

インドネシア南スラウェシ治山計画 における技術移転について

品川正義

はじめに

スラウェシ島（旧セレベス島）は、インドネシアの首都ジャカルタから東方 1,500 km に位置する“ひとで”の形をした島で、この島の丁度中心付近を赤道が横切っており、言わば赤道直下ということになる。その島の南端近くに人口約 80 万人の都市ウジュンパンダン（Ujung Pandang）市があり、そこに当プロジェクトのプロジェクト・オフィスが置かれている。

ウジュンパンダン市に河口を持つジュヌブラン（Jeneberang）川の上流の、ウジュンパンダンから東方へ約 70 km はなれた丁度背梁付近に人口約 7,500 人のマリノ（Malino）村がある。この村は標高約 1,000 m で年間を通して涼しくウジュンパンダンの避暑地として有名などころである。その中心街の高台から一望できるところに約 500 ha のプロジェクトサイトがあり、また、マリノの中心街には、プロジェクトの中心となるフィールドステーションを置き、事務所、実験室、車庫等が整備されて行く予定である。

1. プロジェクトの目的と創設の 経緯

インドネシアにおいても、東南アジア各国と同様に人口の増加に伴い、食料の確保のための農用地の開墾、薪炭材の採取及び外貨獲得のための伐採等、森林の開墾が進行し、森林の裸地化あるいは草原化が顕在化してきた。そのため、森林が存在していたときには見られなかった洪水、土砂流出による家屋の破壊、水田やダム の埋没または渇水の被害等が表面化してきた。

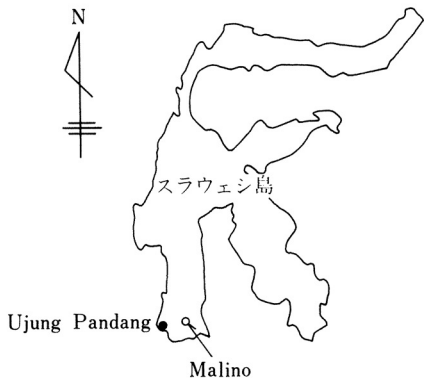


図-1 プロジェクトサイト位置図

SHINAGAWA, Masayoshi : Watershed Management Project in South Sulawesi, Indonesia
在インドネシア派遣専門家（林野庁計画課）



写真-1 プロジェクトオフィス

インドネシア林業省としても、これらの事態を放置することができないため、その対策として全国12か所に森林保全センターを設立するとともに、さらに全国6か所の流域管理センターについては、第1号がFAOの指導のもとに中部ジャワのソロ(Solo)に設けられており、現在までは全国の流域管理の技術指導をこのソロ流域管理センターだけで行ってきた。

しかしながら、スラウェシ島をはじめインドネシア東南地方は、ジャワ島とは気候、風土が異なることから、かねてからスラウェシ島にもインドネシア東南部地方を管轄するのに適した流域管理センターを設立すべく検討がなされてきた。

一方、南スラウェシの中部、トラジャ地方に源を発するサダン(Saddang)川の上・中流部、テンペ(Tempe)湖に流入するピラ(Bila)川及びジュヌブラン川の周辺では、すでに森林が後退して広大な草生地が出現しており、その上、地形が急峻なことから土砂の流出が多く、湖や水田の埋没を始めとして、雨季における度重なる洪水、乾季における水不足の被害が多発する傾向にあり、流域管理(Watershed management)の必要性がでてきた。

この地方はソロ流域管理センターのある中部ジャワとは異なり、地形が比較的急峻で直接造林のみでは成林することが困難な場所もあるため、日本の技術協力によって治山施設を導入した植栽、水源林造成及び流域管理等に関する技術の移転を受けて、その技術を将来南スラウェシ及びその周辺一帯へ応用したいということで日本に要請が行われたものである。日本側ではこれを受けて1986年から本格的な調査に着手し、1988年7月21日にR/Dを締結し、同年9月1日から第一陣の長期専門家2名が派遣されスタートした。

従って当プロジェクトの目的は、南スラウェシ地方の流域管理に最も有効な技術の開発、改良を行い、それをカウンターパートに技術移転をすることである。したがって当プロジェクトの英文名は「The Watershed Management Technology Development Project in South Sulawesi in the Republic of Indonesia」となっている。また、インドネシア側ではカウンターパートによりスラウェシ島全体、さらにはインドネシア東南地方全体の流域管理の技術的センターの役目を持たせたい考え方を持っている。

