

# マラウイ国における森林資源 マッピングプロジェクト

志水信雄<sup>\*1</sup>・富村俊介<sup>\*2</sup>・古谷 透<sup>\*3</sup>・カムソコ カレジ<sup>\*4</sup>

## 1. はじめに

近年、国際的な課題である地球温暖化に関して、温室効果ガス（GHGs）排出量の18%を占める土地利用変化に起因するGHGs排出量を削減するために、REDDプラス（途上国における森林減少・劣化に由来する排出の削減、森林保全、持続可能な森林経営、森林炭素蓄積量の強化）を始めとする開発途上国を対象とした森林保全プログラムが注目されている。

日本政府は2008年の第4回アフリカ開発会議（TICAD IV）でのアフリカ諸国の気候変動対策等における取り組み強化の表明に基づき、マラウイにおいて環境プログラム無償資金協力「森林保全計画」を実施している。

その森林保全計画のサブプロジェクトである森林資源マッピングプロジェクトを、マラウイ森林局をカウンターパート機関として、2011年5月～2012年11月に実施し、①森林資源情報の整備、②GIS・衛星画像処理の機材供与、③それらの機材を利用したGISデータ構築技術の能力向上を目的とした取り組みを実施した。

それらの活動および成果報告を紹介するとともに、今後のマラウイ国の森林保全・管理への取り組みに対してさらなる推進の必要性および課題等を記す。

## 2. マラウイの位置

マラウイは南アフリカ地域に位置し、タンザニア、モザンビーク、およびザンビアに囲まれる内陸国である（図1）。国土面積（118,484km<sup>2</sup>）の約80%が陸域であり、その他の大部分はマラウイ湖が占めている。また、地形的な特徴としてマラウイ湖やシレ川渓谷に沿って南北に渡るアフリカ大地溝帯の一部を構成している。

## 3. マラウイの森林の概況

マラウイは、タンザニアからアンゴラまで東西方向に広域に分布するミオンボ林帯に位置している。ミオンボ林（写真1）はマメ科ジャケツイバラ亜科の *Brachystegia*, *Julbernardia*, *Isoberlinia* 各属が優占する疎開林である。農村人口の96%がミオンボ林から得られる薪炭材や木材、非木材林産物に依存して生活を営んでいる<sup>1)</sup>。国土の約1割を占める森林保護区（88か所、約920万ha）が設置されているが、電力不足による薪炭材の過剰生産や農地拡大により、森林保護区内の森林が違法伐採され森林減少の一途をたどっている。

## 4. 森林資源マッピングプロジェクトの概要

### 4.1. プロジェクト目標

本事業のプロジェクト目標は、次のとおりである。

Nobuo Shimizu, Shunsuke Tomimura, Toru Furuya, Kamusoko Courage : Forest Resource Mapping Project under the Japanese Grant for the Forest Preservation Programme to the Republic of Malawi

アジア航測株式会社 海外事業部, プロジェクト担当 <sup>\*1</sup>チームリーダー, <sup>\*2</sup>森林インベントリ, <sup>\*3</sup>画像処理, <sup>\*4</sup>GIS・データベース

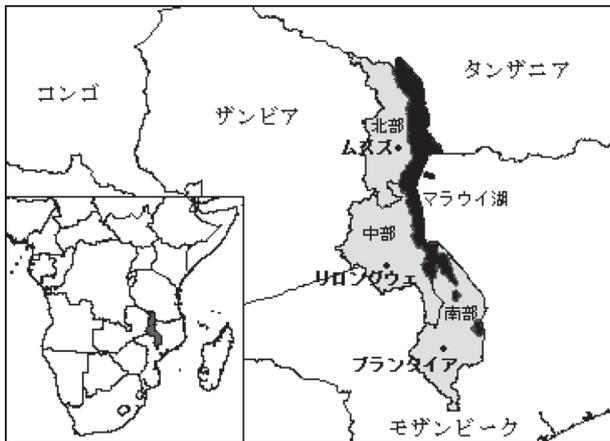


図 1 マラウイの位置図 (Data and Maps for ArcGIS を編集)



