

**学界通信**

＜2014 年度日本アフリカ学会学術大会「アフリカ生物学フォーラム」報告＞

**生物学とアフリカの未来**



東京農業大学国際食料情報学部  
 京都大学大学院理学研究科  
 京都大学大学院アジア・アフリカ地域研究研究科  
 岡山大学資源植物科学研究所  
 京都大学アフリカ地域研究資料センター  
 京都大学大学院アジア・アフリカ地域研究研究科

**足 達 太 郎**  
**山 極 寿 一**  
**山 坂 根 本**  
**山 科 越**  
**山 裕 千 里 言**

2014 年 5 月 24 日 京都大学百周年時計台記念館にて

**フォーラムの趣旨と概要**

**足達太郎, 山極寿一**

一昨年からはじまったアフリカ生物学フォーラムであるが、第3回の今回をもって、ひとまずくぎりとしたい。本フォーラムではこれまで、昆虫学・先史人類学・霊長類学・微生物学・動物行動学・作物生理学の分野でアフリカをフィールドに学術調査を実施してきた生物学者たちが、それぞれ研究報告をおこなってきた。各回とも報告のあと、各分野に共通する課題をディスカッションがとりあげ、討論をくりひろげた。

第1回のフォーラムでは、「アフリカ学としての生物学をかんがえる」と題し、研究対象となる生物や地域の保全にかんする問題を取りあげるとともに、ことなる分野を専門とする研究者たちがフィールドを共有することの意義について論じた。第2回は、「生物学はアフリカのために何ができるのか」というテーマで、生物学研究あるいは生物学者がアフリカでもとめられている貢献のありかたについて、制度的・実践的な面から検討した。

最終回となる今回のテーマは、「生物学とアフリカの未来」である。「生物学」と「アフリカ」を別個にとらえるならば、どちらも、さまざまな場面やメディアで、未来予測や期待表明といったことがなされている。しか

し、そうした議論は悲観論もあれば楽観論もありで、結論づけることはなかなか容易ではなく、また対象があまりにも大きすぎて、他人ごとになりがちなどところがある。では、両者をあわせた「アフリカ生物学」の将来についてはどうだろうか。これについては、研究をめぐる自然や社会環境の変化といった観点や後継者の育成といった論点から、これまでのフォーラムでもそのつどとりあげられてきた。いずれも、各分野の研究者が「わがこと」としてかたっているところが、本フォーラムの特徴といえる。

そもそも生物学をおこなううえで、研究対象となる多様な生物とその生息環境を保全することは、必要不可欠である。わたしたちはこれまで、戦争や政治的混乱によって自然環境が破壊されたり、フィールド研究の実施に支障をきたしたりする事例を世界各地でみてきた。そんななか、アフリカに対しては近年、政治的・経済的背景により、世界からのあつい視線がむけられている。今後この地域では、鉱産資源や食糧資源の開発によって、生物多様性がうける影響はますます深刻になることが予想される。このことは、たんにアフリカ生物学だけの問題に

とどまらないのではないだろうか。究極的にみれば、アフリカと生物学の未来についてかんがえることは、地球と人類の未来をかんがえることに、ほかならないからである。

今回のフォーラムでは、保全生態学の山根、植物生理学の坂本、自然地理学の山科の3名がまず報告をおこなった。足達（昆虫学）が進行役をつとめ、ディスカッ

サントの山越（霊長類学）がいくつかの論点をあげて、報告者たちと若干の討論をした。そのあと、会場につめかけた60名ほどの参加者のなかから数名が発言し、質疑応答をおこなった。フォーラムの最後に、山極（霊長類学）がまとめのコメントをのべた。

以下の報告は、当日の発表をもとに、各報告者およびディスカッサントが稿を書きおろしたものである。

## 報告1 ケニア、ナイロビ国立公園周辺の人為的景観下におけるヒョウの保全生態学 山根裕美

### はじめに

世界の様々な地域で、「人々の生活」と「野生動物の保全」が対立し、その共存のありかたが問われている。ケニアの首都ナイロビにおいても、人口増加や都市開発による野生動物の生息域減少から問題が生じている現状にある。ケニアは1977年より野生動物の狩猟を禁止してきた。現在は、野生動物を楽しむ観光客が世界中から集まり、いわば「野生動物の楽園」といったイメージで観光立国として知られている。ケニア政府は、重要な自然資源である野生動物を有効利用することで、観光業による外貨収入を期待している。一方では、野生動物と居住地を共にしている「住民」と「野生動物」の問題を緩和する具体的な策はなく、住民は不満を抱えている。野生動物を自ら不法に殺すことで、自己の生活を護るという手段に出ることもある。ケニア国土全体の約8%が国立公園や野生動物保護区に指定されており（Kenya Wildlife Service, 2014a）、多くの野生動物は保護区外に生息しているため、ケニア全土にわたって、野生動物と人々の生活の関係は悪化しているといえる。

本研究は、2009年よりナイロビに住む野生のヒョウに着目し、都市に住むヒョウとそこに住む人々の関係を調査した。ヒョウは世界で最も広範囲に分布している大型ネコ科であり、高い適応力を持つことが知られている（Bailey, 1993）。近年は生息域減少や密猟のため個体数減少が著しい種である（Packer et al., 2011）。ワシントン条約では附属書Iに記載され、保全の順位が高いにもかかわらず、調査が難しいことからあまり研究されてこなかった。調査地であるナイロビ国立公園とその周辺は、都市に隣接した人為的影響の強い地域で、生息地の減少から個体数減少の危機に直面している。森と谷が入り組んだ地形が、ヒョウの生息に適しており、ケニアの他の

地域と比較しても生息地として重要な地域となってきた。1960年代まではあちこちで見られたヒョウも1970年代なかばから急激にその数が減少しはじめたとハミルトンは言っている（Hamilton, 1981）。

ナイロビ国立公園とその周辺に生息するヒョウの行動域を明らかにするためにGPS首輪を用いた行動域調査を実施した。また、地域で流布している「ナイロビのヒョウは家畜ばかり襲って、食べているのではないか」という認識を検証するために、糞分析からヒョウが何を餌としているのかを明らかにした。さらには、地域の人々と野生動物の間にもどのような軋轢があり、その問題の所在を明らかにするために半構造的インタビューを実施した。

本研究の目的は、ヒョウの地域的絶滅を回避し、地域住民との共生を目指した、具体的な保全戦略を提案することである。都市における野生動物、人と都市開発の関係は、今後、アフリカの各地でも直面する可能性が高いであろう問題であると推測できる。

### 1. 調査地とその概要

ナイロビ国立公園はケニアの首都ナイロビの中心から、わずか7 kmに位置しながら、100種類以上の哺乳類が生息しており（Kenya Wildlife Service, 2014b）、世界的に見ても大変ユニークな国立公園である。1946年にケニアで初の国立公園として設置された。図1-1は、ナイロビとナイロビ国立公園と周辺の地図である。公園の面積は117 km<sup>2</sup>、南側は谷が自然境界となっており、それ以外は電気柵がめぐらされている。人口増加に伴いナイロビの街は拡大し、新しい道路、商業地や宅地開発が進められ、都市機能の充実を最優先にした都市計画のもとに日々変化している。その結果、森が伐採され、野生動物の生息域減少が著しい地域である。ナイロビ国立公園は公園南部に広がるAthi-Kapitiye平野の北端で、ナイ

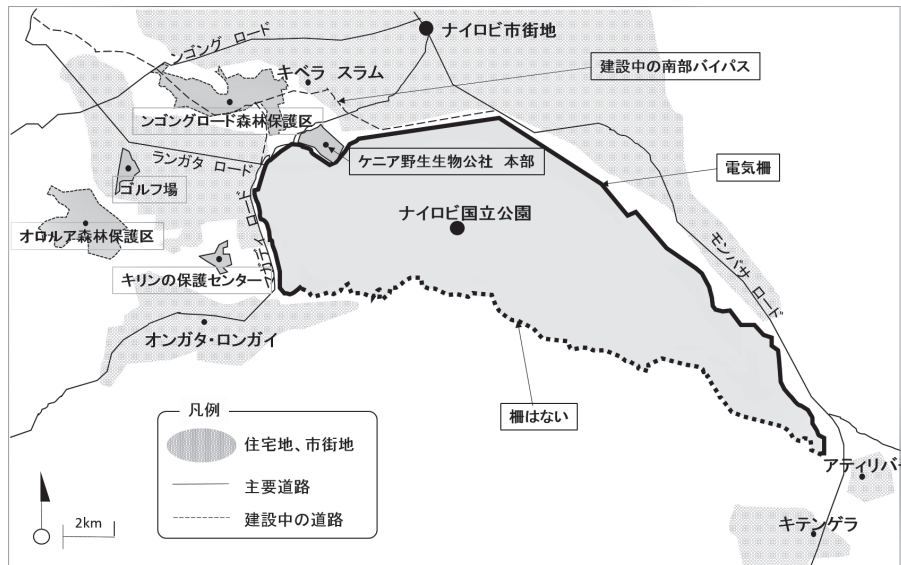


図 1-1. 調査地 ナイロビ国立公園周辺地図

ロビの街との接点にあたる部分であり、Athi-Kapitie エコシステム (2,456 km<sup>2</sup>) の一部なのである (Reid et al., 2008)。このエコシステムには主に牧畜民のマサイが居住し、広大な土地は野生動物が移動する重要なコリドールとなってきた。それが、国立公園の南西に位置するオンガタ・ロンガイや、国立公園東端に隣接したアティリバー、キテンゲラといった町が拡大し、さらに、マサイの人々が土地を分割売買するようになったため (Gichohi, 2003)、あちこちに柵が巡らされるようになり、野生動物にとって移動が妨げられるものとなっている。

