過去50年のSSAトップ30ヶ国のコメ増産と水田稲作の進化　若月利之（島根大）, 2019年5月18日、京都精華大

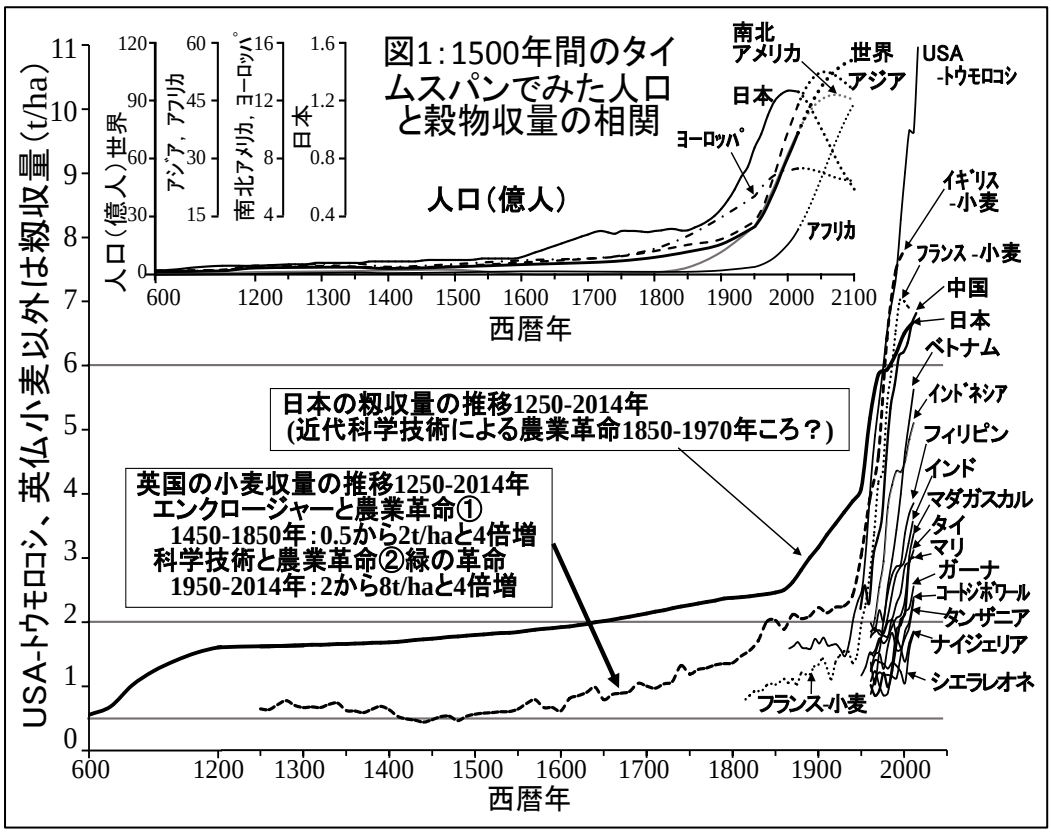
稲作の進化（品種DNA改良・進化と水田Sawah改良・進化）

栽培稲の誕生と進化

- アジア稲は約1万年前？（遺伝子解析による）に中国、インド、東南アジア国境付近でJaponica, Indica, Aus/Boroが栽培化され、
- 水田稲作等の栽培法と共進化しながら世界中に分布を広げた。
- アフリカ稲は数千年前にニジェール川流域でGlaberrima稲が栽培化されたが、水田稲作は生まれなかった。
- アフリカとアジア稲の種間雑種NERICAが誕生。生育環境（水田）との共進化が課題

水田プラットフォームの誕生と進化

- 水田稲作のプラットフォームとしての水田システムは約5000年前？（考古学的発掘）に揚子江中流部で誕生し、改良進化を始め、アジアから世界中に伝播した。日本には約3000年前に伝播し、進化した。
- アフリカにはマダガスカルに1000年前頃、ついでタンザニアに数百年以上前に伝播したが、西アフリカには1920代に仏がOffice du Niger、1960年代に台湾が（中国との覇権争いで）Cote d'Ivoire, Senegal, Burkina Faso、他全SSAに伝播を試みたが、2000年以前は、目立った拡大は見られなかった。
- 2010年以降、とりわけ2017年以降、Google earthが時系列での画像を公開してから、SSA全域の水田稲作の進化が観察可能になった。



1、歴史的に見ると、世界の各地の人口の増加は食糧の生産性と表裏一体である。但し、マルサスの罠により、食糧危機、戦争、移住も発生。

2、1961-2015 年の FAOSTAT によると、2000 年以降、フイリッピン、インド、タイ等のアジア諸国にマダガスカル、マリ、等が追い付き、アジアとアフリカが一体となった雁行形生産性発展が明確になった。

3、1000 年レベルの超長期の歴史的生産性データが得られているのは島国である日本と英国のみか？

4、1950 年代までは畑作の英国小麦の生産性は水田稲作の日本の半分程度（持続的生産性に係る水田仮説 2 を支持する歴史的データである）。

5、1250-2015 年までの歴史的データを総括すると、英国の農業革命はエンクロージャー（水田仮説 1 同等）をプラットフォームとする 1450-1850 年ころの第一次農業革命（収量は 0.5 から 2t/ha と 4 倍増）、1950 年から現在まで引き続く科学技術をベースとする農業革命（2 から 8t/ha と 4 倍増）が認められる。世界一の超長期 600-2015 までの日本を総括すると 600-1850 年ころまでは漸進的に 0.5t/ha から 2.5t/ha まで 5 倍増、その後 1970 年頃の 6t/ha まで 2.5 倍増。減反政策以降は伸び率は小さくなり、中国に追い抜かれた。

6、一般的には緑の革命は 1960 年以降のアジア（とラテンアメリカ）の途上国における生産性の急増に対して命名されたが、図に示した世界の農業生産性の推移を俯瞰すると、緑の革命はアジアに限定されるのではなくて、1950 年以前に欧米諸国も含めて、収量が革命的に伸びたことを示している。日本は 1970 年代の減反政策までは、その先頭に立っていた。ついで英、仏、米が続いているように、見える。

表：FAOSTAT2019年の2013-17年の平均籾生産量(x1000トン)順位トップ32位のSSA諸国別生産量と籾収量(t/ha)

過去50年の生産増倍率：20倍以上は緑色、5-10倍は白色、赤字は5倍以下 (FAOSTAT 2019)

順位	国	1961-5年籾生産量	2013-17籾生産量	過去50年増加倍率	同左平均籾収量	1961-5年生産順位	順位	国	1961-5年籾生産量	2013-17籾生産量	過去50年増加倍率	同左平均籾収量	1961-5年生産順位
1	Nigeria	207	7658	37	1.93	5	17	Mauritania	1	238	240	5.15	27
2	Madagascar	1583	3645	2.3	4.17	1	18	GuineaBisau	48	177	3.7	1.65	12
3	UR Tanzania	120	2735	23	2.51	8	19	Togo	21	165	7.9	1.93	18
4	Mali	172	2407	14	3.24	6	20	Ethiopia	0	128	>100	2.86	30
5	Guinea	230	2087	9.1	1.24	3	21	Mozambique	94	123	1.3	0.52	10
6	Cote d'Ivoire	220	2063	9.4	2.49	4	22	Malawi	6	115	19	1.8	23
7	SierraLeone	336	1258	3.7	2.02	2	23	Kenya	14	107	7.6	3.62	19
8	DR Congo	62	956	15	0.76	11	24	Niger	11	100	9.1	4.32	20
9	Senegal	100	696	7	4.02	9	25	Rwanda	0	97	>100	3.68	31
10	Ghana	34	645	19	2.22	13	26	Burundi	3	78	26	2.07	25
11	BurinaFaso	32	338	11	2.22	15	27	Gambia	33	55	1.7	0.83	14
12	Chad	29	289	10	1.5	16	28	Angola	27	50	1.9	1.37	17
13	Liberia	125	281	2.2	1.26	7	29	Zambia	0	37	>50	1.32	32
14	Cameroun	10	269	27	1.25	21	30	Comoros	1	31	31	1.28	28
15	Benin	1	277	280	3.31	26	31	Sudanformer	1	26	26	3.19	29
16	Uganda	3	239	38	2.5	24	32	CentralAfricaR	9	16	1.8	1.58	22

