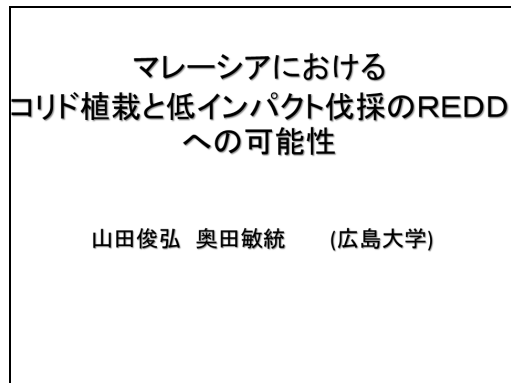


「マレーシアにおけるコリドー植栽と低インパクト伐採の REDD への可能性」

山田 俊弘（広島大学大学院 総合科学研究科）



広島大学では奥田敏統教授を課題代表者に、環境省の地球環境総合推進費を得て、マレーシアにおいて REDD 活動の研究をしている。本日は、その研究成果の一端を発表する。



私たちは、REDD に消極的なサラワク州やサバ州で研究を行っているわけではなく、クアラルンプールから 50km 程度離れた半島部の Pasoh と、タイとの国境にある Temengor の森林で行っている。両者とも森林伐採を行っており、我々はここで REDD の活動として、どんなことができるのかと考えている。

マレーシア、特に連邦政府となると、REDD に少し消極的ではないかという印象を持っている方が多いだろう。私たちも関係者と話をしてみると、少し消極的だという印象を受けるときがある。REDD でマレーシア政府に本当に便益が生まれてくるのかという疑問が一つの理由であると感じた。そこで、例えば Pasoh や Temengor で REDD 活動を行った場合の便益を試算し、それを提示するという方向の研究も進めている。

International Symposium: Costs and Benefits of REDD Plus

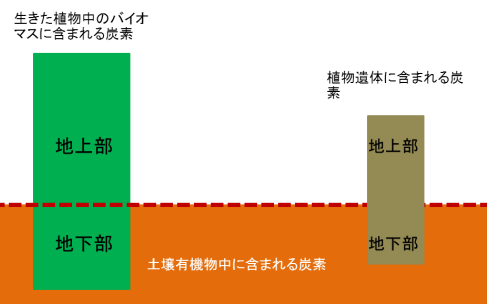
- 2011.9.19-20
- マレーシア クアラルンプールにて
- Y.B. Dato' Sri Douglas Uggah Embas マレーシア 環境大臣
- 114 名参加

しかし、決して消極的ではない印象も持っている。先月 9 月、マレーシアのクアラルンプール市内において、Costs and Benefits of REDD Plus というシンポジウムを主催した。これは広島大学とともに森林総合研究所にも参画していただき、開いたものである。120 名の会場に 114 名の参加があり、立ち見が出るという盛況ぶりだった。また、マレーシアの環境大臣も協力し、REDD に対して連邦政府に興味があることを示してもらった。従って、これからは連邦政府も REDD に対して強力に推進してくる可能性を感じている。

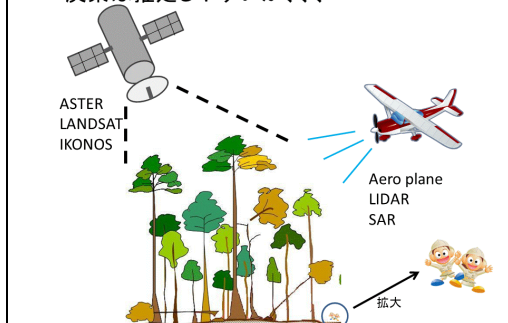
本論の流れ

- 1 森林炭素とは何か？
森林炭素における地上部バイオマス中の炭素の割合
- 2 森林伐採を、現在採用している方法(従来型伐採)に比べて、より穏やかな方法(RIL)を採用した場合、その方法は、経済的に成り立つだろうか？
木材による収益(単位面積当たりの伐採量)
従来型 > 穏やかな方法
REDDによる収益(単位面積当たりの森林炭素量)
従来型 < 穏やかな方法
- 3 アブラヤシ園での植林のREDDの可能性

