

パプアニューギニア独立国  
森林公社

パプアニューギニア国  
気候変動対策のための PNG 森林資源  
情報管理システムの活用に関する  
能力向上プロジェクト

業務完了報告書  
(要約)

令和元年 9 月  
(2019 年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

国際航業株式会社

環境

JR

19-045



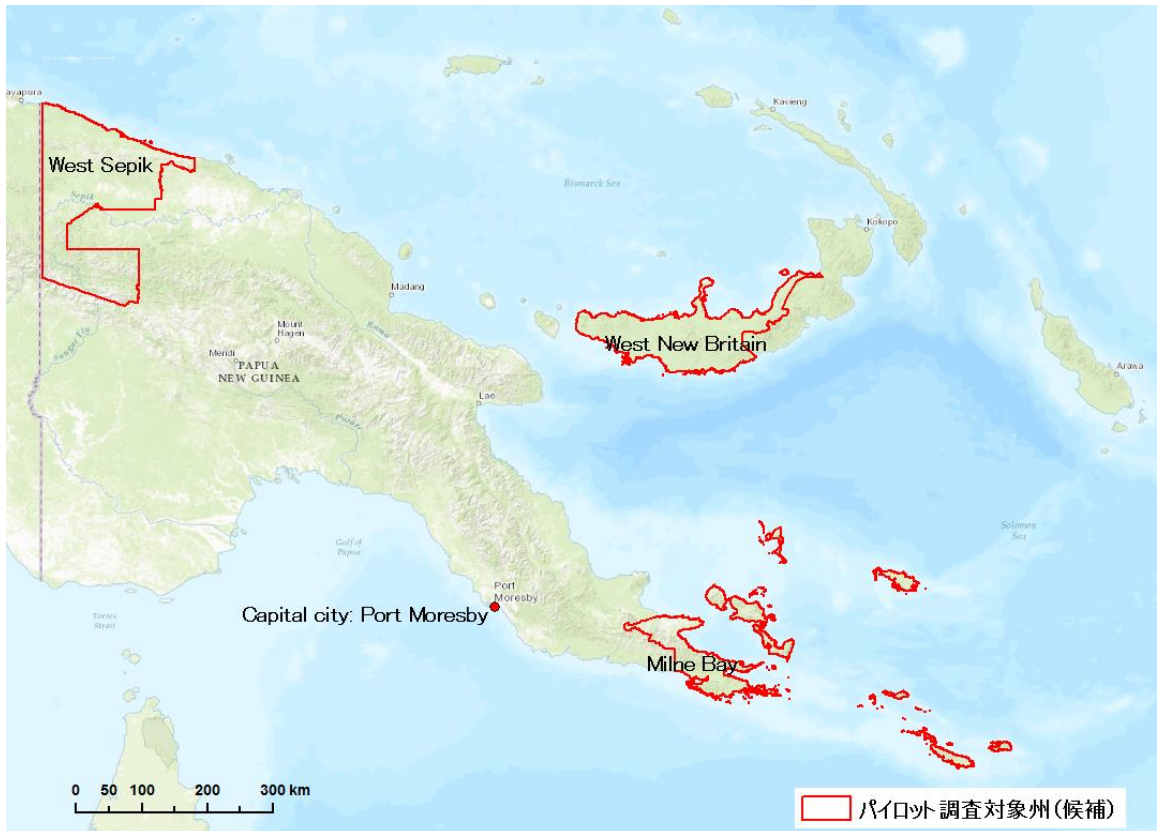
## 調査対象地域位置図



Independent State of Papua New Guinea

### パプアニューギニア独立国

面積：46.2万平方キロメートル（日本外務省）  
人口：7,619,321人（2015年、世界銀行）  
一人あたりGNI：2,240米ドル（2014年、世界銀行）





---

# 目 次

調査対象地域位置図

巻頭写真：現地活動状況

目次

図・表目次

略語一覧

はじめに.....	1
プロジェクトの背景と経緯.....	1
プロジェクトの目的と活動の概要.....	1
プロジェクトの運営.....	2
<b>第1章 成果1：PNG-FRIMS の拡充・強化.....</b>	<b>5</b>
1.1 PNG-FRIMS へ追加すべき情報の特定.....	6
1.2 PNG-FRIMS の拡充・強化の基本設計.....	8
1.3 森林被覆図の更新.....	11
1.4 森林の蓄積量に関する情報の整備・更新.....	27
1.5 地上サンプルプロット情報の活用.....	31
1.6 その他の情報整備方法の検討.....	31
1.7 PNG-FRIMS の試作.....	33
1.8 PNG-FRIMS の仮運用.....	36
1.9 PNG-FRIMS の運用マニュアルの整備.....	36
1.10 PNG-FRIMS 運用に係る訓練の実施.....	36
<b>第2章 成果2：PNG-FRIMS の森林計画・モニタリングへの活用.....</b>	<b>38</b>
2.1 森林計画制度の実態の把握.....	39
2.2 PNG-FRIMS を活用した森林施業計画の評価、指導、審査、モニタリングの試行.....	39
2.3 パイロットエリアでの成果普及のためのトレーニングワークショップの開催.....	42
2.4 森林計画プロセスへのインプット内容の検討.....	42
2.5 PNG-FRIMS を用いた総合的な森林計画ガイドラインの作成.....	44

---

## 第3章 成果3 REDD+に取り組むための森林情報整備 ..... 45

- 3.1 森林参照排出レベル／森林参照レベル算出における PNG-FRIMS の活用 ..... 46
- 3.2 REDD+活動に提供可能な情報の特定 ..... 53
- 3.3 気候変動委員会等の外部機関主催の会議・活動への技術的なインプット ..... 57
- 3.4 森林からの炭素排出・吸収量の計測および報告に係る訓練の実施 ..... 60

## 第4章 教訓と提言 ..... 62

- 4.1 プロジェクト実施運営上の工夫と教訓 ..... 62
- 4.2 今後の森林モニタリングに関する提言 ..... 64

### 添付資料

#### パート1 技術協力成果品

- 添付資料 1 PNG-FRIMS に係る成果品
- 添付資料 2 森林被覆図の更新手法に関するマニュアル
- 添付資料 3 PNG-FRIMS 運用マニュアル
- 添付資料 4 過去の森林炭素蓄積量の変化推計
- 添付資料 5 REDD+の参照排出レベルの試行的推計:PNG-FRIMS を用いた木材伐採による森林劣化からの炭素排出量推定の可能性

#### パート2 その他のプロジェクト成果

- 添付資料 6 プロジェクト Fact Sheet と Analytical Report
- 添付資料 7 Big-Book
- 添付資料 8 森林減少モニタリングツールの開発
- 添付資料 9 森林減少モニタリングツールマニュアル
- 添付資料 10 Land Change Modeler による解析マニュアル
- 添付資料 11 PNG-FRIMS の利用に係る資料
- 添付資料 12 PNG の天然林への伐採による炭素影響を減らすための政策・措置と PNG-FRIMS の貢献可能性

#### パート3 協議・検討資料

- 添付資料 13 西部州における平地林 (P) と丘陵林 (H) の分類
- 添付資料 14 森林基盤図と NFI Pre-Inventory の判別効率表
- 添付資料 15 土地被覆コード細分化のルール

---

添付資料 16	森林基盤図の小諸島の扱い
添付資料 17	森林減少や森林劣化に関する定義や方法論についての協議
添付資料 18	森林被覆図の森林減少・劣化ドライバ情報の構築に係る検討
添付資料 19	過年度森林被覆図（West New Britain 州、West Sepik 州）
添付資料 20	2015 年森林被覆図
添付資料 21	PNG-FRIMS への PINFORM 導入可能性に係る検討
添付資料 22	輸出用木材としての有用度を示すリスト
添付資料 23	森林区域と植生タイプごとの材積量（暫定）
添付資料 24	FCA バウンダリデータの課題
添付資料 25	ALP・FWP・FCA 整備業務
添付資料 26	ALP・FWP・FCA リスト
添付資料 27	植林データに係る協議議事録
添付資料 28	AAC 計算機能の改善
添付資料 29	森林モニタリングツールとしてのドローンの活用の検討
添付資料 30	森林モニタリング業務におけるドローンの活用
添付資料 31	Land Change Modeler による土地利用変化シミュレーション
添付資料 32	PNG REDD+パイロットプロジェクトの方法論的アプローチ
添付資料 33	持続的森林管理を促進する制度的率先実施での PNG-FIRMS の貢献
添付資料 34	REDD+および SFM に提供可能な情報検討資料（ロジカルフレーム付）
添付資料 35	州森林計画への PNG-FRIMS 情報提供検討資料
添付資料 36	HCV および HCS の森林の特定への空間情報の貢献（方法論分析）
添付資料 37	FREL/FRL の計測・報告に係る訓練の講義資料：カーボンオフセットに関する枠組みに関連した国際動向
添付資料 38	FREL/FRL の計測・報告に係る訓練の講義資料：REDD+実施のための森林セクターの可能性
添付資料 39	プロジェクト成果 3 を確実なものとする次期活動についての議論・計画のための概念的ポイント
添付資料 40	JICA 次期案件形成に向けた PNG 森林セクターの課題分析
パート 4	その他の資料（PDM や会議やセミナー、ワークショップ等）
添付資料 41	プロジェクトデザインマトリックス（PDM）
添付資料 42	現地再委託
添付資料 43	合同調整委員会会議
添付資料 44	技術移転計画・達成状況 最終報告書（2019 年 7 月）
添付資料 45	研修生による第 1 回本邦研修成果プレゼンテーション

---

---

添付資料 46	COP 参加
添付資料 47	プロジェクト成果報告会
添付資料 48	TLVS ワークショップ発表資料
添付資料 49	プロジェクト最終セミナー
添付資料 50	2017年8月1日開催プロジェクトワークショップの概要
添付資料 51	ドローンを用いた森林モニタリング実務研修の概要
添付資料 52	MRV-TWG 発表資料



---

## 図・表目次

### 表

表 0-1	技術協力成果品.....	3
表 0-2	プロジェクト Fact Sheet シリーズ (添付資料 6) .....	3
表 0-3	プロジェクト Analytical Report シリーズ (添付資料 6) .....	4
表 1-1	森林伐採計画評価・モニタリング支援機能のコンセプト.....	9
表 1-2	森林基盤図に新たに付与した属性.....	13
表 1-3	PNG の森林・非森林の区分精度.....	15
表 1-4	PNG の土地被覆の区分精度 .....	15
表 1-5	本プロジェクトで収集した RS データ .....	17
表 1-6	Greenest Pixel (LANDSAT)を収集した年・範囲.....	17
表 1-7	整備した制約地データ .....	31
表 1-8	LAN-Map 拡張機能.....	33
表 1-9	ポータルサイト機能.....	34
表 1-10	各技術分野の訓練内容.....	37
表 3-1	PNG における Volume Method の活用可能性の整理.....	49
表 3-2	Volume Method による PNG の伐採総排出量のシミュレーション結果.....	50
表 3-3	West New Britain 州の 2000 年から 2015 年の炭素排出量/吸収量の年平均.....	52
表 3-4	Wes Sepik 州の 2000 年から 2015 年の炭素排出量/吸収量の年平均.....	53
表 3-5	持続的な森林管理への貢献活動に対する PNG-FRIMS を活用した支援 (案) .....	55
表 3-6	HCV 地域の特定のための空間情報の入手・活用の可能性 (PNG) .....	60
表 3-7	HCV-HCS-FPIC の統合に向けて必要とされる典型的データ.....	60

### 図

図 0-1	本プロジェクトの流れ.....	2
図 1-1	PNG-FRIMS へ追加する情報の体系.....	6
図 1-2	PNG-FRIMS の伐採履歴情報 (新旧方法による違いの比較) .....	7
図 1-3	PNG-FRIMS の構成.....	8
図 1-4	森林再成長の計算方法.....	10
図 1-5	再成長量計算のシナリオ.....	10
図 1-6	LANDSAT (左) と Greenest Pixel (右) の見え方の比較.....	16
図 1-7	Asengseng FMA における択伐地の様子 1 .....	18
図 1-8	Asengseng FMA における択伐地の様子 2 .....	19
図 1-9	①洪水、②自給自足的農業、③プランテーションの開設、④鉱業による植生除去の Hansen	

---

のデータによる検出 .....	20
図 1-10 森林減少ドライバの特定に用いたルール .....	21
図 1-11 森林減少および森林劣化の自動検出イメージ .....	22
図 1-12 ある程度の大きさ以上の森林減少の検出イメージ .....	23
図 1-13 森林基盤図 2012 (ver. 1.1) .....	25
図 1-14 森林基盤図 2012 (ver. 1.1) のドライバ分布 .....	25
図 1-15 森林基盤図の基本単位に用いる情報 .....	28
図 1-16 FIMS 改良後の PNG-FRIMS システム構成図 .....	35
図 3-1 PNG 国が 2017 年 5 月に UNFCCC に提出した FREL/FRL のチャート・グラフ .....	47
図 3-2 Volume Method の方法論の概要 (Pearson et al. (2014)) .....	48
図 3-3 森林被覆区分変化タイプの概要 .....	51
図 3-4 West New Britain 州の炭素排出量／吸収量の年平均 .....	52
図 3-5 West Sepik 州の炭素排出量／吸収量の年平均 .....	53
図 3-6 PNG-FRIMS を活用した持続的森林管理への貢献活動 (案) .....	55

## 略語一覧

略語	英語名	日本語名
AAC	Annual Allowable Cut	年伐採許容量
AD	Activity Data	活動データ
ALP	Annual Logging Plan	
C/P	Counterpart	カウンターパート
CCDA	PNG Climate Change and Development Authority	PNG 気候変動開発公社
CLASLite	The Carnegie Landsat Analysis System Lite	カーネギーランドサット解析システムライト
COP	Conference of the Parties	気候変動枠組条約締約国会議
DEM	Digital Elevation Model	数値標高モデル
DSM	Digital Surface Model	数値表層モデル
DSS	Decision Support System	意思決定支援システム
EF	Emission Factors	排出係数
EU	European Union	欧州連合
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	国連食糧農業機関
FCA	Forest Clearance Authority	
FCPF	Forest Carbon Partnership Facility	森林炭素パートナーシップ基金
FIMS	Forest Inventory Mapping System	森林インベントリ地図システム
FIPS	Forest Inventory Processing System	森林インベントリ処理システム
FLEGT	Forest Law Enforcement, Governance and Trade	森林法施行・ガバナンス・貿易
FMA	Forest Management Agreement	
FMU	Forest Management Units	森林管理単位
FMU	Forest Mapping Unit	森林図化単位 (FIMS での呼称)
FMU	Forest Monitoring Unit	森林モニタリング単位 (森林基盤図での新しい呼称)
FREL	Forest Reference Emission Level	参照排出レベル
FRI	Forest Research Institute	森林研究所
FRL	Forest Reference Level	参照レベル
FWP	Forest Working Plan	
GCF	Green Climate Fund	緑の気候基金
GeoSAR	Geosynchronous Synthetic Aperture Radar	静止軌道合成開口レーダー
GHG	Green House Gases	温室効果ガス
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit	ドイツ国際協力公社
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
HCS	High Carbon Stock	高炭素蓄積
HCVF	High Conservation Value Forests	保護価値の高い森林
ILG	Incorporated Land Group	土地所有組合
I&M Branch	Inventory & Mapping Branch	森林調査・地図課
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	気候変動に関する政府間パネル

略語	英語名	日本語名
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
ITTO	International Tropical Timber Organization	国際熱帯木材機関
JCC	Joint Coordinating Committee	合同調整委員会
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
JJ-FAST	JICA-JAXA Forest Early Warning System in the Tropics	熱帯林早期警戒システム
LAN	Local Area Network	ローカルエリアネットワーク
LANDSAT	Land Satellite	地球観測衛星
LCoP	Logging Code of Practice	
LDF	Logging Damage Factor	伐採被害係数
LEAF	Lowering Emissions in Asia's Forests	アジアの森林からの GHG 排出低減プログラム
LIF	Logging Infrastructure Factor	伐採インフラ係数
LULUCF	Land Use, Land Use Change and Forestry	土地利用、土地利用変化および林業部門
MRA	Mineral Resource Authority	鉱物資源公社
MRV	Measurement, Reporting and Verification	GHG 排出量の測定、報告および検証
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index	正規化植生指数
NDWI	Normalized Difference Water Index	正規化水指数
NFMS	National Forest Monitoring System	国家森林モニタリングシステム
NFI	National Forest Inventory	全国森林インベントリ
NFP	National Forest Plan	国家森林計画
NFRIMS	National Forest Resource Information Management System	国家森林資源情報管理システム
NRS	National REDD+ Strategy	国家 REDD+戦略
NSO	National Statistical Office	国家統計局
OCCD	Office of Climate Change and Development	気候変動開発室
OJT	On-the-Job Training	日常業務を通じた教育
PALSAR	Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar	フェーズドアレイ方式 L バンド合成開口レーダー
PaMs	Policies and Measures	政策・措置
PDM	Project Design Matrix	プロジェクトデザインマトリックス
PFP	Provincial Forest Plan	州森林計画
PINFORM	PNG/ITTO Natural Forest Model	PNG/ITTO 天然林モデル
PMCP	Planning, Monitoring and Control Procedure	
PNG	Papua New Guinea	パプアニューギニア
PNGFA	PNG Forest Authority	PNG 森林公社
PNG-FRIMS	PNG-Forest Resource Information Management System	PNG 森林資源情報管理システム
PNGRIS	PNG Resource Information System	PNG 資源情報システム
PSP	Permanent Sample Plots	固定サンプルプロット

略語	英語名	日本語名
REDD	Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries	途上国の森林減少・劣化に由来する排出の削減
REL	Reference Emission Level	参照排出レベル
RFIP	REDD+ Finance Investment Plan	
RS	Remote Sensing	リモートセンシング
SAR	Synthetic Aperture Radar	合成開口レーダー
SABL	Special Agriculture and Business Leases	
SFM	Sustainable Forest Management	持続可能な森林管理
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission	シャトル・レーダー・トポグラフィ ー・ミッション
TA	Technical Assessment	技術アセスメント
TLS	Timber Legality Standard	
TLVS	Timber Legality Verification System	
TWG	Technical Working Group	テクニカルワーキンググループ
UAV	Unmanned Aerial Vehicle	無人航空機
UN-REDD	United Nations Collaborative Programme on REDD	国連 REDD プログラム
UNDP	United Nations Development Programme	国際連合開発計画
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	国連気候変動枠組条約
UPNG	University of Papua New Guinea	パプアニューギニア大学
USAID	United States Agency for International Development	米国国際開発庁
VCS	Verified Carbon Standard	第三者認証カーボン規格
VM	Volume Method	体積法
<b>PNG の州の略称</b>		
CEN	Central	
NCD	National Capital District	
ORO	Oro	
MIL	Milne Bay	
GUL	Gulf	
WES	Western	
MOR	Morobe	
MAD	Madang	
ESK, ESP	East Sepik	
WSK, WSP	West Sepik	
SIM	Chimbu	
ENG	Enga	
EHY, EHP	Eastern Highlands	
SHY, SHP	Southern Highlands	
HLA	Hela	
WHY, WHP	Western Highlands	
JWK, JIW	Jiwaka	
WNB	West New Britain	
ENB	East New Britain	

---

MAN	Manus
NIR, NIL	New Ireland
ARB	Autonomous Region of Bougainville

**通貨換算率**

2019年9月現在

USD 1.00 = JPY 106.27

USD 1.00 = PGK 3.33

---

## はじめに

---

### プロジェクトの背景と経緯

パプアニューギニア（以下、「PNG」）の森林は輸出品目として重要な木材生産の場であるとともに、豊かな生物多様性を有している。また、近年はそれら森林が気候変動の緩和へ果たす役割も大きく期待されている。一方、PNG の森林面積は 1972 年から 2002 年の間に国土全体の 82% から 71% に減少した<sup>1</sup>とされており、森林減少・劣化は深刻な課題となっていた。

これに対処するため、我が国の環境プログラム無償資金協力（以下、「環プロ無償」）による資機材の供与が 2010 年より開始され、これと連携して、2011 年 3 月からの 3 年間、技術協力プロジェクト「気候変動対策のための森林資源モニタリングに関する能力向上プロジェクト」（以下、「先行プロジェクト」）が実施された。これらの取り組みにより、全国レベルの森林基盤図の整備や国家森林資源情報管理システム（NFRIMS; National Forest Resource Information Management System）が立ち上げられ、また、PNG 森林公社（PNGFA; PNG Forest Authority）の能力強化は着実に図られてきた。しかしながら、森林被覆情報や森林蓄積情報などを定期的に更新していくために必要な能力の向上や森林モニタリングの効率的な実施、また、気候変動に関連した森林関連情報の報告体制の整備など対処すべき課題が残されており、そのためには NFRIMS を更に強化・拡充し、NFRIMS を情報基盤として、PNGFA の施策や業務に活用できる体制を整備する必要があった。

### プロジェクトの目的と活動の概要

#### 上位目標

PNG における森林が持続的に保全・管理され、気候変動に対する緩和策・適応策が促進される。

#### プロジェクト目標

持続可能な森林管理と気候変動対策の推進にむけて、森林情報の継続的な更新と森林資源情報管理システムを運用および活用する PNGFA の能力が強化される。

#### 期待される成果

成果 1 : PNG 森林資源情報管理システム (PNG-FRIMS)<sup>2</sup> が拡充・強化される。

成果 2 : PNG-FRIMS の着実な運用により国家森林計画、州森林計画、森林施業計画およびそのモニタリング実施体制が改善される。

成果 3 : REDD+ に取り組むための森林情報が整備される。

---

<sup>1</sup> Global Forest Resources Assessment 2010 Country Report, Papua New Guinea

<sup>2</sup> プロジェクト準備調査時に NFRIMS は PNG-FRIMS に名称変更された。

---

プロジェクト対象期間：PNG 森林公社（PNGFA）

プロジェクト対象

PNG 全域、パイロットエリア州（West New Britain 州、Milne Bay 州、West Sepik 州）

業務フロー

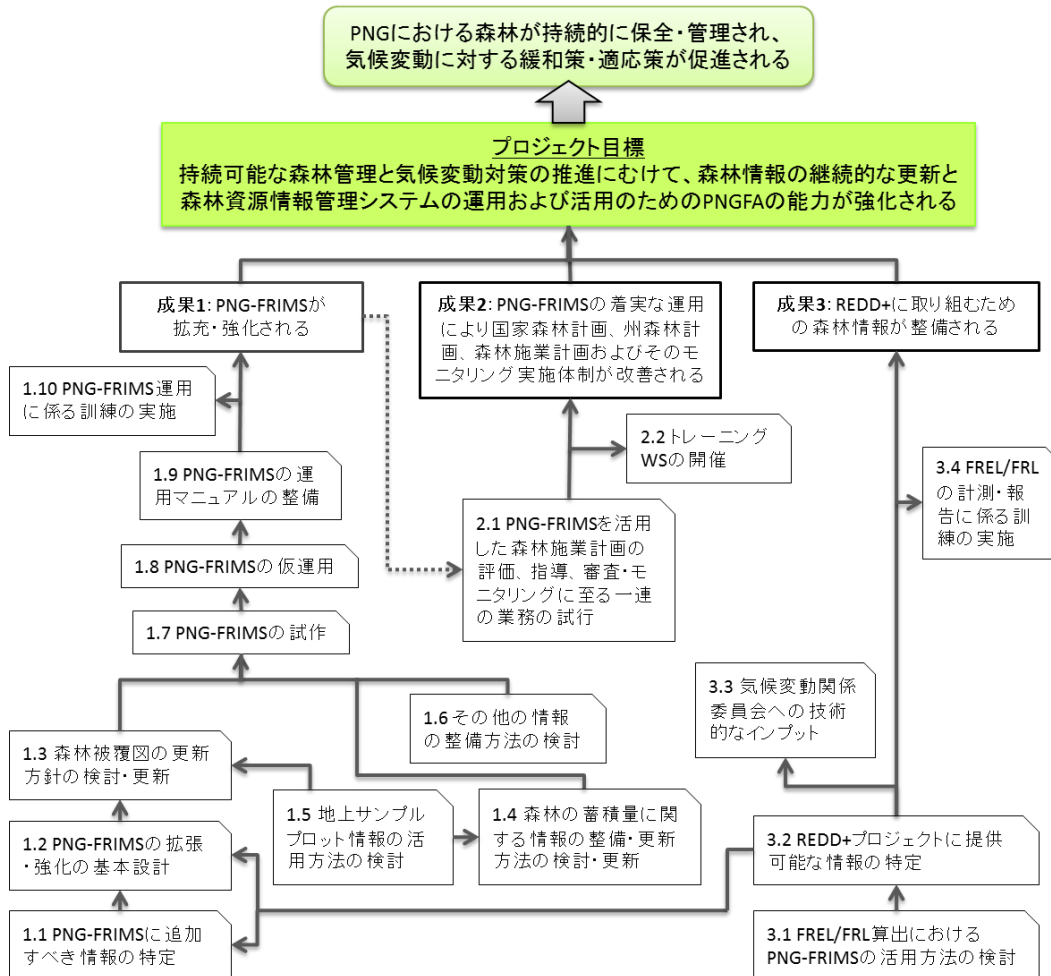


図 0-1 本プロジェクトの流れ

## プロジェクトの運営

### 技術移転

カウンターパート（C/P）に対する技術移転・指導計画について C/P と協議し、具体的目標を明記した担当別技術移転計画を 2014 年 11 月に策定した。技術移転の方針、研修内容、実績については、技術移転計画・達成状況最終報告書（2019 年 7 月版）（添付資料 44）に取り纏めた。

### プロジェクトの成果

本プロジェクトで取り纏めた技術協力成果品は表 0-1 のとおりである。



表 0-1 技術協力成果品

成果品	添付	PDM (Project Design Matrix) の成果指標
PNG-FRIMS に係る成果品一式	添付資料 1	成果指標 1.3、1.4、1.6
森林被覆図の更新手法に関するマニュアル	添付資料 2	成果指標 1.1
PNG-FRIMS の運用マニュアル	添付資料 3	成果指標 1.8
過去の森林炭素蓄積量の変化推計	添付資料 4	-
REDD+の参照排出レベルの試行的推計	添付資料 5	成果指標 3.2

### 成果の普及・広報活動

プロジェクト成果の普及・広報活動の一環として、プロジェクトでは様々なツールの作成を行い、プロジェクトの成果や最新情報の発信を行った。

#### 1) JICA プロジェクト紹介 Web サイト

和文：<https://www.jica.go.jp/project/png/002/index.html>

英文：<https://www.jica.go.jp/png/english/activities/activity12.html>

#### 2) プロジェクト facebook ページ

<https://www.facebook.com/jica.png.forest.monitoring/>

#### 3) プロジェクト Fact Sheet と Analytical Report

表 0-2 プロジェクト Fact Sheet シリーズ (添付資料 6)

