

Tropical Ecology Letters

日本熱帯生態学会 Japan Society of Tropical Ecology Nov. 15 1992

マラリア原虫の生態とマラリアの疫学

大阪工業大学生物学研究室 田辺和祐

はじめに

マラリア原虫 (*Plasmodium*属) はマラリアの病原体で、名の通り原生動物である。アメーバやゾウリムシも原生動物であるが、これらの種の生態はどの程度知られているのであろうか。筆者は知らない。生態学の入門書に植物は生産者、動物は消費者、微生物は分解者、とあるが原生動物の生態学的位置づけはどうなるのだろうか。原生動物群の中で比較的その生態が知られているのはヒトに病気を引き起こす種類である。マラリアもその一つ。従来から、病気の生態的側面は疫学、衛生学という名で調べられている。しかし、病気を生態学的に捉えていた生態学者もいる。C.エルトンが『侵略の生態学』において、1930年前後のブラジル北東部におけるマラリアの大流行を、開発による生態系の攪乱という観点で紹介したのは1958年のことである¹⁾。

マラリアの流行を決める要因はマラリアを媒介するハマダラカ (*Anopheles*属) とヒトの生態である。さらに、ヒトのマラリア原虫に対する免疫抵抗性も要因に加わる。マラリア原虫の場合、自由生活性の原生動物と異なり、ヒト体内でその生活史をまわさなければ種の存続ができない。そこで、ヒトの免疫抵抗性をどう回避するかは重要な問題である。また一方的に宿主を殺しても種は存続できない。ここではヒトの免疫系と接しながら種を維持しているマラリア原虫の生態と熱帯開発に伴うマラリアの新しい流行について述べる。その前に熱帯生態研究者のためにマラリアに関する基礎事項を述べておく。

マラリアとその予防について

ヒトのマラリアは *Plasmodium* 属の四種の原虫—熱帯熱マラリア原虫 (*P. falciparum*)、三日熱マラリア原虫 (*P. vivax*)、四日熱マラリア原虫 (*P. malariae*)、卵型マラリア原虫 (*P. ovale*)—によって引き起こされる。ハマダラカの吸血によって原虫 (スポロゾイト期) がヒト体内に入るとただちに肝細胞に侵入し、そこで約10日間増殖する。この期間に虫体数は数万倍にも達するが症状はない。潜伏期は一月以上のときもある。虫体は肝細胞を破壊した後、赤血球に侵入し、そこで48時間 (四日熱マラリア原虫では72時間) ごとに増殖をくり返し、次々と赤血球を侵す。赤血球内で一部の原虫は生殖母体を作り、これが蚊に入ると有性生殖を行う。マラリア特有の39°C以上の周期的な発熱は、赤血球内で増殖した虫体 (メロゾイト期) が赤血球を破壊するときに出る。発熱は不規則なことも多いが、初めに激しい寒気 (15分~2時間) が現れ、次に発熱が数時間続く。その後おびただしい汗をかく (1~5時間)。四種のマラリア原虫のなかで致命率が高く重症マラリアを起こすのは熱帯熱マラリア原虫で、毎年二億人がかかり、約二百万人が死亡している。

東南アジア地域では熱帯熱マラリアと三日熱マラリアが多い。後者に対しては有効な治療薬があるが、熱帯熱マラリア原虫はクロロキンをはじめ多くの抗マラリア剤に耐性を示す株が世界的に広まり、東南アジアでも全域に分布している。従って、クロロキンの予防内服は多くの

地域ではもはや安全とは言えなくなっている。また、予防のためのマラリアワクチンはまだ開発されていない。

マラリア伝播能のあるハマダラカには多くの種が含まれ、それぞれの種により繁殖域(表参照)、吸血嗜好性(ヒトまたは家畜)、そしてマラリア伝播能が異なる。吸血時間帯も種により違うが、主に夕方から夜半にかけてである。各種の殺虫剤に抵抗性を有するハマダラカも多い。最も良い予防法はハマダラカに刺されないことである。夜間、特に日没時の外出は避けるのが好ましい。クーラーの部屋には蚊は弱いようである。蚊帳や蚊取り線香、防虫スプレーも有効である。流行地で夜間外出する場合は、長袖シャツ、長ズボンを着用すべきである。厚めの靴下もある程度有効である。これはくるぶし部の吸血が多いからである。(マラリア以外に脳炎やテング熱を媒介する蚊も多いので、夜間以外でも皮膚の露出は避けた方がよい。)日本で入手可能な抗マラリア剤はファンシダールだけである。流行地でマラリアにかかった場合、現地の医者にみてもらうのが良い。

マラリア原虫の生態

マラリアの流行地で育つ人でもマラリアには何度でもかかる。乳幼児期に死亡率が高く、大人になると一般的に症状はゆるやかになる。(日本人は大人でも免疫がないので激しい。)しかし、免疫が成立してマラリアに抵抗性のある人でも、別の流行地に移ると再びかかる。何故こ

