特集記事

Ambitious and Audacious — 育種家に何ができるのか？

河野和男

(神戸大学農学部付属農場, 加西市鶉野町, 〒675-2103; 前 CIAT アジアキャッサバプログラム)

Ambitious and Audacious – What a Plant Breeder Can Do for the World?

Kazuo Kawano

(Kobe University Farm, Uzurano, Kasai, 675-2103 Japan; Formerly CIAT Asian Cassava Program)

キーワード：キャッサバ育種, バイオマス, 収穫指数, 遺伝資源, 経済効果, 社会的弱者, 知的所有権

キャッサバは伝統的に人間の食料として利用される熱帯作物であるが、近年特にアジアにおいて澱粉や家畜の飼料としての需要が伸び、生産者である畑作小農家の収入増に直結する作物としての重要度が高まっている (Cock 1985, Lynam 1986, Kawano 1988, Bottema and Henry 1992)。この熱帯の大作物も、研究の歴史は浅く、国際レベルの組織的な育種研究は、CGIAR (国際農業研究協議会グループ) 傘下の南米コロンビアに本拠をおく CIAT (国際熱帯農業研究センター) が世界を対象とした、アフリカ ナイジェリアに本拠をおく IITA (国際熱帯農業研究所) がアフリカを対象とした総合的キャッサバ研究プログラムを創設したのが最初と言える。

何故キャッサバのようなものをやる事になったかという、伝えられる“緑の革命”の社会経済的負の側面に対する考慮が強く働いている。緑の革命の多収性品種が多く、多くの国々で米の増収をもたらした、これがお米の安価安定供給を保証し、時には環境保全からの批判はあるにせよ、圧倒的多数の消費者の福利に貢献した事は動かしがたい事実である (例えば, David and Otsuka 1994)。その一方、IR8 に代表される緑の革命品種は、環境条件、経済条件とも元々恵まれていた農家のみが利用できる技術であり、彼等の立場は更に優位になった半面、小農等、劣悪環境で生活を営んできた人々の立場は更に苛酷なところに追いやられたとする意見は、緑の革命が始まった頃から今に至るまで根強くある (Wharton 1969, Ruttan 1977, Lipton and Longhurst 1989)。この熱帯の農業生活者の間の貧富の差をなんとかしなければならないというのが、1970 年代以来世界レベルでの農業研究の大きな課題となり、熱帯の中でも更に貧しい畑作小農の作物であるキャッサバの研究を世界レベルでやろうという事になったわけである。

私は 1973 年に CIAT のキャッサバ育種部門を設立する為に CIAT に赴任し、最初の 10 年間で育種方法を確立し、基礎育種材料育成を行った後、アジアのキャッサバ品種育成を各国機関とより密接に行うべく、1983 年に CIAT アジアキャッサバプログラムをタイ国農業局の支援協同のもと開設した。その後品種開発普及を進め、アジア諸国の多数の小農家に新品種がもたらした経済的効果が行き渡るのを確認できた 1998 年まで CIAT で仕事を続けた。

コロンビアに赴任したばかりの私を待っていたのは、キャッサバ原産地の熱帯アメリカ全土から集められた 2,000 以上の在来品種コレクションと、常時使用可能な 20 ha の試験圃場、屈強な圃場要員 20 人、それに後で気づく事になるが事実上無制限の予算であった。若くてやる気満々 (ambitious)、向こう見ず (audacious、図々しいという意味もある) な若者に、お金と場所の制限なし、小姑的なものもなしに、育種でやれること全部やらせようという事であった。育種を始めるに当たり、既成の集団を中心とする事なく、このいわば手付かずの遺伝変異集団から出発し、場所と人手の心配なしに育種プログラムを構築できた事が、四半世紀後の今から見てもきわめて重要な事であった。20 世紀の名作ガルシア＝マルケスの「百年の孤独」は“世界はまだできたばかりで、多くのものにはまだ名前さえもなかった”という文章で始まるが、何事も創始期の出来事がその後の構造を決定してしまうようである。

1. キャッサバ育種の進展

CIAT 育種プログラム開設当時私が掲げた目標は、次の 1-9 項目と後に加わった 10 項目に要約できる。

1. 世界的視野の育種プログラムの設立
2. 育種方法の確立
3. 有用性の高い育種材料の育成
4. 育種材料の各国育種プログラムへの配布
5. 各国育種プログラムの研究体制および研究能力の促進
6. 各国育種プログラムとの協同による品種育成

7. 品種の普及
8. 経済効果の促進と計量
9. 社会経済的弱者への経済的効果の分配
10. 環境問題への関連

1. についてはCGIARの一員であるCIATが主要研究課題としてキャッサバをとりあげ、その中心に育種プログラムを置いた事である程度保証されていた。具体的には、キャッサバ種内変異をほぼ網羅する巨大な在来品種コレクションが、その後の発展の基礎財産であった。CIAT育種プログラムが正式にスタートした1973年1月には、熱帯アメリカの広い地域から在来品種が収集されており、その中から即植付け可能な2125品種を検定する事から仕事は始まった。この出発集団の変異の検定評価で一番重要視したのがバイオマス(総植物体重)と収穫指数(根重のバイオマスに占める割合)であったが、それで見えた集団の変異は圧倒的であった(図1)。いかに規模の大きな国際的育種プログラムと言えども、これだけ巨大な変異集団から出発する事は稀で、幸せなケースであった(Kawano *et al.* 1978a, 河野 1995a)。

2. の育種のやり方については確立された方法論があったわけではないが、キャッサバは作物としては栄養繁殖作物(木化した茎を挿し木で植える)であり、同一株内の雌雄異花で、実際の交配も簡単であるので、育種材料の扱いそのものは簡単である(Kawano *et al.* 1978b, Kawano 1980, 1995, Bueno 1987, 河野 1995b)。また、有用形質

