

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 5 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2008～2011

課題番号：20255011

研究課題名(和文) インドミゾラム州における竹類の大面積一斉開花枯死が地域の生態系と焼畑に及ぼす影響

研究課題名(英文) Influence of the gregarious flowering and death of bamboo to ecosystem and shifting cultivation agriculture in Mizoram, India

研究代表者

柴田 昌三 (SHIBATA SHOZO)

京都大学・フィールド科学教育研究センター・教授

研究者番号：50211959

研究成果の概要(和文)：

インド、ミゾラム州で、竹(*Melocanna baccifera*)が大面積一斉開花枯死した地域において、開花後の当該種の回復過程を、植生の変化、群落内のクローン構造の変化を追跡する他、開花範囲の広域レベルでの把握、焼畑農業の生産と開花のタイミングとの関係の検討、ネズミ個体群の変化を調査した。その結果、自生地域の開花が数年にわたって波状に起こっていること、焼畑農業の実施がこの種の回復にプラスに利いていること、ネズミ個体群の変動は数年で収束すること、等が明らかになった。

研究成果の概要(英文)：

In the area the bamboo (*Melocanna baccifera*) flowered gregariously and died in Mizoram, India, recovery process was monitored by the research of vegetation surveys and the DNA analysis. In addition, trials of extraction of the flowering area in a broad scale, a discussion of the relationship between productivity of shifting cultivation agriculture and flowering timing, the change of rodent population, were done. Through the broad area research using satellite images the flowering of this species occurred in waves for several years in its distributing area. The practice of shifting cultivation agriculture influences good results for the recovery of this species in many cases. The change of rodent population converged in a few years after flowering.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	14,300,000	4,290,000	18,590,000
2009年度	6,900,000	2,070,000	8,970,000
2010年度	6,900,000	2,070,000	8,970,000
2011年度	7,100,000	2,130,000	9,230,000
年度			
総計	35,200,000	10,560,000	45,760,000

研究分野：森林育成学

科研費の分科・細目：農学・森林科学

キーワード：竹類、一斉開花枯死、DNA分析、ネズミ、衛星データ

1. 研究開始当初の背景

本研究は、これに先立つ科研費研究における最終前年度申請によって継続された研究

である。調査対象とした竹種である *M. baccifera* は調査対象地域では2006年末から2007年に一斉開花枯死しており、開花後ど

のような植生回復過程を経るのか、の追跡は重要な課題であった。過去の竹類の開花に関する植物学的、生理学的、生態学的研究のほとんどが開花の確認後に行われていたことを考えると、開花前からの追跡調査が可能になったことは世界で初めての事例であり、これまで得られなかった様々な知見が得られることが予想できる本研究は、竹の長い開花周期を考えると、逃すことのできない機会であるという点で重要であった。また、これに先立つ調査地での研究では回復過程の初期しか把握できなかったため、その継続的な追跡調査は、竹類開花の全過程を理解する上で、必要不可欠であった。開花・結実を迎えた調査地では、大量の実生が発現しており、順調な植生の回復が期待されていた。これまでの研究においては、開花前の竹林の通常時のフェノロジーの把握、前回開花時からの回復の結果形成された親個体群のクローンマップの作成、ネズミの個体群の状態把握、などが行われていたが、開花によって新たなクローンマップが劇的に経時変化する可能性が考えられた。具体的には、調査地で発現している 1ha あたり 10 万本を超えると試算される異なる遺伝子を持つ実生群落、最終的にどの程度の遺伝子多様性を持つ群落に変遷して行くのかを推定することは、開花後の竹群落の変化を知る上で重要であり、かつ、世界で最初の試みであった。

一方、この開花現象が数千 km² という広域にわたって起こったことは明らかであったが、その実態は十分に把握しきれていなかった。そのため、対象種の広大な分布域において、開花がどのように起こり、開花前から開花後数年の間に、どのような植生の変化が起こったのかを把握することも重要であった。本種の群落回復は数年でほぼ終了すると予想されたが、その間の変化の様子を広域の視点から追跡することは、焼畑農業における本種の位置づけを考える上でも欠くことのできないものであった。

