



REDD+

Reducing Emission from Deforestation
and Forest Degradation-plus

平成24年度 基礎講習

第3章

森林炭素モニタリングの設計 と参照レベルの要件

一般社団法人 日本森林技術協会
鈴木 圭



内 容

1. REDDプラスの基本概念
2. 森林炭素モニタリングの全体像
3. 活動量の把握(面的変化)
4. 排出係数の把握(単位面積当たりの炭素量)
5. 参照レベルの要件



1.REDDプラスの基本概念



REDDプラスの基本概念

- REDDプラスは以下の5つの活動を含む
 - ① 森林減少による排出の削減 (Reduction of emissions from deforestation)
 - ② 森林劣化による排出の削減 (Reduction of emissions from forest degradation)
 - ③ 森林炭素蓄積の増大 (Carbon stock enhancements)
 - ④ 森林保全 (Conservation of forests)
 - ⑤ 持続可能な森林管理 (Sustainable management of forests)



REDDプラスの基本概念

(森林減少と森林劣化)



DEFORESTATION



FOREST DEGRADATION



I (100-80%) II (80-60%) III (60-40%) IV (40-20%) V (20-0%)

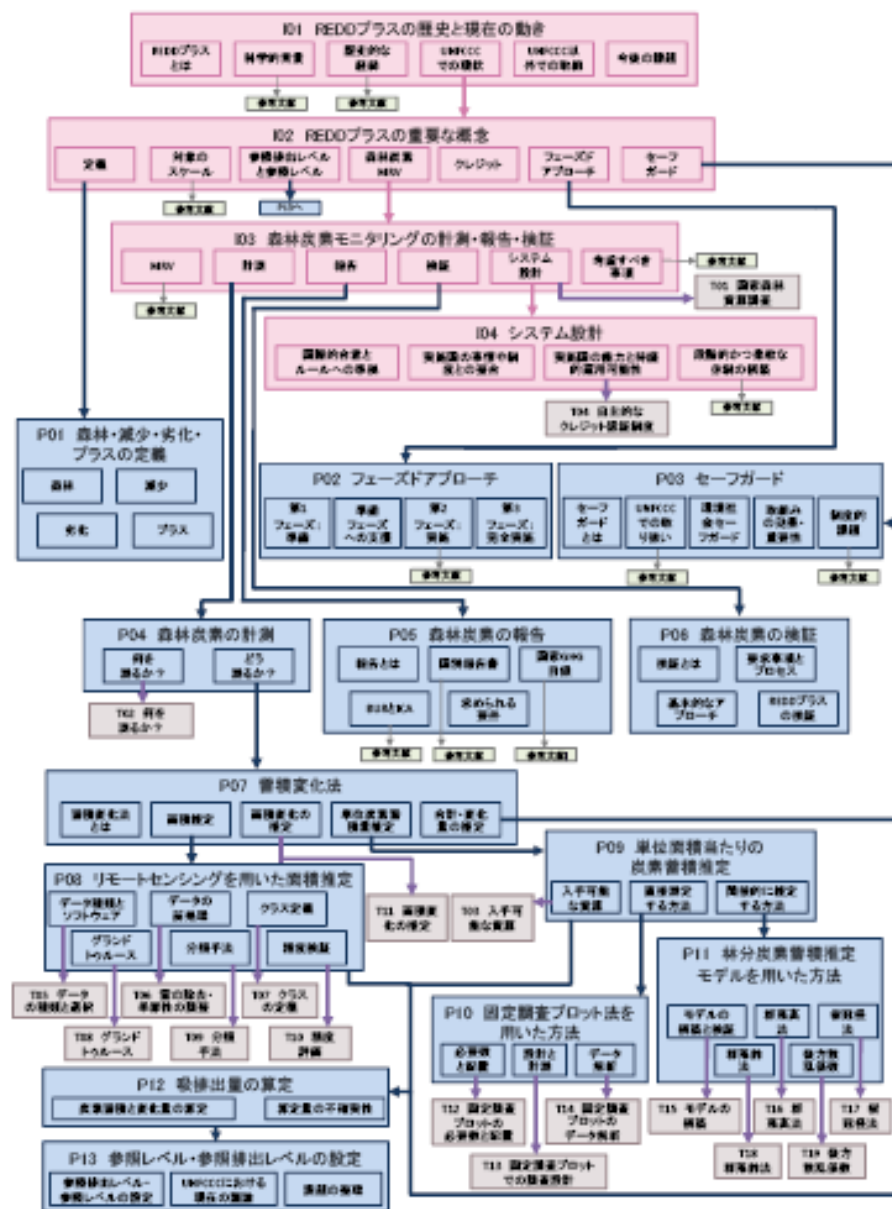
引用: Reference Emission Levels Indonesia - Ruandha Sugardiman、MRV Meeting Mexico.



2.森林炭素モニタリングの全体像



REDDプラスを検討する際の 全体像





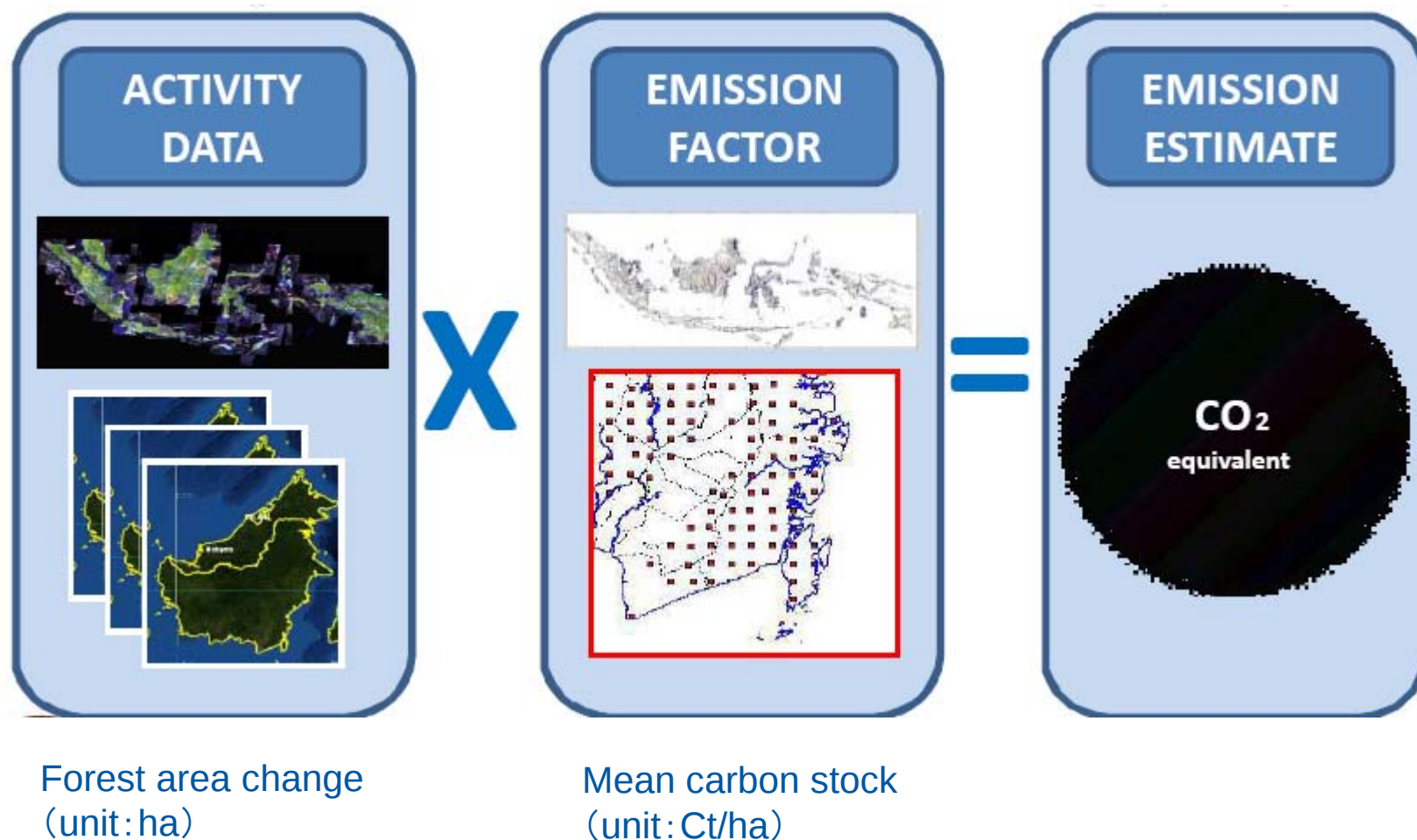
森林炭素モニタリングの要求事項

森林モニタリングシステムとは、森林からの温室効果ガスの収支、森林炭素蓄積、および森林面積変化を推定するシステムであり、REDD プラスの実施に必須のものとして実施国に構築を求めている。これにより、REDD プラスによる温室効果ガス削減効果が推定され、その結果に対するクレジットが算出されるため、国際的に信任を得られ、しかも発展途上国で実施可能な方法で、できる限り正確に行われなければならない。その一方で、森林を取り巻く事情は各国により異なることから、それに合わせた柔軟で実施可能なシステムを作り上げていかなければならない。