No.	タイトル	発行日	印刷部数
Fact Sheet No.1	JICA-PNGFA Project Outline	2014年11月 2018年2月	500部
Fact Sheet No.2	Papua New Guinea Forest Base Map 2012	2018年2月	300部
Fact Sheet No.3	PNG-FRIMS	2018年2月	300部
Fact Sheet No.4	Forest Monitoring Unit (FMU) in Papua New Guinea Forest Cover Map	2019年3月	300部
Fact Sheet No.5	Constraints Data – Natural Condition Layers in the PNG-FRIMS	2019年3月	300部
Fact Sheet No.6	Watershed and Catchment Data	2019年6月	300部
Fact Sheet No.7	Digitized Road Information	2019年6月	300部
Fact Sheet No.8	Forest Concession and Land Management Layers in PNG-FRIMS	2019年6月	300部
Fact Sheet No.9	Forest Cover Map 2015	2019年7月	300部
Fact Sheet No.10	Drone Applications in Sustainable Forestry Management and Monitoring in PNGFA	2019年6月	300部

表 0-3 プロジェクト Analytical Report シリーズ (添付資料 6)

No.	タイトル	発行日	印刷部数
Analytical Report No.1	Analysis of Drivers of Deforestation and Forest Degradation in Papua New Guinea	2019 年 3 月	30 部
Analytical Report No.2	Analysis of Future Forest Change Modeling in Papua New Guinea	2019 年 5 月	30 部
Analytical Report No.3	Potential in Papua New Guinea to Estimate Emissions from Forest Degradation Caused by Logging Based on Field Methods (using FRIMS)	2019 年 7 月	30 部

4) Big-Book (添付資料 7)

Papua New Guinea Forest Base-Map and Atlas

Papua New Guinea Forest Resource Information Management System (PNG-FRIMS)

5) 気候変動枠組条約第 20 回締約国会議 (COP 20) と気候変動枠組条約第 21 回締約国会議 (COP 21) への参加 (添付資料 46)

6) プロジェクト成果報告会 (2017 年 11 月 22 日) (添付資料 47)

7) プロジェクト最終セミナー (2019 年 7 月 18 日) (添付資料 49)

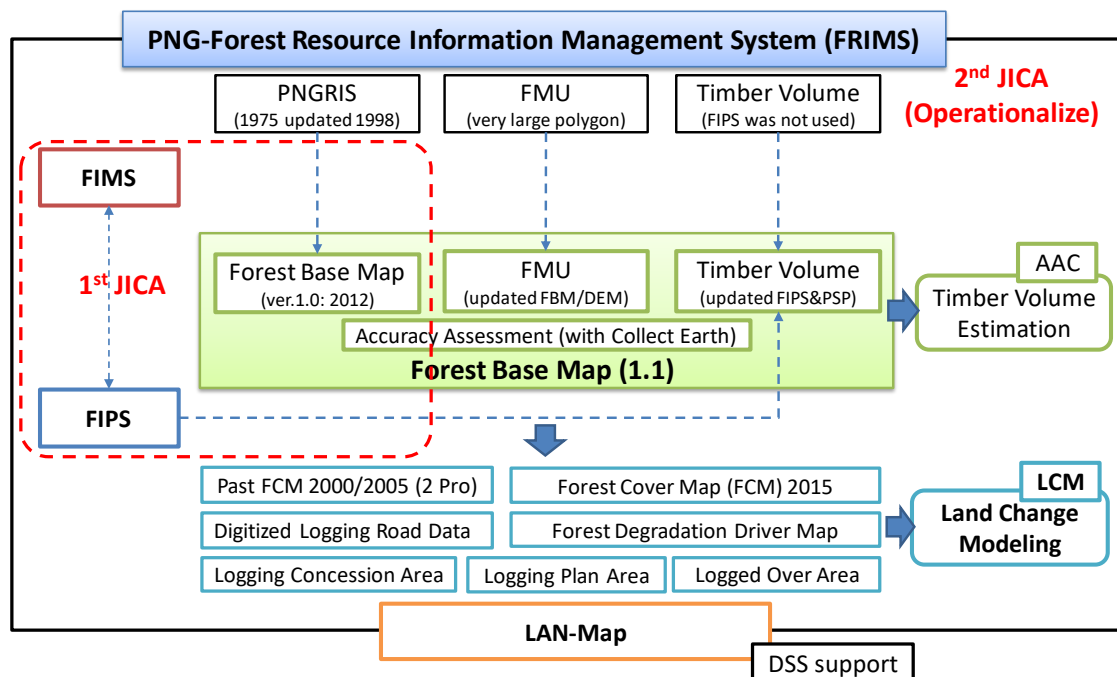
8) TLVS ワークショップ (添付資料 48)

9) CNN による取材

## 第1章 成果 1 : PNG-FRIMS の拡充・強化

### 成果 1 の概要 : 森林資源情報が森林計画・モニタリングで実利用される能力・体制が整った

- 先行プロジェクトで整備された森林基盤図 (ver.1.0) では、主に植生情報は改定されたものの、FMU (Forest Monitoring Unit) や Timber Volume (商用材積) の設定・改定、精度評価までは対応ができていなかったため、実利用される段階まで至れていなかった。本プロジェクトでは FMU と商用材積を設定・改定するとともに精度評価も行い、森林基盤図 (ver.1.1) として取り纏めた。
- 先行プロジェクトで更新された FIMS (Forest Inventory Mapping System: 伐採コンセッション計画の際に地図ベースで材積量を推定) と FIPS (Forest Inventory Processing System: インベントリ調査データを用いて伐採コンセッションの材積量を設定) で、森林基盤図 (ver.1.1) を用いるように本プロジェクトで改定した。これにより商用材積量と年間伐採許容量の推定を行う準備が整った。
- 改定版の森林基盤図 (ver.1.1) をベースにして、2015 年の森林被覆図 (全国)、過去の森林被覆図 (パイロット 2 州)、伐採道路の情報、森林減少・劣化ドライバ情報などを整備した。加えて、伐採コンセッションエリア、伐採計画エリア、伐採実績エリアの整備を進めた。これらの情報を用いて、森林計画の参考情報として将来の土地利用変化を予測する機能が整備・試行された。
- 本プロジェクトを通じて整備されたデータと機能を PNG-FRIMS として定義して、PNGFA 本部のイントラネットで配信される仕組み (LAN Map) が整備され、GIS のスキルを有さないユーザも森林資源情報にアクセスして活用する体制が整備された。また、PNG の伐採関連情報のデータベース (※空間情報はついていない) である Decision Support System との連携準備が整った。



森林基盤図および PNG-FRIMS の拡充・強化

## 1.1 PNG-FRIMS へ追加すべき情報の特定

### 1.1.1 PNG-FRIMS へ追加する情報の体系整理

PNG-FRIMS へ追加する情報の分類および個々の森林情報を次のとおり整理した。

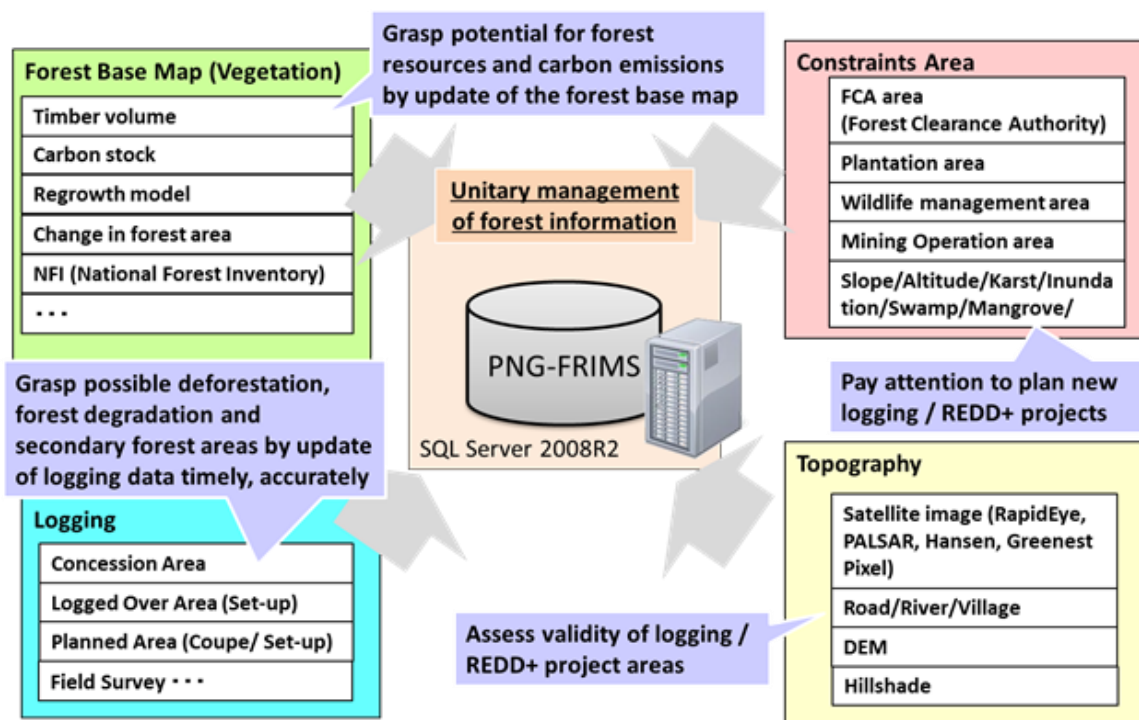


図 1-1 PNG-FRIMS へ追加する情報の体系

### 1.1.2 伐採コンセッション

PNG-FRIMS への情報追加の検討にあたり、C/P が日常的に使用している情報である伐採コンセッションの情報の品質評価と課題把握、課題に対する対処方針の検討、方針に基づく更新作業を実施した。PNGFA 内で管理されている伐採コンセッションに関する情報には、森林調査・地図 (I&M; Inventory and Mapping) 課の地図製作者チーム、森林計画担当職員、調達 (Acquisition) 課で管理する情報がある。情報の信頼性を確認したところ、Acquisition 課および森林計画担当者が管理している伐採コンセッションの一覧が、PNG-FRIMS に現在蓄積されている伐採コンセッションよりもより信頼性が高い情報であることがわかった。そこでこれらの一覧を使用して、現状の伐採コンセッションの地図データの品質評価と課題があった場合の対処方針の検討を C/P と共に実施した。伐採コンセッションデータに適用した、地理情報の品質評価の観点 (地理情報に関する国際標準 ISO19113 に準拠) は完全性、および位置正確度、時間正確度、主題正確度である。

### 1.1.3 伐採履歴情報

#### (1) 伐採履歴情報の現状と課題の把握

「伐採コンセッションデータ」とそれに重なる既存の「伐採済み区域データ」の空間的な関係を確認し、現状の課題を把握した。特に、伐採履歴情報の更新作業は、数年遅れで実施されている現状にあり、また、伐採履歴と伐採計画の区分も行われていないため、適切な森林の減少・モニタリング実現の障壁となっている。そこで、伐採履歴情報および伐採計画情報を取り扱う C/P と共に、現行の業務フローの確認と個々の工程における課題について改善策を協議した。

#### (2) データ仕様の検討

現行の PNG-FRIMS に格納されている森林伐採情報は、国・州またはコンセッションエリアレベルの森林蓄積量の推定を目的としていた。森林蓄積量の推定だけでなく、適切な森林管理・モニタリングでの利用を目的としたデータ仕様への拡張を C/P と共に検討し、伐採履歴情報に対する要求事項を整理した。現行のデータ仕様に基づく伐採履歴情報と、改良後のデータ仕様のデータ仕様に基づく伐採履歴情報の違いは次のようになる。

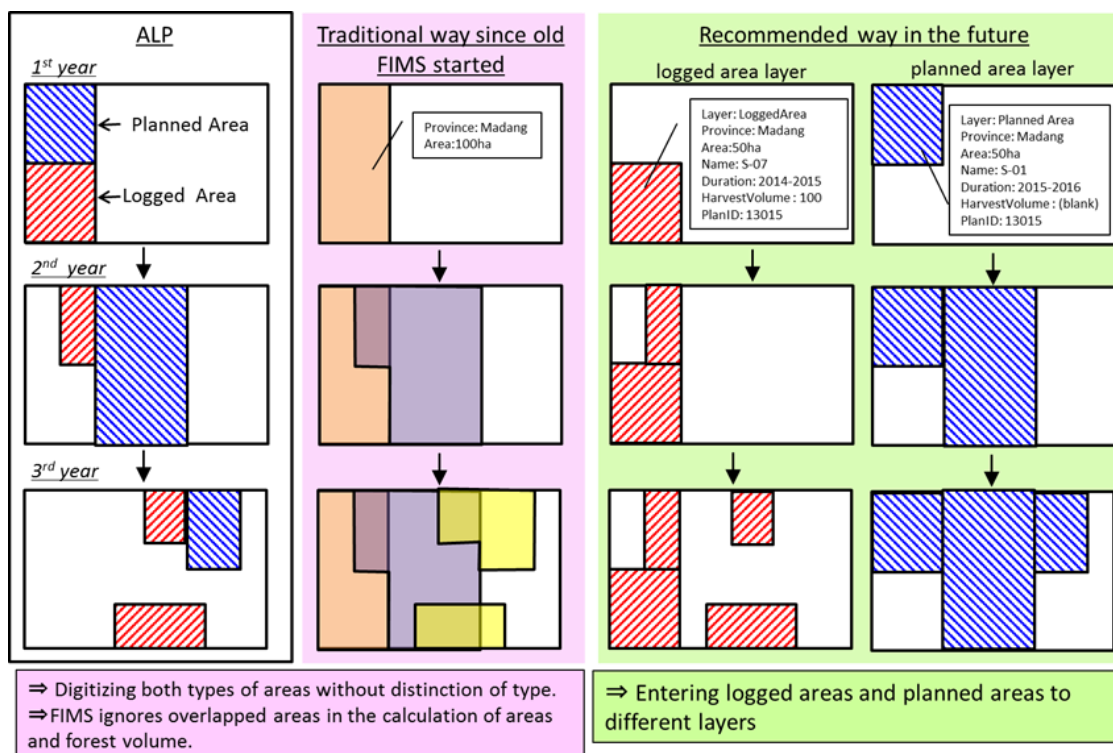


図 1-2 PNG-FRIMS の伐採履歴情報（新旧方法による違いの比較）

#### (3) 新しいデータ仕様に基づく作業手順の検討

森林伐採情報のデータ仕様は、これまでよりも詳細化された。そこで、より正確な情報を効率的に PNG-FRIMS へ蓄積していくために、伐採企業が PNGFA への提出を義務づけられている年伐採計画お

よび5ヵ年伐採計画に添付される地図のデジタルデータを活用する方法が、C/P および長期専門家から提案された。伐採履歴情報と伐採計画情報の更新作業を試行し、伐採履歴情報の更新作業フローを整理した。

#### 1.1.4 森林伐採計画を活用した森林情報の追加

これまでの PNG-FRIMS は、伐採履歴情報を入力するために、森林伐採企業が PNGFA へ提出する森林伐採計画（年伐採計画および5ヵ年伐採計画）を使用していた。現在、長期専門家を中心となり、森林伐採業者から、森林伐採計画のソフトコピーを入手する仕組みの検討が行われた。森林伐採計画のソフトコピーを使い、伐採履歴情報以外の森林情報の内容を C/P とともに調査し、PNG-FRIMS に追加する森林情報を整理した。

## 1.2 PNG-FRIMS の拡充・強化の基本設計

PNG-FRIMS を構成するアプリケーション機能は、①FIMS (Forest Inventory Mapping System)、②FIPS (Forest Inventory Processing System) および③LAN-Map (Lan Map BrowserWebBrowserMap) から構成されている。これらのアプリケーション機能は、PNG-FRIMS のデータベースに一元的に管理されている各種森林情報を共有している。また、汎用ソフトウェアである ArcGIS for Desktop や Microsoft Access を使用して PNG-FRIMS のデータベースにアクセスし格納されている森林情報を活用することもできる（添付資料6の「Fact Sheet No. 3 PNG-FRIMS」参照）。

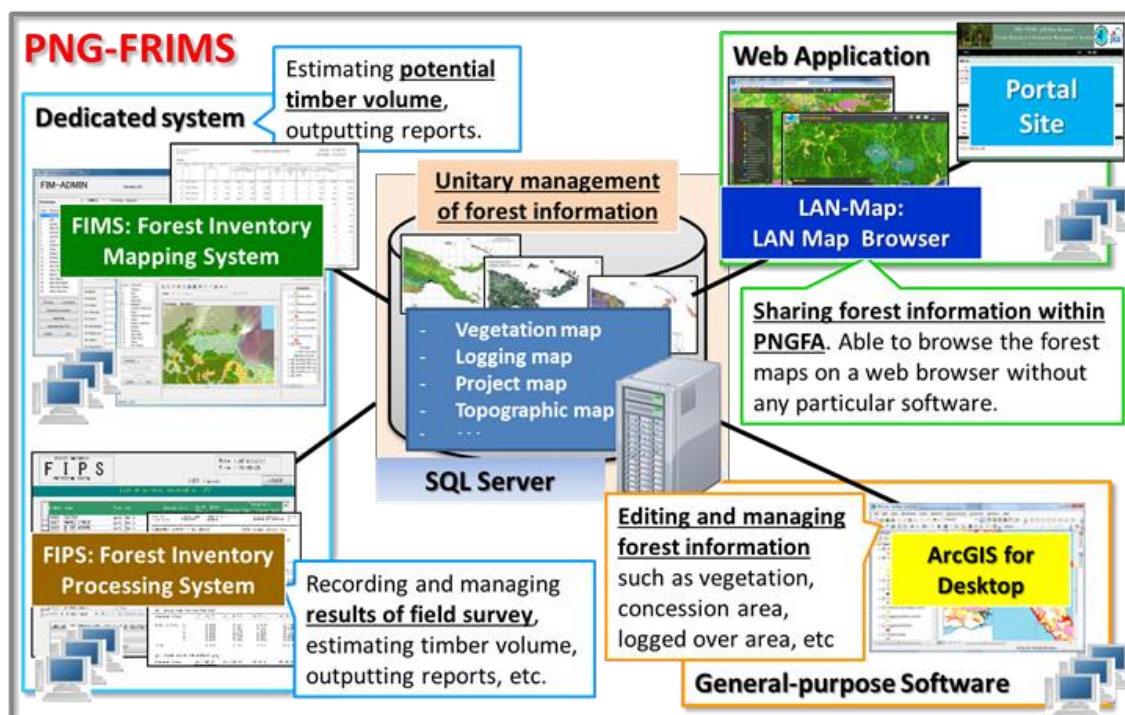


図 1-3 PNG-FRIMS の構成

## 1.2.1 ArcGIS10.2.2 へのバージョンアップ

技術移転の効率化・効果等を勘案し、本プロジェクトにおいて PNGFA で運用されている ArcGIS のバージョンを ver.10.0 から ver.10.2.2 (最新バージョン) へ上げることとした。これに伴い ArcGIS ベースで稼動している FIMS の機能改良設計を行った。

## 1.2.2 森林伐採計画評価・モニタリング支援機能

森林伐採計画評価・モニタリング支援機能のコンセプトを次に示す。このコンセプトに基づき、LAN-Map の試作を行った。

表 1-1 森林伐採計画評価・モニタリング支援機能のコンセプト

目標	機能	目的	効果
森林伐採計画の評価・モニタリング手順を効率化する	PNG-FRIMS 内の各種森林情報の共有と利活用	-各種森林情報の重畳表示 -場所検索 -地図編集 -距離・面積計測 -地図印刷	伐採企業が提出する森林伐採計画の評価作業を支援 FRIMS 内の森林情報の活用により、森林伐採地域とその他のプロジェクトエリアの競合箇所の発見を支援

## 1.2.3 LAN-Map の機能拡張

LAN-Map を活用した日常業務の改善に向け、C/P が抱える身近な課題を取り上げ、LAN-Map の機能拡張による解決策の検討を行った。

### 1) Job Request 管理機能

Job Request 機能の検討にあたり、現行のワークフローを念頭に C/P と業務分析を行った。Job Request に関する情報を FRIMS-LAN 上で一元的に管理し、業務改善を試みることにした。この機能に登場するアクター (①申請者、②マネージャー (承認者)、③地図製作者) それぞれの振る舞いを考慮しながら、必要となるデータ仕様を策定した。

### 2) 森林蓄積量簡易推定機能

森林蓄積量の推定は、FIMS を用いて行うことができる。しかし、州や伐採許可エリアにおける森林蓄積量の推定は可能であるが、ユーザの任意の関心地点や区域における森林蓄積量を推定する機能は持っていない。そこで、より簡易に森林蓄積量の推定ができるよう、本機能を検討した。

## 1.2.4 ポータルサイト機能

LAN-Map の導入によって、PNGFA 職員は、PNGFA 内のイントラネットに接続しているコンピュータを通じて、いつでも森林資源情報を含む地図データを閲覧できる環境が実現する。各種森林資源情報へのユーザアクセス権限を管理することを主目的としたポータルサイトを設置し、LAN-Map が配信する森林情報を閲覧する仕組みを構築することとした。

## 1.2.5 森林の再成長を考慮した材積量の推定機能

現行の FIMS の材積の推定機能は、伐採コンセッションの材積量から伐採済み区域の材積量を減じていくだけである。しかし、伐採済み区域森林の材積は時間を経るごとに回復していく実態がある。そこで、森林の再成長を考慮した材積量推定機能を検討した。

### (1) 森林再成長の計算方法

森林再成長の計算方法は、次のシナリオが前提となることを C/P と協議し、機能要件となることを確認した。

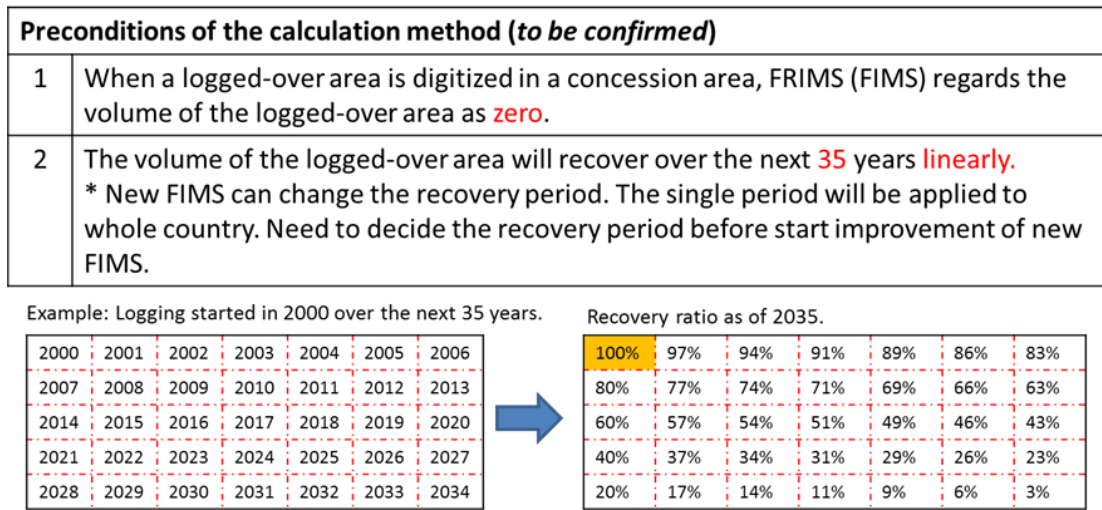


図 1-4 森林再成長の計算方法

また、FIMS 上に表示する森林資源量は、伐採年の翌年から伐採エリアにおける森林の回復が始まるシナリオを採用することとなった。例えば、毎年、同じ面積のエリアで、同じ材積量が伐採されていくとした場合の森林資源量の変化は、次のグラフのうち、アイデア 2 のように表示される。



図 1-5 再成長量計算のシナリオ



---

## (2) 計算に使用するデータの課題に対する対処方針

森林の再成長を考慮した材積量を推定するにあたり、PNG-FRIMS に格納されているデータに関する課題が存在している。C/P と協議し、対処方針を決定した。

## 1.3 森林被覆図の更新

### 1.3.1 リモートセンシングによる森林面積変化把握の基本設計

本プロジェクトでは、先行プロジェクトにおいて整備された森林基盤図 ver.1.0 を PNG-FRIMS のデータベースとして活用すること、また、森林面積の変化を把握するために森林被覆図の更新手法を確立することを目指した。まず、森林面積変化把握のための基本設計を行い、次に、先行プロジェクトにおいて挙げられた森林基盤図 ver. 1.0 の課題、およびその他の改善点の検討を行った。

#### (1) 森林面積変化把握の基本設計

森林面積変化のモニタリング手法を確立するため、①森林基盤図 2012 の改訂、②過年度森林被覆図の作成、③2015 年森林被覆図の作成、④2015 年以降の森林被覆のモニタリングの 4 段階で森林被覆図の整備を実施すると共に、今後の森林被覆のモニタリング手法・体制の検討を行った。

##### ① 森林基盤図 2012 の改訂

**作業内容：**先行プロジェクトで把握されている森林基盤図 2012 (ver.1.0) の課題やその他の改善点を検討し、森林基盤図 2012 を改訂する。

**成果物：**改訂された森林基盤図 2012 (ver.1.1) +劣化林・二次林の属性情報

**目的・効果：**他の森林被覆図作成の際のベースとなる森林基盤図 (ベースマップ) の精度が向上し、実務に即したものになる。また、劣化林・二次林情報が属性として整備され、森林資源量の推定や森林施業計画の改善に資する。

##### ② 過年度森林被覆図の作成

**作業内容：**①で改訂された森林基盤図を元に LANDSAT 画像等を用いて過年度森林被覆図を作成する。利用可能なデータの状態を検討した結果、2000 年と 2005 年の森林被覆図を作成することとした。また、新たに利用可能となった衛星画像や多年度の衛星画像を判読することで、森林基盤図 2012 において抽出しきれない農地等を捉えることができた場合は、森林被覆に修正を加えて 2011 年森林被覆図として整備する。さらに、①の劣化林・二次林情報の構築手法に準じて、過年度森林被覆図の劣化林・二次林情報を整備する。

**成果物：**パイロット州 (West New Britain 州、West Sepik 州) の 2000 年、2005 年、および改訂版 2011 年の森林被覆図+劣化林・二次林の属性情報

**目的・効果：**過去複数年の森林被覆図の面積が確認され、森林変化のシミュレーションや参照排出

---

レベルの作成が可能となる。衛星画像から抽出可能な土地変化や、PNGにおける森林変化の傾向、技術的課題といった本ステージで明らかとなった知見は、次のステージにおける手法の検討に資する。

### ③ 2015年森林被覆図（ベンチマークマップ）の作成

**作業内容：**①で改訂された森林基盤図を元に LANDSAT-8 等利用可能な技術を用いて 2015 年森林被覆図を全国で整備する。さらに、①や②の劣化林・二次林情報の構築手法に準じて、2015 年森林被覆図の劣化林・二次林情報を整備する。

**成果物：**全国の 2015 年森林被覆図+劣化林・二次林の属性情報

**目的・効果：**REDD+活動の効果をモニタリングするための基礎となるベンチマークマップが整備される。また、将来的に全国で森林被覆図を更新する際の基礎となる技術が PNGFA に構築される。本作業をとおして、森林被覆図更新に必要となる PNGFA の定常業務・作業体制が検討される。

