

カリマンタンの *Imperata cylindrica* 草原

清野 嘉之

1. はじめに

木と草がともに育つのであれば背の高くなる木の方が勝つ。草原が森林に遷移しないのは、雨が降らないとか気温が低過ぎるとか、木にとって自然環境が厳しい場合や、あるいは自然環境は厳しくないけれども火事や家畜の影響が大きく、木の背が高くなれないというような作用が働くからである。以前、本誌（新シリーズ 29号 1994）で、焼畑を繰り返しても森林は草原にならないというカリマンタンの事例を紹介し、草原は別の理由で成立していると述べた。その後、いくつかの観察事例をもとに、カリマンタンの代表的草原である *Imperata cylindrica*（チガヤ）草原の成立過程を考察したので、簡単に紹介したい。

また、地球温暖化問題に関連して、草原の炭素貯留能力が注目されている。草原は森林と異なり、植物体中の炭素量は少ないが、光合成活動はしばしば森林に劣らないほど盛んであり、植物が固定した炭素が土壌に貯まっている。World Resources Institute（2001）は、草原（低木をふくむ）は陸地（グリーンランドと南極をのぞく）のおよそ40%を占め、陸地生態系の炭素の34%が草地にあると推定している。しかし、炭素が土壌に貯まるメカニズムには植物体の種類や土壌の種類、条件、土地利用など関係する因子が多く、実際の草原の炭素貯留能力はさまざまであるらしい。推定精度を向上させるには、条件の異なる草原の事例を集める必要があるが、既存のデータは少ない。ここではインドネシアの *I. cylindrica* 草原の物質生産を紹介する。

なお、本稿は Kiyono & Hastaniah（1997）をもとにしたものであり、詳しくは原著をご覧ください。

2. *I. cylindrica* 草原の成立過程

I. cylindrica はイネ科の多年草で、アジア、アフリカ熱帯を中心に、アジア、アフリカ、南米、南ヨーロッパ、オーストラリアの暖帯に分布する。Eussen (1980) は5変種を報告し、アジアには1変種 (var. *major*) があるという。しかし、アジアの変種も形態的、生態的な違いでいくつかのタイプに分けられている (Santiago 1974; Cheng & Chou 1997)。カリマンタンには2つの生態型が見られ、ともに低地から標高 1,000 m 以上の山地まで分布する。A タイプは日当たりの良い場所でヘクタール規模の密な群落をつくる。B タイプはやや大柄で、林縁に小群生をつくる。両者は形態だけでなく花芽分化の引き金も異なり、B タイプは雨が少ないと花が咲くが、A タイプは火事や草刈りなどで地上部が失われてはじめて花が咲く。A タイプは人為の作用がなければ、なかなか花を咲かせられないであろう。

カリマンタンの幹線道路ぞいには自然林や植林、草原、農地などさまざまな植生が見られる。草原はおもに A タイプの *I. cylindrica* 草原である (蛇足ながら、ついで広いのは湿地の草原で、湿地に侵入できない *I. cylindrica* に代わって *Scleria purpurascens* などが優占する)。カリマンタンに車道が開かれたのは、一部の先進地域は別として、1960 年代の末からで、はじめは商業伐採のための道が多かった。道沿いに住んだ農民が枝道をつくり、彼らの手によって択伐跡林は徐々に二次林や草原に変わった。

このような草原に対して「焼畑耕作の繰り返しが森林を草原に変えた」という説明をしばしば耳にする。はたしてそうだろうか。確かに Hopkins (1965) は西アフリカの気候的極相植生と、それに対応して野火の影響で成立した植生を比較して、「熱帯多雨林を開発し火入れを繰り返すと、サバンナ林に見られるような耐火性樹種の侵入が地理的・気候的に不可能なため、樹木の存在しない草原サバンナが成立する」と言っている。しかし、カリマンタンの熱帯多雨林には耐火性樹種 (pyrophyte) が存在し (Kiyono & Hastaniah 1996)、焼畑耕作を繰り返しても木本植物は失われない。草は局所的には生えても、いずれは成長した木本に被圧されてしまう。