のようなことが起こるのか謎であるが、マラリア原虫のPopulation biologyが進み、マラリア原虫の生態について興味ある知見が出されている。

微生物がヒト体内に侵入するとヒトの免疫系はそれらを認識して排除しようとする。免疫系によって非自己と認識される物質を抗原という。マラリア原虫がヒト体内に侵入すると数多くの抗原が宿主によって認識される。マラリア原虫がヒト体内で生き延びるには、宿主による抗原の認識を避けるか、免疫系の攻撃をかわす必要がある。そこで、マラリア原虫の抗原とそれに対するヒトの免疫反応を調べることにより、マラリア流行地におけるマラリア原虫の生態が明らかになる。

マラリア原虫の抗原は多様性を示す²⁾。多くの原虫抗原のタンパク質一次構造が抗原の遺伝子から調べられるようになり、抗原多様性の実体が明らかになってきた。特定の抗原について世界各地で分離された原虫株と比較するとその一次構造が著しく違っている。また全体としては同じでも免疫系によって認識される抗原内の特定の部分(これをエピトープという)で変異が著しい場合もある。

長崎大学熱帯医学研究所のグループと筆者はタイのメソト地区で分離したマラリア原虫株について、メロゾイト期の原虫表面抗原(MSP 1)の多様性を調べた³⁾。その結果、小さなマラリア流行地域でも多様なMSP 1抗原型が分布し、これまで知られていた抗原型6つのうち

表 主なマラリア伝播ハマダラカ

種名	主な分布地域	主な繁殖場所	伝播能
An. gambiae	アフリカ	日照のよい岸辺、沼	高い
An. arabiensis	アフリカ	同上	高い
An. minimus	アジア	日照の小川、水田	高い
An. balabacensis	アジア	森林内日陰の水溜り	中程度
An. sundaicus	アジア	日照海岸ラグーン	中程度
An. farauti	太平洋諸島	日照の水溜り	中程度
An. aconitus	ニューギニア 東アジア	水田	低い
An. darlingi	中南米	日照の水溜り	中程度

5つが確認でき、さらに未知の2つの抗原型が同定できた。しかも、一人のマラリア患者に複数のMSP1抗原型の原虫株が“共存”することも稀でなかった。抗原型の分布頻度はタイとパプアニューギニアでは異なっていた。抗原型の相違はその抗原の遺伝子の相違を意味するので、以上の結果は遺伝的にヘテロなマラリア原虫集団が流行地ごとに異なって分布することを示す。MSP1以外の他の抗原も多様であればそれだけマラリア原虫の集団構成はヘテロの度合いを増す。ヒト個体内にヘテロな原虫株が混在し、それが吸血によりハマダラカに移ると、そこで有性生殖を行い、遺伝子を混ぜ合わせる。こうして多様性を示す抗原群が絶えず組換えられ、それがハマダラカによりヒトに持ち込まれる。また、S抗原という抗原で時間軸を通して調べられた結果では、パプアニューギニアのマラリア流行地域で異なるマラリア集団が時とともに置き換わっていくのが観察されている⁴⁾。

ヒトの免疫反応によって特定の抗原型の原虫株が排除されると、別の抗原型の原虫株が入り込む。年齢が増すにつれ、マラリア流行地では多くの抗原型の原虫株の感染をうけるので、免疫抵抗力が少しずつ強まる。一方、抗原または抗原内の特定の部分の認識には個人差がある。これは生まれつき（遺伝的に）決まっている。ちょうどアレルギーに個人差があるのと同じである。このようなヒトの遺伝的要因も加わり、マラリア原虫集団はその抗原型構成を空間的、時間的に絶えず浮動させてマラリア原虫集団が維持されているのである。ハマダラカの種によるマラリア伝播能の違い（表参照）や、行動範囲もこの浮動に影響している。

開発、生態系の攪乱とマラリアの流行

Man-made マラリアという言葉がある。これは新しい種類のマラリア原虫を遺伝子改造によって作る、という意味ではない。開発による自然環境の改変の結果、マラリアの流行が人為的に引き起こされているという意味である。先に触

れたエルトンの例では、ブラジル北東部に誕生したプランテーション生態系にアフリカから持ち込まれた *An. gambiae* が適応し、その勢力を拡大してマラリアを大流行させた。*An. gambiae* は日照のよい大小の水たまりを好んで繁殖するので、それがプランテーションの生態系に合ったのであった¹⁾。悪いことに *An. gambiae* はマラリア伝播能が非常に高いので、大流行になったのである。

エルトンの記述から30年以上、熱帯地域の生態系は人間の手が加えられ、大きく変化している。マラリアを媒介する各種の *Anopheles* の棲息生態系にもその影響が出ている。ブラジルの Marques はアマゾンにおけるマラリアの流行を報告している⁵⁾。アマゾンのマラリアは1970年代は0.6%前後であったのが、1980年代に入って急増し、1986年では2.5%を超えた。

An. darlingi が主なベクターで、この種は本来アマゾン諸河川の洪水の後にできる日照のよい浅い水たまりで繁殖している。アマゾンの開発に伴う道路建設、入植と森林破壊、鉱物採掘により *An. darlingi* の好適な繁殖場所（特に道路脇の水たまり）が数多く作られた。パラ州、マツトグロッソ州の採鉱人では25~50%の人がマラリアにかかっている。これらの人達は過去にマラリアにかかったことがなく、マラリアに対する免疫がなくまったく無防備である。

