩石が覆い、降雪により部分的に小さな土壌侵食がみられる。草本類として、ススキ、イタドリなどが部分的に若干生育し、木本類は試験地周辺で地表面が安定しているところにヤシヤブシ、リョウブ、ダケカンバなどが生育している。

3. 試験方法

播種粒数密度は、従来1年目の発生期待本数密度を基準に設定している。しかし、吉田(1998)の報告では、発芽後3年目以降における木本類の成立本数密度は概ね安定しているため、樹林化を考慮する場合、植栽工での植栽本数密度の基準を参考にし、播種粒数密度を設定する方法が考えられる。治山技術基準解説(林野庁, 1983)では植栽工における植栽本数密度を0.3~1.2本/m²としている。また、吉田(1991)の報告から、木本類の播種粒数密度に対する3年目の成立本数密度の割合は試算すると9.4%であった。これらの値を参考にし、3年目に0.3~1.2本/m²程度の成立本数密度が期待できるように播種粒数密度を設定した。つまり、播種後3年目に9.4%の割合で成立すると仮定すると、3.2~12.8粒/m²の播種で3年目には成立本数密度が0.3~1.2本/m²となる。そこで、木本類の播種粒数密度を2.5, 5, 7.5, 15, 25, 50粒/m²の6種類に設定し実行した。ところが、2.5および5粒/m²の播種試験では、降雪による土壌侵食が比較的多く発生している試験プロットのためか、木本類の発芽がみられなかったため、本報告では木本類の播種粒数密度として7.5, 15, 25, 50粒/m²の4種類について取りまとめる。図-2に示す各試験プロットの種別の播種粒数密度をまとめると表-1のようである。種子は耐乾性や耐痩せ地性のあるもので、足尾流域の治山工事で用いられている種を選択した。木本類としてクロマツ、アカマツ、カラマツ、ダケカンバ、ヤシヤブシ、イタチハギの6種類、草本類としてイタドリ、ススキ、ヨモギの3種類を使用した。木本類と草本類の粒数割

表-1. 各試験プロットにおける種別の播種粒数密度

試験プロット番号	①	③, ⑤	②	④, ⑥
クロマツ	3.75	1.875	1.125	0.563
アカマツ	3.75	1.875	1.125	0.563
カラマツ	3.75	1.875	1.125	0.563
ダケカンバ	3.75	1.875	1.125	0.563
ヤシャブシ	15	7.5	4.5	2.25
イタチハギ	20	10	6	3
木本類 合計	50	25	15	7.5
イタドリ	60	30	18	9
ススキ	45	22.5	13.5	6.75
ヨモギ	45	22.5	13.5	6.75
草本類 合計	150	75	45	22.5
合計	200	100	60	30

単位は粒/m²で、発芽率を考慮した粒数。

合は1:3とし、播種粒数密度は200, 100, 60, 30粒/m²の4種類としている。

播種時期は秋播き、春播き、秋と春の2度播きの3種類とし、秋播き、春播きの播種粒数密度をそれぞれ100粒/m²および30粒/m²の2種類ずつ、2度播きはその倍の200粒/m²および60粒/m²とした。各試験プロットの面積は47m²である。図-2の試験プロット③および④が斜面の下方で秋播きを行い、①および②は2度播きで、⑤および⑥が斜面の上方で春播きを行っている。つまり、秋播きを①, ②, ③, ④の試験プロットで行い、翌年に春播きを①, ②, ⑤, ⑥で行っている。この試験の特徴の一つは、春播きだけでなく秋播きも行っているところにある。使用した木本類はすべて秋に種子が成熟するため、秋播きは播種時期として適していると考えられるからである。秋播きは2001年10月20日、春播きは2002年4月23日にそれぞれ行い、播種後の3年間、2002年4月24日、6月3日、11月19日、2003年10月30日、2004年11月18日に成立本数を調べ、同時に樹高を測定した。

III. 結果と考察

木本類ではクロマツおよびアカマツの発芽・成長が良好であった。それ以外ではイタチハギが多く発芽したが、2年目にほとんど枯死した。カラマツはほとんど発芽せず、ダケカンバとヤシャブシの発芽はみられなかった。草本類ではイタドリとススキの発芽があったが、2年目からは既に自生しているものと判別が難しく、調査はできなかった。また、ヨモギは発芽がみられなかった。土壌侵食による個体の枯損が若干あったが、カモシカなどによる食害はみられなかった。このような結果から、本報告では、クロマツとアカマツについて解析することとした。なお、試験地で成立したクロマツとアカマツは苗畑等の苗木と異なり判別が困難なため、ここではクロマツとアカマツを合計した値で解析した。

図-3に2度播きで播種粒数密度が200粒/m²の試験プロット①におけるクロマツとアカマツ合計の成立本数密度および平均樹高の変化を示した。成立本数密度は、発芽後春から夏にかけて急増し、1年目にピークをむかえ、その

