

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(アジアの水田技術でアフリカを救う)

Guinea, Aug.02

近畿大農 若月利之



Sierra Leoneの里山
低地, Jan.89

Sub Sahara Africaの緑の革命の前提は水田区画など水と土の管理が可能な農民圃場の存在



水田養魚池

ヌペ人伝統の準水田, Nigeria site

ガーナ水田 (Sawah) project site

何故アフリカか

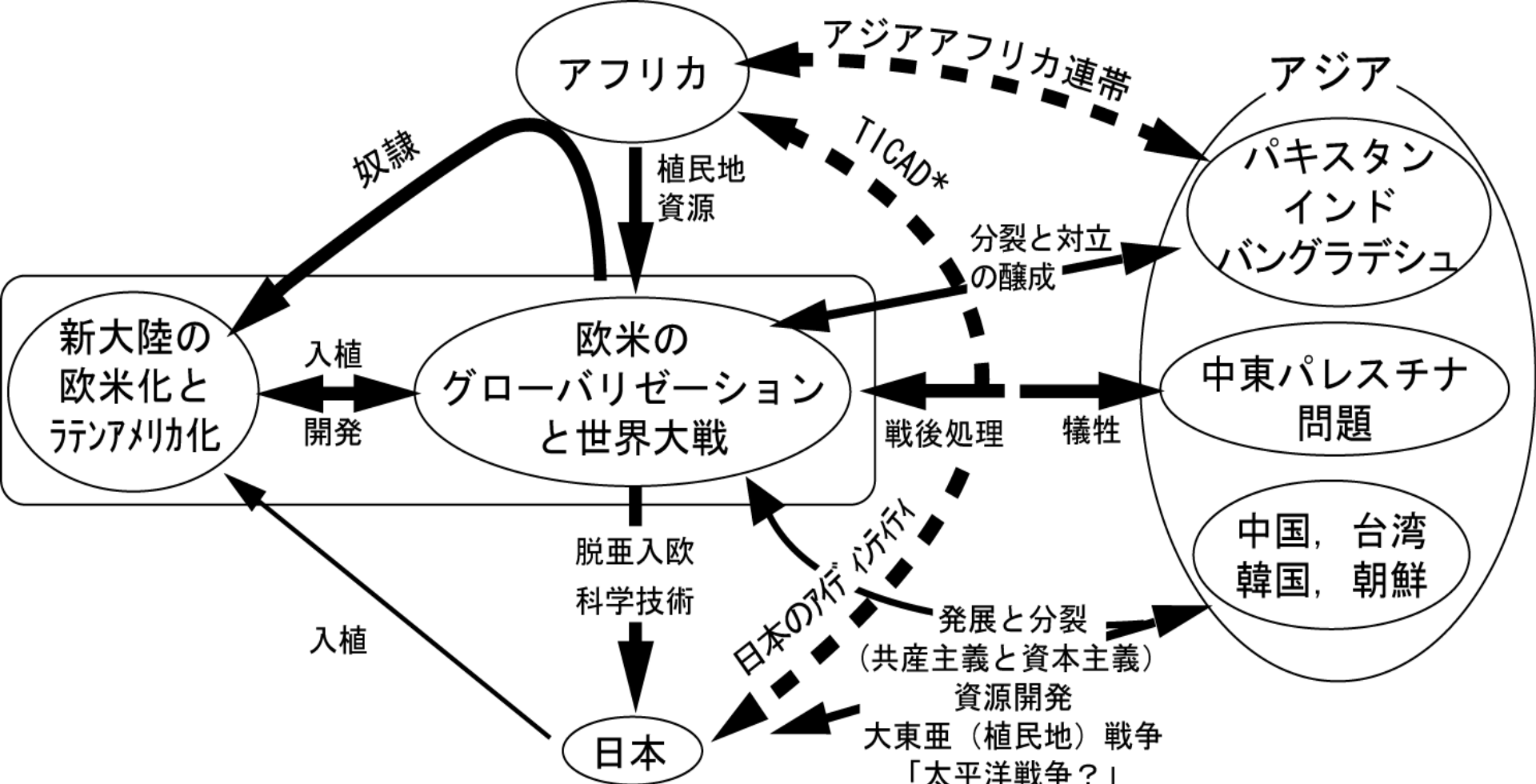
- (1) アフリカ型「緑の革命」実現の緊急性
- (2) 地球環境問題と南北問題解決の不可分性

グローバル化した地球社会における、日本の国際協力の哲学は如何にあるべきか？

アジアの中の日本という地域主義のみで良いか？

神社と万葉集の日本文化と森と水田の日本文明は、21世紀の地球環境と地球社会の問題解決に何をなすべきか

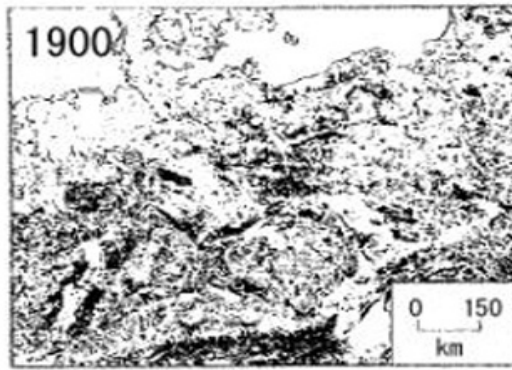
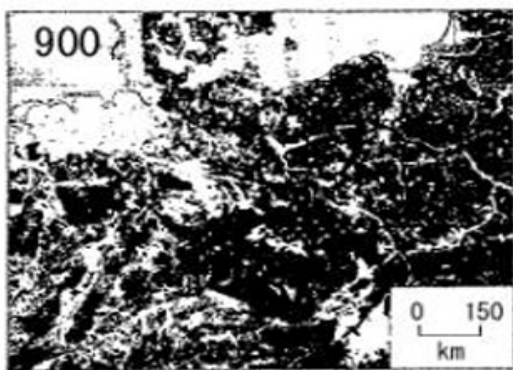
日本(文化と文明)の対極にあるように見えるアフリカ(の文化と文明)



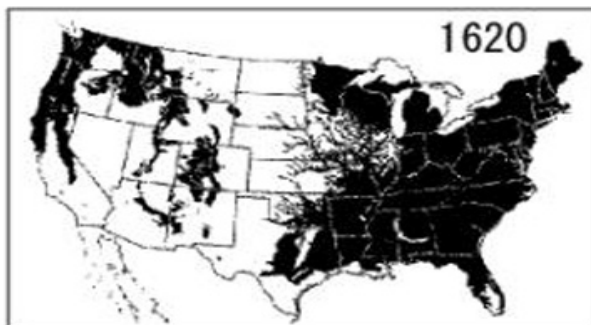
「目標を見失った豊かな社会」
「アイデンティティの喪失」

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

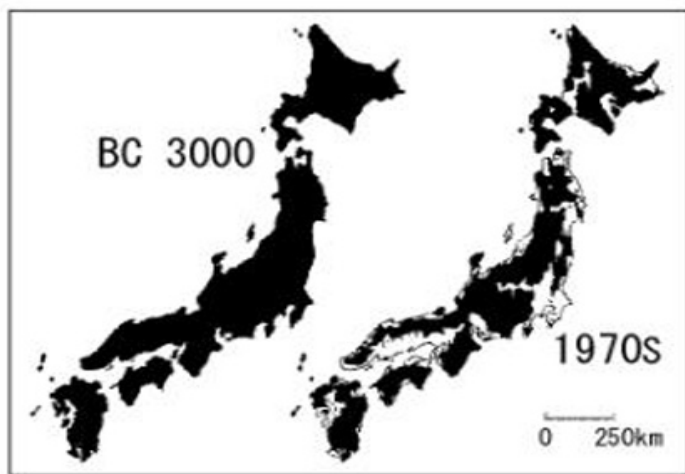
現在の地球社会危機の背景にある過去500年の欧米による
グローバリゼーションの構図



Forest coverage was 25 % in 1995. (Darby 1956)



Forest coverage was 23 % in 1995. (Goudie 1981)



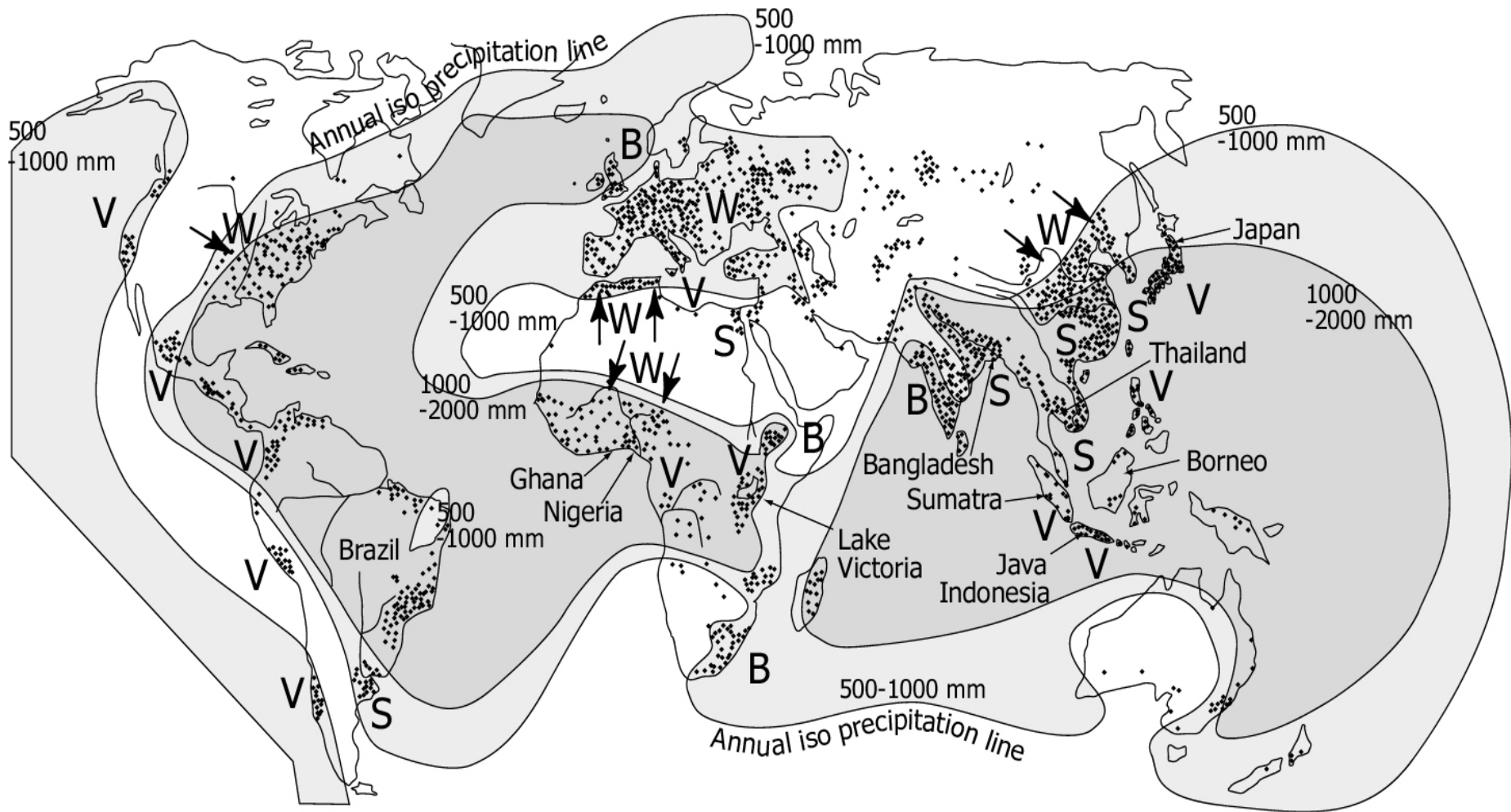
Forest coverage was 67 % in 1995. (Y.Yasuda 1996)

Historical change of forest cover in Europe, USA and Japan

欧米の畑作文明は森を破壊して成立する。人口増は外部拡大、グローバルイゼーションによって解決した。

欧米は「岩の文明」
 イスラムは「砂の文明」、
 アジアは「泥の文明」(松本健一)

日本の水田文明は森を守った。



地球上における人口密度の地理的分布。黒点の集中域は高人口密度地域。高人口密度地域には降雨等による単位面積当たりの水の供給量が多い。しかし、それに加えて、土よりの単位面積当たりの無機養分の供給量が多いことも必要。この無機養分の供給は地球の営みとしての地質学的施肥量の多寡による。地質学的施肥プロセスは以下の4つがある。① S: 河川の沖積作用, ② V: 火山灰の供給, ③ W: 乾燥地帯よりの黄砂〔レス, 風成塵〕の供給, ④ B: 安山岩や玄武岩等の中性・塩基性岩の風化と適度の侵食による地質母材の更新による土壌の若さの維持



JICAカドナ半乾燥
地の造林1987年



2006年



1992年



2006年





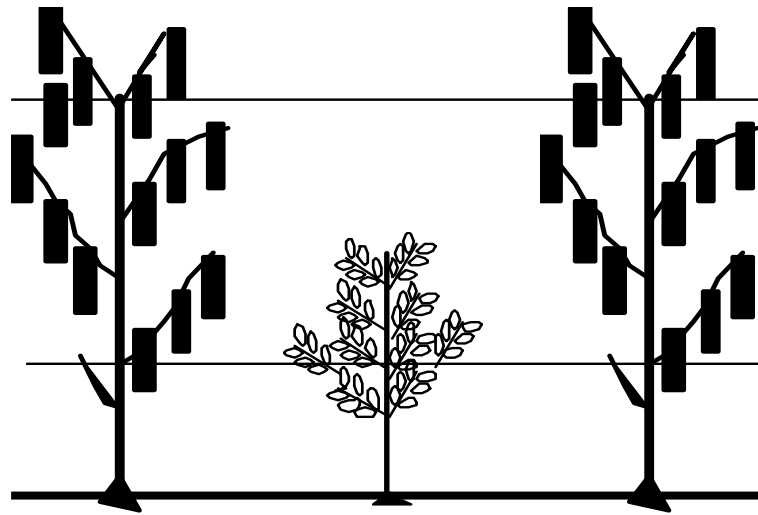
ユーカリの電柱

ユーカリ林内より(違法)伐採



中央政府の収入
CDM: 398~3966 \$/ha

20年間



地域管轄の売り上げ
電柱:
1092~1786 \$/ha

20年間

地域住民の収入
薪:
38~131 \$/ha/年

持続的な運営による森林保護

図中央政府、地域管轄、地域住民がパイロット森林より与えられる推定収入 (渡邊芳倫、2006年)



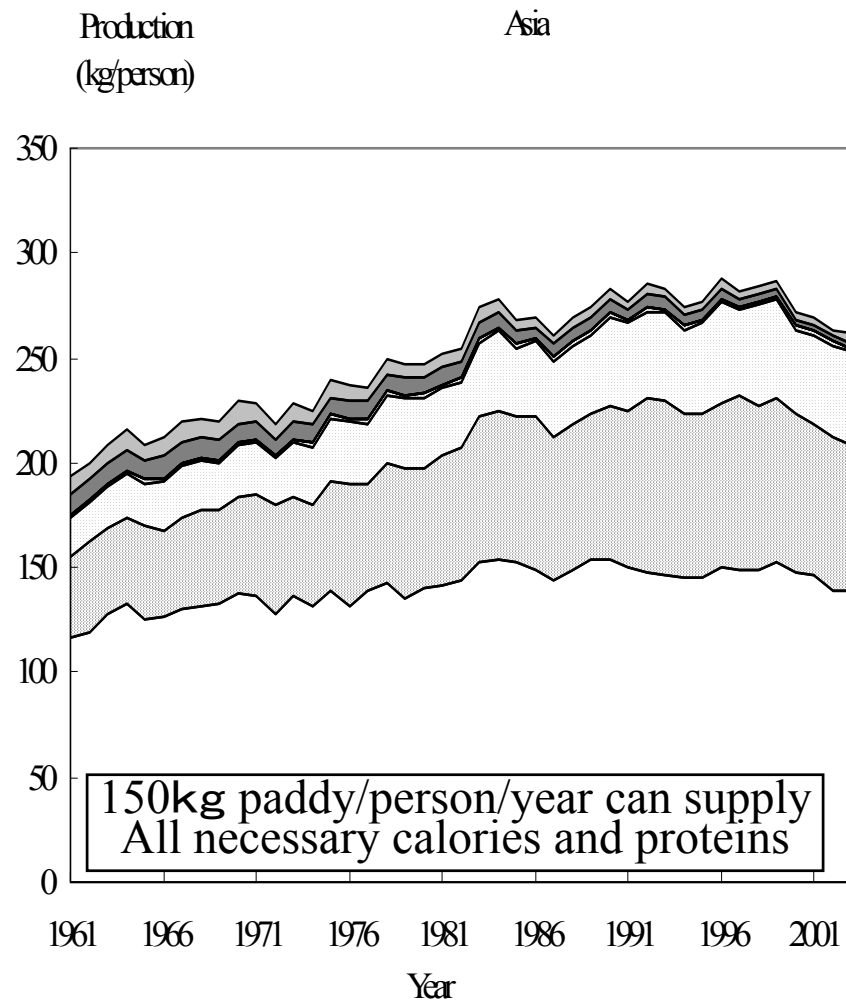
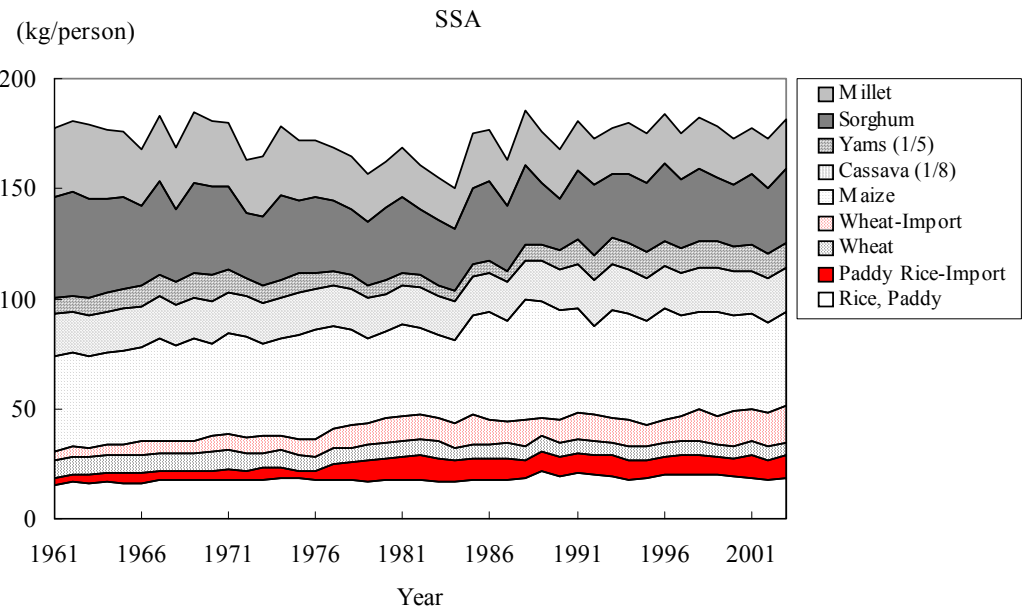


アフリカには何故緑の革命は起こらないのか？

①土壌と肥料？ ②降雨と灌漑？ ③品種と育種やバイオテクノロジー？ ④未知の因子？

- 過去40年の食糧生産の推移を熱帯アジア等、他の地域と比較検討してみる
- サブサハラのアフリカ、とりわけその中心地である、西アフリカにおける過去40年のコメ生産、米消費、米輸入の急増は何を意味しているか？