東カリマンタン州のサマリンドとバリクパパンを結ぶ車道沿いには *I. cylindrica* 草原が大小さまざまなブロックに分かれて存在している。地形的には台地か緩斜面のところが多い。21 ヶ所で草原の土地利用者にインタビューした。農民の多くはスラウェシ島からきたブギス人や、ジャワ島からきたジャ

ワ人、南カリマンタンから北上したバンジャル人である。入植時期は1970年代が多く、大半の者が森林を開いて陸稲を作り、それから永年作物を作った。草原の土地利用の履歴をたずねたところ、すべての土地で胡椒や果樹などの畑が少なくとも一度は作られていた。3ヶ所はまだ一部が畑に使われており、18ヶ所では畑は放棄されていた。放棄の理由は果樹畑では火事の際の類焼(14ヶ所)、胡椒畑では生産者価格の下落(10ヶ所)であった。果樹畑は防火が難しい。類焼は1982～1983年の火災のときが多かった。胡椒畑は防火しやすく類焼はまぬがれたが、1980年代末になって生産者価格が急落した。物価は時期によって異なるので、東カリマンタン州の消費者物価指数(9 bakok, 家計消費財9品目)との比率を目安にすると(図1)、胡椒価格は1980年には消費者物価指数の42倍、1987年でも20倍近くあったが、1989年には2.7倍に下落し、低迷する。

この結果、1987年までに10ヶ所あった胡椒畑は1991年までに全て放棄され

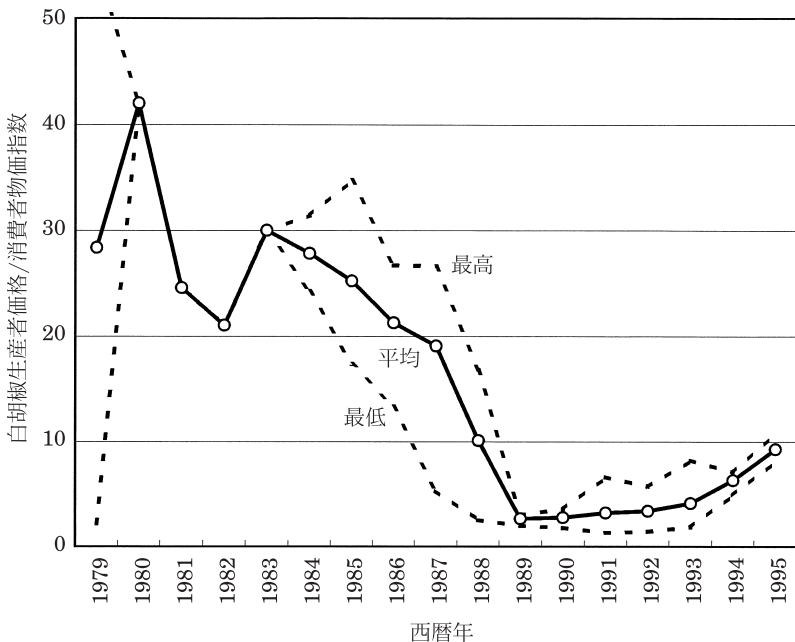


図1 白胡椒の生産者価格*

* 消費者物価指数(9 bakok, 家計消費財9品目)で割った値。白胡椒生産者価格は生産者20人へのインタビューによる。

た。草原はいつ成立したのだろうか。インタビューを受けた農民のうち3人は草原になったあとに入植したので以前を知らなかったが、他の18ヶ所のうち4ヶ所では胡椒畑の放棄後に、12ヶ所では畑の類焼放棄後に草原は成立した。いずれも、もともと畑に草がなかったのではなく、除草をやめたので畑跡が草ぼうぼうになったということである。1ヶ所では鋤で畑を耕したところ、草原ができた。耕起は安上がりな除草方法で多くの農民が行う。除草剤は高価であり、除草剤を使わない人は鋤をふるう。草がまだ少ないうちは草の濃いところだけを鋤で掘り返すが、増えてからは土地を全面的に耕起して除草する。しかし、耕起跡にはしばしばピュアな *I. cylindrica* 草原が成立する。除草のための耕起が草を増やし、除草をさらにやっかいなものにするという悪循環がある。18ヶ所のうちただ1ヶ所で、焼畑耕作を繰り返すうちに *I. cylindrica* が増えた。

