

# インドネシア露天掘り鉱山の採掘跡地におけるカジ ノキ(*Broussonetia papyrifera* (L.) Venten.)を用 いた再緑化に関する研究

濱中, 晃弘  
九州大学地球資源システム工学部門

宮島, 郁夫  
九州大学熱帯農学研究センター

井上, 直也  
九州大学地球資源システム工学部門

島田, 英樹  
九州大学地球資源システム工学部門

他

<https://hdl.handle.net/2324/6793759>

---

出版情報 : Journal of the Japanese Society of Agricultural Technology Management. 21 (2),  
pp.33-39, 2014-09-15. Japanese Society of Agricultural Technology Management

バージョン :

権利関係 : 利用は著作権の範囲内に限られる



# インドネシア露天掘り鉱山の採掘跡地におけるカジノキ (*Broussonetia papyrifera* (L.) Venten.) を用いた再緑化に関する研究

濱中晃弘<sup>\*1</sup>・宮島郁夫<sup>2</sup>・井上直也<sup>1</sup>・島田英樹<sup>1</sup>・笹岡孝司<sup>1</sup>・松井紀久男<sup>1</sup>

<sup>1</sup>九州大学地球資源システム工学部門 〒819-0395 福岡市西区元岡744

<sup>2</sup>九州大学熱帯農学研究センター 〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1

## Study on Revegetation of Post Mine Surface by Paper Mulberry (*Broussonetia papyrifera* (L.) Venten.) in Indonesian Opencast mine

Akihiro HAMANAKA<sup>\*1</sup>, Ikuo MIYAJIMA<sup>2</sup>, Naoya INOUE<sup>1</sup>, Hideki SHIMADA<sup>1</sup>, Takashi SASAKA<sup>1</sup>, and Kikuo MATSUI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Earth Resources Engineering, Kyushu University, 744, Motoooka, Nishi-ku, Fukuoka 819-0395, Japan

<sup>2</sup>Institute of Tropical Agriculture, Kyushu University, 6-10-1, Hakozaki, Higashi-ku, Fukuoka 812-8581, Japan

### Abstract

Opencast mine is the typical mining technique to produce coal from its source in Indonesia and the large scale of disturbance occurs by employing this technique. Recently, the productive use of the disturbed land has been studied. Here, the application of a fiber crop, Paper Mulberry, to the disturbed area was investigated and analyzed by means of several laboratory and field tests. It was found that 1) hot-water treatment in 80°C for 10 seconds is the most effective to improve the germination rate (more than 80%), 2) Paper Mulberry can grow in the rehabilitation area in Indonesian opencast mines and the seedlings-raising period in nursery can be shortened by early transplantation to the field, 3) an appropriate management of soil texture in the field can increase the growth rate of this species.

**Key Words** : hot-water treatment, opencast mining, Paper Mulberry, rehabilitation, soil management

我が国における石炭資源開発は経済的な観点から重要性が失われ、現在、国内石炭消費量のほとんどは海外輸入に依存している。日本はインドネシアから年間約 3,000 万 t もの石炭を輸入しており、それはオーストラリアに次ぐ第 2 位の石炭輸入先である(笹岡ら, 2010)。インドネシアでは石炭のほとんどが露天掘り(地下に賦存する資源を地表より剥土することで開発する工法)により採掘されているため、開発後には大規模な荒廃した土地が採掘跡地として形成される。したがって、インドネシアにおける露天掘り鉱山開発では、熱帯雨林の消失や採掘跡地における土壌侵食など地球規模の深刻な環境問題が引き起こされるため、環境修復に向けた採掘跡地の再緑化が重要な課題となっている(濱中ら, 2013)。

本来、石炭採掘跡地の再緑化の目的は自然生態系の回復であり、採掘跡地を自立した土地として再生すること

である。そこで、これまではその土地に自生する草本類や木本類の種子や苗を保存・管理し、採掘跡地の再緑化と生態系の回復が図られてきた(第 1 図)。しかしながら、現在では単に石炭採掘以前の植生に復帰させることだけでなく、農作物の栽培や乳牛および肉牛の放牧、観光施設の建設など産業用途のために採掘跡地を利用することも考慮されるようになってきた(Hargraves and Martin, 1993)。このような背景のもと、本研究では良質な繊維資源として有効利用が期待されるカジノキ(*Broussonetia papyrifera*)に着目した。

