

Tropical Ecology Letters

日本熱帯生態学会 Japan Society of Tropical Ecology Nov. 30 1996

チャド湖の最近の縮小—予報

立正大学文学部地理学教室 門村 浩

Recent Shrinkage of Lake Chad - A Preliminary Note. Hiroshi KADOMURA (Dept. Geogr., Fac. Let., Risscho Univ., Tokyo)

The mean lake level of the Chad, situated on the south side of the Sahara, dropped from ca.282m in the early 1960s to ca. 279m in the 1990s. Its area shrank from 25,000-20,000km² to 1,500-1,200km² in the last 30 years. This lowering and the shrinkage of the lake have caused by the drastic decrease in the influx from the Chari-Logone which rises to the southern humid areas. The decrease in the Chari-Logone discharge has undoubtedly resulted from a long-lasting drought condition in the catchment area, particularly in the middle to upper reaches. The annual influx to the lake in the 1990s is less than 50% of that in the early 1960s. This decrease is too great to account for the decrease only in the catchment precipitation. Possible effect of large-scale paddy rice field irrigation projects in the middle to lower Chari-Logone on the Lake Chad water balance should deserve special attention.

チャド湖は、北半球アフリカ中央部の乾燥地帯を占める沈降盆地に形成された水深のごく浅い閉塞湖である(図1)。その湖水面からは、年間約2,200mmもの水量が蒸発によって失われる。そのため、湖盆域の降水の増減が直ちに湖水域の変動に反映される。氷河の消長に連動した地球規模の気候変動に対応しては、過去2万年の間にも、最終氷期末大乾燥期(18,000-13,000年前)には完全に干上がり、完新世初期の温暖化期(10,000-8,000年前)と同中期温暖期(7,000-5,000年前;面積約330,000km²のMega-Chad湖)には大拡大する、というドラスティックな変動を経験している(表1)。Mega-Chad時代の湖岸線を示す証拠は、その頂部の高さが海拔約320mに並ぶ砂州地形として砂漠の中にも明瞭に残っている(図1)。

過去150年間では、水位の変動幅は最大でも

5m程度であるが、その面積には10倍以上の変動がある。南湖の北東岸Bolに1909年に量水標を設けて水位観測を始めたフランスの水文技師J. Tihou(1928)は、1910年代の干ばつ期に縮小した湖(12,000-13,000km²)にPetit Tchadのあだ名を与えたが、最近ではこの10分の1の大きさにまで縮小している(表1)。

1960年代後半より縮小を続けてきたチャド湖は、干ばつと「砂漠化」による北部熱帯アフリカ、なかんずく、サハラ南縁地帯の環境劣悪化の進行を象徴するものとして、国際社会の注目を集めている。マスメディアは、しばしば、アラブ海と並ぶ「消えゆく湖」として、その危機的状況を報じてきた。ところが、チャド湖の湖域自体の変動と、その流域で起こっている土地利用や環境の変化を伝える科学的根拠のあるデータや情報は極めて乏しい。

私自身も、カメルーンの北部でかつてその湖水域が広がっていた時代の地形的証拠を調べ、チャド湖の変遷について何回か書いたことはある（例えば、門村,1984,1987; Kadomura,1994）ものの、湖水を実際に見たことはなかった。熱

帯アフリカの過去と現在の環境変動研究のベンチマークとされるチャド湖を是非とも訪れたいという長年の想いが、今年（1996）の2月になった。チャド中部で砂漠化防止・農村総合開発の支援プロジェクトを実施している日本の

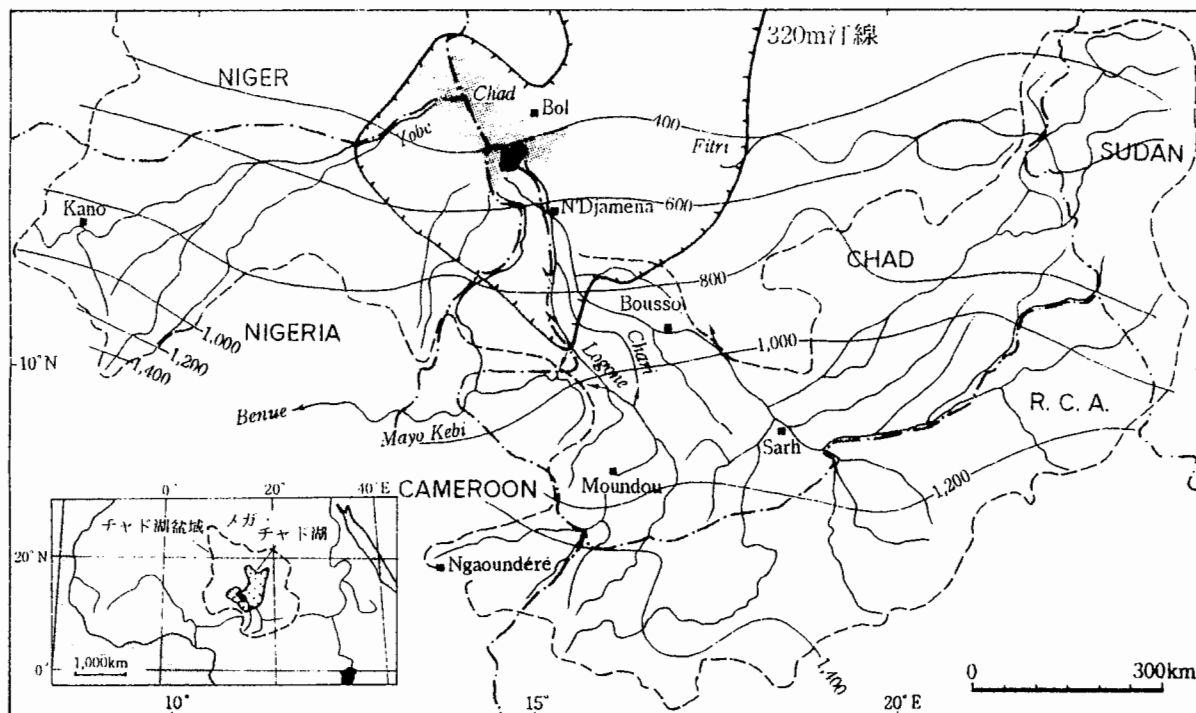


図1 チャド湖とその湖盆域の位置, 年平均降水量(過去30年間の平均), 湖水域変遷のあらまし。最近の開水面は黒部のみ。広い湖域は水位284mのGrand Tchadの場合。

表1 チャド湖の変遷

時期/年月日	面積 km ²	水位 海拔 m	水深 m	あだ名	文献
18-13 ka BP	0		0		Maley, 1981
7-5 ka BP	c. 330,000	>320	>40	<i>Mega-Tchad</i>	Schnieder, 1994
1850-1870	20,000-25,000	284	c.4	<i>Grand Tchad</i>	Thilo, 1928
1904-1915	12,000-13,000	282	c.1.5	<i>Petit Tchad</i>	Tilho, 1928
1917-1919	15,000-20,000	281	c.3	<i>Tchad normal</i>	Tilho, 1928
1962	22,600	283.5	4.05	<i>Tchad normal</i>	Carmouze, 1967
1972	18,000	280.4	2.35		Carmouze, 1967
1982.3.21	1,600*	279.5			中山ほか., 1994
1985.5.1	1,570*	<279			Bauvilain, 1989
1991.3.13	1,200*	279.0			中山ほか., 1994
1995.5.24	1,356*	279.7			MSSL-WCMC-UNEP, 1996
1995.9.2	1,355*	278.4			MSSL-WCMC-UNEP, 1996
1995.10.8	1,408*	279.1			MSSL-WCMC-UNEP, 1996

ka BP: 千年前。水位: Bol (ゼロ点: 海拔278m) の観測データ。# Landsat, * NOAAデータ。
MSSL-WCMC-UNEP: Global Lake & Catchment Conservation Database

NGO・緑のサヘルのメンバーと同国中部を現地調査した際に、今は唯一の流入河川となったChari川をボートで下ってチャド湖南湖の湖水に到達することができたからである。

ここでは、今回のチャド紀行での見聞と収集資料から得られた情報を中心に、最近におけるチャド湖盆域の降水変動と砂漠化/土地荒廃の状況、湖水域の変動とその背景について速報し、今後の課題に言及しておこう。

最近の降水変動

チャド湖盆域を含むサハラ南縁の半乾燥地域、Sahel-Sudan (ステップ-サバンナ) 地帯では、1960年代末以来、雨の少ない年が四半世紀以上にわたって続いている (図2)。厳しい干ばつ年は繰り返して現れ、1972年、1984年、1990年には特に厳しい干ばつに襲われている。なかでも、1984年の干ばつが最もひどく、砂丘活動限界の目安とされる年降水量150mmの等値線は約400km、この地帯の基幹作物であるミレットの栽培限界の目安とされる350mmのそれは約250kmも南方に後退した。このため、植生が広く枯れ、チャド湖東方のKanemの半固定砂丘地帯では、裸出した砂があちこちで活発に動いたものと思われる。雨季作のミレットとモロコシは、絶対量の不足とともに不規則な降水分布、特に成熟期である8月雨量の不足のために大不作となり、広域にわたって大飢饉が発生した。

この地域の降水は、1984年をどん底に、80年代末から全体的にはやや回復傾向にあるようにみられる。特に1980年代に厳しい干ばつに襲われたSahel帯 (ステップ) での回復が著しいようである。しかし、1960年代中期までの時代と比べると、なお小雨で、90年代平均の350mm等雨量線は数十キロ南に退いた位置にある (図3)。最近の降雨パターンで注目すべきは、チャド南部からカメルーンのAdamaoua高原にかけてのSudan帯南部 (湿潤サバンナ) からSudano-Guinea帯 (サバンナ-森林モザイク) に至る地域の降水量が、1994年の異常多雨年を別として、平均よりもなお10-20%少ない状態で推移していることである。

Sahel帯の降水が回復傾向にあるといっても、

それは年間の総降水量でみた場合のことで、季節分布では不規則なパターンがしばしば現れている。昨年 (1995) の雨は総量が少ないことに加えて、降り方が不規則であった。多くの地点で、ピーク月の8月の雨が少なかった反面、収穫期にあたる9月中旬~10月初旬の間にまとまった雨が降ったので、夏作のミレットとモロコシが二重のダメージを受けた。また、氾濫水が引いたあとで栽培される乾季作のモロコシ (チャドでberbéré, カメルーン北部でmouskouariと呼ばれる) の栽培面積も著しく制限された。このため今年 (1996) の端境期の食糧不足が心配された。

