

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)

インドネシアの泥炭・森林における火災と炭素管理

(インドネシア)

平成 24 年度実施報告書

代表者：大崎 満

北海道大学 大学院農学研究院・教授

<平成 20 年度採択>

1. プロジェクト全体の実施の概要

地球上の熱帯地域の泥炭面積の半分を占めるインドネシアの熱帯泥炭地には多量の炭素が蓄積されている。1990年代からこの地域の開発が急速に進み、それに伴う地下水位の低下と乾燥化により、現在では、インドネシアの熱帯泥炭地は日本の年間排出量に相当するほどの膨大な二酸化炭素の放出源となりつつある。本プロジェクトは、中部カリマンタン州にあるメガライスプロジェクト(MRP) 地域、パランカラヤ大学研究林などの熱帯泥炭地を対象として、熱帯泥炭からの二酸化炭素放出量を抑制するための統合的泥炭地管理システムを構築し、地球温暖化抑止に貢献することが目的である。

鉱質土壌に成立する熱帯森林に比べ、泥炭森林の再生、維持は難しく、また、熱帯泥炭地における炭素量と炭素フラックス(放出-吸収バランス)を評価することは極めて困難である。そこで、先端的な科学的手法を駆使して、広域の泥炭生態を正確に把握し、統合的泥炭地管理を行うために 1) 衛星を使った火災検知と火災予想モデルの開発、2) 衛星データを用いた泥炭地の炭素量評価、3) 効率的流域水管理、4) 共生系による生態再生を実施し、得られた成果をもとに統合的泥炭地管理システムを構築し、REDD+ (Reducing Emissions from Deforestation and Degradation: 森林の減少・劣化からの温室ガス排出削減)の実現化に貢献することを目指して、そのシステムを世界に向けて提案しつつある。その中で、泥炭火災と微生物分解による泥炭地からの二酸化炭素放出に関しては定量的把握が難しく、REDD+システム構築のネックとなっていたが、本プロジェクトが提案するMRV(Monitoring, Reporting and Verification)システムが世界で唯一正確な二酸化炭素放出量把握の手段であるとの評価が高まっている。さらに本プロジェクトが対象としている中部カリマンタン州が、インドネシア政府が実施するREDD+パイロット地区として選定されたことも重なり、本プロジェクトからの成果を予定より早めて発出する必要が生じてきた。プロジェクトは 2013 年度まで継続するが、具体的成果は 2012 年度中にもまとめられるよう、密度の濃い活動をすすめている。

2. 研究グループ別の実施内容

プログラム 1:FF 衛星による火災・炭素センシングプログラム (代表:本間利久:北海道大学大学院情報科学研究科)

① 研究のねらい

本研究では、研究対象地域における原野・泥炭火災の検知・予測を行い、火災の制御を行えるようにする。また、リモートセンシングや現地フィールド観測により、炭素インベントリ作成のための面的情報を作成する補助を行う。さらに、グループ内のデータ共有を可能にできるよう、データベースの構築を行う。

②研究実施方法

リモートセンシング・無人航空機と地理情報システム(GIS)を用いて原野・泥炭火災の検知と発生予測を行い、フィールドでの火災の制御を試みる。具体的には、以下のとおりである。

1. 原野・森林火災の検知精度の向上と検証、土壌水分量の推定、原野火災発生のシミュレーション構築を行い、消火隊への情報伝達システムを構築する。
2. 炭素インベントリ作成のための空間データの整備を行う。
3. リモートセンシング・無人航空機(UAV)・地理情報システム(GIS)を用いた土地被覆データに加えて、フィールド観測による植生スペクトルライブラリー作成や他グループの成果とのデータ交換により、研究対象地域の炭素インベントリ作成に資する空間データ構築を行う。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

概ね当初の計画通りにプロジェクトが実施されている。本年度の大きな成果としては、衛星データから予測し

た地下水位を泥炭火災危険度と関連づけることにより、ある程度の精度で火災危険度を火災情報と併せて通知するためのショートメッセージシステムのプロトタイプが達成できた。また、フィールド観測による植生スペクトルライブラリー作成も順調に進行中である。衛星による火災検知したホットスポット検証を実施するために新たな電動駆動型 UAV の設計試作を実施し、国内で試験飛行を実施した後、現地で初めて泥炭・森林火災の空撮に成功した。さらに MM5 による風況予測および火災延焼シミュレーションにかかわる担当者が健康上の理由から継続的な研究開発の実施が困難になり、後任の担当者を人選中であるが、まだ見通しがたっていないため、このグループの開発の進捗が危ぶまれている。また、研究対象地域の炭素インベントリ作成に資する空間データ構築に関して、新たな担当者のもとでデータの標準化とシステム構築を検討している。

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)

本年度は作業グループの会議をパラカラヤとジャカルタで各々1回開催し、計算機システムの環境整備し、情報の共有化および火災情報の伝達システムとその内容について協議した。その後、ホットスポットおよび土壌水分表示システムの移転・運用状況を確認し問題点を検討した。

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)

リモートセンシングデータの検証のために飛行時間1時間の電動駆動型無人航空機(UAV)をコンピュータにより機体設計し、試作機の国内試験飛行を実施し良好な結果を得た。そのため現地にUAVを搬入し、初めて森林火災の空撮に成功し、衛星による火災検知アルゴリズムの正しさを確認した。このことは、電動駆動型 UAV の使用が衛星森林火災検知のグランドトゥースとして有効であることを示している。その結果、UAV の長時間飛行(1.5時間)の可能性および森林火災の空撮情報に基づく衛星火災検知アルゴリズムのさらなる改善が期待できる。さらに、FF グループのプロジェクト進捗状況を総合的に確認するためのプロジェクトの重要度評価システムの構築を検討している。

プログラム 2: CA 炭素量評価プログラム(代表:平野高司・北海道大学大学院農学研究院)

①研究のねらい

本プログラムでは、異なる手法を用いて、異なる時空間スケールでインドネシア中部カリマンタン州の熱帯泥炭生態系における炭素フローおよび炭素収支を定量化し、排水、森林伐採、火災、エルニーニョ/ラニーニャ現象にともなう降雨パターンの変化(干魃など)といった環境攪乱が炭素収支に与える影響の定量的な評価を行う。

②研究実施方法

目的を達成するために、以下の4つのサブプログラムを実施する。

1. 広域スケールでの炭素収支評価(タワー観測、大気観測および大気 CO₂ 観測衛星 GOSAT(いぶき)データの利用の検討)
2. 航空機レーザー計測による泥炭・森林炭素の炭素量評価
3. 泥炭土壌からの温室効果気体の放出量評価
4. 地下水流動にともなう炭素流動評価

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

生態系スケールでの炭素収支を評価するためのタワー観測に関しては、現在までモニタリングを継続しており、ほぼ計画通りの実施状況である。また、得られたモニタリングデータを用いて、陸域生態系モデルのパラメータの改良や泥炭サブモデルの開発を行っている。航空機レーザー計測に関しては、これまでの成果を平成24年5月にスウェーデンで開催された14th International Peat Congress、9月にカナダで開催された Silvilaser の研究

