

日本作物学会 第 232 回講演会シンポジウム 2

暑いぞ！南九州

—地球温暖化最前線にみる食料生産への影響—

(2013 年 9 月 10 日 於鹿児島大学)

佐々木修¹⁾・長谷川利拡²⁾・若松謙一⁵⁾・境 哲文³⁾・寺内方克⁴⁾・手塚隆久³⁾・後藤英嗣⁵⁾・佐藤光徳⁵⁾

(¹⁾ 鹿児島大学農学部, ²⁾ 農研機構農業環境技術研究所, ³⁾ 農研機構九州沖縄農業研究センター,

⁴⁾ 農研機構中央農業研究センター, ⁵⁾ 鹿児島県農業開発総合センター)

オーガナイザー：佐々木修

コーディネーター：後藤英嗣, 佐藤光徳

1. 気候変動が作物生産に及ぼす影響の地域的特徴と適応の方向性
2. 南九州の稲作における温暖化の影響と今後の課題
3. 九州・沖縄における新たなサツマイモ開発の現状と今後の方向
4. サトウキビ栽培における温暖化への期待と懸念
5. 盛夏に新蕎麦が賞味できるソバ春まき栽培

長谷川利拡

若松謙一

境 哲文

寺内方克

手塚隆久

趣旨と概要

南九州は温帯から亜熱帯気候の南西諸島まで数百 km におよび、気象や土壌条件も極めて変化に富んでいる。さらに水田に加えて、北海道に次ぐ畑作特化率の高い地帯でもあることから、水稻をはじめサツマイモやソバ、さらに南西諸島のサトウキビなど地域の気象特性を活かした多様な作物が栽培されている。これらの作物生産の現状について紹介するとともに、現在進行している気象温暖化が南九州のみならず我が国の作物生産にどのような影響をおよぼしているのか、また近い将来どのような対策が必要となるのかなどについて、作物学の立場から検討することを企画した。

近年の気象温暖化の問題は、環境問題あるいは食料問題など日々の生活に密接に関係することから、一般市民の関心も非常に高い、このような時期に、市民、生産者そして研究者が一堂に会して、それぞれの立場でこの問題について認識を深めることは時宜にかなった企画であり、意義深いと考えられる。また、温暖化は産業としての農業生産においても深刻な問題となりつつあり、それぞれの分野で温暖化の影響と回避対策について研究が精力的に進められているところである。全国各地から参集する研究者がこのシンポジウムを通じて、南九州の作物生産の特徴と温暖化の影響や対策について情報を共有し、自らの研究との相違点や共通点を見いだすことにより、今後の研究に生かすことができるものと期待される。

本シンポジウムでは、5 人の話題提供者の学識と経験をもとに、作物生産に対する温暖化の影響について平易に解説していただいた。まず、作物全般に対する温暖化の影響について解説し（話題提供者 1）、続いて南九州の主要ある

いは特徴的な 4 つの個別作物について紹介された（話題提供者 2～5）。

長谷川氏（農業環境技術研究所）は温暖化による作物生産への影響には温度上昇に伴う直接的影響の他に、降雨の年間分布や作物の害虫や病原菌の発生動態などの変動を介する間接的影響が複雑に関与しているが、これらの負の影響に対処する上で技術的難度により類別して取り組むことの必要性を指摘した。以下南九州で栽培されている個別的、特徴的な作物を取り上げ温暖化対応の現状について話題提供がなされた。若松氏（鹿児島県農業開発総合センター）はイネについて温暖化による出穂促進による作期の短縮や玄米の外観品質への負の影響について説明し、高温下において生産の安定性を高めるには作型および品種による熟期の分散（危険分散）が有効であると指摘した。境氏（九州沖縄農業研究センター）はサツマイモについて温暖化それ自体の負の影響は深刻ではないが、現状では防除困難な熱



帯や亜熱帯性害虫の発生が問題となっていることを紹介し、今後本土での定着を見据え、抵抗性品種への継続的な取り組みが必要と述べた。寺内氏（中央農業総合研究センター）は熱帯性作物であるサトウキビについて、南西諸島は栽培地域としては低温地帯に位置することから、温度上昇は有効積算温度の増加による生産性の向上が期待できる一方、干ばつ、台風、害虫被害の増大が懸念されると指摘された。手塚氏（九州沖縄農業研究センター）はソバについて温度上昇に伴って南九州での晩霜が早まり、春まきソバという新たな作型の展開が可能になったことについて紹介がなされた。以上の話題提供から、温暖化の影響には作物の種類によって負の影響を受けるもの、影響を受けにくいもの、むしろ恩恵を受けるものなど多様であることが浮き彫りになった。

総合討論では立場の異なる参加者（消費者、生産者、学会員、大学生）からの質問票をもとに1時間にわたり活発な総合討論を行った。討論において学会員は一般参加者の実直な質問に答え、また一般参加者は、通常接することが少ない研究者の「温暖化と食料生産」問題への取り組みを理解する上でまたとない機会となったのではないかと考えられる。なお、本シンポジウムは平成25年度科学研究費助成事業（研究成果公開発表（B））の支援により、作物学会員約120名、一般市民約50名、大学生約10名の参加を得て、平成25年9月10日13時から17時10分にかけて開催された（佐々木修）。

1. 気候変動が作物生産に及ぼす影響の地域的特徴と適応の方向性

長谷川利弘（農業環境技術研究所）

（1）はじめに

温度、水、日射といった気候資源に大きく依存する農業は、気候の変化や変動に敏感に応答する。その影響の方向や程度を予測し、長期的にみた農業生産の計画、短期的な変動への対処を行うことが重要である。過去に作物生産の将来予測は、様々な時間・空間スケールで行われてきた。地球全体（全球）の気候条件からみた作物の生産力を試算した研究によると、気候変化の影響は地球全体では大きくないものの、地域によって大きく異なる。温度上昇の程度は、高緯度地域で大きく、低緯度では小さいと予測されている一方で、温暖化が主要作物の収量に及ぼす負の影響は、中高緯度地域では少なく、低緯度地域では大きく減収する地域があるものと予測されている。しかし、シミュレーション予測には、多くの不確実要因が存在する。その中には、気候変動が作物の生育・生理に及ぼす一次的な影響の不確実性、病虫害などの生産攪乱要因が変化する二次的な影響の不確実性がある。気候変動に対処するためには、直接的、間接的な影響のしくみを理解し、その兆候を監視することが重要である。

