

サトウキビ育種の新たな展開

農研機構 九州沖縄農業研究センター 樽本祐助

- サトウキビ生産をより良くするためには、
 - 地域のビジョン → 目標 → 技術開発
 - 品種開発は、その方法の1つ
- 育種の歴史は短い。人工交配の成功は、
 - 東ジャワ糖業研究所で1889年
 - 琉球農業試験場で1963年
 - 九州農業試験場で1986年

育種の難しさと可能性

- 現在のサトウキビは、サトウキビ属にある6種類
の交雑で生まれた。
- 交雑の過程で、染色体が増えて、複雑に。
- 遺伝解析が難しい一方で、様々な交配が
可能。

この研究紹介のセッションでは、
サトウキビの育種の現状、今後の戦略、さらなる
可能性についての認識を深めたい。

報告の内容

1. サトウキビ育種における国内野生種の利用展開
 - 国内の育種では、海外種子や品種導入、限られた品種での交配に偏る
 - 黒穂病に強い素材として国内野生種を見いだす
2. 出穂誘導技術と各機関が連携する取り組みによるサトウキビ育種の新展開
 - 沖縄農業研究センターでの開花調整技術
 - 日本における育種の戦略

報告の内容

3. 東北タイでのサトウキビの多用途利用に向けて
 - 日本と似ている点：株出し栽培の安定が課題
 - 違う点：競争力ある輸出国、多用途利用が進むなかでの育種
4. 遺伝子情報を活用した新しいサトウキビ育種
 - 遺伝解析技術の到達点
 - その育種への活用

サトウキビ育種における国内野生種の利用展開

境垣内岳雄¹・寺島義文²・岡田吉弘¹・服部太一郎¹・田中穰¹・樽本祐助¹・

伊禮信³・内藤孝³・下地格³

(¹農研機構 九州沖縄農研, ²国際農研, ³沖縄農研)

サトウキビ野生種 (*Saccharum spontaneum*, 以下, 野生種) は収量性, 不良環境適応性などの強化に利用できる育種素材であり, 現在の製糖用サトウキビ品種の成立にも寄与している. また, 近年では飼料用など多用途利用向け品種の育成に不可欠な育種素材として再び注目されている. しかしながら, これまで育種での利用は長大型の海外野生種 (Glagah Kloet など) が中心であり, 得られた種間雑種は収量性に優れるものの, 黒穂病抵抗性が弱い系統が多いことなどが課題に挙げられていた. このような状況を改善するため, 農研機構 九州沖縄農業研究センターでは野生種, 特にこれまで利用が限られていた国内野生種の評価と育種利用を進めてきた. 本報ではこれらの進捗状況について報告する.

1. 国内野生種の収集

野生種は温帯から熱帯・亜熱帯まで世界中に幅広く分布する. 我が国でも太平洋沿岸を中心に分布しており, 1980年代から永富らによる精力的な探索・収集が行われてきた. しかしながら, 探索の空白地域が存在することから, 近年でも未探索地を中心に野生種の収集を継続している (図1). なお, 本会議の開催地である徳之島でも徳之島町南原の海岸沿いに野生種に群落を確認できる.

収集した野生種の利用に向けて, まずは遺伝資源として分類・保存する必要がある. 従来の収集地域や形態的特性などによる分類のほか, 近年では分子生物学的な手法による分類も行われる. このため, 1990年代以降に収集が報告される国内野生種を対象として, DNA マーカーによる多型解析を実施した. この結果, DNA マーカーによる多型が検出され, また, 多型解析の結果, 収集地域による明確な差が認められた (特に南西諸島と九州本土以北) (図2). 今後は, 分子生物学的手法を用いながら遺伝資源の研究・利用を進めることが重要と考えられる.

