

**BULLETIN  
OF THE  
NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER  
FOR TOHOKU REGION**

**Tohoku Nogyo Kenkyu Center Kenkyu Hokoku  
No.103, March 2005**

**東北農業研究センター  
研究報告**



独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構

**東北農業研究センター**

岩手県盛岡市

**National Agricultural Research Center  
for Tohoku Region**

National Agricultural and Bio-oriented Research Organization  
Morioka, Iwate 020-0198, Japan



本誌から転載・複製する場合は当研究  
センターの許可を得てください。



東北農業研究センター研究報告 第103号

所長 氏原和人

編集委員会

編集委員長	駒村研三						
編集委員	小池俊吉			矢島正晴			
	宮川三郎			荒木			
	新田恒雄			萩原			
	武政正明						

BULLETIN OF THE  
NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER  
FOR TOHOKU REGION

No.103

*Director General*  
Kazuto UJIHARA

*Editorial Board*

*Editor*  
Kenzo KOMAMURA

*Associate Editors*

Toshikichi KOIKE	Masaharu YAJIMA
Saburo MIYAGAWA	Hitoshi ARAKI
Tsuneo NITTA	Hiroshi HAGIWARA
Masaaki TAKEMASA	

# 東北農業研究センター研究報告 第103号 (平成17年3月)

## 目 次

温暖地に適した無エルシン酸なたね新品種「ななしきぶ」の育成 加藤 晶子・山守 誠・由比真美子・石田 正彦・千葉 一美・奥山 善直 遠山 知子・田野崎真吾・菅原 俐 .....	1 - 11
赤米粳品種「紅衣」の育成 山口 誠之・横上 晴郁・片岡 知守・滝田 正・東 正昭・加藤 浩 田村 泰章・小綿 寿志 .....	13 - 26
コムギ高分子量グルテニンサブユニット「5+10」を判別する PCR 用 DNA マーカーの 開発およびその東北地方向けパン用品種への適用 石川 吾郎・齊藤 美香・伊藤 裕之・平 将人・前島 秀和・谷口 義則 中村 俊樹 .....	27 - 37
田畑輪換の繰り返しや長期畑転換に伴う転作大豆の生産力低下と土壤肥沃度の変化 住田 弘一・加藤 直人・西田 瑞彦 .....	39 - 52
育苗箱へのトビムシ導入によるアブラナ科野菜の苗立枯れ症抑制 白石 啓義・岡野 正豪・江波 義成 .....	53 - 61

BULLETIN OF THE  
NATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH CENTER  
FOR TOHOKU REGION  
No.103 (March 2005)

CONTENTS

KATO, M., YAMAMORI, M., YUI, M., ISHIDA, M., CHIBA, I., OKUYAMA, Y., TOYAMA, T., TANOSAKI, S. and SUGAWARA, S.: Breeding of a New Zero-erucic Acid Rape Cultivar "Nanashikibu" Adaptable to Temperate Climate .....	1 - 11
YAMAGUCHI, M., YOKOGAMI, N., KATAOKA, T., TAKITA, T., HIGASHI, T., KATO, H., TAMURA, T. and KOWATA, H.: Breeding of a New Red Grain Rice Cultivar "Benigoromo" .....	13 - 26
ISHIKAWA, G., SAITO, M., ITO, H., TAIRA, M., MAEJIMA, H., TANIGUCHI, Y., and Nakamura, T.: Development of PCR-based DNA marker for identifying wheat high-molecular-weight glutenin subunits "5+10" and its applications to breeding of bread-making cultivars for the Tohoku region .....	27 - 37
SUMIDA, H., KATO, N. and NISHIDA, M.: Depletion of soil fertility and crop productivity in succession of paddy rice-soybean rotation .....	39 - 52
SHIRAISHI, H., OKANO, S. and ENAMI, Y.: Effects of <i>Folsomia hidakana</i> (Collembola) released in a seedling box on decreasing damping-off of Brassicaceous vegetables caused by <i>Rhizoctonia solani</i> .....	53 - 61

## 温暖地に適した無エルシン酸なたね新品種「ななしきぶ」の育成

加藤 晶子<sup>\*1)</sup>・山守 誠<sup>\*1)</sup>・由比真美子<sup>\*1)</sup>  
 石田 正彦<sup>\*2)</sup>・千葉 一美<sup>\*3)</sup>・奥山 善直<sup>\*3)</sup>  
 遠山 知子<sup>\*3)</sup>・田野崎真吾<sup>\*3)</sup>・菅原 俐<sup>\*3)</sup>

抄録：「ななしきぶ」は、東北農業試験場（現 東北農業研究センター）において、温暖地向けの無エルシン酸、多収なたね品種の育成を目標に、1992年に無エルシン酸で成熟期が中生の「盛脂148」を母とし、早生で多収な「オオミナタネ」を父として人工交配を行い、以後、系統育種法により、選抜・固定を図り、育成し、2002年に命名登録された品種である。

本品種は標準品種とした「オオミナタネ」に比較して、次のような特性をもつ。成熟期はやや遅いが、同じく中生品種で、中晩生品種である「キザキノタネ」より早い。草丈は長く“中”で、「キザキノタネ」よりは短い。菌核病抵抗性は同程度で“やや強”、寒雪害抵抗性は強い“やや強”である。春播性は同程度の“高”である。耐倒伏性はやや強く“強”で、「キザキノタネ」と同程度である。子実収量は多く“多”である。子実中のエルシン酸は「オオミナタネ」の“極高”に対し“無”である。含油率は同じく“中”である。

「ななしきぶ」の栽培適地は関東以西の温暖平坦地帯である。「ななしきぶ」は滋賀県で栽培が推奨される。

キーワード：なたね新品種、無エルシン酸、中生、多収、温暖地向け

Breeding of a New Zero-erucic Acid Rape Cultivar “Nanashikibu” Adaptable to Temperate Climate : Masako KATO<sup>\*1)</sup>, Makoto YAMAMORI<sup>\*1)</sup>, Mamiko YUI<sup>\*1)</sup>, Masahiko ISHIDA<sup>\*2)</sup>, Ichimi CHIBA<sup>\*3)</sup>, Yoshinao OKUYAMA<sup>\*3)</sup>, Tomoko TOYAMA<sup>\*3)</sup>, Shingo TANOSAKI<sup>\*3)</sup> and Satoshi SUGAWARA<sup>\*3)</sup>

Abstract : A new rape cultivar “Nanashikibu” was developed at the National Agricultural Research Center for Tohoku Region, NARO, and was registered as “Norin 49” by the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF) in 2002. “Nanashikibu” was selected from the progenies of the cross of “Morishi 148/ Oominatane”, with the aim of developing a new cultivar with adaptability to the temperate climate of Japan, zero erucic acid content, and a high yield. “Morishi 148” is a strain with zero erucic acid content and medium maturity. “Oominatane” is a cultivar with early maturity and high yield.

The major agronomic characteristics of “Nanashikibu” are as follows:

The maturity is medium, earlier than “Kizakinonatane” and about the same as “Oominatane”. The plant height is medium, longer than “Oominatane” and shorter than “Kizakinonatane”. The resistance to sclerotinia disease is medium like “Oominatane”. The resistance to cold and snow damage is medium, stronger than that of “Oominatane”. The degree of spring habit is late, as in “Oominatane”. The resistance to lodging is strong, superior to that of “Oominatane”. The yielding ability is high, superior to that of “Oominatane”. The content of erucic acid in extracted oil is zero. The oil content is medium and slightly lower than that of “Oominatane”.

“Nanashikibu” will be adapted to temperate lowland areas west of the Kanto region of Japan.

“Nanashikibu” will be recommended in Shiga Prefecture.

Key Words : New rape cultivar, Zero-erucic acid, Medium maturing, High yielding, Adaptable to temperate climate

\* 1) 東北農業研究センター (National Agricultural Research Center for Tohoku Region, Morioka, Iwate, 020-0198, Japan)

\* 2) 現・野菜茶業研究所 (National Institute of Vegetable and Tea Science, Anjo, Mie, 514-2392, Japan)

\* 3) 元・東北農業試験場 (Retired, Tohoku National Agricultural Experiment Station, Morioka, Iwate, 020-0198, Japan)

2004年3月24日受付, 2004年9月16日受理



## 緒 言

なたねは古くから油料作物として栽培され、重要な換金作物であった。また、なたねは数少ない冬作物であり、他作物に比べ不良条件に対する適応性が高いことや、土地を肥沃にし、土壌が団粒・膨軟化するなど後作物に好影響を与えることから、耕地を改良し、高度利用できる輪作作物としても重要であった。日本におけるなたねの栽培は 1957 年の栽培面積 26 万 ha を最高として、その後貿易自由化に伴う輸入なたねの増加などから減少の一途をたどり、現在では青森県、鹿児島県、北海道を主産地として約 500ha が作付けされている。しかし、近年、景観作物や緑肥作物として栽培され、菜の花が町や村おこしのシンボルとなる事例が増えてきた。また、遺伝子組換え体を含む外国産なたねに対して懸念を抱く一部消費者などから国産なたねに対する支持がある。さらに、最近、なたね栽培を取り入れた資源循環社会の構築を目指す取り組みが全国に広がりつつある。これらのことからなたねの重要性が再評価されている(石田 2003)。

国の育種事業としての搾油用なたねの育種は 1930 年から各地で開始され、1960 年代には全国 5 ヶ所で行われていた(志賀 1971)。しかし、なたね栽培の衰退に伴い各地で育種が中止され、現在では東北農業研究センターが唯一のなたね育種を担当し、全国のそれぞれの地域に適した品種改良を行っている。なたねの育種目標としては、動物実験の結果から、なたね油に含まれるエルシン酸は大量に摂取すると人体に好ましくないとされたことから(金田 1980)、無エルシン酸品種を重点としてきた。無エルシン酸品種としては「アサキノナタネ」(奥山ら 1993)と「キザキノナタネ」(奥山ら 1994)が日本初であり、その後「菜々みどり」(加藤ら 2002)と「キラリボシ」(山守ら 2003)が育成されている。しかし、これらの無エルシン酸品種は東北地方向けであるため、温暖地では成熟期が晩生となり、梅雨と遭遇する期間を短縮するためにも早生化が必要であった。そこで、温暖地栽培に適した、熟期が早く、無エルシン酸で多収の品種が求められてきた。

滋賀県は、近畿地方の貴重な水資源である琵琶湖や豊かな自然を有し、これらを健全な姿で次世代へ引き継いでいくため、産業由来の環境負荷を軽減し、

ゼロエミッション型農林水産業の構築をめざしている。この施策の一環として平成 11 年度より「湖国菜の花エコ・プロジェクト」を展開し、なたね栽培の積極的な推進を掲げている。この中で、なたねを栽培し子実を搾って食用油とし、絞りがすは有機質肥料として利用、さらに、廃食油を回収し、バイオディーゼル燃料として軽油代替燃料への再利用を想定している。このようにプロジェクトはなたね栽培を軸とした資源循環型社会の構築を目指すものである。滋賀県で作付けされていた「農林 6 号」や「ムラサキナタネ」、「オオミナタネ」はエルシン酸の含有率が高いため、食用油の原料とするのに問題があった。このため、熟期が早い、草丈が低い、耐病性に優れるなどの、温暖地に適した特性をもつエルシン酸を含まないなたね優良品種への早期切り替えが必要となっていた。

「ななしきぶ」は無エルシン酸であり、熟期は「オオミナタネ」よりやや遅いが、同じく中生種で収量性に優れている。これらの優れた特性から、2002 年 12 月「ななしきぶ」(なたね農林 49 号)と命名登録された。「ななしきぶ」は滋賀県において栽培が推奨され、これまでの栽培品種と置き換えられ栽培が広がっている。そこで、本品種の来歴、育成経過、特性と栽培上の注意などについて報告し、今後の普及促進の参考に資する。

本品種の育成にあたり、系統適応性検定試験、特性検定試験などを実施し、栽培適性及び諸特性の把握に努めた青森県畑作園芸試験場、鹿児島県農業試験場大隅支場、福島県農業試験場本場及び会津支場、九州沖縄農業研究センターの担当者各位に謝意を表す。特に、採用県の滋賀県農業試験場の担当者各位には特段のご協力を頂いた。また、東北農業研究センター企画調整部(前・東北農業試験場企画連絡室)業務 1 科伊東健二、高橋博貴、斎藤文隆、藤澤敏彦、後藤正幸、斎藤真一、藤澤忠、中嶋浩之、佐藤卓見、関村良蔵、斎藤隆、武蔵孝仁の諸氏には栽培管理や調査などにおいて多大な協力を得た。当所の歴代の作物開発部長には激励を賜り、作物機能開発部長宮川三郎博士には本報告のご校閲を頂いた。ここに記してこれらの方々に感謝の意を表す。

### 来歴及び育成経過

「ななしきぶ」は 1992 年 5 月(1991 年度播種、以下播種年度で示す)に東北農業試験場(現 東北

農業研究センター)・盛岡試験地において、温暖地向けの無エルシン酸・多収品種の育成を目標として、「盛脂 148」を母とし、「オオミナタネ」を父として人工交配を行った(図1)。「盛脂 148」は熟期が中生で無エルシン酸の系統であり、「オオミナタネ」はエルシン酸を含むが、温暖地で優れた特性を示し、西日本におけるかつての主力品種である(表1)。1992年度にF<sub>1</sub>個体を養成し、1993年度にF<sub>2</sub>の個体選抜を行い、1994年度に選抜個体種子の脂肪酸を分析して、低エルシン酸個体を選抜し、1995年

度F<sub>3</sub>より系統選抜試験によって無エルシン酸の早生系統を選抜して固定を図った。1997年度にF<sub>5</sub>から生産力検定予備試験、特性検定試験に供試した結果、成績が良好であったので、1999年度より「東北 91号」の系統名を付して生産力検定試験、滋賀県農業総合センター農業試験場における品種選定試験、青森県畑作園芸試験場における奨励品種決定基本調査、鹿児島県農業試験場大隅支場における特性検定試験(耐病性)などに供してきた(表2)。2001年度における世代はF<sub>9</sub>である。

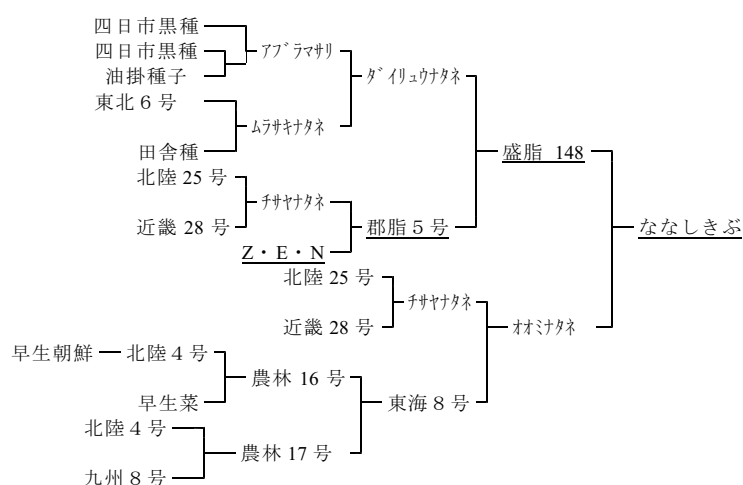


図1 「ななしきぶ」の系譜図

注：アンダーラインを引いた品種・系統は無エルシン酸の特性をもつ。

表1 「ななしきぶ」と両親の特性

品種・系統名	草型	草丈	第1次分枝数	葉色	花色	穂長	粒色	開花期	成熟期	耐倒伏性
盛脂 148 (♀)	Ⅲ	やや長	少	緑	黄色	やや長	黒	中	中	強
オオミナタネ(♂)	Ⅱ	短	やや少	緑	黄色	中	灰黒	やや晩	中	やや強
ななしきぶ	Ⅲ	中	やや少	緑	黄色	中	黒	中	中	強

表2 育成経過一覧

年度(播種)	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	
世代	交配	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	分析	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>	F <sub>7</sub>	F <sub>8</sub>	F <sub>9</sub>	
供試	系統群数					9	6	6	3	1	1	
	系統数	80 個体	1,280 個体	120 個体	64	22	18	18	10	5	5	
	個体数		5	120	64	22	18	18	10	5	5	
選抜	系統群数					5	3	2	1	1	1	
	系統数					9	6	6	3	1	1	
	個体数					9	6	6	3	1	1	
特検・奨励等実施場所												
特性検定試験	鹿児島県農業試験場・大隅支場(黒斑細菌病等)							○	○	○	○	○
品種選定試験	滋賀県農業総合センター農業試験場								○	○	○	
奨励品種決定試験	青森県畑作園芸試験場								○	○	○	
栽培試験等	福島県農業試験場								○	○	○	
	福島県農業試験場会津支場										○	
	九州沖縄農業研究センター								○	○	○	
	鹿児島県農業試験場大隅支場								○	○	○	

注：1999年度までの試験圃場は盛岡市東安庭。2000年度からは盛岡市下厨川である。

2001年度に滋賀県において良好な成績が得られたので命名登録を出願し、2002年12月なたね農林49号「ななしきぶ」と命名された。

### 特性の概要

「ななしきぶ」と標準品種「オオミナタネ」、比較品種「キザキノナタネ」について、主要な特性を表3～4に示した。分類はナタネ種苗特性審査基準(ナタネ種苗特性分類調査検討委員会 1983)に従い、原則として育成地での標準栽培における調査に基づいた。



写真1 草姿(育成地)

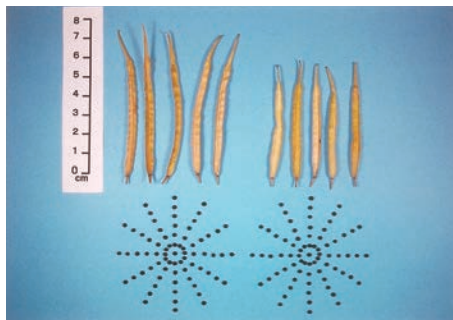


写真2 莢及び子実(育成地)

### 1. 形態的特性

草型は“ ”で、主茎の下部から出る分枝は少なく、「キザキノナタネ」と同様の草型である。草丈は「オオミナタネ」より長く、「キザキノナタネ」より短い“中”に属する。第1次分枝数は“やや少”で、「オオミナタネ」と同程度、総分枝数は「オオミナタネ」より少ない“やや少”である。第2本葉の形は“丸形”で、茎を抱く葉はない。葉色は“緑”で、葉の欠刻は“深く”、葉及び茎・莢のアントシアニンは“無”である。花色は“黄色”で、葯の赤点は「オオミナタネ」、「キザキノナタネ」の“無”に対し、“有”である。穂長は「オオミナタネ」と同程度の“中”、1穂莢数は「オオミナタネ」より多く「キザキノナタネ」より少ない“やや多”で、莢長は「オオミナタネ」より長い“中”、1莢結実数は「オオミナタネ」と「キザキノナタネ」より多い“やや多”である。粒色は“黒”、粒大整否は「オオミナタネ」並の“整”である(表3、写真1、写真2、写真3)。



写真3 開花盛期の「ななしきぶ」(育成地)

表3 「ななしきぶ」の形態的特性

品種名	草型	草丈	第1次分枝数	総分枝数	葉形1	葉形2	欠刻	葉の毛茸	葉色	アントシアニンの有無	
										葉	茎・莢
ななしきぶ	Ⅲ(3)	中(5)	やや少(4)	やや少(4)	丸形(1)	無(1)	深(3)	無(1)	緑(3)	無(1)	無(1)
オオミナタネ	Ⅱ(2)	短(3)	やや少(4)	中(5)	丸形(1)	無(1)	深(3)	無(1)	緑(3)	無(1)	無(1)
キザキノナタネ	Ⅲ(3)	長(7)	少(3)	少(3)	楕円形(3)	無(1)	深(3)	無(1)	緑(3)	無(1)	無(1)

品種名	根の肥大	花色	葯の赤点	穂長	1穂莢数	莢長	花柱長	着莢密度	1莢結実数	粒色	粒大整否
オオミナタネ	無(1)	黄(5)	無(1)	中(5)	中(5)	短(3)	やや短(4)	中(5)	中(5)	灰黒(7)	整(7)
キザキノナタネ	無(1)	黄(5)	無(1)	長(7)	多(7)	やや短(4)	中(5)	中(5)	中(5)	黒褐(5)	整(7)

注.( )内の数字は、なたね種苗特性審査基準による階級値

## 2. 生態的特性

春播性程度は“高”に属し、「オオミナタネ」並である。抽苔期は「オオミナタネ」と同程度の“やや早”で、開花期はやや早く“中”，成熟期は同程度の“中”で、いずれも「キザキノタネ」の“やや晩”より早い。耐倒伏性は「オオミナタネ」よりやや強く、「キザキノタネ」並の“強”である。寒雪害抵抗性は「オオミナタネ」より強く、「キザキノタネ」より弱い“やや強”である。菌核病抵抗性は「キザキノタネ」より弱く、「オオミナタネ」並の“やや強”である。

子実収量は「オオミナタネ」より優り，“多”である。千粒重は「オオミナタネ」並の“中”に属する(表4)。

## 3. 品質的特性

含油率は「オオミナタネ」や「キザキノタネ」よりやや低いと同じ“中”に属する。

油中のエルシン酸含有率は「オオミナタネ」44.9%の“極高”に対し0%の“無”である。また、オレイン酸含有率は「オオミナタネ」の13.3%に対し、61.9%である。グルコシノレート含量は「オオミナタネ」の“中”に対し“多”である(表4,表5)。

## 4. 病害抵抗性

菌核病抵抗性及び黒斑細菌病の調査について表6に示す。菌核病抵抗性については育成地と鹿児島県農業試験場大隅支場における調査では、「オオミナタネ」と同程度の強さで、「キザキノタネ」より弱い。黒斑細菌病抵抗性は「オオミナタネ」と同程度である。

