

日本におけるソバ育種の現状

筑波大学大学院生命環境科学研究科

教授 大澤 良

はじめに

わが国の育種の現状と展望を述べることにしたい。筆者は14年前に日本育種学会において「我が国におけるそば育種の現状と未来」(大澤 1997)について述べた。そこでは、ソバ生産における最大の問題点は収量性であるとした。単位面積当たりの収量は世界平均10アールあたり約70kgであり、コムギの約290kg、イネの約400kgに比べても極めて低い。1個体からどれくらいの種子が取れるのかを大雑把に考えるとコムギは一株から200-300粒、イネでは1000粒取れるのに対し、ソバは40-50粒にしか過ぎない。また日本国内では、コムギでは10アール当たり4kg種子をまいて500kg程度は取れ、おおよそ120倍以上になるのに対し、ソバは4kgまいて80kg程度なので20倍にしかならない。主要穀物になりえなかった理由のひとつは明らかに収量性にあると言えよう。しかし、一方でソバの生育期間は短く、播種後20日ぐらいで開花が始まり、60から70日程度で成熟に達する。この生育期間の短さが、日本のみならず世界的にも飢饉の際の救荒作物、あるいは開拓当初の食糧確保のための先駆作物として、また高緯度地や高地など栽培期間が短い土地での食糧生産に大きな役割を果たしたと言える。このような背景もまたソバ自体に高い収量性が求められることはなく主要穀類とは別の歴史を歩んできた要因であろう。

現在、わが国では、担い手不足等に起因する離農や耕作放棄地が拡大傾向にある。その中でソバは畑作物の中でも極めて省力栽培可能な作物であり、また地域特産作物として地域の経済活動を支える重要な作物でもある。農林水産省 HP「農業の立て直しと食と地域の再生に向けて(農林水産

大臣談話)」によると、本制度の目的は「自給率向上のために水田農業のてこ入れを行うことにあり、そのため、水田農業の経営安定を図るために、恒常的に赤字に陥っている米に対して補てんする対策とともに、自給率向上のポイントとなる麦・大豆・米粉用米・飼料用米・ソバ等について生産拡大を促すことが重要」とされている。ソバの生産拡大には、第1に収量の多収安定化など優れた農業特性の改良、第2に製品普及を強力に推進する高品質化(高付加価値化)が必須である。わが国では、食料・農業・農村基本計画に従って食料自給率の向上や、産業の高付加価値化による発展等を目指しており、重点項目として、「地域に雇用とにぎわいを生み出す農村の振興・農業の特色を活かした地域フロンティア産業の確立」、「国民生活の安心につながる食料自給力・食料自給率の確保」、「耕作放棄地対策の強化」等を掲げている(早分かり農林水産政策より)。食料・農業・農村基本計画では今後10年でソバの生産量を2倍以上にする目標がかかげられており、ソバの高収量生産技術の確立とそれを支える品種育成が緊急の課題となっている。

日本でのソバ改良史を紐解くと、と書きたいところであるが、農林水産省や各都道府県での組織だった育種がなされたのは1990年頃からであり、20年ほどの歴史しかない。ソバはその栽培の歴史からみると奇異なほど、品種改良がなされてこなかった作物である。これまでに育成された日本におけるソバ品種については本稿、林を参照していただきたい。また、本稿において述べる品種の詳細については他の著者を参照いただきたい。

