

ギニヤ高原の森林破壊による焼畑地と 陸稲栽培(2003)



何故、アフリカでは農業研究の成果
が農民に受け入れられなかったか？

Sawah技術イノベーションの社会実装によるアフリカ稲作革命の実現
若月利之（近畿大学農学部、現在、島根大学）

ヤブ状態のガーナの低地稲作地(2008年)

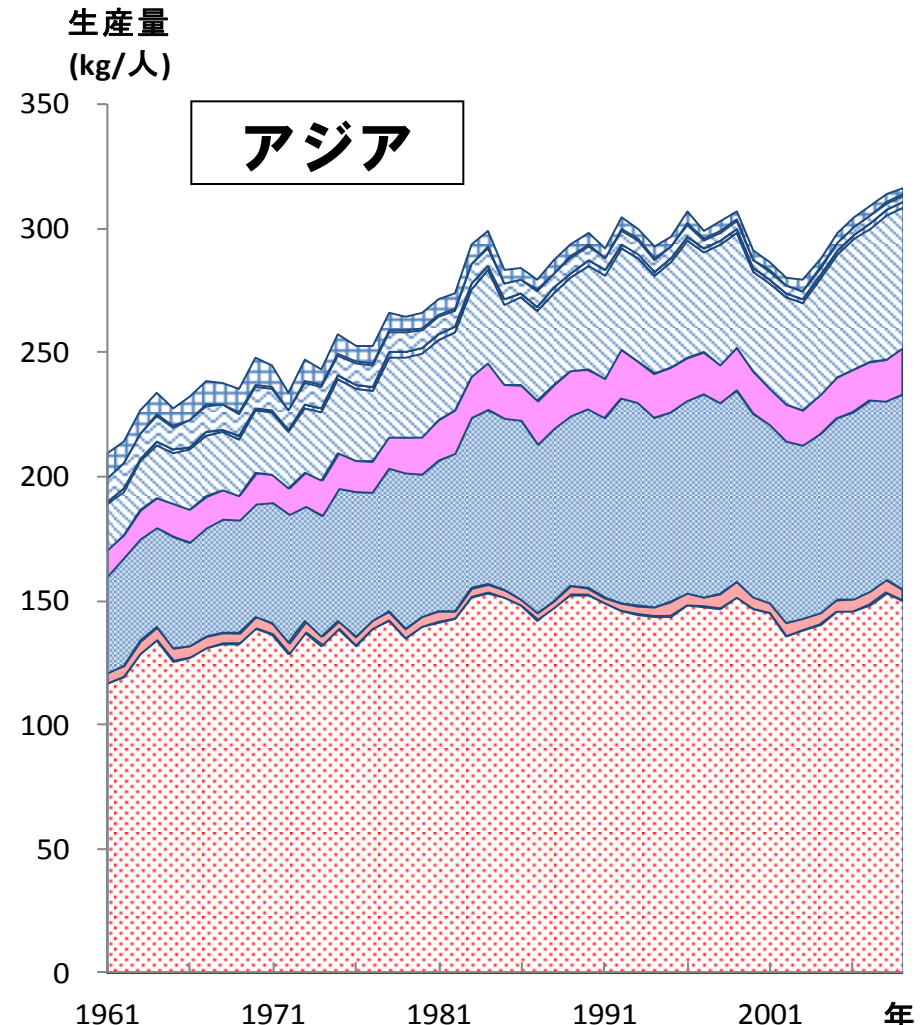
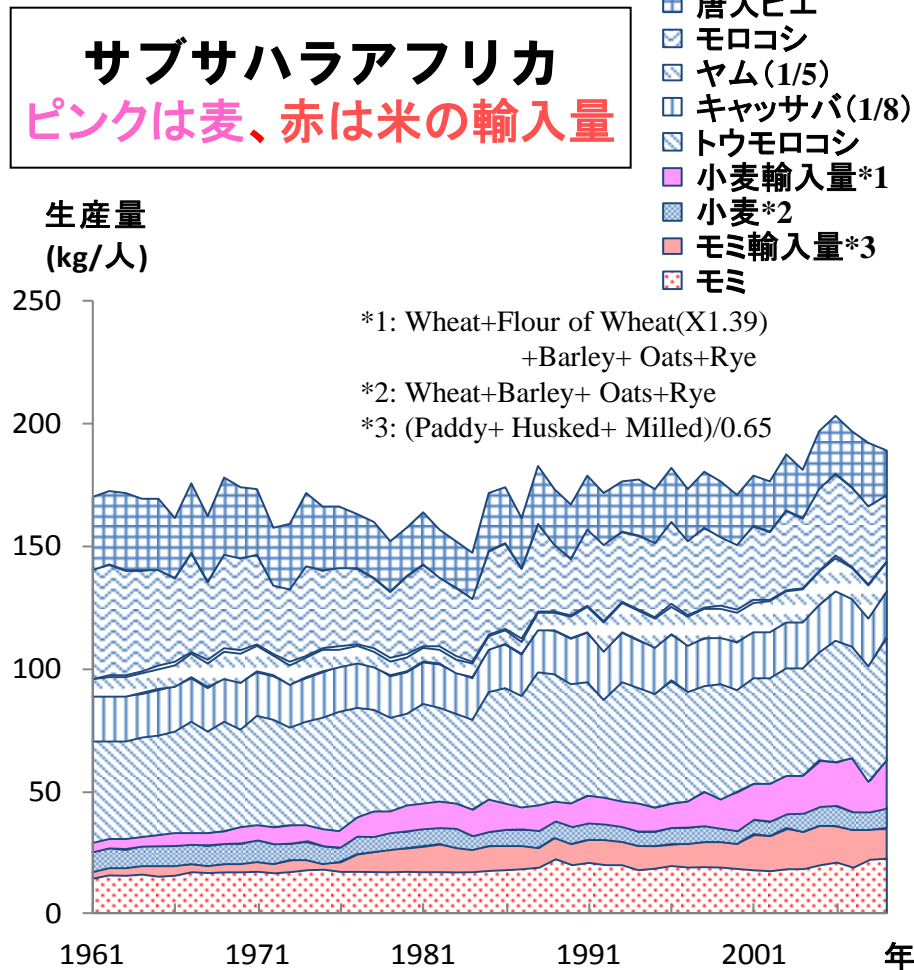


中国雲南の棚田(大塚, 2004), 数百年以上の歴
史的時間をかけて農民が自力整備



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

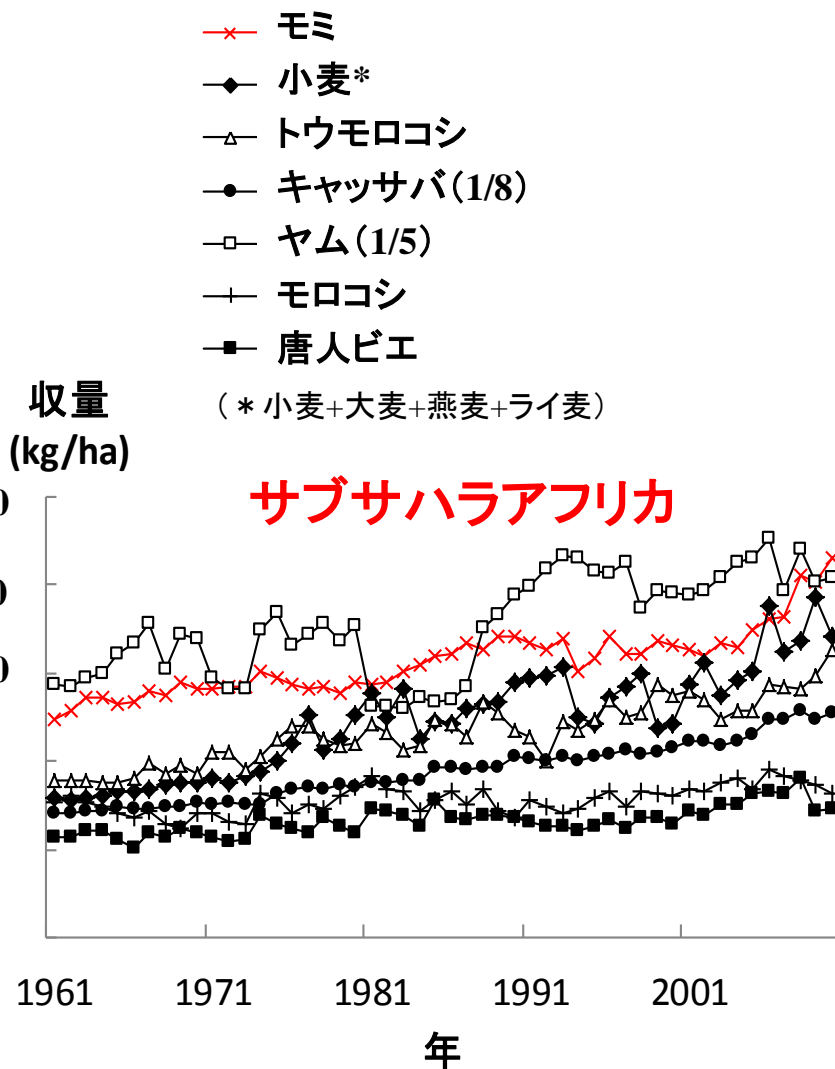
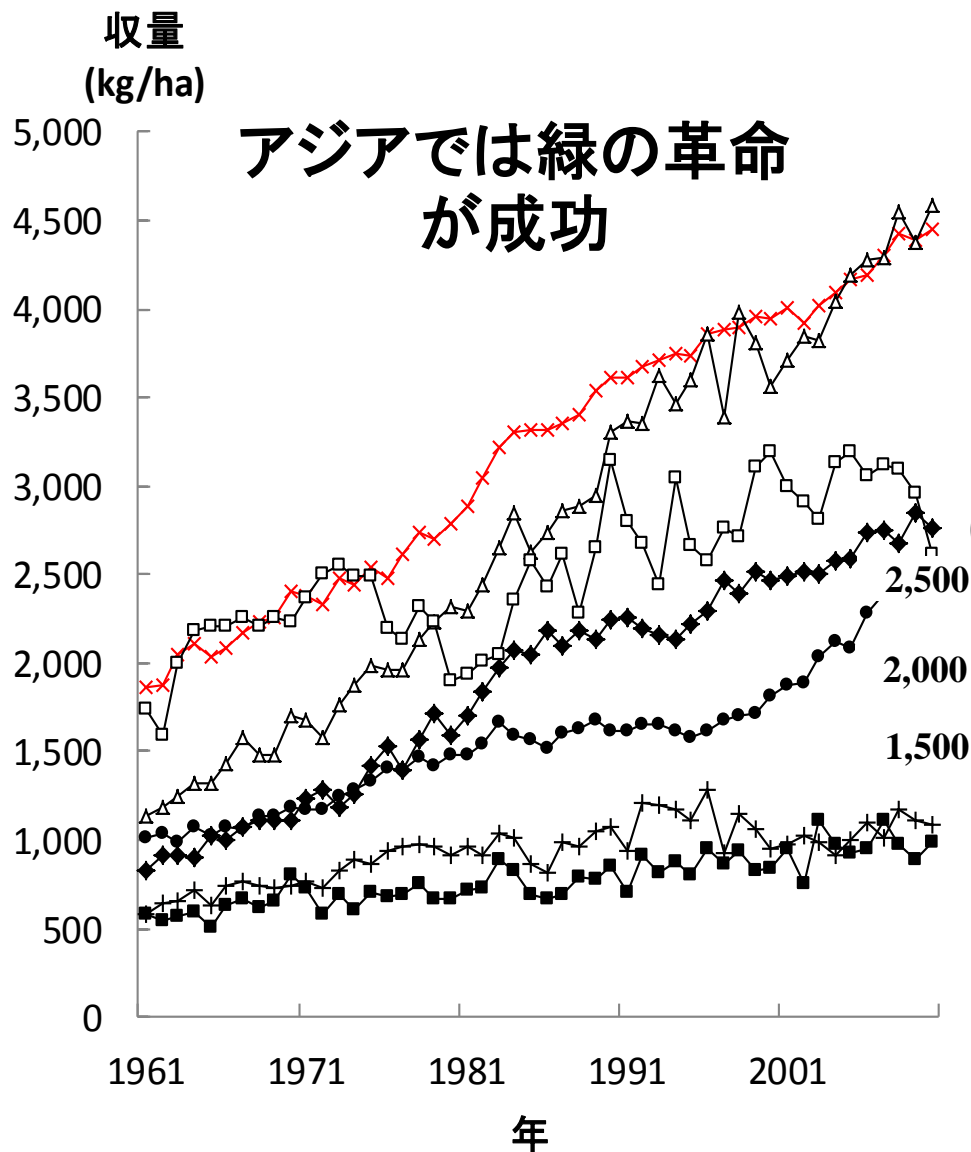
サブサハラアフリカ(SSA)の過去50年の一人当たりの全穀物生産量(kg/人(コメと麦とヒエとモロコシ以外は穀物等量に換算して積算) をアジアと比較 (FAOSTAT2012)



