

西アフリカにおける水田開発による緑の革命実現を目指して： ナイジェリア・ヌペ、ガーナ・アシャンテにおける経験から*

若月利之

近畿大学農学部

(〒631-8505、奈良市中町 3327-204、wakatuki@nara.kindai.ac.jp)

1、はじめに

戦前、岩手農試の技師、稲塚権次郎が育種した小麦農林 10 号は、マッカーサー占領軍の科学者 S.C.サーモンにより収集され米国に渡った。この遺伝子資源(矮性遺伝子を持つ農林 10 号)を基に、CIMMYT(国際小麦・トウモロコシ改良センター)の研究者であった N. Borlaug は高収量品種を育成し、熱帯アジアとラテンアメリカで緑の革命に成功し、1970 年度のノーベル平和賞を受賞した(千田 1996)。ちなみに日本では明治期初期、1900 年以前に、欧米の化学肥料技術が導入されると同時に緑の革命技術は全国に普及したのであった(図6)。緑の革命の 3 要素は品種、肥料、そして灌漑水田であるが、日本には高収量品種はすでに存在し、灌漑水田もあったからである。日本の場合は戦国時代の経済発展期と明治から 1960 年代までの高度経済発展直前までの時代に水田面積は急増した。しかし、1960-2000 年の 40 年間で約 150 万 ha の水田が宅地や道路となって急減した。図6のように、今後急減が予想される日本の人口と 50-100 年の時差で良く対応しているのは興味深い。日本の場合は今後の水田面積の動向が注目される。図6の日本の長い歴史的経験から分かることは国づくりの基本は農家の圃場であること。アフリカではそのような基本的な国づくりが 400 年間の奴隷貿易とその後の 150 年間の植民地支配で阻害されたと考えられる。サブサハラアフリカの問題の根源は非常に深い根を持っているように見える。

さて本題に戻って、熱帯アジアで 1970 年代までに実現した緑の革命は、40 年後の今日のサブサハラアフリカで実現していない。IITA(国際熱帯農業研究所)、WARDA(アフリカ稲作センター)、IRRI(国際稲研究所)等の国際機関、さらに Borlaug を代表とする SG2000、Bill Gates 等の国際 NGO も含めた広範な努力にも関わらず、緑の革命実現に至る道筋は混沌としている。

FAO によれば、サブサハラアフリカ、とりわけ西アフリカの多様な穀物のうち過去 40 年で、一人当たりの生産量の伸びが最大であったのは米であった。1990 年代になって WARDA の M.Jones や S. Mousa 等はアジア稲とアフリカ稲のハイブリッド稲 NERICA の育種に成功し、アフリカにおける緑の革命実現の期待が高まり、日本政府も強力に支援している(WARDA 2006a)。しかし NERICA の成果は 40 年前のアジアと同じ成功戦略を踏襲しており、品種改良=育種=バイオテクノロジーが、アフリカにおいても緑の革命実現の中心技術であるとの仮定に立っている。緑の革命はこれらの高収量品種に加え、土壌肥料と灌漑技術を加えた 3 点セットが融合されて実現するが、良い品種さえあれば、生態環境の不良

*本原稿は大幅な改定の後、明石書店 2008 年 3 月発刊の松園・縄田・石田編「アフリカの人間開発：実践と文化人類学」、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実現を目指して-ナイジェリア・ヌペ、ガーナ・アシャンテにおける経験から、pp173-219 として出版された。

問題を克服するための土壌肥料や灌漑等の伝統技術(ローテクノロジー)は、「おのずと普及するものである」ということを、暗黙の前提としている。しかし、その前提は正しくないことは、この地域における国際農業研究機関(CG センター)を中心とするこれまでの 40 年におよぶ活動が、緑の革命の実現に繋がっていないことから明らかではなかろうか。

筆者は 1986 年 4 月から 1988 年 3 月までの 2 年間、JICA(国際協力機構)の水田土壌専門家として、ナイジェリアのイバダン市に本部を置く国際熱帯農業研究所 (IITA: International Institute of Tropical Agriculture) に派遣された(図 1)。これが西アフリカにおける持続可能な水田開発に関する研究の端緒となった。IITA はアジアやラテンアメリカにおける IRRI や CIMMYT による緑の革命を、アフリカにおいても実現することを目指して 1969 年に設立された。筆者の問題意識も赴任当初から現在まで変わらず、緑の革命を西アフリカにも実現させたいことである。ただし、明治期の日本では欧米由来の化学肥料が、アジアの緑の革命は品種改良を行う育種＝バイオテクノロジーが、それぞれ牽引したが、「サブサハラのアフリカでは水田造成のような生育環境の改良を行う生態工学技術＝エコテクノロジーによって実現する」、というのが筆者の仮説である(若月 1988、1989)。

ちなみにアジアに緑の革命をもたらした高収量品種は、多肥によっても倒伏しない矮性遺伝子(SD1)(松岡 2004)を有しているのであるが、その矮性遺伝子の発現は小麦農林 10 号により始めて見出されたものであり、稲塚権次郎の功績は極めて大きい。その後の研究で、高収量をもたらす矮性遺伝子は小麦でも、稲でも、トウモロコシでも共通する遺伝子であることが現在では分かっている(Sasaki et al 2002, 松岡 2004)。

過去 40 年、アジア・アフリカとも人口が急増したので食糧生産の絶対量はともに増加したが、一人当たりの穀物生産量や生産性の推移を比較すると、アジアとアフリカの違いが明確になる(表1の A-E、図2, 3)(FAOSTAT 2006, 平野 2002)。昨年、2006 年 7 月 31 日ー8 月 4 日、タンザニアのダラエスサラームで開催された第一回アフリカ稲作会議でも、主要課題は依然として如何にしたらこの地に緑の革命を実現するか、であった(WARDA 2006b)。品種多様性の喪失や過剰施肥や農薬等の環境問題、あるいは貧富の格差の拡大等、緑の革命に対する批判はあるが(ヴァンダナ・シバ 1997 年)、今日のアセアンやインド、中国等、急速に発展するアジアの経済基盤はこの緑の革命の成功が作り出したことは疑いない。緑の革命のような集約的な近代農業への発展がなければ、社会や経済発展もないのである(平野 2002, 2003, 2005、高橋 2005、2006、櫻井 2005)。緑の革命いまだならず、停滞するサブサハラのアフリカと、躍進するアジアの社会と経済とのコントラストは今日特に大きい。

2、ガーナとナイジェリアのベンチマーク集水域(図1)における持続可能な水田開発に関するアクションリサーチに関するこれまでの経過

著者は 1986 年ー89 年の 2 年間、イバダンの IITA を本拠として、セネガルからコンゴ(当時ザイール)まで、西と中央アフリカ全域の低地稲作地の生態と農業システムの広域調査を行った。10 年後の 1998 年にも FASID(国際開発高等教育機構)等の支援を受けて、再度広域調査を行った(若月 1999)。92ー97 年は主として文部省の海外科研により、ナイジェリ

ア中部のビダ市付近の小低地をベンチマークサイトとして(図1)、生態人類学、農村社会経済学、熱帯農学、林学、農業工学、土壌学分野の研究者との共同研究を行った。西アフリカ特有の小低地集水域の農林業生態系と農村社会の基礎調査を行った。又、ナイジェリアの作物研究所(NCRI)と NSADP(ニジェール州農業開発公社)と共同で、アフリカ適応型の水田システムのオンファーム実証調査を実施した(廣瀬・若月 1997、 Hirose and Wakatsuki 2002)。ここでは稲作農耕民であるヌペ人が古くから準水田低地稲作を行っていた(石田 1997、Ishida et al 2001)。準水田稲作では柵類似の木杭による堰(雑木と土のうを組み合わせた堰もある)と小水路による灌漑も行われているが、水田は1辺が 2-3mの小区画で均平化も畦も不完全で代掻きもしない準水田であった(写真 1-3)(若月 1988、1989、1995、1997)。縄文期から弥生期初期の水田やスマトラの焼畑民が作る小区画水田の形態に類似している点もある(田崎 1989、高谷 1995)。一方、水不足時の水争いを避けるために、堰を作らず本流からある割合で取水できるように、分水路を引く方式もあり、バリ島のスバック(seuwak)システムほど洗練されていないが、スバックの本来の意味である流水の分配(真勢 1994)という同じ思想を実現する灌漑分水システムも作っている(写真 3)。しかし、ヌペ人は遊牧民のフルベの人々とビダ市付近で「共存」しているにも関わらず(鹿野 1997)、牛耕文化を作ることができず、伝統的なアフリカ鋤のみによる低地稲作であるため、本格的なアジア型の水田まで進化することはできなかったものと思われる。遊牧民であるフルベがこの地域の征服民である(増田 1997)ことも、ヌペの稲作に牛耕が取り入れられなかった理由の一つかもしれない。

著者等が IITA に 1986-1988 年まで2年間現地に滞在しながら行った、水田開発に関する第一次のアクションリサーチは、ヌペ農民の準水田稲作圃場の真ん中で 1ha ほどの水田を作り、水田の持続的高収量を 1-2 作(年)デモンストレーションした。そうすれば、周辺のお百姓さんは真似をすると考えていたが、そう簡単には事は運ばなかった。この第一次のアクションリサーチでは農民との直接の交流は少なく、又、IITA がフィリッピンより持ち込んだ亀の子型耕運機で代掻きを行った。純粹にオンファーム研究として研究者が研究支援者を雇用しながら実施したからであった。続く、科研による第二次のアクションリサーチ(1992-1997 年)では、農民自身により全ての作業を行った。ただし、参加とは言いながら日当として 1 ドル程度を支払っての「参加型開発」であった。当時のナイジェリアの社会経済的状況では、耕運機等の機械力を持続的に利用することは可能ではなかったと思われるので、水田開発も含めて全作業をアフリカ鋤のみの手作業で行った。この2回のアフリカ適応型の水田開発の実証試験については、日本人チームの現地滞在は年間 1-2 ヶ月であったため、水田造成から水田稲作の管理まで全く不十分のままではしか行えなかった。そのため水田稲作の本来有する高い収量を農民にデモンストレーションできず、持続可能な水田稲作という点では失敗に終わった(廣瀬・若月 1997)。水田の造成、灌漑水路の整備、苗床作り、移植、その後の水田と稲の管理、収穫、そしてポストハーベストまでの全技術指導を、現地に張り付いて実施することは、科研による短期訪問型の調査研究では不可能であったからである。そこで、少なくとも3年以上継続して現地に滞在して、実証調査を実施することを可能にする JICA の研究協力方式を試みた。

1994－2001年にはJICAの研究協力プロジェクト「農民参加による谷地田総合開発」をガーナのクマシ市の作物研究所や土壌研究所をカウンターパートとして実施して、農民の自力開発による水田開発方式「谷地田農法」を生みだした(Wakatsuki et al 1998, 2001、若月 2002, 2003a, 2003b)。ガーナで実施したのは1993年、ナイジェリアの軍人アバチャ(ハウサ人)が、かなり民主的に行われたこの年の大統領選挙を開票率60%でアビオラ大統領(ヨルバ人)の当選が確実になった段階で、強制的にキャンセルして軍事政権を強権的に作り、政情が非常に不安定になったためである。又、世界的な政治経済制裁が実施され、JICAのODA実施が不可能になったからである。