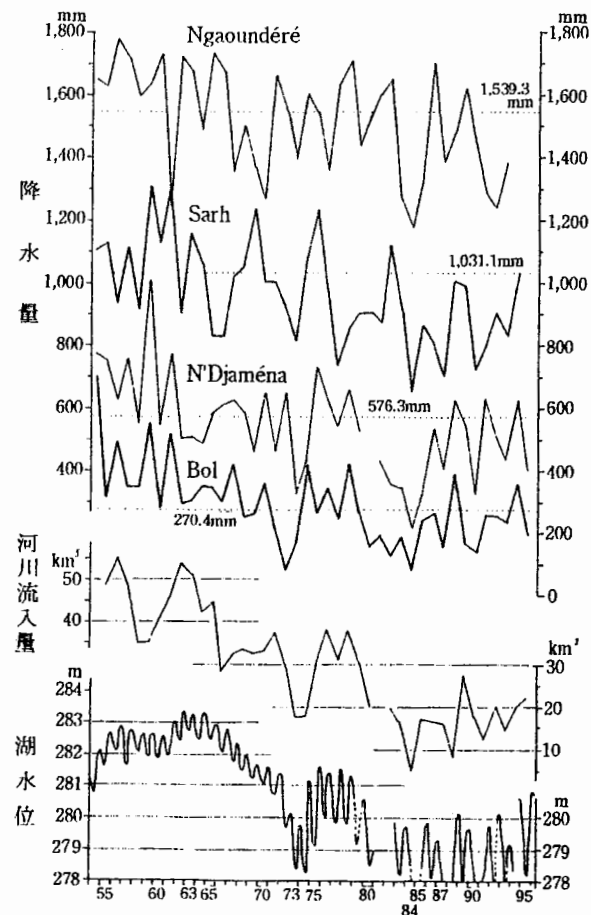


図2 チャド湖盆域主要地点の年降水量 (1954-94: Bauvilain, 1995; 1995: チャド水資源気象局資料) Chari川流入水量(N'Djaména, チャド水資源気象局資料), 湖水位(Bol, 1954-64: Carmouze, 1967; 1965-95: チャド水資源気象局資料)の変動(1954-95). 観測点の位置は図1参照

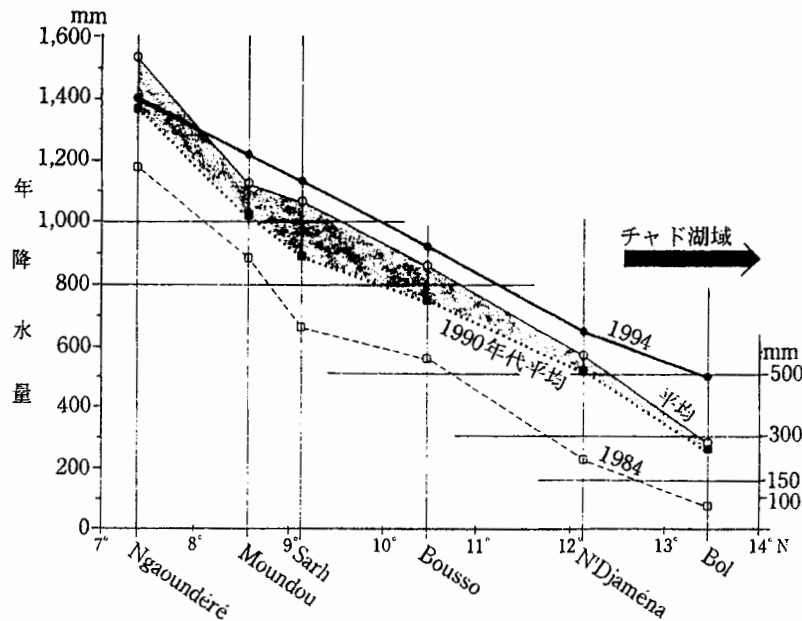


図3 Chari-Logone川水系流域年降水量の南北断面でみる変動—平均と干ばつ年・湿潤年の比較。観測点の位置は図1参照。

砂漠化/土地荒廃と干ばつ影響の概況

北緯13°以北のKanemの半固定砂丘地帯(図1のほぼ400mm等雨量線の北側、植生景観はステップ)のうち、砂がシート状に薄く覆う低地部では、nabkha(低木に砂がひかかって形成されるミニ砂丘)が多数分布することから、乾季には砂が風の作用によって活発に移動することがわかれる。比高10-20m以上の高い砂丘群の頂きや肩の部位には、やや規模の大きい裸出部が点在し、砂の集合的な移動が見られる。しかし、裸の砂丘が一線をなして前進しているわけではない。長引く干ばつと、ウシ、ヤギ、ヒツジの放牧インパクトなどのため、短茎草本(*Aristida* spp., *Schoenfeldia grasilis*, *Panicum turgidum*など)を中心とした植被は貧弱になってはいるものの、砂が広域にわたって動きうる状態までには至っていない。

砂丘の頂部と斜面には、樹高10mを越える *Acacia raddiana*や *Acacia albida* (*Feidherbia albida*) の大木が点在し、裸地が広がる部分には、動く砂に抗して生育する低木の *Leptadenia pyrotechnia*が集中している。砂丘斜面の下部から凹地にかけては、樹高15-20mに達する *Acacia albida*や *Balanites aegyptiaca*などの大木に加えて *Hyphaene thebaica* (doumヤシ)がよく繁茂し、

疎開林をつくるところもある。群落の密度や構成は大きく変わったものと思われるが、代表的な出現種は1960年代に作成された植生図(Pias, 1967)に記載されたものと大差ないようである。

砂丘間凹地と砂丘斜面最下部に普遍的に立地するdoumヤシは、家屋の建築材などとして盛んに伐採され、切り株だけが残されているものが少なくない。砂丘の頂部付近には、1984年の大干ばつの名残をとどめる枯損木が散見される。

干ばつ影響とともに過放牧や燃料材の伐採などのインパクトに対して最も脆弱で、かつ植生の自然回復が遅いのは、“reg”と呼ばれる岩礫ないし砂礫が地表を覆う土地である。こうした土地では、1984年干ばつの影響で枯死した樹木の残骸が集中し、その後の降雨の回復にもかかわらずなお裸地が広がり、樹木の再生はほとんど見られない。

チャド湖の縮小とその原因

南湖北東岸Bol(位置は図1参照)での観測データによると、平均水位は1960年代初期の海拔282m内外から3mも低下し、最近では279m内外を上下している(図2)。開水面の面積は、同じ期間に25,000-20,000km²から1,200-1,500km²まで縮小している(表1)。豊水期(10-12月)と

渇水期（7-9月）の水位変動幅は、0.5-1mから1.5-2.5mへと増幅した。1973年以来、南北二つに分かれる湖域のうち、水域が恒常的に存在するのは南湖の一部だけとなり（図1）、豊水期にも北湖まで水が到達する年は稀となった。

1954-1972年間の平均的な年水収支では、河川からの流入水（86.7%、Chari-Logone川水系のみで83.6%）と湖域への降水（13.3%）による総涵養水量47.75Km³に対して、湖域からの蒸発散（92%、約2,200mm）と湖底からの浸透（8%）による総損失水量47.75km³でバランスしていた（Carmouze, 1976）。干ばつとダム建設や灌漑などの人為影響によりChari-Logone川水系以外の河川からの流入が絶え、かつ湖域が10分の1以下に縮小して湖域への降水の寄与率が大幅に低下した最近では、Chari-Logone川水系の総涵養水量に対する割合は90%以上に達しているものと推定される。

最近における湖水位の低下と湖水面の縮小が、この湖水の維持に重要な役割を担っているChari-Logone川水系からの流入量が減少したために生じていることは明らかである。Chari-Logone川水系の流量が減少したのは、前述したように、その流域、なかでも上流水源域のSudan～Sudano-Guinea帯の降水量が少なくなったためである。水源域の90年代の年降水量は、30年前の80-90%である（図2, 3）。

しかし、Chari-Logone水系からの流入量は、30年前の25-50%（干ばつの1990年12.2km³、湿潤の1994年でも20.8km³）と、降水量の減少を大幅に上回って減少しているため、その原因を流域降水量が少なくなったことだけで説明することはできない。次のような大規模な灌漑プロジェクトに基因する蒸発散と浸透による流域内の水量の損失を考えなければならぬ。

カメルーン北部のLogone川下流域におけるSEMRY（Yagoua地域米作拡大・近代化公社）I（計画面積5,300ha）、II（6,000ha、貯水面積400km²のMaga Dam建設を伴う）やチャド南部のChari川中流域におけるOMVSD（Satégui-Déréssia開発公社）に代表される河川からの引水とダム建設による水田開発など、流域における最近の土地と水利用の変化がチャド湖の水収

支に対して無視できない影響を与えているように思われるのである。その評価は、湖縮小の原因の追究と湖盆域の適切な管理のための最重要の課題であるが、このために利用できる定量的データは著しく不足している。ここでは、もっともドラスティックな次の出来事だけを紹介しておこう。

それは、SEMRY IIのMaga Damの影響でLogone川下流域（カメルーン）の湿地帯（季節的氾濫原）が大面積にわたって干上がり、牧畜や農業、漁業とともに、乾燥熱帯アフリカの希少な生物圏保護区として知られるWaza国立公園域が大打撃を蒙った出来事である。その修復のために、3年ほど前からIUCNとカメルーン政府の共同で氾濫の再現を目的とした対策行動がとられている。

Chari川最下流—南湖観察記

1996年2月25日、首都N'Djaménaの北方約80kmのMahadaの部落からボートでChari川を下ってチャド湖南湖に達したルートで観察された事柄は、次のように要約される。

(1)調査時は、減水期にあたり、河水面は最下流の村、Djimtilo付近までは地表面より3-4m低い位置にあった。Djimtilo付近より下流の最新のデルタでは、最近の水位低下で干出した部分も含めて、陸地と水面との比高は1m内外である。

(2)河岸と最下流のデルタ地帯には、挺水植物のヨシ類*Phragmites*やガマ類*Typha*がよく繁茂している。淡水が流入する河口付近にはパピルス*Cyperus papyrus*は見られない。

(3)河口に近い湖域の水深は、1m内外と浅く、黄色い花を付けた*Acacia nilotica*が頂部までの1-1.5mを残して、点々と沈水している。このことから、最近が高水期にもこの時の水位よりも1-1.5m以上高くなって樹木が完全に沈水する水位に達することが稀にしか起こらないことが推定される。また、低水期の7-9月には、水位がさらに1m以上低下して干上がり、*Acacia nilotica*などの樹木が完全に露出するものと思われる。こうした考察を総合して、最近における湖水面の変動幅は2m内外である、と推

定される。この推定はBolでの観測データ（図2）と調和的である。

(4)チャド、カメルーン両国側の沿岸に点在する古くからの集落は、バオバブ*Adansonia digitata*やキワタの木*Bombax costatum*, ソーセージの木*Kigelia africana*, タマリンド*Tamarindus indica*, マンゴの木*Mangifera indica*など、この地域よりも湿潤な地域に起源する樹木種の植栽に特徴があり、沿岸が水分条件に恵まれた土地であることを端的に表現している。