### ④ 2015年以降の森林面積のモニタリング

**作業内容：**パイロット地区において、①～③の手法をベースにしながら、最新の技術の利用も念頭に、定期的で高頻度な森林被覆モニタリング手法や PNGFA 内の体制について検討を行う。

**成果物：**パイロット地区の 2015 年以降 2019 年までの森林面積変化の情報

**目的・効果：**適切なモニタリングのタイミング（頻度）や手法が明らかになり、PNGFA でのモニタリング体制が構築される。

## (2) 森林基盤図（ver.1.0）の課題と対応方針

### 1) Woodland/Savanna/Scrub の区分

先行プロジェクトにおいて Woodland、Savanna、Scrub の区別の不確実性が課題として挙げたが、C/P と協議した結果、区分の不確実性は残るがクラスの統合は行わず FIMS の区分を踏襲することとした。

### 2) 湿地林の抽出手法の検討

先行プロジェクトにおいて、湿地の分布域について把握する方法についての検討を行うことが求められていた。そこで、短期専門家は、静止軌道合成開口レーダー（GeoSAR; Geosynchronous Synthetic Aperture Radar）の P-band のマイクロ波や LANDSAT-8 のフォールス画像、正規化水指数（NDWI; Normalized Difference Water Index）解析等の試行を行い、湿地林の抽出方法の検討を行った。

検討の結果、RS データで湿地林の抽出を行う際には LANDSAT-8 画像を参照したデジタル化作業を行うか、またはオブジェクトベース分類を行うことが方法として考えられた。ただし、情報の確度を高めるためには地上調査を行うことが必須であり、全国で一度に整備するには困難が伴う。現実的には、FIMS にあった湿地に関する情報を参照して森林基盤図を更新し、必要に応じて地域ごとに RS データのデジタル化やオブジェクトベース分類と地上調査によって情報の精緻化を図って

いくのが良いと考えられた。

### 3) Western 州の平地林 (P) と丘陵林 (H) の区分

先行プロジェクトにおいて、Western 州における低地平地林 (Low Altitude Forest on Plains and Fans; P) と低地丘陵林 (Low Altitude Forest on Uplands; H) の分布が、既存の FIMS と新製の森林基盤図との間で大きく異なるという点が指摘されていた。本プロジェクトにおいてこの原因について調査したところ、この地域では森林の斜度と樹種構成との関係が PNG の他の地域と異なっていることが分かった。C/P 職員と協議の結果、斜度の情報の有用性を鑑み、森林基盤図の“P”と“H”の分類基準は変えず、一律斜度 6 度の閾値を用いて分類することとした (添付資料 13 参照)。

### 4) 植生コードの細分化

先行プロジェクトにおいて作成された森林基盤図においては、衛星画像を用いた判読の限界などの理由で、分類された土地利用の種類は 21 種類に限られていた。しかし、従来の FIMS で分類されていた土地利用は 63 種類に上り、湿地の存在など有用な情報も含まれていたため、できるだけそれに近い形に細分化することが求められていた。また、森林の材積量をより正確に求めるためにも土地利用の精緻化が期待されていた。そこで、従来の FIMS による分類を参考に、森林基盤図の土地利用分類を細分化した。添付資料 15 に土地利用コードの細分化ルールを示す。

### 5) 新たな属性情報の付与

森林蓄積量に関する情報の整備や、1.4.1 の新たな森林区画単位の設定方法の検討、1.3.2 (1) の二次林情報の構築において有用と考えられた表 1-2 に示すデータの整備を行った。

表 1-2 森林基盤図に新たに付与した属性

属性	データ内容・作成方法・備考
植生細区分	1.3.1 (2) 4) で整備された植生の細区分。FIMS の植生分類に準拠。
樹冠サイズ	植生細区分から判定可能。
森林ゾーン	「FOREST ZONES OF PAPUA NEW GUINEA」マップ <sup>3</sup> をデジタル化し属性として付与。
流域界	先行プロジェクトで GeoSAR DEM から作成された流域界データを利用。
州	
Forest cover gain	2000 年から 2012 年の森林増加面積の合計。Hansen データ <sup>4</sup> を元に、リレーショナルデータベースとして整備。毎年更新予定。
Forest cover loss	2000 年から 2014 年の森林減少面積の合計。Hansen データを元に、リレーショナルデータベースとして整備。毎年更新予定。

<sup>3</sup> E.T. Hammermaster and J.C. Saunders, Forest resources and vegetation mapping of Papua New Guinea, PNGRIS Publication No. 4 (1995) 添付資料

<sup>4</sup> 米メリーランド大学が公開している全世界の年毎の森林減少・増加箇所を示すデータ。Hansen, Potapov, Moore, Hancher et al., Global Forest Change 2000-2015, <https://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest> (2017 年 4 月 3 日閲覧)

属性	データ内容・作成方法・備考
Forest cover lossyear	2000年から2014年の各年の森林減少面積。Hansen データを元に、リレーショナルデータベースとして整備。毎年更新予定。

## 6) 島しょの扱い

森林基盤図データの島しょ（小島）について、他の既存データ（国家統計局（NSO; National Statistical Office）発行の Census 2011 の Province データ、旧 FIMS の vegetation データ、Geobook<sup>5</sup>の Province データ）と比較したところ、いくつか課題が確認され、対処方針について C/P と協議・確認を行った（詳細は添付資料 16 参照）。

### (3) 森林基盤図 ver.1.1 の品質・精度の評価

上述した森林基盤図の課題点の改善により、森林基盤図 ver. 1.0 を森林基盤図 ver. 1.1 として整備した。プロジェクトでは判別効率表を用いて森林基盤図 ver. 1.1 の精度評価を行った。国連 REDD プログラム (UN-REDD; United Nations Collaborative Programme on REDD) と国連食糧農業機関 (FAO; Food and Agriculture Organization of the United Nations) の支援により実施された Collect Earth<sup>6</sup>を用いた全国の森林インベントリ (NFI; National Forest Inventory) Pre-Inventory の結果を参照データとして用いて、森林基盤図と NFI Pre-Inventory データ (Collect Earth) の分類結果の比較を行った。

判別効率表は、森林・非森林区分、気候変動に関する政府間パネル (IPCC; Intergovernmental Panel on Climate Change) 土地利用の 6 区分、Savanna/Scrub を別に区分した 7 区分、さらに Woodland を別に区分した 8 区分、最も細かい植生区分で行った。また各州別にも判別効率表を作成し、C/P と結果の考察を行った。各判別効率表については添付資料 14 に示す。

表 1-3 は PNG の森林・非森林の区分精度の検証結果である。総合精度 (O.A.) は 87% と高い値となったが、PNG は国土の 7 割近くを森林が占めているため、高い精度が得られやすい傾向にあると考えられる。PNG 全土の土地被覆の区分精度の総合精度は表 1-4 に示すように 60% であった。個別の考察の詳細については添付資料 2 に示した。精度検証の結果について C/P と考察し、森林基盤図の特徴や NFI Pre-inventory との違い、分類結果の状態、課題等が明確になった。

<sup>5</sup> University of Papua New Guinea Remote Sensing Centre, PNG Geobook

<sup>6</sup> FAO によって開発された、Google Earth をインターフェースとしたデータ収集・解析・ツール。Google Earth と同じく、LANDSAT や Sentinel-2、DigitalGlobe 社の衛星画像などによる、空間解像度 15 m~15 cm の画像を参照できる。

表 1-3 PNG の森林・非森林の区分精度

		NFI			
		Forest	Non-forest	Total	U.A.
Map	Forest	18333	1545	19878	92%
	Non-forest	1612	3606	5218	69%
	Total	19945	5151	25096	
	P.A.	92%	70%		
O.A.		87%			

P.A. = Producer's Accuracy  
 U.A. = User's Accuracy  
 O.A. = Overall Accuracy

表 1-4 PNG の土地被覆の区分精度

		NFI																				Total	U.A.			
		Forest													Woodland/Savanna/Scrub	Grassland	Cropland	Wetlands	Other	Settlements						
Map	Code	Description	P	H	L	Mo	D	B	Fr	Fsw	M	Gf	W	Sa	Sc	G	Ga/Gi	Oa	E	Z	U					
			Forest	P	Low Altitude Forest on Plain	2446	1138	4		40	21	70	309	31	16	65	9	18	41		104	26	80		31	4529
	H	Low Altitude Forest on Upland	1122	4820	109			9	47	18		4	17	6	17	41		225	21	23	4	22	6506	74%		
	L	Lower Montane Forest		58	4208	74						2			16	56	18	165	7	6	1	13	4624	91%		
	Mo	Montane Forest			19	186									6	2	26						239	78%		
	D	Dry Seasonal Forest	121	8			207	1	5	47					65	3	3	13				7	480	43%		
	B	Littoral Forest	8					6		3	1				7							1	27	22%		
	Fr	Seral Forest	17	13	11			1	4	11	1				5							3	82	5%		
	Fsw	Swamp Forest	297	38			48	6	22	314	11				90	15	11	33			13	1	116	6	1021	31%
	M	Manorove	17				2	11	2	34	104				5	2		1			3	2	62	2	247	42%
	Gf	Forest Plantation	3	3	1				1			7			1			2			1	11	2	33	21%	
	W	Woodland	267	33	1		326	5	16	247	7				307	115	40	51			36	5	104	2	1562	20%
	Sa	Savanna	5	1	1		34				8	3			77	132	8	27			11	9	1	6	323	41%
	Sc	Scrub	2	1	1	1	33								58	85	11	8			1		2	206	5%	
Grassland	G	Grassland and Herbland	83	44	45		53	3	7	72	4	1	98	24	36	689	20	162	15	300	7	19	1585	41%		
	Ga/Gi	Alpine grassland/Subalpine grassland			7	12										23	70	2					1	117	60%	
Cropland	D	Agricultural Land Use	225	289	363	4	7	12	16	46	6	7	21	9	24	233	30	1211	132	47	2	165	2858	42%		
	Oa	Plantation other than forest	13	6				1							2	10		66	132				9	242	55%	
Wetlands	E	Lakes and larger rivers	13	18	3		2		4	6	3		1	2	1	19	2					208	2	285	73%	
Other land	Z	Bare areas	2	1	1											4						3	2	1	15	13%
Settlements	U	Larger urban centres																					1	14	16	88%
	Total		4641	6486	4774	277	752	77	193	1118	171	39	817	402	198	1257	165	2085	347	977	17	293	25096			
	P.A.		53%	74%	88%	67%	28%	8%	2%	28%	61%	18%	38%	33%	6%	55%	42%	58%	38%	21%	12%	5%				
O.A.		60%																								

### 1.3.2 リモートセンシングデータの加工・解析の試行

#### (1) 二次林・劣化林データの特用に用いるリモートセンシング情報の検討

先行プロジェクトで積み残された課題として、二次林・劣化林の分布の把握が挙げられていた。二次林の成立につながる森林劣化、森林減少の要因としては、選択的伐採、燃料用木材（薪炭材）の収集、森林内での放牧、下層植生の採取、火災、洪水、地滑りなどが考えられる。その他の森林減少の要因として、自給自足的農業、街や道路等の建設、プランテーションの開設が挙げられる。これらの変化が起こった場所をそれぞれのドライバごとに特定することは、変化直後の森林蓄積量の減少量やその後の回復過程をシミュレートするために必要である。これらを把握しうる RS 情報について検討した。

森林変化とそのドライバの特定に供しうる RS 情報としては、第一に光学衛星による画像が挙げられる。この情報を時系列に沿って分析することによって、森林の変化とその要因を直感的に判定することが出来る。画像解像度が高くなるにつれてこの作業は容易になるが、同時に価格が上昇するという難点がある。ただし、現在解像度 30 m の LANDSAT に加え、解像度 10 m の Sentinel-2 画像も無料となっており、選択的伐採地を直接抽出するには少し難しいが、林道などは容易に抽出できるようになっている。光学衛星画像を利用する際の技術的難点としては、雲があると地上の様子が分からな

いことが挙げられる。特に PNG の山岳地帯においては一年のほとんどの期間に雲に覆われた状態にある箇所が多く、光学衛星画像によって地上の様子をうかがうのは時に困難である。

第二に、レーダー衛星による画像が挙げられる。この情報は雲による影響を受けないため、常に地上の様子を不足無く観察することが出来る。ただ、光学衛星のように直感的に見えている物を判断することが出来ない場合があるので、まずどのような物が見えるのか確かめる必要がある。また光学衛星画像同様、解像度が高くなると高価になる傾向があるが、日本の衛星フェーズドアレイ方式 L バンド合成開口レーダー (PALSAR; Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar) のデータの解像度を落とした画像 (解像度 25 m) については Web サイトにて無料で入手することができる ([http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/palsar\\_fnf/fnf\\_index.htm](http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/palsar_fnf/fnf_index.htm) (2017 年 4 月 3 日閲覧))。

これらの RS 情報の利点を補完し合う情報の一つとして、Google Earth Engine<sup>7</sup> (<https://earthengine.google.com/> (2017 年 4 月 3 日閲覧)) によって計算できる Greenest Pixel というものがある。これは、過去に得られた膨大な LANDSAT や Sentinel-2 の画像集から期間 (例えばある一年間) を指定して各地点 (LANDSAT の場合 30 m × 30 m、Sentinel-2 の場合 10 m × 10m) において最も正規化植生指数 (NDVI; Normalized Difference Vegetation Index) 値の高いピクセルを選び出してモザイクしたもので、雲ができるだけ少ない画像を得ることが出来る (図 1-6)。

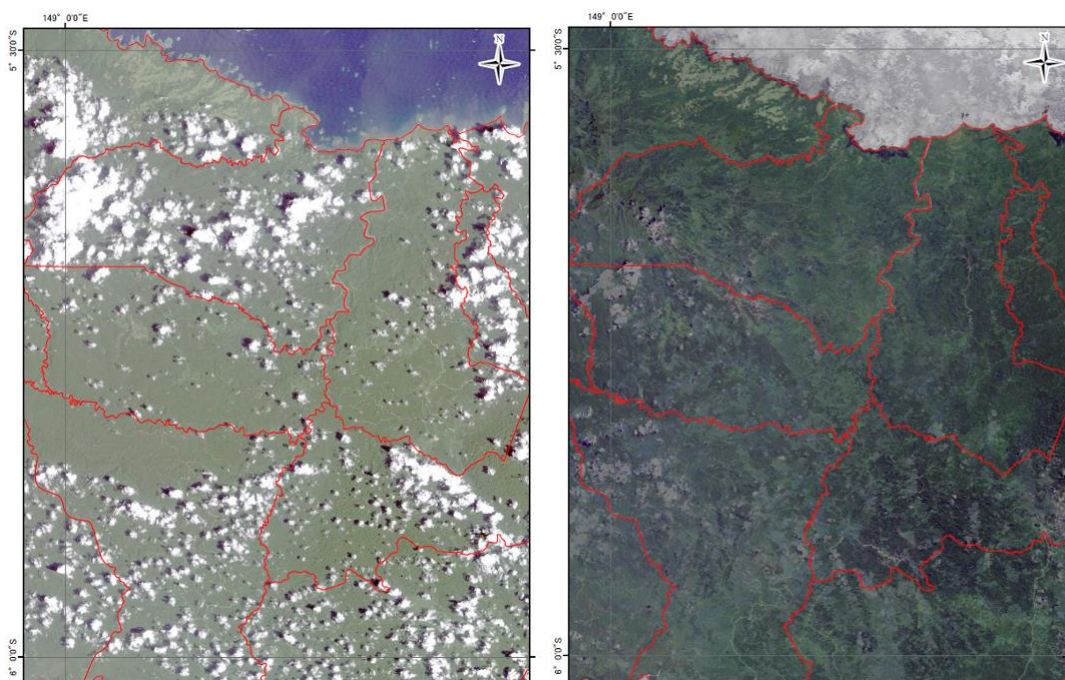


図 1-6 LANDSAT (左) と Greenest Pixel (右) の見え方の比較

本プロジェクトのパイロットサイトの一つである、West New Britain 州 Aria Vanu Block 2 コンセションエリアの周辺において、Sentinel-2 画像から作成した Greenest Pixel の検証を行った。Aria Vanu Block 2 内の林道の様子を作成した Greenest Pixel で見てみると、画像数がまだ少ないからか雲やヘイズが取

<sup>7</sup> クラウド上で大量の衛星画像等の情報を閲覧、解析することができるプラットフォーム。

り切れておらず、選択的伐採の様子も、一部集材路や林道のすぐそばの緑が薄くなっている箇所を除くと鮮明ではなかった。本プロジェクトでは LANDSAT による Greenest Pixel により技術開発を進めていくが、将来的に Sentinel-2 による Greenest Pixel によって置き換えることも可能となるように留意した。

また、森林減少について簡単に入手しうる情報の一つとして、米国 Maryland 大学の Hansen 教授のチームによる森林減少データが挙げられる (<https://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest> (2017年4月3日閲覧))。これは同チームが Landsat 7号機および8号機の画像を元に、あるアルゴリズムを用いて5 m以上の高さの植生が減少した箇所を検出したもので、年ごとの植生減少を示している。

本プロジェクトにおいては、どのようなデータをどのくらいの頻度で調達すれば経済的かつ労力的に効率よく森林被覆図の更新を行うことができるのかを見極め、PNGFA にとって将来的に持続可能なシステムを確立しなければならない。そこで、現時点で森林被覆図の更新に供しうると考えられる入手可能な RS データを出来る限り集め(表 1-5)、比較を行ってどのようにドライバごとの森林劣化および森林減少を検出しうるかを検討した(1.3.2 (2) 参照)。LANDSAT Greenest Pixel については、表 1-6 に示す年・範囲について収集した。

表 1-5 本プロジェクトで収集した RS データ

データの種類	解像度	価格	調達方法
RapidEye	5 m	高	先行プロジェクトにて PNG 全土について調達
PALSAR	10 m	中	先行プロジェクトにて PNG 全土について調達
PALSAR-2	10 m	中	自社負担で1シーンのみ調達
PALSAR	25 m	無料	Web サイトにて PNG 全土について入手 <sup>8</sup>
Greenest Pixel (LANDSAT)	30 m	無料	Web サイトにて PNG 全土について入手
Greenest Pixel (Sentinel-2)	10 m	無料	Web サイトにて Aria Vanu Block 2 周辺のみ入手
Hansen Loss	30 m	無料	Web サイトにて PNG 全土について入手

表 1-6 Greenest Pixel (LANDSAT)を収集した年・範囲

範囲	Greenest Pixel (LANDSAT)を収集した年
PNG 全土	1990年、2000年、2005年、2010年、2011年、2014年、2015年
Milne Bay 州	1987年から2014年までの毎年
West New Britain 州	1989年、1990年、1999年から2014年までの毎年

<sup>8</sup> 2007年、2008年、2009年、2010年についてそれぞれ入手した。

## (2) 森林劣化・減少分布のリモートセンシングデータによる抽出の試行

入手可能な RS データによって森林劣化・減少箇所とそれぞれのドライバの特定を行う方法について検討した。

PNG において選択的伐採 (択伐) は、森林劣化の重要なドライバであると考えられる。図 1-7 は、West New Britain 州 Asengeng Consolidated FMA (Forest Management Agreement) における択伐地の様子を RapidEye (解像度 5 m) による画像と LANDSAT Greenest Pixel (解像度 30 m) による画像とで比較したものである。RapidEye の画像では、右下部分にスポット状の択伐跡を確認することが出来るが、LANDSAT Greenest Pixel の画像では認められない。一方、林道については LANDSAT Greenest Pixel の画像においても容易に検出することが出来る。

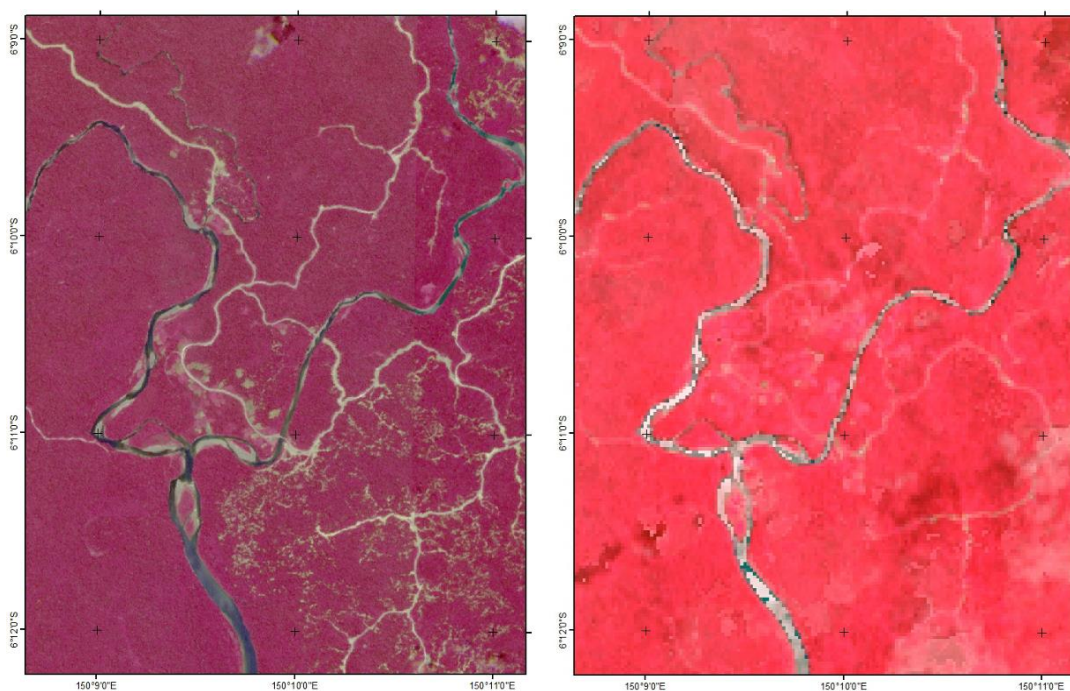


図 1-7 Asengeng FMA における択伐地の様子 1

(左) RapidEye (解像度 5 m) による画像 (2010 年) ; (右) LANDSAT Greenest Pixel (解像度 30 m) による画像 (2014 年)

PALSAR-2 については、解像度は 10 m と比較的高いものだが、択伐跡を確認することは出来なかった (図 1-8 左)。林道は認められたが、RapidEye の画像や Greenest Pixel の画像ほど鮮明ではなかった。Hansen のデータ (Hansen ロス) については、2001 年以降に建設された主な林道を容易に確認することが出来たが、やはり択伐跡は認められなかった (図 1-8 右)。



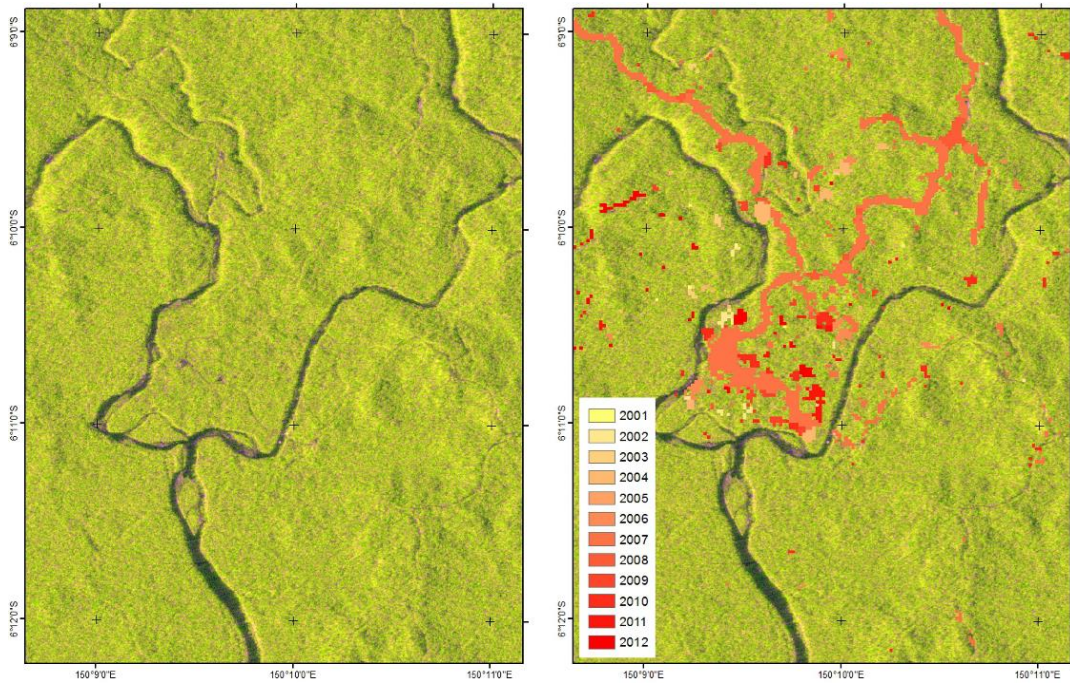


図 1-8 Asengsen FMA における択伐地の様子 2

(左) PALSAR-2 (解像度 10 m) による画像 (2015 年) ; (右) PALSAR-2 による画像に Hansen のデータを重ね合わせたもの

