

熱帯林減少の原因と解決策 —貧困削減が森林減少の防止に有効—

宮本 基 杖^{*,1}

熱帯林減少は地球規模の環境問題であると共に温室効果ガスの排出源でもあることから、森林減少を止める対策が国際的な取組として広く推進されている。しかし、その成果は当初の期待に及ばず、地域社会への影響など懸念の声もある。取組が難航する理由は適切な対策を選択できていないためであり、それは森林減少の根本原因が理解されていないことに関連する。本稿では、世界の先行研究と著者の東南アジアでの実証研究を基に、森林減少の原因について解明された全容を示し、発生と制御の仕組みを明らかにすると共に、持続可能な解決策を提案する。森林減少の直接原因は農業地代（農地収益性）の上昇に集約される。主要な根本原因は貧困であることが特定された。森林減少の発生と制御の仕組みは農業地代・貧困率・森林率の3要因で説明できる。現行の取組は農業地代を低下させる対策が中心であるが、それは効果が高いものの、コストと社会的影響を考慮しなければ持続性が低い。他方、貧困削減策は根本的解決の効果があり、持続性も高いことが実証されている。世界の森林減少対策は抜本的改革が求められており、対策の主軸を農業地代低下策から貧困削減策に移すことが肝要である。

キーワード：森林減少、気候変動、REDD、貧困削減、農業地代

Motoko Miyamoto^{*,1} (2023) Causes and Solutions to Tropical Deforestation: The Role of Poverty Reduction in Halting Deforestation Effectively. J Jpn For Soc 105: 27-43 Tropical deforestation has become a global environmental issue and a major source of greenhouse gas emissions. Therefore, efforts to reduce deforestation have been actively promoted worldwide through climate change mitigation schemes. However, results of these efforts have fallen far below initial expectations. Concerns, such as economic damages to local people in the tropics have also been observed. The reason for the disappointing results is proposed to be that the underlying causes of deforestation are not well understood, thereby resulting in the selection of inappropriate strategies. Therefore, this study aimed to clarify the causes of deforestation, show the mechanisms of deforestation's occurrence and control, and propose sustainable solutions based on previous studies from around the world and the author's empirical research in Southeast Asia. The highlights are as follows: 1) the main proximate causes of deforestation are related to increase in agricultural rent (agricultural profitability); 2) poverty is the chief underlying cause of deforestation; 3) deforestation mechanisms can be explained via three factors—agricultural rent, poverty, and forest scarcity; 4) the mainstream of current efforts are strategies to decrease agricultural rent, which can be effective to reduce deforestation, but unsustainable without considering the high costs and social impacts; 5) poverty reduction strategies can be sustainably effective in reducing deforestation; and 6) global efforts to combat deforestation need a shift in focus from agricultural rent reduction strategies to poverty reduction strategies.

Key words: deforestation, climate change, REDD, poverty reduction, agricultural rent

I. はじめに

20世紀半ばに始まった熱帯林減少は地球規模の環境問題として注目を集め、1970年代から森林減少の実態把握や原因究明の調査研究が活発に行われた。21世紀に入ると、森林減少が温室効果ガス（GHG）の主要な排出源であること、そのため森林減少の防止が温暖化対策に不可欠であることが広く認識されるようになった（IPCC 2007）。国連が2030年までに達成すべき目標として掲げるSDGs（持続可能な開発目標）においても、ゴール15のターゲット15.2「2020年までに、あらゆる種類の森林の持続可能な経営の実施を促進し、森林減少を阻止し、劣化した森林を回復し、世界全体で新規植林及び再植林を大幅に増加させる。」に、森林減少の阻止が目標に掲げられている（外務省2021）。

森林減少を防止するための国際的な仕組みとして、REDD+（途上国における森林減少・森林劣化に由来する排出の抑制、並びに森林保全、持続可能な森林経営、森林炭素蓄積の増強）がある。REDD+は、途上国での森林減

少・劣化の抑制や森林保全によるGHG排出量の減少や炭素蓄積量の増加に対して経済的利益を与えるものである。REDD+の検討は国連気候変動枠組条約（UNFCCC）の2005年締約国会議（COP）で始まり、2013年COPで基本的枠組みが決定した。UNFCCCのREDD+事業は国や準国レベルで2020年以降の実施と決まったが、それに先立ち、各国、国際機関、企業、NGOが自主的な取組として途上国の能力開発支援やパイロット事業などを積極的に展開している。これまでのREDD+の取組については、途上国の森林モニタリング技術の向上や森林減少の原因把握などに貢献が認められるものの、森林減少・劣化の抑制とそれによる排出削減において期待された効果は得られていない（Angelsen *et al.* 2018）。

現在実施されている森林減少対策としては、保護地域の拡大、森林地帯の新規開発の停止、農産物の認証制度、企業への投資抑制などがあげられる（Angelsen 2010；Lambin *et al.* 2014）。取組の中には効果が認められるものもあるが、効果の持続性や対象地域への経済的影響などの懸念も提起されている（Soares *et al.* 2010；Miranda *et al.* 2016）。例えば、

*連絡先著者（Corresponding author）E-mail: motoko@ffpri.affrc.go.jp  <https://orcid.org/0000-0001-8212-4258>

¹ 国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所 〒305-8687 茨城県つくば市松の里1（Forestry and Forest Products Research Institute, Forest Research and Management Organization, 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki 305-8687, Japan）
（2021年11月12日受付；2022年11月24日受理；2023年1月20日発行）

©2023 一般社団法人日本森林学会：この著作はクリエイティブ・コモンズのライセンスCC BY-NC-ND（引用を表示し、改変せず、非営利目的に限定）の条件の下で再配布・二次利用が可能なオープンアクセスです。 <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.ja>

保護地域の設定が地域住民の利用可能な土地を制限する可能性や、取組の森林減少削減の効果は持続するのかという持続性の問題、そして対象地域の住民が経済的不利益を被る可能性などが懸念されている (Larson 2011; Poudyal *et al.* 2016; Miyamoto 2020)。

これまでの森林減少防止の取組は、総じて森林減少の削減に十分な成果を上げていないというのが概ねの評価である (Angelsen *et al.* 2018; NYDF Assessment Partners 2019)。取組が難航する理由は、有効な対策が選択できていないためである。それは、森林減少の根本原因が十分理解されていないことに関連する。森林減少の原因については、森林の農地への転換（特に輸出用農産物の生産拡大）が主な直接原因であることが広く知られている。しかし、根本原因については、人口増加、貧困、経済成長などが検討されたものの、特定が難しく十分な理解に至らなかった。そのため、現行の取組は直接原因に働きかけるものがほとんどである。しかし、森林減少の根本原因が分からなければ、森林減少を解決するための対策を選ぶことは難しい。森林減少を防止するためには、直接原因だけでなく、根本原因の特定が必要であり、その上で森林減少の発生メカニズムを理解することが不可欠である。これによって初めて、森林減少の防止に有効な対策を検討できる。

本稿の目的は、第1に、先行研究と著者の実証研究を基に、熱帯林減少の直接原因と根本原因、さらに森林減少の発生と制御のメカニズムについて解明された全容を示すこと、第2に、現行の森林減少対策を概括し、対策の比較検討を行い、森林減少を防止する持続可能な解決策を提案することである。

II. 森林減少の原因

森林減少の原因は、直接原因と根本原因に分けて論じられることが多い (Geist and Lambin 2002; Schaeffer and Rodrigues 2005)。直接原因とは森林減少を引き起こす直接的な原因であり、その影響は目に見えて明らかである。これに対して、根本原因は森林減少の根本的な原因であり、経済要因、政治要因、人口要因などが考えられるが、社会経済要因と森林減少は目に見える関係ではないため特定が難しい。以下、直接原因と根本原因について、現在までに明らかになった研究の進捗を示す。

1. 直接原因

直接原因すなわち森林減少を直接的に引き起こす原因は、先行研究により既に明らかになっており、研究分野における議論は落ち着いている。農地拡大が森林減少に関係することは広く知られているが、その背景にある理論まで解明が進んでいる。そこで、本節では、直接原因に関して、農産物の種類など状況で変わる現象面にとどまらず、包括的な理解につながる理論についても詳しく取り上げる。

1) 直接原因の特定

途上国における森林減少の主な直接原因は、森林の農地への転換という土地利用変化である。森林減少の議論が始まった当初は焼畑が主因と考えられた (Lanly 1982)。しかし、1990年代以降の多くの実証研究により見直しが進

み、輸出用農産物の生産拡大が森林減少の原因としてより重要であることが明らかになった (Motel *et al.* 2009; DeFries *et al.* 2010; 宮本 2010)。森林減少と関係の深い輸出用農産物として、牛肉、パーム油、大豆、天然ゴム、コーヒー、ココアなどがあげられる。地域的にみると、東南アジアではパーム油と天然ゴム、南米では牛肉と大豆の生産拡大が、森林減少と関連が強い (McMorrow and Talip 2001; Fearnside 2001; Zak *et al.* 2008; Motel *et al.* 2009)。

道路建設もまた森林減少の原因として早くから特定されており、道路の建設が熱帯地域において森林減少すなわち森林の農地転換を加速することが数多く報告されている (Cropper *et al.* 2001; Nelson *et al.* 2004; Etter *et al.* 2006)。道路建設は、森林へのアクセスを向上させるだけでなく、生産物の輸送方法を改善して輸送費を大幅に削減することによって、森林の農地転換に多大な影響を与えた (Angelsen and Kaimowitz 1999; 宮本 2010)。

それ以外の原因として、アジアでは商業的木材伐採、アフリカでは薪炭材採取が報告されている (Geist and Lambin 2002; Kumar and Sharma 2009; Brandt *et al.* 2016)。東南アジアでは、林産物貿易のための木材伐採が、しばしば森林を劣化させたと共に、道路建設や大径木採取によって後に続く農地転換へのインフラ整備の役割を果たした (宮本 1997a; 関 2005)。

2) 地代という概念

森林減少の主な直接原因は森林の農地転換であり、それには輸出用農産物や道路建設などが重要な影響を与えたことは上述の通りである。しかしながら、輸出用農産物の生産や道路の建設などは、先進国でも多く見られる現象であるが、そこでは森林減少は起きていない。これらの要素がなぜ熱帯で森林の農地転換を引き起こしたのか。それを説明するのに、「地代」という概念が有効である。これを最初に提示したのは Angelsen (1995) であり、彼は経済地理学のチューネンモデルである地代理論を森林減少問題に適用して、地代を上昇させる要因が森林減少を加速すると論じた。

Angelsen and Kaimowitz (1999) は、熱帯の森林減少に関する数多くの先行研究を基に、森林減少の原因として報告された道路建設、価格の高い農産物、低い賃金、農業外雇用の不足などがいずれも地代を上昇させる要因であることを示して、地代上昇が熱帯林減少を引き起こすことを明らかにした。この地代説は、20年以上経った今も研究分野で広くコンセンサスが得られている。

ここで用いる「地代」は、経済地理学のチューネンモデルで定義される地代であり、土地収益性と同義である。チューネンモデルは、19世紀ドイツの経済学者フォン・チューネンが市場までの距離と土地利用の関係をモデル化したもので、現在でも経済地理学において土地利用を分析する上で中心的な概念の一つである。チューネンモデルにおける「地代」は、「土地所有者に帰属する利益」であり、生産物の販売額から費用を引いた残りとして定義される（詳しくは表-1の式を参照）。チューネンモデルによると、それぞれの地域では最高の地代を得る土地利用が中心となる (von Thünen 1875)。例えば、特定の地域で、ある農産物の

表-1. 森林減少の直接原因に関する包括的理解

① 森林減少の主な直接原因は、森林の農地への転換、特に輸出用農産物の生産拡大である		
② ①の土地利用変化は、熱帯奥地の農業地代（農地の収益性）の上昇による		
補足1. この「地代」は経済地理学（チューネンモデル）で定義される地代であり、土地収益性と同義		
補足2. チューネンモデル：土地は、最高の地代を得る土地利用に配分される		
③ 地代の式		
地代 (ha あたり) = 生産量 (ha あたり) × [市場価格 (kg あたり) - 輸送費 (kg, km あたり) × 市場からの距離] - 生産費 (ha あたり)		
④ 農業地代を上昇させる要因		
③式の各変数について地代を上昇させる要因		説明
生産量の増加	治安の安定、技術の進歩、 経済成長や貿易ができる社会環境	・人々が安心して農業できる治安 ・第二次大戦後に独立した多くの熱帯諸国 ・内戦が終結した国
市場価格の上昇 輸送費の低下	輸出用農産物の生産* インフラの整備、道路の建設*	・輸出用農産物は、世界市場の需要が大きく価格が高い ・道路建設は、熱帯奥地から市場までの農産物輸送を革新し（例：河川経由の船輸送から道路経由の自動車輸送へ）、輸送費を大幅に削減
生産費の低下	低い賃金、農外雇用の不足	・賃金の低い途上国 ・農外雇用の不足は賃金の低下につながる

*は森林減少への影響が多数報告された要因。

生産から得られる地代が最も高ければそこは農地になり、ある木材の生産で得られる地代が最も高ければそこは林地になる。要するに、それぞれの地域で可能な土地利用の中で最も高い地代を得られる土地利用に土地は配分されるというものである。このチューネンモデルの地代は、森林減少を説明するのに強力な概念として、森林の土地利用変化に関する研究で用いられている（Geoghegan *et al.* 2001；Sernaeels and Lambin 2001；Caldas *et al.* 2007）。