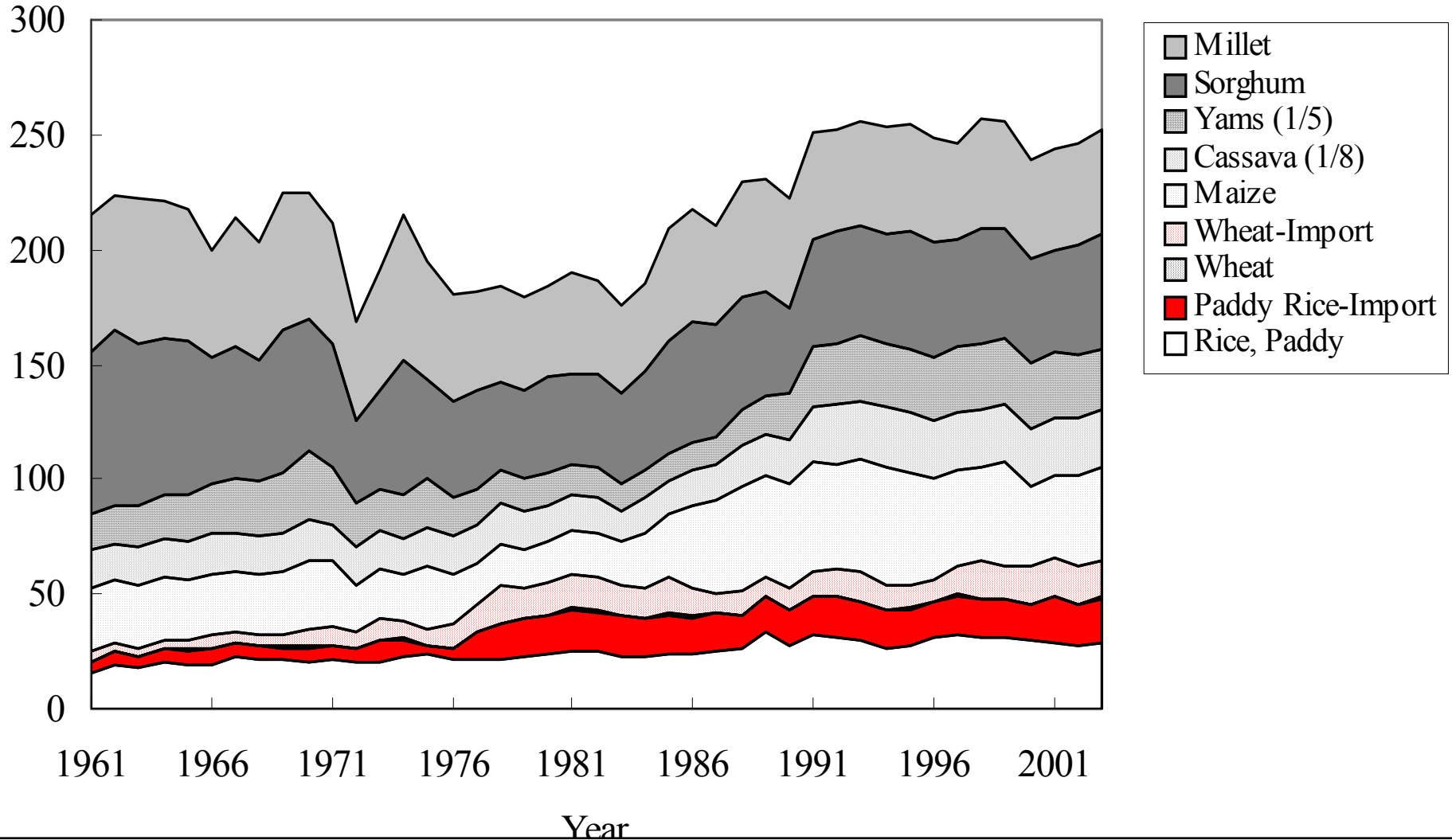
サブサハラアフリカ(SSA)における過去40年の一人当たりの全穀物生産量(kg/person)をアジアと比較



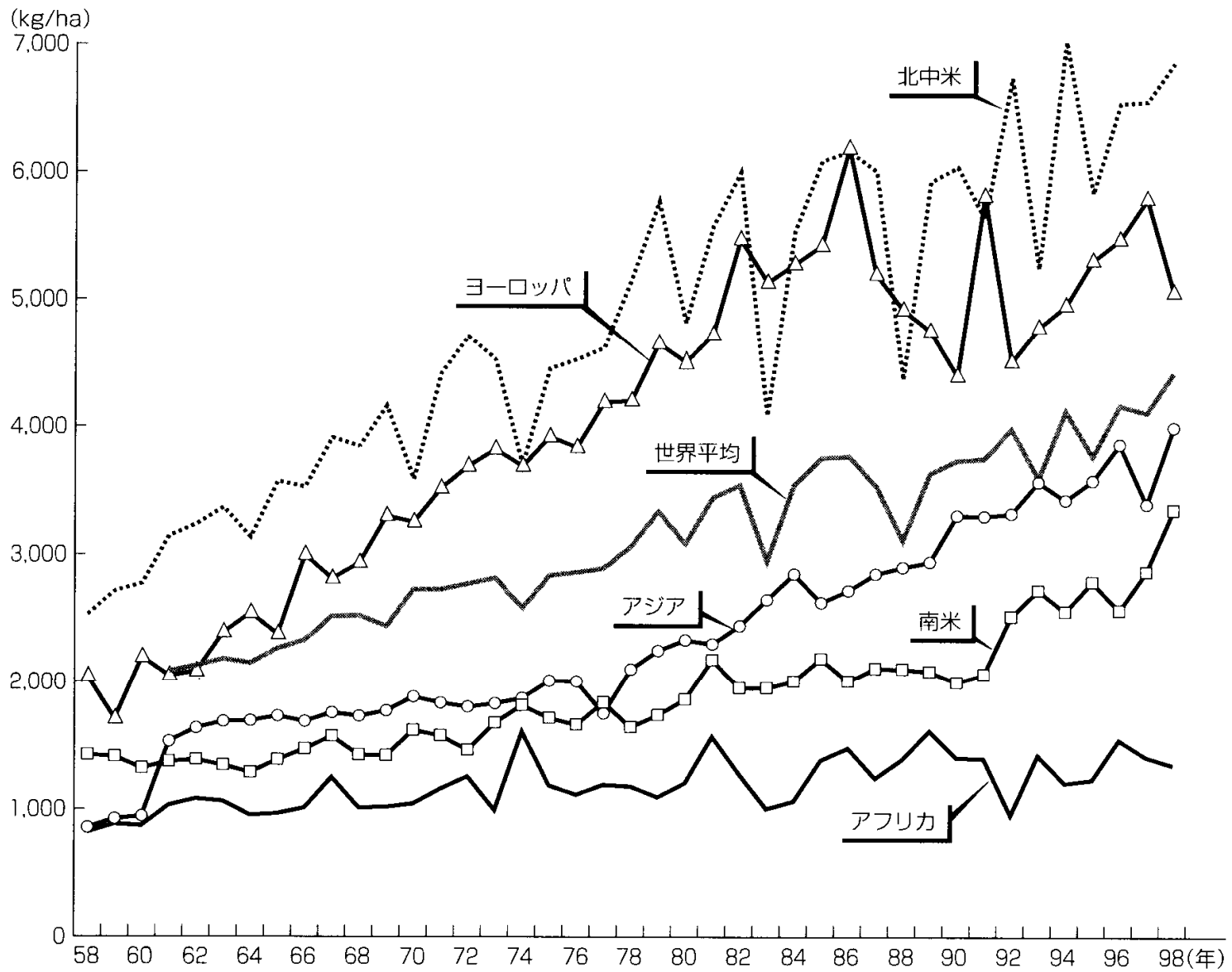
緑の革命の実現していないサブサハラアフリカの一人当り全穀物生産量はアジアに比べかなり小さい(ヤムとキャッサバは水分と蛋白含量で補正して比較した)。栽培穀物種は極めて多様であるが、伝統的作物のミレット(唐人ビエ)とソルガム(高粱/モロコシ)の生産量は減少し、メイズ、米の生産量は増加した。近年、米と麦の輸入が急増しつつある。麦の生産ポテンシャルは小さいが、生態環境から見た米生産ポテンシャルは極めて大きい。特に、西アフリカのコメ生産ポテンシャルはサブサハラアフリカ全体の80%を占める。

West Africa

kg/person

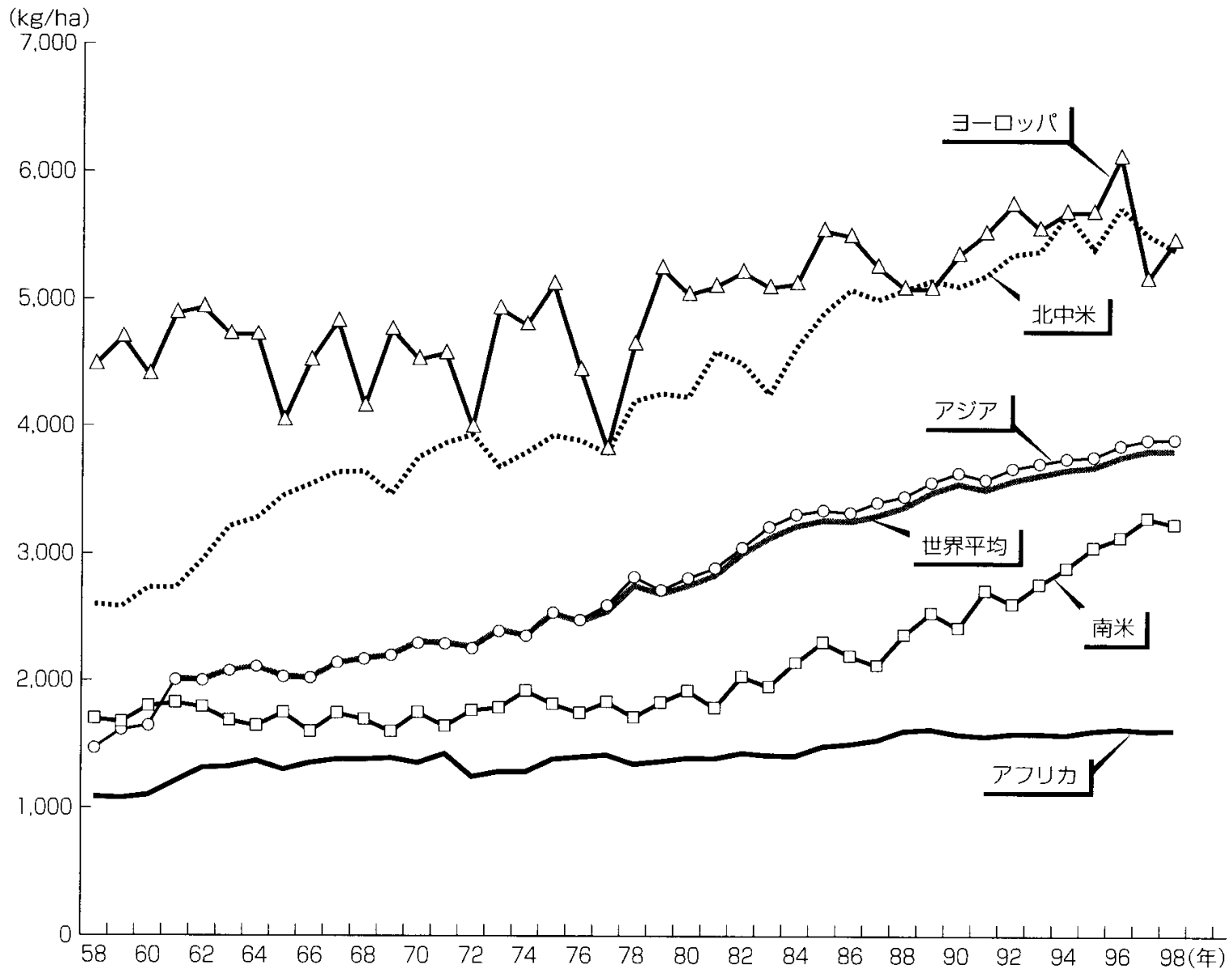


西アフリカでは過去40年1人当たりの米生産量の伸びが最大であった。しかし、輸入量も急増したため消費量は今や伝統食料のソルガムとミレットを抜いてNo.1になる勢いである。しかしながら現在の米の生産量はポテンシャルの5%程度にすぎない。



(出所) FAO[1962-2001a]より作成。

図1a メイズ土地生産性の地域別推移 (平野
2002)



(出所) FAO[1962-2001a]より作成。

緑の革命の起こらないサブサハラのアフリカ (コメ生産性の地域別推移 (平野2002))

アフリカ緑の革命連合の基本戦略(AGRA): Bill&Melinda

Major Initiative under AGRA

2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015...

基本的施策

まず優良品種の供給システム

農民に公正な市場アクセスを提供する

肥料供給と灌漑整備

農業技術の教育と訓練

優良種子システム確立の次のターゲット

政策決定者よりの支援の獲得

成果を上げて実際のインパクトが出せる実力の養成

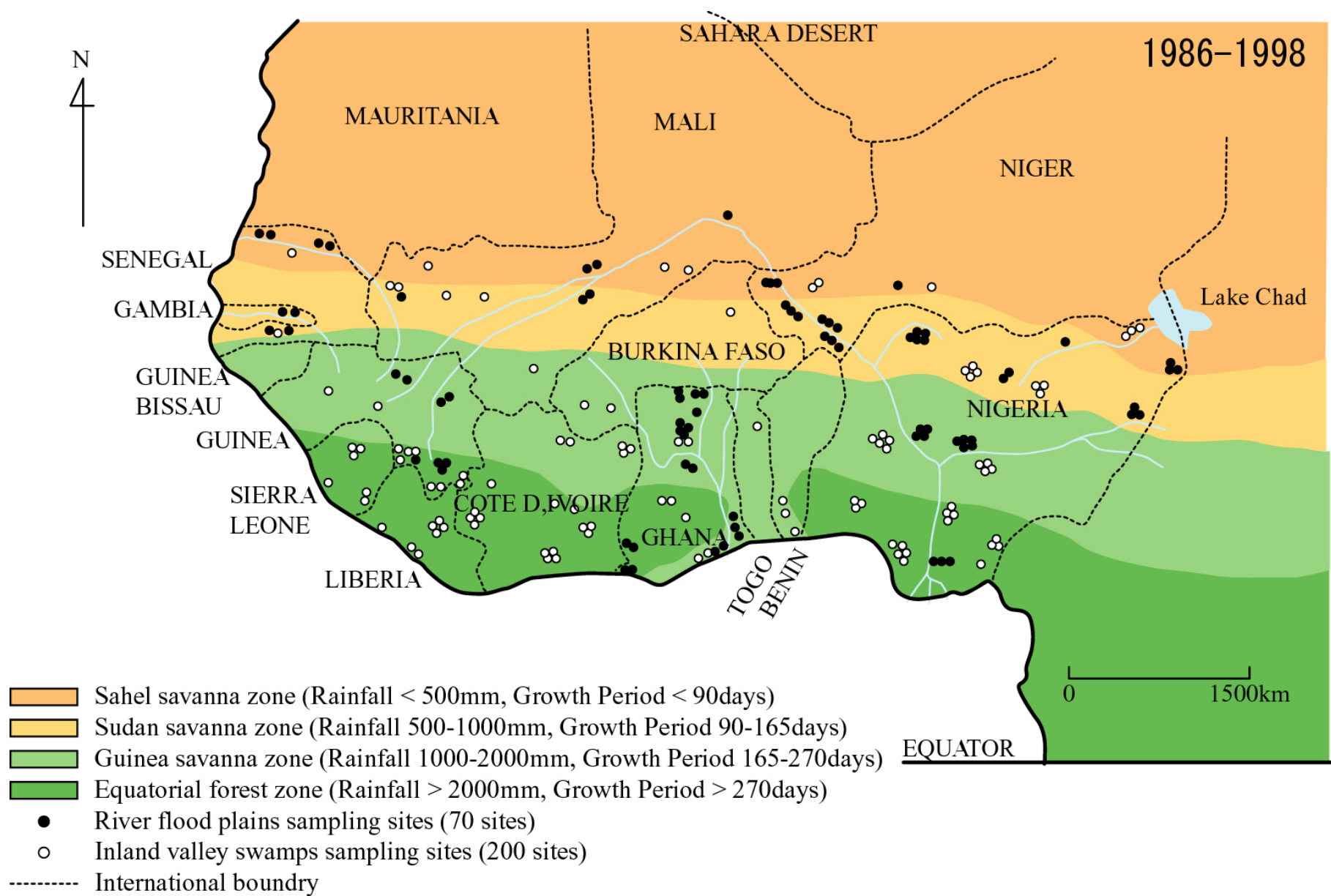
政策決定や農業施策関連者からの支援を得る

アフリカの緑の革命のため公的・私的資金源より支援を得る

広報戦略

世界の潮流は依然として品種改良が緑の革命の中心技術であると仮定

- サブサハラアフリカでの緑の革命の実現を目指して、1970年代初頭よりIITA(国際熱帯農業研究所)やWARDA(アフリカ稲作センター)が設置され、アジアの成功戦略を踏襲し、品種改良を中心に研究してきたが、40年後の今でも実現していない。停滞するアフリカの象徴となっている。2006年8月、ダラエスサラームでの第1回全アフリカ稲作会議でも、又、国連のMDGsでも、緑の革命実現は、悲願、最大のターゲットになっている。
- アジア・ラテンアメリカでの緑の革命の成功: 稲塚権次郎が戦前に育成した農林10号をベースにN.Borlaug等が高収量品種を育成し、1970年ノーベル平和賞を受賞。CIMMYT(国際トウモロコシ・小麦センター)やIRRI(国際稲研究所)の成功は品種改良(バイオテクノロジー)がカギとなった。
- WARDAもバイオテクノロジーにより10年前にNERICA(new rice for Africa:アジア稲とアフリカ稲の雑種)の開発に成功したが、緑の革命への道は見えていない。



1986-1998年の間に西アフリカ全域で実施した稲作生態と稲作地
 土壌の調査サイト（氾濫原70ヶ所、アフリカ型里山小低地200ヶ
 所：Buri and Wakatsuki, 2000）

表. 西アフリカ内陸小低地および氾らん原土壌表土の平均肥沃度. 熱帯アジアと日本の水田土壌と比較して示した.
 (* 川口・久馬1977)

Location	Total C (%)	Total N (%)	Available P (ppm)	Exchangeable Cation (cmol/kg)				Sand (%)	Clay (%)	CEC /Clay
				Ca	K	Mg	eCEC			
西アフリカ 内陸小低地	1.3	0.11	9	1.9	0.3	0.9	4.2	60	17	25
西アフリカ 氾らん原	1.1	0.10	7	5.6	0.5	2.7	10.3	48	29	36
熱帯アジア水田*	1.4	0.13	18	10.4	0.4	5.5	17.8	34	38	47
日本の水田*	3.3	0.29	57	9.3	0.4	2.8	12.9	49	21	61

