

更新(2018年6月18日)

アフリカ水田農法 (Sawah Technology) (I) : 稲作統計、水田進化とナイジェリアの灌漑稲作の現状、水田仮説1と英国のエンクロージャーの対比、アフリカ水田農法の基本技術、6つの戦略技術の比較総括

若月利之(島根大学名誉教授)

目次

- 1、本稿の経緯
- 2、要約
- 3、はじめに
- 4、爆発的に増加するアフリカ、とりわけ西アフリカ、の米生産とコメ消費とコメ輸入
- 5、西アフリカを中心に稲作革命がスタートした。アジアは工業発展により米生産が減少し始めた。
- 6、FAOSTATとUSDA(米国農務省)統計データの比較によるクロスチェック
- 7、アフリカ水田稲作の国際協力のパイオニア:台湾
- 8、台湾の活動以降のアジア諸国のアフリカでの水田稲作国際協力
- 9、アフリカの稲作革命は水田稲作の進化と拡大が牽引:水田稲作進化の6段階
- 10、ナイジェリアの代表的灌漑稲作地に見られる水田進化段階1-3、即ち、非水田稲作、小区画水田稲作、畝立て稲栽培の現状。
- 11、何故水田進化段階1-3、即ち、非水田稲作、小区画水田稲作、畝立て稲栽培では持続可能な収量は何故低収量か?
- 12、農水省の支援になるSMART(Sawah, Market Access and Rice Technology)プログラムを通じたアフリカ水田農法 Sawah Technology の AfricaRice や JIRCAS への技術移転、2009-2014年
- 13、エンクロージャーと水田仮説1:アフリカの稲作革命のための3つの革新の前提条件
- 14、アフリカ水田農法の基本技術(若月 2016)
- 15、サブサハラアフリカの持続可能な米生産増加のための6つの戦略技術の比較総括
- 16、参考文献

1、本稿の経緯

アフリカ水田農法 Sawah Technology のホームページ(<http://www.kinki-ecotech.jp/>)に、本農法に関する1986年以來の文献と現地活動をアップロードした。本稿は以下の報告、講義、講演をまとめた。2017年6月科研基盤研究A「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実現2013-2016年度実施」研究成果報告書、2017年5月科研特別推進研究「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年度実施」終了5年後の追跡評価用自己評価書、科研基盤研究S「西アフリカの食糧増産と劣化環境修復のための集水域生態工学2003-2007年実施」、2009-2017年「JICA筑波/海外農業開発協会アフリカ地域小規模水稲・普及と稲作技術の向上研修教材」、2012-2017年「JICA中部/名古屋大農学国際教育協力研アフリカ地域稲作振興のための中核的農学研究者育成教材」、2006-2017年東京農大特別講義「アフリカにおける水田農業の普及」、2013年4月日本学術会議第26回環境工学連合講演会論文集「Sawah技術イノベーションの社会実装によるアフリカの稲作革命の実現」、2015年5月京都大学第22回地球環境フォーラム「アフリカ水田農法とアジア・アフリカ連携」、2015年9月日本土壌肥料学会京都大会公開シンポジウム「土壌はアフリカを養えるのか」、2016年6月日本アフリカ学会公開講演会「アフリカ農業・農村の現在と未来—日本は何が可能か」、2006年8月第1回アフリカ稲作会議、「Sustainable Intensification and diversification strategies for Africa rice-based cropping systems」, Dar es Salaam, Tanzania, 2010年3月第2回アフリカ稲作会議、「Site-specific sawah development and management by farmers: Large-scale action research in Ghana and Nigeria」, Bamako, Mali, 2013年10月第11回東・南・東南・アジア土壌科学会連合講演会、「Asian African Collaboration for Sustainable African Green Revolution through Sawah and Satoyama Eco-technology to Combat Global Food and Ecology Crisis in 2025」の統合講演資料。文章の一部は雑誌「現代農業」2015年3月号と5月号で発表。2015-2017年のIOM(国際移住機関)とナイ

ジェリア Sawah チーム(国立農業機械化センターNCAM)によるチャド帰還難民定住化へのアフリカ水田農法の適用例も加えた。

2、要約

サブサハラアフリカ(SSA)、とりわけ西アフリカ、の水田稲作は急速な進化と発展の段階に入った。長い停滞を経て、最近 10 年ですべてにアジアと異なる SSA の農業革命(中心は稲作革命)の姿が見え始めた。この課題の科学・技術・イノベーションの種々の試みの成否は、今後 10 数年以内にアフリカ農民による審判(普及成果)として下される。この課題を目指す科学・技術・イノベーション戦略は以下の6つが試みられている。

- ① **非水田未整備農地を前提としたバイオテクノロジー重視戦略**。良い品種さえあれば解決するという勘違い、非水田湿地稲作を陸稲と勘違いした戦略。アフリカ稲作センター(AfricaRice)が推進した陸稲ネリカ NERICA やビル・メリンダゲイツ財団が巨大な予算でアフリカ緑の革命のための同盟(AGRA)により推進するハイブリッド等の種子戦略は SSA の大部分を占める非水田未整備圃場では、(科学技術の適用不可能性故に)無効である。
- ② **アジアの緑の革命技術導入**。アジアの成功体験をそのまま踏襲した戦略。しかしアジアの成功の背景には、農民が数世紀から千年の労働を積み重ねた水田開拓と整備の歴史があった。この農地基盤が存在して初めて近代農業科学技術が有効になったことに無理解。英国の 17-18 世紀の農業革命は水田区画と同様の畑作地の区画化(エンクロージャー)と整備改良という 15 世紀から数世紀以上の歴史的時間をかけた国土基盤整備の過程が前提としてあった。本稿の中心となる水田仮説 1 の内容である。
- ③ **さらに整備された水田を前提とした超高収量栽培技術**。水田面積の増加余地の少ないマダガスカルやアジアで試みられている SRI(System Rice Intensification)農法や 1960 年代の日本の米作日本一の篤農農法やハイブリッド品種を整備水田で栽培する戦略。広大なヤブ状の未整備稲作地が分布するアフリカでの現時点での優先順位は高くないが、取り組みやすい研究テーマとなる。

アフリカ諸国は 500 年前に始まる欧米の世界制覇、奴隷と植民地化により科学技術適用の前提となる国土基盤を整備する歴史が持てなかった。欧米やアジアで要した数 100 年以上の歴史的時間と広大な面積という「時空の壁」を、2050 年ころまでの数 10 年で突破可能にするイノベーションが必要である。

- ④ **アフリカ諸国政府が世銀、アフリカ開発銀、ODA 等で実施する灌漑水田開発**。農民や技術者に水田開発および水田稲作技術のない SSA での灌漑水田開発や整備、維持管理、修復コストは高い。環境や低地の破壊も頻発する。ODA 依存は自主性を破壊するので自助努力と自力開発を妨げる。汚職も常態化している。
- ⑤ **民間企業による灌漑水田開発**。ODA 方式より効率的で最先端の機械化稲作。問題は国土が格安で民間企業に払い下げられ(国土の切り売りという損失)、国家最大の資源である無数の農民が排除され(Land Grab)将来を奪われる。技術と資本金格差が大きく、農民のエンパワーメントができない。そして我々 Africa Sawah チームが推進している
- ⑥ **アフリカ水田農法(Sawah Technology)による内発的な水田開発と適正機械化稲作**。稲作革命の前提となる灌漑水田農地の基盤整備の時間と面積の障壁を農民の自力で突破するボトムアップ型技術。中心的技術は(A)地形と土壌と水文と農村社会に適合的な適地選定と適田システムのデザインと(B)耕耘機等を利用する効率的で経済的な灌漑水田開発技術である。当初は里山的な内陸小低地における「谷地田農法」であったが、2011 年以降、ナイジェリア西北部 Kebbi 州の稲作革命(州知事 Dakingari 氏が 2013 年に命名)以降、浅層地下水を利用する氾濫原や内陸デルタも含む「アフリカ水田農法」に進化した。ナイジェリア国立農業機械化センター(NCAM)がナイジェリアにおける普及を推進しており、オンザジョブ方式で訓練し、農民間技術移転によりスケールアップが容易。農民をエンパワーメントして内発的な開発が可能。緩傾斜地形が卓越する SSA の水田開発は容易という逆説的事実が背景にある。日本では 2ha の新規開田は 1 世代の時間、2ha の水田稲作は耕耘機 1 台、10ha の水田にはトラクターが必要。SSA には未利用・未整備の広大な低地が広がるので、アフリカ水田農法では 1 年間で 1 台の耕耘機で 2-10ha の新規開田と 5-15ha の水田稲作が可能である。本稿に続く、Kebbi 州の稲作革命では、ナイジェリアのケッピ州の Rima 川とニジェ

ール川氾濫原のほぼ全域にわたって、1 万 ha 以上の浅井戸ポンプ灌漑水田開発が、2012-16 年の 5 年間で、主として無数の農民の自助努力により実現し、現在も開発は急速に拡大中である (Google Earth で確認可能)。このために支出したナイジェリア政府の予算は 10 億円以下と推定される。これはケニアのムエヤで ODA 等で新規開田 3000ha、既存の 5000ha の灌漑地のリハビリ合計 8000ha の灌漑水田開発費用が 150 億円規模で 5 年の工期であったことと、対比できる。

水田稲作は水管理可能な水田施設で行われる稲作という点は世界共通である。アジアの専売特許ではない。ただし、地形、土壌、水文、気候、社会及び歴史は多様で、農機具と農法の進化と水田施設は「共進化」するため、世界の水田稲作は多様な進化発展段階をたどる。現時点ではバイオテクノロジーの急速な進歩に比べアフリカ水田農法のようなエコテクノロジーの進歩は遅々としているが、稲作農業の持続可能な進歩はバイオテクーエコテクの共進化によって実現するものと思われる。又、1900-2014 年の英国の小麦収量と日本の粳収量の推移を見ると、バイオテクーエコテクの共進化により穀物の生産性は現状の世界生産の 2 倍以上は問題なく可能と推定される。この場合、急速に進歩するバイオテクに比べ、生育環境の改良を行うエコテクの進歩が停滞していることが、制限要因になる可能性が高い。

3、はじめに

アジアにおける米と麦の緑の革命は科学・技術・イノベーションの興味深い例である。1935 年、稲塚権次郎による小麦農林 10 号の育成が発端となった。多数の試行錯誤を積み重ね、草丈の大きな Turkey Red と小さい Fruit Daruma 品種の交配により、半矮性の草型の農林 10 号が生まれた。このアイデアは、1960 年代 IRRI (国際稲研究所) による IR8 (ミラクルライス) の開発に応用された。農林 10 号技術が世界の食糧危機を救うイノベーションになったのは終戦後であった。N. Borlaug は占領軍の科学者より入手した農林 10 号を基に 1957 年までに多肥でも倒伏しない高収量品種 (HYV) を育成した (千田 1996)。並行して国際機関 CIMMYT (国際小麦トウモロコシ改良センター) や IRRI が整備され、HYV の普及により緑の革命が実現した (Hesser 2013)。日本発の半矮性作物による緑の革命は当初、アジアやラテンアメリカにおける食糧増産に対して命名されたが、同時期ほぼ平行して欧米諸国の麦生産増にも貢献し、「後述のアフリカ水田農法 **Sawah Technology** による持続可能な稲作革命の実現とアジア・アフリカ連携による平和構築 (III) の図 15 の 1950 年以降の収量の持続的な上昇から明らかのように、欧米先進諸国の緑の革命」にも貢献した (西尾 1998, Borojevic and Borojevic 2005)。農林 10 号等の半矮性の草型の科学は、70 年後 2002 年、名大の松岡信等によりジベレリン生合成を調節する遺伝子 *sd1* が同定され、イネ科作物共通の科学的基盤が解明された (松岡 2004)。

アジアと同様の成功をサブサハラアフリカ (SSA) にも実現させるため、国際機関 IITA (国際熱帯農業研究所) や AfricaRice (アフリカ稲センター) が 1970 年代に整備され、同様の品種改良を中心に活動を開始してから半世紀が経過した。持続可能な収量増加という点では、成功したとは言えない現状にある。一方、以下の統計データ (FAOSTAT 2017, AQUASTAT 2017) に明らかのように、SSA の米生産は爆発的に増加しつつあり、とりわけ西アフリカを中心にアジアに次ぐ米作圏が形成されつつある。ただこの増産のかなりの部分は森林や土壌劣化を伴う面積拡大によるものが中心で、持続可能な収量増加、緑の革命の実現は SSA 諸国の最重要課題となっているし、国連の 2030 アジェンダの持続可能な開発の中核目標ともなる。

私は 1986-89 年にかけて JICA (国際協力機構) 専門家として、ナイジェリアのイバダン市に本部をおく国際熱帯農業研究所 (IITA) に派遣された。この間、セネガルからコンゴまで、西・中央+アフリカ全域の稲作地帯の土壌と地形と水、そして稲作システムを調査した。Kawaguchi & Kyuma (1977) が熱帯アジアの水田土壌の肥沃度評価を完成させたので、これと対比可能なアフリカの低地土壌の肥沃度データを出すことを目指した。オーガーとシャベルと 4 輪駆動車で、時にはパリ・ダカールラリーの大部隊と競争しながら、土壌調査とサンプリングの力仕事？を楽しみながら、セネガルからザイルまでの 16 ケ国、西と中央アフリカの主な稲作地を踏査した。この結果、砂質でリン酸や塩基状態は熱帯アジアの平均に比べかなり低く、東北タイとよく似た肥沃度であることが分かった。SSA には低湿地土壌は 2.4 億 ha 分布する (Van Dam and Van Diepen 1982, Andriessse 1986) が、利用可能水量はアジアの 40% 程度 (Oki *et al.* 2009) なので、灌漑水田稲作ポテンシャルは約 5000 万 ha と推定される (現在は 200 万 ha 規模)。80% は西と中央アフリカ地域にある。東部には稲作国タンザニアとマダガスカルがあるが、高原地形が卓越するため、西アフリカに及ばない。

初期の現地踏査で、西アフリカは低湿地稲作が卓越するが、大部分は畔も均平化もしない陸稲と似た栽培方法であり、低地土壌の砂漠化(粘土の流亡)も加速している、一部で灌漑稲作も行っているが、水田は1筆 10-20m² で、2500 年前の弥生期の小区画水田と同レベルの原初的水田進化段階にあること等が分かった。又、ナイジェリア中部のビダ市付近のニジュール川支流の内陸小低地集水域の村々で、農民の自力で可能な灌漑水田開発と水田稲作技術(Sawah Technology)の基礎的及び実証研究を行った(Wakatsuki *et al.* 1987, 1988, 1989)。これにより「水田はアフリカを救う」(若月 1989)ことを確信した。しかし当時のIITAの稲作部門や西アフリカ稲作開発協会(WARDA、現 AfricaRice)では水田の重要性についての理解は進まなかった。農民の非水田圃場に開田されたトライヤル水田が、そのまま維持管理され自律的に拡大することはなかった。非水田湿地稲作が広範に行われており、それを陸稲と勘違いしての陸稲 NERICA の推進、日本のアフリカ研究者からは文化人類学(文化相対主義)の視点から、水田帝国主義ではないかとの批判もあった。

1960-75 年、台湾が SSA 全域の 21 ケ国で実施した大規模な水田稲作導入活動以降 60 年、私の IITA 派遣から 30 年、この間、科研費や JICA 研究協力等によりアクションリサーチを積み重ねてきた(廣瀬・若月 1997, Wakatsuki *et al.* 1998, Wakatsuki *et al.* 2001, Hirose & Wakatsuki 2002, 若月 2008, 2013a)が、広大なアフリカでの歩みは遅々としていた。2006 年の AGRA(アフリカ緑の革命同盟)の始動、2008 年のコメの国際価格の高騰、東京アフリカ開発会議を受けて開始された日本政府のアフリカ米支援政策(CARD 2008)、これを受けて 2009 年 AfricaRice が農水省の支援で始めた SMART(Sawah, Market Access and Rice Technology)の成果(AfricaRice 2013, 2014a, 2014b, 2015, 2016a, 2016b, 2017)、この間私は日本学術振興会の科研特別推進研究、2007-2011 年(若月 2013a, 2013b)の支援を受け、2013 年の Kebbi 稲作革命に繋がり(Dakingari 2013, Yeldu 2014, World Bank 2016)、アフリカ、とりわけ西アフリカ、の水田稲作は急速な進化と発展の段階に入った。長い停滞を経て、最近 10 年についてアジアと異なる SSA の農業革命(中心は稲作革命)の姿が見え始めた。

4、爆発的に増加するアフリカ、とりわけ西アフリカ、の米生産と米消費と米輸入

独立以来 50 年の米生産の特徴を示す FAOSTAT(2017)のデータによれば、アフリカ(サハラ以南 SSA)の人口は 1961-65 年の平均と 2011-14 年の平均 2.47 億から 9.45 億人と 3.8 倍、同じくこの間の年平均粗生産量は 353 万トンから 2273 万トンと 1920 万トン、6.4 倍、増加した(表 1)。この間、人口増 2.4 倍のアジアのコメ増産は 3 倍であった(表 2)。西アフリカのデータ(表 3)と高原地形・気候が卓越する東・中央・南部アフリカのデータ(表 4)とを分離すると、西アフリカの米増産はさらに顕著となる。SSA におけるこの間の 1920 万トンの増産の 68%、1301 万トンは西アフリカ諸国の貢献で 9.3 倍に増産した。SSA の No.1 の米生産と消費国となったナイジェリア(表 5)の増産がめざましく、SSA 全体の 27%、519 万トンはナイジェリアの貢献で米生産は 1961-65 年と 2011-14 年の平均値で 26 倍になった。西アフリカではこの大增産でも、人口と年間精米消費増(14.5kg から 51.5kg)の相乗効果 $3.6 \times (51.5/14.5) = 12.9$ 倍に達せず、自給率は 75%から 52%に低下した。ナイジェリアでは 99%から 58%まで低下し、さらなる増産は国家的な課題となっている。

全作付面積における灌漑水田作付面積に注目して、西アフリカとそれ以外の東・中央・南部アフリカおよびアジアと比較する。アジアでは 1961-65 年から 2011-14 年の作付面積は 1.1 から 1.4 億 ha、灌漑作付面積は 0.70 から 0.95 億 ha の増加、灌漑作付面積もこの間全作付面積の 63-72%程度で、過去 50 年あまり変化していない。一方収量は 1961-65 年の平均に比べて 2.3 倍で、粗生産増の殆どが収量増によることがわかる。一方、西アフリカではこの間、作付面積は 152 から 741 万 ha と 4.9 倍、灌漑作付面積は 5.5 から 65 万 ha と 11 倍(しかし 2011-14 年の平均で、依然として全作付面積の 8.8%しかない)、収量増は 1.9 倍で、9.3 倍の粗生産増の半分以上は 2001-05 年までは作付面積拡大による。しかし、2006-10 年以降は収量増の効果が明確になり、面積増と収量増の相乗作用で爆発的な増産となった。第 II 部のナイジェリア、ケッビ稲作革命の項で詳述したが、近年のナイジェリアの増産は北西部の Kebbi 州を中心とする農民の自力水田開発と水田整備による貢献が大きく(Dakingari 2013, Yeldu 2014, Yombe 2016, World Bank 2016, Ruth Tene 2017)、今後もこの爆発的増産が続くことが予想(期待)される。

表1. サブサハラアフリカの1961-2014年間の稲作市場関連データの変遷。データソースはFAOSTAT2017とAQUASTAT2017、籾と精米の重量換算率は0.625 x 籾重量 = 精米重量とした。全データは各5年の平均値である。ただし、2008、2011-2014年は単年のデータ。