ガーナでは上記の研究協力プロジェクトの成果に基づいて2004－2009年度の予定で、アフリカ開発銀行が2000万ドルの資金を投入して、約4500haの谷地田小低地水田開発を目標に現在実施中であるが、研究協力での50人の農民5グループによる10ヘクタール規模の水田開発実証研究に比べ、450の農民グループ、約5000人の参加農民グループによる4500ヘクタールの開田は、これまでの研究と「実際の開発・普及の間」のギャップが大きく、現在さまざまな困難に直面している(中島他 2006、若月他 2007)。

ただこの研究協力等の実施により、ガーナ作物研究所、土壌研究所、林業研究所に若手スタッフ7名が日本の大学の博士課程に留学して、水田稲作等について専門的に訓練することができたことはその後の現地での研究開発の継続という点で最大の成果となった。ナイジェリアでも2001年に日本留学から帰国したヨルバ人の研究者がIITAのポストドク研究者として研究に従事するとともに、NGO、WIN(Watershed Initiative Nigeria)を組織してNCRIやNSADPとビダ市付近のベンチマークサイトを舞台として、水田開発を総合的な農村開発として実施する方式を編み出した(Fashola et al 2004, 2006, 2007)。この水田開発には先行して実施したガーナプロジェクトで研修を行い、耕運機を有効に活用して水田開発を行うガーナでの成果をナイジェリアに応用した。この間日本の在ナイジェリア大使館の草の根無償を2003、2004年度の2回受けて、NGOとして耕運機等の小型開発資材の整備を行うとともに、村の学校やクリニック、給水設備等を整備した(外務省 2006)。水田開発と農村開発を総合的に実施したことが相乗効果となり、中心的な村落ではsawah〔水田〕開発面積が10ha以上、村全体の低地稲作可能面積の約60%に達し、sawahは村人の農村開発の「標語＝合言葉」となっており、外部からの訪問者には「サワ！」という言葉が絶えずかけられる。田中駐ナイジェリア大使や日本の国会議員4名も現地を訪問した(The Guardian, 25 December 2005 and 16 July 2006)。

ビダにおけるアクションリサーチの問題点は、対象とする村落はヌペ人とフルベ人がモザイク状に混住する地域であるが、日本人の我々と組んで現地のアクションリサーチをリードするナイジェリア人はヨルバ人が中心のメンバーであったことである。ヨルバ人の科学者はヌペの農民と直接会話ができず、ヌペ人のメンバーによる通訳が常に必要とする中でのプロジェクト運営になっている。図1に示すように、多民族の寄せ集めで、建国時から民族間の抗争の絶えない、国民国家としての基盤の弱いナイジェリア、ひいてはサブサハラアフリカ全体に共通する問題である。欧米の植民地支配、その昔の奴隷貿易時代から引き継ぐ問題である。実際、我々のベンチマークサイトの村の由来を聞くと、「奴隷にさらわれるのが嫌で逃げ

てきて」この地に先祖が村を作ったのであった(増田 1997)。

2003 年からは科研基盤 S「西アフリカの食料増産と劣化環境修復のための集水域生態工学」を 5 年計画で実施中である。図1に著者が過去15-20年持続的開発が可能な水田開発に関するアクションリサーチを継続しているガーナとナイジェリアにおける2つのベンチマークサイトを要約して示した。初期のころの科研による短期の調査研究と異なり、現地実証調査を 5 年間も継続するような研究計画が科研によって実施可能になったのは、これまでの長期の活動で日本で博士課程を修了したガーナ及びナイジェリア人が帰国し、現地で責任を持って実施する体制ができたためである。日本人は科研による年間数ヶ月程度の滞在でも、現地においては通年の実証調査ができる体制ができたためである。ただし、このような体制ができるまでに 20 年間かかったことになる。

3、西アフリカの伝統的稲作

アジア稲(*Oryza Sativa*)の栽培はインド(インデカ品種)と中国(ジャポニカ品種)で約1万年前に始まったと考えられているが、アフリカ稲(*Oryza Glaberrima*)もアジア稲とは別に、マリの内陸デルタ周辺で数千年前に栽培化されたと考えられている(Buddenhagen and Persley 1978, 竹沢 1984)。ただし、アジアでは水田システムが創造され、稲の品種改良と稲の生育環境である水田システムの整備が車の両輪のようにして進展したが、西アフリカでは水田システムは本格的に創造されることはなかった。筆者のこれまでの広域調査による観察では、ナイジェリアのヌペ人の灌漑小区画準水田システム(写真1、2、3)とセネガルのカサマンスの水田類似システムが、西アフリカの中ではアジアとは別個に、土着の思想と技術で創造された水田の萌芽形態の特徴を持つものと思われる。それ以外の西アフリカでは、台湾が 1965—75 年アフリカ全土で造成した水田システムとそれをモデルとする水田システム(若月・謝2003)以外は、大部分は非水田稲作である。写真4のように森林を破壊しての焼畑地の稲作はもちろん、写真4のように小低地においても非水田稲作である。このような非水田稲作は土壤劣化をもたらし、もともと低い土壤の肥沃度をさらに低下させた。表2に示すように、内陸小低地や氾濫原等、西アフリカの低地土壤の肥沃度はリン酸とカルシウム等塩基類のレベルが熱帯アジアの半分から 5 分の1、保肥力(eCEC)も極めて低い。窒素肥沃度は熱帯アジアと同等であるが日本の水田土壤に比べれば 3 分の 1 程度である。長期の風化にさらされ養分が消失し粘土鉱物の活性も量も低く、砂質の老化土壤が広範に分布していることを示す(廣瀬・若月 1997、Hirose and Wakatsuki 2001, Wakatsuki and Masunaga 2005)。

写真2でわかるように、牛は家畜化されている。しかし、大部分はフルベのような牧畜民による肉と乳を目的とするもので、牛耕作を行う農業利用の文化はない。ナイジェリアのヌペ地域に関して例外ではなくて、フルベの人々とヌペの人々は近隣に住み「共存？」しているが(鹿野 1997)、融合はしていない。フルベの牛はヌペ人の農地の休閑期間の草を利用し、ヌペはその牛糞による地力維持の恩恵にもあずかるが、牛を稲耕作に利用する技術は持たない。フルベ人はヌペ人を征服したため土地利用の権力が強く、フルベの牛の何百頭という

群団がヌペの灌漑水路を破壊してもヌペは阻止できない。ヌペ人とフルベ人同士の通婚は基本的にはない。今だにこのような状況にあることは、500年前からの奴隷貿易による民族同士の売り買いやイギリス統治時代の「分断統治」にその源があると考えられるが、筆者が国際学会の議論の際にその点を述べたら、欧米人に激しく反発された経験がある。彼らに言わせると、「植民者の我々のせいではない、もともとアフリカ人はそうやってきたのだ、と言うことである」。日本は台湾や韓国に対する植民地支配は公式に謝罪しているが、欧米諸国は植民地支配はもちろん、奴隷貿易に対しても一切の公式謝罪は行っていない。しかし、イギリスを含むヨーロッパ諸国の統治にさらされたルワンダやウガンダ、ナイジェリア、スリランカ、インド、パキスタン等の国内諸民族の対立の構図は奴隷貿易や植民地時代に形成されたように思われる。

近年ブルキナファッソやマリの灌漑水田地帯では、オランダ等の支援で牛耕が行われるようになってきているし、ナイジェリアではカノ地域のような、フルベの人々が農耕をやるようになったハウサ・フルベ地帯、あるいはセネガルやギニア等では落花生栽培に牛耕は一般的である。しかし、低地稲作に牛耕が行われるケースはツエツエバエ等の問題もあり、殆ど行われていない。ただし、20年前の1986年ころはヌペの農民が牛を飼育するケースは殆どなかったが、2006年時点ではヌペの各村落で牛を飼育するようになった農民を見ることができるようになった。もっと南の森林帯のガーナでも最近では牛の飼育が可能になってきた。農薬等の普及でツエツエバエの脅威が以前ほど大きな問題ではなくなっているからである。ただし、子牛を購入して飼育し、肉や乳や牛糞を得ることはできても、種付けから子牛の持続的な生産、とりわけ、牛を耕作に使えるように訓練することは容易ではない。牛を耕作に使うためには人間と牛の両者をトレーニングする訓練学校が必要であり、西アフリカ諸国にはこのようなアニマルトラクションセンターがいくつか存在する。

4、緑の革命に関する水田仮説(1)

2004年12月26日のスマトラ沖地震発生時、「TSUNAMI」(という言葉と概念)はスマトラ、スリランカ、インド、タイでは一般的ではなかった。これが津波被害を拡大したと言われている。西アフリカでは稲栽培のために改良された生育基盤を示す「日本語の水田で示されるような概念と言葉」が現地語はもちろん英語や仏語に存在しない。このことがこの地域の稲作発展の障害になっていることは、これまでの水田開発に関するアクションリサーチの経験から痛感される。生態環境としては水田開発の適地は広いのだが、水田という概念とそれを示す適切な言葉が存在しないことは、水田稲作の展開を妨げている。水田稲作文化を持たない西アフリカ諸国や英語・仏語圏特有の問題である。TSUNAMIのように日本語でも良いかもしれないが、表3に示すように、英語や仏語にはインドネシア語由来の Paddy(本来のインドネシア語では植物としての稲を示す)という言葉が入っているので、筆者としては同じくインドネシア語の水田を意味する Sawah という言葉を使うことを提案したい。日本を含むアジアでは英語で説明する場合、Paddy が 粳や稲という意味に使われたり、Paddy field で水田を示すように使われたりしており、粳や稲植物そのものと生育環境である水田が一つの

言葉 Paddy で済まされている。英語には稲作文化がないという証拠である。アジアではそれぞれ民族固有の水田を示す言葉(とい概念)が存在するので、実際上の問題はない。しかし西アフリカでは Paddy field で焼畑の陸稲畑も意味するので、Paddy という言葉を使うかぎり、水田の重要性を理解してもらうことは難しい。水田開発の国際協力には、技術協力以外に、言葉(概念)と文化の壁が存在している。

アジアの稲作農民の圃場と異なり、西アフリカの稲作農民の大部分の圃場や稲作システムには緑の革命の 3 要素技術である灌漑、肥料、高収量品種を受け入れる前提条件となる区画された農地基盤が存在しない(図4)。このため圃場面の水や土壌条件が多様であり、標準化された施肥や灌漑水の管理が不可能となり普及を不可能にしている。稲に限っても同一圃場に多種類の品種が混ざって栽培されたり(遺伝的多様性)、多種類の作物が混作されたり(種多様性)、アップランドから低地まで、又、同一圃場にマウンドを作りアップランド的な環境と低地的な栽培環境を作ったり、時系列的に栽培される作物が異なる等、多様な農業システム(生態系多様性)を展開している。一方、多様性で特徴づけられる、このようなアフリカ的な農業様式は個々の作物の生産性という点からみれば効率性は低いが、持続可能性という点では極めて優れている。緑の革命を経て集約的な近代農業を行っているアジアや先進諸国の将来の農業システムに生かすことができると思われる。ともあれ、人口が急増して一人当たりの食料生産が停滞しているアフリカにとって、「集約的な栽培様式=緑の革命」を如何に実現するかが、当面の緊急課題である。