この表で 2019 年の FAOSTAT の最新データで、SSA トップ 32 ケ国の籾生産の 1961-2017 年を総括した。ナイジェリアを先頭に緑色で示した諸国は過去 50 年で 10 倍以上の籾生産増を達成した。白の諸国は 10 倍以上である。赤色の諸国はこの間の人口増加率 4 倍以下であった。SSA 全体で 353 万トンから 2740 万トンで 7.8 倍の増加、このうち西アフリカは 157 万トンから 1840 万トン、実に 12 倍の増加であった。マダガスカルやタンザニアを含む、SSA のその他の地域は 196 万トンから 984 万トンで、4.6 倍増であった。

SSA で区別可能な水田進化の諸段階（1）：人為的な水管理レベルで区分：0－3 段階

図：アフリカの水田進化の6段階の0, 1, 2, 3：日本の弥生期の小区画水田と比較

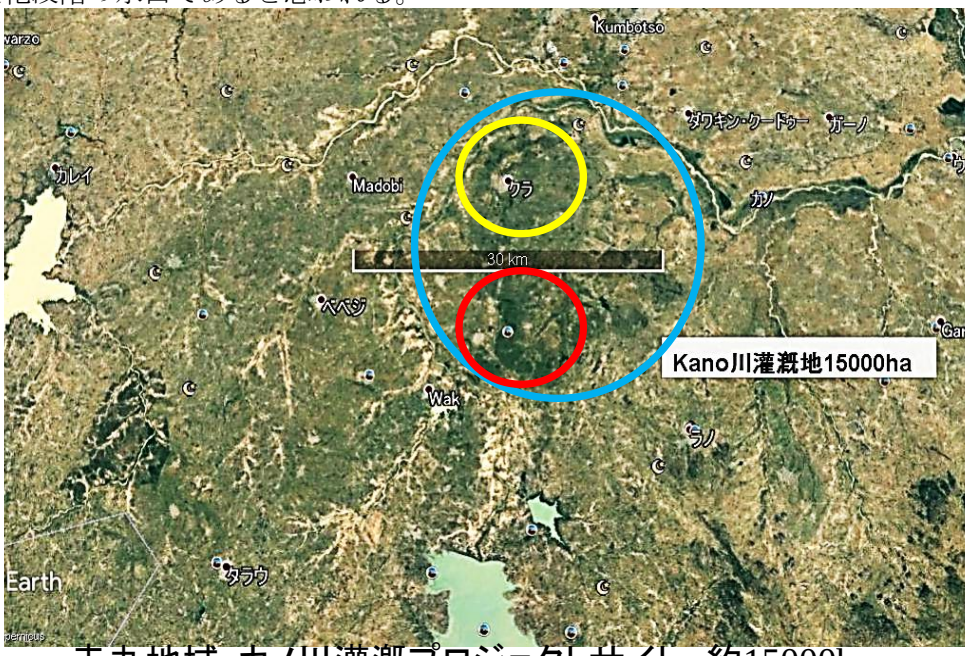
上の図は稲作期間中の圃場の水分状態を人為的に管理可能なシステムである、水田プラットフォームの質を水田進化段階として区分したものである。

① 右上はギニア高原の焼畑後の陸稲栽培地であり緑の濃い部分は陸稲、黄色の部分はフォニオ（*Digitaria xilis*）である。水文学的に見て水田への進化は不可能なので**第 0 段階**とした。陸稲ネリカの普及活動によって過去 10 年で 100 万 ha 程度面積を拡大したと推定されるが、生産性と環境保全の点で問題あり。

② 左上はシエラレオーネの内陸小低地の非水田稲作地。非水田であるので、人為的な水管理は不可能だが、自然の湛水もあり、容易に水田に進化可能な初期段階であるので**第 1 段階**とした。過去 10 年で急速に次の段階の水田に進化しつつある。

③ 左下はナイジェリア中部ニジェール州の Bida 付近の稲作民であるヌペ人の灌漑稲作地である。この写真の圃場には約 3km 先から灌漑水路を引いている。少年が立っている圃場には畔はあるが、均平化なしで畝立てにより稲を栽培している。畝立て栽培は極小の極細の水田圃場と見ることができるので、畑作から水田への進化の最初の段階と考えることができるので、**第 2 段階**とした。その背後の広大な稲作圃場は小区画水田であり、10－50m² くらいのサイズである。人間が歩けるほどのサイズと強度はある小区画水田はまれであるので、通常は**小区画準水田**（畔が強化されている場合は**小区画水田**）と呼ぶ。**第 3 段階**である。畜力や機械力のない稲作では大規模灌漑プロジェクトサイトでもこの段階に留まっているケースが多い。1ha 程度の水田が農家の生計を立てる上で必要であるが、平均サイズ 25m² の水田を 400 筆管理する必要があるが、実際上は不可能であるので、収量は 2t/ha 程度に留まる。

④ 右下は 2400 年前の弥生前期の小区画水田（1 筆サイズは 10－25m²）であるが、その左のヌペの小区画水田と殆ど同じ進化段階の水田であると思われる。



赤丸地域：カノ川灌漑プロジェクトサイト。約15000ha
赤丸のKadawa地区，黄色のKura地区等に分かれている。

上の 2 つの Google Earth 画像はナイジェリア北部カノ州の約 15000ha の灌漑プロジェクトサイトの全体像（上）とその内の Kadawa 地区（上の赤丸部分）の拡大画像（下）である。スケールマーカの長さは 200m で細長い区画は灌漑水路と道路で、その内部に無数の小区画水田が写っている。画像は 2016 年撮影であるが演者が 1987 年 12 月に調査した時と殆ど同じで平均約 25m²（5x5m 区画）の小区画となっている。籾収量は 2-3t/ha に留まる。

2019年2月2日撮影（NCAM, Dr. Segun）。ダム湖と灌漑堰。小区画灌漑畑。

同上 Google Earth の撮影位置の 2019 年 2 月 2 日（乾季）撮影の写真。撮影は国立農業機械化センター（NCAM）の Sawah Technology 普及チームの Dr. Segun 氏。左上は灌漑用ダム湖。右上は幹線水路。左下は中央の末端水路の両側に小麦畑と玉ネギ畑（小区画灌漑畑）。右下は、稲作用の小区画。

2017年NCAMによるデモンストレーションと水田訓練。赤線区画内は小区画準水田
Kano灌漑地では過去30年以上、灌漑畑で稲作が行われ水田は整備されなかった。

同上と同じカノ川灌漑地。場所はクラ（Kura）地区。Google 衛星画像で黄色の円で示した地区。Kadawa 地区と同様、小区画水田灌漑稲作を実施してきたが、2017 年 6 月に NCAM チームが、インドネシア製耕耘機を使って、標準型水田に整備する訓練を実施した。収量は 2-3t/ha が 5-6t/ha に倍増した。写真の左上に赤線の区画で示した部分で、農民の実施している小区画水田の畔が見える。