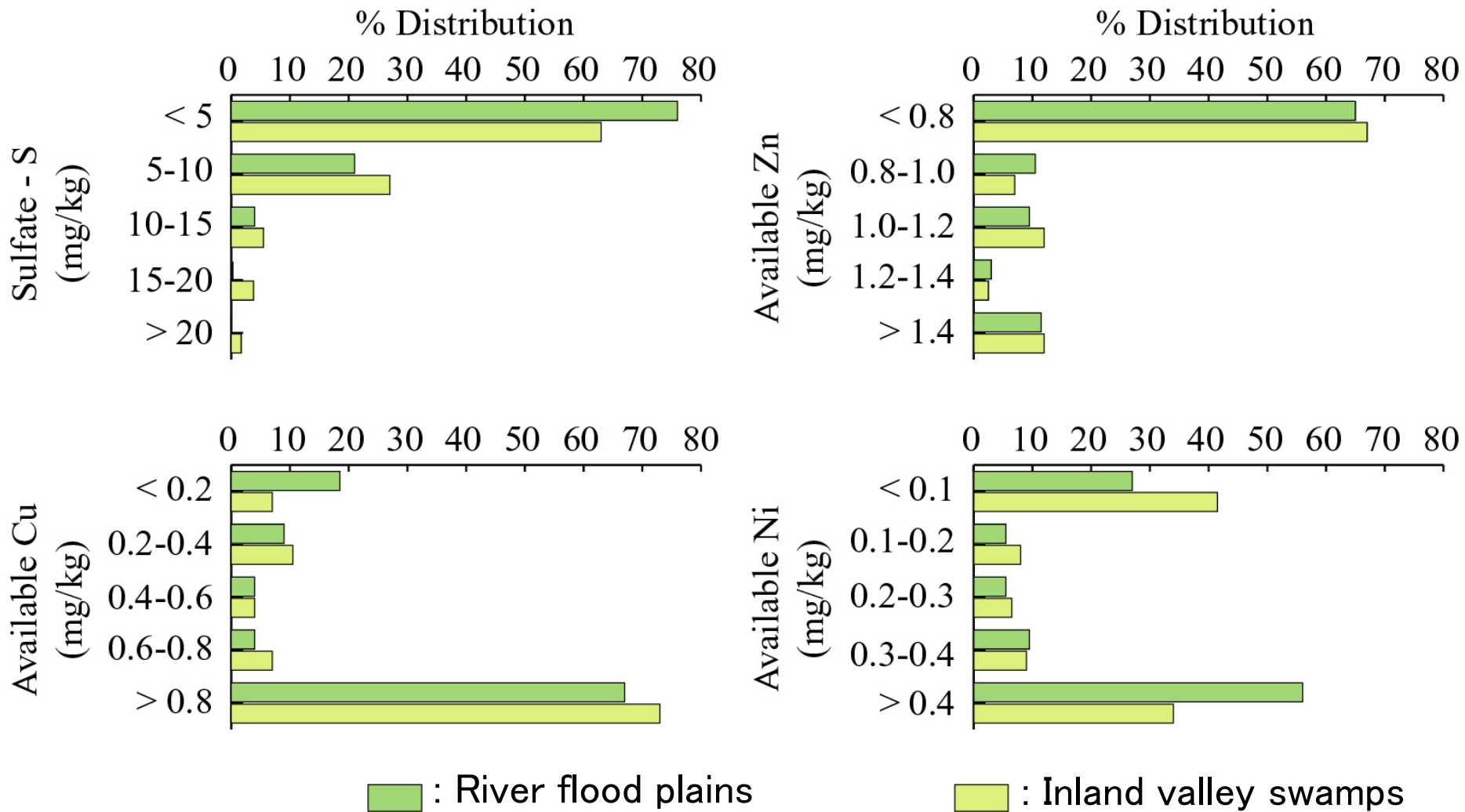


Fig. Frequency distribution of topsoil (0–15cm) available nutrients within West Africa lowlands. (Buri et al. 2001)

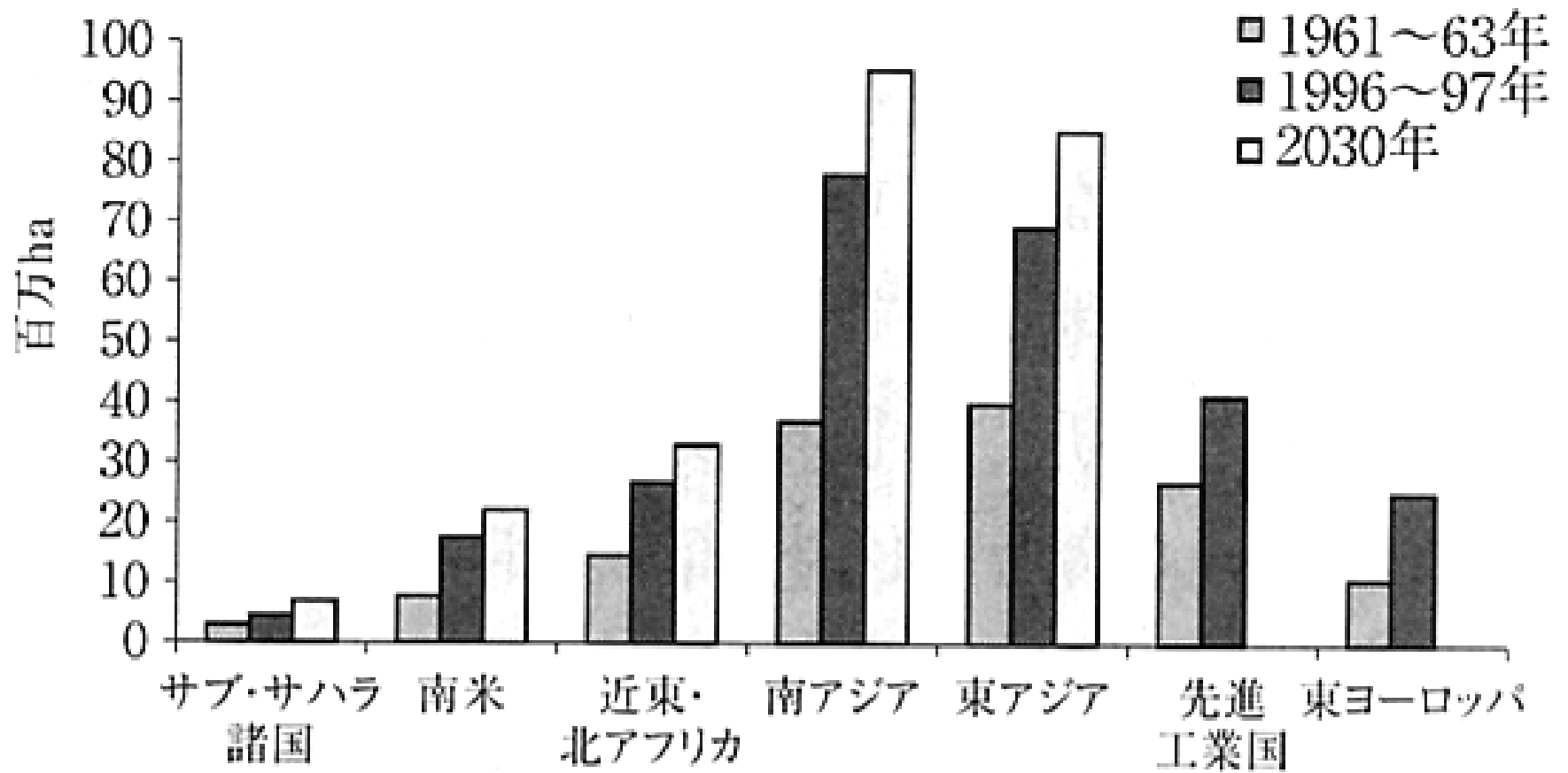
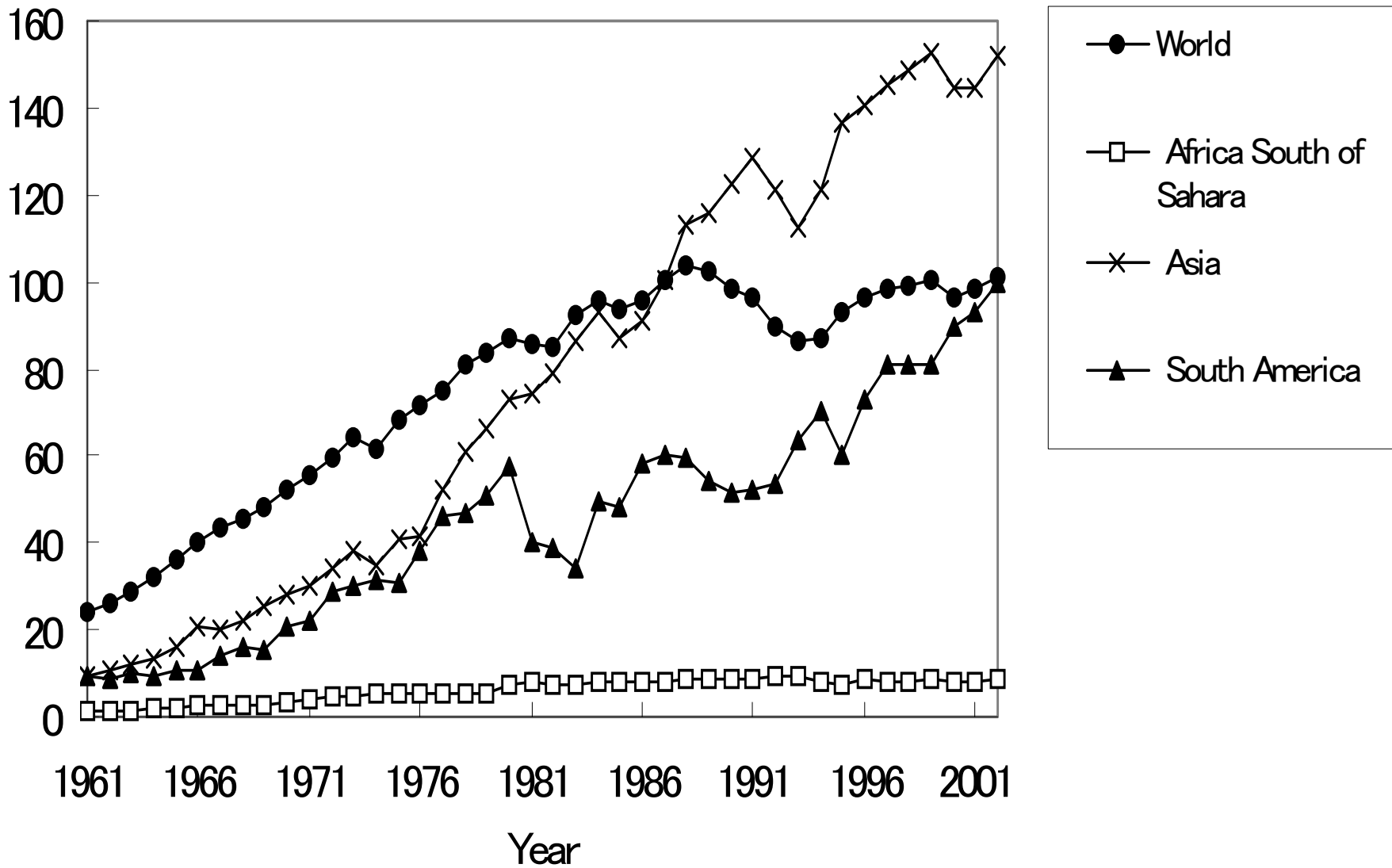
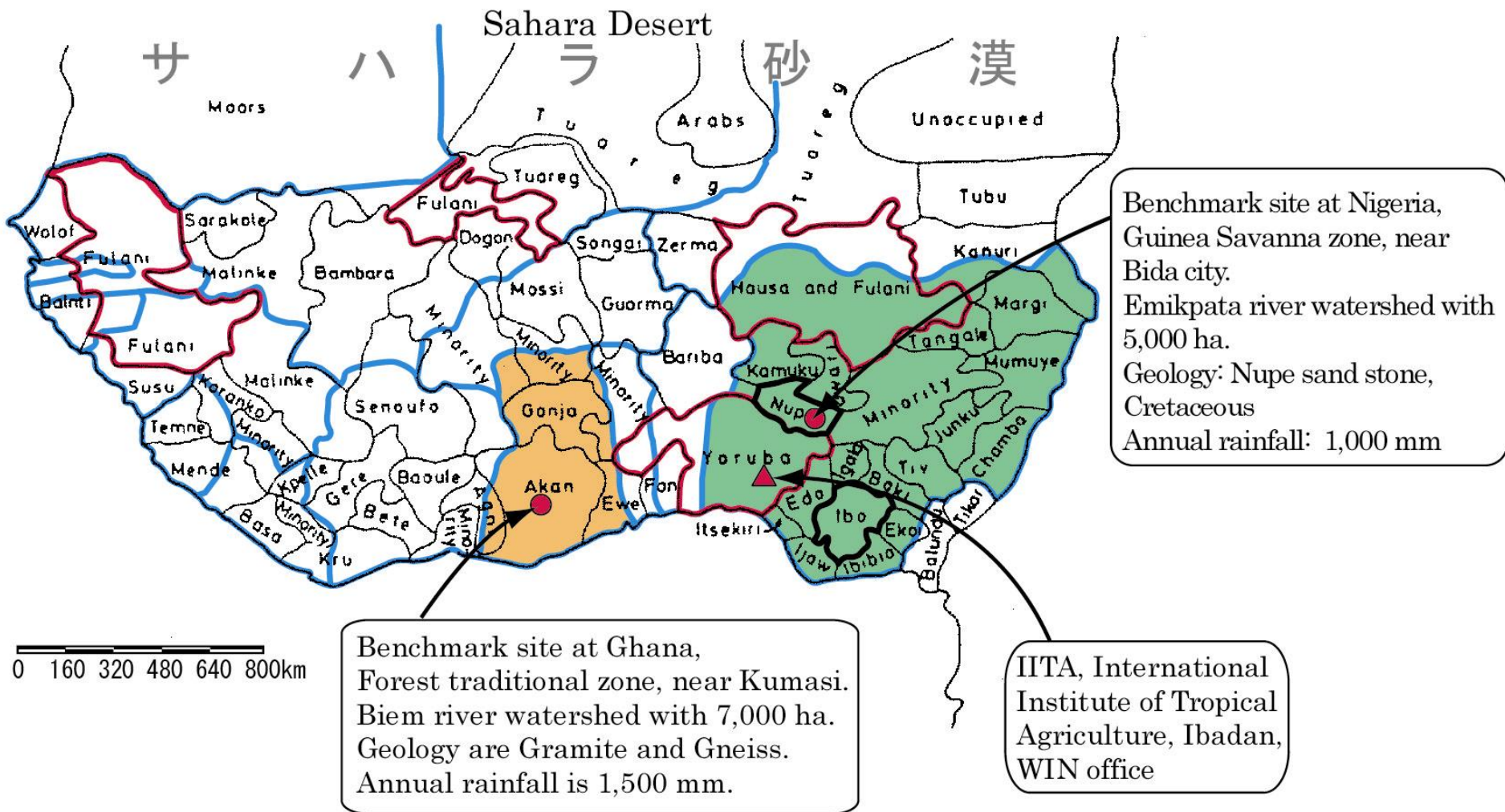


図3 灌漑面積の増加の推移と将来の展開
(FAOSTAT 2001、吉永・渡邊 2002)

Fertilizer (kg/ha)



$N+P_2O_5+K_2O$



ナイジェリアとガーナでの低コスト谷地田水田開発実証調査
 サイト（西アフリカの国々の国境線と民族分布は一致
 しないことに注意）

西アフリカの稲生産と消費の急拡大：西 アフリカと全サハラ以南アフリカにおける過去30年間(1970- 2000年)の五穀の生産量の変化(単位100万トン)(この間の 人口増は2.5倍)

	コメ(生産量 + 輸入量)		トウモロコシ		モロコシ 類	唐人 ビエ	キャッ サバ、 ヤム
	全サハラ以 南アフリカ	西アフリカ	Sub- Sahara	West Africa			
1970	5.5 (4.7+0.8)	3.1 (2.4+0.7)	11.8	5.0	10.4	8.0	124
1980	8.5 (6.1+2.4)	6.0 (3.3+2.6)	13.9	6.5	11.2	7.6	137
1990	12.8 (9.7+3.1)	8.4 (5.8+2.6)	23.4	7.9	13.1	10.6	209
2000	18.2 (12+6.6)	12(7.4+4.3)	27.1	9.2	18.2	13.2	313
増加倍数 2000/1970	3.4(2.5 + 8.3)	3.8(3.1+ 6.1)	2.3	1.8	1.8	1.7	2.5

Table 3 Per capita paddy consumption (FAOSTAT 2004, World Food Statistics and Graphics, <http://worldfood.muses.tottori-u.ac.jp/graph/index-e.html>) Unit: 1,000

Year	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2003
Ghana	14	14 (101)	11 (82)	23 (167)	38 (278)
Nigeria	9	15 (171)	30 (329)	37 (412)	48 (530)
West Africa	28	33 (118)	41 (145)	44 (159)	56 (201)
Africa South of Sahara (SSA)	21	24 (112)	27 (126)	27 (129)	32 (153)
Thailand	292	288 (98)	253 (87)	230 (79)	234 (80)
Indonesia	161	195 (121)	248 (154)	260 (162)	257 (160)
Bangladesh	282	248 (88)	247 (88)	248 (88)	279 (99)
Asia Developing	129	139 (108)	151 (117)	155 (120)	154 (119)
Japan	181	149 (82)	128 (71)	113 (63)	104 (58)
World	81	89 (110)	97 (120)	100 (124)	101 (125)

* Figures in parenthesis are relative percentages when 1961-1970 adjust to 100

西アフリカの伝統的稲作

- 西アフリカではアジア稲 (*Oryza Sativa*)とは別種のアフリカ稲 (*Oryza Glaberrima*)が数千年前に栽培化された。
- しかし畜力が必要な、水田システムは創造されなかった。
- 但し、ナイジェリア中部のヌペ人は、人力のみで、準水田と小区画水田システム (日本の縄文後期・弥生期の水田に相当)を創造した

西アフリカのマリ国の内陸デルタはアジアとは別種のアフリカ稲の故郷



African rice cultivation near Mopti,
Inland Delta of Niger River



Deep water and floating rice

'98 8 24

ナイジェリア北西ソコト付近の氾濫原とア
フリカ稲の栽培地(水田がない)