その他のドライバによる森林減少については、多くのケースにおいて Hansen のデータによる検出が可能であった (図 1-9)。

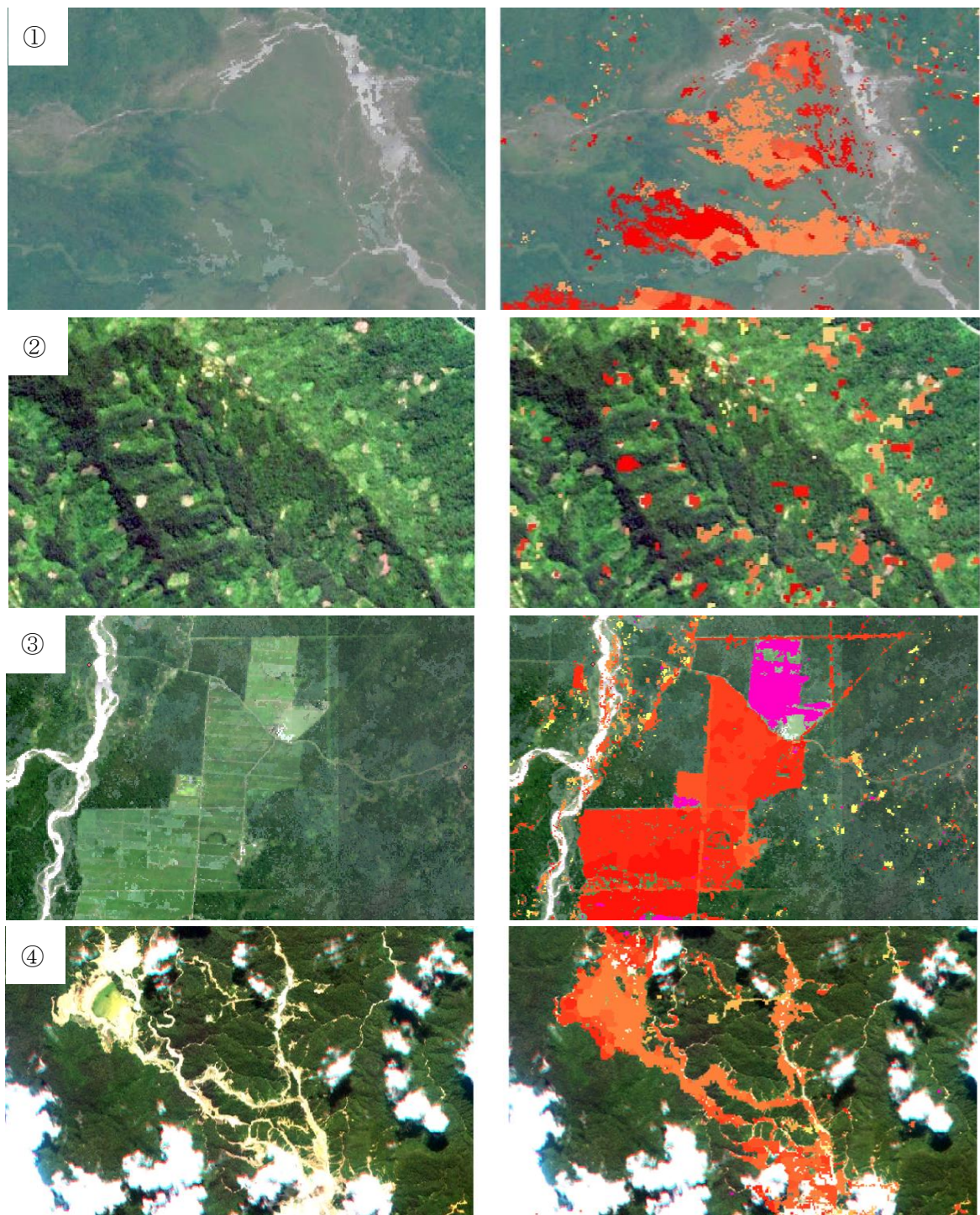


図 1-9 ①洪水、②自給自足的農業、③プランテーションの開設、④鉱業による植生除去の Hansen のデータによる検出

### (3) 20 ヘクタール以上の範囲の森林減少についてのドライバの特定

予算も人員も限られる中で森林減少や劣化の情報を正確に把握するには限界があり、どれだけ省力しつつかつ妥当なモニタリングを行うのが鍵となる。そこで本業務では、Hansen ロスを参照して、20 ヘクタール以上の範囲で森林減少が起こった全地点で、それぞれのドライバを RapidEye 衛星画像

(分解能 5m)、LANDSAT Greenest Pixel (分解能 30m)、Google Earth 上の衛星画像<sup>9</sup>などで判読し、どのようなドライバがどのような頻度で見られ、それぞれが衛星画像でどの程度確認できるのかを確認した。また、鉱山や森林コンセッションバウンダリ、森林基盤図のプランテーションや農地情報、SABL (Special Agriculture and Business Leases)<sup>10</sup>や FCA (Forest Clearance Authority)<sup>11</sup>のバウンダリ、そしてパプアニューギニア大学 (UPNG; University of Papua New Guinea) が欧州連合 (EU; European Union) と共同で開発した火災検知システム、FireWatch PNG (<http://fire.pngsdf.com/>) (2017年4月3日閲覧) も参照した。場合によっては火山の噴火情報なども用いた。

ドライバの特定は、図 1-10 に示すルールに則り、キアアウト方式によって行った。このため、特定されるべきドライバは互いに排他的であり、ある一つの森林減少地について、作業者によらず誰でも同じドライバを特定することが可能となる。ルールは、鉱業活動やプランテーションなどの明らかに特定しやすいドライバから順に特定していき、火災など、衛星写真から判読するのが難しいドライバは後回しにした。最後までどうしてもドライバの特定を行うことができなかった森林減少地については、ドライバを「不明」とした。

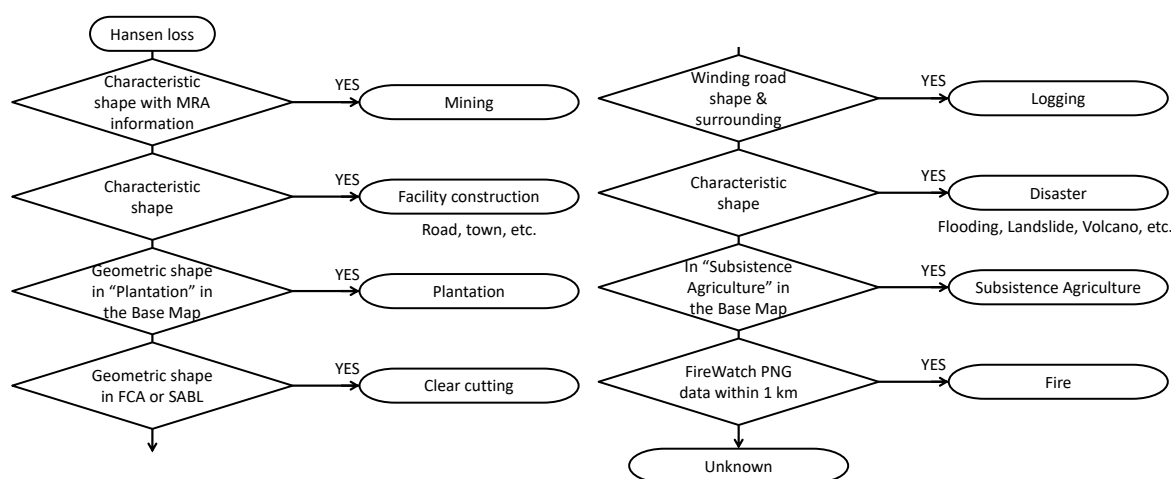


図 1-10 森林減少ドライバの特定に用いたルール

解析の結果、全 1,231 点の 20 ヘクタール以上の森林減少のうち、50%以上に及ぶ 629 点、面積にして 70%以上がプランテーション活動に伴う森林伐採か、もしくは栽培されている作物自体の植え替えなどに伴うものであることが分かった。そのほか特定された森林減少ドライバとして、林業 (林道開設など; 面積割合 7.2%)、用途不明の土地利用改変を目的とした森林皆伐 (多くはプランテーションになると考えられる; 面積割合 7.1%)、自然災害 (地滑り、洪水、火山活動; 面積割合 5.3%)、不明 (面積割合 2.8%)、火災 (面積割合 2.2%)、建物等の建設 (面積割合 2.1%)、自給自足的農業 (面積割合 1.8%)、鉱業 (面積割合 0.4%) が挙げられた。

<sup>9</sup> LANDSAT や Sentinel-2、DigitalGlobe 社の衛星画像などから入手可能な最新かつ最高解像度のデータを組み合わせたもの。空間解像度は 15 m~15 cm 程度とされる。

<sup>10</sup> 慣習地 (customary land) のリースによる農業目的での開発の許可。許可には区域も伴う。

<sup>11</sup> SABL の区域内における、業者による森林伐採の許可。許可には区域も伴う。

Hansen ロスにより検出された 2001 年から 2013 年までの 13 年間の、20 ヘクタール以上の森林消失面積は、全国で計 1,004 km<sup>2</sup> に及んだが、20 ヘクタール未満の森林消失地も加えると、総森林消失面積は 8,108 km<sup>2</sup> にも達し、20 ヘクタール以上の森林減少地のドライバを特定しただけでは、PNG 国における森林減少を全て把握することはできないと言える。ただし、面積 1 ピクセル (0.09 ヘクタール) 以上の森林減少地は、PNG 全土 13 年間で計 180 万箇所以上も記録されており、全てのドライバを特定することは現実的には不可能である。また PNG 国において森林の質を低下させている要因として、森林減少だけではなく、林業活動に伴う選択的伐採などによる森林劣化も挙げられるが、それらは無料で入手できる LANDSAT などの中解像度衛星画像では検出出来ず、Hansen ロスにも表れない。このような微小な森林減少や森林劣化のドライバを特定するためには、それら一つずつ確認するのではなく、あるルールに則って機械的に判定していくのが良いと考えられる。例えば：

- 森林基盤図でプランテーションとして記録された箇所で見られる Hansen ロスは全てプランテーション由来の森林減少によるものとする。
- 村の位置から一定距離内 (10 km) に見られる Hansen ロスは全て自給自足的農業由来の森林減少によるものとし、Hansen ロスで検出できなかった部分についても燃料収集や建材収集などの人間活動によって森林劣化が進んでいるとする。
- PNGFA 内にて Logged over area として記録が残っている箇所については、選択的伐採による森林劣化が進んでいるとする。
- どの条件にも当てはまらない Hansen ロスは自然災害由来とする。

などといったことが挙げられる。

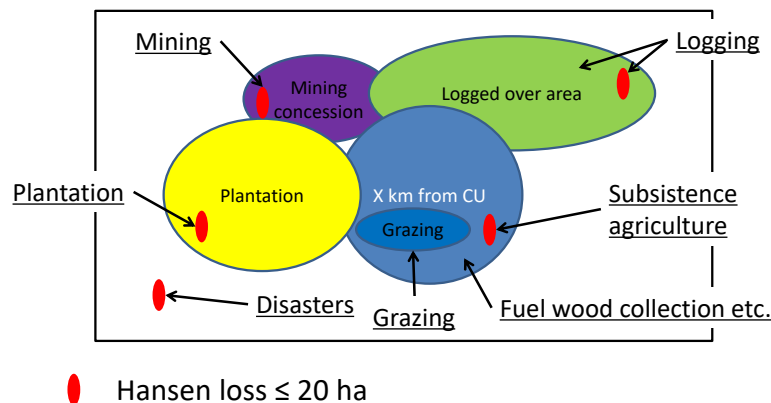


図 1-11 森林減少および森林劣化の自動検出イメージ

上記のようなルールに従って森林減少あるいは森林劣化ドライバを自動的に割り当てた後、ある程度の大きさ以上 (例えば 20 ヘクタール以上) の Hansen ロスについては、一つ一つ確認した上でルールに則ってドライバを特定していけば良い。例えば：

- 鉱業コンセッションの内側にある Hansen ロスは鉱業由来とする。
- 特徴的な形から道路建設や建物建設を判読する。

- 森の中の曲がりくねった道路建設から林業活動による森林減少を捉える。
- 森林基盤図で農地として記録された箇所で見られる Hansen ロスは商業的農業活動によるものとする。
- Hansen ロスの近く（1 km 以内）で同じ年に火災の記録があれば、そのロスのドライバを火災とする。

などといったことが挙げられる。

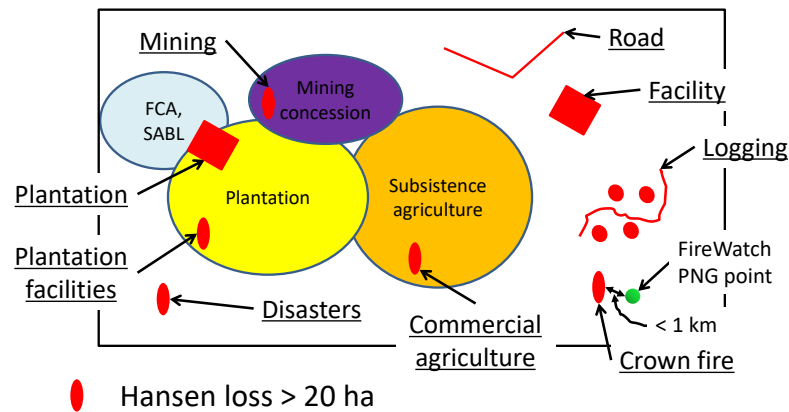


図 1-12 ある程度の大きさ以上の森林減少の検出イメージ

本項で検討された事項を踏まえ、PNGFA 内で森林減少や森林劣化に関して定義や方法論にまつわる議論を行い、森林減少や劣化ドライバの森林基盤図および森林被覆図への付加についての検討を行った。森林減少や森林劣化に関する定義や方法論についての協議結果は添付資料 17 に示す。森林減少や劣化ドライバの森林基盤図および森林被覆図への付加についての検討資料は添付資料 18 に示す。

#### (4) CLASlite による森林減少および森林劣化他の抽出の検討

CLASlite (The Carnegie Landsat Analysis System Lite, Carnegie Institution for Science) は LANDSAT などの多バンド光学衛星画像を解析し、森林の消失だけでなく、目視では判読困難な森林劣化をも検出することができるソフトウェアである。本業務ではこれを用いて、かつてパイロット地区の一つであった Milne Bay 州 East Fergusson 地区で森林減少および劣化が起こっている箇所を推定した。その上で実際に現地を訪れ、CLASlite による結果と現地の実際の状況を比較した。

2000 年、2004 年、2005 年、2006 年、2007 年、2008 年、2010 年、2014 年の LANDSAT 画像を CLASlite で解析した上で、2010 年と 2014 年の解析結果を比較し、森林被覆状況の変化から森林減少した箇所と森林劣化が起こった箇所を抽出した。その結果を LANDSAT 画像と比較してみると、林道が開設されている箇所がおおむね森林減少として抽出された箇所と一致することが分かった。

CLASlite による解析結果を現地の状況と比較した。CLASlite によって森林減少と判定された箇所では、林道など土が露出した部分が多かった。CLASlite によって森林劣化と判定された箇所では、林冠が失われていたものの、下層植生が繁茂しており、土は露出していなかった。これらのことから、

---

CLASlite による解析結果はある程度現地の状況を反映していたと考えられる。しかし、この解析には約 1 ヶ月の時間がかかり、全国レベルで考えた場合に全体で費やす作業量はかなり膨大なものとなるため、PNGFA としてその作業量を投入するに見合った結果は得られないと考えられた。

### 1.3.3 リモートセンシングデータ以外に必要な追加・補足情報の特定

本項において検討した事項は 1.3.2 での検討に供した。

択伐を間接的に検出する手がかりとして林道情報が必要と考えられ、2000 年、2005 年、2011 年、2015 年を基準年とし、全国で道路情報の整備を行った（1.6（4）参照）。

燃料用木材（薪炭材）の収集、森林内での放牧、下層植生の採取については Census Unit<sup>12</sup>の位置情報を元に、そこから一定の範囲内と仮定する。

鉱業による森林減少については、鉱物資源公社（MRA; Mineral Resource Authority）<sup>13</sup>より入手した鉱山活動の位置情報を用いてドライバの特定を行う。

火災については、ある場所の森林減少のドライバが容易に特定出来なかった場合のみについて、UPNG が EU の支援を受けて立ち上げた FireWatch PNG (<http://fire.pngsdf.com/> (2017 年 4 月 3 日閲覧)) という Web サイトを参照して火災の有無を判断する。

### 1.3.4 森林被覆図の更新手法に関するマニュアルの整備

1.3.1～1.3.3 の森林被覆図の更新に係る検討、および 1.3.5 の森林被覆図の更新作業においては、森林資源に係るデータ状況について C/P と理解を共有し、データの更新方針や手法について協議を行った。また同時に、森林被覆図の更新に係るデータの整備や管理等の技術移転を行った。この際、作業手順書等の技術資料を作成しており、これらを C/P 職員と協働で、森林被覆図の更新手法に関するマニュアルとして取り纏めた（添付資料 2）。

### 1.3.5 パイロットエリアを対象とした森林被覆図の更新

#### （1）森林基盤図 2012 の改訂

1.3.1 で検討した森林被覆図の整備方針に基づいて森林基盤図 2012 (ver.1.0) の改訂を行い、森林基盤図 2012 (ver.1.1) として整備した。森林基盤図 ver.1.1 を図 1-13 に示す。また、1.3.2～1.3.3 で検討した RS データや RS 以外のデータを活用し、森林基盤図の森林減少・劣化のドライバ情報を構築した。ドライバの分布を図 1-14 に示す。

なお、森林基盤図 2012 の概要については、「Fact Sheet No. 2 Papua New Guinea Forest Base Map 2012」（添付資料 6）として取り纏めた。

---

<sup>12</sup> 5 年ごとに行われる全国的な悉皆人口調査の調査点であり、集落の所在地でもある。

<sup>13</sup> 鉱物資源公社法（2005）によって設立された PNG 政府の機関。

---

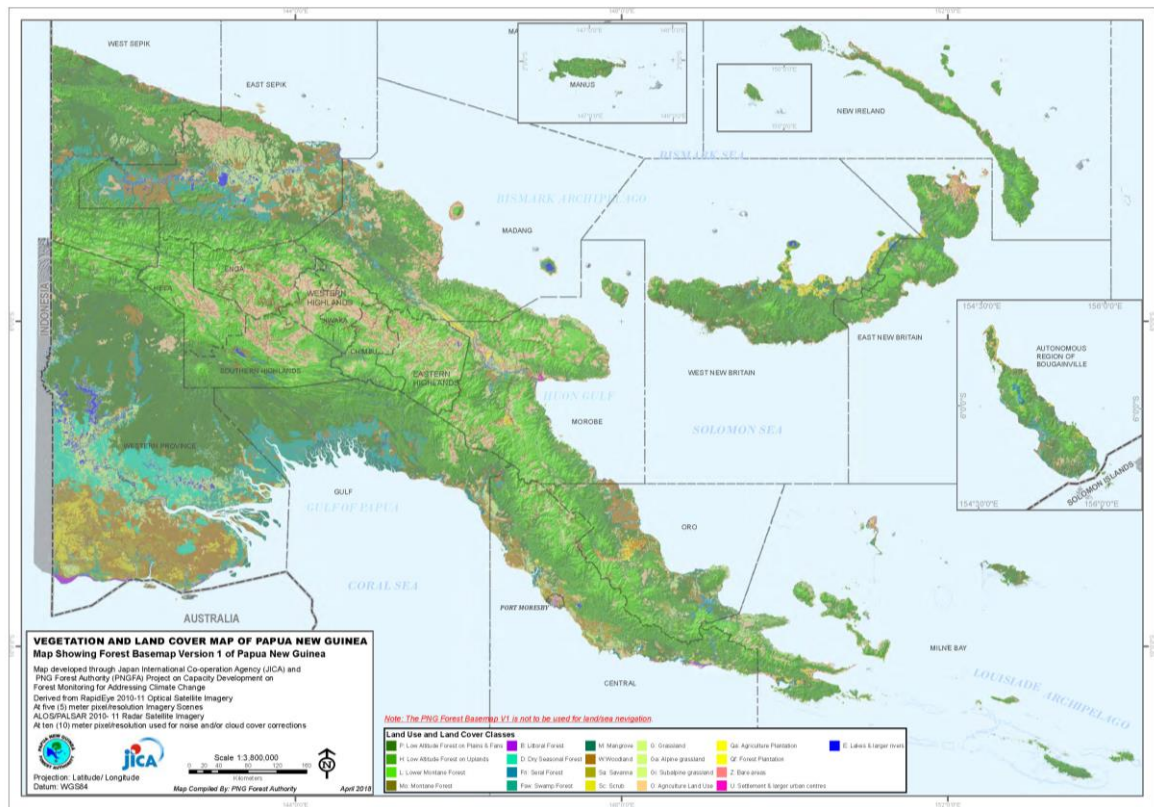


図 1-13 森林基盤図 2012 (ver. 1.1)

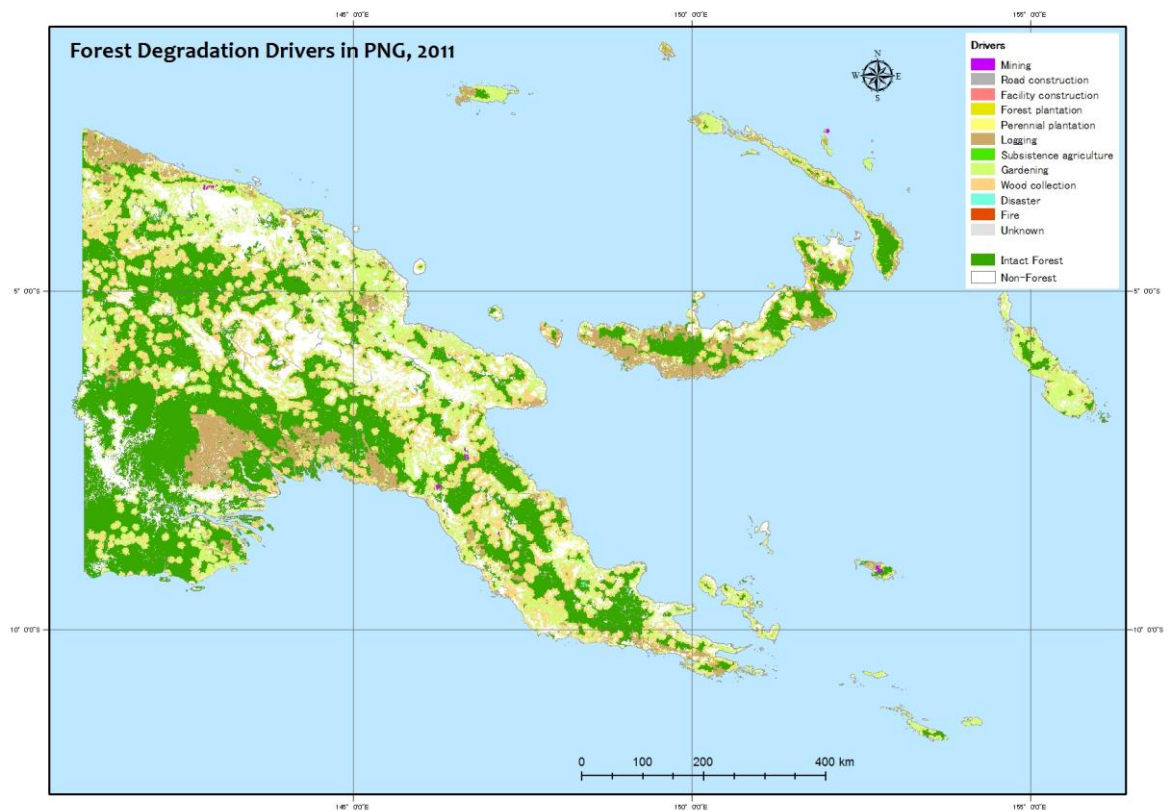


図 1-14 森林基盤図 2012 (ver. 1.1) のドライバ分布

---

## **(2) 過年度森林被覆図の作成**

1.3.1 で検討した森林被覆図の整備方針に従い、パイロットエリアである West New Britain 州と West Sepik 州を対象に、2000 年と 2005 年の過年度森林被覆図、および改訂版の 2011 年森林被覆図を作成した。また、森林減少・劣化のドライバ情報を各森林被覆図に付与した。作成した各州の過年度森林被覆図、および植生変化地、植生面積、植生変化面積、ドライバ分布、ドライバ面積については添付資料 19 に示す。

## **(3) 2015 年森林被覆図の作成**

1.3.1 で検討した森林被覆図の整備方針に従い、また、過年度森林被覆図の作成や森林劣化・減少ドライバ情報の構築で得られた知見を基に、全国を対象に森林減少・劣化のドライバ情報付き 2015 年森林被覆図を作成した。2015 年森林被覆図、および州ごとの植生面積、ドライバの分布、州ごとのドライバ面積については添付資料 20 に示す。なお、森林被覆図 2015 の概要については、「Fact Sheet No. 9 Forest Cover Map 2015」(添付資料 6) として取り纏めた。

## **(4) Collect Earth データとの比較によるドライバ解析結果の分析**

これまでの作業で、森林基盤図 2012、および過年度森林被覆図、2015 年森林被覆図に森林減少および劣化のドライバ情報を付与した。PNGFA には NFI 調査のサンプルプロットとして整備された Collect Earth のドライバ情報 (Collect Earth では impact type との名称) がある。そこで、Collect Earth データのサンプルプロットと森林基盤図をオーバーレイ解析し、双方のドライバを比較した。これらの結果については、C/P 職員や NFI 調査を実施している FAO スタッフも交えて協議を行った。森林劣化ドライバの構築手法、および本分析と協議の結果得られた課題や示唆については、「Analytical Report No. 1 Analysis of Drivers of Deforestation and Forest Degradation in Papua New Guinea」(添付資料 6) として取り纏めた。

## **(5) Google Earth Engine を活用した森林モニタリングの試行**

Google Earth Engine は、Google 社のサーバに格納されている LANDSAT や Sentinel-2 などの無料の衛星画像をダウンロードせずに標準的な処理や結果の閲覧が可能で、またこれらの画像の高度な解析もインターネット経由でクラウド上で実行することが出来る。

プロジェクトでは、パイロット 2 州 (West New Britain 州と West Sepik 州) 内の林業コンセッション (それぞれ Rottock Bay Consolidated Concession と Amanab Consolidated Concession) において、Google Earth Engine を用いて時系列の衛星画像を解析し、森林減少のモニタリングを行うツールの開発を行い (添付資料 8)、ツールの利用マニュアルも作成した (添付資料 9)。開発されたツールによって、対象コンセッションにおいて、週次および年次の森林減少を検出することができた。

## **(6) 森林炭素蓄積量の変化推計**

PNG 国の森林参照レベル (FRL; Forest Reference Level) は、FAO の技術支援を受けて 2017 年 1 月

---



---

に国連気候変動枠組条約（UNFCCC; United Nations Framework Convention on Climate Change）に提出され、「Papua New Guinea’s National REDD+ Forest Reference Level – Submission for UNFCCC Technical Assessment in 2017」で報告されている。同報告では、Collect Earth を活用したポイントサンプリング方式によって求めた森林タイプごとの面積を用い森林炭素蓄積量を算出している。

本プロジェクトでは、2015 年の森林被覆図を用いて試行的に全国の森林炭素蓄積量の算出を行った。また、West New Britain 州と West Sepik 州については、2000 年、2005 年、2011 年、2015 年の森林被覆図を用いて森林炭素蓄積量を算出し、その変化を捉えた。森林被覆図の森林タイプごとの面積、および上記「PNG National REDD+ FRL 2017」報告書で報告された PNG の地上部バイオマス単位面積の値と地下部バイオマス比率（IPCC のデフォルト値と同じ）を用いて、森林バイオマス量を算出した。森林バイオマス量に炭素含有率の IPCC ガイドラインデフォルト値を掛け合わせて、森林炭素蓄積量を計算した。

2015 年森林被覆図を用いて求めた森林炭素蓄積量の合計は 3,402.98 Mt であった。2000 年、2005 年、2011 年（改定版）の森林被覆図を用いて求めた森林炭素蓄積量は、West New Britain 州の 2000 年の森林炭素蓄積量の合計は 192.51Mt であり、2015 年には 180.76Mt になった。West Sepik 州の 2000 年の森林炭素蓄積量の合計は 310.14Mt であり、2015 年には 298.21Mt になった。本森林炭素蓄積量の変化推計の結果は添付資料 4 に取り纏めた。

## 1.4 森林の蓄積量に関する情報の整備・更新

### 1.4.1 新たな区画単位の設定方法の検討

PNG-FRIMS における森林施業履歴や種別等に基づく新たな森林区画単位（FMU; Forest Management Units）の設定方法の検討を行った。

まず、森林面積変化の把握や森林管理での利用、また、材積等の森林資源情報や森林の立地環境等の情報を付与するのに適当な小ささを持たせるという観点から、森林基盤図の最小基本単位の検討を行った。その結果、図 1-15 に示した州、森林被覆タイプ、樹冠サイズ、森林ゾーン、流域界の情報で森林基盤図の基本単位を分割・統合することとした。PNG 全州の森林基盤図の最小基本単位の更新を行った。

