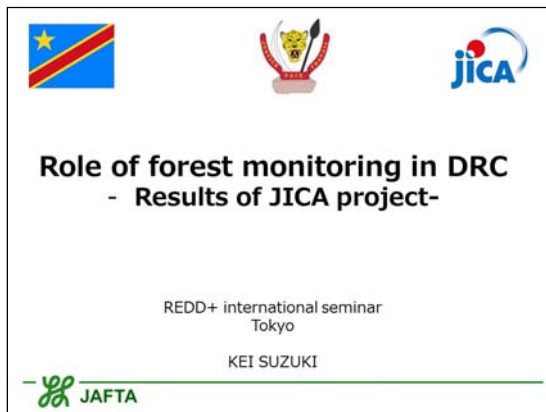
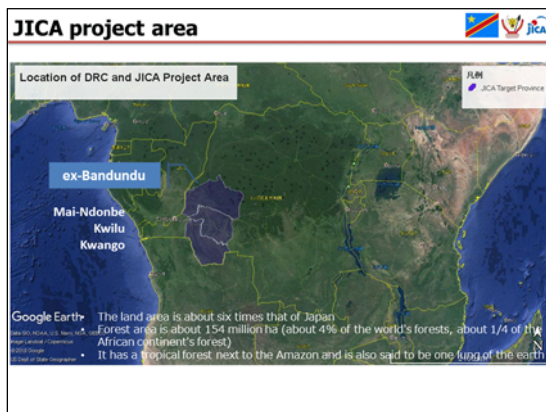


コンゴ民主共和国における森林モニタリングの役割
鈴木 圭（日本森林技術協会）



本日はJICA のプロジェクトの成果を皆さんにケーススタディとして紹介したい。後半は、そのケーススタディを通じて、森林モニタリングの役割、特にプロジェクトレベルの森林モニタリングがどうあるべきか、少し疑問を投げ掛けていきたい。

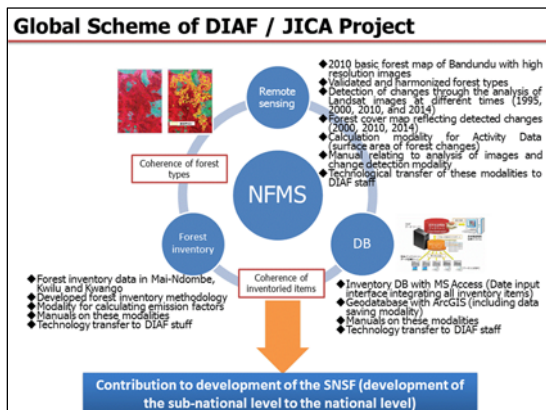
JICA プロジェクトの場所と目的



この地図がコンゴ民主共和国の外側になる。面積が日本の6倍近くあり、非常に大きい国だ。森林面積が154 million haで、アフリカの森林の大体4分の1を占める。よくアマゾンの反対側の「地球の片肺」といわれるほど熱帯林の多いところである。JICAのプロジェクトを行ったエリアは、昔は「バンドゥンドゥ州」と呼ばれていたが、現在は三つに分かれている。上から、マイ＝ンドンベ、真ん中がクウィル州、最後がクワンゴ州である。マイ＝ンドンベについては、世界銀行¹のプロジェクトである森林炭素パートナーシップ基金（FCPF）も入っている。

¹ <http://www.worldbank.org/ja/country/japan>

Session 1



JICA プロジェクトでは、ナショナル・フォレスト・モニタリング・システム²を構築するため、大きく三つのコンポーネントに取り組んできた。一つ目がリモートセンシングで、森林の地図を作製し、結果として森林の減少した面積を把握するために使っている。二つ目に、面積だけではなく、それを炭素やバイオマスに換算するための地上調査としてフォレストインベントリを先ほどの三つの州全てにおいて実施している。三つ目は、これらを取りまとめるデータベースの開発である。この目的は持続的な森林経営に資することで、サブナショナルレベルを扱った。

