

成果報告書

記入日 2023 年 6 月 13 日

フリガナ：(ヤマダ タスク) 氏名： 山田 祐	渡航先国名 マダガスカル	留学先の所属機関：アンタナナリヴ大学 帰国後の所属機関：京都大学
研究テーマ：マダガスカルにおける森林破壊と持続的な自然保護活動に関する研究		
研究期間：2021 年 1 月～2023 年 5 月(1 年 5 ヶ月)		
研究成果(概要) 近年のマダガスカル北西部の森林破壊は土壌侵食や水田における土壌堆積、そして米の生産量の減少を引き起こしている。本研究では農学・土壌学・人類学的な手法に基づく現地調査によって、森林の減少にともなう地域環境と住民生活の変化を明らかにした。		
研究成果(詳細) (1). はじめに マダガスカルのアンカラファンツィカ国立公園では、公園外部の住民による森林破壊が急速に進行している[Filou 2019]一方、公園内部の住民は保護区のなかで居住と生業を許可され、保護活動にも従事している[Aymoz et al. 2013]。当初の研究目的は、相反する両者の活動がどのように成立しているのか、公園内外の住民生活を調査することで、持続可能な自然保護の仕組みを確立することにあつた。 コロナ禍による数度の延期を経て、2021 年 12 月ようやくマダガスカルへ到着すると、現地の状況は大きく変化していた。2019 年までは樹木伐採を中心とする森林破壊が散発する程度であつたアンカラファンツィカ国立公園において、2020 年・2021 年と立て続けに大規模な火災が発生し、調査地周辺の森林が火災跡となつていた。また森林が消失した地域にはガリが形成され、大量の土砂が流亡、河川の運搬を通じて下流域に大量の砂が堆積していた(図 1)。 砂は主に河川沿いの水田に堆積していた。住民は砂の堆積によって灌漑が困難になり、稲の生長が阻害されると考えており、耕作を放棄する世帯も見られた。本研究の目的は住民と自然がどのように共生しているか明らかにすることにあつた。しかし現状を踏まえ、主目的は変化させずに調査方針を転換、森林破壊にともなう環境変化、特に土壌流出とその対策法を明らかにすることを研究目的とした。		
		
図 1. 水田に堆積した砂		
現地調査は以下の 5 つの項目にわけてアンカラファンツィカ国立公園で実施した。調査 2-5 では土壌を採取し、アンタナナリヴ大学において物理性と化学性の両面から分析した。		
(2). 調査 1：森林減少 森林破壊がどのような活動によって発生しているか、多方面へのインタビューから明らかにした。実		

際に公園内において違法な伐採活動に従事する住民へもインタビューを行い、建材や薪炭材確保のための違法伐採によって能動的な森林破壊が発生していることがわかった。伐採活動の主体者は、近年公園近辺に移住してきた外部者であり、困窮からくる行動であった。しかしこれらの破壊活動は今では小規模であり、現在の森林減少の主要な原因は公園外からの火災の延焼であった。火災は雨季の播種前の耕作作業中に発生していた。

インタビューとともに Google Earth の Timelapse の航空写真も解析した。ImageJ ソフトを用いて、1984 年から 2022 年までの航空写真の緑地面積の減少率を解析すると、2013-2016 年にかけて、公園外の南部の森林が急激に減少していた。2020 年頃までは公園内の森林は保存されていたものの、2021 年以降境界付近の森林が減少していた。また解析と聞き取りの結果を統合すると、2016 年までに公園南部の緑地が減少したが、2018 年以降の外来種の植樹により、一部緑地面積が回復していることが判明した。



図 2. 村人と侵食プロット作り

(3). 調査 2 : 土壌侵食

土地利用条件ごとの流出量を把握するため、公園外の裸地と耕作地と植林地、公園外の火災跡と森林に複数の侵食プロットを設置した。雨季 6 ヶ月中、プロットにたまった土砂を毎週秤量し、同時に雨量計を用いて降雨量を計測することで、雨量と連動した面積あたりの年間侵食量を明らかにした。本調査により、侵食量は地上の植生に大きく左右されることがわかった。森林が残された地域では土壌侵食がほとんど発生しない一方、火災が発生した地域でも

雨季とともに草本が繁茂し侵食量が抑えられていた。最も侵食が激しかったエリアは耕作地であり、森林が消失したあと、人為的に地上の植生が刈り取られることで土壌侵食のリスクが急激に上昇していた。

