ISSN 1349-7154

日本熱帯生態学会ニューズレター No. 76

Tropical Ecology **Letters**

日本熱帯生態学会 Japan Society of Tropical Ecology August 30, 2009

おもな記事

田中壮太 マレーシア・サラワク州における丘陵地農業の土壌生態学的研究 [1]
田中憲蔵 葉の形と働きから見た熱帯雨林 [8]
神崎 護 新刊紹介 国立科学博物館編. 『南太平洋のシダ植物図鑑』[12]
櫻井克年 書評 ウィリアム・ダビン著. 矢内純太他訳『土壌学入門』[13]
第 19 回総会議案の承認についてのお願い [14]

マレーシア・サラワク州における丘陵地農業の土壌生態学的研究

田中壮太(高知大学教育研究部総合科学系黒潮圏総合科学部門)

Soil ecological study on upland farming in Sarawak, Malaysia

TANAKA Sota (Kuroshio Science Unit, Multidisciplinary Sciences Cluster, Research and Education Faculty, Kochi University)

研究の概要

筆者らは，マレーシア・サラワク州の調査地(図 1)において，丘陵地農業についての一連の研究を行ってきた．まず，2001 年から 2003 年にかけて，焼畑農耕地の物質動態を明らかにするため，実験焼畑を実施し，焼畑における養分動態について研究した(図 2①)．この課題に取り組みながら，後述するように，土壌に関する研究事例があまりに少ないことを痛感した．そこで，社会学や民族学など他分野の資料を参照したり，現地調査の際に住民から情報を集めたりしながら，農業に関する着目点や問題点を見出し，イバン人の農業を中心に土壌の研究を展開している．図 2 中の②～⑦はそのようにして設定した研究トピックスで，現在実施中のものやまだ手を付けていないものもある．本稿では，①の実験焼畑と吉良賞奨励賞の受賞対象となった②と③について，それらの内容を紹介したい．

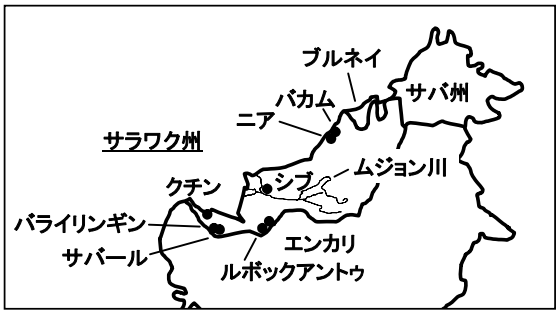


図 1. マレーシア・サラワク州

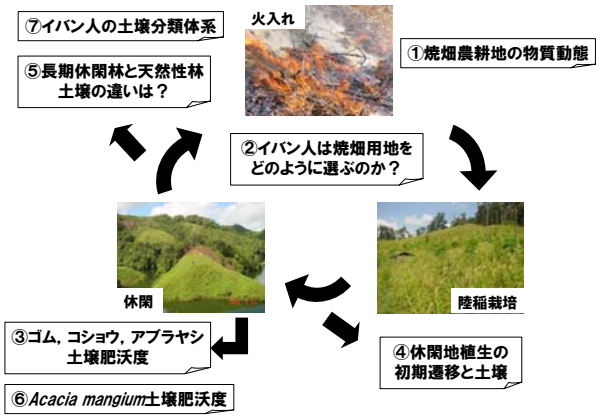


図 2. 丘陵地農業についての研究課題

サラワク州のイバン人と農業

サラワク州では，農地への転用や商業伐採のため二次林化や断片化が進み，原生林は保護林などとして残存しているにすぎない．新たに森林を開拓せず，しかも既存の農地を荒廃させることなく持続的に利用し，農業生産を維持すること，またその方策を見つけることが，現地社会の発展や地域住民の生活の安定化をもたらすだ

けでなく，残された熱帯雨林の保全にも貢献するだろう．

サラワク州では，全面積 1,244 万 ha の 57.6%を丘陵地や山地が占めている．その大半が傾斜角 25°以上の急傾斜地であり，適切な土壌管理や保全対策が必要である．そのような丘陵地では，ダヤックと総称される諸民族が，焼畑農業により主食である陸稲を生産している(写真1)．中でもイバン人は，2007 年現在，州人口 240 万人の 3 割を占める最大の民族集団である．イバン人は元々，ボルネオのカプアス盆地(インドネシア・西カリマンタン州)に住んでいたが，16 世紀中頃からサラワク側へ移動を開始し，19 世紀初頭にサラワク内に急速に拡散したと考えられている．Freeman (1955)は，1949 年と1950 年にサラワクの最長河川であるラジャン川の支流，バレー川やムジョン川流域で民族学的調査を行った．当時，この地域には原生林が多く残され，イバン人にとってのフロンティアであった．Freeman は，イバン人が原生林で焼畑を行うことに固執したため，原生林が急速に失われていると報告し，また原生林を焼畑に使用する際には，2～3 回栽培を繰り返すことから，侵食による土壌荒廃がおこる危険性を指摘している．一方 Padoch (1982)は，Freeman の研究が当時急速に拡大していたイバン人勢力圏の最前線で行われたものであるとして，イバン人が約 400 年間定住しているエンカリ川流域で調査を行った．Padoch は，慣習法によって土地制度が柔軟に行使され，土地の貸借などの農民間の相互扶助により土地不足が補完されていること，焼畑は 1 作が 4～15 年のサイクルで持続的に行われていることなどを報告している．

このような天然林を利用する移動型焼畑や，比較的長い休閑期間をともなう 1 作のみの定住型焼畑をサラワクにおける焼畑の伝統的な形態と捉えるならば，現代の焼畑は，連作や休閑期間の短縮化，化学肥料や農薬の使用に見られるように，より集約化した定着的な農法と見なしてもよいだろう．焼畑集約化の要因として，近代的土地制度による慣習的土地所有や利用権の制限，出稼ぎによる農業労働力の不足，現金収入源としてのパラゴムノキやコショウの栽培への依存度の増大，大規模アブラヤシ園やパルプ用材植林地の急速な拡大などが考えられる．統計資料によれば，2007 年のサラワク州の全農地面積は 108 万 ha であり，その 61.7%がアブラヤシ，次いで 14.5%がパラゴムノキ，10.9%がイネの栽培地であった．2000 年の統計では，全農地面積が 77.7 万 ha で，アブラヤシの栽培面積は 33 万 ha であるので，この期間の農地面積の増加分のほとんどは，アブラヤシ園の拡大によるものと考えられる．一方，イネ栽培地のうち，陸稲の栽培面積は 58,793ha であり，この値は傾斜地における焼畑の稲作付面積とほぼ等しいとみなしてよいだろう．Teng(1993)は，1970～80 年代の統計資料を基に，年間 7.5 万～15 万 ha が焼畑に利用されていると推計している．仮に休閑年数を平均 10 年とすれば，実際に使用されている焼畑地と休閑地の合計面積は，およそ 60 万～150 万 ha となる．しかし実際のところ，焼畑への依存度が今もなお高いような「奥地」を除けば，労働力や労働時間の軽減を図るため，アクセスの良さが重要視され，ゴム園やコショウ畑が道路や河川沿い，あるいは住居の近くに置かれ，それら換金作物栽培地の周辺の限られた土地を使って集約的な焼畑が行われている．一方で，コミュニティーのテリトリー内であっても，遠方にあってアクセスの良くないような休閑二次林は，利用されず放棄されているようである(Wasli 2009)．

先行研究の状況

イバン人についての研究トピックスは，1)社会制度とその変容，特に慣習法と現行法に基づく土地所有制度，2)焼畑を中心とした農業活動とその変容，3)その他，有用植物に関する知識，民族移動の歴史，民話や伝説などに大別できる．それらのうち農業に関しては，前述の Freeman (1955) が筆者の知る限り最初の研究であり，同じく Padoch (1982)がそれに続く．1980～2000 年代の研究では，貨幣経済の浸透や道路網の整備にともなう農業の変容を扱った事例が多い．例えば，Wadlay et al. (2005) や Cramb (1993)は，焼畑がもはや丘陵地農業の一部になっているとしながらも，パラゴムノキやコショウの栽培がうまく組み合わされ，労働生産性や経済性の面で丘陵地農業全体として持続的に行われていると報告している．一方，プランテーション事業へのイバン人の関わりについては，土地所有制度や政策面の是非に

写真 1. 陸稲を収穫する直前のイバン人の焼畑

写真 2. ニア試験地の火入れ直後の様子

関する論考が行われているのみである.

一方, イバン人の農業に限らず, サラワク州の丘陵地農業全般について, 土壌学の視点からまとめられ, 容易に入手できるような論文や書籍はたいへん限られている. 焼畑については, 筆者らの一連の研究を除けば, Andriesse & Schelhaas (1987)や Bruun et al. (2006) など数えるほどしかない. また, 換金作物栽培やプランテーションについては, サラワク州のみならず半島マレーシアを含めても, 良く管理された研究機関などの試験圃場において栽培管理や侵食, 土壌保全を扱っている研究は行われているものの, 実際の地域住民の農地や企業の農園での土壌肥沃度についての研究例は皆無といってよい.

このように, 既往の研究の多くは民族学あるいは社会経済学的観点から行われたものであり, サラワク州の焼畑や丘陵地農業やそれらの持続可能性については, 労働生産性や経済性の面から評価されているにすぎない. 丘陵地農業を考える上に必要な土壌環境に関する知見は, 基礎的なものでさえ極めて不足している.

焼畑農耕地の物質動態に関する研究

従来の焼畑研究では, 1 ケ所あるいは複数の圃場において, 地上部植生をそのまま焼却し, 火入れ前後から作物栽培後までの土壌肥沃度の変化を追跡したものや, 複数の異なる年数の畑や休閑地を対象として, それらの土壌肥沃度を比較したものがほとんどであった. 前者では, 火入れから収穫までを調べるとしても複数回の試料採取が必要であり, さらに休閑期間までをも含めた研究となると 10 年以上の歳月が必要となる. 火入れによって灰が添加されれば, 当然土壌酸性が緩和され, また養分量にも変化は生じるのであるが, どのくらいの植生を焼けば, どのくらいの変化が生じ, それがどのくらいの期間継続するのか, という「定量的」な評価は非常に難しい. 一方, 後者は, 多数の圃場を同時に比較するので時間は節約できるが, 地形や植生, 土壌, 履歴などについて, 圃場ごとの相違の影響を受ける.

