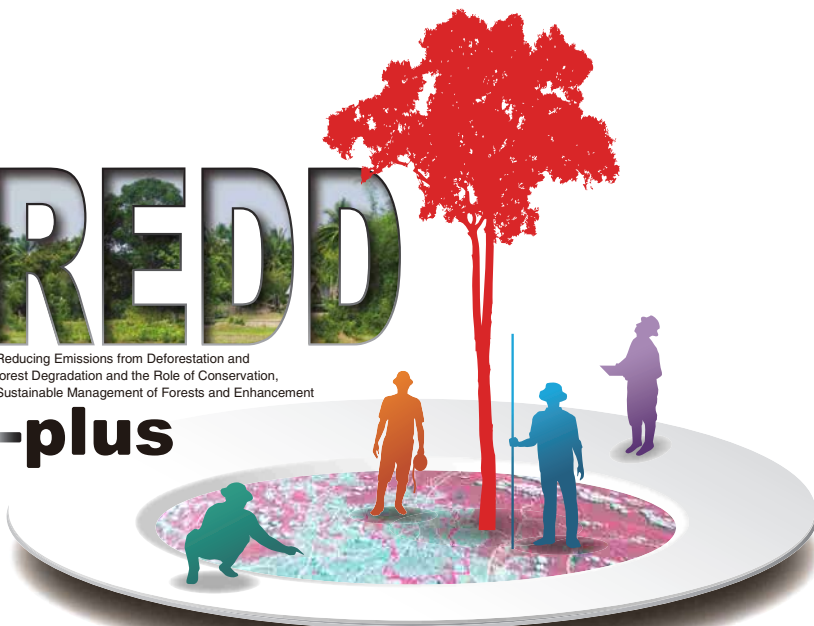


REDD

Reducing Emissions from Deforestation and
forest Degradation and the Role of Conservation,
Sustainable Management of Forests and Enhancement

-plus



COOKBOOK ANNEX

調査マニュアル Vol. 2

バイオマス測定のための破壊調査法

門田 有佳子・清野 嘉之

はじめに

REDD プラスは、途上国が行う森林減少・森林劣化を抑制する取組みによる CO₂ の排出削減、森林保全等（「プラス」活動）による CO₂ の排出防止および炭素固定による大気中の CO₂ の削減に対して、何らかの経済的インセンティブ（資金やクレジット）を与えるというのが基本的な考え方です。このため、排出削減量の評価には科学的なアプローチによって森林炭素の変化量をモニタリングすることが求められます。

森林総合研究所 REDD 研究開発センターでは、REDD プラスに取組むための基礎知識や技術について、特に森林炭素モニタリングに注目して平易に説明した技術解説書「REDD-plus Cookbook」を 2012 年に発行しました。REDD-plus Cookbook は、REDD プラスの導入に取り組む政策立案者、REDD 活動の計画に取り組む実施者や技術者を読者と想定して、必要となる知識や技術に関する項目を、Recipe（レシピ）という解説の単位でとりまとめています。

一方で REDD-plus Cookbook は、基礎知識や技術について要点を絞って解説していることから、REDD 活動に携わる技術者が現場で活用するために必要な情報が十分に得られない可能性があると思定されます。そこで、REDD-plus Cookbook の各 Recipe で解説されている手法について、より詳しく学習でき、現場で実際に活用できる調査マニュアル「REDD-plus Cookbook Annex」を作成しました。本調査マニュアルでは、トピックスを絞って、計測手法をより具体的に解説しており、能力向上のための教材としても利用できるように作成されています。REDD-plus Cookbook と組み合わせて読んでいただくことで、トピックスに関する技術的な理解が深まるように構成されています。

本調査マニュアルを通じて、REDD 研究開発センターが、世界各地での REDD プラスの推進に貢献できればと願っております。

2016 年 1 月

国立研究開発法人 森林総合研究所
REDD 研究開発センター

目 次

1	概要	1
1.1	本調査マニュアルの目的	1
1.2	本調査マニュアルの使い方	1
1.3	REDD-plus Cookbook との関係（関連する事項）	1
2	破壊調査とは	2
2.1	何のために破壊調査をするのか？	2
2.2	調査の手順	2
2.2.1	人員と道具の準備	2
2.2.2	作業手順	8
2.3	データの計算例	18
3	付属資料	20
3.1	チェックリスト	20
3.2	調査フローシート	21
3.3	野帳の記入例	24



1 概要

1.1 本調査マニュアルの目的

森林総合研究所が2012年に発行した「REDD-plus Cookbook」は、REDD プラスに取り組むための基礎知識や技術について、特に森林炭素モニタリングに注目して平易に説明した技術解説書である。本調査マニュアルは、REDD-plus Cookbook で示された森林炭素蓄積量の推定手法の中で、樹木バイオマス（ここでは樹木の乾燥重量）の推定式作成に必要な破壊調査に焦点を絞り、その手法を解説したものである。特に取り扱いの事例がまだまだ少ない地下部バイオマス（根）測定については、重機を用いて簡便かつ精度が低減しない工夫をしており、このマニュアルを通じて手法を広く活用していただければ嬉しい限りである。

本マニュアルは、主に現場で森林炭素蓄積量のデータを実際に取得する技術者を想定して作成している。また、林学や森林生態学を学ぶ学生、REDD プラスに関心のある NGO 等の組織にも有益な情報となれば幸いである。