調査対象地における焼畑地は、焼畑を行うことによって対象種が優占する群落の形成を促進してきた。焼畑はその位置をシフトさせながら様々な場所で行われているが、現地では十年程度の休閑期を繰り返している。また、対象種が自生する焼畑地では、竹林植生における収量が多くなることが経験則として認識されている。その中で、今回の開花が休閑期間のどの時期に起こったかによって、対象種の回復状況が異なることは容易に想像できた。焼畑のタイミングによっては十分な対象種の回復が認められない焼畑地の出現が予想されたことから、開花後の回復状況を休閑後年数に応じて把握することは、調査対象地域の農業生産量の変化を推定する上でも重要と考えられた。また同時に、開花年

に焼畑地における収量に大きな影響を与えるとされるネズミ個体数の激増も焼畑地における農業を考える上で重要であり、開花後のネズミ個体群の変動に関する情報収集も重要であると考えられた。

2. 研究の目的

竹林の開花後の回復過程に関する生態的調査と竹林内部におけるクローン構造の変化の追跡をこれに先立つ科研究における調査研究の継続として行う。植生の回復過程では、総観的にはある程度の回復が見込めると予想されるが、研究期間中に生態的に成熟・安定した状態と判断できる状態に至るかどうかを判断することも目的の一つとした。さらに、群落のクローン構造が開花前と比べてどの程度まで安定した状況に推移するのかの追跡も目的とした。

広域の開花状況の把握に関しては、衛星画像を利用してその推移を追跡し、自生域全体における開花状況とその推移を把握する。

焼畑農業に対する開花の影響に関しては、研究期間中に開花の影響がほぼ解消されると考えられることから、休閑後年数と開花のタイミングの関係が、焼畑地の収量にどのような影響を与えるか、対象種の回復に火入れがどのように影響するか、を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 開花後の竹林の回復過程の把握と開花後竹林のクローン構造の推移の把握

調査は本科学研究に先行して生態的調査を行っていた、インド、ミゾラム州サイランの調査地で継続して行った。本調査地に関しては竹林所有者であるミゾラム州工業省との間に覚え書きが交わされており、継続的な調査が可能な状況を確認した。この研究テーマは、「開花後竹林の生態的変遷の把握」と「開花後竹林のクローン構造の推移の把握」という2つのサブテーマからなる。

前者に関しては2006年末から2007年にかけての開花に伴い、2007年雨期に大量に発生した実生個体群が竹林植生として成熟していく過程を追跡する。

後者に関しては、先行する研究で得られた開花前の調査地内の全個体のクローンマップや、開花直後の結実種子の一部に行われたマーキングなどによって得られている、親世代の状況及び開花・結実過程における情報に続いて、次世代の竹林植生の形成において、供給された遺伝子がどのような挙動を経て安定した竹林に変化していくのか、をクローンマップの年変化を通じて把握しようとするものである。

以上の研究を行うために、毎年秋季に現地調査を行い、全個体調査と全個体からの葉の

サンプリングを行った。サンプリングした葉は持ち帰って DNA 解析に供した。

(2) 広域的に見た開花状況の把握

調査対象種である *Melocanna baccifera* は北東インド及びバングラデシュ東部からミャンマー西部にかけて自生する竹種であるが、ミゾラム州は分布域の北部に位置する。本種の開花は当初、2006～2007年に集中して起こると予想されたが、本調査の実施地においてはその予想は当たったものの、ミゾラム州における分布域の東縁に近いと思われる地域では前年に大面積に開花していることが確認された。また西部においては未開花個体群も確認された。これらのことから、本種の大面積一斉開花には地域的なズレが生じている可能性が示唆された。そのため、本種の自生地について開花状況を広範に把握し、本種の開花特性を把握する必要性が生じた。本種の自生地は少なくとも数千 km²にわたると考えられることから、各年の同時期における衛星画像を入手し、植生群落の活力度の比較によって開花地を推定することとした。

実際には、MODIS 画像による広域の解析と IKONOS 画像を用いた詳細な解析によって調査を行った。MODIS 画像に関しては、2005 年から 2008 年のそれぞれ 1 月に撮影された画像を北東インドからミャンマー西部にかけての約 20 万 km²の地域について入手し、NDVI 値を求めた上で、前年撮影画像から極端に値が減少している地点を開花地とみなして解析を行った。これらの中には焼畑の実施による値の低下が起こっている場合も考えられたが、その割合はわずかであると判断した。また、ミゾラム州内に関しては IKONOS 画像データを用いた同様の解析を行い、さらにグランドトゥルースを行うことによって、その精度を確認した。その結果、MODIS 画像によって開花地とみなされたところはすべて実際に開花していることが確認できた。