（2）温暖化の直接的な影響

温度上昇の影響で、多くの農作物で共通にみられるものは、作物の生育期間の短縮である。実際、1980年以降に温暖化傾向が認められる地域では、生育相が早期化し、作物暦が変化する傾向が認められている。生育期間の短縮は成長量の不足、ひいては減収につながることもある。冬作物や果樹では、花芽の分化のために一定の低温期間が必要な作目、品種がある。こうした品種では暖冬条件によって、開花遅延や不良を引き起こすことがある。

子実・果実を収穫対象とする作物においては、受粉や子実の肥大など、特定の発育ステージに極端な高温に遭遇すると大きな被害を受ける。熱い地域に適応しているイネ、トウモロコシ、トマト、ナスなどでも、異常高温に対して高い感受性を示す。これらの作物では、開花頃の温度が34～35℃以上になると受精、着果障害が増加し、減収を引き起こす。さらに、受精後の高温は、子実の充実や果実の着色にも悪影響を与える。

（3）降水量 パターンの変化の影響

作物の栽培可能地は、基本的に温度環境と水の利用可能性に依存する。IPCCの第4次評価報告書では、全球気候モデルによる予測から、降水量は、高緯度地域では増加する可能性がかなり高く、亜熱帯陸域においては減少する地域が多い、との見通しが示された。降水量・パターンの個別地域における詳細な予測は依然として困難であるが、降水パターンが農業生産環境にも影響し、その影響が地域によって異なる可能性は高い。半乾燥地など、現在、すでに降水量と作物の水需要が拮抗している地域では、わずかな乾燥化でも農業自体の存続が難しくなる。

水分不足が問題になっている地域でも、単純に降水量の減少が収量損失を引き起こすわけではない。年降水量に違いがない年次でも、降水パターンの違いによって深刻な水ストレスが生じて減収にいたる場合と、収量に影響を与えない場合があった。これらは、年降水量の多寡のみから収量変動を評価することが難しいことを示している。したがって、気候変動の影響を農業生産のシステムの振る舞いとして捉えて、包括的な適応策を検討する必要がある。

（4）CO₂ 濃度上昇による増収効果

温暖化の原因となる大気CO₂は光合成を行うための物質（基質）であり、大気CO₂濃度の上昇は光合成を高め、増収に働く。CO₂増加による増収効果は、気候変動が農作物に及ぼす影響の中で数少ないプラスの要素で、これを積極的に活用するための技術開発も重要な適応戦略となる。CO₂増加による光合成や成長促進は、種や品種だけでなく、温度や窒素、水分条件によっても変化する。たとえば、高温条件や水欠乏条件ではCO₂増加による光合成の促進の効果は大きくなる一方、窒素が欠乏している条件では小さい。すなわち、CO₂による成長促進においても、品種、環境・

栽培条件の影響が重要な変動要因となる。

(5) 影響の連鎖・複合的な影響

温度や CO_2 濃度の上昇、降水量やパターン変化の一次的・直接的な影響から派生した影響が、種々の経路を通じて二次的・間接的に作物生産に影響する可能性もあり、そのことが農業への影響をさらに複雑にしている。温暖化が作物の発育ステージに及ぼす影響は先に述べたが、その影響は作物だけにとどまらず、作物の害虫、病原菌などの発生についても早期化している事例が報告されている。気温、降水量は、病害虫の発生時期、生息域などを決める重要な要因である。作物暦とともに、病害虫の発生の動向を注意深くモニターするとともに、気候変動の派生的な影響の解析を継続する必要がある。

(6) 農業分野における適応の考え方

農業分野における気候変動に対する適応には、温暖化による負の影響に対処するための適応と、変化する気候資源を考慮した長期的・戦略的な適応がある。前者は、高温や水分の過不足などの作物ストレスを緩和するための適応で、影響の程度に応じて、1) 既存の栽培管理技術や品種の組み合わせで対処できる場合、2) 試験研究によって新たな技術を創出する必要がある場合、3) 新技術を投入したとしても対処することが難しく、地域・産業・政策レベルで策を講じることが必要な場合に類別できる。気候変動下でも、農業生産に必要な最低限の気候資源（水と温度）が確保できる地域であれば、1) と 2) の適応策で対処できる可能性は高い。気候変動により、最低限の気候資源が確保できなくなることが想定される場合には、3) のレベルでの適応が必要になる。特に、農業用水需給が逼迫している地域で乾燥化が進むと産業自体の存続が難しくなる。

以上のような対処的な適応とともに、長期的・戦略的な適応も必要である。温暖化が国外の作物生産に及ぼす影響は、国内の食料需給にも強く影響する。特に、主要穀類に関しては、限られた国、地域からの輸入に依存しており、世界的な食料需給の動向・変動に対して脆弱である。また、温暖化によって水資源の地域的な変動が大きくなる可能性、燃料需要や投機的な資金によって国際穀物市場の価格変動が大きくなる可能性も否定できない。特に、情報伝達が速くなった現在、気候変動による僅かな生産量の変動に対しても穀物市場が過敏に反応し、大幅な価格変動をもたらす。このような影響の連鎖は、日本の食卓に影響するばかりでなく、食料を輸入しなければならない開発途上国の貧困を悪化させる。

気候変動への適応は、今後の社会の在り方の選択に依存する。国内的には温暖化環境下で地域資源を有効に活用できるような農業生産を目指すことが重要である。一方、国際的には、安定的な農業生産技術を提供するとともに、生産変動に対して頑健な社会を目指す必要がある。現在、全