1.2 調査マニュアルの使い方

破壊調査は、重機やチェンソーなどの機材を用いることから、労働災害の危険性が増すことを十分に理解し、調査計画を立てる必要がある。したがって、破壊調査を計画する際は、本マニュアルを一読して、調査の工程を把握しておくことが望ましい。

本マニュアルの構成は、最初に破壊調査に必要な人員および調査機材の解説があり（2章）、その後に具体的な調査手順の解説がある（3章）。最後に現場で使用可能なチェックシートとフローシートを掲載している（4章）。

これまでの破壊調査の経験から、現場で気をつけるべき点などを **TIPS** として示している。

1.3 REDD-plus Cookbook との関係（関連する事項）

本マニュアル内の事項と関連する REDD-plus Cookbook 内のレシピは【 】で示し、Cookbook にてその解説を参照できるようにしている。

REDD-plus Cookbook は以下の URL でダウンロードできる

http://redd.ffpri.affrc.go.jp/pub_db/publications/cookbook/index_ja.html

2 破壊調査とは

2.1 何のために破壊調査をするのか

REDD+ では、実施国の森林炭素蓄積量をいかに正確に推定できるかが重要な鍵となる。樹木中の炭素蓄積量は森林炭素蓄積量の中で大きな割合を占める場合が多く、その量を把握する必要がある。樹木のバイオマスを求める手法は様々であるが **[Recipe-P10, P11]**、アロメトリを利用した推定式を用いる事が多い **[Recipe-T14]**。より良いアロメトリ式を作成するためには、大径木を含む多数の樹木の正確なバイオマスデータが必要である。文献や先行研究などで、対象とする森林のバイオマスデータが利用可能な場合は、積極的に利用する。しかしデータ数が少ない場合や、精度に問題がある場合は、新たに樹木バイオマスを測定する必要がある。そのために、本マニュアルで扱う破壊調査を実施する必要がある。

2.2 調査の手順

2.2.1 人員と道具の準備

ここでは調査を行うに当たり、準備すべき人員や調査道具を説明する。

1) 作業人数

破壊調査は、チェンソーや重機などを用いることから、労働災害のリスクを伴う。したがって労働安全の観点から、作業の流れを理解している人物が複数いることが望ましい。また作業を安全に進めるためにも、時間に余裕のある調査計画策定が重要である。

表 1 破壊調査に必要な人員構成

作業種	望ましい人員数
作業の流れを理解している人	2名以上
重機のオペレーター	1名以上
チェンソーのオペレーター	2名以上
調査補助	5-6名

2) 伐採対象木選定に必要な道具

破壊調査を実施するに当たり、調査対象の樹木を選定する。伐倒前に選定木のサイズ（直径や樹高など）を記録するために、表2の道具を用意する。

表2 伐採対象木選定に必要な道具一覧

品 名	数 量	備 考
デジタルカメラ	1-2 個	選定木の伐倒前の様子を記録
野帳	2 セット	記録用と予備。巻末の付録参照
画板	2 個	記録用と予備
筆記用具	2 セット	記録用と予備
10 m スチールメジャー (Max 10 m; min unit 0.1 cm)	3 個	胸高周囲長と樹冠径の測定
樹高を測定する道具 (Vertex など)	1 セット	
樹木テープ	2 個	選出木の印付け



(1) 野帳と画板



(2) 10 m スチールメジャー



(3) Vertex



(4) 樹木テープ

写真1 伐採対象木選定に必要な道具

野外調査では、胸高周囲長 Girth at breast height (GBH) をスチールメジャーで測定し、野帳に記録する。データ整理をする際に、胸高直径 Diameter at breast height (DBH) へ換算する。

TIPS

直径巻尺のように両面に異なる単位が刻まれたメジャーは、調査時に直径と周囲長を間違えて測定するおそれがあるため、使用には注意が必要である。スチールメジャーと直径巻尺を混在させて使用せずに、どちらか一つのメジャーに統一しておくこと、このような測定ミスを防ぐことができる。

3) 伐採と掘り出し、解体

選定木の重量測定のためには、地上部の伐倒と地下部の掘り出し、解体が必要であり、表3の道具を用意する。

表3 選定木の伐採と掘り出し、解体に必要な道具一覧

品 名	数 量	備 考
エクスカベーター	1 台	地下部バイオマスの掘り起こし・根のサンプリングのためのマウンド作成
チェーンソー	1 台	伐採・玉切り
手ノコ	5 本	細い幹と枝の切断
クワ	2-3 本	根の掘り取り
50 m メジャー (Max 50 m; min unit 0.1 cm)	3 個	幹長の測定・玉切り位置の測定
木材チョーク	20 本	印付け（予備込み）
剪定バサミ	3 丁	小枝などを切り刻む
軍手	人数分	刃物のケガ防止にもなる
救急箱	1 箱	怪我などの応急処置のため



(1) エクスカベーター



(2) チェンソー



(3) 手ノコ



(4) 50 m メジャー



(5) 木材チョーク



(6) 剪定バサミ

写真2 選定木の伐採、掘り出し、解体に必要な道具

TIPS

木材チョークは太いものが折れにくい。樹皮などにもよるが、赤が見えやすい。

4) サンプルの重量測定

選定木の重量測定は最も重要な調査項目である。破壊調査を実施する場所には電源が無い場合が多い。そのため測定機器は電池で動くものか、バネばかりなどの電源を必要としないものを選定する。

