

<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">国名</td> <td rowspan="2" style="text-align: center;">衛星情報を活用した森林資源管理支援プロジェクト</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">インドネシア共和国</td> </tr> </table>	国名	衛星情報を活用した森林資源管理支援プロジェクト	インドネシア共和国
国名	衛星情報を活用した森林資源管理支援プロジェクト		
インドネシア共和国			

## I 案件概要

事業の背景	<p>インドネシアの熱帯・亜熱帯森林や湿地帯は、ブラジルやコンゴ民主共和国に次いで世界第3位の面積を有し、2005年時でのインドネシアの森林面積は88.5百万ヘクタールであった。一方で、毎年2%の森林地域の面積が減少しているとされており（国際連合食糧農業機関、2005）、森林の保全と復旧は緊急の課題であった。森林減少の原因としては、森林火災、違法伐採、製材加工や農業への無計画な土地転用等が挙げられているが、これらの問題に対しては、①森林資源モニタリングデータの精度の低さ、森林・土地利用に関する情報の未統合による森林資源情報への信頼度の低さ、②土地利用の許認可などに関する関係行政機関との調整の欠如、③急激な地方分権化による法的および制度的混乱、などが背景要因とされていた。</p> <p>これらの課題への有効な解決策として、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、そして、その情報を関係機関が共有し、また同情報に基づく適切な森林資源管理計画を立案・実施することが挙げられた。このような状況の中で、インドネシア国政府は日本国政府に対して、衛星情報に基づくリモートセンシング技術を活用した森林資源モニタリングシステムの向上のため、技術協力プロジェクトを要請した。</p>												
事業の目的	<p>本事業は、フェーズドアレイ方式 L バンド合成開口レーダー（PALSAR）/中分解能撮像分光放射計（MODIS）画像を利用したリモートセンシング技術の導入を通じて、より信頼度の高い森林資源モニタリング・評価を実施するための林業森林計画総局（DJP）の能力向上を図り、もってインドネシアの持続的森林管理を促進することを目指していた。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>上位目標：森林資源モニタリング・評価の向上を通じて、インドネシアの持続的森林管理が促進される。</li> <li>プロジェクト目標：より信頼度の高い森林資源モニタリング・評価を行うカウンターパート（DJP）の能力が、技術移転と研修を通じて向上する。</li> </ol>												
実施内容	<ol style="list-style-type: none"> <li>事業サイト：ジャカルタ、DJP 支所（UPT）*（林業省出先事務所（BPKH））**</li> <li>主な活動：DJP の森林資源モニタリング・評価システムへの PALSAR/ MODIS 技術を活用したリモートセンシング技術の導入、及び DJP 職員に対する森林資源モニタリング・評価に係るトレーニングの実施。 *支所：UPT (Unit Pelaksana Teknis) **林業省出先事務所：BPKH (Balai Pemantapan Kawasan Hutan)投入実績</li> </ol> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">3. 日本側</td> <td style="width: 50%;">相手国側</td> </tr> <tr> <td>(1) 専門家派遣：7人</td> <td>(1) カウンターパート配置：7人</td> </tr> <tr> <td>(2) 研修員受入：18人</td> <td>(2) 土地・施設提供：事業オフィス</td> </tr> <tr> <td>(3) 機材供与：PC、ソフトウェア、GIS、プロジェクター、コピー機、画像処理プロセス</td> <td>(3) ローカルコスト負担：カウンターパートの給与、管理費</td> </tr> </table>					3. 日本側	相手国側	(1) 専門家派遣：7人	(1) カウンターパート配置：7人	(2) 研修員受入：18人	(2) 土地・施設提供：事業オフィス	(3) 機材供与：PC、ソフトウェア、GIS、プロジェクター、コピー機、画像処理プロセス	(3) ローカルコスト負担：カウンターパートの給与、管理費
3. 日本側	相手国側												
(1) 専門家派遣：7人	(1) カウンターパート配置：7人												
(2) 研修員受入：18人	(2) 土地・施設提供：事業オフィス												
(3) 機材供与：PC、ソフトウェア、GIS、プロジェクター、コピー機、画像処理プロセス	(3) ローカルコスト負担：カウンターパートの給与、管理費												
事前評価年	2008年	協力期間	2008年9月～2011年9月	協力金額	(事前評価時) 230百万円 (実績) 223百万円								
相手国実施機関	林業省森林計画総局（DJP）、環境・林業省（MOEF）（旧林業省計画局（BAPLAN））												
日本側協力機関	林野庁												