球的には食料が足りているにも関わらず、9 億人以上が栄養不足の状態にある。気候変動を契機として、様々なスケールで農業システムや社会システムの変動要因を理解し、賢い選択を行うことが必要である。

2. 南九州の稲作における温暖化の影響と今後の課題

若松謙一（鹿児島県農業開発総合センター）

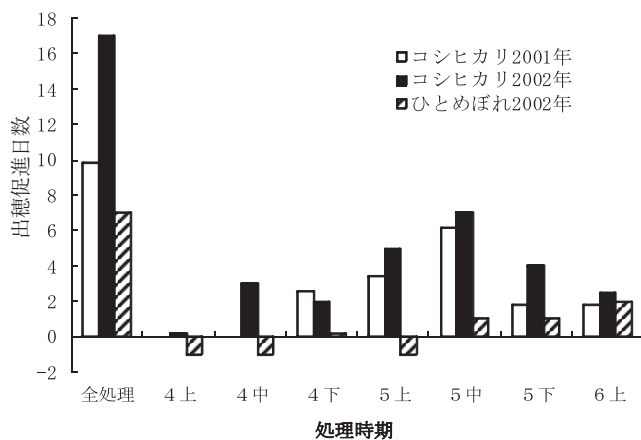
南九州の稲作は温暖な気候を活かして、3～4 月に田植えする早期栽培（7～8 月収穫）から 6 月に田植えする普通期栽培（10～11 月上旬収穫）まで約 220 日以上の間、早晩性の異なる品種が栽培されている。近年、温暖化によってさらに生育可能期間が延長される一方で、登熟期間の高温の影響による玄米外観品質の低下等の問題が生じている。

(1) 温暖化と早期栽培コシヒカリの出穂変動

農業開発総合センターの早期栽培奨励品種決定調査における 1991 年～2013 年までの出穂期をみると、6 月 7 日（1998 年）から 7 月 5 日（1992 年）まで最大で 28 日の出穂期の幅が認められる。出穂が早まった年は、4～5 月に気温が高く経過しており、生育初中期に高温処理試験を行った結果、出穂速度が速まるとともに主幹葉数の減少もみられ、出穂促進を助長している（第 1 図）。

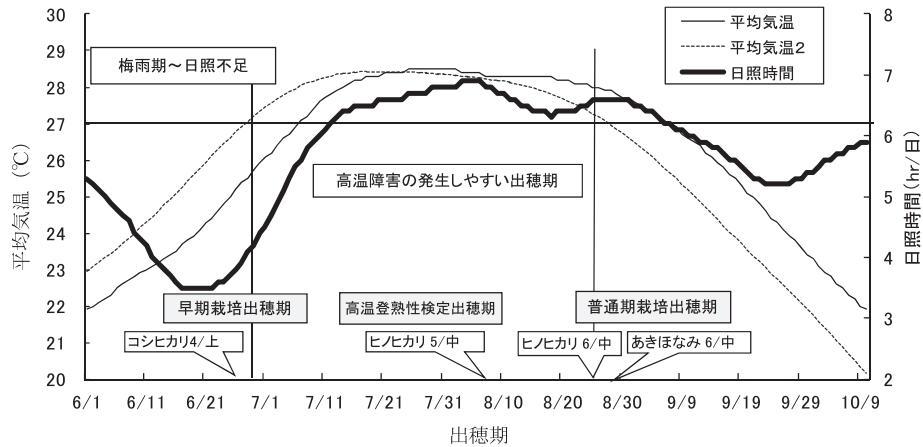
(2) 早期栽培の早進化と品質低下

早期栽培は、1980 年代まで登熟期間となる 7 月の高温により、背白米の発生がみられていた。1990 年代以後、植付けの前進化に加えて温暖化の影響により出穂が早まり、登熟期間の初・中期の気温が比較的低く推移するため背白米の発生がほとんどみられなくなっている（第 2 図）。一方で、幼穂形成期から登熟期間の大半が梅雨期と重なるようになり、日照不足の影響から、乳白米の発生のほか、肩