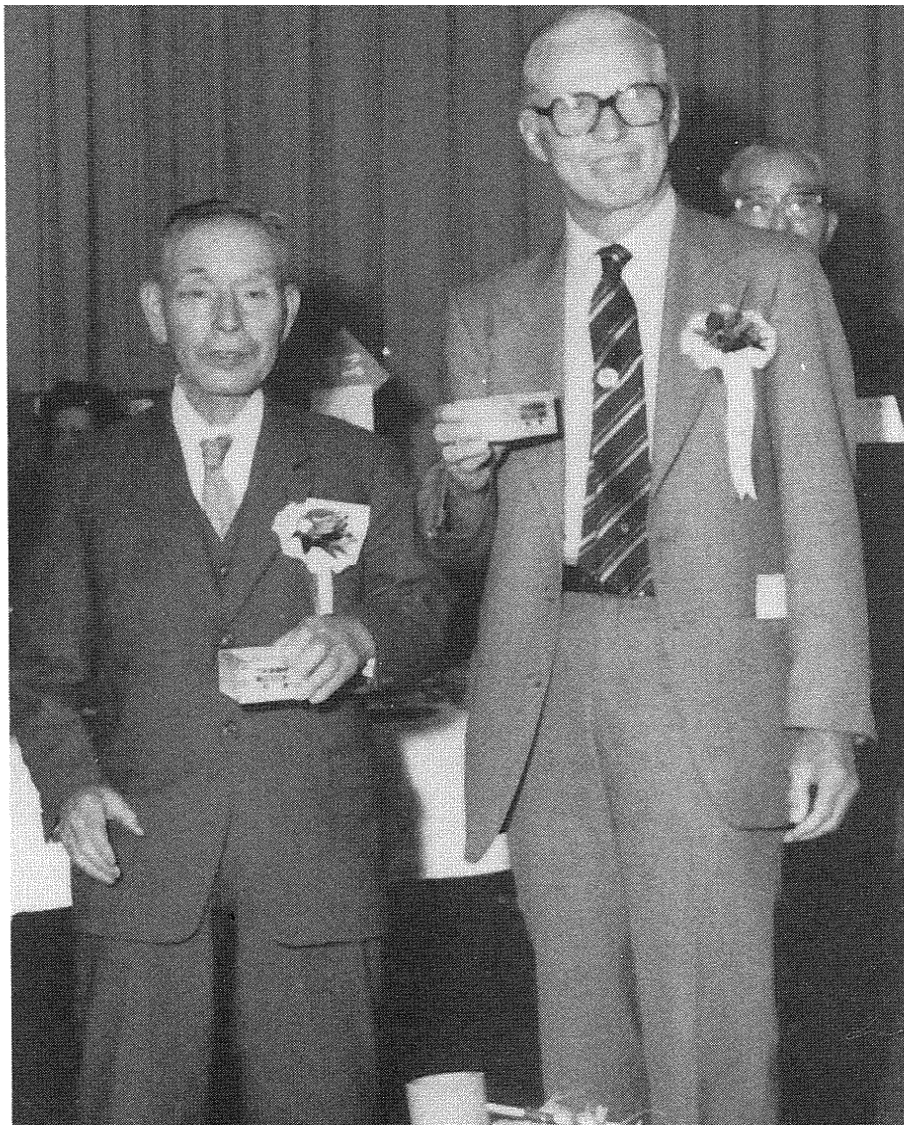
アジア・アフリカの一人当り全穀物生産量は50年前は200, 170kg。50年後アジアは300kgに増加、アフリカは170kgで停滞。伝統作物のミレット(唐人ビエ)とソルガム(モロコシ) 雑穀類の生産量は近年減少した。メイズと米の生産量は増加。又、米と麦の輸入が急増。麦の生産ポテンシャルは小さいが、米のポテンシャルは大きい。特に、西アフリカで大きい。

いろいろな作物の過去40年の収量の変遷 (FAOSTAT 2012)

アジアでは収量は倍増したがサブサハラのアフリカでは停滞している



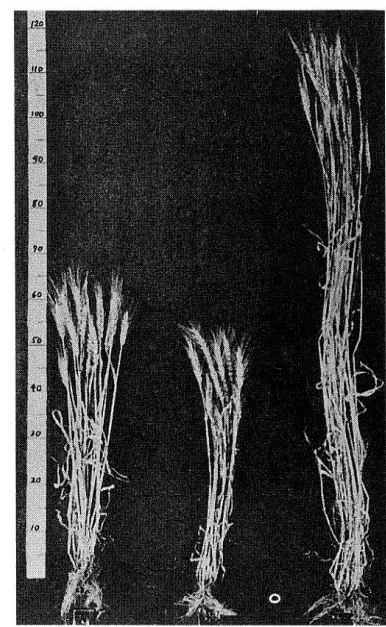
1960-70年代の緑の革命の起源は稲塚権次郎氏の開発した農林10号



(千田 1996年より)

右側: Turkey Red
中央: Fruit DARUMA
左側: 農林10号
1935(昭和10年育成)
この育種コンセプトは
国際稲研究所のIR-8の
開発(1965年)に適用。

ボーログ氏は1970年
ノーベル平和賞を受賞



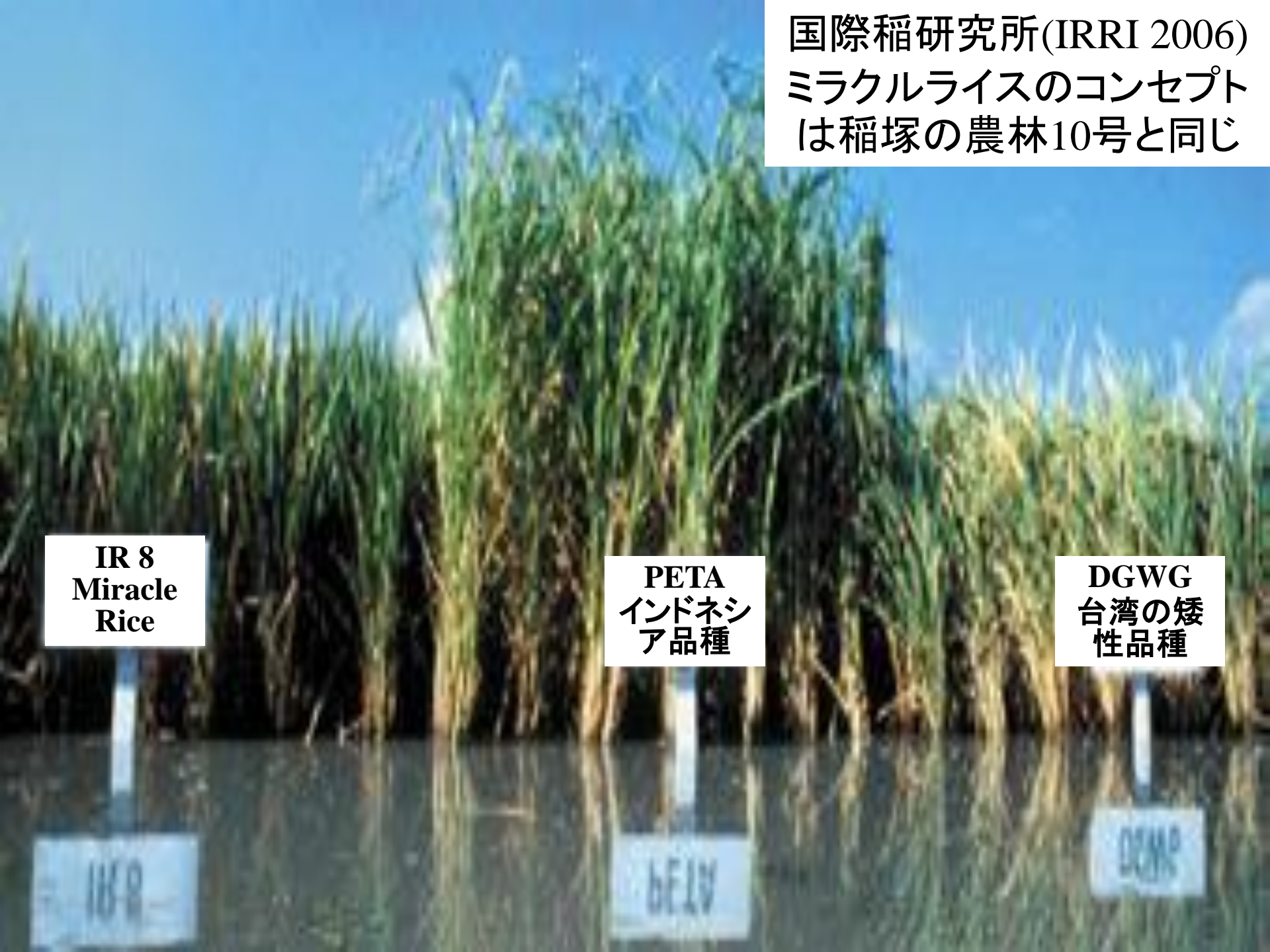
1935年稲塚権次郎氏育成の矮性遺伝を持つ農林10号は戦後すぐ
米国占領軍の科学者を経てN.ボーログ氏の手に入り、これが母種
となり1957年には14種類の高収量品種(HYV)が育成されCGセンターが発足した。