## 2. 調査方法

調査期間は 2009 年 1 月～2010 年 9 月と 2011 年 3 月～2013 年 12 月、ケニア共和国ナイロビ国立公園とその周辺地域で実施した。

- (1) 行動域調査：GPS を内蔵した首輪 (Savannah tracking 社製) を 5 頭のヒョウに装着し、行動域を調査。
- (2) 個体識別：センサーカメラ (Bushnell 社製) を設置し、個体数、生息場所を明確化する。
- (3) 食性調査：糞分析および、直接観察、残骸調査。糞分析では、収集した糞の内容物を調べ、野生動物と家畜をどのような割合で捕食しているかを分析。
- (4) 意識調査：ヒョウおよび野生動物に関する地域住民への聞き取りを、半構造的インタビューの手法を用いて実施。

## 3. 調査結果

### 3.1. GPS 首輪を用いた、ヒョウの行動域調査

2009 年 1 月よりヒョウの捕獲を開始した。箱罠を用いた捕獲には、多くの時間を費やした。捕獲後 GPS 首輪を装着した。オス 1 頭を含む、合計 5 頭のヒョウに GPS を装着した。さらにすべての首輪に VHF を内蔵し、シグナルを受信することで現在地を探し出し、ヒョウの直接観察の可能性を高めた。

メスのヒョウのうち 3 頭はオスと行動域が重なっていた。これは Mizutani and Jewell (1998) が対象地域で優位のオスが最も大きな行動域を持ち、そこに生息するメスの行動域と重なっているという記述と一致している。捕獲したときのメスはすべてが推定 3 歳以下の若い個体であった。また、すべてのヒョウが、国立公園の中と外を自由に行き来していることがわかった。移動は谷沿いを利用していった。国立公園の外では、森林が残る森林保護区や河川をともなう谷部をはじめ、住宅地、ゴルフ場やキリンの保護センターなどを利用していることがわかった。

図 1-2 のひし形でプロットされた部分が、PF4 と名付けたメスのヒョウの行動を示したものである。灰色の部分が国立公園である。メスのヒョウが国立公園の外にまで行動範囲を広げていることがわかる。さらに、この個体は外で過ごす時間のほうが長くなっていることがわ

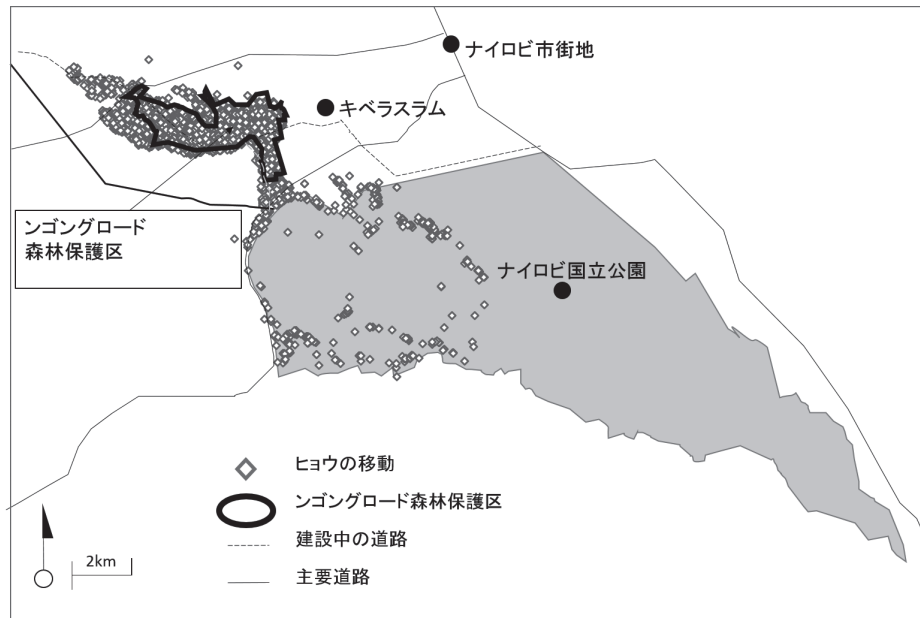


図 1-2. メス (PF4) の行動

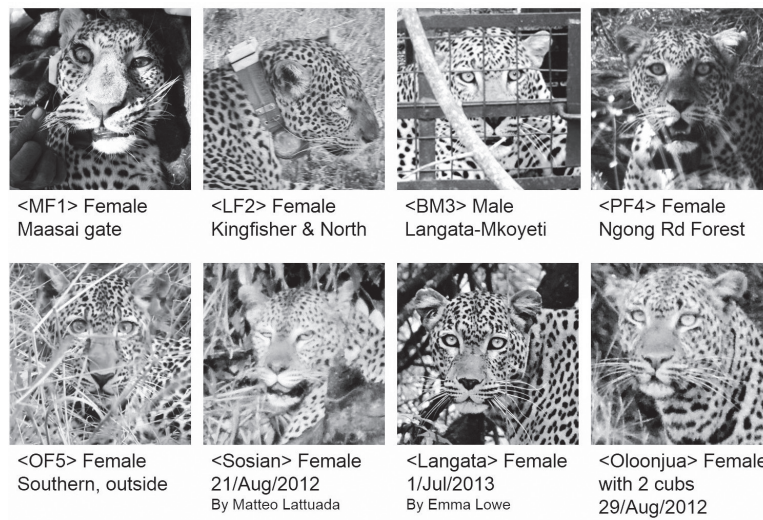


図 1-3. ナイロビ国立公園とその周辺に生息する個体識別されたヒョウ。個体識別された、8頭の成獣の写真。BM3がオスで、その他の7頭はメスである。2012年8月29日現在、Oloonjuaは2頭の子供がいることがわかっている。

かった。ナイロビ国立公園の北部は、森が多く残る高級住宅街であるが、近年、急速に宅地や道路の開発が進んでおり、野生動物の生息域減少が懸念されている。

### 3.2. センサーカメラを用いた個体識別

国立公園内に設置したセンサーカメラによって撮影されたヒョウの写真や、国立公園の訪問者によって撮影された写真をもとに個体識別を実施し、オス1頭、メス7頭を個体識別した(図1-3)。2頭の子供がいることも確



図 1-4. センサーカメラによる個体識別 (別々に撮影された同一個体)

認した。これに加え、写真がなく目撃情報にとどまっている個体が生息しており、推定 15 頭のヒョウが生息していると考えている。地域におけるヒョウの個体数維持には、出産可能なメスの頭数が重要となっていると Balme ら (2009) は言っている。

図 1-4、左の写真はセンサーカメラによって夜間に撮影されたもの、右は国立公園訪問者によって撮影されたものである。背中の特徴ある模様から同一個体と判明した。それぞれの撮影場所は 4 km ほど離れており、このヒョウの行動域を知る上でも重要な資料となった。ヒョウの個体識別で最も難しいのは、識別に必要な写真が少ないことである。写真が入手できたとしても、体の同じ部位が撮影されていなければ識別することができない。そのためライオンの個体識別などで一般的に用いられている、ひげの根本にある黒いスポットの配置と数を確認する方法 (Pennycuick and Rudnai, 1970) を用いることが不可能なため、頭部では眉間の上や目じりの模様、首では黒い斑点の形など、個体識別可能な部位を検証した。

### 3.3. 糞分析

ヒョウの糞を収集し、その内容物から何を食べているかを分析した。ヒョウの糞には獣毛が含まれているため、洗浄し顕微鏡を用いて獣毛の表面の模様を観察した。同定に使用する標本はナイロビ動物孤児院とナイロビ国立公園から集めた野生種 28 種と、ヤギ、ヒツジ、ウシ、イヌの 4 種である。

糞分析を実施する以前の住民への聞き取り調査では、家畜を飼育している地域住民の間では「公園周辺のヒョウは家畜を好んで餌としている」と思われていたが、糞分析の結果を図 1-5 に示したように家畜：野生を 24.8：75.2 の割合で、野生動物を多く食べていることがわかった。ヒョウはもともと偏りなく様々な動物を餌とすると言われているが (Hayward et al., 2006) 少なくとも本調

査地では 13 種の動物を餌としていた。しかしながら、この先森林が失われ、ヒョウの餌となる野生動物がいなくなってしまうと、より狩りの成功率が高い家畜の割合が高くなることが予想される。

また、この地域で特徴的なのは季節移動せず、谷の岩場に生息しているハイラックス種が、年間を通して重要な餌となっていることであった。インバラについても、通年、捕食されていた。さらに家畜ではヤギ、ヒツジが捕食の対象となっており、今回の調査ではウシ、ロバの捕食はみられなかった。また、特徴的であったのはイヌを捕食していることであった。地域住民へのインタビューや被害報告からも、イヌが襲われたという情報が得られており、野犬だけでなく夜間用の番犬や、ペットとして飼育されているイヌが標的となっていた。

