

## DNAマーカーを利用した連続戻し交雑による 難裂莢性および早晩性改変大豆系統の育成

山田哲也・船附秀行<sup>\*1,\*3</sup>・加賀秋人<sup>\*2</sup>・高橋浩司・山田直弘<sup>\*5</sup>・  
平田香里・大木信彦<sup>\*4</sup>・佐山貴司<sup>\*2</sup>・石本政男<sup>\*2</sup>・羽鹿牧太

### 抄 録

ダイズのゲノム情報の充実に伴い、耐病虫性、草姿、子実成分、早晩性等に関する多くの形質について、DNAマーカーを利用した目的形質の選抜 (Marker assisted selection; MAS) が可能になってきた。そのため、主力品種が持つ栽培・品質特性の欠点を、MASを利用した連続戻し交雑により改良することができるようになった。このうち、難裂莢性の強化は実質的な収量性の向上が期待できること、早晩性の改変は栽培地域の拡大が見込める他、作期分散と、作業競合の回避が期待されることから、これら2形質の導入を先行して育種研究を進めてきた。

「サチユタカA1号」および「関東120号」など難裂莢性導入系統は、裂莢性以外は、原品種とほぼ同様の生育特性を示し、原品種の栽培法を適用できる。特に「サチユタカ」など裂莢と青立ちの発生しやすい品種の普及地域や、作業の競合により刈り遅れが生じる際には、難裂莢性導入系統の優位性が大きくなることが期待される。

早晩性改変では、「エンレイ」の晩生化系統である「作系74号」および「作系78号」を開発した。北陸以南の地域で「エンレイ」を栽培する場合に、生育量が不足し低収となる場合でも、晩生化系統は「エンレイ」と同等以上の子実収量を得られる可能性が認められた。また、子実品質についても、「エンレイ」の栽培適地で生産したものと比較しても劣らないと考えられた。

これまで、単交配からの品種育成と比較して、MASと戻し交雑による育成により大幅に育成期間を短縮することができている。また、普及対象地域における栽培試験についても、生育特性や、病虫害抵抗性など栽培上の注意点が理解されていることから、取り組みやすいなどメリットが大きい。今後、従来の育種法とMASを利用した戻し交雑で欠点を改良する新しい育種法を組合せ、品種開発の一層の効率化が期待される。

キーワード：ダイズ、品種開発、DNAマーカー、戻し交雑、難裂莢性、早晩性

平成24年12月3日受付 平成25年2月13日受理

\*1 農研機構北海道農業研究センター

\*2 農業生物資源研究所

\*3 現 農研機構近畿中国四国農業研究センター

\*4 現 農研機構九州沖縄農業研究センター

\*5 現 長野県野菜花き試験場

## Production of new soybean lines by back-crossing and marker assisted selection for shattering resistance and maturity loci

Tetsuya YAMADA, Hideyuki FUNATSUKI<sup>\*1,\*3</sup>, Akito KAGA<sup>\*2</sup>, Koji TAKAHASHI,  
Naohiro YAMADA<sup>\*5</sup>, Kaori HIRATA, Nobuhiko OKI<sup>\*4</sup>, Takashi SAYAMA<sup>\*2</sup>,  
Masao ISHIMOTO<sup>\*2</sup> and Makita HAJIKA

### Abstract

Marker assisted selection can be performed in the breeding programs of soybeans for various agronomical traits. We produced shattering resistant lines of leading cultivars and later maturity lines of 'Enrei' by back-crossing. The major agronomical traits of these back-crossed lines were examined. Shattering resistant lines exhibited similar agronomical traits to each original cultivar except for lower pod dehiscence under field conditions and heat treatment. The later maturity lines of "Enrei" produced a higher yield than that of 'Enrei' in southern regions or in late-sowing conditions. These back-crossed lines were considered to be a promising way of updating leading cultivars.

**Key Words:** soybean, breeding, DNA marker, back-crossing method, shattering resistance, maturity gene

---

Accepted on February 13, 2013

\*<sup>1</sup> NARO Hokkaido Agricultural Research Center

\*<sup>2</sup> National Institute of Agrobiological Sciences

\*<sup>3</sup> NARO Western Region Agricultural Research Center

\*<sup>4</sup> NARO Kyushu Okinawa Agricultural Research Center

\*<sup>5</sup> Nagano Vegetable and Ornamental Crops Experiment Station

## I 緒 言

国内における大豆の収量性は近年伸び悩んでおり、北米や南米を中心とした主要生産国の収量水準に比べると低く、その差も拡大傾向にある。国内の主力品種は「フクユタカ」（1980年申請）、「エンレイ」（1971年申請）、「タチナガハ」（1986年申請）であり、これら3品種で作付面積の約5割を占めており、大規模のロットが確保できる主力品種への実需者のニーズから本州地域では主力品種の更新頻度は低い。

