

B-60 京都議定書吸収源としての森林機能評価に関する研究

(1) 森林の炭素吸収量計測システム・評価モデルの開発

5) CDMによる森林の炭素吸収量評価手法の開発

早稲田大学人間科学学術院

森川靖

太田俊二

独立行政法人森林総合研究所

林業経営・政策研究領域林業動向解析研究室

横田康裕

三菱UFJ総合研究所

平塚基志

〈研究協力者〉

国際林業研究センター (CIFOR)

藤間剛

独立行政法人森林総合研究所

堀晴人

鶴助治

立花敏

地球環境戦略研究機関 (IGES)

原田一宏

インドネシア国森林研究開発庁

森林・自然保全研究センター

Fauzi Mas' ud

Taulana Sukandi

Sri Suharti

インドネシア共和国 マタラム大学

Amiruddin, Sri Tejowulan

Suwardji

インドネシア共和国ムラワルマン大学

熱帯降雨林研究センター

Deddy Hardiyanto

Mustofa Agung Sardjono

Rita Diana

インドネシア共和国ガジャマダ大学

Silvi Nur Oktalina,

Rohman, Wiyono T. Putro

インドネシア共和国社会生態財団

Akmad Wijaya, Kamarudin,

Ibrahim

フィリピン国フィリピン大学林学部

森林環境プログラム

Florencia Pulhin

Rodel Lasco

ベトナム国森林生態・環境研究センター

Vu Tan Phuong

中国林業科学研究院熱帯林業研究所

周光益

平成14～18年度合計予算額 37,436千円

(うち、平成18年度予算額 5,548千円)

※上記の予算額には、間接経費 8,556千円を含む

[要旨] 京都議定書の京都メカニズムで導入されたA/R CDMを実施するにあたって、計画段階で必要な炭素吸収量を推定するため、植林によって期待できる炭素吸収量評価を主に東南アジア地域で実施した。これらの結果から、炭素吸収量評価手法を確定するとともに、A/R CDMの計画書に必要な林齢-炭素吸収量のモデルを構築した。

熱帯地域で多く植栽されている*Acacia mangium*の年平均吸収量（MAI）は地域、林齢にかかわらずほぼ一定の値を示し、地上部で7～11 tC/ha/yrであった。*Eucalyptus*類の測地例から、産業植林では8～10tC/ha/yrが炭素固定量と考えられる。過度の焼き畑でチガヤ草地（炭素固定量は0.6～1.3 tC/ha/yr）となった劣化土壌での環境造林では、植栽後20年を経過した*Swietenia macrophylla*の年間炭素固定量は6.6 tC/ha/yrであった。ベースラインの炭素固定量は、二次林が最も大きく2.9～5.7 tC/ha/yrであった。多年生草本や低木林の炭素固定量は平均2.6～3.2 tC/ha/yrであり、人工林の造成によってその地域の炭素固定量が増加していることを確認した。

各試料木の胸高直径と地上部バイオマスの関係は、高い相関関係を持つ相対成長式を満足し、樹種や立地の違いはあまりなかった。現存密度の経年変化は植栽後の若い林分で変動が大きく、相関係数はあまり高くなかった。ここで得たモデルによって、今後東南アジア地域でA/R CDMを計画するのに必要な吸収量予測値を提示できた。

社会経済面についてはAR-CDMがもたらすリーケージの内容を整理し、その把握手法およびリーケージを回避・軽減するための留意点を提示することを目的としている。インドネシアやフィリピン、ベトナムにおける産業造林・環境植林の事例調査や文献調査を通じて、リーケージの概念整理をすすめた。リーケージ把握手法として、事前簡易調査、事前本調査、モニタリング調査の3時点それぞれのプロトタイプを作成した。把握手順は、AR-CDM実施方法の整理、地域概況の整理、森林・土地利用・活動およびその変化の予測・把握、リーケージの予測・把握からなる。リーケージ定量化作業は、基本的にはIPCC GPGに準拠しつつも、発生規模とデータ入手可能性により処理を変えることが提起された。リーケージの回避・軽減のために、プロジェクトの準備、計画、実施・モニタリングそれぞれの時点における対策・留意点を整理した。

[キーワード] A/R CDM、バイオマス、年平均成長量、ベースライン、リーケージ

注：このサブサブ課題では、つぎの2つのサブサブサブ課題が実施された。

- a. CDM植林事業による炭素固定能力の評価とベースラインに関する研究（早稲田大学）
- b. CDM植林事業によるリーケージ評価に関する研究（独立行政法人森林総合研究所）

それぞれ、独立しているのので、サブサブサブ課題ごとにまとめて、要旨から、6. 引用文献までを記載し、7. 国際共同研究等の状況と、8. 研究成果の発表状況は、2つを一緒にまとめて、記載した。

- a. CDM植林事業による炭素固定能力の評価とベースラインに関する研究（早稲田大学）

[要旨] 京都議定書の京都メカニズムで導入されたA/R CDMを実施するにあたって、計画段階で必要な炭素吸収量を推定するため、植林によって期待できる炭素吸収量評価を主に東南アジア地域で実施した。これらの結果から、炭素吸収量評価手法を確定するとともに、A/R CDMの計画書に必要な林齢-炭素吸収量のモデルを構築した。

熱帯地域で多く植栽されている *Acacia mangium* の年平均吸収量 (MAI) は地域、林齢にかかわらずほぼ一定の値を示し、地上部で7~11 tC/ha/yrであった。*Eucalyptus*類の測地例から、産業植林では8~10tC/ha/yrが炭素固定量と考えられる。過度の焼き畑でチガヤ草地 (炭素固定量は0.6~1.3 tC/ha/yr) となった劣化土壌での環境造林では、植栽後20年を経過した *Swietenia macrophylla* の年間炭素固定量は6.6 tC/ha/yrであった。ベースラインの炭素固定量は、二次林が最も大きく2.9~5.7 tC/ha/yrであった。多年生草本や低木林の炭素固定量は平均2.6~3.2 tC/ha/yrであり、人工林の造成によってその地域の炭素固定量が増加していることを確認した。

1. はじめに

A/R CDMの実施要領については、現在議論が続けられており、徐々にその内容が固まりつつある。我が国においても、今後特に海外における植林事業についてCDMとしての認証取得のための動きが増えることが予想される。しかしこれまでに二酸化炭素吸収源としての観点から、人工林の具体的な測定を実施した例は少ない。A/R CDMを人工林で実施する場合、当然のことながらどの程度の炭素固定量が期待できるのかが重要である。またA/R CDMを実施するサイトでは、自然植生の回復による炭素固定量の増加(ベースライン)があり、この量は技術導入による炭素吸収量とはカウントされない。人工林から、ベースラインによる炭素固定量を差し引いた量を吸収量としてカウントする方向にある。

ベースラインの設定方法なども含めて、吸収源活動の可能性やその技術的な検討を行うにあたり、植林の目的、土地の履歴、植栽樹種、環境条件や管理の方法などを踏まえた基礎データの蓄積が、既存の資料の整理と共に急務である。

2. 研究目的

A/R CDMを実施するうえで、人工林の炭素吸収量を対象樹種ごとに明らかにし、炭素クレジット算定のための具体的な吸収量を提示する必要がある。本研究では、こうした吸収量を評価する客観的な手法を提言するとともに、数値情報を政府・民間等に提供することを目的とした。

3. 研究方法

(1) 樹木のバイオマス

バイオマス推定は以下の手順によった。調査地において実施した毎木調査より得られた各器官の乾燥重量と胸高直径の相対成長式 (以下 (1)式) を利用し、樹木バイオマスの推定を行った。

$$y = a (x)^b \dots \dots (1)$$

y: 器官重量 x: 胸高直径の二乗 a及びbは係数

この式と毎木調査で求めた胸高直径より、プロット内の全ての樹木のバイオマスを算出した。

(2) ベースライン

樹木の場合のような相対成長式は作成せず、一辺が植生高に近いプロットで全量刈取によって地上部の生重量を測定した。少量のサンプルを採取し乾燥重量を求めた後、サンプルの生重/乾重比を用いて全体の乾燥重量を算出し、炭素固定量を求めた。なお、乾燥重量の50%を炭素量とした。

