

インドネシア国  
インドネシア国バリ州ウダヤナ大学

インドネシア国  
防災・環境保全及び環境再生技術の  
普及・実証事業  
業務完了報告書

平成 28 年 2 月  
(2016 年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

多機能フィルター株式会社

|        |
|--------|
| 国内     |
| JR     |
| 15-117 |

## 目次

|                                |      |
|--------------------------------|------|
| 巻頭写真                           | i    |
| 略語表                            | iii  |
| 地図                             | iv   |
| 図表番号                           | v    |
| 案件概要                           | vii  |
| 要約                             | viii |
| 1. 事業の背景                       | 1    |
| (1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認   | 1    |
| (2) 普及・実証を図る製品・技術の概要           | 15   |
| 2. 普及・実証事業の概要                  | 18   |
| (1) 事業の目的                      | 18   |
| (2) 期待される成果                    | 18   |
| (3) 事業の実施方法・作業工程               | 18   |
| (4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）     | 23   |
| (5) 事業実施体制                     | 25   |
| (6) 相手国実施機関の概要                 | 27   |
| 3. 普及・実証事業の実績                  | 27   |
| (1) 活動項目毎の結果                   | 27   |
| (2) 事業目的の達成状況                  | 59   |
| (3) 開発課題解決の観点から見た貢献            | 60   |
| (4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献        | 61   |
| (5) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について | 61   |
| (6) 今後の課題と対応策                  | 62   |
| 4. 本事業実施後のビジネス展開計画             | 63   |
| (1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定     | 63   |
| (2) 想定されるリスクと対応                | 67   |
| (3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果    | 68   |
| (4) 本事業から得られた教訓と提言             | 72   |
| 添付資料                           | 75   |

## 巻頭写真



写真1 ウダヤナ大学



写真2 ウダヤナ大学との協議



写真3 研究所完工式 (2014年4月)



写真4 研究所建設



写真5 機材設置



写真6 菌根菌増殖装置



写真7 菌根菌増殖技術教育



写真8 植樹祭開催(2013年12月)



写真9 建設会議

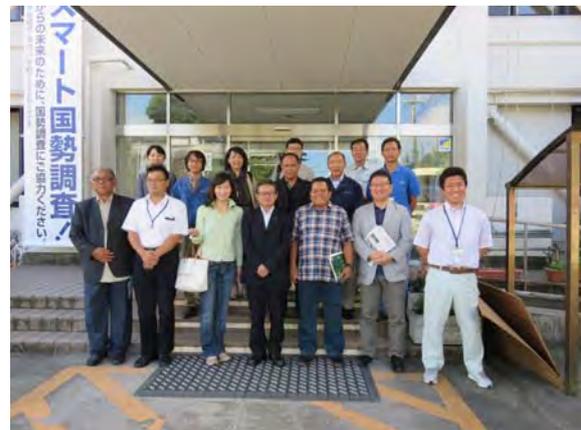


写真10 本邦受入 長崎県島原振興局研修



写真11 現地の素材を用いたシート



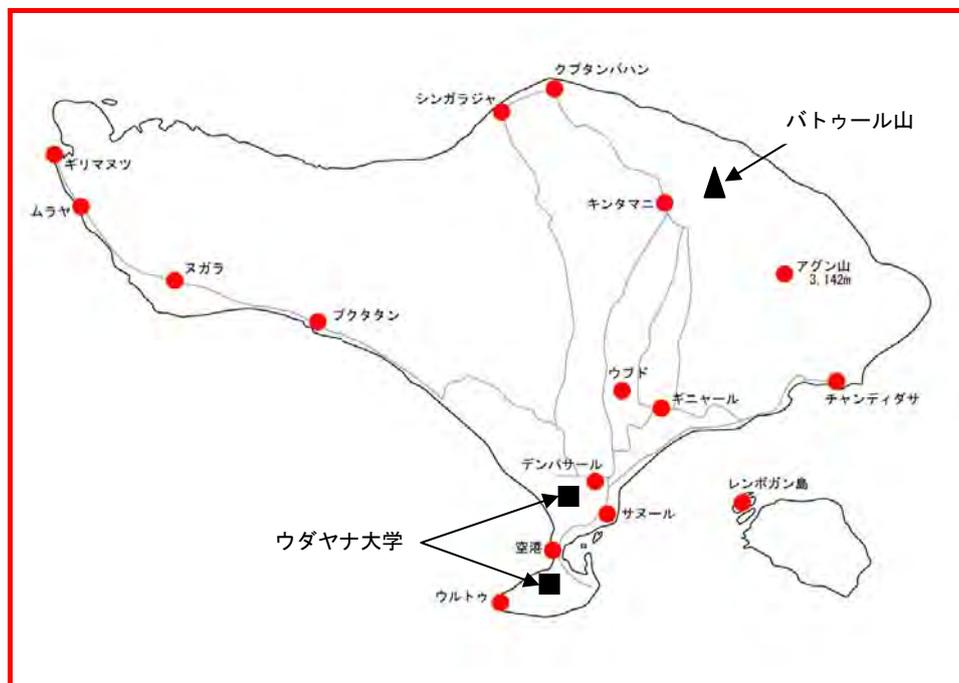
写真12 現地の素材を用いたシートの敷設

## 略語表

表 1 略語表

| 略語       | 正式表記                                       | 日本語名                      |
|----------|--|---------------------------|
| BAPPENAS | Badan Perencanaan dan Pembangunan Nasional | (インドネシア)<br>国家開発企画省       |
| BNPB     | Badan Nasional Penanggulangan Bencana      | (インドネシア)<br>国家防災庁         |
| BPPT     | Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi   | (インドネシア)<br>技術評価応用庁       |
| FORDA    | Forestry Research and Development Agency   | (インドネシア)<br>環境・林業省森林研究開発庁 |
| ITB      | Institut Teknologi Bandung                 | バンドン工科大学                  |
| KESDM    | Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral | (インドネシア)<br>エネルギー・鉱物資源省   |
| KLHK     | Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan | (インドネシア)<br>環境・林業省        |
| PU       | Kementerian Pekerjaan dan Perumahan Rakyat | (インドネシア)<br>公共事業・国民住宅省    |
| SP-60    | Slope Protector 60                         | SP-60                     |

# 地図



地図1 インドネシア国 (上)<sup>1</sup>とバリ州 (下)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 世界地図ホームページ : <http://www.sekaichizu.jp/>

<sup>2</sup> 白地図専門店ホームページ : <http://www.freemap.jp/>

## 図表番号

### 1. 図

|      |                            |     |
|------|----------------------------|-----|
| 図 1  | 本普及・実証事業の概要                | vii |
| 図 2  | 空間改革体系                     | 7   |
| 図 3  | 全国の道路網計画                   | 8   |
| 図 4  | 有料道路網の計画                   | 8   |
| 図 5  | 鉄道網の計画                     | 9   |
| 図 6  | インドネシアの主要鉱山                | 11  |
| 図 7  | 菌根菌の感染形態                   | 16  |
| 図 8  | 機材配置図                      | 30  |
| 図 9  | 植被率に及ぼすシート敷設の影響            | 33  |
| 図 10 | A 区・B 区追跡調査概要              | 33  |
| 図 11 | 各樹種の樹高の推移と種バッグ 1 袋当りの樹種残存率 | 36  |
| 図 12 | 菌根菌カリキュラムの実施内容のフロー         | 43  |
| 図 13 | 菌根菌作業工程表                   | 44  |
| 図 14 | 降雨実験結果                     | 45  |
| 図 15 | 種バッグに使用した植物の種類             | 54  |
| 図 16 | 共同研究体制図                    | 56  |
| 図 17 | 事業化実施体制図                   | 65  |
| 図 18 | 植生遷移時間の短縮図                 | 70  |
| 図 19 | 張り芝工と SP-60 の施工期間          | 71  |

### 2. 表

|      |                                     |     |
|------|-------------------------------------|-----|
| 表 1  | 略語表                                 | iii |
| 表 2  | インドネシア国 債権国・機関別対外債務残高 (ODA ベース)     | 13  |
| 表 3  | インドネシアにおける産業部門別民間対外債務残高 (銀行を除く)     | 14  |
| 表 4  | 作業工程表                               | 21  |
| 表 5  | 担当者別作業スケジュール                        | 22  |
| 表 6  | 要員構成                                | 23  |
| 表 7  | 資機材リスト                              | 24  |
| 表 8  | 地表面温度の差                             | 34  |
| 表 9  | SP-60 の効果検証                         | 37  |
| 表 10 | 外生菌根菌感染木                            | 41  |
| 表 11 | コドラート内の土壌侵食の差 (mm)                  | 46  |
| 表 12 | シートに付着した土粒子の重量 (kg/m <sup>2</sup> ) | 47  |

|      |   |    |
|------|---|----|
| 表 13 | 藁ネット引張強度測定 (N) .....                          | 47 |
| 表 14 | 不織布素材選定表 .....                                | 48 |
| 表 15 | ネット素材選定表 .....                                | 48 |
| 表 16 | 製品仕様 .....                                    | 48 |
| 表 17 | 既存品製造原価に対する削減率 .....                          | 49 |
| 表 18 | 工法比較表 .....                                   | 50 |
| 表 19 | 研修参加者 .....                                   | 57 |
| 表 20 | 試験概要 .....                                    | 58 |
| 表 21 | 事業項目ごとの達成状況 .....                             | 59 |
| 表 22 | 主なインフラプロジェクト .....                            | 61 |
| 表 23 | ビジネス展開分野別事業 .....                             | 66 |
| 表 24 | 高速道路開発計画 (2015 年-2019 年) .....                | 66 |
| 表 25 | ジャカルタ近郊の日系工業団地の現状 .....                       | 67 |
| 表 26 | 5ヶ年売上計画表 .....                                | 67 |
| 表 27 | 2014 年 1 月自然災害による損害 .....                     | 68 |
| 表 28 | 張り芝工の作業手順 .....                               | 71 |
| 表 29 | 張り芝工と SP-60 の 100 m <sup>2</sup> /日作業歩掛 ..... | 71 |
| 表 30 | 張り芝工施工時の崩落した際における損失額 .....                    | 72 |

# 案件概要



## 要約

| I. 提案事業の概要 |   |
|------------|---|
| 案件名        | 防災・環境保全及び環境再生技術の普及・実証事業<br>Pilot Survey for Disseminating SME' s Technology for Disaster Prevention and Environmental Regeneration  |
| 事業実施地      | インドネシア国バリ州  |
| 相手国政府関係機関  | 国立ウダヤナ大学 (Universitas Udayana)  |
| 事業実施期間     | 2013年9月～2016年2月   |
| 契約金額       | 91,377,300円(税込)   |
| 事業の目的      | インドネシア国の現地素材を用いた当社製品の開発とその効果検証・適応可能性試験および現地の樹種と微生物を活用した緑化技術の研究開発を行いながら、土壌保護シート、種バッグの製造・販売のビジネスとしての事業性を検討する。   |
| 事業の実施方針    | 現地素材を用いた製品の開発・製造工場の設立を目指しながら、その製品及び微生物活用技術の効果検証試験を通じ、インドネシア国内の事業を開拓しつつ緑化技術の向上及び緑化に関する啓発活動を行う。   |
| 実績         | <p>機材導入後、ウダヤナ大学の学生を対象に菌根菌増殖および培養技術の教育を実施し、研究は教授と学生により継続的に実施されている。既存製品はバトゥール山および日系工業団地などの試験施工により侵食防止効果および侵入植物による安定した緑化が確認された。また、現地の素材である綿と藁を用いたシートを試作し、フィールド試験において既存製品と同様の効果がみられたことから開発の目途が立った。本事業後のビジネス展開に関しては、カウンターパートのウダヤナ大学に加え、技術評価応用庁、バンドン工科大学、公共事業省調査機関(土木研究所)、エネルギー・鉱物資源省、環境・林業省と共同で製品開発を継続することになった。</p> <p>1. 実証活動</p> <p>(1) 研究所建設(自社負担)</p> <p>ウダヤナ大学農学部農場内の敷地に製造機材を設置する研究所を建設することとなり、2013年11月には現地施工業者3者の見積りを比較し、業者を選定、12月に工事を発注し、</p> |

|  |  |
|--|--|
|  | <p>建設を 2014 年 3 月に完了した。</p> <p>(2) 機材・機器（不織布製造機、降雨実験装置、培養機等）の輸出及び据付<br/> 2014 年 2 月 27 日に神戸港から船便にて輸出し、同年 3 月 20 日に研究所へ搬入。不織布製造機材は、機材の組立を行い、通電確認・機材の稼働確認を 2014 年 4 月 25 日に完了し、種バッグ製造用ミシン、降雨実験装置は、2014 年 8 月 23 日～24 日に実施し稼働確認を完了した。また、微生物増殖・培養機材は、ウダヤナ大学農学部遺伝子資源研究室に搬入し、2014 年 8 月 21 日に稼働確認を行った。</p> <p>(3) 設置済みのシート・種バッグの経過観測<br/> 2012 年度政府開発援助海外経済協力事業委託費による「案件化調査」時に施工されたバトゥール山麓荒廃地における多機能フィルター・シートおよび種バッグの試験施工地（約 2,500 m<sup>2</sup>）の追跡調査を 3 回実施した結果、スコリア（玄武岩質の黒色をした軽石）土壌におけるシートの侵食防止効果や自然侵入植物の種子が安定定着でき緑化を促す効果及び種バッグによる樹林化形成の初期段階への効果が実証されつつある。</p> <p>(4) 既存製品のインドネシア国土壌への適応試験・効果検証<br/> インドネシア全土に広がる赤土土壌及び粘性土壌への適応を確認するためジャカルタの A 工業団地、B 工業団地及び高速道路斜面において試験を行った結果、既存製品の法面安定効果が実証され、現地の素材を用いたシートの開発のための仕様検討に役立った。</p> <p>(5) 菌根菌増殖・培養技術の研究<br/> ウダヤナ大学の学生を対象にした内生菌根菌の増殖・培養技術の教育は、内生菌根菌胞子の同定を行い、イネ科植物に感染させ胞子の増殖を実施し、植樹祭における種バッグに活用した。また、外生菌根菌の増殖・培養技術の研究は、寒天培養、液体培養、固体培養の 3 段階の培養工程の教育を行い、スマトラマツとウラフィロユーカリ苗に接種しバトゥール山に植栽し、効果を観測中である。</p> <p>(6) 現地素材を用いたシートの開発<br/> 現地産の綿及び古紙を混入したシートを試作し、バトゥール山スコリア土壌でのフィールド試験を実施、検証した。土粒</p> |
|--|--|

|  |   |
|--|---|
|  | <p>子の密着性、侵食防止効果を観測した結果、綿を混入したシート<br/>の優位性が認められたため現地素材の藁ネットを装着<br/>したシートを試作し、バトゥール山試験サイトC区で耐久性<br/>のフィールド試験を開始した。現地素材を用いたシートの開<br/>発に目途が立った。</p> <p>2. 普及事業</p> <p>(1) インドネシアでの緑化および防災政策の調査</p> <p>インドネシア国政府は、多発する災害を契機に2007年に防<br/>災法24号を制定し、翌2008年には総合的な防災体制の実施<br/>を行う組織として国家防災庁を設立し、防災体制の強化に取<br/>り組んでいる。</p> <p>2015年1月に公表された新しい中期国家開発計画では、「防<br/>災と環境」が重点分野の一つとして取り上げられ、インフラ<br/>に関する施策（高速道路、鉄道、空港、港、ダム建設）では<br/>インフラ整備だけでなくそれに伴う災害や環境破壊への配<br/>慮もなされ、土砂の流出や河川への濁水防止など環境保全及<br/>び緑化に対する関心が高まっている。また、鉱物資源開発に<br/>は環境修復及び管理が義務付けられており、荒廃地修復緑化<br/>技術が必要とされている。</p> <p>(2) 現地ニーズ調査</p> <p>ジャワ島での現地日系企業やコンサルタントへの聞き取り調<br/>査を行った結果、降雨により土壌基盤が安定せず、法面保護<br/>に困難な赤土土壌や軟弱地盤（粘性土壌）が工業団地や道路<br/>法面などで、張り芝による保護対策が行われているが降雨に<br/>よる土壌の流出が発生している現場が多く存在していること<br/>が解った。</p> <p>(3) 植林ボランティア</p> <p>2013年12月及び2015年1月にバトゥール山にて荒廃地の樹<br/>林化再生及び環境教育の一環として、地元の住民や高校生た<br/>ちに種バッグ工法による植樹祭を実施した。植樹後の経過に<br/>ついては、地元高校と生育状況を共有している。</p> |
|--|---|

|  |  |
|--|--|
|  | <p>(4) ビジネスモデルの検討</p> <p>ウダヤナ大学ビジネスユニット<sup>3</sup>確立が合意され、事業中はこのビジネスユニットで現地素材を用いたシートの開発及び試作を実施。</p> <p>また、今後のインドネシアでのビジネス展開に向けた業務に関し、多機能フィルター(株)・ウダヤナ大学・バリローカル会社とで覚書を締結し、ジャカルタに所在する日系商社と代理店契約締結に向けて交渉中である。</p> <p>(5) セミナー及び研修会</p> <p>2014年4月24日にインドネシア東部のカリマンタン地域の森林造成フォーラムに参加し、多機能フィルターと種バッグによる荒廃地および鉱山跡地における環境修復技術のプレゼンテーションを行った。</p> <p>また、2015年6月にジャカルタで開催される建設会議に参加しプレゼンテーションを行った。</p> <p>2015年9月には、技術評価応用庁、バンドン工科大学、ウダヤナ大学の関係者が参加した本邦受入を行い、本社及び雲仙にて研修会を行い、豪雨災害による斜面崩壊の復興や法面保護および初期森林造成において多機能フィルター製品がインドネシア国でも適応可能であり、その必要性が理解された。</p> <p>2016年1月にジャカルタにおいて政府関係者及び日系企業を対象に事業報告及びビジネス展開を目指した最終報告会を行った。</p> <p>(6) 東ティモールにおける試験施工</p> <p>JICAから公共事業省道路橋梁治水局へ派遣されている道路政策専門家から、当社の製品が同国での法面保護への活用の提案があり、既存品による法面保護可能性試験を雨季前の2015年11月に実施した。2016年1月下旬には施工2ヶ月後の追跡調査および雨季終了後の3月に侵食防止機能と種子発芽・生育状況の調査を実施し、調査結果を今後の営業展開に反映する予定である。</p> |
|--|--|

<sup>3</sup> インドネシアでは、国有法人化された国立大学には、財政、人事、資産運営、教育研究などに関する自治が与えられており、専門分野においてビジネスユニット形式による事業が可能となる。

|             |   |
|-------------|---|
| 課題          | <p>1. 実証活動・普及活動</p> <p>現地素材を用いたシートの開発は、インドネシア産綿を混入した不織布と現地素材の薫ネットを装着したシートの開発の目途が立った。今後は薫ネットの量産体制の確立とシート製造装置を操作するオペレーターの技術向上が必要である。</p> <p>2. ビジネス展開計画</p> <p>シート生産拠点（研究所）と販売拠点（代理店）及びジャワ島への物流に関する仕組みは出来上がったものの、現地企業への販路拡販体制及び現地商社を2次店とした販売網の構築が必要である。</p> |
| 事業後の展開      | <p>ウダヤナ大学ビジネスユニットは本事業終了後も存続し、現地素材を用いて開発された製品及び当社より委託する製品を製造し、当社が販売する。本事業終了後にビジネス展開を構築するための契約を締結する。</p> <p>また、技術評価応用庁、公共事業・国民住宅省調査機関、エネルギー・鉱物資源省、環境・林業省森林研究開発庁、バンドン工科大学と当社でシートの効果検証のための共同研究を実施しインドネシア国に資材の登録を行う。</p>                                       |
| II. 提案企業の概要 |   |
| 企業名         | 多機能フィルター株式会社  |
| 企業所在地       | 山口県下松市葉山2丁目904番地の16   |
| 設立年月日       | 1994年6月6日   |
| 業種          | 製造業   |
| 主要事業・製品     | 多機能フィルター養生マット・シート   |
| 資本金         | 50,000千円  |
| 売上高         | 967,200千円（2014年度）   |
| 従業員数        | 48人（2016年2月）  |

# 1. 事業の背景

## (1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認

### ① 事業実施国の政治・経済の概況

#### ア) 事業実施国の政治

インドネシアは1945年に独立を宣言した34州よりなる立憲共和国である。国家元首（及び行政府の長）は大統領であり、3選禁止の憲法規定によりユドヨノ大統領に代わり、ジャカルタ州知事のジョコ・ウィドド氏が2014年10月20日に7代目大統領に就任。直接選挙で選ばれた大統領としては2人目、実業界出身の大統領としては初めてとなる。

ジョコ大統領は合理主義者とされ、現場を重視し、ITを活用する。ソロ市長時代には身分証の電子化により事務合理化と汚職の排除に成功して注目された。組閣においては、内閣運営の要に政治学者を登用し大統領機能の強化を図るとともに、閣僚は実行部隊として起業・経営改革の経験者等も人選されている<sup>4</sup>。

#### イ) 事業実施国の経済

##### a) 事業実施国の経済に関する統計

インドネシアの人口は世界第4位の約2億5千万人（2015年）であり、面積は189万平方kmである。2013年のインドネシアの名目GDPは8,686億ドルで世界第16位であるが、他方一人あたりのGDPは3,500ドルであり世界平均の40%に満たない水準である。また、GDP成長率は2013年には5.8%を記録したが、過去3年間の平均値6.3%と比べると低い傾向にある。

貿易に関しては2013年度の総輸出額が1,825億ドルに対し、総輸入額1,866億ドルである。主な輸出相手国は日本（14.8%）、中国（12.4%）、シンガポール（9.1%）であり、主な輸入相手国は中国（16.0%）、シンガポール（13.7%）、日本（10.3%）である。主な輸出品は、石油・ガス（17.9%）、鉱物性燃料（13.6%）、動物・植物油（10.5%）であり、主な輸入品は石油・ガス（24.3%）、一般機械機器（14.6%）、機械・電機部品（9.8%）である<sup>5</sup>。外国からのインドネシアへの投資（2013年）の多い業種は、製造業（約158億ドル）、鉱業（約48億ドル）、輸送機器（約37億ドル）、金属・機械・電機（約33億ドル）、化学・医薬品（約31億ドル）、電気・ガス・水道（約22億ドル）となっている<sup>6</sup>。インドネシアの主要な産業の実質GDP構成比は製造業（23.7%）、農林水産業（14.4%）、商業・ホテル・飲食業（14.3%）、鉱業（11.2%）、建設（10.0%）、運輸・通信（7.0%）、金融・不動産・企業サービス（7.5%）、サービス（11.0%）である<sup>7</sup>。

<sup>4</sup> 一般社団法人 日本経済団体連合会：www.keidanren.or.jp

<sup>5</sup> 外務省ホームページ：http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/indonesia/data.html

<sup>6</sup> 日本貿易振興機構(JETRO)ホームページ：http://www.jetro.go.jp/world/gtir/2014.html

<sup>7</sup> 外務省ホームページ：http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/indonesia/data.html

## b) 事業実施国の経済政策

経済政策としては、2011年に「経済開発加速・拡大マスタープラン(MP3EI)」が発表されている。このプランは2010～2025年までの長期計画の中心となるものであり、基本理念として、「独立、発展、公正で裕福な社会の実現」を挙げている。具体的には、重点分野を電力・エネルギー開発、道路整備、鉄道整備などのインフラ整備として投資総額の約5割である1,938億ドルを計上し、全国各島にインフラ網で連結された経済回廊を形成することを表明している。

また、同プランでは、2025年までに、名目GDPを2010年比で約6倍に増加させ、世界における10大経済大国となる目標を掲げている<sup>8</sup>。

2014年に新しく発足したジョコ政権の政策は「海洋国家構想」を掲げている。構想の柱として、「海洋資源の活用」「ジャワ島のインフラ整備」「造船・観光業の振興」「領海内の違法漁業の取り締まり強化」「海軍力の増強」などを打ち出している。

ジョコ政権は分配政策とインフラ投資の原資を確保するため、燃料補助金を撤廃し、燃料価格の3割以上の値上げに踏み切った。また投資の許認可手続きの簡素化にも着手している。

ジョコ政権のインフラ関連政策の要点として、①地方を中心としたインフラ投資の拡大（燃料補助金削減の撤廃による予算の捻出。2015年度のインフラ予算は前年度比41%増。国内の格差是正に向けジャワ島外への優先的資金を投下）、②海洋インフラ強化（24の主要港湾整備、造船業振興、離島間航路の拡充等からなる海洋国家構想を発信し、世界の海洋の軸を目指す旨宣言）、③民間資金での開発促進（投資許認可のワンストップサービス拡充等、投資誘致を重視。民間資金によるジャワ島のインフラ整備への期待）の3つを挙げている<sup>9</sup>。

## c) 事業実施国と日本との経済的關係

インドネシアと日本は「平和で繁栄する未来へ向けての戦略的パートナーシップ」の他に2008年に日本・インドネシア経済連携協定を発効している。同協定では貿易及び投資の自由化及び円滑化、自然人の移動、エネルギー及び鉱物資源、知的財産、ビジネス環境の整備等幅広い分野での協力等について規定している。

経済上の相互依存関係を背景に、両国の友好協力関係は近年一層緊密化しており、ユドヨノ政権時には閣僚間の閣僚級戦略対話、閣僚級経済協議、防衛大臣間協議を定期化することで一致するなど、二国間関係を強化するとともに、戦略的パートナーシップを深化させ、地域・世界の課題で両国の連携が確認されている。

2014年のジョコ政権発足後は、翌年3月23日に日・インドネシア首脳会談が行われ、

<sup>8</sup> 外務省ホームページ：[http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/shiryo/kuni/11\\_databook/pdfs/01-01.pdf](http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/shiryo/kuni/11_databook/pdfs/01-01.pdf)

<sup>9</sup> 首相官邸：[www.kantei.go.jp](http://www.kantei.go.jp)

相互互惠協力、友好関係と基本的価値の共有を基礎とし、海洋と民主主義に支えられた戦略的パートナーシップの強化がコミットされた<sup>10</sup>。

## ② 対象分野における開発課題

### ア) 災害に関する課題

インドネシアは、その自然条件により、火山噴火、地震、津波、洪水、地滑り、森林火災、旱魃などが頻発している。2012年において、地震による死者13人、被災者8,326人、洪水による死者33人、被災者21,800人、暴風雨による死者16人、被災者10,060人、土砂災害（地滑り）による死者20人、被災者115人という被害が発生している<sup>11</sup>。

また、森林の開墾、野焼きや不法伐採などによる森林の減少が自然災害を誘発する要因ともなっている。このような人的被害、経済社会的な被害は測り知れず、防災および緑化の整備の必要性が高まっている。

#### a) 自然に起因する災害

インドネシアには130近くの活火山があり、その内17の火山が活発に活動しており、概ね1年に1度の頻度でマグニチュード7～8クラスの地震が発生している。2012年4月には北スマトラ西方沖でマグニチュード8.6の地震が発生した。また、2010年のメラピ火山の噴火については、死者約400人、避難者も13万人に達し、1930年以来の大災害となり、日本外務省の推算によると損害総額は約70億円と見積もられている<sup>12</sup>。マグニチュード4以上の地震が年平均400回以上発生する地震多発地域であり、2004年末のスマトラ島沖の地震による津波被害では数十万人の犠牲者が出ている。

また、インドネシアの一部の地域ではアジア・モンスーン地域に属し、雨期に非常に強い雨が降るため、毎年数多くの洪水や浸水被害が発生している。2007年ジャカルタでの洪水では、死者・行方不明者80名、経済被害5.28億ドルに及んだ<sup>13</sup>。2013年1月中旬に発生した洪水では首都ジャカルタをはじめ、複数の当局が非常事態宣言を発令する事態に至った。火山地域や地質構造の弱い地域における雨期の降雨や地震、火山活動による土砂災害も全国各地で発生している。

バリ島北部に位置するバトゥール山周辺では、1917年と1926年の大噴火に伴う溶岩流が現在も広範に残存している。さらに、スコリア土壌の侵食や植物の生育が難しい土壌条件などから環境の荒廃化が急激に進んでいる。また、バリ市街地などの水源である地下水脈の枯渇につながる懸念もあり、スコリア土壌の侵食による土壌流出を防止するための有効な対策

<sup>10</sup> 外務省ホームページ： <http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/indonesia/data.html>

<sup>11</sup> Asian Disaster Reduction Center ホームページ： <http://www.adrc.asia/>

<sup>12</sup> 藤田正治ほか「2010年インドネシア・メラピ火山噴火災害」京都大学防災研究所年報第55号A（平成24年6月）pp.171-180

<sup>13</sup> 在インドネシア日本国大使館ホームページ： [http://www.id.emb-japan.go.jp/oda/jp/whatisoda\\_04g.html](http://www.id.emb-japan.go.jp/oda/jp/whatisoda_04g.html)

を立てることが緊急の課題となっている。

#### b) 開発に起因する災害

人口増加及び急激な土地利用によって森林が伐採された結果、特に雨季において地滑りが多発している。これは主に森林の伐採によるものであるが森林の減少面積は年々増加している。2000～2005年に一時減少したものの、2005～2010年は69万haと再び増加の一途をたどっている。また、2015年6月中旬よりスマトラ島やカリマンタン島及びその他地域において発生した山火事は、大規模な焼き畑で耕地拡大を図ったことが引き金に広大な熱帯泥炭層に延焼し、300万ヘクタールの土地が被災し、火災から発生した煙霧(haze)で3万2000人以上が重度の呼吸器系疾患を患っている。農業・森林劣化・健康・輸送・観光業関連での損失は約140億ドルと推定されている。さらに影響は近隣のシンガポールやマレーシアなどの近隣諸国にまで及び、広範囲で気管支炎など健康被害や道路交通障害、空港閉鎖などの煙害までも引き起こした<sup>14</sup>。

インドネシアにおける森林減少・森林劣化の増加の背景には、森林火災、天然林の他用途への転換(産業植林、プランテーション、移住)、違法伐採などの要因が指摘されている。「経済開発加速・拡大マスタープラン(MP3EI)」によるインフラ整備の加速によって、これら開発に起因する災害の増加が考えられる。

#### イ) 開発行為による自然破壊に関する課題

豊富な地下資源の開発により、広大な森林が荒廃地と化している。カリマンタン島では、不法業者も合わせ大小約3千もの石炭開発業者が存在しており、小規模な企業の多くが採掘後の緑化再生を怠っていると言われている。

また、インドネシア成長の核であるジャカルタ首都圏は、交通渋滞、洪水等深刻なインフラ不足が続いており、持続的成長と投資環境改善のため、早急な対策が求められている。

### ③ 事業実施国の関連計画、政策(外交政策含む)および法制度

#### ア) 事業実施国の関連計画・政策

2015年1月に公表された新しい中期国家開発計画(RPJMN: Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional) 2015-2019においては、「防災と環境」が重点分野の一つとして取り上げられ、緊急対策と中長期の施策が数多くなされている。

その他の重点分野として、投資環境整備・インフラに関する施策、対外援助受入れ政策、民主化定着や地方分権化の課題への取組が挙げられており、インフラ整備だけでなくそれに

