

**ラオス国森林減少抑制のための
参加型土地・森林管理プロジェクトに係る
REDD+認証・登録支援業務**

技術成果報告書

「住民参加型森林炭素モニタリング手法のマニュアル」

平成 26 年 10 月（2014 年 10 月）

独立行政法人国際協力機構（JICA）

三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング株式会社

一般社団法人日本森林技術協会

住民参加型森林モニタリングマニュアル (焼畑農業地域用)

1. 背景

世界規模における地球温暖化は人類に対し大きな影響を与えており、国際社会は様々な対応策を講じている。そのなかでも途上国における森林減少・森林劣化の抑制は有効な手段として注目されている。森林資源を適切に管理し持続的に利用していくことは地球温暖化防止への貢献だけでなく、地域住民の持続的発展という視点からも重要である。森林資源の持続的利用を成功させるためには森林資源を適切に把握し、利用計画に反映させることが第一歩である。森林資源のモニタリングは行政関係者や専門家による実施だけでなく住民が参加した体制づくりが重要である。それは森林減少・劣化には住民が関与していることが多く、このことを抑制する活動には住民の参加が不可欠だからである。この参加を通じて自らが利用している森林の現況を知ることによって管理意識を高めることが期待される。

【REDD+とは?】

“途上国における森林減少・森林劣化抑制、森林保全、持続的森林管理及び森林炭素蓄積の増進促進による排出量の削減”

【なぜ REDD+?】

“近年の UNFCCC の議論の結果、熱帯林を起源として大規模なカーボンのクレジットのマーケットが創生されようとしている。仮に途上国が森林減少や森林劣化の率を下げる事ができたならば、直接マーケット若しくはグローバル基金を通じてクレジット化される可能性がある。”

2. 本マニュアルの目的

このマニュアルはラオス国の焼畑農業が盛んな地域における森林資源のモニタリングに必要な技術を解説したものである。特に焼畑利用地から天然林へ再生していく過程に着目し、地域住民と行政関係者が役割分担しながらモニタリングしていくことを意図している。モニタリングの対象は一義的には面積や材積とするが派生的に炭素量も含むものとする。

2.1. なぜ参加型アプローチなのか？

ほとんどの途上国では林産物に依存し循環型の移動耕作を実践していることが多い。森林バイオマスの減少は、地域住民により天然資源の再生能力を超えた利用が行われていることに起因する。このことは、コミュニティレベルにおける森林管理の改善によって、そのような傾向を改善することが可能である。そのための森林モニタリング機能は関係者間で共有され、地域住民は森林の専門家支援のもとモニタリング体制の構築や能力開発に携わることとなる。

2.2. PFM とは何か？

PFM とは特定の方法論やモニタリング手法を指すものではなく、森林モニタリングや炭素ストック変化、多

様性や REDD+を行った場合の社会経済への影響など幅広い側面を意味している。

2.3. PFM の利点

PFM という考え方は地域レベルにおける持続的な森林管理である。

PFM を成功させることにより以下の事が達成することができる。

- 地域住民と森林行政の対立を解消し、健全かつ生産性が高い森林を増進させることができる。
- このような管理手法は森林保護を法律に基づき管理する手法よりも、効果的かつ安価、容易に行うことが可能である。

3. 森林モニタリングの全体概要

冒頭に述べたように、このマニュアルは焼畑農業に着目した森林モニタリングの手法を示したものである。そのことから焼畑農業を中心とした森林の変遷を明確化し、それごとに応じた適切な調査手法を適用させる必要がある。

下図は焼畑農業に関係した森林現況の変遷を示したものである。焼畑直後を Stage-1 とし、GPS を用いて境界を測量することで利用範囲を明確にする。その後休閑地として放置されるが 16 年を境としてそれ以下を Stage-2、それ以上を Stage-3 と捉える。16 年という経過年数は、低灌木林が成長しオス国の森林の定義である林分高が 5m に達するおおよその時期を用いている。Stage-2 では低灌木が密生している状態であり、円形プロットの策設が困難であることから任意の方形区画を適用しその中を調査する。その後高木層が発達し森林として成林する段階を Stage-3 と位置づける。この段階では下層植生が減少し林内移動が容易になることから円形プロットを適用し、立木調査を行う。通常はこの後に焼畑として再度利用することになるが、保護林や国立公園などの指定がかかり天然林として保護され続けるような場合もあり得る。これを Stage-4 と定義し、Stage-3 と同じような円形プロット調査を適用するが、プロットサイズを大きくする必要があり住民による調査は難しい。そのことから本調査は行政職員により実施する必要がある。

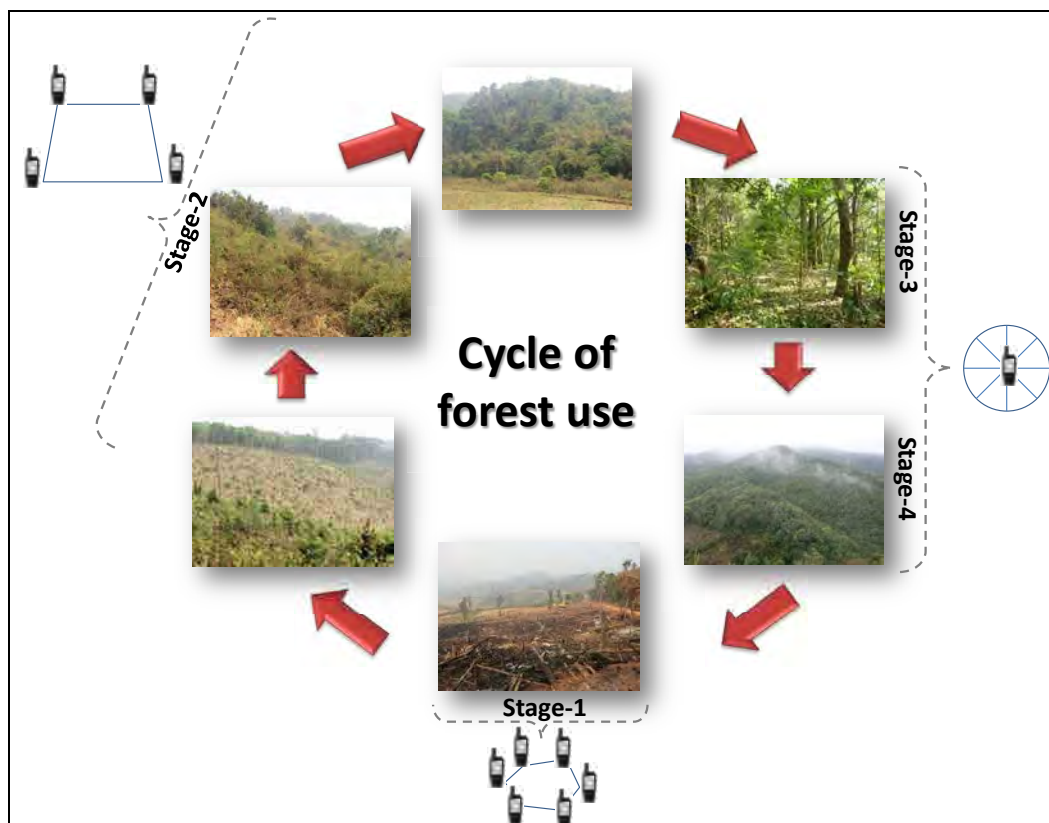


図-1 焼畑農業と森林現況の段階

以上の方法論を表として取りまとめたものを下表に掲げる

表-1 Monitoring targets and responsibilities

段階	目的	実施者	調査手法
Stage-1	焼畑地の境界測量	村民	GPS による境界測量
Stage-2	休閑地の成長モニタリング（16 年未満）	村民	方形プロット
Stage-3	休閑地の成長モニタリング（16 年以上）	村民	円形プロット（簡易方式）
Stage-4	天然林の成長モニタリング	PAFO/DAFO	円形プロット（詳細方式）

Implementation Manual for Participatory Forest Monitoring

次に組織的な構造について述べる。森林現況の調査には行政担当として PAFO、DAFO が挙げられる。しかし行政職員だけでは広範な森林に関する情報を収集することが労力的に難しいことから住民との協働が欠かせない。一方、住民が参加することの意義は先に述べたように住民自体の意識向上などが利点として挙げられる。

住民については個別所有者がそれぞれ活動することは全体の技術レベルから考えて難しいと予想される。そのことから土地利用計画を策定するグループを主軸とし、関係するコンサルタントや NGO などを巻き込んだ村落グループという枠組みを構築し、個々の住民はそのなかで支援を受けつつモニタリングに参加するという方法が現実的かつ効果である。

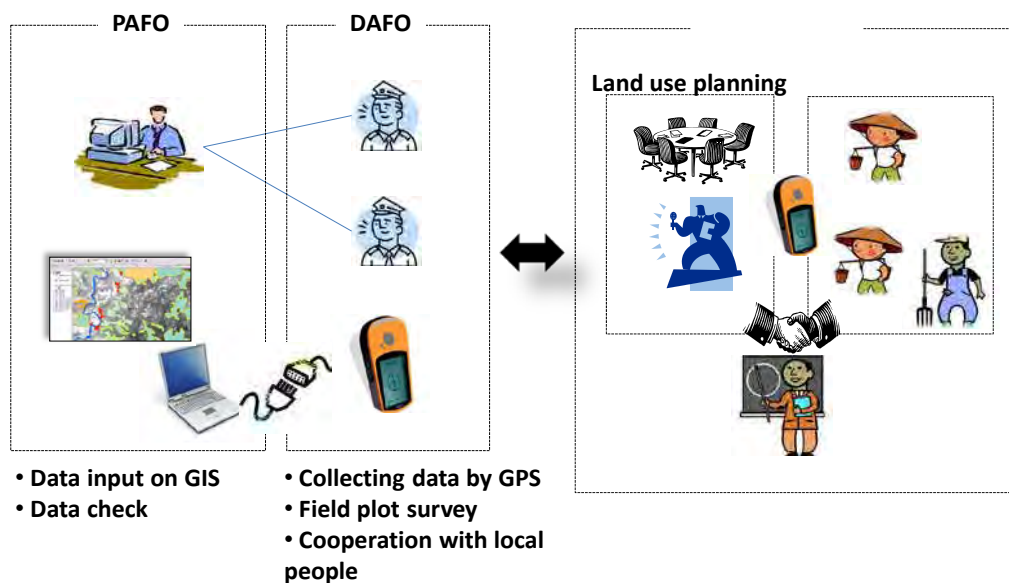


図-2 行政と住民との協働による森林モニタリング

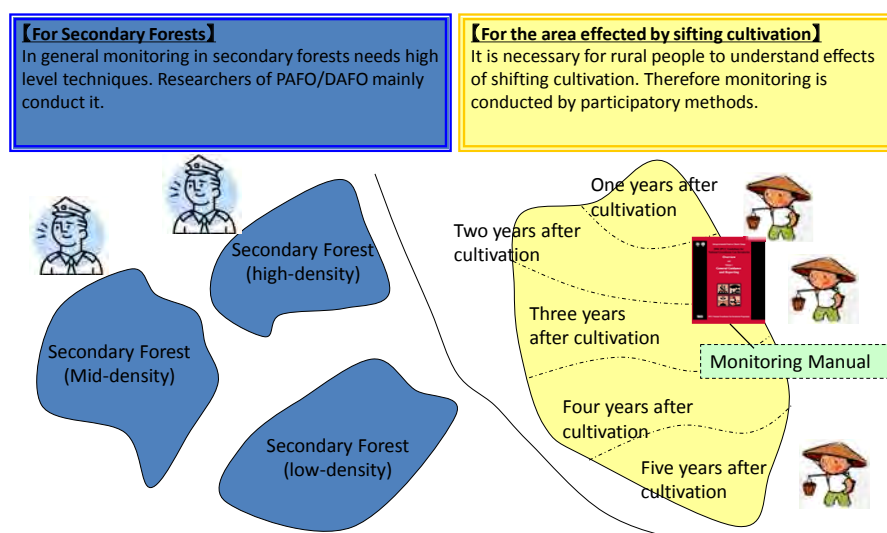


図-3 森林の成長段階別のモニタリング実施者

Stage- 1 の調査マニュアル



段階	目的	実施者	調査手法
Stage-1	焼畑地の境界測量	村民	GPS による境界測量
Stage-2	休閑地の成長モニタリング（16 年未満）	村民	方形プロット
Stage-3	休閑地の成長モニタリング（16 年以上）	村民	円形プロット（簡易方式）
Stage-4	天然林の成長モニタリング	PAFO/DAFO	円形プロット（詳細方式）

4. Stage-1(焼畑直後)

4.1. 概要

焼畑を行う前に立木を皆伐する作業が行われる。この調査では皆伐された周囲を GPS にて測量し、使用箇所の位置、形状、面積などを集積する。GPS を用いた測量は境界の端点で地理座標を取得する方法を採用する。



写真-1 火入れ後の焼畑箇所

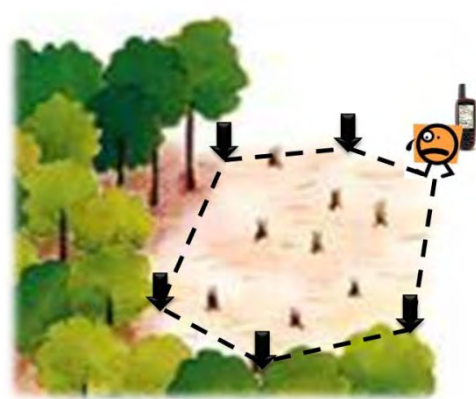


図-4 GPS を用いた焼畑地の端点調査

4.2. 実施者

焼畑を行う所有者が実施することが望ましいが、技術的に困難な場合は土地利用計画等を策定する村落グループと協働して行うことも有効である。集積した情報は村落グループを経由して関係行政機関に報告することが望ましいが、現在このような仕組みはラオス国に構築されていない。

4.3. 調査方法及び収集情報

焼畑所有者名、焼畑年数、焼畑前の森林タイプ、焼畑利用が二回目以降の場合は前回の休閑期間、予定する栽培作物、焼畑面積（調査後に机上で計算）、森林区分

4.4. 野帳

焼畑箇所における周囲測量に用いる野帳を次に示す。

Implementation Manual for Participatory Forest Monitoring

AREA MEASUREMENT		
AREA ID# :	Page - (1)	Date : / / 20
District :		Start time : :
Village :		End time : :
Crew chief :		Total time : m
Data recorded by :		
# people in crew :		
General Information		
1) Owner of the Area;		
2) Distance from residence (Approximately)		
3) Planting Products; Stick rice, Maize, Corn, Others ()		
4) Fallow years of this Area;		
5) Previous forest type;		
6) Slashed and Burned year;		
7) Total Area(ha) <- Result from GPS measurement;		
Plot location Center		
GPS : X		Sketch of Boundary
Y		
		

Stage-2 の調査マニュアル



段階	目的	実施者	調査手法
Stage-1	焼畑地の境界測量	村民	GPS による境界測量
Stage-2	休閑地の成長モニタリング（16 年未満）	村民	方形プロット
Stage-3	休閑地の成長モニタリング（16 年以上）	村民	円形プロット（簡易方式）
Stage-4	天然林の成長モニタリング	PAFO/DAFO	円形プロット（詳細方式）

5. Stage-2(休閑地で焼畑後 16 年未満)

5.1. 概要

焼畑後 16 年以内の箇所は小径木が密生しているため大きなプロットサイズを設定することはできない。そのことから初回の調査については一辺がおおよそ 7.5m の方形 Plot を設定し、胸高直径 1 cm 以上の立木を全て計測することとする。この際に 4 隅のコーナーの座標を GPS で計測する。次回以降の調査はこの座標を基に調査プロットを再現し、同様に毎木調査を行うこととする。



写真-2 焼畑後 4 年の箇所における調査風景



図-5 方形プロットの設定と 4 隅の GPS 測量

5.2. 実施者

基本的には森林所有者自身が行うが、場合によっては村落グループに設立する PFM チームなどの支援や PAFO や DAFO などの行政専門家の支援などを活用する。

5.3. 収集情報

所有者、調査年次、休閑年数、面積、立木本数、ha あたり本数、四隅の座標などを調査する。

5.4. 野帳

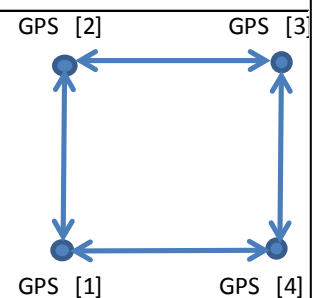
休閑期間が 16 年未満の箇所における調査野帳を ANNEX-2 に示す。この野帳のうち方形プロット設定の部分を使うこととする。

Implementation Manual for Participatory Forest Monitoring

Objective	To set up plots in which measurements will be taken																																	
Result	Random sample plots located																																	
Responsibility	PFM team																																	
Materials/ equipment	For making Square Plots for temporary sampling plot · GPS · Tape measure (50m) · Binding materials (substitution of rope) · Stakes (use fallen branches at the field) · Compass · Spray ink · Tape for marking the way to go																																	
Implementati on	Establishing the plot · Navigate to predetermined latitude and longitude using a GPS. · The sampling plots are located at random locations in the forest. · Care should be taken to use representative locations (i.e. neither too dense nor too open, flat versus slope, etc.). · The slope of the plot is recorded using the clinometer. The dimension of the plot is dependent on the type and condition of the forest. <table border="1"> <thead> <tr> <th>Type</th><th colspan="2">Condition</th><th>Size (radius)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="7">Natural</td><td colspan="2">10 or more trees with DBH >5cm</td><td>500m² (12.62m)</td></tr> <tr> <td rowspan="2">Less than 10 trees with DBH >5cm</td><td>25 or more trees with DBH <5cm</td><td>500m² (12.62m)</td></tr> <tr> <td>Less than 25 trees with DBH <5cm</td><td>1,000m² (17.84m)</td></tr> <tr> <td colspan="2">No trees with DBH >5cm</td><td>500m² (12.62m)</td></tr> <tr> <td colspan="2">Bamboo</td><td>100m² (5.64m)</td></tr> <tr> <td rowspan="2">Mixed forest</td><td>Tree – bamboo</td><td>500m² (12.62m)</td></tr> <tr> <td>Bamboo – tree</td><td>100m² (5.64m)</td></tr> <tr> <td rowspan="2">Plantation</td><td colspan="2">Irregularly spaced</td><td>As above for trees or bamboo</td></tr> <tr> <td colspan="2">Regularly spaced</td><td>5 rows x 5 trees</td></tr> </tbody> </table> · The stake with attached rope is driven into the ground in the center of the plot (except for the regularly spaced plantation). · Depending on the plot size, a knot is made in the rope to indicate the limit of the plot (this can also be prepared by the facilitators in the office; use colored bands to indicate the distance).			Type	Condition		Size (radius)	Natural	10 or more trees with DBH >5cm		500m ² (12.62m)	Less than 10 trees with DBH >5cm	25 or more trees with DBH <5cm	500m ² (12.62m)	Less than 25 trees with DBH <5cm	1,000m ² (17.84m)	No trees with DBH >5cm		500m ² (12.62m)	Bamboo		100m ² (5.64m)	Mixed forest	Tree – bamboo	500m ² (12.62m)	Bamboo – tree	100m ² (5.64m)	Plantation	Irregularly spaced		As above for trees or bamboo	Regularly spaced		5 rows x 5 trees
Type	Condition		Size (radius)																															
Natural	10 or more trees with DBH >5cm		500m ² (12.62m)																															
	Less than 10 trees with DBH >5cm	25 or more trees with DBH <5cm	500m ² (12.62m)																															
		Less than 25 trees with DBH <5cm	1,000m ² (17.84m)																															
	No trees with DBH >5cm		500m ² (12.62m)																															
	Bamboo		100m ² (5.64m)																															
	Mixed forest	Tree – bamboo	500m ² (12.62m)																															
		Bamboo – tree	100m ² (5.64m)																															
Plantation	Irregularly spaced		As above for trees or bamboo																															
	Regularly spaced		5 rows x 5 trees																															

Implementation Manual for Participatory Forest Monitoring

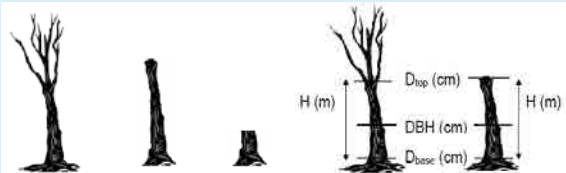
PLOT SETTING				
Plot ID#	:	Page – (1)	Date	: / / 20
District	:		Start time	: :
Village	:		End time	: :
Crew chief	:		Total time	: mi
Data recorded by	:			
# people in crew	:			
Plot location (rectangular)				
GPS :	point	[1]	[2]	[3]
	X			
	Y			
Fallow land				
year after S/B	:	1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 – 11 – 12 – 13 – 14 – 15		
Select the environmental situation: near the the road near the river				



Implementation Manual for Participatory Forest Monitoring

Objective	Measure the standing of trees and bamboo
Result	Forest properties measured for plot-wise above-ground biomass calculation
Responsibility	PFM team
Materials/ equipment	· Tree Poles (Use bamboo of 1.5m and mark DBH at 1.3m) · Diameter tape · Chalk sticks · Writing board with paper forms
Implementation	① Assign one person to record the data and make him/her stand in the center. All others should be measuring and marking trees. ② Start measuring from North and the first trees. After the measuring, a chalk mark should be placed around the tree to be seen from any directions. <The case for natural forests with trees> ③ Measure the DBH of every tree with DBH >5cm using the diameter tape. (If the tree is on the edge of the plot, only record it if the center is inside the plot.) ④ Record the BDS in centimeter. ⑤ Record the name of the tree if it can be identified(based on tree naming system developed prior to field data collection) ⑥ If the tree is on a slope, forked, leaning, etc. use the appropriate height for measurement from the figure <u>on the next page</u>. ⑦ Tally every tree that has a DBH <5cm (i.e. count the total number of small trees in the plot; do not measure them). ⑧ Repeat until the first marked tree is encountered. <Other cases if necessary> For natural forests with bamboo : · Bamboo is measured by age and average height, if possible. Age of bamboo can be determined using the information in the annex. · If the bamboo is monopodial (single stem), DBH is measured as for trees. · If the bamboo is growing sympodial (in a culm), DBH of 10 individual stems in each culm (spread out over the culm) is taken, as well as the DBH of the entire culm For mixed forests: · Use the approach for trees and bamboo as specified above. · Use separate forms for the trees and bamboo (monopodial or sympodial). For plantations, regularly spaced: · Record the distance between the rows and between trees within rows. · Record the DBH of 5 trees in 5 adjacent rows in centimeter. · Record the height of these trees where possible. · Record the species.

Implementation Manual for Participatory Forest Monitoring

Objective	To take measurements of the standing dead wood
Result	Standing dead wood measured
Responsibility	PFM team
Materials/ equipment	• Poles • Measuring tape • Clinometer
Implementation	• “Standing dead wood” refers to trees that have died but are still upright. • Measurement of standing dead wood takes place concurrently with live tree measurements. • There are 2 classes of trees for standing dead wood. <Class1>  Dead tree with branches and twigs and resembles a live tree except for absence of leaves • Measure DBH (same as measuring live trees) • Write as “Dead” on datasheet. <Class 2>  Trees ranging from those containing small and large branches to those with bole only. • Measure DBH using methods for live trees • Measure Diameter at the base of the tree • Measure Diameter at the top (cm) , if possible. Alternatively, do not take a measurement at the top and write “None” on datasheet.

Implementation Manual for Participatory Forest Monitoring

TREE MEASUREMENT (Live Tree)									
Plot ID#		:	page-()		Date	:	/	/	2013
Data recorded by					:	Start time			
Live Tree measurements (DBH>5cm)									
Tree #	Species	E/D	DBH (cm)	remarks	Tree #	Species	EG/DD	DBH (cm)	
1		E/D			51		E/D		
2		E/D			52		E/D		
3		E/D			53		E/D		
4		E/D			54		E/D		
5		E/D			55		E/D		
6		E/D			56		E/D		
7		E/D			57		E/D		
8		E/D			58		E/D		
9		E/D			59		E/D		
10		E/D			60		E/D		
11		E/D			61		E/D		
12		E/D			62		E/D		
13		E/D			63		E/D		
14		E/D			64		E/D		
15		E/D			65		E/D		
16		E/D			66		E/D		
17		E/D			67		E/D		
18		E/D			68		E/D		
19		E/D			69		E/D		
20		E/D			70		E/D		
21		E/D			71		E/D		
22		E/D			72		E/D		
23		E/D			73		E/D		
24		E/D			74		E/D		
25		E/D			75		E/D		
26		E/D			76		E/D		
27		E/D			77		E/D		
28		E/D			78		E/D		
29		E/D			79		E/D		
30		E/D			80		E/D		
31		E/D			81		E/D		
32		E/D			82		E/D		
33		E/D			83		E/D		
34		E/D			84		E/D		
35		E/D			85		E/D		
36		E/D			86		E/D		
37		E/D			87		E/D		
38		E/D			88		E/D		
39		E/D			89		E/D		
40		E/D			90		E/D		
41		E/D			91		E/D		
42		E/D			92		E/D		
43		E/D			93		E/D		
44		E/D			94		E/D		
45		E/D			95		E/D		
46		E/D			96		E/D		
47		E/D			97		E/D		
48		E/D			98		E/D		
49		E/D			99		E/D		
50		E/D			100		E/D		
Dead wood measurement									
	Species	S/F	DBH (1.3m)			Species	S/F	DBH (1	
1		S/F		6			S/F		
2		S/F		7			S/F		
3		S/F		8			S/F		
4		S/F		9			S/F		
5		S/F		10			S/F		
S: stand F: fallen									

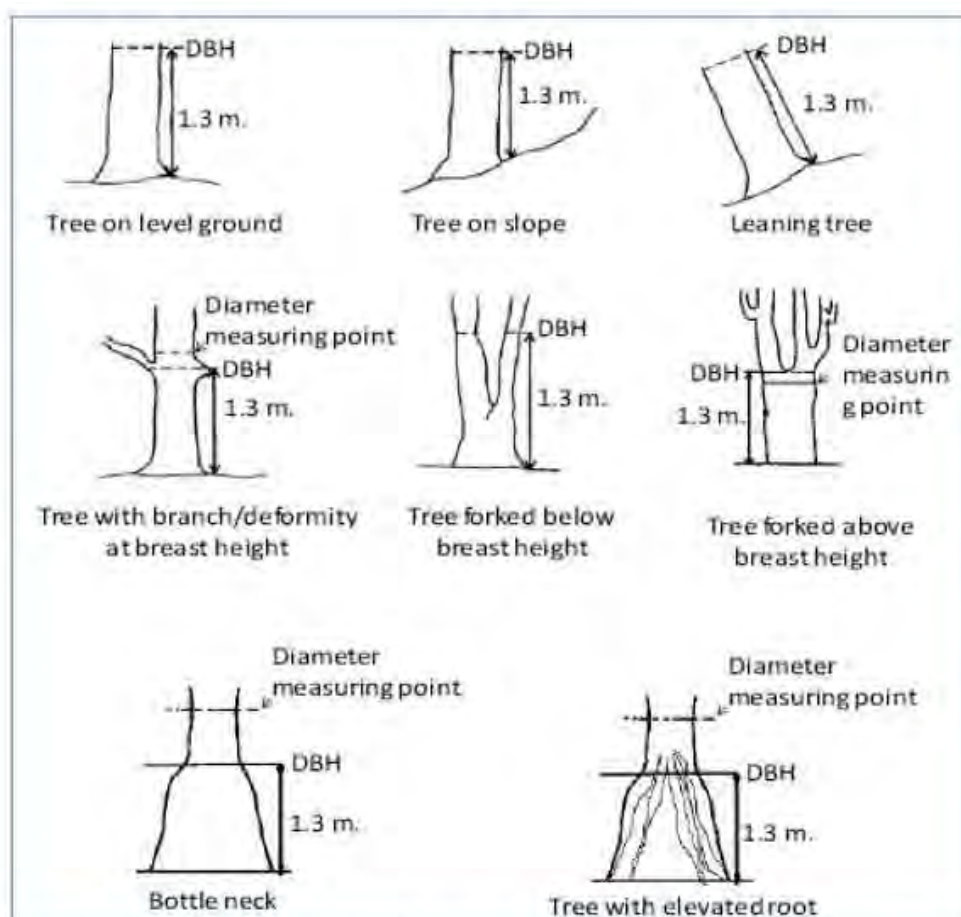


Figure 1: Measuring DBH of trees. (Source: Bhishma et al, 2010)

Stage-3 の調査マニュアル



段階	目的	実施者	調査手法
Stage-1	焼畑地の境界測量	村民	GPS による境界測量
Stage-2	休閑地の成長モニタリング（16 年未満）	村民	方形プロット
Stage-3	休閑地の成長モニタリング（16 年以上）	村民	円形プロット（簡易方式）
Stage-4	天然林の成長モニタリング	PAFO/DAFO	円形プロット（詳細方式）

6. Stage-3(休閑地で焼畑後 16 年以上経過した箇所)

6.1. 概要

休閑期間が 16 年を過ぎたところで円形プロットを用いた標準地法を採用する。この年数あたりでは高木層を形成する樹木が発達する段階である。そのため精度を確保した調査のためには一定の面積が必要となるが、方形プロットは測量技術を要する。そこで、測量技術を要しないように工夫した紐を使った円形プロットを策設することとする。



写真-3 焼畑後 16 年以上経過した森林

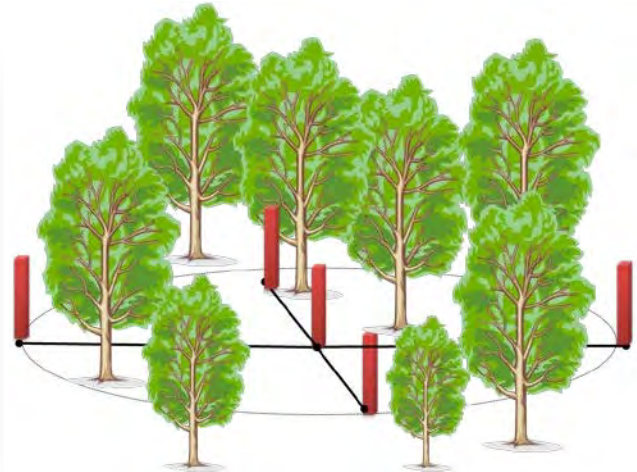


図-6 円形プロットによる調査

6.2. 実施者

基本的には森林所有者自身が行うが、場合によっては村落グループに設立する PFM チームなどの支援や PAFO や DAFO などの行政専門家の支援などを活用する。

6.3. 収集情報

所有者、調査年次、休閑年数、面積、立木本数、ha あたり本数、円形プロットの中心座標を調査する。

6.4. 野帳

休閑期間が 16 年を過ぎた箇所における調査野帳を ANNEX-2 に示す。この野帳のうち円形プロット設定の部分を使うこととする。

Implementation Manual for Participatory Forest Monitoring

Objective	To set up plots in which measurements will be taken																																	
Result	Random sample plots located																																	
Responsibility	PFM team																																	
Materials/ equipment	For making Square Plots for temporary sampling plot · GPS · Tape measure (50m) · Binding materials (substitution of rope) · Stakes (use fallen branches at the field) · Compass · Spray ink · Tape for marking the way to go																																	
Implementati on	Establishing the plot · Navigate to predetermined latitude and longitude using a GPS. · The sampling plots are located at random locations in the forest. · Care should be taken to use representative locations (i.e. neither too dense nor too open, flat versus slope, etc.). · The slope of the plot is recorded using the clinometer. The dimension of the plot is dependent on the type and condition of the forest. <table border="1"> <thead> <tr> <th>Type</th><th>Condition</th><th></th><th>Size (radius)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="7">Natural</td><td colspan="2">10 or more trees with DBH >5cm</td><td>500m² (12.62m)</td></tr> <tr> <td rowspan="2">Less than 10 trees with DBH >5cm</td><td>25 or more trees with DBH <5cm</td><td>500m² (12.62m)</td></tr> <tr> <td>Less than 25 trees with DBH <5cm</td><td>1,000m² (17.84m)</td></tr> <tr> <td colspan="2">No trees with DBH >5cm</td><td>500m² (12.62m)</td></tr> <tr> <td colspan="2">Bamboo</td><td>100m² (5.64m)</td></tr> <tr> <td rowspan="2">Mixed forest</td><td>Tree – bamboo</td><td>500m² (12.62m)</td></tr> <tr> <td>Bamboo – tree</td><td>100m² (5.64m)</td></tr> <tr> <td rowspan="2">Plantation</td><td colspan="2">Irregularly spaced</td><td>As above for trees or bamboo</td></tr> <tr> <td colspan="2">Regularly spaced</td><td>5 rows x 5 trees</td></tr> </tbody> </table> · The stake with attached rope is driven into the ground in the center of the plot (except for the regularly spaced plantation). · Depending on the plot size, a knot is made in the rope to indicate the limit of the plot (this can also be prepared by the facilitators in the office; use colored bands to indicate the distance).			Type	Condition		Size (radius)	Natural	10 or more trees with DBH >5cm		500m ² (12.62m)	Less than 10 trees with DBH >5cm	25 or more trees with DBH <5cm	500m ² (12.62m)	Less than 25 trees with DBH <5cm	1,000m ² (17.84m)	No trees with DBH >5cm		500m ² (12.62m)	Bamboo		100m ² (5.64m)	Mixed forest	Tree – bamboo	500m ² (12.62m)	Bamboo – tree	100m ² (5.64m)	Plantation	Irregularly spaced		As above for trees or bamboo	Regularly spaced		5 rows x 5 trees
Type	Condition		Size (radius)																															
Natural	10 or more trees with DBH >5cm		500m ² (12.62m)																															
	Less than 10 trees with DBH >5cm	25 or more trees with DBH <5cm	500m ² (12.62m)																															
		Less than 25 trees with DBH <5cm	1,000m ² (17.84m)																															
	No trees with DBH >5cm		500m ² (12.62m)																															
	Bamboo		100m ² (5.64m)																															
	Mixed forest	Tree – bamboo	500m ² (12.62m)																															
		Bamboo – tree	100m ² (5.64m)																															
Plantation	Irregularly spaced		As above for trees or bamboo																															
	Regularly spaced		5 rows x 5 trees																															

Implementation Manual for Participatory Forest Monitoring

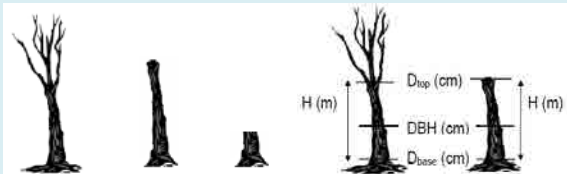
PLOT SETTING	
Plot ID# :	Page – (1)
District :	Date : / / 20
Village :	Start time : :
Crew chief :	End time : :
Data recorded by :	Total time : mi
# people in crew :	
Plot location	
GPS : X	
Y	
Plot setting	
radius : 5 / 7.5 / 10 / 15	m
area :	m ²
Slope :	degree
Forest	
Forest Type :	Evergreen Forest / Decidius Forest
Select the environmental situation:	
near the the road	
near the river	



Implementation Manual for Participatory Forest Monitoring

Objective	Measure the standing of trees and bamboo
Result	Forest properties measured for plot-wise above-ground biomass calculation
Responsibility	PFM team (villagers)
Materials/ equipment	· Tree Poles (Use bamboo of 1.5m and mark DBH at 1.3m) · Diameter tape · Chalk sticks · Writing board with paper forms
Implementation	⑨ Assign one person to record the data and make him/her stand in the center. All others should be measuring and marking trees. ⑩ Start measuring from North and the first trees. After the measuring, a chalk mark should be placed around the tree to be seen from any directions. <The case for natural forests with trees> ⑪ Measure the DBH of every tree with DBH >5cm using the diameter tape. (If the tree is on the edge of the plot, only record it if the center is inside the plot.) ⑫ Record the BDS in centimeter. ⑬ Record the name of the tree if it can be identified(based on tree naming system developed prior to field data collection) ⑭ If the tree is on a slope, forked, leaning, etc. use the appropriate height for measurement from the figure <u>on the next page</u>. ⑮ Tally every tree that has a DBH <5cm (i.e. count the total number of small trees in the plot; do not measure them). ⑯ Repeat until the first marked tree is encountered. <Other cases if necessary> For natural forests with bamboo : · Bamboo is measured by age and average height, if possible. Age of bamboo can be determined using the information in the annex. · If the bamboo is monopodial (single stem), DBH is measured as for trees. · If the bamboo is growing sympodial (in a culm), DBH of 10 individual stems in each culm (spread out over the culm) is taken, as well as the DBH of the entire culm For mixed forests: · Use the approach for trees and bamboo as specified above. · Use separate forms for the trees and bamboo (monopodial or sympodial). For plantations, regularly spaced: · Record the distance between the rows and between trees within rows. · Record the DBH of 5 trees in 5 adjacent rows in centimeter. · Record the height of these trees where possible. · Record the species.

Implementation Manual for Participatory Forest Monitoring

Objective	To take measurements of the standing dead wood
Result	Standing dead wood measured
Responsibility	PFM team
Materials/ equipment	• Poles • Measuring tape • Clinometer
Implementation	• “Standing dead wood” refers to trees that have died but are still upright. • Measurement of standing dead wood takes place concurrently with live tree measurements. • There are 2 classes of trees for standing dead wood. <Class1>  Dead tree with branches and twigs and resembles a live tree except for absence of leaves • Measure DBH (same as measuring live trees) • Write as “Dead” on datasheet. <Class 2>  Trees ranging from those containing small and large branches to those with bole only. • Measure DBH using methods for live trees • Measure Diameter at the base of the tree • Measure Diameter at the top (cm) , if possible. Alternatively, do not take a measurement at the top and write “None” on datasheet.

