

インドネシア・東ジャワ州ブロモ・テンゲル・セメル 国立公園内における熱帯高地林回復プロジェクト

仲摩栄一郎*¹・林 久晴*¹・森 正樹*²

1. 活動の背景と目的

ブロモ・テンゲル・セメル国立公園は、インドネシア東ジャワ州のパスルアン県、マラン県、ルマジャン県およびプロボリングゴ県の四県にまたがる総面積 50,276 ha の大規模な国立公園である（図1）。標高が 750 m～3,676 m で、熱帯の中高地から山岳地帯に位置しており、気温は 3～20℃、年間平均降水量は 6,600 mm である。この国立公園内の北側に、標高 2,700 m 級の巨大な外輪山が存在し、その内側に“砂の海”と呼ばれる 5,250 ha の広大な砂原（標高 2,100 m）が広がっている。その中央部にインドネシアでも観光地として有名なブロモ山（標高

2,392 m）がある（写真1）。ブロモ山は、時折、噴煙が観察される活火山であり、インドネシア国内および欧米からの観光客が多数訪れる絶景地である。

この国立公園の周辺には、イスラム教国であるインドネシアでは少数派のヒンズー教を宗教とするテンゲル族が居住している。この国立公園を管理するインドネシア林業省森林保安・自然保全総局の直轄機関であるブロモ・テンゲル・セメル国立公園センターは、管理目的に合わせて国立公園を7つのゾーンに分類している。それらは、①コアゾーン、②制限された観光が可能な野生ゾーン、③観光利用ゾーン、④伝統的利用ゾーン、⑤リハビリテーションゾーン、⑥研究・教育ゾーン、⑦伝統的居住ゾーンである。このうち特に、国立公園の北側に位置するアルゴウラン・リハビリテーションゾーン（約2千

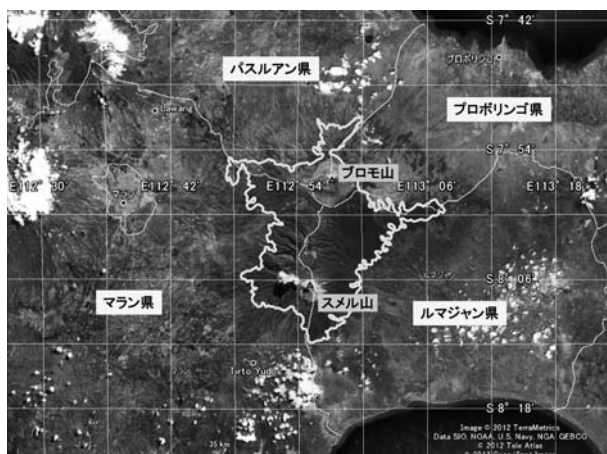


図1 東ジャワ州ブロモ・テンゲル・セメル国立公園の位置図（Google Earth を編集）



写真1 外輪山の内側に位置するブロモ山

Eiichiro Nakama, Hisaharu Hayashi, Masaki Mori : Tropical Highland Forest Rehabilitation Activities in Bromo Tengger Semeru National Park, East Java, Indonesia

*¹ 公益財団法人国際緑化推進センター、*² トヨタ紡織株式会社 総務部 CSR 推進室

ha) は、プロモ外輪山の外側に位置しており、これまで周辺住民による薪炭材採集、不法耕作や山火事等によって森林の劣化・減少が進んだ地域である。このゾーンの周辺および下流域には、パスルアン県およびプロボリングゴ県の2県、6郡、15村に約8千世帯、3万4千人が居住しており、約5千haの農耕地が存在する。1997年と1998年には、パスルアン県のグリーン地域で大洪水が発生し、2000年と2001年には、アルゴウラン地域等において大規模な土壌流亡が発生した。このため、このゾーンは、周辺地域の土壌流亡防止、下流域の洪水防止および集水域として水源涵養の面からも森林回復が急務とされている地域である。

