

2024年11月27日版

アフリカ水田農法 Sawah Technology(6-1): ナイジェリア、ケッビ州におけるオンサイト携帯ポンプ灌漑水田稲作革命

若月利之¹、Segun Yinka Ademiluyi²、Joshua Aliyu³、Cornelius Idowu Alarima⁴、Hamza Muhamed Yeldu⁵

¹ 島根大学生物資源科学部(名誉教授)、島根県松江市西川津町 1060

² Nigeria, Kwara 州, Ilorin 市, 国立農業機械化センター(NCAM)

³ Joshua Aliyu Agro Ventures, House No 14, GRA, Bida 市, Niger 州, Nigeria

⁴ Nigeria, Ogun 州, Abeokuta 連邦農業大学

⁵ Nigeria, Kebbi 州, Fadama III ファシリテーター

目次

1. サブサハラアフリカ諸国は独立以来 60 年で、欧米のくびきを離れ、2050 年までにはアジア・アフリカ稲作圏を形成しつつある。
2. ナイジェリアは、国際協力機構(JICA, 2008, 2021)が 2007-2021 年に実施した CARD(アフリカ稲作開発連合)プロジェクト参加サブサハラアフリカ(SSA) 23 カ国の総籾生産増加量 1,300 万トンの 40%、500 万トンに貢献した。
3. 2008-2021 年のナイジェリアの稲生産の急増に貢献した州と地域はどこか。
4. Kebbi 州は 2008 年以前、年間籾生産は 10 万トン以下であったが、2015 年から 2017 年にかけて年間籾生産 200 万トンを達成し、ナイジェリア No.1 になったというのは事実か？
5. Dakingari, Kebbi 州知事は 2013 年 9 月、首都 Abuja の Nigeria 経済サミットで「Kebbi 稲作革命」を宣言。
6. ケッビ州の氾濫原におけるアフリカ水田農法(Sawah Technology)の導入以前(1987~2011 年)と 2011 年以降 2024 年までの水田プラットフォームの改良進化
 - 6-1. 1987 年 12 月の Arugungu 市の Sokoto(Rima)川氾濫原の AR1-AR6 サイトの土壌調査時の非水田稲作, 即ち、稲作のための進化段階 1 の水田プラットフォームの観察
 - 6-2. 2011 年のアフリカ水田農法(Sawah technology)の技術移転直前の Kebbi 州と Sokoto 州のポンプ灌漑区画(準)水田(進化段階 3 の水田プラットフォーム)と灌漑畝立て水田稲作(進化段階 2 の水田プラットフォーム)
 - 6-3. 進化段階 1-5 の水田稲作プラットフォームの定義と写真による総括的例示
7. 2011 年から 2015 年にかけての NCAM(ナイジェリア国立農業機械化センター)/JSPS(日本学術振興会)科研費チームによるアフリカ水田農法(Sawah Technology)の普及のためのデモンストレーションと実地訓練
8. ケッビ州農民によるオンサイトポンプ灌漑水田稲作イノベーションの特徴
9. 参考文献

1. サブサハラアフリカ諸国(SSA)は独立から 60 年を経て、過去 500 年の欧米のくびきを離れ、2050 年ころまでにはアジア・アフリカ水田稲作圏を形成することが明らかになりつつある。

図 1 は FAOSTAT(2024)のデータベースから 1961-2020 年までの SSA の一人当たりの日平均摂取エネルギー(kcal)の推移を Maize, Rice(籾 Paddy 換算), Wheat(Barley, Oat, Rye 含む), Sorghum, Cassava, Yam, Millet, Potatoes (Sweet potato, Taro 含む), Plantain(食用バナナ)の主要 9 作物で図化したものである。図の左側に示す数値は 1961-70 の平均値(総計は 1327kcal)、右側の数値は 2011-2020 年の平均値(総計は 1782 kcal/日・人)で示す。ただし、Rice, Yam, Potato, Plantain 以外の食物にはそれぞれの加工食品(products)としての摂取も含まれる。

人口は 1961-70 の平均 2.6 億人、独立直後の 1961-70 年の 1 日平均食物摂取カロリー No.1 は Maize で 332kcal/日・人、以下順に No.2 は Sorghum 220kcal, No.3 は Cassava 192kcal, No.4 は Millet 160kcal、No.5 は Wheat 136kcal(生産 91, 輸入 45kcal)、No.6 は Rice 132kcal(生産 106kcal, 輸入 26kcal)、No.7 は Yam 59kcal, No.8 は Potato 59kcal, No.9 は Plantain 41kcal/日・人で極めて多様な主食物構成であった。合計は 1327kcal/日・人であった。輸入

麦と米の合計は 71kcal/日・人でカロリーベースの食糧自給率は 94.6%であった。人口構成にもよるが一人当たりの生存に必要な基礎代謝量とほぼ等しくなる。

1961-1970 年の平均人口は 2.6 億人、2011-2020 年の平均人口は 10.1 億人で 3.88 倍に増加した。直近 2011-2020 年の 10 年間の 1 日平均食物摂取カロリー No.1 は Maize 389kcal/日・人、以下順に No.2 は米 381kcal (自給生産 201kcal、輸入 180 kcal)、No.3 は麦 344kcal (自給生産 81、輸入 263kcal) 輸入、No.4 は Cassava 255kcal、No.5 は Millet 144kcal、No. 6 は Yam 92kcal、No.7 は Potato 81kcal、No.8 は Millet 71kcal、No.9 は Plantain 25kcal/日・人であった。合計は 1782kcal/日・人であった。輸入麦と米の合計は 443 kcal/日・人でカロリーベースの食糧自給率は 75%と顕著に減少した。自給食料合計は 1339kcal/日・人で必要な基礎代謝量とほぼ等しいが、過去 60 年 SSA の食料生産事情は何ら改善しなかったことになる。

注目すべきは直近 2011-2020 年の食物摂取カロリー No.2 の米である。1961-70 と 2011-2020 の 10 年平均の一人当たりの自給生産増加率 No.1 は米で 1.90 倍(人口増加率 3.88 倍を考慮した増産倍率は 7.4 倍)、No.2 はヤムで 1.56 倍(同 6.1 倍)、No.3 はイモ類で 1.37 倍(同 5.3 倍)、No.4 はキャッサバで 1.33 倍(5.2 倍)、No.5 はメイズで 1.17 倍(同 4.54 倍)であった。麦、ソルガム、ミレット、プランテインは減少した。麦と米は輸入量も増加していることは注意点であるが、麦に比べ SSA の生態環境(土、地形、水文、気温)は水田稲作拡大に極めて適しているため、自給生産量も 2030-35 年ころにはメイズを抜いて No.1 になる可能性が高く輸入量も減少に転ずると思われる。

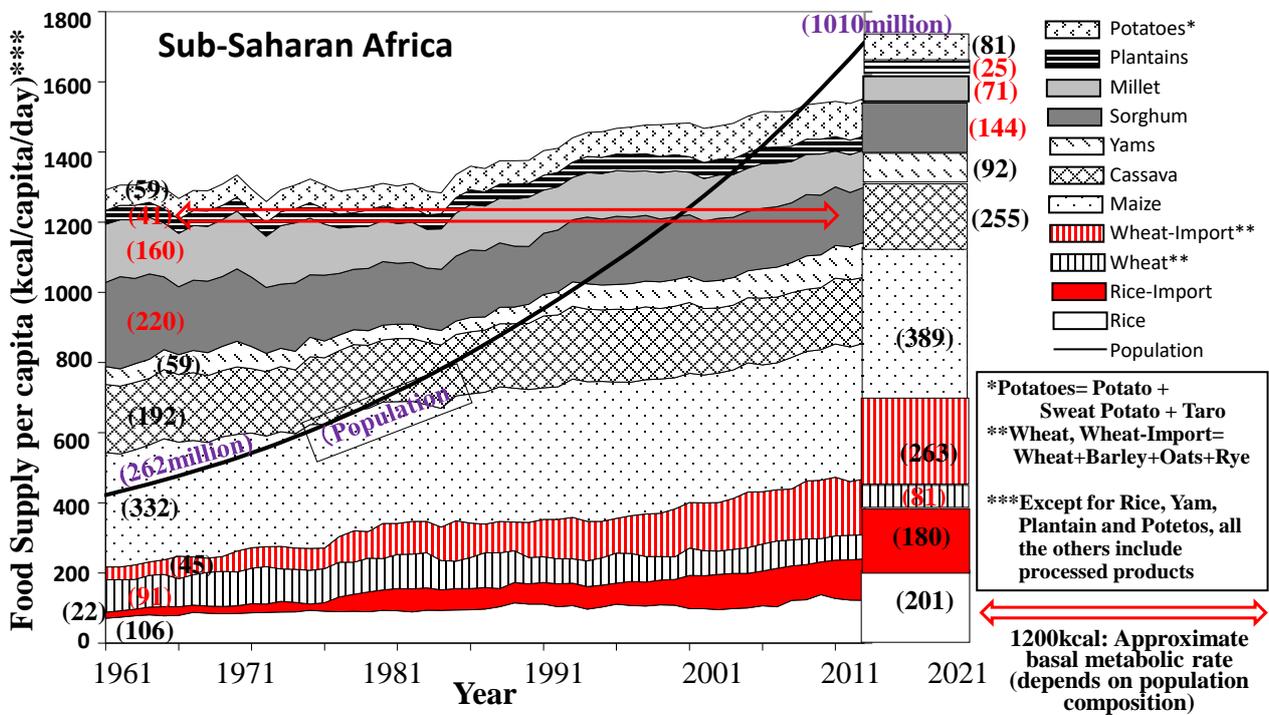


Fig. 1. Population growth curves and per capita food supply (kcal/capita/day) for sub-Saharan Africa (SSA) from 1961-2020, illustrated for nine major crops: maize, rice, wheat, sorghum, cassava, yams, millets, potatoes, and plantain (edible banana). The values shown on the left side of the figure represent the average for the period 1961-70 (total 1327), and the values on the right side represent the average for the period 2011-2020 (total 1782). Rice is shown in terms of paddy, hulled, rice (conversion rate: 0.65 paddy rice = milled rice).

下の図 2 は FAOSTAT(2024)のデータによる 1961 年以來の SSA 諸国の人口増加と主食作物の一人当たりの年間生産量と輸入麦と輸入米の推移を kg 単位で示した。SSA の多様な食用作物の歴史的な推移を FAOSTAT の重量単位(Kg やトン)で表示すると、作物毎の水分含量とポストハーバストロスに大きな差があるため、食物としての重要性を比較するときに誤解が生じやすい。以下の図表のデータは Cassava と Plantain の穀物相当係数として 8 分の 1、Yam と Potato は 5 分の 1 を第一次近似値として採用して、FAOSTAT のデータを調整して図化した。FAOSTAT の重量データに含まれていない穀物と Cassava 等その他の作物の水分含量の差異(穀物は 10%前後、

その他は 60-80%なので 6-8 倍の差がある)が主な要因であるが、ポストハーベストロスの差異(30-65%)も考慮して推定近似値とした。詳細は Sawah Technology (1)参照。

図 1 と 2 に示したように独立後 60 年で 10 年平均人口は 2.6 億人から 10.1 億人、3.88 倍に増加した。独立直後の 1961-70 年の平均食物生産(消費量)は No.1 は Maize で 61.0 kg/年・人、以下順に No.2 は Sorghum 34.1、No.3 は Millet 27.3、No.4 は米(粳換算) 17.5 (生産量 14.9、輸入量 2.6)、No.5 は Cassava(穀物換算量:生産量の 8分の1) 16.7、No.6 は麦 11.1 (生産量 8.1、輸入量 3.0)、No.7 は Yam 8.4、No.8 は Potato、No.9 は Plantain で 5.1 kg/年・人で極めて多様な主食物構成であった。合計は 188.2kg/年・人であった。輸入麦と米の割合は 5.6 kg/年・人で食糧自給率は 97%であった。

2011-2020 年の 10 年の平均食物生産量(消費量)は No.1 は Maize で 72.0kg/人・年、No.2 は米(粳換算)で 49.5kg/年・人(生産量 28.3、輸入量 21.2)となった。No.3 は麦で 24.7kg/人・年(生産量 7.2、輸入量 17.5)、No.4 は Sorghum と Cassava がともに 22.2kg/人・年、No.6 は Yam 13.1、No.7 は Millet 12.1、No.8 は Potato 9.7、No.9 は Plantain 3.1 kg/人・年、合計は 228.6kg/人・年であった。輸入麦と米の割合は 38.7kg/年・人で食糧自給率は 83.1%であった。穀物等量の推定近似値を使った図 2 の結果は図 1 の結果は同様の結果となり、過去 60 年の SSA における食用作物の推移を考察する上では大きな差はなかった。

1961-70 と 2011-2020 の 10 年平均の一人当たりの生産増加率の No.1 は米で 1.90 倍(人口増加率 3.88 倍を考慮した増産倍率は 7.4 倍)であった。No.2 は Yam で 1.56 倍(同 6.1 倍)、No.3 はイモ類で 1.39 倍(同 5.4 倍)、No.4 は Cassava で 1.32 倍(5.1 倍)、No.5 は Maize で 1.18 倍(同 4.6 倍)であった。麦、ソルガム、ミレット、プランティンは減少した。

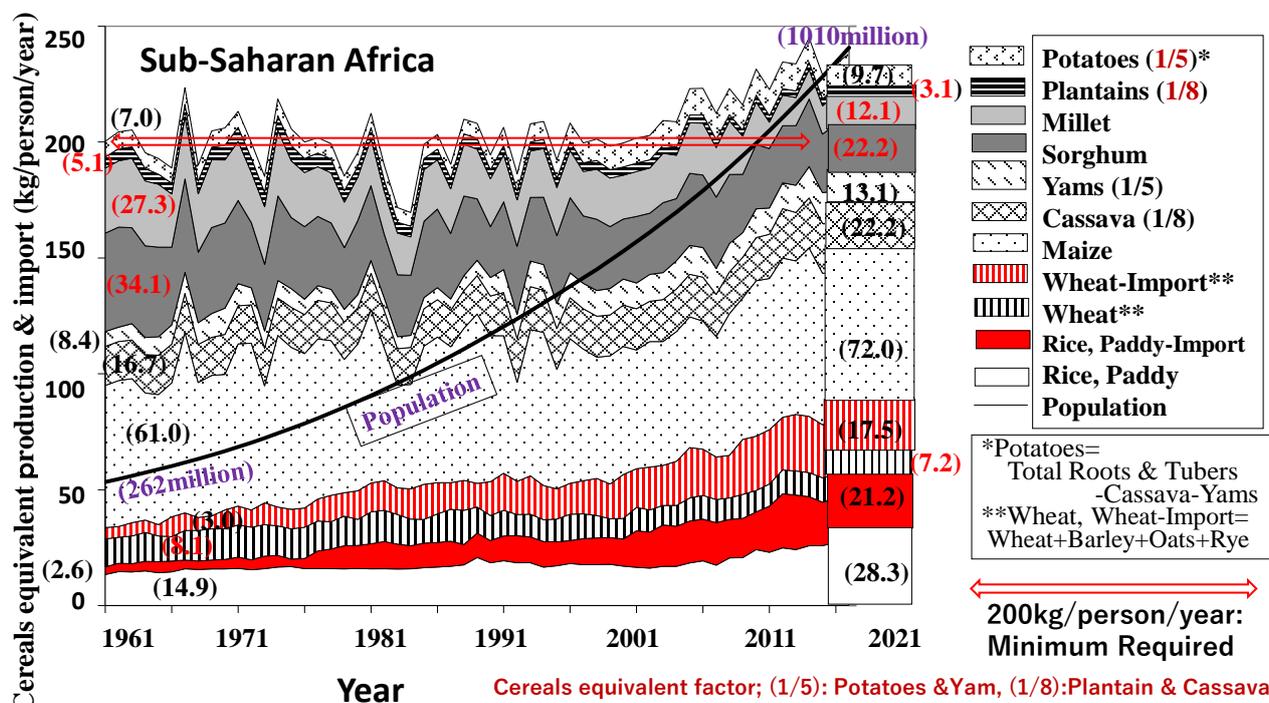


Fig. 2. Population growth curves and production (imports) in kg per capita per year for sub-Saharan Africa (SSA) from 1961-2020, illustrated for nine major crops: maize, rice, wheat, sorghum, cassava, yams, millets, potatoes, and plantain (edible banana). The values shown on the left side of the figure represent the average for the period 1961-70 (total 188.2), and the values on the right side represent the average for the period 2011-2020 (total 228.6 kg/year/person). Rice is shown in terms of paddy, hulled, rice (conversion rate: 0.65 paddy rice = milled rice).

以上の 9 主食作物の中で米と麦は、輸入量はそれぞれ 5.8 倍と 8.2 倍と急増した。麦は SSA の生態環境からみて増産の余地は小さい。実際、過去 60 年でも人口増以下の増産しかできなかった。一方、米は気候、土壌(低湿地)及び水文からみて、持続可能な米生産余地は極めて大きい。灌漑水田稲作栽培ポテンシャル面積は少なくとも 5000 万 ha/年が推定され 2020 年現在の年間粳生産量 2800 万トンの 10 倍程度はあることがわかる(Sawah Technology (4)と(5)参照)。図 2 は人口増加率を含めた一人当たりの年間の生産量をしめしているの、

増加割合は視覚的にあまり大きくないが、FAOSTAT(2024)による SSA のコメ生産量は、1961 年から 70 年の平均で 3.9 Mt、1981 年から 90 年の平均で 7.8 Mt、2001 年から 2010 年の平均で 14.8 Mt であった。これは 20 年間で約 2 倍の増加である。直近の 2011-2020 年の平均 27.0 百万トン、2001-10 平均と 2011-20 年の直近 10 年間で 1.8 倍に急増した(FAOSTAT 2024 年)ことを示す。最直近の 2007-2011 年と 2017-2021 年の 5 年間平均では、18.4Mt から 31.9Mt へと 1.7 倍に増加し、SSA の米生産は加速度がついた。

SSA では、過去 500 年にわたる西洋諸国による奴隷貿易と植民地化が、SSA 諸国の自立的・内発的な発展の機会を奪っただけでなく、非西洋諸国、例えばアジア諸国との協力の機会も奪ってきた。SSA の生態系環境に適合した農業の発展が阻害されただけでなく、欧米にとって都合のよい農業だけが 500 年間推進されてきた。そのため、アジア起源の水田稲作は推進されず、水田稲作の基本的な概念(言葉)や技術に混乱をもたらした。即ち、(1)稲 rice 粳 paddy、水稻 paddy、水田基盤 paddy、灌漑水田プラットフォーム paddy 等、専門用語の混同、(2)灌漑はダム、灌漑、排水路などの水利施設だけという狭隘な理解、(3)灌漑稲作における水田プラットフォームは、持続可能な稲作のための基本インフラ(基盤)であることについての無理解などがある。(4)畑作農業と灌漑水田農業は根本的に異なることを欧米人は理解しようとしにくいように見える。そこで私たちは、少なくとも稲(粳:paddy)と灌漑水田基盤(paddy)を区別するために、マレー・インドネシア語起源の sawah(水田)を使うことを提案した(Wakatsuki 1998)。

アジアでは、2013 年時点で 9,400 万 ha の灌漑稲作が行われている(稲作付面積全体の 60%、AQUASTAT 2016)。SSA には 2 億 4,000 万 ha の湿地土壌があり(FAO-unesco 1977, van Dam and van Diepen 1982, Andriesse 1986)、灌漑稲作に利用可能な年間水量は 3617km³、アジアの約 40%(Oki et al 2009)である。アフリカの灌漑稲作可能面積は、9400×0.4=5600 万 ha と推定され、これは SSA の全湿地面積の約 20%である。2013 年現在、SSA の灌漑稲作面積は 200 万 ha で、潜在面積の 30 分の 1 に過ぎない(AQUASTAT 2016)。しかし、図 1 と図 2 を見ればわかるように、SSA では過去 60 年間、人口増加をはるかに上回る米生産の持続的拡大が続いている。これは、第二次世界大戦後、アジア諸国が 1950 年代に、アフリカ諸国が 1960 年代に欧米の植民地支配から独立したことが重要であると思われる。その結果、欧米のくびきから離れたアジアとアフリカの国々の協力関係が拡大・進化し、新しいグローバル社会が形成されたのである。

この協力の基盤は、アジアとアフリカ諸国が独立のピークを迎えた 1955 年に、インドネシアのバンドンで開催されたアジア・アフリカ会議(バンドン会議 1955, Seng Tan et al 2009, Wikipedia 2024 参照)にある。1955 年の第 1 回バンドン会議の参加国は、アフガニスタン、ビルマ、カンボジア、セイロン、中国、キプロス、エジプト、エチオピア、ガーナ、インド、イラン、イラク、日本、ヨルダン、ラオス、レバノン、リベリア、ネパール、パキスタン、フィリピン、サウジアラビア、シリア、スーダン、タイであった。植民地支配から解放されたばかりのアジア・アフリカの諸国が、反帝国主義、反植民地主義、民族自決の精神を高らかに歌い上げたこの会議に、第二次世界大戦の主要交戦国の中で唯一、日本が招待されたことは重要だった。

まず、1961 年から 1975 年にかけて、台湾が先駆的に SSA22 カ国を中心に灌漑水田稲作技術で大規模に移転した。1970 年以降、AfricRice、IITA、IRRI などの国際農業研究機関(CG センター)、世界銀行、アフリカ開発銀行等に加え、日本、中国、韓国、インド、パキスタン、北朝鮮などが灌漑水田稲作の研究開発、技術移転が開始され、2000 年以降は、タイ、ベトナム、インドネシア等も含めてアジア・アフリカ協力が幅広く展開されるようになった。2007 年以降は AGRA などの国際 NGO の活動も活発化している。しかし、欧米の農業観、特に灌漑稲作に対する考え方が、地球温暖化対策やアフリカの食糧危機対策に関して、アジアとアフリカの円滑な協力の障害となっている場面はまだ多い。

2. ナイジェリアは、国際協力機構(JICA, 2008, 2021)が 2007-2021 年に実施した CARD(アフリカ稲作開発連合)プロジェクト参加サブサハラアフリカ(SSA)23 カ国の全籾生産増加量 1,300 万トンの 40%、500 万トンに貢献した(表 1)

