

**インドネシア国**  
**衛星情報を活用した森林資源管理支援**  
**事前調査報告書**

平成 20 年 9 月  
(2008 年)

**独立行政法人国際協力機構**  
**地球環境部**



## 序 文

日本国は、インドネシア国政府の要請に基づき、同国の森林資源管理のための森林リモートセンシングに係る技術移転を行い、既存の森林資源モニタリング及び調査システムを強化するとともに、これらに係る中央、地方の人材育成を図るための技術協力プロジェクト「衛星情報を活用した森林資源管理支援」を実施することとしました。

当機構は、2007年10月に第1回事前調査団を派遣し、要請内容の背景、衛星を活用した森林資源管理に係る現状と課題、及び実施体制等の把握及び他ドナーの活動状況確認等を踏まえてプロジェクトの概要案に合意しました。さらに、2008年2月に派遣した第2回事前調査において、プロジェクトの内容、実施体制等について検討を行い、合意内容を最終的なPDM案、PO案及び実施計画を含むR/D案として取り纏め、協議議事録(M/M)署名・交換を行いました。これらを踏まえて、2008年9月に最終的なR/Dが林業省森林計画庁長官及びJICAインドネシア事務所長間で締結され、同月から本体事業の開始に至ることとなりました。

本報告書は、今回の事前調査一連の結果を取りまとめるとともに、今後の協力の更なる発展の指針となることを目的としております。

終わりに、本件プロジェクトの立上げに至る過程でご協力とご支援を頂いた両国の関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成20年9月

独立行政法人 国際協力機構  
地球環境部部長 伊藤 隆文



# 目 次

序文

目次

略語一覧

現地調査写真

## 第 1 部 第 1 回事前調査・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

### 第 1 章 要請背景・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

### 第 2 章 調査団派遣・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2

#### 2-1 経緯と目的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2

#### 2-2 調査団の構成・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2

#### 2-3 調査日程・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3

#### 2-4 主要面談者・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3

### 第 3 章 調査結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6

#### 3-1 総括・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6

#### 3-2 プロジェクト実施の背景・・・・・・・・・・・・・・・・ 7

##### 3-2-1 森林の現状・・・・・・・・・・・・・・・・ 7

##### 3-2-2 インドネシア政府の林業戦略・・・・・・・・ 9

##### 3-2-3 REDD の動向・・・・・・・・・・・・・・・・ 11

#### 3-3 主要ドナーの動向・・・・・・・・・・・・・・・・ 16

##### 3-3-1 インドネシア森林セクター支援と関連ドナーの協力・・・・・・・・ 16

##### 3-3-2 CGIF と TGIF・・・・・・・・・・・・・・・・ 16

##### 3-3-3 CGI 森林ワーキンググループ・・・・・・・・ 16

##### 3-3-4 Forest Monitoring and Assessment System (FOMAS)・・・・・・・・ 16

##### 3-3-5 豪州のイニシアティブ (GIFC)・・・・・・・・ 17

##### 3-3-6 FAO の森林資源調査 (FRA2005)・・・・・・・・ 18

##### 3-3-7 既往の日本の支援成果の活用可能性・・・・・・・・ 18

#### 3-4 衛星情報を活用した遠隔探査技術の森林資源調査への活用状況・・・・・・・・ 20

##### 3-4-1 一般的な技術レベル・・・・・・・・・・・・・・・・ 20

##### 3-4-2 プロジェクト実施上の現地リソースの活用・・・・・・・・ 20

#### 3-5 インドネシア国の森林資源管理に係る現状と課題、将来構想・・・・・・・・ 21

##### 3-5-1 森林計画庁の実施体制 (中央、地方)・・・・・・・・ 21

##### 3-5-2 リモートセンシング、GIS の現状と課題・・・・・・・・ 21

##### 3-5-3 ALOS (だいち) の活用・・・・・・・・・・・・・・・・ 26

##### 3-5-4 新規案件における PALSAR と MODIS の利用・・・・・・・・ 35

第 2 部 第 2 回事前調査	37
第 1 章 調査団派遣	37
1-1 調査団派遣の経緯と目的	37
1-2 調査団の構成	37
1-3 調査日程	38
1-4 主要面談者	39
第 2 章 調査結果	41
2-1 総括	41
2-2 FRIS (Forest Resource Information System) イニシアティブ	42
2-3 インドネシアにおける REDD の動向と本件の位置付け	45
2-3-1 気候変動枠組条約第 13 回締結国会議等での REDD 等を巡る動き	45
2-3-2 COP13 に向けたインドネシアの政策開発	46
2-3-3 他先進国等の REDD 支援の動向	46
2-3-4 REDD 実証活動への位置付けについての協議	47
2-4 実施体制	48
2-4-1 技術移転及び訓練の実施体制	48
2-4-2 ボゴール農科大学 (IPB) との協力体制	48
2-4-3 タイムスケジュール	50
2-5 UPT の現状と訓練ニーズ	50
2-6 必要な機材	53
参考 PALSAR と他技術の比較	55
第 3 章 事前評価表	58
付属資料	67
1. 第 1 回事前調査先方あてレター	69
2. 第 2 回事前調査 M/M (先方あて補足レター含む)	85
3. R/D	111
4. BAPLAN 組織図	129
5. FIELDTRIP REPORT	131
6. 各種プレゼンテーション資料	147

## 略語一覽

AAC	Annual Allowable Cut
ALOS	Advanced Land Observation Satellite
BAPLAN	<i>Badan Planologi Kehutanan</i>
BPKH	<i>Balai Pemantapan Kawasan Hutan</i>
COP	Conference of the Parties
CGIF	Consultative Group on Indonesian Forestry
FCPF	Forest Carbon Partnership Facility
FOMAS	Forest Monitoring and Assessment System
FRA	Forest Resource Assessment
FRIS	Forest Resource Information System
GCMS	Global Carbon Monitoring System
GERHAN	<i>Gerakan Rehabilitasi Hutan dan Lahan</i>
GIFC	Global Initiative on Forests and Climate
GIS	Geographic Information System
IFCA	Indonesian Forest Climate Alliance
IPB	<i>Institut Pertanian Bogor</i>
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency
LAPAN	<i>Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional</i>
LULUCF	Land Use, Land Use Change and Forestry
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
PALSAR	Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar
REDD	Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation in Developing countries
SAR	Synthetic Aperture Radar
SBSTA	Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice
TGIF	Technical Group on Indonesian Forestry
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
UPT	<i>Unit Pelaksana Teknis</i>



## 現地調査写真

### 【第1回調査時】



BAPPENAS との協議



BAPLAN での調査



BAPLAN 幹部との協議



ドナーとの協議

### 【第2回調査時】



BAPLAN とのミニッツ協議



ドナーとの協議



BAPLAN 執務室の様子



調査団と BAPLAN 長官（右から3人目）



林業省官房長との面談



テストサイト候補地の視察（中央カリ）



UPT での協議（ジョグジャ）



テストサイト候補地の視察（ジョグジャ）

【R/D 署名式】



署名式の様子①



署名式の様子②



署名式の様子③

## 第1部 第1回事前調査

### 第1章 要請背景

貴重な生物種を抱くインドネシアの熱帯・亜熱帯森林や湿地帯は、ブラジル、コンゴ民主共和国に次いで世界第3位の面積（約1億2千万ha）を有する。一方、毎年2%前後の面積が減少しているとされており（FAO,2005）、「イ」国のみならず世界的に生物多様性保全の観点から大きな問題となっている。

この原因としては、森林火災、違法伐採・製材加工及び農業等への無計画な土地転用等が挙げられているが、これらの背景としては、①森林資源モニタリングの精度及び森林・土地利用に関する情報の未統合に起因する信頼度の低さ、②土地利用等の許認可などに関する関係行政機関との調整の欠如、③急激な地方分権に伴う法的・制度的混乱、などが挙げられる。ある一定程度の精度と信頼性をもった森林資源情報を入手し、関係機関（省庁や地方分権下の各種政府機関、民間企業等）が共有すること、並びに同情報に基づく適切な森林資源管理計画を立案・実施することが、これらの要因の有効な解決策の一つである。こうした森林資源管理において、インドネシアのような大国では、衛星情報を活用したりリモートセンシング技術の活用が必須となってきている。

インドネシアでは、80年代から米国のランドサット衛星を活用して国家森林インベントリー（National Forest Inventory）を策定し、これを3年に1回の割合で更新してきている。ところが、同衛星は光学センサを使用しているため、雲の影響により判読できない地域（特にカリマンタン州）が生じ、同インベントリーの精度に問題が生じている。このため、このような地域における植林・伐採計画の立案、保全地域における農地への土地転用や違法伐採等の把握と対策、といった施策を講じることが困難な状況となっている。こうした中、雲を透過することが可能なマイクロ波センサである PALSAR を搭載し、かつ頻繁な地上観測が可能な地球観測衛星である「だいち（ALOS）」に期待が高まっている。

本案件は、森林資源管理のための森林リモートセンシングに係る技術移転を行い、既存の森林資源モニタリング及び調査システムを強化するとともに、これらに係る中央、地方の人材育成を図るものであり、2007年度新規案件として採択された。

また、インドネシアは、2007年12月にバリで開催される COP13 のホスト国となっており、京都議定書第二約束期間において適用が検討されている REDD (Reducing Emissions from Deforestation in Developing countries<sup>1</sup>) の導入に積極的な姿勢を見せている。本プロジェクトについても、REDD の観点を含めた案件形成の必要性について指摘がなされており、その実現可能性について様々な角度から検証する必要が生じていた。

---

<sup>1</sup> 森林減少に伴う二酸化炭素の排出を削減することに対して、当該途上国に気候変動枠組条約における排出削減クレジットを与えるなど、インセンティブを付与する仕組み。モントリオールの COP11 以来、第二約束期間（2013年～17年）への適用について議論がなされている。

## 第2章 調査団派遣

### 2-1 経緯と目的

上述第1章（要請の背景）を踏まえ、インドネシア国林業省等を通じて、プロジェクト基本計画、協力内容、実施体制等についての協議を行ない、最終的なPDM及びPOを含むR/D案及び実施計画案をとりまとめ、林業省とM/Mの署名・交換を行う。また、評価5項目の観点から、プロジェクト計画を評価する。以上をとりまとめた事前評価調査報告書を作成することが、事前評価調査全体の目的である。

しかしながら、2006年度の要請・採択以降、REDD等の新たな動きを含め、気候変動に対する国際的な議論が活発化する中で日伊両国間の政策的動向の影響もあり、当該プロジェクトで対応すべき課題のカバレッジ等に関する不確定要素が大きくなったこともあり、1回の事前評価調査で具体的な協力のフレームワーク合意に至ることが困難であるとの判断がなされた。したがって、まずは基礎的な情報収集を行う第1回調査（本調査）、そしてそれを踏まえてプロジェクト詳細を立案し計画評価を実施する第2回調査の2段階で実施することとなった。第1回目に当たる本調査の目的は以下のとおりである。

#### 第1回調査の目的

- (1) プロジェクト実施の背景、他ドナーや現地リソースの意向、インドネシアの森林資源管理に係る現状と課題、将来の構想等について把握する。
- (2) プロジェクトが実施された場合、その成果が（森林資源情報）どのように活用されて、どのような森林資源管理上の成果につながりうるのかを把握する。
- (3) 上記結果をレポートに取りまとめ、先方に提出する。

### 2-2 調査団の構成

担当分野	氏名	所属
団長/総括	中田 博	国際協力機構 国際協力専門員
森林計画	松本 康裕	農林水産省林野庁 森林整備部研究・保全課 国際研究連絡調整官
衛星画像解析	栗屋 善雄	森林総合研究所 森林管理研究領域 チーム長（環境変動モニタリング担当）
協力計画	真野 修平	国際協力機構 地球環境部 第一グループ 森林・自然環境保全第一チーム 職員

## 2-3 調査日程

月日	曜日	行 程	宿泊地
9/30	日	ジャカルタ着（団長：シガポール・JKT SQ952 07:40-08:15、その他 団員：成田・JKT JL725 11:25-16:50）	ジャカルタ
10/1	月	9:00 JICA 事務所（花里次長、岩井所員） 11:30 在インドネシア日本国大使館（川口書記官） 13:00 国家開発企画庁（BAPPENAS）（Edi 局長） 15:30 林業省森林計画庁（Yetti 長官他） 16:30 JICA 専門家（宮川専門家、佐藤専門家）	ジャカルタ
10/2	火	8:00 林業省官房長（Boen 長官）（団長のみ） 9:00 ドナーミーティング（WB,EU,AusAID,USAID,UNDP,GTZ） 13:00 Dr.Rizaldi（IPB 気象学教授兼 UNDP アドバイザー） 15:30 クヌハラムサラク国立公園管理計画プロジェクト事務所 16:00 NGO（Perkumpulan Telapak, Forest Watch Indonesia,WCS Indonesia）	ジャカルタ
10/3	水	8:00 林業省研究開発庁（Wahjudi 長官）（団長のみ） 9:00 インドネシア政府とのミーティング（林業省各局、環境省、 LAPAN、Bakosurtanal 等） 13:00 林業省生産林総局（Hadi 総局長）（団長のみ） 17:30 ホゴール農科大学（IPB）教授	ジャカルタ
10/4	木	8:00 AusAID との電話会議 15:00 レポート協議（Yetti 長官他）	ジャカルタ
10/5	金	11:30 在インドネシア日本国大使館（岡庭公使、川口書記官） ジャカルタ発（団長：JKT・シガポール SQ967 20:15-22:50、その他 団員：JL726 22:15-）	機内
10/6	土	大阪着（団長：SQ618 01:10-08:35） 成田着（その他団員：JL726 07:40）	

## 2-4 主要面談者

National Development Planning Agency(BAPPENAS)

Edi Effendi Tedjakusuma, Ph.D

Ministry of Forestry

Dr.Ir.Boen M.Purnama,M.Sc., Secretary General

Mr.Yuyu Rahayu, Director of Bureau of International Cooperation

Forestry Planning and Programming Agency

Dr.Ir.Yetti Rusli,M.Sc., Director General

Dr.Ir.Hermawan Indrabudi, M.Sc., Head of the Center for Forest Inventory and Mapping

Dr.Wardoyo,MF

Dr.Ir.Belinda Arunarwati, Center for Forestry Planning and Statistic (FOMAS 担当)

Directorate General of Forestry Production Management

Dr.Ir.Hadi S.Pasaribu, M.Sc., Director General

Ir. Jansen Tangketasik, M.Sc., Deputy Director

Forestry Research and Development Agency

Ir.Wahjudi Wardoyo,M.Sc., Director General

World Bank, Jakarta

Dr. Timothy H.Brown, Sr.Natural Resource Management Scientist

Agustinus W.Taufik,Ph.D, Senior Forest Governance Specialist

EU

Mr. Jozsef Micski, Liaison Manager, EC-Indonesia FLEGT Support Project

AusAID

Mr. Grahame Applegate, Technical Advisor, PT. URS Indonesia (コンサルタント)

Ms. Melissa Tipping, First Secretary, Global Initiative on Forest and Climate (GIFC)

USAID

Mr. Reed Merrill, Deputy Chief of Party & Watershed Management Advisor,

Environmental Services Program

Ms. Suzanne Billharz, Water and Environment Specialist

GTZ

Mr. Georg Buchholz, Principal Advisor

Perkumpulan Telapak

Mr. A. Ruwindrijarto, Ketua Badan Pengurus Perkumpulan

Forest Watch Indonesia

Mr. Christian P.P.Purba, Executive Director

Mr. Wirendro Sumargo, Coord.Public Campaign & Policy Dialogue

WCS Indonesia

Mr. Bonie Fajar Dewantara Adnan, Remote Sensing Analyst

Bogor Agricultural University(IPB)

Dr. Hendrayanto (林学部長)

Mr. Haryanto R.Putro

Dr.Ir.Lilik Budi Prasetyo, M.Sc.

I Nengah Surati Jaya, Ph.D

Dr.Ir.Hariadi K.

Dr. Rizaldi Boer

在ジャカルタ日本国大使館

経済公使 岡庭 健

書記官 川口 大二

JICA 個別専門家

宮川 秀樹 (森林・林業国家戦略実施支援アドバイザー)

JICA プロジェクト専門家

・森林地帯周辺住民インシアティブによる森林火災予防計画プロジェクト

佐藤 英章 (チーフアドバイザー (森林政策・森林火災予防計画))

・ゲヌハリム - サラク国立公園管理計画プロジェクト

久保木 勇 (業務調整/環境教育/研修)

西田 幸次 (協働管理支援)

JICA インドネシア事務所

次長 花里 信彦

所員 岩井 伸夫

PO Rika Novida

## 第3章 調査結果

### 3-1 総括

今回の現地調査及び出張前の準備調査等から入手できた情報及び関係者との意見交換結果より得られた結論と調査団としての提言は以下のとおり：

(1) 本案件の基本が、要請書どおり、衛星遠隔探査技術を活用した森林資源調査能力の向上であることが確認された。

(2) 一方、要請書が提出されて以降の諸般の変化から、当初要請書に記載されていた「伐採コンセッション単位の年間許容伐採量の算定等」ではなく、「PALSAR (JAXA の ALOS 衛星に搭載されているマイクロ波センサー) /MODIS などの、熱帯降雨林を広く覆う雲に強い遠隔探査技術を活用した広域の定期的森林資源アセスメント」と「遠隔探査技術等を用いた林業省の森林資源調査システム運用に関する職員の訓練」の二点に力点を置くことが担当総局長より要望された。その方向性に関し、関連ドナー、NGO、インドネシア政府関連機関などより基本的な支持が表明された。

(3) 本来は、同時に、類似の事業を運営する機関との調整や、森林資源アセスメント情報を利用する機関（地方政府も含む）との協議、GIS 統合化の推進なども必要であるが、これら活動は多大な労力と時間を要する。これら複雑な事案は、世界銀行と林業省の間で調整中の FOMAS のアンブレラフレームワークを通じてマルチドナーで取り組むことなどが現実的であり、既往の実績からひとつのプロジェクトで担うには重すぎることは明白である。プロジェクトの形成及び実施にあたっては、1) FOMAS Consortium との情報交換；、2) 大使館レベルで開催されている協議；などを通じて協力することにより、プロジェクトの成果や日本政府の協力のプレゼンスを増すことができる。

(4) FOMAS の傘下のプロジェクトとするかどうかに関しては、林業省内に世界銀行の姿勢に慎重な意見もあるところ、当面、プロジェクトの形成・実施に際し、FOMAS Consortium との情報交換を積極的に行い、また、林業省とドナーの意見調整に貢献することが得策と考えられる。進展次第では、林業省（官房長を中心に）と意見交換を行い、このプロジェクトを FOMAS 傘下に位置づける選択肢も残しておくことが望ましい。

(5) また、PALSAR 技術の導入により、気候変動枠組条約第二約束期間以降に導入が想定される REDD (森林減少や劣化による温暖化ガス排出の削減) のアカウントリング手法の開発（従来型の森林資源アセスメントインフラを利用した二酸化炭素アカウントリング）に貢献できる可能性がある。具体的には、現時点では、

- ・既往の衛星情報を使った遠隔探査技術で判読できなかった森林劣化 (Degradation) を 3 レベル程度まで判読できる可能性があること；と、
- ・現在一単位 6.25ha である森林資源情報の一区画を京都議定書 3 条 3 項の森林減少の評価単位である 1ha にも互換できる可能性が高いこと；が挙げられる。

これに関し、今回意見交換を行ったオーストラリア政府関係者からは、大きな貢献となるとの期待が表明された。このプロジェクトを UNFCCC プロセスの下のパイロットプロジェクトに位置づける方向で、両国政府間で調整することも検討に値する。

(6) 今後の段取りとしては、1) 林業省よりの PDM (案) の提出 (2007 年 10 月中)；2) 第 2 回事前評価調査 (2008 年初)；3) R/D 署名 (2008 年度内)；プロジェクト開始 (2008 年度上半期)；が想定される。

(7) 本案件設計上の基本は、1) 森林資源調査の充実；2) その REDD への拡張性の実証；3) 日本の機関による PALSAR 技術の活用に関する技術開発への貢献；などと考えられる。

## 3-2 プロジェクト実施の背景

### 3-2-1 森林の現状

本節は、既存文献に基づき記述する。

#### 3-2-1-1 インドネシアの森林区分

インドネシアは、ブラジル、コンゴ民主共和国に次ぐ世界第3位の熱帯林保有国である。インドネシアの森林面積は、2005年現在、8,850万haであり、これは内水面を除く国土の49%に相当する。(FAOのFRA2005より)

インドネシアの森林は、国有林と権利林(民有林)の二つに分けられるが、天然林は原則として国有林である。

国有林は、原則として次の4類型に分類される。

- 保護林 (protected forest) : 自然公園など保護すべき森林
- 保安林 (conservation forest) : 水源かん養、土砂流出防備などの機能を期待する森林
- 生産林 (production forest) : 木材生産を行う森林
- 転換林 (conversion forest) : 宅地や農地への転換が予定されている森林

FRA2005によれば、2005年現在、保護林は28%、保安林は19%、生産林は54%を占めている(この統計上、転換林は生産林の54%の中に含まれると思われる)。

#### 3-2-1-2 森林の減少とその原因

インドネシアでは、現在、急速な森林減少が起きており、毎年187万haの森林が失われている(2000~2005年の年平均値)(FRA2005より)。森林減少の原因として、急激な地方分権下における法律や制度の混乱、債務を抱える木材産業の過大な加工キャパシティ(世界銀行の非公式な推定では、2001年時点で天然林の年間許容伐採量2,000万立方メートルに対し、産業の加工キャパは8,000万立方メートル弱と推定された。債務返済のため、キャッシュフローを滞らせることができず、ほぼフル稼働しているものと推定された)、無秩序な国内移民による開墾、セクター間の許認可や土地利用の未調整、違法伐採、森林火災、土地利用転換などが挙げられる。