表4 サンプルの重量測定に必要な道具一覧

道 具	数 量	備 考
ブルーシート ・大 (たとえば 5.4 m × 5.4 m) ・小 (たとえば 1.8 m × 1.8 m)	1-2 枚 4-5 枚	枝と葉の切り分け作業用。風袋としても利用可能
ロープ ・スリング (たとえば幅 25 mm、長さ 1.5 m、3 m など) ・ビニールひも (太くて丈夫なものの 300 m)	2 本 2 巻	測定時にサンプルを束ねる
厚手のビニール袋 ・大 (たとえば 600 × 900 mm) ・小 (たとえば 300 × 500 mm)	50 枚 50 枚	サブサンプル持ち帰り用。風袋としても利用可能
油性ペン	10 本	印付け (予備込み)
紙袋	100 枚	サブサンプル持ち帰り用
ステープラ	2 個	
ステープラの針	2 箱	
はかり ・バネばかり Max 300 kg (min unit 1 kg) Max 50 kg (min unit 500 g) Max 30 kg (min unit 500 g) Max 10 kg (min unit 100 g) Max 5 kg (min unit 50 g) Max 2 kg (min unit 20 g) Max 1 kg (min unit 10 g) ・電動バネばかり (max 50 kg; min unit 5g)	1 個 1 個 1 個 1 個 1 個 1 個 1 個 1 個 1 個	幹・根の測定用 枝・葉の測定用 小型のサンプル測定用 小型のサンプル測定用 小型のサンプル測定用 小型のサンプル測定用 小型のサンプル測定用 小型のサンプル測定用 枝・葉の測定用
電池	必要数	電動バネばかり用 (予備込み)
上皿はかり (max 2 kg)	1 台	
バネばかりを吊るす棒	1 本	使用法は phase 2, photo2_8 を参照



(1) ブルーシート



(2) スリング



(3) 紙袋



(4) バネばかり (300 kg)



(5) 電動バネばかり (50 kg)



(6) バネばかり (30 kg・1 kg)

写真3 サンプルの重量測定に必要な道具

ブルーシートやビニール袋は、サイズだけではなく素材によっても重量が異なることに注意する。測定中は重機や人が慌ただしく動いているため、間違いなく、簡単にデータを記録出来るようにした方が良い。そのため使用する風袋の種類は少ないことが望ましい。また、調査の前に風袋重を測定しておくが良い。

TIPS

バネばかりは、老朽化によって測定値の誤差が大きくなっている場合があるので、事前に重量が既知のものを測定して誤差がないことを把握することが必要である。

TIPS

葉や枝などの乾燥重量（乾重）測定のためのサブサンプルは、紙袋に入れるとそのまま乾燥器に入れることができるので便利である。

5) 実験室での測定

REDD+ で扱われる炭素量は乾重から求める。そのため破壊調査で測定した生重（水分を含んだ重量）を、乾重に換算する必要がある。生重から乾重への換算は、破壊調査で採取したサンプルの生重と乾重の比を使用する。そのため破壊調査で採取したサンプルは、実験室などに設置された機器で乾重を測定する。乾重の測定には、以下の道具が必要である。

表5 サンプルの重量測定に必要な器具一覧

道 具	数 量	備 考
送風型乾燥器	1 台	サンプルを乾燥させる
電子天秤 (max 3000 g; min unit 0.1 g)	1 台	サンプルの乾燥重量を測定する



(1) 送風型乾燥器



(2) 電子天秤

写真4 計量に必要な器具

TIPS

送風型乾燥器の中にサンプルを詰め過ぎないように注意が必要である。サンプルの詰め過ぎは、乾燥器内の温度上昇につながり、火災の原因ともなる。

2.2.2 作業手順

ここからは実際の破壊調査の作業手順を説明する。作業には次の3つの段階がある。

段階1. 破壊調査の事前準備

1) 調査地情報の収集

(1) 破壊調査地の属性情報の収集、整理

→行政区、緯度・経度、標高、森林タイプなど

(2) 種組成と木のサイズ分布

→既存の文献や現地調査データに基づいて、調査地の森林のタイプ、樹種構成、木のサイズ分布を調べ、調査の対象となる森林タイプを決める。

段階2. 野外作業

1) 木の選定

(1) 破壊調査する木を決める

現地の優占種を中心に、*DBH*（測定可能ならば *DBH* と *H*（樹高）の両方）を基準として、最大クラスの木から *DBH* が 5 cm 程度の木までを選定する。特に最大クラスの木の詳細データは、アロメトリ式の精度に大きな影響を与えるので、複数本選定することが望ましい。

アロメトリ式の作成に必要なサンプル木の総数は、少なくとも 20-30 である。個体数が多ければ推定精度の高いアロメトリ式が作成可能となる。破壊調査には費用と時間がかかるが、調査を進める中で、作業員の熟練度も上がる。そのため、サンプル木は少し多めに選定しておき、調査を進めながら費用と時間を勘案して数を調整することもできる。