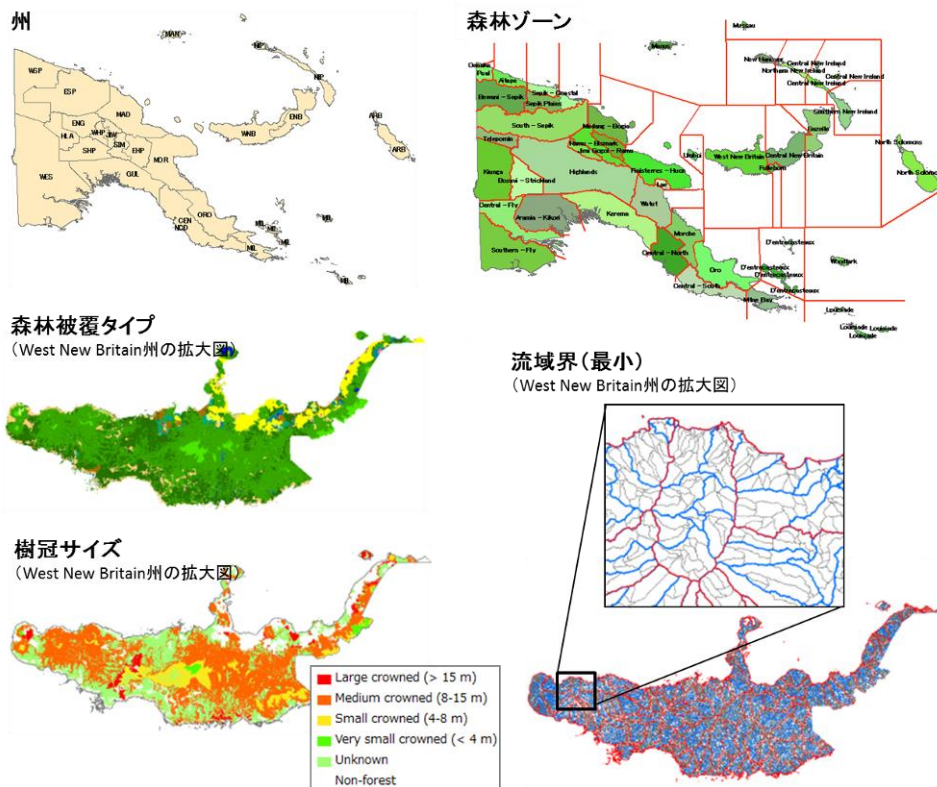


図 1-15 森林基盤図の基本単位に用いる情報

更新した森林基盤図の最小基本単位は、森林資源モニタリングの基本単位としての利用が想定されることから、森林モニタリング単位 (FMU; Forest Monitoring Unit)<sup>14</sup>と呼ぶこととした。FMUの概要については、「Fact Sheet No.4 Forest Monitoring Unit (FMU) in Papua New Guinea Forest Cover Map」(添付資料6)として取り纏めた。

しかしながら、森林モニタリング単位は、過去の伐採活動記録のための最小ポリゴンであるセットアップエリアと境界を共有しない原理なので、本項で検討する森林区画単位とはなり得ない。一方で、セットアップエリア(またはその上位レベルのLogged over area)は均質な林分とは限らないため、立木や林分の再成長を計算する最小単位とすることはできず、これを単独で森林区画単位とすることはできない。このため、森林区画単位は森林モニタリング単位とLogged over areaとの掛け合わせたものとして定義された。

## 1.4.2 PNG-FRIMS への森林成長モデルの導入方法の検討

### (1) PINFORM の改良

PNG-FRIMS に樹木伐採後の森林の回復過程についてシミュレーション出来るシステムを導入するために、PNG/ITTO 天然林モデル (PINFORM) という既存のモデルを組み込むことが出来ないかどうかを検討した。これは、過去に森林研究所 (FRI; Forest Research Institute) と国際熱帯木材機関 (ITTO;

<sup>14</sup> FMU (Forest Monitoring Unit) は森林被覆図の最小ポリゴンで、州や森林ゾーン、流域界、土地利用区分、樹冠サイズ等の森林タイプから構成され、PNG-FRIMS でのデータ管理の単位として用いられる。

---

International Tropical Timber Organization) が共同で開発した Excel ベースの森林再成長モデルである。これについてはまず、当初古い Excel (Excel 5) で動作するように設計されていたものを改良して現行の Excel (Excel 2010) に対応させた。ただし、プログラムの一部にはパスワードがかかっており、全容の解明はできなかった。

PINFORM の改良については、2015 年 10 月上旬に短期専門家チームの総括がツールの管理者である FRI を訪問し、報告・協議を行った。なお、FRI からは、FIPS で調査されているデータを活用したモデルの妥当性の検証を行いたいので、FIPS のデータを共有してほしいとの要望が寄せられたが、これまでの経験・実績を踏まえると地理情報システム (GIS; Geographic Information System) やツールの利用を業務に位置付けることが重要であり、そのためにはデータ取得や研修だけではなく、研究計画・提案を作成して PNGFA 本部と協議をすることが必要であると回答し、FRI の Acting Director はそれに合意した。

## (2) PINFORM の機能について

PINFORM を動作させるには、樹種や胸高直径を記録したインベントリを特定の形式に変換したデータが必要となる。当プログラムにはインベントリを使用可能な形式に変換する機能も備わっており、FIPS 調査によって記録されたインベントリを PINFORM に取り込むことも可能となっている。

PINFORM には、伐採の頻度、伐採の強度、伐採の方法、間伐の有無や強度、間伐の方法、成長速度の大小、火災の頻度といった様々な条件を設定することが出来る。また出力可能なモデルとして、総胸高断面積の経時変化、直径クラスごとの胸高断面積の経時変化、直径クラスごとの個体数の経時変化、材積量の経時変化、伐採量の経時変化が選択できる。

## (3) PINFORM の PNG-FRIMS への導入可能性

PINFORM の PNG-FRIMS への導入可能性について長期専門家とともに検討を行った結果、胸高直径のデータが揃っている FIPS データからその場所 (一部はコンセッション地区内) のシミュレーションが出来るなど、一定の使い道はあると思われた。しかし、材積量のデータのみは有るが胸高直径のデータが無い、その他多くの地域には適用出来ないと考えられた。

加えて、PINFORM による予測値の精度検証等は未だ行われておらず、妥当性が不明である。精度検証とチューニングによってある程度予測値に信頼がおける段階に至ったとしても、PINFORM の性質上、全く同じ地点のプロット規模のシミュレーションは出来ても、同じ地域内であっても地形などの条件の異なる地点のシミュレーションは困難であり、地域規模の予測精度が高まるかどうかは不透明である。そのため、PINFORM による予測値と線形予測などの単純なモデルによる予測値との間には、精度差がの優劣がつけられない。

長期専門家と連携して、PINFORM を PNG-FRIMS に組み込む可能性について C/P と協議した結果、JICA プロジェクトとしては PINFORM の精度検証は行わず、森林の再成長モデルとしては線形予測な

---

どの単純なものを用いることとなった（添付資料 21 参照）。再成長が止まる時期は、PNG 国の森林計画制度において便宜的に用いられている伐採後 35 年後と仮置きし、これが今後の議論で変更される場合には容易に対応できるように PNG-FRIMS を設計しておく。

### 1.4.3 伐採量・成長量のデータベースの設計・開発

森林の蓄積量に関して、PNGFA に既存の情報をデータベース化し、一元化することを試みた。既存の情報として用いたのは、1950 年代から 1990 年代中盤までに得られた材積情報をまとめた PNG 資源情報システム（PNGRIS; PNG Resource Information System）<sup>15</sup>のデータ、主に 1980 年代から現在に至るまで PNGFA が新たに伐採コンセッションを設定する際に事前調査として行っているインベントリ情報を元にした FIPS のデータ、そして 1990 年代から 2000 年代にかけて FRI が実施した固定サンプルプロット（PSP; Permanent Sample Plots）を用いた全林毎木調査（注：プロット内の樹木の悉皆調査）の結果である。

これらの調査で対象とする観測範囲は異なり、PSP は、胸高直径 10 cm 以上の全樹木を対象としているのに対し、PNGRIS では胸高直径 50 cm 以上の全樹木、FIPS では胸高直径 20 cm 以上の商用可能な樹種の樹木のみを対象として観測している。

短期専門家チームはまず、PNGRIS の紙媒体データのデータベース化を行った上で、各調査によるデータの標準化を行い、比較することを試みた。FIPS、PNGRIS、PSP における胸高直径 50 cm 以上の全材積に占める商用材積の割合を調査した結果、少なくとも胸高直径 50 cm 以上の商用材積において FIPS と PNGRIS のデータはある程度信頼がおけるであろうと判断した。さらに、FIPS、PSP における胸高直径 20 cm 以上の全材積に占める胸高直径 50 cm 以上の材積の割合を調査した結果、FIPS による調査データは商用材積を推定するには有効であると言えるが、将来 REDD+活動に資するための森林炭素蓄積量を推定するためにそのまま用いるには難があると考えられた。

次に、FIPS については調査を行った場所の森林区域および植生タイプが、PSP については植生タイプのみが明らかでなかったため、それぞれの調査地における樹種と材積量割合の対応リストを作成してそれぞれの推定を行った。

抽出された情報から、森林区域ごと植生タイプごとの材積量の平均値を計算した（添付資料 23 参照）。推定された各材積については PNGFA 職員によるレビューを受け、一箇所極端に大きな材積量となっていた森林区域のデータにその周辺の森林区域のデータによる平均値を用いて修正を加えた後、承認を得た。承認された材積情報は森林基盤図へ付加した。

なお、PNGRIS、FIPS、PSP の間にデータの収集方法に一貫性が無いため、ここで推定した材積量についてはあくまでも暫定的なものとし、将来的には FAO プロジェクトによる NFI の結果によって置き換えることができるようにしてある。

---

<sup>15</sup> E.T. Hammermaster and J.C. Saunders, Forest resources and vegetation mapping of Papua New Guinea, PNGRIS Publication No. 4 (1995) 森林基盤図の分類項目は、FIMS の vegetation データの分類が整理された本資料に基づいている。

---

## 1.5 地上サンプルプロット情報の活用

本項では、1.3.2において検討した、森林減少ドライバの特定方法によって推定されたドライバの精度について検証した。Collect Earth による「NFI のプレ調査」は、PNG 全土で 25,209 点に及ぶものとなったが、その中で 1 ヘクタール以上の大きさの Hansen ロスと重なる調査地点、235 点を選び、それぞれの地点で Collect Earth を用いて目視判読された地上の様子と本調査結果によるドライバ判読結果を比較した。

## 1.6 その他の情報整備方法の検討

### (1) 制約地データの更新

FIMS のデータに制約地データがあるが、本データは古く、完全性や位置精度に課題のあるデータである。そこで、入手可能な最新のデータを用いて、PNG-FRIMS のデータベースとなる制約地データの整備を行った（表 1-7）。データ処理方針の詳細や整備したデータの状況については「Fact Sheet No.5 Constraints Data – Natural Condition Layers in the PNG-FRIMS」（添付資料 16）として取り纏めた。

表 1-7 整備した制約地データ

制約地データ	データ内容	処理データ
Altitude	Altitude land over 2400m altitude.	Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 30 <sup>16</sup>
Slope (Extreme)	Slope (Extreme) land with over 30 degree dominant slope.	SRTM 30
Slope/Relief	Slope/Relief	SRTM 30
Mangroves	Land with dominant slope of 20-30 degrees and sub-dominant	Forest Base Map 2012
Inundation (Extreme)	Slope over 30 degrees and with high to very high relief.	PNGRIS 2008 <sup>17</sup>
Inundation (Serious)	Mangroves land covered by mangroves.	PNGRIS 2008
Karst	Inundation (Extreme)	PNGRIS 2008

### (2) FCA バウンダリデータの追加

SABL の下での FCA による森林伐採は、大規模な面積の森林を農地に転用するために行われるため、周辺に与える影響が大きく、森林管理や森林炭素蓄積を考える上ではその動向を把握しておく必要がある。しかし、伐採コンセッションの区域や Logged over area のケースと異なり、申請された FCA に関するバウンダリが I&M 課にて GIS データ化される仕組みは無い。

<sup>16</sup> Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global, <https://lta.cr.usgs.gov/SRTM1Arc> (2017 年 4 月 3 日閲覧)

<sup>17</sup> University of Papua New Guinea, 2008. Papua New Guinea Resource Information System

---

短期専門家チームは長期専門家とともに、PNGFA に対して伐採コンセッション同様、FCA プロジェクトバウンダリや年次計画にて報告される伐採済み区域が、それぞれの申請後に速やかに GIS データとして整備される仕組みを作る必要があると提言した（添付資料 24）。過去の大規模な FCA 活動については、データの量が膨大なため、現地庸人を用いてデータの追加を進めた。

### （3）Logged over area データの追加

より正確に林業活動に伴う森林減少および劣化を把握できるデータとして、ALP（Annual Logging Plan）の作成時に業者から提出される Logged over area 情報が挙げられる。しかし、これを全て GIS データ化するには、1990 年代以降に提出された 1,000 以上にもおよぶ ALP を全てデジタイズする必要があり、仕事量が極めて膨大になる。プロジェクトとして現実的に Logged over area 情報の活用方法を探るには、まずは限定された地域（例えばパイロットコンセッション地区のみ）について過去にさかのぼって Logged over area 情報のデジタイズを行い、その利用について検討を行うこととした。

PNG-FRIMS に未入力の過去の Logged over area について情報を収集し、全情報のリスト化を行った。2018 年 6 月から Logged over area マップのスキャン、およびデジタイジングを進めた。添付資料 26 に ALP・FWP（Forest Working Plan）・FCA の一覧と整備状況を示す。

なお、Logged over area や Concession の概要については、「Fact Sheet No.8 Forest Concession and Land Management Layers in PNG-FRIMS」（添付資料 6）として取り纏めた。

### （4）林道情報の追加

2000 年、2005 年、2011 年、2015 年を基準年とし、PNG 全土で林道を含む道路情報の整備を行った。道路網の時系列情報の整備のためには主に、Google Earth Engine で生成した 2000 年、2005 年、2011 年、2015 年の LANDSAT 雲無しモザイク画像を参照した。また、UPNG が 2010 年頃に既存の情報などをまとめて作成した GIS 道路情報や、かつて環プロ無償プロジェクトで調達された 2011 年の RapidEye 衛星画像を適宜参照して補完した。なお、林道情報については、「Fact Sheet No.7 Digitized Road Information」（添付資料 6）として取り纏めた。

### （5）10m 間隔等高線の整備

長期専門家や C/P 職員によって 2017 年 4 月 30 日～5 月 4 日に実施された Aria Vanu Blk2 FMA のフィールド調査において、「ArcGIS Explorer で等高線データを表示すると、データが重くズームインやズームアウト操作の動きが悪くなる」という報告があった。そこで、現場職員が対象サイトを確認する際に、許容できる表示処理速度や表示上の美しさを考慮し、整備可能なデータセット、およびデータの整備方法を検討した。その結果、等高線は、10m 間隔のラインと 50m 間隔のラインで色分けした 3m メッシュのラスターデータで整備し、等高線のラベルは、ファイルジオデータベースのアノテーションデータで整備することとし、全国の等高線のラスターデータを整備した。

## (6) Hansen データの追加

Hansen データは、これまでに 2013 年、2014 年、2015 年（2 回）、2016 年にデータが公開されている。プロジェクトでは、これまで 2013 年版と 2015 年 ver.1、2016 年版について、各年の Hansen ロスおよびゲイン情報を森林基盤図の Forest Monitoring Unit（FMU）のリレーショナルデータベースとして整備した。

## (7) 植林データの検討

森林政策計画部 I&M 課は森林開発部 Plantations 課の要望を受けて、紙地図の植林情報の GIS データ化に取り組み始めた。また一方で、森林基盤図の植林データの面積と Plantations 課が保有する植林情報の面積に齟齬があることが判明した。I&M 課と Plantations 課、および長期専門家は、本件についての状況の把握と今後の作業対処方針を検討するため協議を進めた。協議議事録を添付資料 27 に示す。

## 1.7 PNG-FRIMS の試作

### 1.7.1 ArcGIS10.2.2 へのバージョンアップ

FIMS の ArcGIS10.2.2 へのバージョンアップ対応は、日本国内で開発作業を実施し、2015 年 2 月に、ArcGIS の 10.0 から 10.2.2 へのバージョンアップ作業とともに、新しい FIMS を導入した。

### 1.7.2 森林伐採計画評価・モニタリング支援

本試作では、PNG-FRIMS に登録されている各種森林情報の内容を C/P に理解してもらうことも目的とした。ライセンスに限りのある GIS ソフトウェアを使用せずに地図閲覧することができる WebBrowserMap を使用することで、各職員の日常業務の中、いつでも森林情報を利用することができる。また、各利用者自身が自分自身で地図データを作成することで、PNG-FRIMS をより身近に感じてもらえるようにした。さらに、各種森林情報を閲覧できる環境ができたことで、これまで気づかれなかった地図のエラーの発見や、PNG-FRIMS に対し新たな要望（新機能）が報告されることが期待できる。そこで、WebBrowserMap に Feedback 機能を設け、それらの意見を収集した。

### 1.7.3 LAN-Map の機能拡張

LAN-Map の拡張機能を表 1-8 に示す。

表 1-8 LAN-Map 拡張機能

機能	説明
Job Request 機能	この機能の利用者には、①申請者、②マネージャー（承認者）、③地図製作者の 3 者がいる。それぞれがアクセスする地図画面は異なる。
森林蓄積量簡易推定機能	この機能は、利用者の関心地点を含む任意の範囲を指定し、その範囲に含まれる森林材積量を推定する。

## 1.7.4 ポータルサイト機能

1.2の基本設計に基づき、LAN-Mapの入り口となるポータルサイトを試作した。

表 1-9 ポータルサイト機能

機能	説明
ログイン機能	ポータルサイトへのアクセスは、ユーザ名とパスワードを入力する。ユーザは複数のグループに所属し、各グループに設定された権限に基づき地図を閲覧することができる。複数のグループに所属するユーザは、ログイン後、グループの選択をすることができる。
メニュー画面	ログイン後に表示されるメニュー画面は、直近のお知らせ情報とユーザが閲覧可能な地図の一覧を表示する。また、管理者権限をもつユーザの場合、システム管理機能へ移動することができる。
地図機能	メニュー画面で表示される地図を選択すると、地図画面に遷移する。地図の左側には、お知らせ情報（ニュース）の一覧が表示される。また、画面上部には、'Map URL Creation'というリンクが配置されており、地図共有用のURLを発行する。
システム管理機能	システム管理機能には、「ユーザ管理」、「グループ一覧」、「地図管理」および「所属権限設定」の4種類の機能がある。「ユーザ管理」は、ユーザとそのログインパスワードを設定する。また、それぞれのユーザが所属するグループも設定する。「グループ管理」は、ユーザが所属するグループを設定する。地図の閲覧は、グループごとにその権限が付与される。「地図管理」は、LAN Mapにより配信される各種地図の名称とURLの情報を管理する。「所属権限設定」は、各グループが閲覧可能な地図を設定する。
地図共有機能	MapURL生成画面を開き、関心地点を中心に、地図を拡大・縮小し、URLを発行する。生成されたURLを共有することにより、関係者間で同じ地図を閲覧することができる。

## 1.7.5 公開地図の追加

これまでは、主に伐採プロジェクトのモニタリングを目的とした地図をLAN-Mapに試験的に公開してきた。伐採プロジェクトのモニタリング以外の用途を検討するために、Plantations 課およびAcquisition 課におけるLAN-Mapの使用場面と期待される効果検討し、各課向けの地図をLAN-Mapに公開した。

- ① Plantations 課向け森林プランテーション地図
- ② Acquisition 課向けILG (Incorporated Land Group) 境界の特定用地図

## 1.7.6 年伐採許容量の計算とレポート作成

国家森林計画 (NFP; National Forest Plan) の検討に使用される年伐採許容量 (AAC; Annual Allowable Cut) の計算・レポート作成機能を検討した。この機能は、本プロジェクトで更新した森林基盤図と従来の植生データ (FMU) の新旧データを用いて計算結果を出力する。



### 1.7.7 FIMS の改良

森林基盤図 2012 を用いた材積量推定およびレポート作成の機能を、FIMS (Forest Inventory Mapping System) に追加した。また、データサイズの大きい森林基盤図 2012 の空間演算処理を実現するために、FIMS のシステム構成の見直しも行った。

改良後の FIMS を含む PNG-FRIMS 全体のシステム構成図を次に示す。

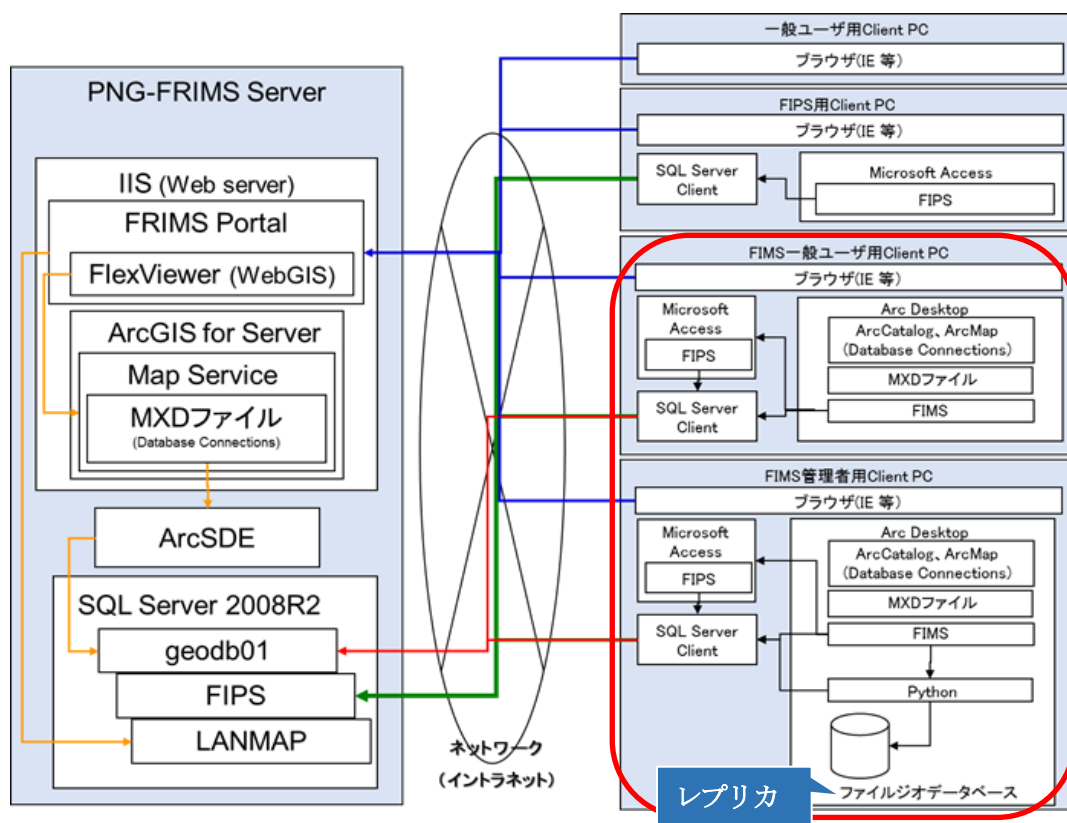


図 1-16 FIMS 改良後の PNG-FRIMS システム構成図

また、AAC の計算モジュールの FIMS への組み込みと、州の分割による新しい州コード体系 (22 州) の適用も合わせて実施し、2018 年 3 月後半から運用を開始した。

ログイン画面では、空間演算処理に使用する二種類の植生データの選択をできるようにした。メイン画面の州表示を、現在の PNG の現状に合わせた 22 州に更新した。合わせて、関連する空間演算処理、レポート出力機能を新たな州体系に基づき実行するよう改修した。この改修に合わせ FIMS で使用する森林情報の編集作業 (州分割) も実施した。

AAC の計算機能を管理者機能の一つとして位置づけ、FIMS に統合した。AAC 計算機能を追加した改良版 FIMS の仮運用を通じ、次に示す新たな改良要件が明らかになった。そこで、JICA 専門家チームは下記の機能を追加することとした。

- ① 州単位で表示されていた数値の内訳を、各伐採プロジェクトに分解して確認できるよう、コン

---

セッションエリア単位の AAC 帳票出力機能

- ② 将来、州ごとに再成長のシナリオを変更できるよう、パラメータ設定の変更機能
- ③ 新たな再成長量計算のオプションとして、森林伐採履歴に記録される伐採年情報に基づく森林再成長量の計算機能

以上の改良要件に基づき、基本設計および詳細設計を行った。

## 1.8 PNG-FRIMS の仮運用

1.7 で試作した PNG-FRIMS は 2014 年 4 月から順次、仮運用を進めた。

### 1.8.1 LAN-Map 印刷機能

仮運用を進めていく中で、C/P から LAN-Map の印刷機能から出力した紙地図が外部へ流出する懸念が示された。C/P と協議した結果、当面は「全てのユーザが印刷機能を使用できる」運用を継続することとした。情報流出リスクへの対策として、印刷したユーザを特定するためのフットノートを地図と併せて印刷することとした。フットノートには、印刷日時を表示する。サーバ側で記録されているユーザアクセスログと照合することで、印刷したユーザの特定が可能となる。

### 1.8.2 AAC 計算機能

2017 年 11 月より AAC 計算機能のファーストバージョンの運用を開始した。C/P による検証作業により、この機能によって算出された森林地域の面積と、森林基盤図 2012 が報告する森林地域の面積との間に差異があることがわかった。専門家チームにて原因を特定し、AAC 計算機能の空間演算の計算順序の見直しを行い、森林地域の面積の過大計上の問題を解決した（添付資料 28）。

C/P による AAC 計算を追加した改良版 FIMS (Forest Inventory Mapping System) の仮運用を 2018 年 4 月に開始した。進行中の ALP のデジタル化作業の途中結果を FIMS へ反映し、森林材積量の計算等の動作確認を行った。

## 1.9 PNG-FRIMS の運用マニュアルの整備

PNG-FRIMS の運用マニュアルを整備した。マニュアルは本編の「PNG Forest Information Management System (PNG-FRIMS) Guidebook」と、別添の「PNG-FRIMS Installation Manual」、「FIMS User Guide」、「FIPS User Guide」、「Symple manual on LAN Map on PNGFA's Intranet」で構成される（添付資料 3）。