違法伐採は、一般的に、それぞれの国の法律に反して行われる伐採を指す。具体的には、伐採許可区域以外での伐採、伐採許可量を超える伐採等である。英国とインドネシアの合同調査では、インドネシアで生産される木材の50%以上が違法伐採材であると報告されている。伐採権がある場合でも、伐採権取得時の違法行為や、国立公園や保護林内に伐採権が許可されていたり、同じ場所にHPHとHPHHの両方が許可されていたりするケースなどが見られる。その要因として、国際市場を含めた需要と供給のアンバランスや、汚職・癒着・縁故主義の蔓延のほか、地方分権化による混乱(例えば、共和国の法律と地方政府の法律に整合性がなく、どちらの法律が上位なのかの判断も不明確なため、違法性の定義ができていない)が指摘されている。

森林火災について、インドネシアでは周期的に訪れる異常乾季に伴い、1982~83、1987、1991、1994、1997~98、2002年に大規模な火災が発生している。特に1997~98年の森林火災は、規模の大きさから国際的に注目された。森林火災による被害面積については、政府、

国際機関等による推計値が大きく異なり、正確な値は把握できていない。ADB/BAPPENAS の推定値では、1997～98年の火災による森林の焼失面積は510万haとされている。火災の原因として、エルニーニョによる乾燥のほか、90年代には用途転換のための森林開発を目的とした火入れや焼畑への火入れ等の火を管理しきれず、周囲の森林・原野へ延焼して大規模な火災に拡大するケースが多いと推察されている。また、近年、アカシア・マンギウムの産業造林地や天然林が択伐された二次林など、森林火災の被害を受けやすい森林が増えていると考えられている。JICA 森林火災予防計画プロジェクトの分析によると、2000年以降、旧伐採コンセッションに侵入した国内移民により開墾されたとされる小規模農地の地ごしらえのための無数の小規模火災が全体面積の6割以上を占めているとされている。一方、カリマンタン、スマトラ等の低地には泥炭層があり、これらは通常、湿地であるが、異常乾季には非常に乾燥することがある。一度、泥炭層に火が入ると、大量の可燃物が長期間燃え続けることになる。

農地や産業植林地への土地利用転換も、天然林の面積減少の要因となっている。特に、オイルパーム・プランテーションへの転換によるものが大きい。インドネシアにおけるオイルパーム・プランテーションの面積は、1967年に10.6万haだったのが、2000年には約300万haに達している。そのほとんどがスマトラとカリマンタンに集中している。1996年時点で、インドネシア政府がオイルパーム栽培事業許可を出している面積は913万haである。今後の栽培予定地の大部分がパプアである。ただし、林業省は森林保全の政策にシフトしており、現計画以上に新たにオイルパーム植林を行うことはしない方向ではあるが、他省庁との調整の進捗は芳しくなく、スマトラの低地を中心に、現実には拡大の一途をたどっていると言われている。

また、インドネシア択伐システム（TPTI：3-2-1-3 参照のこと）そのものに木材生産上の持続性がなく、EU等の援助プロジェクトなどもTPTIの見直しを支援しようとしたが、進展していない。

定期的な森林資源調査（インドネシアでモニタリングと呼ばれている違法行為などの監視も含む）を通じた問題の把握と法執行が望まれるが、頻度、精度、雲によるランドサット情報の限界など、技術的な改善点も多い。

### 3-2-1-3 国有林地における林産物利用権

国有林における伐採権は3つに大別される。

森林伐採事業権（HPH）生産林におけるチーク、フタバガキなど、木材として有用な樹種の販売を目的に、民間伐採業者の大規模な伐採行為に与えられる権利。

林産物採取権（HPHH）生産林において木材だけでなく、籐や果実など木材以外の産物を採取する権利。最大面積100haまでの小規模伐採権。個人・組合・法人に認められ、有効期限は1年間<sup>2</sup>。

木材利用許可（IPK）林地において産業造林（HTI）やアブラヤシ（オイルパーム）

<sup>2</sup> 地方分権化に伴い2000年に県／市へ許認可権が譲渡されたが、この濫発が森林破壊に拍車をかけているとの理由から、2002年には県／市政府のこの権限は廃止され、州の権限へと戻された（「インドネシアの森は誰のもの？」日本インドネシアNGOネットワーク（2004））。

などのプランテーション開発を行う際、整地に伴い樹木を伐採し、販売する権利。林業公社、民間企業、協同組合に認められ、有効期限は1年間。皆伐が行われる。

このほか、地域住民による自家消費用の慣習林での伐採などがある。

HPH 業者は、インドネシア択伐方式 (TPTI) を遵守しなくてはならないとされている。これは、伐採区域を 35 の区画に分け、1 年間に 1 区画ずつ伐採していく方法で、伐採できる木材は、直径 50cm 以上である。伐採事業者は、伐採後は商業樹種を植林することが義務づけられているほか、35 カ年事業計画、5 カ年事業計画 (RKL)、年間事業計画 (RKT) を提出しなければならない。

2002 年以降の法改正により伐採権の名称等の変更が行われている。それらの施業方法等を示す大臣規則や大臣決定等の下位法はまだ一部しか公布されておらず、詳細規定は改訂作業中の模様である。新たな伐採制度については、全国木材組合連合会 (2007) に詳述されている。

現行の制度では、従来の HPH に相当するのは天然林木材林産物利用事業許可 (IUPHHK) であり、最長 55 年の周期の天然生産林伐採のために与えられる。HPH のときと同様、伐採事業者は事業計画 (RK)、5 カ年作業計画 (RKL)、年間事業計画 (RKT) を提出しなければならない (RK 及び RKL は林業省生産林総局長 (BPK 長) へ、RKT は州森林局長へ)。BPK 長は州ごとの年次伐採割当量を制定し、州森林局長はこれを基に RKT を承認する。また、伐採・収穫を行おうとする者は、立木調査を実施して、州森林局長へ報告しなければならない。

したがって、大きな流れとして、共和国政府機関 (林業省など) と地方政府機関 (県や州の森林局など) の間での一貫したシステムの運用が必要であるが、現実にはこれら機関が緊張関係下にお互い排除する傾向があるため、システムが機能しないケースも多い。援助事業でも、カリマンタンやスマトラを中心に、共和国政府機関と地方政府機関の協力関係強化や制度の一貫性をめざしたものが 90 年代後半より複数実施されたが、いずれも期待された成果を挙げる事ができていない複雑な問題であると言える (例: 南・中央カリマンタン生産林プロジェクト (EU) など)。

### 3-2-2 イ政府の林業戦略

インドネシアでは、1970 年代以降、木材産業 (特に雇用吸収力の大きい合板製造) の育成に国家的に取り組み、工業用原材料としての天然林資源の開発を政策の根幹とした。90 年代に入り、森林資源の減少と劣化の傾向が顕著となったが、政策の変更は行われず、2000 年代に入り、メガワティ政権下でプラコサ林業大臣が森林保全に政策をシフトさせるまで継続された。

#### 3-2-2-1 国家中期開発計画

インドネシア国家中期開発計画 2004~2009 では、第 32 章「天然資源管理と自然環境の機能保全の改善」において、森林セクターが取り上げられている。まず問題点が挙げられ、次に森林開発の目標が示され、その目標達成のための政策の方向性が掲げられている。

### 【問題点】

- ・インドネシアの森林の状況が低下し続けている。
- ・持続可能な森林管理システムが最適に実施されていない。
- ・森林管理の権限・責任の分配が明確でない。
- ・違法伐採・木材密輸に対する法の確立が弱い。
- ・森林管理者の能力が低い。
- ・木材以外の林産物・環境サービス利用が発達していない。

### 【森林開発の目標】

- ・違法伐採と木材密輸撲滅における法の確立
- ・インドネシア全州のマスタープランにおける森林地域の策定
- ・森林管理組織の策定完了
- ・木材林産物の付加価値と利益の最適化
- ・非木材林産物の生産の 2004 年からの 30%増加
- ・森林経済開発の基盤としての最低 500 万 ha の産業林 (HTI) の増加
- ・水の供給とその他の生活を支えるシステムを保障するための 282 の優先流域 (DAS) の森林の保全と土地のリハビリ
- ・中央・地方が合意した権限と責任の分配を通じた森林地方分権
- ・政府、事業家、国民の森林保護管理におけるパートナーシップの増加
- ・革新的な科学技術の森林セクターへの導入

### 【政策の方向性】

- ・森林管理における国民の直接関与を向上することにより、森林管理システムの改善、流域 (DAS) の組織協調・強化の向上、監督強化と法の確立
- ・森林開発の権限と責任分配に関する政府レベルの合意の達成と実施
- ・森林管理における既存リソースの効果の向上
- ・特定地域におけるモラトリアムの発効
- ・非木材林産物と環境サービスの最適な活用

なお、今回の調査で、BAPPENAS の林業・水資源保全課の Edi 課長が、2009 年以降の次期中期開発計画を、2008 年のデータに基づいて策定することを予定していると述べていた。

#### 3-2-2-2 林業省 5 年戦略

林業省は、2005 年 2 月に 2005 年～2009 年の 5 年戦略を発表している。この中で、6 つのミッションが示されている。

#### 【6 つのミッション】

- 1) 森林の地位の向上
- 2) 水源かん養機能を含む森林の多様や機能の最適化
- 3) 流域管理機能の最適化
- 4) 住民参加の促進

- 5) 林産物の分配の適正化
- 6) 中央政府と地方政府の連携の強化

### 3-2-2-3 カバン林業大臣の優先施策

カバン林業大臣は、6つのミッションと5つの優先施策を示している。

#### 【6つのミッション】

- 1) 適正な森林の配置とサイズの確保
- 2) 森林の多面的機能の発揮
- 3) 流域の機能と許容能力の最適化
- 4) 森林管理における地域社会の役割の強化
- 5) 森林資源の持続可能な便益と公平性の確保
- 6) 国・地方レベルでの関係セクターとの森林ガバナンスに関する調整の強化

#### 【5つの優先施策】

- 1) 違法伐採と関連貿易への対処
- 2) 森林セクター、特に木材産業の再活性化
- 3) 森林資源の復旧と保全
- 4) 森林周辺の地域社会経済の強化
- 5) 持続可能な森林経営の推進と強化

### 3-2-3 REDD の動向

#### 3-2-3-1 REDD とは

REDD とは、「途上国における森林減少に由来する排出の削減」Reducing Emissions from Deforestation in Developing Countries のことである。「森林減少・劣化に由来する排出の削減」Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation の略称として用いられる場合もある。我が国政府は、一般に後者の略称として用いている。

森林減少に伴う温室効果ガス（二酸化炭素）の排出は、世界全体の排出量の約 20%を占めると言われている。その大半が、途上国における森林減少に由来するものである。ところが、現行の京都議定書では、途上国にとって、森林減少を抑制するインセンティブが働かない。新規植林・再植林については CDM の対象となるため、複雑な手続き等の制約はあるものの、曲がりなりにもインセンティブが働き得る。これに対し、森林の維持・保全は CDM の対象となっておらず、また途上国は排出削減義務を負っていないことから、現存する森林を守ることに對しては、京都議定書上、特に途上国にとってメリットはない仕組みになっているためである。

このため、気候変動枠組条約の第 11 回締約国会議（COP11）（2005 年 12 月）において、パプアニューギニア及びコスタリカが、途上国が森林減少に由来する排出を削減することに対してインセンティブを与える仕組みを次期枠組で導入することを提案した。これが REDD である。

具体的には、まず、過去の経緯等から予想される将来的な排出量（ベースライン、参照シナリオなどと呼ばれる。）を設定し、この排出量よりも実際の排出量が下回った場合に、排出削減量に応じて何らかの形で先進国から資金供与を行うというスキームである。資金供与のメカニズムとしては、クレジットを付与して炭素市場に委ねる方法や、先進国の拠出による基金から資金供与を行う方法等が考えられている。

現行の排出源 CDM と似ているが、CDM が個別のプロジェクトを対象としているのに対し、REDD は途上国の森林セクター全体が対象となる点で大きく異なる。REDD は、次期枠組検討に向けて一部で提案されている「セクター別 CDM」の一種であると言えるだろう。

REDD は、COP11 で提案されて以降、同条約の「科学上及び技術上の助言に関する補助機関会合（SBSTA）」で議論されてきている。SBSTA の下で2回のワークショップが開かれるなど議論が重ねられているが、技術論的・方法論的事項や資金的枠組等について締約国間で意見の一致を見ていない点が多い。主な論点として、①ベースラインの設定方法、②モニタリング手法、③資金メカニズム、が挙げられる。

ベースラインについては、不適切な設定が行われると、少しの努力で過大な排出削減量（いわゆるホットエアー）が発生しかねない。また、途上国にとっては、ベースラインの設定方法いかんにより、自国が相対的な有利になったり不利になったりする可能性がある。

モニタリング手法については、途上国に過大なモニタリング精度を求めた場合、途上国の参入を阻害する懸念がある。一方で、モニタリング精度の要求を緩めすぎた場合は、最終的に資金供与を求められる先進国から批判が生じる可能性がある。また、特に森林減少が問題となっている熱帯林においては、現地調査によるモニタリングが困難なことが予想される。すなわち、費用対効果が高く、かつ最低限必要な精度が得られるモニタリング手法の開発が求められており、衛星データの活用が期待が寄せられている。

資金メカニズムについては、前述のとおり、クレジットを付与し、先進国の排出削減義務を背景とする炭素市場から資金調達を行う市場メカニズム方式と、先進国の拠出によって基金を設け、そこから資金供与を行うという非市場メカニズム方式とが考えられる。基本的には市場メカニズム方式が前提とされているが、非市場メカニズム方式を強く主張する締約国もある。

これらの論点について議論を進めるためには、パイロットプロジェクトを行ってみる必要があること、また、実効性のある REDD スキームの構築やその実際の開始に向けて、途上国のキャパシティビルディングが必要であることが、概ね合意されている。

SBSTA での検討結果は、第13回締約国会議（COP13）（2007年12月、バリ（インドネシア））で報告される予定であるが、まだ多くの点で結論は出ておらず、中間報告となることが予想される。COP13 では、今後の検討プロセスについて検討され、COP13 以降も議論は継続するものと思われる。

なお、REDD に係るパイロットプロジェクトやキャパシティビルディングの一つとして、2007年2月、世界銀行が「森林炭素パートナーシップ基金（Forest Carbon Partnership Facility（FCPF）」を提案した。先進国等が拠出して基金を設け、途上国に対して森林の炭素蓄積量

の推定等に係るキャパシビリティビルディングを行うとともに、炭素市場メカニズムの活用を想定したパイロットプロジェクトを実施するというものである。2007年9月の世銀理事会で承認され、12月のCOP13での立ち上げに向けて準備が進められている。

2007年6月にドイツでハイリゲンダム・サミットが開かれたが、そこで採択された首脳宣言において、REDDへの支援が決意されている。その中で、世銀のFCPFについても、その発展・実施が奨励されている。

ところで、モニタリングに関連して、REDDにおける排出削減量の算定に当たっては、温室効果ガスの排出・吸収目録を作成するための算定方法等を定めたIPCCガイドラインや、LULUCF（土地利用、土地利用変化及び森林）セクターにおける人為的な排出・吸収量及び炭素ストック変化量を推定・測定するための方法を精緻化したGood Practice Guidance（LULUCF-GPG）の使用を奨励することが概ね合意されている。

LULUCF-GPGには、排出・吸収量の算定方法として、デフォルトの方法論とデフォルトのパラメーター値とが示されている。排出・吸収量の算定には、Tier1、Tier2、Tier3の3つの段階がある。

Tier1：方法論、パラメーターともデフォルトのものを用いる。

Tier2：方法論はデフォルトのものを用いるが、パラメーターはその国独自のものを用いる。

Tier3：方法論、パラメーターともその国独自のものを用いる。

先進国（附属書I国）国内の排出・吸収量の算定に当たり、LULUCF-GPGに示されていない独自の的方法論またはパラメーターを用いた場合、その妥当性について、条約事務局から派遣される専門家の審査を受けることになる。REDDのための排出・吸収量の算定に当たり、LULUCF-GPGをどのように運用するかはまだ決まっていない。なお、Tier3のほうがTier1より精緻な排出・吸収量が求められるが、それが必ずしも自国にとって有利になるとは限らないことに留意が必要である。

### 3-2-3-2 日本政府のスタンス

COP13での検討に先立ち、2007年8月までに各締約国は今後の検討ステップについての意見を提出することが求められていた。日本国政府もこの意見を提出したが、その要点は以下のとおりである。

- ・ 主要な検討ポイントは出尽くしている。我が国は重視するのは次の3点。
  - － 参照ベースラインの設定
  - － モニタリングと検証
  - － 排出削減による利益の適切な配分
- ・ 森林減少のみならず森林劣化も対象とすべき。
- ・ 複数の提案を比較検討するためには、パイロット活動により知見を得る必要がある。
- ・ 途上国のキャパビリティも必要。
- ・ 各国・各機関は、パイロット活動やキャパビリティで得られた知見を事務局に提出すべき。
- ・ 持続可能な削減のためには、持続可能な森林経営が重要。各国・各機関は、ベスト

プラクティスを事務局に提出すべき。

- ・論点を絞ってワークショップを開催し、パイロット活動等で得られた知見を基に、提案を比較検討すべき。

森林減少（面積の減少）のみならず森林劣化（蓄積の減少）も対象とすべきであるという意見は、必ずしも国際的に同意されていない。森林劣化のモニタリングは、森林減少のモニタリングよりも困難であることも予想されている。

なお、単に炭素動態のみに着目するのではなく、持続可能な森林経営を通じて、森林の有する多面的機能が適切に維持・発揮される必要があるという点も、日本国政府が一貫して主張している点である。

### 3-2-3-3 インドネシアにおける REDD に対する取組

FAO の FRA2005 によれば、インドネシアは森林の減少面積が世界で 2 番目に大きい国である（最も大きいのはブラジル）。このため、REDD に対するインドネシアの関心は高く、インドネシア政府（林業省ほか中央政府、地方政府）、大学・研究機関、林産業会社、ドナー機関（世銀、DFID、GTZ、AusAID 等）等で、Indonesia Forest Climate Alliance (IFCA) を構成して、2007 年 7 月以降、検討を始めている。2007 年 8 月 27～28 日には、インドネシア林業省・インドネシア環境省・GTZ 共催の National Workshop が開かれており、UNFCCC 事務局の REDD 担当者も出席している。

今回の調査において、BAPPENAS の森林・水資源保全課の Edi 課長からは、REDD 推進の観点からも本件 JICA プロジェクトに期待している旨の発言があった。他方、C/P である林業省森林計画庁（BAPLAN）の Yetti 長官及び Hermawan 局長からは、REDD だけでなく新規植林・再植林についても次期枠組検討の中で再評価すべきと考えている旨の発言がなされた。これが植林 CDM のことを指しているのか、新たなスキームのことを指しているのかは確認できなかった。

なお、REDD に係る森林の炭素蓄積量のモニタリングについて、林業省の中で、方法論の開発は研究開発庁 BALITBANG が所管しており、モニタリング作業そのものは森林計画庁 BAPLAN が所管しているとのことであった。また、世銀の FCPF に関し、インドネシアも対象国の候補に挙げられていると言われているが、BAPLAN では FCPF の動きを把握していない模様であった。

現状では、REDD のインベントリーは国家単位となる可能性が高く、また IPCC の LULUCF-GPG に準拠することになる可能性が考えられる。国家レベルのインベントリーでは、現存の森林資源インベントリーを LULUCF-GPG が標準化した方法で二酸化炭素換算することが効率的と考えられるが、現在のインベントリーと、LULUCF-GPG やその基となったマラケシュ合意とは相違点があり（例えば、地上部幹材積：地下部も含む 5 つの炭素プール、単位が 6.25ha : 1ha など）、REDD への拡張には技術的にいくつかの課題が存在する。

### 3-2-3-4 REDD の視点からの本プロジェクトに対する期待

前述のとおり、REDD に関する国際的議論において、方法論的・技術的課題等の解決のため

めにパイロットプロジェクトが必要であることや、途上国に対するキャパシティビルディングが必要であることは、概ね合意されている。よって、REDDに係る議論に日本国政府として積極的に関与していくためには、これらのパイロットプロジェクトやキャパシティビルディングを行っていくことが不可欠である。

特にモニタリングに関し、REDDのための森林炭素蓄積量の算定方法について、LULUCF-GPGの使用が奨励されているものの、具体的な方法論はまだ決まっているものではない。今後、パイロットプロジェクトで得られた知見等に基づき、議論されていくものと思われる。ここで言うパイロットプロジェクトの成果としては、①現在の技術レベルにおいて、どの程度の費用をかければどの程度の精度の森林炭素量のモニタリングが可能なかの把握、②より費用効果的でより正確な森林炭素量モニタリング手法の技術開発、という2つの側面が考えられる。

本プロジェクトは、衛星データを用いた森林のモニタリングに関するものであるが、UNFCCCでの議論への貢献という観点からは、少なくとも①の点からREDDに関するパイロットプロジェクトと言い得るものとなることが期待される（既存のFRAインフラのREDDインベントリーへの拡張性の検証など）。さらに可能であれば、②の要素も含まれていることが望ましい（衛星データを用いた森林劣化の把握技術の開発など）。

また、本プロジェクトは、衛星データを活用した森林モニタリングの技術移転を行うものであるが、それは、インベントリー設計・実施に係るキャパシティビルディングも視野に入れることが適切と考えられる。

### 3-3 主要ドナーの動向

#### 3-3-1 インドネシア森林セクター支援と関連ドナーの協力

インドネシアにおいては、1990年代後半に林業省内にCGIF（ドナーと林業省の定期的な協議会合）が設置され、その後2000年に、CGI（インドネシア支援国会合）の中に森林のワーキンググループが設置された。これらを契機に、多くの事案をマルチドナーで支援することが多く、

- ・関連ドナーの支援に関する情報収集；や、
- ・実施上の協力体制の検討；
- ・意見交換；

などが、プロジェクト形成上の重要な要素となっている。また、対NGOに関しても、同じことが言える。

#### 3-3-2 CGIFとTGIF

CGIF (Consultative Group on Indonesian Forestry)に関しては、GTZの強力なリーダーシップに反発する勢力もあり、2000年に入り一時消滅した。その後、EUの森林セクター支援を総括していたFLB (Forest Liaison Bureau)プロジェクトと関連ドナー専門家が協力し、より現場に近い支援を協議するフレームワークとしてTGIF(Technical Group on Indonesian Forestry)として2004年に再開したが、専門家の入れ替わり等で非活性化してしまった。現在でも、TGIFは、大臣顧問Sunaryo氏と官房国際協力局(KLN)の下、枠組みのみは存在している模様である。EUプロジェクトFLEG-TのJozsef Micski氏によると、再活性化の協議をKLNと進めており、FLEG-Tでは支援予算も準備しているが、進展は芳しくないとのことである。今回のプロジェクト形成にTGIFの枠組みの活用は、現段階では期待できない。