の多くが遺伝性の高い事も知られており、育種選抜方法そのものを迷いのないものになっている(Kawano 1978, 1987, Tan 1987, Kawano *et al.* 1987)。収量性育種で収穫指数により大きい比重を与える事が理論的実証的に推奨されてきて(Kawano *et al.* 1982, Kawano 1987, 1990)、CIATはもちろん各国育種プログラムでも実行に移したところが多いが(Thai: Limsila *et al.* 1992, Indonesia: Nugroho *et al.* 1992, Philippines: Mariscal and Bacusmo 1995, Vietnam: Ngoan *et al.* 1995, China: Tian and Lee 1998)、この25年間の経緯はこれが非常に有効であった事を示している(Kawano *et al.* 1998, Kawano 2001)。仕事の難しさは育種作業の個々のステップにあるのではなく、実際の栽培が試験場内のような良好かつ斉一な条件でなく一般に劣悪条件であるのと、対象農家の状態が千差万別である事からくる選抜環境の設定の難しさにある(Kawano and Jennings 1983, 河野 1987)。

3. の育種素材の育成は育種規模・広がりに関わらず最も重要な点であり、ここで成果が上がらないとその後の進展はあり得ない。最初のCIATコロンビアでの10年間は育種材料集団の収穫指数を格段に高める事と、集団に病害虫抵抗性を高頻度で導入する事に集中した。アジアへ移った後は集団のバイオマス生産能力を高める事、収穫物である根の澱粉含有率を高める事、そして耐旱性の向上、更には商業品種としての完成度の高さを重要な選抜の目標とした。

図1. CIATキャッサバ育種プログラムの出発点(1973年)となった、在来2125品種からなる集団のバイオマスと収穫指数で見た多様性。図中の対照品種の標準偏差が実験誤差の尺度である。いかに規模の大きな国際的育種プログラムと言えども、これだけ巨大な変異集団から出発する事は稀で、幸せなケースであった。(試験方法はKawano *et al.* 1978aを参照)。

3a 良好条件下での収量性育種；コロンビア国バエ県にあるCIAT本部は海拔1000 mの気候温和な地点にあり、初期の主選抜地点となった。最初の無選抜集団(1973年植付け)と一次選抜集団(1974年)、さらにその後の雑種選抜集団(1975年以降)の平均収量を追ってみると、10年間に顕著な進展があった事がうかがえ、特に対照区と比較した生重収量ではほぼ100%の収量性向上であった(図2, 上)。この収量性向上を収穫指数とバイオマスの両面で見ると、同じ10年間に、前者では約80%の上昇を見たが、後者では20%程度の上昇に留まっているのが伺える(図2, 下)。つまり、育種集団の収穫指数の向上が最初の10年間に起こった収量性向上の大部分を説明している。

3b 劣悪条件下での耐性育種；キャッサバのように生

産の主要な地域が乾期の長い痩せ地で、無農薬、無灌漑でしかも多くの場合無肥料で小農によって行われる作物では、選抜の拠点を良好環境だけに限れば、実際には役に立たない品種が出来上がるのは目に見えている。当時南米で最も手ごわい病気と考えられた葉枯れ病と伸長病の激発地を選抜拠地に求めた事が直接のきっかけとなって、結果的にキャッサバの生育地として最も苛酷な所の一つと考えられる東部コロンビア、ヤノスオリエンタレス地方の強酸性やせ地、かつ病害激発地区のカリマグアに第二の選抜圃場を設定する事ができた。この結果、1974年の無選抜の集団は殆どの系統が両病に対して罹病性であったのに比べて、育種の進んだ1982年の集団では殆どの系統が抵抗性に転じた(Umemura and Kawano 1983, Kawano *et al.* 1983)。ちなみに当時抵抗性として

図2. コロンビアCIAT本部における育種集団についての出発時から10年間の収量性育種の進展。収量検定試験に供された通常約200系統の平均値の対照品種に対する%で示す。ただし、1973年の出発時集団は無選抜の在来2125品種の平均。(試験方法はKawano *et al.* 1978aを参照)。

選抜された有望系統は現在でも依然抵抗性である。この地の苛酷な条件を突破した系統を交配親として使った系統集団は世界中に送り出され、特にアジアでは病害虫抵抗性の源として非常に信頼性が高い。

3c 半乾燥気候条件下での収量性育種と適応性育種；乾期が6ヶ月続く典型的な熱帯半乾燥気候地域のタイ国、ラヨン県の畑作試験場で、タイ国農業局と共同の大規模な育種プログラムを打ち立てた。ここでの育種選抜の成果の指標として、選抜系統群(8～10系統)の全地域試験(6～8ヶ所)の平均値を1983年以来過去15年間追って見たところ、50%以上の収量性の向上が見られ、満足

の行く結果であった(図3, 上)。一方、根の乾物含有率(澱粉含有率とはほぼ平行)にも立派な前進が見られた(図3, 上)。乾物含有率は遺伝性が高く、また生産者、工場主に即喜ばれる形質であるので、比較的小幅(相対率にして20%程度)の改良に見えるが、きっちりした育種成果である。バイオマスについては、30%程度の増加が見られた(図3, 下)。これはCIAT本部での最初の10年間の改良が20%程度であったが、その初期の選抜が終わった集団のさらなる改良なので仕事量も多かったが、達成感も高かった。ここで興味深いのは、収穫指数についてはこの15年間顕著な向上が見られなかった事であ

図3. タイにおける選抜系統集団の1982年次から15年間の収量性育種の進展。地域検定試験に選抜された8～10系統の全ての試験地の平均値の対照品種にたいする%で示す。(試験方法は河野1995bを参照)。

る(図3, 下). これはCIAT本部での最初の10年間の収量性向上が, 収穫指数の向上に大きく寄りかかっていたのと著しい対照である. これは, 収穫指数は何が何でも高ければ良いという形質ではないのと, 収穫指数についてはCIAT本部の最初の10年間でほぼ出来上がり, その後各国育種プログラムに配布された育種材料は, 収穫指数について充分なかさ上げがなされていた事が理由であろう.