SSA で区別可能な水田進化の諸段階（2）：2、4－6 段階

① 次頁の図の左上は Nigeria の Bida 市付近のカドナ川氾濫原に開発された Edozhigi 灌漑スキームの灌漑畝立て稲栽培の様子である（**第 2 段階**）。均平化はしていない（1 筆の水田の高低差は±10cm 以上ある）。この灌漑地では道路と水路のみを造成し、水田は整備しなかったので、灌漑非水田稲作（**第 1 段階**）、灌漑小区画水田（**第 3 段階**）が同居している。サトウキビ栽培も行われている。

② 次頁の右上の写真はインドネシア西スマトラ州の火山の裾野に開発された水牛耕による標準型水田。1 筆のサイズは牛耕が可能なレベルのサイズ（通常は 200m² 以上）で畔は頑丈で人間が歩くことが可能で、移植苗が 1 筆の水田に均一に移植可能なレベルまで均平化（±5-10cm の高低差）されている（**第 4 段階**）。ナイジ

ェリアでもスーダンサバンナ帯の Sokoto、Zamfara、Hadeija 灌漑スキームでは牛耕作により、この段階に達した水田と推定される、水田区画が、Google Earth 画像によりで確認できる。

③ 左下は Sawah Technology のうち谷地田農法の原型技術が生まれたころ 2000 年ガーナの Kumasi 付近の BiemsoNo.1 で耕うん機を使って新規開田した水田の均平化を実施している。1 筆の区画は通常 200m² 以上で、均平化度は±5cm 以下である。**第 5 段階**の水田の例である。

④ 右下は近年の日本で整備が進行中の大区画水田の例である。100mx100m の 1 筆 1ha、10000m² の区画である。レーザーレベラーを利用し、均平化度が±2.5cm 程度まで向上しており、水管理の精度が格段に向上している。草丈の小さい苗の移植、省力化を狙った直播栽培等では、必須の、次世代型の水田プラットフォームと言える、**第 6 段階**の水田である。

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±(5-10)cm, 2002年.

図:水田稲作進化の6段階のうちの2, 4, 5, 6

ガーナ、アシャンテイ州で「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.

表：SSAトップ32ケ国（2016-17年の生産量順位）の過去10年の籾生産増加量（2006-7年平均と2016-17年平均の差額（単位万トン）とSSA全体の増加量3139-1465=1674万トンに占める%。白と赤字は西アフリカ、ブルーは中東南部アフリカ諸国（FAOSTAT2019）

順位	国	2006-7年籾生産量	2016-17籾生産量	過去10年籾生産増	SSA全体に占める%	順位	国	2006-7年籾生産量	2016-17籾生産量	過去10年籾生産増	SSA全体に占める%
1	Nigeria	361	1061	700	42	17	Mauritania	8	23	15	1
2	Madagascar	354	346	-8	減少	18	GuineaBisau	12	19	7	<1
3	UR Tanzania	127	294	167	10	19	Togo	8	14	6	<1
4	Mali	107	278	171	10	20	Ethiopia	1	14	13	1
5	Guinea	137	218	81	5	21	Mozambique	10	11	1	<1
6	Cote d'Ivoire	66	209	143	9	22	Malawi	10	10	0	0
7	SierraLeone	83	148	65	4	23	Kenya	6	9	3	<1
8	DR Congo	32	96	64	4	24	Niger	6	11	5	<1
9	Senegal	19	79	60	4	25	Rwanda	6	11	5	<1
10	Ghana	22	70	48	3	26	Burundi	7	12	5	<1
11	BurinaFaso	9	36	27	2	27	Gambia	2	5	3	<1
12	Cameroun	7	36	29	2	28	Angola	0	6	6	<1
13	Liberia	20	31	11	1	29	Zambia	2	3	1	<1
14	Benin	7	29	22	1	30	Comoros	2	3	1	<1
15	Chad	11	26	15	1	31	Sudanformer	2	3	1	<1
16	Uganda	16	26	9	1	32	CentralAfricaR	4	1	-3	減少

上の表は 2019 年の FAOSTAT の 2006-07 年の平均籾生産量と 2016-17 年の平均の差額により、過去 10 年の籾生産の増加量を示した。表の順位は 2013-17 年平均に基づく順位である。SSA 全体では 1465 万トンから 3139 万トンと 2 倍以上、1674 万トン増産した。最大の貢献はナイジェリアで 700 万トン増産、SSA 全体の増加分の 42%の貢献である。第 2 位はタンザニアで 171 万トンの増産で全体の 10.2%の貢献、第 3 位がタンザニアで 167 万トン、10%の貢献。第 4 位は象牙海岸で 143 万トン、8.5%の貢献、第 5 位はギニアで 81 万トン、4.8%の貢献、第 6 位はシエラレオーネで 65 万トン、3.9%の貢献、第 7 位は DR コンゴで 64 万トン、3.8%の貢献、第 8 位はセネガルで 60 万トン、3.6%の貢献、第 9 位はガーナで 48 万トン、2.9%の貢献、第 10 位はカメルーンで 29 万トン、1.7%の貢献、第 11 位はブルキナファッソで 27 万トン、1.6%の貢献、第 12 位はモーリタニアで 23 万トン、1.4%の貢献、第 13 位がベニンで 22 万トン、1.3%の貢献であった。以上 13 ヶ国で 1600 万トンの増産、全体の 95.5%を占めた。タンザニアと DR コンゴを除く 11 ケ国が西アフリカ諸国であり、1348 万トンの増産で、SSA 全体の 80.5%の貢献であった。その他の西アフリカ諸国を含めると 1423 万トンの増産、SSA 全体の 85%の貢献であった。

ナイジェリアの 2013 年以降の大増産は、北部の Kebbi、Jigawa、Sokoto、Zamfara、Kano 州等における乾季稲作の推進が貢献した。とりわけ大規模灌漑地の無い Kebbi 州における農民の自力小型ポンプ灌漑水田開発が急拡大したことが貢献したと思われる。以下述べるように Kebbi 州だけで過去 10 年、SSA のタンザニア、マリ、象牙海岸、1 国に匹敵する以上の貢献をした可能性がある（Nigeria ではこれを Kebbi Rice Revolution と呼んでいる）。科研費により今後 3 年をかけて、科学的実証を行う予定である。

下の図は SSA トップ 8 カ国にエジプトを加えた諸国の 1961-2017 年までの籾生産の推移を示した。エジプトとマダガスカルを除くと、いずれの諸国も籾生産の増加は著しい。とりわけ 2005 年以降増産に加速度がついている。但し、ギニアと DR コンゴのデータの推移には人的な作為が認められる。

ナイジェリアの増産が顕著である。ナイジェリアの場合この間、2 つの大増産のピークが認められる。1980 年代に始まる増産は下図の収量の変遷から判断すると、栽培面積の増大と灌漑面積の増大による収量増の相乗作用によると考えられる。2015 年からの増産は 2013 年以降に本格的なった北部州、とりわけ Kebbi 州における数十万台の小型ポンプ（1ha に 1－2 台のポンプ使用）灌漑水田稲作の推進が寄与していると思われる。