加えて、東南アジアにおいては、気象要素によるバイオマス予測モデル (筑後モデル) からベースライン値をメッシュ解析した。

(3) 林齢-炭素吸収量モデル

ステップ1: これまで実施してきた造林地のバイオマス調査時の各試料木を用い、各個体の胸高直

径と地上部バイオマス（幹、樹皮、枝、葉）の相対関係を求めた。用いた林分の概要を表1に示す。
 ステップ2： 熱帯林の成長データ収録1および2（国際緑化推進センター 1996）などを元に植栽後の特定年次の現存密度から、植栽経過年-現存密度（haあたり）の変化関係を求めた。
 ステップ3： ステップ2のデータ中の平均胸高直径をステップ1でえた胸高直径-地上部バイオマス関係にあてはめ、多くの林分の平均木の地上部バイオマスを求めた。
 ステップ4： ステップ3で求めた平均木のバイオマスにその時点のステップ2で求めた推定個体密度をかけて、その時点のバイオマスを推定した。

4. 結果・考察

東南アジア地域で行われている植林は主にチップ生産を目的とする産業植林と、有用材生産・環境修復を目指す環境造林がある。前者では7～8年周期で伐採と植林を繰り返し、後者では長伐期あるいは森林として維持することを目的としている。

（1）*Acacia*属（産業植林）

熱帯地域で近年精力的に植林されている*Acacia mangium*の年間炭素固定量を表1に示す。いずれの植林地も、産業造林、試験林など植林の目的は異なるものの、主に原生林伐採後の二次林や焼畑跡の荒廃放棄地、草地などに造成された人工林である。*A. mangium*の年間炭素固定量は8～10 tC/ha/yrである。なお、地上部に対する根の割合は、インドネシアの南スマトラの測定結果からおおよそ16%程度だった。東南アジアを中心とする*A. mangium*の植林地では、地下部を含めた年間炭素固定量が10 tC/ha/yr前後と考えて良いであろう。一方、土壌劣化の著しいせき悪地で、一次緑化としても用いられている*A. auriculiformis*は*A. mangium*に比べて地域による差が大きく、更に実測データを収集することが求められる。

（2）*Eucalyptus*属（産業植林）

西オーストラリアマンジュマツプの*Eucalyptus globulus*産業植林の成長量は16 tC/ha/yr、材積成長量では51 m³/ha/yr（皮付き材積）（表1）となり、伐期に近づくにつれて平均を大きく上回る成長を示していた。これらの数値は他地域で得られている年間固定量を大幅に上回っており、本種における最大値あるいは多くの産業植林のなかで最大値とみなすことができよう。

南アフリカの*E. grandis*産業植林の年間炭素固定量は8 tC/ha/yr程度（8年生）、南米チリの*E. nitens*（7～11年生）で8～9 tC/ha/yrであった。これらの種は亜熱帯地域の植栽種であり、*Eucalyptus*属植林で年間8～9tの炭素固定が見込まれよう。なお、これらの数値は地上部だけなので地下部（根）を含めると数値は上がる。地上部に対する地下部の割合は、いずれも14～16%程度であった。

ベトナム・ソンベにおける*E. camaldulensis*の年間炭素固定量は5 tC/ha/yrとなり、同地域の*A. mangium*及び*A. auriculiformis*と比べて少ない値となった。また、元来林冠の薄い種とされるが、本調査地の*E. camaldulensis*林分は葉面積指数が1.8と小さく、疎開した樹冠であった。

（3）環境造林

本調査で炭素固定量の測定を行った3樹種、*Cassia siamea*、*Azadirachta indica*、*Dalbergia latifolia*はともに、家具材、材木、薪炭材、飼料（葉）などに広く用いられるいわゆる多目的樹種である。インドネシアのロンボク島に日伊友好の森として造林されているこれらの種は、年間炭

素固定量が6～9 tC/ha/yr（3年生）であった（表1）。せき悪地化したロンボク島でも環境造林によって十分に炭素固定機能を発揮できることが明かとなった。

インドネシアの南スマトラ、ブナカットの環境造林地は、JICAが行なったものであるが、今回の調査の結果、20年生の*Swietenia macrophylla*の調査地におけるバイオマスは、133 tC/ha、年間の平均固定量で6.6 tC/ha/yrであった。植栽後の十分な管理によって長期間、造林地として保全されればさきに述べた環境造林の目的を十分に果たす好事例であろう。

なお、*S. macrophylla*の地上部に対する地下部の割合は、30%程度であった。産業植林種の多くが16%程度であるのに対し、地下部の割合の大きいことは、森林の機能を高める上でも重要であり、今後、環境造林種の地下部も含めた調査が望まれる。

*Acacia*類や*Eucalyptus*類などの産業造林に多く用いられる早生樹種は短期間での高い炭素固定量が期待できるが、成長の特性や産業造林という目的から収穫サイクルが10年前後と短い。そのため大量の炭素の固定と伐採による減少、再植林による再固定、というサイクルを短期間で繰り返していることになる。

一方、ロンボク島での調査地はいわゆる環境造林であり、パルプチップや大規模な木材などの収穫を目的とはしておらず、荒廃地を緑化し地元住民の生活材の提供等を目的としている。こうした林地は産業造林地と比べて短期間での炭素固定量は劣っているが、大量の樹木の一斉伐採ということは想定していない。そのため長期間固定し続けるという特徴がありその効果が期待される。

過度も荒廃地を持つフィリピンのルソン島で実施された環境造林で、*A. auriculiformis*のバイオマス量は、12～20年生林分で29～89 tC/ha（地上部のみ、調査地：Mankikikit、Tala-tala、Manggahan、General Luna、PA Pacilla）、林床のバイオマスは1.6～5.3 tC/haであった。土地生産力が著しく減少した地域では、バイオマスの蓄積速度が少なく、A/R CDMを対象とするには難しいことが明らかとなった。

