

# 地球規模課題対応国際科学技術協力

(環境・エネルギー研究分野「気候変動の適応又は緩和に資する研究」領域)

## アマゾンの森林における炭素動態の広域評価

(ブラジル連邦共和国)

平成21年度実施報告書

代表者：石塚 森吉

(独) 森林総合研究所・研究コーディネーター

<平成21年度採択>

## 1. プロジェクト全体の実施概要

アマゾン代表とする熱帯林の減少・劣化による CO2 排出量は人為起源による総排出量の 20%以上と見積もられており、森林破壊防止による CO2 排出削減を地球温暖化緩和策として、国際的な枠組に組み込むことが検討されている。これを実現するためには、森林減少・劣化の防止によって得られる CO2 排出削減量の評価が必要であり、そのために、本プロジェクトでは中央アマゾンの森林を対象に森林炭素蓄積量とその動態のモニタリングを行うとともに、レーダーリモセン等を介して広域衛星データヘスケールアップする手法を開発し、アマゾンの森林の炭素動態を評価することをねらいとしている。

これまでに、アマゾン国立研究所 (INPA) と森林総合研究所は JICA 技術協力 (1995~2003) を実施しており、アマゾンの典型的な地形をカバーする大規模調査区を設定し、森林動態の観測を継続している。一方、INPA は中央アマゾンの森林インベントリシステムを構築中であり、現在、13 地域に計約 800 以上の調査プロットが設定されている。本プロジェクト (CADAF) では、さらに 2 地域を加え合計 1000 以上の調査プロットとするとともに、6 地域 (500 プロット以上) で 2 回目の調査を実施し、林木の生長や枯死から林分の炭素蓄積量の動態を明らかにする計画である。また、林木の根を含めた重量測定を行い、直径や樹高から林木の炭素蓄積量を推定するアロメトリ式の精度向上をはかる。これと平行して、東京大学生産技術研究所はブラジル宇宙研究所 (INPE) と協力して、これらの調査プロットの林分構造 (炭素蓄積量) を航空機 LiDAR で計測するとともに、広域衛星データヘスケールアップする手法を開発し、アマゾンの森林の炭素蓄積量とその動態のマップを作成する。

平成 21 年度は、JICA-ブラジル関係機関との合意文書 (RD) の締結に向けて、8 月にブラジルの INPA、INPE において詳細計画策定調査 (JICA) を実施し、プロジェクト・マトリックス (PM) と活動計画・工程表 (PO) が合意された。その後、11 月にマナウスにおいてプロジェクト関係者によるワークショップをおこなうとともに、アマゾン国際見本市 (FIAM) において「アマゾンの森林の炭素動態」セミナーを開催した。国内研究では、環境傾度にもなうバイオマスの変化の解析、アマゾン全域の冠水期間の推定方法を開発するなど、立地環境区分のための情報整備を進めた。なお、JICA-ブラジル関係機関の合意文書は 2010 年 2 月 5 日に締結された。

## 2. 研究グループ別の実施内容

森林総研グループ 「アマゾンの森林の構造と炭素動態の解明」

### ① 研究のねらい

中央アマゾンの代表的な森林に設置した固定プロットのモニタリング、および森林インベントリの多点プロット等の詳細な林分調査に基づいて、中央アマゾンの特徴づける台地-浸水地のモザイク地形における、定常下 (自然攪乱体制下) と人為影響下の森林の炭素動態を明らかにする。

### ② 研究実施方法

中央アマゾンの特徴づける台地-浸水地のモザイク地形に対応したバイオマスおよび生産力の分布様式を野外調査によって明らかにし、炭素動態予測モデルの構築を行う。方法は、1000 ヶ所以上のインベントリプロットにおいて胸高直径 10 cm 以上の個体について胸高直径を測定し、林冠木については樹

高と位置も測定する。各地域において根を含むバイオマス推定のためのアロメトリ式を作成するために、伐倒・根調査を行う。また、粗大有機物に関連した炭素動態についても調べる。インベントリプロットの一部については、再測定を行い生産力の評価に用いる。なお、マナウス付近に設置した2本のベルトトランセクト(2.5 km × 20 m)と大面積プロット(30ha)においては、地形とバイオマスおよび樹木成長との関係に関する詳細な調査を通じて、炭素動態予測モデルの構築に必要なパラメータを取得する。

### ③ 当初の計画（全体計画）に対する現在の進捗状況

マナウス付近に設置された2本のベルトトランセクト(2.5 km × 20 m)内に出現した樹木個体の胸高直径( $D$ )の測定結果(サンプル数 = 5823)および樹高( $H$ )の測定結果(サンプル数 = 2312)を用いてバイオマスの分布様式解明を試みた。ベルトトランセクト内には約 80 m の比高差が存在し、雨季に冠水を伴う浸水地と伴わない台地の両地形を含む。浸水地は低標高地に分布する傾向があり、土壌に占める粘土の割合は台地と比較して低かった。 $D$ と $H$ の関係を双曲線式( $\frac{1}{H} = \frac{1}{aD} + \frac{1}{H_{\max}}$ ,  $a$ は初期勾配、 $H_{\max}$