集会で発表した。また三菱 UFJ リサーチアンドコンサルタンツとの共同研究『二国間オフセット・クレジット制度の実現可能性調査「泥炭林保全の REDD+と在来種による林業生産及び残材を用いたバイオマス発電」のモニタリング技術の開発』により、8 月に現地で泥炭調査を実施したほか、12 月には航空レーザー測距が実施され、現在そのデータを解析している段階である。泥炭土壌に関しては、平成 23 年度は泥炭の火災実験を実施し、現在、燃焼にともなって放出される微量気体(CO₂, CO, N₂O, CH₄)のデータを解析中である。泥炭土壌に関しては、2009 年の泥炭火災時に現地で観測した放出ガス成分の調査結果について、Short paper として取りまとめ Atmospheric Environment 誌に投稿した。また、昨年度に現地で行った泥炭燃焼実験の結果について、国内外の学会で発表し、意見交換・情報収集を行った。この内容についても現在論文としての取りまとめを急いでいる。また、土壌からの温室効果気体放出量の測定および土壌サンプルの分析を行った。現在、温室効果気体放出への影響因子を推定するため、データを取りまとめるとともに、放出速度と関係性を示す泥炭土壌の理化学性および微生物性の関係を分析している。加えて、入植開始時期が異なる複数の移住農家地区にて小規模ながら調査を行い、代表的な泥炭農地の作付、施肥管理などの栽培様式、温室効果ガス発生速度を調査した。地下水流動については、2010 年 7 月より開始している現地での地下水位観測と地下水サンプリングを継続して実施した。採取した地下水は溶存態有機炭素(DOC)の分析を行い、地下水位データより推定した地下水流出量を用いて熱帯泥炭地からの DOC 流出量の定量化を行っているところである。

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)

パランカラヤ大学のスタッフに対して、観測データの共用、関連情報の提供、調査手法の伝授などを積極的に行っている。また、協力機関(インドネシア科学院およびパランカラヤ大学)の研究者を大学院学生、あるいは研修生として受け入れ、日本において教育、研究指導を行っている。なお、泥炭火災調査に関連する具体例として、農地に灰分を供給するために慣行的に行われている作物残滓の燃焼や放出されるガスを現地で定量する方法について議論するとともに、関連する測器の使用法を教授した。さらに、パランカラヤ大学の Swido 教授との意見交換の中で、荒廃泥炭地の炭素収支推定における航空レーザー測距法の有効性や課題を教授した。

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)

航空機レーザー計測に関しては、他機関から配分された研究費により上述の研究発表・現地調査・新規データ取得が可能となった。次年度 2013 年度中には、2007 年・2011 年・2012 年の計測でオーバーラップする範囲について、泥炭表面高変化から泥炭の炭素収支を、また植生の高さや密度の変化からバイオマスの炭素収支を算定する予定である。

プログラム 3:CM 炭素管理プログラム(代表:高橋英紀・NPO 法人北海道水文気候研究所)

①研究のねらい

中部カリマンタン州の広大な熱帯泥炭地には莫大な炭素が埋蔵されている。しかし、1990 年代に掘削された巨大な水路網により地下水位が低下し、これによって頻繁な泥炭火災と微生物分解がもたらされ、現在では日本の総排出量に近い量の炭素が大気中に放出されている。

本プログラムでは、この炭素を管理するために、1)植生と水文環境の現状を調査し、2)水文環境をコントロールして地下水位を高く維持するための方法を策定する。さらに、その地下水位を高く維持した泥炭層や周辺の森林に、3)火災が入らないよう防火あるいは消火の技術を確立するとともに消防活動を行う組織を編成する。水文環境が改善されることにより、陸域生態系も変化をとげると考えられることから、4)植生の反応と回復を推定する。水路網をコントロールすることによって生じる 5)閉鎖水域の水質と水生生物群集の反応を推定し、周辺地域の衛生環境や生産活動への影響の把握に努める。

上記のように炭素管理班には水文、水質、土質、土木、林業、陸域生態、水圏生態など幅広い分野が含まれるため、炭素管理班を CM-1 地域管理班と CM-2 生態系管理班、CM-3 森林修復班とに区分した。さらに、CM-1 地域管理班を CM-1.1 流域管理グループ、CM-1.2 火災管理グループの2グループに分けて相互に連携をとりつつ、炭素管理を効果的に実施する方法の策定にあたることとした。また、当該地域には広大な湿地林や三日月湖、蛇行河川があることから、CM-2 生態系管理班を CM-2.1 陸域生態グループと CM-2.2 水圏生態グループに区分して研究体制を整えた。

炭素管理班としての研究のねらいは上記のとおりであるが、班を構成する各グループの研究のねらいは以下のとおりである。

【CM-1.1 流域管理グループ】

泥炭地の流域において最も重要なのは水環境の管理である。とくに網の目のように掘られた水路を通して泥炭層中の地下水が流出してしまうのが、地域の環境劣化の最大の要因であり、その実態の把握とモデルへの組み込み、水環境修復手法の開発とその効果の検証を含めた流域管理モデルを提案する。

【CM-1.2 火災管理グループ】

メガライスプロジェクト(MRP)地域での泥炭と森林の火災特性を把握すると共に、泥炭火災の現実的な対処法を検討し、住民が実施可能な火災抑制方法を確立する。

【CM-2.1 陸域生態系グループ】

自然状態・灌漑後・泥炭火災後の熱帯泥炭湿地林について植物の種組成や現存量の把握を行い、樹木の現存量としての炭素貯留量を定量化する。また、それぞれの調査地で、樹木の葉の特性を比較することにより、葉の光合成特性を通した樹木の炭素固定能力の比較を行う。CM-1.1(流域管理グループ)と連携し、排水路へのダム設置の前後における植生の変化についても調査を行う。

【CM-2.2 水圏生態グループ】

泥炭地に掘削された運河(水路)により泥炭地の地下水位が低下し、土壤有機物が酸化されると共に土壤の含水率が低下し、森林火災の際に地上部が燃えると共に地下も燃焼が進行し、地上部の消火後も長期間燻り燃焼が継続する。また膨大に蓄積されていた炭素の継続的な消失にも繋がっている。CM-2.2 水圏生態グループでは、大気へ排出された炭素分解生成物の水圏内での動態および水圏に移行してきた土壤有機物のキャラクタリゼーションを行うとともに、水位と可溶性有機物の量的、質的關係を調査することで、水位と水質との関係や泥炭土壌での土壤有機物の分解のプロセス、森林火災から派生する水圏環境の変化について、分析化学的、微生物学的、生態分類学および環境医学的見地から検討しようとするものである。また、その土壌由来の有機物の住民健康への影響にも着目している。

【CM-3 森林修復グループ】

森林火災による荒廃泥炭湿地を対象とした森林修復技術の開発が目的である。森林修復では持続的な修復活動が必要であり、かつ生物多様性保全の観点も求められるため、森林修復で利用する樹種には郷土樹種で有用樹でもある *Shorea balangeran* を主な研究対象とした。森林修復には種子の採取・管理法から苗木の養成、植栽適地や植栽後の成長量(炭素固定量)まで様々な工程があり、一貫した技術の確立が必要であるため、それぞれの行程に必要な樹木学的知見の解明を目指した。さらに、森林修復活動を持続的に行い森林修復を具現化するためには、森林修復活動の環境利益ばかりでなく現地住民へ現金収益がもたらされる仕組みの提案が必要であり、そのために森林修復で回復した木質バイオマス資源の利用価値を学術的に評価すると共に、付加価値の探索や併行した森林特産物の探索と効率化などの技術開発を目指した。

本年度は、(1) *Shorea balangeran* 種子採取技術の確立のために開花結実フェノロジーの実態把握に基づく結

実周期の解明、(2) 省力化した造林法の確立のために *Shorea balangeran* のスタンプ苗による植栽法の検討、(3) 直播き造林法の確立のために *Shorea balangeran* 種子発芽の高温耐性の評価(追試)、(4) 火災跡地の先行造林法の確立のために郷土樹種で先駆性の性質を持つトウミ苗木植栽による被陰効果の検討、(5) *Shorea balangeran* 造林木の木材利用価値を評価するための若齢幹の材質特性の解明、(6) 木質バイオマス資源の新たな利用価値を探索するために早生樹種を用いた炭・活性炭および木酢液の現地生産方法の開発、(7) 特用林産物の探索と生産性向上を目指すために炭を利用したキノコ栽培技術の開発、以上の7つの小課題について実施した。