カジノキはクワ科コウゾ属の落葉高木で、雌雄異株、直径約 1 cm の集合果は赤熟し直径 2 mm ほどの種子を多数着ける。本種は中国中南部、台湾、東南アジアなどの亜熱帯～熱帯地域に広く栽培され野生化しているが、樹皮は良質な繊維資源であり、古くから東南アジア諸国だけでなく我が国においても和紙や織物の原料として活

\* Corresponding author, E-mail: hamanaka09r@mine.kyushu-u.ac.jp



第1図 インドネシア石炭露天掘り鉱山採掘跡地の再緑化行程

左：採掘跡地への表土埋め戻し，中：雑草種子の散布による再緑化開始，  
右：再緑化完了

用されてきた（中村，1994）．本種は幹を伐採しても萌芽枝が伸長するため，継続的な繊維資源の回収が可能であり（Andreas et al., 2010），インドネシアにおける石炭の露天掘り鉱山跡地における再緑化樹木としての利用価値が高いと思われた．

カジノキは，実生，挿し木（根挿し），株分けによる増殖が可能とされるが（中村，1994），本研究の対象である露天掘り鉱山の採掘跡地は非常に広大であるため，一度に大量の苗を確保する必要がある．したがって，挿し木や株分けよりも実生による増殖が有効と思われたが，これまでカジノキ種子の発芽に関する報告は見られない．そこで，予備的な試験を行った結果，カジノキ種子をそのまま播種すると最初の発芽までに約1カ月もかかり，発芽の揃いも悪かった．また，最終的な発芽率は50%程度だったことから，カジノキの苗を大量に確保するには発芽率と発芽の斉一性の向上が必要と思われた．

ところで，Tanasombat ら（2005）はタイの山地等において，カジノキの生育に関する検討を行っており，土壤の肥料分を十分に確保し，苗木の植樹間隔を狭くすることが成長促進および土地から得られる繊維資源量の増大のために重要であることを指摘している．しかし，これまで露天掘り鉱山の採掘跡地を対象としたカジノキの生育に関して検討された例は見られない．また，苗の植え替え時期が樹木の栽培に重要であるにもかかわらず，カジノキでは検討されていない．

さらに，多くの露天掘り鉱山では開発中に剥土された表土を保管・管理しており，これを植物の生育基盤として採掘跡地に埋め戻されている．これは，開発に伴って剥土された表土には土壤有機物や土壤微生物が豊富に含まれているため，十分な土層厚の表土を埋め戻すことが良質な植物の生育基盤の形成につながるためでもある．ここで，カジノキの生育に適した土壤を特定し，選択的に土壤を埋め戻すことや苗の植え替え前に土壤改良を行うことで，カジノキの更なる生育促進が可能となる．

そこで，本研究では，まず苗を大量に生産するためにカジノキ種子の発芽促進処理法を検討した．つぎに，イ

ンドネシア露天掘り鉱山の採掘跡地におけるカジノキの適応性および適切な苗の植え替え時期を検討するため，カジノキの実生を用いて現場生育試験を行った．さらに，カジノキの生育に適した土壤を特定し，緑化を効率的に進めるための土壤条件を検討するために，砂と粘土をさまざまな比率で混合した人工培土でカジノキ実生を栽培し最適な培土を検討した．

## 材料および方法

### 1. カジノキ種子の発芽促進処理

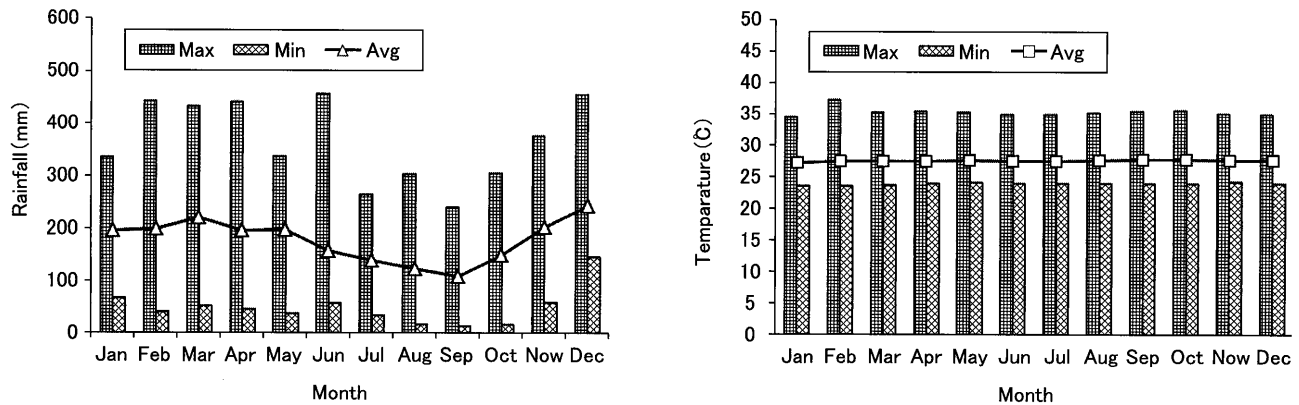
九州大学熱帯農学研究センター圃場で栽培中の5年生のカジノキから2012年7月に成熟果実を採取し，果肉部を水で洗浄して除去したのち種子を得た．得られた種子は風乾後乾燥剤とともに実験開始まで冷蔵庫内で保管した．