## II 評価結果

### 【事後評価における留意事項】

（陸域観測技術衛星「だいち」（ALOS）の運用停止）

- ALOS<sup>1</sup>の運用停止のため、独立行政法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）からの PALSAR データの提供が中止された。2006年1月に打ち上げられた ALOS の設計寿命は3年であり、JAXA は目標寿命を5年とみなしていた。事業実施中の2011年4月に、電源異常により ALOS は交信不能となり、2011年5月に運用が停止された。PALSAR データの利用は本事業の前提条件であったため、上記の出来事は本事業の有効性と持続性に深刻な影響を与えた。

（終了時評価時におけるプロジェクト目標と上位目標の指標の再定義）

- プロジェクト目標と上位目標の達成度を検証するため、プロジェクト・デザイン・マトリックス（PDM）の指標は、終了時評価時にインドネシア側及び日本側により再定義がなされた。本事後評価では、下記に示す再定義された指標のレビューを行い、指標の再整理を行った。

（プロジェクト目標及び上位目標の指標の適切性）

- 終了時評価によれば、指標の一部は、プロジェクト目標あるいは上位目標の指標として不適切であった。したがって、本事後評価では3つの指標については、プロジェクト目標と上位目標の達成度の検証には使用しなかった。それらの指標を不適切とした理由は以下の通り。
  - ▶ プロジェクト目標の指標3（森林の炭素量推計が試行される）：森林の炭素量推計は、土地被覆図の精度を高めるための PALSAR データの活用に向けた能力開発に主に焦点を当てたアウトプット1の活動の一部であったことから、モニタリング・評価能力の一つの側面を示すものに過ぎず、したがって、プロジェクト目標の指標とすべきではなかった。

<sup>1</sup> ALOS は地図作成、地域観測、災害状況把握、資源調査などへの貢献を目的に開発された。

- ▶ 上位目標の指標 2 (管理ユニットレベルによる計画策定への PALSAR データを利用した土地被覆図の活用) : IKONOS、ENV1、ALOS PRISM 及び ALOS/AVNIR といった、高分解能光学画像が管理ユニットレベルでの森林管理計画で活用されているため、PALSAR データ (50 メートル解像度) を使用した全国レベルの土地被覆図に基づく情報は、適用することができない。
- ▶ 上位目標の指標 3 (森林炭素勘定及び違法伐採活動監視への PALSAR データを使用した土地被覆図に基づく情報の適用) : PALSAR データの解析は事業活動を通じて、高精度の森林面積の推計を可能としたが、森林炭素会計は、本事業のスコープには含まれない、森林面積一単位あたりの累積炭素線量の推計を必要とするものである。また、本事業の活動では適切な衛星画像やサイトが選定されず本事業で開発した手法は、違法伐採活動監視に適用可能なものとはならなかった。したがって、指標 3 は本事業との因果関係はなかった。

## 1 妥当性

### 【事前評価時・事業完了時のインドネシア政府の開発政策との整合性】

本事業は、国家中期開発計画 (RPJMN) (2004 年～2009 年)、RPJMN (2010 年～2014 年) 及び国家長期開発計画 (国家開発ビジョン及びミッション) (RPJPN) (2005 年～2025 年) に掲げられた「自然資源・環境管理の改善」というインドネシアの開発政策に一致していた。

### 【事前評価時・事業完了時のインドネシアにおける開発ニーズとの整合性】

本事業は、「適切な森林管理を行うための信頼度があり、かつ精度の高い森林資源データを入手するため、雲の影響を受けない衛星画像を活用したリモートセンシング技術の導入」というインドネシアの開発ニーズに合致していた。

### 【事前評価時における日本の援助方針との整合性】

本事業は、対インドネシア国別援助計画 (2004年) において「環境保全の観点から適切な天然資源管理」への支援が明記されていた。これを受け、自然環境保護分野は、対インドネシア JICA 国別事業実施計画 (2006年12月作成) におけるプログラムのひとつとして掲げられていた。