1. 国際的合意とルールへの準拠
2. 実施国の事情や制度との整合
3. 実施国の能力と持続的運用可能性
4. 段階的かつ柔軟な体制の構築

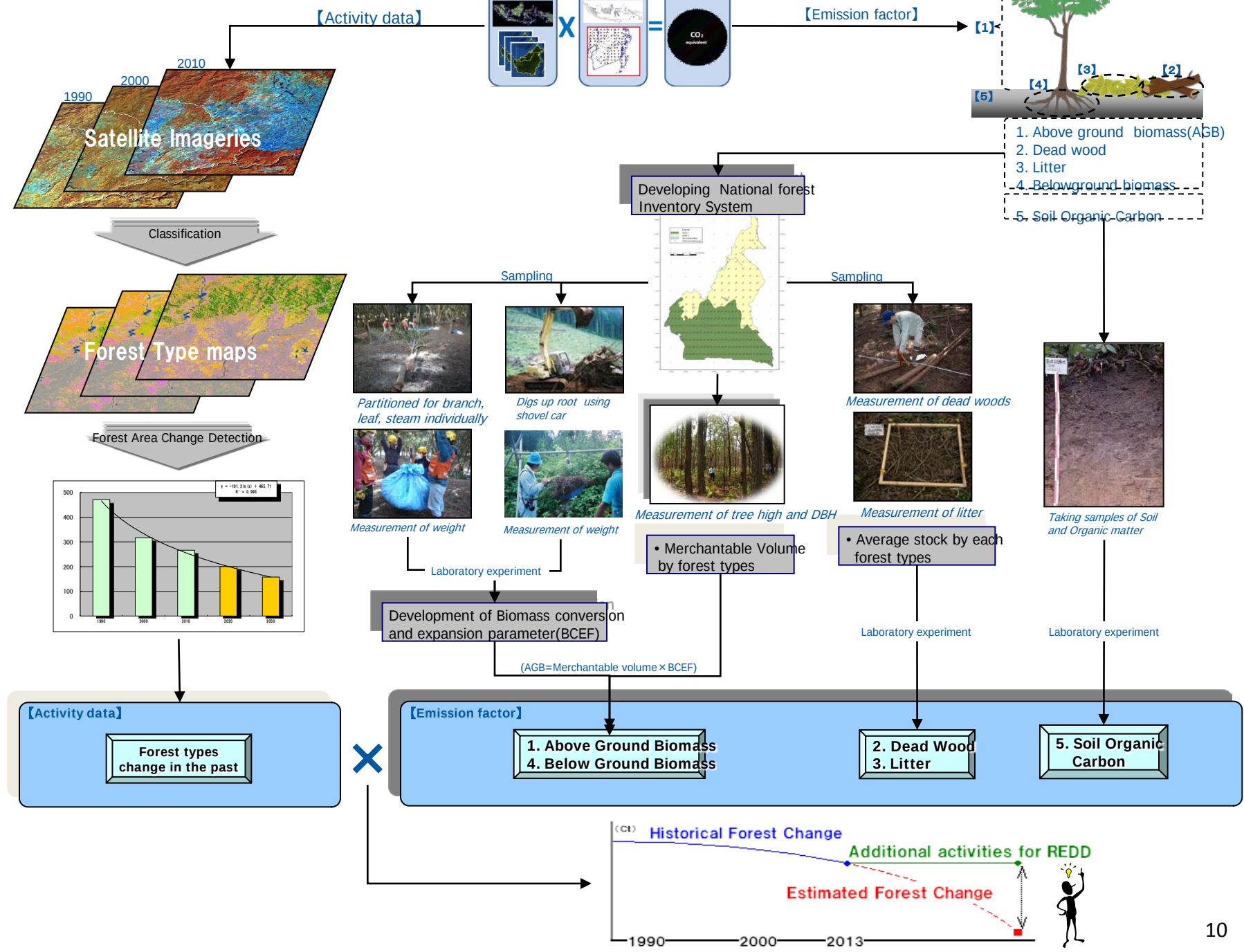


森林炭素モニタリングの要求事項



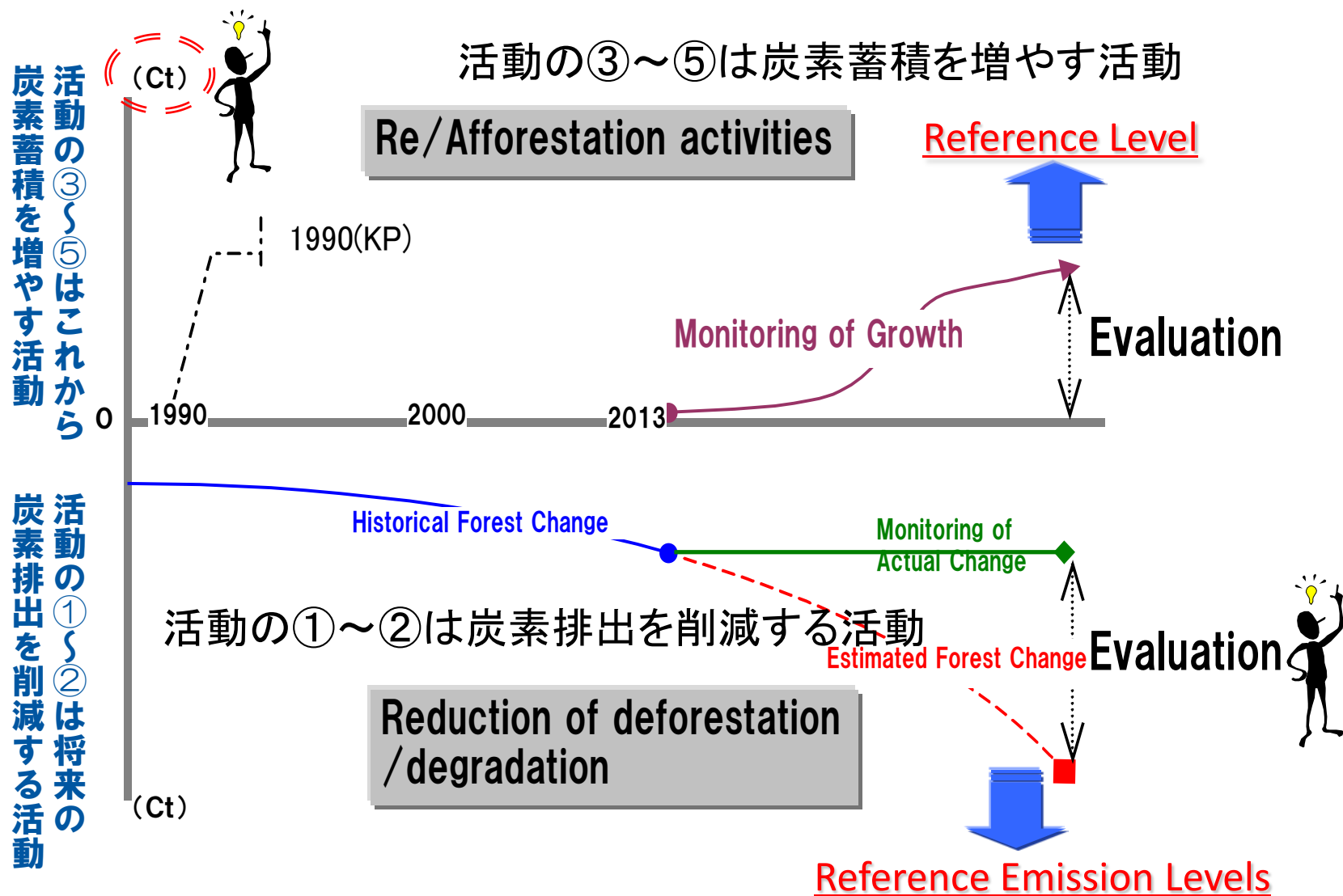
引用: Reference Emission Levels Indonesia - Ruandha Sugardiman、MRV Meeting Mexico.