第1図 時期別高温処理が出穂促進日数に及ぼす影響 (2003年)。

4月1日植、旬毎に無処理に比べて3～5℃高い高温処理を行った。全処理は全期間処理区、4上は4月上旬処理区を示す。

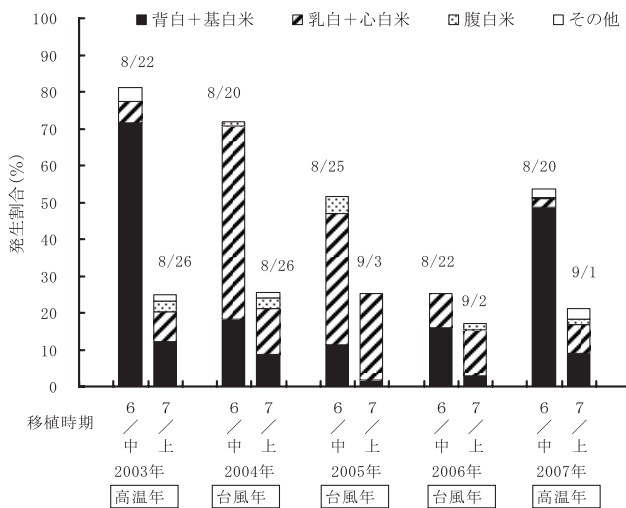


第2図 出穂期と出穂後の平均気温と日照時間。

注) 平均気温、日照時間の値は鹿児島市における1971～2000の30年間の平均値。

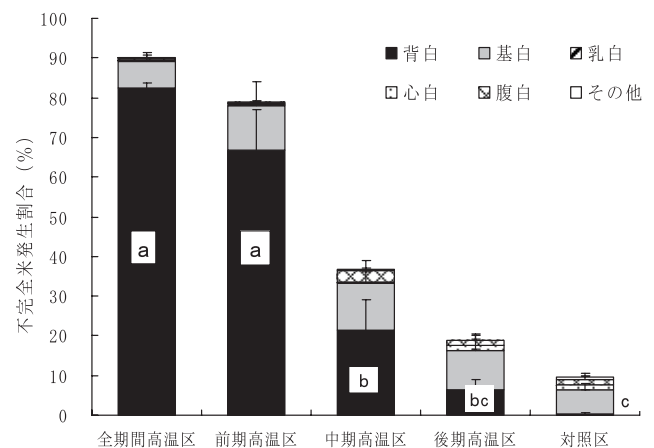
平均値2は出穂後20日間の平均気温。

ヒノヒカリの5/中はヒノヒカリの5月中旬植の出穂期を示す。



第3図 移植時期と不完全米発生割合の関係(2003～2007年)。

注) 6/中は6月中旬移植を示す。グラフ上の数字は出穂期。品種はヒノヒカリ。



第4図 高温の処理時期が背白米発生割合に及ぼす影響(2006年)。

注) 人工気象室で高温区: 32/26℃, 対照区: 28/22℃ に設定した。全期間高温区は30日間高温処理を示す。前期は穂揃後1～10日, 中期は11～20日, 後期は21～30日に高温処理, 残りの20日間は対照処理とした。品種はヒノヒカリ。Studentの多重比較により異なる小文字間に有意差有り。

米重、玄米タンパク含有率が増加するなど品質・収量の低下が問題となっている。

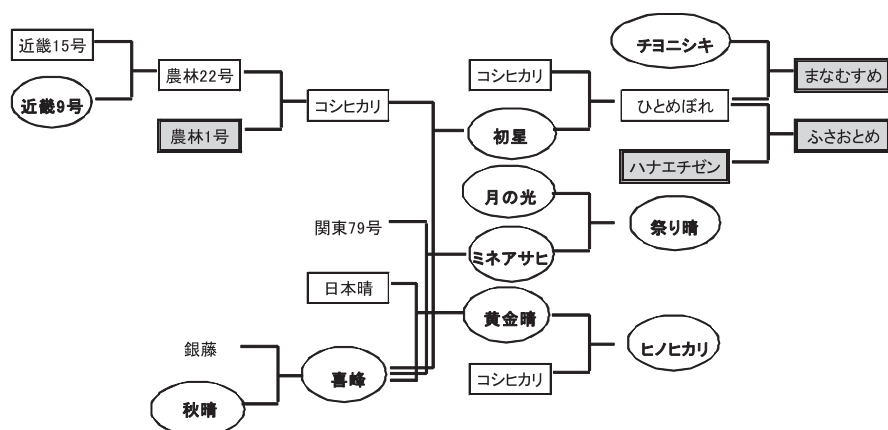
(3) 普通期栽培における登熟期間の高温障害

主要品種ヒノヒカリ(8月下旬出穂)では、8月下旬～9月の高温年に背白米が散見され、品質低下の要因となっている(第3図)。背白米については、登熟初・中期の気温の影響が大きく(第4図)、出穂後20日間の平均気温27℃以上で発生することが明らかになっている。また、背白・基白米発生割合には品種間差異が大きく、遺伝的要因の寄与率が高いことが明らかになっている(第5図)。背白米は高温・高日射条件で多くなり、その割合は低窒素条件および高湿度条件で発生が助長される(第6図)。これまでの知

見から、高温条件により胚乳貯蔵物質の蓄積が登熟の早い時期に偏って進行し登熟後期に貯蔵物質蓄積が不充分となる背白米と、低日射条件などの影響により同化産物供給が不足する乳白米は発生機作が異なることが推察される。

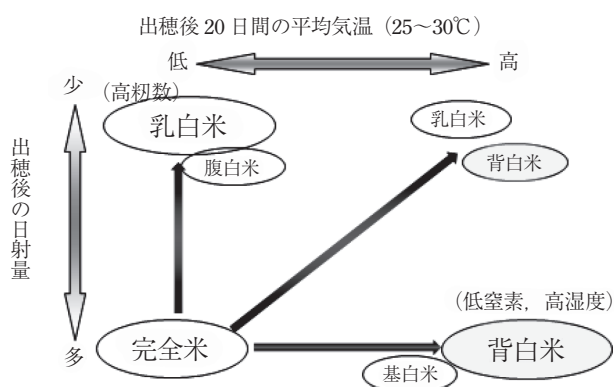
(4) 高温登熟耐性の評価方法の確立と選抜への活用

鹿児島の気象環境では出穂後20日間の日平均気温の移動平均が27℃以上になる期間は7月上旬～8月中旬の約50日間である(第2図)。鹿児島県で一般に移植しない5月に移植すると多くの品種系統の出穂期がこの期間に入ることから、鹿児島農総センターではその気象条件を活かし、高温耐性の評価方法を確立し、多くの系統を容易に選抜す



第5図 高温登熟性と遺伝的系譜 (若松・田中 2007)。

○：弱またはやや弱と判定した品種，■：強またはやや強と判定した品種。
□：中と判定した品種



第6図 不完全米の発生と出穂後の環境の影響。

() 内の条件は出穂後の発生助長要因を示す。

ることが可能となっている。

(5) おわりに

南九州の稲作では、長い作期を有しており、地域に適した作型・品種が選択されている。今後、温暖化などの気象災害に左右されにくい安定した生産を行うためには、作型および品種による熟期の分散（危険分散）が重要である。高温登熟障害を軽減するためには、高温登熟耐性品種の導入効果が最も大きい。高温登熟耐性品種のみでは限界があり、高温を回避する熟期の異なる品種の導入や作期移動が必要となり、その際は水系毎の団地化と肥培管理と組み合わせた普及が重要になる。