	1961 -1965	1966 -1970	1971 -1975	1976 -1980	1981 -1985	1986 -1990	1991 -1995	1996 -2000	2001 -2005	2008	2006 -2010	2011	2012	2013	2014	2011 -2014
人口 (百万人)	247	280	320	368	424	488	562	642	732	837	837	907	932	957	983	945
作付面積 (1000ヘクタール)	2694	3110	3556	4114	4469	5292	6223	6801	7450	8614	8664	10132	10936	11048	11306	10856
作付面積指数 (1971-1980の平均値を基準値100とした)	70.2	81.1	92.7	107	117	138	162	177	194	225	226	264	285	288	295	283
灌漑稲作付面積 (1000ヘクタール)	947	1034	1128	1255	1381	1559	1715	1862	1919	1980	1982	2059	2090	2100	2111	2090
灌漑稲作付面積指数(1971-80平均値を基準値100とした)	79.5	86.8	94.7	105	116	131	144	156	161	166	166	173	175	176	177	175
灌漑作付面積 (%)	35.2	33.2	31.7	30.5	30.9	29.5	27.6	27.4	25.8	23.0	22.9	20.3	19.1	19.0	18.7	19.3
籾生産量 (1000トン)	3531	4330	5149	5835	6735	8830	10062	11243	12385	17062	17289	20664	22383	22603	25288	22734
籾生産量指数 (1971-1980の平均値を基準値100とした)	64.3	78.8	93.8	106	123	161	183	205	226	311	315	376	408	412	460	414
精米換算生産量 (1000トン)	2207	2706	3218	3647	4210	5519	6289	7027	7740	10664	10806	12915	13989	14127	15805	14209
籾収量 (トン/ヘクタール)	1.31	1.39	1.45	1.42	1.51	1.67	1.62	1.65	1.66	1.98	1.99	2.04	2.05	2.05	2.24	2.09
籾収量指数 (1971-1980の平均値を基準値100とした)	91.4	97.1	101	99.0	105	116	113	115	116	138	139	142	143	143	156	146
精米換算収量 (トン/ヘクタール)	0.82	0.87	0.90	0.89	0.94	1.04	1.01	1.03	1.04	1.24	1.24	1.27	1.28	1.28	1.40	1.31
精米換算年間輸入量 (1000トン)	600	696	904	1866	2847	3057	3838	4470	7707	8654	8954	11196	13516	13970		12894
自給率 (%)	78.8	79.5	78.1	66.9	59.6	64.2	62.1	61.2	50.1	55.2	54.4	53.6	50.9	50.3		51.6
精米換算輸入価格 (ドル/トン)	135	156	267	356	343	276	294	303	242	556	428	557	529	529		538
精米換算年間一人当たりの消費量 (kg/人)	11.3	12.1	12.9	14.9	16.7	17.5	18.1	17.9	21.1	23.1	23.6	26.6	29.5	29.3		28.5

表2. アジアの1961-2014年間の稲作市場関連データの変遷。データソースとデータ処理方法は表1と同じ。

	1961 -1965	1966 -1970	1971 -1975	1976 -1980	1981 -1985	1986 -1990	1991 -1995	1996 -2000	2001 -2005	2008	2006 -2010	2011	2012	2013	2014	2011 -2014
人口 (百万人)	1795	2019	2276	2526	2785	3080	3369	3620	3853	4080	4080	4215	4260	4305	4350	4282
作付面積 (百万ヘクタール)	111	118	124	128	129	130	132	137	135	143	141	144	143	145	143	144
作付面積指数 (1971-1980の平均値を基準値100とした)	88.4	93.7	98.3	102	102	103	105	109	107	114	112	114	114	115	114	114
灌漑稲作付面積 (百万ヘクタール)	70.2	75.0	80.7	86.6	84.4	85.2	94.3	89.2	87.4	91.6	91.9	93.9	94.8	95.9	96.2	95.2
灌漑稲作付面積指数(1971-80平均値を基準値100とした)	84.0	89.7	96.5	104	101	102	113	107	105	110	110	112	113	115	115	114
灌漑作付面積 (%)	63.0	63.5	65.0	67.5	65.6	65.5	71.5	65.0	65.0	64.0	65.1	65.1	66.1	66.0	67.0	66.1
籾生産量 (百万トン)	222	264	302	342	406	448	487	537	544	624	612	653	663	669	667	663
籾生産量指数 (1971-1980の平均値を基準値100とした)	68.9	82.0	93.8	106	126	139	152	167	169	194	190	203	206	208	207	206
精米換算生産量 (百万トン)	139	165	189	213	254	280	305	335	340	390	382	408	415	418	417	414
籾収量 (トン/ヘクタール)	1.99	2.23	2.43	2.66	3.15	3.44	3.70	3.91	4.04	4.36	4.33	4.53	4.63	4.60	4.65	4.60
籾収量指数 (1971-1980の平均値を基準値100とした)	77.9	87.5	95.5	105	124	135	145	153	159	171	170	178	182	181	182	181
精米換算収量 (トン/ヘクタール)	1.24	1.39	1.52	1.66	1.97	2.15	2.31	2.44	2.53	2.72	2.71	2.83	2.89	2.88	2.91	2.88
精米換算年間輸入量 (1000トン)	5343	5527	5445	5675	5546	5208	6783	11719	11578	14006	13410	15678	15559	14790		15342
自給率 (%)	96.3	96.7	97.2	97.4	97.8	98.2	97.8	96.6	96.7	96.5	96.6	96.3	96.4	96.6		96.4
精米換算輸入価格 (ドル/トン)	125	162	270	366	379	324	372	365	312	770	623	717	685	786		730
精米換算年間一人当たりの消費量 (kg/人)	80.0	84.3	85.3	86.7	93.0	92.6	92.4	95.9	91.2	99.0	97.0	101	101	101		101

表3. 西アフリカの1961-2014年間の稲作市場関連データの変遷。データソースはFAOSTAT2017とAQUASTAT2017、籾と精米の重量換算率は0.625 x 籾重量 = 精米重量とした。全データは各5年の平均値である。ただし、2008、2011-2014年は単年のデータ。

	1961 -1965	1966 -1970	1971 -1975	1976 -1980	1981 -1985	1986 -1990	1991 -1995	1996 -2000	2001 -2005	2008	2006 -2010	2011	2012	2013	2014	2011 -2014
人口 (百万人)	90.6	101	114	130	149	171	196	223	255	291	292	317	325	335	344	330
作付面積 (1000ヘクタール)	1515	1603	1826	2137	2434	3095	3817	4207	4725	5251	5467	6597	7512	7736	7809	7413
作付面積指数 (1971-1980の平均値を基準値100とした)	76.4	80.9	92.1	108	123	156	193	212	238	265	276	333	379	390	394	374
灌漑稲作付面積 (1000ヘクタール)	55.2	58.2	65.3	143	221	309	483	623	563	616	617	650	654	655	656	653
灌漑稲作付面積指数(1971-80平均値を基準値100とした)	53.1	55.9	62.8	137	213	297	465	599	541	592	593	624	628	629	630	628
灌漑作付面積 (%)	3.64	3.63	3.58	6.68	9.09	9.97	12.7	14.8	11.9	11.7	11.3	9.85	8.70	8.46	8.40	8.81
籾生産量 (1000トン)	1571	2035	2430	2890	3683	5119	6171	6948	7383	10391	10247	12281	14351	14896	16792	14580
籾生産量指数 (1971-1980の平均値を基準値100とした)	59.1	76.5	91.4	109	138	192	232	261	278	391	385	462	539	560	631	548
精米換算生産量 (1000トン)	982	1272	1519	1807	2302	3199	3857	4342	4614	6494	6404	7675	8969	9310	10495	9112
籾収量 (トン/ヘクタール)	1.04	1.27	1.33	1.35	1.51	1.65	1.62	1.65	1.56	1.98	1.87	1.86	1.91	1.93	2.15	1.96
籾収量指数 (1971-1980の平均値を基準値100とした)	77.3	94.7	99.2	101	113	123	121	123	117	148	139	139	143	144	161	146
精米換算収量 (トン/ヘクタール)	0.65	0.79	0.83	0.84	0.95	1.03	1.01	1.03	0.98	1.24	1.17	1.16	1.19	1.20	1.34	1.23
精米換算年間輸入量 (1000トン)	333	403	477	1188	1809	1852	2401	2801	4996	5496	5574	7290	8623	8467		8127
自給率 (%)	74.9	75.9	76.1	61.9	56.0	63.0	61.6	60.9	48.0	54.2	53.2	51.3	51.0	52.4		51.5
精米換算輸入価格 (ドル/トン)	133	148	253	362	342	261	274	291	234	545	413	543	521	528		531
精米換算年間一人当たりの消費量 (kg/人)	14.5	16.5	17.5	22.9	27.5	29.5	32.0	32.0	37.7	41.1	41.0	47.3	54.1	53.1		51.5

表4. 東・中央・南アフリカの1961-2014年間の稲作市場関連データの変遷。データソース、その他のデータ処理方法は、表1と同じ。

	1961 -1965	1966 -1970	1971 -1975	1976 -1980	1981 -1985	1986 -1990	1991 -1995	1996 -2000	2001 -2005	2008	2006 -2010	2011	2012	2013	2014	2011 -2014
人口 (百万人)	157	179	206	237	274	317	366	419	477	545	546	591	607	623	639	615
作付面積 (百万ヘクタール)	1179	1506	1730	1976	2035	2197	2406	2594	2725	3364	3197	3535	3424	3312	3497	3442
作付面積指数 (1971-1980の平均値を基準値100とした)	63.6	81.3	93.4	107	110	119	130	140	147	182	173	191	185	179	189	186
灌漑稲作付面積 (百万ヘクタール)	892	976	1063	1112	1160	1251	1231	1238	1356	1364	1365	1409	1437	1446	1455	1437
灌漑稲作付面積指数(1971-80平均値を基準値100とした)	82.0	89.7	97.7	102	107	115	113	114	125	125	126	130	132	133	134	132
灌漑作付面積 (%)	75.7	64.8	61.4	56.3	57.0	56.9	51.2	47.7	49.7	40.6	40.7	39.9	42.0	43.6	41.6	41.7
籾生産量 (百万トン)	1960	2296	2719	2944	3053	3711	3891	4295	5002	6671	742	8384	8031	7707	8496	8155
籾生産量指数 (1971-1980の平均値を基準値100とした)	69.2	81.1	96.0	104	108	131	137	152	177	236	249	296	284	272	300	288
精米換算生産量 (百万トン)	1225	1435	1699	1840	1908	2319	2432	2685	3126	4169	4401	5240	5020	4817	5310	5097
籾収量 (トン/ヘクタール)	1.66	1.52	1.57	1.49	1.50	1.69	1.62	1.66	1.83	1.98	1.99	2.19	2.37	2.35	2.33	2.37
籾収量指数 (1971-1980の平均値を基準値100とした)	109	99.5	103	97.4	98.0	110	106	108	120	130	143	155	153	152	159	155
精米換算収量 (トン/ヘクタール)	1.04	0.95	0.98	0.93	0.94	1.05	1.01	1.04	1.15	1.24	1.37	1.48	1.47	1.45	1.52	1.48
精米換算年間輸入量 (1000トン)	267	292	426	678	1037	1205	1437	1669	2711	3158	3379	3906	4892	5503		4767
自給率 (%)	82.2	83.0	80.0	73.2	64.9	65.9	62.9	61.8	53.9	56.9	56.2	57.3	50.6	46.7		51.5
精米換算輸入価格 (ドル/トン)	138	167	280	342	344	298	328	324	258	576	456	582	543	531		552
精米換算年間一人当たりの消費量 (kg/人)	9.51	9.63	10.3	10.6	10.7	11.1	10.6	10.4	12.2	13.4	14.3	15.5	16.3	16.6		16.1

表5. ナイジェリアの1961-2014年間の稲作市場関連データの変遷。データソースとその他のデータ処理法は表1と同じ。

	1961 -1965	1966 -1970	1971 -1975	1976 -1980	1981 -1985	1986 -1990	1991 -1995	1996 -2000	2001 -2005	2008	2006 -2010	2011	2012	2013	2014	2011 -2014
人口 (百万人)	48.2	53.7	60.4	69.5	79.8	90.8	103	117	133	151	151	164	168	173	177	171
作付面積 (1000ヘクタール)	179	234	289	332	630	1069	1678	2053	2271	2382	2366	2269	2864	2931	3096	2790
作付面積指数 (1971-1980の平均値を基準値100とした)	57.7	75.4	93.0	107	203	344	541	661	732	767	762	731	923	944	997	899
灌漑面積 (1000ヘクタール)	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	171	261	315	313	266	266	219	219	219	219	219
灌漑面積指数 (1971-1980の平均値を基準値100とした)	100	100	100	100	100	175	266	322	319	272	272	223	223	223	223	223
灌漑作付面積 (%)	54.7	41.9	33.9	29.5	15.6	16.0	15.5	15.4	13.8	11.2	11.3	9.65	7.65	7.47	7.07	7.85
粗生産量 (1000トン)	207	321	470	596	1300	2216	2980	3248	3139	4179	3885	4613	5433	4823	6734	5401
粗生産量指数 (1971-1980の平均値を基準値100とした)	38.9	60.2	88.2	112	244	416	559	609	589	784	729	865	1019	905	1263	1013
精米換算生産量 (1000トン)	130	201	294	373	813	1385	1862	2030	1962	2612	2428	2883	3396	3015	4209	3375
粗収量 (トン/ヘクタール)	1.15	1.36	1.67	1.71	2.06	2.10	1.78	1.59	1.38	1.75	1.66	2.03	1.90	1.65	2.18	1.94
粗収量指数 (1971-1980の平均値を基準値100とした)	67.9	80.7	98.8	101	122	124	106	94.0	81.7	104	98.3	120	112	97	129	115
精米換算収量 (トン/ヘクタール)	0.72	0.85	1.04	1.07	1.29	1.31	1.11	0.99	0.86	1.10	1.04	1.27	1.19	1.03	1.36	1.21
精米換算年間輸入量 (1000トン)	1.28	1.09	3.73	408	492	289	329	647	1436	971	1241	2187	2455	2187		2277
自給率 (%)	99.0	99.4	98.8	51.0	62.7	81.7	84.8	76.2	57.8	72.9	66.5	56.9	58.0	58.0		57.6
精米換算輸入価格 (ドル/トン)	220	197	404	565	463	258	275	337	222	795	512	568	562	719		616
精米換算年間一人当たりの消費量 (kg/人)	2.71	3.75	4.92	11.1	16.4	18.3	21.3	22.9	25.6	23.7	24.2	31.0	34.8	30.1		31.9

表6. マダガスカル島の1961-2014年間の稲作市場関連データの変遷。データソースとその他のデータ処理法は表1と同じ。

	1961 -1965	1966 -1970	1971 -1975	1976 -1980	1981 -1985	1986 -1990	1991 -1995	1996 -2000	2001 -2005	2008	2006 -2010	2011	2012	2013	2014	2011 -2014
人口 (百万人)	5.49	6.24	7.16	8.27	9.47	10.9	12.7	14.8	17.3	19.9	19.9	21.7	22.3	22.9	24	23
作付面積 (1000ヘクタール)	843	986	1042	1147	1183	1142	1166	1187	1227	1284	1284	1135	1200	909	962	1052
作付面積指数 (1971-1980の平均値を基準値100とした)	77.0	90.1	95.2	105	108	104	107	108	112	117	117	104	110	83.1	87.9	96.1
灌漑面積 (1000ヘクタール)	375	438	463	510	526	507	675	793	909	1044	1044	882	932	707	747	817
灌漑面積指数 (1971-1980の平均値を基準値100とした)	77.0	90.1	95.2	105	108	104	139	163	187	215	215	181	192	145	154	168
灌漑作付面積 (%)	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	44.4	57.9	66.8	74.1	81.3	81.3	77.7	77.7	77.7	77.7	77.7
粗生産量 (1000トン)	1563	1779	1943	2037	2087	2271	2430	2511	2898	3914	4055	4300	4551	3611	3978	4110
粗生産量指数 (1971-1980の平均値を基準値100とした)	78.5	89.4	97.6	102	105	114	122	126	146	197	204	216	229	181	200	207
精米換算生産量 (1000トン)	977	1112	1214	1273	1305	1420	1519	1569	1811	2446	2535	2688	2844	2257	2486	2569
粗収量 (トン/ヘクタール)	1.85	1.80	1.87	1.78	1.76	1.99	2.08	2.12	2.36	3.05	3.15	3.79	3.79	3.97	4.14	3.92
粗収量指数 (1971-1980の平均値を基準値100とした)	102	99.0	102	97.6	96.8	109	114	116	129	167	173	208	208	218	227	215
精米換算収量 (トン/ヘクタール)	1.16	1.13	1.17	1.11	1.10	1.24	1.30	1.32	1.47	1.91	1.97	2.37	2.37	2.48	2.58	2.45
精米換算年間輸入量 (1000トン)	17.0	15.1	67.1	104	214	94.8	46.2	87.5	190	169	151	201	193	389		261
自給率 (%)	98.4	98.7	94.8	92.5	86.1	93.8	97.1	94.9	90.8	93.6	94.2	93.0	93.64	85.31		90.7
精米換算輸入価格 (ドル/トン)	76.0	77.6	236	293	263	302	315	288	198	473	387	479	471.1	458.5		470
精米換算年間一人当たりの消費量 (kg/人)	181	180	179	167	160	139	124	112	116	131	134	133	136.2	115.4		128

東部アフリカの稲作国マダガスカル(表 6)はアフリカの中では特異なアジア型の稲作国であり、1961-65年では SSA の全灌漑作付面積 95 万 ha(表 1)の 40%、38 万 ha の灌漑稲作面積で、SSA の全粗生産の 44%、156 万トンを生産していた。その後 50 年間の経過はアジア諸国に近い傾向を示し、灌漑作付面積と収量の漸増により、成熟した生産増となった。その対極にあるナイジェリア等、大部分のアフリカ諸国では森林破壊や土壌劣化を伴う作付面積の増加が生産増の主因となった。しかし、アジアの緑の革命の開始時の灌漑作付面積率(表 2、1961-65 年の平均 63%)に比べ低い(2011-14 年平均で 19%)が着実に増加しており、両者の相乗効果により粗生産が爆発的に増加した。SSA 全体の灌漑面積率が 1961-65 年では 55%と高いのはこの時期マダガスカル島の寄与が SSA 全体の半分を占めていたからである。1961-65 年平均ではナイジェリア、西アフリカが各々 21 万トン、157 万トン(2011-14 年平均、540 万トン、1445 万トン)、東・中部・南部アフリカ合計が 196 万トン(2011-14 年平均 818 万トン)であったので、アフリカの稲作における西アフリカのポテンシャルの高さ、とりわけナイジェリアのポテンシャルの大きさ、近年の急増がわかる。さらに後述するように 2015-16 年の我々の実証調査結果から判断すると、西と中部アフリカにまたがるチャドはアフリカ最大の内陸デルタ低湿地を有しており、将来的には、ナイジェリアの米生産を追い抜く可能性もある。チャドはリビア、スーダン、中央アフリカ、ナイジェリア内紛により 100 万人規模の難民が国境沿いに避難している。第 IV 部で後述するように、ナイジェリアの農業機械化センター(NCAM)の Sawah チームが、IOM(国際移住機関)や FAO チャドと連携してスーダン国境、中央アフリカ国境、ナイジェリア国境の複数のサイトで 2015-17 年にアフリカ水田農法を用いた難民自身の手による水田開発と水田稲作のデモンストレーションと訓練を実施中で、我々のアフリカ Sawah チームメンバーはチャド国の水田稲作ポテンシャルの高さを実感している。

穀物等の国際価格の動向 (ドル/トン)

- 先週末(7月28日)の穀物等の国際価格は、先々週末(7月21日)と比べ、大豆は0.8%、小麦は3.7%、とうもろこしは1.4%低下。
- ・ 2012年6月以降の米国の高温・乾燥の影響から、とうもろこしは8月に史上最高値(327.2ドル/トン)、大豆は9月に史上最高値(650.7ドル/トン)。また小麦も、とうもろこしに追随して上昇。2013年7月以降、世界的なとうもろこし等の豊作や南米での大豆の増産等から低下。2016年4月以降、南米での天候不順から、大豆が一時上昇。2017年6月以降、米国大平原北部の高温・乾燥から、小麦が上昇。
- ・ 米は、タイでの担保融資制度の再導入の動き等により、2011年6月以降上昇していたが、2013年7月以降、安価なインド産等への輸出需要のシフトやタイで担保融資制度見直しによる政府在庫放出等から低下。2015年10月以降、ベトナム、タイ等主要国での乾燥等による供給懸念から一時上昇。2017年5月以降、中東諸国等の輸入需要から再び上昇。