これまでも林(2004)は種苗法とのかかわりでこれまでの育成品種をまとめている。それによ

れば、種苗法制定以前に育成された品種あるいは育成された品種を育成品種、種苗法により登録された品種を登録品種という。育成品種では、1919年に山形県立農業試験場最上分場で在来品種から選抜された「最上早生」が最も古い品種となる。この品種が山形県の優良品種として採用されたのは約80年後の1987年である。同時期1920年青森農事試験場で「階上村在来」から「階上早生」が選抜され、1933年に奨励品種となった。「牡丹そば」は1925年に北海道農業試験場で選抜され、1990年にこれから選抜された登録品種「キタワセソバ」が育成されるまで70年近く北海道の主力品種であった。1941年に長野県農事試験場桔梗ヶ原試験地で福島県の在来品種から育成された「信濃1号」は、現在においても広く栽培されている品種である。その後1982年に宮崎大学が育成した4倍体品種「みやざきおおつぶ」が登録品種の第1号となり、2004年の中央農業研究センター北陸研究センターで育成された「とよむすめ」、2009年九州沖縄農業研究センターで育成された「そば中間母本農1号」、「会津のかおり」まで17品種が、2010年には夏型品種の「なつみ」から「タチアカネ」の6品種が加わり、合計で32品種が登録品種あるいは出願品種となっている。

これらの品種を育成経過と特徴から見ると、32品種中25品種が在来種あるいは既育成品種から、4品種が在来種・育成品種へのコルヒチン処理による倍加変異を誘導してからの集団選抜、3品種（「なつみ」、「そば中間母本農1号」、「さちいずみ」）が品種・系統間交配による変異拡大、あるいは形質導入を目的に交配した後、複数個体を選抜し世代を進める集団選抜法に基づいている。選抜個体から個体別系統として隔離採種し、各系統から個体選抜を繰り返す方法が使用されている。品種特性をみると、各地域の生態型の中ではあるが、早生化が特徴的である。収量関連形質についてみると、千粒重あるいは容積重の改良による多収化が、古くは「みやざきおおつぶ」、「信州大そば」、「常陸秋そば」から「とよむすめ」や「会津のかおり」などではかられている。また、草丈を短くする、あるいは茎を太くすることによる耐倒伏性が品種特性とされている品種は「みやざきおおつぶ」

をはじめとし、「開田早生」などがある。耐病性が付与された品種は「キタユキ」だけであり、ルチン含量など機能性については「サンルチン」と「とよむすめ」で品種特性となっている。一方、花色を変えたりした景観作物としての価値など付加価値をあたえた品種も「高嶺ルビー」をはじめとして5品種登録されている。

既述したように筆者（大澤 1997）は14年前にわが国のソバ育種の現状と展望を示した。この14年間に何が改良され、何が問題として残っているのかを「多収安定化」と「高品質化」をキーワードに整理することにしたい。

1) 安定多収化への取り組み

収量安定性とは、育成された品種が、場所、年次、栽培条件などマクロな環境間で変動の少ない性質のことである。マクロ環境の内、特に年次変動は予想しがたい。ソバにおける、いわゆる「収量不安定性」も多くの場合に年次変動の大きさが挙げられる。一般には豊作年に高い収量を期待できるよりも、不昨年でも収量が激減しないことが「安定性」があると言える。ソバにおいては、「不安定性」は誰もが認めるところであるが、その要因に関する解析が充分ではない。ソバにおける「安定多収化」には、ソバの収量性を生理学的、遺伝学的に明確にすることが不可欠であるが、近年、これらに関する研究は少なく、育種目標になりえる個々の形質、あるいはそれらの関連に対する研究の必要性を再認識すべきであろう。また、「安定化」の要因としては、場所間での変動が低いことも挙げられる。一般の作物では、収量安定性の高い品種は広域適応性があるという。ソバ育種は各育成場所において「安定多収化」が図られてきたが、その一方でマクロ環境間での連絡試験に基づいた適応性試験が必要であろう。ここでは、これまでになされてきた安定多収化に関わる形質として、広域適応性付与に関わる「生態型の改良」、「耐倒伏性」、「有限伸育性」、「耐湿性」についてとりあげることにする。