写真 1 ミオンボ林

1. マラウイ全土を対象とした3時期 (1990年, 2000年, 2010年) の土地利用・被覆図の作成および時系列的な土地利用・被覆変化の評価
2. 森林減少リスク地域の抽出および将来の森林被覆変化の予測
3. マラウイ全土を対象とした森林分類現況図 (2010年) の作成
4. 17か所の森林保護区の森林バイオマス量と森林炭素蓄積量の測定および森林図 (縮尺 1:50,000) の作成
5. 森林局の職員を対象とした森林インベントリや GIS・衛星画像処理に関する能力開発の実施

#### 4.2. 全国レベルの土地利用・被覆図と森林分類図の作成

本事業では効果的な森林保全・管理活動の実施に向けて、地域的な森林減少の傾向や特性を把握するため、1990年から現在までのマラウイ全土の土地利用・被覆図を整備した。土地利用・被覆図の作成では、将来の土地利用・被覆起源の温室効果ガス排出・吸収量の算定を見据え、「IPCCガイドライン (2006)」および「土地利用・土地利用変化及び林業 (LULUCF=Land Use, Land-Use Change and For-

表 1 衛星画像分類に使用した衛星画像

時期	衛星画像	地上解像度
1990年	Landsat TM	30m
2000年	Landsat ETM+	30m
2010年	ALOS AVNIR-2	10m

estry) に係るグッドプラクティスガイダンス (IPCC-GPG (2003)) に定められた6つの土地利用カテゴリー (森林, 農地, 草地, 湿地, 開発地, その他の土地) による3時期 (1990年, 2000年, 2010年) のLULUCF図を作成した。

さらに2010年については、森林炭素蓄積量の算定に向けて、LULUCF図 (2010年) の森林域を対象としてマラウイの代表的な9つの森林カテゴリー (常緑林, ミオンボ林, ユーカリ植林, マツ植林, グメリナ植林, ゴム植林, アブラギリ植林, その他植林, 伐採地) で森林域を層化し、森林分類図を作成した。

##### 4.2.1. LULUCF図の作成

3時期 (1990年, 2000年, 2010年) のLULUCF図の作成では、表1に示す衛星画像を用いて画像分類した。分類手法については既存の土地利用・被覆データや地上検証 (グラントゥルス) データの整

表 2 LULUCF 図の作成に使用した衛星画像分類手法

時期	画像分類手法	既存の土地利用・被覆データ	地上検証データ
1990年	既存の土地利用・被覆データのLULUCFカテゴリへの再分類	○	×
2000年	1990年と2000年のLandsat画像の目視判読、及び両時期のNDVI（正規化植生指数）画像の比較を用いた1990年LULUCF図の更新	×	×
2010年	ALOS AVNIR-2画像のスペクトル分類及び目視判読	×	○（874点）

