

平成25年度外務省政府開発援助海外経済協力事業
（本邦技術活用等途上国支援推進事業）委託費
「案件化調査」

ファイナル・レポート

インドネシア共和国

携帯電話通信網を利用した
リアルタイム・モニタリングシステム
普及のための案件化調査

平成26年3月
(2014年)

株式会社みどり工学研究所・
株式会社かいはつマネジメント・コンサルティング
共同企業体

本調査報告書の内容は、外務省が委託して、株式会社みどり工学研究所・株式会社
かいほつマネジメント・コンサルティング共同企業体を実施した平成25年度外務
省政府開発援助海外経済協力事業（本邦技術活用等途上国支援推進事業）委託費
（案件化調査）の結果を取りまとめたもので、外務省の公式見解を表わしたもので
はありません。

目次

| | |
|------------------|-----|
| 巻頭写真 | vii |
| 略語表 | ix |
| 要旨 | xi |
| はじめに（調査概要） | xix |

第1章 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認

| | |
|---|----|
| 1-1 対象国の政治・経済の概況 | 1 |
| 1-1-1 基礎情報 | 1 |
| 1-1-2 政治状況 | 1 |
| 1-1-3 経済状況 | 1 |
| 1-1-4 森林減少とその要因 | 2 |
| 1-1-5 開発計画と気候変動問題の位置づけ | 4 |
| 1-1-6 温暖化ガス排出問題と対策 | 6 |
| 1-2 対象国の対象分野における開発課題の現状 | 7 |
| 1-2-1 泥炭地の規模・推移・現状 | 7 |
| 1-2-2 泥炭地における GHG 排出とその課題 | 9 |
| 1-3 対象国の対象分野の関連計画、政策及び法制度 | 10 |
| 1-3-1 気候変動対策 | 10 |
| 1-3-2 GHG 排出削減にかかる課題と対応策 | 15 |
| 1-4 対象国の対象分野の ODA 事業の事例分析および他ドナーの分析 | 17 |
| 1-4-1 我が国 ODA の援助方針 | 17 |
| 1-4-2 我が国 ODA の事例 | 18 |
| 1-4-3 他ドナーの支援内容 | 20 |

第2章 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し

| | |
|--|----|
| 2-1 提案企業及び活用が見込まれる提案製品・技術の強み | 23 |
| 2-1-1 SESAME システム I～III とそれぞれの特長 | 24 |
| 2-1-2 SESAME システムの長所 | 24 |
| 2-1-3 製品・技術のスペック／価格 | 25 |
| 2-1-4 日本国内における類似製品との比較 | 25 |
| 2-1-5 インドネシア国内における類似製品との比較 | 26 |
| 2-1-6 SESAME システムの比較優位性 | 30 |
| 2-1-7 インドネシアにおける同業他社 | 31 |
| 2-2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ | 32 |
| 2-2-1 みどり工学研究所設立の経緯と国内の現状 | 32 |
| 2-2-2 国内外の販売実績 | 33 |
| 2-2-3 海外進出の位置づけ | 33 |
| 2-2-4 これまでの取り組み | 34 |
| 2-3 提案企業の海外進出による日本国内地域経済への貢献 | 35 |
| 2-4 想定する事業の仕組み | 36 |
| 2-4-1 市場環境 | 36 |

| | | |
|------------|---|----|
| 2-4-2 | 需要見込み..... | 38 |
| 2-5 | 想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール..... | 40 |
| 2-5-1 | 製造販売体制..... | 40 |
| 2-5-2 | 遵守すべき通信規格..... | 41 |
| 2-5-3 | 現地法人設立と運営にかかる留意点..... | 42 |
| 2-6 | リスクへの対応..... | 44 |
| | | |
| 第3章 | 製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査） | |
| 3-1 | 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）の概要..... | 46 |
| 3-1-1 | ジャティルフルダム湖（西ジャワ州中部）..... | 46 |
| 3-1-2 | 泥炭地（パランカラヤ市郊外）..... | 48 |
| 3-2 | 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）の結果..... | 53 |
| 3-2-1 | ジャティルフルダム湖..... | 53 |
| 3-2-2 | 泥炭地..... | 55 |
| 3-2-3 | SESAME システムの現地適合性にかかるまとめ..... | 60 |
| 3-2-4 | 新聞報道..... | 60 |
| 3-2-5 | パイロット調査以外から得られた結果と考察..... | 60 |
| 3-2-6 | 関係者ワークショップ..... | 62 |
| 3-3 | 採算性の検討..... | 69 |
| | | |
| 第4章 | ODA 案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開に係る効果 | |
| 4-1 | 提案製品・技術と開発課題の整合性..... | 72 |
| 4-1-1 | 気候変動緩和策への活用と貢献..... | 72 |
| 4-1-2 | 気候変動適応策への活用と貢献..... | 73 |
| 4-2 | ODA 案件化を通じた製品・技術等の当該国での適用・活用・普及による開発効果..... | 74 |
| 4-3 | ODA 案件の実施による当該企業の事業展開に係る効果..... | 75 |
| | | |
| 第5章 | ODA 案件化の具体的提案 | |
| 5-1 | ODA 案件概要..... | 76 |
| 5-1-1 | ODA スキームの検討..... | 76 |
| 5-1-2 | 普及・実証事業適合性の検証..... | 76 |
| 5-2 | 具体的な協力内容及び開発効果..... | 78 |
| 5-2-1 | プロジェクトの枠組み..... | 78 |
| 5-2-2 | BPPT の位置づけと組織概要..... | 79 |
| 5-2-3 | プロジェクト参加機関..... | 81 |
| 5-2-4 | プロジェクトの活動スケジュール..... | 81 |
| 5-2-5 | コスト分担..... | 83 |
| 5-2-6 | 協力額と参加機関の費用負担額概算..... | 83 |
| 5-2-7 | 主な参加機関の概要と SESAME システムの活用案..... | 84 |

| | |
|---|----|
| 5-2-8 気候変動対策のためのアクション..... | 91 |
| 5-3 他 ODA 案件との連携可能性..... | 91 |
| 5-4 その他関連情報..... | 92 |
| 5-4-1 BPPT・関係機関との合意事項..... | 92 |
| 5-4-2 SESAME システム・インドネシア・日本コンソーシアム..... | 93 |
| 5-4-3 SESAME コンソーシアム・サーバーの構築と運用..... | 93 |
| 5-4-4 SESAME システムの役割..... | 94 |

添付資料

| | |
|------------------------|---------|
| 添付資料 1 新聞記事..... | 添付 - 1 |
| 添付資料 2 覚書 (MOU) 案..... | 添付 - 3 |
| 添付資料 3 議事録..... | 添付 - 6 |
| 添付資料 4 調査時の写真..... | 添付 - 48 |

英文要約

巻頭写真



写真1 SESAMEシステムの内部構造
野外用に防水が施されている



写真2 SESAMEシステムは屋根に設置の
小型ソーラーパネルで作動



写真3 泥炭地に設置された SESAME システム
雨量計と水位計を接続（温度計は内臓）



写真4 デンドロメーター
樹木の周長を計測



写真5 ジャティールフルダムに設置された
SESAME、水中の水位計と接続



写真6 12月12日のワークショップ風景（ジャ
カルタ）

略語表

| | | |
|----------|---|--------------------|
| API-U | Angka Pengenal Impor | 一般輸入業者登録 |
| AWLR | Automatic Water Level Recorder | 自動水位レコーダー |
| BAPPEDA | Badan Perencanaan Pembangunan Daerah | 地方開発企画庁 |
| BAPPENAS | Badan Perencanaan Pembangunan Nasional | 国家開発企画庁 |
| BAU | Business As Usual | 追加的な対策を講じなかった場合の状況 |
| BKPM | Badan Koordinasi Penanaman Modal | 投資調整庁 |
| BMKG | Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika | 気象・気候・地球物理庁 |
| BNPB | Badan Nasional Penanggulangan Bencana | 国家災害管理庁 |
| BPPT | Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi | 技術評価応用庁 |
| BSN | Badan Standardisasi Nasional | 国家標準機構 |
| BTS | Base Transceiver Station | 通信基地局 |
| CDM | Clean Development Mechanism | クリーン開発メカニズム |
| CMEA | Coordinating Ministry for Economic Affairs | 経済担当調整大臣府 |
| DNA | Designated National Authority | 指定国家機関 |
| DNPI | Dewan Nasional Perubahan Iklim | 国家気候変動協議会 |
| EPA | Economic Partnership Agreement | 経済連携協定 |
| FTA | Free Trade Agreement | 自由貿易協定 |
| GHG | Greenhouse Gas | 温室効果ガス |
| GIS | Geographic Information System | 地理情報システム |
| IAARD | Indonesian Agency for Agricultural Research and Development | インドネシア農業研究開発機関 |
| IAHRI | Indonesian Agroclimate and Hydrology Research Institute | インドネシア農業気象・水文学研究所 |
| ICCRI | Indonesian Coffee Cacao Research Institute | インドネシアコーヒー・カカオ研究所 |
| ICCSR | Indonesian Climate Change Sectorial Roadmap | 気候変動部門別ロードマップ |
| ICCTF | Indonesia Climate Change Trust Fund | インドネシア気候変動信託基金 |
| IDR | Indonesian Rupia | インドネシアルピア |
| JCM | Joint Credit Mechanism | 二国間クレジット制度 |
| JETRO | Japan External Trade Organization | 日本貿易振興機構 |

| | | |
|---------|---|----------------------------|
| JICA | Japan International Cooperation Agency | 国際協力機構 |
| JST | Japan Science and Technology Agency | 科学技術振興機構 |
| KMC | Kaihatsu Management Consulting, Inc. | (株)かいはつマネジメント・コンサルティング |
| MOU | Memorandum of Understanding | 覚書 |
| MRP | Mega Rice Project | メガライスプロジェクト |
| NAMAs | Nationally Appropriate Mitigation Actions | 開発途上国による適切な緩和行動 |
| NEE | Net Ecosystem Carbon Exchange | 生態系純炭素交換量 |
| NIK | Nomor Induk Kepabean | 輸入者登録 |
| NMS | Network Management System | ネットワーク管理システム |
| NPIK | Nomor Pengenal Impor Khusus | 特殊輸入承認番号 |
| PMA | Perusahaan Modal Asing | 外資 100% |
| PSAK | Indonesian Financial. Accounting Standards | インドネシア会計基準 |
| PU | Departemen Pekerjaan Umum | 公共事業省 |
| RAD-GRK | Rencana Aksi Daerah Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca | GHG 排出削減のための州行動計画 |
| RAN-API | Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim | 気候変動適応のための国家行動計画 |
| RAN-GRK | Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca | GHG 排出削減のための国家行動計画 |
| RAN-PI | Rencana Aksi Nasional Perubahan Iklim | 気候変動に関する国家行動計画 |
| REDD+ | Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries Plus | 途上国の森林減少・劣化に由来する排出の削減「プラス」 |
| RPJMN | National Medium-Term Development Plan | 国家中期開発計画 |
| RPJPN | National Long-Term Development Plan | 国家長期開発計画 |
| SATREPS | Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development | 地球規模課題対応国際科学技術協力 |
| SESAME | Sensory Data Transmission Service Assisted by Midori Engineering | みどり工学が開発したフィールドデータ伝送サービス |
| SLIMS | Subscriber Line Management System | 加入者ライン管理システム |
| SMS | Short Message System | ショートメッセージシステム |
| UNFCCC | United Nations Framework Convention on Climate Change | 国連気候変動枠組条約 |
| VMS | Video Messaging System | ビデオメッセージングシステム |

要旨

第1章 対象国における当該開発課題の現状及びニーズの確認

インドネシアでは、2009年 G20 ピッツバーグ・サミットにおいて、ユドヨノ大統領による以下の GHG 排出削減目標の声明を出して以来、気候変動対策が中長期国家開発計画における最重要課題として組み込まれた。

- ・ 自国による取組として、年間 GHG 排出量を 2020 年までに BAU 比で 26%削減する。
- ・ さらに、国際的な支援を受けて 41% (15%の追加) まで削減する。

インドネシアでは、今日に至るまで極めて深刻な速さで森林、特に熱帯雨林が破壊されている。熱帯雨林国中第3位の森林面積を有するインドネシアでは、1990年から2010年までの20年間に約20%もの森林が減少している。森林減少率は年間1%前後で第1位、年間森林減少面積においても第2位である。この森林減少の大きな要因として、パーム油生産を目的としたオイルパームのプランテーション開発があげられるが、政府機関を含む土地所有者や住民がそこから得られる経済的利益も大きく、このままでは開発の勢いが収まる状況にはない。その結果、森林減少・森林劣化による GHG 排出量は年間6億トンにのぼると推計される。

さらには、森林減少を大きく上回る GHG 排出が、泥炭地における火災や微生物分解により引き起こされており、その量は推計で年間20億トンにのぼる。エネルギー起源排出量4.1億トンに森林および泥炭地からの排出を加えると、インドネシアの GHG 総排出量は約30億トンとなる。これは、中国、アメリカに次いで世界第3位の大きさであり、GHG 排出削減は世界的に取り組むべき極めて重要な開発課題である。

世界の熱帯泥炭の約3分の2が存在するインドネシア泥炭地は「温暖化の火薬庫」といわれている。元々、泥炭地は湿地であるため、泥炭火災や泥炭分解は自然状態では起こらない。しかし、90年代の中部カリマンタンで実施されたメガライズプロジェクトや現在も続いているオイルパームのプランテーション開発などにより、泥炭地で森林破壊および排水が加速された結果、泥炭が乾燥し、泥炭火災や泥炭分解が引き起こされた。それによって多量の二酸化炭素が放出され続ける状態、つまり、「火薬庫」に火が点いてしまっているのが現在の状況である。泥炭地の地下水位をコントロールし、泥炭の乾燥によって引き起こされる二酸化炭素放出を未然に防ぐ事は、世界的に喫緊の課題といえる。

インドネシア政府は、国家開発計画において最大の開発課題とされる気候変動対策の実行計画として「GHG 排出削減のための国家行動計画」(RAN-GRK) および「気候変動適応のための国家行動計画」(RAN-API) を策定し、それぞれを気候変動緩和策および適応策における国家政策の根幹としている。緩和策の柱である RAN-GRK は、削減目標の90%近くを森林および泥炭のセクターで達成することを掲げ、中でも、泥炭地を対象とした対策には極めて重視している。また、各州政府に対しては、二酸化炭素削減目標が達成できるよう、RAN-GRK を参照して州行動計画 (RAD-GRK) を作成することを義務付けている。他方で、適応策の柱である RAN-API は、雨量の不安定化を同国の気候変動の主要リスクと考え、洪水および旱魃への対策が重要視されている。

我が国の援助方針でも、対インドネシアにおいては気候変動対策が重点項目である。3つの重点分野の一つに、支援すべき地球規模課題として気候変動があげられている。気候変動対策は開発課題と

して定められ、気候変動プログラムの中で多数のプロジェクトが実施されている。また、我が国のみならず、ノルウェー、オーストラリア、ドイツなどの先進国に加え、国連や世界銀行といった国際機関も積極的な支援に乗り出している。気候変動の問題は、インドネシアにとって、開発と排出抑制の間で微妙なバランスが求められるため、基金を設立して政府の管理能力強化を図るものの、具体的な対策は、インドネシア政府の自主的な計画実施に基づくという資金的な支援が主となっている。一方では、森林・泥炭地保護政策の実施を資金提供の条件とし、積極的な削減政策実行を促すノルウェーの例もみられる。

第2章 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し

SESAME システムとは、「①センサーによりフィールドデータを収集、②その場で記録、③携帯電話通信網を用いて遠隔地に設置したサーバーに伝送、④伝送データを処理した後、⑤分析に必要な形で出力し、⑥その結果をクライアント・コンピュータに送付する」総合テレメトリシステムであり、その特長は以下のとおりである。

- ① 1セット約 50 万円（工事費別途）という安価な価格
- ② 高いデータ測定頻度と長期保存可能なメモリー容量
- ③ 太陽電池で年間稼働：電力消費量が少なく、電池切れの心配がない。万一、充電電池が切れてもデータはメモリーカードに保存
- ④ 条件入力によるデータ伝送頻度の可変設定および注意喚起 E メール送信機能
- ⑤ 汎用品の組合せで機器が構成されているため、海外でも容易な保守交換
- ⑥ 現地携帯通信会社の SIM カード利用による通信コストの低さ（インドネシアでは約 200 円/月）、システム運用費が 3,000 円/月
- ⑦ データのリアルタイム処理およびグラフやマップ上での表示機能により、広域モニタリングに効果を発揮
- ⑧ 設置時点で即、データ確認が可能
- ⑨ 模造困難である統合的なシステム設計

このように優れた特長を持つ SESAME システムではあるが、国内市場では参入障壁に直面し、インドネシア泥炭 SATREPS での高い評価をきっかけに、日本国内のニーズにも対応しつつも、軸足は海外に移すことを考えている。

特に特徴が似ている日本国内 2 社の製品と比較では、データ測定間隔と集積容量、データ転送システム、使用電源、価格すべての面において SESAME システムが優れているといえる。また、インドネシアでは、公共事業省が中心となって開発・利用されている Tech4Water の GSM タイプのテレメトリシステムが唯一の競合品といえるが、実際にはその多くが正常に稼働しておらず、優位性はない。

気候変動対策をテーマとしても SESAME システムの想定される用途は多数ある。①泥炭地の地下水管理、②泥炭地における森林の二酸化炭素固定量推計、③洪水自然災害早期警報システム、④気象観測、の 4 つの活用例に限っても 1 万 4,000 カ所以上の観測地点での設置需要が見込まれる。市場環境としてインドネシアでは十分大きな需要があるものと推計される。

製造販売体制については、BNT 社が、商社の場合と同様に API-U という輸入ライセンスを投資調整庁から取得し、現地総代理店となって SESAME 事業を始める予定である（BNT 社は現地の関係者により SESAME システム販売を目的として設立された現地資本法人）。事業が軌道に乗った時点（好状況では 2 年目）で、みどり工学は BNT 社に資本を入れ子会社化する。BNT 社を通じて、現地パート

ナーとも連携する。設置や保守管理に関しては、テレメトリシステムの製造あるいは販売に関わる同業他社はインドネシアに数社あるものの、連携に積極的で実績がある Hydrosix 社から協力を得る予定である。ロックダウン生産やジャワ島とカリマンタン島以外の主要島での販売、設置に関しては、担当の代理店を置く予定である。

SESAME システムの汎用品を用いた構成は保守交換を容易にする一方、粗悪な類似品が出回るリスクがあるが、そうしたリスクに対処するため、SESAME コンソーシアムを形成し、収集したデータを関係機関で共同利用する仕組みをつくることで SESAME の絶対優位性を高める。

第3章 製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）

SESAME システムが、気候変動問題対策において十分に貢献できる製品・技術であることを実地検証し、かつ、それによってみどり工学がインドネシアへ進出し SESAME システム事業を展開するための見通しをつける目的で、以下に述べる2カ所でパイロット調査を実施した。

（1）ジャティルフルダム湖

ダムの管理に最も重要な水位は、毎時、職員が目視で量水標を読み取っているが、これでは多目的ダムとしての計画配水や洪水時の緊急対応ができない。そこで、SESAME システムが現場で水位をリアルタイム計測できること、および、硫化水素や結露に対する耐久性を持つことの検証活動を実施した。2013年10月に SESAME 本体を取付けた後、約2カ月間、水位・雨量・気温を計測し、データをサーバーへ伝送し続けた。

目視による水位測定との比較で両データの一致が確認できたため、SESAME システムの水位観測は有効に機能することを実証できた。また、2カ月という短期間ではあるが、継続してデータがとれており、SESAME システムの耐久性についても問題は起こらなかった。Tech4Water システムとの比較でも、製品自体の信頼性や、フィールドデータの収集、観測データの伝送解析などの面で SESAME システムの明確な優位性を確認できた。本検証活動は注目を集め、現地有力新聞に紹介記事が掲載された。

（2）泥炭地（パランカラヤ市郊外）

中部カリマンタン州プランピサウ郡内、インドネシア泥炭 SATREPS のプロジェクト対象地域の中にある泥炭地におけるパイロット調査は、泥炭地の炭素収支モニタリングの精度向上における SESAME の適用可能性と、新製品 SESAME III の無線通信性能を検証課題とした。具体的には以下の3点である。

- ① より正確な炭素放出量を算定するために、地下水位が泥炭地の地盤変動に与える影響の分析
- ② 森林樹木の炭素固定量の把握を目的とした樹木の幹の肥大成長の測定
- ③ SESAME III における親機と子機の間での ZigBee の有効伝送距離を測定

①については、5つの各観測地点で、従来型の SESAME II に地下水位センサーおよび地盤変位計を連結して、地下水位と地盤変位の同時観測をおこなう一方、②および③については植林地の1カ所でデンドロメータ（樹木周長計）をセンサーとして測定を実施した。検証結果および考察は以下のとおりである。

- ① 泥炭地での測定には問題がなく、かつ、データ分析の結果、高い精度で地盤変位は地下水位と直線の比例関係にあることが判明した。また、泥炭地からの正確な炭素放出量の算定には、リモートセンシング測定だけでなく、地下水位測定による補正が必要なことが明らかとなった。
- ② 高温多湿の泥炭森林でも問題なく測定データが送信された上、実測された経時変化は樹木一般

の知見と一致したことから、測定は順調だったといえる。衛星観測結果検証のための地上測定においても、現行の地上測定に比べ、SESAME システムによる地上測定は空間、時間の測定間隔を狭められるため、容易に検証精度が高められることが明らかとなった。

- ③ SESAME III における ZigBee の有効伝送距離は成熟林内でも 85m が観測され、森林での炭素固定量を推計するためには、十分な伝送機能であることが検証された。その一方で、静止画の伝送には、より速いモデムが必要という課題も判明した。

みどり工学の SESAME 事業進出に関しては、インドネシアでのテレメトリ開発コンセプトが SESAME のそれと合致しており、優位性を持つ SESAME システムが受け入れられる可能性は高い。みどり工学のインドネシア進出は好機であると考えられる。

上記パイロット調査以外にも、ICCRI のコーヒーカカオプランテーションにおける土壌水分量の計測や中部カリマンタン州カハヤン川流域2カ所における水位計測を通じて SESAME システムの検証をおこなった。前者では干ばつ対策、後者では洪水対策として、SESAME のリアルタイム性が極めて有効であることが確認された。

こうした現地適合性検証に加え、SESAME システムを活用した ODA 案件の計画内容を策定し、関係者の合意を得るため、関係者を集めて3回の会議（キックオフ会議および2回のワークショップ）を開催した。一連の会議では、主に、「維持管理」、「サーバー」、「データ」に関する質問が多く寄せられ、これらの内容を踏まえて後述の SESAME システム普及・実証事業の内容が策定され、第2回ワークショップで関係機関からの合意が得られた。

みどり工学の10年間におけるインドネシア事業計画においては、①ODA 普及・実証事業の受託、②北海道大学が次期 SATREPS 案件を受託、③インドネシアでの活用について引き合いがある日本の気象予報企業との商談が成立、という3つの機会が、売上に大きな影響を与える。この3つが全て成立するというケースでは、初年度から820万円の利益（税引き前）が見込まれ、5年後には年約2億3,500万円、10年後には年約4億7,500万円となる見込みである。

第4章 ODA 案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開に係る効果

本調査の提案製品である SESAME システムは、気候変動緩和策および適応策の両面において、様々な形で貢献できる製品であるといえる。気候変動緩和策としては、泥炭火災および泥炭分解の抑止のためのモニタリングや、REDD+におけるリモートセンシングの精度・整合性検証や環境変動解析に利用される地上モニタリングなどに活用することができる。また、気候変動適応策としては、洪水対策としてのダムや河川のリアルタイム水位計測、干ばつ対策としてプランテーションにおける土壌水分のリアルタイム計測などがあげられる。こうした SESAME システムは一部で既に試験的に活用されており、利用者からは一様に高い評価を得ている。

本調査では「民間提案型普及・実証事業」による ODA 案件化を提案する。本事業では、気候変動対策に関する役割に応じて、参加機関が SESAME システムを様々な形で活用できる仕組みを構築する。様々な形で SESAME システムの適用・活用・普及を促すことができれば、気候変動緩和策、適応策の両面で大きな開発効果がもたらされると考えられる。

世界的に極めて重要な課題である泥炭地からの GHG 排出削減のために SESAME システムを導入することは、計り知れない開発効果をもたらすと考えられる。また、将来、SESAME システムによってカーボンフラックスのモニタリングを強化することは、泥炭地からの排出削減の方法論の確立にも貢献するものと期待される。それによって泥炭火災および泥炭分解の抑制による排出削減が REDD+の

対象活動として認められれば、泥炭地管理活動がインドネシアで促進され、さらなる開発効果をもたらすことにもつながるのである。

さらには本事業で形成を試みる SESAME コンソーシアムを通じて、データの効率的共有などの開発効果をあげ、現地ニーズに合わせた発展的活用を可能にする。

事業は、それと並行して進められるみどり工学のインドネシア事業展開においても、SESAME の販売促進、機能改善、みどり工学の現地における連携促進、新たな商機の創出といった面で大きな効果をもたらすと期待される。

第5章 ODA 案件化の具体的提案

本調査では「民間提案型普及・実証事業」を ODA 案件として提案する。提案事業（プロジェクト）の概要は以下のとおりである。

| | |
|------------|---|
| プロジェクト名 | 気候変動に関するフィールドデータをリアルタイムで遠隔監視する「SESAME インドネシアシステム」構築プロジェクト |
| 目的 | <ol style="list-style-type: none"> 1 SESAME システムの導入により、気候変動に関するフィールドデータをリアルタイムで遠隔監視するシステムを構築する。 2 SESAME システムによって、みどり工学研究所がインドネシアにおける事業展開の見通しをつける。 3 SESAME コンソーシアムを形成して、費用対効果が高く、維持管理が容易な、リアルタイム遠隔監視システム開発にかかる技術を、インドネシア関係者に移転する。 |
| プロジェクト対象地域 | インドネシア全土 |
| プロジェクト実施期間 | 2年4か月（2014年9月開始の場合） |
| カウンターパート機関 | BPPT（技術評価応用庁） |
| プロジェクト参加機関 | 調査団が設定した選定基準に沿って提出される「活用提案書」を基に決定 |

カウンターパート機関は、プロジェクト参加各機関との調整や各機関から提出される SESAME システムの活用計画の承認、プロジェクトの進捗管理など、本事業において極めて重要な役割を演じることになる。気候変動対策においては、分野にとらわれることなく技術を評価する役割をもつ BPPT は最適と考える。

プロジェクト参加機関は、本プロジェクトへ参加し、BPPT の調整の下、SESAME システムを活用・検証する。参加の意向を持つ機関は、気候変動対策に関する各機関のニーズに応じた SESAME システムの活用方法を具体的に提案し、その中から、気候変動対策との関連性、協力意思、費用負担、持続的活用の見込みなど、調査団が設定した選定基準に基づいて参加機関を決定する。参加機関へは、活用提案に基づき、総数で約 100 台の SESAME システムを実証のため無償供与する。活用方法の提案に関しては、ジャサ・ティルタ 2、IAARD、ICCRI、タンジュンプラ大学、アサハンアルミニウムの 5 機関が活用提案書を既に提出している。

目的の一つである「SESAME コンソーシアム」は、テレメトリに関する技術者に教育訓練し、将来、みどり工学の支援がなくとも、データを直接転送し管理するためのコンソーシアム・サーバーをインドネシアに構築するための協議の場となる。コンソーシアム・サーバー構築後は、関係各機関の要望に応じた発展的活用を協議する。例えば、数多くの機関が共同して効率的に活用できるデータベース

の構築などが想定される。

案件化調査 インドネシア国 携帯電話通信網を利用したリアルタイム・モニタリングシステム 普及のための案件化調査

企業・サイト概要

- 提案企業：株式会社みどり工学研究所
- 提案企業所在地：北海道札幌市
- サイト・C/P機関：インドネシア国全土・技術評価応用庁 (BPPT)

インドネシア国の開発課題

気候変動対策

- 2020年までに41%の削減目標を表明
 - 2020年までに温室効果ガス年間排出量41%削減が目標(自助努力で26%、国際支援があればプラス15%)
- 緩和策
 - 森林減少・泥炭火災の抑止を柱とした排出削減の実施
- 適応策
 - 洪水および干ばつを重要視した対策の実施

中小企業の技術・製品

SESAMEシステム

- 野外で計測したデータを携帯電話通信網を通じて遠隔のサーバーへ伝送。リアルタイム計測が可能
- 多種かつ多数のセンサーを接続することで、様々なデータ測定に活用可能
- 省電力設計により、野外でも安定したデータ収集と伝送を実現
- 状況に応じて自動注意喚起機能が設定できるなど、危機管理に優れた機能を提供

調査を通じて提案されているODA事業及び期待される効果

気候変動に関するフィールドデータをリアルタイムで遠隔監視する「SESAMEインドネシアシステム」構築プロジェクト

(スキーム：民間提案型普及・実証事業)

- SESAMEシステムの導入により、気候変動に関するフィールドデータをリアルタイムで遠隔監視するシステムを構築する。
- 参加機関が活用方法を提案するボトムアップ方式により、幅広いニーズに合った活動を実施する。
- 収集・分析したデータを参加機関が有効活用できるよう、インドネシア・日本コンソーシアムを形成する。
- 効果：泥炭火災抑止、干ばつ・洪水の早期警戒など、気候変動の緩和および適応の両対策に貢献する。

日本の中小企業のビジネス展開

- 現地パートナーと協力し現地法人を設立して、SESAMEシステムの組立て、据付、保守管理を含む販売活動をおこなう。将来的には現地での部品調達も視野に入れ、現地化を進める。
- ODA事業との相乗効果を高め、政府機関だけでなく、民間企業へも事業を拡大する。



はじめに（調査概要）

1. 本調査の背景

調査対象国であるインドネシア国では、泥炭地からの二酸化炭素排出量は年間 20 億トンに上り、同国の化石燃料の燃焼による排出量約 3,000 万トンの 6.5 倍に達する。その量を含めると、同国は中国、アメリカに次いで世界第 3 位の温室効果ガス排出国となる。泥炭地では、プランテーションや灌漑開発などにより森林が消失した結果、泥炭層の地下水位が下がって乾燥し、そこで微生物分解と火災が起きやすくなったことにより二酸化炭素排出量が大きくなったことがその理由である。20 億トのうち、6 億トンは乾燥した泥炭の分解、14 億トンは火災から生じているといわれる。

インドネシア政府は、近年になってようやく泥炭地の森林回復を進めているものの、同国の泥炭地総面積は約 22.5 万 km²、地球上の熱帯泥炭の半分を占めるため、温室効果ガス排出の削減は容易ではなく、同国にとって極めて大きな課題である。

SESAME システムとその役割

泥炭火災による二酸化炭素の発生を防ぐためには、地下水位のモニタリングが極めて重要であることが分かっている。広域にわたる地下水位の監視により、泥炭火災が発生する恐れのある箇所ができれば、火災の未然防止につながる。本調査で対象とするみどり工学研究所（みどり工学）の「水位計をセンサーとした計測データ遠隔転送システム」（SESAME システムと命名）は、正に、広域にわたる水位モニタリングを可能にし、泥炭火災の防止に大きく貢献すると期待される。

さらには、SESAME システムを活用すれば、泥炭地周辺の樹木の周長を継続的に計測かつ伝送できる。泥炭地における樹木の周長データは、二酸化炭素排出量の変化と密接な関係があり、排出量削減活動効果のモニタリングに生かすことも考えられる。定量的データによって二酸化炭素の排出削減効果を明示できれば、国際間・二国間での排出権取引にかかる排出量認定方法の確立にも多大な貢献をもたらす。泥炭火災防止による排出削減効果が明らかになれば、先進各国がインドネシアにおける泥炭火災防止のための援助を行う強力な誘因となるため、同国政府関係機関の期待も大きい。

SATREPS プロジェクトにおける SESAME システムの位置づけ

JICA/独立行政法人 科学技術振興機構（JST）が支援する、地球規模課題対応国際科学技術協力（SATREPS）「インドネシアの泥炭・森林における火災と炭素管理」（略称 インドネシア泥炭 SATREPS）では、現在、中部カリマンタン州において、先端的な科学的手法を使って広域の泥炭生態を正確に把握し、泥炭地における二酸化炭素放出量抑制を目的とする「統合的泥炭地管理システム」を構築しようとしている。このインドネシア泥炭 SATREPS において SESAME II システムが試用されており、特に泥炭地の水の状態と関係性を持つ二酸化炭素収支の分析、より具体的には水と火災の関係、水と微生物分解による二酸化炭素フラックス（放出と吸収のバランス）との関係、水と植生との関係の分析と、その結果に基づく予測モデルの構築面において、インドネシア関係政府機関を含めたプロジェクト関係者からの SESAME システムに対する関心や評価が高まっている。

本調査では、同地域を拠点として SESAME システムの効果をさらに実証し、やがてはその成果をインドネシア全土にひろがる泥炭地からの二酸化炭素排出量削減に役立てようとするものである。イン

ドネシア泥炭 SATREPS は 2014 年に終了するものの、その成果である炭素モニタリングの方法は今後も改良と活用が促進され、SESAME システムも重要な役割を果たすことが期待される。

2. 調査の目的

今般の調査は、「SESAME システム」の現地適合性の検証、インドネシア政府関係機関を対象とした試用・導入などの働きかけ、現地調査に基づく同国での事業展開計画の素案作成、本製品導入による気候変動対策などの同国への貢献に資する ODA 案件の計画立案を目的とする。より具体的には以下のとおりである。

① SESAME システムの現地適合性の検証

上記インドネシア泥炭 SATREPS で試用されている SESAME II システムと、その改良モデルである SESAME III システムが、同 SATREPS で構築中の「統合的泥炭地管理システム」の根幹である水位モニタリングなどのために十分に機能する製品・技術であることを検証する。

② インドネシアにおける MEL の事業展開の見通し

泥炭地以外での利用可能性を含めて、SESAME システムの製造販売によってインドネシアにおける MEL の長期的、安定的な事業展開が可能であるか否か、その見通しをつける。

③ 同国開発課題解決への貢献につながる ODA の案件化の提案

泥炭火災の防止などの気候変動対策のために同国への貢献につながる SESAME システムを活用した ODA 案件化を提案する。具体的には、技術協力プロジェクトや民間提案型普及・実証事業の案件化を念頭に調査を実施する。

3. 調査概要

(1) 団員リスト

| 氏名 | 所属 | 部署・職位 | 担当分野 |
|-------|-------------------------|-------------------|----------------|
| 繁永 幸久 | (株) みどり工学研究所 | 最高経営責任者 | 総括 |
| 岡部 寛 | (株) かいほつマネジメント・コンサルティング | 代表取締役社長 | 業務主任者 |
| 高橋 英紀 | (株) みどり工学研究所 | 補強 (個人) | 泥炭地管理/泥炭火災と流域水 |
| 斎藤 秀之 | (株) かいほつマネジメント・コンサルティング | 補強 (北海道大学) | 森林/樹木生長 |
| 横山 聖司 | (株) みどり工学研究所 | テクニカルアドバイザー 主任 | 事業計画 |
| 内田 量人 | (株) かいほつマネジメント・コンサルティング | 国際協力部 コンサルタント | ODA 案件化 |

(2) 調査日程

本調査の 4 回にわたる現地調査の日程と業務内容は以下のとおりである。

第1回現地調査

| 月日(曜日) | 業務内容 |
|---------|--|
| 9月18日 水 | 繁永、横山、岡部、内田 ジャカルタ入り、現地コンサルタントと打合せ |
| 19日 木 | 現地政府要人との面会、キックオフ・ミーティング、現地コンサルタントと打合せ |
| 20日 金 | パイロット調査地点 ジャティルフルダム訪問 |
| 21日 土 | 現地コンサルタントと打合せ 斎藤 ジャカルタ入り |
| 22日 日 | 斎藤 パランカラヤへ移動 |
| 23日 月 | JICA インドネシア事務所訪問、繁永、岡部、横山、内田 パランカラヤへ移動 |
| 24日 火 | インドネシア泥炭 SATREPS によるワークショップに参加 |
| 25日 水 | |
| 26日 木 | パイロット調査地点(パランカラヤ郊外) 訪問、繁永、岡部、横山、内田ジャカルタへ移動 |
| 27日 金 | (ジャカルタ) NAC 大久保氏、JETRO 鎌田氏、JICA 松浦氏との面談 |
| 28日 土 | 現地コンサルタントと打合せ、団内打合せ、繁永、横山、斎藤 ジャカルタ発 |
| 29日 日 | 繁永、横山、斎藤 帰国 |
| 30日 月 | BPPT、Vice Chairman Ridwan 氏と打合せ |
| 10月1日 火 | 岡部、内田 ジャカルタ発 |
| 2日 水 | 岡部 帰国、内田 JICA 他業務のため、イスラマバッドへ横移動 |

第2回現地調査

| 月日(曜日) | 業務内容 |
|----------|--|
| 10月13日 日 | 繁永、高橋 (SATREPS)、斎藤ジャカルタ入り |
| 14日 月 | (繁永、高橋) ジャティルフルルに移動、ジャティルフルダムに SESAME システムの設置 (パイロット調査)、ジャサ・ティルタ2と打合せ、ジャカルタに移動 |
| 15日 火 | |
| 16日 水 | 繁永、高橋 パランカラヤに移動、パランカラヤ郊外 (別地点) に SESAME システムの設置 (パイロット調査) |
| 17日 木 | パランカラヤ郊外に SESAME システムの設置継続、実験、調整 (パイロット調査) |
| 18日 金 | |
| 19日 土 | |
| 20日 日 | ジャカルタに移動 繁永 ジャティルフルルに移動 斎藤 ジャカルタ発 |
| 21日 月 | 繁永 ジャティルフルダムの機器調整 (パイロット調査)、バンドンに移動 斎藤 帰国 |

| 月日(曜日) | 業務内容 |
|--------|----------------------------------|
| 22日 火 | バンドンにて競合製品調査のため、LIPI 訪問、ジャカルタに移動 |
| 23日 水 | BKMG と面談、繁永 ジャカルタ発 |
| 24日 木 | 繁永 帰国 |

第3回現地調査

| 月日(曜日) | 業務内容 |
|---------|---|
| 11月5日 火 | 繁永 札幌発 |
| 6日 水 | 岡部、内田、繁永、横山ジャカルタ入り |
| 7日 木 | (繁永、横山) Hydrosix を同行してジャティルフルへ移動、ジャティルフルダム設置機器の視察案内、Purwakarta へ移動後、Hydrosix 設置機器を視察、協力可能性について打合せ (岡部、内田) 資料整理、ワークショップ準備 |
| 8日 金 | ボゴールにて、農業省 IAHRI Director ハリス氏と面談 高橋ジャカルタ入り |
| 9日 土 | Bambang 氏とワークショップ打合せ、現地コンサルタントと打合せ (組織調査) |
| 10日 日 | 休日 |
| 11日 月 | 現地コンサルタントと打合せ (競合環境)、ワークショップ準備 |
| 12日 火 | Hydrosix 社長 Endang 氏と協議、第1回ワークショップ |
| 13日 水 | Bambang 氏と次回ワークショップ方針打合せ、ワークショップについて団内会議、在インドネシア大使館表敬訪問 |
| 14日 木 | 現地コンサルタントとの打合せ (競合環境) 高橋、横山 パランカラヤへ移動 繁永ジャカルタ発 |
| 15日 金 | (ジャカルタ) 現地コンサルタントと打合せ (気候変動) (パランカラヤ) 機器設置、実験、調整 (パイロット調査) |
| 16日 土 | (ジャカルタ) 資料整理 (パランカラヤ) パイロット調査継続 岡部ジャカルタ発 |
| 17日 日 | 岡部 帰国 |
| 18日 月 | 内田 現地コーディネーターと打合せ (パランカラヤ) パイロット調査継続 |
| 19日 火 | 内田 資料整理 横山 ジャカルタへ移動後、ジャカルタ出発 高橋 パイロット調査継続 (パランカラヤ) |
| 20日 水 | 内田 ジャカルタ発 横山 帰国 高橋 パイロット調査継続 (パランカラヤ) |

| 月日(曜日) | 業務内容 |
|--------|--------------------------------|
| 21日 木 | 内田 帰国 高橋 パイロット調査継続 (パランカラヤ) |
| 22日 金 | パイロット調査継続 (パランカラヤ) |
| 23日 土 | 休日 |
| 24日 日 | 休日 |
| 25日 月 | パイロット調査継続 (パランカラヤ) |
| 26日 火 | 高橋 ジャカルタへ移動後、ジャカルタ出発 |
| 27日 水 | 高橋 帰国 |

第4回現地調査

| 月日(曜日) | 業務内容 |
|---------|---|
| 12月4日 水 | 内田ジャカルタ入り |
| 5日 木 | 日本側現地関係者に連絡、ワークショップに招待、資料整理 |
| 6日 金 | 現地コンサルタントと打合せ (気候変動) |
| 7日 土 | 内田 資料整理 岡部 ジャカルタ入り 繁永 札幌発、東京でチアリータウンと打合せ |
| 8日 日 | 繁永、高橋、横山ジャカルタ入り |
| 9日 月 | 団内会議、Bambang 氏とのワークショップ打合せ、NAC 大久保氏と面談 斎藤ジャカルタ入り |
| 10日 火 | Limawira GM, Hadi Noverdi 氏との面談、団内会議 横山 ジャティルフルダム訪問 (機器調整) |
| 11日 水 | 繁永、高橋、横山 ICCC Ms. Eli と面談 ワークショップ開催準備 |
| 12日 木 | 第2回ワークショップ開催 BPPT Evri 氏と打合せ |
| 13日 金 | 団内会議 |
| 14日 土 | 岡部 ジャカルタ発 (他調査へ移動) 内田 現地コーディネーターと打合せ 繁永、横山、高橋、斎藤 パランカラヤへ移動 |
| 15日 日 | (パランカラヤ) 設置機器の動作確認、撤去 |
| 16日 月 | 繁永、高橋、横山 ジャカルタへ移動 繁永、横山 ICCTC 訪問 繁永、高橋、横山、内田ジャカルタ発 斎藤 設置機器の動作確認、撤去 |
| 17日 火 | 繁永、高橋、横山、内田 帰国 斎藤ジャカルタ発 |
| 18日 水 | 斎藤 帰国 |

第1章 対象国における当該開発課題の現状及び二一スの確認

1-1 対象国の政治・経済の概況

1-1-1 基礎情報

インドネシア共和国（略称、インドネシア）は、東南アジア南部に位置する共和制国家で、首都はジャワ島にあるジャカルタである。領土面積は191万931km²（世界15位）で、赤道に沿って1万8,110の大小の島から成り立ち、世界最多の島嶼を抱える。主要な島は、ジャワ島、スマトラ島、カリマンタン島（マレーシアではボルネオ島と呼ぶ）、スラウェシ島、パプア島の5島で、総面積の90%以上を占める。人口は約2億4,000万人¹（2010年時点）で世界第4位、人口増加率は1.03%（2010～2015年予想）、国民の85%以上はイスラム教徒であり、世界最大のイスラム人口国である。

1-1-2 政治状況

多民族国家でありながら、政治的には連邦制ではなく中央集権的な単一国家である。1997年には、アジア通貨危機により経済状態が悪化したため、翌1998年5月にジャカルタ暴動が起こり、約30年間続いたスハルト政権が崩壊した。そのため当時は、政治が一時的な不安定に陥ったが、経済の立直りは早く、それ以後は民主化・分権化が進み政治は比較的安定している。2014年には、議会選挙、大統領選挙が予定されており、現職のユドヨノ大統領（Susilo Bambang Yudhoyono）は既に2期を務めているため再選は無いが、特に目立った混乱は見られない。

地方行政は、主に34州（Province: ジャカルタ首都特別州を含む5特別州を含む）に区分され、州政府が担っている。スハルト政権崩壊後、地方分権化が大きく進んでいるが、地方政府への分権化は一方で弊害も生じており、例えば中央政府が進める環境政策に反する開発政策を州政府が進めてしまうといったことも生じている。

1-1-3 経済状況

前述のとおり、1997年のアジア通貨危機以降、2000年にはGDPの89%に達した財政赤字は、その後の回復は早く2011年には30%未満に減少している。2011年のインドネシアのGDPは8,462億ドルとなり、世界第16位である。近年は、ほぼ6%程度の経済成長を続け、今ではG20の一角をなし、BRICSカントリー²に続く経済成長国と期待されている。

経済の牽引役となっているのは、主に大きな人口に支えられた国内需要である。そのため、リーマンショックによる世界金融危機からは、大きな影響を受けていない。インフレは多少進行し上下はしているものの、ほぼ5%前後に抑えられている。以下に、最近5年間の経済指標の推移を示す。

1 UN世界の人口推計2011

2 BRICS: Brazil, Russia, India, China, South Africa

表 1-1-1 インドネシアの経済指標

| | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|--|-------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 名目 GDP (10 億 US ドル) | 510.8 | 538.8 | 709.5 | 846.2 | 878.2 | 946.4 |
| 購買力平価 GDP ³ (10 億 US ドル) | 910.7 | 961.2 | 1,034.6 | 1,125.3 | 1,216.7 | 1,314.7 |
| 一人あたり GDP (US ドル) | 2,211 | 2,300 | 2,986 | 3,511 | 3,592 | 3,817 |
| 実質 GDP 成長率 (% 前年比) | 6.0 | 4.6 | 6.2 | 6.5 | 6.2 | 6.3 |
| 経常収支 (100 万 US ドル) | 286 | 10,628 | 5,145 | 1,685 | -24,183 | -31,056 |
| 経常収支 (% GDP) | 0.1 | 2.0 | 0.7 | 0.2 | -2.8 | -3.3 |
| インフレ率 (% 前年比) | 9.8 | 4.8 | 5.1 | 5.4 | 4.3 | 5.6 |

(2013 年の値は予測値)

出典：IMF, World Economic Outlook Database October 2013

1-1-4 森林減少とその要因

地球上 8 割の熱帯雨林は 8 か国に集中しており、その中でインドネシアは、ブラジル、コンゴに続く第 3 位の森林面積を有し、国土の 52%、9,400 万ヘクタール（2010 年）が森林である。その一方で、プランテーションを含む農地化、都市郊外開発、鉱山発掘などの経済開発目的で、森林の減少が極めて深刻な速さで進んでいる。森林減少は、環境破壊による生物多様性の損失に加えて、伐採や開墾による二酸化炭素の大量放出、それによる気候変動（地球温暖化）という地球規模の問題をはらんでいる。熱帯雨林では他の種類の森林に比べて、生物多様性がとりわけ高く、巨大な量の二酸化炭素が吸収・蓄積されているため、森林減少による負の影響は特に大きい。

インドネシアの森林面積は、1990 年から 2010 年までの 20 年間に、約 2,400 万ヘクタール（表 1-1-2 参照）減少している。特に 1990～2000 年の 10 年間には年間の森林減少率 1.75% を記録し、第 2 位のメキシコの 0.52% を大きく引き離しているなど、他の主な熱帯雨林国に比べて突出して高い。2000～2005 年の 5 年間では、他国並みに下がっているものの、2005～2010 年の 5 年間では再び悪化し、0.71% でやはり第 1 位となっている。また、年間森林減少面積においても、5 倍以上の森林面積を持つブラジルを下回るものの、インドネシアは第 2 位である。気候変動の観点からも、インドネシアの森林減少はもはや一国の問題ではなく、世界的に取り組むべき課題となっている。

3 市場為替レートではなく購買力平価交換比率を使って当時の US ドルに換算した値

表 1-1-2 主な熱帯雨林国における森林減少率

| | 森林面積 | 年間変化率（負の値は減少を示す） | | | | | |
|----------|----------|------------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| | 2010 | 1990～2000 | | 2000～2005 | | 2005～2010 | |
| | 1,000 ha | 1,000ha / 年 | 前年比 % / 年 | 1,000ha / 年 | 前年比 % / 年 | 1,000ha / 年 | 前年比 % / 年 |
| ブラジル | 519,522 | -2,890 | -0.51 | -3,090 | -0.57 | -2,194 | -0.42 |
| コンゴ民主共和国 | 154,135 | -311 | -0.20 | -311 | -0.20 | -311 | -0.20 |
| インドネシア | 94,432 | -1,914 | -1.75 | -310 | -0.31 | -685 | -0.71 |
| インド | 68,434 | 145 | 0.22 | 464 | 0.70 | 145 | 0.21 |
| ペルー | 67,992 | -94 | -0.14 | -94 | -0.14 | -150 | -0.22 |
| メキシコ | 64,802 | -354 | -0.52 | -235 | -0.35 | -155 | -0.24 |
| コロンビア | 60,499 | -101 | -0.16 | -101 | -0.16 | -101 | -0.17 |
| アンゴラ | 58,480 | -125 | -0.21 | -125 | -0.21 | -125 | -0.21 |
| ボリビア | 57,196 | -270 | -0.44 | -271 | -0.46 | -308 | -0.53 |
| ザンビア | 49,468 | -167 | -0.32 | -167 | -0.33 | -167 | -0.33 |

出典：FAO, Global Forest Resources Assessment 2010

インドネシアにおいて、特に森林を減少させている大きな要因として、パーム油生産を目的としたオイルパームのプランテーション開発があげられる⁴。表 1-1-3 に示すとおり、オイルパーム・プランテーションは急速に広がっており、収穫面積は、1990 年の 70 万ヘクタールから、2005 年の 370 万ヘクタールと 15 年間で 5 倍以上に広がっている。

表 1-1-3 土地利用面積とその変化（100 万ヘクタール）

| 土地利用 | 年 | | | |
|------------|-------|-------|------|------|
| | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 |
| a. オイルパーム* | | | | |
| 面積 | 0.7 | 1.2 | 2.0 | 3.7 |
| 増減 | | 0.5 | 0.8 | 1.7 |
| b. 農地 | | | | |
| 面積 | 45.1 | 42.2 | 44.8 | 48.5 |
| 増減 | | -2.9 | 2.6 | 3.7 |
| c. 森林 | | | | |
| 面積 | 118.6 | 109.0 | 99.4 | 97.9 |
| 増減 | | -9.6 | -9.6 | -1.6 |

Note: * 収穫地のみ

出典: FAO, Global Forest Resources Assessment 2010

また、オイルパーム・プランテーションの面積は、収穫前の開墾地を含めると、2008 年には既に 700 万ヘクタールに達しており、そのうち少なくとも 7 割は森林を切り開いて開墾されているとされる。オイルパーム・プランテーション開発が急速に進んでいる理由として、以下に示すとおり、住民がそこから得られる経済的利益が、まずあげられる。

4 Rhett A. Butler (2013), "Palm oil now biggest cause of deforestation in Indonesia"
<http://news.mongabay.com/2013/0903-rspo-vs-greenpeace-palm-oil-deforestation.html>

- ・ 土地所有者（政府機関を含む）にとっては、プランテーション業者から、大きな土地利用料が手に入る。
- ・ 土地を持たない周辺住民にとっては、そこでの雇用により、現金収入の機会が得られる。

また、開発業者にとっても、パーム油の需要は上昇しており、これまでの食用油としての需要に加えて、近年では、バイオ燃料としての需要も高まっているため、開発の勢いが収まる状況にはない。

温室効果ガス（Greenhouse Gas : GHG）排出においては、泥炭湿地林におけるオイルパーム・プランテーション造成による影響が最も大きいとされ、開墾過程で放出される炭素量が、生産されたパーム油を使う事で削減される化石燃料由来の炭素量で相殺されるまでには、206~220年かかるという評価結果も出されている⁵。

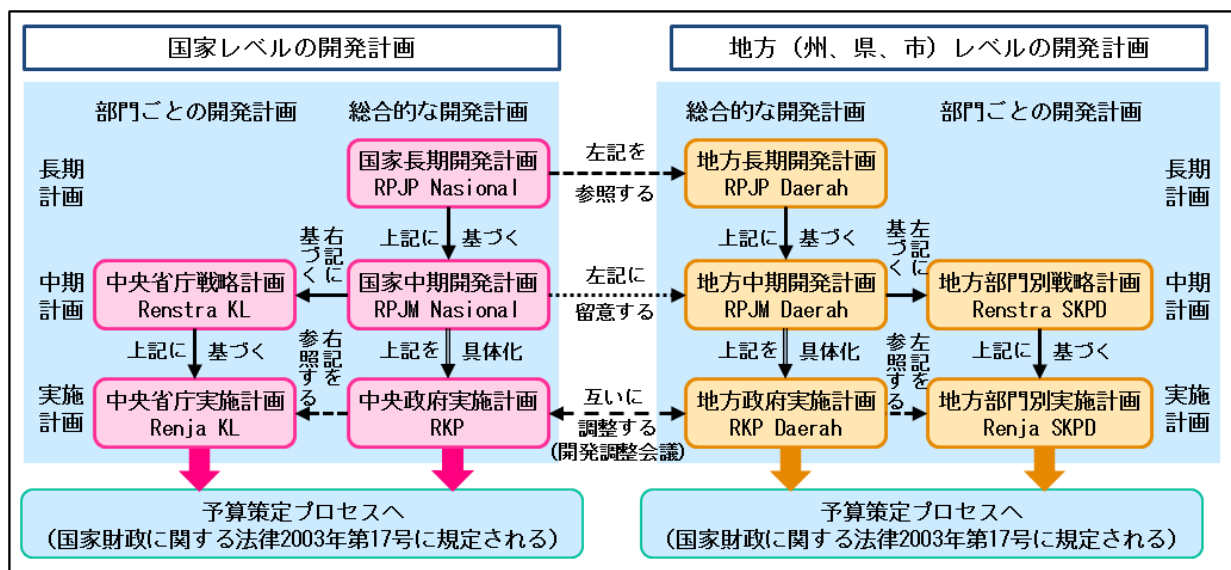
1-1-5 開発計画と気候変動問題の位置づけ

(1) 開発計画策定の流れ

インドネシア政府の国家開発計画は、国家開発計画システム法により、以下のように3段階で策定されている。

- 1) 長期 20年（2005-2025）： 国家長期開発計画（RPJPN）
- 2) 中期 5年（2010-2014）： 国家中期開発計画（RPJMN）、中央省庁戦略計画
- 3) 短期（実施）1年（2013）： 政府作業計画、中央省庁作業計画

中期計画は長期計画に基づいて作成され、短期計画は中期計画に基づいて作成される。また、地方（州、県、市）レベルの開発計画も周期を同じくし、中央政府の開発計画を参照あるいは留意して作成される。開発計画策定の流れは下図のようにまとめられる。



資料：国家開発計画システム法を元に作成

(出典：国土交通省 <http://www.mlit.go.jp/kokudokeikaku/international/spw/general/indonesia/>)

図 1-1-1 開発計画策定の流れ

5 Achten, W. and Verchot, L. 2011 Implications of biodiesel-induced land-use changes for CO₂ emissions: case studies in tropical America, Africa, and Southeast Asia. Ecology and Society 16(4): 14, <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04403-160414>.

