

「二酸化炭素排出抑制に資する革新的技術の創出」
平成 20 年度採択研究代表者

H24 年度 実績報告

小島 克己

東京大学アジア生物資源環境研究センター・教授

熱帯泥炭の保全と造林による木質バイオマス生産

§1. 研究実施体制

(1) グループ1

① 研究代表者: 小島 克己 (東京大学アジア生物資源環境研究センター、教授)

② 研究項目

- ・泥炭湿地造林技術の開発と二酸化炭素固定量の評価
- ・湿地人工林の木質バイオマスの有効利用技術の開発
- ・泥炭土壌での木質バイオマス生産プロジェクトのライフサイクルインベントリ

(2) グループ2

① 主たる共同研究者: 大澤 和敏 (宇都宮大学農学部、准教授)

② 研究項目

- ・泥炭保全技術の開発と二酸化炭素放出量の評価
- ・湿地人工林の木質バイオマスの有効利用技術の開発
- ・泥炭土壌での木質バイオマス生産プロジェクトのライフサイクルインベントリ

§ 2. 研究実施内容

(文中に番号がある場合は(3-1)に対応する)

(1) 泥炭保全技術の開発と二酸化炭素放出量の評価

【泥炭地域における土壌呼吸量長期観測システムの運転】タイ国ナコンシタマラート県の泥炭地において、湛水深の変動に対応可能なフローティングチャンバーシステムによる土壌呼吸量の長期モニタリングを継続実施した。平成 24 年度は通年にわたり湛水状態であった前年度とは対照的に、乾期において非湛水状態の期間が約 6 ヶ月継続した。その結果、地下水位の低下に伴う泥炭表面からの土壌呼吸の増大をとらえることができ、泥炭地が乾燥した際の土壌呼吸量の試算のために本観測値が活用できる。また、成果の一般化に向けて、インドネシア国リアウ州(スマトラ島)の泥炭地で土壌呼吸量長期モニタリングを開始した。モニタリングの開始は 2012 年 7 月から継続的に行っており、地下水位、地温、土壌水分等の環境要因の変化に伴う土壌呼吸量の変化をとらえることができた。

【東南アジア各地域における泥炭のポテンシャル分解速度】水位や土壌温度などの環境要因に加えて、泥炭土壌の性状も土壌呼吸に影響を与える。酸素拡散と水分が律速要因とならない条件における泥炭土壌の分解速度(ポテンシャル分解速度)を、今年度はタイとインドネシアの複数の地点において測定した。現段階までに、確度の高い計測となるように分析方法を改良し、泥炭試料のリグニンやホロセルロース含量との関係性について検討している。

【開発泥炭地における表層土壌水分条件の変動特性】泥炭湿地開発地からの CO₂ 放出挙動のモデル化に関し、平成 24 年度は、CO₂ 放出の制限要因としての土壌水分条件を対象に、その地下水位依存性を解明した。タイ国ナコンシタマラート県の試験地における土壌水分・地下水位の長期観測データ、および泥炭土層の保水性・透水性に係る実測土壌物理パラメータに基づき、地表近傍の土壌水分の地下水位依存性を物理モデルにより解析した。湛水期間が年間 120 日、地下水位深さが 30cm 以深となる乾燥期間が年間 187 日との観測データからは、泥炭土壌の好気分解に適した水分条件にある期間が極めて限られることが示唆され、これに対するモデル解析からは、土壌水分条件の季間中の変動が小さく、雨期および乾期の 2 種類の期間平均 CO₂ 放出量に基づく概算により年間 CO₂ 放出挙動の実態を表せることが示唆された(原著論文 1)。

【泥炭土壌の微生物生態解析】泥炭地に存在する微生物群集の微生物種を網羅的に把握するため、土壌微生物の群集構造解析に着手した。具体的には、泥炭地から抽出した DNA を鋳型にして PCR を行い、得られた増幅産物を変性剤濃度勾配ゲル電気泳動(DGGE)により分析した。その結果、土壌の深度および採取時期で微生物群集構造に大きな差異が存在することが明らかとなった(図)。現在、これらの微生物種を網羅的に把握するため次世代シーケンサーを用いた 16S リボソーム DNA 解析を行っている。

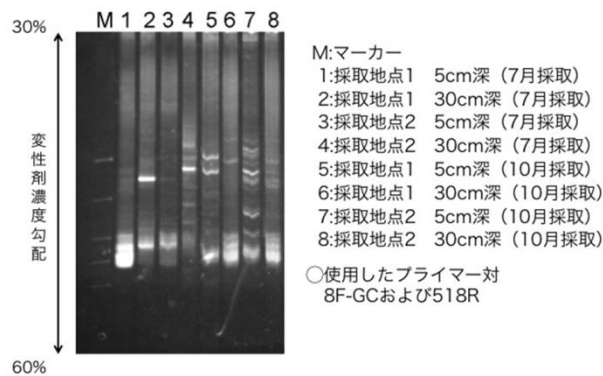


図 土壌微生物群集の PCR-DGGE 解析

(2) 泥炭湿地造林技術の開発と二酸化炭素固定量の評価

【泥炭湿地造林技術の開発】東南アジアの低湿地域に分布し、湛水耐性が極めて高いメラルーカ (*Melaleuca cajuputi* Powell) を主な造林対象種として、研究を進めている。実生苗の大量育成が可能系として確立した湛水育苗システムによってメラルーカの苗を育成し、苗のサイズや植栽時期が植栽後の生残・成長に与える影響を評価するための植栽試験を行っている。平成 23 年度に実施した湿地への試験植栽の 1 年後の生残率と植栽苗の樹高、直径、水位環境との関係について一般化線形解析を行ったところ、苗の樹高は植栽後の生残に影響はなく、直径とは正の関係が、水位とは負の関係があることがわかった。200 ha の試験地内の約 0.2 ha に 2000 本のメラルーカとその他の湿地生有用樹種 9 種とを試験植栽したが、8 月に野火により焼失した。10 月に再度メラルーカの試験植栽を同規模で実施した。