西アフリカでは緑の革命の前提となる農民圃場の基本的な整備ができていない。国づくりの基は農家圃場であるが、その圃場面に区画がなく、土と水条件に応じた圃場の整備や改良を行うことができない。土地所有が上は王族から、村の首長、拡大家族、そして実際の土地の耕作者まで重層的な共有性になっており、同一圃場の所有関係者が極めて多様である。このことが土地の登記を困難にして所有権の確定を困難にして、土地改良のインセンティブを無くしている。水田システムの開発の大きな社会的阻害要因となっている。このような、土地の区画のない多様な農業システムと土地システムの起源は、この地の不安定な気候や貧栄養の土壌や、メリハリがなく緩やかに起伏する準平原が広がっている等、地形その他の自然生態環境に加え、過去 500 年続いた欧米の奴隷貿易や植民地支配の影響は関わっている。イギリス等の欧米諸国は、「分断統治」等の文化的な破壊に加え、鉄砲という物理的な力に加え、法律(土地登記)という制度的な力で植民地支配を実施した。この土地登記による土地収奪に対抗できたのが、このような「重層的な」土地所有システムであったと言われている。

さて緑の革命実現に関する水田仮説(1)は以下のように要約できる。西アフリカの稲作農民には、土地を区画して水や土壌を管理する装置としての低地水田の造成やその維持管理技術等、環境形成や改良技術(エコテクノロジー:生態工学)が普及していない。それ故、灌漑が普及しにくく、肥料も有効に使えない。そのため高収量品種も有効でない。土壌肥沃度も持続できない。それ故、緑の革命技術は有効でない。西アフリカの緑の革命の中心技術は品種改良技術ではなくて、水田のような生態環境の改良技術である、というのが筆者の仮説である。

5、集約的持続生産性に関する水田仮説(2):集水域生態工学あるいは集水域アグロフォレストリー

(1) 欧米と日本の森林面積の歴史的変遷(安田 1996)

欧米では大部分の森林は 1900 年代初期にすでに消失した(安田 1996)。森林面積割合は 1955 年時点で、欧州中心部で 25%、アメリカ合衆国では 23%にすぎない。国別に見ても、1995 年時点で森林率はオランダ 9.8%、英国 9.9%、スペイン 16.8%、フランス 27.5%、ドイツ 30.7%に過ぎない(World Resources 1998-2000)。これは驚くべきことではない。欧米の畑作文明では森と農業は天敵関係にあり、畑地の造成には森を開墾することが不可欠だからである。かくして欧米文明のグローバル化と人口増加は世界の森林を破壊し続けてきたことになる(安田 1996)。

これに対して近年の急増を含む過去何度かの人口増加、産業革命を経た後、1995 年時点でも日本の森林率は 67%台を維持している。このように森林を残す日本文明は現在の地球環境問題に大きな貢献ができる(梅原 1996)。何故日本に森林が残っているかは以下の 2 点が重要である。(1)低地水田稲作システムは、畑作と異なり、森とは敵対的なものではなくて、水源林、田付林や里山の落ち葉掻き作業のように、水田にとって森は極めて有用である。後述する地質学的施肥作用である(図5)。(2)現在の日本の森林の半分は人工林(国土面積の 30%)であることから分かるように、植林活動は 17 世紀にすでに開始され現在まで続いている。このような植林の努力は他の地域ではあまり見られないものである。人口一人当たりの日本の植林面積は 0.1ha くらいであるが、アジア諸国では日本の10分の1、0.01ha 程度に過ぎない。

(2) 低地水田システムの集約的持続性の評価

表4は経験的な事実として知られている低地水田システムの集約的な持続性の高さを示している。低地水田システムは化学肥料なしで約 2t/ha の収量を持続できることが知られている(表4、図5)。又、低地水田稲作は休閑なしで連作が可能であり、水田地帯は数百年あるいは千年のオーダーで稲作を続けても土壌劣化は起こらず収量も低下しない。この点では高々近年の数十年のデータであるが、1970 年代から 2000 年にかけて、イギリスの畑作土壌の有機炭素含量が顕著に低下しているのに対して、緑の革命を経たインドネシアやバングラデッシュ、あるいは日本の水田土壌では同時期でも土壌の有機炭素を始め、顕著な土壌劣化の兆候は見られていないこともアジアの水田稲作の有利性を示している(Ali et al 1997a, 1997b, Bellamy et al 2004, Darmawan et al 2006a, 2006b, Davidson and Janssens 2006, Lal 2004)。これに対して畑作、なかんずく焼畑移動耕作においては無施肥の場合は持続可能な収量は 1t/ha を超えることはない。この低収量に加えて、陸稲では地力の回復のために休閑が不可避である。アフリカのように貧栄養の土壌地帯では 2 年の作付けに対して 8 年以上の休閑は必要になる。このことは 1ha の陸稲の作付けに対して 5 ha の土地が必要であることを意味する。この休閑を考慮すると持続可能な陸稲収量は

1t/ha にも達せずその 5 分の 1、0.2t/ha と考えたほうが合理的である。かくして、低地水田の持続可能な収量は陸稲の 10 倍以上あることが分かる。これが集約的持続性に関する水田仮説(2)である。このことは写真4で示すように、焼畑の陸稲栽培の拡大は人口増加が続く場合、何故森林を破壊することになるかを示すものである。

逆に言えば、1ha の低地水田稲作の実施を可能にすることができれば、人口が同じであれば 10ha の森林の保全あるいは修復を可能にすることを意味する。西アフリカやサブサハラのアフリカにおける低地水田開発は食糧増産のみならず、森林面積の拡大も可能にするのである。集水域における森林の拡大は水循環や養分供給性や肥沃な低地土壌の更新も可能にして、低地水田稲作のさらなる集約的持続性の強化にも貢献する。また、集水域の有機炭素固定量も増加させるので温暖化防止にも有効である。かくしてアフリカにおける低地水田開発は京都議定書にある CDM (Clean Development Mechanism) を通じて地球環境問題の解決にも貢献できる(表5、Wakatsuki and Masunaga 2005)。

(3) 集水域における地質学的施肥:集水域生態工学あるいは集水域アグロフォレストリー

図5の上部は集水域における地質学的施肥を示す。このプロセスは定性的には自明のものであるが、定量的なデータを得ることは簡単ではない。集水域における適切な土地利用パターンと管理法は水文条件を適切にして、アップランドの森林や畑地からの地質学的施肥作用を最適にする。これが集水域生態工学の目的である。この水循環は集水域の母岩を風化して土壌を生成して、無機養分を溶かし出し森をはぐくむ。無機養分に富むこの水は低地に集まる。森で生成した肥沃な表土は低地に流れ落ちて肥沃な低地水田土壌の母材となる。集水域における土壌生成や土壌侵食と崩積や堆積、表面流去水や地下水等のプロセスが低地における地質学的施肥をもたらす。適切な灌漑システムや土地利用パターンと管理法はケイ素やカルシウムやマグネシウムあるいはカリウム等の無機養分の供給性を向上させる。これらの地質学的施肥プロセスが集水域の低地における水田システムの長期的な持続性を支える生態工学的基盤プロセスになる。

地球平均の土壌生成速度は 1t/ha 程度と推定される。雨が多く、気温が高く、火山活動が活発で、火山灰のような新鮮な土壌母材の供給力の高いインドネシアのジャワ島のような地域では、土壌生成速度が大きく 10t/ha 以上に達する。一般に、アジアでは侵食速度も大きく、低地土壌生成作用も大きい。これがアジアで水田農業が卓越している理由である。集水域における土壌生成速度と土壌侵食速度が釣りあっていれば、集水域の生態系は安定する。土壌生成速度に比べて土壌侵食速度が過度に大きければ砂漠化等の土壌劣化が、逆に、侵食に比べ生成速度が速ければ、熱帯雨林のように貧栄養の老朽化土壌が生成する。

西アフリカでは土壌生成速度も侵食速度も、又、堆積速度もアジアの 5-10 分の 1 程度と推定される。しかし前述したように集水域の低地には水が集まる。図5の例で 5000ha の集水域の平均的な降雨を 1000mm、降雨の流出率を 20%、土壌生成速度を 0.2t/ha、低地の面積を 2%、100ha、年間の土壌侵食速度を 0.2t/ha、と仮定する。降雨も流出率も少ないが、面積割合の少ない低地には水が集まるので、低地に到達する水は

$1000 \times 0.2 / 0.02 = 10000 \text{mm}$ 相当量になる。又、侵食流下したアップランドの肥沃な表土も2%の低地に集まるので、集水域への堆積率が仮に30%程度(残りはさらに下流部やギニア湾で堆積)としても、低地土壌の生成速度は $0.2 \times 0.3 / 0.02 = 3 \text{t/ha}$ となる。低地に水田のように均平化して畦で囲んだ水田システムが存在すれば、このような侵食土壌を保全できるので、地球平均の3倍程度の土壌生成速度をベースにした生物生産性を持続することが可能になる。貧栄養で水循環の少ない西アフリカでは低地の持続可能な利用が如何に重要か理解できる。

(4) 人為的に造成された多機能性湿地としての水田システム

図5の下部の図は低地水田システムの集約的な生産性を持続性可能にするミクロの機構を示す。水田システムは多機能性の湿地創造による集水域の管理システムの構築と捉えることも可能である。湛水下では3価鉄が2価鉄に還元される。このため、酸化鉄による強い固定のため植物が吸収できないリン酸の可給性が顕著に増大する。リン酸肥沃度の低さは西アフリカの低い土壌肥沃度の第一の原因であるので、これは大きな利点となる。さらに、鉄の還元にともない酸性土壌は中性に、又、アルカリ土壌は湛水による炭酸ガスの溶け込みによりやはり中和される。かくして水田システムでは、西アフリカで問題になる微量元素の欠乏もかなり緩和される。

水田システムにおけるこれらの養分供給性強化機構は稲植物だけでなく、湛水中、とりわけ稲の生育初期から中期にかけて、種々の藻類の生育も促進する。これらの藻類には赤浮き草(アブラ)のように共生的に窒素を固定するものも、又、らん藻のように単独で窒素を固定するものも存在する。又、これらの藻類は易分解性の有機物を光合成して、湛水下にある水田土壌中の嫌気性微生物に供給する。これらの嫌気性微生物の中には窒素を固定するものも存在する。かくして水田システムは窒素を固定する生態系としても機能する。減反の始る前の30年前までは、水田におけるこのような窒素固定機能の機構と制御に関する研究はかなり行われたが、現在はあまり行われていない。今後再活性化すべき研究分野である。従い、水田システムにおける窒素固定能については現在概略のデータしか得られていないが、日本では20-100kg/ha/年、熱帯圏では20-200kg/ha/年、程度の窒素固定能が推定される。水田システムにおける窒素固定量は気温に加え、水田の水と土、とりわけ施肥管理が大きく影響することが知られている(De Datta and Buresh 1986, Kyuma 2004, Greenland 1997)。西アフリカの土壌肥沃度は一般に極めて低いので、このようなミクロの肥沃度強化及び持続機構が存在することは水田システムの大きな利点となる。

6、西アフリカの内陸小低地における水田開発に関するオンファームトライヤル:ナイジェリア、ヌペ人農村における事例

西アフリカの太平洋沿岸は比高数十メートルからせいぜい100メートルで数キロから10数キロの広がりて緩やかにうねっている準平原である。降雨は800mmから2000mmで乾季と雨季が明瞭である。土壌は砂質で貧栄養である。気候、土壌、地形、作物の種類は東北タイと