中央政府は国家開発企画庁（BAPPENAS: Badan Perencanaan Pembangunan Nasional）長官、地方政府は地方開発企画庁（BAPPEDA: Badan Perencanaan Pembangunan Daerah）（州レベル）長官が、それぞれ開発計画をとりまとめる。長期計画は法律として制定され、中期・短期計画は大統領令として発令される。

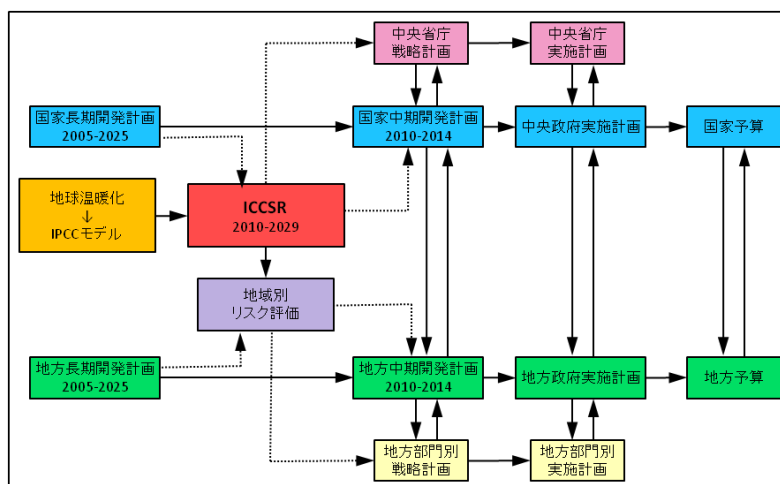
（２） 開発計画における気候変動問題

上記計画のうち長期国家開発計画（RPJPN 2005-2025）では、以下の6つの目的を提示し、長期にわたって持続可能な開発の実現を目指している。その最大の課題として、気候変動問題をあげている⁶。

- 1) 天然資源や環境の存在・利用・持続可能性・実用性の間のバランスを維持する。
- 2) 定住や社会経済的な活動およびその継続にあたり、バランスのとれた土地活用を通じて現在および将来にわたって生活の機能、能力、快適性を守る。
- 3) 天然資源や環境の経済的利用を持続的に拡大させる。
- 4) 生活の質を向上させるために天然資源や環境の管理を改善する。
- 5) 生活を改善し快適にする。
- 6) 基本的な開発資本として生物多様性の維持と利用を高める。

（３） 開発計画と気候変動部門別ロードマップ

気候変動問題という最大の課題に取り組むべく、気候変動部門別ロードマップ（Indonesian Climate Change Sectorial Roadmap : ICCSR）が 2009 年 12 月に策定された。これは、国家開発計画における気候変動への対処をより明確化した 2010～2029 年の約 20 年間にわたる部門別のロードマップであり、下図に示されるとおり、気候変動の課題を中長期国家開発計画(RPJPN 2005-2025、RPJMN 2010-2014)の軸に組み込む役割を果たしている。関係省庁は戦略計画策定にあたり当ロードマップを考慮する事を求められており、この ICCSR により気候変動対策は開発計画の最重要課題に位置付けられているといえる。



出典：インドネシア政府(2009) "インドネシア気候変動部門別ロードマップ(ICCSR)"

図 1-1-2 開発計画と ICCSR

6 インドネシア政府(2009) "インドネシア気候変動部門別ロードマップ(ICCSR)"

ICCSRに基づき、最新の中期国家開発計画である RPJMN 2010-2014 では、気候変動対策が優先項目として明記されている。計画では 14 の重点項目があげられているが、その内、気候変動対策に関連して以下の行動計画が示されている。

- 1) 泥炭地における管理能力の向上およびその回復
- 2) 森林減少の抑制努力の強化
- 3) 自然環境の劣化に対する抑制
- 4) 津波早期警戒システムおよび気象災害早期警戒システムの運用をより確実にし、自然災害を克服

1-1-6 温暖化ガス排出問題と対策

上述のとおり、インドネシアにとって最大の開発課題は気候変動への対処である。2005年に発効した京都議定書では主として、先進国による化石燃料の燃焼などエネルギー起源の GHG 排出の削減を対象にしているため、インドネシアは削減義務（いわゆる、キャップまたは排出上限）を課せられない非附属書 I 国⁷である。一方で、同国の 2010 年のエネルギー起源排出量は 4.1 億トン⁸（二酸化炭素換算量、以下明記ない限り同じ）に過ぎないものの、森林からの排出（森林の減少・劣化による炭素ストックの減少）および泥炭地からの排出を単純加算すると、GHG の総排出量は約 30 億トンとなる。先進国および中国、インドにおいては、エネルギー起源排出量をほぼ GHG 総排出量とみることができると⁹、インドネシアの総排出量は、中国、アメリカに次いで世界第 3 位の GHG 排出量になり、日本の排出量である 11 億トン（2010 年）に比べても 3 倍近い。特に、泥炭地からの排出は年間 20 億トンに上り¹⁰、同国のエネルギー起源排出量の 5 倍近くになっている。また、森林減少・森林劣化による排出量も年間 6.0 億トン（2005～2010 年平均）¹¹に上る。したがって、インドネシアにおける GHG 排出削減は、森林減少の問題と同様に、世界的に取り組むべき極めて重要な開発課題であることが明らかである。

この開発課題にどう適応すべきか、その対策面からみると、ICCSRによれば、インドネシアにおける気候変動の主要リスクは雨量の不安定化（増減幅の拡大）であり、洪水および干ばつへの対策が気候変動の適応策として重要視されている¹²。大統領令 2010 年 6171 号は、各地方自治体に気候変動適応予算の確保を義務付けており¹³、同国にとっては GHG 排出削減と同様、洪水・干ばつ対策も深刻な課題となっている。

7 Non-Annex I Parties: 中国、インドを含む、いわゆる途上国

8 CO₂ Emissions from Fuel Combustion Highlights, International Energy Agency, 2012

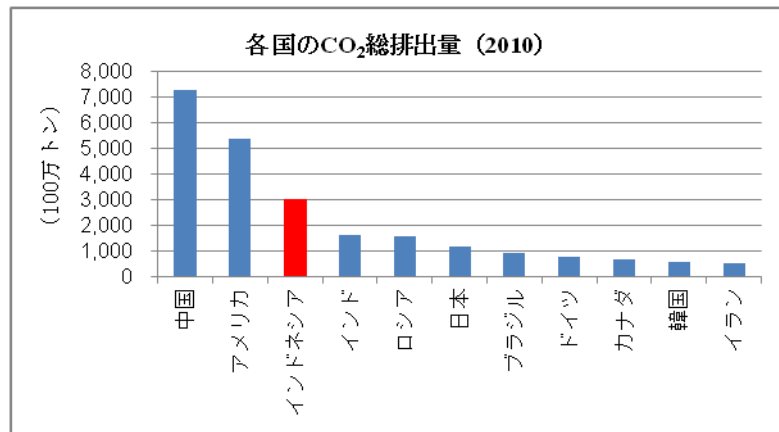
9 非エネルギー起源排出量は、統計値がないものの、土地利用および森林起源（LULUCF）の排出量をみる限り、これらの国々では、エネルギー起源排出量に比べてかなり小さいとみなせる。（CAIT 2.0 WRI's climate data explorer）

10 国際湿地保全連合の報告による。シンポジウム「アジアに迫る温暖化と低炭素エネルギー開発～バイオ燃料、水力発電 CDM、天然ガス開発の持続可能性を問う～」(2007 年 2 月 8 日開催) 配布資料より

11 FAO (2010), Global Forest Resources Assessment 2010, <http://www.fao.org/forestry/fra/fra2010/en/>

12 気象庁 (BMKG) および JICA インドネシア事務所での聴き取り調査でも確認

13 Indonesian Agroclimate and Hydrology Research Institute (IAHRI) 長官との面談より



出典：IEA 2012¹⁴, FAO 2010¹⁵, 国際湿地保全連合¹⁶

図 1-1-3 各国の二酸化炭素総排出量¹⁷ (2010)

1-2 対象国の対象分野における開発課題の現状

上述の ICCSR および RPJMN 2010-2014 によれば、森林および泥炭地の保護・回復が GHG 排出削減のための重要対策とされている。特に泥炭地での森林破壊は、樹木の伐採などによる地上樹木の損失からの炭素放出に加えて、泥炭火災および泥炭分解によりはるかに多くの二酸化炭素が排出される。したがって、泥炭地の適切な管理および回復はインドネシアでの GHG 排出削減のための最重点項目である。

1-2-1 泥炭地の規模・推移・現状

インドネシアの泥炭地は、熱帯泥炭地に分類され、その面積は約 2,100 万ヘクタールで、地球上の全熱帯泥炭地面積の半分を占めている。そのほとんどが、スマトラ、カリマンタン、パプアに分布しており、各面積はそれぞれ、720 万ヘクタール、580 万ヘクタール、800 万ヘクタールである。

インドネシアの泥炭地面積

Peatland area in Indonesia, "Facts about Peatland in Indonesia" (August 08, 2012)¹⁸によれば、インドネシアの泥炭地面積については、資料により、1,500 万~2,700 万ヘクタールと、かなりのばらつきがある。ここでは、BAPPENAS, "Reducing carbon emissions from Indonesia's peat lands" (Dec 2009) において使用されている、インドネシア林業省 (Department of Forestry) の数値に基づいている。

熱帯泥炭地は温帯泥炭地に比べ、はるかに多量の炭素を含有している。北方泥炭と異なり、熱帯泥炭は森林により形成されるため木質であり、泥炭層は 10m を超える厚さをもつところもある。熱帯泥炭地の面積は泥炭地全体の 3% であるが、炭素含有量は 20% を占めており¹⁹、単位面積あたりの炭素含

14 CO₂ Emissions from Fuel Combustion Highlights, International Energy Agency, 2012

15 FAO (2010), Global Forest Resources Assessment 2010, <http://www.fao.org/forestry/fra/fra2010/en/>

16 国際湿地保全連合の報告による。シンポジウム「アジアに迫る温暖化と低炭素エネルギー開発～バイオ燃料、水力発電 CDM、天然ガス開発の持続可能性を問う～」(2007 年 2 月 8 日開催) 配布資料より

17 インドネシアには泥炭、森林減少による排出、ブラジル、カナダには森林減少による排出が加算されている。

18 <http://iccc-network.net/en/lib/article/peatland/191-facts-about-peatland-in-indonesia>

19 <http://www.agr.hokudai.ac.jp/rfoa/env/env2-4.html>

有量は、北方泥炭地の約 7 倍である。熱帯の低湿地・泥炭の炭素蓄積量(二酸化炭素換算。以下同じ)は、全体で 3,070 億トンであるが、インドネシアでは泥炭層が厚いため、世界の熱帯泥炭の約 3 分の 2 の 1,950 億トンが存在する²⁰。特に、カリマンタン島の地下に蓄積された泥炭の炭素量は 550 億トンと極めて多い。こうした状態のため、インドネシアを中心とした熱帯泥炭地は「温暖化の火薬庫」といわれている。

元々、泥炭地は湿地の森林地帯で形成される。湿地に堆積した樹木が水に覆われ長時間分解されずに泥炭となる。したがって、現在切り開かれている泥炭地は、全て人間の介入によって森林が失われた結果だと考えられる。

そうした泥炭地における森林喪失の最たるものがメガライスプロジェクト (Mega Rice Project : MRP) によって引き起こされている。MRP は、カリマンタン南部において、約 100 万ヘクタールの泥炭湿地森林を切り開き稲作のための水田に転換するプロジェクトで、スハルト大統領により発令された大統領令 1995 年 82 号に基づき 1996 年に開始された。当プロジェクトによって、1998 年までの間に、排水および灌漑のために 4,000km 以上の水路が掘削され、合法・違法を問わない森林伐採や人為的な森林火災による開墾が行われ、森林破壊が極めて急速に進んだのである。さらには、元は合法的な林業のために建設された水路、道路、鉄道が、違法な林業をも促進し、森林破壊が急加速していった。

その結果、MRP の影響を受けた森林喪失地域は、対象の 100 万ヘクタールに留まらず、150 万ヘクタールにまで及んでいるとされる²¹。そのため、それ以前には、雨季に 2m 近く冠水していた森林地域は、森林破壊が起こり、保水力を失って地表が乾燥し、皮肉にも稲作ができない状況となった。さらに追い打ちをかけるように、エルニーニョ現象が発生した 1997 年には、人為的な乾燥によって引き起こされた泥炭火災、森林火災が蔓延し、手のつけられない状態となった。

その結果、ハビビ大統領により、MRP を無効とする大統領令 1998 年 133 号が発布され、政府は正式に水田化をあきらめ、MRP は失敗に終わった。2007 年には、MRP により森林破壊された中部カリマンタン州の泥炭森林地域を回復する目的で、大統領指示令第 2 号 (Presidential Instruction No. 2 / 2007) が発令された。しかし、森林破壊においては、MRP によって直接引き起こされたもののみならず、MRP 中止後も、地表の乾燥から自然発火による森林火災が発生するようになったため、森林減少は今もなお続いているのである。

メガライスプロジェクトは頓挫したものの、泥炭地における森林破壊は上述したオイルパームのプランテーション開発により今も続いている^{22, 23}。オイルパームは水に弱く、排水路を掘り、水位を下げ、泥炭を乾燥化する必要がある。そのため、MRP と同様に、地表の乾燥から自然発火による森林火災が発生するため、森林減少は周辺地域でも 2 次的に引き起こされる。

現在、泥炭地における森林の被覆率は、2006 年時点の全国平均で 55% となっている²⁴。カリマンタンの MRP 地域では、さらに悪化しており、1991 年の 64.8% から 2000 年には 45.7% にまで低下している²⁵。

20 Maria Strack ed., 2008, "Peatlands and Climate Change. International Peat Society", pp.223

21 Boehm, H-D.V. and Siegert, F., Nov 2001, "Ecological Impact of the One Million Hectare Rice Project in Cantral Kalimantan, Indonesia, Using Remote Sensing and GIS"

22 The Jakarta Post, October 30 2008, "Forests losing battle against plantations"

<http://www.thejakartapost.com/news/2008/10/30/forests-losing-battle-against-plantations.html>

23 Butler, Rhett A., September 03, 2013, "Palm oil now biggest cause of deforestation in Indonesia"

<http://news.mongabay.com/2013/0903-rspo-vs-greenpeace-palm-oil-deforestation.html>

24 BAPPENAS, "Beducing carbon emissions from Indonesia's peat lands" (Dec 2009)

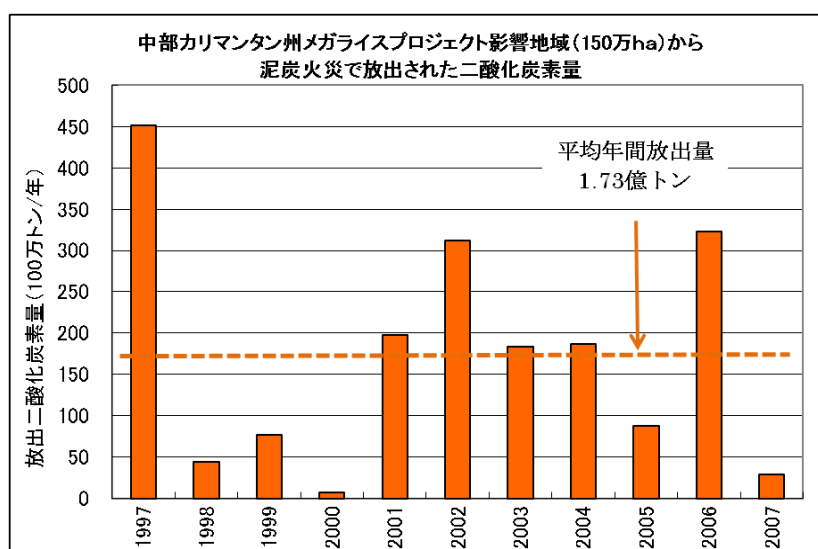
25 Boehm, H-D.V. and Siegert, F., Nov 2001, "Ecological Impact of the One Million Hectare Rice Project in Cantral Kalimantan, Indonesia, Using Remote Sensing and GIS"

泥炭層は一見平坦に見えるがドーム状であり、ドーム内に多量の水を涵養している。しかし、ドーム頂部を含めた近年の開発により多くの地域で著しい地盤沈下が起こり雨季には洪水が、乾季には水不足が生じることも大きな問題となっている²⁶。

1-2-2 泥炭地における GHG 排出とその課題

既述のとおり、地球温暖化を引き起こす GHG 排出という面では、森林破壊による排出をはるかに上回る排出が乾燥した泥炭により引き起こされている。つまり、上述の「火薬庫」に火が点いてしまっている状況といえる。MRP においても、オイルパームのプランテーション開発においても、結果として、水路の建設による水位の低下が泥炭地の乾燥を引き起こしているのである。泥炭地の乾燥は泥炭形成条件が失われることを意味し、泥炭の分解、泥炭火災、自然発火による森林火災の引金となる。開墾された泥炭地からは、乾燥した泥炭の分解や火災によって多量の二酸化炭素が放出され続ける事になるのである。

以下に、中部カリマンタン州 MRP の影響地域 (150 万ヘクタール) から、泥炭火災により二酸化炭素が放出され続けている状況を示す。平均すると、この地域だけで、日本の排出量 (2010 年) の 15% に相当する 1 億 7300 万トンが、毎年放出され続けている。



資料：インドネシア泥炭 SATREPS

図 1-2-1 MRP 影響地域 (150 万ヘクタール) から泥炭火災で放出された二酸化炭素量

特にエルニーニョ現象が起きた 1997 年から 98 年にかけては、極度の乾燥のために、泥炭を中心とする火災が頻発し、30~94 億トンの二酸化炭素がインドネシア全体から大気に放出されたと推定される²⁷。これは、同期間における世界の化石燃料による二酸化炭素放出の 13~40% に相当する。現在においても、既述のとおり、インドネシアの泥炭地からの排出は年間 20 億トン (内、14 億トンが泥炭火災、6 億トンが泥炭分解による) に上る²⁸。

²⁶ <http://www.agr.hokudai.ac.jp/rfoa/env/env2-4.html>

²⁷ Susan Page et al, Nature, 420, 2002

²⁸ 国際湿地保全連合の報告による。シンポジウム「アジアに迫る温暖化と低炭素エネルギー開発～バイオ燃料、水力発

したがって、泥炭地の地下水位をコントロールし、泥炭の乾燥によって引き起こされる二酸化炭素放出を未然に防ぐ事は、世界的に喫緊の課題といえる。

1-3 対象国の対象分野の関連計画、政策及び法制度

1-3-1 気候変動対策

(1) 近年の対応

インドネシア政府は、気候変動対策として、1994年に国連気候変動枠組条約（United Nations Framework Convention on Climate Change : UNFCCC）を批准したほか、2004年には京都議定書を批准している。ただし後者は、削減義務のない「非附属書I国」としての批准であり、積極的に排出削減を実施するというよりも、先進国が同国でGHG排出削減を目的とした何らかのプロジェクトを受け入れるための、どちらかという受身の対策であった²⁹。

政策としては、2007年11月に気候変動の緩和策および適応策に関する初の計画である、「気候変動に関する国家行動計画（RAN-PI）」が環境省により策定され、さらには2008年7月の大統領令46号により「国家気候変動協議会（Dewan Nasional Perubahan Iklim : DNPI）」が大統領府下に設置された。その後、気候変動対策

| |
|-----------------|
| 1994年：UNFCCC 批准 |
| 2004年：京都議定書批准 |
| 2007年：RAN-PI 策定 |
| 2008年：DNPI 設置 |

実施に関しては、DNPIが各省庁を横断的に調整する機能を果たすこととなり、環境省に代わる気候変動対策実施の推進機関³⁰として指定された。京都議定書は、クリーン開発メカニズム（Clean Development Mechanism : CDM）の実施条件として「指定国家機関（Designated National Authority : DNA）」の設置を義務付けている。DNPIは、DNAにも指定され、これによって同国におけるCDMを通じた国際協力受入体制が整備されたといえる。

しかしながら、現状をみると、特定の省庁が気候変動対策を主導あるいは管轄しているわけではなく、DNPIの実際の位置づけや他省庁に対する強制力などがどのくらいあるのかは不明である。例えば、泥炭地の保全という観点からは、林業省、農業省、環境省の3機関が主な管轄機関といえる。一例では、「泥炭層の厚さが3mを超える地域と保護林の中にある泥炭は保全しなければならない」とする大統領令32号が1990年に公布されているが、その管轄は林業省と環境省である。また、泥炭地におけるオイルパーム・プランテーション開発にかかるガイドライン策定は農業省の役割となっている。このほか、内務省、BMKG（気象庁）³¹、BNPB（災害管理庁）³²、BPPT（技術評価応用庁）³³など

電 CDM、天然ガス開発の持続可能性を問う〜」（2007年2月8日開催）配布資料より

²⁹ これはつまり、自ら排出削減をおこなうというよりも、他の発展途上国と同様に、CDMを通じてもたらされる利益への期待の現れだと考えられる。CDMが利用できれば、同国で実施されるGHG排出削減プロジェクトによって排出削減量に応じたクレジット獲得が可能になるため、削減ポテンシャルが高く、費用対効果が大きい途上国においては、排出削減プロジェクトが実施される誘因となる。ただし、CDMを通じたクレジットの授与が承認されるためには、受け入れる途上国においても定められた体制を整備することが条件となっており、そのためにまずは、京都議定書の批准が必要、ということである。ここでクレジットは、他国での排出削減プロジェクトの実施により排出削減量に応じて授与される。先進国にとっては、自国で削減をおこなうよりも、削減ポテンシャルの高い途上国での排出削減プロジェクト実施により削減費用を低減でき、途上国にとっては、技術移転が期待される。また、削減技術を持つ者にとっては、自らは削減の必要がなくても、クレジットの売却による利益が排出削減プロジェクト実施の経済的動機付けとなる。

³⁰ 大統領令46号/2008では、DNPIの役割は、①気候変動対策にかかる政策や戦略などの策定、②関連活動の調整、③排出権取引にかかる政策やプロセス策定メカニズムの構築、④気候変動関連活動のモニタリング・評価、⑤先進国の活動促進とされている。

³¹ Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (Agency for Meteorology, Climatology and Geophysics, 気象気候地球物理庁)、

の政府機関が泥炭地保全に関与しているが、これら多くの政府機関を中心になって束ねている政府機関が存在するわけではなく、政府各機関が「泥炭地保全」というテーマの下でそれぞれの役割を遂行しているというのが現状である。

このことは、泥炭火災や泥炭分解による二酸化炭素排出量の削減対策に関してもいえることである。インドネシア政府は、1991年の法律41号と2001年の政令4号を通じて「泥炭火災防止は、住民、民間企業、中央・地方政府を含むすべての関係者の責任である」ことを明確にしている。実際には、林業省がその中心的な役割を担っていると考えられるが、それも森林内の泥炭地に限られる。しかしながら現実には、すでに森林ではなくなった泥炭地における火災や分解がより深刻でありながら、その防火対策は特定政府機関の責任とはされていない。

また後述するように、GHG 排出削減政策ともいえる「GHG 排出削減のための国家行動計画」(RAN-GRK³⁴)が2011年に策定されているが、これによって関係各セクターにGHG削減目標が割り当てられている。これについても、RAN-GRKの策定はBAPPENASの管轄ではあるものの、削減目標の達成責任は各機関に委ねられているのが現状である。

(2) 国際的なREDD+メカニズム構築の動きとインドネシアへの影響

国際的枠組みづくりの進展に目を向けると、京都議定書では主として人為的なGHG排出を対象としていたが、2005年以降は途上国の森林減少・劣化に由来する排出にも焦点が当てられ、REDD+という対策メカニズムを構築していく事が合意された。REDD+とは、2005年のUNFCCCの第11回締約国会合(The 11th Conference of the Parties: COP11)で提案された「途上国の森林減少・劣化に由来する排出の削減(Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries: REDD)」に、2007年のCOP13の結果から「森林炭素ストックの保全、持続可能な森林経営、および森林炭素ストックの向上」という考え方(プラスの概念)を追加したものである。

REDD+のメカニズムは、国家レベルもしくは準国家レベルを対象とし、実際に進行している途上国の森林減少・劣化が今後も続くであろう状況(ベースライン)を現状のものとして受け止め、その抑制活動の実施国もしくは資金提供国に対して排出削減クレジットを賦与することにより経済的なインセンティブとすることにその特徴がある。REDD+の画期的な点は、CDMでは、植林や森林再生による森林(炭素ストック)の純増分にしか排出削減クレジットを賦与しないのに対し、森林減少の抑制に対しても排出削減クレジットを賦与する、つまり、排出削減とみなすとしたことである。

ただし、国家レベルでの森林に蓄積された炭素ストック量およびその減少速度をモニタリングすることは現実的に容易ではないため、REDD+のベースライン設定やモニタリングの方法論およびその具体的な実施方法は、今後も議論を続け、その目的達成に向けた努力をおこないながら漸次確立していくこととなっている。インドネシアにとっては、REDD+によって世界的に高い年間森林減少率に世界の注目を集めると同時に、極めて高い森林減少抑制ポテンシャルによって大きな経済的収入を同国にもたらし得るものと考えられる。

インドネシアでは、2013年8月の大統領令に基づきREDD+庁の設立が承認され、同年12月に長官が任命されている。REDD+庁の役割は、関係各機関間の調整やREDD+事業とされる事業の進捗や成果のとりまとめなどとされている。関係各機関が実施している現在のREDD+事業は引き続き当該各

略称は“気象庁”

³² [Badan Nasional Penanggulangan Bencana](#) (National Disaster Management Agency、国家災害管理庁)

³³ [Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi](#) (Agency for Assessment and Application of Technology、技術評価応用庁)

³⁴ 「ランゲルカ」と読まれる。

機関が管轄し、REDD+庁に移管、統合されるわけではない。REDD+庁と関係各機関との間の具体的な役割分担は今後の検討課題とされている。

(3) GHG 排出削減目標

こうした国際状況の中、2009年9月に、G20ピッツバーグ・サミットにてユドヨノ大統領が、以下に掲げるGHG排出削減目標の声明を出した事により、インドネシアはより積極的にGHG排出削減に取り組み始めたといえる。この声明の内容は意欲的であるとして国際社会にも歓迎された。

- ・ 自国による取組として、年間GHG排出量を2020年までに現状維持状態³⁵（Business As Usual : BAU）比で26%削減する。
- ・ さらに、国際的な支援を受けて41%（15%の追加）まで削減する。

このより積極的なGHG排出削減に向けた政策は、気候変動問題に意欲的に取り組む事により先進各国からより多くの援助を受け、経済発展につなげたいという意図がうかがえる。実際、同時期に、インドネシア気候変動信託基金（Indonesia Climate Change Trust Fund : ICCTF）³⁶が創設され、イギリス、ノルウェー、スウェーデンなどヨーロッパ諸国からの援助の受け皿となっている。また、削減ポテンシャルの高いREDD+の実施についても、様々な先進国および国際機関の資金援助を受けている。

(4) RAN-GRK と RAN-API の策定

こうした積極政策を実行するために、2009年12月に、上述のICCSRが策定され、RPJPN、RPJMNの主軸として組み込まれる事となった。さらに2011年9月には、大統領令2009年61号によりRAN-GRKが策定されている。インドネシアにおいては、このRAN-GRKが「開発途上国による適切な緩和行動」（NAMAs）としてUNFCCCに提出されており、国際的にも認識されたGHG排出削減政策の根幹となっている。

一方、気候変動への適応策としては、2012年11月に「気候変動適応のための国家行動計画」（RAN-API）が策定されている。これはRAN-PI、ICCSRに記述された適応策を踏襲するもので、雨量の不安定化（増減幅の拡大）が同国の気候変動の主要リスクとみなされ、洪水および旱魃への対策が重要とされている。このように、インドネシアの気候変動に対しては、緩和策としてのRAN-GRKおよび適応策としてのRAN-APIが、国家政策の根幹をなしている。

(5) 二国間クレジット制度の発効

国際的にみると、京都議定書が2013年からの第2約束期間以降においては機能しないため、新たな国際枠組み形成を目指す2020年までは、こうした枠組みが不在となる。そうした中、2013年8月に、インドネシアは日本との間で署名を行い、二国間クレジット制度（Joint Credit Mechanism : JCM）を発効させた。このJCMの窓口及び調整機関はDNPIから経済担当調整大臣府（CMEA）に移管されている。JCMは、CDMと同様に、排出削減の費用対効果を高めるオフセット・クレジット制度であり、途上国にとっては、先進的な温暖化防止技術の導入を促す機能を果たす。これも、先進国の技術移転を利用した積極的な気候変動政策を推進する現れとみる事ができる。

35 正確には、追加的な対策を講じなかった場合の温室効果ガスの排出量であり、現状の年間排出量とは異なる。例えば、現状の速度で開発などによる森林減少が続く事が前提となっている。

36 国連開発計画（UNDP）によって運営されている。

(6) 気候変動政策の経緯

上述した点を含め、インドネシア政府のこれまでの気候変動政策の経緯を、下表にまとめた。

表 1-3-1 インドネシア政府の気候変動政策の経緯

| 年月 | 取組み | 関連参考情報 |
|----------|--|---|
| 1994年8月 | 国連気候変動枠組条約批准 (署名:1992年、発効:1994年) | http://unfccc.int/essential_background/convention/status_of_ratification/items/2631txt.php |
| 1999年10月 | 第1次国別報告書を提出 | UNFCCCで義務付けられたGHG排出量の報告 |
| 2004年12月 | 京都議定書批准(署名:1998年、 発効2005年) | 削減義務の無い非附属書I国として批准 |
| 2005年1月 | 第4次中期国家開発計画 (RPJMN 2004-2009)を策定 | 分野横断的な開発の優先事項に気候変動が 組込まれた |
| 2007年2月 | 長期国家開発計画(RPJPN 2005-2025)に関する法律を制定 (No.17) | 長期的に持続可能な開発を行うにあたり、 気候変動および地球温暖化が直視すべき 課題であることを確認 |
| 2007年11月 | 気候変動に関する国家行動計画 (RAN-PI)を策定 | 気候変動に対する緩和策および適応策に 関する初のガイダンス。環境省により作成 され、部門横断的な調整が実施された。 |
| 2007年12月 | 国家開発計画:気候変動への対処 (通称 Yellow Book)を策定 *2008年7月に改訂 | 第4次中期国家開発計画(RPJMN 2004-2009)を強化・補強するとともに、第 5次中期国家開発計画(RPJMN 2010-2014) の準備に向け情報を整理 |
| 2008年7月 | 大統領令(No.46)により、国家気 候変動協議会(DNPI)を設置 | DNPIが気候変動対策実施の管理機関となり、京 都議定書のDNAに指定 |
| 2009年9月 | インドネシア気候変動信託基金 (ICCTF)を創設 | インドネシア政府がドナー国からの支援 金を管理することを目的に設立 |
| 2009年9月 | G20 ピッツバーグ・サミットに てインドネシア大統領がGHG排 出削減目標を公表 | 自国による取組として2020年までにBAU 比で26%削減。さらに国際的な支援を受け て41%削減が目標 |
| 2009年12月 | インドネシア気候変動部門別ロ ードマップ(ICCSR)を策定 | これを通じて、気候変動政策を国家計画に反映 |
| 2009年12月 | COP15にてインドネシア大統領 がGHG排出削減目標を公表 | |
| 2010年1月 | コペンハーゲン合意に基づき、 インドネシア NAMAs に関する 文書をUNFCCC事務局へ提出 | |
| 2010年5月 | 第5次中期国家開発計画(RPJM 2010-2014)を策定 | ICCSRで策定された気候変動策が組み込まれる |

| 年月 | 取組み | 関連参考情報 |
|----------|----------------------------------|---|
| 2010年10月 | 気候変動緩和に関する技術需要評価-統合報告書を策定 | http://unfccc.int/ttclear/pdf/TNA/Indonesia/TNA_%202010%20FULL%20VERSION-indonesia.pdf |
| 2010年11月 | 第2次国別報告書を策定 | |
| 2011年9月 | GHG排出削減のための国家行動計画(RAN-GRK)を策定 | 緩和の根幹国家政策 NAMAsとしてUNFCCCに提出 |
| 2012年11月 | 気候変動適応のための国家行動計画(RAN-API)を策定 | 適応の根幹国家政策 |
| 2013年8月 | 二国間クレジット制度(JCM)にかかわる日本との二国間文書の署名 | 二国間文書(日本語) http://www.mmechanisms.org/document/JCM/indonesia/JCM_ID_bilateral_document_jp.pdf |

(7) RAN-GRKによる排出削減目標

GHG排出削減政策の根幹となるRAN-GRKは、以下のように二つの指針により成り立っている。

- 1) 各セクターにおける2020年までの排出削減目標
- 2) 各州政府に対する、州レベルでの州行動計画(RAD-GRK)作成の義務付け

このうち、各セクターにおける削減目標を表1-3-2に示す。全セクターでの削減目標総量は、自国努力によるBAU比26%の削減シナリオでは7.67億トン、国際支援分を加えた41%の削減シナリオでは11.89億トンである。その内、森林および泥炭のセクターの排出削減目標量は各シナリオでそれぞれ6.72億トン、10.39億トンとされ、いずれの削減シナリオでも総量の90%近くを占めており、圧倒的に大きいことが分かる。

また、森林および泥炭セクターの中では、特に下記のとおり泥炭地を対象に計2億トンを超える極めて高い削減量が割当てられている。

- ・ 持続可能な農業のための泥炭地(削減量1億400万トン): 農業省
- ・ 放棄または劣化した泥炭地において、プランテーション、畜産、園芸農業部門にかかわる農地(削減量1億100万トン): 農業省

このように、インドネシアにとって、泥炭地における排出削減は、RAN-GRKの目標達成において、森林管理・再生と並んで最重要項目となっている。

表1-3-2 2020年までの各セクターにおける排出削減目標

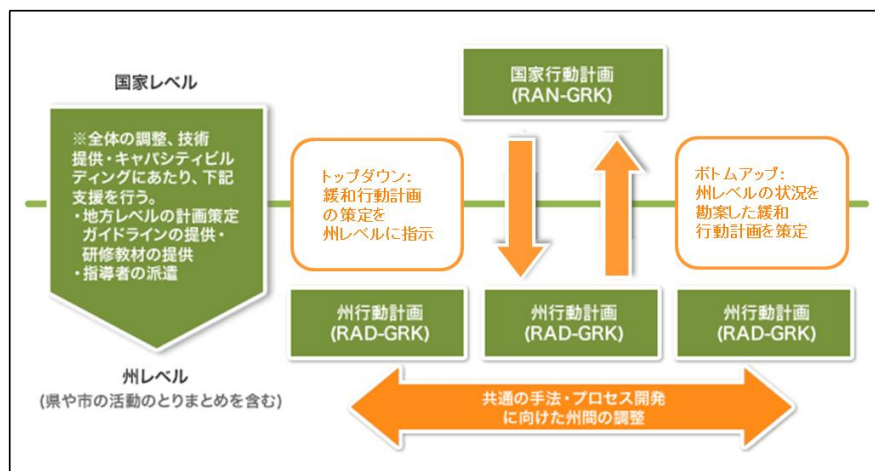
| セクター | 削減シナリオ | | 行動計画 | 関係機関 |
|---------|------------|-------|---|-------------------|
| | 26%削減 | 41%削減 | | |
| | 排出削減量(億トン) | | | |
| 森林および泥炭 | 6.72 | 10.39 | 山林火災の管理、泥炭地における水資源管理、森林と土壌の再生、森林と違法伐採管理、森林伐採の回避、コミュニティの発展 | 森林省、環境省、公共事業省、農業省 |

| セクター | 削減シナリオ | | 行動計画 | 関係機関 |
|----------|------------|-------|--|---------------------|
| | 26%削減 | 41%削減 | | |
| | 排出削減量(億トン) | | | |
| 廃棄物 | 0.48 | 0.78 | ゴミ処理場開発、都市部における 3R ³⁷ および下水システム | 公共事業省、環境省 |
| 農業 | 0.08 | 0.11 | 低炭素農法で栽培できる米の品種の導入、灌漑の効率化、有機農法の活用 | 農業省、環境省 |
| 産業 | 0.01 | 0.05 | エネルギー効率、再生可能エネルギー開発 | 産業省 |
| エネルギー・運輸 | 0.38 | 0.56 | バイオ燃料開発と利用、燃費効率の改善、公共交通機関、エネルギー需要の管理、再生可能エネルギー、エネルギー効率 | 運輸省、エネルギー・鉱業省、公共事業省 |
| 総計 | 7.67 | 11.89 | | |

出典：大統領令 2009 年 61 号（英語版）

Thamrin, S.(BAPPENAS)(2011), "Indonesia's National Mitigation Action: Paving the Way Towards NAMAs"

次に、RAN-GRK 二つ目の指針である RAD-GRK の作成に関して、RAN-GRK（国家レベル）と RAD-GRK（州レベル）は下図に示されるような関係にあり、各州政府が作成を義務付けられた RAD-GRK は国家レベルで統合され、それに応じて上記の RAN-GRK の各セクター別排出削減目標が再設定される。



出典: Thamrin, S.(BAPPENAS)(2010), "Developing Nationally Appropriate Mitigation Actions (NAMAs) in Indonesia",

図 1-3-1 行動計画策定における国家・州レベルの連携図

1-3-2 GHG 排出削減にかかる課題と対応策

インドネシアの GHG 排出削減のためには、泥炭地保護政策、つまり、森林破壊とプランテーション開発から泥炭地を保護し、乾燥を防ぎかつ泥炭火災を防ぐための政策が必要ではある事は既述したとおりであるが、実際には有効な保護政策がとられておらず、保護と開発の間で揺れ動いているのが実情である。例えば、RAN-GRK に記載された、泥炭を対象とした排出削減計画である上述の 2 つの

37 Reduce, Reuse, Recycle の頭文字を取った廃棄物に関する環境政策。この実施により循環型社会の構築を目指す。

指針をみても、農地などの開発を前提としており、これで果たして泥炭火災を防げるかどうかは議論の余地がある³⁸。

このほか、既述した「ドーム状の泥炭層を守るために層の厚さが 3m を超える地域を保護しなければならない」とする大統領令 32 号が、MRP などの開発推進のために 1995 年に同 82 号の発令により無効化されたが、MRP の停止と共に同 32 号保護令は再度有効となっている。それにもかかわらず、泥炭層が 3m を超える保護すべき泥炭地域、370 万ヘクタール中の 7 割に当たる 260 万ヘクタールが開発地域となっており³⁹、矛盾がみられる。

この矛盾については、地方政府が中央政府の保護政策を無視して開発許可を出したために起きたものもあり、地方分権推進のあまり、中央政府と地方政府の間で保護政策の足並みが揃わなかった例ともいえる。このような保護政策の足並みの不一致は、中央 - 地方政府間だけでなく大統領 - 省庁間にもみられ、大統領が、MRP 地域の泥炭森林地域の回復推進⁴⁰、泥炭地における土地使用権（コンセッション）の新規発行の一時停止⁴¹などの泥炭地利用の監督強化策を打ち出す一方で、農業省が何百万ヘクタールもの泥炭地でオイルパーム・プランテーション開発を認める省令を出す⁴²などの例もみられる。このような状況から、泥炭地に関する政策は保護と開発の間で方向性が定まっておらず、特に保護資金の援助状況によってどちらにも振れる状況であるといえる⁴⁴。

ただし、泥炭地からの GHG 排出に限れば、既述したとおり泥炭の乾燥が直接の原因となっているため、まずは泥炭地の地下水位をモニタリングして、一定の水位を保持し、泥炭火災を防止することが優先度が高く何よりも肝要である。泥炭の乾燥という直接原因の管理に集中する事により、「保護か、開発か」という難題をひとまず脇に置いた上で、排出削減に取り組む事が可能になると思われる。

また、泥炭地においては、排出削減策の実施を促進するため、地道に GHG 排出に関するモニタリングを促進し、データを蓄積し、行動に結びつける事は極めて重要であるが、そうした一連の活動を包括的に管轄する政府機関が定まっていないことは既述のとおりである。例えば、森林管理に関しては林業省が、農地開発に関しては農業省が、泥炭ドーム保護に関しては環境省が管轄するといった状況で、省庁が各担当分野を管轄しているに過ぎない。したがって、省庁間の垣根を超えた気候変動緩和策を目的としたモニタリングと実施のための組織体制を確立し、技術導入を図り、人材育成を図る必要がある。

さらに、そうした体制を構築する動きは、泥炭火災抑止活動が将来的に REDD+ の活動として承認されれば、一気に促進される可能性もある。膨大な量の排出権という経済価値を生み出すようになれば、「保護か、開発か」という難題が軽減されるためである。ただし、モニタリング方法論の確立は、REDD+ による承認の最大の難関である。まずは、広大な地域での泥炭地から実際の GHG 排出を測定する技術・手法（いわゆる、事後モニタリング）を確立し、その上で、そのデータを蓄積し、抑止活動がなされない仮想状況での GHG 排出量（リファレンス排出量またはベースライン排出量⁴⁵）の推移を推計する手法（いわゆる、ベースラインモニタリング）を確立することが必要である。

38 The Jakarta Post, February 13 2009, "Gov't to allow peatland plantations"

39 BAPPENAS, December 2009, "Reducing carbon emissions from Indonesia's peat lands"

40 Presidential Instruction No. 2 / 2007

41 Presidential Decree No. 10 / 2011: ノルウェー REDD+ パートナーシップの発効条件として 2 年間の停止が発令され、有効期限を迎えた 2013 年に更新された。

42 The Jakarta Post, February 13 2009, "Gov't to allow peatland plantations"

43 The Jakarta Post, January 18 2010, "Stop converting peatlands, gov't study recommends"

44 The Jakarta Post, May 20 2011, "Moratorium issued to protect primary forests, peatland"

45 BAU 排出量と同義だが、より広義な表現。

1.4 対象国の対象分野の ODA 事業の事例分析および他ドナーの分析

1.4-1 我が国 ODA の援助方針

我が国のインドネシアへの援助の基本方針⁴⁶は「均衡のとれた更なる発展とアジア地域及び国際社会の課題への対応能力向上への支援」である。重点分野（中目標）は以下の3つである。

重点分野

(1) 更なる経済成長への支援

民間セクター主導の経済成長の加速化を図るため、ジャカルタ首都圏を中心にインフラ整備支援やアジア地域の経済連携の深化も踏まえた各種規制・制度の改善支援などを実施することにより、ビジネス・投資環境の改善を図ると同時に、高等人材の育成支援などを行う。

(2) 不均衡の是正と安全な社会造りへの支援

国内格差を是正し、均衡のとれた発展と安全な社会の構築に寄与するため、主要な交通・物流網などの整備や地方の拠点都市圏の整備など国内の連結性（コネクティビティ）強化に向けた支援、地方開発のための制度・組織の改善支援及び防災・災害対策支援などを行う。

(3) アジア地域及び国際社会の課題への対応能力向上のための支援

アジア地域の抱える海上安全やテロ、感染症などの問題や、環境保全・気候変動などの地球規模課題への対応能力や援助国（ドナー）としての能力の向上に寄与するための支援などを行う。

ここで気候変動対策は、重点分野（3）の下に掲げられた2つの開発課題（小目標）の一つとして位置付けられている。

開発課題 3-1 気候変動対策

【現状と課題】

インドネシアの温室効果ガス（GHG）排出量は、森林喪失や泥炭地荒廃等による二酸化炭素排出を加えると、2005年時点で中国、米国、ブラジルに次ぐ世界第4位⁴⁷といわれている。同国は2020年までにGHG排出量を26%削減することを国家目標としており、気候変動対策を重要な政策課題として位置付けている。

【開発課題への対応方針】

多様なスキームを活用し、政策・制度的支援と個別の緩和策、適応策への支援を組み合わせた包括的な支援の実施を図る。緩和策においては、森林、エネルギー、運輸、廃棄物等の分野での対策を支援する。また、二国間オフセット・クレジット制度等の二国間の協力枠組の進捗との調整を図りつつ、インドネシアの政策や温暖化ガス排出削減国家行動計画（RAN-GRK）等を踏まえた協力を行っていく。

46 外務省 対インドネシア 国別援助方針, <http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/seisaku/houshin/pdfs/indonesia-1.pdf>

47 GHGの総排出量については、公式な値が存在せず、特に非附属書I国（インドネシア、ブラジルが含まれる）の非エネルギー起源排出量に関しては、推定に大きなばらつきがある。本報告書ではインドネシアの総排出量は第3位と推定している。

この開発課題への取り組みとして、「気候変動プログラム」という総合的な協力プログラムで支援を実施している。気候変動プログラムの概要および構成を以下に示す。

気候変動プログラム

【概要】

温室効果ガスの排出抑制に向けた制度作りと気候変動に伴う負の影響の低減を目指した協力を実施する。政策・制度の改善・整備と能力向上に係る協力を中心としつつ、森林減少及び劣化の抑制、高効率エネルギー・省エネルギー・代替エネルギーの促進、公共交通へのシフト、廃棄物の適正管理、統合的水資源管理等に係る協力を展開する。

【構成】

2012年4月時点で31件のプロジェクトが実施中または開始予定となっており、以下の3分野に分類される。

1. 総合的政策・制度改善
プロジェクト数 7件
内、技術協力プロジェクト 3件、国土交通省技術協力 1件、個別専門家派遣 3件
2. 温室効果ガス排出抑制（緩和策）
プロジェクト数 14件
内、技術協力プロジェクト 8件、科学技術協力 1件、有償資金協力 4件、ノン・プロジェクト無償資金協力 1件
3. 気候変動による負の影響の低減（適応策）
プロジェクト総 10件
内、技術協力プロジェクト 3件、科学技術協力 1件、有償資金協力 4件、無償資金協力 1件、個別専門家派遣 1件

気候変動対策が我が国ODA支援における重点項目であることはJICAインドネシア事務所との面談でも確認された。近年はインドネシア経済発展のため、気候変動以外の分野では支援の優先度が低くなっており、この気候変動対策と日本企業の進出支援が今後のODAにおける重点項目とのことであった。

1-4-2 我が国ODAの事例

我が国ODAの中で、気候変動対策支援、特に泥炭火災、森林減少に関連する支援として、以下の活動が行われた。それぞれの概要を次に示す。

- ・ 気候変動対策プログラムローン
- ・ 気候変動対策能力強化プロジェクト
- ・ 日本インドネシアREDD+実施メカニズム構築プロジェクト
- ・ 泥炭・森林における火災と炭素管理プロジェクト
- ・ 泥炭湿地林周辺地域における火災予防のためのコミュニティ能力強化プロジェクト

① 気候変動対策プログラムローン

スキーム： 有償資金協力（政策・制度支援型借款）

目標： インドネシアの「気候変動に関する国家行動計画」に基づく気候変動対策が推進さ

れる。

協力期間： 2008～2010年

概要： 2007年の日本インドネシア間の政策対話に基づき、2008年（供与限度額 約308億円）、2009年（同 約374億円）、2010年（同 約272億円）と3回のローンが供与された。こうした財政支援により同国の気候変動緩和策の根幹となる RAN-GRK が策定された。

② 気候変動対策能力強化プロジェクト

スキーム： 技術協力プロジェクト

協力期間： 2010年10月～2015年10月

目標： 気候変動対策の政策立案およびその基盤となる情報整備にかかる以下の3つのサブプロジェクトにより、インドネシア政府の主要官庁および地方政府の能力が強化される。

参考情報： 気候変動対策プログラムローンを引継ぎ、気候変動緩和計画として策定された RAN-GRK を実施するための支援。RAN-GRK のウェブページに JICA がパートナー⁴⁸として記載されている。

サブプロジェクト1：

目標： 測定・報告・検証（MRV: Measurement, Reporting and Verification）が可能な国として、適切な緩和行動（NAMAs）の策定と開発計画への適応策の反映ができるようインドネシア政府の主要官庁と地方政府の能力が強化される。

カウンターパート機関：国家開発企画庁（BAPPENAS）

サブプロジェクト2：

目標： インドネシアの関係機関と地方関係者が協力して、脆弱性評価を実施できるようになる。

カウンターパート機関：気象・気候・地球物理庁（BMKG）

サブプロジェクト3：

目標： インドネシア政府の主要官庁と地方政府の協働により、国家 GHG インベントリが策定される。

カウンターパート機関：環境省

③ 日本インドネシア REDD+実施メカニズム構築プロジェクト

スキーム： 技術協力プロジェクト

協力期間： 2013年6月～2016年6月

対象地域： 西カリマンタン州、中央カリマンタン州

目標： 対象地域において、REDD+の実施メカニズム が構築される。

カウンターパート機関：林業省

参考情報： 現在、泥炭火災の防止による GHG 排出削減は REDD+の対象とはなっていないが、本プロジェクトでは、以下の④、⑤のプロジェクトで得られた知見を活用して、森

⁴⁸ 他に GIZ, AusAID が記載されている。

林減少の抑制だけではなく、泥炭火災の防止活動も活動対象に含んでいる⁴⁹。

④ 泥炭・森林における火災と炭素管理プロジェクト（インドネシア泥炭 SATREPS）

- スキーム： 科学技術協力プロジェクト
地球規模課題対応国際科学技術協力（SATREPS）として科学技術振興機構（JST）と共同実施
- 協力期間： 2010年2月～2014年3月
- 対象地域： 中央カリマンタン州
- 目標： 泥炭・森林における火災と炭素管理を行うモデルが構築される。
- カウンターパート機関： 技術評価応用庁（BPPT）、元々は国家標準機構（BSN）、途中で変更された
- 参考情報： 本プロジェクト（略称インドネシア泥炭 SATREP）は、北海道大学の専門家をプロジェクトチームの中心とし、（株）みどり工学研究所（以下、「みどり工学」と称す）も専門家として参加している。SESAME システムは、そのニーズに基づき開発・使用され、カウンターパートである BPPT から高い評価を得た。本プロジェクトは2014年3月に終了するが、後継プロジェクトを申請中である。

⑤ 泥炭湿地林周辺地域における火災予防のためのコミュニティ能力強化プロジェクト

- スキーム： 技術協力プロジェクト
- 協力期間： 2010年7月～2015年7月
- 対象地域： リアウ州、西カリマンタン州
- 目標： プロジェクトエリア内の泥炭地における火災予防能力が向上する。
- カウンターパート機関： 林業省
- 参考情報： これまでに、森林火災対策にかかる技術協力プロジェクト「森林地帯周辺住民イニシアティブによる森林火災予防計画（2006-2009年）」をおこなってきたが、本プロジェクトは、特殊性の高い泥炭地での火災予防および延焼防止に対策の照準を合わせている。

このように我が国は、気候変動の分野において、資金、計画・立案能力強化といった中央政府に対する有償資金協力をおこなった上で、特に重要と考えられる森林減少の抑制、泥炭火災の防止といった分野で技術協力プロジェクトを無償で実施し、統合的かつ積極的な ODA をインドネシア政府におこなっている。

1-4-3 他ドナーの支援内容

インドネシアの気候変動対策は世界的な課題であるため、我が国のみならず、ノルウェー、オーストラリア、ドイツなどに加え、国連や世界銀行といった国際機関も積極的な支援に乗り出している。気候変動の問題は、インドネシアにとっては開発の足かせにもなるため、開発と排出抑制の間で微妙なバランスが求められる。そこで、基金を設立して、政府の管理能力強化を図った上で、具体的な取り組みにおいては、インドネシア政府の自主的な計画実施に協力するという資金的な支援が主となっ

49 JICA インドネシア事務所での面談から

ている。一方では、ノルウェーが REDD+ パートナーシップ発足の条件に、泥炭地使用权の発行制限や REDD+ 庁の設立を求めるなど、資金提供の条件として政府に圧力をかけて、積極的な GHG 削減計画の実行を促す例もみられる。下表に、気候変動に関する他ドナーの支援内容を記した。

| プロジェクト名 期間 | 援助機関名 金額 | カウンターパート機関 対象地域 | 概要 |
|---|---|--|--|
| ノルウェー・インドネシア REDD+ パートナースhip 2010～2016年、その後4年毎の 更新 | ノルウェー 10億 US ドルを上限 | REDD+庁、林業省 全国の森林、泥炭地 | インドネシア政府が REDD+を実施するための支援を行う。 REDD+の責任機関として REDD+庁の発足を推進。 泥炭地における泥炭火災などからの排出削減は、現状 REDD+の対象となっていないが、本パートナーシップの発効条件として、泥炭地の使用権新規発行の一時停止を同政府に発令 ⁵⁰ させた。 |
| インドネシア気候変動基金 (ICCTF) 2010年9月～(継続中) | DFID、AusAID、SIDA、 他 2,100万 US ドル (UNDP が基金を管理) | 各排出削減活動の関連 省庁。主に、農業省、工 業省、BMKG 全国 | インドネシア政府が定めた気候変動計画 (RAN-GRK および RAN-API) に基づく排出削減および適応のための支援基金。例として、2010～2011 年に農業省がおこなった泥炭地の持続的管理に関する実証研究に支出 された。現在の主な資金拠出額は、1) DFID(1,890万 US ドル)、 2) AusAID(180万 US ドル)、 3) SIDA(31万 US ドル) |
| インドネシア・オーストラリア森 林炭素パートナーシップ (IAFCP) 2008～2013年 | AusAID 1億 US ドルを上限 | REDD+関連省庁 全国。特に中央カリマン タン州、ジャンビ州 | インドネシア政府が REDD+を実施するための支援を行う。 中央カリマンタン州、ジャンビ州 (スマトラ島) で活動実施。 中央カリマンタン州では泥炭地での排出削減活動も実施している。 |
| 国際気候イニシアティブ 2008年～(延長継続中) | ドイツ環境省 全世界で9,260万ドル | 主として環境省 全国 | 全世界を対象とした気候変動対策基金。インドネシアでは現在 15 のプ ロジェクトを実施中。西カリマンタン州では NGO の協力を得て、泥炭 地の再森林化を促進するプロジェクト、「Heart of Borneo イニシアティブ」 を実施している。 |
| 旧メガライスプロジェクト地域 の回復と再生のための基本計画 2007～2009年 | オランダ 185万ユーロ | BAPPENAS 中央カリマンタン州 | 90年代に MRP により切り開かれ放置された泥炭森林地域の回復と再生 を実施するための基本計画の策定をおこなう。 |
| インドネシアにおける UN-REDD プログラム 2009年～継続中 | UN-REDD プログラム (FAO, UNDP, UNEP) 560万 US ドル | 林業省、各関係機関 全国 | FAO, UNDP, UNEP を中心とした国連組織により、世界的に REDD+活動 を推進する。インドネシアはその 48 パートナー国の一つで、これまで、 主として体制づくりで協力を受けている。中央スラウェシ州や中央カリ マンタン州では実施活動も始まっている。 |
| インドネシアにおける世界銀行 森林炭素パートナーシップ基金 プロジェクト 2011～2015年 | 世界銀行森林炭素パー トナーシップ基金 360万 US ドル | 林業省、各関係機関 全国 | 世界銀行が先進国から基金を集め、世界的に REDD+活動を推進する。 インドネシアはその 36 参加国の一つとして支援を受けている。 |