また、こんな例もある。南米のガイアナのデメララ川沿いの村では換金作物のために土地改良を行い、稲作を開始した。水田が出来たことで *An. aquasalis* が繁殖した。さらに農業の機械化によって家畜が減少したことから、この種が（本来家畜吸血性）ヒトを吸血するようになってマラリアが流行したのである⁶⁾。インドでは“緑の革命”の導入により、水田にDDTなどの殺虫剤を多用し、その結果作物には害を及ぼさない *Anopheles* までも殺虫剤に抵抗性を示すようになった。そしてマラリア防除のためのDDTの屋内残留効果がなくなってしまった。DDTの使用量の増加につれマラリアも急増し

た)。もっとも米は増産できたが、

以上、開発による生態系の攪乱とマラリアの流行について紹介してきた。既にわかっている *Anopheles* の生態学を利用して、マラリアの流行を防ぐことはできないのであろうか。この点は熱帯地域開発のあり方に大きくかかわっている。難しい問題である。人々はマラリアの危険よりも開発を選ぶ場合があるからである。

文 献

- 1) チャールズ, S. エルトン (川那部浩哉, 大沢秀行, 安部琢哉訳) : 侵略の生態学, 12-14, 思索社, 1971.
- 2) 田辺和祐, 脇誠治 : マラリア原虫の寄生生物学, 宿主免疫監視の回避機構. 生物科学, 44巻(1), 1-8, 1992.
- 3) 田辺和祐 : マラリア感染と生体防御・エスケープ. 生体防御, 9巻(3), 印刷中, 1992.
- 4) K. P. Day *et al.* : Population genetics and dynamics of *Plasmodium falciparum* : an ecological view. Parasitol., vol. 104, S35-S52, 1992.
- 5) A. C. Marques : Human migration and the spread of malaria in Brazil. Parasit. Today, vol. 3(6), 166-170, 1987.
- 6) ロバート, S. デソピッツ (記野秀人, 記野順訳) : 王様気どりのハエ, 44-55, 紀伊国屋書店, 1990.
- 7) G. Chapin and R. Wasseman: Agricultural production and malaria resurgence in Central America and India. Nature, vol. 293, 181-185, 1981.

テンカワンとは何物なのかーその2

鹿児島大学理学部 堀田 満

「テンカワンとは何物なのか」の表題で、油脂資源として重要なテンカワンの同定についての顛末記をニューズレター no. 6 号 (1992) に掲載したが、今年 (1992) の夏に再びボゴール標本館を訪れて、*Shorea* 属の関係標本を綿密に調査して、Ashton 博士も間違っていたが、私の顛末記にも事実誤認があったことがはっきりしたので、訂正をしておきたい。

テンカワンと呼ばれている *Shorea* 属 *Pachycarpac* 連の植物はそれほど多くの種はない。表1に Ashton (1982) によって一応まとめられたこの群の種を発表の年代順に整理しておいたが、その約半数 (番号 1-5 までの種) は19世紀におもに西カリマンタン地域か、あるいはそこから採集されたとされる植物 (ボゴールで栽培) に基づいて記載された。また *S. beccariana* 以下の種はサラワクを中心にしたマレーシア連邦東部地域の植物に基づいて記載された。「テンカワンとは何物」なのかは、だから西カリマンタ

表1. Sect. *Pachycarpae* に所属する種

(Ashton (1982) による)

1. *Shorea splendida* Ashton (1963) = *Hopea splendida* de Vriese (1861) = *S. martiniana* Scheff (1873).
2. *S. macrophylla* Ashton (1963) = *Hopea macrophylla* de Vriese (1861) = *S. gysbertsiana* Burck (1886).
3. *S. pinanga* Scheff (1870) = *S. gysbertsiana* var. *scabra* Burck (1886) = *S. compressa* Burck (1887).
4. *S. stenoptera* Burck (1886).
5. *S. beccariana* Burck (1887).
6. *S. mecistopteryx* Ridley (1925) = *S. chrysophylla* Ridley (1929).
7. *S. pilosa* Ashton (1962).
8. *S. amplexicaulis* Ashton (1962).
9. *S. praestans* Ashton (1967).
10. *S. rotundifolia* Ashton (1967).

ン地域から比較的古くに記載された種が何物なのかという問題が重要になる。

私達が1991年の調査で採集した西カリマンタンの標本とボゴール植物標本館に大量に所蔵されている標本を精査してみると、テンカワンと呼ばれるものには、*S. pinanga* に代表されるような葉が小型で側脈数は15前後（多くはそれよりも少ない）で、果実に翼が発達するグループと、葉が大型で側脈数は15以上（通常20ぐらいになる）で、果実の翼はあまり発達しない群に分けられる。Ashtonの整理にもとづけば、前者に所属するものとしては、上の表の種の *Shorea splendida*, *S. pinanga*, *S. beccariana*, *S. pilosa*, *S. amplexicaulis*などがあげられる。また後者の葉が巨大になる群には、*S. macrophylla*, *S. stenoptera*の2種が所属する。また *S. mecistopteryx* は、葉が大型になる点では後者の群であるが、葉裏に黄色い密毛を有していて果実の翼は発達する。サラワクから記載された *S. praestans* と *S. rotundifolia* は葉が小さくて、果実の翼が発達する群のものである。