一方、ダイズのゲノム情報の充実に伴い、耐病虫性、草姿、子実成分、早晩性等に関する多くの形質についてDNAマーカーを利用した目的形質の選抜 (Marker assisted selection; MAS) が可能になってきた (Ishimoto 2005)。そのため、主力品種が持つ栽培・品質特性の欠点を、これらMASを利用した戻し交雑により改良する取り組みが進んでいる。これまで、「フクユタカ」にハスモンヨトウ抵抗性 (ハスモンヨトウの幼虫に葉を食害されにくい性質) を付与した「フクミノリ」(2010年、九州沖縄農研育成)、「ユキホマレ」にダイズシスト線虫抵抗性 (根

にダイズシスト線虫が寄生しにくい性質) を付与した「ユキホマレR」(2010年、北海道十勝農業試験場育成) がDNAマーカーを利用した戻し交雑により育成されている (農林水産省、[http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d\\_ziten/](http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d_ziten/))。

作物研究所では、難裂莢性 (莢がはじけにくい性質)、病虫害抵抗性、子実成分、早晩性、草姿関連形質等、多様な形質について主力品種の戻し交雑系統を開発している。これらの形質のうち、難裂莢性の強化は、収穫前に圃場に落下する子実の割合を低減させ、実質的な収量性の向上が期待できること、早晩性の改変は、本来の栽培適地や播種適期の拡大により、他地域の優れた品種を利用することや、早晩性が異なるが子実品質がほぼ同じ品種による作期分散と作業競合の回避が可能になることが期待されることなどから、これら形質の導入を先行して育種研究を進めてきた (船附ら2010、Yamada *et al.* 2012)。そこで、本稿では難裂莢性や早晩性遺伝子を導入した系統群の開発、およびそれら育成系統の生育特性について紹介する。

## II 育成経過および農業特性の評価

### 1 難裂莢性導入系統の育成

国内の主要な11品種に、大豆品種「ハヤヒカリ」由来の難裂莢性を複数回の戻し交雑により導入した (表1)。戻し交雑の母本の選抜には裂莢性に関するQTL (量的形質遺伝子座) である *qPDH1* の近傍DNAマーカー (Funatsuki *et al.* 2006, 2008, 2012、Yamada *et al.* 2009) を利用し、遺伝子型を固定化させないよう連続で戻し交雑を実施した。「サチユタカ」および「タチナガハ」に難裂莢性を導入した「サチユタカ

A1号」および「作系75号」については、難裂莢性QTL領域以外の染色体領域についても両親間に多型を示すSSRマーカーを設定し、それぞれ合計127個および151個のSSRマーカーにより、難裂莢性QTL領域は「ハヤヒカリ」型、それ以外の領域については原品種と同じ遺伝子型となるように選抜を行った。一方、その他の品種については、「サチユタカ」もしくは「タチナガハ」の戻し交雑の派生系統から難裂莢性の導入を開始した。これらの品種については難裂莢性QTL領域についてのみMASを実施した。戻し交雑系統の生育特性については2010年および2011

表1 難裂莢性戻し交雑系統の概要

系統名	原品種	原品種と交配した回数
サチユタカA1号 <sup>a</sup>	サチユタカ	6
関東120号	フクユタカ	6
関東121号	エンレイ	6
関東122号	ことゆたか	6
作系75号 <sup>a</sup>	タチナガハ	8
作系80号	リュウホウ	5
作系81号	すずかおり	7
作系82号	ナカセンナリ	5
作系83号	あやこがね	5
作系84号	スズユタカ	6
作系85号	ふくいぶき	7

<sup>a</sup> 難裂莢性QTL領域以外の染色体領域については、原品種型を選抜。

年に生産力検定試験を実施し原品種との比較を行った。裂莢性については成熟後1か月程度圃場に放置した場合の自然裂莢率、および通風乾燥器を用いて60℃で3時間加熱して裂莢率を評価する方法を用いた。

各系統とも4回以上戻し交雑を実施しているため、戻し交雑を一度行う毎に「ハヤヒカリ」由来の染色体領域が半減すると仮定すると、計算上はいずれの系統についても大部分の染色体領域が原品種型になっていると考えられる。

裂莢性程度については、圃場放置試験および加熱処理試験から、難裂莢性系統の裂莢率が低いことが示された(図1)。難裂莢性系統の生育特性は概して原品種と大きな差異は無いが、それぞれ原品種と若干異なる点が認められた。育成が最も進んでいる「サチユタカA1号」では、蛋白質含有率は原品種の「サチユタカ」よりやや低いが、子実収量はやや多く、百粒重はやや大きく、裂皮はやや少なくなる傾向が認められた(図2、図3、写真1、写真2)。蛋白質含有率・子実収量・裂皮程度については、「関東120号」および「作系75号」では偏りが認められないため、これら形質の差異は戻し交雑によって難裂莢性遺伝子座と同時に導入された他の遺伝子座の効果であると推測される(図2、図3)。一方、100粒重については図2に示す3系統とも大粒化傾向を示すことから、原因遺伝子座が難裂莢性遺伝子座の近傍に座乗すると予想されるが、100粒重については難裂莢性の導入にともなう良い方向への若干の変化であることから、品種化の際の問題とはならないと思われる。

