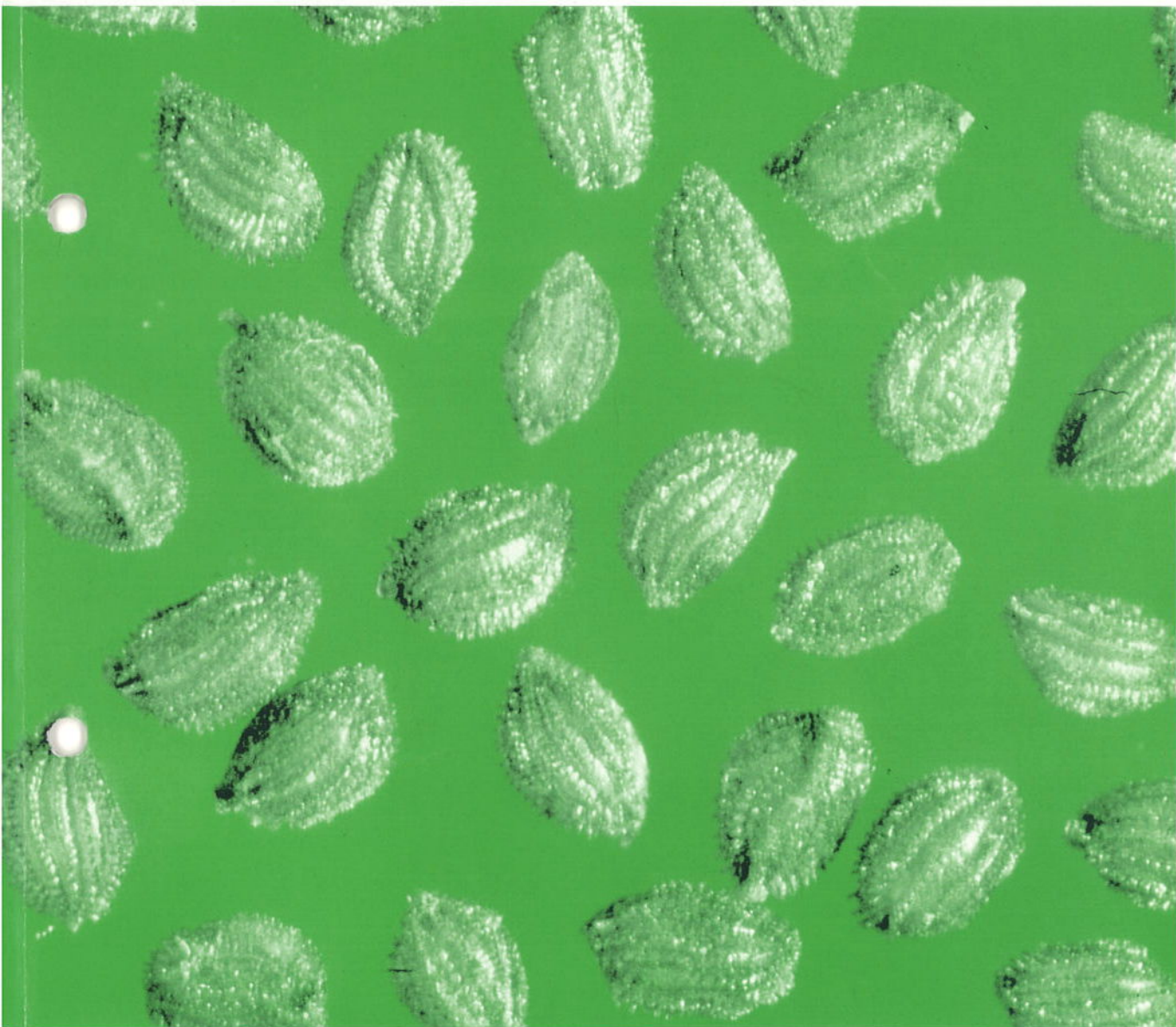


植調

第46巻第5号



イワボタン (*Chrysosplenium macrostemon* Maxim.) 長さ1mm

公益財団法人

日本植物調節剤研究協会

<http://www.japr.or.jp/>

より豊かな 農業生産のために。 三井化学アグロの除草剤



キクンジャベZ 1キロ粒剤

MICシロノック 1キロ粒剤51

MICスラッシャ 粒剤 1キロ粒剤

イネエース 1キロ粒剤

クサファイター 1キロ粒剤

クサトリードX ジャンボH/L[®]
1キロ粒剤75/51
フロアブルH/L

ラクダーフロ フロアブル・Lフロアブル
1キロ粒剤75/51

イネキング 1キロ粒剤
ジャンボ
フロアブル

MICスウィープ フロアブル

フォローアップ 1キロ粒剤

シロノック 1キロ粒剤75
H/Lフロアブル
H/Lジャンボ

クサトッタ 粒剤 1キロ粒剤

イネ王国 1キロ粒剤

MICザーバックスDX 1キロ粒剤

草枯らしMIC



三井化学アグロ株式会社

東京都港区東新橋 1-5-2 汐留シティセンター
ホームページ <http://www.mitsui-agro.com/>



バスタ 液剤

畑の中で使えるという、安心。
多くの作物に登録がある、信頼。
雑草をしっかりと枯らせる、自信。
それが、茎葉処理型除草剤バスタです。

大切な作物のそばに。

※は登録商標



Bayer CropScience
バイエルクロップサイエンス株式会社

www.basta.jp/

お客様相談室 ☎ 0120-575-078 (9:00~12:00, 13:00~17:00 土・日・祝日を除く)



卷頭言

21 世紀の雑草管理

茨城大学農学部教授
フィールドサイエンス教育研究センター長 佐合隆一

団塊世代である私たちの幼少の時代には、農家は牛車で荷物を運び、自転車が貴重品であり、現在ある電化製品はほぼ何もなかった。この60年間における科学技術の進歩は急速であり、驚異的である一方、人間の精神的側面は変わらず、「幸せ」を感じられないことへの疑問が取りざたされている。ブータンの国民総幸福量の考え方、わが国で年間3万人を超える自殺者や精神的な病が、増え続けている現実をいつも考えさせられる。このギャップは、革新的技術が、人間形成に必須の要素である伝統的な価値観と合致しないところで進歩を遂げていることと無関係でないと思う。また、こうした人間性や道徳観、これらを支えてきた宗教が、この60年間の日本の風土の中で軽んじられてきたことも一因ではないかと思う。

私がアメリカで除草剤耐性遺伝子導入作物(GMO)を栽培している農家を案内していただいた時に、「今の若い者(農家)は畑を見て回らないから、何もわかっていない。長靴の足跡が作物の肥やしなんだ」とか「GMOで10年以上グリホサートのみで防除できたので、抵抗性雑草が出現しても、何の除草剤をどう使うかを分かる若い者がいない」という話があった。日本の農家もほぼ同じ状況ではないだろうか。「一発処理剤一回で効果があれば、その後に田の中に入る必要がないし、成分がどうであれ、効くと言われる製剤を散布すればそれで良い」「今自分の田んぼで、何の雑草が発生していて、その雑草が発生(顕在化)する前に除草剤で枯殺されている現実を知らずに済んでいる」。これは農業技術の進歩として目指してきた方向であるが、「人間疎外」そのものではないか。

一方、卒業生の中に自分が管理している水田で、稲に向かって歌っている学生がいた。今芸

術家として活躍している彼女は、作物に話しかけることで心が癒され、作物にも良い効果を生むと信じていた。また、「作物を育てるために、雑草を人力で抜くことに苦労はないですよ」という農家もいる。経済性という価値観で簡単に評価できない農作業にこそ人間性をみることができるのである。

戦後60年余り、高度に科学技術が発達した社会の中で、雑草防除技術も驚異的な進歩を遂げた。「除草剤」という道具に、パソコンや携帯電話と同様に人間は使われているのではないか。同様に、一網打尽的な「刈払い」や、非選択的除草剤を連続的に散布している。こうした除草は、より除草が困難な「大型で見栄えの悪い草種」が優占化し、「小型で見栄えの良い在来草種」が減少する植生になると分かっているにもかかわらず、「道具」に使われ、進歩の無い除草法を営々として続けている。

二十世紀の高度に発展した技術に、その陰で忘れてきたことは何か？二十世紀へ目指すべき雑草防除の哲学は構築されているのか？除草剤の感受性に依存した形で雑草が残るのではなく、私たち人間にとって共存をはかる雑草を残存させる道具として、除草剤を有効に利用する技術を開発すべきではないか？どの草を除草し、どの草を生かすかという観点で、人間の意志を反映させて、年々楽になる管理方法を目指して、植生を管理すべきではないか？スーパーの野菜売り場で売っている野菜だけが食べられるものではなく、自分の身の周りにある雑草や山野草が、スーパーで手に入らない貴重な高級野菜であり、誰もが簡単に食べられ得ない価値ある食物であることに気づくべきではないか？雑草管理に求められる課題はつきない。

目次

(第 46 卷 第 5 号)

巻頭言

- 21 世紀の雑草管理 1
 <茨城大学農学部教授 フィールドサイエンス
 教育研究センター長 佐合隆一>

- 津波被害を受けた岩手県内の水田および畑地の状況と
 その後の経過 3
 <岩手県農業研究センター 技術部作物研究室
 日影勝幸>

- 花咲かホルモン (フロリゲン) 11
 <奈良先端科学技術大学院大学・バイオサイエンス研究科
 辻 寛之 田岡健一郎 島本 功>

- ペチュニアの大輪化とサイトカイニン 19
 <(独)農業・食品産業技術総合研究機構 花き研究所
 西島隆明>

- 新潟県における食用ギク在来系統の諸特性 31
 <村上地域振興局農林振興部 佐藤 淳
 (元 新潟県農業総合研究所園芸研究センター)>

- 身近な雑草かん木 (5) ウツギ 40
 <NPO 法人自然観察大学 岩瀬 徹>

- 植調協会だより 42
 <(公財)日本植物調節剤研究協会>

**省力タイプの高性能
水稲用初・中期
一発処理除草剤シリーズ**



**問題雑草を
一掃!!**

日農 イッポン®

**この一本が
除草を変える!**

1キロ粒剤75・フロアブル・ジャンボ

日農 イッポンD®

**田植え
同時処理
可能!**
(ジャンボを除く)

1キロ粒剤51・フロアブル・ジャンボ

ダイナマンD

1キロ粒剤51 フロアブル

投げ込み用
マサカリ
ジャンボ

マサカリジャンボ

日本農薬株式会社
 東京都中央区日本橋1丁目2番5号
 ホームページアドレス <http://www.nichino.co.jp/>

●使用前にはラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●本剤は小児の手の届く所には置かないでください。●使用後の空容器・空袋等は密着などに放置せず、適切に処理してください。

津波被害を受けた岩手県内の水田および 畑地の状況とその後の経過

岩手県農業研究センター 技術部作物研究室 日影勝幸

1. はじめに

東日本大震災による津波で甚大な被害を被った沿岸地域では、農業の復旧・復興に向けた取り組みが全力で進められている。このなかで、岩手県農業研究センターでは「震災復旧・復興支援プロジェクトチーム」を編成し、農業改良普及センターと共同で、津波被災した水田及び畑地の状況とそこに栽培した水稻、きゅうり、果樹の生育経過について、平成23年度に調査したのでその内容を紹介する。

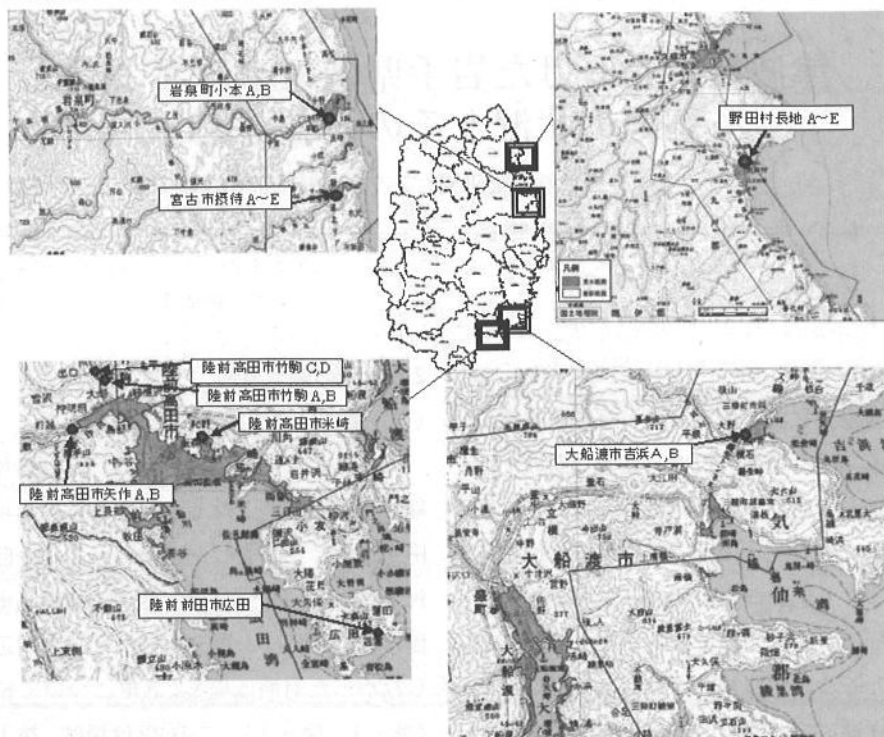
2. 水稻の調査事例

(1) 調査ほ場の概要

津波により被災した水田で、平成23年から水稻作付けが可能となる水田と作付け不可能な水田を選定し、調査した。そのうち、今回は野田村、岩泉町、宮古市、大船渡市、陸前高田市の水稻作付けが可能となった被災ほ場と周辺の被災しなかった対照ほ場22ほ場について紹介する(表-1、図-1)。この22ほ場は、被災程度や実施した除塩対策の内容が異なるほか、除塩回

表-1 調査した地点の被害状況と除塩対策

調査地点	品種名	被災の有無	津波被害の程度	除塩対策			
				資材投入	湛水除塩対策の内容	代かき回数 (通常の代かき含む)	その他
大船渡市	吉浜A	あきたこまち 被災	海砂層1~2cm	なし	—	2回	—
	吉浜B	〃 被災なし	—	—	—	1回	—
陸前高田市	米崎	ひとめぼれ 被災	海水のみ	なし	—	3回	—
	矢作A	ひとめぼれ 被災	堆積層1~2cm	なし	—	3回	—
	矢作B	〃 被災なし	—	—	—	1回	—
	竹駒A	ひとめぼれ 被災	海水のみ	なし	—	2回	—
	竹駒B	〃 被災なし	—	—	—	1回	—
	竹駒C	ひとめぼれ 被災	堆積層2~5cm	なし	湛水2日後強制落水×2回	1回	—
	竹駒D	〃 被災	〃	なし	—	1回	堆積層除去
	広田	ひとめぼれ 被災	堆積層1~2cm	なし	湛水数日後強制落水×1回	1回	—
宮古市	摂待A	あきたこまち 被災	堆積層2~5cm	消石灰	湛水数日後強制落水×2回	1回	—
	摂待B	どんぴしゃり 被災	堆積層2~5cm	なし	湛水数日後強制落水×2回	1回	—
	摂待C	あきたこまち 被災	海水のみ	なし	—	1回	—
	摂待D	〃 〃 被災	堆積層1~2cm	なし	—	1回	—
	摂待E	〃 被災なし	—	—	—	1回	—
岩泉町	小本A	あきたこまち 被災	海水のみ	なし	—	1回	—
	小本B	〃 被災なし	—	なし	—	1回	—
野田村	長地A	つづみのり 被災	海水のみ	なし	湛水1日後強制落水×3回、 湛水6~10日後強制落水×3回	1回	—
	長地B	いわてつこ 被災	〃	なし	〃	1回	—
	長地C	つづみのり 被災	〃	なし	〃	1回	—
	長地D	いわてつこ 被災	海水のみ	なし	〃	1回	—
	長地E	いわてつこ 被災	堆積層1~2cm	なし	湛水数日後自然落水×3回	1回	—



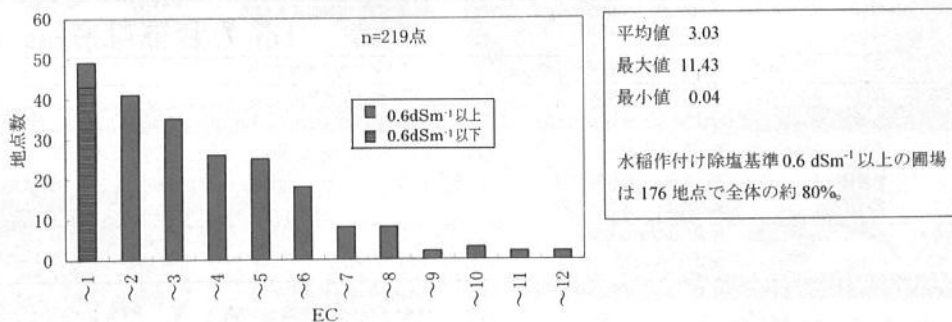
図－1 調査した地点(国土地理院の作成した図に加筆)

数も2～6回と様々であった。

(2) 除塩前の津波被災水田における電気伝導度 (以下「EC値」とする) 調査結果

久慈地域の浸水農地について、久慈農業改良普及センターと県北農業研究所が共同で、久慈

市、野田村、洋野町の主に水田219点の土壌EC値を調査(H23年3月下旬～4月上旬)した結果、EC値は最大値11.4 dSm^{-1} 、平均値3.0 dSm^{-1} であり、水稲作付けの除塩基準EC0.6 dSm^{-1} を上回る場合は176点と全体の約80%を占めた(図－2)。



図－2 久慈地域の津波浸水農地のEC値

注) 水田212点、畑7点、作土層、調査時期：平成23年3月下旬～4月上旬

岩手農研県北研究所、久慈普及センター共同調査より ※H23.3.11～4.10までの積算降水量23.5mm

(3) 除塩後の津波被災水田におけるEC値の推移

岩手県では作物作付け前までの除塩基準となるEC目標値を既知見をもとに 0.6 dSm^{-1} と設定した。今回の調査は場において、EC値を目標値まで低下するのに要した除塩対策回数は、作付け前のEC値 4 dSm^{-1} 以上の場合6回（湛水後に排水）、EC値 $2 \sim 3 \text{ dSm}^{-1}$ の場合2～3回