②研究実施方法

【CM-1.1 流域管理グループ】

対象となっている中部カリマンタン州熱帯泥炭地(メガライズプロジェクト(MRP)地域)のブロックC地域においては、水環境を支配しているのは地域を挟んで流れるカハヤン川、セバンガウ川の両河川であり、これらの河川の流出特性がブロックCの水環境に多大な影響を与えているといえる。また、ブロックC内の水路からの土壤水分の流出も大きな要因であり、それを抑制する堰の役割評価も重要である。そこで、流域管理グループを対象とする地域別に河川チーム、ブロックCチーム、水路・堰チームに分け、水文環境解析にあたることとした。なお、ブロックCチームでは表層地下水の流出に伴う溶存物質の挙動についても取り扱い、泥炭層内の炭素挙動についても解析を進めることとした。

【CM-1.2 火災管理グループ】

火災管理グループでは、以下の方法を用いて調査・研究を行う。

1. 泥炭火災実験場での燃焼実験による火災特性および抑制方法の把握
2. 実火災現場での火災特性の把握
3. 非火災時の泥炭および燃料としての地上植生の特性の把握
4. モデル農家、協力農家での実践的な火災抑制方法の検討と開発
5. 森林の火災特性の把握
6. 泥炭火災の現実的な対処法の検討および住民が実施可能な火災抑制方法の確立

【CM-2.1 陸域生態系グループ】

ブロックC地域、セティアラム地域を対象に、自然状態・灌漑後・泥炭火災後の熱帯泥炭湿地林に調査プロットを設置し、毎木調査の手法を用いてそれぞれの場所の種組成、個体数、現存量の定量化を行う。また、さまざまな時期に火災の被害を受けた場所を選択して調査を行うことにより、火災後の森林の時系列的な変遷を推定する。優占して生育している樹木種について葉のサンプルを採取し、葉の組成について比較を行い、それぞれの調査地の樹木の性質、光合成能力の推定を行う。

【CM-2.2 水圏生態グループ】

経年的に水路、水路に設置された小規模ダム、カハヤン川、セバンガウ川から水試料を採取し、pH、伝導度等の一般水質を測定するとともに、水に溶けている有機物量を把握するために全有機炭素量(TOC)、化学的酸素要求量(COD)、腐植物質量および各種金属濃度を測定する。また、腐植物質の分解メカニズムを探るために実験室の酸化的雰囲気での土壌および腐植物質の分解速度と分解生成物について測定し、さらにDNA解析を併用して分解に関わっている菌相を明らかにし、酸化あるいは燃焼に伴う菌相変化も調べて行く。同時に水圏における生物分布を調べ、水位との関係を明らかにする。また、腐植物質等の有機物質の生体影響を細胞(血管内皮細胞)等を用いて調べ、住民の健康影響を明らかにすることも視野に入れる。

他に、水中に溶存する有機物質の変化を明らかにするために、森林火災が起きてない地域、火災後森林が

回復した地域、森林火災の後裸地となった地域(すべてタワーに隣接した地域)からの泥炭中の腐植物質の解析を行なう。さらに同様の調査を 2011 年度よりハンパゲンでも行なう準備を着手した。

【CM-3 森林修復グループ】

(1) *Shorea balangeran* の開花・結実フェノロジーについて、4 地域を対象に 2011 年から開始した観察の 3 年目継続調査を毎月実施した。(2) *Shorea balangeran* スタンプ苗を典型的な火災跡荒廃泥炭湿地に植栽して生残を調べた。(3) *Shorea balangeran* 種子に 30°C~60°C (5時間) の高温処理を施して発芽率を調べ、高温に対する発芽条件の限界レベルを求めた。(4) 森林火災跡地に 2×3m 間隔で植栽した 3 年生トゥミ造林木を対象に樹高などの個体サイズと林冠閉鎖率を調べた。(5) *Shorea balangeran* 6~10 年生植栽木を対象に、力学的特性(気乾密度、動的ヤング率、せん断弾性係数、静的ヤング率、曲げ強さ、縦圧縮強さ、せん断強さ、部分圧縮強さ、収縮率)、繊維傾斜、軟 X 線デンシトメトリー法による随から樹皮までの密度を調べて利用材質を評価した。(6) 木質バイオマス資源の新たな利用価値を探索するために早生樹種を用いた炭・活性炭および木酢液の現地生産方法の開発、(7) 特用林産物の探索と生産性向上を目指すために炭を利用したキノコ栽培技術の開発、以上の7つの小課題について実施した。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

【CM-1.1 流域管理グループ】

ブロック C チーム:ブロック C 地区内において、表層および深層の地下水水位変動や、それらと運河水位との関係を調べた。その結果をもとに、対象地区における「現在」の地下水流動を再現し、「過去」の地下水流動の復元を試みるとともに、「将来(未来)」の地下水流動を予測するための広域地下水流動モデル(MODFLOW)を構築した。数値計算の結果、1) 甚大な森林泥炭火災が発生した 2009 年の干ばつ時には、運河近傍では、泥炭層の地下水水位が地表面から 2m 程度低下していた; 2) メガライスプロジェクト以前の地下水水位は、浅層および深層ともに現在より高く、仮に 2009 年と同等の干ばつが起きても、現在より 1m 程度高く保たれる; 3) 運河に提案されているダム(堰)群を建設した場合、運河から 500m 以内の範囲では、2009 年と同等の干ばつが起きても、10cm 以上の水位低下抑制効果が期待される、などが明らかになった。

河川チーム:カハヤン川上流域の河川水位・雨量観測は洪水による機器の一部流失などのトラブルが発生したこと、管理体制に不安が生じたため、安全で迅速確実にデータが入手できるように最上流地点 Tumbang Miri に当プロジェクトで開発したテレメータ式水位・雨量観測装置を取り付け、ほぼリアルタイムで水位・雨量・気温のモニタリングを開始した。また、長期水位観測を実施しているカハヤン川中流域にあたるパランカラヤ市、およびセバンガウ川中上流域の Kerenbeng Kirai 地点にもテレメータ式水位計を設置して河川水位のリアルタイム観測を開始した。

水路・堰チーム:①泥炭層の下層に分布する基盤を形成する白い砂を調査するために、ボーリング先端部のアタッチメントを日本で作成して、インドネシアの会社が所有する機材を用いてボーリング調査を行った。これによりの砂の生成過程や性状を知ることができた。②日本で広く用いられているシンウォールサンプラーを用いて泥炭の不攪乱試料を行った。試料の採取率は 90%を超え、泥炭の性状を把握することができた。また、その下層の砂や粘土層については標準貫入試験により力学的性状を調べた。

③これらの調査結果を基にカランパンガン運河を例にして、堰の構造を提案した。

全体:以上のように、2011 年度までは約 70%の達成率であったが、ブロック C チームが観測データを基にした地下水流動モデルにより、放水路に設けるダムの効果を明らかにしたこと。河川チームがリアルタイム水位モニタリングシステムを完成させて実用に供したこと。水路・堰チームが水路に設置する堰の構造と必要資材を明らかにしたこと、当班の達成率はほぼ 100%に達したものと言える。