森林の分類法



それでは、地図、地上インベントリがどのような成果を生み出したかを、一つずつ説明する。

1995 年、2000 年、2010 年、2014 年の四つの時点の地図をつくった。時系列的、歴史的に森林がどう変わったかというデータの基となるものである。これを activity data と REDD の世界では呼んでいる。これが旧バンドウンドゥ州である。日本の面積の約 8 割という面積感で考えていただければいい。北の方に熱帯湿潤林がかなり広い範囲に広がっている。中間は移行帯、南部には乾燥林が広がるという非常にバラエティのある森林タイプである。

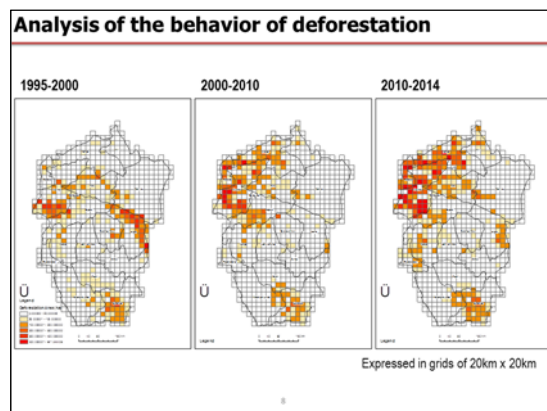
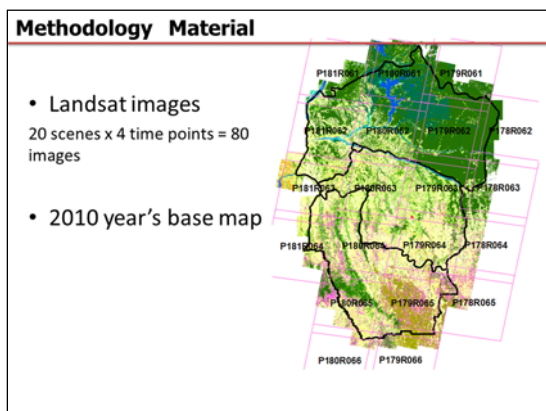
² <http://redd.unfccc.int/fact-sheets/national-forest-monitoring-system.html>

Classification for FREL			
	Classification pour ALOS AVNIR-2 (10m) (carte de base de l'année 2010)	Classification pour Landsat (30m) (1995, 2000, pet 2014)	REL/FREL
Forêt	1 Forêt dense humide sur terre ferme	1 Forêt dense humide sur terre ferme	Forêt dense
	2 Forêt dense humide sur sol hydromorphe	2 Forêt dense humide sur sol hydromorphe	
	3 Forêt secondaire	3 Forêt secondaire	
	4 Forêt sèche / Forêt claire	4 Forêt sèche / Forêt claire	
Non-forêt	5 Mosaïque terres cultivées / végétation naturelle (herbacée ou arbustive)	5 Mosaïque terres cultivées / végétation naturelle (herbacée ou arbustive)	Non-forêt
	6 Savane arborée	6 Savane arborée	
	7 Savane arbustive	7 Savane arbustive/herbeuse / Prairie	
	8 Savane herbeuse / Prairie	8 Savane arbustive/herbeuse / Prairie	
	9 Prairie aquatique	9 Prairie aquatique	
	10 Cultures	10 Cultures	
	11 Agglomération	11 Agglomération	
	12 Zone d'eau	12 Zone d'eau	
	13 Nuage	13 Nuage	
	14 Ombre du nuage	13 Ombre du nuage	

地図を使うときに、どういう衛星データを用いるか、どういう森林分類のカテゴリーをつくるか、クラシフィケーションスキームが最初の課題になる。リモートセンシングの限界と同時に、森林計画に使えるものであるという、この二つの要求事項をバランス良く満たすカテゴリーをつくるということになる。1 番が非常に密な森林で、熱帯湿潤林になる。2 番目が湿性林、かなり水の多いところで、地形的にもフラットで降水量も非常に多いところに生息するかなり密な森林である。3 番目が英語で secondary forest という、だんだん二次林になってきた状態のものである。4 番目が乾燥林になる。それと、同じカテゴリーで疎林（open forest）を 4 番目に当てて、この三つを森林の定義として当てはめている。それ以外はサバンナや農地などが入ってきて、これは全部、非森林に入れている。これがカテゴリーになる。