収量性育種を, CIAT本部での最初の無選抜の品種集団からの25年としてとらえると, キャッサバの収量構成要素である収穫指数, 乾物含有率, バイオマスの順に注意を払った結果, 最近の育種材料集団は, 25年前の出発時に比べて, 平均収量性で100%以上, 澱粉含有率で20%程度(比率)の改良となった(河野 1995b, Kawano 1995, 1998, 2001, Kawano *et al.* 1998). 一方, カリマグア, ラヨン選抜地からのインプットで, 最近の育種材料は病害虫抵抗性, やせ地や長い乾期への耐性も含む, 各国育種プログラムにとって使いやすい育種素材に仕上がっている.

4. の育種材料の各国への提供は国際研究機関の特色を利用して効率よく運んだ. CIAT本部から熱帯各国への育種材料の提供は1975年に始まり, CIATアジアプログラムからの材料提供は1985年に始まって少なくとも1998年まで続いた. これらは雑種種子の形で行われているが, CIATアジアプログラムよりタイの有望系統が, そのままクローンの形で近隣諸国へ導入されることも多かった. 結果的に過去25年間CIATにより原産地熱帯アメリカからアジアに導入されたキャッサバ遺伝変異の総量は遺伝子型にして60万以上に及び, 過去数世紀にわたって伝統的な経路を経て導入された量をはるかに上回ると考えられる(Kawano 1992, 河野 1995c).

5. の各国研究機関の育成については, まずCIATが育種材料を提供し, それを利用する過程で各国プログラムは実力を身につけて行くという道順をたどった. 育種を効率よく進めるには育種材料, 育種家の他に, 場所, 施設, 人手, 予算といった体制が必要である. これらの要因が整っている場合は稀で, 殆どの熱帯諸国ではこれらの要因のいくつか, もしくは全てが不足している. まず研究体制を作り上げてから研究の成果を期待するのが順序とされる事が多いが, そのようにして成功した例をあまり聞かない. 育種の場合, まず実力のある材料を提供し, それを実効に持って行く過程で, 育種家も研究体制も出来上がって行くというのが実際である. 逆に言うと, 援助形式の研究協力で, 強力な技術体系の裏打ちのないプログラムは, いくら設備, 研修, 会議等に力を入れても, 長い目で見た場合実効をあげていない場合が殆どである. この点で, 育種材料は目で見, 手でさわられる技術という事で, 研究協力の道具として最適である. したがって, 力のない材料を提供していたのでは, 研究協力を進める資格はない. この段取りの正しさは, これと逆の

順序で(つまり, 建物や機具をまず揃え, それでは何か研究を という順序)各国研究プログラムの育成を企てた場合の成功率の低さで, 証明されていると考えられる. CIATのこの活動は, タイ, ベトナム, 中国, インドネシア, フィリピン, マレーシアでキャッサバ育種プログラムの設立, 強化を促進し, CIATの直接支援が無くなる今後も自律的に育種活動が堅実に続く方向に向かっている(河野 1995d, Limsila *et al.* 1998, Lin *et al.* 1998, Kim *et al.* 1998, Puspitorini *et al.* 1998, Mariscal and Bergantin 1998).

2. 育種過程の微視的状況と巨視的状況

系統収量性検定の過程で, 植物体一本当りの収量もしくは一列当りの収量と集団の面積当りの収量の間に十分な相関があれば事は簡単で, 基本的には選抜は各段階毎の足し算で進める事ができる. ところが図4(上)で明らかのように, 一列一系統試験での収量と次の予備収量試験の収量の間には殆ど相関が無いのである. 一方, 一列一系統試験の収穫指数は予備収量試験の収量と極めて密接な相関を示す(図4, 下). 何故こういう事が起こるかという点, 植物体当たりもしくは1列当たりの収量と集団の収量の間には大きな相違があるからで, それは異なった遺伝的素質を持つ系統間の競争によって引き起こされる(Kawano and Thung 1982, Kawano and Jennings 1983). これは何を意味するかというと, 選抜の初期段階では, 例え選抜の目標が収量であっても収量そのものに目をつけて選抜しても効果が無く, その時はむしろ収穫指数に重きをおいて選抜すべき事を意味している. ここが, 未熟な育種家と熟練の育種家の分かれ目で, 未熟な育種家は一直線の足し算を固く信じ, あくまでも目先の収量の高いものを選んで, 結局その先の集団栽培で成績の良いものを逃してしまいが, 熟練の育種家は目先の収量にとらわれず収穫指数の高いものを選び, 将来の実際栽培条件で面積当り収量の高いものを確保する.

それでは, 何が何でも収穫指数を高めてさえおれば良いかと言うと, そうは行かないのが育種の難しさであり, 面白さである. こと与えられた材料集団の中で良いものを選んでいる限りでは, 収穫指数を念仏のように唱えて仕事を進めても結果が出るが, 育種には更に大きな枠組み, すなわち材料集団そのものを作るという仕事がある. キャッサバの場合, 毎年交配親として良さそうなものを順次加えて, それらの間で数多くの組み合わせの交配を行い次代の材料集団を作って行く事で, 年単位で集団の更新が進んで行く. ラヨン試験場での最終選抜に残った奨励品種候補のエリート系統の平均値を15年間追ったデータを見ると, この間顕著な進展を遂げたのはバイオマスであって(図3, 上), 収穫指数には何の向上も無かった事(図3, 下)がはっきり分る. 同時にこの15年間に奨励品種となったもののバイオマスと収穫指数を調べる