1 森林炭素とは何か？ 森林炭素 森林に蓄積されている炭素



生きた植物中の地上部バイオマスに含まれる炭素は推定しやすいが、、、



森林炭素とは、森林に蓄積されている炭素すべてを含んでいるので、地上部にある生きた植物のバイオマスに加え、地下部のバイオマスも森林炭素になる。また、ネクロマスと

よばれる植物遺体に含まれている炭素や、土壌炭素中に入っている有機物も、森林炭素の一つになる。これらすべてを加えたものが森林炭素である。リモートセンシング技術などを用いて森林炭素を計測する技術を使えば、何とか地上部のバイオマスに含まれる炭素は推定できるだろう。もしくは、現地踏査によってそれを推定することもできる。

地上部バイオマスには全森林炭素の56%から63%が含まれる				
地上部バイオマス中、地下部バイオマス中、土壌中の炭素の量。				
森林タイプ	地上部バイオマス炭素 (Mg/ha)	地下部バイオマス炭素 (Mg/ha)	土壌中の炭素 (Mg/ha)	森林炭素量
未伐採林	164.2	35.0	73.0	272.2
従来型伐採直後	64.1	13.2	40.9	118.3
地上部バイオマス中炭素だけでなく、ほかの部分の炭素の見積もりも必須				

ここで、推定できるであろう地上部バイオマスに含まれる炭素を代表して、森林炭素としていいのかという疑問が出てくる。そこで、マレーシアの Pasoh のデータを用いて、未伐採の林と従来型の伐採直後の林において、地上部バイオマスに含まれている炭素量と地下部のバイオマスに含まれている炭素量、土壌炭素量を推定した。

その結果、地上部に一番多くの炭素が含まれているが、地下部にもかなり入っていた。また、土壌中にも非常に多くの炭素が含まれていることも忘れてはいけない。何とか測定できるだろうと考えられている地上バイオマスは、実はこれらをすべてトータルした森林炭素量の 6 割程度しか含まれていないという試算になった。つまり、森林炭素量が過小評価されないように、ほかの森林炭素部分もしっかり見積もっていかなければいけないのである。

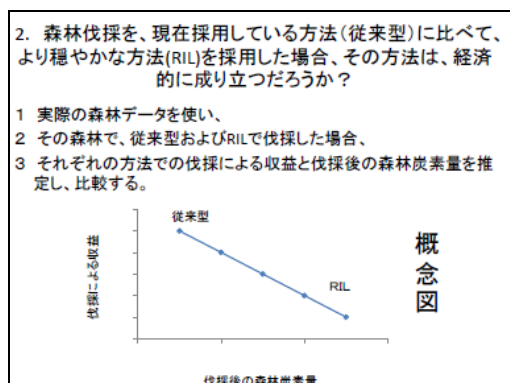
マレーシアの生産林において森林炭素を測定する方法を考えてみた。マレーシアにおいて、生産林では現在、持続的な森林利用を見通した SMS⁸¹ という森林管理方法で伐採が行われている。生産林では、森林伐採をしたら抜き取り調査を行い、SMS で約束した森林施業が守られているのかを確認するというルールになっている。Pasoh の 47 林班の一部分で、2005 年まで森林伐採が続いていた場所の衛星写真を見ると、周りのインタクトな林に比べると、林道などがたくさん付いており、木が切られたことがはっきりと見て取れる。この

⁸¹ Selective Management System

場所においても抜き取り調査が設けられており、プロット調査が行われている。現在、SMSの枠組では、プロット調査では木の密度と大きさを測ることになっているが、ここに地下部と土壌中の炭素を含めた炭素の測定を組み込んでいくことによって、過小評価のない森林炭素量の測定ができるだろうと考えている。

ただ、抜き取り調査区に設定はしているが、調査区内でもあまり木を切っていないへりの部分を調査し、そのデータを用いて SMS をしっかりやっているようなロジックも使えてしまう。調査区内の中央部でやれば、違うデータになるだろう。