① ソバ生態型の改良

ソバは南北に長い日本において、それぞれの地域の栽培に応じて生態型に分化しており、長日高

温下で結実する夏型品種と、長日下では着蕾が遅れ、茎葉が繁茂し播種後50日ほどでようやく開花するがほとんど結実せず、短日下でよく結実する秋型品種、両者の中間型とに大別でき、それらの変異は連続的である。ソバ品種の生態型が連続的であることは、各地域の栽培体系にあったソバ品種の選定あるいは育成の自由度が高いことにつながる。これまでに育成された品種の多くは、育成地で必要な生態型であり、各生態型の中で対象品種に比べて、早生（キタワセソバ、ほろみのり、キタノマシュウ、開田早生、なつみ）や晩生（信州大そば、常陸秋そば、高嶺ルビー、キタユキ、信永レッド、でわかおり、）の品種が育成されてきた。それぞれ早生化や晩生化を意図的に狙った品種も、多収性選抜の結果としての区別性であることも多い。しかもその多くが在来種からの集団選抜であり、他の育成地で育成された品種を積極的に利用するには至っていない。現在、生態型を改変する試みはほとんどなされていないが今後、北海道で育成された高品質品種を九州で利用するなど生態型の改変を効率的に行うことも必要になるであろう。それには「生態型とは何か？」という問いに答えるような研究の進展が不可欠となろう。原ら（2010）は光習性関連遺伝子領域の探索を行い、既知の光習性制御経路を担う遺伝子領域とソバの日長性との関連を明らかにしている。本研究は、ソバの生態型研究の端緒に過ぎないが、日長性制御機構と温度反応性などの関連が明確になることで、ソバの生態型の自由な改変が可能になれば、国内各地で育成された品種、すなわち地域適応性が高い系統を各地での育種素材とすることが可能になるであろう。

② 耐倒伏性

ソバの収量は播種方法、播種量をはじめとし、熟期、倒伏性に影響されるが、育成された品種を見ると、対照品種に比べ草丈を低くした品種は、「キタワセソバ」、「開田早生」、「そば中間母本農1号」、「会津のかおり」、「さちいずみ」であり、逆に対照品種に比べ草丈が長い品種は、「常陸秋そば」、「キタユキ」、「信永レッド」、「でわかおり」、「ほろみのり」がある。草丈の低い品種は、耐倒伏性もあるものと推定できるが、草丈が長い品種で

は区別性はあるものの「安定性」という意味での育種目標にはなりえない。おそらく草丈あるいは主茎長とバイオマスは正の相関が見られるため、収量性との関連で草丈が長くなったものと考えられる。耐倒伏性を付与するために必要な形質は、草丈、根圏の充実、草型など数多くある。カナダでは「キク型」と称される、体次分枝が横に張り出し、自らを支える系統が育成されているがこのような形質の導入もありえる。一方で、機械化収穫特性を付与する場合には、九州沖縄農研が育成しているように、草丈が低く、強い主茎と少ない分枝を持つ草型の品種育成が進められている。ソバにおいて草型研究は少なく、今後「理想草型」の追究が不可欠である。「有限伸育性」は必ずしも草型改良であるとはいえないが、耐倒伏性には寄与している。

③ 有限伸育性系統の育成

ソバは無限花序性であり、収穫期の判定が難しく、早刈りすると未熟種子が多く、品質が低下し、遅刈りでは脱粒により収量が低下する（足立1991）。そのため有限花序性（有限伸育）系統の育成が望まれてきたが、夏型品種「キタノマシュウ」と「ほろみのり」が「キタワセバ」からの個体選抜で育成されている。これらは収量性についても標準品種並みか以上であり、有望な系統である。北海道は国産そばの主産地であるが、1989年に育成された「キタワセソバ」により全道のほぼ9割が占められている。一方、製粉・加工等の実需者からは、「キタワセソバ」とは異なる食味のそばへの要望やそば特産化を進める自治体からの品種による差別化製品開発の要望が強まっていた。そのような背景のもと採種体系がない在来種を栽培する地域が増加するという問題が生じたため、実需や生産現場の要望並びに道産そばの安定生産に寄与する新品种の導入が望まれていた。「キタノマシュウ」は「キタワセソバ」集団中に見いだされた伸育性が有限の個体から選抜された有限伸育性系統であり、生態型は夏型で、開花期及び成熟期は「キタワセソバ」と同程度である。草型は夏型特有の直立短枝型で、草丈は「キタワセソバ」より低く、耐倒伏性に優る品種である。収量性は、「キタワセソバ」と同程度であり、今後の生産拡大

