

# タンザニア・キリマンジャロ山における植林活動と土地被覆変化の調査

## 井上美恵子

### Survey of Land Cover Change by Tree Planting: A Case Study of Mt. Kilimanjaro in Tanzania.

Mieko INOUE

**Abstract:** Registrations of National Park and UNESCO World Heritage have increased in the world because of the aggravation of deforestation. However, in the developing countries, peoples living in forest have faced the problem of their rights of life and forest conservation by strict and unfair laws. The tree planting as one of classic method is regarded as sustainable living with forest and people. The purpose of this study is to research the effect of planting trees for 20 years and land cover change in the conservation area of “HMFS (Half Mile Forest Strip)” in Mt. Kilimanjaro. This study is one approach to prove their achievement by using GIS with satellite pictures. This monitoring indicated the forest change by planting trees in HMFS and helped their future discussion for forest management.

**Keywords:** キリマンジャロ山 (Mt. Kilimanjaro) , 植林 (Tree planting) , 森林保護 (Forest Conservation)

#### 1. はじめに

アフリカ最高峰、標高 5895m のキリマンジャロ山が存在するタンザニア共和国は、FAO (2010) によると、過去 10 年の森林面積の減少率が世界第 5 位と報告されている。キリマンジャロ山の貴重な自然を守るために、1973 年には国際自然保護連盟 (IUCN) の国立公園に指定され、1989 年にはユネスコの世界遺産に登録された。

世界的に国立公園は通常、国が管理しているが、必ずしも国が管理することは定められてはいない。従来、キリマンジャロ山においては森林の利用も管理も住民自身に任されていた。

キリマンジャロ山には森林保護区の中に、HMFS (ハーフ・マイル・フォレスト・ストリップ) と呼ばれる標高 2000m あたりに位置する緩衝帯

がかつて存在し、それは住民による提唱で誕生した。国立公園制定以前となる 1921 年、キリマンジャロ山に森林保護区が誕生すると、森林保護区の近隣に生活する住民たちは日常に欠かせない最低限の森林資源へのアクセスが課題となった。その後 1941 年、キリマンジャロ山の山麓に住む村々の提唱で、薪炭や家畜の餌となる草等の採取が認められる『森林保護区』の中の緩衝帯」として HMFS を制定し、森林保護区の中にありながらも、地域住民による適切な森林管理を実現しながら、森林資源を採取ができるエリアとして、植民地政府に認めてもらうまでに至った。

しかしその後の世界的な森林保護の動きの中で、森林管理は住民から県・国に委譲され、次第に住民たちは世界遺産の森への侵入者・破壊者と見なされ、住民を排除する法が施工されていった。2002 年には森林保護区が国立公園に取り込まれ、2005 年には「国立公園法補助法」(Subsidiary Legislation of National Park Act 1959, 2005) が発布され、HMFS も国立公園に取り込まれた。そのため

井上美恵子 〒183-0057 東京都府中市晴見町 2-24-1

国際航業株式会社

Phone: 042-307-7240

E-mail: mieko\_inoue@kk-grp.jp

今日では以前のように HMFS に立ち入ることも違法行為としてみなされている。しかし森林資源は、住民、政府にとっても貴重な財であり、不法伐採は歯止めがからず、且つ広大な森林面積を政府だけでは管理しきれていないのが現状である。

キリマンジャロ山麓、標高約 1700m に位置する テマ村では、村の北方に位置する HMFS を水源地としての重要性を唱え、HMFS 内で自発的に植林活動を 20 年間続けてきた。OECD (2003) の調査によると、キリマンジャロ山にもたらされる水資源の内、40% は霧から森林を媒体として供給されていることが示唆されており、水供給と森林の密接な関係を村人も理解している。そのため、村の上方に位置する HMFS 内の森林保護は山麓に住む村の生活維持に欠かせないものとなっている。

本研究では、20 年間にわたり自発的に植林活動を続けてきた村人の成果を証明すべく、衛星画像を用いて、植林活動と土地被覆変化を評価する。この調査によって、これからの森林管理についての検討材料となる資料を作成する。国の森林政策に従うだけではなく、この検証によってキリマンジャロ山に関わる森林法が見直され、それに伴い住民たちの生活向上を目指す。