## 1.10 PNG-FRIMS 運用に係る訓練の実施

C/P 職員と PNG-FRIMS 運用に係る協議を行うと同時に、協議・検討に用いた技術や PNG-FRIMS

---

操作に係る訓練を、講義や実習、OJT を通じて PNGFA 本部職員を対象に実施した。また、データベースシステム構築技術と高度な衛星画像解析技術の習得を目的とし、4名の職員を2週間、2015年と2017年の2回、日本に招聘し研修を実施した。訓練の技術分野は、①データベースおよびPNG-FRIMS運用技術、②RSおよびGIS技術、③森林材積量およびバイオマス量推定に係る技術である。各技術分野と訓練内容の概要を表1-10に示す。実施した訓練の内容と達成状況の詳細は「技術移転計画・達成状況 最終報告書（2019年7月）（添付資料44）」に示す。

表 1-10 各技術分野の訓練内容

①データベース/PNG-FRIMS 運用技術	②RS/GIS 技術	③森林材積量・バイオマス量推定技術
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 森林データベース品質評価</li> <li>・ 森林資源データの更新</li> <li>・ PNG-FRIMS のインストール</li> <li>・ ArcGIS Server を用いたウェブ上での森林資源情報の共有</li> <li>・ 森林管理の課題解決のための Web アプリケーションの設計・構築</li> <li>・ データサーバの管理</li> <li>・ PNG-FRIMS の管理</li> <li>・ Lan Map を用いた地図配信</li> <li>・ ArcGIS Desktop ライセンスのメンテナンス</li> <li>・ AAC 計算</li> <li>・ 改良版FIMS のセットアップおよび動作検証</li> <li>・ PNG-FRIMS データサーバの維持管理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 森林基盤図の修正</li> <li>・ データ精度管理のための GIS 解析</li> <li>・ 森林基盤図の精度評価</li> <li>・ GIS 概念、ArcGIS 入門</li> <li>・ 衛星画像の基礎</li> <li>・ 合成開口レーダー（SAR; Synthetic Aperture Radar）入門</li> <li>・ RS データの取得と加工</li> <li>・ 過年度森林被覆図の整備</li> <li>・ PNG-FRIMS データの整備</li> <li>・ 森林被覆図 2015 の整備</li> <li>・ 森林減少および森林劣化ドレイバ情報の構築</li> <li>・ 森林モニタリング</li> <li>・ GIS 技術によるマップの立体的把握</li> <li>・ 土地利用変化モデリング解析</li> <li>・ ドローン<sup>18</sup>操作と解析</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 森林資源情報分析</li> <li>・ RS データ以外の情報の活用</li> <li>・ 森林バイオマスと炭素蓄積量の計算</li> <li>・ 土地利用変化モデリング解析</li> <li>・ AAC 計算</li> </ul>

<sup>18</sup> 無人航空機（UAV）のうち、搭載したGPSやセンサーから自律飛行が可能なもの。

## 第2章 成果2：PNG-FRIMSの森林計画・モニタリングへの活用

### 成果2の概要：FRIMSのAAC機能の開発、州森林計画支援、モニタリングでのドローン活用検討

- PNGにおける森林資源管理の実態に即したAAC計算機能の拡充として、森林基盤図との連携、計算方法の再定義に加えて、①Logge over areaの発生状況に依存したregrowth volumeの計算機能、②Potential production forestおよびexpeired forestの材積計算機能、の2つの機能を実装した。

#### Old Concept (before the Project)

$$AAC = \frac{(A_{total} - A_{logged}) * V_{standard}}{35} * 0.4$$

Adjusting index

#### New concept (The Project's output)

$$AAC = \frac{\{(A_{net} - A_{logged}) * V_{standard} + V_{regrowth}\}}{35}$$

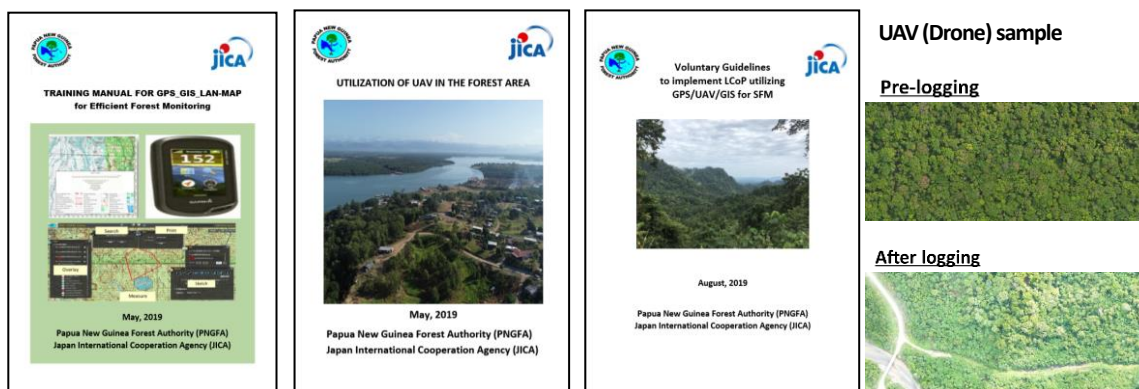
Redefining net production area      Adding regrowth volume

**Notice:**  
Formula calculates total volume of some concession by 35 years later after launching logging.

**Abbreviation:**  
*A<sub>total</sub>* : Total Forest Area (inc. constraints)      *V<sub>standard</sub>* : Standard Volume of each forest type  
*A<sub>net</sub>* : Net Production Area (exc. constraints)      *V<sub>regrowth</sub>* : Regrowth Volume of each forest type  
*A<sub>logged</sub>* : Logged Over Area in net production area

#### PNGの実態に即したAAC計算機能の拡充

- 森林モニタリングツールとしてのドローンの活用の検討を行い、Natural Forest Monitoring、Plantations、Forest Research (NFI)の3つのテーマについて、方向性や懸案事項を整理して提案書が作成された。また、実務での活用可能性を検証するための研修が行われ、C/P能力が向上した。
- PFP (Provincial Forest Plan) でのPNG-FRIMSの活用可能性について、UNDP/FCPFと協力して検討した結果、①森林基盤図の活用、②AAC計算、③PNG-FRIMSを活用したテラーメイド地図作成、④Land Change Modelerの活用、の4つの有用性が評価された。
- PNG-FRIMSを用いた総合的な森林計画ガイドラインが作成された (Training Manual for GPS\_GIS\_LAN Map for Efficient Forest Monitoring、Utilization of UAV in the Forest Area、Voluntary Guidelines to Implement LCoP utilizing GPS/UAV/GIS for SFM)。



PNG-FRIMSを用いた総合的な森林計画ガイドライン

---

## 2.1 森林計画制度の実態の把握

PNGFA の森林計画制度の実施に係る全般的な課題とその対応策を俯瞰的に把握するため、長期専門家と C/P（森林計画担当職員および I&M 課長）が主体となって C/P 機関の関係者との聞き取りや打ち合わせを行った（PDM の活動 2.1.1）。

挙げられた課題の内、当プロジェクトで対処することが適切と思われる課題が長期専門家と C/P によって抽出された。短期専門家は取り組みが活動 1 の成果を適切に反映したものになるよう技術的な側面から支援を行い、特に下記についての具体的な活動内容とそのプロセスが特定された。

- AAC 計算機能の強化
- 適切な州森林計画（PFP; Provincial Forest Plan）策定の促進
- 現場レベルの森林資源モニタリングにおける C/P の能力開発

また、当該活動の実施段階においては、C/P が新たに直面した下記課題について、長期専門家と調整を図りながら適時支援を行った（PDM の活動 2.1.2）。

- AAC 計算機能への追加機能の実装
- PNGFA の行政情報の PNG-FRIMS データベースへの蓄積にかかる技術的・人的支援
- 現場モニタリングにおける全地球測位システム（GPS; Global Positioning System）/GIS のギャップを埋めるためのドローン活用にかかる C/P への指導・支援

## 2.2 PNG-FRIMS を活用した森林施業計画の評価、指導、審査、モニタリングの試行

### 2.2.1 森林施業計画の評価、指導、審査、モニタリングにおける PNG-FRIMS の活用方法の検討

森林施業計画の評価、指導、審査（もしくは作成）、モニタリングにおける PNG-FRIMS の活用方法について長期専門家と C/P が主体となって検討を行った。短期専門家は C/P 職員への技術的な支援や研修支援、協議、技術検討等を行った。

#### （1）Area/Provincial オフィスでの GIS/GPS の活用方法の検討

Area/Provincial オフィスでの PNG-FRIMS の普及・活用の可能性を検討するため、専門家と C/P 職員は Area/Provincial オフィスと共有する PNG-FRIMS データの選定を行い、共有するデータと図面のセットの準備を行った。また、Area/Provincial オフィス職員へのデータの説明や、GIS/GPS 研修を実施し、GIS/GPS の活用可能性についての協議を行った。

---

Area/Provincial オフィス職員の GIS/GPS スキルはほぼ皆無だったため、活用にはほど遠い状況にあった。そのため、地方事務所職員向けの研修には多くの時間を費やした。初期段階での集中的な支援とその後の現場研修により、これら一連の作業に PNGFA 現場職員への指導的な立場として参画した PNGFA 本部職員の技術力は向上した。研修指導のために作成した資料は、プロジェクト終了後も PNGFA が持続的・自発的に GPS/GIS を活用できるよう、PNGFA 本部職員および長期専門家によって取り纏められた。

## (2) 森林モニタリングツールとしてのドローンの活用の検討

PNGFA では、第 2 回本邦研修成果報告を受け、現地での森林施業計画・モニタリングにおけるドローンの活用についての機運が高まり、長期専門家主導で現場でのドローンを用いた森林資源モニタリングの研修の検討を進めた。これを受けて新たにドローン操作およびデータ解析の研修ワークショップを行うとともにその活用手法の検討を行った。短期専門家は技術的な立場から指導的な役割を担った。作成した研修指導のための資料は、GPS/GIS と同様に PNGFA 本部職員および長期専門家によってマニュアルとして整備され、PNGFA により持続的に活用されることとなった。また、PNGFA におけるドローン活用のための安全管理マニュアルの作成についても、PNGFA 本部職員への技術的支援を行った。

森林モニタリング業務におけるドローン活用に関する協議では、まず PNGFA における次の優先項目が挙げられた。

- ・ Natural Forest Monitoring
- ・ Plantations
- ・ Forest Research (NFI)

これら 3 つのテーマについて、ドローンを使ってどのような活用方法が考えられるか意見を出し合った。また、議論においては既存のモニタリング手法および GPS の活用も念頭に整理を行った。その後代表者が発表して意見交換を行った。協議の成果として PNGFA においてドローン活用の方向性や懸案事項等について報告会を行い、併せて提案書の作成を行った（添付資料 29）。

## 2.2.2 実務研修を通じた森林施業計画に関する一連の業務の試行

### (1) PNG-FRIMS の活用可能性の検証

森林施業計画における PNG-FRIMS の活用可能性の検証を行うため、長期専門家が主体となりパイロットサイトで実証調査が計画された。実証調査の開始の前に、長期専門家とともに、PNG-FRIMS の想定利用場面と期待される効果の仮説を整理した。その後、C/P との協議や、2.2.2 (2) に示すトレーニングワークショップ、2017 年 8 月 1 日に長期専門家主導で実施されたプロジェクトワークショップ（概要は添付資料 50 参照）（PDM での活動 2.6）等を通じ、本内容を整理し取り纏めた。取り纏めた結果については 2.2.3 に示す。

---

## (2) ドローンを用いた森林モニタリングの実務研修

森林モニタリングツールとしてのドローンの活用の検討を受けて、実務での活用可能性を検証するための研修を行った。

### 1) 研修① (2018年6月20～22日)

ドローンで撮影した写真を GIS 上で面積計測や区域分類など地図管理業務への応用することを目的として、Kuriva プランテーションサイトにおいて造林地管理をすることを想定して、写真、ビデオ、オーバーラップ写真の撮影を行った。その後、オーバーラップ写真は専用ソフトウェアで解析を行い 3D 点群の作成、オルソ画像、数値表層モデル (DSM; Digital Surface Model) およびコンター図の作成を行った。

### 2) 研修② (2018年6月23日～27日)

研修①において、特に重要視されていた天然林の伐採のモニタリングにおけるドローン活用の実現に向けて、実際に伐採現場の管理を行っている West Sepik 州のサンダウン森林事務所の職員を対象としたドローンの実習研修を行った。研修では、アマナブ地区の伐採現場でドローンによるデータ収集を行い、収集データを解析して林況の把握を行った。また、得られたデータをもとに、森林事務所職員の通常業務である KEY STANDARDS (LCoP (Logging Code of Practice) の実務マニュアル PMCP (Planning, Monitoring and Control Procedure) に記載される検査項目) の検査への応用を検討した。KEY STANDARDS の各項目においてドローンの有効性、またはそれ以外の手法による有効性の確認を行い、どのような活用方法があるか洗い出しを行った。天然林の伐採にかかる業務において、KEY STANDARDS 実施にかかる事前検査、中間検査、完了検査の各業務において GPS、ドローンが活用できることが確認された。なお、ドローンおよび GPS の有効性のチェックリストについては、後に長期専門家により LCoP 向けガイドラインで取り纏められた。

### 3) 研修③ (2019年2月18日～22日、24日～27日)

これまでのドローン活用に関する検討やワークショップを受けて、PNGFA では、現場でのドローンの普及・活用を目指し、West Sepik 州と West New Britain 州をパイロットサイトとして、プロジェクトでドローンを追加調達するとともに、対象地域の職員を対象に下記の実務研修を開催した。この研修後、最終ワークショップを行い、ドローンは PNGFA に移管されて現場での活用を開始することとなった。

### 4) 研修④ (2019年5月20日～24日)

しかしながら、実際の伐採現場では、研修とは異なった環境で作業を行う必要があり、困難も予想されたため、5月に West Sepik 州のアマナブ地区で、自動飛行による写真等データ取得およびオルソ画像作成のフォローアップ研修を行った。現地で実際の作業上の問題の解決と、併せて活用事例の取り纏めを行った (添付資料 30)。

---

なお、PNGFA におけるドローンの活用については、「Fact Sheet No.10 Drone Applications in Sustainable Forestry Management and Monitoring in PNGFA」（添付資料 6）として取り纏めた。

### 2.2.3 森林施業計画に関する一連の業務における PNG-FRIMS の活用方法の確定

2.2.2 の協議と試行結果を基に、長期専門家が主体となって、下記の森林管理計画に関する一連の業務における PNG-FRIMS の活用方法が整理された。

- ・ 森林計画における PNG-FRIMS の想定利用場面と期待される効果
- ・ PMCP(1995)と LCoP（2015）に沿ったロギングオペレーションのモニタリングシステムにおける PNG-FRIMS の活用可能性
- ・ ロギングオペレーションのモニタリングシステムにおける PNG-FRIMS の将来の効果的な活用可能性
- ・ ロギングオペレーションのモニタリングシステム以外の PNGFA での PNG-FRIMS の活用可能性

## 2.3 パイロットエリアでの成果普及のためのトレーニングワークショップの開催

パイロットエリアでの成果の普及のため 2018 年 6 月と 2019 年 2 月にトレーニングワークショップを開催した。本ワークショップについては、2.2.1（2）と 2.2.2（2）のドローンを用いた森林モニタリングに係る研修と一緒に内容を記載した。

## 2.4 森林計画プロセスへのインプット内容の検討

プロジェクトでは、PNG-FRIMS を活用して次期 NFP の策定に向けた支援をすることとされている。2.1 で示した森林計画制度の実態の検討（PDM の活動 2.1）の結果、NFP の更新を妨げている大きな要因である、AAC と PFP に対処することとなった。具体的には、以下について実施することとした。

- ① PNGFA の森林資源管理の実態に即した AAC 計算機能を PNG-FRIMS に実装し、NFP を含む森林計画制度における活用方法を検討する
- ② PFP 策定のための具体的方針を示した PFP ガイドラインおよび各州の PFP における PNG-FRIMS の活用方法を検討し、実施段階における必要な支援を行う

短期専門家は、長期専門家および C/P に対して、技術的な側面から PNG-FRIMS の活用について包括的な支援を行った（PDM の活動 2.4）。

### 2.4.1 PNG における森林資源管理の実態に即した AAC 計算機能の拡充

プロジェクトでは、実態に即した AAC 計算機能拡充のため、PNG における森林資源管理のサイク

---



---

ルを特定した。従来の AAC 計算は施業により Logged over area が発生すると、これを一律に生産林 (net production area) から控除する。これにより、施業が進むと AAC は減少することとなる。しかし、行政管理上の問題は別として、当該施業地の Logged over area には growing stock (regrowth volume) が経時的に蓄積され、これらは将来的に伐採可能な状態となる。加えて、potential production area (事業実施が予定されているが、現状ではまだ事業実施に至っていない森林) および expired forest (過去に事業が実施され、次の利用方針が立っていない森林またはいまだ施業が行われたことがなく利用方針が立っていない森林) についても、将来的な施業可能性がある森林である。こういった森林資源を含め AAC の動態をチェックしつつ森林計画を策定することが、持続可能な経済発展と森林管理を両立するものである。

上記の設計思想のもと、短期専門家は森林基盤図との連携、計算方法の再定義に加え、下記機能を実装し、森林計画における実態に即した AAC 計算に貢献した。

- ・ Logged over area の発生状況に依存した regrowth volume の計算機能
- ・ potential production forest および expired forest の材積計算機能

現在の regrowth volume 計算機能は、①伐採された森林の商用材積は 35 年で回復する、②regrowth volume は伐採の翌年から AAC に参入する、という PNGFA の施策に合致した条件が設定されている。しかし、これらの条件は今後の研究による新たな知見や行政的判断により変更されることがある。長期専門家および C/P からの要望を踏まえ、上記②の点について、自由に年数を変更できるようにした。

また、Regrowth volume の計算においては、如何に現実を反映した Logged over area の情報を PNG-FRIMS に入力できるかが重要となる。PNGFA では Project 課が保有する forest plans の情報を I&M 課が FIMS に入力する仕組みがあったが、Logged over area の情報を入力することはされていなかった。そこで、森林計画の一つである ALP に記載されている Logged over area の情報を入力するためのプロトコルを策定し、PNGFA の人的資源の不足を補うため現地傭人を雇用して当該作業に従事させた。AAC の精度を向上させていくためには、プロジェクト終了後も継続的に Logged Over Area 情報の入力が重要であることから、より効率的な PNGFA 内部での森林計画の情報共有のあり方について長期専門家より提案を行った。

## 2.4.2 PFP での PNG-FRIMS の活用の検討

### (1) Land Change Modeler による土地利用変化シミュレーション

短期専門家は Land Change Modeler (Clark Labs, Clark University) の森林管理・計画のツールとしての活用可能性を探るため、下記の土地利用変化シミュレーションの検討を行った。

- ① 森林減少・劣化シミュレーション—プランテーションや農地の拡大による影響の予測
- ② 森林減少・劣化シミュレーション—森林減少/劣化の分布の変化の予測
- ③ Land Change Modeler による将来森林減少の起こりやすいと思われる箇所の推定

---

なお、Land Change Modeler による土地利用変化シミュレーションの詳細は添付資料 31 に示す。また、「Analytical Report No. 2 Analysis of Future Forest Change Modeling in Papua New Guinea」(添付資料 6) として取り纏めた。これまでに試行した Land Change Modeler による土地利用変化シミュレーションに基づいてマニュアルを作成した(添付資料 10)。

このような分析によって、特に森林減少の起こりやすい箇所を特定することは、保護区の設置を行う等の森林管理上の決定を行う際に助けとなり得る。ただし、過去に起こらなかったような条件が将来起こるとした時に、それをシミュレートすることは出来ないことに留意しておく必要がある。

## (2) PFP での PNG-FRIMS の活用可能性の検討

長期専門家、および C/P 機関、森林炭素パートナーシップ基金 (FCPF; Forest Carbon Partnership Facility) 等関係機関で PFP での PNG-FRIMS の活用可能性について協議が行われた結果、特に下記の点において PFP における PNG-FRIMS の有用性が評価された。

- ・ 森林基盤図の活用
- ・ AAC 計算
- ・ 森林基盤図や各種 PNG-FRIMS データベースを用いたテーラーメイドの地図作成
- ・ Land Change Modeler の活用可能性

## 2.5 PNG-FRIMS を用いた総合的な森林計画ガイドラインの作成

2.2~2.4 の活動の結果、LCoP の実施に向けた支援が重要であることが認識され、長期専門家により LCoP 向けガイドラインが作成された。また、PNG-FRIMS の利用に関しては、研修で作成したマニュアル等を統合し、「Training Manual for GPS\_GIS\_LAN-Map for Efficient Forest Monitoring」と「Utilization of UAV in the Forest Area」に取り纏められた(添付資料 11) (PDM の活動 2.5)。

### 第3章 成果 3 REDD+に取り組むための森林情報整備

成果 3 の概要： PNG-FRIMS の REDD+への貢献（森林炭素排出量／吸収量の算定手法等）が整理された

- PNG が UNFCCC に提出した森林参照排出レベル／森林参照レベルの内容と技術アセスメントの結果も参考にして、将来の改善に向けた PNG-FRIMS の活用と貢献の可能性が整理された。
- PNG では、木材生産は重要な産業である一方で、森林劣化による炭素排出量の増加の主な要因の一つであり、持続的に木材生産を継続できるように伐採の影響を軽減することが求められている。そこで、PNG が所有する伐採情報を活用した森林炭素排出量／吸収量の推定する体積法 (Volume Method) の可能性と課題を整理して報告書にまとめ、森林セクターの投資計画策定に貢献した。

<b>Net emissions</b>	=	<b>Activity Data</b>	x	<b>Emission Factor</b>
Emissions from industrial timber production tCO <sub>2</sub> e		Extracted volumes m <sup>3</sup>		Biomass loss associated to timber extraction activities tCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>

Sources of degradation		Data (unit)	Documents
Logging infrastructure Factor	Forest clearance for roads	- L, W, Area (ha) - Merchantable volume (m3)	- Setup logbook - Setup scaling sheet
	Forest clearance for log decks	- L, W, Area (ha) - Merchantable volume (m3)	- Setup logbook - Setup scaling sheet
	Forest clearance for skid trails	- L, W, Area (ha) - Merchantable volume (m3)	- NO RECORD - Setup scaling sheet
Logging Damage Factor	Felling	Felling deadwood	NO RECORD
	Wasted log pieces	Stump, top, buttress (m3)	Post harvest assessment
Extracted Log Emission	Log extraction	Merchantable log volume (m3)	Setup scaling sheet and DB

#### Volume Method の概要と PNG における活用可能性の整理

- 他の国では森林参照レベルの設定手法として標準的であるマップベースによる森林炭素排出量／吸収量をパイロット 2 州において試行的に算出して、手法の特徴と実践での課題を整理した。
- REDD+活動に提供可能な情報として、REDD+プロジェクトの方法論とデータの整理を行った。また、森林参照レベル算出以外の活動への PNG-FRIMS の貢献の可能性を整理した (①土地利用計画における持続性評価、②伐採施業 (影響軽減型伐採) の計画、③植林プランテーションプログラムの開発、④森林劣化地域における森林再生、⑤カーボン・ベネフィットに関する推定)。
- 気候変動委員会等の外部機関主催の会議・活動への技術的なインプットとして、州森林計画や MRV-TWG、TLVS (Timber Legality Verification System) の 会議で FRIMS 活用の可能性を報告した。

---

## 3.1 森林参照排出レベル／森林参照レベル算出における PNG-FRIMS の活用

PNG-FRIMS は PNGFA が所有・管理する「位置情報」を有するデータを森林管理・計画に用いることを主目的として整備された「空間情報」データベースであるが、REDD+の森林参照排出レベル／森林参照レベル（FREL/FRL; Forest Reference Emission Level/Forest Reference Level）の算出における活用や貢献について長期専門家と意見交換・検討を行った。

### 3.1.1 UNFCCC 提出の森林参照排出レベル／森林参照レベルの内容分析

PNG 国が 2017 年 1 月に提出した森林参照排出レベル／森林参照レベルに対して、UNFCCC のレビューアによる技術アセスメント（TA; Technical Assessment）が 2017 年 3 月中旬に行われた。Skype 会議や質問票でのやり取り、ドラフト評価レポートに対するコメント等を経て、2018 年 1 月に最終化された森林参照レベルと評価レポートが UNFCCC の Web サイトに掲載された。PNGFA および FAO コンサルタントの報告によると、最終レポートにおいて、特に指摘された事項は下記のものであった。

#### ① Activity Data の整備、排出量の計算の手法に関する説明の改善

PNG 国は Activity Data の整備の手法と結果について、2013 年に一度レポートとして纏めていて、2017 年中にその改訂・拡張版（排出量計算を含む）を纏める予定であったが、TA 期間に纏めて提出することができなかった。結果として、TA からは森林参照レベルの再現・透明性については完全な評価を得ることはできなかった（2019 年中に改訂版レポートが纏められる予定である）。

#### ② 森林劣化層の排出係数の妥当性（伐採後の再生と繰り返し伐採）

PNG 国の森林劣化の多くがロギングに由来した択伐であることが報告されているが、現状の手法では、かなり幅のある劣化レベルを一つのクラスとしているため、排出係数の不確実性が高いと指摘された。NFI（National Forest Inventory）の調査完了と層化および排出係数の再設定までは、既存の PSP のデータを用いて、幅のある森林劣化レベルの排出係数の平均値を用いるのが最善と回答。

#### ③ 管理された土地の代理利用の区別（Managed/Un-Managed 区分）

現状の Collect Earth の手法はロギングなどの人為影響の分析に絞って実施しているが、自然由来の攪乱と十分な区分がされていない点が指摘された。TA 期間内においては改訂ができなかったが、現在 PNG 国が纏めている温室効果ガス（GHG; Green House Gases）インベントリの土地利用、土地利用変化および林業部門（LULUCF; Land Use, Land Use Change and Forestry）においては、NFI のプレインベントリとして調査されたアクセシビリティを用いて非アクセス地域を除外とすることが検討されている。

報告によると、その中で最もチャレンジングなものは②の森林減少・劣化後の吸収と繰り返し攪乱であった。この課題の解決は簡単でないため、TA 期間における改善としては、森林減少後には一定