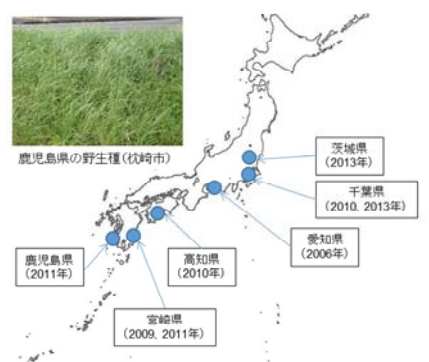


図1. 近年の九州沖縄農研による野生種収集

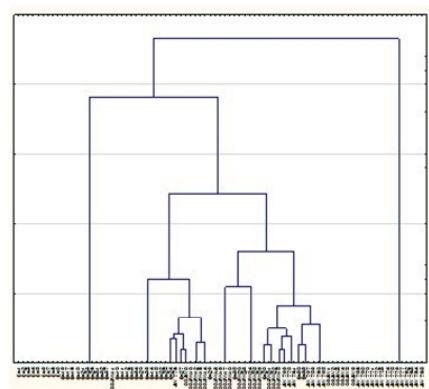


図2. 国内野生種の分子系統樹

2. 国内野生種の特性評価とその利用

(1) 黒穂病抵抗性

これまでの種間雑種は黒穂病（図 3）への抵抗性が弱い系統が多いことが課題であった。そこで、国内野生種を対象としてスクリーニングを行ったところ、黒穂病抵抗性には大きな変異があり、抵抗性を示す野生種の存在が明らかになった（特に、南西諸島で収集された野生種は抵抗性のものが多い）。また、黒穂病に強い野生種（西表 15）と弱い野生種（西表 37）を用いて種間雑種系統群（♀NiF8×♂西表 15 および♀NiF8×♂西表 37）を作成して、黒穂病抵抗性を検討したところ、抵抗性の野生種由来の系統群では罹病率が低い系統の頻度が高かった（図 4）。検討例は限られるものの、上記のように黒穂病抵抗性の野生種を用いることは、種間雑種の作出において大きな利点があると判断される。



図3. 黒穂病の病徴(鞭状物)

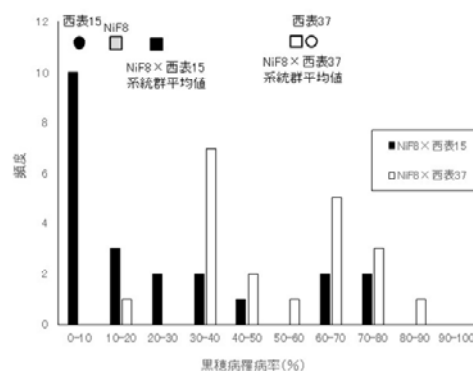


図4. 種間雑種系統群の黒穂病罹病率

(2) 蔗汁 Brix

種間雑種は蔗汁 Brix が低い系統が多いことも課題に挙げられる。このため、蔗汁 Brix を指標として国内野生種のスクリーニングを行ったところ（試験地は種子島）、関東・東海で収集された野生種は蔗汁 Brix が高い野生種の頻度が高かった（図 5）。現在、蔗汁 Brix の高い野生種の育種利用についても検討している。

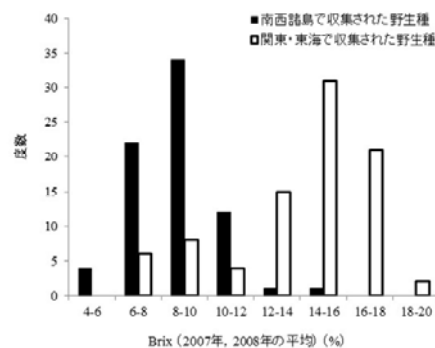


図5. 国内野生種の蔗汁Brix

3. 製糖用品種育成への展開方向

製糖用サトウキビの栽培では株出し回数の増

加やハーベスタ収穫の拡大が進んでおり、生産環境の変化に対応した株出し多収性が重要な育種目標となっている。図 6 の飼料用品種が示すように、野生種との種間雑種は製糖用品種と比較して株出し能力が飛躍的に向上する。製糖用として実用化するには、高糖性品種・系統との交雑を重ねる必要があり長い期間を要する。しかしながら、株出し能力や黒穂病抵抗性などの改善に向けては、新たな遺伝的特性の導入が不可欠であるため、今後も野生種の特性評価や利用を継続して、製糖用品種の育成に貢献していきたい。



図6. 株出し能力の比較

出穂誘導技術と各機関が連携する取り組みによるサトウキビ育種の新たな展開

伊禮信・下地格

(沖縄県農業研究センター作物班)