【CM-1.2 火災管理グループ】

本年度 8 月中旬～8 月下旬にかけてパラカラヤ市郊外で観測用気球によって、ヘイズの大气拡散の計測および観察を行った。同データと風洞実験結果を比較検討し、ヘイズの拡散形態、ヘイズの拡がりなどを解明した。

【CM-2.1 陸域生態系グループ】

パラカラヤ大学教育研究林に設置した調査区のデータをもとに、泥炭火災の攪乱によって森林群集構造や多様性がどのように変化するかについて解析を行い、論文として発表を行った。この調査区については、毎年継続調査を行う予定である。また、パラカラヤ周辺地域においても、草原植生を対象として調査区を設置し、植生調査を行って攪乱後の植生回復過程についてのパターン化を行った。これについても、9 月に行われた本プロジェクトのシンポジウムにおいて発表を行った。さらに、バワン村、ナチュラルラボラトリーにおいても永久調査区を設置して継続的な調査を行っており、今後、これらのデータを統合していく予定である。現在までに、中部カリマンタンにおいては、混交フタバガキ林、熱帯ヒース林、熱帯泥炭湿地林といった森林タイプ、その中でも天然林、泥炭火災跡地である草原、二次林、ゴムプランテーション、アカシアマンギウムの植林地など様々なタイプの攪乱跡地にわたって調査と解析が終了している。これらの結果を統合し、人為的攪乱に対する森林の脆弱性、および回復課程、炭素貯留量の変化についてまとめていくのが今後の課題である。

【CM-2.2 水圏生態グループ】

本年度は、これまでに採取した土壌試料、水試料からの腐植物質の抽出・精製、各種解析がほぼ終了し、これらのデータの解析とまとめの作業(田中研)を行っている。また、昨年度に継続して過熱による土壌有機物の変化過程、バクテリアおよび温度によるDOC溶出実験(富山大学・倉光研)、腐植物質の血管内皮細胞への影響実験および水サンプルの他地域および他国との比較(蔵崎研)、淡水プランクトン及び微小生物解析(Sulmin研)、腐植物質の一酸化窒素合成系への影響(齋藤研)を進めた。2013 年9月には、現地での測定とサンプリングを行い、排水路、河川および森林土壌に関して、一昨年度確定したサンプリングポイント 16 ヶ所の一般水質項目の測定を行なうとともに、水および土壌中の有機炭素、重金属濃度、および腐植物質などの測定を行った。また、採取した土壌よりフルボ酸を精製し、その元素分析および結合重金属分析を行なった。その結果、運河からのフルボ酸は重金属が余り結合しておらず、セバンガウ河から得られたフルボ酸には鉄等の重金属がフミン酸と同程度に多く結合していた。この2種のフルボ酸の生体への影響を推定するために血管内皮細胞に曝露したところ、フミン酸で得られた結果と大きく異なり、水から検出される濃度(50 ppm)の5倍量程度までほとんど細胞毒性を示さなかった(フミン酸では50 ppm程度でフミン酸を投与していない細胞に比べて有意に細胞生残率が低下していた)。フミン酸では結合重金属量に依存して細胞毒性が上昇していたが、興味深いことに、フルボ酸では重金属の多く結合した物と少なかったもの間に差は全く見られなかった。現在、腐植物質の生体毒性が何に依存しているかに関する研究を主に腐植度に応じた尺度を用いて検討中である。

現在各研究室で、昨年と同様に実験を行い、概ね計画通りに進行している。

【CM-3 森林修復グループ】

最終的な到達目標として掲げる *Shorea balangeran* による荒廃泥炭湿地の森林修復技術の手引書の作成を目指して計画通りに進行しており、手引書の作成に必要な知見が概ね得られた。現在は補足実験や再現性確認のための追試を実施している。

④カウンターパートへの技術移転の状況**【CM-1.1 流域管理グループ】**

ブロックCチーム: 地下水位・水路水位観測システムからのデータはカウンターパートによって順調に得られて

いるが、そのデータを使つての流動モデル解析を行うにはいたっていない。さらに高度な技術の移転にはハイレベルの人材育成が望まれる。土壌水分観測とデータ収集に関しては、地元の研究者により確実に実施されている。泥炭サンプルを使った機器検定曲線も地元の研究者自らが実施しており、この分野での技術移転は順調に行われている。

河川チーム：流域内の雨量観測・河川水位観測システムにリアルタイム観測が可能なテレメータ式水位・雨量観測システムを導入し、カハヤン川2地点、セバンガウ川1地点で毎時データをインドネシア、日本の両地域で収集可能となった。この観測システムの管理・運営はパラカラヤ大学スタッフの指導の下に学生が当たっており、技術移転は順調に行われている。

水路・堰チーム：日本より導入した機材を用いての地盤調査方法の技術移転が今後必要である。

【CM-1.2 火災管理グループ】

火災に関しては、パラカラヤ大学のアスウィン講師と彼のスタッフ、これに加え、パラカラヤ大学からの留学生ニナさんへを通じて、泥炭火災に対する取り組み方の技術移転は進行中である。また、彼らにより、タルナ村のアスウィンキャンプ住民にも技術移転は進行中である。

さらに、アスウィン講師、および、そのスタッフに、観測気球を用いたヘイズ観測の技術移転も行った。

水資源の立場から泥炭火災抑止方法を研究している Adi Jaya 講師が中心となり Prang Pisau 郡内5村の消防隊、Palangka Raya 市内の私設6消防隊にコンパクト消防設備を貸与するとともに、林業省自然資源保護局パラカラヤ支局の協力を得て消火訓練を自主的に実施するなど、技術移転は確実に進んでいる。

また火災時の大気汚染状況を把握する上で、中央カリマンタン州、環境局に対し、測定機器の維持管理や測定方法の技術移転を行ってきた。

【CM-2.1 陸域生態系グループ】

1. パラカラヤ大学研究林において、リタートラップに蓄積される落ち葉を継続的に回収し(2回/月)、森林のバイオマスの季節変化を測定する調査を行った。この調査においては、サンプルの回収作業をパラカラヤ大学農学部の学生に委託して、得られたデータは彼らの卒業研究として使用してもらう予定である。また、この調査を通して、森林における展葉・落葉時期、バイオマスの季節変化についての知見や調査方法について実践的に指導を行っている。
2. 博士課程に在籍しているインドネシア人留学生に現地調査の一部を分担してもらい、野外調査・サンプル分析の方法を実地で指導した。今年度、これらのデータを用いた論文作成と学位の取得を目指している。
3. 本プロジェクトの資金で、インドネシア科学院生物研究所(RCB-LIPI)の Edi Mirmanto 氏を短期で招聘した。これによって Mirmanto 氏は博士の学位を取得した。
4. 修士課程に在学中のインドネシア人留学生についても、中部カリマンタンにおいて調査を行ってもらう予定である。

【CM-2.2 水圏生態グループ】

昨年度、イオンクロマトグラフィーの使い方、保守の仕方に関する研修を日本で受けたパラカラヤ大学の研究者が、本年度は自ら装置の稼働及び保守を担っており、イオンクロマトグラフィーによるデータの蓄積が行われていることが9月の訪問の際に確認できた。また、昨年度、現地に導入された遠心分離機、分光光度計、水質チェッカーが有効に活用され、技術移転が確実に行われていることが確認された。なお、インドネシア科学院からの留学生に関しては、本年度から熱分解クロマトグラフィーや3次元蛍光スペクトル法の測定技術を習得し、順調に技術移転が行われている。