## 5. 耐寒雪性

育成地における耐寒雪性検定試験の結果、「ななしきぶ」の越冬株率は「オオミナタネ」より高く、「キザキノタネ」並である。寒雪害被害程度は「オオミナタネ」より小さく、「キザキノタネ」より大きかった。これらから、「ななしきぶ」の耐寒雪性は「オオミナタネ」より強く、「キザキノタネ」より弱い“やや強”である(表7)。

## 生産力と栽培特性

## 1. 育成地における成績

## 1) 生産力検定試験成績

生産力検定試験を1999～2001年度の3年間実施した。各年次とも標準時期播き(播種日9月13日,9月19日,9月4日)の条播と密播及び約10日後

表4 「ななしきぶ」の生態的特性及び品質的特性

品種名	春播性 程度	抽苔期	開花期	成熟期	耐倒伏性		寒害 抵抗性	雪害 抵抗性
					1(莖)	2(穂)		
ななしきぶ	高(7)	やや早(4)	中(5)	中(5)	強(7)	強(7)	やや強(6)	やや強(6)
オオミナタネ	高(7)	やや早(4)	やや晩(6)	中(5)	やや強(6)	やや強(6)	やや弱(4)	やや弱(4)
キザキノタネ	低(3)	やや晩(6)	やや晩(6)	やや晩(6)	強(7)	強(7)	強(7)	強(7)

品種名	子実収量 千粒重	子実	含油率	エルシン酸 含量	グルコシノレート 含量	菌核病 抵抗性
ななしきぶ	多(7)	中(5)	中(5)	無(1)	多(7)	やや強(6)
オオミナタネ	中(5)	中(5)	中(5)	極高(5)	中(5)	やや強(6)
キザキノタネ	多(7)	やや多(6)	中(5)	無(1)	多(7)	強(7)

注.( )内の数字は、なたね種苗特性審査基準による階級値

表5 品質調査成績

品種名	エルシン酸 含有率 (%)	オレイン酸 含有率 (%)	乾物当たり 含油率 (%)
ななしきぶ	0.0	61.9	41.8
(標)オオミナタネ	44.9	13.3	43.3
(比)キザキノタネ	0.0	60.2	45.3
(比)アサカナタネ	0.0	58.3	41.1

注. 1) ガスクロマトグラフィーによる脂肪酸の分析には自殖種子を用いた。油分含量はソックスレー法による。

2) 1999～2001年度の3年間の平均値、但し、脂肪酸の成績はななしきぶは2000～2001年度、アサカナタネは1999年,2001年度の2カ年の平均値

表6 病害抵抗性検定試験成績

品種名	菌核病 (東北農研)		黒斑細菌病・菌核病 (鹿児島県農業試験場大隅支場)	
	罹病指数	罹病株率 (%)	黒斑細菌病発病程度	菌核病発病程度
ななしきぶ	23.24	24.8	2.2	2.5
(標)オオミナタネ	20.63	43.0	2.3	2.5
(比)キザキノタネ	8.89	15.8	0.8	1.0
(比)アサキノタネ	69.42	83.9	2.2	2.0

注. 1) 1999 ~ 2001 年度の3年間の平均値

2) 罹病指数 =  $(X_1 + 2X_2 + 3X_3 + 4X_4 + 5X_5) / n \times (100/5)$ ,  $n$  = 全個体数,  $X$  = 個体数, 無( $X_0$ ), 微( $X_1$ ), 少( $X_2$ ), 中( $X_3$ ), 多( $X_4$ ), 甚( $X_5$ )

3) 発病程度は無(0): 主茎の被害株率が0%, 微(1): 5%未満, 少(2): 5 ~ 10%, 中(3): 10 ~ 15%, 多(4): 15 ~ 20%, 甚(5): 20%以上

表7 耐寒雪性検定試験成績

品種名	東北農研センター		岩手県山形村	
	越冬株率 (%)	寒雪害の被害程度	越冬株率 (%)	寒雪害の被害程度
ななしきぶ	94	26.8	92	36.9
(標)オオミナタネ	88	50.8	78	63.4
(比)キザキノタネ	95	17.8	(92)	(26.1)
(比)アサキノタネ	84	41.5	70	60.2

注. 1) 被害程度 =  $(100A + 70B + 50C + 30D + 10E + F) / (A + B + C + D + E + F)$

A ~ F は次の個体数。A = 株全体が枯死しているもの。B = 葉は全く枯死し、芯にも一部枯死がみられるもの。C = 葉は全く枯死しているが、芯が生きているもの。D = 葉の枯死が1/2以上のもの。E = 葉の枯死が1/2 ~ 1/10のもの。F = 葉の枯死が1/10以下のもの。

2) 東北農研 1999 ~ 2001 年度の3年間の平均値

3) 山形村 1999 ~ 2000 年度の2年間の平均値。但し、キザキノタネは2000年度の成績

の晩播きの条播と密播の4種類の試験を行った。生育調査の結果を表8, 収穫物調査の結果を表9に示す。

標準時期播き・条播試験では「ななしきぶ」の抽苔期は「オオミナタネ」と同程度で、開花期はやや早く、成熟期は「オオミナタネ」より3日遅いが、「キザキノタネ」より3日早い中生である。草丈は「オオミナタネ」より長く、穂長は同程度である。総分枝数は「オオミナタネ」より少ないが、1穂莢数が多く、莢長は長く、1莢結実数は多い。菌核病被害程度は「オオミナタネ」並で、倒伏程度はやや少ない。子実重は35.5kg/aで「オオミナタネ」に比べて31%多い。千粒重と粒大整否、外観品質は「オオミナタネ」並である。

標準時期播き・密播試験では、「ななしきぶ」の成熟期は「オオミナタネ」より3日遅いが「キザキノタネ」よりは3日早く、草丈は「オオミナタネ」より長く、穂長はわずかに長く、1穂莢数が多い。菌核病被害程度及び倒伏程度は「オオミナタネ」よ

り少ない。条播に比べて、穂長は短く、第1次分枝数と1穂莢数が少ない。子実重は47.7kg/aで「オオミナタネ」に比べて54%多い。「オオミナタネ」に比べて、千粒重はやや重く、外観品質がやや劣る。子実重は条播より多い。

晩播・条播試験では、「ななしきぶ」の成熟期は「オオミナタネ」より2日遅く、草丈と穂長は「オオミナタネ」より長く、1穂莢数が多い。「オオミナタネ」より倒伏程度は少ない。子実重は41.7kg/aで「オオミナタネ」に比べて64%多い。千粒重と粒大整否は「オオミナタネ」並で、外観品質は「オオミナタネ」より良い。

晩播・密播試験では「ななしきぶ」の成熟期は「オオミナタネ」より3日遅く、草丈は「オオミナタネ」より長く、穂長はやや長く、1穂莢数が多い。菌核病被害程度及び倒伏程度は「オオミナタネ」より少ない。晩播・条播に比べて、草丈と穂長は短く、第1次分枝数と1穂莢数が少ない。子実重は44.6kg/aで「オオミナタネ」に比べて34%多い。

「オオミナタネ」に比べて、千粒重がやや重く、外觀品質が良い。子実重は晩播・条播よりやや多い。

## 2) 固定度検定成績

F<sub>9</sub>における主要形質の個体間変異を表10に示した。寒雪害の影響で変動係数が3品種とも大きいが、

「ななしきぶ」の草丈、穂長、第一次分枝数とも「キザキノタネ」、「アサヒナタネ」と同程度の変動係数であり、実用的に支障のない程度に固定していると考えられる。

表8 育成地における生育調査成績

栽培 様式	品種名	抽苔 期 (月.日)	開花 期 (月.日)	成熟 期 (月.日)	菌核 病被 害程 度		草丈 (cm)	第1 次分 枝数 (本)		穂長 (cm)	1穂 莢数 (莢)	1莢 結実 数 (粒)	着莢 密度 (cm)	
					度	程度		総分 枝数 (本)	穂長 1穂 莢数 (莢)					
標準 播 条播	ななしきぶ	4.12	5.2	7.2	無	無	126	8.3	10.2	46	43	6.1	24	7.0
	(標)オオミナタネ	4.11	5.5	6.29	無	微	104	8.6	14.5	44	31	4.6	18	7.3
	(比)キザキノタネ	4.20	5.4	7.5	無	無	154	7.2	7.9	61	64	5.2	19	7.1
	(比)アサヒナタネ	4.11	5.6	6.30	少	少	119	8.2	17.1	43	23	4.7	19	10.1
標準 播 密播	ななしきぶ	4.12	5.3	7.2	無	無	123	6.2	—	42	38	—	—	—
	(標)オオミナタネ	4.12	5.6	6.30	微	微	99	6.8	—	39	27	—	—	—
	(比)キザキノタネ	4.19	5.5	7.5	無	微	148	3.4	—	50	50	—	—	—
	(比)アサヒナタネ	4.12	5.6	6.30	少	中	113	5.4	—	41	20	—	—	—
晩播 条播	ななしきぶ	4.13	5.4	7.4	無	無	139	8.3	—	54	52	—	—	—
	(標)オオミナタネ	4.14	5.7	7.2	無	微	107	9.1	—	44	31	—	—	—
	(比)キザキノタネ	4.19	5.5	7.6	無	無	156	7.0	—	62	60	—	—	—
	(比)アサヒナタネ	4.13	5.7	7.2	微	中～少	127	7.6	—	44	30	—	—	—
晩播 密播	ななしきぶ	4.15	5.4	7.2	無	無	121	3.2	—	41	36	—	—	—
	(標)オオミナタネ	4.15	5.6	6.29	微	微	97	4.8	—	37	26	—	—	—
	(比)キザキノタネ	4.19	5.5	7.5	無	無	142	2.6	—	47	45	—	—	—
	(比)アサヒナタネ	4.14	5.7	7.2	中	中	109	4.1	—	34	22	—	—	—

注. 1) 1999～2001年度の3年間の平均値。但し、晩播・条播の試験は1999, 2001年度の2年の平均値

2) 条播：畦間70cm, 株間10cm, 2条・1本立。2,857本/a

3) 密播：畦間35cm 条播。10,000本/a

表9 育成地における収穫物調査成績

栽培 様式	品種名	全重 (kg/a)	子実重 (kg/a)	対標準 比率(%)	リットル 重(g)	千粒重 (g)	粒大整 否	粒色	穂発 芽	外観 品質
標準 播 条播	ななしきぶ	108.8	35.5	131	656	3.6	整	黒	無	上下
	(標)オオミナタネ	79.0	27.2	100	663	3.4	整	灰黒	無	上下
	(比)キザキノタネ	109.1	37.8	139	682	3.9	整	黒褐	微	中上
	(比)アサヒナタネ	76.8	22.5	83	665	3.1	やや整	灰黒	微	中上
標準 播 密播	ななしきぶ	143.1	47.7	154	660	3.7	整	黒～灰黒	無	中上
	(標)オオミナタネ	100.6	31.0	100	669	3.4	整	灰黒	無	上下
	(比)キザキノタネ	146.8	45.9	148	682	3.9	整～やや整	黒褐	微	中上
	(比)アサヒナタネ	111.9	29.4	95	667	3.1	やや整	灰黒	無～微	中上
晩播 条播	ななしきぶ	122.8	41.7	164	660	3.5	整	黒～灰黒	無～微	上下
	(標)オオミナタネ	72.1	25.4	100	673	3.4	整	灰黒	微	中上
	(比)キザキノタネ	122.2	42.3	167	682	3.8	整	黒褐	無～微	中上
	(比)アサヒナタネ	87.0	27.4	108	667	3.1	やや整	灰黒	微	中上～中中
晩播 密播	ななしきぶ	133.6	44.6	134	660	3.7	整	灰黒	無	上下
	(標)オオミナタネ	101.4	33.2	100	667	3.4	整	灰黒	微	中上
	(比)キザキノタネ	139.9	45.8	138	681	3.9	やや整	黒褐	微	中上
	(比)アサヒナタネ	91.9	28.1	85	666	3.3	やや整	灰黒	無～微	中中

注. 1) 1999～2001年度の3年間の平均値。但し、晩播・条播の試験は1999, 2001年度の2年の平均値

2) 条播：畦間70cm, 株間10cm, 2条・1本立。2,857本/a

3) 密播：畦間35cm 条播。10,000本/a

表10 固定度調査成績(2001年度)

品種名	区制	開花期 (月.日)	草丈		穂長		第1次分枝数	
			平均(cm)	CV(%)	平均(cm)	CV(%)	平均(本)	CV(%)
ななしきぶ	1	4.29	109	7.1	50	10.3	12.7	22.2
	2	4.29	117	7.0	47	13.2	13.5	19.4
	3	4.29	118	8.1	46	15.1	14.2	25.5
	4	4.29	124	7.6	49	12.3	10.8	24.6
	平均	4.29	117	7.5	48	12.7	12.8	22.9
キザキノナタネ	1	4.30	151	3.9	61	12.2	11.0	22.7
	2	4.30	157	5.2	65	14.0	10.5	26.0
	3	4.30	156	4.3	64	11.9	10.6	26.7
	4	4.30	161	4.5	65	16.4	10.5	23.2
	平均	4.30	156	4.5	64	13.6	10.7	24.7
アサヒナタネ	1	5.1	132	6.8	53	13.5	12.0	24.7
	2	5.1	131	5.3	53	11.6	11.9	23.9
	3	5.2	128	11.9	54	14.1	10.7	19.6
	4	5.2	130	8.6	50	16.2	13.6	27.8
	平均	5.2	130	8.2	53	13.9	12.1	24.0

各区30個体を調査した。

## 2. 品種採用県における成績

滋賀県農業総合センター農業試験場において1999～2001年度の3年間、品種選定試験を実施した。「ななしきぶ」は成熟期が「オオミナタネ」より4日遅いが「キザキノナタネ」より8日早い。草丈は「オオミナタネ」に比べて8cm長い。倒伏程度は同程度である。菌核病被害程度は「オオミナタネ」よりやや少ない。第1次分枝数は「オオミナタネ」より少ないが、1穂莢数は多い。子実重は30.8kg/aで「オオミナタネ」より8%多収である。リトル重、千粒重は同程度、粒大整否はやや劣る(表11)。

現地調査を近江八幡市で2000～2001年度の2年間、長浜市で2000年度、愛東町で2001年度に実施した(表12)。

近江八幡市における試験では、成熟期は「オオミナタネ」より5日遅い。草丈は「オオミナタネ」と同程度だが、倒伏程度は少ない。子実重は23.5kg/aで「オオミナタネ」と同程度である。粒大整否はやや劣る。

長浜市における試験では、成熟期は「オオミナタネ」より3日遅く、草丈と倒伏程度は、「オオミナタネ」と同程度である。菌核病被害程度は「オオミナタネ」よりやや少ない。子実重は18.4kg/aで「オオミナタネ」と同程度である。粒大整否はやや劣る。

愛東町における試験では、成熟期は「オオミナタ

ネ」より5日遅く、草丈は20cm長い。倒伏程度は「オオミナタネ」と同程度である。菌核病被害程度は「オオミナタネ」よりやや少ない。子実重は27.4kg/aで「オオミナタネ」より19%多収である。粒大整否はやや劣る。

3ヶ所の現地調査の結果では、「ななしきぶ」は抽苔期、成熟期が「オオミナタネ」より4日遅く、草丈は「オオミナタネ」より8cm長い。子実重は「オオミナタネ」より7%多収である。粒大整否はやや劣るが、菌核病被害程度は「オオミナタネ」と同程度～やや少なかった。

## 3. その他の県における成績

青森県畑作園芸試験場における試験成績を表13、福島県農業試験場における試験成績を表14、福島県農業試験場会津支場における試験成績を表15、九州沖縄農業研究センターにおける試験成績を表16、鹿児島県農業試験場大隅支場における試験成績を表17に示す。

「ななしきぶ」の抽苔期および成熟期は「オオミナタネ」よりやや遅く、「キザキノナタネ」より早い。草丈は「オオミナタネ」より長いと同程度である。第1次分枝数は「オオミナタネ」より少ない。子実重は青森県と鹿児島県を除き、各試験場の標準品種と比べ、多いか同等である。

## 適応地域

育成地及び配付先の成績から、「ななしきぶ」の

栽培適応地域は、関東以西の温暖地平坦地帯であり、普及される予定であり、普及見込面積は50haで  
ると考えられる。滋賀県では県下全域の平坦地にある。

表 11 滋賀県農業試験場における生育及び収量調査成績

品種名	抽苔期 (月.日)	開花期 (月.日)	成熟期 (月.日)	越冬株 率(%)	菌核病被 害程度	倒伏 程度	草丈 (cm)	穂長 (cm)	第1次分 枝数(本)	1穂莢 数(莢)
ななしきぶ	3.6	4.3	6.1	99	無	無	132	53	6.9	61
(標)オシタネ	3.2	3.31	5.28	99	無～微	無～微	124	55	8.6	54
(比)キナタネ	3.22	4.9	6.9	99	無	無	134	57	6.2	63

品種名	全重 (kg/a)	子実重 (kg/a)	標準 比(%)	千粒重 (g)	リット ル重(g)	粒大 整否	粒色	穂発芽	外観 品質
ななしきぶ	94.2	30.8	108	3.2	659	やや整	黒	無	中上
(標)オシタネ	97.2	28.6	100	3.1	659	整	黒	無	上下
(比)キナタネ	104.8	32.4	113	3.3	675	やや整	黒	微	中中

注：1999～2001年度の3年間の平均値。

表 12 滋賀県における現地試験成績

試験地	品種名	抽苔期 (月.日)	開花期 (月.日)	成熟期 (月.日)	菌核病被 害程度	倒伏 程度	草丈 (cm)	穂長 (cm)	第1次分 枝数(本)	1穂莢 数(莢)
近江 八幡市	ななしきぶ	3.10	4.2	6.1	無	無	116	54	6.5	59
	(標)オシタネ	3.1	3.30	5.27	無	微	114	52	7.9	45
長浜市	ななしきぶ	3.23	4.13	6.4	無	無	109	45.0	4.6	43
	(標)オシタネ	3.23	4.10	6.1	無～微	無	108	46.8	5.7	37
愛東町	ななしきぶ	3.2	4.3	5.28	無	無	116	51	3.7	53
	(標)オシタネ	2.27	3.28	5.23	無～微	無	96	46	6.7	41

試験地	品種名	全重 (kg/a)	子実重 (kg/a)	標準 比(%)	千粒重 (g)	リット ル重(g)	粒大整 否	粒色	穂発芽	外観品質
近江 八幡市	ななしきぶ	78.2	23.5	100	3.3	664	やや整	黒	無	中上
	(標)オシタネ	79.1	23.4	100	3.2	657	整	黒	無	上下～中上
長浜市	ななしきぶ	57.9	18.4	101	3.2	649	やや整	黒	無	中上
	(標)オシタネ	56.2	18.2	100	3.1	651	整	黒	無	上下
愛東町	ななしきぶ	89.4	27.4	119	3.4	668	やや整	黒	無	上下
	(標)オシタネ	73.9	23.1	100	3.4	660	整	黒	無	上中

注：1) 近江八幡市は2000～2001年の2年間の平均値

2) 長浜市は2000年度の成績

3) 愛東町は2001年度の成績

表 13 青森県畑作園芸試験場における試験成績

品種名	抽苔期 (月日)	開花期 (月日)	成熟期 (月日)	越冬株 率(%)	寒雪害 被害度	菌核病発 病程度	耐倒伏性 穂 茎	草丈 (cm)	第1次分 枝数(本)	穂長 (cm)
ななしきぶ	4.19	5.9	7.9	90	56	2.4	強 強	112	8.7	47
(標)キナタネ	4.20	5.8	7.10	98	39	3.3	強 強	151	7.4	56
(比)アサカナタネ	4.15	5.9	7.8	64	76	-	中 やや強	68	5.6	24

品種名	1穂 莢数(莢)	全莢数 (莢)	莢長 (cm)	1莢粒 数(粒)	子実重 (kg/a)	対標準 比率(%)	リットル 重(g)	千粒 重(g)	外観品質
ななしきぶ	41	237	6.4	28	36.0	79	640	4.0	中上
(標)キナタネ	58	235	5.2	24	45.7	100	654	4.7	中中
(比)アサカナタネ	17	256	4.7	20	14.3	31	637	3.6	中中～中下

注：1) 菌核病発病程度 微：1，少：2，中：3，多：4，甚：5として菌核病発病程度=(株ごとの発病程度の総計)/調査個体数

2) 1999～2001年度の3年間の平均値。但し、2000年度のアサカナタネは播種遅れのため越冬後の寒雪害が大きく、生育調査ができなかった。

3) 菌核病発生程度は2000～2001年度の2カ年の平均。



表14 福島県農業試験場における試験成績

品種名	抽苔期 (月.日)	開花期 (月.日)	成熟期 (月.日)	倒伏 程度	草丈 (cm)	1次分 枝数	全重 (kg/a)	子実重 (kg/a)	標準 比(%)	千粒 重(g)
ななしきぶ	4.4	4.18	6.21	無	123	7.0	86.4	26.6	130	3.8
(標)アサキナタネ	4.6	4.25	6.21	少	120	8.4	70.2	20.4	100	3.4
(比)キサキナタネ	4.9	4.21	6.24	微	132	6.1	102.8	27.5	135	4.2
(比)オオミナタネ	3.31	4.19	6.18	微	113	10.4	89.7	28.8	141	3.7

注. 1999 ~ 2001 年度の3年間の平均値

表15 福島県農業試験場会津支場における試験成績

品種名	抽苔期 (月.日)	開花期 (月.日)	成熟期 (月.日)	倒伏 程度	草丈 (cm)	1次分 枝数	穂長 (cm)	子実重 (kg/a)	標準 比(%)	外観 品質
ななしきぶ	4.3	4.28	6.24	無	119	8.2	41	15.8	103	上下
(標)アサキナタネ	4.3	5.2	6.22	無	115	9.8	45	15.4	100	中中
(比)オオミナタネ	3.28	4.29	6.20	無	108	10.8	47	18.4	119	中中
(比)キサキナタネ	4.13	5.2	7.1	無	128	6.8	50	17.5	114	中上~中下