森林炭素モニタリングの全体像





REL / RLの開発

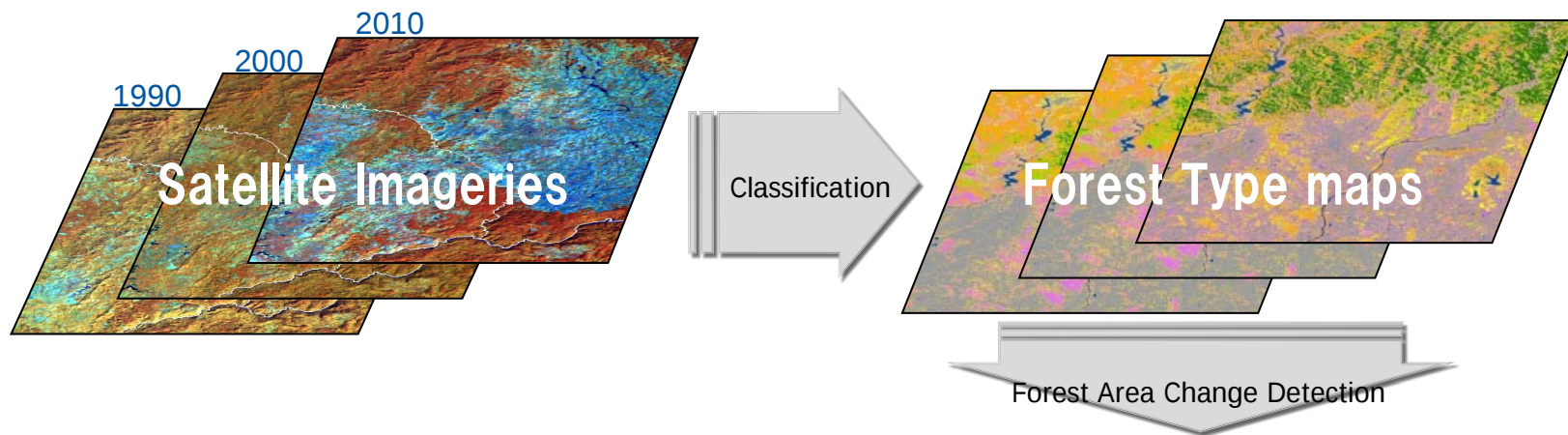




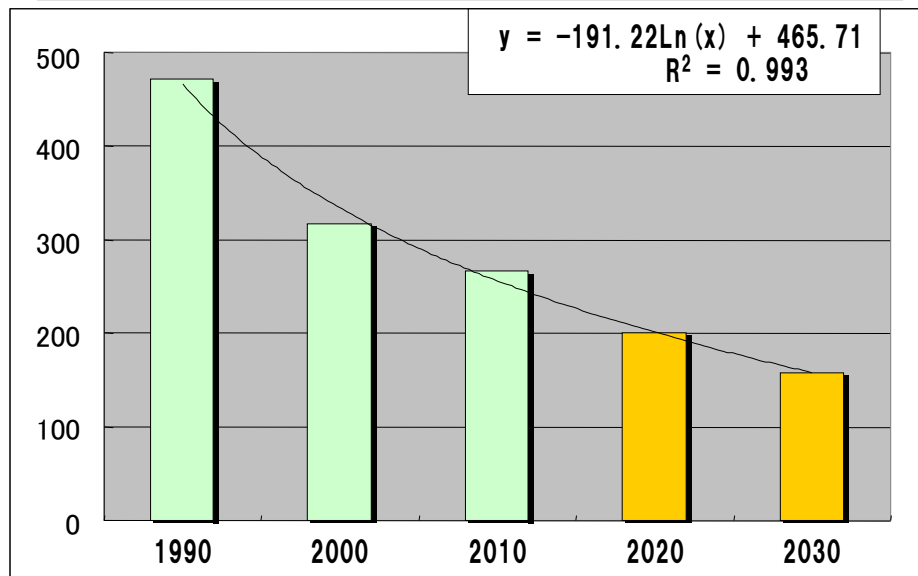
3. 活動量の把握（面的変化）



REL / RLの開発 (LandsatTMを用いた森林タイプの変化)



Forest types change in the past



衛星の種別の利用可能時期(=いつからの時点を用いるか)

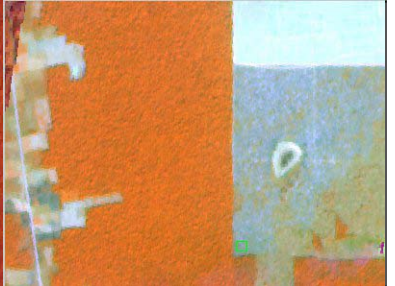
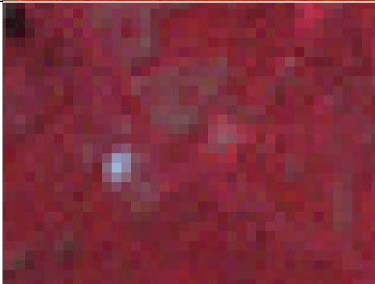
衛星 センサー名	分解能	打ち上げ 〔最初の 打ち上げ〕	利用可能な期間							
			1940	～	1970	1980	1990	2000	2010	将来
Landsat MSS	83m～	1972/07/23								
NOAA	1100m～	1978～								
Landsat TM	30m～	1982/07/16								
SPOT4	10m～	1998/03/24								
Landsat ETM+	15m～	1999/04/15								
IKONOS	0.82m～	1999/09/24								
Terra/Aqua MODIS	250m～	1999/12/18								
Terra ASTER	15m～	1999/12/18								
QuickBird	0.61m～	2001/10/18								
SPOT5	5m～	2002/05/04								
ALOS AVNIR-2	10m～	2006/01/24								
ALOS PRISM	2.5m～	2006/01/24								
WorldView-1	0.5m～	2007/09/18								
GeoEye-1	0.41m～	2008/09/06								
WorldView-2	0.46m～	2009/10/08								
航空写真										

アナログ

デジタル

森林減少の要因とスケール

(=どの程度の地上解像度のデータを用いるか)

項目	転用の種類	要因	スケール	活動前画像	活動後画像
森林減少	大規模農業開発	大規模資本などにより森林から農地へ転用する場合。パームオイル、ゴム、コーヒーなど	1ha以上		
森林減少	中規模農地転用	住民による違法な農地転用。	1ha以下		
森林劣化	木材搾取	販売目的に違法に抜き伐りする場合	ha数本レベルで大径木中心。林冠の減少を起こす。		
森林劣化	木材搾取	住民による薪利用などのための抜き伐り	ha数本レベルで小径木中心。林冠の減少は少ない。		



森林分類図の作成における留意点

分類する森林タイプをどのように設定するか？

- ・生態学的な要素：常緑、落葉、混交、竹林など、当該国の主要な材積を構成する樹種が優占する森林(日本ではスギ、ヒノキ、カラマツ・・・)
- ・人為的な要素：極相林、2次林(人為による劣化や再生林)森林の質的な評価を加える⇒推計精度の向上
- ・技術的な要素：リモートセンシングの限界、データアーカイブの限界。光学センサーとバイオマス(質)の関係の限界。季節林の場合、複数のデータが必要になる場合がある。