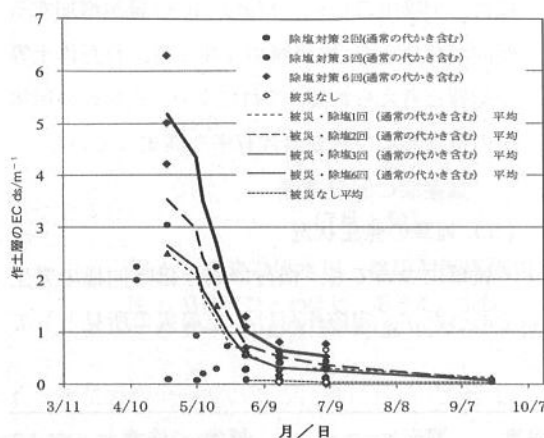


図-3 除塩対策回数によるEC値の推移

程度（湛水後に排水または代かき後に排水）であった。

岩手県内で調査した事例では、降雨後の湛水がほとんど無い排水性の比較的良好なほ場が多く、湛水後に強制排水する「湛水除塩」と代かき後に強制排水する「代かき除塩」に明確な効果の差は認められなかった（図-3）。また、石灰施用による除塩効果を調査したが、当実証圃場が砂質土壌で排水性が良いためか、石灰施用による効果は判然としなかった。

EC値の推移を見ると（表-2）、県のEC目標値 0.6 dSm^{-1} 程度まで除塩対策を行ったほ場では、被災しないほ場と同様のEC値の推移を示し、中干し実施後にも被災ほ場においてEC値の大きな上昇は認められなかった。また、堆積層除去を行ったほ場でも、堆積層除去を行わなかった場合と同程度のEC値の推移であり、堆積層除去によるEC値低下に対する効果は湛水除塩並みであった。

表-2 水田作土層のEC値推移

(単位: dSm^{-1})

調査地点	品種名	被災の有無	除塩前	除塩後	6月中旬	7月上旬	成熟期	塩害症状等
大船渡市	吉浜A あきたこまち	被災	2.240	0.086	0.074	0.076	0.046	無し
	吉浜B "	被災なし	—	0.056	0.045	0.049	0.033	—
陸前高田市	米崎 ひとめぼれ	被災	—	0.534	0.520	0.387	—	一部葉先枯れ
	矢作A ひとめぼれ	被災	2.250	0.549	0.087	0.116	0.077	一部葉先枯れ
	矢作B "	被災なし	—	0.055	0.046	0.073	0.042	—
	竹駒A ひとめぼれ	被災	—	0.288	0.273	0.133	—	葉先枯れ
	竹駒B "	被災なし	—	0.059	0.046	0.046	—	—
	竹駒C ひとめぼれ	被災	0.919	—	0.140	0.059	0.045	無し
	竹駒D "	被災	1.379	—	0.220	0.082	0.046	無し
	広田 ひとめぼれ	被災	2.500	0.600	0.613	0.122	0.122	葉先枯れ
宮古市	撰待A あきたこまち	被災	1.710	0.060	0.080	0.050	—	無し
	撰待B どんぴしゃり	被災	3.050	0.060	0.060	0.070	—	無し
	撰待C あきたこまち	被災	—	—	0.020	0.020	—	葉先枯れ
	撰待D "	"	—	—	0.060	0.650	—	葉先枯れ
	撰待E "	被災なし	—	—	0.180	0.010	—	—
岩泉町	小本A あきたこまち	被災	—	—	0.190	0.060	—	葉先枯れ
	小本B "	被災なし	—	—	0.040	0.060	—	—
野田村	長地A つぶみのり	被災	6.300	1.300	0.810	0.530	—	無し
	長地B いわてっこ	被災	5.000	1.100	0.510	0.770	—	"
	長地C つぶみのり	被災	5.000	1.100	0.510	0.770	—	"
	長地D いわてっこ	被災	4.200	0.700	0.630	0.330	—	"
	長地E いわてっこ	被災	2.000	0.300	0.090	0.290	—	"

(4) 水稻の生育収量等に対する影響

除塩対策を行ったにもかかわらず、除塩が不十分なほ場の一部分で活着直後の葉先枯れが見られたところもあった。しかし、水稻移植前にEC値 0.6dSm^{-1} 程度まで除塩対策を行ったほ場では、被災しない慣行ほ場とほぼ同等の最高分げつ期茎数、穂数、精玄米重が確保されていた(表-3、図-4)。

またpH値は、無被災ほ場に比較して、被災ほ場でやや高く、この傾向は7月上旬まで認められたが、9月の成熟期には同程度であった。作土中アンモニア態窒素の推移では、同量の窒素施肥を行った近隣ほ場と比較すると無被災ほ場より高くなっている事例が多く、6月中旬で、乾土 100mg あたり最大 2.5 (平均 0.92) mg 、7月上旬

で最大 1.5 (平均 0.62) mg 多くなる傾向が認められた。これは、堆積層や津波で運ばれた作土等により高まったものの推察された。被災ほ場では土壌中アンモニア態窒素の増加などにより、無被災ほ場より、草丈及び茎数、穂数が増加した事例も見られた。

津波被災水田では、土壌中アンモニア態窒素同様に、土壌中の CaO 、 MgO 、 K_2O 量が増加する傾向が認められ、堆積層や津波で運ばれた作土等の影響と考えられる。これにより、成熟期の稲穂中の窒素および各要素含有率も高まっていた。

(5) 雑草の発生状況

雑草についても、慣行ほ場とほぼ同様の発生であったが、実際作付けした農家の所見として

表-3 水稻の収量及び玄米品質

調査地点	品種名	被災の有無	全重 kg/10a	精玄米 重 kg/10a	(比率) %	屑米 歩合 %	検査 等級 *注)	備考
大船渡市	吉浜A	被災	1502.5	550.3	116	13.8	2下	整粒不足
	吉浜B	被災なし	1181.0	475.3	(100)	8.9	1中	—
陸前高田市	米崎	被災	1067.4	445.1	—	4.8	1中	—
	矢作A	被災	1484.0	479.8	—	12.7	1下	整粒不足
	矢作B	被災なし	1272.9	476.8	(100)	7.4	1中	—
	竹駒A	被災	997.2	431.9	97	3.9	1中	—
	竹駒B	被災なし	1009.8	445.6	(100)	2.9	1中	—
	竹駒C	被災	1450.0	514.4	—	9.1	2中	乳白
	竹駒D	被災	1306.8	462.6	—	10.5	3中	乳白
	広田	被災	1110.2	331.8	—	20.8	3上	青未熟
宮古市	撰待A	被災	1655.0	444.0	89	26.6	2中	青未熟
	撰待B	被災	1705.0	611.0	—	9.2	3上	青未熟
	撰待C	被災	1183.0	461.0	93	3.2	2中	青未熟
	撰待D	—	1679.0	487.0	98	22.8	2中	青未熟
	撰待E	被災なし	1288.0	498.0	(100)	14.0	1中	—
岩泉町	小本A	被災	1447.0	541.0	100	6.3	2中	死米
	小本B	被災なし	1462.0	543.0	(100)	12.6	1下	—
野田村	長地A	被災	1545.0	640.0	—	11.2	3中	青未熟
	長地B	被災	1600.0	517.0	—	14.2	2上	青未熟
	長地C	被災	1589.0	553.0	—	10.8	3中	青未熟
	長地D	被災	1600.0	475.0	—	19.7	2上	青未熟
	長地E	被災	1322.0	516.0	—	5.0	2上	整粒不足

注) 検査等級は、1等上～3等下、規格外の10段階区分で評価。

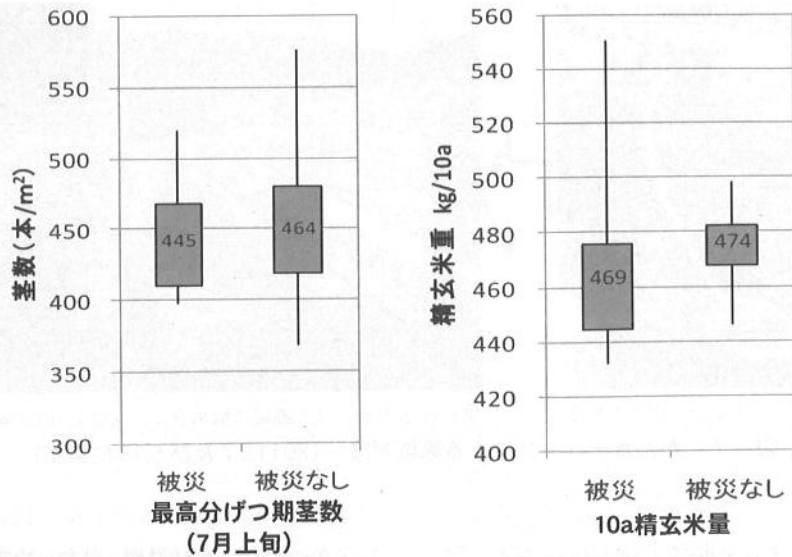


図4. 津波被災水田（除塩対策実施田）と周辺の被災なし水田の比較

注1) 品種はひとめぼれ、あきたこまち。

注2) グラフ中の値は平均値、エラーバーはデータ範囲、箱はデータ25～75%範囲を示す。

は、「雑草の発生が遅いように感じた」、「これまでと違う雑草が発生した」などであった。

また、除塩対策を行わなかった事例では、水稻の葉先枯症状がみられ、初期の生育に影響（6

月中旬茎数が慣行比61または81%）し、減収（慣行比93%）していた。このようなほ場では、雑草の生育も抑制されていることが観察された（図-5）。



図-5 EC値の違いによるほ場の状態(7/7)

注1) 左: EC 0.4dS^m⁻¹、右 EC 1.4dS^m⁻¹

2) 5/31 移植で除草剤未使用ほ場の事例

3) 主要雑草はコナギであった。

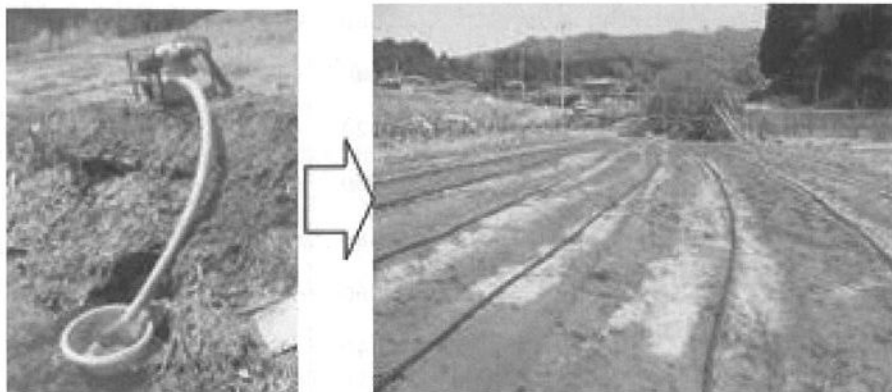
3. その他の作物の事例調査

(1) きゅうり

津波被災畑地における短期除塩対策として、EC値が高い土壌表面の泥状堆積物を除去（図-6）するとともに、雨水に加え沢水のポンプ



図-6 リアグレーダで表層を剥離



①エンジンポンプで沢水を揚水

②かん水チューブで圃場に散水チューブは1.5m間隔で配置

図-7 かん水チューブによる除塩対策 (2011.5.7 及び 5.18 に実施)

アップにより真水を散水することで(図-7)、短期的に土壌EC値を低下させることができた。この手法により4月下旬から約1ヶ月間の除塩を行ない、6月から露地きゅうりを栽培し、地域の平均とほぼ同等の収量が確保された。

(2) 果樹

津波被害を受けた樹園地では、浸水のおよそ1ヶ月後のEC値は、収量が10%低下するとされる値(2.5 dSm⁻¹)を下回っており、7ヶ月後には浸水していない土壌と同程度まで低下していた。

観察によると、落葉果樹(ぶどう、もも、うめ、かき、いちじく等)には目立った障害が見ら

れなかったが、常緑果樹(びわ、ゆず)では落葉等の障害が見られた(図-8)。

4. おわりに～雑草に関する課題～

農地の復旧には、今なお、かなりの時間を要している地域が多い。被災後1年経過した平成24年春でもECが十分低下していない水田も見られるほか、ほ場にかれき撤去が完了していないほ場、客土等を行ってもう一度土づくりからはじめなければならないほ場など様々である。

昨年秋、被災後作物を作付けしていない農地では、ヒエなど雑草がかなり繁茂していた(図-9)。今後は、被災地全体での雑草管理も重要な



図-8 常緑果樹の状況(びわ、2011.7.4)



図-9 作付けしていないほ場での雑草繁茂(2011年秋)

課題の一つといえる。

今回紹介した内容は、平成23年度試験研究成果書としてとりまとめている内容から引用しており、詳細については、岩手県農業研究センター試験研究成果書を参照されたい（参考文献等1）。

4. 参考文献等

- 1) 岩手県 2012. 津波被災水田における水稻栽培事例解析. 平成23年度岩手県農業研究センター成果書. 岩手県農業研究センターホームページ(<http://www.pref.iwate.jp/~hp2088/>).
- 2) 岩手県 2011. 東北地方太平洋沖地震災害の復旧・復興に係る営農対策技術等対策マニュアル.
- 3) 福島県 2008. 海水流入ほ場で塩害を軽減するための栽培技術. 福島県実用化技術情報.
- 4) 香川県 2004. 農地への海水の流入が農作物

に及ぼす影響とその対策. 香川県農業経営課.

- 5) 木田ら 2007. 土壌塩分が水稻苗の活着に及ぼす影響. 東北農業研究 60:35-36.
- 6) 熊本県 1999. 平成11年台風18号塩害対策試験成績書. 熊本県農業研究センター.
- 7) 岩手県 1961. チリ地震津波の記録. 陸前高田農業改良普及所.
- 8) 本杉ら 1987. 数種類の台木におけるリング樹の対塩性の比較. 園芸学会雑誌.
- 9) BERENSTEIN, L. 1965. Salt tolerance of fruit crops. USDA Agr. Inf. Bull.
- 10) 中矢ら 2006. 2004年インド洋津波によるタイ南部農村地帯の長期的被害調査. 海岸工学論文集 53.
- 11) 東北農政局 2011. 東日本大震災について(農地の除塩現地実証試験の結果について). 東北農政局プレスリリース(H23.9.29)

雑草・病害・害虫の写真 15,000点と解説を 無料公開

病害虫・雑草の情報基地として
インターネットで見られます。
ご利用下さい。



Please access
boujo.net

<http://www.boujo.net/>

病害虫・雑草の情報基地

検索



電子ブックで公開

日本植物病害大事典

農業分野で重要な植物病害を写真と解説で約 6,200 種収録した最大の図書を完全公開。(1,248 ページ)

日本農業害虫大事典

農作物、花卉、庭木、貯蔵植物性食品を含む、害虫 1,800 種を専門家により、写真と解説で紹介した大事典を完全公開。(1,203 ページ)

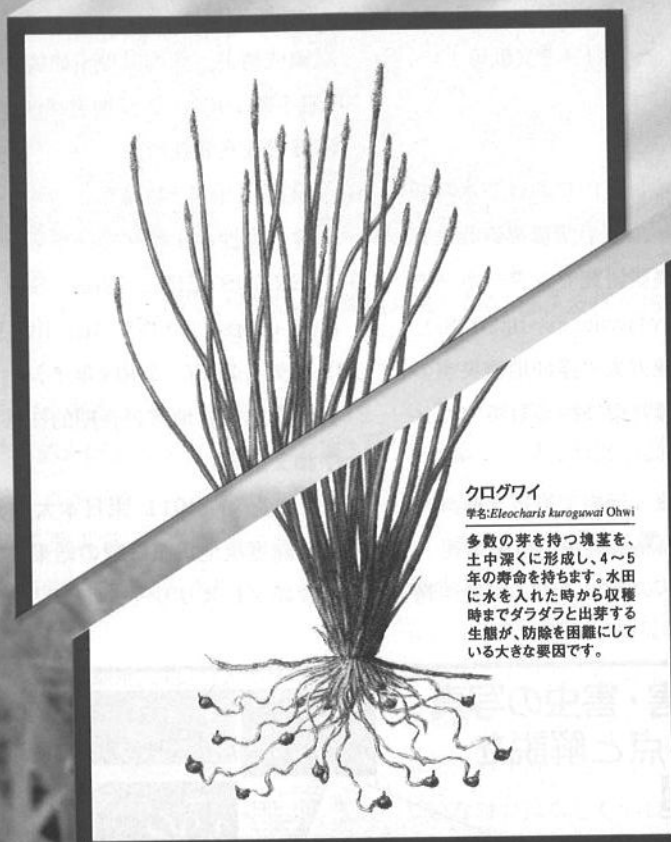
ミニ雑草図鑑

水田・水路・湿地から畑地・果樹園・非農耕地に発生する 483 余種の雑草を幼植物から成植物まで生育段階の姿で掲載。(192 ページ)

全国農村教育協会

〒110-0016 東京都台東区台東 1-26-6
<http://www.zennokyo.co.jp>

クログワイの悩み、ス。パツと解決。



クログワイ

学名: *Eleocharis kurogumii* Ohwi

多数の芽を持つ塊茎を、土中深くに形成し、4～5年の寿命を持ちます。水田に水を入れた時から収穫時までダラダラと出芽する生態が、防除を困難にしている大きな要因です。

適用拡大で
さらに
使いやすく!