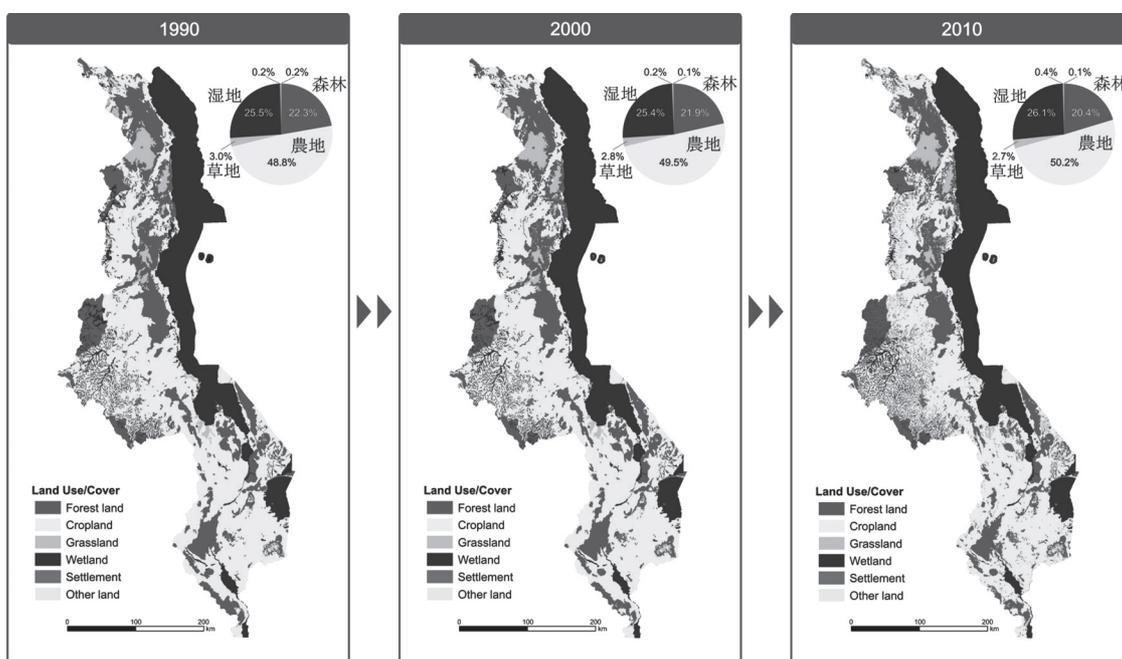


図 2 3 時期（1990 年，2000 年，2010 年）の LULUCF 図

備状況に応じて、表 2 に示す異なる分類手法を用いた。また、本事業では全国的な地上検証調査を実施し、異なる土地利用・被覆区分や森林区分から合計 874 点の地上検証データを取得し、衛星画像分類を行った。

作成された LULUCF 図によると、「農地」、「湿地」、「森林」が国土の大部分を占めていた（図 2）。

また 3 時期の LULUCF 図の比較から、1990 年から 2000 年にかけて農地の拡大に伴う森林減少がみられた。1990 年において「農地」と「森林」はそれぞれ 48.8%、22.3% を占めていた。続く 2000 年では、「農地」は 49.5% まで拡大し、「森林」は 21.9% まで微減した。さらに、2010 年においては「農地」は 52.2% まで拡大し、「森林」は 20.4% まで減少した。



写真 2 ミオンボ林内の火災跡地

土地利用・被覆変化解析の結果、「森林→農地」、「農地→森林」、「湿地→農地」、「森林→湿地」、「湿地→森林」が優勢な土地利用・被覆変化パターンであった。また、「1990～2000年」には緩やかな森林減少（50 km<sup>2</sup>/年）であったが、「2000～2010年」においては高い森林減少（179 km<sup>2</sup>/年）へと加速した。「2000～2010年」の森林減少は、農地や居住地の拡大、木炭や木材生産などの非持続的な森林利用および森林火災（写真2）への不適切な管理に起因する。

#### 4.2.2. 森林分類図の作成

森林分類図の作成では、まず2010年のALOS画像を用いて2.5m解像度のパンシャープン画像（多バンドのマルチスペクトル画像（ALOS AVNIR-2）と高解像度のパンクロマチック画像（ALOS PRISM）を組み合わせた多バンドの高解像度画像）を作成し、全国から取得した地上検証データと比較し、パンシャープン画像の画像判読を行い、2010年の森林域を9つの森林カテゴリーに分類した。森林分類の結果、森林域の大部分（92.4%）がミオンボ林であり、その他は常緑林：2.6%、マツ植林：3.4%、ユーカリ植林：1.1%が占めていた。なお、ミオンボ林総面積の57%は森林保護区内に分布することが明らかになった。

#### 4.3. 森林被覆変化トレンド解析

作成した3時期（1990年、2000年、2010年）のLULUCF図および標高、土壌、道路網、人口密度、天水農地といった土地利用・被覆の誘因変数を用いて森林減少リスク解析を実施した。さらに、BAU（Business As Usual）シナリオ（現状維持で現在の森林変化傾向が将来まで継続すると仮定）のもとで、森林被覆変化の将来予測をした。本解析ではMCA（Markov-cellular automata）モデルを空間的なシミュレーションのために用いた。

森林減少リスク解析の結果、北部では、Nkhata Bay, Rumphu, Mzimba郡、中部では、Kasungu郡のKasungu国立公園やChimaliro森林保護区およびNkhotakota, Dzalanyama森林保護区、Dedza郡やNtcheu郡の西部域、南部では、Mangochi, Machinga, Zomba, Neno, Mulanje, Chikwava, Nsanje郡において森林減少リスクが高いことが分かった。