### 3.4. 住民への聞き取り調査

ナイロビ国立公園周辺はエリアによって、居住している人々の部族、生活様式、背景が異なるユニークな地域である (K' Akumu and Olima, 2007)。聞き取り調査の結果、ナイロビ国立公園の北部外側住宅地では、特に夜間の警備をしている人が、この地域にヒョウが生息していることを知っていた。また、ヒョウに対して恐怖感は抱いていないと答えた。住宅街に住む都市型の住民の 9 割が、ヒョウが生息していると聞いたことがあると答えたが、実際に見たことがない場合がそのほとんどであった。さらに、ヒョウやライオンといった野生動物に対して恐怖を抱いていることがわかった。

一方、国立公園の南側は牧畜民のマサイの人々が家畜とともに暮らしている地域である。彼らは動物に対する恐怖感はなく、野生動物と生活の場を共にしていることを、当然のこととして受け止めていた。しかし、小規模な牧畜を生活の糧としている世帯にとって、害獣の問題は特に深刻なため、政府が補償金を支払うなどの適切な

## 糞からみるヒョウの餌動物

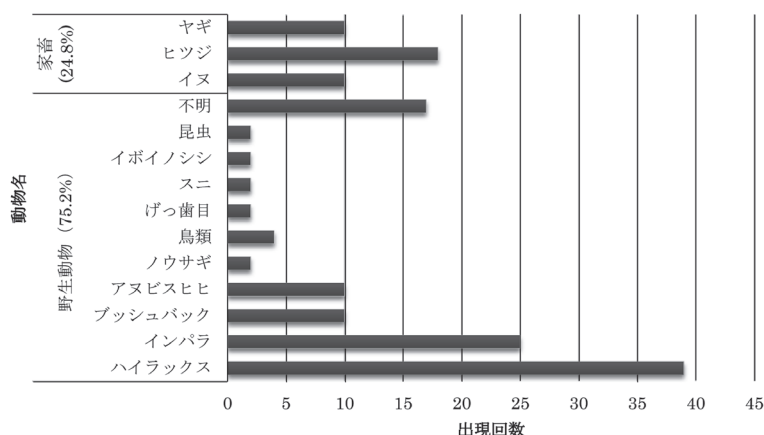


図 1-5. ナイロビのヒョウの餌となる動物

措置を取らなければ、生活を護るために野生動物を殺すこともやむを得ないという回答が多くみられ、中にはリベンジするという者もいた。

結果からもわかるように、地域、部族、生活様式によって野生動物との関係が異なっていることがわかった。本調査を始める前は牧畜を生業としている人々にとって、ヒョウが害獣となってしまうことが、人との関係を悪化させ、ナイロビにおける野生動物保全を難しくしていると考えられていたが、実際は、ペットとして飼っているイヌが殺されてしまうことや、住宅街や人々が娯楽目的で利用しているゴルフ場に出没するヒョウに対する恐怖心がつることが、人々の生活に不安を与えていることがわかった。国立公園の中で見る野生動物は歓迎

され、一步、国立公園の外に出てしまった野生動物は住民にとって物理的にも精神的にも負担となってしまう場合が多いのである。

## 結論 今後の保全と軋轢緩和に向けて

ナイロビではますます急速に宅地や道路の開発が進んでいる。調査中にも、あまりに酷いナイロビの渋滞 (Armonk, 2011) を緩和するために、ナイロビ国立公園を取り巻く道路網に大規模な拡大工事が施された (図 1-6)。さらに、ナイロビの街だけでなく、国立公園西部や南部に隣接する町の拡大が、野生動物の重要なコリドーを分断し、生息域の減少に拍車をかけている。ナイロビ国立公園に近いンゴングロード森林保護区は、本研究から重要なヒョウの生息地だということがわかったが、2012年にはじまった大規模道路建設はこれを縦断する大規模なものであった。GPS 首輪を用いた調査結果からは、5頭のうち1頭のヒョウは、ンゴングロード森林保護区を行動域の中心としており、他の2頭も利用していることがわかった。道路建設がヒョウの生態に影響を及ぼす可能性は高い。都市としてのナイロビの発展と野生動物の保全とのあいだで、人々の意見は「ナイロビは都市なのだから都市として発展すればいい」「野生動物はほかの場所へ移せばいい」「ケニアのシンボルでもある野生動物をナイロビで大切な自然資源として護っていく必要がある」などさまざまであるが、どのような方向で都市の発展と野生動物保全を進めていくか考えるためにも、都市における野生動物の行動や生態をさらに研究していく必要がある。



図 1-6. 大規模な道路建設

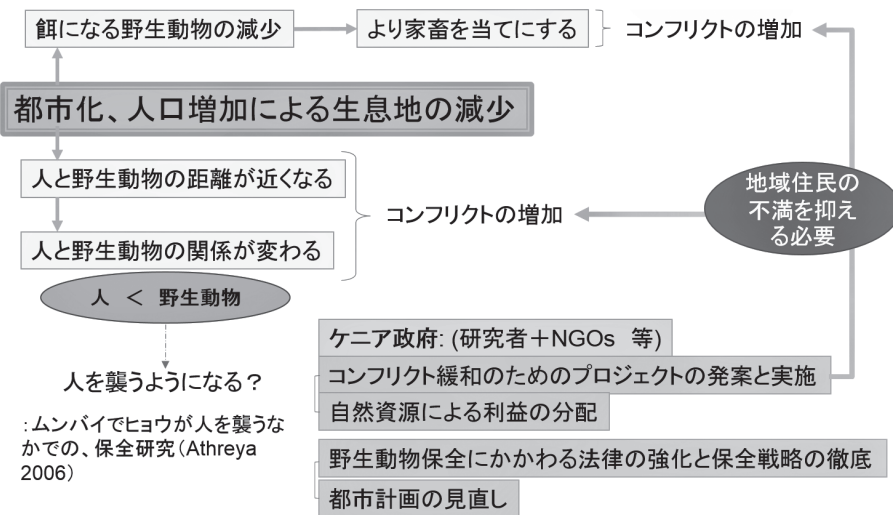


図 1-7. 都市におけるコンフリクトと野生動物保全

また、図 1-7 に示すように、人々の生活とヒョウの距離が近くなる中で、人身被害に対する不安や、家畜被害などの問題がより深刻化している。調査から、今のところヒョウは人目を避けて行動していることがわかった。また、糞分析の結果からは、地域に流布している「ヒョウは家畜ばかりを襲っている」という考えが誤認である可能性が示唆された。とはいえ、実際にヒョウが家畜を殺しているのは事実である。現在のところ、ヒョウが人を襲うことを目的とした事故は起きていないものの、住民のヒョウに対する恐怖心、被害感情や保全への不満・不信を緩和するためには、より具体的な対策を検討していくことが必要だろう。都市における人間とヒョウとの共存に向けて、人と野生動物の軋轢が増大し、人々の野生動物に対する敵対心が強くなればなるほど、都市における野生動物保全は困難になってしまう。いかに、地域住民の不満を抑えることが重要かということが明らかになった。さらに、これらの点を含めてさらに調査・研究を進めていく。

## 謝辞

本調査は 2012 年度トヨタ財団研究助成および、2012 年度公益財団法人 自然保護助成基金によるプロ・ナトゥーラ・ファンド助成金を受けて実施した。深謝いたします。また、京都大学大学院アジア・アフリカ地域研究研究科アフリカ地域研究専攻山越言准教授、ケニア野生生物公社 (Kenya Wildlife Service) のレンジャー Jackson Lopeiyok 氏にはひとかたならぬご協力をいただき

ました。この場を借りて感謝の意を表する。

## 参考文献

Armonk, N. Y. (2011) "IBM Global Commuter Pain Survey: Traffic Congestion Down, Pain Way Up" (<http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/35359.wss>) (2014年7月26日閲覧)

Athreya V. (2006) "Is Relocation a Viable Management Option for Unwanted Animals?: The Case of the Leopard in India," *Conservation and Society* 4 (3): 419-423.

Bailey, T. N. (1993) *The African Leopard: Ecology and Behavior of a Solitary Felid* (Vol. 430), New York: Columbia University Press.

Balme, G. A., R. Slotow and L. T. Hunter (2009) "Impact of Conservation Interventions on the Dynamics and Persistence of a Persecuted Leopard (*Panthera pardus*) Population," *Biological Conservation* 142(11): 2681-2690.

Gichohi, H. W. (2003) "Direct Payments as a Mechanism for Conserving Important Wildlife Corridor Links between Nairobi National Park and Its Wider Ecosystem: The Wildlife Conservation Lease Program," in Vth World Parks Congress.

Hamilton, P. H. (1981) *The Leopard, Panthera Pardus, and the Cheetah, Acinonyx Jubatus in Kenya: Ecology, Status, Conservation, Management.*

Hayward, M. W., P. Henschel, J. O'Brien, M. Hofmeyr, G. Balme, and G. I. H. Kerley (2006) "Prey preferences of the leopard (*Panthera pardus*)," *Journal of Zoology* 270(2): 298-313.

K'Akumu, O. A. and W. H. Olima (2007) "The Dynamics and Implications of Residential Segregation in Nairobi," *Habitat International* 31(1): 87-99.