初期剤との体系で、クログワイもしっかり防除。
一発剤よりも遅い時期の散布で、徹底的にたたきます。

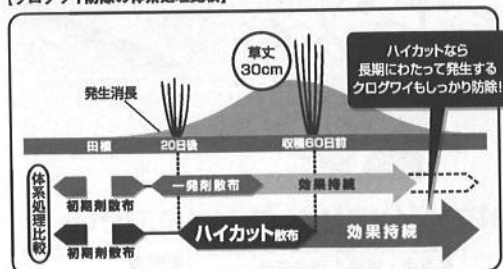
水稲用除草剤

ハイカット®

1キロ粒剤

- ノビエの3.5葉期まで防除
- SU抵抗性雑草にも有効 ●難防除雑草に卓効

【クログワイ防除の体系処理比較】



Ⓔは日産化学工業(株)の登録商標

★日産化学工業株式会社 〒101-0054 東京都千代田区神田錦町3-7-1 (興和一橋ビル) TEL 03 (3296) 8141 <http://www.nissan-agro.net/>

花咲かホルモン（フロリゲン）

奈良先端科学技術大学院大学・バイオサイエンス研究科

辻 寛之
田岡健一郎
島本 功

フロリゲンは植物の花を形成させる決定的な効果を持つ物質として、1937年にその存在が提唱された。美しい花とその後の実りをもたらすフロリゲンは植物科学者にとって極めて魅力的な研究対象となり、その存在が提唱されて以来フロリゲンの正体を明らかにするために数多くの研究がなされてきた。しかし、こうした努力にも関わらずフロリゲンの分子実体は長く謎のままであり、いつしか「幻の植物ホルモン」とまで呼ばれるようになっていった。しかし、近年モデル植物を用いた分子遺伝学的研究が精力的に進められた結果、2007年についてフロリゲンの正体がHd3a/FTと呼ばれるタンパク質であることが明らかとなった。ここではフロリゲン研究の歴史的経緯を概説するとともに、筆者らの研究室で進められてきたフロリゲンの実体解明の研究¹と、最近明らかになったフロリゲン受容体²について解説する（図-1）。さらに筆者らは共同研究でフロリゲンの活性本体となるタンパク質複合体の結晶構造を明らかにしており²、ここから期待される開花調節剤開発の展望について述べる。

フロリゲン説

花がいかにして形成されるかという問題は、人々の関心を長く惹きつけてきた。ドイツの文豪ゲーテ(Johann Wolfgang von Goethe)は、18

世紀の後半に著書「植物変形論(Metamorphose der Pflanzen)」の中で、植物形態の詳細な観察に基づき「花は葉の変形である」と主張している。花弁などの花器官も最初は葉として発生しており、ここにある刺激が作用することで葉が花器官に変形するというものである。この主張は後に有名な「ABCモデル」の形で分子レベルの証明がなされ大きな話題となった³。さらにこの概念からは葉を花の器官に変形させる効果をもつ物質の存在が想定される。植物生理学の創始者ともいえるドイツの植物学者ザックス(Julius von Sachs)も、19世紀の後半に様々な生理学実験の結果を総合して植物の器官形成物質という概念を提唱している。その中でも花器官を形成させる仮想の物質として「花形成物質」を想定している。花を咲かせるホルモン・フロリゲンの概念的な起源はこの「花形成物質」にまで遡ることが可能であろう。

フロリゲン説の提唱に至る直接的な契機となったのは、1920年にアメリカ農務省の研究者ガーナーとアラードによる光周性花成の発見である。光周性花成とは植物の花芽形成（花成）が日長（光周期）によって制御される性質のことである。植物の多くは一年間の季節の変化を予測して（例えばある種の植物では寒い冬がやってくる前に）花をつけることができる。しかし植物が環境のパラメーターの中で何を用いて季

節変化を予知しているのかは、ガーナーとアラードの発見まで分かっていなかった。彼らはたくさんのタバコを栽培する中で、メリーランドマンモスと呼ばれる奇妙な品種を見いだした。通常のタバコは夏に花をつける一方で、この品種は夏には花をつけず、秋にさしかった時にだけ花を咲かせることを見いだした。彼らはこの現象に興味を持ち、メリーランドマンモスが様々な環境条件のなかでも何を利用して夏と秋を見分けるのか、種々の条件を試験していった。その結果、もっとも考えやすい要素である気温や照度などではなく、一日の日の長さ(日長)が最大のキー因子であることが分かった。この発見は後に動物の季節性繁殖行動等にも波及し、地球の公転による季節変化と生命の営みを同期させるための動植物に普遍的なメカニズムであることが明らかとなってきた。現在では光周性花成の制御機構は概日時計と光情報入力系の複雑な相互作用で成立していることが明らかにされつつある⁴。

植物が日長を認識して花成を開始させることが明らかになったとき、次の重要な質問は植物体のどの器官が日長を認識するかという問題であった。植物の発生では、新しい葉(及び葉の変形である花器官)は茎の先端の幹細胞集団である茎頂分裂組織から生み出される。従って単純に考えると茎頂が日長を直接認識する可能性が考えられる。ところが植物体の様々な部位を覆い隠して部分的に日長を変化させる実験を行ってみると、植物が日長を感受している器官は花のつく茎頂ではなく空間的に離れた葉であることが分かった。つまり葉は日長を計測して花成に最適な季節の到来を判断する器官であり、葉から茎頂までの長距離を情報が伝達されて花成が開始されると考えられる。ロシアの植物生理

学者チャイラヒアンは、キクを用いた接ぎ木実験からこの移動性物質の存在を確信し、1937年に花成ホルモン・フロリゲンという概念を提唱した。ちょうどこれと同時期にはダーウィンの見いだした光屈性現象を説明する物質としてオーキシンの分子実体が解明されたこともあり、物質としてフロリゲンを取り出す研究が精力的に行われた。しかし決定的なフロリゲン活性の抽出には至らず、いつしかフロリゲンは「幻の植物ホルモン」とまで呼ばれるようになっていった。

フロリゲンの正体

フロリゲンの正体を明らかにする様々な努力にも関わらず、長い間フロリゲンの正体は謎のままであったが、存在が提唱されてから70年を経て、2007年に筆者らの研究グループをはじめとする複数の研究グループからHd3a/FTと呼ばれるタンパク質がフロリゲンの正体であることが明らかとなった(図-1)^{1,5}。これまで植物

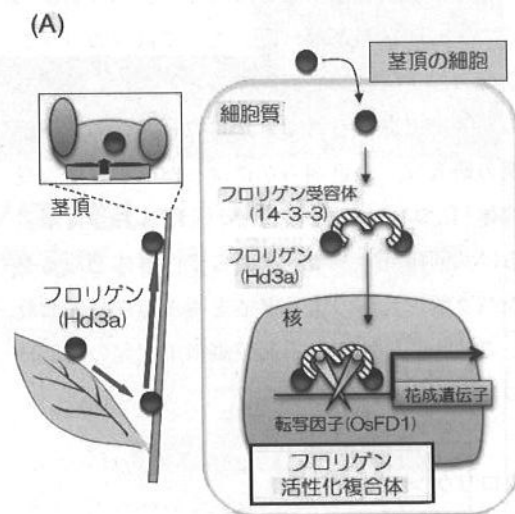


図-1 フロリゲンの受容と機能の仕組み
フロリゲンの長距離移動と茎頂メリステム
における受容及び機能のモデル。

ホルモンは低分子化合物もしくはペプチドしか知られていなかったため、フロリゲンの発見はこの概念も覆したといえよう。フロリゲンの実体解明にはモデル植物を用いた分子遺伝学的手法の完成が大きく貢献した。1990年代よりシロイヌナズナ及びイネから多数の花成制御遺伝子座が同定されるようになり、後にフロリゲン遺伝子であることが明らかとなるシロイヌナズナ *FT* 遺伝子・イネ *Hd3a* 遺伝子も突然変異体の解析や量的遺伝子座の解析から同定された^{6,7}。

古典的な生理学実験からはフロリゲンの正体を明らかにすることはできなかったが、その研究の過程から、フロリゲンがどのような物質であるかについて重要な条件が提示されて行った。それらは下記の5つにまとめられる。イネ *Hd3a*/シロイヌナズナ *FT* タンパク質はこれら全ての条件を満たしており、まさしくフロリゲンの正体であると考えられるようになった。以下にその概略を述べる。

- (1) フロリゲンは花成を促進する日長条件で合成される：イネ *Hd3a* 遺伝子はイネの花成誘導条件である短日条件で、シロイヌナズナ *FT* 遺伝子はシロイヌナズナの花成誘導条件である長日条件で、特異的に発現誘導される^{6,7}。
- (2) フロリゲンは葉で合成される：イネ *Hd3a* 遺伝子もシロイヌナズナ *FT* 遺伝子も、葉の維管束篩部において特異的に発現している¹。
- (3) フロリゲンは維管束篩部を経由して茎頂へ輸送される：イネ *Hd3a* と緑色蛍光タンパク質 GFP の融合タンパク質をコードする融合遺伝子をイネ *Hd3a* 遺伝子のプロモーターによって発現させると、この遺伝子の転写活性と mRNA は葉にしか存在しないにもかかわらず、*Hd3a*-GFP 融合タンパク質は茎頂で明瞭に観察される。このことは *Hd3a* が葉から茎頂へ長距離移

動することを強く示唆している¹。シロイヌナズナにおいても、接ぎ木実験等から *FT* タンパク質の長距離移動性が確認されている^{5,8}。

- (4) フロリゲンは茎頂で花成を開始させる：イネは実際にはフロリゲン遺伝子を2つ持っており、*Hd3a* 及びそのパラログ遺伝子 *RFT1* と呼ばれる。この2つを RNAi によって同時に不活化すると、イネは開花不可能になることから、フロリゲンはイネの花成に必須であることが分かった⁹。逆に *Hd3a* を高発現するイネは極早生となる⁵。シロイヌナズナにおいても、*ft* 変異体は花成遅延、*FT* 過剰発現は花成促進の表現型を示す⁶。

- (5) フロリゲンは植物種間において保存されている：古典的には、異なる種間の接ぎ木実験によって接ぎ木可能な範囲内ではあるがフロリゲンの花成促進効果の普遍性が指摘されていた。*Hd3a* 及び *FT* 遺伝子の同定以後、これらの遺伝子が様々な植物に形質転換され、そのどれもが花成促進の表現型を示したことから、*Hd3a*/*FT* の効果は高等植物に普遍的であると考えられている。

フロリゲン受容体

フロリゲン *Hd3a*/*FT* タンパク質は分子量 22,000 の球状タンパク質である¹⁰。フロリゲンの正体が明らかになった次の重要な質問は、このボール状の構造がいかにして花を咲かせるのかということである。*Hd3a* タンパク質はフォスファチジルエタノールアミン結合タンパク質ドメインを持っているが、このドメインの機能も不明瞭であり、生化学的な機能が推定できない。このような状況から、フロリゲンは単独で機能しているとは考えにくく、他の機能的なタンパク質と複合体を形成して機能している可能性が考えられた。筆者らはフロリゲンと結合するタンパク質の探索とその機能解析を行い、結

合タンパク質の一つ14-3-3がフロリゲンの細胞内受容体として機能することをはじめて明らかにした(図-1)²。

シロイヌナズナFT遺伝子の研究から、FTが完全に機能するためには茎頂で発現する転写因子FDとの結合が必須であることが指摘されていた^{11,12}。筆者らはイネからFDホモログであるOsFD1を単離してHd3aとOsFD1の相互作用を検証したところ、両者は植物細胞内では確かに相互作用するものの、*in vitro*での直接的な相互作用は極めて高感度なアッセイにおいても検出できないことが明らかとなった。このことはHd3aとOsFD1の相互作用は直接的ではなく、細胞内には両者を繋ぐ未知のメカニズムが存在することを示唆している。筆者らはHd3a及びその相互作用タンパク質の詳細な解析を進め、「14-3-3」と呼ばれる奇妙な名称のタンパク質がミッシングリンクの実体であることを明らかにした。14-3-3という名称は1900年代半ばにこのタンパク質が同定された際の、クロマトグラムの溶出パターンに由来している。14-3-3は真

核生物に高度に保存されたタンパク質であり、リン酸化セリン結合ポケットを介した標的リン酸化タンパク質との相互作用を通して細胞内の様々な情報伝達過程を制御することが知られている¹³。14-3-3はリン酸化セリン結合ポケットでOsFD1のリン酸化セリンと結合し、同時にこれまで知られていない新規な結合面を介してHd3aとも同時に結合していたのである。

さらに植物細胞内におけるHd3a、14-3-3、OsFD1の3タンパク質複合体の構築過程を解析する過程で、14-3-3タンパク質がフロリゲン受容体として機能していることが明らかとなった(図-3)。培養細胞を用いた実験系で14-3-3の細胞内局在を調査したところ、14-3-3は細胞質に主に局在していることが明らかとなった。次にHd3aと14-3-3の複合体の細胞内局在を、二分子蛍光補間法というイメージング手法で可視化したところ、複合体も細胞質に形成されることが分かった。ところが3つめの因子であるOsFD1は転写因子であり、明瞭な核局在を示す。すなわちHd3a-14-3-3とOsFD1は別々の

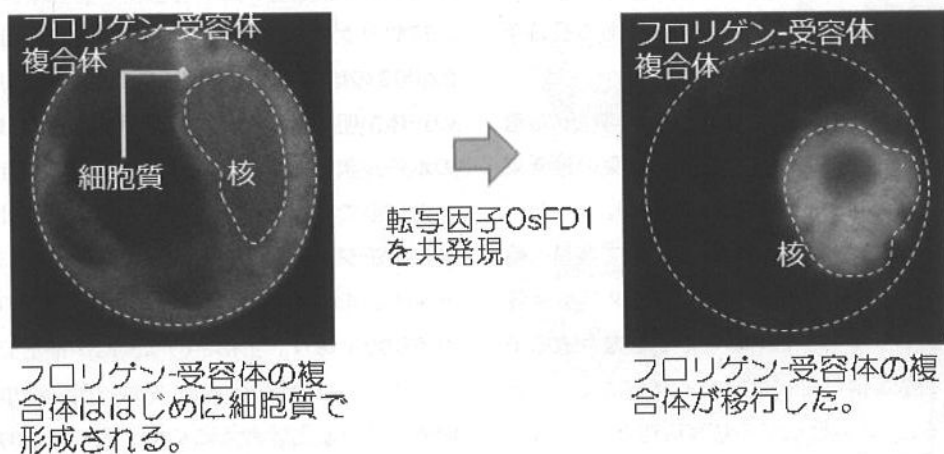


図-2 フロリゲンの受容と機能の仕組み

フロリゲン活性化複合体の結晶構造。

転写因子とDNAの部分は未解明であり、モデリングにより構築している。

細胞内局在をとったのである。そこで筆者らは Hd3a-14-3-3 複合体の二分子蛍光補間法イメージングと OsFD1 の共発現実験を行った。その結果、この条件において Hd3a-14-3-3 複合体の局在が細胞質から核へ移行し、OsFD1 と重なることが明らかとなった (図-2)。さらに、蛍光共鳴エネルギー移動 (FRET) という現象を利用した独自のイメージング実験によって、生細胞の核内において Hd3a-14-3-3-OsFD1 の複合体が形成されていることを強く示唆する結果を得ることができた。これらを総合すると、茎頂に到達したフロリゲンは茎頂細胞の細胞質において最初に 14-3-3 と結合し、Hd3a-14-3-3 複合体の形で核移行してさらに OsFD1 と転写複合体を形成すると考えられる。このことから 14-3-3 はフロリゲンの細胞内受容体として機能しているといえよう²。

フロリゲン活性化複合体

筆者らはさらに蛍光寿命測定法という先端的なイメージング実験を駆使して、生細胞の核内で Hd3a-14-3-3-OsFD1 からなる複合体が実際に形成されていることを示すことができた。筆者らはこの複合体をフロリゲン活性化複合体と名付け、詳細な機能解析を行った。フロリゲン Hd3a に変異を導入して受容体 14-3-3 の結合を損なわせると、OsFD1 との複合体形成能も不可能になり、同時に花成誘導性遺伝子の発現誘導能および形質転換イネにおける花成誘導能を失う。すなわちフロリゲンと受容体の結合ならびにフロリゲン活性化複合体の形成はフロリゲン機能に必須であることから、フロリゲン活性化複合体がフロリゲン機能の本体であると考えられる。

筆者らは、奈良先端大の大木出博士及び児嶋

長次郎博士 (現・大阪大学蛋白質研究所) との共同研究でフロリゲン活性化複合体の立体構造も明らかにすることができた (図-2)²。複合体は全体で W 字型をしており、14-3-3 の 2 量体が形作る骨格の左右上部隅に一つずつ Hd3a が配置し、中央の溝に OsFD1 の 2 量体が位置する。Hd3a と 14-3-3、及び 14-3-3 と OsFD1 の結合面の構造も決定されている。Hd3a は 2 つのアルギニン残基を 14-3-3 の酸性のくぼみにはめ込むと同時に、14-3-3 表面の疎水性領域と広く相互作用していることが分かった。また 14-3-3 と OsFD1 の相互作用は典型的な 14-3-3/リン酸化セリンの結合様式によく一致していた。さらに複合体内における Hd3a の配置も興味深い。Hd3a にはアニオン結合ポケットと呼ばれる領域が存在しており、フロリゲンとしての機能を発揮するために重要であると考えられてきた。得られた構造からはこのポケット領域が複合体の外側を向いていることが分かる。すなわち

(B)

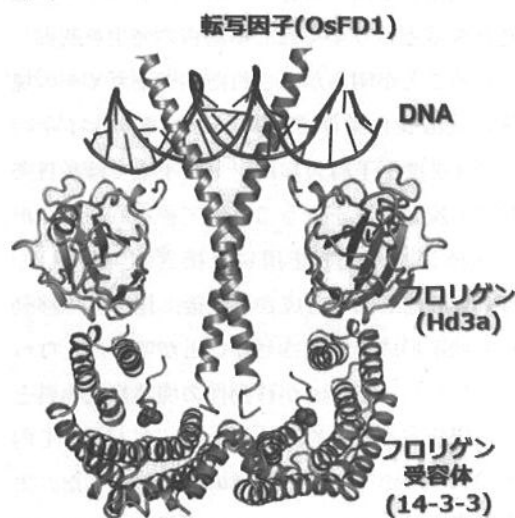


図-3 フロリゲンと受容体の核移行
フロリゲン-受容体の複合体を 2 分子蛍光補完法によって可視化し、核移行過程を追跡した。

Hd3aはこのポケットを介して、さらに転写活性化因子等を複合体にドッキングさせ、花成誘導遺伝子の発現を活性化させる可能性が考えられる。

フロリゲンの多機能性

最近になって、フロリゲンが花成にとどまらず植物の発生の多様な局面を制御する機能を持っていることが明らかになってきた。もっとも顕著な例はジャガイモの塊茎（イモ）形成であろう¹⁴。古くからジャガイモの塊茎形成は光周性制御を受け、かつ長距離移動性の塊茎形成物質によって制御されていると考えられてきた。塊茎形成は短日条件下において促進されるが、このとき葉で塊茎形成物質が合成され、地下茎先端まで移動して塊茎形成が開始される。塊茎形成物質の正体もまた謎であったが、フロリゲンとの作用様式の類似性も指摘されていた。フロリゲンの実体解明を受けて進められた最新の研究成果から、驚くべきことにフロリゲンと塊茎形成物質が同一の分子であり、フロリゲンは花と塊茎という全く異なる器官の発生を制御していることが明らかにされた。ジャガイモの塊茎形成は長日条件では抑制されるが、イネのHd3aを遺伝子導入したジャガイモでは長日条件でも塊茎形成を行うことができる。さらに形質転換ジャガイモを用いた接ぎ木実験から、Hd3aは地上部で合成された後、地下茎へ移動して塊茎形成を開始させることが明らかとなった。これらはHd3aが移動性の塊茎形成物質として機能することを示している。ジャガイモ内在のHd3aホモログも同様の活性を示した。また筆者らはイネにおいてフロリゲンが長距離移動性の分枝促進因子としても機能することを明らかにしている（辻ら、未発表）。これらの発見

に共通するのはHd3aタンパク質が長距離移動して植物の発生を制御する点である。筆者らはHd3a/FTの研究を通して、これまでに知られていなかった「タンパク質の長距離移動による発生制御」という新しい研究領域を開拓できるのではないかと期待している。

