

研究課題名 西アフリカの気象変動予測の高度化による穀物生産のリスク軽減技術の開発  
所属研究機関 独立行政法人 国際農林水産業研究センター  
研究者氏名 ジョン・S・コールドウェル

## 研究計画の概要

### 研究の趣旨 概要

西アフリカのサヘル地帯(半湿潤から半乾燥にかけてのサバンナ地帯)においては、水が農業にとって第一制約条件である。マリ共和国はサヘル地帯に位置しており、年間降雨量 500mm から始まる半乾燥地帯から 1400mm までの半湿潤地帯で農業が行われている。しかし、マリは土壌の 84%に水不足があり、その土壌の 34%は栄養分の不足または過剰が見られると言われる。降雨は熱帯収束帯(intertropical convergence zone)によってもたらされるが、降雨量はギニア湾から北上するに連れて減少する。この20年間、等降雨線が南下し、半乾燥地帯がマリの農業生産中心の CMDT (Compagnie Malienne de Développement de Textiles、マリ繊維開発公社、棉花の栽培を中心とした総合地域農業開発公社)において、半乾燥地帯が全体の3割にまで拡大してきている(図1、濃いオレンジ色から薄いオレンジ色への青線内面積拡大)。気象変動は、こうした全体的な変動に加え、年々の変動が大きく、しばしば干ばつに見舞われている。2000年においては、サヘル全体の降雨量が例年を下回り、1980年代の干ばつに戻る兆候と地球温暖化が懸念されている。さらに、同年農繁期内、同じ気象帯内の通時的および地理的面的変動が大きい。畑作雑穀も天水田の稲もこうした自然条件の変動を受けるが、農家は栽培選択が後の気象条件に適せず、収量、食料、収益に響くことが少なくない。そして、全体的には、リスク(危険)を分散しようとする傾向があり、そのため、集約的な技術選択を控える傾向が強い。近年、数万 km<sup>2</sup> の地域を対象にラジオを通じて農業者に気象情報が伝えられるようになったが、数万 km<sup>2</sup> という単位では、マリ東南部においては、年降水量 600mm の半乾燥から 1200mm の半湿潤まで、全く異なる気候帯がすべて含まれてしまう。さらに、数 100 km<sup>2</sup> 程度の面積をもつ行政村内でさえも変動が少なくなく、小地域を対象とした降水量の変動の評価と、より綿密な予測法の確立が求められている。

本研究では、気象変動と農家生産者行動の実体を同時に捉え、気象変動予測モデルを開発するとともに、リスク軽減のための技術開発指針を提示することを基本的な目標としている。研究計画立案のとき、この目標に到達するために、3本からなる研究目的を設定した。

- 1) 気象変化に対応した作物品種、栽培関連技術の解明
- 2) 気象予測モデルの開発
- 3) リスク分析モデルによる最適穀類生産システムの選択基準の構築

### 研究計画の概要

これら3本は、内部にいくつかの段階を含め、前後関係をもっていた。また、参加型手法では、農家の考えを引き出し、理解するとともに、研究の実施に反省させようとする。共同研究においては、相手国の考えも平等に取り入れようとする。複数専門のチームを形成し、共通な研究を展開しながら、各専門から出る情報を利用し合い、統合していく中で、当初のおおよその目的をより明確にするとともに、修正していく。

・所要経費一覧

(単位：百万円)

研究項目	所要経費			合計
	12年度	13年度	14年度	
1. 気象変化に対応した作物品種、栽培関連技術の解明	7.6	8.3	7.4	23.3
(1) チームによるサイト選定と参加型の農家類型化と選定	4.7	2.3		7.0
	2.9	3.1	4.6	10.6
(2) 気象変動に伴う作付け・栽培技術選択の解明		2.9	2.8	5.7
(3) 土壌特性と降雨量の相互作用検証	4.2	4.2	5.5	13.9
2. 気象モデルの開発				
(1) 気象帯間と帯内の気象変動の観測と解析	4.2	4.2	5.1	13.5
(2) 成果発表			0.4	0.4
3. リスク分析モデルによる最適穀類生産システムの選択基準の構築	0.3	1.1	1.2	1.6
(1) 気象変動に伴う農家経営・家計への影響の解明	0.3	1.1	1.2	2.6
7. 管理費・消費税	1.5	1.8	1.9	5.2
所要経費(合計) (管理費を含む)	13.6	15.4	16.0	45.0