表 1 は、SSA の CARD プロジェクトに参加した主要 23 カ国の籾生産量が、2007-2011 年(1,752 万トン)と 2017-

2021年(3,078万トン)の10年間(5年間平均)でほぼ倍増(1.8倍)したことを示している。表1に示すように、2008年(1,628万トン)と2018年(3,253万トン)の単年度比較では2倍であった(CARD 2021, FAOSTAT 2023)。

Table 1. Changes of paddy production of 23 SSA countries of CARD (Coalition of Africa Rice Development, JICA 2008, 2021) in 2007-2021. *Other SSA countries and **Egypt is included, too.

| | Production (Million ton) | | | | | Increase(1) Δ(2018-2008) | Increase(2) Δ(2017-21)- (2007-11) | Contribution % of Paddy Increase** | Cultivated area(Mha) | | Yield (t/ha) | |
|---------------|--------------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|-----------------------------|---|--|----------------------|----------------------|---------------------------|------------------|
| | Mean of 1961-1965 | 2008 | Mean of 2007-2011 | 2018 | Mean of 2017-2021 | | | | Mean of 2007-2011 | Mean of 2017-2021 | Mean of 2007- 2017- | Mean of 2017- |
| Egypt | 1.8 | 7.25 | 5.93 | 3.12 | 4.51 | -4.13 | -1.42 | NA | 0.62 | 0.49 | 9.62 | 10.20 |
| Nigeria | 0.21 | 4.18 | 4.00 | 10.86 | 9.34 | 6.68 | 5.34 | 40.27 | 2.27 | 4.23 | 1.77 | 2.21 |
| Madagascar | 1.6 | 3.91 | 4.22 | 4.03 | 4.03 | 0.12 | -0.19 | -1.43 | 1.27 | 1.52 | 3.33 | 2.66 |
| UR Tanzania | 0.12 | 1.42 | 1.80 | 3.42 | 3.01 | 2.00 | 1.21 | 9.13 | 0.90 | 1.04 | 2.00 | 2.92 |
| Mali | 0.17 | 1.62 | 1.46 | 3.17 | 2.90 | 1.55 | 1.44 | 10.86 | 0.52 | 0.89 | 2.86 | 3.27 |
| Guinea | 0.23 | 1.53 | 1.56 | 2.34 | 2.37 | 0.81 | 0.81 | 6.11 | 1.09 | 1.75 | 1.53 | 1.36 |
| Côte d'Ivoire | 0.22 | 0.68 | 0.81 | 2.01 | 1.83 | 1.33 | 1.02 | 7.69 | 0.38 | 0.66 | 2.15 | 2.77 |
| DR Congo | 0.06 | 0.32 | 0.48 | 1.29 | 1.39 | 0.97 | 0.91 | 6.68 | 0.64 | 1.41 | 0.76 | 0.986 |
| Senegal | 0.10 | 0.41 | 0.42 | 1.21 | 1.22 | 0.80 | 0.80 | 6.03 | 0.12 | 0.35 | 3.42 | 3.49 |
| Sierra Leone | 0.34 | 0.68 | 0.86 | 0.92 | 1.16 | 0.24 | 0.30 | 2.26 | 0.51 | 0.82 | 1.66 | 1.47 |
| Ghana | 0.034 | 0.30 | 0.37 | 0.77 | 0.93 | 0.47 | 0.56 | 4.22 | 0.16 | 0.32 | 2.29 | 2.87 |
| Benin | 0.001 | 0.109 | 0.136 | 0.459 | 0.415 | 0.350 | 0.279 | 2.11 | 0.041 | 0.110 | 3.26 | 3.79 |
| BurkinaFaso | 0.032 | 0.195 | 0.198 | 0.350 | 0.391 | 0.155 | 0.193 | 1.43 | 0.097 | 0.183 | 2.05 | 2.13 |
| Cameroon | 0.010 | 0.073 | 0.120 | 0.334 | 0.326 | 0.261 | 0.206 | 1.58 | 0.092 | 0.268 | 1.44 | 1.22 |
| Mauritania* | 0.006 | 0.082 | 0.102 | 0.323 | 0.320 | NA | 0.218 | NA | 0.021 | 0.068 | 4.76 | 4.73 |
| Chad* | 0.029 | 0.174 | 0.154 | 0.260 | 0.267 | NA | 0.113 | NA | 0.116 | 0.188 | 1.33 | 1.42 |
| Liberia | 0.13 | 0.295 | 0.281 | 0.258 | 0.263 | -0.037 | -0.018 | -0.15 | 0.219 | 0.239 | 1.31 | 1.10 |
| Uganda | 0.003 | 0.178 | 0.199 | 0.199 | 0.246 | 0.021 | 0.047 | 0.38 | 0.102 | 0.086 | 2.05 | 2.83 |
| GuineaBissau* | 0.048 | 0.149 | 0.168 | 0.176 | 0.188 | NA | 0.020 | NA | 0.087 | 0.117 | 1.92 | 1.60 |
| Ethiopia | 0 | 0.001 | 0.057 | 0.172 | 0.177 | 0.171 | 0.120 | 0.90 | 0.022 | 0.059 | 2.19 | 2.98 |
| Mozambique | 0.094 | 0.088 | 0.180 | 0.170 | 0.163 | 0.082 | -0.017 | -0.15 | 0.260 | 0.303 | 0.765 | 0.545 |
| Togo | 0.021 | 0.086 | 0.101 | 0.145 | 0.149 | 0.059 | 0.048 | 0.38 | 0.041 | 0.089 | 2.42 | 1.67 |
| Kenya | 0.014 | 0.022 | 0.062 | 0.113 | 0.144 | 0.091 | 0.082 | 0.60 | 0.021 | 0.027 | 2.86 | 5.42 |
| Malawi* | 0.058 | 0.115 | 0.118 | 0.112 | 0.132 | NA | 0.014 | NA | 0.061 | 0.070 | 1.93 | 1.88 |
| Rwanda | 0 | 0.082 | 0.075 | 0.114 | 0.121 | 0.032 | 0.046 | 0.38 | 0.015 | 0.032 | 4.98 | 3.80 |
| Niger* | 0.011 | 0.061 | 0.075 | 0.102 | 0.108 | NA | 0.033 | NA | 0.021 | 0.026 | 3.63 | 3.84 |
| Burundi* | 0.0027 | 0.071 | 0.079 | 0.089 | 0.138 | NA | 0.059 | NA | 0.026 | 0.052 | 3.07 | 2.61 |
| CentralAfrica | 0.0046 | 0.038 | 0.039 | 0.120 | 0.125 | 0.082 | 0.086 | 0.68 | 0.024 | 0.085 | 1.69 | 1.47 |
| Zambia | 0 | 0.024 | 0.037 | 0.043 | 0.042 | 0.019 | 0.005 | 0.08 | 0.023 | 0.031 | 1.60 | 1.36 |
| Gambia | 0.033 | 0.038 | 0.056 | 0.028 | 0.034 | -0.010 | -0.022 | -0.15 | 0.050 | 0.055 | 1.054 | 0.555 |
| Comoros* | 0.01 | 0.020 | 0.022 | 0.031 | 0.031 | NA | 0.009 | NA | 0.018 | 0.024 | 1.23 | 1.31 |
| Sudan* | 0.012 | NA | NA | 0.030 | 0.034 | NA | NA | NA | NA | 0.011 | NA | 2.80 |
| SouthSudan* | NA | NA | NA | 0.013 | 0.021 | NA | NA | NA | NA | 0.024 | NA | 0.870 |
| Total*** | 2.1 | 16.28 | 17.52 | 32.53 | 30.78 | 16.25 | 13.26 | 99.89 | NA | NA | NA | NA |
| SSA Total | 3.5 | 16.99 | 18.40 | 33.52 | 31.86 | 16.53 | 13.46 | 100.00% | 9.25 | 15.07 | 1.99 | 2.11 |
| WesternAfrica | 1.6 | 10.40 | 10.58 | 23.11 | 21.61 | 12.71 | 11.03 | 81.90% | 5.63 | 9.92 | 1.88 | 2.18 |
| East&Others | 2.0 | 6.60 | 7.83 | 10.41 | 10.24 | 3.81 | 2.41 | 17.90% | 3.62 | 5.15 | 2.16 | 1.99 |

Contribution % are calculated based on 13.26Mt, *Total is only for 23 CARD countries.

単年比較は変動誤差が大きいので、以下では2007-2011年と2017-2021年の5年平均で10年間の籾生産の増加量(CARD23カ国で1,326万ton)を検証した。1位はナイジェリアで約534万トン(寄与率40.3%)と断トツであった(独立直後の1961-65年の平均21万トンが2007-2011年平均の400万トンと19倍増していたという前史にも注意が必要である)。2位はマリで144万トンの増加(寄与率10.86%)、3位URタンザニアで121万トン(9.13%)、4位コートジボワールで102万トン(7.69%)、5位コンゴ民主共和国で91万トン(6.84%)、6位ギニアで81万トン(6.11%)、7位セネガルで80万トン(6.03%)、8位ガーナで56万トン(3.8%)、9位シエラレオネで30万トン(2.26%)、10位ベナンで28万トン(2.11%)、11位カメルーンで21万トン(1.6%)、12位ブルキナファソで19万トン(1.43%)であった。カメルーンで21万トン(1.6%)、12位ブルキナファソで19万トン(1.43%)であった。これら12カ国は、過去10年間におけるSSAの23のCARD諸国全体の籾生産増加量の98.4%にあたる1,310万

トンの増加に貢献した。西アフリカ諸国の貢献は 81.9%、東・中央アフリカ諸国の貢献は 17.9%であった。1966-1970 年の 5 年間平均では、西アフリカの粗生産量は 204 万トン(160 万 ha、収量 1.27 トン/ha)だったのに対し、東部及び中央アフリカの水稲生産量は 230 万トン(151 万 ha、収量 1.52 トン/ha)であった。マダガスカルは、2000 年代までは SSA で最も収量の多い No.1 の粗生産国であった。しかし、2007 年から 2021 年の CARD プロジェクト期間中、その収量は 3.33 トン/ha から 2.66 トン/ha に減少した。政情不安と社会危機に加え、干魃や氾濫等地球温暖化の影響もあるが、SSA の中ではアジア型水田稲作の先進国であるマダガスカル稲作の 2010 年以降の不可解な停滞は、ナイジェリア(SSA の中核稲作国)やアジア諸国の緑の革命以降も持続している稲作の発展との対比で注意すべき点である。伝統的なアフリカ型非水田型稲作国、リベリア、モザンビーク、ガンビアは 2007-2011 年平均 0.765-1.31 トン/ha が 2017-2021 年平均 0.545-1.1 トン/ha とさらに低収国となった。収量の減少が生産量減少の主な原因となっている。この 4 カ国を除けば、その他 CARD の SSA19 ヶ国では、栽培面積と収量増との相乗効果により、生産量は大幅に増加した。

3. 2008-2021 年のナイジェリアのコメ生産量の急激な増加に貢献した州と地域はどこか(表 2、表 3)。

表 2 は、Kaduna 州 Zaria 市の Ahmadu Bello 大学付属の全国農業普及研究連絡サービス(NAERLS, National Agricultural Extension and Research Liaison Services)による 2008-2021 年のナイジェリア全 37 州の雨期稲作付面積と粗生産量の推移を示す。この業務は連邦農業農村開発省(FMARD)傘下の Federal Department of Agricultural Extension (FDAE) & Planning and Policy Coordination Department (P&PCD)との共同作業によるナイジェリア政府の公式統計である。表には 2000 年のナイジェリア政府の公式統計データ(WARDA rice statistics report 2001, Project Synergy of Nigeria Government 2004)と GEMS4(2017)による 2016 年の乾期と雨期作のデータも含まれている。

表 2 の NAERLS の雨季の稲作データには、以下のサンプリング調査方法から見ても、信頼性に問題があるように思われる。統計調査は米の生産だけではなく、キビ、ソルガム、小麦、トウモロコシ、キャッサバ、ヤムイモ、ココヤムなどの穀物、オオバコ/バナナ、綿花、ショウガ、ササゲ、落花生、大豆、ベニシード、トマト、タマネギ、オクラ、牛、羊、ヤギ、豚、鶏などの家畜、ナマズ、ティラピア、クラリアスなどの淡水魚養殖業等、多様な農業水産業品目を一緒に扱っている。調査方法に関する基本的なパネルデータは示されておらず、最終データのみが示されている。例えば、Adamawa 州と Bauchi 州の粗生産量は 2011-2014 年まで 10 万トン未満だったが、2015 年以降は 20-33 万トンと不連続に増加した。これはその年に調査した LGA が非稲作地方から稲作 LGA に変わったためと思われる。Ebonyi 州では、2014 年まで 30 万トンだった生産量が半減し、2015-2021 年には 15 万トン未満と不連続である。Niger 州でも、2009 年から 2012 年ごろにかけて不連続の急減があった。適切なサンプリング調査であったのかどうか疑問が付き、これほどの激減は、これらの州における災害発生に匹敵する。しかし、こうした急激な変化の理由について統計科学的な議論はない。後述の稲作地クラスターの焦点を当てた GEMS4(2017)の調査に比べ、NAERLS の稲作統計データの信頼性には疑問がある。

NAERLS の調査方法は概略以下である。ナイジェリア 37 州には約 800(各州平均 20)の Local government (LGA)があり、調査の基本単位とした。毎年 9 月初めの 1 週間をかけて約 60 人の現地調査者が 3 名一組で 19 チームを構成し、各州 4 つの LGA(全国で 148)をサンプリングし、その LGA から一つのコミュニティを選び、コミュニティ毎に 5 名の回答者を選び、ナイジェリア全土で 725 名の農民からヒヤリングを行った。基本的な問題は各州 4 つの LGA のサンプリング方法にある。とりわけ 2013 年以降、Adesina 農業大臣の乾季稲作の振興政策等により、ナイジェリアの稲作は陸稲栽培から低湿地水田稲作に大きな方向転換をとげた。低湿地稲作は低地地形と水文条件により適地が決まり、各 LGA の稲作適地度は大きな差異がある。後述する GEMS4 の調査のように稲作地域生産クラスターを基本的な調査対象にするべきである。農家や農村コミュニティという農業生産の基盤データが存在しないので、NAERLS の調査では、少数のサンプリング調査となり誤差が大きくなる。各州の ADP の協力を得て実施されたとしても、普及員の数と装備を充実させて、農村コミュニティ、とりわけ稲作生産クラスターから積み上げるボトムアップ型の統計データが必要である。しかし、ナイジェリア全土で 725 名の農民からヒヤリングを行う規模では少なすぎる。

GEMS4 の調査法の要点は(1)ナイジェリア全 37 州のうち全国のコメ生産の 80%をカバーする主要稲作州 18 を選定した。(2)各州の ADP と Fadama III の既存データから合計 96 の主要な稲作 LGA と 165 のクラスターを選定した。(3)選定したクラスターから乾季作稲作農家 410,210 人、雨期作農家 1,426,505 人を抽出した。

Table 2. Table 2. Changes in wet-season rice acreage and paddy production during 2000-2021 in 37 states of Nigeria (WARDA 2001, NAERLS 2008-2021). Dry-season data are limited for 2000 by WARDA, 2013 and 2014 by FMARD (Adesina 2014), and 2016 by GEMS4 (Aminu et al. 2017). The original GEMS4's data were divided by 1.65 using following two factors, i.e., (1) adjust the three yields data, i.e., 4.2t/ha of GEMS4, 2.56 t/ha of FAOSTAT, and 1.81 t/ha of USDA in 2016. The average is 2.1 t/ha. GEMS4's yield was 2 times higher than the mean. (2) In addition to the difference of yield data, the rice milling recovery rate for FAOSTAT was 0.65 while that for GEMS4 was 0.5, which make the adjustment factor of 1.3 (0.65/0.5). The average of the two adjustment coefficients, $1.65 = (2 + 1.3) / 2$ to divide the original GEMS4 data and use the value of 60.6%.