よく似ている(若月 1997)。ただし西アフリカには水田システムは存在しないので農業システムは極めて異なる。

第一次のオンファームトライヤルは1986-87年の7-8月に、ナイジェリア、ニジェール州、ビダ市付近のヌペ人村落で行った。この地域は年間降雨量約1000mmのギニアサバンナ帯にある。農民は100%イスラム教徒である。IITAの研究の一環として農民より圃場を約1ヘクタール借用して水田を造成した。準平原の低地部の勾配は1%程度であり30m毎に50cm高さの畦を作り区画すれば水田は簡単に造成可能であった。10人で30日間程の作業で1ヘクタールの水田が造成可能であった。均平化作業はあまり困難ではなかった。実際にはヌペの準水田をアジア的な水田区画に整備したことになる。ヌペの低地には伝統的な堰灌漑システムがあり、水路もあるので(写真1-3)、この水路から整備した水田に灌漑は簡単であった。このようにして農民の準水田圃場の真ん中に水田を造成して、10種類以上の水稻高収量品種の栽培試験を行った。開発から稲作管理ともすべてIITAの研究者がスタッフを雇用して行った。又、代掻きはIITAが導入したフィリピン製のタートルパワーテラー(亀の子耕運機)で行った。この結果水田で水管理をしながら、通常の施肥量(N-P₂O₅-K₂O:90-60-60kg/ha)を施せば、たいていの高収量品種は5-8t/haの収量を上げた。ちなみに、周辺の農家の準水田では稲が長期にわたり連作されており、その籾収量は1-2t/ha程度であった。ただし1988年当時IITAの研究戦略を指導していた欧米人指導部は、水田システムの西アフリカにおける持続可能性に懐疑的であり、アフリカ適応型の水田システムの開発に関する研究は、筆者が滞在していた1988までで中止され継続されることはなかった。

1989年にモデル水田1haは元の土地利用者の農民に返却され、筆者は日本に帰国した。その後、1990年9月に筆者がオンファームサイトを訪問した時には水田の畦はすべて崩され、伝統的な準水田に戻っていた。1986-88年のIITA時代のオンファーム研究では農民との直接の共同作業はなく、デモンストレーションのみであった。筆者としては農民圃場の真っ只中でデモンストレーションすればお百姓さんは自動的に真似するであろうと思っていたが、そのようなことはなかった。これが最初の挫折になった。所有者の農民にヒヤリングした結果、水田システムを準水田システムに戻した理由は(1)耕運機が使えないこと、(2)水田のように水を湛水状態にするのは水の無駄使いであり、準水田方式の小区画での掛け流し方式がより望ましいと考えた、さらに、(3)収量の差異を実感として認識はしていなかった、等であった。総じて、研究と普及の間には壁(死の谷)があることを実感させられた。

この失敗の教訓から、ギニアサバンナ帯の生態環境に加え、ヌペの農村社会の基礎的情報を踏まえた上で、農民との共同作業による水田開発のアクションリサーチが不可欠であることが明らかになったので、1992-1997までは科研海外調査費による学際的な研究を組織した。この調査研究は土と水文水質や気候的特性、農業システムとりわけヌペの伝統的
低地農業システムや民族土壌学、ギニアサバンナの人と森林、ヌペとフルベの共生に関する生態人類学的研究等、基礎的調査研究に関しては十分な成果が上がったが、生態環境の修復と農村の再生のためのオンファームアクションリサーチに関しては、又しても失敗に終わった(廣瀬・若月 1997年)ことは、前述(1、はじめに)した通りである。外部の人間が外

部の観察者として行う基礎的調査研究は科研で可能であるが、現地に根付いて少なくとも数年以上の長期滞在が必要なアクションリサーチ型の研究は通常の科研研究では不可能であることが明らかになった。

もう一つの問題は日本人研究者が多数同一の農村を対象に実施することによる「Japanese Pollution: 日本人汚染」問題の発生であった。日本人研究者は外部観察者であり基礎調査には通訳や研究補助員を村人から雇用する。又、オンファームアクションリサーチでも農地の借り上げが必要であり、畦つくり均平化、除草、その他にかなりの村人を雇用した。全部で 250 人の村の約 50 人の労働人口の全部を雇用したこともある。日当 1 ドルであるので、研究費に占める額としては大きくはないが、研究者の基礎研究のための雇用と本来農民達の財産となる水田作りの労働に対する雇用は同じではない。研究のための雇用と農民の水田圃場作りのための雇用の村の農民たちが区別することは、實際上難しい。このため 2001 年以降、日本人ではなくてナイジェリア人が組織する NGO である WIN による農民のための農民による水田圃場作りというコンセプトが、科研での集中的に調査対象となった村では、農民達に理解してもらえなくなり、外部の人間の関与するどのような活動にも、村の農民達は常にお金を要求するようになってしまった。この結果 WIN はこれ以上の Japanese Pollution の拡大を防ぐべくこの G 村での活動を当分断念し、日本人の研究活動による汚染のない周辺村落を対象に、なるべく日本人が目立たず影響のない方法で、日本人は黒子に徹して実施することとした。

NGO-WIN (Watershed Initiative Nigeria) による活動が本格化したのは 2003 年度以降、科研基盤 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] が 5 年計画でスタートしてからである。NGO としてナイジェリア政府に正式の登録して、ビダ市内に宿泊可能な事務所を借用しながら、日本大使館の草の根無償資金も 2003 年と 2005 年の 2 回受け、水田造成と稲作支援のための耕運機 4 台、ピックアップトラック 1 台、精米機 1 台を保持している。村での手押しポンプ井戸 (80m 程度の切削とパイプ等の設置に約 1 万ドル程度必要だが、地元の業者がやれる) や小学校と村の診療所の設置を地方行政組織と連携しながら水田開発のサポートや肥料と農薬の供給も行っている。2006 年度からは水田パッケージ (Sawah Package) として、水田開発のための畦作りやおおざっぱな均平化作業は農民がやり、水を使っての最後の均平化、あるいは既に造成した水田の代掻き作業に耕運機サービスを使った場合は 1ha あたり、籾 85kg 入りを 3 バッグ、肥料 (15-15-15) 50kg 一袋の供給に対して籾 85kg 入りを 1 バッグ、優良高収量品種を供給した場合は同量の籾を、それぞれ収穫後に現物でプロジェクト側に返済するマイクロクレジットを組み合わせ、水田開発と水田稲作の普及を開始した。この結果、2004 年度まではプロジェクトサイト全体の水田面積は 10ha 未満であったが、2005 年度には 5 ケ村で 20ha、2006 年度には 35ha に達した。現在はアクションリサーチの段階であるにも関わらず、すでに実際の開発と普及の段階に達したことを示している (Fashola et al 2006, 2007)。

2005 年度に JICA の支援を受けてナイジェリア農業省、ニジェール州農業開発公社、穀物研究所、WIN/Hirose Project が協力しながら、農民の自力開発を基本とする水田開発と水田稲作に関するワークショップをビダの穀物研究所と WIN のベンチマークサイトを中心

に実施し、順次他の州でも同様な研修を計画している(長谷川 2005)。2007年4月に予定されている大統領選挙が無事実施されれば、これまでのアクションリサーチから本格的な開発と普及に展開すべく、JICA、アフリカ開発銀行、あるいは国際 NGO 等のプログラムにつなげて行きたいと考えている。

7、JICA 研究協力:ガーナ、アシャンテイの内陸小低地集水域における谷地田水田開発

表1に示すように FAO によると過去 40 年間で、西アフリカでは米は 440% (サブサハラ全体では 320%) 増産され、トウモロコシ 400% (サブサハラ全体では 280%)、ソルガム 180% (サブサハラ全体では 190%)、ミレット 200% (サブサハラ全体では 190%) の増産率を凌駕した。米以外でこの間の人口増加率 273% より高い増加率を示したのはトウモロコシの 280-400%、キャッサバの 285-410%、ヤムの 410-430% であった(表1より計算)。コメは生産が急増したにもかかわらず輸入量は生産増加量にもまして増加したので、消費量はこの間 540% (サブ差は全体では 380%) という劇的な増加となった(表1より計算)。小麦の消費も増加しているが、生態環境からみて生産が可能な穀物で、消費をまかなうために輸入されているのは米のみである。もともと乏しい外貨を使っての米輸入はさらに地域の経済発展の足かせともなっている。

WARDA はこの地域の伝統的な米生産は陸稲であることから、陸稲の品種改良と陸稲栽培システムの改良に研究の重点を入れてきた。その最大の成果は NERICA 米の育成であった。しかしながら皮肉なことに過去 30 年間の米増産の大部分は陸稲生産の増加によるものではなくて、西アフリカ特有の小低地における湿地稲の栽培面積と、すでに見たようなナイジェリアヌペに代表されるような、ある程度の水コントロールを伴う、湿地稲作の拡大によるものであった(表 6、JICA 2003)

図1に示すように年間降雨量約 1500mm の森林移行帯に分布する、各種サイズの内陸小低地集水域をベンチマークサイトとして、1994-96 の基礎調査を受けて、1997-2001 まで低地水田システムの持続可能な開発方式と管理方式を見出すための実証調査を行った。問題はモンスーンアジアを起源とする水田農業を、生態環境や文化的、歴史的、社会経済条件が異なる西アフリカに地に如何に展開するかにある。これまで台湾(謝・若月 2003)や日本の ODA 等による水田稲作技術協力は種々実施されてきたが、現在灌漑水田開発の技術協力は頓挫している。ODA ベースの過去の大規模灌漑水田開発はもちろんのこと、現在の主流である小規模灌漑方式でも、1ha 当たりの開発費用は2-3万ドルに達しており、仮に4-5t/ha の収量を実現できても、米の販売価格は 1000-1500ドル/ha 程度にすぎないので、2-3 万ドルの開発費用を償還できず、持続可能な開発方式ではないからである。水田の開発コストを5-10分の1まで削減してかつ3-5t/ha の収量を実現する新しい開発方式と農法が必要になる。

この研究協力により、表 5 に示すように種々の試行錯誤の中から谷地田農法(農民の自助努力を中心とするエコテクノロジー型の水田開発方式)を生み出すことができた

(Wakatsuki et al 2001)。10人程度のメンバーからなる農民グループへの6000ドル程度のローンを基本とする方式は、全く新しい方式であり今後も試行錯誤のプロセスが必要と思われる。今までのアクションリサーチにより、ベンチマークサイトでは、最も条件に恵まれてかつ技術レベルと意欲の高い3つの農民グループがこの6000ドルのローンを受けて、水田開発を実施して稲作を行い4t/ha以上の収量を持続的に実現できるレベルに達している。しかし、この基礎研究を受けて始まったアフリカ開発銀行の支援によるIVRDP(Inland Valley Rice Development Project)で目指している、450の農民グループ、4500人の農民のうちでこのレベルに達する割合は、プロジェクト期間の2005-2009年で10%程度に過ぎないと予想している。ということはローンの償還率は10%程度になるものと思われる。1ha当たりの水田開発の基本単価が従来の10分の1であるので、たとえ償還率が10%でも、これまでの開発方式に比べて1ha当たりの開発コストは同じとなる。何よりもこのような方式を積み重ね、農民のオンザジョブ訓練のレベルが上がるにつれて、コスト(未償還率)も段階的に下げることが可能になる。持続的な水田開発の歩みが始る可能性があり、今までの開発研究の成果がようやく実施段階に到達したと言える。