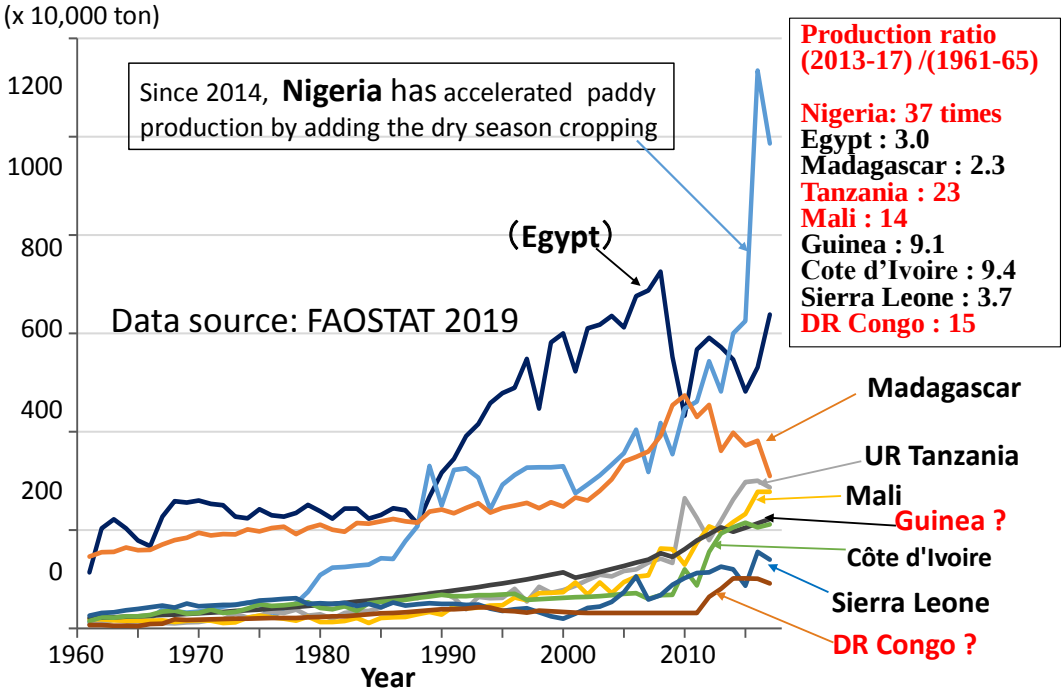


Fig. Paddy Production during 1961-2017 (Egypt and Sub Saharan Africa Rank 1-8 countries of paddy production)

収量の推移を示す次頁の図は SSA 諸国の水田プラットフォームの進化段階を反映している。

マダガスカルは Google Earth で観察すると主要な稲作地帯の水田は、アジア諸国の水田進化レベル、第 5 段階に達していることが分かる。

マリは Niono 灌漑プロジェクトサイトが主要な生産地であり、水田は第 5 段階に達している。Mopti 地域の内陸デルタや Sikasso 地域の内陸小低地も稲作地の面積を増やしているが第 1－3 段階が大部分である。

タンザニアはマダガスカルに次いで水田稲作の伝播が早く数百年の歴史があり、ビクトリア湖岸の Mwanza 地域ではスクマ人が進化段階 4－5 に達する水田を開発しており、この 10 年では南西部 Nbeya 地域で進化段階 4 の水田を開発している。Morogoro 地域では 1－3 段階が多い。

象牙海岸国は 1962－72 年に台湾が水田稲作技術者を 180 人派遣し、全国の 20 ケ所以上の地域で水田稲作の開発技術を農民、普及員、技術者、3000 人以上を訓練し、合計 5500ha の水田開発を行った。これをベースに象牙国ではほぼ全土の内陸小低地で水田開発が行われている様子が Google Earth で観察できる。
Bouake 地域にある AfricaRice 本部の Mbe の水田や北部の稲作中心地 Korhogo 地域の水田はすべて台湾の活動がベースにある。水田進化段階は 2－5 までが認められる。

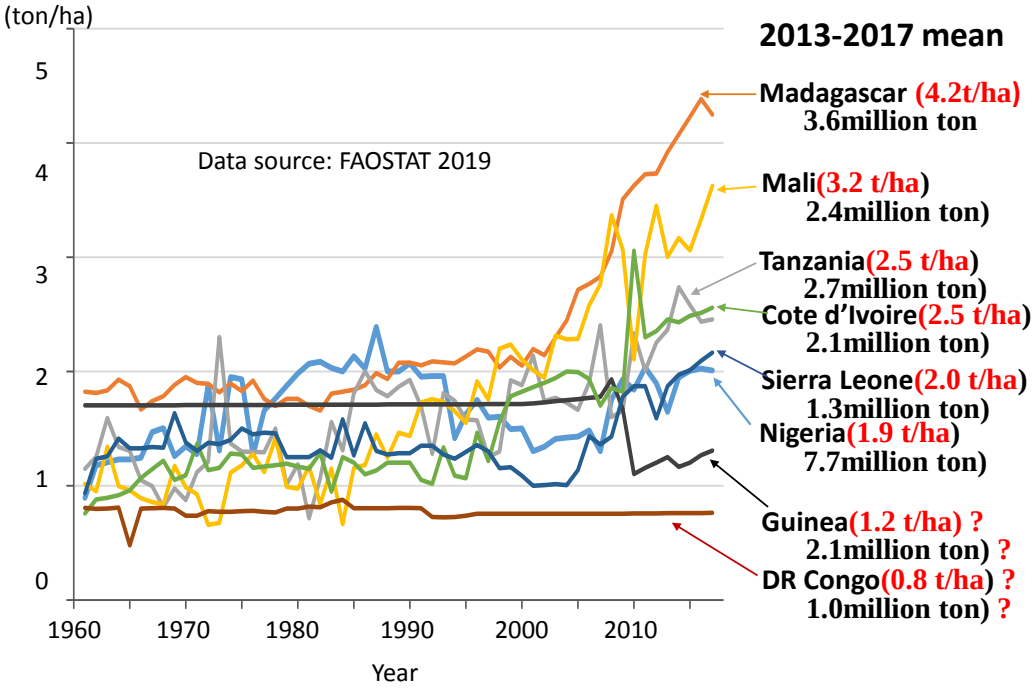


Fig. Paddy Yield during 1961-2017
(SSA Rank 1-8 rice production countries)

シエラレオーネも台湾が 1961－1977 年に 47 人の技術者を派遣し、1300 人の技術者と農民を訓練し、Makeni、Bo、Kennema 等 12 ケ所で 120ha の灌漑水田を開発した。しかし、象牙海岸国のような、その後の自力展開はなく、水田進化段階は 0－4 で、大部分は 0－2 段階にある。

ナイジェリアは極めて多様な進化段階の水田が混在している。第 6 段階のものとしては Olam 社が Benue 川氾濫原に開発した 6000ha の高規格水田（第 6 段階）、Kebbi 州の農民が自力で開発した数万 ha 以上のポンプ灌漑水田（段階 5 と 4）、Kano、Jigawa、Sokoto、Zamfara 州の政府が開発した灌漑小区画水田や畝立て水田（段階 2 と 3）、それに非水田湿地及び陸稲（段階 0 と 1）が Google Earth で観察可能である。

ギニアは北朝鮮が Kindia 付近で、フランスチームが Kissidougou 付近で、数十 ha 以下の水田開発訓練を行ったが、それ以外の地域への展開は認められない。隣国の Liberia では台湾が 83 人の技術者が 1957－77 年と 1998－2003 年に技術者を 100 名程度派遣し、3000 人の農民と普及員を訓練し、1000ha 規模の灌漑水田をオンザジョブ方式で開発した影響が、波及したと見られる水田が Google Earth 画像で確認できる。しかし、全体としての水田進化レベルは 0－2 の段階にある。

DR コンゴも台湾が 1964－72 年に Kinshasa 周辺、Kikwit、Bumba で小規模の灌漑水田開発のオンザジョブ訓練を行ったが、その後の展開は、同国の混乱、広大な国土故に、展開は認められない。水田進化の段階は 0－1 段階にある。