3) 農業地代の上昇

地代という概念を用いて、なぜ途上国で森林の農地転換が加速したのかを説明できる。結論を先に述べると、それは熱帯奥地において農業地代（農地の収益性）が上昇したためである。下記で詳しく見て行きたい。

地代は、生産物の市場価格、輸送費、市場からの距離、生産費、生産量によって決まる。これらの地代を決める各項目について、農業地代を上昇させる要因を考えると分かりやすい（表-1）。ここでは、市場からの距離は一定と考えて話を進める。というのも、都市（市場）からある一定の距離にある熱帯奥地において、農業地代が上昇した要因をみていくからである。

初めに、生産物の「市場価格」についてみよう。輸出用農産物は世界市場の需要が莫大であるため、市場価格が自給用や国内向け農産物より格段に高い。農産物の価格が高いことは農業地代を上昇させる。熱帯諸国の人々は、世界市場の農産物需要の拡大に反応して、市場価格の高い農産物を多く生産することで経済的機会に対応したのである（Lambin *et al.* 2001；Thongmanivong *et al.* 2005）。

次に「輸送費」についてみると、道路建設は農産物の「輸送費」を大幅に削減したことが分かっており、これも農業地代を上昇させる。例えば、スマトラのゴム農村地域では、農村から都市部へのゴム輸送はもともと河川を經由し船を利用していたが、20世紀後半に熱帯奥地まで道路建設が進んだ結果、ゴム輸送のルートが河川経由から、非舗装道路さらには舗装道路を経由する自動車輸送へと劇的な変化を遂げた。その結果、輸送費は最大48%減となり、輸送時間も大幅に短縮したことで、頻繁にゴムを都市部へ

輸送できるようになった。この輸送方法の革新は熱帯奥地のゴム収益性を大幅に向上させた。これにより、農民たちはゴム生産を拡大する意欲が増し、森林のゴム農園への転換が加速していった（宮本 2003；Miyamoto 2006）。

このように、森林減少の直接原因として最も多く報告されている輸出用農産物と道路建設についても、輸出用農産物は農産物の「市場価格」を上げることで、道路建設は「輸送費」を下げることで、熱帯奥地における農業地代を大きく上昇させたことが明らかである。

地代の残りの項目である「生産費」と「生産量」についてもみていこう。「生産費」に影響した要因についてみると、低い賃金は「生産費」を下げることで、地代を上昇させる。途上国は先進国に比べて賃金が低い。そのことが生産費を大幅に下げることになり、地代を上昇させる結果となる。また、途上国では農業以外の雇用機会が少ない傾向にあるが、この農外雇用の不足も賃金の低下につながる。というのも、農業以外の雇用機会が多ければ、社会全体の平均賃金が高くなり、農業賃金も引き上げられるが、農外雇用機会が少なければ、賃金は上がらないためである。

「生産量」に影響する要因についてみると、生産量が増加するためには、技術の進歩とともに、治安の安定や貿易のための社会環境も重要である。第二次世界大戦後に独立した熱帯諸国や内戦が終結したカンボジアなどで森林の農地転換が加速したように、人々が安心して農業をできる治安、農産物の市場拡大、貿易を活発に行える社会環境は、「生産量」を増加させる要因であり、農業地代を上昇させる要因となる（Geist and Lambin 2002；Mayaux *et al.* 2005；Leblois *et al.* 2017）。

以上見てきたように、森林減少の直接原因は農業地代の上昇と強い関係がある。すなわち、20世紀後半以降に熱帯諸国で森林の農地転換が急速に拡大したのは、輸出用農産物の生産拡大、道路建設、低い賃金、治安の安定などにより、農産物の市場価格、輸送費、生産費、生産量に変化した結果、熱帯奥地において農業地代が大幅に上昇したためである。

ここで留意すべき点は、農業地代の上昇は、地域社会にとって悪いことではなく、逆に望ましいものだというこ

である。地代を上昇させる要因についても、その多く（輸出作物の増加、道路の建設、治安の安定など）は歓迎すべきものであり、健全で合理的な社会経済活動である。したがって、農業地代の上昇が森林減少（森林の農地転換）を引き起こすとしても、地代を下げる対策を行うことは社会への影響が大きく、不適切に行えば対象国・地域に経済的な悪影響を与える可能性が高い。この点については、別途「IV. 森林減少対策」で詳述する。

2. 根本原因

根本原因を考察するにあたり、まず根本原因と直接原因の違いを述べると、直接原因は森林減少を直接的に引き起こす原因であり、それらは「農業地代の上昇」に集約されることがわかっている。この直接原因の解明は、別の視点からみると、「どこで」森林減少が起こるか（起こりえるか）を明らかにしたと言える。地代の概念を用いて、「熱帯の特定地域で」森林の農地転換という土地利用変化が起こることを説明したのである。このように、地代モデルは「どこで」森林減少が起こるか（起こりえるか）という経済地理学的説明を提供したが、それだけでは森林減少発生の説明は完了しない。というのも、地政学的・経済地理学的に農業地代が上昇する場所（森林地域）であったとしても、そこで森林の農地転換を行う「人間」が存在しなければ土地利用変化は起こらないからである。森林とりわけ多種多層の常緑広葉樹が生い茂る熱帯林を伐開して農地に変えるのは、既存農地などを土地利用変化させるより遥かに費用・労力・時間がかかる。したがって、強い動機を持ってそれを行う人間がいなければ、熱帯林の農地転換という土地利用変化は起こらない。森林減少の発生の全容を把握するには、「どこで」起こるかを明らかにするだけでなく、「だれが」「何のために」森林の農地転換を行うのかを明らかにする必要がある。根本原因の究明はそこにつながる。

1) 根本原因の特定

森林減少と社会経済要因の関係は目に見えて明らかでないため、根本原因の特定が難しい。例えば、人口増加が森林減少に影響したという統計的有意差が出たとしても、人口と森林面積の関係の背後に別の要因が控えていて、その要因が両者に影響しているかもしれない。これまでに人口増加、貧困、経済成長、土地所有、自由貿易、技術開発など様々な社会経済要因の影響が検討されてきたが、根本原因が何かについて議論が定まらずコンセンサスに至らなかった。先行研究では、人口増加が森林減少に影響を与えたとする報告がある（Kok 2004；Mahapatra and Kant 2005）一方で、与えていないとする報告も多い（Zak *et al.* 2008；Miyamoto *et al.* 2014）。同様に、貧困（Angelsen and Wunder 2003；Dasgupta *et al.* 2005）、経済成長（Bhattarai and Hammig 2001；Van and Azomahou 2007；Ahmed *et al.* 2015）、土地所有の不安定さ（Börner *et al.* 2010；Robinson *et al.* 2014）についても、森林減少への影響の有り無しについて研究成果が分かれており、特定に至らなかった。

そこで、著者は1990年から2014年の間に自身が単独および共同で行った実証研究を統合して、森林減少の根本原因を検討した（Miyamoto 2020）。森林面積に影響を与える

社会経済要因を特定するために重視した点は、①信頼性の高いデータ、②長期間のデータ、③影響の強さを調べるデータ解析である。第1の信頼性の高いデータは、最も基本的で重要な要件と言える。例えば、貧困は信頼性の高いデータを得ることが難しい。必要な貧困データは、対象地域に基本的なニーズ（食糧、衣服、住宅、健康、教育など）を満たせない人がどれだけいるかを示すデータである。信頼に足る統計データがあれば、それを使用できる。これについて、マレーシア政府は貧困を「カロリー摂取量や栄養レベル、衣服、衛生、健康、教育、その他の社会経済的変数の観点から、絶対的な生活水準が不足している状態」と定義し、貧困層と非貧困層を分ける最低限の支出レベルである「貧困ライン所得（Poverty Line Income）」に基づいて貧困率を測定しており、そのデータは信頼性が高い（Economic Planning Unit 1976, 1986；Miyamoto *et al.* 2014）。一方、信頼に足る統計データがない場合は、調査対象地の貧困を示すデータを独自に収集する必要がある。著者がインドネシアでの実証研究で貧困に関するデータとして収集したのは、世帯の土地所有面積である。それは、村人の主な収入源がゴム農園などの農地だからである。第2の長期間のデータについては、社会経済要因が森林面積に与える影響はすぐに現れない場合や時間の経過で変わる場合もあり、短期間と長期間で分析結果が異なる可能性がある。このため、長期間で見ることが影響の全容把握に適している。第3の影響の強さを調べるデータ解析は、科学的根拠をもって森林減少に強く影響した要因を特定するために重要である。

上記の要件を考慮して原因解明の検討に用いた実証研究は、マレーシアにおける社会経済調査（Parid *et al.* 2013；Miyamoto *et al.* 2014）、インドネシアにおける農村世帯調査（宮本 1997a, b, 2006, 2007；Miyamoto 2006）、そして多国間のデータ分析（Michinaka and Miyamoto 2013）である。以下に、各研究の概要を示す。

マレーシアの社会経済調査（以下、「マレーシア研究」）は、半島マレーシアの全域を調査対象として2010～2014年に実施された。ここでは、半島マレーシア全域の森林面積と21個の社会経済的変数（人口、GDP、雇用、世帯所得、貧困率、土地利用面積、木材生産など）の1970～2010年の時系列データを関連省庁から取得して、森林面積の変化に影響した要因を分析した。目的変数に森林面積、説明変数に1～21個の社会経済的変数を用いた全組合せの重回帰モデル、合計200万個以上のモデルの中から、最適モデルを選択する解析を行った。モデル選択の基準には赤池情報量規準（AIC）を用いた。最適モデルの決定においては、AICの値に加えて、時系列データで起こりえる「系列相関」と説明変数間の高い関連性を示す「多重共線性」の問題がないことを条件に最終判断をした。こうして得られる最適モデルにどの変数が含まれるか、有意な影響を持つ変数はどれかを見れば、広範な諸要因の中から森林減少に影響した要因を特定できる。解析の結果、貧困率が森林面積の変化に単独で最も強い影響を与えたことが確認された（Miyamoto *et al.* 2014）。さらに、上位5個の最適モデルには、人口の変数は含まれることなく、GDP（建設業部門）

や雇用（建設業部門と製造業部門）の変数は含まれたものの有意な影響を持たないことから、人口増加や経済成長は森林面積に強い影響を与えていないことが示された。

インドネシアの農村世帯調査（以下、「インドネシア研究」）は、スマトラ島ジャンビ州のゴム栽培地域で1997～2000年に実施、カリマンタン島東カリマンタン州の焼畑地域で1990～1993年に実施された。スマトラ島とカリマンタン島はインドネシアの主要な森林減少地域であり、ゴム栽培と焼畑の拡大は同国の研究対象時期（1970～1990年代）における森林減少の主な直接原因となっていた（Angelsen 1995；井上 1995）。ジャンビ州では、ゴム農園を主な収入源とするゴム栽培農村4村において合計160世帯を調査した。東カリマンタン州では、焼畑農業による陸稲栽培を主としながらゴム栽培を導入し始めた焼畑農村3村において合計99世帯を調査した。世帯調査では、戸別訪問して質問票を用いた聞き取り調査を行い、世帯の森林伐開行為、土地取得方法、土地所有に関するデータ（1970～1990年代）を収集した。データ解析に重回帰モデルやローレンツ曲線などを用いて、世帯の森林伐開行為に影響した要因を分析した。その結果、村の高い農業人口密度と世帯の所有農地の不足が森林伐開行為を促進したことが明らかになった（宮本 1997b；Miyamoto 2006）。高い農業人口密度と農地不足はいずれも貧困に関係する。というのも、農業人口密度が高ければ土地利用圧が高まり、一人当たりの農地面積が小さく、土地なし農や零細農を生む要因となるからである。村人にとって主な収入源である農地が不足することは貧困につながる。

多国間のデータ分析は205カ国を対象として2010～2013年に実施された。各国の1990～2010年の森林面積、GDP、人口、農村人口率、識字率、平均寿命、農業総生産に関する国連機関の公表データを用いて、クラスター分析とパネルデータ分析を行い、森林面積変化への社会経済要因の影響を検討した。初めに、GDP、農村人口率、森林減少の有無の3項目を用いたクラスター分析によって、205カ国が5グループに分けられた。これを「人間開発レベル」による分類として、グループ毎にパネル分析を行った結果、人間開発レベルが森林面積の変化に強い影響を与えており、人口やGDPなどの各項目が森林面積に与える影響は人間開発レベルによって有意性も影響の正負も異なることが確認された（Michinaka and Miyamoto 2013）。

以上の実証研究はいずれも、貧困に関連する諸要因が森林面積の変化に強く影響することを示していた。著者はこれらの研究結果を統合して、貧困が森林減少の主な根本原因であることを特定した（Miyamoto 2020）。

2) 貧困と森林減少の関係

貧困と森林減少は具体的にどのような関係にあるのか。これについて、マレーシアとインドネシアの研究を比較して考察すると分かりやすい。初めに両国の研究を比較した理由と検討に含まれる農業について述べた後、マレーシア研究（Miyamoto *et al.* 2014；Parid *et al.* 2013）とインドネシア研究（宮本 1997a, b, 2006, 2007；Miyamoto 2006）を比較検討した結果（Miyamoto 2020）を基に貧困と森林