【CM-3 森林修復グループ】

パランカラヤ大学の共同研究者に対し、植林技術に関する開発研究の手順やその省力省コスト化へむけた条件設定のための研究方法について技術移転した。

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開

【CM-1.1 流域管理グループ】

インドネシア側ボーリング会社が所有するボーリング先端部に日本製の特殊なアタッチメントを製造・装着し、対象地域内3地点で 80m深までのボーリングを行った結果、サンプルの脱落も少ない、良質のサンプルが得られた。また、流域水管理システムとしてプロジェクトで開発したテレメータ式水位計が土壌水分(pF 値)あるいは樹木の成長計測にも応用できることが明らかとなり、多用途テレメータ式データロガーとして広範囲な利用が期待されるようになった。

【CM-1.2 火災管理グループ】

昨年度に提案された、消防組織を持つ集落を対象として、泥炭火災に関するワークショップが開催された。泥炭火災抑止の意義について本プロジェクトが説明するとともに林業省自然資源保護局パランカラヤ支局の責任者である Gunawan 氏が火災の技術的諸問題について講演を行った。また講演終了後に同支局スタッフによるデモンストレーション、訓練が積極的に行われた。これら一連の活動はインドネシア側の自発的な提案によるものであり、当初予想していなかった新たな展開であった。

【CM-2.1 陸域生態系グループ】

パランカラヤ大学のカウンターパートとの連携が上手くいかず、依頼していた調査が進んでいなかった。再度、カウンターパートとミーティングを行い、調査の継続を依頼した。来年度、修士課程に入学予定のインドネシア人留学生に新たに調査に加わってもらうことができた。

【CM-2.2 水圏生態グループ】

インドネシア科学院から本プロジェクトに参加しているJICA長期研究生は、今年度末で3年が経過するが、土壌及び水中からの腐植物質の抽出精製を一人で行っており、その操作に時間がかかり、3年以内で学位の取得が難しいことから、3か月の滞在を延長することとなった。

【CM-3 森林修復グループ】

日本の環境ビジネス企業(住友林業)に対して、パランカラヤ周辺の荒廃泥炭湿地における造林技術の研究状況について情報提供し、「インドネシア中部カリマンタンの熱帯泥炭湿地における早生樹の造林技術に関する共同研究」を開始した。また住友林業による荒廃地の森林修復活動の現地見学を行った。

プログラム 4.PM 統合的泥炭地管理プログラム(大崎満・北海道大学大学院農学研究院)

① 研究のねらい

統合的泥炭管理システムの確立を目指す。泥炭炭素は土壌の水の状態に強く依存しており、水が十分にあると、泥炭火災、泥炭分解は抑制されるが、一旦、水路を掘削し排水すると多量の CO₂ が火災や微生物分解により一気に放出される。従って、上記各班がそれぞれ解析・分析したデータを統合し、水の状態を中心とした統合的な CO₂ 収支の解析と分析、そして予測モデルを構築する必要がある。このモデルは1)水と火災の関係、2)水と微生物分解による CO₂ フラックスとの関係、3)水と植生との関係、4)水と植生修復との関係のサブユニットより構成される。また、この統合的炭素収支モデルに基づいて REDD+(Reducing Emissions from Deforestation and Degradation:森林の減少・劣化からの温室ガス排出削減)の制度設計に積極的に関わり、かつ、提言をしていく。

② 研究実施方法

各班のデータを統合し、炭素収支評価モデルを作成する。

1. 各班のデータを地理情報システム(GIS)に統合し、Web-GIS 上で情報共有を図る
2. 炭素収支評価モデルの作成
3. REDD+と MRV システムについてインドネシア国家気候変動協議会(DNPI)、大統領開発管理調整ワーキングユニット(UKP4)、REDD+タスクフォース(KOMDA REDD+)と連携して構築する
4. 各班の補完的観測手法による炭素収支評価モデル支援(LCTF、DOC 計測、泥炭沈下測定など)

③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

1. 各班のデータを地理情報システム(GIS)に統合し、Web-GIS により情報共有を図る

各班で観測中のデータの地理情報システム(GIS)化構築作業は、順次統合化を実施中。また、下記データの GIS への取り込みを実施した。

1) 衛星画像:

- ・ASTER (2012/08/18, 2012/09/03)

上記 ASTER 衛星画像により、カランプンガン地区の農地化、運河開削が深刻な状況にあることが確認された。

2) One Mapping of Peatland:

島田モデルによる泥炭の深さの Mapping 手法について考察を行い、MODIS 画像による精度向上を検討中。

3) 主題図関係:

Ministry of Forestry 作成 Moratorium Map について、Version-0 (May 2011 版) から Version-3 (November 2012 版)について比較を行った。

2. 炭素収支評価モデルの作成

炭素収支評価モデルの基礎となる各種データは、前年度に引き続き各班において順調に取得中であり、FF 班では衛星データからの地下水位予測モデル、CM 班では広域地下水流動モデルのプロトタイプがある。これらのモデルに関しては、現在、さらなる精度向上に向けてデータの蓄積とモデルの改良を行っており、最終的には炭素収支評価モデルに統合される予定である。

3. インドネシア政府機関との連携による REDD+MRV システムの提案

インドネシア国家気候変動協議会(DNPI)を中心として、更に、大統領開発管理調整ワーキングユニット(UKP4)、REDD+タスクフォース(KOMDA REDD+)、カリマンタン州開発計画局(BAPPEDA)と密接な関係を築き、昨年度より共同で泥炭の MRV システム(簡易型)を構築中である。

4. 各班の補完的観測手法による炭素収支評価モデル支援(LCTF、DOC 計測、泥炭沈下測定など)

各般で取得されるデータに加え、補完的な観測を実施している。初年度には、高精度 GPS を用いた地盤沈下観測を開始し、昨年度は、ハイパースペクトルデータを用いた DOC 推定手法を構築した。本年度は、LCTF を開発し、2012年10月に UAV に搭載した試験飛行を実施した。その結果、可視から近赤外域までの良好な画像を取得することができ、本年度は衛星に搭載する予定である。

④ カウンターパートへの技術移転の状況

現段階では、統合できる地理情報システム(GIS)データおよび炭素収支評価モデルのための解析結果が限られているため、技術移転は行っていない。ただし、炭素収支評価モデルとしての MRV ユニットに関するコンセプトについては、ワークショップ等を通じカウンターパートへの技術移転を行っている。

⑤ 当初計画では想定されていなかった新たな展開

1. IPCC への参加

IPCC ガイドライン AR4 では Wetland に関する項目が不十分であることから、2010 年 10 月に Wetland 補足版を 2013 年に出版することが決定された。そのため、本プロジェクトリーダー大崎教授が、環境省の推薦を受け、Lead Author としてメンバー会議に参加中。

2. 経済産業省が行っている FS 調査事業との連携 (丸紅株式会社、住友商事株式会社)

2010 年より丸紅株式会社が、2011 年より住友商事株式会社が中部カリマンタンをテストサイトとして、REDD+ のための FS 事業を実施しており、本プロジェクトから、大崎教授他がアドバイザーとしてサポートを実施中。

3. インドネシア大統領開発管理調整ワーキングユニット (UKP4) REDD+タスクフォース、国家開発企画庁 (BAPPENAS)、中部カリマンタン州 REDD+タスクフォース (KOMDA REDD+)との連携

2010 年 12 月に中部カリマンタン州が、REDD+パイロット州に選定された。また、2011 年 11 月には BAPPENAS により、国家GHGs削減計画書が策定され、2012 年 5 月に州政府版 GHGs 削減計画書の作成が中央政府からインドネシア 33 州に指示された。そのため、中部カリマンタン州政府に対する支援活動を実施中。