Implementation Manual for Participatory Forest Monitoring

TREE MEASUREMENT (Live Tree)										
Plot ID#		:	page-()		Date	:	/	/	2013	
Data recorded by					:	Start time				
Live Tree measurements (DBH>5cm)										
Tree #	Species	E/D	DBH (cm)	remarks	Tree #	Species	EG/DD	DBH (cm)		
1		E/D			51		E/D			
2		E/D			52		E/D			
3		E/D			53		E/D			
4		E/D			54		E/D			
5		E/D			55		E/D			
6		E/D			56		E/D			
7		E/D			57		E/D			
8		E/D			58		E/D			
9		E/D			59		E/D			
10		E/D			60		E/D			
11		E/D			61		E/D			
12		E/D			62		E/D			
13		E/D			63		E/D			
14		E/D			64		E/D			
15		E/D			65		E/D			
16		E/D			66		E/D			
17		E/D			67		E/D			
18		E/D			68		E/D			
19		E/D			69		E/D			
20		E/D			70		E/D			
21		E/D			71		E/D			
22		E/D			72		E/D			
23		E/D			73		E/D			
24		E/D			74		E/D			
25		E/D			75		E/D			
26		E/D			76		E/D			
27		E/D			77		E/D			
28		E/D			78		E/D			
29		E/D			79		E/D			
30		E/D			80		E/D			
31		E/D			81		E/D			
32		E/D			82		E/D			
33		E/D			83		E/D			
34		E/D			84		E/D			
35		E/D			85		E/D			
36		E/D			86		E/D			
37		E/D			87		E/D			
38		E/D			88		E/D			
39		E/D			89		E/D			
40		E/D			90		E/D			
41		E/D			91		E/D			
42		E/D			92		E/D			
43		E/D			93		E/D			
44		E/D			94		E/D			
45		E/D			95		E/D			
46		E/D			96		E/D			
47		E/D			97		E/D			
48		E/D			98		E/D			
49		E/D			99		E/D			
50		E/D			100		E/D			
Dead wood measurement										
	Species	S/F	DBH (1.3m)			Species	S/F	DBH (1		
1		S/F			6		S/F			
2		S/F			7		S/F			
3		S/F			8		S/F			
4		S/F			9		S/F			
5		S/F			10		S/F			
S: stand F: fallen										

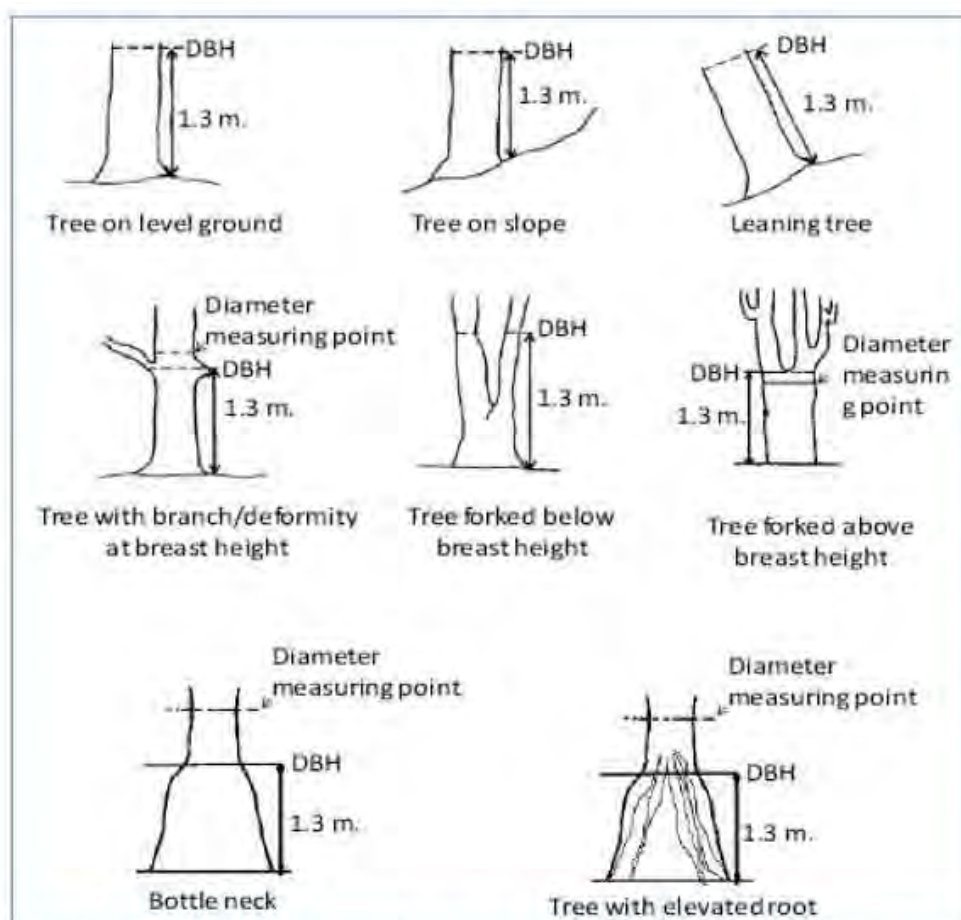


Figure 1: Measuring DBH of trees. (Source: Bhishma et al, 2010)

Stage-4 の調査マニュアル

段階	目的	実施者	調査手法
Stage-1	焼畑地の境界測量	村民	GPS による境界測量
Stage-2	休閑地の成長モニタリング（16 年未満）	村民	方形プロット
Stage-3	休閑地の成長モニタリング（16 年以上）	村民	円形プロット（簡易方式）
Stage-4	天然林の成長モニタリング	PAFO/DAFO	円形プロット（詳細方式）



7. Stage-4(天然林の成長モニタリング)

7.1. 概要

Stage-1 から 3 までは焼畑農業のサイクルの中でのモニタリングを示したものである。一方 Sage-4 は焼畑農業のサイクルから外れて、半永久的に森林として保護される箇所におけるモニタリングを対象としている。これに該当する箇所としては国立公園の域内や聖地として保護されている埋葬林などが挙げられる。計測対象木の胸高直径も大きくなり、比較的大きな円形プロットを設定する必要がある。

7.2. 実施者

焼畑農業地と異なる森林域であり、そもそもの所有者が不明確である場合が多い。国立公園の域内であれば PAFO や DAFO など専門家による調査が望ましいだろう。また、埋葬林などの場合は所属する村落が関与しながら PAFO や DAFO が調査することになると推察される。

7.3. 収集情報

森林利用形態、調査年次、休閑年数、面積、立木本数、ha あたり本数を調査する。円形プロットを中心座標。

7.4. 野帳

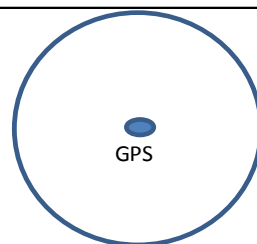
天然林として保護されている箇所における調査野帳を以下に示す。この野帳のうち円形プロット設定の部分を使うこととする。

Implementation Manual for Participatory Forest Monitoring

Objective	To set up plots in which measurements will be taken																																	
Result	Random sample plots located																																	
Responsibility	PFM team																																	
Materials/ equipment	For making Square Plots for temporary sampling plot · GPS · Tape measure (50m) · Binding materials (substitution of rope) · Stakes (use fallen branches at the field) · Compass · Spray ink · Tape for marking the way to go																																	
Implementation	Establishing the plot · Navigate to predetermined latitude and longitude using a GPS. · The sampling plots are located at random locations in the forest. · Care should be taken to use representative locations (i.e. neither too dense nor too open, flat versus slope, etc.). · The slope of the plot is recorded using the clinometer. The dimension of the plot is dependent on the type and condition of the forest. <table border="1"> <thead> <tr> <th>Type</th><th>Condition</th><th></th><th>Size (radius)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="7">Natural</td><td colspan="2">10 or more trees with DBH >5cm</td><td>500m² (12.62m)</td></tr> <tr> <td rowspan="2">Less than 10 trees with DBH >5cm</td><td>25 or more trees with DBH <5cm</td><td>500m² (12.62m)</td></tr> <tr> <td>Less than 25 trees with DBH <5cm</td><td>1,000m² (17.84m)</td></tr> <tr> <td colspan="2">No trees with DBH >5cm</td><td>500m² (12.62m)</td></tr> <tr> <td colspan="2">Bamboo</td><td>100m² (5.64m)</td></tr> <tr> <td rowspan="2">Mixed forest</td><td>Tree – bamboo</td><td>500m² (12.62m)</td></tr> <tr> <td>Bamboo – tree</td><td>100m² (5.64m)</td></tr> <tr> <td rowspan="2">Plantation</td><td colspan="2">Irregularly spaced</td><td>As above for trees or bamboo</td></tr> <tr> <td colspan="2">Regularly spaced</td><td>5 rows x 5 trees</td></tr> </tbody> </table> · The stake with attached rope is driven into the ground in the center of the plot (except for the regularly spaced plantation). · Depending on the plot size, a knot is made in the rope to indicate the limit of the plot (this can also be prepared by the facilitators in the office; use colored bands to indicate the distance).			Type	Condition		Size (radius)	Natural	10 or more trees with DBH >5cm		500m ² (12.62m)	Less than 10 trees with DBH >5cm	25 or more trees with DBH <5cm	500m ² (12.62m)	Less than 25 trees with DBH <5cm	1,000m ² (17.84m)	No trees with DBH >5cm		500m ² (12.62m)	Bamboo		100m ² (5.64m)	Mixed forest	Tree – bamboo	500m ² (12.62m)	Bamboo – tree	100m ² (5.64m)	Plantation	Irregularly spaced		As above for trees or bamboo	Regularly spaced		5 rows x 5 trees
Type	Condition		Size (radius)																															
Natural	10 or more trees with DBH >5cm		500m ² (12.62m)																															
	Less than 10 trees with DBH >5cm	25 or more trees with DBH <5cm	500m ² (12.62m)																															
		Less than 25 trees with DBH <5cm	1,000m ² (17.84m)																															
	No trees with DBH >5cm		500m ² (12.62m)																															
	Bamboo		100m ² (5.64m)																															
	Mixed forest	Tree – bamboo	500m ² (12.62m)																															
		Bamboo – tree	100m ² (5.64m)																															
Plantation	Irregularly spaced		As above for trees or bamboo																															
	Regularly spaced		5 rows x 5 trees																															

Implementation Manual for Participatory Forest Monitoring

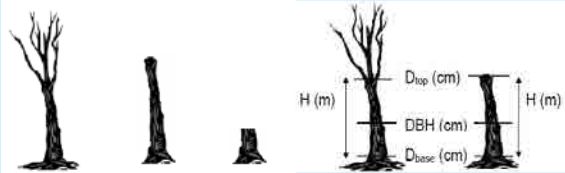
PLOT SETTING		
Plot ID#	:	Page – (1)
District	:	Date : / / 20
Village	:	Start time : :
Crew chief	:	End time : :
Data recorded by	:	Total time : m
# people in crew	:	
Plot location		
GPS :	X	
	Y	
Plot setting		
radius	:	5 / 7.5 / 10 / 15 m
area	:	m ²
Slope	:	degree
Forest		
Forest Type	:	Evergreen Forest / Decidius Forest
Select the environmental situation:		
near the the road		
near the river		



Implementation Manual for Participatory Forest Monitoring

Objective	Measure the standing of trees and bamboo
Result	Forest properties measured for plot-wise above-ground biomass calculation
Responsibility	PFM team
Materials/ equipment	· Tree Poles (Use bamboo of 1.5m and mark DBH at 1.3m) · Diameter tape · Chalk sticks · Writing board with paper forms
Implementation	⑰ Assign one person to record the data and make him/her stand in the center. All others should be measuring and marking trees. ⑱ Start measuring from North and the first trees. After the measuring, a chalk mark should be placed around the tree to be seen from any directions. <The case for natural forests with trees> ⑲ Measure the DBH of every tree with DBH >5cm using the diameter tape. (If the tree is on the edge of the plot, only record it if the center is inside the plot.) ⑳ Record the BDS in centimeter. 21 Record the name of the tree if it can be identified(based on tree naming system developed prior to field data collection) 22 If the tree is on a slope, forked, leaning, etc. use the appropriate height for measurement from the figure <u>on the next page</u>. 23 Tally every tree that has a DBH <5cm (i.e. count the total number of small trees in the plot; do not measure them). 24 Repeat until the first marked tree is encountered. <Other cases if necessary> For natural forests with bamboo : · Bamboo is measured by age and average height, if possible. Age of bamboo can be determined using the information in the annex. · If the bamboo is monopodial (single stem), DBH is measured as for trees. · If the bamboo is growing sympodial (in a culm), DBH of 10 individual stems in each culm (spread out over the culm) is taken, as well as the DBH of the entire culm For mixed forests: · Use the approach for trees and bamboo as specified above. · Use separate forms for the trees and bamboo (monopodial or sympodial). For plantations, regularly spaced: · Record the distance between the rows and between trees within rows. · Record the DBH of 5 trees in 5 adjacent rows in centimeter. · Record the height of these trees where possible. · Record the species.

Implementation Manual for Participatory Forest Monitoring

Objective	To take measurements of the standing dead wood
Result	Standing dead wood measured
Responsibility	PFM team
Materials/ equipment	• Poles • Measuring tape • Clinometer
Implementation	• “Standing dead wood” refers to trees that have died but are still upright. • Measurement of standing dead wood takes place concurrently with live tree measurements. • There are 2 classes of trees for standing dead wood. <Class1>  Dead tree with branches and twigs and resembles a live tree except for absence of leaves • Measure DBH (same as measuring live trees) • Write as “Dead” on datasheet. <Class 2>  Trees ranging from those containing small and large branches to those with bole only. • Measure DBH using methods for live trees • Measure Diameter at the base of the tree • Measure Diameter at the top (cm) , if possible. Alternatively, do not take a measurement at the top and write “None” on datasheet.

Implementation Manual for Participatory Forest Monitoring

TREE MEASUREMENT (Live Tree)										
Plot ID#		:	page-()		Date	:	/	/	2013	
Data recorded by					:	Start time				
Live Tree measurements (DBH>5cm)										
Tree #	Species	E/D	DBH (cm)	remarks	Tree #	Species	EG/DD	DBH (cm)		
1		E/D			51		E/D			
2		E/D			52		E/D			
3		E/D			53		E/D			
4		E/D			54		E/D			
5		E/D			55		E/D			
6		E/D			56		E/D			
7		E/D			57		E/D			
8		E/D			58		E/D			
9		E/D			59		E/D			
10		E/D			60		E/D			
11		E/D			61		E/D			
12		E/D			62		E/D			
13		E/D			63		E/D			
14		E/D			64		E/D			
15		E/D			65		E/D			
16		E/D			66		E/D			
17		E/D			67		E/D			
18		E/D			68		E/D			
19		E/D			69		E/D			
20		E/D			70		E/D			
21		E/D			71		E/D			
22		E/D			72		E/D			
23		E/D			73		E/D			
24		E/D			74		E/D			
25		E/D			75		E/D			
26		E/D			76		E/D			
27		E/D			77		E/D			
28		E/D			78		E/D			
29		E/D			79		E/D			
30		E/D			80		E/D			
31		E/D			81		E/D			
32		E/D			82		E/D			
33		E/D			83		E/D			
34		E/D			84		E/D			
35		E/D			85		E/D			
36		E/D			86		E/D			
37		E/D			87		E/D			
38		E/D			88		E/D			
39		E/D			89		E/D			
40		E/D			90		E/D			
41		E/D			91		E/D			
42		E/D			92		E/D			
43		E/D			93		E/D			
44		E/D			94		E/D			
45		E/D			95		E/D			
46		E/D			96		E/D			
47		E/D			97		E/D			
48		E/D			98		E/D			
49		E/D			99		E/D			
50		E/D			100		E/D			
Dead wood measurement										
	Species	S/F	DBH (1.3m)			Species	S/F	DBH (1		
1		S/F			6		S/F			
2		S/F			7		S/F			
3		S/F			8		S/F			
4		S/F			9		S/F			
5		S/F			10		S/F			
S: stand F: fallen										

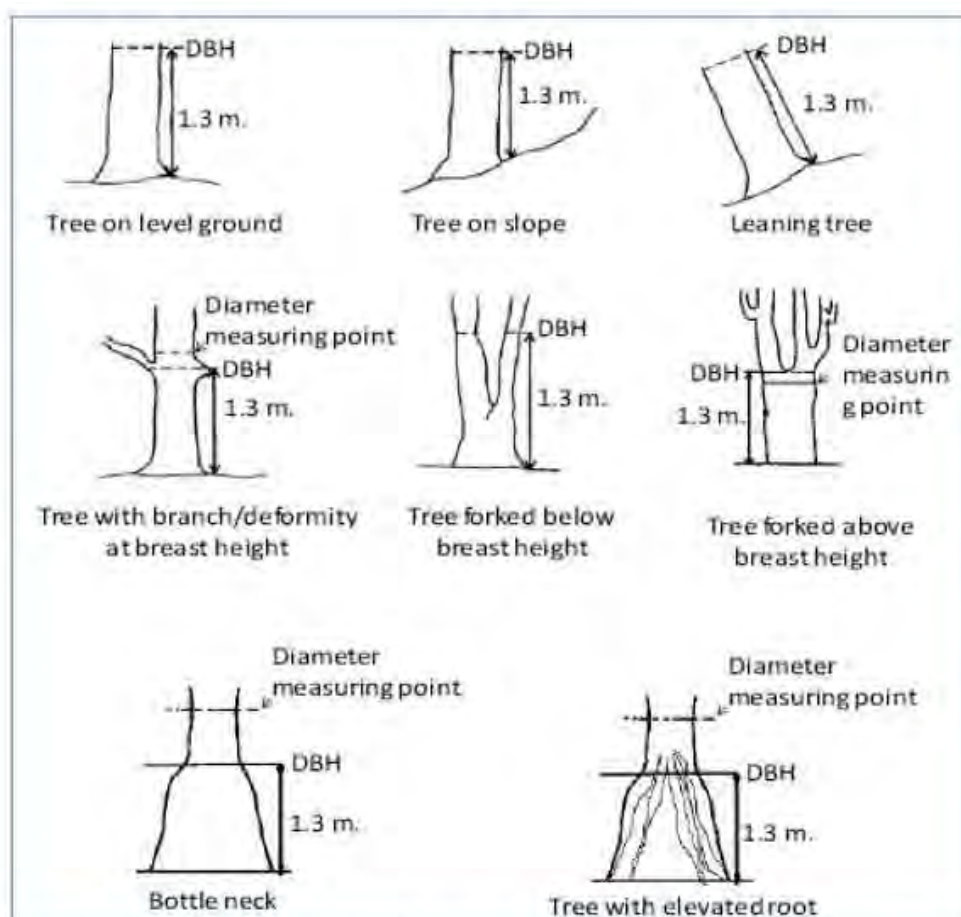


Figure 1: Measuring DBH of trees. (Source: Bhishma et al, 2010)

**ラオス国森林減少抑制のための
参加型土地・森林管理プロジェクトに係る
REDD+認証・登録支援業務**

**技術成果報告書
「森林動態の解析結果」**

平成 26 年 10 月（2014 年 10 月）

独立行政法人国際協力機構（JICA）

三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング株式会社

一般社団法人日本森林技術協会

ラオス国森林減少抑制のための参加型土地・森林管理プロジェクトに係る REDD+認証・登録支援業務
技術協力成果品「森林動態の解析結果」

ラオス国森林減少抑制のための
参加型土地・森林管理プロジェクトに係る
REDD+認証・登録支援業務

技術協力成果品
「森林動態の解析結果」

-目次-

第1章 調査の目的.....	1
第2章 モニタリング対象の明確化.....	3
1. 対象地における森林動態の特徴.....	3
2. 衛星画像の解析方針.....	4
3. 現地調査の概要.....	5
第3章 調査方法.....	8
1. 衛星画像の解析方針(分類対象の土地・森林タイプの設定).....	8
2. 光学センサー画像による補足的な解析.....	10
3. 焼畑地の抽出方法.....	12
第4章 結果(森林動態の特定).....	27
参考資料 1 衛星画像とフィールド調査での森林区分判読の相違.....	29
参考資料 2 ルアンプラバン県における森林動態.....	31
参考資料 3 ポンサイ郡における森林動態.....	48

ラオス国森林減少抑制のための参加型土地・森林管理プロジェクトに係る REDD+認証・登録支援業務
技術協力成果品「森林動態の解析結果」

第1章 調査の目的

本業務では、ルアンプラバン県全域及びポンサイ郡ホアイキン村落クラスターを対象に参照レベルの設定を進めたが、参照レベルを設定するためには、別途実施した衛星画像解析によって得られた経年的な森林タイプごとの面積変化に、森林タイプごとの単位面積あたり炭素ストック量（本業務における排出係数）を乗じることによって、森林タイプごとの経年的な炭素ストック量の動態を算定することが求められた（図1）。その結果として、対象地において森林タイプごとに面積変化した場合（森林タイプが変化した場合）の炭素ストック量の増減（排出または吸収）が求められ、その傾向が参照レベル算定の基礎となるという認識の下で作業を進めた。

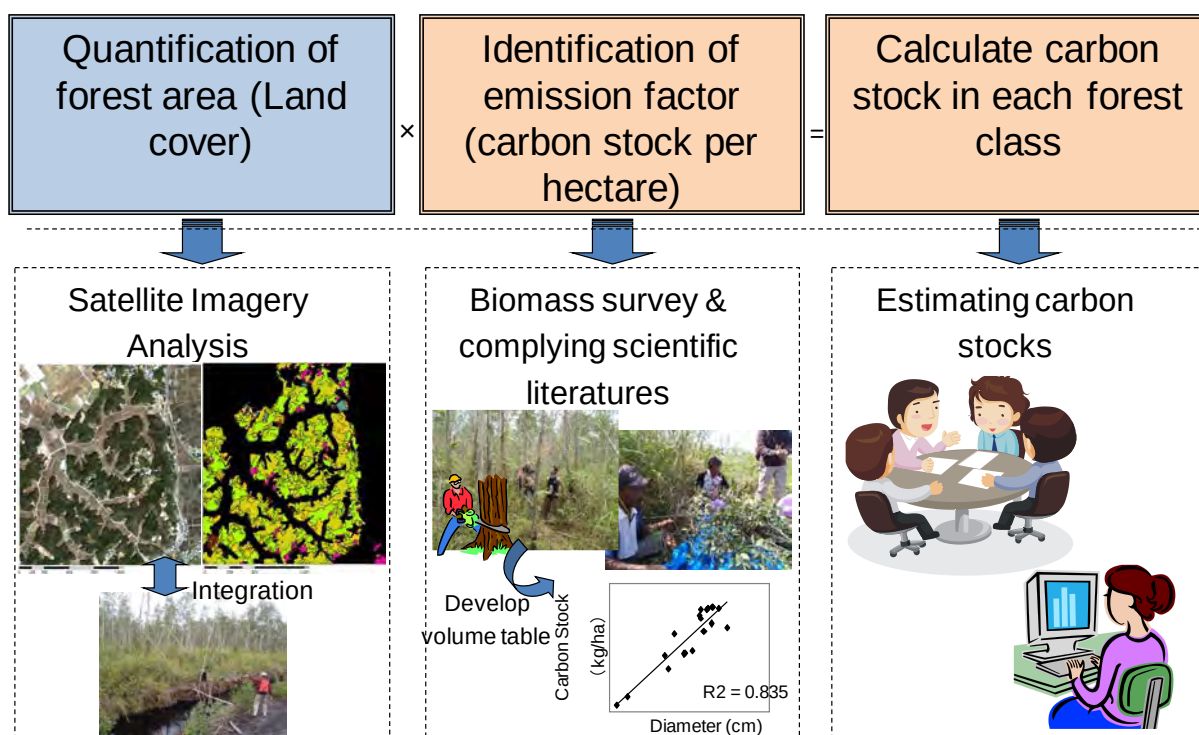


図1 森林タイプごとの炭素ストック量の算定フロー

以上より、排出係数とは狭義には森林における炭素蓄積量に関する係数のうち、幹材積、材積からバイオマスへの換算係数、幹バイオマスから枝葉バイオマスへの換算係数（拡大係数）と細分化されるが、広義には森林タイプごとに示される面積あたりの炭素ストック量を指す。

本業務では、以上の狭義と広義の双方の観点から、森林タイプそれぞれの炭素ストック量を定量化することが参照レベルの設定にあたって必要であると認識し、そのために排出係数の開発を進めた。なお、参照レベルの設定は、技術協力成果品「森林プロット調査の取りまとめ結果」、技術協力成果品「標本木調査の取りまとめ結果」、そして本技術協力成果品の3つを活用することで進めたが、3つの技術協力成果品の関係は以下の通りとなる（図2）。そして、3つの技術協力成果品により得られた参照レベルは、業務完了報告書に整理した。

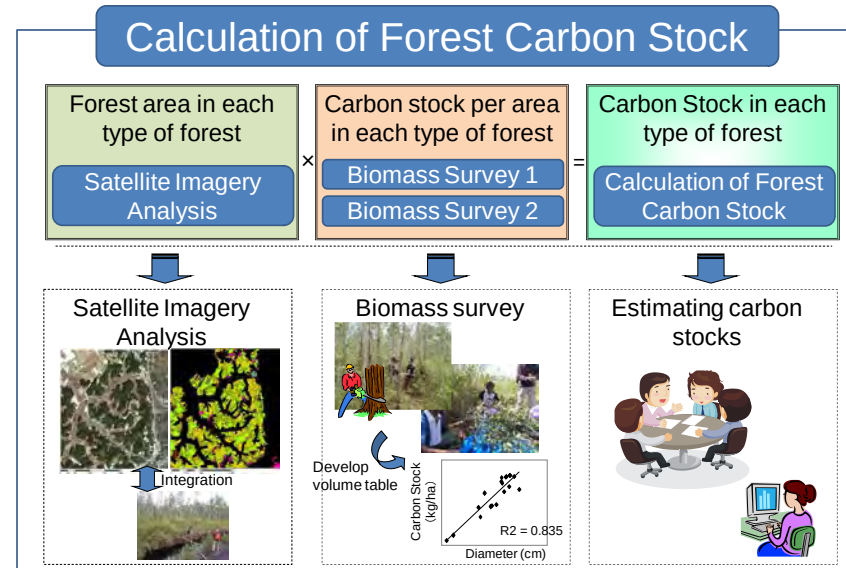
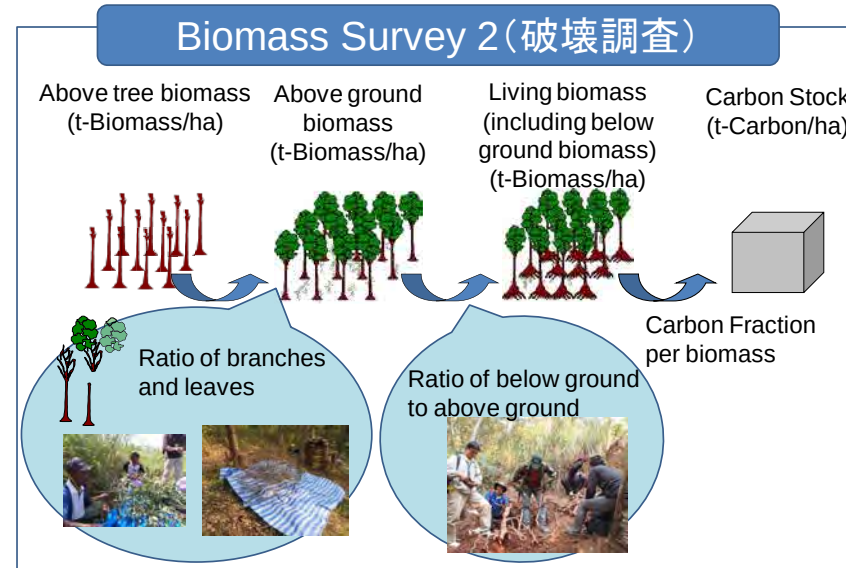
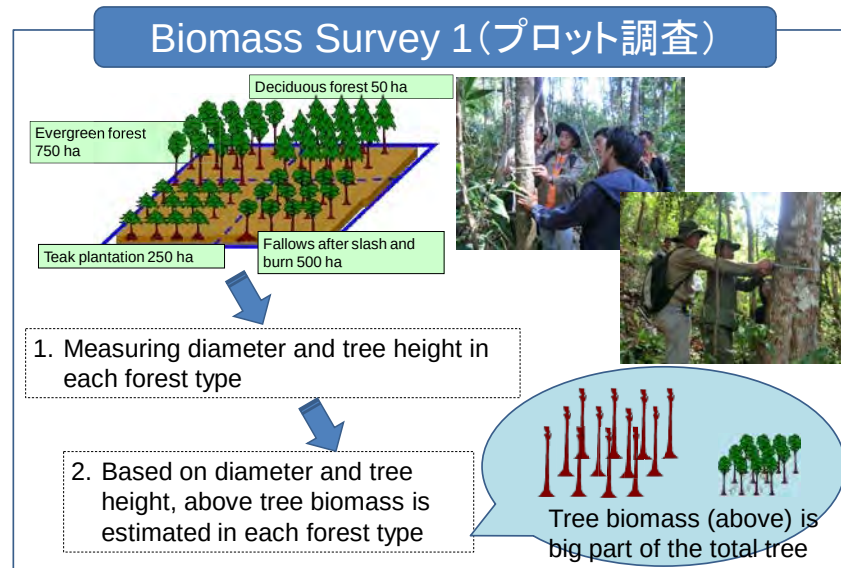
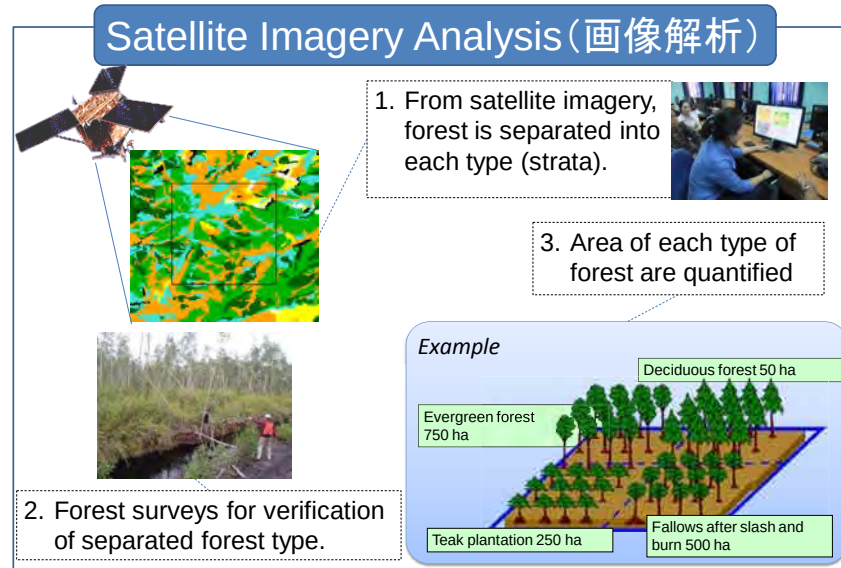


図 2 技術協力成果品の関係

第2章 モニタリング対象の明確化

1. 対象地における森林動態の特徴

本業務の対象地における森林減少・劣化の主因は、焼畑農業における休閑期間の短期化と新規地域への拡大である（詳細は技術協力成果品「社会経済調査の取りまとめ結果」を参照されたい）。前者は休閑期間に入り森林化への遷移をたどる過程で十分な炭素ストック量になる前に再度焼畑を行うことを意味している。したがって、休閑期間を延長することにより全期間を通じた単位面積当たりの炭素ストック量は増加する。井上ら（2007年）によれば2年、3年、5年、そして10年と休閑期間を延長することで平均炭素ストック量が増加する（図3）。これは、短期の焼畑を繰り返すと平均炭素ストック量は減少する傾向にあり、土地生産力が低下することを意味している。

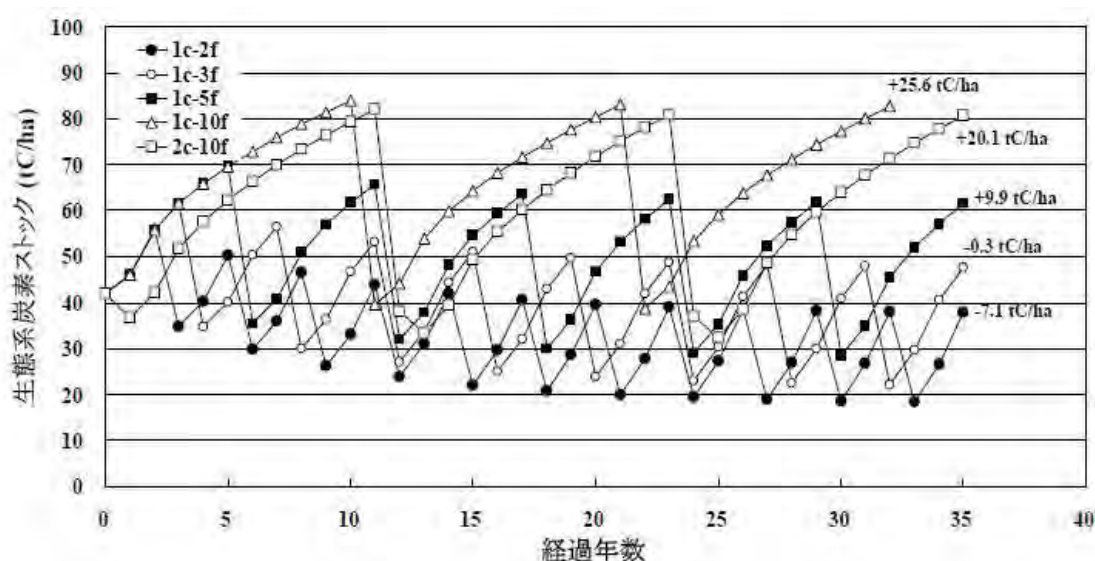


図3 焼畑サイクルの違いによる生態系炭素ストックの動態¹

持続的な森林管理を念頭に置くと、このような収奪的農業を抑制しつつ森林管理を行うことが不可欠である。そのためには水稻技術の普及等による代替となる生計手段を提供しつつ、休閑期間の延伸を試みるのが重要になる。

一方、本業務の対象地では天然生二次林を新規に焼畑地に転換することも行われている。2012年3月初旬に実施した現地調査時のヒアリングによれば、個別農家の世帯数の増加により自家消費用の食糧が不足することから、新規に焼畑地を増やしたという意向を把握した。また、現金収入のためにショウガ、トウモロコシ、パイナップル等の換金作物を栽培している事例も散見され、市場へのアクセスの可能性が農家の焼畑行動パターンに影響を及ぼしていることも示唆された。つまり、大規模市場であるルアンプラバン市街から伸びる道路の開設状況が焼畑地拡大の説明因子と成りうるということが伺えた。

¹井上吉雄ら（2007年） 地球環境総合推進費：農林業生態系を対象とした温室効果ガス吸収排出制御技術の開発と評価（3b） 東南アジア山岳地帯における移動耕作生態系管理法と炭素蓄積機能の改善に関する研究

以上の森林減少・劣化の要因やその背景から、森林モニタリングに必要な視点を以下のように整理した。

1. 天然生二次林の焼畑地への新規転換
2. 焼畑地の休閑期間
3. 説明因子候補としての道路開設
4. 説明因子候補としての人口増加

なお、リモートセンシングを主軸としたモニタリングを考えると「4. 説明因子候補としての人口増加」の情報は社会経済調査からのみ得られる情報として位置づけた。

2. 衛星画像の解析方針

モニタリングの方法論は検出すべき対象に依存し、そのモニタリング対象は「1. 天然生二次林の焼畑地への新規転換」、「2. 焼畑地の休閑期間」、そして「3. 説明因子候補としての道路開設」の3つに集約された。このことを踏まえ、以下にモニタリング方法論に基づいた。

1. 天然生二次林から新規の焼畑地に転換された箇所をモニタリングするためには、過去の衛星データを用いて天然生二次林が保全されているということを明確化すると同時に、新規に焼畑が行われたという変化を抽出することが求められる。
2. 一方、焼畑地の休閑期間が過去にどのような動態を示しているかモニタリングするためには毎年の衛星データを解析し、焼畑箇所を特定することが求められる²。その際、熱帯から亜熱帯地域においては雲の影響が無いリモートセンシング情報を整備することは非常に困難となるため、本業務では SAR データの活用を組み込み、短期間サイクルの焼畑地も検出できる仕組みを検討する必要がある。

なお、衛星データの整備及び解析は図 4 のようにまとめることができた。ここで、環境プログラム無償「FIM」及び「FPP」の活動は全国レベルを対象とした森林分布図の情報整備であるが、本業務の下で作成する森林分布図で取扱う分類項目との整合性等を考慮するため、本業務では FIM 及び FPP で整理される 2010 年、2005 年、2000 年時点の森林分布図を活用することとした。なお、過去への遡りは VCS で示されているベースラインの考え方に基づくこととした。

² 本業務の対象地では、2 年間隔という極めて短い休閑期間もあるため。

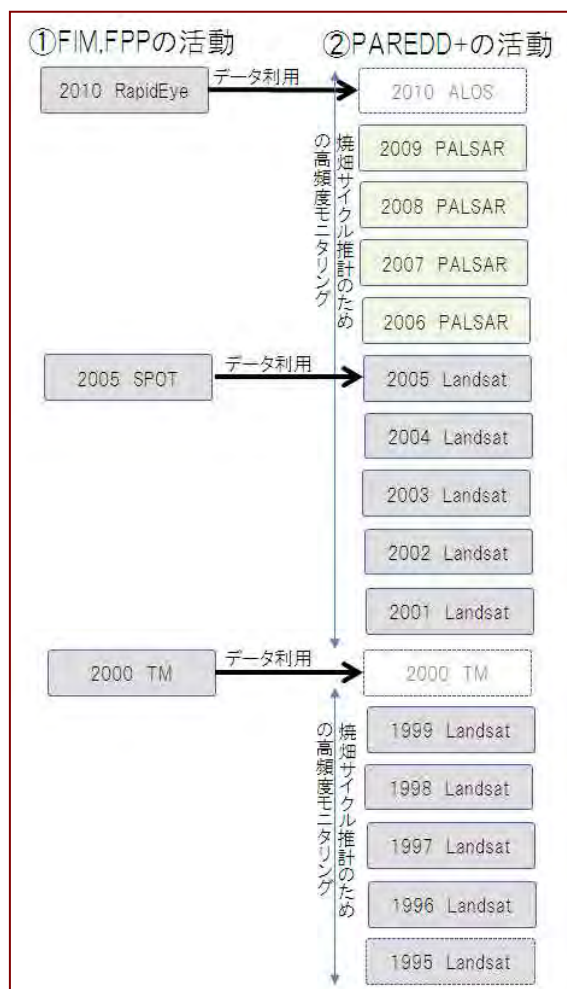


図4 焼畑の休閑期間を考慮した衛星画像の解析パターン

3. 現地調査の概要

3.1 概況踏査の実施

上記で記した衛星画像の解析方針の妥当性や当該地域の森林タイプ特性を把握するための概況踏査を2012年2月12日から2月18日まで行った。GPS計測による概況調査を行った箇所は6点だった(図5の9～15番)。

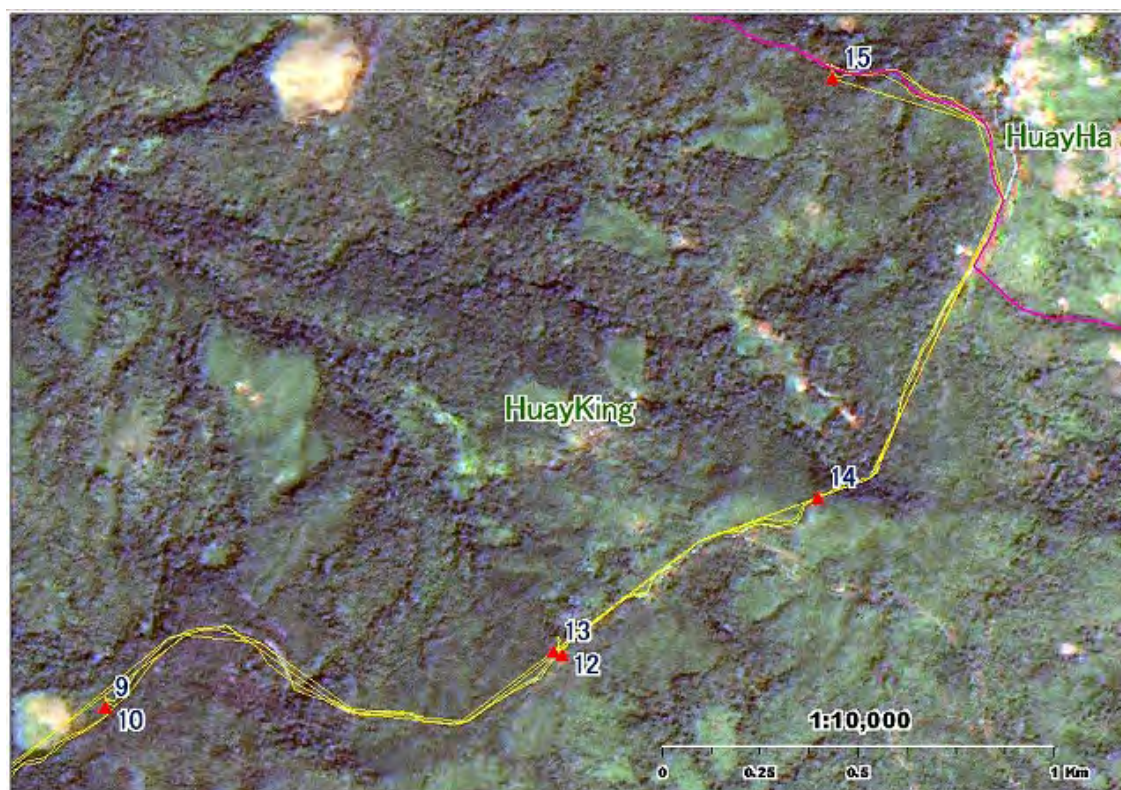


図5 現地概況踏査箇所位置図

また、概況踏査の結果から得られた知見は以下の通りだった。

- ・ 焼畑から森林への回復スピードは相当速い（5年未満）。
- ・ 4～5年で低灌木が侵入し、低層ながらも林冠が閉鎖する灌木密生林へと遷移している。このことから衛星データによる焼畑後の年数を単時点ごとに特定することは非常に難しい。
- ・ 衛星データの整備は極めて短い観測期間（理想的には1年ごと）を適用させることで休閑期間が短い焼畑地の動態を把握することが可能だと示唆された。

以上の概況踏査の情報を元に、後述する第1次現地調査（2012年3月）のための計画を立案した。

3.2 第1次現地調査の実施

本業務における参照レベル設定を進めるにあたり、プロジェクト対象地及び参照エリアとしての設定方法に基づき、森林分布図作成のための Ground truth データ取得を行う目的で、プロジェクト対象地であるホアイキン村落クラスターを中心に第1次現地調査（2012年3～4月）を行った（図6）。調査の視点は、焼畑後の森林の回復スピード（年数）と必要な衛星データの整備間隔を一致させることに置いた。その結果、ホアイキン村落クラスターでは焼畑後の森林回復が非常に早く、短い時間間隔に基づく衛星画像解析が必要であることが改めて示された。この現地調査では Ground truth データとして43点（ホアイキン村落クラスター）が取得された（詳細は巻末の参考資料1を参照されたい）。

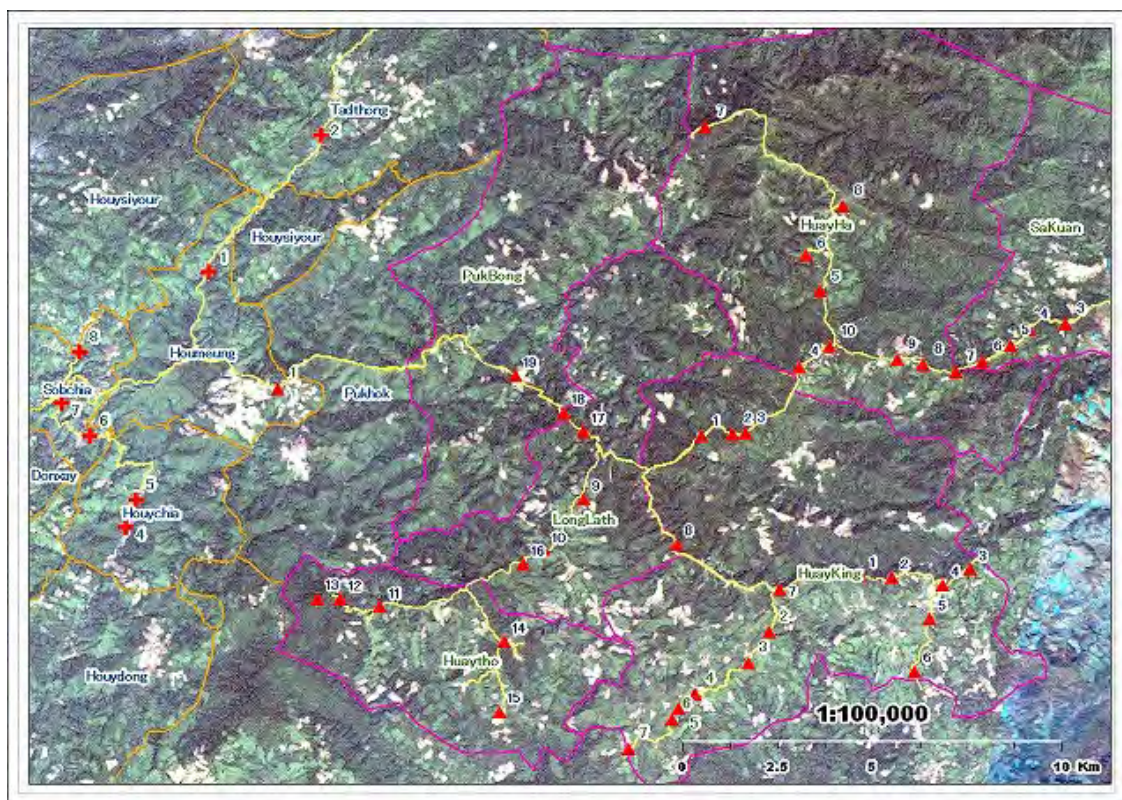


図6 第1次現地調査実施箇所位置図

3.3 第2次現地調査の実施

第1次現地調査で十分調査できなかったソプチア村落クラスターを中心として補完的な現地調査(第2次現地調査(2012年4月))を実施した。なお、この際に FPP と連携した調査を実施し、TA4³の成果から詳細な森林タイプ別の蓄積現状等の情報を得た。

³ FPP の支援内容 5 つのうちの 1 つで、PAREDD プロジェクトの補完的な技術支援を行う(参照レベル設定等)。

第3章 調査方法

1. 衛星画像の解析方針（分類対象の土地・森林タイプの設定）

現地調査の結果に基づき、土地利用の分類項目上の課題点について以下の通り整理した。まず、FIMの活動における分類項目を表1に示した。赤字で示した項目は2005年と2010年で取り扱いが変更された分類項目である。本調査範囲で出現する主な森林の分類項目は Evergreen Forest (EF)、Mixed Evergreen/Deciduous Forest (MED)、Dry Dipterocarp Forest (DD)、Bamboo (B)、Old Fallow (OF)、Young Fallow (YF)、そして Slash and Burn Land (SB) である。なおラオスにおける焼畑地の扱いは、潜在的森林 (Potential Forest) として分類されている。