2010 年と、1995 年、2000 年、2014 年という 4 時点があって、2010 年については ALOS という 10m の衛星を使って分類している。それ以外については参照レベル作成のため 30m 解像度のランドサットを用いた。つまり、衛星によって分類のカテゴリーを若干変えた。7 番と 8 番が変わっている。

これらを用いて作成した参照レベルは、非森林とそれ以外の森林の部分に分けているが、1 番と 2 番のバイオマス量にそれほど差がないことから、これを一つ forest dense（密林）としてまとめている。これが分類のカテゴリーになる。



Session 1

先ほど申したように、この面積が日本の国土の 8 割～8 割 5 分を占め、ランドサットのシーン数では 1 回で 20 シーン使う。それを 4 時点使っているので、80 シーンという計算になる。それから、2010 年は 10m の解像度の高いものを使っている、ここをベースのデータとして、それから変化を見ていくという解析方法を取った。80 シーンもランドサットがあるということは、リモセンの専門家から見るとかなり数が多いと感じられると思う。それぐらいコンゴ民主共和国の面積は非常に広大だと言える。

この解析結果は、1995～2000 年、2000～2010 年、2010～2014 年の三つの時点について解析したものだ。一つが 20km のグリッドになっている。このグリッドごとに、deforestation が起きた面積を表している。どこで森林減少が起きているか、視覚的に捉えるために作成した。だんだん左上で森林減少が激しくなっている。この理由として、キンシャサという一番の首都に向かってかなり薪炭材が流れていくということ、また、この辺りは森林コンセッションが多くあり、伐採が進んでいることが挙げられる。

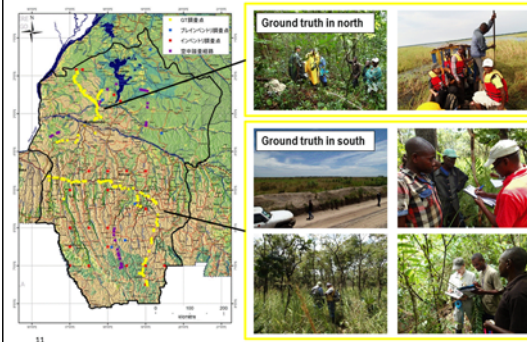
Activity data: Deforestation, forest degradation and gain of the former Bandundu					
Change type	Change	AD (ha/yr)			
		1995-2000	2000-2010	2010-2014	Total (95-14)
Deforestation	FD-NF	18,713	16,362	21,477	18,058
	FS-NF	7,534	4,300	20,297	8,519
	FSC-NF	5,510	3,265	5,558	4,339
	Total	31,757	23,928	47,333	30,915
Degradation	FD-FS	5,883	9,093	20,755	10,703
	FD-FSC	23	9	2	11
	FS-FSC	20	2	0	6
	Total	5,925	9,103	20,757	10,720
Gain	NF-FD	278	731	1,338	739
	NF-FS	248	544	13,719	3,240
	NF-FSC	35	5	20	16
	FS-FD	1,311	1,100	492	1,027
	FSC-FD	81	48	0	46
	FSC-FS	12	9	3	9
	Total	1,965	2,437	15,572	5,078

これは面積を集計したものだ。左側を deforestation、degradation、gain（森林の回復）の三つに分けた。Deforestation は、FD（dense forest）から NF（non forest）、FSC（secondary forest）から NF（non forest）、その他の open forest から non forest というカテゴリーに分けている。Degradation は、森林のタイプから森林のタイプの移行になるので、dense forest から secondary forest に行くような質的な劣化がこの中に入ってくる。Gain は non forest から、例えば forest dense になるもの、non forest から secondary forest になるものという変化マトリックスで表している。単位が ha/year なので、1 年ごとの面積減少量になる。例えば 1995 年から 2000 年までに、密林といわれる非常にいい森林がなくなった面積が 1 万 8713ha/year になる。当然、deforestation で多いのは、密林が non forest になるという部分になるが、この deforestation だけを取り出してみると、1995 年から 2014 年まで毎年 3 万 915ha が毎年 deforestation したという計算になる。東京 23 区の面積がこの倍ぐらいなので、東京 23 区の半分の面積が 1995 年から毎年消えていくというスケール感になる。非常に大きなインパクトだと思う。率にすると数パーセントだが、面積量としては大きい。

