

《書評》

家永 泰光著『穀物文化の起源』

箱 山 晋*

1

緑色植物は、空気中から葉内にとり込んだ炭酸ガス（CO₂）と土壌中から根を通じて摂取した水とにより、太陽からの光エネルギーを利用して糖類や澱粉などの炭水化物を合成する作用、即ち光合成を行なっている。

動物は、植物が光合成によって産生した各種の有機物質を食物とすることによって、その生命の維持に必要なエネルギーを獲得しており、我々人類もまた“作物”を通じて、基本的に植物の行なう光合成作用に依存している。

植物のこの光合成能力を評価するには、普通、植物体で最も活性が高いと考えられる葉（個葉）を対象に、単位時間、単位葉面積当りのCO₂の吸収量で示される測度が用いられる。

いわゆる C₃ 型植物と C₄ 型植物で個葉の光合成能力を比較すると、C₄ 型植物の光合成能力は C₃ 型植物のその大略 2 倍の値を示す。このことは、C₄ 型植物がより多くの有機物質を合成する潜在的能力をもつことを示しているといえる。

本書の中において、著者は、植物の生産性と密接に関係している個葉の光合成能力を中心に据え、それに関わる生理的、形態的ならびに生態的諸特性に平易な解説を加えながら、「人類は永年の間、なぜ、光合成能力の低い C₃ 型植物を主作物として選んできたのであろうか。……という大きななぞ」を解こう

*はこやま すすむ、九州大学農学部

と試みている。

世界の全作物生産量のうち、C₃ 型植物であるコメ、ムギの 2 穀物で 30% も占めているということに視点をおいて、著者はこのような問題意識の抽出を計っている。併せて、「今日、……外交的・戦略的に第 3 の武器としてつねに政治の最前線に立っている」という「穀物の起源と人類による選択、食の文化、農耕社会と都市文明、新作物の遺伝子の探索とその利用、細胞融合から遺伝子工学まで」扱われ、複合文化としての穀物文化に対して学際的研究を提唱する著者の壮大な夢が展開されている。

穀物文化は、「食べる楽しみのくふうとあわせ、作物の栽培と改良、野草や雑草から未知の新資源をさぐり、21 世紀への食糧と人口問題にも大きなつながりをもつ」とし、本書が友人や親子との茶の間の話題に活用されることを望んで、著者の博識が盛りだくさんに示された啓蒙書的色彩の強い書である。

2

以下章を追って本書の内容の概略をたどることとする。

第 1 章「人類の住みついた所と作物の選択」では、まず、世界に栽培される作物を対象として、C₃ 型、C₄ 型植物の世界的分布を論じ、トウモロコシ、モロコシ、ソルガム、サトウキビなどの C₄ 型作物は、高温で比較的乾燥した地域で栽培面積が多いのに対し、C₃ 型作物はイネ、キャッサバなどでは比較的湿度が高く、雨量の多い地域で、またコムギ、オオムギなどは比較的冷涼で乾燥した地域で栽培の多いことを説明し、年間降水量が 200mm 以下の極乾燥地での C₃ 型作物（コムギ、オオムギ）の導入には灌漑地という「特殊な条件」が考えられるとしている。

次いで、アジアに卓越する穀作物イネの起源地を、主にはアジア型栽培イネの葉身に含まれるエステルラーゼ同位酵素の遺伝子型の変異に関する最近の研究結果に基づいて、中国雲南省・ビルマ北部からインドのアッサムにわたる地方であろうとしている。そして最古のヒト科生物ラマピテクスの頭骨の発見されたのが雲南省であること、また植物病理学的にみて、本来アフリカ東部の高地

を原産地とする C₄ 型作物のシコクビエに寄生していたいもち病菌が、シコクビエの東方への伝播・分布の拡大にもなってこの地域でイネに寄生転換したであろうこと等々によって傍証されている。

いくつかの分野における研究結果を巧みに組み合わせて、イネの起源地について無難な結論を導き出しているといえなくもないが、「本書とは別の視点からほぼ同じような結論に達した後述の渡部忠世氏のような説もある」とあるように、著者の思考の過程に、インドシナ地域、インド、スリランカにわたって広汎かつ実証的に行なわれつつある渡部氏の研究が、いかに大きな影響を及ぼしているかを想像するのは難くない。

第II章は、いわゆる C₄ 型光合成を行なう植物が、植物学分野や農学分野で C₄ 型植物として市民権を得るようになって以来、現在までの十数年の間に蓄積されてきた C₃ 型植物、CAM 型植物との比較植物学的研究成果の概略が示されている部分である。