### 【事業計画及びアプローチの適切性】

本事業は、上述の通り、ALOS の継続運用が確約されていなかったにもかかわらず、PALSAR の提供が継続的に行われることを前提とした計画であった。事業計画段階において、本事業は ALOS が停止した場合の代替案を検討しておくべきであり、あるいは、PALSAR データがない場合でもプロジェクト目標及び上位目標が達成できる PDM を計画しておくべきであった。さらに、事業の投入と上位目標には因果関係の飛躍があり、上位目標の達成の検証を困難にした。

### 【評価判断】

以上より、本事業の妥当性は中程度である。

## 2 有効性・インパクト

### 【プロジェクト目標の事業完了時における達成状況】

プロジェクト目標は、事業完了時点で一部達成された。森林資源モニタリング・評価情報の信頼度の向上 (指標 1) については、PALSAR データにより土地被覆図上の雲を排除することが可能となり、土地被覆図の精度が向上することが期待された。本事業の実施を通じて、PALSAR データ判読マニュアル及び PALSAR データを (主な衛星画像として) 利用した土地被覆図作成ガイドラインが作成された。本事業で開発された手法による「技術的に達成可能な精度 (例: 上記マニュアル/ガイドラインに基づき、PALSAR 50-m 解像度オルソモザイクデータのみを利用して作成されたサンプル土地被覆図上の土地分類タイプと現地調査により確認された土地分類タイプの整合率) は 85% 以上となった。しかしながら、① JAXA の政策変更による 2010 年以降の PALSAR データの無償提供の中止、② 2011 年 5 月の ALOS の運用停止、などの理由により、PALSAR データを利用した全国土地被覆図は事業完了までには作成されなかった。そのため、本事業では、2010 年以降から ALOS の運用終了まで間の PALSAR データについては、事業予算にて JAXA からデータを購入し、対応した。その結果、PALSAR データは、雲に覆われる地域の光学センサーデータに基づいて作成される土地被覆図に活用された。

林業省森林計画総局の能力開発 (指標 2) については、終了時評価によれば、土地被覆図の作成にあたり PALSAR データを使用するための実務的な知識及びスキルを習得したことから、上級コースに参加した職員 11 名は本事業で作成したマニュアルやガイドラインに基づいて PALSAR データを用いた土地被覆図の作成を行うことができるものとみなされた。しかしながら、PALSAR データを使用した土地被覆図の作成を行う業務に従事する機会を得られなかった。他方、基礎研修コースは極めて初歩的な知識及びスキルを習得するものであり、PALSAR データを使用した土地被覆図の作成業務に適用するのに十分なレベルではないため、基礎研修コースを受講した 37 名の職員は十分に能力向上したとは言えないレベルであった。

### 【プロジェクト目標の事後評価時における継続状況】

環境・林業省は、光学センサーを利用した LANDSAT は雲に覆われた地域の画像化に弱いという、LANDSAT 画像の信頼性に制約があることを十分に認識していた。そのため、PALSAR データは、LANDSAT データを利用した土地被覆図の精度向上への有用な代替案の一つと考えられていた。PALSAR データを利用した土地被覆図は、事業実施中や事業完了までに作成することができなかったが、事業期間中に得られた PALSAR 画像は、LANDSAT データから得られた土地被覆図の雲に覆われた地域の精度向上のために継続的に利用されている。

JAXA は、ALOS の後継機として、2014 年 5 月に ALOS 2 号を打ち上げた。しかしながら、森林計画総局は、事業完了後に PALSAR-2 の画像購入の提携を JAXA と行わなかったため、同局は PALSAR-2 の画像を一度も受け取ることはなかった。事後評価時点までの期間において、同局は、PALSAR-2 データを受信するため JAXA との協力関係を進める計画もなかった。

### 【上位目標の事後評価時における達成状況】

PALSAR 画像による情報の補足を行って作成された LANDSAT 画像による土地被覆図は、継続的に森林資源管理に利用されている。しかしながら、本事業で入手した PALSAR 画像は、森林セクターの政策と計画づくりにどのように利用されたのかは確認できなかった。