の吸収があるとして統計量に基づき吸収量を加味する対応としたが、繰り返しの攪乱のモニタリングは将来の改善の検討項目とされた。

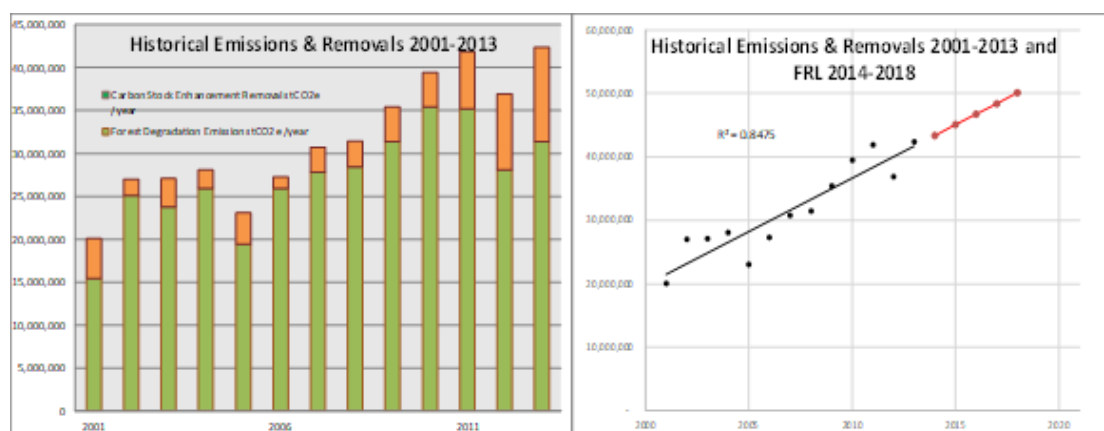


図 3-1 PNG 国が 2017 年 5 月に UNFCCC に提出した FREL/FRL のチャート・グラフ

### 3.1.2 PNG-FRIMS を活用した森林炭素排出量／吸収量の算定方法の検討

PNGFA が所有する伐採データを活用した森林炭素排出量／吸収量の推定について検討を行った（詳細は添付資料 5 参照）。本内容は、「Analytical Report No. 3 Potential in Papua New Guinea to Estimate Emissions from Forest Degradation Caused by Logging Based on Field Methods (using FRIMS)」(添付資料 6) としても取り纏めた。

#### (1) PNG の木材生産の状況と伐採由来の炭素排出量の推定の検討に係る背景

PNG の木材生産は、国の経済の重要な分野であるが、森林劣化の主な原因の 1 つでもある。 PNG はその森林資源の維持に積極的に関与すべきであるので、森林における活動の影響を推定することは重要である。炭素蓄積量は影響を因るために適した指標であり、過去の排出量は 2017 年に提出された PNG の森林参照レベル (FRL) で既に算定されている。この排出量には、伐採後の排出量 (火災、Gardening<sup>19</sup>などからの) および再成長による除去も含まれる。一方、幾つか他の国では、事業の直後に現場で観察可能な伐採活動に直接的な要因および関連した影響を測定することにより、国の FRL の森林劣化の量を推定している。類似した情報は、PNGFA によって実施されている日常的なモニタリングにも含まれており、課題は森林炭素モニタリングのために、この可能性をどのように利用するかである。そこで、本検討の主な目的は、PNG-FRIMS が所有するデータを用いて、現場および代替方法に基づき伐採排出量を推定する PNG の可能性を評価することである。具体的には、IPCC でも推奨されて、FRL でも採用されている国際的に認められた方法論、PNGFA で利用可能な関連データ、および将来の FRL の改善と森林管理について考察を行った。

#### (2) IPCC 標準で FRL で採用されている方法論 : Volume Method について

<sup>19</sup> PNG において Gardening と称される活動は、通常 Settlement の周辺で行われる自家菜園やそのための火入れを指す。

森林炭素への伐採の影響を推定するには、2つの主要な方法論がある（GOFC-GOLD、2016）。

**方法1**：活動データ（AD; Activity Data）を決定するための中分解能画像を用いたRS方法、および排出係数（EF; Emission Factors）を計算するためのStock-Change法

**方法2**：木材伐採率、管理計画および/または高解像度画像（AD用）とGain-Loss法（EF用）の組み合わせ

PNGを含む多くのFRL提出国は方法1を選択している。この選択は無償で利用可能な30m分解能の画像（LANDSAT）によって促進された。PNGでは、土地利用の変化（森林伐採、森林劣化、炭素蓄積量の増加）はRSによって推定されている。また、森林劣化のEFは、伐採前後の炭素蓄積量の差として計算されている。一方、4カ国（コンゴ共和国、ガーナ、ガイアナ、スリナム）のFRLでは、伐採排出量から抽出された木材量に関連する直接的な損失として数える、Pearson et al（2014）に詳述されている体積法（VM; Volume Method）を選択している。

<b>Net emissions</b>	=	<b>Activity Data</b>	x	<b>Emission Factor</b>
Emissions from industrial timber production tCO <sub>2</sub> e		Extracted volumes m <sup>3</sup>		Biomass loss associated to timber extraction activities tCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>

図 3-2 Volume Method の方法論の概要（Pearson et al. (2014)）

VMでは、実際の収穫量データを完全なものとして10年以上にわたり一貫した信頼できる情報源から得たものを使用してADを決定することを推奨している。収穫に関連するすべての排出源を説明するために、総EFは、抽出対数排出量（ELE）、伐採被害係数（LDF）および伐採インフラ係数（LIF）を合計することによって計算される。各EFを計算するために、履歴データは不要だが、抽出された丸太、丸太の無駄、伐採された木を囲む木からの枯れ木、スキッドトレイル、丸太のデッキ、道路、池やキャンプの建設のための森林の除去など、現場で直接評価できるパラメータをサンプリングする必要がある。

**（3）PNGにおける伐採排出量の推定とFRLおよびGHG排出量の測定、報告および検証（MRV; Measurement, Reporting and Verification）での利用の可能性**

PNGの木材の伐採量は、すべての州、プロジェクト、および2000年以降（2010年からデジタル化された）フィールドサービス総局（FSD）のデータベースに記録されている。付随的な損害に関する情報は、滑走路や伐採枯死木を除いて、セットアップ・ログブックに記録されている（データベースには記録されていない）。

表 3-1 PNG における Volume Method の活用可能性の整理

Sources of degradation		Data (unit)	Documents
Logging infrastructure Factor	Forest clearance for roads	- L, W, Area (ha) - Merchantable volume (m3)	- Setup logbook - Setup scaling sheet
	Forest clearance for log decks	- L, W, Area (ha) - Merchantable volume (m3)	- Setup logbook - Setup scaling sheet
	Forest clearance for skid trails	- L, W, Area (ha) - Merchantable volume (m3)	- NO RECORD - Setup scaling sheet
Logging Damage Factor	Felling	Felling deadwood	NO RECORD
	Wasted log pieces	Stump, top, buttress (m3)	Post harvest assessment
Extracted Log Emission	Log extraction	Merchantable log volume (m3)	Setup scaling sheet and DB

将来的に、PNG-FRIMS の空間情報精度の改善やドローンの利用したモニタリング（特に横滑りや伐採ギャップ領域の把握）、さらには Volume 関連データの管理のための意思決定支援システム（DSS; Decision Support System）、異なる森林層の炭素蓄積量の更新と枯れ木に関する情報を提供するための NFI の補完的な支援が期待される。 PNGFA の Volume Data は、一貫性、完全性、正確性、信頼性に関するほとんどの要件を満たすため、PNG の伐採 AD を決定するために使用可能と考えられる。国別の伐採 EF は、定期的な森林モニタリング（上記の表を参照）から得られる PNGFA の情報と完全なサンプリング計画に基づいて開発することができる。サンプリングは、いくつかのコンセッション（できるだけ抽出率の範囲を示す）で設計され、現場で直接評価可能な影響の全ての指標を網羅することが推奨されている。先述した 4 つの FRL 提出国においては、FRL は 2 つの方法に基づいている（森林劣化からの排出量を評価するための VM および森林減少からの排出量を推定するための RS 法）。なお、PNG の伐採総排出量は、PNGFA の Volume Data（FCA のコンセッションで発生した Volume を除く）およびコンゴ共和国で計算された EF の値に基づいてシミュレートした。

表 3-2 Volume Method による PNG の伐採総排出量のシミュレーション結果

Year	AD	Total EF	Total logging carbon loss (MtC)	Total logging emissions (MtCO <sub>2e</sub> )
	(Mm <sup>3</sup> )	(tC/m <sup>3</sup> )		
2010	3.1	1	3.1	11.2
2011	2.7	1	2.7	9.5
2012	2.6	1	2.6	9.4
2013	2.8	1	2.8	10.0
2014	3.3	1	3.3	11.8
2015	3.6	1	3.6	13.1
2016	2.3	1	2.3	8.2
2017	3.5	1	3.5	12.4

これらを踏まえて、セットアップのクリアランスのためのプロジェクト監督者によって実施される定期的な評価（ログ測定方法、廃棄物評価など）、炭素モニタリングの特定の方法を検討することは、将来の国家炭素 MRV システムの開発へのインプットとして有益である。

#### （４）Volume Method の PNG における実利用に向けた今後の方向性について

VM を開発すると、第一に①伐採からの過去および予測排出量、②過去の Volume Data セットおよび③PNG への伐採のための特定の EF という森林管理に役立つ結果が得られる。まず、伐採排出量を推定する可能性は、排出削減プログラム（REDD+の観点から）、炭素プロジェクト（自主的な炭素オフセットの観点から）、そして持続可能な森林管理基準（気候変動要素から）の相対的尺度において重要な要素となりえる。第二に、木材生産の動向は、AAC の調整や州の伐採率の比較など森林管理の一般的な目的にも使用できる。第三に、EF（伐採された 1 立方メートル当たりの炭素損失量のトン）を記録することは、伐採活動の環境/炭素への影響の良い指標である。そのため、コンセッション間または内部で実施状況を比較することができる。さらには、EF の開発に関して PNGFA における方法論に関する経験を提供し、2つの EF の計算を容易にすることができる。

留意点としては、VM は伐採活動に固有のものであることである。インハウスでの方法として、必要なデータのほとんどは PNGFA で入手可能である。AD の開発には歴史的なデータセットが必要で、EF にはサンプリングアプローチが必要ではあるが、VM とインベントリ調査を実施するためのガイドランスは十分に開発されている。残りのニーズとしては、Peason らの方法論に関する専門家および科学出版物ならびに伐採 EF の開発を支援または対価を与えるための経済的な選択肢が限られていることである。次のステップは、RS と RS+VM の両方のアプローチの利点を比較し、EF を生み出すための研究開発を行い、持続可能な方法論に焦点を合わせた炭素イニシアティブを促進することが必要である（これには関連する資金オプションを特定することを含む）。

### 3.1.3 森林被覆図を活用したマップベースでの森林炭素排出量/吸収量の算出

国レベルの FREL/FRL は PNG 国にとって最も実際的かつ現実的な唯一の方法として Point Sampling



(Collect Earth) が採用されたが、本プロジェクトでは森林モニタリングのパイロットが行われる 2 州については 5 年毎の Wall-to-Wall Mapping の整備を支援した。このデータを用いて FREL/FRL の算定プロセスに資する訓練は、UNFCCC に提出される森林排出・吸収量の計測・報告、および FREL/FRL の算定プロセスの比較検証手段としても、また FCPF が支援している REDD+における政策・措置 (PaMs; Policies and Measures) の検討にとっても有意義なものとなるので、PNG-FRIMS の活用として試行的に算定を行った。

本プロジェクトでは、パイロット州である West New Britain 州と West Sepik 州において 2000 年、2005 年、2011 年、2015 年の森林被覆図を作成した。そこで、プロジェクトでは、両州を対象に試験的に森林被覆図に基づく排出量／吸収量の算出を行った。

### (1) マップベースの森林炭素排出量／吸収量の算出方法の基本設計

本解析では 2000 年、2005 年、2011 年 (改訂版)、2015 年の森林被覆図を用い、各年代間の被覆区分の変化面積を算出した。森林から非森林に変化したエリアは「Deforestation」、非森林から森林に変化したエリアは「Afforestation/Reforestation」とした。また、各森林被覆図と Hansen ロスデータをオーバーレイ解析し、2005 年森林被覆図では 2000 年～2004 年の Hansen ロス、2011 年の森林被覆図では 2000 年～2010 年の Hansen ロス、2015 年の森林被覆図では 2000 年～2014 年の Hansen ロスと重なるエリアを抽出し、Hansen ロスが森林と重なるエリアは「Forest Degradation」とした (図 3-3)。

森林炭素蓄積量の算出に用いた地上部バイオマス (AGLB) や地下部バイオマス (BGLB) 等の値は、「Papua New Guinea's National REDD+ Forest Reference Level - Submission for UNFCCC Technical Assessment in 2017」報告書の値を参照した。

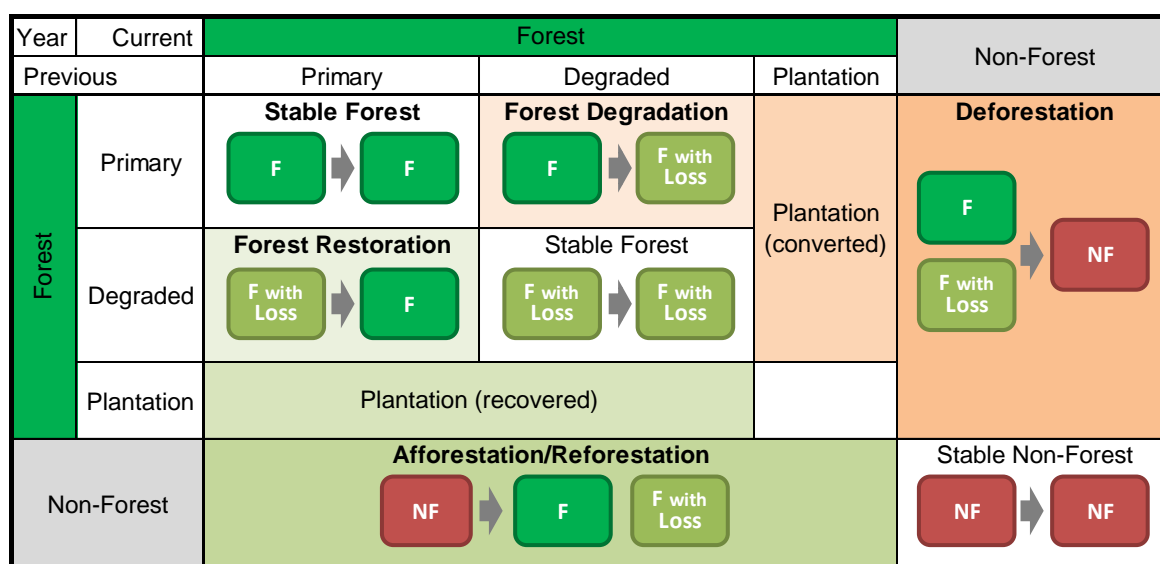


図 3-3 森林被覆区分変化タイプの概要

## (2) パイロット州の森林炭素排出量／吸収量の試験的な計算の結果

West New Britain 州と West Sepik 州における 2000 年から 2005 年、2005 年から 2011 年、2011 年から 2015 年の各炭素排出量／吸収量の年平均を算出した。West New Britain 州の結果を図 3-4 と表 3-3 に、West Sepik 州の結果を図 3-5 と表 3-4 に示す。

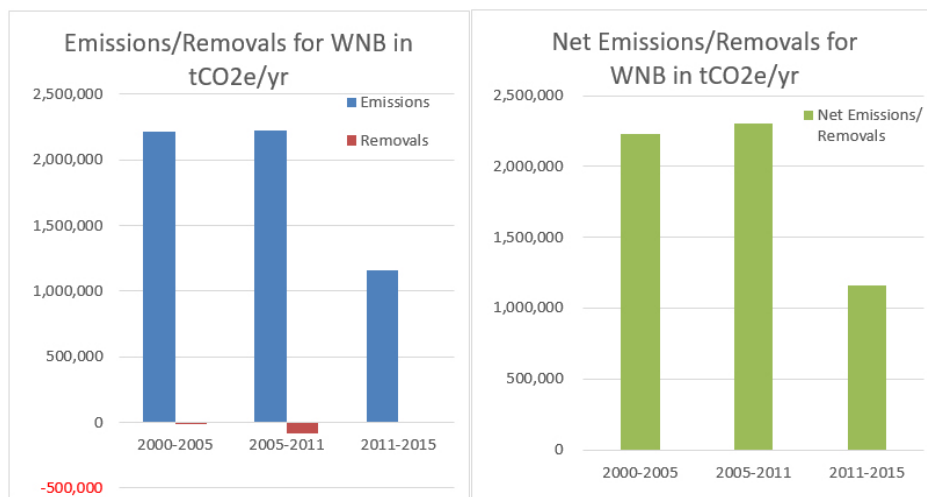


図 3-4 West New Britain 州の炭素排出量／吸収量の年平均

表 3-3 West New Britain 州の 2000 年から 2015 年の炭素排出量／吸収量の年平均

Terms	Amount of tCO2/yr			Net Emissions/ Removals
	Deforestation	Forest Degradation	Afforestation	
	<i>Emissions</i>	<i>Emissions</i>	<i>Removals</i>	<i>Emissions/ Removals</i>
2000-2005	2,001,781	217,194	-6,808	2,225,784
2005-2011	1,865,404	356,847	-82,862	2,305,114
2011-2015	746,030	410,369	0	1,156,399
2000-2015	1,612,363	324,569	-35,414	1,901,517

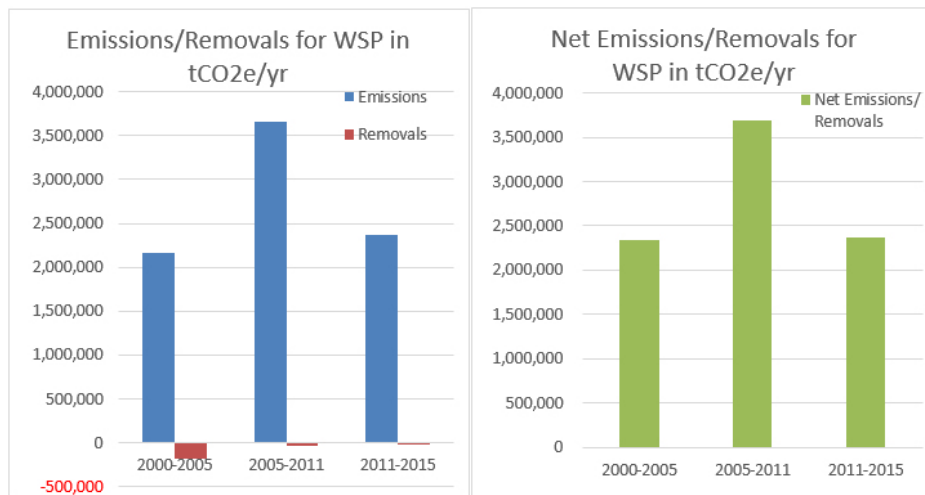


図 3-5 West Sepik 州の炭素排出量／吸収量の年平均

表 3-4 Wes Sepik 州の 2000 年から 2015 年の炭素排出量／吸収量の年平均

Terms	Amount of tCO2/yr			
	Deforestation	Forest Degradation	Afforestation	Net Emissions/Removals
	<i>Emissions</i>	<i>Emissions</i>	<i>Removals</i>	<i>Emissions/Removals</i>
2000-2005	2,031,767	127,653	-177,738	2,337,158
2005-2011	3,339,459	323,270	-33,124	3,695,853
2011-2015	1,796,391	574,165	-2,514	2,373,070
2000-2015	2,492,077	324,970	-73,166	2,743,881

本解析では、West New Britain 州の総炭素排出/吸収量は 2000 年から 2011 年にかけてわずかに増加し、2011 年から 2015 年にかけてかなり減少していた。West Sepik 州においては、本解析の 2005 年から 2011 年の総炭素排出/吸収量が大きかった。森林基盤図を詳細に確認すると、2005 年から 2011 年で森林から O（農地）への変化が大きくなっており、これが 2005 年から 2011 年の間の排出量に影響を与えているようであった。

PNG においては、O や Qf/Qa クラスの変化はこういった解析結果に大きな影響を与えるため、より良い結果を得るためにはこれらのクラスの精度を上げていくことが重要である。

## 3.2 REDD+活動に提供可能な情報の特定

REDD+プロジェクトに提供可能な情報を特定するために、次の3つの活動を実施した。

- ① REDD+プロジェクトを実施するにあたり必要となるデータを特定する。
- ② PNG-FRIMS によって提供可能なデータを特定する。
- ③ 森林における気候変動に関するプロジェクトに必要なデータと PNG-FRIMS によって提供可能なデータを比較し、PNG-FRIMS に欠けている情報を抽出する。

---

本活動については、PNGFA および PNG 国政府として、プロジェクトレベルにこだわらない方向性を明確にしてきたことから、2016 年 8 月の第 3 回合同調整委員会（JCC; Joint Coordinating Committee）において、PDM 中の「プロジェクトレベルの」を削除することが決議され、本活動もその変更を踏まえて検討する必要があることがあった。

本経緯としては、案件開始時時点においては、REDD+パイロット活動を実施して、第三者認証カーボン規格（VCS; Verified Carbon Standard）の認証を取得する動きが見られたが、一方で、森林参照排出レベル/森林参照レベルの設定と並行して、PNG 政府内で州レベルの REDD+事業を実施することが検討されていたことから、プロジェクトベースの REDD+事業実施にかかわらず、PNG-FRIMS による森林資源情報を提供していくこととしたものである。

プロジェクトの開始当初に連携が考えられていたプロジェクトレベルの REDD+活動・構想として、ドイツ国際協力公社（GIZ）支援の Milne Bay 州の Central Suau のプロジェクト構想や、米国国際開発庁（USAID; United States Agency for International Development）支援のアジアの森林からの GHG 排出低減プログラム（LEAF）による Madang 州の土地利用計画策定プロジェクト等があった。州、国レベルへ提供しうる情報としては、気候変動開発公社（CCDA; Climate Change and Development Authority）、各州政府を対象に、必要なスケールでの衛星リモセン画像、森林基盤図（全国）、森林被覆図（パイロット 2 州）、シミュレーションモデルを用いた土地利用変化の予測図と変化要因分析結果などが考えられた。

なお、PNG においては、州、国レベルへの方向性が明確になりつつある。CCDA が FCPF/国際連合開発計画（UNDP; United Nations Development Programme）の支援を受けて策定された National REDD+戦略では、“PNG approach to REDD+will, not directly support the establishment of REDD+Projects targeting the voluntary carbon market” と言及されている。このようなプロジェクトレベルに拘らない方向性は「PNG 国 REDD+戦略策定に向けた政策課題およびオプションペーパー」策定の National Consultation などの近年の REDD+検討の中で明らかになった。

### 3.2.1 REDD+プロジェクトを実施する際に必要となる方法論およびデータの整理

本活動では、REDD+のスキームに特徴的な実績ベースでの支払いに対する実践的な内容の理解や、PNG における LULUCF に関わるプロジェクト活動の推進に資するものも含めた。

- ① PNG における REDD+プロジェクトに必要なデータの特定
- ② カーボンオフセットの枠組みに関連した国際動向のレビュー

PNG 国内で実施されているパイロットプロジェクトの詳細と、それぞれの方法論、モニタリングに使われているデータやパラメータ、PNGFA との関係等についてレビューを行った（詳細は添付資料 32 参照）。

### 3.2.2 森林参照レベル算出以外の活動への PNG-FRIMS の貢献可能性の検討

PNG-FRIMS は PNGFA が所有・管理する「位置情報」を有するデータを森林管理・計画に用いることを主目的として整備した「空間情報」データベースであるので、広義の REDD+にも位置付けられる持続可能な森林管理 (Sustainable Management of Forest、または SFM; Sustainable Forest Management) に有効であるため、森林参照排出レベル/森林参照レベル算出以外に提供可能な情報や貢献について検討した。なお、これらは本プロジェクトでの実施活動ではなく、可能性の検討・提案であったが、PNGFA と協議を行い、将来のプロジェクトの方向性や活動の検討に活用された (参照: 添付資料 12、33)。

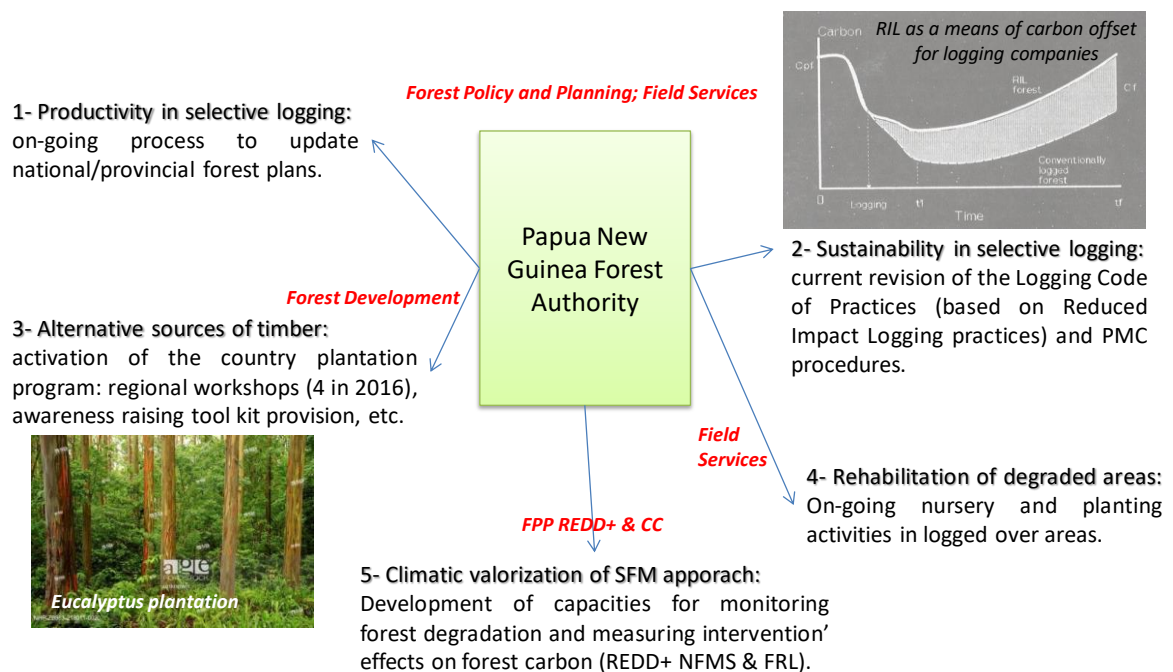


図 3-6 PNG-FRIMS を活用した持続的森林管理への貢献活動 (案)

持続的な森林管理への貢献活動に対しての PNG-FRIMS を活用した支援 (案) として、表 3-5 に示す内容が整理された。

表 3-5 持続的な森林管理への貢献活動に対する PNG-FRIMS を活用した支援 (案)

支援対象	活動内容
① 土地利用計画における持続性評価	PNGFA による土地のポテンシャルとリスクに関する森林利用の計画
② 伐採施業 (影響軽減型伐採) の計画	伐採活動の木材伐採業者による計画および PNGFA によるアセスメント
③ 植林プランテーションプログラムの開発	PNGFA 又は木材伐採会社による植林プランテーションの開発と管理
④ 森林劣化地域における森林再生	PNGFA または伐採会社の活動によって森林が劣化した地域での苗床、植林

⑤ カーボン・ベネフィットに関する推定	森林被覆変化のモニタリング、介入活動による影響の測定
---------------------	----------------------------

上記の①～⑤の内容は、ロジカルフレームワークとして SFM に対する PaMs 案としても取り纏めた（詳細は添付資料 34 参照）。

SFM の大目標としては、林業活動の森林炭素への影響を制限すること、アプローチとしては、(ア) 天然林における伐採活動の影響を軽減すること、(イ) 天然林からの伐採活動以外の活動への切り替え、(ウ) 林産物の価値を高めることである。サブコンポーネントとして、(ア) に関しては、計画管理（ゾーニング・規制）の改善、森林被覆・炭素蓄積変化のモニタリング、コンプライアンス活動の改善、(イ) に関しては、植林プログラム開発の支援、(ウ) に関しては、林産物バリューチェーンへのアプローチを整理した。