ケッビ稲作革命は科学的検証に耐える事実か？

下図赤丸に示すように、Kebbi州の延長400km、約50万haの氾濫原全域で2011－2017年の短期間で数万haの「農民の自力(**内発的**)灌漑水田開発」の実現を確信させるGoogle Earthの時系列画像を2017年に発見！した。2019年の画像ではさらに灌漑水田の面積は拡大し、水田進化のレベルが向上していることが、Kebbi州全域の氾濫原の全域に無数に認められる。以下の衛星画像に示すように、各農家の数haの土地毎に無数の水田区画が造成され、「農民の自力」開田であることが分かる。1haに1－2台の小型ポンプで地下水を灌漑する。

下の図の緑色で示すように、ナイジェリア北部のスーダンサバンナ帯とサヘル帯には広大な低湿地が分布している。あたかも、降雨がゼロのナイルデルタとナイル氾濫原に似たような、(沿海ではないが)、内陸デルタと氾濫原が分布している。地下水は10m以浅で携帯ポンプでくみ上げ可能であり、ナイルの氾濫と同様に定期的に氾濫し、地下水を涵養し、土壌肥沃度も回復するので、持続性の高い灌漑水田稲作が可能である。

下の図に示すように、2012 年まで Kebbi 州の面積は 5 万 ha 規模で収量は 2t/ha 程度であったが、2012 年から 2017 年ころまでの 5－6 年間で、灌漑水田が 15 万 ha、籾収量 5t/ha に達したであろうか？これを裏付ける事実はあるか？

西アフリカで最大規模の灌漑水田が整備されているマリのニオノプロジェクトは Office du Niger により開発管理されてきた。1920 年代に開始され 1995 ころまでは約 5 万 ha の作付けされも籾収量は 2.5t/ha 以下に留まっていた（水田進化段階 2－3 と推定される）。その後 2000 年までの 5 年程度で、水田整備が進み（水田進化段階 4－6）、又、農民への水田稲作技術の訓練により 5t/ha という収量水準に達した。その後 2019 年現在まで水田整備が進み現在では 10 万 ha の水田が整備され、年間 20 万 ha の水田稲作が行われている。1ha の開田コスト 2 万ドルとすると全投資規模は 4000 億円以上となる。

しかし、Kebbi 州の 20 万 ha の水田開発に必要な資金は携帯ポンプ 40 万台（1 台 250 ドル）で 100 億円、耕

運機 2 万台（1 台 3500 ドル）で 70 億円にすぎない。合計 170 億円が必要な総投資額である。アフリカ水田農法 Sawah Technology のような技能を持つ Kebbi 州の農民が 5 万人いれば、耕運機 1 台で年間 5-10ha は開田可能なので、5 年程度の短期間でも実現可能と思われる。問題は 5 万人の農民にどのようにして Sawah Technology 訓練を実現するかにある。

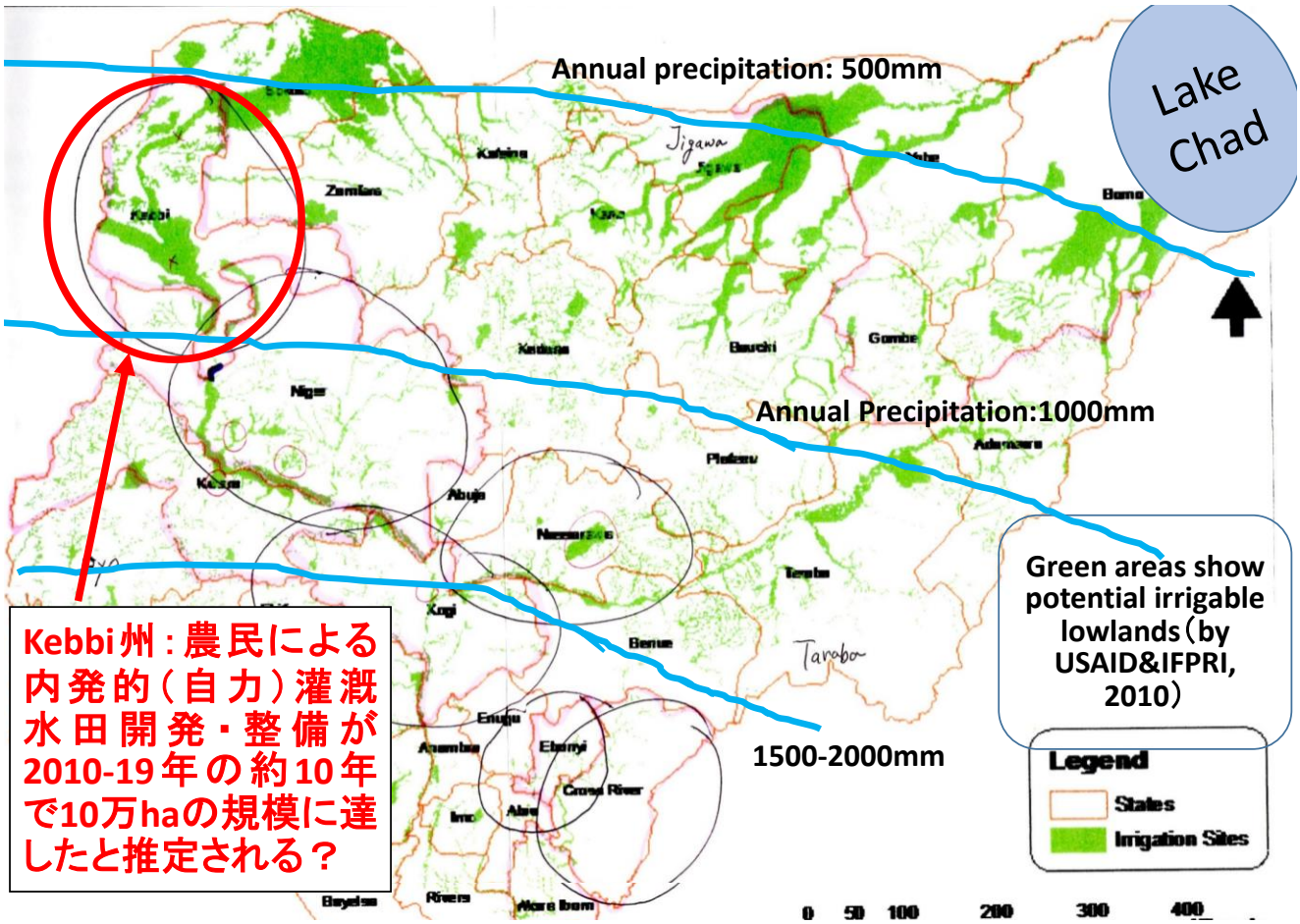


Fig.19. Major lowlands distribution in Nigeria (USAID and IFPRI, 2010)

Kebbi Rice Revolutionは農民の自力灌漑水田開発。実装スケールに達したSSA最初の内発的発展モデルとなるか？

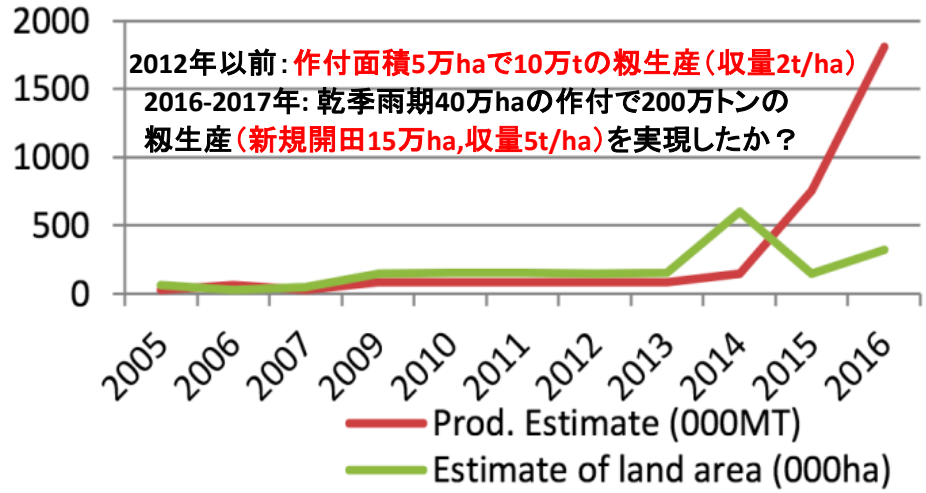


図. ケッビ州における籾生産と稲作地面積の2005-2016年までの推移。
Trend of Rice(Paddy) Production and Land Area in Kebbi State. Data Source: Kebbi State Agricultural Development Project (2017), By Bello Shehu and Abubakar Lolo, 2017, Promoting Rice Productivity in Kebbi State: Linking Data and Policy , USAID, Michigan State Univ, IFPRI, and FMARD)