<sup>14</sup> 東洋経済オンライン(2015年12月8日):  
<http://zasshi.news.yahoo.co.jp/article?a=20151208-00095540-toyo-int>

伴う災害や環境破壊への配慮もなされている<sup>15</sup>。

## イ) 事業実施国の法制度

### a) 防災分野の政策及び法制度

インドネシア国政府は、多発する災害を契機に 2007 年に防災法 24 号を制定し、2008 年には、総合的な防災対策の実施の調整を行う国家防災庁（BNPB: Badan Nasional Penanggulangan Bencana, National Disaster Management Agency）が設立された。BNPB は、長官、管理運営委員会、実施機関の 3 者を構成要素としている。管理運営委員会は、防災に関する勧告を国家防災庁長官に与えることを責務とし、内務省、社会省、公共事業・国民住宅省、厚生省、財務省、交通省、エネルギー・鉱物資源省、警察及び国軍といった政府機関の職員や専門家から構成される。実施機関は、災害発生前、緊急事態、災害発生後をカバーする防災対策を担当する責務を負い、事務次官、4 名の局長（予防担当、緊急対応担当、復興担当、ロジスティック担当）、監察官などが置かれている。

また、各州・県・市には国家防災庁との調整のもと地方の防災政策の策定・調整をおこなう責務を持つ地方防災庁（BPBD: Badan Penanggulangan Bencana Daerah）が設置されつつある。2008 年 11 月には様々な防災関連機関の調整のため、National Platform も設置されている<sup>16</sup>。

2015 年 3 月に日本の仙台市で開催された第 3 回国連防災世界会議は 187 の国連加盟国が参加し、参加者 6,500 人以上の大規模な国際会議となった。インドネシアのユスフ・カラ副大統領は出席した開会式で演説し、2006 年の中部ジャワ地震や、国内で発生した噴火、洪水などの例を挙げ、日本と同じ自然災害が多いインドネシアとして防災意識の向上、対策を進めることの必要性を強調した。さらに「災害対策はあらゆるレベルで長期的な国際協力を必要としている。技術や知見を共有することが重要だ」と各国の協力を呼びかけた<sup>17</sup>。

JICA「国家防災庁及び地方防災局の災害対応能力強化プロジェクト」によると、インドネシア国は、乾季には干ばつ被害や森林・林野火災、雨季にはスコールや大雨による浸水や洪水被害が頻発し、地震や火山噴火、地震による津波被害等自然災害の常襲国でもある。近年では、2004 年 12 月のスマトラ沖地震・津波被害及び 2006 年 5 月のジャワ島中部地震、2009 年 9 月に発生したパダン沖地震、2010 年 9 月に発生したメラピ火山噴火及びムンタワイ島津波など継続的に大規模災害が発生しており、災害対策の重要性への認識がさらに高まっている。

---

<sup>15</sup> 外務省ホームページ：[http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/shiryo/kuni/10\\_databook/pdfs/01-01.pdf](http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/shiryo/kuni/10_databook/pdfs/01-01.pdf)

<sup>16</sup> Asian Disaster Reduction Center ホームページ：<http://www.adrc.asia/>

<sup>17</sup> じゃかるた新聞：<http://www.jakartashimbun.com/free/detail/23729.html>

#### b) 緑化分野の政策及び法制度

緑化分野については、環境保護と管理に関する法律（2009 年第法律 32 号）が施行されている。同法では、環境が劣化する基準（生態系の影響に関する基準）として「森林または国土の火災に関する環境影響の基準」、「マングローブへの影響の基準」が挙げられている。

また、環境影響評価制度（AMDAL : Analisis Mengenai Dampak Lingkungan）において「環境汚染または環境損失を引き起こすような可能性のある工事または活動、及び天然資源の利用に伴うその乱用または劣化」や「自然資源保護地域の保全や文化保護区の保全に影響を及ぼす可能性を持つ工事と活動」については環境影響評価を行うことが規定されており、自然破壊に関する事前の配慮はなされている。

しかし、工事に際して破壊された環境に対する緑化を義務付ける法律等は整備されておらず、緑化事業の実施が進まない一因となっている。

#### c) 都市化への政策及び法制度

法律 1992 年第 24 号（空間計画法）の成立により、インドネシアの空間計画に初めて法的根拠が与えられたが、地方分権化や都市化の進行等を背景として同法は 2007 年改変された（法律 2007 年第 26 号）。国家空間計画（法律 2008 年第 26 号）として制定された現行の国家空間計画は 20 ヶ年であり、5 年毎に見直しがなされる。策定機関は国家空間計画調整委員会（経済担当調整相が委員長）であり、その事務局は国家開発企画省（BAPPENAS: Badan Perencanaan dan Pembangunan Nasional）に置かれ（BAPPENAS 長官が事務局長）、公共事業・国民住宅省空間計画局が委員会の実務を担う。

国家空間計画に含まれる内容は、国家空間計画の目標を達成するための効果的かつ効率的な計画プロセスに向けた指針となるものである。戦略開発フレームは、国家の土地戦略を構築するために存在し、群島国家としての空間活用に安全性、採算性、持続性を実現し、国家としての一体感と安定確保を目的としている。

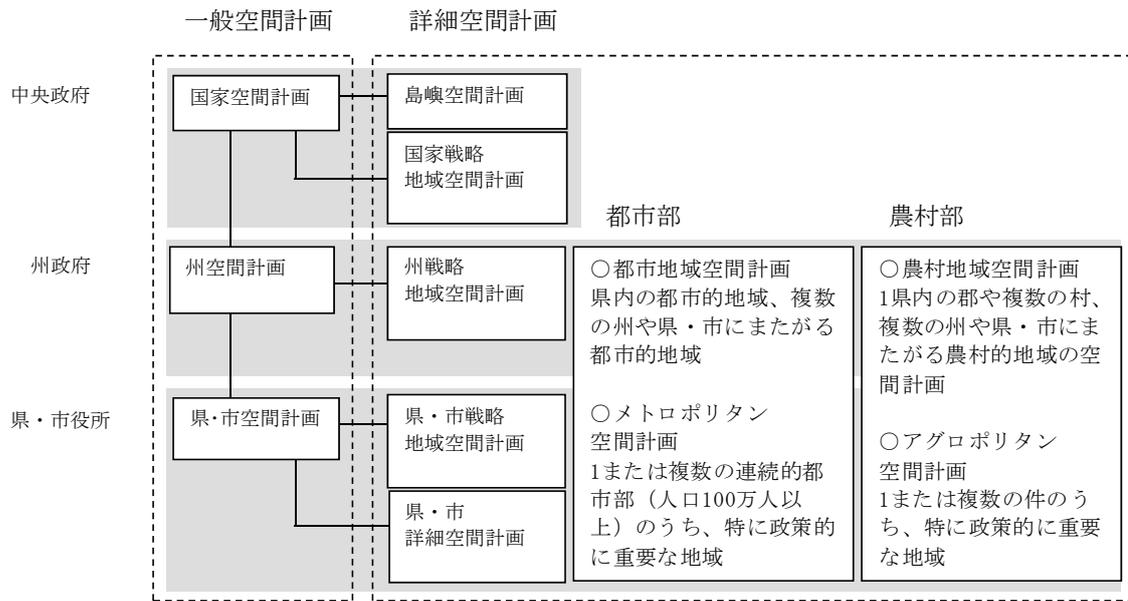


図2 空間改革体系<sup>18</sup>

本計画では 112 の有経済力内陸地域、44 の海洋有力地域および 75 の国家戦略地域を指定している。国家戦略地域とは、国家の独立性、安全、経済、社会文化、環境の面で重大な影響力を有する、又は国際的な遺産として認識されている地区であるため、開発優先地域とされる特別な地域として指定されている。

国家計画の都市体系計画に基づき、全国の道路網計画、有料道路網計画、鉄道網計画、漁港計画、空港計画推進されておりその開発における緑地帯の確保や防災面での整備が必要とされている。

<sup>18</sup> 国土交通省国土政策局

<http://www.mlit.go.jp/kokudokeikaku/international/spw/general/indonesia/index.html>

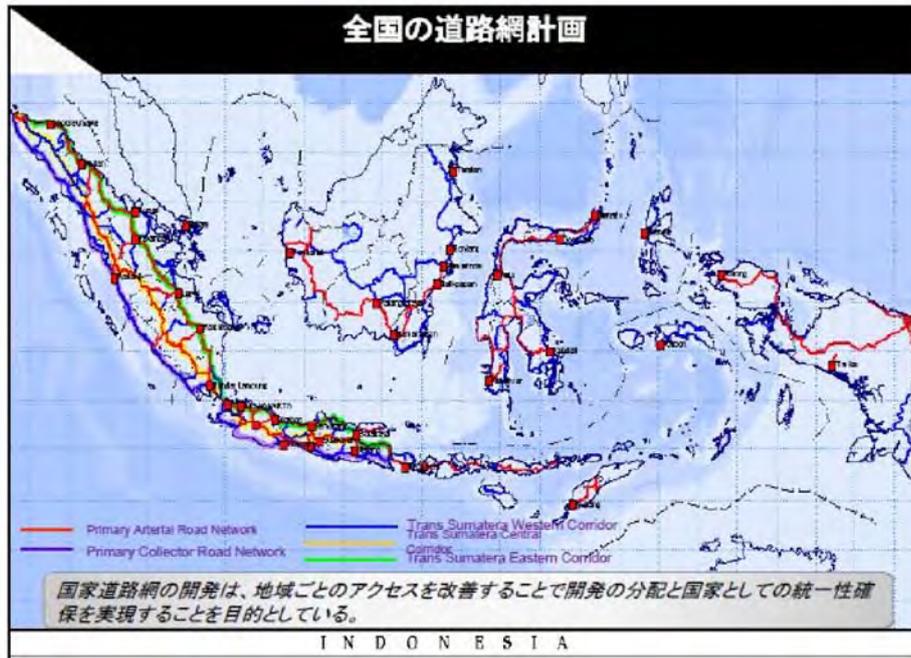


図3 全国の道路網計画<sup>19</sup>

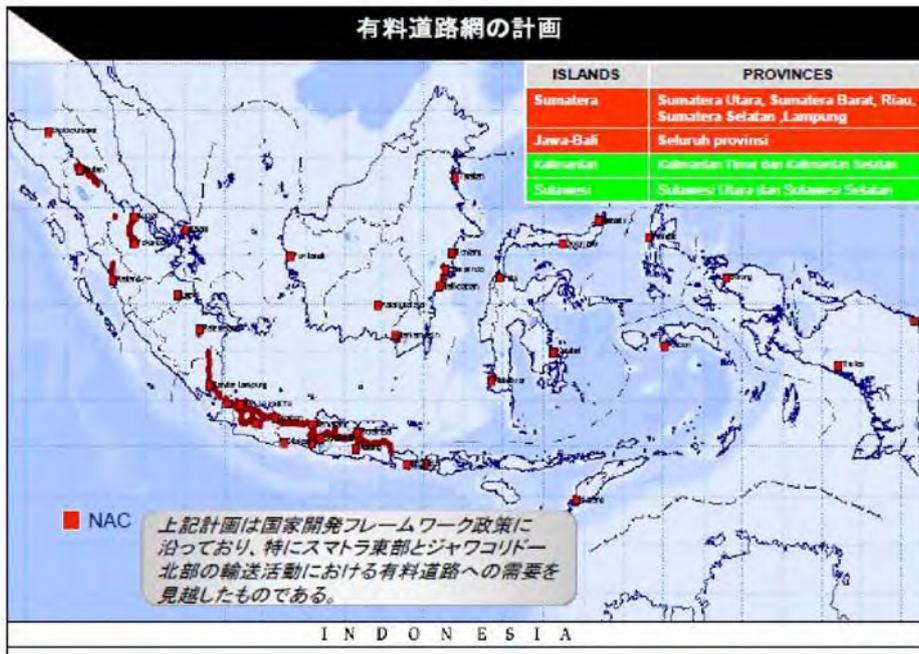


図4 有料道路網の計画<sup>20</sup>

<sup>19</sup> 国土交通省国土計画局「平成20年度 諸外国の首都問題等国土政策分析調査-インドネシアの国土政策事情・報告書-」 p. 55

<sup>20</sup> 国土交通省国土計画局「平成20年度 諸外国の首都問題等国土政策分析調査-インドネシアの国土政策事情・報告書-」 p. 56-57

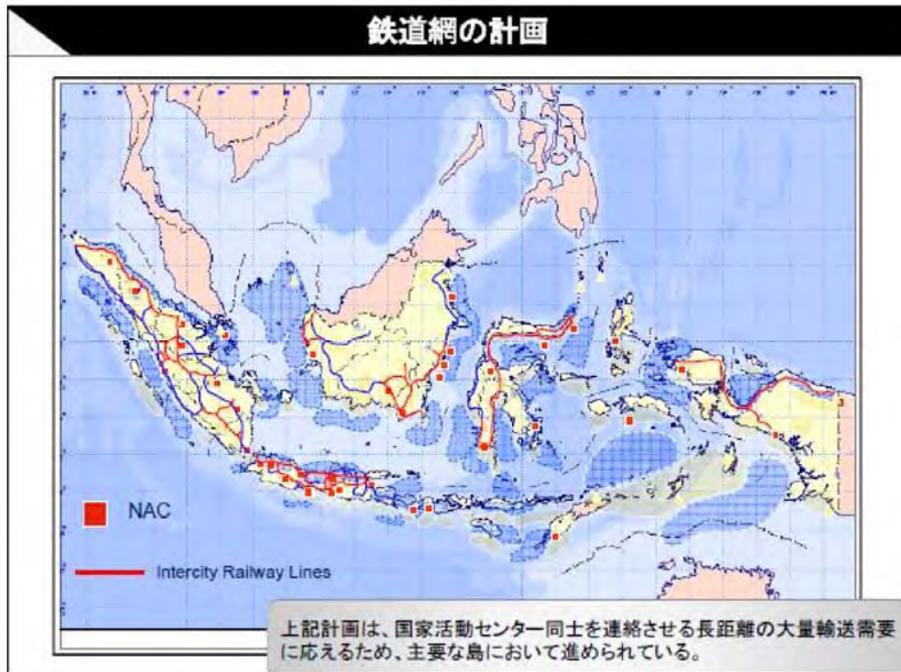


図 5 鉄道網の計画<sup>21</sup>

#### d) 鉱物資源開発および法制度

インドネシアは多くの鉱物資源に恵まれており、鉱業基本法によって①戦略鉱物（鉄、チタン、ニッケル、錫、石油、天然ガス、石炭など）と、②重要鉱物（金、白金、銀、リチウム、マグネシウム、銅、亜鉛など）に分類されている。

エネルギー・鉱物資源省によると石炭の生産量は 2000 年の 6,711 万トンと比較して 2012 年には 4 億 6631 万トンと急上昇しており、世界 5 位の生産量となっている。銅については 2011 年に 147 万トンと下降したが 2012 年には 238 万トンと回復し、2011 年における生産量は世界第 9 位であった。

1967 年に法律第 11 号で鉱業法が制定され、1969 年には政令第 32 号鉱業実施細則制定された。採掘される鉱物の種類も豊富であり法律で鉱物を 3 グループに分類している（1980 年政令第 27 号により改定）。グループ A は戦略鉱物（石油・天然ガス、石炭、ウラン・放射性鉱物、ニッケル、スズ、及びコバルト）、グループ B は重要鉱物（鉄、マンガン、ボーキサイト、銅、鉛、亜鉛、金、銀等）グループ C はグループ A にも B にも属さない鉱物（カオリン、リン鉱、石灰石、粘土、大理石、シリカ砂、装飾石等）となっており、グループ A とグループ B は、中央政府（鉱山エネルギー省）が監督し、グループ C は州政府の権限下にある。

鉱物資源の開発に伴い森林法（1999 年法律第 41 号）の改定により① 保全林、② 保護林、③ 生産林に分類され、保護林に指定された地域における露天採掘が全面的に禁止された。

<sup>21</sup> 国土交通省国土計画局「平成 20 年度 諸外国の首都問題等国土政策分析調査-インドネシアの国土政策事情・報告書-」 p. 56-57

このため、法律施行以前に操業許可を得た操業が凍結に至っていた。

この問題に関しては、『2004 年第 1 号緊急政令』が発布され、「森林法施行以前の鉱業認可および契約は、期限が終了するまで有効とみなす。」旨が規定された。

これにより鉱業13社の操業再開が認められた。しかしながら、環境NGO、13 社以外の企業等から強い反発があり、緊急政令の違法性が指摘される等、鉱業による経済振興、環境保全の両面から国会内で賛否両論があり、まだ解決には至っていないが、露天採掘業者を含むすべての鉱業許可取得者には、技術的・経済的に調和した鉱業、環境管理、鉱山保安、近隣地域社会開発、高付加価値化、所要の報告が義務付けられている。インドネシア国には多くの鉱山があり、その鉱物資源開発には環境修復及び管理が必要とされている。

2012年2月6日付けで鉱物資源に対する高付加価値義務に関する大臣令が発行された。本法令は2009年1月14日に発令された「新鉱物石炭業法（2009年1月14日：2009年大統領令）」、及びその細則となる「鉱業及び石炭事業の事業活動に関する細則（2010年2月1日：2010大臣国規則23号）」の詳細規定となるもので、鉱物資源の生産者は2014年1月以降、高付加価値化が義務づけられる。鉱物、精錬加工などの具体的な内容と違反者への罰則規定などが定められている。

現時点で法令が適応される鉱物資源は金属鉱物、非金属鉱物、鉱石となっている。金属鉱物では、銅、金、銀、錫、鉛・亜鉛、クロム、モリブデン、白金族金属、ボーキサイト、鉄鉱石、砂鉄、ニッケル、コバルト、マンガン、アンチモンが対象で、これらの副産物鉱物も対象となっている。なお、石炭は対象外である。

銅、金、銀は99%以上の純度など鉱物資源ごとの精錬・加工が義務付けられ、この基準を満たさないものは、2014年1月以降輸出が禁止される。違反者には、①警告、②事業停止、③鉱業事業許可(IUP)の取り消しの罰則が、各IUPの発行権限者(大臣、州又は県知事)により与えられる<sup>22</sup>。

本法令は、過去3年間に亘るニッケル輸出が8倍、銅輸出が11倍、ボーキサイト輸出が5倍など鉱物資源の海外流出に対するインドネシア政府の危機感の表れであり、インドネシア政府には増大している鉱物資源の安易な海外流出を本法律によって防止する狙いがある。

---

<sup>22</sup> (一財) 石炭エネルギーセンター : coal.jogmec.go.jp/result/docs/083.pdf

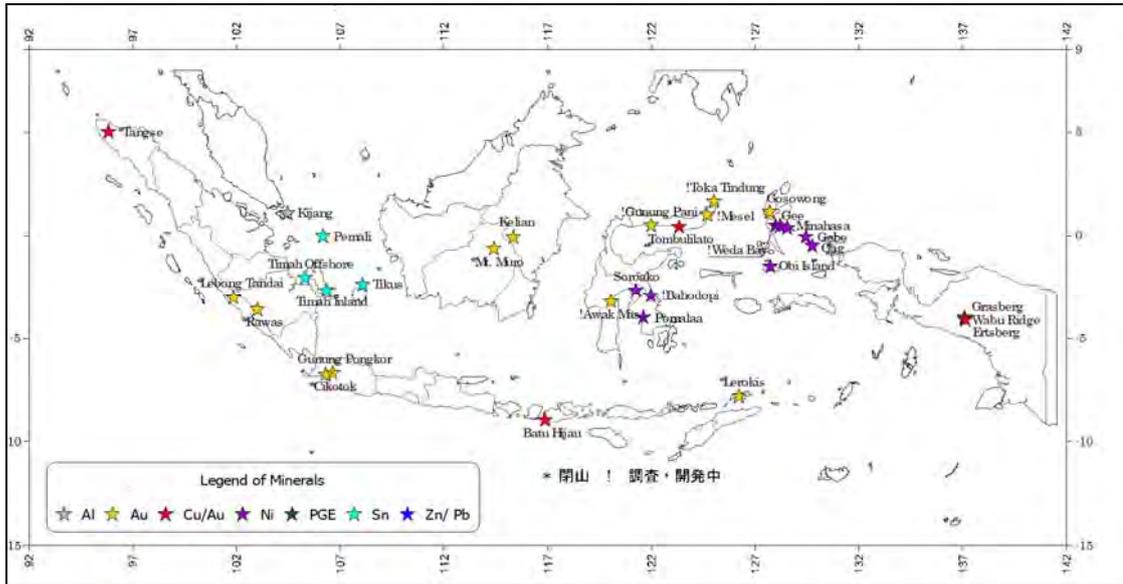


図6 インドネシアの主要鉱山<sup>23</sup>

④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析

ア) 事業実施国の対象分野の ODA 事業の事例分析

インドネシアは既に、自国の税収や国内貯蓄、内外の民間投資資金などによって一定の開発プログラム・プロジェクトを推進できるようになってきている。よって、現在のインドネシアが最も必要としているものは、科学・技術協力、大学・研究機関間の協力、高度人材育成などの分野と思われ、かかる分野の要素を持ちかつ本件事業と関連が深い3つのプロジェクトの成果等について分析する。

a) メラピ山緊急防災事業（Ⅱ）（有償資金協力プロジェクト）：2014年2月～2017年9月

ジャワ島中部に位置するメラピ山は、同国で最も活動的な火山の一つであり、2010年10月に100年に1度の規模とされる計画想定以上の噴火が発生した。同山上部を源流とし、山腹を流下する河川に設置された砂防施設は、土石流により多くが埋没する被害が発生し、復旧作業が続いている。現在も上流部に不安定な状態で残っている膨大な堆積物が、土石流となって下流域に流下する状況が継続しており、河川が氾濫することで周辺地域への影響が深刻化している。本事業では、中部ジャワ州及びジョグジャカルタ特別州に跨るメラピ山下流域において、遊砂地建設、放水路建設、並びにマスタープランの見直し、砂防の広報活動等を実施することにより、土石流被害からの復旧と今後の被害軽減を図り、もって同地域の経済開発促進を目的としている<sup>24</sup>。

<sup>23</sup> 独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構ホームページ：  
[http://mric.jogmec.go.jp/public/report/2005-10/indonesia\\_05.pdf](http://mric.jogmec.go.jp/public/report/2005-10/indonesia_05.pdf)

<sup>24</sup> 外務省ホームページ：<http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/>

b) 保全地域における生態系保全のための荒廃地回復能力向上プロジェクト(有償技術支援附帯プロジェクト) : 2013年3月~2015年3月

インドネシアの全森林面積(1億2300万ha)の48%(5,900万ha)が劣化した状態にあり、インドネシア政府の環境・林業省森林・自然保護総局(PHKA:Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam)およびプロジェクト・サイトの5つの国立公園事務所と協力し、これら荒廃した広大な森林を回復するために、国立公園の荒廃地の回復への取り組みを強化することを目的としている。荒廃地復旧技術ガイドラインの作成、法令の整備、民間資金の導入方法などの面で包括的なアプローチをとり、インドネシア側関係機関のマネジメント能力の強化が図られた<sup>25</sup>。

c) マングローブ生態系保全と持続的な利用のASEAN地域における展開プロジェクト(技術協力プロジェクト) : 2011年6月~2014年6月

インドネシア環境・林業省の流域管理社会林業総局、国際協力局、マングローブ管理センターなどと協力し、マングローブ保全のための支援を実施。1992年依頼協力を行ってきたバリとメダンのマングローブ保全センターが2007年2月に環境・林業省所管の正式な行政組織となったことを受け、「マングローブ生態系管理に関する国家戦略の改定作業」を支援するとともに、ASEAN諸国とも協力し、蓄積された知見・ノウハウを生かし、南南協力の推進も行なわれた<sup>26</sup>。

イ) 事業実施国の対象分野の他ドナーの分析

インドネシアでは多数の援助国・機関が活動を行っており、これまで、インドネシア支援国会合(CGI:Consultative Group on Indonesia)が援助国・機関間の調整のための主要な場となっていたが、2007年の大統領発表により廃止された。その後、インドネシアは2009年1月12日に日本を含む19の援助国等との間で「ジャカルタ・コミットメント」を採択した。これは、2005年の「援助効果向上に係るパリ宣言」、2008年の「アクラ・ハイレベルフォーラム」を踏まえて作成されたものであり、インドネシアの開発効果の向上に向けた2014年までの政策方針を定めるロードマップである。「開発分野でのオーナーシップの強化」、「開発のための一層の効果的・包括的なパートナーシップの構築」、「開発成果の重視化と正当化」の3つのパートから構成されている。

「ARCレポート(インドネシア2015/16)」(出版:ARC国別情勢研究会)によると、経済規模の拡大、経済基盤の強化、低金利などによって、年々債務負担は軽減されてきていることが報告されている。近年における国民総所得(GNI)に対する債務負担率は、2005年の

<sup>25</sup> JICA ホームページ : <http://www.jica.go.jp/project/indonesia/008/index.html>、及び聞き取り調査

<sup>26</sup> JICA ホームページ : <http://gwwweb.jica.go.jp/km/ProjectView.nsf/VIEWALL/19F17CB7127ADDE8492576F6001E4814?OpenDocument>、及び聞き取り調査

52.1%に対して、2010年には29.1%、2011年が27.3%、2012年が29.9%で推移している。

一方、二国間においては、日本は債権国として他国を圧倒しており、ODAベースの対外債務残高は2013年に70.2%を占めている。このことは、多国間対外債務残高における主要機関である国際復興開発銀行（IBRD）の占める対外債務残高（113億ドル：2013年）の約1.7倍の額となっており（表2を参照）、多国間対外債務残高の主要機関と比較してもわが国の係りは際立って深いことがわかる。

また、産業部門別民間対外債務残高（銀行を除く）の状況を鑑みると、民間においては、インフラに関連する部門である「電力・ガス・水道」部門や製造業における債務残高が比較的高く、荒廃地の緑化再生に関連する「林業等」の細部残高は比較的低いことが分かった（表3）。表3では、「鉱業・採掘業」分野においては、比較的高い債務残高となっている。これは、採掘業が一般に民間企業によって行われていることから裏付けられ、対象製品の適用分野として、鉱山開発後の開発跡地の緑化分野において、有望であることが推測される。

表2 インドネシア国 債権国・機関別対外債務残高（ODAベース）【単位100万ドル】<sup>27</sup>

|        | 2009   | 2010   | 2011   | 2012   | 2013   | 2014.6月 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| <二国間>  | 33,719 | 35,617 | 35,726 | 32,007 | 27,314 | 26,951  |
| 米国     | 1,334  | 1,225  | 1,112  | 1,022  | 920    | 871     |
| オーストリア | 1,000  | 847    | 748    | 684    | 648    | 599     |
| オランダ   | 676    | 561    | 485    | 441    | 398    | 361     |
| 英国     | 655    | 571    | 514    | 470    | 411    | 385     |
| 日本     | 24,248 | 27,030 | 27,675 | 23,871 | 19,164 | 19,118  |
| ドイツ    | 2,315  | 1,875  | 1,710  | 1,625  | 1,592  | 1,513   |
| フランス   | 2,247  | 2,281  | 1,838  | 2,087  | 2,028  | 2,038   |
| <多国間>  | 24,623 | 26,179 | 26,394 | 26,805 | 26,648 | 26,307  |
| ADB    | 10,885 | 11,149 | 10,798 | 10,377 | 9,391  | 8,847   |
| IDA    | 2,231  | 2,315  | 2,274  | 2,208  | 2,098  | 2,046   |
| IBRD   | 7,871  | 9,052  | 9,606  | 10,423 | 11,339 | 11,554  |
| IDB    | 315    | 405    | 465    | 522    | 556    | 586     |
| IMF    | 3,093  | 3,050  | 3,031  | 3,053  | 3,050  | 3,058   |
| 総計     | 58,342 | 61,796 | 62,120 | 58,812 | 53,782 | 53,258  |

<sup>27</sup> ARC 国別情勢研究会「ARC レポート（インドネシア 2015/16）」p. 55

表3 インドネシアにおける産業部門別民間対外債務残高（銀行を除く）【単位 100 万<sup>ドル</sup>】<sup>28</sup>

|              | 2009   | 2010   | 2011   | 2012    | 2013    | 2014.6月 |
|--------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| 農牧業・林業・漁業    | 4,063  | 4,637  | 4,969  | 5,744   | 7,414   | 7,720   |
| 鉱業・採掘業       | 12,103 | 10,842 | 16,878 | 20,346  | 26,381  | 27,224  |
| 製造業          | 19,336 | 19,471 | 22,646 | 25,637  | 29,168  | 30,885  |
| 電力・ガス・水道     | 9,707  | 13,142 | 14,946 | 16,855  | 17,088  | 18,734  |
| ビルディング       | 291    | 320    | 755    | 667     | 968     | 1,010   |
| 商業・ホテル・レストラン | 3,744  | 3,157  | 4,919  | 6,565   | 7,632   | 8,185   |
| 運輸・通信        | 4,739  | 6,272  | 8,108  | 10,080  | 10,084  | 10,479  |
| 金融・リース等      | 6,451  | 6,899  | 10,306 | 12,195  | 15,730  | 18,121  |
| サービス         | 400    | 769    | 584    | 637     | 975     | 965     |
| その他          | 3,242  | 3,897  | 4,154  | 4,501   | 2,459   | 2,751   |
| 総計           | 64,075 | 65,407 | 88,268 | 103,228 | 117,899 | 126,074 |

<sup>28</sup> ARC 国別情勢研究会「ARC レポート（インドネシア 2015/16）」p. 53

(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要

|                  |  |
|------------------|--|
| <p>名称</p>        | <p>ア) 多機能フィルター・シート<br/>イ) 種バッグ</p>   |
| <p>スペック (仕様)</p> | <p>ア) 侵食防止機能付き土壌保全シート<br/>イ) 菌根菌充填樹林化用種バッグ</p>   |
| <p>特徴</p>        | <p>ア) 多機能フィルター・シートの特徴<br/>多機能フィルター・シートの構造は、植物の毛細根に似た極細のポリエステル繊維を不織布加工し、これに化学繊維の補強ネットを重ねたもので、空隙率 97～98%のフィルター構造を有している。<br/>本製品は、土粒子との密着性が高く、時間降雨量 100mm 程度の豪雨に対しても土の移動を止め表土に密着し、土壌環境を植生に適するよう保持する機能を有する。そのため、降雨時の侵食防止と濁水防止効果が高く、保水性の向上による早魃からの植物防護効果や自然植物との同化・復元による自然環境生態保全効果も高い。<br/>シートには、表土を保護し自然侵入植物による植生回復に効果のある SP タイプ (Slope Protector Type) と土壌の硬さや劣悪な環境でも緑化が可能な種子・肥料・土壌改良材を充填した MF タイプ (Multi-Function Type) があり、あらゆる環境に対応が可能である。</p> <p>イ) 種バッグの特徴<br/>種バッグは、現地の樹種・土壌基盤材・土壌微生物を袋に充填した資材であり、あらゆる環境への適応性に優れている。<br/>種子からの植生を促すため、一般的な苗木の植栽と比較した場合、活着安定性 (根張り) に優れており、更には土壌微生物である菌根菌が植物の根と共生するため、乾燥や養分飢餓などの環境ストレスを低減させ、樹勢の向上を見込めることが特筆すべき特徴である。また、現地の地形条件に合わせた大きさを製造することが可能であるため、汎用性が高い。</p> |