図- 1 キリマンジャロ山  
HMF S と テマ村の位置①

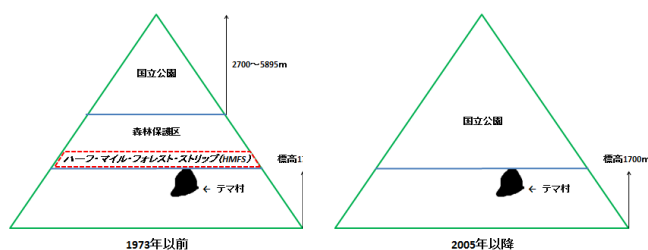


図-2 国立公園の変遷

## 2. 調査方法と実施

### 2.1 調査対象地

植林活動によって変化した植生変化を調査するために、植林された地域と未植林地を抽出する。各地域の抽出に当たって、UNDP (2002) の調査区を基にし、かつ使用する衛星画像データの範囲に対応した結果、テマ村が接する植林がされていたエリア (SSE) と未植林地 (SE) の二箇所を対象 (図 3) とした。SSE はテマ村に隣接する HMFS エリアで 1989 年より植林活動が継続されている地域である。

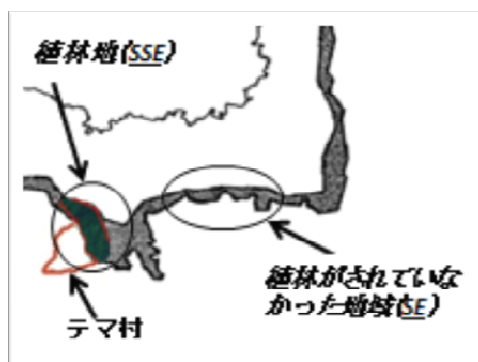


図- 3 衛星画像分析の対象地  
(図 1 の右下部を拡大)

### 2.2 調査方法

はじめに、入手できる公開されたキリマンジャロ山の地図はどれも座標に大幅なずれが見られ、十分な精度の地図が存在しない。そのため、テマ村および調査対象地の位置が正しく投影されている地図を作成するために、現地調査にて GPS を用いデータを取得し、そのデータを参考に地図の座標を補正する。取得したデータは、村境界で 19 ポイント、大きな建物などの地物で 5 ポイント、植林地で 103 のポイントであった。これの GPS データをもとに既存地図をジオリファレンスし、座標のズレを補正した。尚、同時に Google Earth の 3D ビューを参考にしながら、現地と 10 年以上関わっている NGO スタッフの目視で位置の確認を行った。

対象地の座標が定まった後、各エリアにおける植生の経年変化を求めるために、ランドサット衛星画像で同時期の 1976 年と 2000 年の 2 枚の衛星画像 (LANDSAT MSS 1976/1/24, LANDSAT ETM+ 2000/2/21) を用い、それぞれの時期の植生の有無・活性度を示す NDVI (正規化植生指標) を求め、植生遷移の面積を比較する。NDVI の算出、

および事前準備として LANDSAT MSS の高い輝度を補正するために Erdas IMAGINE を用い、その後のデータ編集には ArcGIS を使用した。NDVI の算出は式(1)の通りである。LANDSAT MSS については band3 に band2 を使用した。

$$NDVI = ([band4] - [band3]) / ([band4] + [band3]) \quad (1)$$

NDVI は現地調査前に算出し、現地調査で地元の方に各年代の SSE, SE エリアについて、当時の森林の状態をヒアリングした。ヒアリングは、20 年間植林を行っているテマ村の現地 NGO スタッフから情報を得た。また当時、森林伐採の有無とその位置についても現地調査で把握した。

### 3. 調査結果

図 4 は植林地を含むエリア (SSE) の NDVI を算出したものある。緑色が濃い色ほど、NDVI の高い数値を表している。SSE は比較的 1976 年から 2000 年で色の濃淡に変化が見られないが、SE エリアは 2000 年の画像の南側 (画像下側) から北へと植生の退行遷移が伺える色の変化が見られる。

図 4 と図 5 は NDVI の増減の様子と、その位置について視覚的に示したが、表 1 は 1976 年から 2000 年にかけて、NDVI 値が増加した面積と、減少した面積についてまとめている。SSE エリアでは 18.396ha の増加で、SE エリアは 2.979ha 減少という結果が示された。

NDVI の値からだけ考えると、植林地を含む SSE エリアについては、プラスの値を見せ、森林面積は減少していないことが考えられる。一方で植林がされていなかったエリアである SE では、マイナスの値となり、森林面積が減少していることが危惧される。

また現地のヒアリングからは、SSE エリア、SE エリアも共に、政府また外国企業の大規模な森林伐採が行われた箇所が多数あることが発覚した。しかし SSE エリアについては、テマ村の村人が中心となって、伐採地に植林をし続け補植がされたが、SE エリアについては明確な植林の実績は確認されなかった。2012 年現在も、SE エリア内の地図上で NDVI 値が低い場所については、伐採地後の裸地が確認されており、テマ村の村人も SE エリア近辺の村々に、植林指導を行っている背景もあることが分かった。

また図 5 より、植生の退行は HMFS の下方、つまり居住区に近い側から確認される。一方、図 4 では図中の点が植林地を示しており、村と HMFS の境界線に沿って位置していることがわかった。