図4. キャッサバ選抜過程の最重要ステップである一列一系統植え試験で、収量そのものによる選抜(上)と、収穫指数による選抜(下)の比較. 選抜の目標が収量であっても、この段階では収量そのもので選抜するよりも収穫指数で選抜の方が効率ははるかに高い。(試験方法は Kawano *et al.* 1998 を参照)。

と、全く同じ傾向を示しており(図5)、品種となって実際農家で栽培されているものにも育種材料の移り変わりが忠実に反映されている事がわかる。つまり集団と集団の間の改良を進める場合にはバイオマスの進展が重要であり、これは集団内で良いものを選抜して行く場合とは全く逆の事を示している。もちろんこれは偶然に起きた事ではなく、意識的に材料集団作成の方向をこのように向けたからこうなったわけである。ではどうして早い段階からそういう作戦にした理由はと聞かれると、収穫指数とは何がなんでも高くすれば良いというものではなく、またある程度以上高くしてしまうとバイオマスが減ってしまう傾向があるのでという説明は出来るが、それ以上理路整然と説明する事は難しく、育種家のカンと洞察力だと答えるしかない。

これだけの事からだけでも、育種は目の前に見えるものを足し算で一直線に積み上げて行けば良いというものではなく、部分部分の間に相互作用があり、それを冷静

に見抜く熟練と、全体を単なる部分の総和としてだけでなく、相互作用として捉える洞察力が必要である事が読み取れよう。

3. 品種の普及と経済効果

育種目標6にあげた品種育成については、各国育種プログラムとの共同による育成活動から、1999年末時点でCIAT関連の35品種がアジア6ヶ国で奨励品種となっている(Sarakarn *et al.* 2001, Koeshartoyo *et al.* 2001, Kim *et al.* 2001, Mariscal *et al.* 2001, Lin *et al.* 2001)。その後各国で新品種の奨励が相次ぎ、2001年度には50品種を越えていると推定される。

目標7の新品種の普及については、キャッサバについての統計が一番しっかりしているタイでは、これら新品種の作付け面積は1997年度に66.0万haに達し(農業普及局統計)、インドネシアではほぼスマトラだけに限ら

図5. タイで最近15年間に奨励品種となった6品種のバイオマスと収穫指数。ラヨン試験場で行った2年間の反復収量試験からの平均値で示す。

れるが13万ha以上に達していると推定されている(民間企業UJF統計)。研究協力が最後に始まったベトナムでは、まだ規模は小さいものの統計はかなり正確で、南ベトナムでは1999年度末で6.5万haと推定されている(南ベトナム農業科学研究所, IAS統計)。その他フィリピンでは0.6万ha程度、キャッサバには自然条件の厳しい中国ではまだ1000ha程度のものである。これら全てを合わせると、CIAT関連の品種のアジアにおける栽培面積は、2000年度の終わりには百万haに到達するものと推定されている(Puspitorini *et al.* 1998, Sarakarn *et al.* 2001, Kim *et al.* 2001, Mariscal *et al.* 2001, Lin *et al.* 2001)。

目標8の経済効果については、各国それぞれ数十を越える農家試験の結果から、各新品種が在来品種に比べて平均どれくらいの増収および澱粉率増をもたらしているかのデータが得られる。新品種を採用する農家は近年では収穫のほぼ全量を加工業者に売っているため、工場買い取り価格から、新品種植付けによる増収と澱粉率増による植付け面積当たりの農家収入の増加が計算できる。これを国別、年度別、品種別に行い加算すると、新品種のもたらした付加経済効果(第一次産品のみ、第二次産品の経済効果は含まない)は、アジア5ヶ国で1996年の分析でその年度までに累積で4億8千4百万米ドル、1997年度までで6億9千3百万米ドルに達したと推定されている(Puspitorini *et al.* 1998, Rojanaridpiched *et al.* 1998, Kawano 1998)。その後新品種の栽培面積は百万haくらいまでは順調に延びたが、現金作物の宿命の、地域的な生産過剰で、1997年には南ベトナムで、1999年にはタイで、収穫物価格の大幅な下落があったが、それでも累積の付加経済効果は2000年度には優に10億ド

ルを超えたものと推定できる。

4. 社会的弱者への利益の分配

仕事の結果の最終の受益者は小農であると育種プログラムの始まった時からはっきり目標に定め、常にそれを意識して仕事を進め、結果を出した事が、キャッサバという作物を仕事の対象に選んだ事の社会的責任である。キャッサバの栽培は、その大部分が小農によって行われるので、生重収量増による収入増はほぼ全て小農家の懐に入ったと断定できる。一方、澱粉率増については工場により無視する所から100%農家に還元する所までであるが、完全な自由競争である場合が多いので競争原理が働き、澱粉率をそれなりに農家に還元する工場が増えている。従って、1996年度で5億ドル近い一次産品による付加経済効果のうちの大部分が百万戸レベルの小農家の収入増につながったと結論できる。

家畜の飼料としての高収量新品種の効果についての最近の北ベトナムの調査によると、一つ一つの規模は小さいながら、新品種を植える事(農家当たり800–4000m²)が生豚出荷量増(農家当たり年間50kg–200kg)につながり、資本家やボスを介さない小農の間だけで新品種の恩恵が広く薄く行き渡る構図が出始めている(Ngoan *et al.* 1998)。ベトナムがタイやマレーシア並みの経済発展を遂げた暁にはやがて消え去る構図かもしれないが、育種が農民の極貧から抜け出す一つの過程を平等に支えた一例として記憶するに値するだろう。