この章は「緑色植物の光合成活動の諸研究の成果は、農耕文化や作物起源地などの研究に新分野の諸問題を投げかけはじめた」とあるように、エネルギー危機が叫ばれる社会的状況を背景に、生物エネルギー資源として、緑色植物の光合成によるエネルギー固定・変換の過程がみなおされつつあるという現在的情況への重要な橋渡しの役を担う部分であるともいえよう。

また、農耕文化の史的展開において、イネ、ムギなどのいわば光合成効率の悪い穀物の果してきた役割の大きいことに対し、著者はあえて「人類はなぜ光合成効率の悪い穀作物 (C₃ 型植物) を選んだか」と自問している。この自問に対しては、「なお、C₄ 型植物が C₃ 型植物に対し、単位あたりの葉の光合成能力にすぐれているとしても、収量の成立にはさらに他の要因として、植物の全葉面積、草型、光合成産物を集積する容量 (モミ、穂、イモなどの大きさ) が複雑かつ微妙に関与していることを知っておかねばならない」とだけ指摘するに止まっている。この点は、いわば「穀物文化の起源」を穀物の生産性との関わりで論ずるには極めて重要な役割を担う部分となる筈の個所だけに残念至極という他はない。しかし、後章とりわけIV、V章への著者の論旨展開か

らすれば、この重要な部分への考察はかえって足手まといになる危険性を含むものとなることは容易に想像されるところでもある。

第III章、「穀物の食味と栄養」では、インドはじめ東南アジア諸国での著者の豊富な生活経験が、「食の文化」に色彩りを添えている。「穀物の粒と粉の文化」、「穀物の液体文化」、「酢からイネの起源地を探る」など穀物文化のうちの「食」について比較的豊富な内容が盛り込まれていて、「食」の楽しみを味わわせてくれる。

しかし、反面、前章において C₃ 型穀作物が選ばれた必然性についての考察を欠いたことは、そのまま尾を引いて、本章での「C₃ 型植物が選ばれた理由」にもその影を落しているように思われる。

中尾佐助氏は『栽培植物と農耕の起源』〔1969, 岩波書店〕の中で、種から胃の中までの問題を“農耕文化基本複合”と呼び、それはいつもワンセットとして成り立つものであることを述べておられるが、この“農耕文化基本複合”の概念に即して考えると、C₃ 型穀物の選ばれた理由には食味や貯蔵・運搬の利便の他にまだいくつかのつけ加わる筈であろう。

第IV章「作物環境と雑草のたたかい」ではイネ・ムギの栽培化と機を一にして発生し、作物に随伴して強害草になる雑草には C₄ 型植物が多いこと、古来からその雑草の駆除には注意が払われてきたことを指摘する。ムギ作地域のヨーロッパでは三圃式農法——穀草式農法——輪栽式農法といった農法体系の史の変遷とともに雑草防除技術が確立され、アジアモンスーン地域では豊富な降雨を利用したイネの湛水栽培が、多数の C₄ 型雑草の繁茂を抑制する農法体系として発達してきたとしている。水稲を湛水下で栽培することの利点をいくつか挙げ、「湛水稲作の農法体系は、畑作展開のなかで特徴ある発展を示している」と述べ、北西インドからヨーロッパにかけての畑作中心の地域で確立された農法との対比において、アジアモンスーン地域の水稲栽培にまつわる C₄ 型雑草の防除には、湛水栽培が重要な役割を担ってきたことを強調せんとしている。

そして、湛水栽培の極端な場面として、自然条件とのみごとな対応を示すウ

キイネ栽培の事例が語られた後、これまでの論旨展開からは一見不自然とも思われる逆説的な自問「 C_3 型植物を人類は誤って選んだのか」を発している。この間には次のように極めて肯定的な答が用意されている。「イネやムギは永年にわたる幾多の品種改良や栽培技術の改善による努力の結果、今日においては食糧としての重要な位置を占めるに至っている。コメを例にしてみると、コメは美味で口あたりも良く、……（中略）……栄養的で消化も良い。稲作は、……（中略）……年々ほぼ安定した豊かな収穫を得られることは大きな魅力である。……（中略）……長期の貯蔵ができ、加工や運搬も容易である。……（中略）……。また……（中略）……加工原料として利用されている。……（中略）……。このように、食味においても、加工原料としても、また生活用具や生産材料としての利点を体験的に知った人類の先祖は、稲作の伝播の過程において、生活の風土に適した作物として、多くの植物の中から選び出して栽培してきたのであろう」と。