表1 各調査地における樹種ごとの立木密度、バイオマス、幹材積、ベースラインなど

樹種	調査地	林齢	立木密度		炭素固定量(tC/ha) および年平均固定量 (tC/ha/yr)							幹材積 (m ³ /ha)	ベースライン (tC/ha/yr)
			(本/ha)	幹	樹皮	枝	葉	地上部	根				
<i>Eucalyptus globulus</i>	1	5	1,225	55.3 (11.06)	9.3 (1.86)	8.5 (1.70)	8.5 (1.69)	81.5 (16.30)	12.2 (2.44)	246.2			
<i>E. globulus</i>	1	8	1,225	93.5 (11.69)	13.5 (1.69)	11.4 (1.43)	10.2 (1.28)	128.5 (16.06)	18.5 (2.31)	408.9			
<i>E. globulus</i>	2	5	1,467	29.1 (5.82)	3.8 (0.77)	6.1 (1.22)	5.0 (1.00)	43.0 (8.60)	7.3 (1.45)	144.5			
<i>E. globulus</i>	2	7	1,840	52.0 (7.43)	6.6 (0.94)	8.1 (1.16)	7.2 (1.03)	74.0 (10.57)	12.5 (1.79)	254.7			
<i>E. grandis</i>	3	5	1,135	30.8 (6.16)	4.1 (0.82)	2.9 (0.58)	1.6 (0.32)	39.4 (7.88)	8.9 (1.78)	198.3			
<i>E. grandis</i>	3	8	1,333	53.7 (6.71)	6.4 (0.80)	4.7 (0.58)	2.2 (0.27)	66.9 (8.36)	8.9 (1.11)	338.2			
<i>E. nitens</i>	2	7	1,383	41.6 (5.94)	5.2 (0.75)	6.7 (0.95)	7.6 (1.08)	61.1 (8.73)	10.0 (1.43)	223.9			
<i>E. nitens</i>	2	8	1,517	45.9 (5.74)	5.8 (0.73)	7.3 (0.91)	8.4 (1.05)	67.5 (8.44)	11.1 (1.39)	247.8			
<i>E. nitens</i>	2	11	1,048	68.5 (6.23)	7.7 (0.70)	10.6 (0.96)	10.8 (0.98)	97.6 (8.87)	15.5 (1.41)	345.1			
<i>E. camaldulensis</i>	4	6	1,089	20.1 (3.35)	4.7 (0.78)	2.0 (0.33)	0.9 (0.14)	30.5 (5.08)		75.1			
<i>Acacia mangium</i>	4	6	1,289	46.3 (7.72)	7.8 (1.29)	4.9 (0.82)	1.7 (0.28)	60.6 (10.10)		229.0			
<i>A. mangium</i>	5	6	1,369	57.3 (9.55)	9.2 (1.53)	16.4 (2.73)	3.2 (0.54)	86.1 (14.35)	13.2 (2.20)	287.4	1.6-2.8		
<i>A. mangium</i>	6	7	506	42.3 (6.04)	4.0 (0.57)	6.1 (0.87)	2.3 (0.33)	54.6 (7.80)		221.9			
<i>A. auriculiformis</i>	4	6	1,500	33.9 (5.65)	5.1 (0.84)	6.3 (1.05)	2.7 (0.44)	47.9 (7.98)		171.4			
<i>Cassia siamea</i>	7	3	935	12.4 (4.13)	1.7 (0.55)	9.8 (3.25)	2.1 (0.70)	25.8 (8.60)		37.3	2.6-3.2		
<i>C. siamea</i>	7	5	988	28.2 (5.64)	3.4 (0.68)	31.0 (6.20)	5.0 (1.00)	67.6 (13.52)	22.0 (4.40)	44.1	1.2-1.6		
<i>Azadirachta indica</i>	7	3	1,111	11.3 (3.77)	2.1 (0.68)	7.2 (2.38)	2.3 (0.77)	22.8 (7.58)		44.4	2.6-3.2		
<i>A. indica</i>	7	5	1,605	43.0 (8.60)	7.1 (1.42)	35.1 (7.02)	8.3 (1.66)	93.4 (18.68)	23.6 (4.72)	79.9	1.2-1.6		
<i>Dalbergia litifolia</i>	7	3	1,025	7.3 (2.43)	2.1 (0.68)	7.8 (2.60)	0.5 (0.17)	17.7 (5.88)		26.4	2.6-3.2		
<i>D. litifolia</i>	7	5	3,580	23.1 (4.62)	6.2 (1.24)	31.2 (6.24)	2.0 (0.40)	62.5 (12.50)	14.3 (2.86)	42.6	1.2-1.6		
<i>Swietenia macrophylla</i>	5	20	1,117	81.5 (4.08)	12.0 (0.60)	31.7 (1.59)	4.1 (0.20)	129.3 (6.47)	36.6 (1.83)	437.4	1.6-2.8		
<i>S. macrophylla</i>	9	16	544	35.9 (2.24)	4.3 (0.27)	8.5 (0.53)	1.7 (0.10)	50.3 (3.14)	19.2 (1.20)	151.6			
<i>Peronema canescens</i>	5	10	446	7.5 (0.75)	1.5 (0.15)	4.4 (0.44)	0.9 (0.09)	14.3 (1.43)	3.0 (0.30)	47.8	1.6-2.8		
<i>Tectona grandis</i>	10	17	844	20.8 (1.22)	4.7 (0.27)	8.0 (0.47)	2.2 (0.13)	35.6 (2.09)	9.1 (0.54)	86.7			
<i>T. grandis</i>	10	22	544	25.7 (1.17)	5.0 (0.23)	8.5 (0.39)	2.0 (0.09)	41.2 (1.87)	8.2 (0.37)	139.6			
<i>Pinus merkusii</i>	9	14	600	69.0 (4.93)	10.3 (0.73)	29.8 (2.13)	4.6 (0.33)	113.6 (8.11)	15.3 (1.09)	277.5	2.9-5.7		
(secondary forests)	8										0.6-1.3		
(alang-alang)	8												

* 1); Manjimup, West, Australia, 2); Canente, Chili, 3); Melmoth, South, Africa, 4); Sonbe, Viet Nam, 5); Benakat, South Sumatra, Indonesia, 6); Madang, PNG, 7); Lombok Island, Indonesia, 8); Samarinda, East Kalimantan, Indonesia, 9); East Java, Indonesia, and 10); Lampung, North Thailand.

(4) ベースライン

ベースラインとは本来A/R CDM等追加的な排出削減活動がなかった場合のCO₂排出量のことを指す。吸収源活動の場合では、植林事業など吸収源活動がなかった場合の植生によるCO₂吸収量をいう。

こうした点を踏まえて本研究では、環境造林であるロンボク島の3年生広葉樹の混交林においてベースラインの炭素固定量を測定した。林地周辺に優占する多年生の草本及び低木（主な優占種：*Chromolaena odorata*と*Lantana camara*）を対象に計3箇所測定を行い、ベースラインの年間炭素固定量は2.6～3.2 tC/ha/yrとなった。また、フィリピン・ルソン島の過度の焼畑によって草地化（*Imperata cylindrica*と*Sacchrum spontaneum*）した地域のベースラインは0.8～3.9 tC/haであった。これらは、これまで調べたインドネシアなどの荒廃草地とほぼ同じであった。ボルネオ島の東カリマンタンでは、大規模な森林火災後に違法伐採や移動耕作が広まり、その結果その地域は早生先駆樹種の二次林や*Imperata cylindrica* (alang-alang) 草地となった。これらはこうした地域に植林地を造成し、CO₂吸収源として測定を行う際のベースライン植生となるだろう。

サマリンダ-バリクパパン間にあるムラワルマン大学のブキツスハルト演習林における森林火災跡地の先駆樹種二次林における年間炭素固定量(表1)は2.9～5.7 tC/ha/yrとなり、ロンボク島でのベースライン植生による年間炭素固定量よりも多い。これは、ロンボク島のベースライン植生が草本や低木であったのに対し、ここでのベースライン植生の大部分が樹木で構成されていることによる。また、*Macaranga gigantea*が優占するプロットのように樹木による炭素固定量が少ない場合でも、下層植生の旺盛な成長により炭素固定量が多かったためである。しかし、先駆樹種二次林のバイオマス増加は造林木にくらべて少なく、造林による炭素固定量との差が拡大することを確認した。これら自然植生回復の初期成長においても産業植林に用いられる早生樹種に及ばないものと考えられる。

alang-alang草地は、先駆樹種二次林よりも更に炭素固定量が非常に少なく、0.6～1.3 tC/ha/yrであった。alang-alangは熱帯及び温帯地域で最も広範に広がるせき悪地特有の多年生草本である。また、alang-alang草地の拡大は、森林の伐採や非伝統的な焼畑移動耕作などと密接に関係しており、こうした強い人為影響下の植林地における炭素固定量データの蓄積が今後の課題である。

1997年の大森林火災後のバイオマス蓄積を評価するため、インドネシアのボルネオ島東カリマンタン州のムラワルマン大学ブキツスハルト演習林に、固定試験地を2000年度に設置した。森林火災後などの大きな攪乱後に出現するパイオニア樹種では、バイオマス増加が起こらないことを明らかにした。*Macaranga*属が優占する林分では、火災後5年までバイオマスは増加するがその後頭打ちの傾向にあった。*Trema*属が優占する林分では火災後4年目以降、*Mallotus*属が優占する林分では5年目以降、減少傾向を示した。*Piper*属が優占する林分では大きな変化はなくある程度一定のバイオマスで推移した。

筑後モデルによる東南アジアのメッシュ解析からベースライン値を予測した結果、実測値とある程度一致し、東南アジアのベースラインの目安を提示した。

(5) 環境造林による最大バイオマス

A/R CDMを実施することによって、炭素吸収クレジットばかりでなく、地域住民へのbenefitを提示し、インセンティブを付与する必要がある。インドネシア、ジャワ島東部の既存人工林でバイオマス調査を実施し、林業経営としての可能性を検討した。調査は、Carita (50ha、主要樹種：