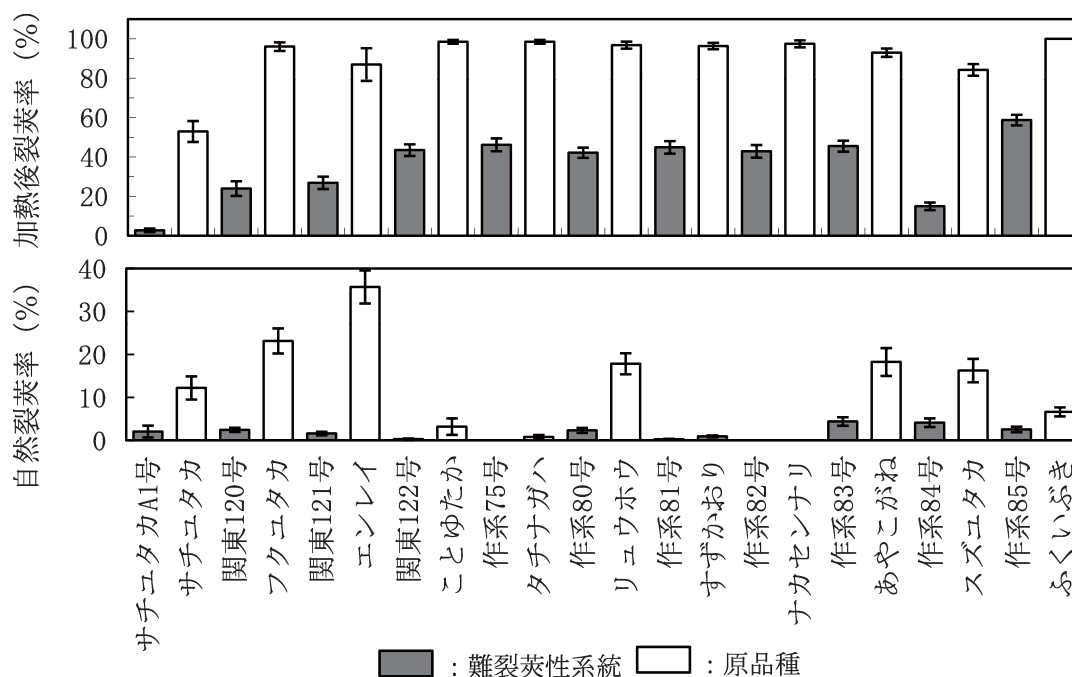


図1 難裂莢性戻し交雑系統と原品種の加熱処理裂莢率および自然裂莢率

各品種および系統の加熱処理裂莢率は、充実した2粒莢を紙封筒に入れ、60℃、3時間加熱後の裂莢率を測定。自然裂莢率はそれぞれの成熟期から1ヵ月後に圃場で測定。エラーバーは標準誤差、nsは反復親品種と有意差無し(p<0.05)。