## .研究成果の概要

### 研究成果の概要

#### . 気象変化に対応した作物品種、栽培関連技術の解明

##### (1) チームによるサイト選定と参加型の農家類型化と選定

サイト選定は、複合専門チームが11か村を調査し、農民に土地利用を地図化してもらい、在来雨期予測法など、10項目の規準で各村を評価し、ランクを決め、2か村を研究サイトに選定した。選定した2か村において、畜力化に基づいた従来の類型別小グループ討議により4つのリスク耐性指標（食料保存、牛群頭数、外部支援、役牛頭数）を認定した。キーインフォーマントによる全農家の総合的評価では、大部分の農家（ディウ村70%、ニエスマナ村68%）はリスク耐性が弱い部分畜力類型に属した。

##### (2) 気象変動に伴う作付け・栽培技術選択の解明

農家が複数筆で畑作穀類を播種した場合、1筆を最初の降雨以前に播種することは、ディウ村よりニエスマナ村において多かった。ニエスマナ村では、棉花、モロコシ、およびトウジンビエの再播種を合わせると、早期播種は降雨より平均して11日早く行われた。トウジンビエは、15日も早く播種されているのに対して、棉花とモロコシは、7-8日だけ早く播種されている。ニエスマナ村の個々の農家の栽培カレンダーにおけるトウジンビエとモロコシを組み合わせると、すべての農家が畑作穀類の複数播種を行っていることになる。降雨前の播種は、各農家が1.5筆の平均で行っているが、81%は再播種を必要とし、降雨前の播種の成功率は、19%、5筆に1筆であった。降雨後の播種を合わせると、総筆数の46%は再播種を必要とした。

##### (3) 土壌特性と降雨量の相互作用検証

地表面から20cmまでの圃場容水量を満たすのに325mmの降雨が必要であり、このうち93.6%が地表面流亡と地表面蒸発で失われた。同様に40cmまででは92.1%が、60cmまででは91.2%が失われた。水浸透速度は0.002から10mm/secの範囲で分布した。ルートマップで、浅層の根の発達が良く、生育初期には土壌水分が充足していたことが示された。ニエスマナ村では、浸透速度が最も低く、特異的に被覆尿素の効果が高かったことは、降雨の地表面流亡で肥料成分が流亡している状況を示す。

#### . 気象モデルの開発

##### (1) 気象帯間と帯内の気象変動の観測と解析

2001と2002の両年に、7月中旬を境に雨季が前期と後期に分けられた。7月中旬に相対湿度が急激に増加、それ以降、地上からおおよそ標高6500mまでほぼ定常的に相対湿度60%以上となっている。5月末まで持続的な降水は認められず、6月に降雨頻度が高まり、積算降水量もコンスタントな増加を示すが、7月中旬から降水が中断し、そして7月下旬以降、降水が持続し、積算降水量も増加していく。4月上旬に一度大降水があり、以降、相対湿度が徐々に高まっていき、気温も日格差が小さくなっており、4月上旬の降水は、気象要素の時間変化をもたらすシグナルとしてとらえることができた。

絶対湿度の混合比は、2月まではほぼ2g/kg程度で推移するが、3月より高まり、4月以降、14~16g/kgの値を10月中旬まで維持する。本格的な雨季に入る前の4月に、すでに雨季をもたらす気団が入れ替わっている。風向にも明瞭な季節変化が認められる。乾季には0度~90度の風向が多く、北~東風が卓越しているが、3月以降風向が一定でなくなり、4月以降150度~240度の南東から南西の風向が卓越するようになり、気団の入れ替わりと一致している。2か村で農家が雨季直前の風向変化を雨季の開始予測材料として用いてきた在来知識とも一致する。

#### . リスク分析モデルによる最適穀類生産システムの選択基準の構築

##### (1) 気象変動に伴う農家経営・家計への影響の解明

農作物の多様化・作付け地の分散化の水準は、ニエスマナ村がディウ村よりも高かった。しかし、ニ

エッスマナ村の家畜保有の水準が仮説に反して低かった。また、ニエッスマナ村では作付け時期の家畜販売金額はゼロであるのに対して、ディウ村では作付け時期にも販売がある。どちらの村とも、収穫後に家畜販売金額が増えている。ニエッスマナ村では収穫後の農業外収入が多く、農業外収入も贈与受け取りも恒常化していた。ニエッスマナ村においては耕地レベルの年間降水量が少ないほど農家は作物多様化・耕地の分散化を行っているが、ディウ村では、耕地レベルの年間降水量は作物多様化・耕地の分散化に影響を与えない。ニエッスマナ村では、耕地レベルの降水量の多い農家ほど、収穫後の農業外収入の増加額も大きい、という逆説的結果があったが、ディウ村では影響がなかった。