表1 環境プログラム無償「森林情報センター整備計画 (FIM)」での分類項目一覧

Class Groups	2005 Class Items		2010 Class Items	
Current Forest	Dry Evergreen	EG	Evergreen Forest	EF
	Mixed Deciduous	MD	Deciduous Forest	DF
			Mixed Evergreen/Deciduous Forest	MED
	Dry Dipterocarp	DD	Dry Dipterocarp Forest	DD
	Gallery Forest		-	-
	Coniferous	S	Coniferous Forest	CF
	Mixed Conif/Broadleaved	MS	Mixed Coniferous/Broadleaved Forest	MCB
Potential Forest	Forest Plantation	P	Evergreen Forest Plantation	EP
			Deciduous Forest Plantation	DP
	Bamboo	B	Bamboo	B
	Unstocked	T	Old Fallow Land	OF
Other Wooded Area			Young Fallow Land	YF
	Ray	RA	Slash and Burn Land	SB
Savannah/Open Woodlands	Savannah/Open Woodlands	SH	Savannah/Open Woodland	SA
	Scrub, Heath	SR	Scrub, Heath	SR
Permanent Agriculture Area	Rice Paddy	RP	Rice Paddy	RP
	Agriculture Plantation	AP	Agriculture Plantation	AP
	Other Agriculture Area	OA	Other Agriculture Area	OA
Other Non-Forest Area	Grassland	G	Grassland	G
	Swamp	SW	Swamp	SW
	Rock/Barren Lands	R	Rock	R
			Barren Land	BL
Urban Area	Urban Area	U	Urban Area	U
Water	Water	W	Water	W
Other Land	Other Land	O	Other Land	O
Other	Cloud	C	Cloud	CL
	Shadow	SHA	Shadow	SH

現地調査時に議論となった分類項目は OF 及び YF についてだった。縦軸に単位面積あたり炭素ストック量、横軸に焼畑後の年数をとった場合、OF と YF が一概に焼畑後の年数で定義できないことが明らかとなった。このことは、実施された焼畑が過去何回目のものであるか（継続的だったか否か）ということと、地域的な森林回復の差（土地生産性の差）があることが理由として考えられた。下記の写真は焼畑後の経過年数が同じであるにも関わらず、森林回復のステージが異なっている事例である。



ホアイトー周辺



ホアムアン周辺

このことから、森林の回復モデルを開発する過程においては OF と YF を区別する必要性が無いと思慮されたが、その一方で OF 及び YF 共に SB 後の経過年数は把握されなかった。焼畑の休閑期間を延伸することを REDD プラス活動として位置づけるならば、この情報は REL/RL の構築に不可欠である。この課題は、国ベースの REL/RL 開発と準国ベースやプロジェクトベースにおける REL/RL 開発をどのように位置づけるかという検討課題と、これに関連した分類項目の整合性の検討課題に直結している。このため、この課題については中長期的に検討課題とすることとした。

分類項目に関するもう 1 つの課題は、竹林の分類精度に関する課題だった。ソプチア村落クラスターでは焼畑後の森林回復過程において竹林の侵入が多いということが明らかとなり、ホアイキン村落クラスターと異なる状況であった。



ソプチア村落クラスターでの
竹林の侵入現地写真 1



ソプチア村落クラスターでの
竹林の侵入現地写真 2

竹林の分布形態が純林を形成するようなパターンで分布している場合は、衛星画像を用いて竹林を分類することが可能であるが、常緑林や落葉林と混交している場合は分類することが極めて困難だった。ただし、竹林は天然生二次林と比較して単位面積あたりの炭素ストック量が小さいため、竹林を抽出しない場合は炭素ストック量の過大推計になる恐れがある。このため、竹林の混交率のような取扱で処理することも念頭に置くこととした。

2. 光学センサー画像による補足的な解析

2.1 光学センサー画像の位置づけ

時系列的なデータを用いて土地被覆変化を捉えるためには、各時点の衛星を個別に解析し変化を捉える方法と、期首もしくは期末のデータを解析し、その結果を次の時点比較に用いつつ変化を捉える方法とが考えられた。土地被覆タイプ別の分類精度が高い場合は時点ごとの変化解析でも十分検出精度を保つことができるが、分類精度が低い場合は分類誤差による変化量が真の変化量を超えて計算されることとなり、変化抽出の手法としては適切ではないと考えられた。

本業務では、焼畑が発生したかどうかを極めて短い時間間隔で検出することが目的であり、高い検出精度を保つ必要があった。そのことから、期首もしくは期末の分類結果を次の時点との比較の参照データとして活用する手法を用いることとした。時間軸の方向から考えると期首の土地被覆分類図を作成したのち、順次に次時点のデータとの比較を行う手法が妥当と思われた。しかしながら、期首が LANDSAT TM（30m 解像度）を、期末が ALOS（2.5m 解像度）を用いることとされていることから、ベンチマーク的役割の情報では地上解像度が高いものを選定する方が良いと判断された。このため、期末の土地被覆図を先行して作成し、過去に遡る手法を用いることとした。

次に衛星画像解析の特徴としてオブジェクト指向型分類を行うこととした。これは高解像度衛星のように個別のピクセルが樹冠と樹冠の影等の細かい意味を持っている場合に、これらをひとまとめた林相判読のように一定の林分としてのかたまりを判定するのに適している分類手法である。

オブジェクト指向型分類では、衛星画像を均質な情報ごとに領域分割することが第一歩となる。つまり、オブジェクト指向型分類が実行できるリモートセンシングソフトウェアにおいて、どの程度の領域サイズまで均質なものとみなすかを、ユーザーがパラメータ（Scale Parameter：SP）を与えて決定することになる。SP を小さくすると同一林分を複数に分割してしまうが、SP を大きくすると異なる林分を同一のものとして判断してしまう。SP の設定は調査対象地の森林タイプの複雑さや景観構造の複雑さ等によって決定付けられる。

ALOS 衛星画像に対してオブジェクト指向型分類の適用状況を検討し、その結果から作成した森林分類図は図 7 の通りだった。

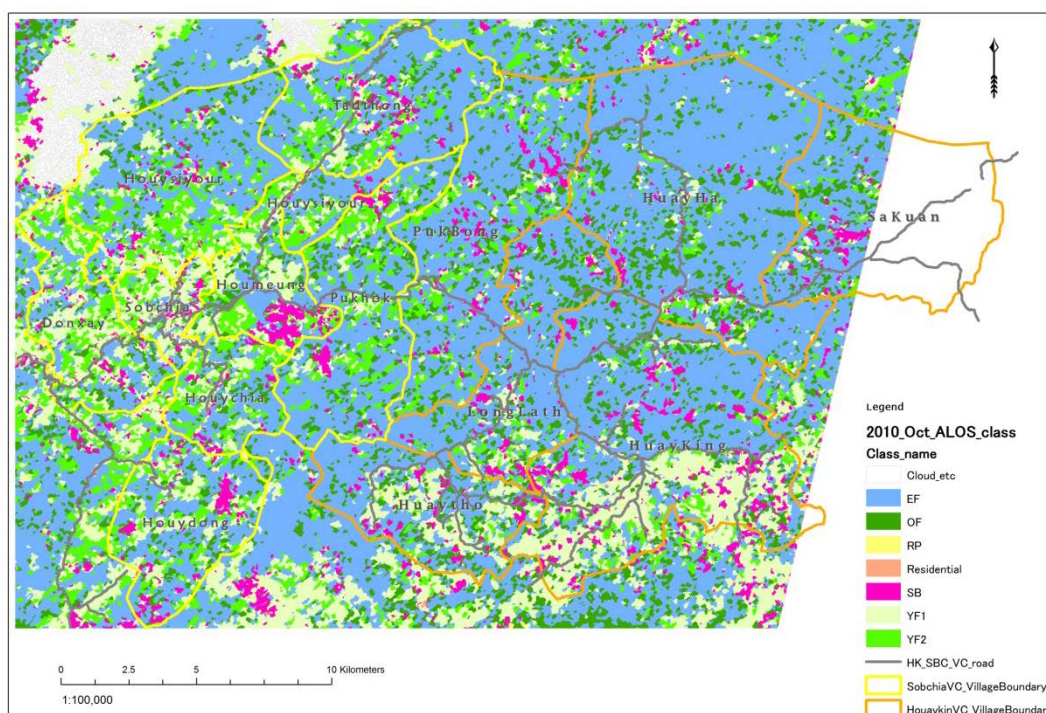


図7 ソプチャ村落群及びホアイキン村落クラスターの森林分類図
(ALOS 衛星 2011 年撮影に基づく)

2.2 光学センサー画像の分類手法

多時点衛星データを用いて森林分類を行う場合、分類精度の一貫性に配慮しなければならない。具体的には、各時点の分類誤差が検出すべき変化量を上回るような状況では、目的の変化傾向をつかむことができなくなること指している。そのことから、解析対象とする年次の前の時点の分類結果を尊重しつつ、変化箇所だけをアップデートするような解析手法が望ましい。上述したようなモニタリング対象を検出するためには、時点間の変化量として新規の焼畑地を抽出することが一義的に求められると言える。そのことから非変化森林箇所については前の時点の分類成果をそのまま活用し、2 時点間の比較で森林から非森林になった箇所を抽出することとした。なお、植林に代表されるような非森林から森林への変化については、リモートセンシングで抽出することが困難であるため、異なる手法を用いることとした。

以上の視点から変化解析手法を図 8 のようなフローとして整理した。

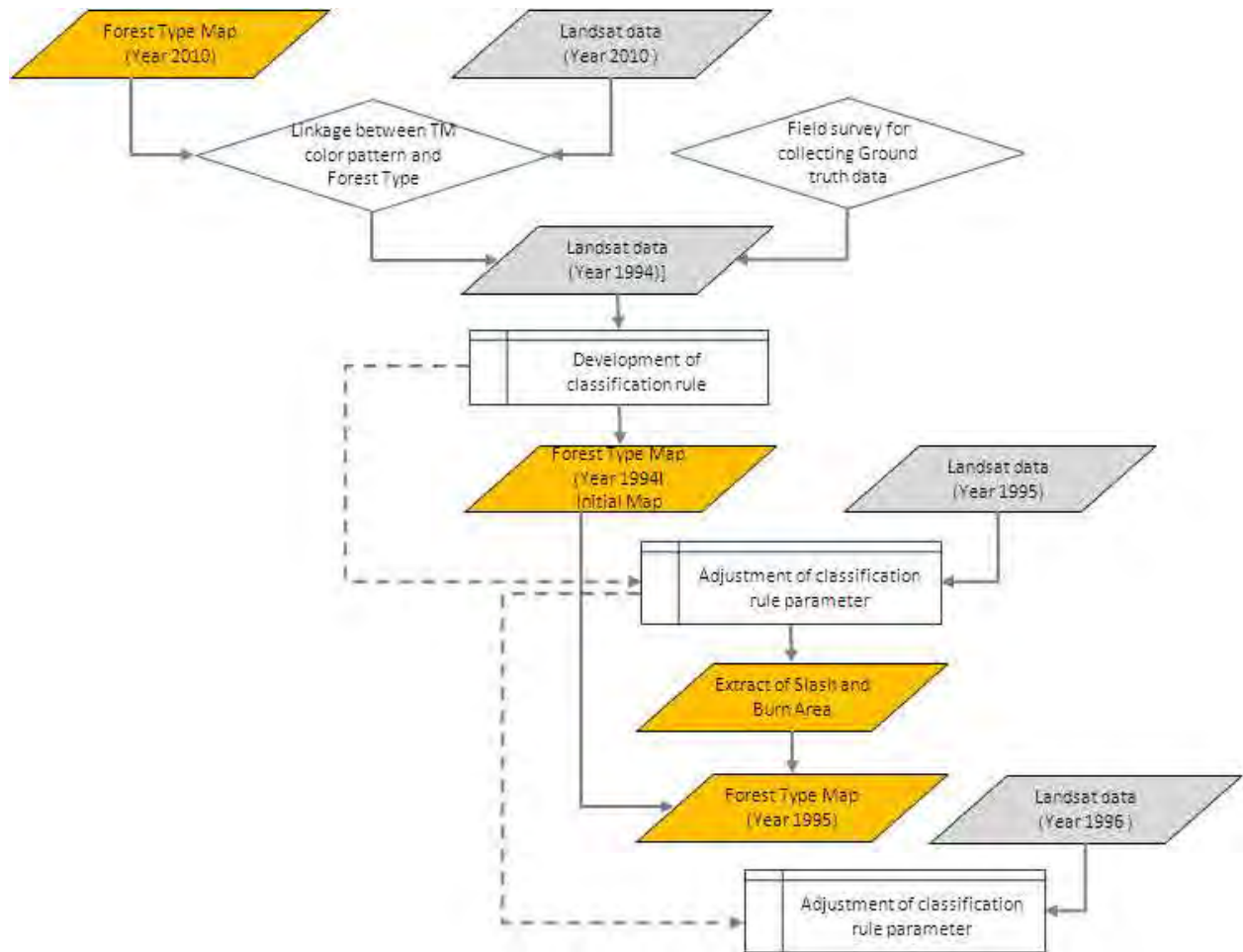


図 8 解析にあたっての方法論

3. 焼畑地の抽出方法

3.1 対象地における焼畑地抽出の重要性

各時点の衛星画像から新規に発生した焼畑地だけを取り出し、非変化森林の場合は事前の分類結果をそのまま活用することで分類精度の一貫性を保つ手法を採用することとした。つまり、各時点間で森林から非森林に変化した箇所を地図上で更新すればよいということになる。当該対象地で非森林への変化が起こりうる原因は焼畑地であることを考えると、各時点の LANDSAT 衛星画像から新規に発生した焼畑地を抽出すればよいということに帰結する。

3.2 焼畑地の抽出方法

焼畑地の抽出には他の土地被覆/土地利用の分類項目を階層的に除外して取り出す方法が有効であろうと考えられた。このようなルールベースを作成し、各時点の分析においては判断分岐に用いる閾値だけ適切な値に変えることで、抽出手法の一貫性を保つことができる。

図 9 に示す樹系図は階層的に分類するデシジョンツリーである。

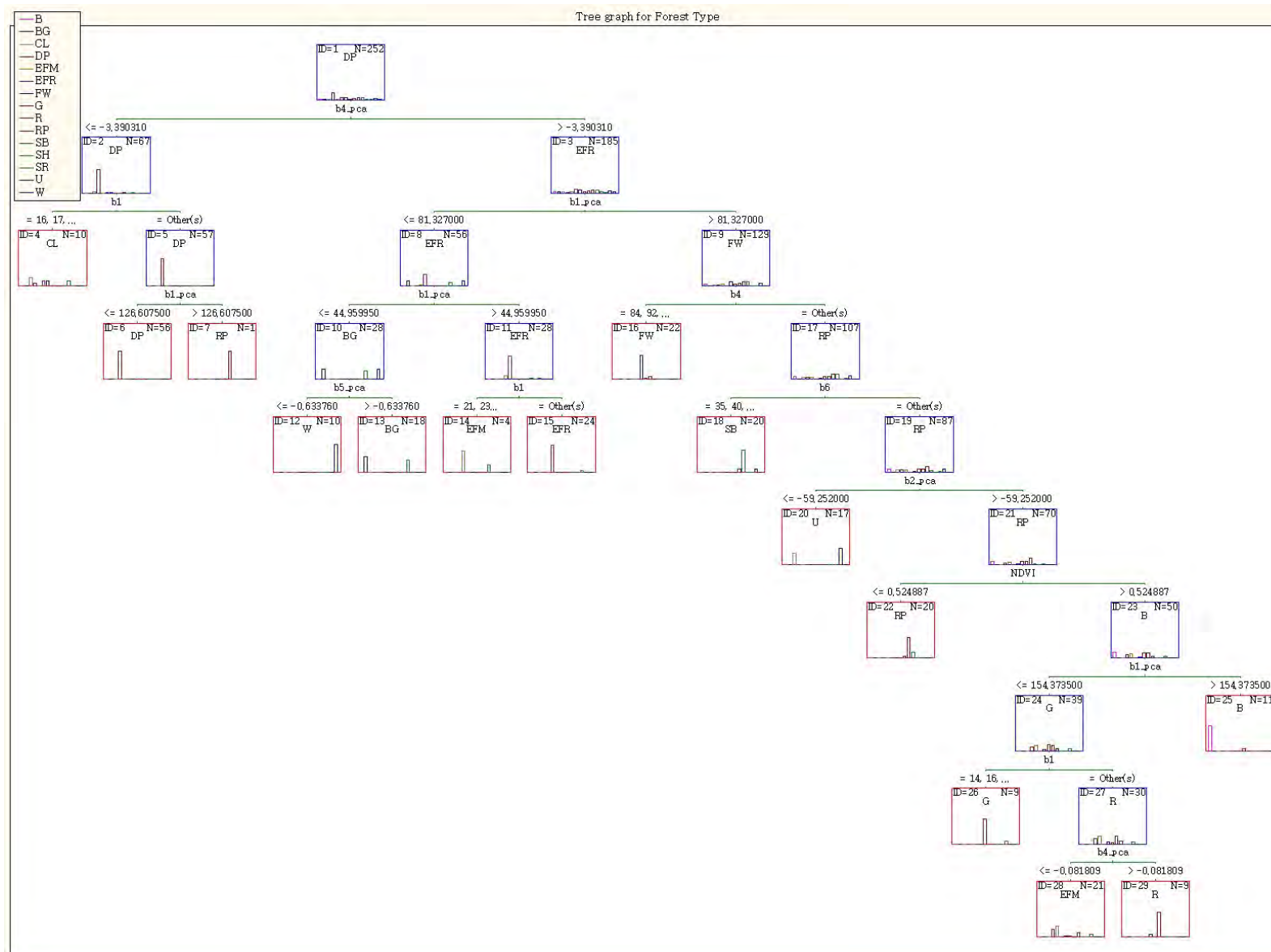


図 9 焼畑地抽出に至るデシジョンツリー

3.1 ホアイキン/ソプチャ村落クラスターにおける短周期焼畑地の発生率検討

ラオスの焼畑農事暦を基に、焼畑が実際に発生する時期と ALOS/PALSAR 画像が観測された時期との関係を図 10、ALOS/PALSAR 画像による焼畑発生箇所抽出方法のイメージを図 11 に示した。

焼畑発生直後あるいは焼畑後に耕作した陸稲の収穫直後は一時的に裸地状態となるため、PALSAR で観測される後方散乱係数が低くなり、ALOS/PALSAR 画像の輝度値が低くなる。この特徴を利用して、焼畑前後の ALOS/PALSAR 画像を重ね合わせることによって焼畑発生箇所を抽出することができる。例えば、2007 年 1～4 月に発生した焼畑は、2006 年及び 2007 年 11～12 月に観測された ALOS/PALSAR の合成画像を作成することで抽出することができる。したがって、2006～2010 年の各年に観測された ALOS/PALSAR 画像を用いて抽出可能な焼畑発生箇所は、2007～2010 年の各年に発生した焼畑である。

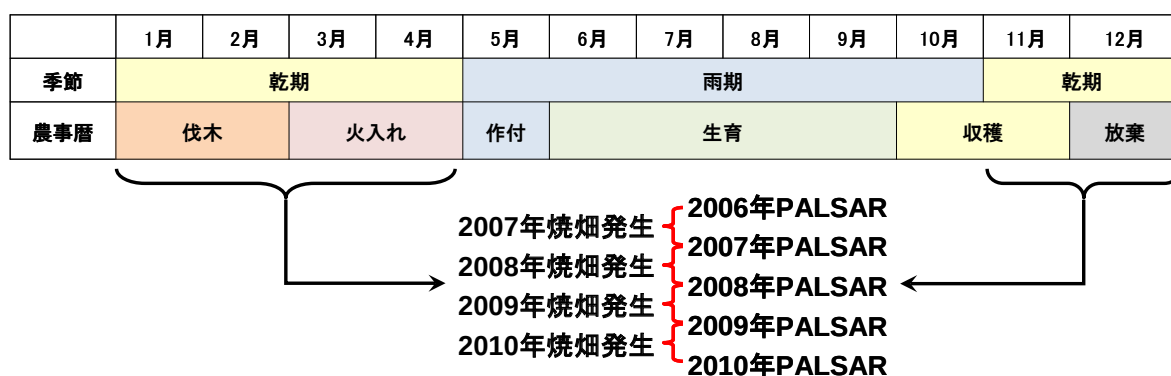


図 10 ラオスの焼畑農事暦に基づく焼畑発生時期と ALOS/PALSAR 画像観測時期との関係



図 11 ALOS/PALSAR 画像による焼畑発生箇所抽出方法のイメージ

上記の考え方にに基づき、2007～2010 年の各年のホアイキン/ソプチャ村落クラスターにおける焼畑発生箇所を抽出した。結果を図 12～図 15 に示した。

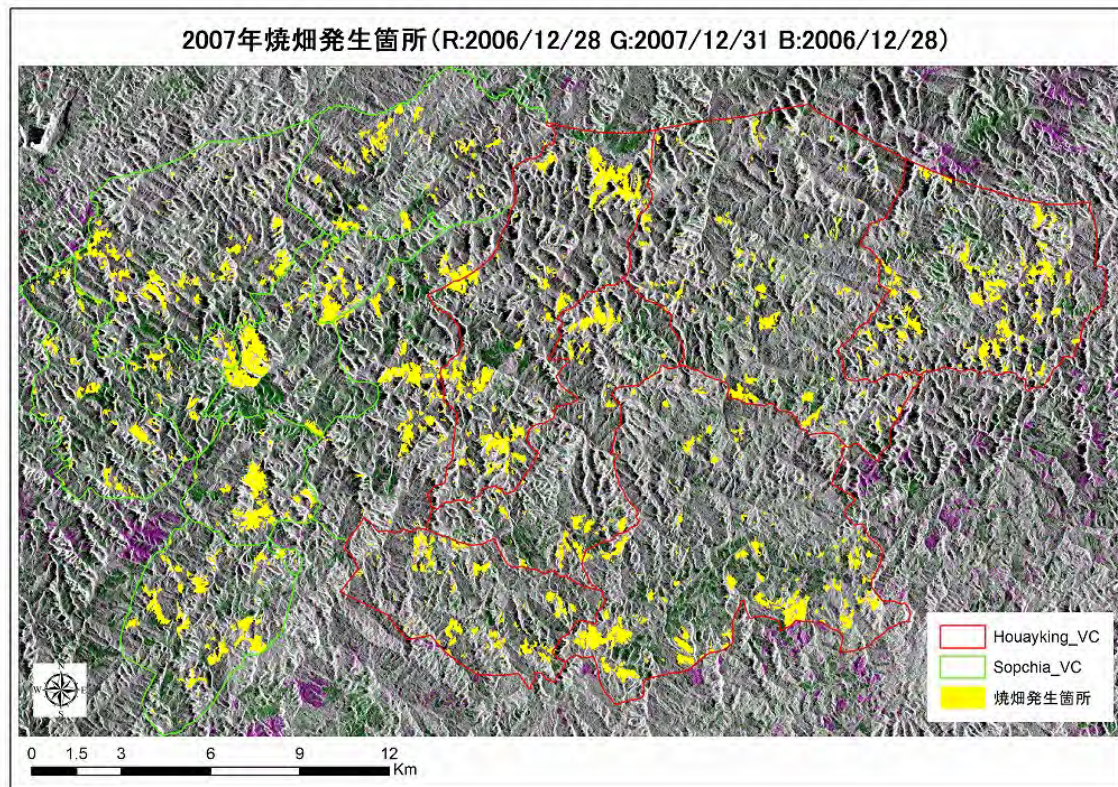


図 12 2007 年焼畑発生箇所

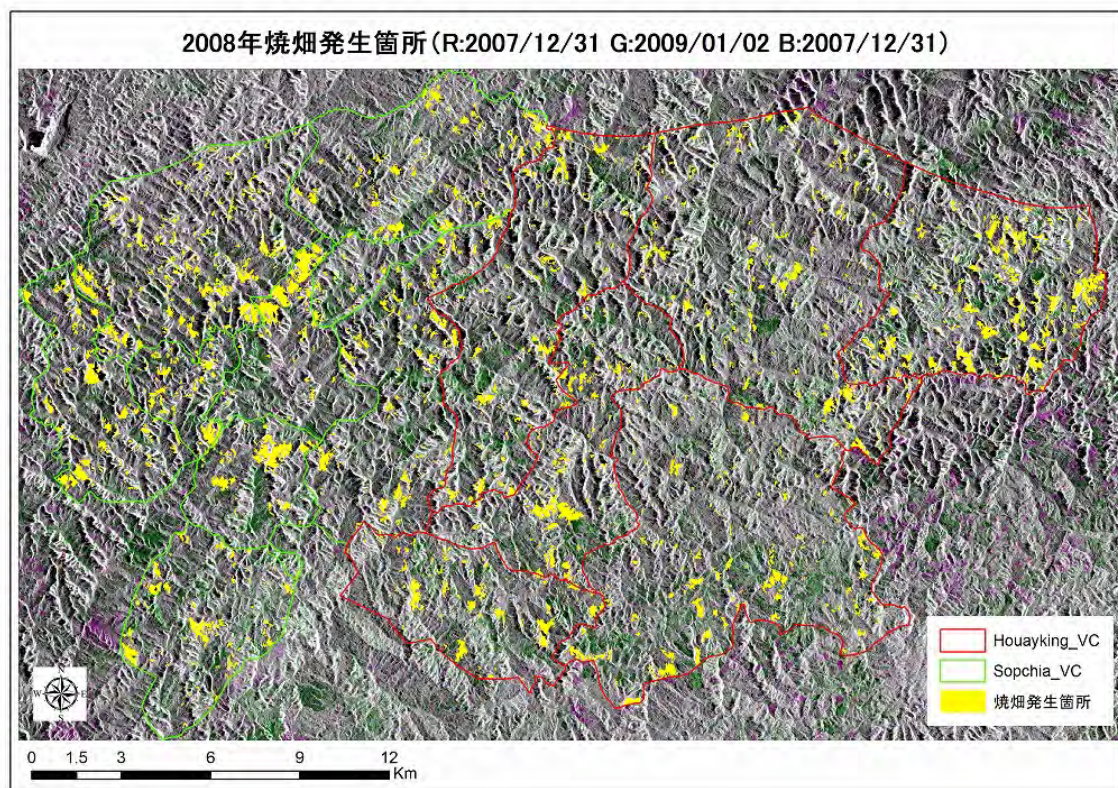


図 13 2008 年焼畑発生箇所

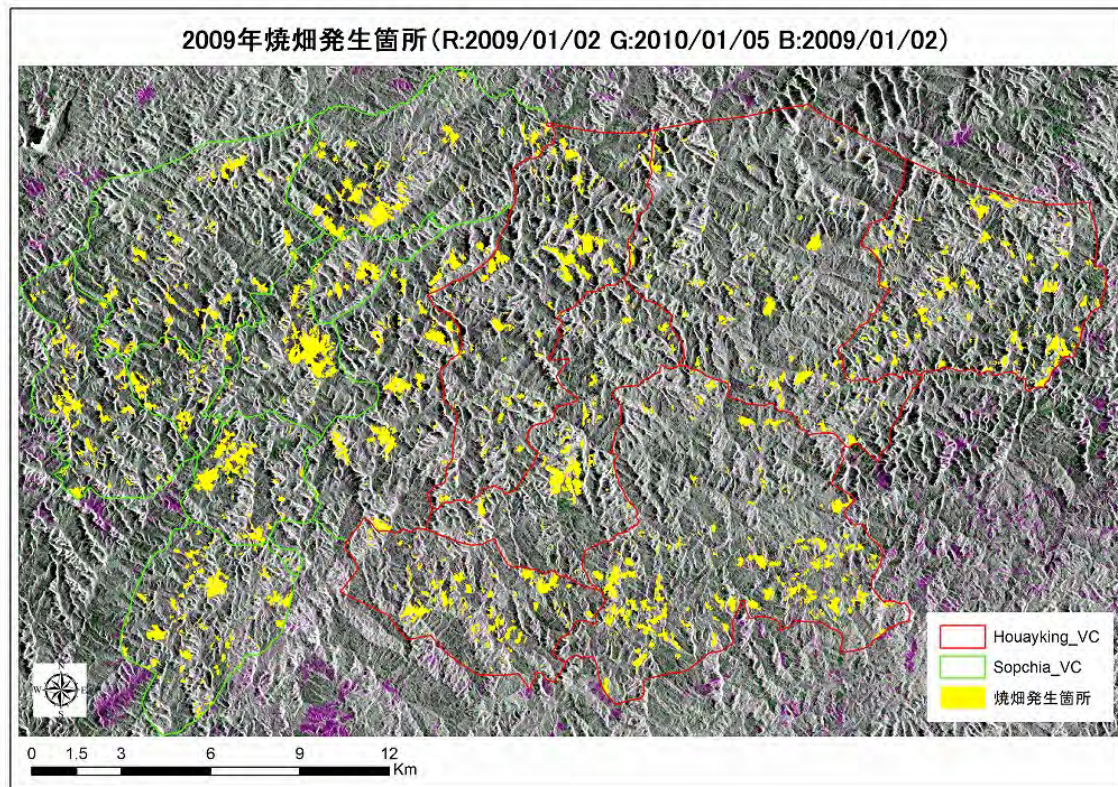


図 14 2009 年焼畑発生箇所

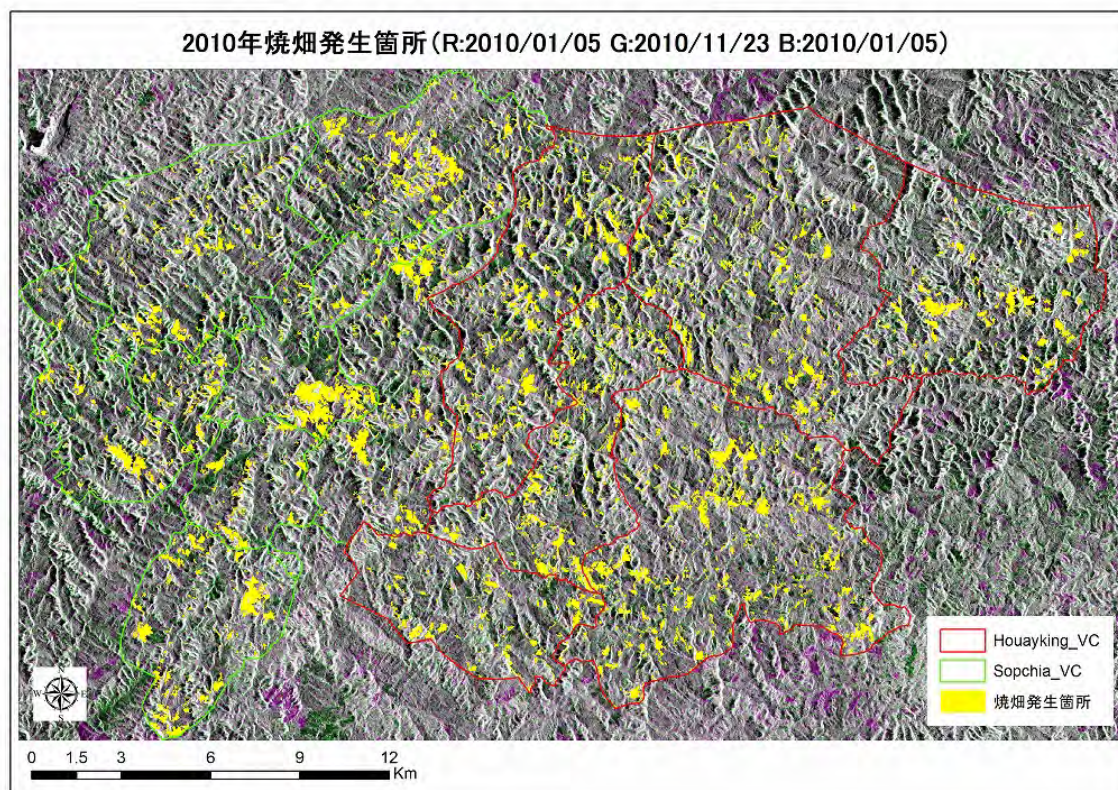


図 15 2010 年焼畑発生箇所

その後、各年の焼畑発生地の抽出結果をオーバーレイ解析することで、焼畑周期パターンを分類した。焼畑周期パターンの項目を表 2 に、焼畑周期パターン図を図 16 に示した。さらに、現地調査結果やラオス人技術者へのヒアリングにより、短周期焼畑地の最大周期を 2 年と 3 年の 2 パターンで整理した（表 3）。短周期焼畑地の最大周期を 2 年とした場合の短・長周期焼畑地の分布を図 17、短周期焼畑地の最大周期を 3 年とした場合の短・長周期焼畑地の分布を図 18 に示した。また、それぞれの面積集計結果を表 4 及び表 5 に示した。

表 2 焼畑発生年の組み合わせによる各焼畑周期パターン

焼畑発生回数	焼畑発生年	確定する最新の最大放棄年数	周期パターン
1回	2007	4年以上	C
	2008	3年以上	D
	2009	3年以上	D
	20010	4年以上	C
2回	2007-2008	3年以上	D
	2008-2009	2年以上	不明
	2009-2010	1年	A
	2007-2009	2年以上	不明
	2008-2010	2年	A
	2007-2010	3年	B
3回	2007-2008-2009	2年以上	不明
	2007-2008-2010	2年	A
	2007-2009-2010	1年	A
	2008-2009-2010	1年	A
4回	2007-2008-2009-2010	1年	A

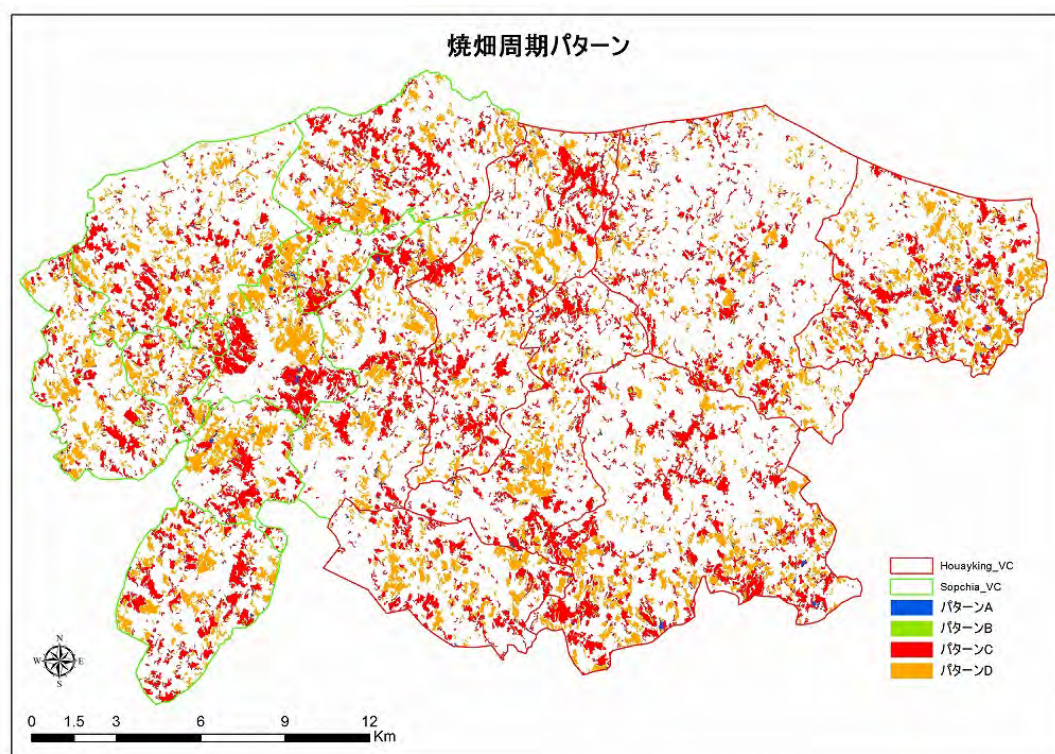


図 16 焼畑周期パターン図

表 3 短周期焼畑の周期設定

パターン	短周期2年以下	短周期3年以下
A	短周期	短周期
B	長周期	短周期
C	長周期	長周期
D	長周期	不明

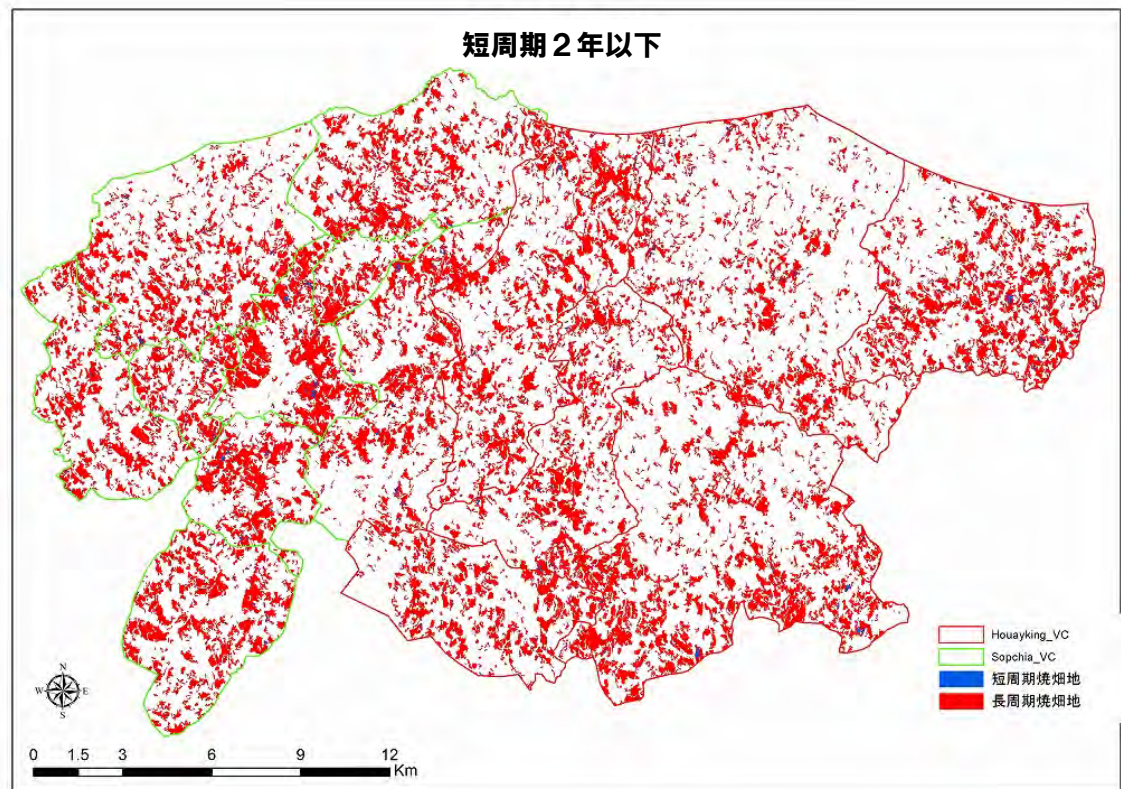


図 17 短周期焼畑の最大周期を 2 年とした場合の短・長周期焼畑地の分布

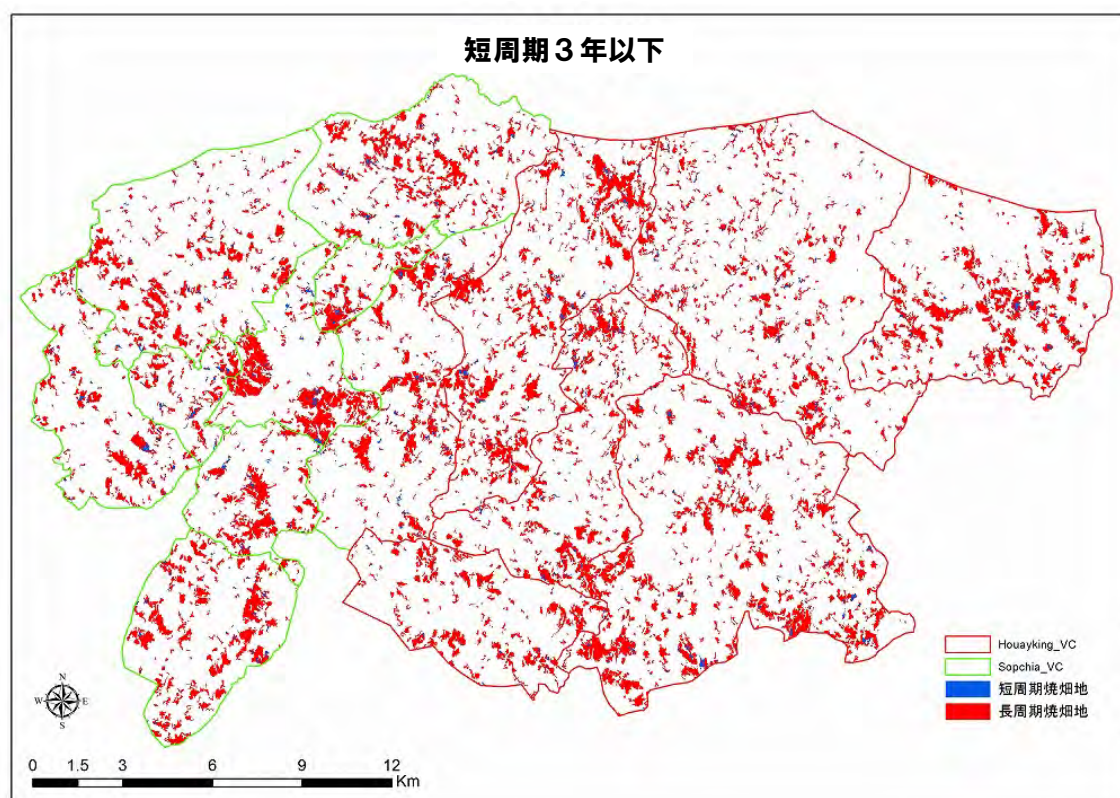


図 18 短周期焼畑の最大周期を 3 年とした場合の短・長周期焼畑地の分布

表 4 短周期焼畑の最大周期を 2 年とした場合の短・長周期焼畑地面積

	短周期2年以下					
	ホワイキンVC		ソプチャVC		全体	
	面積(km2)	(%)	面積(km2)	(%)	面積(km2)	(%)
短周期焼畑地	1.1	1.5%	0.8	1.3%	1.9	1.4%
長周期焼畑地	74.4	98.5%	63.0	98.7%	137.4	98.6%
計	75.5	100.0%	63.8	100.0%	139.3	100.0%