農学研究、農業技術は、それを最も必要としている人々に行き渡らなければ研究でも技術でもないというのが

私の CIAT 25 年のキャリアの出発点であったが、それなりに約束を果たせたという安堵感がある。

5. 研究開発コストと経済効果のバランス

研究協力事業の効果について、増えた収入の金額と受益者の数といった具体的な数字で示せなくとも、社会的に有意義な結果につながったと判断できる場合もある。それでも協力事業にかかった経費と事業がもたらした経済効果について、ハードデータによる報告が出来る事が望ましいのは言うまでもない。CIAT のキャッサバ育種については、私がコロンビアの本部で仕事を始めた 1973 年から主にアジアで新品種の栽培面積が 15 万ヘクタールに達した 1993 年までの 20 年間に要した経費(アジアプログラム、コロンビア本部事務局のキャッサバ育種相当部分、研究員、作業員、秘書等の給与と社会保障費、実験経費、材料設備費、旅費等で、研究所そのものの建築費や維持費は含まない)は、1130 万ドル(1990 年のドル価値で)と推定されている。同じく、その期間の、タイ、インドネシア、中国、フィリピンのキャッサバ育種プログラムの累積経費は、550 万ドルと推定される(河野 1995c)。この間、新品種導入による付加経済効果は、一次生産品(キャッサバの根収量)の農場価格だけで控えめに推定しても 1 億 2800 万ドル程度となる。これに二次産品(澱粉、飼料、加工食品等)の価値を加えると、これより更に大きくなる。従って、研究投資額の対経済効果比率は、第一次産品のみによる計算で 7.6 倍に達し、これに第二次産品やそれから派生する経済効果をも含めると十倍以上に達しているのは明らかである。この後、新品種の栽培面積は順調に増え続け、1999 年度には 100 万ヘクタールに、付加経済効果は 10 億ドルに達したと推定されるので、研究協力事業の投資対効果比率は 50 倍程度に達している(Kawano 2001)。

6. 成功を導いた要因

育種で大きな成果を出すには、“仲良し子供会”的に競争を避け、皆んな平等に仕事と予算を割り振りする結果平等式のシステムではおぼつかない。目標の絞り込みと、人員、資材、資金の集中と強力なリーダーシップが不可欠である。CIAT の絶大な機構的サポートはこれを可能にしてくれたし、育成育種材料の有用性に対する信用は熱帯諸国研究機関の全面的協同(特にタイ)やその他多くの国のせいっぱいの協力を引き出した。

一方、遺伝資源利用面では極めて重要な次の三つの要因をあげる事ができる。

私の CIAT 育種プログラムの基礎となった在来品種コレクションの原産地は、コロンビア、ブラジル、ヴェネズエラ、ペルー、エクアドル、メキシコ等、キャッサバの進化、分化の起源地、中心地とされる地域の全てを網

羅していた。新たに設立された CIAT という国際研究機関が、遺伝資源を収集、保全、検定し、利益追求する事なしに世界のキャッサバ改良の為に役立てる、また公共の目的に使用される限り収集された材料は全ての国々の研究機関にオープンである、という理念を提示する事で何の支障も無く材料収集は進んだ。この出発集団の圧倒的な変異の大きさがその後の進展の基礎となった事は前に述べたが、CIAT はそこから作り出した改良育種素材を無条件で原産地国へ還元する事で約束を守ったと言える。

巨大な遺伝変異を包括して育種を始めた半面、遺伝子源として突出した働きをしたものはある。1971 年コロンビアアマゾン低地の町レティシア近くで採集され M Col 1684 として登録された品種は、在来品種コレクションの中でも最も高い収穫指数を示すものの一つであったが、収穫指数を高める為の交配親として最も成績の良いものである事も後にわかった。M Col 1684 は CIAT のキャッサバ交配組み合わせの中で最も頻繁に使われた花粉親であり、その結果、アジアでは目下(1999 年度)6ヶ国で 14 奨励品種が M Col 1684 由来のものである。M Col 1684 が低地アマゾンのインディオの人達によりこの世にもたらされたものであるのに疑いはないが、その優れた遺伝的能力が今世界各地でキャッサバ生産性向上に大きな役目を果たしているのである。M Col 1684 をこころよく譲ってくれたインディオ部落の人々は、彼等が作り出した優秀な遺伝資源がめぐりにめぐって、タイの東北地方で、ベトナムの田舎で、フィリピンのミンダナオで小農の生活向上にささやかながら役立っている事を知ったらどういう顔をするのだろうか。

1960 年から始まる 20 世紀後半の 40 年は、熱帯アジアではそれまで比較的マイナーな食用作物であったキャッサバが、飼料、澱粉、アミノ酸等製造の原料として飛躍的に重要な換金作物として生まれ変わった時期でもあった。この過程を導き出した大きな要因として、タイの篤農家による優良在来品種ラヨン 1 号の選抜があげられる。この品種が CIAT 系の品種が普及する 1980 年代後半までに果たした貢献は、お金で計算すれば数億ドルを下らない。ラヨン 1 号の偉大さは、タイで過去 30 年間、唯一無比の有力品種として安定した生産を保証し続けただけに止まらず、その後ラヨン 1 号を越えるものとして開発されたラヨン 60 号やカセトサーツ 50 号等有力品種は、CIAT/コロンビアで開発された交配親とラヨン 1 号をかけ合せて出来たものである事からもうかがえる。ラヨン 1 号の遺伝質を持った多くの交配後代が、アジア諸国のみならず世界のキャッサバ育種プログラムに送られ、有用な育種素材として高く評価されている。CIAT はキャッサバの原産地から多量の遺伝材料を持ち込み、タイの遺伝材料と交配した上でタイに適応した有用品種を作り出した。この一連の遺伝資源交換利用について、一番の受益者はタイのキャッサバ産業であるとの認識の

もと、タイ政府は少なくとも私がCIAT/タイ共同キャッサバプログラムの責任者でいた間は、タイの遺伝資源を含む材料がCIATを通じて自由に外国に移出される事を認めてくれた。

