

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5月7日現在

機関番号：34419

研究種目：特別推進研究

研究期間：2007～2011

課題番号：19002001

研究課題名（和文）水田エコテクノロジーによる西アフリカの緑の革命実現とアフリカ型里山集水域の創造

研究課題名（英文）Materialization of West African Green Revolution through Sawah Based Eco-technology and Creation of African Adaptive Satoyama watershed Systems

研究代表者

若月 利之（WAKATSUKI TOSHIYUKI）

近畿大学・農学部・教授

研究者番号：50127156

研究成果の概要（和文）：アフリカでは過去50年、農業研究の成果が農民圃場にスケールアップできず、緑の革命を実現できなかった。本研究は、①農民自身による水田開発が農業技術の作動基盤となり緑の革命を実現させる（水田仮説1）、②低地の適地に開発した水田は4t/ha以上の高収量を持続可能にする（水田仮説2）を、農民圃場で実証することを目的とした。これを実証するための戦略的な武器 Sawah Ecotechnology パッケージを開発した。この技術は農民が、1台3000-5000ドルの耕耘機で3年以内に5-10ha以上の灌漑水田を自力開田し、年間20-50トン、1-2.5万ドル相当の籾生産を実現する内発的発展性を有する。ガーナ50サイト、100ha、ナイジェリア100サイト、200ha規模で検証し、世界銀行や両国の政策決定者に提示し、高い評価を受けた。従来型のODA式灌漑水田開発に比べ、10分の1以下のコストで、かつ加速度をつけて内発的開発ができる。今後はこの技術を、国際協力機構等のODAに応用し、両国やサブサハラアフリカ全体にスケールアップし、悲願の緑の革命実現に貢献することが目標となる。

研究成果の概要（英文）：Almost all agricultural research results could not scale up to farmers' fields during last 50 years in Africa. Thus, the Green Revolution is yet to be realized. In order to realize the green revolution, following two hypotheses were tested, i.e., (1) the development of sawah systems at farmers' fields is the prerequisite condition to apply scientific technologies (Sawah hypothesis 1), and (2) site-specific lowland sawah systems can sustain rice yield higher than 4t/ha (Sawah hypothesis 2). In order to confirm the two hypotheses, the strategic sawah ecotechnology set was developed. The technology makes possible farmers to develop their personal irrigated sawah systems and to produce 20-50 tons of paddies (equivalent to \$10,000-25,000) per season using one powertiller (\$3000-5,000) within three years. The technology was successfully tested at 50 sites and 100 ha in Ghana and 100 sites and 200 ha in Nigeria. The technology was positively evaluated by World Bank and the two governments, which can reform dramatically traditional ODA based irrigation projects in terms of cost, less than 10%, and sustainability by endogenous development. The goal is nation-wide and Sub Saharan Africa wide scale up of the technology in collaboration with JICA to realize green revolution dream.

交付決定額（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	84,000,000	25,200,000	109,200,000
2008年度	40,400,000	12,120,000	52,520,000
2009年度	36,000,000	10,800,000	46,800,000
2010年度	51,400,000	15,420,000	66,820,000
2011年度	44,700,000	13,410,000	58,110,000
総計	256,500,000	76,950,000	333,450,000

研究分野：複合新領域、農学

科研費の分科・細目：環境学・環境技術・環境材料、境界農学・境界農学

キーワード：アフリカの緑の革命実現、水田生態工学技術、Sawah ecotechnology、農民の自力適地適田開発、内発的水田開発、水田仮説1と2、アフリカ型里山創造、ODA改革

1. 研究開始当初の背景

熱帯アジアで1970年代に実現した緑の革命は40年以上経過した現在、サブサハラアフリカで実現していない。サブサハラアフリカでは食糧危機と環境悪化が進行し、社会・政治経済不安の背景になっている。一方、30年前に持続可能な食糧増産を実現したアジアは、今や世界の経済成長の中心となっている。アフリカの緑の革命実現は、アフリカのみならず国際社会の緊急な重要課題であり、同時に未来の地球社会の希望でもある。アジアやラテンアメリカの緑の革命は品種改良により実現した。それ故に、アフリカの緑の革命を実現する中核技術もバイオテクノロジーであるとの仮定の下で、世界の主流は過去50年研究活動を行ってきた。しかし、IITA, AfricaRice, IRRIのような研究所で生まれた技術は、農民圃場にスケールアップできず、依然として緑の革命実現への道筋は明確ではない。