写真 13 多機能フィルター・シート



写真 14 種バッグ

解説：菌根菌は植物の根と共生して土壌中のリン酸・ミネラル・水分などの養分の根からの取り込みを増加させ、植物の耐乾性を高めるとともに、土壌の団粒化を促進する。

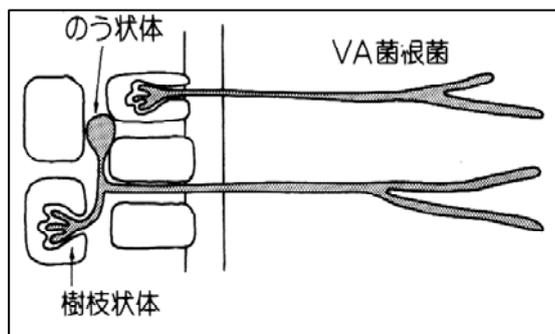


図 7 菌根菌の感染形態 <sup>29</sup>

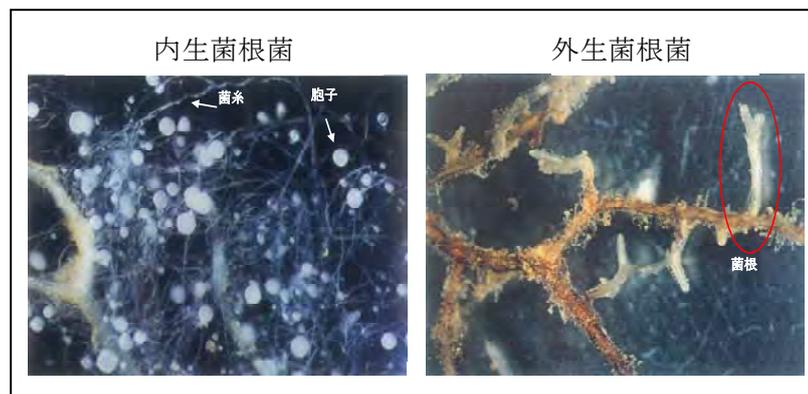


写真 15 菌根菌の種類

競合他社製品と比べて比較優位性

多機能フィルター・シートは、土壌環境を植生に適するよう保持する機能（土壌侵食防止機能、保温機能、保湿機能など）を有した画期的な製品であり、特許に裏付けされた当社独自の技術である。同様のシートが種々存在する中で、その効果（土壌保全、植物の健全な成長など）においては他社製品との違いが明確である。侵食防止効果を判定する指標に、水の外見上のきれいさを決める最大の因子として水中に溶けていない濁りの原因として浮遊物質（SS：Suspended Solid）がある。人工降雨実験装置により降雨量 100mm/hr、勾配 30°、土壌硬度 20mm<sup>30</sup>の真砂土によって他社製品とSSを比較した結果、当社製品は 50

<sup>29</sup> 出典：『土壌微生物の基礎知識』西尾道徳（著）より転載

<sup>30</sup> 財団法人日本緑化センター「植栽基盤整備技術マニュアル p.110」より、山中式土壌硬度計で土壌硬度 20～24mm は、固さ：締まった、根の侵入の可否：根系発達阻害樹種有りとされている。

|             |  |
|-------------|--|
|             | 分後には概ね 30mg/ℓ で推移しているのに対し、一般製品は 50 分後で概ね 80mg/ℓ と高い数値で推移している <sup>31</sup> 。   |
| 国内外の販売実績    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・国内<br/>当社が持つ技術は国や地方公共団体などの公共事業の他、電力会社、通信会社等の民間事業や在日米軍基地でも高い評価を受けており、多機能フィルター・シートは毎年 47 都道府県全てで採用され、国内では年間 100 万㎡の販売実績を有している。<br/>また、種バッグは、鉱山跡地などの荒廃地の他、長崎県の雲仙普賢岳の火砕流によって失われた自然環境の復元のため、1995 年から活用され続け成果を挙げている。</li> <li>・海外<br/>ネパールで約 7,000 ㎡の施工実績があり、その他に台湾やベトナムにおいても試験施工を実施し、適用可能性を調査中である。</li> </ul> |
| サイズ         | <p>ア) 多機能フィルター・シート</p> <p>SP タイプ : W=1m、L=50m</p> <p>MF タイプ : W=1m、L=5～25m</p> <p>イ) 種バッグ</p> <p>1 袋 : 300mm×250mm</p>   |
| 設置場所        | インドネシア国バリ州ウダヤナ大学   |
| 今回提案する機材の数量 | <p>①製造機材 一式</p> <p>②微生物培養機器 一式</p> <p>③袋口縫ミシン 一台</p> <p>④その他 (材料他) 一式</p> <p>⑤研究所建設 一式 ※本事業費外、自社負担による</p>  |
| 価格          | <p>日本国内における価格</p> <p>多機能フィルター・シート SP-60 : 800 円/㎡</p> <p>種バッグ (T-2) : 1,300 円/袋 ※菌根菌含む、種子は別途</p> <p>機材費総額 28,182,000 円 (輸送費・関税等含む)</p>   |

<sup>31</sup> 坪郷浩一ほか「不織布フィルターを用いた降雨時の法面侵食防止に関する研究」  
公益法人地盤工学会中国支部論文報告集「地盤と建設」Vol. 29, No. 1, 2011 p. 89-97

## 2. 普及・実証事業の概要

### (1) 事業の目的

当社製品（多機能フィルター・シート、種バッグ）の持つ機能は、防災・環境保全及び環境再生に資するものと考えており、これまでインドネシア特有の気候・土壌条件下でも効果が発揮されることが現地試験等を通じて検証されつつある。本事業の目的は、現地素材を用いたシートの開発とその効果検証・適応可能性試験および現地の樹種と微生物を活用した緑化技術の研究開発を行いながら、土壌保護シート、種バッグの製造・販売のビジネスとしての事業性を検討することである。

### (2) 期待される成果

インドネシア国内においては、当該事業を通じて、バリ州バトゥール山周辺の住民がシート敷設作業に従事することによる就労機会の創出が見込まれる。一方、事業の実施中に行った防災、環境修復等に対する地域住民（キンタマーニ市住民やデンパサール市住民など）への啓発活動により、環境保全に対する高い意識が芽生え、やがては、環境ビジネスへの価値の認知が深まり、環境ビジネスがビジネスとして成立する環境の醸成につながるものと考えられる。

また、事業終了後の事業化により、ビジネスをインドネシアの全国規模に拡大していくことで、営業拠点の設立後やシート製造従事者など雇用の創出が期待され、インドネシアの各地で広く環境修復や防災レベルが上がることで、その自然環境を利用してビジネスをしている主体に対して、ビジネスの向上を間接的にもたらし、現地の素材の買い入れなどによる経済的な貢献も大きいと推測される。

また、山口大学とウダヤナ大学との共同研究や技術開発などにより学生同士の交流や、留学生の増員により宇部市（工学部）、山口市（農学部）の地域経済に貢献することも期待できる。

### (3) 事業の実施方法・作業工程

- ① 機材の発注・調達（2013年10月～2013年12月）
  - ・見積りの取り付け
  - ・発注
  - ・輸送業者の確定
- ② 研究所建設（2013年11月～2014年3月）
  - ・研究所建設設計検討
  - ・業者選定
  - ・見積り、発注
  - ・建設完了確認
- ③ 機材・機器の輸出及び据付（2013年11月～2014年8月）
  - ・免税処置

- ・輸出
  - ・不織布製造機材・機器の配置検討
  - ・不織布製造機材・機器の据付・組立・稼働確認
  - ・菌根菌増殖・培養機材の稼働確認
  - ・種バッグ製造用マシン、降雨実験装置の稼働確認
- ④ 実施体制の確立(2013年10月～2014年12月)
- ・具体案の作成
  - ・C/Pとの協議(事業協力体制、研究所維持管理、シート開発体制、菌根菌増殖・培養研究体制)
- ⑤ インドネシアでの緑化および防災政策の調査(2013年10月～2015年10月)
- ・インドネシア国政府機関への啓発活動  
環境・林業省森林研究開発庁、公共事業・国民住宅省、国家防災庁、エネルギー・鉱物資源省、技術評価応用庁などにインドネシア国の防災に関する現状を聞き取り調査するとともに多機能フィルター製品の環境修復機能効果を説明
- ⑥ 植林ボランティア(2013年12月～2015年10月)
- ・バリの森を考える会との植林活動  
キンタマーニ地域の高校生で組織するギタキタグループ及び地元住民を対象
  - ・広報  
活動内容を地元の新聞に掲載
  - ・活動後の調査報告  
種バッグからの植樹の調査結果をギタキタグループに報告し、荒廃地の樹林化再生および環境教育の一環とする
- ⑦ 既存製品のインドネシア国土壌への適応試験・効果検証(2014年2月～2015年4月)
- ・インドネシア国内の土壌分布などの検討
  - ・試験地の検討
  - ・現地試験
  - ・現地観測(シートの密着性及び侵入植物の生育状況)
  - ・データ取得(シート敷設部の境界の土壌侵食測定)
  - ・データの分析、効果検証  
侵食防止効果・土壌との密着性などを検証し、現地素材を用いた新しいシート開発のための仕様(不織布の㎡当りの量など)を検討。
- ⑧ 設置済みのシート・種バッグの経過観測(2013年10月～2015年3月)
- ・現地観測(シートの密着性及び侵入植物の生育状況)
  - ・データ取得(シート敷設部の境界の土壌侵食測定・種バッグ樹種の成長量)
  - ・データの分析、効果検証
- ⑨ 現地ニーズ調査(2013年10月～2015年10月)

- ・調査項目（分野）  
道路、造成地、鉱山跡地、山腹荒廃地、海岸、ダム喫水のり面など分野別、発注者別に調査
  - ・調査地域等  
対象分野、政府機関ごとにインドネシア国全土を対象に調査
  - ・政府関係機関、現地コンサルタント、日本企業などからの聞き取り調査やインドネシア国で公表されている情報を収集
- ⑩ ビジネスモデルの検討（2014年2月～2015年10月）
- ・流通の調査
  - ・C/Pとの協議：事業化体制、覚書締結
  - ・営業展開の検討
- ⑪ 菌根菌増殖・培養技術の研究（2013年10月～2015年11月）
- ・菌根菌基礎知識の教育
  - ・内生菌根菌の増殖・培養技術の教育
  - ・外生菌根菌の増殖・培養技術の教育
  - ・菌根菌活用工法（資材）の検討・適応試験・効果検証
- ⑫ 現地素材を用いたシートの開発（2014年6月～2015年11月）
- ・現地素材の選定
  - ・試験用シート試作・侵食防止効果検証
  - ・フィールド試験・効果検証
  - ・シートの製品仕様確立
- ⑬ セミナー及び研修会（2014年8月～2016年1月）
- ・インドネシア国で開催される環境および建設セミナーへの参加
  - ・インドネシア東部のカリマンタン地域の森林造成フォーラムに出席
  - ・ウダヤナ大学及び環境・林業省が主催の環境修復に関するセミナーに参加
  - ・インドネシア国政府機関関係者の招聘・国内研修
  - ・インドネシア政府関係者及び緑化関係者などに新製品の実証結果報告など環境修復に関する最終報告会をジャカルタで開催
- ⑭ 国内作業（2013年9月上旬～2016年1月下旬）
- ア) 事業結果取りまとめ
  - イ) 月報の作成
  - ウ) 進捗報告書作成  
実施中は、半期毎に進捗報告書を JICA へ提出
  - エ) 業務完了報告書（案）作成
  - オ) 業務完了報告書（最終成果物）作成





(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）

① 要員

- ・ 投入期間：2013年9月～2016年2月
- ・ 事業合計投入人月（M/M）：総計 34.29M/M（現地 28.74M/M、国内 5.55M/M）
- 多機能フィルター(株)：合計 23.67M/M（現地 23.67M/M、国内 0.00M/M）
- 山口大学：合計 10.01M/M（現地 4.46M/M、国内 5.55M/M）
- 東亜ハウジング・エン지니어(株)：合計 0.60M/M（現地 0.60M/M、国内 0.00M/M）

表 6 要員構成

| 氏名     | 所属               | 担当分野      | 主な担当業務   |
|--------|------------------|-----------|----------|
| 常村 忠生※ | 多機能フィルター(株)      | 業務主任      | 総括       |
| 小池 常太  | 多機能フィルター(株)      | 販路開拓      | 現地商流調査   |
| 関山 真一  | 多機能フィルター(株)      | 渉外        | 業務調整、管理  |
| 高藤 圭史  | 多機能フィルター(株)      | 販路開拓      | 市場調査     |
| 内海 正彦  | 多機能フィルター(株)      | 機材        | 機材、素材調整  |
| 緒方 喜良  | 多機能フィルター(株)      | 製造工程      | 製造工程管理   |
| 生田 清志  | 多機能フィルター(株)      | 機材・機器     | 設置管理     |
| 河野 伸之  | 多機能フィルター(株)      | 菌根菌       | 増殖、培養技術  |
| 合屋 佳代  | 多機能フィルター(株)      | 試験・実証     | 調査、各分野支援 |
| 中村 勝美  | 多機能フィルター(株)      | 試験・実証     | 測量       |
| 石田 桂子  | 多機能フィルター(株)      | 会計        | 経費予実管理   |
| 三浦 房紀  | (国) 山口大学         | チーフアドバイザー | 業務工程管理他  |
| 鈴木 素之  | (国) 山口大学         | 試験評価      | 効果検証、論文  |
| 富本 幾文  | (国) 山口大学         | 海外調整      | 関係機関調整   |
| 田中 佐   | (国) 山口大学         | 学術研究      | シンポジウム開催 |
| 大澤 高浩  | (国) 山口大学         | 大学間支援     | 教育システム支援 |
| 清水谷 卓  | (国) 山口大学         | 海外支援      | 試験地調整、支援 |
| 沼田 和輝  | (国) 山口大学         | 国内支援      | 事務支援     |
| 野津 憲司  | 東亜ハウジング・エン지니어(株) | 機材・機器     | 組立支援     |
| 廣田 哲雄  | 東亜ハウジング・エン지니어(株) | 機材・機器     | 電気系統支援   |

※2015年7月に山本一夫より交代

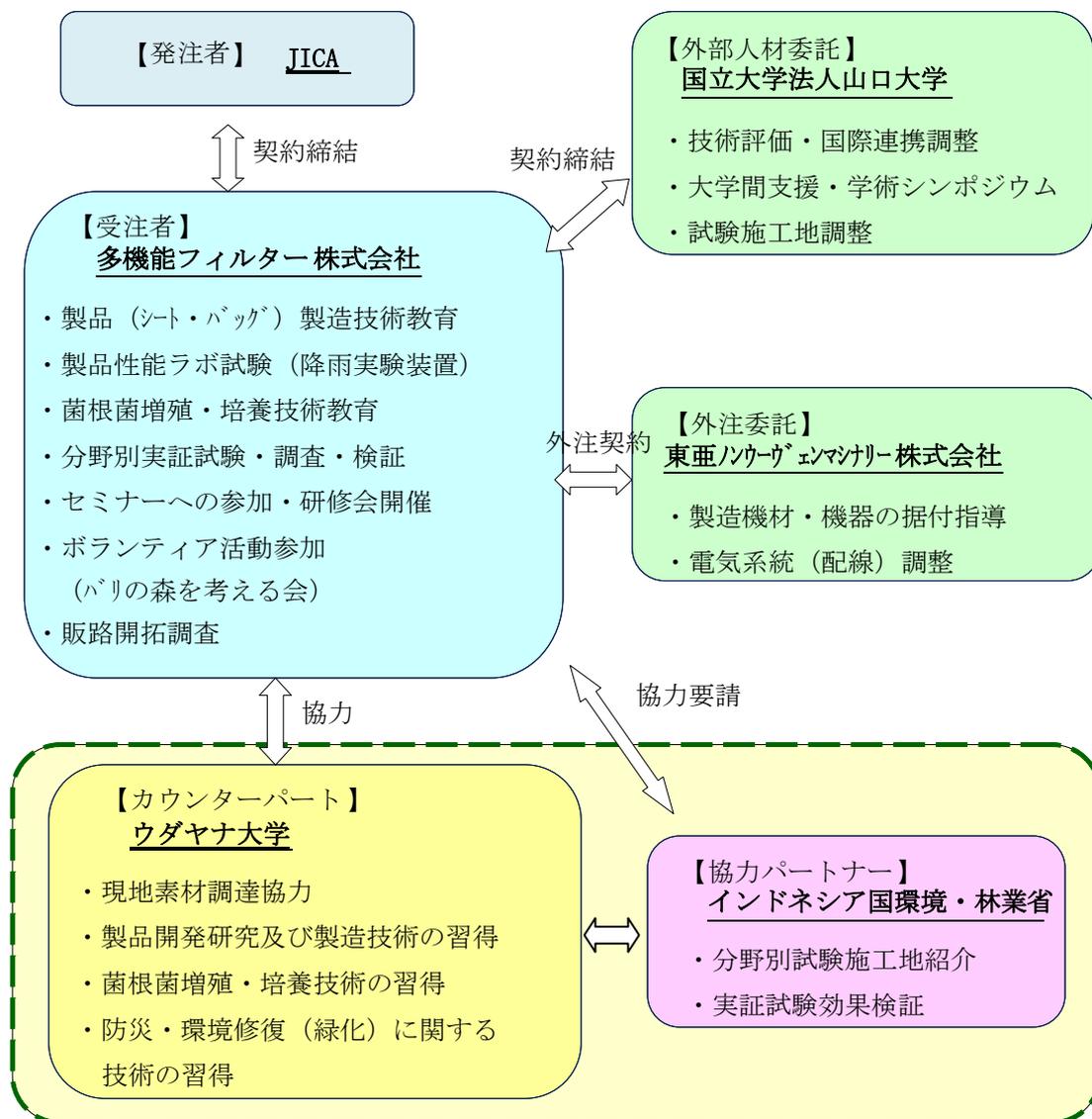
② 機材、その他

- ・ 製造機材 一式
- ・ 微生物培養機器 一式
- ・ 袋口縫ミシン 一台
- ・ その他（材料他） 一式
- ・ 研究所建設 一式 ※本事業費外、自社負担による。

表 7 資機材リスト

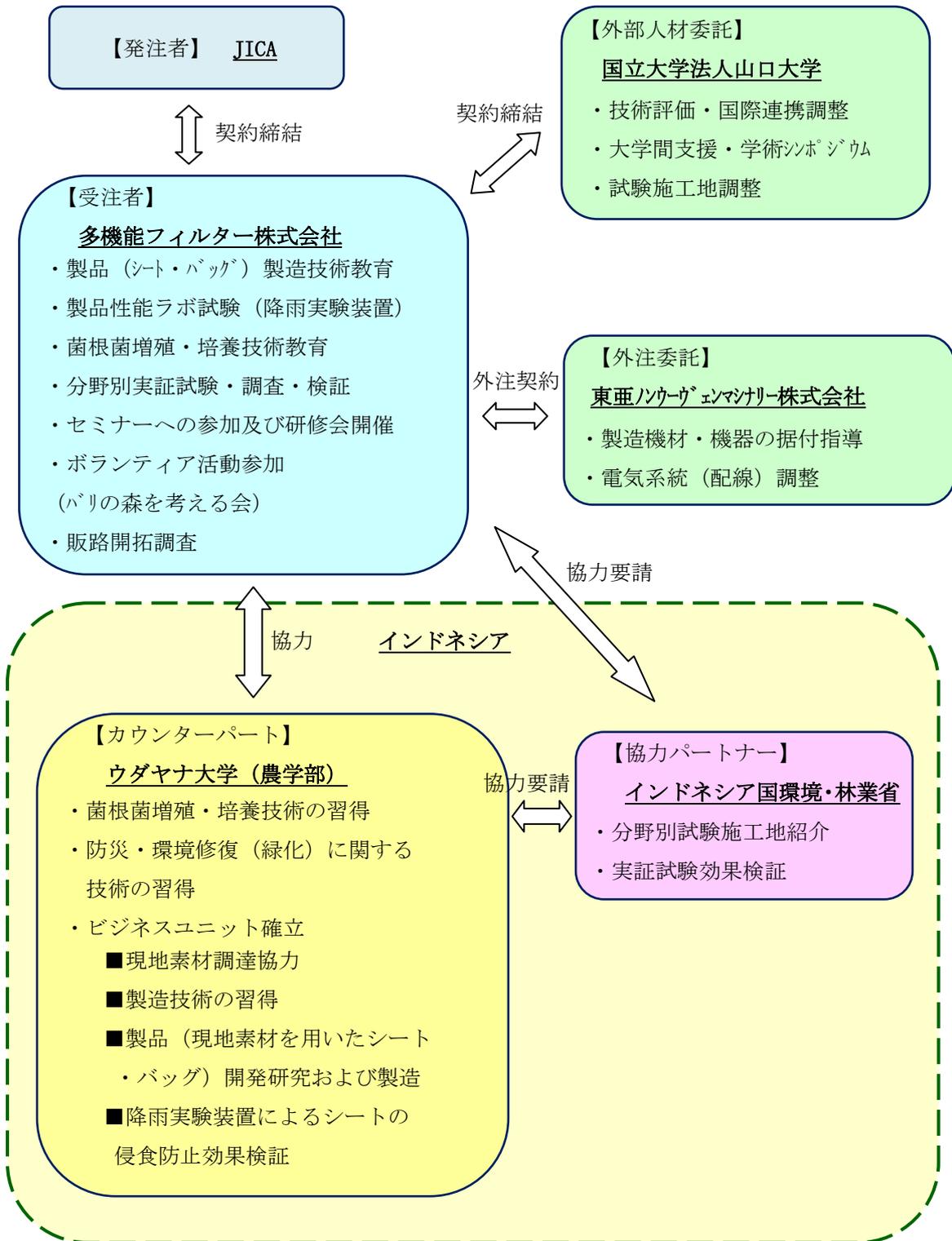
|    | 機材名   |                   | 型番                  | 数量 | 納入年月    | 設置先               |
|----|-------|-------------------|---------------------|----|---------|-------------------|
| 1  | 製造機材  | 不織布製造装置・スーパーブレンダー | AUG-30・AA-500       | 1  | 2014年3月 | ウダヤナ大学農学部研究所      |
| 2  | 製造機材  | 不織布製造装置・スーパーブレンダー | AUG-30・AA-501       | 1  | 2014年3月 | ウダヤナ大学農学部研究所      |
| 3  | 製造機材  | 不織布製造装置・ホッパー      | 48-T・CH-150         | 1  | 2014年3月 | ウダヤナ大学農学部研究所      |
| 4  | 製造機材  | 不織布製造装置・カード機      | 48-MD・EC-9177       | 1  | 2014年3月 | ウダヤナ大学農学部研究所      |
| 5  | 製造機材  | 不織布製造装置・成形機ヘッド部   | IH-1.5-48・HD-1188-L | 1  | 2014年3月 | ウダヤナ大学農学部研究所      |
| 6  | 製造機材  | 不織布製造装置・成形機フロア部   | IH-1.5-48・HD-1188-F | 1  | 2014年3月 | ウダヤナ大学農学部研究所      |
| 7  | 製造機材  | 不織布製造装置・オートフィダー   | AF-850・800501       | 1  | 2014年3月 | ウダヤナ大学農学部研究所      |
| 8  | 製造機材  | 不織布製造装置・熱処理装置     | HM-15・OK-0075       | 1  | 2014年3月 | ウダヤナ大学農学部研究所      |
| 9  | 製造機材  | 不織布製造装置・制御盤（大）    | CP-1200・5002        | 1  | 2014年3月 | ウダヤナ大学農学部研究所      |
| 10 | 製造機材  | 不織布製造装置・制御盤（小）    | CP-800・5001         | 1  | 2014年3月 | ウダヤナ大学農学部研究所      |
| 11 | 製造機材  | 袋口縫ミシン機           | B2（DS-2 II）         | 1  | 2014年3月 | ウダヤナ大学農学部研究所      |
| 12 | 製造機材  | 降雨実験装置            | 特注品                 | 1  | 2014年3月 | ウダヤナ大学農学部研究所      |
| 13 | 微生物機材 | 高圧蒸気滅菌器           | HG-80LB             | 1  | 2014年3月 | ウダヤナ大学農学部ウィラワン研究室 |
| 14 | 微生物機材 | 純水製造装置オートスチル      | WG203               | 1  | 2014年3月 | ウダヤナ大学農学部ウィラワン研究室 |
| 15 | 微生物機材 | クリーンベンチ           | PCV-05-AG           | 1  | 2014年3月 | ウダヤナ大学農学部ウィラワン研究室 |
| 16 | 微生物機材 | インキュベーター          | MIR-554             | 1  | 2014年3月 | ウダヤナ大学農学部ウィラワン研究室 |
| 17 | 微生物機材 | 定温乾燥機             | DVS602              | 1  | 2014年3月 | ウダヤナ大学農学部ウィラワン研究室 |
| 18 | 微生物機材 | オープンレンジ           | RE-S205             | 1  | 2014年3月 | ウダヤナ大学農学部ウィラワン研究室 |

(5) 事業実施体制



【ビジネスユニット確立】

インドネシア国では、国有法人化された国立大学には、財政、人事、資産運営、教育研究などに関する自治が与えられており、専門分野においてビジネスユニット形式による事業実施が可能となる。



#### (6) 相手国実施機関の概要

- ・機関名：Universitas Udayana（ウダヤナ大学）
- ・所在地：Universitas Udayana Kampus Bukit Jimbaran Badung-BALI
- ・連絡先：Tel. +62 (361) 701954, Fax. +62 (361) 701907
- ・設立年：1962年
- ・学生数：18,000人
- ・概要：バリ州内における唯一の国立大学であり、バリ島内に3つのキャンパスを保有し、広範な学部および大学院を備える総合大学である。（文、医、畜産、法、工、経済、農、数学・自然科学、獣医、農業技術、観光、社会・政治学、海洋水産）

### 3. 普及・実証事業の実績

#### (1) 活動項目毎の結果

##### ① 実証事業

##### ア) 機材の発注・調達（2013年10月～2013年12月）

##### a) 機材の見積り・発注

不織布製造機材は東亜ノンウーヴェンマシナリー社に見積り依頼の後に発注した。機材の単体稼働確認を行い、製造機械の微調整に2ヶ月を費やし、テストを完了した。降雨実験装置の架台作成については、各種実験が可能となるよう依頼した。

##### b) 輸送業者の選定

輸送機材が多種に渡るため、一括して業務を依頼できるインドネシア国の輸入業者およびそのグループ系列の輸出業者に依頼した。

##### イ) 研究所建設（2013年11月～2014年3月）

##### a) 研究所建設検討

機材を設置する研究所の建設は、ウダヤナ大学農学部農場敷地内（住所 Jl. Pulau Moyo 16X Denpasar）とした。

##### b) 業者の選定、見積り・発注

研究所建設業者選定にあたっては、①ALAMAT: I MADE ADHIKA、②IR. INYOMAN PUJA, MS. 及び③ID, G, Eka Bhuana Meranggi, ST の3者見積りおよび工事内容、工事期間などを検討した結果、③を選定した。

##### c) 電気工事

研究所へ配電するための電気工事は2013年12月から開始し、2014年3月12日に2時間、2014年3月16日に1時間の市内停電を行い2014年3月の工事完了となった。



地図 1 研究所建屋（ウダヤナ大学農場内）の位置<sup>32</sup>

d) 建設完了確認

2014年3月に自社負担で建設した研究所が完成した。建物は間口15m、奥行25m、壁面高さ6m、屋根高さ9mで床面はコンクリート仕上げとなっている。研究所への落雷による機材への影響を考慮して避雷針を設置し、6箇所の窓の内側には鉄格子を設置してセキュリティ対策を施した。

2015年2月には追加工事として、研究所の床面のコンクリートに防水塗装を施し、摩耗によるコンクリートからの粉じん予防対策を行った。



写真 16 研究所建屋外観（2014年3月）



写真 17 研究所内観（2015年3月）

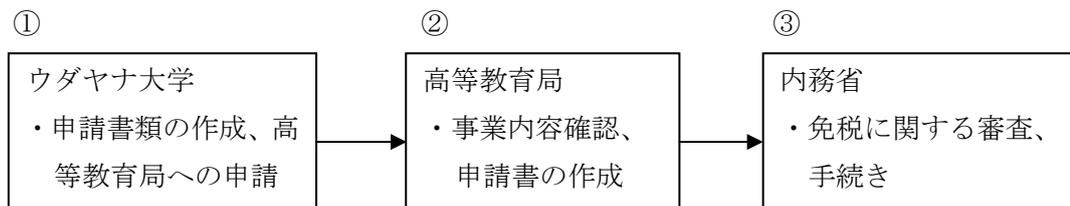
ウ) 機材・機器の輸出及び据付（2013年11月～2014年8月）

a) 免税処置

免税手続きを行うために、ウダヤナ大学と当社はインドネシア国の教育全般を統括する教育文化庁へ問合せした結果、免税処置に対する手続きは以下のフロー図のとおりと確認をした。

<sup>32</sup> 白地図専門店ホームページ：<http://www.freemap.jp/>

### 免税処置を行うためのフロー



ウダヤナ大学での書類作成に時間を有し、免税措置までの行政間の手続きにもかなりの時間を有することが判明し、業務工程の進捗を検討した結果、やむなく関税を支払うこととなった。

#### b) 輸出

輸送スケジュールは以下のとおり。

2014年 2/27 神戸港から船便 MOL EMPIRE 86076 にて発送

2014年 3/11 スラバヤ港着

2014年 3/11 通関・船積替え→ブノア港着 (3/18)

2014年 3/19 通関

2014年 3/20 研究所搬入

輸出時の通関検査は、製造機材一体としてシート製造までの機材のフロー図を提出することで、輸出に伴う通関は数時間で終える事が出来た。

また、インドネシアへの輸入はバリ州ブノア港に荷降ろししてコンテナからトラックに積替え、ウダヤナ大学農場へ搬送したところで通関職員の検査を受けるという手続きを取ったため、迅速な作業が行えたことは大きな成果であった。

#### c) 機材等の配置・据付

研究所へ配送した機材は、木枠梱包開梱作業に地元作業員を雇い、機材の組立作業は、当社製造機材担当者3人と外注委託先の東亜ノンウーヴェンマシナリー社の職員2人、計5人で5日間の作業となった。配置は図8のとおりとした。