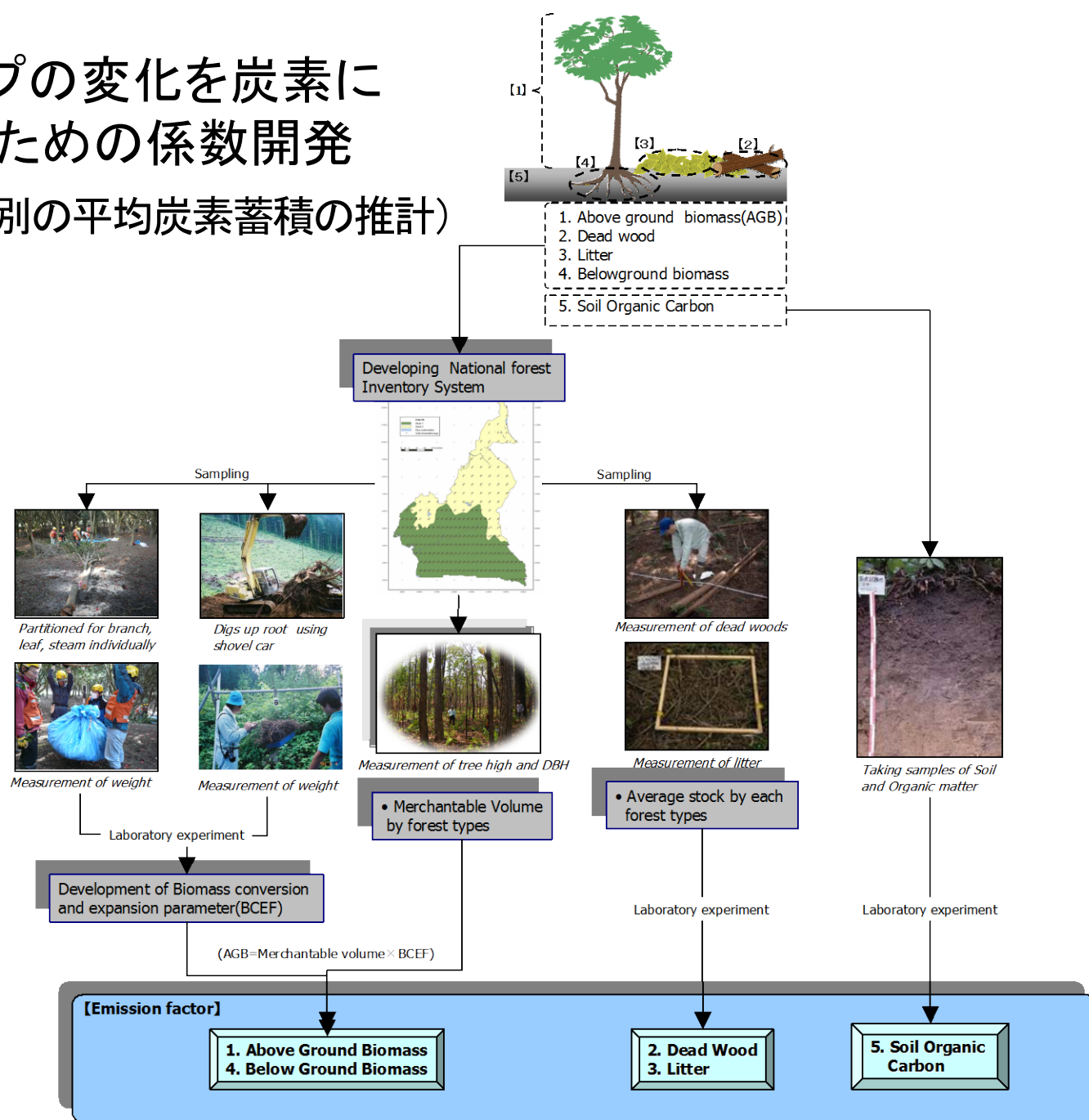
季節変化の影響

- 解析結果は植生の季節変化を受ける。
- 期首・期末の撮影時期を統一することが重要。



4. 排出係数の開発 (単位面積当たりの炭素量)

森林タイプの変化を炭素に 換算するための係数開発 (森林タイプ別の平均炭素蓄積の推計)





森林の地上計測手法の基礎

- 森林情報を収集する目的: 目的やスケールによって必要な情報も変わる
 - 国家森林計画: 国レベルでの資源情報を収集・管理する
 - 例: 国レベルで森林タイプごとの面積や蓄積を把握する
 - 事業体レベル (個人、会社等)
 - 林分レベル(管理単位) : 優占樹種、面積、蓄積
 - 木材の販売:
 - 立木レベル: 蓄積、品質
 - 生態的価値の研究や評価
 - 立木の価値以外の様々な項目 (生物多様性、希少種)