2. プロジェクトサイトの自然条件等

1) 位置、地形

プロジェクトサイトは東経120度、南緯5度15分にあり、ウジュンパンダン市の

南側を流下するジュヌブラン川の支流マリノ川の上流域にある。そしてマリノ川とその支流アフワ(Ahuwa)川に挟まれ、ブルンタ(Bulunta)山(950 m)を中心とした標高 400 m~950 mの地区であって、傾斜は、川沿いが20度~45度、中腹5度~20度、上部20度~40度であり、上部と山脚部は急峻であるが中腹部には緩傾斜地があり、総体的には丘陵地の様相を呈している。なおマリノ流域の分水嶺には1,300 m~1,600 mの山々がある。プロジェクトサイトから南へ10 kmのところには2,871 mのロンポバタン(Lompobatan)山(現在活動はしていないが火山)があり、その山系に入る。

2) 地質, 土壌

地質は、一般的に第3紀の凝灰岩及び泥岩であって所々に火成岩の貫入がみられる。土壌は、ロンポバタン山に由来する火山灰が堆積しており、緩傾斜地では厚く2 m~5 m、急傾斜地で1 m~2 mである。なお緩傾斜地や川沿いには安山岩を主とした硬質の角ばった転石が多く見られる。

3) 植生

プロジェクトサイト周辺の森林の存在する地域においても、ほとんど大径木はなく、2次林が大部分である。しかしマリノの市街地周辺には約120年前にオランダが植栽したメルクシマツの大径木が一団地を構成している。

当プロジェクトサイトはマリノ川本流から中腹部程度の高さまでは、緩傾斜地を除き、沢沿いに幅20 m程度の広葉樹を残す以外は過放牧や過度の火入れ等によって草地化している。残った広葉樹も樹高7~13 m程度の粗悪林である。草地化した箇所の草本の種類は、緩傾斜地の放牧地にはチガヤ類が分布するものの大部分は背丈の高い(1 m程度)キク類である。

4) 気象

季節は、雨季、乾季が比較的明瞭であるり、雨季は11月から3月までといわれている。降水量は3,000 mm強と多く、また、ほとんどが短時間に狭い雨域(1 km²)

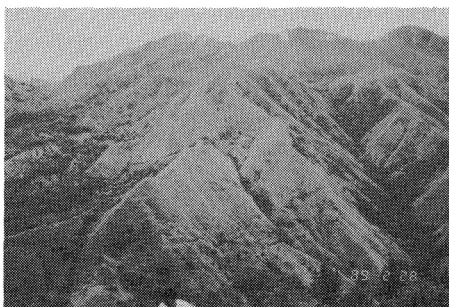


写真-2 サダン川上流(トラジャ地方)の荒廃状況

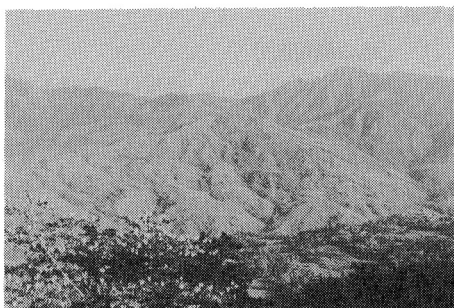


写真-3 プロジェクトサイトの全景

が移動する局地的な降雨によるもので、夕立ちのように短時間に極めて強い降雨を記録することが多い。ウジュンパンダン及びマリノの年降水量は表-1のとおりである。ウジュンパンダンの月別平均気象要素は表-2のとおりである。月別平均気温はプロジェクトサイトが標高 400~950 m にあることから、測定地の標高 5 m との標高差による修正が必要であろう。

3. 社会的条件

1) プロジェクト周辺の人口及び職業

プロジェクトに関係している地区はレンバンバナイ (Lembangpanai) からサングリガン (Sanggiringan) までの約 15 km の区間の集落と考えられ、人口は約 2,500 人と推定される。職業は 11 月から 3~4 月の雨季を中心とした水稻生産が主で、その他にコプラ、コーヒー、カカオ及び牛の放牧等による畜産で副収入を得ている程度である。