3. 九州・沖縄における新たなサツマイモ開発の現状と今後の方向

境 哲文（九州沖縄農業研究センター）

(1) はじめに

サツマイモは日本全国で生産され、作付面積は4万 ha、

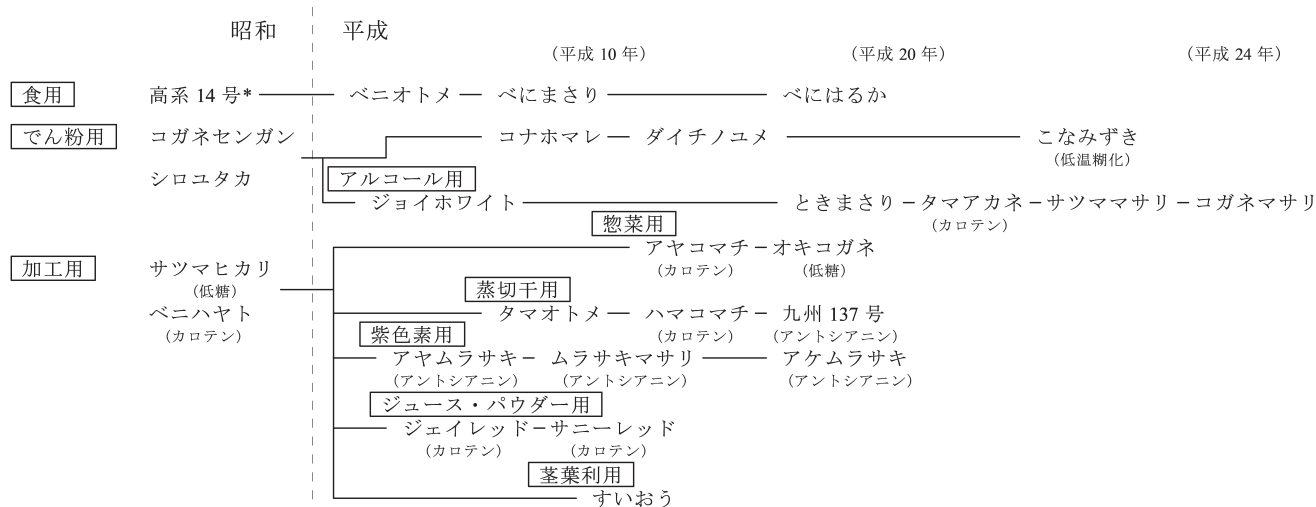
生産量は86万tに達する（2010年度）。しかし、生産量の約半分を占める加工食品用やでん粉用、アルコール用の産地は限られており、そのうちの約90%にあたる43万tが宮崎県や鹿児島県などの南九州地域で生産されている。

サツマイモの消費動向をみると、1985年に生食用、でん粉用、飼料用が全体の80%超を占めていたが、2010年には62%に低下し、代わって加工食品用やアルコール用のシェアが伸びている。価格競争力の低いでん粉用から加工食品用への転換や第三次焼酎ブームを受けたアルコール用の増産によるものだが、昭和の終わりから平成にかけて登場した様々な特長ある品種の貢献も無視できない。ここでは南九州地域を中心に普及しているそれら品種の特性や現在の品種開発の動向について紹介する。なお、本シンポジウムの主題であるサツマイモ生産に対する温暖化の影響についての明確な知見は無いが、関連が想像されるいくつかの事例についても併せて紹介したい。

(2) 用途適性の高い品種開発

従来、サツマイモの育種目標はでん粉用と生食用の大きく2つに分けられ、菓子や惣菜などの加工用にはそれらの品種を流用することが多かった。1990年代、すなわち平成以降は実需者や大学などと連携し、サツマイモの特性に応じた用途開発および機能性研究が積極的に進められた。主用途別にみた育成品種の変遷を第1図に示す。

サツマイモ全生産量の約半分は生食用として消費されており、現在は主要な生食用品種のうちベニアズマと高系14号を合わせた作付面積が90%以上を占めている。しかし、消費者の嗜好の多様化が進む現在では、より粘質で糖度の高いべにまさら、べにはるかなどの食味の良さや外観品質に対する市場の評価が高まっている。特にべにはるかの作付けは、九州を皮切りに全国的な広がりを見せており、近い将来には上記の2大品種の一角を崩す可能性を秘めている。



第1図 主用途別にみた九州沖縄農業研究センター育成品種の変遷。

*：高知県農事試験場育成。括弧内は主要特性を示す。

現在、でん粉用サツマイモはそのほとんどが鹿児島県で生産され、主力品種としてシロユタカが使用されている。よりでん粉生産能力の高いダイチノユメなどは一定の普及をみているが、輸入でん粉との競合と原料取引価格の低迷、生産者の高齢化などにより生産量は減少を続けている。

でん粉用に代わるものとして、2003年に本格化した焼酎ブームで生産量が急増し、2005年にはでん粉用の消費量を抜き現在でも比較的高い生産水準を維持しているアルコール用品種がある。主力品種コガネセンガンの短所である病虫害抵抗性や貯蔵性を改善し、アルコール取得量に影響するでん粉歩留まりを向上させたサツママサリ、コガネマサリがそれぞれ鹿児島県と宮崎県で普及し始めている。また、香味の多様化でコガネセンガン商品との差別化を図りたいとの要望を受けてときまさり、カロテンを含むタマアカネを開発した。また、アントシアニン色素用として開発したムラサキマサリも焼酎用としての利用が進む。最近はいも焼酎を特徴付ける微量香気成分の解明も進み、ときまさりはモノテルペンアルコール類、タマアカネは β -イオノン、ムラサキマサリはジアセチルといった特徴香成分を多く含むことが明らかとなっており、焼酎の楽しみ方の幅を広げるのに一役買っている。