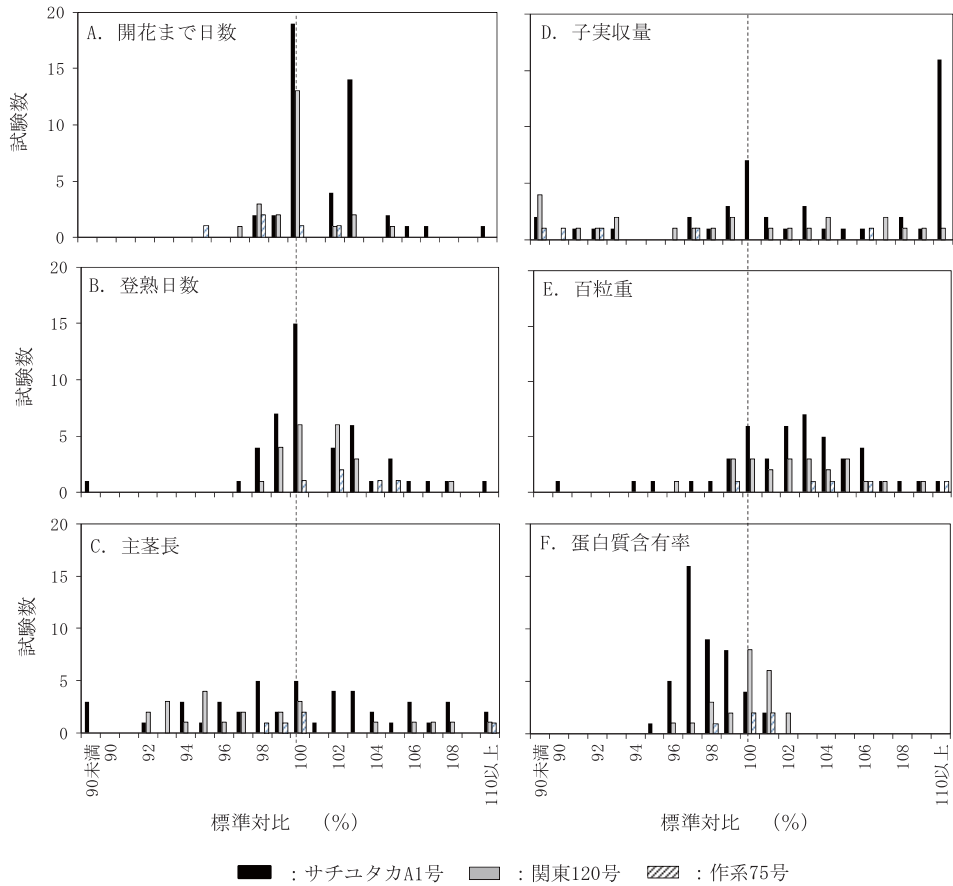


図2 難裂莢性戻し交雑系統の農業特性（原品種に対する相対値）

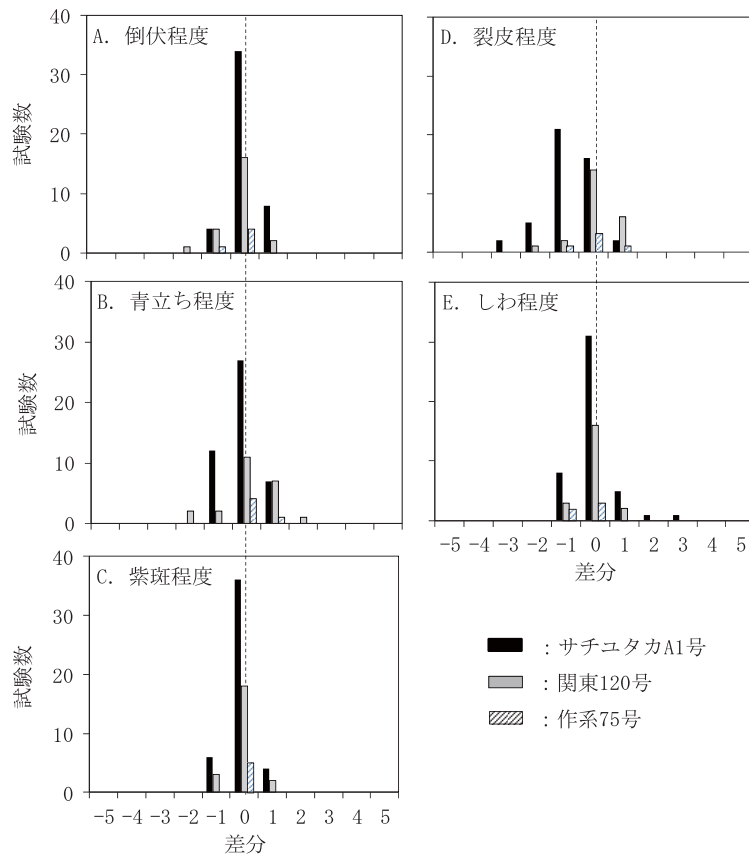


図3 難裂莢性戻し交雑系統の農業特性（原品種に対する達観評価値の差分）  
達観評価はいずれも、0（無）-5（甚）の6段階評価。

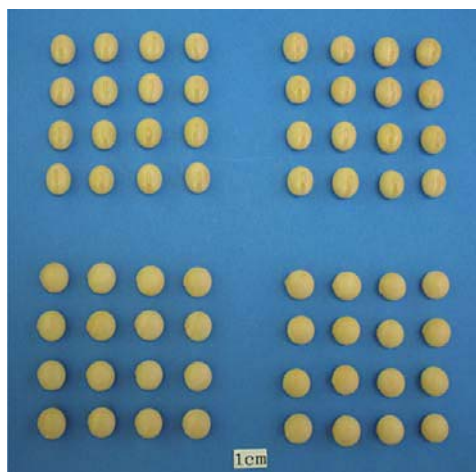


写真1 子実の外観

左:「サチユタカ」、右:「サチユタカA1号」



写真2 成熟期の草姿

左:「サチユタカ」、右:「サチユタカA1号」

難裂莢性品種の普及により、脱粒による収穫損失が軽減することで実質的な増収が期待され、特に「サチユタカ」など裂莢と青立ちが発生しやすい品種の普及地域や作業の競合により刈り遅れが生じる場合には、難裂莢性導入系統の優位性が大きくなると予想される。一方で、裂莢性の低下に伴い、多湿条件下でのコンバイン収穫では脱穀されにくくなる可能性があることは、新たな注意点として留意する必要がある。また、永島ら(2009)が、難裂莢性遺伝子の有無による品質劣化程度に差異が無いことを報告していることから、圃場に放置した際には原品種と同様に品質の低下が進むと予想され、刈り遅れしないように留意する必要がある。

## 2 晩生化系統の育成

開花期および成熟期に関連する遺伝子座として報告されているE2座 (Bernard 1971, Watanabe *et al.* 2011) およびE3座 (Buzzell 1971, Watanabe *et al.* 2009) を早晩性の改変に用いた。北陸地方を中心に栽培される「エンレイ」に、「サチユタカ (E2座供与親)」および「フクユタカ (E3座供与親)」が保有するこれら遺伝子座の晩生型遺伝子を導入する戻し交雑を実施した(表2)。早晩性関連遺伝子座E2およびE3をそれぞれ「エンレイ」に導入した「作系74号」および「作系78号」はいずれも、目的遺伝