フロリゲンの応用展開

フロリゲンの発見とその機能メカニズムの解明からは、植物に普遍的な花成制御技術の可能性が考えられる。フロリゲン活性化複合体を構成するHd3a, 14-3-3, FD等は高等植物に広く保存されており、構造解析から各々の結合面の保存性も明らかになっている。実際にこれまでに調べられたすべての植物において、フロリゲン量を直接増加させる、つまりHd3a/FTを高発現させると早咲きとなり、逆に低下させると遅咲きになることがわかっている。一方フロリゲンの合成経路に位置する遺伝子も植物改良の標的になりうるが、フロリゲン合成経路の活性は極めて複雑な光周性制御を受けるため、その複雑さからコントロールが難しいケースがしばしば見いだされる。例えばシロイヌナズナCO遺伝子はフロリゲン遺伝子FTの発現を直接上昇させるため、過剰発現によって早咲きを達成できる¹⁵。一方でイネのCOホモログであるHd1遺伝子にはイネ独自の複雑な機能制御メカニズムが存在しており、イネで過剰発現させると逆にフロリゲン遺伝子Hd3aの転写を抑制して遅咲きとなる¹⁶。すなわちフロリゲン合成の上流に位置する遺伝子群は、長日植物と短日植物の間で異なる光周性制御が行われている一方で、フロリゲン自体はその作用メカニズムも高度に保存されているため、植物機能改変のキープレーヤーとなりうるのである。

またフロリゲン活性化複合体の構造決定からは、フロリゲンを直接の標的とした新規な開花調節剤開発の可能性が開かれる。特にフロリゲンと受容体の結合面は重要な標的と考えられ、立体構造に基づいてフロリゲン-受容体間の結合を特異的に阻害する低分子化合物をデザインできれば有用な生長調節剤の開発につながるであろう。葉菜類の抽だいを抑制する、茎葉などソフトバイオマスを増産する、切り花の周年供給に貢献するといった花成の時期の人為制御の可能性に加えて、フロリゲン活性を適度に抑制することでトマトの収量が大きく増加することも報告されており¹⁷、多収化も視野に入れた多様な形質に波及効果のある新しい生長調節剤につながると思われる。

謝辞

本稿の構造解析の解説部分においては、共同研究者である大木出博士、児嶋長次郎博士に構造解析のモデル図使用を承諾いただき、また貴重な助言をいただきました。筆者らの所属する奈良先端大バイオサイエンス研究科植物分子遺伝学研究室の皆様からも有益なご意見をいただきました。ここに謝意を表します。

- 1 Tamaki, S., Matsuo, S., Wong, H. L., Yokoi, S. & Shimamoto, K. (2007) Hd3a protein is a mobile flowering signal in rice. *Science* 316, 1033-1036.
- 2 Taoka, K.-i. et al. 14-3-3 proteins act as intracellular receptors for rice Hd3a florigen. (2011) *Nature* 476, 332-397.
- 3 Coen, E. S. & Meyerowitz, E. M. (1997) The War of the Whorls - Genetic interactions controlling flower development. *Nature* 353, 31-37.
- 4 Tsuji, H., Taoka, K.-i. & Shimamoto, K. (2010) Regulation of flowering in rice: two florigen genes, a complex gene network, and natural variation. *Curr. Opin. Plant Biol.* 14, 45-52.
- 5 Corbesier, L. et al. (2007) FT protein movement contributes to long-distance signaling in floral induction of Arabidopsis. *Science* 316, 1030-1033.
- 6 Kobayashi, Y., Kaya, H., Goto, K., Iwabuchi, M. & Araki, T. A (1999) pair of related genes with antagonistic roles in mediating flowering signals. *Science* 286, 1960-1962.
- 7 Kojima, S. et al. (2002) Hd3a, a rice ortholog of the Arabidopsis FT gene, promotes transition to flowering downstream of Hd1 under short-day conditions. *Plant Cell Physiol.* 43, 1096-1105.
- 8 Notaguchi, M. et al. (2008) Long-Distance, Graft-Transmissible Action of Arabidopsis FLOWERING LOCUS T Protein to Promote Flowering. *Plant Cell Physiol.* 49, 1645-1658.
- 9 Komiya, R., Ikegami, A., Tamaki, S., Yokoi, S. & Shimamoto, K. (2008) Hd3a and RFT1 are essential for flowering in rice. *Development* 135, 767-774.
- 10 Ahn, J. H. et al. (2005) A divergent external loop confers antagonistic activity on floral regulators FT and TFL1. *EMBO J.* 25, 605-614.
- 11 Abe, M. et al. (2005) FD, a bZIP protein mediating signals from the floral pathway integrator FT at the shoot apex. *Science* 309, 1052-1056.
- 12 Wigge, P. A. et al. (2005) Integration of

- spatial and temporal information during floral induction in Arabidopsis. Science 309.
- 13 Ferl, R. J., Manak, M. S. & Reyes, M. F. (2002) The 14-3-3s. Genome Biol. 3, 3010.
- 14 Navarro, C. et al. (2012) Control of flowering and storage organ formation in potato by FLOWERING LOCUS T. Nature 478, 119-132.
- 15 Putterill, J., Robson, F., Lee, K., Simon, R. & Coupland, G. (1995) The CONSTANS gene of Arabidopsis promotes flowering and encodes a protein showing similarities to zing-finger transcription factors. Cell 80, 847-857.
- 16 Ishikawa, R. et al. (2011) Phytochrome B regulates Heading date 1 (Hd1)-mediated expression of rice florigen Hd3a and critical day length in rice. Molecular Genetics and Genomics 285, 461-470.
- 17 Krieger, U., Lippman, Z. B. & Zamir, D. (2011) The flowering gene SINGLE FLOWER TRUSS drives heterosis for yield in tomato. Nat. Genet. 42, 459-463.

豊かな稔りに貢献する 石原の水稲用除草剤

SU抵抗性雑草に優れた効果を発揮

非SU系水稲用初期除草剤

プレキープ®フロアブル

・湛水直播の播種前後にも使用可能!

長期間安定した効果を発揮

石原
ドウジガード®

フロアブル/1キロ粒剤

- ・SU抵抗性雑草、難防除雑草にも優れた効果!
- ・クログワイの発根やランナー形成を抑制!
- ・田植同時処理が可能!

高葉齢のノビエに優れた効き目



フルセトスルフロン剤
ラインナップ



スゲダチ 1キロ粒剤

フルチャージ
1キロ粒剤・ジャンボ

フルフォース
1キロ粒剤

フルインガ
1キロ粒剤

ナイスドリ
1キロ粒剤

そのまま散布ができる

乾田直播専用

アンカマン
DF

ハードパンチ
DF

ISK 石原産業株式会社
〒550-0002 大阪市西区江戸堀1丁目3番15号

販売 ISK 石原バイオサイエンス株式会社
〒112-0004 東京都文京区後楽1丁目4番14号

ペチュニアの大輪化とサイトカイニン

(独)農業・食品産業技術総合研究機構 花き研究所 西島隆明

1. はじめに

大きな花は、それを見る人間に対して強い印象を与え、観賞性が高い。そのため、多くの園芸花きには、その起源となった野生種よりはるかに花が大輪化した品種が存在する。わが国で切り花生産額が上位5位を占める花きであるキク、バラ、ユリ、カーネーション、トルコギキョウ（農林水産省、2011）、そして、それぞれ夏季および冬季の花壇苗として最も生産額の多いペチュニアおよびパンジーでは、いずれも花径8 cm以上の大輪品種が存在している。視点を逆にすれば、大輪形質を獲得した花きが主要品目になり、高い経済的価値を獲得していることになる。

このように重要な形質であるにもかかわらず、大輪化にはひじょうに長い時間がかかるのが普通である。これは、大輪化の突然変異の発生率が低いことによる（西島、2007）。例えばキクでは、最も古い栽培の記録が紀元前2世紀頃であるのに対して、現代の品種と同程度の大輪系統が発生したのは18世紀であり（柴田、1995）、カーネーションでは、最も古い栽培の記録が10世紀頃であるのに対して、現代の品種と同程度の大輪品種が育成されたのは20世紀中頃である（武田、1996）。つまり、現代の品種と同程度までに大輪化するまで、キクでは2000年、カーネーションでは1000年かかっていることになる。現在では、放射線や化学変異原、胚培養法に

よる交雑組み合わせ範囲の拡大など、様々な人工的変異拡大法があるため、花の大型化の育種にこのような1000年単位の時間はかからないと思われる。しかし、約50年前に本格的な栽培と育種が始まり、近代的な育種法が適用されてきたトルコギキョウにおいて（八代、1994）、大輪化が現在も進行中であることを考えれば、大輪化が飽和レベルまで達するには数十年から数百年の年月がかかると考えてよいであろう。このように変異の発生しにくい形質であるため、大輪の花を持つ花きは、あくまで人間の立場からの意見ではあるが、「幸運な少数の」花きである。花き類、そして野生植物には、むしろそのような「幸運」に恵まれなかったものの方が圧倒的に多数派である。しかし、これらの植物にも、魅力的な姿や色の花を咲かせるものは多い。もし、これらの植物の花の特徴を活かしつつ、計画的な大輪化によって人間に与える印象を強くする方法が明らかになれば、観賞性の高い新たな品目を生み出すことができ、花き園芸の世界をよりバリエーション豊かなものにできるであろう。そのためには、花の大型化の分子機構を明らかにし、それに基づいて育種法をデザインすることが必要である。この記事では、筆者らが行ったペチュニアの大輪化の分子機構に関する研究を紹介しつつ、大輪化の育種を効率化できる可能性について考えたい。

2. 大輪化を誘導する形態変化

大輪化は、大別して2種類の形態変化によって起こる(図-1 a, b)。ひとつは、花弁数の増加である。花弁数の増加というと、「それは八重化のことではないのか?」と思われる向きもあるかと思う。しかし、実は、花弁数の増加も大輪化の主要な要因である。図-1 A-bおよび図-2 Cを見ていただきたい。漏斗のような形をした漏斗形花冠をもつアサガオでは、中輪品種は花弁が5枚合着して漏斗型になっているが、花弁数が6~8枚に増加する州浜(retracted)遺伝子によって、漏斗型のまま花が大輪化する(Hagiwara, 1956)。

花弁数の増加が著しくなると一重咲きの範囲を超えると、八重化が起こり、花の形が著しく変化する(図-1 B-b, 図-2 D, E)。八重化は、花の頂部-基部軸方向の長さ(要するに、厚

み)の増加によって花が大型化し、立体的な形になることで見た目のボリュームも増加することから、大輪化のひとつの様式であると考えられる。

大輪化を誘導するもうひとつの主要な形態変化は、個々の花弁が大きくなるものである(図-1 A-a, B-a; 図-2 A, B)。この様式による大輪化は、キク、カーネーション、バラ、ペチュニア、パンジー等をはじめとしてひじょうに多くの花きで認められ、最も一般的な大輪化の様式である。「大輪化」という言葉から真っ先に思い浮かぶのは、この様式による大輪化であろう。

さらに、園芸花きには、八重化と花弁の大型化が組み合わせられ、花のボリュームが著しく増加している例が、キク、バラ、カーネーションをはじめとして、ひじょうに多くの花きで認められる。

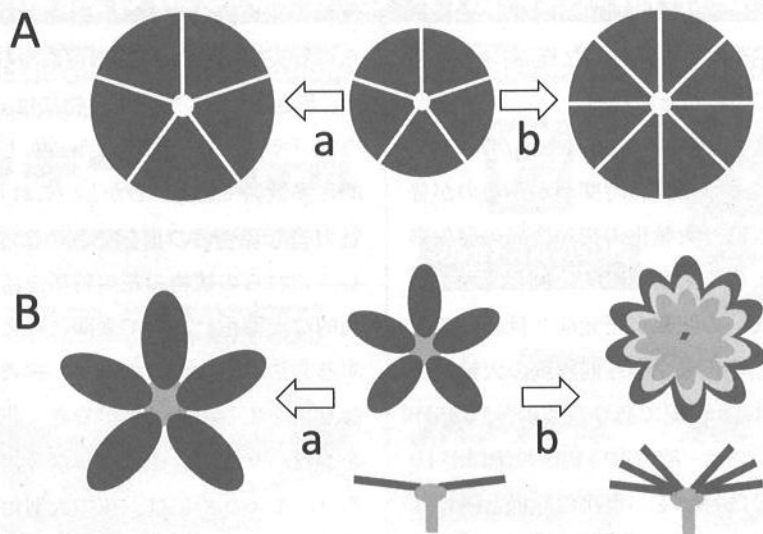


図-1 大輪化を誘導する形態変化。図Aは、個々の花弁の拡大(a)ならびに花弁数の増加(b)による漏斗型花冠の大型化を示す。図Bは、離弁花、発達した裂片を持つ合弁花、頭花の大型化を示す。図Bにおいて、aは個々の花弁の拡大による花の大型化を示す。一方、bは、花弁数、あるいは舌状花数の増加によって花が八重化した結果、花の頂部-基部軸が拡大することによって起こる花の大型化を示す。図Bの下段は花を側面から見た図であり、上段は花を正面から見た図である。

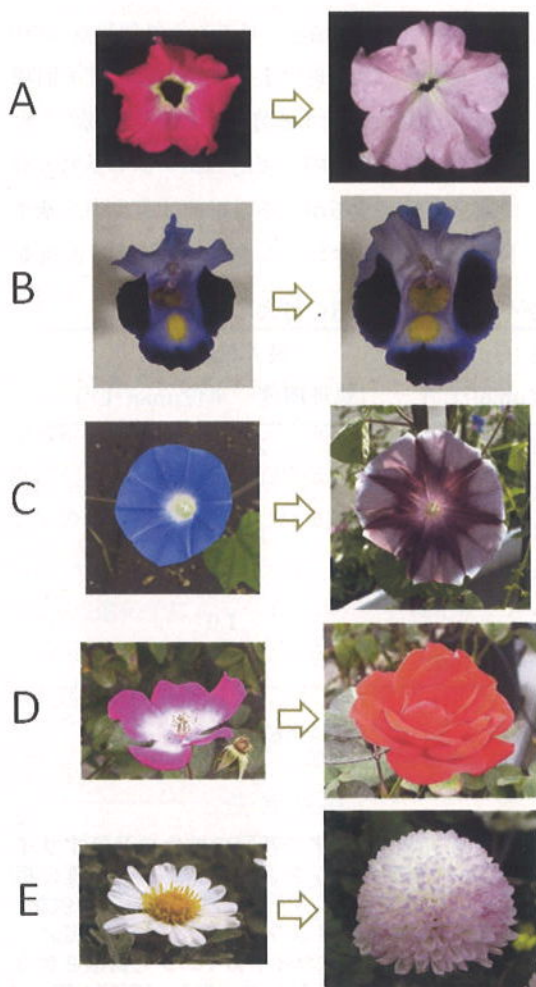


図-2 様々な形態変化による大輪化の実例。左側の写真は、野生(正常)型あるいはそれと同等の形態を持つ花を、右側の図は、同じ種における大輪化した花を示す。写真AおよびBは、個々の花弁の拡大による大輪化を示す。写真CおよびDは、花弁数の増加による大輪化を示す(この写真では、個々の花弁も拡大している点に注意)。写真Eは、舌状花数の増加による大輪化を示す。写真A: ペチュニア (*Petunia hybrida* L.) の中輪品種(左)および大輪品種(右)。図B: トレニア (*Torenia fournieri* Lind.) の2倍体(左)および4倍体(右)。図C: アサガオの (*Ipomoea nil* (L.) Roth) の野生型系統(左)および大輪品種(右)。図D: バラ (*Rosa hybrids*) の一重品種(左)および八重品種(右)。図E: キク (*Chrysanthemum molifolium* Ramat.) の八重品種(右), ならびに栽培ギクの祖先の一つと考えられているリュウノウギク(左; *Chrysanthemum japonicum* (Makino) Kitam.)。アサガオの写真は九州大学の仁田坂英二博士よりいただいた。図中の矢印は、直接の系統関係を示すものではなく、大輪化へ向けての形態変化を表す。

3. ペチュニアの大輪化と植物ホルモン

1) ペチュニアにおける遺伝的な大輪化

ペチュニアの大輪品種における大輪化は、ひとつの主導遺伝子である *Grandiflora* (*G*) 遺伝子によってもたらされている (Evert, 1994)。*G* 遺伝子は、アサガオの州浜遺伝子のように花弁数を増加させるのではなく、個々の花弁を拡大することによって花を大輪化する。また、*G* 遺伝子は、花弁とともにがくや葉を拡大し、茎を太くする。*G* 遺伝子は半優性遺伝子であり、大輪品種はヘテロ接合の *Gg* 遺伝子型をもつ。一方、ホモ接合の *GG* 遺伝子型の個体は、大輪ではあるが

きわめて弱勢であるため、種子生産以外の栽培には用いられない。*G* 遺伝子の実体は未だに解明されていないが、*G* 遺伝子による大輪化の変異は既に19世紀末には知られていた(齋藤, 1959)。しかし、*GG* 遺伝子型個体の稔性が低いことから、*GG* 遺伝子型個体を交配親に用い、*Gg* 遺伝子型個体を *F*₁ 品種として市販することに成功したのは20世紀後半(1968年)になってからである。このように、1因子支配で大輪化が起る点で、ペチュニアは大輪化の分子機構の解析に好適である。

2)植物ホルモン処理によるペチュニアの大輪化
ペチュニアのように、花卉数が変化せずに大輪化が誘導される場合、植物ホルモンに関連する分子機構が関与する例がシロイヌナズナでいくつか報告されている (Talbert et al., 1995; Zhong and Ye, 2001)。ペチュニアに成長促進

作用を持つ種々の植物ホルモンを処理した場合、サイトカイニン処理によって花冠縁辺部の面積が最大2.4倍に拡大する著しい大輪化が認められる (表-1, 図-3)。また、ジベレリン処理も大輪化を誘導するが、その程度は小さい。サイトカイニンとジベレリンを同時に与えると相乗

表-1 植物ホルモンおよび関連化合物の処理がペチュニアの花冠の拡大に及ぼす影響。

植物ホルモン	分子種 (処理濃度 単位 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	最大拡大率 ^v (処理濃度 単位 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)
サイトカイニン	BA ^z (10-1000)	2.3 (100)
	CPPU ^y (0.1-10)	2.4 (3.2)
ジベレリン	GA ₃ (10-300)	1.3 (100)
オーキシン	NAA ^x (1-300)	1.0
	4-CPA ^w	1.0
ブラシノステロイド ^v	ブラシノライド (0.1-100)	1.0

中輸出品種 'パール・ホワイト' を試供した。

^z 6-ベンジルアミノプリン, ^y ホルクロルフェニユロン, ^x 1-ナフタレン酢酸。

^w 4-クロロフェノキシ酢酸, ^v 処理による縁辺面積の最大増加率 (n = 10)。

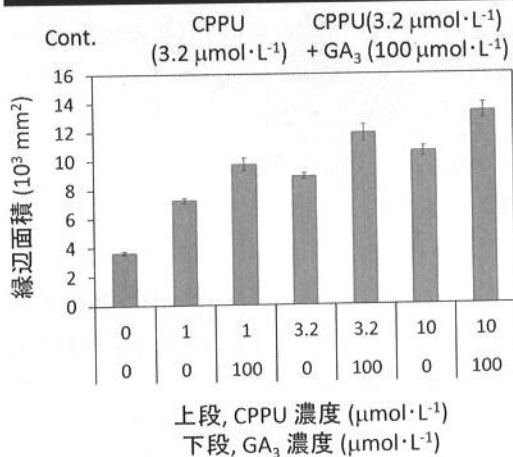


図-3 ペチュニアの花冠の拡大に及ぼすサイトカイニンおよびジベレリン処理の相乗作用。'パール・ホワイト' を供試。サイトカイニンの酸化分解を阻害し、植物体内にサイトカイニンを蓄積させるホルクロルフェニユロン (CPPU; Bilyeu et al., 2001) とジベレリン (GA₃) を, Nishijima et al. (2006) に示された方法で若い花冠に点滴処理した。誤差線は ± SE (n=10)。