排出量の取り方

Development of Emission Factor

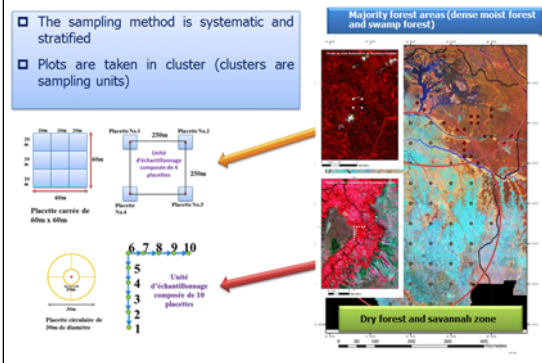
Sample data collection and ground truth



ここまでが地図の作成の成果になる。次にどれだけ炭素が出ていったかという計算をするために、地上の調査を行った結果を報告する。

バンドウンドゥ州がこちらになる。現地調査は当然、現地に行かないとできない作業で、湿地帯が多いので、ボートを使ってかなり苦労して、場所によっては数日かけて行って、データを取ってくることになる。湿潤林の場合は本数が非常に多く、大きさもかなりあるが、乾燥林ではかなり空いている状況が見られる。

Methodology of forest inventory

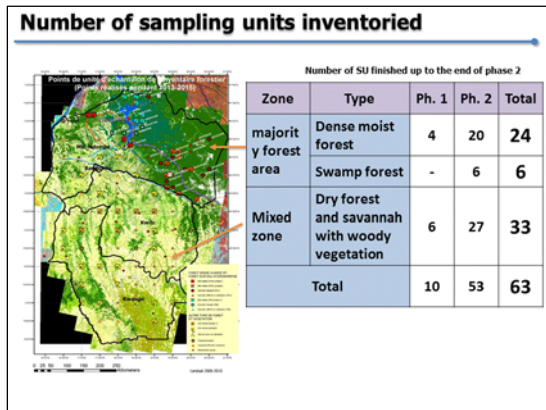


国家森林調査（NFI）をする場合、バイアスが入らないように、システマティックにサンプリングのグリッドを引いて、個々にデータを取っていくというアプローチを取った。つまりは、自分がここへ行きたい、行きやすいというところで取ることができない。そういうことが許されておらず、何としてでも決まったところに行かなければいけないという非常に大変な作業になる。

われわれは森林の調査の仕方を、湿潤林と乾燥林で分けている。湿潤林の場合、四つのサブプロットを設けて、一つの四角が 60m×60m という設定にした。つまり、右側の地図の 1 カ所の赤い点において、四つの 60×60 の調査データが得られることになる。乾燥林は、L 字型の調査方法にしている。1 個ずつ等間隔に、30m の円の調査をして、10 個のデータを取るような調

Session 1

査方法にした。調査方法を変えた理由はきちんとある。



こちらが苦労してデータを取った結果である。Dense moist forest と swamp forest で約 30 点で、1 個につき四つあるので、30 だと 120 点の 60m×60m のデータが取れている。Dry forest も 33 点なので、トータルで 63 のセットを取っている。湿潤林は、赤で示したところでデータが取れている。

Stock by stratum and Emission Factor

Table : Stock by stratum

Forest type	Biomass (t ha ⁻¹)	Carbon (t ha ⁻¹)	CO ₂ (t ha ⁻¹)
Dense moist forest (Forêt dense humide (FD))	372.34	175.00	641.67
Secondary forest (Forêt secondaire (SD))	259.12	121.79	446.55
Dry forest / open forest (Forêt sèche / forêt Claire (FSC))	78.17	36.75	134.75
Non forest (Non forêt (NF))	27.84	13.08	47.98