種子は，生理的休眠，硬実性などの理由により，発芽が阻害されることがある．そのため，種子の効率的な発芽のために適切な発芽促進処理を施し，早期発芽と発芽の斉一性が求められる（生方・宮下，2006）．難発芽種子に対する発芽促進方法としては，磨傷（種皮面に傷を付ける），濃硫酸処理，高温（湿熱，乾熱），低温，振とう，高压，アルコールやアセトン浸漬，超音波などの方法が知られている（中村，1981）．これらの方法のうち，本試験では処理が比較的容易な①熱湯・温湯による処理，②種皮の傷つけによる処理，③酸による処理をそれぞれ行い，カジノキ種子の効率的な発芽法を検討した．

熱湯・温湯処理においては，温度を60，80および100℃，浸漬時間を10，30および60秒と設定した．つぎに，種皮の傷つけ処理ではカジノキの種子内部が露出するまで種皮を紙ヤスリで削った．また，酸による処理では濃硫酸（質量パーセント濃度96%）に浸漬する時間を10，20，30および60秒とした．

また，本試験では各発芽促進処理後，ガラスシャーレ内に敷いたろ紙に殺菌剤としてベンレート1,000倍希釈液を5 mL滴下し，そこに各発芽促進処理ののちジベレリン500 ppm処理を行ったカジノキ種子を播種して30℃の暗所に静置した．

## インドネシア露天掘り鉱山におけるカジノキを用いた緑化



第2図 KPC 鉱山の月平均気温および月間降水量分布 (1984-2007)

播種後, 7, 10, 14, 21 および 28 日目に発芽数を計測し, 累積発芽率を算出した. なお, 各発芽処理試験は 50 粒のカジノキ種子を用い 2 反復行った.

## 2. 採掘跡地におけるカジノキの生育試験

インドネシア最大の露天掘り石炭鉱山である KPC (Kaltim Prima Coal) 鉱山の採掘跡地 (北緯 0°35'36" ~ 0°37'44", 東経 117°24'50" ~ 117°27'35") において, 2012 年 10 月 15 日に苗圃で土壌が充填された直径 10 cm のプラスチックポットにカジノキ種子の播種を行い, 同年 11 月 14 日に播種 1 カ月後の苗を, 同年 12 月 12 日に播種 2 カ月後の苗を, 2013 年 1 月 11 日に播種 3 カ月後の苗を, さらに, 同年 4 月 18 日に播種 6 カ月後の苗をそれぞれ 10 m x 5 m の試験区に株間 2 m, 畝間 1.5 m で 14 本ずつ植え付けた. 試験区は石炭採掘前の表土を厚さ約 1.0 m 埋め戻しており, 土壌の pH は 4.0 であった. 植え付け時および植え付け 3 ヶ月後に固形肥料 (NPK 16-16-16) を 300 kg/ha の割合で与えた. 植え付け後 2 週間毎に樹高を測定した. KPC 鉱山における気温・降

水量を第 2 図に示す.

## 3. 人工気象室内生育試験

砂 (ふるい分けした真砂土) と粘土 (九州ベントナイト) を種々の割合で混合した 7 種類の土壌 (第 1 表) を用いて, 九州大学生物環境利用推進センターファイトロンガラス室 G-9 (室温 30°C, 相対湿度 70%) の人工気象室内で生育試験を行った.

2012 年 12 月 6 日に直径 15 cm のプラスチックポットに土壌試料を充填したのち, 高さ約 4 cm のカジノキ実生を植え付けて試験を開始した. 3~4 日おきに 1 ポットあたり 500 mL 灌水し, 週 1 回 1,000 倍に希釈した液肥 (HYPONeX®, NPK 6-10-5) を与えた. 植え付け後 8 週目まで 1 週間毎に樹高と茎径を調査し, 生育試験終了後に地上部と地下部 (根系) の乾燥重量を測定した.