このように、*I. cylindrica* 草原の主要な成立理由は畑の放棄である。「焼畑耕作の繰り返しが草原をつくる」例もあるにはあったけれども、大部分はそうではなく、草原の成因は一般に信じられている通りではなかった。同様のインタビューを、対象地域を南北に広げて行ったが、結果はほとんど同じであった。2回のインタビューで明らかにした合計25ヶ所の、森林から草原が成立するまで営農期間は1~20年、平均10.1±5.5年であった。

3. *I. cylindrica* 草原の植物相と遷移

I. cylindrica 草原にはときどき火が入るため、草原で見られる植物は耐火性の強いもの (pyrophyte) か、前回の火事の後に発生した若いもののどちらかである。鳥・動物散布種や風散布種が多い。熱帯多雨林の樹木にも耐火性の著しく高い種があり (火事に遭っても81~100%が生存する。ただし、伐採後火入れした場合を含む)、そうした樹種で、ある程度大きく育ったものは草原の火では枯れない。また、草原には大きな木ばかりでなく、草に埋もれるようにして、耐火性の高い樹種の萌芽株が存在する (正確にその個体数密度を測ったわけではないが、火が止まれば成林できる程度に耐火性種の萌芽株が存在する草原がかなりある。東カリマンタン州の *I. cylindrica* 草原の1割はそうであると思う)。

10m×500mの調査ベルトを草原に2つ設け、5×20mの小区に分けて出現する植物種をしらべたところ、合計1ha中に107種の植物が見られた。出現頻度の高い22種に高木種が4種含まれ、3種は耐火性、1種は火に感受性であった。耐火性樹種が出現する小区は全体の半数を超えており、火が止まればこの

草原は耐火性樹種が優占する疎林に遷移していくであろう。古い文献 (Danhof 1940) に、チガヤ草原を防火して耐火性樹種 (*Schima bancana*) の防火林帯を自然成立させる南スマトラの話が書かれている。そのようなことが起こるであろう。

耐火性樹種を欠く草原が森林に遷移する可能性は低い、ないこともない。1997~1998年の長い旱魃のあと、一部の *I. cylindrica* 草原で木本の実生が大量に発生し、草原が森林に遷移する例が見られた (Kiyono & Hastaniah 1998)。発生した木本は *Macaranga tanarius* や *Acacia mangium* が特に多かった。*A. mangium* は植栽木からの逸出である。

4. *I. cylindrica* 草原の物質生産

東カリマンタン州の草原 8ヶ所で、ほぼ毎月一度のサンプリングを 1年行い、月ごとのバイオマスの増加量と枯死量から *I. cylindrica* 草原の純生産量 (NPP) などを計算した。ただし、根系 (地下茎を含む) の枯死速度は枯死体の現存量と分解速度を別に調べて推定した。バイオマスの主な動きの模式図を図 2 に示す。

熱帯多雨気候下の *I. cylindrica* 草原には森林に負けない炭素固定能力がある。NPP は場所によって 16.7~29.0 t/ha・y のばらつきがあるが、平均は 22.5 ± 4.8 t/ha・y で、同じ熱帯多雨気候下のカリマンタン島 Mencimai の二次林の 25.8 t/ha・y や、マレーシア半島 Pasoh の成熟林の 26.9 t/ha・y (Kira 1978) と遜色がない。*I. cylindrica* 草原の NPP と同様の手法で推定されたタイ Klong Hoi Khong の湿潤サバンナの *Eulalia trispicata* 草原の NPP は 5.80 t/ha・y、ケニヤ Nairobi のサバンナ *Themeda triandra* 草原の NPP は 4.17 t/ha・y (ORNL DAAC 2001) で、カリマンタンの *I. cylindrica* 草原の NPP はかなり大きい。内嶋ら (1994) が気候学的に推定したインドネシア島嶼域の自然植生の潜在的 NPP は、平均気候下の場合、地域によって 8.1~30.8 t/ha・y のばらつきはあるが、平均 26.6 ± 2.58 t/ha・y である。上記のマレーシア半島の成熟林とカリマンタンの二次林、および *I. cylindrica* 草原はいずれもこの地域の NPP の潜在力をほぼ発揮している。