ナイジェリア北西部ソコト付近の
野生稲の生育する湿地



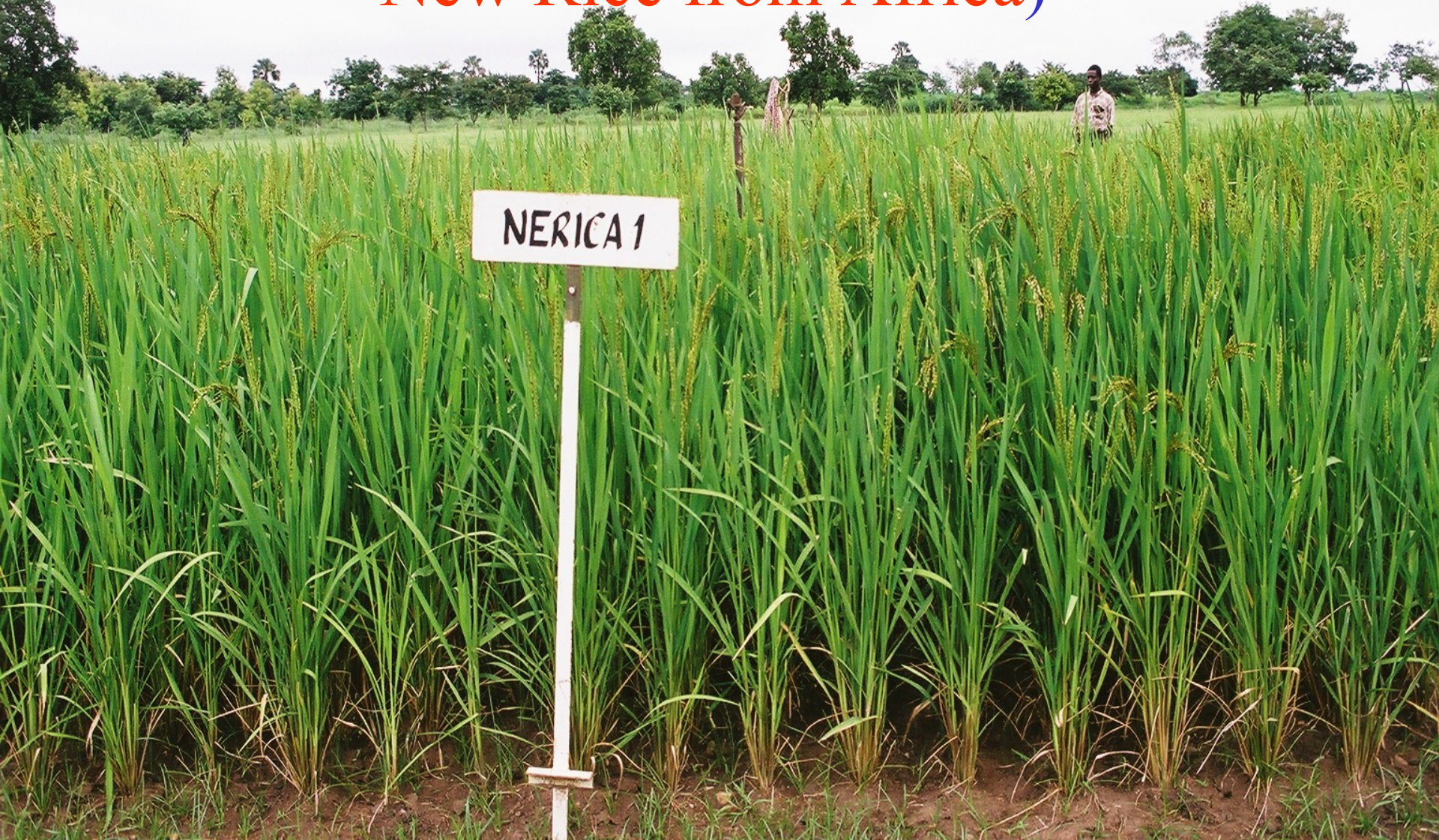
雑草と化したアフリカ稲



スリムな穂のアフリカ稲の葉舌
は退化している



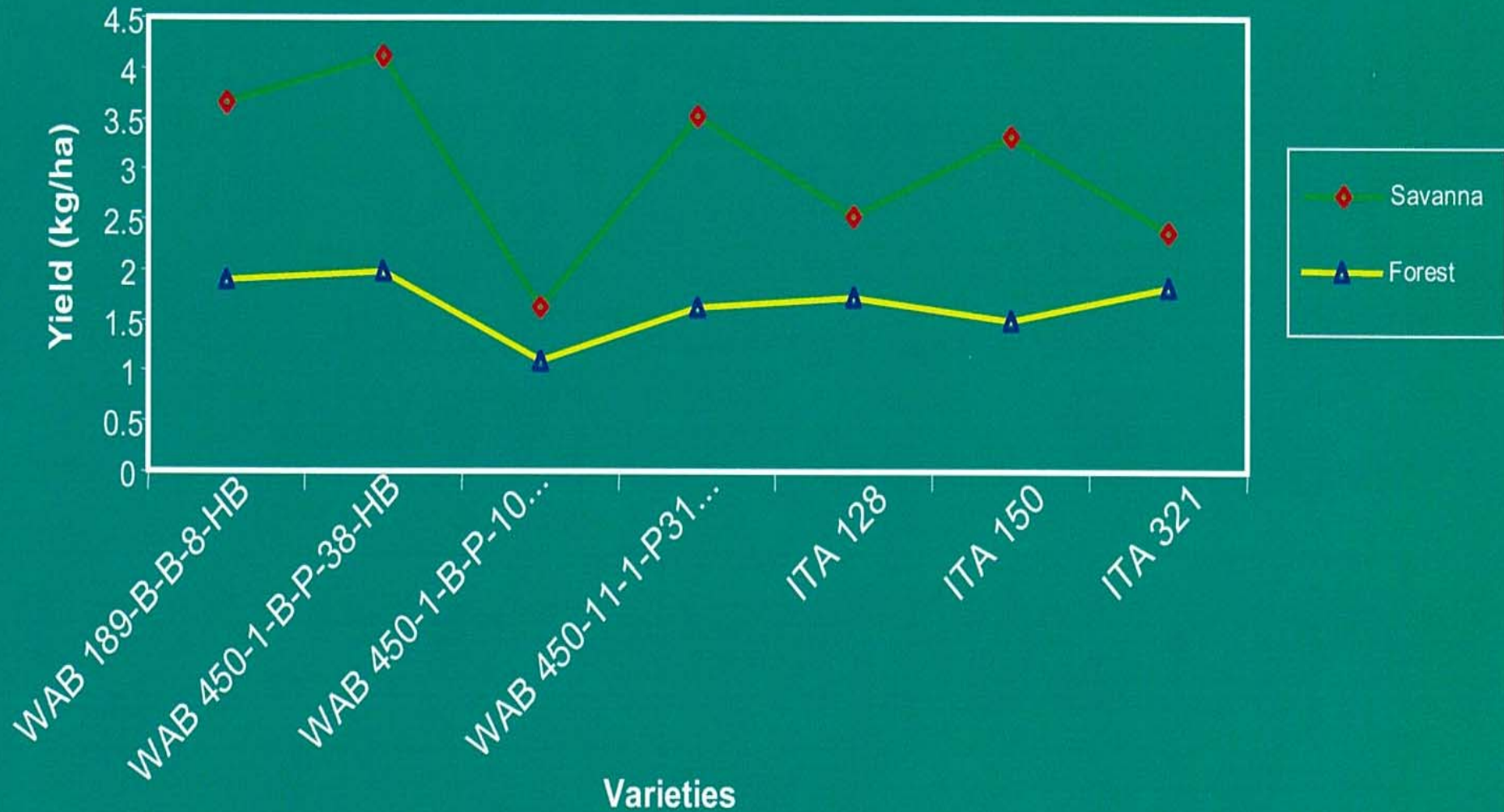
アフリカ稲とアジア稲の交配により生まれたネリカ米(New Rice for Africa or New Rice from Africa)



高い収量のアジア稲(WAB)と雑草と劣悪環境に強いアフリカ稲とのハイブリッド



Performance of elite upland varieties in Forest and Savanna ecologies



シエラレオーネの里山地形





Lowland Paddy Field in Sierra Leone
(Soil Degradation of Inland Valley by
Non-Sawah rice cultivation)



Shifting Upland Paddy Cultivation in Guinea Highland



大規模陸稲栽培地における土 壤侵食



陸稲栽培は雑草との戦いに負ける





ナイジェリア中部の稲作民，又への伝統技能 (雑草と地ごしらえに注目)



湛水による雑草制御より、発芽と畑作的栽培を優先する湿地稲栽培:ヌペの氾濫原稲作



ヌペの村(準水田の取水口の泉でエグシメロンの種の洗浄



ナイジェリアのヌペの準水田は水田の発生時の形態を想像させる



直播又は移植による植付け時は非水田状態で、最初の除草時に小区画の畦を作り準水田とする











直播又は移植による植付け時は非水田状態で、
最初の除草時に小区画の畦を作り準水田とする



木杭や小枝と土製の堰



灌漑水路はきちんと作られているが準水田の畦は閉じていない



又ペの準水田稲作とフルベの牧畜は融合していない



畦が閉じていないので湛水は困難な又ペの準水田



フルベの牛はヌペの準水田の灌漑水路を破壊する







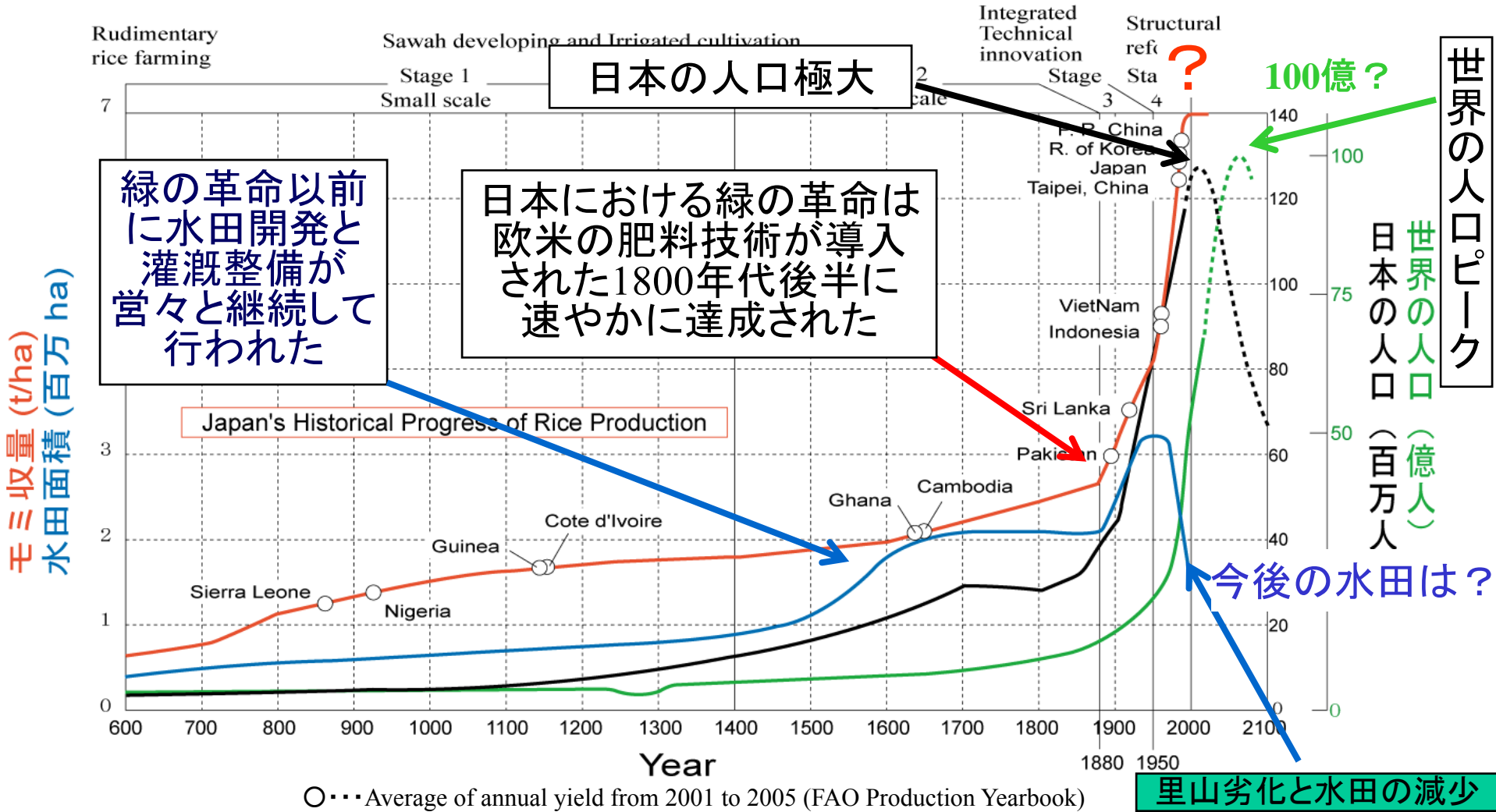
'90 12 8

緑の革命の3要素技術の統合が不調

- 高収量品種：国際農業研究機関のターゲット：NERICAをはじめ多数の高収量品種は手に入るのに、農家圃場では低収。
- 灌漑：政府開発援助（ODA）のターゲット：開発コストが高く、又、水管理を始め、施設の維持管理が効率的にできない。
- 肥料と農薬：工業化のターゲット：施肥しても十分な収量が得られない。農家圃場が整備されていないので肥料の有効利用率が引く。従って、低収なので農薬も無駄。収量4t/haの達成がコストエフェクティブネスの分岐点。

サブサハラのアフリカでは3要素技術を受け入れる前提条件に欠ける。その前提条件を満足させるためのカギは水管理を可能にする水田的圃場の存在とその管理技術（エコテクノロジー）の研究・開発・普及。

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。日本の人口は現在2007年がピーク。今後は減少する。その前に水田が減少。



1900-2000年は日本の人口ピークの時代、2000-2060年ころが世界の人口ピークがくると予想される。地球環境問題と南北問題のピークもこれから。
日本の人口動態と社会は世界の動態を60年先取りしている。

1949年



1999年



サブサハラアフリカにおける 緑の革命実現の中心技術は何か？

(1) アジアやラテンアメリカの緑の革命

バイオテクノロジー：品種改良：農林10号(矮性遺伝子sd1)が発端 となった高収量品種

(2) 日本の緑の革命：明治期に欧米から入った 化学肥料技術

(3) サブサハラのアフリカの緑の革命：CGセンターやSG2000の誤り：40年前のアジアと同じ成功戦略(品種改良)が有効ではないことは、過去30年の活動で明らか。

(4) **エコテクノロジー：稲栽培地の生態環境の改良**：水田整備が緑の革命を可能にするというのが水田仮説。

問題はアジアとアフリカの生態環境と社会経済環境の違いと、この分野における研究開発普及活動の少なさ。

西アフリカの貧栄養土壌と降雨量不足の生態環境条件を克服する農業技術はどのようなものか？

- 1、集水域生態工学技術としての低地水田の持続可能な開発と管理が解答
- 2、集水域アグロフォレストリーにより林地、畑地、低地の総合開発管理がカギ
- 3、西アフリカの中心的な生態環境は東北タイに類似しているので、アジア・アフリカ南南協力も重要

Bangkok Airport 05



What is Sawah ?

Lagos Airport, Aug. 05



Farmers fields are demarcated

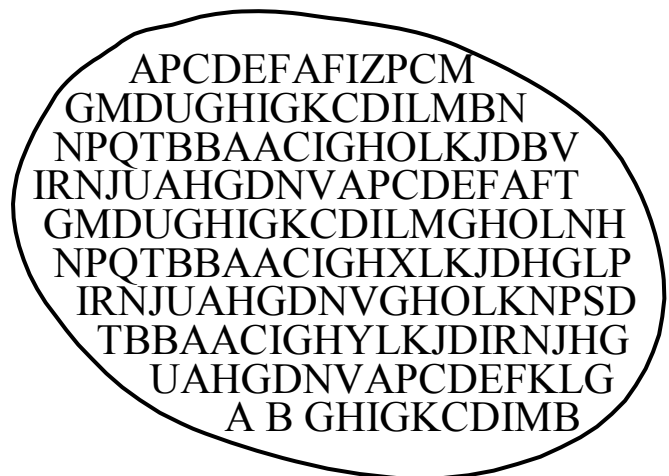
No clear demarcation



Northeastern plateau area in Thailand, July 06

Dar es Salaam airport, July 06

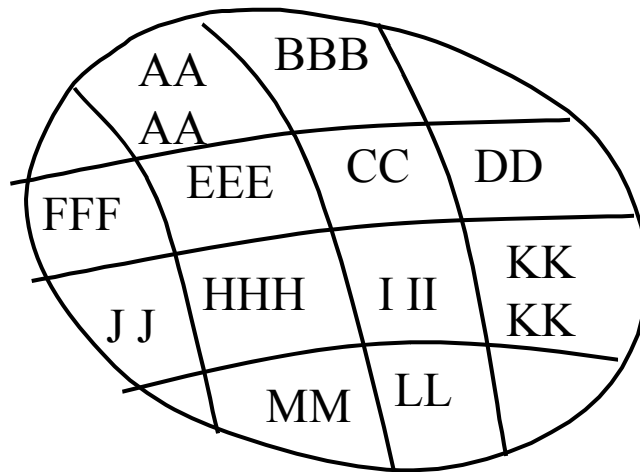
農民圃場の所有権は重層的で多様な人々とコミュニティによる共有型である。農民の圃場は極めて不均質で多様な生態環境が混在し、区画がない。圃場環境の改良は困難である。



多様な混作体系である：生態系多様性
 多様な作物が作付けされる：種多様性
 多様な品種が混在（A B C D）：遺伝的多様性

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：緑の革命は不可能

水田生態工学：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、水管理が可能である。このように環境が区画されれば、各圃場は毎年の努力の継続で改良が可能となり、持続可能な管理ができる。区画されることにより、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



pure variety A
 pure variety B
 pure variety C
 pure variety D

前提条件が満たされ
 緑の革命の3要素技術
 の適用が可能になる

図：科学技術を適用するための前提条件の欠如：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である。道路やダムや灌漑水路等、線としてのインフラ整備以前に、農民圃場の整備が必要。国作りの基盤は農民の圃場作りにある。サブサハラのアフリカ独特の生態環境と社会経済条件及び歴史的経過に由来する。

熱帯アフリカにおける集約的持続的農業に関する水田 (sawah) 仮説(I)

1. 低地利用農業の未展開

2. 水田造成, 維持管理等, 環境形成技術 (エコテクノロジー) が農民に普及していない。

➡ 灌漑が普及しにくい

➡ 肥料が有効でない

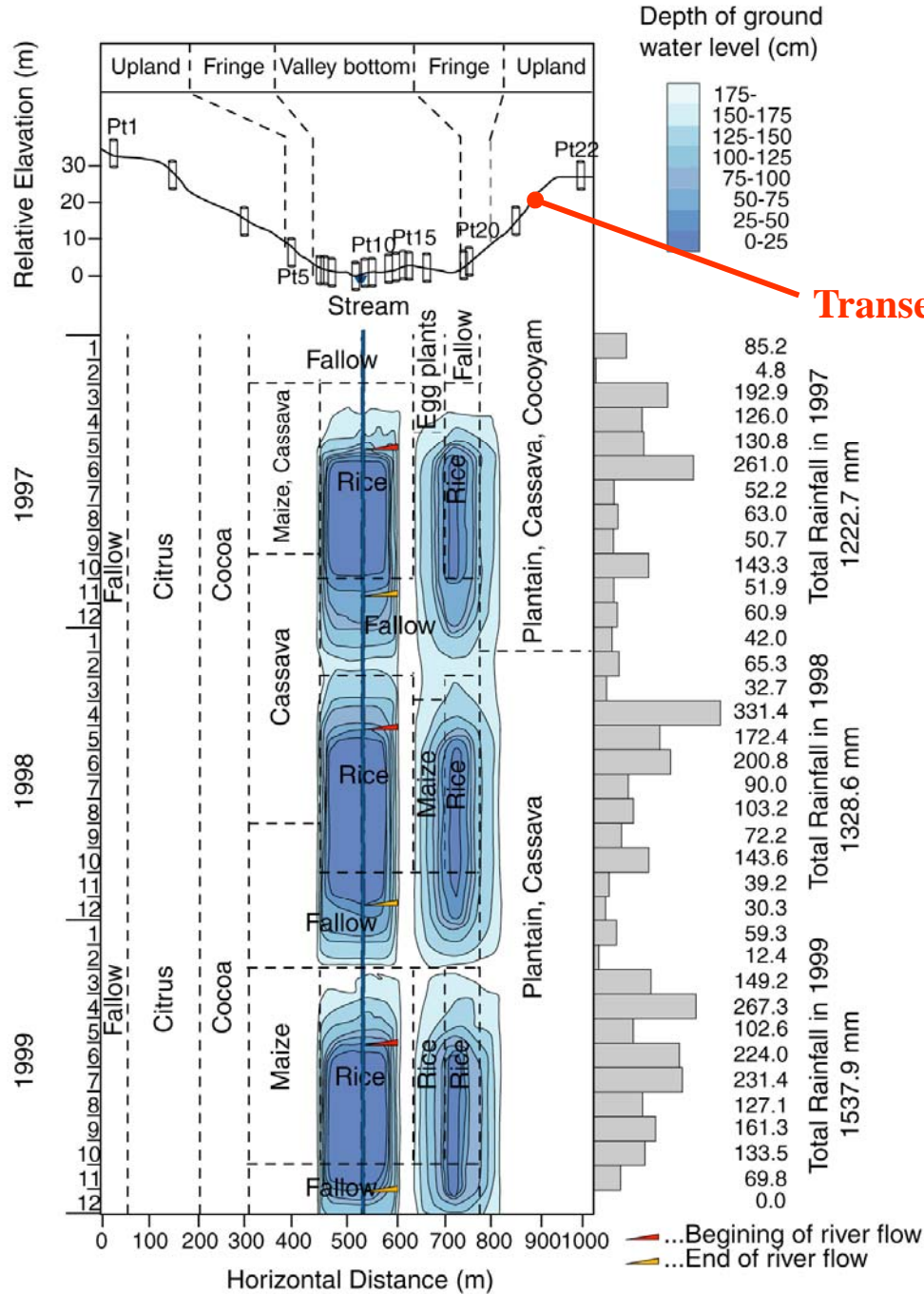
➡ 高収量品種が有効でない

➡ 土壌肥沃度が持続できない

3. だから「緑の革命技術」が有効に普及しない。

ガーナの事例





The conour lines show the depth of ground or surface water level in cm.

Cross-section of topography, rainfall pattern, ground/surface water and land use dynamics in stream flow inland valley (Transect 5), Dwinyan watershed, Ashanti Region, Ghana.