そこで, 筆者らが行った研究(Kendawang et al. 2004, 2005; Tanaka et al. 2004, 2005)では, 植生や土壌の違う試験地 4 ヶ所それぞれ 1 ha を, 実際に伐採, 火入れして陸稲を栽培し, 土壌肥沃度の変化を追いかけた(表1, 写真 2). バライリンギン, サバール, ニアの各試験地では, 100, 200, 300 t/ha の焼却処理区を, バカム試験地では 20, 100 t/ha の焼却区(10×10 ㎡, 3 反復)を設けた. 火入れ前の土壌はいずれも酸性であり, 養分量は低かった. 本論から少し外れるが, 海岸に近いニアやバカムの土壌は, 内陸部の土壌と比べると酸性はそれほど強くなかった. 特にバカムは荒廃地であったが, 全窒素以外は養分量も高かった. これら 2 つの試験地は, 森林研究が盛んに行われているランビルヒルズ国立公園の近く

表1. 焼畑試験地の特徴と土壌の理化学性

試験地	バライリンギン	サバール	ニア	バカム
植生	混交フタバガキ林	混交フタバガキ林 (ケランガス)	混交フタバガキ林	荒廃二次林
地上部バイオマス(t ha^{-1})	250	227	152	9
土壌の理化学性				
pH(H_2O)	4.05	4.57	4.62	5.13
全炭素 (g kg^{-1})	64.5	23.2	28.4	15.7
全窒素 (g kg^{-1})	4.1	1.2	2.2	0.85
CEC (cmol kg^{-1})	21.9	5.8	14.9	6.7
交換性 Ca (cmol kg^{-1})	0.33	0.08	1.25	0.41
交換性 Mg (cmol kg^{-1})	0.31	0.19	1.01	0.55
交換性 K (cmol kg^{-1})	0.27	0.09	0.43	0.25
可給態 P (mg P kg^{-1})	8.4	4.1	13.8	4.8
土性	heavy clay	sandy loam	light clay	sandy loam

にあるので，このような点から参考にしていただければと思う．さて，植生を焼却し，灰が土壌に添加されると，土壌酸性は緩和され養分量は増加するが，その効果は，焼却バイオマス量に関わらず，バカム以外では陸稲収穫時まで，あるいは火入れ後1年以上継続した．このような変化において，ほとんどの養分量は火入れ前の状態に戻り，それより低下したのは，次に述べる窒素関連の性質だけであった．また陸稲の収量は，粘土質の土壌であればサラワクで平均的な 1ha あたり1トン前後であった．

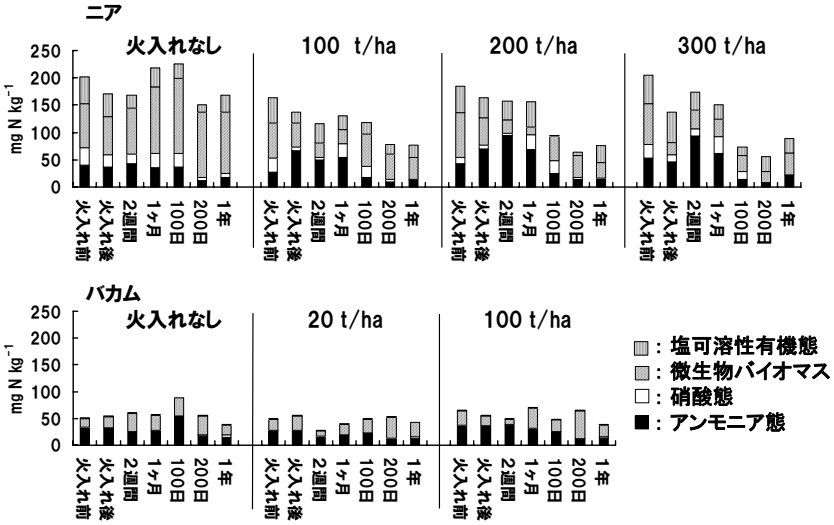


図 3. 可給態窒素の動態

全窒素量について，バライリンギン，ニア，バカムでは，試験期間を通して大きな変化はなかった．一方，サバールでは，火入れ 1 年後に火入れ前の半分程度にまで全窒素量が低下した．サバールはケランガス林であり，土壌有機物の大半は未分解で粗大な画分となっており，根に押えられて溜まっているような状況であった．火入れしたことにより，その根がなくなり，有機物が雨で流されてしまったと考えられた．図 3 に 2002 年に火入れしたニアとバカムについて，土壌中の窒素の中で，可給態窒素，すなわち植物が吸収するアンモニア態窒素や硝酸態窒素と，それらの直接の給源となるような微生物バイオマス窒素や塩可溶性の有機態窒素の経時変化を示した．ニアでは，火入れ時の土壌温度上昇により土壌微生物が死滅し，菌体からアンモニア態窒素が放出されることが分かる．これがいわゆる焼土効果である．しかし火入れ前と比べ，図 3 で 200 日と表示した収穫時には，可給態窒素量は大きく減少していた．つまりニアでは，火入れ後，陸稲を1作栽培する間に土壌の窒素供給能が著しく低下する．仮に続けてさらに 1 作陸稲を栽培しても，十分な収量を得られないだろう．一方バカムでは，火入れの処理に関わらず，可給態窒素量は低いままである．このことが，他の養分はある程度土壌中に存在しているにもかかわらず，この試験地で収量がほとんど得られなかった一因であろう．前述したように，サラワクの伝統的な焼畑では，休閑林を焼いた場合は 1 作，天然性林を焼いた場合でも 2～3 作の栽培の後，再び休閑に戻していた．土壌学の視点からは，可給態窒素の低下がその理由の一つとなり得るだろう．また，これ以降の研究でも，土壌の窒素供給能が植物や農業生産と深く関わっているという結果が得られている(Tanaka et al. 2007a, 2009)．つまり，サラワクの農地を土壌から考える上で，窒素供給能や窒素動態が一つのキーワードになりそうである．

イバン人は焼畑用地をどのように選ぶのか

このトピックスに関する研究(Tanaka et al. 2007a, b)は，実験焼畑研究を実施した際に，あるイバン人から，この植物が生えていたらその土地は悪くて焼畑には使わないと聞いたことをきっかけに始めた．民族学や社会学関係の報告には，イバン人のみならずボルネオの様々な民族が，植生の状態や指標植物を使って，その年に焼く休閑地を決めていることが記述されていた．しかし，それらの多くは聞き取り調査の結果から論考したものであり，土壌肥沃度を含めた生態学的研究の事例は皆無であった．イバン人の移動経路や現在の焼畑の状況を考慮し，ムジョン川，エンカリ川の流域及びルボックアントゥの町の周辺を調査対象とした．ムジョン川流域は，Freeman(1955)が調査を行った地域であり，イバン人の定住の歴史は 100 年ほどと新しいが，比較的長期の休閑期間が保たれている．一方，エンカリ川流域やルボックアントゥは，イバン人がインドネシア側から最初に定住した地域に近く，現在では耕作期間が長く，かつ休閑期間が短くなっている．ルボックアントゥから周辺都市へは陸路でのアクセスが可能である．一方のエンカリ川流域は，1980 年代に建設されたバタンアイダムによってルボックアントゥの町とは隔てられており，エンジン付小型ボートが主要な移動手段である．ここでは，ムジョン川流域の結果を紹介する．エンカリ川流域やルボックアントゥの調査結果については，Wasli (2009)と Wasli et al. (2009)を参照されたい．

写真 3. コショウ畑(左)と大規模アブラヤシ園(右)

調査方法については，前例がないので手探り状態であったが，次のように行った．まず，焼畑地選定方法について住民にインタビューをした．次に，彼らの休閑地に行き，植生の状況により焼畑に適しているか，適していないかを決めてもらい，焼畑適地 25 ヶ所と不適地 17 ヶ所の合計 42 ヶ所で，植生と土壌についての調査をそれぞれ実施した．なお，調査地の選定にあたって，休閑年数が偏らないように，こちらからは何年ぐらいの休閑地に連れて行って下さいとだけ指定している．植生調査の結果から植物リストを作成し，それぞれの植物が土地の肥沃度が高いことを示しているのか，低いことを示しているのかを住民に判断してもらった．調査地に 42 ヶ所の圃場を設けて植生を調査したところ，合計 252 種類の植物が記録された．そのうち 5 ヵ所以上という比較的高い頻度で記録された 70 種類の植物について，土壌の肥沃度についての聞き取りをした．

その結果，肥沃度が低いことを示すとされた 8 種類の植物のほとんどが，草本やシダであった．一方，肥沃度が高いことを示す植物は種類が多く，ほとんどが木本であった．植物についての住民の認識が正しいとすれば，住民が焼畑の適地，不適地とわけた 42 の圃場において，肥沃度が高いことを示すとされた植物は適地に高い頻度で出現し，低いことを示すとされた植物は不適地に高い頻度で出現すると期待される．実際のところ，肥沃度が低いことを示すとされた植物は，不適地に高い頻度で出現した．これは休閑年数の短い圃場が多かった．一方，肥沃度が高いことを示すとされた植物は，適地でも不適地でも出現頻度が高かった．このため圃場ごとに木本の胸高直径の平均値をとり，休閑年数に対してプロットしたところ，適地は不適地に比べ，明らかに木の幹が太いことが分かった．