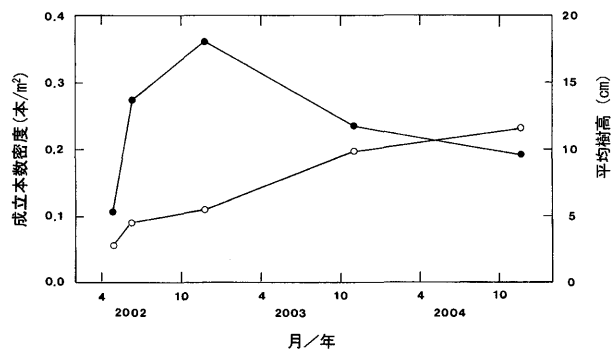


図-3. クロマツとアカマツ合計の成立本数密度および平均樹高 (播種粒数密度200粒/m²)

●, 成立本数密度; ○, 平均樹高。

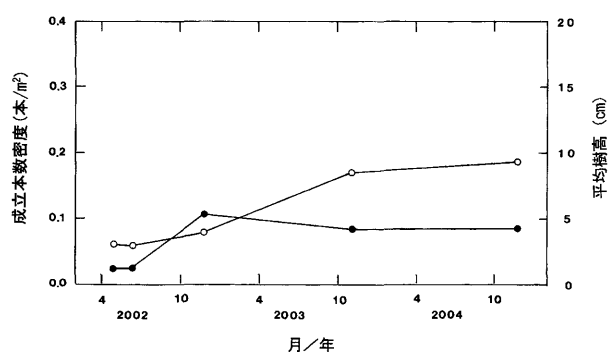


図-4. クロマツとアカマツ合計の成立本数密度および平均樹高 (播種粒数密度60粒/m²)

●, 成立本数密度; ○, 平均樹高。

後減少するが、吉田(1991)の報告と概ね同様の傾向であった。そして、3年目の秋で成立本数密度は0.192本/m²となった。平均樹高は一般的な苗畑の苗木と比較すると小さく、3年目の秋で平均樹高は11.6cmであるが(森林総合研究所苗畑の苗木では3年目の5月で、既にクロマツは樹高50cm程度、アカマツは樹高45cm程度である)、年々増加していることがわかる。図-4は同じく2度播きで播種粒数密度60粒/m²の試験プロット②の結果である。播種粒数密度が小さい分、成立本数密度も小さくなり、3年目の成立本数密度は0.085本/m²となったが、播種粒数密度200粒/m²と同様に一年目でピークをむかえ、以後若干減少している。また、平均樹高も増加傾向にあり、3年目には9.3cmに達した。

クロマツとアカマツ合計の播種粒数密度に対する成立本数密度の割合の変化を図-5に示した。播種粒数密度200粒/m²、60粒/m²ともに、概ね同様の割合で推移した。すなわち、一年目にピークをむかえ5%近くまで上昇し、その後少し減少する傾向を示した。そして、3年目の秋に、播種粒数密度200粒/m²で2.5%、60粒/m²で3.7%となった。

各試験プロットにおけるクロマツとアカマツ合計の播種粒数密度に対する3年目の成立本数密度の割合を表-2に

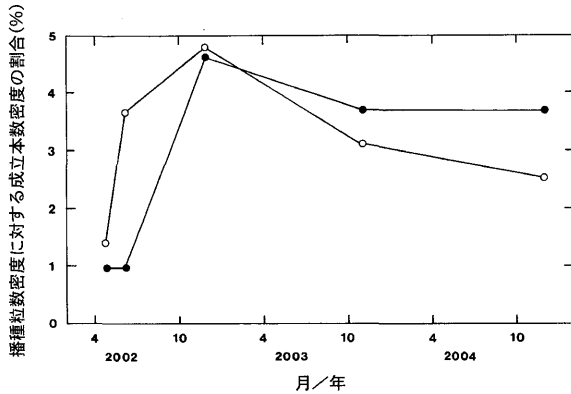


図-5. クロマツとアカマツ合計の播種粒数密度に対する成立本数密度の割合の変化
○, 播種粒数密度 200 粒/m²; ●, 播種粒数密度 60 粒/m².

表-2. クロマツとアカマツ合計の播種粒数密度に対する 3 年目の成立本数密度の割合

試験プロット番号	播種時期	播種粒数密度 (粒/m ²)	クロマツとアカマツ合計の成立本数密度の割合 (%)
①	秋播き+春播き	200	2.5
②	秋播き+春播き	60	3.7
③	秋播き	100	2.2
④	秋播き	30	1.9
⑤	春播き	100	0.6
⑥	春播き	30	1.9

示した。試験プロット間で立地条件が若干異なると考えられるため、成立本数密度の割合を一概には比較できないが、2度播きの割合が最も高く、次いで秋播き、春播きの順となった。一般に播種工の場合、春播きが好ましいとされているが、秋播きでも粘土のコーティングにより春の発芽まで種子が保護されるため、粘土団子種子を用いた場合、秋播きも好ましいと考えられる。