一方、TGIF設立時の主要メンバーである世銀のTim Brown氏（当時USAIDプロジェクト代表）、EU/FLEG-T Michael Jaeger氏及びJozsef Micski氏、USAIDプロジェクトReed Merrill氏などが現在もインドネシア森林セクターで活動中であり、今回調査団が実施したようなドナーとの集団協議は可能である。

#### 3-3-3 CGI森林ワーキンググループ

このフレームワークとTGIFとの根本的違いは、TGIFが現場・政策志向で、林業省と専門家中心である一方、CGI森林ワーキンググループは、外交のプラットフォームであり、インドネシア共和国政府（調整大臣府）と大使館・援助機関が中心であることにある。2005年以降、CGIの活動が活発でないため、事実上、このフレームワークは機能しておらず、今回のプロジェクト形成に活用できない。

#### 3-3-4 Forest Monitoring and Assessment System (FOMAS)

FOMASは、そもそもBAPLAN（林業省森林計画庁）が林業省の一サービス部門として、林業省の各総局よりの森林資源情報提供要望に応えるために準備されたアンブレラとして始まったと言われている。

世界銀行は、2005年に、"Promoting Forest Governance by Enabling Conditions for Rule of Law Transparency & Accountability in Indonesia's Forest Sector"と称するプログラムを立ち上げた。それは、"Creating the conditions for effective forest law enforcement"と"Establishing the conditions for transparency in the forest sector"の2つのコンポーネントより構成され、FOMAS支援はこの後者の中に位置づけられている。ちなみに、前者には、EU-FLEGTやオランダも参画しており、後者についても進展が報告されており、潜在的に影響力を持った枠組みとなる可能性もある。形成中のプロジェクトをFOMASと関連づけることも一案となる。

一方、今回の調査期間内での聞き取り結果からは、FOMASに対する認識がドナー側（FOMAS Consortiumとも称されている模様）と林業省側で異なる模様である。特に、林業

省官房長 Boen M.Purnama 氏及び BAPLAN 長官 Yetti Rusli 氏らによると、世界銀行をはじめとしたドナーの支援に期待している一方、このプログラムが目指している情報開示に関して、世銀他が押し進めようとする早さに、インドネシア共和国政府が対応できないなどの懸念もある模様であり、世界銀行（ドナー側代表）との締結が予定されている FOMAS に関する覚え書き（MoU）を急ぐ状況にはない模様である。情報開示上の具体的な問題とは、共和国政府が各省に課している守秘義務などを大幅に見直すことから始めないと要求に対応できないなどの問題があるとされた。

幸い、現在、世界銀行インドネシア事務所に出向している BAPLAN 出身の Belinda Arunarwati 氏が世界銀行で FOMAS を担当している。彼女の発言ぶりから、バランスをとった形で世界銀行との MoU をまとめ、FOMAS に対するドナーの協力をとりつける方向で調整するであろうことが予想されるので、現時点では FOMAS に対し、日本政府としては中立的な立場をとりながら、よい方向での調整に貢献することが得策だと考えられる。

このような状況の中、今後、プロジェクトの形成・実施過程で、FOMAS 及び FOMAS Consortium との情報交換を進めながら、FOMAS の傘下のプロジェクトと位置づけることが得策かどうか、林業省との協議を通じて意思決定していくことが望ましい。

### 3-3-5 豪州イニシアティブ（GIFC）

2007 年 3 月、豪州は、温室効果ガスの排出の削減の観点から世界の森林問題に取り組むため、「森林と気候に関する世界イニシアティブ」（Global Initiative on Forests and Climate : GIFC）を開始し、2 億豪ドル（約 200 億円）を拠出することを表明した。

また、7 月、同国は「森林と気候に関するハイレベル会合」を開催し、GIFC の 2 億豪ドルの中から、世界銀行の森林炭素パートナーシップ基金（FCPF）への 1 千万米ドル（約 1.2 千万豪ドル、約 12 億円）の拠出と、インドネシアへの 1 千万豪ドル（約 10 億円）の支援を表明した。

同国は、同ハイレベル会合の中で、リモートセンシングにより森林の炭素蓄積量をモニターする体制を整える「全球炭素モニタリングシステム」（Global Carbon Monitoring System : GCMS）を提案した。我が国に対しても、宇宙航空研究開発機関（JAXA）の有する陸域観測技術衛星「だいち」（ALOS）を活用した共同研究の提案があった模様である。

豪州は、APEC 議長国として、9 月上旬に開催された APEC シドニー首脳会合で「気候変動、エネルギー保障及びクリーン開発に関する APEC 首脳宣言」を取りまとめた。この APEC 首脳宣言では、GIFC の立ち上げが歓迎されるとともに、2020 年までに APEC 域内の森林面積を少なくとも 2 千万ヘクタール増加させるという努力目標に取り組むことが合意されたところである。

また、APEC シドニー首脳会合の際に開かれた日本と豪州の二国間首脳会談において、「気候変動とエネルギー安全保障に関する更なる協力のための日本とオーストラリアの共同声明」が発表された。この中で、GCMS に向けた統合的な森林・炭素モニタリングシステムの開発のための豪州 Greenhouse Office と日本の関係機関との協力が歓迎されている。

GCMS に関する日本側の協力としては、GCMS 発足以前から、JAXA が豪州の研究機関を ALOS データの提供先に選定しており、この機関を通じてデータ提供は可能なようである。

今回の調査において、AusAID インドネシア事務所の Grahame Applegate 氏（正確には AusAID インドネシア事務所から委託を受けているコンサルタント）から、GIFC に関する

プレゼンテーションを受けた。この中で、GIFC のこれまでの具体的コミットメントとして、インドネシア政府の REDD に関する作業グループへの支援、世銀 FCPF への拠出、GCMS の取組が挙げられているほか、「カリマンタンの森林と気候パートナーシップ」(Kalimantan Forests and Climate Partnership) という取組が挙げられた。内容として、7 万ヘクタールの泥炭地森林の保存、20 万ヘクタールの乾燥した泥炭地の再冠水、復元した泥炭地への 1 億本の新規植樹が挙げられている。

また、今回の調査期間中、在インドネシア豪州大使館において、豪州本国の環境・水資源省 (Department of Environment and Water Resources) の Greenhouse Office で GCMS を担当している Greg Picker 氏 (政策担当)、Gary Richards 氏 (技術担当) 及び Gaia Pulestan 氏 (プログラムマネージメント担当) と電話会談を行う機会があった。豪側は、JAXA の ALOS データを活用した森林・炭素モニタリングを行いたいという意向を強調していた。豪州は、豪州北部のダーウィンに衛星データの受信局を建設する予定であり、そこからデータを配信することを考えているようだった。また、アフリカは EU がカバーするが、東南アジアにおいては日本の役割を期待する旨の発言があった。ただし、JAXA とは直接の協議は行っておらず、在豪日本大使館にしか話をしていないとのことだった。

なお、豪州は、国内の LULUCF セクターの排出量・吸収量を算定するために、National Carbon Accounting System (NCAS) を開発している。GCMS において NCAS の普及の意図があるのかどうか確認したところ、温室効果ガスの排出量・吸収量の算定方法は各国個別のものであるが、NCAS の経験を他国に伝えたいと考えているとのことであった。また、インドネシアにおける REDD 検討の場である Indonesian Forest Climate Alliance (IFCA) に AusAID も参加しているが、GCMS も、インドネシアにおける REDD 検討に資することを意図している模様であった。

### 3-3-6 FAO の森林資源調査 (FRA2005)

国連食糧農業機関 (FAO) は、2000 年の世界の森林に関する調査に引き続き、2005 年にも同様の調査を実施した。今後、2005 年の調査結果の詳細に関し更なる調査を実施することとなっている。今回の聞き取りによると、インドネシア共和国政府のカウンターパート機関は BAPLAN であるとの事であった。

このプロジェクトの設計の参考とするため、①終了した調査及び今後の調査に関する BAPLAN のシステムの改善点；と、②今後の FAO 主導の世界の FRA の方向性と必要とされる森林資源情報；等に関し、FAO の担当者 (Mette Loyche-Wilkie 氏) にコンタクトしたところ、現場で担当した Kailash Govil 氏を紹介されたが、メールでの照会に対する返答を得られなかった。本人が近く引退である事なども勘案すると、もう一名の関係者である大塚雅裕氏 (元インドネシア国森林火災予防計画専門家、元マダガスカル個別専門家) より情報収集するため、次の調査時に FAO アジア太平洋事務所 (バンコク) に立ち寄ることも検討に値する。

### 3-3-7 既往の日本の支援成果の活用可能性

これまでに把握している支援とその内容は以下の通りである。

### 3-3-7-1 JAXA-LAPAN 共同研究

ALOS (Advanced Land Observation Satellite、だいち) 衛星のデータ利用を促進するため、宇宙航空研究開発機構(JAXA)はインドネシア航空宇宙局(LAPAN)と共同研究を行っている。この研究の運営は JAXA からリモートセンシング技術センター (RESTEC) に委託されており、RESTEC バンコクが担当している。

LAPAN の共同研究者としてインドネシア林業省 BAPLAN の Center for Forestry Mapping (研究代表者: Ms. Retnosari) が参加している。林業省サイドの研究テーマは 1)森林資源のマッピング、2)違法伐採の抽出、3)新規造林(AR)適地の判定の 3 つである。使用するデータは ALOS 衛星の AVNIR2 と PRISM の 2 つのセンサで、データを 6 シーン程度無償で提供されているが、雲が多くて使い物にならない状況である。この共同研究の成果は本案件には役立たない。しかし、間接的にはあるが JAXA と林業省が共同研究を実施していることは、本案件で JAXA からデータ提供を受ける形態として、共同研究があり得ることを示しており、注目すべきである。

### 3-3-7-2 アジア東部地域森林動態把握システム整備事業

林野庁の委託を受けて、日本森林技術協会が実施した事業で、フランスが打ち上げた SPOT 衛星 VEGETATION センサを用いて森林分布とその変化をマッピングしている。VEGETATION の地上分解能は 1km でかなり粗い。森林を解析する過程で土地被覆分類を行い、正規化植生指数(NDVI)に基づいて森林の疎密度を推定している。BAPLAN も VEGETATION データを利用することを検討しており、本案件を実施するにあたって、参考になると思われる。

### 3-4 衛星情報を活用した遠隔探査技術の森林資源調査への活用状況

#### 3-4-1 一般的な技術レベル

ランドサット情報などを利用した森林資源情報の把握やGISの一般的な活用に関しては、既往の協力案件の実績から、林業省、大学、NGOなどに基本的な技術力があると言える。今回の調査でも、林業省BAPLAN、ボゴール農科大学(IPB)林学科、Forest Watch Indonesiaなどとの訪問・面談を行い、これら機関の基本的な技術力を再確認することができた。一方、技術体系の異なるPALSARやMODISに関しては、未経験の機関が多い。その中でも、IPBには、多少の実践によるPALSARやMODIS技術活用の習得が期待できる(Dr.Lilik B.及びDr. I Nengah Surati Jaya)。

#### 3-4-2 プロジェクト実施上の現地リソースの活用

今回のプロジェクト形成・実施上のひとつの留意点は、BAPLANがPALSAR技術の導入を強く志向しており、プロジェクトの重要な柱となることが確定的であるが、日本側で技術移転をどう支援するかを検討が必要である。特に、現時点で、日本国内で森林資源調査の分野で唯一PALSAR技術に関する指導が可能な(独)森林総合研究所でも、人的制約などから、長期に現地に駐在しての技術移転は困難であることが、現時点で明確である。

PALSAR及びMODISの技術移転実施のひとつの有望な選択肢としては、

- ・プロジェクトにPALSARやMODISやGIS技術に理解のある実務系の長期専門家を常駐させ技術移転全体をコーディネートする；
- ・BAPLAN等に対する具体的な技術移転の部分はIPBとの契約を通じて実施する；
- ・テクニカルバックストップ及び定期的な短期間の出張を通じたモニタリングは(独)森林総合研究所の関連研究員にお願いする；ではないかと考えられる。

また、その他、IPBを活用するメリットとして、

- ・プロジェクト終了後の林業省への技術的メンテも期待できるかもしれないこと；
  - ・このプロジェクトの中か、あるいは外で、森林資源情報の地方分権化での持続可能な森林経営に活用するフレームワークを、契約などを通じて支援する場合、同大学教授で地方分権下における制度的混乱を收拾するための共和国政府と地方政府の間のファシリテーターとして有望視されているHariadi K.教授などの貢献が期待できること；
  - ・Dr. I Nengah Surati Jaya氏は、インドネシアのUNFCCCプロセスに影響力のあるDr.Ir.Rizaldi Boer氏(IPB気象学教授兼UNDPアドバイザー)と近く、本プロジェクトにより導入が見込まれるPALSAR技術を用いた森林資源情報のREDDへの拡張性を検討する際に好都合となる可能性も高いこと；
- なども挙げられる。

### 3-5 インドネシア国の森林資源管理に係る現状と課題、将来構想

#### 3-5-1 森林計画庁の実施体制（中央、地方）

森林計画庁（BAPLAN：インドネシア語で Badan Planologi kehutanan の略）は、インドネシア林業省内の外局であり、森林資源調査、土地利用区分や境界決定、基本図面作成、中長期計画作成などを基本業務としている。林業省内の関連総局からの依頼を受け、基礎情報を提供するサービス部門的な役割を果たしているが、そのデータの質等には問題が多い。地方レベルには、全国で 17 ヶ所の BPKH と呼ばれる出先機関を有しており、中央から送付される森林データをフィールドでチェックしている。中央には、学位保有者など高学歴職員が比較的多いという特徴がある。

#### 3-5-2 リモートセンシング、GIS の現状と課題

インドネシア林業省においては BAPLAN が森林情報を集約して国家資源インベントリを実施する役割を担っていると判断される。他の総局は BAPLAN が提供する情報を利用することになるが、BAPLAN が提供するデータの精度が悪いことや必要なデータが整備されていないため、それぞれの総局でデータベースを作っているのが現状である。また、BAPLAN のデータベースは BAPLAN の出先機関には配布されるが、他の部局の出先機関へは配布されていない。

BAPLAN が収集して GIS 化している情報は、以下の通りである。データの由来などの理由によりプロット調査データと他の情報は別の GIS に保管されている。

Table3-1. GIS データの項目一覧

	Items	項目
0.	Forest plots survey data*	プロット調査データ*
1.	Forest covers	森林タイプ図
2.	Provincial Forest land use plan	土地被覆図
3.	Location distribution of forest concession	コンセッション位置図
4.	Location distribution of plantation forest/timber estate	産業造林位置図
5.	Plantation crops/estates	農園位置図
6.	Transmigration location	国内移民地位置図
7.	Forestry thematic base map	森林主題図
8.	Administrative boundary of provinces/districts	行政区界
9.	Rivers	河川
10.	Roads	道路

\*:プロット調査データは他の項目とは別の GIS に保管されている。

#### 3-5-2-1 森林資源調査データ

インドネシアでは 20km 間隔で固定プロットを設定し（システムティックサンプリング）、

1990年初頭から森林調査を継続して実施している。プロットのサイズは一片 25m の正方形で、5 年に 1 回調査を実施しており、調査は 4 巡目に入っていると考えられる。胸高直径 10cm 以上の樹木を測定対象としているように思われるが定かではない。調査項目は樹種と胸高直径で、樹木の各位置を図面上に落とししている。調査野帳はプロットごとに 1 冊の冊子としてまとめられている。

調査結果は数値化され、スプレッドシートに集約されてデータベース化されていて、プロットの地図座標に基づいて、GIS 上で調査データを利用できるように整備されている。

現時点では許容伐採量(AAC)の設定方法を確認できていないが、プロット調査データを利用すれば、以下のような手順で簡単に決定できる。

プロット調査データから各測定時における蓄積量を計算し、前後の調査の差をとることで、5 年間の成長量を計算する。森林タイプ毎の面積は後述する森林タイプ図か土地被覆図から算出できるので、各プロットを森林タイプに区分して年間の平均成長量を算出し、面積を掛け合わせることで国全体の森林の年間の成長量(G)を推定できる。

$$G = \Sigma (\Sigma (V_{cij} - V_{pij}) / N_i / 5 * A_i)$$

ここで、VC:現在の蓄積、VP:前回の蓄積、Ni:森林タイプ i の本数、Ai: 森林タイプ i の面積、j:森林のタイプ数である。

この年間の成長量に基づいて年間の AAC を決定するが、持続的な森林経営を行うためには AAC は G より小さくしなければならないが、同じである必要はない。

昨年度、BAPLAN から約 1200 万 m<sup>3</sup> (BAPLAN) と生産総局から約 1500 万 m<sup>3</sup> という 2 つの AAC が示された。これら二つの数字がどのようなプロセスを経て決定されたのかは不明であるが、数字が近いので、上述のようなサンプリングによる方法で算出された場合、統計的に差がない可能性もある。

### 3-5-2-2 森林タイプ図および土地被覆図 (リモートセンシング)

森林タイプ図および土地被覆図は衛星データを判読して作成している。1988 年に世界銀行の援助によって国家資源調査が開始され、その時から TM データの判読が始まった。1997 年以降、3 年毎にランドサット TM(Thematic Mapper あるいは Enhanced Thematic Mapper Plus, ETM+)データ(地上分解能 30m)を利用して全国の土地被覆図と森林タイプ図を作成している。インドネシア全国の ETM+は 200 シーンを越える。これは日本の場合の 4 倍以上にあたる。3 年ごとに更新しているが、毎年、全国の 1/3 を判読して 3 年で 1 巡していると思われた。現在、4 巡目に入っていて、結果を WEB 上で公開している。なお、ETM+は 2003 年 5 月にスキャン機構に故障が発生したため、シーンの中心を外れて両端(東西方向)に向かうにつれて、画素の位置精度や情報精度が悪化するので、判読精度の低下を引き起こしている。

解析方法:

ランドサット 7 号 ETM+の Level 1G データを購入し、画像解析ソフトウェアを用いて地図座標変換を行う。ETM+データのヘッダ情報に基づくシステム補正に地上基準点を用いた座標変換を併用しているが、数値標高モデル (DEM) を用いた精密補正は行っていない。

地図座標変換済みの ETM データを ArcGIS ソフトの画面上で判読し、23 の土地被

覆タイプに分類しベクター化する。森林は 6 タイプに区分する。判読は本省と全国で 11 箇所の出先機関の両方で実施し、分類結果は BAPLAN の出先機関で検証している。森林に関する分類項目は以下の通りである。

土地被覆図：                    Primary dry forest, Secondary dry forest  
                                      Primary swamp forest, Secondary swamp forest  
                                      Primary mangrove forest, Secondary mangrove forest

森林タイプ図：                Conservation forest  
                                      Protected forest  
                                      Production forest  
                                      Production forest – Limited  
                                      Production forest – Continued  
                                      この他、林業省所管以外の森林が 2 タイプ

なお、1997 年以前にランドサットの Multi-Spectral Scanner (MSS) のデータを利用して数値分類を試みたが、雲やヘイズの影響で誤分類が多く、修正するのに時間がかかりすぎて、実用的ではなかった。結局、全て判読したほうが解析時間が短かったので、現在の判読システムを導入している。

解析結果：

数値 (ベクター) データであるので、複製が容易で他の GIS へ簡単に移植できる。地図座標系には緯度経度座標系(WGS84)を用いているため、区画毎の面積を GIS の機能を用いて集計できない。地図座標系の変更を検討する必要があるだろう。

解析システム：

本省では以下のようなソフトウェアを利用しており、出先機関では ArcView を利用している。ETM+データの地図座標変換には画像解析ソフトウェアを利用し、ETM+データの判読には地理情報システムを利用している。括弧内は所有するライセンス数である。

画像解析ソフトウェア    リモートセンシング (RS) 用

                                      ERDAS Imagine(1), Imagine LPS (1), ENVI(4), PCI(2)

地理情報システム (GIS)

                                      ArcGIS (ArcView(7), ArcGIS フルスペック(ArcInfo)(6))

                                      ArcGIS は新旧のバージョンが混在している。

スタッフ数：

判読のオペレータは本省に 8 名いる。航空宇宙局(LAPAN)にもスタッフがいる模様である。全国に 11 ある BAPLAN の出先機関には、それぞれ最低 3 名のスタッフが判読と精度検証に携わっており、適宜判読のトレーニングを受けている。