国際稲研究所(IRRI 2006)
ミラクルライスコンセプト
は稲塚の農林10号と同じ

IR 8
Miracle
Rice

PETA
インドネシ
ア品種

DGWG
台湾の矮
性品種



米

トウモロコシ

小麦

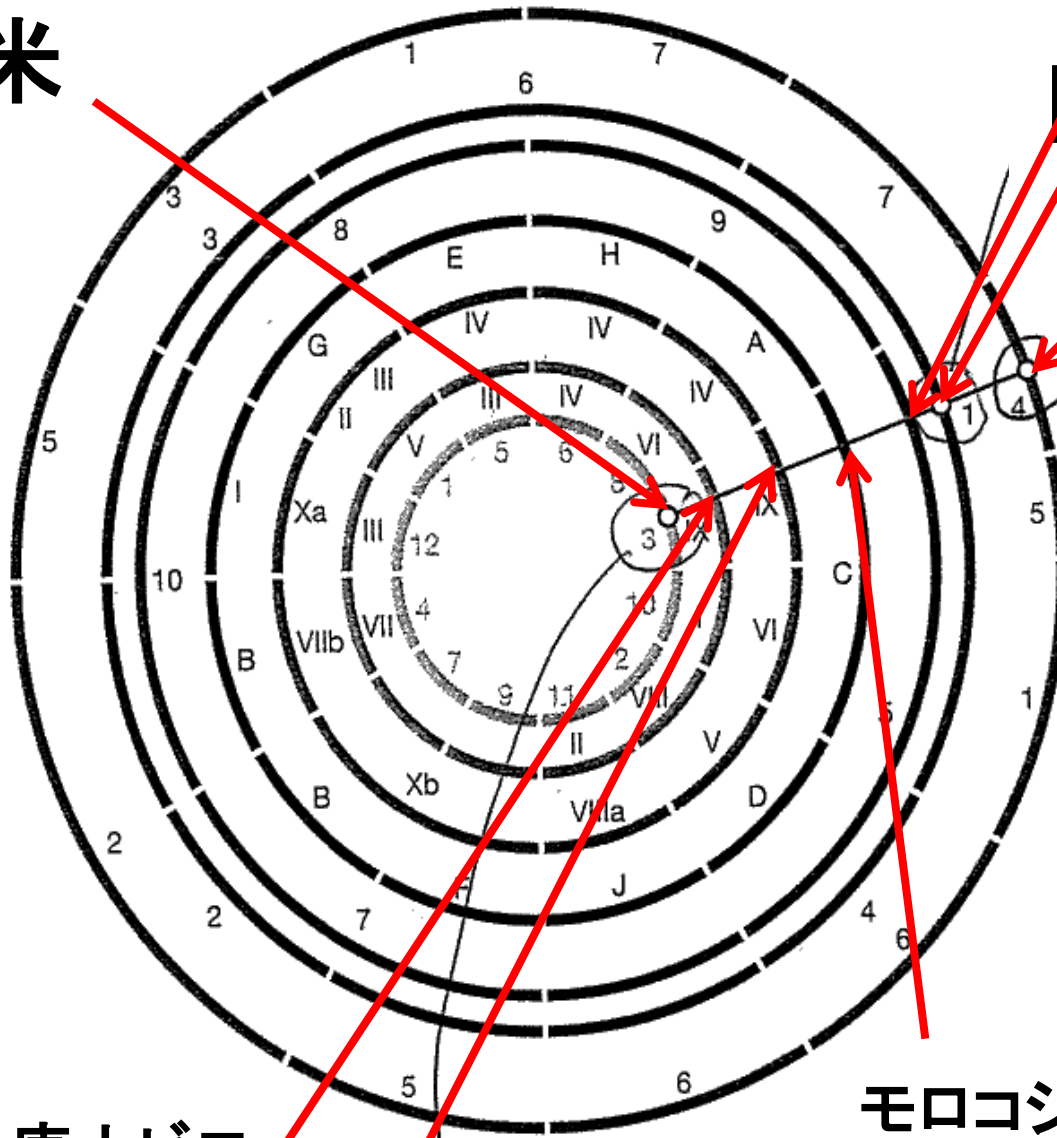
アジアとラテンアメリカに緑の革命をもたらした半矮性遺伝子 Sd 1は稲、小麦、トウモロコシで共通、恐らく他の雑穀でも共通であろう。(Matsuoka 04)

70年後に日本の篤農技術が科学的に裏付けられた。が、その技術の適応を可能にした基盤(プラットフォーム)である水田システムの重要性は世界的には理解されていない。

唐人ビエ
サトウキビ

モロコシ

(松岡信 2004) Sd1=Semi-dwarf 1



ヤブ状態のガーナの低地稲作地



**水田仮説(I): 科学技術を適応するには前提となる条件が存在する(車一道路のよう
に):** 稲に限らず、トウモロコシ、ソルガム、キャッサバも同様。農地基盤が整備分類
区画、線引き、されることが条件。どんなに良い品種でも、このような栽培環境では
能力を発揮できない。施肥も無駄になる。当然、土や水の保全管理もできない。



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



フェンスで囲まれた1000haの国際熱帯農業研究所(IITA)周辺のGoogle衛星写真。(A:) 周辺の農家圃場。(U) 等高線で整備された畑地。(S) 水田Sawah, (P): 灌漑池, (F) IITA内の再生森林

混沌とした農家圃場:不均質で多様な生態環境が混在し、区画がない。多様な作物の作付、多様な品種、多様な混作体系で多種の雑草も存在。

1. 圃場環境の改良は困難。
2. 農民圃場の所有権は重層的で多様な人々とコミュニティによる共有型である。
3. **市場価値のあるポストハーベスト技術は適用不可能。**

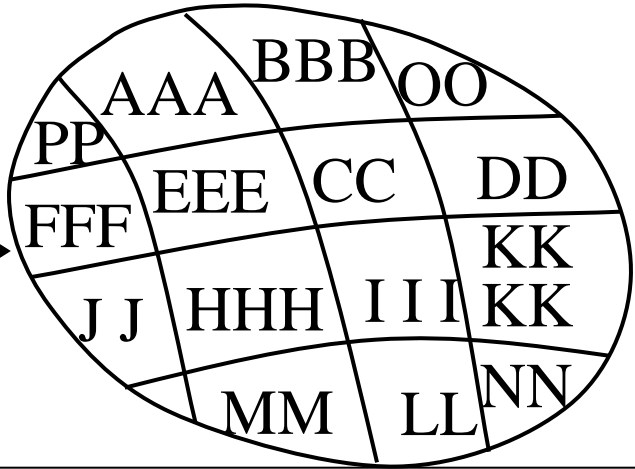
生態工学的に整備した水田区画:個々の水田は多様であるが、似た地形面の環境毎に区画されている。地形面に応じて区画された圃場面は比較的均質で、水文条件も似ており、水管理が可能である。

1. 各圃場は毎年の改善の継続で改良が可能。
2. 土地の測量と登記も可能になり、私的な所有権と管理権が促進される。
3. **規格化された籾生産が可能、種子増産も容易。**

緑の革命は不可能



肥料や地力維持技術、灌漑技術、高収量品種等の緑の革命技術は適用できない。



科学技術の共通基盤(プラットフォーム)としての水田:農地基盤が整備分類区画され科学技術の適用が可能になる。

図2.水田仮説 I: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:緑の革命の3要素技術を適用するための前提条件は、生態環境が区画され分類され、品種改良のように、生態環境も改良できる水田的な圃場が存在すること。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。

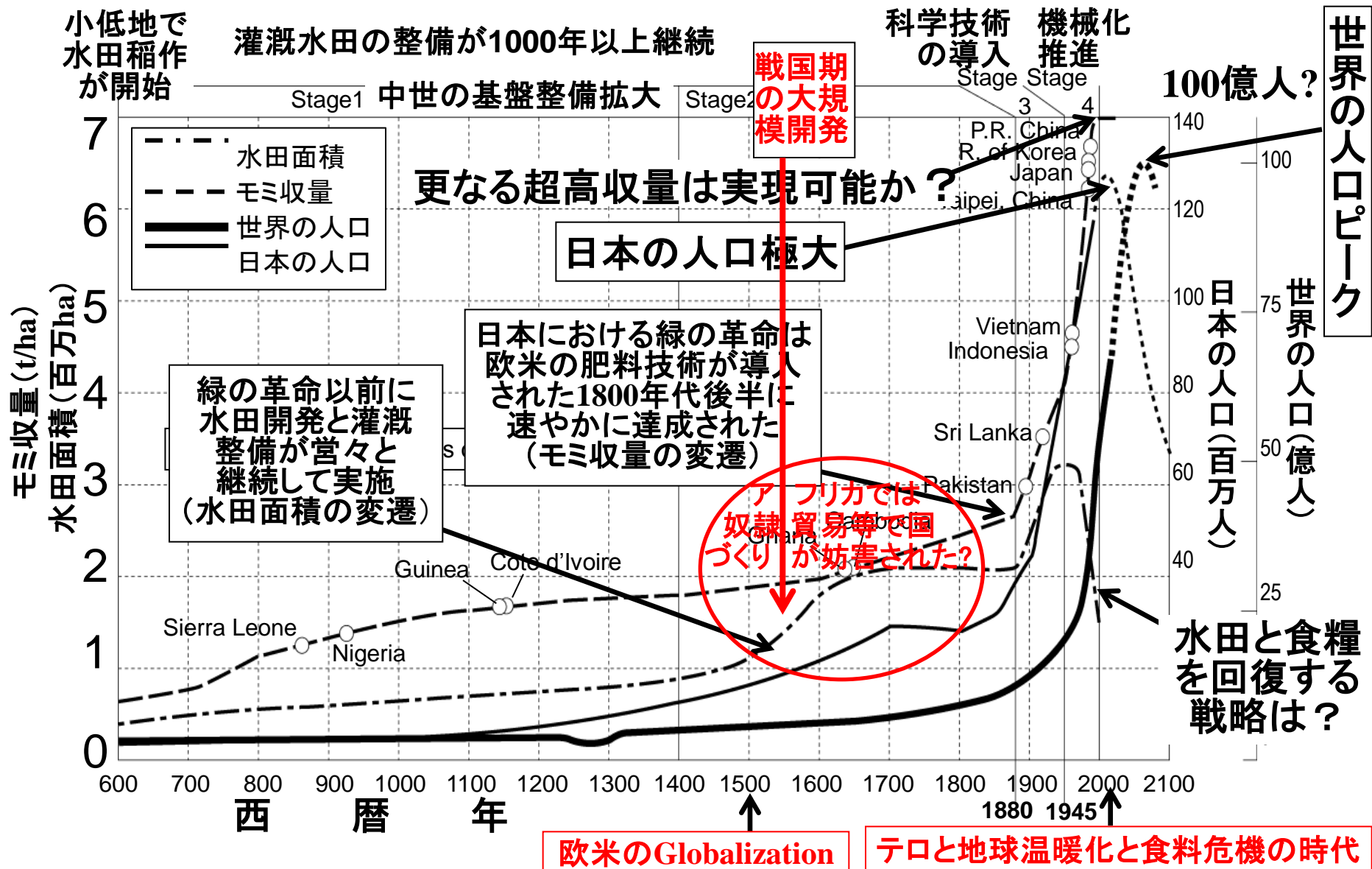
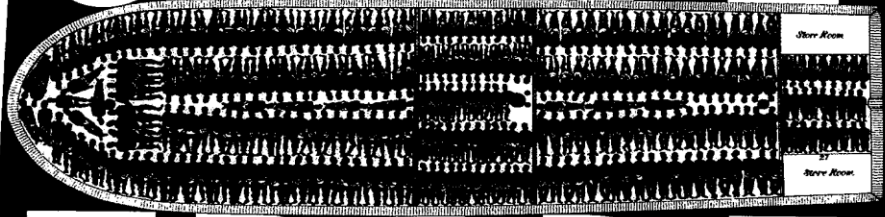