50 Presidential Decree No. 10 / 2011: ノルウェーREDD+パートナーシップの発効条件として2年間の停止が発令され、有効期限を迎えた2013年に更新された。

第2章 提案企業の技術の活用可能性及び将来的な事業展開の見通し

2-1 提案企業及び活用が見込まれる提案製品・技術の強み

2-1-1 SESAME システム I~III とそれぞれの特長

みどり工学が開発した『SESAME⁵¹システム』とは、

- ①センサーを使って水位や温度、雨量などフィールドデータを収集し、
- ②その場で記録し、
- ③携帯電話通信網を用いて遠隔地に設置したサーバーに伝送し、
- ④送られたデータを処理した後、
- ⑤分析に必要な形にアウトプットし、
- ⑥その結果を顧客（クライアント）のコンピュータに送付する

という総合システムである。

右の写真は、水田に設置された総合気象観測装置としての SESAME 機器で、風向、風速、気温、湿度、降雨量などの気象データを観測、記録してサーバーに自動的に送っている。設定された風速、気温などを超えると自動的にメールで知らせることが可能で、作物にとって危険な状況になることがあっても遠隔地にいながら把握することができる。SESAME システムの一つの利用例である。

2006 年に開発された SESAME I の基本構成は、図 2-1-1 のとおり、フィールドからのデータを、au (KDDI 株式会社) の通信モジュールを使って、みどり工学のサーバー（札幌）へ伝送するシステムで、水位計（センサー）、データ・ロガー（データ記録器）、データ伝送モジュールが一体となっている。用途に応じて、先端部に取り付けるセンサーを交換できることから、水位以外にも気象データ（風向、風速、温度、湿度、気圧、雨量、降雨強度、日射量）や放射線量などの計測ができる。ただし、データ通信は日本国内に限られていた。



水田に設置した
SESAME 機器

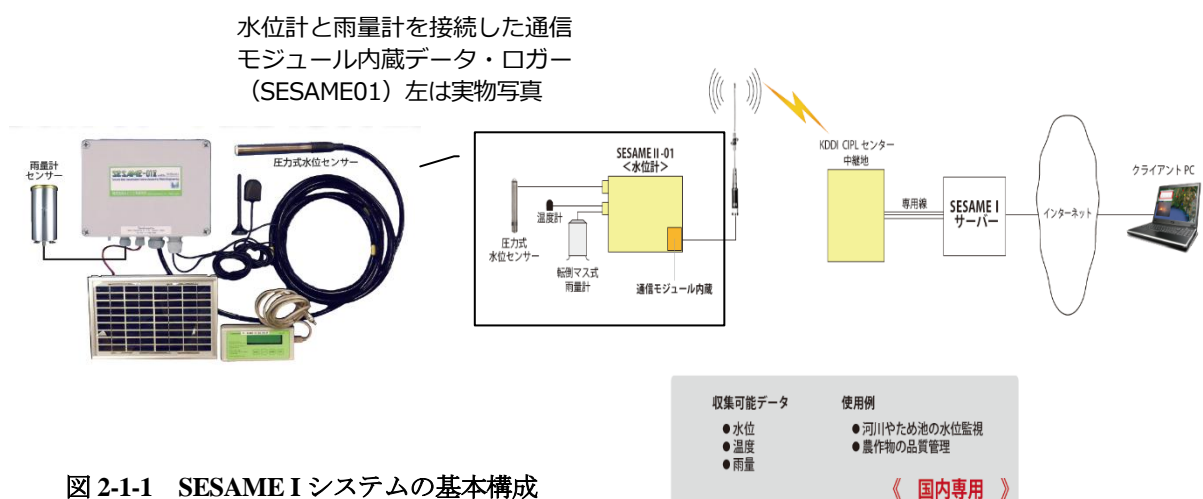


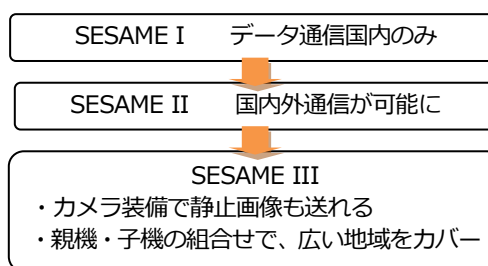
図 2-1-1 SESAME I システムの基本構成

⁵¹ Sensory Data Transmission Service Assisted by Midori Engineering の略

その後、携帯電話業界の SIM フリー化と、国内外で使用可能な通信モジュールが 2010 年に発売されたため、SESAME I では欠かせなかったデータ中継地や専用線を必要とせず、海外からもインターネットを使って日本へデータ伝送できる SESAME II が開発された。

本システムは、北海道大学が受託し 2009 年～2014 年にわたり実施している SATREPS⁵²「インドネシアの泥炭・森林における火災と炭素管理」（インドネシア泥炭 SATREPS）において開発されたシステムであり、現在でも泥炭地の地下水位計測のため 20 台が使用されている。

さらに最近では SESAME III が開発され、2014 年より発売される見込みである。SESAME II からの大きな改良点とそれによるメリットは、以下のとおりである。



SESAME システムの進化

改良点

1. カメラが装備されており、静止画像がデータの一部として伝送できるようになった
2. サーバーへの通信モジュールを備えた親機 1 台と持たない子機（センサーであり、かつ子機同士をつなげる無線機を内蔵）1 台～複数台をセットにし、子機同士をリレー式に数珠つなぎして親機までデータを無線伝送し、親機でデータをまとめてサーバーに送ることが可能となった

メリット

- ・画像データも他のデータと一緒に送る事ができるため、データが異常値を示した場合に、遠隔地にいながら画像で確認できる
- ・センサーの設置個所が携帯電話通信網の外であっても、親機が電話通信網の内であればすべてのデータがサーバーに伝送できる
- ・親機につながる子機の台数制限がないため、例えば、広い地域の泥炭地や水田地帯において数多くの地点の水位を測るとき、数多くの樹木の周長を測るとき、広いほ場（カカオ・コーヒーのプランテーションなど）の土壌水分を管理するときなどで極めて作業効率性が高くなる
- ・すべてのセンサーにモデムを設置する SESAME II に比べて大幅なコスト削減ができる

2-1-2 SESAME システムの長所

以下は、SESAME II と III システムに共通する長所である。

- ①汎用品の組合せ：機器はすべて汎用品の組合せで作られている。そのため製造原価、維持管理費が安くできるほか、海外でも容易に保守交換ができる。
- ②通信コストの低さ：通信モデムには、現地携帯通信会社の SIM フリーカードを利用できるため、現地の安価な通信料が適用される。例えば、インドネシアでは約 200 円/月でフィールドデータを国内外のサーバーに伝送している。

⁵² Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development（地球規模課題対応国際科学技術協力）の略。地球規模の課題解決を目的として、日本と開発途上国の研究者が共同で研究を行う 3～5 年間のプログラムである。JST（独立行政法人科学技術振興機構）と JICA が共同で支援する。

③リアルタイムで、かつ分かりやすいアウトプット：

図 2-1-2 のように、簡易 GIS ソフトと組み合わせることで、フィールド情報がサーバーに送られた後、解析結果を電子マップ上にグラフ表示やテキスト表示できる。瞬時に数多くの地点におけるデータを収集、表示できるため、広範囲の地域の監視に特に有効なシステムである。

④ターンキーシステムによる参入障壁：SESAME システムは、データのインプットからアウトプットまで連動した統合的なシステムである。水位計などのセンサーをフィールドにセットするだけで、その瞬間からインターネット上でデータを確認、解析ができる。システムを構成する個々の機器の製作ができたとしても、統合的にシステムを構築するためには特殊なノウハウが必要であり、かつ大きな労力を要する。したがって同様のシステムを模造し参入することは能力的、コスト的に難しいと考えられる。

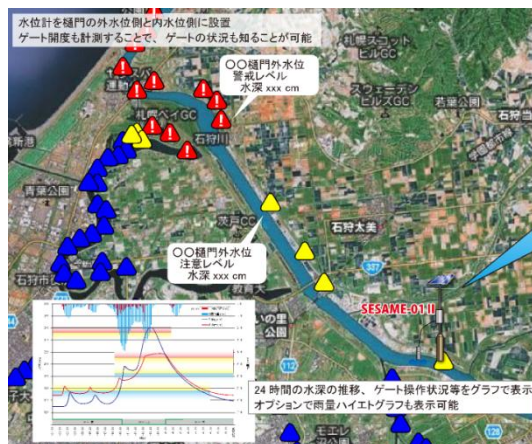


図 2-1-2 GIS マップを使ったアウトプット例

2-1-3 製品・技術のスペック／価格

SESAME システムを構成する水位計、データ・ロガー、データ伝送モデム 1 セットが約 50 万円（太陽光発電器 2～3 万円を含む、工事費別途）である。そのほか、システム運用にかかるサーバー使用料とデータ通信料が 3,000 円/月（国内外共通）である。

フィールドデータを集めるセンサーは、クライアントが要求する精度に基づいて選定されるため、システム全体のスペックはユーザーのニーズに合わせることができる。システムに共通するスペックとしては以下があげられる。

- ① データ測定間隔と保存容量：フィールドデータの測定間隔は分単位で設定することができる。計測されたデータは内蔵メモリやメモリーカードにより長期間保存できる。例えば、2GB のメモリーカードには 300 年以上のデータが蓄積できる（水位データの場合）。
- ② データ伝送：データ伝送間隔は、5 分～24 時間の間で設定できる。測定値が設定水位を超えたような場合には、登録したメールアドレス（多数設定可）に警報メールを送ることができる。
- ③ サーバーに蓄積したデータは自動的に計算処理が行われ、日別、月別などの形でグラフ表示される。

2-1-4 日本国内における類似製品との比較

日本国内における SESAME システムの類似製品は数多くあるが、その中でも特に特徴が似ている 2 社の製品と SESAME システムを比較した。結果は表 2-1-1 のとおり、データ測定間隔と集積容量、データ転送システム、使用電源、価格すべての面において SESAME システムが優れているといえる。

表 2-1-1 SESAME システムと類似品との性能比較

| 製作会社名 | (株)みどり工学研究所 | | A社 | | B社 | |
|----------------|--|------|---|------|--|------|
| 規格型式 | フィールドデータ転送システム sesame01- II | 優劣判定 | Web水位・雨量計 IDPNS-3型 | 優劣判定 | OSNET 水位データ集録装置NetLG001 | 優劣判定 |
| 水位測定精度 | ±0.1%FS | ○ | ±0.1%FS | ○ | ±0.1%FS | ○ |
| データ測定間隔、集録容量など | 1,2,5,10,15,20,30秒, 1,2,5,10,15,20,30分, 1,2,3,6,12,24時間の間隔で記録可能。 計測データは内蔵メモリかメモリーカード。10年の蓄積が可能である。 | ○ | 10分間の間隔で記録可能。 計測データは内蔵メモリーのみ。蓄積量は不明。 | × | 1,2,5,10,15,20,30秒, 1,2,5,10,15,20,30分, 1,2,3,6,12,24時間の間隔で記録可能。 計測データは内蔵メモリーのみ。5分間サンプリングで約3ヶ月の蓄積が可能。 | △ |
| データ転送システムとその特徴 | データ伝送は、国内外のSIMフリーのカードを使い集録したデータを国内に設置されたクラウドサーバーに伝送。 伝送間隔は5、10、20、30分、1、2、3、4、6、12、24時間に1回。 クラウドサーバーから自由にデータを取り込むことができる。 | ○ | データ伝送は国内のFOMA網のみ。 伝送間隔は1時間または10分間に1回。 ウェブページからデータをダウンロードして収集。 | × | データ伝送は国内のFOMA網のみ。 伝送間隔は5、10、20、30分、1、2、3、4、6、12、24時間に1回。 専用ソフトでデータ収集。 | △ |
| 使用電源等の特徴 | 太陽光発電（3W）による稼働が可能。商用電源の制約がない。 | ○ | 太陽光発電（10W）による稼働が可能。商用電源の制約がない。 | △ | 太陽光発電（30W）による稼働が可能。商用電源の制約がない。 | × |
| 価格 | 725,865 | ○ | 1,800,750 | × | 1,431,750 | △ |

2-1-5 インドネシア国内における類似製品との比較

(1) 政府機関によるテレメトリシステムの開発・利用

インドネシアにおいて SESAME システムは、「テレメトリ (telemetry : 遠隔測定 (法)) システム」として認識されることが多い。現在インドネシアでは、少なくとも BMKG、BPPT、PU⁵³ (公共事業省) の 3 機関でテレメトリシステムを開発あるいは利用していることが分かった。このうち BMKG では、国内 180 か所から伝送されてくる気象データを中央に集めて手書きで記入し、サーバーに保存しているに過ぎない。BPPT と PU におけるテレメトリシステムの開発・活用概要は以下のとおりである。

① BPPT : BPPT が 2010 年に開発した SIJAMPANG⁵⁴は、リアルタイムの降雨状態とともに道路冠水状態とそれに伴う渋滞情報、がけ崩れ注意報といった災害関連情報を利用者へ提供するための空間情報システムで、「洪水早期警戒システム」として知られている。現在も試験が続けられており、まだ実用化には至っていない。このシステムは、ハイドロメータ (水圧計)、Automatic Water Level Recorder (AWLR : 自動水位レコーダー)、レーダー (C ブランド気象レーダー) などで構成されており、すでに国内 200 か所に機器が設置されている。

また将来、同システムによって、流域における河川水位観測と、レーダーによる気象 (特に雨量) 観測によって得られた情報を基に BPPT のコンピュータシステムを使って分析し、中長期の洪水予測がなされることになっている。レーダーは半径 110 キロ圏内をカバーし、観測は 24 時間続けら

⁵³ Departemen Pekerjaan Umum (Ministry of Public Works, 公共事業省)

⁵⁴ System Informasi Hujan dan Genangan Berbasis Keruangan

れる予定である。そのために BPPT は、まずジャカルタ地域を対象とするモデルシステムの構築をすることになっている。

同システムの運用には、コミュニティ住民の協力も前提とされており、協力者は降雨があるとそれをシステムに通知するか、あるいは、レーダーセンサーが降雨を検知すると、そのデータがサーバーへ送られサーバーから協力者に対して自動的に SMS が送られて、各地の降雨状態を確認することになっている。

SIJAMPANG は、Twitter によっても降雨情報を提供することができる。また、アンドロイドシステムにも対応しており、スマートフォンでもデータを確認することができるようになるとのことである。実用化に向けた課題としては、センサーの不具合や、センサーからのデータ通信費用の高さ⁵⁵など様々あるとのこと、BPPT からは「是非 SESAME システムとの統合化を図りたい」と期待されている。

②PU：後述するように、1985年にテレメトリシステムが導入された。それまでは、PUの灌漑総局の管理下で、国内すべての水位観測所と雨量観測所で測定されたデータをその場で紙に記録し、各地の担当者が直接バンドンに運んでいた。現在では、「洪水自然災害早期警戒システム」構築の一環として、PUの水資源研究開発センターが2007年に開発した Tech4Water と呼ばれるテレメトリシステムが使われている。これが唯一、インドネシアにおける SESAME システムの競合品といえる。

そこで次節ではまず、同国水管理分野において PU によるテレメトリ導入の歴史と、最新のテレメトリシステム技術・製品を俯瞰しながら、SESAME システムにかかる競争環境や市場環境を明らかにしたい。

(2) 水資源管理分野におけるテレメトリシステムの導入の歴史

インドネシアにおいて水資源管理のために初めてテレメトリシステムが導入されたのは、1985年、建設中のサグリン(Saguling)ダム⁵⁶であった。当時は、VHF周波の無線通信システムを使用しており、全ての装置は日本から調達された。このシステムは、導入後しばらくは順調に作動したが、1995年以降は機能していない。その主な原因は以下のとおりであった。

- ・スペアパーツを日本から輸入する必要があった
- ・スペアパーツの多くが日本でも生産停止していた
- ・テレメトリシステムに精通した人材がいなかった
- ・大半の測定装置(センサー)が破損したり、盗難被害に遭ったりした

インドネシアにおけるテレメトリシステム導入の歴史は、それ以降1990年にチラタダムにおいて一定の成果をみるまで試行錯誤の連続だったといえる。表2-1-2に、同国水資源管理分野におけるテレメトリシステム(無線通信タイプ)の導入実績を示した。

⁵⁵ BPPTによれば「遠隔データ送信は2年前から実験を行なっている。渋滞情報の送信にはGPRS/SMSを使っている。また水位計を1台だけ設置し、モバイルネットワーク(GSM)を利用してBPPTにあるサーバーにデータを送信しているが、センサー1台につき、15分毎に110 IDR(月に800,000 IDR)かかってしまうため、実用化できない。APRS(Automated Position Reporting system)電波を利用すれば、費用は下がる。」とのことであった。

⁵⁶ 西ジャワ州

表 2-1-2 インドネシアにおけるテレメトリシステム（無線通信タイプ）の導入実績

| 場所 | 時期 | 概要 | 主な問題点 |
|------------------------------|------------|---|--|
| チタルム川 上流流域 | 1985年 | 水資源研究開発センターが、サグリンダム建設の際、無線通信タイプのテレメトリシステムを導入し、チタルム川上流流域 11 箇所の雨量観測所からデータシグナルを受信していた。1995 年以降機能していない。 | 部品（スペアパーツ）がなかったほか、テレメトリ分野にたけた人材がいなかった。 |
| チラタ | 1990年 | 電力公社がチラタ水力発電プロジェクトの一環でテレメトリ装置を設置した。このシステムは日本のコンサルタント会社が 1985 年に計画作成した。しかし同システムは短命に終わった。 | 盗難被害にあったり、現場に設置された装置が完璧に作動しなかったりした。 |
| チマヌック川 流域 水文学観測所ネットワーク | 1991年 | UNDP/WMO の技術援助プログラムで VHF 周波技術をベースとした通信システムによるテレメトリ装置が設置された。現在は機能していない。 | 海外製品であったため、それを使いこなせる人材や運用費、維持費など全てに限界があった。 |
| ソロ川流域 | 1992年 | 洪水予測・警報システム(FFWS)プロジェクトの一環で VHF 周波使用のテレメトリ装置が設置されたが、この装置も短命であった。 | 同上。 |
| ジラトゥンセルナ 流域 ケドンゴダム | 1993/4年 | 洪水予測・水管理システム ケドンゴンボ多目的ダムプロジェクトの一環で 127 の雨量観測所・水位観測所にテレメトリ装置が設置された。使用通信システムは UHF/VHF 電波がベースで、装置は海外から調達した。 | 技術的、非技術的な両面でさまざまな問題に直面している。 |
| ブランタス川流域 スタミダム | 1990年 ～ | テレメトリ装置が雨量観測所に 26 か所、ダムに約 8 か所、堰に約 9 か所設置された。使用通信システムは VHF 周波である。2000 年から運営は、Jasa Tirta 1（ジャサ・ティルタ第一公社）に移行している。 | (順調に作動中) |

上表にあるように、ジャサ・ティルタ第一公社が運営するスタミダムにおけるテレメトリシステムは、現在でも順調に作動している。同公社は、十分な維持費の確保、技術を持った人材、明確な運営組織を背景に、インドネシアで唯一、テレメトリシステムを活用できている機関である。しかしながら、ここでも以下の問題が指摘されている。

- ・ 大半の部品が外国製のため、不具合が生じた際に輸入する必要がある
- ・ 人員の能力不足のため、不具合が生じた際に、海外人技術者を招聘する必要がある
- ・ 部品の値段が高いため、運営コストが高い

(3) 無線通信タイプと GSM タイプ

上述のように、インドネシアでは 1985 年から無線通信タイプをベースとするテレメトリシステム

が使われてきた。しかし、無線通信タイプは、高額な維持費、人材不足、盗難被害、スペアパーツが国内で調達できないといった問題を抱えている。また、急速な情報技術の発展により、無線通信タイプの人気はすでに衰えており、ジャサ・ティルタ第一公社を除いて、ほとんど使用されていないのが現状である。

2008年にTech4WaterがGSM⁵⁷タイプを使って以来、テレメトリシステムはGSMタイプへと段階的に移行している（Tech4Waterについては次節で述べる）。表2-1-3に、無線通信タイプとGSMタイプの利点と欠点を比較した。

表2-1-3 無線通信タイプとGSMタイプの比較

| | 利点 | 欠点 |
|---------|--|--|
| 無線通信タイプ | <ul style="list-style-type: none"> 音声で直接情報を聞ける。 通信費が無料である。電波使用許可料を払う必要があるが、電話通話回線を使用したシステムに比べて運用費は安い。 | <ul style="list-style-type: none"> コントロールセンターの場所と雨量観測所や水位観測所に高価な無線アンテナタワーを設置する必要がある。 コントロールセンターや現地ステーションが見通しの良くない場所にある場合、丘陵部あるいは山など、雨量観測所あるいは水位観測所より高い場所にリピーターステーションを建設する必要がある。 周波電波の送受信の質を決定するために、比較的長期にわたる伝播テストも必要であり、かつ、かなり大きな直流の電力も必要である。 海外製品（大半は日本製）であり、国内や製造元である国でも生産中止されており、部品が調達できない。 |
| GSMタイプ | <ul style="list-style-type: none"> 便利で簡単にアクセスできる。 部品や有能な技術スタッフも国内にそろっている。 運用費が非常に安い。 テレメトリシステムの管理にはリピーターステーション建設のための高額な投資をする必要がない。 | <ul style="list-style-type: none"> Base Transceiver Station (BTS) から遠い地域では電波障害がまだ頻繁に起こる。 |

(4) Tech4Water システム

2005年5月、PUによって、「洪水自然災害早期警戒システム」構築を目的とする開発チームが形成された。開発チームはPUの水資源研究開発センターが中心となり、ディポネゴロ大学、ITS⁵⁸（スラバヤ技術大学）、PT インティ⁵⁹（国営通信会社）などが参画した。このチームには、民間企業であるHydrosix社も関与して主にセンサーの開発を担った（PT インティはデータ・ロガーの開発を担当した）。同チームによって2007年に開発されたTech4WaterはGSMタイプのテレメトリシステムで、GPA /ロ

⁵⁷ Global System for Mobile Communications、第2世代携帯電話（2G）規格

⁵⁸ Sepuluh Nopember Technological Institute of Surabaya

⁵⁹ PT INTI: PT Industri Telekomunikasi Indonesia

ガー、降雨センサー、水位測定センサーで構成される遠隔測定装置とそれを動かすシステムからなっている。

Tech4Water の電力源は太陽光エネルギーであり、予備として乾電池を使っている。データ送信には、携帯電話技術により開発されたショートメッセージシステム (SMS) を使用する。これにより、水位と雨量のリアルタイムの記録と効率的なデータ伝送が可能となった。

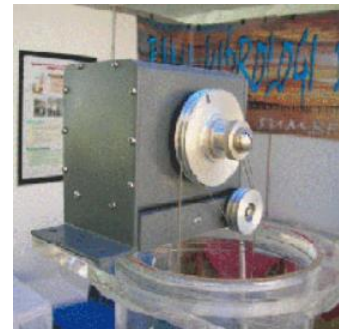
Tech4Water の水位計測には、Hydrotech 社⁶⁰の浮遊タイプ HWL01 モデルが使われている。HWL01 は防錆アルミニウムでできており、エンコーダーと、0.8 ミリのステンレスワイヤーで連結されたフロートからなる。また雨量計には、同社のバケツタイプの HRG01 が使われており、雨量のほか、雨量強度や頻度を計測する。

さらには、Tech4Water によって流域における洪水予測分析が行われ、その結果は洪水警報や干ばつ予報として使われることになっている。国内 39 流域をカバーするために、約 50 の観測所を結ぶ臨時観測ネットワークが形成され、すでに水位、雨量、温度、湿度など最大で 8 つのパラメーターが観測されている。しかしながら、2011 年末までには雨量観測所と水位観測所に 60 台以上の Tech4Water が設置される予定であったものの、現在、同システムは稼動しておらず、手動のデータ・ロガーを使って水文データが収集されている状態である。

その課題としては、官僚的な体質により迅速な故障対応など保守管理ができていない、サービス会社によるアフターサービスといった一時的な対応に頼っており、システムを包括的に運用・管理するための管理費や人材の確保が不足している、運営・維持管理費が不足している、といった点が指摘されている。

2-1-6 SESAME システムの比較優位性

上述したように、インドネシアではテレメトリシステムがすでに導入されているが、実際に確認してみると、そのほとんどが正常に稼働していないことが分かった。一般的には、先進的な機器が開発・導入されても、一般的には機器の価格が高価なことから、専用品を利用しているために、故障した際にスペアパーツの調達や修理が簡単にはできないこと、またできたとしてもその費用が大きくなることから、故障したまま放置され実際に稼働しているシステムが少ないことは十分に考え得ることである。そのほか、技術者不足や運営・維持管理費用の高さなど理由はこれまで述べたとおり様々にあるが、こうした観点からは、設置が簡単で、かつ汎用部品を多用しているため安価に調達できる SESAME システムがインドネシア市場に参入できる余地は大きいと考えられる。その上、インドネシア技術者自身が国内で部品の調達をし、かつ修理できることから、長期間にわたるシステム運用が可能になると考えられる。特に、SESAME III システムについては、まだ類似品とよべる製品はなく、SESAME の優位性はあると考えられる。



水位計 (HWL01 モデル)



雨量計 (HRG01 モデル)

⁶⁰ 水文観測用機器の製造会社。Hydrosix 社の関連会社で同社の製品の販売も担う。

SESAME システムの比較優位性をまとめると、以下のとおりである。

- ① 安価：基盤以外は、すべて汎用品を組み合わせた製品である。
- ② 維持管理のしやすさ：汎用品であるため、修理交換が容易である。
- ③ 携帯電話通信網を利用できる：センサーで収集した情報は、携帯電話通信網を利用してサーバーまで送ることができる。インターネット回線、固定電話線などは不要である。
- ④ 太陽電池で年間稼働：電力消費量が少なく、太陽電池で年間を通じて稼働する。電池切れの心配がない。万一、充電電池が切れてもデータはメモリーカードに保存される。
- ⑤ M2M である：情報を 1 か所から 1 か所に伝送する P2P (point to point) 製品と比べて、SESAME は M2M(machine to machine)であるため、一つの地域内における数多くの拠点のデータ、あるいは国内外各地からのデータを、同時に、日本（札幌）に置いたサーバーに伝送することができる。
- ⑥ サーバーの設置場所：国外のクライアントの希望があれば当該国に、あるいは国を問わないクラウドにサーバーを設置することができる。

ただし PU によって、「テレメトリにはできる限り多くの国内部品を使うことでコストを削減すべきであり、外国製品への依存を減らすべきである」旨の方向性が打ち出されている。そうしたこともあり、Tech4Water の現地調達率は約 61%に達している⁶¹。この点、SESAME のインドネシア普及に際してどの程度の影響力を持つのか不明であるが、留意すべき点の一つである。

2-1-7 インドネシアにおける同業他社

ここでは、インドネシア国内においてテレメトリシステムの製造あるいは販売に関わっている企業を俯瞰する。それによって、みどり工学との連携の可能性を考察する。

(1) Hydrosix

Hydrosix社は、小規模ながら、施工管理、運輸、水資源、電力、環境、測量・地図作成など幅広い分野を専門とするエンジニアリング会社である。同社のオーナーは、公共事業省の水資源研修センターの元研究者であり、同省内に幅広いネットワークを有しているほか、Tech4Waterの産みの親の一人でもある。

Hydrosix社には、水資源や情報技術を専門とする社員が約10名いる。同社は、水文関連機器の販売店でもあり、自社製品のほか、米国のGlobal Water社の製品も販売している。テレメトリシステム機器の製造と設置ができる会社はインドネシアではほとんどないため、同社への引き合いは多いとのことである。

(2) PTインティ

PTインティ は、1974年に設立された国有の通信会社で、西ジャワ州のバンドン市に本社がある。主な顧客は、国内の通信業者のうち最大手であるTelkom、Indosat、Telkomsel、XLの4社である。通信および情報技術の発展にともない、同社は、製造業から情報システム分野へとビジネスをシフトしている。2010年以降では、Network Management System (NMS：ネットワーク管理システム)、Subscriber

⁶¹ Tech4Water 開発に関わったある関係者によると「公表している Tech4Water の国内部品率 61.33%という数字は、実はセンサーだけの数字である。通信部分についてはモデムを始め多くの輸入品を使っている」とのことであった。

Line Management System (SLIMS : 加入者ライン管理システム)、NGNサーバー、Video Messaging System (VMS : ビデオメッセージングシステム)、CDMAネットワークのためのインターフェース管理システム、災害予測警戒システムなどを開発している。

(3) PT Djawa Baru

PT Djawa Baruは、1949年に東ジャワ州のスラバヤで設立された。当初は、主に農業生産物を販売していたが、1975年からは我が国が支援するプロジェクト (3Kプロジェクト) に対してスペアパーツを供給する仕事を始めた。それ以降、Kobe P & H Shovel、コマツ、トヨタ、イズムなど日本製品のスペアパーツ販売をビジネスとしている。ブランタスプロジェクトの建設中は、ニチメンおよび野村貿易と協力し、Waterman製とワタナベ製の浚渫機の代理店としてアフターサービスを提供した。また同社は、当プロジェクトにおいてテレメトリシステムを構築するため、日本無線株式会社に協力した経験を有する。

(4) その他

- ①PT. GISTEC Prima : データ・ロガーとテレメトリ機器を製造する米国会社の代理店である。同社はオーストラリアの会社からの支援を受けている。
- ②PT.INTI Konten Indonesia (INTENS) : PTインティの子会社で、情報通信分野における国営企業である。2010年に設立され、ITインフラ、テレメトリ、ウェブポータル、計器盤、モバイルコンテンツなどの開発を担っている。
- ③上記以外の会社 : PT. Tata Aquarindo Perkasa、PT Indotama Teknologi、PT Dutaraya Dinametro、PT Restu Ibu Inti、PT Persadara Lestariといった企業が、PUによる水文データ観測にかかるテレメトリシステム事業に応札している。しかしながら、ウェブページや聞き取り調査によると、これらの企業はいずれも自ら機器を設置し保守管理する能力は有しておらず、受注した場合には下請に出すことが多い。

こうしたことを考慮すると、みどり工学が現地でビジネスパートナーを求める場合、Hydrosixが最も有望と考えられる。これについては同社社長のEndang Wachyan氏からは、「まずは、ジャティルフルダムを管理するジャサ・ティルタ2との協力関係を強化するのが良い。その中でできれば自社のセンサーを使ってほしい。自分は、これまで関わってきたテレメトリシステムの普及に、より健全な形で力を注ぎたい。みどり工学からの求めがあれば、SESAME機器の設置や保守管理などの面でも積極的に協力したい」旨、極めて前向きな回答を得ている。

2-2 提案企業の事業展開における海外進出の位置づけ

2-2-1 みどり工学研究所設立の経緯と国内の現状

みどり工学は、所長である繁永がかつて建設コンサルタント職員としての業務を基に、SESAMEシステムの開発にいたったことが始まりである。かつて、水収支の計算や予測モデル作成のために欠かせないフィールド観測をおこなっていた際、データをいかに正確に、簡単で、かつきめ細かく取得できるか試行錯誤していた。そうした苦勞の結果、安価で、取得後のデータ計算が容易にできるシステムとして、電子記憶式水位計、雨量計を開発し、販売したことがあった。

その後 2004 年にコンサルタント会社を起業するにあたり、データを電池で記録するだけでなく、携帯電話通信網を利用し、より安価で場所を選ばないシステムとして SESAME システムを開発し、本業を補う営業品目とした。この SESAME システムは、テレメータ（遠隔監視装置）としては従来製品の 1/10 程度の価格に抑えることができ、かつ維持費も安価であるため、開業当初は国内の公共事業に普及できるだろうと考えていた。ところが、政府官庁は既存のシステムとの整合性を優先するために、製品としての優位性があったとしてもなかなか新規参入することができなかった。特に大規模なシステムは、大手企業の寡占状態となっているのが現状であり、国内市場でのビジネス展開の難しさに直面していた。

2-2-2 国内外の販売実績

それでも、これまで国内外で約 200 台（SESAME I が 170 台、SESAME II が 30 台）を販売している。その主な販売先、台数、用途は下表のとおりである（設置済み分）。

| 機関名 | 台数 | 用途 |
|----------------|----|--|
| NEXCO 東日本 | 70 | 積雪深のデータ伝送、グラフ表示 |
| 土地改良区（道内外） | 8 | 農業用水路の水位監視 |
| 土木建設業者（3 社） | 3 | 河川工事中の水位監視 |
| 建設コンサルタント（6 社） | 10 | 地下水調査など |
| 北海道開発局北見道路事務所 | 6 | トンネル工事に伴う地下水調査 |
| （独）防災研究所 | 6 | 都市部道路の浸水監視 |
| （独）畜産草地研究所 | 2 | 水文解析 |
| （財）日本野鳥の会 | 1 | シマフクロウの動態監視 |
| JICA/北海道大学 | 20 | インドネシアでの河川、地下水位、降水量、農地土壌水分のデータ伝送、グラフ表示 |

さらには、2013 年には、農林水産省取水量管理システムとして初受注を果たしたほか、大分県農業用ダム広域管理システムとして採用された。その他、全国のため池管理システムとして注目を浴びており、各地の県・市の防災担当者や設計コンサルタント会社から多くの問合せがある。

2-2-3 海外進出の位置づけ

北海道大学を中心としたインドネシア泥炭 SATREPS チームと共同で開発・導入した SESAME II システムにより、気象変動に関連する調査や日常の管理業務を通じて、インドネシア国内での普及が期待できると感じ、海外への展開を本格的に意識するようになった。これまでの調査を通じて、日本に比べてインドネシアにおける需要ははるかに大きく、かつ、参入障壁は日本に比較してかなり低いと判断している。SESAME システムが大量に採用されることも期待されるため、現在では、日本国内のニーズにも対応しつつも、軸足は海外に移すことを考えている。

海外進出については、まず、インドネシアにおける SESAME 事業をしっかりと軌道に乗せることが重要である。その後、言語的に近くかつインドネシアと同様な気候変動問題を抱えるマレーシアや、洪水問題が懸念されるタイなどアジア諸国を中心に事業展開したいと考えている。普及・実証事業などを通じて SESAME システムを活用するインドネシア政府機関が、気候変動対策に関連する様々な国

際会議に出席して SESAME の効果を広報してもらうことでも、海外での認知度が飛躍的に高まると考えられる。そのためにも、SESAME システムがハードウェア、ソフトウェアともにデファクトスタンダードとなるべく、まずはインドネシアでの実績を積み重ねていきたい。

2-2-4 これまでの取り組み

インドネシアでの事業展開に向けて、みどり工学は下表の取組を行ってきた。

| 年月 | 取組の概要 |
|----------|--|
| 2010年11月 | SATREPS「インドネシアの泥炭・森林における火災と炭素管理」調査団の一員として初参加。第1回目の訪問として、インドネシア側パートナーであるパランカラヤ大学講師 Rony Teguh Pupu 氏とインドネシア国携帯電話会社の SIM ⁶² に関して調査 |
| 2011年2月 | 第2回インドネシア国パランカラヤ訪問。音声 SIM を利用したデータ通信方式（音声モデム方式）によるスイス製水位計の実験に成功 |
| 2011年2月 | パランカラヤ大学の要請で、「技術で起業する」と題し、工学部学生向けの公開講義。学生300名教授陣10名が参加。地元氏カリマンタン/ポスト紙に記事が掲載される。 |
| 2011年3月 | Asian Forum on Carbon Update 2011（バンドンで開催。BPPT ⁶³ 、BSN ⁶⁴ 、北海道大学、JICA、JST 主催）に、「The data collection system using mobile communication module for management of watershed hydrology」と題して発表 |
| 2012年5月 | パランカラヤ、泥炭地、河川水位、森林の中の泥炭地の3カ所より、1時間ごとに観測データを日本国みどりサーバーにデータ伝送する事に成功 |
| 2012年9月 | International Symposium on Wild Fire and Carbon Management in Peat-Forest in Indonesia（ボゴールで開催。BPPT、BSN、北海道大学、パランカラヤ大学、JICA、JST などが主催）において、「Field data transmission system by using cell-phone digital telecommunications network」と題して発表と、ポスターセッションに参加 |
| 2013年3月 | ICCRI（コーヒー・カカオ研究所、ジェンベル）と他の試験研究機関より、土壌水分の計測とそのデータ伝送について要望があり、ジャワ東のジャンバーと南カリマンタン州バンジャルバルの2カ所に、土壌水分計を設置 |
| 2013年5月 | 2 nd Workshop on Green House Gas, Integrated Estimating and monitoring System for Sustainable Peatland Management in Indonesia Jakarta, 29 April 2013 において、「Water monitoring and data network」と題して発表。本会議において、UNDP が発表したリアルタイム・モニタリングシステムに対応する機器として SESAME が優れていると評価される。 |
| 2013年5月 | UNDP ⁶⁵ 、BPPT とモニタリングシステムへの SESAME 導入について協議 JETRO ⁶⁶ ジャカルタオフィスを、現地会社設立関係者(インドネシア人)2名と共に訪問し、現地法人設立の問題点、その他についてヒアリング |
| 2013年9月 | ODA 案件化調査に採択され、現地調査を開始 同時に、パランカラヤにて開催された、SATREPS 主催の WORKSHOP に参加し、それまでの活動報告 |

⁶² Subscriber Identity Module Card

⁶³ Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (Agency for the Assessment and Application of Technology, 技術評価応用庁)

⁶⁴ Badan Standardisasi Nasional (National Standardization Agency, 国家標準庁)

⁶⁵ United Nations Development Programme

⁶⁶ Japan External Trade Organization

| 年月 | 取組の概要 |
|----------|---|
| 2013年10月 | 案件化調査の一環として、ジャティルフルダムに SESAME II 水位計・雨量計を設置。12月には、現地 Compas 紙全国版に SESAME が取り上げられる。(添付資料参照) SESAME III システムのフィールドへの初めての導入 |

2-3 提案企業の海外進出による日本国内地域経済への貢献

(1) 地元企業との連携による地域雇用の増大

北海道地域においてみどり工学は、SESAME 機器の製作を外注しており、なおかつ製品の開発・企画においては、これまで北海道の補助金を受け、数社の会社とコラボレーションしてきた。今後さらに優れた技術をもつ中小企業と連携して、総合的なシステム製品を構築することにより、SESAME システムの新規企画品を生み出すことができれば、地域における雇用の増大にもつながると考える。特に SESAME システムは、データ記録器とデータ伝送部、サーバー管理、そして出力面では WEB システムを使った展開など多岐にわたるコラボレーションが可能であり、大企業に負けない製品を互いに協力し合って製品化できる。例えば、海外における新たなセンサーの要求などに対しては、地元企業が持っているセンサー技術を用いて市場の拡大が期待できる。こうして将来海外での SESAME 販売が可能となれば、大きな市場が開け、協働している地元企業にとっても大きなメリットになる。

(2) 低炭素社会を目指した町づくりモデル構築への貢献

平成 22 年度に政府から環境未来都市と地域活性化総合特区の指定を受けた北海道上川郡下川町は、林業を基幹とした産業構造を長年にわたり醸成するとともに、低炭素社会を目指した町づくりに多くの成果を上げている。町では森林による大気中の炭酸ガス吸収量を低炭素評価の指標としており、現在は航空機を使ったリモートセンシング技術で樹木の生長を推定し炭酸ガス吸収量算定の基礎としている。町ではさらに炭酸ガス吸収量のより正確かつ迅速な把握が必要であるとの視点に立ち SESAME デンドロメータの導入を進めている。これが実現すれば、林業を中心とした低炭素社会のモデルとして世界への情報発信が可能となる。

(3) 水環境モニタリングシステム開発への貢献

北海道中央の大雪山系に源を発し北上して天塩町で日本海にそそぐ天塩川は流路長が石狩川に次ぐ北海道第二の一級河川である。下流域にはサロベツ湿原、ペンケ沼、パンケ沼など湿原生態系を支える自然環境が存在する。しかし、1960 年代からの地域開発にともなう自然環境の劣化は、良質な湿原生態系を保持するための脅威となっている。この天塩川下流域の湿地群は 2005 年にラムサール条約に登録され、渡り鳥の中継地としても重要である。特に国の天然記念物に指定されているオオヒシクイは天塩川湿原域のマコモ（イネ科）とヒシ（ヒシ科）を主食とするため、この地域にマコモとヒシの生育環境を整えることを目的に国と地方自治体が連携した自然再生事業が展開されている。当事業では、微妙な水環境の管理や植物の生育、野鳥の飛来が確認できる SESAME III の利用が期待されている。SESAME システムのように安価でリアルタイム可視化できる機能を備えた水環境モニタリングのシステムは、自然再生事業や自然保護事業には今後欠かせないツールとして、北海道のみならず世界中に発信できる可能性を有している。

(4) 北海道内での実績と今後の見込み

SESAME システムは、平成 21 年の販売開始から今日まで、短期間のうちに、地方自治体、民間企業、大学など様々な機関に納入されており、北海道内では、右図に示すとおり、ほぼ全域に広まりつつある。

東日本大震災以降、地域防災への関心が高まり、かつ SESAME システムが使う携帯電話通信網が災害に強いことが認識されたため、現在、北海道開発局とも導入に向けた協議をしている。地域防災面でも、SESAME のさらなる貢献が期待される。

みどり工学は、地域の中小企業と共に事業展開を図るため、中小企業経済同友会の北海道豊平支部を通じて、札幌市内の IT 企業とも連携している。その活動の成果として、SESAME を使い、インターネットを利用してリアルタイムで、広い地域の気象状況を一度に表示できる「みんな気になるお天気システム」の構想がすでにできており、道内の地方自治体へ実用化を提案している。図 2-3-2 はその一例で、地域の雨量強度を詳細に示すマップである。雨とビジネスが密接に関係する業界、例えばタクシー業界などによる活用が見込まれる。このように SESAME システムは、地域においても様々な活用可能性が期待される。



図 2-3-1 北海道内の SESAME 納入実績

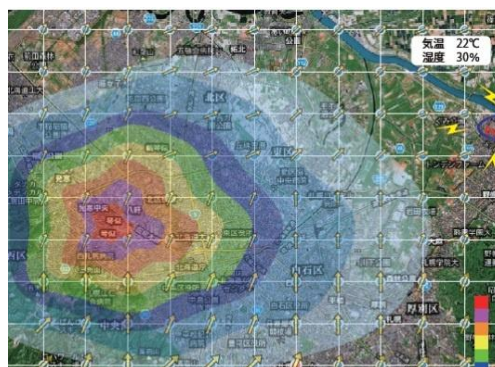


図 2-3-2 「みんな気になるお天気システム」を使った、地域気象データ（雨量強度）のアウトプット

(5) 地域研究機関や大学などとの連携促進

自然科学の研究者にとってフィールドにおける自然現象を遠隔地においてリアルタイムで把握できることは、研究の進展や研究内容を多様化する上で極めて大きな貢献となる。特にアクセスが困難な地域で多くの観測点を展開する流域水文学などの分野では、欠かせないツールとなるといえる。2-2-2 で示したとおり、これまで研究機関・大学には約 30 台の納入実績がある。北海道大学を中心とした次期 SATREPS 案件においても SESAME システムの活用が予定されているなど、今後、大学などとの連携は益々促進されることが期待される。

2-4 想定する事業の仕組み

2-4-1 市場環境

ここでは、気候変動対策を軸として、インドネシアにおいて想定される SESAME システムの主な用途と、それに基づく需要見込みを考察する。

(1) 泥炭地の地下水位

第3章で述べるとおり、泥炭地からの二酸化炭素排出には地下水が大きく影響することが分かっている。そのため、泥炭地での火災防止や微生物分解抑制のための地下水位管理用として SESAME シス

テムを活用することができる。第1章で述べたとおり、国内泥炭地の面積は2,100万ヘクタールにも及ぶ。地下水位モニタリングが1万ヘクタール毎に必要と仮定すれば、2,100か所の水位観測ポイントが必要となる。

(2) 泥炭地における森林の二酸化炭素固定量推計

SESAMEシステムは、デンドロメータ（樹木の幹直径成長の測定器）をつなぐことで、森林に生育する樹木個々の成長量を、多数一度に遠隔モニタリングすることが可能であり、これによって森林の二酸化炭素固定量を推計するためのデータを得ることができる。さらに、日照、気温、地下水位などの気象環境要因を平行して観測することにより、気候変動の森林二酸化炭素固定機能への影響を評価することができる⁶⁷。国内泥炭地の50%が森林であると仮定し、かつ1万ヘクタール毎に森林モニタリングが必要とすれば、約1,000か所での観測が必要となる。

(3) 洪水自然災害早期警報システム

インドネシアでは全国に流域が5,950⁶⁸あると推定されている。仮にそのうちの半数の流域で、河川からの洪水警戒にかかるモニタリングが必要とし、かつ各流域においては上・中・下流域3か所での計測が必要とすれば、合計8,925か所での河川水位プラス降雨モニタリングポイントが設けられることになる。ただしシステム構築はPUが政策的に進めており、かつ実質上、国営企業であるPTインティが市場を独占しているため、参入は容易ではないと思われる。

(4) 気象観測

現在、BMKGが収集している気象観測項目には、風向、風速、気温、湿度、気圧、降雨量、日射量がある。今後、BMKGでは新たな気象予報システムを展開しようとしており、かつ、各省庁横断的に関連データを共通化したいと考えている。このような状況下でSESAMEシステムを使えば、携帯電話通信網を使用する事で、非常に安価に、BMKGのニーズに合った気象観測装置を設置できると考えられる。

日本の気象庁からの技術援助などもあってレーダーを利用した降雨予測なども考えられているが、国土が広いと多くのレーダーを必要とする。日本におけるアメダスは、約20km四方に1か所の割合で設置されており、この程度の密度で気象ロボットなどを設置するとすれば、4,798か所必要となる（日本では1,300か所に設置されている）。したがって、今後インドネシア国においても、本格的に気象予報を行うとすれば、少なくとも2,000か所程度以上の設置が必要となろう。また、島が多いため、そのテレメータ回線としては携帯電話データ通信網がもっとも優れていると考えられる。

なお、気象データの観測時間としては、アメダスと同様10分おきが望ましい。また、電力事情が悪いことを考えると、電源として太陽電池で動作することが必須である。こうしたニーズにもSESAMEシステムは合致する。

⁶⁷ なお、ここでSESAMEシステムの優位点は、モニタリングの容易さにある。森林で多数の樹木を測定する際、従来の有線機器ではコードの有効距離に測定個体が限定されてしまう点やコード結線管理作業が複雑であること、コード断線のトラブルなどの難点があったが、ZigBeeの無線化によってそうした点が改善された。また、携帯電話回線網によるデータ伝送システムは、遠隔にある森林のモニタリング・データをリアルタイムで取得・確認できる点で、他の利用方法と同様の優位性がある。

⁶⁸ 本調査で外注したローカルコンサルタントの調査結果から

(5) その他

上記した気候変動対策以外にも、SESAMEシステムの市場として、下記のとおり様々な用途、需要が見込まれる。

- ①農業用水管理：インドネシアの灌漑水田は、合計で約220万ヘクタール⁶⁹とされている。各灌漑地においては、取水口で水位を計測することで取水量が分かるため、ここにSESAMEシステムを設置すれば計画的、体系的な配水が可能となる。特に大規模灌漑事業地において有効である。
- ②土壌水分計：オイルパーム、ココナッツ、ゴム、サトウキビ、カカオ、コーヒー、茶を栽培するプランテーションの面積はインドネシア全体で約1万8,500ヘクタールにのぼる⁷⁰。第3章で述べるように、コーヒー、カカオの生産性は土壌水分のpF値によって大きく影響を受けるため、プランテーションにおける栽培管理用としてSESAMEシステムが活用できる。
- ③ダム の 水位管理、漏水管理：インドネシアには、100のダム⁷¹がある。第3章で述べるとおり、ダムの水位管理を通じた配水量管理が必要とされるほか、ダムの漏水防止のためピエゾメーター（間隙水圧計）を組み合わせたSESAMEシステムの活用が期待される。このピエゾメーターは、384か所⁷²あるといわれる埋立地にも適用できる。
- ④地盤変位計：インドネシアにおける泥炭地からの炭素放出量の把握のために、航空機に搭載したレーザープロファイラーが度々使われる。2つの時期の地盤標高を測定し、その差を泥炭層が微生物分解した量と考えると炭素放出量を見積っている。ただし、地盤標高の変化には微生物分解のほか、地下水位変動、乾燥収縮、樹木の生長にともなう荷重の増加などの原因が加わっており、単にレーザープロファイラーで標高を測定するだけでは炭素放出量見積もりに大きな誤差が生じる可能性が高い。そのため、地表変位を、その変位の大きな要因である地下水位とともに直接測定し、レーザープロファイラーなどの間接測定結果の精度向上に寄与することを目的に地盤変位計を用いる。インドネシア国内全域における泥炭地からの放出炭素量推定にレーザープロファイラーなどの間接測定が使われるとすれば、1万ヘクタールに1ヵ所程度の直接測定が必要であり、全体として2,700台の地盤変位計の需要が見込まれる。

2-4-2 需要見込み

本調査の結果に基づき、インドネシア国でのSESAMEシステムにかかる需要見込みとみどり工学の売上規模や利益を想定するにあたり、次のように3つのシナリオで検討した。

シナリオ-1：平成26年度にODA民間提案型普及・実証事業（以下、「普及・実証事業」と称す）を受託した場合。約100セットをJICA支援によりインドネシア関係機関に配布しそれをきっかけとしてSESAMEシステムの販売が始めると想定（この100セット分は利益から除外した）

シナリオ-2：北海道大学が次期SATREPS案件を平成26年度に受託した場合。380台のSESAMEシステムの販売、現地での設置があることを想定

シナリオ-3：現在、日本企業から引き合いがあるインドネシア国での商談がまとまった場合、

⁶⁹ 2005年、農林水産省 (<http://www.maff.go.jp/primaff/koho/seika/project/pdf/nikokukan8-2.pdf>)

⁷⁰ 同上

⁷¹ 一般社団法人日本大ダム会議 (http://www.jcold.or.jp/j/dam/w_dam/dam_asia/dam_indonesia.html)

⁷² 本調査で外注したローカルコンサルタントの調査結果から

もしくはインドネシア国における CASE-1 と 2 以外の受注を見こんだ場合（仮にシナリオ 1 と 2 が実現しなかった場合でも、代理店としての BNT 社を活用して別の売上有ると想定）

それぞれのシナリオの詳細については以下のとおりである。

①シナリオ-1

インドネシア関係機関からは、以下のように、SESAME システムへの需要があると想定した。

| 機関名 | SESAME システムへの需要 |
|--------------------|---|
| BPPT ⁷³ | 気象変動対策用として、GHG 発生源である泥炭地の地下水位モニタリング用に使われる水位計を、泥炭地 21 万 km ² のうち 10km 四方に 1 か所設置するとなると 2,100 か所設置となる。これを 10 年間で設置すると想定。 |
| 林業省、民間林業会社 | デンドロメータは、林地での二酸化炭素収支を計測する上で、将来、必要不可欠になると想定される。したがって需要としては、泥炭地地下水位モニタリング箇所と同程度設置されてもよいと考えるが、少なめに 100 か所とした（10 年間）。状況により、泥炭地の水位計と同等の数が設置される可能性もある。 |
| PU | PU ではダム・河川関係にすでに独自のシステムを導入しているが、PU 管轄の農地開発などで独自に行おうとしている泥炭地の地下水位モニタリングは既設の機器では対応できないことから、そのために SESAME システムが必要との情報を得ている。また、洪水自然災害早期警報システムにおける河川関係の水位計、雨量計などは PT インティが独占しているため、少なくとも見積って 5 年間で 100 か所とした。ただし今後、SESAME のメリットが PU にも理解され受け入れられれば、数は飛躍的に伸びる可能性がある。 |
| BMKG | 全国の気象情報収集用として、地下水位計、土壌水分計、総合気象ロボットなどを合わせて、2,000 か所の設置を想定（10 年間） |
| ジャサ・ティルタ 2 | ジャサ・ティルタ 2 では灌漑用水管理や洪水監視などを行っており、その灌漑管理面積は 24 万ヘクタールと広大である。SESAME の水位計をダムの貯水、放流監視のほか、農業用灌漑用水量の管理に使用するために 1,300 か所設置（ダム関係で 100 か所（雨量、水位、水質）、下流河川と農業用水関係で 1,200 か所（灌漑水田約 1,000 ヘクタールに 5 か所）と想定（10 年間）。 |
| コーヒー・カカオ研究所 | 土壌水分と灌漑水路の監視を行うことで、生産物の品質、生産量を効率的に上げることができる。特に雨量が少なく干害に見舞われることが近年大きくなっていることから、SESAME システムの導入に積極的である。民間のプランテーション業者への導入も考えられるが、想定では 100 か所とした。（10 年間） |
| 農業省 | 農業省では全国の農業従事者に向けて気象情報を解析し知らせている。現在はフランスのシステムを利用しているが、その維持管理が円滑にっていない模様。そのため SESAME システムに関する関心が極めて高い。予算も年間 500 万円以上機器購入のために持っているとのことで、普及・実証事業でも 25 台程度の設置を希望している。したがって、100 台を 10 年間で販売するとした。 |

⁷³ 具体的には、BPPT が主導する SESAME システム・インドネシア・日本コンソーシアムを中心に、関係各機関を巻き込んで活動が展開されると想定

| 機関名 | SESAME システムへの需要 |
|-----|--|
| その他 | 地方自治体、民間工業団地、農場・農園（パームヤシプランテーション）などにおいて、水文監視、河川、地下水の状況などの監視に使われると予測し、その数を10年間で700か所（パームヤシプランテーションだけでも700万ヘクタール以上あり、1万ヘクタールに1か所とした）と想定した。 |

②シナリオ-2

現在、北海道大学が SATREPS に、平成 26 年度～31 年度インドネシアにおける地球温暖化ガス防止に関する研究を申請している。この研究の中で、リアルタイムのモニタリングシステムが MRV⁷⁴の重要なシステムとして位置づけられている。したがって、この研究申請が採用された時に必要とされる台数、約 380 台（5 年間）を計上した。