次に植生の状況と土壌の状況を関連付けるために，植生について密度を変数に correspondence 分析を行ったところ，第1軸で焼畑適地と不適地がおおよそ分離された．一方，表層土の性質について主成分分析を行ったところ，第 1 主成分は土性のような土壌固有の性質を，第 2 主成分は火入れ時の灰の残効を，第 3 主成分は土壌の窒素供給能を表していると考えられた．植生からの correspondence 分析のサイトスコアと土壌からの主成分分析のサイトスコアについて，相関を取ったところ，植物の第 1 軸のサイトスコアと土壌の第 3 主成分のサイトスコアにのみ高い相関がみられた．このことは，肥沃度が低いことを示すとされた植物が多い休閑林は，土壌の窒素供給能が低いということを示唆している．このような検討結果から，イバン人は，肥沃度が低いことを示す草本が優占している休閑地，特に休閑期間の短い休閑地を焼畑の候補地から除くこと，さらに，肥沃度が高いことを示す植物が多く存在している場合であっても，木本の生育が悪い場合は候補地から除くことが考えられた．このようなイバン人の焼畑用地選定の基準を土壌学的に解釈すると，まず焼いた時の灰の供給量が重要であると言える．しかし，灰には窒素分がほとんど含まれていないので，植物への窒素の供給は，焼土効果による土壌からの供給に依存する．つまり，肥沃度が低いことを示すとされた植物が多い休閑地は土壌の窒素供給能が低いことが示唆されるため，土壌の窒素供給能が，イバン人の焼畑適地，不適地の判断に関係していると考えられた．

換金作物栽培地の土壌肥沃度

この節では，パラゴムノキ，コショウ，それに近年急速に広がっているアブラヤシの 3 種類の換金作物の栽培地(写真 3)の土壌肥沃度に関する研究(Tanaka et al. 2009)について紹介する．この調査は，ルボックアントゥの町周辺で行った．この地域には古くからイバン人が定住し，焼畑をすると同時に，100 年ほど前にパラゴムノキ，そしてコショウの栽培が開始された．近年，現金収入の必要性が高まったことから，パラゴムノキやコショウの栽培の重要性が増し，その結果，片手間で焼畑をしているように見受けられる．ゴム園やコショウ畑が道路際に開かれ，その周りで焼畑が行われているのである．また，1980 年代には SALCRA という会社が，イバン人の土地を借りる形で大規模なアブラヤシ栽培を開始した．その

ため，ルボックアントゥでは，イバン人のゴム園やコショウ畑に加え，アブラヤシ園が混在しており，二次林を比較対照とすることで，土壌肥沃度への影響を検討できた．

調査の結果は，以下の通りである．まず，ゴム園では施肥をしておらず，土壌の性質は二次林に類似して，酸性が強く，養分に乏しかった．一方，コショウ畑とアブラヤシ園では施肥がされていて，二次林と比べると養分量は高かった．特にコショウ畑では，可給態リン酸量がかなり高くなっていた．また当たり前の話だが，このような傾向は栽培年数が長い場所の方が強かった．土壌の養分量を ha 当りに換算し，パラゴムノキ，コショウ，アブラヤシの植物体や収穫物中の養分量と比較した．この結果ゴム園では，土壌中の養分量に比べ，収穫物としての養分の持ち出し量はわずかだった．しかし，最近のゴム価格の上昇でタッピングの頻度が増加すれば，養分の持ち出し量が増え，土壌中の養分は欠乏する可能性が示唆された．一方，コショウ畑とアブラヤシ園を比べると，コショウ畑では施肥量がかなり多いこと，特にリンが土壌中にかなり蓄積されていることがわかった．アブラヤシ園は面積が桁違いに大きいので一概に比較できないものの，土壌に限ってみれば，施肥量と養分持ち出し量のバランスがある程度取れている．何かと議論されているものの，コショウ栽培よりは健全な農業といえるのかもしれない．また，窒素をみると，施肥量に比べて土壌中の交換性アンモニウム量はかなり低いことが分かった．コショウ畑の土壌では，二次林やゴム園，アブラヤシ園と比べると，施肥窒素の硝化がかなり早く進み，溶脱により土壌から失われているようである(田中 未発表).

今後の展望

サラワクで研究を始めてから，もう 10 年近くの時間が流れてしまった．課題が増えるばかりで，一向に出口見えてこない．そういった，ある意味で展望の見えない状況を楽しみつつ，最終的には研究の成果を地域に還元できるような「研究」に仕上げたいと考えている．そのためにも図 2 に挙げたような課題に土壌学の立場から取り組みながら，土壌という地下にある研究対象だけではなく，土壌が支えている地上の作物生産，農業，そして人をみていきたい．

謝辞

この度，本研究により日本熱帯生態学会吉良賞奨励賞を受賞しました．まず，高知大学の櫻井克年理事には，ご推薦いただきました．櫻井理事には，東南アジア研究の先輩として，数多のご指導，ご助言を頂いています．ここに厚く御礼申し上げます．石川県立大学の米林甲陽教授，京都大学の舟川晋也教授には，筆者が京都府立大学在学時に，熱帯研究にたずさわるきっかけとなった北タイでの焼畑のテーマを与えていただきました．お二人との出会いがなければ，今の筆者はなかったといっても過言ではありません．厚く御礼申し上げます．また，高知大学の吉田徹志教授，岩崎貢三教授，康峪梅教授には，すぐに海外に飛び出してしまう筆者を暖かく見守っていただいています．Sarawak Planted Forest の Joseph Jawa Kendawang 博士やサラワク州森林局のスタッフの方々，ロングハウスの人々，酒井和枝さん，中澤健・静代御夫妻，愛媛大学の二宮生夫教授，原田光教授には，サラワクでの調査中に多大なご好意，ご援助を頂戴しています．さらに高知大学の学生諸氏をはじめ，この場に書き尽くせないほどの多くの方々のご協力があってはじめて，著者の研究があると思います．この場をお借りして，改めて深謝いたします．

本稿を構成する一連の研究は，科学研究費補助金基盤研究(B)(2)「熱帯雨林生態系の修復と創成」(No. 13575038)，同基盤研究((B)海外学術調査)「マレーシア・サラワク州の熱帯雨林における試験造林の生態系修復評価」(No. 17405031)，同基盤研究((B)海外学術調査)「マレーシア・サラワク州の丘陵地農業の土壌生態学的基盤と持続可能性評価」(No. 19405022) 及び 2003 年度トヨタ財団研究助成「サラワク州におけるイバン人の焼畑システムの変容に関する学際的研究」によった．

引用文献

Andiesse, J.P. and Schelhaas, R.M. 1987. A monitoring study on nutrient cycles in soils used for shifting cultivation under various climatic conditions in tropical Asia. III. The effects of land clearing through burning on fertility level. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 19: 311-332.

Bruun, T.B., Mertz O. and Elberling, B. 2006. Linking yields of upland rice in shifting cultivation to fallow length and soil properties. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 113: 139-149.

Crumb, R.A. 1993. Shifting cultivation and sustainable agriculture in East Malaysia: A longitudinal case study. *Agricultural Systems* 42: 209-226.

Freeman, J.D. 1955. *Iban Agriculture: A Report of the Shifting Cultivation of Hill Rice by the Iban of Sarawak*. H.M. Stationery Office, London.

Kendawang, J. J., Tanaka, S., Ishihara, J., Shibata, K., Sabang, J., Ninomiya, I., Ishizuka, S. and Sakurai, K.

2004. Effects of shifting cultivation on soil ecosystems in Sarawak, Malaysia. I. Slash and burning at Balai Ringin and Sabal experimental sites and effect on soil organic matter. *Soil Science and Plant Nutrition* 50: 677-687.

Kendawang, J. J., Tanaka, S., Shibata, K., Yoshida, N., Sabang, J., Ninomiya, I. and Sakurai, K. 2005. Effects of shifting cultivation on soil ecosystems in Sarawak, Malaysia. III. Results of burning practice and changes in soil organic matter at Niah and Bakam experimental sites. *Soil Science and Plant Nutrition* 51: 515-523.

Padoch, C. 1982. *Migration and its Alternatives among the Iban of Sarawak.* Koninklijk Instituut voor Taal-, Land-en Volkenkunde, Leiden.

Tanaka, S., Kendawang, J. J., Ishihara, J., Shibata, K., Kou, A., Jee, A., Ninomiya, I. and Sakurai, K. 2004. The effects of shifting cultivation on soil ecosystems in Sarawak, Malaysia. II. Changes in soil chemical properties and runoff water at Balai Ringin and Sabal Experimental sites. *Soil Science and Plant Nutrition* 50: 689-699.

Tanaka, S., Kendawang, J. J., Yoshida, N., Shibata, K., Jee, A., Tanaka, K., Ninomiya, I. and Sakurai, K. 2005. Effects of shifting cultivation on soil ecosystems in Sarawak, Malaysia. IV. Chemical properties of the soils and runoff water at Niah and Bakam experimental sites. *Soil Science and Plant Nutrition* 51: 525-533.

Tanaka, S., Wasli, M.E.B., Kotegawa, T., Seman, L., Sabang, J., Kendawang, J.J., Sakurai, K. and Morooka, Y., 2007a. Soil properties of secondary forests under shifting cultivation by the Iban of Sarawak, Malaysia in relation to vegetation condition. *Tropics* 16(4): 385-398.

Tanaka, S., Wasli, M.E.B., Seman, L., Jee, A., Kendawang, J.J., Sakurai, K. and Morooka, Y. 2007b. Ecological study on site selection for shifting cultivation by the Iban of Sarawak, Malaysia. A case study in the Mujong River area. *Tropics* 16(4): 357-371.

Tanaka, S., Tachibe, S., Wasli, M.E.B., Lat, J., Seman, L., Kendawang, J.J., Iwasaki, K. and Sakurai, K. 2009. Soil characteristics under cash crop farming in upland areas of Sarawak, Malaysia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 129: 293-301.

Teng S.C. 1993. *Shifting cultivation of hill padi –A traditional method of utilizing and managing natural soil fertility for rice production in Sarawak.* Technical Paper 9. 21 pp., Soil Division, Research Branch, Dept. Agr., Sarawak, Kuching.

Wadley, R.L., Mertz, O. 2005. Pepper in a time of crisis: smallholder buffering strategies in Sarawak, Malaysia and West Kalimantan, Indonesia. *Agricultural Systems* 85: 289-305.

Wasli, M.E.B. 2009. *Ecological study on soils and vegetation of fallow lands under shifting cultivation in Sarawak, Malaysia.* Ph.D. Thesis, Graduate School of Kuroshio Science, Kochi University.

Wasli, M.E.B., Tanaka, S., Kendawang, J.J., Seman, L., Unang, B., Lat, J., Abdu, A., Morooka, Y. and Sakurai, K. 2009. Vegetation conditions and soil fertility of fallow lands under intensified shifting cultivation systems in Sarawak, Malaysia. *Tropics*, In press.