(5)Djimitilo付近までの沿岸には、最近開かれたマンゴやバナナなどの果樹園と蔬菜園が多数みられ、チャド最大の都市市場、N'Djaménaまで数十キロという立地条件にあるところから、チャド湖域の退行にしたがって急速に開発が進められたらしい。

(6)かつての湖底と減水期に干出する土地は、水分、栄養の両条件にわたり、牧草地としても農耕地としても、優れた条件を提供しているようである。カメルーン側では、フルベ人(Foulbé, Fulani, Peul)と思われる人々が小屋掛けしてゼブウシを放牧しているのが観察された。

(7)下流域の沿岸には、チャド・カメルーン人はもとより、近隣諸国、遠くはマリ、セネガルからも多数の漁民が集まり、投網やヤナなどによる活発な漁労作業が行われている。河岸や河口の砂州上には、あちこちに、漁獲物の干し場を伴うアシ作りのキャンプが設けられている。

(8)1960年代はじめのナイロンネットの導入以来、ネットサイズの小型化、さらに干ばつ影響による湖の縮小に起因する魚群の限られた水域への集中と漁民の集中に伴う乱獲のため、漁業資源は急速に劣化している(Kindler et al., 1990)。また、薫製の製造のための薪の消費が、河岸の樹木の破壊に拍車をかけている、という。

チャド湖は消えるか？

この問いに直答することは難しいが、流域降水量が現在のレベルを維持し、かつ大規模な灌漑による水利用とそれに伴う大量の水量の蒸発と浸透による損失がない限り、湖が消えるようなイベントは起こり難いと思われる。流域に良い

雨が帰って来ると、1988-89年にその例があったように、Chari-Logonne川水系からの流入量が急増し、これを反映して湖水位が急上昇して水域が広がり、干出していた北湖まで水が達することがある(Lemoalle, 1989)。つまり、チャド湖とその流域は、まだ"弾力性"を失ってはいない、といえる。

最近のチャド湖の縮小は、うえに述べたように、南方の湿潤な地域における降水量の減少と人間活動の影響とを反映したChari-Logone川水系の流量の減少により生じている。マスメディアが喧伝するように、拡大する砂漠に埋められて縮小しているのではない。

いずれにしても、湖盆域の水収支と土地利用の変化を継続的にモニターするための総合的な観測システムを確立するなど、変動する水収支の実態を明らかにするための行動を早急に開始することが必要である。また、こうして得られる科学的データに依拠しつつ、将来に禍根を残さないための長期的展望にたった総合的管理計画を関係諸国の協調により実施していくことが強く望まれる。われわれとしても、この地域の政情の推移をにらみながら、国際協力による学際的調査研究を構想すべき時期であると思っている。

チャド調査を共にした緑のサヘルの山田高司・菅川拓也・中川昭一、この機会を与えて下さった同代表高橋一馬、衛星データを提供していただいたRESTECの中山裕則、製図を煩わせた黒瀬匡子の皆さんに感謝したい。

参考文献

- Beauvilain, A. 1986. Variation du niveau du Lac Tchad. *Revue de Géographie du Cameroun* 6: 121-137.
- Beauvilain, A. 1995. Tableau de la pluviométrie dans les bassins du Tchad et la Bénoué. De la création des stations à décembre 1994. *Travaux et Documents Scientifiques du Tchad. Documents pour la Recherche III. Centre National d'Appui à la Recherche, N'Djaména.* 103 pp.
- Carnouze, J.-P. 1976. La régulation hydrogéochimique du Lac Tchad. Contribution à l'analyse biogéodynamique d'un système lacustre endréique en milieu continental cristallin. *Travaux et Documents de l'ORSTOM. n° 58,* 418 pp. + 3 planches.

- 門村 浩. 1984. チャド湖とサーヘル. 地理29-9: 86-91.
- 門村 浩. 1987. 熱帯アフリカにおける晩氷期—完新世中期の環境変動. アフリカ研究30: 71-93.
- Kadomura, H. 1994. Climatic changes, droughts, desertification and land degradation in the Sudano-Sahelin Region - A historico-geographical perspective. Pages 203-228 in Kadomura, H. (ed): Savannization Processes in Tropical Africa II. Dept. Geogr., Tokyo Metropolitan Univ., Tokyo.
- Kindler, J., Warshall, P., Arnould, E. J. Hutchinson, C. F., and Varady, R. 1990. The Lake Chad Conventional Basin - A Diagnostic Study of Environmental Degradation. Lake Chad Basin Commission (LCBC). 177 pp.
- Lemoalle, J. 1989. Le fonctionnement hydrologique du Lac Tchad au cours d'une période sécheresse (1973-1989). Rapports ORSTOM Montpellier 89-03: 27 pp.
- Maley, J. 1981. Etudes palynologiques dans le bassin du Tchad et paléoclimatologie de l'Afrique nord-tropicale de 30 000 ans à l'époque actuelle. Travaux et Documents de l'ORSTOM, Paris, n° 129: 586 pp.
- 中山裕則・田中総太郎・遠藤邦彦・菅 雄三. 1994. 人工衛星データによる乾燥地域の湖水域と植生域の変化モニタリング. 沙漠研究4: 21-38.
- Pias, J. 1967. La végétation du Tchad. Ses rapports avec les sols, variation paléobotaniques au Quaternaire. Contribution à la connaissance du Bassin tchadien. Avec Esquisse de la couverture végétale du Tchad en relation avec les sols, au sud du 16e parallèle à l'échelle de 1/500 000. Travaux et Documents de l'ORSTOM, Paris: 47 pp.
- Schneider, J.-L. 1994. Le Tchad depuis 25 000 ans. Géologie-Archéologie- Hydrogéologie. Masson, Paris: 134 pp. + 8 planches et 1 dépliant h.-t. en couleurs.
- Tilho, J. 1928. Variation et disparition possible du Lac Tchad. Annales de Géographie 37: 238-260.

資料

- Cotes moyenne journaliers - années 1965-1995. Stations Bol, N'Djaména. Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie du Tchad.
- Debits moyens journaliers - années 1965-1995. Station N'Djaména. ibid.
- Rapport saisonnier de la pluviométrie de 1995. ibid.

インドネシア「海洋大陸」の気候学

—新しい地球環境科学の視点から—

京都大学超高層電波研究センター 山中大学

Climatology of Indonesian "Maritime Continent" from the Viewpoint of Earth-Environmental Science. Manabu D. YAMANAKA (Radio Atmospheric Science Center, Kyoto University)

地球環境における大気圏と生物圏

地球本体とその表面に存在する水圏（海洋・陸水）・大気圏そして生物圏は、相互にバランスし合った一つの巨大な有機体を構成するにもかかわらず、これまで異なった原理・手法に基づいて殆ど個別に研究されてきた。地球科学においてこのような傾向が存在した一つの理由は、地球本体が水圏・大気圏を、水圏が大気圏を、下

層大気が上層大気を、というように重いものが軽いものの振舞を一方向的に規定しているはずだという先入観に、長い間取り憑かれていたからである。極く最近に至るまで地球環境とか気候の変動要因として確かに知られていたのは、地理の教科書や理科年表にあるような地球公転（年）周期の季節変化、昼夜の差つまり地球自転（日）周期の変化、あるいは地球が球である

ための緯度（南北）変化など、天文学的つまり太陽の地球表面（地面・海面）から見た相対的位置関係による、太陽光（エネルギー）入射量の変化という完全に外的なもののみであった。

しかし近年に至って、大気が地球表面を、また上層大気が下層大気を、というふうを上記と逆方向にコントロールする面をも対等に重視した、各種の「相互作用」過程を考えないと説明できない現象が、いろいろと見出された。このような地球環境自身が、まさに自然に起こしている内部変動は、外的作用を緩和して現在の状況を長期的に維持する一種のホメオスタシスと言える。これに加えて近年いわゆる地球環境問題、つまり有機体全体のバランスに関わる問題が重視されるにつれ、各分野の垣根を取り払った議論・情報交換と、それらに基く統一的な学問体系の構築が迫られるようになってきている。すなわちこの巨大な有機体の体調を診断し、治療・予防する医学、あるいはそのホメオスタシス機構を解明する生理学に相当するものが希求されている。

生態学などの取扱う生物圏の場合、気候やその変動など大気圏・水圏の現象は重要な外的条件として考慮されてきた。既存資料等が入手しにくい熱帯域においては、気象観測を生態学者自らが実施・維持しておられ、そこで得られた結果は気候・気象学的にも極めて貴重なものである。生態学には全く素人の筆者がこの紙面を汚すことになったきっかけは、実はそのような結果へのアクセスを最近筆者らが本気で始めたことによる。一方、人間活動による生物圏の変質が逆に大気圏の組成などを変え得るということも、近年は多くの研究者が認識するようになってきた。例えば熱帯雨林の伐採や焼畑（biomass burning）は、炭酸ガス吸収量を減らすことによって地球温暖化（いわゆる温室効果）を促進し、また広域煙霧を発生させてその領域の地上日射量・気温を低下させるなどと考えられている。

ここでは、筆者らのグループがこれまで研究してきたインドネシア地域の気象・気候について御紹介し、特に現在進めつつある気象・気候資料のデータベース化において、今後の生態学

者各位との協力の可能性と意義について論じることにはしたい。

インドネシアの気象・気候学的重要性

アジア・オーストラリア両大陸の間に太平洋・インド洋を分ける形で位置し、地球赤道全体の実に1/8を占めるインドネシア列島は、実は現在の地球大気・海洋大循環を第一義的に規定しているものである。

第一に、世界最大級の島々から成る「海洋大陸」（maritime continent）として、周囲の世界最高温の海水からの豊富な水蒸気供給によって、赤道域に存在する真の大陸（南米・アフリカ）に勝る活発な対流（要するに積乱雲つまり入道雲）と降雨を生み、これが地球規模の水・エネルギー循環・収支を第一義的に決めていると言って過言でない。すなわちインドネシアの雲対流は、周囲のアジア・オーストラリア両大陸あるいは太平・インド2大洋との間の複雑な「モンスーン」（monsoon）風系を駆動し、この地域の雨季・乾季から日本の季節風まで支配している。また「季節内振動」と呼ばれる赤道域全域に見られる30～60日程度の変動、さらによく知られた「エルニーニョ南方振動」（ENSO）と総称される数年スケールの全地球的気候変動などは、大気と海洋との相互作用の結果として起こる、雲対流のインドネシアから中央太平洋への東遷に伴うものである。

第二に、活発な対流活動は、世界で最も高く（高度約18kmにも達する）かつ低温（ -80°C にも達する）の対流圏界面を維持し、ここが「成層圏の泉」（stratospheric fountain）つまり上方への大気循環（約2年で一周）の回廊となることで、大気中の水分を凍らせて降水に変えて宇宙空間への散逸から守る（cold trap）とともに、対流圏変動を波動の形で成層圏へ伝え、遙か極域のオゾンホールや突然昇温現象の消長も支配する準2年周期の気候変動を励振している。