国立公園センターは、2001年からこのゾーンにおいて、植林による森林回復を開始し、2005年末までに670haの植林を実施した。しかしながら、残りの1,330haは手つかずのままであるとともに、植林を実施した670haについても、高地特有の環境条件の厳しさや植林技術の問題等から植林木の生存率は低く、加えて森林火災も重なり森林回復は成功していなかった。そこで、2005年に、これまでインドネシアにおいて多くの森林造成プロジェクトを実施し、インドネシア林業省と協力関係を築いている国際緑化推進センターに、インドネシア林業省から植林プロジェクトの協力要請があった。要請を受けた国際緑化推進センターは、本植林プロジェクトのドナーを探したところ、インドネシアの西ジャワ州にブカシ工場およびプロモ山の位置する東ジャワ州にスラバヤ工場（パスルアン県）を持つトヨタ紡織株式会社（本社・愛知県刈谷市）が、「トヨタ紡織グループのグローバル社会貢献活動プログラム」の一環としてご寄附をして頂けることとなった。こうして、このゾーンにおいて、2006年から5年間で約160haの植林を実施する予定で、「プロモ・テンゲル・セメル国立公園生態系回復の森」トヨタ紡織グループ“環境の森”プロモーと題した森林回復プロジェクトが開始された。

2. 活動内容

インドネシア林業省では、国立公園地域の森林復旧を実施するためのガイドラインを定めている（2002年林業大臣決定第8205号）。そのガイドラインを参考にしながら、国際緑化推進センターは、本プロジェクトを開始するに当たって、この地域で森林回復を阻害するリスク要因を分析した。その結果、①周辺住民による暖房および煮炊き用の薪炭材採集のための伐採、②乾期に発生する山火事および、③火山性ガス等による気象障害が主要なリスク要因であることを特定した。上記①および②のような問題がある場所では、ただ単に植林を実施しても、周辺住民によって薪炭材用に伐採されたり、火の不始末による山火事で焼失したりする危険性が高い。そこで、本プロジェクトの活動内容の一つとして、地域住民への環境教育（森林保護意識の向上対策）を組み込むこととした。

本プロジェクトの実施体制は、トヨタ紡織株式会社を寄附者、国際緑化推進センターを日本側プロジェクト責任者、そしてインドネシア林業省森林保安・自然保全総局を現地側プロジェクト責任者として三者合意を結び、現地での植林活動については、プロモ・テンゲル・セメル国立公園センターを実施者として本プロジェクトを進めることとなった。また、地域住民の参加を得て植林作業を実施し、地域の雇用を創出するとともに、地域住民への環境教育は、現地 NGO に委託して実施することとした。

(1) 森林回復対象地の概況

森林回復の対象地は、前述のアルゴウラン・リハビリテーションゾーンのうち、プロモ外輪山の外側斜面にあたる約160haである。標高は2,500m～2,700mの熱帯高地である。植林開始前（2006年時点）の植生はそのほとんどが草本や低木であり、中高木としては、ヤマモクマオウ (*Casuarina junghuhniana*)、ミモザアカシア (*Acacia decurrens*) やムンティギ (*Vaccinium varingifolium*) 等が一部に散在する程度であった。

(2) 植林樹種と植栽本数

インドネシア国政令 2008 年第 76 号「森林の復旧と復元」によれば、国立公園内の植林活動には郷土樹種のみ植えてよいことになっている。対象地は標高 2,500 m 以上の熱帯高地であり、火山性ガスや低温などの厳しい環境条件に適応可能な郷土樹種を検討した結果、既に対象地に自生しているヤマモクマオウとミモザアカシアを植林樹種として用いることとした。ミモザアカシアは、厳密に言えば国立公園内の郷土樹種ではないとされるが、既に対象地内に自生していること、ならびにまず草地から森林を回復する（一次緑化する）ことを最優先課題として、植林樹種として採用した。5 年間の植林実績は、159 ha に新植約 26 万 5 千本、補植約 5 万 1 千本、総植林本数は 31 万 6 千本である。

(3) 地域住民への環境教育（森林保全意識の向上）

国立公園の周辺に居住する地域住民と共存・協力した森林造成を達成するために、対象地に一番近い村落であるクドゥン村の住民を対象として、環境教育や森林保全意識向上のための普及啓発活動を実施した。これらの活動は、国立公園センターの指導の下、現地 NGO に委託した。まず、参加型農村調査法（PRA）による村落の状況把握・問題分析と現状を改善するための活動を特定した。その後、薪炭林造成のための自家苗木生産、薪消費量を 30% 減らすことができる改良型かまどの導入（47 世帯）や消防隊を結成して盗伐や防火見回り等を実施した。また、クドゥン村は、パスルアン県のプスポ郡役所から車で 2~3 時間もかかる高地の遠隔地に位置しているため、地方政府からの行政支援を受け易くすることを目的として、県や郡とのステークホルダー会合等も開催した。