③シナリオ-3

日本国内の気象予報会社から、インドネシアにおける気象予報業務を行う上でのシステムとして SESAME システムを使用したいとの希望があったため現在、交渉中である。これは現在、北海道大学が受託・実施している SATREPS 「インドネシアの泥炭・森林における火災と炭素管理」における実績から引き合いがきたものである。これが、実現したときに予定される台数 250 カ所（10 年間）を計上した。

2-5 想定する事業実施体制・具体的な普及に向けたスケジュール

2-5-1 製造販売体制

（1）現地法人化の方針と時期

本調査の結果、市場規模から推測すると、SESAME システムの販売、設置や保守管理のためのサービス体制が不可欠であることから、現地総代理店を設立し（現在、その目的のためローカル資本で BNT 社が設立されている）、将来、これをみどり工学の子会社とする予定である。外資によって現地法人化するためには資本金として約 3,000 万円が必要とされることから、その時期は CASE 1 が順調にいき事業が軌道に乗った段階、具体的には 2 年目になると考えている。CASE 2 の場合は 3 年目に現地法人化、CASE3 の場合には現地法人化は無理であるため、BNT 社に技術援助しながら技術顧問料などを対価として得るという形になる。

（2）現地パートナー

SESAME 機器は当面、日本からすべてのパーツをインドネシアに送って組み立てる。ただし、一部のセンサー、バッテリー、太陽電池などはインドネシアでも入手可能であるため、精度次第で使用する。総代理店である BNT 社から、現地での機器のノックダウン生産と設置工事、修理・交換などを代理店に斡旋する予定である。パーツが故障した場合、汎用品で安価なものがほとんどであるため、基本的には交換する。今回の調査で、テレメトリシステムの設置や保守管理に精通しており、なおかつ、PU やジャサ・ティルタ 2 にも強いコネを持つ Hydrosix 社の存在を知り、同社の社長とも協議した結果、ここを協力会社として連携する方向で考えている。

⁷⁴ 測定（Measurement）し、国際的に報告（Reporting）し、削減状況を検証（Verification）すること

(3) 実施体制案

図 2-5-1 に、みどり工学によるインドネシア向け SESAME システムの製造販売にかかる実施体制案を示した。日本では、ハードウェア開発、ソフトウェア開発や保守管理のために複数の専門企業との連携を図るほか、インドネシアでは BNT 社を中心とし、その下にスマトラ島、スラベシ島それぞれを担当する代理店を置く。ジャワ島とカリマンタン島は BNT 社直轄とする。また協力会社として BNT 社の下に Hydrosix 社を置く形とする。

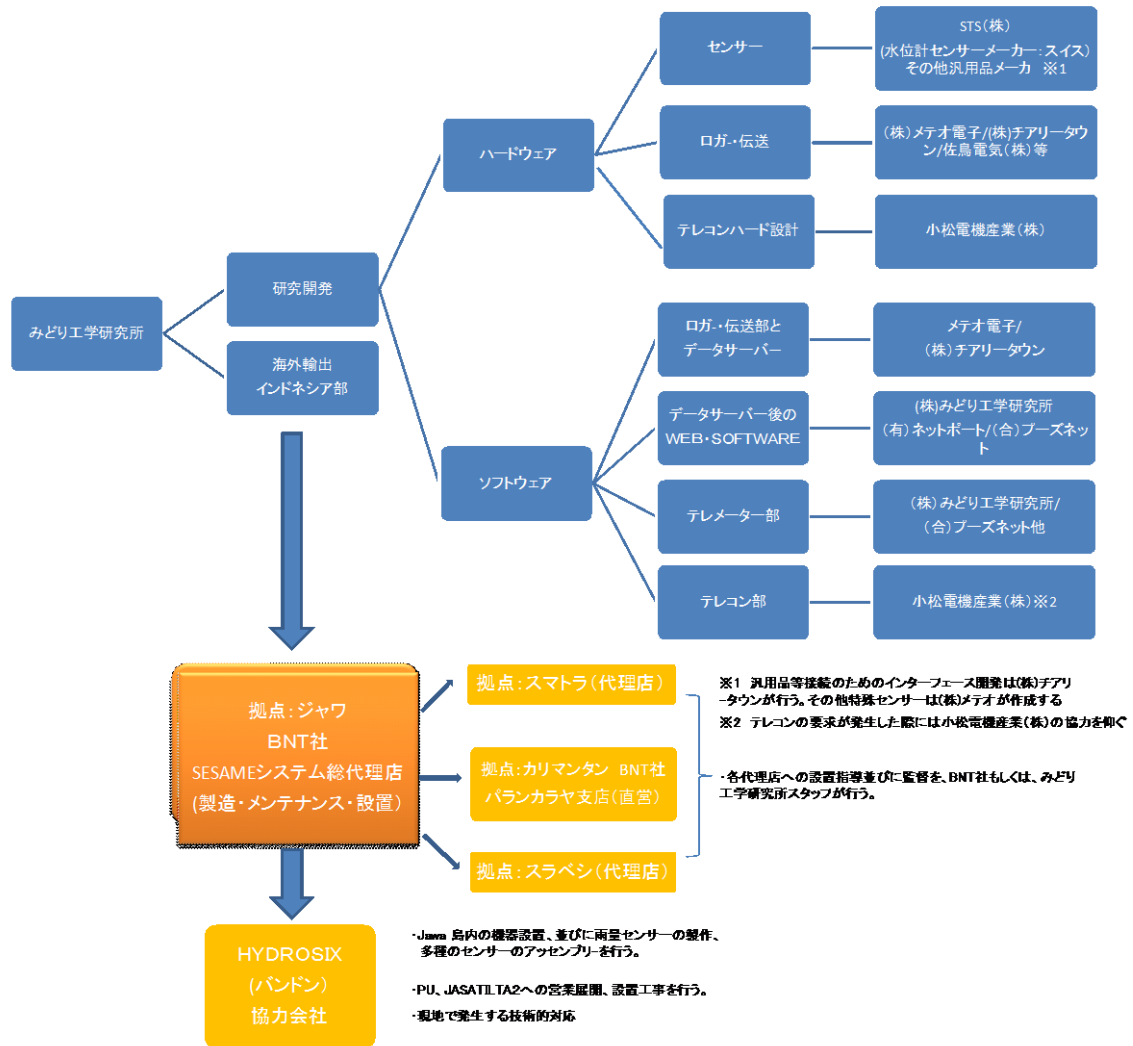


図 2-5-1 SESAME システムのインドネシア向け製造販売体制案

2-5-2 遵守すべき通信規格

SESAME システムでデータ伝送のために使う携帯通信網の利用に際しては、データ送信用の機器とモデムの形式認定をうける必要がある。これについては、現在 SESAME II システムで使用しているトーメンエレクトロニクス社製の通信 BOX 3 (モデル名は、トーメンエレクトロニクス社 BOX-003-ST) に関して、インドネシア通信技術適合を取得した。認定証の概要は以下のとおりである。

| | 上り周波数帯 | 下り周波数帯 |
|----------------------|--------------|--------------|
| 携帯電話データ通信網 (GSM) 900 | 890～915MHz | 935～960MHz |
| 同 1800 | 1710～1785MHz | 1805～1880MHz |
| 同 (HSDPA) 2100 | 1920～1980MHz | 2110～2170MHz |

なお、この製品をインドネシアに輸入するためには、受け入れ企業が、輸入ライセンス (Certification B) を取得する必要がある。

2-5-3 現地法人設立と運営にかかる留意点

みどり工学がインドネシアで事業を行うための進出形態としては、外資 100% (Perusahaan Modal Asing、以下“PMA 企業”) または現地パートナーとの合弁による現地法人設立か、駐在員事務所の設立のいずれかである。現時点では、上述のとおり BNT 社への出資という形で合弁企業 (みどり工学の子会社) とし、SESAME 機器の組立て、据付、保守管理を含む販売会社とする可能性が高い。

PMA 企業あるいは合弁企業設立の場合の主な留意点は以下のとおりである。

会社設立の基本条件⁷⁵

- ・ 外国投資の許認可を担当している投資調整庁 (BKPM) から出されている投資ネガティブリスト (現行は大統領規定 2010 年 36 号) は、外国投資家に閉鎖・規制されているビジネスセクターを示しており、インドネシアへの投資を行う際は、まずこのネガティブリストをチェックする必要がある。みどり工学の進出形態は“卸売業”に該当するが、現行ネガティブリストによれば外資 100% で設立可能である。
- ・ 商品の輸入及び国内販売を行うことを想定しているため、まず輸出入を含む卸売業で申請し、その後会社設立プロセスの一環として、貿易ライセンスを取得する。
- ・ 2 名 (個人または法人) 以上の出資者が必要である。
- ・ 現行株式会社法では、会社設立のための最低授権資本金額は 5,000 万 IDR であるが、外国資本の PMA 企業の場合、投資調整庁より要求される授権資本金の額は USD 建てで (定款には定款作成日のルピアレートでルピア記載) 30 万 USD からとなっている。
- ・ 取締役は最低 1 名、監査役 (コミサリス) も最低 1 名必要で、全て外国人でも良い。取締役会及びコミサリス会は 1 名以上から構成される。コミサリスとは、オランダ商法の監査役 (Commissaris) に由来し、株主代理人のような役割を持つ。日本の会社法では監査役に相当するものの、日本の監査役よりも強く広範な権限 (取締役の職務停止権限など) が与えられている。
- ・ 事業内容は投資調整庁から許可された事業区分に沿った形で記載される。許可された事業以外は定款に記載することはできない。

事務所賃貸

- ・ 法人登記前に会社登記住所を決めなければならない。一般的には、親会社や株主の名義で事務所の賃貸契約を行い、その後、現地法人の登記が完了してから本契約を行う。
- ・ 事務所賃貸料は都市部を中心に上昇傾向にあり、ジャカルタ中心部ではビルの管理費込で 20～40USD/平方メートルが相場である。契約期間は 1～3 年が一般的で、支払いは 3 ヶ月～年払いであ

⁷⁵ PMA 企業も現地パートナーとの合弁企業の場合も基本条件は同じである。合弁の場合には別途合弁契約書が必要となる。

る。操業許可の取得に必要な最低賃貸期間は、製造業で3年となっている。

輸入ライセンス

- ・ 輸入ライセンスを取得するため、一般輸入業者登録（API）を投資調整庁に申請する。みどり工学の場合には、商社の場合と同様に“API-U”を申請する（API-Uは完成品の輸入・販売に限定される）。APIは取得から5年毎に再登録を行う必要があるほか、3ヶ月に一度、輸入実現・非実現報告書を投資調整庁に報告する義務がある。API取得後、財務省・関税総局に輸入者登録（NIK）を行わなければならない。一部の特定品目の輸入には特殊輸入承認番号（NPIK）の取得が必要である。

輸入手続き、関税

- ・ インドネシアは、対ASEAN諸国への輸出入については、関税撤廃または一定の軽減税率を適用している。また、インドネシアは日本とも自由貿易地域協定の関税率を適用している。日本インドネシア経済連携協定（EPA）にそって所定の手続きを踏むことにより、通常より低い関税率が適用される可能性がある（HSコードに基づく）。

会計・税務

- ・ 財務諸表の作成基準について、インドネシア会社法により、インドネシア会計基準（PSAK）を遵守しなければならない。会計年度は通常12ヶ月を超えない期間で、決算期は選択できる。すべての帳簿はインドネシアで作成、保管することになっており、原則として会計と取引記録はインドネシア語、インドネシアルピアを使用するが、英語とUSドルも認められるケースが一般的である。

源泉所得税

- ・ 国外株主に対する配当や海外から技術指導をする場合などには20%の源泉徴収がされるが、日本に対する支払いの場合には、日伊租税条約に基づき、管轄税務署が居住証明書によって日本での居住が証明されれば、10%～15%に軽減される。

入国ビザの種類とその取得

- ・ ビザの種類は大まかにトランジットビザ、各種訪問ビザ（シングルエントリあるいはマルチエントリ）、一時滞在ビザの3カテゴリーがある。みどり工学の場合には、当面、1回の訪問につき60日間有効なマルチエントリ訪問ビザの取得を想定する。

インドネシア人の雇用

- ・ インドネシアにおいて認められている従業員のステータスには、下記のとおり、正規従業員、契約従業員、日雇い従業員の3種類がある。みどり工学の場合には、事業の進展に合わせて適宜これらを組み合わせていくことになる。
- ・ 正規従業員は、期間を限定せずに雇用される。最高で3ヶ月の試用期間を設けることが可能であり、解雇・自主退職の際には退職金の支払い義務が発生する。
- ・ 契約従業員は、期間を定めた雇用契約に基づき就労、あるいは特定の業務が終了するまでの期間就労する従業員である。2年以内の期間で契約を結んだ契約社員は、契約の延長が認められているが、延長は1回限り、最長1年である。暫定的・補足的業務のための雇用であるため、主要・固定業務に用いることはできない。会社都合で雇用契約期間が終了する前に解雇する場合、残存契約期間の賃金を従業員に対し損害賠償金として支払わなければならない。逆に従業員が自主退職する場合は従業員が会社に対して損害賠償金を支払うことになっている。
- ・ 日雇い従業員は、期間あるいは仕事の継続性が決まっていない特定の仕事をを行うために就労する従業員で、出勤状況に基づき賃金が支給される。原則として3ヶ月を超えない短期間で行う業務、一

ヶ月に20日を超えない業務に従事可能であり、これ以上の期間就労させた場合、会社は正規従業員と同様の待遇をし、解雇の際には退職金を支払わなければならない。

社会保険制度

- ・ インドネシアでの雇用保険にあたるものとしてはジャムソーステック (Jamsostek) がある。10名以上の労働者を雇用する会社あるいは1ヶ月に最低100万IDRの賃金を支払う会社は労働者をJamsostekに加入させる義務がある。Jamsostekには、労災補償(強制加入)、養老保険(強制加入)、死亡保障(強制加入)、健康保障(任意加入)があり、全て加入した場合の会社負担率は基本給与額の7.24%~11.74%となる。
- ・ 外国人労働者にも加入を義務付けているが、現状では日本の社会保険などに加入している。

労務面での主な問題点

- ・ ジャカルタ特別州での最低賃金はここ近年急上昇しており、2013年で220万IDR(前年比44%増)、2014年は244万IDR(同10%増)である。賃金アップを巡るデモも頻繁に起こっているため、それに伴う生産性の低下も懸念材料である。実質的には、大卒初任給は300万~400万IDR、これに食費と交通費が支給されるケースが多い。
- ・ 優秀な労働力や中間管理層・技術者などが不足している。優秀な人材は常にキャリアアップと高給を目指して数年おきに転職を繰り返す傾向にあり、日本のように長期安定的な雇用は比較的難しい。売上連動制などによるインセンティブ制度を設けると良い。

2-6 リスクへの対応

事業化に関し、想定されるリスクとその対応方法は下表のとおりである。

| 予想されるリスク | 対処法 |
|--|---|
| 1) 類似品にかかるリスク SESAME は数々の部品からなるシステム構築が必要であるが、個々の部品は汎用品である。そのため粗悪な類似品が出回るリスクがある。また価格競争に陥るリスクもある。 | できる限り早期に SESAME を商標登録する。その上で、普及を図り「SESAME」ブランドの認知度を高めるとともに、BPPT を通じて、SESAME システムの導入を政府関連機関や民間企業へ働きかける。 SESAME システム・インドネシア・日本コンソーシアム(以下、「SESAME コンソーシアム」と称す)を形成し、収集したデータを関係機関で共同利用する仕組みを作ることによって SESAME の絶対優位性を高める。 |
| 2) 労務リスク 現地従業員雇用や解雇に関する課題、人件費の高騰などによる労働争議、ストライキなどが発生するリスクがある。 | 在インドネシア日系企業や専門コンサルタントなどから、雇用や解雇時の留意点やトラブル、労働争議の例などについて情報を収集し、必要な対策をもちこむ。人件費の増加傾向を反映させた事業計画を作成する。労働者にとってインセンティブが持てるような給与体系を構築する。 |
| 3) 現地パートナーとの協業リスク 事業運営方針や方法について、見解の違いなどから円滑な関係が維持できず、パートナーシップがうまくいかなくなるリスクがある。 | 事業運営にかかる必要事項の共有、コミュニケーションを心掛ける。現地パートナーとして想定している BNT 社には、事業の目途が立った段階で資本を投入して現地子会社化し、みどり工学の意志が反映できるようにする。 |

| 予想されるリスク | 対処法 |
|--|--|
| <p>4) 商習慣に基づくリスク 事業を行う上で、許認可を扱う官公庁、機器の輸入業者、取引先などとは日本と商習慣の違いがあると考える。</p> | <p>SATREPS 関係者、BPPT などの政府機関、インドネシア日本商工会、JETRO などから、インドネシア特有の商習慣について聞き取り、それに応じた企業活動を行う。</p> |

第 3 章 製品・技術に関する紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）

3-1 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）の概要

本調査で実施したパイロット調査の目的は、SESAME システムが、インドネシア政府が掲げる気候変動問題対策において十分に貢献できる製品・技術であることを実地検証し、かつ、それによってみどり工学がインドネシアへ進出し SESAME システム事業を展開するための見通しをつけることである。

パイロット調査は、以下の 2 つのサイトで実施された。

- ・ダム湖：ジャティールフル（ジャティールフル）ダム湖（西ジャワ州中部）
- ・泥炭地：インドネシア泥炭 SATREPS サイト（中部カリマンタン州パランカラヤ市郊外）

以下に、それぞれのサイトにおける実施概要を示す。

3-1-1 ジャティールフルダム湖（西ジャワ州中部）

（1）設置場所と検証課題

1967 年に建設されたジャティールフルダムは、インドネシア最大の貯水量 24.4 億 m³ を誇り、洪水調節、灌漑用水、水道用水、発電、漁業用に使われる多目的ダムである。灌漑可能面積は 24 万 2,000 ヘクタール、最大発電容量は 185.MW である。ダムの運営管理は公社であるジャサ・ティルタ 2 がおこなっている。

本パイロット調査では、2013 年 10 月、SATREPS にて使用されていた SESAME II を流用し当ダムの貯水位計測を行った。ただし水位センサーは 20m 計に交換した。SESAME 水位計は、以前フロートタイプの水位計⁷⁶が設置されていたダム余水吐の上部箇所⁷⁶に設置した（次ページ写真を参照）。

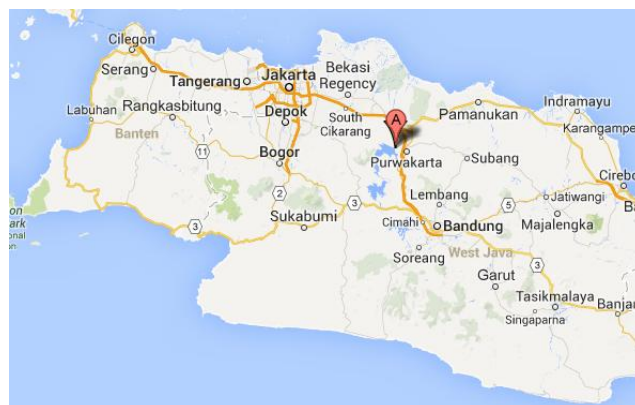


図 3-1-1 SESAME 設置場所（ジャティールフルダム、ジャワ本島）

⁷⁶ フロートタイプの自記紙タイプの水位計がついていたと思われるが、修理再生されていない。

国内最大のダムでありながら、ダムの管理に最も重要な水位は、毎時、職員が目視で量水標を読み取り記録しているに過ぎない⁷⁷。その結果、リアルタイムの水位・貯水量が把握されていないのが現状である。通常であれば、ダム管理にかかる基本的かつ重要なデータは、テレメータもしくは直接ケーブルでダム管理所に送られ、ここで監視できる状況になければならない。この状態では、ジャティールフルダムが多目的ダムとして求められる、灌漑用水、水道用水、発電用水への適切な計画配水ができないばかりでなく、ひいては、洪水時のゲート開閉など緊急対応ができないことを意味する。

現地の職員とミーティングを開き、適切な保守管理ができていない理由を推察した。その結果、観測装置が故障したときに交換部品がインドネシアにはないことや、特殊な部品が原産地において生産中止になっていて調達ができないこと、原価が高いことなどのために、故障した後修理再使用することが難しいということが主な理由であった。



ジャティールフルダムと SESAME 設置場所（余水吐）



設置した SESAME 機器本体

表 3-1-1 SESAME 機器の設置個所と設置機器

| | | |
|--------------|-----|---|
| 設置個所 | | 南緯 6 Deg 31 Min 28.83 Sec 東経 107 Deg 23 Min 19.44 Sec (URL: http://www.ジャティールフル.info/) |
| 設置機器 | | SESAME II 機器一式 |
| センサー 1セット | 水位計 | 圧力式水位計 |
| | 雨量計 | 転倒マス式 |
| | 温度計 | 機器内部気温 |

これに対して、SESAME システムは、汎用品を用いてシステム構成をおこなっているもので、センサーなどは市場に出回っている汎用品を用いることができること、精度さえ伴えばインドネシア製で良いこと、あるいは外国からも簡単に輸入できることなどを説明した。また、将来クラウドサーバーに蓄積されたデータをジャサ・ティルタ 2 の独自サーバーに送ることも可能であり、その中で管理しやすいようソフトを独自に開発できることも説明し、賛同をうけた。

こうしたことから、SESAME システムがダム管理者の期待に沿えるようなデータ収集と伝送ができるかどうか、その適合性を検証することになった。

⁷⁷ 雨量は、毎日 7 時に雨量計に蓄積された量をメスシリンダーにて測定する方式をとっている。

さらには湖の水質が悪く、硫化水素 H_2S を含むため、それに対する製品の耐久性も検証することになった。ダム職員の話では、以前、あるヨーロッパ企業が耐久性に自信を持って設置したが、3ヶ月で腐食し始め、6ヶ月しか持たなかった悪い経験があるとのことであった。SESAME 機器のような製品の場合、腐食と錆の防止が大きな懸案であり、 H_2S はそれを脅かす強い影響力を持っている。水位センサーケーシングにチタンを使えば比較的耐久性があがるほか、基盤の接点に金や銅を用いたコンフォーマーコーティングであればさらに効果は高い。しかしながら、こうした材料は高価であるため、むしろ安価な製品を定期的に交換する方法が有効な対策である、というのが SESAME のコンセプトの一つである。

実際に、SESAME 本体は密封されているが、結露防止のためにシリカゲルパックを使って外部と内部の空気を呼吸させている。これは、密閉性だけを高めると内部に入り込んだ湿気が内部結露した後外に出ることができなくなり、水が内部にたまるので、それを防ぐためである。上述した、以前、他社の機器が故障したという事例も、おそらく H_2S が原因ではなく、内部結露が原因ではないかと考えられる。

本パイロット調査では、センサー先端部や記録器内部の基盤の腐食も含めた耐久性の検証も合わせて行うこととなった。

(2) パイロット調査活動の内容

2013年10月～12月にかけて、以下の活動を行った。

- ・ダム湖水管理について、ヒアリングを通じた現状把握とニーズの確認
- ・SESAME 設置場所の確認と設置計画の策定
- ・ボックス (SESAME 収納設備) の製作と設置
- ・SESAME 機器の取付け。ダム職員に対する機器取扱い方法の説明
- ・水位・雨量・気温計測 (10分間隔)、サーバーへ伝送 (1時間間隔)
- ・データ監視プログラムをダムの PC にインストール。使用方法の説明
- ・設置したセンサー先端部の腐食状態のチェック

3-1-2 泥炭地 (パラカラヤ市郊外)

(1) 設置場所と検証課題

SESAME システムの設置場所は、中部カリマンタン州プランピサウ郡内にある泥炭地で、インドネシア泥炭 SATREPS のプロジェクト対象地域の中にある。既述したとおり、泥炭地からは大量の二酸化炭素が排出されているが、既にインドネシア泥炭 SATREPS の活動によって、当地では二酸化炭素排出管理に必要な様々な情報が集積されているため、パイロット調査の準備・実施や SESAME の適合性の検証が容易にできる。そのため、SESAME 設置場所として当地を選んだ。

泥炭地の二酸化炭素収支、すなわち年間生態系純炭素交換量 (Net Ecosystem Carbon Exchange, NEE) のモニタリングでは、主要な二酸化炭素放出過程である泥炭土壌の微生物分解や泥炭火災に影響する地下水位のモニタリングが重要である。これに加えて、NEE の主要な二酸化炭素吸収過程である森林樹木の炭素固定量のモニタリングも重要である⁷⁸。本泥炭地におけるパイロット調査の検証課題は、

⁷⁸ これら NEE に関わる内部過程を生態学的に現地実測することは、4章で後述する広域モニタリングに用いられる衛星

泥炭地の二酸化炭素収支モニタリングの精度向上という観点から大きく以下の2点である。

- 1) より正確な炭素放出量を算定するために、地下水位が泥炭地の地盤変動に与える影響の分析
- 2) 森林樹木の炭素固定量の把握を目的とした樹木の幹の肥大成長の測定

(2) 実施概要

泥炭層からの炭素放出量算定に使われる泥炭層の厚さの変動は、泥炭地の地盤高の計測をもとに算出される。広域の地盤高計測には航空機搭載のレーザープロファイラーなどのリモートセンシング技術が使われるが、地上における実測を伴わなければ実用化は難しい。特に、泥炭地盤の場合には地下水位により地盤高が変動するため、地下水位の影響を把握しておかなければならない。地盤変動とそれに及ぼす地下水位の影響をリアルタイムに把握するために SESAME システムと地盤変位計を活用した調査を実施した。

また、森林の二酸化炭素固定量を推計するためには、森林樹木の複数個体を対象に成長量を測定することになるので、そのために SESAME III の親機と子機を森林内の各所に配置する必要がある。SESAME III の親機と子機の配置距離は SESAME III が使う ZigBee の有効伝送距離に依存する。森林樹木による炭素固定量の推計では、子機を樹木ごとに最大 20m ほど離して設置することが原則であるが、森林の中では樹木自体が通信電波の妨げとなって有効伝送距離が短くなる。そこで本調査では、森林樹木の測定開始前に、森林内での ZigBee の有効伝送距離を測定して、森林環境における SESAME III の実用性を検証した。その後、泥炭地の樹木による炭素固定量を推計するために、SESAME II にデンドロメータを接続して樹木の胸高直径（高さ 1.3 m における幹の直径）の成長速度をリアルタイムに観測して、樹木個体の炭素固定量を推計した。

なお、新製品（未発売）の SESAME III は初めてフィールド条件で稼働させるため、現地特有の過酷な条件における動作確認についても留意して検証を行うことにした⁷⁹。

(3) 設置場所の詳細

地下水位、地盤変位、樹木成長のリアルタイム観測をするために、土地利用状況や地下水位への河川の影響などが異なる以下の5つの地点を選んだ（樹木成長はサイト-1のみ）。

サイト-1：タルナ植林地。火災跡地で、カハヤン川に近く、地下水位に河川水位の影響をうけやすい地点

サイト-2：タルナキャンプ。火災跡地の裸地でカハヤン川からやや離れ、地下水位に河川水位の影響をあまり受けない地点

サイト-3：タルナ内部。火災跡地の自然再生林で地下水位の変動が主に降水による地点

サイト-4：カラパンガン森林。大規模排水路により地下水位が低下した森林

サイト-5：セバンガウ森林。排水路の影響を受けない自然林に比較的近い森林

観測データを補強することにもなる。また、NEE データを高い精度で観測するために用いられる「渦相関法」によるフラクスタワー観測によって得られた値を使えば、二酸化炭素収支の内部過程をより明らかにできる、という学術的な意義もある。

⁷⁹ 性能比較や予備のため SESAME II システムも合わせて設置

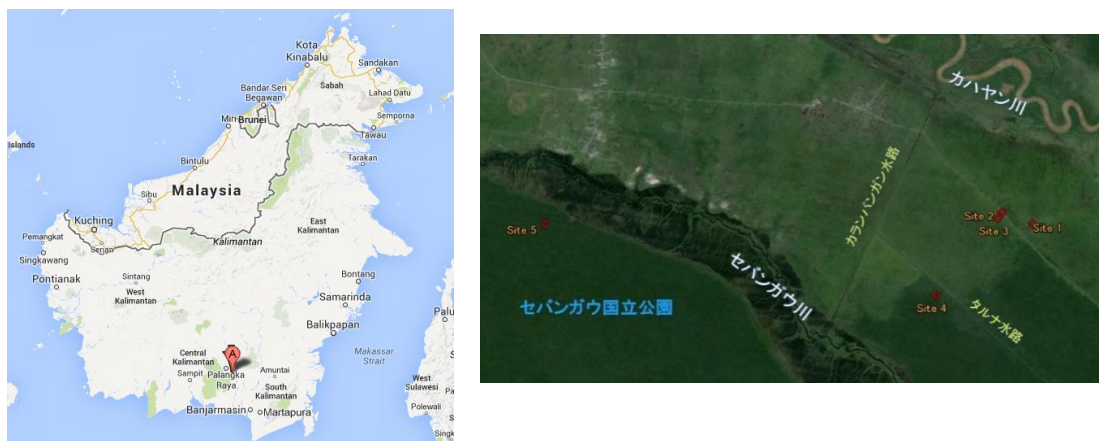


図 3-1-2 中部カリマンタン州熱帯泥炭地における観測実施地点

表 3-1-2 SESAME 機器の設置個所と設置機器

SESAME II 機器

| | | サイト-1 | サイト-2~5 |
|------|-----------------------|---|----------|
| 設置個所 | | 南緯 2 Deg 19 Min 17 Sec 付近 東経 114 Deg 4 Min 10 Sec 付近 | |
| 設置機器 | | SESAME II 機器一式 | |
| センサー | 水位計 | 圧力式 2 台 | 圧力式計 5 台 |
| | デンドロメータ ⁸⁰ | ワイヤ式 2 台 | - |
| | 雨量計 | 転倒マス式 1 台 | - |
| | 温度計 | 4 台 | 計 5 台 |
| | 地盤変位計 | レーザ式 1 台 | 計 5 台 |

SESAME III 機器 (サイト-1)

| | | |
|--------------|---------|---------------------------------|
| 設置個所 | | 同上 |
| 設置機器 | | SESAME III 機器一式 |
| センサー (子機) | 水位計 | 圧力式 1 台 |
| | デンドロメータ | ワイヤ式 2 台 |
| | カメラ | LS-Y201(VGA 解像度を持つ JPEG カメラ)1 台 |

⁸⁰ 日本より輸送、うち 1 台はインドネシア泥炭 SATREPS で購入済みの機器を短期借用した



SESAME II 機器



地盤変位計



ドイツ製デンドロメータ



みどり工学製デンドロメータ



SESAME III 親機 (近距離通信装置)



デンドロメータ子機



水位計子機

写真 サイト-1における SESAME II と III の設置状況

(4) 観測方法

地盤変位と地下水位

各地点ともデータの収録伝送システムとして SESAME II を使い、地下水位センサー (STS-ATM/N) および地盤変位計 (LLS-3, LLS-3CD) を連結して、地下水位と地盤変位の観測を行った。サイト-1 では雨量計を併設し雨量の観測も行った。観測間隔は 10 分である。データの転送間隔はサイト-1、2、3 では 1 時間間隔、サイト-4、5 では樹冠の影響による太陽光発電機能低下が懸念されるため 4 時間間隔とした。

地下水位センサーは 10cm 間隔に 5mm の穴をあけた内径 50mm の PCV パイプを約 3m 埋め込み、その内部に設置した。地盤変位計は長さ 4m、外径 48mm の鉄管を泥炭下位の鉱物質土壌に達するまで打ち込み、その地上部に距離センサーを固定した。サイト-4 については 6m の鉄管を用いた。地盤変位計の反射板部分は地表面下 5cm に埋め込んだ塩化ビニール製の H 型枠に固定し、地表の変位を反射板に直接伝わるようにした。



写真 左から：①反射板と連結した H 型フレーム。②H 型フレームを地面に埋め込んだ状態、変位計本体は鉄パイプに固定してある。③シェルターに収めた SESAME 本体と変位計ログ一部分。④サイト-1 に設置した機器一式の状況

森林樹木の生長と炭素固定量

①森林内における SESAME の有効伝送距離

調査地はパランカラヤ近郊の荒廃泥炭地の開放地および成熟林であった。荒廃泥炭地は稈高が 1m ほどのシダが優占する開放地であった。泥炭湿地林であり、林冠高が約 30m で林床植生も繁っていた。開放地での測定は、障害物が無い条件下で ZigBee の有効伝送距離を評価するためであった。泥炭湿地林での測定は、電波の伝送を妨げる障害物が最も多い森林内で有効伝送距離を評価するためであった。

②樹木の幹の肥大成長量の観測

調査地は荒廃泥炭湿地の森林再生を目的に植林された *Shorea balangeran* (フタバガキ科) の 7 年生人工林であった (写真 サイト-1, 第 2, 3 段目)。測定木の胸高直径は約 8cm、樹高は 7m で、対象とした森林の樹木の中から代表性がある個体を選んだ。デンドロメータは市販の機器 (DC2, Ecomatik, Germany) を用いた。測定期間は 2013 年 10 月 20 日～12 月 1 日、測定間隔は 10 分であった。

③森林樹木による炭素固定量の推計

樹木個体の炭素固定量の推計手順は、個体の地上部バイオマスの成長量に根のバイオマス分を加えるために 1.3 を乗じて個体全体のバイオマス成長量とし、さらに炭素量換算のために 0.5 を乗じた値を個体全体の炭素固定量とした。樹木全体のバイオマス成長量は、期首および期末のそれぞれの個体バイオマス量を求めたうえで、これらの差分で求めた。ある時点の地上部バイオマス量は胸高直径を変

数に用いた地上部バイオマス量の推定式（相対成長式）で算出した（ $\text{Log ABG} = 2.242 \times \text{Log DBH} - 1.946$ ($R^2 = 0.926$) ; ABG は地上部バイオマス[kg], DBH は胸高直径[cm]）。

(5) パイロット調査活動の内容

2013年9月～2014年1月にかけて、以下の活動を行った。

- ・ インドネシア泥炭 SATREPS にかかる情報の入手
- ・ インドネシア泥炭 SATREPS の現地関係者に対して SESAME システムの有効性について説明
- ・ ボックス（SESAME 収納設備）の製作と設置
- ・ SESAME 機器の取付け。現地職員に対して機器取扱い方法の説明
- ・ 水位・雨量・気温・樹木成長・地盤変動の計測（10分間隔）、サーバーへ伝送（1時間間隔）
- ・ ZigBee（近距離通信）の有効伝送距離の確認（解放地および森林内）
- ・ 静止画伝送速度の確認、使用モデムの変更と内部プログラムの改造
- ・ SESAME III システムのデータ伝送部の改良

3-2 製品・技術の紹介や試用、または各種試験を含む現地適合性検証活動（実証・パイロット調査）の結果

3-2-1 ジャティルフルダム湖

下記に、雨量とダム水位を示す。乾期の末期である10月から11月にかけて水位は下がっているが、12月から水位は上昇に転じていることが分かる。まず、こうしたデータが SESAME システムによって効率的に得られていることを実証した。

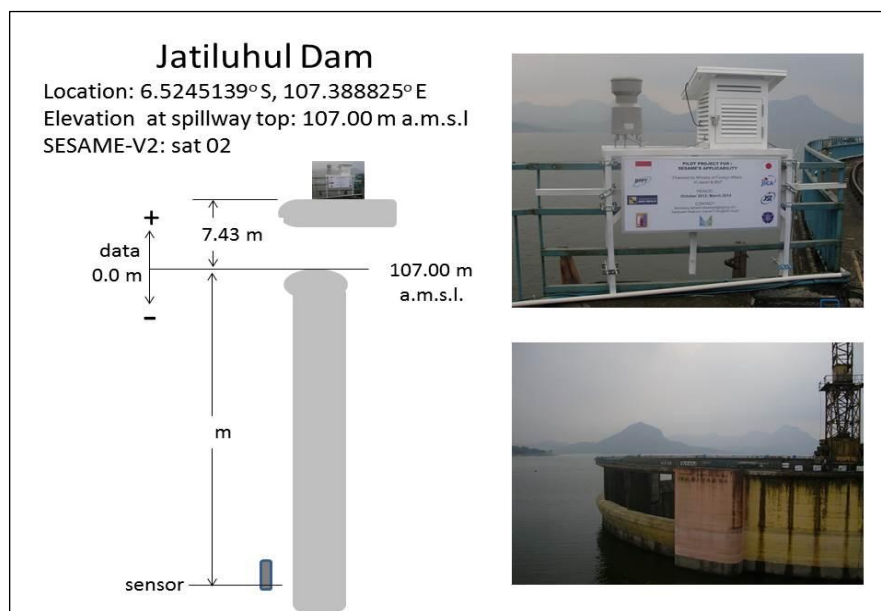


図 3-2-1 ジャティルフルダムにおける SESAME システム水位計の設置状況

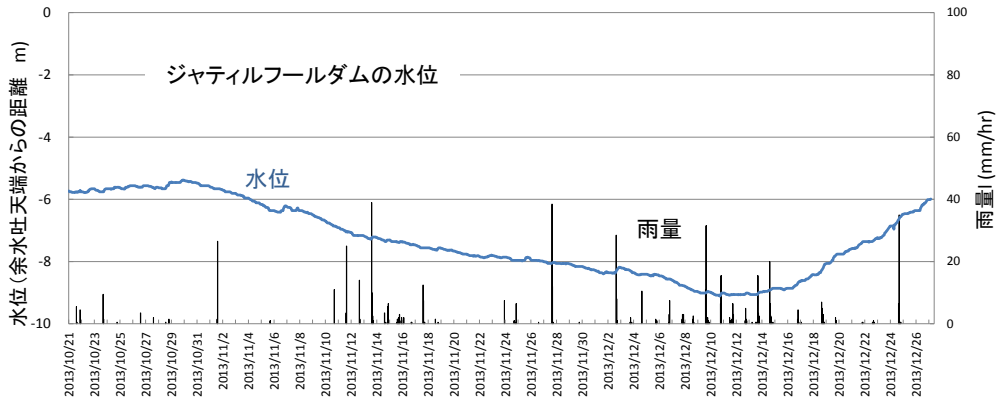


図 3-2-2 ジャティルフルダムにおける水位と雨量 (2013 年 10 月 21 日～12 月 31 日)

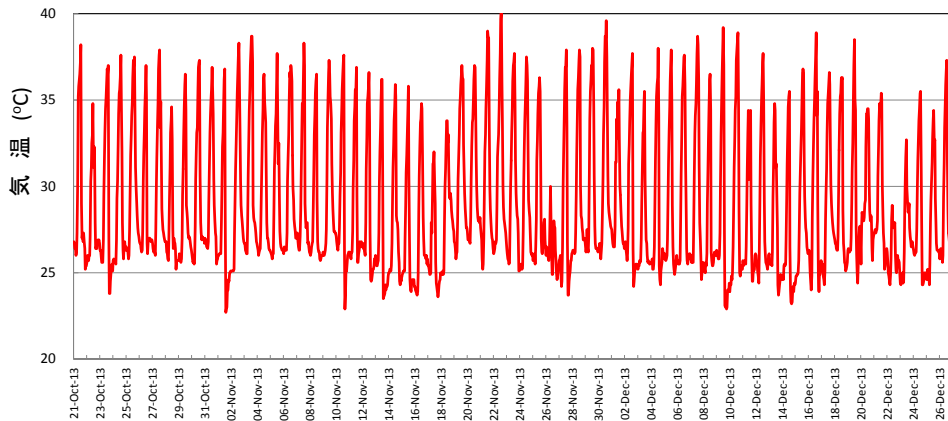


図 3-2-3 ジャティルフルダム SESAME II 機器箇所の気温

ジャサ・ティルタ 2 職員が、本パイロット調査を通じてダムの PC にインストールされたデータ監視プログラムを利用して水位管理を行い、目視による水位との比較をした。その結果、水位センサーと水位標のデータが一致しているとのことであった。したがって SESAME システムは水位観測において有効に機能していると判断することができる。

インドネシアにおける SESAME II システムの運用実績は約 1 年半を経過しているが、大きなトラブルもなく動作している。また、ジャティルフルダムでは H₂S の影響ですぐに機器が壊れるとの懸念がインドネシア側よりあったが、ここまで問題なくデータがとれている。このことから、短期間の活用ではあるが、SESAME システムの耐久性については訴求できると考える。製品自体の信頼性や、フィールドデータの収集、観測データの伝送解析などの面においても、インドネシア側で生産している Tech4Water システムとの差は明確であり、SESAME システムの優位性を確認できたといえる。

さらに SESAME III システムの開発が進み、画像データとフィールドデータがより効率的にリンクできるようになれば、あらゆる場所において、SESAME システムは他のシステムと異なった性能を発揮できることになり、利用の範囲はさらに大きく広がると考えられる。

3-2-2 泥炭地

(1) 調査結果と考察

地盤変位と地下水位

サイト-1における観測は地下水位、地盤変位、ロガーボックス気温、雨量の4要素について実施した。この地点はカハヤン川の水位の影響を強く受ける地域であり、大量の雨が降らなかったにもかかわらず、12月15日ころから地下水位が急激に上昇し、それに伴い地盤も上昇していることがわかる。

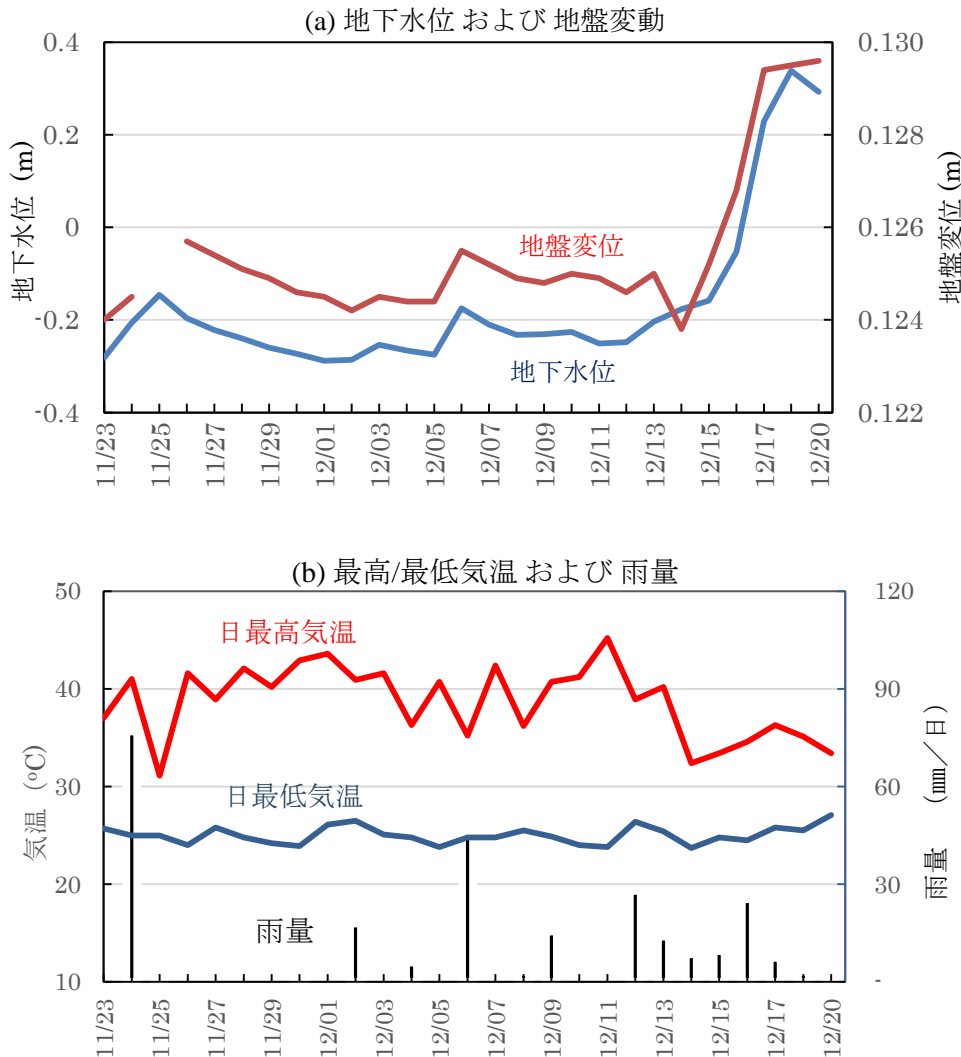


図 3-2-4 サイト-1 (タルナ森林区) における (a) 日平均地下水位、日平均地盤変動、
(b) 日最高および最低気温、日雨量の観測結果 (2013 年 11 月 23 日～12 月 20 日)

この地下水位変動に対する地盤変動の関係は、図 3-2-5 に示したように明らかに直線関係があり、その相関も決定係数 (R^2) が 0.9 以上の高い値を示している。この直線相関の勾配は地下水位変動に対する地盤変動の割合 (仮称ベータ係数) を示したものである。このベータ係数をサイト-1～サイト-5 についてまとめたものが表 3-2-1 である。

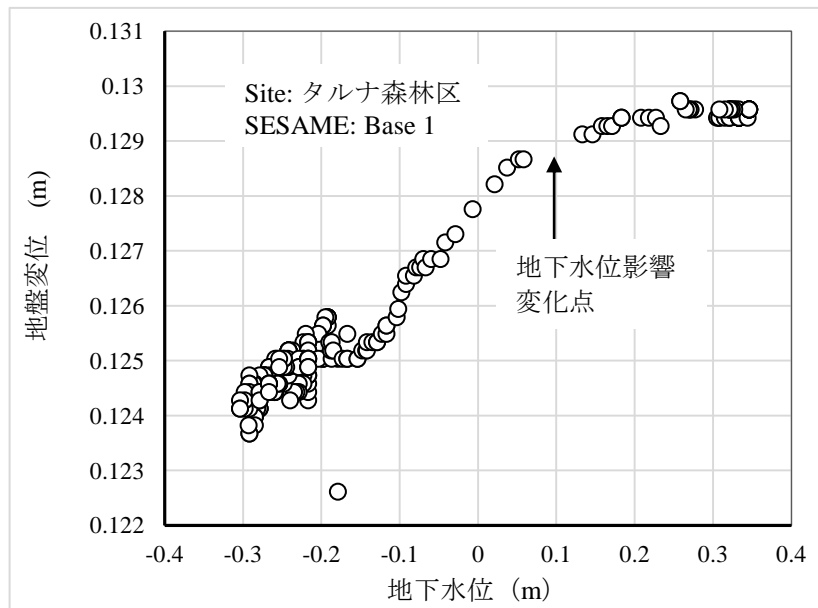


図 3-2-5 サイト—1 タルナ森林区における地下水位変動と地盤変位の関係

表 3-2-1 各観測サイトにおける地下水位変動に対する地盤変動（係数 β ）

| サイト | 地盤変位/地下水位 (β) | 決定係数 (R^2) |
|-----|--------------------------|-------------------|
| 1 | 0.0089 | 0.937 |
| 2 | 0.0299 | 0.889 |
| 3 A | 0.0182 | 0.958 |
| 3 B | 0.0114 | 0.916 |
| 4 | 0.0074 | 0.911 |
| 5 | 0.0073 | 0.963 |

上述のように、SESAME に地盤変位計を連結したシステムから得られた地盤変位と地下水位の関係は、サイト - 1~5 の全地点で、決定係数 0.9 以上の直線関係がえられた。ただし、地下水位が地表面を超え地上から 0.1m 以上となる場合、地盤変動はほとんどなくなったことから、地下水位が地上 0.1m 以下の場合にのみあてはまるといえる。

地下水位の変動に対する地盤変動量の比率（変動係数 β ）は最大がサイト-2（タルナキャンプ地）で 0.0518、最小がサイト-4（カランパンガン排水路そば森林）の 0.0130 であった。この地下水位変動に伴う地表面変動をその中に含まれる炭素量に換算することにより、異なる 2 時期の標高差から炭素放出量を算出する方法において地下水位変動がどの程度の影響を与えているのかを見積もることができる。地盤変位係数 β として全サイトの平均値 0.0246 を用い、乾季が比較的長く続いた 2009 年为例に、地下水位変動と地盤変動の経過、それに伴う炭素量の変動を示したものが図 3-2-6 および図 3-2-7 である。

なお、ここでは、地下水位の変動量を年平均地下水位 (-0.285m) との差分で表した。単位体積中の泥炭に含まれる炭素量を島田ら (Shimada et al, 2002) を参考に 60 kgC m^{-3} として計算した。

地下水位変動に伴う地盤変動は地下水位が高い雨季には約 600 gC m^{-2} 多く、地下水位が低い乾季に

は約 900 gC m^{-2} 少なく炭素収支を見積もることとなる。平野ら (Hirano et al., 2012) によると熱帯泥炭地の排水の効いた火災跡地における年間の NEE は $600 \text{ gC m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ である。排水のない比較的自然的に近い森林では $300 \text{ gC m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ であることから地下水位変動に伴う地表面変動は大きく、地表面標高の計測だけで泥炭層からの炭素放出量を見積もってしまうと大きな誤差が生じることを示唆している。

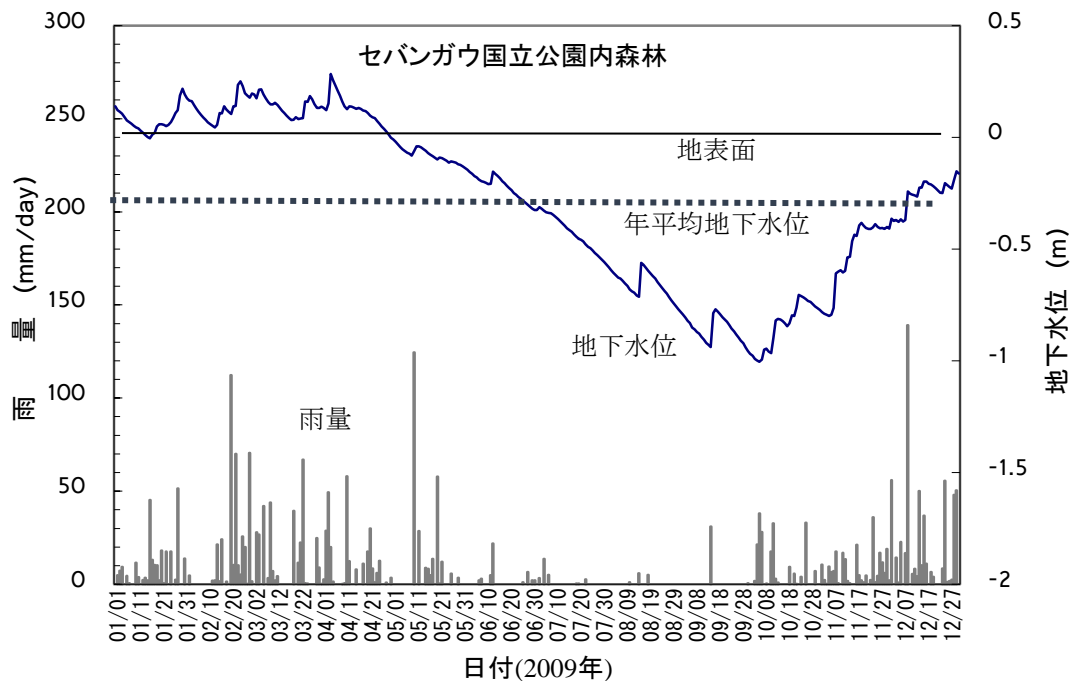


図 3-2-6 比較的乾季が長かった 2009 年のセバンガウ国立公園内森林の地下水位と雨量

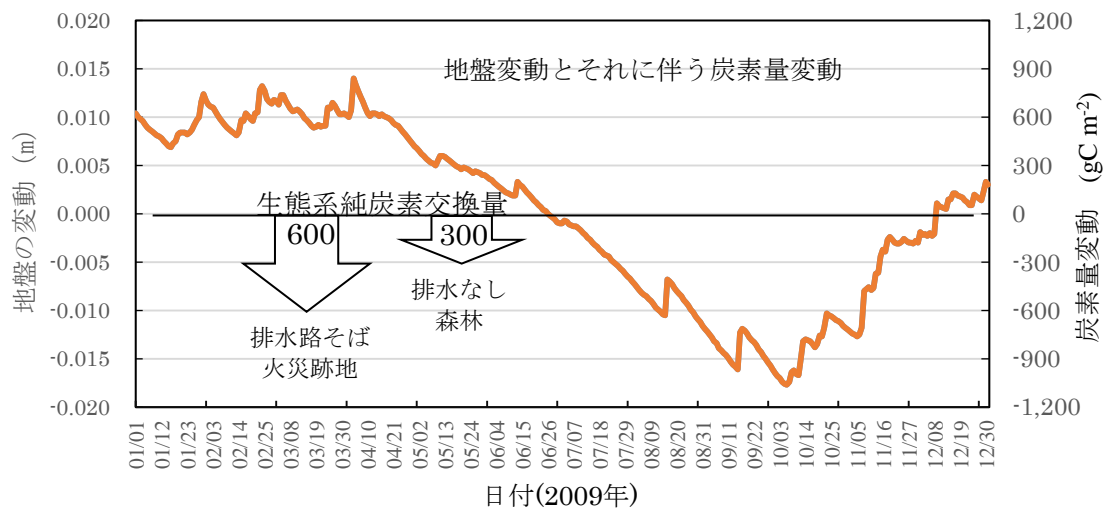


図 3-2-7 地下水位変動に伴う地盤変動とそこに含まれる炭素量の変動量、および生態系純炭素放出量 (NEE) の例 (Hirano, et al., 2012)

本パイロット調査の結果、地下水位変動に伴う地盤変動については、地盤変動幅内に含まれると推計された炭素量が、泥炭火災跡地からの年間 NEE 以上の値を示していた。このことは、地下水位の地盤変動に与える影響が無視できないことを意味しており、レーザープロファイラーなどのリモートセンシング技術を用いた泥炭地からの炭素排出量の見積もりには地下水位変動に伴う地盤変動による炭

素量評価を組み込まなければならないことが明らかとなった。したがって、より正確な炭素排出量を算定するために、SESAME システムと組み合わせた地盤変動計の広範な活用が期待できる。

森林樹木の生長と炭素固定量

①森林内における SESAME の有効伝送距離

ZigBee の有効伝送距離の実測値は、解放地で 800m、成熟林の中で 85 m であった⁸¹(下の写真参照)。この伝送距離は森林樹木の炭素固定量をモニタリングするにあたり実用上で求められる伝送距離 20m を大きく上回っているため、SESAME III は森林樹木による炭素固定量をデンドロメータによって推計するために十分な伝送機能であるといえる。