□ 穀物等の国際価格の動向

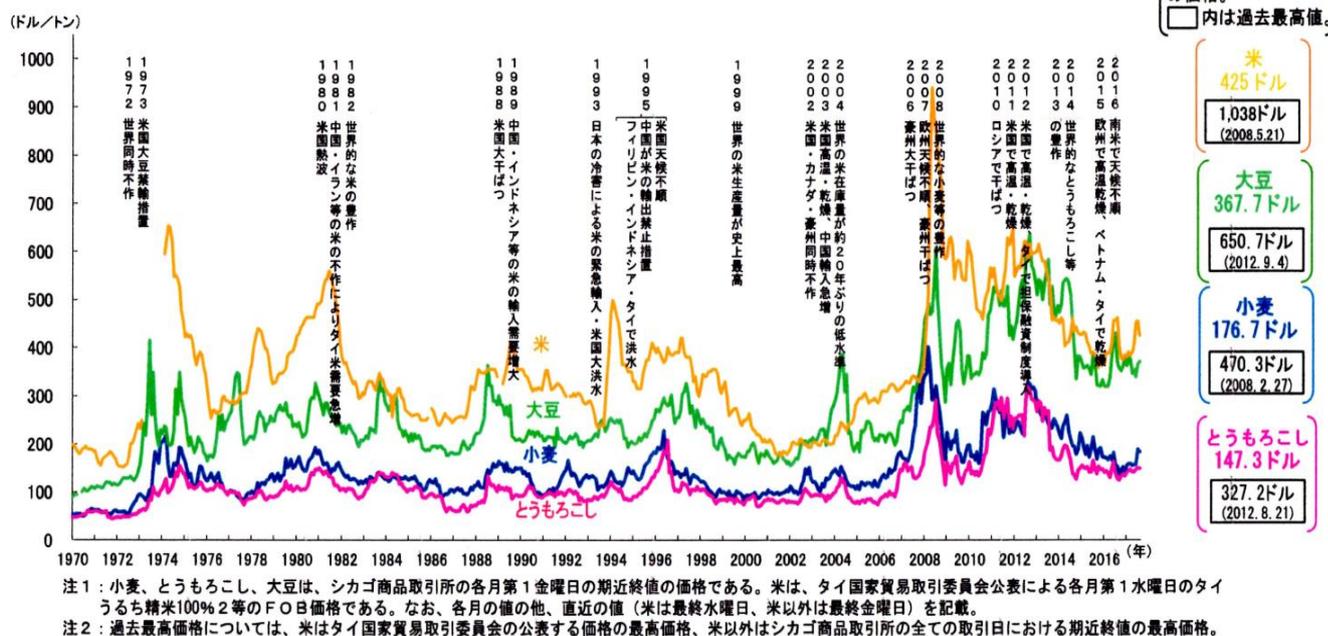


図1.1970年以來の過去47年の穀物価格の動向、農林水産省、2017年8月1日ダウンロード
http://www.maff.go.jp/j/zyukyu/jki/j_zyukyu_kakaku/attach/pdf/index-70.pdf

このように米生産が急増した理由は、上の図1(農林水産省 2017)の過去47年間の米、トウモロコシ、小麦の穀物価格の動向とSSAの生態環境から部分的に理解できる。大豆を含む図1の4穀物価格はいずれも変動は大きい。しかし明瞭なことは、米の価格は小麦やトウモロコシに比べ、トン当たり3倍程度の高価格をつねに維持していることである。世界のトウモロコシの主産地(南アフリカと米国USAとルーマニア)と小麦の主産地(アルゼンチン、オーストラリア、カナダ、米国、EU、ロシア、ウクライナ)の全生産コストは概略100-200ドル/ton、コムはベトナムで200ドル/ton、ナイジェリアとタンザニアで300-500ドル/tonの範囲にある(Zimmer 2015)。アフリカでは貧弱な生産インフラと未熟な技術に加え、労賃が高いことにより、生産費がベトナム(やタイ、インド等)のアジアのコム輸出国に比べ2倍強のコストがかかっている。しかし、トウモロコシの生産コストも同様に高いため、コム生産には経済的優位性がある。又、小麦は生態環境から見て適地面積は大きくない。以下の統計データで見るように、2005-08年以降、コムの生産性が急速に上昇しつつあることは、SSAにおける米生産の経済的優位性を加速度的に向上させている。このような経済性に加えてコム消費が急速に増えている理由としてはコムの味覚や健康食品としての価値、調理のしやすさもあるが、熱帯圏での保存性の高さ(ヤムやキャッサバと比較)、ポストハーベストが簡便でロスが小さい(ヤム、キャッサバ、ソルガム、ミレット、トウモロコシ、小麦と比較)等の特性はSSA、とりわけ西アフリカの伝統的食物の中でNo.1の価値を確立したように思える。

以上述べたコムという食物の有する特性はSSAではさらに別の付加価値も与えていることにも気がついた。2015年10月から2017年4月、上述したように、チャドのIOM(国際移住機関)がナイジェリアNCAM(国立農業機械化センター)への委託事業として、アフリカ水田農法による移住難民の定住化プロジェクトを実施した。この一環としてチャドとスーダン及び中央アフリカ3国の国境付近の村に、ナイジェリア中部Bida市付近の村の篤農5人を2ヶ月間難民村落に派遣して定住化のためにアフリカ水田農法の農民間実地訓練、即

ち、耕耘機と浅い地下水ポンプを使った灌漑水田開発と水田稲作の訓練を行った。委託事業であったため村での宿泊滞在費の大部分は派遣農民の自費立て替えとなった。このときナイジェリア Bida の稲作農民の 5 人は各自 30kg の精米をチャドの難民村落に持参した。1 日で 400g の精米を食べると成人の基礎代謝量に近い 1500kcal が得られるので 30kg は 75 日分の主食に相当する。又、精米はどの村でもトウモロコシやキャッサバの 3 倍以上の値段で換金あるいは物々交換可能であった。肉や野菜なども交換あるいは購入可能であった。アフリカの他のどのような主食穀物に比べて単位重量当たりの価値があり、しかも保存が効いて、どこでも調理可能なのはコメだけであった。日本のかつての大名の石高制を想起した。コメは SSA ではお金の役割も果たせる。しかも不安定な通貨ナイジェリアナイラ(2015-2017 年間で 1ドル 160-420 ナイラと 2 倍以上に変動)より、コメで保存するほうが有利と言う場合も多い。

5、西アフリカを中心に稲作革命がスタートした。アジアは工業発展により米生産が減少し始めた。

2008 年のコメ危機と価格高騰以降、アフリカの米増産はさらに加速度が付き 2009-2014 年までの 6 年間で、籾生産は 50%増産し、2014 年には 2500 万トンの生産を達成した。JICA の米増産支援の国際協力政策(CARD 2008)も貢献した。表 7 と 8 に示すように、SSA 第 2 位のマダガスカル、4 位マリ、9 位セネガル、15 位ベナン、16 位モーリタニア等の諸国では籾収量はヘクタール当たり 3 トン以上の水準に達した国も現れた。これらの国はいずれも SSA 諸国の中では灌漑稲作作付率が高い国である。2011-14 年の平均籾生産量のランキングを示した表 7 を見ると、No.1 のナイジェリアは 1960-71 年を基準にしても 25 倍の増産を実現し、2014 年単年度ではついにエジプトを抜いてアフリカ No.1 になった(表 5)。トップ 27 ケ国のうち 14 ケ国が 10 倍以上の増産、7 ケ国が 5 倍以上の増産を実現した。この間 5 倍以上の増産国のなかったアジアの主要国(表 8)と比較すると、アフリカ諸国の米生産の爆発的な増加が分かる。ただし、これらの統計データには信頼性に乏しい場合も多く(ギニア、コートジボワール、ナイジェリア等)注意も必要である。ベナンの近年のコメ消費の急増は、恐らくナイジェリアへの密輸量分も含まれる。カメルーンの近年の収量の顕著な減少は、乾燥地の浅い大面積ダムによるマガ湖等(第 II 部 22 章 2015-2017 年に実施したチャド難民の定住化におけるアフリカ水田農法の成果)、大規模水田灌漑や政策的な陸稲 NERICA 振興が持続可能でないことを示す。

アジアでは、カンボジアや北朝鮮(アフリカではシエラレオーネ、リベリア、モザンビーク、ギニアビサウ、ガンビア)等の社会政治的な危機国以外は、日本、韓国、台湾、そして近年の中国等、急速な工業発展により米生産や消費が減少した。その他の諸国は緑の革命により、農業生産が成熟段階に入り、工業発展の段階に入ったことを示す。このことは、アジア諸国では今後食糧輸入が増加するであろうことを示しており、世界的な食糧危機を招く可能性も高いことも示している。

表7. サハラ以南アフリカ諸国とエジプトの米生産の1961-2014年の年間粗生産(1,000トン単位)の動向と生産量ランク。ランクは2011-14年の平均値による。データソースはFAOSTAT 2016。青字は過去50年で10倍以上、緑字は5倍以上の増産を実現した国。赤字は減少を記録した期間を示す。

Country	Rank (2011-14)	1961 -1965	1966 -1970	1971 -1975	1976 -1980	1981 -1985	1986 -1990	1991 -1995	1996 -2000	2001 -2005	2006 -2010	2011 -2014
エジプト		1845	2342	2396	2363	2333	2566	4178	5333	5997	6147	5828
ナイジェリア	1	207	321	470	596	1300	2216	2980	3248	3139	3885	5401
マダガスカル	2	1563	1779	1943	2037	2087	2271	2430	2511	2898	4055	4110
タンザニア	3	120	121	229	320	330	653	579	743	1035	1591	2216
マリ	4	172	158	174	191	165	274	447	678	849	1603	2009
ギニア	5	230	286	355	441	548	680	844	1048	1150	1446	1903
コートジボワール	6	220	321	388	479	451	621	673	624	665	779	1606
シエラレオネ	7	336	457	502	563	484	501	446	316	490	849	1157
ガーナ	8	34	53	66	92	64	80	161	213	264	324	530
セネガル	9	100	114	88	97	127	155	172	178	218	380	468
コンゴ民主共和	10	62	146	198	220	273	351	404	344	317	317	346
ブルキナファソ	11	32	38	35	42	44	38	57	98	92	172	303
リベリア	12	125	158	222	247	286	271	76	170	124	256	274
チャド	13	29	36	42	33	21	56	84	112	123	146	249
ウガンダ	14	3.2	6.6	15	22	19	33	71	91	128	184	224
ベナン	15	1.0	2.4	8.7	13	7.4	9.3	12	34	64	98	219
モーリタニア	16	0.6	0.7	2.7	6.2	20	49	51	82	75	85	205
ギニアビサウ	17	48	40	38	52	96	109	127	99	90	155	192
カメルーン	18	10	16	18	52	77	65	38	51	52	99	188
モザンビーク	19	94	86	110	62	82	93	74	175	107	148	168
トーゴ	20	21	19	16	15	15	25	40	79	67	94	129
ケニヤ	21	14	20	33	40	42	48	47	48	48	52	122
マラウイ	22	5.8	14	56	70	34	37	49	74	73	113	121
エチオピア	23							10	14	13	57	108
ルワンダ	24	0.0	0.7	2.1	3.4	6.1	7.8	11	9.0	35	71	87
ブルンジ	25	2.7	3.3	5.4	7.9	13	33	37	52	63	74	66
ガンビア	26	33	34	30	27	30	23	18	23	25	52	55
ザンビア	27		0.4	0.8	2.3	7.6	10	11	12	14	30	47
旧スーダン	32	1.2	2.4	6.3	10	4.5	1.1	1.3	5.0	18	25	21

表8. アジア、サブサハラアフリカ諸国の1961~2014年のモミ生産量の動向。(赤字は減少、青は10倍、緑は5倍以上増加；生産量順位：2011-2014年の年平均モミ生産量；*：2006-2013年の平均値；データ出典：FAOSTAT 2017)

生産 順位	アジア 国名	平均粗生産量 [百万トン] (粗収量 [トン/ha], 年間一人当り精米消費量 [kg/人])			サブサハラアフリカ 国名	平均粗生産量 [百万トン] (粗収量 [トン/ha], 年間一人当り精米消費量 [kg/人])		
		1961-1970	1981-1990	2006-2014		1961-1970	1981-1990	2006-2014
1	中国	85 (2.9, 73)	171 (5.2, 100)	196 (6.6, 92*)	エジプト	209 (5.2, 42)	245 (6.0, 31)	601 (9.6, 47*)
2	インド	55 (1.5, 70)	93 (2.3, 73)	149 (3.4, 76*)	ナイジェリア	26 (1.3, 3)	176 (2.1, 17)	456 (1.8, 27*)
3	インドネシア	14 (1.9, 94)	39 (4.0, 148)	64 (5.0, 169*)	マダガスカル	167 (1.8, 181)	218 (1.9, 150)	408 (2.9, 132*)
4	バングラデシュ	16 (1.7, 179)	23 (2.2, 156)	48 (4.3, 201*)	タンザニア	12 (1.1, 8)	49 (1.6, 17)	187 (2.2, 27*)
5	ベトナム	9.2 (1.9, 169)	16 (2.8, 164)	41 (5.4, 283*)	マリ	16 (1.0, 19)	22 (1.2, 26)	178 (3.2, 83*)
6	タイ	12 (1.8, 233)	19 (2.0, 227)	34 (3.0, 317*)	ギニア	26 (1.7, 48)	61 (1.7, 94)	165 (1.9, 118*)
7	ミャンマー	7.7 (1.6, 199)	14 (3.0, 227)	30 (3.9, 367*)	コートジボワール	27 (1.0, 51)	54 (1.2, 66)	115 (2.2, 83*)
8	フィリピン	4.4 (1.4, 93)	8.6 (2.6, 101)	17 (3.8, 130*)	シエラレオネ	40 (1.3, 114)	49 (1.3, 110)	99 (1.7, 133*)
9	日本	17 (5.3, 113)	13 (6.1, 70)	11 (6.6, 58*)	ガーナ	4.3 (1.1, 8)	7.2 (1.1, 8)	42 (2.4, 28*)
10	カンボジア	2.7 (1.2, 256)	2.0 (1.3, 170)	8.1 (2.9, 349*)	セネガル	11 (1.3, 57)	14 (2.0, 67)	42 (3.5, 90*)
11	パキスタン	2.3 (1.6, 28)	4.9 (2.5, 33)	7.8 (2.9, 30*)	コンゴ民主共和	10 (0.8, 5)	31 (0.8, 8)	33 (0.7, 5*)
12	韓国	5.0 (4.2, 115)	7.7 (6.3, 127)	6.1 (6.8, 85*)	ブルキナファソ	3.5 (0.9, 5)	4.1 (1.7, 11)	23 (2.2, 25*)
13	ネパール	2.2 (1.9, 122)	2.8 (2.0, 105)	4.4 (2.9, 108*)	リベリア	14 (0.8, 98)	28 (1.2, 125)	26 (1.2, 99*)
14	スリランカ	1.1 (2.1, 103)	2.4 (3.0, 100)	3.8 (3.8, 123*)	チャド	3.2 (1.1, 6)	3.9 (1.2, 7)	19 (1.4, 10*)
15	ラオス	0.7 (1.0, 222)	1.3 (2.0, 215)	3.2 (3.8, 312*)	ウガンダ	0.5 (1.1, 1)	2.6 (1.3, 1)	20 (2.1, 6*)
16	北朝鮮	2.1 (4.3, 100)	2.2 (3.4, 74)	2.5 (4.5, 73*)	ベナン	0.2 (0.7, 2)	0.8 (1.2, 12)	15 (3.0, 92*)
17	マレーシア	1.3 (2.2, 124)	1.8 (2.6, 90)	2.5 (3.7, 89*)	モーリタニア	0.1 (1.5, 12)	3.5 (4.5, 48)	14 (5.1, 56*)
18	イラン	0.9 (2.7, 24)	1.7 (3.4, 32)	2.4 (4.3, 37*)	ギニアビサウ	4.4 (1.0, 55)	10 (1.5, 98)	17 (1.8, 98*)
19	台湾	2.9 (3.7, 144)	2.7 (4.8, 87)	1.6 (6.0, 46*)	カメルーン	1.3 (1.0, 3)	7.1 (4.2, 9)	14 (1.3, 28*)
20	トルコ	0.2 (4.0, 5)	0.3 (4.8, 6)	0.8 (7.8, 10*)	モザンビーク	9.0 (1.3, 7)	8.8 (0.9, 10)	16 (0.8, 22*)

粗生産(収量, 消費)

粗生産(収量, 消費)

粗生産(収量, 消費)

粗生産(収量, 消費)

6、FAOSTAT と USDA (米国農務省) 統計データの比較によるクロスチェック

表9-1. Paddy Production (x 1,000 ton) during 1961-2014 (Egypt and Sub Saharan Africa Rank 1-8 rice production countries). All data are mean of five years except for 2011-2014 as well as missing annual data. Data source: FAOSTAT, 2017.

	1961-1965	1966-1970	1971-1975	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2014
Egypt	1845	2342	2396	2363	2333	2566	4178	5333	5997	6147	5694
Nigeria	207	321	470	596	1300	2216	2980	3248	3139	3885	5401
Madagascar	1563	1779	1943	2037	2087	2271	2430	2511	2898	4055	4110
Tanzania	120	121	229	320	330	653	579	743	1035	1591	2216
Mali	172	158	174	191	165	274	447	678	849	1603	2009
Guinea	230	286	355	441	548	680	844	1048	1150	1469	1934
Cote d'Ivoire	220	321	388	479	451	621	673	624	665	779	1606
Sierra Leone	336	457	502	563	484	501	446	316	490	849	1170
Ghana	34	53	66	92	64	80	161	213	264	324	530

表9-2. Paddy Production (x 1,000 ton) during 1961-2014 (Egypt and Sub Saharan Africa Rank 1-8 rice production countries). All data are mean of five years except for 2011-2014 as well as missing annual data. Data source: USDA, PS&D Online, 2017.

	1961-1965	1966-1970	1971-1975	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2014
Egypt	1845	2341	2426	2363	2351	2498	4103	5285	5983	6274	6596
Nigeria	356	397	510	634	930	2122	2971	3248	3139	3885	4307
Madagascar	1544	1826	1842	2053	2114	2258	2408	2540	2896	4055	4110
Tanzania	117	143	214	288	358	641	580	746	994	1467	2217
Mali	170	131	141	200	155	264	440	674	854	1225	2010
Guinea	278	344	347	374	393	495	541	753	921	1446	1904
Cote d'Ivoire	218	321	384	472	451	659	718	839	735	793	1606
Sierra Leone	336	459	489	531	495	529	411	317	491	849	1171
Ghana	36	60	71	81	62	101	165	231	269	324	530

表10-1. Paddy Yield (t/ha) during 1961-2014 (Egypt and Sub Saharan Africa Rank 1-8 rice production countries). All data are mean of five years except for 2011-2014 as well as missing annual data. Data source: FAOSTAT, 2017.