サツマイモの加工用途は非常に幅広く、従って要求される品質特性も多岐にわたる。例えば、惣菜などの調理加工場面ではサツマイモのもつ甘味が利用しにくいとして敬遠されるため、糖化酵素である β -アミラーゼを欠損し、甘くならないオキコガネを開発した。いかにバレイショとの差別化を図るかが課題となるが、菓子原料や地域興しの素材として活用されている。また、育成地では、新規需要の拡大を目指してアントシアニンやカロテンなどを含む有色サツマイモの開発を積極的に進めてきた。特にアヤムラサキに代表される紫サツマイモは、アントシアニン色素のもつ機能性解明とともに、菓子、飲料、発酵食品など様々な加

工用途が開発され、ポピュラーな食品素材として広く認知されるに至っている。

その他、いもではなく、葉や葉柄などの地上部を利用するすいおうは、他の葉もの野菜に比べ鉄、カルシウム、ビタミン類およびルテインなどを豊富に含む夏野菜、あるいは加工食品の素材として九州以外に岡山県、千葉県などでも生産されている。

(3) 今後に向けた取り組み

でん粉用サツマイモの現状については既に述べたが、なお5千haを超える面積で15万t程度(2011年)の生産が行われており、今後どのように産地を維持していくかが非常に重要な課題となっている。品種開発の側面から、でん粉のなかでも特徴が少ないとされるサツマイモでん粉の付加価値をいかに向上させるか、について既に鹿児島県や実需者と協力し、でん粉液がゲル化し易く、品質変化が少ない低温糊化性でん粉品種の用途開発・普及に取り組んでいる。くず餅などの菓子原料や麺、練り製品などに応用できるが、使用できる品種はこなみずきなどごく一部に限られる。そこで、原料の安定供給と価格引き下げのためより多収で作りやすい品種開発と生産者や実需者に向け広く新品种をアピールすることで、でん粉産業の振興につなげていきたいと考えている。

付加価値の高いサツマイモの生産振興と並び、販売単価が低く、生産者の高齢化が進むでん粉・加工用サツマイモ産地では、生産コストの低減と省力化を達成するため、大幅な作付け体系の見直しを検討せねばならない。そこで、慣行の挿苗栽培で必要な育苗施設の設置や種いもの伏せ込み、育苗、採苗などの作業が不要な直播適性品種の開発に取り組んでいる。バレイショと同様、種いものを直接圃場に植え付けるため、ポテトプランターなどを活用すれば定植作業の大幅な省力化が見込める。これまでに慣行の挿苗栽

培より多収で、コガネセンガンよりでん粉歩留まりが高い系統を開発しており、現在、現地実証試験を進めているところである。

また、温暖化の影響かは不明だが、近年の天候不順に加え、ゾウムシ類やヨツモンカメノコハムシなどの熱帯から亜熱帯に分布する南方系害虫の本土サツマイモ産地における発生が報告されている。特に、ゾウムシ類は植物防疫法で国内移動規制対象有害動物に指定されており、その防除・根絶には非常に困難を伴う。まだ抵抗性母本のスクリーニングを開始した段階ではあるが、本土での定着を見据えた継続的な取り組みが必要と考えている。

(4) おわりに

以上、品種開発の現状と今後の展開についてその一部を紹介させて頂いた。この他にも品種開発の強力なツールとして DNA マーカーの研究にも取り組んでおり、優良品種をスピード感をもって効率的に開発していくことで、サツマイモの生産振興と関連産業の発展に貢献したいと考えている。

4. サトウキビ栽培における温暖化への期待と懸念

寺内方克（中央農業総合研究センター）

(1) サトウキビの来歴と特性

サトウキビはニューギニア島付近を原産地とする *S. officinarum*（高貴種）を母体として、主として *S. spontaneum*（野生種）との雑種として改良されてきた作物である。高貴種は、元来低温や干ばつ、強風などの不良環境や、病害虫に弱く、野生種との交雑を通じて不良環境耐性などを獲得してきた。この結果、現在では、干ばつや強風、潮風に耐え、温帯地域でも栽培できるようになった。

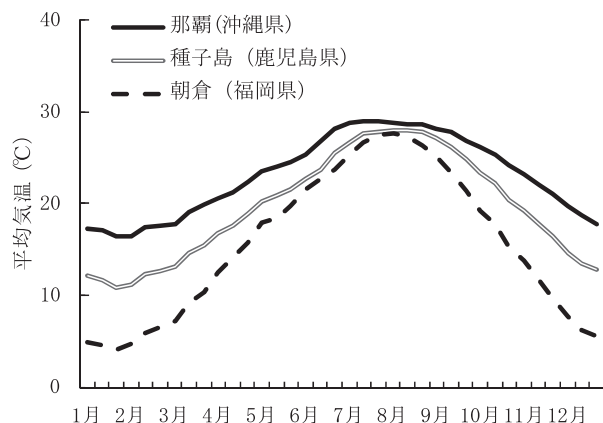
このように改良されたサトウキビは、光、温度、水、養分の四つの要素が揃うと旺盛に生育し、いずれかが欠けると、それを制限要因として生育や収量が制限されることに

なる。ただし、収穫期には、茎の伸長が抑制されることで、茎にショ糖が蓄積されるため、適度な低温や干ばつ、養分欠乏となることが望ましいため、乾期を伴う熱帯や亜熱帯地域で栽培されている。サトウキビ栽培地帯としては高緯度に位置する我が国の産地では、低温期が長く、また、干ばつが頻発し、瘠薄な土壌とあいまって、低収量の大きな原因となっている。さらに、台風に伴う風折や潮風害によって、不安定な生産活動が行われている。病害虫対策とともに、これらの生育環境の改善対策が求められている。

