

マダガスカルにおける CDM 試験植林地 (第二報) 2 年間の成長状況と地形・土壌要因と成長の関係解析

松 平 昇

1. はじめに

前報において、王子製紙株式会社が 2006 年 2 月にマダガスカル共和国において CDM 試験植林 100 ha を設定した状況を報告した¹⁾。本稿では植林後の管理経過、試験地内に設定した 7 樹種の植林試験と 4 産地の *Eucalyptus grandis* の産地試験地について、設定後 2 年後の成長状況についてまとめた。その他に試験植林地の *E. grandis* の樹高成長に及ぼす地形、土壌養分等の影響を調べた要因解析を実施し、*E. grandis* に適した土壌特性について報告する。

2. 植栽後の管理状況

植栽木に対する肥培管理として、2006 年 1、2 月植栽の直後の 3 月に第 1 回目の追肥を行った。用いた肥料は現地にて購入した商品名 Bulikblend (中国製) で NPK 要素割合は 11 : 22 : 16 である。全植栽木に対して施肥量は 200 g/本であり、施肥方法は植栽木の枝張り下部の水平方向の左右 2 箇所に深さ約 10 cm の穴を掘り各穴に 100 g の施肥し土壌を被せた。

植栽 1 年後 (2007 年) の 1~4 月には商品名 Hyp-rphos (P : 20%), Uree (N : 46%) を用いて前年と同じ N, P 要素量を同じ方法で追肥を行った。植栽 2 年後 (2008 年) の 2 月にはユーカリ植栽木に対しては、植栽直後 1 回目と同様な追肥を、アカシア植

栽木については商品名 Triple super phosphate (P : 45%) を 100 g/本ずつ同様な方法で施用した。

その他の管理としては林道の補修、延焼対策として試験地周辺の除草 (除草剤散布)、火災防止対策 (啓蒙) などを実施した。なお、樹種・産地試験の *E. grandis* 植栽木に対してはユーカリ植栽木と同様な肥培管理を行った。

3. 樹種植林試験木の成長

試験植林地内に設定した樹種植林試験は 7 樹種、2 反復で合計約 1.2 ha の面積である。用いた樹種はユーカリでは *E. grandis* (Therton 産, 以下同じ), *E. urophylla* (Mt. Egon. Flores), *E. pellita* (SSO Danbulla), *E. dunnii* (Spicers Peak SF), *E. camaldulensis* (Kennedy River), *E. robusta* (ESE of Nambour) の 6 種とアカシアの *Acacia melanoxylon* (Atherton) である。2 年生時の生育状況写真 1 に示した。

2 年後の生存率は全平均 92% で樹種、反復間には差異が見られなかった。2 年生時の樹高成長については反復平均値にて 1 年生時と併せて図 1 に示した。1 年生時では *E. grandis* と *E. camaldulensis* に同程度の樹高成長を示したが、2 年生時点では *E. grandis* が 5.4 m と最も高く、*E. dunnii* が最低の 2.5 m であった。なお、2 年生時の樹高には樹種間に 1% 水準の有意差が認められたが、反復間には有意差は見られなかった。一方、胸高直径は樹種間に有

Noboru Matsuhira : CDM Trial Plantation in Madagascar (2) The Growth Factor Analysis with Physical and Chemical Properties of the Soil

前) 王子製紙(株) 森林博物館



写真 1 樹種試験地の生育調査



写真 2 産地試験の生育調査（産地：Coperlode）

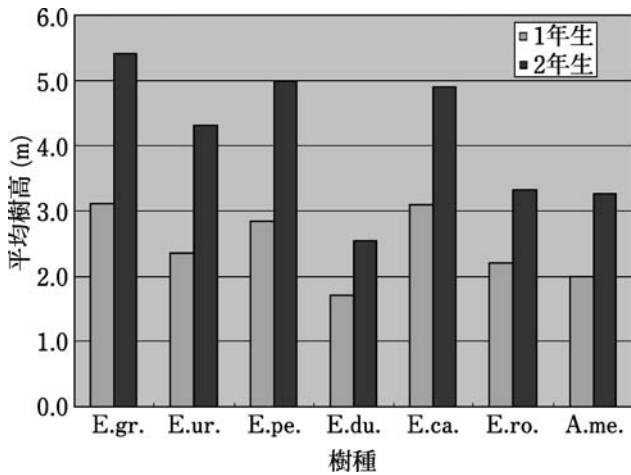


図 1 樹種試験の樹高成長

E. gr. : *E. grandis*, E. ur. : *E. urophylla*, E. pe. : *E. pellita*, E. du. : *E. dunnii*, E. ca. : *E. camaldulensis*, E. ro. : *E. robusta*, A. me. : *A. melanoxylon*

意差は認められず、全平均で 4.8 cm であった。

4. 産地試験の成長

CDM 試験植林地内に *E. grandis* の産地試験地を 6 箇所設定し、全面積は約 2.4 ha である。産地は Coperlode, Atherton, Mt. Spec SF Paluma, Credi-