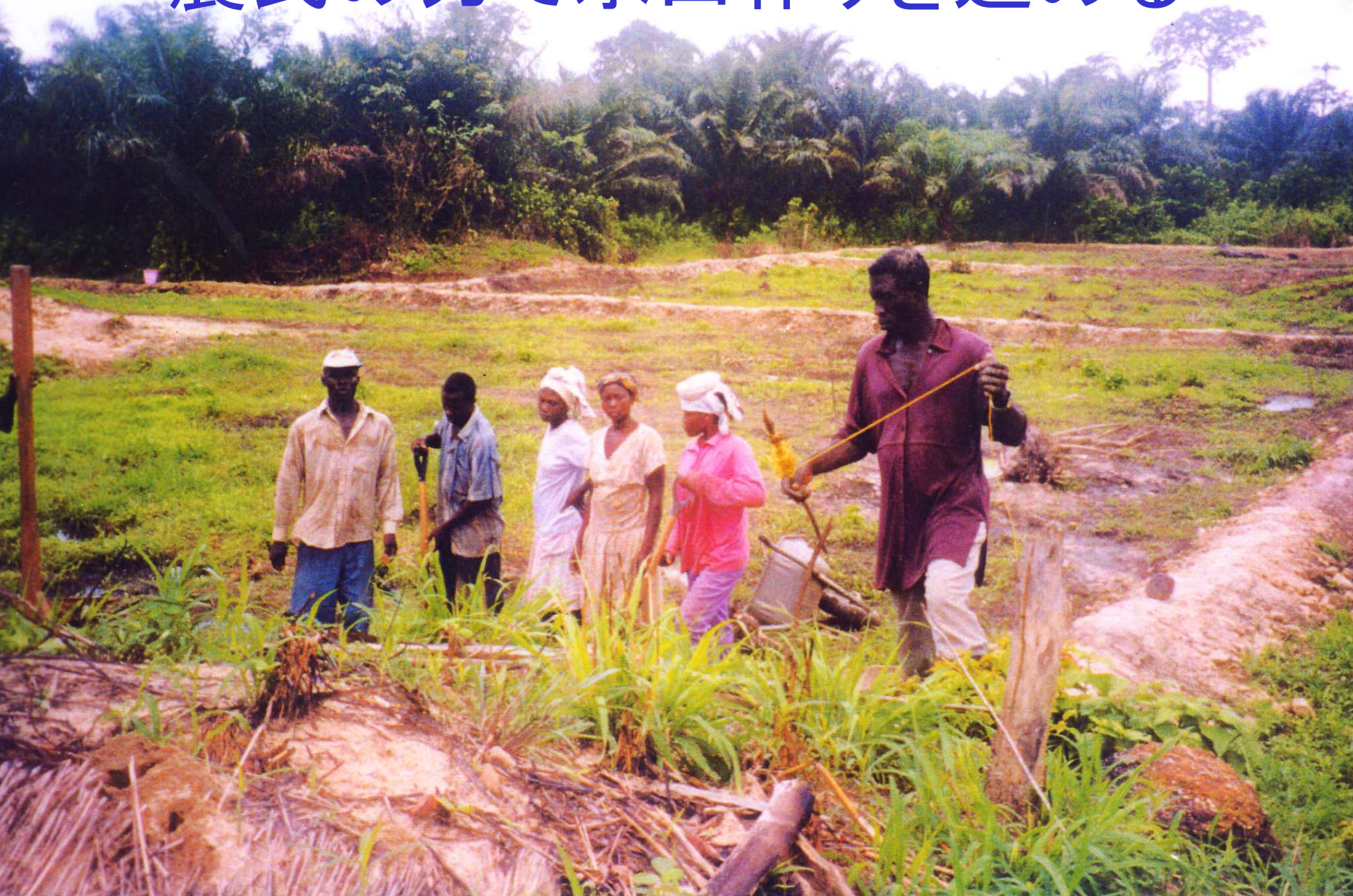




土のうと木クイで堰を作る



農民の力で水田作りを進める







耕運機使用による農民の自力
水田開発と水田稲作の実施

水田開発の最前線



Irrigated Lowland Sawah Field at Ghana (Constructed Functional Wetland)





アフリカ型里山低地の水田
開発と農民グループの
リーダーMr.Tewiah氏(右)

Farmer organization: ガーナサイト



Mean grain yield for “Sawah” adopted farmer- groups

Farmer-group	Paddy Grain Yield (t/ha)				
	2001	2002	2003	2004	2005
Adugyama- A	4.0	4.7	3.8	5.0	4.5*
Adugyama- B	4.4	4.8	5.5	5.5	4.8*
Biemso 1 - A	4.8	4.7	4.8	5.5	-
Biemso 1 - B	4.7	5.7	5.9	6.5	5.4
Biemso 1 - C	-	4.5	5.4	5.5	5.5
“Sawah” mean	4.5	4.9	5.1	5.6	5.1
Traditional "	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1

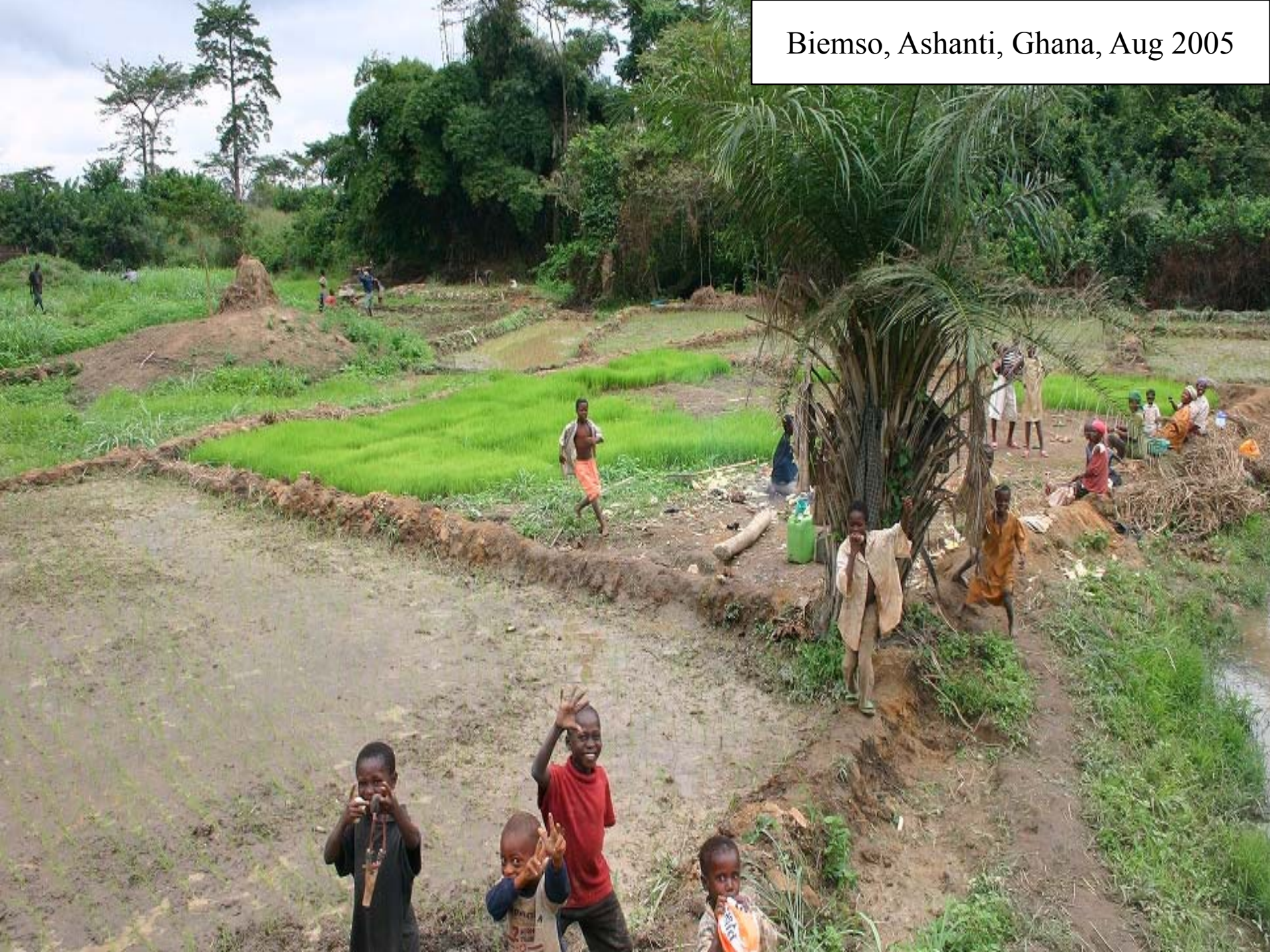
* Fields partially destroyed by floods

Estimated revenue of farmer groups per hecter

Farmer-group	Paddy yield (kg)	Gross Revenue (US\$)	Production Cost (US\$)	Net Revenue (US\$)
Adugyama	4334	1712	428	1284
Biemso 1 - A	4675	1847	350	1497
Biemso 1- B	4736	1871	324	1547
Biemso 1 - C	4675	1847	349	1498

Source – Information provided by each farmer-group. 耕運機のコスト5000ドル+維持管理2500ドル+燃料代2500ドルを50ha・年の耐久性とする、200ドル/haの追加費用となる

Biemso, Ashanti, Ghana, Aug 2005



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



生態工学的農耕文化のない場合



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、ヌペ人の伝統的準水田稲作(ナイジェリアサイト)



農民のイ稲作地で水田農業さえ可能であれば
たいていの品種は5t/ha以上の収量は簡単
(品種ではなくて栽培環境の改良が問題)
ナイジェリアサイト

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)

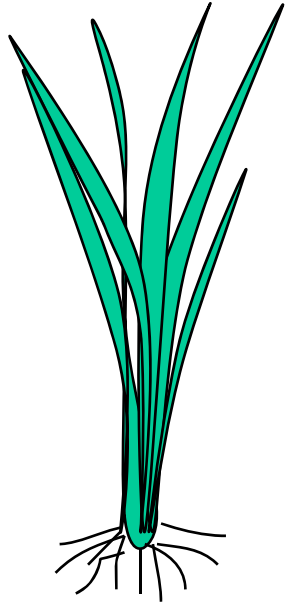
品 種 の 効 果 バ イ オ テ ク ノ ロ ジ ー	Entry NO.	Cultivar	灌漑水田		天水田		陸稻的栽培	
			高投入	低投入	高投入	低投入	高投入	低投入
			(t/ha)		(t/ha)		(t/ha)	
	1	WAB(NERICA)	4.6	2.9	2.8	1.6	2.1	0.6
	2	EMOK	4.0	2.8	2.9	1.3	1.4	0.5
	3	PSBRC34	7.7	3.5	3.0	2.1	2.0	0.4
	4	PSBRC54	8.0	3.7	3.8	2.1	1.7	0.4
	5	PSBRC66	5.7	3.3	3.8	2.0	1.8	0.4
	6	BOAK189	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

Entry 1- 7 : Early - maturing cultivars

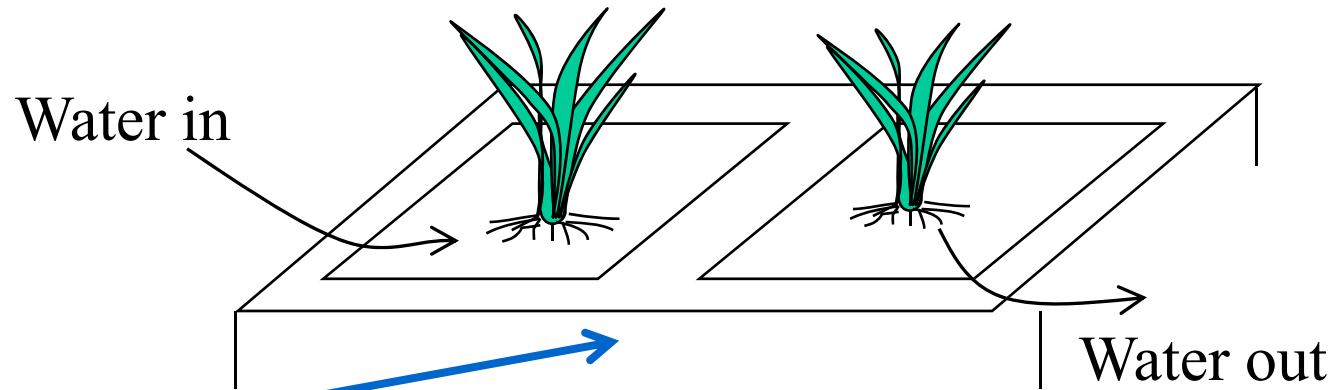
Entry 8-23: intermediate - maturing cultivars

Biotechnology and Ecotechnology

Rice variety



and Rice with Sawah Systems



Sawah is a man-made, improved rice-growing environment with demarcated, banded, leveled, and puddled fields, for water control. Sawah is soil based eco-technology

Varieties could solve the main problems in Asia
Is this also true in SSA?

Because of diverse soil, geology, topography, hydrology, climate, vegetation and socio-cultural conditions, the technologies for sawah development and management are very diverse. Therefore we have to research and develop the technology to accommodate in diverse SSA ecology.

Fig.2 Rice (variety) and environment (Sawah) improvement Both Bio & Eco-technologies must be developed in balance

なぜ水田か？

—水田の高い持続的生産性の理由—

湛水できる機能性の湿地(欧米人の理解できない湿地)

灌漑水によるミネラル供給, 窒素固定, リン酸有効化, 雑草制御,
連作可 →『湛水土壤学』

集水域アグロフォレストリー(森林農法)としての水田

地質学的施肥: 集水域における「森林—水田」の連関

土壤侵食やCatastrophe(洪水)の意義: 低地沖積土壤の生成

→『生態系土壤学』

表6：低地水田の持続的生産性に関する水田仮説(II): 畑作地の10倍以上の持続的生産性がある

内陸小低地における水田の持続的生産力の評価

1ha sawah = 10-15ha of upland

	焼畑の陸稲	水稲(Sawah)
面積比 (%)	95 %	5 %
収量 (t/ha)	1-3 1以下	3-6 2程度
生産の持続性*	1	5

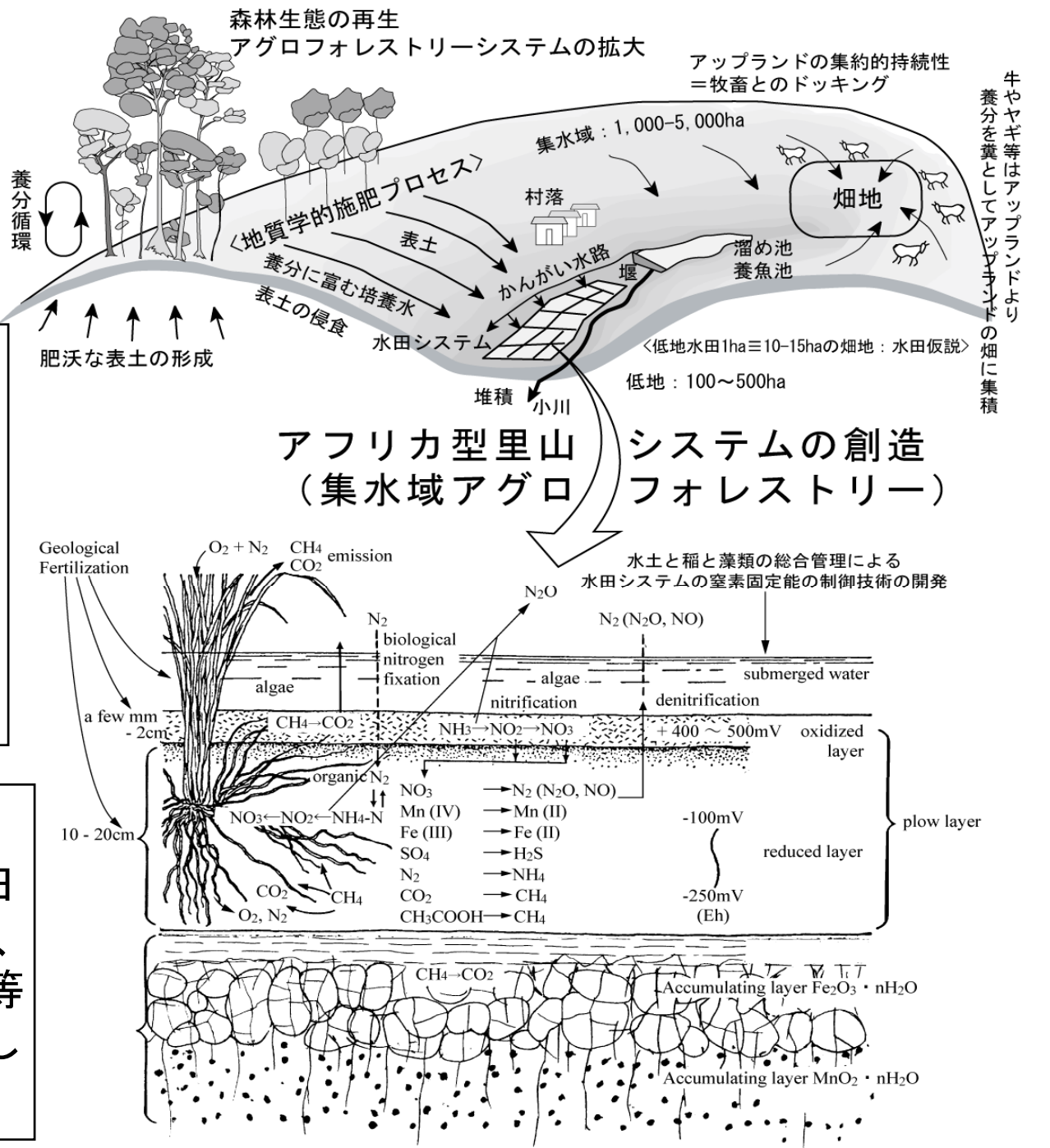
(**丸囲みの数値**は無肥料の場合)

* 生産の持続性は、水稲は連作可能であるが、焼畑の陸稲栽培は2年の稲作後8年の休閑が必要であると仮定して計算した

集水域生態工学：集水域
アグロフォレストリー：低地
の水田システムの集約的
持続性の高さを説明する
マクロの生態工学的機構

アフリカ型里山創造：
土壌肥沃度が低く、
水循環量が不十分な
アフリカ集水域で持続
可能な集約化を図る
戦略となる。

ミクロの生態工学的機構：
多機能性湿地としての水田
は窒素、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
又、有機炭素を蓄積する。



水を張った水田は機能性の湿地（稲、藻類、
魚——）



水田という言葉と概念の不在

- 2004年12月末の巨大津波ではTsunamiという概念と言葉の不在が被害を拡大した
- 西アフリカでは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
- 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。

No proper English Technical Term to describe 水田 (suiden)

My Proposal

水田 (suiden) = **SAWAH** (Malay-Indonesian)

	English	Indonesian	Chinese (漢字)
Plant	Rice	Nasi	米, 飯, 稻
	Paddy ←.....	Padi	稻, 粳
Environment	? (Paddy) ←.....	Sawah	水田

Paddy soil science = 稻土壤学 ≠ 水田土壤学

Paddy yield: 粳収量

バイオテクノロジーとエコテクノロジーの比較

- (1) **水不足**: 深根性、C4性、浸透圧調節遺伝子等
溜池、堰、井戸、畦、床締、均平化、代掻き、
土・水管理-----アフリカの生態環境では？
 - (2) **貧栄養**: リン酸、微量元素等吸収促進遺伝子
湛水や土・水管理、有機物管理で酸化・還元やpH
調節、施肥、混作----アフリカの生態環境では？
 - (3) **雑草**: 早い成長、光競合性遺伝子
湛水や移植や土・水管理、混作等----アフリカの生態
環境では？
 - (4) **病害虫**: 各種病害虫耐性遺伝子
施肥や土・水管理、混作----アフリカの生態環境では？
- 問題はBiotechnologyはシンプルで新しく、流行の分野、Ecotechnologyは伝統技術で、文化に関わる面が強く、研究開発に値するようには見えない。又、現地の生態環境と社会の特徴を**広く深く長く**知る必要がある。