写真左 SESAME III が使う ZigBee の有効伝送距離を測定した開放地
写真右 同、成熟した泥炭湿地林
いずれもインドネシア中部カリマンタン州パラカラヤ市近郊の泥炭湿地

②樹木の幹の肥大成長量の観測

測定結果は図 3-2-8 に示すとおり、測定木の幹の胸高直径は小さな日変動（夜間に増加し日中に減少）を示しながら経日で増加した。測定期間の 42 日間では、胸高直径の増加量は 2.00 mm であった。



写真左 樹木の幹の肥大成長量を測定した *Shorea balangeran* 人工林
写真右 測定木に設置されたデンドロメータ

⁸¹ これは外注業者の 2 回の現地訪問を通じて、機器調整の結果得られた値である。

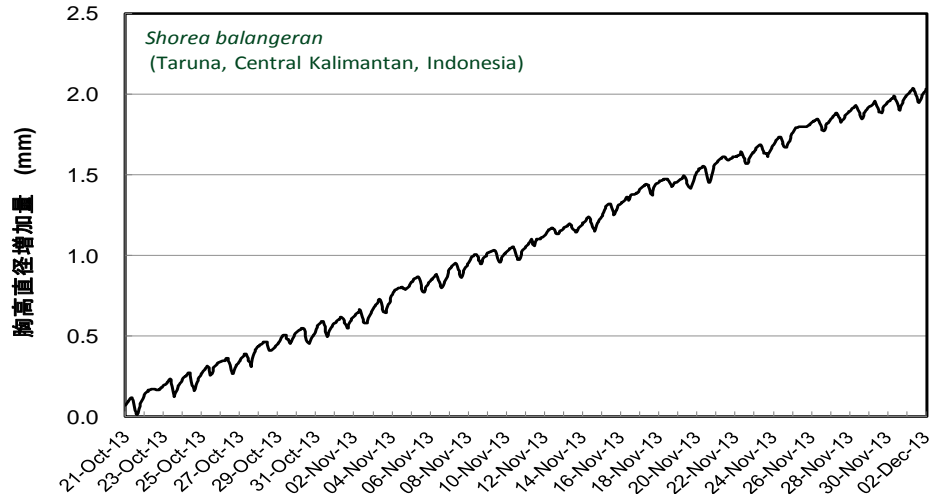


図 3-2-8 デンドロメータと SESAME II で測定した樹木の幹の肥大成長の経時変化

SESAME II による樹木の幹の肥大成長の測定は観測期間を通じてトラブルもなく完了することができた。実測された経時変化は樹木一般の知見と一致したため、測定には問題がなかったといえる。測定の環境条件は高温多湿で電子機器にとって過酷な条件であったが、測定を順調に完了できたので、SESAME II とデンドロメータの組合せによるシステムは、インドネシアのフィールド環境条件に対しても耐久性を有するといえる。

今回のパイロット調査は短期間であり、これによって数年間の長期使用を保証するものではないが、当パイロット調査の目的においては合格レベルの成果であったと判断できる。

③森林樹木による炭素固定量の推計測定

樹木が測定期間の 42 日間で成長して固定した炭素量は推計で約 50 gC であった。森林樹木の炭素固定量は個体の炭素固定量から推計することが可能であるため、SESAME システムはデンドロメータと組合せることにより森林樹木の炭素固定量のリアルタイム・モニタリングデータを提供することが可能であると考えられる。

本パイロット調査を通じて、SESAME システムとデンドロメータの組合せにより森林の樹木個体による炭素固定量の推計がリアルタイムで実施可能であることが実証された。このシステムの特徴は、(i) 多地点の同時自動観測が可能で、(ii) 経時的連続測定データのリアルタイムモニタリングが行えることにある。従来の人力に頼る測定手法に比べての利点は、(i) 省力で多地点の観測データが得られることと、(ii) 炭素固定量を評価する時間スケールとタイミングを任意に設定できることである。

広域モニタリングで活用される衛星リモートセンシングでは現地実測データとの検証が不可欠である。当該システムは多地点の同時自動観測が可能のため、検証する地点数を増加させることで検証精度を向上させることができる。また、当該システムは現地観測の時間解像能が高いため、衛星観測のタイミングを一致させることで検証精度を向上させることができる。したがって、当該システムの 2 つの利点は、現行の測定手法に比べて大きく進歩した技術を提供することを意味する。SESAME システムは気候変動問題の現地基礎データ取得において精度向上に大きく貢献する製品・技術であるといえることができる。

3-2-3 SESAME システムの現地適合性にかかるまとめ

本パイロット調査では、短い期間ながらも、フィールドデータの効率的な運用管理をする上で SESAME システムの基本的な特長である、(i)汎用品の組合せでも優れた機能を持つ、(ii) 携帯電話網を利用しているためにデータ通信費が安い、(iii) 太陽電池の利用により電池切れの心配がない、(iv) リアルタイムで分かりやすいアウトプットを得られる、(v) M2M であるために複数の地点のデータを同時に伝送できる、といった点をインドネシア関係者に実証できたといえる。

インドネシアではテレメトリシステムにかかる基準がないため、システム構築の方法は今後の課題でありかつ様々なアプローチをとることができる。しかしながら、Tech4Water が開発されてきた経緯をみると、インドネシアでは携帯電話データ通信網を使ってテレメトリシステムを構築するというコンセプトや技術的な素地はすでにある。この点は無線通信タイプにこだわる日本とは状況が異なる。そうした基盤の上で、上述のように、他の製品に比べて多くの優位性を持つ SESAME システムがインドネシアにおいて受け入れられる可能性、現地適合性は高いと考えられる。したがってみどり工学のインドネシア進出の妥当性は高く、かつ SESAME 事業を展開する機会は十分にあると判断できる。

SESAME III では、当初 SESAME II で使用しているモデムを使ったが、静止画の伝送速度が不足し、そのために時間を要し、消費電力が大きくなり、太陽電池による伝送ができないことが分かった。そこで、新たなモデムをアメリカ、イギリスに発注したが約 1 か月間を要したため、パイロット調査期間内に現地に設置・実証することができなかった。その後、SESAME III 本体のソフトウェア改造を行って、国内で、入手した新モデムにより伝送速度を確認したところ、良好に作動することが分かった。したがって、このモデムを組み込んだ SESAME III システムをインドネシアに導入したいと考えている。

3-2-4 新聞報道

上記ジャティールフルダムにおける SESAME システム設置、データ観測が、インドネシアを代表する朝刊紙である Kompas 紙（1965 年創刊、発行部数 52 万部）2013 年 12 月 11 日版に掲載された。添付資料として、当日の新聞記事と概要を示す。

3-2-5 パイロット調査以外から得られた結果と考察

(1) インドネシア国立コーヒー・カカオ研究所

インドネシアにおけるコーヒー生産量は世界の生産量の 7%を占め、ブラジル（38%）、ベトナム（15%）に次いで世界第 3 位の大きさである。コーヒーの生産量と品質は土壌水分に大きく左右されるため、適正な水管理が極めて重要である。

東ジャワのジェンベル (Jember) にあるインドネシアコーヒー・カカオ研究所 (ICCRI: Indonesia Coffee and Cocoa Research Institute) は 1911 年に創立された伝統ある研究所であり、水管理技術改善のための研究を行っている。この ICCRI の気象観測圃場において 2013 年 3 月から SESAME システムを用いた土壌水分の測定を行っており、観測は今も継続中である。ここで用いられた土壌水分センサーは、土壌の水分張力を測定するためのポーラスカップと水供給のプラスチック管、水圧を電気量に変換するための圧力センサーからなる。圧力センサーからの電気出力は SESAME システムにより 1 時間間隔で日本のサーバーに送られ保存されている。このサーバー内のデータはインターネット回線で随時読み

取りができる。

コーヒー・カカオの生産にとっては、土壌水分の pF 値が 2 以下であれば土壌中の水分は十分であり、3 以上であるとやや水分不足の状態といわれている。観測を行った 2013 年は比較的雨が多く極端な干ばつは起きなかった。このことは図 3-2-9 をみても、pH 値が継続して 2 以下であったことから裏付けることができる。

今後、干ばつが頻発するような年には、この土壌水分計を使うことによって、土壌の乾燥度にかかる情報をリアルタイムで入手し、現場での水管理などの指示を即座に出せるようになる。SESAME システムは、コーヒー・カカオの生産性向上にも大きく寄与できるといえる。



写真 左から、ICCRI の気象観測圃場、SESAME を収納した百葉箱、土壌水分センサー

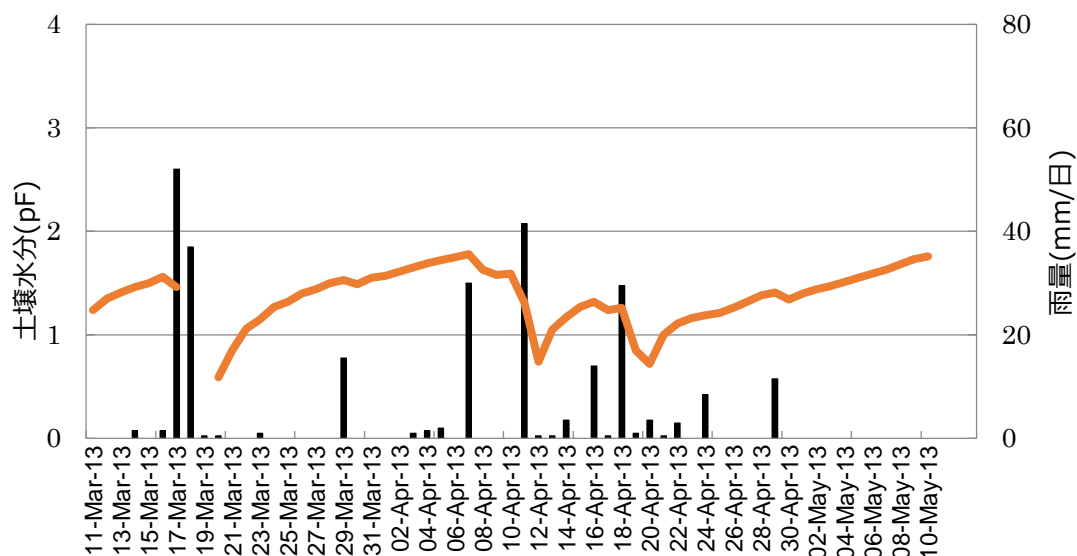


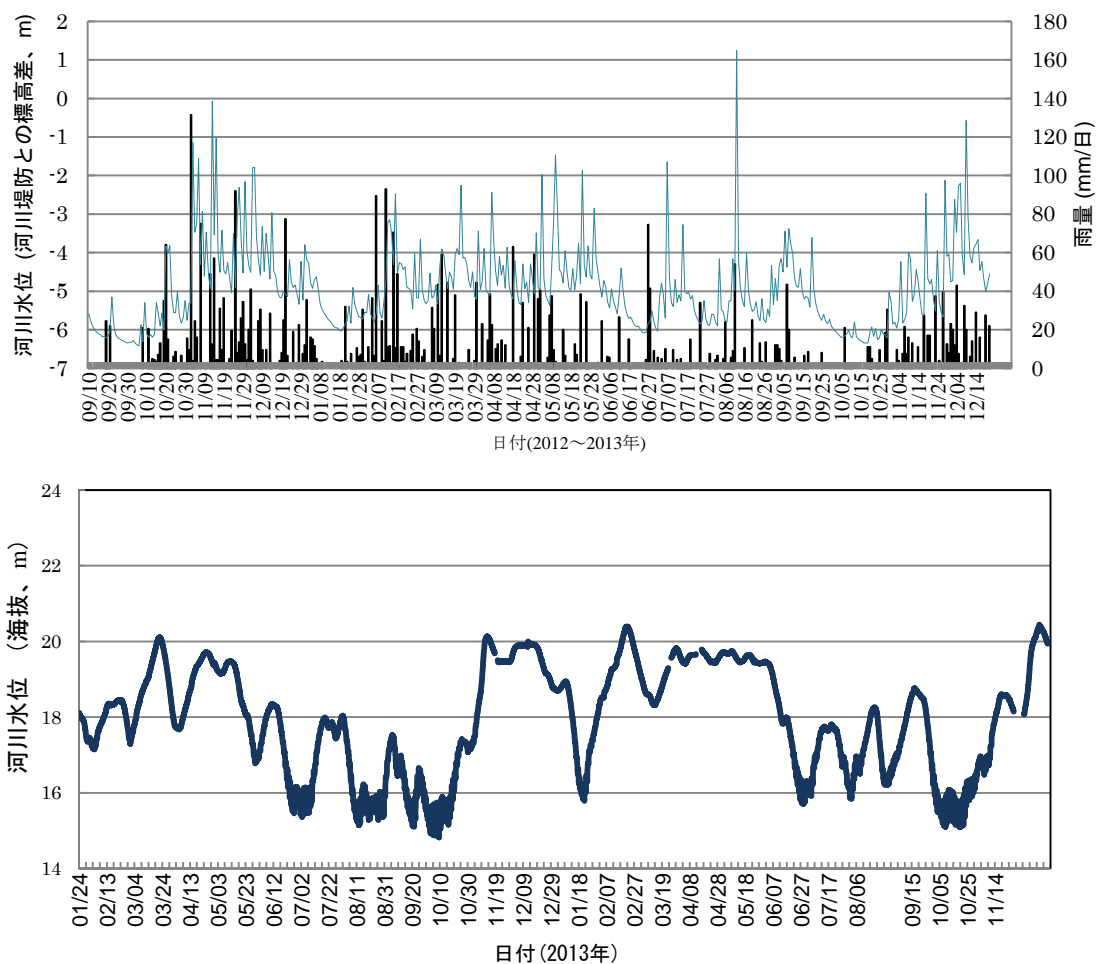
図 3-2-9 ICCRI における土壌水分 (pF 値) と日雨量観測結果

(2) 河川水位の観測 (中部カリマンタン州カハヤン川)

中部カリマンタン州の州都パラカラヤ市を南北に貫流するカハヤン川は流路長 330km、流域面積 2 万 451 km² で我が国最大の利根川 (流路長 320km、流域面積 16,840 km²) を上回る規模の河川である。このカハヤン川の水位は中流域に広がる泥炭地の地下水挙動に大きな影響を与えることから、上流域 (ツンバンミリ) と中流域 (パラカラヤ市内) の 2 カ所で毎時の水位を観測した。特にツンバンミリでは毎時雨量も合わせて観測した。

図 3-2-10 にみられるように、河岸に泥炭地を抱えたパラカラヤ観測点では乾季と雨季の水位差が

5m を超えることと、雨季に水位は海拔 20m を超えており、泥炭地へのバックウォーターによる水供給があることが示唆された。一方、上流域のツンバンミリでは水位変動はさらに大きく 1~2 日の間に 6m 以上の水位変動が観測された。この上流における水位上昇と雨量観測値は直ちに中下流域における洪水予測に利用することが可能であり、SESAME システムが流域洪水予測など緊急災害情報の把握と提供に極めて有効であることが示された。



上：カハヤン川上流域ツンバンミリにおける日水位と日雨量

下：カハヤン川中流域バラカラヤ市内における日水位

図 3-2-10 河川水位の観測結果

3-2-6 関係者ワークショップ

(A) 目的

一連の関係者ワークショップの目的は、本案件化調査で提案すべき、SESAME システムを活用した ODA 案件の計画策定に生かし、かつ、関係者の合意を得ることである。具体的には、以下の 4 項目を柱とする。

- ① 対象製品である SESAME システムが、どのような特長を持ち、どのように活用し得るのかを理解してもらい、参加者からの意見を収集する。
- ② インドネシアが抱える気候変動問題に対し、ODA 案件を通じてどのように対処していくのかについて協議・把握し、本調査で提案するための骨子を固める。

- ③ 提案予定の普及・実証事業の計画内容および日本・インドネシア双方の役割や負担について理解を得て、その結果を基に代表機関と MOU（覚書）を締結する。
- ④ 各参加予定機関からは、SESAME システム活用について具体的な提案を示してもらい、積極的なニーズを把握する。

(B) 関係者ワークショップの経過と内容

(1) キックオフ会議

当初、BPPT との限定した協議を予定していたが、同庁のバンバン氏 (Dr. Bambang) の尽力により、様々な政府機関から 14 名の参加があり、12 月に想定していた関係者ワークショップと同程度の意義と内容を持つ会議であった。そのため、ワークショップの一環としてここに位置付け、記載する。

| | |
|-------------|---|
| ① 目的 | 本案件化調査の概要を説明するとともに、SESAME システムの紹介をする。その上で、参加者との協議を通じて率直な意見を収集する。 |
| ② 実施日時、場所 | 2013 年 9 月 19 日 10:30～13:00 BPPT 内、会議室 |
| ③ 参加人数、参加機関 | 14 名 (BPPT、ジャサ・ティルタ 2、BMKG、PU 水資源管理総局、林業省、BSN、コーヒー・カカオ研究所) |
| ④ 協議事項 | SESAME システムに関するあらゆる内容について、質疑応答形式で、関係者に意見や質問を述べてもらう。内容詳細は 3-3-3 に記載した。 |

(2) 第 1 回ワークショップ

当初はこのワークショップの実施を予定していなかったが、上記キックオフ会議で SESAME システムへの関心が高いことがわかったため、特に本調査によって提案する予定の ODA プロジェクトに焦点をあてたワークショップを実施することにした。

今回は、日本側による SESAME システムの紹介・デモに加えて、SESAME の活用事例に関するプレゼンテーションを実際に活用しているコーヒー・カカオ研究所におこなってもらった。

| | |
|-------------|---|
| ① 目的 | a) インドネシアの機関での SESAME 活用事例を紹介する。 b) 本調査において、JICA 普及・実証事業プロジェクトにより、気候変動対策を目的として SESAME システムを導入・普及させる計画を提案する意向を参加者に伝える。その提案内容はインドネシア側の積極的で高いニーズに基づくものとしたため、SESAME システムの供与を希望する機関には SESAME 活用提案書を提出してもらいたい旨、かつ活用提案書に記述すべき内容を参加者に説明する。 |
| ② 実施日時・場所 | 2013 年 11 月 12 日 14:20～17:00 BPPT 内、会議室 |
| ③ 参加人数、参加機関 | 11 名 (BPPT、ジャサ・ティルタ 2、BMKG、PU 水資源管理総局、コーヒー・カカオ研究所、Hydrosix) |
| ④ 協議事項 | 供与を希望する各機関における SESAME システムの活用ニーズと、各機関が提出すべき SESAME 活用提案書の内容について、質疑応答した。 |

(3) 第 2 回ワークショップ

企画書作成段階から計画していた「関係者ワークショップ」である。広く SESAME システムを広報

し、かつ普及・実証事業案を説明するために、1 回目ワークショップよりさらに参加者数を増やし、地方政府の関係機関や関心の高そうな企業も合わせて招待した。また、日本の政府側からは、在インドネシア大使館の長坂一等書記官、JICA インドネシア事務所の新井氏、和泉氏に参加頂いた。

今回は、日本側による SESAME システムの紹介・デモに加えて、SESAME 活用に関するプレゼンテーションをジャサ・ティルタ 2 に、SESAME ニーズに関しては BMKG におこなってもらった。

① 目的

- a) JICA 普及・実証事業のより具体的な計画内容、日本・インドネシア双方の役割や負担について説明する。
- b) 引続き、SESAME システムの供与を希望する各機関には SESAME 活用提案書を BPPT 経由で調査団に提出してもらおう。その際、関係機関には、事業実施にかかる一部項目の自己負担が可能であることを示すこれまでの予算額を明記すべきことを説明する。
- c) SESAME システムを活用した普及・実証事業への参加にかかる必要な合意事項を確認する MOU (覚書) へ、BPPT がインドネシア政府機関代表として署名してもらおう。

② 実施日時・場所

2013 年 12 月 12 日 9:25～13:10 BPPT 内、大会議場

③ 参加人数、参加機関

38 名 (BPPT、ジャサ・ティルタ 1、ジャサ・ティルタ 2、BMKG、PU 水資源管理総局、環境省、農業研究開発庁、インドネシア農業気候・水文学研究所、コーヒー・カカオ研究所、湿地農業研究所、ジャカルタ市地域災害管理庁、パランカラヤ大学、タンジュンプラ大学、インドネシアパワー、Hydrosix、プランテーション企業数社、その他)

④ 協議事項

SESAME システムの供与を希望する各機関の活用ニーズや疑問点、また各機関が提出すべき SESAME 活用提案書の内容について質疑応答した。普及・実証事業に参加するためには、SESAME 活用提案書の提出は必須であり、参加機関選定の基準に基づいた説得力のある内容を期待している旨説明した。

ワークショップ後、SESAME システムを活用した普及・実証事業への応募にかかる合意事項を確認する MOU (覚書) へ、BPPT がインドネシア政府機関代表として、日本チーム (みどり工学および (株) かいほつマネジメント・コンサルティング (KMC)) との間で署名する。

(C) ワークショップでの意見と考察

(1) 最終的な合意事項

これまで 3 回にわたって開催した上記会議・ワークショップにおける議論のまとめとして、かつ第 2 回ワークショップの締めくくりとして、BPPT のバンバン氏により以下の 3 点が提案され、参加者の間で合意された。

- ・ SESAME システムを水文データのリアルタイム計測に幅広く利用する。
- ・ 129 台の設置要望が出されているが、正式な SESAME 活用提案書を作成して提出しなければならない。
- ・ 普及・実証事業が採択された場合、SESAME システム活用のために立ち上げる SESAME コンソーシアムにおいて、議長は BPPT が務める。

(2) ワークショップでの意見と考察

上記会議とワークショップにおける質疑応答で出された発言を、みどり工学からの回答とともに、項目別に分類して以下に示す。

質問としては「維持管理」、「サーバー」、「データ」に関する内容が多かった。独自サーバーの設置

とデータ統合については、回答にあるとおり、段階を踏まないと実現できないが、過去の経験からより重要な課題とみられる維持管理の面からみると、SESAME システムは正に彼らのニーズに適合した製品と考えられる。ただし、もちろん技術者の能力向上は必須である。

また、最終項目として、各機関からの「SESAME の評価」を記載したが、実際に使用した機関からの評価は高かった。

① 維持・管理に関するもの

【質問】修理が必要な場合には日本製の部品を輸入する必要があるのか。

【回答】SESAME システムの部品は汎用製品を使用しており、生産国を問わない。それによって、維持・管理がしやすくなっている。現状では、多くの部品は日本製であり、組立ても日本で行なっている。

【意見・質問】このようなテレメトリシステムの運用における問題は、データ伝送性能よりもむしろセンサーの不具合に関するものと理解している。SESAME システムはセンサーの不具合にどう対処できるのか。

【回答】SESAME システムはセンサー部分だけを簡単に交換できるので、センサー故障への対処が容易である。センサーは我々の製品ではないが、土埃や湿気など野外での使用環境に耐えられるものを使用している。他の例として、設置場所の不具合によるものがある。例えば、雨量計センサーが成長した樹木によって覆われて計測に支障がでる問題はある。このような場合は、カメラも付属できるので、伝送される静止画で確認して場所を移動させればよい。どのような計測システムも適切な維持管理は不可欠である。

【質問】現状、我々（PU 水資源管理総局）は修理部品を入手するのに困難を感じているが、維持管理の面ではどうなのか。

【回答】SESAME のメンテナンスは容易である。入手が容易な汎用品によって、システムを構成しているので、故障が起きたら、すぐに取り換えればよい。この手の現場測定システムにはある程度の故障はつきものである。サポート会社を設立してメンテナンスを全面サポートする計画であり、それによって継続的な作動を保証する。もしインドネシアで良い部品がつかれるなら、積極的な活用も検討する。

【質問】治水管理で2時間データが止まるのは危機的な状況となる。そのような事態が起こった場合、問題はデータが測定されていないのか、それともデータ伝送が滞っているのか、すぐに分かるのか。

【回答】色々な場合がある。サーバーの問題であれば、すぐにバックアップ・サーバーに切り替える。携帯網への接続問題もある。こうしたデータ伝送の問題の場合、適時に対処すれば、測定されたデータはロガーに残っており消えることはないので、定期的な維持管理が大事である。ただ、実際には2時間データが来ないというのは考えにくい。

② サーバーに関するもの

【質問】クラウドサーバーを通さずにインドネシアのサーバーに直接データ転送できないか。

【質問】日本にあるクラウドサーバーは、どうやって管理するのか。

【要望】我々（BMKG）独自のサーバーに直接データ転送してほしい。

【回答】自分達で維持管理できるようになるまでは、クラウドサーバーの維持管理はみどり工学が責任を持つ。まずは、みどり工学によって管理されたクラウドサーバーのデータを各クライアントの

サーバーに確実にデータ転送をおこなうことが重要と考える。なぜなら、クラウドサーバーは現場に設置された SESAME 装置とプロトコル（通信方式）を整合させる必要があるためである。各機関の利用者は ID、パスワードで Login するため、データの安全性はクラウドサーバーを通して確保される。

将来的には、サーバー管理ができる技術者を養成した上で、SESAME クラウドサーバーを通さず、データを直接転送するためのコンソーシアム・サーバーをインドネシア側の機関に設立したい。その場合、維持管理の責任はインドネシア側に移るが、関係各機関の要望に応じてインドネシア側でサーバーを自由に設定できるようになる。

③ データに関するもの

【質問】データの所有権は誰に属するのか。

【質問】データの利用に制限はあるのか。

【質問】他の機関の測定データも利用可能か。

【回答】データの所有権は設置した計測者にあると考える。クラウドサーバーにおける保管はせいぜい1年程度の一時的なものであるため、計測者によるデータ管理が必要である。日本側でデータの利用を制限することはない。

各機関のデータアクセス権については、是非コンソーシアムで検討して欲しい。なるべく共用されるのが望ましい。そうすれば、データの利用率が高まる。特に降雨データなどの基本データは参加機関すべてが見られる方がよい。

【質問】データの品質管理はどのようになされるのか。

【回答】センサーの品質、設置状況がデータの質に大きな影響を与える。センサー設置技術を含めて品質管理については、コンソーシアムで議論し、かつ技術者を育成したい。一方、センサーの故障はグラフをしっかりと確認していれば、その異変によりおのずと判るものである。

【質問】これまで色々なシステムが設置されており、全てのデータを統合して一元化したい。SESAME システムのサーバー上で、他のデータを見る事は可能か。

【回答】みどり工学が管理するサーバーでは、難しい問題がある。SESAME システムの外部から供給されたデータの管理には責任を持ってない。これは他のシステムの管理者も同様の話である。色々なサーバーがあるのであれば、データ統合については、最終的にインドネシア側で維持管理をおこなうコンソーシアム・サーバーで実施を検討し、コンソーシアムで協議するのがよいと思う。

【提案】(Hydrosix の Endang 氏) 現状は、各政府機関で別々のデータシステムを使っており、データ利用上、極めて非効率な状態である。もし、様々な機関が SESAME システムを利用する機会が与えられるならば、是非、データの統合化を検討し、国家計画として実施する事を提案したい。

【回答】いい提案だ。是非とも、コンソーシアムで規格化、統合化を議論して、国家プロジェクトとして進めて欲しい。

④ 利用制限に関するもの

【質問】携帯ネットワークのサービス区域外では利用できないのか。

【回答】現在の最新型である SESAME III では、親機は携帯ネットワーク区域内に設置する必要があ

るが、各センサーを接続する子機が互いに中継機能を持ちワイヤレス方式⁸²で接続されるため、より広範な地域での測定を可能にする。

将来的には、衛星携帯ネットワークを利用してデータ伝送できるタイプを開発してもよい。これまではあまりに利用料が高すぎて、開発に見合う需要がなかったが、最近では初期設備費用が15万円程度にまで下がり、通信費用も安価になってきたので、その費用を負担する用意があるのであれば、技術的には開発可能である。実際には、モデムを交換するだけでは上手くいかず、高い電力消費の問題を解決しなければならない。SESAME システムの場合は、既に自由なデータ伝送頻度の設定が可能であるので、効率のよい設定をすることでかなり電力消費を抑えられる。あとは、データ伝送時のみ親機を起動するなどの工夫で済むはずである。技術的には対応可能で、要は経済性の問題となっている。

⑤ 計測対象、センサーに関するもの

【質問】水位計測だけでなく、水質計測はできないか。

【質問】森林火災検知システムへの活用に興味がある。また、土壌凝集度 (Soil Solidity) の計測は可能か。

【回答】センサーがあれば可能である。SESAME システムは、出力規格に合うセンサーであれば、どんなセンサーも接続可能である。アナログ計であれば4-20 mA 電流の出力方式であること、デジタル計でも接続可能であり、多くのセンサーがこれらに対応している。

【質問】汚染された川で水質測定をすると数週間で泥にまみれてしまうが、何かいい方法はないか。

【回答】率直に言って、水質センサーを維持管理なしで運用するのは現実的に難しい。ただ、SESAME システムは、リアルタイム計測なので、何かあった時に異変をみつけやすい。さらに SESAME III では、問題の発見を容易にする静止画転送機能もある。自動洗浄のセンサーはあるにはあるが消費電力が大きく、高価すぎるので、問題が起きたらすぐに洗浄する方が良い。

【質問】1ヘクタール中のバイオマス量を推定するのに、いくつのデンドロメータが必要か。

【回答】その解答はインドネシア泥炭 SATREPS で研究してもらった課題であり、即答はできない。

⑥ 性能、利便性に関するもの

【質問】インドネシアにも類似のテレメトリシステムが存在するが、SESAME システムは新たにどのようなメリットをもたらすのか。

【回答】一つには、早期警戒発令システムの改善が期待できる。一般に、通常のものよりはるかに低価格の SESAME システムは、より多くの地点にセンサーを設置できるため、きめ細やかなデータが提供できる。例えば、日本の気象観測器 AMEDAS は約 20 km 間隔で設置されているが、SESAME を使えば同程度の費用でその 10 分の 1、2 km 間隔で設置できる。

⑦ 費用負担に関するもの

【質問】SESAME システムは ODA を通じて供与されるのか。

【回答】今回の案件化調査では機材の供与は許されていない。しかし、各省庁からの強い要望で ODA プロジェクトが形成されれば、SESAME システムが日本の ODA 費用で提供され得る。

⁸² ZigBee というワイヤレス接続方式を採用。

【質問】 ジャカルタ市地域災害管理庁は、Telekomsel（インドネシアの有力携帯会社）の CSR 活動として GSM 通信費用の割引支援を受けている。普及・実証事業に参加する場合、それにより運営費用負担を減額できるか。

【回答】 Telekomsel からの支援が受けられるのであれば、その分減額する。ただ、機関毎個別に減額を受けるよりも、Telekomsel と交渉して、全機関に対する運営費用が低減されるのが望ましいと考えている。是非、Telekomsel の担当者を紹介して欲しい。

⑧ 規格、仕様に関するもの

【質問】 いくつかの規格を必要とするのか。

【回答】 日本の JIS 規格、ヨーロッパの CE マークは取得済み。インドネシア国内での通信規格は今回の調査で取得した。

【質問】 どのような天候地域に対応した仕様となっているのか。

【回答】 SESAME システムはどのような地域に設置されようとも、様々な自然環境に耐え得るように設計されている。気温では-40度～60度、湿度では90%の状況で使用可能だ。

⑨ SESAME の活用ニーズに関する要望

【要望】（ジャサ・ティルタ 2 より）ジャティールフルダムが位置するチタルム川に沿って、多くの SESAME システムを下流に設置して水位計測をおこない、洪水対策に役立てたい。川の流れに沿った水位データのつながりが簡単に見られる SESAME システムのデータ処理機能は、そのために極めて有用と思われる。

【要望】（ICCRI より）今後は、土壌水分計に加えて水位計を追加し、東ジャワ州の Malan や南東スラウェシ州の Kundari といった乾燥気候地域など、設置済の西ジャワ州ジェンベルとは異なった気候地域にも SESAME システムを設置してもらい、活用の場を広げたいと考えている。

【要望】（BPPT 環境維持技術部より）関心のある測定対象は水量ではなく水質である。日本の水質測定、水質管理技術を学びたい。

⑩ SESAME に関する評価

【評価】（ジャサ・ティルタ 2 より）ジャティールフルダムにおける水位計測のパイロット調査のため、テスト設置してもらった SESAME システムは順調に作動しており、リアルタイムでデータが伝送されている。このようなリアルタイム水位計測は、洪水対策としての水管理に極めて重要であると考える。

【評価】（ICCRI より）東ジャワ州ジェンベルにあるプランテーションに SESAME システムを設置して、気象データと共に土壌水分を計測している。SESAME システムを使えば、どこにいても、地中の水分量を把握でき、即座に対応策をとれるので、大きな便益を得ている。最近では干ばつの頻度が増した上に予測が不可能な状態となっているため、農地管理においては常に状態を監視でき、すぐに対応ができる体制づくりが益々重要となっている。

【評価】（PU 水資源管理総局）水文管理センター（Hydrology Control Center）では、既に我々自身の遠隔データ転送システムを利用した水位観測プロジェクトを開始しているが⁸³、SESAME システム

⁸³ 本報告書の指摘にあるが、実際にこのシステムが機能しているかは疑問である。

の品質は大変高いと理解した。

【評価】(Hydrosix の Endang 氏) 私は長年 PU でテレメトリシステムに携わってきたが、人材不足と責任機関の不在という 2 つの要因のために、そのほとんどのシステムが上手くいかない状況を経験してきた。私は今回、SESAME システムを色々を見せてもらった結果、SESAME システムが極めて有効なシステムだとわかった。BMKG の水資源情報管理システム「SIH3」は国家計画だが、そこにも SESAME システムが活用できる事を保証する。

3-3 採算性の検討

2-4 で記述した需要見込みを基にして、以下に売上規模と収支計画を示す。

(1) 収支計算にかかる前提条件

上記シナリオ 1~3 の組合せとして、次の 3 つのケースを想定・計算した。CASE-1 はシナリオ-1~3 まですべてが実現した場合、CASE-2 はシナリオ 2 と 3 だけが実現した場合、CASE-3 はシナリオ 3 だけが実現した場合である。

| | シナリオ-1 | シナリオ-2 | シナリオ-3 |
|--------|--------|--------|--------|
| CASE-1 | ○ | ○ | ○ |
| CASE-2 | x | ○ | ○ |
| CASE-3 | x | x | ○ |

(注：○は実行された場合。xはなしの場合)

次に、CASE 1~3 それぞれの売上規模から事業の収支を算出した。収支計算にあたっては、インドネシアにおける事業のみを対象とし、かつインドネシアで発生する売上と経費だけを考慮した。収入と支出にかかる前提条件は以下のとおりである。

収入

| 内容 | 額 |
|----------------|--------------------------------------|
| SESAME 機器一式の販売 | 一式 50 万円 (利益はその 50%) |
| 機器設置費 | 1 台あたり 10 万円 (利益はその 50%) |
| 通信管理費 | 1 台あたり 3000 円(利益はサーバー運用料を含めて 2500 円) |

みどり工学の事業には、上表にあるとおり、SESAME 機器の販売・設置と、通信管理として、収集したデータを伝送するためのクラウドサーバーの運営が含まれる。このほか将来的には、フィールドデータをより簡単に収集し、かつ、より見やすく加工するため、GIS を活用した包括的なデータ管理システムの開発とその提供を想定している。加えて、こうしたシステムの実行管理をするため、ユーザーのニーズに応じた管理ソフトを作成・提供すると同時に、解析サービスなども行いたい。その際の収入用途は以下のとおりである。

- ・データ管理ソフトウェア一式の開発：5 万円～ (パソコン単独監視の場合)
- ・システムとして開発した場合には、200 万円～1000 万円程度。その他、WEB で運用される管理システムを開発中であり、これを提供すると月額使用料あるいはシステム製作料が収入となる (金額は未定)。

支出

| 内容 | 額（売上規模によって変動） |
|---------------|--|
| 人件費 | 日本人アドバイザーを含め従業員 5 名からスタート、売上増加とともに給与増額かつ増員 |
| 外注費 | 機器設置費として 1 台あたり 5 万円 |
| 事務所経費 | 賃貸料として、月 10～70 万円 |
| 事務所運営費 | 通信費、消耗品費など、月 10～30 万円 |
| 水道光熱費 | 月 2～14 万円 |
| クラウドサーバ管理費 | サーバ 1 ユニットあたり月 1 万 5000 円として、1～5 ユニット |
| 通信費 | SESAME 機器 1 台あたり月 200 円（携帯電話会社への支払） |
| 日本-インドネシア間の旅費 | 1 往復あたり 20 万円として、年間延べ 5～30 往復 |

(2) 計算結果

上記に基づき計算した結果を以下に示す。

① CASE-1

SESAME システムの 2014 年から 10 年間で想定される販売ユニット数は表 3-3-1 に示したとおり、合計 7,687 である。

表 3-3-1 CASE-1 における SESAME システムの想定販売ユニット数

| | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 合計 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| ユニット数 | 112 | 215 | 535 | 645 | 745 | 825 | 965 | 1,065 | 1,265 | 1,315 | 7,687 |

注：初年度 100 ユニット分は無償供与

このケースの場合、初年度である 2014 年は、シナリオ-1（普及・実証事業）により SESAME システム 100 ユニットの JICA 支援により供与する。そのため機器代からの利益は計上していないが、現地パートナーである BNT 社への外注費分 400 万円を収入として計上した。シナリオ-2（北大 2014 年度からの SATREPS）と 3（日本の民間企業からの受注）を合わせると、表 3-3-2 に示すとおり、2014 年の利益⁸⁴は 820 万円ほど見込むことができる。利益は 3 年後には安定し、5 年後には年約 2 億 3,500 万円、10 年後には年約 4 億 7,500 万円となる見込みである。

② CASE-2

表 3-3-3 に示すとおり、シナリオ-2 と 3 では初年度マイナス利益となるものの、2 年目の 2015 年からは年間数百万円～4000 万円程度の利益が見込まれる。シナリオ-2 の活動が前半に集中しているため、利益は 2 年目がピークとなる。

③ CASE-3

表 3-3-4 のとおり、3 年目である 2016 年から利益はプラスとなる。ただし販売台数も限られているため、利益額は年間 100～300 万円程度である。

⁸⁴ 税引前利益、特に断りのない限り以下同じ

表 3-3-2 CASE-1 の収支計算

| 粗利 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 計 |
|---------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| ODA案件化調査 普及・実証事業 | 17,640,000 | 79,310,000 | 207,650,000 | 246,670,000 | 294,850,000 | 311,530,000 | 365,610,000 | 418,350,000 | 533,090,000 | 588,380,000 | 3,063,080,000 |
| 北大 2014年度からのSATREPS | 5,730,000 | 51,950,000 | 63,390,000 | 14,370,000 | 9,120,000 | 9,120,000 | 9,120,000 | 9,120,000 | 9,120,000 | 9,120,000 | 190,160,000 |
| 日本の民間の企業の海外展開 | 2,489,000 | 2,753,000 | 6,498,000 | 7,218,000 | 7,938,000 | 8,658,000 | 9,378,000 | 10,098,000 | 11,438,000 | 13,270,000 | 79,738,000 |
| 粗利 | 25,861,014 | 134,015,015 | 277,540,016 | 268,260,017 | 311,910,018 | 329,310,019 | 384,110,020 | 437,570,021 | 553,650,022 | 610,772,023 | 3,332,978,000 |
| 上記に対応するインドネシア経費 | 17,583,800 | 30,840,800 | 58,224,800 | 70,391,800 | 76,919,800 | 87,602,800 | 95,470,800 | 111,949,800 | 127,533,800 | 135,987,800 | |
| 利益(税引前) | 8,277,214 | 103,174,215 | 219,315,216 | 197,868,217 | 234,990,218 | 241,707,219 | 288,639,220 | 325,620,221 | 426,116,222 | 474,784,223 | 2,520,492,185 |

※普及・実証事業単体では機器無償供与分110ユニットからの利益は計上していないが、外注費からの収入を400万円とした

表 3-3-3 CASE-2 の収支計算

| 粗利 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 計 |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| 北大 2014年度からのSATREPS | 5,730,000 | 51,950,000 | 63,390,000 | 14,370,000 | 9,120,000 | 9,120,000 | 9,120,000 | 9,120,000 | 9,120,000 | 9,120,000 | 190,160,000 |
| 日本の民間の企業の海外展開 | 2,489,000 | 2,753,000 | 6,498,000 | 7,218,000 | 7,938,000 | 8,658,000 | 9,378,000 | 10,098,000 | 11,438,000 | 13,270,000 | 79,738,000 |
| 粗利 | 8,219,000 | 54,703,000 | 69,888,000 | 21,588,000 | 17,058,000 | 17,778,000 | 18,498,000 | 19,218,000 | 20,558,000 | 22,390,000 | 269,898,000 |
| 上記に対応するインドネシア経費 | 11,643,000 | 14,335,000 | 38,339,000 | 16,587,000 | 8,327,000 | 8,327,000 | 8,677,000 | 8,327,000 | 8,327,000 | 8,327,000 | |
| 利益(税引前) | -3,424,000 | 40,368,000 | 31,549,000 | 5,001,000 | 8,731,000 | 9,451,000 | 9,821,000 | 10,891,000 | 12,231,000 | 14,063,000 | 138,682,000 |

表 3-3-4 CASE-3 の収支計算

| 粗利 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 計 |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| 日本の民間の企業の海外展開 | 2,489,000 | 2,753,000 | 6,498,000 | 7,218,000 | 7,938,000 | 8,658,000 | 9,378,000 | 10,098,000 | 11,438,000 | 13,270,000 | 79,738,000 |
| 粗利 | 2,491,014 | 2,755,015 | 6,500,016 | 7,220,017 | 7,940,018 | 8,660,019 | 9,380,020 | 10,100,021 | 11,440,022 | 13,272,023 | 79,738,000 |
| 上記に対応するインドネシア経費 | 2,943,900 | 2,970,300 | 5,552,300 | 6,224,300 | 6,656,300 | 7,328,300 | 7,400,300 | 8,072,300 | 9,006,300 | 10,409,500 | |
| 利益(税引前) | -452,886 | -215,285 | 947,716 | 995,717 | 1,283,718 | 1,331,719 | 1,979,720 | 2,027,721 | 2,433,722 | 2,862,523 | 13,194,385 |

第4章 ODA 案件化による対象国における開発効果及び提案企業の事業展開に係る効果

4-1 提案製品・技術と開発課題の整合性

第1章で述べたように、気候変動対策はインドネシアにとって最重要の開発課題であり、かつ、日本政府の対インドネシア支援の最重点項目の一つである。この気候変動対策として、本調査の提案製品である SESAME システムは、緩和策および適応策の両面において様々な活用が期待できることが、本調査を通じて明確になった。まさにインドネシアの開発課題の解決に寄与できる製品であるといえる。GHG 排出削減をおこなう気候変動緩和策として、また、気候変動によって引き起こされる降雨量の大きな変動リスクへの適応策として、以下のような SESAME システムの活用および貢献があげられる。

4-1-1 気候変動緩和策への活用と貢献

(1) 泥炭地における泥炭火災および泥炭分解の防止のための活用

① 地下水位のリアルタイム計測

インドネシアの泥炭地からは泥炭火災および泥炭分解により年間 20 億トンという膨大な量の二酸化炭素が放出されているが、地下水位を一定以上の高さに保つことでそれらが防止できる事がインドネシア泥炭 SATREPS の研究を通じてわかっている。また、SATREPS での利用実績を通じ、地下水位のリアルタイム計測においては SESAME システムが極めて有効であることが明らかになっている。つまり、SESAME システムを活用して、泥炭地の地下水をリアルタイムでモニタリングし、地下水位の管理や火災防止活動に役立てれば、泥炭地からの膨大な量の GHG 排出を削減できる。

インドネシア泥炭 SATREPS での SESAME システムの活用においては、チームを主導する北海道大学の専門家だけではなく、カウンターパートである BPTT からも高い評価を得ている。

② 地下水位に加えて、地表面変位をリアルタイム同時計測

泥炭層からの炭素放出量は、泥炭中に含まれる炭素量の減少量から推定されるため、泥炭中に含まれる炭素量のモニタリングの精度向上は、重要な課題である。現在、泥炭中に含まれる炭素量は、航空機を使ったリモートセンシング技術による地表面の標高測定から推定される。しかし、泥炭地においては地表面の高さは地下水位の変動に影響を受け、泥炭層が乾燥すると収縮し地表面が低下するなどの泥炭地特有の現象があるため、SESAME システムを活用して地下水位と地表面変位を直接リアルタイムで同時に測定することは、リモートセンシングによる標高測定、すなわち泥炭中の炭素量推定の精度向上に寄与する。その結果、泥炭地からの排出削減の方法論確立に大きく貢献できる。

(2) REDD+におけるモニタリングの精度・整合性検証および環境変動解析への活用

REDD+においては、国家レベルの広域モニタリングは最大の課題である。広域の森林の状況およびその炭素ストックのモニタリングは、通常、衛星写真の解析などを用いたリモートセンシング技術が用いられる。ただ、段階的に開発中の REDD+のモニタリング方法論の中で UNFCCC によって合意されていることは、誤差の大きいリモートセンシングの解析結果の精度および整合性を比較検証するた

めに、一定の条件のもとで抽出され、かつ面積の限られたサンプル地域において地上測定によるモニタリングをおこなう必要があるということである。つまり、地上測定によるモニタリング結果とリモートセンシング技術によるモニタリング結果とを照合して、その精度および整合性を検証するということである。

SESAME システムの活用としては、デンドロメーターを親機に接続し、樹木の幹の成長量を地上測定することにより森林の炭素固定量を推定する。通常、地上測定は時間のかかる作業であるが、SESAME システムを利用すれば1日よりもはるかに短い間隔で計測ができるため、衛星などによるリモートセンシングの計測タイミングに合わせて、より同期性の高い地上測定データを入手できる。このような地上データを使えば、リモートセンシングデータと迅速に照合・解析できるため、より高い同期性でリモートセンシングの測定精度および解析結果の向上を図ることができる。

さらには、SESAME システムは複数のセンサーを接続して、気象データなどを同時にリアルタイム計測できるので、気象状況などの環境変動による樹木の成長への影響などの柔軟な解析も可能にする。特に熱帯地域に属するインドネシアでは樹木の成長パターンは季節性が小さく不規則であるために、その利点は大きく、広域計測に優れているものの測定頻度に難のあるリモートセンシング計測の欠点を補完することにつながる。

このように SESAME システムの活用は、REDD+における炭素ストックモニタリング活動に大きく貢献できる。

4-1-2 気候変動適応策への活用と貢献

(1) 豪雨（時間あたり雨量の極大化）への適応策としての洪水対策への活用

洪水対策への活用方法としては、SESAME システムを河川やダムに設置し、水位や雨量などをリアルタイム計測することである。洪水対策では危険度が増してきた時により高い頻度での測定データの伝送が重要となる。SESAME システムは、一定の頻度でのリアルタイム計測データ伝送ができるだけでなく、水位の状況によって、伝送頻度を高め、Eメール発信による注意喚起するという、さらに進んだ機能を有する。こうした洪水の危険に対する高い性能を発揮することにより、洪水対策に大きく貢献できる。

本調査でパイロット調査の一環として実施したジャティールフルダムでの水位計設置も洪水対策への活用につながるものとして、ダムを管理する公社（ジャサ・ティルタ 2）から高い評価を受けており、流域内の川沿いに多くの SESAME システムを設置したい旨、要請が出されている。

(2) 雨量の極小化への適応策としての干ばつ対策への活用

SESAME システムをプランテーションに設置し、土壌水分をリアルタイム計測する。プランテーションでの干ばつ対策は状況に応じた素早い対応が求められるため、SESAME システムのリアルタイム測定およびEメール発信による注意喚起機能は、極めて重要である。また、農場管理者がどこにいてもウェブ上で測定データを確認できる事も大きな利点となる。SESAME システムは、こうした高性能を発揮することにより干ばつ対策に大きく貢献できる。

東ジャワ州ジェンベルのコーヒー・プランテーションに設置した SESAME システムによる土壌水分計測は、管理者である ICCRI により高い評価を受けており、他のプランテーションを含む箇所への、さらなる設置が要請されている。

4-2 ODA 案件化を通じた製品・技術等の当該国での適用・活用・普及による開発効果

次章で詳述するが、本調査では普及・実証事業による ODA 案件化を提案する。その提案では、参加機関が SESAME システムの活用方法をプロジェクトに対して提案するボトムアップ方式を採用し、気候変動対策に関する役割に応じて様々な活用ができる仕組みを構築する。SESAME システムの様々な適用・活用・普及ができれば、緩和策、適応策の両面で、気候変動対策に大きな開発効果をもたらす。

SESAME システムは以下にあげる特長を持っているが、それらの特長は気候変動対策として様々な活用をする上で大きな利点がある。むしろ、気候変動対策にこれだけ大きな効果をもたらすのは、こうした特長を備えた SESAME システムであればこそといえる。

- ・ M-to-M システム⁸⁵によるデータ伝送：複数の伝送機⁸⁶から同時に、かつ、短時間でサーバーヘデータ伝送できるため、多くのセンサーの設置を必要とする広大な領域での計測に優れている。
- ・ 太陽電池で稼働：類似製品に比べて消費電力が少ないため、商用電源のない野外での計測活動により大きな強みを発揮する。
- ・ 効率的なデータ伝送：伝送頻度の設定が自由である上、設定した測定値条件に応じて変更可能なため、野外の限られた電力供給でも省電力化しつつ状況に応じた伝送機能を提供できる。
- ・ E メールによる注意喚起：設定した測定値条件に応じた注意喚起 E メールが発信できるため、迅速かつ確実な危機対応を可能にする。
- ・ 多種かつ多数のセンサーが接続可能⁸⁷：気象データなどとの同時測定により各データの関連分析を可能にするほか、故障の検知にも役立つ。また、各センサー接続する子機が中継機能を果たすため、より広範な地域での測定を可能にする。

特に、SESAME システムの適用例の中でも泥炭地からの GHG 排出削減は、インドネシアだけでなく世界的に極めて重要な課題であり、その対策実行のために SESAME システムを導入することによる開発効果への寄与は計り知れない。

さらに将来的な効果としても、二酸化炭素濃度センサーや風速計などの各種センサーと組み合わせた SESAME システムにより、カーボンフラックス⁸⁸などのモニタリングを強化することは、泥炭地からの排出削減の方法論の確立にも貢献するものと期待される。これによって、泥炭火災および泥炭分解の抑制による排出削減が REDD+の対象活動として認められることにつながり、インドネシアにおける泥炭地管理活動が国際社会のさらなる支援を得て促進されることになる。

また、提案では、カウンターパートや参加機関を含む SESAME コンソーシアムを形成、テレメトリ技術をインドネシア関係者に移転し、現地ニーズに合わせた発展的活用を可能にする。その結果、技術向上、データの効率的共有などの開発効果をあげることが期待される。

85 Machine-to-machine システム。その利点は上述のとおりである。これと対比される旧式のシステムは Point-to-point システムと呼ばれ、一度に1台の伝送機しかサーバーヘデータ伝送できない。

86 SESAME システム親機

87 多数のセンサー接続は SESAME III のアドホックワイヤレス接続機能によって可能となる。

88 二酸化炭素の流れ、流量

4-3 ODA 案件の実施による当該企業の事業展開に係る効果

本調査で提案の普及・実証事業は、それと並行して進められるみどり工学のインドネシア事業展開に対し、以下に述べるような販売促進、機能改善、現地での連携促進、新たな商機の創出などの効果をもたらす。

提案する普及・実証事業では、気候変動対策の様々な活用のために、関係機関に SESAME システムが無償供与されるが、それがきっかけとなって、他機関も含めた販売促進につながると考えられる。既に SESAME システムを利用する機会を得た機関からは、一様に高い評価を得ており、かつ、その利用範囲を拡張したいという意向が伝えられている。その例としては、インドネシア泥炭 SATREPS の BPPT、ジャティルフルダムのジャサ・ティルタ 2、東ジャワ州ジェンベルにあるコーヒー・プランテーションの ICCRI など、4-1 に記載したとおりである。したがって、普及・実証事業を通じた無償の利用機会があることは、その後の販売にもつながるものとする。一方、参加機関には研究機関も含まれているので、国際会議における発表を通じて SESAME システムの利用効果が他国にも広められる。そうした国際会議での発表は、みどり工学にとって他国進出への足掛かりにもなることが期待される。

販売促進以外の面では、SESAME システムを供与した機関からのフィードバックを得ることによる SESAME システムの効果的な機能改善が見込まれる。例えば、提案する普及・実証事業では、気候変動対策をテーマに関係する政府機関が参加するために、各機関から SESAME システムのより幅広い用途について提案がなされるであろうし、それがシステムのさらなる改良につながると考えられる。

また、提案事業で供与する SESAME システムの設置・保守管理に関しては、BNT 社がとりまとめ、Hydrosix 社の協力のもとに実施する計画である。みどり工学の現地進出において、将来みどり工学が現地総代理店を設立する際には BNT 社を合併相手とする構想を持っているほか、Hydrosix 社は将来の代理店として販売協力を得る予定である。普及・実証事業は、このように現地パートナーとの連携を促進し、みどり工学の現地事業展開にかかる組織体制の構築にも貢献する。

さらには、次章で詳述される SESAME コンソーシアムの形成により、参加機関によって蓄積されたデータの共同活用が実現可能となる。その場合、データの共有方法やデータ処理技術に関する適切なアドバイザーが必要となるため、そうした新たなビジネスをみどり工学が請負い、実施するといった展開も期待できる。

以上のように提案の普及・実証事業は、みどり工学のインドネシア事業展開に対し、様々な効果をもたらすと考えられる。

第5章 ODA 案件化の具体的提案

5-1 ODA 案件概要

5-1-1 ODA スキームの検討

本調査で提案する ODA 案件としては、「民間提案型普及・実証事業」が最適と考える。その理由は、普及・実証事業の持つ特長が、SESAME システム普及促進を図るために必要な要件を満たしているからである。

普及・実証事業は、以下の3点の特長を備えている⁸⁹。

- ① 対象国で幅広い試用・実証が可能であること
- ② 一定規模の資機材調達・据付による製品の導入が認められていること
- ③ 対象となる製品・技術の普及を図る事を目的としており、その結果、中小企業の海外事業展開の促進が期待されること

ここで SESAME システムは、前章で示したとおり、インドネシアにとって最重要の開発課題である気候変動対策における緩和策、適応策の両面において、様々な用途で貢献できる製品である。その技術の根幹は、遠隔地におけるフィールドデータの測定に欠かせないテレメトリ技術にあり、かつ、多種多様なセンサーを接続できるため、SESAME システムの活用範囲は大きな広がりが見込まれる。そのため、SESAME システム活用に関心のある機関が、気候変動対策に関するそれぞれの役割に応じた提案をし、活用できる仕組みが望ましい。この点において普及・実証事業はまさに SESAME システムの普及促進要件に合致している。