(4). 調査 3 : 水田における土壌堆積パターン

国立公園南部に位置し、水田における砂の堆積が報告される公園内の 1 村落と公園外の 1 村落で砂の堆積パターンを調査した。はじめに 2 ヶ村のすべての水田面積を計測した。その後、目視で砂を確認できた水田の面積を一筆ずつ計り、ハンドオーガーを用いて砂層の堆積幅を計測した。砂の堆積したすべての水田面積測定とオーガー計測を行うことで、全体でどれだけの砂が堆積しているか明らかにした。全水田面積のうち、砂の堆積した水田は 1 割程度であった。砂層の堆積幅は大まかに 10cm、20cm、30cm と分類することが可能であり、20cm の砂が堆積した水田がもっとも多かった。

また堆積の特性を理解するため、主要 4 地点で 60cm の高さの土壌断面を掘って観察したところ、砂の堆積は 10-30cm であっても、すぐ下の層には有機物を多く含む黒層が存在していることがわかった。

(5). 調査 4 : 砂堆積による稲作への影響

砂の堆積した水田を所有するすべての住民が、砂は稲の生育に悪影響を与えると考えていた。30cm 以上も砂が堆積した一部の水田では、耕作が放棄される場合もあった。私は砂の堆積に苦しむ公園内南部の 1 村落の水田地帯において、砂の堆積した水田も含む 150 ヶ所を選定し、土壌を採取した。採取した土壌を大学で分析するとともに、1L ポットに土壌をつめ、稲を植え付けてポット栽培実験を行った。稲の生育が土壌の違いによってどれほど異なるか把握するための実験であったが、1 ヶ月間、稲を育てて

たあと採取してバイオマスを秤量すると、砂質土壌で生育した稲の成長度は他の土壌上の稲に比べて、歴然とした差があった。住民の砂に対する認識は正しく、砂の堆積は稲の生育に大きな悪影響を与えることがわかった。

(6). 調査 5 : 砂の堆積した水田における効果的な対策法の立案

砂の堆積した水田では、ほとんどの場合、耕作前に砂がシャベルでかきだされ除去されていた。住民の除去法を調査すると、砂の堆積が 10cm であれば、ほとんどすべての砂が除去されていたが、20-30cm の砂が堆積していると 60-80%ほどの砂しか除去されていなかった。

住民が自主的に始めたこの除去がどれほどの蓋然性をもつか栽培実験によって明らかにした。実験前に砂層の堆積幅を確認したうえで砂層を操作し、砂層が 10cm、20cm、30cm になる 3 種類の 3m 四方のプロットをつくった。全部で 3



図 3. 栽培実験用に作成した水田プロット

種類×5=15 プロットを設置して稲を栽培した。砂層が 20cm、30cm のプロットでは米の反収が 1t/ha 前後であったのに対し、砂層が 10cm のプロットでは 2.5-3t/ha であった。村の平均反収が 2.3t/ha であるので、砂層が 10cm になるまで砂を除去すれば従来通りの生産性へ回復できることがわかった。

どの水田にも砂層の下に有機物を多く含む黒層は存在しており、黒層の土に稲の根が到達できるかどうかは米の生産性に大きく影響している。当地の稲作の耕起では、地下 15cm ほどまでの土を掘り起こし攪拌する。砂層が 10cm であれば砂層下の黒土もあわせて耕起することが可能となり、有機物を多く含む土が稲の生育を促進する。砂が 20-30cm も堆積した水田では、すべての砂を除去するために多大な労力が必要となる。少なくとも砂層が 10cm になるまで除去すれば、従来通りの収量を得ることができる。

(7). まとめ

アンカラファンツィカ国立公園周辺の土壌侵食は、2010 年代以降の森林破壊と連動して発生していた。降雨量あたりの流出量を土地利用ごとに比べてみると、森林が消失するだけでなく耕作地として利用されることで、土壌侵食のリスクが大きくなることがわかった。入植者が増加し、森林が減少する今、森林の消失場所をどのように利用するかが地域環境の再生にとって重要である。

また当地で最も重要な生業である稲作は、土壌侵食によって多大なダメージを受けることが判明した。現在、砂の堆積した水田は全体の 1 割ほどであるものの、森林が減少している現状のなか、今後も砂の堆積した水田面積が広がる可能性が指摘される。住民は砂の堆積に対し、砂の除去によって対策を講じていたが、砂の堆積幅を把握し、正確に必要な砂量を除去することで、従来通りの米の生産性を取り戻すことが可能であった。