1 土壌試験区あたり 5 本のカジノキ苗木を用いるとともに, 各土壌に対しコンシステンシー試験, 変水位透水試験, 土の陽イオン交換容量 (Cation Exchange Capacity, 以下 CEC) 試験 (地盤工学会, 2010a, 地盤

第1表 生育試験土壌の組成および基礎特性

| 土壌試料 | 砂 (%) | 粘土 (%) | 液性限界<br>W <sub>L</sub> % | 塑性限界<br>W <sub>P</sub> % | 塑性指数<br>I <sub>p</sub> | 飽和透水係数<br>(cm/sec)         | 陽イオン交換<br>容量 (CEC)<br>(cmol/kg) |
|------|-------|--------|--------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| 土壌 1 | 100   | 0      | 28.3                     | NP <sup>z</sup>          | -                      | 8.770 × 10 <sup>-4</sup>   | 10.55                           |
| 土壌 2 | 85    | 15     | 33.7                     | 14.8                     | 18.9                   | 3.491 × 10 <sup>-4</sup>   | 11.12                           |
| 土壌 3 | 75    | 25     | 40.7                     | 17.6                     | 23.1                   | 2.431 × 10 <sup>-4</sup>   | 13.07                           |
| 土壌 4 | 65    | 35     | 45.2                     | 18.2                     | 27.0                   | 1.443 × 10 <sup>-4</sup>   | 15.42                           |
| 土壌 5 | 55    | 45     | 52.3                     | 20.1                     | 32.3                   | 8.250 × 10 <sup>-5</sup>   | 16.48                           |
| 土壌 6 | 40    | 60     | 57.1                     | 22.5                     | 34.6                   | 3.450 × 10 <sup>-6</sup>   | 20.70                           |
| 土壌 7 | 0     | 100    | 67.2                     | 23.6                     | 43.6                   | 1.000 × 10 <sup>-7</sup> > | 26.39                           |