4. Trans Kalimantan University Consortium の構築

2011 年 2 月にパランカラヤ大学を中心として、カリマンタン 5 大学のネットワークを強化するため、本プロジェクトの支援により、“Trans Kalimantan University Consortium”が構築された。REDD+活動では、実際の MRV 観測や地域社会との協同のためには、地方大学の強化および大学間ネットワークが鍵となることから、本コンソーシアムの重要性が中央政府において認識されはじめている。従って、さらなる支援を実施中。

5. Peat Definition の本を作成

ノルウェーによる 10 億ドル支援声明が 2011 年 5 月に出され、泥炭地からの CO₂ 放出削減に注目が集まり、泥炭に関する多くの議論が行われてきた。しかしながら、泥炭に関する科学的な定義が存在しなかったため、泥炭地の面積に関する数値が不明瞭で、ベースラインの計算も曖昧な状況であった。そのため、本プロジェクトの大崎教授、広瀬が中心となり、インドネシアではじめての泥炭定義を提案した。提案された定義はインドネシア国家気候変動評議会 (DNPI) のポリシーメモとして 2012 年 8 月に出版され、現在 REDD+タスクフォースを中心に用いられている。

3. 成果論文等

(1) 原著論文発表

① 本年度発表総数 (国内 3 件、国際 15 件)

② 本プロジェクト期間累積件数 (国内 7 件、海外 43 件)

③ 論文詳細情報 (著者名、発表論文タイトル、掲載誌)

1. Masaomi Yasuda, Yustiawati, M. Suhaemi Syawal, Md. Tajuddin Sikder, Toshiyuki Hosokawa, Takeshi Saito, Shunitz Tanaka and Masaaki Kurasaki. Metal Concentrations of River Water and Sediments in West Java, Indonesia. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 87, 669-673, 2011 (国際)
2. Satomi SHIODERA, Tika Dewi Atikah, Joeni Setijo Rahajo, Ismail Apandi, Tatsuyuki SEINO, Akira HARAGUCHI, Afentina S. Hut, Takashi KOHYAMA: Impact of peat-fire disturbance to forest structure in tropical peat forest in Central Kalimantan, Indonesia 北方森林研究, 2011 (国内)
3. Khatun R, Ohta T, Kotani A, Asanuma J, Gamo M, Han S, Hirano T, Nakai Y, Saigusa N, Takagi K, Wang H, Yoshifuji N, Spatial variations in evapotranspiration over East Asian forest sites. I. Evapotranspiration and decoupling coefficient. *Hydrological Research Letters*, 5, 83-87, 2011 (国際)

4. Khatun R, Ohta T, Kotani A, Asanuma J, Gamo M, Han S, Hirano T, Nakai Y, Saigusa N, Takagi K, Wang H, Yoshifuji N, Spatial variations in evapotranspiration over East Asian forest sites. II. Surface conductance and aerodynamic conductance. *Hydrological Research Letters*, 5, 88-92, 2011 (国際)
5. Erianto Indra Putra and Hiroshi Hayasaka. The effect of the precipitation pattern of the dry season on peat fire occurrence in the Mega Rice Project area, Central Kalimantan, Indonesia. *TROPICS*, vol. 19 / 20. 2011. (国際)
6. 山本裕基・竹内憲司「気候変動緩和策としての REDD+の役割」『国民経済雑誌』 第 203 巻第 4 号,77-101, 2011 年 (国内)
7. 工藤俊, 中津川誠 (2012) インドネシア Kahayan 川の水位変動要因を踏まえた水位予測に関する研究. 土木学会論文集 B1 (水工学) , Vol.68, No.4, I_1471-I_1476. (国内)
8. Alick Nguvulu, Shoso Yamato, Toshihisa Honma: Forecasting Project Performance Evaluation Using a Neural Predictor Model, *IEEE Transactions in Electronics, Information and Systems*, Vol.131, No.4, pp.900-905 (2011) (国際)
9. Alick Nguvulu, Shoso Yamato, Toshihisa Honma: Project Performance Evaluation Using Deep Belief Networks, *IEEE Transactions in Electronics, Information and Systems*, Vol. 132, No.2, pp.306-312 (2012) (国際)
10. Manabu Watanabe, Gaku Kadosaki, Yongwon Kim, Mamoru Ishikawa, Keiji Kushida, Yuki Sawada, Takeo Tadono, Masami Fukuda Motoyuki Sato : Analysis of the Sources of Variation in L-band Backscatter From Terrains with Permafrost, *IEEE Transactions on Remote Sensing*, Vol.50, No.1, pp.44-54 (2012) (国際)
11. Kaku, K. (2011). Sentinel Asia – space and ICT technologies towards disaster risk reduction across the Asia-Pacific region. *Risk Returns*, 123-126. Leicester (UK), Tudor Rose. (国際)
12. Ickjune Yoon, Dong Kun Noh, Dongeun Lee, Rony Teguh, Toshihisa Honma, and Heonshik Shin: Reliable Wildfire Monitoring with Sparsely Deployed Wireless Sensor Networks, The 26th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA-2012), AINA-S6A3, Fukuoka, Japan March 27 (2012) (国際)
13. Md. Tajuddin Sikder, Masaomi Yasuda, Yustiawati, Suhaemi M. Syawal, Takeshi Saito, Shunitz Tanaka, Masaaki Kurasaki. Comparative Assessment of Water Quality in the Major Rivers of Dhaka and West Java. *International Journal of Environmental Protection*, 2(4), 8-13, 2012. (国際)
14. Kazuto Sazawa, Takatoshi Wakimoto, Noriko Hata, Shigeru Taguchi, Shunitz Tanaka, Masamoto Tafu, and Hideki Kuramitz; The evaluation of forest fire severity and effect on soil organic matter based on L^* , a^* , b^* color reading system, *Analytical Methods*, **2013**, accepted. (国際)
15. Ogawa M., T.B. Bardant, Y. Sasaki, Y. Tamai, S. Tokura, Y. Uraki: Electricity-free production of activated carbon from biomass in Borneo to improve water quality. *BioResources*, 7(1), 236-245 (2012), (国際)
16. Turjaman M., E. Santoso, A. Susanto, S. Gaman, S.H. Limin, Y. Tamai, M. Osaki, K. Tawaraya: Ectomycorrhizal fungi promote growth of *Shorea balangeran* in degraded peat swamp forests. *Wetlands Ecology and Management*, 19(4), 331-339 (2011), (国際)
17. Sugiyama R., Y. Tamai, T. Yajima, T. Miyamoto: Shortening Effect of Charcoal on the Cultivation of