注. 1999 ~ 2000 年度の2年間の平均値

表16 九州沖縄農業研究センターにおける試験成績

品種名	開花期 (月.日)	成熟期 (月.日)	倒伏の 程度	草丈 (cm)	1次分 枝数	全重 (kg/a)	子実重 (kg/a)	標準 比(%)
ななしきぶ	3.29	6.1	無	166	10.4	172.5	50.0	120
(標)オオミナタネ	3.27	5.25	無	133	15.9	151.3	41.6	100
(比)キサキナタネ	4.11	6.7	無	180	9.3	165.1	41.6	100

注. 1999 ~ 2000 年度の2年間の平均値

表17 鹿児島県農業試験場大隅支場における試験成績

品種名	抽苔期 (月.日)	開花期 (月.日)	成熟期 (月.日)	倒伏 程度	草丈 (cm)	子実重 (kg/a)	標準 比(%)	外観 品質
ななしきぶ	2.25	3.11	5.15	微	173	46.3	93	中~上
(標)オオミナタネ	2.19	3.6	5.10	微~少	172	49.4	100	中~上
(比)アサキナタネ	2.24	3.12	5.18	少	164	38.9	82	中
(比)キサキナタネ	3.20	4.5	5.31	微	173	36.4	74	下~中

注. 1999 ~ 2001 年度の3年間の平均値

## 栽培上の注意

栽培上の注意は以下の4点である。他の品種やなたねと交雑可能なアブラナ科植物とは充分距離を離して栽培する。無エルシン酸の特性を維持するために隔離採種された種子を使用する。越冬前の生育量を充分確保するために適期播種を励行する。過度の密植、多肥栽培は倒伏や菌核病の発生を、連作は根こぶ病などの連作障害の発生を招く恐れがあるので避ける。

## 命名の由来

「ななしきぶ」は菜の花をイメージし、「しきぶ」は滋賀県石山寺に関わりのある紫式部に由来する。

## 育成従事者

「ななしきぶ」の育成に従事した研究員の担当した世代を表18に示す。

表 18 育成従事者氏名

播種年度	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	備考	
氏名	世代	交配	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	分析	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>	F <sub>7</sub>	F <sub>8</sub>		F <sub>9</sub>
山守 誠										○	—	○	現在員
加藤 晶子				○	—	—	—	—	—	—	—	○	現在員
由比真美子												○	現在員
石田 正彦	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○		野菜茶業研
千葉 一美			○	—	—	—	—	○					元東北農試
奥山 善直	○	—	○										元東北農試
遠山 知子										○	—	○	元東北農試
田野崎真吾	○	—	○										元東北農試
菅原 俐	○												元東北農試

注：上記の他に企画調整部業務第1科職員が圃場管理及び特性調査試験に従事した。

## おわりに

東北農業研究センター資源作物育種研究室（盛岡市）は全国を視野に入れてなたね育種を行っているが、寒冷地に位置するために、温暖地や暖地向けの品種育成は難しい点がある。寒冷地に適した耐寒雪性の強い系統は晩生であるため、温暖地の栽培では成熟期が遅くなり、一方、温暖地に適する早生品種は一般に耐寒雪性が弱いため、寒冷地での選抜には困難が伴う。こうした中、「ななしきぶ」は初めての温暖地向け無エルシン酸品種として育成された。今後、滋賀県だけでなく関東以西で新品種の栽培が拡大することを願っている。特に、なたねを景観作物、搾油、絞り粕利用、廃食油の有効資源化など多面的にとらえ、バイオマス利用・地域活性化の点から見直す運動に活用されることを期待している。なお、「ななしきぶ」の耐寒雪性は「オオミナタネ」より優れており、福島県農業試験場においても多収となっているので、東北南部の少雪地帯でも多収を上げられると思われる。

一方、主産地のひとつである鹿児島県においては「ななしきぶ」の収量は「オオミナタネ」を下まわっている。したがって、暖地向け（南九州）の無エルシン酸品種の開発が残された課題となっており、一層の早生化と多収化を図ることが必要である。鹿児島県農業試験場大隅支場は平成15年より系統適応性検定試験として試験を継続しているので、今後とも連携・協力しながら早生品種育成を目指す。

## 引用文献

- 1) 石田正彦．2003．わが国におけるナタネの生産・利用と品種開発．農業技術 58(5): 13-18
- 2) 奥山善直，遠藤武男，菅原俐，柴田悳次，平岩進，金子一郎，斎藤正志，馬場知，杉山新太郎．1993．ナタネ無エルシン酸新品種「アサカノナタネ」の育成．東北農研研報 87: 1-20
- 3) 奥山善直，遠藤武男，菅原俐，柴田悳次，平岩進，金子一郎．1994．ナタネ無エルシン酸新品種「キザキノナタネ」の育成．東北農研研報 88: 1-13
- 4) 加藤晶子，由比真美子，山守誠．2002．なばなとして利用できるなたね新品種「菜々みどり」．東北農業研究 55: 91-92
- 5) 山守誠，加藤晶子，由比真美子．2003．無エルシン酸低グルコシノレートのナタネ新品種「キラリボシ」の育成．東北農業研究 56: 97-98
- 6) 金田尚志（監訳）．1980．FAO/WHO 合同専門家委員会報告 人間の栄養における食用油脂の役割．医歯薬出版 p.81-83
- 7) ナタネ種苗特性分類調査検討委員会．1983．昭和57年度種苗特性分類調査報告書 なたね．農林水産技術情報協会．44p．
- 8) 志賀敏夫．1971．現代農業技術双書 ナタネ．家の光協会 p.33-45



## 赤米粳品種「紅衣」の育成

山口 誠之<sup>\*1)</sup>・横上 晴郁<sup>\*2)</sup>・片岡 知守<sup>\*1)</sup>・滝田 正<sup>\*3)</sup>  
東 正昭<sup>\*4)</sup>・加藤 浩<sup>\*3)</sup>・田村 泰章<sup>\*5)</sup>・小綿 寿志<sup>\*6)</sup>

**抄 録**：「紅衣」は1991年に、短強稈の多収系統「奥羽331号（ふくひびき）」に極早生の在来赤米「A5（赤室、あかむろ）」をかけ合わせたF<sub>1</sub>に「奥羽331号」を戻し交配して、その後代より育成し、2002年に命名登録された赤米粳品種である。

出穂期と成熟期は、育成地（秋田県大曲市）では「アキヒカリ」と同程度の“早生の早”に属する。在来種の長稈の赤米に比べると、短強稈で倒伏に強く栽培しやすい。籾の先の芒が短く、脱粒性が“難”のため、一般品種と同様の機械栽培が可能である。耐冷性は“中”、穂発芽性は“中”である。いもち病抵抗性遺伝子は“*Pia*”を持つと推定され、いもち病圃場抵抗性は、葉いもちが“やや弱”、穂いもちが“中”である。収量は「あきたこまち」並かやや多い。玄米は千粒重がやや重く、赤褐色である。「あきたこまち」の玄米と比較して、ぬか層の抗酸化活性が高く、食物繊維、ナトリウム、タンニン、カテキン、アントシアニジンの成分含量が高い。炊飯米の食味は、粘りが弱く「あきたこまち」より劣るが、5分搗精した米に粘りが強い低アミロース米品種「シルキーパール」を混ぜると、粘りが増すとともに食味が向上し、色合いも適当な赤飯になる。その他の利用例として、赤粥、雑穀飯の素材、やや大粒の特性を活かした赤米醸造酒の素材等がある。

在来種の赤米のようにふ色、ふ先色等が付いておらず、成熟前の一般品種との識別は困難なため、一般品種への種子の混入を避けるよう注意が必要である。栽培適地は、東北地域以南の平坦地である。

**キーワード**：水稲，赤米，うるち，早生，抗酸化活性，赤飯

Breeding of a New Red Grain Rice Cultivar “Benigoromo”: Masayuki YAMAGUCHI<sup>\*1)</sup>, Narifumi YOKOGAMI<sup>\*2)</sup>, Tomomori KATAOKA<sup>\*1)</sup>, Tadashi TAKITA<sup>\*3)</sup>, Tadaaki HIGASHI<sup>\*4)</sup>, Hiroshi KATO<sup>\*3)</sup>, Yasuaki TAMURA<sup>\*5)</sup>, Hisashi KOWATA<sup>\*6)</sup>

**Abstract**: “Benigorimo” is a new rice cultivar developed at the National Agricultural Research Center for Tohoku Region, NARO, and was registered as “Norin384” by the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF) in 2002. This cultivar was selected from the progenies of the combination of Ouu 331/A5//Ouu 331. “A5”, one of the parents, is a local variety of nonglutinous red grain in the Tohoku region, named “Akamuro”.

“Benigoromo” is characterized as a Japonica type rice with early maturity in the Tohoku region. When compared to the local variety of red grain rice, the culm is shorter, the awn is shorter and the grains are harder to shatter. It has a true resistance gene “*Pia*” to blast, and the field resistance to leaf and panicle blights are slightly weak and moderate, respectively. Its cool weather tolerance at the reproductive stage is moderate, and the seed dormancy is also moderate.

\* 1) 東北農業研究センター (National Agricultural Research Center for Tohoku Region, Omagari, Akita 014-0102, Japan)

\* 2) 北海道農業研究センター (National Agricultural Research Center for Hokkaido Region, Sapporo, Hokkaido 062-8555, Japan)

\* 3) 現・作物研究所 (National Institute of Crop Science, Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8518, Japan)

\* 4) 現・近畿中国四国農業研究センター (National Agricultural Research Center for Western Region, Zentsuji, Kagawa 765-0053, Japan)

\* 5) 現・国際農林水産業研究センター沖縄支所 (Okinawa branch of Japan International Research Center for Agricultural Sciences, Ishigaki, Okinawa 907-0002, Japan)

\* 6) 現・岩手県一関農業改良普及センター (Iwate Ichinoseki Agriculture Extension Center, Ichinoseki, Iwate 021-0027, Japan)

2003年7月28日受付，2004年9月16日受理

The grain yields are slightly higher than “Akitakomachi,” and the 1000 grain weight is about 25g. The grains have higher dietary fiber, sodium, tannin, catechin, and anthocyanidin content than “Akitakomachi,” and the anti-oxidant activity of the grains is high. In eating quality, the taste becomes better when mixed with “Silky Pearl,” which is a low amylose content cultivar.

Since “Benigoromo” has a large red grains, it can be used for “colored rice” without the need for adzuki beans, colored rice wine, or other additives. It is adapted to fertile lowland areas in the Tohoku region.

Key Words : Rice, Red grain, Nonglutinous rice, Early maturity, Anti-oxidant Activity, Colored rice.

## 緒言

近年、赤米への関心が高まり、在来種を中心に各地で赤米が栽培されている。品種改良された赤米品種としては、1995年に福岡県農業総合試験場で育成された「つくし赤もち」(松江ら1998)、1996年に九州農業試験場(現・九州沖縄農業研究センター)で育成された「ベニロマン」(八木ら1998)があり、着色食品素材として普及している。しかし、「つくし赤もち」、「ベニロマン」は東北地域では極晩生になり栽培できない。一方、東北地域で栽培可能な赤米の在来種は、長稈で芒が長く脱粒しやすいため、機械栽培には適していない。このため、赤米等の新形質米を栽培している東北地域の生産者からは、東北地域向けの短稈で芒が短く脱粒しにくい赤米品種を育成してほしい、という要望が出されていた。新品種「紅衣」は短稈で倒伏に強く、また芒が短く脱粒しにくい赤米粳種であり、こうした要望に応えるものである。そこで、本報告では本品種の普及及び今後の赤米の品種改良に資するため、育成経過、特性等を取りまとめた。

本品種の育成に当たり、加工、利用の研究を推進していただいた関係各位、及び特性検定試験、奨励

品種決定調査を実施していただいた関係各位に厚くお礼申し上げる。また熱帯農業研究センター(現・国際農林水産業研究センター)沖縄支所では材料の世代促進を実施していただいた。さらに水田利用部業務科各位には育種業務遂行に熱心なご協力をいただいた。これらの方々に厚くお礼申し上げる。

## 育種目標と育成経過

### 1. 育種目標

東北地域には「冷水」、「赤室」、「白むろ」等の日本型赤米在来種が存在する(嵐1974)。一般に在来の赤米は長稈で倒伏しやすく、芒が長く脱粒しやすい(唐木田2000)ため、十分な収量が得られず、機械収穫に適していない。そこで、東北地域に適した熟期で、短稈で倒伏に強く、さらに芒が短く、脱粒しにくい赤米粳種の育成を目標とした。

### 2. 来歴

「紅衣」は、多収性の「奥羽331号」(後の「ふくひびき」)に北海道大学でリンケージテスト用に利用している赤米粳種の「A5」を交配したF<sub>1</sub>を母とし、「奥羽331号」を父とする組合せの後代から選抜、固定を図って育成した赤米粳品種である。本品種の系譜を図1に示す。なお、「A5」は北海

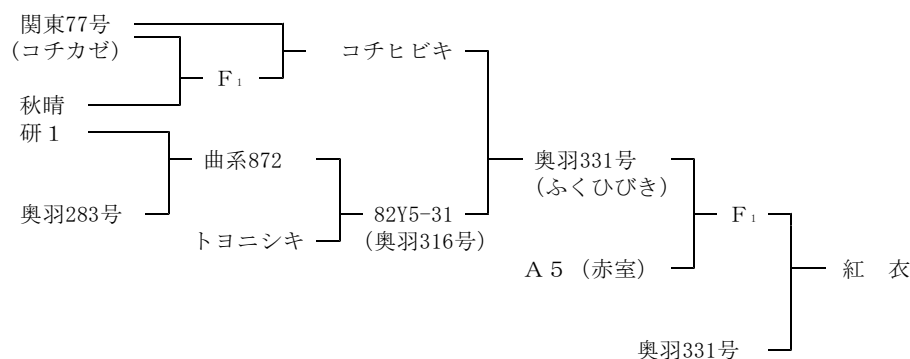


図1 「紅衣」の系譜

道，青森県で栽培されていた赤米在来種「赤室」で，色素遺伝子 *Rc*，分布遺伝子 *Rd* をもつ（高橋ら 1972，Kinoshita 1984）。

### 3．選抜の経過

「紅衣」の選抜経過の概要を図 2 に示した。1991 年に東北農業試験場（現・東北農業研究センター）水田利用部において人工交配を行い（奥羽交 91-137），1992 年に F<sub>1</sub> 個体を水田利用部圃場で養成した。1993 年は F<sub>2</sub>，F<sub>3</sub>，F<sub>4</sub> 集団の養成を熱帯農業研究センター（現・国際農林水産業研究センター）沖縄支所に依頼し，世代促進を行った。1994 年は F<sub>5</sub> 集団（UB25：1000 個体）を水田利用部圃場で養成した。本集団は短稈から長稈のものまで分離し，芒が多く赤米が少なかったが，その中から短稈の赤米 7 個体を選抜した。1995 年 F<sub>6</sub> 世代以降は系統育種法により，短稈，早生で穂が大きい赤米系統の選抜，固定を図った。

1998 年に「羽系 586」の系統名で生産力検定試験，特性検定試験を行い，1999 年の F<sub>10</sub> 世代から「奥羽赤 370 号」の系統名で，加工，利用適性を検討するとともに，希望する関係県に配付して地方適応性を

検討した。2002 年に水稻農林 384 号「紅衣」として命名登録された（登録年月日：2002 年 9 月 3 日）。同年には，種苗法に基づく品種登録の出願を行った（出願の番号：第 14897 号，出願年月日：2002 年 8 月 1 日）。なお，2002 年度における世代は雑種第 13 世代である。

### 4．命名の由来

紅色の衣をまとっているような美しい赤米であることにちなんで命名された。

## 特 性

### 1．形態的特性

水田への移植時の苗丈は「アキヒカリ」よりやや長い“やや長”で，葉色は「アキヒカリ」並の“中”である。水田における初期生育は良好で，草丈は「アキヒカリ」よりやや長く，葉色はやや淡く推移する。稈の細太は「アキヒカリ」並の“中”で，稈の剛柔は“中”である（表 1）。

稈長は「あきたこまち」より 9cm 程度短く，「アキヒカリ」に近い“短”，穂長は「あきたこまち」より 1cm 程度長い“やや長”，穂数は「アキヒカリ」，

年次	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
世代		F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub> -F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>	F <sub>7</sub>	F <sub>8</sub>	F <sub>9</sub>	F <sub>10</sub>	F <sub>11</sub>	F <sub>12</sub>
選抜経過	交配	個体	世代促進	雑種集団	系統	系統	系統	羽系 586	奥羽赤 370号	奥羽赤 370号	奥羽赤 370号
育成系統図	奥羽交 91-137	F <sub>1</sub> -621	沖-39	UB25 (1000 個体)	<u>U73</u>	<u>-U2091-U3097</u> U2092 U3098 U2093 U3099	<u>-維持-2926</u>	<u>-2231</u> 2927 2232 2928 2233 2929 2234 2930 2235	<u>-2674</u> 2671 2672 2673	<u>-2674</u> 2675	
養成選抜数	養成系統群数				-	3	3	1	1	1	1
	養成系統数				7	9	9	1	5	5	5
	選抜系統群数				-	2	1	1	1	1	1
	選抜系統数				3	3	1	1	1	1	1
	選抜個体数				9	9	5	5	5	5	5

図 2 「紅衣」の選抜経過

注．奥羽交：交配番号，F<sub>1</sub>：F<sub>1</sub>番号，沖：沖縄世代促進番号，UB：雑種集団番号，維持：系統のまま維持，アンダーラインは「紅衣」の選抜系統を示す。

「あきたこまち」より少ない“やや少”で、草型は“穂重型”である。稈長は山形原産の「赤米在来種」（品種名不明）と比べると明らかに短い（表2）。成熟期の止葉の直立程度は“やや立”で、受光態勢が良く草姿は良好である。粒着密度は「あきたこまち」並の“中”，ふ色及びふ先色は“黄白”で、短い芒を稀に生じる。脱粒しにくく、脱粒性は“難”である（表1）。

なお、「紅衣」の親である「A5」の稈長、穂長は「アキヒカリ」よりも短く、褐色の長芒を多く有する（表3）。

## 2. 生態的特性

出穂期は「アキヒカリ」と同程度で、「あきたこ

まち」より3日程度早い“早生の早”，成熟期は「アキヒカリ」より1日程度早く、「あきたこまち」より6日程度早い“早生の早”に属する粳種である。耐倒伏性は「赤米在来種」，「あきたこまち」より明らかに強く、「アキヒカリ」並かそれよりも強い“強”である（表2）。

収量性は「アキヒカリ」よりやや少ないが、「あきたこまち」並かやや多く，“やや多”に分類される。玄米千粒重は約25gで、「アキヒカリ」，「あきたこまち」より重く、粒重は“やや大”である（表4）。

なお、「A5」の出穂期は「アキヒカリ」より18日程度早い“極早生”で、「紅衣」と比べても同程度早いと思われる（表3）。

表1 「紅衣」の形態的特性（育成地，1996，1999～2001年平均）

品種名	移植時		稈		芒		ふ先色	穎色	粒着密度	脱粒性	止葉
	苗丈	葉色	細太	剛柔	多少	長短					
紅衣	やや長	中	中	中	稀	短	黄白	黄白	中	難	やや立
アキヒカリ	中	中	中	やや剛	少	短	黄白	黄白	やや密	難	やや立
あきたこまち	やや短	やや濃	やや細	中	極少	極短	黄白	黄白	中	難	中

注．止葉：成熟期の止葉の直立の程度。

表2 育成地における「紅衣」の生育特性

品種名	出穂期 (月.日)	成熟期 (月.日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	倒伏 (0-5)	穂いもち (0-5)
紅衣	7.31	9.4	78	19.7	345	0.1	0.5
アキヒカリ	7.31	9.5	81	18.3	374	0.3	0.7
あきたこまち	8.3	9.10	87	18.8	382	2.1	0.7
赤米在来種	8.27	(10.15)	135	19.7	393	5.0	0.0

注．数値は1996，1999～2001年の平均。穂いもちは1999～2001年の平均。

「赤米在来種」（山形原産）は2001年のみで、晩生のため成熟期は推定。

倒伏：0（倒伏無）～5（完全倒伏）。穂いもち：0（発病無）～5（発病極多）。

平均の播種日は4月26日，移植日は5月24日，基肥はN成分0.7kg/a，追肥はN成分0.2kg/a，

栽植密度は30cm×15cmに3本植，他の条件は慣行栽培に順ずる。

表3 育成地における「A5」（「紅衣」の親）の生育特性

品種名	出穂期 (月日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/株)	備考
A5	7.19	68	17.6	7.1	ふ先色“褐”、褐色長芒
アキヒカリ	8.6	72	19.7	8.0	
あきたこまち	8.10	74	18.3	7.9	

注．数値は1995，1996年の平均。施肥は基肥のみ（1995年：N成分0.6kg/a，

1996年：N成分0.8kg/a），栽植密度は1/2(30+15)×15cmに1本植。

数種のレースのいもち病菌株を接種して、いもち病真性抵抗性遺伝子型の検定を行ったところ、「Pia」をもつと推定された(表5)。いもち病菌圃場抵抗性は、育成地及び依頼先の検定結果から、葉いもちが「やや弱」(表6)、穂いもちが「中」(表7)であると判定された。白葉枯病抵抗性は「やや弱」(表8)、縞葉枯病には「罹病性」(表9)であった。障害型耐冷性は、育成地及び依頼先の結果から「中」と判定された(表10)。穂発芽性は「中」であった(表11)。

表4 育成地における「紅衣」の収量及び品質

品種名	全重 (kg/a)	玄米重 (kg/a)	比率 (%)	屑米重 (kg/a)	千粒重 (g)	品質 (1-9)	備考
紅衣	136	55.3	96	3.0	25.1	5.1	玄米色“赤褐”
アキヒカリ	136	57.6	100	2.3	22.9	4.1	
あきたこまち	147	54.4	94	3.4	22.3	3.3	
赤米在来種	160	-	-	-	15.6	7.0	玄米色“赤褐”