Table : Emission Factor of deforestation and forest degradation

Change type	Change type	CO ₂ (=EF)
Deforestation	FD-NF	593.69
	FS-NF	398.57
	FSC-NF	86.77
Degradation	FD-FS	195.12
	FD-FSC	506.92
	FS-FSC	311.80

EF = (Quantity of CO₂ after conversion) - (Quantity of CO₂ before conversion)

Establishment of database

地上調査の結果をそれぞれのバイオマスに計算して、ではヘクタール当たりどれくらいの量があるか、計算したものがこちらである。最初に dense moist forest については、バイオマス量で 372t/ha、カーボンに直すと 175t/ha、CO₂ 換算だと 641t/ha という結果を得ている。順に、secondary forest だと 446t/ha、dry forest だと 134t/ha となる。それから、non forest であっても全く森林がないわけではなく、森林の定義には至っていないけれども木が生えている状態になるので、バイオマス量が数字として若干表れてくる。Dense moist forest を見ると、かなりバイオマス量があると見て取れると思う。

これらのデータを用いて、変化に対する係数を計算してみた。これは非常に簡単で、dense forest から non forest なので、641 から 47.98 に変わる、この差を取る。その数字が 593 になるので、ある森林、dense forest が non forest に変わった場合は、ha 当たりこれだけの排出になるという計算方法になる。

これで地図のデータが4時点できた。それから、その地域に対する森林調査が全体で六十数点、サブプロットまで入れるともっと点数はあるが、データがそろったことになる。もう一つ重要なデータベースについて少し触れておきたい。

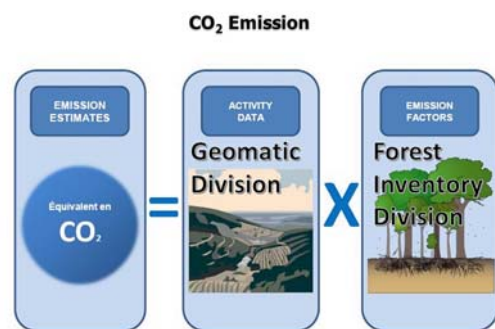
データの入力システムの開発



われわれは JICA の事業でデータの入力システムを開発した。「何だ、こんなものは単なる入力システムではないか」と思われるかもしれないが、これは実は非常に重要で、いろいろデータの入力規制をかけることによって、いろいろな人が入れるデータが標準化されて、信頼に足る解析ができる。クオリティコントロール、クオリティアシュアランスの観点からこういうシステムは非常に重要である。

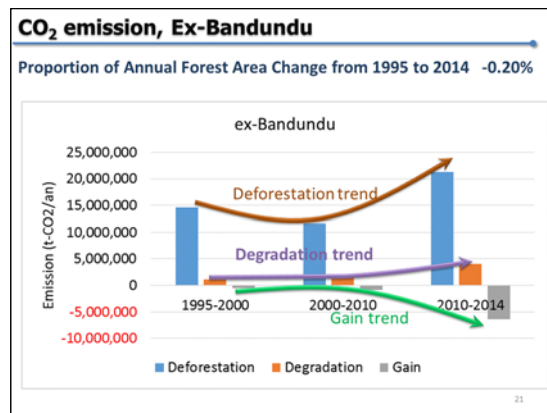
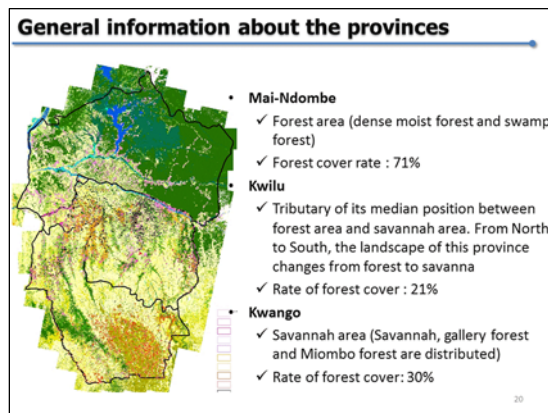
これが入力の全体の形になる。