*Shorea*属、*Hopea*属、164プロット)、Haurbentes (100ha、主要樹種：*Shorea*属、*Hopea*属、65プロット)、Cikampek (45ha、主要樹種：*Hymenarea*属、171プロット)、*Dramaga* (60ha、主要樹種：*Shorea*属、*Hopea*属、120プロット)、Cikoke (40ha、主要樹種：*Alnus*属、*Eucalyptus*属、132プロット)で行った。バイオマス増加を検討した結果、*Shorea*属林分、*Khaya*属の林分は40年でおおよそ400 Mg/ha以上の蓄積となり、その後一定となった。他の樹種でもほぼ同様で、植栽後40年で天然林とほぼ同等のバイオマスを蓄積すること、このような蓄積量であれば30~40年サイクルの林業生産も可能であることを提示した(表2)。

表2 西ジャワの環境造林地におけるバイオマス蓄積

樹種	林齢 念	立木密度 trees ha ⁻¹	幹バイオマス Mg ha ⁻¹	年平均成長量 Mg ha ⁻¹ yr ⁻¹
<i>Khaya grandifoliola</i>	46	104	579.4	12.6
<i>Khaya senegalensis</i>	46	117	331.7	7.2
total		221	911.1	19.8
<i>Hymenaea courbaril</i>	46	224	686.9	14.9
other		16	3.7	-
total		240	690.5	15.0
<i>Khaya grandifoliola</i>	46	96	417.7	9.1
<i>Shorea selanica</i>	46	76	191.7	4.2
other		4	0.1	-
total		176	609.6	13.3
<i>Dipterocarpus retusus</i>	45	277	613.5	13.6
other		212	16.5	-
total		489	630.0	14.0
<i>Hopea odorata</i>	46	324	630.3	13.7
other		16	4.7	-
total		340	635.0	13.8
<i>Shorea leprosula</i>	43	80	383.1	8.9
<i>Hopea mengarawan</i>	32	106	126.2	3.9
other		21	1.3	-
total		207	510.6	-

(6) 林齢—炭素吸収量モデル

各試料木の胸高直径と地上部バイオマスの関係は、高い相関関係を持つ相対成長式を満足し、樹種や立地の違いはあまりないように思われた。現存密度の経年変化は植栽後の若い林分で変動が大きく、相関係数はあまり高くなかった。なお、植栽の初期密度は多くが3 × 3 m (1,111 本/ha)であった。東南アジア諸国では現在でもほとんどの地域でこの植栽密度がとられているようである。なお、林齢が40年を超えるとバイオマスが頭打ちとなる結果となったが(図1)、これは測定点数が少ないことによるものと考えられ、今後さらに調査を進める必要がある。ここで得たモデルによって、今後東南アジア地域でA/R CDMを計画するのに必要な吸収量予測値を提示できたと思われる。

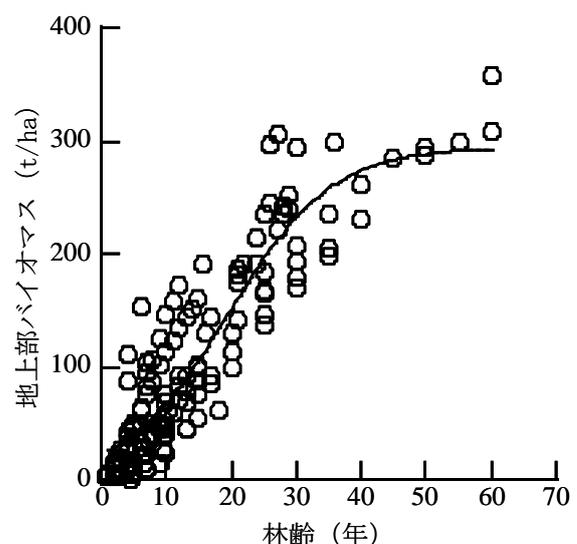


図1 林齢と地上部バイオマスの関係式

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

極端な荒廃地ではバイオマスの蓄積があまり期待できないことを明らかにした。森林火災後などの大きな攪乱後に出現するパイオニア樹種では、バイオマス増加が起こらないことを明らかにした。*Macaranga*属が優占する林分では、火災後5年までバイオマスは増加するがその後頭打ちの傾向にあった。*Trema*属が優占する林分では火災後4年目以降、*Mallotus*属が優占する林分では5年目以降、減少傾向を示した。*Piper*属が優占する林分では大きな変化はなくある程度一定のバイオマスで推移した。

インドネシアのジャワ島西部の既存人工林でバイオマス調査を実施し、林業経営としての可能性を検討した。林齢とバイオマス増加を検討した結果、*Shorea*属林分、*Kyhaya*属林分は40年でおおよそ400 t/haの蓄積となり、その後一定となった。他の樹種でもほぼ同様で、植栽後40年で天然林とほぼ同等のバイオマスを蓄積すること、このような蓄積量であれば30～40年サイクルの林業生産も可能であることを提示した。

(2) 地球環境政策への貢献

主に東南アジア各国で収集したデータは、A/R CDMの計画立案に有効となることが期待される。また、林齢-炭素吸収量モデルによって、今後は東南アジア地域だけではなく、広い地域においてA/R CDMを計画するに必要な吸収量予測値を提示できたと思われる。

6. 引用文献

なし

b. CDM植林事業によるリーケージ評価に関する研究 (独立行政法人森林総合研究所)

〔要旨〕社会経済面についてはAR-CDMがもたらすリーケージの内容を整理し、その把握手法およびリーケージを回避・軽減するための留意点を提示することを目的としている。インドネシアやフィリピン、ベトナムにおける産業造林・環境植林の事例調査や文献調査を通じて、リーケージの概念整理をすすめた。リーケージ把握手法として、事前簡易調査、事前本調査、モニタリング調査の3時点それぞれのプロトタイプを作成した。把握手順は、AR-CDM実施方法の整理、地域概況の整理、森林・土地利用・活動およびその変化の予測・把握、リーケージの予測・把握からなる。リーケージ定量化作業は、基本的にはIPCC GPGに準拠しつつも、発生規模とデータ入手可能性により処理を変えることが提起された。リーケージの回避・軽減のために、プロジェクトの準備、計画、実施・モニタリングそれぞれの時点における対策・留意点を整理した。

1. はじめに

CDM事業としての森林造成(以下「AR-CDM」)によるCO₂吸収量を評価する際、事業活動そのものによるCO₂の吸収量(直接的なCO₂吸収量)(net actual GHG removals: 純現実吸収量)から、事業活動を実施した結果として周辺地域で発生するCO₂の増加量(間接的なCO₂排出増加)(Leakage: リーケージ)を差し引くこととされている⁵⁾。しかし、その把握手法は、確立されておらず、第一約束期間を目前に控えながらも、未整理の状況にある。また、そもそもAR-CDM事業者は、リーケージの発生を最小限にすることが義務づけられており⁵⁾、その回避・軽減方策の解明は必須課題と

いえるが、こうした地域への影響は地域差が非常に大きい上に、リーケージについての解釈が一定しない中、議論は進んでいない。

2. 研究目的

本研究課題の目的は、AR-CDMが周辺地域に及ぼすリーケージの概念を整理し、その発生プロセスの解明を通じて、リーケージの把握手法を整理すること、更にリーケージの回避・軽減のための留意点を提示することである。

3. 研究方法

(1) 研究の流れ

研究は、大きくは、以下の1)～3)から構成される(図2)。

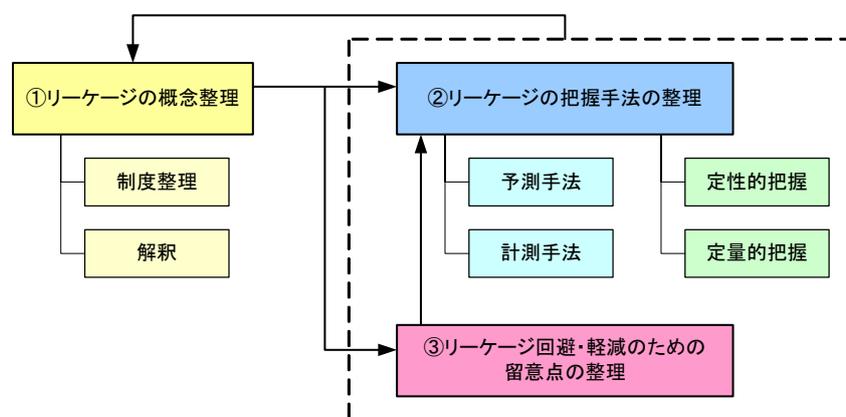


図2 研究の流れ

①リーケージの概念整理

文献調査や実態調査をふまえ、UNFCCCによるリーケージの定義を整理するとともに、その具体的な解釈、分類、発生プロセスなどその特性について整理する。

②リーケージ把握手法の提示

リーケージの概念整理や文献調査・実態調査をふまえ、リーケージの把握手法について、作業の利便性を考慮して、プロジェクト実施前の予測方法と実施後の計測方法とを分け、更に定性的把握段階と定量的把握段階とに分けて整理する。