ところがテンカワンとして重要な西カリマンタンに分布する葉が大型になり果実の翼が短いものや、ボゴールで *S. stenoptera* と呼ばれていた植物には、明らかに区別できる3型がある。

それは：

- ☆ 成熟すると樹高が20メートル以上になり、枝や葉は無毛、早落性の托葉にも毛が全くなく、河岸林に分布するもの (A型),
- ☆ 樹高は20メートル以下で、托葉は宿存性で、その外面には多少とも星状に密集して生える毛がみられ、ケランガス林に自然分布しているか栽植されているもの (B型),
- ☆ 樹高は多くは低い、枝や葉は通常有毛で、早落性の托葉は外面には毛がなく、内面に毛があるもの (C型), である。

ボゴールで古くから栽培され、*S. stenoptera* の名前と呼ばれていたものの多くはこのC型であったが、自然集団から採集されたC型の標本のほとんどは、南から東カリマンタンのもの

で、ボゴールにこのC型の種子がどこからどのように導入されたのかには謎が残る。

Ashton (1982) の記載にしたがえば、樹高が20メートル以下で、ケランガス林に分布するB型は *S. stenoptera* であり、A型とC型のものは *S. macrophylla* ということになる。ところが困ったことに、Ashton は *S. stenoptera* は密毛があることもあるが、通常無毛であり、*S. macrophylla* には脱落性の毛があるとしている。そしてボゴール植物標本館に所蔵されている、de Vrieseが採集し *Hopea macrophylla* と同定している標本(1枚だけあり、花序のついた枝と長い翼を有する果実が貼り付けてある)は、花序のついた枝については有毛のB型のものであった。この標本の果実は、van Slooten のノートにもふれられているが、翼の長い *S. pinanga* 群のものである。

Shorea macrophylla に関しては、すでに Ashton がタイプ標本の指定を行なっているから、その標本 (Lectotype) がボゴール標本のように、宿存性の托葉が有毛のものであれば(オランダに行かなければ見れない)、ケランガス林にでてくる樹高が低いテンカワンは *S. macrophylla* ということになる。また、Ashton がタイプに指定した標本がA型(無毛型)のものであれば、Ashton が主張するように河岸林に分布する無毛のテンカワンは *S. macrophylla* と呼んでよいことになる。どちらにせよオランダにあるタイプ標本を見ないと結論がだせなくなってしまった。

また Burck が *S. stenoptera* と同定している標本もボゴール標本館に所蔵されており、彼の記載に付けられた図と同じ個体から採集されたと考えられる標本 (Burck が *S. stenoptera* と同定している) は、葉が小型のグループの *S. splendida* の良く生育した個体の枝であった。また Burck が *S. stenoptera* と同定している標本のうち2枚は葉を付けた枝だけのA型のものである。しかし、彼が果実の記載に使った短い翼を持っている標本はボゴールには見つからなかった。

Burck は、違った個体から採集された、実際は別種に所属する、花も実もない標本、花のついた枝の標本、果実の標本をごちゃ混ぜにして *S. stenoptera* の記載を行なったに違いないから、そのどれかをタイプ標本に指定しなければ *S. stenoptera* は何物なのかは確定しない。もしボゴールにあった花序がついている標本をタイプに指定すれば、*S. stenoptera* という名前は *S. splendida* のシノニムということになってしまう。Ashton は *S. stenoptera* についてはタイプ指定を行っていない(?) ようなので、Burck の *S. stenoptera* が何物であるかは新しく決定しなければならぬはめになってしまった。果実の標本だけでは、A, B, C の3型ともに短い翼を有しているし、翼の長さの変異が相当あるようなので、このどの型であるかを確定するわけには行かない。そのような同定上に問題が起こらない花序がついている標本 (Sintang, Teysmann s. n.) を、もしタイプに指定すれば、*S. stenoptera* は *S. splendida* のシノニムになり、*S. stenoptera* というなじみのある名前の種は存在しないことになる。

C型のテンカワンは、A型に近いものである。ただ分布域はカリマンタンの東の地域に限られているようなので、はっきりした分類群として名前を付けたくなるが、これに当たる名前はおかしいことに *S. gysbertsiana* var. *scabra* Burck (1886) しかない。この名前はまた、混じりものの標本群に与えられた名前で、Burck が var. *scabra* としたものの大部分は *S. pinanga* の有毛なものである (*S. pinanga* には完全に無毛なものもある)。

Ashtonのボゴール標本の同定は、見るものを混乱に陥れるようなことになっていて (例えば無毛のA型は彼によって *S. splendida*, *S. macrophylla*, *S. stenoptera* の3種のいずれかに同定されていた)、昨年、わずかな期間に標本を見たときには、私もよくわからないままに、混乱していたところがあったのだが、大型の葉を有するテンカワンが3分類群からなる点は、今回の

調査ではっきりした。それにどのような名前を与えることが適当かは、もうすこし時間が必要である。

西カリマンタンから採集された大きな葉を持つテンカワン標本を見ていると、どうもそのうちの相当部分が栽培されているものから採集されたのではないかと思われた。また、Ashton が、*S. stenoptera* をケランガスに分布する無毛な種にあてたのは、サラワクにはA型に当たるようなものがほとんどなくて、托葉まで無毛のA型がサラワクではケランガス林からだけ採集されていた。そのことが Ashton 先生を混乱させたのかもしれない。