減少の関係を示すことにしたい。

マレーシアとインドネシアの研究を比較した理由は、①両国の森林面積変化が異なること、さらに②両国が地理的に近く自然や社会面で類似点が多いことから、マレーシアとインドネシアが森林減少に関する比較検討に適した2国と考えられるためである。類似点についてみると、気候は熱帯雨林気候、自然環境はフタバガキ科の植物を含む世界で最も多様性の高い熱帯雨林、民族はマレー系と中国系そして先住民族が多く、20世紀半ばの経済レベルは共に低い状態だった（1970年の1人当たりGDP：マレーシア357 USD、インドネシア79 USD；参考として日本は2,056 USD）。このように類似点が多い一方で、20世紀後半における森林面積の変化は両国に大きな違いが見られる。Wickeら（2011）によると、1975年から2005年までに、マレーシアは460万haの森林を失い、森林面積の20%を失ったのに対して、インドネシアは4,000万haの森林を失い、森林面積の30%を失ったと推定される。さらに、国際連合食糧農業機関（FAO 2020）によると、1990～2000年の年間森林面積減少率はマレーシア0.46%に対して、インドネシアが1.56%と高い。この間、マレーシアの森林率は1990年63%から2000年60%への推移に対して、インドネシアは1990年63%から2000年54%に大幅に低下している（FAO 2020, 2022a）。これらの報告から、1970年代1980年代に両国とも大規模な森林減少を経験したものの、その後は20世紀末にかけて、マレーシアでは森林減少が失速したのに対して、インドネシアでは森林減少が継続したことが明らかである。同じような自然および社会環境を持ちながら、20世紀後半に森林減少を削減したマレーシアと森林減少が継続したインドネシアを比較することで、森林減少の根本原因が浮き彫りになる。

次に、検討に含まれる農業について説明する。マレーシア研究では油ヤシ栽培とゴム栽培が対象である。油ヤシとゴムは研究対象時期（1970～2010年）のマレーシアにおける主要な作物であり（FAO 2022a）、特に油ヤシは森林減少と関わりが強い作物であった（Wicke *et al.* 2011）。1970～2010年の作物の国内収穫面積をみると、ゴムが1970～1988年に1位と1989～2010年に2位を占め、油ヤシは1980年にコメを抜いて2位となった後、1989年から1位を占める（FAO 2022a）。作物上位3位の国内収穫面積の例を示すと、1970年は1位ゴム150万ha、2位コメ70万ha、3位ココヤシ31万haであったが、2010年は1位油ヤシ485万ha、2位ゴム102万ha、3位コメ68万haとなっている（FAO 2022a）。一方、インドネシア研究ではゴム栽培と焼畑（陸稲栽培）が対象である。ゴム栽培と焼畑は対象時期（1970年代～1990年代）のインドネシアの森林減少と関わりが強い農業であった（Angelsen 1995；井上 1995）。1970～2000年の国内収穫面積をみると、コメが作物1位を占めており、農園作物ではゴムとココヤシが1位2位を競っていた（FAO 2022a）。FAO（2022b）の「国際コメ年2004」によると、インドネシアのコメの作付面積の内訳は、灌漑が約75%、天水低地が10%未満であることから、陸稲は約15%と推測される。陸稲をコメの

15%として計算した「陸稲の著者推計」を付けて、主な作物の国内収穫面積を示すと、1970年は作物1位コメ814万ha（陸稲の著者推計：122万ha）、農園作物1位ゴム139万ha、同2位ココヤシ126万ha、1990年は作物1位コメ1,050万ha（陸稲の著者推計：158万ha）、農園作物1位ココヤシ226万ha、同2位ゴム187万ha、2000年は作物1位コメ1,179万ha（陸稲の著者推計：177万ha）、農園作物1位ココヤシ259万ha、同2位ゴム240万haである（FAO 2022a）。これに対して、油ヤシの国内収穫面積は、1970年10万ha、1980年20万ha、1990年67万ha、2000年201万haである（FAO 2022a）。インドネシアにおける油ヤシの状況は、21世紀にコメを抜くほどの飛躍的拡大を遂げるものの、20世紀後半においては最後の数年を除くとゴムやココヤシを大きく下回り、森林減少への関わりが強い作物ではなかった（FAO 2022a；Wicke *et al.* 2011）。森林減少に関わる作物の種類は国や時期によって異なる。マレーシアでは油ヤシ栽培とゴム栽培、インドネシアではゴム栽培と焼畑というように検討した農業が両国で異なる理由は、研究対象時期（マレーシア：1970～2010年、インドネシア：1970～1990年代）の国内の主要な農業や森林減少に強く関わる農業が異なるためである。

マレーシア研究とインドネシア研究の比較検討から、貧困と森林減少の具体的な関係性が明らかになった。以下では、その研究結果（Miyamoto 2020）を基に、「貧困は森林減少の原因となるか？」「森林減少は貧困を増加させるか？」「貧困削減は森林減少を削減するか？」の質問に答えていきたい（表-2）。

問1. 貧困は森林減少の原因となるか？

答えはYESである。前節で述べたように、マレーシア研究では森林面積の変化を説明する最適モデルの結果から半島マレーシアの森林面積変化に貧困率が単独で最も強い

影響を与えたこと（Miyamoto *et al.* 2014）、インドネシア研究では農村世帯調査の結果から村の高い農業人口密度と所有農地不足が農民の森林伐開行為を促進したことが示され（宮本 1997b；Miyamoto 2006）、貧困が森林減少の主要な根本原因であることが特定された（Miyamoto 2020）。

さらに、マレーシア研究（Miyamoto *et al.* 2014）とインドネシア研究（宮本 1997b, 2006）から、森林の農地転換は貧困対策とみなすことができる。半島マレーシアにおける森林の油ヤシ農園やゴム農園などへの転換は、主に政府が推進する貧困削減策であった。半島マレーシアにおける森林の農地開発は、政府の主要な貧困削減策として実施された。例えば、連邦土地開発局（Federal Land Development Authority：FELDA, 1956年設立）は土地を持たない貧困層のための入植地開発を1992年まで実施しており、収益性の高い農園（油ヤシ、ゴムなど）を貧困層112,000世帯に提供した（Miyamoto *et al.* 2014）。

他方、インドネシア調査地における森林のゴム農園や焼畑への転換は、農民自身が行う貧困対策であり、生存戦略であった（宮本 1997b, 2006）。彼らの森林伐開行為は地域の慣習法に基づいたものであり、最初に森林を開拓した者がその伐開地の所有権を得るという慣習法はスマトラ島やカリマンタン島の地域住民に広く見られる慣行であった（Suyanto and Otsuka 2001）。政府による貧困対策については、ジャワ島など人口過密地域の貧困層をスマトラ島やカリマンタン島などの外島へ移住させる土地開発政策が大規模に実施されたが、外島の貧困層に対する政府支援は十分ではなかった。

問2. 森林減少（森林の農地転換）は貧困を増加させるか？

答えはYESとNOの両方がある。どちらになるかは農地の収益性で決まる。農地収益性が貧困を克服するほど高い場合はNOすなわち森林減少（森林の農地転換）は

表-2. 貧困と森林減少の関係

	1. 貧困は森林減少の原因となるか？	2. 森林減少は貧困を増加させるか？	3. 貧困削減は森林減少を削減するか？
A. 結論 ・Miyamoto (2020)	YES ・貧困は森林減少の主な根本原因 ・森林の農地転換は貧困対策とみなせる	YES and NO ・農地収益性が低ければ、YES ・農地収益性が高ければ、NO	YES ・半島マレーシアで実証された ・貧困削減と森林減少削減はトレードオフではない
B. マレーシア研究 ・半島マレーシア全域の社会経済調査 ・1970～2010年のデータ ・Parid <i>et al.</i> (2013), Miyamoto <i>et al.</i> (2014)	YES ・貧困率が森林面積変化に最も強い影響 ・森林の農地転換は主に政府が推進する貧困削減策 ・FELDAは農園（油ヤシ、ゴム等）を開発し、1992年までに11万世帯以上の貧困層に農園提供	NO ・森林地域の農業開発は貧困を削減 ・油ヤシ農園開発が貧困率の低下に最も強く寄与 ・農民はFELDAやRISDA等の政府支援を得て、農園の高い収益性を確保 ・RISDAは全ゴム小農に支援提供：生産性の高い苗（樹齢4～5年で樹液生産開始）や肥料の提供、再植林経費の補助	YES ・貧困が大幅に削減された結果、新しい農地の需要が減り、森林減少が失速 ・貧困率（半島マレーシア、以下同様）：1970年53%、1984年20%、2009年2.6% ・森林減少率：1970-1979年2.4%、1980-1989年0.4%、1990-1999年0.6%、2000-2010年0.1% ・森林率：1970年61%、1982年47%、2010年44%
C. インドネシア研究 ・スマトラ島とカリマンタン島の農村世帯調査 ・1970年代～1990年代のデータ ・宮本(1997a, 1997b, 2006, 2007), Miyamoto (2006)	YES ・高い農業人口密度と農地不足が、農民の森林伐開行為を促進 ・森林の農地転換は農民自身が行う貧困対策 ・農民は慣習法に基づいて森林を伐開し土地を取得	YES ・森林の農地転換が進行した村ほど、ゴム農園の所有規模の格差が拡大 ・ゴム農園の収益では貧困を克服できず、生活費等の目的で農園売却が頻発 ・ゴム栽培は焼畑と組合せた粗放的農業、生産性の低い苗（樹齢12年で樹液生産開始）を使用	関連する証拠：貧困が削減されない場合、森林減少が拡大継続 ・森林が消失した村では、農地不足の貧困層が村外へ移動、森林の農地転換が村域を超えて拡大

貧困を減少させる。

半島マレーシアではNOであり、森林の農地転換は貧困を減少させた。貧困率の変化を説明する最適モデルの解析結果から、油ヤシ農園開発が貧困率の低下に最も強く寄与したことが確認された (Miyamoto *et al.* 2014)。加えて、木材・木材製品の輸出や合板生産という林業活動も貧困率の低下に有意な影響を与えていた。一方、GDP (建設部門) や雇用 (農林水産部門と建設部門) の変数は最適モデルに含まれたものの、貧困率に対して有意な影響を与えていなかった。

半島マレーシアの農民は様々な政府支援を得て、農地の高い収益性を確保していた (Parid *et al.* 2013)。FELDA が半島マレーシアにおいて油ヤシ農園やゴム農園を造成する土地開発を行い、多くの土地なし農民に収益性の高い農地を長年にわたり提供したことは前述の通りである。さらに、ゴム産業小農開発局 (Rubber Industry Smallholders Development Authority : RISDA, 1973年設立) は、国内全ての小規模ゴム農家 (40ha以下のゴム農園所有者) に対して、生産性の高い苗や肥料を提供し、再植林の必要経費を補助するなど、実質的な技術支援を提供していた。

インドネシア調査地では問2の答えはYESであり、森林の農地転換による森林減少は村内の農地不足を招いて貧困を増加させた (宮本 1997b, 2006)。スマトラ島の研究ではゴム農園所有面積のローレンツ曲線から、森林の農地転換が進んだ村ほどゴム農園所有規模の格差が拡大したことが示された (宮本 2006)。農民のゴム農園は収益性が低いため貧困を克服できず、日々の生活費や医療費、住宅建設費、教育費などを支払うためにゴム農園を売却することが多く、土地なし農や零細農になる農民が後を絶たなかった。特に森林が消失した村では、土地売買を通して村人の土地がゴム仲買人へと移動集積し、大規模所有者が誕生する一方で零細化する世帯が増加して、土地所有の不平等性が拡大する傾向が見られた。農民のゴム栽培は焼畑と組合せた粗放的栽培であり、パラゴムノキを主とした二次林のような様相を呈していた。ジャングル・ラバー (jungle rubber) と呼ばれる、この種のゴム栽培は、モノカルチャーのゴム農園に比べて収益性が著しく低いことが報告されている (Clough *et al.* 2016)。彼らのゴム農園の収益性を改善する施策や技術支援は十分に行われていなかった。

問3. 貧困削減は森林減少を削減するか？

答えはYESである。貧困を削減すれば、新しい農地への需要が減り、森林減少が失速することが半島マレーシアで実証された (Miyamoto *et al.* 2014)。半島マレーシアの貧困率、森林減少率、森林率の推移をみると、貧困率が1970年53%から1984年20%へ低下した時期に、森林減少率は1970~1979年の2.4%から1980~1989年の0.4%へ失速しており、その後も1990~1999年に0.6%と低い。さらに、2009年に貧困率が2.6%まで下がる時期の2000~2010年の森林減少率は0.1%であり、森林減少がほぼ停止している。森林率は1970年の61%から1982年の47%へ大きく低下したが、その後の変化は小さく2010年に森林率44%を維持している。この間、半島マレーシアの油ヤ

シ農園面積は1980年代以降も増え続けたが、油ヤシ農園の開発対象地が森林から既存農地へ移行したため、油ヤシ農園の拡大はもはや森林減少を伴わなくなった (Miyamoto *et al.* 2014)。油ヤシ農園の開発対象となった既存農地は、油ヤシより収益性の低い作物 (ゴム、ココヤシ、ココアなど) の栽培農地である。