さらに SESAME システムは、活用範囲の広さだけでなく高性能・高機能を特長としており、実際に利用する機会を得た機関からは、活用方法は個々に異なるにもかかわらず、一様に高い評価を得ており、かつ、その利用範囲を拡張したいという意向が伝えられている。その例としては、インドネシア泥炭 SATREPS の BPPT、ジャティルフルダムのジャサ・ティルタ2、東ジャワ州ジェンベル(Jember) のコーヒー・プランテーションの ICCRI など、前章に記載したとおりである。したがって、関心を持つ様々な機関に無償で供与し利用・実証してもらうことで、その評価が広まり、さらなる拡大が見込まれる。この点においても普及・実証事業は理想的な仕組みであるといえる。

5-1-2 普及・実証事業適合性の検証

次に、次節に述べる具体的な案件内容の提案に際して、普及・実証事業の要件に適合していることを検証する。

事業目的

- ・ 開発課題解決への貢献

提案目的は、インドネシアにとって最重要の開発課題である気候変動対策への貢献であり、SESAME システムの活用により、緩和策および適応策の両面において様々な貢献ができることは既述のとおりである。

⁸⁹ JICA ウェブページ http://www.jica.go.jp/sme_support/activities/teian.html

- ・ 実証・普及活動による海外事業展開の促進

みどり工学は、ODA 事業と並行してインドネシアでの独自の事業展開を計画している。これまでの製品利用者による高い評価を考えれば、ODA 事業によって独自の事業展開が促進されることは十分に期待できる。

事業内容

提案内容は、参加機関が活用方法を提案するボトムアップ方式をとっている。事業への参加条件として、SESAME システム活用を気候変動対策に限っている。さらに、参加機関の選定および SESAME システム供与の配分については、気候変動対策への貢献度を最重視する。したがって、提案内容は、気候変動対策としての有効性をしっかりと担保するものとなっている。

事業対象国

インドネシアは、JICA 事務所が設置されている ODA 対象国である。

事業対象分野

提案は気候変動対策を目的とし、対象分野にあげられている「環境・エネルギー・廃棄物処理」に該当する。また、緩和策に寄与する活動は「防災・災害対策」にも一部該当する。

事業実施上の条件

本調査を通じて、カウンターパート候補機関において提案の概要について MOU 案について検討中であり、一部の参加機関からは既に SESAME 活用提案書が提出されている。

活用の資機材については、事業実施後は参加機関への無償譲与し、先方が維持管理をおこなう提案内容となっている。維持管理については、財政面では参加機関の予算確保を、また技術面では技術向上を課題として認識し、提案内容に含めている。

その他、案件形成上留意した点は以下のとおりである。

継続的な活用

インドネシアでは、これまで諸外国から様々なテレメトリシステムを導入してきたが、その多くは維持管理に問題があって、作動していない。提案では、そうした問題を考慮し、設置、維持管理、修理の技術者育成を活動内容に含めた。

自立発展性

サーバー管理に関する技術者育成も活動内容に含める。そうした準備を経てサーバーを現地に移管し、自身の手によるサーバー管理を目指す。それによって、以下のような現地ニーズに合わせた発展的活用がおこなわれることが期待される。

- ✓ データ処理ソフトウェアのカスタマイズ
- ✓ 省庁間でのデータ共有による効率化
- ✓ 様々なシステムから供給されるデータの統一的管理

結論として、SESAME システムの活用提案は普及・実証事業の趣旨に合致しており、普及・実証事業による案件化は最適な提案と考えられる。

5-2 具体的な協力内容及び開発効果

5-2-1 プロジェクトの枠組み

現地での訪問・協議や2回のワークショップを通じて、調査団からBPPTを始めとするインドネシア側関係機関へ説明・合意したプロジェクト内容は以下のとおりである。これについて、みどり工学、KMC、BPPTの3者間で署名する予定の覚書（Memorandum of Understanding：MOU）案を添付資料2に添付した。

| | |
|------------|---|
| プロジェクト名 | (和文) 気候変動に関するフィールドデータをリアルタイムで遠隔監視する「SESAME インドネシアシステム」構築プロジェクト (英文) The Project on the establishment of Real-time Telemetry System of field data related to Climate Change with the SESAME system |
| 目的 | <ol style="list-style-type: none"> 1 SESAME システムの導入により、気候変動に関するフィールドデータをリアルタイムで遠隔監視するシステムを構築する。 2 SESAME システムによって、みどり工学研究所がインドネシアにおける事業展開の見通しをつける。 3 SESAME コンソーシアムを形成して、費用対効果が高く、維持管理が容易な、リアルタイム遠隔監視システム開発にかかる技術を、インドネシア関係者に移転する。 |
| 主な活動内容 | <ul style="list-style-type: none"> ・ SESAME ベーシックシステム日本版のインドネシアへの導入 ・ 本プロジェクトを主導するみどり工学、KMC のほか、北海道大学、インドネシア側参加機関、インドネシア企業、日本企業が参加する「SESAME システム・インドネシア・日本コンソーシアム」を形成 ・ 各参加機関の SESAME 技術者研修（日本、インドネシア） ・ 各参加機関が SESAME システム活用計画を策定 ・ プロジェクトの協力により、各参加機関が SESAME 機器を設置 ・ 各参加機関へフィールドデータを伝送 ・ 伝送されたデータの活用方法を各参加機関が検討 ・ 検討結果について、各参加機関がコンソーシアムへフィードバック ・ SESAME システム・インドネシア版の開発と標準化 |
| プロジェクト対象地域 | インドネシア全土（注：具体的には、SESAME システムを活用する機関からの申請に基づいて決定する。みどり工学としては、総代理店、代理店の展開能力に留意しつつ少しずつ対象地域を広げ、最終的にはインドネシア全土に普及していく考えである） |
| プロジェクト実施期間 | 2年4か月（2014年9月開始の場合） |
| プロジェクト予算 | 1億円（日本側協力額の上限） |
| プロジェクト資金源 | JICA |
| プロジェクト実施企業 | (株)みどり工学研究所(みどり工学) |
| コンサルタント会社 | (株)かいはつマネジメント・コンサルティング(KMC) |
| カウンターパート機関 | BPPT (Agency for the Assessment and Application of Technology) 5-2-2 参照 |
| プロジェクト参加機関 | 後述のとおり |

5-2-2 BPPT の位置づけと組織概要

本普及・実証事業のカウンターパート機関は、インドネシアにとって新たな技術の実地検証をし、関係機関に普及し、そしてやがては当該技術の国内標準化を図るという点において BPPT が最もふさわしいと考えられる。特にこれまでインドネシア泥炭 SATREPS を通じて、泥炭地モニタリング技術としての SESAME システムを最も理解している政府機関であるという点や、同 SATREPS ではメインカウンターパート機関として関係機関間の調整にあたってきた実績を有するという点からである。

本事業において BPPT は、プロジェクト参加各機関との調整や各機関から提出される SESAME システムの活用計画の承認、プロジェクトの進捗管理など、極めて重要な役割を演じることになる。後述するように、BPPT はこれまで他の JICA プロジェクト⁹⁰でもそうした役割を担ってきた実績を有することから妥当と判断される。しかしながらその一方で、本事業は省庁横断的な事業として強い調整力が求められることや、本事業がきっかけとなり国家レベルの大きな活動につながる可能性もあるため、BAPPENAS（国家開発企画庁）や CMEA（経済担当調整大臣府）も事業開始の段階から参画してもらうこととする。事業を開始する際には、BPPT、BAPPENAS、CMEA との協議を経て、それぞれの具体的な役割分担を決定する。

そのあり方の一例として、インドネシア泥炭 SATREPS を参照したい。インドネシア側からは、BSN、バランカラヤ大学、インドネシア科学院、研究技術省、インドネシア国立航空宇宙研究所、林業省、BPPT が実施機関として関わっており、そのうち BSN がメインカウンターパート機関として位置づけられている。本普及・実証事業においても同様な考え方で、BPPT をメインカウンターパート機関、BAPPENAS と CMEA は実施機関の一員として事業活動の推進や関係機関間の調整を支援してもらう、といった位置づけになることが想定される。

(1) BPPT の機能

BPPT は、研究技術省下の独立政府機関として 1974 年に設立された⁹¹。

主な任務は、関連法や規定に沿って技術进行评估し普及させることであり、その狙いは技術力の強化によって国の産業競争力をつけることにある。BPPT の主な機能は以下のとおりである。

- ・ 技術の研究と適用にかかる国家政策の策定と評価
- ・ 政府や民間企業に対して、イノベーション、普及、能力強化、技術移転といった面において、技術の評価・適用にかかる指導やサービスの提供とモニタリング
- ・ 計画策定、管理、組織運営、人事、財務、文書保管などに関係する技術研修やその他支援サービスの提供

(2) BPPT の活動

BPPT の主な活動は以下のとおりである。

- ・ 技術のクリアランス：技術のクリアランス試験を行い、インドネシアにおける特定の分野（例えば、安全、健康、人間の安全保障、持続的な環境など社会環境保全の面）において、当該技術を応用する価値があるか否かを判断する。

⁹⁰ (独) 海洋研究開発機構 (JAMSTEC) が、2010 年～16 年の予定で実施中の、SATREPS 「短期気候変動励起源地域における海陸観測網最適化と高精度降雨予測」プロジェクト。インドネシア側は BPPT のほか BMKG やインドネシア国立航空宇宙研究所が関わっている。

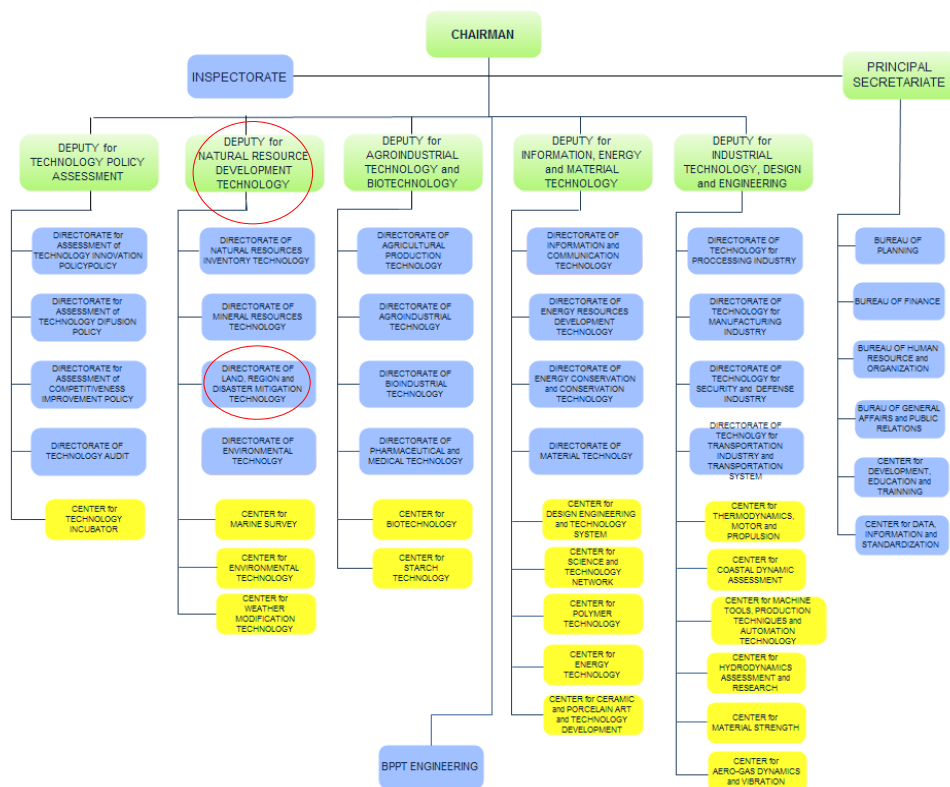
⁹¹ 2001 年の大統領令 103 号では、「省以外の政府機関 (non-departmental government organization) は、特定の公的責務を遂行するため、大統領直属の政府機関として中央レベルに配置された」と記されている。

- ・ 技術の評価：技術の体系的かつ多面的の評価を実施する。評価の目的は、(i) 技術の適用可能度を把握すること、(ii) 機会・課題・リスクとともに知的財産としての価値を推察すること、(iii) 技術が応用された場合のインパクトを予測すること、(iv) 組織または国家レベルでの戦略・政策・アドバイスを提示することである。
- ・ 技術の監査：統一された法的手順に則り、体系的な監査を行う。基準や規制などに基づき、技術または技術の応用について評価、比較、試験を実施する。

(3) 組織体制

BPPT の組織体制は、図 5-2-1 に示すとおりである。長官の下に、5 名の次官が配置されている。そのうち、自然資源開発技術を担当する次官 (Dr. Ir. Ridwan) が本事業のカウンターパートである。同次官の下、土地・地域・災害緩和技術局が担当窓口となる。なお、次官からは、バンバン氏 (BPPT 現シニア研究員、元研究技術省副大臣、元 BSN 長官) が本事業の実質上の責任者として任命されている。

管理部門および技術専門のスタッフはいずれも高レベルの専門性を有しており、多くは海外の大学を卒業している。2012 年 12 月末時点での職員総数は 2,885 名である。



(出所: www.bppt.go.id)

図 5-2-1 BPPT の組織体制

(4) 予算

2011年のBPPTにおける支出予算総額は、1兆40億IDRであった。また、2014年度分として、自然資源開発技術担当の次官は、担当分野の計画実施のために合計922億IDR（人件費を除く）の予算を申請している。

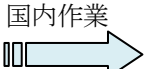


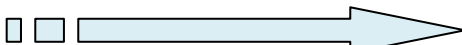
5-2-3 プロジェクト参加機関

本プロジェクトへ参加し、BPPTの調整の下、SESAMEシステムを活用・実証するインドネシア側関係機関を「プロジェクト参加機関」とした。プロジェクト参加機関の選定基準は以下のとおりとした。案件化調査を通じて、すでに多くの機関から参加意向が示されており、そのうち正式要請があった5機関については、5-2-7で示した。

- ・ 気候変動に関わる課題を通常業務として扱っている組織、あるいは近年の気候変動の影響を大きく受けている組織
- ・ SESAMEシステムの利用や維持管理に必要な費用を負担できる組織
- ・ プロジェクトの目的を理解し、積極的に協力する意思を持つ組織
- ・ プロジェクト終了後もリアルタイム遠隔監視システムの活用と改良を持続的にこなう組織

5-2-4 プロジェクトの活動スケジュール

本プロジェクトは、以下の実施スケジュールで約2年4か月間、実施する見込みである。

| 2014 | | 2015 | 2016 |
|--|----|---|--|
| 9 | 12 | | |
| 国内作業  | | | |
| 現地活動開始（計画策定）、SESAMEコンソーシアムの形成  | | | |
| | | 研修、SESAME設置、データ収集、 | データ活用方法検討 |
| | |  | |
| データ収集、コンソーシアム・サーバー設置、SESAMEインドネシア版の開発・標準化 | | |  |

より具体的には、以下のスケジュールと活動内容を想定している。

2014年9月（前提）～12月

（国内作業）

- 1) プロジェクト実施計画書作成
- 2) JICA との協議
- 3) SESAME 機器各部品の発注
- 4) インドネシアへの発送
- 5) 参加機関技術者を対象とした SESAME 技術者養成研修

（インドネシア）

- 1) BPPT とプロジェクト実施計画について協議
- 2) SESAME コンソーシアムの形成とプロジェクト実施計画協議
- 3) 各参加機関が SESAME 利用計画作成

2015年（インドネシア）

- 1) SESAME 技術者養成研修
- 2) 各参加機関が SESAME 機器を設置
- 3) フィールドデータの伝送
- 4) SESAME コンソーシアムにおいて、伝送されたデータの活用方法について協議
- 5) SESAME システムのデータ処理方法について検討・改良

2016年（インドネシア）

- 1) 2015年と同じ活動
- 2) コンソーシアム・サーバーの設置
- 3) SESAME インドネシア版の開発と標準化

上記スケジュールのうち、参加機関の決定プロセスは以下のとおりである⁹²。

- ・プロジェクトに参加意向を有するインドネシア関係機関から、BPPT 経由で案件化調査団（みどりと KMC）へプロポーザル提出（2013年12月～）
- ・参加機関（候補）の一次選定（2014年1月～）
- ・みどり工学・KMC による JICA への普及・実証事業プロポーザル提出（2014年6月）
- ・JICA によるプロポーザルの採択（2014年7月）
- ・JICA との契約交渉（2014年8月）
- ・参加機関（候補）の再選定（2014年8～9月）
- ・現地入り、BPPT と参加機関の最終選定（2014年9月）

⁹² 2013年度と同じ工程で公示されたとした場合

5-2-5 コスト分担

本プロジェクトの実施に際して、現時点では以下のようなコスト分担を想定している。JICAの規定などに沿って、採択後に見直しをする予定である。

| | |
|---------|--|
| 日本側 | SESAME 機器の製造とインドネシアまでの輸送（含、関税）、みどりサーバーの保守と関連ソフトウェア、技術指導、機器の補償修理に類する大きな修理、SESAME 技術者の養成（日本での研修費用の一部はインドネシア側）、プロジェクト運営、SESAME コンソーシアムの形成支援、SESAME インドネシア版の開発支援 |
| インドネシア側 | SESAME 機器設置場所の土地収用、SESAME 機器の設置費用（SESAME 技術者の旅費を含む）、設置後の機器の盗難防止、データ伝送費用・サーバー利用料といった運用費用、維持管理費用と簡単な修理、プロジェクト実施管理モニタリングや報告費用、コンソーシアム・サーバーの調達と維持管理 |

5-2-6 協力額と参加機関の費用負担額概算

上記コスト分担を考慮すると、協力額と参加機関の費用負担額は概ね以下のような見通しである。

①協力額の内訳概算

| 内訳 | 単価（円） | 単位 | 数 | 合計（円） |
|---|-----------|----|-----|------------|
| SESAME システム機器一式の製造費（原価） ⁹³ とインドネシアまでの輸送費（関税込） | 500,000 | 一式 | 100 | 50,000,000 |
| 技術指導にかかる、みどり工学社員の渡航費、 日当宿泊費 | 300,000 | 回 | 30 | 9,000,000 |
| 機器の動作・耐久性確認、改良にかかる関連企業への技術経費 | 1,000,000 | 回 | 5 | 5,000,000 |
| プロジェクト運営、事業運営などにかかるコンサルティング費（渡航費、日当宿泊費込） | 3,000,000 | 人月 | 8 | 24,000,000 |
| プロジェクト運営支援にかかる現地パートナー企業への外注費（通訳料込） | 300,000 | 月 | 20 | 6,000,000 |
| 機器の設置、保守管理にかかる現地協力企業への外注費 ⁹⁴ | 40,000 | 一式 | 100 | 4,000,000 |
| 現地での車輛借上げ費 | 8,000 | 台日 | 200 | 1,600,000 |
| 合計 | | | | 99,600,000 |

②参加機関の費用負担額内訳（概算）

- ・ SESAME 機器の設置費用（人件費と機材費。SESAME 技術者の旅費は別途）：10 万円/ユニット
 - ・ 設置後の機器の盗難防止費用：5 万円/ユニット・年
 - ・ 運用費用（データ伝送費用・サーバー利用料など）：3,000 円/ユニット・月
- これ以外に、簡単な修理を含む維持管理費用、プロジェクト実施管理モニタリングや報告費用、3 年目に

⁹³ センサーによって価格差があるが 1 ユニット平均 50 万円とした。

⁹⁴ 機器設置費用の一部は参加機関が負担するため、1 台あたりの外注費を 4 万円とした。

はコンソーシアム・サーバーの調達と維持管理費用などが発生する見込みである。

5-2-7 主な参加機関の概要と SESAME システムの活用案

第1回、第2回ワークショップを通じて、調査団からインドネシア各機関に以下の要領で SESAME 活用にかかるプロポーザル提出を要請した。最終的なプロポーザル提出要請、提出とその審査は、採択後、BPPT と共同して速やかに実施する予定である。

SESAME システムに関心があり、皆様の組織にとって役に立つとお考えであれば、以下の内容でプロポーザルを準備・提出してください。

1. 組織の役割
2. 気候変動に関する最近の組織活動の内容
3. 気候変動に関連して、どこでどのように SESAME システムを活用したいのか
4. SESAME の希望ユニット数
5. 組織の技術力（普及・実証事業において運営維持管理に従事できる技術スタッフ数、学歴、配属先など）
6. 研修と維持管理計画：事業が円滑に運営維持管理されるようにするために、組織のスタッフに対してどのような内容の技術移転が必要かを明記すること
7. 財務力：機器の購入や維持管理を目的として現在、組織に配布される予算額
8. 事業にかかるその他情報や懸案事項

これを受けて、正式に SESAME システムの配布要請があった機関とそのユニット数を表 5-2-1 に示す。ジャサ・ティルタ 2 や ICCRI といった、すでに SESAME システムを設置活用している機関からの要望数が多い傾向にあることが特徴の一つである。したがって普及・実証事業においても、本調査で実施したパイロット調査と同様に、関心を持つ機関にある程度の個数を無償で供与し実証してもらうことで、SESAME システムのニーズはさらに大きくなると想定される。

表 5-2-1 SESAME システム設置の正式要請があった機関と要望ユニット数

| 機関 | ユニット数 |
|---------------------------|-------|
| ジャサ・ティルタ 2 | 22 |
| インドネシア農業研究開発機関 | 25 |
| インドネシアコーヒー・カカオ研究所 (ICCRI) | 10 |
| タンジュンプラ大学 | 5 |
| アサハンアルミニウム | 4 |

なお、12月12日の関係者ワークショップの際に、SESAME システムを希望する機関とそれぞれの設置数を暫定的に確認したところ、上記機関も合わせて合計 129 ユニットの要望があった。ただし、現時点では、上述した要領でプロポーザル提出があった 5 機関だけを正式要請とみなした。以下に、この 5 機関から提出されたプロポーザルに基づき、それぞれの機関の概要と SESAME システムの配

置・活用計画をまとめた。

(1) ジャサ・ティルタ 2

①組織概要

ジャサ・ティルタ 2 の概要は第 3 章に述べたとおりである。西ジャワ州北部の 74 河川とそれらの支流を管轄しており、その面積はチタルム川流域とその他流域⁹⁵を合わせ約 1 万 2,000 km² に及んでいる。西ジャワ州とジャカルタ首都特別州の 2 つの州にサービスを提供している。

②SESAME システムの要請内容

BPPT の協力の下で実施された SESAME の試行（パイロット調査）の結果、ジャサ・ティルタ 2 では、SESAME システムが同社で必要とする水管理のためのツールとして有効であると期待している。管轄地域内で、ジャサ・ティルタ 2 が SESAME 設置を希望とする場所と数は、表 5-2-2 のとおりである。

表 5-2-2 SESAME 設置を希望する場所と数

| 場所 | 必要数 |
|-----------------|-----|
| チタルム川上流 | 3 |
| Ir. H. ジュアンダ貯水池 | 4 |
| チタルム川下流 | 15 |
| 合計 | 22 |

SESAME の上記ユニットを運営管理するための人員として、合計 30 名のスタッフの配置が予定されている。また、SESAME システム運営費用を賄うため、表 5-2-3 に掲げた予算が見込まれている。

表 5-2-3 運営費用概算（月額）

| 内容 | 単価 (IDR) | 数量 | 合計 (IDR) |
|-------|---------------|---------|-------------|
| 機器運営費 | 300,000 /ユニット | 22 ユニット | 6,600,000 |
| 人件費 | 5,000,000 /名 | 30 名 | 150,000,000 |
| 維持費 | 500,000 /ユニット | 22 ユニット | 11,000,000 |
| | | 合計 | 167,600,000 |

(2) インドネシア農業研究開発機関

①組織概要

インドネシア農業研究開発機関 (IAARD) では、その下部組織として、2002 年にインドネシア農業気象・水文学研究所 (IAHRI) を設立し、水資源および気象にかかる情報システムの構築や研究開発、活動成果の普及を行っている。気候変動に関しては以下の活動が展開されている。

- ・下記にかかる研究
 - ✓ アグリビジネス支援を目的とした、農業気象および水文関連のデータベース構築
 - ✓ 異常気象の予測技術の開発

95 Ciliwung-Cisedane 川流域

- ✓ 重点地域における水文システムの特性分析
- ✓ 水不足に備えるための水資源開発技術
- ・ 異常気象や農業へのインパクトにかかるセミナー、会議、ワークショップなどの開催
- ・ 農業気象および水文学に関する研修の実施

IAHRI の施設や人員は表 5-2-4 のとおりである。

表 5-2-4 IAHRI の施設、人員など

| | | |
|--------|--|-----------------------------------|
| 研究担当部署 | ・ 水文学・水管理 | ・ 農業気候 |
| 施設 | ・ 実験室（農業水文気象学） ・ 図書館 ・ グリーンハウス（1 か所） | ・ 気象観測所（30 か所） ・ ゲストハウス（12 部屋） |
| 人員 | ・ 博士号取得者 10 名 ・ 修士号取得者 6 名 ・ 理科系学士取得者 5 名 | ・ 学士号取得者 5 名 ・ 高校卒 13 名 |
| 出版物 | ・ 農業気象関連の雑誌 ・ 研究成果にかかる年次報告書 ・ 情報システムに関する書籍 | ・ ブックレットなど ・ 情報システムのソフトウェア |

②SESAME システムの要請内容

干ばつは、農業生産に大きな被害を与えるが、その影響は農業生態系によって異なる。インドネシアでは、高地、急斜面、灌漑地域、湿地、泥炭地など様々な農業生態系の中で農業が営まれている。SESAME システムを、そうした特定の農業生態系に導入し干ばつ予測をすることで、予防策を講じることができる。表 5-2-5 に、SESAME 設置を希望する場所とモニタリング内容を示す。

表 5-2-5 SESAME システム設置を希望する場所とモニタリング内容

| No | 場所 | 農業生態系 | 州 | モニタリング内容* | | |
|----|---------------------------------------|--------------------|--------------------|-----------|---|---|
| | | | | A | B | C |
| 1 | Noelbaki | 小流域 | East Nusa Tenggara | | √ | √ |
| 2 | Oelmasi | 小規模農業用貯水池 | East Nusa Tenggara | | √ | √ |
| 3 | Arang-Arang | 泥炭地 | Jambi | √ | | √ |
| 4 | Kahayan 川上流 | Kahayan 流域、 泥炭地 | Central Kalimantan | | √ | √ |
| 5 | Kahayan 川中流 | | | | √ | √ |
| 6 | Kahayan 川下流 | | | | √ | √ |
| 7 | Secondary Canal of Jabiren 灌漑泥炭地の支線水路 | | | | √ | √ |
| 8 | Jabiren 灌漑泥炭地の地下水モニタリング | | | √ | | |
| 9 | Cimanuk 川上流 | Cimanuk 流域 | West Java | | √ | √ |
| 10 | Cimanuk 川中流 | | | | √ | √ |
| 11 | Cimanuk 川下流 | | | | √ | √ |

| No | 場所 | 農業生態系 | 州 | モニタリング内容* | | |
|----|------------------------|------------------|--------------------|-----------|---|---|
| | | | | A | B | C |
| 12 | Cimanuk 灌漑地の幹支線水路 | | | | √ | |
| 13 | Cimanuk 灌漑地の地下水モニタリング | | | √ | | √ |
| 14 | Leboyan 川 (Inlet 湖) | Sentarum 湖流域 | West Kalimantan | | √ | √ |
| 15 | Sentarum 湖 | | West Kalimantan | | √ | √ |
| 16 | Kapuas 川 (Outlet 湖) | | West Kalimantan | | √ | √ |
| 17 | TulangBawang 川上流 | Tulang Bawang 流域 | Lampung | | √ | √ |
| 18 | TulangBawang 川中流 | | Lampung | | √ | √ |
| 19 | TulangBawang 川下流 | | Lampung | | √ | √ |
| 20 | TulangBawang 灌漑地の幹支線水路 | | Lampung | | √ | |
| 21 | Dadahup | 泥炭地 | Central Kalimantan | √ | | √ |
| 22 | Barito 川 | Barito 流域 湿地 | South Kalimantan | | √ | √ |
| 23 | Jejangkit 灌漑地の支線水路 | | South Kalimantan | | √ | |
| 24 | AnjirPasar 灌漑地の支線水路 | | South Kalimantan | √ | | |
| 25 | Belandaian | 湿地 | South Kalimantan | √ | | √ |

(注* A : 地下水モニタリング、B : 表流水モニタリング、C : 降雨量)

IAHRI では、機器の購入および維持管理のための予算として年 1 億 5,000 万 IDR が計上されるため、SESAME 導入にあたってはこれを使うことができる。

(3) インドネシアコーヒー・カカオ研究所 (Indonesian Coffee and Cocoa Research Institute, ICCRI)

①組織概要

ICCRI は、コーヒーとカカオにかかる研究と技術開発を行うために農業省から委託を受けた非営利組織である。気候変動に関して現在 ICCRI では、干ばつや浸水に耐性をもつ品種改良、土壌水分の保全方法、異常気象による影響分析や作物の栄養素管理、天候状況のモニタリングなどにかかる研究を行っている。

ICCRI は、全国に表 5-2-6 に示す施設を有しており、職員数は 301 名、そのうち研究者は 36 名である。

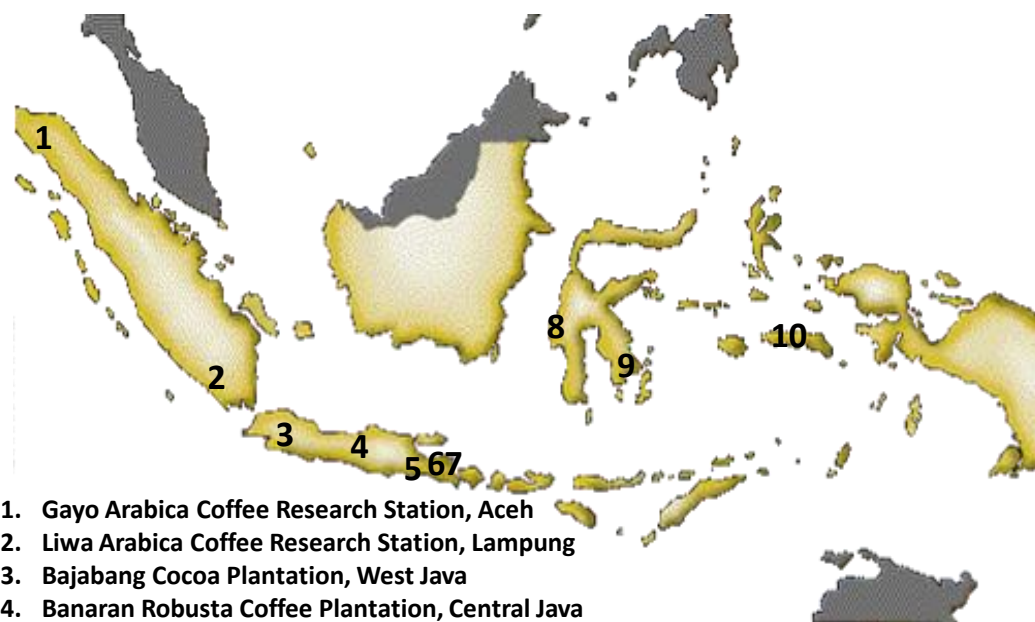
表 5-2-6 ICCRI の施設概要

| | | |
|---------|--------------|------------------|
| 研究担当部 | 1. 品種改良部 | 4. 植物防疫部 |
| | 2. 作物栽培・生理学部 | 5. ポストハーベスト技術部 |
| | 3. 土壌・農業気候部 | |
| 実験室内の内訳 | ・ 品質改良 | ・ 植物病理学 |
| | ・ 組織培養 | ・ 線虫学 |
| | ・ 植物生理学 | ・ 雑草研究 |
| | ・ 種子改良 | ・ ポストハーベスト技術 |
| | ・ 土壌分析 | ・ コーヒー・カカオのテストング |

| | | | | | | | |
|------------------|---|----------------|--------------------|----------------|---------------------|----------------|-------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> ・ 細胞組織分析 ・ 肥料分析 ・ 水質分析 ・ 農業機械 ・ 機器の検査測定 ・ 昆虫学 | | | | | | |
| 図書館・ 情報訓練ユニット | 7,000 冊以上の書籍、600 の雑誌を保有 | | | | | | |
| 研究所 (3 か所) | <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">Kaliwining 研究所</td> <td style="width: 50%;">ロブスタ種、カカオ (海拔 45m)</td> </tr> <tr> <td>Sumberasin 研究所</td> <td>ロブスタ種、カカオ (海拔 550m)</td> </tr> <tr> <td>Andungsari 研究所</td> <td>アラビカ種 (海拔 1,400m)</td> </tr> </table> <p>このほか Jember に小規模研究所</p> | Kaliwining 研究所 | ロブスタ種、カカオ (海拔 45m) | Sumberasin 研究所 | ロブスタ種、カカオ (海拔 550m) | Andungsari 研究所 | アラビカ種 (海拔 1,400m) |
| Kaliwining 研究所 | ロブスタ種、カカオ (海拔 45m) | | | | | | |
| Sumberasin 研究所 | ロブスタ種、カカオ (海拔 550m) | | | | | | |
| Andungsari 研究所 | アラビカ種 (海拔 1,400m) | | | | | | |

②SESAME システムの要請内容

ICCRI からは、図 5-2-2 のとおり、コーヒーあるいはカカオ研究所、プランテーションなど、全国で計 10 か所に SESAME システムを設置したいという要請があった。SESAME を導入することによって、異常気象を事前に予測し、干ばつや雨季の長期化などに対する予防措置を迅速に講じることができるようにしたい、というのが要請の理由である。



1. Gayo Arabica Coffee Research Station, Aceh
2. Liwa Arabica Coffee Research Station, Lampung
3. Bajabang Cocoa Plantation, West Java
4. Banaran Robusta Coffee Plantation, Central Java
5. Sumberasin Robusta Coffee Research Station, Malang, East Java
6. Andungsari Arabica Coffee Research Station, Bondowoso, East Java
7. Kalisat-Jampit Arabica Coffee Plantation, Bondowoso, East Java
8. Mamuju Cocoa Research Station, West Sulawesi
9. Kendari Cocoa Research Station, South East Sulawesi
10. Awaya Cocoa Plantation, Seram, Maluku

図 5-2-2 SESAME システム設置希望箇所

なお現在、ICCRI には機材購入のための予算として、年額 50 億 IDR の予算が配分されている。SESAME システムの導入にあたってこの予算が活用されることになっている。

(4) タンジュンプラ大学

①組織概要

タンジュンプラ大学農学部は、農学、農業技術学、土壌学、食品科学、畜産学の5つの分野で、S1レベル（4年間の学士課程）のプログラムを提供している。このほか、3年間のコースとして農園作物学、修士課程としてアグリビジネス、農業技術（新設）、環境科学といったプログラムを設けているほか、学内横断的プログラムの中の一部の科目を提供している。タンジュンプラ大学は、大学が置かれた農業気候や地理的状况に基づいて、湿地帯と熱帯泥炭を主要な研究分野としている。

同大学農学部では、気候変動に関連する科目を数多く提供している。学士課程では、「農業気候学」、「農業生態学」、「湿地帯・泥炭地の管理」など、修士課程では、「気候変動と災害軽減」、「湿地帯生態学と保全」、「人的生態学と持続的プランテーション・森林の開発」などのなかで気候変動を取り上げている。研究活動については、複数の研究グループが、泥炭地研究（マッピング、炭素貯蔵、生物物理特性）、温室効果ガス排出、炭素貯蔵、環境に優しい農業などといったテーマで研究を実施している。加えて、地元コミュニティ住民の気候変動と環境にかかる意識啓発のため、講演や議論、小規模な研修などを実施している。

②SESAME システムの要請内容

同大学農学部からは、5地点にSESAMEシステム各1ユニットを設置したいという要請があった。5ユニットのうち、気候変動に関する科目を多く持つ農学部には2つとSingkawang農業高校（SPP）に1つを設置する計画である。ここにSESAMEシステムを導入し、学生の研究プロジェクトを通じて、気象データの処理や活用などを含めた気候関連分野の指導に役立てたいとのことである。これ以外の2つは、Rasau Jaya 県と Sungai Kakap 県にある農地周辺に設置する予定である。Rasau Jaya 県の Rasau Jaya III では泥炭地に関連した研究が多く実施されている。泥炭地マッピング、生物物理特性の分析（容積密度、炭素密度、窒素密度、炭素貯蔵、沈下、水位レベル）、酸性の泥炭土壌に適した栽培品種の選定が主な研究テーマである。Rasau Jaya III にSESAMEシステムを設置すれば、これらの研究の大きな後押しとなる。これらの研究成果として、同地域の環境気象状況の情報が得られるため、地元コミュニティにもとっても有益である。Sungai Kakap 県の設置予定サイトは、野菜生産地域であり、農学部学生のフィールド訪問先の一つでもある。これら5か所のSESAME設置予定サイトと観測対象項目を、表5-2-7にまとめた。

表 5-2-7 SESAME システム設置希望サイトと観測対象項目

| | サイト | 観測対象項目 |
|---|--------------------------------|---------------------|
| 1 | 農学部キャンパス内（Kota Pontianak） | 降雨量、温度、風、気圧、相対湿度、水位 |
| 2 | Toho 実験農場（Kabupaten Pontianak） | |
| 3 | Singkawang 農業高校（SPP） | |
| 4 | Rasau JayaIII（Rasau Jaya 県） | |
| 5 | Sungai Kakap | |

大学によれば、農学部内にはSESAMEシステムを学習したいという意欲を有している若い技術者が

複数いる。彼らは農業分野の修士号または博士号をもっており、同システムを理解することに問題はないと思われる。また、これら技術者と同時に、各ユニットには現場ワーカーも配置する予定であるとのことである。

大学では、必要機器の購入と維持管理のために、年 2～3 億 IDR 程度の予算付けがされている。SESAME システムの運営・維持管理に必要な資金はすべてこの予算から支出されることになっている。

(5) PT インドネシアアサハンアルミニウム (PT. Inalum)

①組織概要

1975 年、インドネシア政府と日本の民間企業 12 社との間で、アサハン川の水源を利用した水力発電所と、同電力を使用したアルミニウム製錬所の開発・建設について合意がなされた。この「アサハン水力発電・アルミニウムプロジェクト」は、水力発電とアルミニウム製造を組み合わせたパッケージプロジェクトである。同プロジェクトは、アルミニウム製錬のための電力供給を目的としており、水力発電所以外の電力源がないため、安定的な電力供給が必須とされている。

水力発電所、アルミニウム製錬所はいずれも 1982 年に稼働を開始している。最終製品であるアルミニウムインゴットは、国内のみならず、日本およびその他の市場に広く輸出されている。なお、2013 年 12 月に PT. Inalum は国有化されている。

PT. Inalum は、現在、アサハン川上流の水力発電所と Kuala Tanjung のアルミニウム製錬所を所有している。水力発電所は、アサハン川上流、北スマトラ州のメダンから南東に 230km に位置しており、アルミニウム製錬所とは、約 120km におよぶ 275KV の高圧送電線でつながっている。

アサハン水力発電所は、インドネシアにおける水力発電所として最大であり、表 5-2-8 のように、3 つダム、2 つの水力発電所と送電網で構成されている。発電のための水源は、Toba 湖である。同湖は、1,100 km² ほどの水面面積を有しており、標高 905m、集水面積は 3,450 km² である。

表 5-2-8 アサハン水力発電所の概要

| 施設 | 能力、機能 | 位置 |
|---------------------|--|--|
| 1 Toba 湖 (水源) | 1975 年までのデータに基づく分析によると、Toba 湖の貯水能力は 28 億 m ³ である。 水位レベルの記録などから判断すると、同湖の水位レベルは、EL.905.0 (HWL) から EL.902.4 (LWL) の間にあり、洪水時は EL.905.5 (FWL) まで上昇する。 | |
| 2 調節用ダム | Toba 湖の水位レベルを 902.40m～905.00mEL 内でコントロールし、Siguragura と Tangga 発電所に水を供給する。同調整ダムは、高さ 39.0m、幅 71.0m のコンクリート製である。 | Toba 湖河口の下流、約 14.5km にある渓谷内に位置している。 |
| 3 Siguragura ダムと発電所 | Siguragura ダムは、高さ 46.0m、幅 173.0m のコンクリート製である。Siguragura 発電所は、地下発電所である。同発電所は、水タービン発電機を 4 ユニット有している。各ユニットは 71.5 MW (合計 286.0MW) の発電能力を持つ。 | Siguragura 取水ダムは、Siguragura 滝の上流約 1 km、かつ調整ダムの下流 7.5 km に位置している。 |

| | | |
|---------------------|--|--|
| 4 Tangga ダムと 発電所 | Tangga ダムは、高さ 82m、幅 125m のコンクリート製である。Tangga 発電所は、水タービン発電機を 4 ユニット有している。各ユニットは 79.2 MW (合計 316.8MW) の発電能力を持つ。 | Tangga ダムは、Tangga 滝の上流 500m、Siguragura ダムの下流 5.2 km に位置している。 |
|---------------------|--|--|

②SESAME システムの要請内容

PT. Inalum からは、SESAME システムに関して以下の設置要請が出されている。

- ・ SESAME システムの設置を希望するサイト：以下の 4 か所
 - ✓ Toba 湖河口の Janji Matogu 村
 - ✓ 調整ダム
 - ✓ Siguragura ダム
 - ✓ Tangga ダム
- ・ SESAME システム運営管理のための人員：上記 4 か所で合計 3 名
- ・ SESAME システム運営管理のために用意する予算：ユニットあたり IDR300,000/月、4 ユニット合計で IRD1,200,000/月

5-2-8 気候変動対策のためのアクション

国家として包括的な気候変動対策を図るためには、それに相応しい組織体制を整備し、その上で技術導入や人材育成を図ることが喫緊の課題である。しかしながら第 1 章で述べたように、泥炭地における気候変動対策でさえ、中心となって調整にあたる政府機関が定まっていないのが現状である。

気候変動にかかるフィールドデータの収集は、SESAME システムの導入によって大きく促進されることになるが、その後の具体的なアクション、つまりデータの管理や処理、それに基づく行動計画の策定や実行、モニタリング、評価は、関係各機関のイニシアティブに委ねられることになる。そのため本普及・実証事業では、SESAME コンソーシアムの構築により、このイニシアティブを省庁横断的に盛上げ、国家レベルに高めていく「きっかけ」とすることを狙いとしている。

本普及・実証事業期間中は、みどり工学が主体となり、コンソーシアムを通じた技術移転とそのため体制構築を図る。それ以降の期間においては、インドネシア側に委ねることになるため、普及・実証事業期間中のコンソーシアム体制の構築は重要な鍵になると考える。

5-3 他 ODA 案件との連携可能性

第 2 章で記載したとおり、SESAME システムは、北大をリーダーとし、みどり工学も企業参加しているインドネシア泥炭 SATREPS において、2009 年～2014 年の 5 年間にわたる活動で導入・活用されてきた。北大を中心とする我が国の大学グループは、今後さらにその活動を拡大すべく、炭素管理にかかる新たな研究活動の提案書を JICA・JST に提出し、現在は審査の結果待ちであるが、その案件においてもさらに多数の SESAME システムが導入・活用される予定がある。研究活動の主な概要は次のとおりである。

①研究課題：「インドネシア・カリマンタンにおける高密度炭素貯蔵生態系の評価と管理」
(Evaluation and Management of High-Carbon Reservoir Ecosystem in Kalimantan, Indonesia)

②目的：カリマンタン全域（ボルネオ島）には、水循環を介した相互依存関係にある熱帯雨林（山岳部）と熱帯泥炭（低地部）が存在し、膨大な量の炭素を蓄積していることから「高密度炭素貯蔵生態系」と呼ばれている。この巨大生態系は気候変動や人間活動の影響に対して脆弱であり、近い将来に大きな炭素放出源となることが危惧されている。本研究では、主に炭素保全の観点からカリマンタン全域の高密度炭素貯蔵生態系の機能を評価し、持続的に管理するための方策を確立する。

③研究期間：2014年～5年間

④日本側参加機関：北海道大学、京都大学、東京大学など多数

⑤インドネシア側研究機関：BPPT、インドネシア国立航空宇宙研究所、BSN、インドネシア科学院、インドネシア農業研究開発庁など多数

SESAME システムの技術は、この研究活動における多様かつ高度なフィールド観測に適用され、高密度炭素生態系⁹⁶における炭素挙動の迅速な把握、泥炭・森林火災予測など生態系中の炭素管理技術の向上、そしてそれらの技術の移転を図るための活用が計画されている。本研究において、SESAME システムは、以下の主な観測項目に用いられる。

- ・泥炭湿地生態系の生物気象観測：気温、地温、日射量、光合成有効放射量、風向・風速
- ・同、水文観測：地下水位、泥炭土壌水分、雨量
- ・同、炭素挙動：群落上の炭酸ガスフラックス、森林による炭素蓄積量、泥炭層の炭素量

本研究活動が採択された場合には、遠隔地において上記項目をリアルタイムで計測するために多数の SESAME システムが利用されるだけでなく、高密度炭素貯蔵生態系内の炭素挙動を迅速に把握するシステムの開発、実用化につながり、泥炭火災抑止活動が REED+の一環として認められる可能性が高まる。そうなれば、膨大な排出権を得る事が可能になるため、各地で泥炭火災抑止プロジェクトの実施が促進され、SESAME システムは、そうした多くの ODA 案件との連携が期待される。

5-4 その他関連情報

5-4-1 BPPT・関係機関との合意事項

第3章で述べたように、調査期間中に計3回、調査団と SESAME システム導入に関心を持つ関係機関との間で会議あるいはワークショップを持ち、今後の SESAME システムのインドネシア導入に関して協議と合意形成を図ってきた。第2回ワークショップの最後に出された、本件インドネシア側のカウンターパート機関である BPPT のシニア研究員であり、本件実施の担当者であるバンバン氏からの言葉は極めて重要である。第3章と重複するが、以下に改めて記載する。

⁹⁶ 高密度炭素貯蔵生態系とは具体的にはマングローブ、泥炭地、永久凍土を指し、地下を中心に大量の炭素が蓄積されている。

これまで3回にわたって開催した上記会議・ワークショップにおける議論のまとめとして、かつ第2回ワークショップの締めくくりとして、BPPTのバンバン氏により以下の3点が提案され、参加者の間で合意された。

- ・ SESAME システムを水文データのリアルタイム計測に幅広く利用する。
- ・ 129 台の設置要望が出されているが、正式な SESAME 活用提案書を作成して提出しなければならない。
- ・ 普及・実証事業が採択された場合、SESAME システム活用のために立ち上げる「コンソーシアム」において、議長は BPPT が務める。

5-4-2 SESAME システム・インドネシア・日本コンソーシアム

本調査を通じて、数多くのインドネシア側関係機関と意見交換をした結果、これからのフィールドデータの効果的、効率的な活用を考えた場合、「SESAME システム・インドネシア・日本コンソーシアム」(SESAME コンソーシアム)を立ち上げることが、インドネシアにとって将来、最もよい結果をもたらすと考えられる。

フィールドデータを安定的に収集し、的確に保存管理することがいかに難しいかを、インドネシア側でも認識していた。過去色々な試みがなされたが、残念ながら現在においても、必要なデータが確実に整っているとはいえない状況である。その理由としては、様々な関係機関によって、テレメトリシステムやデータ・ロガー(記録器)を使用したシステムを構築しているが、そのデータ形式やフォーマットが統一されておらず、サーバーの中にデータベースとして格納されたとしても、活用や更新が難しいために捨てられることが多い、ということであろうと推察される。

また、これまでのテレメトリシステムは高価であり、かつ独自のフォーマットでデータ通信を行っていること、さらにはそれが公開されていないことが多いために、利用者が限定され、改善の機会が失われていたという理由もある。特に、もともと海外からの援助などで導入したシステムは概して高価であり、機能的には十分満足するスペックであったとしても、維持管理ができず、5年程度で故障・修理不能・破棄というパターンが多いだろうと考えられる。

今回、テレメトリシステムを使っているという2~3の機関を見学したが、すべてにおいて正常に稼働していなかった。技術的な問題もあるが、スタンドアロンを前提としたシステムは、上述の理由から維持管理がほとんどできていない。援助国の技術者はそれが出来ても、引き上げると動かないということが多々あるのではないかと推定される。まさに持続性の問題である。

こうした中、インドネシアにおいては、独自にコンソーシアムを立ち上げて、技術者の教育訓練を行いながら持続的なシステムを構築することは、まさに画期的な試みであるといえる。数多くの機関が共同して活用できるデータベースを構築することは、それだけに様々な思惑に左右される難しい試みではあるが、それを克服する努力に値する事業である。

5-4-3 SESAME コンソーシアム・サーバーの構築と運用

水文データの一元化は、日本を含めどの国にとっても極めて重要なことである。しかしながら、例えば日本においては、政府機関がそれぞれ独自のデータベースを展開しているため、残念ながらその壁を破り一元化することができていない。同じ市役所内でさえ、市役所本局に設置してある雨量計と、消防署に設置してある雨量計のデータが、お互いに利用可能になっていないことが多い。その理由の一つは、

システム構築のための予算が個別につけられるため、それぞれ個別に開発活用されていることにある。

水文や気象データを一元化するという要求はインドネシアにおいても強くある。例えば、BMKG（気象庁）では、PU（公共事業省）その他の機関と連携して共同のデータベースを構築しようという考えはある。その場合には、SESAME システムで収集されたデータも当然統合の対象となると考えられる。ただし問題は、誰がイニシアティブをとって各機関間の調整にあたり、システムを構築していくかということである。

調査団としては、本普及・実証事業を通じて我が国がイニシアティブをとり、BPPT をカウンターパートに SESAME コンソーシアム用のサーバーを構築することを提案している。コンソーシアムにおいて、どのようなデータベース構造にするか、どのようなデータを格納していくか、そしてそれらのデータベースのメンテナンスを誰が行うかということに関係各機関としっかりと詰めていくのである。それができた場合には、世界に冠たる成果になると考える。

インドネシア各省庁では当然、独自の使用方法があるため、基本データは SESAME コンソーシアム・サーバーに集め、そこから各ユーザーのサーバーにデータを提供するというにしたい。各省庁よりコンソーシアム・サーバーの維持管理費を徴収することによって、財政的にも持続的な運用が可能になると考えられる。加えて、コンソーシアムの運営にかかる人員、機材その他の経費については、BPPT ほか本事業に参加する関係各機関が負担するよう働きかけていきたい。

5-4-4 SESAME システムの役割

こうした努力を成功させる最大の要因は、SESAME システムの機器が安価で、通信にかかわる費用も極めて安く、維持管理が容易である、という点に尽きる。

地球規模での気候変動問題に対処するためには、関係機関がそれぞれ数多くのデータを集めなくてはならない。そのためには、安価で、設置が簡単で、メンテナンス性が良い製品が必要になる。

特殊な観測機器の場合は、一般市場に出回っていることが少ないが、水位計、雨量計といったセンサーや気象データを記録するコンパクトな機器は、汎用品として数多く出回っている。また、これらセンサーからの出力形式は、基本的に汎用性のあるアナログもしくはデジタルが多いが、データ・ロガーさえ作っておけば特殊なセンサーを製造する必要がない。かつ、汎用的な製品であれば、生産中止になることが少ない。あるメーカーの製品が製造中止になったとしても、水位計のような製品は、世界中どこからでも同じような仕様の物を仕入れることができる。

このような、SESAME システムが重視するフレキシブルなコンセプトを展開することが、数多くのデータを効率的にサーバーに集め、展開できる方法であると考えられる。

ただし、最も重要なことは、データの信頼性、つまり得られるデータが信頼できるかどうかという点である。そのためには、センサーの設置技術やセンサー自体の性能についても、一定水準以上のレベルが要求される。その点についても、コンソーシアムにおいて協議し、かつ関係者を教育訓練していかなければならない。こうした関係者には、ビジネスとして機器を設置する業者や、それらを監督する各省庁の職員も含まれる。また、インドネシアは数多くの島を有することから、インターネットを活用した設置・管理方法や、個別相談できる専門スタッフの養成も急務であると考えられる。インドネシア進出を目前にし、みどり工学研究所としてこのような意義ある事業に取り組むべく、気持ちを新たにしている。

SUMBER DAYA AIR

Selamatkan Danau dan Waduk

Kini banyak danau dan waduk di Indonesia kritis akibat ulah manusia. Untuk menyelamatkan, dilakukan berbagai upaya mulai dari menerapkan sistem pemantau, modifikasi cuaca, hingga penyedotan limbah dan sedimen.

Oleh YUNI IKAWATI

Danau, baik alami maupun buatan manusia (waduk) adalah sumber kehidupan dan mata pencarian penduduk. Sumber daya air digunakan untuk berbagai kegiatan seperti perikanan, pertanian, pengolahan air minum, pembangkit listrik, hingga pariwisata. Kerusakan dan fungsi sumber daya air akan mengusik berbagai aspek kehidupan masyarakat.

Kerusakan lingkungan terutama disebabkan faktor antropogenik seperti eksploitasi perikanan, mekanisasi transportasi air, pembuangan limbah, dan perubahan tata ruang. Saat ini telah terjadi penurunan produksi perikanan, merebaknya gulma, pendangkalan danau dan waduk, hingga banjir di musim hujan.

"Di Indonesia ada 840 danau yang sebagian besar dalam kondisi rusak dengan tingkatan bervariasi," kata Profesor Riset bidang Limnologi dari Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Gadis Sri Haryani.

Danau yang kritis adalah Danau Rawa Pening (Jawa Tengah), Limboto (Gorontalo), dan Tempe (Sulawesi Selatan). "Danau ini mengalami penyusutan luas karena sedimentasi dan dicemari eceng gondok," kata Gadis. Danau tersebut masuk dalam daftar 15 danau kritis dari Kementerian PU.

Kondisi sama terjadi pada waduk (bendungan) yang berjumlah 211. Kekritisannya terutama terjadi pada waduk di Jawa yang mengalami tekanan lingkungan yang berat, antara lain Juanda, Kedungombo, dan Sutami. Di Sumatera ada Singkarak dan Ba-

tuteji. Rehabilitasi wilayah perairan dilakukan dengan reboisasi dan penataan ulang wilayah. Perbaikan bukan hanya di lingkungan danau dan waduk, namun hingga ke kawasan hulu.

Langkah selanjutnya, memasang alat pemantauan dalam upaya mencegah berulangnya kerusakan dan membangun sistem peringatan dini bencana banjir. Sistem monitor juga dipasang di danau yang masih tergolong aman.