3. 直面した問題と対応策

本プロジェクトは、標高 2,500 m を越える熱帯高地における植林事業であり、国立公園内という規制、熱帯高地特有の自然環境、プロモ活火山の周辺地域という特殊な立地条件もあり、プロジェクトを進めていくにつれて様々な課題に直面した。その都度、現地カウンターパートと対応策を協議し、下記

の通り対処した。

(1) 苗木生産と植林適期

プロモ・テンゲル・セメル国立公園センターは、2001 年に国立公園内での森林復旧造林を始めたばかりであり、2006 年のプロジェクト開始時点では、苗木生産及び植林技術の面で技術及び経験が不足していた。例えば、苗木のポット用土に砂質土壌を使用していたため、植え付け時にビニールポットを外すと土がさらさらと落ちてしまう問題があった。それまで現地では、これを嫌って、ビニールポットをつけたまま苗木を植え付けていた。しかし、ビニールポットをつけたままでは、根がビニールポットの外側に出ない限り、植林地土壌からの養水分を吸収できないため、植林木の生存・成長に良くないことを指摘し、ビニールポットを外しても土が落ちないように、苗木のポット用土を改善し、根系の発達した良質な苗木作りをするよう指導した。そして、植え付け時には必ずビニールポットを取り外すよう指導した。また、大苗の方がより耐性が強いことを考慮して、ビニールポットサイズを大きくして大苗を生産するよう指導した。

また、植林適期については、当該地域は熱帯モンスーンの影響による乾期が平年では 6 月~10 月頃まで存在するため、雨期の始まりである 11 月~12 月に植林を開始するよう指導した。

(2) 植林木の枯損とその原因究明

対象地内に一部スポット的に存在する平坦地またはくぼ地（総面積の 2 割程度）では、乾期に入ると植林木の集団枯死が観察された。そこで、枯死木を現地調査したところ、樹高は 1~2 m、地際幹直径も 1~2 cm あり根も張っていた。したがって、苗木を植え付けて一旦定着した後何らかの突発的な被害により枯死した可能性が高いと考えられた。地形要因を観察してみると、傾斜地または平坦地でも木本植生がもともと存在している場所では植林木も生存しているが、平坦地やくぼ地等の木本植生がまったく存在していない草地（オープンエリア）では植林木が集団枯死していることが確認された（写真 2）。このことから、冷氣や火山ガスが停滞した結果

の被害、もしくは寒風害であることが考えられた。これらの集団枯死原因について、現地担当者と協議した結果、①隣接する斜面の植林木が生存していることから単なる乾燥害ではないこと、②乾期で一番寒い時期である8月に枯死したこと、③寒い時期には霜が降りること、等を総合的に考察した結果、よく晴れた日の早朝に発生する放射冷却現象による霜害の可能性が高いことが考えられた。そこで、国立公園センターに依頼して、2011年8月の1ヶ月間、対象地に温度データロガーを設置して作業小屋内と屋外の気温をそれぞれ2ヵ所測定した。その結果、屋内では最低気温がマイナスになった日はほとんどなかったのに対して、屋外では最低気温がマイナスの日が、6日および11日観測され、最低温度もマイナス3.6℃およびマイナス5.2℃が記録された。この結果から、屋外では放射冷却現象により霜が降りていた可能性があることが確認された。しかしながら、低温、寒風、火山ガスが原因である可能性も捨てきれないので、それらも含めて枯死原因の詳細調査が必要である。

(3) 植林樹種の選択、造林手法

上述の被害について、植林木の樹種間で比較してみると、ヤマモクマオウの植林木はそのほとんどが地上部・地下部ともに集団枯死したが、ミモザアカシアの植林木は地上部が枯れても根元から萌芽しているものが多いことが確認された。これらの経験か