③リーケージの回避・軽減のための留意点(ガイドライン)の提示

リーケージの概念整理や文献調査・実態調査をふまえ、リーケージを回避・軽減するための留意点を、プロジェクト実施段階ごとに、特に地域社会との関係に注目しながら整理する。

なお、③の結果は、②においてリーケージ把握手法の簡素化前提条件の検討にも用いられる。②や③の作業を通して、リーケージの概念整理がすすむこと、またリーケージに関する議論は進行中であり新しい注釈が順次発表されていることから、常に①～③のプロセスを繰り返す。

(2) 資料

①文献調査

COP/MOP(京都議定書締約国会合)決議文、COP(気候変動枠組条約締約国会議)決議文、CDM理

事会報告、ARWG（新植林/再植林ワーキンググループ）報告などのUNFCCCの公式文書、IPCCの公式報告書、日本政府や民間団体・研究者らによるAR-CDMに関する報告書、書籍、論文をとりあげた。

②実態調査

平成14-16年度は、インドネシア共和国東カリマンタン州の大規模産業植林事業、同国ロンボク島の環境植林事業において地域社会への影響・リーケージについて調査した。また、住民参加の要件を検討するために同国東ジャワ州の住民参加型チーク人工林経営の調査を行った。

平成17-18年度は、平成16年度までの成果をもとに整理したリーケージ把握手法の効果等を調べるために、フィリピン、ベトナム、インドネシアにおいて植林事業によるリーケージに関する共同調査を実施した。

③有識者への聞き取り調査

AR-CDMおよび植林事業等による地域社会への影響に関して専門的知識を有する行政官や研究者、事業者等に対して聞き取りを行った。

4. 結果・考察

（1）リーケージの概念整理

1）リーケージの定義

2003年のCOP9において、リーケージは、「プロジェクト活動の境界外部（地理的な境界）で生じる排出源からのGHGs排出量の増加で、測定可能かつプロジェクト活動に起因するもの」と定義された（その後2005年末のCOP/MOP1で正式に採択⁵⁾）。この定義により、「境界内において、プロジェクト終了後に生じる排出の増加」、「境界外において、プロジェクトに起因する吸収の増加および排出の減少（正のリーケージ）」や「境界外において、プロジェクトに起因する吸収の減少」は対象外とされた。また、2005年11月の第22回CDM理事会で「境界外部で生じる炭素プールの減少で、測定可能かつプロジェクト活動に起因するもの」もリーケージとして考慮することが示された¹⁾。（図3）

	境界外		境界内	
	増加	減少	増加	減少
GHGs排出	リーケージと定義	リーケージの議論とは無関係な現象	リーケージの議論とは無関係な現象 (純現実吸収量、排出量の増加の項で考慮)	
GHGs吸収	リーケージの議論とは無関係な現象	リーケージの議論とは無関係な現象		
炭素プール	リーケージの議論とは無関係な現象	リーケージと定義		

図3 リーケージ定義

2）リーケージの分類

リーケージを体系的に把握するためには、どこで（GHGs排出増加が発生する場所・活動）、どのようなプロセス（因果関係）で発生しているのかを整理することが有効である。後者に関しては、プロジェクトとの因果関係を判定する必要がある。立本（1996）⁴⁾の「社会文化生態力学」の考え方に従えば、リーケージは、プロジェクトの実施方法や地域内の状況および地域を取り巻く環境などといった要素が相互作用した結果として生じる。リーケージの発生要因（「リーケージ

ドライバー) は、これらの要素と相互作用パターンにより整理することができる。大きくは「境界外でのプロジェクト活動」、「土地利用・経済活動変化」、「生態的影響」に分けられる。「土地利用・経済活動変化」は、調査の便宜上、「活動の置換(Displacement)」と「活動の誘発(Trigger)」とに分けられ、それぞれが更に細分できる(図4)。また、リーケージの発生パターンとして、発生までの「タイムラグ」、「多様な結果」、「複合」作用による発生などに整理できる(図5)。

リーケージ発生要因(リーケージドライバー)		
境界外でのプロジェクト活動 境界外で行われるプロジェクトの活動そのものにより発生するGHGの排出増加あるいは炭素プールの減少		
土地利用・ 経済活動変化	活動の置換 Displacement by same actors	1. 活動場所の移動 活動場所が単に境界内から境界外に移動することにより発生するGHGの排出増加あるいは炭素プールの減少(same activities at new place)
		2. 活動の集中 従来から境界外で行われていた同種の活動を強化することにより発生するGHGの排出増加あるいは炭素プールの減少(same activities at same place)
		3. 活動種目の変更 活動種目そのものを変更することにより発生するGHGの排出増加あるいは炭素プールの減少(different activities)
活動の誘発 Trigger by different actors and/or same actors	アウトソーシング 境界内での活動により得ていたものを、他者から調達することにし、その結果他者による活動が活発になることにより発生するGHGの排出増加あるいは炭素プールの減少(same activities by different actors)	
	自発的人口流入 プロジェクトによる地域社会への様々な好影響に惹かれて生じた自発的な人口流入(プロジェクトが直接呼び込みを行っていない)により発生するGHGの排出増加あるいは炭素プールの減少(by different actors)	
生態的影響 プロジェクトによる境界外の生態系への影響の結果発生するGHGの排出増加あるいは炭素プールの減少		

図4 リーケージ分類(リーケージドライバーによる分類)

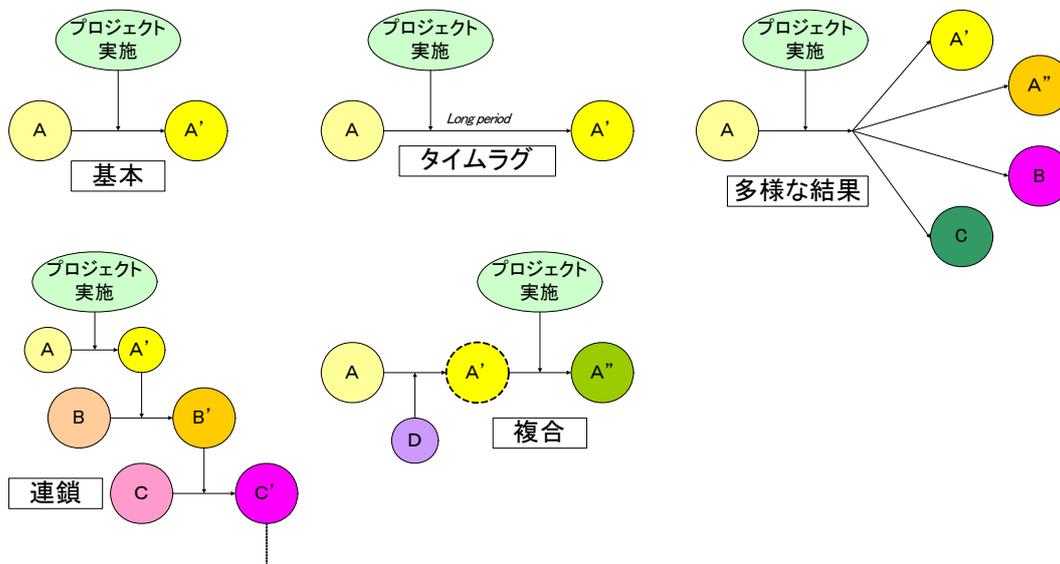


図5 リーケージ発生パターン

リーケージの定量化作業においては、GHGsの排出増加がどこで生じているかに応じて、取り扱い方を考えることが必要となる。UNFCCCにおける議論の中でも、リーケージは、大きく「カーボ