(2) 温暖化への期待

温暖な気候で良く生育するサトウキビは、南西諸島の他、九州本土や四国等においても栽培されている。その産地として、那覇（沖縄県）、種子島（鹿児島県）、朝倉（福岡県）の年間の平均気温の推移を第1図に示した。主たるサトウキビ産地としては北限にあたる種子島では、冬季の平均気温は10℃をやや上回る程度で、しばしば霜害が発生し、時に最低気温が0℃を下回ることがある。霜害を受けたサトウキビは枯死し、茎内のショ糖が分解して還元糖に転化するほか、腐敗が始まるため、放置すると製糖原料として不適となる（第2図）。霜害によって種苗が枯死することもあり、次年度の生産活動にまで影響が及ぶ。さらに北に位置する朝倉市では、状況はさらに厳しい。

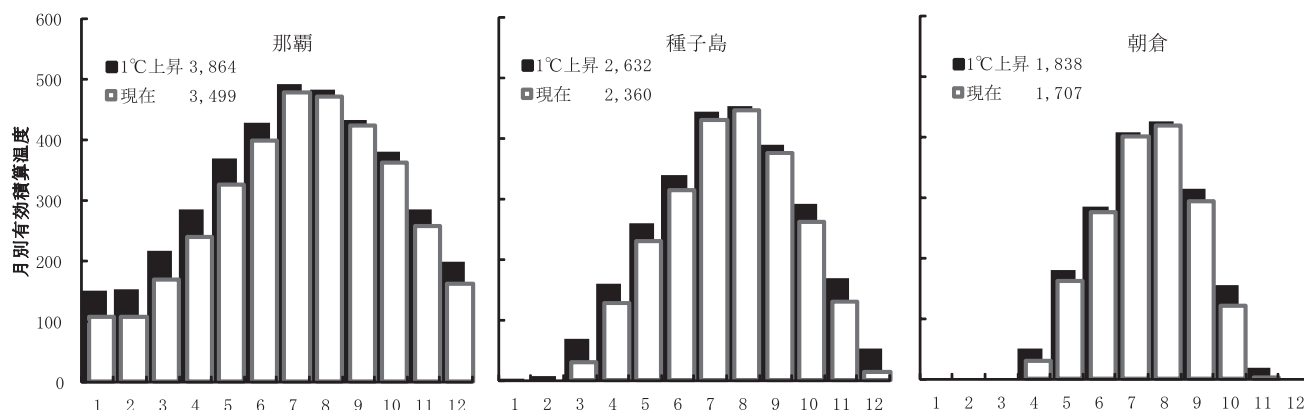
他の作物同様にサトウキビも生育量を有効積算温度で推定することができる。小野・中西（1983）が葉の展開速度から推定したところでは、サトウキビの有効積算温度の下限値は約10℃である。一方、境垣内ら（2010）は、茎の伸長量から改めて下限値を再検討し、製糖用品種の Nif8（農林8号）で13.5℃、低温に強いとされてきた飼料用品種の KRF093-1 が12.5℃程度であることを明らかにしている。このように、推定方法によって下限値に差が生じているが、実際のところ、気温が10℃～20℃となる冬季においても、わずかに葉の展開がみられる一方で、茎の伸長はほとんどないことが観察されることから、いずれの推定もサ



第1図 サトウキビ産地の日平均気温の差違。
気象庁アメダスデータによる。



第2図 霜害により枯死したサトウキビ。



第3図 現在および年間の平均気温が1℃上昇した場合の有効積算温度の月別分布。

下限値は13.5℃とし、温度上昇程度はより温度の高い地域との差に基づき按分した。凡例中の数字は有効積算温度の年間合計値。

トウキビの生態を適切に反映しているものと考えられる。

そこで、収量形成に直接影響する茎の伸長から求めた境垣内らの下限値(13.5℃)を用いて、アメダスの日平均データからサトウキビの産地の代表として、那覇(沖縄県)、種子島(鹿児島県)、朝倉(福岡県)の有効積算温度を計算した。また、年間の平均気温が1℃上昇したことを想定して、有効積算温度を算出した(第3図)。その結果、年間を通じて日平均気温が下限値を上回る那覇では、特に冬～春にかけて温暖化による有効積算温度の増加が見込まれ、潜在的な生長ポテンシャルが増加する効果が得られる。一方、種子島や朝倉では、そもそも1月や2月の気温が低いため、気温が上昇しても下限値に達していない場合があり、温暖化の効果は春や秋の一部に留まる。

このようにみると、温暖化の生産面へのプラスの効果は沖縄方面で高く見えるが、実際には、温暖化した場合の気温上昇は、海洋地域よりも内陸で高く、また、高緯度地域ほど上昇しやすいことから、ある一定の温暖化した状態から推計した場合には、内陸で北に位置する朝倉での有効積算温度は、相対的に大きくなると想定される。有効積算温度以外にも、霜害の発生低下、特に初霜の遅延は、収穫期を遅く設定できるなど、作業体系や栽培上のメリットを享受できる可能性がある。ただし、霜害は、気候の不安定化によって、逆に頻発する可能性も否定できない。

(3) 温暖化がもたらす懸念

南西諸島のサトウキビ栽培では、主として台風、干ばつおよび害虫発生が生育・収量を抑制する大きな原因となっている。温暖化に伴い梅雨明けが早期化し、秋雨が遅延すると、①乾期の拡大による甚大な干ばつ被害が頻発する可能性があり、また、②台風襲来の早期化する可能性もある。平成23年5月に襲来した台風2号は生育初期のサトウキビに甚大な折損・潮風害をもたらした。この年の大凶作の最も大きな要因の一つとなった。気象庁によると、温暖化により熱帯性低気圧の発生数は減少するもの、風速45m以上の強い台風はむしろ増えるとされている(気象庁、

2005)。このため、③熱帯性低気圧による降雨が期待できなくなり、干ばつがより深刻化する可能性があり、また、④台風により甚大な被害が発生する頻度が高まる可能性がある。気象災害の他、サトウキビに甚大な被害をもたらしているメイチュウ類やハリガネムシ類、コガネムシ類の活動が活発になり、⑤既存被害地域での虫害拡大や、⑥虫害発生が少ない地域への被害拡大が懸念される。