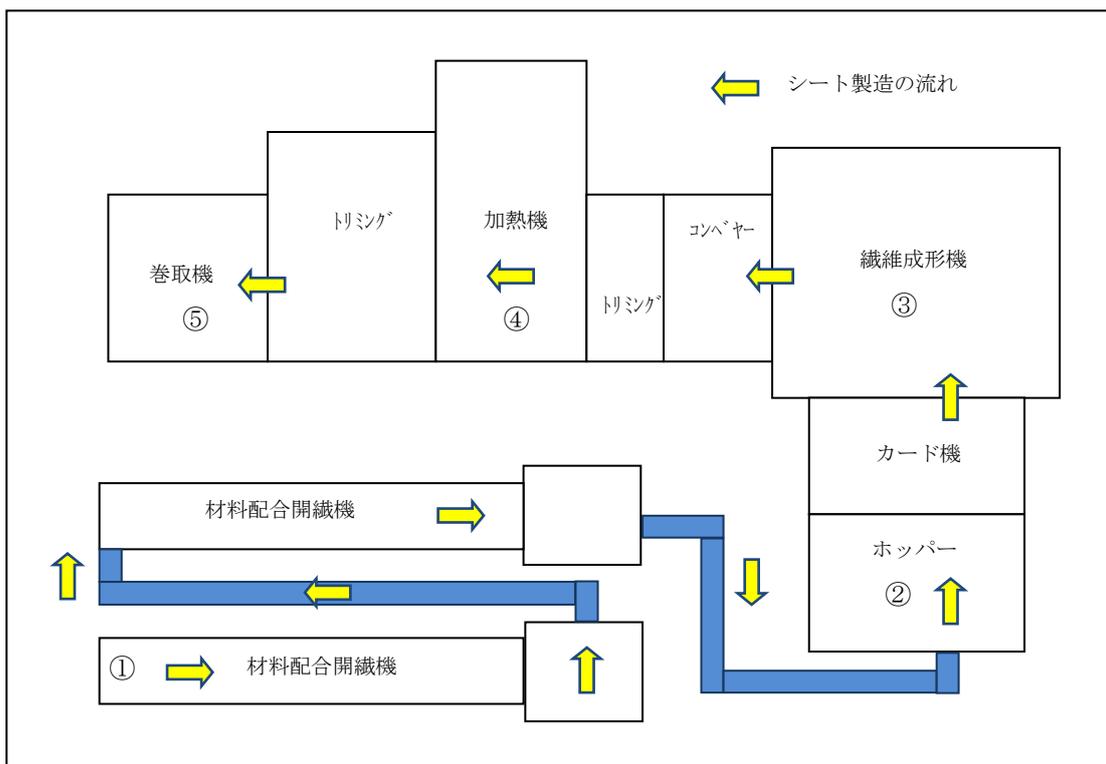


図 8 機材配置図

図 8 の①材料の配合と開織、②ホッパーにて材料の計量、③繊維成形機にてシート上に積層、④ヒーターにて加熱、⑤巻取機にてロール状に製品化を一連の流れで行えるような配置にした。

d) 不織布製造機材の組立・稼働確認

稼働確認では、第 1 次電気工事、配線工事及び配電盤の設置工事は完了したものの、機材への第 2 次配線を行うにあたり、トランスを購入し稼働確認を行った。



写真 18 機材の組立 (2014 年 3 月)



写真 19 機材の稼働 (2014 年 4 月)

e) 菌根菌増殖・培養機材の稼働確認

2014年3月にウダヤナ大学内研究室へ菌根菌増殖・培養機器を設置し、2014年8月にトランスを購入し稼働確認を行った。



写真 20 実験機器の設置①



写真 21 実験機器の設置②

f) 種バッグ製造用マシン、降雨実験装置の稼働確認

2014年3月に研究所へ搬入した降雨実験装置は散水用ノズルの取り付けを行い、時間降雨量 100mm での連続稼働確認を行いタイマーの調整により雨滴の強弱も可能な実験装置となった。

また、種バッグ製造用マシンは種バッグ 25 枚を作製し、問題がないことを確認した。



写真 22 降雨実験装置稼働確認  
(2014年8月)



写真 23 バッグ製造用マシン稼働確認  
(2014年8月)

エ) 設置済みのシート・種バッグの経過観測 (2013年10月～2015年3月)

本事業契約前の平成24年度政府開発援助海外経済協力事業委託費による「案件化調査」時に施工されたバトゥール山麓荒廃地 (A区、B区) における多機能フィルター・シート (SP-60) および種バッグの試験施工地 (約 2,500 m<sup>2</sup>) に関する調査は、乾季および雨季を含む 2013年4月、9月、12月、2014年3月、2015年3月の計5回実施した。

## 【A区に対する評価】

### A区概要

A区は噴火による溶岩の風化が進み、細粒化した砂礫に少しずつ植生が進出しており、バトゥール山頂上から南東に位置する。侵食防止機能評価と自然侵入植物による植生回復効果を検証するためシートを2,000㎡敷設した。案件化調査では製品の特長である侵食防止機能の効果検証のためにA区で7ヶ所の調査区（コドラート）<sup>33</sup>を設置し、シートと土壌の境界部での侵食状況を調査できるように1m×1mの調査区の半分のみシートに被せている。

### シートの評価

2015年3月の調査において、シート敷設箇所は施工完了時（本事業契約前の平成24年度政府開発援助海外経済協力事業委託費による「案件化調査」時の2012年12月19日）と同じ状況で敷設されていた。ネットにおいては紫外線劣化および人の立ち入りにより損傷している箇所が複数確認されたが、不織布については破損・剥離・脱落した箇所もなく敷設状況は良好で土壌との密着も確認された。

### 植生状況

自然侵入植物はシートを貫通させて成長しており、乾季には一度枯れるものの、雨季の始まる12月頃から再び植物が芽生え始め写真25に示すように植被率の増加及びイネ科植物の成長が確認された。また、匍匐系植物や新芽の確認もされ順調に緑被が進むなか、飛来によるユーカリの発芽および生育も確認できた。

さらに、2015年3月（施工27ヶ月後）において、コドラート内のシートを敷設していない裸地部の平均植被率31%と比較してシート敷設部の平均植被率は56%と高い傾向がみられた。スチューデントのt検定で求めた裸地区とシート区の植被率の両側確率は0.046であり、0.05より低いことから、シート区の植被率は裸地区の植被率よりも5%の危険率で有意に高いことが示された。

### A区の植生状況変化



写真24 2013年4月の植生状況



写真25 2015年3月の植生状況

<sup>33</sup> 植生調査時に用いられる区画のことで、追跡調査において調査区域が一定になるように正方形に区切った調査。

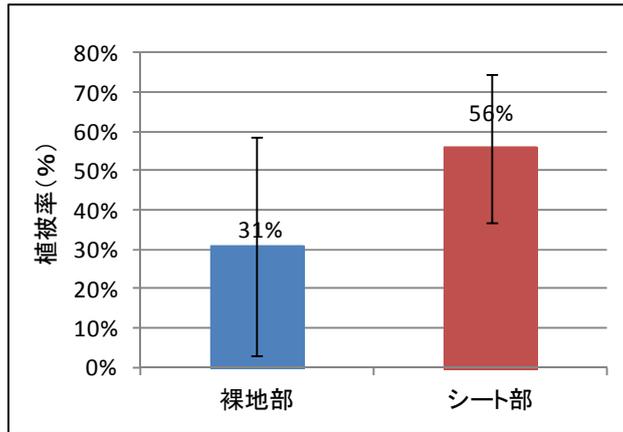


図9 植被率に及ぼすシート敷設の影響 (2015年3月)

侵食防止効果

施工後27ヶ月後の調査A区、B区のシート敷設によるコドラート内の上部、中部、下部の3箇所におけるシート敷設部と裸地部との土壌侵食状況の結果を図10に示す。A区の調査地(No.5)コドラート内における土壌侵食量は、2013年9月20日(施工9ヶ月後)で平均40mmとなった。これは、シート敷設部において1㎡あたり約0.04㎡の土壌流出を防いだこととなる。その後、侵食量は減少の傾向がみられたが、これは降雨によって流された土砂がコドラート内の裸地部に堆積していることと、裸地部の表土が雨によって侵食されたものの、境界部のシートが裸地部側へ密着し、馴染んでしまったために境界部の段差が小さくなったと考えられる。

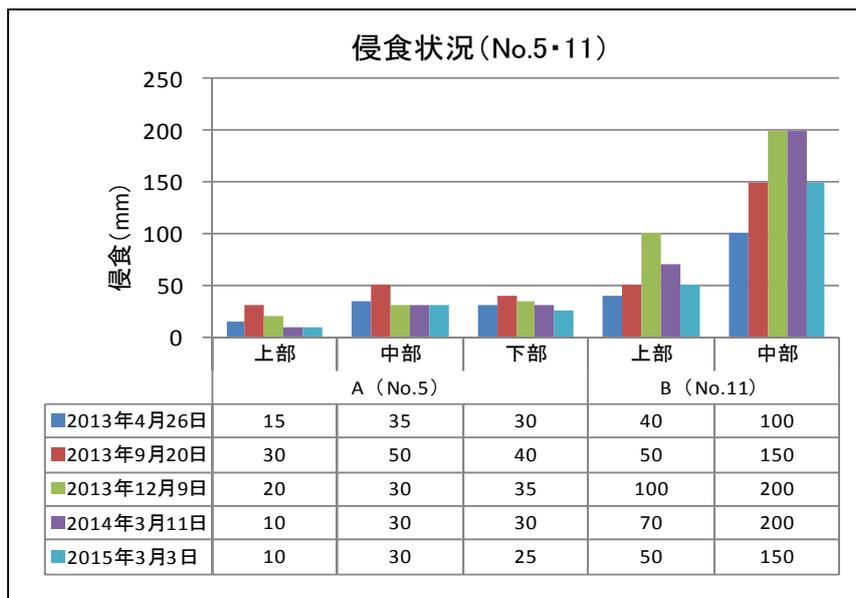


図10 A区・B区追跡調査概要

## 【B区に対する評価】

### B区概要

B区は、噴火に伴う黒いスコリア<sup>34</sup>が残り、土壌侵食が激しく植物の生育が難しい状況である。スコリアは多孔質であるため、降雨時に水が抜けやすく、乾燥し易い状況である。バトゥール山頂上から南西に位置するバトゥール村地内に、スコリアの侵食防止効果と種バッグによる木本類の生育効果を検証するためにシートを500㎡敷設し、周辺からの飛来種子による発芽が期待できないことから、種バッグを67袋設置したサイトである。

### シートの評価

B区のシート敷設状況はA区と同様に施工完了時（本事業契約前の平成24年度政府開発援助海外経済協力事業委託費による「案件化調査」時の2012年12月19日）と同じ状況であった。また、B区はA区に比べてかなりの急勾配（コドラート近傍の勾配：約45°）であるが、シートの破損・剥離・脱落はなかった。

また、2013年9月20日にシートの敷設有無による地表面温度の差を測定した結果を表8に示す。測定は地表面から2.5cm、5.0cm、7.5cm、10.0cmの深さで行った。シートを敷設した場合、地表面から深さ2.5cm、5.0cmではシートのない裸地状態に比べて10℃近く温度上昇を抑えている。このことにより敷設したシートが地表面温度の上昇を防いでいることがわかる。また、地表面から10cmの深さになると、温度差はほぼ無くなることがわかった。

表8 地表面温度の差

| 地表面からの深さ | シートなし (°C) | シートあり (°C) | 差 (°C) |
|----------|------------|------------|--------|
| 2.5cm    | 54.4       | 44.7       | 9.7    |
| 5.0cm    | 47.4       | 37.5       | 9.9    |
| 7.5cm    | 39.1       | 32         | 7.1    |
| 10.0cm   | 33.2       | 33         | 0.2    |

<sup>34</sup> 火山礫のうち玄武岩質の鉄分を多く含んだ黒や赤色で多孔質の軽石。

## 植生状況

B区は岩塊の風化侵食が進んでおりA区に比べて植生は遅いが、写真26、27にみられるように種バッグ以外にもシートからも植生が進み、少しずつ被覆率が増えている。



写真26 植生被覆状況① (2015年3月)



写真27 植生被覆状況② (2015年3月)

## 侵食防止効果

急傾斜地に設置されたB区の調査地(No. 11)のコドラート内における侵食状況は、図10に示されているように2013年9月20日(施工9ヶ月後)で平均150mmとなった。このことは、シート敷設部において1㎡あたり約0.15㎡の土砂流出を防いだこととなる。急傾斜地における土壌の流出は著しく、シート敷設による侵食防止効果が検証された。

## 種バッグによる植生

B区では飛来種子による発芽が期待できないことから、シートと種バッグ工法を併用した。種バッグは67ヶ所設置され、分解性PEのT-1が33袋、ヤシと不織布からできているT-2が34袋の2種類を設置し、種子はJati(チーク)、Lamtoro Gung(ギンネム)、Nangka(パラミツ)の3種類を使用した。2015年3月3日の調査時の最大樹高は、チークで53cm(平均樹高38cm)、ギンネムで60cm(平均樹高21.4cm)と成長が確認され、ギンネムにおいてはT-1種バッグで2013年、2014年の連続でつぼみもみられたが、パラミツについてはすべて立ち枯れ状態であった。

これらのことから、パラミツは1年目の雨季時の成長は良好であるが乾季には弱いことがわかった。また、T-1種バッグの残存数(種バッグに3種類の種子のうち1本以上生えているもの)は11袋(残存率33.3%)、T-2種バッグの残存数は11袋(残存率32.4%)であった。また、2013年9月20日に種バッグからの根の貫通状況を確認した。

本継続評価を元に土木学会中国支部研究発表会(2015年5月発表)にて投稿を行った。本活動は、外部人材として山口大学という学術機関を参画させたことによる特徴

的な成果に成り得ると考えている。



写真 28 T-1 植生状況 (2015年3月)



写真 29 T-2 植生状況 (2015年3月)

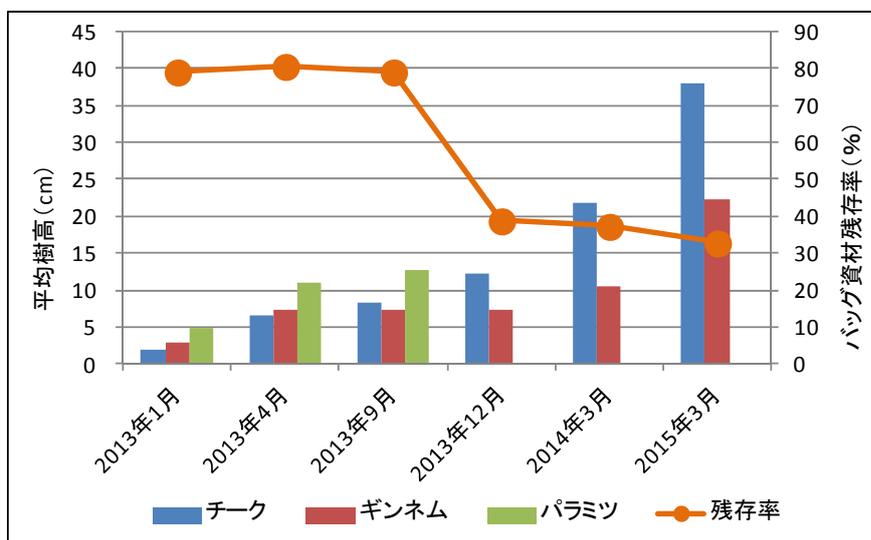


図 11 各樹種の樹高の推移と種バッグ 1 袋当りの樹種残存率

オ) 既存製品のインドネシア国土壤への適応試験・効果検証 (2014年2月～2015年4月)

インドネシア国内の他の土壤に対する既存シート (SP-60) の効果検証データを、現地  
の素材を用いたシート開発の素材選定及び仕様の決定に役立てることが検討された。

SP-60 は不織布とその補強ネットからなる製品で、土壤侵食防止、濁水防止、自然植生  
導入の基盤整備等を目的としており、幅 1m、長さ 50m、素材は不織布がポリエステルで補  
強ネットがポリエチレンである。SP-60 の効果検証観測は以下のとおり。

表9 SP-60 の効果検証

|                         |   |   |   |
|-------------------------|---|---|---|
| 試験施工<br>場所              | A 工業団地内<br>造成地  | 高速道路斜面  | B 工業団地内<br>造成地  |
| 土質                      | 赤土土壌  | 粘性土壌  | 粘性土壌  |
| 設置時期<br>および範囲           | 2014年2月：50 m <sup>2</sup><br>2014年12月：160 m <sup>2</sup>  | 2014年9月：25 m <sup>2</sup>   | 2014年12月：185.6 m <sup>2</sup>   |
| 施工状況<br>(敷設時)           |    |   |    |
| 調査時の状<br>況(2015年3<br>月) |   |    |   |
| 経過観測調<br>査時期およ<br>び結果   | <p>2015年3月</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・侵食防止機能は維持され、自然侵入植物による被覆率も高まってきた。</li> <li>・最大20cmの侵食防止機能を観測。</li> <li>・裸地部にも自然侵入植物による緑化が進んでいるがガリ<sup>35</sup>侵食も多く植物の定着率が懸念される。</li> </ul> | <p>2015年3月</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・法肩部が侵食されシートに土粒子がかぶさっていたが、シートの法面保護機能は維持されていた。</li> <li>・周囲の裸地部にはガリ侵食を多数確認</li> <li>・シートから10本程度の植生を確認したが、pH2.7、EC 2.8mS/cmの強酸性土壌であるため、植生への影響が懸念される。</li> </ul> | <p>2015年3月</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・シートの密着性は維持され自然侵入植物の生育は良好であり被覆率も高まりつつあった。</li> <li>・最大20cmの侵食防止機能を観測。</li> <li>・裸地部には降雨によってできたガリ侵食を多数確認。</li> <li>・同地域の他社製品の敷設箇所では土壌表面が露出し雨滴衝撃を受けたためにできたと思われる土壌侵食の跡が多数みられたが、SP-60敷設箇所は排水路への土砂流出が抑えられており、侵食防止効果を確認。</li> </ul> |

<sup>35</sup> 降水による水の流れて地表面が侵食されてできた溝。



写真 30 A 工業団地敷設部と裸地部との侵食有無の比較 (2015 年 3 月)



写真 31 A 工業団地における施工 3 ヶ月後の侵食差 (2015 年 3 月)



写真 32 B 工業団地排水路の土砂流出状況の比較 (SP-60) (2015 年 3 月)



写真 33 B 工業団地排水路の土砂流出状況の比較 (他社製品) (2015 年 3 月)

#### カ) 実施体制の確立 (2014 年 2 月～2014 年 10 月)

現地素材を用いたシートの開発及び製造技術、菌根菌増殖・培養技術はウダヤナ大学の他に、環境・林業省森林研究開発庁に協力を求めた。

ウダヤナ大学との協議では、事業開始時の協議において、不織布製造機材の作業従事者は熟練が必要とされるため学生ではなく大学職員を選定することを要請した。また、2013 年 9 月 17 日に研究所建設に伴う建設場所、使用目的、事業終了後の所有権移転などをウダヤナ大学との間で協定書を取り交わした。

菌根菌増殖・培養技術の教育に関しては、Central Laboratory for Genetic Resources and Molecular Biology, Udayana University (ウダヤナ大学遺伝資源・分子生物学研究室)で行うことが決まり、専門の技術者やゼミの生徒を対象に実施することとなった。

現地素材を用いたシートの開発および作成については、ウダヤナ大学側の体制確立に時間を有し、2014 年 4 月の機材設置時にも未確定であった。そのため、2014 年 8 月に改め

てウダヤナ大学と機材・機器導入計画、製造作業員 4 人、作業中の工程、菌根菌増殖技術教育カリキュラムなどの事前準備及び事業実施のための協議を行った。2014 年 10 月に再度、JICA も交えた関係者で協議を実施し、具体的な実施体制、役割分担、改定版スケジュールなどに関し覚書を結ぶに至った。

#### キ) 菌根菌増殖・培養技術の研究 (2013 年 10 月～2015 年 11 月)

大学院生及び農学部学生に対し、菌根菌増殖・培養に関する基礎知識に関する一般教育の 90 分講義を 7 回行なった。主な講義内容は以下のとおりである。その結果、本講義を受講した学生は、講義の内容と菌根菌に関する研究手法を十分に理解することができた。また、教授は、本講義を行った後も、学部生と修士課程の大学院生に対して、継続的に菌根菌の講義を行っている。

##### a) 内生菌根菌の増殖・培養技術の教育

ジンバラン、テガララン及びバトゥカウ山麓のタバナンから採取したアランアラン、ビウラングラス、ピーナッツ、オレンジ、カカオ、ソルガム、バヒアグラス等のイネ科植物、合計 13 種類の植物の根茎土壌を採取し、湿式篩別法にて内生菌胞子を回収し、増殖するための準備と染色による根内内生菌根菌構造物の観察を行った。

内生菌根菌胞子の形態学的特徴の確認と同定を行い、2013 年 12 月に宿主となるイネ科植物に感染させ、植物をポット苗として育成し、菌根菌の増殖状況を調査した結果、胞子数が増えていることが確認できた。その後、胞子の大量増殖を行うため教授の指導のもとポット苗による育成を行っている。

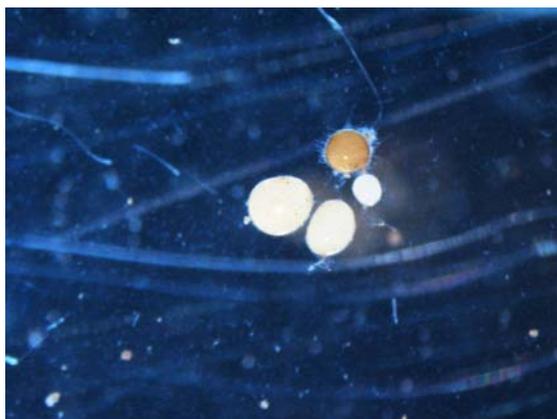


写真 34 タバナンのアランアランより回収された白色の AM 菌胞子

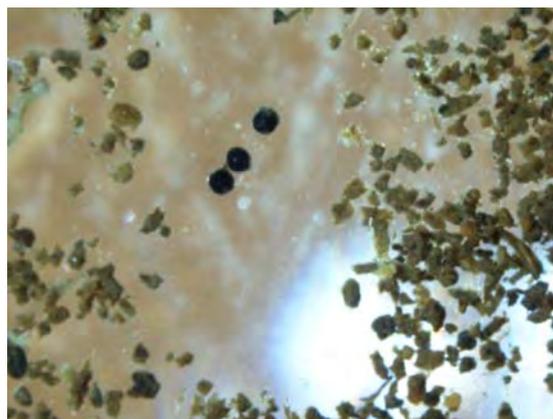


写真 35 テガラランのビウラングラスより回収された黒色の AM 菌胞子



写真 36 ポット苗による内生菌根菌胞子の増殖状況（2014年4月）



写真 37 内生菌根菌胞子確認のための試料採取状況

#### b) 外生菌根菌の増殖・培養技術の教育

環境・林業省森林研究開発庁より入手した 2 種類の外生菌根菌（*Pisolithus arrhizus* : 以下 Pa、*Scleroderma sinnameiense* : 以下 Ss）の寒天培養、液体培養、固体培養の 3 段階の培養工程の教育を行った。これらの培養では、当社が日本国内で使用している培地組成の培地を使用したところ、Pa の栄養菌糸は極めて早い速度で伸長し、当該培地が Pa の栄養菌糸に適していることが示された。一方、Ss また、パーミキュライト<sup>36</sup>とパーライト<sup>37</sup>と上記のバトゥール山の礫と併せて上記組成の液体培地を添加したもので固体培養を行った。

その結果、パーミキュライトとパーライトの混合物とバトゥール山の礫の両方共に、Pa と Ss 共に栄養菌糸は増殖したが、上記の通り菌糸の伸長速度は Pa で速く、Ss で遅かった。

<sup>36</sup> 中国、南アフリカ、オーストラリア、アメリカ等で産出される<sup>ひるいし</sup>蛭石を 800℃程度で加熱風化処理し、10 倍以上に膨張させたもので、農業や園芸の土壌改良材、建設資材等の用途として用いる。

<sup>37</sup> 火山岩（黒曜石、真珠岩、松脂岩）や珪藻土を高温で熱処理してできる人工発泡体であり、農業や園芸の土壌改良材、濾過材、保温材等の用途として用いる。



写真 38 外生菌根菌の寒天培養と液体培養方法の教育（2014年11月）



写真 39 外生菌根菌の寒天培養と液体培養の状況（2014年11月）



写真 40 Pa の培養開始後2ヶ月目の寒天培養状況（2015年1月）

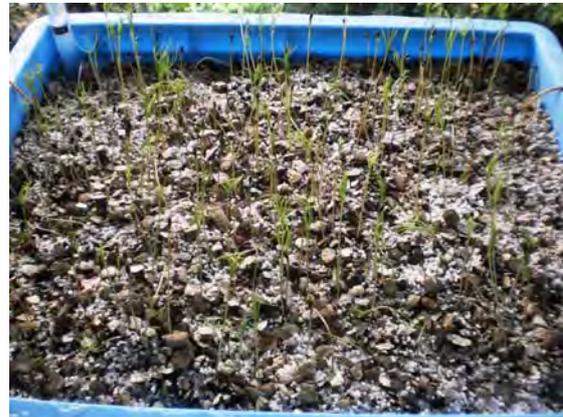


写真 41 スマトラマツの菌床作製状況（2015年1月）

2015年8月、固体培養菌体をスマトラマツとウラフィロユーカーリの苗を引き抜いて、根元に接種し感染苗をポットで育苗した。

表 10 外生菌根菌感染木

| 樹種         | 無接種苗 | Pa 菌接種苗 | Ss 菌接種苗 | 合計    |
|------------|------|---------|---------|-------|
| スマトラマツ     | 50 本 | 50 本    | 50 本    | 150 本 |
| ウラフィロユーカーリ | 50 本 | 50 本    | 50 本    | 150 本 |



写真 42 育苗中のスマトラマツ



写真 43 育苗中のウラフィロユーカリ

2016年1月、バトゥール山試験サイトB区においてスマトラマツとウラフィロユーカリの成長量を経過観測するためにPa菌接種苗各5本、Ss菌接種苗各5本、無接種苗各5本を植林した。本事業終了後も菌接種苗と未接種苗の成長量調査をウダヤナ大学と共同で行う。



写真 44 スマトラマツ植林状況

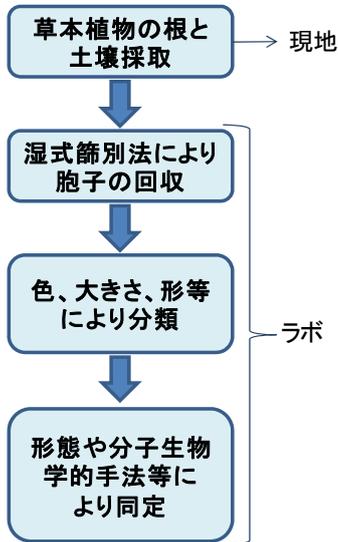


写真 45 ウラフィロユーカリ植林状況

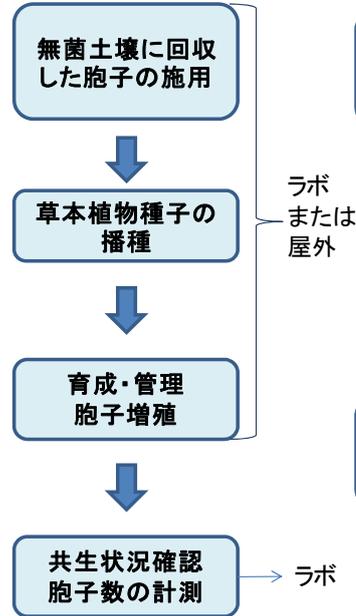
内生菌根菌と外生菌根菌の教育内容の実施工程の概略フローを以下に示す。内生菌根菌は採取・同定の後、研究室の機材を用いて培養・増殖を行った。培養・増殖した菌は種バッグとして利用した。また、外生菌根菌は対象とする木本に適応する菌を選定後、培養・増殖を行った。培養・増殖した菌を用いて対象とする木本に接種し、共生状態の苗を育成させ植林した。

## 1. 内生菌根菌

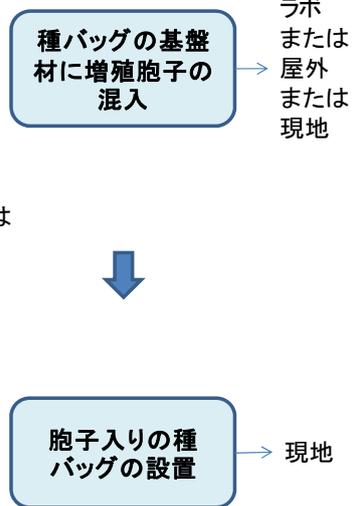
### ①採取・同定



### ②分離・培養・増殖

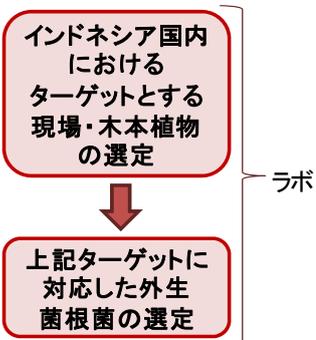


### ③接種・利用

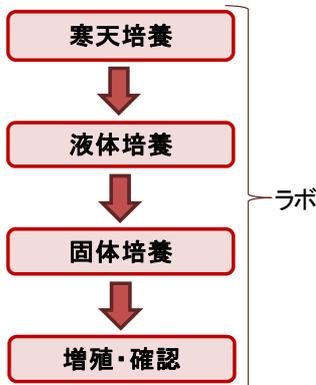


## 2. 外生菌根菌

### ①選定



### ②培養・増殖



### ③接種・利用

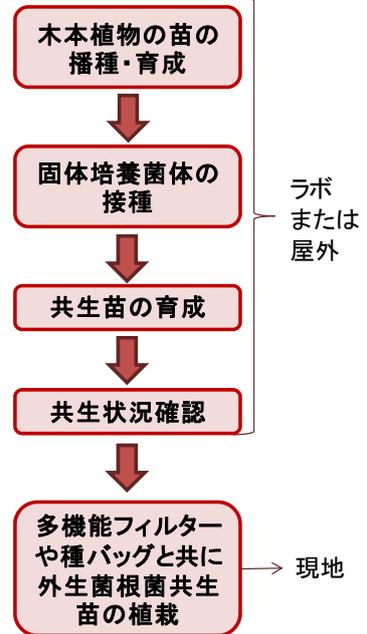


図 12 菌根菌カリキュラムの実施内容のフロー

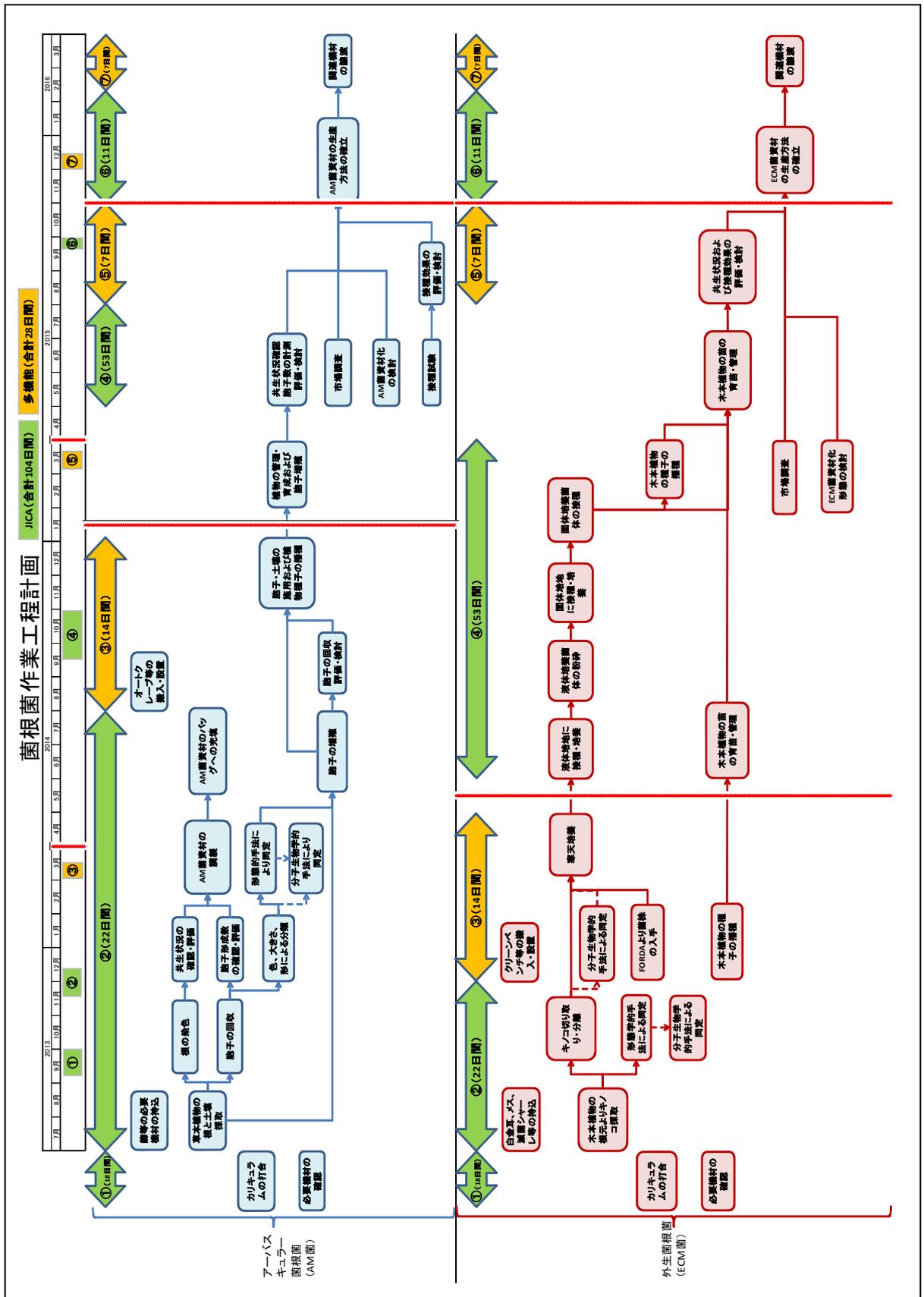


図 13 菌根菌作業工程表

ク) 現地素材を用いたシートの開発 (2014年6月～2015年11月)

a) 現地素材の選定

現地素材はインドネシア国内で入手可能な繊維をいくつか選定し、その中で開繊<sup>38</sup>のできる素材とした。シュロ (ポホン・ジャカというヤシ科の一種である木から採取する) やヤシの繊維は入手が容易であるが、繊維質が固く繊維同士の絡みによる弾力性に乏しいため開繊が困難であることから断念することとした。