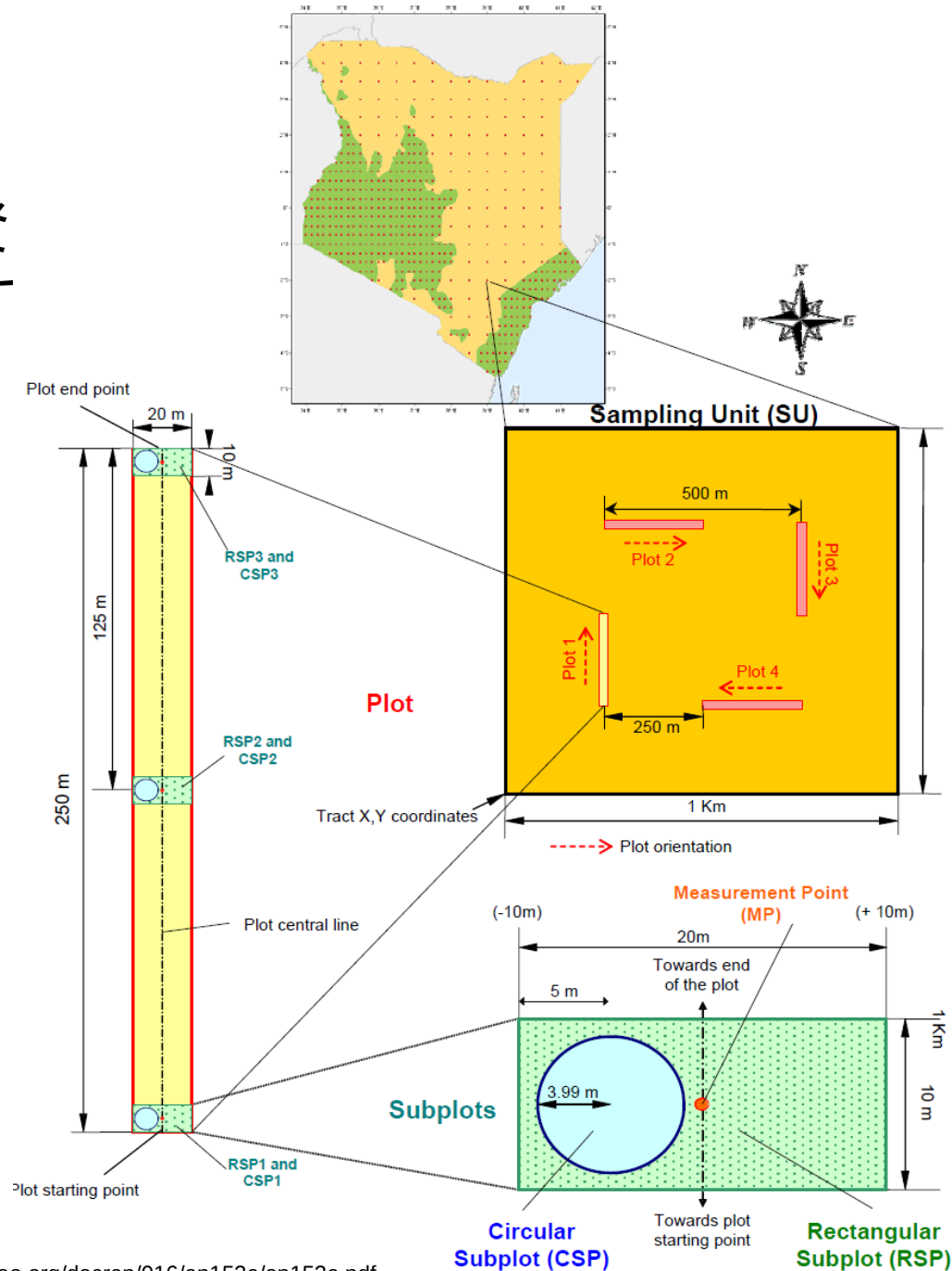


国家森林資源調査について

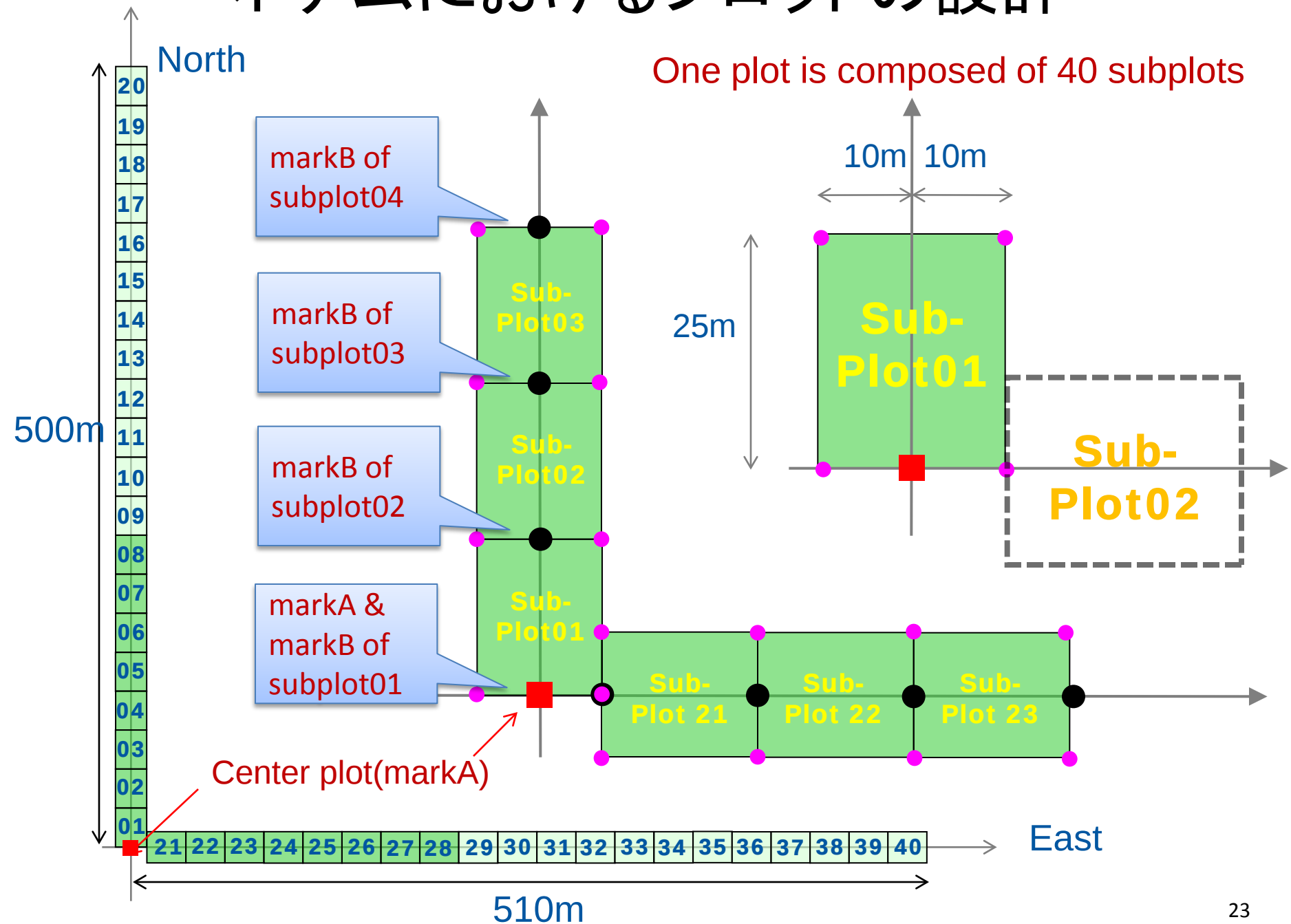
- 国家森林資源調査（NFI: National Forest Inventory）
 - 国レベルで森林資源量を把握する調査
 - 大抵の国では何らかの形で実施されている
 - プロジェクトエリアの基礎情報として利用可能
- NFIの方法論
 - 悉皆調査と標本調査：通常は標本調査
 - 暫定調査地と固定調査地：時系列的なモニタリングのためには、固定調査地が有利
 - インベントリの間隔：5～10年程度
 - 現地調査
 - プロット調査、ポイントサンプリング
 - 資源把握に必要な情報：胸高直径、樹高
 - その他必要な項目（森林被害、生物多様性）

FAO (2008) の方法

- 途上国における国家森林資源調査の計画実施を援助するプログラムにおける基本的な方法
- 最低でも経緯度1度単位の格子
- 格子点に1km四方のクラスター、中に4箇所の20×250kmプロット

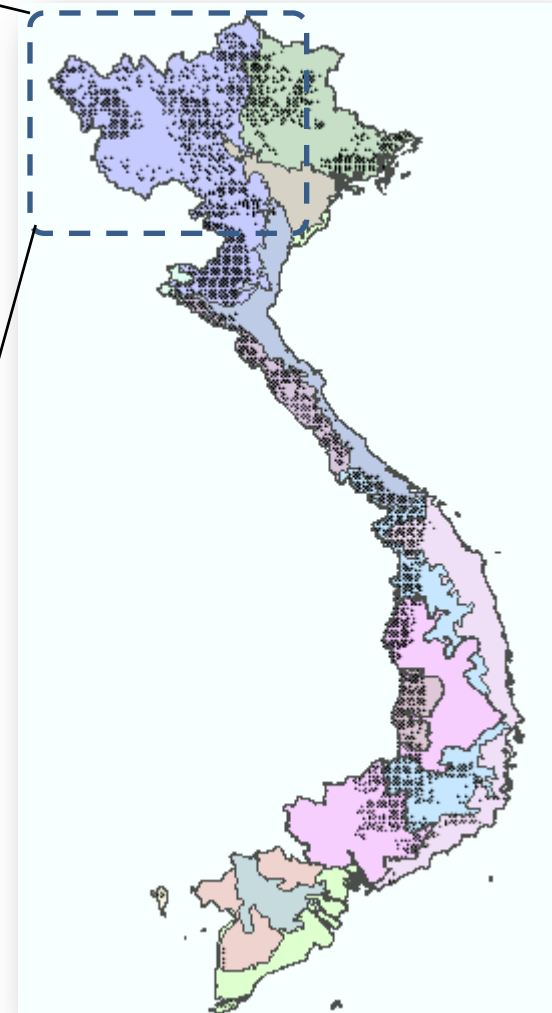
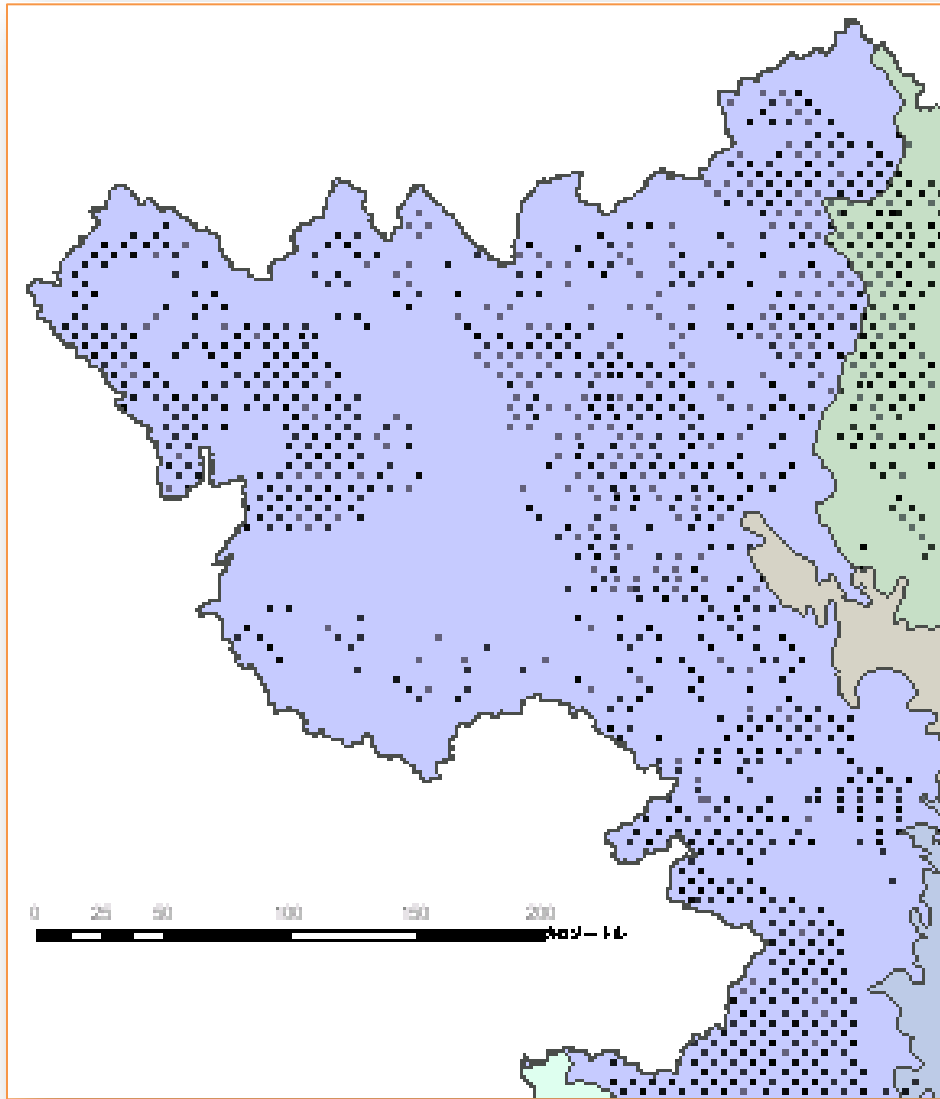