が見込まれる品種である。2001年台風11号が北海道を通過した際にも、その耐倒伏性が発揮された。

④ 難脱粒性の改良

ソバは強風や収穫適期後の収穫時に脱粒が大きな問題になっているが、これは直接収量の安定化に繋がる形質である。適期収穫に対しては栽培により克服できる可能性もあるが、自然災害は避けられず、また大規模生産地における適期収穫を逃すことは充分考えられる。そのため、難脱粒性品種の育成は急務であったが北海道農研では、脱粒性の遺伝解析を進め、子実が着生する枝梗の太さが一つの劣性遺伝子支配であることを明らかにし、それを利用した系統を育成している。最終的な形質、この場合に「脱粒性」がどのような機作で生じるのかを、その原因から明らかにし、品種改良につなげている点が高く評価できる。

⑤ 耐湿性の改良

播種後から幼植物期の湿害に弱いソバにおいて、耐湿性も重要な形質となる。長野県野菜かき試験場および筑波大学では、遺伝資源からの耐湿性素材の多様性評価を行っており、有望な系統も選定されてきている。筑波大学では耐湿性評価法の確立を目指し、湿害により主根が傷つく、あるいは壊死した直後に発生する不定根形成能力に着目した評価方法を考案している（岩松ら 2008）。

2) 高品質化への取り組み

各育成地での育種目標には「高付加価値化」あるいは「高品質化」があげられているが、その内容は、「食味」、「香り」、「食品機能性」、「貯蔵性」、「製粉特性」など多岐にわたっている。ソバに求められている「高品質化」の定義は困難であるが、これまでに各育成地で様々な取り組みがなされている。

① ルチン成分の改良

「機能性食品」の概念が登場して以来、ソバにおいては多くの機能性成分が注目を集め、ソバ育種でも高機能性が追究されている。有名なものではルチンやアンジオテオシン I 変換酵素阻害能など高血圧症に関与する物質、抗酸化性物質などがある。ソバを食べていれば脳溢血になりにくいといわれているが、その主要な成分として知られてい

るのがルチンである。ルチンには血管強化作用をはじめとし、抗酸化作用、鎮痛作用など多くの薬理効果が報告されている。薬としてではなく食生活のなかからルチンを摂取できる機能性食品としてはソバがその代表となる。ソバが持つ健康食品・機能性食品としての価値を高める目的で、高ルチンソバの育成が試みられてきたが、高ルチン品種として「サンルチン」あるいは「とよむすめ」が育成されている（伊藤ら 2005）。新潟県では、そば「とよむすめ」は「信濃1号」より晩熟であるが、多収で千粒重が大きく、新潟県産そばの安定生産が図られること、また食味に優れ、実需の評価も高いことから、良食味な地元産そばを用いた有利な販売が可能となるとして、「とよむすめ」を選定している。

② ソバたんぱく質改良

ソバ成分の改良としてはソバタンパク質によるソバアレルギー源の低減あるいは除去があげられるが、基礎的研究の進展はあるものの現時点で、低ソバアレルギー系統の育成には至っていない。社会的養成から見てもこれからの重要な育種目標になりえる課題である。

③ 香気成分の改良

国産ソバの高品質性は食味と風味、なかでも「香り（香気成分）」の優秀性に支えられている。北農研では、香気成分に関与する揮発性のアルデハイド類とその発生に関与するリパーゼの多少が香気性を決めることをつきとめ、選抜が開始されている。