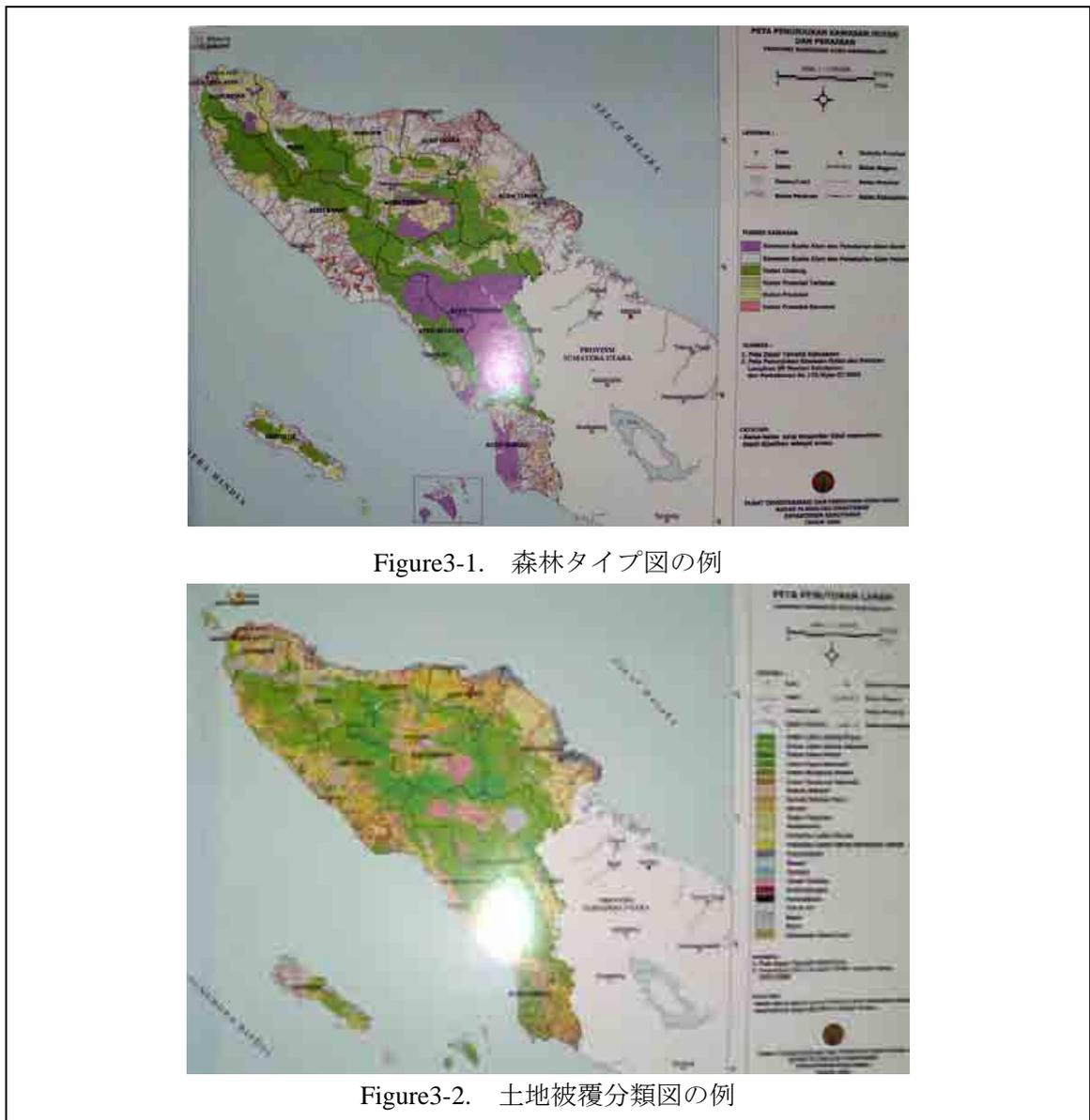


Figure3-1. 森林タイプ図の例

Figure3-2. 土地被覆分類図の例

分類結果の利用：

Figure3-1、2 に判読結果の例を示す。判読結果は縮尺 1/250,000 の図面として出力され、全国 11 箇所の出先機関に配布される。他の出先機関や州政府にも提供されるとのコメントもあったが再確認が必要である。分類結果は他の総局に提供し、利用してもらうことになっている。しかしながら、森林タイプ図の精度が低いという理由で、BAPLAN が作成した分類結果は他部局では使われていないのが現状である。

問題点：

- ・雲の存在

ETM+データ判読における最大の問題は雲で、雲に邪魔されて判読できないエリアが生じる。米国 Terra 衛星と Aqua 衛星に搭載されている MODIS センサのデータを活用して雲なし画像を作成して、土地被覆を判読することを検討している。MODIS データは LAPAN から入手することができるが、JICA 火災プロジェクトで林業省環境保護総局

(PHK) が受信している MODIS データを利用することも考えている。また、後述するように、日本の ALOS の画像（特にマイクロ波センサーからのデータ）を活用することに強い意欲を見せている。

- ・解析間隔

国内での要請の強い違法伐採の取り締まりのためには 3 年に 1 回ではマップの作成間隔が長すぎるので、もっと頻繁に森林をモニタリングできるシステムの構築を望んでいる。

- ・技術レベルと教育

出先機関の職員のリモートセンシングに関する理解不足などのために、森林分類図の精度向上の妨げとなっている模様である。このため、本省スタッフへの全体的な技術レベルの向上と、出先機関スタッフへの技術的な指導を望んでいる。前者については PALSAR を中心とした ALOS データ解析の基礎的な知識と技術の伝達が必要で、後者については判読基準カードなどを使って判読指導を行う必要があると考えられる。

### 3-5-2-3 コンセッション位置図・産業造林位置図ほか

コンセッションや産業造林は許可申請のために経営の長期計画を立案して、林業省に提出して認可を受ける必要がある。許可申請書類には位置図、林班界図や資源調査リストなどが添付されている。BAPLAN ではこれらの情報のうち、位置図に基づいて境界をベクトル情報化してコンセッション・産業造林毎に番号（コード）を与えている。BAPLAN の GIS には面積と企業名しか格納されていないが、生産林総局(BPK) では資源情報などを数値化しており、BAPLAN の GIS とのリンクが課題になっている。

### 3-5-2-4 他のリモートセンシング活用例

BAPLAN ではボゴール農科大学の I Nengah Suratjai 教授と共同して、SPOT 衛星のパンクロデータ（地上分解能 2.5m）と ETM+データを併用して、カリマンタン全域について蓄積を推定している。手順は次の通りである。1)地上プロットがあるエリアについて SPOT データ 15 シーンを購入して、樹冠直径(CD)を判読して CD に基づいた蓄積推定式を利用して林分蓄積を求める。2)ETM+データを判読して森林を 3 タイプ（湿地林、乾燥林、マングローブ）に分類し、さらに樹冠閉鎖率を判読によって疎、中、密の 3 クラスに分けて、合計 9 つのクラスを設定する。3)SPOT データの解析結果に基づいて、9 クラスに対して平均蓄積を割り振って蓄積分布をマッピングする。

LAPAN の協力を得て、MODIS データを利用してインドネシア全域の土地被覆図を作成している。3 年間の間隔をおいてこれまでに 2 回作成し、5 つの分類項目を設定していた。

### 3-5-2-5 リモートセンシングおよび GIS における課題

ETM+データを用いた森林分布図作成における問題点は上述したように、①データ中の雲の存在、②土地被覆図作成のインターバル、③リモートセンシングの技術レベルに関する指導と判読技術向上のための教育である。これらの問題は本案件が実施される中で解決されると思われる。また、GIS データの地図座標系は等緯度経度 (WGS84) を用いているため、GIS の機能を用いて面積を計算することができない。GIS データをインドネシアで用いられ

ている大縮尺用の座標系に変換して利用することが必要と思われた。

一方、現時点では作成された GIS データが有効に活用されていないので、活用方法を検討する必要がある。BAPLAN には課が 4 つあるが、今回の調査となったのは本案件を提案してきた森林調査とマッピングを担当する Center for Forestry Inventory and Mapping である。ここで作成されたデータが他の課で担当する国家レベルでの森林計画の作成や森林管理にどのように反映されているかを把握できなかった。

また、土地被覆図などのデータベースは本省内の他の部局での利用を促進する意向であるが、必ずしも順調に進んでいるわけではなさそうである。BAPLAN は他の総局のデータをリンクする方向で作業を進めているようだったが、ネットワーク環境が悪いためにリンクできていないと説明していた。正確な理由は聞けなかったが、以下のような理由が考えられた。

- (1) ETM+のモザイクデータが大きすぎて物理的に共同利用が難しい。
- (2) 他の建物との間の回線が遅すぎて、リンクに耐えない。
- (3) セキュリティが甘いため、リンクに踏み切れない。

なお BAPLAN (空間 GIS のある建物内) のネットワークの速度は 2 ギガ BPS で、日本で使われているネットワークより高速であるが、林業省の建物間の回線速度は未確認である。

土地被覆図は出先機関の BAPLAN スタッフには配布されるが、他の部局の出先のスタッフは利用できない。データ利用については今後ユーザを拡充することが重要であり、問題点の改善方向は以下のように整理できる。

- (1) 土地被覆図などの情報の精度を向上するなど、ユーザの要望に応える。
- (2) BAPLAN の所掌を越えた要望もあると思われるので、各部局からの要望を整理して項目毎に BAPLAN の対応方針を定める。
- (3) 所掌の範囲内で対応できる問題については改善を図る。例えば、森林伐採の解析頻度を向上して、違法伐採の監視能力を向上させる。
- (4) 所掌外の要望については提案部局にデータを提供してもらい、BAPLAN の GIS に組み込んでいく。
- (5) GIS に組み込んだデータの精度評価を行う。新規の情報については精度を検証した後にデータを組み込む必要がある。そのためのルール作りが必要と思われる。

関係機関へのデータ提供状況についてはもう少し正確に実態を把握する必要がある。また、データ公開に向けた BAPLAN の見解を確認しておくことも必要だろう。

### 3-5-3 ALOS (だいち) の活用

BAPLAN の最大の関心は ETM+で生じている雲の問題を解決するために最新のリモートセンシング技術を導入することである。このため①ETM+に置き換えられる技術を導入するか、②ETM+の問題点を補完できる技術を導入すれば良いが、BAPLAN がいずれを希望しているかは確認していない。以下で説明するが、現在のリモートセンシングの状況では後者

のしか選択できない。

### 3-5-3-1 リモートセンシングの概要

衛星データを利用した森林研究の問題点について概要を説明する。森林解析については衛星データの明るさを数値解析することを前提としている。画像データを判読する場合はかならずしもこの限りではない。

#### (1) 衛星センサの種類と特徴

人工衛星に搭載されている陸域観測用のセンサは 2 つの観測方式のセンサに分かれる。

Table3-2~6.を参照されたい。

ア. 光学センサ (カメラ)      ここでは地上解像度により 3 タイプに分ける

(ア) 高空間分解能センサ    10m 未満の解像度をもつ。観測範囲が狭い。例 IKONOS, Quick Bird, PRISM

(イ) 中空間分解能センサ    10-100m の解像度をもつ。観測幅 100km 程度。例 TM, SPOT HRG, AVNIR-2

(ウ) 低空間分解能センサ    100m 以上の解像度をもつ。毎日観測。例 MODIS, NOAA AVHRR

イ. マイクロ波センサ

合成開口レーダ(SAR)    雲に影響されない。画像の明るさと人の感覚が一致しない。  
例 PALSAR, RADARSAT

#### (2) 衛星データを利用した森林解析

ア. 解析上の問題点

(ア) 植物や土地被覆の季節変化    例えば新緑ー紅葉。湿潤熱帯にも季節変化はある。

(イ) 雲      湿潤熱帯では雲の被覆頻度が高い。

(ウ) 信号の飽和      高いバイオマスに対しては信号が飽和して差がない。

信号：反射された光の強度、散乱されたマイクロ波の強度

(エ) 地形の影響      斜面の向きと傾斜が日射の影を作り出す。

SAR では急斜面での解析はほぼ不可能である。

イ. バイオマス (蓄積) 解析の可能性

- ・バイオマス解析で良い研究結果が得られているのは、北方林を対象に TM(30m)以下の解像度のデータを用いた場合で、ケースによって精度が異なる。熱帯では造林初期ではバイオマスを推定できる見込みがあるが、林齢が 10 年を越えると絶望的である。

- ・MODIS データを用いた蓄積推定が行われているかは不明。葉量については NASA が実施してインターネットで公開しているが、精度は高くない。

- ・PALSAR の場合でも、データの明るさ (後方散乱係数) にバイオマスが 150ton/ha を越えるとバイオマス推定は絶望的である。

#### ウ. 森林タイプ分類の可能性

- ・森林タイプ分類で安定した結果を得ることは困難である。
- ・MODIS データは解像度が粗いので、複数の被覆物（裸地、農地、森林）が混在した画素が生じてしまう。これ以外に II-1 で述べた問題点も影響するため、森林分布ですらどのくらいの精度でマッピングできるか不明である。
- ・これまでの知見によれば、SAR では森林タイプ分類は極めて困難である。

#### エ. 森林伐採モニタリングの可能性

- ・MODIS データの場合、解像度が粗すぎて大規模伐採地でないと把握は困難である。
- ・中空間分解能データの場合、データの観測頻度が低いため雲に影響されて解析できない。
- ・SAR の場合、判読では伐採地を明瞭に識別できる。数値解析は困難かもしれない。

#### 3-5-3-2 ALOS の特徴

ALOS は 2006 年 1 月 24 日に日本が打ち上げた陸域観測衛星で、災害監視や地図作製を主たる目的としてデザインされた。ALOS は回帰日数が 46 日で LANDSAT の 16 日の約 3 倍となっている。このため、直下観測の場合、年間の観測機会は 8 回で LANDSAT の 22~23 回よりもかなり少ない。ALOS には標高データ作成を目的とした PRISM(Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping)、土地被覆分類を目的とした AVNIR-2(Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2)という 2 つの太陽光の反射を観測する光学センサーと、災害監視や標高データ作成などを目的とした PALSAR(Phased Array Type L-band Synthetic Aperture Radar)という合成開口データ (SAR) が搭載されている。SAR は衛星の進行方向に直行する方向に電磁波を発して、地表面で散乱されて戻ってくる電磁波を観測する。それぞれのセンサーの諸元は Table3-2~4.のとおりである。また、BAPLAN で利用している ETM+および今後利用する予定の MODIS の諸元を Table3-5.と 6.に示す。

Table3-2. PRISM 主要諸元

バンド数	1(パンクロマチック)
観測波長帯	0.52~0.77 $\mu$ m
光学系	3式(直下視、前方視、後方視)
ステレオ視 B/H 比	1.0(前方視後方視間)
地上分解能	2.5m
観測幅	70km(直下視のみ)/ 35km(3方向視モード)
ポインティング角	$\pm 1.5^\circ$ (3方向視モード、クロストラック方向)
量子化ビット数	8ビット

Table3-3. AVNIR-2 主要諸元

バンド数	4
観測波長帯	Band1 : 0.42 ~ 0.50 $\mu$ m (青) Band2 : 0.52 ~ 0.60 $\mu$ m (緑) Band3 : 0.61 ~ 0.69 $\mu$ m (赤) Band4 : 0.76 ~ 0.89 $\mu$ m (近赤外)
地上分解能	10 m (直下)
観測幅	70 km (直下)
ポインティング角	$\pm 44^\circ$
量子化ビット数	8ビット

Table3-4. PALSAR 主要諸元

モード	高分解能		広観測域	多偏波 (実験モード)
中間周波数	1,270 MHz (L-band)			
バンド幅	28MHz	14MHz	14MHz、28MHz	14MHz
偏波	HH or VV	HH+HV or VV+VH	HH or VV	HH+HV+VH+VV
入射角範囲	8~60 $^\circ$	8~60 $^\circ$	18~43 $^\circ$	18~43 $^\circ$
地上分解能	7~44m	14~88m	100m (multi look)	24~89m
観測幅	40~70km	40~70km	250~350km	20~65km
量子化ビット数	5 bits	5 bits	5 bits	5 bits

Table3-5. ETM+諸元 (一部チャンネル省略)

搭載衛星	Landsat 7
打ち上げ	1999/4/15
軌道高度	705km
回帰日数	16日

地上分解能		30m	
撮影幅		185km	
観測波長帯	ch1	青	0.45-0.52 $\mu$ m
	ch2	緑	0.52-0.60 $\mu$ m
	ch3	赤	0.63-0.69 $\mu$ m
	ch4	近赤外	0.76-0.90 $\mu$ m
	ch5	短波長赤外	1.55-1.75 $\mu$ m
	ch7	短波長赤外	2.08-2.35 $\mu$ m

Table3-6. MODIS 諸元

衛星		TERRA	
打ち上げ		1999/12/18	
軌道高度		705km	
回帰日数		16日	
観測幅		2330km	
地上分解能 (直下)	Ch1-2	250m	
	Ch3-7	500m	
観測波長帯	ch1	赤	0.620 -0.670 $\mu$ m
	ch2	近赤外	0.841 -0.876 $\mu$ m
	ch3	青	0.459 -0.479 $\mu$ m
	ch4	緑	0.545 -0.565 $\mu$ m
	ch5	近赤外	1.230 -1.250 $\mu$ m
	ch6	短波長赤外	1.628 -1.652 $\mu$ m
	ch7	短波長赤外	2.105 -2.155 $\mu$ m

各センサの特徴は以下の通りである。PALSAR 以外は地表面で反射された太陽光線を観測するため、雲があると地表を観測できない。PRISM は標高を推定するために直下以外に斜め方向を同時に観測し、地上分解能は 2.5m と細かい。AVNIR-2 は軌道に直行した斜め観測の機能を有しており (Figure3-3.)、地上分解能は 10m とかなり細かいが、可視から近赤外までしか観測できない。直下観測の場合、これら 2 つのセンサは同じ地点を 46 日に 1 回しか観測できず、熱帯では雲に阻まれて地表面を観測できないことが非常に多い。このため本案件で PRISM と AVNIR-2 を積極的に利用することは考えにくい。ETM+ は地上分解能が 30m とやや粗いが、短波長域まで観測できて土地被覆分類には有利である。MODIS は ETM+ とほぼ同じ波長を観測し、観測幅が非常に広いため同じ地点をほぼ 1 日に 1 回観測できるので、雲のないモザイクデータを作ることが可能になる。しかし、地上分解能が 250m または 500m と粗いため、詳細な分類は困難である。

これに対して PALSAR はマイクロ波と呼ばれる波長の電磁波を進行方向に対して斜め横に発して (Figure3-4.)、地表面で散乱された電磁波を観測する。マイクロ波は雲を透過するため、雲の影響を受けずに同じ場所を 46 日に 1 回観測できる。SCAN-SAR と呼ばれる広域

観測のモードを利用すれば地上分解能は 100m と粗くなるが同じ場所を高頻度で観測できるようになる。PALSAR は太陽光線よりもはるかに波長の長い、通信に使われるような波長帯を利用していることから、観測される画像（情報）は光学センサと全く異なる。森林タイプの分類は困難であるが、伐採地把握や森林の劣化程度を把握することは可能と考えられる。なお、PALSAR は電磁波を斜め方向に発射することから、基準面（海面）より標高が高いと、①斜面で電磁波と地面の成す角度が大きく変化する。その結果、地面で散乱・反射されて電磁波の大きさが場所毎に大きく異なってくる。②倒れ込んで写り、位置が不正確になる（Figure3-5.）、という現象が生じる。また、1 偏波では植生と他の被覆物を識別することは困難だが、2 偏波では植生の分布が明らかになる（Figure3-6.）。

このため、以下のような仕様の PALSAR データを入手することが必要になる。

モード：高分解能、2 偏波、                      幾何補正：オルソ補正済み  
メッシュサイズ：30m 程度

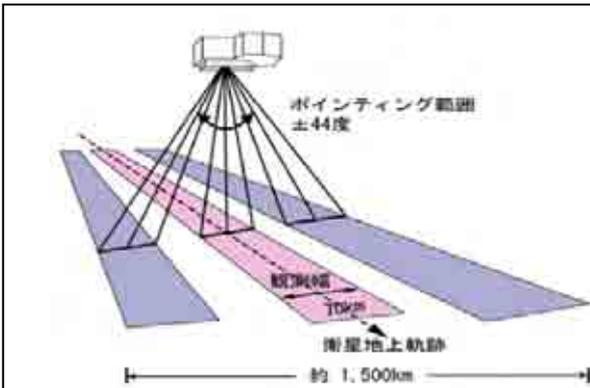


Figure3-3. AVNIR-2 の観測方式

中央が直下観測をした場合の観測域。  
両側は 44°斜めの方向を観測した場合。

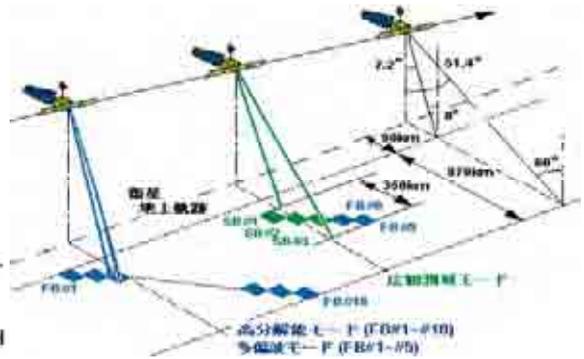


Figure3-4. PALSAR の観測方式

図右が PALSAR で観測可能なエリア(870km)。  
図中が広域観測モードの観測幅 350km を示す。  
図左は高分解能モードでの観測幅 max70km を示す。

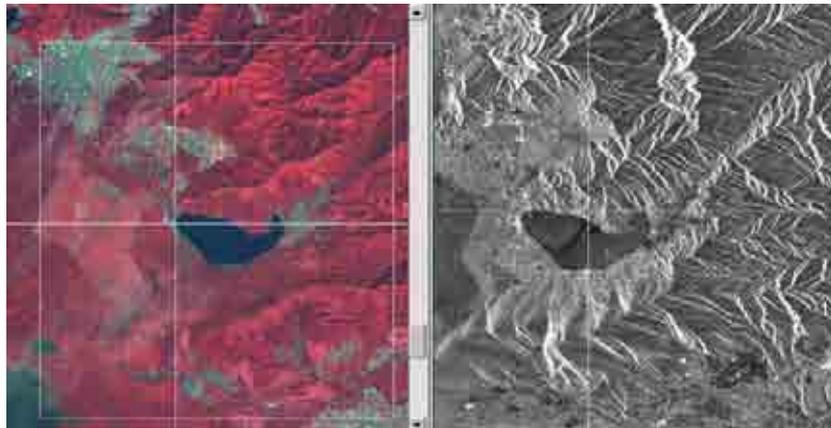


Figure3-5. ETM+ (左) と PALSAR (右 : 1 偏波) のデータの比較

いずれも地図座標にあわせて補正されたデータである。カーソルが ETM+ では山中湖の西岸に位置しているが、PALSAR では中央北側に位置している。PALSAR データの位置精度を向上するにはオルソ補正を施す必要がある。