2. 研究の目的

(1)アフリカに緑の革命を実現する中核技術はアジアで成果を上げたバイオテクノロジー研究を中心とする品種改良ではなくて、生態環境を改良する水田<sawah サワ>エコテクノロジーであるという水田仮説1、集水域の低地に適地適田開発した水田は適切に管理すれば畑地の10倍以上の持続可能な集約的生産性があるという水田仮説2を農民圃場において十分な規模で実証する。

(2)とりわけ水田仮説1は科学技術の適用には前提となる作動条件(基本インフラ)があること、農民圃場の「場の特性が科学技術の適用の可否を決める」ことも意味する。福島原子力発電所が地震と津波で技術の作動条件が破壊され、制御不能になった場合と対比が可能である。稲に限らず、トウモロコシやソルガム等他の作物でも同様であり、緑の革命の3要素技術(品種、土壌肥料、灌漑排水)を適用するには、農地基盤は地形や水文や土壌に応じて分類区画整備される必要があることを意味する。ヤブ状の栽培環境では科学技術は適切に作動しない。

(3)本研究期間における最優先の目標は、西アフリカ特有の生態環境と社会経済条件に適応し、かつ農民圃場への適応の試行錯誤の中で、進화가可能な低地水田エコテクノロジー sawah ecotechnology の完成と、自力展開が

可能な普及の道筋を、十分な規模の現地アクションリサーチにより、実証的に明らかにし、アフリカに緑の革命を実現する確かなロードマップを提示することである。

(4)中長期的目標は、低地水田の集約的持続性の高さを背景に、アップランドにおける持続可能な森林再生と利用技術を sawah ecotechnology と融合させ、アフリカ型里山システムを創造する。緑の革命により食糧増産が実現すれば、広大なアフリカは温暖化防止に貢献でき、アフリカは30-50年後の地球社会を救うポテンシャルがあることを示す。

3. 研究の方法

(1)研究の前半では当面の目標①「緑の革命実現の戦略となる農民の自力による適地適田水田(sawah)開発を可能にする Sawah ecotechnology 開発のためのアクションリサーチ」と中長期的な目標②「モデルとなるアフリカ型里山集水域の創造」という2つの目標を達成するために、ガーナのクマシ周辺の森林移行帯、ナイジェリアのナイジャー州のBida市付近のギニアサバンナ帯における代表的な内陸小低地集水域からベンチマーク集水域を選び、技術パッケージの開発に集中した、アクションリサーチを展開した。

(2)以上のベンチマーク集水域での成果として水田仮説1と2を実証する武器、農民圃場で適応進化が可能なSawah Ecotechnologyのプロトタイプのパッケージ技術を作り上げることに成功したので、研究期間の後半は、研究目標を緑の革命実現に焦点を合わせ、サブサハラ・アフリカの全気候帯でのスケールアップを想定して、アクションリサーチをベンチマーク集水域に留まらず、ナイジェリアでは、北のスーダンサバンナ帯、中部のギニアサバンナ帯、南部の森林移行帯及び赤道森林帯、ガーナでも森林移行帯の北のギニアサバンナ帯もターゲットとし、又、小低地集水域のみならず、氾濫原もターゲットとした。

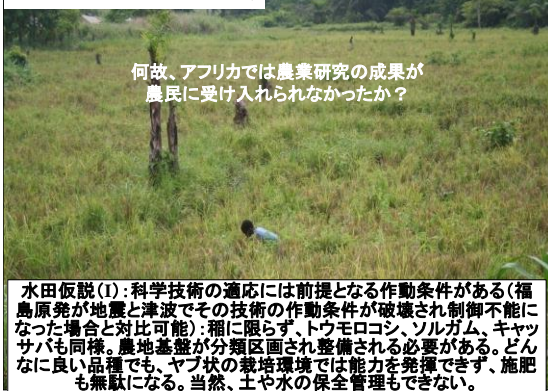
(3)このアクションリサーチの実施により、①農民圃場の現場で sawah ecotechnology を適応進化させる技能を持つ人材を On The Job 方式により訓練し養成するノウハウの取得、②以上の実践的課題をバックアップするため集水域生態工学的基礎研究をアフリカのベンチマーク集水域での実施に加え、③アジアで30-40年前に実現した緑の革命技術の普及が、土地生産性や土壌肥沃度にどの