機材設置後もウダヤナ大学側の事業化にむけた体制が整わず不織布製造に伴う作業従事者の選任が遅れていたため、自社負担により現地素材のケナフと綿の2種類を購入し本邦において自社のテストカード機による開繊試験を行い、不織布製造機材により20 m<sup>2</sup>の試験用シートをそれぞれ製作した。

制作したケナフ繊維とポリエステル繊維の混合シート (目付量 60g/m<sup>2</sup>) は、降雨実験装置を用いて時間降雨量 100mm/h の状態を60分間継続して、食防止効果テストを行った。採水は試験開始後10分毎に計6回を行い、採水した水の中の浮遊物質 SS の測定はガラス繊維濾紙法にて実施した。その結果、SS 濃度は60分後に、既存のシートである SP-45 (目付量 45g/m<sup>2</sup>) の 177 mg/l に対し、172 mg/l と同等の侵食防止効果がみられ、SP-60 (目付量 60g/m<sup>2</sup>) の 74 mg/l と比べると若干劣るものの優れた効果が得られた。

そこで、2014年8月渡航時にバトゥール山 B 区に2 m<sup>2</sup>程度を敷設し、土壌との密着性を検証することとしたが、施工後約半年の2015年3月の調査では、不織布層がへたり、空隙率が低下しているため土粒子との密着性が損なわれ、ケナフ繊維の特性上、土壌との密着性はあまり確認できなかった。

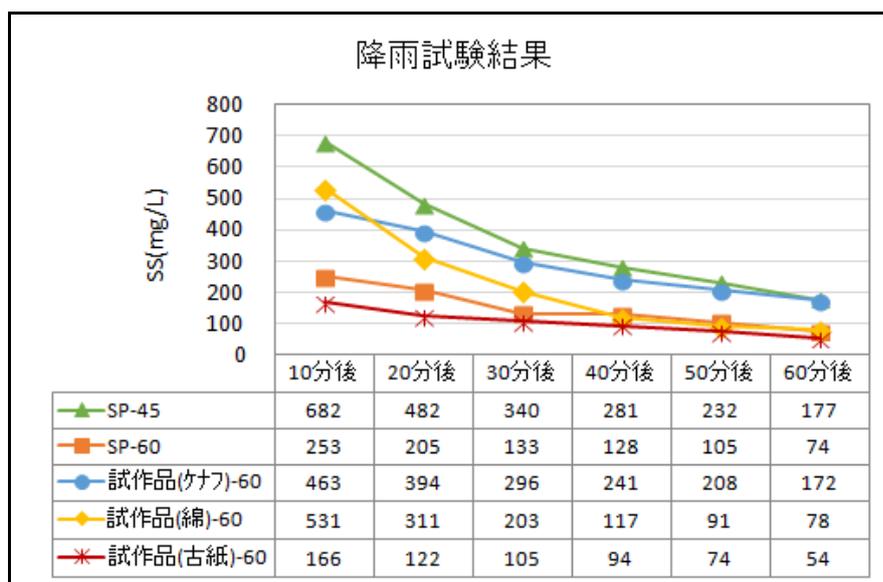


図 14 降雨実験結果

<sup>38</sup> 開繊：繊維束の繊維をより分散させて繊維をほぐし、薄く加工すること。

## b) 現地素材による降雨実験

現地で試作した綿繊維とポリエステル繊維の混合シート（目付量 60g/m<sup>2</sup>）と古紙とポリエステル繊維の混合シートにおいても日本国内にて降雨実験を行った。ケナフ混合シートと同様にSSを測定した結果、60分後には綿混合シートで78.3 mg/l、古紙混合シートで54.4mg/lとなり、SP-60 とほぼ同等の効果が確認された。この結果を受け、2014年11月27日にバトゥール山試験サイトに新たにC区を設けてSP-60を100 m<sup>2</sup>、綿混合シート250 m<sup>2</sup>、古紙混合シート250 m<sup>2</sup>の敷設を行い、侵食防止効果の検証を2015年3月3日に実施した。C区の土壌条件はpH7.7、EC0.31mS/cmであった。

C区に敷設された綿混合シートと古紙混合シートは雨季の降雨に対しても大きな損傷を受けることなく土壌と密着していた。また、表11に示すように、シート敷設部とシートを敷設していない裸地部の境界において、降雨によってできた侵食差は古紙入りシートで平均21.7mm、綿入りシートは平均35mmという結果となった。SP-60と比較すると土壌侵食差が大きいのは、SP-60のコードラート設置部の勾配が15°に対して、古紙入りシートおよび綿入りシートのコードラート設置部の勾配が30°と急傾斜なためと思われる。



写真46 C区への試験施工（2015年10月）

左からSP-60、古紙入り、綿入りシート

表11 コドラート内の土壌侵食の差 (mm)

|       | 上部 | 中部 | 下部 |
|-------|----|----|----|
| SP-60 | 5  | 5  | 3  |
| 古紙入り  | 10 | 35 | 20 |
| 綿入り   | 30 | 50 | 25 |

また、施工約1年後に各シートの土粒子との密着状況を検証するために、各シート1 m<sup>2</sup>×2箇所を採取し不織布に付着した土粒子の重量を測定した。その結果、表12に示すように、SP-60は2箇所平均1.58kg/m<sup>2</sup>、古紙入りシートは2箇所平均1.96kg/m<sup>2</sup>、綿入りシートは2箇所平均2.18kg/m<sup>2</sup>と綿入りシートが土粒子の密着機能が高いことが分かった。



写真 47 綿入りシートの土粒子密着状況

表 12 シートに付着した土粒子の重量 (kg/m<sup>2</sup>)

|         | 土粒子の重量 (kg/m <sup>2</sup> ) |
|---------|-----------------------------|
| SP-60   | 1.58                        |
| 古紙入りシート | 1.96                        |
| 綿入りシート  | 2.18                        |

c) 現地素材を用いたシートの可能性

不織布の構成は、実証試験の侵食防止機能および土粒子の密着性機能を検証した結果、現地の綿を混合した不織布を採用することとした。

また、シートを構成するネットについても竹紐、藁紐を検討した結果、竹紐は繊維が硬くて締ることが難しいため、2015年10月に藁紐でネットを試作し、不織布に装着した。製造工程においてはのり布との接着状況も良好であった。藁紐は天然繊維のため紫外線による劣化などの耐久性能試験をバトゥール山試験サイトC区で2015年11月より実施し、2016年1月末に調査した結果、降雨や紫外線による劣化は見られず形状を維持し保護機能は保たれていた。また、1 m<sup>2</sup>採取し、引っ張り強度を測定した結果、平均で700 (N) を維持していた。この強度は、簡単に手で引っ張って切れるものではなく自然侵入植物による植物の発芽が50%以上被覆する半年間は維持できるものと判断している。今後、6ヶ月後の状況を調査し藁ネットの採用を検討する。



写真 48 藁ネットの引張強度測定状況

表 13 藁ネット引張強度測定 (N)

|     | 引張強度 (N) |
|-----|----------|
| 1回目 | 540      |
| 2回目 | 879      |
| 3回目 | 689      |
| 合計  | 2,108    |
| 平均  | 702.7    |

表 14 不織布素材選定表

| 現地素材   | 加工・成形 | 強度 | 復元性 | 備考               |
|--------|-------|----|-----|------------------|
| ポリエステル | ◎     | ◎  | ◎   | 既存品              |
| ヤシ     | ×     | -  | -   | 繊維径が太く柔軟性に乏しい    |
| シュロ    | ×     | -  | -   | 他の繊維と絡まず成形出来ない   |
| ケナフ    | △     | ○  | △   | 繊維質が硬く柔軟性が無い     |
| 古紙     | △     | △  | ○   | 製造工程が増える         |
| 綿      | ◎     | ○  | ◎   | 他の繊維と絡みやすく、巻縮に富む |

表 15 ネット素材選定表

| 現地素材   | 加工・成形 | 強度 | 耐候性 | 備考            |
|--------|-------|----|-----|---------------|
| ポリエチレン | ◎     | ◎  | ◎   | 既存品           |
| ヤシ     | ×     | -  | -   | 繊維径が太く柔軟性に乏しい |
| 竹      | ×     | -  | -   | 柔軟性無く擦れない     |
| 藁      | ○     | ○  | ○   | 柔軟性があり加工しやすい  |



写真 49 藁ネット装着シート



写真 50 藁ネット耐久性試験

表 16 製品仕様

|         |                                    |
|---------|------------------------------------|
| 規格 (寸法) | 巾=1m 長さ=50m 重量=11kg                |
| 主資材     | ポリエステル・綿ランダム不織布 60g/m <sup>2</sup> |
| 副資材     | 藁ネット 目合 25mm×30mm                  |
| 設計価格    | @400 円/m <sup>2</sup> (想定)         |

今回開発したシートの製造原価を既存品の製造原価と比較したところ、材料費では 25.2%の削減、労務費などを含めた場合は 41.5%の削減となり、日本からの材料運送費を含めると 24.2%の削減となった。今後さらなる製造原価の削減を検討する。

また、開発製品の製造原価を構成している現地調達割合は、ネット 100%、不織布 20%、包装袋 100%、材料の構成では 55%、労務費などを含むと現地調達割合は 70% となった。

設計価格は@400円/㎡を想定しているが、インドネシア国内で当面競合する工法は、法面保護工として主流を占めている張り芝工である。張り芝工の価格は@170円/㎡と廉価であり生芝の密度・基盤が厚いため降雨による侵食防止機能は高いが、芝の根の安定定着が図られないと耐侵食性が落ちてくる。特に赤土土壌や膨張土（粘性土壌）では雨季の間で法面の崩落や侵食が起きており、張り芝工は平坦な土壌に適した工法であると考ええる。

表 17 開発製品の既存品製造原価に対する削減率

| 項目        | 種類  | 開発製品        |        |
|-----------|-----|-------------|--------|
|           |     | 対既存品<br>削減率 | 現地調達割合 |
| 主資材       | ネット | 23.8%       | 100%   |
|           | 不織布 | 28.9%       | 20%    |
|           | のり布 | 0.0%        | 0%     |
| 梱包資材      | 紙管  | 8.0%        |        |
|           | 包装袋 | 46.2%       | 100%   |
| 材料 計      |     | 25.2%       | 55%    |
| 労務費       |     | 44.4%       | 100%   |
| その他       |     | 73.6%       | 100%   |
| 合計        |     | 41.5%       | 70%    |
| 運送費（輸出）含む |     | 24.2%       |        |



写真 51 張り芝工侵食被害状況

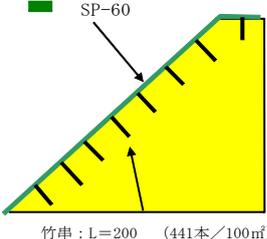
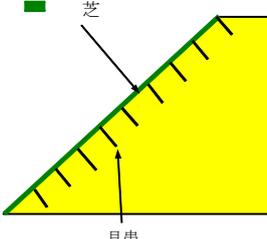
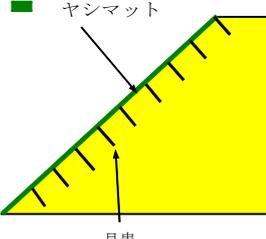


写真 52 張り芝工侵食被害状況

今回開発する製品の設計価格は@400 円/㎡を想定しており、張り芝工の価格と比較して高めとなっているが、普及活動を行っている中での聞き取り調査結果では@300 円/㎡程度であれば採用の可能性が高いとの多くの声を聞いた。

設計価格@400 円/㎡は、商流を通して代理店から末端価格で@280 円/㎡～@320 円/㎡での販売が想定され購入できる範囲の価格帯としているが、今後さらに製造原価削減の検討を引き続き行いながら、設計価格をなるべく低価格帯 350 円/㎡を検討する。

表 18 工法比較表

|       | SP-60 (インドネシア産)   | 張り芝工   | ヤシマット工  |
|-------|---|--|---|
|       | 規格 W=1m L=50m   | 規格 (30cm×30cm)   | 規格 W=1m L=20m   |
| 概略図   |    |    |    |
| イメージ図 |  |  |  |
| 工法概要  | ポリエステルと現地綿を混合した不織布に現地フラネットを装着した侵食防止型のシートである。  | 土壌浸食防止のために芝を一定の大きさに整形したものを用いて全面に張る工法。芝を張る方法には全面に張る場合と目地をとる場合がある。                     | 天然素材のヤシを主体としたマットであり保水性に優れる。   |
| 耐侵食性  | 不織布目付量 (60g/㎡) により、土粒子の移動を抑え、自然侵入した種子の流亡を防ぐことにより安定した緑化が図られる。◎                       | 生芝の密度・基盤が厚いため雨滴侵食性は高いが、根の安定定着が図られないと、耐侵食性が徐々に落ちてくる。△                                 | ヤシ繊維の分解までに緑化が完成しなければ地山がむき出しの状態となり降雨等による侵食を受けて法面は不安定になる。△                              |
| 景観性   | 全面緑化が容易であり、在来自然植生の侵入が可能となり周辺環境との調和が期待できる。◎  | 生育した野芝を張るため、施工後から緑一面の景観が可能となるが、在来郷土種への遷移が難しい。◎                                       | 草本植物により早期に植生を促すが、在来郷土種への遷移が来ない肥料切れによる衰退等により安定的な法面保護には繋がらない。△                          |
| 施工性   | 軽量のシート状資材を盛土法面上に直接貼り付けるだけの作業であるため、機械使用せず、場所をとらず、特殊技能者も必要としない施工である。◎                 | 芝を人力で貼り付けるため大面積では作業日数がかかる。施工後、生芝の生育に伴う維持管理が必要となる。肥料の質や時期によっては肥料焼けを起こすので注意が必要。△       | 軽量のシート状資材を法面上に直接貼り付けるだけの作業であるため、機械使用せず、場所をとらず、特殊技能者も必要としない施工である。◎                     |
| 経済性   | 直接工事費 @ 550 円/㎡<br>製品価格 (想定) @ 400 円/㎡ △  | 直接工事費 @ 270 円/㎡<br>製品価格 @ 170 円/㎡ ◎  | 直接工事費 @ 400 円/㎡<br>製品価格 @ 250 円/㎡ ○   |
| 考察    | 初期緑化が完成するまでの間、種子・肥料を保護し、侵食を抑えるとともに、安定した全面被覆の緑化が可能であり、在来自然植生の侵入が可能となる。               | 生芝の根の安定定着が図られるまで、生育に伴う管理が必要となる。根が浅いため侵食防止効果が薄れ施工時期によっては根の定着が遅くなる。法勾配の緩やかな平面に適している。   | 耐侵食性はヤシ繊維の分解が始まるまで機能は保つが、緑化が完成しないと年月の経過とともに侵食性が低下する。                                  |
| 総合評価  | ◎   | ○  | △   |

## ② 普及事業

### ア) 現地ニーズの調査 (2013年10月～2015年10月)

ジャカルタ首都圏の人口はほぼ2,000万人に達し、人口流入を主要因として年3%の人口増加率を示している。高い人口圧力により、居住地の開発が自然的な面で許容量を超える様相を呈している。これに伴い、水資源・土地・森林などの保全が問題化している。ジャカルタにおける経済面では、本来の経済力を活性化し、最適化する一方で、自然発生的、または人為的な危機のリスクを最小化するよう努めている。社会・文化面では、地域社会の参加を促し、地域コミュニティの監視を通じた開発の調整を目指している。環境面では、森林や緑地の保全・保護を通じた持続可能な発展を推進している。

ジャカルタにおいて、当社が日本国内で取引している日系ゼネコン数社や現地ゼネコン3社を対象に製品説明を行うとともに、インドネシア国内での法面保護工事に関する現状をヒアリングした。その結果、降雨により土壌基盤が安定せず、法面保護に困難な赤土土壌や軟弱地盤(粘性土壌)が工業団地や道路建設現場などで存在していることが明らかとなり、多機能フィルター・シートの侵食防止機能が期待される市場が見いだされた。

また、ジョコ政権では、経済・社会政策を最優先課題とし、鉄道、港湾、電力・エネルギー等のインフラ整備及び社会保障の充実を目標に掲げている。2015年1月30日に山口県で開催された「インドネシアビジネス研究会」において在大阪インドネシア共和国総領事館ウィヌス・エディ・プラクティニョ総領事の講演でインドネシア海洋国家構想の5本の柱とインフラ開発計画が示された。主に①ジャワ島、スマトラ島、カリマンタン島、スラウェシ島、パプア島での鉄道建設(3,258km)、②ジャワ島沿岸部を走る高速道路・新設道路建設(全長2,600kmの新設道路及び全長1,000kmの高速道路)、③15箇所の新空港建設、④農村部への水供給に必要となるダム25基建設が市場として期待される。今後は、政府関係機関への啓発活動を通じニーズ調査を行う。

### イ) 植林ボランティア (2013年12月～2015年10月)

#### 【2013年12月実施】

バトゥール山周辺の荒廃地の樹林化再生および環境教育の一環として、地元の住民や高校生たちに種バッグ工法による植樹祭を実施した。キンタマーニ高校生115人、ウダヤナ大学から60人、バンリ県知事ほか県職員50人、バリの森を考える会50人、地元住民35人、在デンパサール日本総領事館、山口大学ら総勢324人が参加した。植樹祭施工地は、トヤ・ブンカ村内のバトゥール山周辺の荒廃地とし、クミリ種子、チーク種子、パラミツ種子を充填した種バッグ袋を設置した。



写真 53 種バッグ設置状況（1回目）  
（2013年12月）



写真 54 種バッグ設置状況（2回目）  
（2014年3月）

地元住民からは、通常の苗木植栽に比べて施工が容易であったとの評判で、地元新聞社の“バリポスト”や日本人向け新聞社“ジャカルタ新聞”にも掲載され、この事業への取組みの広報活動にも繋がり地元県知事ほか職員への認知度を高めることが出来た。

種バッグ施工 1 ヶ月後の状況確認を行ったところ、設置場所周辺に民家があるためパラミツ種子、チーク種子は野ネズミによる食害が生じていた。獣害による種バッグの損傷及び種子の食害で緑化に影響が懸念されるため、改めてキンタマーニ高校生 50 人とバリの森を考える会で、獣害被害の無い B 区で種バッグ 30 袋の植樹活動を行った。樹種は、クミリ種子、ジャティール種子、ジャックフルーツ種子で 12 月の植樹祭と同様に菌根菌土壌を種バッグに充填し傾斜地にも設置した。2013 年 12 月に実施した植樹祭の施工地はノネズミの被害が拡大し成果が期待できない状況であるため今後は、B 区での種バッグ追跡調査を行い、キンタマーニ高校生と樹木の成長や菌根菌の感染状況などを観察することとした。

#### 【2015 年 1 月実施】

昨年度の反省点を踏まえ獣害の少ない B 区において、種バッグ工法による植樹祭を開催した。2 回目は規模を大きくし、人数もキンタマーニ高校生 265 人、ウダヤナ大学から 60 人、バリの森を考える会 80 人、地元住民 35 人、バンリ県職員、在デンパサール日本総領事館、BKSDA Bali（自然資源保全センター）、山口大学、JICA インドネシア事務所ら総勢 450 人が参加した。種バッグの設置数は 272 袋とし、インドネシア産のヤシネットを用いて、研究所のミシンで縫製作業を行った。樹種はマツ、ユーカリ、カユプティ、ギンネム、ジャックフルーツなど 8 種類を用いた。



写真 55 種バッグ設置状況 (全景)  
(2015 年 1 月)



写真 56 種バッグ設置状況  
(2015 年 1 月)

2015 年 3 月の調査において、種バッグからはマツ、ユーカリ、ギンネムなど複数種の発芽を確認することができたが、2016 年 1 月に実施した調査では、ギンネムの発芽率が高く 1 袋当たり約 5~8 本の発芽が見られ、樹高は平均 3.8cm に生育していた。全種バッグ数の 27.6%の生存率であるが、今後の降雨により新たな発芽が期待される。

また、今回の調査結果をバリの森を考える会 (12 人参加) へ報告するとともに工場見学会を 2016 年 1 月に実施した。今後も樹木の生育および菌根菌の感染状況を地元の高校生と共有し、環境および防災への関心を高められるよう関係を維持していく予定である。



写真 57 バッグ設置 1 年後の状況 (全景)  
(2016 年 1 月)



写真 58 バッグ設置 1 年後の状況  
(ギンネム) (2016 年 1 月)

|         | 植物の種類                   |                              |                       |                               |                             |                             |                             |                             |                                 |
|---------|-------------------------|------------------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| インドネシア名 | Jati                    | Lantoro gung                 | Pinus                 | Kayu putih                    | Ampupu                      | Eucalyptus                  | Pelita                      | Cemara                      | angka                           |
| 英名      | Teak                    | Lead tree                    | Sumatran pine         | -                             | Eucalyptus                  | Eucalyptus                  | Large-fruited red mahogany  | She oak                     | jack fruit                      |
| 和名      | チーク                     | ギンネム                         | スマトラマツ                | カユプティ                         | ウロフィラユーカリ                   | ユーカリ                        | ユーカリブラス・ペリタ                 | ヤマモクマオウ                     | バラミツ                            |
| 学名      | <i>Tectona grandis</i>  | <i>Leucaena leucocephala</i> | <i>Pinus merkusii</i> | <i>Meiroleuca leucodendra</i> | <i>Eucalyptus urophylla</i> | <i>Eucalyptus globulus</i>  | <i>Eucalyptus pellita</i>   | <i>Casuarina javanensis</i> | <i>Artocarpus heterophyllus</i> |
| 目       | シン目 (Lamiales)          | マメ目 (Fabales)                | マツ目 (Pinales)         | フトモモ目 (Myrtales)              | フトモモ目 (Myrtales)            | フトモモ目 (Myrtales)            | フトモモ目 (Myrtales)            | ブナ目 (Fagales)               | イラクサ目 (Urticales)               |
| 科       | クマツヅラ科 (Verbenaceae)    | マメ科 (Fabaceae)               | マツ科 (Pinaceae)        | フトモモ科 (Myrtaceae)             | フトモモ科 (Myrtaceae)           | フトモモ科 (Myrtaceae)           | フトモモ科 (Myrtaceae)           | モクマオウ科 (Casuarinaceae)      | クワ科 (Moraceae)                  |
| 亜科      | -                       | ネムノキ亜科 (Mimosoideae)         | -                     | -                             | -                           | -                           | -                           | -                           | -                               |
| 属       | チーク属 ( <i>Tectona</i> ) | ギンゴウカン属 ( <i>Leucaena</i> )  | マツ属 ( <i>Pinus</i> )  | メラレウカ属 ( <i>Meiroleuca</i> )  | ユーカリ属 ( <i>Eucalyptus</i> ) | ユーカリ属 ( <i>Eucalyptus</i> ) | ユーカリ属 ( <i>Eucalyptus</i> ) | モクマオウ属 ( <i>Casuarina</i> ) | パンノキ属 ( <i>Artocarpus</i> )     |
| 外生菌根菌   | ×                       | ×                            | ○                     | ○                             | ○                           | ○                           | ○                           | ○                           | ×                               |
| AM菌     | ○                       | ○                            | ×                     | ○                             | ○                           | ○                           | ○                           | ○                           | ○                               |
| その他     | -                       | 根粒菌                          | -                     | フランキア                         | フランキア                       | フランキア                       | フランキア                       | フランキア                       | -                               |

図 15 種バッグに使用した植物の種類

#### ウ) ビジネスモデルの検討 (2014年2月～2015年10月)

##### ・流通の調査

インドネシアは、東南アジアとオーストラリアの間に広がる 17,508 の島々からなり、東西に約 5,150km、南北方向は赤道をはさんで約 1,800km もの距離を有しており、製品の安定した輸送手段の確立が必要となる。

首都ジャカルタを有するジャワ島では工業団地や道路の法面保護が主体となるが、スマトラ島、カリマンタン島などでは、荒廃地や海岸林再生のための需要が見込まれる。

輸送に関してはそのコストを考慮する必要があるが、当面製造拠点をバリとしてジャワ島まではトラックによる陸送とする。受注生産による納期 2 週間を考慮すれば可能な範囲と思われる。ちなみに、ジャカルタ近郊までは、チャーター便 (40 フィートコンテナ) で 7,500 m<sup>3</sup> 納入した場合の輸送コストは 15 円/m<sup>3</sup> であり、販売価格に大きな影響はでない。また他の地域へは船による輸送を標準とした納期を設定し、物流のネットワークを構築する。

##### ・カウンターパートとの協議

インドネシア国の 1989 年に制定された国家教育制度は就学前教育、中等教育、高等教育に規定されており、国立高等教育機関の国有法人化は 1999 年の「国有法人国立高等教育機関の設置に関する政令」に基づき、翌年から始まった。この法人化は一定の条件が整った高等教育機関から順次、国有法人化される形をとっており、2010 年までにインドネシア大学、ガジャマダ大学、ボゴール農科大学、バンドン工科大学など 7 大学が法人化した。2009 年に政府は「教育法人法」を制定してすべての教育機関を法人化する政策を打ち出し、ウダヤナ大学も法人化された。当社とウダヤナ大学は、ビジネスユニット形式に

よるビジネスモデルを本事業中に確立することで合意した。このビジネスモデルでは、現地の素材を用いたシートの開発・製造を行い、販売で得られた収入は当社とウダヤナ大学で管理し、ウダヤナ大学の経費に充当する予定である。

- ・営業展開の仕組み

本事業終了後には、現地ゼネコン、コンサルタント、政府関係機関などへの設計折込みができる営業拠点をジャカルタに設立することを検討する。代理店は、日系企業のジャカルタ事務所と代理店契約締結にむけた交渉を行っている。今後は、日系企業代理店の下にジャワ島中部のスマラン、東部のスラバヤ、スマトラ島パダン、スマトラ島に現地商社を構え、インドネシア全島のあらゆる分野の情報を統合し、即時に対応可能なネットワーク構築を検討する。

また、インドネシア国では国家標準化庁（BSN：National Standardization Agency of Indonesia）へ資材の登録が必要となるため、資材の機能評価を技術評価応用庁、公共事業・国民住宅省調査機関、エネルギー・鉱物資源庁、環境・林業省森林研究開発庁、バンドン工科大学と共同研究グループを構成し、実証試験・検証した結果を技術評価応用庁が取り纏め国家標準化庁への資材登録支援を行うこととなった。共同研究グループの各組織の役割は以下のとおり。

- ・技術評価応用庁

選定したフィールドで機能評価のための実証試験・検証を実施する。

各共同機関で実施した試験結果の取り纏めを行い SNI 取得の為の登録支援を行う。

- ・公共事業・国民住宅省調査機関

道路の盛土、切土のフィールドで機能評価のための実証試験・検証を実施する。

- ・エネルギー・鉱物資源省

鉱山の環境修復に伴うフィールドで SP-60+種バッグ及び菌根菌感染樹木の機能評価のための実証試験・検証を実施する。

- ・環境・林業省森林研究開発庁

荒廃地及び森林造成に伴う樹林化を目指した樹種の検討及びフィールドで実証試験・検証を行う。

- ・バンドン工科大学

ウダヤナ大学、バンドン工科大学、多機能フィルターと 3 者共同研究を別途に締結し降雨実験装置による濁度試験をラボ規模で実施し侵食防止効果を検証するとともに構内のフィールド試験も行う。得られた結果に基づき論文を作成し、学会などのセミナーで発表する。