葉の形と働きから見た熱帯雨林

田中憲蔵（森林総合研究所）

Tropical rainforest as viewed from leaf morphological and functional traits

KENZO Tanaka (Forestry and Forest Products Research Institute)

はじめに

木々の葉を見ていると，その形や色の多様性に驚かされる．私たちの身近で見ることの出来る樹木の葉を例にとっても，マツのように針のような葉もあれば，ヤツデのように団扇より大きな葉や，ウラジロノキのように毛むくじゃらの葉もある．さらに，熱帯雨林で出会う木々の中には，人間と同じぐらい大きな葉をつける樹木や，長さが 1m 以上にもなる細長い葉を持つ樹木など日本で見かける樹木よりももっと様々な形をした葉を持つものがある(図 1)．また，葉の表面や中身を顕微鏡で拡大してみると，さらに不思議な形をした毛や突起物などを見つけることが出来る(図 2)．どうして葉にはこの様に様々な形があるのだろうか．そして，この様々な葉の形にはどのような働きが隠されているのだろうか．ここでは，私がこれまで調べてきた様々な葉の形と，その役割や生育環境との関連について，葉脈と毛の 2 つの例を挙げて簡単に紹介したい．

葉脈のはっきり見える葉と見えない葉

植物の葉を光に透かしてみると，サクラやシイノキのように網目状の葉脈の筋がはっきり見える葉と，ツバキやモチノキのようにほとんど見えない葉がある(図 3)．学術的に前者は異圧葉(いあつよう)，後者は等圧葉(とうあつよう)と呼ばれている．どうして葉脈が透き通って見えるのか，その違いは葉の断面を顕微鏡で観察するとすぐ分かる．そもそも葉脈とは，葉の中を走る水や養分を供給する管(木部)と，光合成産物の転流路となる管(師部)からできている組織(維管束)のことである．言い換えれば，葉脈は人間の血管に当たる組織である．葉脈がはっきり見える異圧葉の場合，維管束の周りにさらに「維管束鞘延長部」という透明な繊維質の組織が発達している(図 3)．この延長部は，維管束から両側の表皮にまで到達し透明な壁のようになるため，異圧葉を透かせば葉脈が透けて見えるのである．また，この壁は，葉肉内の細胞間の隙間を移動する二酸化炭素などの気体をほとんど通さない．そのため，葉内は網目状の葉脈により仕切られた独立した小部屋(コンパートメント)に分かれている．一方，等圧葉は延長部を欠くため，表皮と葉脈の間に緑色の葉肉細胞の層ができ，葉を透かしても葉脈は明瞭に見えない(図 3)．さらに，気体の拡散を妨げる延長部が無いため，二酸化炭素などの葉内移動が比較的

図 1．熱帯雨林の様々な形の葉．オオバギの仲間(*Macaranga gigantea*)のように人間と同じぐらい大きな葉もあれば，枝をほとんど出さず細長い葉のみで樹冠を作る木(*Barringtonia* sp.)もある．

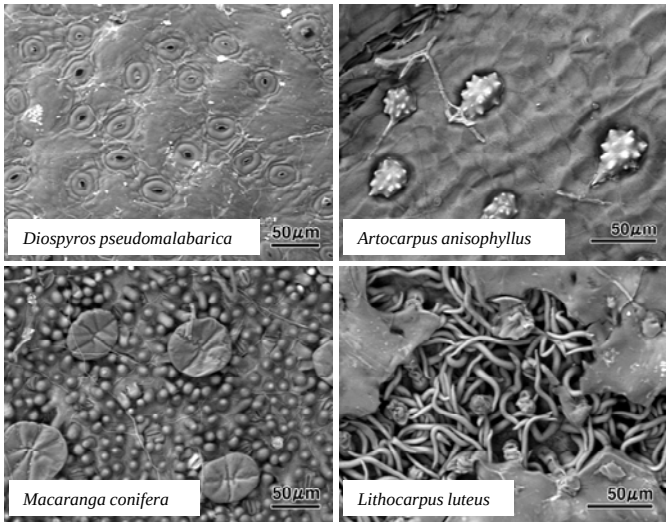


図 2．熱帯雨林樹木の葉の下面の電子顕微鏡写真．カキノキの仲間(*D. pseudomalabarica*)のように気孔がはっきり見える樹種もあれば，パンノキやオオバギの仲間(*A. anisophyllus*, *M. conifera*)のように金平糖や皿状の突起物をつける葉，マテバシイの仲間(*L. luteus*)のように密生した毛で覆われる葉もある．これら突起物や毛の詳細な役割については不明な点が多い．

自由に起こる．このように異圧葉と等圧葉は見た目でもはっきりと区別することができる．それでは，両者が出現する環境に違いはあるのだろうか．

葉を透かすと見えてくる樹木の生活環境

これまでのところ，森林のタイプによって等圧葉と異圧葉樹木の出現頻度に差があることが分かっている．たとえば，北米の温帯落葉樹林のようにほとんどの樹木が葉脈の見える異圧葉を持つ森林から，フロリダやニュージーランドの温帯常緑樹林のように，葉脈の見えない等圧葉樹種の割合が過半数を占める森林があることが知られている(Wylie 1952)．日本でも，ブナやミズナラの落葉樹林ではほとんどの樹木が異圧葉をつけているが，シイやカシからなる常緑樹林では等圧葉樹種の割合が増えることがわかっている．これらの観察から，常緑樹が優占する森林では葉脈の見えない等圧葉樹種が増えることが予測される(Wylie 1952)．

では，一年中高温多雨でほぼすべての樹木が常緑樹によって構成されている熱帯雨林では，等圧葉を持つ樹木が多数を占めるのだろうか．しかし，熱帯雨林の環境は一様ではなく，樹木の高さによって生活環境が大きく異なることが知られている(Kenzo et al. 2006)．例えば，高さが 50m にもなる巨大高木や林冠木は強い直射光にさらされるため，非常に乾燥した環境で生活しているが，背の低い低木にはほとんど直射光は届かず，暗く湿った環境で生活している．

我々は，マレーシアの熱帯雨林で，樹高 50m を超える巨大高木から林床の低木まで約 40 科 250 樹種の葉を採取し，異圧葉と等圧葉樹種の出現頻度を調べた(Kenzo et al. 2007b)．その結果，熱帯雨林では予測どおり等圧葉樹種の割合が 60%を超え優占することが分かった．しかし，樹高を指標とした生活型間で比べると，両者の割合に大きな偏りが見られた．例えば，葉脈のはっきり見える異圧葉を持つ樹種は，樹高が高く明るい環境で生活する樹木に多く，巨大高木種では実に 96%に達した(図 4)．また，異圧葉樹種の割合は，明るいギャップに出現する樹木でも60%以上と高かった．逆に，葉脈の見えない等圧葉樹種は，背が低く暗い林内に生える林床木や亜高木で圧倒的多数を占めた．

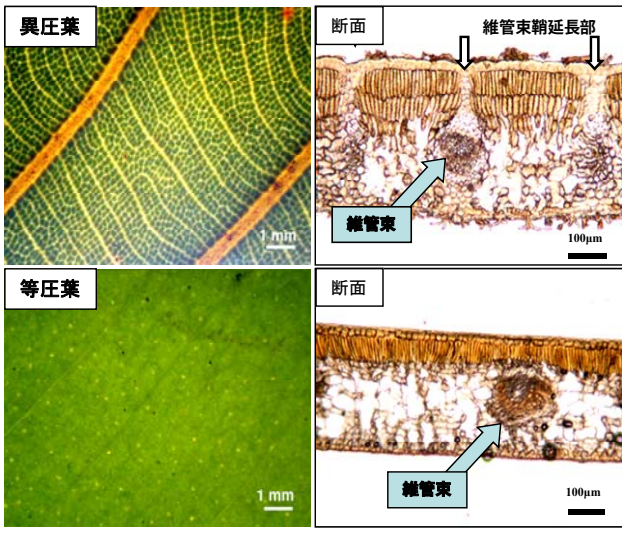


図 3. 異圧葉と等圧葉の光に透かした状態と断面の写真(Kenzo et al. 2007b より改変)．葉脈がくっきり見えるブナ科のマテバシイの仲間(*Lithocarpus luteus*)の葉と，葉脈が見えないフトモモ科のチョウジの仲間(*Eugenia subrufa*)の葉．矢印は異圧葉の発達した維管束鞘延長部を示し，この部分が光を通すため透明な葉脈網が観察できる．

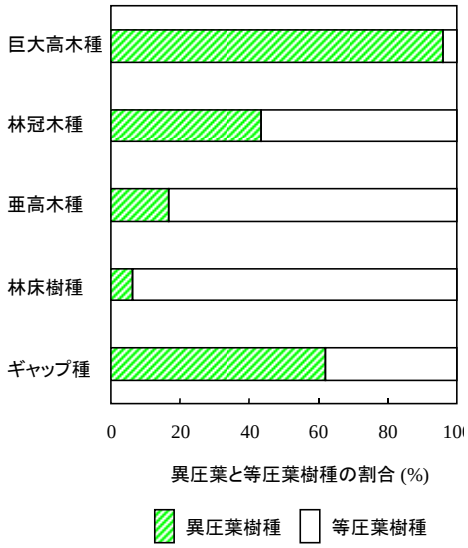


図 4. 樹木の生活型による異圧葉と等圧葉樹種の割合．塗りつぶした部分は異圧葉樹種を，白抜きは等圧葉樹種を表す．巨大高木種やギャップ種のように明るい環境で生活する樹木は葉脈がくっきり見える異圧葉を，林床樹種のように暗い環境で生きる樹木は葉脈が見えない等圧葉を持つ傾向がある．

熱帯雨林の環境と葉の働き

熱帯雨林では等圧葉樹種が優占していたにもかかわらず，なぜ林冠や林冠ギャップに出現する種では異圧葉樹種が多数を占めたのだろうか．これには，熱帯雨林の複雑な環境と，等圧葉と異圧葉の機能的な違いが大きく関係しているようだ．

異圧葉が持つ維管束鞘延長部は，いくつか特徴的な機能を持っていると考えられている．まず構造面では，頑丈な繊維質の細胞から出来ている延長部が柱のような働きをし，葉が物理的に強化されることや，葉が損傷を受けた時に葉内から水が失われるのを最小限に食い止めて脱水耐性を向上させること，さらには透明な延長部が光ファイバーのような働きをすることで葉内への光透過率を高め，光合成能力が高まることなどが指摘され

ている(Terashima 1992, Alder et al. 2005, Liakoura et al. 2009). また生理面では，延長部が根からの水分の移動経路として働き，高い光合成を維持したり，気孔開閉ホルモン(アブシシン酸)の伝達経路として働いて，水ストレスに対して敏感に気孔閉鎖ができると考えられている(Terashima 1992, Scoffoni et al. 2008). さらに葉が水不足に陥った際に，葉全体の気孔を開けるのではなく，独立した小部屋ごとに不均一な気孔開閉を行うことで水の浪費を抑えることができると考えられている(広見ら 1999, Kenzo et al. 2007b). 熱帯雨林の林冠やギャップの環境は，熱帯特有の強烈な日射が照りつけるため，日中は厳しい強光・乾燥ストレスにさらされる. さらに，樹高 50m を超えるような巨大高木は，地中から林冠部まで蒸散に必要な水を吸い上げるために日中大きな水ストレスがかかる(Kitahashi et al. 2008). また，林冠部分では強風による物理的ストレスも存在する. このようなストレスを強く受ける林冠やギャップ構成種では，ストレス耐性の高い異圧葉が有利に働き，その割合が増加した可能性が高い.