ような影響があったかを Sawah(水田)の故郷のインドネシアで調査し評価した。

4. 研究成果

(1) 低地水田<サワ sawah エコテクノロジー>を以下の4つの要素技術のパッケージとして、研究者・技術者・農民を On-The-Job 方式で農民の自力により適地適田開発しながら訓練するシステムを構築した。即ち、
①アフリカの農民が自力で適地を選定し、適田システムを設計する技術。5-10haの灌漑が可能な泉の存在、干ばつや洪水の頻度と強度等、地域の水文を熟知する農民と技術者の共同作業は、デモンストレーション期には重要。
②小型耕耘機を使い効率的にかつ経済的にペイする適地適田開発をする技術。技能レベルが上がれば、開田コストは耕耘機代と訓練費用を含めて1000-3000ドル/haで可能。
③実施主体となる農民(グループ)の土地利用を含むエンパワーメント法。農民間の技術移転が内発的発展を加速する。
④改善を継続し適応進化する水田稲作技術。新規開田後3年以内に1台の耕耘機当たり年間籾生産量20-50ton以上を達成する技術。これにより4要素技術に継続的な改善のイノベーションを加えながら適応進化させて内発的な発展を誘導することが可能になった。

ヤブ状態のガーナの低地稲作地(2008年)



左下の写真の道路を挟んだ反対側で農民がSawah Ecotechnologyで水田を自力で開発。水田は籾収量4t/ha以上を可能にし、10t/haの超高収量技術の開発研究も意味を持つようになる。(2008年)



(2) アクションリサーチを実施した地域の低地の土地制度は大別して、①伝統的な首長の所有・村落社会の共有的所有権にある場合、②都市近郊で、すでに私的土地所有となっている場合、③共有と私的所有が共存する場合等がある。水田化により畔と水路の明確な区画ができるので、適地選定時に関係者による話し合いがないと摩擦が発生する。しかし、伝統的なヤブ状低地に比べ、水田化した低地の持続可能な生産性は極め高いので、増加した経済力により、水田開発を阻害しない調整は可能であった。

(3) sawah ecotechnology セットは水田仮説1と2の実証を可能にする戦略的な武器となることがあきらかになった。1986-1997年段階では1台の耕耘機で年間1haの水田開発が限界であったが、技術の適応進化により2010-11年では1-2年で10haの新規開田、50トンの籾生産が可能になり、ブレークスルーとなった。この結果1haの灌漑水田開発コストは技術の訓練費用も入れて1000-3000ドル程度になった。これまでのアフリカ農業研究と全く異なり、アフリカ農民のSawah Ecotechnologyが従来型の農業研究を有効にすることも明らかになった。水田(sawah)により生態環境を改良し、緑の革命の3要素科学技術(品種、肥料、灌漑技術)の作動条

件を満足させ、緑の革命を実現するというロードマップである。科学者は、通常科学が成立する前提は問題にしないが、本研究はその前提を対象とした。過去 50 年、アフリカで実を結ばなかった品種改良や種々の農学研究、灌漑排水研究の成果は、農家レベルでは本研究成果と併用して、はじめて有効になる。

(4) 第 2 回 Africa Rice Congress (マリ国バマコ市、2010 年 3 月 22-26 日) で Sawah to realize a green revolution in Africa を 10 人のガーナ及びナイジェリアを中心とするサワチームで発表した。2011 年 11 月には本特別推進研究チームはガーナ産業科学技術省と食糧農業省、アフリカ稲作センター(AfricaRice)、国際農林水産業研究センター(JIRCAS)と Sawah Ecotechnology に関する最初の国際ワークショップをクマシで共催し、ナイジェリアの FadamaIII、トーゴ、ベナン等から低地農業開発関係者約 140 名が参加して、技術の内容、問題点その将来を議論するとともに、農民圃場の現場で従来型の ODA 方式による開発とも比較しながら検討し、Sawah Ecotechnology の戦略的優位性を確認した。

2011年11月、ガーナ科学技術省(大臣が出席)と農業省、筑波の国際農研(JIRCAS)、Africa Rice Center、近畿大Sawah projectは農民の自力水田開発技術に関する最初の国際ワークショップをクマシ市で共催。ガーナ、ナイジェリア、トーゴ、ベナンから140名の技術者・普及員が参加。篤農(農民グループを含む)は2010-2011時点では、1-2年で5-10haを新規開田し、年間20-50トン以上の籾生産を達成できるように進化。