(3) 対象種の開花が焼畑農業に与える影響の検討

本テーマに関しては、「竹類の開花が焼畑地に及ぼす影響把握と農作物の収量の変化の把握」及び「竹類の開花がネズミ個体群に及ぼす影響の把握」という 2 つのサブテーマからなる。

開花が起こらない通常の時期における焼畑耕作地における本種の回復過程に関しては、先行して行った調査によってすでに情報が得られている。しかし、開花によっていったん枯死した竹植生が回復していく過程で焼畑実施のタイミングなどから十分な実生更新が行われない可能性が想定され、そのような焼畑地では竹の回復はどのようになるのか、あるいはその場所での収量はどのように変化

するのか、を把握しようとするのが、前者の調査の内容である。これに関しては以前から焼畑地調査を行っている、ミゾラム州マミット地域における聞き取り調査及び現存量調査によって情報の把握に努める。実際には、対象種が開花した翌年、あるいはその一年後、二年後、三年後に焼畑を目的とした火入れが行われた場所において、その収量に関する聞き取り調査を行った。また、調査対象地では農耕は火入れ後一年で終わり、休閑期に入るが、開花前に火入れが行われた場所も含めて、休閑地における植生回復の状況を調査した。後者に関しては、今回の開花によってネズミの個体数の増加が予想されていることから、竹類の開花がネズミの個体数に及ぼす影響が何年程度続くのか、また、焼畑耕作物にどのような影響を与えるのかを把握することを目的として、前者についてはサイランで、後者についてはマミットで、それぞれ毎年秋季にトラップを仕掛けて捕獲数を追跡することによって実施した。

4. 研究成果

(1) 開花後の竹林の回復過程の把握と開花後竹林のクローン構造の推移の把握

サイランの調査地においては、開花結実年である 2007 年調査時には、高密度の実生群落を確認された。しかし、本科研による調査が開始された 2008 年には、実生の多くが旺盛に繁茂した蔓植物によって被圧され、生残する実生個体数は極端に減少した。その後、生残した実生個体は毎年新たな稈を出し、徐々に被圧する蔓植物群落の上に稈を出すようになった。調査最終年には、稈本数は ha あたり数千本程度になり、今後、蔓植物の被圧を受けない稈が増加し、竹林植生が再生されると予測できる状態となっている。調査当初には、調査期間中に竹林植生が回復することが予想されたが、自然状態で維持されたサイランプロットでは、想定しなかった蔓植物による被圧という現象が起こり、このような条件下では想定以上に植生の回復に時間を要することが判明した。一方後述のように、焼畑のタイミングが実生回復にプラスに作用したと考えられる場合も確認できた。

サイランプロットにおけるクローンマップに関しては、毎回大量の葉のサンプリングを行ったが、現在のところその DNA 解析は完了していない。調査期間中の 4 年間のクローンマップ及び各実生の親子関係等に関する考察は今後鋭意行っていく所存である。

一方、1960 年前後の前回開花時に得られた種子から維持されていた台湾と日本における個体群の 48 年目の開花が確認できたことから、本種の種としての開花周期が 48 年であることが改めて確認できたことも、大きな成果として挙げるができる。

(2) 広域的に見た開花状況の把握

衛星画像の解析の結果、本竹種の自生地においては、大きく4年にわたって自生地はどこかである程度まとまった一斉開花が起こり、竹群落が枯死していることが明らかになった。一方、前項で述べたサイラン調査地では、一つの群落でも本格的に開花した2006～2007年以外に、2005～2006年に開花する稈や2007～2008年に開花する稈が存在し、それらは同一クローン関係にはないことが確認された。以上のことを考えると、自生地全体においては、少なくとも7年程度はどこかで開花結実が起こっていることが推定された。過去において、本種の開花結実年の報告にばらつきが認められた原因が明らかにできた点は非常に重要である。