8、アジア・アフリカ協力と日本の役割

サブサハラアフリカの中核地域である西アフリカでは、人口増に追いつけない食料生産、砂漠化等の食料環境危機が深刻化し、慢性的な社会・政治不安の背景になっており、21世紀の地球社会の大きな不安定要因になりつつある。2006年7月31日—8月4日、ダラエスサラームでの第一回アフリカ稲作会議ではアフリカ稲作センター(WARDA)とアジアの国際稲研究所(IRRI)が支援して、サブサハラアフリカのほとんど全部の稲作国が参加した。

(1)サブサハラのアフリカでは依然として緑の革命実現が悲願となっていることまず強調された。そして(2)緑の革命を実現するための明確な農業政策、例えば、肥料供給、コメの価格や市場へのアクセスの保障、必要な灌漑や道路整備、適正な機械の普及への政治的な支援が重要であること。(3)研究開発者から普及員および農民まで、人間の訓練がカギであること。(4)技術・開発と普及に関しては、品種改良を行うBiotechnologyは重要だが、環境の改良を行う水田(Sawah)のようなEcotechnologyも同等に重要であることが、初めて明確に述べられた。さらに、(5)市場で輸入米に対抗できるポストハーベスト技術の底上げも重要である

という、5つの基本戦略が合意された。

2005年バンドンにおける50年ぶりのアジア・アフリカ会議の成功による日本を始めとするアジア諸国のアフリカ支援強化等が組み合わせれば、熱帯アジアに遅れること50年にして、悲願の緑の革命が西アフリカを初めとするサブサハラのアフリカの地にも実現する道筋が見えてきたと言える。

9.11同時多発テロ以降ますますはっきりしてきたことは、地球環境問題解決と南北問題の解決は不可分であり、それが21世紀の最大の課題であることである。図7は過去500年の欧米によるグローバリゼーションを俯瞰したものである。この500年の欧米による

世界制覇と新世界の開発は欧米への富の蓄積と、それをベースにした欧米科学技術の発展、そしてその恩恵による豊かな社会の実現をもたらした。日本は欧米科学技術の恩恵を最大限に受けて現在の豊かさを実現したが、現在の地球社会の中で日本の存在哲学(アイデンティティー)のなさ故の「精神文化的危機」も顕在化している。

欧米諸国の開発や発展のために、1500-1900年の間に奴隷として新大陸に移送され、奴隷狩り戦争で犠牲になったアフリカ人の数は2000万人程度と推定されている。数100年にわたって毎年全人口の1%程度の若者が失われた。このインパクトの大きさは第二次世界大戦における日本人の戦死者が毎年全人口の1%程度であった「に過ぎない」ことから想像される。その後さらに150年間、欧米諸国による植民地支配が続いた。サブサハラアフリカの環境と南北問題にはこのような背景があると思われる。明治維新期の脱亜入欧以来、欧米中心主義の虜になり、アフリカとは別の意味の危機の中にある日本こそ、このアフリカの危機を解決するための国際貢献が求められている。

表7に示したように、サブサハラ、とりわけ西アフリカの低地面積は2億ヘクタール以上あり、極めて大きい。しかし降雨が少なく、安定地塊であるため、アフリカ集水域の土壌生成速度や養分供給速度は日本やアジアに比べて5から10分の1程度である。そのため、数億ヘクタールと推定されるアフリカの低地の10%弱、約2000万haが水田適地であるが、優先順位の高い適地を見極め線引きをして、優先順位の高い適地から着実に水田開発を進める必要がある(図8)。一方、土地所有や利用権が重層的かつ多様な共有型であり、個々の農民の圃場環境基盤を改良するためのインセンティブが乏しいので、水田の飛躍的な多収性を広範にデモンストレーションし、新しい土地管理・所有システムを可能にし、水田開発のモチベーションを高めることが重要である(図4)。

文献

- Ali, MM, Saheed SM, Kubota D, Masunaga T. and Wakatsuki T 1997: Soil degradation during the period of 1967-1995 in Bangladesh. I. Carbon and nitrogen. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 43:863-878
- Ali, MM, Saheed SM, Kubota D, Masunaga T. and Wakatsuki T 1997: Soil degradation during the period of 1967-1995 in Bangladesh. II. Selected chemical characters. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 43:879-890
- Bellamy PH, Loveland PJ, Bradley RI, Lark RM and Kirk GJD 2005 Carbon losses from all soils across England and Wales 1978-2003. *Nature* 437:245-247
- Buddenhagen, I.W. and Persley, G.J. 1978 *Rice in Africa*, Academic press, 355pp,
- Darmawan, Kyuma K, Saleh A, Subagio, Masunaga T, and Wakatsuki T 2006 Effect of green revolution technology from 1970 to 2003 on sawah soil properties in Java, Indonesia: I. Carbon and nitrogen distribution under different land management and soil types. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 52:634-644
- Darmawan, Kyuma K, Saleh A, Subagio, Masunaga T, and Wakatsuki T 2006 Effect of green revolution technology from 1970 to 2003 on sawah soil properties in Java, Indonesia: II.

- Changes in the chemical properties of soils. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 52:645-653
- Davidson EA and Janssens IA 2006 Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. *Nature* 440: 165-172
- De Datta, S.K. and Buresh, R. J. 1986. Integrated nitrogen management in irrigated rice, *Adv. Soil Sci.*, 10:143-169
- FAOSTAT 2006, <http://asps.fao.org/> The state of food insecurity in the world, FAO, Rome
- Fashola, O., Olaniyan, G.O., Aliyu, J., and Wakatsuki, T., 2004 Sawah system water management for sustainable rice production in Nigeria, In Project Synergy ed “The Nigeria Rice Memorabilia”, pp325—339, Abuja
- Fashola, O. O., Oladele, O., Aliyu, J., and Wakatsuki, T. 2006 Dissemination of sawah rice technology to farmers cultivating inland valleys in Nigeria, <http://www.regional.org.au/au/apen/2006/refereed/5/>
- Fashola, O.O., Oladele, O., and Wakatsuki, T. 2007 Socio-economic factors influencing the adoption of Sawah rice production technology in Nigeria. *J. Food, Agriculture & Environment-JFAE*, 5(1): 239—247
- 外務省 2006 平成17年度外務省第3者評価「草の根・人間の安全保障無償資金協力。スキーム評価調査, 100-104pp
- Greenland, D.J. 1997. Sustainability of Rice Farming CAB Int'l, U.K. and IRRI, Los Banos, 273pp
- 長谷川靖徳 2005 JICA 新水田稲作短期派遣専門家報告書
- 平野克己 2002 「図説アフリカ経済」 日本評論社 185pp
- 平野克己編 2003 「アフリカ経済学宣言」 アジア経済研究所 423pp
- 平野克己編 2005 「アフリカ経済実証分析」 アジア経済研究所 360pp
- 廣瀬昌平・若月利之編著 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
- Hirose, S. and Wakatsuki, T. 2002 Restoration of Inland Valley Ecosystems in West Africa, Nourin Tokei Kyoukai, Tokyo
- 石田英子 1997 ヌペの低地稲作、ヌペの民族土壌学的研究、廣瀬昌平・若月利之編著「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、pp196-223
- Ishida, F., Tian, G., and Wakatsuki, T., 2001 Indigenous Knowledge and Soil Management, In Tian, G., Ishida, F., and Keatinge, D. (Eds.): *Sustaining Soil Fertility in West Africa.*, pp91-109, Soil Sci. Soci. America and American Soci. Agronomy, Madison, USA
- JICA 2003 Study on International Cooperation in Rice Farming in West Africa, 1—92pp, AFP JR 03—10
- Kiple, F.K, Ornelas, K.C., 2000. The Cambridge World History of Food, Cambridge University Press (三輪叡太郎監訳、「ケンブリッジ世界の食物史大百科事典2」朝倉書店、2004
- Kyuma, K., 2004. Paddy Soil Science, Kyoto University Press
- Lal R 2004 Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. *Science* 304: 1623-1626

- 真勢徹 1994 「水が作ったアジア、風土と農業水利」家の光協会、261pp
- 増田美砂 1997 スペランドにおける土地制度と森林、廣瀬昌平・若月利之編著「西アフリカ・サバンナの生態環境の修復と農村の再生」、224—274pp 所収、農林統計協会
- 松岡信 2004 日経サイエンス 11月号
- 中島邦公・若月利之・モロMブリ 2006 ガーナの持続的自立的な水田開発にむけて—サワ(水田)実証研究プロジェクトに対する農民の反応、アフリカ研究 69:59—73
- 櫻井武司 2006 アフリカにおける緑の革命の可能性—西アフリカの稲作の場合— 平野克己編 2005 「アフリカ経済実証分析」pp21—67 所収、アジア経済研究所
- Sanchez, P.A., 1976. Properties and Management of Soils in the Tropics, Wiley, New York, pp40-51
- Sasaki, A., Ashikari, M., Ueguchi-Tanaka, M., Itoh, H., Nishimura, A., Swapan. D., Ishiyama, K., Saito, T., Kobayashi, M., Khush, G.S., Kitano, H., and Matsuoka, M., 2002 Green revolution: A mutant gibberellin-synthesis gene in rice—New insight into the rice variant that helped to avert famine over thirty years ago, Nature 416 (6882):701-702, 18 Apr 2002
- 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
- 鹿野一厚 1997 中部ナイジェリアにおける牧畜フルベの牧畜活動に関する生態人類学的研究、廣瀬・若月編著「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、pp298—372
- 高橋基樹 2005 アフリカの農業停滞と政府の役割:革新技術と財政支出の計量分析を中心に」、平野克己編 2005 アフリカ経済実証分析 アジア経済研究所 69—130 頁
- 高橋基樹 2006 アフリカにおける食料問題と政府の役割—マルサスの危機克服のために—、国際開発研究、15: 65—80
- 高谷好一 1995 掛け流し傾斜水田の事例、渡部忠世監修「アフリカと熱帯圏の農耕文化」、大明堂、pp124-146
- 竹沢尚一郎 1984 アフリカの米 季刊人類学、講談社 15: 66-116
- 田崎博之 1989 水田の登場、下條信行編「弥生農村の誕生」、講談社、pp53-76
- The Guardian 2005 25 December 2005 掲載
- The Guardian 2006 16 July 2006 掲載
- 梅原猛 1996 新しい文明の創造 梅原・伊東・安田編「文明と環境、第15巻」朝倉書店
- ヴァンダナ・シバ 1997年、「の革命とその暴力」浜谷 喜美子訳、日本経済評論社、
- 若月利之 1988 水田農業は西アフリカにおける土壌侵食、農業環境破壊を防止する、公害研究、18: 20-27
- 若月利之 1989 水田は西アフリカを救えるか JICA Expert、No.80, pp8-16
- 若月利之 1995 内陸小低地における西アフリカ型稲作、渡部忠世監修「アフリカと熱帯圏の農耕文化」、大明堂、pp95-123
- 若月利之 1997 地域間比較研究から地域間交流をめざして—西アフリカのサバンナ帯への東北タイ農耕の応用、地域研究論集 Vol.1(No.1):92—109
- 若月利之 1999 アジア開発経験及びそのアフリカにおける適用可能性—西アフリカにお