今後はそういうことを許さないため、さらにリモートセンシング技術でスケールアップしていくことが必要だろう。我々がマレーシアで撮ってきた航空機搭載型の LiDAR⁸²のデータを使うと、バイオマスもちろん測定できるが、林道がどれぐらい付いているのかというところまで分かるので、林道密度を抑えるという約束が守られているのかが広い面積で確認できる。



森林伐採を、SMS で行っている従来型の方法に比べて穏やかな方法（RIL⁸³）を採用した場合、その方法を経済的に成り立たせることはできないか、そこに REDD を絡められないかを考えたい。本研究でいう RIL とは、SMS という管理方法で認められた伐採本数より、ずっと少ない本数しか切らないという方法だ。従来型の伐採方法では、伐採による収益は多いが、森林伐採後の炭素量が少ないので、REDD からは収入が入ってこない。しかし、RIL を行くと、伐採による収入は減少するが、伐採後の森林炭素量が増えるため、REDD の収入

⁸² Light Detection and Ranging：光を用いたリモートセンシング技術の一つで、パルス状に発光するレーザー照射に対する散乱光を測定し、遠距離にある対象までの距離やその対象の性質を分析する。

⁸³ Reduced Impact Logging：低インパクト伐採

が得られる。その REDD の収入で、伐採による収益分とバランスできないかを試算した。具体的には、Pasoh の森林データを使って、その場所で従来型および RIL で伐採した場合について、伐採による収益と森林炭素量を試算・比較した。

従来型伐採			新しい伐採スキム				
	従来型	本研究版	従来スキム ←		→ 新しいスキム		
伐採下限サイズ	特定樹種は60cm以上 その他フタバガキ科は50cm以上 その他は45cm以上	50cm以上	本研究の従来型	RIL 1	RIL 2	RIL 3	
取り残す本数	30－45cmの階級に32本以上	50cm以下の木は全て切り残す	50cm以上 ただしhaあたり100本まで	50cm以上 ただしhaあたり25本まで	50cm以上 ただしhaあたり6本まで		
伐採道路	1haあたり、長さ40m幅5m以下	同左	50cm以下の木は全て切り残す	同左	同左	同左	
搬出道路	1haあたり、長さ40m幅4m以下	同左	1haあたり、長さ40m幅5m	同左	同左	同左	
			1haあたり、長さ40m幅4m	同左	同左	同左	

従来型の伐採は、SMS の規定で決められている限界まで切るもので、現在のマレーシアで従来型を用いているものは、大体この切り方をしている。

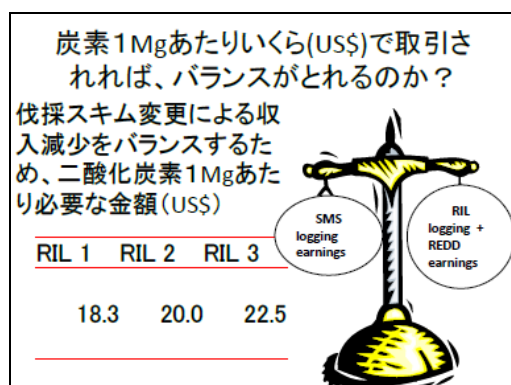
新しい伐採スキムとして紹介したいのは、RIL1、RIL2、RIL3 である。これは、伐採道路や搬出道路の長さなどは従来型と同じだが、全部切ってしまう従来型に比べ、RIL1 では1ha 当たり 100 本まで、RIL2 では 25 本まで、RIL3 では 6 本までしか切らない。

伐採スキム変更による収入の減少額			伐採スキム変更による炭素量の増加						
従来型では1haあたり、US\$11,856 儲かる									
従来型からRILの減収額(US\$/ha)									
RIL 1	RIL 2	RIL 3	森林タイプ	地上部バイオマス炭素 (Mg/ha)	地下部バイオマス炭素 (Mg/ha)	土壌中炭素 (Mg/ha)	森林炭素 (Mg/ha)	従来型との森林炭素の差 (Mg/ha)	従来型との二酸化炭素の差 (Mg/ha)
			未伐採	164.2	35.0		73.0	272.2	
			従来型	64.1	13.2	40.9	118.3		
			RIL1	72.0	15.0	40.9	127.9	9.6	35.3
			RIL2	91.8	19.3	40.9	152.1	33.8	123.9
			RIL3	108.0	23.1	40.9	172.0	53.7	197.1