表 5 短周期焼畑の最大周期を 3 年とした場合の短・長周期焼畑地面積

	短周期3年以下					
	ホワイキンVC		ソプチャVC		全体	
	面積(km2)	(%)	面積(km2)	(%)	面積(km2)	(%)
短周期焼畑地	1.8	4.1%	1.5	4.4%	3.3	4.3%
長周期焼畑地	42.0	95.9%	32.2	95.6%	74.2	95.7%
計	43.8	100.0%	33.7	100.0%	77.5	100.0%

短周期焼畑地の最大周期を 2 年と設定した場合の短周期焼畑地発生率は約 1%、3 年と設定した場合は約 4%といずれの場合も低いことが判明した。今後、現地調査結果を踏まえて短周期焼畑の最大周期の設定を調整する必要があるが、いずれにしても短周期焼畑地は少なく、炭素量算定に大きな影響は出ないものと考えられた。

3.2 ルアンプラバン県全域における 2007～2010 年の焼畑発生箇所

ルアンプラバン県全域における ALOS/PALSAR 画像を解析し、2007～2010 年の各年の焼畑発生箇所を抽出した。2007～2010 年焼畑発生分布図を図 19 に示した。現在、面積集計を行っており、現地調査結果を踏まえて短周期焼畑の最大周期の設定を調整した上で、ホアイキン/ソプチア村落クラスター同様に短・長周期焼畑地の分布を明らかにする予定である。

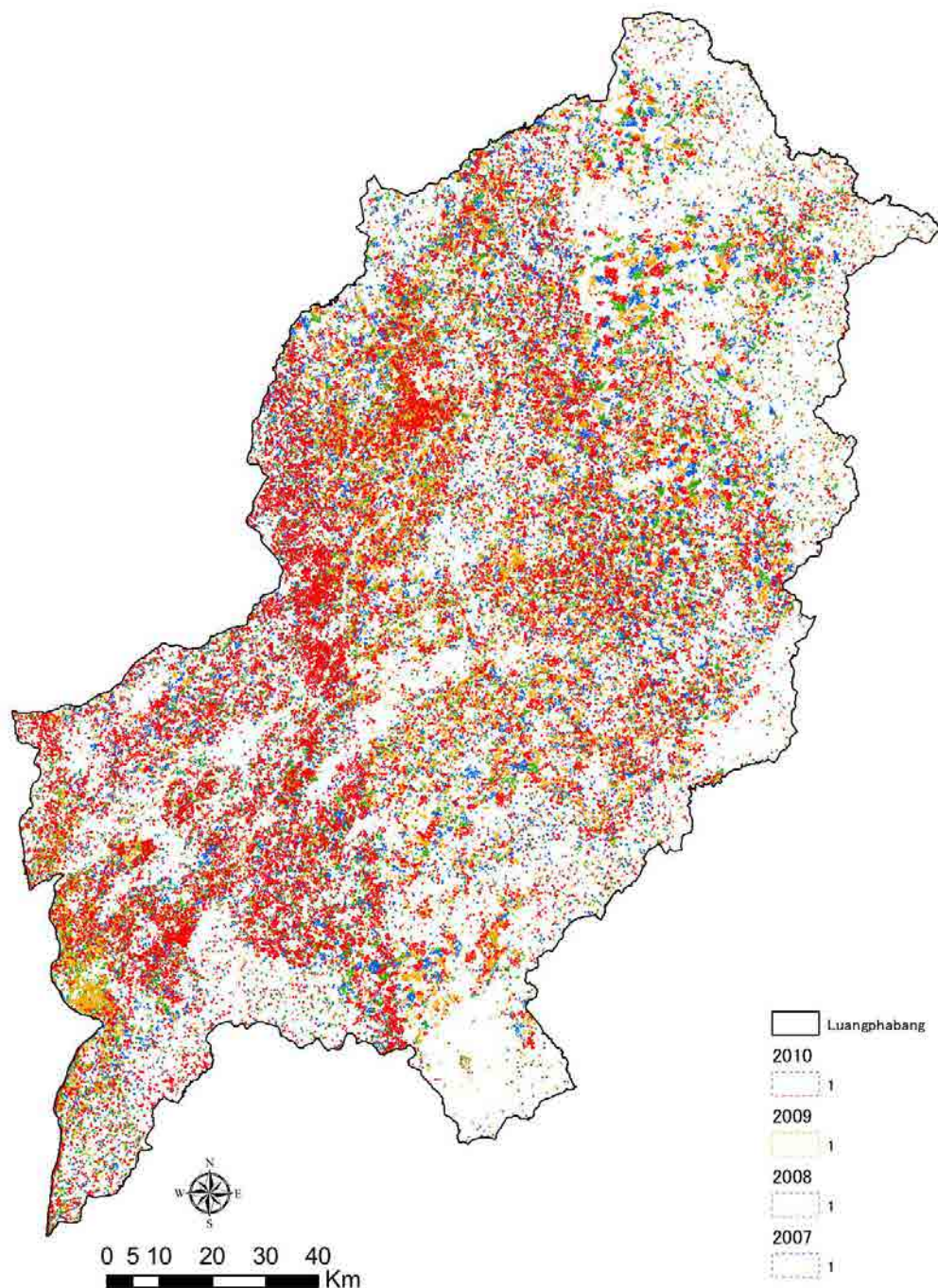


図 19 ルアンプラバン県全域における 2007～2010 年焼畑発生箇所の分布

3.3 ベンチマークデータ（2010 年 RapidEye）の分類

上述した通り、2010 年のルアンプラバン県を対象にした森林分布図は、2010 年観測の RapidEye 画像を用いて FIM で作成されたものを採用した。その理由は、本業務で対象とするルアンプラバン県はラオスにおける国ベースの REDD プラスの一部として位置づけられ、そうした国ベースの取組と一貫性を確保することが重要だと考えられたからである。

2010 年森林分布図は、FIM/FPP 及び本業務で調達した 2010 年観測の RapidEye 画像、2009/2010 年観測の ALOS/PALSAR 画像を用いて作成された。使用した各衛星画像の諸元は、表 6 の通りだった。

表 6 2010 年森林分布図作成に使用された衛星画像の諸元

衛星名	センサー名	分解能	観測期間
RapidEye	マルチスペクトル	6.5m	2010年10月～2011年3月
ALOS	PALSAR(合成開口レーダ)	12.5m	2009年10月～2010年3月 2010年10月～2011年3月

2010 年観測の RapidEye 画像は、FIM/FPP により現地コンサルタントによって取得されたラオス国全土の GCP を用いてオルソ幾何補正されている。そのため、表 7 の検証結果の通り、高い位置精度を有していると考えられた。

表 7 2010 年観測 RapidEye 画像の位置精度検証結果

		GCPs	x	y	total	X (m)	Y (m)	Total (m)
RapidEye	Average	59	0.89	0.85	1.230691	4.45	4.25	6.153454
	Worst 5%	3	2.63	2.5	3.628622	13.15	12.5	18.14311

2010 年森林分布図は、まず 2010 年観測 RapidEye 画像のオブジェクト指向型分類により森林分布図（Draft）が作成され、その後、Ground truth データ、ラオス人技術者の知見、2009/2010 年観測の ALOS/PALSAR 画像に基づく修正作業を行うことによって森林分布図（完成版）が作成された。

森林分布図（Draft）は、FIM で能力開発を図ったラオス人技術者が作成した。しかし、その後の FIM の作業スケジュールが本業務の作業スケジュールと合致しないため、修正作業は日本国内において実施した。ただし、FIM で作成される予定のラオス国全土の森林分布図（完成版）との整合を図るため、ラオス人技術者と随時協議をしながら作業を進めるよう配慮した。

修正作業に際して特に配慮した点は、以下の通りである。まず、常緑広葉樹林及び落葉広葉樹林の区分については自動分類では困難であり、現地をよく知るラオス人技術者の知見に加え、比較的高標高地に常緑広葉樹林が多いという情報を基に標高データも考慮しながら行った。

また、ラオス南部の水田地帯に多い乾燥フタバガキ林がルアンプラバン県の一部地域に群生していることが分かったが、自動分類による区分が困難であったため、ラオス人技術者の知見に基づいて区分した。

人工林については、植林して間もない幼齢林は衛星画像上で識別することが不可能なため、ある程度成熟した林分のみ区分することとした。このうち、落葉人工林のチーク林は、ルアンプラバン県に

おける導入時期が他の人工林樹種に比べて早かったため成熟した林分が多く、形状に特徴があることから、RapidEye 画像の判読によって区分した。一方、常緑人工林のゴム林とオイルツリーは、ルアンプラバン県ではチーク林に比べて導入時期が遅く、まだ成熟した林分が少ないことから RapidEye 画像に基づく区分が不可能であった。

焼畑地については、YF と OF の区分が困難であったが、前述のように休閑地においてはその休閑年数が重要であることから、問題ないと判断した。焼畑発生箇所（SB）は、焼畑休閑年数を特定し焼畑動態を把握するために最も重要な分類項目である。2010 年観測の RapidEye 画像を用いた自動分類では、水田や裸地と SB が誤分類されるケースがあったため、2010 年観測 ALOS/PALSAR 画像と 2009 年観測 ALOS/PALSAR 画像の差分を用いることで変化箇所を抽出し、それを 2010 年に発生した SB と仮定して RapidEye 画像による自動分類結果を修正することで、分類精度の向上を図った。

以上の手順によって作成された 2010 年森林分布図を図 20 に示した。面積集計結果によると、ルアンプラバン県全面積における Current Forest の割合が約 51%、Potential Forest の割合が約 43%であり、そのうち EF（約 21%）、DF（約 29%）、OF（約 35%）が全体の約 86%を占めた。

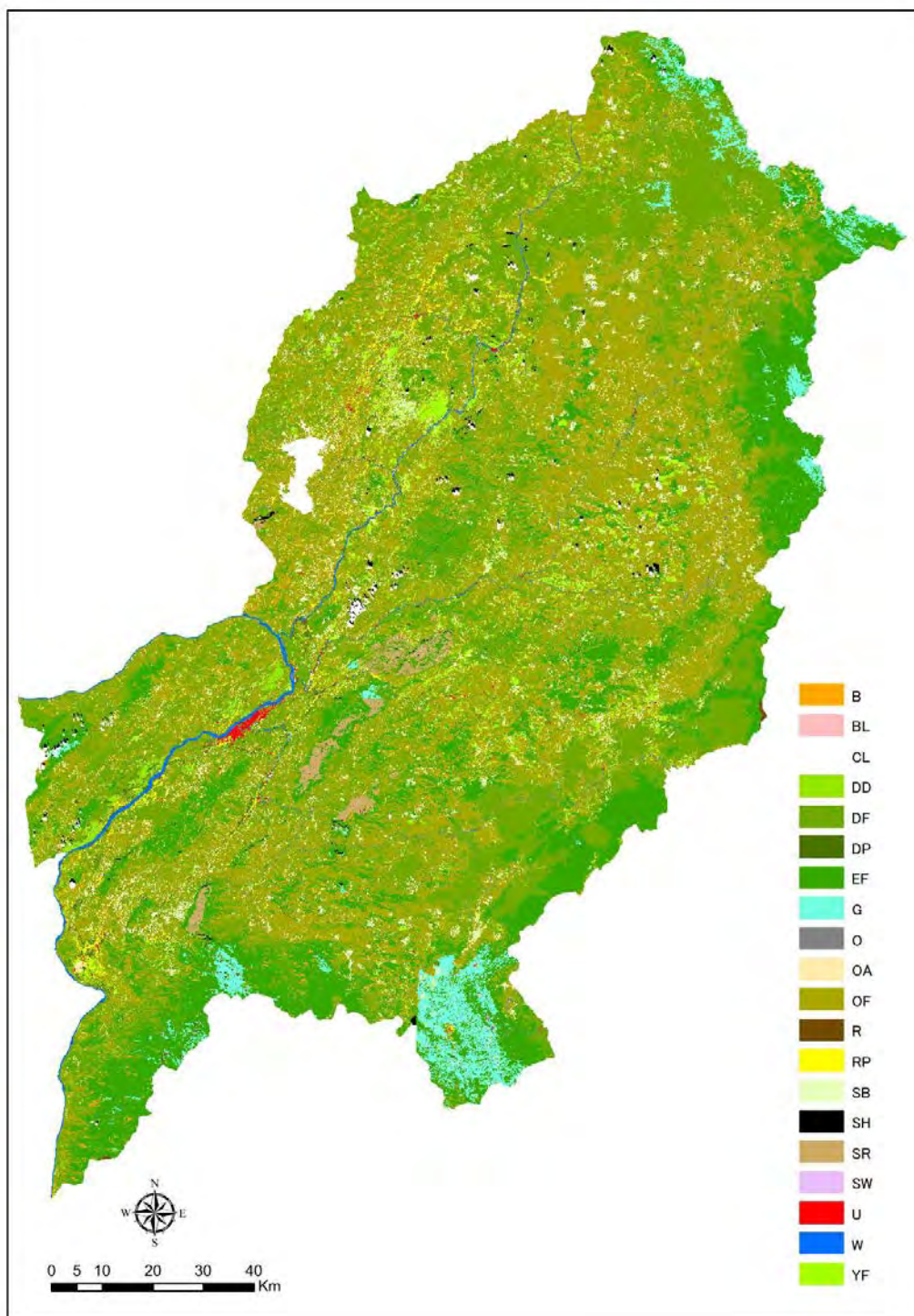


図 20 2010 年ルアンプラバン県森林分布図

3.4 2005 年森林分布図

本業務の開始段階では、上述した通り 2005 年森林分布図は FIM/FPP で調達した 2005 年観測の SPOT4/5 画像を用いて、2010 年森林分布図をベースに変化箇所を修正する方針としていた。その理由としては、FIM で作成される予定のラオス国全土の 2005 年森林分布図と齟齬がないようにする目的が

あった。

しかしながら、FIM/FPP の 2005 年を対象にした衛星画像解析は作業進捗が本業務と整合せず（FIM/FPP が当初予定より大幅に遅延）、さらに解析精度にも大きな課題を抱える結果となった。このため、本業務では FIM/FPP による 2005 年森林分布図を採用せず、独自に衛星画像を調達・解析し、2005 年の森林分布図を作成した。

3.5 期首データ（1994 年 LANDSAT）の分類

2010 年データとして整備された森林分類図を参照しつつ、画像解析に必要なトレーニングデータを取得する目的で概況踏査を実施した。実施概要は以下の通りだった。

調査目的：画像解析のため、現地教師データの取得と森林現況を把握

調査期間：9 月 20 日 - 9 月 25 日（5 日間）

調査範囲：ルアンプラバンの西側（主要道路沿い）（12 郡の内 8 郡を実施した）

調査日程：9 月 20 日 ヱィエンチャン ⇒ ルアンプラバンへ移動

PAREDD 事務所にて、調査計画の確認と道路状況聞き取り

PAFO 現地調査説明と調査許可取得

9 月 20 日 ルアンプラバン ⇒ 現地調査 ⇒ ノンケオ

9 月 21 日 ノンケオ ⇒ 現地調査 ⇒ ルアンプラバン

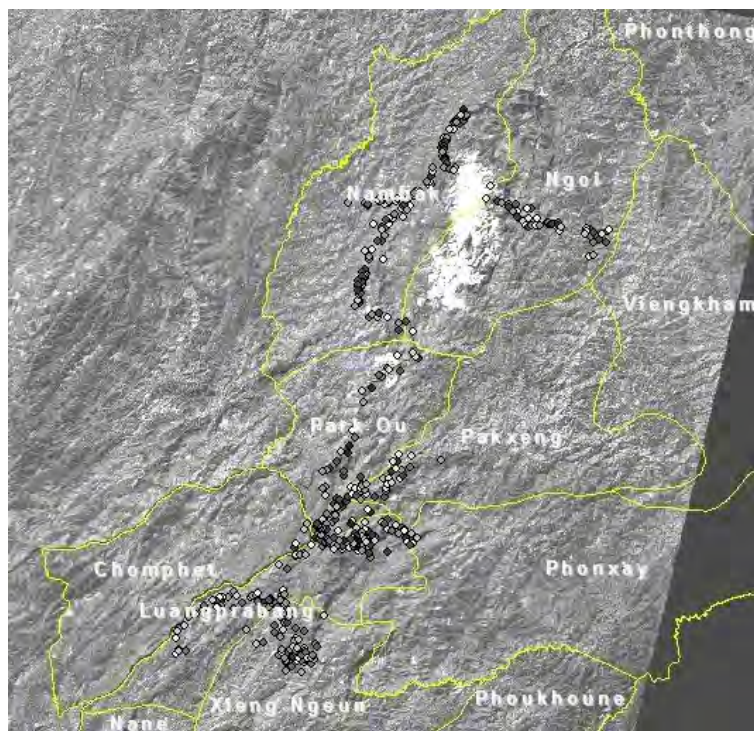
9 月 22 日 ルアンプラバン ⇒ 現地調査 ⇒ ルアンプラバン

9 月 23 日 ルアンプラバン ⇒ 現地調査 ⇒ ルアンプラバン

9 月 24 日 ルアンプラバン ⇒ 現地調査 ⇒ ルアンプラバン

9 月 25 日 ホテル ⇒ PAREDD 事務所 調査結果報告

ルアンプラバン空港 ⇒ ヱィエンチャン



概況踏査経路とトレーニングデータ取得箇所位置図

これらのトレーニングデータをもとに画像解析を行い、1994 年森林分類図（案）を作成した。

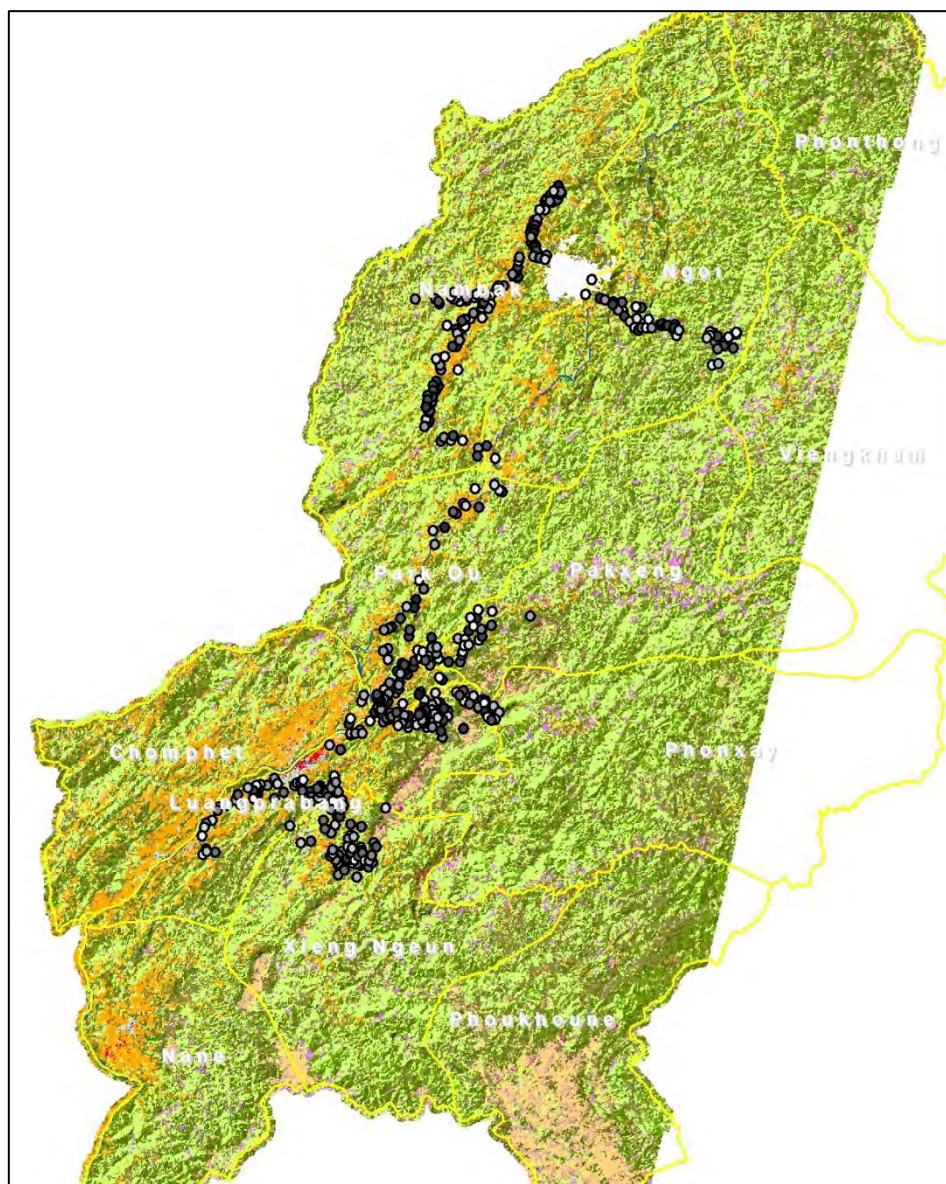


図 21 1994 年の LANDSAT 画像を基にした森林分類図

このほかに 1994 年から 2005 年までの 12 時点の LANDSAT 衛星データに対して幾何補正を行った。幾何補正に際しては、2010 年 RapidEye 衛星を GCP 参照情報として利用し画像間幾何補正を実施した。また標高データとして SRTM を利用した。各時点の幾何補正精度はおおむね 3 ピクセル以内を目指し、ひとつの画像に対して約 30 点以上の GCP を取得する方式とした。

3.6 SAR 画像の解析経過

複数時期の SAR 画像を用いて解析することによって焼畑発生箇所を抽出することができる。本業務では、焼畑地を森林の一形態である潜在的森林（Potential Forest）として捉えているが、他国ドナープロジェクトとの協議や現地調査の結果等から十分な休閑期間が確保されず森林に回復する前に再度焼畑を行う短周期の焼畑地が存在することが明らかになった（図 22）。森林に回復しない焼畑地を森林と

して扱うことはできないため、短周期焼畑地の発生率をバッファとして差し引く等の対応が必要と考えられる。そこで、ホアイキン/ソプチア村落クラスターを対象に 2006～2010 年の各年に観測された ALOS/PALSAR 画像を用いて、短周期焼畑地の発生率を検討した。その後、ルアンプラバン県全域において、2007～2010 年の焼畑発生箇所を抽出した⁴。

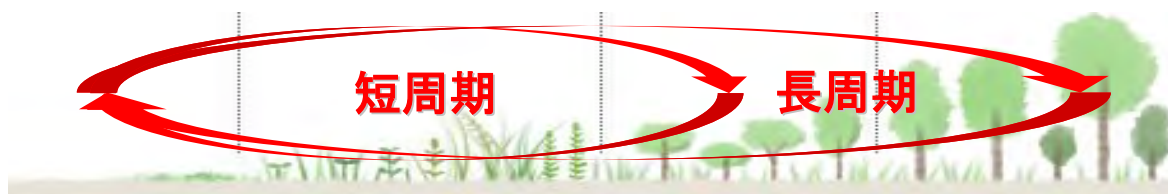


図 22 短周期焼畑と長周期焼畑のイメージ

⁴ ホアイキン/ソプチア村落クラスターにおける解析は FPP/TA4 で実施し、ルアンプラバン県全域の解析を本業務で実施した。

第4章 結果（森林動態の特定）

2012年2月から4月にかけて実施した第1次現地調査の結果を踏まえ、2012年11月から2013年3月にかけて、対象地における1994年からの森林動態を衛星画像から解析・特定する作業を進めた。なお、衛星画像の解析にあたってはFPPと連携し、FPPの成果から詳細な森林区分別の蓄積現状等の情報を得た。

1994年から2004年までの森林動態に基づき、本業務で対象とするホアイキン村落クラスター及びルアンプラバン県を対象にした森林動態を定量化した（図23及び図24）。

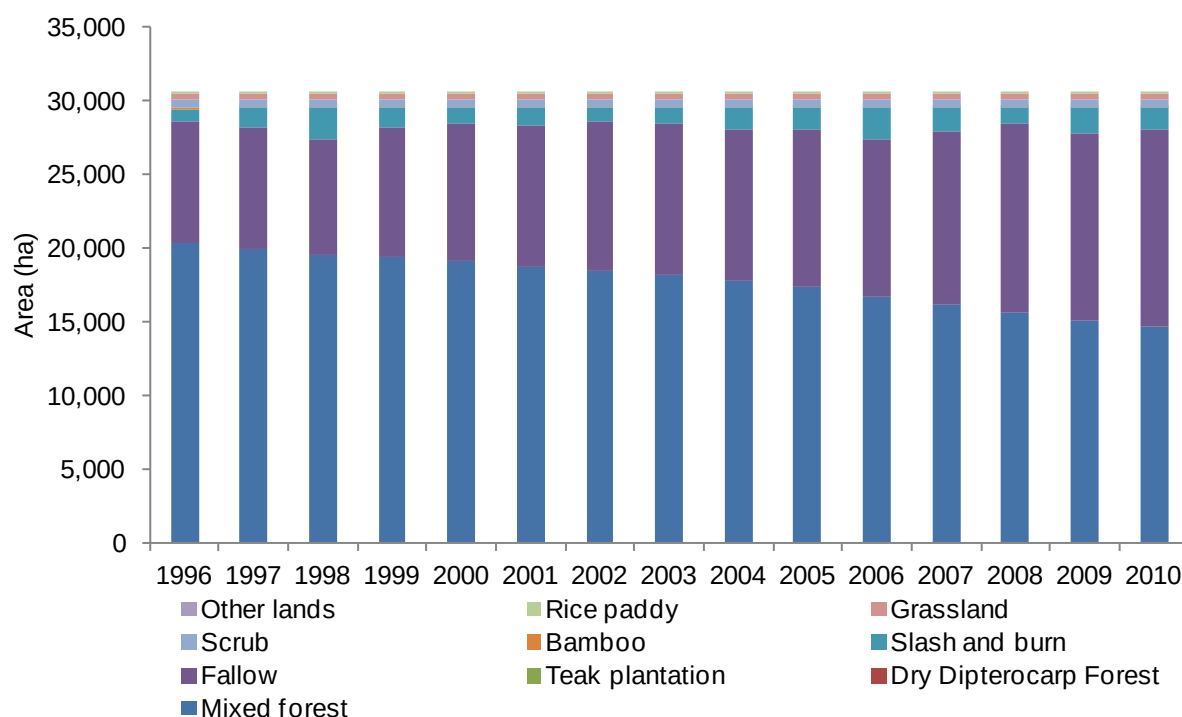


図23 ホアイキン村落クラスターの森林動態

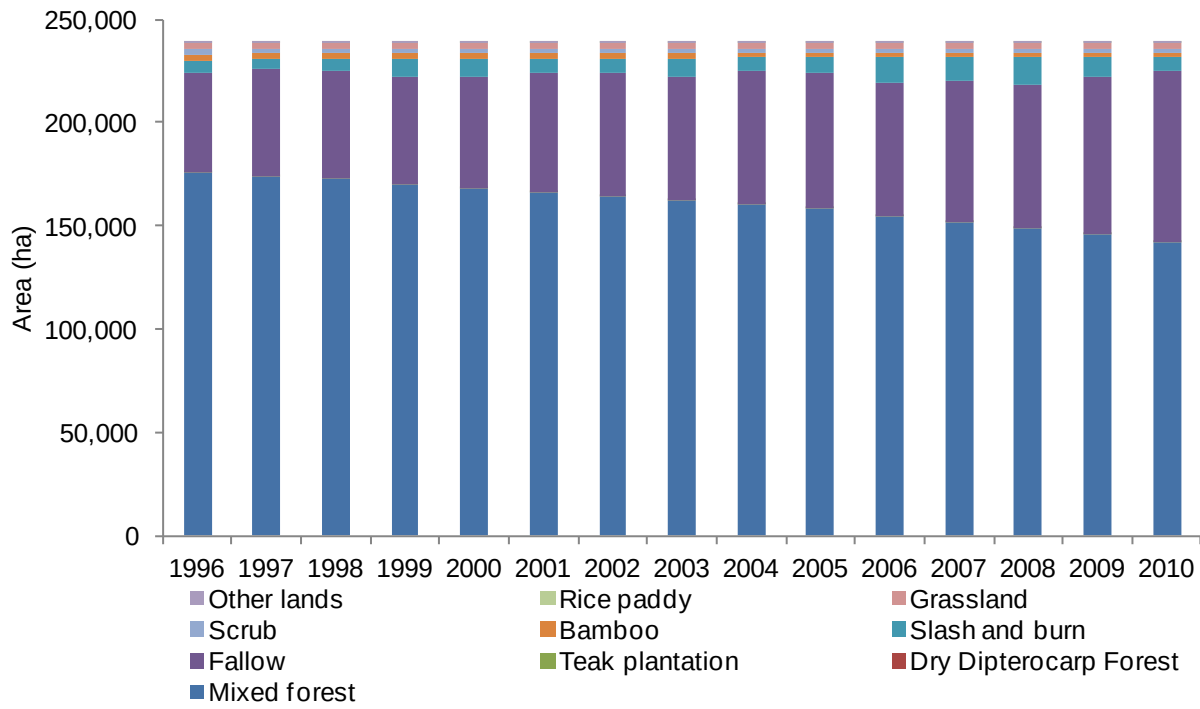
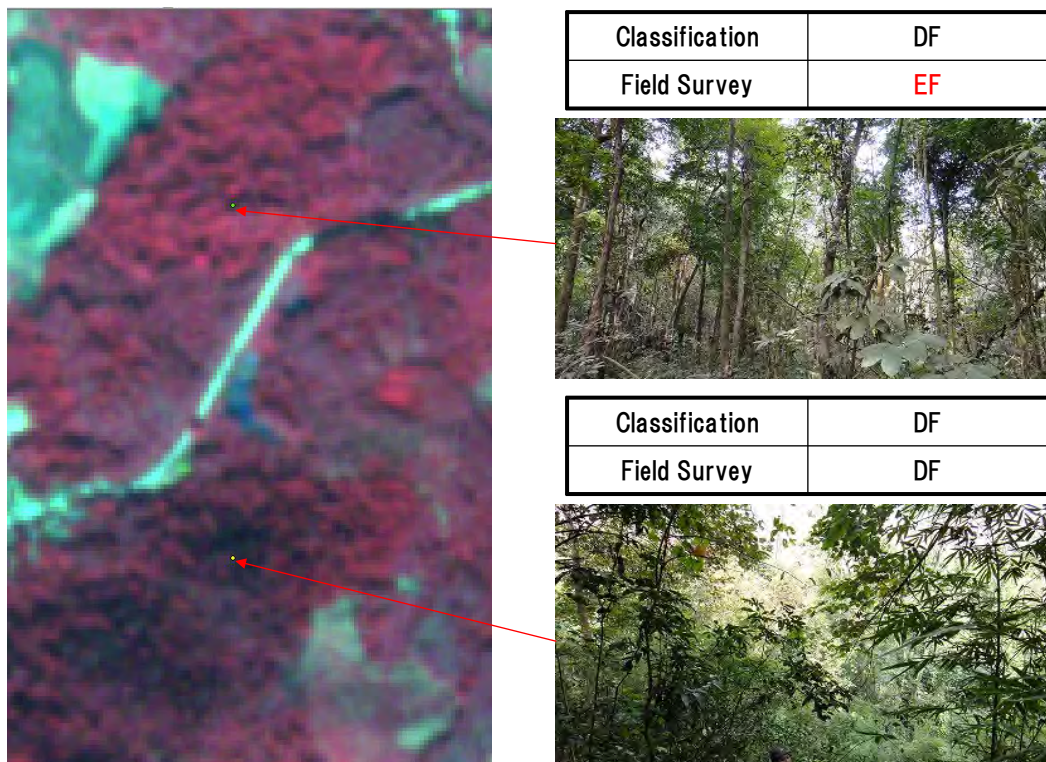
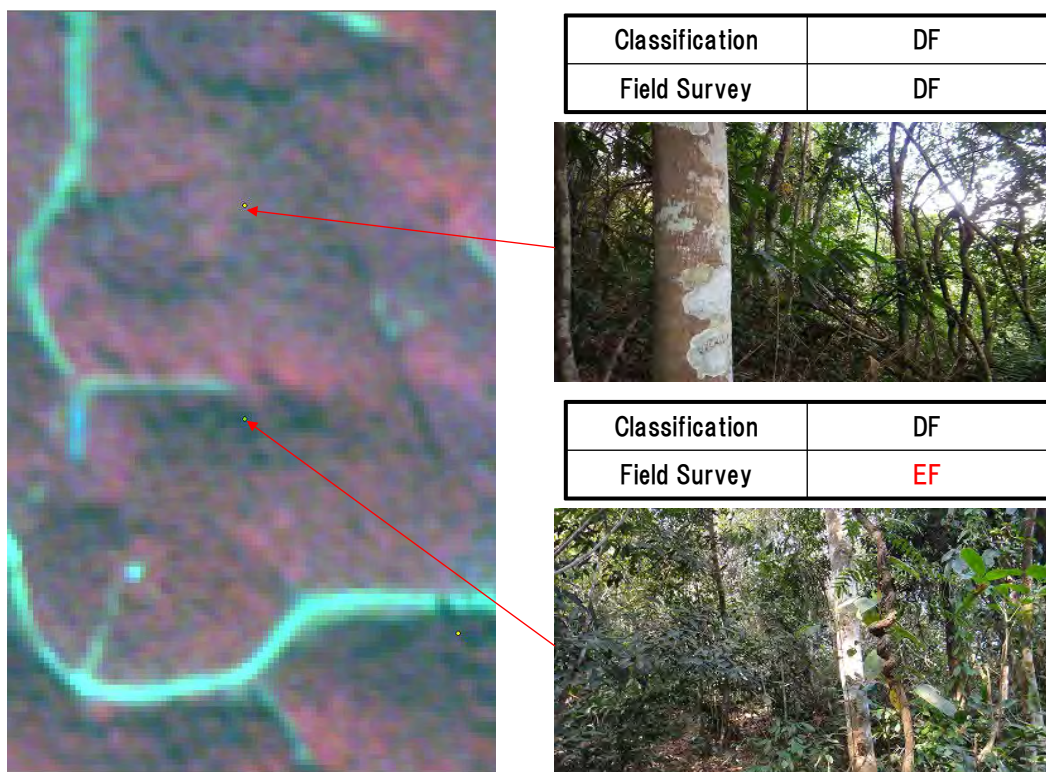