種子島のように温度資源に依存した生育が確保できている地域では、1℃の上昇で10%増の生育量を確保できる可能性があるが、一方で、沖縄方面では、現在も様々な生育を妨げる要因があり、温度資源に見合った生育を確保できていない。有効積算温度からみた収量のポテンシャルは高まるものの、生育を制限する要素がより深刻化する可能性があることは、大きな懸念材料である。

5. 盛夏に新蕎麦が賞味できるソバ春まき栽培

手塚隆久(九州沖縄農業研究センター)

蕎麦の最大の需要期は12月大晦日であるが、需要は5月頃から上昇して夏季にもう一つのピークを迎える。実際、盛夏に食するざる蕎麦は非常に美味しい。蕎麦は三たて(挽きたて、打ちたて、茹でたて)が大事で美味しく食するための条件になる。蕎麦は香りや味が重視されるが、夏季の需要期に食する蕎麦は前年産の種子を加工している。夏季の需要期に香りの高い新鮮な蕎麦が供給できる作期が実現すれば、消費者は盛夏に新蕎麦が賞味できるようになる。

ソバは降霜により容易に枯死するが、九州の気象は温暖

第1表 南九州の晩霜

地域	晩霜平均	晩霜限界
大分市	3月23日	4月13日
熊本市	4月3日	4月13日
宮崎市	3月21日	4月10日
鹿児島市	3月7日	4月1日

1974-1993年のデータから作成。

第2表 春まきと秋まき栽培の収量比較.

品種	春まき				秋まき			
	出芽から 成熟まで	草丈 cm	千粒重 g	穀実重 g/m ²	出芽から 成熟まで	草丈 cm	千粒重 g	穀実重 g/m ²
春のいぶき	57 日	71	34.2	284	51 日	72	29.1	213
しなの夏そば	52 日	67	31.9	230	49 日	66	30.3	180

2007 年 4 月 12 日と 9 月 7 日播種.

第3表 春まきと秋まき栽培の品質比較 (ソバ粉).

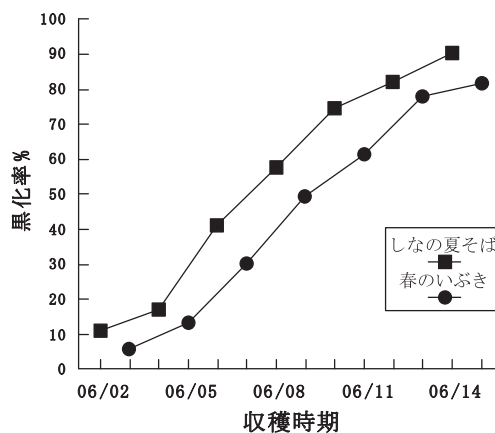
品種	春まき		秋まき	
	色調 a*	糊化特性 ピーク RVU	色調 a*	糊化特性 ピーク RVU
春のいぶき	-1.4	474	-1.8	380
しなの夏そば	-1.8	419	-1.8	300

a*: 負の値は緑色が濃い.

なために早くから晩霜の危険性がなくなる. 鹿児島市では晩霜の平均が3月7日であり, 晩霜限界は4月1日である(第1表). 生育期間の短い品種を用いると, 3月下旬から4月上旬に播種して6月上旬中に収穫する新しい作型が成立し, 夏季に新蕎麦が出荷可能となる. これは, 九州地域にとって日本一早い出荷となり, 競合する産地もなく, 有利な市場を形成することができる.

春まき栽培は生育期間が60日程度で短いので, 様々な作物の前後作として導入できる. たとえば, 6月中下旬に移植する普通期水稻の前作として栽培でき, 早期水稻の転作作物としても利用できる. さらに, 既存の秋まき栽培と組み合わせてソバが年2作栽培できるので, ソバ作期の多様化による気象災害リスクの分散, 機械・施設利用の高度化を可能にする.

九州のソバは秋まき栽培であり, 在来品種は日が短くなる時期に開花して成熟する栽培時期に適応している. しかし, 春まき栽培では日が長くなる5月下旬から6月の時期に成熟する品種が必要になる. このため, 春まき栽培では, 北海道や長野山間地域で栽培されている短日要求性の低い品種が利用できる. しかし, これらの栽培地域は収穫期に降雨が少ない地域であり, これらの品種を九州の春まき栽培に用いると, 成熟期の降雨で容易に穂発芽が生じる. 春のいぶきは長日条件下においても開花結実し, 収穫期の降雨に対して穂発芽耐性を持つ春まき栽培用品種である. 親品種は青森県育成の「階上早生」である. 栽培特性は親品種に似ているが, 開花期や成熟期は「階上早生」より1-2日遅い. 種子は「階上早生」よりやや大きい粒である. 収

第1図 種子黒化率の推移.
2009 年 4 月 9 日播種.

量性は高く, 親品種「階上早生」より優っている. 蕎麦麺の評価は前年産のキタワセソバより香りがよく, 食味もよい.

春まき栽培では生長に従って高温長日条件になり, 一方, 秋まき栽培では生長に従って低温短日条件になり, 2つの作型栽培は気象環境が著しく異なる. そこで, 同じ品種を用いて収量と品質を比較した(第2表). 春まき栽培では開花までの日数が長く, 一方秋まき栽培は開花までの日数が短かった. 収量性についてみると, 春まき栽培は花房数が多くて種子が大きく多収であった. ソバ粉の糊化特性は春まき栽培の最高粘度(RVA測定)が高く, 製麺適性が優っていた(第3表). ソバ粉は濃い緑色が強く評価されるが, 春まき栽培で緑がうすかった(第3表). 第1図に示すように, 収穫時期は高温であり, 成熟速度が著しく速く, 緑の退色が早い. このため, 適期収穫が品質面から重要になってくる.

ソバ春まき栽培は夏季に新蕎麦を供給するという顧客志向の新たな作型栽培である. 需要を満たすためには産地拡大が必要であり, 安定生産の技術開発が求められている.