Burck が記載した *S. gysbertsiana* は、前回のときは間違っていて有毛なものと思いこんで報告したが、Burck は無毛のA型に対してこの名前を使っているから、もしA型にどうしても名前を付けて発表したいとなれば *S. gysbertsiana* を現在のところは使っておけばよいだろう。

小さい葉のグループにも問題が多く残っている。少なくとも、乾燥標本で葉が黒くなる傾向が強い *S. splendida*, *S. pinanga*, *S. amplexicaulis* の3種はごく近縁なもので、種として区別できるかどうかについては問題が残っている。また、乾燥標本では黒くならない *S. beccariana* と *S. pilosa* も近い種で、毛の程度で区別は出来そうであるが、ボゴール標本館の Ashton 同定の結果を見てもこの両種はごちゃごちゃになっている。

Shorea pinanga も *S. beccariana* も分布が広く、個体数も多い普通種で、毛の程度 (完全に無毛のものから密毛を生やしたものまで) や托葉の形や葉の形態に非常に変異がある。ゆっくりと慎重に綿密に観察すれば、はっきりした分類群が認識できるかもしれないが、今のところは良くわからないままになった。はっきりしたのは葉の小さい群は、一応 *S. pinanga* と *S. beccariana* のサブグループに分けられそうであるというぐらいである。

結局、私が「我々のプロットにでてくる

Tengkawang が代表的な de Vriese の記載した *Hopea macrophylla* = *S. macrophylla* です。また Ashton が *S. macrophylla* とした Sarawak 西部の種は de Vriese の *Hopea macrophylla* とは別物である疑いもあります。それは Ashton が Sarawak のものは " the inflorescens are always axillary, born in groups between short internodes and subtended by modified or no leaves. " と書いているからです。この記述からすると我々のプロットの Tengkawang は *S. macrophylla* ではないこととなりますが、de Vriese が記載した *Hopea macrophylla* は我々のプロットの Tengkawang ですから、Sarawak のものはまた別という結論になりそうです。これはもうすこし標本を見てみないとなんとも言えません。」と前回に書いたのは間違いで、私達の川岸のプロットにある無毛のテンカワンは *S. macrophylla* かもしれないが、少なくともボゴール標本館にある de Vriese が *S. macrophylla* としたものではなかった。

ボゴール標本館にある de Vriese が *S. macrophylla* とした標本は、Pontianak から少し北、Mandol のケランガス林にでてくる樹高が大きくなるものであった。また、Ashton がサラワクのケランガスにあるとした *S. macrophylla* も、de Vriese の *S. macrophylla* ではなくて、西カリマンタンでは川岸にでてくる大型になる無毛の種であった。さらに、*S. stenoptera* は、それを記載した Burck は、少なくとも2種、場合によっては3種(花序がある標本は *S. splendida*、葉だけのものは無毛のA型、そして果実

はA、B、C型のどれか)を混同して記載していたものであることも確かになった。本当に厄介なことだが、分類学的に正確にこれらテンカワンの種を何と呼ぶかについてはもうすこし研究する必要がでてきた。

テンカワンを最初に世界に知らせた Willem Hendrik de Vriese (1806-1862) は、オランダの植物学者で1834年からアムステルダム大学の植物学の教授を勤めた。1858年から61年にかけて東インド地域の調査を行ない、ジャバ、モルッカ、チモール、セレベスなどを Teysman とともに訪れた後、1860年の10月に Pontianak にいたり、西カリマンタン地域の採集を行なっている。病気になって1861年にオランダに帰ったが、この年に「Minjak tengkawang, en andere voortbrengselen van het plantenrijk van Borneo's Westersfd., welke aanbeveling verdienen voor den Nederlandschen handel」をライデンで出版している。この報告が、その後のテンカワン油脂の資源としての開発につながる。彼は帰国した次の年には死亡してしまう。今回のボゴールではオオバギ属 *Macaranga* の標本も調査したのだが、その中でも西カリマンタンで彼と Teysmann が共同で採集した標本があった。多分、*Hopea macrophylla* や *Hopea splendida* の記載は、彼が病床にあってまとめあげたものに違いない。色々な混乱が生まれたにしても、それを正して、テンカワンについての認識を深めるのは、私達の仕事になるだろう。

アマゾン河の野生イネたち

国立遺伝学研究所 森島啓子

アマゾンへ

アマゾニアと呼ばれる地域を訪れる者は、熱帯雨林の中に足を踏み入れるか、河を旅するか、あるいは開発が激しく進行している地域を見るかで、ずいぶん違ったアマゾンの顔に出会うことになるであろう。以下はアマゾンの大支流リオネグロを遡行して河と原生林のはざまに生きる野生イネをたづねた船旅の印象記である。

この調査を計画した時はうかつにも気が付かなかったのだが、ブラジル行きが近づいた頃は、新聞は連日のようにリオの地球サミットを取り上げ、「アマゾン熱帯雨林の危機」とか「種多様性の保存」とかいう言葉がマスコミに度々登場するようになっていた。こんな時に行きたくないと思ったが今更しかたない。結局私達がアマゾン河中流の港町マナウスについては地球サミットの終わった直後6月22日だった。その日の夕方棧橋まで出てみたら、熱帯雨林保護を訴えるたれ幕をはったグリーンピースの船が目の前を走って行った。