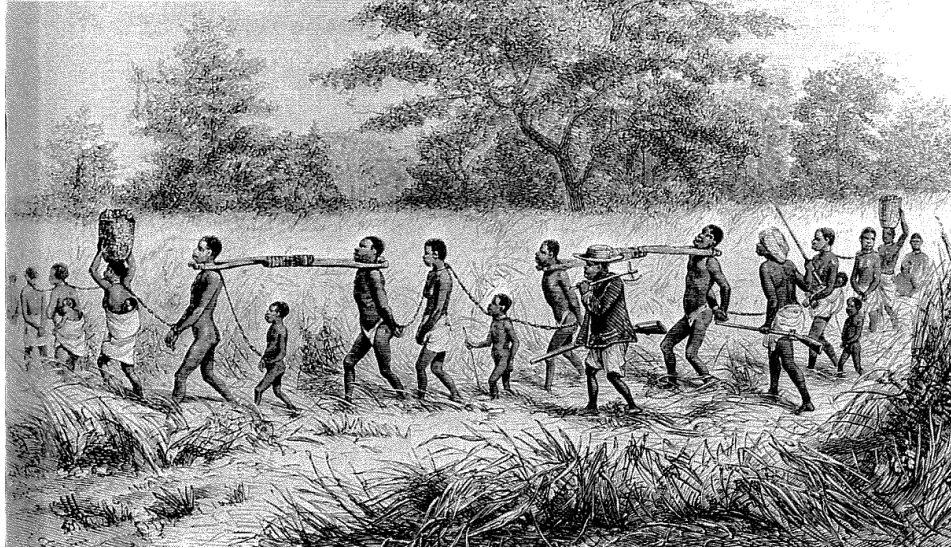
図. 大化の改新以来の日本の水田面積と籾収量及び人口の変遷(高瀬2003, Wakatsuki 2008, 鬼頭2007, 本間1998)。日本の人口は2007年がピーク。今後は減少。その前に水田が減少。1900-2000年は日本や欧米の人口ピークの100年、2000-2100年の100年が途上国を含む世界の人口ピークの時代。地球環境問題と南北問題のピークもこれから。今後の50年は世界的な大変動が予想される。世界の動態を50-60年先取りしている日本社会は今後50年の世界の危機を救う貢献が可能。

SLAVE TRADE



47. In Africa, slaves were captured in raids for both the Atlantic and trans-Sahara trade.

48. Slaves were transported to the port or market in long marches lasting for weeks, as graphically described by Mungo Park (c. 1790).



III. ORIGINS

By H. Thomas 1997

Senegambia (in Arguin), Sierra Leone	2,000,000
Windward Coast	250,000
Ivory Coast	250,000
Gold Coast (Ashanti)	1,500,000
Slave Coast (Dahomey, Adra, Oyo)	2,000,000
Benin to Calabar	2,000,000
Cameroons/Gabon	250,000
Loango	750,000
Congo/Angola	3,000,000
Mozambique/Madagascar	1,000,000
TOTAL LEAVING AFRICAN PORTS	13,000,000

1400-1800年代の400年間、毎年数%の最も活動的な若者がアフリカから失われた。

アジアの緑の革命は品種改良が牽引、アフリカは農民圃場の基盤整備がカギ。アジアの水田基盤は数世紀一千年の歴史的時間で農民により整備されたが、爆発的に増加する人口を考えると、今後、半世紀以内に完了する必要がある(研究、技術開発、イノベーションが必要)。

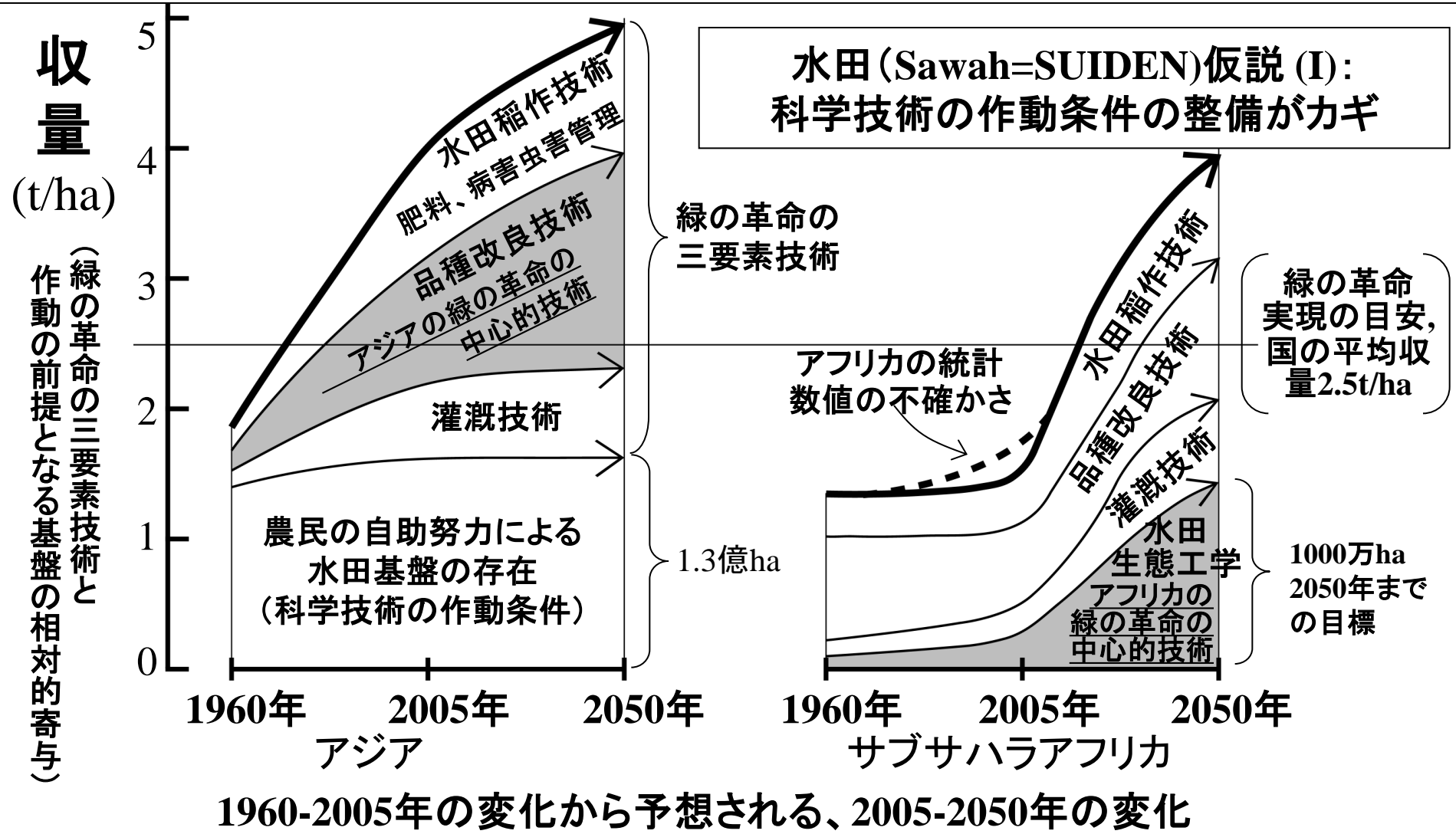


図4、アジアにおける1960-2005年の収量向上に貢献した技術の相対的寄与の推定と今後50年の予測をサブサハラのアフリカと比較

**表4、バイオテクノロジー(生物工学)とエコテクノロジー(生態工学)
生物と生態環境の統合的改良は農業と農学の原点。**

Bio-technology生物工学:

遺伝子の改良により良い品種を作り出す。

ターゲットはDNAであり

その作動基盤は細胞と生物体

Eco-technology生態工学:

水(循環)と土壌の改良により良い生育のための生態環境を創出。ターゲットは水土で、とりわけ水循環の制御。

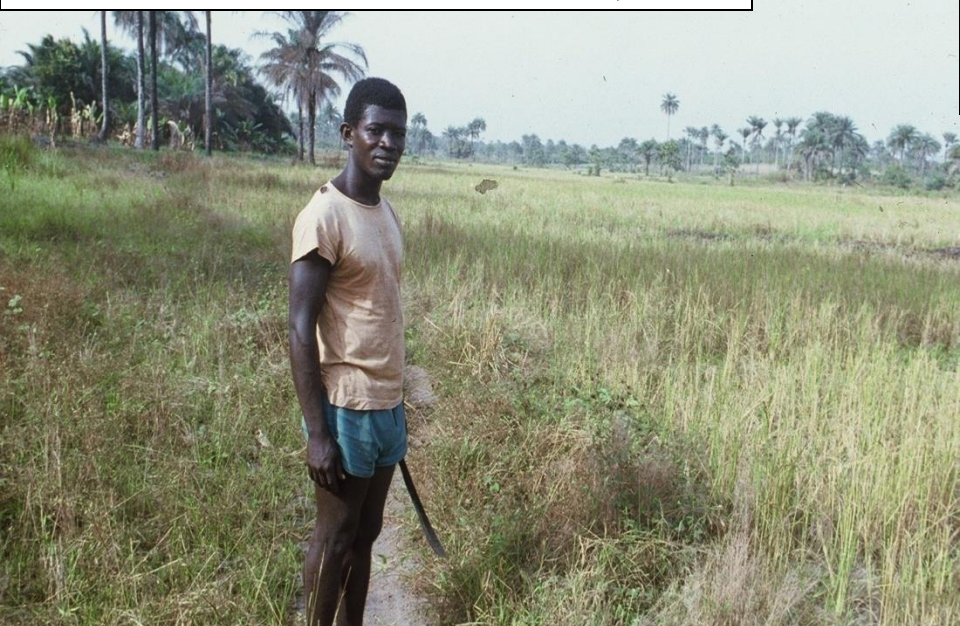
作動基盤は区画された農地と集水域

アフリカの緑の革命実現のためのこの視点からの研究、開発、イノベーション、普及活動は我々の水田生態工学的研究Sawah Ecotechnology Research 以外、大変少ない。