7. 共有文化資産と知的所有権

現在地球上の人口を支えているほぼ全ての作物の故郷は熱帯、亜熱帯である。現存の作物種は、遠い祖先が元からそこにあった野生の植物から栽培種となるものを選び出し、それを何千年もかけて半自然、半人為の選抜育種を行った結果、現在の在来品種として仕立て上がったものである。これが農民の文化財産である事に一点の疑いもない。殆ど全ての作物種は熱帯、亜熱帯で栽培品種化された歴史を考えれば、すべての在来品種のゲノムは熱帯、亜熱帯の農民の文化財産であるとする事は正当である。

知的所有権とは本来知的に作製されたオリジナルな実体にパテントとか版權を設定して、発明者や著者に一定の優先使用権を確保しようというものであったはずである。ところが最近のニュースはアメリカ合衆国特許局は遺伝子の構造を決定した段階でその遺伝子の機能についての情報が無くとも特許申請を受入れる方針である事を伝えている。これがバイオテクノロジーのベンチャー企業の株の値段がパテントの数で上下する最近の傾向とあいまって、莫大な数の遺伝子特許の申請を引き起こした事は言うまでもない。この分野の研究で最も重要な、遺伝子の機能をつきとめる研究は後回しにしてでも、とにかく遺伝子を見付けて構造を解明して、早い者勝ちに特許を申請する風潮である。この傾向が作物にも及び、特許申請者が自分で作ったわけでもない作物種ゲノムに含まれている遺伝子、つまりいわば他人からの借り物に特許申請して利益を得ようとするなら、元々の持ち主である熱帯諸国から異論が出て当然である。更に重要なのは、最先端技術を使って単離された優秀な遺伝子でも、それだけでは何の機能もないただの塩基の連なりにすぎず、農民が何千年かかって作り上げてきたゲノムのバックアップがあって始めて機能できると言う点である。この事からも、共有文化資産であるゲノムの一部にでも知的所有権を主張するのは極めて不条理である。資本力のある大会社が新品種を作り、それに知的所有権を設定して利益を得た場合、在来品種の原産地国(タイとかブラジルとか)が、それなら元々あるゲノムの知的所有権をも認知して正当な対価を支払うよう主張するのは当然である。

この流れを受け、主として北側大企業の知的所有権主張に対抗する目的で、作物種のゲノムに“農民の権利”という枠組みの知的所有権を設定しようとする動きが、原産地国側で盛んになっている。これを押し進めると、作物のゲノムを利用して商業的利益を得たもの全ては、

原産地国農民にその利益を還元せよ(書類上の事とはいえ、80%などという具体的な数字が論議されている場合までである)という主張につながる。“農民の権利”とか“ゲノムの使用料”とか、抽象的であいまいな事柄に具体的な価格を設定する事は至難である。この概念の実行にこだわると、当事者全てが納得できる同意に到達するのに莫大な労力と時間がかかる事は目に見えているし、たとえ同意が得られても、“農民の権利”の使用料支払いを避ける動きから、遺伝資源の公的交換が大幅に停滞、遅延する事につながる。

良い品種を作り上げるという事が一つや二つの新しい技術過程が加わっただけで成し遂げられる事は稀で、多くの要素、多くのステップを経て始めてそれは完成に至る場合が通常である。技術の過程にパテントを取る競争が激化すると、一つの仕事を完成させるまでに多数のパテントが入り交じり、しかもそれらが異なった企業に属し、仕事を進めるには生物学的な要素より法廷駆引きの要素の方により多くの金と時間とエネルギーをとられる事態が生じる。こうした状況を自分のものとして活動を続けられるのは大企業に限られ、公的研究機関や小さな企業が必要な技術の全てを合法的に使う育種を行う機会は限られてしまう。

更に、技術そのもののパテントを設定する事は、大企業側が商業ベースにのらないという理由で扱わない大麦、キャッサバといった重要作物の育種を、国際研究機関や各国研究機関がパテントが妨げとなり必要な全ての技術を使用して行う事が出来ない事態も生み出す。つまり、公的機関の研究者は必要な技術と知識をもっていてもそれらを駆使出来る法的自由を持たず、一方、企業側の研究者は技術を使用する法的自由はあっても商業的見返りが期待できないのでせっかくある技術を使わないという事態である。どちらに転んでも一番割を食うのは、最も優れた品種を手に入れる事のできない農業生産の現場であり、消費者である。

結局のところこのような状態が、長い目で見た場合、誰の利益にもならない事は明らかである。もうすでに、多国籍大企業による知的所有権の主張が、多くの南側諸国で知的所有権を認めない動きを引き起こしているし、生物資源にパテントを設定する事を禁じる動きにもつながっている。

1960年代のIRRI, CIMMYT, 1970年代のCIAT等、国際農業研究所の育種プログラムが最もダイナミックに躍進を続けていた頃、その活動の根本には、遺伝資源は人類共有の文化資産であり、この資産を人類の福祉に最も効果的に利用するのが農業科学者の務めであるとの理解があった。自分が作ったわけでもないゲノムにパテントを設定したり、結果を最も必要としている社会的弱者の為に技術が使われる事を妨げる事にもなる知的所有権の主張が叫ばれる21世紀最初の年に、そんな理念はあまりに素朴な理想論だと言われそうである。こういう

時代だからこそ、その素朴な理念のもと成し遂げられた仕事に思いをはせるのは意義深いと考える。

8. 育種家は末端労働者か？

現代はバイオテクノロジーでなければ夜も明けない時代のようなものである。これは、育種学会の講演題目や大学院の育種関係の研究テーマの大多数がバイオテクノロジー関連である事から見て否定のしようがない。また、バイオテクノロジーはともかく、その基礎である分子生物学は掛け値なしにexcitingな世界で、これのおかげでどれだけ生物学がダイナミックで面白くなったかを考えれば明らかである。それにしては、地球上で農業技術の恩恵を最も切実に待ちわびている人々の生活がバイオテクノロジーのおかげで良くなったという話は聞かない。結果を残した育種家で私が付き合ってきた連中の言動を要約してみると、どうやら、バイオテクノロジストに実際育種を理解するのを期待するのは、実際育種家がバイオテクノロジーをそれなりに理解するよりはるかに難しい、という事である。どうもこの辺りに事の根源があるらしい。