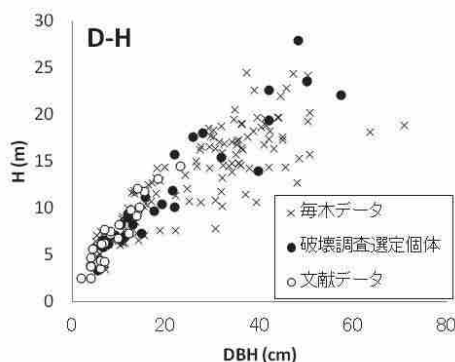


図1 D-H 関係を利用した破壊調査木の選定

図1に、利用可能な現地の森林の木のサイズデータ（*DBH* と *H*）を基準に、破壊調査のサンプル木を選定した例を示す。文献や既存のデータを利用し、標準的な木のサイズやサイズのバラツキを把握したうえで破壊調査木を選ぶ。もし参考にできるデータが無い場合は、毎木調査をおこなって破壊調査木を選ぶ。

TIPS

野外作業は雨の日を避けておこなう。風の強い日は落枝などがあり、危険である。

TIPS

現場での作業の安全性や重機の到達し易さも、破壊調査木を選ぶ重要な基準である。

(2) 樹冠幅の測定

木が倒れた時の衝撃で樹冠が壊れるので、樹冠幅は伐採前に測定する。長径とそれに直交する直径を測定する。

(3) 地際位置の印付け

伐採後は、地際位置が分かりにくくなることもあるため、事前に根株に印を付ける。

2) 地上部の解体と生重の測定

(1) 選定木の伐採

チェーンソーで伐採する。チェーンソーのオペレーター以外の作業者は、伐採の開始前に安全な場所を確保し、作業中は、常に木の倒れる方向に注意する。

(2) 根株の高さ測定（写真5）

地際高を0（ゼロ）として、伐採した幹の根株の高さを測定する。



写真5 根株の高さの測定



写真6 主幹への印付け

(3) 主幹の決定（写真6）

幹が分かれているときは、より高く、太く、生きている方を主幹とする。50 m メジャーを使って、地際から幹に沿って1.3 m の位置と、そこから幹の先端に向かって2 m 間隔にチョークで印をつける。2 m 間隔とするのは、それ以上長くなると幹の重量が大きくなり、

用意したばかり（本マニュアルでは 300 kg を想定）では測定できない可能性があるためである。したがって、はかりの許容量によって長さを変えることも可能である。なお、メジャーを幹に沿わせて測った幹の長さは、H よりも大きい場合がある。



写真7 印を付けた位置の幹周の測定



写真8 枝の主幹からの切り離し

(4) 幹の周囲長の測定（写真7）

スチールメジャーを使って、チョークで印をつけた位置の幹周を測定し、記録する。生枝下高と生枝下の幹周を測定し記録する。野外調査後のデータ整理の時に、幹周を幹直径に換算する（ $DBH = GBH \div \pi$ ）。

(5) 幹と枝の分離（写真8）

チェンソーと手ノコを使って、全ての枝を葉が付いたまま、幹から切り離す。細い幹は枝と間違えやすいので、枝と幹が混ざらないように離して置く。



写真9 葉と枝の切り分け作業



写真10 葉の生重の測定

(6) 枝と葉の切り分け（写真9）

枝と葉をブルーシートの上で分ける。ブルーシートの上で仕分けると、作業終了後にブルーシートを折りたたむことで散らばった葉や小枝を簡単に回収でき、便利である。

(7) 葉と枝の生重の測定 (写真 10、11、12)

葉の生重と枝の生重を、バネばかりでそれぞれ測定し記録する。測定時に使用した風袋やロープの種類を記録する。葉や枝の総量が多い場合は、小分けにして測定し、後で個々の重量を足し合わせて総重量を求める。

生重の測定が終わった葉と枝は、日陰で別々に集めておく。

TIPS

葉は乾きやすいので、枝よりも先に測定する。



写真 11 枝の生重の測定



写真 12 生重計量後の葉と枝サンプル

(8) サブサンプルの採取

枝と葉のそれぞれから、一部をランダムに取り出して乾重計算用のサブサンプルを作る。

サブサンプルは生重を測定し、測定に用いた風袋の種類とともに記録する。サブサンプルは、伐採木番号とサンプル名を書いた袋に入れる。

生重測定後のサブサンプルは、全ての作業が終わるまで蒸れないように日陰で風乾させる。

(9) 幹の玉切り (写真 13)

幹に付けた印の部分 (1.3 m 高、および 2 m ほどの高さ) でチェーンソーを使って玉切りする。

切り分けた後、玉切りした幹サンプルの底面に個体番号と切断面の高さをチョークで書き入れる。ナンバーテープを用いて識別しても良い。



写真 13 玉切り



写真 14 重機を用いた主幹の生重の測定



写真 15 人力による主幹の生重の測定

(10) 幹の生重の測定 (写真 14、15)

玉切りした幹の重量を、重機と 300 kg バネばかり、スリングを使って測定する。玉切りしたサイズでも幹が重すぎる場合は、更に幹を細かく分け、重機で一つ一つ測定する。細い幹や短い幹の重量は、人力でも測定できる。

(11) 幹の乾重計算用のサブサンプルの採取 (写真 16)