サトウキビ生産の重要性を背景に、沖縄県では1919年から育種への取り組みが行われ、九沖農研による育成も含め、現在までに30余りの国産品種が育成されてきた。国内で順調に品種育成が行われているようにも思えるが、サトウキビ育種は、その根幹に関わる部分から、さらなる研究の強化を必要としている。

育成された品種が生産現場で使われる中、昨年度までのサトウキビ生産は、記録的な低収であった。一方、昨年に限らず、長年にわたる不安定な生産といった根本からの問題は大きい。機械化の急激な進展や担い手問題等の生産環境の変化もあって、年々顕著かつ深刻となっているとも言える。

このような状況の打開には、将来に亘る持続的なサトウキビ生産像も念頭に置いた技術開発を進めつつ、現状の早急な改善に向けた取り組みが必要である。そのためには、各機関が得意とする技術開発を加速しつつ、それぞれが持つ技術開発力を必要な場面に集中し、現在と将来に役立てる必要がある。ここでは、そのような取り組みのいくつかをあげる。

はじめに…サトウキビ生産環境と育種の基本戦略

日本のサトウキビ作は、基本的に厳しい自然環境の中で行われており、台風の常襲や干ばつ害などの気象災害もあって、生産が不安定である。一方、サトウキビを生産する各島々は、土壌や気温、水資源確保、機械化の進捗など、生産環境に加え、栽培事情も異なる。これらは、サトウキビ生産、育種上の戦略を考えるうえでの特殊性につながっている。即ち、サトウキビ作総体としての生産性向上には、自然・栽培環境の異なる各島々に向け、厳しい自然環境を前提とし、個別な観点から品種を適用し、活用していく必要があるということである。これに基づく戦略（生態育種）を基本として品種開発が進んでいる。

育種の根幹にかかわる取り組み

現在栽培される経済種は、いくつかの種間交配に由来する雑種である。サトウキビ育種に利用可能な育種素材は種や属を超えて多様であり、交配による変異拡大は、育種を進める重要な起点となる。しかし、国内での交配は、沖縄地域で自然に出穂し、かつ、出穂期があうものに限って行われるのが実情である。そこで、限られた交配から何とか新品種を生み出すような状況を打開していくために、「出穂誘起と同調」を主軸とした一連の研究に取り組んでいる。

- ①高緯度にある日本（沖縄）は、基本的にサトウキビおよび近縁属植物の出穂に不向きである。そこで、沖縄における出穂の要点を検討したうえで、「独特の日長処理」を考案した。これにより、出穂特性が異なる異種、異属、複数の品種・系統でも、自然出穂よりも早期(10月～11月)に出穂誘起・誘導・同調が可能となってきた。
- ②一連の研究が進む中、経済種では、殆ど出穂しないため利用できなかったNi22、Ni23、NiH25、Ni28等の交配が実現している。種属間交配では、国内外でも貴重なエリアンサス属植物との真性雑種が多数得られている。このように、従来では不可能であった「戦略的な交配・戻し交配・再交配」、「未利用遺伝資源の利用」が可能となってきた。

より高度な育種技術開発と育種素材の活用

サトウキビの遺伝的組成は複雑である。様々な交配が可能という特徴を持ち、一方、遺伝解析が困難で育種操作や行程の効率化が難しい。しかしながら、近年の技術進展や、各機関の研究蓄積は、これまでにない有用素材の開発や、高度な育種技術のサトウキビへの適用を可能としつつある。そこで、現在および将来のサトウキビへの反映に向け、各機関で連携した取り組みを進めている。

各機関が連携する品種育成に向けた取り組み

(今年度から5年間…農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業の活用)

サトウキビは、元来の厳しい自然環境からくる低い単収に加え、近年の異常気象、機械収穫の急速な拡大、低調なままの株出し栽培面積の増加等により、不作が続く厳しい現状にある。解決には、不良環境に対する適応性をいっそう強化し、それぞれの地域の生産環境の変化に対応する品種が必要である。また、そのような品種の速やかで確実な活用が要る。

これには、従来同様では無く、これまで以上の育種的な取り組みが要る。また、これまで以上に各生産地域と連携し、多収（それぞれの地域の早急な生産回復）を実現するための効果的な品種利用を推進していく必要がある。そこで、沖縄県、九沖農研、鹿児島県、国際農研の各組織が集結し、沖縄蔗作研究協会および鹿児島県糖業振興協会に参加いただき、農食事業を活用して下記内容の