2) 土地の利用区分

マリノ川左岸においては、緩傾斜地はほとんど水田、畑として利用されているが、右岸のプロジェクトサイトでは、中腹緩傾斜地の一部に水田が開発されているのみであって、その他の緩傾斜地は主として肉牛の放牧地として使用されている。一方、道路沿線には所々に集落があり、その集落を中心に水田等が広がっている。

表-1 ウジュンパンダン及びマリノの月別平均降雨量 単位: mm

場 所	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年 合計
ウジュン パンダン	758	595	433	177	95	56	46	8	32	66	227	547	3,049
マリノ	619	599	441	433	249	155	87	29	67	131	285	644	3,867

表-2 月 別 平 均 気 象 要 素

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年 平均
1. 気 温 (°C)	25.5	25.8	26.1	26.2	26.5	26.2	25.8	26.1	26.7	27.2	26.8	26.0	26.3
2. 相対湿度 (%)	86.4	87.0	85.1	83.5	81.9	79.3	73.5	69.3	67.7	71.3	79.6	86.0	78.3
3. 風 速 (knot)	3.1	3.2	2.8	2.4	2.1	2.3	2.9	3.7	3.7	3.6	3.3	2.9	3.0
4. 日照時間 (%)	47.7	47.6	59.5	72.5	74.5	72.2	86.9	92.2	89.0	85.1	70.0	47.8	71.9
5. 蒸 発 (mm/day)	4.3	3.6	4.2	4.6	3.8	3.6	3.6	4.1	5.5	6.0	5.9	4.4	4.5

土地の所有形態は、一部を除き原則的には国有地であるが、同国の移民政策との関連もあり、居住することにより既得権が発生し、家屋や水田は強制的には排除できないのが現状である。従って事業計画は屋敷、水田及び畑を除いた地域としている。

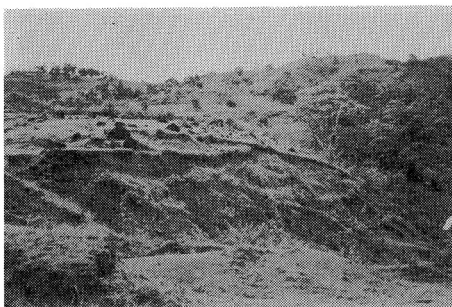


写真-4 荒廃状況

4. 技術移転を行う専門分野

当プロジェクトは流域管理の技術の開発、改良を行うプロジェクトである。流域管理については森林、河川、ダム及び農業等の各部門でも取り組んでいるが、当プロジェクトでは、もっとも効果的かつ経済的な方法としての森林造成による流域管理手法の技術移転を主にしており、長期専門家として①森林水文、②治山、③造林、④種苗、⑤機械、⑥（業務調整）専門分野の人が派遣されている。これらの各専門分野の内容は次のとおりである。

1) 森林水文

水文学では降雨、蒸発、地下浸透、地下貯溜、地下水流出及び河道流出等の水の循環に関することを研究する。森林水文はそのうち林地、森林地域における水の性質、現象及び分布に関する事項や、森林を通して水が人間の環境にどのように影響を与えるか等を取り扱うもので、流域管理の中の洪水及び渇水の森林による調節機能を解明する技術の移転を行う。具体的には量水堰を設置し、降水量、蒸発量及び浸透量等を把握した上で、森林の有無及び裸地と草生地に森林造成を行った場合の経時変化を、流量及び流出土砂量を測定することにより、森林造成の効果を量的に示し、森林造成の必要性を説明する手段とする。