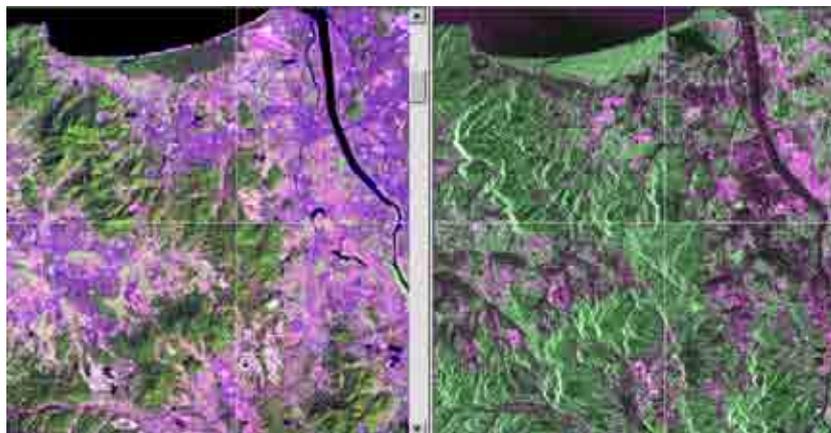


Figure3-6. ETM+ (左) と PALSAR (右 : 2 偏波) のデータの比較

1 偏波 (Figure3-5.) では植生と他の土地被覆を識別し難かったが、2 偏波では植生を識別しやすくなる。

### 3-5-3-3 森林タイプ区分と変化の把握 (ETM+データの補完)

ETM+の場合、雲がかかるのは比較的山岳地が多いと考えられる。また、PALSAR では斜面の多い山岳地を観測することができないため、MODIS データを用いて ETM+データで作成した分類結果を補完することが適切である。

MODIS の特徴は観測幅が広いこと、1日に1回くらいの頻度で同じ場所を観測できること、ETM+と同じ波長帯をカバーしている。ひと月から3ヶ月程度のモザイク処理を行うことで、熱帯でも雲のない画像を作成できると期待される。Table3-6.に示したように、地上分解能が粗いので、詳細な土地被覆分類は行えないが、山岳地でも分類が可能になる。正規化植生指数(NDVI)の季節変化を利用した数値分類が一般的であるが、雲被覆のないモザイクを作成することによって、ETM+と同じ波長を用いて判読や数値分類を行うことができる。PALSAR では山岳地のデータを取得できないことや、土地被覆を明らかにできないため、MODIS データを利用して ETM+データによる分類結果を補完する必要がある。これまでも BAPLAN では MODIS データを利用して土地被覆分類を行っているが、分類項目を5項目に絞っている。本案件でのポイントは年次が変わっても安定した分類を得られる方法を検討することである。

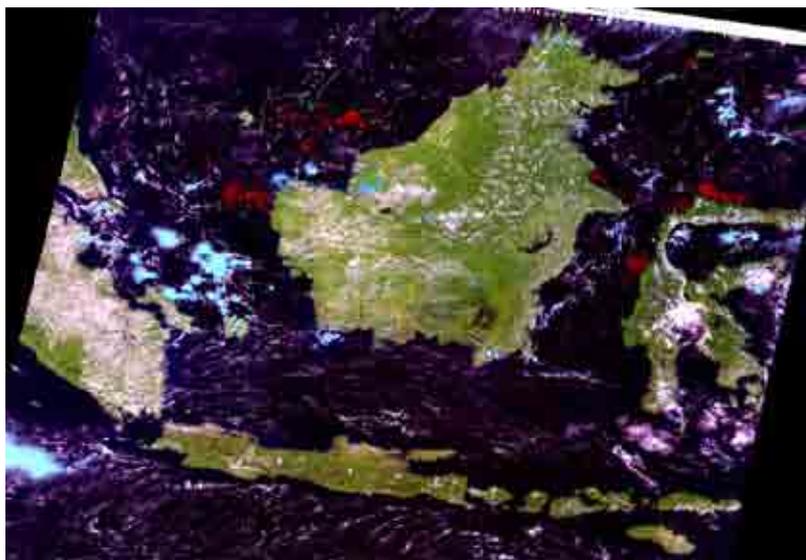


Figure3-7. MODIS データ (1 パス分)

2007年05月25日に林業省森林火災プロジェクトで受信した Terra 衛星の MODIS データである。Terra 衛星はこの前日に約 700km 東を 1 日後に約 700km 西を飛行するように軌道が設定されている。東西方向の観測幅は 2330km である。

PALSAR は比較的起伏の緩やかなエリアで利用することになるが、ETM+よりも高頻度で観測できることから、違法伐採の把握に有効と考えられる。バンド幅 28Mhz のモードでは HH+HV あるいは VV+VH の 2 偏波で観測できることから、単偏波の場合よりも被覆の違いを識別しやすくなる (Figure3-5 と 6)。このため本案件では 28Mhz モードで観測して 14m の分解能で処理し、30m メッシュ程度に編集されたデータを入手することを勧める。

解析方法はプロジェクトの開始当初は判読によって森林の変化域を図化することを提案

する。BAPLAN の現在のシステムが判読をベースにしているため、導入が容易であることと数値解析による解析精度を見通せないことが理由である。PALSAR のデータでは被覆タイプを識別しにくいいため、ETM+データを同時に表示して、比較しながら判読を行うと効果的だろう。

なお、PALSAR データを用いた判読に先立って、森林や土地被覆の実態と PALSAR データの様子を対比できる判読カードを作成して、判読カードを用いて判読オペレータを教育して判読技術の向上を図る必要がある。

#### 3-5-3-4 森林劣化の把握

ポスト京都議定書において、現在、REDD が検討されている。REDD の方法は未定であるが導入される可能性が高い。REDD が導入された場合、その排出削減量の算定には伐採面積の把握から CO<sub>2</sub> 排出量の把握（炭素収支計算）まで、様々なレベルでの方法が想定される。このことを念頭において、PALSAR データがどれだけ炭素収支算定に貢献できるかを検討しておくことが重要である。

マイクロ波は地表面のバイオマスによって散乱される。バイオマス量が少ないと散乱によって戻ってくるマイクロ波は少なく、後方散乱係数は小さい。L バンドより波長が長くてバイオマス解析に適した P バンドのマイクロ波でもバイオマスが 300ton/ha に達する前に飽和すると予想される。L バンドでは飽和レベルが下がるが、バイオマスが少ない場合には後方散乱係数とバイオマスには相関がある。このため、伐採（森林劣化）の程度に応じて森林をグルーピングできると考えられる。現時点ではどのようなクラス分けが可能なのかが不明なため、テストサイトを設けて森林劣化把握について検討することを提案する。テストサイトの条件としては、アクセスしやすい平坦地の森林で、バイオマスの少ない伐採跡地から極相に近い森林までが混在するエリアが望ましい。水分条件の違いによって誘電率が変化して後方散乱係数に影響することからマングローブ林、湿地林と乾燥林(Dry Forest)のそれぞれについてテストサイトを設けることが必要だろう。

森林劣化把握については以下の項目について検討することが考えられる。下位の項目ほど研究要素が強い。

- 1) 判読による森林劣化レベルの区分と劣化レベルと森林バイオマスの対応評価
- 2) 数値解析による森林劣化レベルの区分と劣化レベルと森林バイオマスの対応評価
- 3) 数値解析によるバイオマス推定

1)では劣化レベルを判読によって3から5段階程度に区分して、各段階と蓄積の関係を解析して劣化レベルからバイオマスを推定することを試みる。2)では数値解析によって劣化レベルを区分するが、その他は1)と同じである。3)では PALSAR データから直接バイオマスを推定することを試みる。従来のように後方散乱係数と蓄積の関係を統計的に解析して後方散乱係数が飽和するバイオマスを明らかにする。また、プロジェクトの進展状況や数値標高モデル (DEM) の整備状況によっては、インターフェロメトリを利用して樹冠標高 (DSM)を求めて両者の差から樹冠高 (CH) を推定する。

$$CH=DSM-DEM$$

現時点ではジャワ島とバリ島およびスラベシ島の一部で縮尺 1/25,000 の地形図が整備されており、比較的精度の高い DEM を作成できると考えられる。これら地域を対象に樹冠高

の推定精度を検証し、樹冠高と蓄積の関係をモデリングしてバイオマスを推定することが考えられる。3)は技術的にかなり高度なので、実施にあたっては SAR の専門家を交えて検討する必要があるだろう。

上記の3つの課題案は、1)と2)の方法は PALSAR データの解析方法が異なるだけで、本質的に差違が生じない可能性が高い。PALSAR データで有用な結果を期待できる現実的なアプローチである。3)は現在、研究者が注目している方法で、樹冠高の推定に成功すれば林分蓄積を推定できる可能性が高く地上部の炭素収支計算にデータを提供できるが、研究的要素の強い課題設定で成功するかどうか分からない。

なお、第一約束期間で日本が採用した方法を参考にすると、現在のプロット調査を補完する項目を調査して炭素収支計算を行い、PALSAR データの解析などで得られる伐採と劣化の情報を加えて炭素収支計算を補正することが現実的と思われる。このため、少なくとも1)と2)と項目については本案件の中で検討する必要がある。

#### 3-5-4 新規案件における PALSAR と MODIS の利用

PALSAR と MODIS のデータ利用の方向性について要約する。なお、PALSAR と MODIS にトラブルが発生することもあり得るので、類似の他のセンサのデータを利用することも念頭においておく必要がある。今回の調査を通じて適切と思われたリモートセンシングの枠組みは概ね以下の通りである。

- 1) BAPLAN の現在の判読システムをベースとする。このため、当初はディスプレイに表示された画像データを判読してマッピングを行う。
- 2) ETM+による判読の問題点を回避するため、PALSAR などの SAR と MODIS などの低空間分解能センサーのデータを利用し、全国を対象としたシステム作りを目指す。
  - a) PALSAR データなどを用いて平地や丘陵地での伐採をマッピングする。判読の基準となる判読カードを作成して、オペレータをトレーニングする。年1回程度のマッピングを念頭におくが、ETM+と PALSAR のデータを並列表示することが必要かもしれない。
  - b) MODIS などのデータの雲なしモザイクを作成し、判読データとして利用する。1ヶ月～3年程度のモザイクを作成し、雲なしモザイクに要する最低期間と安定した解析が可能になるモザイク方法を明らかにする必要がある。
- 3) PALSAR などのデータによって森林の劣化レベルを判定するための基礎的調査を行う。テストサイトを設けて、地上でのバイオマス調査と判読結果を対比する必要がある。判読と数値解析を行って、優劣を比較する。
  - a) 伐採地の把握の精度と効率を比較する。
  - b) 森林を劣化レベルに応じて段階的にクラス分けし、蓄積などの林分パラメータとの対応関係を検討する。
  - c) 実現可能な解析方法および判定可能な劣化レベルを明らかにする。

本案件の成果を蓄積や AAC の推定に反映させるには、森林タイプの分類精度つまり面積精度を向上させることが重要である。この問題は、REDD において要求される炭素収支計算の精度と密接に関連するので、統計を熟知した森林調査の専門家に現在のサンプリングデ

ザインについて意見を聞いておく必要がある。

本案件は、森林火災プロジェクトのホットスポット観測同様、技術開発が必要な分野での技術移転であり、研究要素が避けられないことと熱帯林の生態に関する十分な知識が必要なことから、森林総合研究所のみならずインドネシア国の大学などの研究機関と連携をとって実施することが望ましい。ボゴール農科大学(IPB)はすでに BAPLAN と共同で ETM+ と SPOT パンクロデータを利用して蓄積をマッピングしていること、日本で学位を取得して SAR データの解析に実績のある教官が 2 名(Ir. Lilik Budi Prasetyo 博士、I Nengah Surati Jaya 博士)いること、その他に日本で学位を取得してリモートセンシングを専門とする教官が 1 名いることから共同実施機関として最適である。前述した判読カードの作成においても、インドネシア国の研究者の支援を得ることが望ましい。

## 第2部 第2回事前調査

### 第1章 調査団派遣

#### 1-1 調査団派遣の経緯と目的

2007年10月に実施された本案件にかかる第一次事前評価調査において、  
ア PALSAR (JAXA の ALOS 衛星に搭載されているマイクロ波センサー) /MODIS (アメリカの TERRA/AQUA 衛星に搭載されている光学センサー) などの雲に比較的邪魔されず、頻繁なデータ入手が可能な技術を活用した広域 (マクロ) の定期的な森林資源調査実施のための技術移転

イ 遠隔探査技術等を用いた林業省の森林資源調査システム運用に関する職員の訓練

の二要素をプロジェクトの中心とする方向で大筋の合意がなされ、2007年10月末に林業省から PDM の素案が日本側に提出されたところである。

上記調査の結果や PDM 素案等を踏まえ、林業省森林計画庁 (BAPLAN) をはじめとする「イ」国側関係機関との協議及び現地調査を通して、プロジェクトの基本方針 (PDM 及び PO)、内容 (専門家派遣、研修員受入、機材供与計画等)、実施体制 (C/P 配置計画、機材・施設整備状況、予算措置等) について検討する。この結果、林業省森林計画庁 (BAPLAN) と合意した内容を、最終的な PDM 案、PO 案、及び実施計画 (詳細活動、投入 M/M、分野、期間、資機材等) を含む R/D 案として取りまとめ、協議議事録 (M/M) の署名・交換を行う。

また、「JICA 事業評価ガイドライン」に則って、評価 5 項目の観点から、「イ」国側と合意したプロジェクト計画を評価し、事前評価表を作成するとともに、事前調査の結果を取りまとめた事前調査報告書を作成する。

#### 1-2 調査団の構成

担当分野	氏名	所属
団長/総括	中田 博	国際協力機構 国際協力専門員
森林計画	佐藤 雄一	農林水産省林野庁 計画課 (海外林業協力室) 調査官
衛星画像解析	栗屋 善雄	森林総合研究所 森林管理研究領域 チーム長 (環境変動モニタリング担当)
協力計画	真野 修平	国際協力機構 地球環境部 第一グループ 森林・自然環境保全第一チーム 職員

1-3 調査日程

	月日		活動			
			中田(団長/総括)	佐藤(森林計画)	栗屋(衛星画像解析)	真野(協力計画)
1	2/3	日	移動(蘭空11:00→SP17:00 SQ617, SP18:45→JKT19:20 SQ966) 到着後国内打合せ			移動(成田11:20→JKT17:20 JL-725) 到着後国内打合せ
2	2/4	月	08:00 森林計画庁Yetti長官との打合せ 10:30 在インドネシア日本国大使館表敬 16:00 JICA事務所との打合せ			団長と同じ
3	2/5	火	他案件調査			団長と同じ
4	2/6	水	他案件調査			団長と同じ
5	2/7	木	他案件調査			団長と同じ
6	2/8	金	他案件調査			団長と同じ
7	2/9	土	資料整理			資料整理
8	2/10	日	資料整理、国内打合せ	移動(成田11:20→JKT17:20 JL-725) 到着後国内打合せ		資料整理、国内打合せ
9	2/11	月	10:00 森林計画庁Yetti長官表敬、森林計画庁森林インベントリー&マッピング局へM/M(案)、R/D(案)等説明・協議(日本側提案の提示)			
10	2/12	火	09:00 ステークホルダーミーティング(イ政府関係者、ドナー、NGO、IPB、CIFOR、FAO大塚氏等) 13:00 ドナー等との非公式協議(WB、AusAID、GTZ、FAO、CIFOR、宮川専門家)			
11	2/13	水	08:30 造林社会林業総局Sunar yo 総局長 12:00 生産林総局Hadi総局長 12:15 研究開発庁Wahyudi長官			12:00 生産林総局Hadi総局長 12:15 研究開発庁Wahyudi長官
12	2/14	木	09:00 M/M署名 PM 報告書作成			
13	2/15	金	11:00 Boen官房長表敬 13:30 JICAインドネシア事務所長ブリーフィング 14:00 事務所報告 16:45 大使館報告			
14	2/16	土	資料整理	帰国(2/15 JKT22:10→成田07:20)		資料整理
15	2/17	日	PM 移動(シクタンマシマツ) 20:30 UPTマシマツとの協議			PM 移動(シクタンマシマツ) 20:30 UPTマシマツとの協議
16	2/18	月	AM UPT施設、FMUサイト視察 PM 移動(マシマツマシマツマシマツ)			AM UPT施設、FMUサイト視察 PM 移動(マシマツマシマツマシマツ)
17	2/19	火	AM UPTマシマツマシマツとの協議 PM HRサイト視察			AM UPTマシマツマシマツとの協議 PM HRサイト視察
18	2/20	水	AM 移動(シクタンマシマツマシマツ) 14:00 事務所報告			AM 移動(シクタンマシマツマシマツ) 14:00 事務所報告
19	2/21	木	AM 報告書作成 15:00 Yetti長官報告 16:00 Yuyu局長報告			AM 報告書作成 15:00 Yetti長官報告 16:00 Yuyu局長報告
20	2/22	金	AM EUとの非公式打合せ 13:30 事務所との打合せ			AM 報告書作成 13:30 事務所との打合せ
21	2/23	土	帰国(2/22 JKT20:15→SP22:50 SQ967, 2/23 SP01:10→蘭空08:35 SQ617)			帰国(2/22 JKT22:10→成田07:20)

#### 1-4 主要面談者

##### Ministry of Forestry

Dr.Ir.Boen M.Purnama,M.Sc., Secretary General

Mr.Yuyu Rahayu, Director of Bureau of International Cooperation

##### Directorate General of Land Rehabilitation and Social Forestry

Dr. Ir. Sunaryo, M.Sc.

##### Forestry Planning and Programming Agency

Dr.Ir.Yetti Rusli,M.Sc., Director General

Dr.Ir.Hermawan Indrabudi, M.Sc., Head of the Center for Forest Inventory and Mapping

Dr.Wardoyo,MF

Mr. Ahmad Basyiruddin Usman, Remote Sensing Analyst, Center for Forest Inventory and Mapping

Dr.Ir.Belinda Arunarwati, Center for Forestry Planning and Statistic (FRIS 担当)

##### Forestry Research and Development Agency

Ir.Wahjudi Wardojo,M.Sc., Director General

##### BPKH V

Mr. Hudoyo, Head of BPKH V

##### BPKH XI

Mr. Ismugiono, Head of BPKH XI

##### EU

Mr. Jozsef Micski, Liaison Manager, EC-Indonesia FLEGT Support Project

Mr. Michael Jaeger, Team Leader, EC-Indonesia FLEGT Support Project

##### AusAID

Mr. Grahame Applegate, Technical Advisor, PT. URS Indonesia (コンサルタント)

##### GTZ

Mr. Georg Buchholz, Principal Advisor

##### FAO

Mr. Masahiro Otsuka, Forestry Officer, RAPO/FORM, FAO Regional Office for Asia and Pacific(RAP)

CIFOR

Mr. Gen Takao, Ph.D, Scientist, Environmental Services and Sustainable Use of Forests Programme

Bogor Agricultural University(IPB)

Dr.Ir.Lilik Budi Prasetyo, M.Sc.

I Nengah Surati Jaya, Ph.D

Dr. Buce Saleh

Mr. Mahmud Raimadoya

Mr. Haryanto R.Putro

Mr. Edwine Setia Purnama

在ジャカルタ日本国大使館

書記官 川口 大二

JICA 個別専門家

宮川 秀樹 (森林・林業国家戦略実施支援アドバイザー)

JICA インドネシア事務所

所長 坂本 隆

次長 片山 裕之

所員 岩井 伸夫

PO Rika Novida

## 第2章 調査結果

### 2-1 総括

カリマンタン島、スマトラ島やアマゾン流域をはじめとする熱帯降雨林地帯は、通年雲に覆われている。このため、Landsat-TMをはじめとする従来型の光学センサー技術による遠隔探査では、森林資源調査が一部困難な地域が存在している。そのような中、JAXA（宇宙航空研究開発機構）が打ち上げたALOS衛星に搭載されているPALSAR（Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar）などの、マイクロウェーブを活用した雲を透過する技術（SAR: Synthetic Aperture Radar）に注目が集まっている。その中でも、バイオマスの量的観測可能性や経費的な面で優位とされるL-band技術であるPALSARに世界の多くの関係者が注目し始めている。（PALSAR技術に関しては「参考 PALSAR と他技術の比較」参照）

2007年度案件として要請・採択された本案件に関し、2007年10月の第一回調査において、本プロジェクトの二つの成果が、「PALSAR/MODIS技術移転を通じた森林資源能力の向上」と「森林資源調査に関する職員の訓練」の二点に力点を置くことが基本合意された。その方向性に関し、関連ドナー、NGO、インドネシア政府関連機関などより支持が表明された。第一回調査を受け提出された先方機関よりのPDM案などの追加情報を基に、R/D最終案及びM/M案を準備し、2008年2月14日、大きな修正なしに署名された（付属資料1.）。

このプロジェクトのもうひとつの特徴は、導入するPALSAR技術や森林資源情報が広範に活用できる可能性があることにある。例として、「各地域の土地利用や森林資源量などの把握」、「伐採コンセッションのモニタリングや年間許容伐採量の推定」、「森林地上部の炭素固定量の変化の推定」、「違法伐採などの環境犯罪のリアルタイムモニタリング」などが挙げられる。

森林資源調査やその政策及び現場活用を包含する世銀を窓口としたマルチドナーの取り組みであるFRIS（Forest Resources Information System = FOMAS-PhaseII）準備されており、プロジェクトによる技術移転の進捗と平行し、日本政府の支援が期待されている。

また、PALSAR技術の導入により、気候変動枠組条約第二約束期間以降に導入が想定されるREDD（森林減少や劣化による温暖化ガス排出の削減）などのアカウンティング手法の開発に貢献できる可能性がある。また、PALSAR導入時に必要となる地上照合プロットを活用し、COPI3で決議された「Demonstration Activity」などを支援し、日本政府の貢献を世界的に認知された枠組みの中で位置づけられる可能性もある。

常駐する専門家は二名で、リーダーは「PALSAR技術を導入する事により可能となる応用分野での実証成果の活用を、関係機関や各種イニシアティブと協力しながら進めることのできる経験者」、二人目は「PALSAR技術移転や訓練を（独）森林総合研究所やボゴール農科大学（IPB）と協力しながら進められる技術専門家」が想定される。

PALSAR/MODIS技術移転については、その実施スケジュールに関するイメージを調査団として概ね把握する事ができた。一方、訓練については、PALSAR技術に関連した訓練を盛り込む事が必須である以外、BAPLAN内部でも訓練の優先分野や対象機関などに関する検