Kenya Wildlife Service (KWS) (2014a) "Over View Parks and Reserves," (<http://www.kws.org/parks/>) (2014年8月1日閲覧)

Kenya Wildlife Service (KWS) (2014b) "Park and Reserves Nairobi

- National Park,” ([http://www.kws.org/parks/parks\\_reserves/NANP.html](http://www.kws.org/parks/parks_reserves/NANP.html)) (2014年8月1日閲覧)
- Mizutani, F. and P. A. Jewell, (1998) “Home-range and Movements of Leopards (*Panthera Pardus*) on a Livestock Ranch in Kenya,” *Journal of Zoology* 244(2): 269-286.
- Packer, C., H. Brink, B. M. Kissui, H. Maliti, H. Kushnir and T. Caro (2011) “Effects of Trophy Hunting on Lion and Leopard Populations in Tanzania,” *Conservation Biology* 25(1): 142-153.
- Pennycuik, C. J. and J. Rudnai (1970) “A Method of Identifying Individual Lions *Panthera Leo* with an Analysis of the Reliability of Identification,” *Journal of Zoology* 160(4): 497-508.
- Reid, R. S., H. Gichohi, M. Y. Said, D. Nkedianye, J. O. Ogutu, M. Kshatriya and R. Bagine (2008) “Fragmentation of a Peri-urban Savanna, Athi-Kaputiei Plains, Kenya,” in K. A. Galvin et al. (eds.), *Fragmentation in Semi-Arid and Arid Landscapes*, Springer Netherlands, pp. 195-224.

## 報告2 アフリカ起源の雑穀ソルガム（モロコシ）と環境ストレス耐性

### 坂本 亘

### はじめに

モデル植物を用いた遺伝子解析と葉緑体の分子生物学が専門の筆者には、アフリカとの接点は全くといってよいほどなかった。しかし今から7年前に本稿の主題であるソルガム（モロコシ, *Sorghum bicolor*）に興味を持ち、ちょうどその頃、大学でケニアとの交流を始めることになり、以来、毎年アフリカを訪問しながら現地のソルガムを観察したり、アフリカの学生と実習を行ったりしている。またケニアからの留学生を私の研究室に受け入れて、ソルガムのステイググリーンという形質と環境ストレス耐性を研究し始めている。ソルガムはアフリカ専門家には馴染みの深い雑穀なので、その起源も含めて、遺伝資源あるいは研究材料としての魅力をこの機会に紹介させてもらうことにした。お招き頂いたフォーラムの先生方に感謝申し上げる。

### 1. 穀物としてのソルガムとケニアでの栽培事情

ソルガム (*Sorghum bicolor* L. Moench) はモロコシ、あるいはコーリヤン、たかきびと呼んだ方が身近に聞こえる人も多いかもしれない。名前からもわかるように、同じ種の中でも形態の異なる亜種が分化して分布しており、アフリカを起源として世界中の熱帯亜熱帯地方に広がった。穀物としての世界生産量は多くはないが（2010年の統計で5600万トン）、トウモロコシ、イネ、コムギ、オオムギに次ぐ5番目の世界の主要穀物であり、いわゆる雑穀の中ではもっとも生産量が高い。ケニアに目を向けると、やはり生産量は決して高くはなく、2011年の生産量は約16万トン、主な生産地は西部と中部であるが（図2-1）、商用生産の他に農家が自己消費のため

に多くを栽培している（MAFAP, 2013）。統計で見る収量は年ごとに0.5～1.3トン/haで推移しており、収量は明らかに低くかつ不安定である。つまりソルガム栽培は近代化もあまり進んでいない。ソルガムは乾燥などの環境ストレス耐性が非常に高いので、Food Securityの観点から小規模に栽培されているのであろう（それが本来の農業の姿ではあるが）。また穀物としての利用以外に家畜の飼料としても利用されるので、収量には現れない農家での価値がある。用途別に見ると、その殆どがウガリやポーリッジなどの挽粉として食材に使われているが（図2-1）、加工物としての利用の多くはビールの添加物（あるいはモルト）であり、最近では、East African Breweries Ltdなどビール会社の需要を認識してケニア農業研究所も高品質のソルガム利用拡大を進め始めている（MAFAP, 2013）。ケニアではガダムというグレイン品種を推奨している。

ソルガムはコムギアレルギーの原因となるグルテンを含まないことや、食物繊維、抗酸化物質も多いことから健康食品として最近注目されている。新大陸からヨーロッパを経由してアフリカに伝わったトウモロコシに取って変わられたが、後述するようにアフリカ起源の穀物として馴染みがあって、ソルガムは祭事などにも欠かせない雑穀のようである。筆者はケニアとウガンダでしかソルガムを見たことがないが、ニジェールなどアフリカ西部のサハラ砂漠以南でも多く栽培されており、ナイジェリアの生産量がアフリカでは最も高い（伊藤ほか, 2009）。東アフリカでもスーダンからエチオピアにかけて広く栽培されている。

### 2. ソルガムの起源

ソルガム栽培種である *Sorghum bicolor* を含むソルガム属には多様な系統が分化している（de Wet, 1978）。



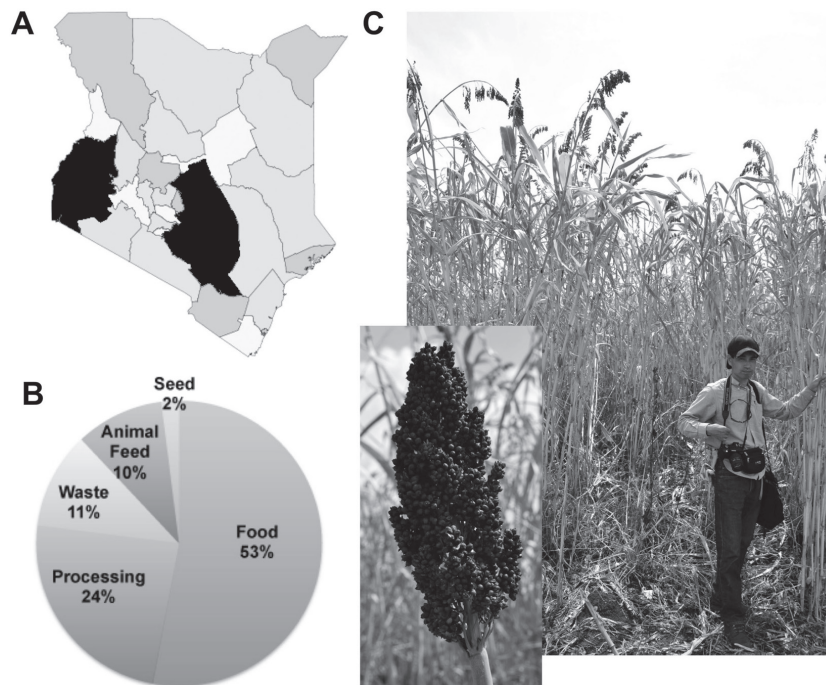


図 2-1. ケニアにおけるソルガムの栽培状況。(A) ケニア国内の主なソルガム生産地 (MAFAP, 2013)。ビクトリア湖周辺の西部とナイロビ東部の Embu, Kitui, Machakos, Meru など、黒で塗りつぶした行政区が主な生産地である (2010 年)。(B) ケニア国内におけるソルガムの用途別利用度 (2005-2009)。Processing にビール添加物が含まれている。(C) Embu 地区におけるソルガム栽培 (2012 年)。4 メートル近い草丈にもばらつきがあり遺伝的にも均一でないのが一目でわかる。

De Wet の分類によると、主なレースとして、bicolor, caudatum, durra, guinea, kafir の 5 つが示されていて (図 2-2)、アフリカにおけるこれらの分布についても報告されている (de Wet, 1977)。これらの中では bicolor が野生型にもっとも近く、durra とともに東方へ伝播し、インドを経て中国、東南アジアに広がったと考えられており、中国の高粱 (コーリヤン) も bicolor タイプに含まれる。一方、栽培型モロコシである *Sorghum bicolor* の亜種として *arudinaceum* が知られており、これがソルガムの野生種であると考えられている。*arudinaceum* も分化したレースが報告されているが (deWet, 1978)、それらはすべてアフリカのみに見られることから、ソルガムの起源はサハラ砂漠以南のチャド東部からスーダン、エチオピア東部に広がるサバンナであろうと推測されている。アフリカにおけるソルガムの栽培化と伝播については、古代遺跡で発見されたソルガム (モロコシ) の圧痕から推測されており、紀元前 4000-3000 年と考えられている (阪本, 1988)。bicolor を起源とする栽培原種が西部と東部に伝搬し、東部では bicolor, durra となってア

ラビア半島に紀元前 2000 年頃の遺跡で見つかっている。従って、アラビア半島を経由してインドに伝播しアジアへも伝わったようである。穀粒や穂の形態、草型も多様性に富んでいるが、それぞれが遺伝的隔離を起こして種に分化することなく、交配可能であり、多様な遺伝資源を構築している。アフリカ内では、栽培モロコシが西部では guinea となって広がり、南部には kafir となって広がったと考えられる (図 2-2)。ちなみに、ソルガムの亜種でスーダングラスと言われる系統があるが、これは *S. × drummondii* という亜種で栽培種 bicolor と野生種 *arudinaceum* の雑種である。野生型と栽培型のソルガムが混在するスーダンからエチオピアにかけて分布しているが、飼料として使われている。