| | | x(1000ton) x(1000ha) | 2000 wet | 2008 wet | 2009 wet | 2010 wet | 2011 wet | 2012 wet | 2013 wet | 2014 wet | 2015 wet | 2016 dry** | 2016 wet** | 2016 wet | 2017 wet | 2018 wet | 2019 wet | 2020 wet | 2021 wet |
|-------------------|---------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Abia | South | Production | 15 | 22 | 24 | 24 | 24 | 28 | 30 | 32 | 35 | | 44 | 44 | 50 | 57 | 57 | 57 | 58 |
| | East | Area | 8 | 10 | 9 | 9 | 9 | 12 | 13 | 14 | 15 | | 30 | 30 | 32 | 37 | 42 | 48 | 49 |
| Adamawa | North | Production | 128 | 24 | 35 | 41 | 42 | 57 | 60 | 268 | 354 | | 266 | 266 | 279 | 281 | 281 | 275 | 276 |
| | East | Area | 65 | 121 | 22 | 35 | 35 | 37 | 39 | 99 | 99 | | 156 | 156 | | 162 | 163 | 164 | 172 |
| AkwaiBom | South | Production | 0.2 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 7.9 | 7.9 | | 17 | 17 | 19 | 25 | 24 | 23 | 24 |
| | South | Area | 0.12 | 0.37 | 0.38 | 0.38 | 0.85 | 0.86 | 1.9 | 1.8 | 2 | | 9.6 | 9.6 | 10 | 9.3 | 10 | 11 | 11 |
| Anambra | South | Production | 27 | 36 | 36 | 37 | 37 | 98 | 125 | 56 | 62 | | 80 | 80 | 91 | 93 | 95 | 94 | 99 |
| | East | Area | 13 | 14 | 15 | 16 | 16 | 44 | 45 | 27 | 24 | | 43 | 43 | 45 | 34 | 37 | 40 | 42 |
| Bauchi | North | Production | 41 | 50 | 70 | 66 | 67 | 78 | 82 | 88 | 298 | | 238 | 203 | 216 | 247 | 246 | 232 | 250 |
| | East | Area | 22 | 30 | 36 | 38 | 37 | 36 | 38 | 41 | 96 | | 111 | 119 | 122 | 137 | 141 | 146 | 153 |
| Bayersa | South | Production | 87 | 39 | 77 | 83 | 78 | 99 | 121 | 123 | 34 | | 83 | 83 | 93 | 95 | 97 | 96 | 95 |
| | South | Area | 40 | 16 | 39 | 43 | 42 | 43 | 47 | 50 | 14 | | 42 | 42 | 44 | 51 | 50 | 50 | 48 |
| Benue | Central | Production | 275 | 275 | 272 | 306 | 307 | 307 | 346 | 390 | 456 | | 283 | 426 | 489 | 559 | 507 | 507 | 518 |
| | | Area | 138 | 138 | 135 | 140 | 144 | 147 | 102 | 109 | 116 | | 95 | 207 | 228 | 278 | 275 | 272 | 272 |
| Borno | North | Production | 125 | 127 | 145 | 146 | 146 | 146 | 144 | 144 | 48 | | 178 | 178 | 181 | 187 | 190 | 186 | 190 |
| | East | Area | 92 | 110 | 129 | 136 | 134 | 129 | 138 | 125 | 47 | | 112 | 112 | 113 | 115 | 116 | 117 | 120 |
| CrossRiver | South | Production | 0.15 | 46 | 46 | 179 | 197 | 187 | 100 | 52 | 53 | | 102 | 102 | 116 | 145 | 155 | 158 | 163 |
| | South | Area | 0.1 | 20 | 20 | 69 | 91 | 90 | 94 | 25 | 27 | | 57 | 57 | 60 | 63 | 67 | 70 | 73 |
| Delta | South | Production | 2 | 10 | 11 | 12 | 12 | 20 | 23 | 48 | 49 | | 39 | 39 | 44 | 46 | 49 | 50 | 50 |
| | South | Area | 1.5 | 6 | 6 | 13 | 13 | 14 | 15 | 15 | 17 | | 23 | 23 | 24 | 26 | 27 | 28 | 30 |
| Ebonyi | South | Production | 115 | 294 | 296 | 296 | 297 | 295 | 302 | 326 | 90 | | 181 | 95 | 110 | 127 | 134 | 138 | 146 |
| | East | Area | 45 | 98 | 108 | 111 | 113 | 111 | 116 | 36 | 34 | | 54 | 47 | 50 | 60 | 60 | 61 | 66 |
| Edo | South | Production | 8 | no da | 23 | 23 | 23 | 149 | 156 | 55 | 68 | | 110 | 110 | 125 | 137 | 141 | 142 | 138 |
| | South | Area | 5 | no da | 13 | 13 | 13 | 84 | 85 | 25 | 27 | | 57 | 57 | 61 | 67 | 66 | 64 | 62 |
| Ekiti | South | Production | 40 | 100 | 88 | 75 | 77 | 100 | 104 | 113 | 77 | | 33 | 117 | 135 | 135 | 135 | 133 | 140 |
| | WEst | Area | 37 | 52 | 66 | 80 | 81 | 82 | 99 | 98 | 20 | | 16 | 68 | 73 | 75 | 77 | 79 | 82 |
| Enugu | South | Production | 30 | 54 | 66 | 76 | 77 | 88 | 98 | 95 | 99 | | 75 | 75 | 85 | 89 | 92 | 93 | 94 |
| | East | Yield | 10 | 20 | 23 | 41 | 42 | 35 | 36 | 35 | 36 | | 36 | 36 | 40 | 42 | 46 | 50 | 52 |
| FCT | Central | Production | 14 | 40 | 42 | 57 | 57 | 163 | 173 | 287 | 384 | | 32 | 353 | 408 | 417 | 415 | 404 | 415 |
| | | Area | 6.4 | 20 | 21 | 26 | 26 | 125 | 126 | 130 | 133 | | 10 | 189 | 196 | 201 | 201 | 291 | 207 |
| Gombe | North | Production | 69 | 90 | 93 | 92 | 93 | 111 | 120 | 236 | 284 | | 166 | 166 | 174 | 209 | 211 | 210 | 215 |
| | East | Area | 38 | 42 | 44 | 46 | 49 | 51 | 56 | 84 | 89 | | 100 | 100 | 102 | 125 | 136 | 147 | 157 |
| Imo | South | Production | 0.2 | 0.28 | 24 | 1.8 | 24 | 37 | 40 | 59 | 61 | | 55 | 55 | 63 | 75 | 81 | 84 | 85 |
| | East | Area | 0.06 | 0.45 | 0.23 | 0.24 | 0.33 | 21 | 20 | 14 | 16 | | 29 | 29 | 31 | 35 | 39 | 43 | 44 |
| Jigawa | North | Production | 19 | 57 | 63 | 14 | 14 | 110 | 121 | 210 | 235 | 64 | 757 | 187 | 212 | 246 | 203 | 203 | 215 |
| | West | Area | 21 | 64 | 70 | 40 | 41 | 103 | 105 | 59 | 67 | 21 | 310 | 97 | 100 | 109 | 113 | 118 | 122 |
| Kaduna | North | Production | 598 | 350 | 354 | 359 | 361 | 288 | 342 | 449 | 499 | 103 | 549 | 296 | 339 | 349 | 349 | 347 | 360 |
| | West | Area | 230 | 138 | 146 | 168 | 171 | 164 | 173 | 155 | 166 | 43 | 285 | 144 | 158 | 159 | 159 | 160 | 164 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Kano | North | Production | 120 | 207 | 257 | 268 | 269 | 248 | 275 | 348 | 398 | 584 | 1126 | 366 | 418 | 423 | 422 | 412 | 439 |
| | West | Area | 82 | 93 | 127 | 122 | 118 | 103 | 112 | 127 | 132 | 225 | 500 | 171 | 125 | 125 | 125 | 125 | 132 |
| Katsina | North | Production | 29 | 63 | 59 | 58 | 57 | 85 | 96 | 145 | 188 | | 284 | 175 | 200 | 225 | 235 | 231 | 220 |
| | West | Area | 30 | 56 | 56 | 56 | 57 | 60 | 64 | 62 | 64 | | 116 | 103 | 108 | 121 | 127 | 133 | 137 |
| Kebbi | North | Production | 68 | 53 | 55 | 63 | 59 | 164 | 179 | 287 | 319 | 917 | 1245 | 353 | 411 | 413 | 412 | 343 | 349 |
| | West | Area | 32 | 31 | 33 | 35 | 36 | 104 | 106 | 117 | 119 | 196 | 416 | 207 | 217 | 218 | 218 | 218 | 224 |
| Kogi | Central | Production | 103 | 125 | 131 | 135 | 190 | 492 | 513 | 510 | 525 | 57 | 262 | 447 | 513 | 564 | 548 | 522 | 535 |
| | | Area | 37 | 53 | 56 | 60 | 61 | 172 | 187 | 169 | 193 | 19 | 147 | 216 | 236 | 275 | 272 | 269 | 292 |
| Kwara | Central | Production | 36 | 346 | 440 | 506 | 501 | 498 | 517 | 349 | 394 | | 333 | 353 | 408 | 439 | 433 | 419 | 432 |
| | | Area | 29 | 135 | 143 | 147 | 150 | 179 | 187 | 130 | 168 | | 205 | 170 | 187 | 201 | 202 | 202 | 208 |
| Lagos | South | Production | 2.5 | 16 | 27 | 29 | 29 | 54 | 60 | 35 | 40 | | 56 | 56 | 63 | 71 | 80 | 85 | 86 |
| | West | Area | 1.6 | 6.2 | 9.2 | 8.1 | 8.1 | 25 | 25 | 19 | 20 | | 34 | 34 | 36 | 38 | 43 | 48 | 49 |
| Nasarawa | Central | Production | 106 | 91 | 138 | 183 | 184 | 185 | 196 | 399 | 497 | 83 | 502 | 355 | 411 | 414 | 413 | 404 | 417 |
| | | Area | 45 | 41 | 54 | 78 | 80 | 103 | 102 | 135 | 143 | 36 | 241 | 170 | 178 | 181 | 181 | 181 | 190 |
| Niger | Central | Production | 473 | 506 | 532 | 139 | 141 | 163 | 263 | 295 | 325 | 216 | 622 | 471 | 545 | 617 | 626 | 623 | 630 |
| | | Area | 206 | 163 | 165 | 156 | 157 | 157 | 107 | 128 | 138 | 59 | 191 | 208 | 229 | 262 | 260 | 258 | 256 |
| Ogun | South | Production | 12 | 21 | 26 | 31 | 35 | 46 | 50 | 61 | 68 | | 22 | 61 | 69 | 77 | 85 | 89 | 94 |
| | West | Area | 10 | 17 | 20 | 24 | 12 | 22 | 23 | 21 | 23 | | 12 | 42 | 45 | 52 | 53 | 54 | 58 |
| Ondo | South | Production | 45 | 54 | 60 | 61 | 106 | 108 | 159 | 79 | 89 | | 104 | 104 | 117 | 119 | 120 | 118 | 120 |
| | West | Area | 22 | 29 | 29 | 30 | 51 | 53 | 57 | 30 | 34 | | 54 | 54 | 35 | 37 | 42 | 48 | 48 |
| Osun (South West) | South | Production | 13 | 29 | 38 | 37 | 36 | 49 | 61 | 62 | 67 | | 81 | 81 | 93 | 102 | 107 | 111 | 116 |
| | West | Area | 9 | 16 | 21 | 22 | 22 | 22 | 22 | 24 | 28 | | 39 | 39 | 42 | 45 | 50 | 57 | 61 |
| Oyo | South | Production | 0.9 | no da | no da | 42 | 42 | 157 | 164 | 60 | 60 | | 87 | 87 | 100 | 103 | 104 | 104 | 109 |
| | West | Area | 0.7 | no da | no da | 24 | 24 | 92 | 94 | 18 | 20 | | 51 | 51 | 55 | 56 | 59 | 61 | 63 |
| Plateau | Central | Production | 64 | 112 | 154 | 159 | 170 | 190 | 210 | 324 | 330 | | 213 | 213 | 245 | 253 | 252 | 246 | 250 |
| | | Area | 30 | 62 | 70 | 71 | 76 | 78 | 81 | 98 | 109 | | 120 | 120 | 129 | 131 | 132 | 132 | 135 |
| Rivers | South | Production | 0 | 1.1 | 15 | 31 | 15 | 125 | 139 | 49 | 50 | | 59 | 59 | 67 | 77 | 77 | 77 | 81 |
| | South | Area | 0 | 1 | 15 | 17 | 15 | 66 | 66 | 17 | 17 | | 35 | 35 | 38 | 45 | 44 | 42 | 42 |
| Sokoto | North | Production | 14 | 79 | 52 | 54 | 59 | 87 | 91 | 103 | 123 | 157 | 436 | 145 | 162 | 165 | 165 | 162 | 163 |
| | West | Area | 20 | 31 | 43 | 44 | 46 | 58 | 59 | 58 | 60 | 39 | 129 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 |
| Taraba | North | Production | 200 | 260 | 276 | 294 | 294 | 289 | 309 | 328 | 390 | 173 | 665 | 324 | 366 | 417 | 407 | 387 | 388 |
| | East | Area | 200 | 169 | 174 | 204 | 204 | 157 | 161 | 122 | 127 | 67 | 260 | 161 | 174 | 189 | 191 | 192 | 201 |
| Yobe | North | Production | 37 | 25 | 27 | 34 | 33 | 98 | 97 | 197 | 238 | | 157 | 157 | 169 | 156 | 163 | 159 | 160 |
| | East | Area | 30 | 21 | 21 | 21 | 42 | 42 | 42 | 88 | 92 | | 102 | 102 | 103 | 100 | 99 | 98 | 98 |
| Zamfara | North | Production | 19 | 36 | 21 | 23 | 24 | 116 | 130 | 139 | 277 | 192 | 404 | 219 | 250 | 252 | 252 | 247 | 221 |
| | West | Area | 22 | 25 | 21 | 18 | 24 | 26 | 118 | 110 | 95 | 52 | 128 | 124 | 119 | 122 | 123 | 124 | 113 |
| Total | NAERLS | Production | 2936 | 3926 | 4081 | 4538 | 4567 | 4527 | 4823 | 6690 | 7573 | 2581 | 9948 | 6916 | 7835 | 8403 | 8436 | 8172 | 8342 |
| | (GEMS4) | Area | 1587 | 1938 | 2013 | 2554 | 2571 | 2871 | 2982 | 2580 | 2626 | 757 | 4356 | 3651 | 3765 | 4065 | 4127 | 4195 | 4320 |
| Total | FAOSTAT | Production | 3277 | 4179 | 3546 | 4473 | 4613 | 5433 | 4823 | 6618 | 7187 | | | 10517 | 10890 | 10859 | 8436 | 8172 | 8342 |
| | | Area | 2199 | 2382 | 1837 | 2433 | 2269 | 2864 | 2931 | 3082 | 3122 | | | 4101 | 4447 | 4066 | 4127 | 4195 | 4320 |
| Total | USDA | Production | | 5333 | 5667 | 4151 | 4567 | 3762 | 4400 | 4500 | 4300 | | | 5800 | 7400 | 7600 | 8000 | 8341 | 7937 |
| | | Milled rice | | 3200 | 3400 | 2615 | 2709 | 2370 | 2772 | 2772 | 2709 | | | 3654 | 4662 | 4788 | 5040 | 5255 | 5500 |
| | | Area | | 2300 | 2400 | 2150 | 2170 | 1575 | 2500 | 2700 | 2500 | | | 3200 | 3600 | 3600 | 3500 | 3650 | 3800 |
| JICA total (CARD) | FAOSTAT | Production | | 4179 | 3546 | 4473 | 4613 | 5433 | 4823 | 6003 | 6256 | | | 6071 | | 8403 | (NAERLS) | | |
| | USDA | Production | | 4178 | 3546 | 4473 | 4567 | 3762 | 4400 | 4500 | 4300 | | | 4286 | 4400 | | | | |
| | | x(1000ton) x(1000ha) | 2000 wet | 2008 wet | 2009 wet | 2010 wet | 2011 wet | 2012 wet | 2013 wet | 2014 wet | 2015 wet | 2016 dry** | 2016 wet** | 2016 wet | 2017 wet | 2018 wet | 2019 wet | 2020 wet | 2021 wet |

一方、NAERLS では稲作クラスターと関係なく 37 州から毎年 4 つの LGA を選び、合計 148 の LGA を選び、その LGA から一つのコミュニティを選び、コミュニティ毎に 5 名の回答者を選び、ナイジェリア全土で 725 名の農民からヒヤリングを行い、基礎データとした。NAERLS の稲作統計は稲作クラスターを考慮していないことと、乾季作を考慮していない点で GEMS4 に比べ基盤データの信頼性は低い。

表 2 の最下部 Zamfara 州の下に示されている全国初総生産量データを見ると、2016～2018 年の FAOSTAT の初生産量は NAEALS のそれを 250-360 万トンも上回っている。この大きな差の理由は乾季稲作の実測統計データが GEMS4 のみであることが主因である。2016 年の GEMS4 の乾期(258 万トン)と雨期(995 万トン)の合計初生産量(1253 万トン)は、FAOSTAT の 1052 万トンに近い。2016 年から 2018 年の 3 年間とも、FAOSTAT による初生産量は 1000 万トンを超えている。この時期の FAOSTAT のデータには、表 3 に示すように、ケッビ州や他の北部州の乾季作の推定生産量のデータが含まれている可能性がある。しかし、2019-2021 年、NAEARL と FAOSTAT のデータは完全に一致しており、FAOSTAT はこの期間 NAEARLS の雨期作データを使用したことを示している。いずれにせよ、NAEARL、FAOSTAT、USDA、GEMS4 のコメ統計の信頼性はあまり高くはないことがわかる。ナイジェリアの統計データの信頼性を向上させることは、適切なコメ振興政策を実施する上で重要である。

表 2 の最下部 2 行のデータは、2008～2018 年実施の JICA の CARD プログラムの 2 種類の最終評価報告書(JICA 2018, 2021)で使用された FAOSTAT と USDA のデータである。JICA の 2018 年の報告書は 2017 年時点での FAOSTAT や USDA のデータを使用しているため、初生産量が 2014 年 600 万トン、2015 年 626 万トン、2016 年 607 万トン、2017 年 N/A(データなし)、USDA のデータでは 2016 年 429 万トン、2017 年 440 万トンとなっている。しかし、2021 年の最終報告書では 2018 年までのデータを使用しているが、奇妙なことに FAOSTAT ではなくて NAERLS の 2018 年のデータ 8.4Mt を使用している。表 1 に見られるように、公式の FAOSTAT(2023 年)データでは 2014 年 660 万トン、2015 年 720 万トン、2016 年 1052 万トン、2017 年 1089 万トンであった。USDA では 2016 年 580 万トン、2017 年 740 万トンであった。2021 年の JICA 最終評価報告書は、ナイジェリア、特にケッビ州における 2014 年から 2018 年以降の乾季作の拡大による劇的な初生産増加を見逃している。あるいは CARD プロジェクトとしては、Nigeria の成果を特に重視していない最終評価報告書になっている。NAERLS、FAOSTAT、USDA、JICA、GEMS4 いずれも信頼性の高い農業統計は存在していない、というのが現状かもしれない。

4. Kebbi 州の初生産量は、2008 年以前は年間 10 万トンにも満たなかったが、2015 年から 2017 年にかけて年間 200 万トンを達成し、ナイジェリア No.1 になったというのは事実か？

上の表 2、特に乾季作米の生産動向に関する下の表 3 は、ナイジェリアの米生産が 2014 年以降急速に拡大したことを示している。表 3 の GEMS4 調査データによると、これを牽引したのは主に Kebbi(21%)、Kano(17%)、Niger(8.3%)、Taraba(8.2%)、Jigawa(8.0%)の北部 5 州である。特に Kebbi 州は、2014 年以降急速に拡大した雨季と、とりわけ、乾季の稲作により、大きな貢献をした。このような近年の Nigeria の稲作を牽引している Kebbi 州の稲作の発展が、表 2 の NAERLS の公式データに全く反映されていないのは残念なことである。FAOSTAT や USDA のデータも NAERLS のデータと同様 2013 年以降のナイジェリアの乾季稲作の拡大をカバーできるような、一貫した科学的統計調査に基づいているとは言えない。Nigeria の稲作を含む農業統計は改善が必要であることを示している。2023 年 10 月現在、FMARD の他の機関でも NAERLS でも、公式の乾季稲作の生産統計データは見当たらない。

表 3 に示すように WARDA がまとめた乾季作の初生産量は、どの州でも 2000 年当時は非常に少なかった(WARDA 2001, Project Synergy of Nigerian Government, 2004 年)。表 3 に示した 2013 年と 2014 年の乾季作物のデータは、Adesina 農業大臣が 2013-2014 に実施した乾季稲作推進政策に基づく推定値である(Adesina 2014 年)。農業農村開発省は 2013 年に Bauchi から Zamfara までの北部 10 州の農家 290,653 戸に、2014 年には 24 州の農家 550,286 戸に、1 人当たり種籾 50kg、NPK(15-15-15)100kg、尿素肥料 50kg を配布した。2013 年と 2014 年の乾季における水稲生産量と面積のデータは、各農家が乾季米を 1ha 耕作し、平均 4t/ha の水稲生産量を得たと仮定した推定値である(表 3, Adesina 2014)。これらは実測

Table 3. Progress of Dry Season Rice Production: 2000 by WARDA, On-the job training in 2011-12 by Sawah and FadamaIII, 2013 and 2014 by FMARD's estimation; 2016 by GEMS4's survey. *Estmation by 4xNumber of dry season farmers. **Field survey by using the method of Singh R (2013), Sapkota TB, ML Jat, RK Jat, P Kapoor and C. Stirling (2014). NA: no data available.

| | 2000(WARDA) | | 2011(Sawah/FadamaIII) | | 2012(FadamaIII/Sawah) | | 2013 (FMARD) | | 2014(FMARD) | | 2016(GEMS4) | | |
|--------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|----------------------|--------------------------|
| | Cultivation area (ha) | Paddy production (ton) | Cultivation area (ha) | Paddy production(ton) | Cultivation area (ha) | Paddy production(ton) | Number of Farmers | Paddy production (ton)* | Number of Farmers | Paddy production (ton)* | Number of Farmers | Cultivation Area(ha) | Paddy production (ton)** |
| Abia | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 954 | 3,816 | 0 | 0 | 0 |
| Adamawa | 160 | 530 | NA | NA | NA | NA | NA | NA | 5,897 | 23,588 | NA | NA | NA |
| Bauchi | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,822 | 23,285 | 7,219 | 28,876 | 0 | 0 | 0 |
| Bayersa | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,301 | 9,204 | 0 | 0 | 0 |
| Benue | 412 | 1479 | 2 | 5 | 0 | 0 | NA | NA | 2,496 | 9,984 | 0 | 0 | 0 |
| Borno | 725 | 2400 | 0 | 0 | 0 | 0 | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| CrossRiver | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,306 | 5,224 | 0 | 0 | 0 |
| Delta | 0 | 0 | 2 | 10 | NA | NA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ebony | 700 | 1800 | 2 | 10 | NA | NA | NA | NA | NA | NA | 0 | 0 | 0 |
| Edo | 300 | 141 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,154 | 8,616 | NA | NA | NA |
| Ekiti | 1250 | 710 | 2 | 10 | NA | NA | NA | NA | 439 | 1,756 | 0 | 0 | 0 |
| Enugu | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,825 | 15,300 | NA | Na | NA |
| FCT | 0 | 0 | 4 | 20 | NA | NA | 0 | 0 | 607 | 2,428 | 0 | 0 | 0 |
| Gombe | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9,644 | 38 | 6,591 | 26,364 | NA | NA | NA |
| Imo | 290 | 550 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,009 | 4,036 | NA | NA | NA |
| Jigawa | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 74,972 | 299,888 | 98,201 | 392,804 | 10,902 | 21,010 | 105,050 |
| Kaduna | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 20 | NA | NA | NA | NA | 12,490 | 43,360 | 204,987 |
| Kano | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 40 | 31,491 | 125,964 | 46,073 | 184,292 | 143,769 | 224,766 | 962,860 |
| Katsina | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,334 | 13,336 | 34,027 | 136,108 | 0 | 0 | 0 |
| Kebbi | 195 | 340 | 18 | 128 | 199 | 1260 | 55,473 | 221,892 | 105,397 | 421,588 | 134,604 | 196,001 | 1,512,466 |
| Kogi | 0 | 0 | 4 | 16 | NA | NA | 7,355 | 29,420 | 9,852 | 39,408 | 5,940 | 19,200 | 94,520 |
| Kwara | 0 | 0 | 3 | 14 | 1 | NA | 0 | 0 | 2,831 | 11,324 | 0 | 0 | 0 |
| Lagos | 600 | 1440 | 6 | 27 | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |
| Nasarawa | 0 | 0 | 2 | 10 | NA | NA | 0 | 0 | 3,080 | 12,320 | 7,280 | 35,884 | 137,164 |
| Niger | 0 | 0 | 50 | 175 | 100 | 350 | 1,002 | 4,008 | 31,845 | 127,380 | 29,950 | 59,470 | 383,455 |
| Ogun | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 446 | 1,784 | 0 | 0 | 0 |
| Ondo | 49 | 120 | 5 | 20 | NA | NA | 0 | 0 | NA | NA | NA | NA | NA |
| Osun | 0 | 0 | 6 | 30 | NA | NA | 0 | 0 | NA | NA | NA | NA | NA |
| Sokoto | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 46,087 | 184,348 | 58,433 | 233,732 | 33,638 | 39,480 | 259,018 |
| Taraba | 250 | 710 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 536 | 2,144 | 7,478 | 67,153 | 285,578 |
| Zamfara | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 55,473 | 221,892 | 124,767 | 499,068 | 24,159 | 52,191 | 317,515 |
| Total | 4931 | 10220 | 106 | 475 | 312 | 1670 | 290,653 | 1,124,071 | 550,286 | 2,201,144 | 410,210 | 758,514 | 4,262,613 |

*Estmation by 4xNumber of dry season farmers. **Field survey by using the method of Singh R (2013), Sapkota TB, ML Jat, RK Jat, P Kapoor and C. Stirling (2014).