湿地造林で問題となる根圏の低酸素環境における、耐性の異なるフトモモ科樹種の貯蔵炭素動態を調べたところ、耐性のある樹種では低酸素環境下で茎のデンプンへの光合成産物の転流量が増え、デンプン濃度が増加するという応答がみられた。これらにより熱帯湿地性樹木の湛水耐性に関する知見の蓄積を進めている。

【二酸化炭素固定量の評価】利用可能なバイオマス量の把握のため、メラルーカ人工林のバイオマス調査の継続とともに、推定式である相対成長式の精度向上を図っている。樹皮の厚さの個体間差が推定誤差要因として重要であることが明らかとなったため胸高周囲長 50 cm 以上の個体については皮無直径からバイオマスを推定することにより林分バイオマスの推定の精度を改善した。また、森林の炭素フロー推定の精度を上げるために、葉、大枝、小枝別の分解速度測定を開始した。

(3) 湿地人工林の木質バイオマスの有効利用技術の開発

前年度に開発したシュレッターミル加工で小片化した樹皮とオレフィン系プラスチックを原料とした樹皮-プラスチック複合材の寸法安定性と強度性能を向上させるために、樹皮とプラスチックとの混合方法や樹皮:プラスチック混合比について検討を行った。その結果、従前は樹皮小片とプラスチック粉体と攪拌混合していた手法に対して、樹皮小片をプラスチックシートで挟み込み、多層状に積層してゆく新たな混合方法を採用することで、厚さ方向の材質の偏りを大幅に低減することが可

能となった。また、メラルーカ葉抽出物にポリスチレンを溶解させることで徐放効果を高めた木材保護剤を作製し、木材に塗布した時の生物阻害活性を試験中である。さらに、メラルーカ材に生じる割れや反り等の乾燥不具合を改善することを目的として、材質面で影響を及ぼしていると考えられる残留応力やあて材の度合いを把握するために、立木状態のメラルーカ幹表面における成長応力解放ひずみや引張あて材の有無を調査した。そして、応力緩和に有効な水熱処理を迅速に行うために過熱水蒸気処理に着目し、無処理と比較したときの残留応力の低減効果の検討を進めている。

(4) 泥炭土壌での木質バイオマス生産プロジェクトのライフサイクルインベントリ

【リモートセンシングによる土地利用・土地被覆変化解析】東南アジアの土地利用・土地被覆変化を、衛星リモートセンシングデータを用いて時系列的に捉えるためのデータ解析アルゴリズムの開発とその性能評価のための現地調査(スマトラ島, ジャワ島)を行った。開発した解析アルゴリズムは、ほぼ期待通りの性能を示し、熱帯泥炭湿地域の土地利用、土地被覆変化と土地利用変化ダイナミクスを80%程度の正答率で捉えられるものと期待できる(原著論文 2)。

【メタン放出量の評価】土壌表面からのメタン放出は、昨年度と同様、湛水深による変動がみられるものの、湛水状態でも $0.2 \text{ tC(CO}_2\text{) ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ を超えるメタン放出はほとんど確認されなかった。非湛水状態においても湛水状態と同程度あるいはそれ以上のメタン放出が確認された。さらなるデータの蓄積が必要な段階ではあるが、再湛水化によるメタン放出の増大はほとんどないと思われる。メラルーカの樹体を介した泥炭土壌中のメタンの放出に関しては、幹表面からメタンの放出の日変化が捉えられた。蒸散(根から葉への樹液の移動)との関連が示唆されたので、樹液流量と幹からのメタン放出の日変化をモニタリングする。

【炭素収支の評価と排出削減ポテンシャルの推定】排水された熱帯泥炭湿地を再湛水してメラルーカを植栽して木質バイオマスを利用するシステムの CO_2 排出量とコストの試算により、泥炭保全および森林造成による CO_2 排出削減量は森林造成に伴う CO_2 排出と比較して極めて大きく、コストの面でも実行可能な排出抑制策であり、加工工程を含めて評価してもカーボンポジティブな生産システムであることが示されている。 CO_2 放出抑制効果および CO_2 固定効果の評価、利用技術の開発を進め、最終的に CO_2 収支とコストの面で最適な木質バイオマス利用システムの提示をする。

§3. 成果発表等

(3-1) 原著論文発表

● 論文詳細情報

1. Iiyama I., Osawa K., Nagai T., “A seasonal behavior of surface soil moisture condition in a reclaimed tropical peatland”, *Soil Science and Plant Nutrition*, vol. 58, No. 5, pp.543-552, 2012 (DOI: 10.1080/00380768.2012.723222)

2. Setiawan, Y., Yoshino, K., “Change detection in land-use and land-cover dynamics at a regional scale from MODIS time-series imagery”, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. I-7, pp.243-248, 2012 (DOI:10.5194/isprsannals-I-7-243-2012)

3. 広橋亜希, 児嶋美穂, 吉田正人, 山本浩之, 渡邊良広, 井上広喜, 鴨田重裕, 「国産早生樹ユーカリ6樹種の材質特性」, *木材学会誌*, vol. 58, No. 6, pp.339-346, 2012

4. 酒井一人, 仲村渠将, 吉永安俊, 長野敏英, 大澤和敏, 石田朋靖, 「冬季の沖縄県北部亜熱帯広葉樹林地域における CO₂ フラックスの地点および観測日による変動実態」, *土壌の物理性*, vol.122, pp.23-31, 2012