さらに、ミゾラム州内で広域の地上から観察を行った結果、今回あるいは前回開花時にも開花しなかった群落が存在しており、それらの群落は地域の住民にマオハクと呼ばれて、重要な資源とみなされていることが判明した。48年周期で多数が開花しているにもかかわらず、このような開花しない群落の存在が確認できたことは、竹の長周期の開花を持つようになった生理的、生態的特性及び進化的考察を加える上で、示唆に富むものであり、今後のさらなる調査研究の必要性が示唆された。

(3) 対象種の開花が焼畑農業に与える影響の検討

調査の結果、開花結実当年、あるいはその一年後、二年後に火入れされ、耕作が行われた場所では、竹の回復は非常に抑制された。その結果、休閑期に入っても竹の実生はわずかに存在するだけであり、竹植生の回復には長年月を要する可能性が示唆された。一方、休閑期が5年を経た場所では、研究最終年には、バイオマスは十分ではないものの純竹林植生が回復している事例が確認された。このことは、本竹種が焼畑農業に依存することによって優占植生を形成してきた種であることを示唆するものであると考えられる。

開花によって竹林植生が失われる前後に火入れをし、焼畑農業が行われた場所では、農作による収量も減少した。また、その結果、農民はかつての竹林における火入れを断念して樹林地に焼畑地を求めたり、1～2年間焼畑農業を断念したりする例が確認された。

以上のことから、各群落では48年周期で正確に開花する本竹種からなる群落においては、開花予想年の前年から数年間は火入れを自粛し、開花後竹林植生が十分に回復した後に、焼畑農業を再開することが得策であることが示唆された。

以上のほか、現在の社会的風潮を反映して、

焼畑農業そのものを行わなくなる農民も数多く確認できたことは別の意味で重要な情報である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計13件)

- ① 陶山佳久・齋藤智之・西脇亜也・蒔田明史・柴田昌三 (2010) 48年周期で一斉開花したタケ (*Melocanna baccifera*) 群落のジェネット構造と親子解析, 第121回日本森林学会大会講演要旨集, 116 (査読なし)
- ② 柴田昌三 (2010) タケ類 (*Melocanna baccifera* (Roxburgh) Kurz ex Skeels) の開花—その記録と48年の周期性に関する考察—, 日本生態学会誌, 60, 51-62 (査読有り)
- ③ 陶山佳久・鈴木準一郎・蒔田明史 (2010) タケ・ササ類の一斉開花に関する考察, 日本生態学会誌, 60, 97-106 (査読有り)
- ④ Suyama Yoshihisa, Saito Tomoyuki, Nishiwaki Aya, Makita Akifumi and Shibata Shozo (2009) Genet structure and reproductive behavior in a mass flowering population of *Melocanna baccifera* (Bambusoideae) after a 48-year flowering interval, Book of abstracts: 9th Clonal Plant Symposium, 14 (査読なし)
- ⑤ 陶山佳久・齋藤智之・西脇亜也・蒔田明史・長谷川尚史・柴田昌三 (2009) 48年周期で開花するタケ: インド・ミゾラム州における *Melocanna baccifera* の開花周期記録, 時間生物学, 15, 12-16 (査読有り)
- ⑥ Shibata Shozo (2009) Consideration of the flowering periodicity of *Melocanna baccifera* through past records and recent flowering with a 48-year interval, 8th World Bamboo Congress Proceedings, 90-99 (査読有り)
- ⑦ Murata Hiroshi, Hasegawa Hisashi, Kanzaki Mamoru and Shibata Shozo (2009) Gregarious flowering of *Melocanna baccifera* around northeast India - Extraction of the flowering event by using satellite image data -, 8th World Bamboo Congress Proceedings, 100-106 (査読有り)
- ⑧ 陶山佳久・齋藤智之・西脇亜也・蒔田明

史・柴田昌三(2009)インド・ミゾラム州に分布するタケ (*Melocanna baccifera*) の一斉開花・更新時を対象とした分子生態学的解析, 第 56 回日本生態学会大会講演要旨集, 434 (査読なし)