サトウキビ育種課題が始まった。目標とするところは、株出し性の良い品種の速やかな育成と効果的な利用、それをとおした生産現場における株出し栽培の単収向上(20%)、生産コストの低減(10%)である(図)。

品種化では、沖縄県下に向けて有望な **RK97-14** が沖縄県の全県を対象とした奨励品種候補となる見込みであり、併行して栽培技術の検討が進む。沖縄県下の含蜜糖生産地域に向けては、**RK03-3010** なども控えている。鹿児島県下に向けては、熊毛地域向けの **KY06-60** などの評価が進む。これらの一方、選抜の初期段階から株出し栽培での評価を実施した多収な系統が、各地域での試験に供試されるようになる。

課題名：生産環境の変化に対応した生産性の高いサトウキビ品種の育成(2014年～2018年)

- 中課題1. 有望な集団の作出に向けた効率的な交配の実施
 - ※各機関が連携して交配の設計や実施を分担し、交配種子の共同利用により、各地域の様々な環境に向け、効率的な種子獲得と獲得した交配種子の利用を図る。
- 中課題2. 生産性の高い株出し多収な系統群の養成
 - ※選抜の初期段階から株出し栽培での評価を実施し、多収な系統を選抜する。この選抜を効率的かつ効果的に行うために、機械収穫の適用を前提とした株出し性の良否に関する選抜指標を開発する。
- 中課題3. 生産性の高い品種の開発と効果的な利用の推進
 - ※有望度の高い系統を供試して地域適応性を解明し、各島々に適応性の高い系統を選定する。また、黒穂病の抵抗性の向上、品質劣化性の評価、品種の活用に向けた栽培技術の解明を行う。
- 中課題4. 普及支援業務
 - ※各島々における有望系統の適応性検定と栽培実証の支援、新技術の普及推進

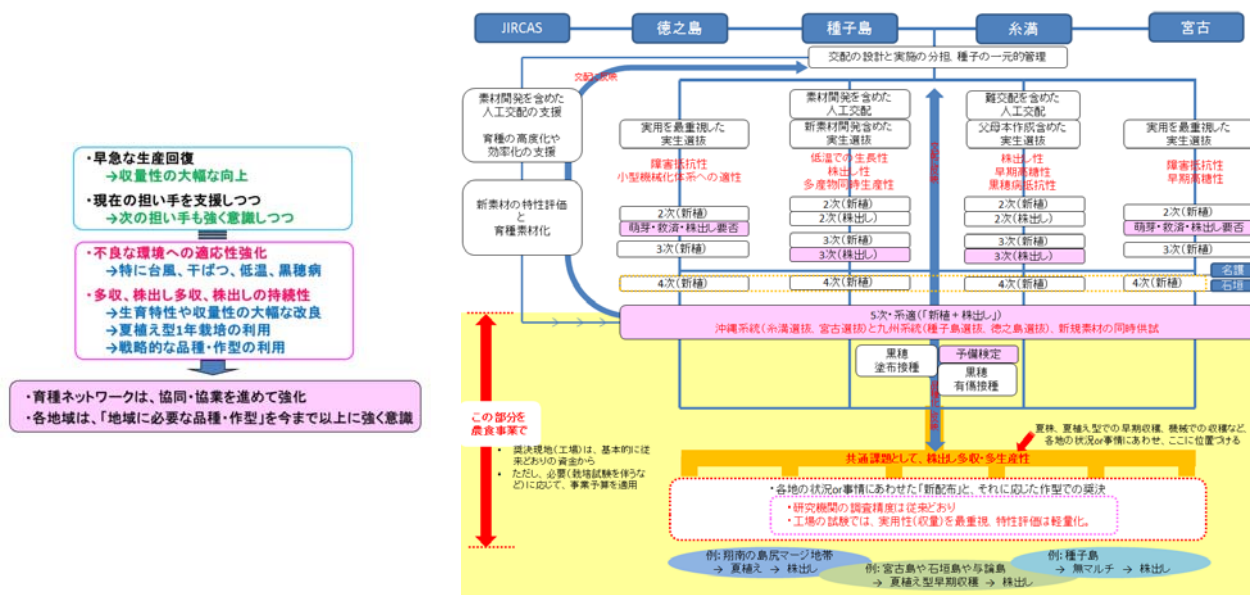


図. 今年度から5年間のサトウキビ育種課題(生産環境の変化に対応した生産性の高いサトウキビ品種の育成)

