

熱帯多雨林における集約的森林管理と森林資源の高度利用による 持続的利用パラダイムの創出

実施予定期間：平成 22 年度～平成 24 年度

代表機関：京都大学農学研究科

代表者：神崎 護

国内参画機関：宇都宮大学農学部

代表者：大久保 達弘

国外参画機関：インドネシア科学院

代表者：Bambang Subiyanto

国外参画機関：ボゴール農科大学林学部

代表者：Cecep Kusmana

国外参画機関：ガジャマダ大学林学部

代表者：Muhammad Naiem

国外参画機関：タンジュンブラ大学林学部

代表者：Yuliati Indrayani

I. 概要

インドネシアの低地熱帯多雨林を対象として、集約的な森林管理と高度の林産物利用を実現することで、持続的な熱帯林利用を可能にし、REDD+に結びつく新しい天然林保全のパラダイムを創出する。具体的にはリモートセンシングによる生物資源モニタリング技術の開発、生態的・遺伝的に持続的な森林管理方法の確立、木材産物の高度利用技術の開発、伝統的資源の利用による地域社会発展モデルの構築を 3 年間に完了する。

1. 共同研究の内容

本研究は、中央カリマンタンの択伐天然林を対象としており、以下の 3 つのサブテーマで構成されている。サブテーマ A は集約的な森林管理に、B と C は森林資源の高度利用に関するもので、これらを組み合わせて持続的な森林利用のモデルを構築し、あらたな熱帯林保全のパラダイムとして位置づけることを目的としている。

A リモートセンシングと地上調査によるモニタリングに基づく適応的森林管理方法の確立

まず、生産の場である熱帯低地多雨林の資源状況を衛星ならびに空中写真などでリアルタイムでモニターするシステムの構築を行う。京都大学東南大学研究所と生存圏研究所が実施している衛星リモートセンシング技術の開発成果をこのモニタリングシステムの構築のために利用する。次に熱帯林の択伐後に有用樹種を集約的に植栽する現在のインドネシアの択伐林管理方法の持続性と森林全体の資源多様性の推移を、京都大学農学研究科とガジャマダ大学・ボゴール農科大学が森林動態モニタリングと動態モデルによる解析を組み合わせて検証し、持続性と多様性確保のために必要な管理方法の改善点を見つけ出す。さらに土壌有機物を含めた炭素動態モデルにより、炭素貯留量変動についても検証する。有用樹種の遺伝的多様性の劣化については、京都大学農学研究科が絶滅危惧生物などに適用している個体群の遺伝構造解析手法を適用して検証する。さらに地上性の哺乳動物と鳥類を対象とした動物相のモニタリングシステムを構築する。これらを組み合わせて、適応的森林管理手法を確立する。

B 新技術の導入による森林資源の高度利用技術の開発
熱帯林が産出する多様な木材と天然化合物などの非木材林産物についての体系的なスクリーニングを実施し、今後の持続的な生産活動に利用可能な新たな林産物候補を発見する。木材については京都大学生存圏研究所が、天然化合物については京都大学農学研究科が現在までに実施し

てきた研究蓄積を有効活用して、スクリーニングを実施する。次に京都大学生存圏研究所が進めているバイオエタノール化技術開発と、木材林産物の多角的有効利用技術の開発をインドネシアの熱帯林に応用して高度利用の実現を目指す。さらに、京都大学生存圏研究所が開発してきた分子育種技術を応用して、育種・繁殖技術の高度化を目指す。C 伝統的資源の活用による地域社会の発展モデルの構築
地域研究の歴史に根ざした社会と生業についての統合的研究を、択伐林内外に生活する地域住民に対して行い、地域住民に対する熱帯林のサービス機能の強化、特に非木材林産物の利用による地域社会の発展モデルの構築を目指す。このために、伝統的な植物資源利用の歴史の変遷とそれら植物資源中の天然有機化合物のスクリーニングをサブテーマ B の研究者と共同で実施する。さらに、焼畑後の二次林資源の実態を調査把握し、その高度利用を目指す。

2. ネットワーク構築の実現可能性

京都大学とボゴール農科大学は 1983 年に一般交流協定を、さらにアジア・アフリカ地域研究研究科と東南アジア研究所はボゴール農科大学と部局間協定（2001 年締結）も結んでいる。これらの協定に基づき、ボゴール農科大学との共同研究や修士博士課程留学生の受け入れは恒常的に続いている。