	1961-1965	1966-1970	1971-1975	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2014
Egypt	5.29	5.08	5.30	5.45	5.67	6.28	7.77	8.67	9.65	9.72	9.55
Nigeria	1.15	1.36	1.67	1.71	2.06	2.10	1.78	1.59	1.38	1.66	1.94
Madagascar	1.85	1.80	1.87	1.78	1.76	1.99	2.08	2.12	2.36	3.15	3.92
Tanzania	1.33	0.94	1.46	1.26	1.29	1.88	1.62	1.58	1.81	1.98	2.34
Mali	1.05	0.95	0.91	1.15	0.99	1.35	1.68	2.04	2.03	3.30	3.01
Guinea	1.70	1.70	1.71	1.71	1.71	1.71	1.71	1.71	1.74	1.65	1.23
Cote d'Ivoire	0.88	1.11	1.24	1.17	1.17	1.17	1.11	1.57	1.94	2.07	2.38
Sierra Leone	1.23	1.40	1.39	1.37	1.33	1.34	1.30	1.21	1.03	1.57	1.82
Ghana	1.05	1.18	0.97	0.86	0.91	1.31	1.86	1.87	2.15	2.22	2.56

表10-2. Paddy Yield (t/ha) during 1961-2014 (Egypt and Sub Saharan Africa Rank 1-8 rice production countries). All data are mean of five years except for 2011-2014 as well as missing annual data. Data source: USDA, PS&D Online, 2017.

	1961-1965	1966-1970	1971-1975	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2014
Egypt	5.29	5.08	5.27	5.46	5.73	6.17	7.74	8.68	9.72	10.02	9.16
Nigeria	1.84	1.75	1.82	1.63	1.45	1.98	1.78	1.59	1.39	1.69	1.77
Madagascar	1.85	2.01	1.76	1.80	1.78	1.87	2.04	2.10	2.36	2.90	2.83
Tanzania	1.41	1.11	1.54	1.28	1.96	1.77	1.51	1.57	1.70	1.87	2.34
Mali	0.98	0.75	0.96	1.25	0.97	1.13	1.66	2.03	2.24	2.61	3.01
Guinea	1.00	0.95	0.80	0.91	0.87	0.90	1.33	1.50	1.49	1.85	1.92
Cote d'Ivoire	0.87	1.11	1.18	1.17	1.18	1.14	1.14	1.39	1.77	1.94	2.38
Sierra Leone	1.23	1.40	1.36	1.32	1.22	1.40	1.33	1.23	1.07	1.57	1.82
Ghana	1.11	1.28	1.06	0.85	0.88	1.36	1.91	2.02	2.17	2.22	2.55

FAOSTAT の 2016 年に記載されていたデータの一部は 2017 に改定され、近年のコートジボワールの籾生産と収量データ等は改訂された。ギニアの籾収量データは 1961-2000 年まで一定値 1.7 トン/ha であった。ナイジェリアとエジプトの 2011-2014 年の籾生産量のデータは FAOSTAT と USDA で 100 万トン以上の差が

ある。現時点ではデータの信頼性を検証できないので、本論文の統計データの誤差の範囲を推定するための参考データとして、下の表 9-1 (FAOSTAT 粗生産量)、同 9-2 (USDA 粗生産量)、表 10-1 (FAOSTAT 粗収量)、同 10-2 (USDA 粗収量) のデータを並列して載せた。すでに考察した灌漑面積や灌漑稲作付面積等も含めて、SSA 諸国政府の公表統計データの信頼性が低いのは公然の事実であるが、本論文で主張する水田仮説1 (農地が区画化されていないと科学技術は適用できない) と同根の理由でもある。区画化されていない農地面積は不明であり、信頼性ある一次データが収集できないからである。分類標準化された稲や粳が必要になる、ポストハーベスト技術についても同様のことが当てはまる。

7、アフリカ水田稲作の国際協力のパイオニア:台湾

戦前の 1930 年に、台湾の嘉南平原に 15 万ヘクタールの灌漑水田を完成させた八田與一は、映画 KANO (嘉農) に登場し、今日の台湾発展の基礎を作った日本人として、台湾で最も愛されている (李 2003、2015)。第二次世界大戦終了後の 1945 年から約 5 年間で大部分のアジア諸国は植民地独立戦争を戦い、独立を果たした。アジア諸国の独立を受けて 1955 年、インドネシアのバンドンで開催されたアジア・アフリカ会議後、アフリカ諸国も続々独立した。

それらのアフリカ諸国の独立直後の 1961-75 年、台湾はアフリカ全域にわたって、灌漑水田開発の大規模な国際協力を実施した (図 2)。当時人口 1200 万人にすぎなかった台湾は 25-35 才の技術者を全国公募で選抜し、1-2 年の訓練後、年間 1200 人をアフリカ 21 ケ国に派遣し、現地人をオンザジョブ訓練しながら灌漑水田 1.7 万 ha を開発した。40-50 代チームリーダーの下で 5-10 人の小隊を組み、アフリカの農村に 2-3 年駐屯し、農民を訓練しながら開田と稲作を実施した。「国連での中国との正統権争い」という国家の存亡をかけた戦いの一部として、若者がアフリカに「海外派遣」された (若月・謝 2003)。

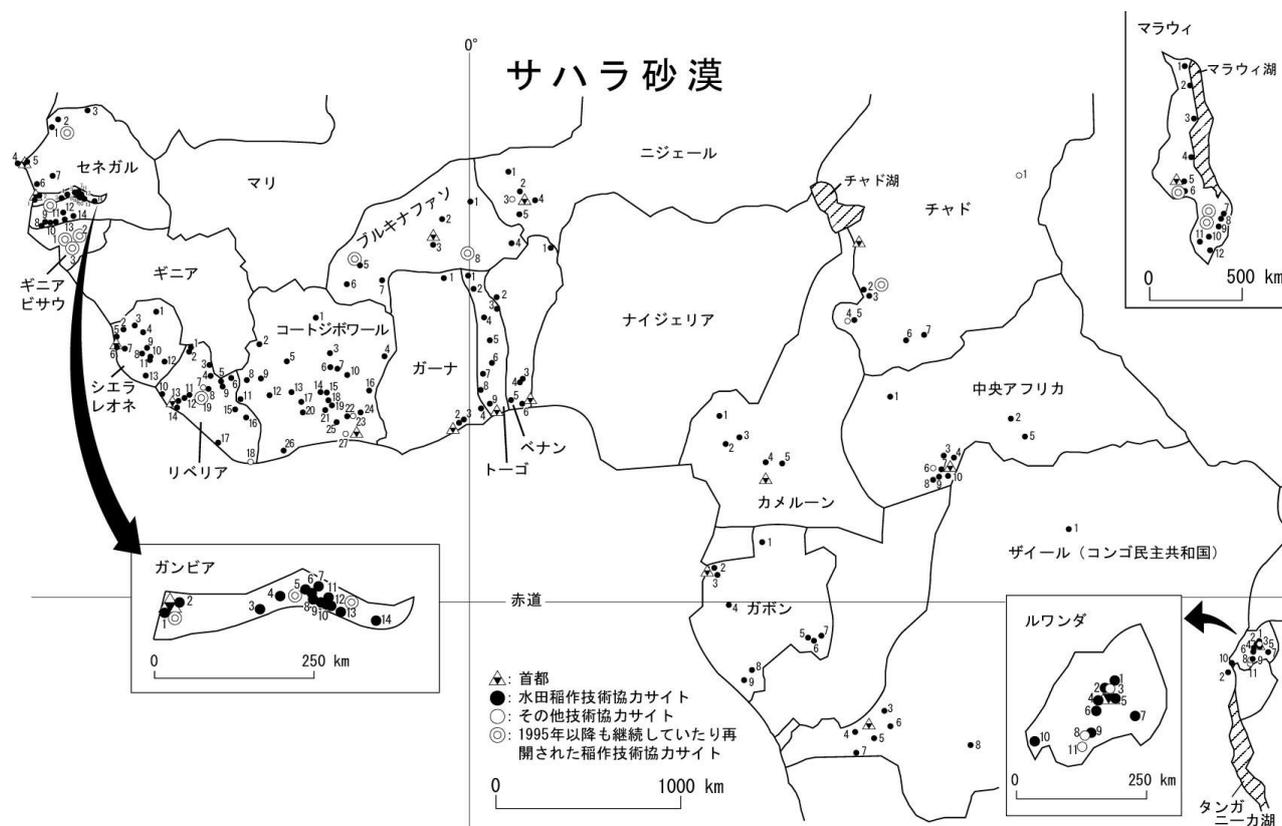


図2. 台湾がアフリカへの水田稲作導入のパイオニア

1960～75年 (Phase I) および1995～2000年 (Phase II) に実施した水田稲作技術協力の主な国と分隊あるいは小隊が駐在して技術協力を行ったサイト。(ただしギニアビサウは1990～98年に実施。)

上に述べたように台湾には八田與一等、台湾の水田稲作発展への戦前の日本人の貢献を評価する国民感情がある。国運をかけた台湾のアフリカへの水田稲作の技術協力には台湾政治家の明確な農業観に基づく国際協力への哲学があった(李 2003)。アフリカへの現場重視の水田農業を中心とする政策を立案推進した揚西崑氏は「アフリカの農民の現場を自ら歩き、地に足の着いた台湾の水田農業に関する協力は欧米植民者と異なり、アフリカの真の発展に寄与する」と確信していた。平和と開発を目標とする国際協力をこれほどのスケールと緊張感をもって実施した国は他に知らない(Hsieh 2001、2003、謝 1997、台湾海外技術合作委員会秘書處 1990)。

8、台湾の活動以降の、アジア諸国のアフリカでの水田稲作国際協力

アフリカ水田稲作協力のパイオニアとしての台湾の活動は、1970年代半ば突然の中止に追い込まれた。外交権闘争に勝利した中国が、台湾の水田稲作技術協力を継承発展させることはなかったからである。私が IITA (国際熱帯農業研究所、ナイジェリア、イバダン市)に派遣されていた 1980年代によく聞かされた、サブサハラのアフリカの水田稲作について、欧米諸国の研究者による大変ネガティブな評価(例えば IITA 1992)は、このような台湾と中国との外交権の交代に伴う一時的な停滞期に由来する。しかしながら、台湾が先鞭をつけた水田稲作協力はその後、日本、韓国、中国、北朝鮮、インド、パキスタン、タイ、インドネシア、マレーシア、ベトナム等のアジア諸国に引き継がれた。2015年のバンドン「アジア・アフリカ」会議 60周年を契機に、アジア諸国とアフリカ諸国の連携はさらに拡大している。

アフリカ水田農法の現地活動に関係する小型耕耘機の供給国に限っても、1986-88年、2000-17年にナイジェリアでフィリピン製の亀の子耕耘機(turtle powertiller)、中国製の Dong Feng、インド製 Shakti 等、1994-2016年のガーナでは韓国製、中国製、インド製、ヤンマー社とクボタ社、2009-15年の AfricaRice の SMART-IV ではベニンとトーゴでタイ製、2015-17年のチャドでは中国製、インドネシア製等を使用した。

9、アフリカの稲作革命は水田稲作の進化と拡大が牽引:水田稲作進化の6段階(図3と4)

水田稲作は土地を均平化して畔で囲いかつ水の出入り口があり、水の管理に有効な人為的な施設である水田圃場を使って行う稲作であるという点は世界共通である。アジアの専売特許ではない。ただし、地形、土壌、水文、気候、社会及び歴史は多様で、農機具と農法の進化と水田施設は「共進化」するため、世界の水田稲作は多様な進化段階をたどる。

水田稲作進化の6段階:山地やアップランドのように水文的に水田開発が不可能な土地での焼畑の陸稲は水田へ進化する系統にないとして、進化段階(0)に区分する。クワとカマが主要な農具である段階では、低地における畔なし灌漑なしの「非水田低地稲作」を進化段階(1)に区分する。ついで深水的な水文環境が卓越する氾濫原湿地での「灌漑畔あり畝立て稲作」を進化段階(2)、内陸小低地のように多少の勾配のある地形面で卓越する「灌漑小区画準水田稲作」を進化段階(3)として区分可能である。この(2)と(3)は単に低地の水文環境を反映したものと考えられる。日本の弥生前期には両者とも存在したと思われるが、考古学的には小区画水田(図3の奈良の中西遺跡)が見つかるケースが多い。現在の西アフリカで良く見られる(1)-(3)の段階までが、水田稲作の原初的進化段階と言える。この3段階までの圃場では緑の革命の3要素農業技術(高収量品種、灌漑排水、肥料農薬)は、次項「11、何故水田進化段階1-3では収量は低いか、同13エンクロージャーと水田仮説1:アフリカの稲作革命に必要な3つの革新」で述べるように、無効である。

日本で本格的な水田稲作は、畜力による鉄製の鋤耕作が導入された条里制以降の(4)「伝統的水田稲作」段階が長く1000年以上の歴史を持つ。その後、1960年代以降の耕耘機利用による(5)「標準的水田稲作」、2000年以降の湿地トラクターとレーザーレベラー利用による(6)「大区画高度均平化水田」段階等の進化段階を区別できる。図には示していないが、藤森・小野寺(2012)の地下水位制御水田(FOEAS)は、人工的な施設としての性格がより強く、進化段階としては図4の(6)の次の進化段階7に位置づけられるかもしれない。ただし、このシステムが持続可能かどうかは、現段階では不明である。この進化した環境システムを使う生物生産技術も進化が必要であり、両者の総合評価が必要となる。第III部で後述するが、水田システムの高い集約的持続性(水田仮説2)の故に1000年以上、英国の小麦収量の約2倍の収量を持続していた日本の収量は、1975年以降英国の小麦収量に遥かに抜き去られてしまった。2010-14年平均で日本の

シエラレオーネ、内陸小低地の非水田湿地
 稲作 (進化段階1) 1987年



ギニアの陸稲栽培とフォニオ栽培、2002年
 (水文的に水田に進化できないので0段階)



ナイジェリアヌペ人の灌漑「小区画水田」(進化
 段階3) と畝立て湿地稲作 (段階2), 2005年



奈良県中西遺跡 (弥生前期, 2400年前ころ) の
 小区画水田 (段階2) 水田1筆の区画サイズは左と
 同様10-25m² (写真は小森努 2011, <http://tsu-com515.my.coocan.jp/H23.11.12.Nakanishiseki.hhtml>)



図 3. アフリカの稲作と水田稲作進化の 6 段階(I): 日本の弥生期の小区画水田と比較

ナイジェリア、ヌペ人のカドナ川氾濫原での灌漑
 「畔有り畝立て湿地稲作」(進化段階2), 2005年.



スマトラ島の水田(Sawah)と牛耕, (進化段階4)
 一筆水田の均平化度±5cm, 2002年.



ガーナ、アシャンティ州で「アフリカ水田農法」で
 農民が自力化開発した標準的水田」(進化段階5)
 一筆水田の均平化度±5cm, 2000年.



日本で進行中のレーザーレベラートラクターによる
 均平化度±2.5cmで1筆1ha以上の大区画化と機械
 田植作業. 直播も拡大中 (進化段階6), 2012年.

図 4. 水田稲作進化の 6 段階(II)

籾収量は 6.7t/ha、英国の小麦収量は 7.7t/ha (FAOSTAT 2017)。日本は 1970 年以降の減反政策により水田進化がストップし、米作日本一農家が示した水田システムの改良技術(本谷 1989)が全国的に普及することはなかったが、英国やフランスあるいはドイツでは麦作地の整備と進化(エコテクノロジー)と品種改良(バイオテクノロジー)が共進化を継続したからである(関根・梅本 2015)。

第 II 部のナイジェリアのケッピ州の 2010 年以降の稲作革命の例で述べるように、アフリカでは 30 年前までは水田でない稲作が大部分であった。1960 年代の台湾による、アフリカへの水田稲作導入の先駆的な活動に引き続いて、日本等による、お金をかけた各種のモデル灌漑水田の導入が続いた。しかし、広大なアフリカではこれら ODA 方式の灌漑水田稲作技術の定着と拡大はゆっくりしていた。しかし現在では Google Earth 写真等により、上の写真で見ると、水田進化を系統づけることが可能な、各種形態の水田が見られるようになった。陸稲に加え自然に水が湛水する「非水田低地稲作」、日本の弥生前期の稲作と類似の、「小区画準水田」が大規模灌漑開発地でも、小低地でも見られる。10-15m² サイズのオアシス灌漑畑農地が水田の起源という説(古川 2011)を実証するような農地が見られる。一筆のサイズ、均平化度、畔の質、灌漑排水の水利等から見て「標準的な段階まで進化した水田」が普及したマダガスカルやマリでは緑の革命が実現したといえるレベルに達した。

エジプトを含むアフリカ最大の稲作国となったナイジェリア(表 5)は 2014 年の籾生産は 673 万トン(310 万 ha、2.2t/ha)で、サブサハラアフリカ全体の 27%を生産した。ナイジェリアの穀物統計データはギニアや象牙海岸国同様の信頼性に不安があるのは事実であるが、1984-86 年の平均籾生産量は 138 万トンだったので、この間 4.9 倍に急増した。その潜在生産力 2500 万トン(500 万 ha、5t/ha)の 4 分の 1 にすぎない。この間人口とコメ消費も各々 3 倍増したため、自給率は 99%から 58%に低下した(表 5)。生産すればいくらかでも売れる状態にある。しかし、ナイジェリアの数百万の小農の大部分は、他のアフリカ諸国と同様、日本の弥生期の非水田や小区画水田と同様の「原初的な水田稲作」であり、農具は鋤のみで、その生産性は極めて低い。大部分のアフリカ諸国の水田進化段階は日本の弥生前期の小区画準水田に類似したものであることはアフリカの稲作振興政策に再考をせまる事実である。

下の図 5a-d や図 6 に示したようにナイジェリア最大規模の灌漑水田プロジェクトサイト(北部カノ州のカノ川灌漑プロジェクトで、全体の計画面積は約 10 万 ha、1970 年代より開始され、2012 年時点では合計、約 2 万 ha で水田稲作を中心に、麦や野菜栽培が行われている)の水田でも大部分は灌漑小区画水田である。収量は 2/ha の水準にとどまっており、単に灌漑面積を増やせば良いわけではないこと、畔を作り均平化をすればよいわけではないことが理解できる。水田の質が重要であることを示している。図 7-21 に示すように、畑作の延長である畝立て栽培も一般的であり、公的灌漑プロジェクトサイトでも、後述するような英国の農業革命前の 15-17 世紀まで一般的な農地形態であった細長農地(Strip)も一般的にみられる。ナイジェリアを典型として、その他の大部分のアフリカ諸国の稲作は、以下の日本やアジアの水田稲作進化の 6 段階と対比させれば、現在は(1)-(3)の水田稲作の進化段階にある。しかし、歴史的にアジア型の水田稲作が展開しているマダガスカルは別格としても、アフリカの稲作革命を牽引するナイジェリアのケッピ州、マリ、ガーナ、セネガル、タンザニア、あるいは台湾の貢献したコートジボワール等では、急速に水田稲作は(4)と(5)の段階に進化し拡大しつつある。

10、ナイジェリアの代表的灌漑稲作地に見られる水田進化段階 1-3、即ち、非水田稲作、小区画水田稲作、畝立て稲栽培の現状。

進化段階(0)と(1)に分類した、非水田は低地でも陸稲でも持続可能な収量が低い理由は、緑の革命実現のために必要な 3 つの近代農業技術が適切に使えないためである。これは主として水と土壌養分と肥料管理ができないことから、高収量品種の遺伝的特性が発揮できないことからくる(詳細は水田仮説 1 の項参照)。しかし、以下の図 5-7 に示すように、サブサハラのアフリカでは農民自身の造成した灌漑水田でも、世銀やアフリカ開発銀行の支援によるアフリカ諸国政府による公的な灌漑水田であっても、水田進化の(2)と(3)の段階に留まっている稲作地はかなり普遍的に分布している。

下の図 5a はナイジェリアのカノ川流域にダムを作り、開発した Kadawa 及び Kura 灌漑プロジェクトサイトの全体像であり、距離マーカーの長さは 10km であり、合計灌漑面積は 15000ha 以上に達する。乾季作も可能であり、総計は 3 万 ha 規模となる。図 5a の A 地域、B 地域、C 地域の中心部分の水田を距離マーカーのスケールを 100m にして拡大した Google Earth の 2016 年の衛星画像を夫々図 5b、c、d として示した。約