終わりに

サトウキビ育種に関する取り組みのいくつかを紹介した。それぞれの機関が目指しているのは、現状の早急な改善はもちろん、将来に亘る持続的なサトウキビ生産である。そのために、新たな手法を開発し、これまでの手法も変えつつ、各地域の持つビジョンに込め得る技術開発に向かっている。

サトウキビは琉球弧で生み出し得る貴重な資源であり、その価値は砂糖だけにとどまらない。厳しい状況を打開していくには、これまで以上に、持続的な観点からの地域的な取り組みや関係機関の連携の強化が必要である。新品種を育成して実用に至るには長年を要する。品種開発には現地での試験展開が必須であり、既存品種も含めた育成品種の活用には、特性をふまえた栽培、作付けや収穫の計画、さらには収穫の割当など、地域に主体を置いた取り組みが必須となる。難しい問題ではあるが、各地域の持つ生産ポテンシャルの最大限の活用に向け、現状を改善し、次に渡していく必要があると考える。各島々が参加する「サトウキビ育種ネットワーク(沖縄、鹿児島両県)」においても議論を深め、新品種の育成と活用をとおし、自らの地域における持続的なサトウキビ作をつくっていききたい。

東北タイでのサトウキビの多用途利用に向けて

安藤象太郎・小堀陽一・寺島義文

(国際農林水産業研究センター 熱帯・島嶼研究拠点)

1. 東北タイにおけるサトウキビ生産の現状と総合防除プロジェクトの目的

タイ国は世界第4位のサトウキビ生産国であり、世界第2位の砂糖輸出国である。サトウキビの生産面積は130万ヘクタールで製糖工場の数は50なので、ひとつの製糖工場が平均して2万ヘクタール以上の面積で生産されるサトウキビを処理していることになる。タイ東北部は、タイ国の中でも最もサトウキビ生産量の多い地域であるが、長く厳しい乾季、低肥沃な砂質土壌、サトウキビ白葉病など、サトウキビ生産の制限要因となる問題を抱えている。東北タイにおけるサトウキビの平均収量は60-70 t/haで、新植栽培では約80-90 t/haあるが、株出し栽培ではこれが約40-50 t/haに低下する。株出しの回数は1~2回と限られる。

こうしたことから、国際農林水産業研究センターの第3期中期計画（平成22~26年度）において、白葉病の被害を低減して株出し年限を延長させ、サトウキビ生産農家の収益性を改善し持続的で安定した栽培を可能にする技術を開発する事を目的とする、総合防除プロジェクトを推進している。プロジェクトでは、コンケン大学農学部とコンケン畑作物研究センターを共同研究相手として、①前中期計画において国際農林水産業研究センターとコンケン畑作物研究センターの共同研究で開発した、株出し特性が改善され干ばつに強いと考えられる多用途型高バイオマス量サトウキビ系統を、利用するための取り組みを進め、②健全種茎生産のための白葉病汚染リスク評価と白葉病診断法の標準化を行い、③さらに株出し時におけるサトウキビの養分状態の改善方法を検討し、④多用途型サトウキビと白葉病対策導入の影響の経営的評価を行っている。本報ではこのうち、海外における品種開発とその利用に向けた取り組みの一例として①と、さらに②について紹介する。

2. 多用途型サトウキビの開発とその利用に向けて

「多用途型サトウキビ」とは、タイ国内に分布するサトウキビ野生種 (*Saccharum spontaneum*) を用いた種間交雑の後代であり、従来の製糖用品種と比べて、茎数は多く、茎は長くて細く、糖度（ブリックス）、純糖率、可製糖率は低く、繊維含量が高い性質を持つ。栽培面積あたりの砂糖収量が多いため、砂糖（食料）とバイオエタノール（エネルギー）の増産が可能である。さらに面積あたりの繊維収量が多いため、コジェネレーションによるバガス発電（エネルギー）と圃場に還元する有機物の増産が可能であり、持続性の高い食料とエネルギーの同時増産が期待できる。多用途型サトウキビの開発に関してはISSCTブラジル大会での発表を参照されたい¹⁾。