ベトナムにおけるプロットの設計





ベトナムにおけるPSPプロットの配置



ベトナム国におけるPSPの配置



調査の設計

- 精度とコストのトレードオフ
- より正確で高い精度のデータを得るためにはより多くのコストが必要
- できるだけ低いコストで高い精度のデータを得るための工夫が必要





排出係数の取り纏め

NFIから計算される地域別・樹種別平均材積(ベトナム国 国家資源調査 第3期より)

Forest types	Northwest	Northeast	Northeast	North middle centre	South middle centre	Highland	Southeast	Mekong river delta
Rich Evergreen broad-leaved forest	343.44			306.15	239.44	219.40	295.45	
Medium Evergreen broad-leaved forest	85.15	89.79		136.33	149.99	149.50	180.96	
Poor Evergreen broad-leaved forest	37.25	34.24		81.92	74.18	85.72	75.95	79.34
Restored forest	33.51	20.81		32.85	70.35	86.67	83.04	67.43
Coniferous forest		30.60		65.50	94.04	95.74	180.90	
Broad-leaved and coniferous mixed forest						106.73	179.86	
Rich Dry open forest of Dipterocarps						149.07	226.64	
Medium Dry open forest of Dipterocarps						134.97	175.62	
Poor Dry open forest of Dipterocarps						70.47	77.83	
Restored Poor Dry open forest of Dipterocarps						70.60	39.62	
Bamboo forest	35.97	30.36		83.41	52.60	60.14	63.03	
Primary forest and natural forest								
Mangrove								
Forest on rocky mountain								
Man-made forest	20.79	20.66		11.15	10.46	19.33	4.56	



5.参照レベルの要件



参照レベル作成における留意点



90'~95'

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	646	283	157	110	228		297					
2												
3												
4	959											
5	606	280	143	149			229					121
6	590	272	124	98		106	191	5		209	79	
7	471	258	141	107			193	83				77
8		113	87									
9	518	281	117	74		75	173	98				77
10	477	293	127	148	224	199	240					121
11	546	276	154	121	185	119	203	203	200			123
12	529	279	131	139	219		216	299				120
13												
14												

95'~00'

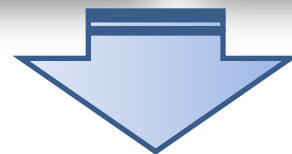
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1				149	142							64
2	489	274	107	144	241		258					
3												68
4	600	295	187				330					
5	581	274	129	93		87	256					77
6	507	271	115	83		119	151			116	68	
7	457	258	147	99			195	98				60
8												
9		290	104	65		96	99	99				68
10	446	276	124	141	237	126	181		94			67
11	459	278	142	141	255	85	172	127	232			64
12	465	277	129	125	183		184	233	363		20	64
13												
14												

00'~05'

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		319	163	157								99
2	434	271	112	148	214		236					
3												99
4	477	303	130				248					
5	519	268	147	101		83	181	87				116
6	505	270	119	75		283	114	29		119	93	
7	420	285	153	109		107	151	87				60
8												
9		250	119	68		75	95	88				77
10	430	280	143	146	226	121	202	240				98
11	448	280	143	134	267	75	164	166	268		160	195
12	449	277	134	140	180		190	95	169		78	201
13												
14												

00'~10'

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1				181	197							
2	604	282	144	157	128		279					
3												79
4	798	299										104
5	508	275	158	131		78	219	97				67
6	516	272	135	94		96	118				165	163
7	417	272	171	116		82	181	146				79
8												
9		271	110	115		96	122		105	4		65
10	485	282	158	140	198	138	249					94
11	502	291	162	135	153	91	199	293	292			163
12	511	289	120	129	189	134	240		271			168
13												
14												



整備されたこれらの情報をどのようにして料理するか？





参照レベル作成における留意点

- ❑ What is/are the difference(s) between RL and REL and the associated methodological differences?
 - Recommend guidance
- ❑ Can a Party propose REL/RLs for a subset of REDD+ activity types?
 - If yes, under what conditions? (e.g. must include Deforestation)
- ❑ When is it appropriate to adjust extrapolated historical trends or estimates?
 - To address national circumstances, on a case by case basis
 - What type of information is needed to support adjustment?
- ❑ What information should be provided and in what form for the determination of REL/RL?
- ❑ What aspects of the construction of RL/RELs should allow for comparability among countries?
- ❑ How can we avoid perverse incentives through the exclusion of pools or activities?



参照レベル作成における留意点

Item to be
considered

Option 1

Option 2

Method of
calculation

Integrating Emission
and Removal

Separating Emission
and Removal

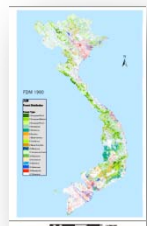
Units of
Aggregation

National Scale

Regional Scale by
Administrative Units



参照レベル作成における留意点



都道府県	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北海道	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
青森県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
岩手県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
宮城県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
秋田県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
山形県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
福島県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
茨城県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
栃木県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
群馬県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
埼玉県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
千葉県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
東京都	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
神奈川県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
新潟県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
富山県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
石川県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
福井県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
山梨県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
長野県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
岐阜県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
静岡県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
愛知県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
岐阜県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
静岡県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
愛知県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
三重県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
滋賀県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
京都府	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
大阪府	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
兵庫県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
奈良県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
和歌山県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
徳島県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
香川県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
高松市	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
愛媛県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
高知県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
福岡県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
佐賀県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
長門県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
熊本県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
大分県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
宮崎県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
鹿児島県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
沖縄県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