100m 毎の灌漑水路と排水路及び道路が区別され、その間の水田は 1 辺 5-6m 程度、1 筆 20-40m² の小区画水田になっていることが分かる。上の図 3 に示す、ニジェール州のヌペ人や日本の弥生前期の小区画水田の写真とほぼ同様であることが分かる。図 6 は同じく Kura 及び Kadawa の 2012 年の Google Earth 写真であるが 2016 年とほとんど変化していない。若月は Kadawa サイトを 1986 年 8 月に訪問したが、当時も現在同様の小区画水田であった。農民の農具はアフリカ鋤であるため、これ以上のサイズの水田に拡大することは不可能である。この小区画水田に加えて、以下の畝立て栽培や細切れの細長い土地 (Strip land) での栽培は、水田仮説 1 と基本的には同じで、近代農業科学技術が適切に使えないため、収量を 3t/ha 以上に持続することは困難となる。

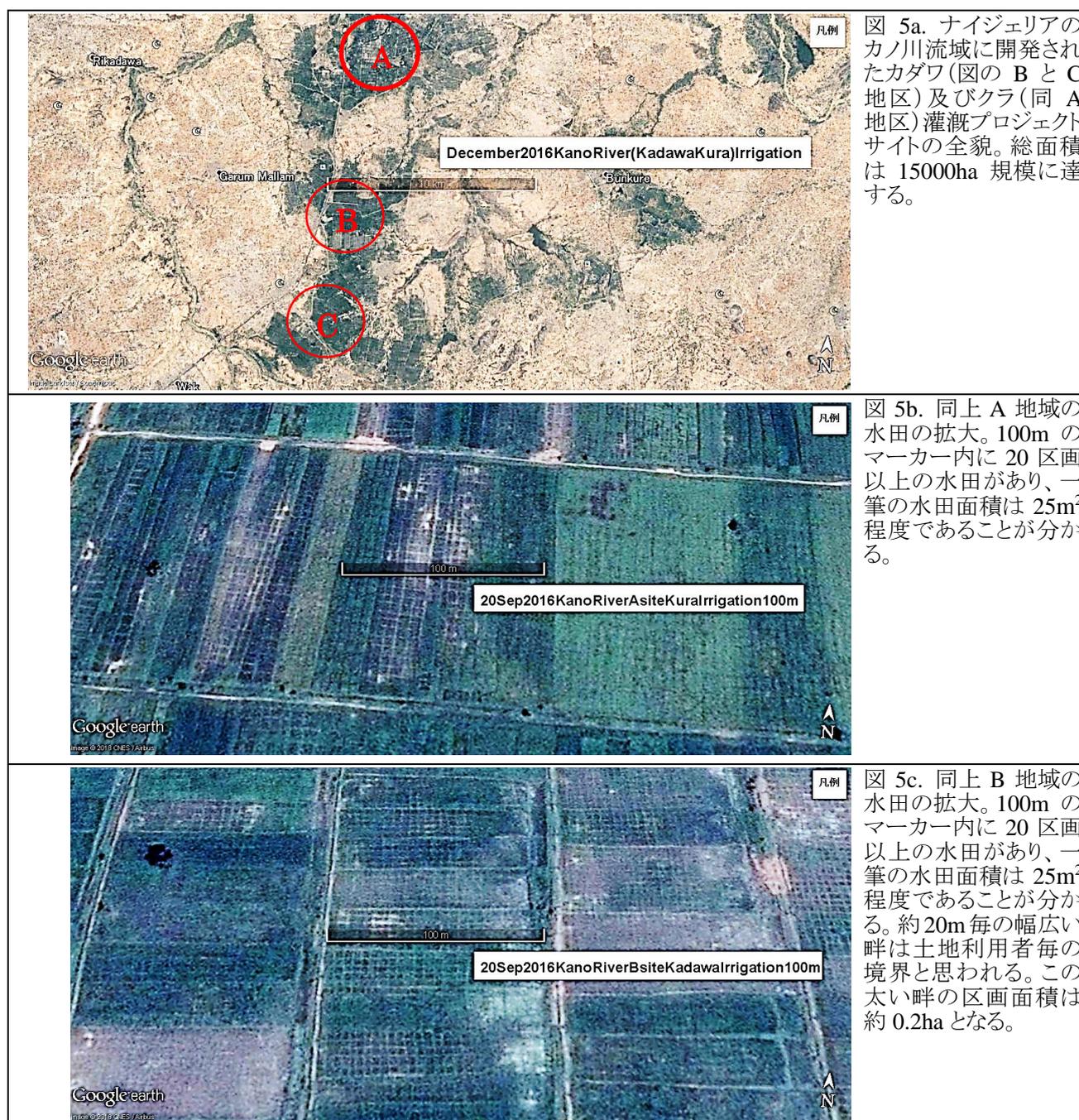




図 5d. 同上 C 地域の水田の拡大。100m のマーカー内に 20 区画以上の水田があり、一筆の水田面積は 25m^2 程度であることが分かる。10-50m 毎の幅広い畔は土地利用者ごとの境界と思われる。



図 6. 灌漑システムはあるが一筆面積 $10\text{-}20\text{m}^2$ の小区画準水田で鋤による稲作 (上はKura, 下はKadawa市付近, いずれもKano州、ナイジェリア、Google, 2012)

ナイジェリア北部カノ付近の灌漑はあるが、小区画水田稲作では収量は 3t/ha 以上は困難。灌漑稲作地は全体の 20% に満たず、収量は 2t/ha 以下が大部分。



図 7. ニジェール州、Bida 市付近の氾濫原の稲作で一般的な畝上の稲作栽培。通常、大区画の畔で囲み、その中に畝を作り、稲を栽培する。直播の籾の発芽を優先した畑作的農法。水管理ができないため雑草が繁茂。



図 8. ナイジェリア、ニジェール州の Bida 市西方 20km のカドナ川氾濫原に開発された約 1000ha の Edozhigi 灌漑地。約 100m 間隔で灌漑水路が造成されたがその間の農地は図 5a の Kano 州の例と同様、水田として整備はされていない。マーカーの長さは 1km。



図 9. 図 8 の赤丸付近の拡大。マーカーの長さは 100m。



図 10. 左の写真は図 9 の A 付近の緑の葉が繁茂している部分でのサトウキビの畝立て栽培。右側の写真は稲の畝立て栽培。図 7 の写真と同様の栽培法。約 10m 間隔の畔の間に畝を作り、稲を直播もしくは移植して栽培。

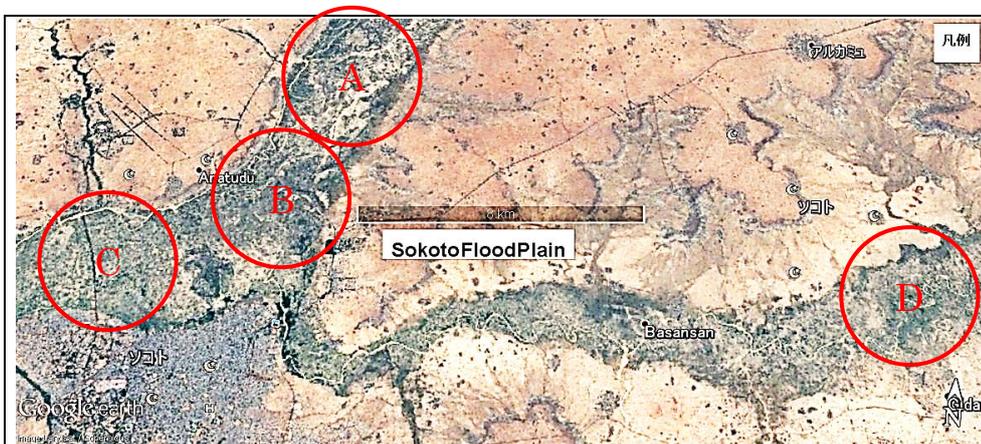


図 11. ナイジェリア北西部 Niger と国境を接する Sokoto 州の州都 Sokoto 市付近の氾濫原。Sokoto 市で北方からの Rima 川に東方から Sokoto 川が合流し Rima 川となって Kebbi 州に流下する。マーカーの長さは 8km。



図 12. 図 11 の A 付近の氾濫原の 2016 年 8 月 19 日のマイルドな氾濫時の Google Earth 写真。稲は畝立て栽培であることが読み取れる。マーカーの長さは 100m。



図 13. 同 B 付近。大部分は畝立て稲栽培であるが、一部で小区画水田での栽培も見られる。2011 年以前までは Kebbi 州と Sokoto 州の氾濫原稲作は同様にこのような稲作であった。マーカースケールは 100m。



図 14. 同 C 付近。B 付近と同様。畝立て栽培が卓越している。マーカースケールは 100m。



図 15. 同 A 付近と同様の畝立て栽培が卓越している。マーカースケールは 100m。

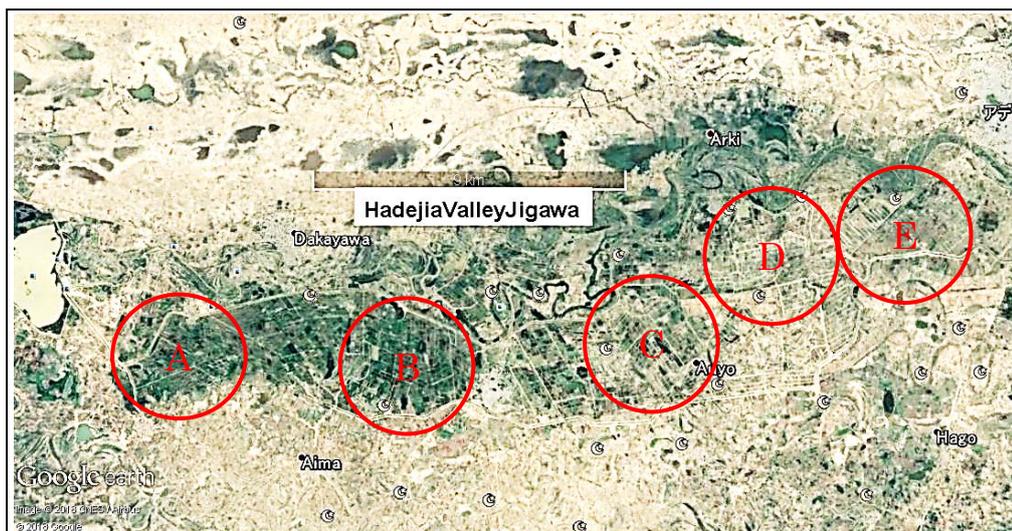


図 16. ナイジェリア北部、Niger 国と国境を接する Jigawa 州 Hadejia 付近の大規模灌漑スキーム。マーカースケールは 9km。プロジェクト地全体の灌漑面積は 5000ha 以上。



図 17. 同 16 の A 付近の拡大。約 100m 間隔に灌漑水路と道路が配置されているがその間の農地は水田整備が行われていない。約 10m 間隔の畔が土地利用の境界。一部では水田区画が作られているが、初歩的なレベルに留まることが分かる。マーカースケールは 100m。



図 18. 同 16 の B 付近の拡大。A 付近と基本的には同じ。10x100m の細長い農地区画で農民が稲を栽培。マーカースケールは 100m。



図 19. 同 16 の C 付近の拡大。A 付近と基本的には同じ。10x100m の細長い農地区画で農民が稲を栽培。マーカースケールは 100m。



図 20. 同 16 の D 付近の拡大。農民間の土地の境界は A-C と同様だが、小区画水田と畝立て栽培の両方が混在している。マーカースケールは 100m。



図 21. 同 16 の E 付近。基本的には図 20 と同様。マーカースケールは 100m。

11、何故水田進化段階 1-3、即ち、非水田稲作、小区画水田稲作、畝立て稲栽培では持続可能な収量は何故低収量か？

- (1) 小区画水田において収量が改善できない、基本的で物理的な理由は以下。まず土地空間の利用効率の問題がある。即ち、1 ha あたりの 1 つ水田区画のサイズが減少するにつれて、畔により占められる空

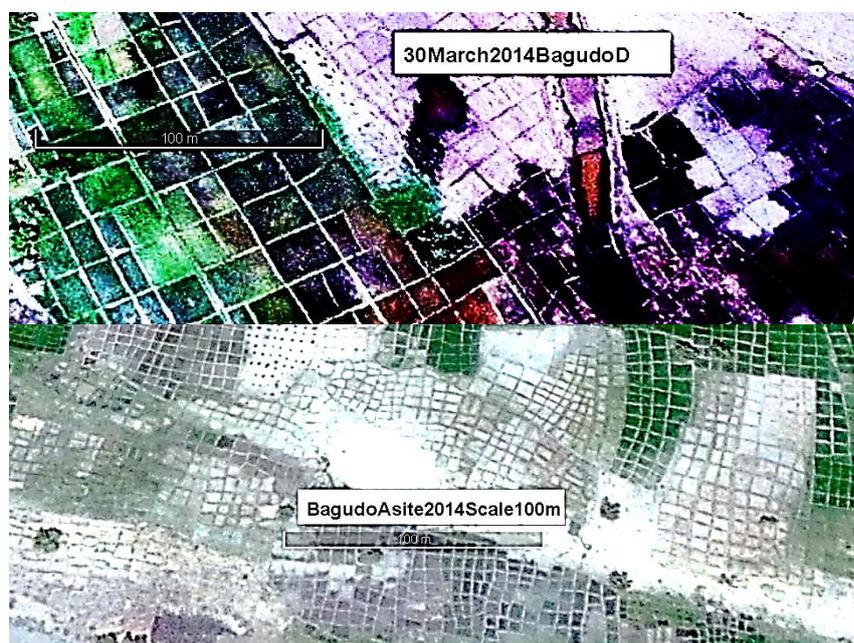


図 22. 小区画準水田を標準的な水田に整備改良中のナイジェリア北西部 Kebbi 州の Sokoto 市から流れ下る Rima 川がニジェール川に合流直後のニジェール川氾濫原の Google Earth 画像の比較。詳細はアフリカ水田農法 (Sawah Technology) (II) ケンビ州稲作革命 2011-2017 年の項で説明した。

上の図の BagudoD は農民により自力灌漑水田の整備が進行中の圃場。下の図の BagudoA サイトは付近の氾濫原で農民がこれまで自力開発してきた灌漑小区画準水田である。スケールマーカースケール長さは両者とも 100m であり、上の整備水田の一笔の面積は 150-450m² (平均約 300m²)、下の小区画準水田は 10-50m² (平均約 30m²) である。

間が増えて、稲の植え付けできない空間が増加する。上の図 22 に実例を示した。もし 1m の長さの畔が 1m^2 の非植栽空間を占めると仮定すると、 9m^2 ($3\times 3\text{m}$ 区画) のサイズの水田では畔によって占められる面積は 1ha 当たりの面積の 64% を占有する。1 筆の水田面積が 40m^2 ($6.3\times 6.3\text{m}$ 区画) の場合の畔の占有率は 32% となる。 160m^2 ($12.5\times 12.5\text{m}$ 区画) の水田で 16% 損失となる。一反の面積に近い 625m^2 ($25\times 25\text{m}$ 区画) でようやく面積の損失は 8% に留まる。約 3 反に相当する 2500m^2 ($50\times 50\text{m}$) 区画で 4% 損失、そして 1 筆 1ha の 100000m^2 (100×100) 大区画水田では 2% に減らすことができる。

- (2) 小区画水田では近代農業科学技術が有効に使えない管理上の問題も発生する。もともとこの小区画水田システムは鋤が主要農具の場合の農法であるので、牛耕や耕耘機耕等の作業が極めて非効率的になる。
- (3) 農地管理上のもう一つ問題は、研究者には気がつきにくい実践的な水管理の問題である。即ち、囲われた各々 1 筆の水田の水管理は、畔からの漏水の管理、水田土壌の浸透性管理、水田表面の均平化の管理、取水口と排水口の管理等を通じて達成される。したがって、1 筆のサイズが 40m^2 未満の場合、農家は 1ha 当たり 250 区画以上の水田を管理する必要があるが、1 筆ごとに上記のような水管理を適切に行うことは殆ど不可能になる。一方、水田のサイズが 400m^2 より大きい場合は、1ha 当たりに管理が必要になる水田数は 25 以下になり、注意深い水管理が可能になる。
- (4) 畝立て栽培の場合は、以上述べた小区画水田栽培で述べた 3 つの原因が、より厳しい形で現れる。下の写真(図 23)はナイジェリア、ニジェール州 Bida 市付近の Kaduna 川氾濫原の政府開発灌漑稲作地の例である。即ち、無数の畝の造成は極小の小区画水田と同様の物理的な植えつけ空間の損失をもたらす。一方、無数の畔は無数の区画造成と同様な効果をもたらし、水管理を事実上不可能にする。



図 23. ナイジェリア中部、ニジェール州、Bida 市付近の Kaduna 川氾濫原の Edozhigi 灌漑稲作地。左は大畔の内部で畝立て稲栽培。右は収穫後。右写真の手前、農道の中央に灌漑水路がある。

- (5) さらに図 17-21 に示すような細長い区画で細分化された農地は、後述する英国のエンクロージャー前の開放耕地制の Strips (地条) に相当しており(以下の図 24)、全体としての水管理を難しくするし、農業技術の改良と進化を阻害する。

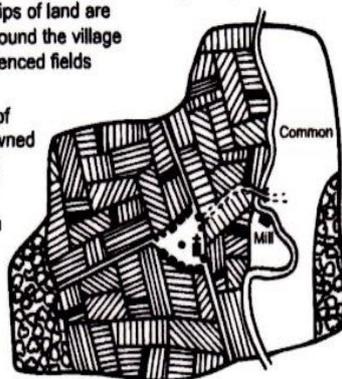
以上述べたような 5 つの技術以前のこれらすべての障害は、後述する水田仮説 1 で述べるような、あらゆる種類の優良近代農業科学技術 (Good practices) を適用するための前提条件であり、障害となる。

ENCLOSURE OF A VILLAGE

Before enclosure (Open field system)

Farmer's strips of land are scattered around the village in large, unfenced fields

— Strips of land owned by one farmer
 Church

After enclosure
Farmer's land is all together and fenced

■ Farmer's land now enclosed
 ■ New farm buildings
 == Road
 — Hedge

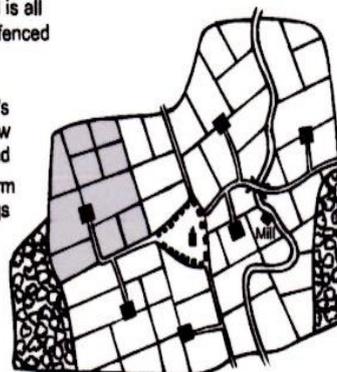


図24. 英国の1700-1870年頃に行われたエンクロージャー前後の土地区画の変化。左はエンクロージャー前の開放耕地制における細長く細分化された農地。細分化された土地は基本的には共有であり、個々の農民はその年の耕作権を有するが永久耕作権は有しない。右は石垣や生けた垣等で区画されたエンクロージャー後の農地で、私有となる。

12、農水省の支援になる SMART (Sawah, Market Access and Rice Technology) プログラムを通じたアフリカ水田農法 Sawah Technology の AfricaRice への技術移転、2009-2014 年

下の図 25a と b は 2011 年 11 月ガーナ、クマシ市で開催された Sawah Technology の国際ワークショップ (Buri, Wakatsuki *et al.* 2012) のデモンストレーションサイトで、約 4ha の灌漑水田であり、1 農家が Sawah チームの指導の下で自力開田した。

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



図25a. ガーナとナイジェリアSawahチームはAfricaRice SMART-IV CoordinatorのDr. S AbeとS Zwart, Inland Valley CoordinatorのDr. Y Dambele、トーゴとベナン国の稲作普及員各々10人のオンザジョブ訓練を11-12月に実施 (Kumasi近郊のAfari村にて)。





図25b. ガーナとナイジェリアSawahチームはAfricaRice SMART-IV CoordinatorsのDr. S AbeとDr. S Zwart, Inland Valley CoordinatorのDr. Y Dambele, トーゴとベナン国の稲作普及員各々10人のオンザジョブ訓練を11-12月に実施 (Kumasi近郊のAfari村にて)。