値ではない。方法が明記された乾期稲作の現地調査とヒヤリングに基づく比較的信頼性の高いデータは、2016年に主要な米生産18州で乾期水稲と雨期水稲の両方を調査したGEMS4(2017)だけであり、そのデータは表2および表3に含まれている。

GEMS4の表2と表3のデータで注意すべき点は、表3はオリジナルのGEMS4のデータをそのまま使用しているが、表2で説明したように2016年のGEMS4の籾生産量はNAERLS、FAOSTAT、USDAのデータと比較できるようにGEMS4の元データを1.65で割った値、オリジナルデータの60.6%に相当する値、を使用していることである。この結果、Table 2では全ての籾生産量と収量はGEMS4の元データの60.6%の値となっている。

2017年のケッビ州ADPの報告書(Shehu and Lolo 2017)やNAERLSとFDAE(2014)によると、2011年から2012年の年間水田生産量は約6万トンに過ぎなかった。しかし2013年以降、信じられないほどの大幅な増産が始まった。2013年の雨期は19万トン、乾期は20万トン、合計39万トンであった。2014年の乾季は33万トン、雨季は19万トン、合計52万トン。2015年は乾季と雨季の合計で75万トンであった。図3に示すように、2016年では合計で185万トン(表2のGEMS4のデータでは、FAOSTATやUSDAとの調整済みデータで年間合計179万トン、雨季103万トン、乾季76万トン、表3のGEMS4の粗データでは乾季作151万トン、雨期作206万トン、合計357万トン)となり、ナイジェリアNo.1の水稲生産州となった(Shehu and Lolo 2017, Tene 2017, Essiet 2016, Yombe 2016, GEMS4 2017)。

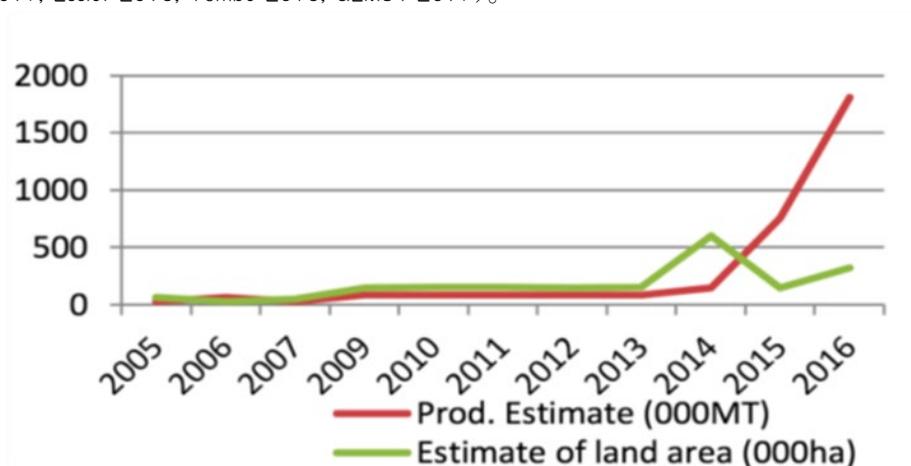


図3. Kebbi州における籾生産量と作付面積の2005年から2016年までの推移 (Shehu B and Lolo A, 2017)

ナイジェリア全体に占めるケッビ州の水稲生産量の割合は、2011年1.3%、2013年8.1%、2014年6.7%、2016年20.3%と急増した。驚異的な増産といえる。下図の2016年以降の統計データの信頼性については本稿で検証するが、ケッビ州による稲作革命の実現は、隣接するニジェール州でも語られていた(2017年10月16日、ニジェール州副知事のケッビ稲作革命発言)。この発言はDr. YS. Ademiluyi, the national coordinator of Sawah team of National Center for Agricultural Mechanization (NCAM)がFMARDの稲作推進戦略(Adesina 2014)に基づいてニジェール州におけるサワ技術普及計画の説明のためにニジェール州を訪問した時の発言である。

下の表4はKebbi州における稲作の発展、とりわけ乾季稲作の発展を示すデータである。2016年5月から収穫終了の6月までにKebbi州外のトレーダーや精米業者が購入した籾の売買量と価格を示す。乾季の収穫は3月から始まり、6月で終わるので、3-4月の収穫分は含まれない。又、Suru LGAのもう一つのclusterにおける売買や地元トレーダーによる籾の購入と生産農家の消費分は含めていない。表の最後に示す総販売量5.2万トン(692750袋x75kg)は2016年のSuru地方政府(LGA)の乾季総生産量26.6万トンの19.6%にあたる。

表 4: 2016 年乾期収穫期(2016 年 5 月～9 月)における Suru 市場の主要バイヤーによる初購入量(乾季の全初生産量は Suru LGA 全体で 26.6 万トン、GEMS4 2017 より引用)

| Buyer/Destination | Quantity of Paddy purchased (No. of Trailer Load) | Quantity of Paddy purchase in bags (75kg bag) | Unit Price (Naira/bag) | Value of Purchase |
|-----------------------------|---|---|------------------------|----------------------|
| OLAM | 69 | 31,050 | 10,000 | 310,500,000 |
| WACOT | 13.3 | 6,000 | 10,000 | 60,000,000 |
| UMZA Rice Mill (Kano State) | 157.1 | 70,700 | 10,000 | 707,000,000 |
| Labana Rice Mill (Kebbi) | 16 | 7,200 | 10,000 | 72,000,000 |
| Goro Farm (Kebbi State) | 26 | 11,700 | 10,000 | 117,000,000 |
| Kano | 200 | 90,000 | 10,000 | 900,000,000 |
| Maiduguri | 179 | 80,550 | 10,000 | 805,500,000 |
| Katsina | 110 | 49,500 | 10,000 | 495,000,000 |
| Ogun | 16 | 7,200 | 10,000 | 72,000,000 |
| Kaduna | 128 | 57,600 | 10,000 | 576,000,000 |
| Sokoto | 89 | 40,050 | 10,000 | 400,500,000 |
| Zamfara | 90 | 40,500 | 10,000 | 405,000,000 |
| Bauchi | 56 | 25,200 | 10,000 | 252,000,000 |
| Gombe | 64 | 28,800 | 10,000 | 288,000,000 |
| Hadejia | 49 | 22,050 | 10,000 | 220,500,000 |
| Niger | 38 | 17,100 | 10,000 | 171,000,000 |
| Adamawa | 67 | 30,150 | 10,000 | 301,500,000 |
| Ilorin | 42 | 18,900 | 10,000 | 189,000,000 |
| Nasarawa | 87 | 39,150 | 10,000 | 391,500,000 |
| Kogi | 39 | 17,550 | 10,000 | 175,500,000 |
| Abuja | 4 | 1,800 | 10,000 | 18,000,000 |
| Total | 1539.4 | 692,750 | - | 6,927,500,000 |

Kebbi 州の LGA は 23 あるが Rima 川、Niger 川、Zamfara 川 氾濫原を有する 11 の LGA が稲作クラスターを有する LGA で、Kebbi 州全体の初生産の 80%以上を占める。2016 年の雨季と乾季の Kebbi 州の初生産量(精米比率 0.5) No.1 は Suru LGA で 87 万トン(雨季 60 万トン、乾季 26.6 万トン)と突出して多かった。No.2 が Koko Besse が 44 万トン(雨季 17.6 万トン、乾季 26.6 万トン)、No.3 が Shanga で 36 万トン、次いで Birinin Kebbi 36.9 万トン、Ngaski 32 万トン、Arugungu 27.4 万トン、Jega 19.3 万トン、Bagudo 16.9 万トン、Dandi 15 万トン、Augie 11.6 万トン、Bunza 8.7 万トンであった(GEMS4 2017)。

Kebbi 州の代表として乾季初売買のデータは、Suru LGA の中心的初集荷センターであるスル市場で収集された。市場職員は稲作農家組合と協力し、売買管理記録を把握した(GEMS4 2017)。乾季総生産量 26.6 万トンの 19.6%にあたる。75kg の初購入価格 10000Naira は当時のドル交換レート 300Naira=1ドルで換算すると 1 トン当たり 440ドルとなり、乾季の高価格時期とはいえ、精米率 50%とすれば 1 トンの精米価格 880ドルとなり、農家にとっては大きな収入となる。(ちなみに 2024 年 1 月現在ではさらに初価格は高騰し 1 トンが 700ドルとなっている。国境閉鎖による密輸米の減少、洪水被害、治安悪化、資材高騰のよる作付面積減少が原因とされるが、初生産農家を含む販売業者による買いためが主因という説もあり、CARD プロジェクトや政府の振興政策により急増した精米業者が苦境にある)。

本論文の目的は Kebbi 州における 2011-2022 年の Google earth の時系列画像と現地調査結果を比較対比することにより、上記の Kebbi 州における灌漑水田稲作の内発的発展、i.e., Kebbi rice revolution を科学的に検証することにある。Kebbi rice revolution が事実とすれば、どのようにして、実現したのかを明らかにすることも目標である。これにより Kebbi rice revolution 方式、即ち、進化段階 4 以上の Sawah platform を農民主導で州政府や連邦政府やアジア諸国の支援も得ながら、ナイジェリア全土に普及させるイノベーションを実現することが次の課題となる。ナイジェリアの灌漑水田稲作ポテンシャルは約 500 万 ha、平均初収量 5 トン

/ha とすれば、年間 2500 万トンの初生産(2020 年時点で約 1000 万トン)が今後 10-20 年の目標となる(Sawah Technology 5)。同時に、ナイジェリアとガーナで生まれて進化した Sawah Eco-technology を Mali, Niger, Benin, Togo, Ghana Burkina Faso, Corte d'Ivoire, Guinea, Guinea Bissau, Gambia, Senegal, Liberia, Sierra Leone, Chad, Cameroon, South Sudan, and Sudan 等の周辺諸国への普及活動を Rice Innovation を実現することも今後 10-30 年の目標となる。

Dr. Adesina 農業・農村開発省大臣(2011 年～2014 年)は、農業変革アジェンダ(ATA)を「SCORE CARD」という農業白書として公表し(Adesina 2014)、米のバリューチェーンを促進するために、2013 年度から乾季稲作推進政策を実施した。この成果に基づいて、2014 年度の 3 つの主要な活動目標が設定された。すなわち、(1) 24 州で 0.6 百万ヘクタールの乾季稲作を推進すること、(2)ナイジェリア農業共済 Nigeria Incentive Based Risk Sharing for Agricultural Lending (NIRSAL)からの信用供与に関心のある稲作農家の名前のリストアップ、(3)10 州で Sawah Eco-technology 技術を確立し、ファダマ低湿地での水の最適利用を促進し、耕うん機を使って適切な灌漑水田プラットフォーム(適切な畦作り、代掻き、均平化、移植栽培)の開発を推進する。ただし、2015 年4月の政権交代に伴い Adesina 農業大臣は退任した(Adesina 氏は 2015-2023+年現在、アフリカ開発銀行総裁)。このアフリカ水田農法技術(Sawah Eco-technology)と Buhari 新政権の推進した Anchor Borrowers Program(ABP)が相乗効果となり、ケッビ州では農民の自助努力による Sawah platform の開発が加速し 2013-2022 年頃までで 10 万 ha 以上に達したと思われる。水文的条件が類似している Sokoto、Niger、Adamawa 州の氾濫原(未開発地であれ、水田未整備の政府開発地であっても)では農民間技術移転等により各々数 1000ha の規模で携帯ポンプ灌漑 Sawah platform が拡大しているのが 2023 年時点の Google earth 画像で確認可能である。Jigawa 州、Kebbi 州、Sokoto 州、Zamfara 州、Kano 州以外にも、Adamawa 州、Kogi 州、Bauchi 州、Gombe 州などで 2016 年以降乾季作稲作が拡大している。2023 年に発足した Bola Tinubu 新政権も乾季稲作をさらに振興させようとしている。

5. 2013 年 9 月、首都 Abuja で開催された Nigeria 経済サミットで、Kebbi 州 Dakingari 知事は「Kebbi 稲作革命」を宣言した。

ソコト州、ザムファラ州、カツィナ州のリマ(ソコト)川とザムファラ川の上流には多くのダムが建設されているため、リマ(ソコト)川とケッビ州のザムファラ川の氾濫原では、洪水による被害は比較的小さい。しかし、管理が不十分なダムの破壊や放水による洪水被害も発生している。さらに近年では、地球温暖化の影響により洪水被害頻度が増加している。しかし、アジアの多くの国で見られるような、破壊的な洪水で灌漑水田システムが全滅する危険性は少ない。エジプトのナイル川デルタ地帯と同様に浸水は緩やかであるため、水田プラットフォームの畦畔の破壊や土砂の堆積により大規模な復旧工事が必要になるケースは多くない。むしろ細粒の粘土の堆積による肥沃度更新に資することも多い。又、個々の水田付近に設置されている塩化ビニール製パイプから浅層地下水を直接ポンプで汲み上げ周辺の 0.1-1ha の水田に 10-50m 長のホースで灌漑する方式が多く、灌漑排水路は不要か、数 10m 以内と短い。しかし、雨季の比較的深い湛水により、近年は稲の洪水被害が頻発しているため、前述のように 2013 年以降、FMARD の強力なバックアップ(Adesina 2014)により、表 3 に示すように乾季作付け(12 月～5 月)が拡大している。又、乾季栽培は雑草病害虫管理が容易というメリットがあり、又、日射量が多くエジプト型稲作の高収量を可能にしている(表 2、GEMS4 2017)。

Kebbi 州は Sudan Savanna zone にあり年間雨量は 750-1000mm(雨期は 6-10 月)で、天水に依存する陸稲栽培は不可能であり、稲作は河川の氾濫原や内陸デルタに開発された灌漑水田稲作に限られる。氾濫原における稲作は洪水による氾濫リスクにどう対処するかが重要である。図 4 の Zwart ら(2016)の調査結果に基づき、ケッビ州全域の総計約 50 万 ha の氾濫原の氾濫リスクをまとめると、以下のようになる。(1) リマ(ソコト)川流域には約 30 万 ha の氾濫原があり、そのうちソコト州境の Augie-Arugungu-Birinin Kebbi 間と Bunza-Suru-Bagudo 間の約 20 万 ha は、稲作にとって洪水リスクが比較的低い。(2) Bagudo-Koko Besse-Shanage-Mgaski 間のニジェール川本流にある約 5 万 ha の氾濫原も、洪水被害のリスクが比較的低い。図

4 の緑色で示されている氾濫原は洪水リスクが低く、赤色と黄色で示されている氾濫原は洪水リスクが比較的高い。これらの洪水リスクの低い氾濫原では、雨季と乾季に稲は2~3期作が可能である。洪水リスクの高い地域は、Birinin Kebbi 下流から Zamfara 川合流点の Bunza までの5~10万 haと、Benin 国境の都市 Kamba (Dandi LGA から Bagudo までの Niger 川本流の氾濫原 5~10万 ha である。洪水リスクの高い氾濫原は、川幅が比較的に狭い地域である。したがって、これらの洪水リスクの高い氾濫原にも、ところどころに洪水リスクの低い氾濫原(局所的に比較的に広い氾濫原)が点在しており、その総面積は約5万 haと推定される。

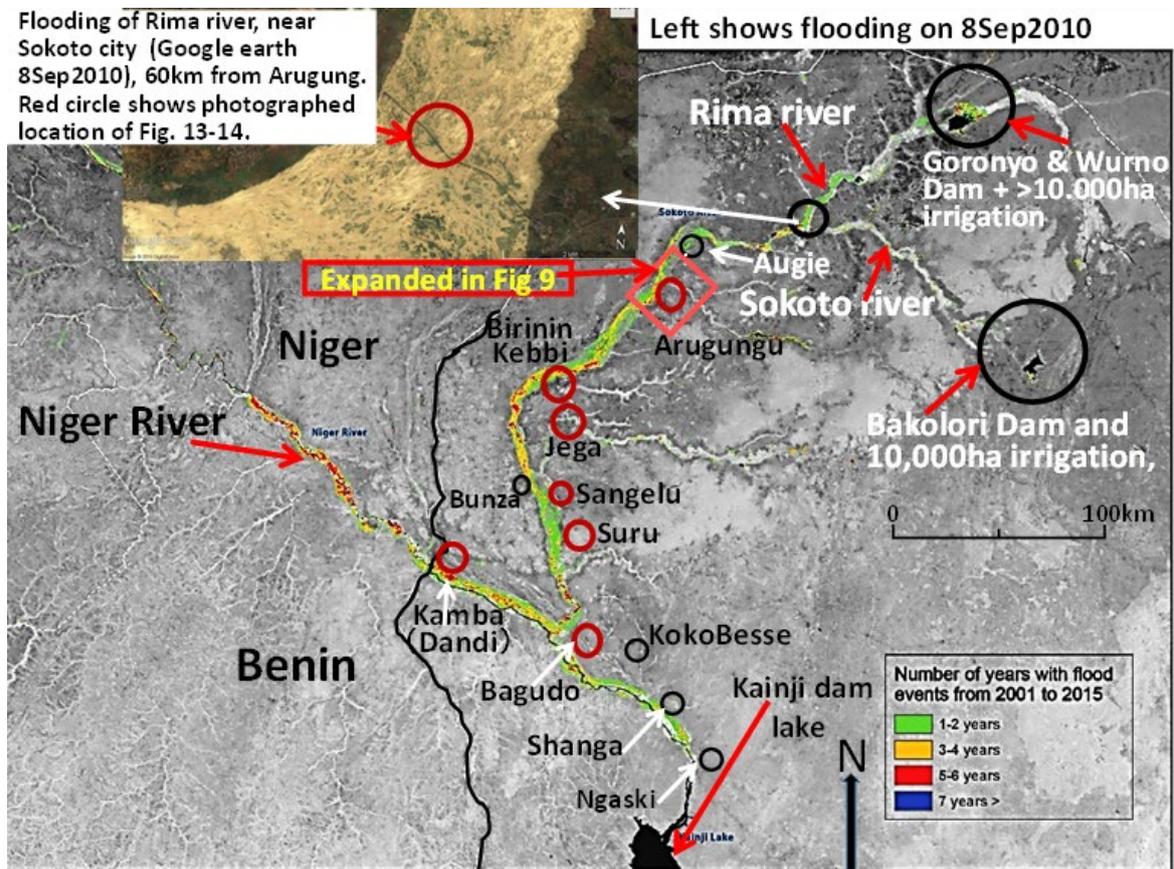


図 4. アフリカ水田農法(sawah technology)の実証、実地研修、普及拠点(赤丸で示す Arugungu, BirininKebbi, Jega, Sangelu, Suru, Bagudo の6拠点は2011-15に日本学術振興会科研費、特別推進研究と基盤 A(いずれも代表若月 2012, 2018)で実施, Kambaは2017-18年にNCAMがFMARDの予算で実施)。(原図で使用した洪水発生頻度地図は Zwart et al 2016 による)

図 5 に示すように、2010 年 6 月、ナイジェリア低地農業開発プロジェクト(Fadama III)は、Sawah 技術(アフリカ水田農法)をプロジェクト技術として取り入れるための実証とトレーニングを承認した。世界銀行の承認の下、2011 年 3 月から 2012 年 12 月にかけて、ナイジェリアの農業機械化センター(NCAM)と近畿大学・島根大学の科研特別推進研究チームが、世界銀行が支援するファダマ(Fadama) III・ADP(州農業開発計画)と共同で、アフリカ水田農法の実証デモンストレーションと実地研修(On-the-job 訓練)を実施した。このアクションリサーチに必要な初期経費のうち、耕うん機 3 台(図 4)と実地研修のための Sawah 技術専門家費用は、日本学術振興会科学研究費補助金特別推進研究「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、2007-2011」(代表: 若月)によった。その他の用は世界銀行と農業農村開発省が支援する Fadama III/ADP プロジェクトが支出した。ナイジェリア NCAM/近畿大学と島根大学 Sawah・チームによる Sawah 技術の実証と実地研修は、Kebbi 州の主要稲作地域である Augungu、Birinin Kebbi, Jega, Sangelu, Suru, Bagudo の 6 つの地域(図 4)で行われた。2012 年 4 月末までに、農民グループはこの 6 地域の 18 カ所で各々 1ha、計 18ha の標準的な Evolutional stage 4(牛耕作)又は stage 5

June 21, 2010

Mr. Bukar Tijani
National Project Coordinator
Third National Fadama Development Project
NFRA – National Fadama Coordination Office
Nafisah Plaza, Plot 502, off Constitution Avenue
Central Business Area, Abuja

Dear Mr. Tijani,

Nigeria – Third National Fadama Development Project (Cr. 4494 – UNI)
Re: Request for No Objection for the MOU on Incorporation of NCAM SAWAH
Technology into Third National Fadama Development Project

We acknowledge the receipt of your email dated June 8, 2010 requesting for the Bank's no objection on the above subject matter. We have reviewed your request and based on the information provided, the Bank has no objection to the incorporation of NCAM SAWAH Technology into Third National Fadama Development project.

Sincerely,


Abimbola Adubi
Task Team Leader

図 5. ナイジェリア・NCAM Sawah チームと Fadama III との Sawah technology 導入に関する覚書の締結



図 6. 2008-2015 年、Kebbi, Ebonyi, FCT, Benue, Delta, Lago の 6 州で実施した sawah technology の実地訓練に JSPS 科研費(代表: 若月 2007-12 年, 2013-2018 年)で供給した耕運機。NCAM の保管倉庫に、①6 州に配備した中国 Dong Feng 社製の耕運機 12 セット。②代掻きに適するロータペーター。図 19④に示すように、新規開田作業の場合はプラウの方が効率的である。③Anti-Skid wheels(横滑り防止車輪)は乾田や畑地的低地土壤に適する。図 7 の ③や図 19④に示すように、湿地軟弱地盤土壤では Cage-wheels が適する。④国立穀物研(NCRI)と他の Sawah project で使用されたインドの Shakti 社製(赤色)と日本のクボタ社製(青色)耕運機。

Table 5. Training, Demonstration and Extension of Sawah Technology in Major Rice Centers, Kebbi State during March 2011 to May 2014

1. Kinki University/NCAM/Fadama III Demonstration and Training, March 2011-April 2012

| Local Government | Farmers | Powertillers No. supplied | Total Sawah developed (ha) | No. of 100kg Paddy bag | Paddy yield (ton/ha) |
|------------------|---------------|---------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| Arungungu* | Shared | 2 shared | 6.5 | 487.5 | 7.5 |
| Birinin Kebbi* | Shared | 2 shared | 3.5 | 227.5 | 6.5 |
| Jega* | Shared | 2 shared | 8 | 560 | 7 |
| Total | shared | shared | 18 | 1275 | 7.1** |

*The 1st Demonstration and Training, 2nd Extension and 3rd Dry season areas are shown in Figure 2.
Yield data by Fadama III
**Mean

2. Endogenous Extension, April 2012-October 2013

3. Dry season, Nov. 2012-May 2014

| Local Governm. Area (LGA) | Farmers | No. of powertiller bought | Sawah area developed (ha) | No. of 100kg paddy bag | Paddy yield (ton/ha) | No. of powertiller bought | sawah area developed (ha) | No. of 100kg Paddy bags | Paddy yield (ton/ha) |
|---------------------------|------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------|
| Arungungu* | MGD farm* | 2 | 15 | 975 | 6.5 | 2 | 20 | 1400 | 7 |
| | JUM farm | 1 | 10 | 650 | 6.5 | 1 | 10 | 650 | 6.5 |
| | ABK farm | 1 | 4 | 260 | 6.5 | 1 | 8 | 480 | 6 |
| | AK farm | 1 | 3 | 180 | 6 | 1 | 6 | 360 | 6 |
| | AMB farm | 1 | 4 | 240 | 6 | 1 | 5 | 300 | 6 |
| | Dr YA farm | 1 | 4 | 240 | 6 | 1 | 5 | 300 | 6 |
| | ANL farm | 1 | 3 | 180 | 6 | 1 | 5 | 325 | 6.5 |
| | AMI farm | 1 | 6 | 390 | 6 | 1 | 10 | 650 | 6.5 |
| ASD farm | 1 | 5 | 300 | 6 | 1 | 5 | 300 | 6 | |
| Birinin Kebbi* | ABA farm* | 1 | 4 | 260 | 6.5 | 1 | 4 | — | — |
| | BB farm | 1 | 3 | 180 | 6 | 1 | 6 | 360 | 6 |
| | AS farm | 1 | 3 | 180 | 6 | 1 | 6 | 360 | 6 |
| Bagudo* | ABB farm* | 5 | 35 | 2450 | 7 | 5 | 50 | 3500 | 7 |
| Jega* | HHJ farm* | 1 | 7 | 455 | 6.5 | 1 | 14 | 910 | 6.5 |
| | AUA farm | 1 | 20 | 1200 | 6 | 1 | 40 | 2400 | 6 |
| Suru* | Dr.UD farm | 1 | 5 | 300 | 6 | 1 | 5 | 300 | 6 |
| Total | | 22 | 131 | 8440 | 6.4** | 22 | 199 | 12595 | 6.3** |

(耕運機耕作)のデモンストレーション Sawah platformを、その地域の農民の現地研修と並行して開発した(表5の1)。農民達は、伝統的な進化段階2の灌漑畝立て稲作水田や進化段階3の灌漑小区画(準)水田プラットフォームを、供与された耕運機2台を使いながら進化段階4と5の標準的な灌漑水田に改良し、合計18haの改良水田で128トンの籾を生産できた(従来の水田収量1.5~2.5トン/haに対し、平均籾収量7.1トン/ha)。このデモンストレーションと実施研修の成果を受けて、表5の2に示すように、2013年10月までにこれら6地域の農民リーダー16人は自費で22台の耕運機を購入した。こうして彼らは、乾季の稲作も可能な進化段階4-5の灌漑水田プラットフォームを自力で開発した。すなわち、2012年4月から2013年10月までの雨期には、131haの水田プラットフォームが開発され、844トンの籾生産が達成された。2013年11月から2014年5月末までの乾期には、表5の3に示すように、面積は199haに拡大され、1260トン(6.3トン/ha)の籾生産が達成された。これらはほぼすべて、Kebbi州の農民グループとFadama III/ADPの自助努力によるものである。

Kebbi州知事は2013年9月、首都Abujaの経済サミットで、これらの結果を「Kebbi稲作革命」と呼んだ(図7、Dakingari 2013)。知事は、ケッビ州が2013~14年に雨期稲作を38万ha栽培し、70万トンの籾を得たこと、乾期稲作(2012年10月頃から2013年6月頃まで)の籾生産量は17万トンと報告した。2012年10月から2013年7月までの乾季雨季の2年間を含むことに加え、首都Abujaでの政治的発表であるため、期待値も含めた報告と思われる。そのため、図7や表3のデータと若干異なる。しかし図3や表3や4に示すように、2013年から2017年にかけて、Kebbi州の稲作には画期的な技術革新(イノベーション)があったことは確実である。

以下の図8に示すように、世界銀行報告書(2016)には、Sawah Ecotechnology for Rice Farming(SERIF)が革新的であり、従来の籾収量1.5~2.5t/haに対して、Ebonyi州とKebbi州の実証サイトでそれぞれ6.5t/haと7.2t/haの籾収量増が実現し、それを目撃した農家がSawah Technology導入し、各州、とりわけKebbi州の籾生産が増大した。この結果、世銀(world bank 2016)の報告にあるように、Sawah technologyの導入により籾収量は1.5-2.5t/haから5-7t/haと2-3倍に増加した。1ha当たり約1tonの籾生産増でポンプ灌漑コストが賄えるので、さらなる灌漑農地の拡大に投資可能になった。表3のGEMS4(2017)の現地調査報告あるようにKebbi州はNigeria第一の稲作州となった。全体では2011-2020年の10年程度で10万haを超える進化段階4以上の灌漑水田が整備された。

RICE REVOLUTION

GROWING AGRICULTURE IN KEBBI STATE:

A PAPER PRESENTED BY THE EXECUTIVE GOVERNOR OF KEBBI STATE, HIS EXCELLENCY, ALH. SA' IDU USMAN NASAMU DAKINGARI AT THE 19TH NATIONAL ECONOMIC SUMMIT GROU (NESG) HELD IN ABUJA ON THE 4TH SEPTEMBER, 2013.