ナイジェリアサイトの適地適田開発と訓練の進行



(5) 本研究はアフリカ現地ではサワ (Sawah) プロジェクトとして実施中で、又、国際機関

である AfricaRice と連携してトーゴとベナン国でも同様アクションリサーチを開始した。水田エコテクノロジーの全アフリカへの普及を目指し、ナイジェリアは全土でアクションリサーチサイトを拡大し、ガーナでは 50 ケ所、100ha、参加農民は数百人以上、ナイジェリアでは 100 ケ所、200ha、参加農民千人以上の規模でアクションリサーチを実施した。この多数の実験的小規模開発の実践により「アフリカ農民の自力による適地適田パーソナル灌漑水田システムの開発技術と水田稲作技術」をサワ sawah ecotechnology パッケージとしてそのプロトタイプを完成させた。アクションリサーチはガーナでは産業科学技術省の土壌研究所(SRI)と作物研究所(CRI)、食糧農業省の農業普及局と連携し、ナイジェリアでは農業農村開発省の国立農業機械化センター(NCAM)と穀物研究所(NCRI)、世界銀行が支援する、低地農業開発プロジェクト III (FadamaIII)、各州の農業開発公社(ADP)との密接な連携の下で実施した。この結果我々の Sawah ecotechnology は 2012 年に、世界銀行の推奨技術として採用されることとなった。ガーナやナイジェリアの稲作研究関係者のみならず行政機関との連携、AfricaRice, JIRCAS, MillenniumVillage, JICA /CARD 等、国際機関との連携が飛躍的に進展した。本サワ方式はこれまでの灌漑水田開発研究のアプローチとは全く異なるので、これら国際機関の研究者の訓練も開始した。

(6) この技術は従来型の ODA 等、外部の技術者による灌漑水田開発とは根本的に異なる。個々のアフリカ農民の自力開発が主体となる故、sawah ecotechnology はそのままスケールアップして西アフリカ全体、サブサハラアフリカ全体の緑の革命実現につなげるためのロードマップとして描くことができるようになった。これまでの研究経過と今後の道筋は以下のように総括できる。

- ①1986-2002 年：(10 sites, 6ha 規模の sawah の実証, 17 年の試行錯誤と基礎研究)：JICA 専門家派遣、国際学術科研と JICA 研究協力。Sawah のポテンシャルを確認するため西アフリカ全体の調査。農民の自力開田のための要素技術の基礎研究と研究者育成
- ② 2003-2007 年：(20 sites, 30ha の Sawah の実証)：ベンチマークサイトで適地適田開発)：科研基盤 S：農民の自力開田 Sawah 方式の有効性を確認。アフリカの水田開発可能面積の限界の確認(2.5 億 ha の低地の 10%、2000 万 ha が推定水田開発ポテンシャル)。

③ 2007-2011年: (>150 sites, >300ha の適地適田開発の大規模アクションリサーチ) : 本科研特別推進: 4要素技術からなる適応進化可能な Sawah Ecotechnology のプロトタイプ完成。ガーナとナイジェリアで政策化。持続可能な開発と土地制度の研究。

④ 2012-2016年: (>1000, >10000ha) Sawah Ecotechnology を円借款で実施し、ODA 方式灌漑水田開発と水田稲作技術協力の改革: 当面のターゲット。



⑤ 2017-2026年: (>100,000ha Sawah) : 各国で開発業務として実施

⑥ 2027-2036年: (>100万 ha of Sawah) : 自力展開と緑の革命の実現

(7) Sawah Ecotechnology による緑の革命実現当面の課題は本研究成果を、ODA 等の開発業務の実施者である世界銀行や JICA の円借款に適用することによりさらに適応進化を図り、同時に以下のように、これまでの ODA 方式の改革につなげることである。

日本のODAで現在実施中や過去の大規模(小規模)灌漑水田開発プロジェクトとSawah Ecotechnologyの比較

- 1、ナイジェリア、ローア・アナンプラ: 1981-1989年に3,850haの水田開発を約220億円の円借款で実施。2011年の現状は灌漑施設は機能していない。開発コスト: 3-4万ドル/ha 持続不可能な管理、自力発展性なし。
- 2、ケニヤ、ムエヤ: 2011-2016年で3,000haの新規開田と5,860haの改修で132億円の円借款で実施中。1989-1998年に既開発灌漑水田5,860haに無償資金協力と技プロを実施(約40億円)。1993-1996年に円借款5.7億円で3,000の新規開田の詳細設計。開発コスト: 約1.9万ドル/ha (8850haとして): 依然としてコスト高、自力発展は困難。