一方，等圧葉樹種は林床でなぜ増加したのだろうか. これには暗い環境で生き延びる能力(耐陰性)が関係していると考えられる. 一般的に熱帯雨林の林床は高湿度のため水ストレスが小さく，また風も弱いため物理的なストレスも小さい. しかし，林床には太陽光のわずか数%しか到達しないため強度の弱光環境になる. このような暗い林内で生育し繁殖するためには，弱い光をより効率的に利用し耐陰性を高める必要がある. 等圧葉は葉緑素を持たない維管束鞘延長部を欠くため，光合成可能な葉面積を異圧葉より広く確保でき受光効率がよい. また，葉内のガス拡散障壁となる延長部が存在しないため，木漏れ日などが葉の一部分に当たっても周囲から二酸化炭素が自由に流れ込み，光合成の効率が増加する可能性がある(Morison et al. 2007, Pieruschka et al. 2006, 2008). これらの特性は，林内の弱光環境で光合成を行うのに効果的で，耐陰性の向上に貢献していると考えられる. また，林冠を構成する異圧葉樹種でも，林床の暗い環境で生きる稚樹の間は，延長部の間隔(葉脈網の密度)が明るい林冠の成木に比べ広いことが明らかになった(Kenzo et al. 2007b). このことも維管束鞘延長部を欠く方が，暗い環境で有利であるという考え方を支持している.

二次林樹木が持つ葉の裏の毛の役割

次に，森林が破壊された後に真っ先に出現する二次林樹木の葉に注目してみよう. 熱帯雨林樹木の葉の多くは，密生した毛を持たない種類が多いとこれまで考えられてきた(Roth 1984). しかし，二次林のように明るくて乾燥した森林に出現する樹木の葉の裏を観察してみると，びっしりと毛で覆われていることが多い(図 5). こうした葉面に密生する毛は，砂漠や海岸など乾燥した環境に生きる植物で多く見ることが出来る.

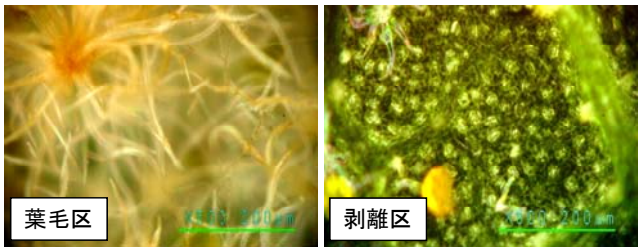


図 5. 熱帯二次林樹種(*Mallotus macrostachyus*)の葉毛と毛の剥離後の写真(Kenzo et al. 2008a より改変). 葉の裏面は厚い葉毛層に覆われ気孔は見えない(左). 剥離区では葉毛のみ除去され，表皮や気孔などに損傷は見られない(右).

これまで葉の毛の役割については，強い紫外線や高温から葉を守っているという説，葉の表面の水はけを良くしているという説，葉からの蒸散を防いでいるという説など様々な仮説が唱えられてきた(Levin 1973, Johnsn 1975). その後，毛の役割は主に乾燥地など強い水ストレスを受ける植物で調べられ，葉からの過度な蒸散を防ぐ機能が重要であることが明らかになっている（Smith and Nobel 1977, Ehleringer and Moony 1978, Aronne and Micco 2001）. 一方，年中多湿な熱帯雨林では，葉の毛の働きについてほとんど分かっていなかった. 熱帯雨林の中でも，二次林に生える樹木は直射光にさらされるため強い乾燥ストレスを受けることになる. したがって二次林樹木の葉の裏に密生する毛は，乾燥地の植物と同じように，乾燥耐性と何か関係が有りそうだ. そこで，マレーシアの代表的な二次林樹木であるアカメガシワの 1 種(*Mallotus macrostachyus*)の葉の裏の毛をガムテープでむしり取り，葉の蒸散速度などがどのように変化するか調べた(図 5, Kenzo et al. 2008a). 特に注目したのは，水利用効率といわれる指標である. この値は，葉の光合成速度を蒸散速度で割った値で，この値が大きいほど少ない水消費で光合成が出来る，つまり水を効率よく光合成に利用できることを表している.

毛をむしり取った部分と，毛がある部分の水利用効率を比較すると，午前中は差が見られなかったが，直射光が降りそそぎ乾燥する午後には，毛をむしり取った部分の水利用効率が落ちることが分かった(図 6). しかし，日陰のように比較的乾燥しにくい環境では，毛をむしり取っても水利用効率が落ちないことも分かった(Kenzo et al. 2008a). さらに，日陰の葉は日なたの葉に比べ，毛の密度も少なかった. このように，葉の裏に密生する毛は，過度の蒸散を防ぎ水利用効率を高くする働きを持つため，明るく乾燥した二次林で生活する樹木にとっては適

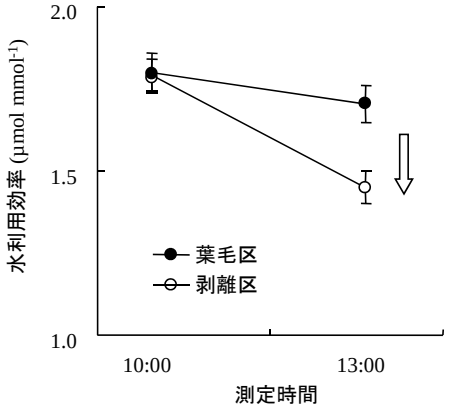


図 6. 葉毛区と剥離区の水利用効率の日変化(Kenzo et al. 2008a より改変). 葉の裏の毛を剥ぎ取ると, 水ストレスが高くなる午後に水利用効率が低下した. 毛の密度も, 明るい環境で増加することが分かった.

応的な意味があると考えられた.

おわりに

熱帯雨林では, 林内の複雑な環境に対応して, 林冠や林冠ギャップでは葉脈が透けて見える異圧葉樹種が, 林床では葉脈が見えない等圧葉樹種が優占することが明らかになった. これらの分布の違いは, 年中多雨な熱帯雨林といえども, 森林内の空間位置によって大きく環境が異なるため, 樹種により葉の形態とそれに伴う機能を変化させて適応していることを示している. このように葉の形態は, 樹木の生育環境や光合成など生理機能と密接な関係があるため, 様々な分野への応用も試みられている. 例えば, 熱帯荒廃地などにフタバガキ科樹木など郷土樹種を植える際に候補となる樹種の植栽適地やストレス耐性の指標として (Kenzo et al. 2007a, 2008b), さらには葉の化石を用いて過去数億年間の気温や二酸化炭素濃度など気候変動の指標などへの応用が行われている(Beerling and Woodward 2001, Royer et al. 2005). このように, 葉の形を調べることで, その樹木が得意とする生育環境だけでなく, 過去の気候など色々な秘密を明らかにできると期待されている.

謝辞

本稿で紹介した研究は様々な方々のご指導ご協力により行うことが出来ました. 特に, 学生時代にご指導を賜った二宮生夫先生, 調査地でお世話になった諸先輩方やサラワク森林局, マレーシアプトラ大学, イバンの皆様に厚くお礼申し上げます.

引用文献

Alder, M., Hamilton, J.G., Resti, J.P., Zangerl, A.R., Berenbaum M.R. and Delucia. E.H. 2005. Indirect effect of insect herbivory on leaf gas exchange in soybean. *Plant Cell and Environment* 28: 402-411.

Aronne, G., Micco, V.D. 2001. Seasonal dimorphism in the Mediterranean Cistus incanus L. subsp. incanus. *Annals of Botany* 87: 789-794.

Beerling, D.J. and Woodward, F.I. 2001. *Vegetation and the Terrestrial Carbon Cycle.* Cambridge University Press, Cambridge.

Ehleringer, J., Mooney, H.A. 1978. Leaf hairs: effects on physiological activity and adaptive value to a desert shrub. *Oecologia* 37: 183-200

広見徹・二宮生夫・小池孝良・荻野和彦 1999.サラワク熱帯雨林におけるフタバガキ科林冠構成種の不均一な気孔開閉による蒸散速度の調節. *日本生態学会誌* 49: 83-91.

Johnsn, H.B. 1975. Plant pubescence: an ecological perspective. *Botanical Review* 41: 233-258

Kenzo, T., Ichie, T., Yoneda, R., Watanabe, Y., Ninomiya, I. and Koike, T. 2006. Changes in photosynthesis and leaf characteristics with height from seedlings to mature canopy trees in five dipterocarp species in a tropical rain forest. *Tree Physiology* 26: 865-873.

Kenzo, T., Ichie, T., Ozawa, T., Kashimura, S., Hattori, D., Irino, K.O., Kendawang, J.J., Sakurai, K. and Ninomiya, I. 2007a. Leaf physiological and morphological responses of seven dipterocarp seedlings to degraded forest environments in Sarawak, Malaysia: a case study of forest rehabilitation practice. *Tropics* 17: 1-16.