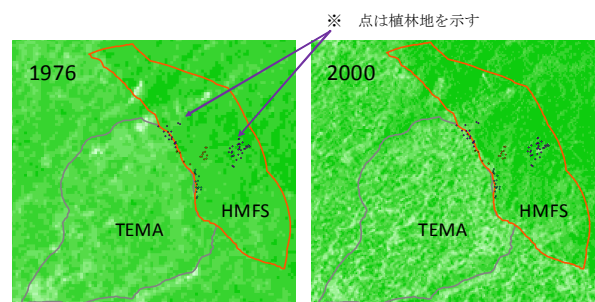


図- 4 植林地 (SSE) の NDVI (1976 年→2000 年)

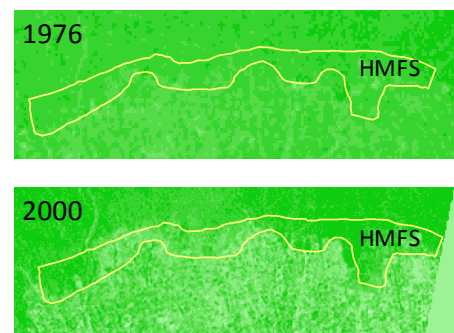


図- 5 未植林地 (SE) の NDVI (1976 年→2000 年)

表 - 1 対象地の植生遷移と面積

遷移\対象	面積 (ha)	
	SSE (2000-1976)	SE (2000-1976)
増加(1)	43.542	31.176
退行(2)	25.146	34.155
(1)-(2)	<b>18.396</b>	<b>-2.979</b>

まるで森林の侵食を守っているかのように並んでいる。以上のことや、調査結果全体を踏まえると、植林がされてきた HMFS エリアは植林がされてこなかった他のエリアと比べて、森林が保全されている可能性が高い。

### 4. おわりに

本調査の目的は、20 年間の植林活動の効果を証明できるような資料を、現地 NGO に提供し、今後の森林管理の検討材料となることであった。キリマンジャロ山全体を対象にした研究が多数存在する中、本調査結果はキリマンジャロ山の HMFS エリアを対象にした土地被覆の変化と植林活動の関連について可視化した資料となった。また、資料は英語、スワヒリ語のポスターと報告書を提供した。

キリマンジャロ山に住む人が直面している森林保全及びそれに関わる法規制の問題、そして植

林という一つの切り口での取組を周知させるために、現地 NGO はタンザニアの全国的な環境のイベントで発表を行い、見事環境問題に取り組む団体で 1 位に輝いた。この発表にはタンザニアの大統領も出席し、現地 NGO は新聞にも紹介され一躍注目を浴びた。植林を証明する際に、写真でしか紹介できなかった過去を振り返り、今回は衛星画像を用いた科学的なデータで森林の状況説明が可能になった点について、現地 NGO は利点を見出していた。これを機に、キリマンジャロ山の森林管理については、地元住民による植林活動が森林保護に効果があることが見込まれ、東南山麓の村で森林管理について検討する公式な委員会も立ち上がった。そのチェアパーソンに、20 年間植林を続けてきたテマ村の NGO が、チェアパーソンを務める。

今後、世界遺産のキリマンジャロさんが、住民管理の森林管理に向けて移行する大転換期に、今後はその管理体制が重要となってくる。今後も植林地の適地選出など、空間情報を用いた技術で貢献できる 可能性の検討を進める。

## 謝辞

本研究では、現地カウンターパートナーである Tanzania Environmental Action Association (TEACA)、パートナーである日本の NGO タンザニア・ポレボレクラブ、そして慶應義塾大学の厳網林研究室に、多大なご協力を頂き実施することができた。ここに記し謝意を表したい。

## 参考文献

- FAO(2010)*Global Forest Resources Assessment 2010*
- UNDP (2002) *Aerial Survey of The Threats to Mt. Kilimanjaro Forests*
- OECD (2003) *Development and Climate Change in Tanzania:Focus on Mount Kilimanjaro*
- UNESCO World Heritage Center *Kilimanjaro National Park*<<http://whc.unesco.org/en/list/403/>>
- African Journal of Ecology (2008) *Climate change and its impact on the forests of Kilimanjaro*
- Christopher Mungo Pater William(2003) *The Implications of Land Use Change on Forests and Biodiversity: A Case of the “Half Mile Strip” on Mount Kilimanjaro, Tanzania*
- Maideri radshaw Durrant(2004)*Communities, place,*

*and Conservation on Mount Kilimanjaro*

Andreas Hemp(2005) *Climate change-driven forest fires marginalize the impact of ice cap wasting on Kilimanjaro*