<sup>z</sup>NP: Nonplastic の略. 粘土包有量が少ない土で液状限界や塑性限界が求められない場合のこと

工学会, 2010b, 土壌環境分析法編集委員会, 1997) を実施し, 生育試験土壌の基礎特性の把握を行った。

### 結果および考察

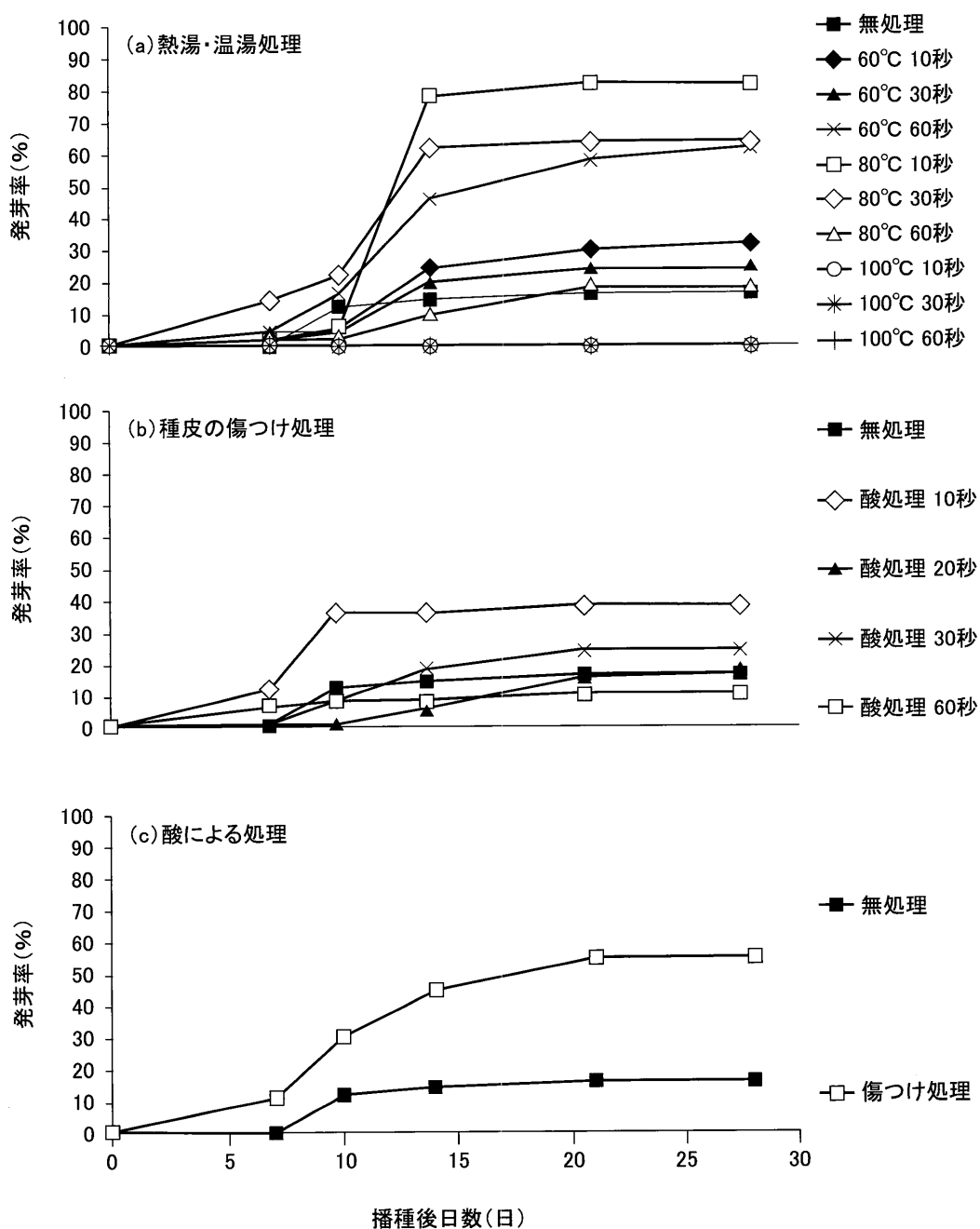
#### 1. カジノキ種子の発芽促進処理

ほとんどの試験区で一定の発芽改善効果が認められたが, 100℃の熱湯処理および硫酸 60 秒処理区ではまったく発芽がみられなかった。これら発芽が見られなかった処理では, カジノキの種子の内部にまで高温や強酸の影響が及び胚が死滅したと考えられる。一方, 80℃の温湯

で 10 秒間カジノキ種子を浸漬した処理の発芽率が, 播種後 2 週間で約 80% と最も高い値を示した (第 3 図)。この 80℃の温湯で 10 秒間カジノキ種子を浸漬する処理はきわめて簡便な処理であるため, カジノキ苗木の効率的な大量生産が可能となることが示唆された。