作用が見られ、ホルクロルフェニユロン (CPPU) 3.2 mM と GA₃ 100 μ M の組み合わせで、花冠の縁辺面積が無処理の3.3倍に拡大する。このような花冠の拡大は、花冠を構成する花卉の数は変化させずに、花卉が拡大することによって起こる。一方、オーキシシン (NAA)、ブラシノリドには花冠を拡大する効果は認められない。

このうち、サイトカイニンを与えた場合には、前述のように、G遺伝子と同様、花冠の細胞数が増加していた。さらに、G遺伝子によってベチュニアの茎葉が薄い緑色になる現象は、サイトカイニンを与えたときにも起こる。これらの結果から、G遺伝子によるベチュニアの大輪化に、サイトカイニンが何らかの関係を持つことが予想される。

3) ベチュニアの花冠におけるサイトカイニンの生合成と情報伝達系

ベチュニアの花冠において機能していると考えられるサイトカイニン生合成系および初期情報伝達系を図-4に示した。サイトカイニン生合成の第1段階では、アデノシンリン酸-イソペンテニル転移酵素 (SHO, Zubko et al., 2002) によって、アデニンヘイソペンテニル側鎖が導入され、ヌクレオチド型サイトカイニンが合成される (Kakimoto, 2001; Takei et al., 2001)。次に、サイトカイニンリボシド5'ーリン酸フォスホリボヒドロラーゼ (PhLOG, Nishijima et al., 2011a) によって、ヌクレオチド型サイトカイニンから活性型の遊離型サイトカイニンが合成される (Kurakawa et al., 2007)。一方、サイトカイニンの不活性化は、サ

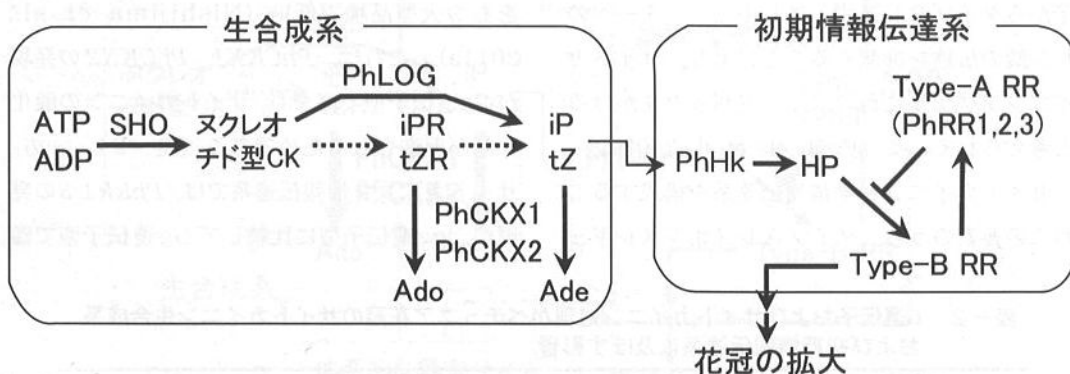


図-4 ベチュニアの花冠で機能していることが推定されるサイトカイニン生合成系ならびに初期情報伝達系。CK: サイトカイニン。iP: N^6 - (Δ^2 -イソペンテニル) アデニン。tZ: トランスゼアチン。iPR: N^6 - (Δ^2 -イソペンテニル) アデニンリボシド。tZR: トランスゼアチンリボシド。iP7G: N^6 - (Δ^2 -イソペンテニル) アデニン-7-グルコシド。このうち、iPおよびtZが活性型サイトカイニンと考えられている。Ado: アデノシン。Ade: アデニン。SHO: ベチュニアアデノシンリン酸-イソペンテニル転移酵素。PhLOG: ベチュニアサイトカイニンリボシド5'ーリン酸フォスホリボヒドロラーゼ。PhCKX: ベチュニアサイトカイニン酸化酵素。点線矢印の生合成経路は、存在が仮定されているが、生合成酵素が明らかになっていない (Chen et al., 1981a b)。PhHk: ベチュニアサイトカイニン受容体。HP: Hpt因子。Type-A RR: タイプAレスポンスレギュレーター。PhRR: ベチュニアタイプAレスポンスレギュレーター。Type-B RR: タイプBレスポンスレギュレーター。生合成の図は Sakakibara (2006) および Kurakawa (2007)、初期情報伝達系の図は Oka (2005) および Mizuno (2005) に基づいて作図した。

イトカイニンの側鎖を酸化分解するサイトカイニン酸化酵素 (図中の *PhCKX1*, *PhCKX2* が相当; Schumling et al., 2003; Nishijima et al., 2011a) ならびに、グルコシダーゼによる配糖体化によって制御されている (Hou et al., 2004)。

一方、サイトカイニンの初期情報伝達系は、いわゆる 2 成分制御系によって構成されている (Oka, 2005; Mizuno, 2005)。サイトカイニン受容体 (*PhHK*, Nishijima et al., 2011b) にサイトカイニンが結合すると、His-Asp リン酸リレー系によって、HPT 因子を通じてタイプ B レスponsレギュレーターへとリン酸が受け渡される。タイプ B レスponsレギュレーターは、リン酸化によって標的遺伝子を発現調節すると同時に、タイプ A レスponsレギュレーター (図中の *PhRR1-3* が相当) 遺伝子を発現誘導する。タイプ A レスponsレギュレーターは、HPT 因子からタイプ B レスponsレギュレーターへのリン酸の伝達を抑制することにより、サイトカイニンシグナルに負のフィードバックをかけると考えられている (Rashotte et al., 2003)。

サイトカイニン初期情報伝達系を構成するこれらの要素のうち、タイプ A レスponsレギュ

レーター遺伝子は、サイトカイニンシグナルに応じて発現が変化する (Brandstatter and Kieber, 1998; Taniguchi et al., 1998; Kiba et al., 2004; Nishijima et al., 2011a, 2011b)。

ペチュニアにおける大輪化とサイトカイニン生合成・情報伝達との関係

ペチュニアの花冠の発達過程では、最初に主として細胞分裂が進行し、その後に細胞の拡大が起こる (Nishijima et al., 2006)。花冠の細胞数、ひいては最終的な花冠の大きさを決定する細胞分裂期には、G 遺伝子の遺伝子型により、サイトカイニンの生合成系および初期情報伝達系に顕著な変化が起こる。

内生サイトカイニン濃度は、遊離型、ヌクレオシド型、グルコシド型とも、*gg* 遺伝子型を持つ中輪および小輪品種に比較して *Gg* 遺伝子型をもつ大型品種で低い (Nishijima et al., 2011a)。これは、*PhCKX1*, *PhCKX2* の発現が *Gg* 遺伝子型で高まり、サイトカイニンの酸化分解が促進されるためである (表-2)。一方、サイトカイニン情報伝達系では、*PhRR1-3* の発現が、*gg* 遺伝子型に比較して *Gg* 遺伝子型で顕

表-2 G 遺伝子およびサイトカイニン処理がペチュニア花冠のサイトカイニン生合成系および初期情報伝達系に及ぼす影響。

サイトカイニン生合成系および 初期情報伝達系を構成する要素	<i>gg</i> 遺伝子型に比較 して <i>Gg</i> 遺伝子型 で起こる変化	サイトカイニン処 理によって起こる 変化
内生サイトカイニン濃度	↓	調査せず
サイトカイニン酸化酵素遺伝子 (<i>PhCKX1</i> , <i>PhCKX2</i>) の発現量	↑	↑
タイプ A レスponsレギュレーター 遺伝子 (<i>PhRR1-3</i>) の発現量	↑	↑

↑は増加を、↓は低下を示す。

著に高まる (Nishijima et al., 2011b)。以上のように、サイトカイニン生合成系および情報伝達系には、*Gg* 遺伝子型によって、サイトカイニン応答によるものと概ね共通の変化が起こる。

このようなサイトカイニン生合成系および初期情報伝達系における遺伝子発現の変化の原因として、2つの可能性が考えられる。ひとつは、*Gg* 遺伝子型がサイトカイニンシグナルを亢進する作用をもち、その結果としてサイトカイニン生合成系および初期情報伝達系に負のフィードバックがかかった可能性である(図-5 仮説1)。その原因は、初期情報伝達系の遺伝子にサイト

カイニンシグナルを恒常的に出し続けるような変異がある場合や (Kim et al., 2006)、初期情報伝達系以外の変異によってサイトカイニンシグナルが亢進する場合 (Kakimoto et al., 1996) が考えられる。もうひとつの可能性としては、大輪化の変異がサイトカイニンの系とは別に存在し、過剰な花冠サイズを抑制するために、サイトカイニン生合成系および初期情報伝達系へ負のフィードバックがかかった可能性である(図-5 仮説2)。この場合には、実体は明らかになっていないが存在が仮定されている、器官サイズのチェックポイントからの指令がフィードバッ

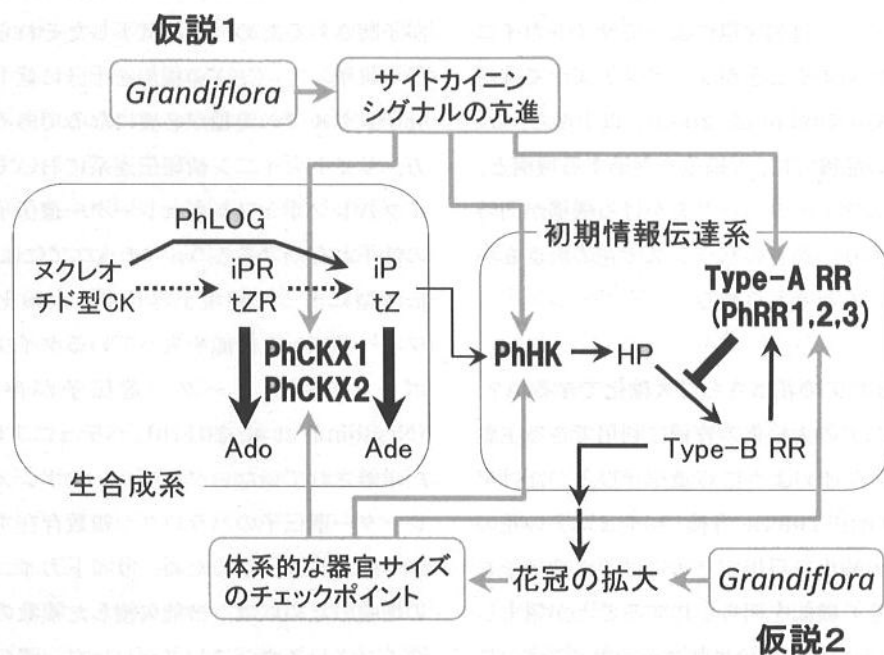


図-5 ペチュニアの大輪化において *Grandiflora* (*G*) 遺伝子がサイトカイニン生合成系および初期情報伝達系に及ぼす作用に関する2つの仮説。仮説1では、*G* 遺伝子 (*Gg* 遺伝子型) はサイトカイニンシグナルの亢進を通じて花冠を拡大する。その結果として、サイトカイニン生合成系および初期情報伝達系に負のフィードバックがかかる (灰色矢印で表示)。仮説2では、*G* 遺伝子 (*Gg* 遺伝子型) はサイトカイニンとは独立した系を通じて花冠を拡大する。この場合、花冠の拡大に伴い、存在が仮定されているが分子機構は明らかになっていない「体系的な器官サイズのチェックポイント」(Weiss et al., 2005) から、サイトカイニン生合成系および初期情報伝達系に負のフィードバックがかかる (灰色矢印で表示)。*Gg* 遺伝子型において発現促進される遺伝子がコードするタンパク質、生合成経路および情報伝達経路は、それぞれ太字と太い記号で表示した。

クの主要な経路であろう (Weiss et al., 2005)。

以上の2つの可能性のいずれの場合も、Gg遺伝子型の品種では、サイトカイニンの生合成系および情報伝達系に負のフィードバックがかかっていると考えられる。なぜならば、CKXとタイプAレスポンスレギュレーター遺伝子は、発現上昇することにより、それぞれサイトカイニン濃度を低下させ、サイトカイニンシグナルを抑制するからである。実際に、CKXは、過剰発現により内生サイトカイニン濃度を低下させ、植物体を小型化することが、シロイヌナズナとタバコで報告されている (Werner et al., 2001, 2003)。また、タイプAレスポンスレギュレーター遺伝子は、過剰発現によってサイトカイニン反応を抑制することがシロイヌナズナで確認されている (Kiba et al., 2003)。以上から、Gg遺伝子型の品種では、大輪化を促進する機構と、それに負のフィードバックをかける機構が同時に働いており、両者のバランスで花の大きさが決まっていると考えられる。

4. ペチュニアの花はさらに大輪化できるか？

ペチュニアの大輪化の育種に利用できる主動遺伝子は、前述のようにG遺伝子ひとつだけである (Ewart, 1984)。今後、ペチュニアの花のさらなる大輪化を目指すためには、G遺伝子を単離し、その機能を明らかにすることが望ましい。しかし、G遺伝子の単離に至らなくても、これまでに解明されているGg遺伝子型個体におけるサイトカイニン関連遺伝子の発現調節パターンに基づいてG遺伝子の修飾遺伝子を予測し、その変異を見いだして育種に利用する方法が考えられる。そのような変異として、Gg遺伝子型によるサイトカイニン生合成系および初期情報伝達系における負のフィードバックを抑制

する変異が有効であろう。このうち、サイトカイニン生合成系においては、CKXがこのフィードバックを媒介しているので (図-5)、CKXの機能低下によってさらなる大輪化が期待できる。実際に、CKXの阻害剤であるCPPUを、ペチュニアの大輪品種 (Gg遺伝子型品種) に与えた場合、さらなる花冠の拡大が認められた (Nishijima et al., 2006)。このことは、ペチュニアの花の大輪化がG遺伝子によって飽和状態に達したわけではなく、CKXの機能抑制によってさらに大輪化する余地を残していることを示している。ただし、ペチュニアには、まだ単離されていないCKXのパラログが複数存在することが予想されるため、機能低下したそれらの遺伝子を集積して、CKXの機能を十分に低下させる分子レベルでの育種が必要になるであろう。一方、サイトカイニン情報伝達系においては、タイプAレスポンスレギュレーター遺伝子の機能の低下が有効であろう。ペチュニアには、Gg遺伝子型によって発現上昇せず、大輪化によるフィードバック機能を失っているタイプAレスポンスレギュレーター遺伝子が存在する (Nishijima et al., 2011b)。ペチュニアには、まだ単離されていないタイプAレスポンスレギュレーター遺伝子のパラログが複数存在することが予想される。そのため、サイトカイニン反応の増強のためには、機能欠損した複数の種類のタイプAレスポンスレギュレーター遺伝子を検出して集積することが必要である。これも、今後の課題である。

謝辞

本総説は、Nishijima, T. 2012. Large flower size: Molecular basis and role of cytokinin. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 81(2): 129-139. の一部を基

本に、和訳、加筆、再構成したものである。

引用文献

- Bilyeu, K. D., J. L. Cole, J. G. Laskey, W. R. Riekhof, T. J. Esparza, M. D. Kramer and R. O. Morris. 2001. Molecular and biochemical characterization of a cytokinin oxidase from maize. *Plant Physiol.* 125: 378-386.
- Brandstatter, I. and J. J. Kieber. 1998. Two genes with similarity to bacterial response regulators are rapidly and specifically induced by cytokinin in *Arabidopsis*. *Plant Cell* 10: 1009-1019.
- Chen, C. M. and S. M. Kristpeit. 1981a. Metabolism of cytokinin: Dephosphorylation of cytokinin ribonucleotide by 5'-nucleotidases from wheat germ cytosol. *Plant Physiol.* 67: 494-498.
- Chen, C. M. and S. M. Kristpeit. 1981b. Metabolism of cytokinin: Deribosylation of cytokinin ribonucleoside by adenosine nucleosidase from wheat germ. *Plant Physiol.* 68: 1020-1023.
- Ewart, L. 1984. *Plant breeding*. p. 180-253. In: K. C. Sink (ed.). *Petunia*. Springer-Verlag, Berlin.
- Hagiwara, T. 1956. Genes and chromosome maps in the Japanese morning glory. *Bull. Res. Coll. Agric. Vet. Sci., Nihon Univ.* 5: 34-56.
- Hou, B., E. K. Lim, G. S. Higgins and D. J. Bowles. 2004. N-Glycosylation of cytokinins by glycosyltransferases of *Arabidopsis thaliana*. *J. Biol. Chem.* 279: 47822-47832.
- Kakimoto, T. 1996. CKI1, a histidine kinase homolog implicated in cytokinin signal transduction. *Science* 274: 982-985.
- Kakimoto, T. 2001. Identification of plant cytokinin biosynthesis enzymes as dimethylallyl diphosphate: ATP/ADP isopentenyltransferases. *Plant Cell Physiol.* 42: 677-685.
- Kiba, T., K. Aoki, H. Sakakibara and T. Mizuno. 2004. *Arabidopsis* response regulator, ARR22, ectopic expression of which results in phenotypes similar to the wol cytokinin-receptor mutant. *Plant Cell Physiol.* 45: 1063-1077.
- Kim, H. J., H. Ryu, S. H. Hong, H. R. Woo, P. O. Lim, I. C. Lee, J. Sheen, H. G. Nam and I. Hwang. 2006. Cytokinin-mediated control of leaf longevity by AHK3 through phosphorylation of ARR2 in *Arabidopsis*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 103: 814-819.
- Kurakawa, T., N. Ueda, M. Maekawa, K. Kobayashi, M. Kojima, Y. Nagato, H. Sakakibara and J. Kozuka. 2007. Direct control of shoot meristem activity by a cytokinin-activating enzyme. *Nature* 445: 652-655.
- Mizuno, T. 2005. Two-component phosphorelay signal transduction systems in plants: From hormone responses to circadian rhythms. *Biosci. Biochem. Biotech.* 69: 2263-2276.
- 西島隆明. 2007. 花形. p. 37-43. 農山漁村文化協会編. 農業技術大系花き編 (追録9). 農山漁村文化協会. 東京.
- Nishijima, T., H. Miyaki, K. Sasaki and T. Okazawa. 2006. Cultivar and anatomical analysis of corolla enlargement of petunia (*Petunia hybrida* Vilm.) by cytokinin application. *Sci. Hortic.* 111: 49-55.