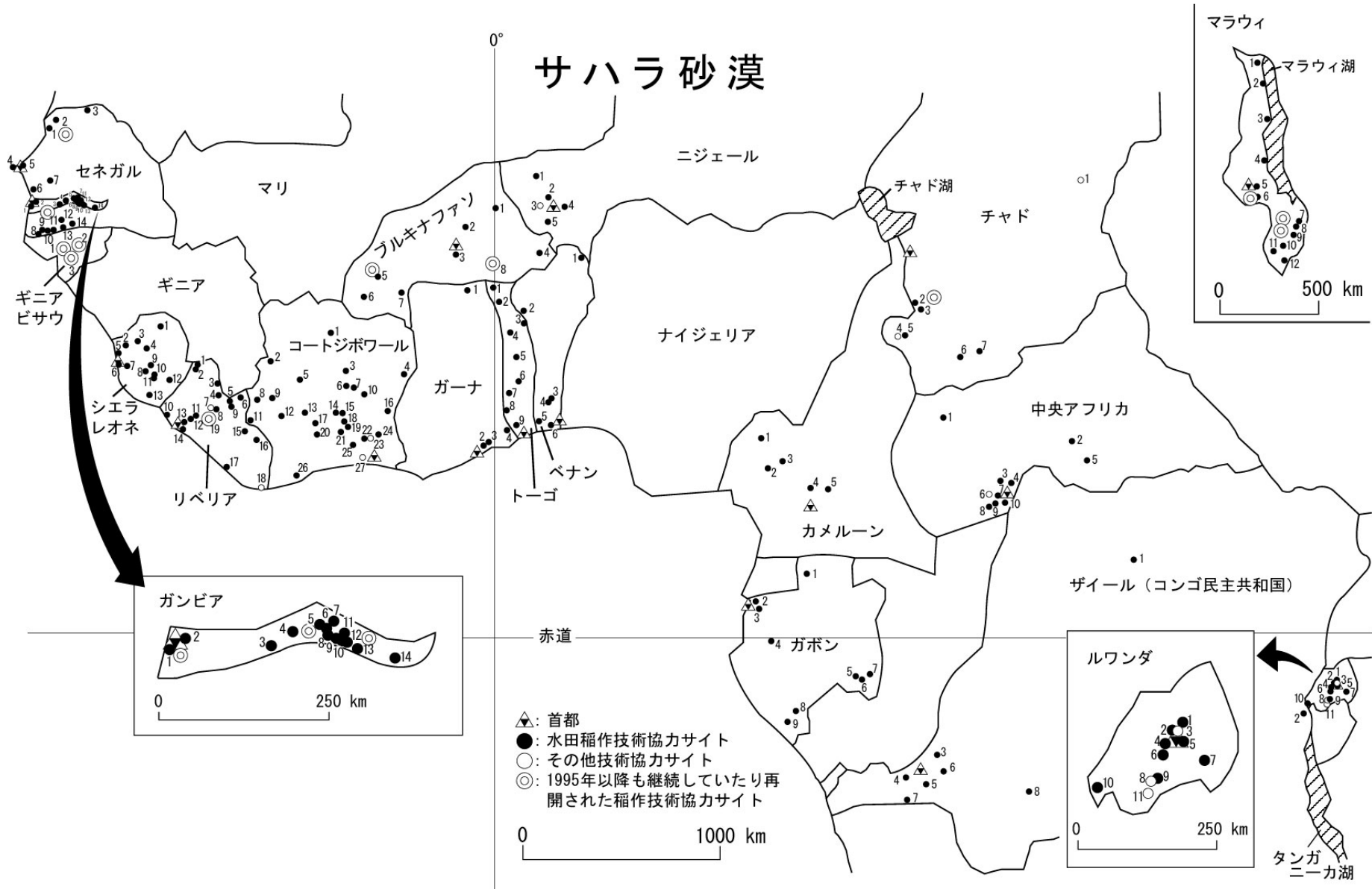
水田の多面的機能：世界遺産に登録されたフィリピン、イフガオ族の棚田（講談社）

明日香村の棚田を訪問したガーナ人カ ウンターパート(2004年7月)



Japanese Inland Valley Systems (Satoyama) Forest, Pond and Dyke irrigated Sawah





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。)

ブルキナファッソで台湾が開発 に協力した水田（1969年完成）





渠河始
CANAL DU KOU
PERCE DANS LE CADRE DE LA COOPERATION TECHNIQUE FRANCO-CHINOISE
JUIN 1969

1969 0023

牛耕をトレーニングしたのはオランダチーム



'98 8.23

Valley du Kou, BurkinaFaso, Feb. 2006



マリの大規模灌漑水田地に水田稲作が根付くのに30年かかった。



表 マリ国のOffice du Nigerの大規模灌漑稲作地の進歩

年	稲作付面積 (ha)	籾生産量 (ton)	収量 (t/ha)	農業戸数	リハビリ面積 (ha)	女性農業戸主	一戸当りの作付面積	肥料使用量(t)	
								尿素	リン酸アンモン
73/74	40,139	83,128	2.1	3,672			10.93		
74/75	40,774	86,000	2.1	4,153			9.82		
75/76	39,916	90,000	2.3	4,367			9.14		
76/77	39,567	94,400	2.4	4,542			8.71		
77/78	37,946	101,000	2.7	4,751			7.99		
78/79	36,557	95,000	2.6	4,863			7.52		
79/80	35,104	62,314	1.8	4,985			7.04		
80/81	35,589	69,290	1.9	5,107			6.97		
81/82	36,896	65,992	1.8	5,236			7.05		
82/83	35,181	56,524	1.6	5,484	450		6.42		
83/84	36,920	64,663	1.8	5,741	1,773	13	6.43		
84/85	38,154	64,086	1.7	6,665	3,778	15	5.72		
85/86	39,433	82,957	2.1	8,490	5,886	17	4.64		
86/87	39,910	88,011	2.2	9,282	7,898	16	4.3		
87/88	42,125	98,194	2.3	9,972	9,617	20	4.22		
88/89	43,352	97,796	2.3	9,459	9,880	23	4.58		
89/90	44,251	106,593	2.4	9,621	10,872	31	4.6		
90/91	43,872	143,938	3.3	9,973	12,452	41	4.4		
91/92	44,435	180,909	4.1	10,465	14,637	53	4.25		
92/93	44,843	208,541	4.7	10,864	16,870	56	4.13	5533	5533
93/94	45,442	222,634	4.9	11,159	18,455	84	4.07	5492	3440
94/95	44,950	290,978	4.6	11,842	19,190	106	3.8	5940	4055
95/96	46,407	232,206	5.0	13,235	20,790	168	3.51	7071	3931
96/97	47,984	246,112	5.3	13,767	22,170	209	3.49	8508	4379
97/98	49,314	267,186	5.5	15,441	29,106	236	3.19	7591	4034

長い停滞



deraluation of CFA

(Office du Niger, 1998)

緑の革命の3要素技術の統合が不調

- 高収量品種：国際農業研究機関のターゲット：NERICAをはじめ多数の高収量品種は手に入るのに、農家圃場では低収。
- 灌漑：政府開発援助（ODA）のターゲット：開発コストが高く、又、水管理を始め、施設の維持管理が効率的にできない。
- 肥料と農薬：工業化のターゲット：施肥しても十分な収量が得られない。農家圃場が整備されていないので肥料の有効利用率が引く。従って、低収なので農薬も無駄。収量4t/haの達成がコストエフェクティブネスの分岐点。

サブサハラのアフリカでは3要素技術を受け入れる前提条件に欠ける。その前提条件を満足させるためのカギは水管理を可能にする水田的圃場の存在とその管理技術（エコテクノロジー）の研究・開発・普及。

これまでのODA方式では灌漑水田の開発は大変コスト高であった：西アフリカにおける大規模、小規模、在来の焼畑稲作技術及びエコテクノロジー型水田開発(谷地田農法)に関わる造成費、経済性、維持管理、農民の参加意欲、持続性等の比較

	大規模灌漑方式	小規模灌漑方式	エコテクノロジー型水田開発方式	在来の焼畑稲作技術
ヘクター当たりの開発費	20,000－30,000 US\$/ha	20,000－30,000 US\$/ha	3,000－4,000 US\$/ha	20－30 US\$/ha
ヘクタール当たりの売上	1,000－2,000 US\$/ha	1,000－2,000 US\$/ha	1,000－2,000 US\$/ha	100－300 US\$/ha
運営費(含む機械)	中～高 (300－600 US\$/ha)	中～高 (300－600 US\$/ha)	中 (200－300 US\$/ha)	低 (10－20 US\$/ha)
農民参加度	低	中～高	高	高
開田のオーナーシップ	政府	政府	農民	農民
技術の適応性の難易度	長期間を要す, 定着困難	短～中期間で定 着し比較的困難	短～中期間で可能, デモンストレーション とOJT(実地訓練)に よる技術移転	若干の技術 移転のみ
技術の持続性	低	低～中	高	中
環境への影響	高	中	低	中

谷地田農法開発の試行錯誤

- 偽農民参加型開発：JICAやWFPのFood for Work方式の参加型開発、無償資金方式等は自助努力に水をさすが？
- 自助努力による自力展開型の水田開発方式は可能か？

雨季の初期の谷地田低地

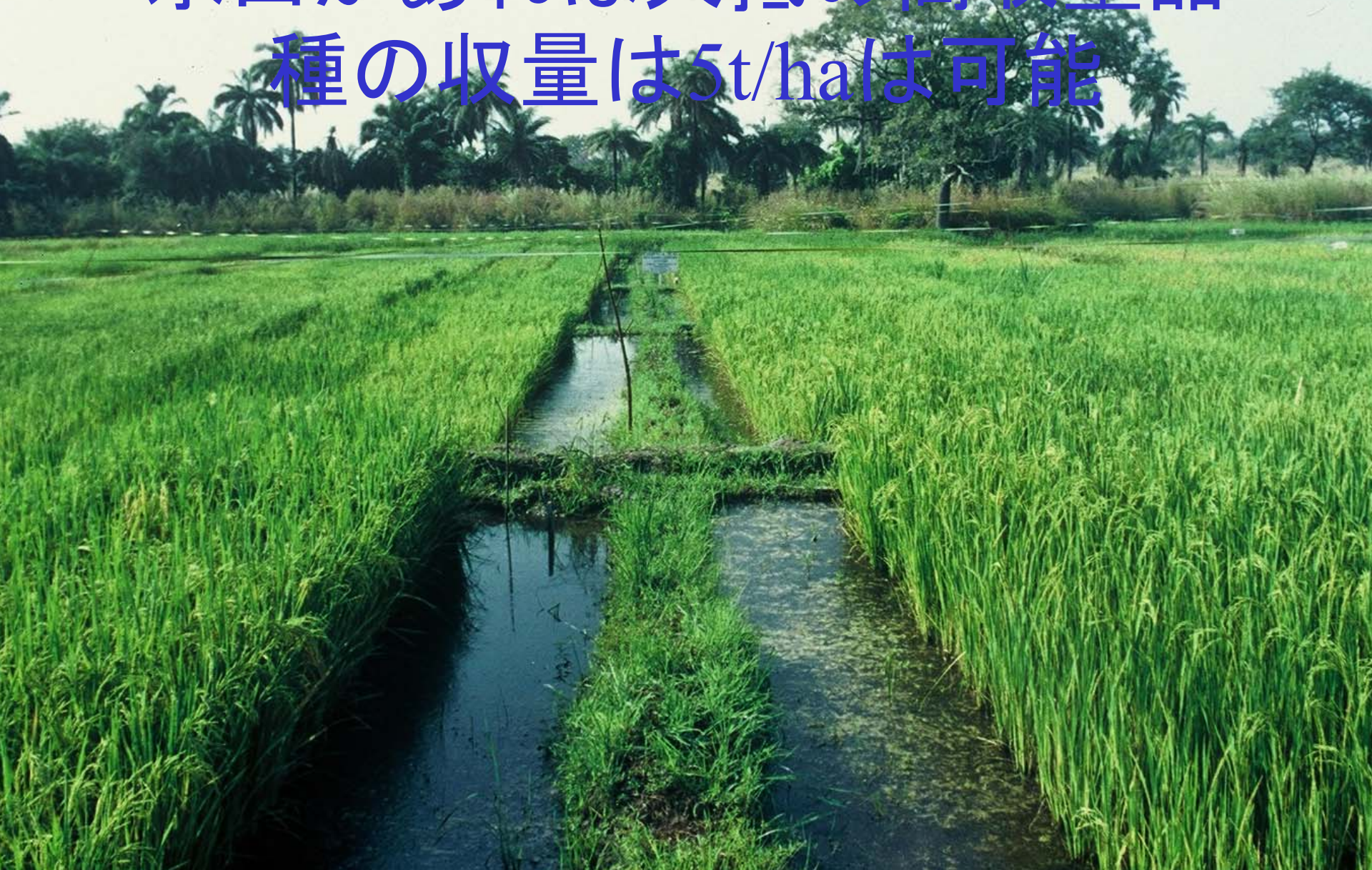


87 8 12

谷地田低地での水田の造成は容易



水田があれば大抵の高収量品
種の収量は5t/haは可能



水田を知らない欧米人は水田の 持続的開発に懐疑的(1987年)



若月帰国後3年後には水田はも
との準水田に戻った(1990年)



農民参加の水田作り(1993年)又ペ女性
による代かきは失敗:牛と機械のない又
ペでは代かきができない

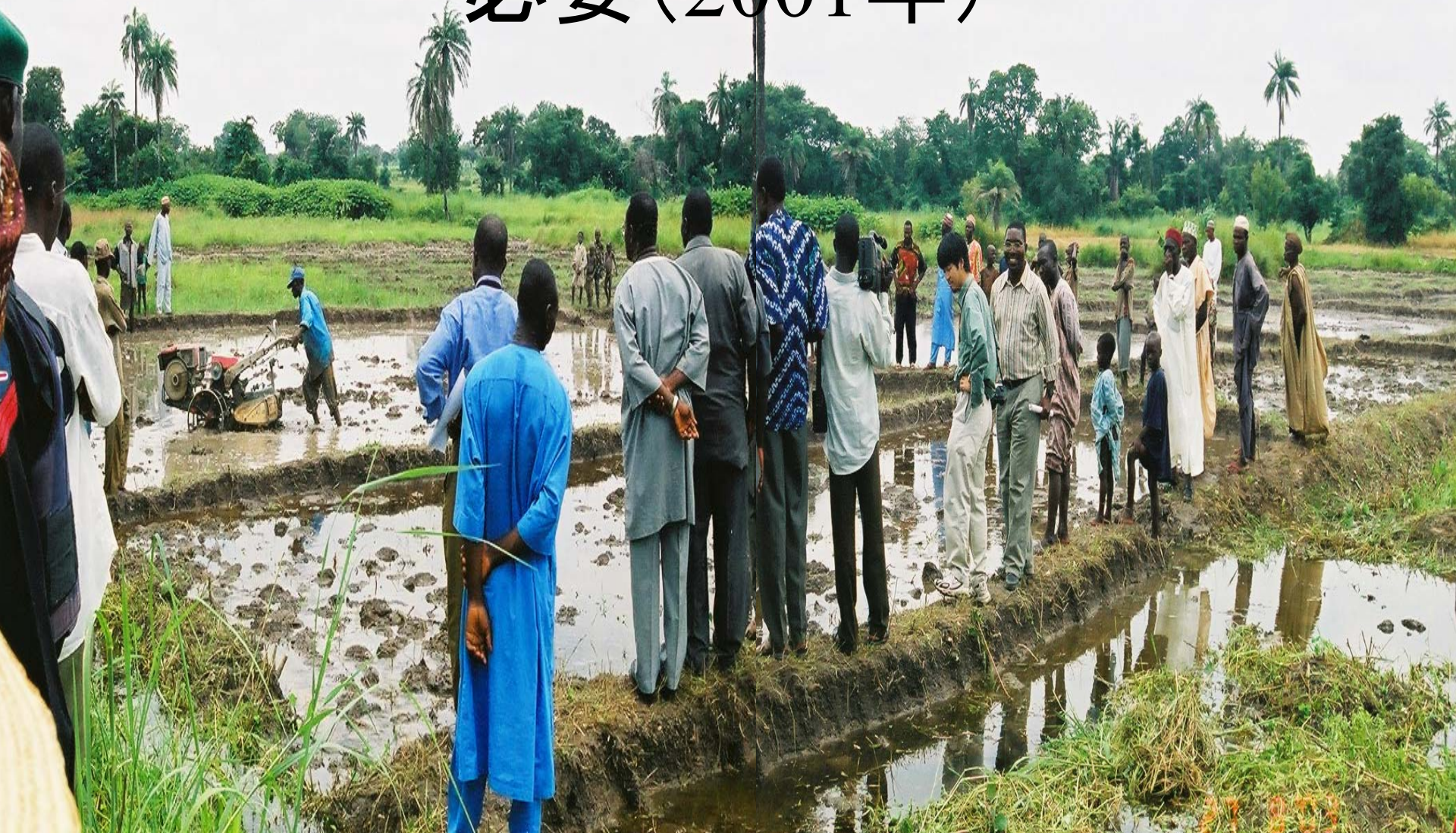


不完全な均平化(1995年)





水田稲作には家畜か耕運機が必要(2001年)