注：数値は1996, 1999～2001年の平均。「赤米在来種」(山形原産)は2001年のみで、登熟不十分のため玄米重、屑米重は取れなかった。比率(%)は、同年次のアキヒカリの玄米重を100としたときの比率。品質：1(上上)～5(中中)～9(下下)。

「紅衣」,「赤米在来種」については一般品種とは区別し、赤米として評価した。

耕種概要は、表2と同じ。

表5 「紅衣」のいもち病真性抵抗性遺伝子型(育成地, 1996年)

接種菌株名 (レース番号)	稲86-137 (007.0)	TH68-126 (033.1)	TH68-140 (035.1)	真性抵抗性 遺伝子型
紅衣	S	S	R	<i>Pia</i>
新2号	S	S	S	+
愛知旭	S	S	R	<i>Pia</i>
石狩白毛	S	R	S	<i>Pii</i>
関東51号	R	S	S	<i>Pik</i>
ツユアケ	R	S	S	<i>Pik-m</i>
フクニシキ	R	R	R	<i>Piz</i>
BL1	R	R	R	<i>Pib</i>

注：R：抵抗性反応，S：罹病性反応。

表6 「紅衣」の葉いもち圃場抵抗性

品種名	真性抵抗性 遺伝子型	育成地 5年平均	古川 1999年	福島相馬 2000年	愛知山間 2000年	判定
紅衣	<i>Pia</i>	7.5	6.6	4.6	8.8	やや弱
トヨニシキ	<i>Pia</i>	6.7	6.8	3.4	6.2	強
キヨニシキ	<i>Pia</i>	7.1	6.7	3.1	8.7	やや強
ササニシキ	<i>Pia</i>	7.6	8.3	-	-	やや弱
アキヒカリ	<i>Pia</i>	6.4	-	-	-	やや強
あきたこまち	<i>Pia, Pii</i>	7.3	6.1	4.0	7.3	中
ひとめぼれ	<i>Pii</i>	8.3	-	3.9	8.2	やや弱

注：数値は畑晩播法による検定での葉いもち発病程度：0(無発病)～10(全茎葉枯死)。

古川：宮城県古川農業試験場，福島相馬：福島県農業試験場相馬支場，

愛知山間：愛知県農業総合試験場山間農業研究所。

育成地の5年平均は1996, 1997, 1999～2001年の平均。

比較品種の判定は、基準値を表す。



表7 「紅衣」の穂もち圃場抵抗性

品種名	真性抵抗性 遺伝子型	育成地		福島相馬 3年平均	愛知山間 2001年	茨城 1999年	判 定
		3年平均	秋田 2年平均				
紅 衣	<i>Pia</i>	2.1	3.0	6.0	4.6	5.5	中
奥羽320号	<i>Pia</i>	0.6	-	-	-	-	極強
レイメイ	<i>Pia</i>	1.9	3.3	2.0	-	-	強
アキヒカリ	<i>Pia</i>	2.5	2.6	-	4.0	-	やや強
まいひめ	<i>Pia</i>	3.6	-	-	4.2	-	中
ゆめあかり	<i>Pia, Pii</i>	4.5	4.5	4.5	6.4	-	やや弱
あきたこまち	<i>Pia, Pii</i>	3.3	4.1	4.8	7.1	6.0	やや弱

注：数値は検定圃場での自然感染による穂もち発病程度：0(無発病)～10(全穂罹病)。

秋田：秋田県農業試験場，福島相馬：福島県農業試験場相馬支場，

愛知山間：愛知県農業総合試験場山間農業研究所，茨城：茨城県農業総合センター生物工学研究所。

育成地，福島相馬の3年平均はそれぞれ1999～2001年の平均，

秋田の2年平均は2000，2001年の平均。比較品種の判定は，基準値を表す。

表8 「紅衣」の白葉枯病抵抗性(山形県立農業試験場庄内支場)

品種名	病斑長(cm)	判 定
紅 衣	15.4	やや弱
ゆめあかり	15.9	やや弱
むつほまれ	16.6	やや弱
つがるロマン	15.6	やや弱
ヒメノモチ	21.2	弱
ササニシキ	14.2	やや弱
フジミノリ	12.3	中
中新120号	8.1	強

注：数値は1999～2001年の平均。

接種菌株：T-7147(群)とT-7133(群)の混合。

出穂期前に止葉に剪葉接種，発病後に病斑長(cm)を

調査。

表9 「紅衣」の縞葉枯病抵抗性(岐阜県農業技術研究所)

品種名	罹病株率(%)	判 定
紅 衣	5.5	罹病性
日本晴	17.2	罹病性
あさひの夢	0.0	抵抗性

注：数値は2000，2001年の平均。

罹病株率：罹病株数/植付株数(%), 出穂期の値。

表10 「紅衣」の障害型耐冷性

品種名	育成地		青森藤坂		古川		福島冷害		岩手		福井		判 定
	出穂	稔実	出穂	不稔	出穂	不稔	出穂	不稔	出穂	稔実	出穂	不稔	
	(月.日)	(%)	(月.日)	(%)	(月.日)	程度	(月.日)	(%)	(月.日)	(%)	(月.日)	(%)	
	3年平均		3年平均		2年平均		2年平均		1999年		1999年		
紅 衣	8.11	55	8.13	64	8.6	6.4	8.12	60	8.9	61	7.28	70	中
アキヒカリ	8.13	45	8.10	89	8.7	9.3	8.11	81	8.11	44	7.30	93	やや弱
まいひめ	8.10	58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	やや強
ゆめあかり	8.10	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	強
あきたこまち	8.15	57	8.15	67	-	-	8.14	77	8.12	61	8.3	89	中
ムツニシキ	-	-	8.12	55	8.4	5.2	8.11	56	8.12	67	-	-	やや強
レイメイ	8.11	52	8.11	65	8.6	7.9	-	-	8.12	55	-	-	中
ムツホナミ	8.12	39	8.12	86	-	-	-	-	8.15	41	-	-	やや弱
イブキワセ	8.16	58	8.13	49	8.11	4.2	-	-	8.18	65	-	-	強
ヒメノモチ	8.14	52	8.14	70	8.9	7.2	8.15	85	8.16	57	-	-	中

注：青森藤坂：青森県農業試験場藤坂支場，古川：宮城県古川農業試験場，

福島冷害：福島県農業試験場冷害試験地，岩手：岩手県農業研究センター，

福井：福井県農業試験場。

福島冷害は冷水掛け流し，他は恒温深水法による穂ばらみ期耐冷性の検定。

育成地，青森藤坂の3年平均はそれぞれ1999～2001年の平均，

古川の2年平均は1999，2000年の平均，福島冷害の2年平均は2000，2001年の平均。

古川の不稔程度：不稔歩合0～10%が1，10～20%が2，…，90～100%が10。

表 11 「紅衣」の穂発芽性（育成地）

品種名	穂発芽程度	判定
紅衣	4.1	中
アキヒカリ	6.1	易
まいひめ	3.8	やや難
ゆめあかり	3.8	やや難
キヨニシキ	7.7	易
あきたこまち	2.7	やや難
ヒメノモチ	7.3	易

注．数値は 1999～2001 年の平均。

採取穂を 30 湿室に静置，6 日後に発芽率を達観調査。

穂発芽程度：0（極難）～10（極易）。

### 3．品質・食味・加工特性

玄米の粒形は「アキヒカリ」並の“中”で，粒大は「アキヒカリ」，「あきたこまち」よりやや大きく“中”である（表 12，写真 2）。粒厚は「アキヒカリ」，「あきたこまち」より厚い粒が多く分布する（表 13）。

玄米の果皮は籾の黄化直後は薄い褐色であるが，成熟が進むにつれて色が濃くなり，成熟期には濃い赤褐色に変化する。完全に搗精すると，赤褐色のぬか層が取れて白米になる。赤米としての品質は，光沢はあるが腹白が見られ，「赤米在来種」や他に育成中の赤米系統との比較から，9 段階評価で 5.1（4 年間の平均）で“中中”と評価される（表 4）。

適搗精時まで要する時間は「アキヒカリ」より短く，適搗精時における搗精歩合は「アキヒカリ」，「あきたこまち」より低い。胚芽残存は「あきたこまち」並である。碎米は「アキヒカリ」，「あきたこまち」よりも発生しやすい（表 14）。

白米のタンパク質含量は「ササニシキ」よりやや高く，アミロース含量は「ササニシキ」よりやや低い（表 15）。白米粉末の糊化特性については，最高粘度，ブレイクダウンが「ササニシキ」よりやや低い（表 16）。玄米成分は「あきたこまち」の玄米と比較して，食物繊維が 1.5 倍，ナトリウムが 1.7 倍，タンニンが 3.6 倍多く含まれ，「あきたこまち」からは検出されないカテキン，アントシアニンも含んでいる。成分含量には年次変動があるが，成分により大きく変わることはない（表 17）。これらの成分は大部分がぬか層に存在している。

また最近，動脈硬化，ガン等の生活習慣病や老化の原因と考えられる活性酸素を消去する抗酸化活性が注目されている（Sies 1985）が，「紅衣」の抗酸化活性はぬか層で高く，その活性は「あきたこまち」，「ひとめぼれ」のぬか層よりも 30～40 倍高かった（表 18）。

炊飯米の食味は，ぬか層がほとんど残らない 10 分搗精したものは「アキヒカリ」より優れるが，良食味品種の「あきたこまち」より劣り，「キヨニシキ」と同程度の“中上”である（表 19）。

表 12 「紅衣」玄米の形状（育成地，2001 年）

品種名	長さ (mm)	幅 (mm)	厚さ (mm)	長さ/幅	長さ×幅	判定	
						粒形	粒大
紅衣	5.13	2.95	2.08	1.74	15.13	中	中
アキヒカリ	4.99	2.83	2.04	1.76	14.12	中	やや小
あきたこまち	5.04	2.81	2.00	1.79	14.16	中	やや小

注．1.8mm の篩を通した玄米 30 粒を調査（2 反復）。

表 13 「紅衣」玄米の粒厚分布（育成地，2001 年）

品種名	粒厚別重量比(%)					合計
	1.8mm以下	1.9	2.0	2.1	2.2mm以上	
紅衣	6.9	10.7	22.5	20.5	39.4	100.0
アキヒカリ	6.0	12.5	36.5	26.6	18.4	100.0
あきたこまち	14.0	31.1	44.2	8.3	2.4	100.0

注．1.8mm の篩を通した玄米 200g を段篩器で 5 分間篩った材料を測定（2 反復）。

「紅衣」の各種成分や抗酸化活性はぬか層に存在するため、玄米あるいは、ぬか層が残る状態で利用することが望ましい。しかし、ぬか層が半分程度残る 5 分搗精の炊飯米は、10 分搗精のものより色合いが濃くなるものの、外観（光沢）が劣り、粘りが小さくなるため、食味総合値も劣る（表 19）。

ぬか層を半分残した 5 分搗精の米に「あきたこま

ち」または「ひとめぼれ」をブレンドすると、色合いがよく食味がやや向上するものの、良食味品種「あきたこまち」の食味には及ばない。一方、粘りが強い低アミロース米品種「シルキーパール」をブレンドすると、粘りが「あきたこまち」並に向上し、食味総合値も「あきたこまち」に近くなり、かつ色合いも適当になる（表 20、写真 4）。したがって、5

表 14 「紅衣」の搗精特性（育成地，2001 年）

品種名	玄米 水分 (%)	項目	搗 精 時 間					
			140秒	160秒	180秒	200秒	220秒	240秒
紅 衣	12.9	搗精歩合 (%)	87.9	87.4	86.8*	86.4	85.1	-
		白度	28.3	29.6	31.1*	32.2	35.4	-
		胚芽残存歩合 (%)	3.8	3.8	3.0*	2.5	1.3	-
		碎米歩合 (%)	-	24.6	30.5*	34.0	-	-
アキヒカリ	13.1	搗精歩合 (%)	92.5	92.1	91.6	90.9	90.4*	89.5
		白度	37.0	37.6	38.4	39.8	40.3*	41.1
		胚芽残存歩合 (%)	42.8	32.0	23.2	17.0	10.7*	6.2
		碎米歩合 (%)	-	-	-	5.2	6.4*	7.7
あきたこまち	12.4	搗精歩合 (%)	90.0	89.4	89.0*	88.3	-	-
		白度	39.0	39.5	40.2*	40.4	-	-
		胚芽残存歩合 (%)	16.3	8.7	4.0*	4.3	-	-
		碎米歩合 (%)	-	8.5	9.1*	11.0	-	-

注．サタケ家庭用精米機（SKM-5A）による。

1 回あたり粒厚 1.8mm 以上の玄米各 340g を供試（2 反復）。

白度の測定は KettC-300 を使用。胚芽残存は各 200 粒，碎米歩合は各 50g について調査。

\* は適搗精時における値。

表 15 「紅衣」白米のタンパク質含量，アミロース含量  
（食品総合研究所穀類特性研究室）

品種名	タンパク質含量 (%)	アミロース含量 (%)
紅 衣	6.7	18.7
ササニシキ	5.6	20.2

注．材料は育成地産。数値は 1999，2000 年の平均。

タンパク質含量，アミロース含量は無水物の値。

表 16 「紅衣」の糊化特性（食品総合研究所穀類特性研究室）

品種名	最高粘度	最低粘度	最終粘度	ブレイクダウン	コンシステンシー
紅 衣	301	147	258	154	111
ササニシキ	318	146	259	173	113

注．材料は育成地産。数値は 1999，2000 年の平均。

ラピッドビスコアナライザーで白米粉を測定。

表 17 「紅衣」玄米の成分含量（日本食品分析センター）

分析項目	紅 衣		おくのむらさき 2001年(玄米)	あきたこまち	
	2000年(玄米)	2001年(玄米)		2001年(玄米)	2001年(白米)
水分(g)	13.1 (101)	12.8 ( 98)	13.0 (100)	13.0	14.1 (108)
タンパク質(g)	7.5 (121)	6.2 (100)	6.3 (102)	6.2	5.9 ( 95)
脂質(g)	2.9 (100)	2.6 ( 90)	2.7 ( 93)	2.9	1.1 ( 38)
灰分(g)	1.3 (130)	1.1 (110)	1.0 (100)	1.0	0.3 ( 30)
糖質(g)	71.9 ( 97)	73.1 ( 99)	74.1 (100)	74.1	77.9 (105)
食物繊維(g)	3.3 (118)	4.2 (150)	2.9 (104)	2.8	0.7 ( 25)
鉄(mg)	1.19(112)	1.35(127)	1.33(125)	1.06	0.49( 46)
カルシウム(mg)	8.8 (106)	8.6 (104)	10.9 (131)	8.3	5.3 ( 64)
ナトリウム(mg)	1.6 (229)	1.2 (171)	1.2 (171)	0.7	0.5 ( 71)
ビタミンB <sub>1</sub> (mg)	0.41( 85)	0.45( 94)	0.44( 92)	0.48	0.08( 17)
ビタミンB <sub>2</sub> (mg)	0.05(125)	0.04(100)	0.07(175)	0.04	0.02( 50)
ビタミンE(mg)	2.0 (133)	1.9 (127)	1.4 (136)	1.5	検出せず
パントテン酸(mg)	1.06(102)	1.22(117)	1.02( 98)	1.04	0.55( 53)
ナイアシン(mg)	6.57(112)	6.23(106)	6.93(118)	5.88	1.96( 33)
タンニン(g)	0.21(263)	0.29(363)	0.25(313)	0.08	0.01( 13)
カテキン(mg)	1.0	1.6	検出せず	検出せず	検出せず
エピカテキン(mg)	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず	検出せず
アントシアニン(g)	0.07	0.09	0.19	検出せず	-

注．数値は試料 100g 中の含量。「おくのむらさき」は紫黒米粳品種。

( )は「あきたこまち」玄米の値を 100 としたときの、各分析項目の比率。

タンニンはタンニン酸としての値。アントシアニンはデルフィニンジンとしての値。

表 18 「紅衣」の抗酸化活性（東北農業研究センター加工利用研究室，2001 年）

品種名	玄米	ぬか	白米	0.1玄米	0.1ぬか
紅 衣	0.11	1.22	0.00	0.00	0.12
朝 紫	0.27	1.94	0.00	0.03	0.21
おくのむらさき	0.10	0.98	0.00	0.00	0.12
あきたこまち	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00
ひとめぼれ	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00

注．数値は粉末 1g を 5mlDMSO で抽出後，化学発光法で測定したもの。

0.1玄米，0.1ぬかは粉末 0.1g を 5mlDMSO で抽出。

「朝紫」は紫黒米糯品種，「おくのむらさき」は紫黒米粳品種。

表 19 「紅衣」単品の食味（育成地）

年次	品種名	外観 (光沢)	粘り	色合い	総合値	調査年月日 べ 初数
1999	紅衣 (10分搗精)	-0.88	-0.88	淡	-1.13	1999.12.21 18名
	キヨニシキ	-0.75	-1.00	白	-1.13	
	あきたこまち (基準)	0	0	白	0	
2000	紅衣 (10分搗精)	-1.00	-1.35	淡	-1.17	2001.1.25 6名
	キヨニシキ	-0.67	-1.33	白	-1.33	
	あきたこまち (基準)	0	0	白	0	
2000	紅衣 (10分搗精)	-0.86	-1.00	淡	-1.00	2001.1.26 7名
	紅衣 (5分搗精)	-1.14	-2.00	濃	-2.00	
	アキヒカリ	-1.14	-1.57	白	-1.43	
	あきたこまち (基準)	0	0	白	0	
2001	紅衣 (10分搗精)	-0.71	-1.14	淡	-0.85	2001.12.12 7名
	紅衣 (5分搗精)	-1.28	-2.28	濃	-1.85	
	アキヒカリ	-0.85	-1.42	白	-1.14	
	あきたこまち (基準)	0	0	白	0	
2001	紅衣 (10分搗精)	0.44	0.55	淡	0.66	2001.12.13 9名
	紅衣 (5分搗精)	-0.55	-1.11	濃	-1.11	
	あきたこまち	1.22	1.55	白	1.44	
	アキヒカリ (基準)	0	0	白	0	

注．10分搗精：ぬか層がほとんど残らない，5分搗精：ぬか層が半分程度残る。

数値は官能値：-3(基準より劣)~0(基準と同)~3(基準より優)の7段階評価の平均値。

色合いは，濃：かなり濃い，淡：かなり薄い。

表20 「紅衣」ブレンド米の食味(育成地)

年次	品種名	外観 (光沢)	粘り	色合い	総合値	調査年月日 バ 初数
2000	紅衣(10分搗精)	-1.00	-1.35	淡	-1.17	2001.1.25 6名
	紅衣(5分搗精)50%+こまち50%	-0.83	-1.67	中	-1.50	
	キヨニシキ	-0.67	-1.33	白	-1.33	
	あきたこまち(基準)	0	0	白	0	
2000	紅衣(10分搗精)	-0.86	-1.00	淡	-1.00	2001.1.26 7名
	紅衣(5分搗精)50%+シルキ50%	0.14	0.43	中	-0.14	
	アキヒカリ	-1.14	-1.57	白	-1.43	
	あきたこまち(基準)	0	0	白	0	
2001	紅衣(10分搗精)	-0.71	-1.14	淡	-0.85	2001.12.12 7名
	紅衣(5分搗精)50%+こまち50%	-0.28	-1.71	中	-1.42	
	アキヒカリ	-0.85	-1.42	白	-1.14	
	あきたこまち(基準)	0	0	白	0	
2001	紅衣(10分搗精)	0.44	0.55	淡	0.66	2001.12.13 9名
	紅衣(5分搗精)50%+シルキ50%	0.55	1.00	中	0.55	
	あきたこまち	1.22	1.55	白	1.44	
	アキヒカリ(基準)	0	0	白	0	
2001	紅衣(5分搗精)	-1.62	-1.75	濃	-1.75	2001.12.14 8名
	ひとめぼれ	-0.12	0.00	白	0.12	
	紅衣(5分搗精)50%+シルキ50%	-0.12	0.00	中	-0.12	
	紅衣(5分搗精)50%+ひとめ50%	-0.87	-1.00	中	-1.12	
	あきたこまち(基準)	0	0	白	0	

注. 10分搗精:ぬか層がほとんど残らない,5分搗精:ぬか層が半分程度残る。

数値は官能値: : -3(基準より劣)~0(基準と同)~3(基準より優)の7段階評価の平均値。

色合い,濃:かなり濃い,中~や淡:適当,淡:かなり薄い。

ひとめ:ひとめぼれ,こまち:あきたこまち,シルキ:シルキーパール(低アミロース米品種)。

分搗精米の食味向上には、「シルキーパール」等の低アミロース米品種とのブレンドが適している。食味を向上させるための低アミロース米品種のブレンドの割合は、さらに検討する余地がある。

また、他の用途として、赤い粥、雑穀飯、せんべい等の菓子類の素材や、やや大粒の特性を活かした赤米醸造酒の素材等が考えられる。

#### 適地及び栽培上の留意点

##### 1. 配付先における試作結果

配付先における試作結果の概要を表21に示した。赤米という特殊性により需要が多くは見込めないことから、現在のところ奨励品種として採用される予定はなく、試験打ち切りの場所が多かった。

##### 2. 栽培適地

「アキヒカリ」と同じ「早生の早」の特性、障害型の冷害に弱い特性からみて、冷害の少ない東北地域以南の平坦地に適する。

##### 3. 普及利用上の留意点

1) ふい色、ふい先色等が黄白であるため、成熟前

に一般品種「あきたこまち」等と識別することが難しい。成熟期には玄米の色が透けて朮が赤茶色に見えるため、識別が可能となる。

一般品種への赤米の混入を避けるため、流れ苗、刈り遅れによるこぼれ種子に注意するとともに、作業機械類を一般品種と共用しないようにする。また、花粉が飛散して一般品種に交雑すると、交雑当代は赤米にはならないが、翌世代では赤米が発生してくるので、採種する場合には出穂期が同じ品種の近くでは栽培しないようにする。