一般に科学の中でも農学は一段低いもの、その農学の中でも「育種学研究」のようなものに論文を書いているほうが畑で実際に品種を作っているより高級といった、潜在意識があるのではないかと思う。これが全く逆である事を結果と態度で示したつもりなのが、私の育種家生活30年であった。私が一番心血を注ぎ、充実していて、面白かったのは、言うまでもなく実際の品種を多数作り（もちろん全部1人でやったとは言わないが）、そのおかげで以前より生活が少し良くなったと言ってくれる無数の人々に会えたことである。実際の育種をやって結果を出して行く過程で、生物多様性、遺伝資源といった農学の根源についての理解を、理屈ではなく足の裏から伝わってくるような感覚として身に付ける事ができた。作り出した技術を社会に還元して行く過程で、先人の努力の積み重ねに対する畏敬と、それがともすれば正当に評価されないこの世の仕組みに対する認識も身に付けた。これがあって始めて、農学論文であれ、科学論文であれ、一般書であれ、社会に対して説得力を持つものを作り出せると思う。

私の場合、生物多様性に対する憧れは育種家生活に先立つ昆虫少年の頃の甲虫採集に端を発する。世界のカブトムシ、クワガタムシを集めたいが為に熱帯作物の育種家になったのか、熱帯農業研究の国際機関に職を得たからカブトムシ、クワガタムシが集まったのかは自分でもよく分からないが、結果的に、育種で体得したミクロ変異についての感覚と、昆虫中年となって発展させたマクロ変異についての認識は相互に補完し合い、生物進化についてより奥行き深い理解につながったと感じる。生物学、進化学そのものの学術誌にも論文を書いて楽しむ

ようになっているが、育種家生活の中で身に付けた生物変異を見る眼が無かったらそういう楽しみも出来ないと思う。

チャールズ＝ダーウィンの洞察力の根源は、ビーグル号航海に出かける前の、はた目にはチャランポラン時代の昆虫採集とハトの育種の経験にあったらしい。育種とは人間の行う文化活動の中で最も面白いものの一つである事は私にも保証できる。バイオテクノロジーでも昔ながらの育種でも結構であるが、より大きな世界に舞台を求め、自らの運を存分に試す機会を切り開き、それをものにしてゆく気力、知力、体力に満ちた若者が、これから多く出る事を願ってやまない。

引用文献

- Bottema T. and G. Henry (1992) *In* R. Howeler (ed.), *Cassava Breeding, Agronomy and Utilization Research in Asia*. CIAT, Bangkok, Thailand, 51–66.
- Bueno, A. (1987) *In* C. Hershey (ed.), *Cassava Breeding: A Multidisciplinary Review*. CIAT, Cali, Colombia, 51–66.
- Cock, J. H. (1985) *Cassava. New Potential for a Neglected Crop*. Westview Press. Boulder, CO.
- David, C. C. and K. Otsuka (1994) *Modern Rice Technology and Income Distribution in Asia*. Lynne Rienner Pub./Boulder & London, IRRI, Manila, Philippines.
- Kawano, K. (1978) *In* Symposium on Methods of Crop Breeding. TARC, Tsukuba, 9–21.
- Kawano, K. (1980) *In* Hybridization of Crop Plants. Ame. Soc. Agron./Crop Sci. Soc. Amer, 225–233.
- Kawano, K. (1987) *In* C. Hershey (ed.), *Cassava Breeding: A Multidisciplinary Review*. CIAT, Cali, Colombia, 207–226.
- Kawano, K. (1988) *In* R. Howeler and K. Kawano (ed.), *Cassava Breeding and Agronomy Research in Asia*. CIAT, Bangkok, Thailand, 3–8.
- Kawano, K. (1990) *Euphytica* 46: 195–202.
- Kawano, K. (1992) *In* R. Howeler (ed.), *Cassava Breeding, Agronomy and Utilization Research in Asia*. CIAT, Bangkok, Thailand, 170–184.
- Kawano, K. (1995) *In* R. Howeler (ed.), *Cassava Breeding, Agronomy Research and Technology Transfer in Asia*. CIAT, Bangkok, Thailand, 335–367.
- Kawano, K. (1998) *In* R. Howeler (ed.), *Cassava Breeding, Agronomy and Farmer Participatory Research in Asia*. CIAT, Bangkok, Thailand, 170–190.
- Kawano, K. (2001) *In* R. Howeler and S. L. Tan (ed.), *Cassava's Potential in Asia in the 21st Century: Present Situation and Future Research and Development Needs*. CIAT, Bangkok, Thailand, 5–15.
- 河野和男 (1987) 育種学最近の進歩 28: 4–10.
- 河野和男 (1995a) 熱帯農業 39: 54–60.
- 河野和男 (1995b) 熱帯農業 39: 99–109.
- 河野和男 (1995c) 熱帯農業 39: 195–201.
- 河野和男 (1995d) 熱帯農業 39: 250–259.
- Kawano, K., P. Daza, A. Amaya, M. Rios and W. M. F. Goncalves (1978a) *Crop Sci.*, 18: 377–380.
- Kawano, K., A. Amaya, P. Daza, and M. Rios (1978b) *Crop Sci.* 18:

- 373–376.
- Kawano, K. and M. Thung (1982) *Crop Sci.* 22: 59–63.
- Kawano, K., C. Tiraporn, S. Tongsi and Y. Kano (1982) *Crop Sci.* 22: 560–564.
- Kawano, K., Y. Umemura and Y. Kano (1983) *Crop Sci.* 23: 201–205.
- Kawano, K. and P. R. Jennings (1983) *In* Potential Productivity of Field Crops under Different Environment. IRRI, Los Banos, Philippines, 81–99.
- Kawano, K., W. M. F. Goncalves and U. Cempukdee (1987) *Crop Sci.* 27: 69–74.
- Kawano, K., K. Narintaraporn, P. Narintaraporn, S. Sarakarn, A. Limsila, J. Limsila, D. Suparhan, V. Sarawat and W. Watananonta (1998) *Crop Sci.* 38: 325–332.
- Kim, H., T. N. Quyen, P. V. Bien and K. Kawano (1998) *In* R. Howeler (ed.), *Cassava Breeding, Agronomy and Farmer Participatory Research in Asia*. CIAT, Bangkok, Thailand, 82–100.
- Kim, H., P. V. Bien, T. N. Quyen, T. N. Ngoan, T. P. Loan and K. Kawano (2001) *In* R. Howeler and S. L. Tan (ed.), *Cassava's Potential in Asia in the 21st Century: Present Situation and Future Research and Development Needs*. CIAT, Bangkok, Thailand, 147–160.
- Koeshartoyo, S. Poespodarsono and P. Puspitorini (2001) *In* R. Howeler and S. L. Tan (ed.), *Cassava's Potential in Asia in the 21st Century: Present Situation and Future Research and Development Needs*. CIAT, Bangkok, Thailand, 167–173.
- Limsila, A., C. Rojanaridpiched, C. Tiraporn, S. Sinthuprama and K. Kawano (1992) *In* R. Howeler (ed.), *Cassava Breeding, Agronomy and Utilization Research in Asia*. CIAT, Bangkok, Thailand, 34–43.
- Limsila, J., A. Limsila, W. Watananonta and K. Kawano (1998) *In* R. Howeler (ed.), *Cassava Breeding, Agronomy and Farmer Participatory Research in Asia*. CIAT, Bangkok, Thailand, 48–54.
- Lin, X., Li K., Zhang W. and Huang J. (1998) *In* R. Howeler (ed.), *Cassava Breeding, Agronomy and Farmer Participatory Research in Asia*. CIAT, Bangkok, Thailand, 21–33.
- Lin, X., Li K., Tian, Y., Huang, J. and Xu, R. (2001) *In* R. Howeler and S. L. Tan (ed.), *Cassava's Potential in Asia in the 21st Century: Present Situation and Future Research and Development Needs*. CIAT, Bangkok, Thailand, 185–192.
- Lipton, M. and R. Longhurst (1989) *New Seeds and Poor People*. Unwin Hyman, London.
- Lynam, J. (1986) *In* Cassava in Asia, its Potential and Research Development Needs. CIAT, Cali, Colombia, 171–196.
- Mariscal, A. G. and J. L. Bacusmo (1995) *In* R. Howeler (ed.), *Cassava Breeding, Agronomy Research and Technology Transfer in Asia*. CIAT, Bangkok, Thailand, 306–321.
- Mariscal, A. M. and R. V. Bergantin (1998) *In* R. Howeler (ed.), *Cassava Breeding, Agronomy and Farmer Participatory Research in Asia*. CIAT, Bangkok, Thailand, 131–148.
- Mariscal, A. M., R. V. Bergantin and A. D. Troyo (2001) *In* R. Howeler and S. L. Tan (ed.), *Cassava's Potential in Asia in the 21st Century: Present Situation and Future Research and Development Needs*. CIAT, Bangkok, Thailand, 193–203.
- Ngoan, T. N., T. N. Quyen, H. Kim and K. Kawano (1995) *In* R. Howeler (ed.), *Cassava Breeding, Agronomy Research and Technology Transfer in Asia*. CIAT, Bangkok, Thailand, 253–261.
- Ngoan, T. N., T. N. Quyen, T. P. Loan and K. Kawano (1998) *In* R. Howeler (ed.), *Cassava Breeding, Agronomy and Farmer Participatory Research in Asia*. CIAT, Bangkok, Thailand, 69–81.
- Nugroho, J. H., R. Soenarjo and K. Kawano (1992) *In* R. Howeler (ed.), *Cassava Breeding, Agronomy and Utilization Research in Asia*. CIAT, Bangkok, Thailand, 162–169.
- Puspitorini, P., U. Kartawijaya and K. Kawano (1998) *In* R. Howeler (ed.), *Cassava Breeding, Agronomy and Farmer Participatory Research in Asia*. CIAT, Bangkok, Thailand, 156–169.
- Rojanaridpiched, C., S. Phongvutiraphan, P. Poolsanguan, K. Klakhaeng, V. Vichukit and E. Sarabol (1998) *In* R. Howeler (ed.), *Cassava Breeding, Agronomy and Farmer Participatory Research in Asia*. CIAT, Bangkok, Thailand, 55–68.
- Ruttan, V. W. (1977) *International Developmental Review* 19: 16–23.
- Sarakarn, S., A. Limsila, W. Watananonta, D. Suparhan and P. Suriyapan (2001) *In* R. Howeler and S. L. Tan (ed.), *Cassava's Potential in Asia in the 21st Century: Present Situation and Future Research and Development Needs*. CIAT, Bangkok, Thailand, 161–166.
- Tan, S. L. (1987) *In* C. Hershey (ed.), *Cassava Breeding: A Multi-disciplinary Review*. CIAT, Cali, Colombia, 67–88.
- Tian, Y. and Lee J. (1998) *In* R. Howeler (ed.), *Cassava Breeding, Agronomy and Farmer Participatory Research in Asia*. CIAT, Bangkok, Thailand, 34–47.
- Umemura, Y. and K. Kawano (1983) *Crop Sci.* 23: 1127–1132.
- Wharton, C. R. (1969) *Foreign Affairs* 7 (April): 464–476.