図 24 ルアンプラバン県の森林動態

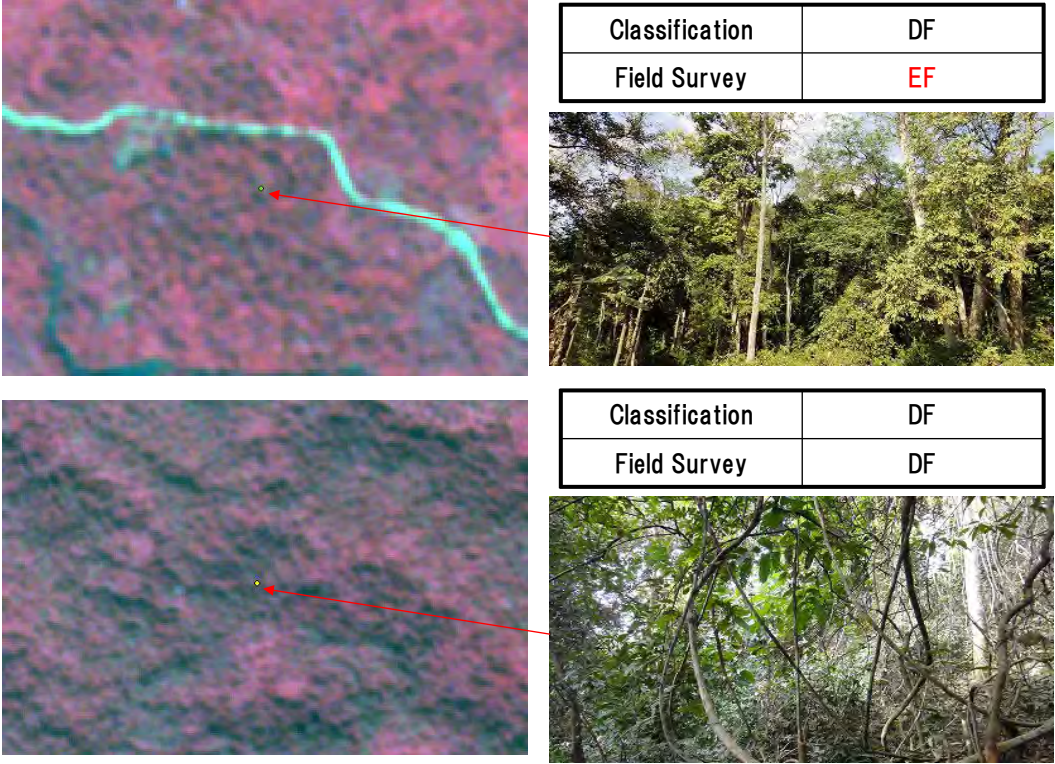
参考資料 1 衛星画像とフィールド調査での森林区分判読の相違



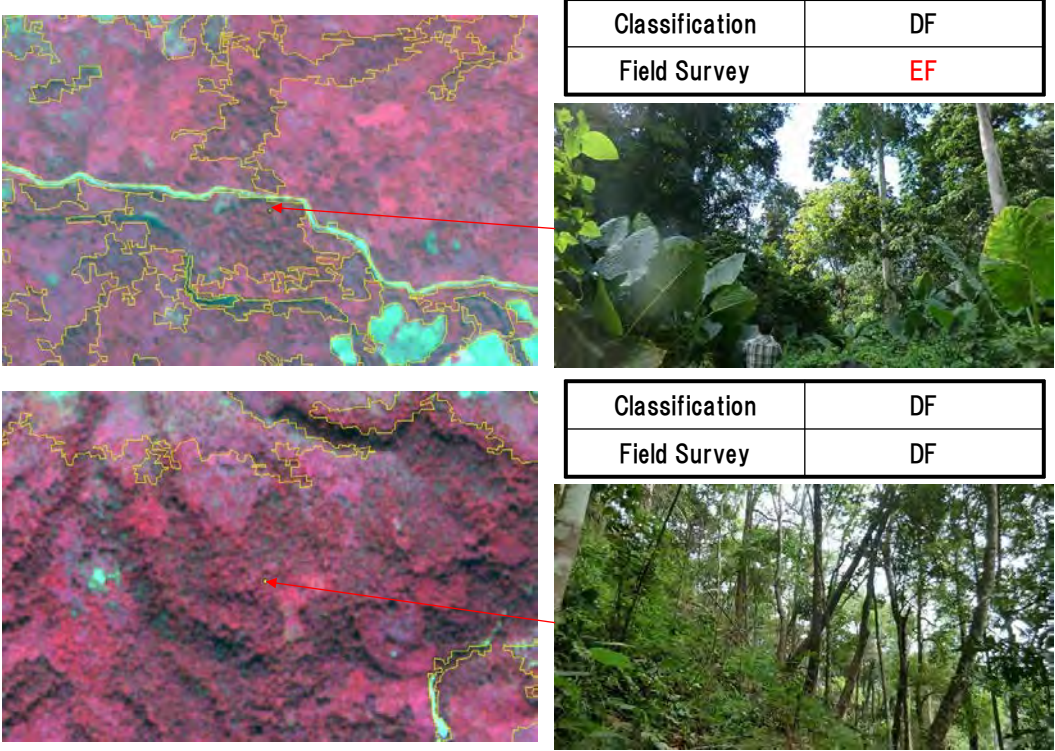
資料 1 衛星画像（Classification）とフィールド調査の相違例 1



資料 2 衛星画像（Classification）とフィールド調査の相違例 2



資料 3 衛星画像（Classification）とフィールド調査の相違例 3



資料 4 衛星画像（Classification）とフィールド調査の相違例 4

参考資料 2 ルアンプラバン県における森林動態



図 25 ルアンプラバン県における森林動態（1994 年）

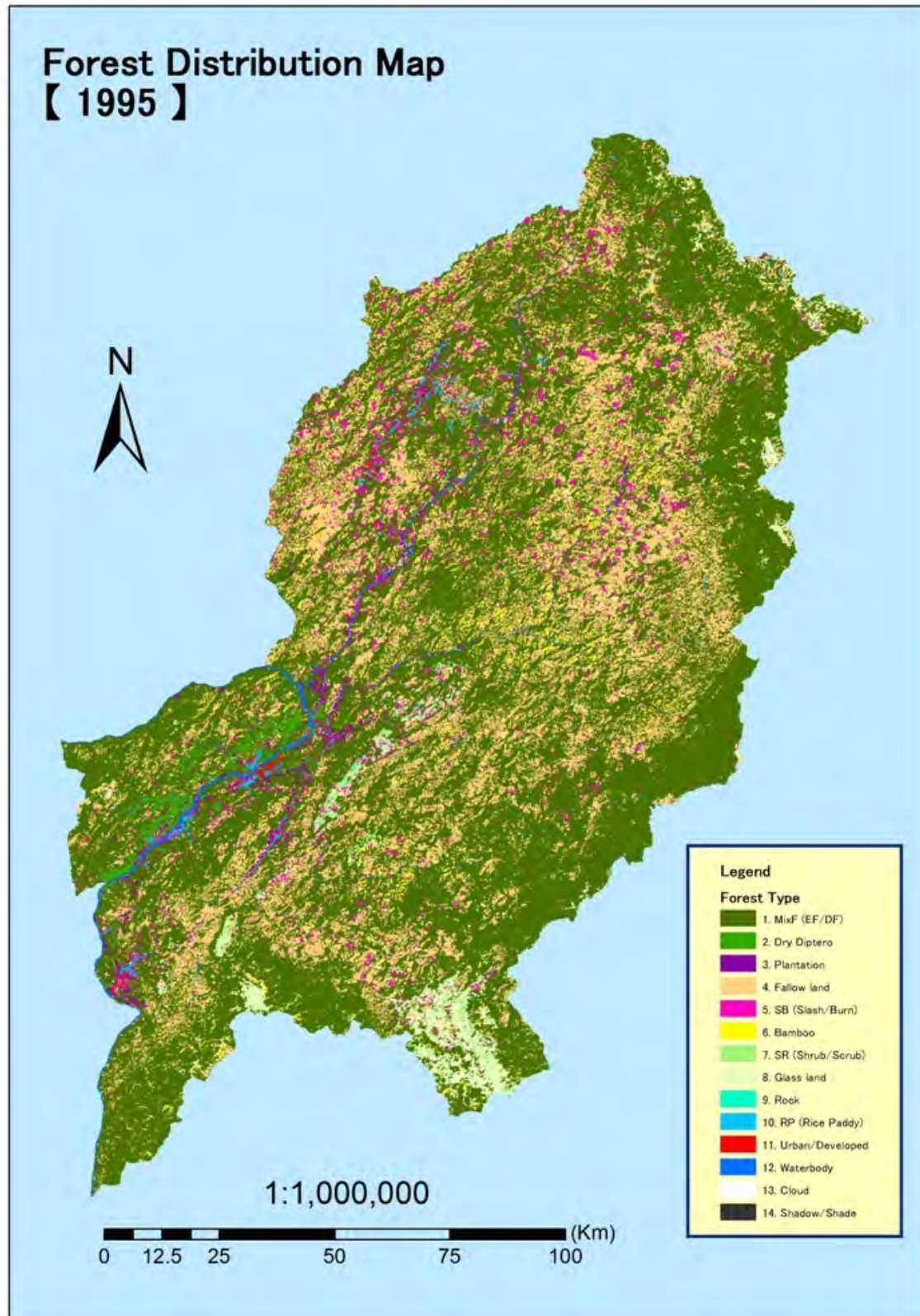


図 26 ルアンプラバン県における森林動態（1995 年）



図 27 ルアンプラバン県における森林動態（1996 年）

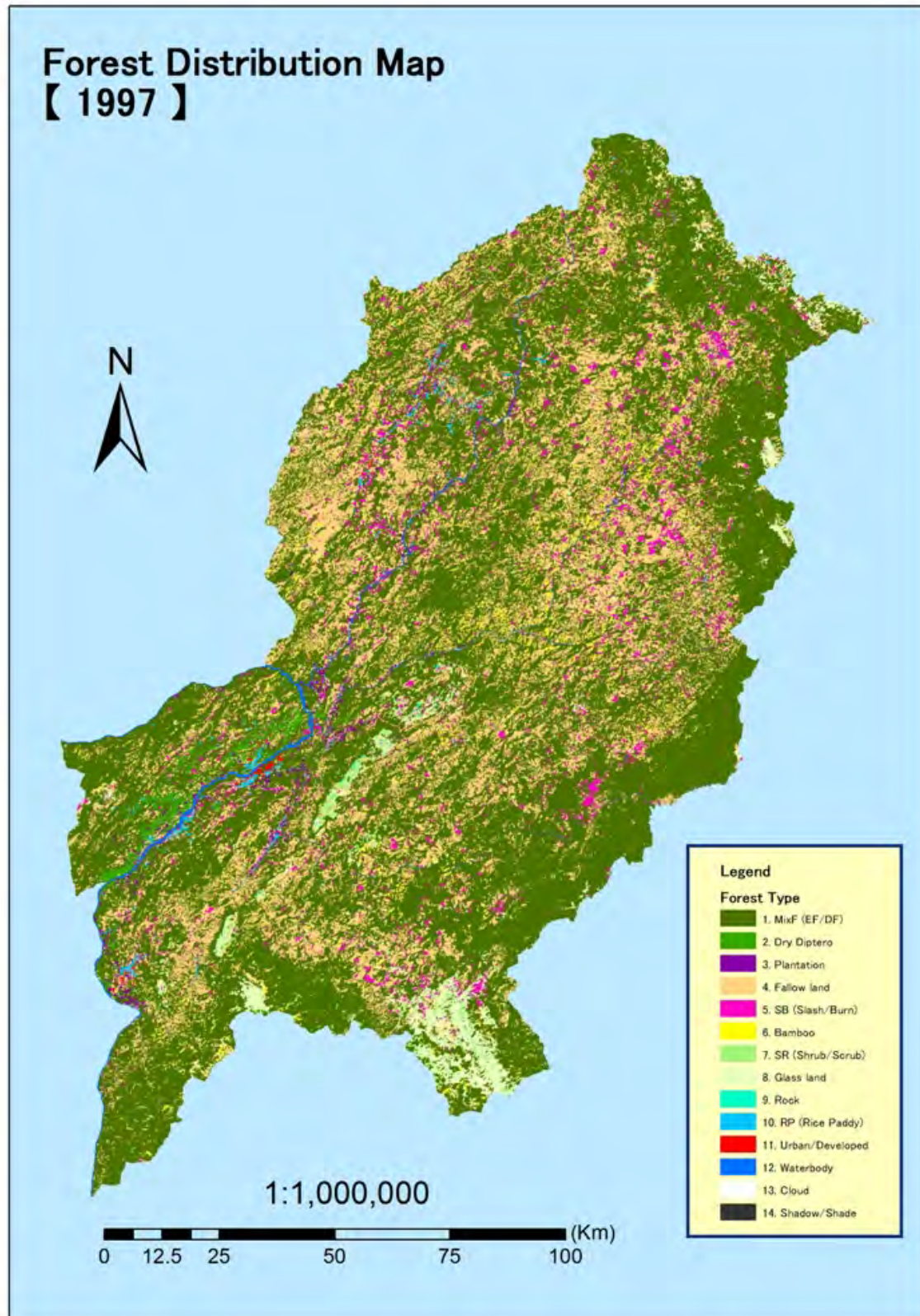


図 28 ルアンプラバン県における森林動態（1997 年）



図 29 ルアンプラバン県における森林動態（1998 年）



図 30 ルアンプラバン県における森林動態（1999 年）



図 31 ルアンプラバン県における森林動態（2000 年）



図 32 ルアンプラバン県における森林動態（2001 年）



図 33 ルアンプラバン県における森林動態（2002 年）

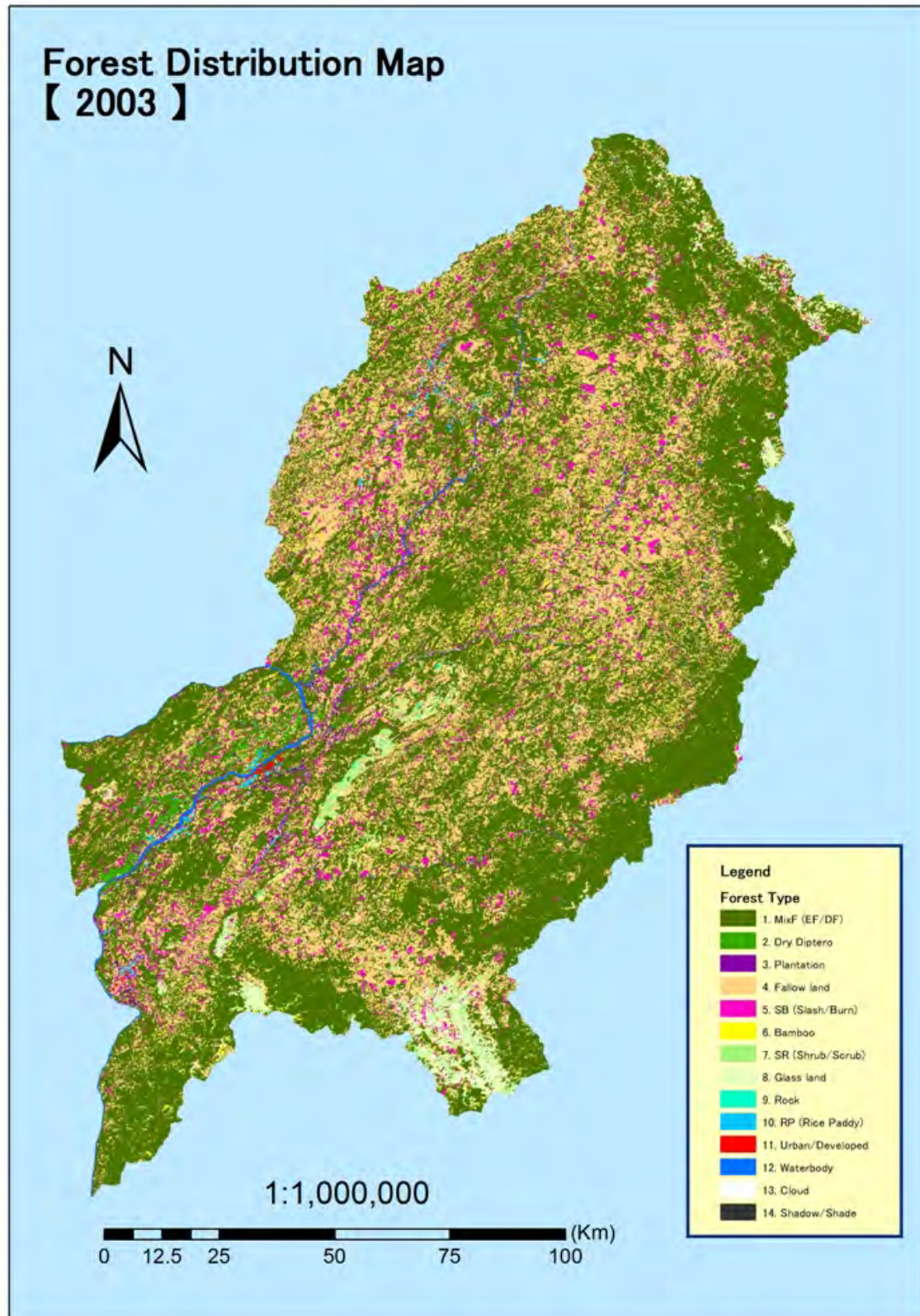


図 34 ルアンプラバン県における森林動態（2003 年）

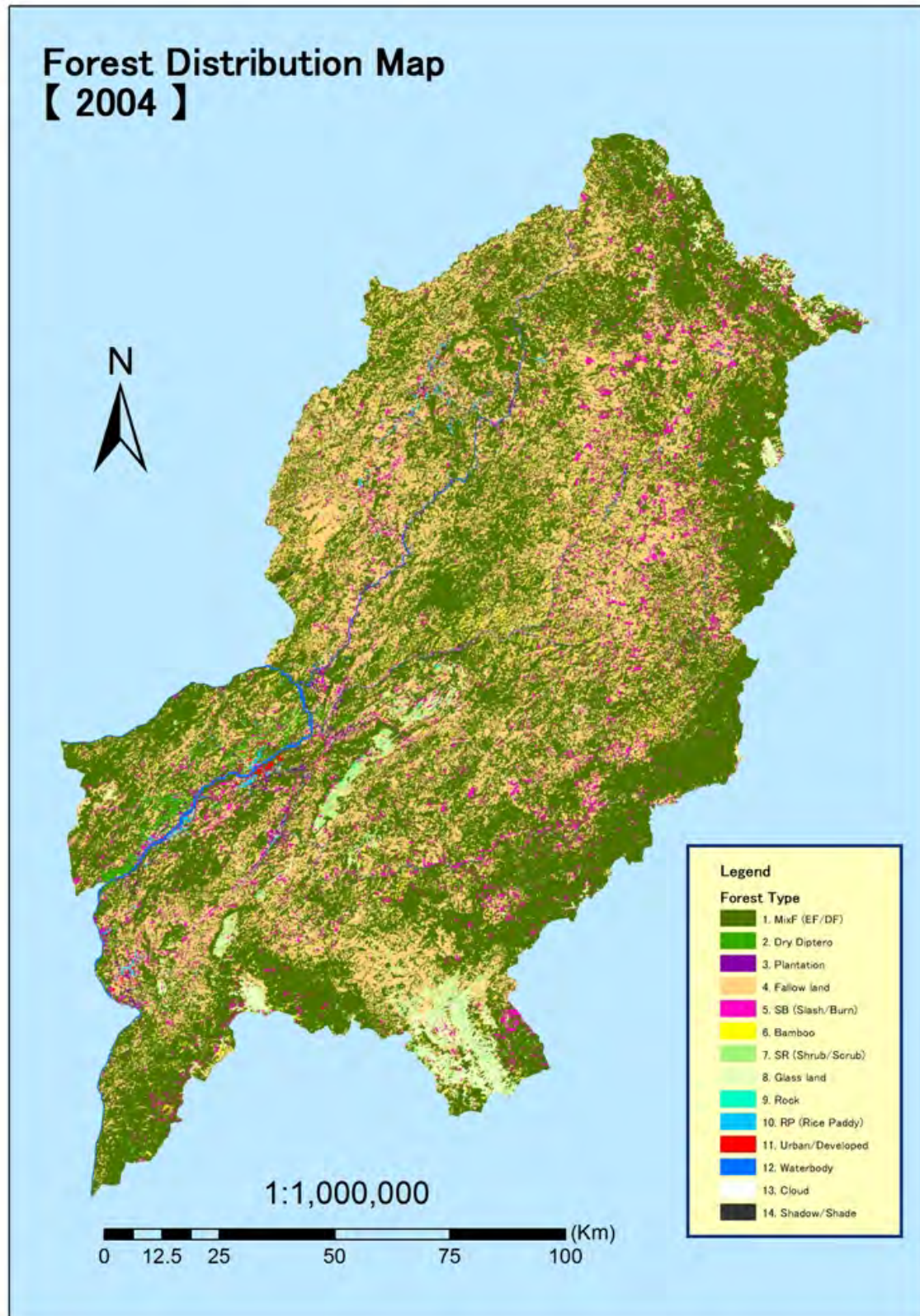


図 35 ルアンプラバン県における森林動態（2004 年）



図 36 ルアンプラバン県における森林動態 (2005 年)

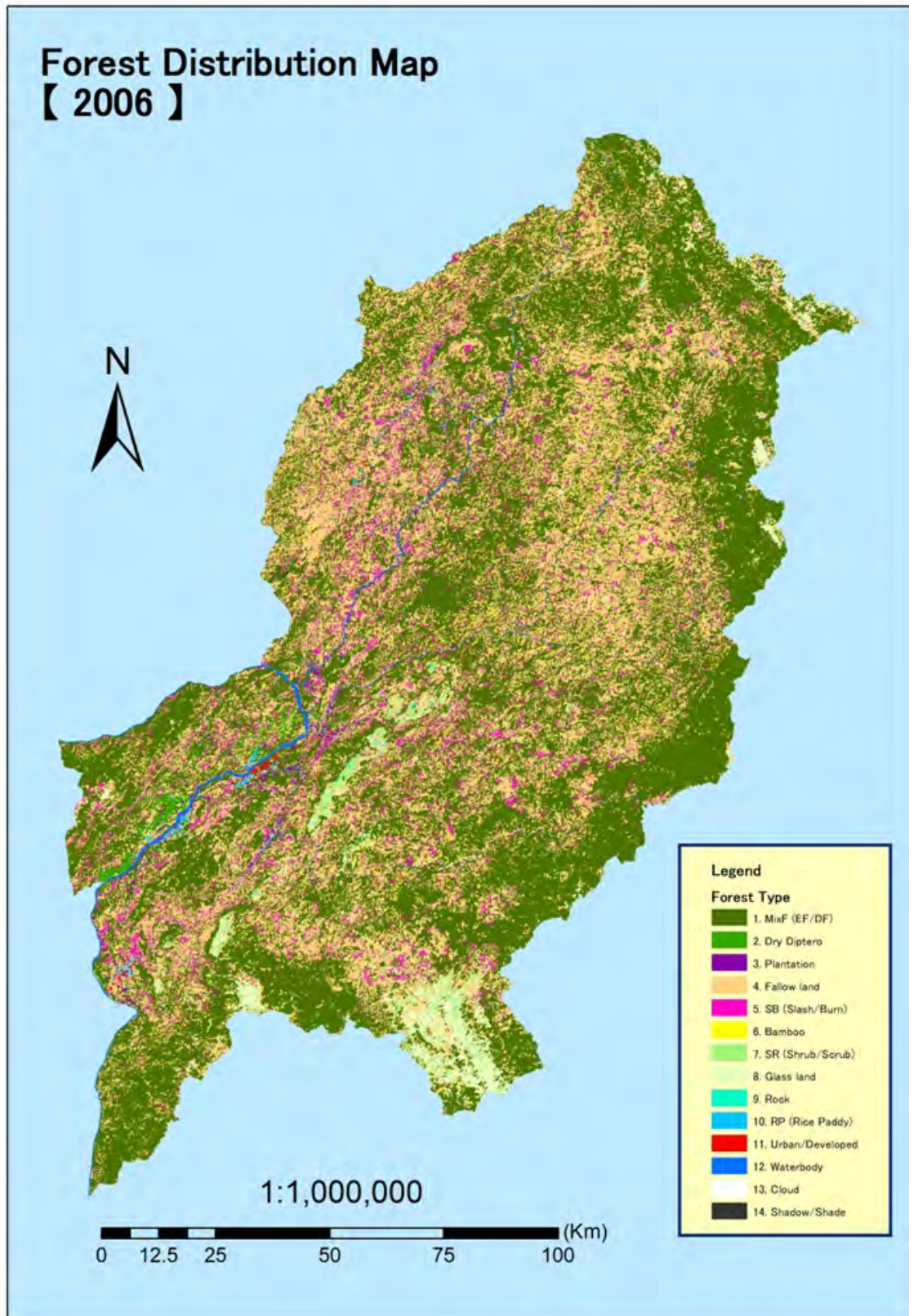


図 37 ルアンプラバン県における森林動態（2006 年）



図 38 ルアンプラバン県における森林動態 (2007 年)



図 39 ルアンプラバン県における森林動態 (2008 年)