I. cylindrica 草原の平均バイオマスは地上部が 3.00 t/ha、地下部が 4.54 t/ha である。この値は 12ヶ月の平均であり、中には火事の直後で地上部が失われている時期もあるので、火事から長く経った草原のバイオマスはもう少し大きい、いずれにしても NPP に比べ、かなり少ない。NPP に見あった大量の枯れ

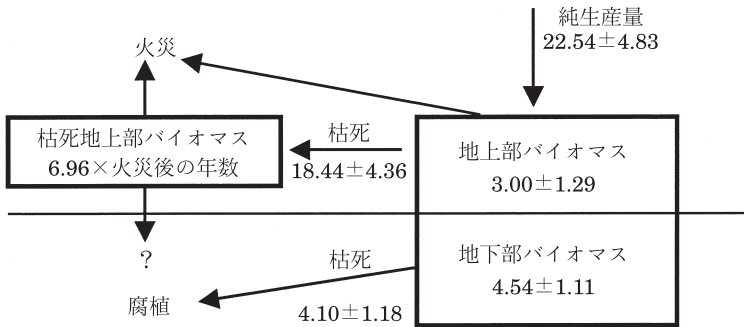


図 2 *Imperata cylindrica* 草原のバイオマスの主な動きを示す模式図
(値は 8 ヶ所の平均。単位は t/ha・y)

草が生産されているということである。地下では年に 4.10 t/ha が地下茎と根系から土壤に供給される。地上部は年に 18.44 t/ha が枯れ草になる。ただし、*I. cylindrica* の場合、枯れた地上部が普通の植物のようには土壤に供給されない。空中にとどまって枯れ草の層をつくり、地面に直接触れることが少ないからである。枯れ草の層は火事から 5~10 ヶ月ほどたった頃には、上から見て地面が見えないほどに分厚くなる（枯れ草の層の下には高さ 25 cm ほどの空間があいており、この隙間は火事のときにはベンチレーターの役割をしていると思われる）。時間のたった枯れ草はできたばかりの枯れ草より軽く、分解は進んでいるが、火事後 7~20 ヶ月目の調査によると総重量は火事後の時間にはほぼ正比例して増える。火事から 1 年後には地上バイオマスの 2 倍以上の重さの枯れ草が存在する。枯れ草の分解物がどれだけ土壤に供給されているのか分からない。火事になれば枯れ草と地上バイオマスは燃焼する。枯れた地上部が長く空中に留まること、それが火事によって容易に失われることが *I. cylindrica* 草原の物質の流れの特徴である。

5. *I. cylindrica* 草原の価値について

バリクパパンとサマリングを結ぶ車道沿いの土地は 1982-1983 年の山火事以降、草原が増え、農業に利用できる森林が少なくなってきた。1990 年代に入ってから、焼畑を作る姿がめったに見られない。たまに見かけるのは、断片化した小面積の二次林をねらい潰すような焼畑である。陸稲を作るある農民に聞いた話では、焼畑を作るには一次林の山火事跡に成立した二次林が最も良いそうである。一次林や択伐跡林は大きな木を切る手間がかかる。大きな倒木

は焼け残るので畑に使える土地が減る。焼畑跡に成立した二次林を開いた畑では、収量は変わらないが、畑に雑草が多く、除草の手間がかかる。*I. cylindrica* 草原の畑では、山火事跡の二次林を開いた場合の6割程度の収量しか得られない。そこで農民は林を求め、得られなければ草原を選ぶ。この場合、草原を鋸で耕したり、除草剤を使うなど生産コストが増える。草原は焼畑農民にとって価値が低い。