表11. 2012年のベナン、トーゴにおけるアフリカ水田農法 Sawah Technologyのうちの谷地田農法によるSawah System (水田) の開発と水田稲作による稲収量 (出典: AfricaRice 2013, Annual Report 2012, p16)

サイト名	水田開発面積 (ha)	平均収量 (t/ha)	参加農民数		
			男性	女性	合計
Zoungo	11.6	4	46	15	61
Agosou	5.7	5	16	8	24
Kpakapza	1.8	3	9	7	16
Todjotin	1.4	2	9	7	16
Korobororou	0.7	—	30	0	30
ベナン合計	21.2		110	37	147
Tutu	2.0	3	11	6	17
Sodo	2.0	3.5	8	7	15
Bémé2	1.7	2.5	12	10	22
Tchanganidè	0.9	5	7	8	15
Kawa	0.8	5	14	8	22
Gnatre	0.8	5	13	3	16
Atchangbadè	1.3	4	9	6	15
トーゴ合計	9.5		74	48	122

このワークショップに引き続いて 11-12 月にガーナ土壌研究所 (SRI) と作物研究所 (CRI) 及びナイジェリア農業機械化センター (NCAM) の Sawah スタッフが行ったアフリカ水田農法の訓練の様子である。ベナンとトーゴから各々 10 名の普及員と稲作技術者が参加し、AfricaRice の SMART-IV (Sawah Market Access and Rice Technologies for Inland Valleys) プログラムのコーディネーターの阿部進 (2009-2011)、Zwart S (2012-2017)、Inland Valley Consortium 議長の Dambele Y が参加した。

以上の訓練や SMART プログラムを通じて、国際機関である AfricaRice や IITA でも次第に稲作における水田の重要性について理解が進みつつある (IITA 2008、AfricaRice 2013、2014a) ようである。アフリカは広大で多様であるので、ガーナ、ナイジェリア、日本の Sawah チームだけでは普及やイノベーションの実現には力不足であるので、AfricaRice のような国際機関は水田稲作普及に大きな役割を果たすのは確実である。ただ、IITA や AfricaRice は国際農業研究機関であり、育種、作本、土壌、水文、機械、工学、リモートセンシング、経済等、専門分野での研究者集団である。アフリカ水田農法のような農業のあらゆる分野をカバーしながら土木作業を伴う現場仕事は研究ではなくて単なる開発であり、それは農民の仕事であると捉えられ、そのような活動を指導できる人材は存在しなかった。そのため、SMART プログラム発足 2010-2011 年の 2 年間は満足に農民を指導できなかった。しかし、上に述べた 2011 年のガーナ Sawah チームの訓練実施後、2012 年の AfricaRice 年報には上の表 11 に示すような成果が報告され、その後の AfricaRice の年報 (2013-15) 他、Mohapatra (2016) でも高評価で、最近普及マニュアルも出版された (Defoer *et al.* 2017)。しかし、SMART-IV (Sawah Market Access and Rice Technologies for Inland Valleys) の中核技術である水田農法は Sawah Technology でなくて、省略名の Smart-valleys approach と変更され、AfricaRice の独自技術であると記載している。

上に述べたように、アフリカ水田農法は現場での単なる土木作業と理解されがちであるという面に加え、アフリカ水田農法の背景にある次項で説明する水田仮説 1 の理解は、英国の農業革命の基礎を作ったエンクロージャーと同根であることを、現在の国際研究機関で働くトップクラスの研究者に理解してもらうのは、いづれも「心理的に」簡単ではないかもしれない。ともあれ AfricaRice の年報では水田 Sawah やアフリカ水田農法 Sawah Technology について、2012-17 年の間に説明が変化し、水田やアフリカ水田農法 Sawah Technology の重要性について、無視や曲解が生じる心配がある (AfricaRice 2014b、2015、2016a、2016b、2017、2018)。ただ科学技術の本質はスポーツ等と同じく、専門分化した各分野での No.1 競争 (進化) という性格もあり、又、近年の研究費獲得競争という環境の中で生き残るために、進化する生物 (や組織) として人間の遺伝子に組み込まれている特性の故かもしれない。

13、エンクロージャーと水田仮説 1: アフリカの稲作革命のための 3 つの革新の前提条件

アフリカの稲作革命は①水田区画による科学技術の適用と進化条件の整備(水田仮説 1)、②1960-70 年代のアジア・ラテンアメリカの緑の革命の 3 要素技術(高収量品種・灌漑排水・肥料農薬)、③2000 年代から始まるアジアの農業機械化等、3 つ革新が一体となって、2005-10 年ころから発展期に入った。水田仮説 1 はイギリス産業革命の前段である 16-18 世紀の農業革命の基盤を作ったエンクロージャー(農地囲い込み)と同等と考えることができる。これに、集約的持続性を可能にする水田の多面的機能の理解と改良及びアフリカ型里山集水域の改良(水田仮説 2)が進めば、土地面積に限界のないアフリカ農林業は、現在のアフリカ自身の問題の解決のみならず、地球社会の未来の食糧危機と環境保全にも貢献するポテンシャルがある。

ヨーロッパ中世の荘園は開放耕地(オープンフィールド)と農村共同体がセットである。ヨーロッパの近代化の開始は英国で始まった。この近代化は石垣や生け垣等で、区画された耕地基盤整備、エンクロージャー(囲い込み)が進行した時代でもあった。以下の図 26 にこの間の小麦収量の変遷を示した(Apostolides *et al.* 2008, Roser 2017)。第一次エンクロージャーは 1500-1700 年ころ、地主が羊牧場を拡大するため、小作人を追い出し、トーマス・モアは「羊が人間を食べている」と批判した。1200-1299 年ころの小麦収量は 0.8t/ha 人口は 450 万人、1300-1399 年ころには黒死病(ペスト)の影響もあり小麦収量は 0.5t/ha と半減し、人口は 190 万人と 60%も減少した。その後 1700 年ころまでの第一次エンクロージャー等により小麦収量 1t/ha と倍増し、人口も 500 万人とペスト以前の水準を回復した。

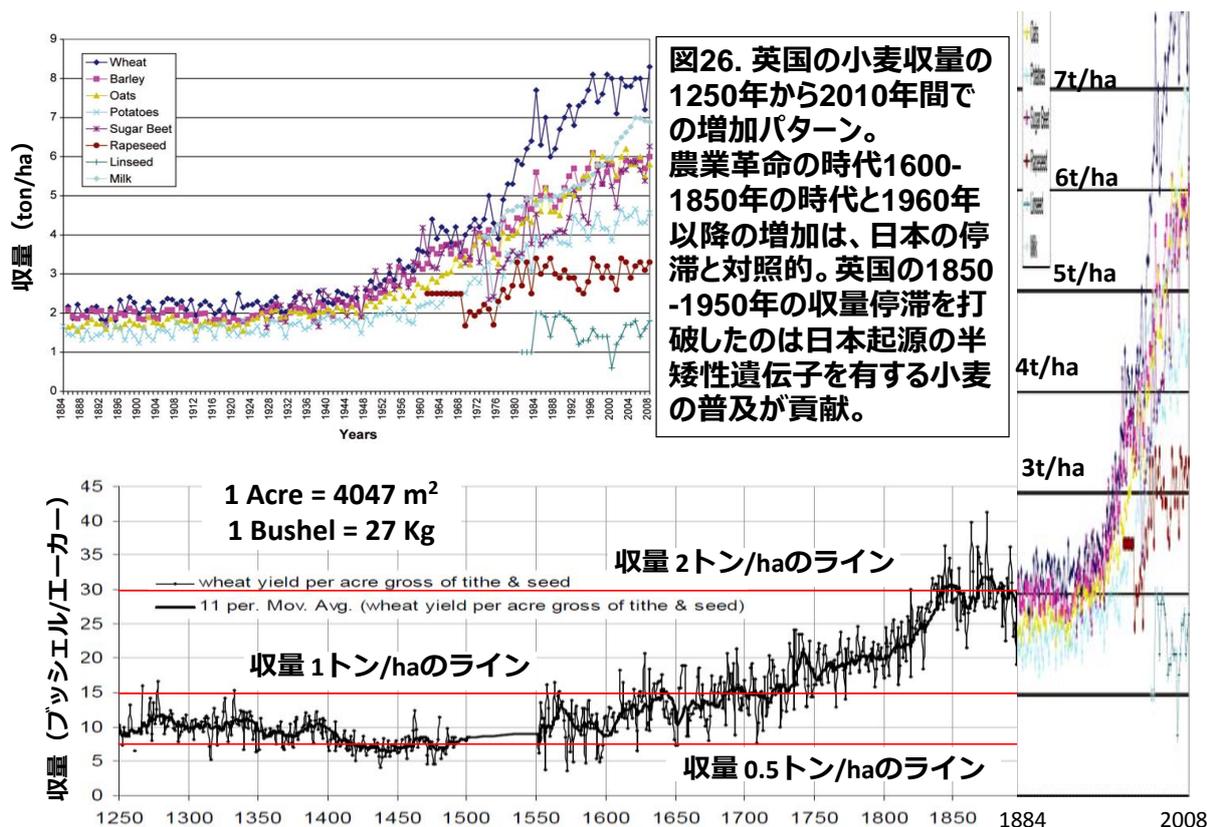
1750-1850 年ころの第二次エンクロージャーでは小麦収量は 1t/ha の水準から 2t/ha へとさらに倍増し、人口は 2000 万人以上と 4 倍増した。農業生産は飛躍的に増大し、ヨーロッパの最初の農業革命と人口爆発となった。これが、近代科学革命と産業革命をもたらし、資本主義社会の発展、全世界の植民地化、第一と第二次世界大戦につながった。図 26 のその後から 2010 年現在までの小麦収量の変遷を見ると、第二次大戦後の 1950 年ころまでの小麦収量の停滞とその後現在まで続く第二次農業革命により、英国の小麦収量は 1950 年の 2t/ha から 2010 年の 8t/ha(2014 年は 8.6t/ha、FAOSTAT 2017)のレベルまで 4 倍増したことが分かる。このイギリス、そして他の欧米諸国の第二次農業革命には、最初に述べた小麦農林 10 号や Akakomugi を嚆矢とする日本の農民が守り育ててきた小麦品種のもつ半矮性遺伝子の普及があったことは、アジアやラテンアメリカにおける緑の革命への貢献(西尾 1998, Borojevic & Borojevic 2005)同様、あまり(欧米や日本人には)知られていない。

図 27 に示すように、エンクロージャーによる区画化農地は、土地利用計画を可能にし、排水改良や潰れ地の削減等、基盤整備を可能にし、耕作に伴う土地劣化を防ぎ、病害や雑草管理を向上させ、優良品種や新農法(Norfolk 4 圃式農法<カブ-大麦-クローバー-小麦>で放牧地は穀物地に改良され家畜は舎飼い)の採用や機械化を促進した。圃場試験が可能になり、科学的農業技術の革新(進化)を可能にし、農業革命につながった(Kerridge 1967, Overton 1996)。

科学技術の進化条件としてのエンクロージャー(囲い込み)と水田仮説 1 については少しわかりにくいかもしれないので Salgado(2012)による図 27 や写真で説明する。図 28 の水田仮説 1 は図 27 のエンクロージャーと同等であることが理解できる。土地の区画整理であるエンクロージャーにより、図 27 右下の図に示すように科学的研究が可能になり、技術革新が進み、伝達可能な知識や技術が生まれた。しかし区画化して基盤整備や土地改良をするには資本が必要であり、エンクロージャーを実施できた資本家は増々豊かになり、できなかった小作農や小農は農業所得が相対的に低下し、土地を収奪され、都会に出て賃労働者になる等、格差が広がった。これら離村農民は資本主義的工業生産、産業革命を担う労働者となった。

近代科学技術は境界や限界の明確な条件で得られる、合理的に体系化・分類整理された、教育訓練等により伝達可能な知識や経験や技術の全体であり、近代科学により近代は成立した(中山 2011)。土地の区画基盤整備であるエンクロージャーにより農業技術の革新が進み、伝達可能な知識や技術が生まれた。科学 Science の原義は「知識」を意味するが、「科」は個々の部門や一定領域を意味する。細胞膜で囲まれた生物、進化可能な、との対比も可能。分類区別が技術進化(差別化)の原動力。分業による産業革命の進展等。近代科学の成立に貢献した、コペルニクス(1473-1543)、ケプラー(1571-1630)、ガリレオ(1564-1642)、デカルト(1596-1650)、ボイル(1626-91)、ニュートン(1642-1727)、ラボアジエ(1743-94)、ワット(1736-1819)、リービッヒ(1803-73)等が活躍した時代とエンクロージャーの時代が重なるのは偶然ではない。一方、科学技術の「囲い込み」、「専門分化」、「社会から独立して知的欲求の赴くままに探求されてきた科学技術」は科学革命をもたらしたが、環境破壊も爆弾もミサイルも核兵器ももたらした(伊東 2007)。さらに、農業革命は農民格差を拡大し、科学技術は分類、区別、差別化、世界一(いち)競争をもたらす。英国産のギ

ネスブック好きは、進化する生物として人間の遺伝子に組み込まれた特性かもしれない。



1884-2008のデータはMax Roser, Yields-Our World in Data, 2017, <https://ourworldindata.org/yields/>
1250-1990のデータはApostolides A, Broadberry S, Campbell B, Overton M, and Van Leeuwen B, 2008, <http://www.basvanleeuwen.net/bestanden/agriclongrun1250to1850.pdf>

旧農業システム(開放耕地制)の欠点

自分の農地に他人が通告し、自分も他人の農地を通行せねばならない。

作付しない休閑地が残る。

No hedges
石垣や柵等の区画がない。

新しい農業技術の取入れが困難。

農家所有の農地が散在しているため、農地間の移動に時間がかかる。適切な排水ができない。

家畜が作物を踏み付け、感染症が広がりやすい

農民は開放耕地下では以下の問題を解決する農業技術のアイデアを採用できない。

休閑地での圃場試験は困難

柵がなく雑草が広がりやすい

牛の転回地は土が劣化する

排水改良が不可能

他人との農地間のはつぶれ地となる

家畜感染症が広がりやすい

かくして、開放耕地の囲い込みが行われた土地は生け垣や塀などで区画化された

ある村のエンクロージャーの例

エンクロージャーの前は開放耕地であり、農民の各耕地はバラバラに分散し、生け垣、石垣等の囲いのフェンスは無い

エンクロージャー後、農地は統合され、フェンスで囲われた。

個々の農民の耕地条

Common

Church

■ 囲われた農地

■ 新しい農家屋

— 道路

— 垣根

エンクロージャー(共有・解放耕地は私有化)

農業技術の改良と進化の進展(貧富の差拡大?)

品種改良進展

Norfolk 4圃式輪作(麦/カブ/大麦/クローバー)、家畜は舎飼い

化学肥料の有効利用

機械化進展

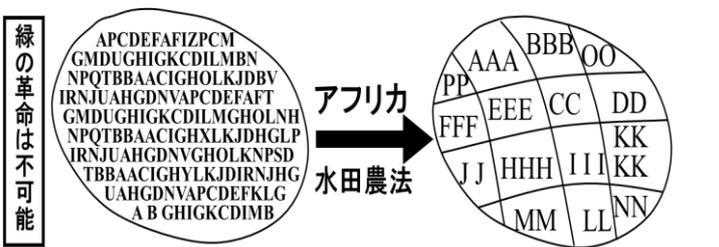
図27. エンクロージャーによる近代農業技術の発展基盤プラットフォームの整備 (Salgado, 2012) <http://www.slideshare.net/maqqiesalgado/agricultural-revolution-13173417-33117637>



水田仮説1：科学技術には前提となる適用条件が存在する。道路がなければ車は無意味であるように、稲に限らず、トウモロコシでも同じ。この環境では高収量品種は無意味。土と水管理も不可能。

農民が自力で灌漑水田を開発。収収量4t/ha以上を実現。研究者による10t/haの超高収量技術の開発研究も意味を持つようになる。(ガーナ2008年)

混沌とした農家圃場：不均質で多種多様な生態環境が混在
 (1) 土・水・作物の管理は不可能
 (2) 土地所有権は重層的で多様なコミュニティによる共有型。革新的農民と遊牧民・漁民との摩擦が激化
 (3) 市場価値のあるポストハーベストは適用不可能。



ブッシュ状のオープンフィールド：肥料や地力維持・灌漑技術、高収量品種等の緑の革命技術は適用できない。

科学技術の本質：共通基盤(プラットフォーム)としての水田：農地は分類区画整備(エンクロージャー)される必要がある。

地形と土壌・水文に依じての水田区画造成は国造りと科学技術の適用進化条件である：(生態工学：エコテクノロジー)
 (1) 水と土と作物の管理が可能
 (2) 土地所有や利用の管理が可能
 (3) 規格化された籾生産が可能、優良種子増産も容易。

図28. 水田仮説1：水田的な地形と水及び土壌という生態環境で区画された圃場が必要：アフリカ独特の生態環境と社会経済条件及び過去500年の歴史的経過(奴隷・植民地)に由来する?と考えられる。

14、アフリカ水田農法の基本技術(若月 2016)

アフリカ水田農法は上記の3つの革新を融合した技術で、ナイジェリアとガーナの稲作農民と技術者によって、当初はアフリカ型里山の内陸小低地で「谷地田農法」として開発され、試行錯誤の中で進化してきた(Wakatsuki *et al.* 1998, 2001, 2010, Buri *et al.* 2012)。表12に概略を示したが、我々が推進しているアフリカ水田農法はアフリカ特有の低湿地(後述の15、アジアと比較したアフリカの各種湿地の特徴とアフリカ水田農法の可能性の項参照)に、耕耘機等の適正農機を使い、農民が自力で新規水田開発と水田稲作を同時に実施する技術で、現地ではSawah Technologyと呼んでいる。Sawahはインドネシア語で水田を意味する。アフリカ水田農法は表12に示すように4つの基本技術よりなる。図29や30に写真で示したが、2017年現在の最新版詳細は第II部や英文のSawah Technology (4) Practices and Potentialで解説した(<http://www.kinki-ecotech.jp/>)。現在の日本の稲作農民には必要がなくなった、従って、伝統技能としては恐らく失われてしまった(1)水田適地を選定して、地形と土壌と水文に適する適田システムの設計技能と(2)農民による自力で内発的な開発を促進するため、ブルドーザー等の重機ではなくて、耕耘機等の適正農機による効率的で経済的な灌漑水田開発技術である。この2つがアフリカ水田農法独自の中核技術である。1986-2010年までの長い間、「農民の自力水田開発＝小低地の開発」という図式にとらわれ過ぎていたが、2011年以降のKebbi rice revolution(第II部)であきらかになった、氾濫原や内陸デルタ等、サハラ砂漠の南縁のサバンナ帯の大規模低湿地の浅層地下水の利用技術を、アフリカ水田農法とドッキングする試みは、アフリカ水田農法のメリットを最もよく生かすことができる。

ODAではヘクタール当たりの開発コストは2-3万ドルであるが、アフリカ水田農法はこの10分の1以下である。ODA等、外部技術者に開発を依存せずとも、農民の自力開発を可能にする内発的な開発を可能にする技術である。残りの二つは、以下に示すように、これまで行われてきた、稲作分野の国際協力通常実施されるもので、(3)水田開発が完了した後で行う水田稲作技術、典型的には、緑の革命の3要素技術等である。そして(4)土地・機械・資金により稲作農民をエンパワーメントする社会経済的仕組み等である。



図29. Kebbi州の汎濫原における水田システムの進化を示す。1987年の写真はArugunuの汎濫原の非水田グラベリマ稲（アフリカ稲）の栽培状況を示す。左下の2011年は1987年とほぼ同じ位置の汎濫原でアフリカ水田農法による農民が整備した水田を示す。2015年のプラウ型耕耘機を使用するアフリカ水田農法の訓練の写真も同位置。右上の写真はKebbi州ではないが、灌漑小区画水田と畝立て湿地稲作地でニジェール川に合流するGbakol川汎濫原における、ヌベ人の灌漑稲作地（写真は2005年）。