2) 葉いもち抵抗性が“やや弱”、穂いもち抵抗性が“中”なので、いもち病常発地帯での栽培は避け、適正施肥、適期防除に努める。

3) 耐冷性が“中”なので、冷害常襲地帯での栽培は避け、低温年の水管理に注意する。

4) 白葉枯病抵抗性が“やや弱”なので、常発地帯での栽培は避ける。

#### 育成従事者

育成に従事した者及びその期間は表22の通りである。

表 21 「紅衣」の配付先における有望度と収量比

県名	場所名	有望度及び収量比(%)		対照品種名
		2000年	2001年	
三重	科技セ	△ 104	× 116	ナツヒカリ
高知	農技セ	△ 96	-	コシヒカリ
佐賀	三瀬	-	△ 130	コシヒカリ
沖縄	名護	-	× 89	ひとめぼれ

注．科技セ：科学技術振興センター，農技セ：農業技術センター，三瀬：農業試験研究センター三瀬分場，名護：農業試験場名護支場。  
有望度は，△：再検討，×：打ち切り。収量比は，各場所の対照品種に対する収量比。

表 22 「紅衣」の育成従事者と従事期間

年次	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	従事月数	現在の所属
世代	交配	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub> -F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>	F <sub>7</sub>	F <sub>8</sub>	F <sub>9</sub>	F <sub>10</sub>	F <sub>11</sub>	F <sub>12</sub>	F <sub>13</sub>		
<b>(室長)</b>														
山口誠之												⑩-③	6	現在員
滝田 正							④					⑨	54	作物研
東 正昭	④						②						71	近中四農研
<b>(室員)</b>														
横上晴郁			⑩									③	102	北農研
片岡知守							⑧					③	56	現在員
山口誠之	④								⑧				101	現在員 (室長)
加藤 浩										②-⑨			20	作物研
田村泰章			④				⑨						42	国際農研沖縄
小綿寿志	④			③									36	岩手一関農改

注． ①の数字はその年次における月の始まり，または終わりを示す。  
作物研：作物研究所，近中四農研：近畿中国四国農業研究センター，  
北農研：北海道農業研究センター，国際農研沖縄：国際農林水産業研究センター沖縄支所，  
岩手一関農改：岩手県一関農業改良普及センター。

## 考 察

### 1. 期待される効果

近年，古代の米へのロマンを求めたいという，いわゆる“古代米”への興味や赤米を地域の活性化に結びつけたいという考えから，赤米に対する関心が高まり始めている（山口 2002）。しかし，これまで利用されてきた赤米は品種改良されていない在来種で，長程で脱粒しやすく栽培しにくいものが多かった（唐木田 2000）。

在来種を栽培しやすいように改良した赤米品種「つくし赤もち」，「ベニロマン」は地域興しの材料として九州地域を中心に普及している。また，2001年には新潟県農業総合研究所で「紅更紗」，「紅香」の2赤米品種が育成され（石崎 2002），新潟県で普及し始めている。「紅衣」についても，東北地域を

中心に栽培しやすい赤米品種として利用されることが期待できる。

「紅衣」は赤飯や菓子等の素材以外に，粒が大きい特性を活かした醸造酒の原料にも適していると考えられるが，2004年3月に磐乃井酒造（岩手県花泉町）が「紅衣」の淡赤色を残した赤米酒造りに成功した。今後の各地における醸造用米としての利用にも期待が高まる。

また，赤米の機能性は未解明な部分が多いものの，近年この分野の研究は急速に進んでいる。本結果から「紅衣」の玄米は食物繊維，ミネラル等を「あきたこまち」よりも多く含み，ぬか層で抗酸化活性が高いことが明らかになったが，このぬか層の抗酸化活性はホウレンソウ，トマト，キャベツ等の一般野菜の活性に比べても高かった。米の摂取量の多さを考えると，この効果は高いと考えられる（木村ら

2002)。さらに最近、「紅衣」の炊飯した玄米に食中毒の原因となる黄色ブドウ球菌の増殖を抑制する効果があること、ラットにおいて玄米摂取後に血糖値上昇を抑制させる効果があること、すなわち脂肪が蓄積しにくく、肥満になりにくい可能性があることが明らかになった(山口ら 2003)。

赤米は現在のところ地域活性化への利用等に需要が限られているが、最近の消費者の食品に対するニーズとして健康・栄養面が重視されている(農林漁業金融公庫 2002)ことから、抗酸化活性等の機能性を活用した食品や医薬品の開発等、一般米とは異なる新たな需要に対しても期待ができる。

## 2. 残された問題点

「紅衣」の問題点の一つとして、成熟期前の一般品種との識別が難しいことが挙げられる。一般米に赤米が混入した場合は除去することが難しく、着色米の混入は米の等級を下げてしまう。「紅衣」の栽培に当たっては、在来種の赤米以上に注意が必要である。

赤米は縄文時代末から栽培されていたと推定され、当初は白米とあまり区別されることなく栽培されていたものが、時代の推移とともに徐々に排除されていったと考えられている。特に明治中期以降には赤米が白米に混入するのを防ぐ根絶運動が強力に押し進められた経緯がある(猪谷 2000)。

今後、赤米の作付けが増えるに伴い一般米への赤米混入の問題は深刻化していくと思われるが、東北地域で赤米の栽培を何年か続けている生産者の中には、異株除去の徹底や作業機械類の別途購入等、努力して混入問題を解決している人もいる。新たに赤米栽培に取り組む生産者には、インターネットを通じた情報提供等により、事前に問題点を認識してもらうことが重要である。東北農業研究センターでは、水田利用部ホームページ(<http://www.omg.affrc.go.jp/>)上に「有色米のコーナー」を設け、情報提供を行っている。

今後育成される赤米品種は、葉や穂が着色して、少なくとも一般品種と外観で識別できるようにする必要がある。また、「紅衣」はいもち耐病性、耐冷性が不十分なため、東北地域で安定した栽培ができるように耐病性、耐冷性をより強化した赤米品種の育成を進める必要がある。

## 引用文献

- 1) 嵐嘉一．1974．日本赤米考．雄山閣出版．p. 11-117．
- 2) 石崎和彦．2002．紅更紗 - 倒れにくく早生赤米，紅香 - 香りを有する赤米・早生糯．現代農業 8(2): 188-189．
- 3) 猪谷富雄．2000．赤米・紫黒米・香り米 「古代米」の品種・栽培・加工・利用．農文協．p.122-127．
- 4) 唐木田清雄．2000．色素米の古代稲品種．平成11年度新形質米の生産・流通の取組事例集．農林水産技術情報協会．p. 28-30．
- 5) 木村俊之，山口誠之，鈴木雅博，山岸賢治，新本洋士．2002．色素米のラジカル消去能．東北農業研究 55: 271-272．
- 6) Kinoshita, T. 1984. Gene analysis and linkage map. Biology of rice, Tsunoda, S. and N. Takahashi, eds., Japan Sci. Soc. Press, Tokyo/Elsevier, Amsterdam, p. 187-274.
- 7) 松江勇次，浜地勇次，尾形武文，西山壽，原田皓二，住吉強，今林惣一郎，吉野 稔．1998．水稻新品種「つくし赤もち」の育成．福岡農総試研報 17: 9-14．
- 8) 農林漁業金融公庫．2002．景気低迷下における食料品の購買行動に関するアンケート調査．p.3．
- 9) Sies, H. 1985. Oxidative stress: introductory remarks, Oxidative stress, Academic Press, London, p. 1-8.
- 10) 高橋萬右衛門，森敏夫，木下俊郎，森宏一．1972．印度型品種 Surjamkhi にみられる玄米赤色遺伝構成．北海道大学農学部付属農場報告 18: 47-53．
- 11) 八木忠之，深浦壮一，平林秀介，福岡律子，西山壽，山下浩，本村弘美，滝田正，齋藤薫．1998．水稻新品種「ベニロマン」について．九州農業研究 60: 4．
- 12) 山口誠之．2002．有色作物育種の現状と展望．研究ジャーナル 25(7): 23-29．
- 13) 山口誠之，横上晴郁，片岡知守，中込弘二．2003．有色米品種「朝紫」，「紅衣」の静菌作用とラットでの血糖値上昇抑制作用．育種学研究 5(別1): 154．

付表1 稲種苗特性分類一覧

項目	形質	紅衣		アキヒカリ		あきたこまち	
		階級	区分	階級	区分	階級	区分
I-1	草型	3	穂重型	4	偏穂重型	6	偏穂数型
I-2-1	稈長	3	短	3	短	6	やや長
I-2-2	稈の細太	5	中	5	中	4	やや細
I-2-3	稈の剛柔	5	中	4	やや剛	5	中
I-3-1	葉身毛茸の有無と多少	5	中	5	中	5	中
I-3-2	止葉の直立の程度	4	やや立	4	やや立	5	中
I-3-3	葉身の色	4	緑	4	緑	4	緑
I-3-4	葉鞘の色	4	緑	4	緑	4	緑
I-4-1	穂長	6	やや長	4	やや短	5	中
I-4-2	穂数	4	やや少	5	中	6	やや多
I-4-3	粒着密度	5	中	6	やや密	5	中
I-4-4	穂軸の抽出度	2	極短	3	短	4	やや短
I-5-1	穎毛の有無と多少	5	中	5	中	5	中
I-5-2	穎色	1	黄白	1	黄白	1	黄白
I-5-3	ふ先色	1	黄白-黄	1	黄白-黄	1	黄白-黄
I-5-4	護穎の色	1	淡黄	1	淡黄	1	淡黄
I-6-1	芒の有無と多少	1	稀	3	少	2	極少
I-6-2	芒長	3	短	3	短	2	極短
I-6-3	芒色	1	黄白-黄	1	黄白-黄	1	黄白-黄
I-7	玄米の形	5	中	5	中	5	中
I-8	玄米の大小	5	中	4	やや小	4	やや小
I-9-1	玄米の粒色	3	赤褐	1	淡褐	1	淡褐
I-9-2	玄米の色沢	8	極濃	5	中	6	やや濃
I-10	玄米の粒重	6	やや大	5	中	4	やや小
I-11-1	玄米の見かけの品質	5	中中	4	中上	2	上中
I-11-2	玄米の光沢	3	不良	5	中	7	良
I-11-3	玄米の香り	0	無	0	無	0	無
I-11-6	腹白の多少	6	やや多	3	少	2	極少
I-11-8	食味	4	中上	5	中中	2	上中
II-1	水陸稲の別	2	水稲	2	水稲	2	水稲
II-2	粳糯の別	2	粳	2	粳	2	粳
II-3-1	出穂期	2	早生の早	2	早生の早	3	早生の晩
II-3-2	成熟期	2	早生の早	2	早生の早	3	早生の晩
II-4-3	障害型耐冷性	5	中	6	やや弱	4	やや強
II-5	穂発芽性	5	中	6	やや易	4	やや難
II-6	耐倒伏性	3	強	3	強	5	中
II-7	脱粒性	3	難	3	難	3	難
II-8-1	地上部全重	6	やや大	6	やや大	6	やや大
II-8-2	収量	6	やや多	7	多	5	中
II-9-1	いもち病抵抗性遺伝子型	1-1	<i>Pia</i>	1-1	<i>Pia</i>	11-1	<i>Pia, Pi</i>
II-9-2	穂いもち圃場抵抗性	5	中	4	やや強	6	やや弱
II-9-3	葉いもち圃場抵抗性	6	やや弱	4	やや強	5	中
II-9-5	白葉枯病圃場抵抗性	6	やや弱	6	やや弱	6	やや弱
II-9-7	縞葉枯病抵抗性品種群別	0	日本水稲型	0	日本水稲型	0	日本水稲型
III-1-1	アミロース含量	5	中	5	中	5	中
III-1-2	蛋白質含量	5	中	5	中	4	やや低

付表2 指定種苗品種特徴表示に基づく品種特性表示基準

品種名 (育成場所)	紅衣 (東北農業研究センター)
栽培適地	東北以南の平坦地
用途	食用 (着色米飯用)、加工用 (醸造用ほか)
早晚性	早生の早
稈長	短
草型	穂重
耐倒伏性	強
耐冷性	中
いもち病	やや弱
白葉枯病	やや弱
縞葉枯病	無
玄米のみかけの品質	中
栽培上の注意	冷害常襲地での栽培は避け、低温年の水管理に注意する。いもち病常発地帯での栽培は避け、適正施肥、適期防除に努める。





写真1 「紅衣」の草姿  
(左から、紅衣、アキヒカリ、あきたこまち)



写真3 「紅衣」の圃場における草姿  
(育成地, 2001年)



写真2 「紅衣」の籾及び玄米  
(左から、紅衣、アキヒカリ、あきたこまち)



写真4 「紅衣」のおにぎり▶  
(左から、紅衣(5分搗精), 紅衣(5分搗精)  
50% + シルキーパール50%, あきたこまち)

## コムギ高分子量グルテニンサブユニット「5+10」を判別する PCR 用 DNA マーカーの開発およびその東北地方向けパン用品種への適用

石川 吾郎・齋藤 美香・伊藤 裕之・平 将人  
前島 秀和・谷口 義則・中村 俊樹\*

**抄 録**：最近，パン用国産コムギに対する需要が全国的に伸びてきていることを受けて，東北地方においても寒冷地向け早生・多収で製パン適性が高いコムギ品種の早期開発が求められている。そこで，高い製パン適性を示す高分子量グルテニンサブユニットを持つコムギ新品種の育成に役立てるため，それらを簡易に判別できる DNA マーカーの開発を行った。小麦粉の生地物性に影響を与える貯蔵タンパク質である高分子量グルテニンは3つの *Glu-1* 座 (*Glu-A1*, *Glu-B1* および *Glu-D1*) に支配されており，そのうち *Glu-D1* 座の対立遺伝子 *Glu-D1d* (「5+10」サブユニット) は生地物性を強化してパン体積を増大させることが知られている。そこで，*Glu-D1d* の有無を判別できる共優性の PCR 用 DNA マーカーを開発した。また，近年東北農業研究センターで育成されたパン用品種を中心に同マーカーにより *Glu-D1d* の有無の判定を行い，従来の SDS-ポリアクリル電気泳動法と比較して，有効であることを確認した。さらに，当初 *Glu-D1d* を持つと報告されていた「ゆきちから」はその遺伝子を持たないことを明らかにした。

**キーワード**：製パン適性，DNA マーカー，「5+10」サブユニット，*Glu-D1d* 対立遺伝子，「ゆきちから」

Development of PCR-based DNA marker for identifying wheat high-molecular-weight glutenin subunits "5+10" and its applications to breeding of bread-making cultivars for the Tohoku region : Goro ISHIKAWA, Mika SAITO, Hiroyuki ITO, Masato TAIRA, Hidekazu MAEJIMA, Yoshinori TANIGUCHI, and Toshiki NAKAMURA

**Abstract** : Recently, demand for domestic bread-making wheat cultivars is increasing throughout Japan, including the Tohoku area. The goal of this study was to design DNA markers to help our Breeding Department develop new wheat cultivars with high-molecular-weight glutenin (HMWG) subunits responsible for high bread-making quality. HMWG subunits of storage proteins are highly related to bread-making quality. There are three *Glu-1* loci, *Glu-A1*, *Glu-B1*, and *Glu-D1*, and several alleles from each locus have been characterized. Since the *Glu-D1d* allele responsible for producing the HMWG subunits "5+10" has the greatest positive effect on bread-making properties, a co-dominant DNA marker to be used for an effective identification of this allele was developed. By applying the marker to determine the presence or absence of the *Glu-D1d* allele in bread-making cultivars recently released from our institution, we showed that our PCR-based marker is more effective and accurate than the established SDS-PAGE method for HMWG subunit detection. In addition, the marker analysis revealed that the *Glu-D1d* allele was missing from the cultivar "Yukichikara", though this cultivar has been reported to carry the allele.

**Key Words** : Bread-making quality, DNA marker, "5+10" subunit, *Glu-D1d* allele, "Yukichikara"

## はじめに

最近、パン用国産コムギ品種に対する実需者の要望が全国的に高まっており、東北地方においても寒冷地向け早生・多収で、製パン適性の高い良質品種に対する要望が強い。このような背景を受け、東北農業研究センターでは、外国産パン用コムギに近い生地特性と製パン適性を持つ寒冷地向けパン用コムギ品種「ハルイブキ」を 2001 年度に品種登録した (吉川ら 2004)。同品種の製パン適性の高い要因の 1 つとして、種子の貯蔵タンパク質のうち高分子量グルテニン (以下 HMWG と略記) に、国内品種では稀なサブユニット「5+10」を持つことが挙げられる。パン用の小麦粉はタンパク質含量が高いことが必須条件であるが、その質によっても製パン適性は左右される。これまでの研究で、HMWG サブユニット「5+10」を持つ小麦粉は、他のサブユニットを持つ場合に比べて生地物性が強く、パン体積が増大するため、製パン適性が高くなることが報告されている (Payne et al. 1987, Takata et al. 2000)。このことは、高い製パン適性が求められる北米や東ヨーロッパ諸国のコムギ品種の多くがこのサブユニットを持つことから裏付けられる (季ら 1995)。しかしながら、国内産コムギは従来より用途がうどんやそうめんなどの日本めんが主体であったため、我が国の命名登録品種 131 品種を中村 (2001) が調査したところ「5+10」サブユニットを持つのは「農林 35 号」および「ハルヒカリ」(農林 104 号) の 2 品種のみであった。そこで、東北農業研究センター (旧東北農業試験場) では、今から 10 年以上前より「5+10」サブユニットの導入を開始し、初の「5+10」サブユニットを持つパン用コムギ品種「ハルイブキ」を育成した。

コムギ種子の貯蔵タンパク質の 30 ~ 40% を占めるグルテニンは、乾燥種子あるいは小麦粉から適切な緩衝液を用いて容易に抽出することができるが、HMWG サブユニット組成を調査するためには SDS-ポリアクリルアミド電気泳動 (PAGE) 法による各サブユニットの分離・同定が必要である。SDS-PAGE 法はタンパク質の分離分析において一般的に用いられる手法であるが、ゲルの作成や泳動操作に熟練を要するとともに、特に多検体を扱う場合には移動度の類似したサブユニット間で誤った判定をするおそれがあることから、実際の育種選抜に

用いることは難しく、より効率的な選抜手法の開発が急務となっていた。

ゲノム研究の加速によって、様々な植物種で有用遺伝子をその近くにある DNA 上の目印を利用して間接的に選抜する手法、いわゆる DNA マーカー育種の開発および実用化が進められており、コムギの品種育成においても製めん適性に関する DNA マーカー選抜が開始されている (石川ら 2003, 中村ら 2003)。DNA マーカーを育種に用いることのメリットのひとつとして、DNA を抽出する組織を選ばない点が挙げられる。したがって、例えば種子貯蔵成分を目的形質としている場合でも、幼苗などの組織を用いて分析することが可能であり、育種の効率化につながる。また、複数の異なる形質に関する DNA マーカーを開発できれば、一度抽出した DNA を別の形質の選抜にも利用できるとともに、マルチプレックス PCR による同時判定によって、選抜にかかる労力やコストをさらに抑えられる可能性がある。

本報告では、HMWG サブユニット「5+10」の有無を簡易に判別できる DNA マーカーの開発について報告する。また、このマーカーを用いて近年東北農業研究センターで育成されたパン用コムギ品種「ハルイブキ」および「ゆきちから」などの「5+10」サブユニットの有無を調査すると同時に、今回開発した DNA マーカーによる選抜の利点を述べる。

本稿の執筆にあたっては、多くのご助言・ご指導を頂いた作物機能開発部長宮川三郎博士に深く感謝する。

## 材料と方法

HMWG サブユニットの標準品種として、北海道農業研究センターから譲り受けた「ハルユタカ」、  
「タクネコムギ」、  
「農林 61 号」および「春のあけぼの」の種子を、東北農業研究センター育成の材料として「ハルイブキ」および「ゆきちから」を供試した。

また、「ハルイブキ」に関しては、ヘテロ個体の選抜の可能性を探るために同品種と「盛系 C-130a」との交雑に由来する F<sub>2</sub> 種子 12 粒を供試した。さらに「ゆきちから」に関しては、「5+10」サブユニットの来歴を判定する目的で、その両親である「東北 141 号」および「さび系 23 号」を供試した。

固定系統・品種では、3 粒の種子より貯蔵タンパク質を抽出し、別に発芽させた 3 個体の若葉を混合

したものからDNA自動分離装置PI-50（クラボウ）を用いてゲノムDNAを抽出した。一方、F<sub>1</sub>に由来する種子では、胚を含まない半粒の粉末約5mgを用いて貯蔵タンパク質を抽出し、残りの半粒からの発芽実生葉を用いて同様の方法でゲノムDNAを抽出した。

SDS-PAGEは、中村ら(1989)の方法に従った。PCRは、GeneAmp<sup>®</sup> PCR system 9700 (PE Applied Biosystems)を用いた。PCR断片のゲルからの切り出しにはQIAquick<sup>®</sup> Gel Extraction Kit (キアゲン)、塩基配列の決定にはBigDye Terminator ver. 1.1 (PE Applied Biosystems)、塩基配列の解析およびプライマーの設計には、それぞれオンラインソフトウェアCLUSTALW 1.7 (DDBJ)およびNet Primer (BioSoft International)を用いた。

マルチプレックスPCRでは、今回開発したDNAマーカーのPCR反応液に、Nakamuraら(2002)によるWx-B1遺伝子の欠失の有無を判別できるプライマーセット(BDFL: 5'-CTGGCCTGCTACCTCAAGAGCAACT-3'; BRD: 5'-CTGACGTC-CATGCCGTTGACGA-3')を終濃度各0.2 μMになるように加えた。それ以外の反応条件は、マルチプレックスPCRを行わない場合と同一にした。