### 3. ソルガムの遺伝資源としてのポテンシャル

イネ科作物であるソルガムが植物科学研究でも最近注目されつつある。その理由としてまず、ソルガムの旺盛な生育力で高バイオマス性を示すことがあげられる。ソ

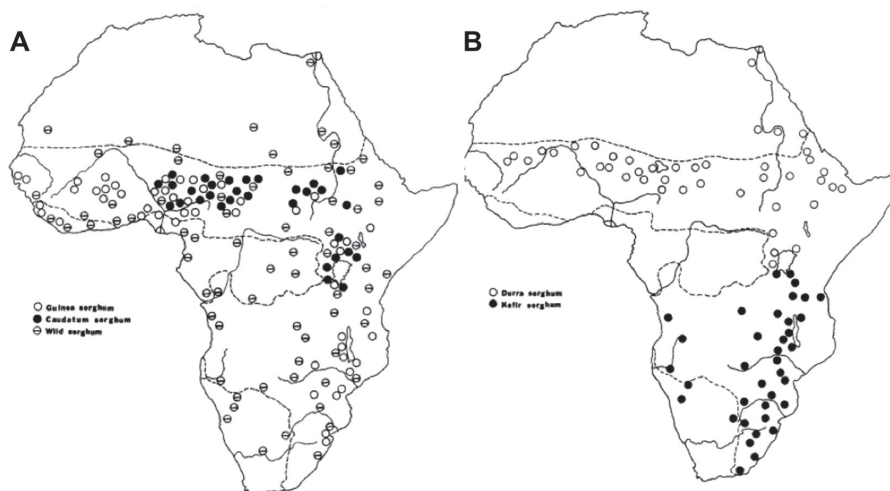


図 2-2. ソルガムの分布 (de Wet, 1977 より転載)。(A) 野生型ソルガム (○に棒線), guinea (○), caudatum (●) の分布。(B) durra (○), Kafir (●) の分布。

ルガムはトウモロコシと同じく C4 植物であり、維管束を取り囲む維管束鞘細胞によく発達した葉緑体を持っている。維管束鞘細胞では、葉肉細胞で作られるリンゴ酸などの C4 ジカルボン酸を脱炭酸して CO<sub>2</sub> を濃縮することが出来るので、Rubisco による炭酸固定反応を効率よく行うことができる。光合成に使われる大気中の CO<sub>2</sub> は葉の気孔により取り込まれるが、気孔の開閉は温度や乾燥条件を感知するしくみを植物は持っている (つまり、高温や乾燥にさらされると生き残るために植物は気孔を閉じる)。CO<sub>2</sub> 濃縮機能を持っている C4 植物は熱帯地域での栽培に適しており、温度により旺盛な生育を示すし、乾燥ストレスにも強い。

ソルガムには多種多様な形態や形質を持つ系統、というか各地で独自に分化したと考えられる在来種が多い (伊藤ほか, 2009)。その中にスイートソルガムという茎に糖を貯める、サトウキビのような大型の系統が知られている。高バイオマス性と糖の蓄積が可能なスイート種が、最近、バイオエタノールやバイオ工業製品として注目されるようになってきた。スイートは晩生で大型のものが多く穀粒生産には向かないが家畜飼料として利用されるので、トウモロコシやサトウキビのように食糧と競合することなく、絞るかすは飼料に再利用できる。また遺伝的に多様性が高いこともあり雑種強勢を示すことが多く、F1 にすると親よりも大きな個体となる。野生種も含めたソルガムの多様性は様々な形質を研究するにも魅力ある材料と言える。

ソルガムのもう 1 つの特徴は、作物の中で最もゲノム

サイズの小さいイネ ( $2n=12$ , ゲノムサイズ 390 Mb, Mb は 100 万塩基対) についてゲノムサイズが小さく ( $2n=10$ , 730 Mb), かつイネとのゲノム類似性が高いために、イネゲノムの情報を利用した遺伝子の解析が容易なことである。昨今は、次世代シーケンサを用いた大規模なゲノム解析が様々な材料で可能になっているが、ソルガムではアメリカのグレインソルガム系統 BTx623 で 2009 年にゲノムが解読されている (Paterson et al., 2009)。この配列をリファレンスにすることと、イネのゲノム情報を活用することで、ソルガムの多様な形質を支配する遺伝子が明らかにできるので、筆者も専門である葉緑体に関わるステイグリーンという形質について解析を行っている。

#### 4. 葉の老化とステイグリーン

上に述べた通りソルガムは生育が旺盛で、光と水と二酸化炭素があれば光合成をして大きくなるかといえば、実はそうではない。なぜかという、光合成で固定するのは大気中の C (炭素) であり、その他の N (窒素) や P (リン) などは養分として取り込まなければならない。つまり、大きく育てるためにはそれに呼応して肥料が必要となる。1960 年代に穀物の収量増加を可能にした「緑の革命」ではそれに見合う施肥が要求され、結果として化学肥料の利用とそれに伴う環境汚染が広がってしまった。そこで次世代の作物としては、養分の利用効率を高めて肥料の投入を抑えても安定して収量が得られる形質が望まれている。そのような養分の利用効率を高

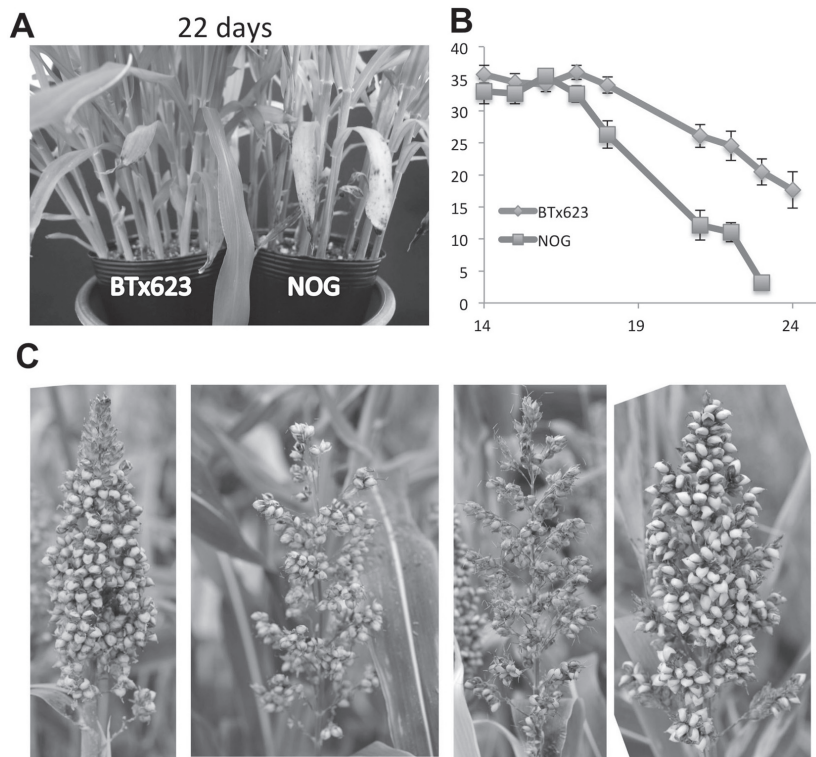


図 2-3. (A) 播種後 22 日目のグレイン系統 BTx623 (左) とたかきび NOG (右)。(B) 播種後の第 2 葉におけるクロロフィル含量 (SPAD 値)。NOG 系統では下位葉が早枯れするステイグリーンを示すことがわかる。(C) BTx623 と NOG 系統の交雑 F2 集団における穂の形質の分離。同じソルガムを交配しても、穂と穀粒の形態が大きく分離することがわかる。

める形質としてステイグリーンの利用が注目されている (Gregersen et al., 2013)。

ステイグリーンとは読んで字のごとく、葉が枯れずに緑のままとなる形質である。多くの穀類では、収穫期になって種子が稔ると葉や茎が枯れて畑が黄金色に染まる。そもそも、葉が一斉に枯れるのはなぜかという点、それは植物の葉は積極的に分解される自己プログラムを持っているからである (Lim et al., 2007)。つまり、イネやムギのような 1 年生の植物が生殖成長をして種子をつけるようになると、そちら (シンク) へ養分を供給するために、葉 (ソース) を自ら分解させて養分を転流させるので、葉が一斉に老化して畑が黄金色に染まることになる。葉が老化して茶色になるのは、植物がクロロフィル分解酵素を働かせているからで、例えば、この酵素が異常になるとステイグリーンになる (Hortensteiner, 2013)。ただし、養分転流ではクロロフィルの分解ではなく、葉緑体に多く含まれるタンパク質の分解によるアミノ酸の転流による窒素再利用が重要なので、この場合

のステイグリーンは作物の収量に大きな影響を与えない (コスメティックステイグリーン)。一方で、葉の老化を遅らせてステイグリーンとなる形質では、光合成による炭酸固定の期間が長くなるので、より高いバイオマスをあげることが期待される (ファンクショナルステイグリーン)。後者のステイグリーンは総バイオマスの上昇が期待されるとともに、出穂期における乾燥ストレスに強くなることが知られている (Kusaba et al., 2013)。このようなステイグリーンを遺伝子レベルで明らかにできれば、バイオマス利用に役立てる可能性がある。逆に、葉の老化を早めることで個体内の養分転流を促進し、低肥料でも生育が可能な系統に利用することも期待される。このように、ステイグリーンをコントロールすること、つまり葉緑体における光合成機能を高めるための実験材料として、ソルガムに筆者らは着目している。