全国的な特徴として森林減少リスクは「道路からの距離」や「森林減少域からの距離」と関連性が強く、幹線道路や森林減少域に近いほど森林減少リスクが高いことが分かった。さらに、都市（リロングウェ、ブランタイア）近郊においては、人口密度と森林減少リスクに強い関連性がみられた。これは都市部の42%の住民が日常的に木炭を使用しており<sup>1)</sup>、都市近郊の森林からの薪炭材の違法伐採によるものと推察される。

BAUシナリオ下で森林被覆変化の将来予測をした結果、マラウイ全体で将来的に森林域は減少傾向にあり、非森林域は増加傾向にあるという結果となった（図3）。

#### 4.4. 17の森林保護区を対象とした森林バイオマス調査および森林図の作成

森林局の要請により、88か所ある森林保護区のうち優先度の高い9県17か所（北部5か所、中部5か所、南部7か所）の森林保護区の森林バイオマス調査を実施した。調査に先立ち、森林バイオマス調査ならびに森林生体バイオマス（地上部（AGB）+推定地下部（BGB））・炭素蓄積量推定マニュアルを作成し、これに基づき各県の森林管理官ならび

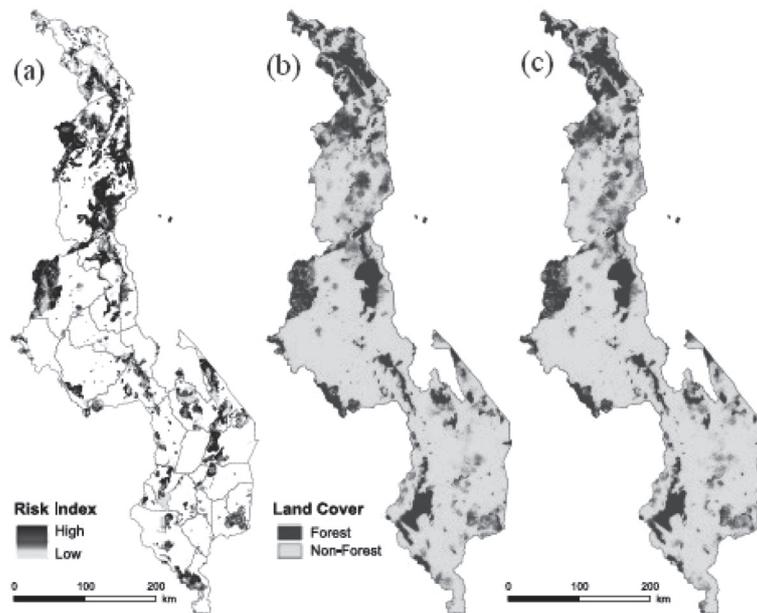


図3 森林減少リスクマップと森林被覆変化の将来予測結果  
(a: 森林減少リスクマップ, b: 将来予測 (2015年), c: 将来予測 (2020年))

に本調査の協力機関であるムズズ大学、ブンダ大学およびマラウイ森林研究所 (FRIM) の47名に、調査手法の共有化を目的としたワークショップを開催した。

森林バイオマス調査は、2011年9月から11月にかけて実施し、合計278地点に設置した二重円形プロット (小円: 面積0.01ha内のDBH5-20cmの全木, 大円: 面積0.1ha内のDBH20cm以上の全木) 内で測定した3,999本の樹種名を特定し、DBH, 樹高, 枝下高, 樹冠径の測定を行うことで、森林バイオマス量, 森林炭素蓄積量ならびにCO<sub>2</sub>吸収 (排出) 量を推定した。

森林炭素蓄積量の推定に当たり、2種の一般アロメトリー式と3種のミオンゴ林を対象とした地域固有式の適用可能性について検討した結果、一般アロメトリー式からChave *et al.* (2005) モデルを採用した。現地調査の結果、Nkuwazi森林保護区は常緑林 (主要優占樹種: *Pachystela brevipes*, *Erythrophleum suaveolens*) であるため、年間降雨量を考慮し、同モデルのTropical moist forest式を、また、

ミオンゴ林である残り16か所はTropical Dry forest式を適用した。マツ, ユーカリ造林地はIPCC-GPG (2003) の一般式を, BGBの推定値については, Cairns *et al.* (1997) モデルを適用した。