幹のサンプル（ディスクサンプル）を採取し、生重を測定する。厚さ 5 cm のディスクのサンプルを一定の間隔で幹から採取する。ディスクサンプルごとに伐採木番号と地上高（1.3 m 高、3.3 m 高など）を書き入れる。ディスクサンプルごとに生重を測定し、記録する。風袋を使った場合は、風袋の種類を記録する。



写真 16 ディスクサンプル

4) 地下部の解体と生重の測定

(1) 根株の掘り出し (写真 17)

エクスカベーターを用いて、根株周辺を掘り取り、根株を取り出す。重機の作業中は非常に危険なので、アームの作業半径の中に立ち入らない。作業開始前に全員にこの事を徹底して、安全な作業ができるようにする。

TIPS

小個体の場合は、エクスカベーターで根株周辺を掘り、木を押し倒すこともできる。



写真 17 エクスカベーターによる掘り取り



写真 18 根株の掃除

(2) 根株から土の除去 (写真 18)

掘り出した根株は、足場の良い所へ移動し、土を取り除く。土の除去が不十分だと根の重量を過大に見積もることになるので、注意が必要である。

(3) 地際周囲長の測定 (写真 19)

スチールメジャーを使って地際周長を測定し、記録する。

(4) 地上部と地下部の分離 (写真 20)

チェンソーを使って、根株を地際線の上と下で切り分ける。地際上部分は地上部、地際から下の根株や根は地下部とする。両サンプルの生重と、測定時に用いたスリングなどのロープの種類を記録する。



写真 19 地際周囲長の測定箇所の確認



写真 20 根株の地上部と地下部への切り分け

(5) 大きな根の回収 (写真 21、22)

地中に残っている根を探すため、伐倒木の根株の周囲の土を掘り起こす。一般的に、根の多くは樹冠投影面積の範囲にあるので、掘り取り範囲の参考にとすると良い。調査個体と隣接個体の樹冠面積の範囲が重なる場合は、両個体の幹直径のサイズから案分して掘り取り範囲を決める。土壌条件によっては、主根が地中深く伸びている場合がある。掘り返した土から根を取り出す。掘り取った土の中に他の樹種の根が混じっている場合は、根の樹皮の色などから判断して取り除く。掘り出した根は、根に付いた土を丁寧に取り除き、ブルーシートの上に集める。



写真 21 大きな根の掘り出し



写真 22 土を取り除かれた根のサンプル

TIPS

大きめのブルーシートは、風呂敷のように使うことによって、サンプルの重量測定まで可能なので便利である。

(6) マウンドの作成 (写真 23)

野外調査の場合、注意深く採取したとしても、根の取り残しが必ずある。特に大径木で取り残し量が多くなる傾向がある。したがって、より正確な地下バイオマスの値を得るために、取り残した根の量を推定して補完する。根の周りの土を用いてマウンドを作り、そこに含まれる根の量を推定する方法を取る。エクスカベーターを用いて根の周りの土を混ぜ、取り残しの根を土壤中に均一にした後、穴の外に出して均し、マウンドを作る。マウンドにした土の容積を測定しやすいように表面を平らにして形を整える。



写真 23 マウンドの作成



写真 24 マウンドの測量

(7) マウンドの容積計算 (写真 24)

マウンドの容積を計算するためにマウンドの上面と底面の面積と高さを測定する。この作業は次に行うサンプルプロットからの根の重量をマウンド全体に拡張する際に必要である。

マウンド上面と底面の面積算出のための測定位置は、マウンドの形状によって異なる。

- i) 楕円形：長径と短径
- ii) 台形：長辺、短辺、台形の高さ
- iii) 長方形：2 辺

マウンドの高さ（図 2 の破線）は 4-5 箇所で計測する。

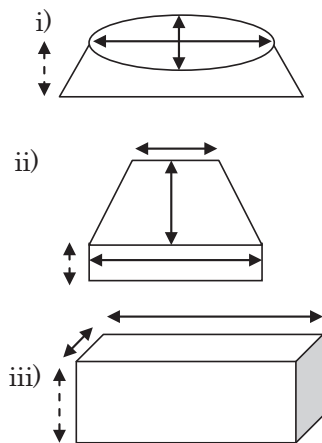


図 2 マウンドの上面面積のための測定箇所 (実線) と、高さの測定位置 (破線)

(8) マウンドでのサンプル採取準備 (写真 25)

マウンド中の根を全て回収するのは大変な労力を要するので、その一部から採取した根の量とマウンド容積からマウンド全体の根を推定する。マウンド上面に $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ のサンプルプロットを作り、高さを測る。マウンドの大きさに応じてサンプルプロットは複数箇所つくる。マウンドの面積が広いときはサンプルプロットの数を増やす。サンプルプロットの高さを計測し記録する。

(9) サンプルプロットからの根の採取 (写真 26)

サンプルプロット内の土から、細かい根も含めて根を丁寧に集める。破壊調査木以外の木の根や草の根は捨てる。採取した根の生重を測定する。その際、風袋の種類を忘れずに記録する。