- けるアジア諸国の水田開発プロジェクトの比較と評価一、FASID 開発援助研究セミナー
配布資料、16pp
- 若月利之 2002 西アフリカの農民と共に往う水田作りと里山作りへの招待、ARDEC、
25:9-18(<http://www.jiid.or.jp/ardec/ARindex.htm>)
- 若月利之 2003a 西アフリカにおける自立的展開が可能な小規模谷地田開発、農業土木
学会誌 70(11):999-38
- 若月利之 2003b サブサハラ・アフリカの農業・農村開発と日本の役割、沙漠研究
13(2):83-100
- 若月利之・謝順景 2003 アフリカ稲作開発史 国際農林業協力 26(3):17-29
- 若月利之・M.M. Buri・O.O. Fashola 2007 西アフリカにおける内陸小低地の水田開発
研究と普及・開発の間の「死の谷」を如何に克服するか？ 熱帯農業 51(Extra issue
1): 35-36
- Wakatsuki, T., Shinmura, Y., Otoo, E., and Olaniyan. 1998. Sawah system for
integrated watershed management of small inland valleys in West Africa. In
FAO ed., Water Report N0.17, Institutional and Technical Options in the
Development and Management of Small Scale Irrigation, 45-60, FAO, Rome
- Wakatsuki, T., Otoo, E., Andah, W.E.I., Cobbina, J., Buri, M.M., 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, 337pp
- Wakatsuki, T. and Masunaga, T. 2005 Ecological Engineering for Sustainable
Food Production and the Restoration of Degraded Watersheds in Tropics of
Low pH Soils: Focus on West Africa, Soil Sci. Plant Nutr. 51(5): 629-636
- WARDA 2006a Annual Report, <http://www.wards.org>
- WARDA 2006b 第1回アフリカ稲作会議プレスリリース原稿
<http://www.wards.org/warda/newsrel-congress1-aug06.asp>
- World Resources Institute 1998 World Resources 1998-2000, Oxford Univ. Press
- 安田喜憲 1996 森と文明 安田・菅原編「森と文明」, 講座「文明と環境」第9巻」1-18pp
所収、朝倉書店

表1 サブサハラアフリカ、西アフリカ、アジア諸国の過去40年間における一人当たりの主食作物の3—5年(A—B)、あるいは3—10年間(D)の平均生産量と輸入量の推移(FAOSTAT 2006)。根塊茎作物のヤムとキャッサバの水分含量は60-70%で、穀類の15%前後に比べ4—5倍であること、又、タンパク質やミネラル含量も低い(Sanchez 1976, Kiple and Ornelas 2000)のでヤムの穀物換算生産量はFAOの原データの5分の1、キャッサバは8分の1に調整してある。

A:サブサハラアフリカ全体の推移 (kg/人)

Year	1961-1965	1966-1970	1971-1975	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2003
Rice, Paddy	16.3	17.5	18.2	17.6	17.3	19.2	19.2	19.9	18.1
Wheat	8.1	8.4	7.7	6.8	6.7	6.8	6.2	6.3	6.2
Maize	42.5	44.3	45.0	43.4	40.3	50.6	46.6	46.2	42.2
Cassava (1/8)	18.8	18.6	18.4	18.1	17.6	18.0	20.2	19.5	19.7
Yams (1/5)	7.8	10.8	8.8	6.6	5.6	6.6	11.5	11.9	11.6
Sorghum	44.7	38.3	34.0	31.5	31.1	30.8	31.2	31.3	31.9
Millet	31.7	29.3	27.8	23.3	21.2	23.0	22.1	22.3	21.8
Paddy Rice-Import	3.8	3.8	4.3	7.7	10.3	8.8	9.0	8.3	9.9
Wheat-Import	4.5	6.0	7.4	9.7	11.8	10.2	11.2	13.1	15.7
Total	178.1	177.0	171.6	164.8	161.9	173.9	177.3	178.7	177.2

B:西アフリカの推移(kg/人)

Year	1961-1965	1966-1970	1971-1975	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2003
Rice, Paddy	18.4	21.1	21.9	22.1	23.8	27.4	29.3	31.4	28.2
Wheat	0.3	0.3	0.2	0.2	0.4	0.6	0.3	0.4	0.3
Maize	27.1	27.2	23.5	18.6	21.9	42.6	48.7	41.4	38.6
Cassava (1/8)	16.6	17.3	16.4	16.7	14.8	16.8	25.3	25.3	24.7
Yams (1/5)	17.8	25.0	20.5	15.2	12.8	15.4	27.4	28.3	27.6
Sorghum	70.6	56.7	47.0	40.3	42.1	46.5	48.6	47.9	47.2
Millet	59.8	54.0	52.7	42.4	41.6	48.0	45.7	45.4	44.6
Paddy Rice-Import	5.3	5.8	6.2	13.2	17.4	15.3	16.7	15.7	19.1
Wheat-Import	4.0	5.8	8.0	13.3	14.3	9.6	11.4	13.8	16.7
Total	220.0	213.2	196.4	182.0	189.0	222.2	253.4	249.6	247.1

C:アジアにおける推移(kg/人)

Year	1961-1965	1966-1970	1971-1975	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2003
Rice, Paddy	124.5	131.8	134.2	137.4	148.8	149.8	147.1	149.8	141.1
Wheat	41.6	44.2	49.6	57.6	67.0	70.6	79.0	78.4	72.2
Maize	19.6	23.9	26.1	31.3	34.0	38.0	41.8	45.0	43.3
Cassava (1/8)	1.4	1.4	1.5	2.1	2.2	2.1	1.9	1.7	1.8
Yams (1/5)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sorghum	9.6	9.7	8.3	8.2	7.1	5.9	5.0	3.8	3.0
Millet	8.6	9.5	7.8	6.6	6.3	4.9	4.2	3.8	3.6
Paddy Rice-Import	3.7	3.4	3.1	3.0	2.4	2.2	2.3	3.9	3.7
Wheat-Import	10.7	11.4	11.7	12.0	13.7	14.6	15.0	13.5	11.7
Total	219.7	235.2	242.4	258.1	281.5	288.2	296.3	299.9	280.3

D: アジア、サブサハラアフリカ、主な国別の一人当たりの粗生産量と輸入量の推移(kg/人)

Year	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2003
Ghana	5.5+6.9	7.9+4.8 (143+70)	5.4+6.5 (97+94)	10.6+10.2 (191+148)	14.2+15.2 (256+220)
Nigeria	6.1+0.02	9.5+2.8 (154+100**)	23.3+5.0 (378+182)	30.7+5.9 (500+215)	30.0+15.2 (489+553)
West Africa	19.9+5.8	22.0+10.3 (111+178)	25.8+16.7 (130+289)	30.4+16.6 (153+289)	29.5+17.6 (148+306)
サブサハラ	17.0+3.9	17.9+6.1 (105+157)	18.3+9.8 (108+250)	19.6+8.9 (115+228)	18.7+9.4 (110+240)
Thailand	379.9+0.0	357.1+0.0 (94+ -)	374.4+0.0 (99+ -)	380.9+0.0 (100+ -)	426.5+0.0 (112+ -)
Indonesia	132.3+10.4	172.0+15.6 (130+150)	232.5+2.8 (176+27)	246.8+8.4 (186+81)	236.5+5.0 (179+48)
Bangladesh	266.0+8.8	236.8+6.6 (89+75)	235.8+4.5 (89+51)	233.1+5.8 (88+66)	260.0+8.3 (98+94)
Asia 途上国	126.2+3.5	136.1+3.0 (108+86)	151.4+2.3 (120+64)	153.4+3.1 (121+86)	145.9+3.4 (116+96)
Japan	172.0+0.0	137.5+0.0 (80+ -)	111.1+0.0 (65+ -)	98.3+0.0 (57+ -)	84.1+0.0 (49+ -)
World	78.4+2.9	85.9+2.9 (110+103)	95.5+3.1 (122+107)	98.0+3.9 (125+134)	94.1+4.3 (120+149)

*括弧内の数値は1961-1970の平均を100にしたときの相対値,**Nigeriaのみは1971-1980の値を100にして計算した。

E:過去40年間の人口の推移

Year	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2003
Ghana	7,849	9,970 (127)	13,380 (170)	17,689 (225)	20,474 (261)
Nigeria	42,957	56,198 (131)	75,560 (176)	101,388 (236)	120,914 (281)
West Africa	95,749	124,204 (130)	165,990 (173)	220,738 (231)	261,861 (273)
サブサハラ	234,782	307,466 (131)	411,559 (175)	544,361 (232)	640,376 (273)
Thailand	31,771	41,818 (132)	50,941 (160)	58,088 (183)	62,194 (196)
Indonesia	108,324	136,182 (126)	167,800 (155)	198,562 (183)	217,123 (200)
Bangladesh	59,400	76,251 (128)	98,036 (165)	124,921 (210)	143,808 (242)
Asia 途上国	1,786,958	2,251,298 (126)	2,732,350 (153)	3,252,342 (182)	3,568,256 (200)
Japan	99,469	111,749 (112)	120,936 (122)	125,593 (126)	127,468 (128)
World	3,376,145	4,102,728 (122)	4,879,539 (145)	5,712,586 (169)	6,224,835 (184)

括弧内の数値は1961-1970を100としたときの相対値

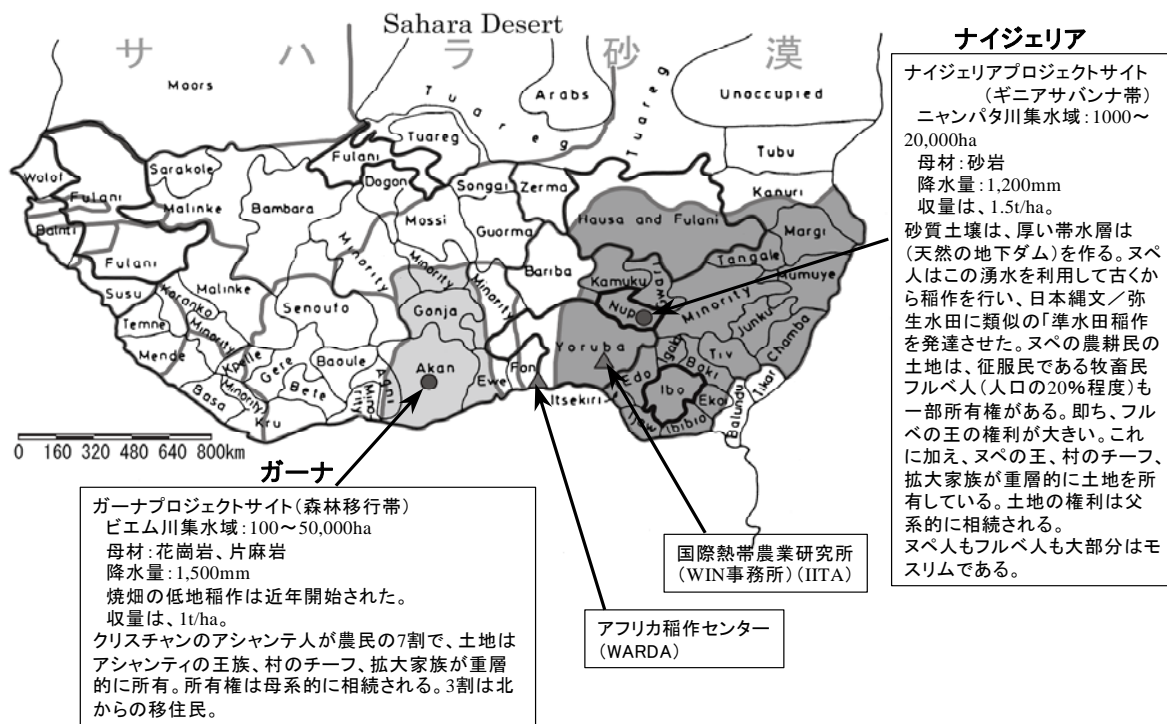


図1 持続可能な水田開発に関するアクションリサーチを継続しているガーナとナイジェリアの2つのベンチマークサイトを示す。西アフリカ諸国の国境線と主な民族分布も示した。