第三に、太平洋からインド洋への唯一の海水の回廊である「インドネシア通過流」は、列島の間を縫うことにより世界の海洋大循環（約2,000年で一周）を律速しており、これが列島周辺の高温水の原因ともなるほか、運ばれる海水

を多雨によって薄めるとともに、モンスーンなど風速変動リズムに馴染ませ、大気・海洋一体のENSOの励振にも本質的に関与している。

第四に、インドネシア列島は、氷期にインドシナ半島と繋がる陸橋となることによって、地球の歴史にとってかなり本質的に重要な役割を担ったと考えられる。そもそも中生代（約2億年前）には一つの超大陸しかなかった地球は、新生代（約6,500万年前以降）には現在の3大洋5大陸を持つようになり、引き続くインド洋プレートとユーラシアプレートへの衝突が、約100万年前にはヒマラヤ山脈とともにインドネシア列島の原形を生んだ。これ以降に突然顕著となった氷期・間氷期交替の約10万年周期については、天文学的原因（いわゆるミランコビッチ・サイクルなど）や大気・海洋・氷床系の自励振動のみでは完全には説明できない謎となっているが、先に述べた現在の気候における様々の事実を考え併せると、インドネシア列島の氷期陸橋化（海水回廊の遮断および大気上方輸送・水循環の激変）は極めて重要である。

インドネシアの氷期陸橋化が、アジア大陸と太平洋地域との間の生物の断続的な大移動を生んだことは、既によく知られている。また現在のインドネシア諸島が、最終氷期が終了（約2万年前）してから約1万年かけてようやく完成したという地質学的事実を、その後海洋大循環が地球をくまなく回るまでに要する時間（約2,000年）と考え併ると、人類文明の爆発に適した現世の地球の気候は、まさにこの海洋大陸の存在で規定されていると言って過言でない。さらに人類やその文明の移動の断続性から知られる数100年スケールの気候変動も、ENSOと同様にインドネシア海洋大陸上の対流雲群が大気大循環の変化（アジアモンスーンの活発化）を通じて引き起こした可能性がある。

インドネシア気象観測小史

インドネシアは、中国・日本など極東とインド以西の中東とを結ぶ「海のシルクロード」の重要な中継点として、古来多くの気候・気象変動的な要素を含む伝承や風習を生んできている。例えば昔のジャワの暦は5日週と7日週を（ち

ょうど中国の十干十二支のように）組み合わせるが、これから最近当地の雨季（ジャワでは11月～2月頃であるが降雨は断続的である）の観測で見出されているものに近い3日、18日、35日などの周期性が出る。またスマトラ島ミナカバウ族の海の波を模した舞踊では、女性達が並んで適当な時間差を置いて手をぐるぐる回すが、これは西欧の物理学者が前世紀になってようやく見つけた真実（波に伴う海水各部分の運動は円運動である）に他ならない。

いわゆる科学的観測においても、この領域はインドより東の世界において最も早く行われたところである。オランダによるバタビア学術協会は1778年に創立され、19世紀後半において既に2,000を越す気象観測点が設けられていた。大気中の潮汐波動に関する初期の研究は、現在首都ジャカルタの気象庁本庁であるバタビア気象台のデータに基く。最近の調査で、下部成層圏にまで達する高層観測が、1908年という早期から定期的に試みられていたこともわかった。しかしながらその後の様々な歴史的事情により、インドネシア海洋大陸の気象・気候観測資料については、公開や連続性・信頼度に限界があり、まさに“気候学上の空白領域”となっていた。

近年の「世界気候研究計画」(WCRP)においては、1990年前後の「熱帯海洋全球大気大循環研究計画」(TOGA)、現在実施中の「世界海洋循環研究計画」(WOCE)など、ENSOを始めとする大気海洋相互作用を重点的に観測・研究する副計画が組まれた。また陸水・海水の蒸発と降水（雨）とによる大気陸面相互作用を研究する副計画として「全球エネルギー水循環研究計画」(GEWEX)が本年より本格的に開始され、その主要部をなすものは、安成哲三（筑波大）氏らが日本発としては初めての大規模国際研究計画として推進している「GEWEXアジアモンスーン研究計画」(GAME)である。ENSOやモンスーンは、海陸分布や海陸の表面状態など東西つまり経度方向にも顕著に依存しているため、観測点の数を一層増す必要がここでも生じて来る。しかしTOGAが太平洋からパプアニューギニア付近まで、GAMEは大陸からインドシナ半島までを主対象とするなど、必ずしもイン

ドネシアを完全にはカバーしていない。

さらに対流圏・成層圏相互作用については1990年代前半の国際プロジェクト「太陽地球系エネルギー研究計画」(STEP)で観測・研究されたのに続いて、WCRPの副計画「成層圏起源気候変動研究計画」(SPARC)が立案されつつある。また生物圏・大気圏相互作用は、WCRPとは別個の大型プロジェクト「国際地球圏生物圏研究計画」(IGBP)として策定され、その副計画「大気化学研究計画」(IGAC)では、熱帯林焼失が大気組成に与える影響などに関する観測・研究が推進されつつある。しかしこれらも特に赤道域に限定した計画にはなっていない。

今述べたSTEPと、先に触れたWCRP-TOGA、さらに生態学的な観測・研究の一部までが、我が国では1990年代前半に文部省新プログラム「アジア太平洋域を中心とする地球環境変動の研究」として一括して進められたことは特筆に値する。この新プログラムの一環として、京大生態学研究センターや東大気候システム研究センターのような、超分野的研究組織が具体的に新たに作られるとともに、既存組織の拡充や発展的改組も大きく前進した。これらの研究所・センターは数多くの若手研究者を育てつつあり、近い将来には互いに協力して地球環境の総合的解明を果たすことが期待されている。現在は再び一応別々(例えばSPARC, GEWEXと生態新プログラム)となっているが、5年という限られた期間にせよ、一つのシステムとしての地球環境という見地に立った極めて先進的なプロジェクトを、我が国の研究者グループが諸外国に先駆けて着手したことは、これによって得られた個々の研究成果に増して革命的なものであり、必ず後世に記憶されるであろう。

国際赤道大気研究センター(ICEAR)計画
筆者の現在所属している「京大超高層電波研究センター」(RASC)は、1961年に高度100km以上の超高層大気を対象としてスタートした工学部附属電離層研究施設が、成層圏・中間圏など高度10~100kmの中層大気まで研究対象を拡大し、1981年に至って新たに全国共同利用施設として改組されたものである。特に地表近くから

高度500kmまで観測可能な「MUレーダー」を滋賀県信楽町に建設(1984年11月完成)して以来、加藤進・前センター長を中心に「国際中層大気観測計画」(MAP)および関連諸計画の国際的中核機関の一つとしての役割を果たすとともに、下層大気の大気学的研究や、大気最下部の観測専用小型化した「境界層レーダー」(BLR)の開発も強力に推進してきた。そして先述の新プログラム期間においては、STEPの側面の中核となるとともに、水圏との相互作用まで含めた下層大気研究を本格化し、特に赤道域の総合科学という新しい構想を打出すことができた。

約10年前からRASCでは、MUレーダーの発展として、地表近くから高度1,000kmまで一挙に観測することが可能な超大型の「赤道レーダー」の開発計画と、これを中心設備とする「国際赤道大気研究センター」(ICEAR)を設立し、海洋から超高層に至る様々の分野の研究者の協同研究体制を確立する構想を、やはり加藤前センター長のリーダーシップのもと、深尾昌一郎教授を中心にして約10年前から温めてきた。既に東はビアク(イリアンジャヤ州)、西はポンティアナ(西カリマンタン州)およびブキティンギ(西スマトラ州)までの各地を、ジャングルの奥地を含めて詳細に調査し、赤道レーダー建設候補地としてブキティンギ市郊外の丘陵地の一つを想定するという結論を得ている。この候補地には、世界気象機関(WMO)の推進する世界大気組成監視(GAW)計画の熱帯アジア観測所が昨年開設され、インドネシア気象庁とオーストラリア気象局などの協力による定常観測が、ICEAR本体より一足先に本年からスタートしている。

ICEARを目指すRASCの最初の具体的な前駆計画が、新プログラムの一環として津田敏隆教授を中心にジャワ島内で開始された気球(1990年~現在)・小型レーダー(1992年~現在)観測であり、実に様々の大気波動がこの観測から初めて見出されている。これは同じ新プログラムで住明正氏ら東大を中心としたグループが、海洋大陸域東端のパプアニューギニア近海で行ったWCRP-TOGAの大気海洋結合集中観測

(1992~3年)とも連携していた。現在、津田氏はさらにオーストラリアのグループと協同でカリマンタン島に高度100km付近を観測するレーダーを建設し、深尾教授らはICEAR実現の第一ステップともなるべき「国際赤道大気上下結合研究計画」(EPIC)を国際的に提唱するとともに、MUとBLRとの中間の規模を持つ可搬型レーダーを中心として種々の手段を同時に用いた総合観測の企画を進めている。

以上のインドネシアでの観測活動は、レーダー設備等に要した予算は別として、日本・インドネシア両国の研究者が完全に対等な立場で行っている、少なくとも行おうとしているということである。現在の観測作業は基本的に全てインドネシア側の研究者によって維持されており、またICEAR計画の提唱者である加藤名誉教授自身がバンドン工科大学客員教授となり、また京大等が多くの学生・院生・若手研究者を留学生・研究員として受入れるなどのことを通じて、インドネシア人研究者自身によるデータ解析と研究成果発表を強く推進している。将来ICEARが実現した暁には、周囲の他のアジア諸国そして欧米からの研究者をも広く迎え、まさに国境なき大気の観測・研究に相応しい国際協同研究体制となるはずである。

一般に大気水圏の観測は、衛星や大型レーダーなど高度な設備・技術を用いる場合はもちろん、たとえ技術的には簡単なものであっても地球全体をカバーしようとするため、何れにしても巨大な予算や人員を必要とする。そのためこれまでの地球観測は、いわゆる先進国の研究者が、前世紀の探検家のごとく裕福なスポンサー(政府を含む)の支援のもとに、自分で現地を直接歩くか航空機や衛星のような偵察手段を使うかによらず、何れにせよ己れの興味のままに勝手に調べて帰るのが普通であった。しかし今後は、政策的な転換に加えて、研究者自身もまたともすれば研究対象としてしか相手国を見ない現状を乗り越える大きな覚悟が必要である。役所を笑えないセクショナリズムのカベや競争意識を脱却し、(先進国であろうがなかろうが)一般国民から見て理解のしやすい無駄のない形で推進すべきである。地球環境とは、日本の大

学の我々が興味があるから(あるいはそれをやるだけの設備と能力があるから)研究するものではなくて、あらゆる国の全ての人々が共に必要なものであるからこそ研究すべき、真に国際的・学際的かつ真に民主的なものなのである。