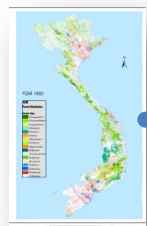
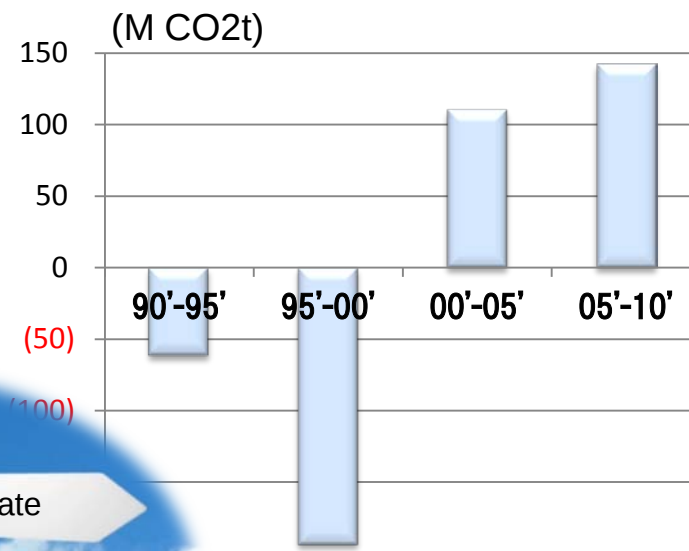
C Stock
in 1990
(Ct)

C Stock
in 1995
(Ct)

C Stock Change
1990 to 1995

Separate

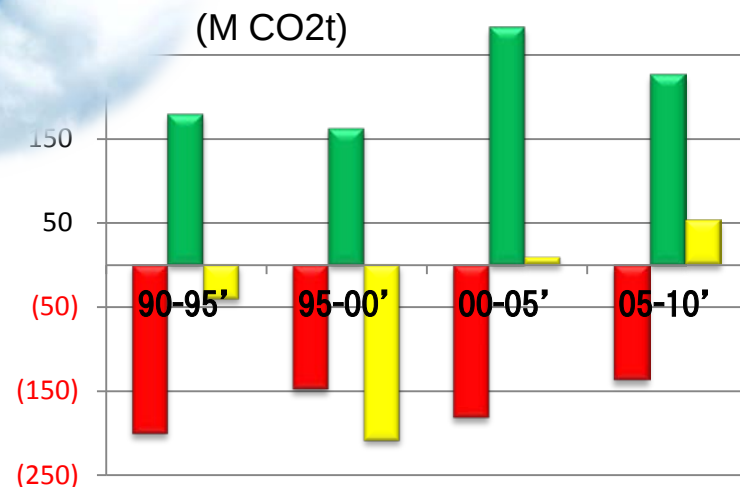
Integrate



F.Type area
Change
1990 to 1995
(ha)

都道府県	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北海道	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
青森県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
岩手県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
宮城県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
秋田県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
山形県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
福島県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
茨城県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
栃木県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
群馬県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
埼玉県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
千葉県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
東京都	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
神奈川県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
新潟県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
富山県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
石川県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
福井県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
山梨県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
長野県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
岐阜県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
静岡県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
愛知県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
岐阜県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
静岡県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
愛知県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
三重県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
滋賀県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
京都府	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
大阪府	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
兵庫県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
奈良県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
和歌山県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
徳島県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
香川県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
高松市	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
愛媛県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
高知県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
福岡県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
佐賀県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
長門県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
熊本県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
大分県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
宮崎県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
鹿児島県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
沖縄県	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Emission
Factor
Change
1990 to 1995
(Ct/ha)



■ Deforestation ■ Afforestation ■ Remaining Forest



REL/RLの開発(森林マトリックスの作成)

- RELとRLを分離して開発するためには、森林現況だけでなく森林変化Matrixの作成が不可欠。
- GISの機能を活用し、2時点間での森林減少・増加箇所を分離して抽出。

2000年の森林タイプ

		Year 2000																		
		Evergreen broadleaf forest, rich forest	Evergreen broadleaf forest, medium forest	Evergreen broadleaf forest, poor forest	Evergreen broadleaf forest, rehabilitation forest	Deciduous forest	Bamboo forest	Mixed timber and bamboo forest	Coniferous forest	Mixed broadleaf and coniferous forest	Mangrove forest	Limestone forest	Plantation	Limestone area (no forest)	Bare land, shrub land, fragmented trees	Water body	Residential area	Other land	Grand Total	
Evergreen broadleaf forest, rich forest	Evergreen broadleaf forest, rich forest	23,871	8,241	6,470	1,874	100	897	1,640	0	222	0	0	23	0	2,108	5	17	2,563	48,033	
	Evergreen broadleaf forest, medium forest	8,415	23,156	1,803	2,673	158	1,135	3,193	0	0	0	0	139	0	4,272	19	1,183	31,171	77,316	
	Evergreen broadleaf forest, poor forest	1,184	22,034	53,630	11,500	1,054	1,003	7,417	0	8	0	0	1,460	0	11,774	223	652	28,436	140,375	
	Evergreen broadleaf forest, rehabilitation forest	348	2,734	13,117	3,893	69	886	9,188	0	0	0	0	2,551	0	5,539	20	255	17,143	55,971	
	Deciduous forest	74	324	718	959	47,140	0	0	0	0	0	0	0	0	5,316	45	701	14,461	69,744	
	Bamboo forest	6	253	477	2,812	1	4,722	3,865	0	0	0	0	0	568	0	3,057	43	11	1,496	23,623
	Mixed timber and bamboo forest	357	7,373	8,990	7,321	7	3,558	30,794	0	1,939	0	0	1,330	0	6,057	43	11	4,906	71,722	
	Coniferous forest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Mixed broadleaf and coniferous forest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Mangrove forest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Limestone forest	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Plantation	0	0	47	12	0	0	0	0	0	0	0	450	0	79	1	21	365	965	
	Limestone area (no forest)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Bare land, shrub land, fragmented trees	Bare land, shrub land, fragmented trees	204	1,089	12,322	4,987	3	6	7	14	0	131	0	2,579	0	12,940	144	803	41,610	85,490	
	Water body	1	4	9	8	6	7	14	0	0	0	0	3	0	21	2,321	75	248	2,718	
	Residential area	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	72	0	113	9	122	466	791	
	Other land	10	626	1,778	3,561	233	940	1,182	0	25	0	0	1,478	0	9,866	484	7,798	47,116	75,098	
	Grand Total	34,470	65,833	99,371	39,600	51,943	15,411	66,527	0	2,554	0	0	10,655	0	60,535	3,320	11,651	189,974	651,844	