このプロジェクトはアマゾン野生イネの生態遺伝学的調査が主な目的で、日本から北大の島



国立アマゾン研究所の調査船 Amanai II 号。
amanai は現地語で雨。

本義也、大原雅と私、ブラジル側はサンパウロ大の P. Martins, A. Ando, G. Oliveira が正式メンバーで、今回の旅行には他に INPA（国立アマゾン研究所）と EMBRAPA（農牧公社）から3人の研究者が同行した。経費は文部省科研費（国際学術研究）の補助を受けたが、サンパウロ大がすでに始めていたアマゾンプロジェクトに参加した形でもあり、そのおかげで、外国人による遺伝資源の調査採集に対してブラジル政府が課している厳しい規制を完全にクリアできたことは幸いであった。

INPA 所属の科学調査船アマナイII号(100t)を借用、採集用のモーターボート2隻を船尾に引っ張って、私達は7人のクルーと18日間の船旅に出発した。基地となったマナウスは、19C末のゴムブームのときにヨーロッパ文化の贅を盡くして建てたという壮麗なマナウス劇場などが残る一方、自由貿易ゾーンとして入って来る最新の電気製品に群がる雑多な人々でごった返す奇妙なそして騒々しい町である。ところがこの町を後にしてアマゾン河にすべり出すと、後は果てしない水と原生林だけの日々が始まる。南緯3°から0°の間を東西に流れるリオネグロの上流に位置する町バルセロスまでである。

「アマゾンにも野生イネがあるんですか。」とよく聞かれるが、中南米には *Oryza* に属する4種の野生イネが分布している。そのうちの1種 *O. glumaepatula* は栽培イネと同じゲノムを持つ2倍体種である。かつてはこの種を含めて *O. perennis* と総称された近縁種がアジア・アフリカ・オーストラリアにも分布していることを考えると、これらの大陸が太古には地続きであったとする説がにわかには真実味を帯びて来る。*glumaepatula* 以外の3種は互いに近縁でアメリカ大陸だけに分布する4倍体である。マナウス近くでは *glumaepatula* と4倍体種の *grandiglumis*

の分布が確認されていたが、上流域での採集記録はなかった。

白い河と黒い河

マゾン本流とされるソリモンエス河はアンデス高地に源を発し、マナウスでベネズエラから南下してくるネグロ河（リオネグロ）と合流する。そして河口ベレンへ向かい総長約6000kmの大河となる。ソリモンエスは白い河、リオネグロは黒い河と呼ばれ、白茶色とコーヒー色の水がマナウスの下流10キロもの間、混ざり合わずに2本の太い帯となって流れるので、飛行機の乗客はこの辺りになるとその壮観を見ようと競って身を乗り出す。この色の違いは上流沿岸の土質の差によるもので、岩石の風化が進んでいると微細な風化物が下流に流れて白くなる。黒い水は平らな浸水林を上流に持つ河で、堆積した植物から生ずる有機酸（タンニン）が砂質土壌のために溶出してきた色である。白い水の方はpH6-7、土から供給される栄養塩類に富み沿岸を含めて比較的豊かな生態系を形作っている。それに対し黒い水の方は貧栄養の水系で、生物相も貧弱である。pHは私どもが測定した32ヶ所で4.4-6.5であった。

O. glumaepatula は両水系にあるが *O. grandiglumis* は白い水系だけに分布していると、出かける前にINPAで聞いた。これはマナウス近辺の観察結果なので私は半信半疑であったが、1日だけ白いソリモンエスの河口で *grandiglumis* を調査した後、黒いリオネグロに入ると確かに以後現れるのは *glumaepatula* だけになった。ところがネグロ本流から分岐しているいくつかの支流で調査・採集を続けながら、その中の一つ白い水のリオブランコに入ると驚いたことにまた *grandiglumis* が現れた。 *glumaepatula* は開けた陽地の水中に、 *grandiglumis* は浸水林の縁の半日陰に多い。しかし水質には敏感らしい *grandiglumis* が水中だけでなくかなり高い岸の上やキャッサバの畑の中にまで生えていたのには驚いた。



イガポー（季節的浸水林）の林縁に広がる野生イネ *O. glumaepatula*。リオネグロ流域の入江にて。

野生イネの生態

今回の旅行はもちろん遺伝学的研究のための材料収集が主要な目的ではあったが、同時に栽培イネと同じゲノムを持つ *glumaepatula* の生活史と集団動態に関してできるだけ情報を収集する目的もあった。この野生イネについては、他の大陸に分布する近縁種とどう関係にあるのかまだ謎が多い。生活史に関して言えば、近縁種であるアジアの *O. rufipogon* は種内に多年生型・一年生型の分化を生じており、アフリカの *O. longistaminata* は完全多年生、オーストラリアの *O. meridionalis* は完全一年生であるのに対し、今までに私共が持っていた中南米の系統は実験条件下で多年生・一年生の中間型とも言うべき性質を示した。赤道直下のアマゾンという条件でこの野生イネの生長と生殖がどう制御を受けているのか、わからない事ばかりであった。