← 本研究成果の利用によるODA改革のターゲット

- 3、Sawah Ecotechnology方式の円借款を提案
5年間でガーナ、ナイジェリア両国で各々500ヶ所、1ヶ所10ha、各々5,000ha、計1万haの新規開田。各々10億円、計20億円で可能水田を農民の自力で開発、年間4万トンの籾生産が可能。同時に農民も訓練し、プロジェクト終了後も自力展開が期待できる
開発コスト: 1,000-3,000ドル/ha (ODAの10-20分の1以下)
500ヶ所は拠点となり、その周囲に3-5ヶ所の新規開田が進めば1500-2500ヶ所と、順次加速度をつけて内発的に開発が進行。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線。研究協力者にも下線)

[雑誌論文] (計 57 件)

- ① Igwe CA and Wakatsuki T, Multi-functionality of Sawah Ecotechnology: Role in Combating Soil Degradation and Pedological Implication, *Pedologist*, 56:178-186, 2012 (査読有)
- ② Abe SS and Wakatsuki T, Sawah ecotechnology – a trigger for a rice green revolution in Sub-Saharan Africa: basic concept and policy implications. *Outlook on Agriculture*, 40(3), 221-227, 2011 (査読有)
- ③ Oladele OI, Koalwole EA and Wakatsuki T, Land tenure, investment and adoption of Sawah rice production technology in Nigeria and Ghana: A qualitative approach, *African Journal of Agricultural Research*, 6(6):1519-1524, 2011 (査読有)
- ④ Owusu-Sekyere E and Wakatsuki T, Extending coca agroforestry into sawah ecosystem Extending coca agroforestry into sawah ecosystem in Ghanaian inland valleys. *Ghana Journal of Agricultural Science*, 43: 37-44, 2010 (査読有)
- ⑤ 若月利之、水田農業の普及によるアフリカの緑の革命実現と土壌物理学的問題点、土壌の物理性、112号、13-25、2009年 (査読有)
- ⑥ Ademiluyi SY, Oladele OI and Wakatsuki T, Socio-economic factors influencing power tiller use among sawah farmers in Bida, *Nigeria Journal of Food and Agriculture & Environment*, 6(3-4), 387-390, 2008(査読有)
- ⑦ Nakashima N and Wakatsuki T, Determinants of farmers participation in Sawah project in Ashanti region, Ghana, *China Agriculture Economic Review*, vol5(4), 488-497, 2007 (査読有)

[学会発表] (国際学会 計 55 件)

- ① Wakatsuki T, Multi-functinality of Sawah ecotechnology: Why sawah-based rice farming is critical for Africa's green revolution, 1st International Workshop on Sawah Ecotechnology and Rice Farming in Sub-Saharan Africa, 22-24 November, 2011, Kumasi, Ghana
- ② Igwe CA and Wakatsuki T, Multi-functionality of Sawah ecotechnology: Why sawah-based rice farming is critical for Africa's green revolution, ASA/CSSA/SSSA International Annual Meeting, 10 October, 2011, San Antonio, TX, USA
- ③ Wakatsuki T, Site specific sawah development and management by farmer's self-propelling efforts: large scale action research in Ghana and Nigeria for demonstration of Sawah hypothesis(1) and(2), Africa Rice Congress 2010, 22-26 March, 2010, Bamako, Mali

〔図書〕(計7件)

- ① Wakatsuki T, Buri MM, and Ademiluyi ed
Proceedings on 1st International Workshop
on Sawah Ecotechnology and rice farming in
Subsaharan Africa, pp100, NII NAI Creations,
Kumasi, Ghana, 2011
- ② Wakatsuki T, Buri MM., Bam R, Oladele OI
and Imolehin ED. Site-specific sawah
development and management by farmers:
Large-scale action research in Ghana and
Nigeria to Actualize Rice green Revolution.
Proceedings of 2nd Africa rice congress,
Bamako, Mali, 22-26 March 2010 CD-ROM,
2.1.1-9, 2011
- ③ Buri, M. M, Issaka R. N. and Wakatsuki T.:
The “Sawah” System of Rice Production,
pp147, University Press, KNUST, Kumasi,
Ghana, 2009
- ④ 若月利之、第4章、西アフリカにおけ
る水田エコテクノロジーによる緑の革
命の実現を目指して—ナイジェリア、
ヌペ、ガーナ、アシャンティにおける
経験から、松園・縄田・石田編「ア
フリカの人間開発、実践と文化人類学」
みんなく実践人類学シリーズ所収、明
石書店、p173—219、2008