アフリカ水田農法 Sawah Technology の訓練（2011－15 年）以前のケッビ州の水田稲作の進化段階：灌漑畝立て稲作（段階 2）と小区画水田稲作（段階 3）

上の写真で示すように、2011 年時点のケッビ州の氾濫原では水田進化段階 3 や 2 の小区画水田や畝立て水田稲作が、氾濫のない雨期を中心にポンプ灌漑水田稲作が、全体の氾濫原面積 50 万 ha の 10%程度で行われていた。但し、Arugungu や Jega 地域では 50%、Birinin Kebbi 地域では 10%程度、その他の地域では 5%以下であったと推定される。

上の左下の写真は 1987 年 12 月撮影のアフリカ稲の栽培地で、進化段階 1 の非水田稲作が一般的であった。雨季には深水稲栽培も Birinin Kebbi 付近を中心、行われていた。

2011－15 年にアフリカ水田農法 Sawah Technology オンザジョブ訓練をケッビ州 6 地域、Arugungu、Birinin Kebbi、Jega、Sangelu、Suru、Bagudo で実施した（下の図）。

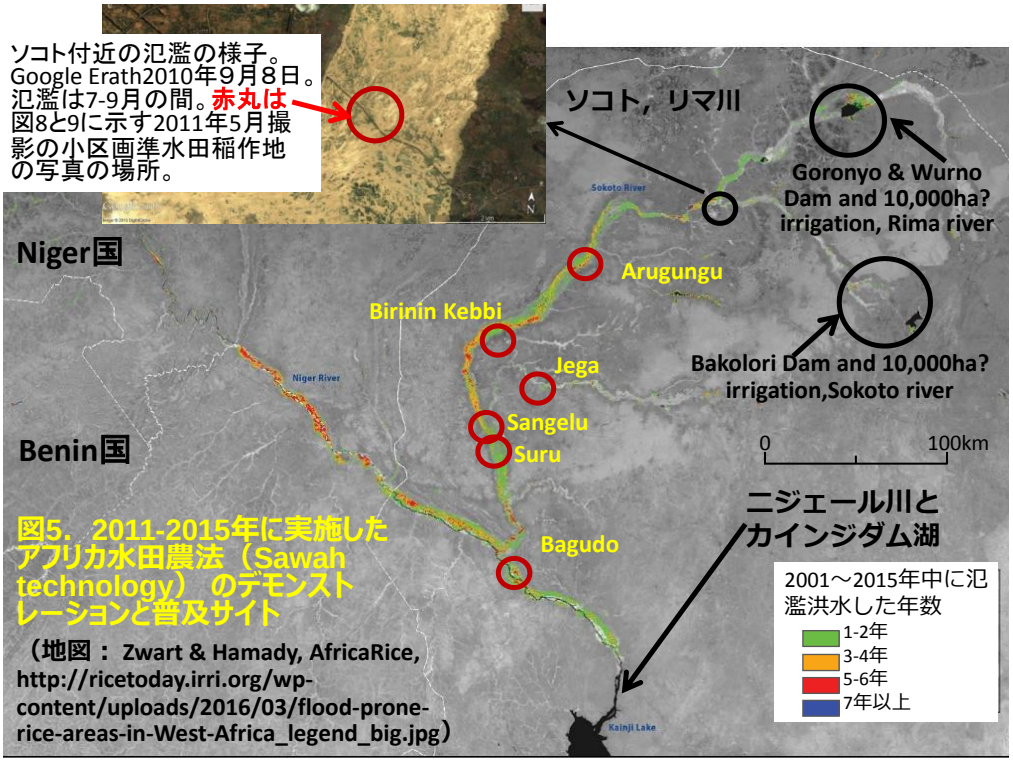
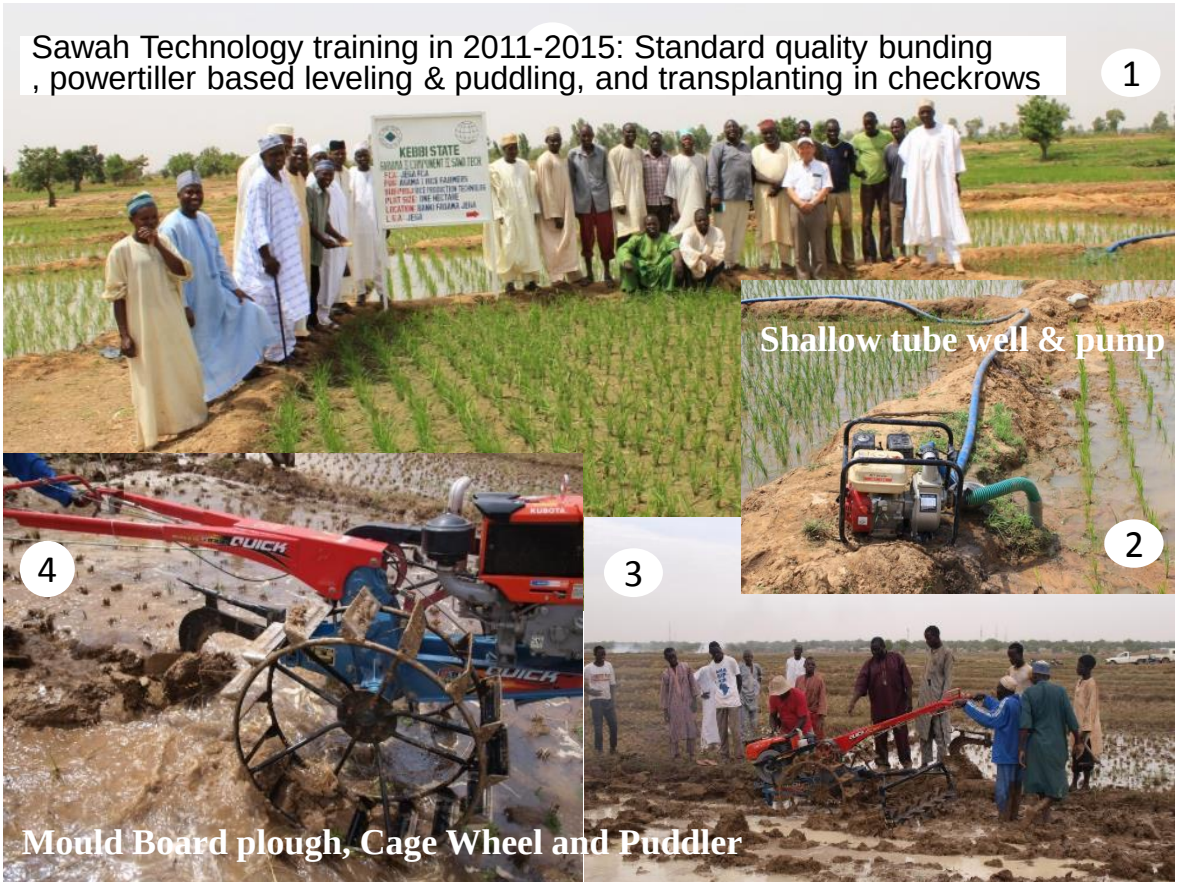