アマゾン沿岸の地形は、年間を通じて浸水しない台地テルフィルメから増水期には冠水する氾濫原ヴァルゼア、そして河にいたる。野生イネのすみかはヴァルゼアにある。大きい河では、激しい水流で打ち寄せられたように岸辺に小集団となって点在し、入江や湖では比較的大きな集団をつくっている。乾期にはときどき山火事が起こるらしいが、その結果開けた広い低

湿地の焼け残った樹々の間に野生イネが大集団をつくっていた光景は印象的であった。大小無数の湖はラーゴと呼ばれ、私共の行った時期には、本流から分れた細い水系の先が開けているだけの場所であったが、乾期には確かに湖になるのだろう。大きい河の野生イネは根元が土についていない場合もあり、翌朝調査しようとしていた集団が一夜明けたら影も形もなくなっていたことがあった。現に、小さな浮島のような野生イネが河の流れに乗ってどんどん流れて行くのも見た。このようなのは、入江や湖に定着している集団とは違った生活史や集団構造を持っているに違いない。

アマゾン中流の水生植物について精力的な研究を行った Junk (1986) は、*O. glumaepatula* (彼は *O. perennis* とよんでいるが) を多年生草種よりさらに深いところに分布域を持つ一年生種としている。しかし私共が見聞したところでは、この野生イネは明らかに多年生的性質を持ち、栄養繁殖するか種子繁殖するかは、その場所と年により変動する水条件によって決まるようであった。乾期が終わって1~2月頃低地に再び水が入って来ると前年の茎あるいは種子からいっせいに生長が始まり、増水にしたがって急速に節間伸長する典型的浮イネとなる。熱帯アジアで私達が親しんでいるデルタの野生イネは短日感光性が強く最大水深期以後にいっせいに開花するが、日長がほとんど変化しないアマゾンの *glumaepatula* は増水中から出穂を始め以後数カ月わたって継続的に花を咲かせるようである。私達が訪れた6月は減水が始まった時期であったが、大部分の集団では開花最盛期は終わり、枯れた穂をつけた主稈は水面に横になって浮かび各節から発生した二次分けつが出穂しているものが多かった。伸長した茎は沢山の節間からできてはいるが、節の部分に離層が発達するらしく節ごとにポキンポキンと簡単に折れる性質は、アジアの深水地帯の野生イネでは観察したことがないものであった。分けつが離れて移動するというアマゾン特有の適応形態とおもわ

れる。

野生イネ・人間・魚

アジア・アフリカと違って、アメリカ大陸ではイネの栽培化は起こらなかった。しかし野生イネとヒトとの関わりはどのようなのだろうか。今回調査した野生イネの一部は明らかに玄米が白く(今までに知っている野生イネはすべて赤い米だったのでこの事は私達にとって驚きであったのだが)粒もかなり大きいので、なぜ利用しないのかと、野生イネの場所を教えてくれたおじさんに聞いてみた。白い米が実ることは知っているが食べる気はないとのことだった。インディオが野生イネの種子をカヌーの中にたたき落として収穫するというのはブラジル中部の話である。また16C初頭、南部の海岸へヨーロッパから着いた船の船長の日記には、インディオに会いに行ってもらったおみやげは野生イネとヤムとオウムだったと記されているそうである。しかし少なくともアマゾン河沿岸に住む人達には粒食の文化は全くないようである。今回もアマゾン旅行中一度もイネ栽培にはぶつからなかった。カボクロと呼ばれる土着の人達の食物は魚・野生の動物・キャッサバ、そしてバナナなどの果物である。10年位で元の場所に戻るといふ小規模の焼畑にキャッサバが栽培される。自慢気に案内してくれたおじさんの家の裏庭には、何種類かの野菜と果樹の他に、驚くほど沢山の薬草が栽培されていた。風邪薬、胃薬、消毒薬から毛はえ薬までであった。

野生イネの種子が鳥に好まれることはよく知られているが、アマゾンでは魚の役割も重要である。草食魚の代表、タンバキの内臓を解剖したところ85%の魚から野生イネの種子が見つかったと INPA の研究者に聞いた。この魚は野生イネの水中の茎に体当りして穂をゆすり、落ちてくる種子を喰べるそうである。又私達自身もこんなことのであった。リオネグロを遡り始めて約300km、リオブランコが分岐する辺りを過ぎるとそれ迄はあちこちにみつかった野生イネ

がぱったり姿を消した。この辺りがリオネグロでの分布の限界かと思いつつも、それでも更にバルセロスまで航行し、そこで得たいささか頼りない情報をあてにさらにもう少し、吃水の浅い我がアマナイII号ですらこれ以上航行は無理という地点まで行った。結局何も見つけられずにあきらめて下り始めたら、往路では見逃していた2集団の野生イネを見つけた。面白いことに両方とも、その辺りにはまれな人家の近くにあって、そこで得られた解答は、「このリオネグロには魚が少ないので、ずっと下流のリオブランコへ漁に行く。採ってきたカメや魚の内臓を捨てたところにこの草が生えてくる。」というものであった。