### 【事後評価時に確認されたその他のインパクト】

本事業は、PALSAR 画像活用の分野において人材開発に正のインパクトを及ぼした。委託作業に参加したボゴール農家大学 (IPB<sup>2</sup>) 林業学部の生徒及び講師に対して、プラスのインパクトがみられた。彼らは、事業活動への参加により、特にレーダーシステムの活用と PALSAR 画像の解析に関する PALSAR データの利用に関する実践的なスキルと知識を習得した。なお自然環境に関する負のインパクトは確認されず、また用地取得や住民移転は発生しなかった。

【評価判断】

以上より、PALSARデータの活用に大きく依拠するプロジェクトデザインであったことに起因することから、本事業のプロジェクト目標は一部達成された。上位目標については、本事業の活動と上位目標の間の因果関係に不整合があり、事後評価においては、事業アプローチの適切性の観点から「妥当性」において評価を行うべきとし、上位目標の達成度を適正に判断することはできないとした。その結果、本事後評価では、プロジェクト目標の達成度と事業効果の継続状況に焦点を当てた。よって、本事業の有効性・インパクトは中程度である。

プロジェクト目標と上位目標の達成度

目的	指標	実績
(プロジェクト目標) 技術移転や研修を通して、林業省計画局 (BAPLAN) へより信頼度の高い森林資源モニタリングと評価を行うための能力が向上する。	(指標 1) 森林資源モニタリングと評価情報の信頼度が向上する。 (再定義) 森林面積、森林減少面積、各土地被覆タイプの面積など、PALSAR データを利用した林業省森林計画総局の土地被覆図から取得される情報が、プロジェクト前と比較して、インドネシア政府の公式文書においてより言及される。	(事業完了時) 一部達成 • 2011年5月のALOSの運用停止されたものの、PALSAR データは、雲に覆われる地域において光学センサーデータに基づいて作成される土地被覆図に補完的に活用された。 • PALSAR データを使用した情報を引用した公式文書は事業完了時点までに確認されなかったが、これは再定義された指標は PALSAR データの入手可能性に大きく依拠していたことによる。  (事後評価時) 一部継続 • PALSAR データを引用した公式文書は確認されなかった。 • 本事業で提供された PALSAR 画像は、雲のある LANDSAT 画像を補完するため、DJP で継続して使用されている。
	(指標 2) 支所の能力が向上する。 (再定義) 林業省出先事務所の職員が、プロジェクトで開発された PALSAR データ判読マニュアルや PALSAR データ利用ガイドラインに基づき、PALSAR データを利用した土地被覆図を作成できる。	(事業完了時) 一部達成 • 基礎的な知識・スキルを習得されるため、UPT/BPKH の職員 37 名は基礎研修コースに参加したが、業務に適用するに十分なレベルには至らなかった。終了時評価報告書によれば、彼ら自身で PALSAR データを用いた土地被覆図を作成することはできないとみなされていた。 • 11 名の職員が、より実務的な知識・スキルを習得するための上級研修コースに参加した。終了時評価報告書によれば、彼らは本事業で作成したマニュアル及びガイドラインに基づいて PALSAR データを使用した土地被覆図の作成を行うことができるとみなされた。  (事後評価時) 一部継続 • 林業省出先事務所/支所職員は事業完了後に PALSAR データを利用した土地被覆図の作成はできなかったが、彼らは事業期間中に得られた PALSAR 画像を、LANDSAT データから得られた土地被覆図の雲に覆われた地域の精度をあげるために使用することはできている。
	(指標 3) 森林の炭素量推計が試行される。	(事業完了時) 達成度の検証の対象としない。 • 森林の炭素量推計は、事業期間中の事業活動の一つとして試行された。  (事後評価時) 達成度の検証の対象としない。
(上位目標) 改善された森林資源モニタリングと評価を通して、持続的森林管理 (SFM) がインドネシアで推進される。	(指標 1) アップグレードされたシステムから得られる森林資源モニタリングと評価情報を利用した林業分野の政策・計画策定に利用される。 (再定義) プロジェクト終了から3年以内に、PALSAR データを利用した土地被覆図から得られる情報が、林業分野の政策・計画作成に利用される。	(事後評価時) 未達成 • 事後評価時では本事業で入手された PALSAR 画像は、森林セクターの政策と計画へどのように利用されたのか、確認できなかった。
	(指標 2) 管理ユニットレベルの計画において、アップグレードされた森林資源モニタリングと評価情報の利用及び管理が実現する。 (再定義) プロジェクト終了から3年以内に、PALSAR データを利用した土地被覆図から得られる情報が、管理ユニットレベルの計画作成に利用される。	(事後評価時) 達成度の検証の対象としない。
	(指標 3) アップグレードされた森林資源モニタリングと評価情報に、森林炭素勘定及び違法伐採活動監視への適用が実現す	(事後評価時) 達成度の検証の対象としない。