東アジアは、世界の他の地域に比べ、人口の多さのみならず民族・文化の多様性も極めて高いが、これはまさに大気圏など自然の織りなすものと同様である。特に近年、物理学を始めとする西洋起源のこれまでの自然科学体系の限界を認識するとき、アジア人の我々が遠い祖先から受け継いで来た、自然・生物・人間を一体と見る自然観は、現在の地球環境問題研究のカベの打破はもちろん、自然科学全体を革命的に変革・前進させる糸口ともなる可能性を秘めているのではないかと筆者は考えている。

気象資料データベース化と今後の学際的協力への展望

筆者自身は、他の東・南アジア各国をくまなく回っている気候学者の松本淳(東大理)君らと共に、本年度より2年間、「インドネシア海洋大陸における気候学的空白領域の補完」と題する科学研究費補助金・国際学術研究を頂いている。申請書記載のこの研究の目的は、インドネシアの気候学の実態を、同国内の未公開の気象官署資料をベースに飛躍的に解明することである。この研究では、特に40才前後より若い諸分野の専門家(気象学以外の分野を含む)、さらに学振特別研究員諸君の協力の下に、少なくとも過去30年間に亘るインドネシア地域の気象・気候学的資料の本格的収集・集約作業を行いつつある。本年8~9月に行ったインドネシア出張では、インドネシア技術評価応用庁・気象庁等との合意書の締結、スマトラ島南部の計2,000km以上にわたる陸上調査、バンドン工科大学・ボゴール農科大学などにおける協同研究の開始などを行なった。

上記合意書に従って、現在、インドネシア国内160地点での1960~95年の日雨量のデータベース化が開始されており、並行して浜田純一(京大RASC)君らが雨量変動の特徴的時間スケールやその地域特性の解析を始めている。また

我々気象・気候関係者が入り込むずっと前から独自に雨量観測・調査を展開・蓄積して来られた生態関係の諸研究グループ、例えば気象・気候変動に対する動植物のインパクトを研究して来られた中村浩二（金沢大理）・井上民二（京大生態研）・米田健（大教大）の各氏、熱帯雨林での水文学的研究を進めて来られた鈴木雅一・蔵治光一郎（東大農）両氏、などの方々と、かつてない緊密な学際的協力を行いながら進めたいとも考えている。これらは来年度打上げ予定の日米共同の降雨観測衛星と結合して、赤道域の降雨の詳細な実態の解明に大きく貢献するのはもちろん、さらに現在のGEWEX, WOCE, IGACなどの先に来る、より本格的な気候変動研究計画（CLIVAR）の重要な礎石となると確信している。気象現象としての降雨やこれをもたらす対流雲という意味では、赤道周辺に限らず、現在まだ予測が困難な側面の多い梅雨前線近傍や台風に伴う亜熱帯的な現象の研究、例えば柴垣佳明（大阪電通大）君らによってMULレーダーなど新しい手段を駆使して開拓されつつある、大気運動に着目した新しい見方をさらに増強することにもなるであろう。

スマトラ島調査については、東経100度沿いの赤道大気「南北」断面観測を最終目標としており、具体的には新プログラム（1992年）以来継続している橋口浩之（京大RASC）君らのジャカルタ郊外でのBLR観測と、本年より渡辺明（福島大教育）氏らによって開始されたタイ全土におけるGAME強化観測との間を結ぶものである。具体的な目標は、これまで下舞豊志・荻野慎也（京大RASC）の両君やIpuk Widiyatmi（LAPAN＝インドネシア航空宇宙庁）さんらが進めて来た対流圏～下部成層圏領域の各種大気波動の研究にあるが、他にも北和之（東大理）君・Ninong Komala（LAPAN）さんらの大気組成変動・輸送過程、それと密接に関係する鶴田治雄（農環研）らのバイオマスバーニングに関

する研究などとも様々な接点が見つかるはずである。以上の調査・研究活動は、先述の観測活動と同様に、やはりインドネシア国内の大学・研究機関との緊密な学術的・教育的協力を踏まえながら実施していこうと考えている。特に対流圏気象学や気候学の方面の教育推進に努力するのはもちろんであるが、同時に近年同国内でようやく本格化してきた学会的活動（農業気象学会および大気力学協会）についても、可能な限りの支援を行いたいと考えている。

それらを行うにつけても、筆者らのような新参加者には到底追いつけない20年を越す実績をお持ちの生態関係の研究グループの方々には、どうか今後一層の情報交換や御協力・御支援を心からお願ひしたい。具体的には日雨量やさらに詳細な気象観測資料について、双方で収集・蓄積した資料を交換してそれぞれの研究地域を拡大するとともに、もっと積極的に生物圏と大気圏との関係に迫るテーマを発掘し、追究して行ければと考えている。例えばジャカルタ郊外のBLR観測では、以上に述べて来た種々のテーマに対応した気象学的観測事実のほかに、明らかに動物（おそらくコウモリと考えられる）のものと思しき飛翔小物体群が観測されている。まだ全体的解析はまとまっていないが、コウモリの飛翔時刻・高度・方向・速度などの情報が、4年以上にわたりほぼ毎日得られたとすれば、生態学的に見ても極めて貴重な情報となるに違いないと秘かに考えている。形になるまでにはまだ暫く時間がかかることは覚悟しているが、必ずや新しい地球環境科学の一側面を、この協同作業の結果として共に手を取り合って開拓できるものと信じている。

文末に当たり、8～9月のスマトラ調査の際に一方ならぬお世話になったばかりか、何度も約束破りにも拘らずこの執筆機会を与えて頂いた、米田さんには心からのお詫びとお礼を申し上げます。

ジアゾ感光紙を用いた光環境の測定法

大阪市立大学理学部植物生態学研究室 山田俊弘

Simple method for measuring light conditions by photosensitive diazo paper. Toshihiro YAMADA (Department of Biology, Faculty of Science, Osaka City University)

はじめに

森林内の光環境は地形、葉群のクラスター構造 (Kira et al. 1969), 林冠ギャップの存在, 太陽の軌跡の日変化, 日々の天候等の物理的, 生物的な要因により水平, 垂直, 経時的に大きく変動する (Yoda 1974). 森林内の光環境は森林の構成樹木の動態や分布を理解する為の基礎であり (Richard 1952), その定量的な把握は生態学の古くからの課題である.

今までに多くの光環境の測定法が考案されている. しかしながら, それらは全て一長一短で, どの方法を用いるかは調査の目的に依存してきた. 例えばデジタル照度計を用いた測定法は短時間で多くの測定を行うことが出来るが, 経時的な変動の大きい光環境を短時間の測定で代表させてしまい, また光の波長の差を検出できない点に問題がある. 最近では光量子センサーとデータロガーの組み合わせで長期間にわたる精度の高いデータが蓄積できるようになったが, 測定点が多い場合, 設置の費用とその維持の面がネックとなる. 全天写真を利用した方法は (Whitmore et al. 1993), 調査費用が安価で短時間にデータのそろそろ有効な方法ではあるが, 光環境の推定値が写真撮影時のコンディションに影響されてしまう (藤井範次 私信).

光環境を推定するもう一つの方法として, ジアゾ感光紙を用いた方法が知られている (Friend 1961, 森谷 1968). この方法も次項で取り上げるように欠点はあるものの, 測定の目的によっては有効な方法となりえる. 本報は光環境の測定方としてジアゾ感光紙を用いた方法を, 私のインドネシアでの調査経験と共に紹介することを目的とする.

本測定法の長所と短所

本方法の最大の長所は, 安価で比較的簡単に, 一度に多くの測定地点で光環境の測定が行える点であろう. また得られる結果は露光時間中の積算値なので, 露光を一昼夜行えば, 一日の平均した光環境を評価することになる. さらに, 感光紙で出来た照度計は他の照度計と比べ軽量な為, 高い位置での測定が容易に行える. 私はこの特性を利用して, 光の垂直分布の測定に応用した (Yamada & Suzuki 1996). 逆にこの方法の短所は, 第一にこの読みから絶対単位に換算することが困難であること, 第二に光の波長を, 区別して測定出来ない点が挙げられる. さらに Percy (1983) の研究以来, 光斑の光合成に対する重要性が注目されているが, 本方法では露光中の平均の光環境しか評価できない為, 光斑の定量的な評価も出来ない. 従ってこの方法は, 森林内での植物個体の分布や死亡, 成長といった動態を理解する上での重要な情報を与えてくれるであろうが, 生理生態学的なアプローチには適さないであろう.

測定原理

ジアゾ感光紙は輪転機を用いた複写等に使われている. 感光紙表面にはジアゾ化合物とカプラーが塗付されている. このジアゾ化合物はアルカリ状態でカプラーと反応しアゾ染料を形成するが, 感光すると分解されて染料を形成しなくなる (森谷 1968). ジアゾ感光紙のこの性質を照度計として利用する. すなわち, 適当なジアゾ感光紙を数枚重ね合わせて小冊子状のものを作り, これを一定時間露光させる. 露光の後, 何枚の感光紙が感光されたかを数えることで露光

時間中の光環境を推定するのである。ジアゾ感光紙の感光波長帯は、約400nmに最大域があり紫外～青の範囲にわたる(森谷 1968)。照度計として用いるには、光合成に使われる400～700nmの波長帯全域を測定出来ることが望ましいが、この点はジアゾ感光紙の特性上止むを得ない。

測定方法

ジアゾ感光紙を用いた光環境の測定方法の詳しい記述は森谷(1968)になされている。ここで紹介する方法も森谷(1968)のそれを追隨している。ジアゾ感光紙を15枚重ね、一端をホッチキス等で綴じた小冊子状のものを作る。この感光紙の小冊子を一定面積の孔を開けた黒ラシャ紙製の封筒に入れ、照度計とする。小冊子と封筒、孔の大きさは任意であるが、大きくする必要はない。私の場合、小冊子に3cm×4cm、封筒に4cm×5cm、封筒に開けた孔に2cm×2cmの大きさを採用している。感光紙は、封筒に開けられた孔から入射する光により感光される。感光紙の小冊子とそれをに入れる封筒には同一の番号を書いておく。この照度計を測定地点に設置し、露光を行う。露光時間は、普通一昼夜である。露光が終われば、照度計を回収し封筒か

ら感光紙の小冊子を取り出し、感光紙の現像をする。現像は密封された空間内で、アンモニア水を熱し、アンモニアガスを充満させることで行う。現像後、感光枚数を数え、次項で紹介するキャリブレーションの結果を用いて、相対照度に換算する。