- Nishijima, T., T. Niki and T. Niki. 2011a. Corolla of the Large-flowered petunia (*Petunia hybrida* Vilm.) cultivars exhibit low endogenous cytokinin concentration through enhanced expression of the genes encoding cytokinin oxidases. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 80: 334-342.
- Nishijima, T., T. Niki and T. Niki. 2011b. The large-flowered petunia (*Petunia hybrida* Vilm.) genotype promotes expressions of type-A response regulator and cytokinin receptor genes like cytokinin response. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 80: 343-350.
- 農林水産省. 2011. 花き生産出荷統計 (平成 21 年産). 農林統計協会. 東京.
- Oka, A. 2005. Cytokinin signal transduction and two-component regulatory system. Gamma Field Symp. 42: 25-39.
- Rashotte, A. M., S. D. B. Carson, J. P. C. To and J. J. Kieber. 2003. Expression profiling of cytokinin action in *Arabidopsis*. Plant Physiol. 132: 1998-2011.
- 齋藤 清. 1959. 花の育種. 誠文堂新光社. 東京.
- Sakakibara, H. 2006. Cytokinins: Activity, biosynthesis, and Translocation. Annu. Rev. Plant Biol. 57: 431-449.
- 柴田道夫. 1995. キクの起源と日本への伝来. p. 7-8. 農山漁村文化協会編. 農業技術大系花き編 6. 農山漁村文化協会. 東京.
- Schmüllung, T., T. Werner, M. Riefler, E. Krupkova and I. B. Manus. 2003. Structure and function of cytokinin oxidase/dehydrogenase genes of maize, rice, *Arabidopsis* and other species. J. Plant Res. 116: 241-252.
- 武田恭明. 1996. 育種栽培の歴史. p. 7-11. 農山漁村文化協会編. 農業技術大系花き編 7. 農山漁村文化協会. 東京.
- Takei, K., H. Sakakibara and T. Sugiyama. 2001. Identification of genes encoding adenylate isopentenyltransferase, a cytokinin biosynthesis enzyme, in *Arabidopsis thaliana*. J. Biol. Chem. 276: 26405-26410.
- Talbert, P. B., H. T. Adler, D. W. Parks and L. Comai. 1995. The *REVOLUTA* gene is necessary for apical meristem development and for limiting cell divisions in the leaves and stems of *Arabidopsis thaliana*. Development 121: 2723-2735.
- Taniguchi, M., T. Kiba, H. Sakakibara, C. Ueguchi, T. Mizuno and T. Sugiyama. 1998. Expression of *Arabidopsis* response regulator homologs is induced by cytokinins and nitrate. FEBS Lett. 429: 259-262.
- Weiss, J., L. D. Benarroch and M. E. Cortines. 2005. Genetic control of flower size and proportions. Int. J. Dev. Biol. 49: 513-525.
- Werner, T., V. Motyka, V. Laucou, V. Smets, H. V. Onckelen and T. Schmüllung. 2003. Cytokinin-deficient transgenic *Arabidopsis* plants show multiple developmental alterations indicating opposite functions of cytokinins in the regulation of shoot and root meristem activity. Plant Cell 15: 2532-2550.
- Werner, T., V. Motyka, M. Strnad and T. Schmüllung. 2001. Regulation of plant growth by cytokinin. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 98: 10487-10492.
- 八代嘉明. 1994. 原産と来歴. p. 387-390. 農山漁村文化協会編. 農業技術大系花き編 8. 農山漁村文化協会. 東京.
- Zhong, R. and Z. H. Ye. 2001. Alteration of

auxin polar transport in the *Arabidopsis* *ifl1* mutants. *Plant Physiol.* 126: 549-563.
Zubko, E., C. J. Adams, I. Machackova, J. Malbeck, C. Scollan and P. Meyer. 2002.

Activation tagging identifies a gene from *Petunia hybrida* responsible for the production of active cytokinins in plants. *Plant J.* 29: 797-808.

お待たせしました！

日本帰化植物写真図鑑 第2巻

— Plant invader 500種 —

植村修二／勝山輝男／清水矩宏／水田光雄／森田弘彦／廣田伸七／池原直樹 編・著

B6版 540頁

定価：5,000円＋税



日本帰化植物写真図鑑1巻の発行から9年が経過、この間、帰化植物は年々増え続け、最近では帰化植物は1,200種ともいわれています。1巻発行後、「帰化植物友の会」や「帰化植物メーリングリスト」などを通じて、1巻未掲載の帰化植物を中心に情報の収集に努めた結果、約500種に達したため、2巻発行の運びとなりました。

本書の特色

1. 1巻発行後に 発見された新種はもちろん、1巻に掲載済の既知種についても新知見をフォローしています。
2. 1巻と合わせて1,100種の帰化植物を収録、身近な帰化植物はほとんどカバーしています。
3. 1巻同様、在来種で似たもの、帰化植物同士で似たものの識別ポイントを写真で解説しています。
4. 今回新たに「沖縄編」を新設、帰化植物の宝庫沖縄に特有の80余種を紹介しました。
5. 帰化植物の種子約200種を写真で掲載、同定に役立ちます。
6. 主要な文献、分布情報を付記、さらに詳しく調べることができます。

全国農村教育協会

〒110-0016 東京都台東区台東1-26-6
TEL.03-3833-1821 FAX.03-3833-1665

Quality & Safety

消費者・生産農家の立場に立って、安全・安心な
食糧生産や環境保護に貢献して参ります。

SDSの水稲用除草剤成分 「ベンゾビシクロン」含有製品

SU抵抗性雑草対策に！アシカキ、イボクサ対策にも！

シロノック(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル)

オークス(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル)

サスケ-ラジカルジャンボ

新製品 ... フルイニング/ジャイブ/タンボエース1キロ粒剤

トビキリジャンボ

イッテツ(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル)/ボランディアジャンボ

テラガード(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル/250グラム)

キチット(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル)

非SU ... スマート(1キロ粒剤/フロアブル)

非SU ... サンシャイン(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル)

非SU ... イネキング(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル)

非SU ... ピラクロエース(1キロ粒剤/フロアブル)

忍(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル)

ハーディ1キロ粒剤

非SU ... カービー1キロ粒剤

新製品 ... シリウスエグザ1キロ粒剤

ハイカット/サンパンチ1キロ粒剤

ダブルスターSB(1キロ粒剤/ジャンボ/顆粒)

シリウスターボ(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル)

シリウスいぶき(1キロ粒剤/ジャンボ/顆粒)

新製品 ... 半蔵1キロ粒剤

プラスワン(1キロ粒剤/ジャンボ/フロアブル)

新製品 ... プレステージ1キロ粒剤

新製品 ... フォーカード1キロ粒剤

非SU ... イネエース1キロ粒剤

非SU ... ウエスフロアブル

非SU ... フォーカスショットジャンボ/ブレッサフロアブル



株式会社 **イスター・イスタバイオテック**

〒103-0004 東京都中央区東日本橋一丁目1番5号 ヒューリック東日本橋ビル
TEL.03-5825-5522 FAX.03-5825-5502 <http://www.sdsbio.co.jp>

新潟県における食用ギク在来系統の諸特性

村上地域振興局農林振興部 佐藤 淳
(元 新潟県農業総合研究所園芸研究センター)

はじめに

東北地方および新潟県には、古くからキクの花弁を食する独特の食文化が存在する。明治から大正時代の園芸書では青森県が主産地として挙げられているが(喜田, 1911; 富樫, 1922; 柘植, 1925), 新潟県版の百科事典とすべき越後名寄には、250年以上前に既に新潟県において黄ギクが食用とされていたことが記されている(今泉・真水, 1978)。また、庄内産作物の収量記録である邸産録には、150年ほど前の山形県において黄ギクに加え、紫ギクが食用として栽培され始めたことが記されている(松村, 1864)。このように長い歴史をもつ食ギク文化であるが、近年は栽培者の高齢化などによって栽培面積の減少が著しく、平成20年における統計では新潟、山形、青森の3県の栽培面積は、平成12年の20~40%にまで減少している(農林水産省, 2007, 2010)。一方で、色や形、食味や収穫期が異なる多くの在来系統が自家栽培されており、直売所などで季節感を感じられる郷土食として人気が高い。また、機能性成分を含んだ新しい食材としての可能性も秘めている(香川, 1988, 1989; 立山ら, 1997a, b)。

そこで、新潟県農業総合研究所園芸研究センター(以下、園芸研究センター)に維持、保存されている食用ギク在来29系統を用いて、形態調査、相対的核DNA量調査、食味調査を合わせた

包括的な食用ギクの特性調査を行い、‘かきのもと’系統と比較することにより、多様な在来系統の特性を明らかにした。また、有望系統選抜の指標の一つとして、各系統の舌状花弁中の抗酸化活性について検討を行った。

形態・形質調査

花器官の形質調査の結果を表-1に示す。花色系は紫が13系統、黄が14系統、白が2系統あり、これらの花色はRHSカラーチャートによって、さらに細分化された。このように、食用ギクとして食されているキクの花色はほぼ紫系と黄系で占められており、白色の食用ギクの存在は稀であることは遠藤・岩佐(1982)によっても指摘されているところである。明治時代の園芸書(高橋, 1899)には、「菊花中黄色又は白色小輪なるものを料理菊と称し食用に供する」とあるが、現在では白花は食用としては一般的ではない。白花が食用として不適な理由は、調理の際に熱湯を通すことにより色が悪変するためと指摘されている(遠藤・岩佐, 1982)。しかし、他の色系の食用ギクと同様、少量の食酢とともに調理すれば色が悪変することはなく、白花が食用とされない理由はそう単純ではないと思われる。白花を含め、それぞれの系統が食用として栽培されている経緯を明らかにするには詳細な文化的、歴史的な調査が必要となるが、現

表-1 新潟県在来食用ギク系統の花器官の形質

系統番号 ^z	名称等	開花日 ^y	舌状花弁色 向軸側	背軸側	花色系	頭花重 ^x (g)	頭花径 ^w (mm)	頭花厚 ^v (mm)	舌状花弁数 ^u (枚)	舌状花弁の形状	舌状花弁の先端形
10 ^u	新岩室	10月13日	75C	75B	紫	4.7 ± 0.6	94.7 ± 4.8	50.1 ± 5.4	307.2 ± 24.3	管	丸～やや窪む
18 ^u	長岡28	10月16日	75B	75B	紫	4.4 ± 0.2	94.3 ± 2.2	41.7 ± 1.2	283.6 ± 9.2	管	丸～やや窪む
36 ^u	白根系かきのもと①	10月14日	N74D	N74D	紫	4.6 ± 0.2	99.4 ± 0.9	50.7 ± 5.0	283.2 ± 37.4	管	丸～やや窪む
37 ^u	白根系かきのもと②	10月14日	N74D	N74D	紫	4.6 ± 0.3	102.2 ± 4.5	50.8 ± 3.3	312.8 ± 21.4	管	丸～やや窪む
1	早生かきのもと川口系	9月26日	76C	76D	紫	4.3 ± 0.1	81.7 ± 3.1	29.5 ± 3.0	437.8 ± 13.9	さじ	歯
6	高柳1	10月26日	155B	155B	白	7.1 ± 0.5	113.6 ± 1.9	54.4 ± 2.6	126.2 ± 10.5	さじ	歯
7	寺尾系糸唐松	10月31日	7B	7B	黄	2.7 ± 0.2	86.7 ± 2.9	59.1 ± 4.9	265.6 ± 11.4	管	尖る
13	長岡金唐松37	10月21日	13B	14C	黄	3.8 ± 0.1	73.6 ± 5.2	26.5 ± 2.2	281.8 ± 11.1	管	窪む
14	山形系早生もって	9月24日	76C	76C	紫	3.3 ± 0.3	63.2 ± 3.9	33.5 ± 1.7	247.4 ± 33.1	管	窪む
16	阿房宮	9月28日	3B	3D	黄	6.6 ± 0.1	103.3 ± 2.8	46.7 ± 3.3	379.8 ± 29.2	舌	歯
17	中之島19	10月22日	2B	4C	黄	4.6 ± 0.7	77.9 ± 0.9	24.0 ± 2.6	282.0 ± 12.5	舌	窪む
19	湯東	10月22日	72C	N74D	紫	6.4 ± 0.6	114.7 ± 3.4	49.2 ± 3.9	237.0 ± 20.1	さじ	窪む
21	山北84	10月22日	5A	7B	黄	9.2 ± 0.4	131.3 ± 7.1	55.7 ± 6.0	236.0 ± 14.6	さじ	尖る
22	早生かきのもと坂井系	9月30日	76C	76D	紫	4.1 ± 0.2	78.5 ± 2.4	26.3 ± 3.0	453.3 ± 30.9	さじ	歯
23	石井系黄菊	9月4日	7B	7D	黄	8.1 ± 0.6	94.4 ± 2.3	43.0 ± 3.1	413.0 ± 9.0	管	丸～窪む
24	高柳4	10月23日	3A	5C	黄	11.0 ± 0.5	123.0 ± 4.0	37.0 ± 3.0	256.2 ± 29.8	舌	歯
26	越路75	10月18日	63D	62D	紫	5.1 ± 0.1	139.8 ± 3.7	38.6 ± 2.0	347.6 ± 16.0	管	窪む
27	紫唐松85	10月24日	76c	76C	紫	2.8 ± 0.1	89.4 ± 1.1	33.0 ± 2.8	85.8 ± 6.6	管	尖る
29	湯沢菊	10月13日	6B	7C	黄	4.0 ± 0.4	86.9 ± 2.2	28.6 ± 3.3	157.6 ± 24.4	舌	窪む
30	青森秋黄菊	10月11日	5B	7D	黄	6.0 ± 0.5	90.3 ± 4.6	38.4 ± 4.5	277.4 ± 28.4	さじ	歯
32	中之島21	10月25日	5B	6C	黄	5.5 ± 0.7	101.9 ± 3.9	43.7 ± 2.4	169.0 ± 9.8	さじ	窪む
33	新潟62	10月21日	75B	75C	紫	3.2 ± 0.2	112.1 ± 3.9	37.3 ± 3.4	160.2 ± 11.1	さじ	歯
35	五十公野黄菊	10月11日	5C	5C	黄	5.5 ± 0.3	84.1 ± 3.3	39.7 ± 2.1	256.0 ± 24.1	管	窪む～歯
38	仙人菊	10月15日	NN155C	NN155C	白	2.9 ± 0.2	88.1 ± 2.6	31.2 ± 2.5	222.6 ± 10.0	管	窪む～歯
39	丸湯菊	9月13日	N66D	69D	紫	6.3 ± 0.4	89.9 ± 4.2	38.3 ± 3.4	198.0 ± 26.0	さじ	歯～突起
42	二ツ山一重菊	10月7日	75B	76D	紫	3.9 ± 0.1	98.4 ± 2.5	42.2 ± 3.7	23.4 ± 1.3	舌	尖る
43	大毎平弁黄菊	10月19日	3A	5C	黄	12.2 ± 1.7	116.3 ± 3.8	49.7 ± 2.8	283.4 ± 20.8	舌	歯
44	大毎黄菊	10月10日	5C	5C	黄	4.7 ± 0.3	80.0 ± 7.9	43.6 ± 2.5	224.0 ± 10.0	管	窪む～歯
45	紫雲寺金唐松	10月20日	13B	14C	黄	6.8 ± 0.7	104.8 ± 7.0	23.5 ± 3.0	314.6 ± 15.4	管	窪む

z 新潟県園芸研究センター保存系統番号

y 舌状花弁が一枚でも展開した日

x 平均値±標準偏差

w 淡色系かきのもと

v 濃色系かきのもと

地では既に栽培が途絶えている系統もあるため、興味深いながらも困難な課題と言えよう。

供試系統の収穫期は系統によって大きく異なり、最も収穫期が早く到来した系統と最も収穫期が遅く到来した系統では2ヶ月以上の違いが

あった。また、同様に収穫期間も大きな系統間差が認められた (図-1)。

1株当たりの総頭花重を基準として収量を評価した結果、最も収量の多い系統と最も少ない系統間では、約10倍の違いがあった (図-2)。

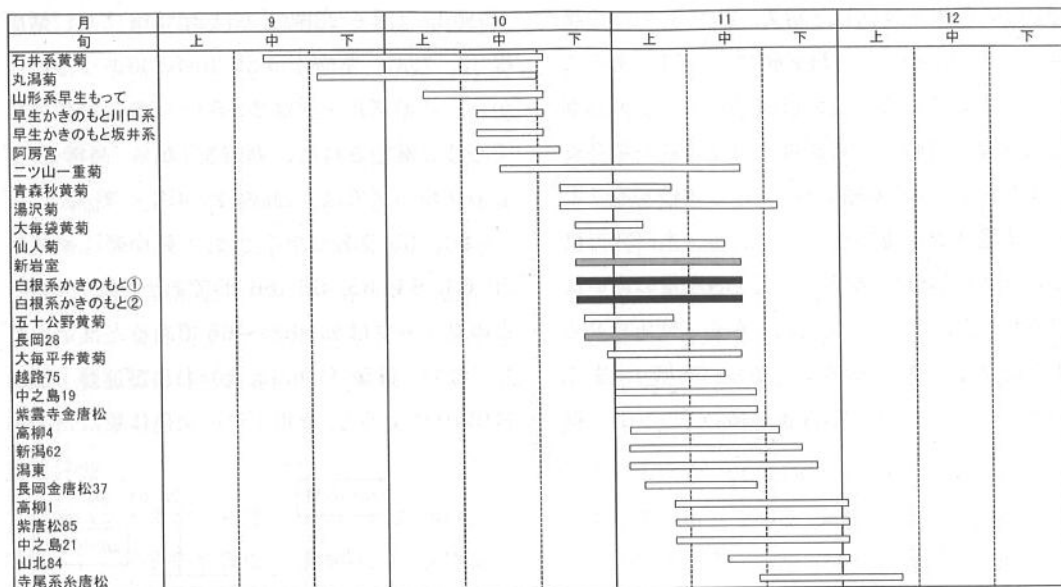


図-1 新潟県在来食用ギク系統の収穫暦
淡色塗りつぶしは淡色系かきのもと、濃色塗りつぶしは濃色系かきのもと

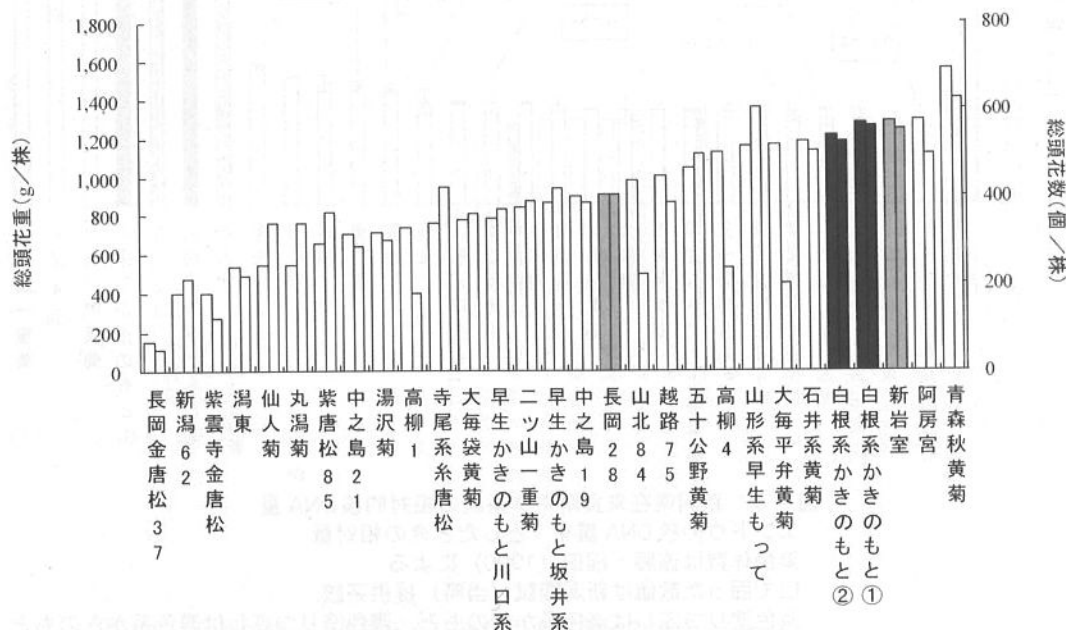


図-2 新潟県在来食用ギク系統の総頭花重 (左軸) および総頭花数 (右軸)
淡色塗りつぶしは淡色系かきのもと、濃色塗りつぶしは濃色系かきのもと

草丈および地上部茎葉重と収量との間に相関は見られなかった（データ略）。

相対的核DNA量

遠藤・稲田（1990）は食用ギク133点（65品種）の染色体を調査した結果、 $2n=53\sim 66$ の範囲で変異が認められ、最頻値は $2n=54$ であることを報告している。この供試系統には新潟県園芸試験場（当時）から提供された系統も数多く含まれ、現存する系統のDNA量と比較することで、染色体数の推定が可能になる。本研究で供試した29系統は、花色によるDNA量の違いは見られなかったが、‘阿房宮’から‘紫唐松85’までのグループ、‘新岩室’から‘高柳4’までのグループ、さらにDNA量が多い‘二ツ山一重