討が進んでいない事、BAPLAN 出先機関である BPKH (Balai Pemantapan Kawasan Hutan ; 以下では UPT とする。) の実力のばらつきが大きい事、総局昇格に伴いいくつかの UPT が新設された事などのため、その具体的内容について、プロジェクト開始後早々に決定すべき課題として残っている。このため、2008 年 3 月 31 日までに、日本側よりは技術移転のスケジュール案を、インドネシア側よりは研修のスケジュール案を準備し、プロジェクト開始の準備を進めるよう、担当総局長に対し書簡で依頼を行った(付属資料 2.)。

また、当初の要請にあった、"Post-Graduate Studies"に関しては、プロジェクト本体に含める事が制度上困難なため、JICA の長期研修制度など別スキームを通じて可能性を探ることで前回の調査時に合意されたことを受けて JICA 本部で検討を進めており、実現が期待される。

周辺状況として、第一回調査以降、以下の分野で進展があった。

- (1) FOMAS (FRIS) の動向
- (2) FRA2010 の動向
- (3) 豪州政府や GTZ などの動向
- (4) REDD に関する COP13 決議や諸動勢
- (5) (独)森林総合研究所による共同研究
- (6) BAPLAN 昇格の動き

林業省関係者や関連ドナーより、PALSAR 継続の重要性に関し強い要望が相次いだ。在インドネシア日本大使館担当書記館に対しても、外務公電による日本政府関係機関への通報を依頼したところである。

## 2-2 FRIS (Forest Resource Information System) イニシアティブ

第一回調査以降、FOMAS に関する国際復興開発銀行(世界銀行)との覚書締結は進んでいなかった。一方、林業省内部では、FOMAS の Phase-II として、FRIS をスタートさせた。この特徴は、

- Phase-I を準備フェーズと位置づけ終了させ、今後、そこでの分析に基づいた「設計と実行」へ移行すること。

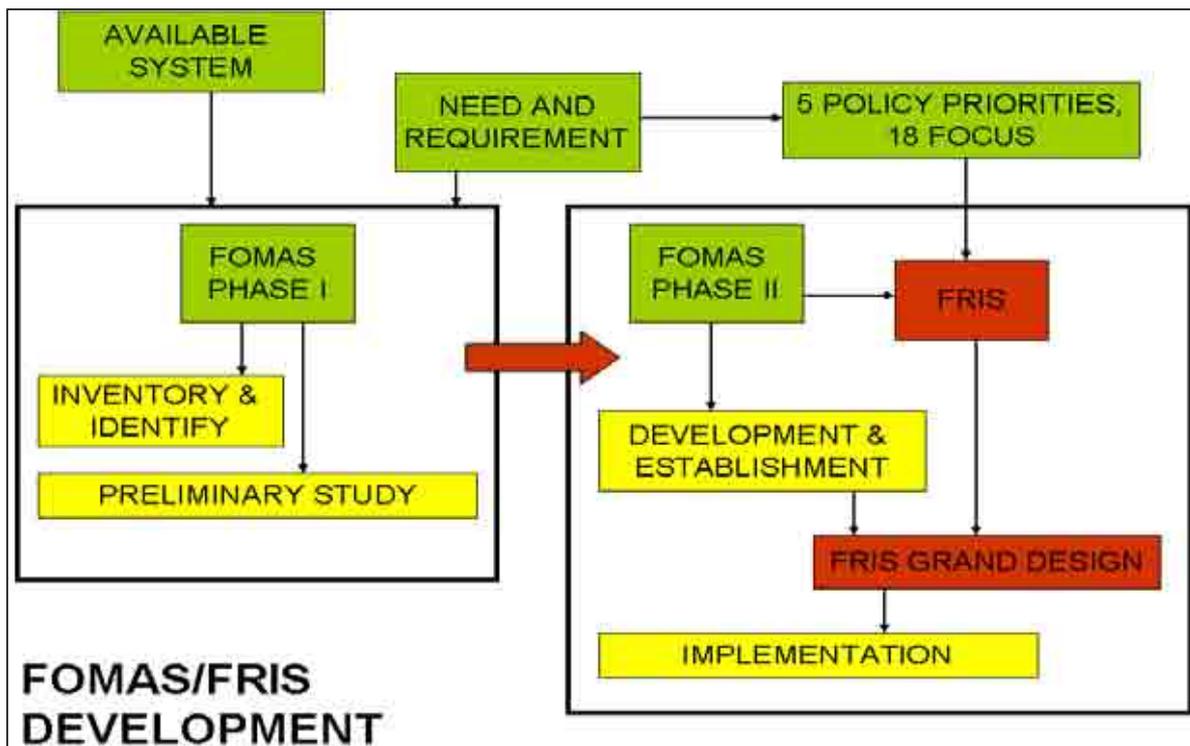


Figure 2-1. FOMAS/FRIS の概要

- 林業大臣例 SK.456/Menhut-II/2004 に基づく「5つの優先政策」及びそれに基づく18のフォーカス（の17番目）に明確に位置づけられていること。

#### Five main priorities of forest policy in the MoF

- **Fighting against illegal logging & illegal timber trade**
- **Revitalization of forestry sector especially forest industry**
- **Rehabilitation & conservation of forest resources**
- **Empowering economy of the people around forestlands**
- **Forestlands stabilization**

#### Forestry Development Focus

→ 18 focuses

→ one of the focus is:

#### 17. the development of forest resources information systems (FRIS)

Figure 2-2. 5つの優先政策及び18のフォーカス（17番目）

- 第一回調査準備過程で日本政府部内よりも関心の高かった各種森林資源調査結果の活用（「持続可能な森林経営への政策活用」、「コンセッション毎の許容伐採量の把握」、「統合GIS化」、「森林資源量の二酸化炭素蓄積量換算」など）を広くカバーしようとしていること（下図赤字部分）。

- Establish a cost effective forest monitoring system
  - National system: triennial system, annual system
  - Management unit monitoring system (FMU, TN etc)
  - Integrated system
- Forest Database:
  - Collect, digitize, improve and adjust forest sector data
  - Strengthening custodian concept → within the MoF (National), completed within forest provinces and districts
- Support decision making processes to promote SFM and mitigate deforestation and forest degradation
  - Spatial analysis
  - Carbon accounting and carbon monitoring system
  - Carbon market
- Support the transparency of forest sector information and the development of a comprehensive disclosure policy
  - Policy for data sharing and exchange
  - Mechanism for public service (Protocol data)
- Support spatial planning processes, strengthening mechanism within forest provinces and districts
  - Jurisdictional issues
  - Integrated forest database (National, provincial and district)

Figure 2-3 FRIS の活動コンポーネント

以上のようになっており、構想通り実現すれば、有益なフレームワークとなる。また、本イニシアティブは、世銀との覚書締結如何により今後の動向は影響されることが考えられるものの、基本は林業省がイニシアティブを持って実施する省としての 18 の政策フォーカスの一つであり、本プロジェクトの C/P 機関である森林計画庁森林インベントリー及びマッピングセンターの担当業務となっている。同センターとしては、主に世銀との距離感を図りつつも、本プロジェクトを含め、森林資源モニタリング及び調査に関連するあらゆる支援を同イニシアティブのもとに集約しつつ実行することを想定している。

以上のことから、本プロジェクトとしては、上記イニシアティブ（特に世銀）の動向に留意しつつも、プロジェクトでの技術移転や訓練の成果を現場での持続的な森林管理に上手くつなげていくため、当プロジェクト単独で動くのではなく、上記イニシアティブを初めとした各ドナーのイニシアティブ（後述）との連携、調整を積極的に進めていくことが重要と考えられる。

## 2-3 インドネシアにおける REDD の動向と本件の位置付け

### 2-3-1 気候変動枠組条約第 13 回締結国会議等での REDD 等を巡る動き

インドネシアがホストする気候変動枠組条約第 13 回締結国会議(COP13)等に向けて、2007 年 10 月 23～25 日、インドネシアのボゴールで気候変動に関する非公式閣僚会合が開催された。これは COP13 の準備会合に当たるものである。本会議では、京都議定書の第一約束期間(2008～12 年)以降の次期枠組の検討の進め方について議論が行われ、2009 年までに結論を得ることを目指すこと、条約の下でのこれまでの「長期対話」をより正式な場または新たな交渉の場として立ち上げること等について参加国の意見が大方一致した。途上国の森林減少問題も次期枠組における課題の一つであるとして、我が国も含め多くの国がその重要性を指摘した。我が国は、世界銀行の森林炭素パートナーシップ基金(Forest Carbon Partnership Facility, FCPF)に最大 1 千万ドルを拠出することを紹介し、途上国の森林減少問題に積極的に貢献していく旨表明した。

2007 年 12 月 3～15 日、インドネシアのバリで、COP13 等が開催された。本会合には 188 ヶ国の締結国をはじめ、国際機関や NGO 等のオブザーバーなど 1 万人以上が参加し、各国首脳や国連事務総長、ノーベル平和賞を受賞したアル・ゴア氏等の参加を得、会議の成り行きに世界の注目が集まったのである。本会合では、条約の下に長期的協力に関する特別作業部会(アドホック・ワーキング・グループ、AWG)を新たに設置し、京都議定書下での先進国の更なる削減約束に関する既存の AWG と併行して(2トラック)、2013 年以降の枠組み(次期枠組)を 2009 年までに合意を得て採択すること等が合意された。

途上国の森林減少に由来する排出の削減(REDD)については、同時期に開催された科学上及び技術上の助言に関する第 27 回補助機関会合(SBSTA27)で議論が行われた。SBSTA27 では、SBSTA26 で検討されたドラフトテキストを出発点として、REDD の次期枠組検討プロセスでの位置づけ、森林保全の取扱い、実証活動の指標的ガイダンスの設定、国レベルより小さい地域レベルの活動の取扱い等について議論され、森林劣化の森林減少との並列的な扱い、パイロット活動(Pilot activities)の実証活動(Demonstration activities)への読替え、締結国による実証活動や途上国のキャパビル等への取組みの奨励、実証活動の実施に当たり本決議で定めたガイダンスの活用の奨励、COP14 に向け各国意見提出やワークショップ開催等を SBSTA の下で実施などを含む COP13 決議案が採択された。また、COP13 では同決議案でブラケット付となった箇所について、2009 年までに合意をうるべき次期枠組検討における REDD の政策アプローチ・インセンティブの検討や森林保全・持続可能な森林経営・森林炭素蓄積の増加の役割への留意、同アプローチ等への対処への実証活動等の取組の考慮を含む決議(バリ・アクションプラン)が採択された。我が国は、REDD の方法論的課題を議論するためのワークショップを本年我が国でホストする旨表明し、各国から賛意を受けた。

交渉と併行し数多くのサイドイベントが行われ、世界銀行の森林炭素パートナーシップ基金の発足式、インドネシア林業省のインドネシア REDD 方法論・戦略など、REDD に関する数多くのサイドイベントが開催され、情報の共有等が図られた。このように、REDD の緊急性と具体的な取組の方向性が国際社会により共有された。

### 2-3-2 COP13 に向けたインドネシアの政策開発

COP13 をホストしたインドネシアで、気候変動への対処は、国の政策上高い優先度を持つことになった。インドネシア政府は、COP13 に向けて「気候変動国家行動計画」(National Action Plan addressing Climate Change, 2007, Republic of Indonesia)を策定し、COP13 開催の一月前の 2007 年 11 月に公表した。その内容は、気候変動の緩和の観点からエネルギーセクター、森林セクター等、適応の観点から水資源セクター、農業セクター等と幅広く含まれる。森林セクターでは、排出の削減と炭素吸収能力の増強、インセンティブ・メカニズムの適用、それらの周辺分野としての地域管理計画や法令強化等が謳われている。同計画はインドネシア政府の長期国家開発行動計画、中期国家開発行動計画に組み込まれるものとされており、気候変動の緩和や適応等にかかる具体的なプログラムの作成が今後見込まれている。

森林減少に由来する二酸化炭素の排出は世界の温室効果ガスの排出の約 2 割を占め、インドネシアはブラジルとともに最大の森林減少国である (FRA 2005)。森林減少に由来する排出の削減は他のセクターの排出削減に比べて費用対効果が高いことが指摘されており、対策促進の意義が高い。インドネシア国内の排出量を見てみると、その約 8 割が森林減少に由来するとされている。さらに、その排出は、我が国の全セクターの排出量を超えるとする NGO の報告もある。

このようなことから、気候変動への対処でも特に REDD は、インドネシアの森林政策上高い優先度を持つに至っている。インドネシア林業省は、COP13 に先駆けて、世界銀行、英国 (DFID)、豪州 (AusAID)、独 (GTX) の支援の下、関係機関と「インドネシア森林気候アライアンス」(Indonesia Forest Climate Alliance, IFCA)を立ち上げ、REDD に係る方法論的課題や取組について検討を開始してきた。「インドネシア REDD 方法論・戦略」(Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Indonesia, REDD Methodology and Strategies, REDDI, 2007, IFCA)はその成果であり、COP13 での 2 日間にわたるサイドイベント(インドネシア林業省主催)でも議論が行われた。同戦略は、REDD に関連する各種議論を要約し、その分析や政策開発、現地での実証のプロセスに向けての論点を提示している。また、オイルパーム・プランテーション、紙パルプ・プランテーション、生産林、保護地域、泥炭地といった区分ごとに分析を加えている。

現在、インドネシア林業省内では REDD ワーキンググループが形成され、REDD の実証活動のモダリティや手続きなどが検討されている。ワーキンググループでは、2008 年 6 月までに検討を終了させ、大臣令をもってこれを公表し、実証活動の具体的な開始にむすびつけたいとしている。検討内容の詳細は今回明らかにされなかったが、その詳細はどのようなものになるか、スケジュールどおりに進むか、我が国の貢献策として今後どのようなものがありうるか、気候変動上の今後の交渉とどう関連するかなどに引き続き留意していく必要がある。

### 2-3-3 他先進国等の REDD 支援の動向

インドネシアの森林セクターへの支援は、現在、先進国の援助機関、国際機関や研究機関、NGO などにより行われている。また、その代表的なものは EU、ドイツ (GTZ)、ITTO、日本 (JICA) によって行われている。これらはこれまでの政策課題やニーズに沿った広い

野にわたっているが、気候変動への対処、特にインドネシアでの REDD への対処が国際的な課題となる中、2007 年には「インドネシア REDD 方法論・戦略」(REDDI)の作成への世銀、英国、豪州、ドイツの支援が行われた。

REDD への支援表明は範囲を拡大し、現在、豪州が総額 4,000 万豪ドルの資金支援を拠出表明し、他の先進国などに先駆けてインドネシアの REDD 対策への支援を大きくリードしている。豪州を追うように、ドイツが具体的な資金拠出や技術協力の実施をインドネシア側に表明している。

REDD 支援には、豪州、ドイツのほか、世銀、英国、ノルウェー、韓国等が関心を示しているとされているが、豪州、ドイツも含めて各国等は、条約下における REDD 交渉の今後の動向やインドネシア林業省側の REDD ワーキンググループによる実証活動の検討状況を見定めようとしている。

以下はいずれも林業省及び当該国の専門家からの聞き取りによるものであるが、まず、豪州は、1,000 万豪ドルを REDD 政策支援等に拠出し、インドネシア林業省の REDD ワーキンググループの活動をサポートしている。豪州はさらに 3,000 万豪ドルを中央カリマンタンの湿地林帯の広域プログラム(Kalimantan Forests and Climate Partnership)に拠出を予定している。これまで複数の調査団が来伊しているが、近く再度調査団が来伊し協議を行う予定である。

ドイツは、2,350 万ユーロを REDD 支援としてインドネシア側に表明している。このうち、2,000 万ユーロは資金支援、350 万ユーロは技術協力である。同じくこれまで複数の調査団が来伊し、近くドイツ開発銀行 (KfW) を含む調査団が来伊し協議を行う予定である。

ノルウェーは、気候変動全般についての支援策をインドネシア環境省と協議し REDD 支援にも強い関心を示しているとされる。韓国は、昨年 AR-CDM 関連のプロジェクトの開始を検討していたところ、COP13 を契機に REDD 関連のプロジェクトの検討に切り替え、本年、プロジェクトの基本合意をイ林業省と締結し、協力内容や地域の協議のため最終合意の調査団が近く来伊予定とされる。

世界銀行の森林炭素パートナーシップ基金についてもインドネシアへの支援が見込まれているが、REDD 実証活動のモダリティ・手続きが検討中のため、現時点では、インドネシア側は FCPF への最初の手続きとなるプロジェクト・インフォメーション・ノートを世界銀行に対して提出していない。英国は REDD 支援に積極的な発言をしている。

なお、これらは二国間協力によるもので、マルチドナーファンド（多国間基金）への拠出ではない。

#### 2-3-4 REDD 実証活動への位置付けについての協議

SBSTA26/COP13 の決議では、REDD の実証活動をホスト国の承認の下に形成することが推奨されており、PALSAR を活用した森林モニタリングはインドネシアのカーボン・アカウンティングに大きく貢献することから、M/M 案にその旨の記載案を設けることによって、本プロジェクトを REDD 実証活動として位置づける可能性について、インドネシア林業省と協議した。

しかし、協議の結果、M/M では、気候変動への本プロジェクトの関連性について一般的な表記を行うに留めた。その理由は、本プロジェクト責任者（林業研究開発庁長官）や条

約交渉官（造林社会林業総局長）等によって説明に若干ぶれがあるものの、SBSTA 等の今後の条約下の交渉の動きやインドネシア国内の REDD 実証活動についての具体的な検討がまだ途上であるため、林業省側としてその関連性を直接明示する取り扱いは避けたいというものであった。一方、他の援助機関のプロジェクト等でも REDD 実証活動として取り扱っている例は現在ない。豪州、ドイツも含めて各国等は、条約下における REDD 交渉の今後の動向やインドネシア林業省側の REDD ワーキンググループによる実証活動の検討状況を見定めようとしている段階で、具体的な実証活動の開始等にはまだ至っていない。今回はこのような整理となったが、インドネシア林業省側もその大きな方向性については関心を示している。今後、本プロジェクトの REDD 実証活動への拡張性について必要に応じ検討が行われるべきであろうと考えられる。

## 2-4 実施体制

### 2-4-1 技術移転及び訓練の実施体制

常駐する専門家チームの構成としては、「総括」にも記載したとおり、二名体制で、リーダーは「PALSAR 技術を導入する事により可能となる応用分野での実証成果の活用を、関係機関や各種イニシアティブと協力しながら進めることのできる経験者」、二人目は「PALSAR 技術移転や訓練を（独）森林総合研究所やボゴール農科大学（IPB）と協力しながら進められる技術専門家」が想定される。

留意点は、今回のプロジェクトの技術移転のテクニカルバックストップングとして期待される（独）森林総合研究所からの長期専門家の派遣が困難であることである。そのため、二人目の専門家としての常駐は専門コンサルタントなどが想定されるが、同時に、技術的にも現地の事情にも明るいボゴール農科大学（IPB）とのコンサルタント契約などを通じた連携が効果的であると期待される（次の項にて詳述）。（独）森林総合研究所には、常駐する専門家や IPB 関係者が分からないことに関する相談や、新しい研究知見の提供などについて、メール等による技術指導や短期専門家の派遣、国内支援委員会の一員として貢献いただくことなどが現実的と考えられる。また、IPB 関係者の実力から考えると、研修分野での貢献も充分期待できる。IPB との協力に関しては、2007 年 10 月調査時点で先方と基本合意し、今次調査においても IPB 関係者との議論が進展している。今後、プロジェクトが立ち上がった段階で、再度 BAPLAN 長官らとの確認を行い、契約等を実施する必要があると考えられる。

### 2-4-2 ボゴール農科大学（IPB）との協力体制

日本では SAR データを用いた森林解析に関する知見は必ずしも十分ではない。また、SAR に習熟した専門家を派遣することも難しい。このため、以下のような項目について現地の研究機関と連携をとってプロジェクトを進めることを提案する。

#### (1) 判読マニュアル作成

PALSAR は人が視覚によって認識できる波長から大きくはずれた波長の電磁波を観測している。そのため、画像化した場合、人間の常識で判読すると判断を誤るような被覆パターンが存在することが予想される。このため PALSAR データの判読に先立って土地被覆や

森林タイプごとの特徴を明らかにし、森林劣化レベルと画像の対応付けを行っておくことが必要で、判読マニュアルを整備することが非常に重要である。

具体的には、テストエリアを設けて空中写真などの補助情報を整備したうえで、土地被覆ごとに PALSAR 画像と空中写真を対比して表示し、判読における特徴を判読マニュアルに記述する。マニュアル作成においては、現地の状況を確認して判読キーの妥当性を検証することが重要である。この作業は地道ではあるが PALSAR 画像を有効に活用するには不可欠である。

## (2) 判読トレーニング

判読マニュアルに基づいて BAPLAN 職員に対して判読の指導を行って熟練した判読者を育成する。これは判読者による判読結果の差を最小に押さえて、精度の高い図面作成を達成するためである。判読の指導については熱帯林での調査研究に精通し、指導的立場にある研究機関に依頼することが適当と考えられる。

本案件では IPB に判読マニュアル作成と判読トレーニングを依頼することを提案する。2008年2月14日に IPB で Lilik 氏、Buce 氏、Harianto 氏、Mahmud 氏の4氏と会談した結果、本案件について協力を得ることで合意した。依頼した内容は以下の通りで、Lilik 教授を代表者と定めたので、今後は同氏を中心に調整を行っていくことになるだろう。

### ア. 判読マニュアル作成

数名の修士課程あるいは博士課程の学生を割り当てる。2箇所程度のテストサイトを設けて、空中写真か高地上分解能衛星データを整備して、PALSAR 画像と対比しながら判読における特徴を記述する。

### イ. トレーニング実施

カスケード方式によって判読トレーニングを実施する。判読者の技量に応じて、トレーナーと一般判読技術者の2つのグループに分ける。TMの判読に優れた BAPLAN および UPT の職員を対象に、IPB の教官と大学院生が長期専門家や短期専門家とともに判読の指導を行う。これら職員を判読トレーナーと位置づけて BAPLAN や UPT の一般判読技術者に判読トレーニングを実施する。長期専門家は IPB の教官と共に判読研修システムをデザインし、BAPLAN に提案することになる。