西アフリカで一般的な陸稲は雑草との戦いに負ける, Bida、ナイジェリアサイト



水田的な基盤のない場合



シエラレオーネの里山低地

不完全ながら水管理の可能な、ナイジェリア、ヌペの伝統的準水田稲作(弥生水田に類似)



農民の稲作地でも水田さえあれば、たいていの品種は5t/ha以上の収量増が可能
1987年, Nigeria, Bida (JICA長期専門家時期)



農家の圃場の環境改良(エコテクノロジー)の効果(ガーナで試験)

Entry NO.	Cultivar	灌漑水田		天水田		陸稻的栽培	
		高投入	低投入	高投入	低投入	高投入	低投入
		(t/ha)		(t/ha)		(t/ha)	
1	WAB(NERICA)	4.6	2.9	2.8	1.6	2.1	0.6
2	EMOK	4.0	2.8	2.9	1.3	1.4	0.5
3	PSBRC34	7.7	3.5	3.0	2.1	2.0	0.4
4	PSBRC54	8.0	3.7	3.8	2.1	1.7	0.4
5	PSBRC66	5.7	3.3	3.8	2.0	1.8	0.4
6	BOAK189	7.0	3.8	3.7	2.0	1.4	0.3
7	WITA8	7.8	4.2	4.4	2.1	1.8	0.5
8	Tox3108	7.1	4.1	4.0	2.3	2.3	0.6
9	IR5558	7.9	4.0	3.8	2.0	1.8	0.5
10	IR58088	7.7	4.0	3.7	1.8	1.4	0.3
11	IR54742	7.7	4.3	4.0	2.2	1.9	0.4
12	C123CU	6.9	4.1	4.2	1.9	2.0	0.4
13	CT9737	6.5	4.0	4.0	1.7	1.9	0.6
14	CT8003	7.3	3.8	3.8	1.7	2.0	0.5
15	CT9737-P	8.2	4.0	4.3	1.8	1.2	0.5
16	WITA1	7.6	3.6	3.3	1.8	0.9	0.3
17	WITA3	7.6	3.5	4.1	2.0	1.3	0.5
18	WITA4	8.0	4.1	3.7	2.1	1.5	0.3
19	WITA6	8.0	3.5	4.0	2.3	1.4	0.3
20	WITA7	7.3	3.7	3.8	2.2	2.0	0.4
21	WITA9	7.6	4.4	4.5	2.8	2.0	0.6
22	WITA12	7.6	4.0	3.8	1.9	1.8	0.4
23	GK88	7.5	3.8	3.5	2.0	1.8	0.5
Mean(n=23)		7.2	3.8	3.8	2.0	1.7	0.4
RANGE		(4.0-8.2)	(2.8-4.4)	(2.8-4.5)	(1.3-2.8)	(0.9-2.3)	(0.3-0.6)
SD		1.51	0.81	0.81	0.45	0.44	0.12

1-7:生育期間の短い品種、8-23:生育期間の中程度の品種、低投入:施肥、除草、農薬は最小限、高投入:N 120kg,P₂O₅ 60kg,-K₂O 60kg,

品種の効果バイオテクノロジー

左下はケニヤMwea大規模灌漑水田5860ha(ポテンシャルは8000ha)。右下はガーナ, アクラ近郊の50ha(ポテンシャルは100ha)の小規模灌漑水田。両者とも1960年代より巨額のODAが継続投入されている。**持続可能な維持管理、自力発展は不可能**。Google 2009/2010年



ODAによる
ケニヤ大規模灌漑水田
5860ha

Image © 2012 GeoEye

© 2012 Google



ODAによる
ガーナ小規模灌漑水田
50ha

Image © 2012 DigitalGlobe
© 2012 Google

農民の自力による適地適田開発と水田稲作技術(Sawah Technology)を政府開発援助方式(ODA)による大規模、小規模、及び在来の焼畑稲作と造成費、経済性、維持管理、農民の参加意欲、持続性等比較 (2011年時点の推定)。過去のODA方式は持続的発展性は低い

	大規模灌漑方式 (ODA方式)	小規模灌漑方式 (ODA方式)	農民の自力適地適田灌漑水田 (sawah ecotechnology)	在来の稲作技術
ヘクタール当たりの 開発費	10,000—30,000 US\$/ha	10,000—30,000 US\$/ha	1,000—3,000(10年前は 3000—6000) US\$/ha	30—60 US\$/ha
ヘクタール当たりの 売上 (収量t/ha)	2,000—3,000 US\$/ha (4—6t/ha)	2,000—3,000 US\$/ha (4—6t/ha)	2,000—3,000 US\$/ha (4—6t/ha)	500—1000 US\$/ha (1—2t/ha)
運営費(含む機械)	中～高 (600—800 US\$/ha)	中～高 (600—800 US\$/ha)	中 (400—600 US\$/ha)	低 (200—300 US\$/ha)
農民の主体性	低	低—中	高	高
開田のオーナーシップ	政府	政府	農民	農民
技術の適応性	長期間を要す	短～中期間	短期間 OJT(実地訓練)により技術 移転は容易。イノベーション によりコスト低下、スピード化	若干の技術移転のみ
技術移転の難易度	困難	困難		
開発の持続可能性	困難	困難	高い(農民の自力水田開発)	中
管理の持続可能性	困難	可能なはず?	高い(自力開発管理が前提)	
環境への影響	高	中	低	中

表3、水田(Suiden)概念は存在しないので、水田を適切に表す言葉が、アフリカの現地語はもとより英語や仏語に存在しない

水田 (suiden) =SAWAH(インドネシア語)

	English/ French	Indonesian	Chinese(漢字)
Plant	Rice	Nasi	米, 飯, 稻
Biology	Paddy	Padi	稻, 粳
Environment Ecology	(Paddy Paddi)?	Sawah	水田



- ①アフリカでは水田(Suiden)という概念と言葉の不在が、生態環境としては適地は広いのだが、食糧増産、環境保全、景観と文化創造を含む、持続可能な水田稲作の展開を妨げている。
- ②英単語のPaddyは水田を適切に表現する言葉ではない。稲植物や粳を意味するのが本来の意味。Paddyはインドネシア語起源なので水田としては同じくインドネシア語のSawahを使うことを提案。
- ③インドネシアは1955年に最初のアジア・アフリカ会議を主催(Bandung Sprit)。2005年にも2回目を開催。アジア、アフリカ協力をシンボライズできる。日本と中国はアフリカ協力の方針は異なるが、インドネシア、タイ、ベトナム等とは連携しやすい。

農民の自力による畔のレイアウト



アフリカ適応型の水田は持続可能な集約的生産性を可能にし、土と水の保全、及び美しい景観の創造につながる

耕耘機がけ、地形勾配確認、高低差30-40cm毎にアゼ作り



農民のOn-the-job訓練と適正規模の機械力を使った効率的で費用対効果の高い開田



耕耘機をブルドーザー代わりに使って均平化が可能





道路がなければ自動車も無意味と同様、水田のような基盤プラットフォームがなければ耕運機も使えない。耕運機利用のための人間の訓練と、耕運機を使えるような環境整備が重要



10-20haの灌漑水源は無数にある(泉、木と土のう堰、氾濫原のポンプ)





スーダンサバナ帯小低地水田稲作 アップランドはミレット栽培地帯

下左端は水田、右下は非水田稲作(ナイジェリア北部、ザリア市付近の国連ミレニウムビレッジ)



畑作的な稲作では分けつが少なく、雑草が繁茂しやすい

ナイジェリアサイトの適地適田開発と訓練の進行

Sawah, Sep10

Traditional, Bida, Sep10

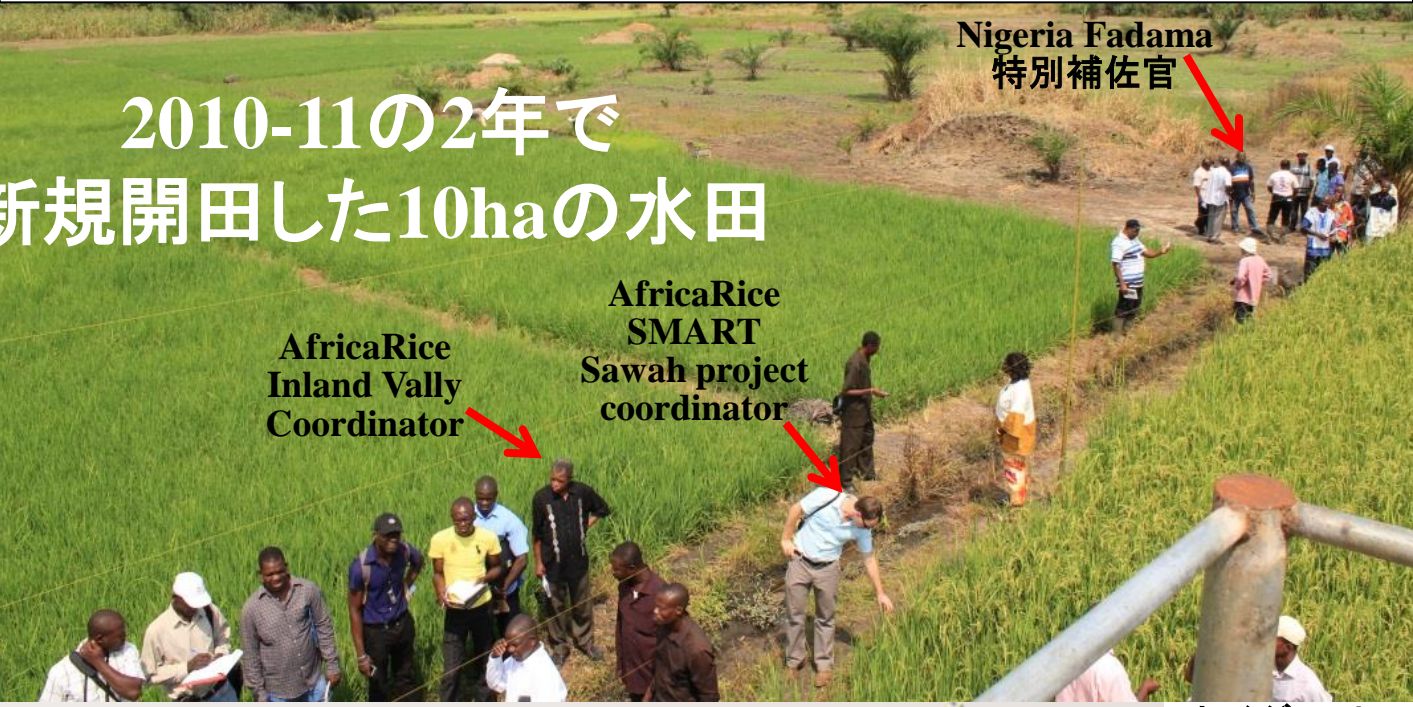
ギニアサバンナ帯小低地及び氾濫原 での水田稲作

ヌペ人の村, Sheshi Bikum、ではSawah Projectの耕運機1台を使い技術指導を受けながら、1ヶ月で約3haの灌漑水田を整備し、籾を80kg入りバッグで160ヶ(約13トン、約6000ドル相当)収穫。農民は自費で耕運機を3000ドルで購入し、2年間で灌漑水田を35haに拡大。