る。  
(再定義)  
プロジェクト終了から3年以内に、  
PALSAR データを利用した土地被覆図  
から得られる情報が、①森林炭素会計  
及び、②違法伐採活動監視に適用され  
る。

出所: 終了時評価報告書、林業省森林計画総局の提供による情報

### 3 効率性

本事業の事業費と事業期間は共に計画以内に収まった(それぞれ97%、100%)、そのため、効率性は高い。

### 4 持続性

#### 【政策制度面】

現行の国家長期開発計画(RPJPN)(2005年~2025年)において、天然資源及び環境管理の改善は優先度が高い。インドネシア政府は、環境・林業省、国家航空宇宙研究所(LAPAN)、地理空間情報庁(BIG<sup>3</sup>)、ボゴール農家大学などを含めた関連機関からのトレーニング参加者を、日本の合成開口レーダー技術の研修プログラムへ継続的に派遣している。これは、合成開口レーダー技術に関する関係者の技術及び知識を維持するために、関係機関の職員を日本での研修に派遣することを通じて、インドネシア政府の合成開口レーダー技術への継続的な支援及び関心を示すものである。

#### 【体制面】

林業省森林計画総局は、衛星データによる土地被覆図作成を担当している。本事業では、森林計画総局の支所/林業省出先事務所の職員11名に対して上級研修を、また同職員37名に対して基礎研修を提供したが、同局から個々人の詳細情報の提供がなかったものの、上記の研修を受講した同局の職員が継続的に同省で働いているとの説明があった。また全ての支所/林業省出先事務所において1名の職員が事業期間中のPALSARトレーニングに参加していたが、PALSARを利用した実践的スキルやその手法の知識を現在でも保持し続けている職員が、事後評価時に何名いるのかについての詳細は不明であった。森林計画総局は、JAXAとの協力のもとPALSAR-2データ利用の協力を含めた土地被覆図へのPALSARデータの利用に関して、事業完了後の明確な戦略は未策定である。

#### 【技術面】

既述の通り、森林計画総局の一部の職員は、事業完了後も本事業で得たスキルや知識を活用しながら、PALSAR画像をLANDSATデータより得られた土地被覆図の雲に覆われた地域への精度向上のために利用してきた。しかしながら、PALSARデータを利用した全国土地被覆図の作成を彼ら自身で行った経験がある者は、事後評価時点では確認できなかった。PALSARデータの供給停止とその後の予算決定により、森林計画総局職員の間での体系的な技術移転は行われず、日常業務を通じて非体系的な形で職員間の技術移転が行われている。一方、JICAでは、合成開口レーダー技術と土地被覆図に関する研修を実施しており、LAPANや森林計画総局などの関連機関は、スキルと知識の維持ため、これらの研修プログラムへ職員たちを継続的に派遣している。上記のJICA研修には、テーマ別研修として行われた、2011年の「災害/環境モニタリングのための衛星リモートセンシングデータ分析テクノロジー」研修や、2012年、2013年、2015年の「森林資源のリモートセンシング」研修なども含まれる。技術的な問題よりもPALSARデータの入手可能性の問題により、森林計画総局は①PALSARデータ判読マニュアル、②PALSARデータ利用ガイドライン、③トレーニングガイドラインなどの本事業で開発されたマニュアルやガイドラインの活用は行っていないが、これらの資料は利用できる状態にある。

#### 【財務面】

森林計画総局はPALSAR-2画像を購入する計画はないものの、森林計画総局とBPKHは衛星画像を用いた土地被覆図作成のための十分な予算が配分されている。LAPANも、DJPを含め、データ利用者向けの様々な衛星データのための十分な予算を配分している。