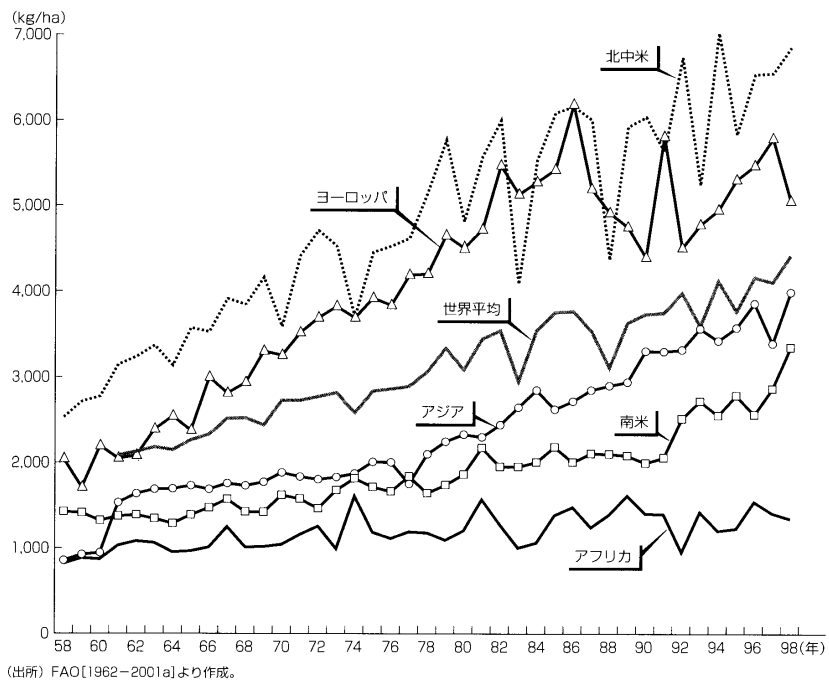


図 2 過去40年間の世界の主な地域毎のトウモロコシの収量の推移(平野2002)

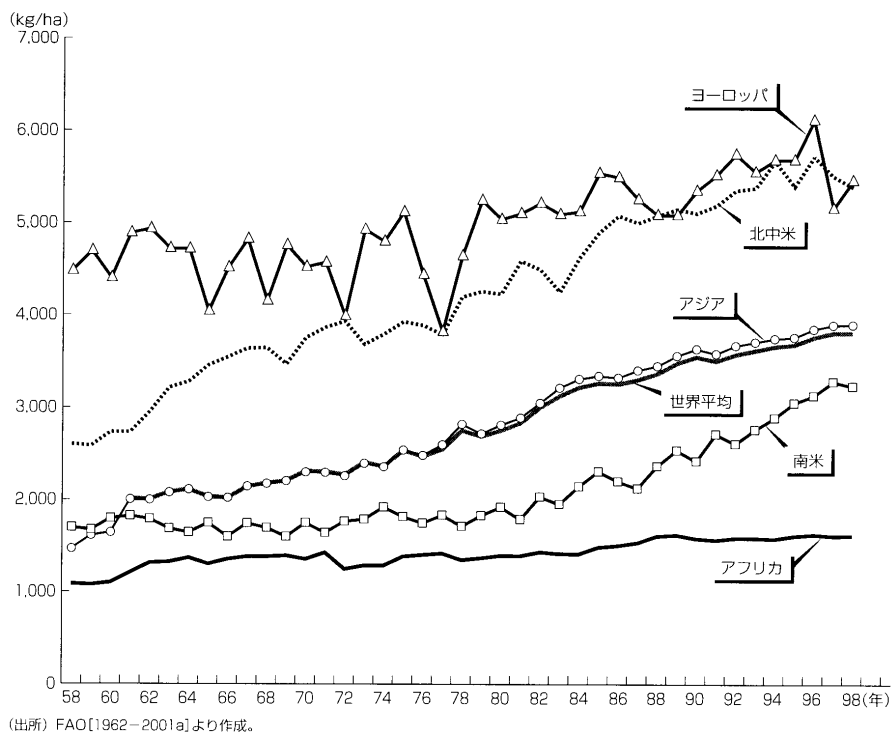


図3 過去40年間の世界の主な地域毎の玄米収量の推移(平野2002)



写真1ヌペ人の準水田稲作



写真2 ヌペ人の灌漑水路と準水田。ヌペの稲作は畜力を使わず、アフリカ鍬のみで行われるので均平化や代掻きは困難になる。

ヌペの柵, 2005年9月



ヌペの分水法。右方向が本流、真ん中上方が灌漑水路

灌漑水路の共同整備



ヌペの小区画準水田

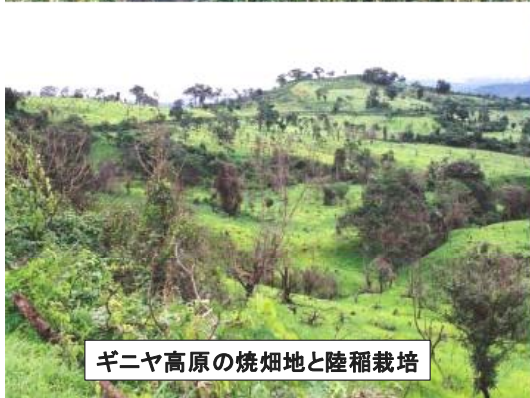
写真3 ヌペの柵堰、堰を作らないヌペの取水法、灌漑水路補修の共同作業、ヌペの小区画準水田(いずれも2005年8-9月撮影)



ギニアの里山地形(水田のない稲作地)



シエラレオーネの里山地形



ギニア高原の焼畑地と陸稲栽培



シエラレオーネの里山低地の非水田稲栽培は土壌の砂漠化をもたらす

写真4 焼畑の陸稲栽培は森林破壊を伴う。又、小低地における非水田稲作も土壌劣化をもたらす。小低地は日本の里山に似た小山地と小低地の組み合わせであるので、森林と低地を総合的に管理する必要があり、アフリカに適する里山創造が求められている。

表 2. 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)。比較した調査サイト数は内陸小低地が 185ヶ所、氾らん源が 62ヶ所、熱帯アジアが 410ヶ所、日本は 155ヶ所である。

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

表3: 水田 (suiden)を適切にあらわす言葉が英語や仏語には存在しない。

本稿での提案

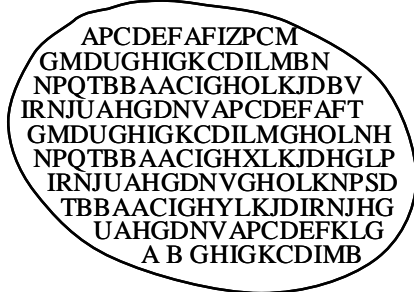
水田 (suiden) = **SAWAH** (Malay-Indonesian)

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

Paddy soil science = 稻土壌学 ≠ 水田土壌学

Paddy yield: 粳収量

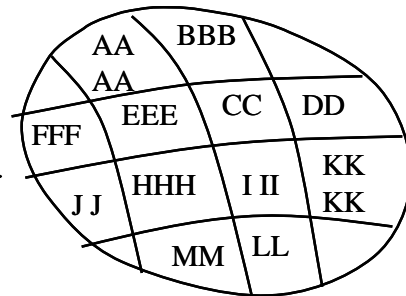
農民圃場の所有権は重層的で多様な人々とコミュニティによる共有型である。農民の圃場は極めて不均質で多様な生態環境が混在し、区画がない。圃場環境の改良は困難である。



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4: 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。

表4. 低地水田システムの集約的持続性に関する水田仮説(2): 低地水田は畑作地の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 水田(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

表5: ローンベースの自立的展開が可能なアフリカ型谷地田農法の提案

1. 水田開発ユニット(農民10人)の参加を募る
2. 6,000 USDルのローン設定: 4,000 USDル・・・耕耘機/1,000 USDル・・・農具購入, 灌漑施設造成資材, 灌漑用ポンプ/1,000 USDル・・・運転用(肥料, 殺虫・殺菌剤, 部品燃料等)
3. 無料の技術支援(但し, 開田, 耕作は参加農民がすべて行う)
 - 1~5年: 1ha/年の開田, 計5ha。この間返済は無し。10年で10haの開田を目標とする。
 - 6年~ : 利息5%で返済開始。1,175ドル/年の返済で, 6年で完了。
4. 初年度~5年目: 水田等の収入1,300~6,500ドルに増加(3~5 t/haの収量)
5. 6年目以降: 7,300ドル-1,175ドル(返済分)=6,125ドル(純利益)
6. 6年目以降も開田は継続: 1戸1ha開田すれば年間の収入は1,000ドル/1戸になる。