- Three hundred and eighty thousand (380,000) hectares of land has been brought under rice cultivation during the wet season.
- sixty thousand hectares under irrigation.
- 150,000 farmers participating .
- Target for 2013/2014 - 500,000 farmers
- The State has a large number of vibrant registered cooperative rice farming associations
- The State was able to obtain the highest national yield of 7.6tonnes per hectare in the year 2010 under the SAWAH/FADAMA programme using power tillers and proper agricultural practices.

Fig. 7. Governor of Kebbi State, Dakingari, declared the Kebbi Rice Revolution at the Economic Summit at Abuja, Nigeria, 4th of September, 2013

FADAMA III PROJECT:

- Kebbi State Government in collaboration with the World Bank implemented the Fadama I & II and is presently implementing the third National Fadama Development Project.
- The Programmes provided wash bores, tube wells, water pumps; small earth dams, Fadama access roads, rural market infrastructures, and other needs as required by the communities,
- 45,000 farmers benefited
- disbursement - N1.7bn

CONCLUSION

- In conclusion our collective effort to date has resulted in;
- Making agriculture more attractive to the youth,
 - Reducing unemployment and restiveness among the youth,
 - increasing food production, providing food security, wealth creation and reducing poverty
 - Increase in hecterage under cultivation to 45% from 35% during the wet season and 35% from 20% in the dry season.
 - Dry season rice production increased to about 170,000 metric tons
 - Wet season rice production is estimated at about 760,000 metric tons.

i Partnership for Innovative activities: About thirty identified innovative activities were introduced into the project implementation across the States through partnerships. These activities increase the level of benefits to FCAs/FUGs, enhance the achievement of the PDO and also ensure sustainability of sub-projects. These innovative activities can be categorized as collaboration/partnership and sole initiatives. Such collaborations are with research institutes, donors, regional bodies, agro firms, and other units within the World Bank, etc. The sole efforts include bio-gas production, improved use of ICT services, ...

Fig. 8. Document of The World Bank Report No: ICR00003895, IMPLEMENTATION COMPLETION AND RESULTS REPORT (IDA-44940IDA-52930 IDA-58490). ON A CREDIT IN THE AMOUNT OF SDR 153.4 MILLION (US\$ 250 MILLION EQUIVALENT) TO THE FEDERAL REPUBLIC OF NIGERIA FOR A THIRD NATIONAL FADAMA DEVELOPMENT (FADAMA III) PROJECT, November 2nd, 2016,
<http://documents.worldbank.org/curated/en/956751479735474649/text/FADAMA-III-ICR-P096572-Nov-2-2016-11162016.txt>

... Region VPU Award in 2013. **The project also collaborated with National Center for Agricultural Mechanization (NCAM)/Kinki University, Japan in 2010, on Sawah Ecotechnology for Rice Farming (SERIF) in five pilot States of Benue (North Central), Delta (South South), Ebonyi (South East), Kebbi (North West), Lagos (South West) as well as FCT. Results obtained from the demonstration sites was very positive and it indicated that it is possible to have paddy yield increase of 6.5t/ha and 7.2t/ha as witnessed in the demonstration sites in Ebonyi and Kebbi States respectively, against traditional paddy yield of 1.5-2.5t/ha. The adoption by farmers increased yield of rice in states.**

内発的な農民の自助努力と世銀と Kebbi 政府支援の Fadama III と ADP のサポートが有効な相乗作用となり Kebbi rice revolution が実現した。2020 年以降も持続的に拡大している。

農業農村開発省傘下の農業機械化センター(National Center for Agricultural Mechanization, NCAM)はこの Kebbi 州の成功事例を全国化するために、2014 年の Adesina 大臣の政策に基づいて ESTRA-SERIF(Expansion Strategy for Sawah Eco-Technology and Rice Farming)を通常業務として同省の予算で、2015 以来実施している(Adesina 2014)。これまで Akwa Ibom, Anambra, Benue, Cross River, Delta, Ebonyi, Ekiti, Enugu, Kaduna, Kano, Katsina, Kogi, Kwara, Lagos, Nasarawa, Ogun, Ondo, Osun, Taraba and Zamfara の各州で実施している。各州政府の予算も得ながら、小規模であるが、全国的な普及活動を実施している。しかし、Kebbi 州の 2011-2020 年の 10 年間で見られたような爆発的な内発的拡大は、今のところ見られていない。

ただし、著者達が最近の Google earth 画像で観察したところでは Jigawa 州の Hadejia 川や Yobe 州 Gashua の Komadugu 川の氾濫原、Niger 州の Bida 付近の Gbako 川、Kaduna 川や Niger 川の氾濫原、Adamawa 州の Newman 付近の Benue 川氾濫原で 2016-18 年以降、Kebbi 州で見られるような農民主導の小型ポンプ灌漑水田稲作地が拡大している。今後さらに Google earth image 等を利用して調査を実施する予定である。

6. ケッビ州の氾濫原におけるアフリカ水田農法(Sawah technology)の導入以前(1987 年と 2011 年)と 2011 年から 2024 現在までの水田プラットフォームの拡大と改良進化

Kebbi 州全体では Rima 川、Niger 川、Zamfara 川を中心に総計 50 万 ha の氾濫原や内陸デルタ地帯(現地語で低湿地を意味する Fadama、ファダマ)が分布する。Sawah Technology(アフリカ水田農法)の普及活動が開始された 2010 年以前、ケッビ州では Fadama 開発プロジェクト I(1993 年~2002 年)、II(2003 年~2010 年)、III(2010 年~2019 年)が世界銀行の支援を受けてきた。Kebbi 州におけるこれらの Fadama プロジェクトの特徴は、灌漑のスタイルが他州のような政府主導の大規模ダム灌漑プロジェクトでなく、個々の農家ベースの小型ポンプ灌漑であることである。何十万もの農家が小型ポンプ(1 ヘクタールあたり 1~2 台、1 台あたり 250~500 ドル)で、個別農地に灌漑する「オンサイト灌漑方式」である。Fadama 農地の水深 8m より浅い地下水(河川や三日月湖や沼等の表面水も含む)を地下 10 数メートル以浅まで設置された無数の塩化ビニール製管井戸を利用してポンプで汲み上げ灌漑する。この灌漑システムの基盤農地は水田進化段階 1(畦なしの非水田)、2(畦はあるが、均平化せず畝立て栽培)、3(畦はあるが貧弱で均平化不良の 50m² 以下の小さいプロット)の水田プラットフォームに基づいている。開発は伝統的なやり方で、農民自身の力によって内発的に行われてきた。このような進化段階 3 迄の未熟な水田基盤は 2010 年時点で約 3 万 ha 存在した。約 10 万台の小型ポンプが補助金によって農民に実装され、10 万人以上の農民が乾季雨季合計 3-5 万 ha の灌漑農業を実施していた(Table 2)。農家一人当たりは 1ha 未満の規模から 100ha を超える様々な規模の灌漑畑(主としてタマネギ栽培)や水田がある。氾濫期(7~9 月)を避ければ、10~7 月に浅い地下水を小型ポンプで灌漑に利用することができ、1 年で 2 期作や二毛作が可能で、雨期の稲作を含めれば 3 期作も可能である。

しかし、一方、Borno, Gombe, Jigawa 州、Sokoto 州、Zamfara 州、Kano 州など、Kebbi 州以外の北部諸州では、ここ数十年の間に政府のプロジェクトによって、数千から数万ヘクタール規模の大規模灌漑施設が開発されてきた。例えば、Sokoto 州の Wurno 灌漑プロジェクト、Zamfara 州の Bakolori 灌漑プロジェクト、Jigawa 州の Hadejia 灌漑、Kano 川流域灌漑サイトなどである。これらの灌漑プロジェクトは貯水や取水施設、灌漑水路と排水路は政府機関により開発され、管理される。末端灌漑排水路のみが農民が管理する。籾生産のプラットフォーム、即ち、稲が作付される灌漑農地、即ち灌漑水田プラットフォームは 2011 年以前の Kebbi 州同様未整備状態で、水田基盤進は 1-3 の進化段階にある。個々の灌漑水田プロットにおける水漏れのない畦作りや、水管理と雑草管理に重要な土壌表面の代掻きや均平化は、農民に任されている。しかもこのような稲作プラットフォーム(水田基盤)が極めて重要なことは、政府の灌漑技術者は理解していないので、農民に知らされないし訓練もされないことが普通である。従い農家の灌漑稲作圃場の水管理に加え、全体としての灌漑システム管理も不適切で非効率的で、維持管理コストが高くなる。従い灌漑水田面積の拡大に困難を抱えている。灌漑排水システムという概念と技術はあるが、水田システムという概念と技術が未成熟なナイジェリアや SSA 諸国の基本的な問題である。

アフリカ稲作研究所(AfricaRice)、国際熱帯農業研究所(IITA)、国際稲研究センター(IRRI)などでは最近、生産性向上の鍵として「良い作物学的実践(Good Agronomic Practices: GAP)」が重視されている。しかし、このような GAP を実施するための前提条件として、良い水田基盤(Good Sawah Platform:GSP)が存在することが前提となることは理解されていない。水田稲作の歴史が長いアジア諸国では、Good Agronomic Practices (GAP)が重要であることを強調するだけで十分である。しかし、SSA 諸国は、1960 年代に欧米から独立した後に始まった水田稲作の歴史は60 年より短い。また、灌漑水田稲作を全く理解していない西欧諸国による奴隷貿易や植民地支配のあまりにも長い500 年におよぶ負の歴史がある。そのため、今後も、SSA 農民と政府は試行錯誤を繰り返しながら、SSA の各地域に適応した GSP や GAP を作り上げる必要がある。GAP が効果的に機能するためには、GSP の存在が必須条件であることは強調してもしすぎることはない。

6-1. 1987 年 12 月の Arugungu 市の Sokoto(Rima)川氾濫原の AR1-AR4 サイトの土壌調査時(Oyediran 1990)の非水田稲作の観察(水田進化 1 段階の稲作プラットフォーム): 畦も均平化もない自然のままの低湿地稲作

図 9A は、図 4 の Arugungu 市付近の氾濫原を横断する幹線道路周辺の拡大図である。Oyediran 氏(現在 Ladoke Akintola 科技大学教授)と若月による最初の調査は 1987 年 12 月 14-16 日に行われた。IITA とナイジェリアの Ile-Ife 市の Obafemi Awolowo 大学の博士課程研究の一環であった(Oyediran 1990)。Arugungu 市周辺は、1980 年代も現在も Kebbi 州における稲作の中心地である。また、この付近の氾濫原の三日月湖では、2020 年3月に Buhari 大統領も参加した漁業祭(漁獲した魚の大きさを競う)が盛大に行われる。

図 9A の AR2 と Mai Gandu(MGD)氏の農場約 50ha では、Kebbi 州政府/Fadama III/世界銀行/NCAM(ナイジェリア農業機械化センター)/近畿大学の JSPS 科研費との MOU(図 5-8)に基づいて 2011 年から 2015 年にかけて、最初の Sawah Technology の実地研修とデモンストレーションが行われた場所である。下の図 9B の左右の写真は、ほぼ同位置で 28 年の時間差で撮影された(GPS 位置は 12.756N 4.512E 付近)。当時は、図 9B(左)の 1987 年 12 月の写真のように、アフリカ稲(*Oryza Glaberrima*)が水田のない氾濫原で栽培されていた(水田進化段階1)。

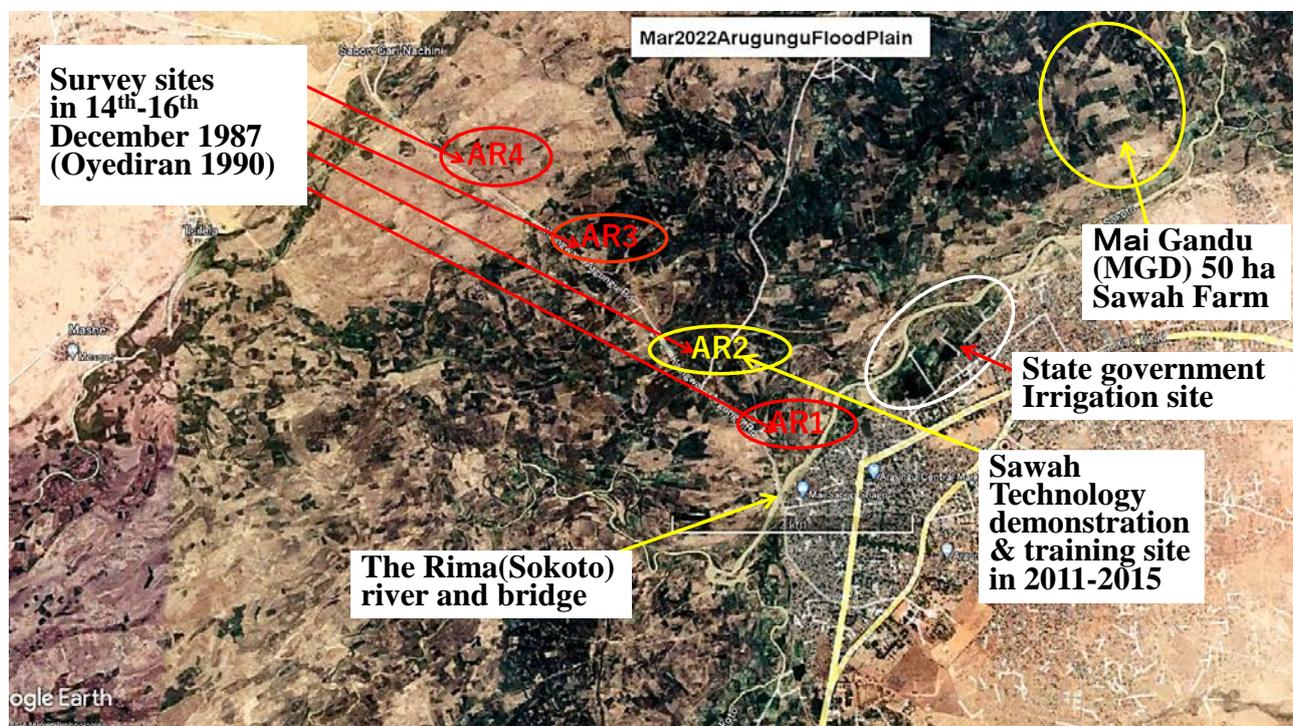


Fig. 9A: An enlarged view of the area around the main road crossing the floodplain near Arugungu city in Fig. 4. AR2 and Mai Gandu farm are the sites that the first on the job sawah technology trainings and demonstrations were operated in 2011. In 2015 advanced training was done at AR2 site.



Fig. 9B(left): The Rima River floodplain near AR2 site showing sawah platform evolutionary stage 1 in December 1987. Fig. 9B(right): The same AR2 site in July 2015 showing sawah platform evolutionary stage 4 and 5. (GPS position is 12.756N 4.512E)

図 9B(右側)の写真は 2015 年 7 月に若月と Ademiluyi(NCAM)がインドネシアの Quick 社製の Cage-wheels を装着して、鋤、代かき回転棒、均平化用レーキの 3 つのアタッチメントを使い分けて、湛水状態での水田開発の畦作り、水路や代掻きと均平化のデモンストレーションを示す(詳細は以下の図 22-24 と Sawah Technology (5): アフリカ水田農法の実際とポテンシャル、参照)。この場所は 2011 年 3-6 月に最初の Sawah technology の訓練とデモンストレーションを実施した場所なので、2015 年時点では周辺の氾濫原の大部分は進化段階 4-5 の水田プラットフォームが農民の自助努力で整備済みであり、農民達はその丈夫な畦の上立って見学している。2011 年には、乾田や畑地的低地土壌に適する図 6③に示すような Anti-Skid wheels とロータベーターを装着した中国製耕運機しか入手できなかった。3-6 月は乾季なので問題なかったが、雨季の新規開田や稲作作業には湿地軟弱地盤土壌用の Cage-wheels が必須である。

下の図 10①-③に示すように、1987 当時は乾季の 11-5 月に手掘りの 3-5m の浅井戸から小型携帯ポンプでタマネギを灌漑栽培していた。乾季の強い蒸発散により土壌表面に塩類の析出は見られるが、雨季の氾濫により表面の塩類は洗い流されるので、農作物の塩害は深刻ではない。稲作は深水に耐えるアフリカ稲(*Oryza Glaberrima*)を 6-12 月に非水田で、水管理のできない氾濫原の 1-3m の地形の高低差を利用して、湛水時期や氾濫水位や時期を考慮して籾を直播栽培していた。



図 10①-③: 図 7A の約 50ha の州政府のポンプ灌漑稲作地(写真の遠景の収穫期の稲。当時は Sokoto 州、Kebbi 州は 1991 年に分離独立した)周辺の連続写真。図 10④は Arugungu 市の西端に接して流れる Rima(当時は Sokoto)川を横断する橋の上流側の北東に向かって撮影した。図 10①-③は図 9A に示す The Rima(Sokoto) river

and bridge の橋の上流、北東方向約 2km の State government irrigation site 付近の位置と推定される。



Fig. 11 ①: The photo was taken from inside the car showing the overview of Arugungu flood plain. **②** and **③** were taken near AR 3 site. Photos were taken in December 1987.

図 11 ① の写真は Arugungu の町から AR1～AR4 の方向(図 9 参照)に向かって Rima (Sokoto)川を渡る幹線道路の橋から見た氾濫原の全景(車内から撮影)。この道路の位置は図 9A の幹線道路と同じと思われる。写真②と③は AR3 付近で撮影。アフリカ稲と野生稲が広く栽培あるいは生育していた。野生稲を調査中の GB Oyediran 氏(現 LAUTECH 大学教授)(1987 年 12 月 14 日～16 日)。これらの稲作地は全て非水田で水田プラットフォームの進化段階は 1 であった。Oyediran の博士論文(1990)による土壌断面の記述によると、AR2 は殆ど平坦で、Arugungu 橋から 1.8km 離れた自然堤防と沼沢地の中間に位置し、短稈イネ(*Oryza glaberrima*)とイネ科雑草が栽培あるいは生育していた。AR3 は AR2 から 1km 離れた沼沢地で、土壌断面付近には栽培稲も野生稲もほとんど生育していなかった。



Fig.12 (Left side): Cultivation deepwater African Rice (*Oryza Glaberrima*) and Tarasa hill near Birinin Kebbi. **Fig.12 (Right side):** Two soil profiles at AR2 site (Fluvaquent) and at AR3 site (Tropaquent).