2011年11月, ガーナ科学技術省(大臣が出席)と農業省, 筑波の国際農研(JIRCAS), Africa Rice Center, 近畿大Sawah projectは農民の自力水田開発技術に関する最初の国際ワークショップをクマシ市で共催。ガーナ、ナイジェリア、トーゴ、ベナンから約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。



2010-11の2年で 新規開田した10haの水田



Nigeria Fadama
特別補佐官

AfricaRice
Inland Vally
Coordinator

AfricaRice
SMART
Sawah project
coordinator

アフリカ稲作センター
研究員、トーゴとベナ
ン国の稲作普及員のオ
ンザジョブ訓練を開始
(11月、ガーナのKumasi
近郊のAfar i村にて)

Kebbi州 Fadama
Coordinator



KEBBI STATE
FADAMA II COMPONENT II SAHAW TECH
FICA- JESGA FICA
FADAMA II RICE FARMERS
Sawah PRODUCTION TECHNOLOGY
PLOT SIZE: ONE HECTARE
LOCATION: IBANKI FADAMA, JESGA
L.F.A. - JESGA

NCAM/Kinki
Sawah leader

Kebbi州稲作
農民組合長

ナイジェリア
北西部のサバ
ンナ帯氾濫原
で小型ポンプ
オアシス型灌
漑水田を1台
の耕耘機1年
で15haを開田
平均6t/haの
収量を達成
(2011年度
Kebbi州)

表2.農民の自力適地適田灌漑開発技術Sawah Ecotechnologyの4つの要素技術

(1) 適地選定のポイントと適田システムの設計技術の内容

- (a) 稲作農民の存在:全体で10ha以上稲を栽培。稲作技術向上に強い意欲。
- (b) 水文と水資源:流量 >20リットル/秒、流下継続期間 >5ヶ月/年、氾濫時水量 <10トン/秒。
- (c) 地形と土壌:勾配1%前後、極端に砂質でない。
- (d) 安定した土地利用権:自己所有がベスト、5-10年以上の借地契約でも可。
- (e) 適田システムのデザイン:地形と土壌の観察に基づく個々の水田と水田集団のレイアウト、水田の畔の質と水田の均平化度の指定、洪水と干ばつ対策の考慮。
- (f) 取水、分水、貯水、排水システム:簡便な土のう堰、小中河川の堰、泉や浸出水の集水や分水路、ため池や養魚池、小中大のポンプ利用、大中小の排水路
- (g) 荷物運搬や耕運機用、あるいは洪水対策用の道路兼堤防等

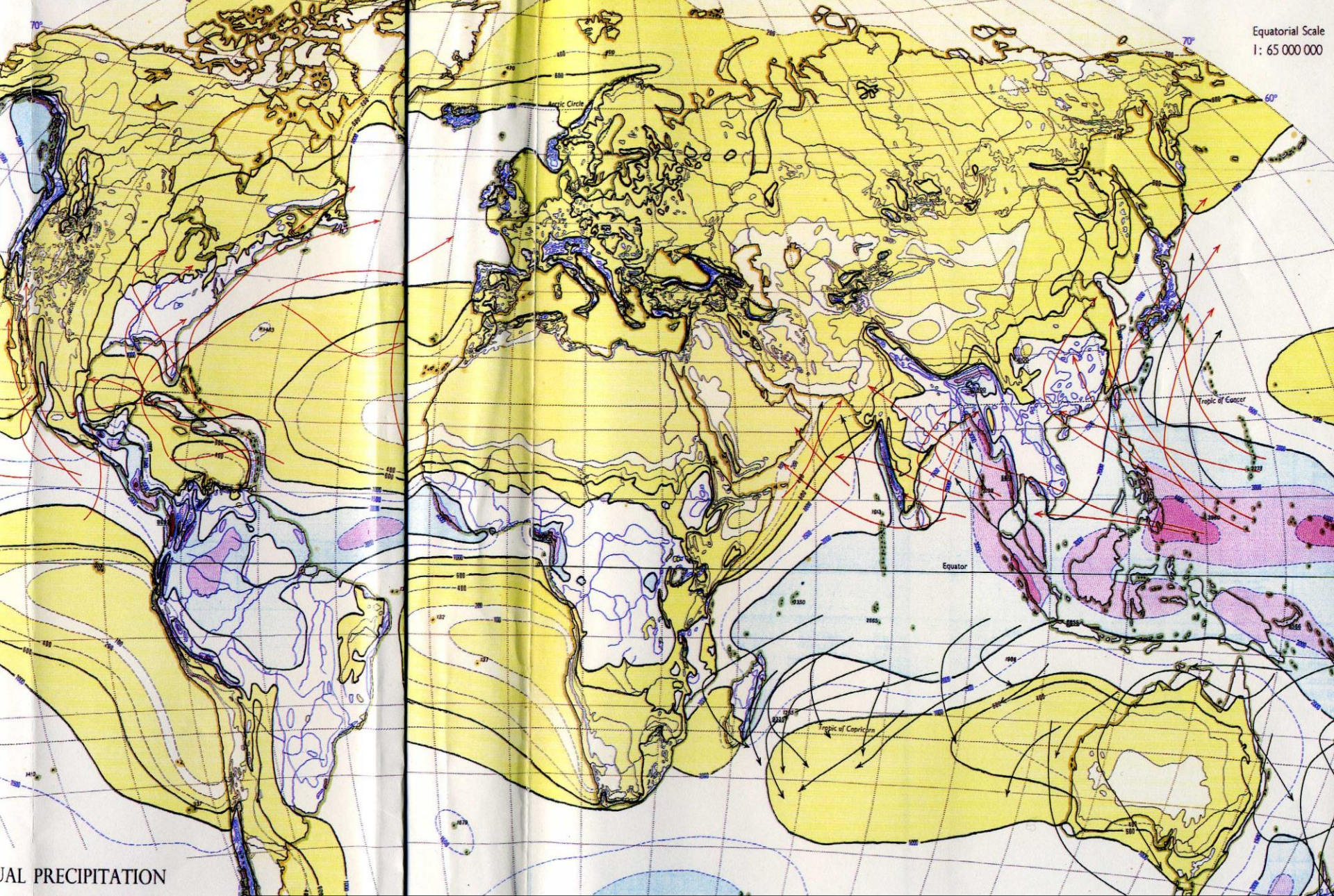
注1):農民と研究者が連携して、適地適田開発と管理の試行錯誤が必要。農民はサイトの水文を熟知しているが、水田は未知、技術は現場を知らない。

注2):逆説的であるが、適地選定が適切ならアフリカの水田開発はアジアに比べ大変容易

(2) 開田速度 >3ha/年/耕運機1台、及び、開発コスト <1000-3000ドル/haの開田技能

- (a) ヤブの伐開、伐根:自力+補助的な雇用労賃
- (b) 畔作り、水路作り、耕運機利用のための地表面の凸凹処理:自力+補助的な雇用労賃。
- (c) 開墾、開田、稲作用具や資材の購入費用:\$1000/10ha。
- (d) 耕運機購入と利用及び維持管理費用:1台で3-5年以内に10ha以上開田が前提条件。
購入費用\$3000-\$5000/1台、燃料と修理代\$2000-\$3000/10ha
- (e) On-the-Job訓練費用:研究者・技術者謝金等\$1000/ha、普及員\$500/ha、篤農\$250/ha