ナイジェリアサイト、Bida、の水田農家ミーティング:NGOのWINがリード



準水田(左)と水田(右)、2004年9月



参加農民と一体で実施する、耕運機による開田と代掻き:ビダ、ナイジェリアサイト



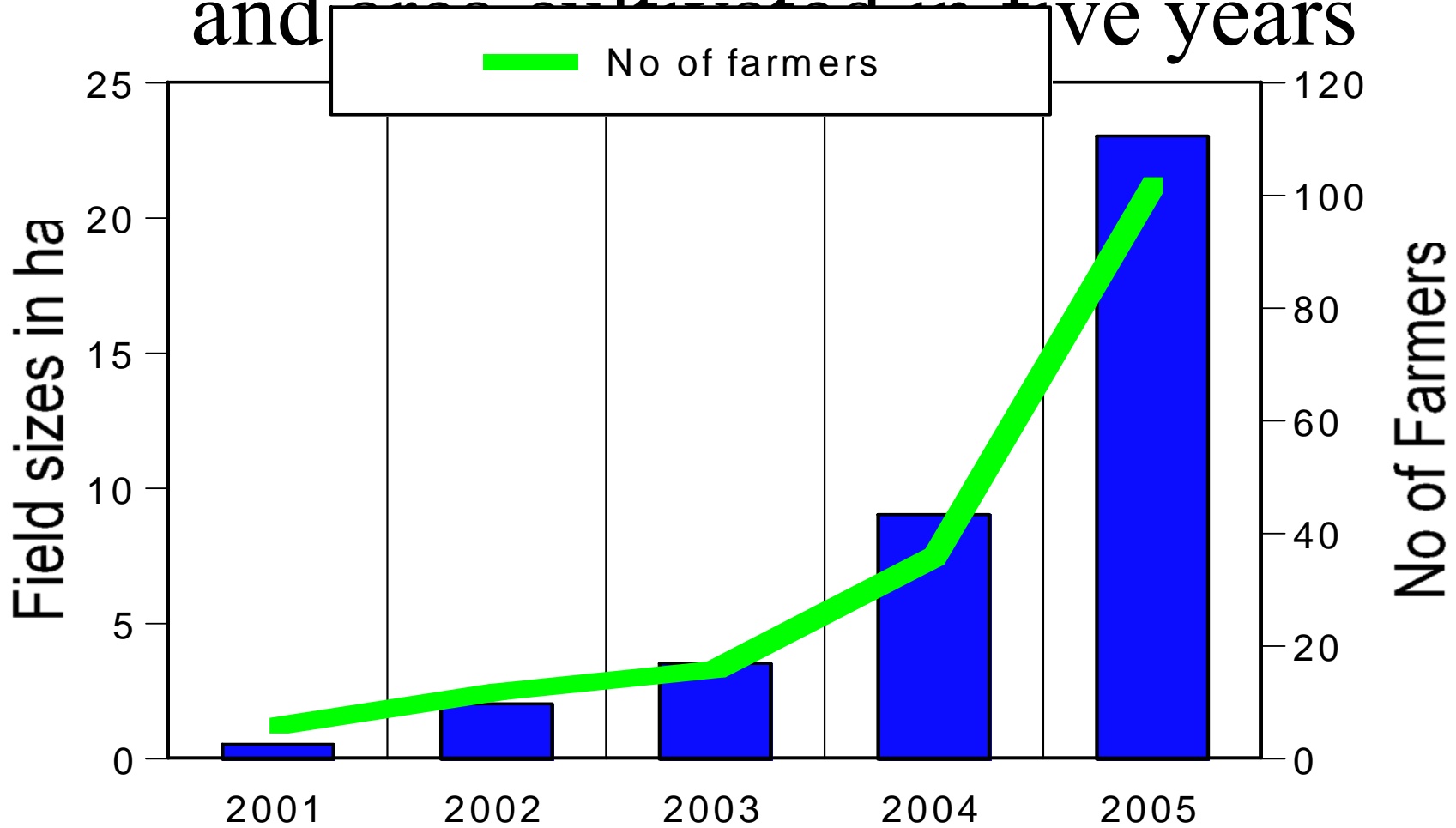


Dr. Rotimi (Olowarotimi) Fashola,
ナイジェリア Sawah Project Coordinator

ナイジェリアサイト、圃場と農民
グループ、WINの指導風景



Increase in the number of farmers and ~~area cultivated~~ in five years



■ field sizes

2006年度は参加農民は200人で
35haの水田稲作を実施

ナイジェリアで水稻栽培普及に取り組む

ロティミ・ファショラさん 46

Rotimi FASHOLA



「丈のそろった稲がどしまでも続く緑の水田は、たとえようがなく美しい」。稲作の話

稲作との劇的な出会いは20年前。ナイジェリアの農業研究所に就職し、国際協力事業団(現・国際協力機構)JICA

で、農業には無縁だったが、「食糧自給

顔

CA)から派遣された日本人の水稻栽培専門家の助手となった。コメは工夫次第で、厳しいアフリカの環境でもたくましく育つ。「農村を豊かにできる作物だ」と確信した。

大都市ラゴス出身で、農業には無縁だったが、「食糧自給

はすべての基本」と、農業の道を選んだ。ナイジェリアは当時、油田開発ブーム。元来アフリカ屈指の農業国なのに農村は荒廃していた。

1994年に奨学金を得て来日。島根、鳥取大学で6年あ

米は農村を豊かにできる

まり、「熱帯での水稻栽培研究し博士号を取得したの間、全国の田を見て歩い何百年も使われ続けている田や、山あいの棚田。小土地でも大切に有効利用している。勇気づけられた」

2001年に帰国、民間活動団体(NGO)を設立。降雨頼みの農法に慣れた現地では当

日本式の稲作は理解されなかったが、根気強く指導を続けた。日本の支援で治水や育土壌改良を導入すると、生産性は3〜4倍に伸びた。活動は農家約200軒、耕地面積も35㌔。農家に家畜の械を買っ余裕もできた。

日本の田園風景を胸に、油に頼らない本当の豊かを目指す。(ヨハネスブルグ支局 角谷志保美、写真)

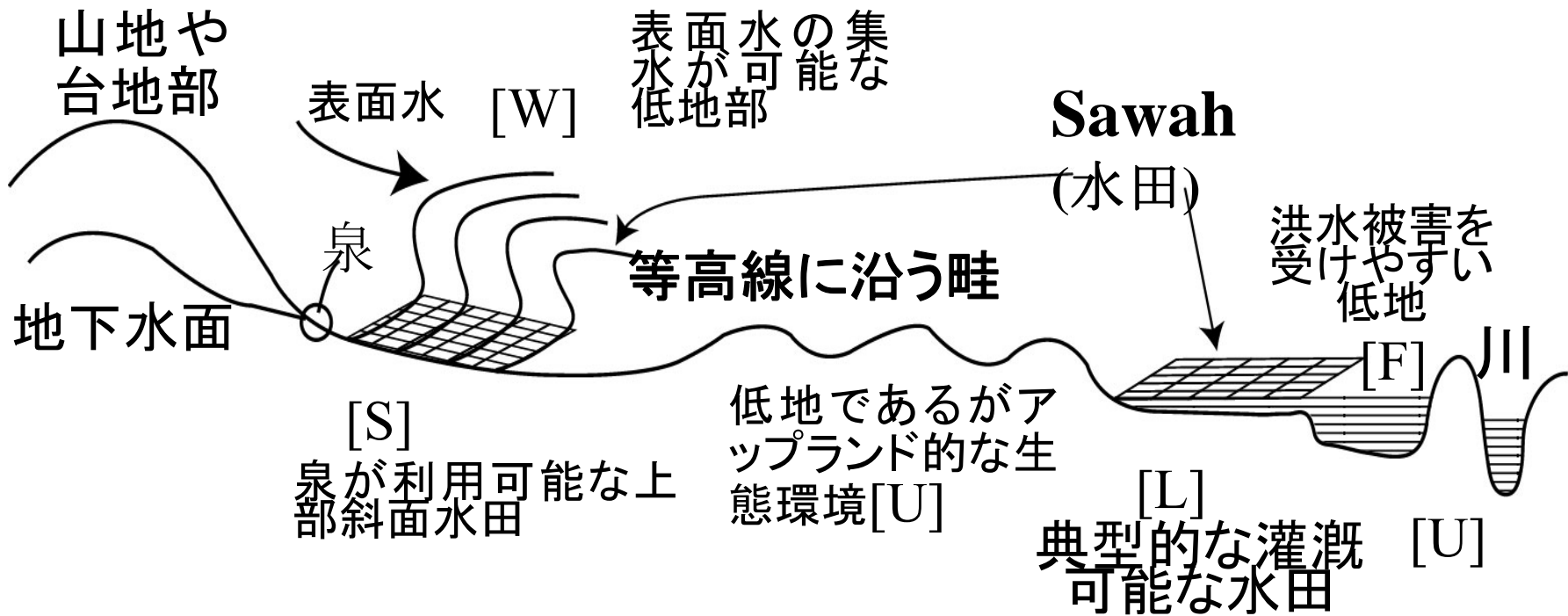
Biemso, Ashanti, Aug 2005: ガーナサイトの農民と研究協力者

Dr.M.M.Buri (ガーナSawah project coordinator)



Biemso, Ashanti, Ghana, Aug 2005





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。

過去20年(1984-2003年)の西アフリカにおける各稲作生態毎の生産量と生産性の推移と2015年ころの予測に基づく目標

(WARDA strategic plan in 1988, African rice initiative 2002, Sakurai 2003, WARDA strategic plan 2004, FAOSTAT 2005)

	作付け面積 (百万ha)			生産量 (百万トン)			収量 (t/ha)		
	1984	1999/03	2015	1984	1999/03	2015	1984	1999/03	2015
陸稲	1.5	1.8	2.0	1.5	1.8	2.0	1	1	1
天水低地 稲	0.53	1.8	3.0	0.75	3.4	7.0	1.4	2.0	2.4
灌漑水稻	0.23	0.56	0.80	0.64	1.9	3.0	2.8	3.4	3.8
合計	2.6	4.7	6.0	3.4	7.7	14	1.3	1.6	2.4
陸稲の寄 与 (%)	57%	40%	30%	42%	23%	13%	収量増は期待できない		

西アフリカには水田稲作による緑の革命の
機運が熟している(日本のリーダーシップと
草の年レベルの交流が求められている)



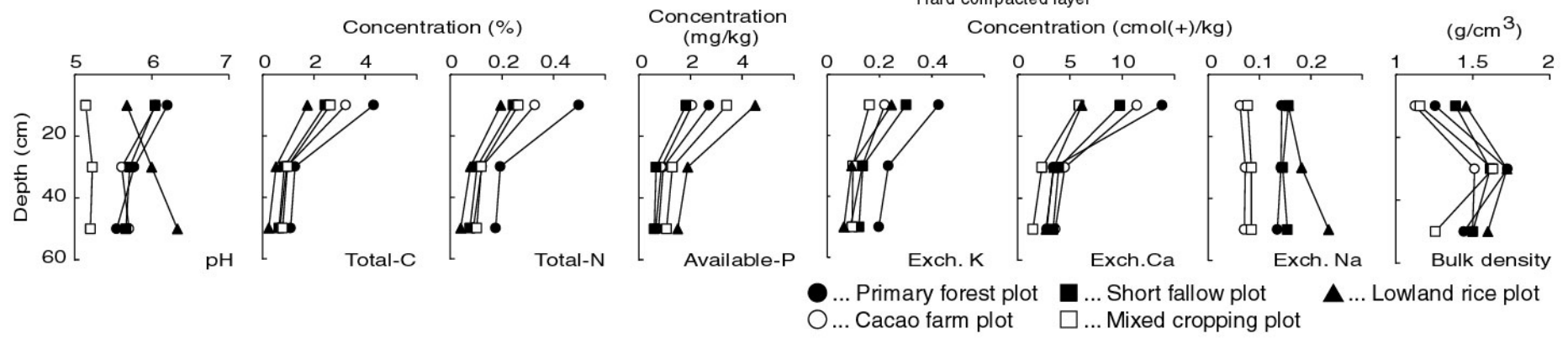
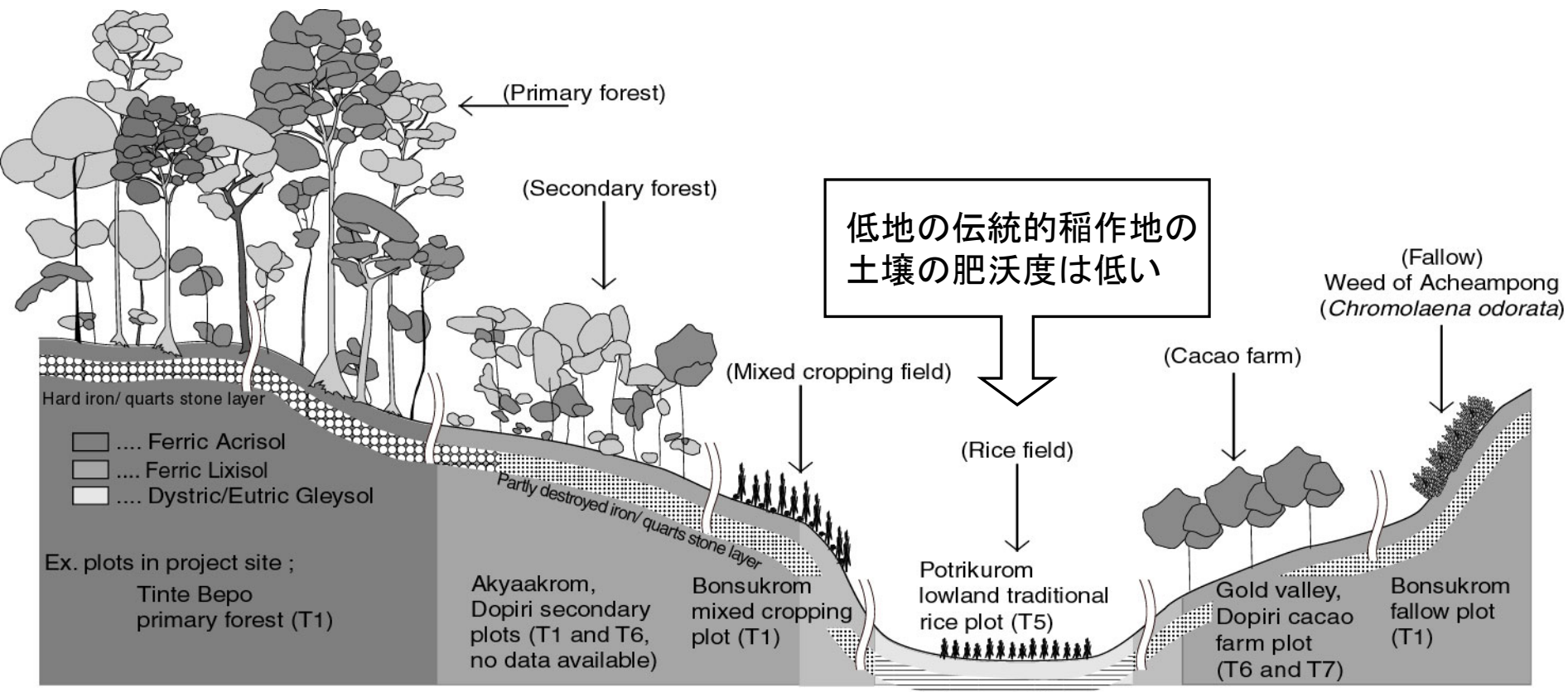
サブサハラアフリカにおける各種低地の分布面積

(Hekstra, Andriessse, Windmeijer 1983 & 1993,)

低地の種類	面積(百万ha)	Percentage(%)
沿海低地	16.5 (3?)	7 (18%)
内陸大低地	107.5 (2?)	45 (2%)
氾濫原	30.0 (5?)	12 (17%)
小低地(里山低地)	85.0 (10?)	36 (12%)

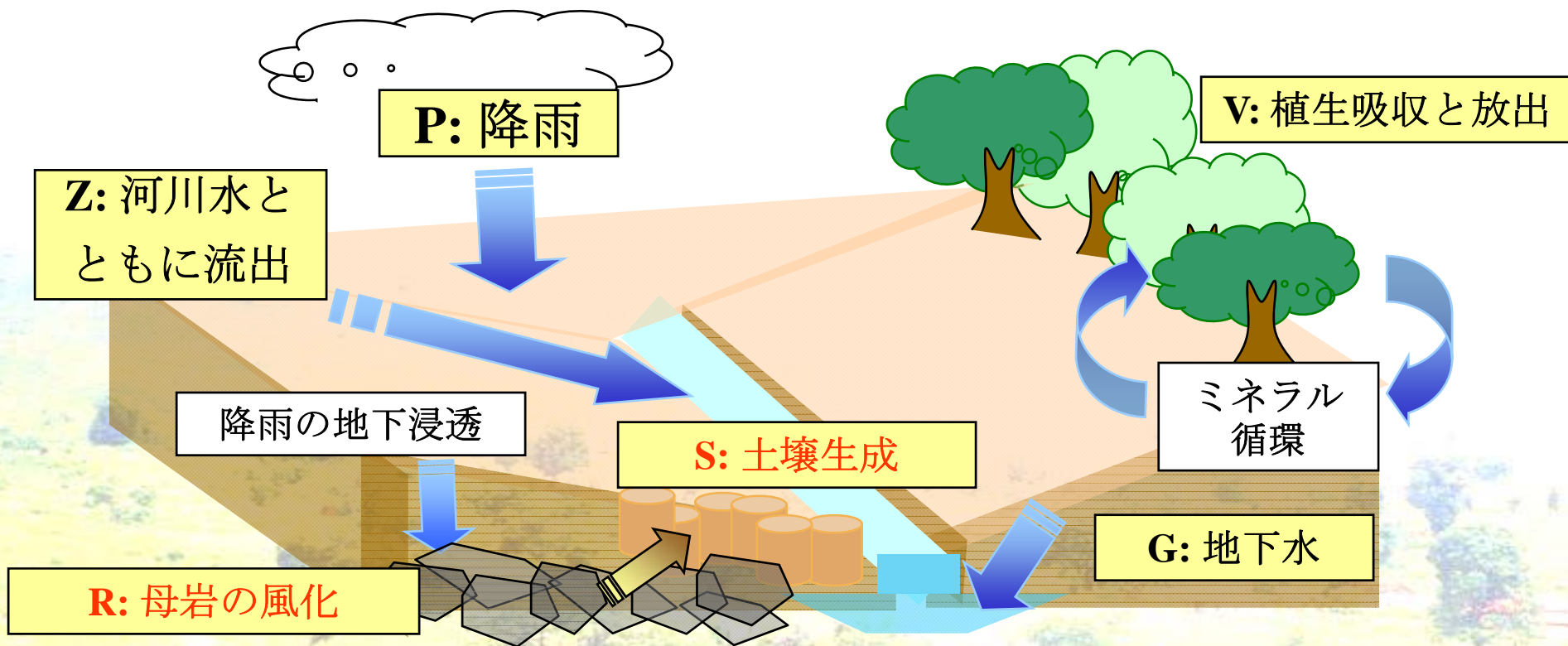
赤字のカッコ内の数値は若月による水田(Sawah)開発可能面積の推定値(単位:百万ha)

世界のモンスーン降雨の75%はアジアに分布し、1億haの灌漑水田を支えている。アフリカのモンスーン降雨はアジアの約5分の1、15%であるので最大2000万haの灌漑水田開発ポテンシャルが推定される。



ガーナサイトの里山集水域の典型的な土地利用と土壌の肥沃度

集水域におけるミネラル（無機元素）の動態



無機元素の集水域における地球化学的マスバランス:

$$\text{降雨} + \text{母岩} = \text{土壌} + \text{河川水} + \text{地下水} + \text{植生}$$

山地の成熟林集水域では地下水への寄与と植生への新規の吸収は無視できるので
河川よりの流出量 - 降雨の寄与 = 岩石の風化による放出量 - 土壌への残留量

Measurement of a Rate of Soil Formation in a Watershed

Rate of Soil Formation (t/ha/y) = Annually newly formed soil weight in ton per ha

- **Geo-chemical Mass Balance Equations to Calculate the Rates of Soil Formation (S) and the Rates of Rock Weathering (R)**

$$\begin{array}{ccccccc} \mathbf{R_i} \times \mathbf{R} & - & \mathbf{S_i} \times \mathbf{S} & = & \mathbf{D} & \mathbf{D_i} & - & \mathbf{P} & \mathbf{P_i} \\ \text{Rock} & & \text{Soil} & & \text{River} & & & \text{Precipitation} & \end{array}$$

R_i: concentration of i-th element in mean rock (g/t)

S_i: concentration of i-th element in mean soil (g/t)

D_i: concentration of i-th element in river discharge (g/t)

P_i: concentration of i-th element in rainfall (g/t)

R: Rate of Rock Weathering (t/ha/y)

S: Rate of Soil Formation (t/ha/y)

D: Amount of Discharge (104 ton/ha/y)

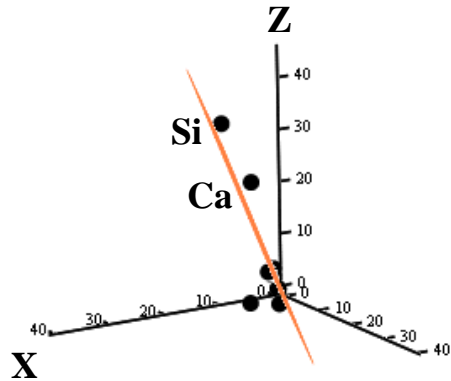
P: Amount of Rainfall (104 ton/ha/y)

Examples in G. Gadut watershed, Indonesia

	Rock (R _i × R)	Soil (S _i × S)	River (D _i × D)	Precipitation (P _i × P)
Na	5.20 × R	2.72 × S	2.14 × 9.15	2.52 × 3.20
K	3.67 × R	2.36 × S	2.14 × 0.70	2.52 × 0.35
Ca	3.06 × R	0.68 × S	2.14 × 6.79	2.52 × 1.20
Mg	1.28 × R	0.63 × S	2.14 × 1.64	2.52 × 0.13
Al	7.92 × R	8.39 × S	2.14 × 0.27	2.52 × 0.02
Fe	4.00 × R	3.29 × S	2.14 × 0.03	2.52 × 0.02
Si	26.33 × R	27.23 × S	2.14 × 7.38	2.52 × 0.17
	R = 2.8 (t/ha/y)		S = 1.3 (t/ha/y)	