PNG の REDD+活動は、国家 REDD+戦略（NRS; National REDD+ Strategy）に基づいて実施されるが、緑の気候基金（GCF; Green Climate Fund）プロジェクトの Concept Note の準備には、整理した PaMs の内容も参考にインプットが行われた。REDD+ Finance Investment Plan（RFIP）の策定に向けた対策活動とその投入の検討においても、今回整理された PaMs も参考にして、引き続き PNGFA からインプットを行っていくことが期待される。

### 3.2.3 州森林計画に対して PNG-FRIMS から提供する情報の検討

PNG 国は FCPF 準備プロジェクトの支援も受けて、2017 年に NRS を策定した。その実施準備として PFP の実施を REDD+投資計画に位置づけることを FCPF が PNGFA に提案していることを受けて、本プロジェクトの PFP に対する貢献について整理を行った。これまでは、PFP に掲載されているデータ上の課題の改善を中心に支援を行ってきたが、今回は PFP 策定に向けて、①PFP ガイドラインの準備レビュー、②PFP ドキュメントで求められているデータのレビューを行った（詳細は添付資料 35 を参照）。

PFP に関しては、FCPF がその活動として、Madang 州、West New Britain 州および East New Britain 州の PFP を改定することを要望しており、PNGFA は、下記を条件として FCPF の活動を認めた。

- 各州の PFP 作成指針となっている PFP ガイドラインを、近年の森林・林業に関する情勢変化を踏まえて改定すること、
- PFP の改訂にあたっては、作成主体である州政府の活動を支援するかたちで PNGFA やコンサルタントが活動を行うこと、
- これらの活動に JICA プロジェクトを参画させ、これまでの JICA プロジェクトの知見等を成果に反映させること

この結果を受けて、JICA プロジェクトは PFP ガイドラインおよび PFP の改訂作業への協力を行った。

---

#### 必要事項：

- FCPF コンサルタントを中心としたチームへの積極的な参画と JICA プロジェクトのこれまでの成果の積極的な打ち込み（例：PFP ガイドラインにおいて PNF-FRIMS 活用を記載する、PFP レビュー作業において PNG-FRIMS の森林基盤図等の提供）。
- PFP のレビュー作業に関して、PNGFA の担当が少人数であること、本プロジェクトからの投入に限りがあることから、今後投入が予定される FCPF コンサルタントと連携を図る。
- PFP で必要とされるデータに関して、PNGFA 内で関連するデータを有する部・課間から I&M 課がデータを収集する方法と体制、規約に関して検討を行う。
- PNG-FRIMS のポテンシャルを最大限発揮できるように、提供するデータの内容について、PNGFA の GIS チーム、長期専門家・短期専門家で検討・調整を行う。
- いくつかの州において、PFP の承認や履行を妨げている原因を特定する（22州のうち、19州で PFP が策定されているが、いずれも有効期限切れ。新しい Jiwaka 州と Hela 州の 2 州は未実施。NCD（National Capital District）は必要なし）。
- パイロット州における試行結果に関して、他の州での再現可能性を評価する（新ガイドライン、信頼できるデータソースの特定、省庁間協力、等）。

#### 新ガイドラインに向けた事前提案：

- 内容を複雑にし過ぎず（例：劣化ドライバの精密な分析を避ける）、PNGFA や州政府機関の能力に適したものとする。
- PFP における森林を中心とした土地利用計画の重要性を反映させるとともに、PNG-FRIMS における貢献の可能性を提示する。
- SFM や REDD+ といった近年の知見を反映させた標準的なフォーマットを提示するとともに、州政府による自発的かつ継続的な PFP 策定を促すため州政府の作業手順や PNGFA による支援体制等についてビジネスワークフロー図等を用いて示す。

### **3.3 気候変動委員会等の外部機関主催の会議・活動への技術的なインプット**

#### **3.3.1 外部機関主催の気候変動関連会議・イベントでの PNGFA の技術的支援**

##### **(1) MRV-TWG**

CCDA（以前の気候変動開発室（OCCD; Office of Climate Change and Development）から組織変更）が開催する MRV-Technical Working Group（MRV-TWG）の機会を利用して、本プロジェクトの成果報告を行うことにより技術的なインプットを行ったほか、長期専門家が参加して適宜インプットを行った。

2015年3月17日開催のMRV-TWGでは、プロジェクトの概要について紹介するプレゼンテーショ

---

---

ンを行った（添付資料 52 参照）。

2015 年 8 月 27 日に開催された MRV-TWG においては、本プロジェクトの進捗を報告し、これにより、プロジェクトの進捗・成果が関係者と共有され、技術的な理解が高まった。

また、2016 年前半に CCDA が一連の REDD+調査について公表した。FCPF REDD+準備プロジェクトと EU-FAO によって委託されたこれらの調査を下記に列挙する。

- ・ REDD+のための国情、ドライバの評価、削減方策の検討
- ・ 国家森林モニタリングシステム（NFMS; National Forest Monitoring System）、温室効果ガスインベントリ（GHGi）、REDD+ FREL（参照排出レベル）
- ・ PNG において鍵となる農作物の将来の森林への影響を減少させるために、政策・措置のセットを成立させるためのビジネスケースの評価
- ・ PNG における森林法施行・ガバナンス・貿易（FLEGT; Forest Law Enforcement, Governance and Trade）プログラムアクションプラン

PNGFA と本プロジェクトからは CCDA の調査報告へ下記のインプットを行った。

- ・ 国情・ドライバ・削減方策：PNGFA は、国の状況の検討に必要なデータやマップを PNG-FRIMS から提供することができる。
- ・ NFMS、GHGi、FREL：PNG-FRIMS と森林基盤図は活動データ（土地変化）を特定するために不可欠なコンポーネントである。
- ・ 森林に対する農作物の影響：将来の農業プロジェクトを管理し、伐採プロジェクトと競合、重複するのを避けるために委員会への PNGFA の参加が重要である。また、土地利用計画・管理を支援する PNG-FRIMS と森林基盤図の役割が重要である。
- ・ 将来のパーム油の開発をモデリング：本作業は、PNG-FRIMS や、森林基盤図、また本プロジェクトで向上した PNGFA 職員の解析技術によって、PNGFA において実現可能である。

2017 年は気候変動関係委員会（Technical Working Group or Committee）は開催されなかったが、GCF プロポーザル準備に関する非公式会合が数回開催され、PNGFA 内で技術面を中心に支援する本プロジェクトチームにもステークホルダーとして会合への参加要請があり、長期専門家チームが参加した。会議に先立ち、長期・短期専門家チーム内で事前に協議を行い、技術面・情報面から会合にインプットを行った。会合では、GCF プロポーザル準備・提出のスケジュールや JICA が支援して PNGFA で検討された森林セクターの活動案、次期 JICA プロジェクトの要請書提出のスケジュールや詳細内容の確定時期などが共有された。

## （2）TLVS ワークショップ

FAO が EU の資金支援を受けて実施している TLS（Timber Legality Standard）の支援の一環として、TLVS（Timber Legality Verification System）のワークショップが 2018 年 6 月に開催されて、PNGFA に



---

よる適切な森林施業管理・モニタリングのベースとなる空間情報データベースとしての PNG-FRIMS についての概要報告の依頼があり、関係者への技術的インプット機会として捉えて、C/P によるプレゼンテーション資料の準備を支援した。議長サマリーでは TLVS での PNG-FRIMS の活用への期待が述べられた。

### 3.3.2 外部機関からの依頼に対応する PNG-FRIMS の情報の活用方法の検討

PNG-FRIMS には森林情報を中心に PNG 国内でも随一の豊富なデータが揃っており、他機関からデータの提供を依頼されることがある。PNGFA はデータの秘匿性などの観点からデータの提供にあたっては非常に慎重であるが、森林管理への影響が想定される他機関の方針策定に PNGFA が積極的に関与していくため戦略的にデータ提供を行っていくことが必要である。

本業務では、PNG-FRIMS のデータを活用し、国際的なパームオイルの認証制度がオイルパーム林への転換を避けるべきとする保護価値の高い森林 (HCVF; High Conservation Value Forests) や炭素蓄積の高い生態系 (HCS; High Carbon Stock) が分布する可能性のある地域の特定を試みることにした。オイルパーム林の開発は同国の森林減少のドライバーの一つであり、同国としては国際的な認証制度の普及を通じてオイルパーム林の開発を制御する考えである。

HCVF は、生物学的、生態的、社会的、文化的価値が高い森林であり、また HCS は HCVF アプローチでは拾いきれない (例えば二次林など) もの、炭素蓄積の多い生態系とされ、いずれも農地開発の際に調査が求められるようになるなど、それらの特定に対するニーズがまわってきている。HCVF や HCS を特定するにあたっては森林被覆図、保護区、村落地点、土壌、気候、地質、道路といった情報の活用が有効であり、これらを有している PNGFA が国の HCVF に一定の役割を果たすことが期待される。

本業務では、HCVF および HCS の方法論の分析を行い、PNG-FRIMS の格納されたデータがどのように活用できるのかを検討した (添付資料 36)。その後、実際に利用可能なデータを用いて HCVF あるいは HCS が分布する可能性のある地域の特定を試み、また試行結果を C/P と共有し、PNG-FRIMS のデータの活用の可能性について検討を行った。

表 3-6 HCV 地域の特定のための空間情報の入手・活用の可能性 (PNG)

	Global (examples)	National (in case of PNG)
Biodiversity priority area	Global IUCN Red List	Biodiversity priority area (CEPA)
Designation of authorities	World Heritage Sites	Protected area (CEPA)
Natural habitat	Ramsar sites	Biodiversity priority area (CEPA)
Low levels of disturbance	Hansen loss	Forest cover map (PNGFA)
High connectivity	Hansen tree-cover	Forest cover map (PNGFA)
Remaining natural ecosystems	Intact Forest Landscapes	Forest cover map (PNGFA)
Presence of RTE ecosystems	Global IUCN Red List	Biodiversity priority area (CEPA)
Remote and/or poor rural areas	Open Street Maps	Census unit (PNG statistical office)
Naturally low soil fertility	FAO/UNESCO Soil Map	PNGRIS (UPNG)
Important wetlands	CIFOR map	Forest cover map (PNGFA)
Municipal water sources	---	---
Steep areas, or areas of high rainfall	WorldClim	PNGRIS (UPNG)
Arid or dryland areas	WorldClim	PNGRIS (UPNG)
Access to health centres or hospitals	Open Street Maps	GeoBook (UPNG)
Water and electricity infrastructure	---	---
Low capacity to accumulate wealth	---	---
Living "day to day"	---	---
Small or subsistence scale farming	---	Forest cover map (PNGFA)
Indigenous hunter-gatherers	---	---

表 3-7 HCV-HCS-FPIC の統合に向けて必要とされる典型的データ

ENVIRONMENTAL DATA	SOCIAL DATA	GEOSPATIAL DATA
• Topography and slopes	• Location of villages	• Digitised Elevation Model (DEM)
• Vegetation cover	• Stakeholder mapping, including local NGOs and development projects	• Company development plans
• Soil (especially peat)	• Demographics	• Satellite images (e.g. Landsat/Sentinel)
• Hydrology	• Ethnographic tenure data	• LiDAR data (if available)
• Existing biological studies (recent)	• Land cadastre	• Initial land cover maps
• IUCN Red List and maps	• Existing socioeconomic studies (recent)	• Administrative boundaries
• CITES list	• Language background	• Other concessions' boundaries
• Key Biodiversity Area	• Cultural background	• Protected area boundaries
• National protected species list	• Ethno-botany studies	• Moratorium maps (if applicable)
• Protected areas	• Socioeconomic status and development needs	• Forest and state area maps
• Analysis of relevant environmental plans, policies and regulations	• Relevant official social and development plans, policies and regulations	• Land system maps
• History of forest disturbance		• Spatial planning maps
		• Physiographic regions

### 3.4 森林からの炭素排出・吸収量の計測および報告に係る訓練の実施

森林からの炭素排出・吸収量の計測・報告に係る技術水準の向上のための訓練に関して、下記の研修を、講義や協議、ワークショップ形式で実施した。

- カーボンオフセットに関する枠組みに関連した国際動向

- 
- ・ REDD+コンセプトと REDD+実施のための森林セクターの可能性
  - ・ 森林炭素排出・吸収量計算の試行
  - ・ PNG-FRIMS を用いた現場レベルでの木材伐採による森林劣化からの炭素排出量推定の可能性

本研修の内容と達成状況は「技術移転計画・達成状況 最終報告書（2019年7月）（添付資料44）」に示す。「カーボンオフセットに関する枠組みに関連した国際動向」についての講義資料を添付資料37に、「REDD+実施のための森林セクターの可能性」についての講義資料を添付資料38に示す。

---

## 第4章 教訓と提言

---

### 4.1 プロジェクト実施運営上の工夫と教訓

#### 4.1.1 成果の普及活動：パブリケーション（Fact Sheet シリーズ、Big-Book）

JICA 技術協力プロジェクトの目的は C/P の能力向上および体制改善であるため、プロジェクトで纏めるレポートも能力強化についてであり、また本プロジェクトの PDM 上の成果品の多くも PNGFA の森林行政・管理（政策・計画およびモニタリング）の改善を志向したマニュアル類などが中心で、外部向けの成果を取り纏めたパブリケーションは定義されていなかった。

一方で、特に REDD+関連で、他の政府機関や関連プロジェクトから森林基盤図をはじめとした PNG-FRIMS の森林資源情報に対して共有・利用の要望が寄せられることが多くなってきたものの、整備された情報について説明する資料（整備の方法や仕様、制限・留意事項等）が不足していたため、PNGFA が成果の外部への共有に慎重になっているという課題があった。

プロジェクトとしては、この課題を改善すべく、PNG-FRIMS に整備された成果品を説明する資料（背景・目的から整備の方法や仕様、結果の概要、制限・留意事項等）を Fact Sheet シリーズとして取り纏めることとした。また、Fact としての外部への公開は慎重にすべき性質であるが、分析・検討の結果として整理しておくことが有意義なテーマについても Analytical Report として取り纏めた。

さらに、特に多くの要望が寄せられる森林基盤図については、先行プロジェクトでの整備手法の整理も含めて、州ごとの特徴的な樹種などのプロファイルや、Logging Concession、Constraints、Protected Area とあわせて、Atlas 的に整備することが C/P から提案され、C/P の主導によって「Papua New Guinea Forest Base-Map and Atlas」と「Papua New Guinea Forest Resource Information Management System (PNG-FRIMS)」(関係者での通称: Big-Book) として取り纏められた。

#### 4.1.2 最新のモニタリング技術の森林計画・監視での検討・実践（ドローン等）

本プロジェクトは2013年に設計、2014年に開始されたが、その後も森林モニタリング技術の進化・改善は著しかったため、PDMの内容は踏まえつつも最新技術の適用検討を進める必要性が高まった。そこで、2017年9月に実施した本邦研修「森林資源モニタリング・データ管理」の中で、PNG-FRIMSに関連する様々な新技術（無人航空機（UAV; Unmanned Aerial Vehicle）/ドローン、Collect Earth、Google Earth Engine、GLAD Alert<sup>20</sup>、熱帯林早期警戒システム（JJ-FAST; JICA-JAXA Forest Early Warning System in the Tropics）<sup>21</sup> 等）を紹介して、今後のPNGの森林施業計画やモニタリング業務における活用について検討を行った。

本邦研修の結果・報告を受けて、現地における森林施業計画・モニタリングの課題・改善に向けて、

---

<sup>20</sup> Google Earth Engine を活用した 8 日毎の森林消失箇所を示す早期警報システム。

<sup>21</sup> JICA と JAXA によって提供されている、熱帯林を中心とした森林減少早期警戒サービス。

---

C/Pからは特に UAV/ドローンの活用の検討の要望が大きかったため、現場でのドローンを活用した森林施業計画・モニタリングの検討と試行を行い、成果品として UAV/ドローンの活用マニュアルやガイドラインが整備された。また、本邦研修に参加した C/P が中心となって PNG において地方職員も含めて森林管理・計画・モニタリングのためのドローン研修を行い、メディアにも取り上げられた。

また、2019 年の 5 月にフィジーにて開催された大洋州地域の UAV ワークショップで活動と成果を報告したところ、技術検討や研究調査だけでなく、森林計画やモニタリングの業務の中で検討・実践が進められていることに対して、地域・隣国の関係者から高い関心と評価を得られた。

#### 4.1.3 現地再委託・現地特殊傭人を活用した業務の推進・実施体制の整備

プロジェクトは C/P を中心として着実に PNG-FRIMS の拡充・強化が行われてきたが、途中段階でいくつかの点において、プロジェクト開始当初の計画に対しては追加的な業務が必要になってきた。具体的には、林業活動に伴う森林減少および劣化を正確に把握できるデータとして林業コンセッションの伐採履歴情報 (Logged over area) の整備が望ましいと判明した他、大きな森林減少要因である FCA 活動を把握するために、FCA に関するバウンダリ情報の整備も望ましいことが明らかとなった。

いずれも、PNG-FRIMS の拡充・強化にとって重要だが、C/P およびプロジェクト団員のアサインだけで対応することは困難と判断された。また、作業は多岐にわたるが、お互いに関係しており、PNGFA 職員と密にコミュニケーションを取って業務を進める必要がある。また、業務履行に際して PNGFA の内部情報に接するため、情報へのアクセスをコントロールできる形態が望ましい。これらの要件を満たすため、現地再委託の活用を C/P および JICA に提案して業務の実施体制を整備した。

現地再委託では、PNGFA が管理するコンセッション情報、伐採業者から提出されている伐採計画と伐採履歴のマップの在庫チェックとリスト化を推進した。I&M 課以外の他の部署や地域/州事務所にも確認した結果、全ての情報が I&M 課に集約されていないことや、約 50 年前に承認された伐採コンセッションデータに欠落があることなどが明らかとなった。そのため、完全な整備は難しいものの、課題の改善に向けて、PNGFA 内に保管されている紙地図の調査とスキャン、GIS データ化を推進した。

現地再委託を通じて明らかとなった課題とニーズへのフォローとして、現地特殊傭人を複数名雇用して、伐採計画、伐採履歴、および FCA のリスト化やマップのスキャン、GIS データ化 (デジタル化) を C/P の管理下で推進してもらった。また、ドローン研修や最終セミナーの準備でも特殊傭人の貢献が大きかった。この体制と成果は PNGFA の管理職にも認識され、プロジェクト後も継続して雇用が検討されることが最終セミナー後に Project Director、Managing Director および森林大臣から述べられた。

#### 4.1.4 他ドナー (FAO、UNDP/FCPF) と連携した気候変動対策への貢献

PNG 国は REDD+ 準備の 4 要素の 1 つである FRL を、FAO の支援も受けて 2017 年 1 月に UNFCCC に提出し、技術評価を経た修正版と評価レポートが 2018 年 3 月に公表された。また、NRS は、CCDA が FCPF/UNDP の支援も受けて作成して、2017 年 5 月に正式に承認された。JICA が支援した

---

---

PNG-FRIMS は、PNGFA が所有・管理する重要な森林資源情報として FRL や NRS の準備の中でも活用され、提出に貢献した。

また、PNG 国は、GCF へのプロポーザルの Concept Note を、FRL や NRS の内容に基づき、CCDA および FCPF/UNDP の取り纏めで、JICA も含む関係機関も協力して作成して提出した。活動の一つが「Enhancing monitoring and enforcement of PNG's Timber Legality Standard」で、本プロジェクトの成果の活用や拡大と関連する内容となった。Concept Note の採択については未定であるが、現在は関係者で協力して RFIP の準備を進めており、JICA プロジェクトもインプットを行っている。

また、PNG 国では TLS の策定を、ITTO の支援の成果を基に EU 資金で FAO が支援して進めてきたが、その具体的な実施として TLVS の検討が進められている。TLVS の検討ワークショップにおいて、PNG-FRIMS について発表した結果、広義の TLVS として活用すべき重要な既存のシステムとして、PNG-FRIMS と DSS が位置付けられた。特に、適正な伐採活動を促進・検証するベースラインおよびモニタリングの手段として、JICA が支援した LCoP 実施でのドローン活用にも期待が寄せられた。

更に、将来の PNG-FRIMS に整備すべき情報や活用の可能性として、PNGFA が従来から収集・管理している伐採データを活用した森林劣化由来の炭素排出量推定の検討を行い、可能性の整理・提案を行った。現在の PNG の FRL では、森林劣化の計測は RS ベースで行われているが、IPCC ガイドラインにも準拠していて、他国では採用されている Volume Method は、木材生産が重要な産業で、森林劣化の要因でもある PNG では、国内の木材伐採に関する政策と対策の評価としても、将来の FRL の改善にも可能性があるとして、PNGFA の今後の活動として検討されることとなった。

## 4.2 今後の森林モニタリングに関する提言

PNG 国の森林モニタリングは、2010-2011 年に開始した日本の無償資金協力および JICA 技術協力の支援・貢献を基に大きく進展して、近年は FAO や UNDP の支援と連携して UNFCCC 下の REDD+ 準備段階で求められている要求事項の一つである国家森林モニタリングシステムとしても結実してきた。今後は持続的森林管理および REDD+ は準備段階から政策および対策を具体的に実施してモニタリングする段階に移行していく。以下では、本報告書で先述した内容も踏まえて、今後の森林モニタリングに関する提言を整理した。

### 4.2.1 Logging Code of Practice の完全実施（木材合法性証明の支援）

LCoP は 1995 年に策定されたもので、2014 年に見直しが行われているが（2019 年 8 月時点において改訂版は未承認）、技術的・資金的な課題もあって、これまでは十分に実施できているか、そのモニタリングも十分と言い難かった。PNG-FRIMS に整備された森林資源情報やドローンなどのモニタリング手段の改善によって、ようやく LCoP の完全実施に向けた能力と体制が整いつつある。なお、LCoP の完全実施とモニタリングにより伐採活動による CO<sub>2</sub> の排出の低減が期待されるため、REDD+活動と

---

しても期待される。また、LCoP の遵守は TLS の実施の一つに位置づけられるが、PNG-FRIMS は生産された木材の合法性を証明・検証する広義の TLVS の一つとして期待されている。加えて、REDD+活動や TLVS 支援では、LCoP の完全実施による影響を炭素排出や合法性の観点から測定することが肝要であり、これらの観点を踏まえた実行面のモニタリング体制を担保することでより直接的な貢献が可能となる。

#### 4.2.2 PNG-FRIMS の地方展開 (Decision Support System との連携)

PNG-FRIMS は PNGFA の本部に設置されたシステムで、本部の C/P は整備や運用に関わる能力を習得してきたが、地方においてはパイロット州およびコンセッションで活用が検討・試行されてきたものの、能力強化・体制整備は必ずしも十分と言えない。特に、PNG-FRIMS の LAN-Map の運用は、情報セキュリティの観点から当初の計画では PNGFA のイントラネットのみで運用するとしていたが、DSS は本部と州事務所を回線で繋ぐ計画は見送られ、PNGFA 外部からアクセス可能な De-Militarized Zone に設置されて、ユーザおよびパスワードで制御している。LAN-Map の DSS 支援機能として既に地図の URL 作成機能を実現しているが、DSS が機能するためには PNG-FRIMS も DSS と同じゾーンに設置する必要がある、そのために PNG-FRIMS も外部公開用にセキュリティ対策を行う必要がある。

#### 4.2.3 NFI データを用いた PNG-FRIMS/森林基盤図の材積情報の更新

PNGFA と FAO が EU 資金で実施中の NFI プロジェクトでは、PNG 全土から選定された約 1,000 点を対象に地上調査を進めている。同プロジェクトは 2019 年 9 月に終了予定だが、PNG はアクセスが困難な箇所が多く、土地所有者への啓発活動や生物多様性調査もあったために、当初計画より大幅に時間がかかり、全調査は完了できずに調査は一部地域のみで一度整理される予定である (なお、調査は FCPF-II の資金で 2020 年 3 月末まで継続し、その後 EU が支援の継続を検討中である)。NFI 調査と解析が完了すると、PNGRIS ベースの森林種毎の詳細な森林炭素蓄積量に加えて材積量も得られる。NFI データを利用して PNG-FRIMS の森林基盤図に設定されている商用材積量を改定することを検討していたが完了できなかったため、調査・解析の終了後に PNGFA 自ら改定することとなっている。

#### 4.2.4 低インパクト伐採の定量評価と二次林の再成長モデルの検討・構築

4.2.1 で触れたように LCoP の完全実施は、低インパクト伐採 (Reduced Impact Logging) として REDD+ 活動としても期待されるが、インパクトを評価するための定義やデータが十分に整理・揃っていない課題がある。まずは既存 PSP データと伐採データの関係性を分析して、将来的には PSP のモニタリング体制を構築することが必要であろう。また、PNG-FRIMS では、伐採後の森林の回復過程をシミュレーションする機能を整備して、AAC 推定機能を開発したが、当初は PINFORM を組み込むことも検討したものの、モデルの詳細を明らかにすることが困難で、データも特定地域のものに基づいていたので導入を見送り、単純な線形回復モデルとしているが、現地調査に基づく科学的な根拠をもった二次林の再成長モデルの検討・構築が期待される。

---

#### 4.2.5 植林プランテーション情報の精度向上と適地選定および植林実施

PNG-FRIMS の整備を進める中で、植林面積について森林開発部（Plantations 課を含む）が持っている情報と I&M 課が PNG-FRIMS として整備している情報との間に乖離があることが明らかとなった。PNG-FRIMS/森林基盤図の植林情報は、I&M 課が所持する GIS データに基づき整備された。一方で、Plantations 課の情報は植林業者や現場の植林スタッフの計測しデータに基づいたものであるが、必ずしも GIS データでなく、また、多くの情報が長らく更新されていないものであった。一方、PNG では Vision2050 において、2025 年までに 250,000ha、2050 年までに 800,000ha の植林目標を掲げているが、既存の植林面積が 50,000ha であることを考えるとチャレンジングである。この目標を達成するためには、既存の植林プランテーション情報の精度の向上と、植林の適地を選定して、着実に植林を進めていくことが不可欠であり、最終 JCC で CP が発表した植林データ更新のための現場の植林スタッフの能力向上および森林開発部と森林政策計画部間の情報共有が実施されることが望まれる。

#### 4.2.6 木材伐採データを活用した森林劣化由来の炭素排出量計上の実践

本プロジェクトの成果 3 の活動の中で、PNGFA が従来から収集・管理している木材伐採データを活用した森林炭素排出量推定の検討を行い、可能性と実現に向けた課題が整理された。持続的森林管理の一つの手段である LCoP の完全実施が気候変動の緩和策として（また、REDD+の活動として）、どの程度の効果があるかについて関心を持っていた PNGFA は、本提案の実践に関心を寄せている。この実践のためには、不足しているデータ収集、それにかかる労力・コスト、実際の排出量計上の結果の検証などをパイロット地域で実践してみて、その結果を踏まえて、LCoP や PMCP を改定についても検討すべきと思われる。