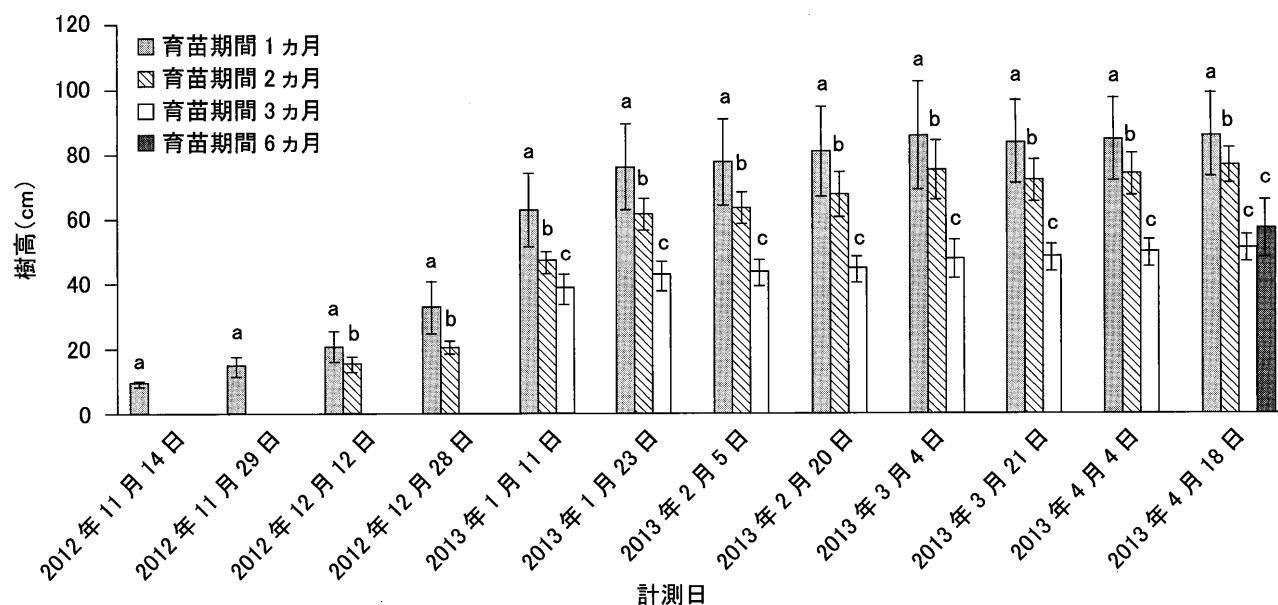
#### 2. 採掘跡地におけるカジノキの生育試験

採掘跡地へ植え付けた実生はその後ほとんどが良好な生育を示したことから, インドネシアの露天掘り石炭鉱山の採掘跡地においてカジノキの生育が可能であるこ



第3図 さまざまな処理によるカジノキ種子の発芽促進試験

## インドネシア露天掘り鉱山におけるカジノキを用いた緑化



第4図 カジノキの現場生育試験

縦線は標準誤差 (n=15) を示す

同一調査日の異なるアルファベット間にはTukeyの多重検定による5%水準で有意差ありを示す

とが示された (第4図)。また、カジノキの苗木は発芽1ヵ月後に採掘跡地へ植え付けたものが最も高い樹高となり、苗圃で6ヵ月間管理したのちに植え付けられた苗木の高さと比較して顕著な有意差が認められた。これは、苗圃での育苗がポットを用いて行われたことから、育苗期間が長くなるにつれてポットの中でルーピングといわれる根がうずまき現象が生じ、植え付け後の根の活着や生長が阻害されたためと考えられる (川口, 2004)。

KPC 鉱山では採掘跡地の再緑化に向けて、植樹用の苗木の管理が苗圃で行われている。生育土壌として、現場表土、堆肥、有機質肥料、および石灰の混合土が使用されており、苗木は苗圃で約6ヵ月間管理されたのち採掘跡地に植え付けられている。

本試験の結果、カジノキの実生の圃場における育苗期間は現行の期間 (約6ヵ月) から短縮することが可能であり、その結果、苗圃における実生管理期間の短縮による管理の手間と経費の節約のみならず、植え付け後の成長促進も可能と思われる。

### 3. カジノキの生育に適した土壌の検討

生育試験土壌の基礎特性の把握のために行った各種試験結果、粘土が高い割合で含まれる土壌ほど保水性は高く、逆に砂の割合が高いほど透水性は高くなった (第1表)。実験開始から8週目のカジノキ実生の樹高は土壌4と土壌5の土壌において高く、土壌1の砂のみ、および土壌7の粘土のみの土壌において低く (第2表)、茎

径は土壌4, 5, 6において高く、土壌7において低くなる傾向を示した (第3表)。また、地上部の乾燥重は土壌5において高く、土壌3および土壌7において低く、根の乾燥重は土壌1の砂のみにおいて高く、土壌6および土壌7において低い値を示した (第4表)。

さらに、砂のみの土壌 (土壌1) ではカジノキの実生は垂直方向へ生長したのに対し、粘土のみの土壌 (土壌7) では水平方向へ広がるような生長が確認された (第5図)。植物は生育基盤である用土の透水性や保肥性といった土壌特性の違いによって、生育形態も変化するものと思われる。植物の良好な生育には垂直方向への成長だけでなく、全体として受け取る光量の増加をもたらす成長も必要であるため (竹中, 1997)、植物は垂直方向へ高く、水平方向に広く成長する生育形態が望ましいと考えられる。

本試験では、砂と粘土が55:45の割合で混合された土壌5の土壌においてカジノキの樹高・茎径・地上部の乾重量がもっとも高かったことから、この土壌においてカジノキがもっとも良好な生育をしたと考えられ、この用土が繊維資源としてのカジノキの生育にとって最適な植栽基盤としての特性を有すると言える。

露天掘り鉱山の採掘跡地に埋め戻された土壌は一樣でなく、攪乱や廃石の混入により土性が多様化していることが報告されている (Hamanaka et al., 2013)。したがって、カジノキ栽培を前提とした採掘跡地へ埋め戻す用土は、砂と粘土とがほぼ1:1の割合で混合されていることが重