- ⑨ Shibata Shozo, Ikeda Kunihiro, Lalmuanpuia C., Suyama Yoshihisa, Saito Tomoyuki, Hasegawa Hisashi, Nishiwaki Aya, and Makita Akifumi(2008) Mautam - *Melocanna baccifera* flowering - Ecological characteristics and influence to the juhm agriculture, Proceedings of International Conference “Improvement of bamboo productivity and marketing for sustainable”, 155-163 (査読なし)
- ⑩ 柴田昌三(2008)珍しい果実のなる熱帯の竹—四十八年ごとに花が咲き、枯れるタケ, 竹, 105, 21 (査読なし)
- ⑪ 陶山佳久(2008)48年周期で一斉開花するタケ, 第 15 回時間生物学会学術大会プログラム抄録集, 58 (査読なし)
- [学会発表] (計 11 件)
- ① 陶山佳久, 48 年周期で一斉開花枯死による更新を繰り返すタケ, 第 43 回種生物学シンポジウム, 2011/12/11, 一般財団法人人材開発センター富士研修所
- ② Shibata Shozo, Flowering of *Melocanna baccifera* and the actual condition, 2011/12/1, Department of Horticulture, Mizoram state, Mizoram, India
- ③ Ikeda Kunihiro, Influence of *Melocanna baccifera* flowering to juhm cultivation in Mizoram, India, 2010/9/18, Kohima, Nagaland, India
- ④ 陶山佳久, 48 年周期で一斉開花したタケ (*Melocanna baccifera*) 群落のジェネット構造と親子解析, 第 121 回日本森林学会大会, 2010/4/4, 東京大学
- ⑤ Suyama Yoshihisa, Clonal structure and reproductive behavior in a mass flowering population of *Melocanna baccifera* (Bambusoideae), IUFRO Kuala Lumpur 2010, 2010/3/8, Kuala Lumpur, Malaysia
- ⑥ Shibata Shozo, Consideration of the flowering periodicity of *Melocanna*

baccifera through past records and recent flowering with a 48-year interval, 8th World Bamboo Congress, 2009/9/17, Bangkok, Thailand

- ⑦ Murata Hiroshi, Gregarious flowering of *Melocanna baccifera* around northeast India - Extraction of the flowering event by using satellite image data -, 8th World Bamboo Congress, 2009/9/17, Bangkok, Thailand
- ⑧ Suyama Yoshihisa, Genet structure and reproductive behavior in a mass flowering population of *Melocanna baccifera* (Bambusoideae) after a 48-year flowering interval, 9th Clonal Plant Symposium, 2009/7/3, Leuven, Belgium
- ⑨ 陶山佳久, 48 年周期で開花するタケ, 第 15 回時間生物学会学術大会, 2008/11/8, 岡山大学
- ⑩ 村田博司, インド東北部ミゾラム州における焼畑利用履歴とタケの優占度変化—多時期衛星データによる解析—, 平成 19 年度日本熱帯生態学会, 2008/6/19, 福岡市
- ⑪ Shibata Shozo, Mautam - *Melocanna baccifera* flowering - Ecological characteristics and influence to the juhm agriculture, International Conference “Improvement of bamboo productivity and marketing for sustainable”, 2008/4/16, Delhi, India

[図書] (計 1 件)

- ① 柴田昌三・石森愛彦, 福音館書店, 木? それとも草? 竹は竹, 2010, 40pp

6. 研究組織

(1) 研究代表者

柴田 昌三 (SHIBATA SHOZO)
京都大学・フィールド科学教育研究センター・教授
研究者番号: 50211959

(2) 研究分担者

蒔田 明史 (MAKITA AKIFUMI)
秋田県立大学・生物資源学部・教授
研究者番号: 60315596

箕口 秀夫 (MIGUCHI HIDEO)

新潟大学・自然科学系・准教授
研究者番号：30291355

西脇 亜也 (NISHIWAKI AYA)
宮崎大学・農学研究科・教授
研究者番号：60228244

長谷川 尚史 (HASEGAWA HISASHI)
京都大学・フィールド科学教育研究センター・准教授
研究者番号：70263134

齋藤 智之 (SAITO TOMOYUKI)
独立行政法人森林総合研究所・研究員
研究者番号：00414483

(3) 連携研究者

神崎 護 (KANZAKI MAMORU)
京都大学・農学研究科・准教授
研究者番号：70183291

陶山 佳久 (SUYAMA YOSHIHISA)
東北大学・農学研究科・准教授
研究者番号：60282315