従来型で1ha の森林を切った場合、どれぐらいもうかるのか試算すると、1ha 当たり約 1 万 200US ドルという結果が Pasoh から出た。次に、RIL1、RIL2、RIL3 を行った場合、伐採による収益がどれぐらい減るか試算してみると、RIL1 は1ha 当たり 617 ドル、RIL2 は 2479 ドル、RIL3 では 4435 ドル減ることとなった。これで何らインセンティブがなければ以上のような減収になるが、次に、地上部だけでなく、地下部分と土壌部分も加味した森林炭

素がどれぐらい残るのかも試算した。

従来型の森林伐採との二酸化炭素に換算した森林炭素量の差を見てみると、RIL1 でさえ、1ha 当たり 35t、RIL2 では 124t、RIL3 では 200t ばかり増えることになる。



この増えた二酸化炭素量で、RIL 採用による減収分を賄うには、炭素 1Mg (1t) 当たりどのぐらいで売れなければいけないのかを考えた。すると、RIL1 では 18 ドル、RIL3 では 23 ドルぐらいあればバランスが取れるという結果になった。現在は 15~18 ドルで売れると言われているため、少し足が出てしまうが、全くインセンティブがない状況に比べれば、REDD は潜在的に RIL を推進する力になり得る。このようなことをコンセッショナーや政府に見せると、RIL 実施のインセンティブになり得る。ただし、これは単純な割り算なので、REDD の実施コストが高くなれば、実際にコンセッショナーに入るお金が減っていくため、未知の部分はある。



最後に紹介したいのは、アブラヤシ園での植林事業である。これを REDD プラスと考えた場合、どれぐらいの利益が生まれるのかを考えてみたい。この植林事業は 2003 年に、JICA

と FRIM⁸⁴と国立環境研究所⁸⁵が一緒に行ったものである。

もともとの狙いは、森林のエコシステムサービス機能を高めるために、離れてしまっている二つの森林（保護区）をコリドー植林することによって、生き物たちの動きができれば、河川の水質浄化機能が上がるというもので、REDD を目指したものではない。加えて、子供たちに植林をさせることによって、地域の子供たちの環境教育も行った。

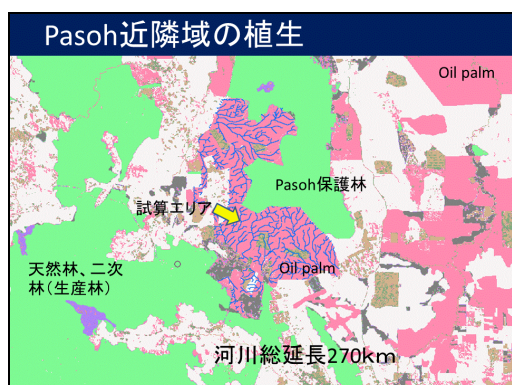
2003 年に植えた森が、8 年後にはかなり立派に育った。

REDD plusへの応用

- 2003年～2011年の現存量の増加
12.204 Mg
- Camera trap(自動撮影装置)による調査
インディアンシベットの移動が確認された。
- 調べてみよう！！
●Pasoh一帯のoil palm内の河川沿いに回廊植林をした場合の効果
 - 炭素貯留量の増加
 - 生物多様性(魚類、両生類)
- 地元住民の反応調査
 - 植栽に関わった子供
 - 地域住民



この森では、8 年間で 12t のバイオマスが生まれた。森林のエコシステムサービス機能としては、自動撮影装置でどんな動物がコリドー植林地を利用しているのかを見ると、天然林で見られるインディアンシベットキヤットの仲間やカワウソの仲間が選択的に使っていることが分かってきた。今回植えた場所は長さ 1km ぐらいのかなり短い場所なので、これをもっと大々的に植えなければいけない。