表2 晩生化系統の概要

系統名	導入 遺伝子	原品種と交 配した回数
作系74号	E2	4
作系78号	E3	6

子座周辺領域以外の染色体領域がほぼ「エンレイ」型となっていることをDNAマーカーにより確認した。戻し交雑の効率および精度を高めるため、戻し交雑における中間母本の目的遺伝子座領域については遺伝子供与親型で、その他の染色体領域については「エンレイ」型の個体を選抜した。「サチユタカ」は「フクユタカ/エンレイ」のF<sub>2</sub>個体に再度「エンレイ」を交配し育成されたため、選抜には「エンレイ」と「フクユタカ」間に多型を示す合計206個のSSRマーカーを使用した。開発した早晩性改変系統について、2009年に2か所および2010年に4か所で生産力検定試験を実施した。

晩生化系統の開花期および成熟期は「エンレイ」と比較して晩生となり、生育は「エンレイ」よりも概して旺盛で、主茎長は晩生化系統の方が「エンレイ」よりも長く、倒伏程度が増加した(表3)。子実収量については、茨城県つくばみらい市および香川県善通寺市では、晩生化系統が相対的に多収となる傾向が認められた(図4)。試験年次や圃場条件によって「エンレ

表3 「エンレイ」および晩生化系統の農業特性

試験地	品種・系統	開花まで日数 (day)	登熟期間 (day)	主莖節数 (plant <sup>-1</sup> )	主莖長 (cm)	倒伏程度 (0 - 5)	青立ち程度 (0 - 5)	収量 (kg/a)	100粒重 (g)	紫斑程度 (0 - 5)	裂皮程度 (0 - 5)	しわ程度 (0 - 5)	蛋白含有率 (%)
新潟県長岡市 (2009年)	作系74号	67.0 ± 1.4	82.0 ± 2.8		76.7 ± 5.6	2.0 ± 0.0	2.0 ± 0.0	31.1 ± 4.0	35.7 ± 2.4	1.0 ± 0.0	0.5 ± 0.5	2.0 ± 0.0	45.9 ± 1.8
	エンレイ	59.0 ± 0.0	73.5 ± 0.7		66.0 ± 3.6	0.0 ± 0.0	1.0 ± 1.0	32.3 ± 2.4	34.7 ± 2.5	1.0 ± 0.0	0.5 ± 0.5	4.0 ± 0.0	44.6 ± 0.5
長野県塩尻市 (2010年)	作系74号	62.0 ± 2.8	95.0 ± 2.8	17.5 ± 0.2	75.0 ± 4.0	2.5 ± 0.5	1.0 ± 1.0	31.5 ± 1.1	30.6 ± 0.1	0.0 ± 0.0	2.0 ± 0.0	2.5 ± 0.5	46.1 ± 0.4
	エンレイ	53.0 ± 0.0	78.0 ± 0.0	15.2 ± 0.2	66.1 ± 0.8	0.5 ± 0.5	3.5 ± 0.5	35.1 ± 2.9	30.1 ± 0.1	2.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	4.5 ± 0.5	46.5 ± 0.1
茨城県水戸市 (2010年)	作系74号	44.5 ± 0.7	78.0 ± 4.2	15.8 ± 0.7	71.1 ± 4.5	1.8 ± 0.3	1.0 ± 0.0	32.9 ± 0.6	28.6 ± 2.6	0.0 ± 0.0	1.5 ± 0.5	2.0 ± 0.0	44.2 ± 1.8
	エンレイ	39.0 ± 0.0	69.5 ± 0.7	12.7 ± 0.1	50.5 ± 4.0	0.3 ± 0.3	0.0 ± 0.0	36.6 ± 1.2	29.9 ± 1.8	1.0 ± 0.0	1.5 ± 0.5	2.0 ± 0.0	43.9 ± 1.3
茨城県つくばみらい市 (2009年)	作系74号	45.5 ± 0.7	69.0 ± 0.0	16.2 ± 0.2	76.5 ± 3.3	4.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	44.0 ± 5.1	33.0 ± 0.6	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	46.9 ± 1.5
	作系78号	43.5 ± 0.7	69.0 ± 1.4	15.0 ± 0.7	71.7 ± 0.2	3.0 ± 0.0	1.5 ± 0.5	35.6 ± 1.7	31.2 ± 2.9	1.5 ± 0.5	0.0 ± 0.0	1.0 ± 0.0	46.6 ± 1.2
香川県善通寺市 (2010年)	作系74号	39.0 ± 0.0	65.0 ± 2.8	12.2 ± 0.2	53.8 ± 0.8	3.0 ± 0.0	1.5 ± 0.5	31.5 ± 6.8	29.6 ± 2.8	3.5 ± 0.5	0.0 ± 0.0	2.0 ± 1.0	46.2 ± 1.5
	作系78号	44.0 ± 0.0	85.5 ± 2.1	13.7 ± 0.6	61.6 ± 4.1	2.0 ± 1.0	3.5 ± 0.5	33.3 ± 2.8	29.3 ± 0.6	0.0 ± 0.0	4.5 ± 0.5	0.0 ± 0.0	46.7 ± 0.5
茨城県つくばみらい市 (2010年)	エンレイ	38.0 ± 0.0	91.5 ± 2.1	12.1 ± 0.3	50.2 ± 3.5	0.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	24.6 ± 3.9	30.7 ± 0.3	1.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	47.7 ± 0.6
	作系74号	39.0 ± 0.0	72.5 ± 4.9	13.9 ± 0.4	59.5 ± 6.9	1.5 ± 0.5	2.5 ± 0.5	24.8 ± 1.0	28.1 ± 1.9	1.5 ± 0.5	0.5 ± 0.5	0.0 ± 0.0	44.1 ± 0.1
茨城県つくばみらい市 (2010年)	作系78号	37.5 ± 0.7	70.0 ± 0.0	13.3 ± 0.8	54.2 ± 1.8	0.0 ± 0.0	3.5 ± 0.5	22.1 ± 0.8	27.8 ± 0.8	1.5 ± 0.5	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	44.6 ± 0.3
	エンレイ	33.0 ± 0.0	69.0 ± 0.0	11.9 ± 0.1	49.4 ± 0.4	1.0 ± 0.0	4.5 ± 0.5	16.3 ± 1.6	29.1 ± 1.0	2.0 ± 1.0	1.5 ± 0.5	0.0 ± 0.0	45.8 ± 1.1