図5．2011-2015年に実施したアフリカ水田農法（Sawah technology）のデモンストレーションと普及サイト

（地図： Zwart & Hamady, AfricaRice, http://ricetoday.irri.org/wp-content/uploads/2016/03/flood-prone-rice-areas-in-West-Africa_legend_big.jpg）

2010 年に世界銀行の支援する Fadama III プロジェクトと近畿大学と NCAM（Nigeria 国立農業機械化センター）で MOU を結び開始した。2011 年 3 月に小型耕耘機を 2 台、科研特別推進研究（近畿大学）の予算で、供与し、農民の小区画水田あるいは畝立て水田を 100mx100m（1ha）のサイズで標準的水田（進化段階 5）に開発整備するデモンストレーションとオンザジョブ訓練方式で、2012 年 12 月までで、Arugungu、Birinin Kebbi、Jega の 3 地域で、合計 18ha のレベル 5 の水田を開発した（下の表 2）。

訓練の内容は水田のサイズの拡大、人間が歩行可能で漏水のない強化した畔作り、均平化度±5cm の水田造成、健苗の正常植え等である。携帯ポンプによる水管理は農民の管理方式を採用。図では 2015 年に供与したインドネシア（クボタ）製のプラウとレベラーとパドラー型とケージホエール付の耕耘機を示したが、2011 年に供与した耕耘機は中国の Dong Feng 社製のロータリ型耕耘機とアンチスキッドホエール付を使用した。インドネシア製の耕耘機のほうが、ぬかるんだヤブ状の湿地でも沈みこまず、ブッシュや草でもスタックしにくく、畔や水路の造成や均平化機能は Dong Feng 社製より格段に水田開発整備機能の点で優る。



Kebbi 州における技術移転と普及の成果は下の表 2（Yeldu 2014）に示した。2012 年 4 月までで、科研の特別推進研究で供与した 2 台の耕耘機を使い、農民グループが Arugungu、Birinin Kebbi、Jega、Suru、Bagudo の 5 地域で 18 ケ所、各々1ha、計 18ha の自力水田開発（小区画準水田を標準的な水田に改良）を行い、合計 128 トン（平均籾収量 7.1t/ha）を実現した。その後農民は 20 台の耕耘機を自費購入し 2014 年 5 月末までの乾季水田稲作面積を 199ha に拡大し、1260 トン（6.3t/ha）の籾生産を実現した。以上の成果を受け州政府は 1000 台の耕耘機を購入し、2015 年 5 月から 1 万 ha 規模の農民の自力水田整備プロジェクトを開始した。州政府購入の中国製耕耘機の性能が悪かったこともあり、補助金付きの州政府購入の耕耘機ではなくて、その後も州政府とは別に、農民の自力による耕耘機の購入と水田開発と整備も拡大した。ナイジェリア Sawah チームは 2012 年 11 月と 2014 年 6 月には現地における水田開発の進行の調査、又、2015 年 7 月にはインドネシア（クボタ）KHS 社のモールドボードプラウ（Mould board Plough）、パドラー（Puddler）、レベラー（Leveler）を装着して泥湿地対応のケージホイール（Cage Wheel）付きの耕耘機訓練を供与しながら、農民の自力水田開発を促進する技術指導も実施した（上の図）。

しかしながら、2014 年以降のケッビ州全体における水田稲作がどのように展開しているのかは、2017 年の 8 月に Google Earth 画像で確認するまでは、全く不明であった。今回、科研費国際共同研究強化(B)「農民の自力水田開発によるナイジェリア、ケッビ州の稲作革命に関する学術調査」を 2018 年 10 月－2021 年 9 月の予定で実施する。今回は 2019 年 1－2 月に実施した、ナイジェリアケッビ州の Suru と Sangelu 地域の氾濫原稲作の予備調査結果を報告する。

表2. 2011年3月－2014年4月のKebbi州でのアフリカ水田農法Sawah Technologyの普及

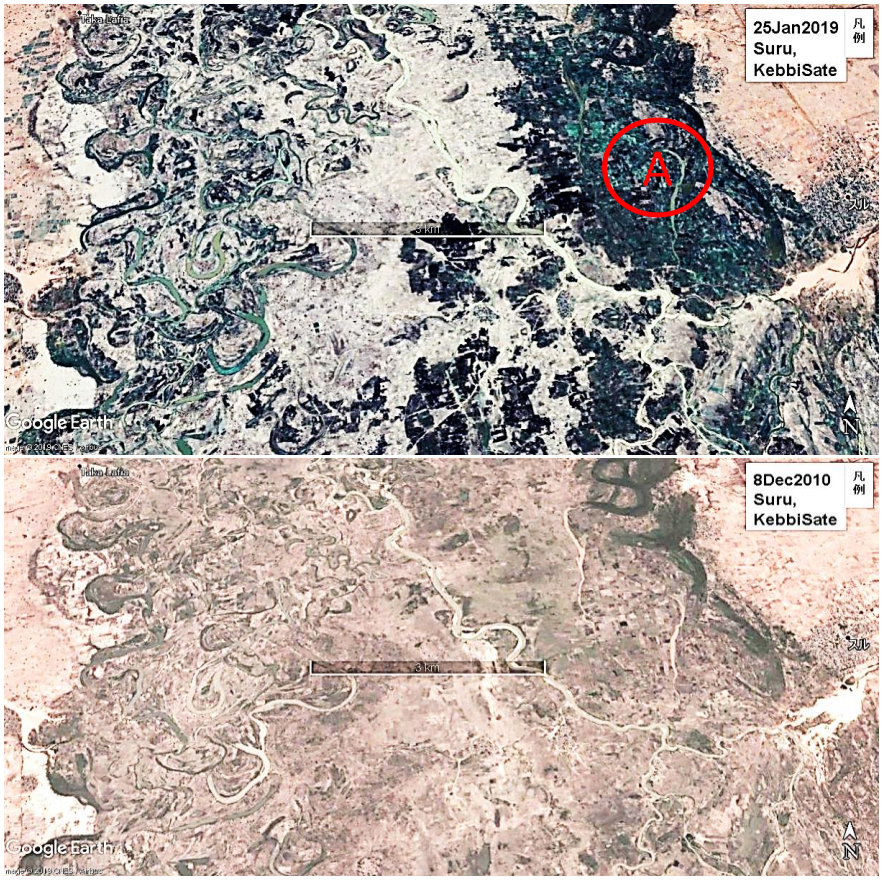
1. 近畿大学/ナイジェリア国立農業機械化センター（NCAM）によるデモンストレーションと訓練（2011年3月-2012年4月に実施）

地方自治体	農場	耕耘機（台）	総開田面積（ha）	生産量（100kg袋）	籾収量（トン/ha）
Arugungu*	共用	2（共用）	6.5	487.5	7.5
Birinin Kebbi*	共用	2（共用）	3.5	227.5	6.5
Jega*	共用	2（共用）	8	560	7
合　計		共用	18	1275	7.1**

＊ デモンストレーションと普及活動は州内の中核稲作6地域で実施した。位置は図5参照。Sangeluでの収量調査はしていないが普及活動はKebbi当局が実施した。
**平均値