## 結果

1. 高分子量グルテニンサブユニット遺伝子の比較  
HMWGサブユニットは、*Glu-A1*、*Glu-B1*および*Glu-D1*と呼ばれる3つの遺伝子に支配され、これらは第1同祖染色体の長腕に座乗しており、それぞれの遺伝子座に多数の複対立遺伝子が報告されている(表1)(Payne et al. 1987, Lukow et al. 1989, 中村 2002)。実際には、各遺伝子座にはx-typeおよびy-typeと呼ばれる密接に連鎖した2つの遺伝子が座乗しており、両遺伝子間の物理距離は約50 (Dゲノム) ~ 160kb (Bゲノム)であることが最近の研究で明らかとなっている(Gu et al. 2004, Kong et al. 2004)。しかしながら、これら2つの遺伝子間で組換えが起こる確率は非常に低いことから、これまでのHMWGサブユニットに関する研究ではこれら2つの遺伝子は同一の座として取り扱われている。

現在、多数のHMWGサブユニット遺伝子が単離され、それらの塩基配列が公共のデータベースに登録されている(表2)。ここで、例えば*Glu-A1*座のx-typeの1サブユニットを「Ax1」と示すことが慣例となっており、以後この方法に従うこととする。HMWGサブユニット遺伝子は、イントロンを含

表1 コムギ高分子量グルテニンサブユニット遺伝子およびそれらの命名登録品種における頻度

遺伝子座	対立遺伝子	サブユニット		Glu-1 スコア <sup>a)</sup>	命名登録 品種 <sup>b)</sup>	標準品種(由来国)
		x-type	y-type			
<i>Glu-A1</i>	<i>a</i>	1	-	3	4.6	Hope (USA)
	<i>b</i>	2*	-	3	8.6	Bezostaya-1 (USSR)
	<i>c</i>	-	-	1	86.8	Chinese Spring (China)
<i>Glu-B1</i>	<i>a</i>	7	-	1	1.7	Flinor (France)
	<i>b</i>	7	8	3	94.1	Chinese Spring (China)
	<i>c</i>	7	9	2	1.2	Bezostaya-1 (USSR)
	<i>d</i>	6	8	1	1.2	Hope (USA)
	<i>e</i>	20	-	1	0.6	Federation (Australia)
	<i>f</i>	13	16	3	0.0	Lancota (USA)
	<i>g</i>	13	19		0.0	NS335 (France)
	<i>i</i>	17	18	3	1.2	Gabo (Australia)
	<i>k</i>	22	-		0.0	Serbian (Yugoslavia)
<i>Glu-D1</i>	<i>a</i>	2	12	2	70.1	Chinese Spring (China)
	<i>b</i>	3	12	2	0.0	Hobbit (UK)
	<i>c</i>	4	12	1	1.2	Champlein (France)
	<i>d</i>	5	10	4	3.4	Hope (USA)
	<i>f</i>	2.2	12		25.3	Danchi (Japan)

<sup>a)</sup> Payne ら(1987); Lukow ら(1989), <sup>b)</sup> 中村(2002)

まない2kb前後の遺伝子であり、その内訳は開始コドンから約60bpのシグナル領域、約300bpのN末端領域、約1200~1800bpの反復領域、約150bpのC末端領域の順となっている。反復領域には、アミノ酸にしてx-typeにはPGQGQQ, GYYPTSPQQ, およびGQQ, y-typeにはPGQGQQおよびGYYPT-

SLQQといった反復モチーフが多数含まれている。これらの塩基配列情報を用いてサブユニット間での相同性程度を反復領域とそれ以外の領域で比較したところ、HMWGサブユニット遺伝子間の多型は主に反復領域の長さのみられ、特に複対立遺伝子間ではほぼ全ての多型が反復領域内にみられた(表3)。

表2 構造遺伝子のほぼ完全な塩基配列が登録されているコムギ高分子量グルテニンサブユニット遺伝子

遺伝子名	登録番号	供試品種	参考文献
Ax	U19774	Asarce	Xin et al. (1992)
	AF145590	Pane-247	DeBustos et al. (2000)
Ax1	X61009	Hope	Halford et al. (1992)
Ax2*	M22208	Cheyenne	Anderson & Greene (1989)
Bx7	M22209	Cheyenne	Anderson & Greene (1989)
	X13927	Cheyenne	Anderson (unpublished)
Bx14	AY367771		Li et al. (2003)
Bx20 <sup>a)</sup>	AJ437000	Bidi 17(durum)	Halford (unpublished)
Bx23 <sup>b)</sup>	AY553933		Li et al. (unpublished)
Dx2	X03346	Yamhill	Sugiyama et al. (1985)
Dx2.2	AY159367	GM7249	Wan et al. (unpublished)
Dx5	X12928	Cheyenne	Anderson et al. (1989)
Dx2.1 <sup>b)</sup>	AY517724	Xinjiang	Goldsbrough et al. (1989) Jiang et al. (unpublished)
Ay	X03042	Cheyenne	Forde et al. (1985)
By8	AY245797	Semito(durum)	Jiang et al. (2003)
By9	X61026	Cheyenne	Halford et al. (1987)
Dy12	X03041	Chinese Spring	Tompson et al. (1985)
	AY486485	Xinkehan 9	Zhang et al. (unpublished)
	AY486484	Dongnong7742	Zhang et al. (unpublished)
Dy10	X12929	Cheyenne	Anderson et al. (1989) Goldsbrough et al. (1989)

<sup>a)</sup> ストップコドンに対応する塩基のみ未登録 <sup>b)</sup> 新規サブユニット遺伝子

表3 コムギ高分子量グルテニン遺伝子間における領域別相同性程度(%)

(左下:反復領域以外, 右上:反復領域での比較)

遺伝子名	塩基長(bp)		x-type								y-type				
	SNC <sup>a)</sup>	R	Ax	Ax1	Ax2*	Bx7	Bx14	Dx2	Dx5	Dx2.2	Ay	By8	By9	Dy10	Dy12
Ax <sup>b)</sup>	450	897		<b>99</b>	<b>99</b>	77	76	82	82	81	74	78	79	74	73
Ax1	450	2043	<b>99</b> <sup>c)</sup>		<b>99</b>	78	77	82	82	81	74	78	79	74	73
Ax2*	450	1998	<b>99</b>	<b>99</b>		77	76	83	82	81	74	77	78	74	72
Bx7	435	1935	88	88	88		<b>96</b>	79	78	77	78	78	80	75	71
Bx14	450	1938	87	87	87	<b>98</b>		79	79	77	75	78	79	74	72
Dx2	456	2061	91	91	91	89	89		<b>97</b>	<b>99</b>	74	80	80	78	78
Dx5	459	2061	91	91	92	89	89	<b>99</b>		<b>97</b>	76	76	76	78	77
Dx2.2	459	2457	91	91	92	89	89	<b>99</b>	<b>99</b>		74	77	78	78	78
Ay <sup>b)</sup>	504	1305	82	82	82	81	81	84	84	83		91	91	87	88
By8	504	1659	84	84	84	83	82	83	83	82	91		<b>99</b>	94	94
By9	504	1614	84	84	84	83	82	83	83	82	91	<b>99</b>		93	93
Dy10	504	1443	86	85	86	84	84	84	84	84	92	95	95		<b>98</b>
Dy12	504	1479	85	85	85	84	83	84	84	84	92	94	94	<b>99</b>	

<sup>a)</sup> SNC:反復領域以外; R:反復領域. <sup>b)</sup> AxおよびAyはタンパク質を発現していないが遺伝子は存在. <sup>c)</sup> 太字は複対立遺伝子間での相同性.

2. 高分子量グルテニンサブユニット「5+10」  
判別用DNAマーカー

「5+10」サブユニットに対応する *Glu-D1* 座の対立遺伝子 *Glu-D1d* が強い生地物性を示す要因として、Dx5 の点突然変異によって生じたシステイン残基によって分子間結合が他のサブユニットをもつ場合よりも多くできるためと考えられている (Shewry et al. 1992)。そこで、Dx5 をターゲットとしてDNAマーカーの開発を開始した。まず、Dx5, Dx2, Dx2.2, Ax, および Bx7 についてその配列の一部を整列化した (図1)。この整列化によ

って *Glu-D1* 座 x-type 特異的な配列, Dx5 特異的な配列, 反復領域における反復モチーフ以外の配列を同定することができ, 図中に示したように3種のプライマーを設計した。これら3種のプライマーを用いて図2で示した操作手順にしたがってPCRを行ったところ, *Glu-D1d* をもつ品種では343bpと320bpの2本の断片, 別の対立遺伝子である *Glu-D1a, c*, および *f* をもつ品種では361bpの断片が得られた (図3, レーン1~4)。なお, これらの増幅断片は, 塩基配列を調べて目的の断片であることを確認している。Dx4の塩基配列は現在までに公

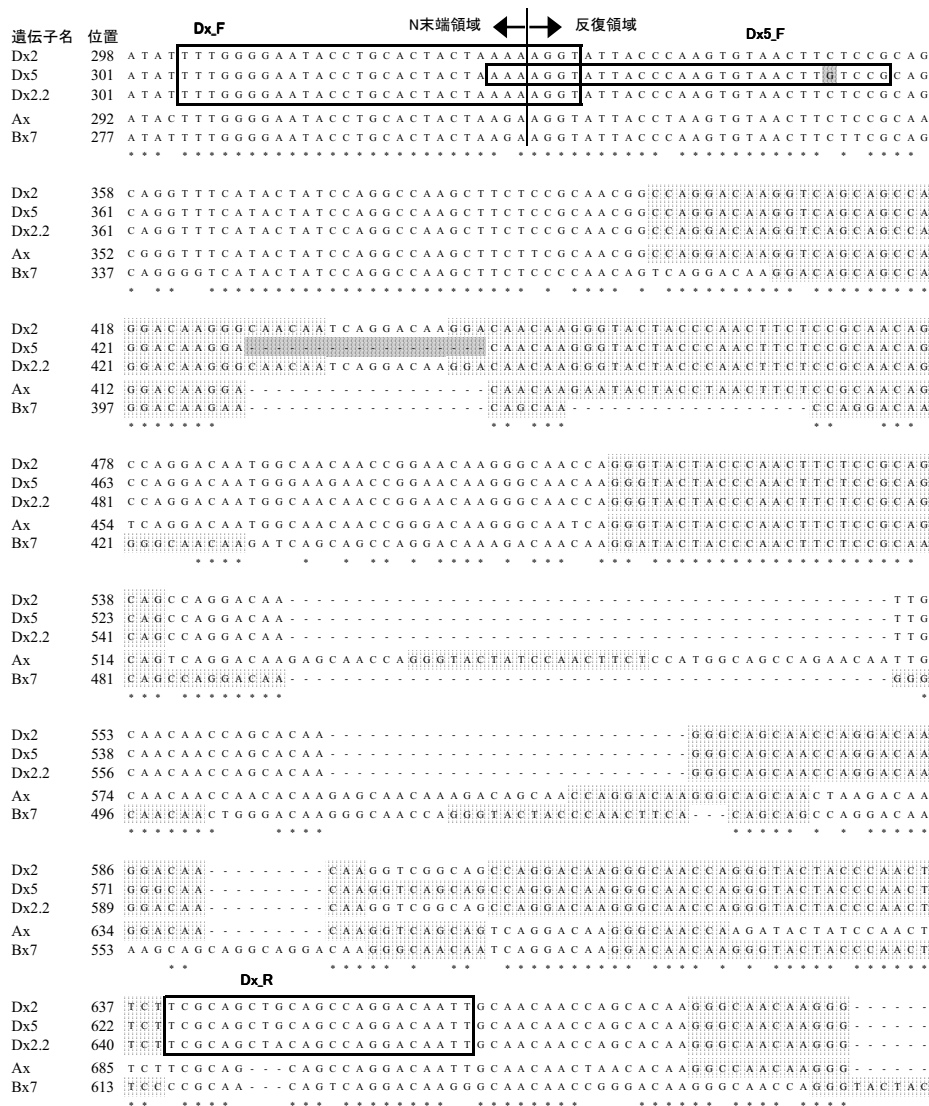


図1 高分子量グルテニン x-type の主要サブユニット遺伝子を用いた塩基配列の比較。枠囲み部は「5+10」サブユニット判別用に設計したプライマーのアニーリングサイトを示し, 濃い網掛け部は設計したプライマーによって認識できる Dx5 特異的な部分を示している。薄い網掛け部は反復モチーフをコードしている領域を示している。位置は開始コドンからの塩基数を示す。

共のデータベースに登録されていないが、得られた増幅断片のサイズなどからプライマーを設計した範囲では、Dx2 および Dx2.2 と相同であると考えられた。国内の命名登録品種は、ほぼ全て *Glu-D1a*, *c*, *d* あるいは *f* の 4 つの複対立遺伝子のいずれかを有していることから (中村 2001), 幅広い選抜集団でこのマーカーを適用できると考えられた (表 1)。

また、「盛系 C-130a」と「東北 205 号」との交雑集団を用いて、開発したマーカーによって *Glu-D1d* の有無を判定したところ、ヘテロ個体では 361bp, 343bp および 320bp の 3 本の増幅断片が得られ、共優性マーカーであった (図 4)。なお、DNA マーカーにより判別した分離集団における *Glu-D1d* の有無は SDS-PAGE の結果と一致していた (データ未提示)。

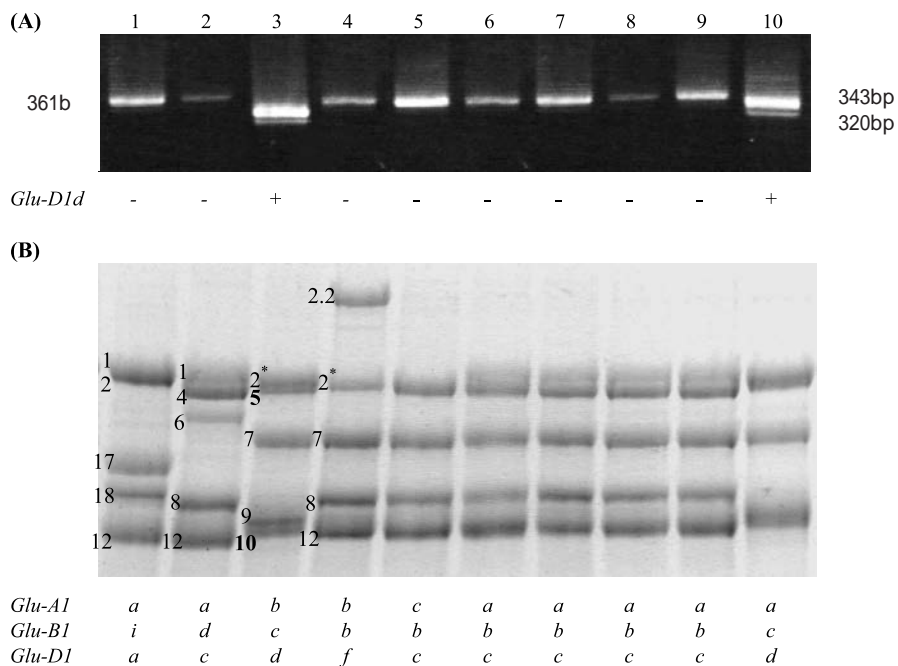
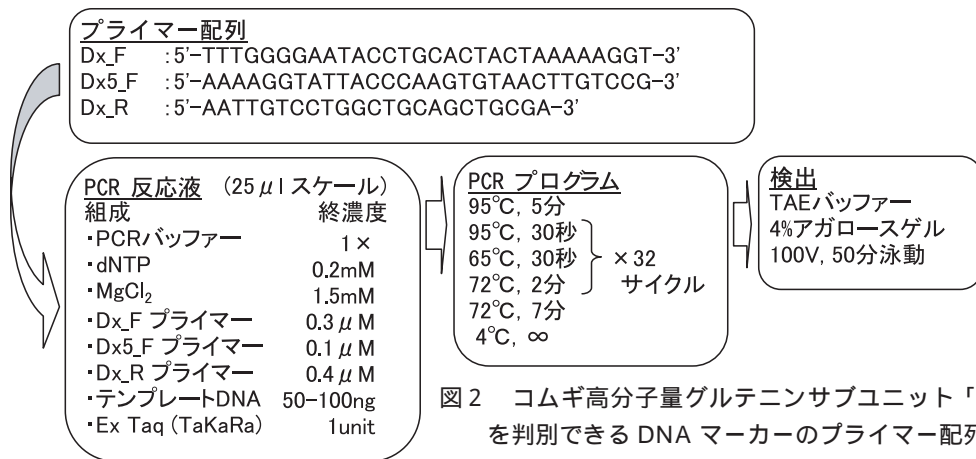


図 3 コムギ高分子量グルテニンサブユニットに関する遺伝子型判定。(A) DNA マーカーによる *Glu-D1d* の有無の判定 (+ : 有り, - : 無し), (B) SDS-PAGE を用いたタンパク質の泳動パターンによる判定。1 : 「ハルユタカ」, 2 : 「タクネコムギ」, 3 : 「春のあけぼの」, 4 : 「農林 61 号」, 5 : 「東北 141 号」, 6 : 「さび系 23 号」, 7 : 「盛系 B-1417」, 8 : 「東北 214 号」, 9 : 「ゆきちから」, 10 : 「ハルイブキ」。

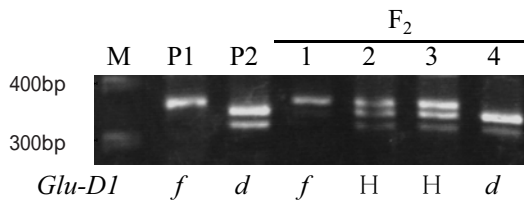


図4 分離集団を用いた高分子量グルテニンサブユニット「5+10」のDNAマーカーの適用。P1：「盛系 C-130a」、P2：「東北 205 号」（ハルイブキ）、F<sub>2</sub>：「盛系 C-130a」/「東北 205 号」由来の F<sub>2</sub> 個体、M：サイズマーカー。H：ヘテロ型個体。

### 3. Wx-B1 遺伝子変異の有無を判別する DNA マーカーとのマルチプレックス PCR

製パン適性とアミロース含量との関係については、小麦粉のアミロース含量をやや低下させると、製パン適性の向上、パンのしっとり感の変化、あるいはパンの保存性の向上などの効果があることが報告されている（Graybosch 1998, Lee et al. 2001, Morita et al. 2002, Takata et al. 2003, 吉川ら 2002a）。このことから、今後、めん用品種だけでなくパン用品種の開発においても、アミロース合成に関与する *waxy* 遺伝子の変異の有無を調査する必要が生じると考えられる。そこで、Nakamuraら（2002）が開発した低アミロースコムギを選抜するために実用化されているマーカーの中で、最も低アミロース化への寄与度の高い *Wx-B1* 座に関するマーカーと開発した *Glu-D1d* の有無を判別するマーカーとのマルチプレックス PCR を同一の条件で行った。その結果、マルチプレックス PCR による両者の同時判定が可能であった（データ未提示）。

### 4. 「ゆきちから」およびそれが由来した系統における *Glu-D1d* の有無

「ハルイブキ」や「ゆきちから」は寒冷地向けのパン用コムギ品種であり、*Glu-D1d* を持つ品種として報告されている（吉川ら 2002b, 吉川ら 2004）。そこで、今回開発した DNA マーカーを用いて、再度 *Glu-D1d* の有無を調査したところ、「ハルイブキ」は以前の報告通り同遺伝子を持っていることが確認されたが、「ゆきちから」は持っていないことが判

明した（図3 A, レーン 9）。この結果は、同品種の複数種子からの貯蔵タンパク質を用いた SDS-PAGE による解析結果とも一致しており（図3 B, レーン 9）、「ゆきちから」は *Glu-D1c*（「4+12」サブユニット）を持っていると判定された。

吉川ら（2002b）によると、「ゆきちから」として登録される前の系統「東北 214 号」は、SDS-PAGE によって「5+10」サブユニットが確認されたことになっている。この相反する結果の原因として、次の3つの可能性が考えられた。つまり、

「東北 214 号」は、*Glu-D1d* と *c* の両対立遺伝子を持つ種子が混在する状態で維持されていて、分析に供試した種子は *Glu-D1d* を持っていたが、採種過程において系統内で *Glu-D1c* の方に選抜がなかった、SDS-PAGE によるサブユニット確認における誤判定、「東北 214 号」で確認以降、「ゆきちから」として本実験で分析されるまでに *Glu-D1c* サブユニットを持つ別系統・品種の混入が起こった、というものである。しかし、外観やその採種操作過程からの可能性は否定されることから、残る2つの可能性を探った。の可能性を検討するために、「ゆきちから」の両親系統である「東北 141 号」および「さび系 23 号」、さらにそれらの育成段階の系統として、1981 年当時 F<sub>6</sub> 世代から維持してきた1系統「盛系 B-1417」、および「東北 214 号」の種子を供試し、今回開発した DNA マーカーとタンパク質の SDS-PAGE の2つの方法で調査を行った（図5）。なお、両親系統は交配当時（1975 年）の種子が手に入らなかったため保存してあるもの（2003 年採種）を用いた。その結果、いずれの品種・系統とも *Glu-D1d* は保有していなかった（図3 A, レーン 5～8）。さらに SDS-PAGE の結果でも、それらの品種・系統は全て *Glu-D1d* ではなく、*Glu-D1c* を持っていることが判明した。これらの結果から、「ゆきちから」が「5+10」サブユニットを持つという報告は、SDS-PAGE によるサブユニット判定の誤りであったと結論付けられた。