本プロジェクトでは、多用途型サトウキビの実用化のための取り組みを進めるとともに、

多用途型サトウキビの栽培特性を調べるためのマルチサイト圃場試験を行っている。実用化のための取り組みとしては、有望な 3 系統 (TPJ03-452、TPJ04-713、TPJ04-768) をタイ国の植物保護法に基づく品種に登録するため、タイ農業局と共同で申請した。また、実用化に向けて「JIRCAS とタイ農業局による多用途型サトウキビの未来に関する共同ワークショップ」を 2013 年 9 月にコンケン市で開催した。ワークショップには、タイの製糖工場関係者も多数参加し、日本から参加したアサヒグループホールディングスから多用途型サトウキビの有効な利用法のひとつと考えられる、砂糖とエタノールの新規生産システムが紹介された²⁾。さらに、多用途型サトウキビネットワークを立ち上げ、関係者間での情報交換を進めている。

多用途型サトウキビのマルチサイト圃場試験では、2011 年 12 月に 5 地点 (コンケン、タプラ、チュンペー、コサムピサイ、クンパワピー) に、製糖用品種 Khon Kaen 3 と K88-92、上述の有望 3 系統を植え付けた。2012 年 12 月に新植栽培の、2013 年 12 月に株出し栽培の収穫調査を行った。

1 回目株出し栽培における原料茎重 (t/ha) は、タプラとチュンペーでは製糖用品種と多用途型サトウキビは同程度で 80 t/ha 前後だったが、コンケンとコサムピサイでは、製糖用品種の収量が非常に低くなった。この 2 地点では多用途型サトウキビの減収も大きかった。一方クンパワピーでは製糖用品種の減収は大きかったが、多用途型サトウキビの収量は 80 t/ha のレベルを維持することができた。原料茎重 (t/ha) を新植と 1 回目株出しで比べると、チュンペー以外では全ての場所で減少した。また全ての場所で、多用途型サトウキビは製糖用品種の原料茎重を上回った。このように、マルチサイト圃場試験によって、多用途型サトウキビの株出し栽培における優位性を示すことができた。

3. サトウキビ白葉病とプロジェクトの進捗状況

サトウキビ白葉病はファイトプラズマによる病気で、感染後の治療は不可能で葉が白化する症状を経て感染した茎は枯死する。伝搬経路は汚染種茎と媒介虫であり、現状ではタイワンマダラヨコバイとヤマトヨコバイの 2 種の媒介虫が知られている。東北タイにおける被害は特に深刻であり、20-30 億円の損失があると言われている。さらに近年、近隣諸国へも感染が拡大している。防除法としては、今のところ抵抗性品種はなく、温水処理による抑制効果は限定的であるため、発病株除去と健全種茎配布が重要と考えられている。

総合防除プロジェクトではまず、疫学的研究による感染リスク要因の推定を行った。サトウキビ生産者へのインタビューと圃場調査により情報を収集し、一般化線形モデルを用いた統計解析によって白葉病の発病率に影響を及ぼしている可能性が高いパラメータを検出した。その結果、地域と定植からの年数と種茎の来歴 (健全種茎か否か) が有意に白葉病の発病率に影響を及ぼしていることが明らかになった。媒介虫の移動距離は短いことから³⁾、本病の地域間移動は人為的に起こっている可能性が高く、激発地からの種茎の移動制限が必要であると考えられた。疫学モデルによるサトウキビ白葉病感染リスク要因推定の

意義は、圃場試験に頼らず疫学調査と統計解析で結果を得ることができることと、タイ政府の政策に科学的根拠を与えることができることである。タイ政府は、水稲からの転作物としてサトウキビを増産させようとしており、そのために、健全種茎の大量生産を進めようとしている。

白葉病病原体検出方法の標準化では、タイ側の共同研究相手が、病原ファイトプラズマの検出のための **SecA** 遺伝子を増幅する PCR プライマーを開発し⁴⁾、リアルタイム PCR を用いた定量法を開発している。