Kenzo, T., Ichie, T., Watanabe, Y. and Hiromi, H. 2007b. Ecological distribution of homobaric and heterobaric leaves in tree species of Malaysian lowland tropical rainforest. *American Journal of Botany* 94: 764-775

Kenzo, T., Yoneda, R., Azani, M.A. and Majid, N.M. 2008a. Changes in leaf water use after removal of leaf lower surface hairs on Mallotus macrostachyus (Euphorbiaceae) in a tropical secondary forest in Malaysia. *Journal of Forest Research* 13: 137-142.

Kenzo, T., Yoneda, R., Matsumoto, Y., Azani, M.A. and Majid, N.M. 2008b. Leaf photosynthetic and growth responses on four tropical tree species to different light conditions in degraded tropical secondary forest, Peninsula Malaysia. *JARQ-Japan Agricultural Research Quarterly* 42: 299-306.

Kitahashi, Y., Ichie, T., Maruyama, Y., Kenzo, T., Kitaoka, S., Matsuki, S., Chong, L., Nakashizuka, T. and Koike, T. 2008. Photosynthetic water use

efficiency in tree crowns of Shorea beccariana and Dryobalanops aromatica in a tropical rain forest in Sarawak, East Malaysia. *Photosynthetica* 46: 151-155.

Levin, D.A. 1973. The role of trichomes in plant defense. Quarterly Review of Biology 48: 3-15

Liakoura, V., Mariangela, N.F., Rennenberg, H. and Karabourniotis, G. 2009. Should structure–function relations be considered separately for homobaric vs. heterobaric leaves? *American Journal of Botany* 96:612-619.

Morison, J.I.L., Lawson, T. and Cornic G. 2007. Lateral CO2 diffusion inside dicotyledonous leaves can be substantial: quantification in different light intensities. *Plant Physiology* 145: 680-690

Pieruschka, R., Schurr, U., Jensen, M., Wolff, W.F. and Jahnke S. 2006. Lateral diffusion of CO2 from shaded to illuminated leaf parts affects photosynthesis inside homobaric leaves. *New Phytologist* 169: 779-787.

Pieruschka, R., Chavarría-Krauser, A., Cloos, K., Scharr, H., Schurr, U. and Jahnke, S. 2008. Photosynthesis can be enhanced by lateral CO2 diffusion inside leaves over distances of several millimeters. *New Phytologist* 178: 335-347.

Roth, I. 1984. *Stratification of Tropical Forests as Seen in Leaf Structure*. DR W. Junk Publishers, Hague.

Royer, D.L.. Wilf, P., Janesko, D.A., Kowalski, E.A. and Dilcher, D.L. 2005. Correlations of climate and plant ecology to leaf size and shape: potential proxies for the fossil record. *American Journal of Botany* 92: 1141-1151.

Scoffoni, C., Pou, A., Aasamaa, K. and Sack, L. 2008. The rapid light response of leaf hydraulic conductance: new evidence from two experimental methods. *Plant Cell and Environment* 31: 1803-1812.

Smith, W.K, Nobel, P.S. 1977. Influences of seasonal changes in leaf morphology on water-use efficiency for three desert broadleaf shrubs. *Ecology* 58: 1033-1043

Terashima, I. 1992. Anatomy of non-uniform leaf photosynthesis. *Photosynthesis Research* 31: 195-212.

Wylie, R.B. 1952. The bundle sheath extension in leaves of dicotyledons. *American Journal of Botany* 39: 645-651.

新刊紹介

南太平洋のシダ植物図鑑

国立科学博物館編　2008. 295pp.

東海大学出版会(価格:8,610 円＋税　ISBN978-4-486-01792-9)

New book　*Illustrated Flora of Ferns & Fern-Allies of South Pacific Islands.* Edited by National Museum of Nature and Science,Tokyo, 2008. TOKAI UNIVERSITY PRESS, 330pp.

神崎　護(京都大学)
KANZAKI Mamoru (Kyoto University)

本書は，南太平洋で植生の研究を進めておられる南太平洋シダ研究会(代表:中村武久氏)のメンバーが執筆し，国立科学博物館の加藤雅啓氏が監修した美麗なシダ図鑑である．南太平洋地域で記録される 630 種のシダ植物のうちの 537 種が収録されているという．

シダ植物図鑑には，倉田悟編『日本のシダ植物図鑑』(全 8 巻，東京大学出版会，2005 年新装版)のように，豪華で美術的な価値も高い図鑑が多いように思われる．本書はそれに比べれば小ぶりではあるが，ページを繰ってまず驚かされることは，美しい生態写真と線画が豊富に掲載されていることだ．英文と和文の併記によって，検索表と各種の解説が実にコンパクトに収められている使い勝手のよさにも驚いた．監修者の加藤氏による最新のシダの系統分類についての解説と，責任編集者の一人である海老原淳氏による南太平洋シダ研究史の解説が本書の価値を高めている．

地域フロラ誌なので，南太平洋をフィールドとする人にとっては，またとない貴重な資料となるだろう．しかし，この本はシダ植物の美しさやその形態の精緻さ，そして南太平洋の景観など，ヴィジュアルからも楽しむことが出来る．シダ植物の世界へと読者を誘う，魅力的な本である．

書評

土壌学入門

ウィリアム・ダビン著. 矢内純太・舟川晋也・真常仁志・森塚直樹訳. 2009. 123pp
古今書院(価格:3,600 円+税 ISBN978-4-7722-5224-9)

Book review　*Soils (Japanese version).* By William Dubbin, translated by YANAI Junta, FUNAKAWA Shinya, SHINJO Hitoshi and MORITSUKA Naoki. 2009. Kokon-shoin, Tokyo, 123pp.

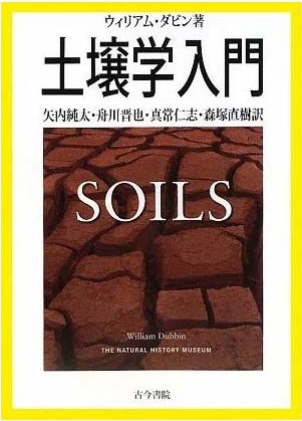
櫻井克年(高知大学)
SAKURAI Katsutoshi (Kochi University)

本書は, 英国自然史博物館(Natural History Museum, London)が 2001 年に発刊した"Soils"の訳書である. 博物館の来訪者向けに販売されている本であり, 広く一般の人々に土壌についての造詣を深めてもらうことを意図して編集されている. このため, 土壌学の基礎知識を身につけたいと考えている学生や研究者に最適の一冊となった. 是非一読をお勧めしたいので, 本稿で紹介する.

まず, 目次を見て少なからず驚いた. 一般向けの本では, 土壌の生成, 組成, 機能と役割, 生態系や環境問題と関連のトピックス, という構成になるのが普通であるが, 本書の目次構成は一風変わっていた. 贅肉をそぎ落として主要な骨格のみを取り上げつつも, 博物館の来訪者が興味を示しそうな内容は網羅されている, と表現するのが適当だと思う. コンパクトにまとめることが目的だったのだろうと推察できるが, 土壌学のもつ様々な側面にもバランスよく触れられており, 物足りないという読後感を与えなかった. むしろ, 土壌に興味を持ち始めた読者には必要かつ十分な内容である. また「コラム」というコーナーで関連するトピックスが挿入されていることによって, 読者の興味を深め, より詳しい本を読みたくなるように工夫されている. さらに, カラー写真や図表が豊富であること, 巻末に簡単な用語集が付けられていることなど, 読者の理解がスムーズに進むような配慮もなされている.

本書は6章からなる. 第1章「土壌の生成と組成」では, 小項目として, 土壌とは何かに始まり, 土壌生成, 母材, 鉱物風化, 土壌鉱物, 土性, 有機物, 粒子の配列と構造, 孔隙と密度, 土壌の中の水, と続いている.

土壌とは何かの項では, 土壌の機能と組成について明快に要約し, 生命体としての土壌について触れ, 土壌が世界の生物多様性を支え, 生態系の健全さを統制する主要な役割を演じているとしている. なかでも, たいていの植物の生育に最適な条件は, 水と空気が土壌の容積のおよそ 25%ずつを占めている時である, という記述は本書の特徴を端的に表している. つまり, いわゆる大学生向けの土壌学の教科書ではここまで単純に書くことはためらわれるので, 授業などで判断の目安として補足説明するような内容を簡潔に記述してあるということである.



母材の項では, 母材とその堆積形態について水, 重力, 氷, 風という営力との関連からまとめられた図がシンプルで興味深い. 鉱物風化の項では, 物理的風化と化学的風化などについて述べたあと, 鉱物性が土壌の発達段階と関連あることに簡単に触れている. 有機物の項では, その機能との関連で, 養分供給, イオン交換, 構造, 水分保持能, 土色と土壌温度について触れている. 孔隙と密度の項では, 孔隙の大きさの分布が排水性や通気性, 根の伸長の決定因子として重要なことを記載している. 土壌の中の水では, 植物の利用できる有効水について主に解説している.

第 2 章「土壌の分類と地理的分布」には, 土壌断面, 土壌分類, 米国の分類, 各土壌の分布の項がある. 土壌断面写真や分布地域の植生を含めた景観などがふんだんに示されていて, 土壌学を理解する上では欠かせない重要事項について, 理解しやすいよう工夫されている. また, 写真はいずれも精選されているという感を受ける.

第 3 章では,「土壌生物」を単独の章として取り上げている. 著者がその重要性を認識している, あるいは, 自然の中の土壌についての入門書としての位置づけを意識した, 英国自然史博物館の姿勢と捉えることができるのかもしれない. この章には, 土壌動物, 植物, 菌類, 微生物の項がある.

第 4 章「土壌肥沃度」では, 土壌肥沃度を植物の生存や生育との関連から取り上げている. 最初の項は, 基礎というタイトルのもと, 必須元素, 養分の全量と可給態量, 養分吸収, 土壌の pH, 陽イオン交換容量, 養分欠

乏と毒性などを取り上げている. いずれも要点のみを大胆に述べているという印象を受ける. ついで, 窒素, リン, カリウム, 硫黄, カルシウムとマグネシウム, 微量必須元素などについての項があり, 植物の養分欠乏状態を示す写真を併用しながらわかりやすく述べている. 最後に土壌肥沃度診断, 肥料(土壌改良資材)の項があり, 具体的な土壌肥沃度管理についてまとめられている. その中で, 有機肥料と無機肥料の比較が行われており, 一般の読者のみならず, 農業や生態系を学ぶ学生にも参考になるものと思われる.