Sistem pemantau

Bambang Setiadi, peneliti dari Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPPT), bekerja sama dengan Hidenori Takahashi dari Universitas Hokkaido dan Yukihisa Shigenaga dari Midori Engineering Laboratory serta Perum Jasa Tirta II untuk menguji coba alat pemantau telemetri di Bendungan Jatiluhur, Purwakarta.

Instrumen ini beberapa tahun sebelumnya digunakan untuk memantau kondisi permukaan air di lahan gambut perkebunan sawit di Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah serta permukaan Sungai Kahayan di Kalteng. Alat ukur itu juga dicoba di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao di Jember.

Instrumen ini dilengkapi dengan sensor pengukur ketinggian muka air, suhu, dan curah hujan. Sensor lain juga dapat dipasangkan pada sistem tersebut sesuai kebutuhan, seperti pengukur kelembapan, tekanan, suara, intensitas cahaya, kerapatan, dan sifat-sifat listrik, serta keasaman.

SISTEM PEMANTAU TELEMETRI DI WADUK



Sumber: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

Data dikirim dengan sistem telemetri pada periode waktu tertentu. Pada sistem pemantau di Jatiluhur pengiriman dilakukan tiap 10 menit ke kantor pusat. "Dengan alat pemantau ini, parameter lingkungan perairan di waduk dapat diketahui secara lebih cepat dan akurat dibandingkan secara konvensional," kata Bambang yang juga Ketua Masyarakat Akuntung Sumber Daya Lingkungan Indonesia. Uji coba di Bendungan Jatiluhur dilaksanakan pada Oktober 2013 hingga Maret 2014.

Selama uji coba dilakukan pengumpulan data pengukuran sensor secara otomatis dan sistem transfer data menggunakan modem yang terhubung ke jaringan telekomunikasi selular (*mobile*). Data diterima sistem *server* komputer di kantor pusat. Semua sarana yang beroperasi di lapangan memakai baterai.

Pemantauan dengan sistem otomatis dapat mempercepat

analisis dan pengambilan keputusan untuk mengantisipasi risiko atau bencana. Alat ini akan menggantikan cara manual dan dipasang di danau yang berisiko.

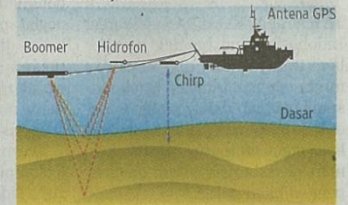
Bila uji coba prototipe alat pemantau berhasil, demikian Bambang, pembuatan sistem pemantau telemetri akan dilakukan sebuah industri nasional dengan kandungan komponen lokal lebih dari 50 persen.

Penanggulangan

Berbasis sistem pemantauan ini dapat dilakukan pengukuran parameter di danau dan waduk untuk mengetahui secara dini terjadinya kenaikan massa air di bawah danau/waduk (*upwelling*). Kenaikan ini terjadi karena suhu permukaan lebih dingin dibandingkan di dasar danau atau waduk. Fenomena ini biasanya terjadi pada musim hujan.

Kenaikan massa air berupa bahan organik-sisa pakan ikan

Survei ketebalan sedimen di dasar danau/waduk



Kapal penyedot sedimen



Sumber: Balai Teknologi Survei Kelautan-BPPT

yang terendap—menyebabkan penurunan kandungan oksigen terlarut di air hingga mengakibatkan kematian massal ikan.

Sekitar 30 persen pakan yang diberikan lepas dan mencemari air. Di Waduk Jatiluhur, untuk produksi ikan 10.000 ton per tahun, setidaknya ada 6.000 ton sisa pakan ikan tiap tahun mencemari perairan.

"Hampir semua danau dan waduk di Indonesia mengalami *upwelling* yang memicu kematian massal ikan hampir setiap tahun," kata Iwan Eka Setiawan, peneliti di Balai Teknologi Survei Kelautan-BPPT. Di Waduk Jatiluhur, Januari 2013, lebih dari 10.000 ton ikan mati. Akibatnya terjadi kerugian lebih dari Rp 150 miliar.

Rehabilitasi kualitas perairan waduk dan danau sepatutnya dilakukan. Hal itu dilakukan dengan mengangkat sedimen menggunakan kapal yang dilengkapi alat penyedot material.

(以下、主な内容について和訳)

湖とダムを救え

現在インドネシアの多くの湖とダムが人為的な行為の結果危機的な状況にある。これを救うために、観測システムの設置による気候の計測や廃棄物・堆積物の吸い上げに至るまで数々の取り組みが実施されている。

(ユニ・イカワティ記)

インドネシアにある 840 の湖や 211 のダムの多くが、人間の行為のせいで危機的な状況にある。この状況を救うためにいろいろな取り組みが行われている。

まず流域全体の再生、次に監視・観測装置を設置して洪水などの早期予報が行われている。

現在 BPPT は、北海道大学の高橋英紀氏とみどり工学研究所の繁永幸久氏、それに第二水道公社 (Perum ジャサ・ティルタ 2) と協力して、プルワカルタのジャティールフルダムで遠隔測定装置の検証実験を行っている。

すでにインドネシア国内のいくつかの地域で実験が行われているこの装置が SESAME システムである。これを使って、同ダムでは水位、気温、降雨量を測定している。データは 10 分ごとにセンターのオフィスに送られる。データ送信はバッテリーを使い、携帯電話の通信網を利用している。こうしてデータを迅速に送ることにより、災害の早期対応に役立てることができる。この実験が成功すれば、将来的には国内部品調達率 50%以上の国内産業に発展させる構想がある。

この観測システムを利用することにより、雨季によく起こるダムの湧昇⁹⁷の早期予測も可能になる。ダム周辺の養魚場から出る魚の餌がダムに沈殿するが、湧昇によって水中の酸素欠乏を引き起こし、魚の大量死滅につながる。この問題はどこのダムにもみられるが、ジャティールフルダムでも毎年 1 万トンの魚が死に、1500 億ルピアの損害が出ている。

湖やダムの水質の改善や、湖底やダム底に沈んだ堆積物を吸引装置を搭載した船で引き上げるといった取り組みも必要である。

⁹⁷ ダム湖には、河川から水が猛烈な勢いで流れ込むことから、湖底に堆積している大量の餌が舞い上がり、それを餌にするプランクトンが大量に発生するために酸素不足になって大量に魚が死ぬと考えられる。これを防止するためには、水中の溶存酸素量を測っておき、上流からの流入量を湧昇流が起こらない程度にするといった方法が考えられる。

添付資料 2 覚書 (MOU) 案

普及実証事業普及・実証事業にかかる覚書 (MOU) 案

以下の覚書案を BPPT に提出済みである。

MEMORANDUM OF UNDERSTANDING

This Memorandum of Understanding (“MOU”) is entered into by and among Midori Engineering Laboratory Co., Ltd., (“Midori”), Kaihatsu Management Consulting, Inc., (“KMC”), and Agency for the Assessment and Application of Technology (“BPPT”). The entities listed above may collectively be referred to as the “Parties”.

I. Purpose of the MOU

The purpose of this MOU is to mutually formulate and document the framework of “the Project on the Establishment of Real-time Telemetry System for Field Data related to Climate Change with the SESAME System”, (“the Project”), as a result of the feasibility study in Indonesia concerning the real time data collection and transfer system by using cell phone communication network, conducted by the joint venture of Midori and KMC with the financial assistance of the Ministry of Foreign Affairs in Japan.

II. Project framework

The Parties hereby agree to work closely for the preparation of the Project proposal and submit to Japan International Cooperation Agency (“JICA”) for its relevant scheme in 2014 according to the framework shown in the attached paper.

III. The Parties of Indonesian side

1. BPPT

BPPT hereby agrees to be the Indonesian counterpart of the Project to work closely with Midori and KMC.

The main role of BPPT shall include to:

- (1) In collaboration with Midori and KMC, select the participating organizations to the Project based on the proposals submitted by the candidate organizations
- (2) Finalize the installation plan of the SESAME system in collaboration with Midori, KMC, and the participating organizations
- (3) Coordinate with the other Indonesian government organizations for smooth implementation of the Project
- (4) Supervise the project activities with Midori and KMC
- (5) Develop and be a leading organization of a SESAME-system consortium in Indonesia

2. Participating organizations

The participating organizations to the Project are to install the SESAME system at the fields, use the transmitted data for their concern related to climate change issues, and agree to use and improve the real-time telemetry system even after the project ends.

The participating organizations shall be selected after the Midori's proposal is granted by JICA, based on the proposals submitted to Midori by the candidate organizations, the available budgets of JICA for the Project, and the results of the contract negotiation between JICA and Midori. The criteria to be a participating organization is described in the attached paper.

IV. The Parties of Japanese side

1. Midori

Midori hereby agrees, with the strong will of establishing the business in Indonesia, it is committed to provide a qualified product and technology of real-time telemetry system and transfer such technology to the stakeholders for dealing with or reducing the impact of climate change of the country. The main role of Midori shall include to:

- (1) Produce and ship the SESAME system from Japan to Indonesia
- (2) Train key staff of the participating organizations in Japan and Indonesia
- (3) Assemble and make necessary adjustment of the SESAME system after installation
- (4) Advise the participating organizations on the use and maintenance of the SESAME system
- (5) Advise the participating organizations on the ways to utilize the transmitted data
- (6) Advise the stakeholders in Indonesia, so called "SESAME-system consortium in Indonesia" on the development of a SESAME-Indonesia system (real-time telemetry system with field data sensing technologies)

2. KMC

KMC hereby agrees that it is committed to render its services to the Project as required by Midori and the other Parties for the success of the Project as well as Midori's business in Indonesia.

V. Others

The Parties have understood that the Project plan described herein is all tentative since JICA has not yet announced the information related to the project scheme in 2014.

The term of this MOU is from the date of the last signature below. This MOU may be terminated at any time by any Party for any reason upon written notice to the other Parties.

When the proposal is granted by JICA, the Parties shall make another MOU or contract for the Project implementation according to the latest regulations of JICA and the contract between JICA and Midori.

This MOU constitutes the entire understanding of the Parties pertaining to matters contemplated hereunder at this time. The Parties signing this MOU intend that any implementing contract, or other agreement

entered between the Parties subsequent hereto shall supersede and preempt any conflicting provision in this MOU.

Signature: _____

Name: Yukihsa Shigenaga

Title: CEO

Organization: Midori Engineering Laboratory Co., Ltd.

Date

Signature: _____

Name: Hiroshi Okabe

Title: President

Organization: Kaihatsu Management Consulting, Inc.

Date

Signature: _____

Name: Ridwan Djamiluddin

Title: Deputy Chairman, Natural Resource Development Technology

Organization: Agency for the Assessment and Application of Technology
(Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi)

Date

添付資料3 議事録

| | |
|--------------|-----------------------------------|
| 会議名/議題 | 各政府機関への案件化調査の説明、SESAME の紹介および意見交換 |
| 日時 | September 19, 2013 10:30 – 13:00 |
| 場所 | BPPT 3F |
| 面談者 | 繁永、岡部、高橋、横山、内田(記録) |
| 訪問者 | 参加者(計 22 人)はリスト参照。 |
| 入手・参考資料 | 各プレゼンテーションファイル |
| 面談後、必要なアクション | 特になし。 |

BPPT の Bambang 氏によるプレゼンテーション

泥炭地の管理がインドネシアの二酸化炭素排出量に大きな影響を与えている事、また、政府として真摯に取り組んでいる事(ユドヨノ大統領が 2009 年ピッツバーグの G8 サミットにて、2020 年までに二酸化炭素排出量を 26%削減することを表明)を強調。また、SATREPS を参加者に紹介し、SESAME が活用されている事を伝えた。

各参加者による自己紹介に続き、Bambang 氏により SESAME システムの利用が強く推奨される事が述べられた。また、デンドロメータ(樹木の周長計)により、森林による二酸化炭素吸収が測定される事への期待が述べられた。Bambang 氏はかつて技術プロジェクトの申請を審査する部門の責任者を 4 年間務めた経緯があり、「その経験から『良い技術』は分かる、SESAME はインドネシアにとってとても役に立つ技術である」と述べられた。

岡部氏によるプレゼンテーション

日本の ODA について、個別企業の製品を念頭に置いた案件が実施されるようになった経緯を伝えた上、本外務省 ODA 案件化調査の概要を説明した。

繁永氏によるプレゼンテーションおよびデモンストレーション

SESAME の特長、構造について解説。既に 15 のセンサーがインドネシアに設置されている事を伝え、中でも、そのリアルタイム性能により、川幅 150m 超の Kahayan 川で、水位が大きく上下している事の発見につながった事を紹介。更には、新開発の SESAME III では、Zigbee 規格に基づく ADHOC ワイヤレス通信を活用する事により、データ伝送機本体とセンサーが分離されて、より広範囲の測定が可能になった事を伝えた。応用の展開として、SESAME で伝送される Big data を、GIS 等を使った目的にあった情報表示・情報解析をする事により、河川氾濫に対する早期警戒自動発令システムとして有効に機能する事も紹介した。

デモに移り、Tumbang Miri にある Taka6 と名付けられた計測地点から日本にあるクラウドサーバーを通して、リアルタイムデータを表示。SESAME の機能としては、10 分毎にデータを収集できるが、ネットワークの安定性や通信費用を考慮して、データ転送頻度を下げる事ができる。データ収集頻度とデータ転送頻度は独立に設定でき、状況に応じた高い対応力を説明した。更に、応用として、気象観測ロボットやデンドロメータをセンサーとして設置した例を写真で紹介した。

Q&A セッション

Q. (BSN) インドネシアでは、携帯ネットワークが利用できない地域も多くあるが、その場合はどうするのか。

A. (繁永) 衛星ネットワークも利用可能だが、月 200 円程度の費用しかかからない携帯ネットワークに比べると、元々は費用が高すぎた。最近では、費用が下がってきた（現在、月 15 万円程度）一方、高い電力消費の問題もある。データ伝送時のみ、伝送機本体を起動する等の工夫は必要である。技術的には対応可能で、更に利用地域は広げられる。

Q. (ジャサ・ティルタ 2: ジャティールフルダム公社) 水位計測だけでなく、水質計測はできないか。ジャティールフルダムでは各層で異なった水質要求がある。底の層は、発電に使われるが、 H_2S (硫化水素) は発電機にとって有害である。

A. (繁永) センサーが SESAME に接続可能であればどんなことも計測できる。アナログデータでも構わない。制約は 4~20 mA の出力範囲である事しかない。

(ジャサ・ティルタ 2: ジャティールフルダム公社) それを検出する水質計は存在しない。

(BPPT の Agus 氏) 実は BPPT で開発した H_2S センサーがある。今後、情報交換しよう。

Q (Anni at BMKG: 気象庁) BMKG にもインターネットを使った、あるいはマニュアルで携帯電話網に接続させる類似の観測システムが存在するが、SESAME は BMKG にどのようなメリットをもたらすのか。

A. (Bambang) 例えば、早期警戒発令システムにおける設定パラメーターを改善できる。

(繁永) 低価格の SESAME はより多くの地点にセンサーを設置できるため、きめ細やかなデータが提供できる。例えば、日本の気象観測器 AMEDAS は約 20 km 間隔で設置されているが、SESAME を使えば、同程度の費用で、その 10 分の 1、2 km 間隔で設置できる。

Q (Anni at BMKG) 日本のクラウドサーバーを通さずに BMKG に直接データ転送できないか。

A. (繁永) プロトコル整合やサーバーを確実に維持管理する必要であるため、それは難しい。データの安全性は、クラウドサーバーを通してでも確保可能である。

Q (Anni at BMKG) SESAME システムは今回供与されるのか。

A. (繁永) 今回は案件化調査であるため、機材の供与は許されていない。しかし、BMKG からの強い要望で ODA プロジェクトが形成されれば、SESAME システムが日本の ODA 費用で提供され得る。(気象観測用には、SESAME はメインではなく補完システムとして使用する事を推奨する。)

Q. (BSN) 幾つの規格を必要とするのか。

A. (繁永) ヨーロッパの CE マークは取得済み。インドネシア国内での通信規格を取得する事は、今回の調査で予定されている。新しい規格は不要である。日本の JIS は取得済みである。

Q. (BSN) ドイツの DIN はどうか。

A. (繁永) CE に含まれている筈である。

Q. (BSN) 日本製部品で構成されているのか。

A. (繁永) 部品は汎用製品であり、生産国は問わないが、実際には、多くの部品はアメリカ製である。

組立ては日本で行なっている。

(Bambang) 必要な情報が提供されれば、我々の SNI 規格(日本の JIS に相当)に適応可能である。インドネシアでは新しい技術が導入されると、①それをそのまま受け入れる、②部分的に受け入れる、③改定 (モディファイ) することで、採用している。

Q. (林業省) 森林火災検知システムへの活用に興味がある。土壌凝集度 (Soil Solidity) の計測は可能か。

A. (繁永) センサーさえあれば可能だ。

Q. (林業省) 1 ha 中のバイオマス量を推定するのに、幾つのデンドロメータが必要か。森林省にも基準がある。

A. (繁永) その解答は SATREPS で研究される必要があり、即答はできない。

Q. (Anni at BMKG) データの所有権は誰に帰するのか。セキュリティーの問題はどうか。

A. (繁永) データの所有権は設置した計測者にあると考える。クラウドサーバーにおける保管は一時的なものでせいぜい 1 年程度のため、計測者側での管理が必要である。

Q. (Erwin at BMKG) 私の理解では、SESAME はデータ転送問題の解決に重きがおかれている。BMKG でも AMEDAS のような自動気象観測システム (AWS) を 200 台設置しているが、問題はむしろセンサーの不具合に関するものである。それについて、意見はあるか。

A. (繁永) SESAME ではセンサー部分だけを簡単に交換できるので、メンテナンスが簡単である。センサーは我々の製品ではないが、土埃や苔、湿気には強いものを使用している。成長した樹木によって覆われて伝送に支障がでる問題は確かにあるが、状況に応じて移動させれば済む事だ。

Q. (Erwin at BMKG) 仕様はヨーロッパ仕様か、それとも亜熱帯仕様か。

A. (繁永) どんな地域に設置されようとも、SESAME は-40 度~60 度、湿度 90%OK など、様々な自然環境に耐え得るように設計されている。

Bambang 氏による Q&A のまとめ

色々な質問が出たが、SESAME の有効性については、私自身の目で見て来ているので、建設的な協力を提供したい。

岡部氏による Q&A に対するコメント

私の方では、皆様の SESAME に対する高い関心を外務省にしっかり伝えたい。来年度の普及事業に応募したいと考えており、そのためにもできる限り早い時期に調整機関、あるいはカウンターパート機関は特定しなければならないので、皆様の方でも、SEAME に具体的に何を期待するのか、そのニーズを明確にまとめて欲しい。そのためにパイロット調査で収集して欲しいデータの要望があれば、歓迎したい。

Bambang 氏による終了の辞

近年、科学技術に対する政府の予算は縮小傾向にあるので、日本からの援助を有効活用しよう。北大では先進的な研究を続けており、是非北大からも学びたい。

以上

LIST OF PARTICIPANTS

1. BPPT, 19 September 2013

| NO. | NAME | DESIGNATION | TITLE |
|-----|--------------------------|---|--|
| 1 | Hidenori Takahashi | Hokkaido University | Dr. |
| 2 | Leonardo Ratuwalangon | PT. BNT | Consultant |
| 3 | Seiji Yokoyama | Midori Engineering Ltd | |
| 4 | Hiroshi Okabe | Kaihatsu Management Consulting | President |
| 5 | Yukihisa Shegenaga | Midori Engineering Ltd. | President |
| 6 | Ryoto Uchida | Kaihatsu Management Consulting | Consultant |
| 7 | Bambang Setiadi | BPPT | |
| 8 | Nusa Toendan | PT. BNT | |
| 9 | Kuze Tsukiko | Interpreter | |
| 10 | Harry Sungguh | Jasa Tirta II | Director, Water Management |
| 11 | Herry Rachmadiyanto | Jasa Tirta II | |
| 12 | Erwin Makmur | BMKG | Head of Climate Early Warning Sub-Division |
| 13 | Anni Arumsari F | BMKG | Head of International Cooperation Sub-Division |
| 14 | Siwi Subekti | Ministry of Public Works, Dir. Bina Op, Dirjen SDA. | |
| 15 | Agus Kristijono | BPPT: Center for Land and Regional Resources and Disaster Mitigation Technology | Senior Engineer |
| 16 | Supriyono | BPPT: Weather Modification Technical Unit (UPT) | Design Technique |
| 17 | Mu'min | Ministry of Forestry | Center for Standardization and Environment |
| 18 | Radian Bagiyono | Ministry of Forestry | Center for Standardization and Environment |
| 19 | Budi H. Santosa | BPPT | Researcher (PT. Tisda) |
| 20 | Bendjamin | National Standardization Agency (BSN) | Head of Cooperation and Evaluation for Research for Standardization Division |
| 21 | Biatna Dulber Tampubolon | National Standardization Agency (BSN) | Senior Researcher |
| 22 | John Bako Baon | Indonesia Coffee and Cocoa Research Institute (ICCRI) | Senior Researcher |

面談録

| | |
|--------------|---|
| 会議名/議題 | BMKG (気象庁) への案件化調査の説明、SESAME の紹介および意見交換 |
| 日時 | September 19, 2013 14:30 – 15:45 |
| 場所 | BMKG 12F |
| 面談者 | 参加者 5 名はリスト参照。 |
| 訪問者 | 繁永、岡部、高橋、横山、内田(記録)、久世 (通訳)、Bambang, Nusa, Leo |
| 入手資料 | なし |
| 面談後、必要なアクション | 特になし |

BMKG 長官 (Director General) による歓迎の辞

BMKG としては、気象観測ロボットを多数導入しているものの、潜在的な早魃地域を特定し、警報を出せるようにするための土壌水分量の測定が難しく、懸念材料である。

BPPT の Bambang 氏によるプレゼンテーション

泥炭地の管理がインドネシアの二酸化炭素排出量に大きな影響を与えている事、また、政府として真摯に取り組んでいる事 (ユドヨノ大統領が 2009 年ピッツバーグの G8 サミットにて、2020 年までに二酸化炭素排出量を 26%削減することを表明) を強調。また、SATREPS を参加者に紹介し、SESAME が活用されている事を伝えた。

繁永氏によるプレゼンテーション

SESAME の特長、構造について解説。SESAME システムが提案する地表水位の測定は、衛星画像を用いた観測ではなく、地上でのセンサーによる実測であることを説明。

Self-introduction

各参加者による自己紹介に続き、Bambang 氏が SESAME システムは 10 分毎の計測が可能であることを強調した。

参加者による議論

(長官) 早魃に対する早期警報システムの構築が BMKG の抱える課題である。システム構築には、BMKG のほか、エネルギー省地質学センター (Center for Geology in Ministry of Energy) と灌漑のための河川管理で PU が関与している。BMKG では Ms. Nurhayati が担当。現在は、以下のようなアプローチがとられている。

まず、20 日間以上、降雨のない地域を潜在的な早魃地域として、注視する。但し、この段階では、早期警報を発するには十分ではない。早魃状況は、以下の 3 要素により予測される (この 3 要素でよいかは要確認)。

1. 降雨量
2. 土壌水分量
3. 河川および灌漑 (水資源)

- 1.については、BMKG が 600 以上の地点に設置した降雨計によって計測されている。
- 2.が困難な要素で、1.および 3.の測定量に河川流路や水位など地理・地学的条件を加味して、学術モデルにより推計される。
- 3.については、PU が測定、管理している。

早魃の発生は中部ジャワ州から東部ジャワ州にかけて多い。早魃状況は雨季の状況によっても左右される。SESAME システムの活用で、土壌水分量の測定精度が上げられる事を期待している。

複数の計測値を統合して早魃度を決めるのは容易な事ではない。また、複数の省庁が絡んでいる事も問題を厄介にしている。

(高橋) (スライドを見せ、泥炭地における二酸化炭素排出と水位の相関を解説。) SESAME が水位計測に大きな役割を果たした。

(長官) 水分量の推定は、ジャティルフルダム周辺地域でも、灌漑管理のため重要である。

(高橋) 1997 年に大早魃が中部カリマンタンで起こり、大量の二酸化炭素が気中に排出された。その頃は排出量は衛星観測により推計された。

(長官) GSM や 3G 等のモバイルデータ通信はまだ、多くの地域で利用できないが。

(繁永) SESAME III では、ZigBee という中継可能なワイヤレス通信規格を用いているので、センサーから本体までのデータ転送を、別のセンサーを中継して、行う事が出来る。本体はモバイルネットワーク利用地域に設置される必要性はあるものの、これによりセンサーの設置可能範囲を広げる事が出来る。

更に将来的には、衛星通信を利用する事により、本体の設置可能範囲も広げられる。

(Erwin) (長官への報告として) 測定データは、まず、日本にあるサーバーに送られると (前の会議で) 聞いた。

(繁永) 正しくは、クラウドサーバーであれば、日本である必要はない。そこから IPVPN 接続で BMKG のサーバーに送られる。

(岡部) 潜在的な早魃地域の特定が難しいことは理解したが、具体的な課題は何なのか。

(長官) 早期警報システムの構築が必要とされているがそれができていないことだ。

(繁永) 土壌成分計による地表水分量の直接測定が一つの解決策となるのではないか。

(繁永) ODA 案件化に関しては、ニーズが重要であるので、次のステップではそれを主張して欲しい。

(岡部) ODA 案件化の方法は 2 種類ある。

一つは、気候変動対策に関するマスタープラン調査を行って、技術協力プロジェクトとして実施する方法。

もう一つは、インドネシア政府機関が SESAME システムを必要としている事が分かれば、それを基に来年度の JICA スキームに応札し、採択されれば全国的に SESAME システムを普及する方法である。

(長官) 現在、JICA からは主に以下の2つの課題で援助を受けている。

1. 気候変動対策 技術協力プロジェクトが実施されており、第2フェーズに入ろうとしている。
2. 津波警戒システム

1.に関しては、我々自身も農業省と協力して、25 県において Climate Field School というプロジェクトを実施している。農民の能力向上を図ることが狙い。また、土壌水分量を基準とする気候保険の検討も進めている。これは、地表水分量の低下により高まる災害が起こるリスクを補償するものである。

気候変動対策能力強化プロジェクトのチーフアドバイザーは川西正人専門家である (BAPPENAS に赴任)。

以 上

2. BMKG, 19 September 2013

| NO | NAME | DESIGNATION | TITLE |
|----|--------------------|-------------|--|
| 1 | Nurhayati | BMKG | Director of Climate |
| 2 | Erlina | BMKG | Staff, International Cooperation |
| 3 | Anni | BMKG | Head of International Cooperation Sub-Division |
| 4 | Dr. Andi Eka Sakya | BMKG | Director General |
| 5 | Hera | BMKG | Secretary to the DG |

面談録

| | |
|--------------|---|
| 会議名/議題 | ジャティルフルダムの水位計測パイロット調査のための SESAME 設置個所検討と関連協議 |
| 日時 | September 20, 2013 |
| 場所 | ジャサ・ティルタ 2 |
| 面談者 | リスト参照 |
| 訪問者 | 繁永、岡部、高橋、横山、内田(記録)、久世(通訳)、Bambang, Nusa, Leo |
| 入手資料 | Company profile of Jasa Tirta II, Brief information |
| 面談後、必要なアクション | |

繁永による SESAME の紹介

パイロット調査のためジャティルフルダムへの SESAME 設置個所を確定(2010年の最高水位 108.42 から下に 20メートルの範囲で水位計測)した後、事務所にて SESAME、水位計、ティッピング式の雨量計を紹介。水位計の取付け位置説明、雨量計のデモを行った。更に、使用者の閾値設定に従う、自動 E メール通知および測定頻度変更機能も紹介した。

Q&A およびコメント

- Q. (Budy) 過去の経験では発電施設、雷等による電気ノイズの影響に悩まされた。電流出力センサーよりもコイルシステムを使った周波数出力センサーの方がいいのではないかと。
- A. (繁永) 本水位計センサーは電池で作動し、電源が他の電気系統から独立しているので、発電施設等の影響を受けにくい。電流出力レベルの高いセンサーを使えば、より影響を受けにくい。
- Q. (Herry) 過去の最低水位記録を考えると、20m の計測レンジではなく、30m のレンジが望まれる。
- A. (繁永) パイロット調査用のセンサーは既に発注済みなので、今回は暫定的に 20mレンジで実施したい。
- Q. (Budy) 硫化水素 H_2S に対する耐久性はどうか。以前、あるヨーロッパ企業が耐久性に自信を持って設置したが、3ヶ月で腐食し始め、6ヶ月しか持たなかったという悪い経験がある。
- A. (繁永) 私は悪環境にあるフィールドでのデータ・ロガーを 1987年から製作しており、問題ないと思われる。更に SESAME 本体は密封され、結露防止のためシリカゲルを連結してある。
- Q. (Budy) 腐食と錆は大きな懸念である。金や銅を用いたコンフォーマーコーティングが推奨される。 H_2S は大変強い影響を持っている。アルミやチタンは比較的耐久性がある。
- A. (繁永) 金などの耐久性の高い高価な製品を使うより、むしろ、安価な製品を定期的に交換する方法が有効な対策となる。
- C. (Director) 自動化される事は利便性を高めるが、人の観察による計測も必要で、様々な異変に対して感知できる。
- A. (繁永) それはもっともだ。また、それはチェック機能を果たす事にもつながる。

- Q. (Director) 新技術導入のための能力強化 (Capacity Building) は行われるのか。
- A. (岡部) 次のステップとなる普及事業として JICA に採択されれば、そうした事も実施される。
- Q. (Herry) データはここに送られるのか。安全性はどうか。
- A. (繁永) 日本のサーバーから送られる。プロトコルは非公開なのでデータを盗まれる危険性はほとんどない。
- Q. (Budy) Calibration (較差調整) も自分達で行えるのか。
- A. (繁永) もちろん。それは容易であり、むしろ、そちらで行なってもらわなければならない。
- (Bambang) 心配ない。彼らはインドネシアでの本製品の活用に真摯に取り組んでおり、将来的には現地生産も視野に入れている。こちらの要望に応じてもらえる。
- (Director) 自分たちが運用しかつ維持管理できる機器、それこそが我々が望んでいるものだ。
- (Bambang) これまで長い間、様々な提案技術の検証を実施してきた経験から、本製品および彼らが信頼できる事は私が保証する。彼らは販売のためだけにここにきているのではない。良い製品を作るためにここにいるのだ。我々が生産、維持管理できるようになるためにも、技術の標準化が必要。
- (繁永) 責任をもって信頼性のあるデータを現場で収集できるようにする。皆さんへ必要な手助けは提供するつもりだ。
- Q. (Herry) データの秘密性はどのようにして守られるのか。
- A. (繁永) パスワードジェネレーターにより毎月変わるパスワードにより守られる。ウィンドウズで使える。
- Q. (Herry) 水管理を行うためには、1 台では不十分なため、20 台は欲しいと考える。
- A. (繁永) SESAME は、これまでの Point-to-Point (P2P) ではなく、Machine-to-Machine (M2M) システムを採用している。従って、大量の生データから、見たい知りたい内容を得るためには GIS の様なソフトウェアが必要である。必要なソフトウェアはクラウドサーバーにインストールされ、必要な内容だけ取り出す事が可能となる。

岡部による今後の計画についての説明

この案件化調査は関心のある政府機関からニーズや要望を聞く事を目的としている。硫化水素の問題は、そのよい例であり日本には分からないニーズの一つである。10 月に SESAME システムが設置されるので、あなた方の具体的なコメントを歓迎する。外務省への報告書に記載するためにも、あなた方のニーズや要望を整理して頂きたい。11 月にワークショップを考えているので、それまでに、能力強化や SESAME の設置場所、その目的など要望理由等を明確にする様お願いする。

(Director) 承知した。本件には全面的に協力したい。能力強化のため、日本での教育などの機会を設けてもらえるのであれば、渡航費等は自分達で負担する意志もある。Herry を本件の担当者に任命する。

以 上

3. Jasa Tirta II, 20 September 2013

| NO | NAME | DESIGNATION | TITLE |
|-----------|--------------------|---------------------|--------------|
| 1 | Mardjuki Surachmat | Perum Jasa Tirta II | Director |
| 2 | Budy Gunady | Perum Jasa Tirta II | Technician |
| 3 | Herry Rachmadyanto | Perum Jasa Tirta II | |
| 4 | Rahmat Sudiana | Perum Jasa Tirta II | |
| 5 | DiahKusumaningrum | Perum Jasa Tirta II | |
| 6 | DadangKusmana | Perum Jasa Tirta II | |

面談録

| | |
|--------------|--------------------------|
| 会議名/議題 | SESAME ODA 案件化 |
| 日時 | September 23, 2013 11:00 |
| 場所 | JICA インドネシア事務所 (ジャカルタ) |
| 面談者 | 新井 |
| 訪問者 | 繁永、岡部、横山、内田(記録) |
| 入手資料 | |
| 面談後、必要なアクション | |

岡部から訪問目的を説明

既存の JICA プロジェクトとのフィットした形で、ODA 案件化を提案したいため、関連プロジェクトについて教えて欲しい。当方としては、まず、JICA 普及・実証事業に応募する事を考えている。これまでの会議において、様々な政府機関から SESAME に対して高い関心・要望が寄せられた。BPPT を取りまとめ機関として中心に据え、各政府機関に利用してもらう事を考えている。3 年間 1 億円の予算はその試用のために活用し、普及への足掛かりにしたい。一方で、JICA 技プロとの連携可能性を探りたいとも考えている。

(繁永) 19 日に BPPT で開かれた会議では、BPPT の各部署、ジャサ・ティルタ 2 (ジャティルフルダム運営公社)、BMKG (気象庁)、林業省、BSN 等、多数の政府機関からの参加があり、高い関心が寄せられた。その後、先方の要望により、BMKG と単独での会合を持ち、長官も出席し、その活用に関して議論した。翌日は、ジャティルフルダムを訪れ、運営公社であるジャサ・ティルタ 2 と会合を持ち、パイロット調査のための水位計をセンサーとした SESAME の設置方法を検討した。その際、単なるダム水位の計測だけではなく、多くの SESAME システムを下流に位置する河川や灌漑水路にも設置し、灌漑管理にも活用したいとの要望があった。

(新井) 私の担当は、灌漑を含む農業、水産業、森林に関する環境保全、REDD+である。REDD+以外の気候変動は松浦が担当している。近年は、インドネシア経済発展のため、気候変動以外の分野では、ODA 支援の優先度が低くなっている。私が関連する気候変動関連プロジェクトは以下の通り。

1. 森林地帯周辺住民イニシアティブによる森林火災予防計画プロジェクト

(概要) 森林火災予防 住民参加型火入れ防止技プロ (JICA 直営) 予防モデルの作成 焼き畑の代替生業 (ゴム植林等) を推進。JICA 直営で長期専門家 3 名
(地域) 西カリマンタン、リアウ州 (スマトラ) の国立公園
(期間) 2010~2015

2. 日本インドネシア REDD+実施メカニズム構築プロジェクト (IJ REDD+)

(概要) いくつかの REDD+モデルの構築が目的。焼き畑 (今は違法) 防止 衛星画像を用いた二酸

化炭素の定量的モニタリング MRV モデル開発（既存データ分析、政策提言）。泥炭火災予防も含まれている。JICA 直営で、林野庁を中心に長期専門家 4 名。内容的には、SATREPS との連携もあり得る。

(地域) 西カリマンタングヌンパルン国立公園および生産林 中央カリマンタン

(期間) 2013 年 6 月から 3 年間

(その他) 総括は、林野庁 高原しげる氏

(SESAME) 中央カリマンタンで MRV モデルを構築中。具体的な行動計画はこれからだが、データ収集はせず、既存データを使ってモデル化し、政策提言をすることになっている。ここにパイロット的に SESAME を使えるのではないか。

気候変動対策能力強化プロジェクトは、松浦が担当している。

JICA のプロジェクトに採択されるためには、気候変動または民間（日本）企業連携と絡める必要がある。

第 2 期ユドヨノ政権は 2020 年の温室効果ガス排出量を、何も対策を講じない場合（Business As Usual : BAU）に比べて 26%削減（国際的支援を受けた場合は 41%削減）する自主的な削減目標を設定している。

ところで、泥炭 SATREPS で得られたデータは GIS 化されるのでしょうか。

(繁永) その方向でデータベース化を予定し、提案中である。SESAME システムはデータ処理の中心技術となる。リアルタイムで蓄積される膨大なデータは、適切なデータ処理をしないと、有用でない。SESAME システムは、SATREPS の中で 16 台設置済。REDD+の MRV モデルにおいて SESAME システムが果たす重要な役割は、地上測定データ（水位、樹木成長）との比較により衛星データ分析結果を検証する事にあり、これは REDD+モニタリングの必要条件である。

(新井) GIS 化を SATREPS 実施中に行うのは難しいと大崎先生から聞いている。この案件化調査で行うのか。

(繁永) そういう訳ではない。ただ、プロトタイプモデルは作成予定である。

(新井) インドネシアの気候変動動向に関する情報として、REDD 庁および MRV 庁の設立が、既に大統領により署名されており、近々、実行される見込みである。MRV 庁の目的は、モニタリングに関する客観性の確保のためである。この機関も SESAME に関心を持つだろう。

(内田) 京都議定書における DNA（気候変動に関する責任省庁 ; Designated National Authority）は大統領府直下に設立された DNPI（National Council for Climate Change）と聞いているが、あまり話に出て来ない。そこの役割分担はどうなっているのか。

(新井) REDD 庁および MRV 庁は DNPI とは独立した機関となる。DNPI は彼らの役割を果たしている。今年 6 月に起こったリアウ泥炭火災は甚大な煙被害が隣国のマレーシアやシンガポールにおよび、外交問題となった。その際には、DNPI から松浦を通じて、JICA および日本国政府に情報提供要請があった。オイルパーム・プランテーション開発のために行なった火入れが原因と言わ

れている。

(繁永) 7, 8月にリアウ州に SESAME を設置したので、今後、情報提供も可能である。

(新井) 話は変わるが、マングローブの水位計測にも SESAME システムは使えるのか。

(繁永) 利用に問題はない。新開発の SESAME III では、静止カメラの付加により、盗難防止機能が強化されている。SESAME のリアルタイム性能は早期警戒システムに活用できる。更に、専用回線を敷設する従来システムに比べ、携帯ネットワークを利用する SESAME システムでは、費用が10分の1で済む。

(岡部) IJ REDD+プロジェクトにおいても、SESAME システムが効果的なリアルタイム測定システムである事を報告書に入れさせて欲しい。また、そのため、プロジェクトに関する資料を頂きたい。

本日のお話を伺って、SESAME システムの活用分野としては、気候変動対策を中心に議論するのがよいと思われる。

(新井) 同意する。全ての MRV に活用化、標準化してはどうか。

(岡部) 普及化実証事業では標準化も働きかける予定である。

(繁永) 携帯電話網の利用をデータ送信の標準化としたい。その後、衛星通信にも拡張したい。採択されれば、次期 SATREPS の中でも SESAME が使われる予定になっている。

以 上

面談録

| | |
|--------------|-----------------------------|
| 会議名/議題 | SESAME のインドネシア展開にかかる法制度 |
| 日時 | 2013 年 9 月 27 日 10 時～12 時 |
| 場所 | Sari Pan Pacific ホテル, ジャカルタ |
| 面談者 | 大久保 (NAC Global) |
| 訪問者 | 繁永、岡部、横山、内田(記録) |
| 入手資料 | なし |
| 面談後、必要なアクション | |

SESAME および ODA 案件化についての概要説明

まず、繁永が、SESAME の解説をし、自動的にサーバーに送る M2M システムは余りない事、また、国内 150 カ所、インドネシアで 16 カ所設置された事を説明した。引続いて、岡部により、本案件化調査から JICA 普及・実証事業へ展開する計画である事を説明した。

(繁永) 将来的に現地生産も視野に入れて、BNT を通した現地展開をする計画を持っている。その関連法制を知りたい。当面の輸出方法はパーツか製品か検討中である。

(大久保) 輸入ライセンスを取得すべき。BNT の定款に、輸入物品販売の文言等、販社機能がある事が必要である。

(繁永) Nusa に確認する。

(大久保) 輸入販売に関する税金は 3 種類ある。

1. 関税： インドネシアの HS コード (例、5%) によって、税率が決まる。適用価格は FOB (Free on board) ではなく、(保険、輸送費を含む) CIF。HS コードの上 4 ケタ (JETRO ウェブページ等で検索可能) が世界共通で、そこからインドネシアの HS コードを検索すべし。物によっては、税率優遇もある。価格 (購入費用) に算入される。(横山の検索によると、SESAME 完成品は 9015 または 9031)
2. VAT： 付加価値税。輸入者 (BNT) に対して購入費用の 10%。購入費用は、CIF 価格および関税の合計額。
計算例、 $VAT = CIF * 105% * 10%$ 。
3. 前払い法人税： 購入費用の 2.5% (輸入ライセンスがないと 7.5%) を暫定納税する。法人税の既払い分として、年度末に調整される。
計算例、 $前払い法人税 = CIF * 105% * 2.5%$ 。

上記例 (関税 5%) では、税額は合計 18.125% になる。

更に、収益に対して法人税 25%。または、今年 7 月からは、売上 4800 万円以下の場合、収益に関係なく、売上の 1% とする事もできる。

(岡部) BNT とライセンス契約する場合だけではなく、現法設立関連の法制も調査して欲しい。

(繁永) ロイヤリティーのような形で、BNT からみどり工学に利益の一部を支払う事はできるか。

(大久保) できる。2 通りあり、ロイヤリティーまたは技術指導料 (人を寄こす事を前提) として可能。但し、技術指導料 (後の JETRO の話では、ロイヤリティーでも) では、インドネシア政府がみどり工学に対して海外サービス所得税として 20% の源泉徴収を行う。納税は BNT が行い、

源泉徴収票を BNT から受け取る。ロイヤリティーの源泉徴収は、租税協定が適用されれば、10%。

(後の JETRO の話では、技術指導料でも同様との事) 源泉徴収分は日本で確定申告できる。

但し、ロイヤリティーは、通常、売上に対して 3%程度で 5%を超えることはあまりない。20%で費用認定された例は聞いた事はないので、20%の利益を確保するのであれば、みどり工学から BSN への販売価格に上乗せすべきである。

(繁永) 2本立てで行きたい。できれば、価格を抑えて、収益に対して還元して欲しいと思っている。

(大久保) ロイヤリティーは売上に対して設定するもので、収益に対してなら、配当として支払われるべきである。

(繁永) ところで、販売価格を勝手に動かされるなど販売に問題が出たら困るが、対応策は何かあるか。

(大久保) やはり、BNT に人をいれた方がよい。但し、ローカル会社の役員には日本人はなれない。そのためには、外国資本会社 (100%外資も可) とする必要があるが、最低資本金が、ローカルの 50 万円から 3000 万円 (正確には、USD 300,000) に跳ね上がる。

ローカル会社ではコントロールが難しいので、余程メリットがない限り、最初から合弁は組まず現地法人とするのが一般的である。また、ローカル会社へ送る技術指導者の就労ビザを発行してもらうには、そのローカル会社に 1 千万円の資本金が必要となる。

ちなみに、NAC は 100%外資で、香港籍である。

(岡部) (繁永に) 出資を募っては。

(大久保) 3000 万円の資本レベルで、外国人役員数は 5 人位まで認められる。

(繁永) 製品をコピーされないよう対策が必要だが、監査で管理する事は可能か。

(大久保) 監査では決算にならないと発覚しない。期中の把握には、経営陣によって管理する必要がある。

インドネシアでは、取締役会 (最低 1 名。現地駐在者)、監査役会 (監査役は取締役より強い。最低 1 名。本社長などが就く)、株主総会 (最低 2 名) の順序で事項が決定される。日本人が監査役となるには、外資設立が必要である。その場合、株主も監査役となれる。

駐在員事務所 (支店と同じ。資本金なし。届出により設立されるが、事務所は必要。売上は立てられないので、BNT が販売。税金はかからない一方、業務は市場調査、アフターケア等に限られる。事務所員の就労ビザは問題ない。) という形もあり、合弁へのステップに使われる。合弁候補の監視という役割も果たす。日本人対ローカルは 1 対 3 以上にすべし、という雇用規制はあるが、適用は厳しくない。そうは言っても、ローカル 1 人は必要。正社員は、月 1 週滞在でも構わない。契約社員は、1 年ごと更改で 2 年まで。3 年目からは正社員にしなければならない。BNT 勤務との兼務は可能と思う。アルバイトは、法制上、臨時業務に限られる。

上記雇用規制は、外資企業には適用外だが、雇用計画で日本人対ローカルは 1 対 3 とする必要がある。

(繁永) 御社に経理をお願いできないか。

(大久保) 記帳代行のような形であれば、月 3 万円から可能。決算料は 10 万円頂戴する。

以 上

面談録

| | |
|--------------|-----------------------|
| 会議名/議題 | みどり工学のインドネシア事業進出 |
| 日時 | 2013年9月27日 13時～14時10分 |
| 場所 | JETRO |
| 面談者 | 鎌田 |
| 訪問者 | 繁永、岡部、横山、内田(記録) |
| 入手資料 | EPA/FTA の活用 |
| 面談後、必要なアクション | |

SESAME および ODA 案件化についての概要説明

まず、繁永が、前回4月30日に Bambang 氏、Nusa 氏と訪問した後、外務省案件化調査に採択された事を報告した。また、PT. BAYU NUSA TIRTA (BNT) を SESAME システムの販売目的で設立した事、某気象予報会社インドネシア法人から SESAME 購入、メンテナンス契約の打診があり、見積書は出している。上手くいけば、最初の輸入販売となる可能性があるという状況についても伝えた。

(繁永) 本案件化調査は FS と位置付け、次段階としては、JICA 普及・実証事業に来年4月に応募予定、採択されれば、ODA 費用で 100 台程度インドネシア省庁に導入予定である。その場合、BNT が設置・メンテナンスを行ない、その運営費用は各省庁により BNT へ支払ってもらい、それを当面の収益として行く予定である。みどり工学としては、まずは駐在事務所を設立し、その後、経営管理のために BNT に対して資本注入、外資化する事を検討している。

(鎌田) 当面、BNT からのロイヤリティーで収益分配を求めるならば、海外送金の制約があるほか、BNT 社の損金認定 (3%だとまず OK、5%だと税務署から注文) 交渉に勝つ事が大事であり、インドネシア人では主張が弱いので、日本人がやった方がよい。但し、源泉徴収がある。租税協定の適用があれば、20%が 10%に低減される。一般的に、ロイヤリティーは低くしか設定できない。Gucci 等の認知されているブランド力があれば、高い設定も例外的に認められる事もあるが。特許も要因にはなるが、いかがか。

(繁永) 特許ではなく、BPPT 内の Climate Technology Center (CTC) にデータを集約し、そのデータ取得方法を規格化する事を検討している。BPPT で規格化を検討し、それを BSN に SNI 規格とするよう働きかける。

それでも、現地会社による勝手なコピーが心配なので、最終的には合弁会社にして、管理したい。

(鎌田) SESAME システムの価格が 1 台 40 万円というのは、予想以上に安い。

(繁永) 将来、部品調達も現地で行なう事を検討している。

(鎌田) 基板はインドネシアでまだ作れないのではないか。気を付けて見てみる。

(繁永) パーツで日本から輸出する予定だが、製品の輸出に比べてどのような違いがあるか。

(鎌田) まずは、EPA の関税減免の適否に影響する。EPA では、関税協定 FTA に比べ、緩いので、関税率が高めになる。インドネシアと FTA を締結している中国経由の方が低いかも知れない。ここに日本企業が介在しても構わない。締結後長年立っているのも 0%に近付いている。HS コードがわかればどのルートが安くなるのか、JETRO で調べてもよい。

次に、賃金が安いので、日本での組立てに比べ、費用が安くなる。また税金も安くなるはず。HSコードごとに調べたほうが良い。

まだ、ドラフトだが、HSコードを調べるのに、EPA/FTA セミナーにおける配布資料をお渡しする。HSコードを調べるのが大変である。最終的な現地コードはBNTが関税局で確認する必要がある。ただ、上6ケタは日本と変わらない。

また、輸入価格の認定には、価格（費用）を抑えたい税務署と関税対象額を高くしたい税関との間で税の板挟みがあるが、おそらく比較対象となるような一般製品がないので、あまり文句は言われなと思う。

(繁永) 気候変動MRVの必需品となって来ている。中国では、パーツの基板を作るのみなので、そこでシステムの設計構造を盗まれる事はないと思われる。

(鎌田) 防災展に出品してはどうか。このところ、インドネシアでは自然災害に対する関心は高い。防災用データの観測に関する日本の状況はどのようになっているのか。

(繁永) 実は、日本でもデータ集約なく、問題となっている。CTCでデータ集約できれば、日本を超える効率性が実現される。

(岡部) JICA 普及・実証事業での3年間にBSNを巻き込んで、規格を作る予定である。BSNもその方針に合意している。

(鎌田) 対象となるJIS規格はないのか。

(繁永) データ収集に関するJIS規格はない。個々のパーツのみJIS規格はあるが、システムには適用されない。

(鎌田) 災害関係なので、インドネシアのJISに相当するSNI規格になって然るべきと考える。ここでは、抜け穴もあり、リチウム電池はSNIなしには輸入不可であるが、内蔵されているPCはチェックされない。そのような抜け穴を作らないためにも、完成品の規格が必要。

(岡部) (組立て業を含む) 製造業では、何か違いがあるか。

(鎌田) 輸入ライセンスが違う。BNTが製造業にならない方がいい。PMA(外資企業)では厳しい。ローカルであれば、制限緩いので少額なら製造・組立は可能。

以 上

面談録

| | |
|--------------|--------------------------------|
| 会議名/議題 | JICA 気候変動担当者（松浦氏）との面談 |
| 日時 | 2013年9月27日 15時～16時 |
| 場所 | JICA |
| 面談者 | 松浦 |
| 訪問者 | 繁永、岡部、横山、内田(記録) |
| 入手資料 | 既存 JICA プロジェクトの資料を Email で受領予定 |
| 面談後、必要なアクション | |

まず、繁永より SESAME の概要を説明し、以下の経緯を伝える。

- BPPT をカウンターパートとする予定。
- ジャティルフルダムを訪問し、ジャサ・ティルタ 2 から強い協力依頼があった。
- BMKG を訪問し、高い関心を示された。また、気候変動対策能力強化プロジェクトとの協働も伝えられた。

次に岡部より今後の案件化計画を説明。

(岡部) 次のステップとしては、JICA 普及・実証事業に来年応募予定である。JICA 事業での各要望省庁への SESAME システム導入を検討している。一方、気候変動対策能力強化プロジェクトにおいて、SESAME システムの活用可能性はないだろうか。

(松浦) BMKG とは将来の気候変動に対する脆弱性評価（主として稲作を対象）を実施しており、ここに導入の可能性があるかも知れない。期間はあと 2 年である。もしくは、農業省と一緒に農業保険による適応策 (Adaptation) に取り組んでいる。中央、東 Java に 3 つのパイロット サイトを設けている。インドネシアにおける気候変動の主要リスクは、雨量の上下であり、洪水および旱魃両方が起こるリスクが高まる。

この保険アプローチでは、農業省は、通常の損害に対する保険の導入を考えているが、一方で、BMKG と財務省は気候 Index 保険の導入を考えており、意思統一はされていない。(自分達の縄張りに引き込みたい意図も関係している模様) 気候インデックス保険は、定義される気象条件を満たした際に、保険金が払われる仕組みで、損害の発生ではなく、リスクの高まりに対する手当となる。ある意味、気候デリバティブに似ている。損保ジャパンがタイで引受けた実績があるようだ。保険料 (Premium) の負担は、政府 8 割、農民 2 割とする計画と聞いている。ジャシンド (インドネシアの保険会社) が引き受け先 (Policy writer) 候補である。パイロット調査を通じて、保険の適応地域とそうでない地域を比較する。

この保険導入の背景には、大統領令で農民保護法が発令された事がある。被害補償だけでなく、農民への気候予報情報の提供も求められている。あまりうまくいっていないが、プロジェクトはあくまでインドネシア側の考えをサポートする形で位置づけている。気候データの Downscaling を行っており、その部分に関しては、日本の気象センターから専門家を招いている。プロジェクトは JICA 直営であり、総括は川西氏が行なっている。

SESAME システムは、日本において、どのような導入例があるのか。

(繁永) 日本では河川水量、積雪量の計測に使用されている。また、NEXCO 東日本でも、道路管理のために必要な計測を行なっている。

(内田) これまでは、適応策に関する話であったが、削減策 (Mitigation) に関する活動では、SESAME システム導入の可能性はないか。

(松浦) 削減に関する部分では、RAN-GRK (ランゲルカ) という国内規制で各州に対して削減計画を示す事が求められており、気候変動対策能力強化プロジェクトは、排出量把握を含めた州の能力強化に協力している。基本的には、具体的な削減計画は州側から提案される。ただし、これは、あくまで国内規制で国際的な枠組みで認証される排出オフセットプロジェクト程、そのモニタリングは厳密ではない。中央政府は、削減のためのガイドラインをつくる程度だろう。インドネシア泥炭 SATREPS での提案がここに役に立つと思われる。

8 月には日伊 2 国間のクレジット署名がなされた。国際基準をベースとした炭素モニタリングのためより厳密であり、こちらの方に SESAME の使い道がある。日本企業も動いている。

(繁永) 提案予定の案件では BPPT で測定データを集約してから、各省庁に配布する形をとる事を計画している。そのためにも、今後、測定基準の標準化が必要と考える。また、応募予定の JICA 普及・実証事業では、約 100 台の SESAME システムは供与するものの、月 3,200 円程度の運営費 (主にサーバー利用・管理に 3,000 円/月、SIM 代 200 円/月) は、利用省庁に負担してもらおう。

(岡部) 既存 JICA プロジェクトの資料を頂きたい。

(松浦) 後日、E メールで送信する。

本気候変動対策能力強化プロジェクトにおける BMKG 側の担当者は Edwin 氏である。

インドネシアは開発が進んでいるので、無償プロジェクトは可能性が低い。仮に、大がかりなプロジェクトに発展させるなら、円借款で実施する事になるろう。

以 上

面談録

| | |
|--------------|--|
| 会議名/議題 | 表敬、案件化に向けた BPPT への協力依頼 |
| 日時 | September 30, 2013 10:10 – 10:55 |
| 場所 | BPPT 12F |
| 面談者 | Ridwan 氏 (Deputy Chairman) Bambang、他 3 名 (リスト参照) |
| 訪問者 | 岡部、内田(記録)、Nusa, Leo |
| 入手・参考資料 | |
| 面談後、必要なアクション | 特になし。 |

岡部によるこれまでの案件化調査の進捗および計画の説明

今回の案件化調査は F/S および 2 か月という短期間の現地検証の位置付けであり、次段階としては、JICA 普及・実証事業に来年応募する。採択されれば、普及への足掛かりとして、約 100 台の SESAME システムを供与し 3 年間実証できる。そのためには、本調査で、11 月と 12 月にワークショップを開催し、SESAME システムの利用に潜在的な関心を持つ省庁から具体的な要望（測定値、取付け場所、理由等）を我々に伝えてもらう必要がある。BPPT には、各省庁に対するコーディネーターの役割を果たして欲しい。

ただし、この事業が終了した後は、供与した SESAME システムの運用費用（メンテナンス料、通信料等）は、各省庁の負担となる（注：実施中については要確認）。従って、継続的な利用のために、政府によって予算枠が用意される事を証明してもらう必要がある。採択されるためには事業の持続性をプロポーザルで明確にしておく必要がある。

また、測定データの送信配布構造は以下の通りに計画している。

1. SESAME システムによる収集データは、まず、日本のクラウドサーバーに送付される。これは、みどり工学がしっかりとクラウドサーバーの維持管理ができるようにするためである。
2. Cloud クラウドサーバーから、BPPT の設立した Climate Technology Center (CTC) のサーバーにデータを送り、そこをインドネシアのデータ集約センターとする。
3. 各省庁へは、CTC サーバーから利用データが送られる。
4. 将来、データやサーバーの保守管理が完璧になれば、日本のサーバーを通さず BPPT のサーバーに直接データを送ることも考えるだろう。

(Ridwan) 計画については、了解した。協力をする。

ところで、災害情報（洪水、崖崩れ等）のデータ測定に関しては、BPPT でも、2004 年から遠隔データ送信システムを開発・利用している。ただ、様々な問題があり、SESAME システムが、どのようにして、実用可能になり、商業的に販売可能になったのか、大変な関心がある。

(Swasetyo) 遠隔データ送信は 2 年前から実験を行なっている。渋滞情報の送信には GPRS/SMS を使っている。またジャティアシという所に、水位計を 1 台だけ設置し、モバイルネットワーク (GSM) を利用して、BPPT にあるサーバーにデータを送信している。但し、費用が問題である。センサ

ー1 台につき、15 分毎に 110 ルピア（月に 800,000 ルピア）かかってしまうため、実用化できない。APRS 電波を利用すれば、費用は下がる。SESAME 本体とセンサーの間のインターフェースは何か。

(内田) 基本的には、アナログ入力を想定し、4 mA から 20 mA の間の直流電流をセンサーからの入力としている。もし、使用したいセンサーが他の出力値をとるならば、電流値に変換して接続する必要がある。センサーがデジタル出力に対応しているのであれば、RS-232C がインターフェースとなる。

(Swasetyo) 我々のセンサーは、電気容量 (Capacity) の値を出力する。

(Ridwan) 共同開発は可能か。

(岡部) 繁永氏は、ユーザーのニーズに合わせて、各データ取得のための改善要求には出来る限り対応したいと言っている。協同開発の可能性については彼に直接訊いて欲しい。

(Santosa) 我々の測定対象地域のいくつかは、携帯電波のエリア外であるのが問題だが。

(内田) 最新の SESAME システムでは、センサーから本体まで、ZigBee (彼らは知らなかった) という中継可能なワイヤレス接続を行い、センサー設置場所の可能地域を広げている。

(Swasetyo) 我々の経験では、通信帯域使用許可の取得は大変難しい。

(内田) SESAME は通常の SIM を挿入して、既存の携帯ネットワークを利用するもので、新たな通信帯域を使用するものではない。通信機に必要な規格認証は、本調査で取得予定である。(この件に関しては、途中、双方の間で認識に誤解があった。)

(Ridwan) とにかく、情報交換を進めよう。

(岡部) SESAME システムの用途は色々あるが、次の JICA 普及・実証事業への応募に関しては、テーマを気候変動に対象を絞りたい。

(Ridwan) 了解した。SESAME システムに関して、次の改良テーマは何か。

(内田) 携帯網のない所で、衛星通信を利用できるようにする事を考えている。未だ、費用は高いが、価格は下がって来ている。また、SESAME システムは、測定頻度と通信頻度を独立に設定できるので、測定頻度を保ったまま、通信頻度を下げたりして、費用を抑える工夫も加える。

(岡部) 本調査では、ジャティルフルダムとパランカラヤの泥炭地に設置して、パイロット調査を実施する。

(Bambang) ジャサ・ティルタ 2 は、SESAME システムに極めて高い関心を示し、とても有益な会合を持つ事が出来た。

(岡部) 12 月のワークショップで、パイロット調査の結果を発表する予定である。

11・12 月のワークショップでは BPPT による調整をお願いしたい。

(Ridwan) その件は Bambang 氏が責任者になってもらう。通常こうした会議は木曜日にやることが多い。

(岡部) 今回は日程的な関係から月曜日 (11 日) か火曜日 (12 日) が望ましい。

(Ridwan) それでは火曜日にしよう。

(岡部) 次段階の JICA 普及・実証事業において、BPPT をカウンターパートにしたいが、どうか。

(Ridwan) 問題ない。

(岡部) 今回の調査でカウンターパート候補機関の概要や技術受容力を調べることにしている。Leo氏がBPPTの組織構造について調査する。については、協力をお願いしたい。

(Ridwan) 了解した。貴方の調査団とBPPTとでチームを組んで進めていこう。BPPT側では、調査結果の分析は Bambang氏が中心となり、SESAMEの技術的なことについては、本会議に出席している職員をチームメンバーに任命する。

ところで、10月のジャティルフルダムへのSESAMEシステム設置には、(本会議に出席の)BPPTの技術者達を同行させたい。ただ、10月14・15日はイスラムの祝日であるので、16日に行なう事を提案する。

土砂崩れ、気候観測もジャティルフルでいずれ行ないたい。

(岡部) そうした要望は繁永氏に伝えてもらえれば考慮する。

(Ridwan) BMKG、海洋漁業省、公共事業省(PU)、農業省など、関心を持つ省庁は色々あると思う。

以 上

4. BPPT, 30 September 2013

| No | NAME | DESIGNATION | TITLE |
|----|-------------------|-------------|-----------------|
| 1 | Winarno | BPPT | |
| 2 | SwasetyoYulianto | BPPT | |
| 3 | Budi H. Santosa | BPPT | |
| 4 | Ridwan Djamaludin | BPPT | Deputy Chairman |

面談録

| | |
|--------|---|
| 会議名/議題 | BMKGにて どのようなデータ伝送を行っているか、調査 |
| 日時 | 2013年10月23日 9時30分から12時 |
| 場所 | BMKG 会議室 |
| 面談者 | Erwin Makmur, Ariffudin, Umara Firman, Maolana, NusaToendoung, 久世(通訳), 繁永(記録) |
| プロジェクト | The feasibility Study in Indonesia Concerning the real time data collection and transfer system by using cell phone communication network |
| 入手資料 | 特になし |

Nusa: 本日、BMKGを訪問したのは、9月のSESAMEシステム紹介の会議にて、BMKGにても何か、SESAMEシステムを利用できることがあるのか、より詳しいディスカッションをしたいと思ってきました。

Shigenaga 繁永: 現在、気象・地質庁では、どのようにしてデータを集めているのか、知りたいと言うことと、問題となっている事柄はないのか、お聞きしたい。

Erwin: 9月のミーティングでは、私は、データ収録した後の解析する立場であることから、本日は、機械の責任者を同席して話を聞きたいと考えています。Afiffudimさんが、Center for Instruments, Engineering and Calibrationの部署にいますので、彼がいたほうが話が楽に話が出来ると思います。データを集める主たる場所は、空港のデータを収集して(手書きで記入し、データをサーバー等に送っている。

WXT520のように7つのセンサーをもった気象データ伝送装置を180カ所付けている。

私たちは、リアルタイムのデータとしては、雨量のデータが欲しい。

SESAMEシステムが雨量のデータを送れるのなら是非ほしい、特にパプアニューギニアなどからのデータが欲しい。

Shigenaga 繁永: 雨量のデータを大量に集めるとなると、どのようにしてデータを整理することが問題となります。それをどのように処理して、ビジュアルに見れるようにすることが、M2M(マシン・ツー・マシン)システムでは、非常に重要です。

Ariffudin: センサーとしてどのようなものがありますか? 蒸発散計のいいものがないでしょうか?