菊’の3グループに分けられた（図-3）。‘阿房宮’から‘紫唐松85’のグループでは、‘中之島19’（遠藤・稲田（1990）での供試名・‘中之島’）は $2n=53$ 、‘青森秋黄菊’（同・‘青森黄’）は $2n=54$ 、 $53+B$ 、‘湯東’（同・‘湯東’）は $2n=54$ 、‘高柳1’（同・‘高柳白’）は $2n=56$ 、 51 、‘紫唐松85’（同・‘紫唐松’）は $2n=57$ であったことから、このグループは $2n=53\sim 57$ の染色体数であると推定された。‘新岩室’から‘高柳4’までのグループでは、‘高柳4’（同・‘晩菊’）が $2n=64$ 、 63 であったことと、‘延命楽’系統が $2n=63$ 、 64 、 65 、 66 、 $66+B$ であったことから、このグループは $2n=63\sim 66$ であると推定された。なお、遠藤（1969a, b）および遠藤・稲田（1990）によると、食用ギクの染色体数は $2n=66$

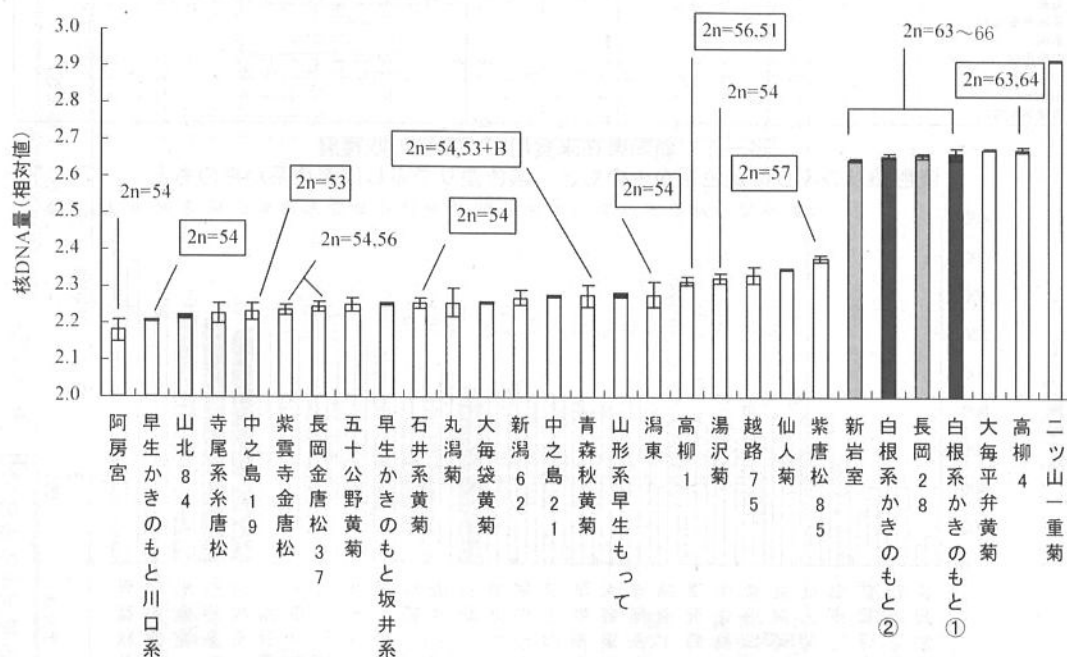


図-3 新潟県在来食用ギク系統の相対的核DNA量
エンドウの核DNA量を1としたときの相対量

染色体数は遠藤・稲田（1990）による、

□で囲った数値は新潟園試（当時）提供系統、

淡色塗りつぶしは淡色系かきのもと、濃色塗りつぶしは濃色系かきのもと
誤差線は標準誤差 $n=2$

が最高であり、 $2n=70\sim75+B$ の値を示したのは‘広物’と呼ばれる観賞ギクの一群であった。

本研究で最もDNA量が多かった‘二ツ山一重菊’は明らかに‘広物’に近い花姿をしており、染色体数も $2n\geq 70$ 程度と推定されるため、本系統は最近観賞ギクから食用ギクへと転用されたことが示唆された。遠藤・稲田(1990)は、食用ギクと観賞用および切り花ギクの染色体数の比較から、食用ギクは観賞用または切り花ギクから派生したと推定している。その中で、観賞ギクにおいてのみ見られた染色体数の系統が、本研究では供試系統でも見いだされたことから、食用ギクが観賞用または切り花ギクから派生した説を強く裏付けている。

食味評価

食感(シャキシャキ感)については‘阿房宮’が弱く、‘寺尾系系唐松’が強いという評価で

あった。また、濃色系かきのもとと淡色系かきのもととの間に差は見られなかった(図-4)。一般に食用ギクにおいては、食感が優れる管弁か、または浅いさじ弁が好ましいとされているが、本研究では舌状花弁の形状と食感(シャキシャキ感)に一定の傾向が見られなかったことから、舌状花弁の形状に加え、舌状花弁長、舌状花弁の太さ、舌状花弁の硬さも食感の評価に影響している可能性が考えられた。甘みについては‘越路75’が弱く、‘高柳1’、‘二ツ山一重菊’が強いという評価であった。なお、甘みが弱いとされた‘越路75’は他系統から突出して評価値が低く、甘みが強いとされた‘高柳1’、‘二ツ山一重菊’は他系統から突出して評価値が高かった。また、濃色系かきのもとである‘白根系かきのもと①’や‘白根系かきのもと②’は、淡色系かきのもとである‘新岩室’や‘長岡28’よりも評価値が高かった(図-5)。苦みについて

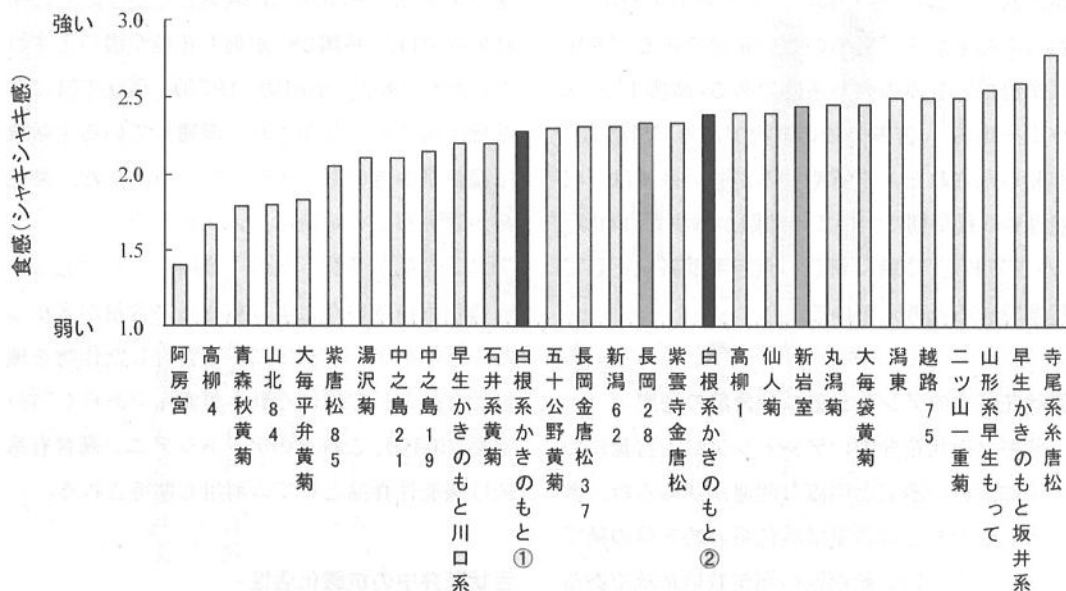


図-4 官能試験による新潟県在来食用ギク系統の食感(シャキシャキ感)評価
淡色塗りつぶしは淡色系かきのもと、濃色塗りつぶしは濃色系かきのもと

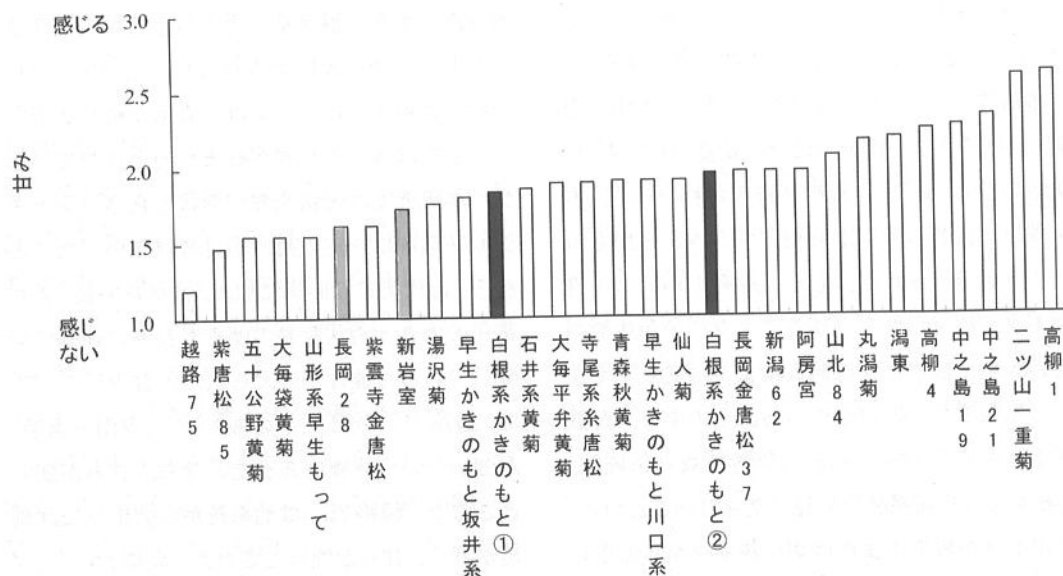


図-5 官能試験による新潟県在来食用ギク系統の甘み評価
淡色塗りつぶしは淡色系かきのもと、濃色塗りつぶしは濃色系かきのもと

は「高柳1」、高柳4」が弱く、「越路75」が他系統から突出して高い評価であった。また、淡色系かきのもととは濃色系かきのもとよりも評価値が高く、甘みと逆の傾向であった(図-6)。これらの結果から、食感の強い系統である「寺尾系系唐松」、甘みの強い系統である「高柳1」、「ニツ山一重菊」、苦みの強い系統である「越路75」が見いだされた。食感や甘みが強い系統は、収量性や収穫時期についての課題が解決されれば、「かきのもと」に続く新しい食用ギク系統として提案できると考えている。

舌状花弁中のアントシアニン含量の測定

紫ギク舌状花弁中のアントシアニン含量については、色の濃淡と明確な関連が認められ、濃色系かきのもととの含量は淡色系の約5倍の値であった(図-7)。新潟県の商業栽培系統であるかきのもと系は、高温時に花色の発色が不良となることがある。そのため、シェード栽培によ

て早期出荷する作型では花色が濃い系統が好ましく、生産者が中心となって濃色系が選抜されてきた経緯がある。その結果、新潟県園芸試験場(当時)が1970年代に収集したかきのもと系統の中では、「長岡28」が最も花色が濃いとされていたが(瀬古・小田切, 1973)、現在ではこの系統は淡色系に分類され、流通している主系統は濃色系かきのもととなっている。また、濃色系かきのもと2系統は、舌状花弁中のアントシアニン含量が多かったが、「湯東」、「紫唐松85」は濃色系かきのもとよりもさらに含量が多かった。近年、アントシアニンを含有した作物を機能性食品として用いる動きが盛んであり(三谷・安藤, 2010)、これらのアントシアニン高含有系統は機能性食品としての利用も期待される。

舌状花弁中の抗酸化活性

本研究で供試した食用ギク舌状花弁は、いずれの系統も高い抗酸化活性を示したが、その程度に

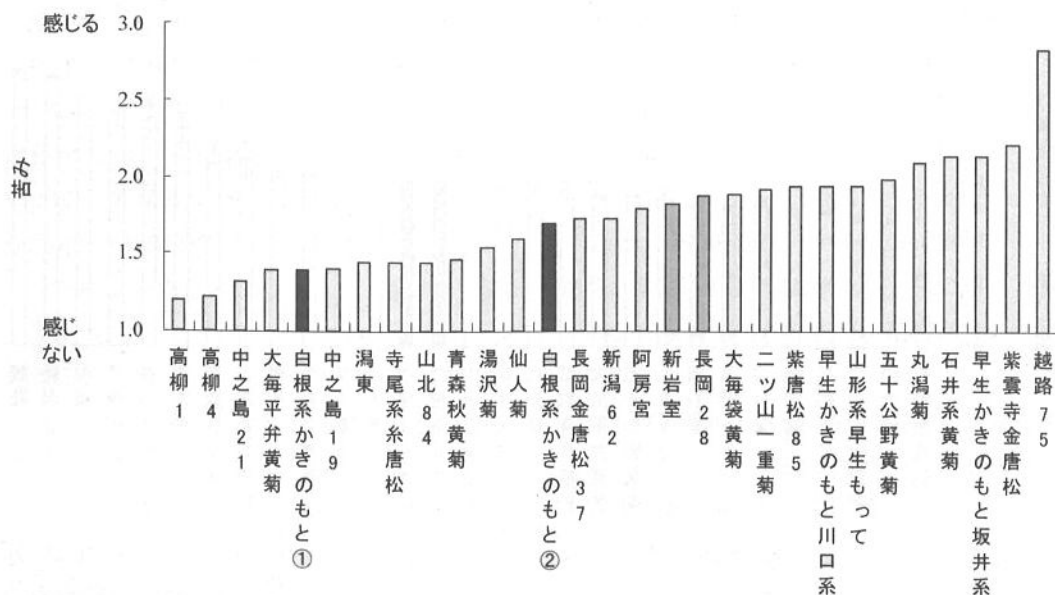


図-6 官能試験による新潟県在来食用ギク系統の苦み評価
 淡色塗りつぶしは淡色系かきのもと、濃色塗りつぶしは濃色系かきのもと

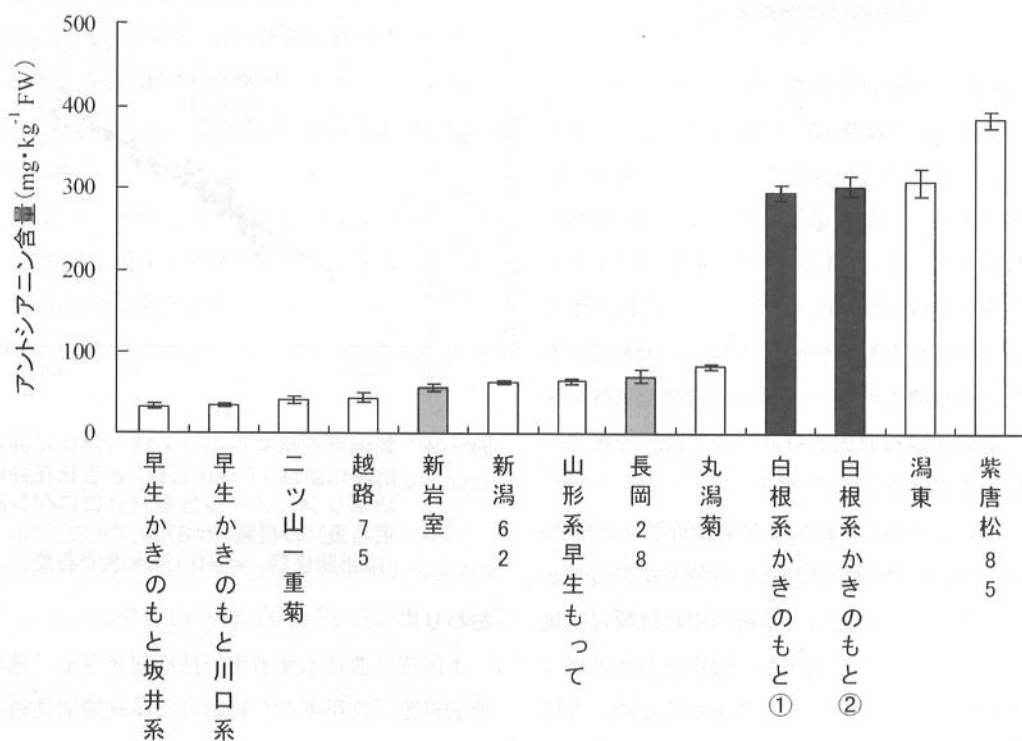


図-7 食用ギク在来系統の舌状花弁中アントシアニン含量 (シアニジン相当量)
 淡色塗りつぶしは淡色系かきのもと、濃色塗りつぶしは濃色系かきのもと、
 誤差線は標準誤差 n=3