集水域平面方程式：岩石風化、土壤生成、河川の水質形成の統合

R: 岩石風化速度 (t / ha / y)
 S: 土壤生成速度 (t / ha / y)



$$D Di - P Pi = Ri \times R - Si \times S$$

河川 降雨 岩石 土壤

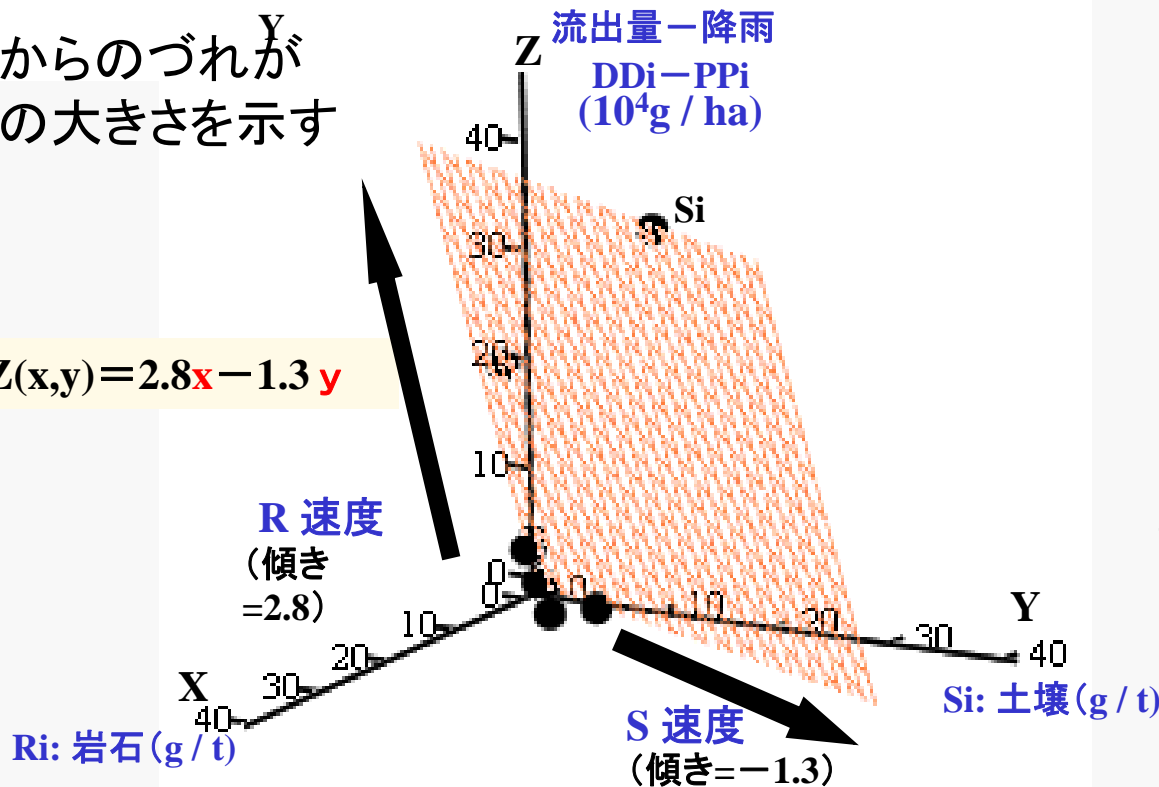
G.Gadut(インドネシア)

R=2.8 S=1.3 (t/ha/y)

$$Rw = \frac{\begin{matrix} Si \\ Na \\ K \\ Ca \\ Mg \\ Al \\ Fe \\ Si \\ Mn \\ Ti \\ Zn \\ Sr \\ P \end{matrix} \times S + \begin{matrix} DDi - P Pi \\ Na \\ K \\ Ca \\ Mg \\ Al \\ Fe \\ Si \\ Mn \\ Ti \\ Zn \\ Sr \\ P \end{matrix}}{\begin{matrix} Ri \\ Na \\ K \\ Ca \\ Mg \\ Al \\ Fe \\ Si \\ Mn \\ Ti \\ Zn \\ Sr \\ P \end{matrix}}$$

平面からのずれが
誤差の大きさを示す

$$Z(x,y) = 2.8x - 1.3y$$



$$- Sw = \frac{\begin{matrix} Ri \\ Na \\ K \\ Ca \\ Mg \\ Al \\ Fe \\ Si \\ Mn \\ Ti \\ Zn \\ Sr \\ P \end{matrix} \times R + \begin{matrix} DDi - P Pi \\ Na \\ K \\ Ca \\ Mg \\ Al \\ Fe \\ Si \\ Mn \\ Ti \\ Zn \\ Sr \\ P \end{matrix}}{\begin{matrix} Si \\ Na \\ K \\ Ca \\ Mg \\ Al \\ Fe \\ Si \\ Mn \\ Ti \\ Zn \\ Sr \\ P \end{matrix}}$$

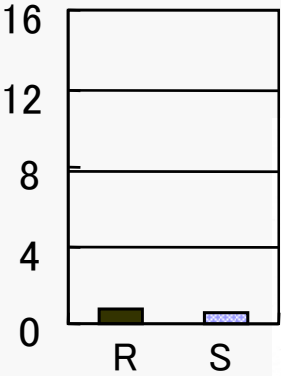
Rate of Soil Formation and Rock Erosion

at Japan, Indonesia, North America Watershed
(1994, 2004)

Iu River Japan

(Granite)

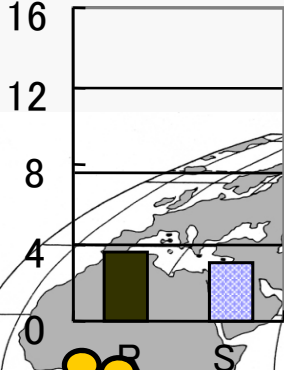
R=0.83 (t/ha/y)
S=0.60 (t/ha/y)
Z=0.40 (t/ha/y)



Iu River

(Tuff)

R=3.5 (t/ha/y)
S=2.9 (t/ha/y)
Z=1.20 (t/ha/y)

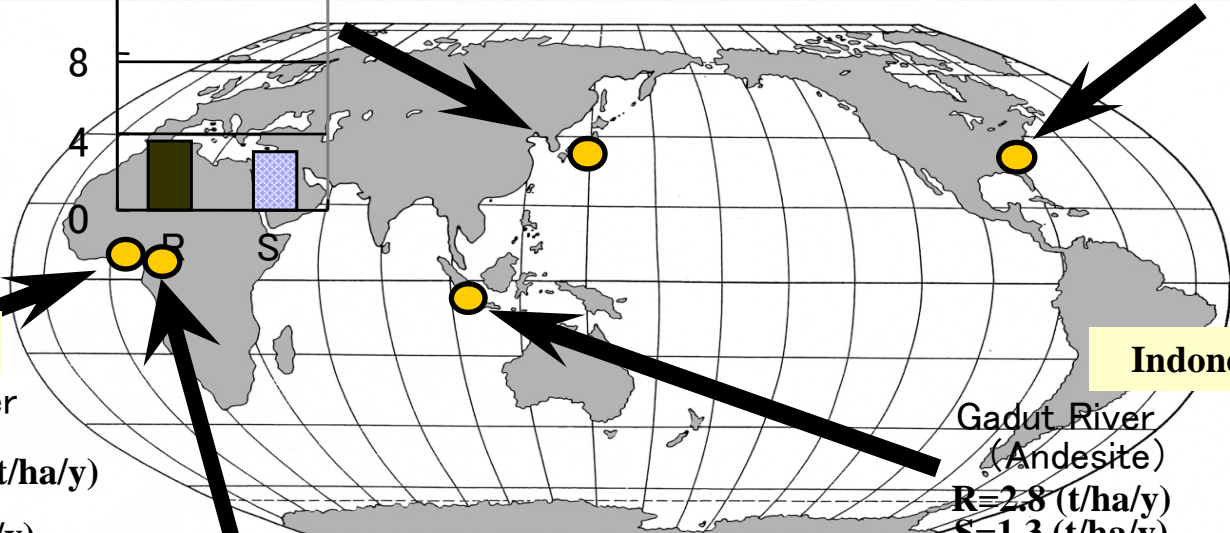
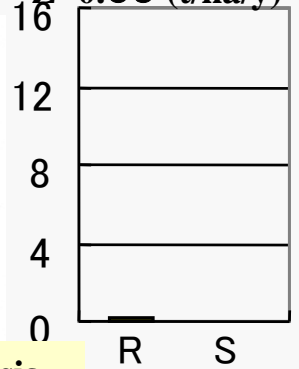


North America

Hurbbardbrook

(AcidBaseMix)

R=0.31 (t/ha/y)
S=0.16 (t/ha/y)
Z=0.09 (t/ha/y)

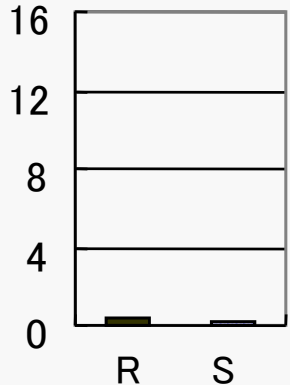


Ghana

Biem River
(Gneiss)

R=0.25, S=0.12 (t/ha/y)

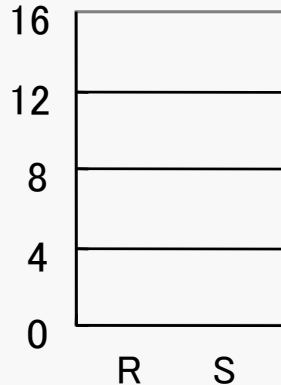
Z=0.18 (t/ha/y)



Nigeria

Emikpta River
(Sandstone)

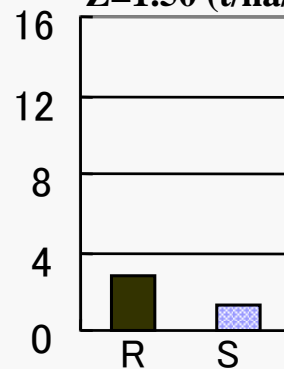
R=0.07 (t/ha/y)
S=0.0 (t/ha/y)
Z=0.16 (t/ha/y)



Indonesia

Gadut River
(Andesite)

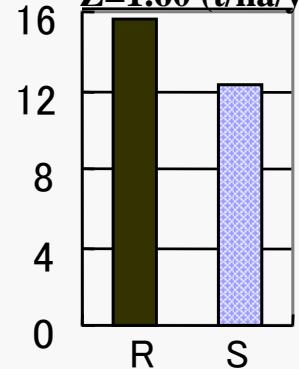
R=2.8 (t/ha/y)
S=1.3 (t/ha/y)
Z=1.50 (t/ha/y)



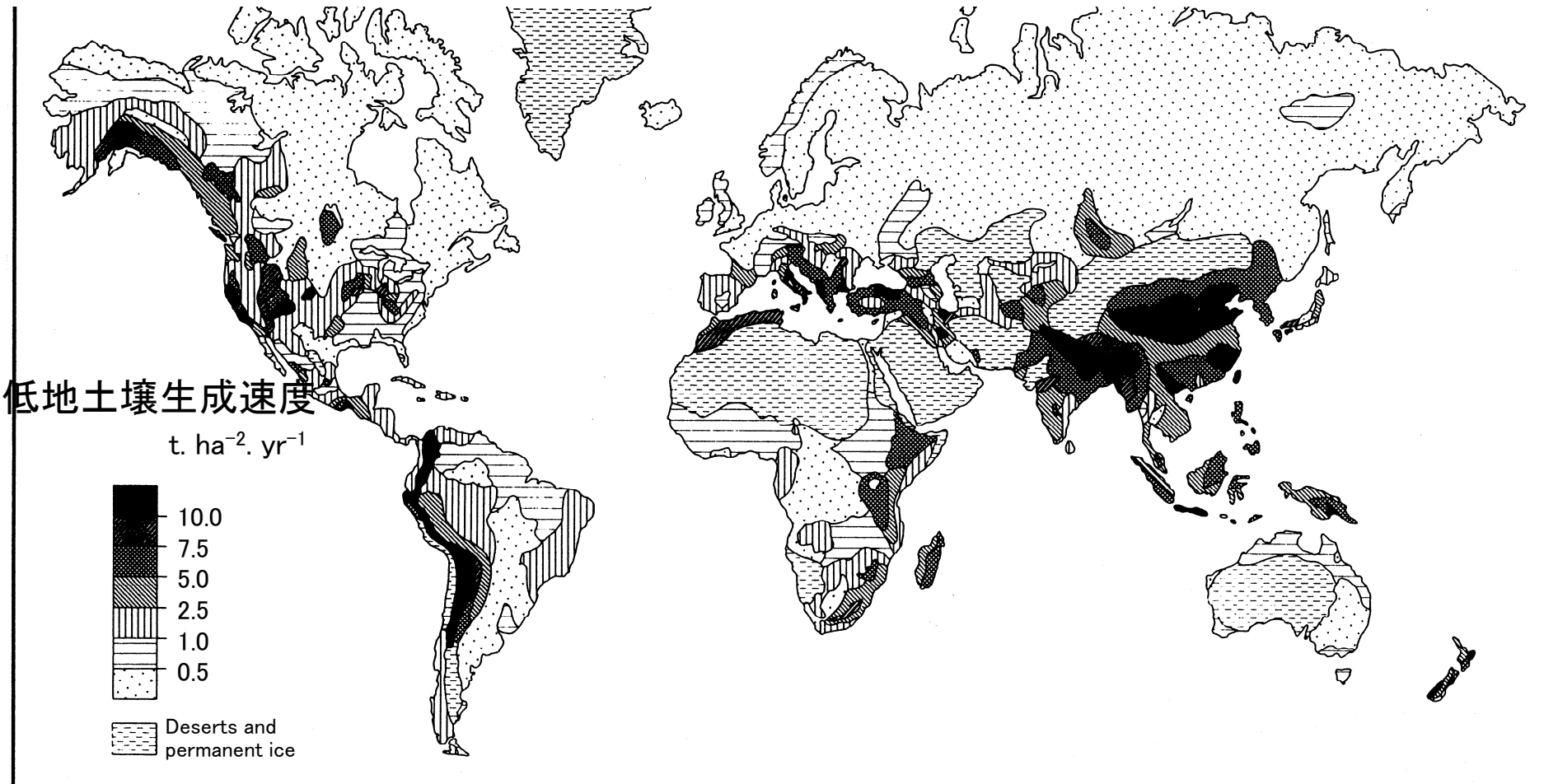
Casrian River

(Vol. Ash)

R=15.6 (t/ha/y)
S=12.3 (t/ha/y)
Z=1.60 (t/ha/y)



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1億ヘクタールの水田を支えているがサブサハラのアフリカではそのような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)

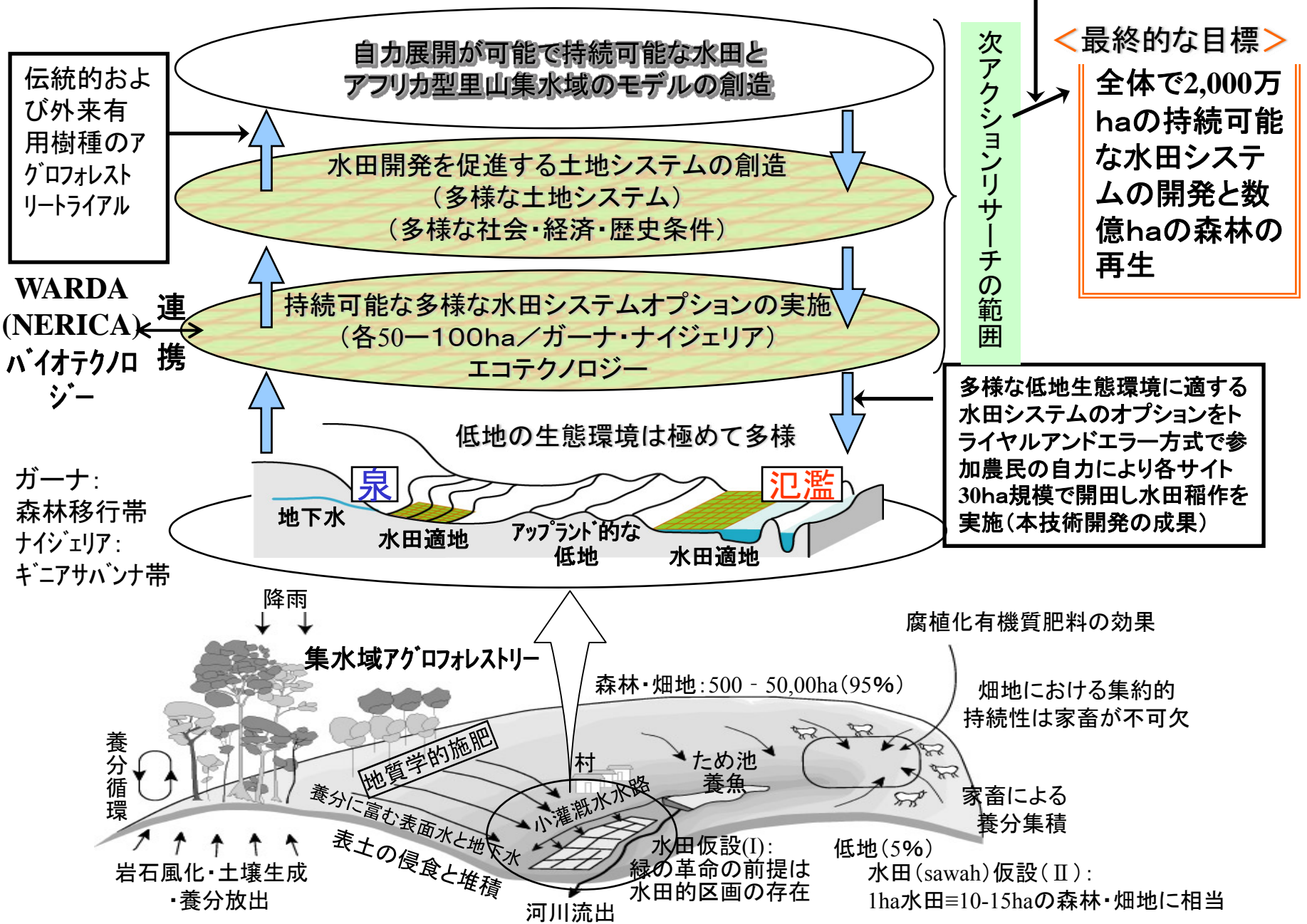


図. 本技術開発以降のアフリカ再生戦略: アフリカ型里山集水域の創造

• アフリカ開発協力隊構想の提案

- 民主主義の大義で米国は年間20万の軍隊を派遣して現地人を殺して、同時に殺されている
- 日本は5万人規模で現地に派遣し、5000億円ー1兆円の予算で、今後10年くらい集中的にアフリカ開発を実施する(台湾は1965年当時、人口1200万人で1200人派遣できた):アジア諸国と連携する。開発省(庁)の旗揚げになる
- アジアはもはや援助は不要。タイは去年の津波被害は自前で処理できた。ベトナムですらアフリカ援助を開始している。
- 目標がなく自信のない日本精神の活性化になる。
- 団塊の世代のリーダーの下、20ー30代の若者を熱帯アジアで訓練して派遣する(台湾方式)。

本日の問題

日本では農業の衰退と都市化に伴って、伝統的な里山システムが劣化しており、その再生や修復が課題である。アジアでは経済発展に伴い里山の劣化が進行中で、その保全が重要課題である。一方、サブサハラのアフリカでは、里山のような人間の作り出した持続的可能な土地利用システムの展開が未成熟である。そこで、アフリカ型の里山創造、即ち、低地水田システムの展開による食料増産を基盤にして、アップランドの森林の再生による劣化環境の修復が重要課題となっている。このような中で、日本やアジアの里山や棚田保全運動を、サブサハラのアフリカの再生のための国際協力としても展開するためには、どのようなことが重要であろうか？

2001年9月11日のテロ事件、その後の国際紛争等も踏まえて、何故日本はアフリカに国際協力すべきなのか？アジアでの国際協力で十分なのか？

高収量のアジア稲(WAB:Oryza Sativa)と、雑草・劣悪環境に強いアフリカ稲(Oryza Glaberrima)とのハイブリッド