図 40 ルアンプラバン県における森林動態（2009 年）

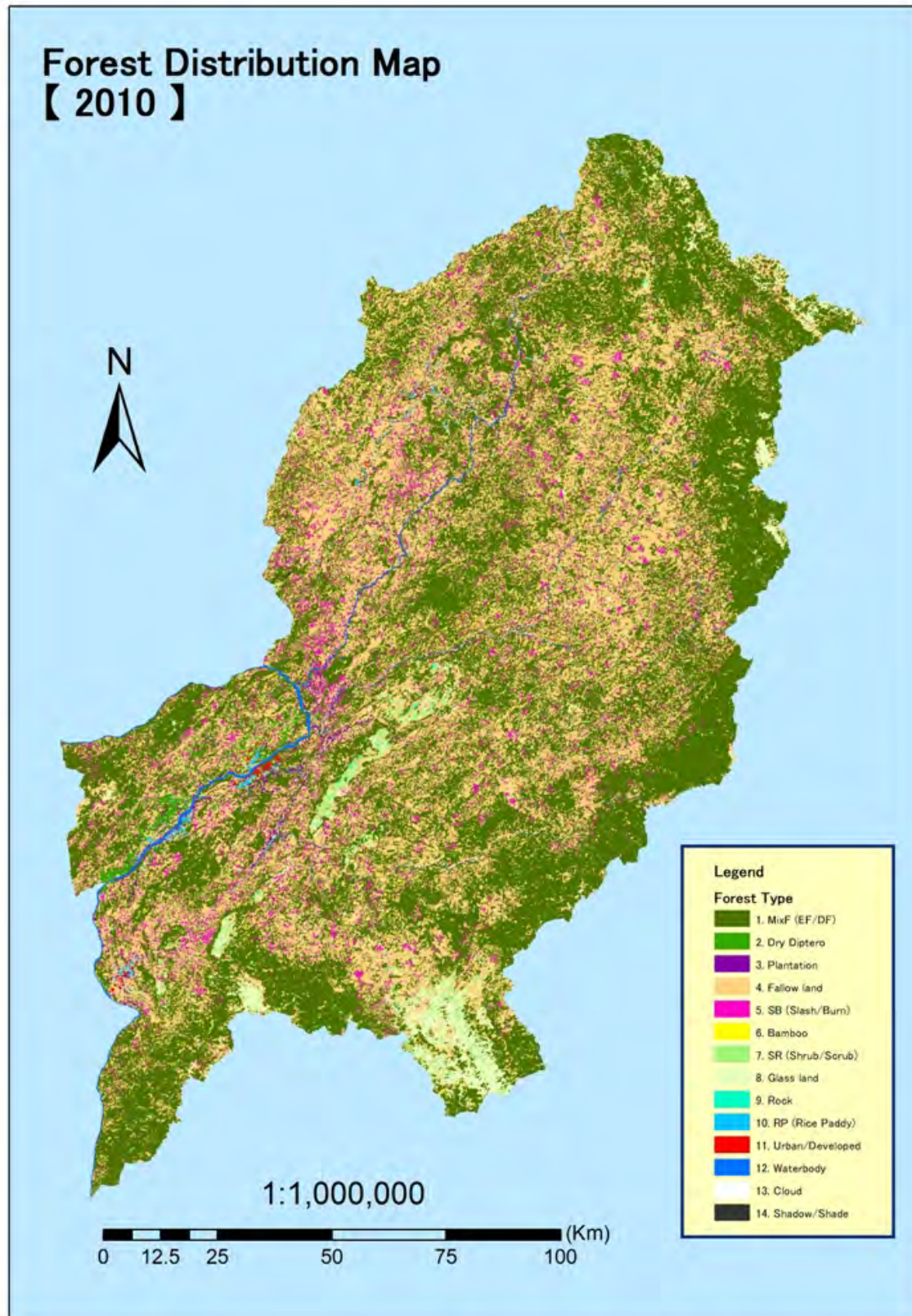


図 41 ルアンプラバン県における森林動態（2010 年）

参考資料 3 ポンサイ郡における森林動態

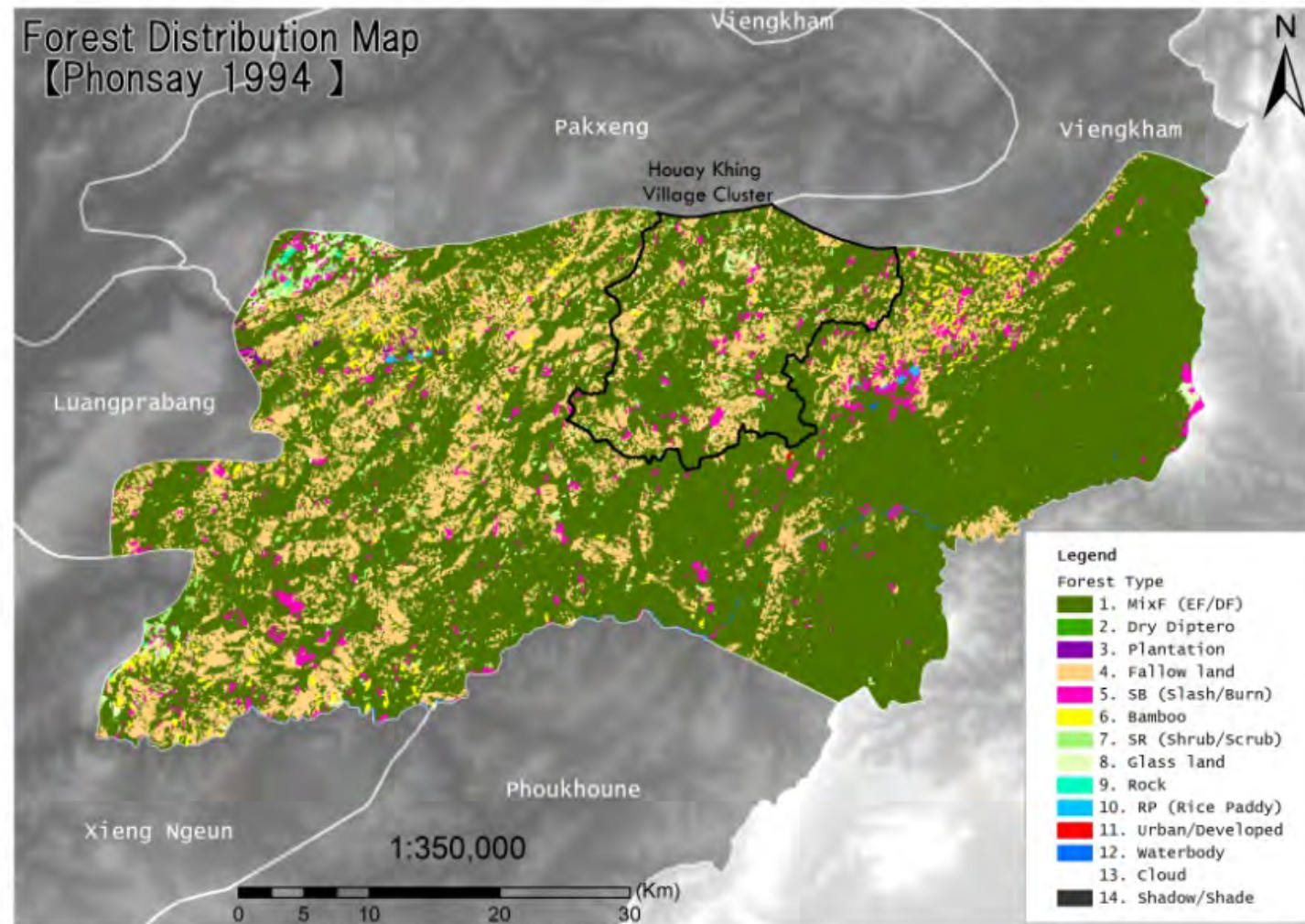


図 42 ポンサイ郡における森林動態（1994 年）

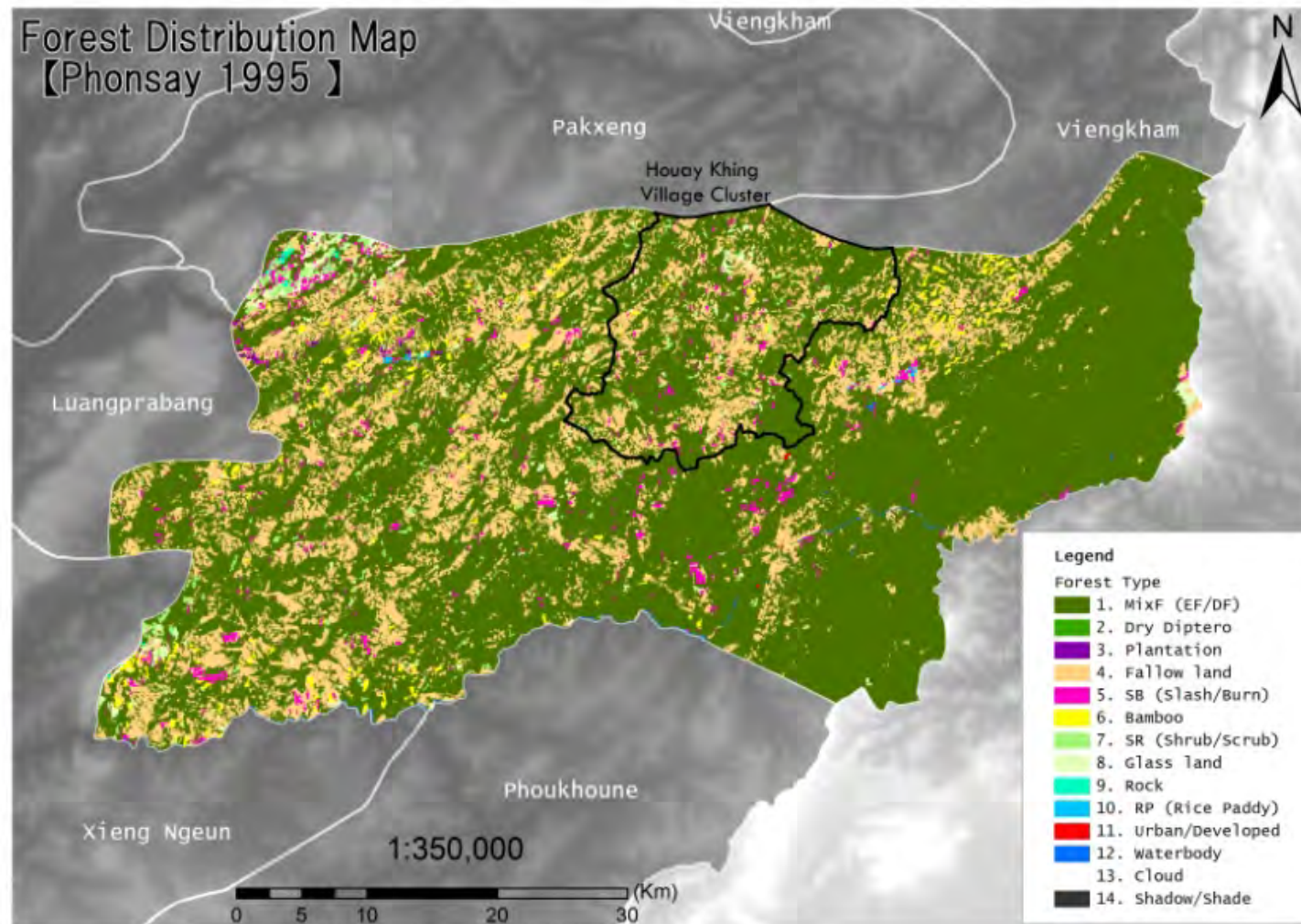


図 43 ポンサイ郡における森林動態（1995 年）

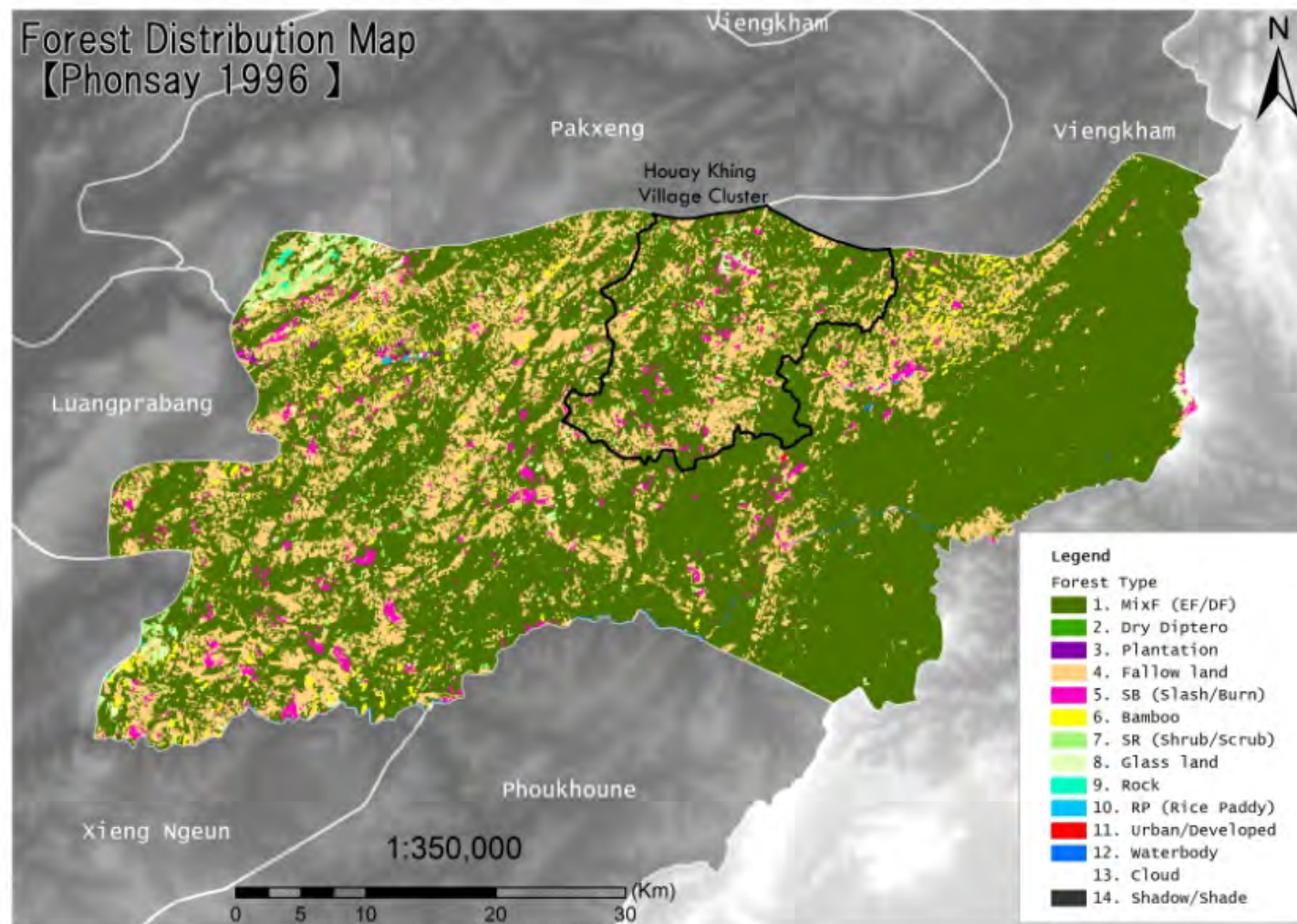


図 44 ポンサイ郡における森林動態（1996 年）

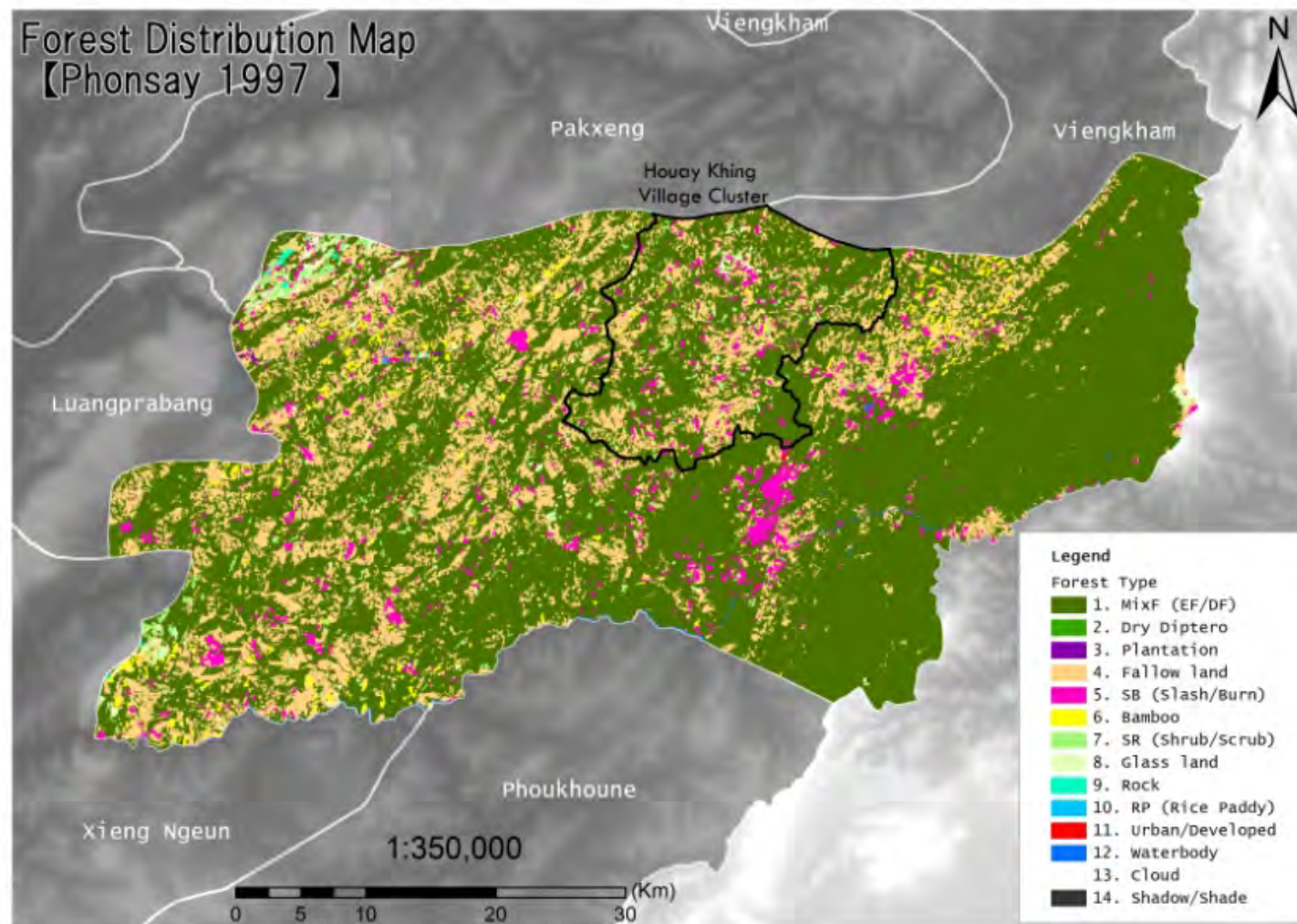


図 45 ポンサイ郡における森林動態（1997 年）

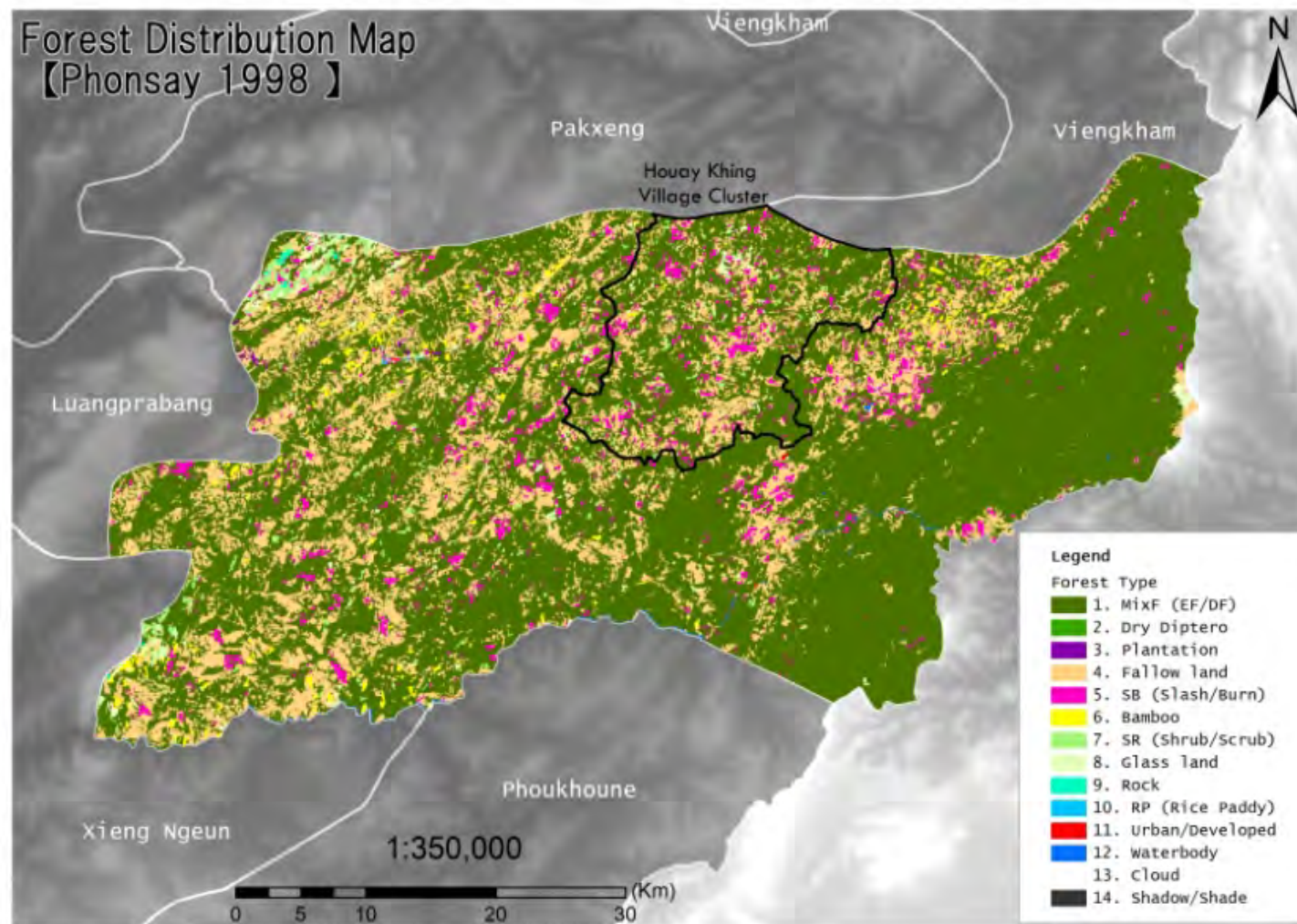


図 46 ポンサイ郡における森林動態（1998 年）

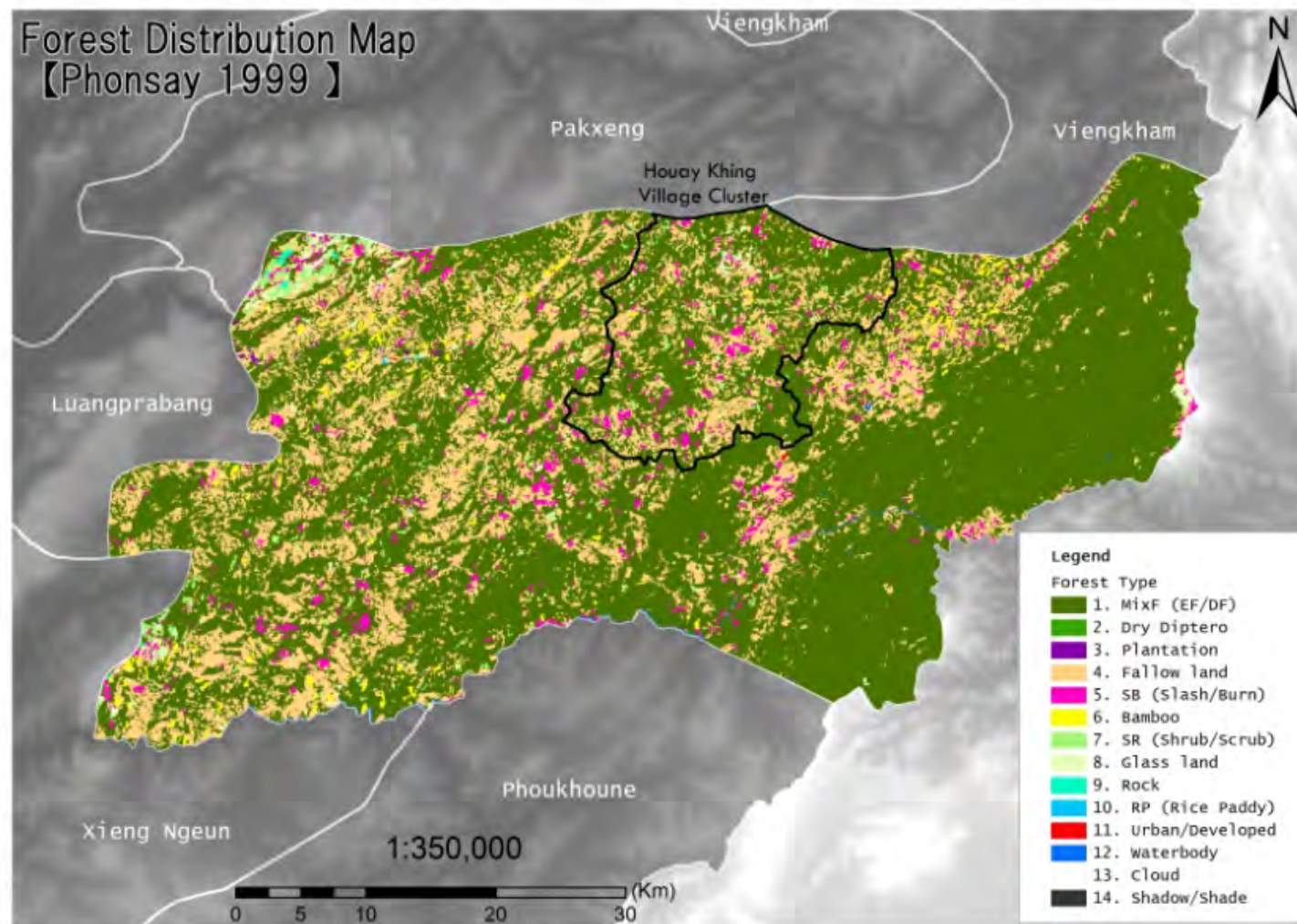


図 47 ポンサイ郡における森林動態（1999 年）

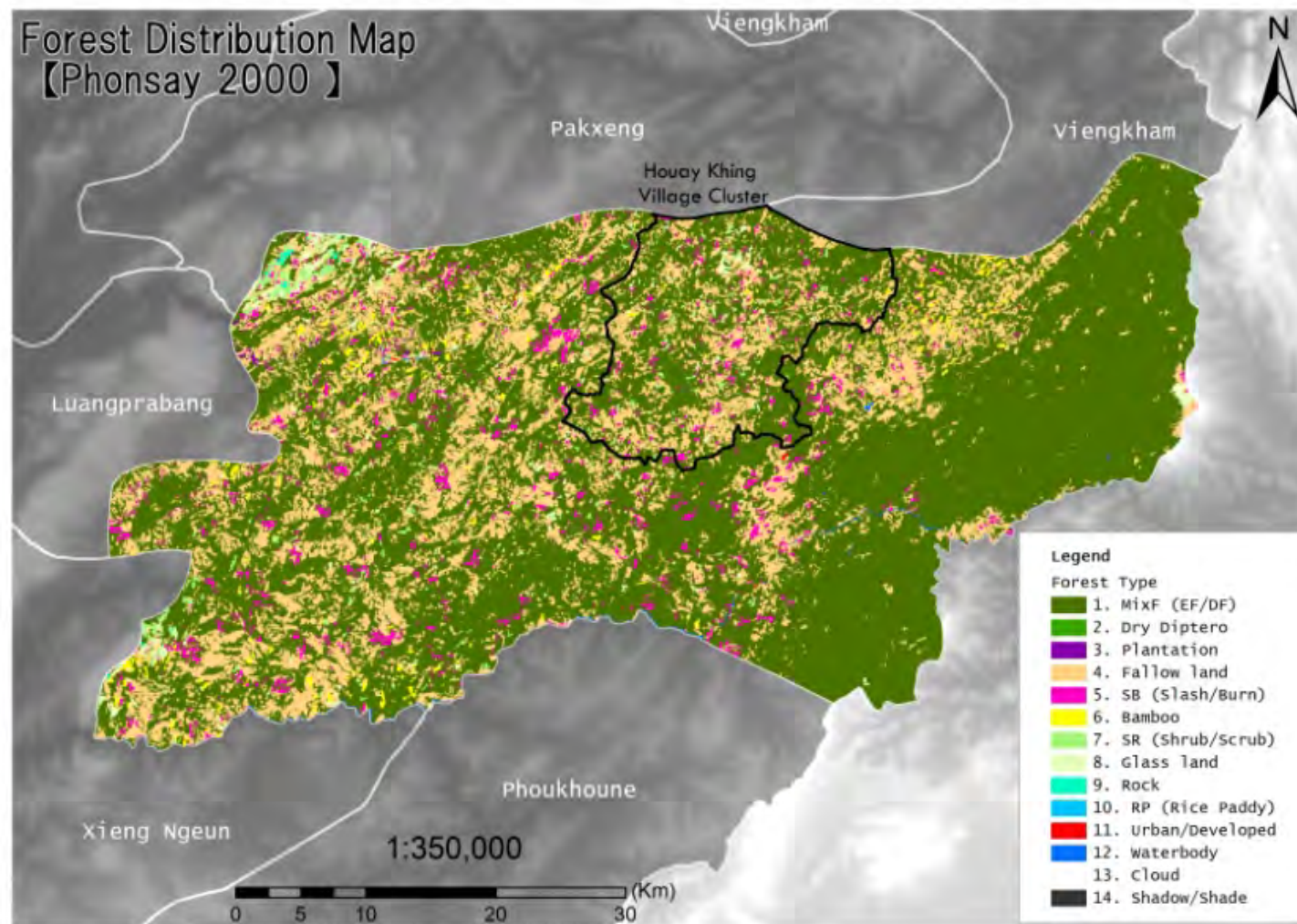


図 48 ポンサイ郡における森林動態（2000 年）

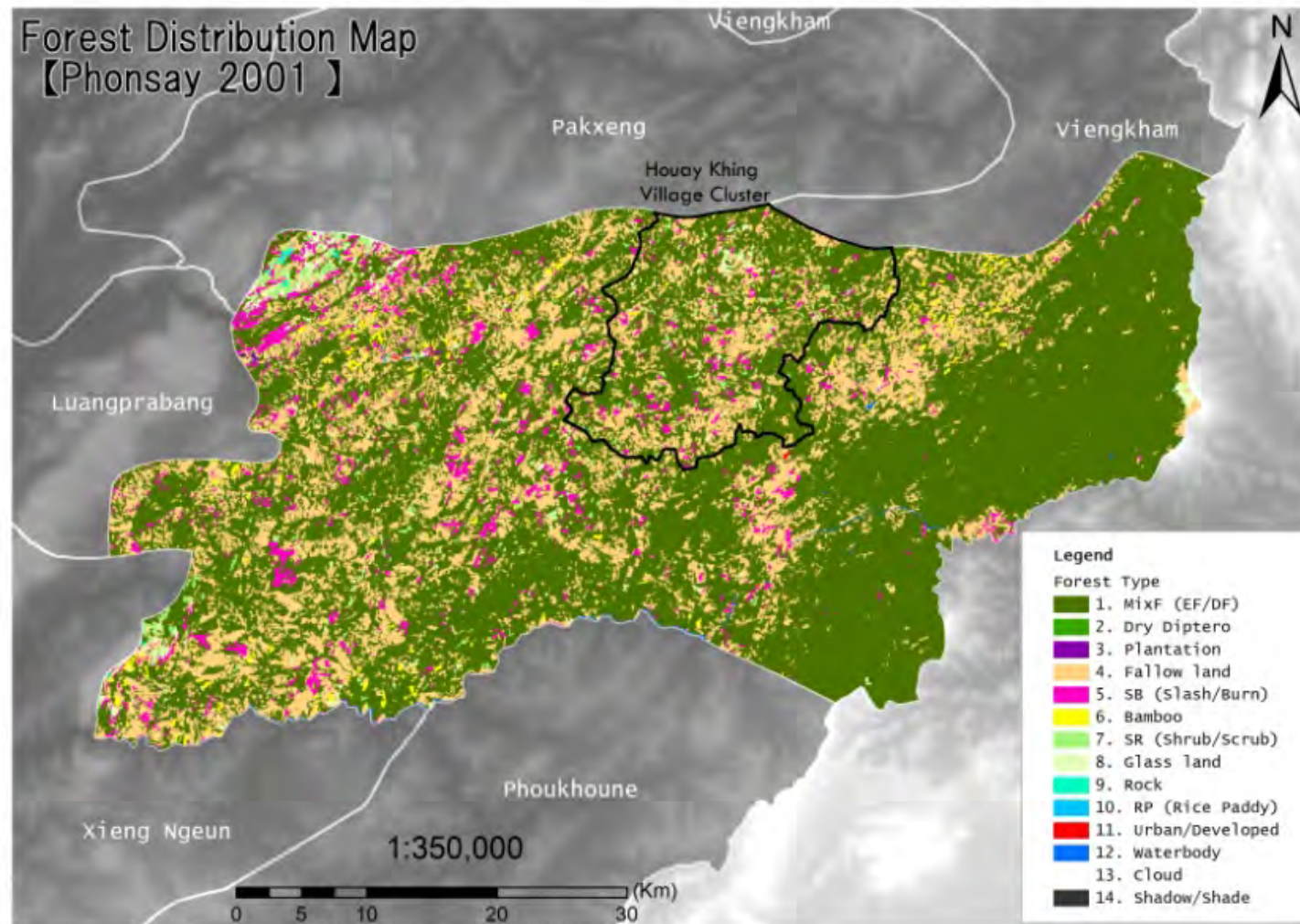


図 49 ポンサイ郡における森林動態（2001 年）

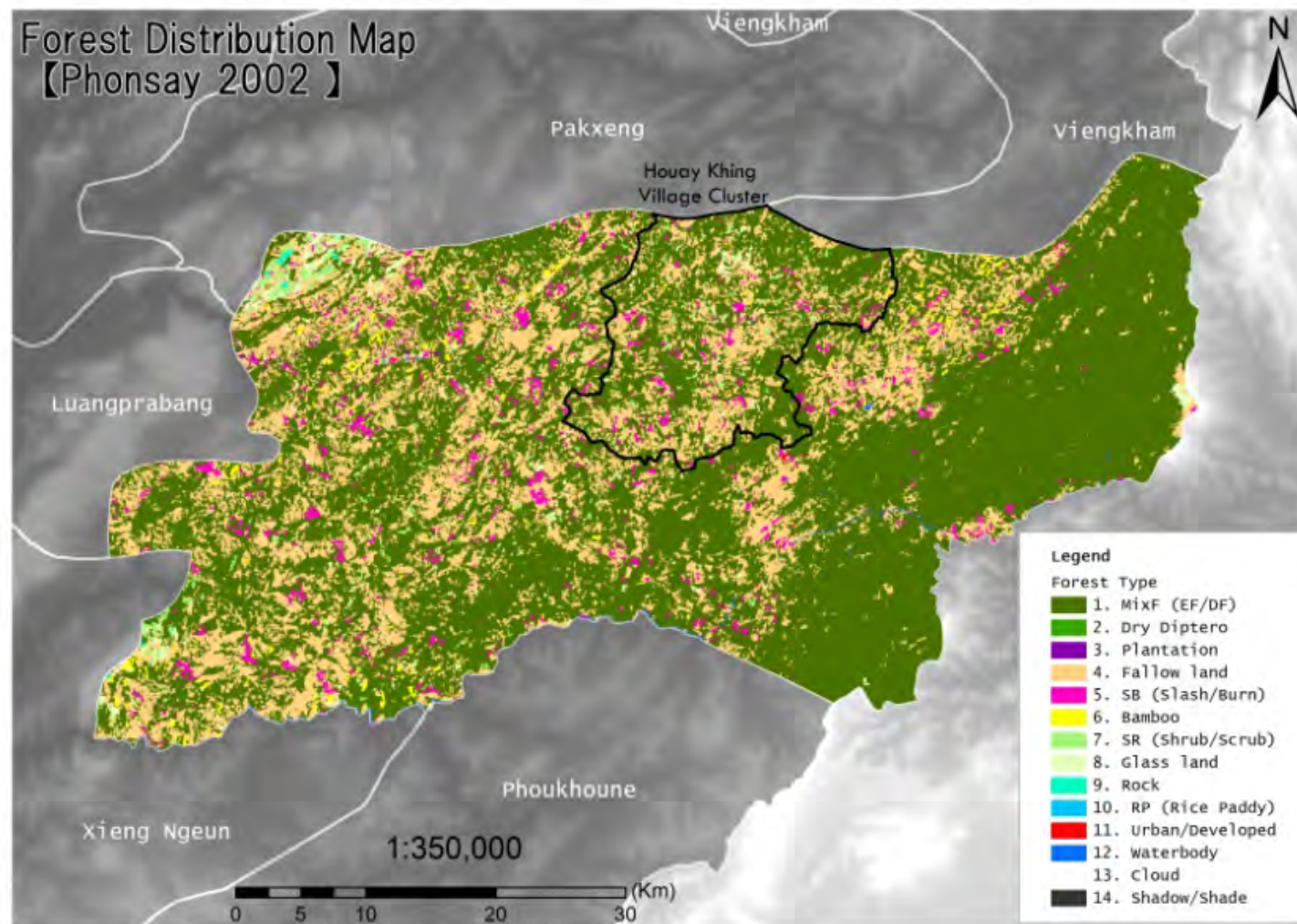


図 50 ポンサイ郡における森林動態（2002 年）

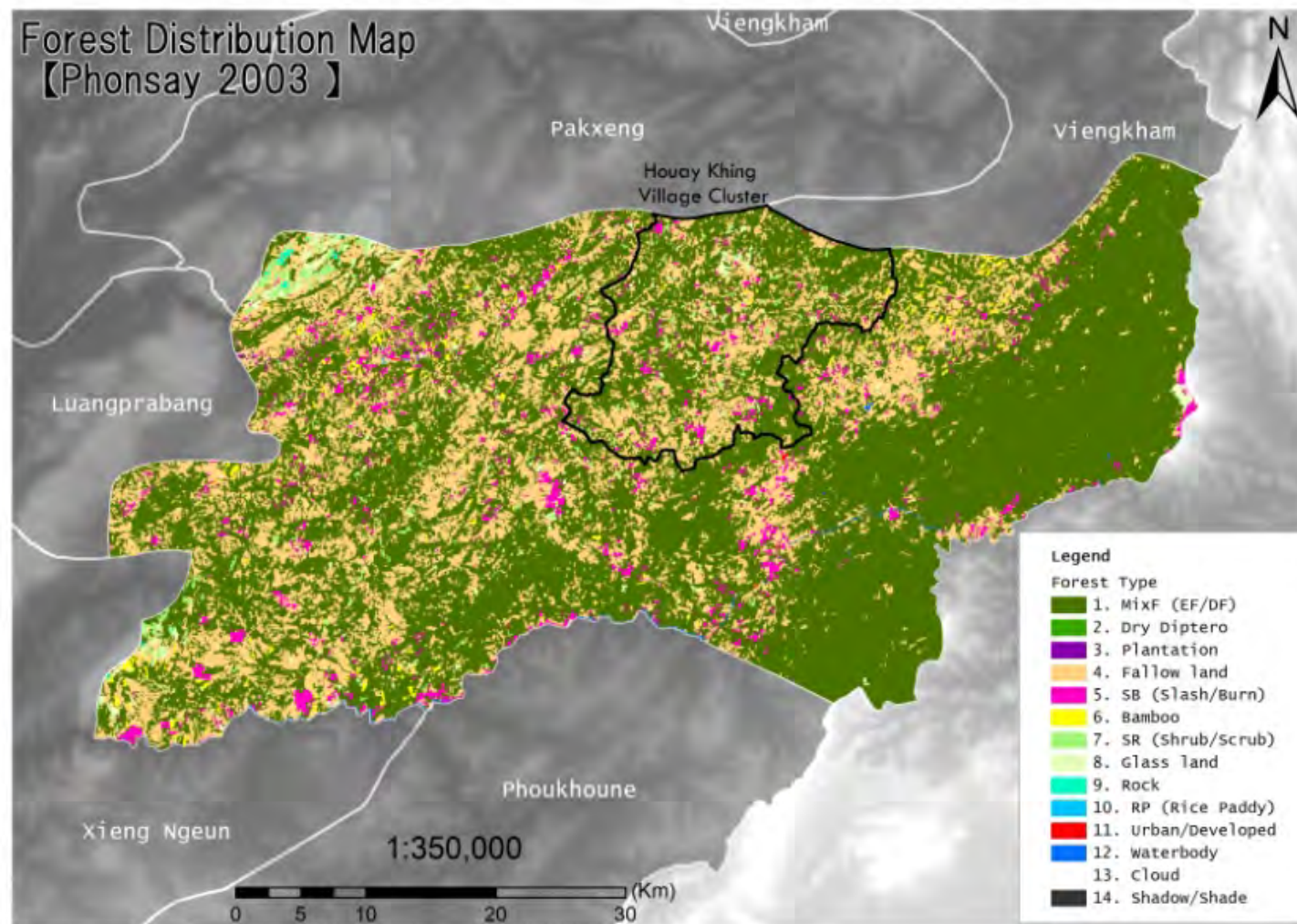


図 51 ポンサイ郡における森林動態（2003 年）

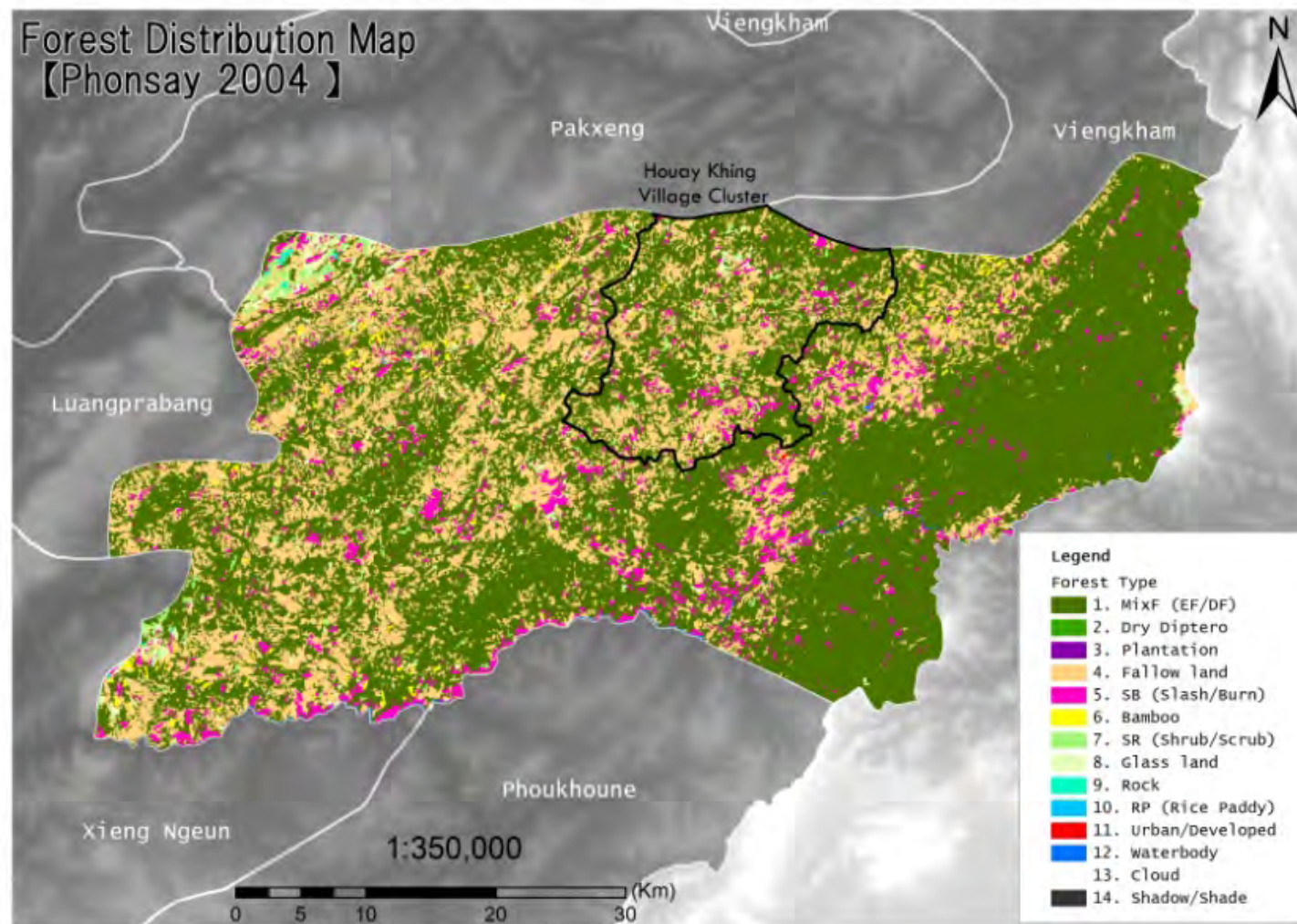


図 52 ポンサイ郡における森林動態（2004 年）

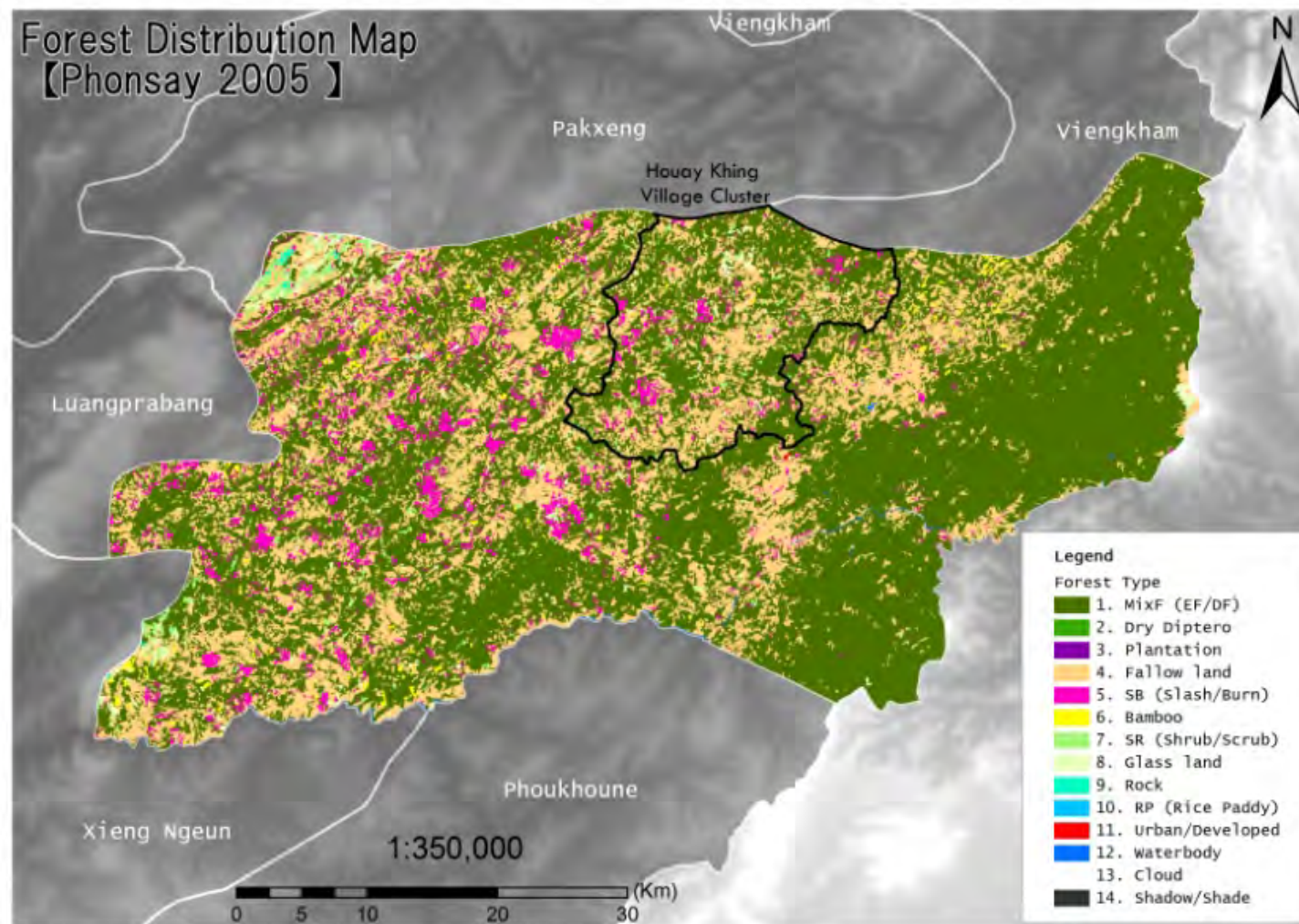


図 53 ポンサイ郡における森林動態（2005 年）

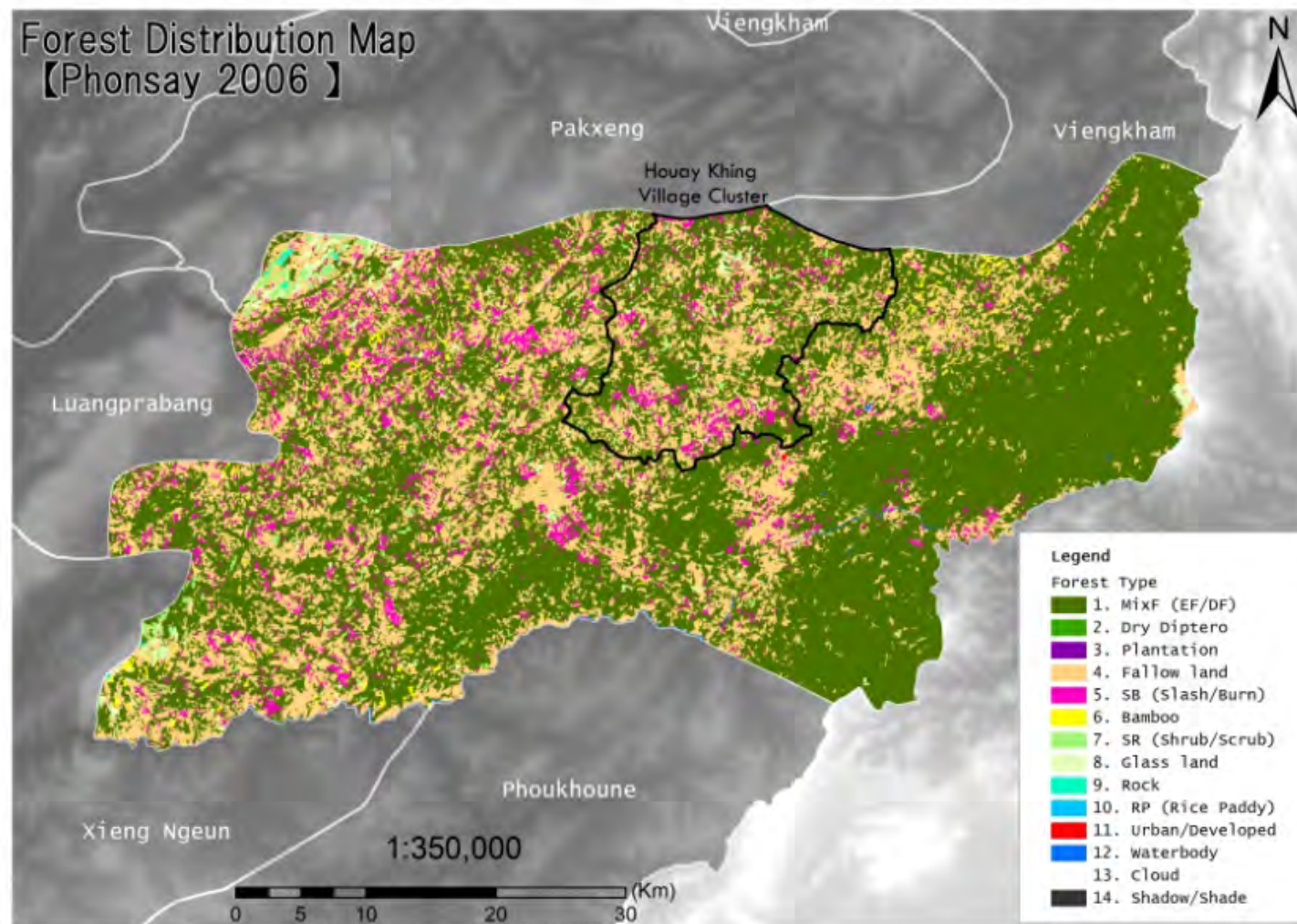


図 54 ポンサイ郡における森林動態（2006 年）

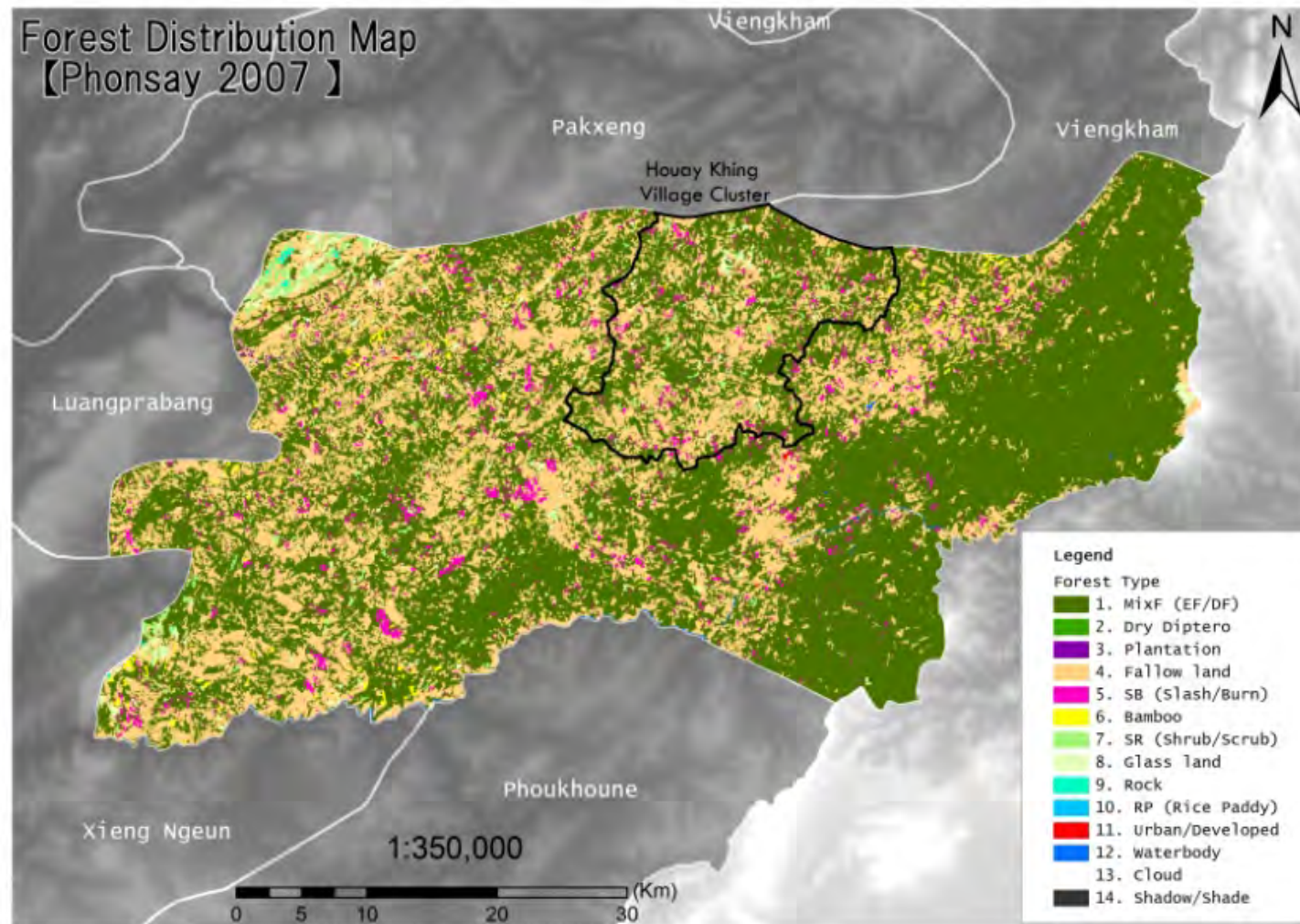


図 55 ポンサイ郡における森林動態（2007 年）

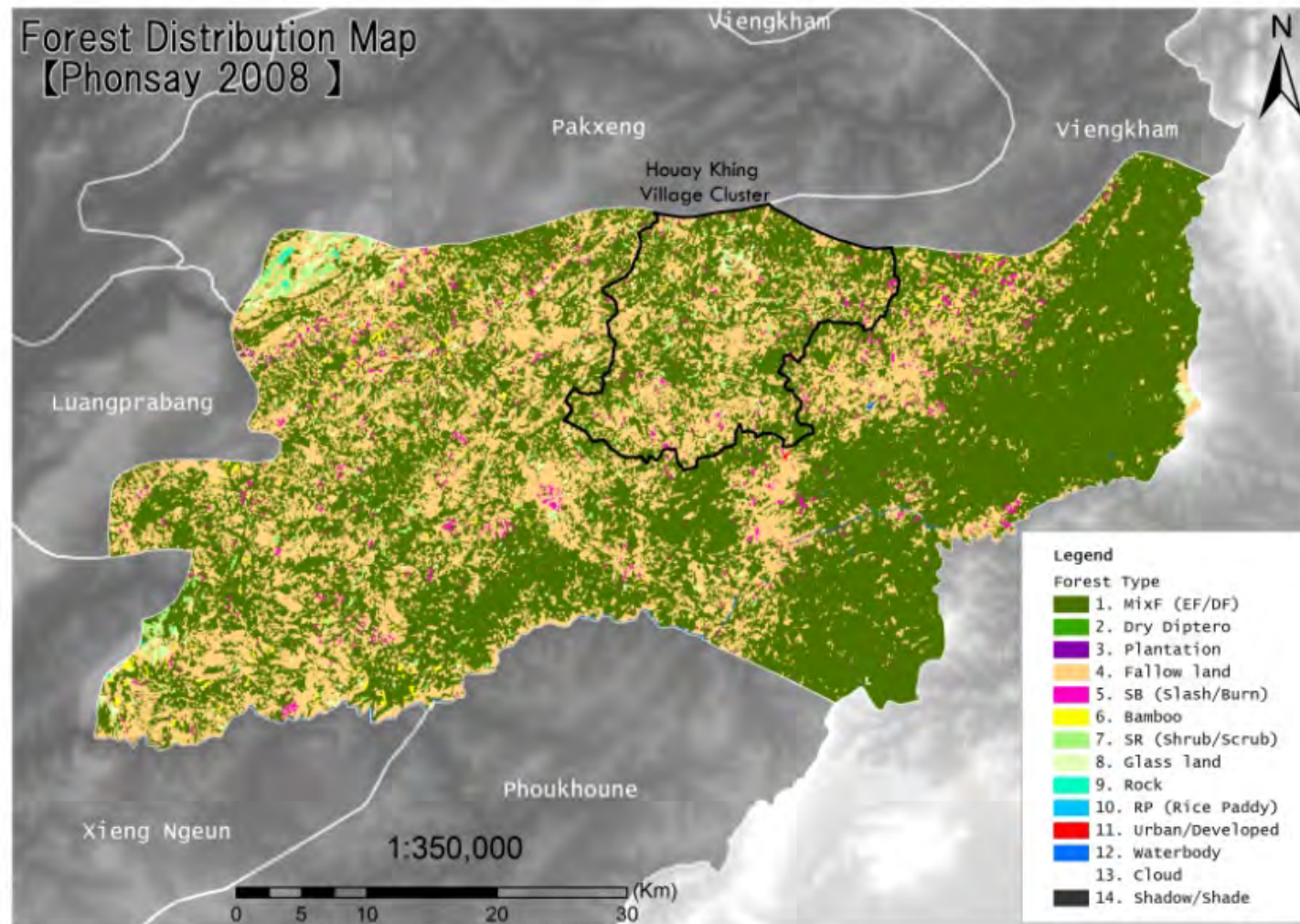


図 56 ポンサイ郡における森林動態（2008 年）

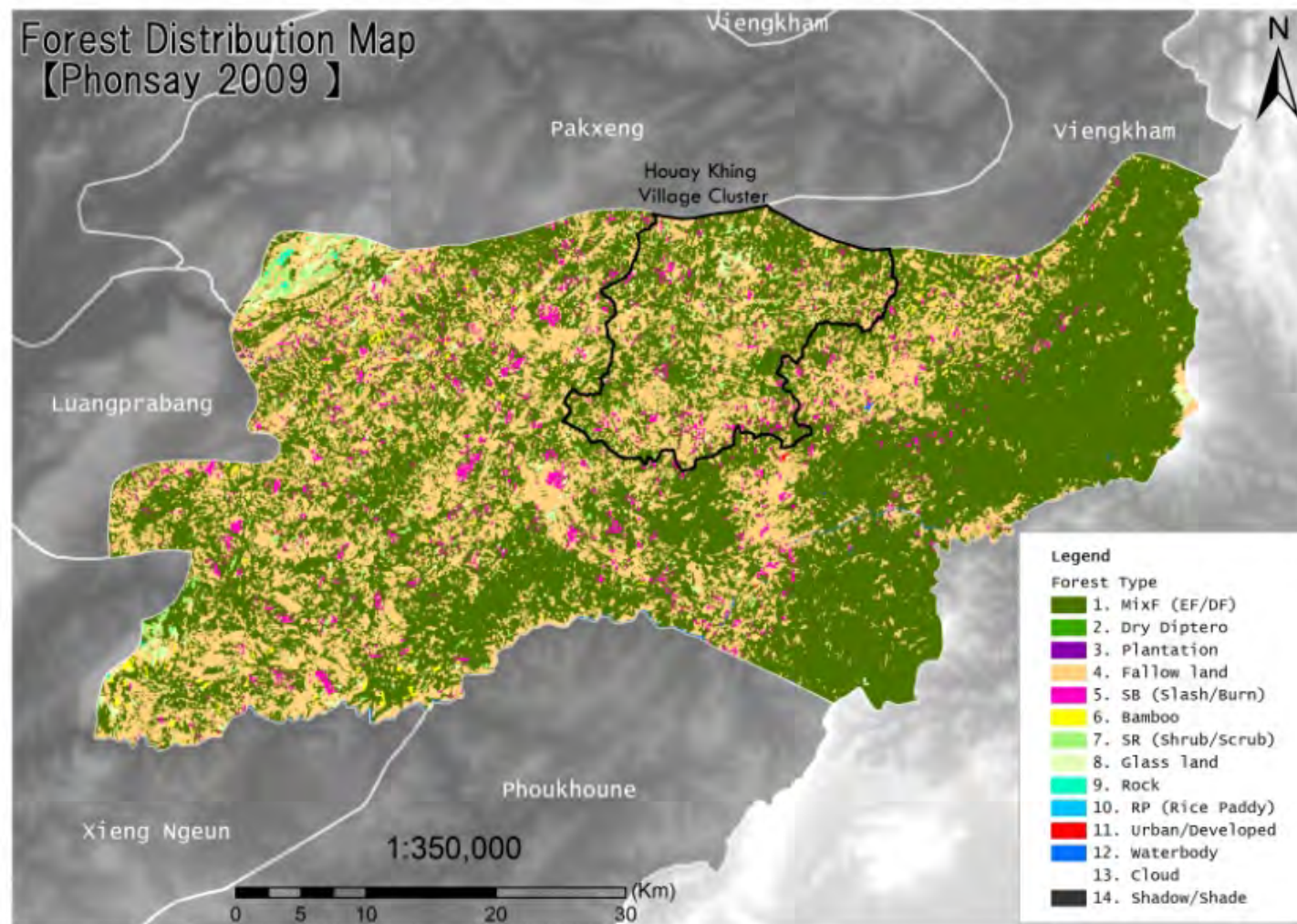


図 57 ポンサイ郡における森林動態（2009 年）

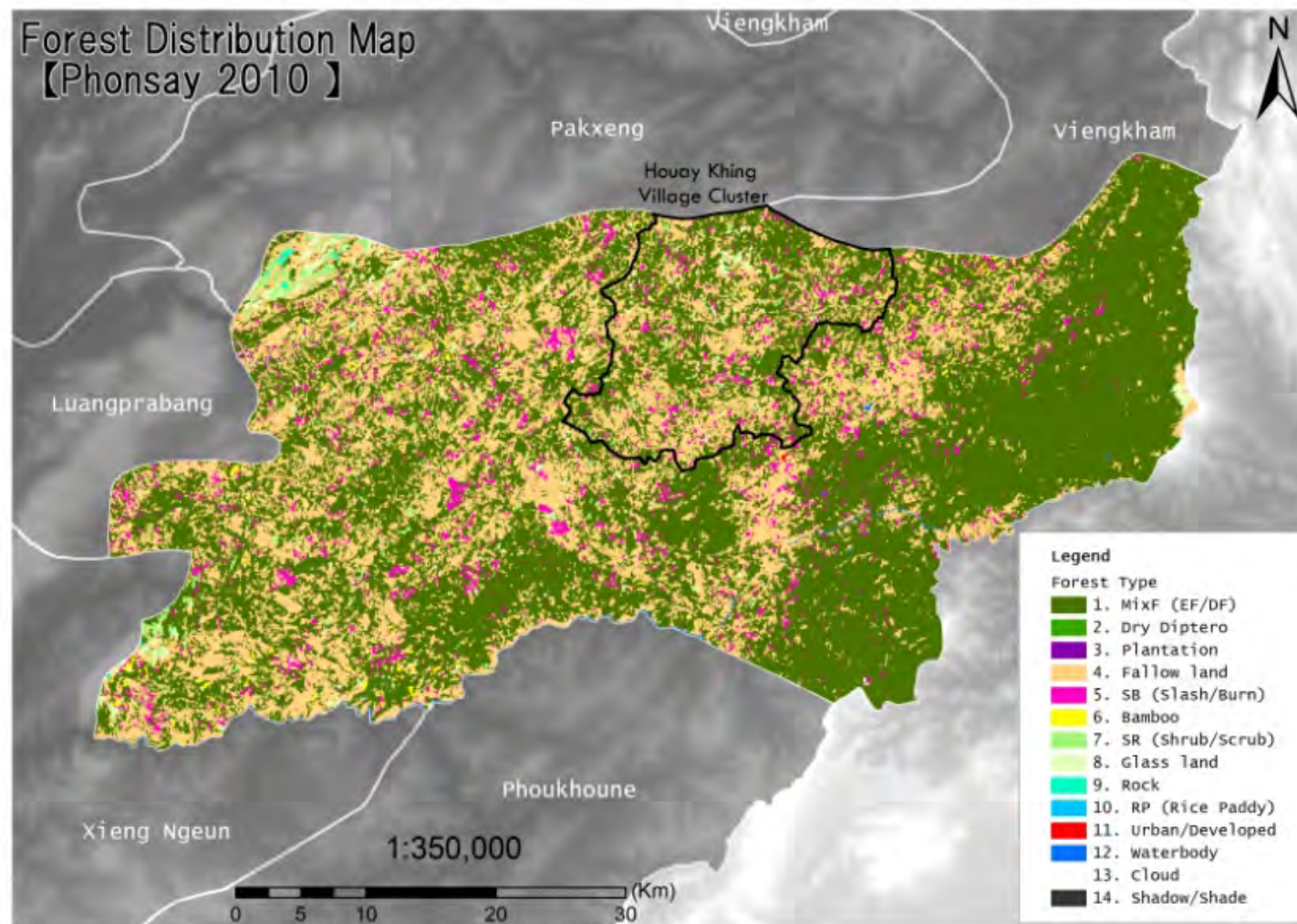


図 58 ポンサイ郡における森林動態（2010 年）

**ラオス国森林減少抑制のための
参加型土地・森林管理プロジェクトに係る
REDD+認証・登録支援業務**

**技術成果報告書
「森林プロット調査の取りまとめ結果」**

平成 26 年 10 月（2014 年 10 月）

独立行政法人国際協力機構（JICA）

三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング株式会社

一般社団法人日本森林技術協会

ラオス国森林減少抑制のための参加型土地・森林管理プロジェクトに係る REDD+認証・登録支援業務
技術協力成果品「森林プロット調査の取りまとめ結果」

ラオス国森林減少抑制のための
参加型土地・森林管理プロジェクトに係る
REDD+認証・登録支援業務

技術協力成果品
「森林プロット調査の取りまとめ結果」

-目次-

第1章 本技協力成果品の位置付け.....	1
第2章 事前に想定した対象地における森林タイプ.....	3
1. 一次的な森林タイプの設定.....	3
2. 各森林タイプで算定対象とした炭素プール.....	3
第3章 本業務における対象地における森林タイプの再検討.....	5
1. 対象地における Young Fallow の位置付け.....	5
2. 対象地における OF・DF・EF の位置付け.....	5
3. 調査方法.....	5
4. 調査方法の再検討.....	8
5. 再検討後の調査スキーム.....	9
6. 調査方法(追加プロット).....	9
第4章 調査結果.....	12
1. Young Fallow(YF1～3)を対象にした調査.....	12
2. Mixed Forest のプロット調査.....	12
参考資料 1 土壌有機炭素を算定対象外とした根拠.....	17
参考資料 2 森林タイプ別に炭素ストック量のバラツキに応じたプロット数を計算するためのツール.....	19
参考資料 3 技術協力プロジェクト「持続可能な森林経営及び REDD+のための国家森林情報システム構 築に係る能力向上プロジェクト」への森林区分に関する提案.....	20
参考資料 4 森林プロット調査の様子(写真).....	25