## (3) 森林総合研究所と IPB の協力

一方、(独)森林総合研究所は環境省の予算によって次年度から JAXA および北海道大学と PALSAR による森林劣化解析に関する共同研究を開始する。研究項目は以下のとおりで、JICA の案件が実利用を目指すのに対して、森林総研の課題は PALSAR データの高度利用を目指した研究指向の課題である。

### ア. 森林伐採と森林劣化を把握するために SAR インデックスを提案する。(森林総研)

このため、被覆と PALSAR データの対比と、バイオマスと後方散乱係数の関係を検証する。

### イ. 標高と標高の変化を解析する。(JAXA)

### ウ. PALSAR 解析のグランドツルースを取得する。(森林総研、北大)

### エ. 泥炭湿地林からの温室効果ガスフラックスを観測する(北大)

森林総研は、IPB との間において、ウ. 地上調査を含めて、ア. 森林総研担当分とイ. JAXA 担当分について協力することで合意しているようである。研究の進展状況にもよるが、この研究結果に基づいて BAPLAN への指導内容を高度化していくことが可能になるとの情報

を得ており、プロジェクトとして協力を念頭においておくことが必要である。

### 2-4-3 タイムスケジュール

本案件ではインドネシア全国の森林被覆図を更新することを目指す。これが最大の目標となるため、タイムスケジュールを以下のように想定することを提案する。

- (1) 1年目中に判読マニュアルを整備し、判読トレーナーを養成する。
- (2) 2年目は UPT 職員の判読技術の向上が課題となる。
- (3) 3年目の初めには全国判読に着手し、並行して精度検証を行う。

スケジュール（案）を具体的に示すと以下のような例が考えられるが、インドネシア側との協議によって、実態に応じて柔軟に対応することが望ましい。

- ・2008年9月 プロジェクト開始
- ・2008年11月 関係者による計画確認
- ・2009年2月 判読マニュアル ver. 0 の作成、問題点の検討・修正
- ・2009年4月 判読マニュアル ver. 1 の作成
- ・2009年5月 第1回判読トレーニング（トレーナー養成）
- ・2009年6月 小エリアにおける判読試行
- ・2009年8月 判読結果の検討、判読マニュアルの検討・修正 (ver. 2)
- ・2009年11月 第2回判読トレーニング（トレーナー養成）
- ・2009年12月 第3回判読トレーニング（判読技術者養成）
- ・2010年2月 UPT における判読試行・問題点の検討、判読マニュアル改訂(ver. 3)
- ・2010年3月 第4回判読トレーニング（トレーナー養成）
- ・2010年4月 第5回判読トレーニング（判読技術者養成）
- ・2010年6月 UPT における広域判読の試行・問題点の検討
- ・2010年8月 第6回判読トレーニング（判読技術者養成）
- ・2010年9月 全国判読の開始、精度検証
- ・2011年5月 判読結果の取りまとめ

また、判読以外の研修や技術移転については、プロジェクト開始後、インドネシア側との協議に基づいて検討することが望ましい。

### 2-5 UPT の現状と訓練ニーズ

BAPLAN の出先機関 (UPT) である BPKH は、全国に 17 ヶ所あり、うち 6 ヶ所は BAPLAN の総局昇格を先取りする形で、2008 年 2 月に追加された（調査時点での BAPLAN 関係者の情報によれば、長の任命と間借りのオフィスのみが存在している。）。

従来から UPT は、場所によりその技術力や職員のレベルにばらつきがあると言われて来た。それに加え、新たに追加される事により、研修ニーズに更なるばらつきが大きくなっているものと想像される。今回訪問した二カ所（(南カリマンタン州バンジャルバルにある BPKH V 及びジョグジャカルタ特別州にある BPKH XI) に関しては、設備的にも、人材の面でも充実しており、基本的には PALSAR に関する研修を中心とすることが想定されるが、

おそらくそれ以外の機関は、より基本的な研修も必要としていると想像される（両 UPT の詳細については、付属資料 5. を参照のこと）。



Figura2-4. バンジャルバル UPT の外観とラボの様子



Figura2-5. ジョグジャカルタ UPT の外観とラボの様子

また、技術移転に関しても、特に地上照査のテストサイト設置などで、これら出先機関が一定の役割を担うものと考えられる。

バンジャルバルの機関の管轄下では、基本的に 23 の土地被覆区分の大半に関する照査区を設定することになると想定される。但し、天然林とパーム農園などが含まれていない可能性が高く、(独) 森林総合研究所がインドネシアとの共同研究プロジェクトで設定する中央カリマンタン州の照査区などの併用も検討が必要となると考えられる。なお、当該機関は、中央カリマンタン州も管轄しており、両首都間は陸路で約 4 時間の距離にある。

面談した林業省研究開発庁長官や GTZ 関係者の意見では、照査区の存在するモデル林班は、UNFCCC-COP13 の REDD に関する決議に規定された Demonstration Activities の候補地とされているが、実際にはオランダ統治時代から森林は既になく、「森林減少」と呼べる現象はみられなかった。強いて言えば、毎年起きていると想定される火付け地ごしらえをやめる事によって、排出削減は起こりうる。一方、何を持って「森林減少に由来する排出削減」と定義されるのか、現時点では不明である。

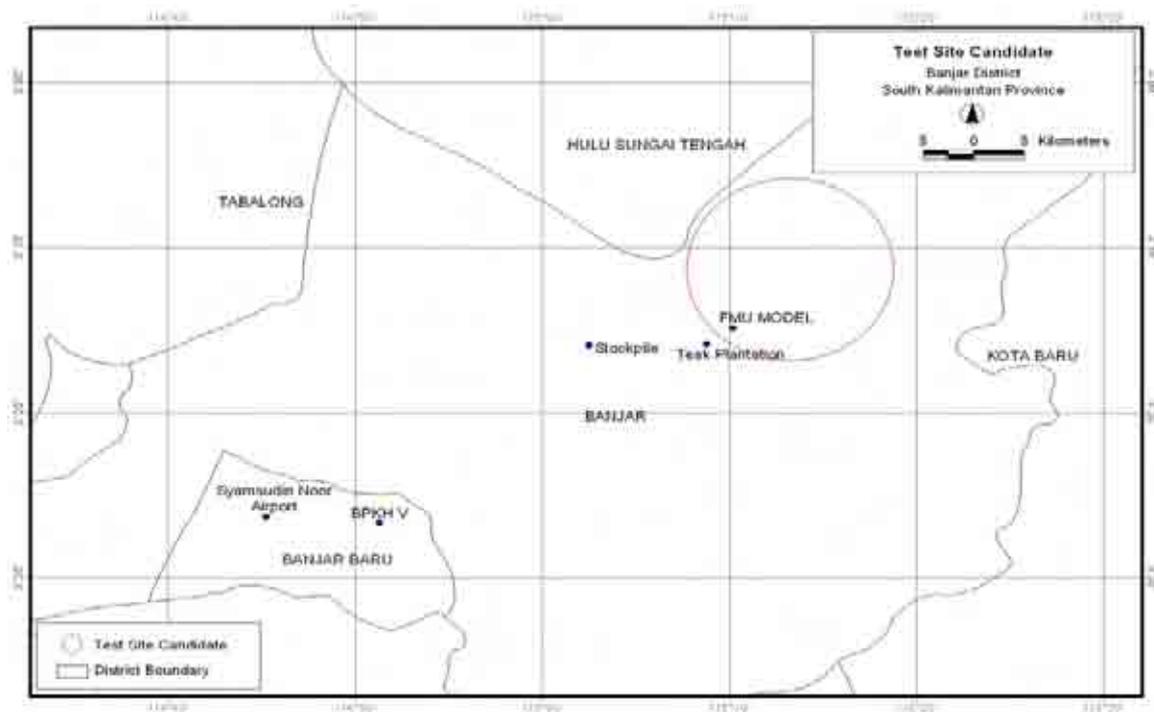


Figura2-6. テストサイト候補地とされるバンジャル県の FMU モデル位置図



Fugura2-7. FMU モデルの様子

ジョグジャカルタの機関の管轄区においては、林業省側は民有地での造林地の調査区を想定しているものと考えられる。これは、林業省が政策的に進めている人工造林（例：GERHAN（国家森林再生運動）、Hutan Rakyat（民有林）など）を量的に把握したい意図の現れと考えられる。しかしながら、同行した IPB 関係者の意見にもあるが、複雑に様々な微地形、植栽単位、樹種が混在するタイプの衛星情報による判読は困難も予想される。

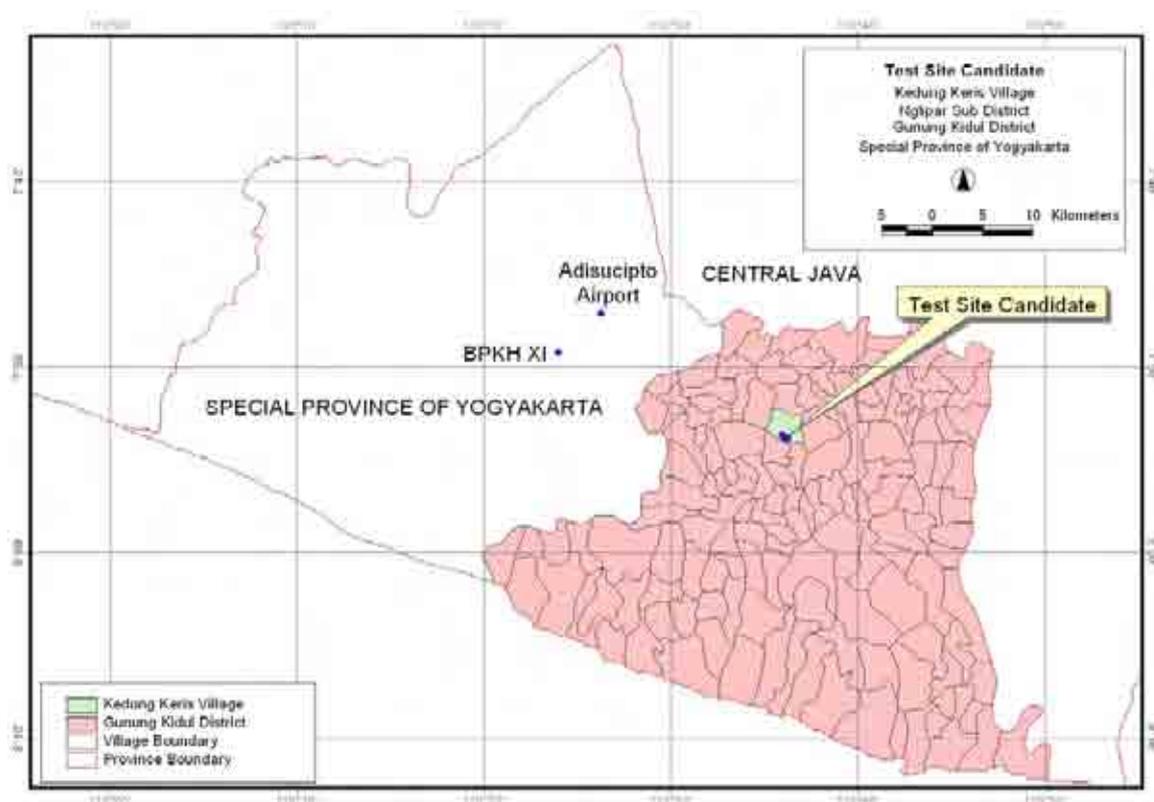


Figura2-8. テストサイト候補地とされるグヌンキドゥル県の民有林



Figura2-9. 民有林の様子

## 2-6 必要な機材

本案件の実施にあたって BAPLAN から以下のような要望リストが提出された。リストは優先順位の高い方から示されている。

ハードウェア

1. PC ワークステーション (Windows)      5 台 (最優先 3 台) 邦貨約 80 万円/1 セット  
Xeon マルチ CPU, 4GB RAM,

ハードディスク 500-1,000GB

20 インチ デュアル LCD モニタ

- |                                       |               |                 |
|---------------------------------------|---------------|-----------------|
| 2. 外付けハードディスク 2TB                     | 4 台 (最優先 2 台) | 邦貨約 15 万円程度/1 台 |
| 3. ネットワークディスク (NAS) 10TB<br>RAID 1 対応 | 1 台           | 邦貨約 200 万円/1 台  |
| 4. DVD ドライブ 4GB                       | 3 台           | 邦貨約 4 万円/1 台    |
| 5. DLT テープシステム                        | 1 台           | 邦貨約 60 万円/1 台   |

ソフトウェア

- |               |       |                 |
|---------------|-------|-----------------|
| 1. 画像解析ソフトウェア | 1 セット | 邦貨約 1000 万円/セット |
|---------------|-------|-----------------|

例 Erdas Imagine \*(あるいは PCI)

モジュールの構成

1. Professional module
2. Rader module
3. GIS module
4. Ortho-rectification module
5. Feature extraction module

\*モジュール単位での追加購入が可能である。

- |                         |     |                  |
|-------------------------|-----|------------------|
| 2. 既存画像解析ソフトウェアバージョンアップ |     | 邦貨約 250 万円程度/4 式 |
| 1. Erdas Imagine        | 2 式 |                  |
| 2. PCI                  | 2 式 |                  |

以上の機材の合計額は邦貨約 2000 万円程度である。しかし、現地の物価が安いことと日本での画像解析ソフトの価格が国際価格に比べて著しく割高なことを勘案すると、現地調達では合計価格は約 1200~1500 万円程度になると見込まれる。なお、上記のリストには、UPT における機材は含まれていないことや、予算上の制約等もあるので、プロジェクト開始後、先方と十分に協議しつつ必要なものを厳選して調達することが望ましい。

## 参考 PALSAR と他技術の比較

現時点では FAO の FRA2010 における全球サンプリング調査は FAO と関係各国がリモートセンシングを活用して実施することが予定されている。基本的にはランドサット衛星の Thematic Mapper (TM あるいは ETM+) データを利用して、森林被覆を判読する方針である。しかしながら、TM データの場合、雲によって観測できないエリアが生じるなどの理由から、他のリモートセンシングデータで補完することが想定されている。TM を補完するリモートセンシング情報としては昨年ドイツが打ち上げた合成開口レーダ TerraSAR-X が予定されている<sup>1</sup>。

合成開口レーダは太陽光線の反射光を観測する TM などの光学センサと異なり、電磁波を地面に向けて照射して、その地面からの反射を観測する。電磁波の波長が長いと、雲の影響を受けない。しかしながら、電磁波を斜めに照射するために、山岳地では電磁波の届かない斜面が生じたり、電磁波に垂直に対峙する面ではほぼ全ての電磁波が反射したりするなどの問題が生じる。このため、SAR データを山岳地で利用することは極めて難しい。このため、山岳地については光学センサのデータで情報を補完する必要がある。

以下では FAO が FRA2010 で利用しようとしている TerraSAR-X や本案件で利用する PALSAR などの違いについて概説する。TerraSAR-X の観測メカニズムは PALSAR とほぼ同じで、最大の相違点は TerraSAR-X が波長の短い X バンド(3.11cm)、PALSAR は波長の長い L バンド(23.6cm)を用いていることである。これら 2 つの中間の波長の C バンド (RADARSAT-2)を含めて、波長の違いにより観測されるデータに以下のような差が生じる。

1. 相対的に バイオマス推定には長波長 (L バンド)が有利で短波長 (X バンド) が不利、中間波長 (C バンド) は中庸である。
2. 樹冠形状については高分解能、短波長 (X バンド) が有利で、低分解能、長波長 (L バンド)が不利である。
3. 樹高についても電磁波の波長が長く、浸透能力が高くて、樹冠で 2 シーンの電磁波の干渉を生じやすい長波長 (L バンド)が有利で、電磁波の波長が短く、浸透能力が低くて、樹冠で干渉しにくい短波長 (X バンド) が不利である。

高さ情報を推定する場合、同じ場所を観測した 2 つのシーンを利用し、両者の間で電磁波を干渉させて標高や樹高などを推定するが、物体の形状が変わってしまうと干渉には不利になる。干渉解析に利用する 2 つのシーンは通常、観測時間 (日時) が異なる。このため、2 シーンで被覆状況が全く同じことはない。例えば樹木が風で揺れるだけでも見かけの形状が変わる。波長の短い X バンドの電磁波は葉で電磁波が散乱するため風の影響を受け易く、2 回の観測のどちらかで風が吹いて葉が揺れていると干渉解析に影響するが、波長の長い L バンドでは影響を受けにくい。なお、TerraSAR-X の場合は、近い将来もう 1 機打ち上げて 2 機体制となり、ごく僅かな時間差で 2 回観測して (tandem observation)、この問題を回避することになっている。

一方、山岳地では PALSAR のデータを利用できないので、光学センサのデータで補完す

---

<sup>1</sup> しかしその後、2008 年 3 月の FRA2010 専門家会合では TerraSAR-X 導入の議論は行われず、FRA2010 では世界統一基準としてランドサットデータを使用し変化を把握することとされたため、PALSAR との「競合」の可能性はひとまずなくなったと言えるが、今後の動向を含め留意しておくことが望ましい。

る必要があるが雲の問題を回避しなければならない。Terra 衛星に搭載されている MODIS は、地上の同一地点を 1 日に 1 回以上観測できるので、ひと月間程度の毎日のデータから雲に影響されていない画素をモザイクすることで雲なし画像を作成できる。この雲なし画像を用いて山岳地の森林をマッピングすることが可能になる。

以上の特徴は表 1 のようにまとめられ、本案件では以下のようにデータを使い分けることになる。

1. 地形の緩やかなエリアでは PALSAR の 50m モザイクデータを用いて、目視判読によって森林タイプ分類図と土地被覆分類図を作成する。
2. 山岳地では MODIS の雲なしモザイク (250m メッシュまたは 500m メッシュ) を用いて、目視判読によって森林タイプ分類図と土地被覆分類図を作成する。

なお、50m メッシュとしてモザイクした PALSAR データは JAXA から本プロジェクトへ無償で提供されるので、価格の面で他の SAR データよりも圧倒的に有利である。

Comparison of Technology					
	Landsat TM	MODIS	PALSAR	Radarsat2	TerraSAR-X
					
Status in Ministry of Forestry	Widely Used	Used in Forest Fire Monitoring (PHKA)	To be Introduced	Not Used	Not Used
Type of Sensor	Optical	Optical	Microwave (L-band)	Microwave (C-band)	Microwave (X-band)
Frequency (Rotation)(Days)	16	1	3~46	2~24	2~24
Resolution (m)	30	250 & 500	5, 10 & 100	3, 23 & 100	3, 15 & 30
Advantages	-Land Covers Identifiable	-Cloud Free Images Possibly Producing	-Cloud Free -Biomass in Early Succession Stage -Tree Height	-Cloud Free	-Cloud Free (with possible exceptions) -Canopy Shape Identifiable (fine mode)
Weakness	-Cloud Disturbances	-Coarse Ground Resolution	-Mountainous Topography -Canopy Shape	-Mountainous Topography	-Mountainous Topography -Possible Cumulonimbus Disturbances -Biomass -Tree Height
Estimated Cost (US\$/km <sup>2</sup> )	0.02	Free of Charge	0.12 (Free of Charge for this Project)	0.40	3.85

表 1 リモートセンシングデータの比較

図 1 にボルネオ島の PALSAR モザイク画像と MODIS250m 画像を示す。PALSAR は 20 パス程度のデータをモザイクしているが、雲の影響はみられない。MODIS は 2007 年 5 月 23 日に林業省火災予防局で観測されたデータで、白く写っているのは雲である。PALSAR データでも山岳地に明るい箇所が多く見られるが、これは斜面で電磁波が強く反射している箇所である。PALSAR 画像でも森林などの植生が緑に発色していて、判読しやすい。

図2には東スマトラの一部を拡大した画像を示す。雲のためMODISデータでは地表がほとんど見えないが、PALSARではマングローブ林と平地林やオイルパーム園および農地などが広がっている様子がわかる。土地被覆の違いが比較的明瞭で光学センサのデータ（例えばTM）に似ているので、判読のポイントはTMデータとの相違点を明確にすることだと考えられる。