#### 【評価判断】

以上より、体制面および技術面に一部問題があり、本事業によって発現した効果の持続性は中程度である。

### 5 総合評価

本事業の妥当性は中程度である。ALSOの停止を想定して対応策を講じるべきであった。また、事業投入と上位目標の間に因果関係の飛躍があった。

本事業のプロジェクト目標は一部達成された。本事業により、森林資源モニタリング・評価システムへのPALSAR技術を活用したリモートセンシング技術が導入され、また森林計画総局の職員のため関連マニュアルの作成や技術研修の実施が行われた。その結果、土地被覆図に表れる雲はPALSARデータを利用することでゼロになり、本事業で開発された手法による技術的に達成可能な精度は85%以上となった。しかしながら、PALSARデータを利用した(インドネシア全土の)土地被覆図は、2011年5月のALOSの運用停止により、事業完了時までには作成されなかった。森林計画総局の能力開発については、支所職員の間で、事業による能力形成の度合いに差があった。森林計画総局内では、事業期間中に入手したPALSAR画像を、LANDSATデータにより得られた土地被覆図の雲に覆われた地域への精度向上のために利用してきた。しかしながら、技術的な問題ではなくPALSARデータが利用できなくなったことから、PALSARデータを利用した土地被覆図の更新は困難となった。

持続性について、森林計画総局は、PALSARデータを利用した土地被覆図の作成について事業完了後の明確な戦略を未策定であり、本事業で研修を行った同局の職員の何名が同局で継続的に働いているのかは詳細不明である。これらのことから、実施機関の体制面および技術面に一部問題が見受けられるものの、組織的に蓄積された知見・スキルは現状のモニタリングシステム運用およびより良いモニタリング手法にかかる将来的な政策策定に活用されることが期待される。

以上より、総合的に判断すると、本事業の評価は一部課題があると判断される。

<sup>3</sup> Badan Informasi Geospasial

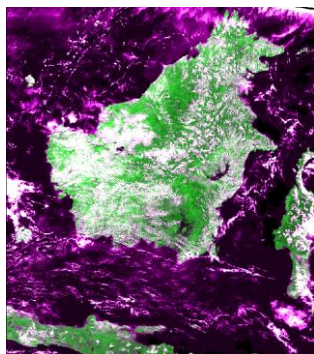
### III 提言・教訓

実施機関への提言：

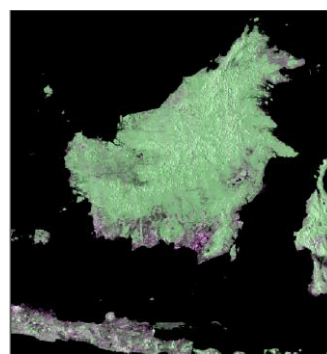
JICA や JAXA は定期的に先進 GIS 技術にかかる研修を実施している。インドネシアの GIS 分析やデータ活用（とりわけ衛星情報）に携わるインドネシアの関係者からの積極的な参加が望まれる。

JICA への教訓：

- (1) 本事業では、PALSAR データの活用に大きく依拠するプロジェクトデザインであったことに起因してプロジェクト目標の達成は限定的となった。継続的な PALSAR データの供給が本事業の重要な要件であったことを考えると、衛星の設計寿命も念頭に置きながら、事業完了後の継続的な PALSAR データの入手可能性、および PARSAR データが提供されない場合の対応策について、事業計画の段階で注意深く検討すべきであった。さらに、本事業では、事業期間の終了までに PALSAR-2 データの入手及び利用方法についての提案がなされるべきであった。
- (2) 本事業により導入された PALSAR/MODIS 技術を活用したリモートセンシング技術は、新しい技術であった。このような新しい技術を他国へ導入していく場合には、技術が利用可能な分野についてさらに調査することが可能である。本事業の実施時には地球規模課題対応国際科学技術協力 (SATREPS) は創設されていなかったが、今後の事業については、開発調査や SATREPS など先端技術の検証を中心とする他の協力スキームの活用もオプションとして検討すべきである。



(LANDSAT データによるカリマンタン島の画像)



(PALSAR によるカリマンタン島の画像)

著作権：JAXA、経済産業省、分析：JAXA