図 30. 耕耘機のプラウは重労働になる比較的規模の大きい水路の切削と畦畔作りに威力を発揮する。又、レベラーは液状化と水路を利用すると数 10m 以上の距離の土移動が可能になり、ブルドーザーやバックホー等の重機の代用にもなる。左上は Arugunu 汎濫原。それ以外は Bida の Kaduna 川の Edozhigi 汎濫原の Woya 付近。2015-2017 年。

当初 1986-2010 年の間は図 28 に示すように里山低地的な内陸小低地における「谷地田農法」であったが、第 II 部で詳述するように、2011 年以降、上の図 29 に示した、ナイジェリア西北部 Kebbi 州の稲作革命（州知事 Dakingari 氏が 2013 年に命名）以降、浅層地下水を利用する汎濫原や内陸デルタも含む「アフリカ水田農法」に進化した。

ナイジェリア国立農業機械化センター(NCAM)の Ademiluyi 氏がナイジェリア Sawah チームのリーダーで、オンザジョブ方式で訓練し、農民間技術移転によりスケールアップが容易。農民をエンパワーメントして内発的な開発が可能である。緩傾斜地形が卓越する SSA の水田開発は容易という逆説的事実が背景にある。日本では 2ha の新規開田は 1 世代の時間、2ha の水田稲作は耕耘機 1 台、10ha の水田にはトラクターが必要。広大な低地が広がるので、アフリカ水田農法では 1 年間で 1 台の耕耘機で 2-10ha の新規開田と 5-15ha の水田稲作が可能である。

40 年間の減反により眠りについた日本の水田農業であるが、近年の TPP 騒動により、ようやく次世代型の水田農業が草の根レベルで復活し始めた。近年の日本ではレーザーレベラー付きのトラクターで均平化度 $\pm 2.5\text{cm}$ の 1ha 規模の大区画水田整備を農民が自力で進めている。直播稲作には $\pm 1.5\text{cm}$ のさらに高度に均平化された水田が必要となる。このようにして、新しい時代の日本の水田農法が生まれるものと期待できる。一方、アフリカの湿地は未整備であるため、トラクターをいきなり導入することは不可能で、まず耕耘機での水田整備、ついである程度の整備段階に達したら湿地トラクターが有効に使えるようになると思われる。道路のないところに自動車は使えないことと同様である。

表12. アフリカ水田農法 (SawahTechnology : 農民の自力灌漑水田開発と稲作) の4つの要素技術

(1) 適地・適期選定と適田システム設計のポイント

- (a) 農民が15ha以上の低湿地で稲を栽培しており、自立心旺盛で、稲作技術とビジネス向上に強い意欲を持つ
- (b) 水文と水資源及び氾濫洪水強度と期間。乾季作の場合は20m以浅（5m以深がベスト）の地下水が利用可
 - i) 内陸小低地の重力水灌漑：>流量30リットル/秒、流水継続期間5ヶ月以上、氾濫等最大水量<10トン/秒
 - ii) 氾濫原やデルタの重力水灌漑：>流量30リットル/秒、流水継続期間5ヶ月以上、氾濫最大水量<10トン/秒
 - iii) 氾濫原やデルタの浅管井戸ポンプ灌漑：地下水位<10m、氾濫時期を避けて経済的に乾季作が可能
- (c) 地形と土壌：勾配<3%、<1%なら均平化が容易、砂+シルト含量<90%、内陸小低地では<95%でも可
- (d) 持続可能な土地利用権：個人所有がベストだが、5-10年以上の借地契約なら本農法は持続可能
- (e) 適田システムのデザイン：地形と土壌と水源の観察に基づく個々の水田と水田集団の中小の畔のレイアウト、水田の標準的均平化度（1筆±5cm）の実現、耕耘機使用稲作、干ばつ、氾濫対策も考慮してデザイン
- (f) 取水、分水、貯水（地下水涵養）、排水システム：小中河川の簡便な土のう堰、泉や浸出水の集水分水路、ため池や養魚池、小中のポンプ利用と<10m深度（将来的には<20-50m）の管井戸切削、小中の排水路
- (g) 荷物運搬や耕耘機用、あるいは洪水対策用の作業路兼堤防等の位置とサイズ構造等のデザイン

注1)：農民と技術者・普及員が連携して、適地適田開発と管理の試行錯誤が必要。農民はサイトの水文を熟知しているが、水田は未知。技術者は現場の水文の動態を知らない。

注2)：重力灌漑は燃料が不要なので経済的だが、水田面積>50ha以上になると、堰や水路の維持管理にコミュニティーの共同作業が必要となるが、現状では困難な場合が多い。ポンプ灌漑はこの共同作業が不要。

注3)：パラドックスであるが、適地選定とシステムデザインが適切ならアフリカの水田開発はアジアより大変容易

(2) 効率的で経済的な開発：開発速度>3-5ha/年/耕耘機1台と開発コスト<1000-3000ドル/haを実現

- (a) ヤブの開墾、抜根、畔作り、水路作り、耕耘機用地表面の凹凸処理：自力労働+補助的な雇用労賃
- (b) 農具と資機材の購入費用：\$1000/10ha、2期作用のポンプと浅管井戸切削費用：\$1500-2000/10ha
- (c) 耕耘機購入費用：\$3000-4000/1台/10ha、維持管理費用：\$2000-3000/10ha (>10ha開田/3年为目标)
- (d) On-the-Job訓練費用：日当として技術者\$1000/ha、普及員\$500/ha、篤農\$250/ha

注1)：耕耘機の価格（アジア並なら1台\$2000）、耕耘機利用の開田技術と維持管理技能の熟練度がポイント

(3) 水田稲作技術：基準目標は1台の耕耘機で>20 t/年のモミ生産と>4 t/haの収量の達成

- (a) 取水、分水、貯水、排水等、水田の水管理システムの維持管理
- (b) 水田の水管理技術：湛水新管理、間断灌漑、好気・嫌気性管理、排水管理
- (c) 畔の管理。耕耘機を利用する田面の均平度管理と代播き技術。
- (d) 施肥と養分及び土壌有機物管理技術
- (e) 育苗と移植あるいは直播技術
- (f) 雑草、病害虫、鳥獣害対策技術
- (g) 目標収量を実現する品種選択と生育管理技術
- (h) 市場性の高いポストハーベスト技術

注2)：1台の耕耘機で3年以内に年間粗生産>50tonを実現すると水田開発は加速する。

注3)：基準目標を達成すれば、収量>10t/haを目指す研究も、農民の現場で意味を持つ。

(4) 稲作農民をエンパワーメントする社会経済技術

- (a) 水田農民グループの組織化。自力開田から一般農民の新規皆伝を指導できる篤農の
- (b) 持続的な内発的発展性は、農民間技術移転>普及員>研究者>ODA方式、の順になる。
- (c) 耕耘機利用の開田と稲作技術の訓練とイノベーションの誘発システムの整備
- (d) 水田造りは国造りと人創り。国富を増加させた人に報いる土地制度/借地制度は極めて重要。
- (e) 農業機械や水田適地及び灌漑水田の、ローン等による農民の土地購入システムの整備
- (f) 25ha以上の灌漑水田は5万ドル以上の年間粗生産となり、1万ドル規模の小型ハーベスターが経済的に利用可能になる。これにより市場性高い粗が出荷できさらに付加価値が付く。

注4)：以上の4つの要素技術を進化させ、ODA依存を脱却する内発的な技術として成熟可能

注5)：過去の成功例：①スーダンサバンナ帯の氾濫原や内陸デルタでの浅管井戸小型ポンプ灌漑、②泉灌漑は全気候帯で成功、③ギニアサバンナ、森林移行帯、赤道森林帯の小河川の堰灌漑

15、サブサハラアフリカの持続可能な米生産増加のための 6 つの戦略技術の比較総括

図 31 にこれまで試みられている 6 つの戦略的技術を示した。農業は生物と環境を人力により総合的に利用する産業であり、生物の遺伝的改良(品種改良)と生産環境の改良は車の両輪であり、共進化すべきものである。稲作の場合の生産環境の改良とは水管理(制御)のレベルアップが生産環境の改良の中心である。これは農民圃場の水田の進化、即ち、灌漑水田の整備改良レベルのアップを行うことである。図 31 では陸稲や深水稲を含む水管理ができないか、もしくは極めて不十分な未整備稲作地と、水管理が可能な整備灌漑水田に分けて、それぞれの技術の戦略的特徴を示した。

A 戦略:陸稲ネリカ技術等、未整備農地を前提としたバイオテクノロジー偏重戦略。 良い品種さえあればすべて解決するという勘違い、非水田稲作地を陸稲と勘違いした研究戦略と言える。農地環境や水田も品種改良のように改良できることを無視した。環境と生物のバランスの取れた総合的利用という農業の本質から外れる戦略と言える。日本政府は陸稲ネリカの普及のために、ODA 予算を 10 年以上にわたって投入したが、宣伝のわりにはインパクトはあまりなかった(ことは幸いであった)。AGRA(アフリカの緑の革命のための同盟)が推進しているハイブリッドライスは後述するように C 戦略として採用される場合は、アフリカのごく限られた面積の整備水田では有効であるが、サブサハラアフリカの稲作民の 90%を占める未整備農地ではネリカ同様無効である。陸稲ネリカ戦略は ODA 等で無理やり普及させると、長期的にはウガンダ等の東部アフリカ大地溝帯地域のアフリカでは例外的に肥沃な土壌の侵食劣化を招く心配がある。水管理ができない稲作地としては深水稲があり、湛水耐性遺伝子を付与した品種の開発は、水田整備への過度期の段階では補助的な米増産技術となる。

B 戦略:アジアの緑の革命技術。 農民に水田技術が普及していること、水管理の可能な整備水田が存在することを前提とした灌漑排水改良、高収量品種、肥料・農薬の 3 つの技術により、アジアに緑の革命を実現した。しかし、この技術が成功した背景には、アジアの稲作民が数世紀から千年という歴史的時間をかけて水管理の可能な水田整備を行ってきたという基盤があったことを無視している。IRRI、IITA、AfricaRice 等の国際農業研究機関はアジアでの成功体験にあまりにもとらわれ過ぎたため、アフリカでも同様な 3 つの技術よりの稲作の緑の革命が可能であるとして、主として品種改良に焦点をあてた戦略を過去 40 年採用してきたが、成果はあまり明瞭ではない。アジアでは 1960 年代でもすでに全稲作地の 65%は灌漑水田であった(表 2)。しかし、アフリカの稲作地の中心地である西アフリカでは水管理の可能な整備水田は全作付面積の 10%に満たない。又、約 5000 万 ha と推定される SSA の灌漑水田ポテンシャルの 4%の 200 万 ha (60%、113 万 ha がマダガスカル)しか灌漑水田はない。従い現時点では、マダガスカルやマリ等の限られた国でしかこの戦略は有効ではない。水管理のできる水田整備が最優先されるべきである。すでに述べてきたが、低地の水田に限らず、欧米の農業革命の前提となったのは、畑作地でも農地が区画化(エンクロージャー)されたことであった。欧米やアジアではこのような区画化農地整備(国作りの基盤)には数百年から千年の時間を要した。

C 戦略:さらに整備された水田を前提とした超高収量栽培技術やハイブリッド品種技術。 マレー系の移住民により数百年以上前から水田開発が行われてきたため、すでに水田面積の増加余地の少ないマダガスカルで開発され、新規水田開発が飽和状態にあるアジアでも注目され、アフリカでも整備された灌漑水田がある地域で注目されている SRI(System Rice Intensification)農法が代表である。1960-70 年代の日本の米作日本一の農家が採用した間断灌漑等のきめ細かな水管理、除草、土層改良による透水性の改良等を総合的に活用する改良栽培技術(本谷 1989、堀江 2015、J-SRI 研究会 2011)である。上で述べたようにこの戦略は整備水田をさらに均平化度を高めたり、排水を改良したりして高品質化した水田で初めて成り立つ技術であり、広大なヤブ状の未整備稲作地が分布するアフリカでは優先順位は高くない戦略である。主要な稲作地の水田整備が完了すると期待される 2050 年以降には重要な戦略となるかもしれない。現時点では収量は 2 倍になるとしても、そのために必要な労働力が 2-3 倍になる技術であるので、この点の解決も重要と思われる。ハイブリッド品種も整備水田の存在が前提であり、しかも品種を毎年農民が企業より購入する必要がある、現時点でのサブサハラアフリカでの普及の優先順位は高くない。

従い、現時点ではサブサハラアフリカ、とりわけ西アフリカにおいては、水管理のできないヤブ状の未整備稲作地を標準的な水管理の可能な水田に整備し、農民に水田稲作技術を訓練することが最優先となる。

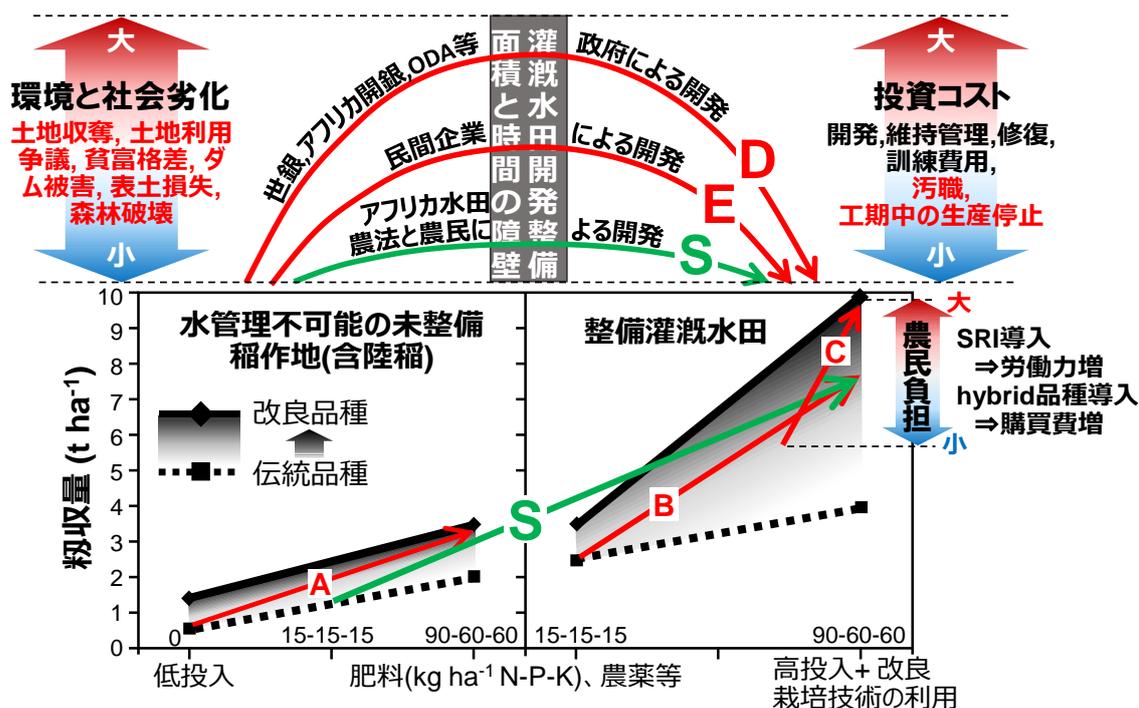


図31. これまで試みられたサブサハラアフリカの米生産を増加させる6つの戦略技術

- A 戦略: 陸稲NERICA 技術等、未整備農地対象のバイオテクノロジーの推進
- B 戦略: 農民に水田技術があることを前提としたアジアの緑の革命技術導入
- C 戦略: System Rice Intensification、ハイブリッド品種等、水田稲作の高収量化
- D 戦略: ODA等の資金で土木請負業者を利用する政府主導の灌漑水田開発
- E 戦略: 民間資本による灌漑水田開発と高度機械化水田稲作
- S 戦略: アフリカ水田農法(Sawah Technology)による内発的な水田開発と適正機械化稲作

D 戦略: アフリカ諸国政府が世銀、アフリカ開発銀行、ODA あるいは自前資金等で実施する灌漑水田開発。

広大で平坦な台地が卓越するアフリカの大部分では低地の利用を図る必要があまりなかった。そのため1950-60年代から ODA 等でモデル灌漑水田を開発整備する試みが行われ、現在でも続いている。開発主体は外国や、近年では現地アフリカの主として道路工事が専門の土木請負業社であり技術者であり、農民は完成した灌漑システムの受益者としてのみ期待され、水田開発にアフリカ農民が主体的に関わることはない。一方、アジアでは水田整備は政府と農民の共同作業で数百年という歴史的時間をかけて実施されてきた。

このため、サブサハラアフリカでの灌漑水田開発はアジアに比べ極めて初期投資コストが高く(1ha 当たりで 2-5 万ドル)しかも維持管理コストも高く、修復コストも高いということになる。近年道路土木工事の経験をもとに地元の土木請負業者が水田開発に参入するケースが多いが(例えばガーナ等)、極めて高度な均平化(一筆の水田で±5cm 以下)や高度差(水路勾配 1000 分の 1)の施工が要求され、しかも植物や微生物や動物の命の基、農業生産力の基となる表土(10cm 程度)の貴重さを理解することが前提であるが、これらは全て無視されるケースが多い。ガーナ全土で 2010-2016 年にアフリカ開発銀行が資金を提供して行われた内陸小低地の灌漑水田開発(IVRDP)では、粗雑なブルドーザー操作で表土は全て畔に使われ下層土が露出し、しかも 1m 以上の高低差のある水田、水源の高さより 2m も高い位置の灌漑水路、簡単な土のう堰で十分な取水施設の代わりに、平坦で皿底地形の多いアフリカの内陸小低地にダムを作り、上流部は広大なダム湖となり、貴重な水田低地を水の底に沈め、かつ不適切なダムはいつ崩壊してもおかしくないレベルの施工をやっており、低地の生態系を完全に破壊している。このため、ガーナのボルタ州では稲作農民が土木業者のブルドーザーの侵入を実力阻止して、工事の進行をストップさせるケースも出ている(Wakatsuki et al. 2016)。

仮に施行が完全に実施されて、質の良い灌漑水田が完成しても(例えば 1990 年に完成したナイジェリアのアナンブラ州での日本の 200 億円の円借款による 4000ha の灌漑水田の場合)、その後の灌漑水田稲作の農民訓練は追加の JICA のプロ技で行われたが、不十分であった。又、ナイジェリア政府機関が維持管理、修復、そして農民訓練を行うことはできなかった。その結果十数年経過後には本来の灌漑機能はマヒしたま

まで現在に至っている。ナイジェリアにはこのような機能マヒした灌漑水田やダムが無数とも言えるほど存在している。結局この円借款は返済不能となり債務帳消しとなった。つい最近 2016 年に日本政府が修復と新規開田の費用として約 150 億円の円借款で完成したケニアのムエア灌漑水田は、1950 年代に始まるが、数十年以上の長期間各種の ODA 支援が続いていることにより持続しているという特殊例となっている。それにも関わらず表 7 によれば SSA 諸国の籾生産ランクは 50 年の籾生産ランク 18 位から 21 位に下がった。又、最近の報道によれば(Gelard 2017)、巨費を投じて完成した灌漑水田であるが、今年の干ばつにより籾生産は半減すると予想され、さらに巨額の資金を投じて追加のダム建設が必要な状況に追い込まれている。西アフリカでは最大規模のマリの Niono にある Office du Niger の 5 万 ha 規模の灌漑水田プロジェクトは 1970 年以前から 30 年以上支援の継続により 1995 年ころよりアジアと同水準の平均籾収量 5ton/ha を持続して達成できるようになり、近年のマリの稲作推進の原動力ともなった。

以上みてきたように ODA 方式は地元政府による持続可能な自力開発には至っておらず、コスト高で初期投資の回収には 20-30 年以上もかかったり、投資の回収がそもそも不可能であったりするケースが大部分である。又、汚職や長期の工期期間中(大規模プロジェクトでは 5 年以上、小規模でもガーナのアフリカ開発の内陸小低地水田開発プロジェクトの場合でも 2010-2016 年)は農民の稲作は不可能であることから損失は大きい。本来一番重要な工事の完成後の農民訓練は殆ど考慮されていないケースもある。Office du Niger のように数十年の農民訓練後ようやくアジア並みの水準に到達できたケースは大変まれと言える。