この価値観は普遍的であろうと思っていたのだが、その後、パプア・ニューギニアの中央山地帯で違う認識もあることを知った。マウント・ハーゲン郊外のある村（標高約1,500 m）では、サツマイモは二次林を開いた畑でも*I. cylindrica* 草原でも収量に差がなく、除草は*I. cylindrica* 草原の方が楽なので、草原が好まれる。ニューギニアの山地帯にはサツマイモが主食の村が多い。畑は家の周囲に作られ、休閒をはさみながら土地が循環利用される。除草がいい加減であると、休閒期間中に林に戻ってしまい、次に畑に使うときに木を伐る手間がかかる。除草は女の仕事であり、除草をきちんとやれば草原が維持され、休閒地は価値の高い土地となるが、林に戻ってしまうと「あそこの嫁は…」と言われることになるそうだ（*I. cylindrica* が屋根葺きに使われる有用植物であることも、草原の価値に貢献しているであろう。ニューギニアの山地には大草原が多いが*I. cylindrica* のものばかりではない。サツマイモに向かないメガルカヤ属など他のイネ科草原もある）。同じ山地帯でもヤマモモが主食の村では、森林を開いた焼畑の方が草原を開いた場合よりヤマモモの収量が多く、森林に戻るのが良い休閒地である。草原はサツマイモを食べる人々にとって価値が高い。

なお、ニューギニアの山地帯には約9,000年前の農業の跡がある。サツマイモの導入はコロンブス以後と信じられており（異論もあるが）、収量が多く、やせ地や冷涼気候に耐えるサツマイモの導入が山地帯の開発と人口増加をもたらしたと言われている。サツマイモの農業は森林からサツマイモ畑（草原）への転換を促したであろう。それが今日の大草原の出発点になったのではなかろうか（その後、人口増による火元の増加が草原の拡大を助けたであろう）。

〔参考文献〕 1) Danhof, G. N. (1940) Bijdrage tot oplossing van het alang-alangvraagstuk in de Lampongsche Districten. Tectona 33 : 197-225. 2) Eussen, J. H. H. (1980) Biological and ecological aspects of alang-alang (*Imperata cylindrica*). BIOTROP Special Publication 5 : 15-22. 3) Hopkins, B. (1965) Forest and savanna, Heinemann (小川房人 熱帯の生態 I—森林— 生態学講座 30, 共立出版による)

- 4) Kira, T. (1978) Primary productivity of Pasoh Forest - a synthesis. Malay Nat. J. 30 : 291-297. 5) Kiyono, Y. & Hastaniah (1996) Forest conversion and the role of slash-and-burn agriculture in lowland Kalimantan. Borneo Research Bulletin 27 : 70-76. 6) Kiyono, Y. & Hastaniah (1997) Slash-and-burn agriculture and succeeding vegetation in East Kalimantan. PUSREHUT Special Publication 6. PUSREHUT. 177 pp. 7) Kiyono, Y. & Hastaniah (1999) A process of forest degradation under slash-and-burn agriculture in East Kalimantan, Indonesia. PUSREHUT Special Publication 8 : 595-598. Mulawarman Univ. & JICA. 8) ORNL DAAC (2001) www.eosdis.ornl.gov/NPP/npp_home.html 9) Santiago, A. (1974) Morphological and experimental studies on Imperata species. Thesis. Univ. Singapore. 209 pp. 10) 内嶋善兵衛, 太田俊二, 大淵靖之, 大島康行 (1994) インドネシア島嶼域の自然植生による炭素吸収量の気候学的評価. カーボン・シンク・プロジェクト推進調査事業 (平成5年度調査事業報告書) : 18-55. 国際緑化推進センター. 20) World Resources Institute (2001) http://www.wri.org/wr2000/grasslands_carbon.html

お詫びと訂正

本誌 No 51 号 (2001) に誤りがありましたので, お詫びと共に訂正いたします。

中野達夫氏ほかによる「材質面から見たアカシアマンガウムの施業についての一つの提案」の中の 12 頁上から 3~5 行の文章で下線部分が欠落していましたので, 補ってください。

記

30 年生の材は 13 年生の材に比べ, 縦圧縮強さ及び板目硬さがそれぞれ 1 ランク向上するほか, 耐朽性が中庸から大に, また肌目は中庸から緻密になり, 単板切削性は悪いから普通になった。