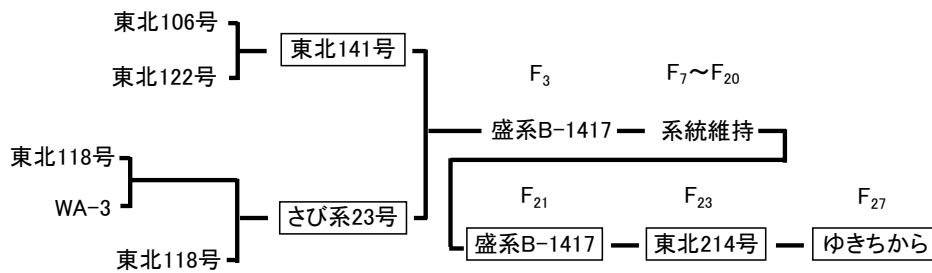


図5 パン用コムギ品種「ゆきちから」の系譜と選抜経過および高分子量グルテニンサブユニットに関する分析に供試した品種・系統（枠囲み）

## 考 察

コムギ HMWG サブユニットの遺伝子型を PCR によって簡易に判定しようとする試みは、これまでも多数の報告がある (Ahmad 2000, de Bustos et al. 2000, de Bustos et al. 2001, D'Ovidio et al. 1994, D'Ovidio・Anderson 1994, D'Ovidio et al. 1995, Ma et al. 2003, Moczulski・Salmanowicz 2003, Smith et al. 1994)。しかしながら、PCR の鋳型としてコムギのゲノム DNA を用いる場合、6 コピーある相同性の高い HMWG サブユニット遺伝子の識別が必要であり、特に反復領域にプライマーを設計する場合には、そのアニーリングサイトを限定するために反復モチーフを避けるといったマーカー開発の難しさがある。これらの理由によって、既報の DNA マーカーの多くは N 末端領域などに設計した対立遺伝子特異的プライマーを用いて、目的とする対立遺伝子が存在するときのみ増幅断片が得られる優性マーカーである。しかし、優性マーカーの問題として、ヘテロ個体を識別できないこと以外に、増幅断片が得られない場合に目的の対立遺伝子を持たないことによるのか PCR 反応のミスなのかの判定が難しいこと、および鋳型 DNA の量や PCR 条件によっては非特異的な増幅が生じてしまう場合がある。前者に関しては、必ず増幅するプライマーセットを反応液に加えてマルチプレックス PCR をすることで対応可能であるが、後者の問題はこれまでに開発された DNA マーカーが育種現場に普及していない大きな要因となっている。これらのことから、

育種に使える DNA マーカーとは、多検体を処理する場合でも誤りなく遺伝子型を判別できること、

特定の交雑集団だけではなく多様な遺伝資源で幅広く使えること、一連の操作が簡便かつ低コストであること、などが条件として挙げられる。

今回開発したマーカーは以下のような特徴があり、先に挙げた条件を満たすものである。Dx5 のシステイン残基への点突然変異領域に設計したプライマーによって、*Glu-D1d* を持つときのみ現れるバンドを含むため、判別ミスを防ぐことができる。*Glu-D1d* と *Glu-D1* 座の他の主要な対立遺伝子とを区別できるため、幅広い育種集団で利用できる。ヘテロ個体の識別が可能な共優性マーカーであることから、様々な世代の育種材料に適用できる。マルチプレックス PCR によって *Wx-B1* 遺伝子変異の有無を判別する DNA マーカーとの同時判別が可能である。ただし、PCR 用プライマーの利用において一般に検討しなければならないことであるが、本マーカーの作成に用いた GeneAmp<sup>®</sup> PCR system 9700 (PE Applied Biosystems) 以外の PCR 装置で本マーカーを用いる場合は、一塩基変異を認識している「Dx5\_F」プライマーの動作を適正化するために、このプライマーの濃度調整が必要な場合がある。

「ゆきちから」の育成段階で HMWG サブユニットの判定ミスがあったという結果について、SDS-PAGE の染色ゲルのパターンをさらに詳細に検討してみると、「5+10」サブユニットの「5」のバンドと「4+12」サブユニットの「4」のバンドの移動度はほぼ同一であり、その判定は難しく、特に

「東北214号」の当初の判定に用いられていたゲルサイズの小さなミニゲルで判定を行った場合、判定ミスをおよぼす可能性が非常に高いといえる。また、1975年の「東北141号」と「さび系23号」の交配当時は、HMWGサブユニットが小麦粉の生地物性に及ぼす効果に関しては、国内において情報も無く、その遺伝・育種的研究も行われていなかったと考えられる。中村ら(1989)によるSDS-PAGEでの東北地方の品種のGul-1スコアの分析結果では、「5+10」を有するものは報告されておらず、1975年時点において「5+10」を持つ品種・系統が旧東北農業試験場における育種材料に用いられていた可能性は低いと考えられ、その点からも今回のDNAマーカーによる「ゆきちから」は*Glu-D1d*を持たない」という判定結果は妥当と考えられる。

本研究によって、「ゆきちから」の高い製パン適性は*Glu-D1d*に起因しないことが明らかとなった。製パン適性は、HMWG以外にも様々な要因によって変化するため(review in Cauvain 2003)、*Glu-D1d*を導入した場合においても、他の遺伝的背景や栽培環境によっては期待したほど製パン適性が向上しないことがあり得る。しかしながら、東北農業研究センターで製パン適性試験を行いながら選抜している系統について、本マーカーを用いて*Glu-D1d*の保有状況を調査したところ、37系統中17系統で保有していた(データ未提示)。このことは、東北地方向けのパン用品種の開発には*Glu-D1d*の導入効果が現れており、今後同遺伝子を持つ系統の選抜を早期世代から開始することで、効率的な育種が図られると考えられる。その場合、交雑後の早い世代において特定の遺伝子型に偏って強い選抜をかけることで、それ以外の選抜目標形質に関して有望な遺伝子型を持った系統や、その対立遺伝子に何らかの劣悪な形質が連鎖している場合にはかえって育種効率を低下させる原因となってしまうので注意が必要である。今回の場合を例にとれば、交雑初期世代ではDNAマーカーにより、*Glu-D1d*を持たない系統は排除することができる限り同遺伝子型に偏った選抜圧はかけないよう、同遺伝子の固定系統およびヘテロ系統は残し、その後の選抜世代においても維持しつつ、後期世代(生産力検定試験世代)においては目的の遺伝子型で固定した系統を選抜するという方法が理想的と考えられる。

DNAマーカーは、現在、育種のみならず品種識別や他品種混入の判定などでも強力な判定手法となっているが、その判断基準となるのが品種登録時点におけるDNAマーカーによる確認結果になると予想される。そのような観点からも、今後益々、DNAマーカー選抜を育種事業に導入する努力を図る必要がある。

## 引用文献

- 1) Ahmad, M. 2000. Molecular marker-assisted selection of HMW glutenin alleles related to wheat bread quality by PCR-generated DNA markers. *Theor. Appl. Genet.* 101 : 892-896.
- 2) de Bustos, A., P. Rubio and N. Jouve. 2000. Molecular characterisation of the inactive allele of the gene *Glu-A1* and the development of a set of AS-PCR markers for HMW glutenins of wheat. *Theor. Appl. Genet.* 100 : 1085-1094.
- 3) de Bustos, A., P. Rubio, C. Soler, P. Garcia and N. Jouve. 2001. Marker assisted selection to improve HMW-glutenins in wheat. *Euphytica* 119 : 69-73.
- 4) Cauvain, S.P. 2003. Breadmaking: an overview. (Cauvain, S.P. ed., Bread making -improving quality-). Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC. p. 8-28.
- 5) D'Ovidio, R., E. Porceddu and D. Lafiandra. 1994. PCR analysis of genes encoding allelic variants of high-molecular-weight glutenin subunits at the *Glu-D1* locus. *Theor. Appl. Genet.* 88 : 175-180.
- 6) D'Ovidio, R. and O. D. Anderson. 1994. PCR analysis to distinguish between alleles of a member of a multigene family correlated with wheat bread-making quality. *Theor. Appl. Genet.* 88 : 759-763.
- 7) D'Ovidio, R., S. Masci and E. Porceddu. 1995. Development of a set of oligonucleotide primers specific for genes at the *Glu-1* complex loci of wheat. *Theor. Appl. Genet.* 91 : 189-194.
- 8) Graybosch, R. A. 1998. Waxy wheats: origin, properties, and prospects. *Trends in Food Science & Technology* 9 : 135-142.
- 9) Gu, Y. Q., D. Coleman-Derr, X. Kong and O. D.

- Anderson. 2004. Rapid genome evolution revealed by comparative sequence analysis of orthologous regions from four Triticeae genomes. *Plant Physiol.* 135 : 459-470.
- 10) 石川吾郎, 齊藤美香, 中村俊樹. 2003. コムギの製麺適性に関する選抜の実例から見た DNA マーカー育種の現状と将来. *農及び園* 78 : 599-604.
- 11) Kong, X.-Y., Y. Q. Gu, F. M. You, J. Dubcovsky and O. D. Anderson. 2004. Dynamics of the evolution of orthologous and paralogous portions of a complex locus region in two genomes of allopolyploid wheat. *Plant Mol. Biol.* 54 : 55-69.
- 12) Lee, M.-R., B. G. Swanson and B.-K. Baik. 2001. Influence of amylase content on properties of wheat starch and breadmaking quality of starch and gluten blends. *Cereal Chem.* 78 : 701-706.
- 13) 李春雨, 伊藤誠治, 渡辺満, 星野次汪. 1995. コムギ品種の高分子量グルテニン・サブユニット構成. *東北農試研究資料* 17 : 33-40.
- 14) Lukow, O. M., P. I. Payne and R. Tkachuk. 1989. The HMW glutenin subunit composition of Canadian wheat cultivars and their association with bread-making quality. *J. Sci. Food Agric.* 46 : 451-460.
- 15) Ma, W., W. Zhang and K. R. Gale. 2003. Multiplex-PCR typing of high molecular weight glutenin alleles in wheat. *Euphytica* 134 : 51-60.
- 16) Moczulski, M. and B. P. Salmanowicz. 2003. Multiplex PCR identification of wheat HMW glutenin subunit genes by allele-specific markers. *J. Appl. Genet.* 44 : 459-471.
- 17) Morita, N., T. Maeda, M. Miyazaki, M. Yamamori, H. Miura and I. Ohtsuka. 2002. Effect of substitution of waxy-wheat flour for common flour on dough and baking properties. *Food Sci. Technol. Res.* 8 : 119-124.
- 18) 中村洋. 2001. 日本のコムギ品種に特有な種子貯蔵タンパク質グルテニン高分子量サブユニットの遺伝変異とその育種的意義に関する研究. *作物研報* 2 : 1-38.
- 19) 中村洋. 2002. コムギ・グルテニンタンパク質の遺伝変異とのコムギ育種. *農及び園* 77 : 475-480.
- 20) 中村俊樹, 山守誠, 谷口義則, 星野次汪. 1989. グルテニンサブユニットからみた東北小麦品種の製パン適性. *日作紀(別)* 58 : 269-270.
- 21) Nakamura, T., P. Vrinten, M. Saito and M. Konda. 2002. Rapid classification of partial waxy wheats using PCR-based markers. *Genome* 45 : 1150-1156.
- 22) 中村俊樹, 石川吾郎, 齊藤美香. 2003. 部分的モチコムギ選抜からみた DNA マーカーの実用化. *冬作物研究* 3 : 7-16.
- 23) Payne, P. I., M. A. Nightingale, A. F. Krattiger and L. M. Holt. 1987. The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. *J. Sci. Food Agric.* 40 : 51-65.
- 24) Shewry, P. R., N. G. Halford and A. S. Tatham. 1992. High molecular weight subunits of wheat glutenin. *J. Cereal Sci.* 15 : 105-120.
- 25) Smith, R. L., M. E. Schweder and R. D. Barnett. 1994. Identification of glutenin alleles in wheat and triticale using PCR-generated DNA markers. *Crop Sci.* 34 : 1373-1378.
- 26) Takata, K., H. Yamauchi, Z. Nishio and T. Kuwabara. 2000. Effect of high molecular weight glutenin subunits on bread-making quality using near-isogenic lines. *Breed. Sci.* 50 : 303-308.
- 27) Takata, K., Z. Nishio, W. Funatsuki, T. Tabiki and H. Yamauchi. 2003. Quality characteristics of waxy wheat of hard grain using near isogenic line. *Proc. 10th Int. Wheat Genet. Symp.* 3 : 1400-1402.
- 28) 吉川亮, 中村和弘, 伊藤美環子, 星野次汪, 伊藤誠治, 八田浩一, 田野崎真吾, 谷口義則, 佐藤暁子, 中村洋. 2002a. 高製めん適性, 早生・多収の小麦新品種「ネパリゴシ」の育成. *東北農研研報* 100 : 1-26.
- 29) 吉川亮, 中村和弘, 伊藤美環子, 伊藤裕之, 中村洋, 星野次汪, 田野崎真吾, 谷口義則, 佐藤暁子, 伊藤誠治, 八田浩一, 後藤虎男, 藤原秀雄, 上田邦彦, 北原操一, 中島秀治. 2002b. 小麦農林 157 号「ゆきちから」. *農作物新品種登録簿*. 農林水産省生産局種苗課.(印刷中). 参照ホームページ (<http://www.naro.affrc.go.jp/hinshu/2002/2/komugi157.html>)
- 30) 吉川亮, 中村和弘, 伊藤美環子, 星野次汪, 伊藤誠治, 八田浩一, 田野崎真吾, 谷口義則, 佐藤

暁子，中村洋，高野博幸．2004．パン用小麦新品種「ハルイブキ」の育成．東北農研研報 102：1-22．



## 田畑輪換の繰り返しや長期畑転換に伴う転作大豆の 生産力低下と土壌肥沃度の変化<sup>\*1)</sup>

住田 弘一<sup>\*2)</sup>・加藤 直人<sup>\*3)</sup>・西田 瑞彦<sup>\*3)</sup>

**抄録:** 田畑輪換を繰り返しつつ、持続的に作物を安定生産できるかどうかは、水田輪作営農を推進していく上で政策的にも極めて重要な問題であり、長期的視点から作物生産力を評価する必要がある。そこで、有機質資材の投入管理を組み合わせた長期的な畑転換や田畑輪換を繰り返したほ場において、土壌肥沃度や転作大豆及び復元田水稲の生産力の変化を調べた。寒冷地において、水稲と大豆による田畑輪換を畑期間が過半を占める体系で10年以上繰り返すと、土壌の可給態窒素が大きく減耗する。この可給態窒素の減耗は、畑期間が1～2年の田畑輪換の場合には、600 kg / 10aの稲わらを毎年投入することにより軽減される。しかし、畑期間が過半を占める場合には稲わら施用の効果がみられない。長期にわたり大豆を連作すると、田畑輪換の場合より可給態窒素の減耗が激しく、稲わら堆肥を2トン / 10a連用しても、連年水田の堆肥無施用の場合を大きく下回る。このような可給態窒素の減耗に伴って、田畑輪換の繰り返しや長期畑転換における大豆の収量は、十分な水田期間を確保した輪換畑に比べ10～20%減収する。一方、復元田の水稲は、田畑輪換の繰り返しや長期畑転換を経ても、連年水田に比べて増収する。

**キーワード:** 田畑輪換, 大豆, 水稲, 可給態窒素, 有機質資材

Depletion of soil fertility and crop productivity in succession of paddy rice-soybean rotation : Hirokazu SUMIDA<sup>\*2)</sup>, Naoto KATO<sup>\*3)</sup>, and Mizuhiko NISHIDA<sup>\*3)</sup>

**Abstract :** To promote paddy-upland (irrigated paddy rice and upland crop) rotation farming, sustainability of crop production in the successive rotation system should be investigated from a long term view. The changes in soil nitrogen fertility, soybean productivity, and paddy rice productivity were investigated by long-term field experiments in paddy-upland rotation in combination with different paddy/upland periods and organic material application in gray lowland soil in the cold-temperate region of Japan (NARCT, Omagari, Akita). When a paddy-upland rotation cultivating paddy rice and soybean in a cycle of 3-4 years upland and 1-2 years paddy (medium-term upland rotation) was continued for ten years or more, the available nitrogen in soil decreased greatly. Although the depletion of available soil nitrogen was mitigated by rice straw application at six tons per hectare in the case of short-term upland rotation (paddy-upland rotation in a cycle of 1-2 years upland and 1-3 years paddy), it was not mitigated by rice straw application in the medium-term upland rotation. Cultivating soybean for eighteen years on upland field converted from paddy field (long-term upland conversion) decreased available soil nitrogen more than the paddy-upland rotation did. The available soil nitrogen in the long-term upland conversion, even with application of rice straw compost of twenty tons per hectare, was markedly lower than that in the continuous paddy field without organic material application. In response to the depletion of available soil nitrogen, the yield of soybean on upland fields in the paddy-upland rotation and the long-term upland conversion decreased by ten to twenty percent compared with that in the field where soybean was planted after sufficient paddy period. On the other hand, the yields of paddy rice in the cases of both paddy-upland rotation and

\* 1) 本研究の一部は、2003年に日本土壌肥料学会神奈川大会及び東北支部大会(秋田)で発表した。

\* 2) 現・農業・生物系特定産業技術研究機構本部(Headquarters of National Agriculture and Bio-oriented Research Organization, Tsukuba, Ibaraki, 305-8517, Japan)

\* 3) 東北農業研究センター(National Agricultural Research Center for Tohoku Region, Omagari, Akita, 014-0102, Japan)

reconversion from the long-term upland conversion were higher than that in the continuous paddy field.

Key Words : Paddy-upland rotation, Soybean, Paddy rice, Available soil nitrogen, Organic material

## はじめに

米の生産過剰基調が続く中、30 余年にわたる生産調整が行われている。転作作物の連作により病虫害や雑草害の発生に伴う減収については早くから指摘されており、これに対して、田畑輪換はこれらの連作障害の回避に有効で、水田における持続的な作物生産が可能な形態であるとして、その普及が進められてきた（農林水産省 1987）。

田畑輪換の畑期間と水田期間の組み合わせは、転作作物や復元田水稻の収量の面から、畑期間 2 ~ 3 年に対して水田期間は 2 ~ 3 年以上は必要とされており（高橋 1983, 花井 1987, 佃 1990）、土壌の養分供給力の面からも同様の畑期間・水田期間が望ましいとされている（北田ら 1993）。また、松村（1992）は暖地の試験事例から、田畑輪換であっても地力の維持に努めることが重要で、それには、水田期間の比率を大きくし、作物残さの還元と十分な耕起深度の確保が有効であるとしている。

しかし、最近、特に西南暖地の生産現場では、田畑輪換や畑期間が 1 年のブロックローテーションといった土地利用を行っても、転作大豆の収量は以前に比べて低減傾向にあり、これは地力低下に伴う減収ではないかと指摘されている。ただ、その真偽は明らかにされていない。田畑輪換を繰り返していく中で安定して持続的に作物を生産できるかどうかは、政策的に水田輪作営農を推進していく上でも極めて重要な問題であり、長期的視点でみた作物生産力を評価する必要がある。

そこで、稲わら堆肥や稲わらの施用を組み合わせる長期にわたる畑転換や田畑輪換を繰り返してきた汎用水田において、土壌肥沃度や輪換畑（転換畑）大豆及び輪換田（復元田）水稻の生産力の変化を明らかにし、その持続性を確保するための田畑輪換や有機質資材投入管理のあり方の参考にする。

なお、本報告で取り上げた田畑輪換試験及び長期畑転換試験は、それぞれ十数年、二十数年の長期にわたり、水田利用部水田土壌管理研究室（旧東北農業試験場栽培第一部土壌肥料研究室）及び業務科により管理され、膨大なデータが蓄積されてきた。

歴代の関係者に深く感謝する。また、本報告をご校閲いただいた作物研究所の島田信二博士に感謝する。

## 材料と方法

### 1 供試ほ場の土地利用体系と栽培管理

#### 1) 供試ほ場の土地利用体系と有機質資材投入管理

供試ほ場は、寒冷地積雪地帯に位置する東北農業研究センター水田利用部（大曲キャンパス）構内の沖積土水田（細粒灰色低地土）である。この構内水田土壌には、非アロフェン質の黒色土層が土壌断面の下層に埋没しているが、一部では最上層にこの黒色土層が位置している。試験 A のほ場は作土及び次層とも黒色であり、試験 B のほ場は作土及び次層とも灰色である。土壌の主な理化学性は表 1 に示した。

試験 A は、いわゆる田畑輪換の繰り返しの試験であり、1989 年まで連年、水田として水稻を作付けしてきたあと、1990 年の畑への転換から開始した。その後の輪換畑、輪換田の割付け、すなわち田畑輪換の体系は表 2 に示したとおりで、輪換畑では大豆を、輪換田では水稻を作付けした。田畑輪換の体系は、輪換畑期間が基本的に 1 年（直近は 2 年）と、同じく 3 年（直近は 4 年）があり、以下では、前者を短期畑輪換、後者を中期畑輪換と称する。この 2 つの田畑輪換系列のほかに連年水田系列がある。有機質資材投入管理については、稲わら施用の有無を組み合わせた。したがって、試験 A は、土地利用方式 3 処理と有機質資材投入管理 2 処理の組み合わせによる 6 処理からなり、各処理とも約 1.6a で、反復はない。投入する有機質資材は変則的ではあるが、連年水田との比較の観点から、水稻作、大豆作に関わらず稲わらとし、毎年秋に、水分 15 % 換算で 600kg / 10a 相当の生わらを細断・散布し、直ちに鋤き込んだ。この稲わらの施用量 600kg / 10a は、水稻 600kg / 10a の収量水準で生産される稲わらの量であり、窒素成分で約 3kg / 10a になる。なお、試験開始前年の 1989 年秋には稲わらの施用はなく、1990 年の大豆作では、有機質資材投入管理に差異はない。また、大豆作あとでは、大豆の落葉

については回収できなかったものの、大豆の収穫残さである茎や殻は搬出した。

試験 B では、表 2 に示したように 1982 年から 1999 年まで 18 年間にわたる長期の畑転換のあと、水田に 3 年間復元し、2003 年に再び畑転換した。試験 A と同様に、畑期間には大豆を、復元期間には水稲を作付けした。対照として、この間水稲を連年作付けした連年水田がある。有機質資材投入管理は、試験 B を開始する以前の 1970 年から稲わら堆肥施用の有無 (0, 2 トン / 10a / 年) が開始され、試験 B でもそのまま継続した。この稲わら堆肥 2 トンには約 11kg の窒素が含まれており (住田ら 2002)、試験 A の稲わら 600kg に比べて 3 倍以上の窒素投入量になる。なお、大豆の収穫残さはそのままほ場に還元した。試験 B は土地利用方式 2 処理と有機質資材投入管理 2 処理の組み合わせによる 4 処理からなり、各処理とも 5a で、反復はない。