E 戦略:民間企業による灌漑水田開発: 以上のような ODA 方式による灌漑水田開発の高コスト非効率性を克服するために最近急速に展開されはじめた。ナイジェリア前農業大臣の Adesina 氏(2015 年よりアフリカ開発銀行総裁)によれば開発プロジェクトではなくてビジネスによる稲作振興政策である。前大統領のジョナサン氏も訪問し世界最先端の稲作として絶賛された Nasarawa 州の Olam 水田農場(シンガポール資本、日本の会社も資本参加)はベヌエ川の氾濫原に開発と稲作と精米が同時進行中(2013 年から)である。投資額 120 億円で 5000ha の 2 期作灌漑水田稲作が行われる。筆者が見学した 2016 年 8 月の段階では 6 割程度の進捗状況と推定された。飛行場が併設されており、種まきと農薬散布は飛行機で実施する。大型のトラクターがレーザーレベラーで巨大水田(2-30ha)を耕作し均平化し、コンバインハーベスターで収穫し併設の精米所を経て出荷される。精米所は年間 3.6 万トンの生産能力があり、アメリカ型の稲作と言える。極力機械化され圃場で働いているのはトラクターで農民?はいない。ただ直播であるため手作業の除草が必要になり数百人の女性労働者が毎日仕事を求めて集まる。

セメント生産でアフリカ No.1 のお金持ちとなったナイジェリアの Dangote 氏もナイジェリア全土で 1000 億円(予定)の投資をして 25 万 ha の低地を入手して米生産に着手したが、未開発の広大な低地が広がっているアフリカと言えども、民間企業が望むような優良な低地ではすでに無数の農民が稲作を実施しており、多数の農民を排除して巨大な水田農場として囲いこむこと(エンクロージャー)は難しい状況になっている。

民間企業による水田開発は政府の ODA 方式よりは効率的に進められているように見える。1ha 当たりの灌漑水田の開発コストは土地代を除けば(恐らく格安、あるいは無償?で政府より提供された?)1 万ドル程度に収まっているので、投資額 120 億円は 10 年程度で回収可能と推定される。問題は国土が格安で民間企業に払い下げられて(国土の切り売りという汚職)、無数にいる農民が排除され(Land Grab)将来を奪われることにある。ただ、喫緊の課題であるアフリカの米生産の増加には、このようなモデル水田も牽引力として重要な役割を果たすかもしれない。モデル水田という意味では、円借款によるローアアナンブラ水田も、タンザニアのローアモシ水田も当時としては重要な取り組みだった。Olam 農場では Nasarawa 州の農業開発公社と協力しながら、周辺の稲作農民の技術レベルの向上にも取り組んでいる。Olam 農場の訪問はナイジェリアのアフリカ水田農法 Sawah Technology の推進機関である NCAM(National Center for Agricultural Mechanization)のリーダー Ademiluyi 氏と若月が Nasarawa 州農業開発公社の P.M. Kpama 氏とともにいった。Olam 方式は周辺農民には採用不可能であるが、我々のアフリカ水田農法はすぐにでも採用可能であり、Olam と同程度の 5t/ha の籾生産は可能であるので、将来的には Olam 農場の周辺をアフリカ水田農法水田で取り囲むようにしたいものだ話し合った。

S 戦略:アフリカ水田農法 Sawah Technology による内発的な水田開発と適正機械化稲作。 アフリカ水田農法の詳細は本稿の表 12、特に英文版の Sawah Technology (1) Statistics、(2) Background、(3) Principles、(4) Practices で述べたので繰り返さない。現在のアフリカの稲作地の大部分を占める、水管理のできない未整備低地を標準的な灌漑水田に農民の自力で整備する技術であり、同時に水田稲作も実施する。図 25 や 28 に示すように水管理のできないヤブ状の未整備低湿地のバリエーションを突き破り、標準型の水田に整備すると同時に、水田稲作もオンザジョブ方式で訓練可能なのは、S 戦略のみである。無数のアフリカ農民に自信

を植え付けることもできる。必要な投資と訓練コストは 1ha 当たり 1000-3000(平均 2000)ドル程度に収まり、2年以内に投資額は回収可能である。

問題は 1ha 当たり平均 2000ドルとしても大多数の零細農民にとっては大きな投資額であることである。現在最大のネックになっているのはヤブ湿地を開拓するのに必要な適正な機能(耕作以外に、畔作り、水路堀り、圃場の均平化、等のアフリカ水田農法仕様)を有する耕耘機が適正な価格で入手できる市場がアフリカでは形成途上にあることである。アジアで手作業開発により数百年から千年を要した国土基盤の整備、水田整備をサブサハラアフリカでは、現在進行中の人口爆発に対処するために、2050年までの数十年間で実現する必要がある。そのためには、機械化は必須であり、無数の農民をこの国作りに参加してもらうには現時点では 10馬力程度の耕耘機が必須である。これによりブルドーザーやバックホーがなくとも農民の自力開発が可能になる。1台の耕耘機は 50人分くらいの力を農民に付与できる。現在の米市場からすれば 1台 2000-3000ドルの耕耘機は持続的に購入可能である。1台で 2-10ha が開田でき、5-15ha の水田は 20-75トンの粳を生産でき、年間粗販売価格は 6000-2万ドルが確保できるからである。

16、参考文献

- AfricaRice, 2013. Working with farmers to improve control in inland valleys using Sawah Technology (http://www.kinki-ecotech.jp/download/AfricaRice-AnnualReport-2012_p14-16.pdf) in AfricaRice 2012 Annual Report (<http://www.africarice.org/publications/ar2012/AfricaRice-AnnualReport-2012.pdf>).
- AfricaRice, 2014a. Japan and AfricaRice, 35 years of strategic partnership for rice development in Africa, <http://www.kinki-ecotech.jp/download/Japan-AfricaRice2014.pdf>
- AfricaRice, 2014b. High Scalability of Smart-valleys approach in Sub Sahara Africa (http://www.kinki-ecotech.jp/download/AfricaRice-AnnualReport-2013_p6,14-15,41-42.pdf) in AfricaRice 2013 Annual Report (<http://www.africarice.org/publications/ar2013/AfricaRice-AnnualReport-2013.pdf>)
- AfricaRice, 2015. Sawah Technology Introduction under Japan and AfricaRice 35 years partnership (<http://www.kinki-ecotech.jp/download/Japan-AfricaRice2014.pdf>)
- AfricaRice, 2016a. Scaling up of Smart-valleys in Benin and Togo (http://www.kinki-ecotech.jp/download/AfricaRice-AnnualReport-2014_p11-12,32-34.pdf), AfricaRice 2014 Annual Report (<http://www.africarice.org/publications/AR2014/AfricaRice-AnnualReport-2014.pdf>)
- Africa Rice, 2016b. Sawah, Market Access, and Rice Technology (SMART) choice for Africa's inland-valley rice farmers by AfricaRice (4 March 2016), <http://ricetoday.irri.org/a-smart-choice-for-africas-inland-valley-rice-farmers/>
- AfricaRice, 2017. Smart-valleys for rehabilitation of the rice sector in post-conflict countries of Liberia and Sierra Leone (http://www.kinki-ecotech.jp/download/AfricaRice-AnnualReport-2015_p16,20.pdf) in AfricaRice 2016 Annual Report (<http://www.africarice.org/publications/AR2015/AfricaRice-AnnualReport-2015.pdf>)
- AfricaRice, 2018. Out-scaling Smart-valleys to boost rice productivity, http://www.kinki-ecotech.jp/download/AfricaRice-AnnualReport-2016_p15,16.pdf in AfricaRice 2015 Annual Report (<http://www.africarice.org/publications/AR2016/AfricaRice-AnnualReport-2016.pdf>)
- Andriess W, 1986. Wetlands in SubSaharan Africa, Area and Distribution. In Juo ASR and Low JA edited "The Wetlands and Rice in SubSaharan Africa", pp15-30, Proceedings of an international conference on wetland utilization for rice production in Sub-Saharan Africa, pp.1-318, 4-8 November 1985, Ibadan Nigeria, International Institute of Tropical Agriculture.
- Apostolides A, Broadberry S, Campbell B, Overton M, and Van Leeuwen B, 2008. <http://www.basvanleeuwen.net/bestanden/agriclongrun1250to1850.pdf>
- AQUASTAT, 2017. <http://www.fao.org/nr/aquastat>
- Borojevic K and Borojevic K, 2005. The Transfer and History of "Reduced Height Genes"(Rht) in Wheat from Japan to Europe. Journal of Heredity, 96(4): 455-495.
- Buri MM, Wakatsuki T, Issaka RN and Abe S (eds), 2012. "Proceedings of the First International Workshop on Sawah Eco-technology and Rice Farming in Sub-Saharan Africa." 22nd-24th Nov. 2011, Kumasi, Ghana. http://www.kinki-ecotech.jp/download/2011workshop_proceedings/2011Proceedings.pdf
- CARD, 2008. 「アフリカ稲作振興のための共同体 Coalition for African Rice Development (CARD)」についてーアフリカのコメ生産倍増にむけたイニシアティブ, 2008年5月国際協力機構(JICA), アフリカ緑の革命のための同盟(AGRA), http://www.jica.go.jp/activities/issues/agricul/pdf/card_jp.pdf (Browsed in 25th

- February, 2016)
- 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)
- Defoer T, Dugue MI, Loosvelt M, and Worou S, 2017. Smart-valleys Tainer-facilitator's manual, AfrcaRice, 130pp, Printed at Pragati Offset Pvt Ltd, Hyderabad, India, https://www.africarice.org/publications/smart-valleys/ENsmart_09H-02O.pdf
- Fan Y, Li H, and Miguez-Macho G, 2013. Global patterns of groundwater table depth, Science, 22 February 2013, Vol 339: 940-943
- FAOSTAT, 2017. <http://www.fao.org/statistics/en/>
- FAO, 2017. Rice Market Monitor, July 2017, http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Rice/Images/RMM/RM-M-Jul17.pdf
- 藤森新作・小野寺恒雄, 2012.「水田農業自由自在, 地下水位制御システム FOEAS」農文協, 115 頁
- 古川久雄, 2011. 「オアシス農耕起源論」, 京大出版, 京都 394pp.
- Gerald Andae, 2017. Kenya: Dry Spell to Cut Rice Yield By Half, Daily Nation, AllAfrica, <http://allafrica.com/stories/201702070241.html>
- Hesser L, 2013. The Man Who Fed the World: Nobel Peace Prize Laureate Norman Borlaug and His Battle to End World Hunger. Durban House, 263pp.
- 廣瀬昌平・若月利之, 1997. 西アフリカサバンナの生態環境の修復と農村の再生. 農林統計協会, 484pp.
- Hirose H and Wakatsuki T, 2002. Restoration of Inland Valley Ecosystems in West Africa. Nourin Tokei Kyoukai, Tokyo, 600pp.
- 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.
- 堀江武, 2015. アジア・アフリカの稲作: 多様な生産生態と持続的発展の道, 農文協.
- 謝順景, 1997. 海外技術合作委員会歴経三十年之回顧. 海外技術合作委員会編, 282pp.
- Hsieh Sung-Ching, 2001. Agricultural Reform in Africa-With Special Focus on Taiwan Assisted Rice Production in Africa, Past, Present and the Future Perspective-. Tropics, Vol.11 (1): 33-58.
- Hsieh Sung-Ching, 2003. Agricultural Technology Transfer to Developing Countries, NPUST, 国立屏東科技大学, 台湾, 1-405pp.
- IITA, 1992. Annual Report. 34pp.
- IITA, 2008. Bountiful rice harvest from 'Sawah' system. <http://www.kinki-ecotech.jp/download/IITA2008.pdf>
- 伊東俊太郎, 2007. 環境問題と科学文明. <http://mitizane.ll.chiba-u.jp/metadb/up/ReCPAcoe/42ito.pdf>, 2007 年 2 月 4 日, 千葉大学シンポジウム「文明論・環境倫理・公共哲学」.
- J-SRI 研究会, 2011. 稲作革命 SRI-飢餓・貧困・水不足から世界を救う, 日本経済新聞社.
- Kawaguchi K and Kyuma K, 1977. Paddy soils in tropical Asia, Their material, nature and fertility. The University Press of Hawaii, Honolulu, 258pp.
- Kerridge E, 1967. Agricultural Revolution. Routledge, Taylor & Francis, 1-428pp.
- 小森 努, 2011. 御所市中西遺跡の弥生時代水田遺構. 2011 年 11 月 12 日, 榎原考古学研究所による説明会, <http://tsu-com515.my.coocan.jp/H23.11.12NakanishiIseki.html>
- 松岡 信, 2004. 理想の稲を求めて. 日経サイエンス, 2004 年 11 月号:30-33.
- Molden D(ed), 2007. Water for Food, Water for Life. Earthscan, London and IWMI, Colombo, 624pp.
- Mohapatra S, 2016. A SMART(Sawah, market Access and Rice Technology) choice for Africa's Inland Valley farmers, Rice today by IRRI, <http://ricetoday.irri.org/a-smart-choice-for-africas-inland-valley-rice-farmers/>
- 中山茂, 2011. パラダイムでたどる科学の歴史. ベレ 出版, 東京, 302pp.
- 西尾敏彦, 1998. 農業技術を創った人たち, 第 13 話 世界を変えた小麦ノーリン・テンの生みの親, 稲塚権次郎. 家の光協会, 東京, pp.100-108
- 農林水産省, 2017. 1970 年以來の過去 47 年の穀物価格の動向, http://www.maff.go.jp/j/zyukyu/jiki/j_zyukyu_kakaku/attach/pdf/index-79.pdf
- 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.
- Overton M, 1996. Agricultural Revolution in England, The transformation of the agrarian economy 1500-1850, Cambridge Studies in Historical Geography, Cambridge UP, pp.1-258
- 李登輝, 2003. 武士道解題. 小学館, 318pp.

- 李登輝, 2015. 新・台湾の主張. PHP 新書, 202pp.
- Roser M, 2017, Yields-Our World in Data, <https://ourworldindata.org/yields/>
- Ruth Tene, 2017. Nigeria Produces 5.7m tonnes of rice. Leadership newspaper on 29 May 2017, <http://leadership.ng/2017/05/29/nigeria-produces-5-7m-tonnes-rice/>
- Salagado M, 2012. Agricultural revolution, <http://www.slideshare.net/maggiesalgado/agricultural-revolution-13173417>, and -33117637
- 関根久子・梅本雅, 2015. 小麦収量格差の形成要因—日本とドイツの比較分析. 中央農研研究報告, 24: 31-54, https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/narchokoku-24-3.pdf
- 千田篤, 1996. 世界の食糧危機を救った男, 稲塚権次郎の生涯. 家の光協会, 306pp.
- SMART, 2016. Sawah, market access and rice technology in African Inland valley ecology (<https://smartiv.wordpress.com/>)
- 台湾海外技術合作委員会秘書處, 1990. 我国與非州国家技術合作之執行與成效, 台湾外交部非州司, 392pp.
- USDA PS&D Online, 2017. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home>
- 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 Museum, http://www.isric.org/isric/webdocs/docs/ISRIC_TechPap05.pdf
- 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, <http://www.kinki-ecotech.jp/download/JICAExpert1989No.2.pdf>
- 若月利之, 2008. 第 4 章: 西アフリカにおける水田エコテクノロジーによる緑の革命を目指して—ナイジェリア・ヌペ, ガーナ・アシャンティにおける経験から. In 松菌万亀雄・縄田浩志・石田慎一郎編著, アフリカの人間開発、実践と文化人類学, みんなく実践人類学シリーズ 2, 明石書店, pp.171-219.
- 若月利之, 2013a. Sawah(灌漑水田)稲作技術普及の展望. 熱帯農業研究, 6(1): 43-50
- 若月利之, 2013b. Sawah 技術イノベーションの社会実装によるアフリカ稲作の緑の革命実現, 第 26 回学術会議環境工学連合講演会 2013 年 4 月 19 日, 日本学術会議講堂, 東京, [http://www.kinki-ecotech.jp/download/\(Paper\)26th%20National%20Cong.%20for%20Enviro.%20Stud.19Apr2013.pdf](http://www.kinki-ecotech.jp/download/(Paper)26th%20National%20Cong.%20for%20Enviro.%20Stud.19Apr2013.pdf)
- 若月利之 2016. Sawah technology for African Green Revolution ホームページ, アフリカ水田農法(Sawah 技術)の社会実装による稲作革命の実現, <http://www.kinki-ecotech.jp/>
- Wakatsuki T, Buri MM, Bam R, Oladele IO and Imolehin E, 2010. Site-specific sawah development and management by farmers: Large-scale action-research in Ghana and Nigeria to actualize rice green revolution. African Rice Congress, 22-26 March, 2010, Bamako, Mali. http://www.kinki-ecotech.jp/download/2010paper/Wakatsuki2010_BamakoConf.Proceedings_ed2.pdf
- Wakatsuki T, Buri MM, Ofori J, 2016. Summary Report of Meetings on Sawah Technology Transfer and Up Scaling at Ghana, [http://www.kinki-ecotech.jp/download/\(Ghana\)5-8Aug2016Summary.pdf](http://www.kinki-ecotech.jp/download/(Ghana)5-8Aug2016Summary.pdf)
- Wakatsuki T, Chen YS, Navasero NC, Evers A, Palada MC, Fashola OO, and Musa J, 1987. Water Management and Hydrological Studies, Bida, Nigeria. IITA Resource & Crops Management Program, Annual Report 1986:80-86, http://www.kinki-ecotech.jp/download/IITAAnnualReport_1986-87_edit17Apr2017.pdf
- 若月利之・謝順景, 2003. アフリカ稲作開発協力史—その 1 台湾. 国際農林業協力, Vol.26 (No3): 82-94.
- Wakatsuki T, Kosaki T, and Palada MC, 1989. Sawah for Sustainable Rice Farming in Inland Valley Swamps, IVSs in West Africa, Papers Presented at the Second WAFSRN symposium, Accra, [http://www.kinki-ecotech.jp/download/\(Paper\)2ndWAFSRN1989_symposium.pdf](http://www.kinki-ecotech.jp/download/(Paper)2ndWAFSRN1989_symposium.pdf)
- Wakatsuki T, Otoo E, Andah WEI, Cobbina J, Buri MM and Kubota D(eds.), 2001. Integrated Watershed Management of Inland Valley in Ghana and West Africa: Ecotechnology Approach. Final Report on JICA/CRI joint study project, CRI, Kumasi, Ghana and JICA, Tokyo, p. 337.
- Wakatsuki T, Palada MC, Fashola OO, Ashraf M, 1988. Improvement of Rice-Based Systems, Physical Characteristics of Inland Valleys in Benchmark research sites, Effect of Improving the paddy or sawah systems. IITA Resource & Crops Management Program, Annual Report 1987:182-191, http://www.kinki-ecotech.jp/download/IITAAnnualReport_1986-87_edit17Apr2017.pdf
- Wakatsuki T, Shinmura Y, Otoo E and Olaniyan GO, 1998. African based sawah systems for the integrated watershed management of small inland valleys in West Africa. In FAO Water Report No. 17. Institutional and Technical Options in the Development and Management of Small Scale Irrigation. Rome, pp. 45-60.
- 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

- Yeldu HM, 2014. Report on extension of sawah rice production technology in Kebbi state, 30th of May. Facilitator's report, Fadama III.
- 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/>
- Zimmer Y et al., 2015. Agri benchmark Cash Crop Report 2015, 1-35pp, Tunen Institute, Braunschweig, Germany, Downloaded on 1 August 2017, http://www.agribenchmark.org/fileadmin/Dateiablage/B-Cash-Crop/Reports/F_Cash_Crop_Report_2015_web.pdf