インドネシア研究は、問3に関連する証拠として、貧困が削減されない場合の証拠を提供する。森林がゴム農園や焼畑などに転換され尽くして農地利用できる森林が消失した村では、貧農が土地を求めて村外の森林地域へ移動して森林を伐開するという貧困と森林減少の悪循環が起きていた (宮本 1997b, 2007)。これは、貧困が削減されない場合に森林減少が村域を超えて拡大継続することを示す事例であり、森林減少の解決における貧困削減の重要性を示す証拠である。

以上見てきたように、貧困と森林減少は互いに強い影響を与えている。両者の関係をまとめると、第1に、貧困は森林減少の主要な根本原因である。森林減少は主に、貧困対策として行われた森林の農地転換の結果である。第2に、森林減少 (森林の農地転換) が貧困を増加させるか否かは、農地の収益性による。収益性の高い農地への森林転換は、貧困層がその農地を得る場合、貧困を削減する。第3に、貧困削減は、短期的に森林減少 (森林の農地転換) を伴うことはあっても、長期的に見ると森林減少を持続的に削減する。貧困と森林減少は従来考えられたようなトレードオフの関係ではなく、短期的にそう見えたとしても、長期的には両者の解決は両立することが実証された。

III. 森林減少の発生と制御のメカニズム

森林減少の主要な原因が特定されれば、次の課題はそれらの原因がどのように組み合わせたり森林減少を引き起こすのかというメカニズムの解明である。著者は先行研究と自身の実証研究の結果を論理式で統合することにより、森林減少の因果関係を分析した。論理式を使用した森林減少の分析は前例がないものの、多くの知見を論理式に組み込むことで森林減少の複雑な因果関係を論理的かつ明快に表現できる。本章では、その研究 (Miyamoto 2020) から明らかになった森林減少の発生と制御のメカニズムについて概要を説明する。

1. 森林減少の発生と制御を決める3要因：農業地代、貧困、森林率

森林減少の発生と制御を決める主な要因は、結論を先に述べると、森林減少の直接原因となる「農業地代」、根本原因となる「貧困」、抑制要因となる「森林率」、以上の3要因に絞られる (Miyamoto 2020)。主な要因を選ぶ上で基準としたのは、①森林減少に強い影響を持つ要因であること、②要因間の関連性が低いこと (独立性が高いこと)、③必要最小限の数の要因に絞ることである。要因を選ぶ方法の詳細は、「Ⅲ. 4. 論理式の方法と今後の発展性」に後述する。

農業地代と貧困については、前章で示したように、それぞれ森林減少の直接原因と根本原因を代表する要因である

こと、そして両者の関連性は低い（すなわち独立性は高い）ことから、主要因として選定される妥当性は明白である。そこで以下では、森林率を選んだ理由について説明する。

森林の希少性は森林減少を抑制することが、先行研究からわかっている。具体的には、森林や林産物が希少になると森林面積が増加する傾向が見られる（Rudel *et al.* 2005；Meyfroidt and Lambin 2008；Imai *et al.* 2018）。森林の希少性の影響は、国の森林率と森林面積変化の関係からも裏付けられる。森林率の低い国では、森林減少が失速し森林面積が増加する傾向がある。例えば、インドは森林率 19%（1980 年代）、ベトナムは森林率 25~31%（1991~1993 年）、タイは森林率 25%（1998 年）の時に、国の森林面積が減少から増加に転じた（Wannitikul 2005；Mather 2007；Meyfroidt and Lambin 2008；Singh *et al.* 2017）。これらの国における森林減少の失速は、低い森林率すなわち森林の希少性によるところが大きいと考えられる。さらに、Lebloisら（2017）の報告によると、森林率の高い国では林産物や農産物の貿易が森林減少を促進するが、森林率が低い国ではこのような貿易の影響は小さい。

以上見てきたように、森林の希少性は森林減少を抑制する要因として重要であり、森林減少の発生の仕組みを議論する際に考慮する必要がある。森林の希少性を示す指標としては、森林率が適当である。さらに、森林率は農業地代とも貧困とも関連性が低い。これらのことから、森林率は、独立性の高い三つ目の要因として、森林減少を説明する主要因となりえる。

2. 森林減少の発生メカニズム

森林減少の発生は、前述したように、農業地代、貧困、森林率の 3 要因ではほぼ決まる。この 3 要因を含む論理式を用いて森林減少の発生メカニズムを表すと、式(1)の通りである（Miyamoto 2020）。

$$\begin{aligned} & \text{高い農業地代}(t_1) \wedge \text{高い貧困率}(t_1) \wedge \text{高い森林率}(t_1) \\ & \rightarrow \text{高い森林減少率}(t_1 \sim t_2) \end{aligned} \quad (1)$$

記号の説明： \wedge 、論理積（かつ）； \rightarrow 、論理包含（ならば）； t_1 t_2 、時点（但し、 $t_2 - t_1$ は 3 要因が森林減少を引き起こすのに要する時間）

この式は、時点 t_1 に「高い農業地代」かつ「高い貧困率」かつ「高い森林率」であれば、森林減少率（ t_1 から t_2 の間）は高くなることを示している。わかりやすく述べると、「高い農業地代、高い貧困率、高い森林率の 3 条件が全て揃えば、森林減少が発生する」ことを示す（図-1）。

式(1)はこれまでの研究結果に基づいて構築された。すなわち、インドネシア研究（宮本 1997b；Miyamoto 2006）から「農業地代、貧困率、森林率のすべてが高い地域では、森林減少率が高い」のに対して、マレーシア研究（Miyamoto *et al.* 2014）から「貧困率だけが低く農業地代と森林率が高い地域では、森林減少が失速する」ことがわかっている。さらに先行研究によると、農業地代が低ければ、貧困や森林率が高くても、森林減少率は低く（Angelsen 2007, 2010）、森林率が低ければ、貧困や農業地代が高くても、森林減少率は低くなる（Rudel *et al.* 2005；Meyfroidt

and Lambin 2008）。これらの証拠に基づいて、式に用いる論理変数（高い農業地代（ t_1 ）、高い貧困率（ t_1 ）、高い森林率（ t_1 ））と論理演算子（3 変数を論理積（ \wedge ）で結合）を決定した。

式(1)は、各条件が単独では森林減少を引き起こすとは限らないことをも意味する。いくつかの極貧国（北朝鮮やハイチなど）では農業地代が低い状況でも森林減少が起こるが、貧困だけで森林減少が起こるケースはまれである。これは農業地代についても同様であり、高い農業地代だけで森林減少が起こるとはかぎらない。森林率についても同様であり、高い森林率だけでは森林減少は起こらない。

3. 森林減少の制御メカニズム

論理式を使う利点として、ある論理式が真であれば、その対偶も真であるという法則がある。そこで、発生メカニズムを示す式(1)の対偶をとると、式(2)の通りである（Miyamoto 2020）。

$$\begin{aligned} & \text{低い森林減少率}(t_1 \sim t_2) \rightarrow \text{低い貧困率}(t_1) \vee \text{低い農業地代}(t_1) \vee \text{低い森林率}(t_1) \end{aligned} \quad (2)$$

記号の説明： \vee 、論理和（または）；他は前述通り

この式は、森林減少率（ $t_1 \sim t_2$ の間）が低いならば、時点 t_1 に「低い農業地代」または「低い貧困率」または「低い森林率」が存在することを示している。これは制御メカニズムを意味しており、わかりやすく述べると「低い農業地代、低い貧困率、低い森林率のいずれかの条件が存在すれば、森林減少は抑制される」ことを示す（図-1）。

興味深い点は、森林減少を抑制するには、3 条件すべてを取り除く必要はなく、いずれか一つを取り除けばよいということである。これは非常に画期的な知見である。これまで森林減少を削減するには高い農業地代を低下させる必要があると考えられていた。しかし、そうではなく、農業地代は高い状態であっても、貧困率を下げれば、森林減少

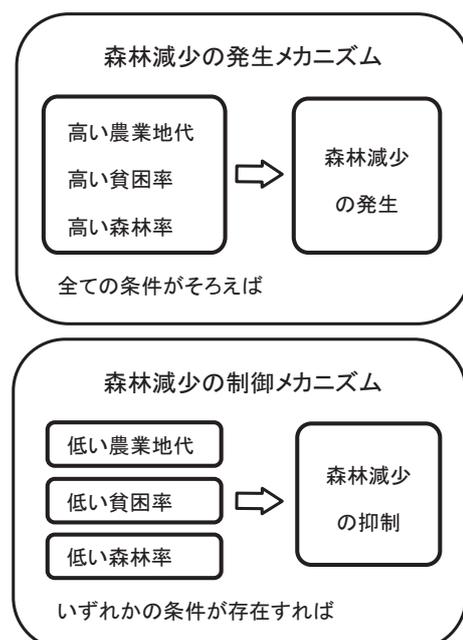


図-1. 森林減少の発生と制御のメカニズム
Miyamoto (2020).

は失速することが、マレーシア研究によって実証的にも、論理式によって論理的にも確認された。

4. 論理式の方法と今後の発展性

論理学的手法は森林減少の研究分野で活用されてこなかったが、メカニズム研究 (Miyamoto 2020) で示したように、論理式は森林減少の複雑な仕組みを明快かつ論理的に説明する強力なツールとなりえる。ここでは、論理式の方法について分析に用いた背景と具体的な構築方法を説明する。

論理式は通常、因果関係を示すことはない。しかし、論理式に時間の表現を含めれば、因果関係を示すことが可能となる。時相論理 (Temporal Logic) は、時間との関連で問題を理解し表現する論理学であり、コンピューターサイエンスや人工知能 (AI) に応用され発展してきた (Stanford Encyclopedia of Philosophy 2021)。例えば、武藤・関根 (1992) は、「論理式による因果関係の解釈と状態の時間推論」と題する論文の中で、電力設備の事故診断システムを開発するための研究において、時間の表現を含んだ論理式を用いることで、事故診断において重要となる種々の因果関係を明快に表現し解釈できることを示した。そこで、著者は時間を取り入れた論理式に森林減少の因果関係を組み込んで、構造を分析することにした。

論理式の構築において必要になるのは、論理変数と論理演算子である。論理変数とは何らかの「主張」であり、前述の式を例にとると「高い農業地代(t_1)」「高い貧困率(t_1)」などである。式では記号化して示したが、これらを文章にすると「時点 t_1 における農業地代は高い」「時点 t_1 における貧困率は高い」などになる。次に、論理演算子とは論理演算を表す記号であり、 \wedge (論理積、かつ)、 \vee (論理和、または)、 \rightarrow (含意、ならば)、 \neg (否定、でない) が基本的な記号である。

変数と演算子を選ぶにあたり、著者はこれまでの研究結果に基づいて各々を選択した。まず変数について述べると、当研究における変数は森林減少を引き起こす条件であり、それは森林減少に強い影響を与える要因 (例: 農業地代) の特定の状態 (例: 時点 t_1 における農業地代は高い) である。変数を選ぶ基準としたのは、①森林減少を引き起こす主要な条件となるもの、②変数間の関連性が低いもの (すなわち独立性が高いもの)、そして③変数の数は必要最小限に絞ることである。以上を考慮して変数を選択した。③について補足すると、変数の数が多ければ、式も解釈も複雑になる。必要最小限の変数にして式を単純化することで、解釈をシンプルにし、安定した普遍性の高い説明を提供できる。

変数の選択について具体的に述べると、①については、森林減少に強い影響を与える要因を選ぶ。②については、関連性の高い諸要因があれば、その中から最も強い影響を持つ要因を選ぶ。例えば、GDP、世帯所得、雇用、貧困などの関連する社会経済要因の中から、影響の強い貧困を選択したようにである。③については、異なる諸要因を代表する要因があれば、それを選ぶ。例えば、道路や輸出用農産物など様々な直接原因を代表する「農業地代」を選択し

たようにである。こうして、多くの諸要因の中から、農業地代、貧困、森林率の3要因を、必要最小限の要因として選出した。このように要因を選定した上で、森林減少を引き起こす条件 (各要因の特定の状態) を定めて変数とした。

次に、演算子については、「変数がどのような組合せで存在すれば、対象とする現象が起こるか」に関する証拠に基づいて演算子を選択する。例えば、三つの変数が全て存在する時に森林減少が起こるのであれば、この3変数を結ぶ演算子は全て論理積 (\wedge , かつ) となる。もしも、3変数のいずれか一つの変数が存在するだけで森林減少が起こるのであれば、この3変数を結ぶ演算子は論理和 (\vee , または) となる。当研究での演算子の選択については、III. 2. で述べた通りである。このようにして、変数と演算子が決まれば、論理式が構築される。

こうして森林減少の発生を説明する論理式が得られれば、その対偶の式は自ずと森林減少を制御する方法を示す論理式となる。それを基に、どの方法が持続可能であるかを実証データに基づいて検討することで、森林減少の解決策を見出すことができる。

森林減少のメカニズムを示す論理式は、今後も発展の可能性が十分ある。提示した論理式はアジアの森林減少には高い確率で適用できると考えられるが、南米やアフリカの森林減少については実証研究による検証が望まれる。また、論理式は統計学、AI、コンピューターサイエンスなどを用いて数値解析への応用も可能である。このように、森林減少を説明する論理式は、世界の様々な地域の実証データや数値解析を活用して、更なる発展が期待できる。