写真 25 サンプルプロットの設置



写真 26 サンプルプロットからの根サンプルの採取

(10) 重量測定のためのサブサンプル採取

地下部のサンプルから、サブサンプルを採取する。地下部のサブサンプルは、根株の地際よりも下の部分、太根、マウンドのサンプルプロットの根から、各部分の重量のバランスを考慮して選ぶ。サブサンプルの生重を測定し、風袋の種類を記録する。

段階3. 屋内作業

1) 乾燥作業

(1) サブサンプルの乾燥 (写真 27)



写真 27 サンプルの保管

採取したサブサンプルを速やかに研究室へ持ち帰り、乾燥させる。送風型乾燥器が使えない場合は、サブサンプルを風乾させる。

風乾中にサンプルにカビが生えないように、保管場所の通気に気をつける。

最も重いサブサンプルの重さを時々測定し、重量が変わらなくなったら全てのサブサンプルの風乾重を測定し、それぞれの風袋を記録する。

(2) 送風型乾燥器による乾燥

送風型乾燥器が使える場合、サブサンプルを絶乾させる。

乾燥作業は、設定温度 70～90℃で 72 時間以上おこなう。それぞれのサブサンプルの乾重を測定し、記録する。

サンプルを他国に運ぶ場合は、輸出国、輸入国の法律に則った輸出入の手続き書類を準備する。その際は、以下の点に注意が必要である。

- サンプルを他国に運ぶ場合は、サンプルに付いた土、虫、菌などを丁寧に落としておく。特に根は水でよく洗い、風乾させた状態で持ち帰る。サンプルを入れる袋は土の付いていない綺麗なものを使用する。
- 十分に風乾させたサンプルは、輸入禁止品を除き、日本に持ち込むときに許可は不要である。輸入検査の際、植物検疫官からサンプルの植物種名、器官（幹か根か葉かなど）、利用目的などについて質問を受けるので事前に情報を準備しておく。

2.3 データの計算例

野帳に記録したデータと実験室サンプルの乾重を用いて、個体（木）全体のバイオマス（乾重）を計算する。次に乾重を炭素に換算する。

■個体の乾重への換算

サブサンプルの生重と乾重の比を使って、各器官の生重を乾重へ換算する。

$$\begin{aligned} & \text{器官のバイオマス (kg)} \\ & = (\text{器官の生重}) \times (\text{サブサンプルの乾重}) / (\text{サブサンプルの生重}) \end{aligned}$$

地下部は、掘り出した地下部バイオマス（根株の地表面から下の部分と掘り出した土から採取した根）と、取り残した地下部バイオマスを推定した分（マウンド上のサンプリングプロットで採取した根から換算）を合わせて、地下部バイオマスとする。取り残した地下部バイオマスの推定方法は次項で述べる。

野帳に記載したサブサンプルの生重と乾重から、それぞれの風袋重を引き、サブサンプル重を計算する。

計算例

・サブサンプルの重量から、各器官の乾重 / 生重を計算する

$$\begin{aligned} \text{幹} & \rightarrow 4.74 \div 7.655 = 0.619 \\ \text{枝} & \rightarrow 1.568 \div 2.555 = 0.614 \\ \text{葉} & \rightarrow 0.398 \div 1.205 = 0.330 \\ \text{地下部} & \rightarrow 1.78 \div 2.555 = 0.697 \end{aligned}$$

・各器官のバイオマスを計算する

$$\begin{aligned} \text{幹バイオマス} & = 2823.750 \times 0.619 = 1747.9 \\ \text{枝バイオマス} & = 520.300 \times 0.614 = 319.5 \\ \text{葉バイオマス} & = 78.640 \times 0.330 = 26.0 \\ \text{地下部バイオマス} & = (742.750 + 61.291) \times 0.697 = 560.417 \end{aligned}$$

※風袋重 (kg) (参考例)

スリング 1.0 m, 0.9; スリング 1.5 m, 1.35; ブルーシート S, 0.5; ブルーシート L, 4.5; ビニール袋 L, 0.09; ビニール袋 S, 0.045; 紙袋, 0.02; ロープ, 0.01 未満。

■取り残し分を推定した地下部バイオマス

まずマウンド容積を計算する。次にサンプリングプロットから採取した根のバイオマスを、サンプリングプロットの土の容積とマウンド土の容積の比にかけることで、マウンド全体にあると推定される根バイオマスを計算する。

計算例

$$\begin{aligned}\text{楕円柱形のマウンド土の容積 (m}^3\text{)} &= (\text{楕円の面積 m}^2\text{)} \times (\text{平均マウンド高 m}) \\ &= (9.0 \text{ m}^2) \times (0.517 \text{ m}) = 4.653 \text{ m}^3\end{aligned}$$

ここでは1つのマウンドに2個のサンプリングプロットを設置したので、

$$\begin{aligned}\text{マウンド全体の根の生重 (kg)} &= (\text{サンプリングプロットから採取した根の生重 kg}) \\ &\times (\text{マウンド土壌容積 m}^3 / \text{サンプリングプロット土壌容積 m}^3) \\ &= (6.581 \text{ kg} + 7.031 \text{ kg}) \times (4.653 \text{ m}^3 \div [0.517 \text{ m}^3 + 0.517 \text{ m}^3]) = 61.291 \text{ kg}\end{aligned}$$

■バイオマスから炭素への換算

それぞれのバイオマスに0.47（2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories）をかけて炭素に換算する。