Construction of FREL/FRL



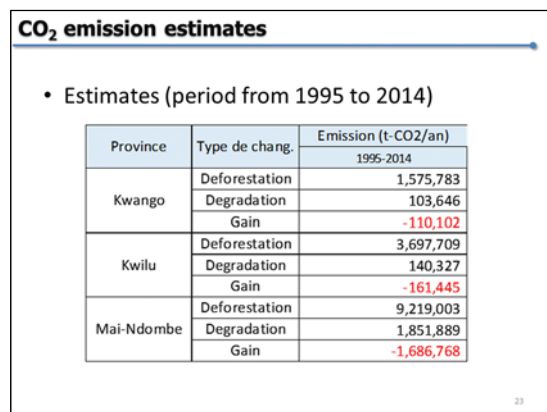
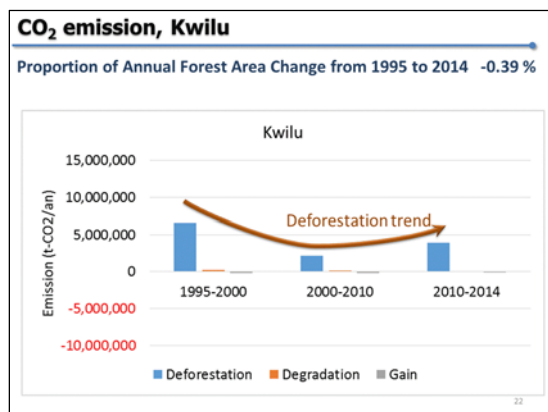
Session 1

森林参照排出レベル／森林参照レベルの構築



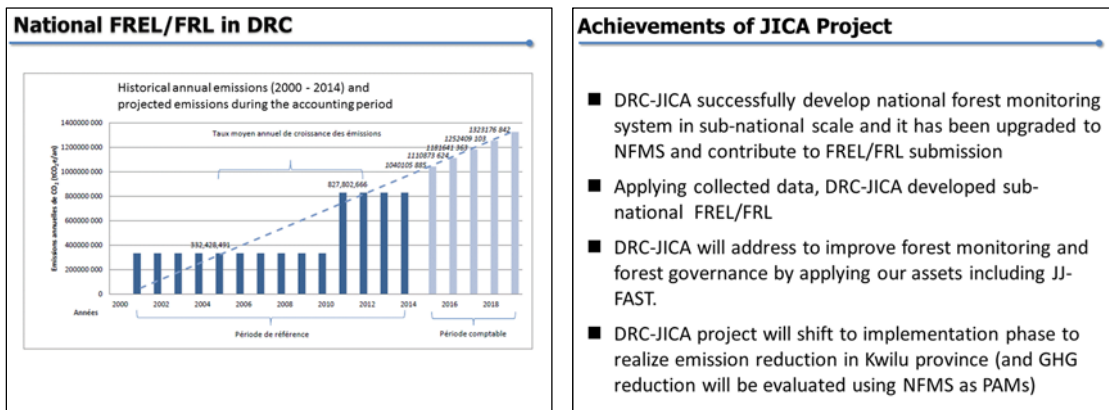
では、これで参照レベルは何ができたかということになるが、熱帯林、中間移行帯、乾燥林があって、森林率も71%、21%、30%となる。

これが参照レベルになるが、deforestation だけ見るとだんだん上がってきている。Degradation はそれほどでもない。Gain の森林が増えてきているという部分もこのごろ若干増えつつある。



これを中間のクウィル州だけで見るとこういう形になる。

最後が1995年から2014年までの毎年の排出量になる。これは三つの現在の州の参照レベルになるが、国際連合食糧農業機関（FAO）が中心になって、国際協力機構（JICA）も支援しながら、DRC全体の参照レベルをつくり上げることができた。これはかなり大変な作業だったと思う。



これは 2000 年から 2014 年までだが、時点数としてはこの 2 時点を使って参照レベルを引いているということになる。これは全体版になる。

JICA の成果を活用して、全国レベルの参照レベルが出せたというのは非常に良かったと思う。また、サブナショナルとしての参照レベルもつくれた。次のフェーズとして、JICA はサブナショナルからプロジェクトレベルの活動に軸足を移行しようという考え方を持っているようで、クウィル州に対してプロジェクトレベルの活動をすることになっている。

森林モニタリングの役割

What is roles of forest monitoring in different implementation scale?