ンプールの減少」と「排出源からの排出の増加」とに分けることが示唆された¹⁾。前者は、更に「土地利用カテゴリーの変化」を伴うものと、変化を伴わない範囲でカーボンプールからの「非再生可能なバイオマスの採取」に分けられる（図6）。

リーケージの分類	リーケージ計算上の取り扱い
カーボンプールの減少	IPCC GPG for LULUCF(2003)に従う 簡素化方法、承認された方法論に従う
土地利用カテゴリーの変化による減少	全カーボンプールにおける変化が考察対象
土地利用カテゴリーの変化しない範囲での採取活動による減少	
再生可能バイオマスの採取	考慮しなくて良い
非「再生可能バイオマスの採取」 (木質バイオマスの採取)	全カーボンプールにおける変化が考察対象
採取量がプロジェクトによる 純現実吸収量の5%以上	全カーボンプールにおける変化が考察対象
採取量がプロジェクトによる 純現実吸収量の2%以上5%未満	採取量のみが考察対象
採取量がプロジェクトによる 純現実吸収量の2%未満	考慮しなくて良い
排出源からの排出増加	IPCC GPG (2000)に従う 簡素化方法、承認された方法論に従う
境界内外をあわせてプロジェクト実施前と比較して 排出量が増加しない	考慮しなくて良い
境界内外をあわせてプロジェクト実施前と比較して 排出量が増加	増加量のみが考察対象

図6 リーケージの分類軸（土地利用変化・活動）

3) リーケージ定量化手法の概念整理

IPCC GPGでは、データの入手可能性を3段階にわけ、活動単位量あたりの排出量や係数などに関する国別、地域別のデフォルト値を用いること（マトリックス式アプローチ²⁾）も認めている。実際の定量化作業は、地域ごとにデータの入手可能性に応じて、マトリックス式アプローチとプロジェクトごとに測定をするプロジェクト別アプローチの2つのアプローチを組み合わせたものが現実的といえる。なお、モニタリング時にはプロジェクト別アプローチを用いた計算をより強く要求されると思われるものの、事前の予測段階においては、事前の調査予測の困難さから、マトリックス式アプローチを用いることも許容されると考えられる。

また、小規模AR-CDM用の簡素化ルールや非「再生可能バイオマスの採取」の議論において、リーケージの発生規模に応じて取り扱い方に強弱を設けることも認められている。

パシフィックコンサルタンツ³⁾は、定量化可能性と発生規模の検討とを組み合わせ、リーケージを、「モニタリングを実施し影響を考慮する」、「考慮不能な間接影響差引係数を設定して影響を考慮する」、「過去の事例等により無視しうると判断して影響を考慮しない」、「留意事項に取り上げ影響を考慮しない」と4分類し、決定樹の作業フローにまとめており参考となる。

4) リーケージ把握作業の簡素化ルール

CDM理事会やARWGにおける議論の場で、2005年以降、リーケージ把握作業の簡素化ルールがいくつか策定された。これまでに、プロジェクト実施前と同規模の排出源（家畜等）の単なる移動、少量の燃材等の採取、再生可能バイオマスの利用の場合、プロジェクト用苗畑における施肥に伴うN₂Oの排出、市場効果リーケージ、小規模AR-CDMなどに関する調査・推計を簡素化あるいは省略してもよいとするルールが策定された。これらの簡素化ルールは、AR-CDMの趣旨（リーケージという周辺への負の間接的影響も考慮する）に反しない範囲で、制度の実施可能性や因果関係等の

確からしさを重視した結果といえる。つまり、厳密さを追い求めた複雑な方法よりも、なるべく簡素化した方法が望まれている。あるいは、全てのリーケージ発生リスクをカバーしようとするよりも、因果関係の判定や証明が困難な現象まで考察することを避けようとする方針が伺える。

また、CDM理事会により承認されたAR-CDM実施のための方法論内の記述からすると、ある前提条件を満たせばリーケージの調査・推計を省略することも認められている。活動の「置換」「誘発」に関するリーケージについて、この前提条件は、「従来からの利用がない」、「従来からの利用を妨げない」、「従来からの利用を支援（活動が境界内にとどまり続ける）」、「代替手段（あきらかにリーケージをもたらさない活動）の提供・誘導」と整理できる。

(2) リーケージ把握手法の整理

リーケージ把握調査は、調査を実施する段階にあわせて「事前簡易調査」、「事前本調査」、「モニタリング調査」に分けることができる。「事前簡易調査」は、事業を実施するかどうかを検討する際に、簡易にリーケージの発生の可能性を判断するためのものである。「事前本調査」は、事業を実施することを決めた後に、詳しくリーケージを予測する際に用い、「モニタリング調査」は、事業開始後、実際にリーケージが発生しているかどうかを判定する際に用いる。

1) 事前簡易調査

プロジェクト対象予定地（境界内外）に関して、「利用者がいる」、「土地利用変化が激しい」、「所有権／利用権が不安定」などのチェックリストを用いて、リーケージ発生要因の有無を確認する。一つでも確認されるとリーケージ発生可能性「有」と判断する。

2) 事前本調査

i. AR-CDM実施方法の整理

プロジェクト実施方法、特に地域住民との関係の持ち方（用地確保、労働雇用、開発支援、対話など）を整理する。

ii. 地域概況の把握

人口統計、主要経済構造・就労状況、集落の歴史などの概略を把握する。

iii. 森林・土地利用の把握

森林・土地利用パターンの把握：プロジェクト境界内外での主要な森林・土地利用パターン（利用分類、利用内容）を把握する。季節変動についても留意する。

主要アクターの把握：森林・土地利用者や所有者などの主要アクターを把握する。このとき、利用者の多様性に留意し、主要な森林・土地利用分類ごとにアクターを確認する。

森林・土地利用を規定する要因の把握：慣習法・法律、経済構造・就労構造、自然条件など、その地域で森林・土地利用パターンを規定している要因を把握する。

iv. リーケージの予測

森林・土地利用の変化予測：プロジェクト開始（植林地・事業関連用地の確保、就労機会の提供、住民支援プログラムの提供等）によりそれぞれの森林・土地利用が影響を受けるかどうかを、主要なアクターごと、主要な森林・土地利用パターンごとに、リーケージドライバー分類と発生パターンの考察、リーケージ事例集なども参考に、予測し、主要な変化を把握する。このとき、境界の内外を分けて検討する。

リーケージの判定（定性的把握）：主要な変化ごとに、それがリーケージに該当するかどうか（GHGsの排出増加をもたらすかどうか）を検討する。

リーケージの定量化（定量的把握）：確認された各リーケージについて、「計測可能性」（直接的・間接的な数値の計測が可能か）、「発生規模」（GHGs排出増・カーボンプール減少が無視できるか）により分類する。土地利用変化・活動によるリーケージ分類「計測可能性」が「比較的容易」かつ「発生規模」が「小規模と証明できない」場合、「算定式をたてて推計・計算」する。「困難」かつ「小規模と証明できない」場合、「データベースを参照して値を与える」。また、「発生規模」が「小規模と証明できる」場合には、「当面无視するが、モニタリング時に注視」することにする。

集計：リーケージを、取扱分類ごとにまとめ、リーケージ予測量を合計する。第三者に対する説明力を高めるために、「当面无視するが、モニタリング時に注視」するリーケージ、主要な土地利用のうち変化・リーケージが発生しないと予測した判断根拠も併記する。