- Bunashimeji Mushroom (*Hypsizygus marmoreus*). Mokuzaigakkaishi (Japanese), 57(4), 223-226 (2011), (国際)
18. Rizki M., Y. Tamai: Effects of different nitrogen rich substrates and their combination to the yield performance of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). World Journal of Microbiology and Biotechnology, 27(7), 1695-1702 (2011), (国際)
 19. Cha J.Y., I.G.P. Wirawan, Y. Tamai, S.Y. Lee, K.W. Chun, K.W., S.Y. Lee, S. Ohga.: A Food Factory Strictly Managed by Fungus-growing Termites. Journal of Faculty of Agriculture, Kyushu University, 55(1), 11-14 (2010) (国際)
 20. Rizki M., Y. Tamai, T. Yajima, M. Terazawa: Scrutiny on physical properties of sawdust from tropical commercial wood species: Effects of different mills and sawdust's particle size. Journal of Forestry Research, 7(1), 20-32 (2010) (国際)
 21. Rizki M., Y. Tamai, K. Koda, Y. Kojima, M. Terazawa: Wood density variations of tropical wood species: Implications to the physical properties of sawdust as substrate for mushroom cultivation. Wood Research Journal, 1(1), 34-39 (2010) (国際)
 22. Sundari S, Hirano T, Yamada H, Kusin K and Limin S, Effect of groundwater level on soil respiration in tropical peat swamp forest. Journal of Agricultural Meteorology, 68, 121-134, 2012 (国際)
 23. Hirano T, Segah H, Kusin K, Limin S, Takahashi H and Osaki M, Effects of disturbances on the carbon balance of tropical peat swamp forests. Global Change Biology, 18, 3410-3422, 2012. (国際)
 24. Ueyama M, Hirata R, Mano M, Hamotani K, Harazono Y, Hirano T, Miyata A, Takagi K and Takahashi Y, Influences of various calculation options on heat, water and carbon fluxes determined by open- and closed-path eddy covariance methods. Tellus, 64B, <http://dx.doi.org/10.3402/tellusb.v64i0.19048> (国際).
 25. Hadi A, Fatah L, Affandi DN, Bakar RA, Inubushi K (2012) Population and genetic diversities of bacteria related to nitrous oxide and methane in Peat Soils of South Kalimantan, Indonesia. Malaysian J Soil Sci 16:121-135 (国際).
 26. Shuli Niu, Yiqi Luo, Shenfeng Fei, Wenping Yuan, David Schimel, Brian Amiro, Christof Ammann, M. Altaf Arain, Almut Arneth, Marc Aubinet, Alan Barr, Jason Beringer, Christian Bernhofer, Andrew T. Black, Nina Buchmann, Alessandro Cescatti, Jiquan Chen, Kenneth J. Davis, Ebba Dellwik, Ankur R. Desai, Han Dolman, Sophia Etzold, Louis Francois, Damiano Gianelle, Bert Gielen, Allen Goldstein, Margriet Groenendijk, Lianhong Gu, Niall Hanan, Carole Helfter, Takashi Hirano, David Y. Hollinger, Mike B. Jones, Gerard Kiely, Thomas E Kolb, Werner L. Kutsch, Peter Lafleur, Beverly E. Law, David M. Lawrence, Linghao Li, Anders Lindroth, Marcy Litvak, Denis Loustau, Magnus Lund, Siyan Ma, Michal Marek, Timothy A. Martin, Giorgio Matteucci, Mirco Migliavacca, Leonardo Montagnani, Eddy Moors, J. William Munger, Asko Noormets, Walter Oechel, Janusz Olejnik, Kyaw Tha Paw U, Kim Pilegaard, Serge Rambal, Antonio Raschi, Scott Saleska, Russell L. Scott, Günther Seufert, Donatella Spano, Paul Stoy, Mark A. Sutton, Andrej Varlagin, Timo Vesala, Ensheng Weng, Georg Wohlfahrt, Bai Yang, Zhongda Zhang, Xuhui Zho, Mechanisms underlying thermal optimality of net ecosystem exchange of carbon dioxide. New Phytologist, 194, 775-783, 2012 (国際)
 27. M. Osaki, T. Hirano, G. Inoue, T. Honma, H. Takahashi, W. Takeuchi, N. Kobayashi, M. Evri, T. Kohyama, A. Ito, B. Setiadi, H. Sekine, and K. Hirose, Sensing/Monitoring Networks on Carbon Balance and Biodiversity

in Tropical Peatland, Springer P349-374, 2012, (国際)

< To be published >

1. Bambang H Saharjo, The Changing of Domination, Composition and Structure of Primary Peat Swamp Forest 15th Years Following Burning in Central Kalimantan, Indonesia. "The Journal of Wetland Ecology and Management"(国際)
2. Erianto Indra P. and Hiroshi Hayasaka. The effect of the precipitation pattern of the dry season on peat fire occurrence in the Mega Rice Project area, Central Kalimantan, Indonesia in "Tropics".(国際)
3. Kaku, K., Kushida, K., Honma, T., and Fukuda, M. (2009). An Evaluation Method for Hotspot Detection Algorithms using Web-GIS. "Asian Journal of GEOINFORMATICS, 9(4), 19-27"(国際).
4. M.Kido, Yustiawati, M. S. Syawal, Sulastri, T.Hosokawa, S.Tanaka, T.Saito, T.Iwakuma and M.Kurasaki, Environ. Monit. Assessment, Comparison of general water quality of rivers in Indonesia and Japan, 156, 317-329, "Springer Science"2009.(国際)
5. Kaku, K., Honma, T, and Fukuda, M. An Application of AHP/ANP to a Wildfire Management Project to help Mitigate Global Warming. Proceedings of "the 10th International Symposium on the Analytical Hierarchy Process", Pittsburgh (USA).(国際) 2009, <http://www.isahp.org/2009Proceedings/index.htm>
6. Kaku, K, and Tokuno, M. Developing Hotspots Monitoring Web-GIS using MTSAT Infrared Data. "Asian Journal of GEOINFORMATICS", 2010(国際)
7. Nitrobenzene-adsorption capacity of carbon materials released during the combustion of woody biomass, Y.Dai, Y.Mihara, S.Tanaka, K.Watanabe, N.Terui, J. Hazardous Materials, "Journal of Hazardous Materials",2010.(国際)
8. Tomoya Inada, Hideyuki Saito, Sampang Gaman, Takashi Inoue, Limin Suwido, Masato Shibuya, Takayoshi Koike (2010) High-temperature effects on seed germination in Shorea balangeran, a tropical peat swamp tree in Central Kalimantan, Indonesia. In: Recent Advances in Seed Research and Ex Situ Conservation, IUFRO Tree Seeds, Symposium Proceedings (Eds.Chien Ching-Te, Chen Fen-Hui) TFRI Extension Series No.212, p. 49-54. (ISBN: 978-986-02-4459-5). Mike Malin Co., Ltd., Taiwan Forestry Research Institute. (国際)
9. 小出智也, 小泉章夫, 斎藤秀之, Gaman Sampang, Praiwa Yuda(2011)インドネシアで植栽された Shorea balangeran の力学的性質.日本木材学会北海道支部講演集 43 号(平成23年11月) 47-49.(国内)
10. Hideyuki Saito, Sampang Gaman, Patricia Erosa,Maman Turjaman, Suwido H. Limin,Yutaka Tamai, Masato Shibuya (2011) A comparison of site preparation by weeding prior to the direct sowing of Shorea balangeran for the reforestation of degraded peat swamp lands in Central Kalimantan, Indonesia. In: Proceedings of 2nd International Workshop on Wild Fire and Carbon Management in Peat-Forest in Indonesia Palangka Raya, Indonesia, 28-29 September 2010 (eds: Takahashi H. et al.), 157 - 165.(国際)
11. Hideyuki Saito, Hiroshi Marugami, Sampang Gaman, Takashi Inoue, Suwido Limin, Masato Shibuya (2011) Variation in resistance to flooding depth and duration among seedlings of three tropical peat swamp tree species in Indonesia. In: Proceedings of 2nd International Workshop on Wild Fire and Carbon Management in Peat-Forest in Indonesia Palangka Raya, Indonesia, 28-29 September 2010 (eds, Takahashi H. et al.), 166 - 174.(国際)
12. Shuli Niu, Yiqi Luo, Shenfeng Fei, Wenping Yuan, David Schimel, Brian Amiro, Christof Ammann, M.