感光紙のキャリブレーション

ジアゾ感光紙を照度計として用いる為には、あらかじめ感光紙のキャリブレーションを行う必要がある。感光紙表面に達した光は紙面上のジアゾ化合物を分解しながら透過する。光が感光紙を透過する時、光はLambert-Beerの法則に従いながら指数関数的に減衰することが期待される。図はプラスジアゾ感光紙(Plus Co., Japan)をジアゾ感光紙として用い、蛍光灯の光の下で、携帯式光合成測定機(SPB-H3, Analytical development corporation, Hodolesdon, England)に組み込まれた光量子センサーで測定した光合成有効量子束密度に対して行ったキャリブレーションの結果を示している。感光紙の感光枚数(X)と携帯式光合成測定機で測定した光合成有効量子束密度(Y)との関係は次のような指数関数で非常によく近似することが出来た($n = 19, r = 0.9954, p < 0.001$)。

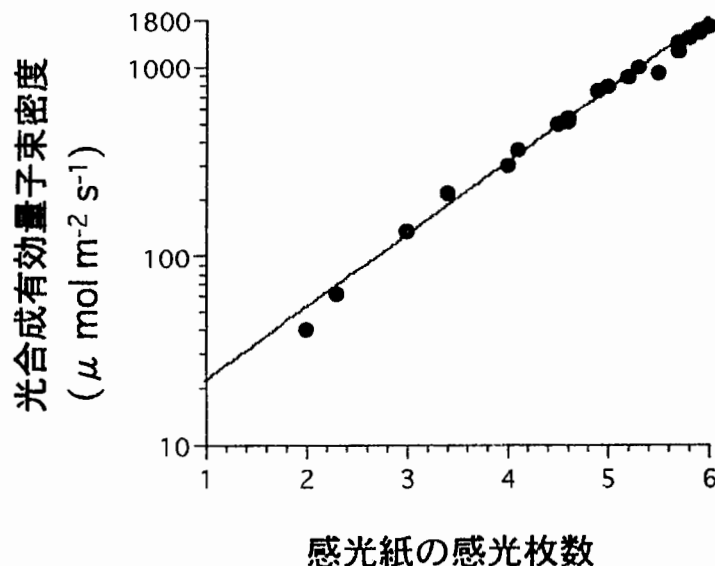


図1 プラスジアゾ感光紙(Plus Co., Japan)の感光枚数と携帯式光合成測定機(SPB-H3, Analytical development corporation, Hodolesdon, England)で測定した光合成有効量子束密度の関係。

$$Y = 8.835 (10^{0.3536X}) \quad (1)$$

光環境の測定には、森林内の測定地点と裸地とで同時に露光を行い、森林内の測定地点の感光枚数 (N) と裸地での感光枚数 (N₀) の差から、次式を用いて測定地点の相対照度 (RI, %) に換算することになる。

$$RI = 10^{2-0.3536(N_0-N)} \quad (2)$$

感光枚数を数える時、透過枚数1枚の差が相対照度に換算すると非常に大きな差になってしまう。例えばプラスジアゾ感光紙の場合、任意の感光枚数n-1はnに比べ相対照度で、約44%の減少をすることになる。この為どうしても0.1枚単位の読みが必要となる。この場合0~0.9枚の10階級に分けた漂白度基準をあらかじめ作っておき、完全に感光されていない感光紙の感光枚数をこれに準拠して判定すれば難しくはない。

Whitmore (1990) によると北緯4° 54', 東経117° 48'のDanumの裸地で測定した光合成有効量子束密度の日量は平均35mol m⁻² day⁻¹であり、Chazdon & Fetcher (1984) が北緯10° 26'のFincaで測定した値は33.9mol m⁻² day⁻¹であった。式(1)からこれらの値では、感光紙は9枚程しか感光されないことになる。このことから、一昼夜間の露光ならば、裸地での露光でも前述した感光紙15枚綴りで十分ということになる。

表1はインドネシア、西カリマンタン州の熱帯雨林内(北緯0° 45', 東経110° 6')の同一地

表1 1994年にインドネシア、西カリマンタン州の熱帯雨林内の同一3地点で行った、ジアゾ感光紙を用いた相対照度測定の結果。

測定日	天候	相対照度 (%)		
		測定地1	測定地2	測定地3
9月25日	曇り	2.15	2.96	2.32
9月29日	曇り	2.15	3.20	2.15
10月1日	曇りのち雨	2.32	3.20	2.32
10月3日	曇り	2.15	2.73	2.15
10月5日	晴れ	2.15	4.41	2.32
10月8日	晴れ	2.32	4.07	2.32
10月14日	曇りのち晴れ	2.32	3.47	1.98
10月16日	曇りのち雨	2.73	3.76	2.52
平均値		2.29	3.47	2.26
変動係数		8.73	16.45	7.24

点での8回の測定結果を示す。測定は、1994年の9月から10月にかけて行い、露光時間はそれぞれ一昼夜である。8回の測定の変動係数は7.24%から16.45%の範囲にあり、得られた相対照度の値の変動が小さいことを示している。この表からも、感光紙を用いた本方法が十分に実用に耐え得ることがお解りになるであろう。

測定にあたっての留意点

この方法を用い、何度かインドネシア、西カリマンタン州の熱帯雨林で光環境の測定を行ってきた(Yamada & Suzuki 1996)。その時の経験を基にこの方法を実際に野外調査で用いる時の留意点等を最後に付しておきたい。

この方法は感光紙と感光紙の現像に用いるアンモニア水が必要である。感光紙は現地では入手が難しいことが予想され、また事前にキャリブレーションを行う必要があるので日本で準備する必要があるだろう。一方アンモニア水は、もちろん日本で簡単に手にはいるのではあるが、現地でも入手可能である場合が多いだろう。私が調査を行ったインドネシアでも簡単に手に入れることが出来た。現地カウンターパートなどがいれば、事前に相談し、入手が可能かどうか確認しておくことをお勧めする。

感光紙で出来た照度計自体は、非常に小さく軽量であるが、野外で測定する時には照度計を固定する為に棒が必要となる。すなわち地上1mの光環境を測定する時には長さ1mの棒を立てその上に照度計を水平になるように固定し測定をすることになる。一度に100箇所を測定をしようとする場合、あたりまえだが100本の棒が必要となる。この棒の準備と設置、移動は、測定日までに済ませておかなければならないが、この作業には若干の時間と手間が必要となる。

野外での測定で一番気を使った点は、雨対策である。熱帯多雨気候の下では、特に雨期に毎日のように非常に強い雨が降る。この照度計は紙で出来ている為、水に非常に弱く、少し濡れただけで測定が不能となってしまう。この為私は、小型のビニール袋を雨避けとして用いていたが、照度計の固定に画鋲を用いた為、その穴

から雨水が侵入し測定の実験をってしまったことがあった。雨避けの問題は今後さらに改良を重ねる必要があるであろう。

露光を行った後には、出来るだけ迅速に感光紙の現像を行う必要がある。日本では各研究室に換気装置の付いたドラフトが設置されている場合が多いので、そこでアンモニアを煮沸させ、現像を行うことが出来る。しかし、海外の調査地で露光を行った場合、その感光紙を日本まで持ち帰り現像を行うと、その間に感光紙が劣化してしまい、相対照度への換算が出来なくなる可能性が非常に高い。この為、どうしても現地でも露光を行った日の内に、現像することが必要となる。現像に際して調査地近くに換気装置の付いたドラフトの設備があるのは稀であろう。しかしながら、感光紙をアルカリ状態にさらせばいい訳であり、この時アンモニアガスを吸入しないように注意すればよいので、ドラフトなどがなくても十分現像することが出来る。私の場合はプラスチック製の箱（高さ20cm、幅40cm、長さ60cm）の中にアンモニア水と感光紙を入れ、キャンプ用の固形燃料でアンモニア水を煮沸し現像を行った。この方法で全く問題はなかった。またこの作業は民家から離れた焼畑跡地で行ったので、アンモニアの悪臭による苦情なども上がらなかった。このように現像を現地で行うことに関しても特に問題ではないであろう。

以上から、ジアゾ感光紙を用いた光環境の評価方法は、調査地内のここが明るく、ここが暗いといったレベルで光環境を定量的に測定した場合に有効な方法であり、安価で簡便な為、多くの海外調査地で試されることをお勧めする。

謝 辞

本報の作成にあたり、大阪市立大学理学部生物学科 山倉拓夫教授、神崎護博士、伊東明博士に草稿を御校閲して頂いた。この場を借りて感謝の意を表したい。

参考文献

- Chazdon, R. L. & Fetcher, N. 1984. Photosynthetic light environments in a lowland tropical rain forest in Costa Rica. *Jour. Ecol.* 72: 553-564.
- Friend, D.T.C. 1961. A simple method of measuring integrated light value in the field. *Ecology* 42: 577-580.
- Kira, T., Shinozaki, K., & Hozumi, K. 1969. Structure of forest canopies as related to their primary productivity. *Plant and Cell Physiology* 10:129-142.
- Pearcy, R.W. 1983. The light environment and growth of C₃ and C₄ tree species in the understory of a Hawaiian forest. *Oecologia* 58:26-32.
- 森谷睦夫 1968. ジアゾ感光紙による作物群落内照度の測定. *農業および園芸* 43:1290-1294.
- Richards, P.W. 1952. *The Tropical Rain Forest*. 450 pp. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Whitmore, T.C. 1990. *An Introduction to Tropical Rain Forests*. 250 pp. Oxford Press, Oxford.
- Whitmore, T.C., Brown, N.D., Swaine, M.D., Kennedy, D., Goodwin-Bailey, G.I. & Gong, W.-K. 1993. Use of hemispherical photographs in forest ecology: measurement of gap size and radiation totals in a Bornean tropical rain forest. *Journal of Tropical Ecology* 9: 131-151.
- Yamada, T. & Suzuki, E. 1996. Ontogenic change in leaf shape and crown form of a tropical tree species, *Scaphium macropodum* in Borneo. *Jour. Plant Res.* 109: 211-217.
- Yoda, K. 1974. Three-dimensional distribution of light intensity in a tropical rain forest of West Malaysia. *Jap. J. Ecol.* 24: 247-254.