#### 波及効果、発展方向、改善点等

##### ・気象変化に対応した作物品種、栽培関連技術の解明

今後、これまでの研究で実証できなかった浸透性の高い圃場での肥料成分の溶脱の影響を解明する必要がある。その後、地表水と土壌水の動態に着目して降雨特性が作物収量に及ぼす影響を研究することにより、少ない降雨の利用効率を一層下げている原因を、地形等の土壌特性を決定する要素と関係付けて特定できる期待が大きい。有効降雨量を増やすには、耕種的方法と土木的方法があり、双方の効果を条件によって評価することは今後の効果的な地域経済発展のために重要な研究である。

##### ・気象モデルの開発

数年前まで、自動気象観測装置がまだ高価であったため、このような農家圃場レベルでの複数点の気象観測が不可能であり、世界で初めて行った研究事例ではないかと思われる。この手法を降水量 600mm の気象帯で適用する価値があると考えている。今後は、より間接的な植物に基づく在来予測法の根拠については調べる価値があると考えている。

##### ・リスク分析モデルによる最適穀類生産システムの選択基準の構築

耕地レベルの降水量データを用いて農家の気象リスクへの対応行動の経済学的な分析をした研究は前例がない。本研究はそのような研究の実施可能性を示したという点でリスク分析の分野に手法的な影響を与えられらる。

## . 研究成果の公表等の状況

### (1) 研究発表件数

	原著論文による発表	左記以外の誌上発表	口頭発表	合計
国内	0件	3件	5件	8件
国際	2件	0件	0件	2件
合計	2件	3件	5件	10件

### (2) 特許等出願件数

合計 0件 (うち国内0件、国外0件)

### (3) 受賞等

0件 (うち国内0件、国外0件)

### (4) 主な原著論文による発表の内訳

国内誌 (国内英文誌を含む)

#### 国外誌

1. J.S. Caldwell, A. Berthe, M. Doumbia, H. Kanno, K. Ozawa\*, A. Yorote, K. Sasaki, T. Sakurai: "Incorporation of Farmer-Based Climate and Risk Indicators into Research Design and Farmer Typologies in Southern Mali," Proceedings of the 17th Symposium of the International Farming Systems Association: Small Farms in an Ever-Changing World: Meeting the Challenges of Sustainable Livelihoods and Food Security in Diverse Rural Communities. CD or [http://conference.ifas.ufl.edu/ifsa/papers/paper\\_c.htm](http://conference.ifas.ufl.edu/ifsa/papers/paper_c.htm), reviewed papers, theme3, 11 pp.(メニュー検索), International Farming Systems Association (IFSA) and University of Florida, Gainesville, Florida (2002).
2. K. Sasaki, John S. Caldwell, A. Berthe, M. Doumbia, Hi. Kanno, K. Ozawa, A.Sakurai: "Using small-scale on-farm weather monitoring equipment as a tool for understanding farmer rationales and risk management in response to climatic risk," <http://conference.ifas.ufl.edu/ifsa/posters.htm>, poster manuscripts, 11 pp. (メニュー検索), International Farming Systems Association (IFSA) and University of Florida, Gainesville, Florida (2002).

# 西アフリカの気象変動予測の高度化による穀物生産のリスク軽減技術の開発

## 現状

アフリカの貧困と食料不足の背景にある問題：農民の迷い。

不安定な雨量：去年の干ばつの後、今年の雨雲を信じて稲を植えてよいか、畑作にするか。

需要増加する米、従来の主食の畑作雑穀をどう組み合わせ、どう作るか。

## 3本柱の解決方法

### 第1

農民参加と先端情報技術を合わせた  
耕地利用と栽培技術の調査

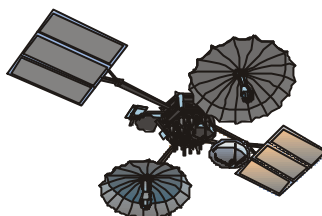
### 第2

地上観測データ、気象衛星データ

気象に応じた穀類生産選択行動の解明



気象予測モデルの開発



### 第3

稲作・畑作の選択、栽培技術、作付け体系のより正確な選択基準、

リスク軽減・高収入生産システムの構築と情報化



**先端科学と農民の知識を合わせて迷いを解決、**  
**食料生産の安定化、貧困の軽減を実現**