参考文献

- 1) Ponragdee, W., Ohara, S., Sansayawichai, T., Terajima, Y., Tagane, S., Tippayawat, A., Ando, S. Tarumoto, Y., Sugimoto, A. (2013. 6) New type of high yielding sugarcane with lower sugar and higher fibre content suitable for stable co-production of sugar and ethanol in Northeast Thailand. Proc. ISSCT 28:BB17.
- 2) Ohara, S., Fukushima, Y., Sugimoto, A., Terajima, Y., Ishida, T., Sakoda, A. (2013.6) Development of the novel sugar-ethanol production system introducing the selective ethanol fermentation of reducing sugars prior to sugar crystallization. Proc. ISSCT 28:CO54
- 3) Thein MM., T. Jamjanya, Y. Kobori and Y. Hanboonsong (2012.8) Dispersal of the leafhoppers, *Matsumuratettix hiroglyphicus* and *Yamatotettix flavovittatus* (Homoptera: Cicadellidae), vectors of sugarcane white leaf disease. Appl. Entomol. Zool. 47 (3):255-262.
- 4) Sakuanrungrsirikul, S., Wongwarat, T., Sankot, S., Kawabe, K., Kobori, Y., Ando, S. (2013. 6) Sugarcane white leaf and sugarcane grassy shoot diseases in Thailand and their detection methods. Proc. ISSCT 28:BP27.

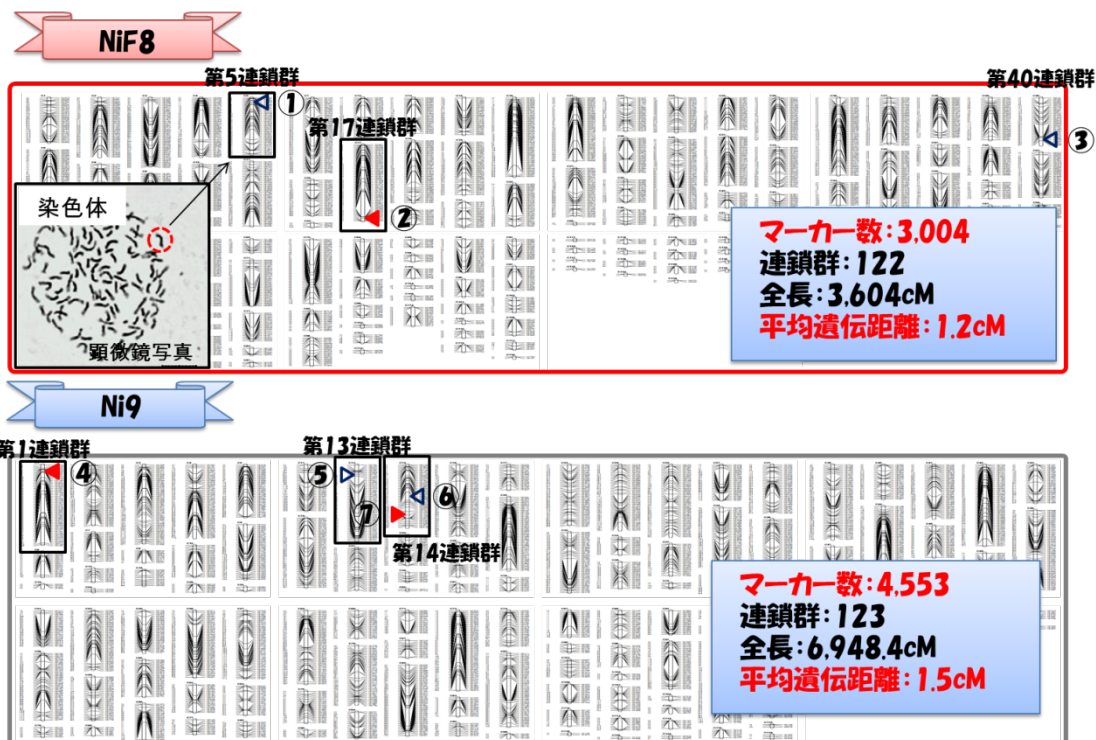
遺伝子情報を用いたサトウキビ育種技術の開発

森昌昭¹・榎宏征¹・木村達郎¹・島田武彦¹・都築祥子¹・西村哲¹・服部太一朗²・田中穰²
・石川葉子³・寺島義文⁴・境垣内 岳雄²・寺内方克³・樽本祐助²

(¹トヨタ自動車(株)FP部 バイオ・ラボ, ²農研機構 九州沖縄農業研究センター,
³農研機構 中央農業総合研究センター, ⁴国際農林水産業研究センター熱帯・島嶼研究拠点)