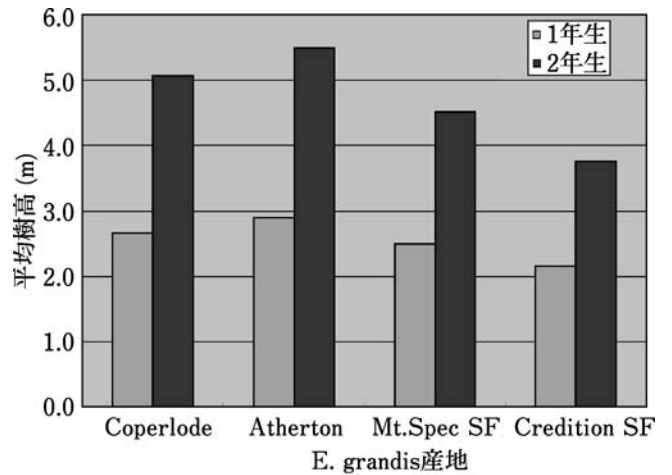


図 2 産地試験の樹高成長

tion SF の 4 産地である。2 年生時の生育状況を写真 2 に示した。

2 年後の生存率は、産地平均値 84% で産地間に有意差は無いが、反復間には 0.1% 水準の有意差が見られた。2 年生時の樹高成長の反復平均値を 1 年生時と併せて図 2 に示した。産地間では Atherton 産が平均値で 5.5 m と最もよい成長を示し、最低の Credition SF 産の平均値で 3.7 m と約 2 m の差が

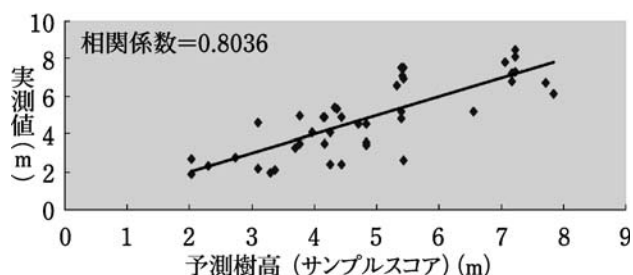


図 3 地形・土壌要因解析による実測・予測樹高 (m)

見られた。なお、産地間と反復間にはそれぞれ 0.1%・1% 水準の有意差が認められた。一方、胸高直径には有意差は認められず、全平均で 5.1 cm であった。

5. 成長要因解析

試験植林地の全植栽面積 100 ha の内で 66 ha を占める *E. grandis* Mix (Stherton 産地約 60% と他 3 産地混合) について、樹高成長に及ぼす要因を解析した。現地調査方法としては、植栽地内で地形要因として斜面上の位置 (上, 中, 下), 斜面型 (凸, 平行, 凹), 傾斜度 (5°未満, 5°~15°, 15°以上), 斜面方位 (N, E, S, W), 土壌要因として土色 (灰白色系, 黄色系, 赤色系, 黒色系), A 層の厚さ (10 cm 未満, 10 cm~20 cm, 20 cm 以上), 土性 (S, SL-L, SiL-CL), 植生要因として被度 (80% 未満, 80% 以上), 草丈 (50 cm 未満, 50 cm 以上) について、各要因カテゴリーが少なくとも 2 箇所が含まれる 45 箇所を選定し、各箇所の要因カテゴリーと周辺木 12 本の成長調査を行った。調査した箇所の平均樹高は 2 m~8.5 m 範囲であった。

なお、同地点にて表層土壌 (深さ 0-30 cm 混合) を採取し、農林水産省植物防疫所の許可を受けて輸入し、王子製紙株式会社森林博物館にて土壌化学的分析を行った。

土壌分析方法として pH (H₂O, 1:1) は pH メーター, 電気伝導度 (1:5) は EC メーター, 全窒素・炭素は CN コーダー, 全リン酸はマイクロウェーブ分解後分光光度法, 全加里・アルミニウム・鉄・カルシウム・マグネシウムはマイクロウェーブ分解後原

表 1 カテゴリースコア表

項目名	カテゴリー名	n	カテゴリースコア
斜面型	凸	18	-1.0598
	平行-平坦	16	0.0027
	凹	11	1.7303
土色	灰白色系	10	1.0091
	黄色系	14	0.0549
	赤色系	4	-0.0676
	黒色系	17	-0.6229
A 層厚 (cm)	10 ≥	10	-1.2601
	10 < < 20	19	0.0825
	20 ≤	16	0.6897
土性	S	14	-1.1782
	SL-L	28	0.5672
	SiL-CL	3	0.2047

平均樹高 : 4.8 m

子吸光光度法, 可給態リン酸はブレイ第二法, 可給態加里は熱硝酸抽出法, リン酸吸収係数はリン酸アンモニウム液法, 陽イオン交換容量・交換性塩基はショーレンベルガー法抽出後ホルモル法・原子吸光光度法にて測定した。