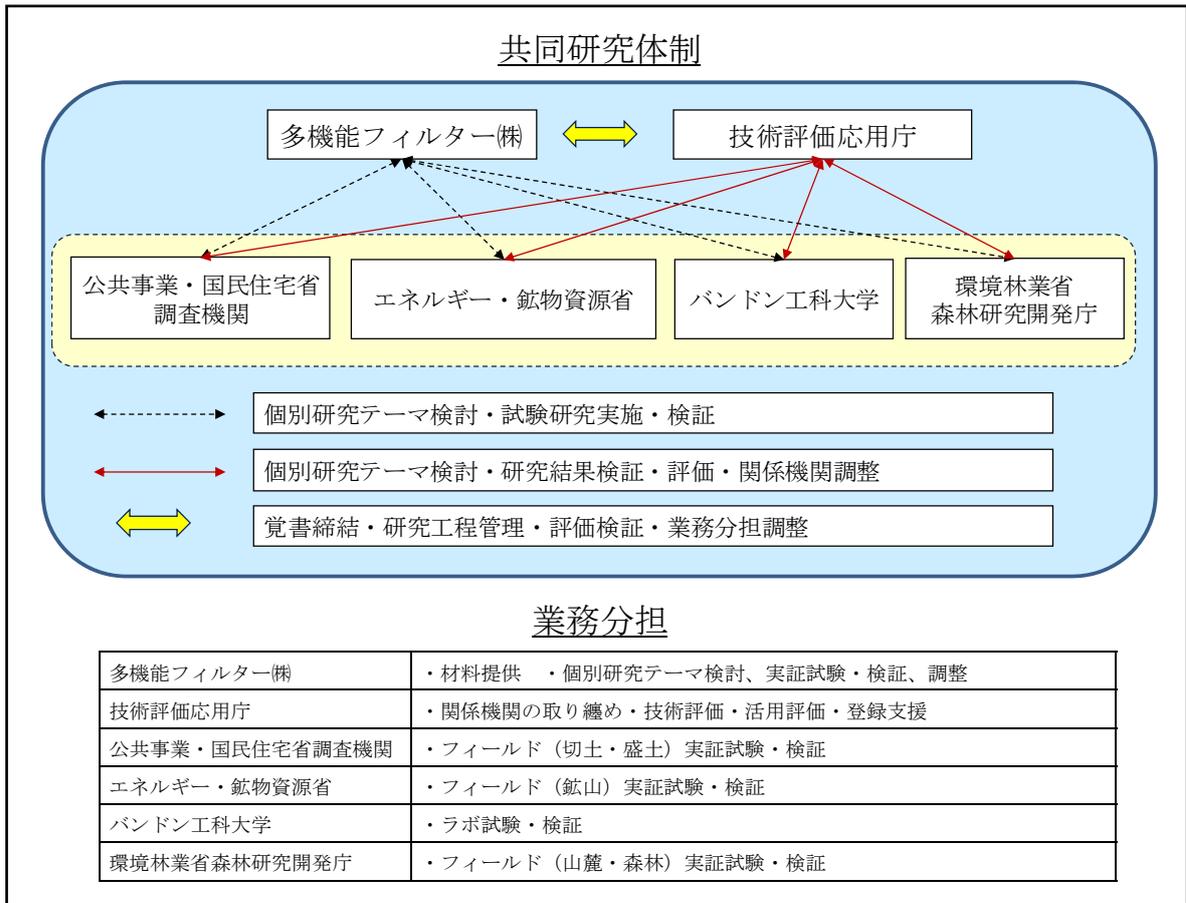


図 16 共同研究体制図

この共同研究によって技術的な検証を得ることで政府関係機関設計案件に製品の信頼が得られ、資材の登録により役所の折込設計が可能となり営業展開の拡販に繋がる。

エ) セミナー及び本邦受入（2014年8月～2016年1月）

a) セミナーへの参加

2014年3月、バリ州デンパサールで開催された「インドネシア東部のカリマンタン地域の森林造成フォーラム」に出席し、多機能フィルターの環境修復技術や本事業の取組みなどを紹介した。鉱山開発に伴う緑化の意識が強く本事業に対する反響も大きかった。今後も環境修復や緑化に関するセミナー（ウダヤナ大学や環境・林業省が主催するもの等）に参加し環境修復への課題に対応出来る工法提案を検討する。

2015年6月、日本の国土交通省とインドネシア国の公共事業・国民住宅省が協力して開催するインドネシア建設会議に参加した。この会議は、日本政府とインドネシア政府間が進める日系建設企業の活動環境整備に関する情報や自社の持つ優れた製品や技術を現地建設企業へ紹介しビジネスマッチングを行い日本の優れた技術を広めることに繋がるものである。

b) 本邦受入

2015年9月には「日本の緑化技術研修によるインドネシア共和国への緑化応用可能性調査」を目的とした本邦受入を本社及び長崎県島原市で実施し、共同研究組織からも参加した。

表 19 研修参加者

| 所属先      | 氏名                   | 役職          |
|----------|----------------------|-------------|
| 技術評価応用庁  | FADLI SYAMSUDIN      | プログラスマネージャー |
|          | UDREKH               | 防災長         |
| バンドン工科大学 | IMAM ACHMAD SADISUN. | 教授          |
| ウダヤナ大学   | I GEDE PUTU WIRAWAN  | 教授          |

当初予定していた公共事業省とエネルギー・鉱物資源省の参加が出来なかったが、各省庁の取り纏め役である技術評価応用庁のFADLI氏、UDREKH氏が多機能フィルター・シート開発及びインドネシア国での普及に対して意欲的であり、バンドン工科大学及びウダヤナ大学の関係者によるJICA事業終了後のインドネシア産シートの開発に伴う両大学による共同研究体制の合意もでき、今回の研修の目的を十分に達成できたと考えている。

【本邦受入の成果】

- ・シートを敷設した数年後の多様な植物群落の状況を見学したことで、シートの効果を認識することができた。
- ・豪雨災害による斜面崩壊の状況が日本と似ている点も多く、日本の復興技術がインドネシア国でも活用可能であるという認識を関係者の間で一致した。
- ・道路法面保護工において、補強盛土壁工（ジオテキスタイル）やモルタル法枠工の国内事例紹介により、インドネシア国でもシート併用活用の可能性が検討された。
- ・長崎県島原振興局における雲仙普賢岳火山噴火後の荒廃地における樹林化の研修会において、初期森林造成整備技術及び緩衝林帯造成技術で種バグの効果や必要性が理解された。

また、参加者の受講態度及び研修態度は積極的であり、理解度も高く、インドネシア国での活用方法を常に考慮しながら質問をするなど意欲的な姿勢が窺えた。

c) ジャカルタ最終報告会

2016年1月、ジャカルタにおいて、政府関係者（4省庁）、日系企業（17社）、現地企業（5社）など約70名の参加による事業活動報告及び今後の展開に伴う最終報告会を実施した。また、6者共同研究開始に関するMOU調印及びJICAからウダヤナ大学へ機材引渡しを行った。

成果としては、インドネシア国高速道路 PT. JASA MARGA Tbk 及びスマトラ島で高速道路建設を受注している国営企業 PT. Hutama Karya から再度事務所で説明をしてほしいとの要請があり、改めて技術評価応用庁と同行訪問する予定である。

オ) 東ティモール民主共和国試験施工 (2015 年 11 月)

東ティモール国は、インドネシア国バリ島から東に飛行機で約 2 時間の位置にある面積約 1 万 5 千 Km<sup>2</sup>、人口が約 121 万人の岩手県と同等の大きさで人口の国である。小さな国ではあるが国道が 20 路線で約 1,426Km もあり、大部分が狭隘で劣悪な状態である。現在、いたるところで拡幅工事を行っており道路整備事業が進んでいるが、法面保護工事は一切行われずに切土したままの状態、降雨による侵食や風化が進んでおり法面の崩壊が懸念される。

JICA から公共事業省道路橋梁治水局へ派遣されている道路政策専門家が、当社の製品が同国での法面保護へ活用可能ではないかとの提案があり、既存品の SP-60 による法面保護可能性試験を雨季前の 2015 年 11 月に実施した。2016 年 1 月下旬には施工 2 ヶ月後の追跡調査および雨季終了後の 3 月に侵食防止機能と種子発芽・生育状況の調査を実施し、調査結果を今後の営業展開に反映する予定である。

表 20 試験概要

|       |  |
|-------|--|
| 試験施工日 | 2015 年 11 月 18 日、19 日  |
| 試験施工地 | Tibar-Gleno A04 (32+260) 地点  |
| 施工地条件 | 法長 11.0m、傾斜 40°、東向き斜面、土壌硬度 16~35mm、pH6.2   |
| 資材    | シート SP-60 : 100 m <sup>2</sup> 、種バッグ : 9 袋   |
| 工種    | 法面保護工 : SP-60 (48 m <sup>2</sup> )<br>緑化工 : 種子散布+SP-60 (48 m <sup>2</sup> )、種バッグ (9 袋) |
| 種子    | 木本類 : アイコーヒー、テフロシア<br>草本類 : ペレニアルライグラス、イタリアンライグラス、<br>クリーピングレッドフェスク、ムギシバ               |

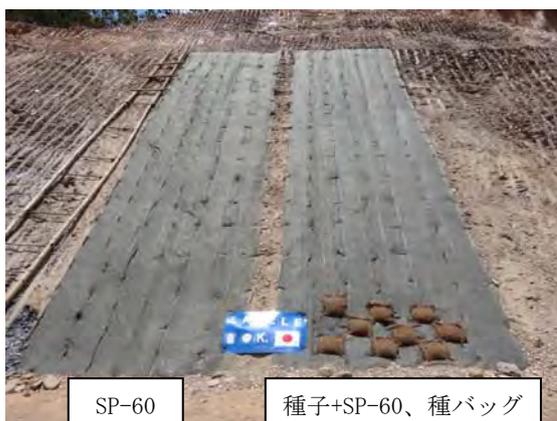


写真 59 試験施工全景



写真 60 試験概要説明 (2015 年 11 月)

(2) 事業目的の達成状況

不織布製造機材及び菌根菌増殖培養機材などをウダヤナ大学農学部の敷地内に建設した研究所やウダヤナ大学に搬入し稼働確認を完了した。本事業の主目的である現地素材を用いたシートの開発は、いくつかの現地素材を国内で検討しテストカード機による不織布の製造及び濁度試験を実施し、ケナフ繊維混シート、綿混シートを試作した。フィールド試験検証結果により綿混不織布と藁ネット構成による現地の素材を用いたシートの開発に目途がたった。また菌根菌増殖・培養技術の研究は内生菌根菌の増殖・培養技術の教育課程を修了している。事業項目ごとの達成状況は表 21 のとおりである。

表 21 事業項目ごとの達成状況

|   | 実施項目                       | 事業計画              | 実施期間              | 達成率  |
|---|----------------------------|-------------------|-------------------|------|
| ① | 現地受入れ体制調査                  | 2013年9月～2014年7月   | 2013年9月～2015年8月   | 100% |
| ② | 機材・機器の調達                   |                   | 2013年9月～2014年2月   | 100% |
| ③ | 現地工場設備の機材配置レイアウト・人員配置検討    |                   | 2013年9月～2014年3月   | 100% |
| ④ | シート製造に係る機材・機器の輸出および据付      | 2014年3月～2014年4月   | 2013年11月～2014年4月  | 100% |
| ⑤ | シート製造機材の組立・稼働確認            |                   | 2014年3月～4月        | 100% |
| ⑥ | 降雨実験装置及びバッグ製造用ミシンの稼働確認     |                   | 2014年8月           | 100% |
| ⑦ | 菌根菌増殖・培養機器の設置及び稼働確認        |                   | 2014年3月～2014年8月   | 100% |
| ⑧ | シート製造                      | 2014年7月～2015年12月  | 2014年6月～2015年11月  | 100% |
| ⑨ | 菌根菌の増殖・培養の教育               | 2013年11月～2015年12月 | 2013年11月～2015年12月 | 100% |
| ⑩ | ボランティア活動への参加               | 2013年12月～2014年12月 | 2013年12月～2015年1月  | 100% |
| ⑪ | バトゥール山麓荒廃地の試験施工地の継続評価      |                   | 2013年4月～2015年3月   | 100% |
| ⑫ | バッグの製造                     | 2014年11月～2015年11月 | 2014年8月～2015年1月   | 100% |
| ⑬ | 販路開拓調査                     | 2014年4月～2015年12月  | 2013年12月～2016年1月  | 100% |
| ⑭ | シート侵食防止技術の現地における適用性の確認     | 2014年10月～2015年12月 | 2014年8月～2015年2月   | 100% |
| ⑮ | セミナー及び研修会                  | 2014年9月～2015年12月  | 2014年3月～2016年1月   | 100% |
| ⑯ | 防災・環境保全及び環境再生に係る普及・実証活動の実施 | 2014年11月～2015年12月 | 2014年2月～2016年1月   | 100% |
|   |                            |                   | 総合達成率             | 100% |

### (3) 開発課題解決の観点から見た貢献

インドネシアにおける重要な開発課題の一つは、経済開発加速・拡大マスタープラン 2011 に掲げられた開発と共に災害の低減や環境修復を行うことである。

当社が製造する多機能フィルター・シートおよび種バッグは、荒廃地の土壌流出防止、土壌の豊饒化、植生の回復効果があることから、インドネシアの国情に合った本製品を普及させることは、上述の開発課題に対して大きく役立つものと位置付けられる。

インドネシアの国情に合ったインドネシア版多機能フィルター・シートおよび種バッグを開発・製造し普及していくために、本事業の初年度の活動から得られた最大の成果は、当該製品の開発施設をウダヤナ大学内に設置し、現地素材の綿繊維を用いたシートを試作し、降雨実験装置による侵食防止効果が既存製品とほぼ同等の結果が見いだされたことである。また、藁ネットを装着したシートを試作し、現在耐久性試験をバトゥール山試験サイトC区で実施している。このことにより、インドネシアの原材料を用いて、インドネシアの相場に合った価格の製品開発を行う目途がついた。また、大学内にこの開発施設を設置したことは、この製品開発活動をウダヤナ大学が選任した職員に教え学生に対してその技術教育が継続していくことで、この課題解決に資する人材の育成を行っていくためのインフラを整えたことも意味する。

副資材である止め釘も現地の竹を利用し現地で制作させた。現地の材料及び人材を活用することは経済への貢献に繋がっている。

また、2013年12月及び2015年1月に種バッグを使用してのバトゥール山山麓での植樹祭を実施したことで、多くの現地住民の人たちへの当該製品の認知度を向上させたことや次年度の植樹祭への議論に繋がった。この活動の成果は、この植樹活動の継続性や発展性がイベントを通じて確認されたことにより、実在する荒廃地の改善に対して、具体的に改善していく素地が整ったことである。

2014年に新しく発足したジョコ政権の政策である5本の柱のインフラ開発では、総予算520億ドルをかけた民間企業向けの43のインフラプロジェクトが予定されている。このプロジェクトに伴う建設工事中の土砂流出・河川への濁水防止など環境保全への貢献が期待される。

表 22 主なインフラプロジェクト

| 事業項目 | 事業内容   |
|------|--|
| 道路網  | ジャカルタ、メダン、マカッサル、セマラン、バンドン、スラバヤの6大都市における物資輸送の整備<br><ul style="list-style-type: none"> <li>・ジャワ島沿岸部の高速道路建設（全長 1,000km）</li> <li>・新規道路建設（全長 2,600km）</li> </ul> |
| 鉄道網  | ジャワ島、スマトラ島、カリマンタン島、スラウェシ島、パプア島の鉄道整備（3,258km）   |
| 空港   | 現在インドネシア国内には大小さまざまな空港が297ヶ所存在しているが新たに15の新空港を建設   |
| 港    | 工業団地や発電所に隣接した港の新規建設や拡充を24ヶ所で計画   |
| ダム   | 農村部への水供給に必要となるダム25基を5年間で建設予定   |

(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

当社の事業活動は、近年のゲリラ豪雨の増加や風水害の激甚化の中で、東北震災跡の5万㎡におよぶ法面修復や、2011年度の台風12号による土砂災害（奈良県十津川：6.5万㎡）などの地域防災に貢献した。

また、案件化調査に続き本事業に採択されたことで国内での多機能フィルターの評価が高まり、JICA、山口県、広島大学、山口大学などでの講演や事例発表に加え、（独）中小企業基盤整備機構の販路の開拓・拡大支援等が加速され、国内販売実績も急増し前年対比130%の伸びとなった。

雇用に関しても、これまで新卒者の雇用を積極的に行っていなかったが、2013年4月度では2名、2014年4月度では、更に1名の新卒者を採用した。このように、多機能フィルターの事業活動が健全に伸張しており、新たな雇用を生み出す結果につながっている。

一方、県内で開催されたセミナー等で当社事業が紹介され、また当社が講演する機会が増えたことで、2014年度のJICAの「案件化調査」及び「普及実証事業」への応募を想定して、当社とパートナーを組んだ山口大学に対して、相談してくる企業が増加した。2014年度に関しては、山口県地元中小企業と山口大学が連携し、「案件化調査」及び「普及実証事業」に対して1件ずつの申請を計画するに至っている。この側面から、当社によるJICA事業を通じての海外展開活動は、中小企業の海外展開の方法を実践的に示している点で、地元の中企業に海外進出への意欲と方法論を与えていると考えられる。

(5) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について

本件については、今後当社とウダヤナ大学で基本線を協議することが必要である。基本的には機材（研究設備）の運転技術の指導、保守管理技術の指導を含め、技術の継承のための運転員の教育が必要である。

また、これからの市場調査を含め事業後のビジネス展開においては採算のとれる事業体制の確立のため、製造－管理－販売の安定的な基盤づくりのための枠組みの構築を目指す。

ひとつの形として、ウダヤナ大学への委託生産、多機能フィルターラインでの販売という形も検討している。本事業終了後のビジネス体制に関して、当社側もウダヤナ大学側も、2014年度から協議を重ねており基本方針を確立したいと考えている。

#### (6) 今後の課題と対応策

開発課題解決のためには、適切な製品の開発と共に、最終的にはビジネスを通じて普及させていく必要がある。多機能フィルター・シートおよび種バッグは、我が国では製品の独自性能が評価され、公共事業や民間事業に採用されているが、インドネシアでは状況が異なるため、ビジネスとして成立させない限り開発課題の解決に繋がらない。

国家中期計画では「防災と環境」が重点分野の一つとして緊急対策等への予算化が保証されているが、一方では、「インドネシア経済開発加速・拡大マスタープラン 2011」に示されているとおり、今後、エネルギーや交通インフラを中心とする整備に多くの税金が投入されることが予想される。よって、今後は、防災と環境に関する一定の予算の確保が見込まれるが、ODAによる緑化事業のビジネスに大きな期待を持つことは難しいと考えられる。

しかしながら、ウダヤナ大学ビジネスユニットは、材料の仕入れ、製品の製造、営業・販売が可能であり、教育省を通じた関連官公庁への働きかけによる発注者サイドの設計折込み営業も可能でありビジネス展開に期待がもてると考えられる。また、共同研究を行う各機関を介して当社製品の独自性の更なる普及も検討している。

一方、開発課題に直結する開発行為を行っている民間企業に対して、企業責任として環境修復を並行して行わせる分野（例えば、鉱物資源開発企業に対する開発後の環境修復義務）においては、ビジネスが見込まれる。この場合は、環境修復の効果と製品の価格とのバランスで決着がつく可能性が高い。2013年12月と2014年2月にジャカルタを中心にあらゆる分野の日系企業を訪問調査したが、ビジネスが見込まれる分野の掘り起こしがまだまだ必要であることが分かった。今後は、ビジネスが見込まれる分野をより多く掘り起こすと同時に、異なる分野ごとに試験施工地を設けていく予定である。

また、ウダヤナ大学の協力体制構築にあたり、その決定までに時間が有し事業の進捗に遅れが生じているため、今後の事業活動の内容を改めて見直し役割分担を明確化するとともに、ウダヤナ大学・当社間で改めて協定書を締結する予定である。

## 4. 本事業実施後のビジネス展開計画

### (1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定

#### ① マーケット分析

本事業の終了後の海外ビジネス展開の手段のひとつとして ODA によるビジネスの可能性については、近年のインドネシアの公共支出に占める ODA 比率は低下傾向にあり、可能な限り自国で取り組む傾向がみられる。また、経済開発加速・拡大マスタープラン(2011～2025)によれば、開発のボトルネックであるインフラ整備について事業の迅速な実施を最優先課題としていることから、都市圏のインフラ整備に資金が集中する可能性が高く、森林の再生などの緑化に関しては、ODA だけでなく自国の公共事業においても予算化が難しいと推測される。これら分野に公共事業として、ある程度の予算が計上されるには、今後、インドネシアが更に経済発展し、環境配慮への国民の意識の醸成を待つ必要があるかと考えられる。

当社製品は高性能であるが、現時点ではインドネシアにおいては高価格である。性能を落とせば製品としての優位性がなくなるため、あくまでも本製品の優位性を保ったままでビジネスが見込める業態を防災・環境修復の分野で検討した。その結果、防災に関しては、①「緊急性を有する業態」、環境修復に関しては、②「法律的に改善措置が設けられている業態」および③「製品代が利用等によって回収される仕組みを有する業態」、分野はどちらでもよいが、④「日系企業が他の日系企業に対してサービスを提供している業態」の4つの業態を選出した。

①については、現在、公共事業・国民住宅省施設運営局、森林省河川運営局、農林省開発調査局へ訪問・プレゼンを行い、情報を取り纏め中であり、今後は国家防災庁、エネルギー・鉱山資源省などへ訪問する予定である。また、現地の日系コンサルへ訪問しプレゼンを実施し情報を取り纏め中であり、事業化にむけたビジネス案件を掘り起こしたい。

②については、具体的には、石炭、ニッケル、金などの鉱物資源採掘企業を想定している。2014年4月23-24日、鉱山開発企業が会員の「環境に配慮する鉱山開発」境界とインドネシア環境・林業省共催のバリ・デンパサールで開催されたインドネシア東部のカリマンタン地域の森林造成フォーラムに出席しプレゼンを行った。今後も環境修復や緑化に関するセミナーに参加し鉱山開発に伴う環境への課題に対応できる工法提案を検討する。

③については、高速道路開発を受け持つ現地高速道路会社を訪問しプレゼンを行い、情報を取り纏め中である。今後はさらに道路設計を担当している現地コンサルを訪問し市場を分析する。

④について、現時点では、日系工業団地の開発会社を想定している。ジャカルタ近郊日系企業工業団地のうち、A 工業団地（総面積 805ha）、B 都市開発団地（1,000ha）、C 工業団地（1,139ha）は造成中で切り土・盛り土工事での市場がある。特に B 工業団地は今後 10 年間の造成工事となる。D 工業団地（320ha）、E 工業団地（15ha）、F 工業団地（1,400ha）、

G 工業団地（700ha）は造成が終了しているが、降雨災害後の斜面修復での市場が考えられる。

また、荒廃地における自然回復技術は案件化調査で実施したバトゥール山でのシートによるスコリア土壌の侵食防止機能や自然植生回復機能及び種バッグによる樹林化工法により既に実証されており、環境・林業省からは火山・鉱山跡地回復事業への要望もある。2010年のメラピ火山の噴火による地震・津波被害などインドネシアはその自然条件により、火山噴火、地震、津波、洪水、地滑り、森林火災、旱魃などが頻発している。多機能フィルター・シートの効果に加え、菌根菌活用技術、種バッグ工法による樹林安定化技術は、案件化調査時のバトゥール山試験で実証されており、津波対策（海岸林再生・緩衝林帯造成）などの災害復興にも期待される工法でありその潜在的市場規模は大きいと推測される。

## ② ビジネス展開の仕組み

第一の展開として、独立行政法人中小企業基盤整備機構および独立行政法人日本貿易振興機構（JETRO）の支援を受けながら、現地ゼネコン、コンサル、官庁への外宣活動、現場試験などを通じた普及活動を行う予定である。具体的には、上述の4つの業態への着目を強め、発注者と成りうる企業を具体的に発掘する。また現在、日本のメーカーの現地法人へ訪問し現地の商流に関する仕組みなどの情報を取り纏め中である。

ウダヤナ大学ビジネスユニットで共同開発された現地の素材を用いたシートの販売を目指した企業体制及び商流や物流の仕組みを確立していく予定である。

## ③ 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール

### ア) 事業化素案

事業後のウダヤナ大学とのビジネス構築の仕組み作りを想定し、その役割分担をウダヤナ大学と検討する。製造拠点として現地素材を利用したシート開発後のウダヤナ大学の取組みがポイントとなる。本事業終了後は当社とウダヤナ大学が共同して製造機械の運営を行うとした2013年9月17日付の協定書に基づき、ウダヤナ大学ビジネスユニットによるビジネスモデルを検討する。ウダヤナ大学ビジネスユニットはシート・種バッグの製造会社として当社から生産を受託し、営業及び販売は当社が担当する。またウダヤナ大学ビジネスユニットは、材料の受け入れ、製品の運送などを担当する管理会社をバリローカル会社に委託し、その会社の運営補助を当社が行う実施体制を協議中である。

また、シート製造従事者4名のうち2名は、現地でオペレーター教育・訓練を実施した後、現地スタッフとしてバリローカル会社で雇用し、他の2名はウダヤナ大学ビジネスユニットから紹介された従事者で構成する。

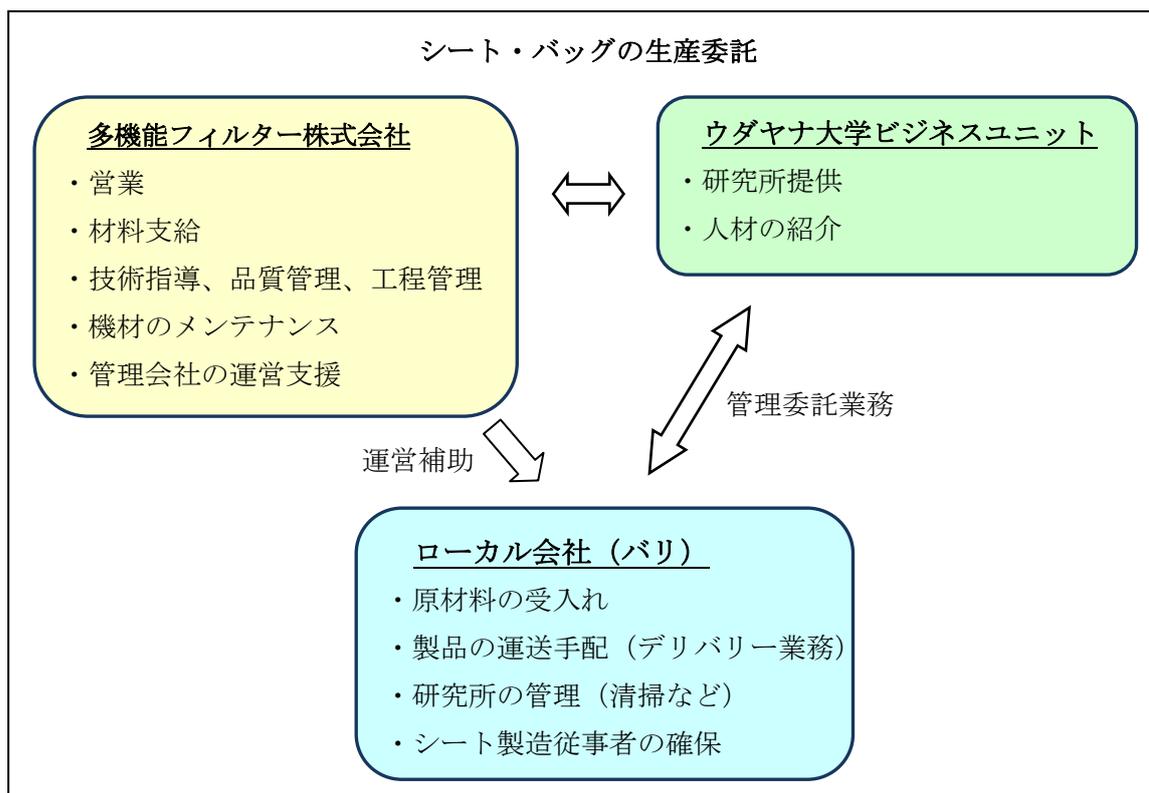


図 17 事業化実施体制図

#### イ) 販路販売体制の確立

営業拠点として現地法人をジャカルタに設け、インドネシア関係省庁（環境・林業省、海岸・漁業省、公共事業・国民住宅省、エネルギー・鉱物資源省、技術評価応用庁など）や現地コンサルタント、ゼネコンへの技術営業や設計折込みを行うとともに、代理店を選定し、ジャワ、バリ、スマトラ、カリマンタンなどの主な地域に現地商社を設け販売網を構築する。

ジャカルタでの販売店は、現在、日系企業のジャカルタ事務所と検討を重ねている。

#### ウ) インドネシア仕様、製造技術の確立

本事業では当社製品である SP タイプの多機能フィルター・シートを主体対象とし、現地素材を活用した侵食防止効果の高いシートを開発した。このタイプはスロープ・プロテクター機能を有したシートであり、火山跡地や荒廃地などの自然環境を重視した自然侵入植物による自然緑化回復に適している。しかしながら、要望される分野の中では、早急な緑化も望まれており、現地の種子をシートに充填した MF タイプ（種子・肥料・土壌改良材入り）製品の需要も見込まれることから、製造機材の拡充及び種子吹付け工との併用工法確立や、あらゆる分野に適応可能な標準グレードのシート開発を目指すとともに、軟弱地盤のような粘性土壌対策シートなど特殊グレード製品の開発も検討する。

④ ビジネス展開可能性の評価

基本的にはビジネス展開に関して、日本の ODA によるインドネシアでの早期展開は容易ではないと想定される。上述のマーケット分析の箇所にて示された 4 つのビジネス業態については、ビジネスの可能性が示唆されたことで、今後、ビジネス展開の可能性について詳細な調査を行う。

ただし、インドネシアにおいては種々の分野により対応技術の確立と製品の開発が必要であり、防災と緑化に対するニーズも高い。またインドネシア国で対応可能な低廉な資材開発に一定の見通しが見られる。このような点から、日本の ODA による展開のみならず、インドネシアの公共事業及びアセアン諸国へのビジネス展開も検討をしている。

表 23 ビジネス展開分野別事業

| 省庁ほか        | 事業内容                     |
|-------------|--------------------------|
| 公共事業・国民住宅省  | 道路建設事業、河川堤防造成事業、砂防ダム建設事業 |
| 環境・林業省      | 荒廃地復旧事業、農業用ダム建設事業、森林造成事業 |
| エネルギー・鉱物資源省 | 鉱山環境整備事業                 |
| 運輸省         | 鉄道建設事業、空港建設事業            |
| 海洋・水産省      | 港湾建設・整備事業                |
| 国家防災庁       | 災害復興事業                   |
| 日系企業        | 工業団地造成事業                 |
| その他         | ローカル工業団地造成事業             |

表 24 高速道路開発計画（2015 年-2019 年）<sup>39</sup>

| 島      | 距離 (Km)  | 2014 年 未完成 | 2015   | 2016   | 2017   | 2018   | 2019   | 目標合計 (Km) 2015-2019 |
|--------|----------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------------|
| スマトラ   | 496.19   | 496.19     | 1.23   | 16.81  | 38.52  | 73.52  | 44.92  | 174.99              |
| ジャワ    | 1348.81  | 1092.63    | 123.78 | 67.78  | 173.19 | 327.08 | 83.93  | 775.75              |
| カリマンタン | 99.02    | 99.02      | 0.00   | 19.80  | 29.71  | 29.71  | 19.80  | 99.02               |
| スラワシ   | 39.00    | 39.00      | 0.00   | 0.00   | 11.70  | 27.30  | 0.00   | 39.00               |
| 年度計    | 1,983.02 | 1,726.84   | 125.01 | 104.39 | 253.12 | 457.61 | 148.65 | 1,088.76            |