第2表 異なる用土条件で人工気象室において栽培したカジノキの樹高 (mm)

|      | 植え付け 1 週間後    | 植え付け 4 週間後      | 植え付け 8 週間後      |
|------|---------------|-----------------|-----------------|
| 土壌 1 | 68.6 ± 8.4 a  | 177.0 ± 24.8 b  | 405.0 ± 41.2 b  |
| 土壌 2 | 63.8 ± 6.7 a  | 197.0 ± 16.0 ab | 455.0 ± 28.9 ab |
| 土壌 3 | 67.8 ± 11.1 a | 177.0 ± 11.7 b  | 472.5 ± 35.6 ab |
| 土壌 4 | 75.0 ± 16.5 a | 193.0 ± 15.4 ab | 487.0 ± 33.6 a  |
| 土壌 5 | 88.3 ± 10.2 a | 226.0 ± 22.4 a  | 522.5 ± 16.4 a  |
| 土壌 6 | 74.4 ± 14.6 a | 174.0 ± 27.3 b  | 483.8 ± 26.8 ab |
| 土壌 7 | 78.8 ± 5.3 a  | 178.0 ± 20.1 b  | 357.0 ± 48.1 b  |

実験開始日：2012 年 12 月 6 日

それぞれの土壌につき 5 本の実生を調査して得られた値を平均値±標準誤差で表す

同一列の異なるアルファベット間は Tukey の多重検定による 5% 水準で有意差ありを示す

第3表 異なる用土条件で人工気象室において栽培したカジノキの茎径 (mm)

|      | 植え付け 1 週間後  | 植え付け 4 週間後   | 植え付け 8 週間後   |
|------|-------------|--------------|--------------|
| 土壌 1 | 1.8 ± 0.1 a | 2.8 ± 0.2 b  | 5.0 ± 0.3 ab |
| 土壌 2 | 2.0 ± 0.2 a | 2.7 ± 0.4 b  | 5.2 ± 0.2 ab |
| 土壌 3 | 1.9 ± 0.1 a | 2.9 ± 0.4 b  | 5.0 ± 0.4 ab |
| 土壌 4 | 2.1 ± 0.3 a | 3.3 ± 0.4 ab | 5.9 ± 0.6 a  |
| 土壌 5 | 2.3 ± 0.2 a | 3.6 ± 0.2 a  | 6.2 ± 0.2 a  |
| 土壌 6 | 2.1 ± 0.2 a | 3.4 ± 0.4 ab | 6.0 ± 0.4 a  |
| 土壌 7 | 2.1 ± 0.2 a | 3.5 ± 0.2 ab | 4.5 ± 0.6 b  |

実験開始日：2012 年 12 月 6 日

それぞれの土壌につき 5 本の実生を調査して得られた値を平均値±標準誤差で表す

同一列の異なるアルファベット間は Tukey の多重検定による 5% 水準で有意差ありを示す

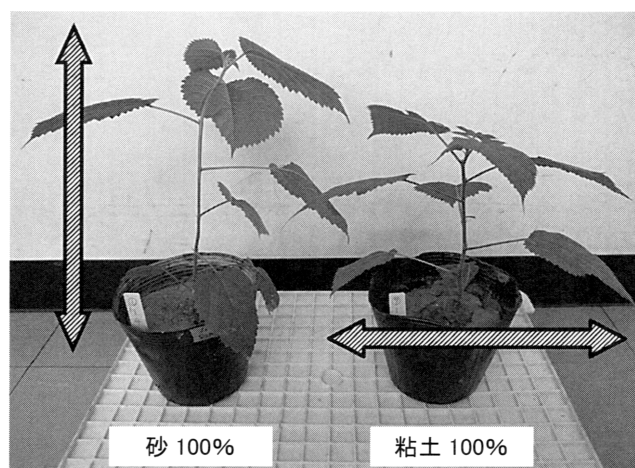
第4表 異なる用土条件で人工気象室において栽培したカジノキの地上部と地下部の乾燥重 (g)

|      | 地上部            | 根              |
|------|----------------|----------------|
| 土壌 1 | 5.37 ± 0.66 ab | 7.94 ± 0.66 a  |
| 土壌 2 | 5.91 ± 0.72 ab | 6.25 ± 1.50 ab |
| 土壌 3 | 4.57 ± 1.44 b  | 5.99 ± 1.14 ab |
| 土壌 4 | 5.82 ± 0.36 ab | 5.07 ± 1.43 ab |
| 土壌 5 | 7.20 ± 0.34 a  | 6.16 ± 0.21 ab |
| 土壌 6 | 6.77 ± 0.94 ab | 3.80 ± 0.75 b  |
| 土壌 7 | 3.92 ± 0.78 b  | 2.94 ± 1.49 b  |