アンカラファンツィカ国立公園において、森林と土壌と水田は大きく結びついている。はからずも森林破壊と土壌侵食という現代の大きな危機によってその重要性が明らかになった。生物多様性の豊かさや住民生活の豊かさの確保は今後の適切な対処にかかっている。

留学中の生活・研究でのトピックス

マダガスカル多くの地域では米が主食である。私の調査地も例外ではなく、毎日3食の食事が主食である米と少量のルーによって成り立っていた。私は毎食、隣家より食事を分けてもらっていた。留学中の1年半、日々の食事を記録していたが、米でない主食は10例にも満たなかった。工夫を凝らし飽きぬ副食を志向してくれはするものの、来る日も来る日も米ばかり食べていてはやはり飽きが来る。さらに米の量は毎食1-2合、1日で5合にせまる。

そんな私の日々の楽しみは日本食作りであった。私の住む村は国立公園の中に存在し、村の近くには観光客用のキャンプサイトがあった。キャンプサイトには自炊が可能な調理器具が揃っており、私は時々そこを間借りして日本食を作っていた。地元で手に入る食材は、塊の牛肉と豚肉、生きた鶏、卵、キュウリ、ニンジン、ジャガイモ、トマト、インゲン、キャベツ、ネギ、タマネギなどであった。食材は国立公園の外の大きな町の市場で購入することができる。物流や時季によって、海から運ばれる魚、セロリ、ナス、アボカドなども時折市場に並んだ。日本の、特に京都のスーパーと比べて、食材の数は雲泥の差であるものの、人は配られたカードで勝負をするほかない。幸いにもマダガスカルを訪れる友人たちをお願いして、滞在後半には醤油や薄口しょうゆ、かつお節、日本茶葉、酢、酒、昆布などの日本の重要な調味料のすべてが揃った。

最も成功した料理は茶碗蒸しであった。茶漬け、寿司、味噌汁、私が毎晩夢で食べる日本食のうち、唯一マダガスカルで調理が可能に見えた料理が茶碗蒸しであった。三つ葉や椎茸、銀杏などの具こそ霞ほどに手に入らぬものの、卵と海老ならば購入できた。出汁はかつお節と昆布をゆっくり煮込んで作り、卵と塩と薄口醤油を配分の通りに丁寧に混ぜ、エビとともに卵液を器に注ぎ、調査器具を組み合わせで作った蒸し器で蒸す。適度な時間で器を取り上げ熱々の茶碗蒸しを口にいったときの感動は、もう今後の人生で二度と味わえない恍惚の瞬間であった。唐揚げのために鶏の毛を筆り、天ぷらの良い衣をつくるためにパンを直接千切りにし、しゃぶしゃぶ用の鮮度の高い魚を求めて海へ釣りに出かけた時間は、研究の助けとはならぬだろうが、私の孤独な生活を確かに支えてくれたかけがえのない存在であった。

今後の社会貢献

近年水田で堆積する砂に対し、住民は自主的に砂の除去を行っている。しかしその方法は歴史に裏打ちされた活動でも、科学的に精査された行動でもない。私はこれまでの調査と実験によって、砂が堆積した際の適切な除去法を解明した。まずはこの方法を簡便に実践できる方途を模索し、住民へ普及したい。また現在、砂対策として別のアプローチ、適切な肥料の開発も行っている。砂の堆積は水田土壌の栄養、特に有機物を失わせる。有機物を補填する方法として、堆肥や化学肥料も考えられるが、私は国立公園という立地を活かし、森林の落葉を肥料化できないか検討している。実際に堆肥や落ち葉をはじめとする複数の肥料を用いたポットでの稲の栽培実験を始めている。

しかしより直接的な解決策は、森林の回復と砂防ダムの設置である。土壌流出による危機の短期的な治療として恒久的なコンクリート製の砂防ダムを設置し、長期的な視野のもと森林の消失した地域で植林活動を行う。私の個人的な小さな研究活動の範囲では、これらの大きな願望は画餅でしかないものの、長くマダガスカルに滞在したことで様々な官公民の人々と知り合うことができ、近い将来、より長期的な展望でもっての願望の実現を密かに夢見ている。