<sup>39</sup> 建設会議における政府と民間協力開発局：Dr. Ir. Bastary Pandji Indra, MSP 発表資料（国家開発局データ）

表 25 ジャカルタ近郊の日系工業団地の現状

| 団地名  | 日系資本率 | 開発総面積   | 現況   |
|------|-------|---------|--|
| A 団地 | 60%   | 955ha   | 第 4 期 150ha の整備事業が継続中。<br>膨張土対策に苦慮している。                                  |
| B 団地 | 25%   | 1,000ha | 第 2 期 600ha 工事が進行中。<br>膨張土崩落被害が毎年 30,000～50,000 m <sup>2</sup> /年に及んでいる。 |
| C 団地 | 50%   | 1,139ha | 第 3 期 314ha の工事が進行中。<br>法面保護対策が検討されている。                                  |

現段階での情報では港湾整備事業に伴う隣接地ローカル工業団地の開発事業とその電力不足を補う発電所建設事業がスタートする。まずは道路と河川への市場が見込まれる。また、インフラ整備事業による高速道路開発計画は表 24 に示すように 2016 年から主にジャワ島で大型工事が見込まれており、すでにスマトラ島でも高速道路建設が始まっている。

本事業中において日系工業団地への試験施工中に得られた現状を表 25 に示す。雨季前の季節には法面保護の検討がなされており、特に侵食が著しい膨張土や赤土土壌に対して既存品 SP-60 試験による侵食防止効果は高い評価を得ている。今後 5～10 年にかけて 3 千万円～5 千万円/年の販売が見込まれている。

表 26 5 ヶ年売上目標

(単位：千円)

| 事業内容  | 2016 年 | 2017 年 | 2018 年  | 2019 年  | 2020 年  | 計       |
|-------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 道路    | 3,000  | 10,000 | 20,000  | 35,000  | 35,000  | 103,000 |
| 鉄道    |        |        | 2,000   | 10,000  | 10,000  | 22,000  |
| 空港    |        |        | 2,000   | 10,000  | 10,000  | 22,000  |
| 港湾    |        | 2,000  | 2,000   | 5,000   | 5,000   | 14,000  |
| ダム・河川 | 2,000  | 10,000 | 20,000  | 20,000  | 20,000  | 72,000  |
| 鉱山    | 2,000  | 2,000  | 10,000  | 10,000  | 10,000  | 34,000  |
| 工業団地  | 23,000 | 35,000 | 40,000  | 50,000  | 50,000  | 198,000 |
| 災害復旧  |        | 5,000  | 10,000  | 10,000  | 10,000  | 35,000  |
| 年度合計  | 30,000 | 64,000 | 106,000 | 150,000 | 150,000 | 500,000 |

## (2) 想定されるリスクと対応

## ア) 現地人材の教育と確保

カウンターパートであるウダヤナ大学へ製造技術を教育するが、人材の永続性と技術の安定化が課題となる。また、あらゆる分野に対応可能な製品の開発に伴いそのシート製造

技術の教育も必要となる。今後の研究を通じて人材の雇用及び育成も実施する予定である。

#### イ) 経費面

インドネシアの経済を考慮すると、日本での販売価格では難しいことが想定される。現地の素材と現地の労働により開発されたシートは安価な価格を設定しているが、当面は市場規模を拡大せずに、ジャワ、バリに絞って販路の拡販を図る。

#### ウ) 施工指針 (マニュアル化)

インドネシア特有の気象条件や土壌条件に合わせたシート敷設工や荒廃地の自然再生工法及び災害時での早期対策防災工法など分野ごとの設計が早期に行えるよう施工指針を関係省庁及び現地コンサルタントとともに立案する。

### (3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果

対象国は名目 GDP を 2025 年度までに 2010 年対比約 6 倍増加させるなど、国内全島において道路整備、鉄道整備のインフラが急速に進むことが予測される。(経済開発加速・拡大マスタープラン 2011)

一方、雨期・乾期の気象条件の激変と火山噴火、地震、津波、洪水、地滑りなどの自然災害が多発し、必ずしも安心な生活環境が約束されているとは言い難い。

国家防災庁の統計によると、2004 年 12 月スマトラ沖地震～2014 年 1 月シナブン火山噴火に至るまでの 10 年間の災害による損失は約 4 兆円に上る。

近年のシナブン火山噴火に伴う損失を下記の表 27 で示す。

表 27 2014 年 1 月自然災害による損害<sup>40</sup>

| 自然災害地域                    | 損害額         |
|---------------------------|-------------|
| シナブン山                     | 64,000 千円/月 |
| 南スマトラ州                    | 6,000 千円/月  |
| ジャカルタ、ボゴール、タンゲラン、デポック、ブシカ | 1,8000 千円/日 |
| 北ジャワ沿岸路                   | 1,4000 千円/日 |

このように災害がもたらす損失は経済損失も含め大きなロスとなる。経済成長と環境修復の二面性を同時に進行させていくために山腹、道路、海岸線、鉱山の法面保護のために養生マット“多機能フィルター”の活用場は多いと考える。

<sup>40</sup> BNPB ホームページ : <http://www.bnpb.go.id/>

#### ① 荒廃地における自然修復効果

バトゥール山は、「バリの水がめ」とも呼ばれる大きな火口湖を有している。1917年と1926年の大噴火により森林などの自然植生が壊滅状態となった。森林が約2,000ha消失し火山灰で覆われた土地では水を保持して循環する能力がなく、バトゥール湖の水位は、ここ10年間で2m以上も下がり、生活水の確保に支障が出ている<sup>41</sup>。

一般的に、天然の森林地帯においては、土壌の粗孔隙が多くあり、落ち葉も堆積し下草も繁茂している。このような森林地帯においては、高い浸透能<sup>42</sup>を有しており降雨のほとんどは地面に浸透する。したがってほとんどは地下水となり、最終的には河川水を形成し、表面流出が発生することはほとんどない。バトゥール山裾野の環境は、土壌が火山灰であり、保水力及び栄養分となる有機質もなく、その上乾季の降水量がきわめて少ないため植物の生育環境としては大変厳しい条件である。噴火から98年経った今でもやっと東側地区で草本種が生育し、マツ・ユーカリが点在する程度までの回復しかなく、土壌の流出や裸地化も進んでいる。その結果浸透能が低下し表面流出が生じ、地下水となってバトゥール湖へ供給される水源としての危機が指摘されている。

本事業で検証したSP-60と菌根菌を活用した種バッグによる工法は、雲仙地区地域防災対策総合治山工事として国内で初めて長崎県島原振興局が開発した航空緑化工法である。この工法は、1990年に噴火した雲仙普賢岳の早期樹林化により回復させることを目標とされ、中・低木縞状の群落、侵入潜在自然植生が安定して定着できるように土壌の肥沃化等の生育環境を整備し、長期的観点に立った治山防災を図りながらバランスのとれた森林化の基礎を作るために開発された工法である。

---

<sup>41</sup> 特定非営利活動法人アジア植林友好協会ホームページ：

[http://www.agfn.org/project/project\\_bali.html](http://www.agfn.org/project/project_bali.html)

<sup>42</sup> 土壌がその地表にある水分を一定の時間で吸収することのできる割合。

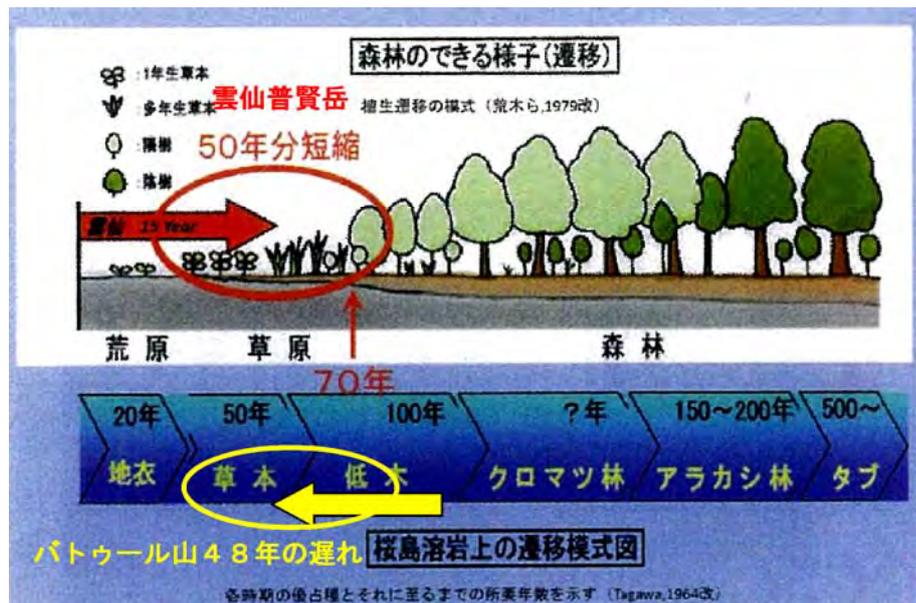


図 18 植生遷移時間の短縮図<sup>43</sup>

雲仙普賢岳では施工 20 年後の現在、ススキの草が主体で葉の高さが 1.5m を超え密生し、イタドリや低木のコマツナギは樹高 2m、赤松・ヤシヤブシも樹高 3m~5m と成長し、森林の基礎を形成している。これを桜島溶岩上の遷移模式図に当てはめると草本から低木類が侵入する 50 年目の草本期にあたるが土壌条件では 100 年目の低木期~クロマツ林と同等のものと考えられ、遷移開始から 70 年程度経過後に達した植生状況と判断している。このことは、約 50 年分の植生遷移、森林造成に要する時間を短縮したことになる<sup>44</sup>。

バトゥール山の荒廢地は噴火から 98 年目となる。その間自然植物による回復やボランティア活動による植樹も行ってきているが、遷移模式図に当てはめると 50 年目の草本期であり、植生遷移に 48 年の遅れた状態となっている。インドネシア国における鉱山や荒廢地及び災害に伴う山腹崩壊地の修復における SP-60 及び種バッグを活用した工法は、自然環境の修復に 50 年の時間短縮の効果が期待できる。

## ② SP-60 による法面保護工におけるトータルコストの削減

インドネシア国の法面保護工としては、張り芝工が主流となっている。張り芝工とは、畑で育成された芝を一定の大きさ (30cm×30cm) に整形して法面全面に目串などで固定する工法で、日本では一般的に緩やかな勾配 (1:1.5≒33°) の基本的には対象面積が小さい場合に用いられることが多い。また、芝張り後には砂を芝の上に散布し目土を入れる作業や芝の根が伸びて土壌に活着するまでの初期養生期間が 2~3 ヶ月かかり、その間散水をするなどの手間と時間がかかる工法である。

<sup>43</sup> 長崎県島原振興局林務課森林土木班提供資料より抜粋。

<sup>44</sup> 長崎県島原振興局林務課森林土木班提供資料より抜粋。

表 28 張り芝工の作業手順

| 施工手順  | 作業要領  |
|-------|---|
| 法面整形  | 凹凸を除き表面を平滑に均す。  |
| 砂敷整地  | 芝の育成に適した砂を 3~5cm 厚で客土し整地する。                           |
| 改良材散布 | 土を柔らかくし保水力や通気性を向上させ芝の育成を促進するために堆肥系の有機系土壌改良材を散布し、すき込む。 |
| 芝張り   | 隙間が開かない様に全面に目串で固定する。                                  |
| 転圧    | 芝が浮いている所を土に密着させる。                                     |
| 目土    | 張り付け直後の乾燥を防ぎ定着を良くするために張った芝の上や目地に砂を散布し均す。              |
| 散水    | 施工直後には芝生の根にいきわたるよう散水する。                               |
| 養生    | 芝の根が活着するまでの間散水する。                                     |

仮に作業員 5 人で 10,000 m<sup>2</sup>の法面工事における張り芝工と SP-60 の施工を比較すると SP-60 の施工では、作業手間が省け、施工期間が大きく短縮でき、敷設後から法面保護機能を発揮できるため、芝の根が活着するまでの養生期間も短縮できるメリットがある。

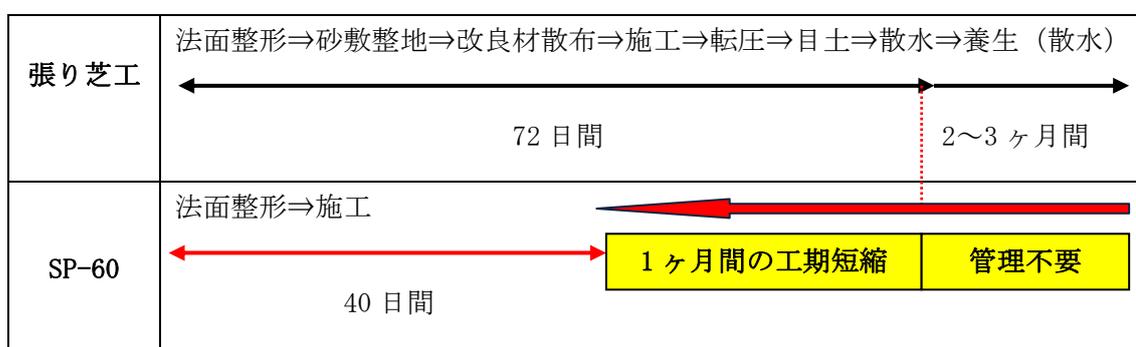


図 19 張り芝工と SP-60 の施工期間

表 29 張り芝工と SP-60 の 100 m<sup>2</sup>/日作業歩掛<sup>45</sup>

|       | 張り芝工   | SP-60  |
|-------|--------|--------|
| 世話役   | 0.2 人工 | 0.2 人工 |
| 造園工   | 1.1 人工 | 0.0 人工 |
| 普通作業員 | 2.3 人工 | 1.8 人工 |
| 合計    | 3.6 人工 | 2.0 人工 |

インドネシア国では手軽に扱える工法として張り芝工が法面保護工事で多く採用され

<sup>45</sup> 国土交通省土木工事標準積算基準書（河川・道路編）より算出。

ているが、根が活着するまでに雨季に入った法面ではその保護機能に支障をきたし、侵食や法面の崩落が起こる現象が懸念されている。

ある工業団地での張り芝保護工斜面では、雨季に入り法面が 10,200 m<sup>2</sup>崩落し復旧工事に 63,000 千円も費やし、張り芝工の施工費を含めると 66,672 千円の損失額となっている。

表 30 張り芝工施工時の崩落した際における損失額

| 項目            | 単価                    | 損失額       |
|---------------|-----------------------|-----------|
| 張り芝工（直工費）     | @270 円/m <sup>2</sup> | 2,754 千円  |
| 散水 6 ヶ月間（直工費） | @90 円/m <sup>2</sup>  | 918 千円    |
| 工事費計          |                       | 3,672 千円  |
| 崩壊修復工事費       |                       | 63,000 千円 |
| 合計金額          |                       | 66,672 千円 |

この工業団地で試験施工を行っている SP-60 では被害が起きていないことを考えると、仮に崩落した現場で SP-60 を敷設した場合、SP-60 の施工費は 5,610 千円（10,200 m<sup>2</sup> × @550 円/m<sup>2</sup>）であり、張り芝施工費と崩落修復工事費の 61,062 千円の損失削減が予想される。また、SP-60 の特徴である侵食防止効果は、施工直後から法面の保護機能が発揮され、法面の勾配に関係なく急傾斜（3 分≒73°）施工が可能で、張り芝工に比較して作業手間も省け、工期の短縮と雨季における法面崩落の懸念も解消されると考えられ大きな効果が期待される。

#### （4）本事業から得られた教訓と提言

本事業を実施していくうえで様々な問題に直面した。インドネシア国での実情把握、輸出入の法的制度などの予備知識修得不足があり早めの対応が困難であった。教訓として以下、項目別に記述する。

##### ① 教訓

##### ア) ビザ取得

渡航に際し観光ビザで入国していたが、長期滞在や渡航頻度が多くなることを考慮すると観光ビザでは問題が生じることが予想され、検討することとなった。

本事業は営利目的ではないため、就労ビザではなく有効期間 1 年間で 60 日滞在が複数回可能なマルチプルビザが有効と判断し、インドネシア国側からの招聘状をウダヤナ大学から取得することとした。

##### イ) 輸出入

本事業での輸出入対象となる機材・機器類は不織布製造機材をはじめ微生物増殖・培養

機材なども含まれており、その素材も複数種に及んでいたため、インドネシア国での輸入ライセンスがそれぞれ異なり、そのライセンスを取得している現地輸入代理店も複数社になることから、当初予定していた日本側輸出代理店での対応が困難となった。インドネシア国の現地総合輸入代理店を選定し、その参加に複数の現地代理店、そのグループ系列の日本側輸出代理店、梱包業者を決めることとなった。その結果、輸出の際は複数存在する製造機材を一式の機材として検査を行うため書類も多かったものの、現地での輸入時では通関検査も滞ることなく計画通り行えた。

#### ウ) 日本からの送金

輸出入業者をインドネシア国の業者としたため契約額の一部前払の必要が生じた。残金においても高額となるため持参することが難しく日本からの送金を検討した。

山口県からインドネシア国への送金は取扱銀行も限られており、更に現地と取引のある複数の銀行を経由するためレートが高くなり時間もかかることが判明した。現地の振込先銀行の日本支店を探した結果、東京に存在しており、交通費をかけて手続きに赴いても山口県からの高いレートによる振込とは比較にならない程の経費節減となった。

#### エ) 輸入ライセンス取得

ウダヤナ大学ビジネスユニットによる生産体制を確立するためにバリローカル会社との管理業務委託において材料の受入れを依頼するにあたり輸入ライセンスの取得が必要となった。インドネシア国の法律では、1社に対して1つのHSコード大分類しか与えられていない。複数の大分類の品目の輸入を行う場合は、バリローカル会社との特別な関係を示す在日インドネシア大使館の承認書を添付して申請する必要がある。その承認を得るための方法や書類についてバリの商務省や日本の関係機関に問合せしたがなかなか返事が返ってこない。直接インドネシア大使館を訪問し商務部の関係者から具体的な手続きについて説明を受けた。

#### 【特別証明書の発行手続き】

- ・申請書（在日インドネシア大使館商務部発行）
- ・インドネシアとの特別関係を証明する証拠書類（ローカル会社との契約書）  
契約書を公証役場→法務省→外務省→インドネシア大使館領事部で承認を受けたもの
- ・商業登記簿謄本

#### 【公証役場】

公証役場では、法務省・外務省の承認を代行して行うワンストップサービスを行っており、東京都と大阪府に指定された公証役場がある。申請し書類審査後承認されるまで約1時間で完了する。

## ②提言

### ア) 文化の違い

バリ州はバリヒンズー教が主体で、大らかな性格の人が多く、お祭り好きで休日が最も多い地域として有名である。

研究所の建設作業員も半分以上はジャワからの作業員で占めていた。渡航中に依頼した事柄もインドネシア国を離れた途端に滞ってしまい、交渉事も進まない。依頼ではなくこちらの意思をしっかりと伝え、指示するくらいが物事をスムーズに執り行うために必要だと感じられた。事業化を展開するうえでも相手国の文化や考え方に大きな開きがあることを考慮しながら折衝することが必要と考える。

### イ) ウダヤナ大学の取組み

本事業のカウンターパート側の窓口の教授と交渉をしてきたが、意思決定までに農学部長、副学長、学長、案件によっては各学部から選任された教授会などを通じてから承認を得ることとなり時間を要する案件もあった。交渉時には必ず農学部長、副学長も交えて交渉を進め、解決時期を明確化するとともに議事録を残しておくことが必要と感じられた。

また、本事業は機材を設置して終了ではなく、現地素材を用いたシートの開発や菌根菌の活用工法の開発を目的としている。当初、大学側は、機材の取り扱い方や菌根菌の増殖・培養技術を学生へ教育してもらうだけと考えていたこともあり、学生が卒業したらその技術の継承が出来ずに本事業が止まってしまうことが懸念された。菌根菌の増殖・培養技術の教育は、学生だけを主体ではなく、教授や助手の人に技術を教育し今後の大学側の研究に継承してもらう必要があると感じられた。また、不織布製造機材の取り扱いや降雨実験装置の取り扱い及びシート開発においても、専門の知識が必要となるためビジネスユニットによるビジネスモデルを考慮した専従作業員を選任する必要があると感じられた。

添付資料

1. 研究所建設に伴う協定書
2. ビジネスモデルに関する覚書
3. 第 67 回土木学会中国支部研究発表会投稿原稿
4. 6 INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOSCIENCE AND BIOTECHNOLOGY 投稿原稿

添付資料 1 研究所建設に伴う協定書



**Letter of Agreement**

1. In the framework of cooperation between Udayana University and Takino Filter Inc., sponsored by THE JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA) in the PILOT SURVEY FOR DISSEMINATING SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES TECHNOLOGIES, the Takino Filter Inc. will set up a Laboratory named Unud-Takino Multifunction Sheet on the land of approximately 400 m2 in the Agricultural Experimental Station, Faculty of Agriculture, Udayana University, in Jl. Pulau Moyo Denpasar.
2. On this day Tuesday date 17 month September the year 2013, the laboratory building will begin to be used for the research of manufacturing of the multi-function sheet using selected local materials and local symbiotic microbes for the PILOT SURVEY FOR DISSEMINATING SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES TECHNOLOGIES by a team from Faculty of Agriculture, Udayana University and Takino Filter Inc.
3. After the completion of the PILOT SURVEY FOR DISSEMINATING SMALL AND MEDIUM ENTERPRISES TECHNOLOGIES (within a period of three years from the official report that will make), the laboratory building will be handed over to the Faculty of Agriculture, Udayana university and it will be used together with the Takino Filter Inc., in the framework of cooperation in the implementation of products that will be produced through a Partnership Agreement Letter (PAL) special for it.
4. The Letter of Agreement is made to be used a appropriate.

Denpasar, 17 September 2013

President of Takino Filter Inc.

Japan

Mr. Kazuo Yamamoto

Dean of Faculty of Agriculture,

Udayana University, Bali-Indonesia

Prof. Dr. Ir. I Nyoman Rai, M.S.



Rector of Udayana University

Prof. Dr. Ir. I Ketut Suastika, Sp.PD (KHEM)

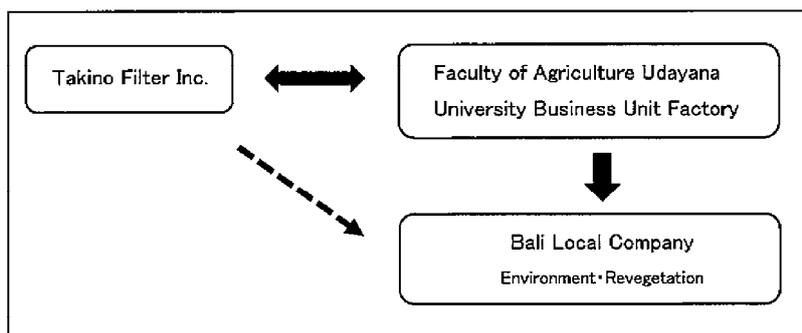


添付資料 2 ビジネスモデルに関する覚書

Faculty of Agriculture Udayana University and Takino Filter Inc.  
completion of the October 20 , 2014 Agreement

Faculty of Agriculture Udayana University and Takino Filter Inc, agree  
for the Management model 2015 May 20 as Follows.

Execution System



The main roles

Takino Filter Inc.

- Business
- Provision of materials
- Technical supports
- Quality and process management
- Maintenance of the machinery

Faculty of Agriculture Udayana University business unit

- Supply Factory
- Human resources supply
- Management of the factory

Local company

- Human resource management
- Management of the factory(Cleaning)
- Transport arrangement
- The reception of material
- Sales

20 May, 2015

  
Mr. Kazuo Yamamoto  
President  
Takino Filter Inc.

  
Prof. Dr. Ir. I Nyoman Rai, M.S.  
Faculty of Agriculture  
Udayana University

## バトゥール山火山性荒廃地における侵食防止と緑化について

多機能フィルター株式会社  
山口大学 大学院理工学研究科 正会員  
多機能フィルター株式会社

○合屋 佳代  
鈴木 素之  
山本 一夫

### 1. はじめに

インドネシアのバリ島北部に位置するバトゥール山周辺には、1917 年と 1926 年の大噴火に伴う溶岩流が今も広範に残存している。この一帯はスコリア（玄武岩質の黒色をした軽石）土壌で降雨等による侵食や植物の生育が難しい条件のため荒廃化が進んでいる。また、バトゥール湖へ濁水および土砂が流入して水質の悪化や堆砂が懸念されているため、スコリア土壌の侵食による土壌流出を防止するための有効な対策を立てることが緊急の課題となっている。そこで、本論文では、国際協力機構（JICA）の 2014 年度普及・実証事業において実施中である、バトゥール山のスコリア土壌の土壌侵食防止と緑化の効果を検証した結果について報告する。

### 2. 試験材料

使用した材料を図-1、図-2 に示す。土壌保護シート（多機能フィルター SP-60、以下シートと略記）は主に空隙率 97～98% の不織布で構成され、通気性や排水性に優れ、降雨、風、凍上、早魘などから土壌を保護する機能を有する。本シートは、これまで日本国内において表面土壌と密着することにより、降雨時の土粒子を止めて土壌侵食防止を図り、植物が生育可能な環境を保持する機能が向上する知見が数多く得られている。このように本シートは土壌の侵食防止機能を有することから、従来に比べて成長の遅い郷土植物や木本植物を主体とした緑化も可能になる。一方、バッグ資材はヤシ繊維ネットの内側に不織布を装着したものと生分解性ポリエチレンネットの内側に紙を装着したものの 2 種類を使用し、当該袋内に種子と試験地の周辺から採取した菌根菌（AM 菌）を含む植生基盤材を充填した。



図-1 土壌保護シート

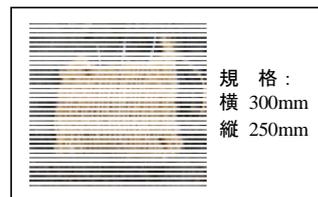


図-2 バッグ資材（ヤシ繊維ネット）

### 3. 施工および調査方法

バトゥール山の山麓において、2012 年 12 月 8～12 日に A 区（溶岩の風化が進み、細粒化した砂礫に少しずつ植生が進出している状況の場所）、2012 年 12 月 13～17 日に B 区（噴火に伴う黒いスコリアが残り、土壌侵食が激しく植物の生育が難しい状況の場所、当該スコリアは多孔質のため降雨時に水が抜けやすく乾燥し易い）の施工区を設け、斜面の整地後に東向き斜面の A 区にシート 2,000 m<sup>2</sup>、南向き斜面の B 区にシート 500 m<sup>2</sup>をそれぞれ敷設した。さらに、B 区は飛来種子による発芽が期待できなかったことから、バッグ資材を合計 67 袋設置した。現地の植物種子は Jati（チーク）、Lamtoro Gung（ギンネム）、Nangka（パラミツ）の 3 種類を使用した。

シート敷設前の土壌の状況を把握するため、①pH、②電気伝導度（EC）、③勾配、④土壌硬度などを測定した。その結果 pH は 5.5～6.7 と弱酸性から中性を示し、EC は 0.03～0.15ds/m と低く、塩基分・窒素分ともに不足している状況であった。また、土壌硬度は A 区 4～10mm、B 区で最大 22mm であった。シート敷設による侵食防止機能の効果検証のために、A 区で 7 箇所、B 区で 3 箇所の調査区（1m×1m のコドラート）を設置し、コドラート内のシート敷設境界部を斜面上方から上部、中部、下部の 3 箇所に設定し、侵食量（シート敷設部と裸地部の境界の段差）を調査した。植物については、植被率、バッグ資材に充填した植物の樹高、バッグ資材の残存率（充填した 3 種類の種子のうち 1 本以上生えているバッグ資材の個数の割合）を測定した。さらに、植物の生育環境の一つとしてシート敷設部と裸地部の地温を測定した。

キーワード 荒廃地、侵食防止、緑化、スコリア土壌、土壌保護シート、バッグ資材

連絡先 〒744-1131 山口県下松市葉山 2 丁目 904 番地の 16 多機能フィルター(株) TEL 0833-46-4466

#### 4. 結果と考察

A 区のシート敷設による侵食防止効果の結果を図-3 に示す。A 区のコドラート内における侵食量は、2013 年 9 月（施工 9 ヶ月後）で最大となった。その後、侵食量は減少の傾向がみられたが、これは降雨によって流された土砂がコドラート内の裸地部に堆積していることと、裸地部の表土が雨によって侵食されたものの、境界部のシートが裸地部側へ密着し、馴染んでしまったために境界部の段差が小さくなったと考えられる。また、図-4 に示すように、2015 年 3 月（施工 2 年 3 ヶ月後）において、シートを敷設していない裸地部の植被率 31%と比較してシート敷設部の植被率は 56%と高い傾向がみられた。

2013 年 9 月にシートの敷設有無による地表面温度の差を測定した結果を図-5 に示す。測定は地表面から 2.5cm, 5.0cm, 7.5cm, 10.0cm の深さで行った。その結果、シートを敷設した場合、地表面から深さ 2.5cm, 5.0cm ではシートのない裸地状態に比べて 10℃近く温度上昇を抑えていた。このことにより、敷設したシートが日中の地表面温度の上昇を防いでいること、地表面から 10cm の深さになると温度差はほぼ無くなることが示された。

図-6 に示すとおり、バッグ資材の 2015 年 3 月の調査時の平均樹高はチークで 38.0cm（最大 53cm）、ギンネムで 21.4cm（最大 60cm）と経時的な成長が認められ、バッグ資材の残存率は 32.8%であった。このうちギンネムは蓄までみられたが、パラミツは全て立ち枯れ状態であった。これらのことから、スコリア土壌においてパラミツは 1 年目の雨季において成長は良好であるが乾季の乾燥には弱いことが示された。また、2013 年 9 月にバッグ資材からの根の貫通状況を確認したところ、チークの根はシート下の土壌表面から 13cm の深さに達していた。

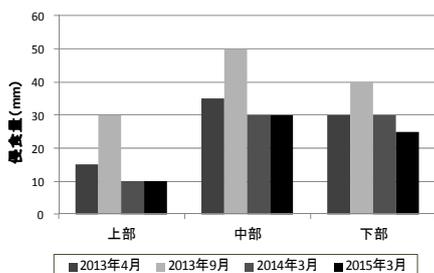


図-3 土壌侵食防止に及ぼすシート敷設の影響 (A 区)

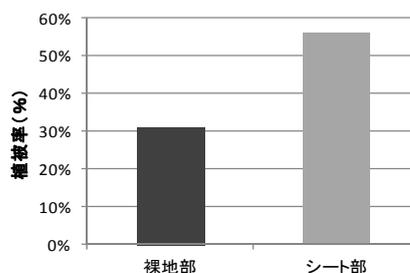


図-4 植被率に及ぼすシート敷設の影響

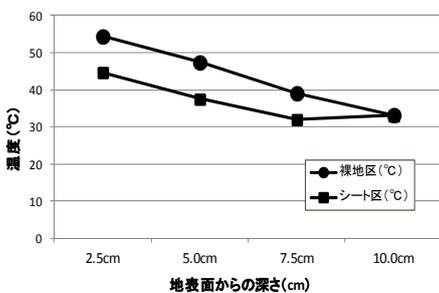


図-5 地温効果に及ぼすシート敷設の影響

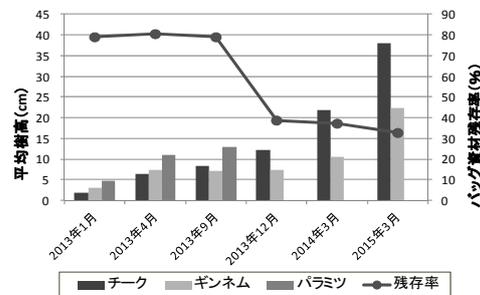


図-6 各樹種の樹高の推移およびバッグ資材の残存率

#### 5. まとめ

今回の結果は以下のようにまとめられる。①インドネシアのスコリア土壌でもシート敷設によって降雨の土壌侵食が効果的に抑制された。②植被率はシートを敷設した方が良好であった。③日中の地表面温度はシートを敷設することで最大 10℃抑制された。④バッグ資材の残存率は 32.8%であり、チークとギンネムは乾季の乾燥にも耐えて残存し、長期にわたり生育が可能であった。

#### 参考文献

- 平成 24 年度政府開発援助海外経済協力事業委託費による案件化調査（防災・環境保全及び環境再生技術の展開・普及可能性調査）[http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/seisaku/kanmin/chusho\\_h24/pdfs/a32.pdf](http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/seisaku/kanmin/chusho_h24/pdfs/a32.pdf)

Effect of the soil protection sheet and the bag material on the soil microorganisms and the indigenous arbuscular mycorrhizal fungi in the volcanic devastated site in Mt. Batur, Bali, Indonesia

Nobuyuki Kohno\*<sup>1,3</sup>, Kayo Gouya\*<sup>1</sup>, Shin-ichi Sekiyama\*<sup>1</sup>, Motoyuki Suzuki\*<sup>2</sup>

\*1 Takino Filter Inc., 904-16, Hayama 2-chome, Kudamatsu, Yamaguchi 744-0061 Japan

\*2 Yamaguchi University, Tokiwadai 2-16-1, Ube, Yamaguchi 755-8611 Japan

\*3 Corresponding author: kouno@takino.co.jp

#### Abstract

In the volcanic devastated site of Mt. Batur located in the north eastern part of Bali, Indonesia, the test construction with the soil protection sheet and the bag material for the prevention of soil erosion and the revegetation had been executed in December, 2012 and the effect has been verified by now. This time, the effect of the sheet on the soil microorganisms was investigated and the effect of the indigenous arbuscular mycorrhizal fungi, which had been put into the bag material with 3 kinds of woody plant seeds, on the vegetation was verified. As a result, after 2 years and 8 months from the construction, it was showed that the soil microorganisms just under the sheet without the plant increased 2 to 2.4 times more than those in the bare site without the plant and furthermore, those just under the sheet with the plant increased 8.4 to 8.9 times more than those in the bare site without the plant. And it is considered that the cutting fragments in the length of about 5cm of the gramineous plant root existed near the construction site put into the bag material with the woody plant seeds contributed to the colonization of the arbuscular mycorrhizal fungi into the roots of seedlings from the seeds and the survival of the seedlings from the seeds as the inocula of the fungi.