3. 付属資料

ここでは、これまでに解説してきた破壊調査手法について、現場でその手順が漏れること無くできているか確認できるチェックリストとフローシートを示す。

3.1 チェックリスト

	Yes	No	
1.	☐	☐	木のサイズに関する全データが野帳に記録されているか？ (たとえば樹高・幹周囲長・樹冠径) もし記録されていない場合は、その理由を備考に記す。
2.	☐	☐	全ての重量と風袋の種類が野帳に記録されているか？
3.	☐	☐	風袋は種類別に重さが計られているか？
4.	☐	☐	サンプルの国外持ち出しに必要な書類は準備されているか？
5.	☐	☐	サンプルは十分に風乾されているか？
6.	☐	☐	サンプルには土や虫、カビ、その他の生物が付着していないか？
7.	☐	☐	根のサンプルは洗って土を落としてあるか？
8.	☐	☐	サンプルを包む袋はきれいか？
9.	☐	☐	サンプルの量（箱の重量を含む総重量や、箱の数など）は輸出許可されている量と一致しているか？
10.	☐	☐	サンプルの樹種は輸入国に持ち込みが許可されている樹種か？

3.2 調査フローシート

【野外調査のフローシート】

その1 伐採木の選定と伐採前の測定

木の選定

- 優占種から選ぶ
- DBHのサイズ分布を参考に、サイズクラスが最大から最小のものまで選定する

胸高直径 DBH (可能なら樹高 H も) を測定する

樹冠幅を測定する

根株の地際位置に
チョークで印を付ける

その2 地上部バイオマス (幹・枝・葉) の生重の測定

選定した木を切り倒す

根株の高さを測定する

切り倒した幹に印をつける
• 地際から 1.3 m 地点
• 1.3 m 地点から 2 m ごと

生枝下高を測定する

印を付けた位置の幹の周囲長を測定する
生枝下高の位置の幹の周囲長を測定する

幹から枝を切り離す

ブルーシートの上で枝と葉を切り分ける

枝と葉の生重をそれぞれ測定する

枝と葉からそれぞれサブサンプルを採取する
それぞれのサブサンプルの生重を測定する

幹を玉切りする
• 幹に印を付けた位置で切る

玉切りした幹の生重を測定する

一定間隔の高さの部位から幹のサブサンプル
(ディスクサンプル) を採取し、それぞれの
生重を測定する

その3 地下部バイオマス（根株・根）の生重の測定

根株の周辺をエクスカベーターで掘り、根株を掘り取る
・作業中は重機の作業半径の中に入らない

クワを使って根株に付いた土や石を落とす

地際の周囲長を測定する

根株を地際で切り分ける

地際線を基準に、根株の地上部と地下部の生重を測定する
・地際から上は幹（AGB）
・地際から下は根（BGB）

根が広がっている範囲を掘り起こし、大きい根を取り出す

大きい根の土を落とし、生重を測定する

掘り出した土を均してマウンドを作る

マウンドの大きさを測定する（面積、高さ）

マウンドにサンプルプロット（面積 1 m × 1 m）を作る
・サンプルプロットの高さを測定する

サンプルプロット内の根を丁寧に採取し生重を測定する

地下部サンプルからサブサンプルを採取し生重を測定する
・大きい根、地際より下の根株、マウンドの根から採取し
一つにまとめたものを「地下部のサブサンプル」とする

【室内作業のフローシート（乾燥作業）】

調査国で熱風乾燥器が使用できるか？

NO

YES

全てのサブサンプルを熱風乾燥機で絶乾させる
設定温度70-90℃、乾燥時間72時間以上

サブサンプルの絶乾重を測定する

サンプルを風乾させ、サンプルを輸出するための書類を準備する
 • 根サンプルは水で洗った後に風乾させる
 • 調査国関係機関が求める申請書を提出する

サブサンプルを日本へ送る

3.3 野帳の記入例

破壊調査で得られたデータは、共通したデータ記入シートに書き入れることによって、現場での測定漏れならびに記入漏れを防ぐことができる。

3.3.1 地上部バイオマスの野帳記入例

Example	Tree No. 3	page 1/2	
調査年月日 date	22-Dec-2010	樹高H (m) Tree height	22.6
Species	<i>Terminalia tomentosa</i>	胸高幹周Girth (cm) Girth breast height	131.9
調査地 Location name	Kasile tower site	伐採位置の高さHeight(m) Height of cut height	0.57
計測者 Surveyor	Monda	主幹下節高(L)(m) Height of the lowest living branch	15.5
		生枝下節高 (cm) Girth of the lowest living branch	76.8
		樹冠幅 (m) Crown width	9.3