東南アジアで哺乳類研究を始めようと する人のための手引き

東京大学大学院農学生命科学研究科 安田雅俊

A guide to the mammalian study for field ecologists in Southeast Asia. Masatoshi YASUDA
(Lab. Forest Zoology, Fac. Agriculture, The University of Tokyo)

はじめに

私は1991年から環境庁の熱帯林研究プロジェクト（可知1991に解説あり）の下で半島マレーシアのパン森林保護区を主なフィールドとして小型哺乳類（主にツパイ・リス・ネズミなど）の生態を研究してきた。特に、植物種子の死亡や生残に哺乳類がどのように関与しているか、また哺乳類の個体群や群集構造に果実の豊凶がどのような影響を与えているかについて興味を持ち調査してきた。このような動植物間相互作用の研究をしていると、えてして哺乳類学会での研究発表の評価はあまり芳しくなく、どちらかといえば熱帯生態学会や生態学会で植物個体群の研究者に評価されることが多い。これは不思議な話である。送粉者・種子散布者として、また種子や実生の死亡要因として、動物は森林とその研究者に多大な影響を与えているのだから、動植物間相互作用の研究は、もっと植物研究者自身によってなされてもよいのではないだろうか。

私の経験によれば、動植物間相互作用の研究には植物と動物のどちらの知識も必要ではあるが、後者の比重は必ずしも重くない。哺乳類の種同定に必要なことをマスターしさえすれば、あとは興味の対象を植物側の視点から決めることができる。なにしろ、プロジェクトに参加しはじめた当時、私は日本の哺乳類についてすら何も知らないに等しかったのだから、興味さえあれば誰でもすぐにinteractionist（造語）になれると私は思う。そこで本稿では、哺乳類が関与する現象に興味を持つ研究者への手引きとして、私の体験をふまえつつ、有用と思われる情

報を提供していきたい。

哺乳類の多様性

東南アジアの熱帯林のイメージとして、誰しも「熱帯林の哺乳類の多様性は高い」と思うだろう。哺乳類のフィールドガイドを開いてみても、そこには日本にいない分類群…ツパイ・ゾウ・オランウータンなど…が沢山載っている。ために日本と半島マレーシアの哺乳類相を比較してみると、前者の現存種105種（阿部ら1994）に対して、後者は208種（Medway 1983）と約2倍の種を含んでいる。確かに多様であるとはいえ、種数はたかだか2倍でしかない。

日本列島と同様に、いやそれ以上に、東南アジアは大陸・半島・島嶼、湿地・低地・山地といった大小さまざまなモザイクからなりたっており、相互に多様な地史的関係を持っている。水面は陸生哺乳類の分布に大きく影響する。海水準が高かったころ海峡であったタイ南部のコーラ地峡は、今でも多くの哺乳類の種の分布の南限または北限となっているし、ボルネオ島（カリマンタン島）では大きな河川が、あるリスの亜種の生息域を分けており、その兩岸では体毛の配色が大きく異なっている。また、主にモグラのように土壌を必要とする動物は、土壌が貧弱な低地熱帯林には棲めず、土壌が成立しうる丘陵林以高にのみ分布する。それゆえ、208種とはもろもろのモザイクを包含した場合の種数であって、ある森林における α 多様性はそれほど高くない。対象とする森林を限定し、哺乳類を植食性・果実食性のものに限るなら、知っておくべき種数は一段と限られてくる。

哺乳類の同定法

哺乳類の同定に必要なものは、同定のポイントとなる種の特徴がしっかり記載された図鑑，できればアンチョコとして調査地の哺乳類相のリスト，および同定したい哺乳類の標本（または観察）である。それぞれ以下に解説する。

1. 図鑑

Corbet & Hill(1992)の"The mammals of the Indomalayan region: a systematic review"はインド～東南アジアの全域をカバーする哺乳類の分類の大著である。種の生息分布域が地図上に示されていること，種間比較のための計測値の表があること，シノニムと文献が網羅されていることといった点で大変優れている。他の図鑑で同定したときも最終的な種名はこの分類に従うべきである。しかし，外部形態の図版が少なく程度が低いこと，種の記載が簡潔すぎることで，大部であることから，フィールドでの使用には向かない。所蔵図書館を知っていれば購入する必要はない。

Boonsong & McNeely(1988)の"Mammals of Thailand"にはリスとムササビのカラー図版がある点で特筆に値する。特にリス類は亜種間の体色の変異が大きく，亜種の分布が複雑なので，タイ～半島マレーシアにおいて直接観察から種同定を行う場合に参考になる。一方，ネズミ類他について最新の分類体系が反映されておらず，古い属名で表記されているものがあるので注意を要する。大部なのでフィールドでの使用には向かない。タイ名がタイ語で記載されている点はよい。

Medway(1983)の"The wild mammals of Malaya (Peninsular Malaysia) and Singapore"はマレー半島の哺乳類を網羅したもので，種の特徴，分布，生態に詳しい。カラー図版は比較的多いが印象派の絵画的で役に立たない。マレー名が示されている。以下のPayne, Francis & Phillipps(1985)とセットにして半島マレーシアでのみ有効に使える。

Mohd. Momin Khan(1992)の "Mamalia Semenanjung Malaysia"は，マレー語で書かれた唯一の図鑑である。カラー図版は比較的美しい

が，剥製標本を元にしており，形態がややいびつな感じがする。マレー人と会話するときに重宝する。一般の書店には売られておらず，マレーシア野生生物局でのみ入手可能。

Payne, Francis & Phillipps(1985)の"A field guide to the mammals of Borneo"は，それぞれの種について一般的な記載とは別に「間違いやすい他種との見分け方」の項があり，フィールドでの同定に威力を発揮する。外部計測値に詳しい。またカラー図版が美しく軽量の点でも優れている。マレーシアの大きな書店ならたいていどこでも扱っている。ボルネオ（カリマンタン）島の全域をカバーしていることになっているが，概ね半島マレーシアでも使用可能である。その場合は，Medway(1983)と比較して種名と生息地を確認しながら，マレー半島固有種の追加，ボルネオ島固有種や亜種間の体色の違いなどをチェックしておく必要がある。マレー名・インドネシア名の記載はない。

その他図鑑ではないが，インターネット上のスミソニアン ホームページ (<http://www.nmnh.si.edu/msw/>) には，全世界の4629種の哺乳類を網羅したWilson & Reeder (1993)の"The Mammal Species of the World"が検索可能な状態で公開されており，東南アジアの哺乳類についての情報を得ることができる。

2. 調査地周辺の哺乳類相のリスト

2-1. 印刷物

調査地周辺の哺乳類相のリストが入手できれば，比較的楽に種を絞り込むことができる。もちろんリストに誤りや不備があることは十分考えられるので，全面的に信頼することはできない。国立公園などでは設立時に哺乳類相の調査が行われていることが多い。それらのデータは，パンフレットなどの形で頒布されていたり，印刷物として売られていたり，印刷物にはなっているが内部資料として扱われていたり，論文として公開されていたりする。このような情報は地道に足を使って探すしかないが，現地の大学や研究所が発行している雑誌や紀要，図書館の書庫，自然保護団体の資料などは要チェックである。例えば，シンガポールではWee &

Ng(1994), 半島マレーシアのパソ森林保護区ではLee(1995), サバ州ではDavies & Payne(1982)やPayne & Andau(1991), インドネシアの東カリマンタン州では安間(1991)やYasuma(1994)などが挙げられる。特に, Yasuma(1994)は情報の少ない東カリマンタン州近辺のデータとして貴重な資料である。また, インドネシアにはLIPi内にPusat Dokumentasi Ilmiah Indonesiaというインドネシア国内の文献データベースを整備している部署があると聞く。他に, Jones & Jones(1976)の"A bibliography of the land mammals of Southeast Asia 1699-1969"は, 過去に特定の地域で行われた哺乳類研究をレビューする際に利用できるかもしれない。

2-2. ヒアリング：森の民に聞く

調査地域に生息する哺乳類のリストがない場合(ある場合も), ヒアリングは重要な調査手法である。現地の森を最もよく知っているのは現地の民である。半島マレーシアの場合, オランアスリと総称される非マレー系の人々は, 今でも山間に居住し伝統的なトラップや吹き矢などを用いてサル・リス・ヤマアラシ・マメジカ・イノシシなどを捕獲し食糧としている。哺乳類に限らず, 森についての彼らの知識は驚嘆に値する。彼らは長年の経験から, 自分の居住地の近くの森にどのような動物がいるかを知りつくしており, とともに森に入ると, あるかなきかの痕跡を指し示して「ここは○○の通り道だ」と自信を持って宣言する。それは訓練された哺乳類研究者が驚嘆するほどの的確さである。ひと昔であれば彼らの生死にかかわることなのだから, その知識が極めて正確なのも当然であろう。

現地の民から情報を得るためには, 文化人類学の手法が参考になるだろう。安間(1991)も参考になる。意志疎通はカタコトの現地公用語でまにあうとしても, 部族によってある動物種に与える名称が異なるのはやっかいである。このとき有用なのはフィールドガイドに載っている絵や写真で, 絵をみせて「これはいない」「これはいる。名前は○○」という問答をしばらく行えば, ある程度の種のリストアップは可

能である。

ただし, 注意すべき点がいくつかある。

注意点その1: ツパイはツパイではない

マレー語・インドネシア語において, "tupai"はツパイ目ツパイ(ツパイは以前, サル目に分類されていたが, 近年独立した別目となった)だけでなくネズミ目のリス科とムササビ科を含むかなり広い分類群を指す。ただしムササビは"tupai terbang"すなわち「飛ぶリス」と呼ばれるので区別は楽である。"tupai"は, 現地の感覚ではむしろリス類一般を指す単語であり, その一部にツパイ目ツパイを含むと考えるほうがよい。ここでは名称が形態に引きずられる傾向がみられる。しかし, 狩りのプロフェッショナルは種のレベルまでかなり正確に識別しているものであり, ただ彼らの分類体系と我々の分類体系が細部で異なるだけである。正確さを期するならば, しつこく食い下がって種まで落とすよう努力してみるべきであろう。また鳴き真似は, 視覚とは別の感覚を利用しているので情報量が増す。

注意点その2: マメジカは何種類?

森林総研の三浦慎悟氏とパソ森林保護区近くのオランアスリの村を訪ねたときのことである。村長の家にあげてもらい車座になって動物の話聞いた。いつも通りフィールドガイド(Mammals of Borneo)を持参して, 「ブタオザルは沢山いる」, 「テナガザルは最近少なくなった」と個体数の変動の話まで聞いた。私がフィールドガイド(と少々のお土産)片手に訪れるのは数度目なので彼らも勝手が分かってきたのであろう。三浦氏はシカの専門家でありパソではマメジカの生態を調査しているので, 話は自然にマメジカ談義となった。マメジカは半島マレーシアに2種類生息していることになっている。2種の絵が描いてあるフィールドガイドをみせながら話を聞く。

オランアスリ「これは(マレー語で)kancilで重さは2kgくらい。これはnapuhで4kgくらい。ここには載っていないが, あと2種類いて, そ

れらはもう少し大きく、低地林ではなく、山にいる。」

私「えっ、それはこの（と言いつつ別のページを開いて）ホエジカのことではありませんか？」
オランアスリ「違う。それはkijangだ。マメジカは全部で4種類だ。山にいるのは大きくもっと黒い。」

私「うーむ。ほんとうでしょうか？」

三浦氏「いや、もしかすると我々の分類が違っているか、まだ記載されていない亜種がいるのかも・・・」

いまだこの謎は解明されていない。

2-3. ロードキル

マレーシアの田舎道の法定速度は最高90km/hだが、時としてそれ以上のスピードで車が走っている。森と道路が接しているところでは、一方の森から他方の森へと道を横断するときふと車に轢かれてしまう動物が続出する。これをロードキル (road kill) と呼ぶ。人間活動が自然の中へ進出しすぎたために起こる悲劇である。統計によると、夜行性かつ林縁性の哺乳類が犠牲になる頻度が高いが、昼行性のリスのロードキルも発生する (三浦 私信)。時として、ベンガルヤマネコやリーフモンキー、カワウソなど貴重かつ法的に保護されている種にも被害が及んでいる。残念なことではあるが、現地に長期滞在している間に、宿泊地と調査地の往復途中のロードキルを記録しておく、トラッピングでは暴露できない大型の動物種も生息確認リストに加わることになる。