また、解析に当たって基礎的な資料としての地形解析の各種の手法、気象観測技術及び解析手法等の技術移転を図る。

2) 治山

治山の分野では、森林造成を行うに当たり気象、地形、地質及び地下水等の諸条件によって一般的な植栽では成林の見込みがないものについて、補助的に人工的な工作

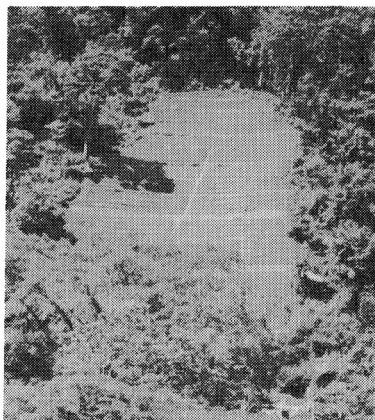


写真-5 プロジェクト第1号の崩壊地
復旧工事（1989. 6月末完成）

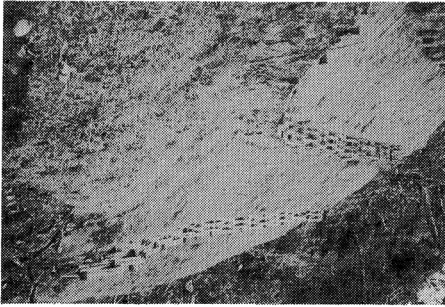


写真-6 張芝工及び編柵工の例

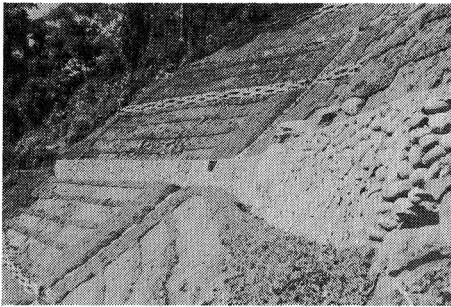


写真-7 練石積工及び張芝筋工の例

物を設け、自然条件の緩和または土砂の移動を防止して、確実に成林を期すために行うものである。当プロジェクトにより治山施設を実施しながら森林造成を行う。

(1) 計画技術

① 裸地及び崩壊地には土砂の移動防止のための土留工，雨水を分散するための編柵工，筋工，その雨水を集めて害のない場所に誘導する水路工及び表面浸食防止のための張芝，伏工等を実施し，表面浸食または再崩壊の防止を図りながら，階段には木本類の植栽を行う。

② 山腹傾斜が急な箇所には，すでに表土が流失し，直接植栽したのでは成林する見込みがなく，またはむしろ浸食を助長するため，石積工または編柵工等を導入し，表土層の確保と雨水の分散を図ることにより，表面浸食の防止と植

栽木の生育の助長及び保護を行う。

③ 溪間については河川の流水による浸食の激しい箇所には，山脚の固定を図るため治山ダムや場合によっては水制工，護岸工，流路工を設ける。また，山腹においても，深いガリー状の沢がある場合には溪間と同様の扱が必要である。これらの技術はすでに日本では定着しており技術的には問題はないが，この技術をインドネシア国に導入するには，用いる素材及び施工方法を選択し，将来自らが実施に移せることが可能な技術を開発，改良する必要がある。

要するに治山でかける経費と経済効果がペイしなければ施した治山工法を単に同地域に展示するだけで，当プロジェクトが終了した後は他の地区には展開されない恐れがある。従ってコストが低廉でかつ効果的な工法を開発する必要がある。インドネシア国においては労賃が極めて低廉なこと，それに反して工場生産品が日本での価格と同等かまたはそれ以上であるため，現地産の石，竹，芝，草等を用いた労働集約的な工法が主体となるものと思われる。

(2) 施工技術

当国林業界では森林土木の技術者が極めて少ないため，施工監督の可能な技術者は稀である。従って施工に先だっの測量，設計，積算方法を始め，施工管理（工程，

材料、品質、経費及び安全管理等)や検査技術の移転を行う。

治山の工種、工法には当国にはないものが多くあり、事業を実施する請負者または従事する労働者にとっても初めての作業がほとんどであるため、早急に治山工事に熟練してもらう必要がある。

3) 造林

(1) 目的

流域管理の対象地域の自然条件は、一般的には人工的に変化させることが困難である。従って水及び土砂流出をコントロールできるものは森林の造成、治山ダム等の貯砂ダム、貯水ダム及び水田の作設に限定される。この中でももっともコストが低廉で、かつ効果が期待できるものが森林造成である。当プロジェクトの造林の目的は流域管理のために行うものである。即ち、森林の持つ高水流量の減少、濁水流量の増加または非流出流量期間の短縮、崩壊防止及び流出土砂量の減少等の機能を最大限に発揮させるため、裸地または草生地に樹木を植栽し、流域管理に効果のある森林状態を作り出す森林造成である。

(2) 樹種の選定

このため地上部は地表面を林木等によって可能な限り密度を濃くかつ厚く被覆する複層林型をとり、地下部は根系が土層内に可能な限り深くなるよう、深根性の樹種を基本とし、草本、灌木類及び浅根性樹種も含めて、根系密度が最も高い森林とすることが理想である。従って樹種の選定に当たってはこれらに留意し、具体的な選定に当たっては次のようにする。