IV. 森林減少対策

森林減少の発生と制御のメカニズムから、森林減少を削減するには農業地代を下げるか、貧困を減らすか、いずれか一方だけで効果のあることが示された。とはいえ、森林減少を長期的に削減するには、効果の持続する対策が必要である。それについて、著者は森林減少対策の現況を踏まえて、有効かつ持続的な対策として貧困削減を提案した (Miyamoto 2020)。本章では、その議論を拡充して、現行の主要な森林減少対策を概括するとともに、対策の比較検討を行い、持続可能な解決策を考察する。

1. 現行の森林減少対策

森林減少削減に向けて世界で推進されている主な対策の概要を説明する。

1) 保護地域

多くの国が森林保全と経済活動のバランスを保つために、森林地域を保護地域、木材生産地域、農業などの開発許可地域などに区分する土地利用ゾーニングを設けている。そのうちの保護地域 (国立公園など) の区分を拡大強化する取組は、現行の森林減少対策の代表的なものである。

森林減少面積が世界最大級のブラジルとインドネシアも森林減少対策として保護地域の拡大を積極的に実施した。ブラジルは「アマゾン保護地域プログラム (Amazon Region Protected Areas Program)」を2002年に立ち上げ、世界で最も意欲的な保護地域プログラムとして注目を集め

た。Soaresら(2010)はこのアマゾン保護地域の拡大と維持にかかるコストを計算している。調査当時、保護地域はブラジル・アマゾンに残存する森林の54%を占めていた。研究の結果、保護地域の管理運営に必要な経費とともに、農林業への土地利用を放棄したことによる損失(機会費用)を含めた総コストは、約1,470億USDに及ぶと推計された。ブラジルは保護地域プログラムの巨額の資金を調達するため、2008年にノルウェーやドイツなどの援助を得て「アマゾン基金(Amazon Fund)」を設立している。

インドネシアの森林保護地域は、「保護林(protection forests)」と「保全林(conservation forests)」という区分であり、全森林面積の46%を占める。インドネシアの保護地域に関する研究によると、保護地域は平均的には森林減少を削減したが、個々の保護地域の効果は森林面積が減少したのもあれば増加したのもありバラつきが大きい(Gaveau *et al.* 2009; Shah and Baylis 2015)。

保護地域は森林減少の削減に効果的であることが、熱帯地域の土地利用ガバナンスや保護地域に関する研究で報告されている(Andam *et al.* 2008; Lambin *et al.* 2014)。それは、森林の土地利用区分を決めて保護地域を設定することで、森林の開発許可をコントロールできるからである。しかしながら、保護地域を適切に管理するには、広大な地域の違法伐採監視などに多額のコストがかかる。過度に大規模な森林を保護地域に設定すれば、コストがかかりすぎて管理運営が困難になり、森林保全の効果は期待できない。従って、保護地域の面積は予算などに応じた適正規模に設定する必要がある。

2) 生態系サービスに対する支払い

生態系の様々な働きのうち人間が利益を得ているものを生態系サービスと呼ぶ。森林の生態系サービスには、二酸化炭素の吸収、木材や燃料の供給、洪水など災害の緩和、水質浄化、生物の生息・生育環境、レクリエーションなどがある。「生態系サービスに対する支払い(Payments for Ecosystem Services: PES)」とは、生態系サービスを受ける受益者がサービスを提供する土地所有者などに土地管理の対価として支払いを行う仕組みである。PESの概念は、コスタリカで森林の生態系サービスの提供を促すための国家的な支払い制度が1997年に設立されたことを契機に、世界に広く普及した(Börner *et al.* 2017)。PESプログラムのよく知られた例として、コスタリカとメキシコの森林保全を目的とした国家プログラム、米国とEUの農業環境政策、中国の退耕還林政策などがある(Börner *et al.* 2017)。REDD+においても中心的な手法としてPESの仕組みが採用されている(Angelsen *et al.* 2018)。

実施されたPESの特徴をみると、他の生態系保全手法と組合せることが多く、特に「保護地域・開発統合プロジェクト(Integrated Conservation-Development Project: ICDP)」としばしば併用される(Lambin *et al.* 2014)。プロジェクトレベルのREDD+の取組を見てもPESとICDPを組合せたものが多い(Sunderlin and Sills 2012)。ICDPは保護地域における生物多様性保全と地域開発の両立をめざすプロジェクトであり、保護地域の森林保全手法として従来から頻繁

に行われてきた。しかし、失敗事例が多く報告されており、これまで実施されたICDPは期待された効果を上げていないという指摘もある(Sunderlin and Sills 2012)。

PESの森林減少削減への効果については、厳密な影響評価の研究が少ない上に、それらはコスタリカとメキシコに集中している。両国の国レベルのPES制度は平均して低い効果を示している(Samii *et al.* 2014; Börner *et al.* 2017)。Samiiら(2014)はPESの森林減少への影響についてシステマティック・レビュー(先行研究の結果を分析・統合)を行った結果、PESが平均して森林減少率を減らすことが示されたものの、その効果はわずかであり、大きな非効率性が伴うことを指摘した。PESの非効率性として、低い効果に加えて、高い固定費があげられる。というのも、PESプログラムを立ち上げて管理するには、事前における森林面積の画定・測定や、規則順守を監視する方法が必要なため、高い固定費がかかる(Samii *et al.* 2014)。一方、Börnerら(2017)のレビューによると、地域レベルでは効果的なPESの実施例がメキシコ、コスタリカ、ウガンダなどで報告されている。PESの成功と失敗の要因を特定する研究が進み、その成果を基に実施の有無や具体的方法を検討することが求められる。

3) 住民参加型の森林管理

地域住民の参加を得て森林管理を行う取組は、森林保全と生計向上の両立を図る手法として、国の施策や国際開発援助などを通して熱帯諸国で長年推進されてきた。この取組は、政府や企業では十分に対応できない荒廃林や人工林などの管理を地域住民の協力を得て行うために推進されることが多い。住民参加型の森林管理を示す用語として、「参加型森林管理(participatory forest management)」「コミュニティ林業(community forestry)」「コミュニティによる森林管理(community forest management)」「社会林業(social forestry)」がほぼ同義で用いられている。

参加型森林管理の取組が荒廃林再生や人工林管理などの森林保全に寄与するか否かは、地域住民の権利や管理規則などにより異なる。一般に、地域住民の「参加」と「ルール作りの自主性」が高まれば、炭素蓄積量と生物多様性は高まることがわかっている(Lambin *et al.* 2014)。参加型森林管理の効果に影響する主な要因として、1人当たりの森林面積、違法伐採監視などのモニタリングの程度、所有権の明確さが報告されている(Lambin *et al.* 2014)。熱帯地域10カ国の実証研究では、大きな森林面積や、森林管理のルール作成における高度な地域自治は、炭素蓄積量と生計便益の両方を高めることが示された(Chhatre and Agrawal 2009)。

参加型森林管理は劣化の進んだ森林において森林減少対策としての効果が期待できるものの、参加型森林管理の設立や実施が計画通りに進まない状況がしばしば見られる(山内 2015)。取組を適切に進めるためには、推進側が現地の事情に合わせる柔軟性を持つこと、住民の森林利用権を保障すること、地域の能力強化に向けた体制を拡充するなど、地域の参加と自主性を高める基盤を整える必要がある(イバラ=ジェネラ 2012)。

4) 森林開発の抑制

森林地域の開発行為を抑制する取組も主要な対策として実施されている。ブラジルでは、「大豆モラトリアム」が業界主導で行われている。ブラジル植物油産業協会 (ABIOVE) とブラジル穀物輸出協会 (ANEC) が事務局となり、アマゾン地域の森林を伐開した土地で生産された大豆を加盟業者が購入しないことを両協会が誓約している。大豆モラトリアムは2006年に始まり、2年を期限として1~2年毎に更新されてきたが、2016年に無期限の実施となった。取組では、衛星画像などのデータを用いて、大豆生産と森林減少の関係を継続的にモニタリングしている。このモラトリアムはアマゾンの森林減少を削減した効果が認められている (Gibbs *et al.* 2015; Heilmayr *et al.* 2020)。しかしながら、大豆モラトリアムでは、森林法に基づいて開拓した土地で生産された大豆であっても購入しない対象となるため、該当する農家は経済的不利益を被っている。農家側は合法的な開拓地で生産された大豆の取引を認めるよう主張しているが、見直しは行われていない (山口・石井 2020)。

インドネシアでは、政府による法的措置として、天然林と泥炭地の新規開発許可を停止する2年限定のモラトリアムを2011年に開始した。その後、森林開発のモラトリアムは2年毎に更新され、最終的に2019年に恒久化された。このような政策は、経済活動を停止することによる損失に対して相応の財政支援がなければ実現しない。インドネシアのモラトリアムは、ノルウェーと2010年に結んだ気候・森林パートナーシップによる最大10億USDの支援で行われたものである (Government.no 2019b)。インドネシアはまた2018年から油ヤシ農園の新規ライセンスの発行を停止する3年限定のモラトリアムを実施し、パーム油生産の拡大を森林開発でなく既存農園を利用して行う方針を公表した (Government.no 2019a)。

5) 農産物の環境認証

農産物の環境認証制度 (以下、「認証制度」) を設立する取組も活発である。これは、木材、コーヒー、パーム油、大豆などの農産物に対して、環境に配慮した方法で生産・加工された商品であることを認定する制度である。木材の認証制度である森林認証は、森林が環境・経済・社会に配慮した持続可能な方法で管理されていることを一定の基準に基づいて認証し、認証された森林に由来する木材や木材製品であることをラベルなどで表示するシステムである。最初に設立された森林認証制度は、FSC (Forest Stewardship Council: 森林管理協議会, 1993年設立) である。FSCは、市民団体と民間企業の関係者が集まり設立された国際森林認証であり、森林減少への影響を配慮した商品の生産・加工・流通を行うために多くの関係者が基準などを協議して決める「商品に関する円卓会議 (commodity roundtable)」の草分け的存在である (Lambin *et al.* 2014)。その後、同じく国際森林認証として、PEFC (Program for Endorsement of Forest Certification Schemes: 森林認証制度相互承認プログラム) が1999年に設立された。各国独自の森林認証制度も設立されており、日本のSGEC (緑の循

環認証会議)、マレーシアのMTCC (マレーシア木材認証協議会)、アメリカのSFI (Sustainable Forestry Initiative) などがある。

国際森林認証の取組状況を見ると、欧州と北米がFSCの森林認証面積の84% (2019年)、PEFCの森林認証面積の89% (2018年) を占めており、欧米への集中が顕著である (宮本 2021)。当初の目的は熱帯の森林減少や違法伐採への対策であったものの、認証森林の大部分は熱帯以外 (特に欧米) に位置している (Ehrenberg-Azcárate and Peña-Claros 2020)。熱帯地域で森林認証の普及を阻む要因として、認証にかかる高いコスト、貿易障壁、基準順守の難しさ、関連市場情報を入手し利用する難しさ、そして経済的利益が明確でないことがあげられる (Ehrenberg-Azcárate and Peña-Claros 2020)。

コーヒー、カカオ、パーム油、大豆などの認証制度は2000年以降活発になり、制度の設立やラベルの国際化が進んだ。コーヒーやカカオについては、レインフォレスト・アライアンスが2001年に認証制度を開始、フェアトレードが2002年に国際フェアトレード認証ラベルを始めるなど、いくつかのNGOや企業が認証制度を実施しており、各々独自の基準を定めて運営している。パーム油については、RSPO (Roundtable on Sustainable Palm Oil: 持続可能なパーム油のための円卓会議) が2004年に設立され、関連企業、金融機関、NGOが参加して、持続可能なパーム油の生産と利用を目指す国際的な認証制度を実施している。大豆については、同様の組織としてRTRS (Round Table on Responsible Soy Association: 責任ある大豆のための円卓会議) が2006年に設立され、南米での大豆生産を中心に認証制度を推進している。

認証制度は大規模な生産者ほど認証を取得する能力が高く、小規模生産者に不利な傾向がある。というのも、制度は複雑で、コストが高く、小規模面積での適用が難しいためである (Edwards and Laurance 2012)。これにより、認証商品の市場需要が高くなければ、小規模生産者にとって認証を取得するインセンティブは低く、普及は難しい (日経ESG 2022)。主要な円卓会議はそのことを認識しており、小規模生産者の認証取得を支援するための方法を模索している (Lambin *et al.* 2014d; 日経ESG 2022)。

6) 農産物の輸入規制

森林減少に関わる農産物を輸入規制する取組も行われている。代表的なものは、違法伐採材の輸入規制である。米国、欧州連合 (EU)、オーストラリアは、違法伐採された木材や木材製品の輸入を規制する法律 (米国: 改正レイシー法 2008年施行, EU: EU木材規則 2013年施行, オーストラリア: 違法伐採禁止法 2014年施行) により、違法材の輸入を抑制する法的措置をとっている。これは木材を輸入する先進国が行う違法伐採対策として注目されているが、熱帯の木材輸出国にとっては森林保全効果以上に経済的損失が大きい取組でもある。というのも、木材生産地である熱帯奥地の森林地域まで遡って合法性を証明することは、多大な費用と労力と困難が伴うからである。

木材セクター以外の輸入規制についても、近年動きがみ

られる。EUはパーム油の原料である油ヤシの栽培を森林減少や温室効果ガス排出などで「ハイリスク」と分類して、パーム油由来のバイオ燃料の使用を2030年までに段階的に禁止する方針を2018年に決定した。これはパーム油生産国に深刻な影響を与えるため、主な生産国であるインドネシアとマレーシアはEUの政策を世界貿易機関（WTO）に提訴し、貿易紛争の解決を申し立てている（インドネシア2019年提訴、マレーシア2021年提訴：NNA ASIA 2022）。