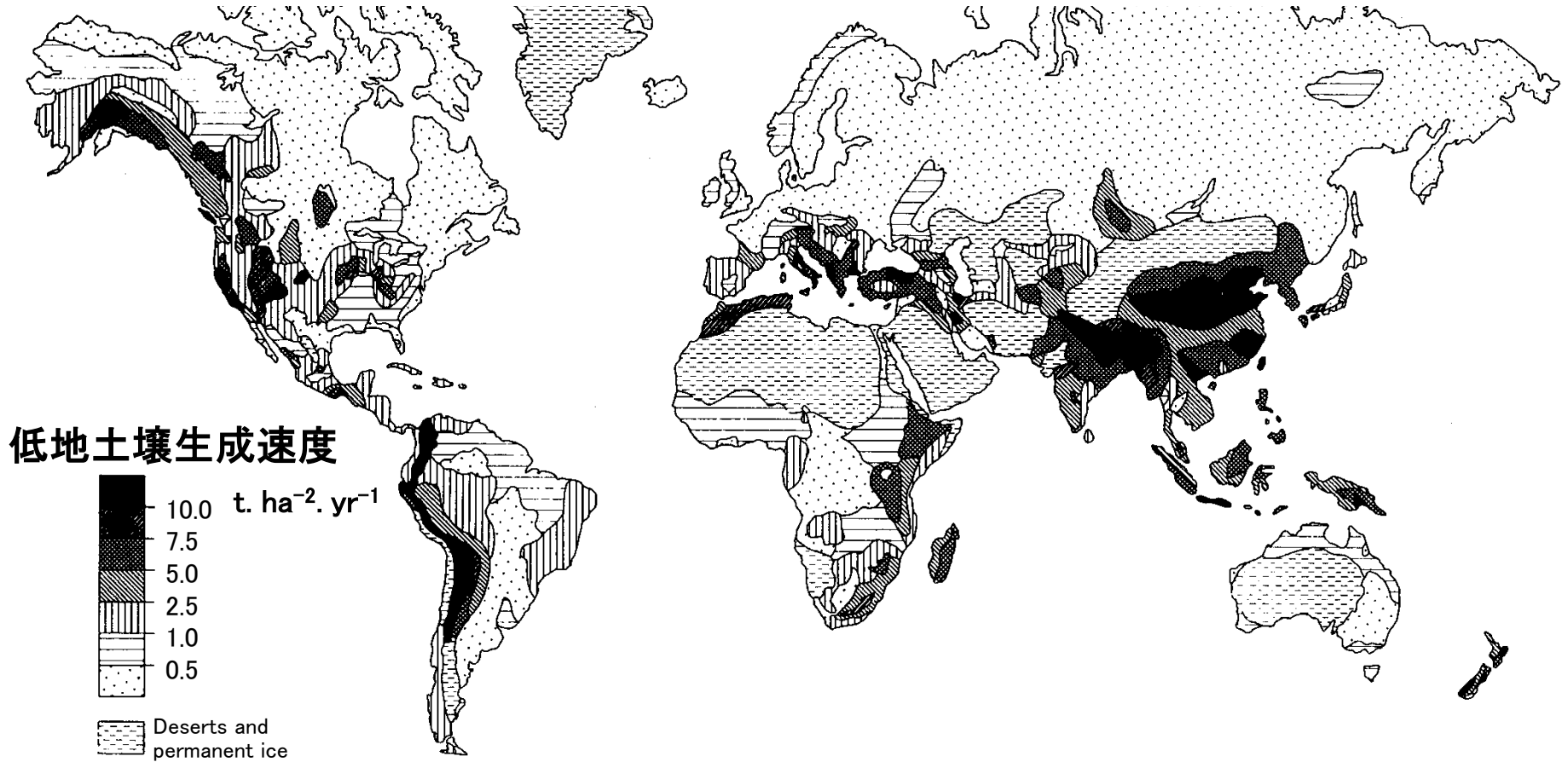
注1):耕運機利用の開田技術と維持管理技能の熟練度がポイント



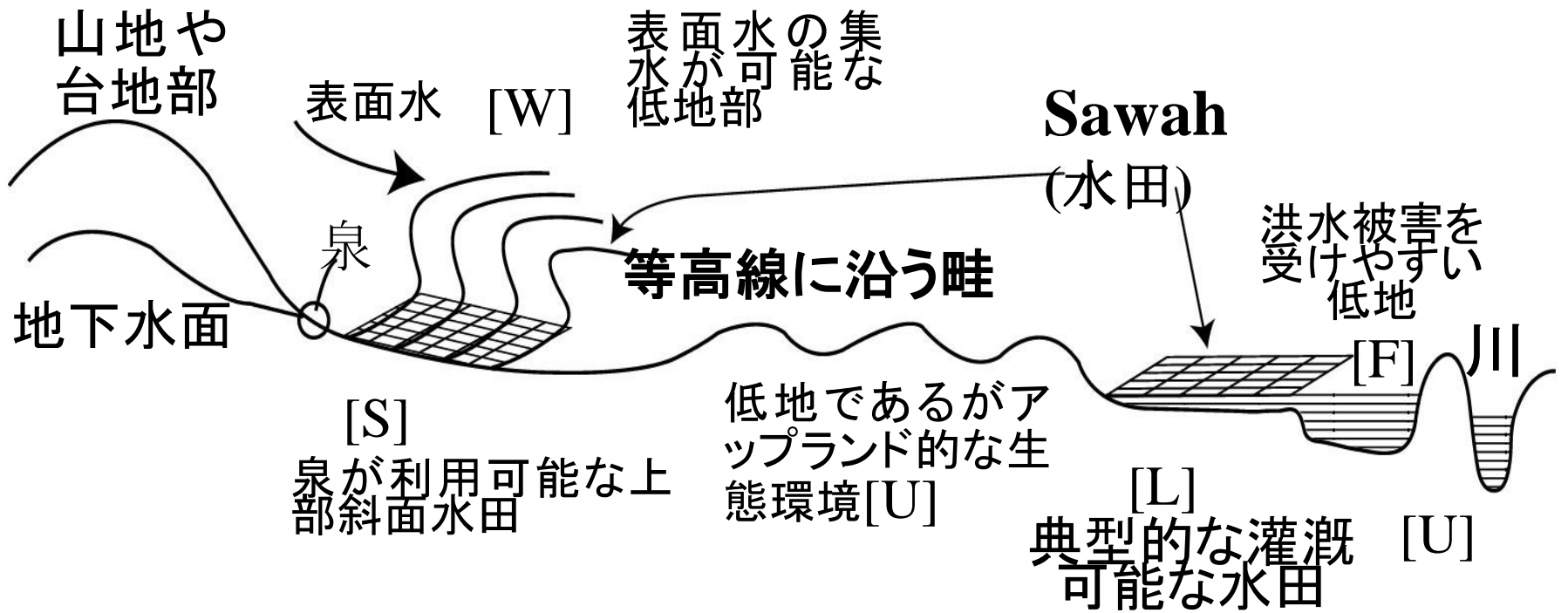
地球上の年間降雨量分布：白は1000mm、水色は2000mm、赤紫は3000mm以上(Times Atlas 2008)

サブサハラのアフリカの水田は持続可能か？

アジアモンスーンの降雨がアジアにおける活発な土壌生成と侵食と低地へ堆積をもたらし**1.3億ヘクタール**の水田を支えている。サブサハラのアフリカでは低地土壌生成作用はアジアの5分の1から10分の1程度である。一方、サブサハラのアフリカには**数億ha**の広大な低地が分布している。水田適地の低地の見極めが重要。



世界における土壌侵食速度の分布 (Walling1983)



多様な低地面での均平化されて畦のある水田の造成とともに、多様な灌漑オプションがある：天水田、田から田への賭け流し、等高線に沿う畦による集水、泉利用、堰利用、ポンプ利用、インターセプト水路利用、ため池利用等

低地水田開発の優先順位

[S] > [L] > [F] > [W] > [U]

サブサハラのアフリカの低地面積は約2.5億ヘクタールあるが、低地土壌生成作用がアジアの5-10分の1と小さいため、アジアの低地に比べてアップランド的な特性を持つ低地が多く、多様である。この結果、全低地面積の10%以下しか灌漑水田は開発可能でないと推定される。集水域低地の地形や土壌の微小な差と水がかりの差により、きめ細かな線引きが必要である。全低地の10%以下の適地判定が重要となる。

表2. サブサハラアフリカの各種低地の分布面積。全低地2.4億ha (Windmeijer & Andriessse 1993) のうちの灌漑水田面積の推定は著者による (Wakatsuki 2002, Wakatsuki et al. 2012)

低湿地の種類	面積	灌漑水田ポテンシャル推定値
沿海低地 Coastal swamps	1700万ha	4-9 百万 ha (25-50%)
内陸大低地 Inland basins	1.1億ha	1-5 百万 ha (1-5%)
氾濫原 Flood plains	3000万ha	8-15 百万 ha(25-50%)
内陸小低地 Inland valleys	8500万ha	9-20 百万 ha(10-25%)

Sawah技術のターゲットは農民レベルで水制御が可能な内陸小低地である。ナイジェリア北部ギニアサバンナ帯のKebbiからBorno州の氾濫原でも氾濫時期の数ヶ月を除けば、簡易なポンプ灌漑により100万ha規模の水田開発が可能である(ナイジェリア全体で3-5百万ha)。サブサハラアフリカ全体では水循環量が主要な制限因子となる。アジア(1.3億haの灌漑水田)モンスーンとの比較から約2000万haのポテンシャルが推定される。技術革新によっては5000万ha規模も可能かもしれない。

(表2続き)

(3) 水田稲作技術: 基準目標は1台の耕運機で >20t/年の粃生産と >4t/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: 湛水深管理、間断灌漑、好気・嫌気性管理、排水管理
- (c) 畔の管理。耕運機を利用する田面の均平度管理と代掻き技術。
- (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、病虫害、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1): 1台の耕運機で3年以内に年間粃生産>50tonを実現すると水田開発は加速する。

過去の成功例: ①スーダンサバンナ帯の大氾濫原のオアシス型ポンプ灌漑、②泉灌漑は全気候帯で成功、③ギニヤサバンナ、森林移行帯、赤道森林帯の小河川の堰灌漑。

注2): 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開田を指導できる篤農の養成
- (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) 耕運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粃生産となり、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粃が出荷できさらに付加価値がつく。

注: 4つの要素技術にイノベーションを蓄積して、ODA依存を脱却する内発的な技術として成熟可能

博士プログラム実施済みと実施中。その他は国立研究所研究者と各州政府普及員



2009年9月、ナイジェリアNCAM(国立農業機械化センター)所長Azogu氏(中央)とスタッフと研修生。Bidaから北部ハウサ地帯、東南部イボ地帯、西南部のヨルバ地帯で適地適田水田開発に関する30-60日間のオンザジョブ訓練を実施(2006-2011:名大+農水省+国連大)。その後、2010-11年には4チームに分かれ、世銀/FadamaIIIのSawah Ecotechnologyのデモンストレーションを各州2-18ha規模で実施し、FadamaIII, ADPstaffを2シーズンOnTheJob訓練。

後ろで耕耘機をかけているのが篤農のAbo氏、前方の9人は若手の新規グループ (JIRCAS-Asuadi site): 農民から農民への技術移転



篤農の養成と農民間技術移転がカギ

①:1986-2008年の長期継続, 拠点ベンチマークサイト

②-⑬: 2009-2011年の3年間で拡大実施した拠点サイト

⑭-⑳: 円借款等の事業化で提案計画準備中の新規拠点

⑫ 20 sites, 40ha

② 20sites, 20ha

UN village

① 40sites, 110ha

NCRI

⑤ 7sites, 10ha

NCAM

⑥ IITA

⑦ 1site, 2ha

⑧ 1site, 2ha

⑨ 2site, 2ha

⑩ 1site, 2ha

⑪ 3sites, 2ha

⑬ 4site, 4ha

⑭ 4site, 5ha

⑮ 1site, 2ha

⑯ 2site, 2ha

⑰ 1site, 2ha

⑱ 1site, 2ha

⑲ 1site, 2ha

⑳ 1site, 2ha

ナイジェリア

長期の基礎研究後、農民にインパクトを与えるsawah技術の普及と進化を目指す実践的研究を3年前に開始。特別推進科研の成果を踏まえ(100sites, 200ha規模の実証)、今後5年程度で、これら拠点の周囲に500サイト、5000ha規模の自力水田開発が実証し、訓練と研究開発のために、水田農業推進センターを各州(ADP/Fadama)とNCAM/NCRIに組織化し、水田稲作の推進。Sawah ecotechnologyの普及とイノベーションの継続により緑の革命を実現。