京都大学生存圏研究所はインドネシア科学院と 1984 年に一般交流協定を締結した。その後京都大学はインドネシア科学院と 1996 年から 2005 年にかけて木質科学に関する拠点校プログラムを実施し、科学院、ボゴール農科大学、ガジャマダ大学、タンジュンブラ大学などインドネシアの 25 機関 145 名の研究者と交流実績をもっている。このプログラムによって、多くの共同研究と人材育成をおこない、その後も Humanosphere Science School を毎年現地で共同開催している。これらの研究実績が基盤となって、科学院に生物材料研究ユニットが設置され、またインドネシア木材学会が創設された。また、科学院と京都大学は大学間学術交流協定（2006 年締結）も締結した。

本プロジェクトのための折衝は、2009 年夏から開始し、現地での会合をつぎのとおりに実施してきた。

2009 年 9 月には、調査地とする択伐林において伐採コンセッションを取得しているサリ・ブミ・クスマの親会社アラス・クスマ社との交渉（神崎、柳澤）、2009 年 10 月には林業省との交渉（神崎）、2010 年 3 月にはボゴール農科大学とインドネシア科学院との交渉（神崎、甲山）を行い、具体的な協力関係の構築を進めてきた。

3. 本制度により取組を支援する必要性

現時点では熱帯林の集約的管理や高度利用の技術的な開発はいまだ完了していないため、ODA で供与できる段階には達していない。また、研究内容は大きく 3 つにわかれているが、これらを有機的につなげてひとつの林業システムのモデル構築を目標としているため、多分野の研究者が参画でき、海外調査も可能な大型の研究プログラムが必要である。また、現地研究機関や行政機関との共同研究推進が必須であり、科学振興調整費の国際共同研究の推進枠の理念にふさわしい課題だと考えている。

本申請課題は集約的森林管理と森林資源の高度利用による持続的的林業のパラダイムの創出にあるが、革新的な発想と多分野の協働による多角的な視点からの調査研究が必要であり、特定の技術開発に特化した産業界主導で

は実現がむずかしいと考えている。

研究代表者、分担者ともに、熱帯における研究活動の経験が長く、それぞれ科学研究費補助金や文部科学省、環境省などの事業へ参加している。しかし、今回のように森林生産の場である熱帯低地の択伐天然林とそこから生産される林産物、そして択伐林に隣接する地域社会を統合的に扱うプロジェクトに集結して、共同研究を実施するのは初の試みである。過去のそれぞれの分野での成果を有効に活用して、あらたなパラダイムの創出を試みるという挑戦的なプロジェクトと位置づけている。このため、予算規模が大きく分野横断型の研究が可能な本制度が最適と考えている。

4. 継続性

インドネシア科学院、ボゴール農科大学とは、大学レベル、研究科レベルでのMOUのもと、長年にわたる協力関係を築いてきた。今回の共同研究においては、さらにガジャマダ大学、タンジュンプラ大学などとの緊密な協力関係を樹立する。研究終了後は、京都大学国際シンポジウムをインドネシアで開催して、本申請課題の研究成果を含めて、京都大学が熱帯各国で展開してきた熱帯林研究をレビューするような国際集会を実施することを予定している。さらに、今回の参画機関を中心に、熱帯林の保全のための基礎研究協定をマレーシア、タイ、カンボジア、フィリピン、ミャンマーなどの研究機関や森林局と締結し、熱帯林保全に寄与する共同研究をさらに外延的に推し進めていく協力体制を形成したいと考えている。

5. 相手国・地域との政府レベルでの協力関係の強化・構築への発展性

平成21年10月25日に鳩山首相は、インドネシアのユドヨノ大統領との会談で気候変動対策として4億ドルの円借款を供与する考えを表明したが、インドネシア側は森林消失、森林火災に対する取り組みにもこの資金を利用したいと考えている。本申請課題の成果は、インドネシア側の森林消失問題に対応するための政策立案にも貢献でき

るので、円借款の有効活用に繋がるだろう。

コペンハーゲンで行われた気候変動枠組み条約 COP15において REDD+は重要なトピックで、多くの開発途上国は REDD+にきわめて前向きである。特にインドネシアは従来から REDD+の推進を国際社会に表明しており、今回の申請課題について協力要請した林業省生産総局は REDD+担当機関でもあり、この課題の実施に強い関心を示している。