いずれも、平均値±標準誤差 (n=2)。

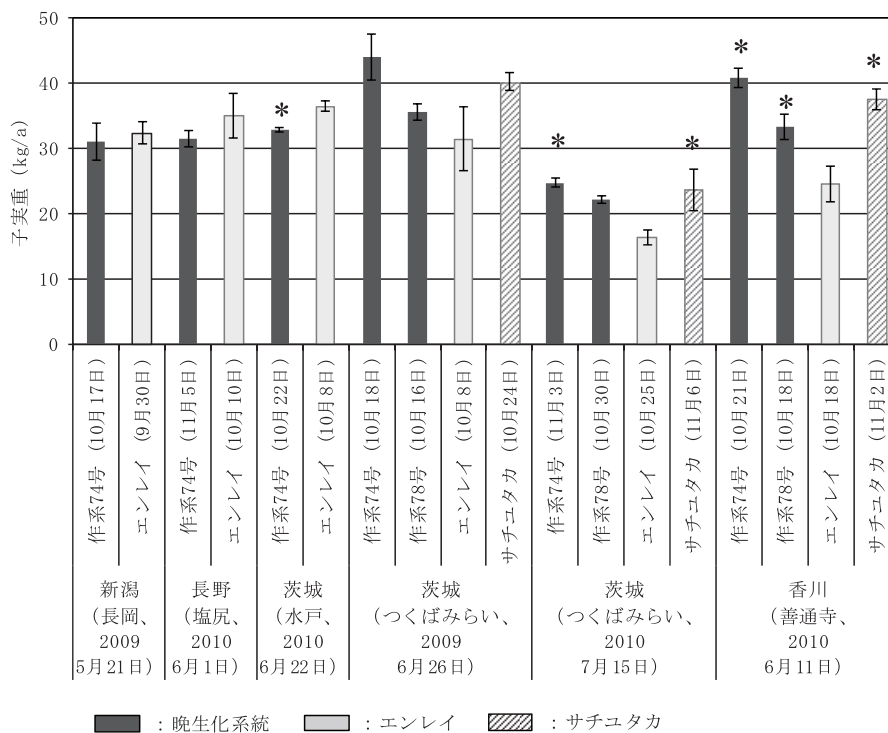


図4 晩生化系統と標準品種の収量性

試験地の日付は播種日、品種・系統の日付は成熟期を示す。エラーバーは標準誤差 (n=2)。\*は茨城 (つくばみらい)、香川については「エンレイ」を標準としたDunnnett検定で両側10%水準で有意な差異があることを示し、茨城 (水戸) についてはt検定で両側10%水準で有意な差異があることを示す。

イ」と晩生化系統の収量性の相対的な関係は変動すると思われるが、本研究では、茨城県つくばみらい市および香川県善通寺市では「エンレイ」の生育量が抑制された一方で、晩生化系統は十分な生育量を確保できたため、相対的に多収となったと考えられる。逆に、茨城県水戸市、長野県塩尻市、新潟県長岡市では晩生化系統が低収傾向を示したが、その原因として、過剰な生育に伴う倒伏や相互遮蔽による光利用効率の低下が考えられる。子実特性については、北陸

4県で栽培された「エンレイ」と比較して、北陸以南の各試験地で収穫された両晩生化系統の百粒重は同程度からやや大きく、蛋白質含有率は同程度からやや高くなる傾向が認められた (表3、図5)。北陸の「エンレイ」で問題となることの多いしわ程度については、品種・系統に係らず、南寄りもしくは短日条件での栽培を行うことで軽減の傾向が認められた。一方、裂皮程度については試験地間で一定の傾向は得られなかったものの、香川では多発していること