ラオス国森林減少抑制のための参加型土地・森林管理プロジェクトに係る REDD+認証・登録支援業務
技術協力成果品「森林プロット調査の取りまとめ結果」

第1章 本技術協力成果品の位置付け

本業務では、ルアンプラバン県全域及びポンサイ郡ホアイキン村落クラスターを対象に参照レベルの設定を進めたが、参照レベルを設定するためには、別途実施した衛星画像解析によって得られた経年的な森林タイプごとの面積変化（詳細は技術協力成果品「森林動態の解析結果」を参照されたい）に、森林タイプごとの単位面積あたり炭素ストック量（本業務における排出係数）を乗じることによって、森林タイプごとの経年的な炭素ストック量の動態を算定することが求められる（図1）。その結果として、対象地において森林タイプごとに面積変化した場合（森林タイプが変化した場合）の炭素ストック量の増減（排出または吸収）が求められ、その傾向が参照レベル算定の基礎となるという認識の下で作業を進めた。

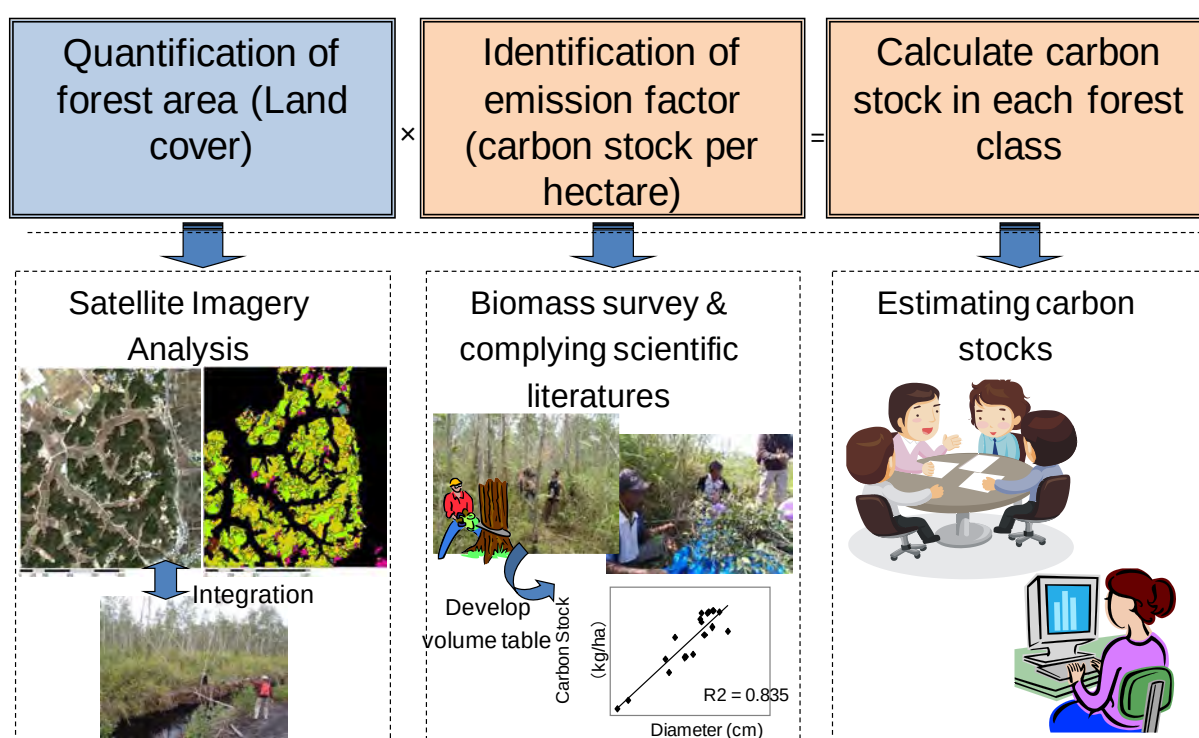


図1 森林タイプごとの炭素ストック量の算定フロー

以上より、排出係数とは狭義には森林における炭素蓄積量に関する係数のうち、幹材積、材積からバイオマスへの換算係数、幹バイオマスから枝葉バイオマスへの換算係数（拡大係数）と細分化されるが、広義には森林タイプごとに示される面積あたりの炭素ストック量を指す。

本業務では、以上の狭義と広義の双方の観点から、森林タイプそれぞれの炭素ストック量を定量化することが参照レベルの設定にあたって必要であると認識し、このために森林プロット調査を実施した。なお、参照レベルの設定は、技術協力成果品「森林動態の解析結果」、技術協力成果品「標本木調査の取りまとめ結果」、そして本技術協力成果品の3つを活用することで進めたが、3つの技術協力成果品の関係は以下の通りとなる（図2）。そして、3つの技術協力成果品により得られた参照レベルは、業務完了報告書に整理した。

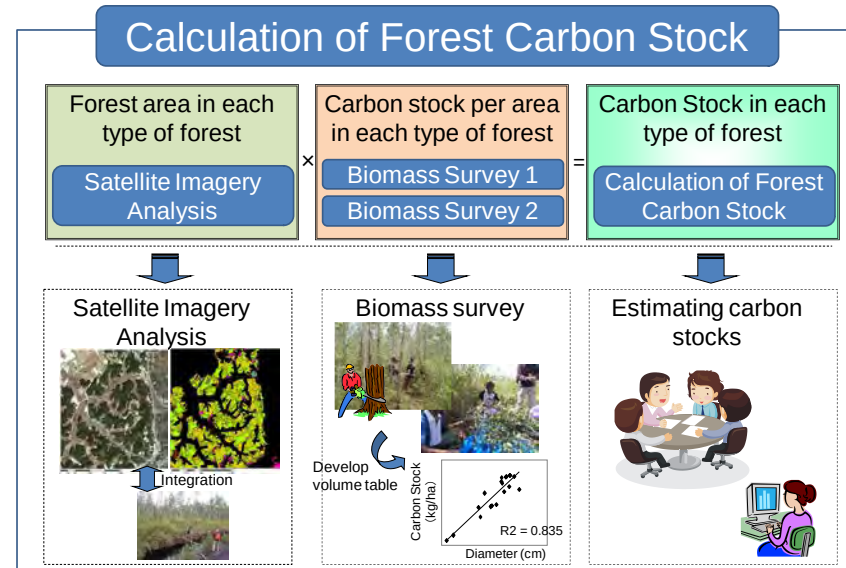
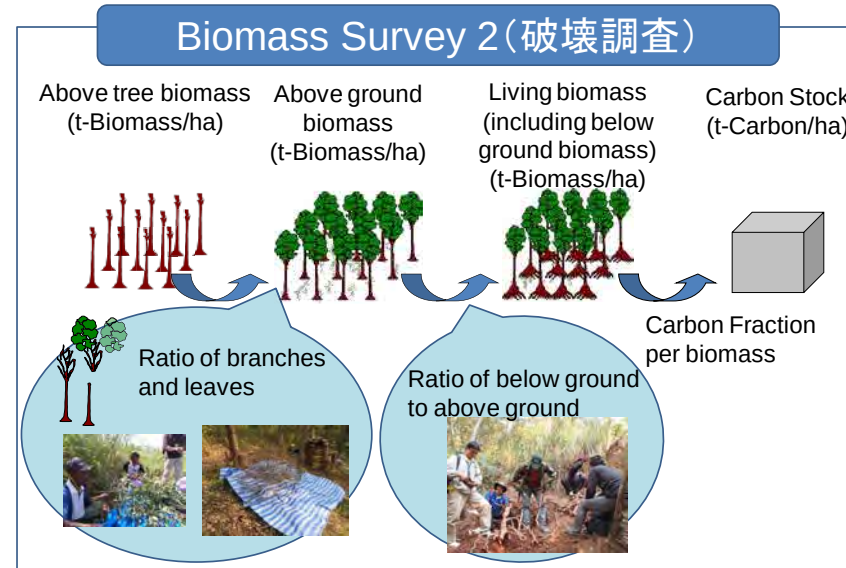
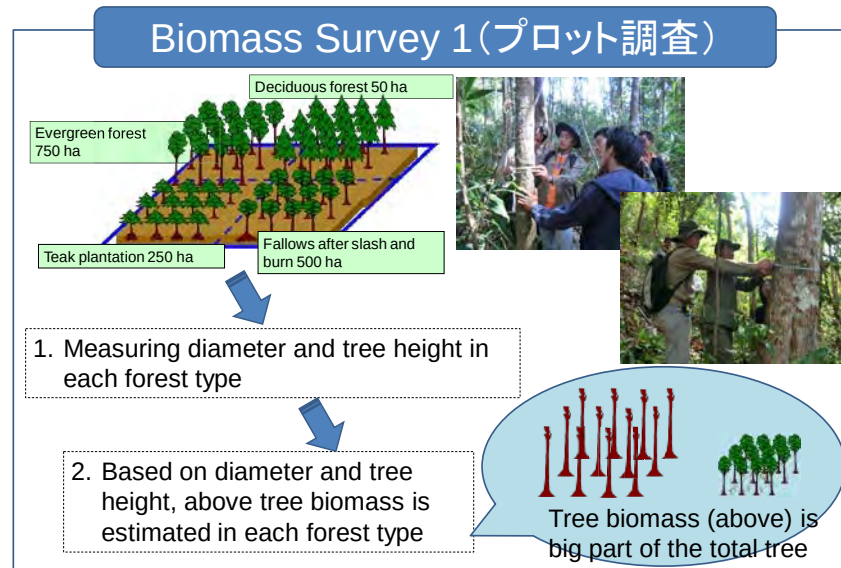
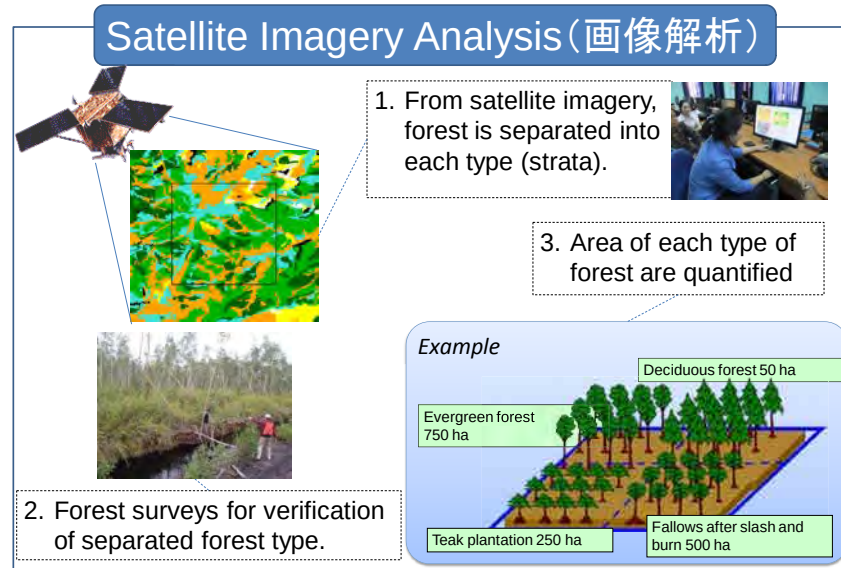


図 2 技術協力成果品の関係

第2章 事前に想定した対象地における森林タイプ

1. 一次的な森林タイプの設定

森林プロット調査を行うにあたり、対象地における森林タイプの特定を進めたが、本業務では先行的にラオスでの取組を進めていた環境プログラム無償「FIM」との一貫性を確保するため、FIMから提供された森林タイプを一時的に体系化した。これは、FIMから適用する土地・森林タイプ区分については既にラオス側と調整済みであり、ラオス政府の意向を踏まえた区分が望ましいという説明を受けたことによった。

その結果、本業務では炭素ストック量の小さい方から Slash and Burn (SB)、Young Fallow (YF) 1、YF2、YF3、Old Fallow (OF)、Deciduous Forest (DF)、Evergreen Forest (EF) という7つの森林タイプを設定した(図3)。

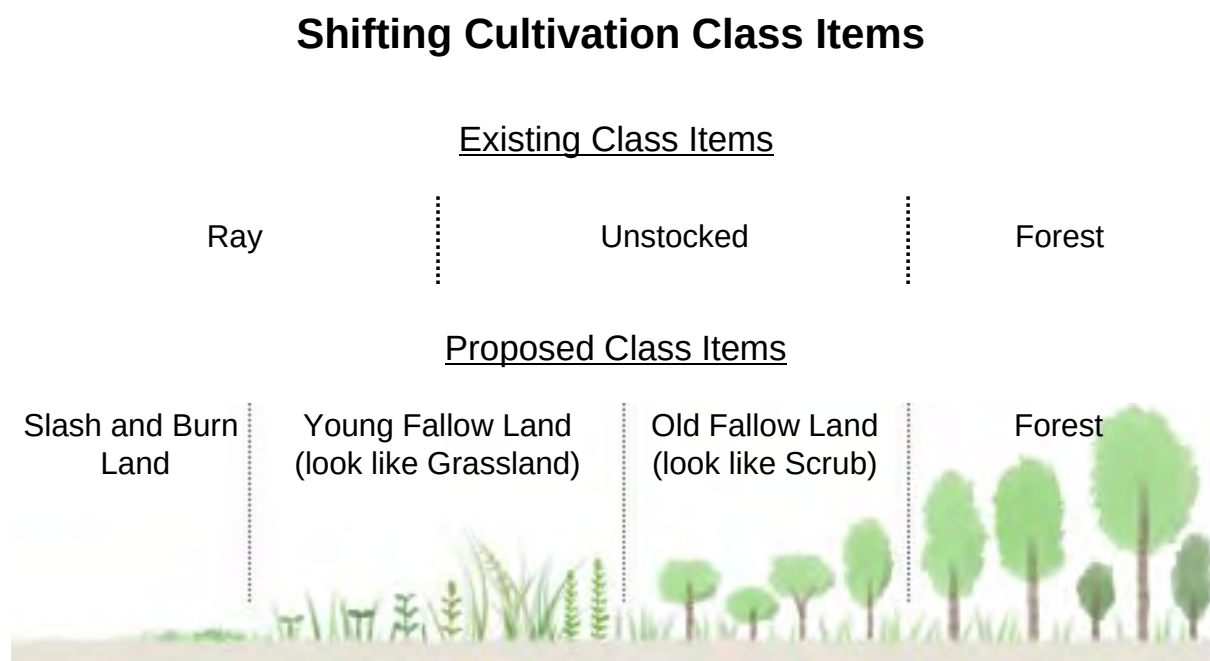


図3 対象地における森林区分(一時的に適用した区分)

2. 各森林タイプで算定対象とした炭素プール

本業務で計測の対象とする炭素プールは、IPCCに基づき5つに区分できるが(図4)、本業務では地上部バイオマス(幹・枝)、地下部バイオマス(根)の2つを算定対象とし、その他の炭素プールである枯死木、落枝落葉、そして土壌有機炭素は算定対象外とした。

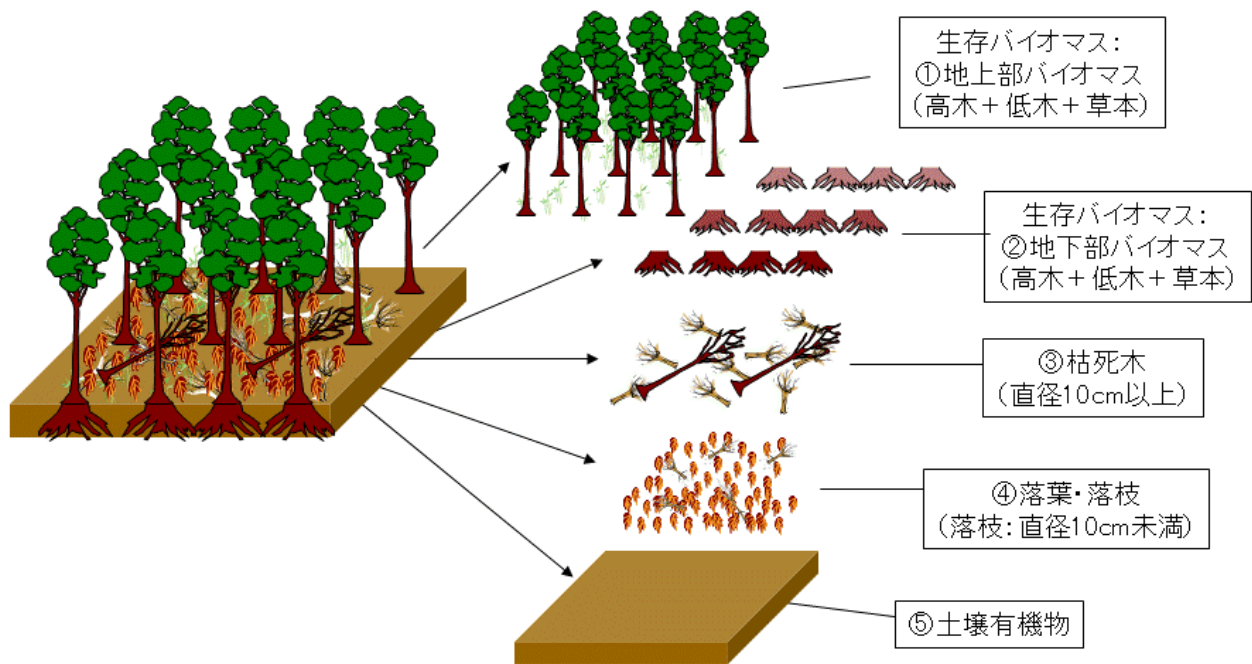


図4 森林における5つの炭素プール

なお、枯死木及び落葉落枝については人為影響による森林タイプの変化が起こった場合でも排出・吸収量が微量であること、土壌有機炭素については、先行研究をレビューした結果から焼畑等の人為影響が起こった場合でも大きな排出源にはならないことから、算定対象外とした（詳細は巻末の参考資料1を参照されたい）。

第3章 本業務における対象地における森林タイプの再検討

2012年3月の現地視察より、7つに整理した森林タイプのうち、SBを炭素ストック量なし（農地として利用されているので非森林）として計測対象から除外し、それ以外のうち YF1～3 と OF、DF、及び EF とを以下の2通りの調査を実施した。いずれも単位土地面積あたりの絶乾重量であるバイオマスが求められ、それに炭素含有率0.5を乗じることで炭素ストック量に換算した。

1. 対象地における Young Fallow の位置付け

YF1～3とは焼畑（火入れ）後に作物を栽培して収穫した後に地力回復を目的として放棄されてから数年の休閑地に生育する植生で、YF1、YF2、そして YF3 の順に年数が経っている。炭素ストック量は土地の休閑（放棄後）年数によって概ね決まることから、放棄後年数とバイオマスの対応関係を構築することとした。

衛星解析では、一時点の画像に基づく YF1、2、3 の3区分であったが、これを1994年から2010年までの衛星画像に基づき、より正確な放棄後年数（作物を収穫して休閑が始まった11月時点を起点として勘定）の特定に取り組むことにした。地上調査の側では、放棄後年数とバイオマスとの対応関係を明らかにすることとし、そのバイオマス計測方法は、刈り取り計量（坪刈り）調査を主体とした。

2. 対象地における OF・DF・EF の位置付け

OF・DF・EFは確実に森林と定義されるが、このうち OF は YF よりも年齢が少し高いだけで若く、同齡の立木で構成される若齡二次林である。一方の DF と EF は、基本的に立木単位で見れば抜き伐りとその後の天然更新とが繰り返されることで個々の木の年齢が異なる二次林で、落葉樹が優先する林分を DF、常緑樹が優先する林分を EF としている。

こうした林分構造と種組成に違いがあることから、各森林タイプそれぞれ別個に調査林分をランダムに選定して調査し、平均をもって各森林タイプのバイオマスとすることとした。この OF・DF・EF の森林バイオマス調査を、一般的な手法であるプロット毎木調査（固定試験地）と標本木破壊調査の組み合わせにより実施した。なお、標本木破壊調査については、技術協力成果品「標本木調査の取りまとめ結果」を参照されたい。

3. 調査方法

3.1 Young Fallow を対象にした調査

この調査では、区画を設置してその中に生育する植物をすべて刈り取って計量することでバイオマスを計測した。区画の大きさと数は、植生の高さや密度が均一とみなせるものについては植生高を辺長とした正方形を1つ、不均一なものについては均一とみなせるまで区画を大きくするか、あるいは疎・中・密といった具合に3つあるいはそれ以上とって平均化した。刈り取った植物を同化器官（木質部）と非同化器官（葉）など部位別に分けたうえ、生状態の重量に一部乾燥試料を採取して絶乾重量を生重量で除して得られる乾重率を乗じてバイオマスを求めた。試料の乾燥は70℃で48時間以上、恒量に達するまでとした。刈り取り調査では基本的に根まで掘り出すことはしなかったが、別途、標本木破壊調査により得られる地上と地下（根）のバイオマスの比を用いて根バイオマスを推定した。

地上部に対する地下部のバイオマスは、地上部が小さいほど大きくなるので、それも勘案して地下部バイオマスを推定した。なお、乾重率を求めるための乾燥作業はルアンプラバン市内の Souphanouvong 大学の協力を得た。

3.2 OF・DF・EF を対象にした調査（プロット調査）

この調査では、区画を設置してその中の樹木の胸高直径を計測し、別途、標本木破壊調査によって得られる胸高直径に対するバイオマスの相対成長式（アロメトリー式）（術協力成果品「標本木調査の取りまとめ結果」を参照されたい）を用いて個々の木のバイオマスを推定し、その合計を土地面積で除して単位土地面積あたりのバイオマスを求めた。

設置した区画には四隅に杭を打ち、また計測した樹木には識別札を貼り付けて固定試験地とした。森林は住民によって抜き伐りされており、その強度・頻度・継続期間の影響が道沿いで著しく強いと考えられること、また林縁効果によって林木の生育が特異的となることも考えられることから、道沿いを調査対象から除外した。また、道から距離が離れるにつれ、アクセスに時間を要するので効率が低くなるうえ、危険も急増する。そこで、本業務で適用する VCS の方法論 0015 に基づき、道から一定距離以遠も調査対象から除外した。その結果、道から 50m 以上 1,000m 以内を調査対象とした。調査地域の道の情報が十分には整備されていなかったため、踏査による調査を実施して道情報を取得した。自動四輪車・及び自動二輪車に一部徒歩を加えた調査を二班編成し、各班 1 日で踏査した。調査の対象となりうる道から 1,000m までの面積は 6 村塊面積の約半分であった。この調査対象となりうる範囲内を 100m のメッシュで区切り、その中で優先する被覆を代表植生とし、各森林タイプそれぞれにつきランダムに調査候補地を選定した（図 5）。

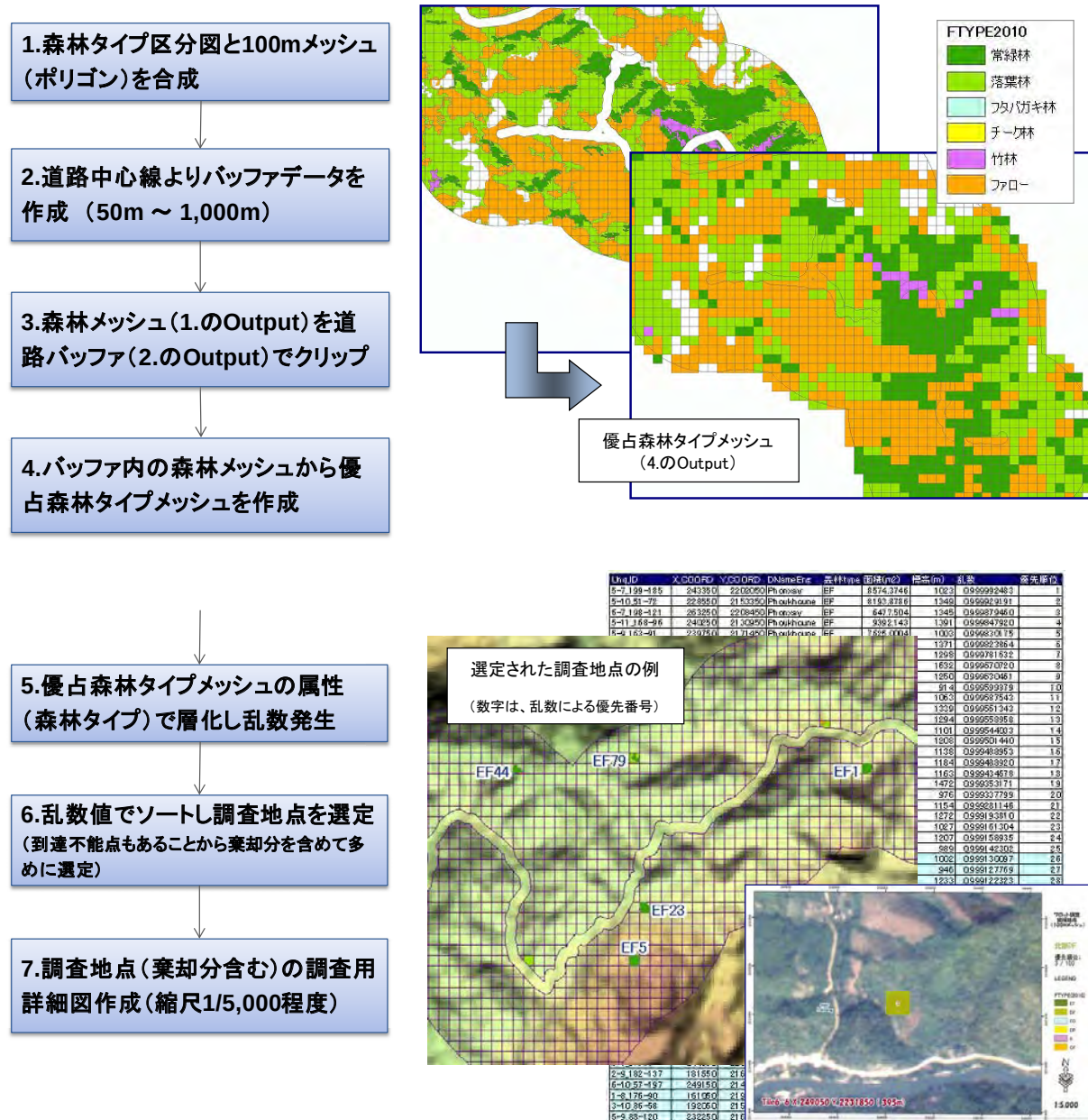


図5 調査対象となるプロット位置の設定方法

選ばれた地点に向かうにあたっては、メッシュ中央の座標と周辺の衛星画像を用いた。目的地までに落石の恐れがある場所や川を横切らなければならない場合、また棘の多い低植生を長距離にわたって伐り開かねばならない場合は、到達が困難として本業務で適用する VCS の方法論 0015 に基づき、調査の対象から除外した。また目標の場所に到達できたとしても、用いた画像の撮影時(2010年11月)以降に火入れや伐採など大きな攪乱を受けた場合も、調査の対象から除外した。

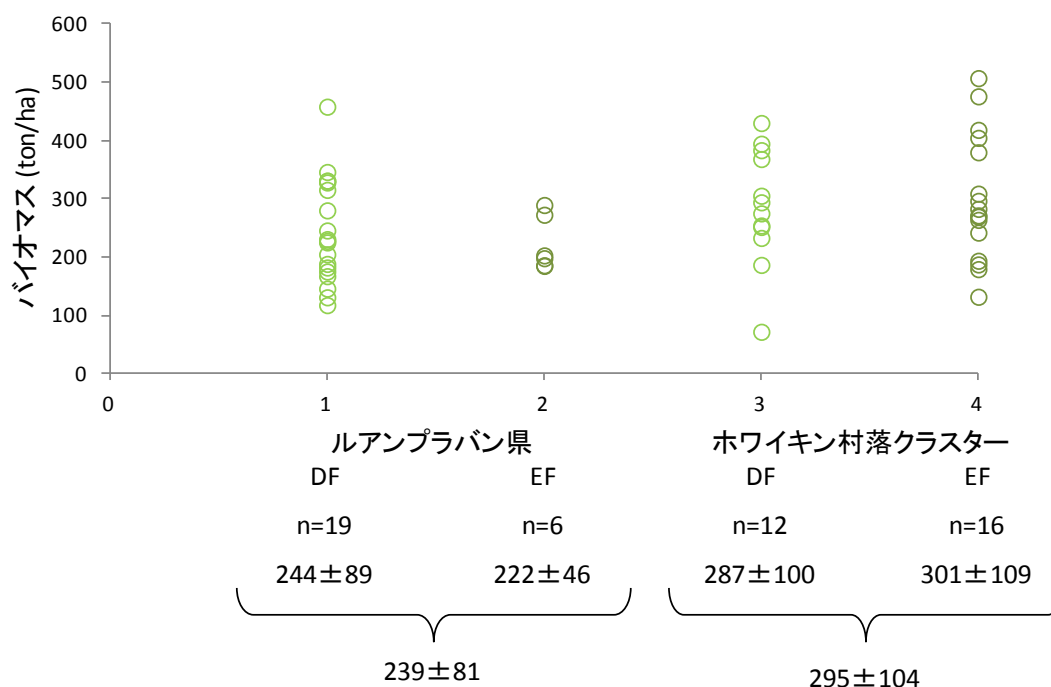
到達可能で攪乱もなかった場合、その場所の植生が衛星画像から判定されたものと同じか違うかを判断し、違った場合でも OF・DF・EF いずれかであれば調査区画を設置した。区画を設置する場所は、異なる森林タイプにまたがるのではなく必ずひとつの森林タイプ内とし、なるべく一様な斜面の上とした。斜面上に斜距離で辺長 10、20、30m のうちのいずれかの略式正方区画を設置した。辺長の選定基準は、水平面積換算で約 2 割減となるのを織り込んだ上、平均植生高を辺長とした正方形と同等以上

とした。その際、樹高や本数密度の均一性が下がるにつれ区画を大きくした。設置した区画は絶対位置や水平面積が得られるよう、4 隅のうち最低 1 つを GPS 受信機にて 3 次元座標を記録し、4 辺と対角線の 1 本の斜距離と傾斜角を計測し、1 辺の方位角をコンパスで計測した。そして区画内の胸高直径 5cm 以上の立木と枯死直立木の別に、胸高直径と分かるものについては樹種を記録した上、個体識別ラベルを打ち付けた。その他、目視により樹冠被覆率、攪乱の具合、下層植生の高さや密度、周辺状況等も記録した。

4. 調査方法の再検討

上述の実測調査及び別途実施した森林動態解析ならびに衛星画像解析により得られた結果から、また UNFCCC の議論を踏まえルアンプラバン県全域を対象にした準国ベースの REDD プラス実施に向けた参照レベルの開発も進めていることから、2012 年 10 月より調査方法を再検討することとなった。再検討にあたっては、ラオスにおける継続的な森林モニタリングシステムとの一貫性を確保することを再重要視し、適用するモニタリング精度、コスト、そして労力を踏まえて FIM と協議を行った。

FIM とは最重要事項としてラオス北部における森林の大部分を示す落葉樹林 (DF) 及び常緑樹林 (EF) もしくは双方の混合林等によって構成される森林の取り扱いを協議したが、本業務で明らかにした DF と EF の地上部バイオマスの平均値及び標準偏差（技術協力成果品「標本木調査の取りまとめ結果」で開発した相対成長式を用いてルアンプラバン県全域とホアイキン村落クラスターにおける DF 及び EF のバイオマスを算定）から、ルアンプラバン県全域及びホアイキン村落クラスターのそれぞれにおいて、値には大きな差がないことを確認した（図 6）。



図中の値は平均±標準偏差 (ton/ha) を示す。

図 6 落葉樹林 (DF) 及び常緑樹林 (EF) のバイオマス比較の結果

この結果、DF 及び EF の両森林タイプに対して同一の相対成長式を適用することが可能であると判断され、DF と EF を MF として 1 つの森林タイプとして設定することとした（表 1）。

表 1 本業務での現地調査を踏まえて提案したラオスにおける森林区分（案）と FIM 森林区分（案）の関係

FIM による森林区分（案）（当初案）	本業務の成果を踏まえて協議した森林区分（案）
Evergreen Forest（EF）	Mixed Forests（MF）（Class name should be considered with Lao government）
Deciduous Forest（DF）	
"Mixed Evergreen	
/Deciduous Forest"	
Coniferous Forest	
"Mixed Coniferous	
/Broadleaved Forest"	
Dry Dipterocarp Forest	Dry Dipterocarp Forest
Evergreen Forest Plantation	Plantation Forest
Deciduous Forest Plantation	
Bamboo（B）	Bamboo（B）
Old Fallow Land（OF）	Fallow Land（F）
Young Fallow Land（YF）	
Slash and Burn Land（SB）	Slash and Burn Land（SB）

また、新たな森林タイプの適用にあたり、森林総合研究所で開発されたプロット調査設計支援ツール（巻末の参考資料 2 を参照されたい）を活用することで、必要なプロット調査の点数を出力した。

なお、本業務では適用する森林区分についての考え方を整理した上で FIM 及び FIM の後継となる技術協力プロジェクト「持続可能な森林経営及び REDD+のための国家森林情報システム構築に係る能力向上プロジェクト」に提案した。提案内容については巻末の参考資料 3 を参照されたい。

5. 再検討後の調査スキーム

上述のとおり、ルアンプラバン県全域における森林バイオマスを定量化するにあたり、プロット調査の設計支援ツール（詳細は巻末の参考資料 2 を参照されたい）を活用し、必要なプロット調査の点数を出力した。このツールでは、プロジェクト対象とする全面積、土地被覆及び利用タイプ別面積、バイオマス地上実測のプロットサイズ及びバイオマスの平均と標準偏差等を入力することで、必要なプロット数を算出できる。

本業務では、入力値として技術協力成果品「森林動態の解析結果」で算出した森林タイプごとの面積のほか、地上部の実測バイオマスのデータは技術協力成果品「標本木調査の取りまとめ結果」で得られた結果のほか、FIM 及び林野庁補助事業でアジア航測株式会社が収集したデータを共有いただき、それらを用いた。

6. 調査方法（追加プロット）

プロット調査設計支援ツールを適用した結果、ルアンプラバン県全域の森林炭素ストック量を一定水準で定量化するにあたり、落葉樹林（DF）で 32 点、常緑樹林（EF）で 40 点の計 72 点（MF で合計 72 点）が必要となった。なお、胸高直径からバイオマスを推定するにあたっては、同時並行で進めて

いた標本木調査（詳細は技術協力成果品「標本木調査の取りまとめ結果」を参照されたい）の解析が終了していなかったことから、暫定的に Kiyono ら（2007）による熱帯他地域に生育する樹種で調製した推定式（式 1）を適用し、その結果から設置すべきプロット数を算出した。

$$B = 7230.2 \times D \dots\dots\dots \text{式 (1)}$$

B：全バイオマス（kg）

D：胸高断面積（m²）を用いた。

以上よりプロット調査の対象は 72 点となったが、既に実施した調査（2012 年 9 月末まで）で約 10 点の調査実績があったことから、残りの 60 点を 2012 年 10 月から 2013 年 3 月までの乾季中に調査対象とするプロット調査の目標数に設定した。その他の比較的若い区分の植生については、毎年の衛星画像を解析することで得られる植生タイプとその年齢から、バイオマスを推定した。

なお、プロット調査の目標点数を 72 点と設定したものの、これはあくまでもプロット調査設計支援ツールによる試算結果に基づくものである。すなわち、技術協力成果品「森林動態の解析結果」による植生区分体系や区分ごとの面積、またプロット調査の結果として得られるバイオマスの平均や標準偏差、プロット面積によって、必要な点数が変わることが予想された。そこで、排出係数の開発にあたり、(1) プロットの面積を拡大させることにより必要な点数を低減させること、また (2) 調査が終了した地点のデータをその都度集計してプロット調査設計支援ツールで必要点数を計算した上、プロット調査を追加していくという作業を繰り返す、いわば PDCA を適用させることとした。

2012 年 2 月から 4 月にかけての前乾季で実施した調査では、PAFO 及び DAFO のスタッフや村人への理解のし易さを優先し、巻尺を用いて斜距離で 20m 四方の方形プロットを設置していた。しかし、対象面積が格段に増えたことに伴って、これまでのプロット面積では実現可能な点数からかけ離れたため、面積拡大を計画するに至った。しかしながら、巻尺で一辺 30m ないし 40m の方形プロットを設置して悉皆調査するにも多大な時間と手間を要する。このため、本業務では同心円プロットを設計することとした。以下の方法にすることで、設置するプロットの面積を拡大することができ、かつ時間や手間もさほど増えることもなく、また 2011 年に試行的に実施した経験があるため、PAFO や DAFO のスタッフに対しても理解が得られやすいと判断し、これを採用することとした。

同心円プロットは 3 つの円とし、その半径を 6m、14m、22m、計測対象は外側から胸高直径 35cm 以上、同 15cm 以上、5cm 以上とした。面積は内側から 113m²、616m²、1,520m²、平方プロットに換算すると、内側から辺長 10.6m、24.8m、39.0m となり、計測対象木の直径に対しても不自然な設計ではないと考えられる。

理想を言えば、まずルアンプラバン県全域からランダムに少数の点を選定し、その地点につきプロット調査を実施し、その結果に基づいて追加が必要な点数を算定し、やや少ない点数を選定し、という作業を繰り返すことが望ましい。しかしながら、広域なルアンプラバン県全域（日本の岩手県程度）を対象としては移動時間を要するほか、郡や村への説明や現地スタッフの確保が必要となること等を勘案すると現実的な手順とは言えない。そこで調査時期を複数設定し、その調査時期ごとに全 12 の郡を順次対象としてプロット調査を実施し、集計はその都度実施する方法とした。プロット点数の疎密が郡により幾分ばらつくことが想定されるが、運用上はやむを得ないと判断した。プロット数の地理的なばらつきが少しでも抑えられるようにしながらも必要な点数を確保するよう努めた。

2011 年の事前調査および 2012 年 3 月から 4 月にかけて、OF・DF・EF を対象に 40 地点、YF で 6 地点調査した。OF・DF・EF 調査では 28 地点にアクセスを試みて、到達できたのが 23 地点で到達できなかったのが 5 地点だった。到達できなかった理由は川を渡れないものが 3 地点、落石の恐れありと長距離の藪こぎを必要とするのが各 1 地点であった。到達できた 23 地点のうち、焼畑のための皆伐など大規模攪乱を受けたのが 5 地点で、残り 18 地点でプロット調査を実施した。調査地点のうちで道から最も遠かったのは 850m であった。また傾斜が 40 度を超えたプロットもあった。2012 年 3 月の調査では 1 班で臨み、1 日に最高で 3 地点計測できた。しかしゼロの日もあったことから、1 日 2 点できれば上出来であった。

第4章 調査結果

1. Young Fallow (YF1~3) を対象にした調査

以下の図7に放棄後年数に対するバイオマスを示した。10年生まではバイオマスが年平均13t/ha、これに炭素率0.5を乗じて炭素蓄積にすると年平均6.5t/haで増加していることが分かった。年数は調査の都度村人から聞いた値であるが、位置情報をもとに衛星画像で解析することで統一的な勘定に基づく値に修正されはらずである。しかし10年を超えると、村人が言う林齢も正確とは限らない他、林分によっては伐採の影響が大きいものもあると思われた。また周期の短い焼畑が長期に渡って実施されている土地では、年成長量が衰えてくるとの指摘もあった。