3) モニタリング調査

基本的には、事前本調査と同様の手順であるが、実際の変化を調査する点で異なる。

i. AR-CDM実施方法の変更点の整理

現状の再確認と共に、プロジェクト開始後（前回の調査後）の変化（変化内容、理由など）について整理する。

ii. 地域概況の変化の把握

現状の再確認と共に、プロジェクト実施後（前回の調査後）の地域概況の変化（変化内容、理由、影響など）を把握する。

iii. プロジェクト境界内外における森林・土地利用の変化の把握

森林・土地利用パターンの再整理：現状の再確認とともに、プロジェクト実施後（前回の調査後）に新たに加わったパターン（利用分類、利用内容）を追加する。

主要アクターの再整理：現状の再確認とともに、プロジェクト実施後（前回の調査後）に新たに加わったアクターを追加する。

森林・土地利用を規定する要因の把握：現状の再確認とともに、主要変化を把握する。

森林・土地利用の変化の把握：主要なアクターごと、主要な森林・土地利用パターンごとに、リーケージドライバー分類と発生プロセスパターンの考察、リーケージ事例集、事前本調査時の検討過程なども参考に、プロジェクト実施後（前回の調査後）の変化を把握する。主要な森林・土地利用パターンについては、将来発生する可能性についても検討する。

iv. リーケージの把握

リーケージの判定（定性的把握）：森林・土地利用の主要変化ごと（主要なアクターごと、主要な森林・土地利用パターンごと）に、リーケージに該当するかどうか（GHGsの排出増加をもたらすか、AR-CDMと因果関係があるか）を検討する。

リーケージの定量化（定量的把握）：確認されたリーケージそれぞれについて、「計測可能性」、「発生規模」により分類し、各分類に応じて「算定式をたてて推計・計算」、「データベースを参照して値を与える」、「当面无視するが、モニタリングを継続」することにする。

集計：リーケージを、取扱分類ごとにまとめ、リーケージ推計量を合計する。第三者に対する説明力を高めるために、「当面无視するが、モニタリングを継続」するリーケージ、主要な土地利用のうち変化・リーケージが発生しないと判断根拠、可能であれば、将来の発生可能性についても併記する。

(3) リークージの回避・軽減のための留意点の整理

リークージの回避・軽減策の基本指針は、リークージ発生プロセスの遮断策、リークージ事前簡易判定用チェックリストやリークージ調査簡素化前提条件の実現化策、PDD（プロジェクト設計書）作成時に行う「F. 環境影響評価」、「G. 社会経済影響評価」「H. 利害関係者のコメント」で想定されるネガティブリストのポジティブ化策などである。

留意点を、プロジェクトの実施順に整理すれば、まず、事業地の選定段階では、リークージ事前簡易判定用チェックリストにひっかからない、あるいはリークージ調査簡素化前提条件に適合するような、リークージが発生しそうにないか無視できる程度の場所を選ぶ。

プロジェクトの準備段階では、地域の森林・土地利用や社会経済状況の実態（動態）を把握するとともに、地域住民との協議を十分行い協調関係を構築する。

計画段階では、事業地のゾーニングを慎重に行い、地域住民との土地利用の競合を避けると同時に、土地利用の競合を回避・軽減するためのアグロフォレストリーや賃労働機会の提供、農業技術講習、新たな生計手段の提供などの多様なプログラムを用意する。事前に想定されるリークージがなるべくゼロになるように何度も計画案作成－検討を繰り返す。

開始後は、モニタリングを継続し、タイムラグをおいて発生するリークージの把握、住民のニーズの変化、人口・経済活動の増加といった事前の想定が困難な事例の迅速な把握および対処方策の策定・実施を行う。

回避・軽減策の実施に際しては、地域住民からの協力が重要であり、日頃からの地域住民との対話の重視、回避・軽減策の策定・実施作業の共同実施、地域住民への支援活動などを行うことが望ましい。

(4) リークージマネージメントフロー

以上の成果をまとめて、プロジェクトの実施順にリークージの取り扱い基本方針を整理すると図7のようになる。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

本研究によって、リークージというAR-CDM特有の現象をどう理解し、把握すればよいのか、その基本概念・手順が体系的に整理された。

(2) 地球環境政策への貢献

環境省がすすめている「地球温暖化対策クリーン開発メカニズム事業調査」に応募した事業者に対してリークージ調査に関する助言をおこなった。インドネシアにおいて実施されたJICAプロジェクト「インドネシア炭素固定森林経営現地実証調査プロジェクト」に短期専門家として出張する他、長期専門家からの問い合わせに対してAR-CDMが地域社会にもたらす影響やリークージに関する助言を行った。平成15年度からは農林水産省林野庁の「CDM植林人材育成事業」や「CDM植林技術指針調査事業」の委員を務めている。このように、各方面に対してリークージの理解の促進につとめている。今後も、学会や関連誌、委員会などを通じて成果の広報・普及に努める。

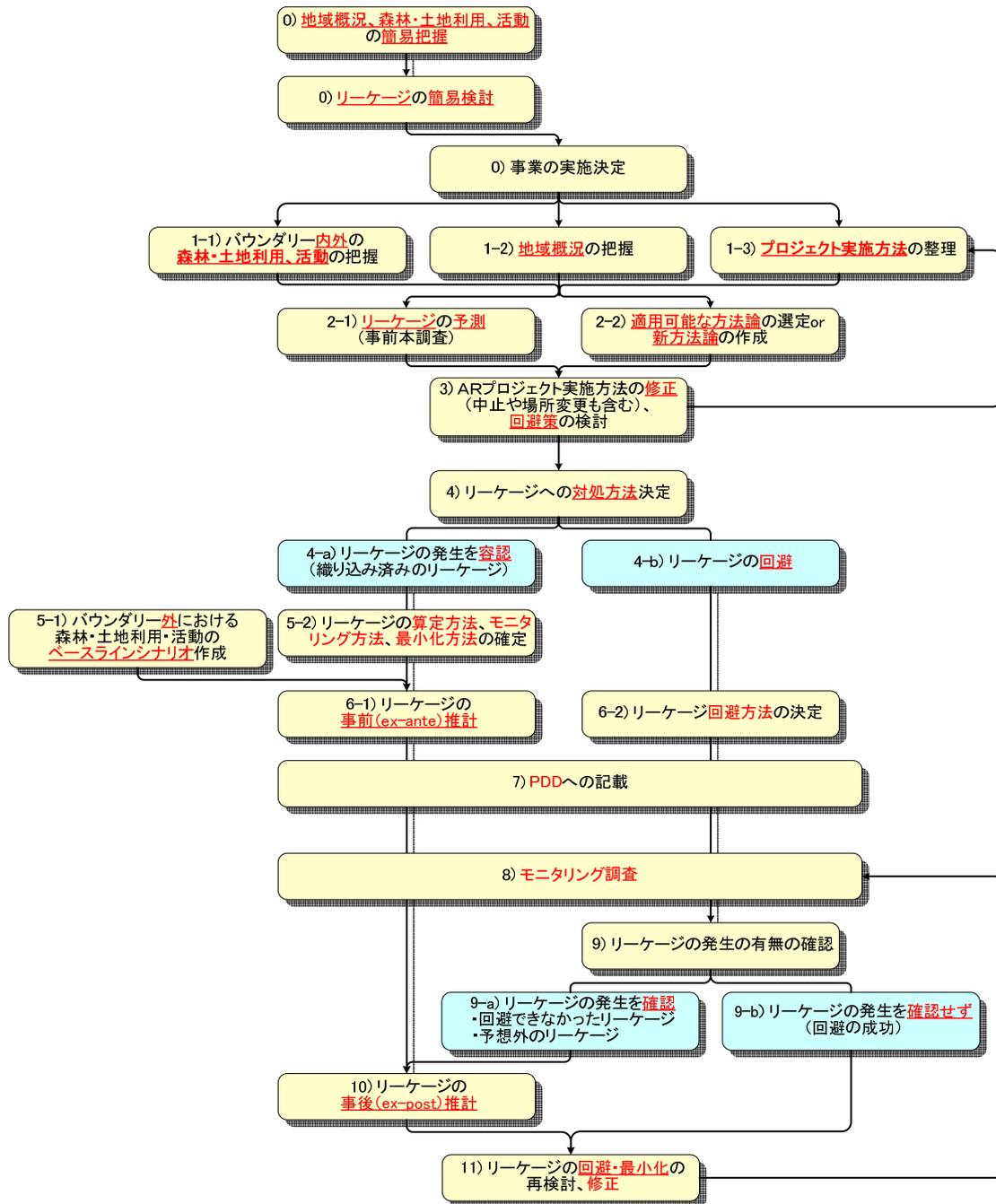


図7 リークエージマネジメントフロー

6. 引用文献

- 1) Executive Board of the Clean Development Mechanism (2005) Annex 15 to the 22nd Meeting Report
- 2) カトリヌス・ジェプマ (1999) 京都議定書の下での協力プロジェクトに関するベースラインの設定概括、CDM Workshop-Workshop on Baseline for CDM-Proceedings, NEDO, GISPRI : 9