第5章は,「土壌の利用と誤用」という斬新な視点からのまとめの章である. 土壌の質と劣化の項では, 土壌劣化について系統的にまとめた簡単な図が添えられており, 土壌を取り巻くさまざまな環境問題の全貌が一目で理解できる. その後に, 土壌侵食, 土壌塩類化, の項が続く. 土壌侵食は減少のみならず, その影響についても言及していることが新鮮な印象を与える. 土壌塩類化には原因, 植物への影響, 改良などが含まれ, さらに, 無機物質や有機物質による土壌汚染についても触れられている. 最後の項は, 土壌と食料生産である. 集約農業の拡大, 肥料の過剰施用や硝酸汚染などについて触れ, 高収量を守るには, 土壌の質を守ることが必要である, と結んでいる.

最後の第6章「われわれの将来と土壌」では, 増加する食料需要を満たす必要性と土壌や環境の質を守る必要性を満たすための土壌管理を行っていくべきであり, 地球の表皮である土壌という貴重で脆弱な資源を次世代に残すことは, 世界全体の課題である, と結んでいる.

訳者の 4 人は京都大学農学部の土壌学教室出身で, 複雑な土壌学の内容をできるだけ平易で理解しやすいように工夫されていると感じる. やや表現が堅い箇所も見受けられるが, 全般的には読みやすい適訳となった.

事務局通信

第 19 回総会議案の承認についてのお願い

第 19 回年次総会で下記案件が承認されましたが, 出席者が定足数に達していないため, 本ニューズレターを通して, 皆様の意見を集約します. コメント・ご意見をお願い致します(jasteadm@asafas.kyoto-u.ac.jp). 意見等を集約した後に, 問題が無ければ下記総会議案を承認されたといたします. 締切:2009 年 9 月末日. (幹事長:小林繁男)

記

日本熱帯生態学会第 19 回定例総会
日時:2009 年 6 月 20 日(土)
場所:大阪市立大学田中会館
議題:
1. 2008 年度事業報告(案)
2. 2009 年度事業計画(案)
3. 2008 年度会計報告(案)
4. 2009 年度予算(案)
5. 第20回日本熱帯生態学会年次大会開催予定
6. その他

1. 2008 年度事業報告(案)

1-1. 研究会, 研究発表会の開催
(1) 第 18 回年次大会の開催
2008 年 6 月 20 日(金)から 22 日(日)
東京大学　大会会長:井上真
口頭発表 49 件
ポスター発表 14 件
一般講演合計 63 件
吉良賞記念講演 1 件(第 11 回奨励賞分)
シンポジウム講演 6 件
発表合計 70 件
参加者 117 名(一般 77 名, 学生 40 名)
そのうち事前申し込み 83 名(一般 54 名, 学生 29 名), 当日参加者 34 名(一般 23 名, 学生 11 名)
(2) 公開シンポジウムの開催
「地域研究と政策研究の協働」の開催
2008 年 6 月 22 日 弥生講堂・一条ホール
講演 6 件
参加者 約 117 名
(3) ワークショップの開催, 後援
(i) "Towards sustainable land-use in tropical Asia"に共催した. Association of Tropical Biology and Conservation (ATBC)の Asian Chapter 主催 2008 年 4 月 22-25 日, マレーシア, サラワク州クチンにて開催.
(ii) "Workshop of uneven- aged silviculture"に IUFRO と静岡大学が共催し, JASTE が後援で 2008 年 10 月 24-27 日開催した.

(iii) FORTROP II. International conference "Tropical forestry change in a changing world"を共催した. カセサート大学主催. 2008 年 11 月 17-20 日に開催.
(iv) 「ストップ森林破壊」および「北方林の生態」の講演会 2 本を森林総研主催, JASTE 後援で開催.

1-2. 定期, 不定期出版物の刊行
(1) TROPICS の発行
＊発行済みの巻・号
17 巻 2 号 2008 年 4 月発行 特集(増田) 計 7 報 97-184 ページ)
17 巻 3 号 2008 年 5 月発行 一般+特集(及川ら) 計 9 報 (185-280 ページ)
17 巻 4 号 2008 年 10 月発行 特集号(秋道) (3月に土倉に発送済)
＊現在印刷校正中の巻・号
18 巻 1 号は印刷中 一般
＊原稿の編集状況
今年度の投稿総数は昨年度と同数の 25 編. その審査状況は,
2008 年度受付原稿
受理(2), C(4), D(3), E(3), 審査中(12), 取り下げ(1)
2007 年度受付原稿の結果は,
受理(9), C(4), D(4), E(3), 審査中(1), 取り下げ(4)
です.
(2) ニューズレターの発行
＊発行済みの巻・号
No.71 2008 年 5 月 25 日発行 18 ページ 記事 1 件, 公開シンポジウム報告, 書評, 年次大会プログラム掲載
No.72 2008 年 8 月 25 日発行 26 ページ 記事 1 件, 公開シンポジウム報告, 国際会議報告, 会告掲載
No.73 2008 年 11 月 30 日発行 18 ページ 記事 3 件, 書評, 年次大会案内掲載
No.74 2009 年 3 月 10 日発行 14 ページ 記事 2 件, 書評, 年次大会案内掲載
(3) 上記以外にこれまでにした仕事
＊学会誌 PDF 化にむけた取り組み
昨年度中に Vol. 1 から全ての pdf 化は終了. 現在, JSTAGE での公開作業を進めている. これまでに Vol.6-17 までは公開済み.
＊投稿規程の一部改正(会員外からの投稿に関する事項)
TROPICS およびニューズレターに関係記事を掲載した.

1-3. 第 18 回総会の開催
2008 年 6 月 21 日(土) 東京大学
2007 年度事業報告(案), 2007 年度会計報告(案), 2008 年度事業計画(案), 2008 年度予算(案)が仮承認された. 同内容については, ニューズレターに掲載し, 学会員の承認を得た.

1-4. 第 19 回評議員会の開催
2008 年 6 月 20 日(金) 東京大学
吉良賞受賞者の審議, 第 18 回総会の議題について, 他.

1-5. 第 18 回編集委員会の開催
2008 年 6 月 20 日(金) 東京大学
編集・出版の状況について, 編集方針について, 他.

1-6. 幹事会の開催
第 60 回:2009 年1月 30 日 京都大学大学院アジア・アフリカ地域研究研究科

1-7. 吉良賞の選考
2008 年度の吉良賞募集は, 2008 年 2 月締め切り, 奨励賞は原則として TROPICS に掲載された論文を対象とした. 受賞者は, 松林尚志(東京農業大学), 受賞対象業績は,「ボルネオ島サバ州における塩場に着目した野生哺乳類の生態研究」となった.

1-8. 学会事務体制
(1) 日本熱帯生態学会監事・編集委員長・幹事

監事	加藤 真	武田 博清
編集委員長	米田 健	
幹事長	小林 繁男	
広報幹事	神崎 護	落合 雪野
編集幹事	信濃 卓郎	鈴木 英治
財務幹事	加藤 剛	
総務幹事	阿部 健一	奥田 敏統
	増田 美砂	柳沢 雅之
庶務幹事	市川 昌広	
会計幹事	竹田 晋也	

＊学会事務局
〒606-8501 京都市左京区下阿達町 46
京都大学大学院アジア・アフリカ地域研究研究科
生態環境論講座(気付)
Phone: 075-753-7832
Fax: 075-753-7834
Email: jasteadm@asafas.kyoto-u.ac.jp
＊編集委員会(投稿原稿の送付先)
〒890－0065 鹿児島市郡元 1－21－24
鹿児島大学農学部生物環境学科
日本熱帯生態学会 TROPICS 編集委員長 米田 健

Phone: 099-285-8571
Email: yoneda@agri.kagoshima-u.ac.jp

(2) 評議委員会

評議員:阿部健一, 市川昌広, 伊東 明, 井上 真, 岩熊敏夫, 奥田敏統, 神崎 護, 小林繁男, 酒井章子, 櫻井克年, 鈴木英治, 竹田晋也, 田淵隆一, 藤間 剛, 中静 透, 二宮生夫, 増田美砂, 山倉拓夫, 湯本貴和, 米田 健

(3) 吉良賞選考委員会

委員:増田美砂(選考委員長, 総務幹事), 奥田敏統, 武田博清, 沢田治雄, 山倉拓夫

1-9. 会員動向(過去 5 年の会員動向)

(1) 2005 年 3 月 31 日から 2009 年 3 月 31 日までの会員数の変動

種別	05 年 3 月	06 年 3 月	07 年 3 月	08 年 3 月	09 年 3 月
正会員	407	399	387	377	369
学生会員	61	55	59	63	58
外国人会員	26	28	22	21	20
機関会員	6	11	11	11	10
賛助会員	5	4	4	3	1
合計	505	497	483	475	458

(2) 2008 年度中の会員数変動. ()内は年度中の会員数増減数.

種別	08 年 3 月	退会者	入会者	09 年 3 月
正会員	377	23	15	369(-8)
学生会員	63	12	7	58(-5)
外国人会員	21	1	0	20(-1)
機関会員	11	1	0	10(-1)
賛助会員	3	2	0	1(-2)
合計	475	39	22	458(-17)

1-10. その他

京都大学生態学研究センター, 京都大学霊長類研究所, 京都大学東南アジア研究所, 京都大学地域研究統合情報センター, 琉球大学熱帯生物圏研究センターへ“共同利用・共同研究拠点”として共同利用・共同研究を推進していただく要望書を提出した.

2. 2009 年度事業計画(案)

2-1. 研究会, 研究発表会の開催

(1) 第 19 回年次大会の開催

2009 年 6 月 19 日(金)から 21 日(日)

大阪市立大学 大会会長:山倉拓夫

(2) 公開シンポジウムの開催

「進化の目で見る熱帯:多様性を育むメカニズム」の開催

2009 年 6 月 21 日(日) 大阪市立大学

(3) ワークショップ等の開催, 後援

(i) Association of Tropical Biology and Conservation (ドイツ:2009 年 7 月)後援.

(ii) Association of Tropical Biology and Conservation & Asian Chapter (インドネシア, 2010 年)の後援.