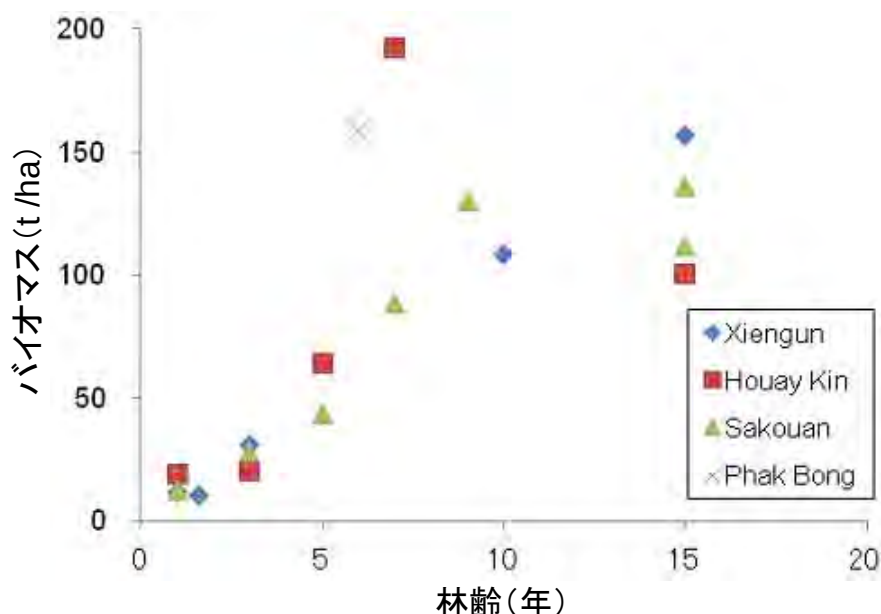


図7 林齢とバイオマスの関係図

現地でのバイオマス調査と聞き取り調査、及び衛星画像の遡及解析とから YF の動態を総合的に見る必要があると考えられた。現地調査で得た植生高、及び画像解析で明らかにした植生タイプ（森林タイプ）に解析からは、焼畑後に放棄年数が約3年を経過すると、YF と OF がほぼ同等になることが分かった。このため、画像解析から YF と DF を区別することは技術的に困難であり、そうした課題に対処する方法として、本業務では中長期的に YF のうち OF ないしは DF や EF に回復するもの（SB として継続利用されるものは除く）については、OF と同じ森林タイプとし、Fallow Land (F) として取り扱うこととした（表1を参照されたい）。

2. Mixed Forest のプロット調査

Fallow Land (F) 及び Mixed Forests (MF) を対象にしたプロット調査の結果を次ページの表2に示した。合計112プロットは、林齢は1年生から19年生までを含んでおり、林齢（焼畑後の放棄年数）に応じてバランスよくプロット調査の結果を得ることができた。

プロット調査の結果は、別途実施した破壊調査（技術協力成果品「標本木調査の取りまとめ結果」）

と用いることにより森林タイプごとの炭素ストック量が算定でき、さらに経年的な森林タイプごとの面積変化を解析した調査（技術協力成果品「森林動態の解析結果」）から経年的な炭素ストック量の増減を算定することができた。以上、3つの技術協力成果品から明らかになった対象地における炭素ストック量の動態は、図8の通りとなった。

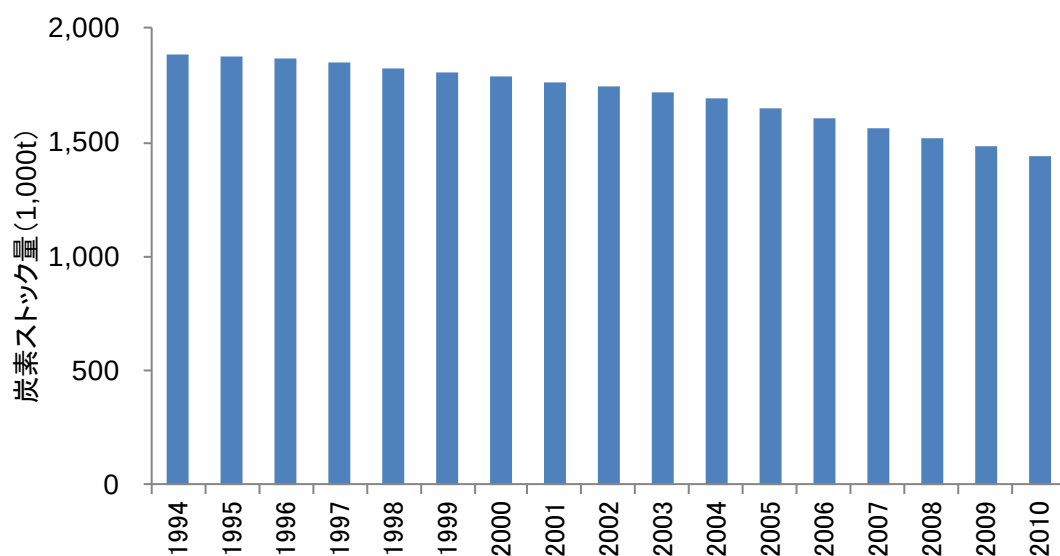


図8 対象地における炭素ストック量の動態

表2 全プロット調査の結果

Plot No.	Coordinates (m in UTM zone48)			District	Age		Veg. type		Plot area	Tree density (trees/ha)				Mean dbh (cm)				Basal area
	Northing	Easting	Elevation		in situ	Sat.	Sat.	in situ		5<dbh<15	15<dbh<35	35<dbh	Total	5<dbh<15	15<dbh<35	35<dbh	Overall	
1				Xiengun	1.6	0.5		OF	616				1,120.6				3.9	1.5
2				Xiengun	10	8.5		OF	201				1,044.5				13.2	15.0
3				Xiengun	15	17.5		OF	616				1,356.1				13.7	21.7
4				Xiengun	1	17.5		OF	3									
5				Xiengun	3	17.5		OF	3									
6				Xiengun	30	17.5		F	616				791.7				10.8	16.7
7				Phonxay	1	8.5		OF	3									
8				Phonxay	3	8.5		OF	104				1,989.4				4.5	3.6
9				Phonxay	5	0.5		OF	53				3,978.9				5.0	8.1
10				Phonxay	7	17.5		OF	616				3,495.7				9.3	26.6
11				Phonxay	15	17.5		OF	616				2,529.4				8.2	13.9
12				Phonxay	60	2.5		F	616				1,518.5				15.7	36.6
13				Phonxay	100	17.5		EF	616				1,157.1				13.2	27.1
14				Phonxay	1	0.5		OF	3									
15				Phonxay	3	3.5		OF	3									
16				Phonxay	5	3.5		OF	4									
17				Phonxay	7	9.5		OF	616				1,530.6				9.9	12.3
18				Phonxay	9	12.5		OF	201				5,321.7				6.2	18.1
19				Phonxay	15	12.5		OF	616				1,912.3				9.1	15.5
20				Phonxay	15	16.5		OF	616				1,871.7				10.9	18.9
21				Phonxay	30	16.5		F	1257				1,213.8				14.1	26.4
22				Phonxay	6	17.5		OF	201				3,481.5				8.5	21.9
23	269,621	2,208,247	-	Phonxay		4.5	DF	OF	323				587.7				10.4	6.7
24	269,356	2,208,822	-	Phonxay		11.5	OF	OF	77				1,303.9				8.3	9.1
25	269,358	2,209,033	1,228	Phonxay		11.5	EF	OF	760				1,013.6				10.3	12.5
26	269,451	2,204,852	1,059	Phonxay		7.5	EF	EF	759				1,001.4				12.9	19.9
27	263,999	2,208,118	-	Phonxay		18.5	DF	EF	339				974.8				19.1	35.5
28	263,142	2,208,655	1,432	Phonxay		18.5	DF	EF	308				2,236.7				10.5	23.8
29	262,839	2,208,657	1,440	Phonxay		18.5	EF	EF	717				989.9				15.5	36.7
30	262,258	2,209,456	1,211	Phonxay		5.5	DF	EF	798				677.0				18.1	28.1
31	262,049	2,204,031	1,223	Phonxay		5.5	EF	EF	328				2,439.1				8.1	17.7
32	258,456	2,204,224	1,047	Phonxay		9.5	EF	DF	341				1,114.9				17.5	38.2
33	263,938	2,217,970	1,183	Phonxay		18.5	EF	EF	323				1,237.4				18.5	47.8
34	267,631	2,216,912	1,526	Phonxay		18.5	EF	EF	796				377.1				22.5	27.3
35	268,143	2,216,649	1,530	Phonxay		10.5	OF	Mix EF&DF	82				853.7				8.4	6.3
36	271,035	2,214,045	1,444	Phonxay		12.5	OF	OF	86				1,506.4				8.5	11.2
37	267,877	2,212,822	1,208	Phonxay	20	15.5	EF	EF or OF	340				1,442.3				10.5	16.8
38	266,217	2,208,868	1,297	Phonxay		18.5	DF	Mix EF&DF	315				2,669.3				9.5	21.8
39	265,736	2,204,439	1,177	Phonxay		1.5	OF	EF	322				1,987.4				12.5	35.3
40	266,791	2,207,667	1,378	Phonxay		16.5	DF	OF	316				1,298.6				12.0	17.8

表2 つづき

Plot No.	Coordinates (m in UTM zone48)			District	Age		Veg. type		Plot area	Tree density (trees/ha)				Mean dbh (cm)				Basal area
	Northing	Easting	Elevation		in situ	Sat.	Sat.	in situ		5<dbh<15	15<dbh<35	35<dbh	Total	5<dbh<15	15<dbh<35	35<dbh	Overall	
41	272,559	2,204,714	929	Phonxay	24	18.5	EF	EF	363				743.1				17.5	24.2
42	270,876	2,204,851	954	Phonxay	25	17.5	EF	EF	333				1,804.3				11.7	24.6
43	267,684	2,204,538	1,227	Phonxay	25	9.5	EF	EF	387				568.7				17.9	18.4
44	266,973	2,205,157	1,175	Phonxay	9	1.5	DF/OF	EF	349				2,265.3				7.3	9.9
45	266,447	2,207,958	1,511	Phonxay	10-20	18.5	DF	EF	389				2,779.6				9.0	21.3
46	264,549	2,207,843	1,516	Phonxay	30+	18.5	EF	EF	325				553.4				24.8	29.3
47	261,615	2,202,742	1,198	Phonxay	35	18.5	EF	EF	388				1,675.9				15.7	46.4
48	261,067	2,204,148	1,249	Phonxay	15	5.5	DF/OF	EF	370				2,408.4				11.2	29.0
49	261,280	2,204,562	1,358	Phonxay	10+	18.5	DF	EF	375				1,519.6				12.2	24.0
50	264,108	2,207,461	1,455	Phonxay	20	18.5	DF	EF	329				2,826.6				11.7	40.9
51	264,059	2,208,032	1,491	Phonxay	20+	18.5	DF	EF	340				1,293.9				15.4	38.9
52	263,824	2,208,504	1,495	Phonxay	20+	11.5	EF	EF	92				2,812.0				10.1	24.9
53	274,927	2,205,655	971	Phonxay	35	18.5	OF	EF	337				1,097.8				16.8	31.4
54	273,235	2,204,562	986	Phonxay		4.5	OF	EF	358				2,237.7				13.5	43.2
55	271,023	2,204,654	966	Phonxay		18.5	EF	EF	350				1,028.7				14.8	30.5
56	270,635	2,210,340	1,376	Phonxay		18.5	DF	EF	372				2,072.3				12.2	29.1
57	268,695	2,217,337	1,645	Phonxay		18.5	DF	EF	387				1,396.9				13.6	24.1
58	269,967	2,212,758	1,358	Phonxay		18.5	OF	EF	306				1,568.1				13.1	25.4
59	269,819	2,211,104	1,408	Phonxay		17.5	DF	EF	329				1,399.9				13.9	26.5
60	269,925	2,210,835	1,406	Phonxay		17.5	EF	EF	341				850.8				21.5	41.5
61	268,474	2,210,074	1,497	Phonxay		18.5	DF	EF	424				1,274.3				16.7	37.6
62	267,217	2,210,511	1,433	Phonxay		18.5	OF	OF	85				2,122.1				10.1	22.6
63	2,183,200	206,086	862	Xieng Ngur	15+	16.0	DF	DF	0.152	1,149.5	617.1	0.0	1,766.6	10.5	19.8		13.7	30.2
64	2,163,917	209,319	1,098	Xieng Ngur	6-7	7.0	EF	OF	0.152	972.6	48.7	0.0	1,021.3	7.6	19.7		8.2	6.0
65	2,164,030	211,222	1,258	Xieng Ngur	30+	19.0	EF	EF	0.152	530.5	194.9	39.5	764.9	8.8	23.1	42.8	14.2	18.1
66	2,188,017	202,856	395	Xieng Ngur	6-7	19.0	DF	OF	0.152	1,591.5	0.0	0.0	1,591.5	10.7			10.7	15.0
67	2,233,467	266,849	1,041	Pakxeng	-		EF	EF	0.152	1,149.5	211.1	72.3	1,432.9	9.1	23.7	41.5	12.9	28.2
68	2,228,162	243,445	452	Pakxeng	Reseve	19.0	DF	MF	0.152	1,326.3	81.2	6.6	1,414.1	9.0	19.4	43.9	9.8	12.3
69	2,227,829	243,921	375	Pakxeng	Reseve	19.0	DF	MF	0.152	88.4	259.8	39.5	387.7	11.4	27.2	43.2	25.2	22.3
70	2,225,839	236,641	469	Pakxeng	30+		EF	DF	0.152	1,414.7	292.3	0.0	1,707.0	9.7	17.6		11.1	18.7
71	2,232,085	237,802	951	Pakou	20+	19.0	DF	EF	0.152	1,945.2	389.8	19.7	2,354.7	9.8	20.5	39.6	11.8	31.6
72	2,335,584	235,069	557	Pakxeng	8	19.0	DF	OF	0.152	2,122.1	0.0	0.0	2,122.1	8.0			8.0	11.4
73	2,218,847	219,888	440	Pakxeng	10+	19.0	DF	OF	0.152	618.9	146.2	0.0	765.1	8.2	20.4		10.5	8.3
74	2,224,858	232,330	494	Pakxeng	Reserve		EF	DF	0.152	884.2	97.4	46.0	1,027.7	7.0	18.7	58.9	10.5	20.1
75	2,293,049	302,152	519	Phonthong	20+	15.0	DF	EF	0.152	972.6	129.9	6.6	1,109.1	8.4	21.0	38.5	10.0	11.1
76	2,311,869	286,147	1,364	Phonthong	-	11.0	DF	EF	0.152	88.4	308.6	26.3	423.3	13.5	24.5	41.0	23.2	20.2
77	2,305,793	285,546	1,194	Phonthong	-	11.0	DF	EF	0.152	265.3	276.1	65.8	607.1	9.9	20.8	51.8	19.4	27.9
78	2,296,693	286,042	1,186	Phonthong	35	19.0	DF	MF	0.152	353.7	341.0	65.8	760.5	10.8	24.0	48.3	20.0	32.5
79	2,294,755	284,796	1,403	Phonthong	-	19.0	DF	MF	0.152	442.1	178.6	32.9	653.6	11.8	21.1	45.8	16.0	17.1
80	2,294,652	283,071	1,219	Phonthong	80	19.0	DF	EF	0.152	530.5	276.1	111.8	918.4	9.1	22.1	56.3	18.7	45.8

表2 つづき

Plot No.	Coordinates (m in UTM zone48)			District	Age		Veg. type		Plot area	Tree density (trees/ha)				Mean dbh (cm)				Basal area
	Northing	Easting	Elevation		in situ	Sat.	Sat.	in situ		5<dbh<15	15<dbh<35	35<dbh	Total	5<dbh<15	15<dbh<35	35<dbh	Overall	
81	2,304,440	284,649	1,135	Phonthong	-	19.0	DF	MF	0.152	353.7	454.7	46.0	854.4	8.4	23.1	52.6	18.6	32.7
82	2,249,332	292,105	811	Viengkham	-	2.0	DF	DF	0.152	530.5	308.6	52.6	891.7	9.5	25.2	53.9	17.5	34.3
83	2,252,907	290,212	1,005	Viengkham	30	18.0	EF	MF	0.152	972.6	406.0	6.6	1,385.2	10.1	22.6	35.2	13.9	26.3
84	2,253,158	289,839	987	Viengkham	30	8.0	EF	MF	0.152	265.3	227.4	32.9	525.5	11.2	20.9	51.3	17.9	18.3
85	2,250,750	286,321	1,097	Viengkham	4	9.0	EF	OF	0.152	1,680.0	0.0	0.0	1,680.0	7.7			7.7	8.1
86	2,262,411	283,746	673	Viengkham	4	19.0	DF	OF	0.152	1,237.9	16.2	0.0	1,254.1	8.5	18.0		8.6	8.0
87	2,257,050	287,554	1,140	Viengkham	7	3.0	EF	OF	0.152	2,122.1	81.2	0.0	2,203.3	8.5	16.0		8.8	14.7
88	2,200,631	183,450	432	Chomphet	50+	7.5	DF	DD	0.152	618.9	243.6	0.0	862.5	7.5	23.5		12.0	14.1
89	2,214,381	189,752	631	Chomphet	40	19.5	DF	MF	0.152	530.5	194.9	65.8	791.2	10.8	21.6	43.4	16.2	22.6
90	2,208,235	197,268	444	Chomphet	20	19.5	DF	MF	0.152	2,387.3	259.8	0.0	2,647.2	9.0	17.8		9.8	23.0
91	2,196,111	181,283	427	Chomphet	70+	19.5	DF	DD	0.152	176.8	194.9	52.6	424.3	8.8	23.2	39.7	19.2	16.5
92	2,196,258	180,834	457	Chomphet	50+	19.5	DF	DD	0.152	1,326.3	227.4	19.7	1,573.4	7.2	21.4	47.7	9.8	18.1
93	2,199,852	178,045	512	Chomphet	11	16.5	DF	OF	0.152	530.5	48.7	0.0	579.2	7.4	18.2		8.3	3.6
94	2,154,760	191,996	1,250	Nam	50+	19.5	EF	EF	0.152	0.0	227.4	78.9	306.3		21.8	47.3	28.3	23.4
95	2,156,842	190,627	1,217	Nam	100+	19.5	EF	EF	0.152	1,237.9	292.3	26.3	1,556.5	7.4	18.1	43.4	10.0	17.3
96	2,158,879	185,726	693	Nam	80-90	19.5	DF	EF	0.152	530.5	259.8	52.6	843.0	8.2	20.9	46.6	14.5	22.1
97	2,166,114	807,220	568	Nam	100+	19.5	DF	DF	0.152	353.7	324.8	72.3	750.8	7.8	23.9	41.6	18.0	26.8
98	2,203,277	204,373	313	Luang Prab	40	19.5	OF	DD	0.152	530.5	357.3	6.6	894.4	9.3	22.4	41.5	14.7	19.6
99	2,203,665	194,145	334	Chomphet	20+	2.5	DF	DD	0.152	1,414.7	97.4	0.0	1,512.2	9.7	16.2		10.1	13.2
100	2,206,251	201,081	338	Chomphet	35	19.5	DF	DD	0.152	353.7	194.9	0.0	548.6	10.6	21.9		14.6	10.8
101	2,207,423	200,454	348	Chomphet	40	19.5	DF	DD	0.152	2,298.9	81.2	0.0	2,380.1	8.8	24.2		9.3	19.0
102	2,199,297	188,963	359	Chomphet	50+	19.5	DF	DD	0.152	530.5	276.1	52.6	859.2	6.9	22.5	45.9	14.3	22.4
103	2,209,393	188,878	402	Chomphet	100+	19.5	OF	EF	0.152	442.1	324.8	105.2	872.1	8.3	23.7	62.9	20.6	52.9
104	2,194,512	181,893	345	Chomphet	50	19.5	DF	DD	0.152	176.8	194.9	59.2	430.9	8.8	22.9	41.9	19.7	18.0
105	2,194,933	177,581	434	Chomphet	7-10	19.5	DF	DD	0.152	2,122.1	16.2	0.0	2,138.3	7.7	15.1		7.7	11.0
106	2,225,403	235,869	397	Pakxeng	Reserve	19.0	-	DF	0.152	1,768.4	81.2	78.9	1,928.5	7.5	24.4	74.0	10.9	50.3
107	2,200,291	188,312	341	Chomphet	100	19.5	DF	DD	0.152	0.0	81.2	85.5	166.7		25.6	55.2	40.8	26.3
108	2,207,672	188,234	462	Chomphet	40+	19.5	DF	DD	0.152	353.7	341.0	32.9	727.6	8.8	22.6	37.2	16.6	20.1
109	2,208,152	195,992	381	Chomphet	50+	19.5	DF	MF	0.152	972.6	389.8	72.3	1,434.7	8.1	21.6	43.8	13.5	31.5
110	2,267,973	227,881	737	Namback	40-50	19.5		EF	0.152	0.0	97.4	72.3	169.8		27.1	45.9	35.1	18.3
111	2,276,013	212,886	1,250	Namback	70-80	19.5		EF	0.152	530.5	276.1	39.5	846.1	6.4	23.6	58.3	14.4	25.0
112	2,277,524	215,946	1,038	Namback	50+	19.5		EF	0.152	530.5	178.6	65.8	774.9	9.6	25.6	49.8	16.7	26.6

参考資料 1 土壌有機炭素を算定対象外とした根拠

1. Abstract

In order to analyze soil carbon dynamics under the land conversion from forest to cropland and/or land use of shifting cultivation which means land use of “reference level” in this project, we reviewed some published scientific literatures.

Murty et al. (2002¹) reported that, in general, the land conversion from forest to cropland tended to decrease soil carbon over time. That is land use under the reference scenario results in soil carbon decrease and land use under the project activities will result in soil carbon increase compared with reference scenario. In addition, other literatures reported that the soil carbon under the shifting cultivation showed lower carbon contents compared with conserved forest (Chaplot et al., 2010²; Wairiu and Lal 2003³).

From results mentioned in above, it indicated that soil carbon in land under the project activities does not decrease compared to reference scenario (which is under shifting cultivation). Therefore, it should be in accordance with conservative manner to exclude carbon pool of soil carbon.

2. Results

Detail information of those 3 literatures was mentioned as follows. Each literature was arranged with the topic of Summary, Area / Climate zone, Landscape, Vegetation, and Soil, and showed the result about soil carbon of slash-and-burn land.

2.1 Supplemental information from Murty et al. (2002)

Summary	Reviewed more than 50 study reports.
Area / Climate zone	Mainly tropical area (There was few studies in south-east Asia and no study in Lao PDR)
Landscape	-
Vegetation	-
Soil	-
Result	Most studies mentioned the soil carbon after land conversion from forest to agricultural land was reduced 0-60%. Feature and amount of crop residue influenced on soil carbon after land conversion.

-
- ¹ Murty D, Kirschbaum MF, McMurtrie RE, McGilvray H (2002) Does conversion of forest to agricultural land change soil carbon and nitrogen? A review of literature. *Global Change Biology*, 8, 105–123. Wairiu M and Lal R (2003) Soil organic carbon in relation to cultivation and topsoil removal on sloping lands of Kolombangara, Solomon Islands. *Soil and Tillage Research*, 70, 19–27.
- ² Chaplot V, Bouahom B and Valentin C (2010) Soil organic carbon stocks in Laos: spatial variations and controlling factors. *Global Change Biology*, 16: 1380–1393
- ³ Wairiu M and Lal R (2003) Soil organic carbon in relation to cultivation and topsoil removal on sloping lands of Kolombangara, Solomon Islands. *Soil and Tillage Research*, 70, 19–27.

2.2 Supplemental information from Chaplot et al. (2010)

Summary	Measured and compared soil carbon in forest land, slash-and-burn land and agricultural land in overall Lao PDR. Slash-and-burn land was divided 2types with fallow period (less than 5 years or more than 5 years). Effective data plot for analysis was 1,407.
Area / Climate zone	Overall Lao PDR / Tropical rainforest area
Landscape	-
Vegetation	-
Soil	Acrisol (Weathered is occurred by acidity. More than 70% of overall Lao PDR is Acrisol land.)
Others	Sample plots were settled in overall Lao PDR based on expert's judgement
Result	Soil carbon (the 0-30cm depth) in slash-and-burn land was decreased around 2.5% compared to forest land.

2.3 Supplemental information from Wairiu and Lal (2003)

Summary	Compared to soil carbon between agricultural land (sweet potato field), which was slashed and burned, and nearby natural forest land. Sample soil survey was done 3 years after the forest was slashed and burned.
Area / Climate zone	Kolombangar, Solomon Islands/ Tropical rainforest area
Landscape	Slope land
Vegetation	Secondary forest was predominantly. Patches of primary forest was remained in lowland on steep slopes.
Soil	Weathered soil (low activity clays was cumulated by weathered)
Result	Soil carbon (the 0-30cm depth) in slash-and-burn land was decreased around 52% compared to natural forest land. Soil carbon with depth, especially the decreasing range in surface soil (the 0-15 cm depth) was large and it was decreased around 60% compared natural forest.

参考資料 2 森林タイプ別に炭素ストック量のバラツキに応じたプロット数を計算するためのツール

プロット数(地上バイオマス) Plot Quantity - Aboveground Carbon Stock									
濃緑色のセルに必要な数値を入力(TabかEnterキーで移動)									
誤差と信頼係数									
a-level of error: 許容誤差 (%)	15.00%								
Error level: 許容誤差 (分)	0.15								
Z(1-a) - Confidence level: Z(1-a) - 信頼係数	95.00%								
Sample statistic Z(1-a): サンプル統計 Z(1-a)	1.96								
Total project area size: プロジェクトエリアの合計面積	25,000	hectares							
INTERMEDIATE CALCULATIONS: 中間計算									
N = sum N _i	227,778								
Total Area: 総面積	20,500	hectares							
Weighted Mean C: 炭素ストックの加重平均	53	tonnes/ha							
Weighted Plot Size: 重み付けしたプロットサイズ	9	ha							
Weighted SD: 重み付け標準偏差	16								
Weighted Total Variance: 重み付け分散	279								
SIZE AND VARIANCE OF EACH STRATA: 面積と層層毎の分散									
層層	層層名	面積(ha)	平均炭素ス トック/ha (tonnes C/ha)	標準偏差 (tonnes C/ha)	プロットサ イズ(ha)	Cost C _i if no cost, put C _i = 1			
層層 1	ミラルー・カ林	20,000	52	16	0.09	1			
層層 2	Acacia mangium林	500	114	0.09	0.09	1			
層層 3									
層層 4									
層層 5									
層層 6									
層層 7									
層層 8									
層層 9									
層層 10									
層層 11									
層層 12									
INTERMEDIATE CALCULATIONS: 中間計算									
層層	Variance: 分散 (tonnes C/ha)	Coefficient of Variation: 決定係数	N _i	N _i *s	N _i *s ²				
層層 1	251	0.306	222,222	3,522,222	55,922,222				
層層 2	1,978	0.326	5,556	205,838	7,626,125				
層層 3									
層層 4									
層層 5									
層層 6									
層層 7									
層層 8									
層層 9									
層層 10									
層層 11									
層層 12									
Results - Aboveground Carbon - Number of plots to be used: 結果									
Sourcebook for LULUCF Projects									
層層	層層名	Plot Quantity: プロット数	Rounded Plot Quantity: プ ロット数(概 算)						
合計のサンプルサイズ		18,186	18						
層層 1	ミラルー・カ林	15,217	18						
層層 2	Acacia mangium林	9,889	2						
層層 3									
層層 4									
層層 5									
層層 6									
層層 7									
層層 8									
層層 9									
層層 10									
層層 11									
層層 12									
合計のサンプルプロット数			20						

求める算定精度を入力する。

森林タイプごとの面積、炭素ストック量、標準偏差、プロットサイズを入力する。

⇒森林タイプごとの面積はリモートセンシングの解析結果から、標準偏差はデータベースから、そしてプロットサイズは現地の状況に応じて設定する。

入力した結果から、森林タイプごとに必要なプロットサイズ及び数が算出される。

参考資料 3 技術協力プロジェクト「持続可能な森林経営及び REDD+のための 国家森林情報システム構築に係る能力向上プロジェクト」への森林 区分に関する提案

1. 本業務現地調査の位置付け

- 本業務では、ラオス北部のルアンプラバン県における REDD プラス実施を進めるにあたり、UNFCCC における森林セクターに関する交渉状況を踏まえ、2012 年 3 月～4 月の第 1 次調査、及び 2012 年 10 月～3 月の第 2 次調査を実施した。
- 調査にあたっては、REDD プラス実施にあたり必要となる参照レベルの設定を主目的としたが、その際にはラオスにおける森林管理システムとの一貫性を確保する必要があることから、第一に FIM が作成した区分を基本とした。

2. 既存の森林区の問題点及び衛星画像解析の課題

- 本業務、FIM、FPP における現地調査の結果の一部を用いて、衛星画像による森林区分の判読結果を整理した（表 3）。その結果、衛星画像解析で落葉広葉樹林（全 23 プロット）と区分した森林について、現地調査の結果からは 8 プロットだけが落葉広葉樹林であることが確認され、残りの 15 プロットは常緑広葉樹林だった。また、衛星画像解析で常緑広葉樹林（全 14 プロット）と区分した森林については、現地調査の結果では 13 プロットだけが常緑広葉樹林であることが確認され、残りの 1 プロットが落葉広葉樹林だった⁴。この結果、既存の FIM の森林区分案（常緑広葉樹林及び落葉広葉樹林）に基づく場合は分類精度が 56.8%程度にしか至らないことが明らかになった。
- この値は森林区分の解析精度として VCS が要求する 80%には達しないばかりか、FIM の常緑広葉樹林及び落葉広葉樹林を区分する案ではラオスにおける森林特性を十分な精度をもって表現することができないことが明らかになった。
- こうした結果は、隣国であるベトナムやカンボジアとの比較検討、さらに日本における森林インベントリの作成状況を踏まえた場合においても、衛星画像を用いて精度改善することは現実的ではなく、森林区分そのものを再検討する必要があることが示された。
- 以上より、現状の FIM が想定している森林区分案の適用することは現実的ではないことが明確化され、慣習的方法で仮に設定した FIM の森林区分案を見直す必要があることが分かった。

⁴ この結果は 2012 年 12 月末までの現地調査に基づくものであり、2013 年 1 月以降の調査結果（速報版）を踏まえると、表 1 よりも解析精度が低いことが確認された。

表3 現地調査結果を用いた衛星画像解析結果の精度検証

		現地調査結果		
		常緑広葉樹林	落葉広葉樹林	常緑・落葉広葉樹混交林
衛星画像解析結果	常緑広葉樹林	13	1	0
	落葉広葉樹林	15	8	0
	常緑・落葉広葉樹混交林	0	0	0

3. 炭素ストック量の評価から明確化された改善の方向性

- 本業務では、FIMの森林区分案に基づき、落葉樹林（DF）及び常緑樹林（EF）におけるバイオマスを算定するため、以下の相対成長式を開発した（図9及び図10）。この結果を活用し、落葉樹林（DF）と常緑樹林（EF）について単位面積あたりの炭素ストック量に差があるか否かを検討した。

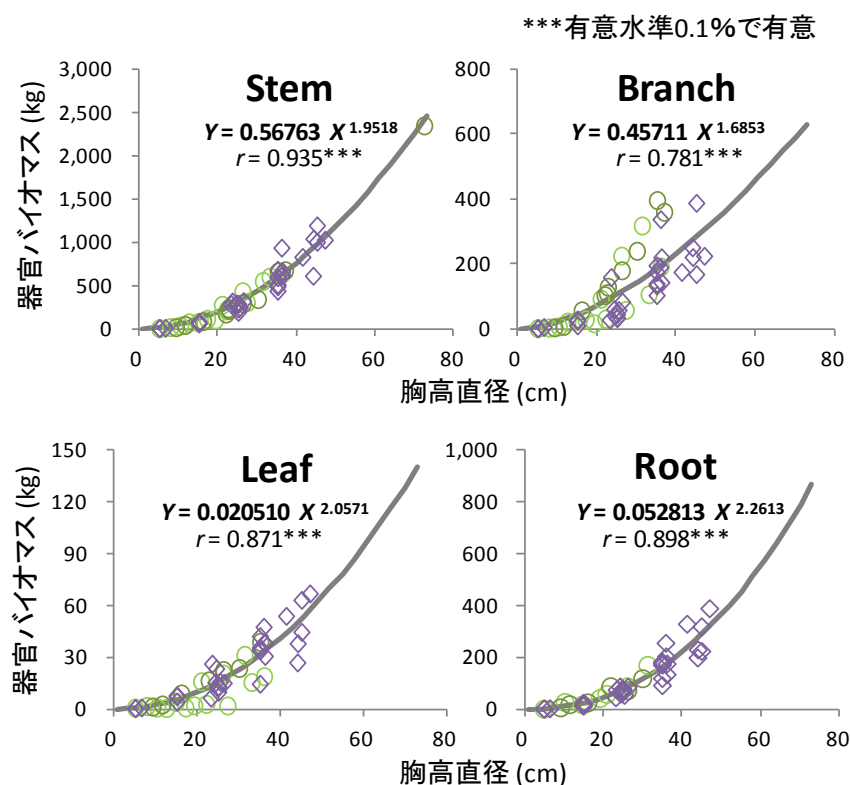


図9 胸高直径と器官別バイオマスの相対成長関係

※ 図中の黄緑は落葉樹、濃緑は常緑樹を示す。

※ 紫はルアンプラバン県と国境を接するベトナム国ディエンビエン省を示す。

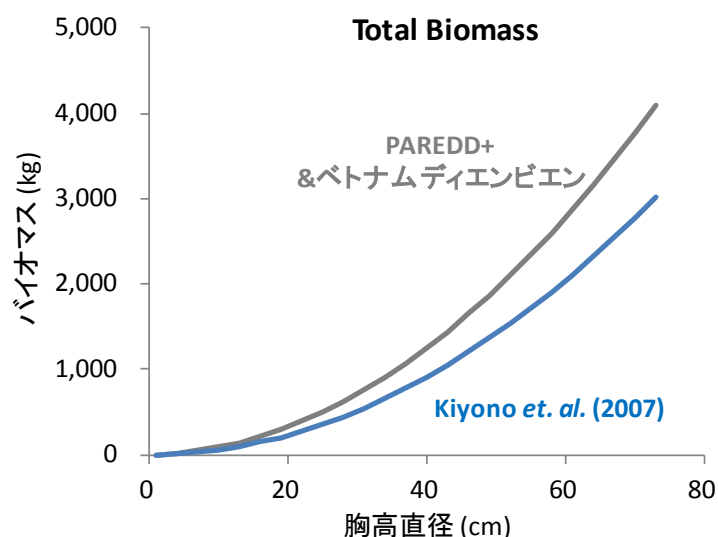
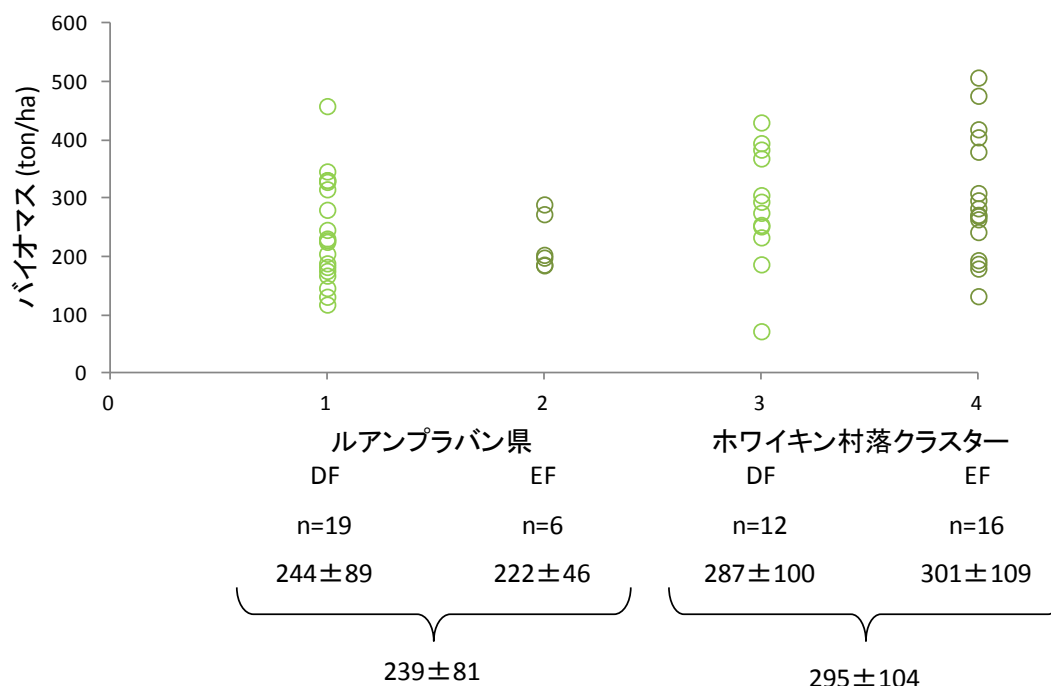


図 10 胸高直径と総バイオマスの相対成長関係

- 本業務の結果から、いずれの相対成長式も胸高直径を従属変数とした場合に高い相関を得た。このため、本業務においてルアンプラバン県全域における常緑樹林（EF）及び落葉樹林（DF）については、これらの相対成長式を適用することでバイオマスを算定することが可能となった。
- 次に、開発した相対成長式を用いてルアンプラバン県全域とホアイキン村落クラスターにおける落葉樹林（DF）及び常緑樹林（EF）のバイオマスを算定した。その結果、いずれの対象地においても落葉樹林（DF）と常緑樹林（EF）の炭素ストック量に大きな差はなく（図 11）、両森林区分に対して同一の相対成長式を適用することが可能であると判断された。なお、炭素ストック量の標準偏差が、ルアンプラバン県全域よりホアイキン村落クラスターの方が大きくなったが、これはプロット面積がルアンプラバン全県（1,520m²）とポンサイ郡（約 350m²）で異なり、調査の設計の違いに由来すると考えられた。



図中の値は平均±標準偏差 (ton/ha) を示す。

図 11 落葉樹林 (DF) 及び常緑樹林 (EF) のバイオマス比較の結果

4. 結論及び技術協力プロジェクト「持続可能な森林経営及び REDD+のための国家森林情報システム構築に係る能力向上プロジェクト」への要望

- REDD プラス実施にあたっては、国際的な要求精度に基づき森林区分に基づく解析精度を 80% 程度確保する必要がある。そうした中、森林区分ごとの炭素ストック量を定量化するにあたっては、統計的に無作為にプロットを設置する必要があるが、森林区分を細かく区分すると、結果として各森林区分に多数の調査プロットの設定を余儀なくされることとなる。仮に既存の FIM の森林区分案を適用した場合は、ラオス全域では 150,000 を超える調査プロットが必要になってしまうが、これは東南アジアでの他事例（ベトナムで 4,000 程度、インドネシアで 2,500 程度）と比較しても相当に多く、多大な労力及びコストが必要になってしまうことが懸念される。こうした結果から、ラオスにおける森林の特徴を的確に捉えた上で森林区分を再検討することが必要になることが分かった。
- 森林区分ごとの炭素ストック量は REDD プラスだけではなく木材生産等の林業政策においても極めて重要なデータになる。従来の FIM の森林区分案では森林区分を細かく区分していたが、本業務を通じて複数の森林区分では炭素ストック量（≒商用材積）に差のないことが分かった⁵。このため、木材生産を目的とした場合においても、細かく区分することは重要ではないと整理できた。
- 以上を踏まえ、本業務では 2013 年 2 月 1 日に開催された第 4 回 REDD プラス支援戦略会議においても、今後は FIM 等の他プロジェクトでも以下の表 4 の森林区分案を適用していくことが望

⁵ 本業務の結果はルアンプラバン県及びその近郊に基づいている。ただし、表 2 で提案する森林区分の場合、地域によって森林タイプごとの炭素ストック量が異なった場合でも中区分を詳細にする（大区分は変更させない）ことで対応は十分に可能である。

ましいことを本業務から提案した⁶。

表 4 本業務での現地調査を踏まえて提案したラオスにおける森林区分（案）と FIM 森林区分（案）の関係

本業務の成果を踏まえて提案した森林区分（案） ⇒大区分に相当	FIMが想定した森林区分（案） ⇒用途に応じて細分化する中区分・小区分に相当	備考
Mixed Forest (クラス名はラオス側と要検討)	Evergreen Forest	FIM分類項目との対応では、EF / DF / MED / CF等は、地域性を考慮し、適宜、読み替える。
	Deciduous Forest	
	Mixed Evergreen / Deciduous Forest	
	Coniferous Forest	
	Mixed Coniferous / Broadleaved Forest	
Dry Dipterocarp Forest	Dry Dipterocarp Forest	→本業務の調査(2013年3月)次第で要検討
Plantation Forest	Evergreen Forest Plantation	→セーフガードを考慮して要検討
	Deciduous Forest Plantation	
Bamboo	Bamboo	
Fallow Land	Old Fallow Land	
	Young Fallow Land	
Slash and Burn Land	Slash and Burn Land	

5. 補足（森林インベントリの役割）

- 技術協力プロジェクト「持続可能な森林経営及び REDD+のための国家森林情報システム構築に係る能力向上プロジェクト」で取り組む森林インベントリ（国家森林モニタリングシステムの開発）は、2014 年以降にラオス政府が UNFCCC に提出する BUR における森林分野からの GHG 排出量インベントリとも密接に関係する。このため、単に REDD プラスもしくは森林インベントリとしての役割だけではなく、広く森林分野における森林管理システムとして位置付けることが求められる。
- UNFCCC に基づく NFMS の構築にあたっては、セーフガード面等も取り入れた報告方法を組み込む議論が進められている。Post-FIM の制度設計においては、そうした国際的な議論も踏まえつつ、柔軟に対処する必要がある。

⁶ ラオスにおける森林タイプとしては今後に予定する JICA もしくは日本政府の森林セクターへの支援と密接に関係する。このため、本業務では技術協力プロジェクト「FSCAP」とも意見交換を行い、森林タイプの整理案を提案した。

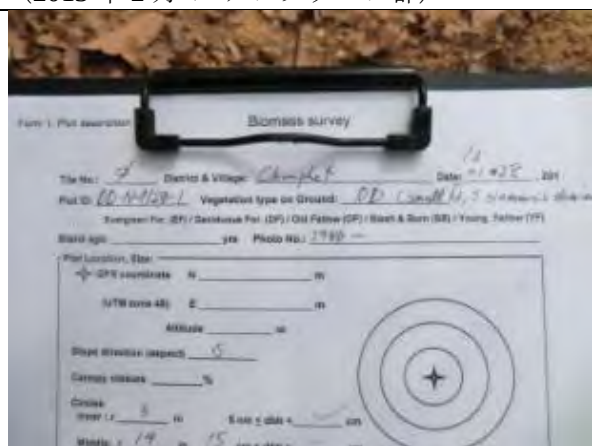
参考資料 4 森林プロット調査の様子（写真）



サンプルプロット調査
(2013年2月 ルアンプラバン郡)



サンプルプロット調査
(2013年2月 ルアンプラバン郡)



サンプルプロット調査
(2013年2月 チョンペット郡)



サンプルプロット調査
(2013年2月 チョンペット郡)



サンプルプロット調査
(2013年2月 ナムバック郡)



サンプルプロット調査
(2013年2月 ナムバック郡)



サンプルプロット調査
(2013 年 2 月 ナン郡)



サンプルプロット調査
(2013 年 2 月 ナン郡)