〔その他〕

(1) 新聞やTV報道等

- ① 2012年2月29日：2010-2011年にナイ
ジェリアの6州の農民圃場で実施した Sawah
technology のデモンストレーションの結果
を世界銀行とナイジェリア農業農村開発省
の Fadama III 事務所が評価し、今後の低地稲
作振興に Sawah Ecotechnology を積極的に採
用することを正式に決定した。
- ② 2012年2月3日、2011年9月10日、2010
年8月31日、2009年他：ナイジェリアの Benue
州、Ebonyi 州、Ogun, Ondo で実施した sawah
technology のデモンストレーションについ
てTV報道された。ガーナでも2011年11月
22-24日の第一回国際 sawah workshop には
産業科学技術省の大臣が出席しガーナの
コメ輸入量を減らす上での Sawah technology
への期待を Key Note 講演し、TVや新聞、ガ
ーナ政府の公式ホームページに掲載された。
- ③ 2008年6月2日、国際熱帯農業研究所 IITA
が Sawah technology がアフリカの稲作振興
に有望であるとのプレスリリースを行い、多
数の国際機関のホームページで紹介され
るとともに、ナイジェリアやシエラレオネの
新聞で報道された。

(2) 本研究プロジェクトのホームペ
ージ：<http://www.kinki-ecotech.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

若月 利之 (WAKATSUKI TOSHIYUKI)
近畿大学・農学部・教授
研究者番号：50127156

(2) 研究分担者

奥村 博司 (OKUMURA HIROSHI)
近畿大学・農学部・准教授
研究者番号：70152436
増永 二之 (MASUNAGA TSUGIYUKI)
島根大学・生物資源科学部・教授
研究者番号：10325045
増田 美砂 (MASUDA MISA)
筑波大大学院・生命環境科学研究科・教授
研究者番号：70192747

(3) 海外及び国内研究協力者

Dr. M Buri Moro: ガーナ CSIR, 土壌研究所
Dr. R N Issaka: 同上
Dr. K O Asbonteng: 同上
Dr. B O Antwi: 同上
Mr. J Oppong: 同上
Dr. R Bam: ガーナ CSIR, 作物研究所
Dr. E Annan-Afful: 同上
Mrs. M Bandoh: 同上
Mr. J K Aceampong: 同上
Dr. E Owusu-Sekyere: ガーナ, 林業研究所
Dr. W E I Andah: ガーナ, 水資源研究所
Dr. J. Offori: ガーナ大・農学部・講師
Eng. I I Azogu: ナイジェリア国立農業機
械化センター所長
Dr. Y S Ademiluyi: ナイジェリア国立農業
機械化センター副所長
Dr. C A Igwe: ナイジェリア大学スカ教授
Mr. J Nwite: 同上
Mr. S E Obalum: 同上 (現近畿大博士課程)
Dr. S Adigbo: ナイジェリアアベオクタ農業
大学、講師
Mr. CI Alarima: 同上講師 (島根大博士課程)
Dr. A E Kolawole: ナイジェリア Ekiti 州
農業大学校講師
Dr. E D Imolehin: ナイジェリア国立穀物
研究所副所長
Mr. J Aliyu: ニジェール州農業省
Mr. A Agboola: IITA Hirose Project
菊野日出彦: IITA
Dr. O I Oladele: 南アフリカ北西大学
Mafikeng 校
Dr. S Abe (阿部進): アフリカ稲作センター
Dr. Heremansah: インドネシア, アンダラス大
Dr. Darmawan: 同上
Dr. R Azwar: 同上
Dr. Husnain: インドネシア土壌研究所
Dr. Aflizar: インドネシア Payakumbuh 大
Dr. T Attanandana: タイ, カセアート大
Mr. P Kanghae: 同上
藤本直也: 国際農林水産業研究センター
河野尚由: 同上
渡邊芳倫: 近畿大学博士研究員
佐藤邦明: 島根大学生物資源科学部
岩島範子: 鳥取大学連合農学研究科