1) 地形・土壌要因による樹高成長差異の要因解析結果

現地で調査した各要因の項目 (アイテム) を細分化 (カテゴリー化) して、測定木の平均樹高を目的変数として数量化 I 類による重回帰分析を行った。

その結果、斜面型・土色・A 層の厚さ・土性を説明変数とする重回帰 (合計カテゴリー数は 13, サンプル数 45) で重相関係数 0.8036 と高い確率で 2 年生樹高 (m) が予測できた (図 3)。ちなみに、予測樹高 (m) の算出方法は表 1 に示したカテゴリースコアを用い、対象とする箇所の各アイテムの該当カテゴリーに示したスコアと全平均樹高を合算することで求められる。この解析結果から予測される 2 年生樹高成長の最良カテゴリー組み合わせは斜面型 : 凹斜面, 土色 : 灰白色系, A 層厚さ : 20 cm 以上, 土性 : 砂質壤土~壤土で樹高は 8.8 m となる。

2) 土壌化学性による樹高成長差異の要因解析結果

土壌の化学分析結果を説明変数、平均樹高 (m) を目的変数として重回帰分析を行った。説明変数に用いた項目は pH (H₂O 及び KCl), 交換酸度, 電気伝導度, 全 (C, N, P₂O₅, K₂O, Al₂O₃ · 3H₂O, Fe₂O₃, CaO, MgO) %, 可給態 (P₂O₅, K₂O), リン酸吸収係数, 陽イオン交換容量, 塩基飽和度, 交換性塩基 (Ca, Mg, K, Na) の 21 変数である。重回帰分析の結果は重相関係数 0.8188 と高い確率で 2 年生樹高 (m) が予測できた。なお, ここで用いた説明変数を 21 より減らすと, 重相関係数は 0.8 以下に低下した。

前記の地形・土壌要因と土壌の化学性の間には強い相関関係があると推測されることから, 両方法で 2 年生樹高をうまく説明できると考える。調査の効率からすると現時点では現地調査で判定可能な地形・土壌要因による植栽適地選定が有利とされる。しかし, 今後の成長状況をみながら土壌の化学性もカテドリー化するなど地形・土壌要因と組み合わせた解析が必要である。

6. 土壌特性

土壌試料 (深さ 0~30 cm の混合, A 層と B 層の一部) を化学分析した主な項目の値範囲を示すと, pH (H₂O) : 4.7~5.5, 電気伝導度 : 14~54 μS, 全 C : 0.3~2.8%, 全 N : 0.02~0.19%, 全 P₂O₅ : 0.02~0.25%, 全 K₂O : 0.01~0.10%, リン酸吸収係数 : 100~820, 可給態 P₂O₅ : 0.60~2.12 mg/100 g, 陽イオン交換容量 : 0.5~6.7 me/100 g, 交換性 Ca : 0.04~0.21 me/100 g, 交換性 Mg : 0.02~0.24 me/100 g, 塩基飽和度 : 3.0~32.0%, 全 Fe₂O₃ : 0.12~18.9% であった。

マダガスカル東部の本試験地地帯は米国の新分類 (Soil Taxonomy) ではオキシソル (Oxisols) に属し, “風化や溶脱の進んだ土壌” とされ, 肥沃度が低く生産性の低い土壌とされている。

土壌化学分析の結果, 調査した 45 地点の分析値で約 10 倍の差がみられた項目は, 全炭素, 全リン酸, 陽イオン交換容量, 交換性マグネシウム, 塩基飽和度, 全鉄であり, これらは地点による値の差異は大きい結果となった。

7. おわりに

植栽後 2 年で試験地の成長特性を論じるには時間的にはまだ早々の感があるが, 人工植林の経過が殆ど無いマダガスカル東部地区での結果は貴重と考える。現地人が小面積に植林している既往植林地に多い *E. pellita* (主に炭焼きに利用) と樹種植林試験で成績がよい *E. grandis* が現時点では植林が推奨される樹種といえる。

成長要因解析結果から *E. grandis* の適地選定に一つの指針 (凹地形, 灰白色系土壌, A 層厚さ 20 cm 以上の砂質壤土~壤土) が示された。この適地選定箇所のおおよその土壌化学性としては, 全 C 含有率は 1.0% 以上, 全 N 含有率は 0.1% 以上, 全 P₂O₅ 含有率は 0.05% 以上, 陽イオン交換容量は 3 mg/100g 以上などとなる。しかし, 土壌分析結果から場所間に大きな差異がみられることなどから, 当試験地の今後の成長経過を調査観察しながら当地区に適する樹種・産地及びそれらの適地判定をする必要がある。

マダガスカル東部地区には広大な無立木草原があり, 現在は一部で焼畑放牧的な生産性の低い利用がされているのみである。また, 住民の生活は国連による最貧国に位置付けられ不安定な状況にある。生活基盤の向上, 近年の CO₂ 吸収源対策上からも当地区に緑深い森林地帯が出現することを夢見て今後の継続調査結果に期待する。

〔引用文献〕 1) 松平 昇他 (2009) : マダガスカルにおける CDM 試験植林地設定 (第一報). 海外の森林と林業 No. 76.