2-2. 定期, 不定期出版物の刊行

(1) TROPICS の発行

(i) 今年度中の出版計画

今年度中に 18 巻, 19 巻の発刊を目指す. TROPICS 18-1, 18-2 の出版を同時平行で進めている. 現在は著者校正が終了し, 印刷所で編集中. 7 月中の発送を予定(5 月 28 日現在). 2009 年大会公開シンポジウム:「進化の目で見る熱帯:多様性を育むメカニズム」の特別号を依頼中.

(ii) 上記以外にこれまでにした仕事

＊JSTAGE での公開作業

Vol. 5 は 2009 年 6 月 25 日に公開予定.

Vol. 4 は 2009 年 6 月 30 日に公開予定.

現在 Vol.3 の書誌情報を作成中.

＊検討課題

・年度と巻を一致させる, 原稿不足, 受理率の低下, 出版経費, 会員外投稿に関わる手続きの整備

・TROPICS はページ数を減らしても年 4 回の発行とする.

(2) ニューズレターの発行

No.75-78 を発行する.

＊検討課題

・ニューズレターは会員とのコミュニケーションを重視する内容とする.

2-3. 第 19 回総会の開催

2009 年 6 月 20 日(土) 大阪市立大学

2-4. 第 20 回評議員会の開催

2009 年 6 月 19 日(金) 大阪市立大学

2-5. 第 19 回編集委員会の開催

2009 年 6 月 19 日(金) 大阪市立大学

2-6. 幹事会の開催

第 61 回:2009 年 4 月 10 日(金) 京都大学大学院アジア・アフリカ地域研究研究科

第 62 回:2009 年 6 月 12 日(金)京都大学大学院アジア・アフリカ地域研究研究科

その後暫時必要に応じて開催する.

2-7. 吉良賞

2009 年度の吉良賞募集は, 2009 年 3 月締め切り, 奨励賞は原則として TROPICS に掲載された論文を対象とした. 吉良賞は該当者なし. 吉良賞奨励賞は, 渡辺名月氏(住友林業株式会社つくば研究所), 田中憲蔵氏(森林総合研究所), 田中壮太氏(高知大学)の 3 名が選考委員会で選考された. それぞれの受賞対象業績は,「ツル性ヤシ科植物ラタンの種多様性と群集構造」(渡辺名月),「マレーシアにおける熱帯雨林樹木の葉の形態と機能に関する生理生態学的研究」(田中憲蔵),「マレーシア・サラワク州における丘陵地農業の土壌生態学的研究」(田中壮太)である.

2010 年度の吉良賞募集は 2009 年 12 月末日を締め切りとし, 奨励賞副賞は 5 万円とする.

2-8. 学会事務局体制

(1) 日本熱帯生態学会監事・編集委員長・幹事

監事	加藤 真	武田 清博
編集委員長	米田 健	
幹事長	小林 繁男	
広報幹事	神崎 護	落合 雪野
編集幹事	信濃 卓郎	鈴木 英治
財務幹事	加藤 剛	
総務幹事	阿部 健一	奥田 敏統
	増田 美砂	柳沢 雅之
庶務幹事	市川 昌広	
会計幹事	竹田 晋也	

＊学会事務局

〒606-8501 京都市左京区下阿達町 46

京都大学大学院アジア・アフリカ地域研究研究科

一般会計			A	B	A-B
		2009年度予算	2008年度予算	2008年度決算	差額
1.収入の部		6,141,744	5,428,478	4,865,849	562,629
(1)会費					
	正会員（8000円 x 369名分）	2,952,000	3,016,000	2,818,000	198,000
	学生会員（6000円×58名）	348,000	378,000	256,000	122,000
	機関会員	64,000	64,000	32,000	32,000
	賛助会員（100000円 x 1）	100,000	300,000	100,000	200,000
	海外会員				
(2)雑収入	雑収入小計	400,000	400,000	389,371	10,629
	（利息）			3,173	△ 3,173
	（別刷・バックナンバー売上）			135,000	△ 135,000
	（年次大会収入）			200,000	△ 200,000
	（特集号出版収入）			0	0
	（寄付）			6,000	△ 6,000
	（その他：学術著作権）			45,198	△ 45,198
(3)前年度繰越金		1,977,744	970,478	970,478	0
(4)特別会計より繰入		300,000	300,000	300,000	0
2.支出の部		6,141,744	5,428,478	4,865,849	562,629
(1)運営費					
	業務委託費	460,000	460,000	393,233	66,767
	印刷費	1,000	1,000	0	1,000
	消耗品費	25,000	25,000	2,782	22,218
	通信運搬費	100,000	100,000	70,220	29,780
	会合費	5,000	5,000	938	4,062
	旅費	100,000	100,000	105,540	△ 5,540
	賃金	10,000	10,000	0	10,000
(2)事業費					
	年次大会	200,000	200,000	200,000	0
	会員名簿	0	200,000	0	200,000
	ワークショップ	200,000	200,000	0	200,000
(3)出版費					
	印刷費	3,850,000	3,200,000	1,810,463	1,389,537
	編集費	350,000	300,000	44,858	255,142
	通信費	600,000	450,000	244,201	205,799
(4)雑費		50,000	50,000	15,870	34,130
(5)役員選挙費用		50,000	0	0	0
(6)予備費		140,744	127,478	0	127,478
(7)次年度繰越金		0	0	1,977,744	△ 1,977,744
特別会計					
		2009年度予算	2008年度予算	2008年度決算	
1.収入の部		3,451,757	4,191,949	4,197,757	△ 5,808
(1)前年度繰越金		3,447,757	4,188,949	4,188,949	0
(2)利息収入		4,000	3,000	8,808	△ 5,808
2.支出の部		3,451,757	4,191,949	4,197,757	△ 5,808
(1)吉良賞副賞		600,000	600,000	150,000	450,000
(2)一般会計繰入		300,000	300,000	300,000	0
(3)特別事業		0	300,000	300,000	0
(3)次年度繰越金		2,551,757	2,991,949	3,447,757	△ 455,808

生態環境論講座(気付)
Phone: 075-753-7832
Fax: 075-753-7834
Email: jasteadm@asafas.kyoto-u.ac.jp
＊編集委員会(投稿原稿の送付先)
〒890－0065 鹿児島市郡元 1－21－24
鹿児島大学農学部生物環境学科
日本熱帯生態学会 TROPICS 編集委員長 米田 健
Phone: 099-285-8571
Email: yoneda@agri.kagoshima-u.ac.jp

(2) 評議委員会
評議員:阿部健一, 市川昌広, 伊東 明, 井上 真, 岩熊敏夫, 奥田敏統, 神崎 護, 小林繁男, 酒井章子, 櫻井克年, 鈴木英治, 竹田晋也, 田淵隆一, 藤間 剛, 中静 透, 二宮生夫, 増田美砂, 山倉拓夫, 湯本貴和, 米田 健

(3) 吉良賞選考委員会
委員:増田美砂(選考委員長, 総務幹事), 奥田敏統, 武田博清, 沢田治雄, 山倉拓夫

2-9. 会長, 評議員の選挙
2010 年 2 月

2-10. その他
なし

3. 2008 年度会計報告(案)
17 ページ表参照

4. 2009 年度予算(案)
17 ページ表参照

5. 第 20 回日本熱帯生態学会年次大会開催予定
＊場所:広島大学
＊日程:2010 年 6 月 18 日～20 日
＊大会会長:奥田敏統

6. その他
なし

ニューズレターの新しい編集方針について

本誌の編集方針について, 第19回編集委員会で議論を行いました. その結果を受けて, 会員間のコミュニケーションをより充実させることを目標に, 次号 77 号から掲載記事の多様化, 紙面デザインの変更などを進めていくことになりました. 会員のみなさまからの情報提供, 投稿, アイデアをお待ちしております. ご連絡には下欄の e-mail をご利用ください.

編集後記

鹿児島県に転勤して以来, 毎日の生活を通じてさまざまな食文化体験をしてきた. 中でもインパクトの強い食べ物がカメノテである. カメノテはその名の通り, ウミガメの手首から先のような形と質感をしている. 塩ゆでにして, 指のつけ根を折って, 白い軟骨状の中身を食べる. 居酒屋の店員は, フジツボの仲間で海岸の岩にくっついていると説明するが, その外見からはどうみてもフジツボとは思えない. スーパーマーケットの魚介売り場でパック詰めにされていても, どことなくミステリアスな存在であった. ところが, 長年の疑問を一気に解消してくれる本が出版された. 倉谷うらら著『フジツボ—魅惑の足まねき』(岩波科学ライブラリー, 2009)である. 分類や生態に関する基本的な説明だけでなく, ダーウィンとのかかわり, 文化史からパラパラ漫画, ペーパークラフトまで掲載している. フジツボ愛に満ちた著者の手まねきのおかげで, カメノテだけでなくフジツボ全部にはまりそうである. (落合雪野)

このニューズレターのバックナンバーは, http://wwwsoc.nii.ac.jp/jaste/Index.html からダウンロードできます.
ニューズレターへの投稿は, 編集事務局神崎(mkanzaki@kais.kyoto-u.ac.jp)・落合(yukino@kaum.kagoshima-u.ac.jp)へ

日本熱帯生態学会事務局
〒606-8501 京都市左京区吉田下阿達町46
京都大学大学院アジア・アフリカ地域研究研究科
生態環境論講座気付
The Japan Society of Tropical Ecology
c/o Department of Southeast Asian Area Studies,
Graduate School of Asian and African Studies,
Kyoto University, 46 Yoshida Shimoadachi-cho,
Sakyo-ku, Kyoto 606-8501, Japan
Phone: 075-753-7832, Fax:075-753-7834
E-mail: jasteadm@asafas.kyoto-u.ac.jp

日本熱帯生態学会ニューズレター 76

編集 日本熱帯生態学会編集委員会
NL担当: 神崎 護 (京都大学農学研究科)
落合雪野(鹿児島大学総合研究博物館)
林 里英 (編集スタッフ)
NL編集事務局
〒606-8502 京都市左京区北白川追分町
京都大学農学研究科森林科学 熱帯林環境学分野
電話075-753-6376, ファックス075-753-6372
発行日 2009年8月30日
印刷 土倉事務所 電話075-451-4844