① 南スマトラ森林造成プロジェクトで成功した樹種の特性、造林方法等を分析し、参考にする。

② 原則として将来伐採して使用するための樹種、即ち林業用有用樹種には限定しない。

③ 深根性の樹種を基本とするが灌木類、草本も含めて将来根系密度が最も高くなるよう多段林、多種混交林とする。

④ 伐期を考えないことが理想であるが、少なくとも一斉伐採される恐れのない伐期の異なった樹種、林相とする。

⑤ 林野火災を想定して防火線を設置する。

⑥ 地域住民の現金収入を確保するため、当プロジェクトの目的に反しない限度において、カカオ、コーヒー及び野菜等の果樹、そ菜を導入することも検討する。

(3) 技術の開発、改良に当たっての条件

当プロジェクトサイトは自然条件が局地的にかなり異なることから、技術の開発、改良に当たって試験林に条件ごとの試験区を設定して、樹種の選定基準と作業方法を特定する。試験区の設定は次のものとする。

① 地形条件：標高、傾斜、斜面の向き、尾根、沢筋、風の強弱及び風衝地等。

② 土壌条件：土壌型、地質、土壌水分（尾根、沢筋）等。

③ 現植生の現況：裸地、芝生地、低草地、高草地、灌木林、森林等。

④ 作業方法別：植付時期，列間・行間の距離，地ごしらえの有無あるいはその程度，植穴の大きさ，ポットの大きさ，施肥の有無，種類，量，時期及び回数，下刈の有無，回数及び時期，除間伐の有無，回数及び時期等。

(4) 事業実施に当たってのマネジメント

造林技術は播種から成林まで一貫した管理が必要である。即ち長期的な樹種の選定から将来の維持管理を考えた植栽，撫育，更新等の適時期における作業のマネジメントが必要であり，短期的には造林の作業は11月から3月までの雨季の期間にほとんどの作業が集中するため，各作業において限られた時間内に順序よく，無駄のない作業を行わなければならない。それには，作業の手順を詳細に分析し，人員及び機械の配置，手工具の量，その他必要な資材等の手配を含めたネットワークを作成し，それに基づいて作業を行う技術の移転が必要である。

4) 種苗

造林と密接に関連する作業で，造林と共同で樹種の選択を行い，選択された樹種の種子の確保を行うことがまず重要なことであり，次に山出し苗をいかに確保するかという問題になる。

熱帯地方の種苗技術として各地にある程度の資料があるが，当プロジェクトとして今後山岳地帯の治山造林として汎用して行く場合には，ある程度の作業指針が必要である。そして新たに苗畑を造成する場合には，指針どおり行えばある程度間違いなく成功するようなものが必要である。

その中には，少なくとも次のようなものを記載したいと考えている。① 苗畑の選定に当たっての自然的，社会的条件，② 苗畑の構造，苗床の構造，給水施設，③ 育苗方法（ベアルート，ポット育苗，挿し木，山取り苗等），④ ポット土壌の最適条件とその調製方法，⑤ 苗木の維持管理，⑥ 施肥，⑦ 病虫害対策，⑧ 道具類の開発，改良，⑨ 苗畑作業のフローチャート。

5) 機械

供与機材に各種機械が存在し，これらの機械の使用方法，修理方法についての技術の移転を行う。

使用方法については，① 機械それ自体の持つ機能をカタログや仕様書によって習得するものと，② その機械を用いて各種事業の中での応用技術として，施工工作物の設計書及び仕様書に組み入れて行うものがある。ここでは後者が主体となるものと思われる。どちらにしても実地に作業を行い，それを通して技術移転を図る。

修理方法については，点検表や修理の早見表が必要である。また，多くの機械が高額であり，使用履歴の整理が必要であるので，物品管理の手法の移転を行い最も効果的な管理が行なわれるようにしたいと考えている。

6) その他の専門分野

(1) 道路

道路については幹線道路の分起点からサングリガンまでの間約16 kmは，基本的にはインドネシア側（公道であり，ゴア県が実施）で実施することになっている。し

かしながら、プロジェクト実施上緊急な場合は、その維持管理または一部の改良については当プロジェクトで実施せざるを得ない。また道路は、雨季にも通行可能な道路とするため、道路構造も自ら特徴を持ったものとなり、道路工事に対する技術的なアドバイスをする事も多い。したがって次のことについて技術の集約が必要である。