次に、播種する木本類をクロマツとアカマツのみとし、この2種類を用いて樹林化する場合、どの程度の播種粒数密度が必要かを試算した。「II. 3. 試験方法」のところでも述べたが、吉田 (1998) の報告では、発芽後3年目以降数年間における木本類の成立本数密度は概ね安定していることから、3年目の成立本数密度が目安になると考えた。そして、クロマツとアカマツ合計の目安の値として植栽本数密度の基準を参考とした。人工造林 (宮島, 1981) では、植栽本数密度はアカマツが0.4~0.6本/m²、クロマツが0.45~0.6本/m²とし、痩せ地では成長が遅く閉鎖が遅れるので密植するとしている。山腹緑化における植栽工 (林野庁, 1983) では、土壌条件の悪いところでは0.8~1.2本/m²程度を標準としている。これらの値からクロマツとアカマツ合計の3年目成立本数密度の目安を0.4~1.2本/m²とした。

表-3は3年目に目標とするクロマツとアカマツ合計の成立本数密度 (G) を0.4本/m²および1.2本/m²とした場

表-3. クロマツとアカマツ合計の播種粒数密度 (S) に対する3年目の目標成立本数密度 (G) の割合

播種粒数密度 (粒/m ²)	クロマツとアカマツ合計の播種粒数密度 (S) (粒/m ²)	G/S (Gが0.4本/m ²) (%)	G/S (Gが1.2本/m ²) (%)
30	7.5	5.3	16
60	15	2.7	8
100	25	1.6	4.8
200	50	0.8	2.4

合の、クロマツとアカマツ合計の播種粒数密度 (S) に対する割合を示した。木本類 (クロマツとアカマツ) と草本類の播種粒数密度の割合は1:3としている。2度播きの試験結果では、クロマツとアカマツ合計の播種粒数密度に対する3年目の成立本数密度の割合として2.5%と3.7%という値を得ているが、木本類をクロマツとアカマツのみとした場合でも同じ割合で成立本数密度が期待できると仮定した。そうすると、Gを0.4本/m²とした場合、播種粒数密度が60粒/m²程度あれば所期の目的は達成でき、Gを1.2本/m²とした場合、播種粒数密度は200粒/m²程度必要となる。このような試算から、個体が多量に枯損するような土砂移動がなくカモシカなどによる食害も発生しない場合、粘土団子種子を用いれば、60~200粒/m²程度の播種粒数密度で、クロマツおよびアカマツによる樹林化の可能性があると考えられた。

IV. おわりに

本研究では、荒廃地における樹林化手法の開発のため、緑化資材として粘土団子種子を用いた試験を足尾松木沢で行った。その結果、従来の播種工よりかなり少ない播種粒数密度でクロマツとアカマツによる樹林化の可能性を提示できた。播種粒数密度の大幅な減少により、施工地近辺の自生種を用いた樹林化も考えられる。また、種子以外の材料も粘土と水のみで、スラリー式のように化成肥料、土壌改良材、養生材などは必要ないため、施工経費も安く抑えることができる。粘土団子種子を用いて足尾松木沢のような荒廃地での樹林化が可能であれば、小橋 (2001) が求めている安価な一手法となるとともに、自生種を用いることにより施工地周辺の植物群落と調和がとれる有効な樹林化方法と考えられる。

本研究を行うにあたり、粘土団子種子の考案者で砂漠緑化の実践者でもある福岡正信氏ならびに本間裕子氏には粘土団子種子などに関してご教示をいただいた。林野庁関東森林管理局日光森林管理署ならびに群馬森林管理署には試験地の使用にあたりご尽力をいただいた。茨城県工業技術センター窯業指導所の小島 均氏、鴨志田武氏には粘土の粉碎技術などについてご指導をいただいた。森林総合研究所山地災害研究室ならびに実験林室の職員の方々には現地調査や種子提供などのご協力をいただいた。ここに深く感謝申し上げる。

引用文献

- 福岡正信 (1985) 無 [III] 自然農法. 419 pp, 春秋社, 東京.
- 小橋澄治 (2001) 荒廃地と緑化. 緑工誌 26: 248-251.
- 宮島 寛 (1981) 人工造林. (新版造林学. 堤 利夫・川名 明ら共著, 234 pp, 朝倉書店, 東京). 116-130.
- 林野庁 (1983) 治山技術基準解説 [総則・山地治山編]. 365 pp, 日本治山治水協会, 東京.
- 清野輝雄・安齋義之・管家秀一・西澤睦博 (1995) 積雪高寒冷地帯の自然公園内における木本植物によるのり面緑化の事例. 緑工誌 21: 41-49.
- 山寺喜成 (1986) 播種工による早期樹林化方式の提案. 緑化工技術 12: 25-35.
- 吉田 寛 (1991) 播種工による軟岩法面への常緑広葉樹の導入—トウネズミモチ, シヤリンバイの導入例—. 緑工誌 16: 46-53.
- 吉田 寛 (1998) 播種工による階層構造を有する複層林の造成. 緑工誌 24: 90-98.
- 吉田 寛・保坂一彦 (1992) 薄層基材吹付工による複合群落の造成—OS3 緑化工法の施工例—. 緑工誌 17: 175-181.