EUのパーム油輸入規制は、違法伐採材の輸入規制と異なり、特定の農産物（ここではパーム油）の全生産物を輸入規制の対象とするものであり、森林減少対策や温暖化対策としての範囲を逸脱した政策と言える。森林減少や違法伐採に関係しない生産物、即ち森林開発を伴わない農園の生産物を含めた全パーム油をハイリスクとみなして輸入を禁止することは、生産国にとっては「風評被害」に相当するものであり、大きな経済的被害を引き起こし、貧困拡大のリスクが高まる。そうなれば、森林減少削減の効果も持続しないだろう。

7) 関連企業への投資抑制

機関投資家による企業への投資抑制も森林減少対策として実施されている。これはESG投資という投資行動の一環である。ESG投資とは、企業の財務情報だけでなく、環境（Environment）・社会（Social）・ガバナンス（Governance）の要素を考慮して企業を選別する投資手法である。発端は国連が支援する責任投資原則（Principles for Responsible Investment：PRI, 2006年提唱）であり、機関投資家が投資の意思決定においてESGの視点を組み込むことを原則としたもので、2021年現在3,826機関が署名している（PRI 2021）。日本においても、年金積立金管理運用独立行政法人が2015年にPRIに署名したことを機に、ESG投資が広がっている（経済産業省 2021）。

森林減少問題は、環境問題および気候変動の観点から、ESG投資で考慮する対象として、機関投資家の高い関心を集めている。具体的には、投資対象から森林減少および違法伐採リスクの高い農産物に関わる企業を除外する取組が行われている。例えば、世界最大級の政府系基金であるノルウェー政府年金基金の運用を担うノルウェー銀行は、投資先企業に対して、サプライチェーン全体における森林破壊リスクの影響評価と取組内容の開示を求めるとともに、森林破壊リスクに関する積極的な働きかけ（建設的対話、エンゲージメント）を行っている（CDP 2019）。ノルウェー銀行はこの取組で2018年には、パーム油生産のため違法な森林伐採を繰り返す企業2社と森林減少に関連してゴム生産が持続可能でないとして天然ゴム生産業者1社を投資対象から外している。

8) 現行対策の特徴：農業地代低下策が主流

現在実施されている森林減少対策は上述したように様々な形態があるものの、その多くは熱帯奥地の農業地代を下げることによって森林減少の削減を図る対策といえる。例えば、保護地域や森林開発の抑制は、熱帯の森林地域における農業開発を法律や協定などで規制する対策であり、そ

れは熱帯奥地の農業生産量をゼロにする、または減らすことを目指している。農産物の環境認証や輸入規制、関連企業への投資抑制もまた、熱帯奥地の農業生産量の減少や農産物価格の低下につながる。このように、現在の森林減少対策の主流は、熱帯奥地の農業地代を低下させる「農業地代低下策」とみなすことができる。

貧困に働きかける森林減少対策としてはPESや参加型森林管理などが実施されている。しかし、これらは住民に森林減少削減への協力を促すインセンティブとして便益を与えるものであり、貧困削減に対する効果は通常限定的である。PESについて見ると、コスタリカのPES制度は参加世帯の所得と福祉に与えた影響が有意でないこと、メキシコのPES制度は貧困削減への影響が認められるものの効果は小さいことが報告されている（Börner *et al.* 2017）。さらに、コスタリカのPES制度は多くの貧困世帯にとって参加自体が困難だったことが指摘されている（Samii *et al.* 2014）。参加型森林管理については、地域住民の生計に与える影響は証拠が乏しく明らかでない。実証データを提供する研究が非常に少ない上に結果も様々であり、参加型森林管理が収入増加をもたらすという一貫した証拠は得られていない（Bowler *et al.* 2010）。

多くの途上国は環境保護と貧困削減に取り組んでいるが、森林減少対策として貧困撲滅に本格的に取り組む国は稀である。それは森林減少削減と貧困削減がトレードオフ（二律背反）の関係にあり両立しないと考えられているためである（Chomitz 2007）。

現在実施されている森林減少対策の特徴をまとめると、次の2点である。第1に、現行対策の主流は、熱帯奥地の農業地代を下げる農業地代低下策である。第2に、貧困に働きかける対策はPESや参加型森林管理などがあるものの、貧困削減への効果は概して限定的であり、本格的な貧困削減策の実施は稀である。

2. 森林減少対策の比較検討

現行の森林減少対策は、農業地代低下策を中心に推進されている。貧困削減策は森林減少対策として実施は少ないものの、実証研究から効果が認められる。ここでは、両者について効果と持続性の観点から評価を行い、持続可能な解決策を検討する（表-3）。

1) 農業地代低下策の評価

農業地代低下策は、熱帯奥地における農産物の生産量や価格を低下させることで森林減少削減を図る対策である。前節で紹介した保護地域や森林開発抑制のように、森林地域の土地利用を規制する法律や協定を用いて森林伐採行為を直接制限する取組が代表的である。

森林減少の削減効果についてみると、保護地域の設定や森林開発停止のモラトリアムが森林減少の削減に効果的であることが報告されている（Andam *et al.* 2008；Lambin *et al.* 2014；Heilmayr *et al.* 2020）。森林減少の抑制メカニズムの分析からも、主な直接原因である農業地代を低下させることは森林減少を抑制する効果のあることが示された（Miyamoto 2020）。したがって、農業地代低下策は森林減少削減の効果が高いと評価できる。

表-3. 森林減少対策の評価

	農業地代低下策	貧困削減策
特徴	熱帯奥地の農業地代を低下させる対策	対象国・地域の貧困率を低下させる対策
対策例	<ul style="list-style-type: none"> ・保護地域の拡大 ・森林開発の抑制 ・農産物の環境認証 ・農産物の輸入規制 ・企業への投資抑制 (多くの現行対策)	<ul style="list-style-type: none"> ・貧困層へ収益性の高い農地の提供 ・農民の農業収益性を向上させる支援 ・医療福祉の充実 ・教育支援 (貧困層の貧困克服と自立を支援する対策)
効果	高い、即効性がある	高い、根本的解決の効果がある
持続性	低くなるリスクあり ・「高コスト」と「対象国・地域への社会的な悪影響」に注意しなければ、持続性は低い	高い ・対象国・地域にとって利益があるため、国内に反動反発が起こりにくい ・貧困率が大幅に低下すれば、対策終了後も効果は持続
結論	<ul style="list-style-type: none"> ・効果は高いが、持続性に問題あり ・実施には、コストと社会的影響を考慮する必要がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・効果と持続性いずれも安定して高い ・世界の森林減少対策の主軸を貧困削減策に置くことが肝要

対策の持続性については、結論を先に述べると、「高いコスト」と「対象国・地域への経済的な悪影響」により、適切に実施しなければ農業地代低下策の持続性は低くなる。その根拠は下記の通りである。

初めに「高いコスト」について述べると、農業地代低下策の中には、保護地域の設置拡大のように対策の管理運営に多額のコストを要するものがある (Soares *et al.* 2010)。この場合、管理運営を労力および予算的に実現できる範囲で実施することが肝要であり、過度に広大な面積や厳しい規制で実施すれば管理運営が行き届かず失敗のリスクが高くなる。また、高コストの農業地代低下策は、資金が途絶えると継続できない。対策が停止すれば、削減効果はそこで止まり、効果が持続することはない。

「対象国・地域への経済的な悪影響」についてみると、農業地代低下策は熱帯奥地の農業活動を制限するため、対象国・地域の経済や地域住民の暮らしに悪影響を与える可能性がある。実際、森林減少削減の取組について、地域住民の権利を脅かすことが懸念されている。例えば、森林資源の利用制限、特に保護地域における厳しい制限は、森林を主な生活基盤とする地域住民の利用権が保証されなければ、彼らに深刻な悪影響をもたらす (Larson 2011)。不利益を被った人々全てに経済的補償が届くわけではないため、森林の利用制限による高いコスト (機会費用) を地域住民が負うことになる (Poudyal *et al.* 2016)。こうした懸念が高まり、REDD+においても社会的リスクを軽減するセーフガードが議論されるようになった (UN-REDD 2021)。対象国・地域の経済的不利益や貧困が増大すれば、持続性の低い対策となるのは必至である。

農業地代低下策について貴重な教訓となるのが、ブラジルの近年の動向である。ブラジルは21世紀初頭に政府の強いイニシアティブのもと保護地域やモラトリアムを推進した結果、アマゾンの森林減少率は2004～2012年に大幅に失速した (Arima *et al.* 2014)。しかし、後に大豆生産者・牧畜業者・木材業者が協定や法律を回避する方法を見つけるなどの反動が起こり、2012年以降の森林減少率は増加傾向に転じたことが報告されている (Carvalho *et al.* 2019)。さらに、2019年の政権交代により、それまでの強

い保護政策が開発重視へと方向転換した。その結果、同年にノルウェーとドイツはアマゾン基金への資金提供を停止している。このようなブラジルの動向が示すように、厳しい規制により農業地代低下策を過度に行うことは、国内の不利益を増大させ、反動反発を強めることになり、対策が持続しない結果を招く。

森林伐採規制を強める農業地代低下策が起こす別の問題として、商品作物の農地開発が規制の緩い国や地域に移転するというリーケージも懸念される (le Polain de Waroux *et al.* 2016; Börner *et al.* 2017)。

農業地代低下策についてまとめると、森林減少を削減する効果は高く即効性もあるという利点がある一方で、高コストと対象国・地域への社会的な悪影響を考慮して適切に実施しなければ持続性は低いという難点がある。

農業地代低下策を持続可能な対策にするためには、①管理運営がコスト的に実現可能な範囲 (予算と労力ともに)、②対象国・地域に社会的な悪影響を与えない範囲 (特に貧困を増加させない範囲)、この両方を満たす範囲を明らかにして、環境保全と社会福祉のバランスがとれた適正範囲 (規模と程度) で実施することが重要と考えられる。

2) 貧困削減策の評価

貧困削減策は、対象国・地域の貧困を削減することで森林減少を防止する対策である。その内容は貧困層の所得向上策や社会福祉の充実などであり、具体例としては貧困層への収益性の高い農地の提供、農業収益性を向上させる支援 (例: 品種改良した苗や肥料の提供)、農産物輸出の促進、教育支援、医療支援などがあげられる。現状では、森林減少対策として本格的な貧困削減に取り組む国や地域は非常に少ない。

森林減少の削減効果についてみると、マレーシア研究の結果から、貧困削減は短期的に森林減少を起こすこともあるが、長期的には森林減少をほぼ停止するまで削減し続ける効果が認められた (Miyamoto *et al.* 2014)。また同研究から、輸出指向の高収益な農業 (油ヤシ農園) と林産物輸出の増加が貧困削減に大きく貢献したことが示された。これは、経済のグローバル化が森林増加を促すことを報告した先行研究

(Lambin and Meyfroidt 2011; Li *et al.* 2017; Singh *et al.* 2017) と整合性のある結果である。さらに、森林減少の抑制メカニズムの分析からも、主な根本原因である貧困を削減することは森林減少を抑制する効果のあることが示された (Miyamoto 2020)。したがって、貧困削減策は森林減少を削減する効果が高いと評価できる。

次に、対策の持続性はどうか。結論を先に述べると、貧困削減策の持続性は高い。というのも、貧困削減策は対象国・地域の人々にとって大きな利益があるため、国内に反発や反動が起りにくい。さらに、貧困率が大幅に低下すれば、貧困対策が終了した後も森林減少の削減効果が持続することを、マレーシア研究は示している (Miyamoto *et al.* 2014)。

持続性を考える上で欠かせないコスト面について見ておきたい。貧困削減策の中にはコストの高い取組もある。マレーシアの FELDA が行った土地開発事業は相当な資金を必要とした。貧しい人々が貧困を脱するための収入源となる高収益な農園を開発して貧困層に提供することは、かなりの初期投資がかかる。その点について、FELDA は開発費の多くを入植者からの返済により回収した。入植者は農産物の生産が始まると、その収益から開発費を FELDA に長い年数をかけて返済する仕組みができていた (堀井 1998)。入植者は負債を返済し終えると、種々の規制はあるが一定の土地所有権なり土地保有権を取得できる (堀井 1991)。FELDA の事業は、高コストの土地開発事業であっても、高収益な農地を得る入植者から返済の目途が立つことを示した。貧困層が貧困状況を克服するには生活を支える基盤が必要であり、その初期投資を担うのは政府の重要な役割である。貧困削減策は基盤整備に費用がかかるとしても、それにより受益者が安定した収入を得ることができれば、彼らから一定の回収が可能であり、コスト的にも持続可能な対策となりえる。

貧困削減策の評価をまとめると、森林減少の削減効果については、即効性は必ずしも高くないが、長期的には森林減少を失速させ停止に導く効果が認められる。対策自体の持続性も高い上に、貧困が十分に削減されれば、対策終了後も森林減少の削減効果が持続する。このように、貧困削減策は森林減少を防止する効果と持続性がいずれも安定して高いことから、森林減少の有効な解決策として期待できる。