気候変動対策において、熱帯林の消失と劣化をくいとめることは、IPCC レポートや気候変動締約国会議において重要な目標として認識されている。日本は東南アジアの熱帯木材資源の輸入元であったことから、積極的にこの地域の森林消失問題に対して対応することが求められている。今回の研究成果を通して熱帯林保全の枠組みとしての REDD+の可能性を現実化するための集約的森林管理と高度の資源利用を実現させることで、熱帯林の積極的利用による林業システムを提案し、新たな熱帯林保全のパラダイムを確立したいと考えている。本課題終了後は、林業システムの具体化と順応的管理方法の確立にむけた共同研究と必要な技術援助を行うプロジェクトへと移行したい。このため、ODA も含めた予算獲得を考えている。

6. 生命倫理・安全面への配慮について

インドネシア原産の熱帯植物の持ち出しや交配植物の持込み、組換え植物の作出はカルタヘナ法によって手続きを進める。植物の移動については、「植物体の譲渡書」を交わし適法に処理する。生物資源を直接扱う今回のプロジェクトでは、一部試料を日本に持ち帰り、分析を実施する必要がある。これについては、インドネシア側、日本側双方の植物、動物、微生物、土壌の輸出入に関する法令を遵守し、適法に実施する。日本側の研究者はすでに、東南アジアをはじめとする海外での調査研究活動に長年従事しており、様々な規制や法的手続きについて熟知しており、生物多様性条約の規定や生物遺伝子資源の取り扱いにも十分留意して研究を遂行する。