#### Introduction

In the surrounding of Mt. Batur located in the north eastern part of Bali, Indonesia, there are the volcanic deposits such as the volcanic ash, scoria, volcanic rock and the weathered gravel and the sand etc. derived from the eruption in 1917 and 1926. The deposits are easy to be eroded by the rainfall etc. even in present when about 90 years have passed since the eruption and the establishment and the growth of plants is difficult because those are short of nutrients for plants. And the muddy water and the deposits are flown into the Lake Batur by the rainfall etc., so that the deterioration of water quality is concerned. The forest area decreases by the deforestation, so that the effect on the local or the earth environment is also concerned. Therefore, the measure to prevent the erosion of deposits by the rainfall etc. is needed. By now, in this site, the planting of seedlings has been executed as the measure. Although the revegetation proceeds little by little by the measure, it is not enough to be revegetate. In the volcanic devastated site such as Mt. Unzen-Fugen dake in Nagasaki Prefecture and Mt. Sakurajima in Kagoshima Prefecture in Japan, it is shown that the soil protection sheet, which is effective to the prevention of soil erosion, and the bag material, which enables the vegetation from the woody plant seeds, are effective to the prevention of soil erosion and the revegetation<sup>1)</sup>. Therefore, in the similar site in Indonesia, the verification of the effect of the application of the sheet and the bag material on the prevention of soil erosion and the revegetation and the suggestion as one of the effective construction method are aimed. By now, it is reported that the soil protection sheet prevented the soil erosion even after 2 years and 3 months from the construction and made the vegetation coverage rate improve and

the ratio of the bag material from which the woody plant seedlings grew from the plant seeds put into the bags to the total number of bag materials was 32.8%<sup>2)</sup>. In this paper, the effect of the soil protection sheet on the amount of soil microorganisms and the verification of the effect of the indigenous arbuscular mycorrhizal fungi put into the bag materials on the vegetation are aimed. The report content is one executed in the Pilot Survey for Disseminating SME's Technologies for Disaster Prevention and Environmental Regeneration that is commissioned projects of Japan International Cooperation Agency (JICA).

## 2. Materials and Methods

### (1) Outline of the experimental site

The test construction was executed in the below 2 sites of Mt. Batur, Kintamani district, Bangli regency, Bali, Indonesia (Fig.1).



Fig. 1. Location of the experimental sites

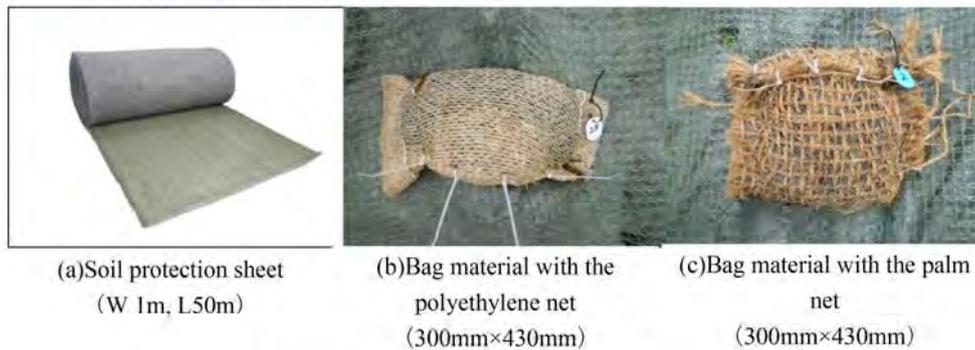
#### 1) A site

In December, 2012, the soil protection sheet, of which product name is Takino Filter Inc., was covered in the area of 2,000m<sup>2</sup> in the gentle slope of the under part in the east-southeast direction of Mt. Batur. In this site, the underground is composed of the scoria, the volcanic rock and the weathered gravel and sand etc. and there are comparatively many gramineous grass plants and a few leguminous shrubs and tall woody plants such as Sumatran pine. The used soil protection sheet is composed of 2 layers which the non-woven fabric of 60g/m<sup>2</sup> is reinforced by the net (Picture 1a). The sheet has the porosity of 97 to 98% and the ultra-fine fiber of the non-woven fabric entangles the surface soil grains and adheres to the soil surface and so that the soil erosion is prevented effectively. And the sheet has the functions of water holding and the decrease of the change of underground temperature such as the suppression of rise of it in summer and the prevention of the drop of it in winter etc. And the sheet enables the penetration of the bud and the root of plants and the revegetation. In present, 2 years and 8 months have passed since the construction, but the soil erosion is prevented effectively and the vegetation recovers very well as the report<sup>2)</sup> (Picture 2a).

#### 2) B site

In December, 2012, the soil protection sheet was covered in the area of 500m<sup>2</sup> in the flat, the gentle slope and the steep slope of the under part in the southwest direction of the Mt. Batur and then 67 bag materials were put on the sheet in the intervals of a few meters at random. The same sheet described above the A site

was used. The bag material, which the volcanic deposits of the amount of 1 to 2 liters mixed with the gramineous root fragments cut into about 5 cm length was put into the 2 kinds of bags made of the polyethylene net with the paper or the palm net with the polyester non-woven fabric with 3 kinds of woody plant seeds, was used (Picture 1b, 1c). The kind and the number of used woody plant seeds were 20 seeds for Teak, 150 seeds for *Leucaena leucocephala* and 5 seeds for Jack fruit. In present, 2 years and 8 months have passed since the construction, but the ratio of the bag materials in which the alive seedlings remain to the total number of bags is comparatively high of 32.8% and Teak and *Leucaena leucocephala* grow well particularly as the report (Picture 2b)<sup>2)</sup>.



Picture 1. Appearance of the soil protection sheet and the bag material



Picture 2. Condition of each test construction site after 2 years and 8 months from the construction (7, August, 2015)

## (2) Collection of the samples

### 1) A site

For the investigation of the amount of microorganisms, the samples of volcanic deposits were collected in 7, August, 2015. Total 8 samples were collected from each 2 points of non-rhizosphere or rhizosphere part in the bare plot and the sheet covered plot. The surface part to 5 to 10 cm depths was collected. In this time, the underground temperature in each sampling plot was measured with the stick thermometer. The collected samples were put into the plastic bags and brought back to the laboratory and kept in intact condition under the room temperature until the investigation.

## 2) B site

For the investigation of the spore number and the colonization condition into plant roots by AM fungi, each bag material with the polyethylene net or the palm net from which the gramineous grass plants grow and the deposits just under of the bag and the sheet and the plant with roots and the rhizosphere deposits of 2 gramineous grass plants and the non-rhizosphere deposits from 2 points in the bare plot were collected in 7, August, 2015. The collected samples were put into the plastic bags and brought back to the laboratory and kept in intact condition under the room temperature until the investigation as same as the above A site.

### (3) Investigation method

#### 1) Number of microorganisms

In the volcanic deposit samples collected in the test construction A site, the number of bacteria and actinomycetes and fungi was investigated by the dilution plate method. YG agar medium (yeast extract 1.0g, D-glucose 1.0g, dipotassium hydrogen phosphate 0.3g, potassium dihydrogen phosphate 0.2g, magnesium sulfate heptahydrate 0.2g, agar 15.0g, cycloheximide 0.050g, distilled water 1,000mL) for the bacteria and the actinomycetes and Rose Bengal agar medium (D-glucose 10.0g, peptone 5.0g, rose bengal 0.033g, potassium dihydrogen phosphate 1.0g, magnesium sulfate heptahydrate 0.5g, agar 20.0g, streptomycin sulfate 0.030g, distilled water 1,000mL) for the fungi were used respectively. The number of colony which occurred after one week from smearing the diluted sample on the agar media was counted. In this time, the water content was also measured and then the number of microorganisms per dry matter was calculated.

#### 2) Spore density of AM fungi

In the volcanic deposit samples collected in the test construction B site, each sample was weighed by 25g in the Erlenmyer flask of 100mL and then the supernatant of the suspension was sieved in about 5 times repeatedly by the wet sieving method. The remnant on each sieve of 53 $\mu$ m, 106 $\mu$ m and 212 $\mu$ m were collected in the centrifuge tube and those were centrifuged at 5,000 rpm for 3 minutes. The supernatant after the centrifugation was transferred into each Petri dish and then the spore number of AM fungi was counted under the stereomicroscope. When the quantity of remnant or the spore number was too much to count, the sample was diluted in 10 to 100 times and then the spore number was counted. In this case, the water content was also measured and then the spore density per dry matter was calculated.

#### 3) Colonization into the plant roots by AM fungi

Among the samples collected in the test construction B site, each gramineous grass plant roots were cut into 3 to 5 cm randomly and put them in the beaker of 100mL. The plant roots were washed in the tap water and the volcanic deposits adhered to the plant roots were dropped out. The cleaned plant roots were stained by the trypan blue and some stained roots were arranged in the Petri dish and some ones were prepared as the specimen. With the former prepared samples, the colonization rate into plant roots by AM fungi was measured by the grid line intersection method under the stereomicroscope and with the latter prepared specimens, the detail structures of AM fungi in plant roots were observed under the biological microscope.

### 3. Results and Discussions

#### 1) Number of microorganisms

The number of bacteria and actinomycetes in the rhizosphere part of the soil protection sheet covered plot and that in the non-rhizosphere part of the bare plot were  $3.5 \times 10^6$  CFU/g dry matter and  $4.1 \times 10^5$  CFU/g dry matter on an average respectively, so that the former was 8.4 times more than the latter (Figure 2). And that in the non-rhizosphere part of the soil protection sheet covered plot and that in the rhizosphere part of the bare plot were  $1.0 \times 10^6$  CFU/g dry matter and  $7.1 \times 10^5$  CFU/g dry matter on an average respectively, so that the former was 2.4 times and the latter was 1.7 times more than that in the non-rhizosphere part of the bare plot (Figure 2). However, there was no difference among every plot statistically by the Tukey's range test.

The number of fungi in the rhizosphere part of the sheet covered plot and that in the non-rhizosphere part of the bare plot were  $2.3 \times 10^5$  CFU/g dry matter and  $2.5 \times 10^4$  CFU/g dry matter on an average respectively, so that the former was 8.9 times more than the latter (Figure 3). And that in the non-rhizosphere part of the sheet covered plot and that in the rhizosphere part of the bare plot were  $5.0 \times 10^4$  CFU/g dry matter and  $3.5 \times 10^4$  CFU/g dry matter on an average respectively, so that the former was 2.0 times and the latter was 1.4 times more than that in the non-rhizosphere part of the bare plot (Figure 3). However, there was also no difference among every plot statistically by the Tukey's range test.

From the above results, it was showed that once the plants establish and grow on the bare site, microorganisms in the plot increase by 1.4 to 1.7 times more of that in the bare plot where there is no plants but the coverage with the soil protection sheet makes microorganisms increase by 2.0 to 2.4 times more of it after 2 years and 8 month from the construction. This shows that in this construction site, the mulching effect by the soil protection sheet is more effective than the rhizosphere effect by the plants for the increase of microorganisms in the volcanic deposits. Furthermore, when the plants established and grew on the soil protection sheet, microorganisms in the plot increased by 8.4 to 8.9 times of that in the bare plot without the plants, so that it was showed that the combination of the mulching effect by the soil protection sheet and the rhizosphere effect by the establishment and the growth of plants makes microorganisms increase remarkably. By now, according to the result which the amount of soil erosion was investigated with the soil protection sheet, it was showed that the soil erosion was suppressed by the sheet only but the increase of plant root density by the establishment and the growth of plants makes the effect increase much remarkably<sup>3)</sup>, so that it is considered that this leads to the remarkable increase of microorganisms in the volcanic deposits.

In the comparison of temperature in the surface of volcanic deposits measured in the sampling daytime, that in the rhizosphere part of the soil protection sheet covered plot was  $26.6^\circ\text{C}$  on an average, so that it was lower by  $6.2^\circ\text{C}$  than that in the non-rhizosphere part of the bare plot of  $32.8^\circ\text{C}$  on an average (Figure 4). The temperatures in the non-rhizosphere part of the sheet covered plot and that in the rhizosphere part of the bare plot were  $31.9^\circ\text{C}$  and  $31.1^\circ\text{C}$  on an average respectively, so that those were lower by  $0.9^\circ\text{C}$  and  $1.7^\circ\text{C}$  than it (Figure 4). This shows that the mulching by the soil protection sheet make the increase of temperature in the hot time of daytime suppress and the shadow by plants is also effective to the decrease of temperature and the combination of the mulching effect by the sheet and the shadow effect by plants makes the rise of temperature suppress more effectively and so supplies the moderate condition of temperature not only for the growth of plant roots but also the living of microorganisms in the site.

From above results, it is considered that the coverage of the soil protection sheet itself makes microorganisms in the volcanic deposits increase by the soil erosion prevention effect and the suppression

effect of the rise of temperature in the daytime etc., and once the plants establish and grow on the sheet, the effect becomes more remarkably by satisfying the condition capable of the increase of microorganisms.

Furthermore, it is considered that the increase of microorganisms contributes to the formation of water stable soil aggregates because the adhesive materials by microorganisms themselves and the secretion and fungal hyphae entangle soil particles. Thus, it is expected that the soil physical condition is improved and more moderate soil for the plant growth is formed by the soil protection sheet.

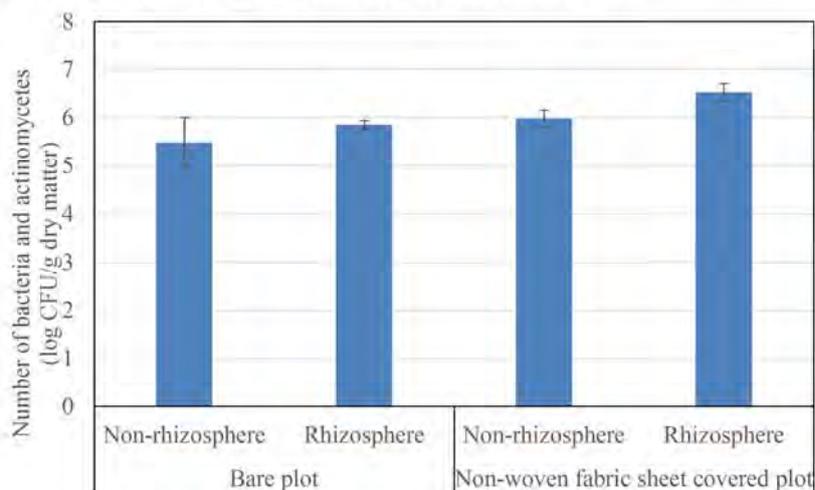


Figure 2. Effect of the soil protection sheet and the plant on the number of bacteria and actinomycetes in the A site of the test construction site of Mt. Batur, Bali, Indonesia after 2 years and 8 months from the construction (7, August, 2015)

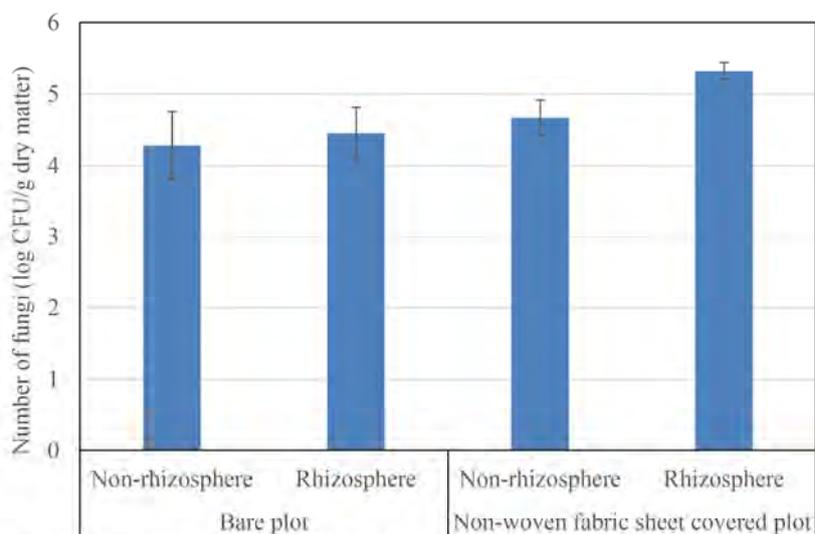


Figure 3. Effect of the soil protection sheet and the plant on the number of fungi in the A site of the test construction site of Mt. Batur, Bali, Indonesia after 2 years and 8 months from the construction (7, August, 2015)

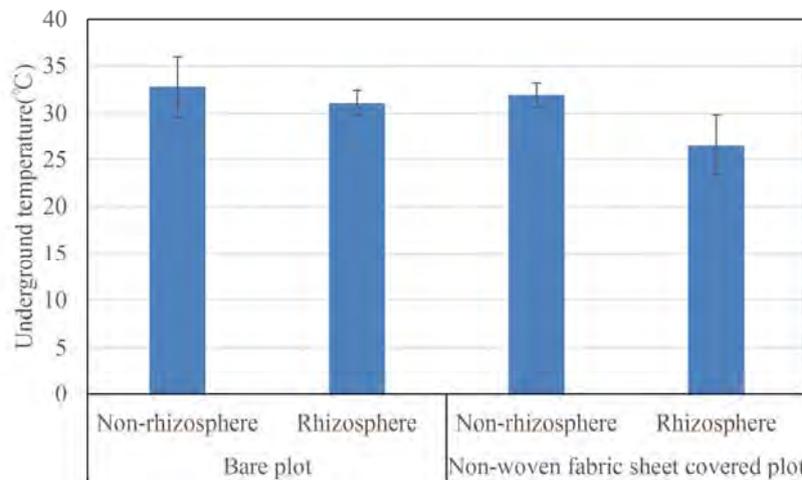


Figure 4. Effect of the soil protection sheet and plants on the underground temperature in the daytime in the A site of test construction site of Mt. Batur, Bali, Indonesia after 2 years and 8 months from the construction (7. August. 2015)

### 2) Spore density of AM fungi

In the test construction B site of Mt. Batur, the spore density of AM fungi in the surface part of the bare plot where the plants does not exist was 8 spores/g dry matter on an average, but that inside the bag material was 60 spores/g dry matter and that just under the bag and the soil protection sheet was 39 spores/g dry matter on an average and so those were 7.1 times and 4.6 times more than that in the bare site without plants (Table 1). While, that in the rhizosphere part of the gramineous grass plants in the bare plot was 87 spores/g dry matter on an average and so that was 10.3 times more than that in the bare plot without plant (Table 1). Particularly, that in the rhizosphere part of the gramineous grass plant which grows in the flat and sandy ground about 10m far from the soil protection sheet covered plot was 137 spores/g dry matter (Table 1). This shows that in the test construction site, there are a large number of spores of AM fungi adapted to the site in the rhizosphere part of the gramineous grass plants which grow in the flat and good conditioned plot. And in the site, even if it is the bare site without plants, in the surrounding part the plants establish and grow, so that it is considered that there are a few spores of AM fungi affected by the existence of the plants.

### 3) Colonization into the plant roots by AM fungi

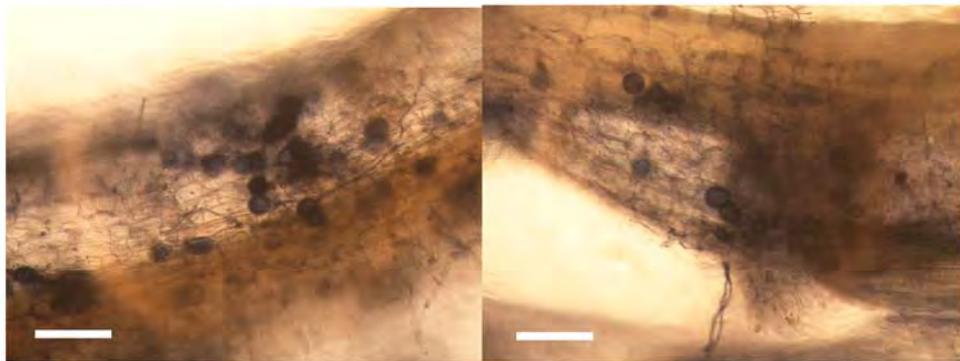
The colonization rate into the plant roots by AM fungi in the gramineous grass plants in the bare plot was 90.2% in average of two plants, that in the gramineous grass plants inside the bag material was 92.1% in average of two plants and that in the same plants just under of the bag and the soil protection sheet was 80.2% in average of two plants, so that it is showed that every plant roots are colonized extreme highly by AM fungi although that just under the bag and the sheet is lower by about 12% than that inside the bag (Table 1). This suggests that the indigenous AM fungi put into the bag material as the fragmented gramineous grass plant roots colonized by the fungi contribute largely to the establishment and the growth of plants in the site accompanied with the high spore density of AM fungi in the volcanic deposits.

Concerning the structures of AM fungi in the plant roots, the inner hyphae and the vesicle in every plant

roots were observed (Picture 3). In almost plant roots, the inner spores were also observed, but in the gramineous grass plant roots inside the bag material with the palm net and just under the bag and the sheet, the inner spores with the comparative big size of 70 to 120µm were observed particularly (Picture 3e and 3f).

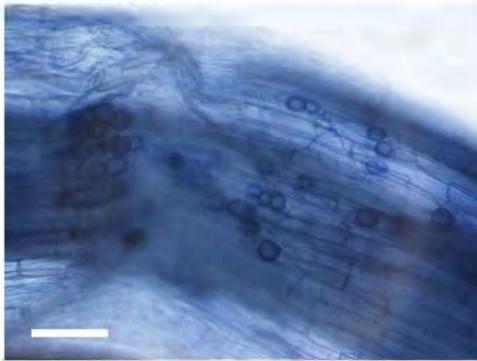
Table 1. Spore density of AM fungi and the colonization into the plant roots by the fungi in the test construction B site of Mt. Batur after 2 years and 8 months from the construction (7, August, 2015)

| Investigation plot                                | Sampling plot   | Sampling part   | Spore density of AM fungi (spores/g dry matter) | Colonization rate (%) | Structure of AM fungi in the plant roots |
|---|---|---|---|-----------------------|--|
| Bare plot   | beside the soil protection sheet                                | Surface part without plants                               | 7   | —                     | —  |
|   |   | Rhizosphere part in the gramineous grass plant            | 36  | 86.2                  | Inner hyphae, vesicle, inner spore       |
|   | Plot about 10 m far from the soil protection sheet covered plot | Surface part without plants                               | 10  | —                     | —  |
|   |   | Rhizosphere part in the gramineous grass plant            | 137   | 94.2                  | Inner hyphae, vesicle                    |
| Bag material + soil protection sheet covered plot | Bag material with the polyethylene net                          | Inside the bag material                                   | 37  | 98.4                  | Inner hyphae, vesicle, inner spore       |
|   |   | Just under the bag material and the soil protection sheet | 43  | 93.0                  | Inner hyphae, vesicle, inner spore       |
|   | Bag material with the palm net                                  | Inside the bag material                                   | 83  | 85.9                  | Inner hyphae, vesicle, inner spore       |
|   |   | Just under the bag material and the soil protection sheet | 35  | 67.3                  | Inner hyphae, vesicle, inner spore       |

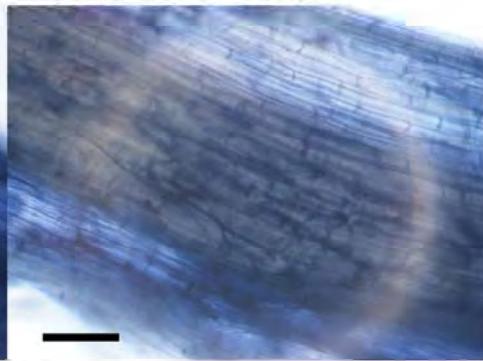


(a) Gramineous grass plant roots in the bare plot beside the soil protection sheet covered plot

(b) Gramineous grass plant roots in the bare plot about 10m far from the soil protection sheet covered plot



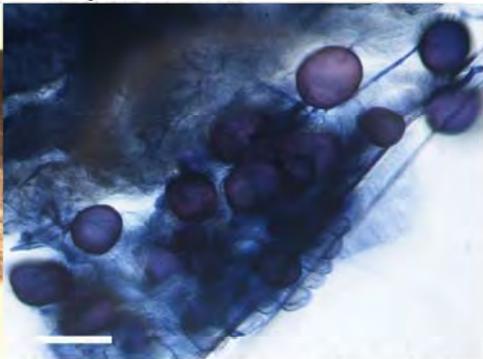
(c) Gramineous grass plant roots inside the bag material with the polyethylene net



(d) Gramineous grass plant roots just under the bag material with the polyethylene net and the soil protection sheet



(e) Gramineous grass plant roots inside the bag material with the palm net



(f) Gramineous grass plant roots just under the bag material with the palm net and the soil protection sheet

Picture 3. Colonization condition into each plant roots by AM fungi  
(Bar length in the left under: 100 $\mu$ m)

#### 4) Effect of the application of the indigenous AM fungi

This time, in the seedling planting plot in the neighbor of the test construction B site of Mt. Batur, the number of survived seedlings was 28 in the total number of 122 counted and so the survival rate was 23.0%. While, the survival rate of the bag material in which the seedlings from the seeds put into the bag survived and grew after 2 years and 3 months from the construction was 32.8%, so that it was about 10% higher than that in the seedling planting method. This shows that in the rhizosphere part of the gramineous grass plants dotted in the test construction B site of Mt. Batur, the spore of the indigenous AM fungi adapted to the site exists in extremely high dense in present when about 90 years have passed since the eruption, in the bare site without plants, putting them into the bag material makes the indigenous AM fungi colonize into the seedling roots from the seeds put into the bag together and contributes to the improvement of the survival.

#### 4. Conclusion

This time, in the two test construction sites of Mt. Batur, the effect of the soil protection sheet on the microorganisms in the A site and the verification of the effect of the indigenous AM fungi put into the bag material were investigated in the B site and the following results were obtained.

- (1) It was showed that the soil protection sheet itself contributes to the increase of microorganisms in the A site, but furthermore, the establishment and the growth of the local plants on the sheet make the effect increase more remarkably.
- (2) In present when about 90 years have passed since the eruption in the volcanic devastated site of Mt. Batur, in the rhizosphere part of dotted gramineous grass plants, a large number of spores of AM fungi exist, so that it is considered that putting them into the bag material with the woody plant seeds as the inocula of indigenous AM fungi makes the fungi colonize into the woody seedlings from the seeds put into the bag and contributes to the improvement of the survival.

#### Acknowledgement

This investigation report was executed by the support of “the Pilot Survey for Disseminating SME’s Technology for Disaster Prevention and Environmental Regeneration” in the fiscal year of 2013 by Japan International Cooperation Agency (JICA). Here, we appreciate for the support by JICA. And in the investigation, Prof. IG.P. Wirawan and all persons in Central Laboratory for Genetic Resources and Molecular Biology, Udayana University cooperated and helped us concerning the investigation. We are deeply grateful for their devoted work.

#### References

- 1) Takuya Marumoto, Nobuyuki Kohno, Tsugio Ezaki, Hiroaki Okabe: Reforestation of volcanic devastated land using the symbiosis with mycorrhizal fungi, *Soil Microorganisms*, Vol.53, No.2, 81-90, 1999 (in Japanese)
- 2) Kayo Gouya, Motoyuki Suzuki, Kazuo Yamamoto: Prevention of soil erosion and the revegetation in the devastated volcanic site of Mt. Batur, Bali, Indonesia, *Proceeding of the 67th meeting for reading research papers in Japan Society of Civil Engineers Chugoku regional branch office in the fiscal year of 2015*, 471- 472, 2015 (in Japanese)
- 3) Kazuo Yamamoto, Takuya Marumoto: With the aim of environmental regeneration, *Resources Processing*, Vol.59, No.4, 168-173, 2012 (in Japanese)