図 12 左は Arugungu より下流 60km、州都 Birinin Kebbi に近い Tarasa hill を迂回して流れる Rima 川のアフリカ稲の深水稲である。図 12 右は氾濫原土壌の断面写真である。AR2 土壌は自然堤防の近傍に形成された Fluvaquent、AR3 土壌は後背湿地に形成された Tropaquent であり、いずれも典型的な氾濫原の土壌である。

Oyediran(1990)の博士論文で報告されているデータに基づいて計算すると、AR2 の土壌断面の有機炭素集積量は0-50cmまでで1ヘクタール当たり33.4ton C炭素換算/ha(C含量0.34%)、AR3は0-85cm迄で76.9 ton C/ha (0.45%)であった。アジアの1960年代の水田土壌は、同一土壌断面は半世紀の稲作緑の革命後の2010年代に調査した結果、50年間にわたって有機炭素が年間平均1 ton C/ha/年の速度で蓄積したことが明らかになった(Yanai et al 2021 and 22, Sawah Technology(4))。この調査はタイ、インドネシア、バングラデシュ等、国レベルの調査結果であった。従い、SSAの水田稲作が2050年ころまでにアジアの40%、5000万haの規模で実現できればSSAの水田稲作善太による脱炭素量は $1x(CO_2/C)x5x10^7x=1.8x10^8$ tonCO₂/年となる。食料増産のみならず、地球温暖化防止へのSSAからの大きな貢献になる。地球温暖化防止のための土壌への炭素蓄積運動、i.e., “4 per 1000” (Poulton 2018) initiativeへの有望な貢献となる。

6-2. 2011年のSawah technology(アフリカ水田農法)の技術移転直前のKebbi州とSokoto州のポンプ灌漑小区画(準)水田(水田進化段階3)と灌漑畝立て水田稲作(進化段階2)。Sawah technologyの普及による2011-2023年までの水田進化と拡大のGoogle earth画像による確認

図13-19は、SokotoからBirinin KebbiまでのRima川氾濫原とJega付近のZamfara川氾濫原の稲作を示す。これらの調査は、2011年5月(1987年の調査から24年後)、アフリカ水田農法(sawah technology)による水田進化段階4(牛馬耕)と5(耕運機利用)の展示水田開発の現地研修と展示水田稲作による普及活動が始まる直前に行われた。普及活動開始約10年後のKebbi州のArugunguとJega市付近のSawah Technologyの普及の進展状況を比較しながら示した。又、Sawah Technologyの普及活動が実施されなかった隣接するSokoto州の水田稲作の相対的な停滞の概略を比較のために示す。



図13①-②:リマ川氾濫原を横断する道路沿いの、小区画準水田(進化段階3)、図13③-④:畝立て稲作栽培(進化段階2)(図2参照)。両者とも塩ビ管浅井戸と小型ポンプによって用水を汲み上げホースで灌漑。GPS位置は13.1136N 5.2565E付近(図2)。写真はすべて2011年5月撮影。

両州とも2011年5月に若月(とDr. Adimilyui)が再調査を行った際には、図13と図16の写真で示すように、8mより浅い地下水をくみ上げる小型ポンプを使用した初歩的な水田圃場で、稲やタマネギが栽培されていた。畑作の

タマネギ栽培の延長としての灌漑水田稲作(進化段階 2 と 3)であった。図 13①-②は Sokoto(Rima)川 氾濫原を横断する道路沿いの小区画準水田(進化段階 3)、図 13③-④は畝立て栽培水田(進化段階 2)による灌漑畝立て栽培稲作(図 4 参照、その GPS 位置は北緯 13.1136 度、東経 5.2565 度)。図 13③の写真は、2011 年 5 月上旬に Sokoto 付近の氾濫原を横切る道路と小さな橋の中央の赤丸(図 4 の上に貼り付けた写真の赤丸で示す地点)で撮影したものである。図 13①の写真は図 13②の赤丸部分の拡大である。灌漑用水はポンプで汲み上げられ、ホースを使って図 13①の小区画水田の中央水路に供給されている。写真はすべて 2011 年 5 月撮影。あらかじめ設置しておいた塩化ビニール製パイプを通じて浅層地下水を小型ポンプで吸い上げ、小区画準水田に灌漑し、稲、トマト、タマネギを栽培している。タマネギなどの畑作灌漑の延長であるため、畦も用水路も貧弱であった。代掻きも均平化も不十分なため漏水も貯水も管理できない。そのため、この灌漑プラットフォームでは湛水深をコントロールすることができず、雑草防除や養分管理が困難である。必然的に水利用効率は非常に低くなる。平均収量は 2.5 トン/ヘクタール以下であった(図 8、World bank 2016)。

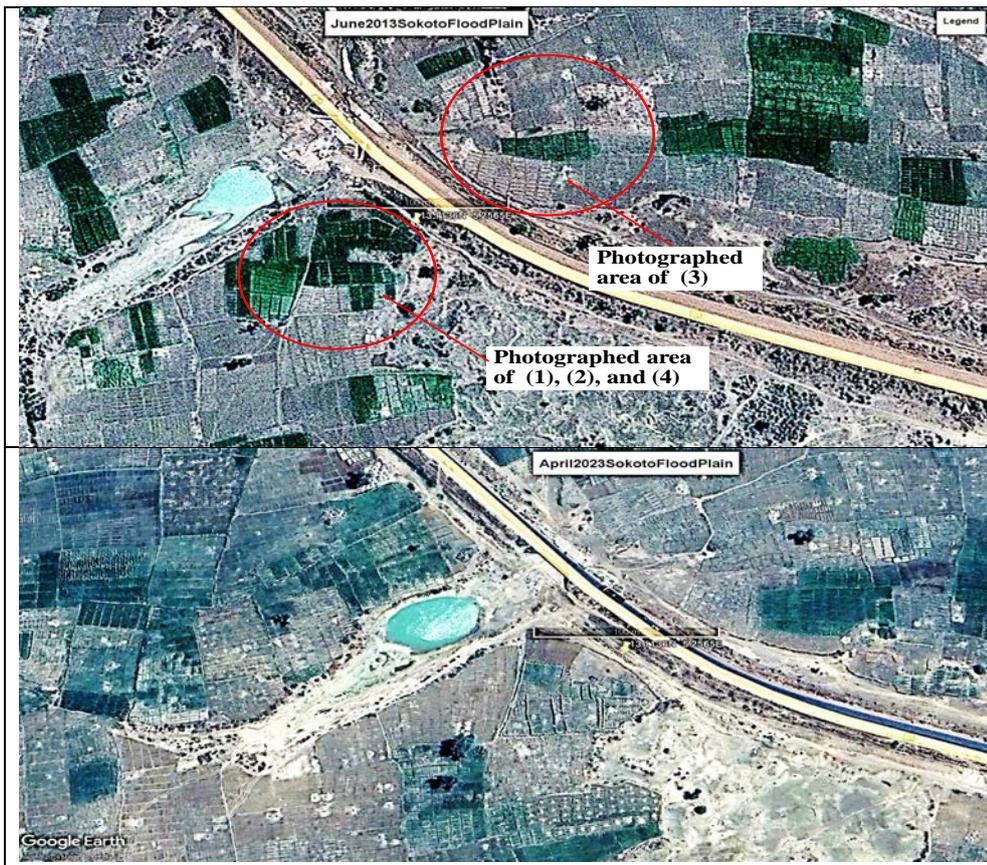


図 14A. 図 13 の GPS 位置情報 13.1136N 5.2565E 付近の 2013 年 6 月(雨期の始まりころ)の Google earth 画像。
図 13①-④の現地調査時点の写真と 2 年の時差があることに注意。濃い緑色の部分の水田の進化段階は 3(小区画準水田)、それ以外の区画は畝立て直播稲栽培(進化段階 2)と推定される。

図 14B. 14A と同位置の 2023 年 4 月(乾季の後半)の Google earth 画像。
濃い緑色の部分は水田プラットフォームの進化段階 3 が中心で 10 年前より拡大している。その他は畝立て直播稲栽培と推定される。水田整備や進化はあまり認められない。

下の図 15A, 15B, 15C は、Sokoto 州の公的ダム灌漑稲作地の Google earth 画像を示す。GPS 位置情報は 13.51N 5.813E 付近である。全体の灌漑受益面積は 5000ha 程度と推定されるが、農民の稲作地の畦、灌漑排水路と流入と排水ゲート、個々の水田区画の均平化等、水田の農地基盤整備は農民に任されている。



図 15A: Goronyo ダムによる Takume 灌漑プロジェクト, Sokoto 州, の中心部の Google earth 画像。2010 年 10 月撮影。写真からわかるように灌漑と排水路及び約 200m 間隔の土地境界の造成は政府委託の工事契約業者が実施したが、水田や農地造成は農民に任されている。(マーカー長:100m)



図 15B. 同上サイト 2018 年 6 月撮影画像。

写真からわかるように農民に任された水田区画は完成したが、1 区画 20-30m²の小区画準水田(進化段階 3)であり、水管理は困難で籾収量 3t/ha は困難。(マ-カ-長:100m)。全体の灌漑受益面積は 5000ha 程度と推定される。



図 15C. 同上 2022 年 4 月 Google earth 画像。

水田基盤は整備未整備で 10%程度は畦が作られているが進化段階 3 であり、大部分は進化段階 1-2 であり、水管理は不可能。灌漑農地とは別に Goronyo のダムの構造的安全性、洪水制御の困難さ、水路の管理等、技術的問題が多数指摘されている(World bank 2020)

農民は稲作における水田のような基本的な水管理プラットフォームの経験も知識も、基本的な農機具も有していない。そのため、標準的な水管理と移植稲作栽培は不可能であり、籾収量 3t/ha 以上を達成できない。水稻の収収量レベルは図 13①-④(図 14A-14B)のような灌漑プラットフォームのほうが、個々の農民が所有するポンプの稼働管理により水管理が可能となる。それ故、そのような自由度のない Goronyo のような公的灌漑地のほうが、籾収量はむしろ低いと思われる。

下の図 16 は 2011 年 5 月(乾季の終わり)に Arugungu 氾濫原の図 9A の Google earth image の AR3 サイト付近、1987 年 12 月撮影の図 11②と ③付近の写真とほぼ同じ位置で撮影した。1987 年 12 月(乾季の初め)時点では灌漑稲作栽培もタマネギ等の栽培もほとんど見られなかった。2011 年 5 月では、世界銀行支援の Fadama III プロジェクトの支援により、浅井戸ポンプ灌漑による乾季の稲作とタマネギ栽培が広範に実施されていた。図 13①-④と同様の灌漑水田進化段階 2 の畝立て栽培、あるいは進化段階 3 の小区画水田であった。土地境界を示す畦は農地管理のために農民の歩行に使用し、比較的丈夫であるが、水管理に重要な個々の水田区画の畦は貧弱であった。手前に見えているタマネギ畑と同様に、均平化はしないか、不十分であった。



Fig. 16. Rice and onion cultivation by pump irrigation at the vicinity of AR3 site in Fig. 9A, Arugungu. Photographs were taken on May 2011.

図 17A は AR3 付近の Sawah technology 導入以前の 2009 年撮影の Google earth 衛星画像、図 17B は 2019 年の衛星画像を示す。両者の画像の撮影位置は同じで、12.767N 4.507E、中央のマーカー線の長さは 200m である。2009 年 11 月(雨季作収穫期)の画像では水田区画は全般的に不明瞭で、この画像の全面積の 50%以下である。個々の水田プロットの面積は 20-100²m で小さく、畦は明瞭でなく水田面の均平化度も不明瞭である(水田進化段階 3 以下)。一方、2019 年 1 月(乾季作開始時期)では全面積の 90%以上が明瞭な水田区画となっている。水田プロットの面積は 100²m 以上で、畦は明瞭で黒緑色の水田面は均平化されガラス面のような「なめらかなキメ texture」になっている。適切な湛水により雑草繁茂から移植苗が保護されて生育していることが判別できる(水田進化段階 4 あるいは 5)。籾収量は 5-7t/ha の高収量が得られた(World bank 2016, GEMS4 2017)。この水田と同様の写真の例は図 9B の右側の 2015 年 7 月 10 日撮影の水田の例があげられる。ただし撮影は AR3 ではなくて AR2 サイトである。乾季水田稲作は 2013 年以降急速に拡大し、2013 年以前には殆ど無かった乾季稲作面積は、乾季稲作収穫時期の Google earth 2013 年 5 月画像で 50%、2016 年 6 月の画像で 80%以上に達した(図としては示していない)。



図 17A. AR3 付近の 2009 年 11 月(雨季終了直後)の衛星画像で Sawah Technology 導入前
(中央マーカー長 200m)



図 17B. 図 17A と同位置の 2019 年 1 月(乾季稲作開始時期)の画像で Sawah Technology 導入から 8 年後
(中央マーカー長:200m)

下の図 18 の写真 ①-⑤は Jega 市(位置は図 4 参照)南を流れる Zamfara 川氾濫原における Sawah technology 導入以前のポンプ灌漑稲作。Zamfara 川は Jega 南西 40kmで Rima 川に合流する。写真⑥は Birinin Kebbi 市の北を流れる Rima(Sokoto)川地氾濫原に開発された約 100ha の政府開発ポンプ灌漑プロジェクトサイトから撮影。写真は 2011 年 5 月または 9 月に撮影。この灌漑水田プラットフォームは政府開発システムでも農民の自力開発システムでも全て水田進化段階は 3(小区画水田で均平化なしで、水管理ができないので雑草管理が困難)のため、農民は雑草制御ができず、又、N,P 等の養分管理も不十分なので、籾収量は 2.5t/ha 以上は困難である。

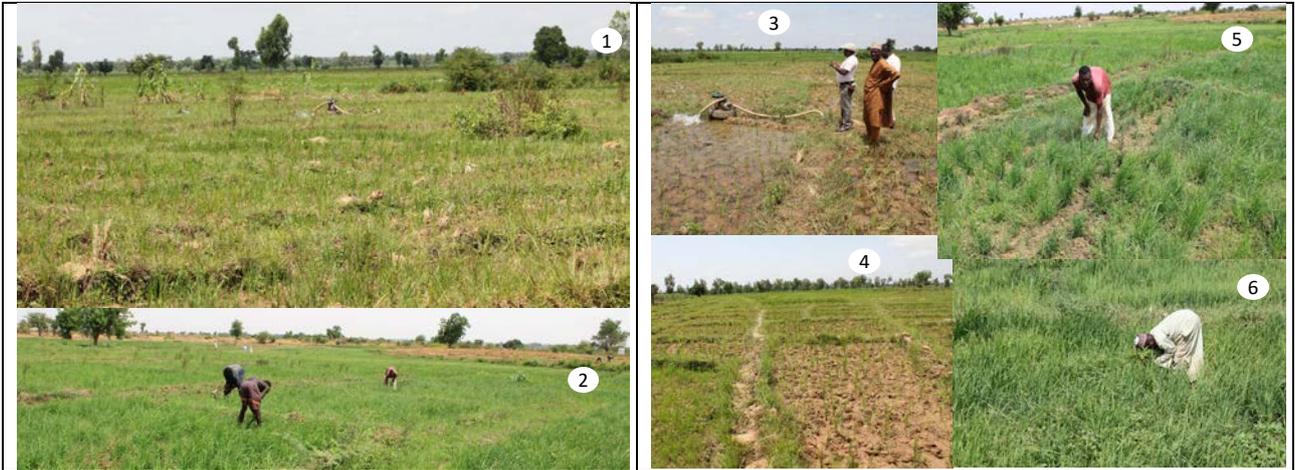


Fig. 18 Micro sawah plots pump irrigated rice cultivation on the Zamfara river floodplains near Jega. Only the ⑥ photo was taken from the flood plain at Birinin Kebbi area. Photos were taken on May or Sep, 2011.

下の図 19①は、2007 年 10 月に撮影された Jega 市南の Zmfara 川氾濫原の Google earth 画像である。この Google earth image には写っていないが、Jega の町は氾濫原のすぐ北 2-5km にある。図の右上に三日月湖が見える。目盛りの長さは 200m。図 19① に示すように、2007 年(Sawah technology 導入以前)の個々の水田圃場の面積は 20 ~40m² であった。畦は明確でなく、小区画水田は均平化もされていない(進化段階 2 または 3)。図 19③の進化段階 5 の水田と比較して下さい。



図 19①. Jega 市南の Zamfara 川氾濫原の 2007 年 10 月撮影 Google earth 画像。2 つの赤丸サイトは 2011 年 3-10 月実施の Sawah Technology 展示圃場(各々 1ha)の位置のみを示す。図 18①-⑤はこの画像範囲で 2011 年 5 月と 9 月に撮影。(中央のマーク長:200m)



図 19②. 同上位置 2011 年 12 月撮影 Google earth 画像。水色と赤丸サイトは 2011 年 3-9 月実施の Sawah Technology 訓練と展示圃場。三日月湖の横の水色丸サイトは 7 月に氾濫被害を受けた。赤丸展示圃場では乾季稲作が開始したことを示す。



図 19③. 同上位置の 2023 年 4 月撮影 Google earth 画像。画像で示す約 85ha の 80%(68ha)は農民が自力で進化段階 4 又は 5 の水田プラットフォームを整備した。標準的な移植水田で乾季稲作を実施。

図 19②は図 19①と同位置だが、2011 年 12 月撮影の Google earth 画像で、2011 年 3 月-12 月までの最初の 2ha の展示圃場を含む農民の稲作圃場を示す。2 つの赤丸は 2011 年 3-9 月実施の Sawah Technology 訓練と展示圃場。三日月湖の横の赤丸内のサイトは 2011 年 7 月に氾濫被害を受けた。赤丸内の展示圃場では 11 月以降の乾季稲作が開始したことを示す。

図 19③は 12 年後の 2023 年 4 月の Google earth 画像を示す。画面全体の 90%は標準的な灌漑水田基盤が農民の自助努力で整備された。個々の水田プロットのサイズは 100~300m²に拡大され、衛星画像に見られる個々の水田プロットの太い明瞭な区画は丈夫な畦で囲まれていることを示している。個々の区画の白、青、黒紫

色の鏡のような光沢から、個々の水田土壌表面は±5cm 以内の精度で均平化され、標準的な移植水田稲作が実施されていることがわかる。表5のデータやGEMS4(2017)のKebbi州の籾収量5-7t/haはナイジェリアNo1.であるとの報告の信頼性を裏付ける。図19①-③では2007年、2011年(アフリカ水田農法Sawah technologyの普及開始時点)とそれから12年後の2023年のGoogle earth画像しか示していないが、さらに細かい時系列のGoogle earthの2014年の画像と2019年の画像も検証可能である。水田プラットフォームは2014-19年にかけて農民の自助努力の継続で、着実に進化しながら拡大した様子は、誰にでも観察可能である。Jega市近郊のZamfara川氾濫原における水田進化段階4以上の水田は農民の自力によって2000ha以上に達したと推定される。

6-3. 進化段階1-5の稲作プラットフォームの定義と写真による総括的例示。

進化段階1(低地非水田):このプラットフォームは灌漑設備の有無にかかわらず、低地の稲作地で、畦がなく均平化もされていない稲作地を進化段階1と定義する。稲の栽培されている農地における人為的な水制御や養分管理がほとんどできないプラットフォームである。図20(1)は1987年撮影のBidaのGadza村の湧水灌漑非水田(Aで示す地域)と進化段階3の小区画準水田プラットフォーム(Cエリア:生育中期の除草と畦作りが準水田の畦の造成となっている)を示す。

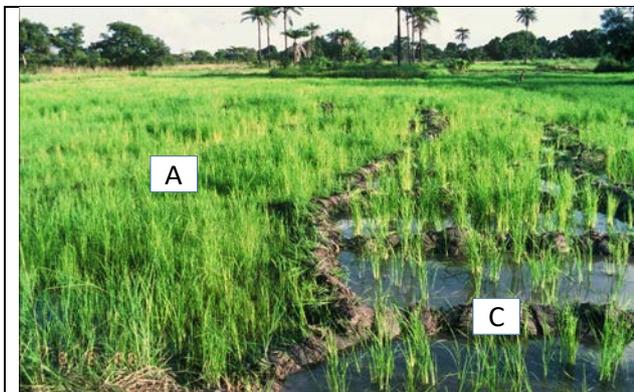


Fig. 20(1): (A) Irrigated lowland non sawah rice platform (Evolutional stage 1), (C) Irrigated micro rudimentary sawah platform (Evolutional stage 3). Gadza village, Bida, 1987, GPS 8.978N 6.0073E



Fig. 20(2): Irrigated micro rudimentary sawah platform (Evolutional stage 3, Sokoto, 2011, GPS 13.1136N 5.2565E)

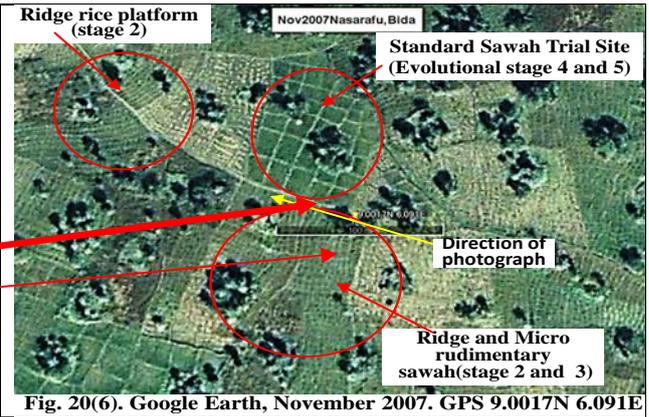
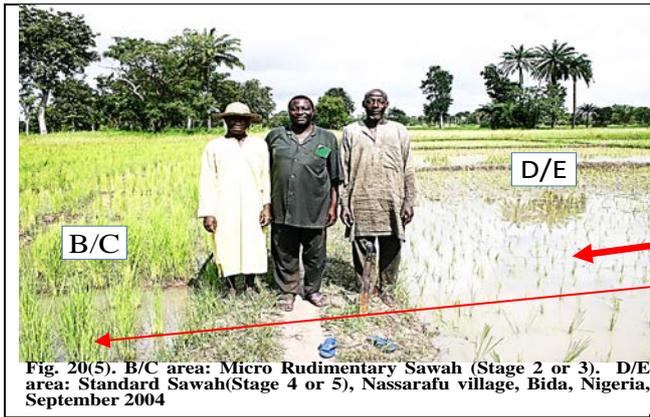


Fig. 20(3): Ridge rice planting, upland and lowland topo-sequence Nyankpala-Tamale area, Northern Ghana (September 1995).