は潜在樹高)によってあらかし、この $D-H$ 関係と標高との関係について解析した。結果として、潜在樹高 $H_{\max}$ は標高が低くなるにつれて低くなること明らかになった。従来の中央アマゾンにおけるバイオマス推定式は台地に成立する森林において作成されており、 $D$ のみを変数としている(Chambers et al. 2001 in For Ecol Manage)。本研究では、 $D-H$ 関係の変化をバイオマスの推定式に補正項として組み込んだ。結果として、ベルトトランセクトの平均バイオマスは $301.9 \text{ Mg ha}^{-1}$ と推定され、 $D-H$ 関係を考慮したことで、約10%の下方修正が行われた。また、推定されたバイオマスは、標高や粘土の割合と有意な正の相関を示したことから、ランドスケープレベルにおけるバイオマスの正確なマッピングを行う際に、地形との関係を考慮することが重要であることが示唆された。

今後は、得られた結果を学術雑誌・会議において公表するとともに、現地調査を通じて地形および土壌環境のパラメータを取得し、広域へのスケールアップに必要なモデルの構築を行う。また、作成したバイオマス推定式を適用することで樹木個体の成長量を評価することが可能となったことから、今後は生産力に関する解析を進めていく。

### ④ カウンターパートへの技術移転の状況（日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む

カウンターパートである INPA からは、マナウス付近のプロットデータの解析に必要な林分構造に関する情報の提供を受けた。また、森林総研は INPA に対して、マナウス付近のベルトトランセクトを例にして、バイオマスの解析に関する具体的なアイデアを紹介できたことが特筆すべき点である。

### ⑤ 当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況（あれば） 特になし

東大生産研グループ 「アマゾンの森林の炭素動態のマッピング」

#### ① 研究のねらい

大面積プロットや長距離ベルトトランセクト等の林分構造データをもとに、航空機や人工衛星のリモートセンシングデータを介した林分情報のアップスケールアップ技術を開発し、中央アマゾン全体の広域な森林の炭素蓄積量とその動態をマッピングする。

## ②研究実施方法

まず立地環境別の詳細な林分構造パラメータの解析と、広域の森林炭素・蓄積動態のマッピングのベースとなるアマゾン全域の立地環境区分図を作成する。そのために、MODIS や NOAA 等の高頻度観測光学センサに対する独自の処理法を利用するとともに、マイクロ波観測データによる水域変動把握法を開発し利用する。

また大面積プロット、2.5km ベルトトランセクト、インベントリプロット（1000 カ所以上）の情報を GIS 上に展開したデータベースと LiDAR 観測による 3 次元林分パラメータ計測をもとに、炭素蓄積量・固定量と高分解能の光学系衛星データおよび PALSAR データとの関連を明らかにし、スケールアップパラメータを特定する。

さらにアマゾン全域での推定には PALSAR モザイクデータや MODIS の時系列データ等を利用して、立地環境別のアップスケールパラメータを用い、メッシュ単位で炭素蓄積量推定とその誤差評価を行いマッピングする。その結果を INPE が管理する DETER や PRODES から得られる森林減少情報と統合して、アマゾンでの森林炭素蓄積量の動態を把握し、中央アマゾン熱帯林における炭素の蓄積図、動態図を作成する。

## ③当初の計画（全体計画）に対する現在の進捗状況

アマゾン全域を対象とした炭素量推定に必要な立地環境処理システムの全体設計の確認を行うとともに、アマゾンの森林地帯における立地環境区分に必要な現地調査サイトの情報を GIS 上で確認した。また、既存の衛星情報を調査し観測サイトを含む衛星データの集積を開始するとともに、これまでに開発した高頻度観測衛星データ処理ソフトウェアのカスタマイズ作業を行い、従来はスーパーコンピュータ等の膨大な計算資源を必要とした総計 500GB を超える高頻度観測衛星の時系列データを一般的な PC で処理することを可能にした。さらに集積した 2000 年～2009 年の MODIS データに時系列モデル処理を施し、アマゾン全域で冠水期間を 500m 分解能で推定したデータセットを作成するなど、立地環境区分のための情報整備を進めた。以上のように、現在は計画通りの進捗である。

## ④カウンターパートへの技術移転の状況（日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む）

カウンターパート機関である INPE に高頻度観測衛星データ処理ソフトウェア等を紹介し、INPE からはアマゾンの森林監視システム DETER および PRODES の処理技術の紹介を受けた。

## ⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況（あれば）

特になし

## 3. 成果発表等

(1) 原著論文：国内 0 件、国際 0 件

(2) 特許出願：0 件

#### 4. プロジェクト実施体制

(1) 森林総研グループ (アマゾンの森林の構造と炭素動態の解明)

① 研究グループリーダー： 石塚 森吉 ((独)森林総合研究所・研究コーディネーター)

② 研究項目

##### アマゾンの森林の構造と炭素動態の解明

1) アマゾン原生林の地形傾度(台地-移行帯-谷)に沿った種組成・林分構造および炭素蓄積量などの森林特性の変化の解析

(2) 東大生産研グループ (アマゾンの森林の炭素動態のマッピング)

① 研究グループリーダー： 沢田 治雄 (東京大学生産技術研究所・教授)

② 研究項目

##### アマゾンの森林の炭素動態のマッピング

1) アマゾンの立地環境の解析

2) 広域衛星データにスケールアップするための林分構造パラメータの解析

以上