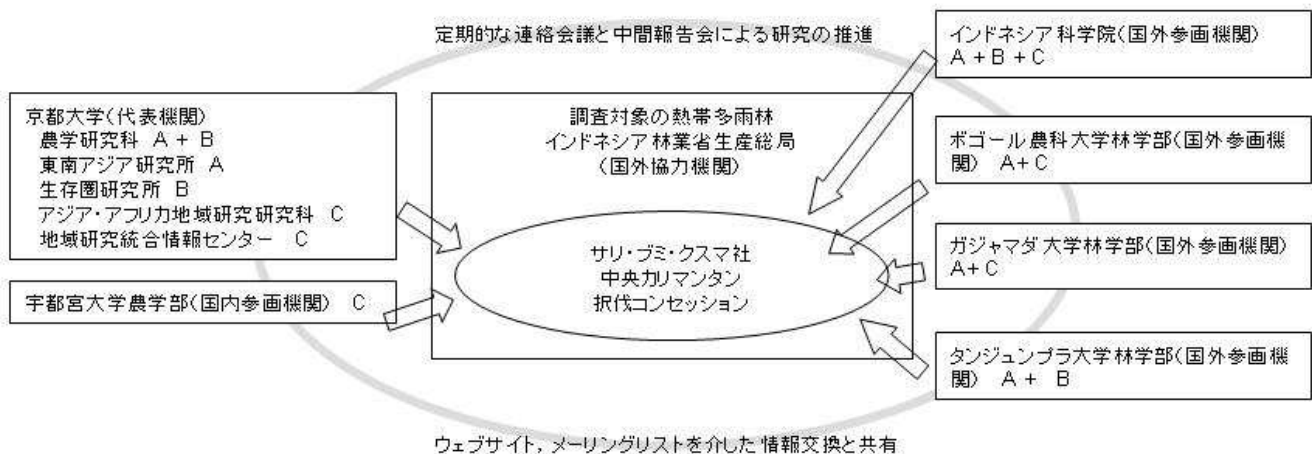
7. 研究実施体制

3つの研究サブテーマ

A リモートセンシングと地上調査によるモニタリングに基づく適応的森林管理方法の確立

B 新技術の導入による森林資源の高度利用技術の開発

C 伝統的資源の活用による地域社会の発展モデルの構築



氏名	所属部局・職名	提案課題における役割
◎神崎 護	京都大学農学研究科・准教授	A リモートセンシングと地上調査によるモニタリングに基づく適応的森林管理方法の確立
○甲山 治	京都大学東南アジア研究所・准教授	
河野 泰之	京都大学東南アジア研究所・教授	
渡辺 一生	京都大学東南アジア研究所・GCOE 研究員	
太田 誠一	京都大学農学研究科・教授	
金子 隆之	京都大学農学研究科・助教	
井鷲 裕司	京都大学農学研究科・教授	
鮫島 弘光	京都大学東南アジア研究所・研究員(科学研究)	
藤田 素子	京都大学東南アジア研究所・GCOE 研究員	
Ruliyana Susanti	京都大学農学研究科・特定研究員	
高野 俊幸	京都大学農学研究科・教授	B 新技術の導入による森林資源の高度利用技術の開発
上高原 浩	京都大学農学研究科・助教	
○川井 秀一	京都大学生存圏研究所・教授	
梅村 研二	京都大学生存圏研究所・助教	
渡邊 隆司	京都大学生存圏研究所・教授	
梅澤 俊明	京都大学生存圏研究所・教授	
服部 武文	京都大学生存圏研究所・助教	
鈴木 史朗	京都大学生存圏研究所・助教	
Md. Mahabubur Rahman	京都大学生存圏研究所・ミッション専攻研究員	C 伝統的資源の活用による地域社会の発展モデルの構築
○柳沢 雅之	京都大学地域研究統合情報センター・准教授	
小林 繁男	京都大学アジア・アフリカ地域研究研究科・教授	C 伝統的資源の活用による地域社会の発展モデルの構築 (二次林の活用)
○大久保 達弘	宇都宮大学農学部・教授	
○Bambang Subiyanto	インドネシア科学院イノベーションセンター・教授	B 新技術の導入による森林資源の高度利用技術の開発 (未利用樹種活用)
○Cecep Kusmana	ボゴール農科大学林学部・教授	A リモートセンシングと地上調査によるモニタリングに基づく適応的森林管理方法の確立 (炭素動態)
○Muhammad Naiem	ガジャマダ大学林学部・教授	A リモートセンシングと地上調査によるモニタリングに基づく適応的森林管理方法の確立 (遺伝的多様性モニタリング)
○Yuliati Indrayani	タンジュンプラ大学林学部・教授	B 新技術の導入による森林資源の高度利用技術の開発 (未利用樹種シロアリ耐性試験)

8. 各年度の計画と実績

a. 平成 22 年度

A リモートセンシングと地上調査によるモニタリングに基づく適応的森林管理方法の確立：衛星モニタリングシステム構築に必要な基礎データを完備する。地上での樹木個体群と遺伝的多様性ならびに動物相のモニタリングシステムを現地に構築する。

B 新技術の導入による森林資源の高度利用技術の開発：天然有機酸を接着成分とした新しい接着技術の導入の可能性を探るとともに、各種熱帯産樹種の酵素加水分解性を評価してエタノール生産に適した樹種のスクリーニングシステムを構築する。高機能品種の育種を成功させるために、熱帯アカシアの形質転換及び再分化系の構築を進める。

C 伝統的資源の活用による地域社会の発展モデルの構築：地域住民によって伝統的に利用されてきた生物資源の聞き取り調査と、それら資源植物中の天然有機化合物のスクリーニングを実施する。また、地域住民がアクセスできる集落周辺の焼畑後二次林の過去の利用履歴を衛星画像によって明らかにする。

統括と境界領域の連携課題研究：各サブテーマのミッションを3つのサブテーマ担当者間で相互に理解し、連携して解決にあたるべき課題を設定する。

b. 平成 23 年度

A リモートセンシングと地上調査によるモニタリングに基づく適応的森林管理方法の確立：アクティブセンサーのデータからバイオマスや炭素蓄積量を推定する技術の確立を目指す。地上部でのモニタリングでは、森林樹木の動態解析に利用可能なデータセットを完成するとともに、植栽樹木、育苗中樹木、天然林構成樹木個体群の遺伝的多様性を比較する。動物相のモニタリングを引き続き実施し、地上性哺乳類と鳥類の種多様性を解明する。

B 新技術の導入による森林資源の高度利用技術の開発：天然有機酸を接着成分とした新しい接着技術を確立し、合板製作に適用を試みるとともに、未利用樹種材の材特性の広範な探索を実施する。酵素加水分解性のスクリーニングシステムを利用して、早生樹種全般についてのスクリーニングを進めバイオエタノール生産に適した樹種の選抜をすすめる。熱帯アカシアの形質転換及び再分化系の実用化をめざすとともに、木質形成関連遺伝子及びストレス耐性候補遺伝子についてその機能についての調査を続ける。