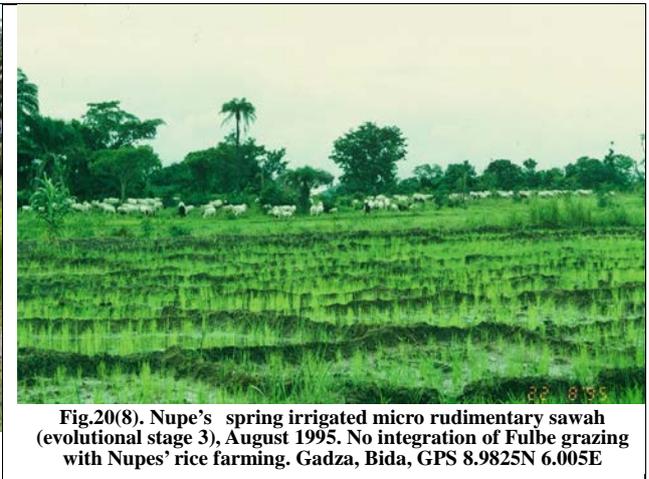


Fig. 20(4): Irrigated ridge rice cultivation, inland valley of the Emikpata river near Gadza village, GPS: GPS 8.9825N 6.005E

進化段階2(低地畝立て栽培水田):灌漑システムの有無、畦畔の有無に関わらず、個々の水田は均平化されておらず、畑作物のように畝立てで稲作が行われている低地水田は進化段階2と定義する。稲の栽培されている農地の人為的な水制御は困難で、雑草制御も養分管理も困難である。図20(3)はガーナ中部Tamale市からNyankpala市付近の台地面から低地にかけての緩やかな勾配の地形面に作られた非灌漑畝立て稲栽培プラットフォーム。突発的な豪雨が表面流去水となり、畝は破壊され土壌は侵食され、部分的に湛水する。図20(4)はナイジェリア中部Niger州のBida付近のGadza村付近の内陸小低地の灌漑水田で畝立て栽培され、水管理ができず、雑草管理も困難である。農民はこの後、畝を除草とともに崩し、収穫時には畝は消失する。



進化段階 3(小区画準水田): 灌漑システムの有無に関わらず、20～50 m²サイズの畦畔を持つ水田。各々の水田の水田表面は均平化されておらず、畦は小さくて弱いため人間がその上を歩くことは不可能である。人為的な水制御により雑草制御や養分管理が困難である。上の図 20(2)は 2011 年 5 月撮影の Sokoto 川氾濫原の地下水灌漑小区画準水田(進化段階3)の例である。図 20(5)は 2004 年 8 月撮影、Bida 県 Nassarafu 村における、湧水灌漑畝立て栽培型水田と小区画準水田プラットフォーム(進化段階 2 または 3、B/C エリアの写真)と湧水灌漑標準水田と耕運機使用水田(進化段階 4 または 5、D/E エリアの写真)である。中央は Mr. Joshua Aliyu、左右 2 人は農民と村長。3 人の立っているのは農道である。図 20(6)は図 20(5)付近、GPS は 9.0017N 6.091E、の 2007 年 11 月撮影の Google earth 衛星画像である。下の図 20(7)は Nassarafu 村の隣村 ShabaMaliki の伝統的灌漑水路と小区画準水田プラットフォームの写真で 2010 年 9 月撮影。GPS は 9.01715N 6.0785E。図 20(8)は 1995 年 8 月撮影の Gadza の湧水灌漑小区画準水田とフラニ遊牧民の牛群。灌漑水路の破壊がヌペ農民の稲作地の破壊の原因となるが、牛群の糞は農地土壌の肥料ともなる。GPS は 8.9825N 6.005E。



進化段階 4(人力による鋤耕作または鋤を使う家畜耕作と対応している標準的な水田プラットフォームであり、緑の革命技術が有効に作動するプラットフォームである): 標準的な低地灌漑水田プラットフォームで、1 区画の面積が約 100 m²より大きく、畦は丈夫で歩行可能で水漏れがない。1 筆水田土壌表面の均平化度が±5cm 以内の高低差である。人為的な水制御により雑草制御や養分管理が可能であり、メタン等の温暖化ガスの発生制御も可能である。下の図 20(9)は 2011 年 9 月撮影の Zamfara 川氾濫原の地下水灌漑小区画水田(図 19(1)と(2)の赤色丸付近)。区画は 30m² 以下で均平化はしていないが、畦は丈夫で歩行可能なので、小区画準水田ではなくて小区画水田とした。進化段階は 3 と 4 の中間と思われる。

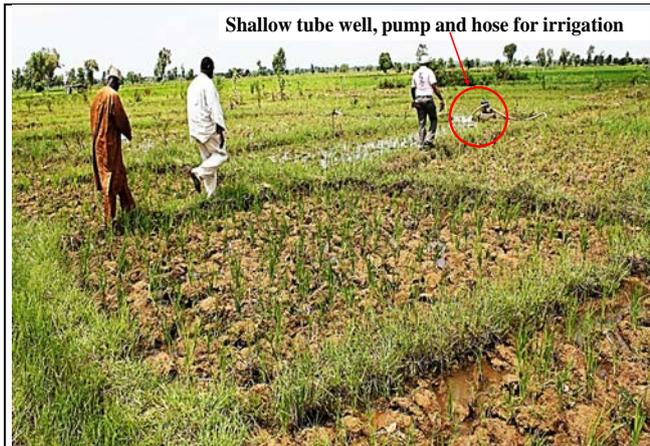


Fig. 20(9). Irrigated micro sawah platform, evolutionary stage 3 Zamfara river flood plain, Jega, Nigeria, May 2011, Before Sawah Technology training at the red circled area of Figure 19 (1) and (2).



Fig.20 (10). Standard sawah platform stage 4 or 5 irrigated by small pump, Zamfara river flood plain, Jega, Nigeria, May 2011, Sawah Technology on-the job-training site and the demonstration site at the blue circled area of the Figures 19(1) and (2). **Pump irrigation hose**

進化段階 5(初期の農業機械化と共進化している灌漑水田プラットフォーム): 低地灌漑水田のプラットフォームで、圃場面積が約 1000 m²より大きく、水田は漏水のない丈夫な畦があり、水の取水口と排水口の開閉管理により水制御が容易である。均平度が±5cm 以内の高低差である。動力耕運機および/または小型トラクターによる耕作が効率よくできる。10 馬力の動力耕運機1台で年間 15ha の水田稲作が可能である。図 20(10)は 2011 年 5 月撮影の地下水灌漑標準水田プラットフォーム(進化段階5、耕運機使用)と除草効率の高い正条(直線)移植稲栽培のデモンストレーションと実地研修の現場(図 19(1)と(2)の青丸で示すサイト)。

農地整備がさらに進み 30-50 馬力のトラクターが使用できれば年間の水田耕作面積は 30ha 以上が可能である。ただし、新規開田の場合は条件の良い低平な氾濫原や内陸デルタでは1台の耕運機で開墾できる面積は 10ha が上限と思われる。トラクターは耕運機による新規開田が完了した後で導入するほうが、溝や穴等によるトラクターの横転等により破損するリスクは少ない。8-10 馬力で 300-500kg の重量の耕運機でも新規開田の場合は水で隠れた穴や液状化した地面では横転や沈没するリスクはあり、多数の人力でも引き上げに苦勞する。30-50 馬力のトラクターでは人力での救済は不可能である(図 21(1)と(2)参照)。このプラットフォームでは進化段階4よりもさらに水制御や雑草管理と養分管理及び温暖化ガス発生制御が効率よく実施可能である。



Fig. 21 (1): Power tiller stuck and overturning in hole under muddy water. Is risk avoidable with sturdy cage-whale attachment?



Fig. 21 (2): Power tiller stuck and overturning risk on liquefied ground. High risk even with cage-whale attachment.

- 2011 年から 2015 年までの近畿大学/島根大学の科学研究費チームとナイジェリア農業機械化センター(NCAM)チームによる、アフリカ水田農法 (Sawah Technology)の改良による進化段階 5 の水田プラットフォームの効率的開発実証試験と実地訓練

2010年6月の世銀支援のFadama IIIプロジェクトとナイジェリア農業機械化センター(NCAM)および日本学術振興会の近畿大学・島根大学の科研費研究プロジェクト(Wakatsuki 2012, 2017, 2018)との合意(図5, 6, 7, 8)に基づき、2011年2月から3月にかけて、Kebbi州、Ebonyi州、Benue州で技術移転活動を開始した。他の3州、FCT(連邦首都特別地域)、Lagos州、Delta州は1年前の2010年から活動を開始した。ナイジェリアSawah teamは4つのグループに分かれ、これら6州で、実地訓練と1-2haの展示圃場の開発を各州の主要稲作地域(LGA, Local Government Area)から選んだ各サイトで、普及の基本パッケージとして実施した。これらのデモンストレーションは各州の農業開発公社(ADP)とFadama IIIの普及員及び稲作農民組合(Rice Farmers association of Nigeria, RIFAN)と協力して実施した。ただし、Kebbi州以外の4州とFCTでは基本パッケージとして実施できたサイトは1-2カ所に留まった。

Kebbi州では州政府と伝統的首長の特別のサポートと農民組合のSawah Technology普及活動への積極的参加以上の自発的・内発的努力があった。表5に示すように2011年3月からの1年間でArugungu LGAで6.5ha、Birinin Kebbi LGAで3.5ha、Jegga LGAで8ha、合計3つのLGAで18haの展示圃場が開発され平均収量7.1t/haを実現した。この普及の成果を確認した農民リーダーは次の2012年4月から2014年4月までの2年間に5つのLGAの先進的農家16名(州政府の役人OBが多い、このうちの2名は博士号取得者)は自費で耕運機22台購入し199haの進化段階5の灌漑水田を開発し1260トンの粗生産(収量6.3t/ha)を実現した。内訳はArugungu LGAでは9農家が11台の耕運機を購入し74haを開田整備、Birinin Kebbi LGAでは3農家が3台購入し21haの開田、Bagudo LGAでは1農家が5台を購入し50ha開田、Jega LGAでは2農家が2台購入し54haを開拓し、Suru LGAでは1農家が1台購入し5ha開田した。

Kebbi州におけるSawah technologyの普及担当責任者はNCAM/JSPSチームではMr. J Aliyuが、Kebbi州のFadama IIIではMr. HM Yeldu(両者とも本論文の共著者、表5のデータはYelduが収集)が担当した。Mr. AliyuはNiger州Bida出身のヌペ人で、2000年以来JSPSプロジェクトのメンバーとして、Bida周辺のEjeti (GPS: 8.922N 6.026E)やSheshi Bikun (GPS: 8.914N 6.094E)村等で、Niger州のSawah Technologyのアクションリサーチサイトの拠点として、農民達に技術訓練と普及活動を実施してきた。この2つの村は、Bida地区でSawah technologyを使った稲作をリードしている。Ejeti村の村長の息子であるSleiman氏は、Aliyu氏に雇われてKebbi州で働き、農民たちに耕うん機の維持管理方法、耕うん機を使った標準的な水田プラットフォームの開発と整備方法、移植稲栽培のために雑草を抑制するために水田面の表土を±5cmの高低差で均平化する方法などを指導した。Mr. Sleimanは2011-12年の1年間はJSPS sawah teamで雇用されたがその後、2019年まで、Kebbi州の稲作農民組合に雇用されてKebbi州の主要稲作地域の村に住み込み、耕運機を利用するSawah technologyの普及に貢献した。

2011年から2015年にかけてケッビ州で実施されたSawah Technology(アフリカ水田農法)の実地研修とデモンストレーションの概要を以下の図22-28に示す。技術の詳細は、アフリカ水田農法(5):農民の自助努力による灌漑水田開発ポテンシャルとアフリカ型水田稲作の実践、を参照。

まず、2011年3月から12月にかけて、NCAM/JSPSとFadama III/Kebbiの農民チームは、表5に示すように、米の主要産地であるArugungu, Birinin Kebbi, Jegaの3つの自治体を選定した。これら3つの自治体の稲作中心地で、それぞれ0.5~1ヘクタール、合計18ヘクタールの灌漑水田プラットフォーム(基盤)を20カ所開発整備した。若月(近畿大/島根大)、Ademiluyi(近畿大博士、Sawah Ecotechnology ナイジェリア Coordinator)、Aliyu (Sawah team Kebbi州代表)等が率いるNCAM/近畿大学サワ・チームは、Kebbi州ADPとFadama IIIのスタッフ、稲作農家組合員と協力して実施した。Sawah technologyを用いたこれらの新規灌漑水田の開発と開発した水田における水田稲作全てOJT方式で実施した。NCAM sawah teamはこのOJTを通じて、標準的な品質(進化段階5)の灌漑水田実証圃場を開発し、灌漑水田稲作技術をKebbi州ADP, Fadama III, 農民組合に技術移転した。

図22①上部の写真は、図19②に示したJegaの水色丸で示す実証圃場で2011年5月に撮影した。水田の畦は湛水深15cmでも破壊せず、農民が水や生育及び病虫害管理のために歩行しても壊れずかつ水漏れもないように、丈夫で標準的な畦を作った。畦で囲われた個々の水田プロットに適切な量の水を入れて、耕うん機で代掻きをしながら、水田の土壌表面を±5cm以内に均平化作業を行った。均平化の仕上げには木製のレーキ板を使った。この均平化の程度は水田の質を良くする植えて極めて重要である。標準的な進化段階4あるいは5の水田では、草丈15cm以下の苗を移植して、移植後水深を0cm以上—10cm以下に管理できることが重要である。これにより、移植初期の雑草の繁殖を制御できる。写真に写っている正条植え(直線)の移植稲栽培は、生育中期以降の除草が効率的に行える。又、収穫作業も効率的に行える。



図 22. Kebbi 州でのアフリカ水田農法(Sawah technology)実地訓練と展示圃場。①と②は 2011 年 5 月、Jega LGA の展示圃場(図 19①と②の水色の円)。③と④は、2015 年 7 月、AR2 サイト(図 9A と 9B)にて、KHS インドネシア Quick 社製 G1000Boxer 耕うん機(11 馬力のクボタ社製エンジン搭載)に、湿地用ケージホエール、プラウ、代掻き、及び均平化用アタッチメントを装着して先進的な sawah technology をデモンストレーション。

22②は ①の展示圃場付近で撮影した灌漑用浅井戸、ポンプ、及びホースを示す。2011 年 5 月撮影。同③と④は、2015 年 7 月に Arugungu の AR2 サイト(図 9A, 9B)で撮影された。インドネシア製耕運機に、プラウ、代掻き、均平化用アタッチメントを装着して 2011 年に使用した耕運機より効率の良い水田開田技術を Fadama III と農民にデモンストレーションした。2011 年の技術移転した際に使用した中国製耕運機は図 6①-③に示すように、新規に低湿地開拓を実施するのに最適な耕運機ではなかったからである。水田プラットフォームはアジアでは長い年月をかけて農民が整備開拓してきた。近年土木工事業者がレーザーレベラー付きブルドーザー等の重機を使用して、水田プラットフォームは開田済みである。耕運機は、水田稲作用の農業機械であり、新規開田用の仕様で耕運機は市販されていない。アフリカ水田農法は SSA の農民が、灌漑水田開拓の土木工事と、水田稲作を一体として、自力で実施する技能である。

下の図 23 は、1 区画の水田の高低差を±5cm 未満にするための均平化作業である。水田 1 区画の高低差が 10cm 以内であれば、発芽後 3 週間以内に標準的な草丈 15cm 程度の稲苗を作り、1 区画全体に移植することができる。SRI(J-SRI 2011、鳥山 2012、溝口 2012)農法や直播栽培の場合は、適切な雑草管理により高収量を実現するためには、個々の水田 1 区画の高低差を±2.5cm 以内にするため、さらに均平化度を上げる必要がある。さもないと、除草作業に時間がとられ、除草剤の使用量も増える。

下の図 24 は、2015 年から 2017 年にかけて実施された、動力耕うん機にプラウとレベラーを取り付けた Sawah technology (アフリカ水田農法)の新しい研修内容である。その結果、整地、堤防、灌漑・排水路建設の作業効率が向上し、sawah technology はアップグレードされた。個々の水田プロットの均平化作業の精度は非常に重要だが、手作業による均平化作業は重労働である。動力耕運機による均平化作業は、30~40 人分に相当する作業効率を持つ。1 日当たりの人件費は約 3~5ドル(2013~2017 年で 500~1500 ナイジェリア・ナイラ)なので、30~40 人分の人件費は約 100~200ドル、耕運機のレンタル料は約 50ドル/日となり、動力耕運機のような機械化は現在のナイジェリアの経済状況でも有利であり、実現可能である。



図 23. 標準的水田圃場における $\pm 5\text{cm}$ 以下の高低差への均平作業。①は 2002 年にガーナの Biemso No.1 村で撮影。木製板の水平器(Bida では ②)を耕運機で牽引。③の木製板や鉄レーキ(Jega では④)による手動均平作業。⑤Arugungu での耕運機装着均平化作業(2015 年 6 月)。



図 24 ①と ④: 動力耕うん機にプラウと湿地用ケージホイールを装着し、農民の鋤作業と連動させることで、氾濫防止用の大型の畦(堤防)の造成や水路の開削作業を効率化できる。農民はバックホウの代用として使える。図 24②: 耕運機にスチール製均平柵、回転代掻器とプラウを装着し、土を流動化(いわゆるチキソトロピー)し、均平化できる。又、③のように効率よく排水路を切削できる。これによるブルドーザーなしでも土を 20~50m 移動できる。写真は Niger 州 Bida 市の Kaduna 川氾濫原の Edozhigi 灌漑プロジェクトサイトの Gnajigi 村付近で撮影(2015-17 年に撮影)。

下の図 25 は、2015 年 7 月に AR2 サイト、Arugungu で、Mould Board Plough、Puddler、Leveller、Cage Wheels を取り付け
たインドネシア KHS 社製 Quick G 1000Bower 耕うん機(クボタ社製エンジンを搭載した 8.5 馬力と 11 馬力)を使用し
た Sawah technology のバージョンアップしたデモンストレーションと、トレーニングの場所を示す。2016 年 6 月撮影の
Google 衛星画像の ②付近で実施した。写真 ①は赤矢印の ①方向から、写真②は ②方向から撮影した。AR2
サイトの位置は図 9A-9B に示す。



図 25. 2015 年 7 月に行われたインドネシア製耕運機を使った Arugungu 市の AR2 サイトでの先進的な Sawah
technology のデモンストレーションとトレーニングの様子。写真は Google earth の 2016 年 6 月撮影の画像の赤の矢
印 ①と②は 2 方向から 2015 年 7 月撮影。

図 26 は AR2 サイトの 2009 年 11 月、Sawah Technology 導入以前と、2024 年 2 月撮影 Google 衛星画像を示す。
図 25 に示すように水田の整備と進化(水漏れの無い丈夫な畦の造成、水田区画の拡大、水田表面の均平化)
は図 25 の右上の 2016 年撮影の衛星画像で確認できるが、2024 年 2 月時点ではさらに水田の質は向上してい
る。2024 年では水田区画が氾濫原の大部分で開発しているとともに、1 筆の水田は拡大し、かつ明確な畦が作
られ、各水田区画の均平化度が向上していることは画像の「きめ Texture」の細かさからも判断できる。稲作農民
の水田稲作技能の向上が見て取れる。



図 26. AR2 付近の GPS15. 756N 4.511E 付近の 2009 年 11 月 (sawah technology 以前) と 2024 年 2 月の Google 衛星画像。

下の図 27 は Arugungu 氾濫原の AR2 サイトで実施したインドネシア製耕運機を使う Sawah Technology のバージョンアップ技術の写真である。その目的は、湿潤で深水で、非常に軟弱な土壌でも、Cage wheels を取り付け付けた耕うん機にプラウ(Mould Board Plough、代かき回転ツメ(Puddler)、及び均平化レーキ(Leveller)を適宜装着して、農民が自力で新規開田を効率的に実施することである。より乾燥した畑作的土壌にはアンチスキッドホイール(図 6 の③、Dong Feng 社製、中国製)でも使用可能です。しかしこのデモンストレーションの時点では、乾期米の収穫直後で田んぼが乾いていたため、技術研修とデモンストレーションのために、各水田圃場の横にすでに設置されていた PVC (塩化ビニール製パイプ)を通じて、携帯ポンプで地下水を汲み上げ、湛水状態を作り出して実施した。2011 年から 12 年にかけて使用された中国製耕うん機は、アタッチメントとしてケージホイール、パドラー、レベラー、プラウが使用できず、ロータペーターのアタッチメントしか使用できなかった。したがって、2011 年に使用した中国製の耕うん機は、すでに開発済の水田稲作に有用であったが、新規水田開発には不十分であった。

図 9B 左(1987 年)と図 25/26/27(写真は 2015 年、Google 衛星画像は 2016 年)を見比べてください。これらは同じ AR2 サイトである。1987 年当時、AR2 サイト周辺には水田区画はなかった。1987 年から 2011 年の間に、Fadama I と II プロジェクトは、図 26 の下半分の 2009 年 11 月の Google Earth 画像、および図 16 や 18 の写真に示すように、灌漑小区画準水田(進化ステージ 3)を開発した。2011 年から 2015 年にかけて、農民の自助努力によって開発された標準的な灌漑水田(進化段階 4 と 5、図 19(3)の 2023 年撮影、図 25 の右上の 2016 年の撮影、図 26 の 2024 年 2 月撮影の Google 衛星画像)が、これらの氾濫原のいたるところに開発され、2016 年以降、ナイジェリア No.1 の米生産州となった。



図 27. 2015 年 7 月 8 日～12 日に Arugungu AR2 サイトで行われたインドネシア製耕運機を利用した Sawah Technology のバージョンアップした技術研修。①: 標準的なケージホイールと plough による深耕は、多少の雑草も土中反転でき、畦作りや溝掘りにも有効。②: 小型ポンプで塩ビ製パイプ井戸から 8m 未満の浅い地下水を吸引して灌漑している。③: Leveler アタッチメントを使った均平作業等。④: デモンストレーション後の記念写真。



図 28. 2015 年 7 月 8 日～12 日に行われた Sawah Technology のバージョンアップした技術研修。①: Kebbi 州への KHS G1000boxer 耕うん機がパドラー、レベラー、ケージホイールとともにピックアップトラックに載せられている。②と③: 原動機付バイクに荷車を牽引すれば中国製 Dong Feng (570kg, 15HP) の重量のある耕うん機を Kebbi 州のどんな小さな村でも運ぶことができる。④: KHS G1000boxer 耕運機による mould board plough 耕作作業。

図 28 は、図 27 の 2015 年のインドネシア製耕運機を使ったデモンストレーションとトレーニングでの写真の続きである。①: 耕うん機をピックアップトラックの荷台に載せて運搬するところ。荷台の櫛の歯のようなものがレベラー、多数の鉄板が回転するものがノドラーである。この耕うん機 G1000 ボクサーは、インドネシアの KHS 社から購入したもので、エンジンは KUBOTA のものを使用している。②と ③: ケッビ州の SURE プロジェクト(Subsidy Re-investment and Empowerment Programme)(ナイジェリア連邦共和国)のプロジェクトで、中国の Dong Feng 社製の重い(500kg 以上ある)耕うん機をバイクと台車で運搬できる。耕運機はパーツに分解して氾濫原の細い歩行道路でもバイクで、又、蛇行する水路も小舟で運搬可能。