		No.	下端高さ	下端樹周長	Base side	Base side	Fresh weight	Remarks	Tare
					sampling Height(m)	Girth(cm)	with tare(kg)		
Aboveground Biomass	Stem	0	0			157.0	157		slng(1m+1.2m)
		1	0.3			151.7	240		slng(1m+1.2m)
		2	1.3			144.0	379		slng(1m+1.2m) ×2
		3	3.3			143.0	384		slng(1m+1.2m) ×2
		4	5.3			133.0	345		slng(1m+1.2m) ×2
		5	7.3			118.0	266		slng(1m+1.2m)
		6	9.3			110.0	240		slng(1m+1.2m)
		7	11.3			99.0	231		slng(1m+1.2m)
		8	13.3			98.5	171		slng(1m+1.2m)
		9	15.3			94.1	156		slng(1m+1.2m)
	Large size branches	10	17.3			76.5	119		slng(1m+1.2m)
		1					55		rope
		2					39		rope
		3					33		rope
		4					18		rope
	Small branches	5							
		1					49		tarpaulin(L)
		2					21.5		tarpaulin(S)
		3					44.5		rope
		4					41		rope
		5					41.3		rope
		6					42		rope
		7					44.5		rope
		8					41.5		rope
		9					35.5		rope
	Leaves	10					19.5		rope
		1					3.9		plastic bag(L)
		2					3.0		plastic bag(L)
		3					1.0		plastic bag(L)
		4					2.3		plastic bag(L)
		5					5.3		plastic bag(L)
		6					4.5		plastic bag(L)
		7					5.8		plastic bag(L)
		8					5		plastic bag(L)
		9					6.0		plastic bag(L)

Subsample		22-Dec-2010		5-Jan-2011		6-Feb-2011	
		Fresh weight with tare(kg)	Tare	Air-dry weight (kg)	Over-dry weight (kg)	Tare	
Stem	H 1.3	7.65	plastic bag(S)	5.55			
	H 9.3	4.7	plastic bag(S)	5.84	4.76	paper bag	
	H 17.3	4.5	-	5.29			
	H 25.3	0.2	-	0.0128			
Large size Branches		incl. small size branches					
Small size Branches		2.6	plastic bag(S)	1.93	1.5879	paper bag	
Leaves		1.25	plastic bag(S)	0.47	0.4177	paper bag	

3.3.1 地上部バイオマスの野帳記入例（つづき）

Tree No. 3				page 2/2
調査年月日 date	22-Dec-2010	樹高計 (m) Tree height	22.6	
Species	Fernandina tomentosa	最低測定高 (cm) Girth breast height	13.0	
調査地 Location name	Krator tower site	伐採位置の高さ (cm) Height of cut height	10.57	
計測者 Surveyor	Monda	主幹下高 (m) Height of the lowest living branch	70.2	
		樹冠幅 (m) Crown width	9.3	

		Base side		Base side		Fresh weight		Remarks	Tare
		sampling Height(m)		Girth(cm)		with tare(kg)			
		No.	下端高さ	下端周長					
Aboveground Biomass	Stem	0	19.3	56.0		89			bag(1.5m)
		1	21.3	41.0		51			bag(1m)
		2	23.3	24.0		21.5			rope
		3	25.3	7.8		8		incl. tip of stem	rope
		4	27.3						
		5							
		6							
		7							
		8							
		9							
	Large size branches	1							
		2							
		3							
		4							
		5							
	Small branches	1							
		2							
		3							
		4							
		5							
	Leaves	1				3.8			plastic bag(L)
		2				5.0			plastic bag(L)
		3				2.7			plastic bag(L)
		4				2.4			plastic bag(L)
		5				5.0			plastic bag(L)
		6				7.45			plastic bag(L)
		7				5			plastic bag(L)
		8				1.6			plastic bag(L)
		9				5			plastic bag(L)
		10							

Subsample	Fresh weight		Tare	Air-dry weight		Oven-dry weight		Tare
	with tare(kg)			(kg)		(kg)		
Stem								
Large size Branches								
Small size Branches								
Leaves								

3.3.2 地下部バイオマスの野帳記入例

Example

Tree No. 7

page 1/1

調査年月日 date	19-Nov-2011	地盤幹周(G _g (cm) Girth of ground level(height=0m)	188
Species	Shorea siamensis 計測者 Surveyor Honda		

Belowground biomass	Stump and large roots	No.	Fresh weight with tare(kg)	Remarks	Tare
		1	183	stump	ding(1m+1.5m)
		2	144	root	ding(1m+1.5m)
		3	114	root	ding(1m+1.5m)
		4	181	root	ding(1m+1.5m)
		5	132	root	ding(1m+1.5m)
		6			
		7			
		8			
		9			
	10				
	Mound roots	1	16,3		garpaule(S)
		2			garpaule(S)
3					

Mound roots

Area	Shape	Side length or diameter(m)
Mound1	elliptical	3,7 x 3,1
Mound2		
Mound3		
Height	Height of the mound(cm)	
Mound1	elliptical	50, 55, 50
Mound2		
Mound3		

Subsample	19-Nov-2011		12-Feb-2011	9-Mar-2011	
	Fresh weight with tare(kg)	Tare	Air-dry weight (kg)	Over-dry weight (kg)	Tare
Roots and stump	2,6	plastic bag(S)	2,2	1,8	paper bag



発行日	平成 28 年 3 月 10 日
発行	国立研究開発法人 森林総合研究所 REDD 研究開発センター
執筆者	門田 有佳子（国立大学法人 宮崎大学） 清野 嘉之（国立研究開発法人 森林総合研究所）
企画・構成・編集 本書の引用記載	佐藤 保・高橋 正義 門田 有佳子・清野 嘉之（2016）REDD-plus Cookbook Annex. 調査マニュアル Vol.2. バイオマス測定のための破壊調査法 （研）森林総合研究所 REDD 研究開発センター，26pp.