C 伝統的資源の活用による地域社会の発展モデルの構築：択伐企業の林業活動と地域住民の関係を歴史的に検討し、土地利用変化を促した主要因の解明を行う。また、地域住民によって伝統的に利用されてきた生物

資源について行った天然有機化合物の前年度のスクリーニング結果を踏まえ、その化合物の詳細な分子構造などの決定を行うとともに、さらに数十種類の植物について機能性の天然有機化合物のスクリーニングを続ける。二次林については、有用樹種のスクリーニングやバイオマスと炭素蓄積量調査を実施する。

統括と境界領域の連携課題研究：境界領域にある連携課題についての調査研究を実施する。

c. 平成 24 年度

A リモートセンシングと地上調査によるモニタリングに基づく適応的森林管理方法の確立：衛星モニタリングによる資源量と炭素蓄積量をモニターするシステムと地上モニタリングシステムを使用した、動態予測モデルを完成させ、適応的森林管理手法の確立を試みる。生物多様性と遺伝的多様性に与える択伐林業の影響を評価し、適切な改善方法を提言する。

B 新技術の導入による森林資源の高度利用技術の開発：熱帯林が産出する多様な木材と天然化合物などの非木材林産物についての体系的なスクリーニングを完了し、今後の持続的な生産活動に利用可能な新たな林産物候補を確定する。アカシアで開発した、分子育種技術の他樹種への展開の可能性を提言する。

C 伝統的資源の活用による地域社会の発展モデルの構築：地域住民に対する二次林のサービス機能の強化のための方策と、非木材林産物の利用による地域社会の発展モデルを構築する。

統括と境界領域の連携課題研究：3つのサブテーマの成果と連携課題の成果を複合して、集約的森林管理と森林資源の高度利用にもとづく熱帯多雨林の持続的利用のパラダイムに基づく、森林管理の理念と持続的な森林利用のモデルを構築し、REDD+の実現への道筋を提示する。

9. 年次計画

研究項目	1年度目	2年度目	3年度目
<p>A リモートセンシングと地上調査によるモニタリングに基づく適応的森林管理方法の確立</p> <p>京都大学 ボゴール農科大学 ガジャマダ大学 インドネシア科学院</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・基礎資料の収集とモニタリングシステムの構築 	<ul style="list-style-type: none"> ・アクティブセンサーによるバイオマス推定 ・動態解析用データセットの完成 ・遺伝的多様性比較 ・動物多様性評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・衛星モニタリングと地上モニタリングに基づく適応的管理手法の構築
<p>B 新技術を用いた高付加価値生産物の開発</p> <p>京都大学 インドネシア科学院</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・有機接着剤の導入試験 ・エタノール生産のための樹種スクリーニングシステム構築 ・遺伝育種の形質転換と再分化系構築 	<ul style="list-style-type: none"> ・有機接着剤の合板への適用 ・エタノール生産用樹種のスクリーニング ・木質形成関連遺伝子とストレス耐性遺伝子の機能調査 	<ul style="list-style-type: none"> ・スクリーニングに基づく、利用可能な新たな林産物候補の提言と、アカシアで開発した分子育種技術の他樹種への展開の可能性提言
<p>C 地域住民サービス拡充と伝統的林産物利用による地域社会の発展</p> <p>京都大学 宇都宮大学 ガジャマダ大学 ボゴール農科大学</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・伝統的生物資源の探査と、有機化合物スクリーニング ・二次林の利用履歴解明 	<ul style="list-style-type: none"> ・択伐会社と地域住民の相関関係解明 ・有機化合物スクリーニングと分子構造決定 	<ul style="list-style-type: none"> ・地域住民に対する熱帯林のサービス機能強化と非木材林産物利用による地域社会発展モデルの構築
<p>統括と境界領域の連携課題研究</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・各サブテーマにおけるミッションの相互理解と問題点の共有 ・連携課題の設定 	<ul style="list-style-type: none"> ・各サブテーマの成果の共同理解 ・連携課題の遂行 	<ul style="list-style-type: none"> ・成果統合と林業モデルの構築