これまでに葉の老化が早い日本在来のたかきびを片親として、葉のステイグリーンが観察されるアメリカ由来のグリーンソルガム、ケニア由来のスイートソルガムと

交配させ、自殖を4回以上繰り返した遺伝同質系統の集団を作出し、これらの遺伝子型とステイグリーン形質(個葉の葉緑素をSPADメーターという葉緑素計で測定する)を解析して遺伝子同定のための研究を続けている(図2-3)。ステイグリーン遺伝子が明らかになれば、それらの遺伝子の分布を調べることでアフリカにおけるソルガムの環境適応性が明らかになり、それらの形質を導入した新しい環境耐性を持った系統の育種も可能となるかもしれない。

## おわりに

筆者らの始めたステイグリーンの研究もまだ助走段階の域を超えていないが、今後、数年で遺伝子レベルの研究に発展させたいと考えている。ステイグリーンの研究は、ケニアの留学生を受け入れながら行っており、日本学術振興会「拠点形成事業(アジア・アフリカ学術基盤形成型)」による交流事業の一環として植物科学に関する交流を進めている。アフリカでの遺伝資源利用も魅力があるが、生物多様性条約に関する名古屋議定書が批准されたので、日本も条約の遵守が義務化されるため、遺伝資源の利用もとかく政治的にややこしいアフリカでは、今後制限されるかもしれない。まずは先方とのチャンネルを持ちながら研究を今後も続けていく予定である。

## 参考文献

- de Wet, J. M. J. (1977) "Domestication of African Cereals", *African Economic History* 3: 15-32.
- de Wet, J. M. J. (1978) "Systematics and Evolution of Sorghum sect. Sorghum (Gramineae)", *American Journal of Botany* 65: 477-484.
- Gregersen, P. L., Culetic, A., Boschian, L., Krupinska, K. (2013) "Plant Senescence and Crop Productivity", *Plant Molecular Biology* 82: 603-622.
- Hortensteiner, S. (2013) "Update on the Biochemistry of Chlorophyll Breakdown", *Plant Molecular Biology* 82: 505-517.
- 伊藤治, 井上直人, 倉内伸幸, 小林裕三, 西川芳昭, 姫野健二 (2009) 「ニジェールの雑穀類—パールミレット・ソルガムを中心に—」『熱帯農業シリーズ 熱帯作物要覧 No.35』国際農林業協働協会.
- Kusaba, M., Tanaka, A., Tanaka R. (2013) "Stay-green Plants: What Do they tell Us about the Molecular Mechanism of Leaf Senescence", *Photosynthesis Research* 117: 221-234.
- Lim, P. O., Kim, H. J., Nam, H. G. (2007) "Leaf Senescence", *Annual Review of Plant Biology* 58: 115-136.
- MAFAP (Monitoring African Food and Agricultural Policies) (2013) "Analysis of Incentives and Disincentives for Sorghum in Kenya", Country Reports and Technical Notes, <http://www.fao.org/mafap/products/country-reports-technical-notes/en/>.
- Paterson, A. H., Bowers, J. E., Bruggmann, R., Dubchak, I., Grimwood, J., et al. (2009) "The Sorghum Bicolor Genome and the Diversification of Grasses", *Nature* 457: 551-556.
- 阪本寧男 (1988) 「雑穀のきた道 ユーラシア民族植物誌から」『NHK ブックス 546』日本放送出版協会.

## 報告3 ナミビア北東部、モパネウッドランドにみられる“小さな森”の形成過程 山科千里

### 1. シロアリ塚の上に見える“小さな森”

南部アフリカの半乾燥地に位置するナミビア北東部には、モパネ (*Colophospermum mopane*) と呼ばれるマメ科ジャケツイバラ亜科の樹木が優占するモパネウッドランドが広がる。ここでは樹高4mほどのモパネが疎らに生育する単調な景観がつづくが、その中にぼつぼつと小さな森が点在している(図3-1)。森の中を覗くと、この森が直径数十mもある丘のようなシロアリ塚の上でできていることがわかる。「どうしてここにだけこんなにたくさん木が生えているのか?」という平凡な疑問がきっかけで、私はこの森がどうやってできるのかを調べ始めた。シロアリ塚上の特異な植生は、この地域に特

有のものではなく、アフリカ各地で見られる。また、シロアリ塚は採食地や営巣地としていろいろな動物に利用され、それらの多様性維持に貢献することも指摘されている(Loveridge and Moe, 2004)。しかし、このシロアリ塚上の小さな森がどうやってできるのかについては、ほとんどわかっていない。本稿では、ナミビアの半乾燥地に見られる小さな森の形成過程について、私がこれまで行った調査の結果を報告する。また、最後に、今回のフォーラムのテーマである「生物学とアフリカの未来」には遠く及ばないが、自分の研究とこの地域の今後について、この研究を通じてみてきたことから少し考えてみたい。



図 3-1. シロアリ塚上に形成された小さな森

## 2. サバンナのシロアリ塚

サバンナのシロアリ塚というと、だだっ広い大地にそびえる巨大な土の塔（図 3-2）を思い浮かべる人が多いのではないだろうか。この土の塔とはじめに述べた小さな森の中にあるシロアリ塚は連続的なものであると考えられている（Dangerfield et al., 1998; McCarthy et al., 1998）。まず、このシロアリ塚について、簡単に説明しておこう。

シロアリはシロアリ目に属する昆虫の総称で、熱帯地域を中心に地球上に約 3000 種以上が生息する。共同で子育てをし、異なる世代の個体がひとつの集団を形成し、不妊カーストが存在するという特徴を持つ真社会性昆虫である。熱帯地域では分解者としても非常に大きな役割を果たしている。シロアリの巣は樹上・地中・材の中などさまざまだが、乾燥・半乾燥地には地上部に大きな塚を作るシロアリが多く生息する。先のサバンナの巨大な土の塔は、キノコシロアリ（*Macrotermes*）によって形成されたものである。キノコシロアリは、名前のように巣内で餌となるキノコを栽培している。カラカラに乾燥し、日中は 40℃、夜間は 0℃ 近くまで冷え込む厳しい環境下で、キノコの栽培と巣内の膨大な数のシロアリの生存を維持するために欠かせないのが、塚である。働きアリたちは地下深くから土を運び上げ唾液などで固めて塚をつくる。塚の内部には多数の通気孔が空けられ、塚の表面近くで暖められた空気が循環することで、巣内は快適な温度、湿度、二酸化炭素濃度が保たれている。

この土の塔のようなシロアリ塚が、長い年月の間に、雨風にさらされ侵食を受けること、塚に定着した樹木の



図 3-2. キノコシロアリ（*Macrotermes*）の塚

蒸散によって地下水中のミネラルが集積すること、繰り返し同じ場所に塚が形成されることなどによって丘のように変化する。さらに、塚の形態変化に伴って植生が発達することも指摘されている（Joseph et al., 2013a）。しかし、シロアリ塚の形態変化と植生の発達には数十年～数百年という長い年月がかかると考えられ、これまでシロアリ塚植生の形成過程は明らかにされてこなかった。ナミビアの北東部では、細長い土の塔から丘のようなシロアリ塚まで、さまざまな段階のシロアリ塚が分布している。そこで、私は、シロアリ塚を活動中のもの（ここでは塚を形成する *Macrotermes* の有無）と放棄されたものといった状態と形態によって分類し、相対的な新旧によって時系列に並べ、生育している植物との対応から、シロアリ塚植生の形成過程を検討した。

## 3. シロアリ塚に最初に侵入してくる樹木は？

ナミビア北東部で見られる小さな森は、塔のようなシロアリ塚を起源とするようだ。しかし、活動中の塚はシロアリによって常にメンテナンスが行われるため、表面が非常に硬く植物の生育には適していない。実際、調査地に分布する活動中のシロアリ塚の 3 割では、草本を含めて植物が全く生育していない（Yamashina, 2013）。また、この地域では、木の幹を飲み込むように塔のようなシロ

アリ塚が形成されているものと、シロアリ塚の上に木が乗っているものの2パターンがみられ、圧倒的に後者が多い(97%)。とすると、シロアリ塚に最初に乗るのはどんな木でどうやってそこに乗るのだろうか?そこでまず、活動中のシロアリ塚に乗っている樹種を調べてみた。その結果、6割がサルバドラ科の *Salvaroda persica* という樹種で、7割の活動中シロアリ塚にこの樹種が出現した。*S. persica* はシロアリ塚に最も高い頻度で出現する一方で、シロアリ塚以外の場所にはほとんど出現しない。

*S. persica* という樹木が、シロアリ塚植生が形成される初期段階のひとつの鍵になりそうだ。では次に、なぜこの樹種がシロアリ塚に最初に生えてくるのか?これには、いくつかの可能性が考えられる。ひとつは、動物によってシロアリ塚に *S. persica* の種子が集中的に運ばれるという可能性、もうひとつは、何らかの要因で *S. persica* のみがシロアリ塚に定着できる、または、シロアリ塚外でサルバドラは排除されてしまうという可能性だ。ここでは一つ目の可能性について、予備的な調査の結果も交えて考えてみる。