森林バイオマス量の推定結果, バイオマス密度は、北部地域のKaning'inaならびNkuwazi森林保護区で227t/ha, 310t/haと高く、他の保護区は50~100t/haを示した。図4は森林炭素蓄積総量である。中部のDzalanyama保護区, 南部のNamizimu保護区では300万t Cに及ぶ炭素蓄積量があり、一方北部のChisasira, Kawiya保護区や中部のNgara, Kongwe保護区では6万t Cに満たない蓄積量であった。

最後に分子比を用いてCO<sub>2</sub>排出量を推計した。人為的要因による森林減少が上記4.2.1で算出したペースで進行すると、急速に森林減少が進むRuvuo (3,043t CO<sub>2</sub>/年), Ngara (2,805t CO<sub>2</sub>/年), Malosa (5,446t CO<sub>2</sub>/年) 等の森林保護区で毎年カッコ内の数量のCO<sub>2</sub>が大気に放出しているという結果となった。

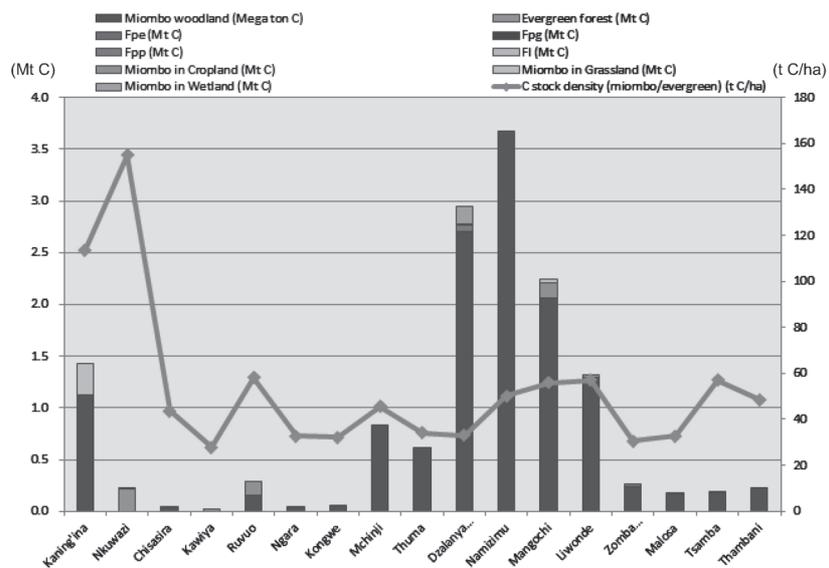


図 4 森林 9 区分ごとの森林炭素蓄積総量 (Mt C) とミオンボ・常緑林の炭素蓄積密度 (t/ha)

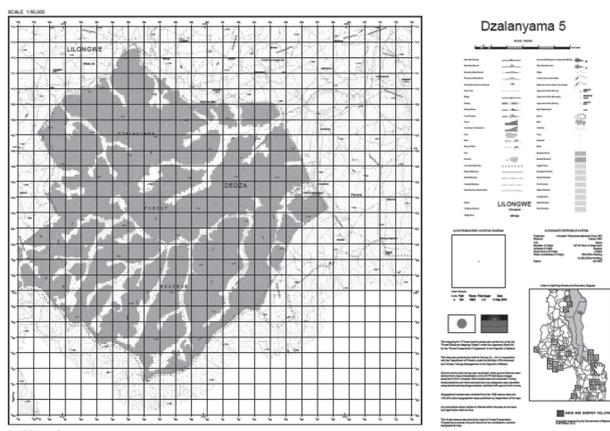


図 5 森林図

林図 (縮尺 1 : 50,000) を作成した (図 5)。

## 5. おわりに

森林局は、本事業で実施した能力開発プログラムに参加したカウンターパートを中心として局内に GIS ユニットという新しい組織を創設した。将来の REDD プラス活動に向けて今後 5 年から 10 年後に同様の調査を彼らが中心となって実施しデータ更新することが責務となるとともに、各利用機関からの要望に対して森林局の連絡窓口となることが期待される。また移転された技術をもとに、データの有効な利活用および今後必要とされる森林保護区の持続的な管理に寄与することを期待する。

〔参考文献〕 1) Government of Malawi (2010) Malawi State of Environment and Outlook Report.

上記の森林資源量推定作業と並行して、持続的な森林管理と将来の森林資源モニタリングのための森