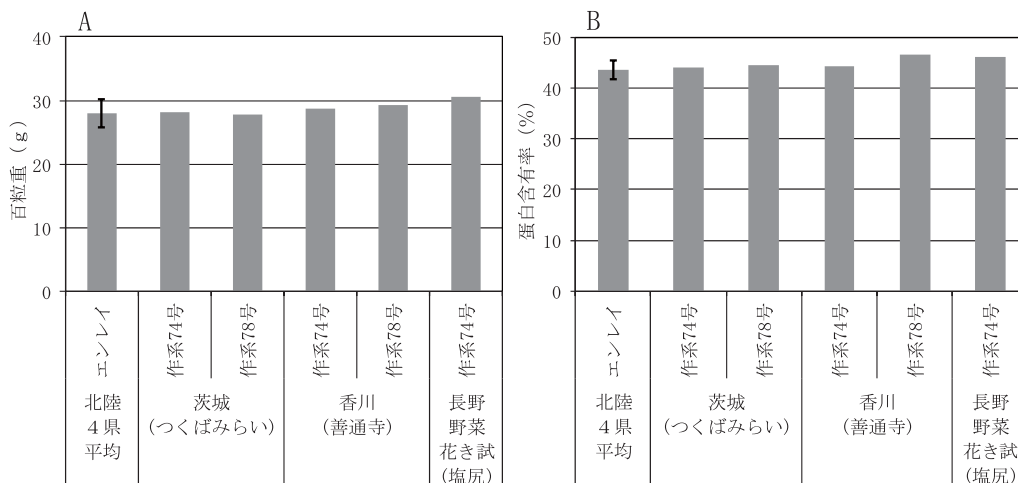


図5 エンレイと晩生化系統の百粒重および蛋白含有率（2010年度）

エラーバーは北陸4県の標準偏差を示す。

から、栽培地域の大幅な変更には注意が必要である。同じ試験地で「エンレイ」と晩生化系統を比較した場合は、紫斑程度としわ程度で晩生化系統が優れる事例が多く、裂皮程度については一定の傾向が認められなかった（表3）。その他の外観品質についても晩生化系統が劣る傾向は認められなかった（データ省略）。

以上から、北陸以南の地域で「エンレイ」の生育量が不足し低収となる場合でも、晩生化系統は「エンレイ」と同等以上の子実収量を得ることができる可能性が認められた。また、子実

品質についても、「エンレイ」の栽培適地で生産したものと比較しても劣らないと考えられた。これら晩生化系統の各地域における主力品種との比較については、今後さらに詳細な検討を行う必要があるが、「サチユタカ」のE2座領域を導入した「作系74号」は、同熟期の多収な「サチユタカ」と比較してほぼ同等の収量性を示したことから、MASを利用した早晩性改変によって、新たな有望系統を従来の品種育成よりも短期間に開発できる可能性が示唆された。

### III 戻し交雑育種法の有効性

戻し交雑による主要品種の特性改変という手法は、短期間かつ省力的に有望系統を開発できる点が大きな利点である。また、複数の遺伝子座領域を同時に導入した系統の開発も可能である。今後は、シスト線虫抵抗性、茎疫病抵抗性、葉焼病抵抗性、各種ウイルス病抵抗性、青立ち抵抗性などについても、DNAマーカーの開発とMASによる導入系統の開発が期待される。これらの導入形質が生育特性や子実品質に影響を及ぼさないものであれば、原品種の栽培法が適用でき、全く新しい品種とは異なり、倒伏や青立ちのしやすさ、病虫害抵抗性やその他栽培上の

多くの特性が生産者に理解されていることは、普及の面において利点である。ただし、目的形質の導入に伴って生じた新たな特性については、普及の際に伝える必要がある。

2000年以降に登録された豆腐用品種（成分改変や有色大豆等の特殊用途品種を除く）について、単交配からの品種育成では、交配から品種登録まで平均で14.5年要しているが、MASと戻し交雑による育成では最初の交配から登録まで10.3年、最後の戻し交雑からでは6.3年と育成期間が大幅に短縮している（表4）。戻し交雑にかかる期間は、どの程度、農業特性を原品種



に近づける必要があるかによって異なるが、今後、全ゲノム領域を対象に、MASを利用して残存領域をより効率的に除去しながら戻し交雑を行えば、育成期間をさらに短縮することも可能である。しかし、MASを利用した戻し交配による品種育成では、原品種の持つ生産性自体を継続的に向上させることは困難である。また、従来の品種育成の中でMASを利用して、欠点を作らずに多収性の系統を選抜することは理論

上可能と思われるが、品種育成では取り扱う個体数が多いため、高度な解析力と膨大な労力が必要になり現状では困難である。そのため、従来の品種育成の中では、高い生産性を有する系統開発を目指すことを優先して行い、欠点がある場合はMASを利用して戻し交雑で改良するという手法により、今後、品種開発の一層の効率化が期待される。