Expectation for project by approach types

Approach type 1

- National FREL/FRL dose not exist
- Project scale REDD+ put in place as a **demonstration**
- Project scale FREL/FRL shall be **influenced** to national FREL/FRL

Approach type 2

- National FREL/FRL dose exist
- Project scale REDD+ put in place as **implementation**
- Project scale FREL/FRL shall be **followed** national FREL/FRL

ここまでが DRC-JICA のプロジェクトの成果であった。ここからは少し毛色を変えて、モニタリングの担う役割について話したい。

プロジェクトレベルに特化した話をすると、二つアプローチがあると考えられる。アプローチ 1 は、国の参照レベルがないところで、プロジェクトレベルがデモンストレーションとして参照レベルをつくって、それをナショナルに反映させるというものだ。アプローチ 2 は、国の参照レベルがあるところに、プロジェクトレベルの REDD がインプリメンテーションとして入っていき、その場合にプロジェクトがその参照レベルをフォローするというものである。

Session 1

Current stats of FREL/FRL submission



Necessary items to be monitored under REDD+

Monitoring items	NFMS	Project
Deforestation	◎	
Degradation of forest	○	
Forest Improvement	△	◎ ○
Bio-diversity	△	
Policy and measures	△	
Livelihood improvement	×	

かなりの国がもう参照レベルを出してきているので、アプローチ1の、デモで入って行って、参照レベルをつくってナショナルに何かインプットするというよりも、既に参照レベルがあって、その中でプロジェクトが後で入っていくというパターンがこれからは増えていくだろう。では、プロジェクトレベルのモニタリングは何をしたらいいのか、なぜそんなことをしなければいけないかという疑問が湧いてくると思う。

ここで考えたのが、ナショナル・フォレスト・モニタリング・システムで見られるのは森林減少と森林劣化あたりまでで、その他に必要な項目としての生物多様性、政策、生計向上は非常に広範なので見ることはできないが、その代わりに、プロジェクトでは広範にカバーし、特に多様性、政策、生計向上について見ることはできるのではないかということだ。今、議論になっているように、持続可能な開発目標（SDGs）への貢献をプロジェクトレベルができるのだと考えた場合は、生物多様性、政策、生計向上あたりのデータをよりしっかり取っていくという役割が REDD プロジェクトに求められるだろう。

Discussion

- Increase the submission of FREL/REL to UNFCCC in tropical forest countries which have high expectation to REDD+ result-based payment.
- Development of FREL/REL as trial at the project level REDD+ activities were achieved. However, it is necessary to re-recognize the roles of forest monitoring.

Discussion (cont.)

- Under circumstances that REDD+ activities shift to implementation phase, it is expected to collect important information for REDD+, which is not able to collect national level forest monitoring.
- These above points will connect to add values of project itself.
- Let's discuss the roles of forest monitoring in different scale such as national, sub-national, local administration, or project !!

最後のスライドは「ディスカッション」だ。参照レベルについて、リザルトベースを目的として、かなりの国が出してきている。そのときにもう一度、森林モニタリングというのは、参照レベルだけではなく、何のために必要かということを再認識して考える必要があるだろう。

国の参照レベルをしていく中で、REDD のアクティビティが既に実施の段階に入ろうとしているため、モニタリングの在り方・目的・中身を再検討する必要があるだろう。また、多様性をプロジェクトが測っていくということ自体は、そのプロジェクトの価値そのものを高めるという意味でも非常に意味があるだろう。最後に、異なるスケールのモニタリング、すなわち、国の森林モニタリング、サブナショナルの森林モニタリング、プロジェクトモデルの森林モニタリングがどうあるべきかということを、また皆さんと議論できればありがたい。この場を借りて、今日来ていただいている JICA の皆さんにも、コンゴ民主共和国のプロジェクトで大変お世話になったこと、ご支援いただいたことに感謝申し上げたい。