では、何故上のような逆説的な問が必要であったのだろうか。それは、紛れもなく次章で展開される「 C_4 型植物のバイタリティを C_3 型の中にとり入れられるか」というもうひとつの間へと結びつくものである。

第V章「未来の新穀物の探索」では、現在地球的規模で急速に進んでいる砂漠化によって誘発された世界的な「環境問題」の解決には、 C_4 型植物のバイタリティが優位に働くであろうとして、 C_4 型植物絶対化が計られている。

未利用の野草や雑草をはじめ、植物の存在し得る空間内の未知の植物から、人類は近い将来、「質と量の兼ねそなわった、未知の栄養価の高い魅惑的な味の開発と天恵の探索にすすむであろう」と述べ、 C_4 型植物にあくなき可能性を追い求めんとしている。

そしてまた、我々人類の祖先のはかり知れない長年月にわたる努力の賜であるイネ、ムギなどの穀作物——その多くは「幸か不幸か C_3 型植物である」——に、 C_4 型植物の特性導入の可能性を求めている。つまり C_4 型イネや C_4 型ムギ作出の夢である。

さらに、強害草の多くがそうである C_4 型雑草のみを選択的に殺草する除草

剤開発の可能性についても論じられている。おそらくはこの除草剤の開発は、 C_4 型イネや C_4 型ムギを作り出すことよりはるかに可能性の高いことであるかも知れない。

3

以上みてきたように、本書は、農耕が始まった旧石器時代以来、つみ重ねられてきた「農耕文化」に依拠しつつ、 C_4 型植物の「すぐれた特性」——本書では、わかり易くする配慮からであろうと思われるが、主には光合成能力が高いという点に注意が向けられている——を、穀作物の中では圧倒的な優勢を占めているイネ、ムギなどの C_3 型植物に組み込もうとするひとつの考え方を示そうとするものである。現に、このような試みは先進諸国においても取り上げられ、我が国においても農林水産省のグリーン・エナジー計画 (GEP) や、文部省科学研究費の補助による研究などにおいても具体的に展開されている。このような状況を考えあわせるなら、現時点までに到達している C_3 型、 C_4 型、CAM型植物についての知見を一般向けに解説するという本書の役割はそれなりに果し得ているということができよう。

C_4 型植物の特長を強調するあまり、 C_4 型植物は総ての点において C_3 型植物に優っているかのような錯覚に陥る。 C_4 型植物は確かに相対的に C_3 型植物より光合成能力においてすぐれているが、ものによっては C_3 型植物でも結構高い光合成能力を示す種もある。ヒマワリなどはその一例であろう。

生産力の比較は、一般に個体群乾物生産速度 (CGR) として、単位土地面積あたりの一定期間における植物の乾燥重の増加量の大小で行なわれるが、 C_3 型植物と C_4 型植物間でこの CGR を比較すると、確かに C_4 型植物で大きい傾向を示す。しかし、両型植物の個葉の光合成能力の間にみられる程の差はなくなる。これには、それぞれの植物の他の特性や生育する条件が複雑に関わっている。丈の高い植物もあれば短いものもあり、分けつの多いものや少ないもの、多年生や一年生、冬植物や夏植物、乾燥地に優占するものや湿潤地にあるものなど極めて多様である。また植物の生育は毎日同じ条件下で繰り返されて

いるものでもない。このようないろいろな条件が複雑に組み合わさった総合的な結果として生産力が決定されてくる。要水量についても常に C_4 型植物が C_3 型植物の $\frac{1}{2}$ ないし $\frac{1}{3}$ の値を示すとは限らないし、 C_4 型植物で要水量が少ないことが即乾燥に対する適応性と結びつかは疑問である。また C_4 型植物といえども水条件の良い方が生育の旺盛なものもある。

ところで CGR は、牧草など栄養体を収穫対象とする作物ではその生産量の大小とある程度直接的な結びつきが認められるが、穀作物になるとその関係性はさらに複雑になり、目的とする穀実の生産量は CGR だけでは決まらない。このことは、CGR とかなり密接な関係を示す光合成能力の大小からだけで、イネやムギなどの穀作物が人類によって選択されてきた理由や、「新穀物」の探索・開発を論ずるのは不十分とならざるを得ないことを示しているといえる。反面、この問題は人類がイネやムギなどの「光合成効率の悪い」穀作物を選択してきた必然性の一端をときほぐす糸口となるかも知れない。