① 最急勾配及び最小半径：雨季でも敷砂利の流亡及び路体の決壊がなく車両の通行が可能な最急勾配の決定、やむを得ない場合の急勾配の改良方法、雨季でも余裕をもって通行可能な最小半径

② 溝渠：短時間に極めて強い降雨が多いので、路体決壊を起こさないような排水施設の設置、特に、横断溝、側溝及び暗渠の大きさ、勾配、配置間隔等

③ 斜面の安定：切取斜面及び盛土斜面の崩落、崩壊防止対策、のり面緑化工等

(2) その他

その他には当プロジェクトを実施していく上での対外折衝、予算管理、物品管理、安全管理等がありプロジェクト全体のマネジメントの技術が必要である。

5. 訓練

当プロジェクトは流域管理技術の開発、改良を行って、カウンターパートに技術移転を行うことが目的であり、この技術を広く汎用させるために、第3年目から訓練を実施することになっている。基本的な方針はまだ決定していないが、当プロジェクトで開発、改良を行った技術を中心に南スラウェシ全域を始め、インドネシア東南部全体に普及するような訓練ができるものと考えている。

6. 技術移転における問題点

1) 中央と地方の格差

ジャワ島といわゆる外領との格差が大きい。生活水準、生活の便利さ、公共施設の整備状況等ジャワ島を中心に高水準にある反面、外領は低いため、大きな格差を生じている。このことは、カウンターパートがジャワ島から外領へ来ることを極端に嫌い、人事の交流にも支障が出ている。現在はフィールドマネージャーを含めて2名がジャワから来ているが、将来の人事がスムーズに行くかが心配である。

2) 住民との共存

土地の利用区分の項で触れたように、プロジェクトサイトは原則的には国有地であり、どこに植栽することも可能であるが、居住することにより既得権ができるので、実質的には私有地に近い形態となっている。今後の問題として植栽した土地を農耕地とすることはないと考えているが、生活の場が規制されるため不満が出ないとも限らない。従って、何らかの方法で流域管理の重要性を認識させると共に、自ら進んで森林を造成し、管理する方策を見いださなければならない。それにはアグロフォレストリーを取り入れ、現在副収入の得られるコーヒー、カカオまたは場合によっては野菜類も含めて植えさせることも検討し、住民参加の森林作りを行い、住民との共存を図る必要がある。

7. 終わりに

このプロジェクトは昨年(1989)の9月1日に2名の専門家が来伊して本格的なプロジェクトがスタートし、10か月が過ぎた段階である。今までのところ崩壊地の復旧を除けば、道路等の基盤整備を重点にし、11月からの本格的な植栽に向け、臨時苗畑の開設を行い、苗木の生産を開始し、近々裸地及び急傾斜地の治山工事等を予定している等、本格的な事業開始の準備段階である。その意味では本稿は、仮定の多い内容であることをお許しいただきたい。

《お知らせ》

シンポジウム『熱帯地域における森林問題をめぐる社会的背景 Social Forestry の展開』

主 催：日本学術会議林学研究連絡委員会，森林工学研究連絡委員会

共 催：日本林学会，砂防学会，日本緑化工学会，(財)林学会
(社)海外林業コンサルタンツ協会

日 時：平成元年10月25日(水) 13:00~17:00

会 場：日本学術会議講堂

次 第：

開会挨拶 上飯坂 實 日本学術会議第6部会員
林学研究連絡委員会委員長

(1) インド・タイにおける社会林業の実態

名村 二郎 (海外林業コンサルタンツ協会専務理事)

(2) モンスーンアジアにおける森林開発の態様(仮題)

永田 信 (東京大学農学部助教授)

(3) 社会林業の可能性—フィリピンにおける普及プログラムの展開—

加藤 隆 (森林総合研究所林業経営部経済分析研究室長)

(4) 西アフリカにおける植林行政の課題

勝俣 誠 (明治学院大学国際学部助教授)

(5) ケニアにおける社会林業

渡辺 桂 (国際協力事業団国際協力専門員)

討論司会と総括

熊崎 実 (筑波大学農林学系教授)

閉会挨拶 武居 有恒 日本学術会議第6部会員

森林工学研究連絡委員会委員長