④ 穂発芽性

穂発芽による品質低下を防ぐことも、また「高品質化」の一手段であり、ソバ栽培者からも穂発芽耐性品種育成の要望がある。特に成熟期に高温・多湿になる春蒔き夏栽培において穂発芽が多発し、品質の劣化を招く。九州沖縄農業研究センターでは、この問題に取り組み、「春のいぶき」を育成した。九州地域では8月下旬から9月上旬に播種して晩秋に収穫するソバ栽培が行われているが、この季節に台風が頻繁に来襲するためソバに被害がもたらされていた。しかし、九州は初春から温暖であり、早くからソバの栽培可能な気温に達することから、温暖な気候資源に着目して、3

月下旬から4月上旬に播種して初夏に収穫する栽培する型（春播き栽培）に適する品種育成を目指して研究を実施してきた。夏型ソバである「キタワセソバ」、「しなの夏そば」等の品種は初夏でも成熟するが穂発芽性が高いことから、初夏（長日条件）でも収穫できて収量性が高い「春のいぶき」が育成された。「春のいぶき」は難穂発芽性を持つため、春播栽培においても成熟期の降雨による品質の低下がわずかであり、九州地域での新たな作型をもたらし、今後作付の拡大が期待されている。

⑤ 高品質化に向けての評価方法の確立

「高品質化」において重要こととして、国内産ソバは、その優良な品質が生命線といわれながら、評価方法が確立されていないことがあげられる。特に、実儒者、消費者にとって重要な「食味」あるいは「製麺製」などの基準が明瞭ではない。育種担当各研究室、品質関係の研究室、製粉業界、関連団体等が連携し、評価基準を明確化し、育種のシステムの中に組み入れていくことが望まれる。本稿で本田氏が紹介している「東北ソバ研究会」の取り組みは、一方で育種における品質評価法の確立につながるものとして、普遍化が期待できる

これからのソバ育種

中山(1975)はソバの品種改良が進まない理由として、(1) 他殖性であり、遺伝的に固定した集団が育成できないこと、(2) 環境要因が複雑な生態型を持つため、複合要因を同時に考慮しなければならないこと、(3) 開花・結実に環境の影響を受けやすく、不安定であることを挙げている。

筆者は17年前に、「ソバは他殖性であるため、遺伝解析が困難であるというのが通説になってしまっている。確かに、自殖性作物の遺伝解析手法がとれないことが多い。しかし、他殖性作物育種では集団遺伝学・統計遺伝学の蓄積がより活かされるべきであろう。集団内の遺伝子型構成を把握し、集団改良の度合いをみることは、自然界においては適応度を把握することであり、まさに集団遺伝学・統計遺伝学の課題である。そのためには多数の遺伝標識が必要であり、分子マーカーはソ

バ育種でも必要不可欠になる。他殖性育種と言えば教科書ではほとんどが近交系を利用した系統間一代雑種の説明に終始する。ソバがヘテロ性を保ちつつ品種として形成されている歴史を考えると、ヘテロ性の持つ有利性を明確にする必要がある。環境への反応を考える上でもヘテロ性の果たしている積極的役割という観点も出てくるのではないだろうか。今後、分子マーカーを利用し、連鎖ブロックを含む多数遺伝子座の同時推移過程を解明できれば、ゲノム全体の挙動を追跡することが可能となり、他殖性植物の集団改良の基礎となる。」と指摘した。ここで、この可能性について、今後進展するであろう育種法について簡単に紹介したい。

現在、北海道農業研究センター、東北農業研究センター、九州沖縄農業研究センター長野県野菜花き試験場でソバ育種が取り組まれているが、育種目標として共通項目は「収量安定性」と「高品質化」である。両目標とも、種子生産性、耐倒伏性、難脱粒性、あるいは機能性、香気成分など多数の要因が関与する複雑な形質である。各育成地での取り組みは、これらの課題をひとつずつ解決しているものとして高く評価できる。しかし、研究勢力が少ないソバ育種の速度は必ずしも速いとはいえない。そこで、今日発展してきたゲノム科学がソバ育種にもたらしてくれる恩恵について考えてみたい。