REDD plus クレジット試算

- 2003年～2011年の現存量の増加
12.204 Mg
- 試算エリアの河川流域で植栽したと仮定
 - 河川総延長 270km
 - 総バイオマス増分 3660 Mg
- CO₂の値段 \$15/Mg
- 植栽後 8年後のREDD収益 \$100,650
- 河川沿いにoil palmを植えた場合の収益 \$13870/year
- REDD収益の不足分(1年あたり)
\$1286/year



⁸⁴ Forest Research Institute Malaysia : マレーシア森林研究所
(<http://www.frim.gov.my/>)

⁸⁵ <http://www.nies.go.jp/>

Pasoh 保護林とセルティン保護林は、アブラヤシ園を挟んで 5km ほど離れている。そこで、間にあるアブラヤシ園に流れている河川にすべて植林すると、どれぐらいバイオマスが生まれるか。河川沿いは、アブラヤシ園の経営者たちから植林の許可が得やすく、植える方にもほとんど問題がない。

川の長さは、前述のアブラヤシ園だけで 270km ある。そのすべてに植えるとなると、8 年間でバイオマスが 3660t 生まれることになる。もしも二酸化炭素が 1 トン当たり 15 ドルで売れ、それがすべて現地に還元されると考えると、8 年後の REDD 収益は 10 万ドルにも上る。これはやってみるといいのではないかという試算には十分なり得るだろう。

現在は、バイオマス推定をより厳密に行うために、より詳しい生長量の測定と、ほ乳類以外の動物相も調査している。また、現地住民のコリドー植栽に関するインタビューも行い、現地の社会にこのような植林活動が与えるインパクトについて調べる予定である。

メッセージ 1	メッセージ 2
・ 地上部バイオマスに含まれる炭素は森林炭素量の 5 から 6 割に過ぎない。 ↓ 森林炭素量が過小評価されないように、地下部や土壌中炭素量を測定すべき。	・ REDD は RIL (低インパクト伐採) を推進するかに潜在的になりうる。 ・ ヤシ園におけるコリドー植栽は、 1 生物多様性の維持、保護 2 森林炭素量の増加 3 住民の憩い につながりうる。 今後、コリドーにおける 3 点を、現地生態学調査、アンケート調査で明らかにしてく、ことでトリプルベネフィットを目指した REDD 展開に対するコリドー植栽の貢献を探る

私からのメッセージは、森林炭素は地上部バイオマスだけでは 6 割に過ぎないので、残りもしっかり測る必要があるということだ。また、生産林においての MRV の道筋を示すことができた。さらに、REDD は RIL の潜在的な推進力になり得る。コリドー植栽は、森林炭素増加だけでなく、生物多様性や住民の憩いにもなり得る事業と言えるだろう。

質疑応答

(Q1 : 林野庁 田中) 主伐となる木が、RIL によって生産量は減っているのではないかと受け止めた。もしそうだとしたら、材木に対する市場の需要は一定以上あるので、そこで減った分がほかの場所の伐採に行ってしまう、リーケージにならないだろうか。

また、生産林を対象とした場合、基本的に木材生産は認められていると思うので、仮に RIL を応用しない場合、一度伐採すると、次の伐採までは相当長期間かかる。しかし、RIL を応用した場合は残っている木が多いので、ある一定の期間で複数回の伐採が出てくる可能性があるのではないかと。そうだとすれば、Net Present Value Analysis をやると、何回かの伐採も含めて収入として出てくるのではないかと。

(山田) RIL を行った場合、森林の回復速度が速くなり、結果として伐採間隔が短くなって収入が増えるのではないかとすることは、確かに私たちも考えなければいけない。そこで、今回は計算結果が追い付いておらず紹介できないが、森林の回復モデルを作って、今まさにそこを試算しようとしている。

確かに、もしマレーシア全域で RIL を行くと、ほかの国や、RIL を行っていない地域へのリーケージはあるかもしれない。しかし、現在のところは RIL に対するインセンティブが全くない状況なので、マレーシア国内で RIL をやろうという動きにはなかなかならないため、まずは RIL もやってみる、やってもできるのではないかとという選択肢を与えることが必要かと思い、今回は考えてみた。確かにリーケージの問題は十分考えなければいけないので、今後は考えていきたい。