*S. persica* は雨季始めの11月~1月頃、5mm径ほどの赤い多肉質果実をつける。一般的に、この果実の形態や色の特徴は、鳥に好んで食べられ種子を運んでもらう鳥散布種と呼ばれる仲間である。そこでまず、シロアリ塚に *S. persica* の種子を運ぶ可能性のある動物を絞り込むため、*S. persica* の結実木で訪問動物を観察した。2日間、計16時間(11月)の観察の結果、2616羽21種以上の鳥類が観察され、その90%以上の個体が果実を採食していた。しかし、鳥はサバンナなどの開けた場所では休憩や見張り、採食のために高い場所に止まるため(パーチ効果)、その場所に糞として果実をつける植物の種子が運ばれることが知られている。先述のように、本調査地は樹高3~4mの樹木が疎らに生育するサバンナである。その中で、時には4m以上もある塔のようなシロアリ塚は電柱や柵といったものと同様に、鳥の止まり場として利用され種子が散布される可能性が考えられる。また、鳥は体の構造、習性によって、頻繁に地面に降りるものとそうでないものがあるが、観察された21種の鳥類のうち10種(個体数の83%)は頻繁に地面に降りる種である。観察された鳥たちが実際にシロアリ塚に止まり、*S. persica* の果実(種子)をシロアリ塚に運ぶかどうかは、今後、調べてみないとわからないが、調べてみる価値はありそうだ。

#### 4. 小さな森を構成する樹木は?

さて、そもそもシロアリ塚上に形成された小さな森に

はどんな木がどれくらい生えているのだろうか?一見しただけで、多くの樹木が生育していることがわかるが、実際、周辺に比べて2倍以上の密度で樹木が生育している。さらに、樹種数も豊富で、シロアリ塚上の小さな森には、周辺の3倍以上の樹種が出現する(樹木密度、樹種数ともに20m四方の調査区(n=26)での平均の比較)。また、出現した40種の樹木のうち、先に述べた *S. persica* を含め半数以上の21種が小さな森だけに出現した。

*S. persica* に加えて、マメ科の *Acacia nigrescens*, カンラン科の *Commiphora* spp., アオイ科の *Grewia* spp., ボロボロノキ科の *Ximenia americana*, ムラサキ科の *Cordia* spp., フウチョウソウ科の *Capparis tomentosa* などがシロアリ塚上の森に特徴的な樹種であった。これらの樹種はすべて食べられる果実(マメ科の鞘, 多肉質果実)をつける動物散布種である。全体でみても、シロアリ塚上の森には多肉質果実をつける樹木が多く出現する(図3-3)。また、シロアリ塚に特徴的な *S. persica* や *X. americana* は常緑樹であり、その他にもトウダイグサ科の *Euphorbia* sp. やサボテンがシロアリ塚に限定的に出現する。これに対して地域の優占種であるモバネは半落葉樹であるため、乾季には景色が一面茶色になるが、シロアリ塚にだけ緑が残る。このようにシロアリ塚には、動物散布種や常緑樹が特徴的であり、シロアリ塚植生が動物の採食源として機能している可能性がある。特に、本調査地は半落葉、風散布種であるモバネが圧倒的に優占する地域であり、シロアリ塚上の多様な森は動物にとって重要な資源となっているのではないだろうか。

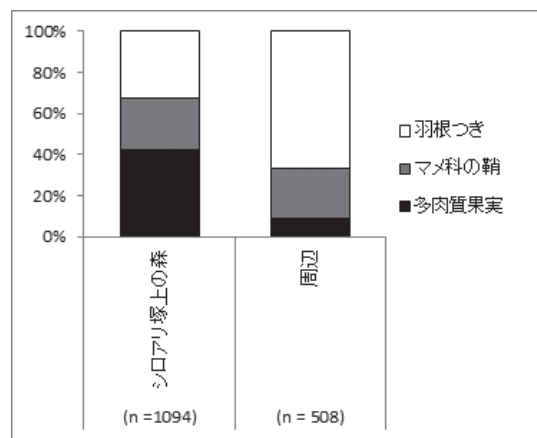


図3-3. シロアリ塚上の森と周辺に出現した樹木の果実/種子タイプ別の割合



図 3-4. シロアリ塚を訪れた動物たちの一部 (左上：ツチブタ, 右上：ベルベットモンキー, 左下：ジェネット, 右下：アフリカゾウの鼻)

## 5. シロアリ塚を訪れる動物たち

そこで実際には、シロアリ塚上の小さな森には、どのような動物がいる、または、訪れているのだろうか？予備的な調査として、赤外線自動撮影カメラを用いてシロアリ塚への訪問動物を撮影してみた（27日間×4カメラ）。その結果、ツチブタ (*Orycteropus afer*)、アフリカゾウ (*Loxodonta africana*)、ベルベットモンキー (*Cercopithecus pygerythrus*)、ジェネット (*Genetta* sp.)、マングース (*Galerella sanguine*)、ジャッカルの、ハトなど6種の哺乳類と4～5種の鳥類が撮影できた (図3-4)。シロアリ食者であるツチブタは、夜シロアリ塚を訪れ、塚を掘り返して採餌する。マングースはシロアリ塚に巣をつくることが知られ、調査中しばしば観察された。その他にも、巣があるのか、ミツアナグマ (*Mellivora capensis*) とヤマアラシ (*Hystrix africae australis*) にはシロアリ塚の森の中からすごい剣幕で追い出されたことがある。また、シロアリ塚上の木に営巣しているジサイチョウ (*Bucorvus abyssinicus*)、シロアリ塚に掘られた巣穴、いろいろな大きさ・形の動物の糞など、シロアリ塚では動物の痕跡が多くみられる。このようにいろいろな動物が関わることで、シロアリ塚に植物の種子が運ばれたり、養分となる糞や尿が投入されたりといったことが起こり、豊かな植生の形成につながる可能性が指摘されている (Joseph et al., 2013b; McCarthy et al., 1998)。本調査地においても、上述の動物たちがシロアリ塚植生の形成

にどのような影響を与えているか、今後、調査したいと思っている。

## 6. 研究の遠く先に見えてきたもの…

以上のように、樹木の疎らなモパネウッドランドの中で、ぽつぽつと分布する小さな森がどのようにできるのか、についてはまだまだ分からないことだらけだ。今後、この過程を実証していくことが課題だが、最後に、私の研究とこの地域の今後について、研究を進める中で見えてきたことから少し考えてみる。

ナミビアは希少種を含め多くの野生動物が生息し、自然資源の保全や観光業が盛んである。ナミビア北東部は特に生物多様性の高い地域として国立公園や自然保護区が多く設けられ、本稿の調査地も野生動物保護区 (Conservancy) と森林保護区 (Community forest) という2重の保護区の中に位置している。ナミビアでは積極的な保全活動の甲斐あって、野生動物の個体数増加が報告される一方、地域住民と野生動物の衝突も増加している (O'Connell-Rodwell et al., 2000)。本稿の調査地でも、「子供がワニに食べられた」「青年がカバに襲われた」「ゾウに畑をめちゃくちゃにされた」といった話を頻繁に耳にする。このような中、近年、観光資源である動物をこの地域に留めつつ、人との衝突を避ける策として、人と野生動物の居住域/生息域を分離することが検討されている。このような措置が実際に行われるかどうか、実現可能かどうかということはわからないし、その範囲や方法

によっても状況は異なるだろう。仮に、実行された場合は、人と動物の衝突といった問題がある程度、解決されるかもしれない。しかしその一方で、ある地域から動物を排除するという措置は、「森林の空洞化」と同じような結果を招きはしないだろうか？アジアやアフリカの熱帯林では、狩猟や生息地の破壊などによってある地域で大型動物が絶滅または激減する（＝森林の空洞化）と、それらの動物に種子散布を依存している植物の更新がうまくいかなることが報告されている（Effiom et al., 2013; Harrison, 2011）。本研究から、シロアリ塚はこの地域で多様な植物相を生み出す一因になっていること、その多様な植生の形成とこの地域の多様な動物は相互に関係している可能性があることなどがわかってきた。ということは、先のような動物をある地域から排除するという措置は、地域の植生構造、さらには動物相も大きく変える可能性があるのではないか、というのが私がこの場所で調査をしてきてみてきたことだ。

私の研究自体がまだ入口に立ったばかりだし、この地域で保全活動が今後どのように進んでいくかもわからない。だが、アフリカの他の地域と同様に、この地域でも人びとの社会や自然環境はすごい速さで変わっている。私がこの場所で研究することは、今はまだ彼らにとって「何やってるんだ！？物好きが…」というようなものでしかない。だが、いつかは地域の人たちが問題に対する方策を考える際の一資料として役立ててもらえるのではないかという期待をもって、まずは自分のできることから一歩ずつ。

## 参考文献

Dangerfield, J.M., T. S. McCarthy and W. Ellery (1998) “The Mound-

- Building Termite *Macrotermes michaelsoni* as an Ecosystem Engineer”, *Journal of Tropical Ecology* 14: 507-520.
- Effiom, E. O., G. Nunez-Iturri, H. G. Smith, U. Ottosson and O. Olsson (2013) “Bushmeat Hunting Changes Regeneration of African Rainforests”, *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 280: 20130246.
- Harrison, R. D. (2011) “Emptying the Forest: Hunting and the Extirpation of Wildlife from Tropical Nature Reserves” *Bioscience* 61: 919-924.
- Joseph, G. S., C. L. Seymour, G. S. Cumming, D. H. M. Cumming and Z. Mahlangu (2013a) “Termite Mounds as Islands: Woody Plant Assemblages Relative to Termitarium Size and Soil Properties”, *Journal of Vegetation Science* 24: 702-711.
- Joseph, G. S., C. L. Seymour, G. S. Cumming, Z. Mahlangu and D. H. M. Cumming (2013b) “Escaping the Flames: Large Termitaria as Refugia from Fire in Miombo Woodland”, *Landscape Ecology* 28: 1505-1516.
- Loveridge, J. P. and S. R. Moe (2004) “Termitaria as Browsing Hotspots for African Megaherbivores in Miombo Woodland”, *Journal of Tropical Ecology* 20: 337-343.
- McCarthy, T. S., W. N. Ellery and J. M. Dangerfield (1998) “The Role of Biota in the Initiation and Growth of Islands on the Floodplain of the Okavango Alluvial Fan, Botswana”, *Earth Surface Processes and Landforms* 23: 291-316.
- O’Connell-Rodwell, C. E., T. Rodwell, M. Rice and L. A. Hart (2000) “Living with the Modern Conservation Paradigm: Can Agricultural Communities Co-Exist with Elephants? A Five-Year Case Study in East Caprivi, Namibia”, *Biological Conservation* 93: 381-391.
- Yamashina, C. (2013) “Variation in Savanna Vegetation on Termite Mounds in North-Eastern Namibia”, *Journal of Tropical Ecology* 29: 559-562.