実験開始日：2012 年 12 月 6 日

それぞれの土壌につき 5 本の実生を調査して得られた値を平均値±標準誤差で表す

同一列の異なるアルファベット間は Tukey の多重検定による 5% 水準で有意差ありを示す



第5図 異なる栽培用土でのカジノキ苗木の生育形態の差異

要であり、埋め戻し施工時に利用される現場表土や有機肥料等と併せて総合的に考慮される必要がある。

### 摘 要

インドネシアの石炭露天掘り鉱山における採掘跡地の早期環境修復および産業用途での有効利用を目的として、繊維作物として有望なカジノキの発芽促進処理法、現場生育試験および最適培土の検討を行った。その結果、カジノキ種子を 80℃の温湯に 10 秒間浸漬処理することで発芽率が向上した。得られたカジノキ実生はインドネシアの露天掘り石炭鉱山の採掘跡地において生育が可能であり、発芽 1 カ月後に採掘跡地へ植え付けることで、苗圃での管理期間が短縮できるだけでなく、植え付け後の生育も良好であった。カジノキの生育には砂と粘土がほぼ 1:1 の割合で混合された土壌が最も適していた。

キーワード：温湯処理、カジノキ、環境修復、土壌管理、露天掘り鉱山

### 謝 辞

本研究の実施にあたり、KPC 鉱山およびバンドン工科大学の関係各位より多大なご協力を頂いた。さらに、本研究の一部は科学研究費補助金（基盤研究（C）：23560986）により実施した。ここに記して厚くお礼を申し上げる。

### 引用文献

- Andreas, N., S. Pornsiri, M. Chanhson, T. Wirachinee and K. Ogata. 2010. Can Paper Mulberry Contribute to Building Sustainable Rural Livelihoods in Northern Laos?. *Journal of Southeast Asian Studies*. 47(4) : 403-425.
- 土壌環境分析法編集委員会. 1997. 土壌交換能 (CEC, AEC). 土壌環境分析法. p. 208-215. 博友社. 東京.
- 濱中晃弘・島田英樹・笹岡孝司・松井紀久男・宮島郁夫・一ノ瀬政友. 2013. インドネシア露天掘り鉱山のリハビリテーションエリアにおける再緑化に向けた表土の埋め戻しに関する検討. 平成 25 年度資源・素材学会春季大会講演集. p. 370-371.
- Hamanaka, A., N. Inoue, H. Shimada, T. Sasaoka, M. Kikuo

and I. Miyajima. 2013. Study on Backfilling of Soil for Revegetation at the Rehabilitation Area in Indonesian Coal Mine. *Proceedings of the 22nd Mine Planning and Equipment Selection*. p. 803-812.

Hargraves, A. J. and C. H. Martin, 1993. SURFACE REHABILITATION. *Australian Coal Mining Practice*. p. 260-279, Australasian Institute of Mining and Metallurgy. Australia

地盤工学会「土質試験－基本と手引き－」改訂編集 WG. 2010a. 土の液性限界・塑性限界試験. 土質試験基本と手引き. p. 39-48. 社団法人地盤工学会. 東京.

地盤工学会「土質試験－基本と手引き－」改訂編集 WG. 2010b. 土の透水試験. 土質試験基本と手引き. p. 91-102. 社団法人地盤工学会. 東京.

川口エリ子・佐藤嘉一・長濱孝行・片野田逸朗. 2004. 異なる育苗容器で成育させたオキナワウラジロガシの根系の発達と初期成長. *九州森林研究*. 57 : 313-315.

Tanasombat, M., Y. Okabayashi, K. Sakurai, B. Thaiutsa, S. Thammincha and P. Suekeaw. 2005. Silvicultural performance of paper mulberry in Thailand. *TROPICS/ 熱帯研究*. Vol. 14. No. 2. p. 149-162

中村俊一郎. 1981. 農林種子の発芽生理 17(農学講座). 農業および園芸. 56: 708-711.

中村恒雄. 1994. コウゾ属. p.840. 塚本洋太郎総監修. 園芸植物大事典 1. 小学館. 東京.

笹岡孝司・松井紀久男・島田英樹・高本拓・大屋二郎・S. KRAMADIBRATA・B. SULISTIANTO・一ノ瀬政友. 2010. インドネシアでの坑内掘石炭鉱山開発における問題点. 資源・素材関係学協会合同秋季大会. 企画発表・一般発表 (A) 資料. p. 317-320.

竹中明夫. 1997. 植物は形で勝負する ー光資源獲得のための形ー. *科学* 8 月号. 67: 616-623.

生方正俊・宮下祐子. 2006. 発芽促進処理. I 発芽試験 熱帯産等早生樹種の育種マニュアル個別技術編. p. 7. 独立行政法人林木育種センター. 茨城.

(受付 2013 年 11 月 9 日, 受理 2014 年 5 月 22 日)