ソバのような他殖性植物では、複数の遺伝子(QTL)によって支配されている収量や二次代謝産物量などの量的形質の固定が困難であり、これら形質が優れた品種を育成するためには膨大な時間が必要とされている。上述したように、わが国のソバ育種は、在来種などから何世代にもわたり優良個体を選抜していく集団選抜法によって進められてきたが、その育種効率は他作物に比べ非常に悪かった。特に、ソバは他殖性で、かつ、利用される部分が種子であるため、その種子の量(収量)や品質を評価して選抜が行われる時点では、既に他個体からの花粉を受粉しており、優良個体を選抜しても、花粉親側は無選抜となるため、選抜効率が低くなる。今後、より広範な遺伝資源を利用して特性改良を進めるためには交雑育種が不

可欠であるが、そのためには、混合集団中から精度良く優良個体を選抜する新技術の開発と応用が不可欠となる。

近年、家畜類を中心に、ゲノムワイドに分布する DNA マーカーをもとに量的形質の遺伝的改良を試みる新しい選抜法(ゲノミックセレクション)の実用化が推し進められており、育種効率の向上に大きな成果を上げ始めている。ゲノミックセレクションの利点のうち最も重要な点は、従来のマーカー選抜(MAS)とは異なり、多数のQTLに支配される量的形質の改良に適している点である。また、ゲノミックセレクションでは、選抜時に形質を評価する必要がないため、例えば、作物であれば、温室等で世代促進を行いながらゲノミックセレクションにより選抜を行うことで育種年限を大幅に短縮できると期待されることも利点のひとつになる。ゲノミックセレクションは、ゲノムワイドに分布する DNA マーカーと量的形質に關与する QTL との間にみられる関連(連鎖不平衡)を利用する育種法であるが、作物においてその実践は未だその途についたばかりである。その原因として、ゲノミックセレクションにはゲノムワイドなマーカーが必要とされることが挙げられる。これまでにゲノム情報が蓄積されていないソバ育種では、研究勢力が小さいためゲノム情報の蓄積が進んでおらず、ゲノミックセレクションの応用は難しいと考えられてきた。しかし近年ゲノム解析技術の高効率化と低価格化の進展により、ゲノミックセレクションは事前のゲノム情報の少ない作物へ応用も可能な技術となりつつある。

ソバにおけるゲノミックセレクションは、選抜効率の向上と育種年限の短縮という意味で極めて大きい意義がある。すなわち、ゲノミックセレクションでは、個体が開花する前に選抜することが可能なので、優良個体間でのみ交配させることが

でき、花粉親にも選抜をかけることができるため、ソバのように花粉親が無選抜になる表現型選抜に比較して、選抜効率の向上が期待される。さらに、ソバは温室等を用いて世代促進を行いながらゲノミックセレクションによる選抜を行うことで、育種年限を短縮できる。今後、ソバのような研究勢力が小さく、ゲノム情報も得られていないような作物においても、ゲノミックセレクションのような新技術を導入することによって、地域適応性が高く、生産者側のニーズである高収量等と消費者側のニーズである高機能性が付加された系統を短期間で作出することが可能になるであろう。

おわりに

筆者が最初にソバ育種の展望をのべてから14年間に数多くの品種が育成され、地域活性化等に活用されている。少ない研究勢力ながらその進展は評価されているものだと確信している。ソバは日本人にとって不可欠な作物であり、その意味で決してマイナークロップではない。今後ソバ生産の拡大が期待されている中においては、「安定多収化」を前面に押し出した研究の進展が必要であり、そのための基礎研究からの積み上げを期待したい。

参考文献

- 足立 1991 東北大学遺伝生態研究センター通信 15:1-8
 林 2004 そば生産奨励ハンドブックシリーズ XVIII 財団法人 農産業振興奨励会
 原ら 2010 育種学研究12(別2) 118
 伊藤ら 2005 中央農業総合研究センター報告 6:1-13
 岩松ら 2008 育種学研究10(別2) 201
 中山包 1975 農業及び園芸50:497-502
 大澤 1997 育種学最近の進歩39 55-58