## コメント 「ラボのボス」と「一匹オオカミ」

山越 言

これまで2回の「アフリカ生物学フォーラム」は、理系出自の人間として、アフリカで行われている理系ベースの研究をまとめて聴くことができる貴重な機会として大いに楽しませていただいた。同時に、「アフリカの役に立つ」問題や研究資源の保全の問題など、つね日頃から自らのこととして考え続けている問いを改めて突きつけられる場でもあった。3回目ではひと区切りとなるフォーラムに、今回はディスカッサントとして参加させていただいた。題材となった3つの発表は、いずれも興味深いもので、アフリカにおける理系研究の課題につい

て、多くの示唆を与えてくれた。

そもそもこのフォーラムが企画された背景として、日本アフリカ学会において自然科学分野の研究の量的な広がりや思わしくないことが挙げられるだろう。アフリカ学会での自然科学系の発表は、いわゆるフィールド科学である自然地理学、生態学、動物行動・社会学、古人類学、動物考古学などが中心であり、ミクロ系、実験系と呼ばれる領域からの参加が少ない。その点で、本フォーラムの坂本亘さんの発表は、実験系の研究者にとってのアフリカ学会の意義を考える上でたいへん示唆に富むも



のであった。

アフリカ乾燥地の農村で住み込み調査をする研究者にとってなじみ深い作物であるソルガムは、乾燥限界に近い環境下でのアフリカ農業を支える重要な基幹作物である。坂本さんの発表では、ソルガムの環境ストレス耐性とその遺伝的基盤に注目し、育種による応用をめざした興味深い一連の実験研究の成果が紹介された。アフリカの自然資源を用いた実験系研究の古典的なパターンは、アフリカでサンプルを収集し、設備や人的資源が整う日本の研究施設で実験・分析をおこなうというものであった。ところが近年の生物多様性条約における遺伝資源保全に関する議論の高まりのなかで、サンプルの国外持ち出しが植民地主義的・収奪的な研究アプローチであるとして批判され、その実施が困難になってきている。実験系研究者にとってただでさえ遠かったアフリカが、このような制約のためにさらに遠のきかねない状況にある。

坂本さんは、学振のアジア・アフリカ基盤形成型拠点形成事業という枠組みを利用し、現地の研究機関、研究者と連携しながら、現地の実験設備の整備や現地学生との交流を活性化することで、上記のような制約の克服を試みていた。このような交流活動を、研究の実現のための新たなやっかい事と捉えるのではなく、現地学生との共同研究など、研究にとっても有益な活動として積極的に用いておられる坂本さんの姿勢にはたいへん好感を持った。学振の基盤形成事業は、今回の事例が示すように、個人研究が中心の文系研究者よりは、研究室単位で動く理系の研究者にとって、より使い勝手の良い資金であるように思われる。自然科学系のアフリカ学会員は、搾取的と批判されることも多い「古典的」研究アプローチを、倫理性の高いものに組換えて、現地研究者を取り込んだ前向きなものにするために、このような資金を積極的に獲得し利用していくべきだろう。坂本さんの事例から、そのような積極的な交流がもたらすさまざまな可能性について学ぶことができた。

シニアの実験系研究者の坂本さんとは異なり、山根裕美さんと山科千里さんは、それぞれ保全生物学と熱帯生態学を専門にする若手研究者である。近年では、野生動物や森林生態系を対象にする自然科学的フィールド科学でも「ビッグ・プロジェクト」化が進み、数十年にわたる個体群の人口学的データや固定調査区での毎木調査による長期的な蓄積データを持つような大規模プロジェクトに参加して、効率よく成果を出していかないと、若手研究者が業績競争に勝っていくのは困難な状況にあるといわれる。そのような潮流の中で、山根さんと山科さんはいわゆる一匹オオカミとして個人単位で研究を運営してきたという特徴がある。日本アフリカ学会の自然科学

分野、生物学分野の若手育成を考える上で、大いに注目すべき事例であると考えられる。

山根さんは、大都市のすぐそばにキリンやカバが暮らす国立公園が立地するという、ケニアのナイロビ国立公園が持つユニークな特徴を生かし、野生ヒョウにテレメータを付け、その遊動域を調べるという保全生物学的調査を行っている。調査方法自体に真新しさはないものの、いわゆる都市的景観の中で生きるヒョウの生態をおそらくは世界で初めて明らかにした点でたいへん興味深い研究である。さらに本フォーラムとして注目すべき点は、彼女が研究計画を持ち込んで政府機関の許可を得て研究を行う一般の外国人研究者としてのアプローチをとらず、ケニア野生動物公社(KWS)の施設でのボランティアから活動を始め、KWSの内部からの視点で研究アイデアを育てていった研究の経過にあると考える。直接観察が困難なヒョウの遊動を、捕獲後にテレメータをつけて明らかにする彼女の研究のアイデアは、KWSが抱えていたヒョウの家畜被害への対策の必要性から始まっている。公園周辺の住民と野生動物との軋轢の解決のため、KWSと住民の双方がヒョウの遊動についての実証データを必要としていた。このような研究の性格から、彼女は研究補助者や研究施設、車両等、多くの研究インフラをKWSから提供してもらうことができ、結果として格段の低予算で研究を継続することができた。

山科さんは、社会学者と机を並べる所属大学院の独特な雰囲気の中で、ナミビアの小村への住み込み調査で得た経験と印象から、シロアリ塚と村落周辺の小景観との関連に興味を持ち、小規模な個人研究として調査を始めた。その後、厳密な自然科学的調査法を導入し、広域調査や複数の調査地の比較を行うなどして、それまで漠然と草地の中にパッチ状の林地を生むきっかけとして語られてきたシロアリ塚が、実際にどのようなメカニズムで塚の跡に独特の植生を生むのかについて、独創的な仮説に基づいた定量的な成果を出すことに成功している。彼女の研究は、注目する現象のサイズ(シロアリ塚周辺数十メートルの範囲)や検証に必要な時間スケール(小さな「ギャップ」への侵入過程を押さえる)を「お一人様サイズ」(数ヘクタールの調査地で数年間)に限定して、個人研究としての博士論文を成立させる工夫に満ちており、大学院生でも視点の持ち方次第で生産性の高い研究プロジェクトを立ち上げることができると示した点で、後進の大学院生にとって良いモデルとなるだろう。

昨今の科学研究費を取り巻く大きな変化の中で、競争的研究資金の競争率が上がるいっぽうで、この10年ほど、COEプロジェクトなど大規模な教育プロジェクトが導入され、大学院生の調査には資金が出しやすい環境

があった。指導教員のシニア研究者は調査費獲得に苦しむが、大学院生の個人調査の費用はなんとか工面できる、という皮肉な環境が生じ、今後も継続する可能性がある。山根さんや山科さんのように、ひと工夫することで小規模ながら重要な自然科学的研究が成立するという事は、アフリカ学会における今後の自然科学系の若手研究者のありかたにとって重要な示唆となるだろう。

さて、充実した3回のフォーラムを経て、本フォーラムは一区切りとなる。現状に関してさまざまな課題と可能性を共有したことは、今後のアフリカ学会における自然科学分野、生物学分野の活性化のために大きな意義があったと思う。坂本さんのような「ラボのボス」にアフリカ学会で発表してもらえよう勧誘をしていくこと、アフリカのパートナー機関と様々な方法や資金で提携していくこと、そのことにより研究アプローチの公正性を確保できること、アフリカの自然科学に興味を持つ学生

を激励し勧誘すること、やり方次第で一人でも小規模な予算でも重要な研究が可能なることを知ってもらうこと、などなど、本フォーラムで学んだことからわれわれが日常的に努力することでさまざまな活性化が図れるはずである。また、アフリカ学会の資産とも言うべき豊富な社会科学、人文科学分野の人的ネットワークを自然科学研究にどのように生かしていくかなど、学会内で議論すべきことはまだ多くあるように思う。また、ちょうど同じ学術大会で、自然科学系の研究としてほぼ15年ぶりに京都大学の佐藤宏樹会員が研究奨励賞を受賞したこともたいへん喜ばしい兆候である。本フォーラムを牽引されてきた足達太郎さんや山極壽一さんのこれまでのご努力とリーダーシップに対し敬意を表したい。新たにフォーラムという形で何かを続けていく可能性も含め、これからも刺激的な議論を続けていけたらと思う。