写真2 ミモザアカシア植林木の集団枯死

ら、造林困難地である平坦地やくぼ地等の草地（オープンエリア）には、早成樹で比較的被害耐性があるミモザアカシアを一次緑化用樹種として使用し一次林をつくり、それをシェルターとして徐々に植林可能域を広げるとともに、その樹下や列間にヤマモクマオウやその他の長命樹種を植え込むという2段階の造林手法が考えられた。

(4) プロモ山噴火による降灰被害

プロモ山が、2010年11月末に激しく噴火した。現地の火山地質災害対策センターは、警戒レベル4段階のうち最高のレベル4（危険注意）を発令し、火口から半径3km以内には避難勧告が出された。この時期、プロモ山周辺では南西の風が吹いており、その風下に当たるチュモロ・ラワン村（約2km地点）には15~40cm程の火山灰が降り積もった。そして、12月22日~23日には、突如風向きが変わり南風が吹いたため、プロモ山の北側に位置する本プロジェクト対象地（約5km）にも火山灰が降り積もった。ミモザアカシア植林木のほとんどは、その大小にかかわらず葉に付着した火山灰の重みで幹が途中から曲がったり、中には折れたりしていた。一方、ヤマモクマオウ植林木は、小さいものについては同様に曲がり・折れ等が観察されたが、大きいものはまったく被害を受けていなかった（写真3）。ヤマモクマオウ成木の幹は丈夫で折れ曲



写真3 ヤマモクマオウ植林木（大きいもの）へは降灰被害なし（左奥）

がりにくいこと、また葉が針状で火山灰が付着しにくい構造をしていたためであると考えられる。なお、降灰約1ヶ月後の土壌やため池のpHは、6.0～6.5とほぼ中性で植物の生育には影響が無い範囲であった。その後、プロモ山の火山活動は徐々に小康状態となり、噴火から約半年後には警戒レベルも1（静穏な活動）に引き下げられ沈静化した。

(5) 新樹種の導入

国立公園を管理する上で、生物多様性の向上が目的の一つとして位置づけられていることから、プロジェクト対象地に自生している長寿命の郷土樹種であるムンティギを新植林樹種として導入することとした。2007年に、ムンティギの苗木を種子から育てることに取り組んだが、種子が非常に小さく、初期成長も非常に遅いため、実生からの苗木生産は困難であった。そこで2008年に、“取り木”による苗木生産を開始し、2009年に成功し、2010年には500本を現地に植栽した。郷土樹種であるムンティギは、高地環境に耐性が高いと考えられたが、平坦地やくぼ地等の草地（オープンエリア）に試験植栽したムンティギは、一時生存し新葉が展開していたが、その後、乾期の突発的被害により枯死した。今後、斜面などの比較的条件の良い場所で再度試験植栽を実施する必要がある。

(6) 地域住民への環境教育（森林保護意識の向上対策）

本プロジェクトで環境教育の対象としたクドゥウン村の住民の中にも、消防隊を結成して盗伐や防火見回りを実施することに協力的なグループと、非協力的な人々が存在した。協力的なグループは、本プロジェクトの植林作業に従事している人々が中心で、それにより賃金収入を受け取ることができる。これらの人々は、現地NGOによる環境教育にも興味・関心を示し、森林の造成による水源かん養機能や土砂流出防備機能の向上について理解し、造成中の森林を守るインセンティブを持ち始めた。また、植林作業を通して習得した技術と知見をもとに、自分で苗木を育て、自分の土地に木を植え、薪炭は自分の土地で自家生産するとの意識が醸成された。一

方、薪炭材の採集・売却を生業とする人々は、森林保護にあまり理解を示さず非協力的であった。全ての村民が森林保護意識を持ってくれるかどうかは今後の課題である。また、このゾーンの周辺には、クドゥウン村以外にも5村が存在する。これらの村への環境教育も今後の課題である。