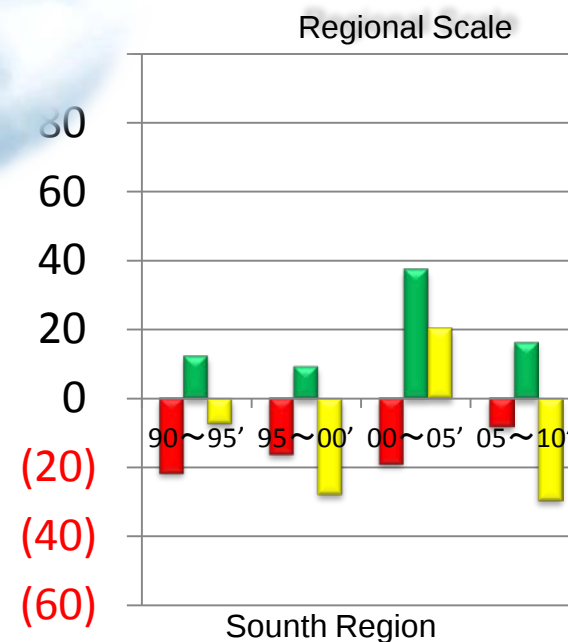
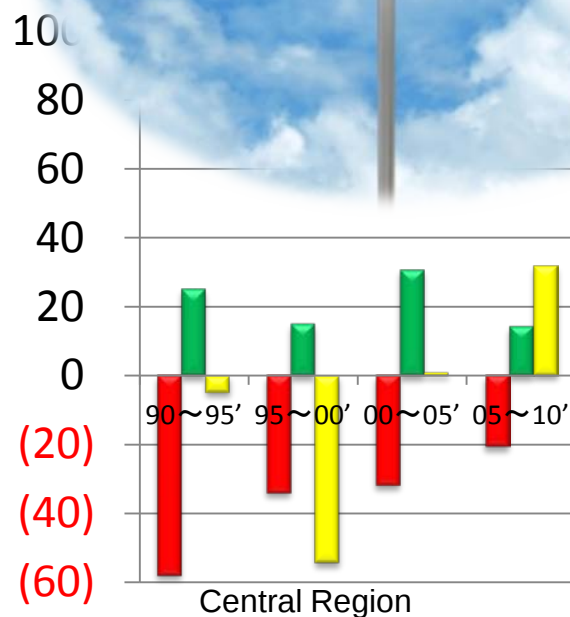
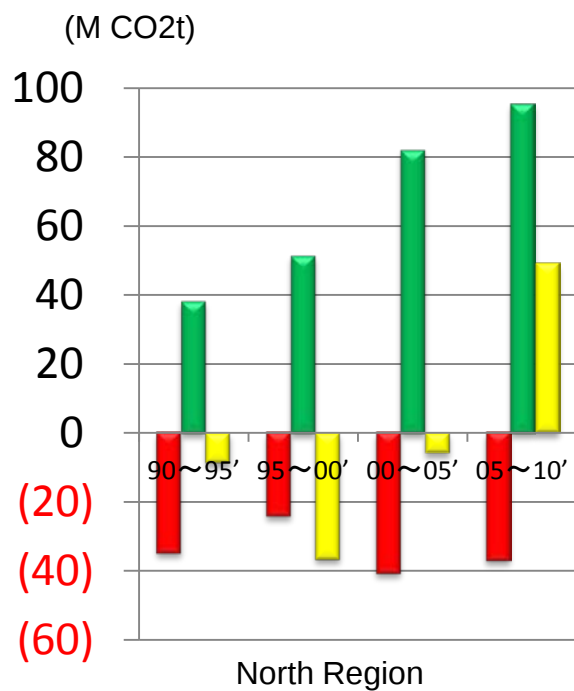
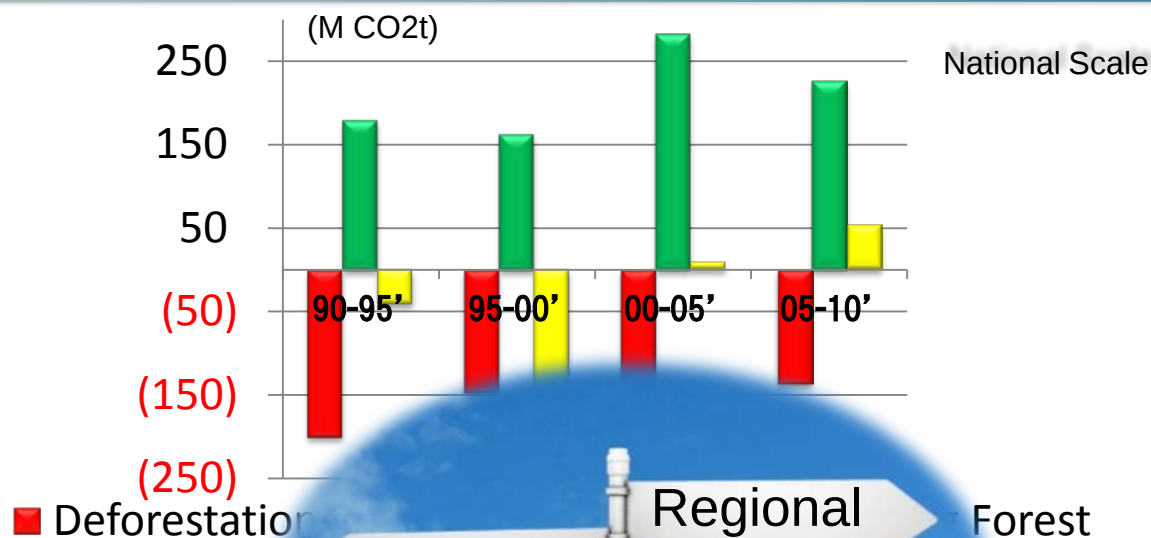
森林劣化箇所

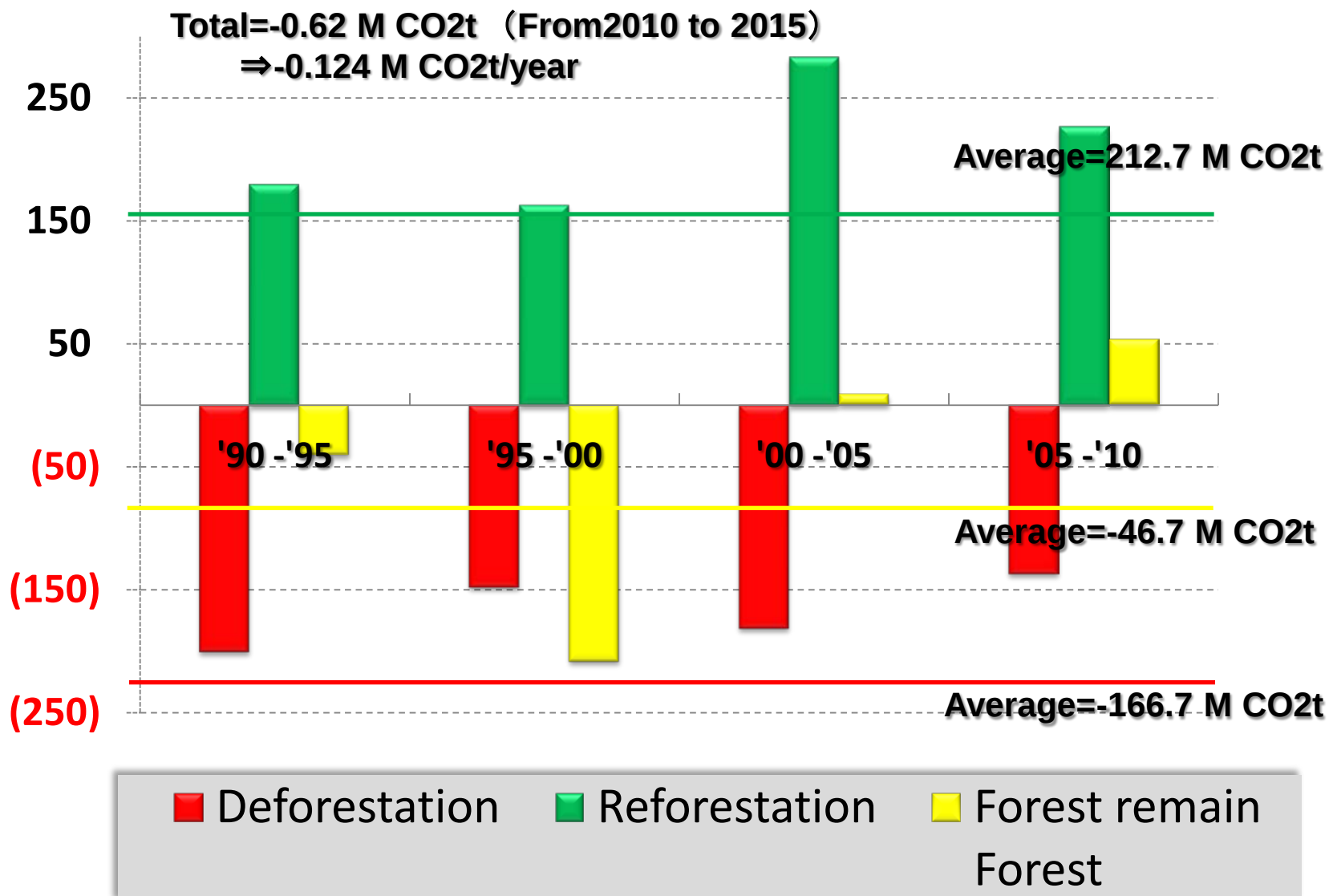
森林減少箇所

質的森林回復箇所

面的森林回復箇所

1990年の森林タイプ







森林炭素モニタリングの設計と参照レベルの要件 (まとめ)

- 森林炭素モニタリングはリモートセンシング情報と地上調査の組み合わせが基本
- リモートセンシング情報の利用は対象に応じた選択が重要
- 地上調査は国家森林資源インベントリを活用することが多い。
- 参照レベルの設計では、幾つかのオプションがある