森と水辺

船から眺めるアマゾンの森は果てしなく続く高い緑の壁であった。全く人の手がついていない自然は、時に非常に整った静謐とでもいえる景観……それは人工的な自然の中に入ると錯覚するほどの……を作り上げる。しかし一歩その中に入ると、そこには全く違う世界がある。私たちも何回か原生林の中の水路にボートで入り込み、折り重なる倒木の下をかいくぐり、大なたで枝を切り払いながら先にあるかもしれない湖に行きつこうとして苦闘したことがあった。そこは天蓋を高く持ち上げ林冠を作る高木と、それを飾るように伝い登ったり、着生したりしているさまざまな植物が織りなす空間である。林床の下草はまばらで歩くこと自体はそれほど苦ではない。華やかな花が咲いているわけでもなく大きな動物が現れるわけでもない、ほの暗い静かな世界である。時にサルのなき声がし、鳥がバタバタと飛び立つ。水路の上に枝を伸ばしている低木の中で、野生のグアバがあちこちで匂いのよい薄紫の花をつけているのが眼についた。静まり返ったこの森の中でも、詳しく観察すれば生物学者を魅了して止まないさまざまなドラマがくり広げられているに違いない。

背後に広がる原生林の多様性に比べると、水

辺の植物群落は意外に単純であった。野生イネの他にはイネ科の *Panicum repens* (現地の研究者は *Paspalum repens* と呼ぶ)、*Echinochloa polystachya*, *Hymenachne amplexicaulis* などが主な構成種で、多くの場合、それらのいずれかが純群落を構成している。*Salvinia* などの小さい浮草も多い。「アマゾンの主要水生植物の多くはリオネグロには分布しない(Junk 1986)」とのことであるから、来年調査を予定しているソリモンエスではもっと多様な群落がみられることだろう。広いアマゾンでは野生イネは決してどこにでもあるということはないが、注意深い観察者の眼を逃れることはできなかったとみえて、ベイツの古典的名著「アマゾン河の博物学者」も、神田鍊蔵氏の「アマゾン河」も野生イネにふれている。原生林が色濃く影を映している水際で私達がみた野生イネは、恐らく同じ様な姿で150年前、30年前のこれらの著者達の眼にとまったのだらうと思うと感慨深い。

日本から

忙しい日本の日常に戻ってみると、黒い水の上に鮮やかな影を落としていた樹々、緑のオウムといっしょに小さい屋形船に住んでいたおじさん、巨大魚ピラルクの干物、暗黒の森の上に傾いて行く南十字、停泊中の船のあかりに群がる虫の大群、……アマゾンの水の上で過ぎたあの時間はとても現実のものと思えなくなってくる。

帰国したらすぐ、熱帯林破壊はひどいですかと聞かれた。少なくともマナウスからリオネグロを遡った18日間には一度もそのような光景にはぶつからなかったといえよう。原生林の間に、白い幹の疎林が続く再生林らしい場所を2、3回だけ見た。ミツユビナマケモノがその新芽を好むというインバウーバ (*Cecropia* 属) という樹で伐採後に現れる最初のメンバーだそう。と、いって、アマゾン破壊なんて大げさだと言うことでは決してない。アマゾンについては一般の人達の誤解を招きやすい話や数字が横行する中で、比較的信頼できると思われる統計

(西沢・小池, 1992)によると, 今回私達が旅行したアマゾナス州での原生林破壊が0.8%であるのに対し, 土地収奪的な牧草地が拡がっているマトグロッソ・マラニオンなどアマゾン南縁の各州では破壊率20%を越えるとのことである. 持続可能型の伝統的焼畑の代わりに持ち込まれようとしている農業体系が, 生態学的にみて決して成功していないことの証拠であろう. 熱帯雨林を持つ国がかかえる問題の途方もない難しさに対して私共はたじろぐばかりだが, 熱帯生態系の正しい理解と賢い利用をめざすことの重要性は声を大きくして言いたいと思う.

文 献

- ベイツ, H.W.(1863)「アマゾン河の博物学者」, 長沢純夫訳, 思索社, 1990.
- Junk, W. J. (1986) Aquatic plants of the Amazon system. In Ed. B.R.Davies & K.F. Walker, Ecology of River Systems. p.319-337, Dr. W. Junk Publishers, The Netherland.
- 神田錬蔵(1963)「アマゾン河—密林文化の中の七年間」, 中央公論社.
- 西沢利栄・小池洋一(1992)「アマゾン・生態と開発」, 岩波書店.

学術会議

シンポジウム

「熱帯環境—その保全と持続的利用—HDGECへ向けて」

- 主催： 地理学研究連絡委員会
人文地理学研究連絡委員会
生態・環境生物学研究連絡委員会
土壌・肥料・植物栄養学研究連絡委員会
- 日時： 平成4年12月11日(金)13:00~17:00
- 会場： 日本学術会議 大会議室
- 内容： ブラジル北東部にみる熱帯生態系の主要類型とその人為改変
松本 栄次 (筑波大学地球科学系教授)
- エコ・ヒストリーとしてのベンガルデルタ —開発・農民・村落—
野間 晴雄 (滋賀大学教育学部助教授)
- 多民族複合社会の森林資源—サラワクの例
萩野 和彦 (愛媛大学農学部教授)
- 熱帯の土壌環境
久馬 一剛 (京都大学農学部教授)