4. フォローアップと成果発表会

本プロジェクトは、2011年3月末で5年間のプロジェクト期間を終了したが、さらに1年間協力期間を延長し、6年目についても植林地の保育等フォローアップ活動を継続した。また、2012年3月13日には、これまでの成果を公表し、広く普及することを目的として、成果発表会と5周年記念植樹を実施した。これには、インドネシアの中央・地方政府、国立公園センター、大学、NGOや地域住民、地元の高校生ら約百人が参加した。パスルアン県トサリ郡の集会所で開催した成果発表会では、日本側およびインドネシア側から6人の関係者がこれまでの成果を発表し、標高2,500m以上の熱帯高地林で森林を造成した経験に基づき、技術的・社会的な課題およびそれらの解決方法について参加者間で議論した。国立公園センターのSutrisno所長（当時）からは、トヨタ紡織グループ、国際緑化推進センターに対して、これまでの資金・技術協力に感謝の意が表された。今回の成果発表会と記念植樹に臨席したトヨタ紡織本社の高井智幸総務部CSR推進室長（当時）は、「トヨタ紡織は、インドネシアで車の内装品を製造する工場があり、お世話になっているインドネシアへ社会・環境貢献をするのは、グループ企業全体としての社会的責任（CSR）と考えている。これまで5年半にわたり本植林プロジェクトを支えていただいた関係者の皆様に感謝している。今後も造成した森林を維持する活動を支援するなどして、地域社会や環境へさらなる貢献を続けたい。」旨を述べられた。

5. 今後の課題

本プロジェクトは開始後6年を経過した。最終的

な評価をするにはなお時間を要するが、過去に頻発していた山火事は1回も発生しておらず、条件の良い場所については確実に森林が育ちつつある。植林したヤマモクマオウとミモザアカシアは、大きいもので樹高6m以上に達した(写真4)。このまま順調に推移すれば、標高2,500mを越える熱帯高地における本格的な植林事業の数少ない成功事例として評価される。本プロジェクトのこれまでの成功要因として、現地カウンターパートである国立公園センターのプロジェクト担当者及び現場職員の強い責任感があげられる。本プロジェクトの6年間を通して、カウンターパートの主要メンバーに大きな変更はなく、彼らは試行錯誤を繰り返しながら一定の知見・技術を身に付けた。また、国際緑化推進センターならびにトヨタ紡織(本社およびインドネシア)の担当者が定期的に現地を調査し、カウンターパートと真摯な協議を重ね、問題点にひとつひとつ対処してきた。その真剣な気持ちが伝わり、カウンターパート側も「本プロジェクトを絶対に成功させる」という気概を持ってプロジェクトの運営管理に一生懸命取り組んでくれた。

森林回復は長期間の保育・保護を継続して、はじめて達成されるものである。造成された森林から用材、薪炭材や果実等による直接的なベネフィットが期待される場合は、地域住民が自ら森林を保育・保



写真4 ヤマモクマオウとミモザアカシアの植林木(ともに5年生)

護するインセンティブが働く。それに比べて、本プロジェクトの場合は国立公園内であることから、土壌流亡防止、洪水防止、水源涵養および生物多様性向上等の間接的ベネフィットしか期待できないので、地域住民が自ら森林を保育・保護するインセンティブが働きにくい。したがって、今後、日本側からの資金・技術支援が終了した後は、当面、現地インドネシア側の国家予算で地域住民に賃金を支払い、植林地の保育・保護を継続する必要がある。また、本プロジェクトの対象地からはプロモ山の絶景が望めるので、エコツーリズムの対象地として観光客から森林保育・保護のための資金を得ることも検討するべきであろう。さらに将来的には、地域住民が国立公園内において生態系を保全する活動を行ったことについて相応の対価を得る資金メカニズムの構築が重要と考える。その財源は、国内的には、受益者負担の原則に則り、「生態系サービスへの支払い(PES: Payment for Ecosystem Services)」として、下流域に居住する住民や企業等から水源環境税を徴収するメカニズム、国際的にはREDD+等の資金メカニズムを現場へ還元することも検討課題であろう。

6. 謝辞

本プロジェクトを実施するにあたり、カウンターパートであるインドネシア林業省森林保安・自然保全総局、プロモ・テンゲル・セメル国立公園センターの所長はじめスタッフの方々には6年間にわたり真摯な協力を頂いた。また、トヨタ紡織インドネシアスラバヤ工場の宮川宗一取締役(当時)はじめスタッフの方々には、現地での活動について様々なご支援を頂いた。技術的な面では、早稲田大学の森川靖教授に熱帯の高地における植林木の霜被害等の調査方法についてご指導を頂いた。さらに、造林や土壌の技術面については、国際緑化推進センターの森徳典技術顧問、大角泰夫技術顧問に現地調査等を通じてご指導を頂いた。この場を借りて御礼申し上げます。