森林減少の防止に有効である貧困削減策とは具体的にどのようなものか、その方向性を示していきたい。森林減少の発生・抑制メカニズム (Miyamoto 2020) と半島マレーシアの森林減少が失速した原因 (Miyamoto *et al.* 2014) の研究を踏まえると、森林減少の解決には、対象国・地域の貧困率を低下させるような全域的かつ本格的な貧困削減策が重要である。それは、貧困層への一時的な便益供与や、森林周辺の住民に対する局所的な貧困対策だけでは不十分であることを意味する。森林から離れた所に住む貧困層まで含めることは過度な範囲にも見えるが、これらの研究が示唆するものは全域的な貧困削減策である。その対象範囲が妥当と考えられる理由は、人間の移動である。熱帯において森林地域への自発的な移住や政策的な移住は珍しくな

く、その他に伐採目的などで短期的に森林地域へ入って来る労働者も多々見られる。国内や地域内は移住や労働移動しやすい範囲と言える。このような人口移動や労働移動を考慮すると、全域的な対策は十分に妥当性がある。

森林減少の防止には、対象国・地域の全域における貧困層を広く対象として、彼らが貧困を克服して自立することを目指す対策が有効と考えられる。このような貧困削減策を推進するには、政府が主導的役割を果たすことが不可欠である。これについて参考になるマレーシアの 1971~1990 年の貧困対策を見ていきたい。マレーシア政府は 1971~1990 年を対象にした第一次長期計画 (OPP1: Outline Perspective Plan 1) と新経済政策 (NEP: New Economic Policy) を策定し、貧困撲滅と民族間・地域間格差の是正を第一義の目的と定めて、多岐にわたる貧困削減戦略を実施した (国際協力銀行 2001)。国家予算の開発支出合計に占める貧困対策費の割合は 1971~1980 年 30% 以上、1981~1985 年 24%、1986~1990 年 26% である (国際協力銀行 2001)。長期にわたる本格的な貧困対策の結果、国の貧困率は 1970 年の 49% から 1990 年には 17% へと低下し、大幅な貧困削減が実現した (国際協力銀行 2001)。同国の貧困対策には、土地開発事業をはじめとする農業支援の他に、医療支援や教育支援など多角的な施策が含まれる。例として医療制度を取り上げると、政府が資金提供する公的医療制度は全国民に適用され、保健省が管理する政府系医療施設において外来診察料・検査・投薬の費用は 1 RM (約 30 円)、入院後の治療費は 5 RM など、国民は極めて安価に医療サービスを受けられる (高山ら 2018)。対照的に、インドネシアでは 2014 年に国民皆保険制度が導入されるまで、全国民を対象とした医療保険制度は整備されていなかった。インドネシア調査地において、医療費を支払うためにゴム農家が農園を売却する事態が起きていたことは前述の通りである (宮本 2006)。貧困層に対する医療支援の欠如が、医療費目的の農地売却を招いた一因であることは疑いない。貧困削減の実現には、農業支援・医療支援・教育支援など総合的な社会基盤を貧困層に提供することが欠かせない要件と言える。このような対策の主導は政府の役割であり、政府が貧困をなくすための長期的な計画と多角的な戦略をもって実効性のある施策を展開していくことが推進の要となるだろう。

V. 熱帯林減少の持続可能な解決策

先行研究と著者の実証研究を基に、熱帯林減少を防止する持続可能な解決策について、結論および提案を下記に示す。

1. 貧困削減は森林減少解決の道を開く突破口になりえる。

1.1 貧困を削減する対策は、即効性は必ずしも高くないが、森林減少をほぼ停止するまで失速させる効果が認められる。

1.2 貧困削減策は持続性が高い上に、貧困が十分削減されれば、対策の終了後も森林減少を抑える効果が持続する。

2. 現在実施されている森林減少対策の多くは、熱帯奥地の農地収益性を下げる「農業地代低下策」である。

2.1 農業地代低下策は、即効性もあり森林減少削減の

効果が高いものの、コストの高さと対象国・地域への社会的な悪影響に注意しなければ持続性は低くなる。

2.2 現行の森林減少対策が大きな成果を上げていないだけでなく、該当地域で悪影響が懸念されるのは、取組が農業地代低下策を中心に進められているためである。

3. 世界の森林減少対策は抜本の変革が求められている。これまでの「農業地代低下策」中心の取組を改め、対策の主軸を「貧困削減策」に置くことが肝要である。

3.1 森林減少の根本的解決につながる貧困削減策を森林減少対策の中心に据えて、取組を進めることを提案する。

3.2 農業地代低下策を行う必要があるれば、管理運営がコスト的に実現可能な範囲や、対象国・地域に社会的な悪影響を与えない範囲を明らかにして、環境保全と社会福祉のバランスがとれた適正範囲で実施することを提案する。

4. 森林減少の解決に有効な貧困削減策について、方向性を下記に示し提案する。

4.1 森林減少の防止には、対象国・地域の貧困率を低下させるような全体的かつ本格的な貧困削減策が持続可能な解決策となりうる。

4.2 貧困削減策の対象については、森林周辺の住民をはじめ、国や該当地域の全域における貧困層を広く対象とすることが重要である。

4.3 貧困削減策の目標については、貧しい人々の生計に追加的な利益を与えるだけでなく、彼らが貧困を克服し自立することを目指す対策である。

4.4 貧困削減策の内容については、貧困層に向けた基盤整備、すなわち農業・医療・教育などを含めた総合的な社会基盤を貧困層に提供することが不可欠である。

4.5 このような貧困削減策を推進するには、政府が貧困撲滅に向けた目標設定と長期的多角的な計画立案のもと実効的施策を展開することが肝要である。

謝 辞

査読者2名および編集委員から本論文の改善につながる有益な指摘を頂いたことに心より謝意を表する。

本研究に関して、開示すべき利益相反は存在しない。

引用文献

- Ahmed K, Shahbaz M, Qasim A, Long W (2015) The linkages between deforestation, energy and growth for environmental degradation in Pakistan. *Ecol Indic* 49: 95–103
- Andam KS, Ferraro PJ, Pfaff A, Sanchez-Azofeifa GA, Robalino JA (2008) Measuring the effectiveness of protected area networks in reducing deforestation. *Proc Natl Acad Sci USA* 105: 16089–16094
- Angelsen A (1995) Shifting cultivation and deforestation: a study from Indonesia. *World Dev* 23: 1713–1729
- Angelsen A (2007) Forest cover change in space and time: Combining the von Thunen and forest transition theories. World Bank Policy Research Working Paper. World Bank
- Angelsen A (2010) Policies for reduced deforestation and their impact on agricultural production. *Proc Natl Acad Sci USA* 107: 19639–19644
- Angelsen A, Kaimowitz D (1999) Rethinking the causes of deforestation: lessons from economic models. *World Bank Res Observ* 14: 73–98
- Angelsen A, Martius C, De Sy V, Duchelle AE, Larson AM, Pham TT (eds) (2018) Transforming REDD+: Lessons and new directions. CIFOR
- Angelsen A, Wunder S (2003) Exploring the forest-poverty link: key concepts, issues and research implications. Occasional Paper 40. CIFOR
- Arima EY, Barreto P, Araujo E, Soares B (2014) Public policies can reduce tropical deforestation: Lessons and challenges from Brazil. *Land Use Pol* 41: 465–473
- Bhattarai M, Hammig M (2001) Institutions and the environmental Kuznets Curve for deforestation: A crosscountry analysis for Latin America, Africa and Asia. *World Dev* 29: 995–1010
- Börner J, Baylis K, Corbera E, Ezzine-de-Blas D, Honey-Rosés J, Persson UM, Wunder S (2017) The effectiveness of payments for environmental services. *World Dev* 96: 359–374.
- Börner J, Wunder S, Wertz-Kanounnikoff S, Tito MR, Pereira L, Nascimento N (2010) Direct conservation payments in the Brazilian Amazon: Scope and equity implications. *Ecol Econ* 69(6): 1272–1282
- Bowler D, Buyung-Ali L, Healey JR, Jones JPG, Knight T, Pullin AS (2010) The evidence base for community forest management as a mechanism for supplying global environmental benefits and improving local welfare. CEE review 08-011 (SR48). Environmental Evidence: www.environmentalevidence.org/SR48.html.
- Brandt JS, Nolte C, Agrawal A (2016) Deforestation and timber production in Congo after implementation of sustainable forest management policy. *Land Use Pol* 52: 15–22
- Caldas M, Walker R, Arima EY, Simmons C (2007) Theorizing land cover and land use change: The peasant economy of Amazonian deforestation. *Ann Assoc Am Geogr* 97: 86–110
- Carvalho WD, Mustin K, Hilário RR, Vasconcelos IM, Eilers V, Fearnside PM (2019) Deforestation control in the Brazilian Amazon: A conservation struggle being lost as agreements and regulations are subverted and bypassed. *Perspect Ecol Conserv* 17: 122–130
- CDP (2019) CDP フォレストレポート 2018：日本版. https://6f6fcb86e61af1b2fc4-c70d8ead6ced550b4d987d7c03fcd1d.ssl.cf3.rackcdn.com/cms/reports/documents/000/004/239/original/CDP_2018_Forests_Japan_Report_JP.pdf?1553859293 (2021.8.27 参照)
- Chhatre A, Agrawal A (2009) Trade-offs and synergies between carbon storage and livelihood benefits from forest commons. *Proc Natl Acad Sci USA* 106: 17667–17670
- Chomitz K (2007) At loggerheads? Agricultural expansion, poverty reduction, and environment in the tropical forests. World Bank Policy Research Report. World Bank <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/7190> (2021.11.6 参照)
- Clough Y, Krishna VV, Corre MD, Darras K, Denmead LH, Meijide A, Moser S, Musshoff O, Steinebach S, Veldkamp E, Allen K, Barnes AD, Breidenbach N, Brose U, Buchori D, Daniel R, Finkeldey R, Harahap I, Hertel D, Holtkamp AM, Horandl E, Irawan B, Jaya NS, Jochum M, Klarner B, Knohl A, Kotowska MM, Krashevskaya V, Kreft H, Kurniawan S, Leuschner C, Maraun M, Melati DN, Opfermann N, Perez-Cruzado C, Prabowo WE, Rembold K, Rizali A, Rubiana R, Schneider D, Tjitrosoedirdjo SS, Tjoa A, Tschamke T, Scheu S (2016) Land-use choices follow profitability at the expense of ecological functions in Indonesian smallholder landscapes. *Nat Commun* 7: 13137
- Cropper M, Puri J, Griffiths C (2001) Predicting the location of deforestation: The role of roads and protected areas in North Thailand. *Land Econ* 77: 172–186
- Dasgupta S, Deichmann U, Meisner C, Wheeler D (2005) Where is the poverty - Environment nexus? Evidence from Cambodia, Lao PDR, and Vietnam. *World Dev* 33: 617–638
- DeFries RS, Rudel T, Uriarte M, Hansen M (2010). Deforestation driven by urban population growth and agricultural trade in the twenty-first century. *Nat Geosci* 3: 178–181
- Economic Planning Unit (1976) Third Malaysia Plan 1976–1980. <http://103.8.145.121/en/development-plans/previous-plans> (2019.9.4 参照)
- Economic Planning Unit (1986) Fifth Malaysia Plan 1986–1990. <http://103.8.145.121/en/development-plans/previous-plans> (2019.9.4 参照)
- Edwards DP, Laurance SG (2012). Green labelling, sustainability and the expansion of tropical agriculture: Critical issues for certification schemes. *Biol Conserv* 151(1): 60–64
- Ehrenberg-Azcárate F, Peña-Claros M (2020) Twenty years of forest management certification in the tropics: Major trends through time and among continents. *Forest Policy Econ* 111: 102050
- Etter A, McAlpine C, Wilson K, Phinn S, Possingham HP (2006) Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agric Ecosyst Environ* 114: 369–386