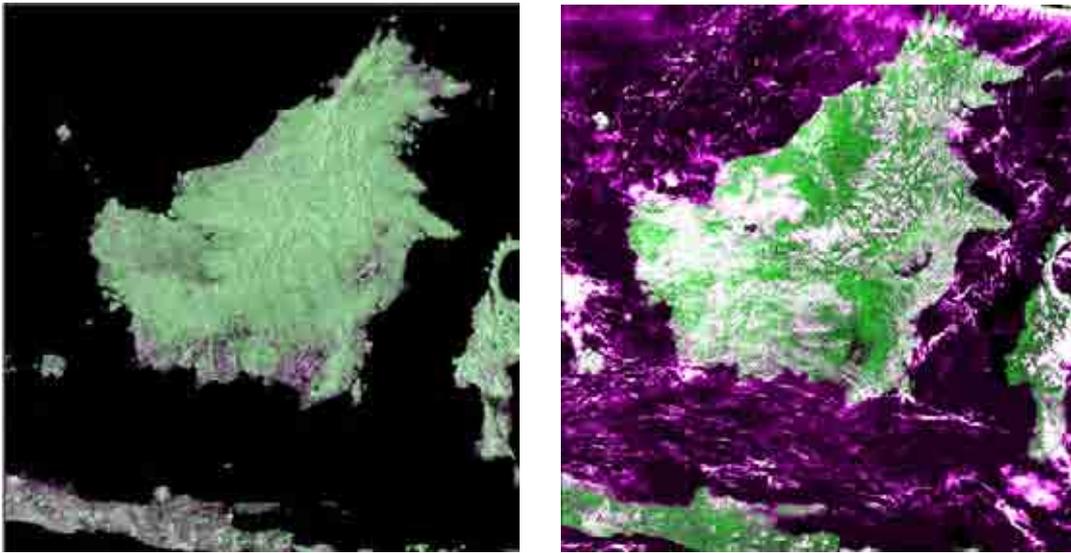


図1 カリマンタン島の画像データ 左：PALSAR、右：MODIS 2007/5/23

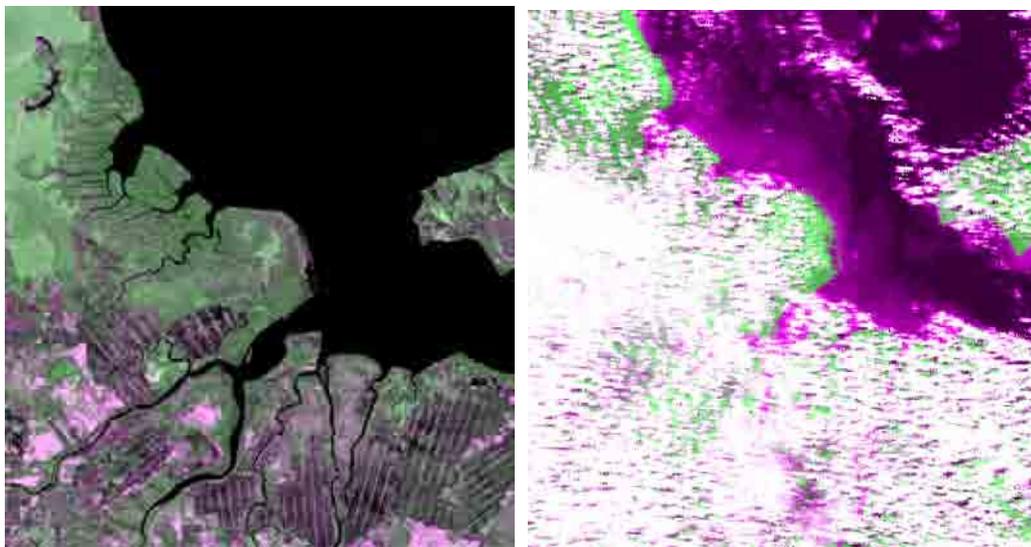


図2 東スマトラの画像データ 左：PALSAR、右：MODIS 2007/5/23

### 第3章 事業事前評価表（技術協力プロジェクト）

<p>1. 案件名 インドネシア国「衛星情報を活用した森林資源管理支援」</p>
<p>2. 協力概要</p> <p>(1) プロジェクト目標とアウトプットを中心とした概要の記述 林業省森林計画庁が実施する森林資源モニタリング及び調査の精度を向上させるために、同庁の中央及び地方の職員に対する訓練を通じて、より信頼度の高い森林資源モニタリング及び調査を実施する能力を同庁が修得する。</p> <p>(2) 協力期間 2008年9月～2011年8月（予定）</p> <p>(3) 協力総額（日本側） 2.3億円</p> <p>(4) 協力相手先機関 林業省 森林計画庁</p> <p>(5) 国内協力機関 林野庁、森林総合研究所、宇宙航空研究開発機構（JAXA）</p> <p>(6) 裨益対象者及び規模、等 森林計画庁森林インベントリー及びマッピングセンター職員（約60人）、同庁地方出先機関（UPTs）職員等</p>
<p>3. 協力の必要性・位置付け</p> <p>(1) 現状及び問題点 貴重な生物種を抱くインドネシアの熱帯・亜熱帯森林や湿地帯は、ブラジル、コンゴ民主共和国に次いで世界第3位の面積（約1億2千万ha）を有する。一方、毎年2%前後の面積が減少しているとされており（FAO, 2005）、イ国のみならず世界的に生物多様性保全の観点から大きな問題となっている。</p> <p>この原因としては、森林火災、違法伐採・製材加工及び農業等への無計画な土地転用等が挙げられているが、これらは、①森林資源モニタリングの精度及び森林・土地利用に関する情報の未統合に起因する信頼度の低さ、②土地利用等の許認可などに関する関係行政機関との調整の欠如、③急激な地方分権に伴う法的・制度的混乱、などが背景要因とされている。ある一定程度の精度と信頼性をもった森林資源情報を入手し、関係機関（省庁や地方分権下の各種政府機関、民間企業等）が共有すること、並びに同情報に基づく適切な森林資源管理計画を立案・実施することが、これらの要因の解決策である。こうした森林資源管理において、イ国のような大国では、衛星情報を活用したリモートセンシング技術の活用が必須となってきている。</p> <p>イ国では、80年代から米国のランドサット衛星を活用して国家森林インベントリー（NFI）を策定し、これを3年に1回の割合で更新してきている。ところが、同衛星は光学センサ</p>

を使用しているため、雲の影響により判読できない地域（特にカリマンタン州）が生じ、同インベントリーの精度に問題が生じている。このため、このような地域における植林・伐採計画の立案、保全地域における農地への土地転用や違法伐採等の把握と対策、といった施策を講じることが困難な状況となっている。こうした中、雲を透過することが可能なマイクロ波センサである PALSAR を搭載し、かつ頻繁な地上観測が可能な地球観測衛星である「だいち（ALOS）」に期待が高まっている。

本案件は、PALSAR 及び MODIS（米国の AQUA/TERRA 衛星に搭載された光学センサで、広域の森林資源調査が可能）の画像を活用した森林資源管理のための森林リモートセンシングに係る技術移転を行い、既存の森林資源モニタリング及び調査システムを強化するとともに、これらに係る中央、地方の人材育成を図るものであり、2007 年度新規案件として採択された。

### (2) 相手国政府国家政策上の位置付け

2004 年 11 月に林業省が発表した 5 つの優先政策（1. 違法伐採と関連貿易への対処、2. 森林セクター、特に木材産業の再活性化、3. 森林資源の復旧と保全、4. 森林周辺の地域社会経済の強化、5. 持続可能な森林経営の推進と強化）に基づき、現在 18 の重点項目が定められており、その 17 番目が、森林計画庁森林インベントリー及びマッピングセンターの担当する「森林資源情報システム（Forest Resources Information Systems :FRIS)の開発」である。同項目は世銀を中心としたバックアップを受けている（MOU 締結予定）。また、本件プロジェクトは、同項目の一要素として位置づけられている。

### (3) 他ドナーの動向

森林セクターへの支援は、多くの援助機関、国際機関や研究機関、NGO などにより行われている。その代表的なものは EU、ドイツ（GTZ）、ITTO、日本（JICA）によって行われている。これらはこれまでの政策課題やニーズに沿い広い分野にわたっているが、気候変動への対処、特にインドネシアでの REDD<sup>1</sup>への対処が国際的な課題となる中、2007 年には「インドネシア REDD 方法論・戦略」（REDDI）の作成に対して世銀、英国、豪州、ドイツの支援が行われた。

REDD への支援表明は範囲を拡大し、現在、豪州が総額 4,000 万豪ドルの資金支援を拠出表明し、他の先進国などに先駆けてインドネシアの REDD 対策への支援をリードしている。豪州を追うように、ドイツが具体的な資金拠出や技術協力の実施をインドネシア側に表明している。REDD 支援には、これらの他、世銀、英国、ノルウェー、韓国等が関心を示しているとされているが、豪州、ドイツも含めて各ドナーは REDD 交渉の今後の動向やインドネシア林業省側の REDD ワーキンググループによる実証活動の検討状況を見定めようとしている。

世界銀行の森林炭素パートナーシップ基金（FCPF）についてもインドネシアへの支援が見込まれているが、REDD 実証活動のモダリティ・手続きが検討中のため、インドネシア側

<sup>1</sup> REDD: Reducing Emissions from Deforestation in Developing Countries（途上国の森林減少に由来する排出の削減）

はFCPFへの申請手続きに着手していない。

- (4) 我が国援助政策との関連、JICA 国別事業実施計画上の位置付け（プログラムにおける位置付け）

我が国外務省が策定した「対インドネシア 国別援助計画（平成16年11月）」において、環境保全の観点から適正な天然資源管理への支援が明記されている。また、「JICA 国別事業実施計画 インドネシア国（平成18年12月）」においては、自然環境保全分野は「環境保全プログラム」の中のサブプログラムとして取り組んでいくこととされている。

なお、現在 JBIC-JICA 間で検討中の新 JICA における国別援助実施方針においては、「都市環境改善プログラム」及び「気候変動対策支援プログラム」と並び、「自然環境保全プログラム」として、環境分野の3プログラムの一つに位置付ける予定である。

森林計画庁に対する JICA の本格的な協力は初めてである。プロジェクトでの技術移転や訓練の成果を現場での持続的な森林管理につなげるため、当プロジェクト単独で動くのではなく、各ドナーのイニシアティブ等との連携、調整を積極的に進めていくことが重要である。また、プロジェクトのインパクトや日本のプレゼンスを増大させるため、林業省内のキーパーソン（官房長、総局長等）に対する理解促進も重要なファクターである。

#### 4. 協力の枠組み

林業省森林計画庁の森林資源モニタリング及び調査の能力を向上させるために、衛星による森林資源に関するマクロ情報の精度向上と、同庁職員の森林資源モニタリングの実施能力（衛星画像の判読技術、森林の現況評価、政府関係機関への森林資源情報の提供等）の向上を図る。

具体的な活動として、既存の森林資源モニタリング及び調査に係る技術情報システムの現状評価及び見直し、並びに地球観測衛星「だいち」の搭載する PALSAR 技術の同システムへの導入を図り、衛星による森林資源情報の精度を向上させる。同時に見直した森林情報システムに対する習熟、衛星データ判読技術の向上、現地の森林現況調査の方法等、これら研修を森林計画庁職員に対して行う。

〔主な項目〕

- (1) 協力の目標（アウトカム）

- ① 協力終了時の達成目標（プロジェクト目標）と指標・目標値

〔プロジェクト目標〕

PALSAR/MODIS に係る技術移転を通じて、信頼度の高い森林資源調査を実施する能力を森林計画庁が取得する。

〔指標・目標値〕

- \* 森林資源調査に関する情報の信頼度が改善する。
- \* 地方出先機関（UPTs）の森林資源調査に関する能力が向上する。

- ② 協力終了後に達成が期待される目標（上位目標）と指標・目標値

〔上位目標〕

精度の高い森林資源情報に基づき、持続可能な森林経営（SFM）が推進される。

〔指標・目標値〕

- \* 改善された森林資源情報に基づき森林セクターの政策や計画が立案される。

- \* 改善された森林資源情報に基づき、現場レベルの森林経営が実施される。
- \* 改善された森林資源情報が、森林由来の炭素クレジットの算定や違法伐採行為のモニタリング等に活用される。

(2) 成果（アウトプット）と活動

[アウトプット 1]

衛星情報を活用した森林資源情報の精度が向上する。

[指標・目標値]

- \* 雲の影響により森林情報が判読できない地域をゼロとする
- \* 森林情報の更新頻度が増加する

[活動]

- 1 森林資源調査の方法論及び森林由来の炭素排出・吸収量算定に関する情報を収集する。
- 2 森林資源調査及び炭素排出・吸収量算定における人工衛星だいちの優位性を把握する。
- 3 森林計画庁の森林資源調査に係る技術情報システム（以下、森林情報システム）の現状評価を行う。
- 4 森林情報システムに、人工衛星だいちを活用したリモートセンシング技術を導入する。
- 5 改善された森林情報システムに基づく炭素排出・吸収量計算を試行する。
- 6 森林計画庁が改善された森林情報システムを運用する。

[アウトプット 2]

森林計画庁の森林資源調査実施能力が向上する。

[指標・目標値]

- \* 衛星画像の判読結果と森林現況の整合率が上がる。
- \* 現場における森林資源調査データの精度が向上する

[活動]

- 1 衛星画像の判読・分析技術を評価し改善案を提案する。
- 2 改善された森林情報システムの運用に必要な技術研修を中央の職員に対して行う。
- 3 地方森林官による森林資源調査方法の現状を評価し改善案を提案する。
- 4 改善案に応じた森林資源調査の方法と実施に係る技術研修を地方森林官に対して行う。
- 5 衛星画像に基づく森林資源情報を、地方森林官による森林資源調査により補完するための OJT を行う。

(3) 投入（インプット）

- ① 日本側（総額 2.3 億円）  
長期専門家：チーフアドバイザー／森林計画

短期専門家：衛星画像解析、データベース管理、SAR 判読、GIS 等

供与機材:PC、ソフトウェア等

本邦研修員受入れ：年間数名×3 年間

ボゴール農科大学への委託経費

その他現地活動費等

※なお、本件のフレーム外の投入として、長期研修員 2 名（リモートセンシング分野の修士課程）を受け入れる予定。

② インドネシア国側（総額不明）

カウンターパート人件費（プロジェクト・ダイレクター、プロジェクト・マネージャー、リモートセンシング課スタッフ、地図課スタッフ）、その他事務関連スタッフ  
専門家用執務室

その他ローカルコスト

(4) 外部要因（満たされるべき外部条件）

① 前提条件

・政府の森林政策に特段変更が生じない。

② 成果達成のための外部条件

・森林計画庁において、プロジェクト実施に影響のある組織改編が実施されない。

・インドネシア政府のコミットメント及び関係機関の協力が維持される。

・カウンターパートが他部署や機関へ異動しない。

③ プロジェクト目標達成のための外部条件

・政府の森林政策に特段変更が生じない。

・インドネシアの自然条件に大きな変化が生じない。

・他ドナーの活動が継続する。

④ 上位目標達成のための外部条件

・PALSAR 画像が継続して提供される。

5. 評価 5 項目による評価結果

(1) 妥当性

本案件は、以下の点から妥当性が高いと判断できる。

① 必要性

・インドネシア国においては、広大な森林資源を有するものの、その資源量を把握するための森林資源調査の正確性については、国内外問わず各方面から疑問を呈されている。具体的には、森林計画庁で作成している土地被覆図や森林タイプ図は精度が低く<sup>2</sup>、他部署で活用されていない。他方、国家開発企画庁（BAPPENAS）からは、国家開発計画策定に向けた正確な資源量の情報提供に関する要望が表明されている。雲を透過できる PALSAR データは、これらの課題を解決することが可能である。正確な森林資源情報は、林業省として適切な森林政策を立案・実施していく上での基盤となるものである。

<sup>2</sup> ランドサット衛星画像データに基づいて作成されているが、同データは雲やヘイズの影響を受け撮影範囲が限定され、また更新頻度が低い。

- ・ 現在の NFI は、データ入手の制約（費用と雲の影響）等から 3 年に 1 回の更新となっているが、インドネシア側としては、その更新頻度を向上させることでタイムリーな政策実施に結び付けていきたい考えである。
- ・ また、これら森林資源調査を実施するための中央及び地方の職員の能力向上、特に中央からのデータをもとに現場踏査を実施する地方出先機関の職員のキャパシティビルディングは、正確性向上のためにも喫緊の課題となっている。
- ・ 昨今の気候変動問題に係る議論の高まりの中で、本件の注目度は上昇してきている。具体的な例としては、2007 年 10 月にボゴールで開催された気候変動に関する非公式閣僚会合において、イ国林業大臣から日本政府に対し、本件協力に対する期待が表明されている。また、同年 11 月に開催された東アジアサミットでは、福田首相が日本の衛星技術を東アジアの森林管理等に活用することを表明している。また、日本政府（特に林野庁）としても、本件を気候変動対策に資する案件として様々な場面で打ち出してきている。こうした中、迅速かつ確実に本件を実施し、内外の期待に確実に応えていくことが必要不可欠である。

## ② 優先度

- ・ インドネシア林業省が発表した 5 つの優先課題や、その下の 18 の重要事項の一つ (FRIS 開発) に合致している。また、外務省の対インドネシア国別援助計画や JICA の対インドネシア国別事業実施計画にも合致しており、日本の ODA 政策、実施計画とも一貫性を有している。

## ③ 手段としての妥当性

- ・ 本プロジェクトの支援により、森林計画庁の森林資源調査能力が向上することで同庁のデータの信頼度が高まれば、各総局に様々な GIS が散逸している現状において、林業省として同庁を中心とした省内統一的な森林資源情報管理体制を構築 (GIS 統合化) することの一助となり得る。
- ・ また、信頼度の向上したデータを実際の現場の森林経営に活用することは、地方分権化等種々のファクターがあり、単独のドナーによる支援で効果を発揮することは困難が伴うのが実情である。これらの点について、他ドナー等のイニシアティブ (FRIS 等) と連携しながら進めていくことで相乗効果を発揮することが可能になる。
- ・ PALSAR は JAXA が開発し、陸域観測衛星だいち (ALOS) に搭載されているマイクロ波センサである。同センサが採用する L バンドは波長が長く、マイクロ波の中でも相対的に雲の影響を受けにくく、またバイオマスや樹高計測に有利という特長があり、京都議定書第 2 約束期間に向けて導入が検討されている REDD 等の炭素アカウンティング手法の開発に貢献できる可能性がある。同バンドを採用した衛星は現在日本のみが運用しており、本邦からの技術支援が期待されている。また、PALSAR の弱点である山岳地の計測については、広域かつ無償の MODIS センサで補完することとしており、技術的妥当性を向上させている。

## (2) 有効性

本案件は、以下の点から有効性が見込める。

- ・ 本案件の目標は、森林計画庁の能力向上に焦点を絞った案件であり、明確な目標設定がなされている。また、指標入手手段についても、プロジェクト報告の他に、主に同庁からのデータユーザー（林業省以外も含む）からのヒアリングを想定しており、比較的安価なコストで具体的な達成度を測定することが可能である。
- ・ プロジェクト目標については、森林リモートセンシングや GIS に素養のある長期専門家のコーディネーションのもと、現地での細かい技術移転や訓練はボゴール農科大学（IPB）に委託しつつ、（独）森林総合研究所のテクニカルバックストップを得るという体制で実施することが想定されており、目標達成に向けた着実な取り組みが期待される。
- ・ 主要な外部条件の一つである「他ドナーの活動の継続」については、気候変動 이슈ーに関連しインドネシアへの注目度は引き続き高いことが想定されることから、満たされる可能性は高い。なお、カウンターパートの人事異動はある程度やむを得ない部分もあるものの、成果達成のボトルネックとならないよう留意が必要である。

## (3) 効率性

本案件は、以下の点から効率的な実施が見込める。

- ・ PALSAR 技術移転については、1年目から順に①判読マニュアルの整備及びトレーナー養成、②①のトレーナーによる地方出先機関職員の訓練、③全国判読の着手に並行して精度検証、というタイムラインを想定し、3年間で効果的な技術移転を達成する活動計画になっている。
- ・ プロジェクトの実施体制として、本邦専門家数を絞り、極力ローカルリソース（IPB）を活用した協力実施体制を構築することとしており、高い費用対効果が見込める。また、ローカルリソース活用のメリットとして、協力期間終了後も林業省に対する技術的メンテナンスが期待でき、効率的なフォローアップを行うことが可能である。
- ・ 本件で導入予定の機材（PC、ソフトウェア類）は基本的に全て現地調達可能であり、本邦調達と比較して凡そ 3/5～3/4 程度の価格で収まる見込である。

## (4) インパクト

本案件のインパクトは次のように予測できる。

- ・ 上位目標である「持続可能な森林経営（Sustainable Forest Management）の推進」については、本案件の成果が FRIS 等他ドナーのイニシアティブにより上手く活用されていくことや、現在積極的に検討が進められている「だいち」（設計寿命は 2011 年まで）の後継機の開発・運用が着実になされること等により、「現場への政策提言」、「統合 GIS」、「コンセッション毎の許容伐採量把握」等 SFM の推進に寄与する事項の実現が期待される。最大のリスクとしては、インドネシア政府内部（特に中央、地方間）の調整が上手く進むかどうかである。
- ・ 本件で試行する REDD 等炭素アカウンティングの手法が活用されることで、インドネシアへの貢献は勿論のこと、REDD 等の推進に向けて、国際社会における日本のプレゼン

<p>ス向上にも役立つことが期待される。</p> <p>(5) 自立発展性</p> <p>以下のとおり、本案件による効果は、インドネシア国政府によりプロジェクト終了後も継続されるものと見込まれる。</p> <p>① 政策・制度面</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>林業省の発表した5つの優先政策は現政権（～2009年）のものであるが、インドネシア国政府の気候変動イシューに関するコミットメントは高く、緩和策の中心となる森林セクターにおける政策の方向性は今後も大きく変更しないと考えられる。また、FRISは今後ランドデザインを策定し5年から10年の実施フェーズに入っていく予定であり、本件成果の継続性は高い。</li> </ul> <p>② 組織・財政面</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>事前調査時の森林計画庁長官発言によると、現在、同庁のステータスが現在の林業省内の外局から総局へ格上げする方向で検討がなされている（これに先立ち、2007年に同庁地方出先機関6箇所増設の大臣令が発令され、2008年2月に施行された。）。これが実現すれば、同庁の権限や存在基盤がより強化され、ひいては協力成果のより効果的な発現及び持続性に寄与すると考えられる。</li> </ul> <p>③ 技術面</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>「だいち」の後継機については、JAXA、文部科学省を中心に、開発に積極的な方向で検討が進んでいる。同衛星は「災害監視」が主目的となる見込であるが、マイクロ波センサが主流となること、また、「だいち」を活用した全世界的な森林監視の取り組みである「ALOS 京都・炭素観測計画」からも、現行のPALSAR技術の継続性を担保するよう強く働きかけがなされていること等から、「だいち」運用終了後の技術的継続性は、現時点で高い見込があると考えてよいと思われる。また、JAXAによれば、PALSAR自体の運用も極めて順調に推移してきており、当初の設計寿命を超えて運用できる可能性が高いこともプラス要因である。</li> <li>マイクロ波センサの判読は比較的インドネシアでは新しい事項であるものの、IPBにおける複数の教授の存在、及び長期研修スキームを活用した技術移転等により、継続的な活用体制の強化を図ることとしている。また、IPBの活用により、終了後も林業省に対する技術的メンテナンスを実施することが可能である。</li> </ul>	
6. 貧困・ジェンダー・環境等への配慮	<p>本案件は、森林計画庁（地方出左機関を含む）の能力向上に焦点をあてた案件であり、直接的に貧困、ジェンダー及び環境等に負の影響を与えることはない。</p>
7. 過去の類似案件からの教訓の活用	<p>特になし</p>
8. 今後の評価計画	<p>中間評価            実施せず</p> <p>終了時評価        2011年2月頃（終了6ヶ月前）</p>