		2. アフリカ水田農法の拡大、2012年4月-2013年10月				3. 2014年乾期の米生産、2013年11月-2014年5月			
州内の地方自治体	農場	耕運機（台）	総開田面積（ha）	生産量（100kg袋）	籾収量（トン/ha）	耕運機（台）	総開田面積（ha）	生産量（100kg袋）	籾収量（トン/ha）
Arugungu*	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
Birnin 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
合　計		22	131	8440	6.4**	22	199	12595	6.3**

Kebbi 州の Suru 地域の Rima 川氾濫原の 2019 年 1 月 25 日と 2010 年 12 月 8 日の Google 画像の比較と、2019 年 1 月 30 日－2 月 5 日における、A地点の実地予備調査



上は、我々の予備調査時期（2019年1月30日－2月5日）と殆ど同じ2019年1月25日撮影のGoogle Earthの画像。黒く写っている部分で乾季（12月－5月）の水田稲作が実施されていると仮定しての予備調査実施。この画像に写る氾濫原の面積は約8000haであり、そのうちの20－30％（約2000ha)に水田稲作が実施されと推定。

上は、2016年2月の拡大したGoogle画像。下は2010年12月。撮影サイズは約150ha。2016年の時点でほぼ全面に水田が整備されている。

下の2010年12月時点の画像では水田は殆ど存在していない。約1haの個々の農民の土地利用区分が観察される。一部で水田区画整備が開始されたことが分かる。

2019年2月4日，A地点周辺の農民が使用した中国製耕耘機。自力開発ポンプ灌漑水田。ナイジェリア農業機械化センターSawah プロジェクトリーダーSegun氏と農民。

2019 年 1 月 30 日－2 月 5 日に実施した現地予備調査により、上の写真に示したように Google Earth 画像に写る無数の区画は進化段階 4－5 の水田であることが確認できた。又、農民へのヒヤリングによりこれらの水田は 2012 年以降に Suru 地域に農民が自力により、中国製の耕耘機も使用しながら、開発したことが確認できた。この地域の氾濫原の面積は 8000ha あり、Google 画像で水田と推定される部分の面積は氾濫原全体の 20－30%で約 2000ha に達することも確認できた。詳細な定量的な面積推定は今後順次実施する予定であるが、ケッビ州全体の氾濫原における携帯ポンプ灌漑水田面積は 10 万 ha 規模に達していることが推定される。この地域は外務省の渡航情報危険レベル 3 であったので、本演者は直接現地調査はできず、2011－15 年に Kebbi 州で Sawah Technology の訓練と普及実施の責任者である NCAM（ナイジェリア農業機械化センター）の Dr. Segun Y. Adimiluyi 氏とそのチームメンバーが実施した。記して、謝意を表したい。

SSA を横断するサヘル帯に分布する内陸デルタと氾濫原はアフリカの中核的稲作地帯になる可能性が高い：ナイルデルタの氾濫原農法をベースにして SDG 達成の中核戦略に成り得る。

下の図に示すように砂漠化の最前線と評価されたサヘル帯にナイルデルタ（300 万 ha）と氾濫原(100 万 ha)と土壌肥沃度と水文環境とその他の気候が類似する多数の広大な内陸デルタと氾濫原が分布する。下の図に示めすようにセネガル川流域、マリの内陸デルタ、ナイジェリアのケッビとソコト及びカノ川や Hadejia 川流域等、様々な進化段階の水田がゆっくりあるいは急速に開発が進行中である。

現時点ではチャド湖周辺、スーダンや南スーダンでは内戦や紛争により持続可能な開発は困難であるが、これらの紛争や内戦が収まれば、これらの地域でのアフリカ型水田農業のポテンシャルは極めて高い。これらの地域における持続可能な水田開発は、農業発展の起爆剤となり、適切な経済発展を促し、内戦や紛争の芽をつぶし、平和構築に寄与するもの期待される。

Nigeria NCAM をリーダーとする Sawah Technology チームは 2015－17 年にアフリカ最大の内陸デルタであるチャド湖周辺で IOM（国際移住機関）と組んで水田開発による移住難民の定住化をスーダン国境の Tissi、中央アフリカ国境の Haraze、チャド湖東岸の Baga Sola 地域で試みて、農民や難民による自力水田開発と水田稲作が大きなポテンシャルを有することを、それぞれの地域で数 ha 規模と小さいが、実証した。SSA における SDG の達成の中核戦略に成り得る地域となる。

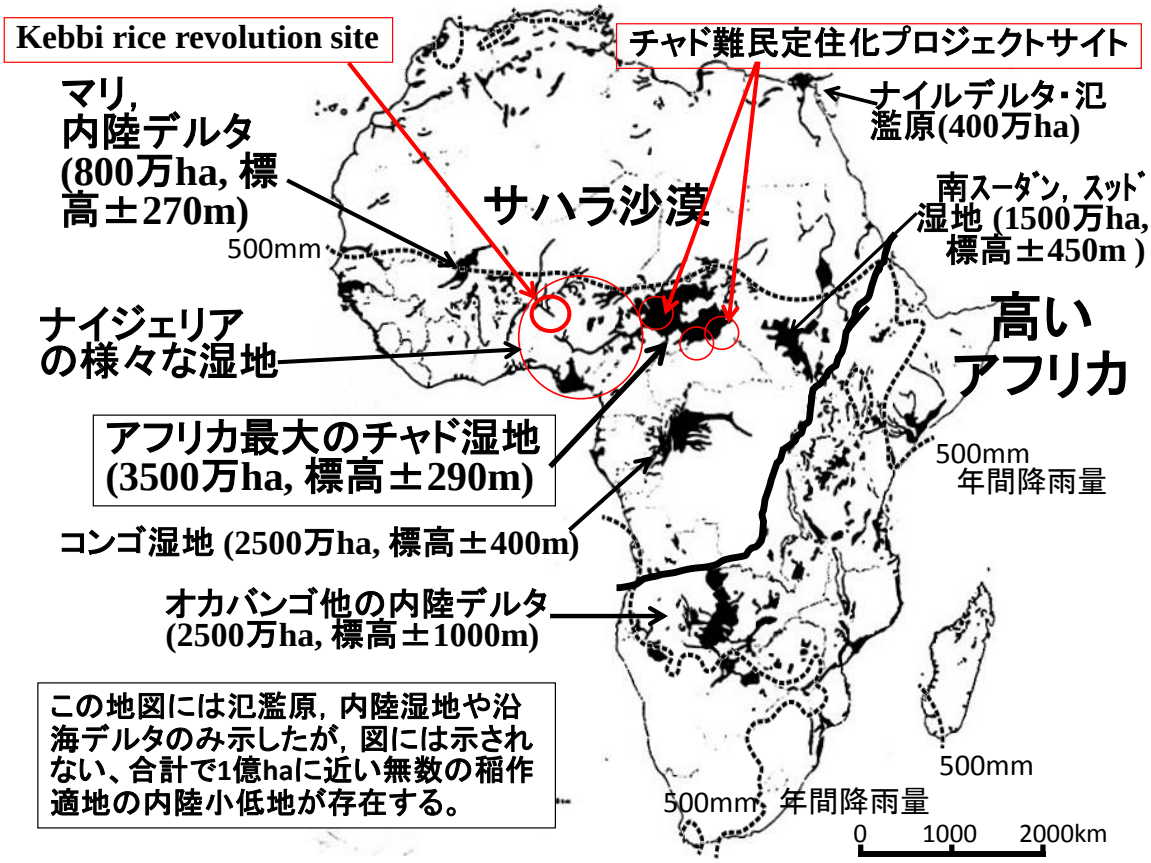


図 内陸部の種々の標高に分布するアフリカの湿地（Van Dam and Van Diepen 1982）