3. サンプリング

3-1. 直接観察

昼行性の哺乳類ならサルとリス5種類ずつくらいなので、双眼鏡を持っていれば慣れればすぐに種まで同定できる。これは一見難しいと思われるかもしれないが、植物研究者が離れたところから樹形をみて種名が分かるのと同じである。使用する双眼鏡はできるだけよいものを選ぶべきで、重さ・倍率・明るさ・価格を考慮するとニコンの8倍30mmを推奨する。同定は、その森にどの種が生息しているか/いないかを

知っているのと格段に速く正確になる。そのためには、日頃から樹上や地上でガサガサと音がする方向に双眼鏡を向けて訓練するとよいのだが、もっと簡単には、フィールドガイド片手に果実がなっている木を半日眺めているとかなり上達する。たいてい複数種・複数個体がやってくるし、彼らは一心に果実を食べている間は動かないから観察が大変容易である。リス類は夜明け～午前10時頃までと午後4時～日没までのふたつの活動ピークを持つので、観察や調査には、その時間帯をねらうとよい。

ナイトビューワーまたはノクトビジョンと呼ばれる夜間暗視装置は微量の光を電子的に増幅し暗闇でも明るくみえるようにする便利な装置だが、フィールドでの直接観察にはあまり役にたたない。それは、電子的に増幅した像を単色のスクリーン (たいてい黄緑色) に映し出すので、哺乳類の種同定にもっとも重要な「色の情報」が落ちるからである。夜間の樹上における果実捕食者 (ムササビなど) を同定するためには、直進性の高いビームを出せる大型のトーチライトに双眼鏡を併用するほうがよい。ただし、いつ訪れるかわからない果実捕食者を待つために、林内で夜を明かさなければならない (経験的には22時～明け方に活動するようだ)。

3-2. トラッピング

トラッピングは、動物を間近で観察できる、外部計測値を得ることができる、個体群密度を推定することができる、などの利点をもち、直接観察が難しい夜行性の哺乳類では特に有効な手法である。小型哺乳類の場合、用意するものとしては、大きめのネズミワナ (市販品でよい) 麻酔用のエーテルまたはクロロフォルム、バネバカリ (100g, 500g, 1kg, 5kg)、物差し (1mm目盛)、厚手のビニル袋、綿などで、もし個体識別をするのならばハサミで毛刈りや指切りを行う。餌はバナナやアブラヤシの果実など入手しやすく選好性が高いものを用いる。麻酔薬とバネバカリ以外はどんな田舎でも入手可能であろう。ワナは、スコールで濡れて動物が死亡しないように、上部をビニルシートなどを利用して被っておく。捕獲～放逐までの手順は日本

で近くの哺乳類研究者にあらかじめ習っておくこととして、ここでは詳細を述べない。頭胴長・尾長・後足長・体重は種同定にとって最も重要なパラメータであるから、きちんとした計測値を出せるようにあらかじめ訓練が必要である (Payne, Francis & Phillipps 1985にも簡単に述べてある)。実際、外部計測値のパラメータと体色では種名は確定する。安間 (1991) のp. 193にはネズミ科の属の見分け方が図示されており、それを参照することで属までは簡単に同定することができる。

動植物相互作用の簡易調査法 としての自動撮影装置

小型全自動カメラと赤外線センサーを組み合わせた自動撮影装置を用いれば、動物と植物が相互作用しあうまさにその瞬間を24時間体制で観察することができる。装置の詳細はMiura, Yasuda & Ratnam(in press)を参照されたい。現時点で1台あたり4万円弱の費用がかかる。この方法の欠点は、得られた写真に写っている動物種、とくにネズミ類を同定するのに少々訓練が必要なことである。正確さを期するなら、同じ調査地でトラッピングを行い生息種をリストアップしておくといいたい。しかし、これらの欠点をおぎなっておりあまりあるデータを、より少ない労働投下で、特別なテクニックなしで得ることができる。

例えば、私は三浦氏との共同研究で、パソにおいて約2年間で70種を越える植物の果実・種子の捕食者を調査してきた。実際、はじめに樹冠下に装置をセッティングしてしまえば、後は1~2日に1回見回りをするだけでよいというのは大変な調査である。現在データを解析中であるが、得られた膨大な写真のデータから果実捕食者と植物果実間の多様な関係についてかなり明確な統一像が描けるようになってきている。我々の研究対象は群集間の相互作用系であったが、植物側の観点からすれば、動植物間の相互作用がある種の植物個体群にどのような影響を与えるかという問題が提起されよう。大阪市大植物生態研究室の高田みちよさんはこの装置でムクロジの種子散布の調査をされている

(高田ほか、準備中)。今まで「動物散布」とか「動物の被食による死亡」と一言で済まされてきた現象が、ちょっとした調査で解明できるのである。自動撮影装置は、まさに万人のための動植物間相互作用の調査法として無限の可能性を秘めているといえよう。

最後に

以上、哺乳類研究法の初歩を簡単に紹介してきた。この小文が、植物調査の合間に樹冠に遊ぶリスやサルに双眼鏡を向けて楽しむときの、また植物個体群の研究の一助になれば幸いである。博物館の標本については特に触れなかったが、東南アジアではシンガポール大学のRaffles Zoological Collectionが保存状態がよくお薦めである (ラベルの種名は古いままだが)。疑問や興味があれば、何かの機会に訪ねてみられるとよいかもしれない。哺乳類は、熱帯林の多様性のごく一部を占めるにすぎないが、彼らの活動の影響は時間さえあれば森を変えてしまうほど大きい。私は、その面白さに魅せられてこれまで相互作用の研究を続けてきた。この幸運を与えて下さった多くの方々にこの場を借りて御礼申し上げたい。

引用文献

- 阿部永・石井信夫・金子之史・前田喜四雄・三浦慎悟・米田政明 1994. 日本の哺乳類. 東海大学出版会. 195頁.
- Boonsong, L. & McNeely, J. A. 1988. Mammals of Thailand (2nd ed.). Darnsutha Press, Bangkok. 758 pp.
- Corbet, G. B. & Hill, J. E. 1992. The mammals of the Indomalayan region: a systematic review. Oxford University Press, New York. 488 pp.
- Davies, G. & Payne, J. 1982. A faunal survey of Sabah. WWF Malaysia, Kuala Lumpur.
- Jones, G. S. & Jones D. B. 1976. A bibliography of the land mammals of Southeast Asia 1699-1969. Bishop Museum, Honolulu. 238 pp.
- 可知直毅 1991. マレーシア半島部の熱帯林研究. 日本熱帯生態学会ニューズレター 5:1-4.
- Lee, S. S. (ed) 1995. A guidebook to Pasoh. Forest Research Institute Malaysia, Kuala Lumpur.
- Medway, L. 1983. The wild mammals of Malaya (Peninsular Malaysia) and Singapore (2nd ed., reprinted with corrections). Oxford University Press, Kuala Lumpur.

- Lumpur. 131 pp.
- Miura, S., Yasuda, M. & Ratnam, L. (in press) Who steals the fruit? *Malayan Nature Journal*.
- Mohd. Momin Khan 1992. *Mamalia Semenanjung Malaysia*. Wildlife Department of Malaysia, Kuala Lumpur. 182 pp.
- Payne, J. & Andau, M. 1991. Large Mammals in Sabah. Pages 177-183 in Kiew, R. (ed): *The state of nature conservation in Malaysia*. Malayan Nature Society, Kuala Lumpur.
- Payne, J., Francis, C. M. & Phillipps, K. 1985. *A field guide to the mammals of Borneo*. The Sabah Society, Kota Kinabalu. 332 pp.
- 高田みちよ・安田雅俊・神崎護・山倉拓夫 自動撮影によるムクロジの種子散布者の同定. (準備中)
- Wee, Y. C. & Ng, P. K. L. 1994. *A first look at biodiversity*

- in Singapore. National Council on the Environment, Singapore. 163 pp.
- Wilson, D. E. & Reeder, D. M. (eds). 1993. *Mammal species of the world*. Smithsonian Institution Press. 1206pp.
- 安間繁樹 1991. 熱帯雨林の動物たち-ボルネオにその生態を追う-. 築地書店. 259 頁.
- Yasuma, S. 1994. *An invitation to the mammals of East Kalimantan*. PUSREHUT Special Publication No. 3. PUSREHUT, Samarinda. 384 pp. 本文献はPUSREHUT (ムラワルマン大学熱帯降雨林研究センター) に在庫があります. 興味がある方は, Dr. Takeshi TOMA c/o PUSREHUT, P.O. Box 1165, Samarinda, Kalimantan, INDONESIA, E-mail:toma@bpp.mega.net.id にコンタクトして下さい.

野外研究をしている人にとっては、フィールドが研究室です。熱帯多雨林であれば、30mの高さに天蓋をもつ大実験室です。もちろんファシリティーにいろいろな制約を受けますが、工夫しだいで、いわゆる研究室内での観測法を多く導入できるはず。自然から、より多くの情報を精度高く読みとるためには、この取組が不可欠です。これは、大阪市立大学名誉教授の小川房人氏のかねてからの主張です。このような主旨で、今回から新しくField Laboratoryの分野を設けました。会員の皆様からの積極的な投稿を期待しています。(米田)

事務局通信

会員名簿改訂のため、現在、登録カードの整理中です。所属等に変更のある方は、至急、前回同封しました"日本熱帯生態学会会員カード"をご返送下さい。

新しい会員名簿は次号(来年2月発行)と同時に発送の予定です。

学会事務局

〒606 京都市左京区吉田下阿達町46
 京都大学東南アジア研究センター
 生態環境部門(気付)
 Tel 075-753-7311,7334,7814
 Fax 075-753-7350

郵便振替番号 00750-5-12412

加入者名 日本熱帯生態学会
 年会費 正会員 8,000円
 学生会員 6,000円
 賛助会員一口 100,000円

第7回日本熱帯生態学会年次大会 第1回案内

日時：1997年6月21日(土)～22日(日)
 場所：滋賀県立大学 彦根市八坂町2500

Tropical Ecology Letters

編集 日本熱帯生態学会編集委員会
 Letters 担当：米田 健
 〒582 柏原市旭ヶ丘4-698-1
 大阪教育大学教養学科自然研究講座
 Tel & Fax 0729-78-3645
 発行日 Nov. 30 1996
 印刷 株式会社土倉事務所
 〒603 京都市北区小山西花池町1-8
 Tel 075-451-4844
 Fax 075-441-0436