Altaf Arain, Almut Arneth, Marc Aubinet, Alan Barr, Jason Beringer, Christian Bernhofer, Andrew T. Black, Nina Buchmann⁵, Alessandro Cescatti, Jiquan Chen, Kenneth J. Davis, Ebba Dellwik, Ankur R. Desai, Han Dolman, Sophia Etzold, Louis Francois, Damiano Gianelle, Bert Gielen, Allen Goldstein, Margriet Groenendijk, Lianhong Gu, Niall Hanan, Carole Helfter, Takashi Hirano, David Y. Hollinger, Mike B. Jones, Gerard Kiely, Thomas E Kolb, Werner L. Kutsch, Peter Lafleur, Beverly E. Law, David M. Lawrence, Linghao Li, Anders Lindroth, Marcy Litvak, Denis Loustau, Magnus Lund, Siyan Ma, Michal Marek, Timothy A. Martin, Giorgio Matteucci, Mirco Migliavacca, Leonardo Montagnani, Eddy Moors, J. William Munger, Asko Noormets, Walter Oechel, Janusz Olejnik, Kyaw Tha Paw U, Kim Pilegaard, Serge Rambal, Antonio Raschi, Scott Saleska, Russell L. Scott, Günther Seufert, Donatella Spano, Paul Stoy, Mark A. Sutton, Andrej Varlagin, Timo Vesala, Ensheng Weng, Georg Wohlfahrt, Bai Yang, Zhongda Zhang, Xuhui Zho, Mechanisms underlying thermal optimality of net ecosystem exchange of carbon dioxide. *New Phytologist* (国際)

13. Koide T., Koizumi A., Gaman S., Prawira Y., Saito H. 2012. Mechanical properties of *Shorea balangeran* planted in Indonesia. In: Proceedings of 3rd International Workshop on Wild Fire and Carbon Management in Peat-Forest in Indonesia 2011, 22-24 September 2011, Palangka Raya, INDONESIA. (eds) Osaki et al., 213-218. (国際)
14. Gaman, S., Prawira, Y., Turjaman, M., Limin, S. and Saito, H. 2012. Vegetative propagation of ramin (*Gonystylus bancanus* Kurz) by shoot-cutting, and endangered tropical swamp tree. In: Proceedings of 3rd International Workshop on Wild Fire and Carbon Management in Peat-Forest in Indonesia 2011, 22-24 September 2011, Palangka Raya, INDONESIA. (eds) Osaki et al., 246-251. (国際)

< In press >

1. Kaku, K. Fukami, K. Honma, T. and Fukuda, M. Sentinel Asia – the Overview and Prospect. “Asian Journal of GEOINFORMATICS”, 2010 (国際)
2. . The effect of the precipitation pattern of the dry season on peat fire occurrence in the Mega Rice Project area, Central Kalimantan, Indonesia, Erianto Indra P., Hiroshi Hayasaka, TROPICS. (国際)
3. Md. Tajuddin Sikder, Masaomi Yasuda¹, Yustiawati, Suhaemi M. Syawal, Takeshi Saito, Shunitz Tanaka, Masaaki Kurasaki. Comparative Assessment of Water Quality in the Major Rivers of Dhaka and West Java. *International journal of Environmental Protection*. (国際)
4. Sundari S, Hirano T, Yamada H, Kusin K and Limin S, Effect of groundwater level on soil respiration in tropical peat swamp forest. *Journal of Agricultural Meteorology* (国際)
5. Gatot, E.S., Yamamoto, K., Imai, T., Ishii, Y., Fukami, H., Sekine, M.: The effect of ENSO on rainfall characteristics in the tropical peatland areas of Central Kalimantan, Indonesia. *Hydrological Sciences Journal* (国際)
6. Yusuke Kihara, Yustiawati, Masato Tanaka, Sulmin Gumiri, Ardianor, Toshiyuki Hosokawa, Shunitz Tanaka, Takeshi Saito and Masaaki Kurasaki. Mechanism of the toxicity induced by natural humic acid on human vascular endothelial cells. *Environmental Toxicology*, in press, 2013. doi: 10.1002/tox.21819 (国際)
7. 大木孝・武田知巳・塩寺さとみ・関根秀真・広瀬和世・大崎満, 中部カリマンタン地域における森林タイプの分類と特徴, 北方森林研究第61号 (国内)

8. 長田・及川・宮田・神山・永野・塩寺・田畑・小野,2013,「環境条件に応じた葉寿命の種内変異:一般的傾向と機能型間の差異」日本生態学会誌 (国内)
9. 塩寺さとみ, 2013,熱帯林における樹木のリーフフェノロジーと環境要因-水分環境と樹木の機能的多様性-, 日本生態学会誌 (国内)

(2) 特許出願

- ① 本年度特許出願内訳(国内 0 件、海外 0 件、特許出願した発明数 0 件)
- ② 本プロジェクト期間累積件数(国内 0 件、海外 0 件)

4. プロジェクト実施体制

(1)FF:衛星による火災・炭素センシングプログラム

- ① 研究グループリーダー: 本間利久 (北海道大学大学院情報科学研究科・教授)
- ② 研究項目: 衛星による火災・炭素センシング
 - ・ 原野・森林火災の検知精度の向上と検証、土壌水分量の推定、原野火災拡大のシミュレーション構築を行い、消防隊への情報伝達システムを構築する。
 - ・ 炭素インベントリ作成のための空間データの整備を行う。
 - ・ リモートセンシング・地理情報システムを用いた土地被覆データに加えて、フィールド観測による植生スペクトルライブラリー作成や他グループの成果とのデータ交換により、研究対象地域の炭素インベントリ作成に資する空間データ構築を行う。

(2)CA: 炭素量評価プログラム

- ① 研究グループリーダー: 平野高司(北海道大学大学院農学研究院・教授)
- ② 研究項目:
 - ・ 広域スケールでの炭素収支評価(タワー観測, ゾンデ観測, CO2 観測衛星 GOSAT(いぶき)データの利用)
 - ・ 航空機レーザー計測による泥炭・森林炭素の炭素量評価
 - ・ 泥炭土壌からの温室効果気体の放出量評価
 - ・ 地下水流動にともなう炭素流動評価

(3)CM: 炭素管理プログラム

- ① 研究グループリーダー: 高橋英紀 (NPO 法人北海道水文気候研究所・理事)
- ② 研究項目: 炭素管理モデルを構築する。具体的には主に以下の研究を行う。
 - ・ 植生と水文環境の現状を調査して、水文環境をコントロールし水位を高く維持するための方法を策定する。
 - ・ その水位を高く維持した泥炭層や周辺の森林に、火災が入らないよう防火あるいは消火活動を行う組織を編成し、植樹活動を展開して森林を再生する。
 - ・ 水文環境が改善されることにより、陸域生態系も変化をとげることが考えられることから、植生の反応と回復を推定する。
 - ・ 水路網をコントロールすることによって生じる閉鎖水域の水質と水生生物群集の反応を推定し、周辺地域の衛生環境や生産活動への影響の把握に努める。

(4) PM: 統合的泥炭地管理プログラム

① 研究グループリーダー: 大崎満 (北海道大学大学院農学研究院・教授)

② 研究項目: H23 年度実施報告

17

- ・火災で消失した熱帯泥炭林の再生を目的とし、地域コミュニティでの家畜を用いたアグロフォレストリーを導入した持続的な森林再生システムを構築し、その有用性を実践的に検証する。
- ・統合的泥炭管理システムを確立する。
- ・社会実験の手法を活用して、熱帯泥炭林への効果的な REDD システムを計画・提案する。
- ・植樹ボランティア活動を通じて地域住民の意識のなかに森林保全・修復の必要性・重要性を浸透させる。

以上