サトウキビ育種に貢献するため、品種改良の効率化を目指した技術開発を進めている。トウモロコシやダイズなどの主要作物では、DNA解析技術の進歩によって、農業上の重要形質に影響を与える遺伝子情報が明らかにされてきた。育種現場では、その情報を活用することで、効率的な選抜が可能となってきた。一方、サトウキビは高次倍数性で、ゲノムサイズが大きいことから、遺伝子情報の解析が困難であり、育種への活用までに至っていない。そこで、我々はDNAマイクロアレイ技術をベースとして大量のDNAを高精度に解析する技術を新たに開発し、九州沖縄農業研究センターとの共同研究を通じて遺伝子情報を用いた新しい育種法の開発を目指した。これまでに、NiF8、Ni9など複数品種において、世界トップレベルの高精度連鎖地図を開発し(図1-1)、糖生産性、黒穂病抵抗性等に関わる重要遺伝子の位置特定と品種改良への応用が可能となった。特に、黒穂病に関わる遺伝子については、NiF8では、第17連鎖群に抵抗性を高める領域が存在した。この遺伝子の有無で、黒穂病の罹病率に16.5%の差があることが示された。一方でNi9では、第14連鎖群に抵抗性を高める領域の近傍に罹病性を高める領域が存在した(図1-1、1-2)。また、別の連鎖群では、抵抗性を高める領域とほぼ同じ位置に糖生産性を低下させる領域が存在した(図2)。この結果は、黒穂病には複数の遺伝子が関与し、複雑な遺伝様式を持つとの従来の見解を支持するものであった。このように、サトウキビでも、得られた遺伝子情報を選抜指標として利用できることが示された。今後は、国内諸機関と連携して、これら技術を活用した品種改良の効率化と新品種の開発に取り組んでいく予定である。

(図 1-1) サトウキビ高密度連鎖地図



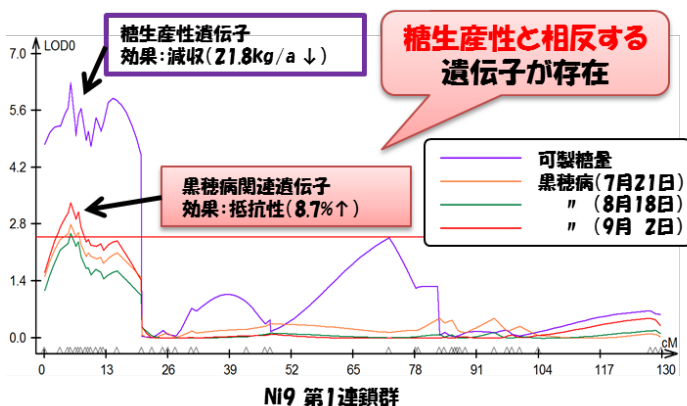
(図 1-2) 黒穂病関連遺伝子と効果

品種	連鎖群	位置(cM)	効果	抵抗力
NiF8	①	5	3.8 罹病性	8.2% ↓
	②	17	94.3 抵抗性	16.5% ↑
	③	40	34.1 罹病性	9.6% ↓
Ni9	④	1	5.5 抵抗性	8.7% ↑
	⑤	13	12.9 罹病性	8.3% ↓
	⑥	14_1	97.3 罹病性	15.2% ↓
	⑦	14_2	137.7 抵抗性	21.3% ↑

(図 1) サトウキビ連鎖地図と黒穂病関連遺伝子

弊社 DNA マーカー技術を用いることでサトウキビ品種 (NiF8、Ni9) の世界最高レベルの高密度連鎖地図を開発 (図 1-1)。さらには、連鎖地図上に黒穂病の抵抗性 (▲) および罹病性 (△) を高める 7 つの遺伝子を見出した。また、第 14 連鎖群には抵抗性を高める領域の近傍に罹病性を高める領域が存在することも明らかにした (⑥、⑦)。

らかにした (⑥、⑦)。



(図 2) 黒穂病遺伝子の特徴

左図は横軸に連鎖群上の位置、縦軸に遺伝子の存在可能性を示している。Ni9 の第 1 連鎖群上には、黒穂病の抵抗性を高める遺伝子の近傍に糖生産性を低下させる遺伝子の存在を明らかにした。