- 3) パシフィックコンサルタンツ株式会社(2001)平成12年度CDM/JIに関する検討調査報告書：10
- 4) 立本成文（2001）地域研究の問題と方法（増補改訂）（地域研究叢書3），京都大学学術出版
会：43
- 5) UNFCCC(2005) Modalities and procedures for afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism in the first commitment period of the Kyoto Protocol (Decision5/CMP.1), FCCC/KP/CMP/2005/8/Add.1

注：以下の7と8は、2つのサブサブサブ課題に共通した内容である。

7. 国際共同研究等の状況

(1) インドネシア国

共同研究「荒廃地の修復地における植林地のバイオマス増加」を行った（共同研究機関：国際林業研究センター、森林研究開発庁森林・自然保全研究センター）。本共同研究では、環境造林地におけるバイオマス評価を実施した。早稲田大学の大学院生がインターンシップとしてCIFORを訪問して調査研究を共同実施した。

共同研究「吸収源CDMにおける炭素固定量評価」を行った（共同研究機関：ムラワルマン大学熱帯降雨林研究センター）。本推進費による研究を推進するため、ムラワルマン大学熱帯降雨林研究センターと早稲田大学人間科学部とでMOUを締結している。ムラワルマン大学の教育演習林に観測試験地を設定し、共同で森林火災後の二次林や、環境造林地のバイオマス調査を行なった。

リーケージ分野の研究では平成14年度はムラワルマン大学(University of Mulawarman - Indonesia)のMustofa Agung Sardjono氏、社会生態財団(BIOMA - Indonesia)のAkhmad Wijaya氏、Kamarudin氏、Ibrahim氏との共同研究、“The Land Use Pattern around Afforestation Area（植林事業による地域の土地利用への影響）”を実施した。この中で、研究参画者全員が、対等の立場で研究を進めたが、本課題担当者は、研究目的や調査手法の設定などについて特に中心的な役割を果たした。また、平成15～16年度は、地球環境戦略研究機関(IGES)の原田一宏氏、マタラム大学のAmiruddin氏、Sri Tejowulan氏、Suwardji氏らとの共同研究“The effect of rehabilitation on local inhabitants in Lombok Island（ロンボク島における森林回復事業の地域社会への影響）”を実施した。この中で、本課題担当者は、特にリーケージに関する課題について、調査設計や分析面において中心的な役割を果たした。

(2) フィリピン国

共同研究「フィリピンにおける吸収源CDMの可能性評価」を行った（共同研究機関：フィリピン大学林学部森林環境プログラム）。本推進費による研究を推進するため、フィリピン大学林学部森林環境プログラムと早稲田大学人間科学部とでMOUを締結している。過度の焼畑による荒廃地における可能性を炭素吸収量評価ならびにリーケージ評価の側面から検討を加えた。

(3) ベトナム国

共同研究「吸収源CDMの可能性評価」を行った（共同研究機関：森林生態・環境研究センター）。

(4) 中国

共同研究「吸収源CDMの可能性評価および中国シェンチェンの森林多様性修復」を行った（共同研究機関：中国林業科学研究院熱帯林業研究所）。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

- 1) Hiratsuka Motoshi, Toma Takeshi, Mindawati Nina, Heriansyah Ika, and Morikawa Yasushi. Journal of Forest Research, 10, 487-491 (2005)
“Biomass of a man-made forest of timber tree species in the humid tropics of West Java, Indonesia”
- 2) Hiratsuka Motoshi, Chingchai Viriyabuncha, Kantinan Peawsa-ad, Sirirat Janmahasatien, Sato Akinobu, Matsunami Chika, Osumi Yasuo, and Morikawa Yasushi. TROPICS, 14, 377-382 (2005)
“Biomass of trees and carbon stock in the soil of 17- and 22-year-old stands of teak (*Tectona grandis* L.f.) in northern Thailand”
- 3) Mindawati Nina, Hendromono, Hiratsuka Motoshi, Toma Takeshi, Morikawa Yasushi and A. Ngaloken Gintings. Journal of Forestry Research, 1, 17-24 (2005)
“Tree trunk volume of *Shorea* species case study in Dramaga and Haurbentes research forest in West Java, Indonesia”
- 4) Hiratsuka Motoshi, Toma Takeshi, Diana Rita, Hadriyanto Deddy, and Morikawa Yasushi. JARQ, Vol.40: 277-282 (2006)
“Biomass recovery of naturally regenerated vegetation after the 1998 forest fire in East Kalimantan, Indonesia”

<その他誌上発表（査読なし）>

- 1) 横田康裕：緑の地球，68，（財）国際緑化推進センター，11-12（2003）
「CO2吸収を目指した熱帯での大規模造林が地域社会に与える影響（横田康裕）」
- 2) 山田 麻木乃、藤間 剛、平塚 基志、森川 靖：熱帯林業，61，47-52（2004）
「短伐期施行産業植林地の地上部現存量と収穫による養分持ち出し」
- 3) 森川 靖：環境資源工学，51，228-233(2004)，
「森林のCO2吸収源としての評価と問題点」
- 4) 平塚 基志：木のびっくり話. 木材学会（編）（2005）
「第4章-3 海外で造林 -京都メカニズム・CDM・森林修復」
- 5) 平塚 基志、森川 靖、長塚 耀一、大角 泰夫：熱帯林業，62，58-64（2005）
「南スマトラの森林修復によるバイオマス増加」
- 6) 平塚 基志、塩山 義之、佐藤 顕信、森川 靖、長塚 耀一：熱帯林業，63，47-54（2005）
「東ジャワにおける人工林のバイオマス評価」
- 7) Mindawati Nina, Heriansyah Ika, Hiratsuka Motoshi, Toma Takeshi, A. Ngaloken Gintings, and Morikawa Yasushi. Info Hutan (ISSN: 1410-0657) (2005)
“Tree growth of dipterocarp plantation forest in Java, Indonesia”

(2) 口頭発表 (学会)

- 1) 平塚 基志、藤間 剛、森川 靖:国際緑化推進センター: 第12回日本熱帯生態学会 (2002)
「南スマトラの環境造林; バイオマス増加の事例」
- 2) 平塚 基志、藤間 剛、森川 靖: 第12回日本熱帯生態学会 (2003)
「熱帯樹種人工林のバイオマスは天然林のそれを越えるか?」
- 3) Hiratsuka Motoshi, Toma Takeshi, Mindawati Nina, Heriansyah Ika, and Morikawa Yasushi :
第115回日本林学会大会 (2004)
「Biomass accumulation of man-made forests with long-term rotation period in West Java」
- 4) 平塚 基志、藤間 剛、Nina Mindawati、Hendromono、天野 正博、森川 靖: 第116回日本林学会大会 (2004)
「西ジャワの人工林における商用材積の評価」
- 5) HARADA Kazuhiro, TACHIBANA Satoshi, YOKOTA Yasuhiro, HORI Yasuto, TSURU Sukeharu :
第115回日本林学会 (2004)
“Can Local People be a Main Actor in Small-Scale Plantation Projects for CDM?”
- 6) 横田康裕、原田一宏、Silvi Nur Oktalina、Rohman、Wiyono T. Putro: 第15回日本熱帯生態学会 (2005)
「新たなチーク人工林経営への住民の参加状況ー東ジャワ州マディウン県における事例」
- 7) 平塚 基志、清野 嘉之: 第117回日本森林学会 (2006)
「インドネシアで吸収源CDMを実施する場合のカーボンクレジットの定量的評価」

(3) 出願特許

特になし

(4) シンポジウム、セミナーの開催 (主催のもの)

特になし

(5) 一般への公表・報道等

特になし