Programme)(Federal Republic of Nigeria 2013)。③: 中国製耕運機 Dong Feng はプラウでなくロータベーターを装着して使用。AR2 現場でのインドネシア KHS G1000 ボクサーによる型板プラウによる耕作作業。2015 年以前、ナイジェリアのサワ・チームは図 28 の③のようなロータベーターを使用していた(図 6②と ③)。ロータベーターは、既に開発された水田圃場の耕作には適していたが、密に雑草が生育している湿地に新規に水田を開拓する場合はプラウ(図.22④や図 27①)がより適していることがわかった。インドネシアの 8.5 馬力耕うん機 G1000BOXWER(重量 297kg)の作業性能は、中国の 15 馬力耕うん機 Dong Feng(重量 570kg)よりも優れていた。G1000Boxwer はケージホイールを装着すれば、深い軟弱湿地でも沈むことなく、湿地条件下で優れた性能を発揮した。耕運機にプラウを使った用水路の掘削や畦作り、代かき回転版と均平化レーキ版を装着した土壤移動などの新しいテクニックは、水田基盤(プラットフォーム)開発や改良に大変有効である。

8. アフリカ水田農法 (Sawah Technology) を利用した、ケッビ州農民によるオンサイトポンプ灌漑水田稲作イノベーションの特徴

本報告, Sawah Technology (6-2): Kebbi rice revolution で後述するように、2014-15 年に 1000 台の耕運機を Kebbi 州政府が州全域の農民に補助金付きで配布し、sawah technology とのパッケージで州内全域に普及させたことが Rice Revolution イノベーションの最初のステップとなった。図 29 は Kebbi 州の農家が自力で灌漑水田プラットフォームを開発して氾濫原の地下水を携帯ポンプで灌漑水田稲作を実施している様子をインスタグラム等の SNS メディアにアップロードした写真を引用したものである。撮影時期は 2015-16 年ころ、撮影場所は Kebbi 州の稲作中心地の一つ Suru LGA(図 4 参照)と思われる。



図 29. Kebbi 州の氾濫原におけるオンサイトポンプ灌漑水田稲作地の写真。左は移植直後の水田。右は水田の横に設置した塩化ビニール製パイプより直接地下水吸い上げて灌漑している。(引用は Google instagram による)

個々の農民レベルで実施可能な、小規模の堰灌漑あるいはオンサイト小型ポンプ灌漑水田開発に小型耕運機等の適正機械をブルドーザー代わりに使うことを特徴とする。進化段階 4-5 水田(均平化度±5cm)の移植稲作

栽培が可能)を新規に開田し、同時に水田稲作を農民の自力で行う技術がアフリカ水田農法(Sawah Technology)の基本的技術である。SSAの大部分は緩やかな勾配と破壊力の小さい水文条件にあるため、1台、2000-3000ドルの小型耕耘機があれば1年で5-10haの水田が新規開田できて、10-20haの水田稲作が可能である。重機類は下の写真7のような初期開発段階の低湿地のように、無数の水路や三日月湖が錯綜する氾濫原では使用が不可能である。

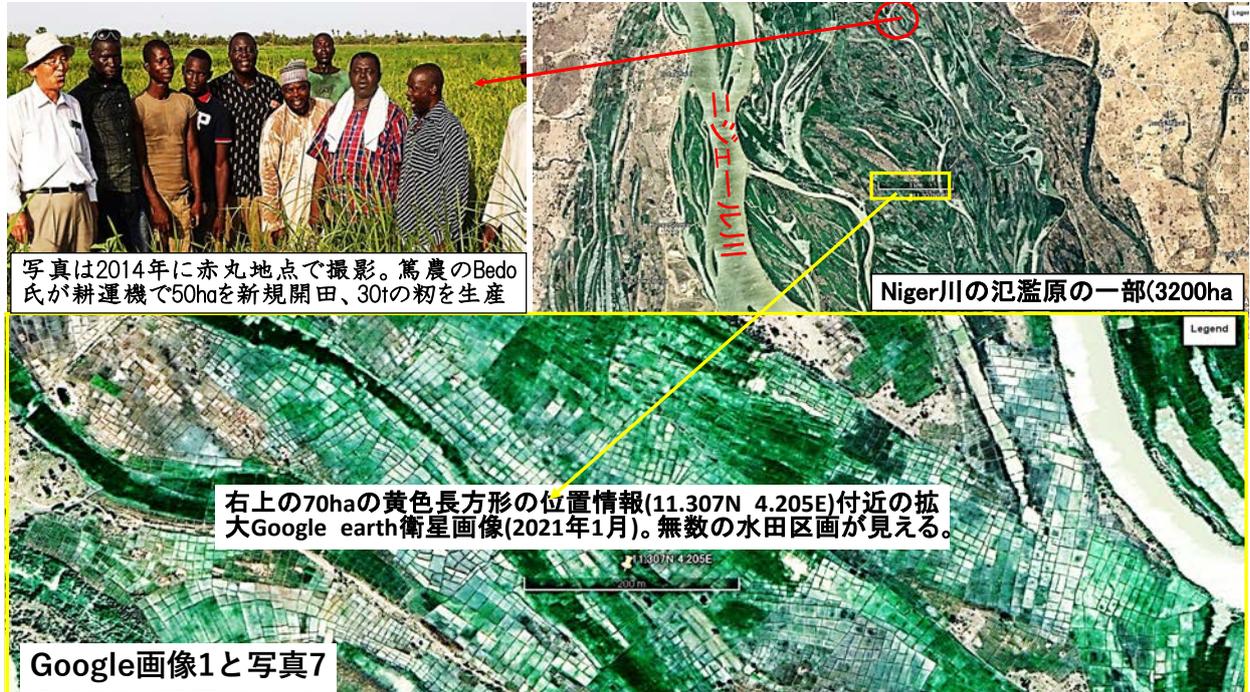


図 30. Kebbi 州の Bagudo LGA はニジェール川本流氾濫原で、氾濫の危険度は比較的高いが、破壊力はあまり大きくないので、乾期を中心にオンサイトポンプ灌漑水田稲作が拡大中である。

動力耕うん機にプラウと湿地用ケージホエールを装着し、農民の鋤作業と連動させることで、氾濫防止用の大型の畦(堤防)の造成や水路の開削作業を効率化できる。農民はバックホウの代用として使える。耕運機にスチール製均平柵、回転代掻器とプラウを装着し、土を流動化(いわゆるチキソトロピー)し、均平化できる。耕運機のプラウと人力による鋤を組み合わせれば効率よく排水路を切削できる。これによりブルドーザーなしでも土を20~50m移動できる。2024年1月19日付けのナイジェリア Guardian の新聞報道によれば(Alabi 2024)、Kebbi 州は6000セットのソーラーポンプと300台の耕運機を購入し農民に補助金つきで配布を開始した。これは地球温暖化防止に貢献する次の段階の Kebbi rice revolution になることが期待される。

9. References

- Adesina A, 2014. Score CARD, Agricultural Transformation Agenda, 2013 Report, January 2013-December 2013, http://www.kinki-ecotech.jp/download/ATA_ScoreCard_FMARD_Nigeria_2014.pdf
- Alabi A, 2014. Kebbi to launch 6,000 solar pumps, water tillers for special dry season farming, Guardian News paper on 19 January, 2024, Kaduna, Nigeria, <https://guardian.ng/features/kebbi-to-launch-6000-solar-pumps-water-tillers-for-special-dry-season-farming/>
- Aminu A, Adnan A, Abdullahi ZA, and Halliru M, 2017, Identification and Mapping of Rice Production Clusters in Nigeria: Production Estimations and Cross-cutting, 1-261 pages, GEMS4/Coffey International Development LTD, Abuja-Nigeria https://scholar.google.co.jp/scholar?hl=ja&as_sdt=0%2C5&q=Identification+and+Mapping+of+Rice+Production+Clusters+in+Nigeria%3A+Production+Estimations+and+Cross-cutting+Issues&btnG=
- Andriess W. 1986. Wetlands in SubSaharan Africa, Area and Distribution, In Juo ASR and Low JA edited

- “*The Wetlands and Rice in Sub-Saharan Africa*”, pp15-30, Proceedings of an international conference on wetland utilization for rice production in sub-Saharan Africa, p1-318, 4-8 November 1985, Ibadan Nigeria, International Institute of Tropical Agriculture.
- AQUASTAT 2016. <http://www.fao.org/nr/aquastat>
- Buri MM, Wakatsuki T, Issaka RN, and Abe S. 2012. Proceedings of the first international workshop on “Sawah ecotechnology and rice farming in Sub-Saharan Africa”, 22nd -24th, November, 2011, Kumasi, Ghana. NII NAI Creations, Kumasi. p.222, http://www.kinki-ecotech.jp/download/2011workshop_proceedings/2011Proceedings.pdf
- Chika Izuora, 2018. States Bask In Rice Production As Nigeria Plans To Exit Import By 2020, published in Leadership News paper on 5th, September 2018, <https://leadership.ng/2018/09/05/states-bask-in-rice-production-as-nigeria-plans-to-exit-import-by-2020/>
- Dakingari ASU, 2013. Growing Agriculture in Kebbi state, paper presented by the executive governor of Kebbi state at the 19th National Economic summit, Group(NESG) held in Abuja on the 4th September, 2013 (https://ifdc.org/wp-content/uploads/2015/03/report_of_the_19th_nigerian_economic_summit.pdf)
- Daniel Essiet, 2016. Concern over N720.2b yearly rice import, The Nation, Nigeria, 21st, November, 2016, <http://thenationonline.net/concern-n720-2b-yearly-rice-import/>
- Dossou-Yovo ER, Devkota KP, Akpoti K, Danvid A, Duku C and Zwart SJ, 2022. Thirty years of water management research for rice in sub-Saharan Africa: Achievement and perspectives, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2022.108548>
- FAOSTAT, 2017. <http://www.fao.org/statistics/en/>
- FAO-Unesco 1977. FAO-Unesco Soil map of the world Volume VI Africa, Printed in Rome , Italy, 1-299 pages with color and black/white maps. The digital version: <http://www.fao.org/3/as357f/as357f.pdf>, Africa map3:http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/soils/docs/Soil_map_FAOUNESCO/new_maps/VI_3_petit.jpg
- FEDERAL REPUBLIC OF NIGERIA, 2013. Subsidy reinvestment and empowerment programme, SURE-P, Performance Monitoring Report, National Planning Commission, <https://nationalplanning.gov.ng/wp-content/uploads/2020/12/2013sure-pannualperformancemonitoringreport-Monitoring-and-Evaluation.pdf>
- FMARD, 2014. <http://www.fepsannigeria.com/files/FMARD%20ATA%20Scorcard%20Report%202013.pdf> Federal Ministry of Agriculture and Rural Development, Nigeria, Score Card, page 37-38.
- 深沢秀夫, 2022. マダガスカルにおける在来稲作技術からみた新規稲作技—SRA・「緑の革命」・SRI・PA PRiz—をめぐるイノベーションについての考察 (A Study On the Innovations of Four New Rice Cultivation Systems in Madagascar: SRA. The Green Revolution, “SRI, and PAPRiz, from the Viewpoint of “Traditional Rice Cultivation”, アフリカ研究 101: 9-20 (2022), By Hideo FUKAZAWA
- Furukawa H, 2011. Oasis agriculture origin theory. 349pp., Kyoto University Press, Kyoto (In Japanese) (古川久雄, 2011. 「オアシス農耕起源論」, 京大出版, 京都 394pp).
- Honya K, 1989. Elucidation of high-yielding rice cultivation, - For rice farm management standing on a turning point. 148pp., Hakuyusha, Tokyo (In Japanese) (本谷耕一, 1989. 多収穫稲作の解明—転機に立つ稲作経営のために—, 博友社, 148pp.).
- IITA Annual report, 1986 and 1987. http://www.kinki-ecotech.jp/download/IITAAnnualReport_1986-87_edit17Apr2017.pdf
- JICA 2018. Coalition for African Rice Development (CARD) Final Review Assessment Africa Region Final Report, <https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12305744.pdf>
- JICA 2021. JICA Technical manual for rice cultivation in Africa, CARD Implementation review 2008-2018, 1-253pages, https://riceforafrica.net/wp-content/uploads/2022/05/jica_manual_1apr2021_jp.pdf
- J-SRI, 2011. 稲作革命 SRI, 飢餓・貧困・水不足から世界を救う(Rice Revolution SRI, Saving the World from Hunger, Poverty, and Water Shortage), edited by J-SRI research group, 日本経済新聞出版社, 351 頁
- Juo ASR and Lowe JA, The Wetlands and Rice in Sub-Saharan Africa, Proceeding of an international conference on wetland utilization for rice production in sub-Saharan Africa, 4-8 November 1986, Ibadan, Nigeria, http://www.kinki-ecotech.jp/download/JuoASR_Lowe%20JA1986IITA.pdf
- Johnson M and Masias I, 2017. Nigerian Agricultural Policy Project, Assessing the state of the rice milling sector in Nigeria: The role of policy for growth and modernization, IFPRI Research the Future Innovation Lab for Food Security Policy, Research Paper 59, pp.1-35, Feed The Future, USAID, Michigan State

- University, FMARD,
<http://ageconsearch.umn.edu/record/259580/files/FSP%20Research%20Paper%2059.pdf>
- 溝口勝, 2012. SRI-農法の決め手は間断灌漑—土壌水分の制御—にあり, Mizoguchi Masaru, Intermittent Irrigation-Soil Water Namagemnent-Is a Key Point in SRI, 熱帯農業研究, 5(2):175-178, 2012, https://www.jstage.jst.go.jp/article/nettai/5/2/5_175/_article/-char/ja/
- NAERLS, 2008-2021. Agricultural Performance Survey of 2008-2021 Wet Season in Nigeria, National Report, National Agricultural Extension and Research Liaison Services (NAERLS) and Federal Department of Agricultural Extension (FDAE), Federal Ministry of Agriculture and Rural Development (FMARD), www.naerls.gov.ng
- Oki T, Agata Y, Kanae S, Saruhashi T, Yang D, and Musiake K. 2009. Global assessment of current water resources using total runoff integrating pathways, Hydrological Sciences Journal, 46(6) 983-995, DOI:10.1080/02626660109492890
- Onche Odeh, 2014. Nigeria: Bumper Harvest, Kebbi to Mop Up Excess Paddy From Farmers, Daily Independent (Lagos), 28th of June, 2014, <https://allafrica.com/stories/201406300070.html>
- Oyediran GO, 1990. *Genesis, Classification and Potential Productivity of Selected Wetland Soils in the Savanna Ecosystem of Nigeria*, PhD Thesis, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria, pp.1-335, <http://www.kinki-ecotech.jp/download/Oyediran1990Ph.D.thesis.pdf>
- Poulton P, Johnston J, Macdonald A, White R, and Powlson D, 2018. Major limitations to achieving “4 per 1000” increases in soil organic carbon stock in temperate regions: Evidence from long-term experiments at Rothamsted Research, United Kingdom, Glob Change Biol. 2018;24:2563–2584, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/gcb.14066>
- Project Synergy of Nigeria Government, 2004. The Nigeria Rice Memorabilia, Published in the Federal Republic of Nigeria, The Reagent Printing and Publishing Ltd, Abuja, pp.1-1145.
- Ruth Tene, 2017. Nigeria Produces 5.7M ton of rice, in Leadership newspaper on 29 May 2017, <http://leadership.ng/2017/05/29/nigeria-produces-5-7m-tonnes-rice/>
- Shehu B and Lolo A, 2017. Promoting Rice Productivity in Kebbi State: Linking Data and Policy, State Policy Note 2, 1-4pp, IFPRI Research the Future Innovation Lab for Food Security Policy, Feed The Future, USAID, Michigan State University, FMARD, http://foodsecuritypolicy.msu.edu/uploads/files/Nigeria/StatePolicyNotes/Kebbi_State_Policy_Note_2.pdf
- The third national Fadama project, 2017. <http://projects.worldbank.org/P096572/third-national-fadama-development-project-fadama-iii?lang=en>
- 鳥山和伸, 2012. SRI農法の持つ多収可能性とその科学的評価の試み(Possibility of High Yield by SRI Management and an Attempt at its Scientific Evaluation)、熱帯農業研究 5(2) : 170 – 174, https://www.jstage.jst.go.jp/article/nettai/5/2/5_170/_pdf
- Van Dam AJ and Van Diepen CA. 1982. The soils of the flat wetlands of the world, their distribution and their agricultural potential. Technical paper 5 for Polders of the world, pp1-50. Wageningen, International Soil Muesum, http://www.isric.org/isric/webdocs/docs/ISRIC_TechPap05.pdf
- Wakatsuki T, 1989. Can Sawah save Africa? JICA Expert Journal, No.80, 8-16, <http://www.kinki-ecotech.jp/download/JICAExpert1989No.2.pdf>, (In Japanese)(若月利之, 1989. 水田はアフリカを救えるか, 私の任国事情, JICA Expert 誌, No.80: 8-16).
- Wakatsuki T, 1997. On-farm Demonstration Studies for the Restoration of Ecological Environment and Rural Life, In Hirose S and Wakatsuki T eds., Restoration of Ecology and Rural Life in Savanna Zone of West Africa, Norin Tokei Kyokai, Tokyo. Chapter 6, pp.373-462, http://www.kinki-ecotech.jp/download/nourinntoukeikyokai-chosho_JP/book1_chapter6ed.pdf (In Japanese) (若月利之, 1997. 生態環境の修復と農村の再生のためのオンファーム実証研究, 廣瀬昌平・若月利之編著「西アフリカの・サバンナの生態環境の修復と農村の再生」第6章, pp.373-462, 農林統計協会).
- Wakatsuki T, 2009. A New Green Revolution by Inland Valley Sawah Technology in Africa, Modern Agriculture (Gendai Nogyo), 11: 346-350 (In Japanese) (若月利之 2009. アフリカ発谷地田農法で新・緑の革命, 現代農業, 11月号, pp.346-350).
- Wakatsuki T, 2010. the 2nd Africa Rice Congress, 22-26 March, 2010, Bamako, Mali. Site-specific sawah development and management: Large-scale action research in Ghana and Nigeria to actualize rice green revolution, Presentation, <http://www.kinki-ecotech.jp/download/2ndAfricaRiceCogress23March2010.pdf>,

- Paper, <http://www.kinki-ecotech.jp/download/2ndAfricaRiceCogress23March2010.pdf>
- 若月利之、2012. Wakatsuki T, 2012. Materialization of West African Green Revolution through Sawah Based Eco-technology and Creation of Africa Adaptive Satoyama watershed Systems (In Japanese)(若月利之、水田エコテクノロジーによる西アフリカのみ取りの革命実現とアフリカ型里山集水域の創造、科学研究費補助金、特別推進研究、研究成果報告書) <https://kaken.nii.ac.jp/ja/file/KAKENHI-PROJECT-19002001/19002001seika.pdf>
- Wakatsuki T, 2017. Achieving a sustainable rice revolution through African Sawah platform based farming(In Japanese).アフリカ水田農法による持続可能な稲作革命の実現(若月利之、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、科学研究費補助金、特別推進研究終了 5 年後の追跡評価) https://kaken.nii.ac.jp/ja/file/KAKENHI-PROJECT-19002001/19002001_tsuiseki_hyoka_kenkyu_gaiyo_ja.pdf
- 若月利之、2018. Wakatsuki T. 2018, Realization of Endogenous Green Revolution in Africa through ODA Disruptive Innovation of Sawah Ecotechnology (In Japanese), (若月利之、Sawah 技術の ODA 破壊的イノベーションによる内発的なアフリカ緑の革命の実現) <https://kaken.nii.ac.jp/ja/file/KAKENHI-PROJECT-25257405/25257405seika.pdf>
- Windmeijer PN and Andriess W, 1993. Inland Valley in West Africa: An Agroecological Characterization of Rice-Growing Environment, ILRI, Wageningen, 160+, <http://www2.alterra.wur.nl/Internet/webdocs/ilri-publicaties/publicaties/Pub52/pub52-h1.0.pdf>
- World Bank, 2016. Implementation Completion and Results Report on a Credit to The Federal Republic of Nigeria for a 3rd National FADAMA Development (FADAMA III) Project, Report No:ICR00003895, <http://documents.worldbank.org/curated/en/956751479735474649/pdf/FADAMA-III-ICR-P096572-Nov-2-2016-11162016.pdf>, Page 10: Partnership for Innovative activities
- World Bank, 2020. ENVIRONMENTAL AND SOCIAL IMPACT ASSESSMENT (ESIA) FOR MIDDLE RIMA VALLEY IRRIGATION SCHEME WITH GORONYO DAM IN SOKOTO STATE, NIGERIA. (Final Report), <https://documents1.worldbank.org/curated/en/240951584429038170/pdf/Environmental-and-Social-Impact-Assessment-for-Middle-Rima-Valley-Irrigation-Scheme-with-Goronyo-Dam-in-Sokoto-State.pdf>
- Yanai J, Tanaka S, Nakao A, Abe SS, Hirose M, Sakamoto K, Masai F, Saito H, Kajiwara N,Dejhimon K, Sriprachote A, Kanyawongha KP, Lattirasuvan T, Timbas N, Medina S, Paing TN, 8 Yusoff KHM, Wakatsuki T, and Kyuma K, 2021. Long-term changes in paddy soil fertility in tropical Asia after 50 years of the Green Revolution, Eur J Soil Sci. 2022;73:e13193. wileyonlinelibrary.com/journal/ejss 2021 British Society of Soil Science. 1 of 13, <https://doi.org/10.1111/ejss.13193>
- Yanai J, Tanaka S, Nakao A, and Abe SS, 2022. Changes in Paddy Soil Fertility in Tropical Asia under Green Revolution, From the 1960s to the 2010s, Springer Nature Singapore Pte Ltd. Singapore
- Yombe AS, 2016. Kebbi State sets to produce over 1million tons of rice in 2016 Dry season farming, in National Daily News Paper, <http://nationaldailyng.com/kebbi-state-sets-to-produce-over-1million-tons-of-rice-in-2016-dry-season-farming/>
- Zwart A, Abe S, and Buri MM, 2012. Sawah, Market Access and Rice Technologies for Inland Valleys (SMART-IV) project, Annual technical project report 2011-2012, Africa Rice Center, 1-115pages with photos, http://www.kinki-ecotech.jp/download/smart_2009_12.pdf
- Zwart S and Hamady H, 2016. Finding flood-prone rice areas in West Africa, <https://ricetoday.irri.org/finding-flood-prone-rice-areas-in-west-africa/>