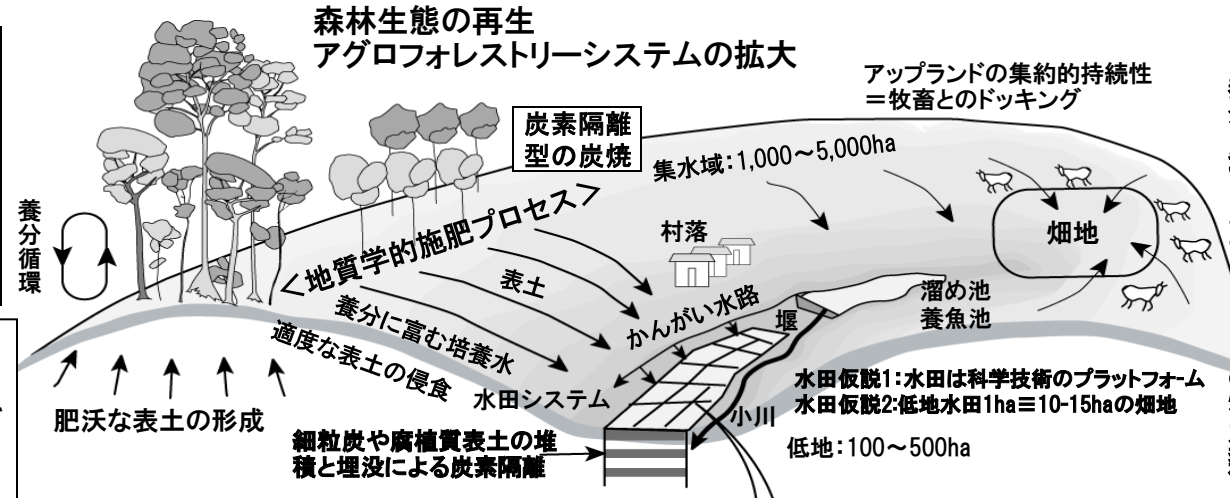


表4 日本のODAで現在及び過去の灌漑水田開発プロジェクトとSawah Ecotechnology(農民の自力適地適田開発と水田稲作技術)の比較

1. ナイジェリア, ローア・アナンブラ: 1981-1989年、3,850haの水田開発。約220億円の円借款。1989-1993年、技プロを実施(約10億円)。2011年の現状: 灌漑施設は機能していない。開発コスト: 3-4万ドル/ha: コスト高、持続不可能な管理、債務帳消し、自力発展性なし。
2. ケニヤ, ムエヤ: 2011-2016年、132億円の円借款で3,000haの新規開田と5,860haの改修実施中。1989-1998年、既開発灌漑水田5,860haに無償資金協力と技プロを実施(約40億円)。1993-1996年、円借款5.7億円で3,000haの新規開田の詳細設計調査を実施。開発コスト: 2.5万ドル/ha: リハビリ分を含めて8856haとして(最初の開発費は除く)。依然としてコスト高、持続的な管理も自力発展も困難。
3. Sawah Ecotechnology方式の灌漑水田開発: 5年間で両国各々500ヶ所、1ヶ所10ha、各々5,000ha、計1万haの新規灌漑水田。訓練費用を入れても、各々10-15億円、計30億円規模で可能。訓練費用込みで、開発コストは1,000-3,000ドル/ha(これまでのODAの10分の1以下)。水田を農民の自力で開発、年間4万トンの粳生産が可能(年間売上約2000万ドル)。同時に農民、普及員、技術者も訓練し、5000haの開田が次期の1.5-2.5万haの自力展開の準備となる。この過程でイノベーションが加わり、開発コストは下がり、開発スピードはさらに加速可能である。500ヶ所は拠点となり、その周囲に3-5ヶ所の開田が進めば1500-2500ヶ所と、順次加速度をつけて、内発的に開発が進行し、緑の革命が実現。

牛やヤギ等はアップランドより養分を糞としてアップランドより畑に集積

アップランドの集約的持続性 = 牧畜とのドッキング

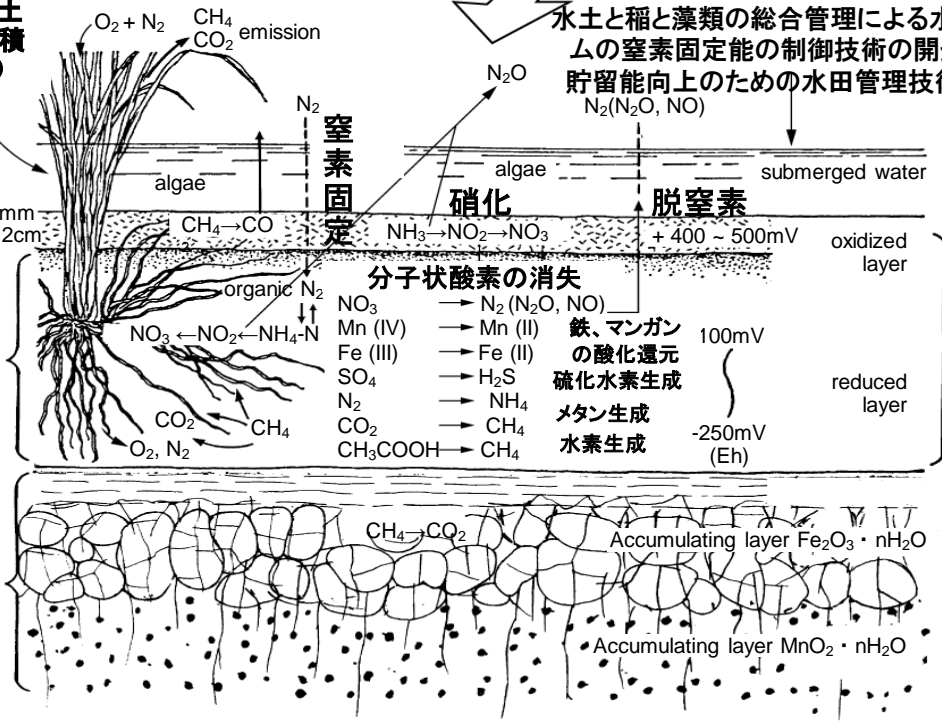


低地水田の持続可能な生産性の高さは畑作地の2倍以上に達するマクロの生態工学的機構：腐植に富む肥沃な表土の堆積と培養水の集積：地質学的施肥

低炭素型社会における水田農業と里山創造の意義：土壌肥沃度を維持し、ダム機能による洪水制御と集水と保水機能の強化により乏しい水循環量を有効に活用して持続可能な集約化を図り、森林を再生する戦略となる。適度な土壌侵食と山地土壌の更新、林地と畑地及び低地水田土壌層への微粒炭や腐植質表土の堆積・埋没（一部は海洋底に移動）は、安全な炭素隔離・貯留法となり得る。

水田農業とアフリカ型里山システムの創造 (集水域生態工学・アグロフォレストリー)

地質的施肥と炭素隔離(数10年-数100年毎の洪水のタイムスパンで新たな水田土壌断面が新堆積物中に生成)



水土と稲と藻類の総合管理による水田システムの窒素固定能の制御技術の開発。炭素貯留能向上のための水田管理技術の開発 N₂(N₂O, NO)

作土層の適切な代掻きは土壌の理化学性と生物性を改善し、有効分げつを促進し、高収量を実現する

ミクロの生態工学的機構：代掻きによる多種微生物の共同作用の促進は、多機能性湿地としての水田エコテクノロジーの中心技術。窒素、リン、カリ、ケイ素、カルシウム、マグネシウム等無機養分の供給性を強化し、有機炭素を蓄積。

低地水田の持続可能な高い生産性(水田仮説2)を背景にアフリカ型里山集水域を創造し地球温暖化防止

一次林の
保全も可能

2次林
(森林の
再生)

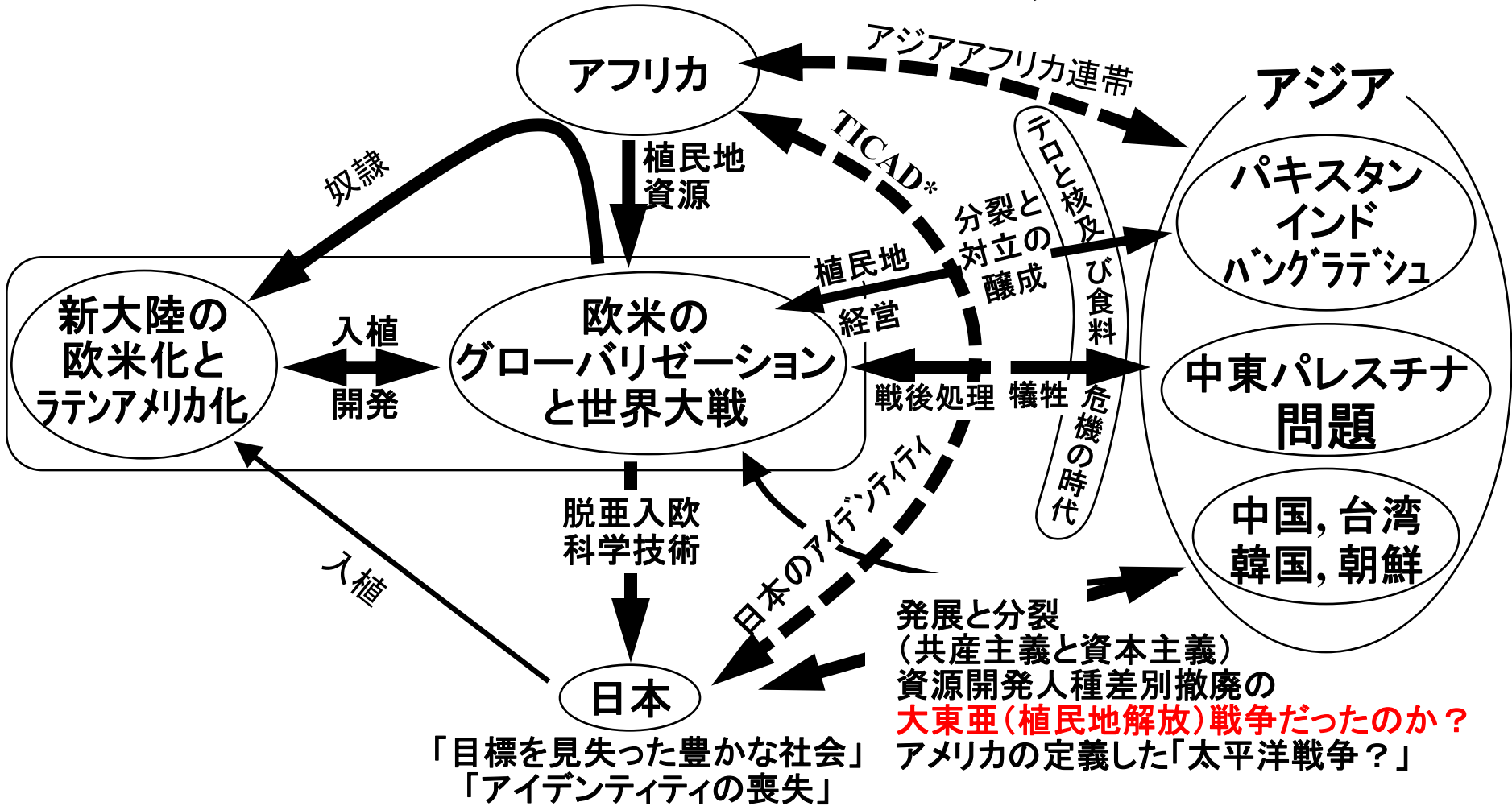
ココア林
(ガーナ
チョコ)

農民の自力
灌漑水田開
発<Sawah
Eco-
technology>

Through fall, decomposition of litter, mineralization,
erosion and transport of dissolved nutrients and nutrients releases to
fertilize inland valley at the lower slope (Si, N, P, K, Ca, Mg)

ガーナのアシヤンテイのアフリカ型里山創造のコンセプト図
(低地の水田とアップランドのココア林のアグロフォレストリー、Dr. Owsu, 2009年)

何故アフリカ？ 緑の革命今だけでなく人口増加：食料・環境危機、脆弱な経済
 発展の基盤：ナイジェリア：世界3～5位の人口大国、そしてSSA(2050年)



* TICAD: 東京アフリカ開発会議 (1993, 1998, 2003, 2008, 2013)

図4. 1500年頃からの欧米グローバリゼーションの犠牲になった「世界の故郷」アフリカの再生、欧米の科学技術の恩恵を受けた日本、21世紀に入って立ちすくむ日本。新しい地球社会創造への貢献による日本の新しい「国創り」の必要性 (過去500年の清算に関連する欧米的ODAではない日本的なODAが必要)。