表4 最近の育成品種が登録までに要した期間

品種名	交配開始年次	最終交配年次	申請年次	最初の交配から(年)	最後の戻し交雑から(年)	原品種との交配回数	育成地
サチユタカ	1987		2001	14			九沖農研
ユキホマレ	1990		2001	11			道総研十勝農試
ふくいぶき	1988		2002	14			東北農研
つぶほまれ	1984		2003	19			長野県野菜花き試
つやほまれ	1987		2004	17			長野県野菜花き試
トヨハルカ	1993		2005	12			道総研十勝農試
ことゆたか	1988		2006	18			九沖農研
タチホマレ	1990		2006	16			長野県野菜花き試
ゆきびりか	1993		2006	13			道総研十勝農試
里のほほえみ	1996		2009	13			東北農研
シュウレイ	1996		2010	14			長野県野菜花き試
ユキホマレR ※	1999	2002	2010	11	8	4	道総研十勝農試
フクミノリ ※	2000	2004	2010	10	6	6	九沖農研
はつさやか	1995		2011	16			近中四農研
あきまる	1995		2011	16			近中四農研
ゆめのつる	2001		2011	10			道総研中央農試
すずほまれ	1994		2012	18			長野県野菜花き試
とよみづき	2001		2012	11			道総研十勝農試
サチユタカA1号 ※	2002	2007	2012	10	5	5	作物研
従来育種				14.5			
MAS+戻し交雑				10.3	6.3		

2000年以降に登録された豆腐用品種（成分改変や有色大豆等の特殊用途品種は除く）。

※はMASと戻し交雑により育成された品種を示す。

## 謝 辞

本報告は、農林水産省高度化事業「DNAマーカー育種による耐裂莢性ダイズの育成と利用技術の開発（18038）」、農林水産省委託プロジェクト研究「水田の潜在能力発揮等による農地周年有効活用技術の開発（51005）」、「新農業展開

ゲノムプロジェクト（ゲノム研究成果を活用した大豆等イネ科以外の新品種開発、DD-3130・DD-2040・DD-3260）」および「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のための技術開発（2003）」の成果です。関係各位に深く感謝い

たします。また、本研究の推進にご協力を頂いた圃場管理、実験補助に関わる職員各位に深く感謝いたします。

## 引用文献

- Bernard, R. L. (1971) Two major genes for time of flowering and maturity in soybeans. *Crop Sci.* 11, 242-244.
- Buzzell, R. I. (1971) Inheritance of a soybean flowering response to fluorescent-daylength conditions. *Can. J. Genet. Cytol.* 13, 703-707.
- Funatsuki, H., M. Hajika, T. Yamada, M. Suzuki, S. Hagihara, Y. Tanaka, S. Fujita, M. Ishimoto and K. Fujino (2012) Mapping and use of QTLs controlling pod dehiscence in soybean. *Breed. Sci.*, 61, 554-558.
- Funatsuki, H., M. Hajika, S. Hagihara, T. Yamada, Y. Tanaka, H. Tsuji, M. Ishimoto and K. Fujino (2008) Confirmation of the location and the effects of a major QTL controlling pod dehiscence, *qPDH1*, in soybean. *Breed. Sci.*, 58, 63-69.
- 船附秀行・羽鹿牧太・山田哲也 (2010) ダイズの難裂莢性DNAマーカーの開発とその利用による難裂莢性系統群の育成. *農業技術*, 65 (9), 317-323.
- Funatsuki, H., M. Ishimoto, H. Tsuji, K. Kawaguchi, M. Hajika and K. Fujino (2006) Simple sequence repeat markers linked to a major QTL controlling pod dehiscence in soybean. *Plant Breed.*, 125, 195-197.
- Ishimoto, M. (2005) Current status and future prospects of molecular marker assisted selection in soybean breeding programs. *Res. J. Food Agric.*, 28, 27-32.
- 永島宏慧・篠崎敦 (2009) 大豆難裂莢性遺伝子の有無による品質劣化程度の差異. *日本作物学会関東支部会報*, 24, 56-57.
- 農林水産省 (2012) 国産大豆品種の事典. [http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d\\_ziten/](http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/d_ziten/)
- Watanabe, S., R. Hideshima, Z. Xia, Y. Tsubokura, S. Sato, Y. Nakamoto, N. Yamanaka, R. Takahashi, M. Ishimoto, T. Anai, S. Tabata and K. Harada. (2009) Map-based cloning of the gene associated with the soybean maturity locus *E3*. *Genetics*, 182, 1251-1262.
- Watanabe, S., Z. Xia, R. Hideshima, Y. Tsubokura, S. Sato, N. Yamanaka, R. Takahashi, T. Anai, S. Tabata, K. Kitamura and K. Harada. (2011) A map-based cloning strategy employing a residual heterozygous line reveals that the *GIGANTEA* gene is involved in soybean maturity and flowering. *Genetics*, 188, 395-407.
- Yamada, T., H. Funatsuki, S. Hagihara, S. Fujita, Y. Tanaka, H. Tsuji, M. Ishimoto, K. Fujino and M. Hajika (2009) A major QTL, *qPDH1*, is commonly involved in shattering resistance of soybean cultivars. *Breed. Sci.*, 59, 435-440.
- Yamada, T., M. Hajika, N. Yamada, K. Hirata, A. Okabe, N. Oki, K. Takahashi, K. Seki, K. Okano, Y. Fujita, A. Kaga, T. Shimizu, T. Sayama and M. Ishimoto (2012) Effects on flowering and seed yield of dominant alleles at maturity loci *E2* and *E3* in a Japanese cultivar, Enrei. *Breed. Sci.*, 61, 653-660.