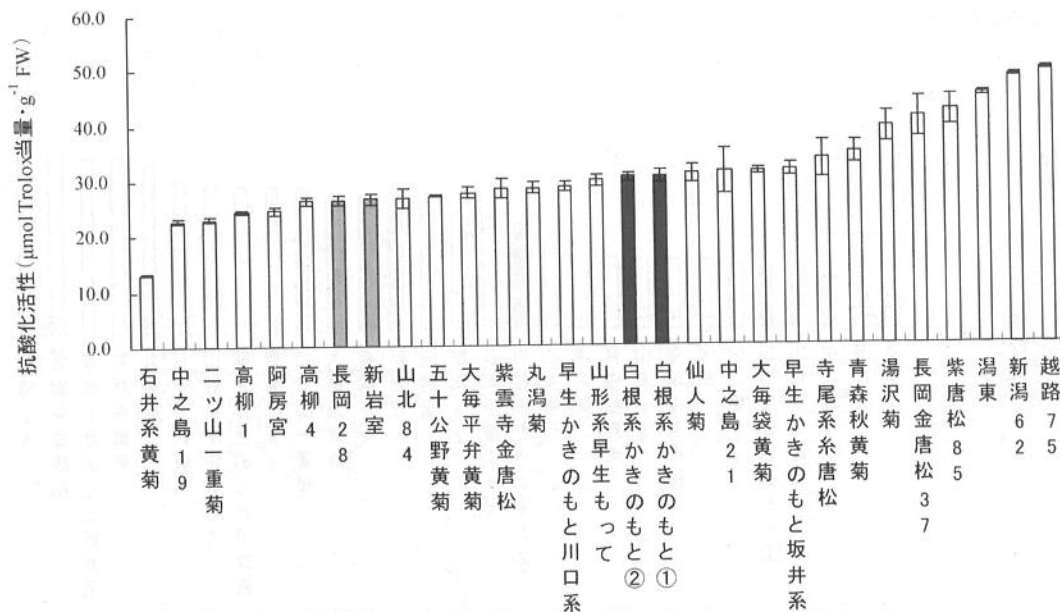


図-8 新潟県在来食用ギク系統の舌状花弁中抗酸化活性 (Trolox 当量)
 淡色塗りつぶしは淡色系かきのもと, 濃色塗りつぶしは濃色系かきのもと,
 誤差線は標準誤差 $n=3$

は明らかに系統間差が認められた (図-8)。

活性が高い '越路75', '新潟62' はアントシアニン含量が少ない淡色系であり, 抗酸化活性とアントシアニン含量との間には相関は認められなかった (データ略)。一方, 総ポリフェノール含量との間には強い相関が認められ, ポリフェノール類が高い抗酸化活性の原因物質であることが示唆された (図-9)。抗酸化活性の系統ごとの主要な原因成分については, 今後さらに検討を進めたい。

以上のことから, 新潟県在来食用ギク系統29系統の特性が明らかになり, 有望系統の候補が見いだされた。ただし, 系統の中には既に現地で栽培が途絶えた系統や, 限定された地域でのみ栽培されている系統も含まれるため, 今後は栽培上の技術確立と合わせて普及に向けた活動が必要であると考えられる。

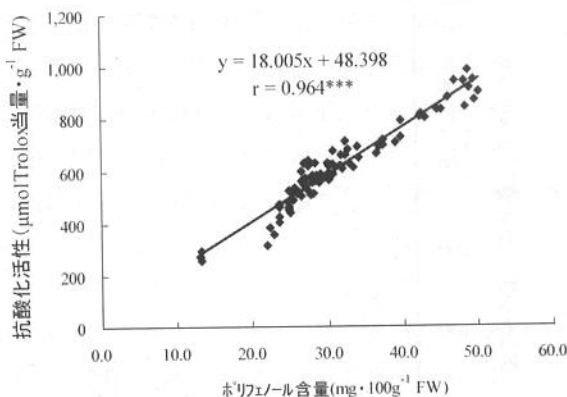


図-9 新潟県在来食用ギク系統の舌状花弁中抗酸化活性 (Trolox 当量) と舌状花弁中総ポリフェノール含量 (クロロゲン酸相当量) の相関 ($n=87$)
 r は相関係数, ***0.1%水準で有意

おわりに

本研究は農林水産省実用技術開発事業「地域遺伝資源「食用ギク」における系統識別技術と優良系統の開発」の一環として行った。なお, 本論文の内容は原著 (佐藤ら, 2011) を改編して掲載した。

引用文献

- 遠藤伸夫. 1969a. 栽培ギクの染色体研究 (第1報). 園学雑. 38:267-274.
- 遠藤伸夫. 1969b. 栽培ギクの染色体研究 (第2報). 園学雑. 38:343-349.
- 遠藤元庸・稲田委久子. 1990. 食用ギクおよびツマギクの染色体数について. 園学雑. 59: 603-612.
- 遠藤元庸・岩佐正一. 1982. 食用ギク及びツマギクの特性と品種分類. 園学雑. 51:177-186.
- 今泉省三・真水 淳. 1978. 越後名寄巻第十三. p. 295. 越佐叢書第十五巻. 野島出版. 三条.
- 香川 彰. 1988. 食用ギクの化学成分に関する研究 (I). 岐阜女大紀要 18:69-75.
- 香川 彰. 1989. 食用ギクの化学成分に関する研究 (II). 岐阜女大紀要 19:73-80.
- 喜田茂一郎. 1911. 最近蔬菜園藝全書. p. 579-584. 嵩山堂. 東京.
- 松村胤保. 1864. 邸産録. 二冊. 酒田市立図書館蔵.
- 三谷璋子・安藤久子. 2010. アントシアニン含有食品の現状と機能性に関する研究 (第1報). 福山市立女短大紀要 37:23-28.
- 新潟県農林水産部. 2010. 野菜栽培指針. 食用ぎく. p. 499-506.
- 農林水産省. 農林水産植物種類別審査基準. 2007. ぎく. p. 1-49. <http://www.hinsyu.maff.go.jp/annai/sinsakijun/kijun/1161.pdf>.
- 農林水産省. 2007. 平成12年産地域特産野菜の生産状況 (2007年10月31日公表). 食用ぎく. <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/Xlsdl.do?sinfid=000005927501>.
- 農林水産省. 2010. 平成20年産地域特産野菜の生産状況 (2010年11月26日公表). 食用ぎく. <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/Xlsdl.do?sinfid=000008283401>.
- 農林水産先端技術産業振興センター. 2007. 植物のDNA品識別技術の開発状況等調査報告書. p. 1-178.
- 佐藤 淳・葛西正則・長谷川雅明・小笠原宣好. 2011. 新潟県における食用ギク在来系統の諸特性. 園学研. 11:1-11.
- 瀬古龍雄・小田切文朗. 1973. 食用ギクのいろいろ. 農耕と園芸. 28:232-234.
- 白尾 史・上野敬一郎・松山知樹・市田裕之. 2006. 秋輪ギク品種「新神」のDNAマーカーによる品種識別. 平成18年度九州沖縄農業研究センター研究成果情報. p. 245-246.
- 高橋久四郎. 1899. 蔬菜栽培全書. p. 227. 東京興農園. 東京.
- 立山千種・太田雅壽・内山武夫. 1997a. 食用花卉に含まれるポリフェノール類含有量と抗酸化活性. 食科工誌. 44:290-299.
- 立山千種・太田雅壽・内山武夫. 1997b. 食用花卉抽出液のフリーラジカル消去活性. 食科工誌. 44:640-646.
- 富樫常治. 1922. 実験蔬菜栽培講義. p. 404-405. 養賢堂. 東京.
- 柘植六郎. 1925. 最近蔬菜園藝. p. 417-420. 成美堂. 東京.

身近な雑かん木 (5) ウツギ

NPO 法人自然観察大学 岩瀬 徹

日当たりのよい林縁、台地の開けた斜面などに生えるユキノシタ科の落葉低木。畑の境木として、あるいは垣根、公園などにもよく植えられる。茎は根元から群がって立ち、高さ2、3mになる。細い枝が撓うように伸びる。その形は灌木の名にふさわしい。樹皮は暗褐色。落葉季には茎の先端に2個の仮頂芽があり、枝の途中には対生する側芽があって越冬する。茎は中空で、これがウツギ（空つ木）の語源とされる。

葉はほぼ対生、枝全体が一見羽状複葉を思わせるが、葉柄の基部には芽があって単葉であることがわかる。葉の表裏には毛（星状毛）が密生しざらつく。

5、6月ごろ、枝先に花序をつけ全体が白色におおわれる。これが陰暦4月（卯月）に当たるの

でウノハナとも呼ばれる。がくの基部はお碗状、がく片は5、花弁は5、雄しべは長短5個ずつの10個、雌しべは1個で花柱は3～4個。がくや花弁の外側、花柄には星状毛が密生する。花糸（雄しべの柄）には白い翼のあるのが特徴。果実は球形で上面は平ら、花柱は遅くまで残る。秋に熟すと果皮が裂開し、黒い種子が散布する。

ウツギの名の付く種類はいろいろある。マルバウツギ、ヒメウツギなどは同じウツギ属だが、ツクバネウツギ、ハコネウツギ、タニウツギなどはスイカズラ科、他にミツバウツギ（ミツバウツギ科）、フジウツギ（フジウツギ科）、コゴメウツギ（バラ科）などというものもある。花の印象ががウツギを思わせることから派生したものであろうか。



写真－1 畑の境木とされたウツギ



写真－2 茎の切り口、中空。



写真-3 枝に着く葉、一見複葉を思わせる。



写真-4 花序を着けた枝



写真-5 花、雄しべの花糸には翼がある



写真-6 果実、花柱が残る



写真-7 ウツギの名のつく木
マルバウツギ (ウツギ科)



写真-8 ウツギの名のつく木
タニウツギ (スイカズラ科), 日本海
側の山地に多い。

植調協会だより

◎ 会議日程のお知らせ

・平成23年度冬作関係（麦類・いぐさ・水稲
刈跡）除草剤・生育調節剤試験成績中央検討会
日時：平成24年9月13日（木）10:00～17:00
場所：浅草ビューホテル

〒111-8765

東京都台東区西浅草3-17-1

TEL 03-3847-1111

お詫びと訂正

「植調第46巻第4号」について下記のとおり
ご訂正をお願いいたします。

P1 巻頭言 執筆者の所属

誤：農業化学品開発部長 →

正：農業化学品開発グループリーダー

訂正してお詫び申し上げます。

編集後記

写真撮影のために水田雑草をポットで育てている。芽ばえから生育初期までを撮影するのが目的のひとつなので、余分な苦勞を強いられることになる。ただ育てるだけなら、水田土壌が最適だろうが、それでは雑草の発生が多くて、狙う草種と区別がつかないので、雑草（話がややこしいが、要するに目的外の草種）種子の混入していない土が欲しい。昨年は水稲用育苗培土を使ったが、種子発生のもので肥料焼けを起こしたものがいくつかあったので、今年は「芝の目土」を使うことにした。この土は雑草種子の混入がなく、肥料成分が含まれていないので、撮影には理想的な条件を備えていると思えた。

灌水の方法は、栽培ポットの底に穴を開け、そのポットを大きなバットの中に入れてバットに水を張る「底面灌水」とした。種子の発芽までは、バットに水を深く張って湛水管理

とし、発芽してからは水張りを浅くしてヒタヒタ水管理にする。芽ばえや生育初期の草が土壌粒子で汚れるのを嫌ってのことである。

経過を報告する。発芽までは順調だったが、なにせ土壌微生物相がブアなうえに肥料分がゼロである。入手の容易な液肥ハイポネックスで対応したが、水田状態では適量がわからない。用心して少なめから始め、効きが悪いと思ったら増やす、という具合に徐々に施肥量を増やしていった、高温期の現在、何とか育つようになったが、雑草が伸びるより先に藻が発生してきて手こずっている。藻も出ないような土では、おそらく肥料も吸収してくれないだろうから、仕方がないだろう。

ともあれ、放っておけば勝手に発生してきて手を焼く水田雑草も、栽培するとなれば難しい。世の中、そう都合よくいくものではないと思い知らされている。

公益財団法人 日本植物調節剤研究協会

東京都台東区台東1丁目26番6号

電話 (03) 3832-4188 (代)

FAX (03) 3833-1807

<http://www.japr.or.jp/>

編集人 日本植物調節剤研究協会 会長 小川 奎

発行人 植調編集印刷事務所 元村 廣司

発行所 東京都台東区台東1-26-6 全国農村教育協会
植調編集印刷事務所

電話 (03) 3833-1821 (代)

FAX (03) 3833-1665

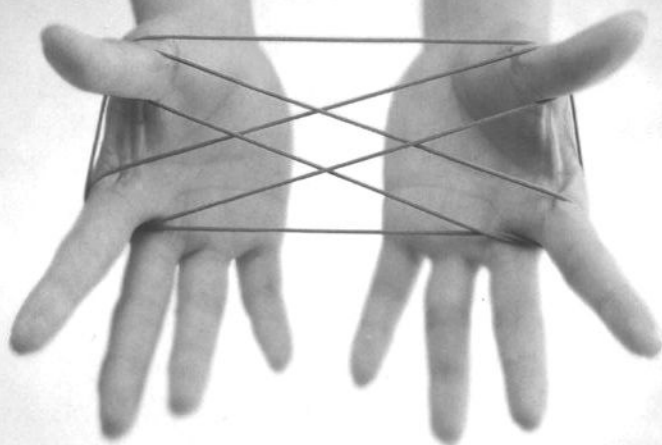
平成24年8月発行定価525円(本体500円+消費税25円)

植調第46巻第5号

(送料270円)

印刷所 布ネットワン

私たちの多彩さが、
この国の農業を豊かにします。



®は登録商標です。

大好評の除草剤ラインナップ

新登場! **ゼータワン**® 1キロ粒剤
シアンボフロアブル

新登場! **メガゼータ**® 1キロ粒剤
シアンボフロアブル

新登場! **オサキニ**® 1キロ粒剤

新登場! **ショウリョクS** 粒剤

アワード® フロアブル

イッテツ® 1キロ粒剤
シアンボフロアブル

キックバイ® 1キロ粒剤

クラッシュEX® シャンボ

シェリフ® 1キロ粒剤

忍® 1キロ粒剤
シアンボフロアブル

ショウリョク® シャンボ

ティクオフ® 粒剤

ドニチS® 1キロ粒剤

バトル® 粒剤

ヨシキタ® 1キロ粒剤
シアンボフロアブル

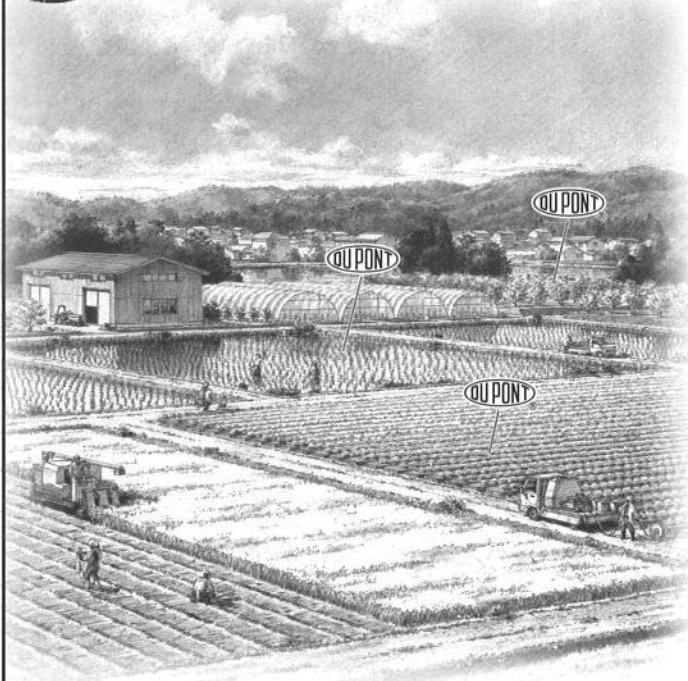
会員登録中 農業支援サイト i-農力 <http://www.i-nouryoku.com>

お客様相談室 0570-058-669

大株のめくみ まっすん人へ
SCG GROUP

住友化学

住友化学株式会社



日本の米作りを応援したい。

全国の水稲農家の皆さまからいただく様々な声をお聴きして、これまで「DPX-84混合剤」はSU抵抗性雑草対策を実施し、田植同時処理、直播栽培など多様な場面に対応した水稲用除草剤を提供してまいりました。そしてさらに雑草防除だけでなく、育苗箱用殺虫剤「フェルテラ®」で害虫防除でも日本の米作りを応援したいと考えています。
— 今日もあるあなたのそばに。明日もあるあなたのために。



The miracles of science®

デュポン株式会社 農業製品事業部 〒100-6111 東京都千代田区永田町2-11-1 山王パークタワー

デュポンオパール®、The miracles of science™、フェルテラ®、RYNAXYPYR®は米国デュポン社の商標および登録商標です。



特 長

《広範囲の雑草に有効》

雑草発生前の散布でほとんどの畑地一年生イネ科および広葉雑草を同時に防除します。

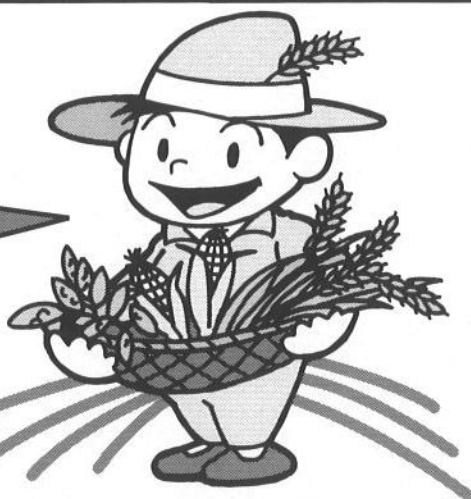
《安定した除草効果》

作用性の異なる3種の有効成分を混合することにより、幅広い草種に安定した除草効果を示します。

《長い持続効果》

本剤は土壌中の移動性が小さいため、長期間雑草の発生を抑えます。

しつこい畑地雑草を
きれいに抑えます。



大豆、えだまめ、小麦・大麦、とうもろこし、にんじん、ばれいしょの雑草防除に

クリアター® 乳剤 細粒剤F

●使用前にはラベルをよく読んでください。●ラベルの記載以外には使用しないでください。●本剤は小児の手の届く所には置かないでください。



JAグループ

農 協

全 農

経 済 連

®は登録商標



自然に学び 自然を守る

クミアイ化学工業株式会社

本社：東京都台東区池之端1-4-26 〒110-8782 TEL.03-3822-5131

天下無草

新登場

非選択性茎葉処理除草剤

ザクサ® 液剤

ザクサ普及会

北興化学工業株式会社

〔事務局〕Meiji Seika ファルマ株式会社

〒104-8002 東京都中央区京橋2-4-16

ザクサ®はMeiji Seikaファルマ株式会社の登録商標