Shigenaga 繁永: センサーとしては、水位計、総合気象ロボットなどがある。

以上

Attendance List

Meeting with BMKG

| No. | Name | Department | Remarks |
|-----|--------------|---|-----------------------------------|
| 1 | Erwin Makmur | Climate Early Warning | Attendance of Sept. 19 Meeting |
| 2 | Ariffudin | Center for Instruments, Engineering and Calibration | |
| 3 | Umara Firman | Dissemination of Information on Agroclimate | |
| 4 | Maolana | Climate Early Warning | |
| 5 | Y. Shigenaga | Midori | |
| 6 | Nusa T. | BNT | |
| 7 | Tsukiko Kuze | | |

面談録

| | |
|--------------|---|
| 会議名/議題 | Indonesian Agroclimate and Hydrology Research Institute (IAHRI)長官との面談 |
| 日時 | November 08, 2013 9:50 – 11:40 |
| 場所 | IAHRI, Bogor |
| 面談者 | Dr. Ir. Haris Syahbuddin, DEA (Head of IAHRI) 神戸大学卒業 |
| 訪問者 | 岡部、繁永、横山、内田(記録)、Nusa、久世 (通訳) |
| 入手・参考資料 | |
| 面談後、必要なアクション | 特になし。 |

インドネシア農業気象・水文学研究所 (Indonesian Agroclimate and Hydrology Research Institute)、略称 IAHRI は、Haris 氏の名刺によると、農業省 (Ministry of Agriculture: MoA) 内、Indonesian Agency for Agricultural Research and Development (農業研究開発庁) に属する研究所。

訪問目的の説明

最初に岡部氏から外務省 ODA 案件化調査の趣旨および JICA 普及・実証事業への展開を説明した。引続き、繁永氏が、SESAME の仕組み、泥炭地での二酸化炭素排出抑制を目的とした SATREPS における、利用例を紹介し、SESAME 普及の ODA 案件化に向けた促進活動を行っている事を伝えた。

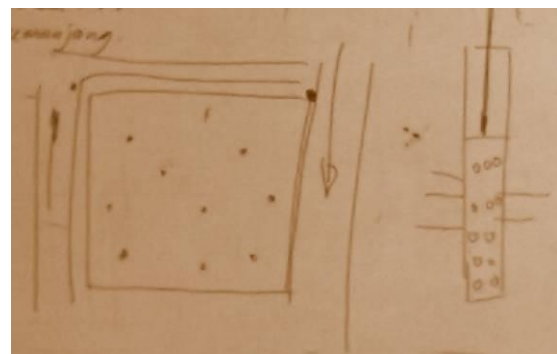
(Haris) IAHRI は、農業省内の組織で、水 (管理) および気象、気候変動に関する活動を主に行なっている。また、私は EU を援助母体とするインドネシア気候変動信託基金 (ICCTF) のプロジェクトマネージャーでもある。ICCTF では以下を含む 5 カ所の泥炭地で水の管理を中心としたプロジェクトを行っている。

- ・ 西および中央カリマンタン州
- ・ リアウ (Riau) 州、ジャンビ (Jambi) 州：スマトラ島中部

中央カリマンタン州には、5 ha の実験用地があり、水位計を使っている。泥炭地内のゴムプランテーション (右図、右) 内に手動計測式のピアゾメーター (右図、左) 10 機と左右の幅 2m の用水路をつなぐ水路の出入口に計 2 機のアメリカの HOBO 社製の水位計 (約 10 万円) が設置されている。ただ、SESAME のように自動化されたものではないので、SESAME の利用に大きな関心がある。

他にも、ゴムや椰子油のプランテーションで活動を行っている。

(繁永) SESAME は既に 10 カ所以上で利用されており、その中にはプランテーションも含まれている。また、SESAME III は複数のセンサーをワイヤレスで 1 台のデータ伝送器本体に接続できる。



用水路区画に設置された水位計位置 (左)
とピアゾメーター (右)

(Haris) サーバーを我々のオフィスに設置できるか。

(繁永) クラウドサーバー経由で可能である。システムの稼働に責任を持つために、クラウドサーバーまでは、我々が管理する必要がある。でないと、どこで問題が起こったか、特定できなくなる。データ処理は現地サーバーで自由に行う事が可能である。但し、現地サーバーのメンテナンスは我々には出来ないので、各利用機関が技術者を任命し、その管理を行う必要がある。

(Haris) 了解した。

(繁永) ちなみに、競合システムが PU にサーバーを導入させたそうだが、作動していないようだ。約 5 年毎に起こる OS の更改にも対応しなければならない。

(Haris) その JICA 普及・実証事業では、何台の SESAME が導入されるのか。

(岡部) 3 年間を通じ、全部で 100 台程度だ。

(Haris) 泥炭地を含む農地にもっと欲しい。

(岡部) 今回は、気候変動に焦点を当てており、その効能に応じて、各要望機関に配置される事になる。

(Haris) なるほど。農業省も気候変動対策を重視している。

(岡部) ICCTF について、詳しく聞かせて欲しい。

(Haris) ICCTF は EU の協力を受け、国家開発企画庁 (BAPPENAS) 副長官および農業省により MOU (覚書) に署名された。期間は 2009 年から 2014 年まで。中央カリマンタン州の Jabiren (パランカラヤの南) には、多くの大使が訪れ、高い関心を示している。

REDD+ の活動として、農民にも技術移転され、二酸化炭素、 NH_4 (CH_4 メタンの間違いと思われる)、 N_2O (一酸化二窒素) 等の温暖化ガス (GHG) の排出削減に効果を上げる他、農業の活性化にも役立っている。また、森林保護による炭素貯蔵量の増加にも貢献している (これら 3 つが目的)。資金は 130 億ルピア、約 1 億 3 千万円を EU から受けている。

(内田) 具体的にどのような技術を農民に伝えているのか。

(Haris) 運河 (用水路?) に小さなダムを作って、水が枯渇しないようにする canal blocking (水路堰き止め) 技術だ。200 ha で、農民に対して行われている。2011 年に大きな森林火災があった際にも、プロジェクト地域は無事であったため、農民の学習意欲も急速に高まった。

ところで、SESAME の ODA は、機器の供与だけでなく、技術訓練も含むのか。

(岡部) その予定である。

来週火曜日 (12 日) のワークショップで、要望を表明してもらいたい。選考基準は支援期間の 3 年間以後も SESAME を活用できる継続性が主となる。具体的には、必要な予算、技術者を割当てられるかが鍵となる。

(繁永) 我々は、長期的には、SESAME の現地生産も視野に入れており、維持管理の技術だけでなく、生産技術の移転も考えている。

(Haris) 1999 年にフランスの調査団が来て、75 台の気象観測ステーション (AWS) と 25 台の水位計を設置した。SMS (Cmail) を使ったデータ伝送システムで、今でもコンサルタントが来ている。サーバーは事務所に設置されている。ただ、技術支援に維持管理は含まれていたものの、生産技術は無かった。

- (岡部) 3年間の JICA 普及・実証事業は、SESAME の有効性を確認するためのもの。将来的には、更に多くの SESAME を購入してもらおう事を期待している。
- (繁永) メンテナンス（および将来的には、生産）のチームをインドネシアに設立する計画を持っている。そうなれば、クラウドサーバーもこちらに設置できるようになる。
- ところで、フランス製の測定システムは、機器内でデータのバックアップを取っているのか。
- (Haris) バックアップはない。
- SESAME の作動期間は？
- (繁永) 少なくとも5年は作動する。おそらく10年は動くと思う。各パーツが独立しているので、必要に応じた部品交換をする事で、安価に長期試用できる。
- (Haris) 是非、SESAME をここに導入してもらいたい。研究成果にも反映できる。
- (岡部) 気候変動は、JICA がインドネシア援助において最大の関心事だ。
- (Haris) IAHHRI は気候変動に加え、バイオ科学の分野でも研究を行っている。
- (岡部) ODA 事業でその有効性が確認できたら、その後、更なる SESAME を購入する予算は確保できるか。
- (Haris) 問題ない。2013年には、21台の AWS（現地機器とアメリカ製センサーの組み合わせ、約75万円、月300円の通信費用、メンテナンス費用として約200万円の予算確保）を購入した。総局（Directorate General）でも15台購入した。（これらの AWS は、MtoM システムである SESAME と異なり、サーバーが毎回、データ伝送器を呼び出す PtoP（ポイント・ツー・ポイント）システムと判明。）
- ジャワ島では、水へのアクセス指標が0.5程で、水管理は大きな関心事となっている。また、2010年発令の大統領令 6171 号も、地方自治体に気候変動適応予算の確保を義務付けているため、予算はあるはず。
- (繁永) SESAME の AWS は62万円（本体25万円+センサー一式37万円）程度で、雨、風、温度、湿度、日照が計測できる。その上、1時間毎に静止画が遅れるので、センサーの動作確認もでき、警報 E メールも自動送信できる。
- (Haris) 農業技術開発庁(BPTP)は約50万円のメンテナンス予算を33州に提供している。

以上

面談録

| | |
|--------------|---|
| 会議名/議題 | インドネシア事業における協力可能性について |
| 日時 | November 12, 2013 10:40 – 12:00 |
| 場所 | JAC Business Center |
| 面談者 | Mr. H. Endang Wachyan (Director), Mr. Yedi Chrisnandhi (Engineer) at Hydrosix |
| 訪問者 | 岡部、繁永、高橋、横山、内田(記録)、Nusa、久世 (通訳) |
| 入手・参考資料 | |
| 面談後、必要なアクション | 特になし。 |

岡部氏による SESAME の普及・実証事業の概要説明

概要説明後、協力可能性について打診。

(Endang) 私は元々土木工学が専門である。日本でも学んだ事がある。

(岡部) 我々の現地コンサルタントで、Endang 氏の知己でもある Irhan 氏から、インドネシアに、いくつかのテレメトリシステムの競争相手が存在すると聞いたが。

(Endang) 国内では、Natan, PT Inti, Tatunas など、6 社には満たないだろう。

インドネシアにおけるテレメトリシステムの歴史および問題点

ここから、Endang 氏によるインドネシアにおけるテレメトリシステムの歴史および問題点についての解説が始まる。途中からは、英語から、通訳を通じたインドネシア語に切り替えてもらう。が、元公共事業省 (PU) の技術官僚であるため、直接的な批判を避けようとし、話が婉曲的で分かりにくい。以下は、理解できた範囲での要旨である。

(Endang) 私は元々2002年までPUの Directorate General of Water Resources (水資源総局) で働いてきた。主な仕事は、水資源管理のテレメトリシステムにおいて、国産品、輸入品の活用に関するの情報収集および助言である。

2007年に災害管理に関する法律が発令され、PUは国内部品率 (TKDN) を高めた (率は明示されず) 洪水早期警戒システム (Flood Early Warning Sytem: FEWS) を開発する事を決め、Tech4Water という官民合同のコンソーシアムが結成された。私 (Hydrosix) は顧問として招かれた。

国内部品率を高める理由は、これまでの国際支援などを通じて設置された輸入テレメトリシステムが作動しなくなっていたという背景にある。だが、私の意見では、主要因は維持管理である。修理のための輸入部品が入手困難になる事もあったが、人材および能力開発不足が高度なシステムの維持管理を困難にしていた。従って、国内部品率を高めるというのは、拙速な方向付けであると考えている。また、内密だが、公表している Tech4Water の国内部品率 61.33% という数字も実はセンサーだけの数字である。通信部分については、モデムを始め、多くの輸入品を使っている。

FEWSの根幹となるテレメトリシステムでは、PUと癒着の深い国営企業である PT Inti がデータ・ロガーを製造し、Hydrosix社が水位計を主とするセンサーを製造する事になった。ただし、

PT Inti は技術不足で必要とされる機能を提供できていない。例えば、8チャンネル（8種類のデータ）のデータ・ロガーを要求されているにもかかわらず、PT Inti の製品は2チャンネルしかない。また、テレメトリシステムの設置はHydrosix が引受けているが、PT Inti の製品の問題であっても、Hydrosix のせいにされる事もある。また、PT Inti は自社の利益ばかりに目が行き、他社との協力体制が確立されていない。このように、Tech4Water の開発は甚だ不健全な状態にある。こうした状態なので、いくら SESAME システムの性能が良くても、Tech4Water に近付くのは今のところ得策ではない。むしろ、彼らが問題を解決できない事が明白になるのを待ってからの方が良い。

ここだけの話だが、Tech4Water のロガーは400機設置した中で、30%程度しか作動していない。このようにPUとPT Inti は癒着がひどい。ただ、PT Inti はテレコミュニケーションを専門とする会社でデータ・ロガーはその1%以下を占めるに過ぎない。携帯ネットワーク業務を主業としており、Department of Communication（通信IT省）が主な顧客である。

日本の大企業ではJRC、富士通などが、JICA プロジェクトを通じてハードウェアのみを提供した。必要な人材育成がなされないので、結局、長く作動しない。JRC のものは南 Slawesi でまだ作動していると聞くが、日本人の管理がなくなると、動作しなくなると思う。

SESAME システムに関しては、現在、ジャティルフルダムでパイロット調査をおこなっているジャサ・ティルタ2との協力関係を強化する事を進める。彼らは、PT Inti との対立はない。ジャサ・ティルタ2社長のHerman氏にSESAMEシステムを強く推薦した。モニタリング部を動かして、協働できる。可能であれば、PU検査を通過しているHydrosixのセンサーを使ってもらえれば、嬉しい。

(高橋) 通信IT省から何か許可を取得する必要はあるか。

(Endang) 特にない。GSMは携帯通信会社が使用許可を取得しているので、許可は不要である。モデムが特別な周波数を使う場合のみ、周波数使用許可の取得必要となる。

以 上

議事録

| | |
|--------------|---------------------------------|
| 会議名/議題 | 11月ワークショップ |
| 日時 | November 12, 2013 14:20 – 17:00 |
| 場所 | BPPT 会議室 |
| 面談者 | 参加者(11人のゲスト)はリスト参照。 |
| 訪問者 | 繁永、岡部、高橋、横山、内田 (記録)、Bambang |
| 入手資料 | |
| 面談後、必要なアクション | 特になし |

バンバン氏による開会の辞

泥炭地での排出削減が、国の削減政策が示す 6 つの重点項目の一つである事を明示し、JICA・JST 共同による SATREPS プロジェクトを紹介する。その中で、地下水位の計測に SESAME が使われ、地下水位の低下が泥炭火災の引き金となっている事が示された。更に、SESAME の活用例として、コーヒー・カカオ研究所やジャティルフルダムでの利用が伝えられた。

岡部氏による本調査の目的および ODA スキームの紹介

本案件化調査は、日本の技術を活用して、インドネシア（イ国）の開発課題貢献するための ODA プロジェクトを提案するための調査であり、特に以下 3 項目の目的を持つ。

1. 現場での作動実証（パイロット調査）
2. イ国での事業計画素案の作成
3. (SESAME を活用した) ODA プロジェクトの計画・提案

特に、3. については、JICA の普及・実証事業プロジェクトにより、気候変動対策のために SESAME システム導入の提案をする計画である。採択されれば、2014 年 9 月頃開始され、3 年間のプロジェクトとなる。

この第 1 回ワークショップでは、SESAME システムの活用に関心が高い関係機関と、そのニーズについて議論したい。その上で、12 月に行なわれる第 2 回ワークショップで、その活用に関する提案書を出してもらいたい。

繁永氏による SESAME システムの紹介

SESAME は SATREPS プロジェクトのニーズを通じて開発され、多様なセンサーを接続して、リアルタイムで各地の測定データを転送する事を可能にする。地図や写真により、インドネシア各地に既に設置されている SESAME の状況を示す。また、グラフや簡易 GIS ソフトを用いて、測定データを簡単に分析できる事を実演する。新型の SESAME III では、データ転送機本体に複数のセンサーをワイヤレスで接続できる上、各センサーを本体への中継機として利用できるようなっている。最後に、インターネットを通して、入ってきたばかりの各地のリアルタイム・データを表示して見せた。

Soetanto Abdoellah 氏によるコーヒー・カカオ研究所での SESAME 活用事例の紹介

東ジャワ州ジェンベルにあるコーヒー・カカオ研究所 (CCRI) で、土壌水分計を接続して SESAME システムを活用している。コーヒー栽培では、通常、事前契約を行うため、地中の水分量を適切に管理して、契約を満たす収穫量を上げる事が大変重要である。そのために SESAME システムを使えば、どこにいても、水分量を把握でき、即座に対応策をとれるので、大きな便益を得ている。1990 年以前では、大きな旱魃は 10 年に一度程度だったのが、90 年代は 5 年に 1 回の頻度、最近では、更に予測不可能な状態となっている。そのため、常に状態を監視でき、すぐに対応ができる体制作りが益々重要となっている。

高橋氏によるジャティルフルダムでの SESAME 活用事例の紹介

ジャティルフルダムでは、10 月 20 日頃に水位計を SESAME システムに接続して、設置した。送られてくる水位データをグラフで示す。ジャティルフルダムは、以下の様々な目的を持っているので、とても重要である。

1. 水力発電
2. 農業灌漑
3. 飲料水供給
4. 魚の養殖
5. 洪水予防 (治水)

また、SESAME には、水位、土壌水分量、二酸化炭素の流量、気候データ等の多種多様な測定センサーが接続でき、応用が極めて多岐に亘る。SATREPS プロジェクトでは、SESAME で計測されている地下水位と泥炭火災の因果関係を示す事によって、そこから膨大な量の二酸化炭素が大気に放出されるのを防ぐ管理システムを構築している。また、ネットでは吸収源となる森林からの二酸化炭素排出量 (グロス) も水位と反比例の関係にある事も分かった。森林の計測にはデンドロメータと呼ばれる樹木の周長計が有効で、1 日の間でも昼と夜で、周長が上下する事が見つかった。

Bambang 氏による SESAME システム推奨の言葉

BPPT での長年の経験から、実際のデータは直接の測定によって測るべき。その意味で、SESAME システムは非常に有効なシステムだ。BMKG との土壌水分量の観測に関するやり取りを上げ、どんなに精巧な学術モデルによる推定も、直接測定には比較できない。

現在、イ国の研究開発予算は、国家予算全体の 0.05% に過ぎず、遠隔データ転送のような機器の開発は優先度が低いのが現状である。従って、日本のよい技術は積極的に取り入れる必要がある。また、SESAME システムは個々の部品に汎用品を用いて、ブラックボックス部分が少ない事も大きな利点である。

各関係省庁参加者からのコメント

ジャサ・ティルタ 2: Harry 氏

まず、ジャティルフルダムの水位計測のパイロット調査のため、SESAME システムをテスト設置してもらった事に感謝する。洪水対策としての水管理には、リアルタイム情報が極めて重要である。今後の要望としては、多くの機器を下流に設置して欲しい。ジャカルタ郊外にある、西ジャワ州 Karawang は洪水で名高い。Citarum (チタルム) 川に沿って、計測機を設置して、データのつながりを見てみたい。特に、繁永氏が見せてくれた、カリマンタンの Kahayan 川の分析デモに関心を持った。

CCRI: Soetanto 氏

既に発表したように、CCRI では SESAME システムを実際に使ってみて、非常に高く評価している。リアルタイム性は極めて重要である。現在のジェンベル以外にも、東ジャワ州の Malan や南東スラウエシ州の Kundari といった乾燥気候地域でも活用したい。

公共事業省 (PU) 水資源管理総局: Eddy 氏

洪水対策としては、各地に既に設置してあるもの（別筋では、上手く作動していないと聞いている）がある。SESAME システムの品質は大変高いようだ。ジャカルタに隣接し、その水管理に影響がある、西ジャワ州の Depok で利用してみたい。

公共事業省 (PU) 水資源管理総局: Ronny 氏 (女性)

水文学管理センター (Hydrology Control Center) では、既に我々自身の遠隔データ転送システムを利用した水位観測プロジェクトを開始している。

Q1. SESAME システムに関しては、維持管理の面ではどうなのか。現状、我々は修理部品を入手するのに困難を感じている。

BPPT 環境維持技術部 (PTL) : Herv 氏

同様の開発は当部署でも試みているが、測定対象は水量ではなく、水質である。また、担当ではないが、工場からの排出ガス測定調査チームでは、カーボンフラックスの測定にも共通の関心を持っている。実際、日本の水質測定、水質管理技術を学びたい。

Q2. 汚染された川の水質測定の経験は？数週間で泥にまみれてしまう。

Q3. 水質測定メーターを付けるといくらになるか？

BMKG (Rugist)

これから、上司と活用について相談したい。

(繁永) 聞かれた質問3点について、返答する。

A1. SESAME のメンテナンスは容易である。入手が容易な汎用品によって、システムを構成しているので、故障が起きたら、すぐに取り換えればよい。この手の現場測定システムには故障はつきものである。サポート会社を設立して、メンテナンスを完全サポートする計画である。それなくしては、継続的に作動しない。更に、もしインドネシアでいい部品がつかれるなら、積極的に活用も検討する。

A2. 率直に言って、水質センサーを手放しで運用するのは現実的に難しい。ただ、SESAME システムは、リアルタイム なので、何かあった時に問題をみつけやすい。SESAME III では、静止画転送機能もあるので、更に問題を発見しやすい。問題が起きたら、すぐに洗浄するに限る。自動洗浄のセンサーはあるにはあるが、高価すぎる。

A3. 要は水質センサーの値段次第である。自前で開発したものでも、インターフェースさえ合わせれば、SESAME に接続可能である。

岡部氏から次のステップに関する依頼

JICA 普及・実証事業は、20/120 の採択率で、採択されるには、いい提案書が必要となる。提案の開発テーマは気候変動への対策とする。気候変動対策に活用できると思えば、12月の第2回ワークショップまでに、SESAME 活用のプロポーザルを書いて欲しい。対象国の政府機関が本気で正式な意欲を持っている証明として、受領したプロポーザルを JICA への提案書に添付する。記載すべき内容（8 主要項目）は配布物に記載してあるので、いいプロポーザルを書いて欲しい。

宛先はみどり工学および KMC、Bambang 氏に提出する事。

Bambang 氏からの参加者への謝辞で終了。

以 上

Attendant List

Date: Nov. 12, 2013

Event: SESAME Workshop in November

| No. | Name | Designation | Title |
|-----|--------------------|--|---|
| 1 | Harry M. Sungguh | Perum Jasa Tirta II | Director <i>(Water Management)</i> |
| 2 | Hendra Rachtono | Perum Jasa Tirta II | Staff |
| 3 | Hidayat | PT. SDP (Sumber Daya Prima) | Director |
| 4 | Heru Dwi Wahyono | PTL-BPPT | Staff |
| 5 | Rusgito Sigit | BMKG | Head of Dissemination of Information |
| 6 | Nurdin Wibowo | BMKG | Staff |
| 7 | Eddy Suwandi | Kem. PU, Ditjen SDA <i>(Min. of Public Works, Directorate General of Water Resources)</i> | Kasi Penanggulangan Bencana |
| 8 | Ronny Bernard A. | Kem. PU, Ditjen SDA | Staff Teknis |
| 9 | Soetanto Abdoellah | Indonesian Coffee & Cacao Ressearch Intitute | Researcher |
| 10 | Brilliyan P. | Kem. PU, Ditjen SDA | Kasi Wil. I Subdit Hidrologi & Kualitas Air |
| 11 | Idham Riyando Moe | Kem. PU, Ditjen SDA | Staff Teknis |
| 12 | Endang Wachyan | Hydrosix | Director |
| 13 | Irhan F | | Researcher |
| 14 | Nusa Toendan | PT. Bayu Nusa Tirta | Director |
| 15 | Yedi Chrisnandhi | Hydrosix | Engineer |
| 16 | Leo Ratuwalangon | PT. BNT | Consultant |

面談録

| | |
|--------------|--|
| 会議名/議題 | SESAME のインドネシア事業における協力 |
| 日時 | 2013 年 12 月 10 日 10 時～12 時 |
| 場所 | JAC Business Center, Jakarta |
| 面談者 | Mr. Hadi Noverdi (General Manager at PT. LimawiraWisesa) |
| 訪問者 | 繁永、岡部、高橋、斎藤、内田(記録) |
| 入手資料 | なし |
| 面談後、必要なアクション | 特になし |

SESAME システムおよび応募予定の JICA 普及・実証事業について説明

繁永氏、岡部氏による説明後、Hadi 氏から以下のコメントが伝えられた。

(Hadi) 運営費用は政府機関に払ってもらった方がよいのではないか。

データ処理 (Software) 部分には、Limawira 社の業務と共通点がある。一方、野外での耐用性については、大きく異なる。Limawira はソフトウェアエンジニアを抱えていないので、ソフトを顧客のためにカスタマイズする事はできない。主として、Limawira の機能は代理店であり、チェコの HWG やドイツの Genorex 等を扱っている。ただし、販売だけに留まらず、システム設計、設置、維持管理に関して、高品質のサービスを提供している。

Hadi 氏による Limawira の業務に関するプレゼンテーション

Hadi 氏により、パワーポイントスライドを使って、Limawira の業務について説明された。要旨は以下の通り。

(Hadi) Limawira は元来データセンターにおいてエアコンによる空調管理サービスを提供する会社として始まった。現在では、そこから派生して、電源やコンピューターネットワークの管理やモニタリングが主要業務となっている。上述した HWG や Genorex は電源管理用の UPS に使われるバッテリーのモニタリングアプリケーションである。

現在、112 人の技術者を抱えており、私は技術・管理の核をなす EPCS (詳細不明) 部門を統括している。

代表的な受注例は、財務省から 2 年契約で受けた 156 の事務所に亘るネットワークの常時管理 (24 時間) で、Limawira はシステムインテグレーターの役割を果たしている。納入後 1 年間の保証 (自然災害によるものを除く) を無料提供し、その後のサポートサービスは顧客の費用負担となる。ただし、予算確保のため、保証期限の半年前には定額有償での保証延長を提案している。

高品質サービスのため、サポート技術員を即時派遣する体制を整えており、全国 13 カ所に事務所を設けている。

みどり工学との事業協力可能性について

(Hadi) みどり工学とは SESAME システムの設置および維持管理に関して、協力できると思う。野外でのデータシステムの提供は新しい部門であり、競合相手はいないと思われる。従って、我々の

業務拡大の見地からも、みどり工学の代理店となる事に関心がある。当初はプロジェクト毎の業務提携で SESAME システムの設置や設計（Integration）をおこない、いくつかのプロジェクトを経てから、包括的な正式契約を結んではどうか。

ただ、我々にとって森林など野外での活動は経験がなく困難なので、ある程度の支援を受ける必要がある。自信を得た段階で販売活動にも力を入れたい。

以 上

議事録

| | |
|--------------|-----------------------------------|
| 会議名/議題 | 12月ワークショップ |
| 日時 | December 12, 2013 09:25 – 13 : 10 |
| 場所 | |
| 面談者 | 繁永、岡部、高橋、斎藤、横山、内田（記録）、Bambang |
| 訪問者 | 参加者はリスト参照。 |
| 入手資料 | |
| 面談後、必要なアクション | 参加要望機関からのプロポーザル提出。 |

バンバン氏による開会の辞

水不足、気温上昇、海面水位上昇などの気候変動によって引き起こされる問題を指摘。また、インドネシアの排出の80%を占める森林・泥炭火災防止の重要性を強調。水の管理にはリアルタイムの監視が重要。洪水・旱魃対策（適応策）にSESAMEシステムが活用できる。地下水位について、今までは他データからの推定で予測をしていたが、SESAMEシステムは実測する。SESAMEシステムを実際に設置したジェンベルにあるコーヒー・カカオ研究所、ジャティールフルダムを管理するジャサ・ティルタ2の高い評価や現地新聞KompasによるSESAMEの記事を紹介した。

気象庁（BKMG）による発表

長官Andi氏による発表の予定であったが、急遽欠席を詫び、Evi Lutfiate氏が発表。2030年までに水文関係データの統合計画があり、2012年の大統領令による情報管理戦略に基づくSIH3という水資源情報管理システムを紹介した。BKMG、公共事業省（PU）、エネルギー・鉱物資源省（ESTM）とで共同実施とのこと。地方レベルでの管理は、各首長が決定権を持つ。

市民が水文情報を簡単に早く得られる事を目的として、この12月にポータルサイトを立ち上げた。PU、ESTMはデータサーバーを保有している。ポータルサイトの管理はBKMGがおこない、E-ラーニング機能の追加も検討している。主な提供データは、降水量実績・予測、農業天候、土壌水分、PUからは、出水量、河川水位などの水文情報を提供している。

また、気象庁は独自に、中央庁・地方支部の情報統合化を計画している。まず、10州から開始予定とのこと。

繁永氏によるSESAMEシステム紹介・デモ

高橋先生による発表

インドネシア泥炭SATREPSの活動紹介。インドネシアの泥炭からのGHG排出状況を伝え、泥炭地における水位確保の重要性を強調。

また、ジャティールフルダムでのパイロット調査において、を用いたジャティールフルダムで順調にSESAMEシステムによるリアルタイム水位計測が実施されている事を紹介した。

ジャサ・ティルタ2（第2水道公社）のHarry Sungguh氏による発表

ジャティルフルダムが作られたチタルム川の水資源を管理するジャサ・ティルタ 2 により、チタルム川について抱える問題および SESAME システム設置の要望が述べられた。

チタルム川は、その周辺の 22 万 6 千 Ha の地域の灌漑用水を提供している。将来は農業用地の半分以上に拡大予定。流域には 3 つの大きいダムが存在し、ジャティルフルダムは最も下流に位置する。農業用水管理には水位観測が重要である。ジャティルフルダムの排水開口部に設置された SESAME システムは順調に機能している。下流域では、上流水位が低くなり、支流に水が流れない事による洪水が起こる。そこに洪水対策として、リアルタイム・データ伝送が可能な SESAME 水位計を付けて欲しい。洪水管理には、リアルタイム計測が不可欠である。

さらなる要望としては、上流にある繊維産業の向上からの排水を管理するため、水位計測だけでなく水質計測のニーズもある。

プロジェクト共同計画 (Bambang 氏)

日本外務省には多数の ODA 案件の提案が寄せられる中、採用される案件は少ない。SESAME 要望のプロポーザルに、各機関の活用方法、ニーズを明記することが重要。みどり工学・KMC は、来年 4 月に 100 台位の供与を含む案件の提案書を提出する予定である。我々がまず、SESAME 要望のプロポーザルを出す必要がある。よい例として、コーヒー・カカオ研究所からのプロポーザルを紹介する。作成したプロポーザルは BPPT に提出して欲しい。BPPT が配分調整をおこなう。ODA プロジェクトでは、関係者によるコンソーシアムを形成して、インドネシアにとってより良いシステム設計を議論する計画である。

プロジェクト枠組みの説明 (岡部氏)

採択率は昨年、6 分の 1。皆さんからの目的、予算を明記したプロポーザルが重要である。あと 1 週間待つので、BPPT に提出して欲しい。機器供与の配分に関する最終決定はプロジェクト開始後におこなう。

Discussion、質疑応答

(Bambang 氏) 現在、合計 121 台の要望が来ている。

(ジャサ・ティルタ 2) 日本にあるみどりサーバー (クラウドサーバー) の管理について。日本にあつてどうやって管理するのか。

(繁永氏) みどり工学が責任もって、維持管理する。各機関の利用者は ID、パスワードでログインして安全性を確保する。将来的には、コンソーシアム・サーバーを設立し、インドネシア側の要望に応じて、自由に設定できるようにする予定である。

(ジャサ・ティルタ 2) 治水管理で 2 時間データが止まるのは危機的な状況となる。そうした場合、問題はデータが測定されていないのか、それともデータ伝送が滞っているのか。

(繁永氏) 色々な場合がある。サーバーの問題であれば、すぐにバックアップに切り替える。携帯網の接続問題もあるが、とにかく定期的な維持管理が大事である。ただ、2 時間データが来ないというのは現実には考えられない。また、測定されたデータは消えることはない。

(BMKG) BMKG 独自のサーバーが欲しい。

(繁永氏) 可能ではあるが、その場合、維持管理の責任はインドネシア側に移る。まずは、実際にデータを各機関に伝送できるようにする事が重要。

(BMKG) データの品質管理はどのようになされるのか。

(繁永氏) センサーの品質、設置状況がデータの品質に大きな影響を与える。センサー設置技術を含めて、コンソーシアムで議論し、技術者を育成する。一方、センサー故障の判断はグラフによりおのずと判るものである。

(BMKG) 利用者はデータに関してどの程度の権利を持てるのか。

(繁永氏) 得られたデータの利用は自由である。

(BMKG) 測定頻度はどの位か。

(繁永氏) 1-60 分間隔で自由に設定可能。10 分程度を推奨。送信間隔は通常 1 時間に 1 回。但し、危険状態では頻度を上げられる。最適な送信間隔はバッテリー容量との兼ね合いで決められるものである。

(BMKG) 他の機関の測定データも閲覧可能か。

(繁永氏) 各機関のデータアクセス権については、是非コンソーシアムで検討して欲しい。りそうとしては共用されるのが望ましい。そうすれば、データの利用効率が高まる。雨のデータ等の基本データは皆が見られる方がよい。

(ジャカルタ市災害対策機関) これまで色々なシステムが設置されており、全てのデータを統合して、一元化したい。SESAME システムのサーバー上で、他のデータを見る事は可能か。

(繁永氏) みどりサーバーでは、難しい問題がある。誰もその全データの管理に責任を持ってない。色々なサーバーがあるのであれば、データ統合は、最終的にインドネシア側で維持管理をおこなうコンソーシアム サーバーで実施して欲しい。

(ジャカルタ市災害対策機関) Telekomsel から CSR による GSM 通信費用の支援を受けている。それにより運営費用負担を減額できるか。

(繁永氏) Telekomsel からの支援が受けられるのであれば、その分減額する。我々も Telekomsel と交渉し、全機関に対する運営費用を低減したいと考えている。是非、Telekomsel の担当者を紹介して欲しい。

(Hydrosix の Endang) 私は長年 PU で計測データ遠隔伝送 (Telemetry) システムに携わってきたが、人材不足と責任機関の不在という 2 つの要因のために、そのほとんどのシステムが上手くいかない状況を見てきた。私は今回、SESAME システムを色々と見せてもらった結果、SESAME システムが大変有用なシステムだとわかった。BMKG の SIH3 は国家計画だが、そこにも SESAME システムが活用できる事を保証する。

現状は、各政府機関で別々のデータシステムを使っており、データ利用上、極めて非効率な状態である。もし、様々な機関が SESAME システムを利用する機会が与えられるならば、是非、データの統合化を検討し、国家計画として実施する事を提案したい。

(繁永氏) いい提案だ。SIH3 に水文データを供給する事は可能である。是非とも、コンソーシアムで規格化、統合化を議論して、国家プロジェクトとして進めて欲しい。

(Hydrosix の Endang) もう一つ、提案がある。今までのモニタリングは水量の測定が中心だったが、今後、水質測定にも目を向けて欲しい。

Bambang 氏による議論のまとめ

BPPT の Bambang 氏により、議論のまとめとして以下の 3 点が提案され、参加者の間で合意された。

1. SESAME システムを水門データのリアルタイム計測に利用する事に同意する。

2. 129 台の設置要望が出されているが、そのためのプロポーザルを作成して提出する。
3. インドネシアでの SESAME システム活用のためのコンソーシアムにおいて、議長は BPPT が務める。

SESAME システム要望のプロポーザルへの署名は、まず、BPPT が代表して日本チーム（みどり工学および KMC）との間で署名する。ただし、各機関のプロポーザル提出は必要である。参加機関選定の基準に基づいた記述をする事を期待している。

岡部氏によるホストとして締めくくりの言葉

我々が目指しているのは、日本から物を持ってくるだけではない。コンソーシアムで SESAME システムの発展性について議論し、インドネシアに最適なものを開発していきたいと思っている。

以 上

LIST OF PARTICIPANTS

**WORKSHOP: COOPERATION ON THE APPLICATION OF 'SESAME' TRECHNOLOGY BPPT, 12
DECEMBER 2013**

| NO. | NAME | DESIGNATION | TITLE |
|------------|-----------------------|---|----------------------------|
| 1 | Hiroshi Okabe | Kaihatsu Management Consulting | Consultant |
| 2 | Seiji Yokoyama | Midori Engineering Ltd | |
| 3 | Ryoto Ushida | Kaihatsu Management Consulting | Consultant |
| 4 | Hideyuki Saito | Hokkaido University | |
| 5 | Yukihisa Shigenaga | Midori Engineering Ltd. | |
| 6 | Hidenori Takahashi | Hokkaido University | |
| 7 | Nusa Toendan | PT. BNT | |
| 8 | Bambang Setiadi | BPPT | |
| 9 | Kuze Tsukiko | Interpreter | |
| 10 | Leonardo Ratuwalangon | PT. BNT | Consultant |
| 11 | Harry Sungguh | Jasa Tirta II | Director, Water Management |
| 12 | Hendra Rachtono | Jasa Tirta II | |
| 13 | Lina Agustini | Jasa Tirta II | |
| 14 | Izumi Mamoru | JICA | Project Coordinator |
| 15 | Harpian Hamzah | Balibangda (Research and Development Agency), Jambi | Secretary |
| 16 | Ahlul Wakti | Water Resources Council, Nusa Tenggara Barat | Head of Secretariat |
| 17 | Imam Mustofa | Indonesia Farmers Association | Vice Secretary General |
| 18 | Dadang Kurnia | PT. Bajabang (Rubber Estate) | |
| 19 | Ade Jahidin | PT. Pembangkit Jawa Bali, Badan Pengelola Waduk Cirata (Cirata Reservoir Management Agency) | |
| 20 | Drajat Sarjono | PT. Indonesia Power, Saguling Management Unit | |
| 21 | Dadang Kurnia | PT. Indonesia Power, Saguling Management Unit | |
| 22 | Dedi Nursyamsi | PT. Indonesia Power, Saguling Management Unit | |
| 23 | Haris Syahbuddin | Balitbangtan (Agricultural Research and Development Agency) | |

| NO. | NAME | DESIGNATION | TITLE |
|------------|-----------------------|--|---|
| 24 | Adi Jaya | Palangka Raya University | |
| 25 | Tony Julianto | PTPN XII (Nusantara Plantation), Surabaya | |
| 26 | Vonny C. Setiawati | Perum Jasa Tirta I | |
| 27 | Beta D. Hakim | Perum Jasa Tirta I | |
| 28 | M. Aris Tahir | PT. Inalum | Power Plant Division |
| 29 | Alfathdin | PT. Inalum | Power Plant Division |
| 30 | Yuki Arai | JICA | Representative |
| 31 | Yasuhiro Nagasaka | Embassy of Japan | First Secretary |
| 32 | Mohammad Ridwan Nur P | BMKG | Staff |
| 33 | Diah Kusumaningrum | Perum Jasa Tirta II | |
| 34 | Zainal Abidin | Perum Jasa Tirta II | |
| 35 | Akbar Chaidir H | Perum Jasa Tirta II | |
| 36 | Evi Luftiati | BMKG | Kabid Informasi Iklim |
| 37 | Astina | Agriculture Faculty, Tanjung Pura University Pontianak | Assistant Dean III |
| 38 | M. Evri | BPPT | Kabid Tek. Akunting SDA |
| 39 | Tiara Grace | BPPT | Staf |
| 40 | Arie Bayu Purnomo | Ministry of Public Works | Staff, Water Recourses Operational |
| 41 | Idham Riyando Moe | Ministry of Public Works | Staff, Water Recourses Operational |
| 42 | Briliyan Parmawati | Ministry of Public Works | Staff, Water Recourses Operational |
| 43 | Eka Hilda | Ministri of Environment (KLH) | |
| 44 | Eddy Akhirwan | Perpamsi (| Research and Development |
| 45 | A. Zazili | Perpamsi (| |
| 46 | Zulharman Djusman | Kontak Tani Nelayan Andalan Nasional (KTNA) – National Outstanding Farmers and Fishermen Association) | Communication and Information Department |
| 47 | Endang Wachyan | Hydrosix | Senior ADvisor |
| 48 | Bambang Surya P | BPBD (Regional Disaster Management Agency) DKI | Information Manager |

添付資料 4 調査時の写真



9月キックオフミーティングでの会議



キックオフミーティングでは、多数の政府機関関係者が参加



BKMG に招かれ、SESAME システムを紹介



長官を含む BKMG との会議



パイロット調査を実施したインドネシア最大の人造湖であるジャティールダム



ジャティールダムの多目的用途の一つである発電所



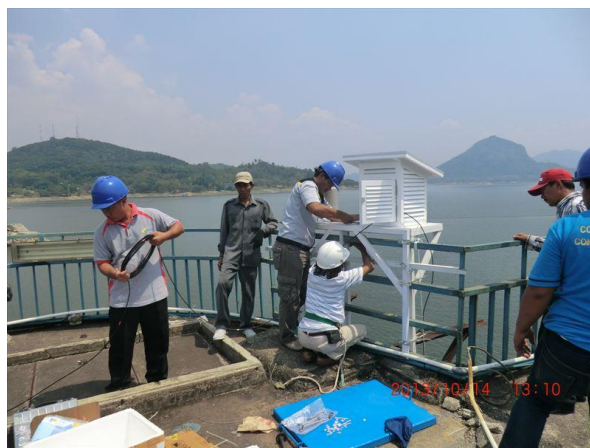
ジャティルフルダムを管理する
ジャサ・ティルタ 2 との会議



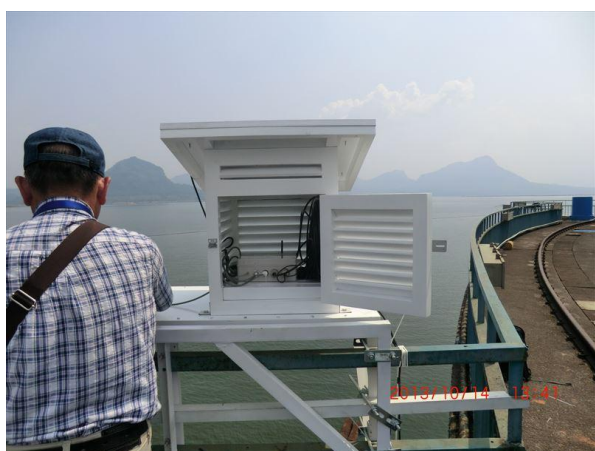
ジャティルフルダム SESAME システム設置個
所の確認



ジャティルフルダムでの設置の様子



ジャティルフルダムでの設置の様子



機器保護箱に納められた SESAME システム



ダムにおける湿気や硫化水素対策として、シリカ
ゲルや鉄粉を格納



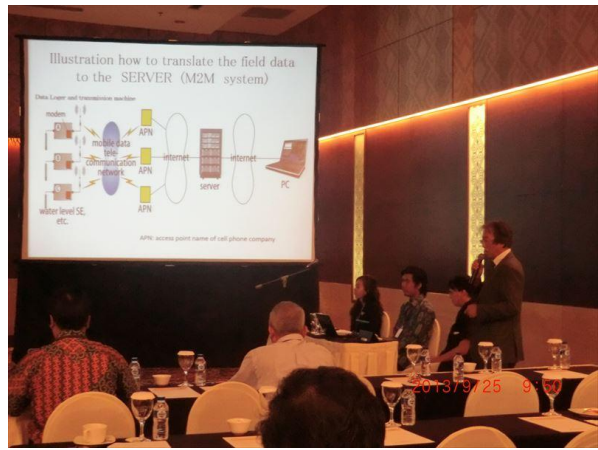
吸収量が多いため、シリカゲルや鉄粉は外部にも付帯させる



ジャティルフルダム訪問時、関係者と共に



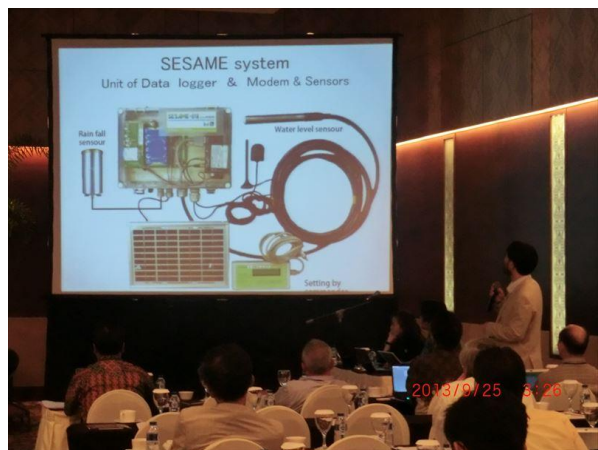
インドネシア泥炭 SATREPS 開催のワークショップ



SATREPS での SESAME システム活用に関する繁永氏の発表 (同 SATREPS ワークショップにて)



泥炭地での水位管理の重要性に関する高橋氏の発表 (同 SATREPS ワークショップにて)



樹木周長計測に活用される SESAME に関する斎藤氏の発表 (同 SATREPS ワークショップにて)



パラカラヤ郊外に設置された各種センサーと
SESAME II システム



ZigBee 方式で無線接続される SESAME III 親機と
子機



SESAME III システム子機 2枚の黒い太陽光パネ
ルの上の筒に納められ、水位計が接続される



SESAME III システム子機 こちらはデンドロメー
タが接続され、近辺に設置された親機と無線接続



親機と子機の無線接続実験



障害物のある状況での接続実験



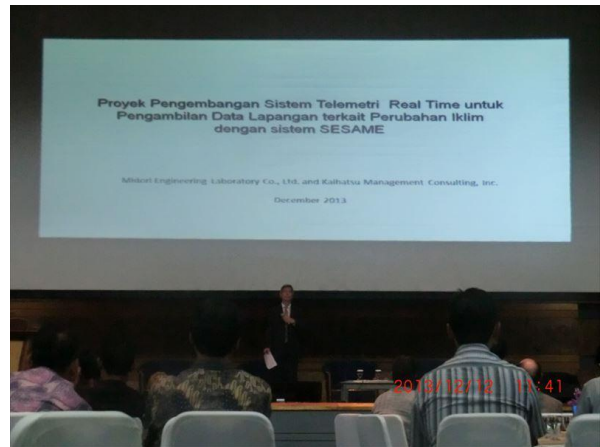
11月のワークショップで提案予定のODA 案件を関係者に提示



12月のワークショップで繁永氏から SESAME システムのデモをビデオで紹介



12月のワークショップでの高橋氏の発表



岡部氏から各機関に対し、SESAME 活用にかかるプロポーザル提出につき説明 (同ワークショップ)



団員が壇上に上がり、SESAME 活用に関するQ&Aセッションを実施 (同ワークショップ)



ワークショップ成功を祝う、司会者である BPPTバンバン氏と団員達 (同ワークショップ)