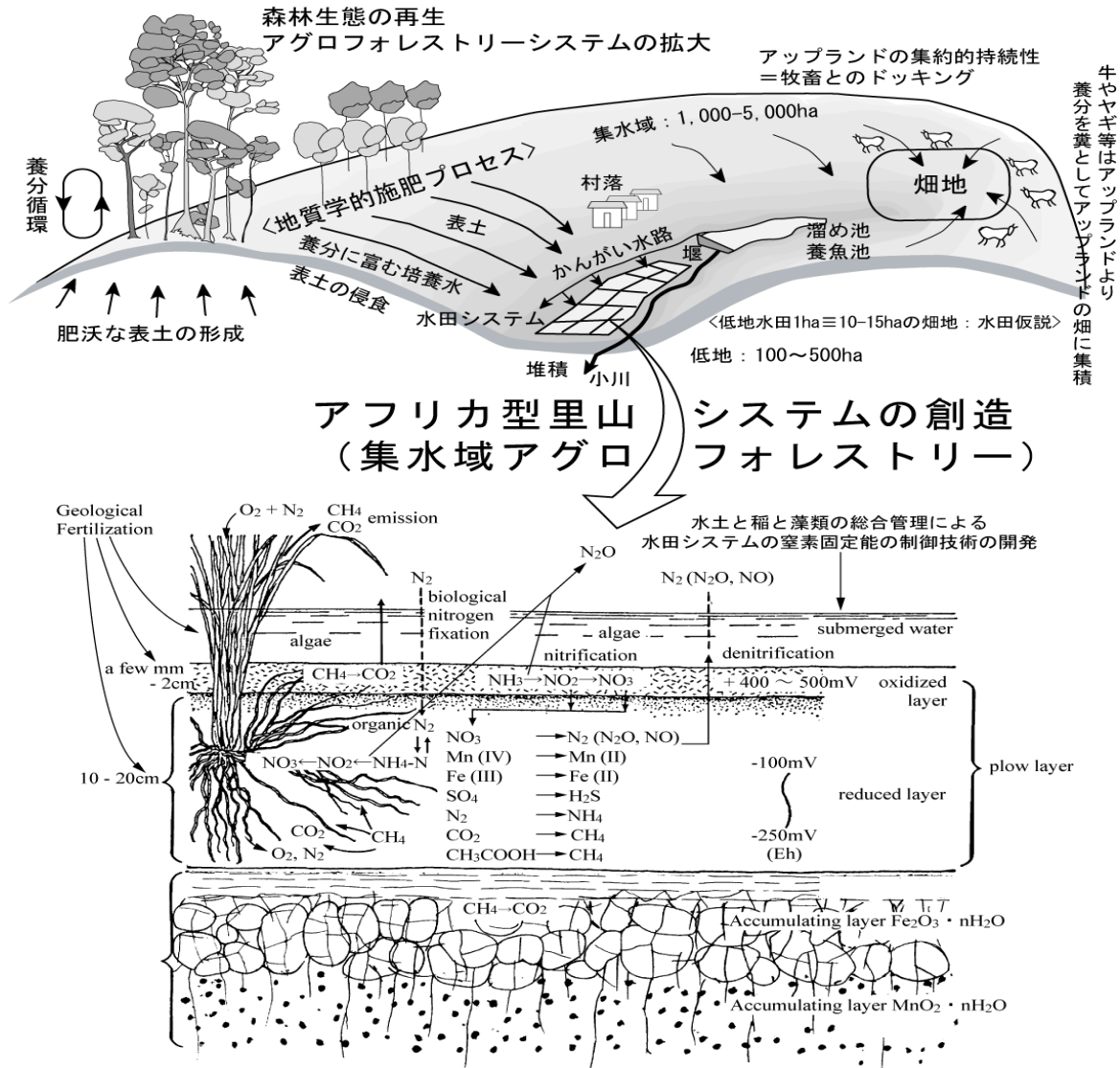
<アフリカ開銀プロジェクト> : 5000ha/2,000万ドル⇒4,000ドル/ha
 2004年度より開始(現在のODA方式では2~3万ドル/haの開田費用)
 上記方式が軌道に乗ればアフリカ農業開発と環境保全ビジネスも可能:
 開田費用の回収+森林拡大とCDM (Clean Development Mechanism-Kyoto Protocol) による地球温暖化防止ビジネス

表6. 1984—2003の間の西アフリカの稲作生態別の生産性と生産量の推移(WARDA 1988, 2002, 2004, Sakurai 2003, FAOSTAT 2005)。過去15年の傾向から2015年までの変化を筆者が予測した。

	稲作面積 (百万 ha)			生産量 (百万 ton/y)			収量 (t/ha)		
	1984	1999/03	2015	1984	1999/03	2015	1984	1999/03	2015
陸稲 相対寄与%	1.5 57%	1.8 40%	2.0 30%	1.5 42%	1.8 23%	2.0 13%	1 1 1	収量増なし	
天水湿地稲	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

(1) 図の上部:集水域生態工学、あるいは集水域アグロフォレストリーの概念図

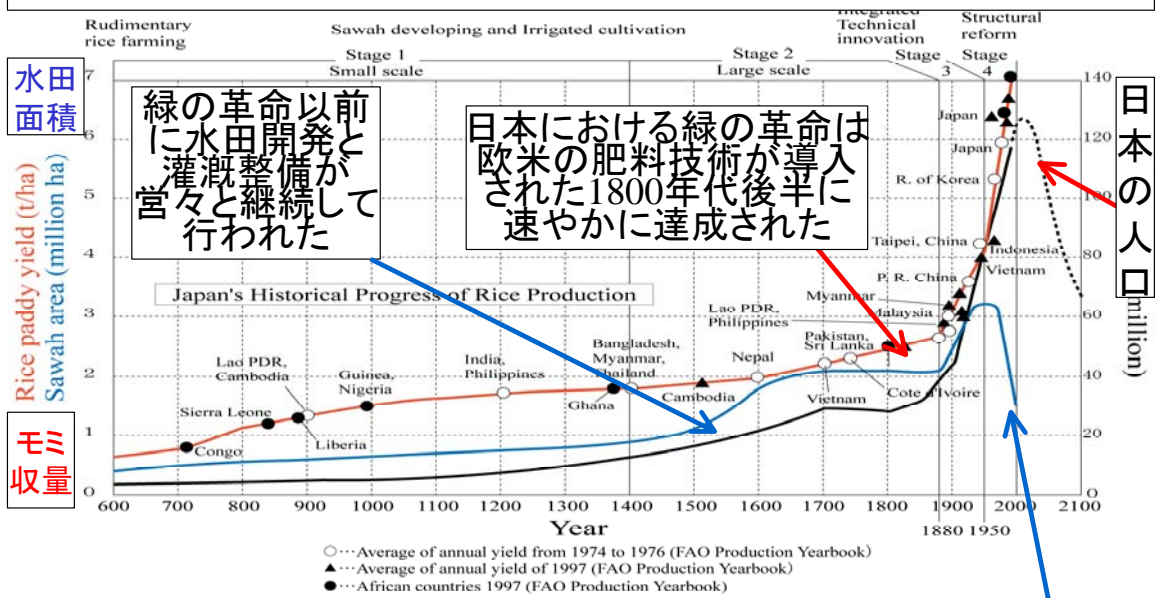
集水域における適切な土地利用パターンと管理法は水文条件を適切にしアップランドの森林や畑地からの地質学的施肥を最適にする。この地質学的施肥プロセスにより低地は降雨量以上の水分を受ける。この水の流れは岩を風化して土壌を生成し無機養分を溶かし出して森をはぐくむ。森で生成した肥沃な表土は低地に流れ落ちて肥沃な低地水田土の材料となる。



(2) 図の下部:湛水下にある水田システムは多機能性湿地として窒素、リン、カリ、ケイ素等、稲作に必要な無機養分の供給性を高めるミクロの生物物理化学的機構を有している。

図5 低地水田システムの集約的持続性の高さを示すマクロ(図の上部)とミクロ(図の下部)の生態工学的機構。土壌肥沃度が低く、水循環量が少ないサブサハラのアフリカにおける集水域で持続可能な集約化を図る戦略となる。森と低地を一体のものとして管理するアフリカ型里山創造であり、集水域生態工学あるいは集水域アグロフォレストリーでもある。

国づくりの基本は農家圃場、日本では水田。アフリカではそのような基本的な国づくりが、400年間の奴隷貿易と150年間の植民地支配で阻害



水田の急速な開発と近年の急減

図6: 日本の人口、水田開発、面積、モミ収量の歴史の変遷(収量はアジアアフリカ諸国の現状と比較, Takase & Kano,1969, modified)

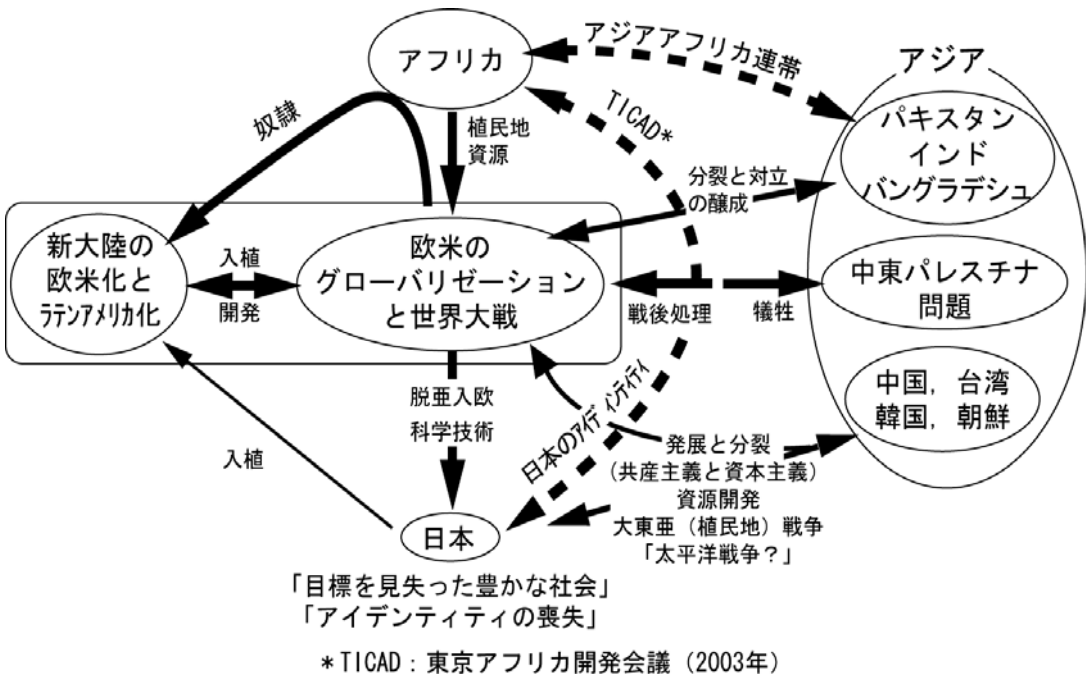


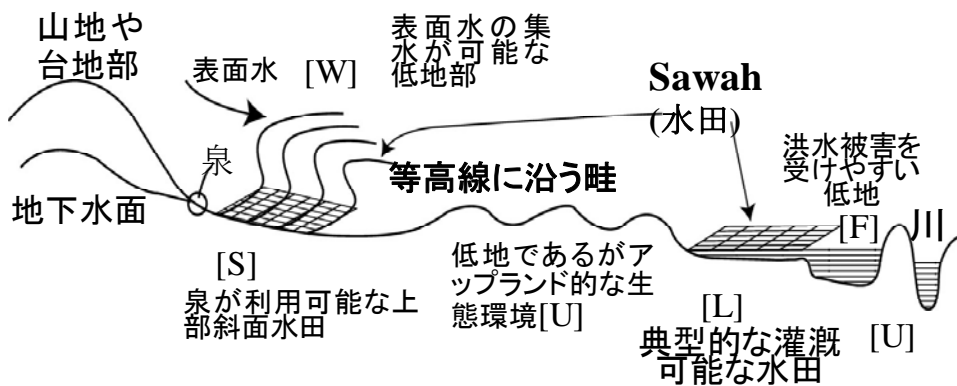
図7: 現在の地球社会危機の背景にある過去 500 年の欧米によるグローバリゼーションの構図

表7熱帯アフリカにおける低湿地の分布と水田開発ポテンシャル
(Hekstra &Andriess1983, Hirose & Wakatsuki 2002)

分類	面積(万ha)	割合(%)
沿海湿地	1,650 (500)	7
内陸大低地	10,750 (400)	45
はんらん原	3,000 (1,000)	12
内陸小低地	8,500 (1,500)	36

水田化可能面積(万ha)

アジア太平洋モンスーンには世界の水循環量の75%が分布し、1億haの水田を支えている。一方、アフリカモンスーンの水循環量は15%程度であるので、最大2000万haの水田ポテンシャルが推定される。



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。

図8. 土壌生成速度や侵食力の弱い西アフリカの内陸小低地はアジアの低地と異なり、極めて多様な低地を有する。問題の焦点は集水域の多様な低地のどこまでが持続可能な水田システムの範囲であり、どの部分のアップランドにどのような森林をどの程度回復させる必要があるのかの「明確な線引きのための情報を得ること」にある。