C_3 型植物にしる、 C_4 型、CAM 型植物にしる、それぞれの種のもつ特性は、それぞれの植物の進化の途上で、淘汰圧として働いたであろう様々な外的・内的要因の変化に対し、その種の生活を成りたためてきた結果がワンセットとして表わされているものと考えることができよう。また、それらの外的・内的要因の変化は、同一種に対して必ずしも一様に作用したものでなく、また同一種がそれらの要因に必ずしも一様に反応したのもなかったであろう。この問題は古くて新しいといえど共に、一様な説明のつけ難い困難な問題であるが、光合成による CO_2 固定のしくみの違いから上記3つのタイプの植物があることは敢然とした事実ではある。それら異なったタイプの植物のうち、いずれがすぐれ、いずれが劣るかはあくまでも人間の判断に関わる問題である。おそらくは、農耕文化展開の過程にあっても、人類は常にそのような判断をもって作物と関わってきたことであろう。そしてその結果として現在みられる穀作物が出来上ったとも考えられる。

本書で示されている「 C_4 型植物のすぐれた特性を C_3 型作物に組み込む」という構想は、往々にして両型植物の類縁的関連のうすい現実を考えると、あ

まり大きな期待は寄せられないようにも思われる。なるほど、同一属内に C_3 、 C_4 両型植物が含まれる *Atriplex* 属（アカザ科、ハマアカザ属）において両型植物間の種間交雑に成功した例はあるが、現在までのところ C_4 型植物のすぐれた特性をそなえた雑種の育成という段階までには至っていない。このような比較的近縁種同志の交雑によって、 C_4 型植物の特性を C_3 型植物に導入出来る可能性を秘めている同一属内に両型植物が含まれる属は、他にイネ科のキビ属やトウダイグサ科のトウダイグサ属など十数属が認められているが、これまでに報告されている C_4 型植物の属数に比べるとごく少数の属に限られてしまう。主要穀物のイネやムギが含まれる属、あるいはその近縁属には C_4 型植物は見出されておらず、交雑によって C_4 型植物の特性を導入できる可能性はほとんど零に等しいといっても過言ではない。ここに遺伝子工学の手法や細胞融合の手法が注目される所以がある。これらの分子生物学的に確立された手法は、従来生体内での生合成に依存していた有効な化学物質のいくつかについて、現在、工業的な量産を可能にしてきた事実から考えると、遺伝子工学的手法や細胞融合の手法は、「 C_4 型イネ」や「 C_4 型ムギ」の夢をも可能にしてくれるかも知れない。

しかし、ことはそう単純な問題ではなさそうである。生体内で行なわれる生合成や調節作用の多くの過程は、環境要因などの外的要因や生体内での他の過程などの内的要因と関連しつつ、それぞれの種ごとに程良くバランスが保たれているものと想像される。イネ、ムギをはじめ作物においても例外ではなからう。

作物にしる、他の植物にしる、種^{たね}から発芽し、光合成を行ないつつ成長し、やがて次代を担う種^{たね}が出来あがる一連の過程の繰り返しは、その結果であるといえよう。

光合成能力を高めることが、穀物の生産量を高めることと必ずしも直接的な対応関係を示すとは限らないことからすれば、 C_4 型植物のすぐれた特性としての C_4 型光合成系を、遺伝子工学や細胞融合の手法で、イネやムギに導入することで果して未来に向かって「穀物文化」の花が開くと言えるであろうか。

いずれにせよ、もし「C₄型イネ」や「C₄型ムギ」が作出され、それらを既往の農耕文化展開の中で果してきたイネやムギと同様、作物の範疇に含ませうるとしたら、少なくとも種から種に至る一連の過程を備え、しかも現在のイネやムギに優る作物として作り出されなければならないことは明らかである。

ところで、新たに作出されあるいは探索されるであろう C₄ 型作物も含め、C₄ 型植物はオールマイティーであり、そのバイタリティーが世界に噴出して「環境変化」までも救えるかの感も抱かされる。C₄ 型植物といえども、光合成に関わるいくつかの特性で C₃ 型植物とはやや趣きを異にしているごくあたりまえの植物にすぎない。「環境変化」は人間の都合によって産み落とされたものが多いことを考えると、それは C₄ 型植物のバイタリティーによって解決出来るということとは別の次元の問題のように思える。

やがて将来に C₄ 型イネや C₄ 型ムギが、人類の英知によって創り出され、C₄ 型雑草を選択的に殺草する除草剤の開発が行なわれんとしていることに奇異な感を抱くのは一人筆者のみであろうか。〈古今書院、1982年、200頁、2,000円〉