- FAO (2020) Global Forest Resources Assessment 2020: Main report. FAO
- FAO (2022a) FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/en/#home> (2022.3.28 参照)
- FAO (2022b) International Year of Rice 2004, Indonesia. <https://www.fao.org/rice2004/en/p15.htm> (2022.2.21 参照)
- Fearnside PM (2001) Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. *Environ Conserv* 28 (1): 23–38
- 外務省 (2021) SDGs とは? . <https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/about/index.html> (2021.9.14 参照)
- Gaveau DLA, Epting J, Lyne O, Linkie M, Kumara I, Kanninen M, Leader-Williams N (2009). Evaluating whether protected areas reduce tropical deforestation in Sumatra. *J Biogeogr* 36: 2165–2175
- Geist HJ, Lambin EF (2002) Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *Bioscience* 52: 143–150
- Geoghegan J, Villar SC, Klepeis P, Mendoza PM, Ogneva-Himmelberger Y, Chowdhury RR, Turner BL, Vance C (2001) Modeling tropical deforestation in the southern Yucatan peninsular region: comparing survey and satellite data. *Agric Ecosyst Environ* 85: 25–46
- Gibbs HK, Rausch L, Munger J, Schelly I, Morton DC, Noojipady P, Soares-Filho B, Barreto P, Micol L, Walker N (2015) Brazil's Soy Moratorium. *Science* 347: 377–378
- Government.no (2019a) Indonesia reports reduced deforestation, triggering first carbon payment from Norway. <https://www.regjeringen.no/en/aktuelt/indonesia-reports-reduced-deforestation-triggering-first-carbon-payment-from-norway/id2629504/> (2021.9.2 参照)
- Government.no (2019b) Logging moratorium in Indonesia's forests made permanent. <https://www.regjeringen.no/en/aktuelt/permanent-hogstforbud-innfores-i-indonesias-regnskoger/id2664071/> (2021.9.2 参照)
- Heilmayr R, Rausch LL, Munger J, Gibbs HK (2020) Brazil's Amazon Soy Moratorium reduced deforestation. *Nature Food* 1: 801–810
- 堀井健三 (1991) マレーシアにおける集団入植地法の成立・展開と土地所有権の変容—自作農創設から農園労働者創設へ。(東南アジアの土地制度と農業変化. 梅原弘光編, アジア経済研究所). 59–103
- 堀井健三 (1998) FELDA の挑戦と限界—マレー人土地入植事業 (I). (マレーシア村落社会とブミプトラ政策. 堀井健三, 論創社). 39–77
- イバラ=ジェネ エンリケ・スケーブンス ヘンリー・ロベス=カセーロ フェデリッコ (2012) コミュニティによる森林管理と REDD+, その可能性と課題. (アジア太平洋地域のグリーン・ガバナンス: 低炭素で持続可能なアジア太平洋に向けて. 地球環境戦略研究機関). 77–105
- Imai N, Furukawa T, Tsujino R, Kitamura S, Yumoto T (2018) Factors affecting forest area change in Southeast Asia during 1980–2010. *PLoS One* 13: e0197391.
- 井上 真 (1995) 焼畑と熱帯林—カリマンタンの伝統的焼畑システムの変容. 弘文堂
- IPCC (2007) Climate change 2007: Synthesis report. IPCC Fourth Assessment Report. IPCC
- 経済産業省 (2021) ESG 投資. https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/esg_investment.html (2021.8.27 参照)
- Kok K (2004) The role of population in understanding Honduran land use patterns. *J Environ Manage* 72: 73–89
- 国際協力銀行 (2001) 貧困プロファイル: マレーシア. https://www.jica.go.jp/activities/issues/poverty/profile/pdf/malaysia_fr.pdf (2022.8.23 参照)
- Kumar M, Sharma CM (2009). Fuelwood consumption pattern at different altitudes in rural areas of Garhwal Himalaya. *Biomass Bioenerg* 33 (10): 1413–1418
- Lambin EF, Meyfroidt P (2011) Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. *Proc Natl Acad Sci USA* 108: 3465–3472
- Lambin EF, Meyfroidt P, Rueda X, Blackman A, Börner J, Cerutti PO, Dietsch Y, Jungmann L, Lamarque P, Lister J, Walker NF, Wunder S (2014) Effectiveness and synergies of policy instruments for land use governance in tropical regions. *Glob Environ Change* 28: 129–140
- Lambin EF, Turner BL, Geist HJ, Agbola SB, Angelsen A, Bruce JW, Coomes OT, Dirzo R, Fischer G, Folke C, George PS, Homewood K, Imbernon J, Leemans R, Li XB, Moran EF, Mortimore M, Ramakrishnan PS, Richards JF, Skanes H, Steffen W, Stone GD, Svedin U, Veldkamp TA, Vogel C, Xu JC (2001) The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Glob Environ Change* 11: 261–269
- Lanly JP (1982) Tropical forest resources. FAO Forestry Paper No. 30. FAO
- Larson AM (2011) Forest tenure reform in the age of climate change: Lessons for REDD+. *Glob Environ Change* 21: 540–549
- Leblois A, Damette O, Wolfersberger J (2017) What has driven deforestation in developing countries since the 2000s? Evidence from new remote-sensing data. *World Dev* 92: 82–102
- le Polain de Waroux Y, Garrett RD, Heilmayr R, Lambin EF (2016) Land-use policies and corporate investments in agriculture in the Gran Chaco and Chiquitano. *Proc Natl Acad Sci USA* 113: 4021–4026
- Li LC, Liu JL, Long HX, de Jong W, Youn YC (2017) Economic globalization, trade and forest transition—the case of nine Asian countries. *Forest Policy Econ* 76: 7–13
- Mahapatra K, Kant S (2005) Tropical deforestation: a multinomial logistic model and some country-specific policy prescriptions. *Forest Policy Econ* 7: 1–24
- Mather AS (2007) Recent Asian forest transitions in relation to forest-transition theory. *Int For Rev* 9: 491–502
- Mayaux P, Holmgren P, Achard F, Eva H, Stibig H, Branthomme A (2005) Tropical forest cover change in the 1990s and options for future monitoring. *Philos Trans R Soc B-Biol Sci* 360: 373–384
- McMorrow J, Talip MA (2001). Decline of forest area in Sabah, Malaysia: Relationship to state policies, land code and land capability. *Glob Environ Change* 11 (3): 217–230
- Meyfroidt P, Lambin EF (2008) Forest transition in Vietnam and its environmental impacts. *Glob Change Biol* 14: 1319–1336
- Michinaka T, Miyamoto M (2013) Forests and human development: an analysis of the socio-economic factors affecting global forest area changes. *J For Plan* 18: 141–150
- Miranda JJ, Corral L, Blackman A, Asner G, Lima E (2016) Effects of Protected areas on forest cover change and local communities: Evidence from the Peruvian Amazon. *World Dev* 78: 288–307
- 宮本基杖 (1997a) 森林開発後の地域林業が焼畑入植に果たした役割—インドネシア・東カリマンタン州の事例より. *林業経済研究* 43(2): 71–76
- 宮本基杖 (1997b) 焼畑入植者の母村における農地保有状況と行き先決定要因—インドネシア・東カリマンタン州の事例より. *日本林学会論文集* 108: 85–88
- 宮本基杖 (2003) 熱帯林の農地転換: 人口増加・道路建設・移住事業の影響—インドネシア・スマトラ島におけるゴム栽培農村の事例. *林業経済研究* 49(3): 21–30
- Miyamoto M (2006) Forest conversion to rubber around Sumatran villages in Indonesia: comparing the impacts of road construction, transmigration projects and population. *Forest Policy Econ* 9: 1–12
- 宮本基杖 (2006) インドネシア・スマトラ島のゴム栽培農村における熱帯林転換と土地所有格差の関係および格差拡大の要因. *日林誌* 88: 79–86
- 宮本基杖 (2007) インドネシア・スマトラ島における熱帯林のゴム園への転換に関する実証研究—道路建設・移住事業・人口の影響と不平等性の拡大. 筑波大学学位論文
- 宮本基杖 (2010) 熱帯における森林減少の原因—焼畑・人口増加・貧困・道路建設の再考. *日林誌* 92: 226–234
- Miyamoto M, Parid MM, Aini ZN, Michinaka T (2014) Proximate and underlying causes of forest cover change in peninsular Malaysia. *Forest Policy Econ* 44: 18–25
- Miyamoto M (2020). Poverty reduction saves forests sustainably: Lessons for deforestation policies. *World Dev* 127: 104746
- 宮本基杖 (2021) 森林認証. (森林学の百科事典. 日本森林学会編, 丸善出版). 308–309
- Motel PC, Pirard R, Combes JL (2009) A methodology to estimate impacts of domestic policies on deforestation: compensated successful efforts for “avoided deforestation” (REDD). *Ecol Econ* 68: 680–691
- 武藤昭一・関根泰次 (1992) 論理式による因果関係の解釈と状態の時間推論. *電気学会論文誌B (電力・エネルギー部門誌)* 112: 811–820. https://doi.org/10.1541/ieejpes1990.112.9_811 (2021.11.6 参照)
- Nelson G, De Pinto A, Harris V, Stone S (2004) Land use and road improvements: A spatial perspective. *Int Reg Sci Rev* 27: 297–325
- 日経 ESG (2022) RSPO ウェーバー CEO 「認証取り消し“事件”を語る」. <https://project.nikkeibp.co.jp/ESG/atcl/feature/00044/> (2022.7.13 参照)
- NNA ASIA (2022) EU を WTO に提訴, パーム油の輸入規制で. <https://www.nna.jp/news/show/2139639> (2022.7.14 参照)
- NYDF Assessment Partners (2019) Protecting and Restoring Forests: A Story of Large Commitments yet Limited Progress. New York Declaration on Forests Five-Year Assessment Report. Climate Focus

- (coordinator and editor). <https://forestdeclaration.org> (2021.11.6 参照)
- Parid MM, Miyamoto M, Aini ZN, Lim H, Michinaka T (2013) Eradicating extreme poverty through land development strategy. In Proceedings of the Workshop on REDD+ research project in Peninsular Malaysia. Hamdan O, Aziz HK, Takao G, Sato T, Parid MM (eds) Forest Research Institute Malaysia, 81–91
- Poudyal M, Ramamonjisoa BS, Hockley N, Rakotonarivo OS, Gibbons JM, Mandimbiniaina R, Rasoamanana A, Jones JPG (2016) Can REDD+ social safeguards reach the 'right' people? Lessons from Madagascar. *Glob Environ Change* 37: 31–42
- PRI (2021) About the PRI. <https://www.unpri.org/pri/about-the-pri> (2021.8.27 参照)
- Robinson BE, Holland MB, Naughton-Treves L (2014) Does secure land tenure save forests? A meta-analysis of the relationship between land tenure and tropical deforestation. *Glob Environ Change* 29: 281–293
- Rudel TK, Coomes OT, Moran E, Achard F, Angelsen A, Xu JC, Lambin E (2005) Forest transitions: towards a global understanding of land use change. *Glob Environ Change* 15: 23–31
- Samii C, Lisiecki M, Kulkarni P, Paler L, Chavis L, Snilstveit B, Vojtkova M, Gallagher E (2014) Effects of Payment for Environmental Services (PES) on deforestation and poverty in low and middle income countries: A systematic review. *Campbell System Rev* 10(1): 1–95 DOI: <https://doi.org/10.4073/csr.2014.11>.
- Schaeffer R, Rodrigues RLV (2005) Underlying causes of deforestation. *Science* 307: 1046
- 関 良基 (2005) 複雑適応系における熱帯林の再生—違法伐採から持続可能な林業へ。御茶の水書房
- Serneels S, Lambin EF (2001) Proximate causes of land-use change in Narok District, Kenya: a spatial statistical model. *Agric Ecosyst Environ* 85: 65–81
- Shah P, Baylis K (2015). Evaluating Heterogeneous Conservation Effects of Forest Protection in Indonesia. *PLoS One* 10(6): e0124872
- Singh MP, Bhojvaid PP, Jong W, Ashraf J, Reddy SR (2017) Forest transition and socio-economic development in India and their implications for forest transition theory. *Forest Policy Econ* 76: 65–71
- Soares B, Moutinho P, Nepstad D, Anderson A, Rodrigues H, Garcia R, Dietzsch L, Merry F, Bowman M, Hissa L, Silvestrini R, Maretti C (2010) Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. *Proc Natl Acad Sci USA* 107: 10821–10826
- Stanford Encyclopedia of Philosophy (2021) Temporal Logic. <https://plato.stanford.edu/entries/logic-temporal/> (2021.11.6 参照)
- Sunderlin WD, Sills EO (2012) REDD+ projects as a hybrid of old and new forest conservation approaches. In *Analysing REDD+: Challenges and choices*. Angelsen A, Brockhaus M, Sunderlin WD, Verchot LV (eds) CIFOR, 177–191
- Suyanto S, Otsuka K (2001) From deforestation to development of agroforests in customary land tenure areas of Sumatra. *Asian Econ J* 15: 1–17
- 高山祐輔・麻生有二・塩川芳昭 (2018) マレーシアの医療と救急医療。杏林医会誌 49: 217–228
- Thongmanivong S, Fujita Y, Fox J (2005) Resource use dynamics and land-cover change in Ang Nhai village and Phou Phanang National Reserve forest, Lao PDR. *Environ Manage* 36: 382–393
- UN-REDD (2021) Safeguards. <https://www.unredd.net/knowledge/redd-plus-technical-issues/safeguards.html> (2021.11.6 参照)
- Van PN, Azomahou T (2007) Nonlinearities and heterogeneity in environmental quality: An empirical analysis of deforestation. *J Dev Econ* 84: 291–309
- von Thünen JH (1875) *Der isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie*. Berlin: Wiegandt, Hempel and Parey. (日本語版 チューネン著 近藤康男・熊代幸雄訳 (1989) 孤立国. 日本経済評論社)
- Wannitikul G (2005) Deforestation in northeast Thailand, 1975–91: results of a general statistical model. *Singap J Trop Geogr* 26: 102–118
- Wicke B, Sikkema R, Dornburg V, Faaij A (2011) Exploring land use changes and the role of palm oil production in Indonesia and Malaysia. *Land Use Pol* 28: 193–206
- 山内弘美 (2015) 参加型森林管理の類型化—政府の関与と住民の関与の変化に着目して。林業経済 68(9): 1–18
- 山口真功・石井清栄 (2020) ブラジルの大豆・トウモロコシをめぐる最近の情勢(前編)～生産はマツグロソ州を中心に今後も拡大の見込み～。農畜産業振興機構 海外情報 畜産の情報 2020年8月号。 https://www.alic.go.jp/joho-c/joho05_001275.html (2021.9.1 参照)
- Zak MR, Cabido M, Caceres D, Diaz S (2008) What drives accelerated land cover change in central Argentina? Synergistic consequences of climatic, socioeconomic, and technological factors. *Environ Manage* 42: 181–189