## 2) 大豆及び水稲の栽培管理

試験 A における大豆は、1990 年から 1992 年にはナンブシロメを、それ以降にはスズカリを作付けした。栽植様式は畦幅 75cm に株間 18cm の 1 株 2 本立てで、7.4 株 / m<sup>2</sup>とした。肥料は硫安 (N 1 ~ 3kg / 10a)、過石 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 8kg / 10a)、塩加 (K<sub>2</sub>O 8kg / 10a) を全量基肥で全面全層に施用した。また、2002 年には、各処理の一部の区画に被覆尿素肥料 (LP40) を開花期に追肥した。追肥窒素量は 7kg / 10a とした。なお、炭酸カルシウム等の土壤改良資材は施用しなかった。

試験 A における輪換田及び連年水田の水稲は、試験期間を通して良食味米品種のあきたこまちを作付けした。栽植密度は 24 株 / m<sup>2</sup>とした。肥料は大豆と同じ単肥を用い、基肥として 10a 当たり N 6kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 8kg、K<sub>2</sub>O 6kg を全面全層に施用し、幼穂形成期追肥として、N 及び K<sub>2</sub>O 各 2kg を表面施用した。

表 1 供試ほ場の土壌の主な化学性\* (乾土 kg 当たり)

土壌の種類	層位 (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	T-C (g)	T-N (g)	CEC (cmol)	交換性塩基 (cmol)				リン酸吸収係数
						Ca	Mg	K	Na	
表層黒色 (試験 A)	0~13	5.35	31.0 <sup>#</sup>	1.90 <sup>#</sup>	25.9	7.8	2.3	0.1	0.5	1,500
	13~21	—	53.8	2.80	27.6	4.9	1.4	0.1	0.4	1,890
表層灰色 (試験 B)	0~13	5.32	20.2 <sup>\$</sup>	1.74 <sup>\$</sup>	20.0	8.7	2.7	0.1	0.6	1,120
	13~25	5.75	11.6	0.90	19.0	10.1	3.2	0.1	0.8	1,200

注. \*: 1968 年 5 月に採取した土壌の分析値であり、栽培第一部土壤肥料研究室で取りまとめた「土壤肥料に関する試験成績」より抜粋引用。

# : 試験 A は、1968 年 ~ 1987 年まで家畜ふん堆肥を連用したほ場 (表層黒色) において 1990 年に開始し、その時点の作土の T-C は 41.3 g / kg、T-N は 2.68 g / kg に上昇していた。

\$ : 試験 B は、1970 年以降稲わら堆肥施用の有無の処理が継続されたほ場 (表層灰色) において 1982 年に開始され、稲わら堆肥を連用した作土のその時点における T-C は 26.3 g / kg、T-N は 2.23 g / kg に上昇したのに対して、無施用では 1968 年とほぼ同じ水準 (それぞれ 19.9, 1.76) であった。

表 2 田畑輪換 (試験 A) 及び長期畑転換 (試験 B) の作付体系

試験	体系名	'81	'82~89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03
A	短期畑輪換	R	R 8 <sub>作</sub>	S	R	R	R	S	R	S	R	R	S	R	S	S	R
	中期畑輪換	R	R 8 <sub>作</sub>	S	S	S	R	S	S	S	R	R	S	S	S	S	R
	連年水田	R	R 8 <sub>作</sub>	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
B	長期畑転換	R	S 8 <sub>作</sub>	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	R	R	R	S
	連年水田	R	R 8 <sub>作</sub>	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R

注. 試験 A は短期畑輪換、中期畑輪換、及び連年水田から構成され、試験 B は長期畑転換及び連年水田から構成される。R は水稲、S は大豆を示す。



一方、試験 B における大豆は、18 年間の長期畑転換のうち 1982 年から 1992 年にはナンブシロメを、1993 年から 1999 年にはスズカリを作付けし、再畑転換した 2003 年にはスズカリを作付けした。栽植様式は試験 A と同じである。肥料は硫安 (N 3kg / 10a)、過石 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 10kg / 10a)、塩加 (K<sub>2</sub>O 10kg / 10a) とともに全量基肥で全面全層に施用 (標準施肥区) し、このうち硫安を除いた無窒素区を併設した。また、再畑転換した 2003 年には、培土期に被覆尿素肥料 (LP70, N 7kg / 10a) を追肥した培土期追肥区と、基肥に被覆尿素肥料 (LPS80, N 7kg / 10a) を追加した全量基肥区を併設した。なお、1982 年から 1990 年までは炭酸カルシウムを毎年 90 ~ 100kg / 10a 施用したが、1991 年以降は施用していない。

試験 B における長期畑転換あとの復元田 (2000 年から 2002 年) 及びその対照の連年水田の水稻は、多収品種のふくひびきを作付けした。栽植密度は 24 株 / m<sup>2</sup> とした。肥料は単肥 (硫安、過石、塩加) を用い、基肥として 10a 当たり N 7kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 7kg, K<sub>2</sub>O 7kg を全面全層に施用し、幼穂形成期追肥として、N 3kg を表面施用した (標準施肥区)。ほかに窒素肥料を除いた無窒素区を設けた。

## 2 供試ほ場の土壌肥沃度及び作物生産力の把握

### 1) 土壌の窒素肥沃度

試験 A ほ場の各処理からは、1991 年春、及び 1999 年から 2003 年春までの毎年春と秋に作土を採取した。なお、1991 年春は田畑輪換を始めて 1 年後ではあるが、稲わら処理は 1991 年の春からであり、以下、便宜的に 1991 年春に採取したものを開始時の土壌とした。一方、試験 B ほ場の各処理からは、1982 年春と 1991 年秋、及び 1999 年秋から 2003 年春までの毎年春と秋に作土を採取した。

これらの土壌について、2 mm 目の篩を通過させた風乾土を調製し、湛水培養により生成するアンモニア態窒素の分析試料とした。直径 24 mm、高さ 110 mm のガラス瓶に固液比が 1 : 2.5 程度になるように土壌と水を入れて湛水状態とし、ゴム栓で密栓して 30 ℃ の恒温器内で静置培養した。4 週間後に回収し、培養土壌を 10 % 塩化カリウム溶液で 1 時間振とう抽出した。この抽出液中のアンモニア態窒素をインドフェノール法により定量し、これを可給態窒素とした。培養・抽出操作は 2 ~ 3 連で行なった。

風乾土の一部はメノウの乳鉢で微粉碎し、全炭素、

全窒素の分析試料とした。全炭素、全窒素は CN コーダー (ヤナコ MT - 700) により求めた。分析は 2 ~ 3 連で行なった。

結果において図中に示した各年次の全炭素、全窒素及び可給態窒素の値は、当該年次の春あるいは前年秋に採取した土壌の分析値であり、両方ある場合はそれらの平均値である。

### 2) 土壌の物理性

2002 年秋に試験 A ほ場及び B ほ場の各処理から作土の最表層 (0 ~ 5cm) と中位層 (8 ~ 13cm) 及び鋤床層の各層位について 100mL の採土円筒で土壌を採取し、三相分布と pF1.5 (砂柱法) 及び pF2.7 (加圧板法) における孔隙率を求めた。分析は 3 連で行なった。

### 3) 大豆及び水稻の収量

大豆については、3 畦 × 8 株 (3.24 m<sup>2</sup>) を 2 ~ 3 か所の部分刈りによる収量調査を実施した。水稻については、3 条 × 約 3.7m (約 3.3 m<sup>2</sup>) を 1 ~ 2 か所の部分刈りによる収量調査とした。

## 試験結果及び考察

### 1 田畑輪換の繰り返しや長期畑転換による作物生産力の変化

#### 1) 田畑輪換の繰り返しや長期畑転換における大豆の収量

田畑輪換を繰り返した試験 A における輪換畑大豆の収量を図 1 に示した。田畑輪換に伴う収量の趨勢は低下傾向にあるが、品種が 1992 年以前 (ナンブシロメ) と 1994 年以降 (スズカリ) とで異なることや、気象変動の影響を考慮する必要がある。ナンブシロメとスズカリの収量水準については、1992 年に試験 B のほ場の一画において比較試験を実施し、ほぼ同等という結果を得ている。一方、気象変動の影響については、1995 年、2002 年は多雨寡照で着莢不足になり低収にとどまった。また、逆に 1996 年は少雨多照で大粒化し多収となった (住田ら 2003)。なお、1994 年は稲わら施用を始めてから最初の輪換畑初年目に当たり、稲わら施用区で土壌還元が原因と思われる生育障害が発生し減収となったが、それ以外では、稲わら施用の有無による収量差は小さかった。

長期畑転換の試験 B における大豆の収量の推移を図 2 に示した。1982 年に畑転換を開始したが、長期の畑転換に伴う大豆の収量を把握する目的で、ここ

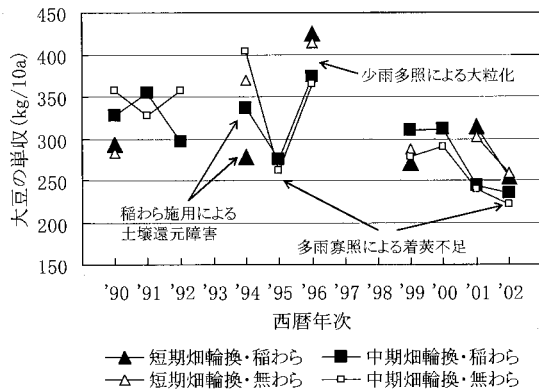


図1 田畑輪換を繰り返した輪換畑大豆の収量 (試験A)

注：試験開始の1990年には、短期畑輪換と中期畑輪換は同じ前歴であるものの、中期畑輪換、短期畑輪換、連年水田の区割り施工（U字溝を逆さまに敷設）が不十分で、連年水田に隣接した短期畑輪換系列では水田からの伏流水の影響で湿害を強く受け、中期畑輪換系列に比べて低収になった。その後は、明渠を掘るなどの対策を実施した。  
稲わら施用は1991年春より開始。

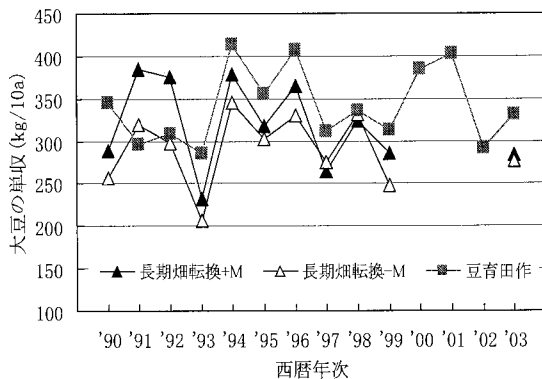


図2 長期畑輪換における転作大豆の収量 (試験B)

注：窒素施肥の影響が明瞭でなかったため、各プロットは無窒素及び窒素施肥の各区の単純平均値で示した。品種は1990～1992年がナンブシロメ、それ以降はスズカリである。対照として、十分な水田期間を確保した輪換畑における大豆育種研究室による生産力検定試験の田作大豆（「豆苗田作」）について、本試験に対応した品種の収量を示した。

では9年目に当たる1990年以降を図示している。長期畑輪換による大豆の収量は、20年近い連作でも著しい減収には至らなかったが、隣接ほ場で実施された十分な水田期間を確保した生産力検定試験の田作大豆と比べると1993年以降は10～20%の減収であった。また、稲わら堆肥2トン/10aの連年施用により一定の収量性の改善効果が認められた。18年間の長期畑輪換のあと3年間の水田への復元を経て再畑輪換した場合（2003年、スズカリ）、この大豆の収量は、生産力検定試験の田作大豆に比べて劣り、長期畑輪換の期間（1993年から1999年、スズカリ）とほぼ同等な関係にとどまった。すなわち、いわゆる田畑輪換効果とされる増収とはならなかった。

2) 田畑輪換体系における大豆・水稻の生産力の経年変化

試験Aにおける田畑輪換の繰り返しに伴う輪換畑大豆や輪換田水稻の生産力の変化を把握する目的で、大豆については生産力検定試験の田作大豆を対照に、水稻については連年水田の水稻を対照にした収量指数で示したのが図3である。この操作は気象

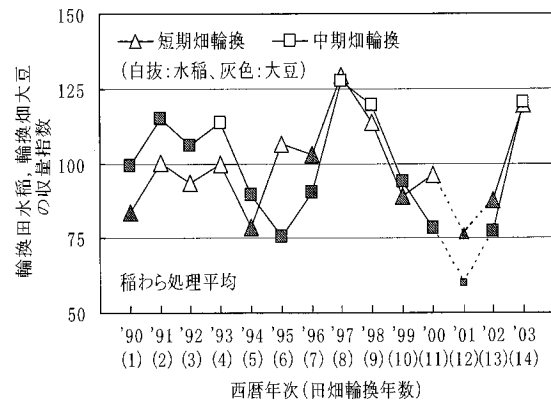


図3 田畑輪換の繰り返しに伴う作物生産力の変化 (試験A)

注：輪換田水稻、輪換畑大豆の対照は、隣接ほ場の連年水田の水稻及び十分な水田期間を確保した輪換畑における大豆育種研究室による生産力検定試験の田作大豆である。なお、2001年は褐紋病の発生による影響で大豆の収量指数が大きく低下した。

この生産力検定試験は大豆育種研究室により実施されており、刈和野試験地における畑作大豆に加え、1985年からは大曲キャンパス水田輪換畑ほ場における田作大豆についてもデータが蓄積されている。なお、生産力検定試験の比較品種として1992年まではナンブシロメ、1993年以降はスズカリが栽培されている。

変動に伴う作柄の変動を消去しようとするものである。なお、図 1 でみたように、1994 年の稲わら施用に伴う還元障害による減収以外には、稲わら施用の有無による差が小さかったので、ここでは稲わら施用の有無の処理を単純平均して示している。図には示していないが、1994 年の稲わら施用に伴う還元障害による減収については、短期畑輪換では収量指数 68、中期畑輪換では 82 となったが、稲わら無施用系列ではそれぞれ 90、98 で減収の程度は小さかった。また、2001 年の輪換畑大豆の収量指数の大きな落ち込みは褐紋病の発生によるものである。

こうした事情を考慮すると、田畑輪換の繰り返しに伴い、輪換畑大豆の収量には減収傾向が読み取れる。一方、輪換田水稻の収量は、田畑輪換を繰り返しても減収することはなく、復元前の数年間の畑期間の多少（長短）が増収の大小に影響し、畑期間が長い輪換体系の水稻が多収傾向にあることが読み取れる。

### 3) 長期畑輪換あとの復元田における水稻の生産力

長期畑輪換あとの復元田における水稻の収量を表

3 に示した。復元 1 年目には、稲わら堆肥や窒素肥料の施用の有無によらず、いずれの処理でも連年水田に比べて大きく増加した。復元 2 年目の 2001 年は作付け前の春先に晴天が続くという気象条件に恵まれて土壌の乾燥が進み、乾土効果による土壌窒素の発現が多くなり、水稻は旺盛な窒素吸収に支えられて多収年となった。稲わら堆肥や窒素肥料の施用により連年水田でも 700kg / 10a を超える収量が得られたことから、復元田における増収効果ははっきりと認められたのは稲わら堆肥、窒素肥料ともに除いた区のみであった。しかし、復元 3 年目においても、1 年目には劣るものの 50 ~ 90kg / 10a の増収量となったことから、長期畑輪換あとの復元田では、少なくとも 3 年程度は水稻の増収効果が期待できるといえる。復元田における増収の要因については、作土量の増加（耕起深×仮比重）による単位重量当たり可給態窒素量の減耗の補償、根域の拡大（下層土における根穴が多い）、生育後期までの根の活力の維持（ひこばえ発生量が多い）などが考えられる（住田・加藤 2001）。

表 3 長期畑輪換あとの復元田における水稻収量（試験 B） (kg / 10a)

肥培管理#	土地利用	2000 年 (復元 1 年目)	2001 年* (復元 2 年目)	2002 年 (復元 3 年目)	3 ヶ年平均
-M-N	復元田	448(+44)	590(+96)	468(+31)	502(+57)
	連年水田	404	494	437	445
-M+N	復元田	696(+124)	770(+11)	762(+83)	743(+73)
	連年水田	572	759	679	670
+M-N	復元田	677(+126)	680(-35)	671(+94)	676(+62)
	連年水田	551	715	577	614
+M+N	復元田	820(+91)	712*(+5)	805(+54)	779(+50)
	連年水田	729	707*	751	729
全平均	復元田	660(+96)	688(+19)	677(+66)	675(+60)
	連年水田	564	669	611	615

注：復元田の（ ）内の数値は連年水田の同一処理区に対する増収量を示す。

#：肥培管理の M は稲わら堆肥を、N は窒素施肥を表わし、例えば、- M - N は無堆肥・無窒素肥料である。

\*：2001 年は作付け前の春先に晴天が続くという気象条件に恵まれて土壌の乾燥が進み、乾土効果による土壌窒素の発現が多くなり、水稻は旺盛な窒素吸収に支えられて多収年となったが、+ M + N の肥培管理では初数過剰を招き、登熟不良で収量が伸びなかった。

## 2 田畑輪換の繰り返しや長期畑転換に伴う土壤肥沃度の変化

### 1) 田畑輪換体系における土壤の全炭素, 全窒素及び可給態窒素の変化

供試ほ場は試験開始時点で全炭素, 全窒素に違いがあった(図4)。これは, 試験Aのほ場が非アロフェン質の黒色土層が優先で黒くみえるものの, 一筆内でもこの黒色土層の混入度合いがやや異なることに由来している(図5)と思われるが, 標準的な施肥体系の下では, この黒色土層の混入度合いの違いによる水稻の収量差はほとんどないことが, 過去の均一栽培等の結果から確認されている。

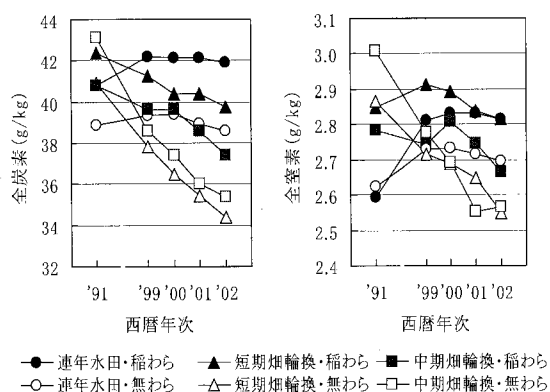


図4 田畑輪換の繰り返しに伴う土壤中の全炭素, 全窒素の変化(試験A)

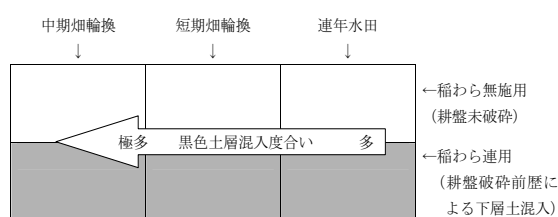


図5 田畑輪換試験ほ場における黒色土層の混入度合いや耕盤処理前歴による土層むら(試験A)

注. 大曲キャンパスの土壤断面をみると下層に黒色土層が埋没している。試験Aほ場は造成時(1960年代後半)に表層の一部を剥いたため, 埋没していた黒色土層が新しい作土に混入したが, その際, 一筆内での黒色土層の埋没深の違いが新しい作土への黒色土層の混入度合いの違いとなった。

そこで, 試験開始後の変化という視点からみると, 連年水田における土壤の全炭素や全窒素は稲わらの補給がなくても維持ないしは増加し, 稲わらの施用によってその増加は顕著であった。それに対して, 田畑輪換を繰り返すと稲わらの補給がない条件では, 全炭素や全窒素は大きく減耗した。年平均の全炭素減耗量は, 短期畑輪換で 590mg / kg, 中期畑輪換で 700mg / kg, 全窒素減耗量は, 短期畑輪換で 29mg / kg, 中期畑輪換で 40mg / kg となった。一方, 稲わらを連用した田畑輪換では, 全炭素, 全窒素の減耗は軽減された。特に全窒素についてみると, およそ 10 年にわたる田畑輪換を繰り返しても, 短期畑輪換であれば, 輪換田水稻, 輪換畑大豆のいずれの跡地においても, 開始時をやや上回るかほぼ同じ水準を維持した。一方, 中期畑輪換の場合には, 輪換田水稻を 2 年作付けした跡地(図4の'99)の全窒素は開始時をわずかに下回る水準にとどまっていたが, その後再び畑輪換すると低下した。

以上のことから, 10 年を超えるような長期にわたる田畑輪換の繰り返しは, 10a 当たり 600kg の稲わらを連用しても, 全炭素の減少量を補いきれないといえる。他方, 全窒素については, 輪換畑 1 ~ 2 年の短期畑輪換では稲わらの連用により田畑輪換開始時の水準を維持するが, 輪換畑期間 3 ~ 4 年の中期畑輪換では稲わらを施用してもその水準の維持は難しいと判断された。

図6は田畑輪換体系における土壤の可給態窒素の変化である。田畑輪換開始時, 中期畑輪換の 2 サイクル目あとの輪換田水稻 2 年後, それから 3 サイクル目の輪換畑大豆 4 年後の 3 時期について, 各試験区の土壤の可給態窒素量を, 連年水田の無わら区を 100 とした指数(以下, 可給態窒素指数)で示した。なお, 連年水田の無わら区の土壤の可給態窒素は, 土壤の調製条件が異なった田畑輪換開始時(微細土でやや高め)を除いて, ほぼ同じであった。また, 田畑輪換開始時に稲わら施用系がやや低めであるのは, 図5に示したように, 前歴の耕盤処理の影響(窒素肥沃度の低い土壤の混入)であると推察された。

中期畑輪換の稲わら無施用(中期畑・無わら)における可給態窒素指数は, 田畑輪換開始時の 106 から 13 年後には 72 に低下し, 同じく短期畑・無わらの可給態窒素指数は, 101 から 75 に低下した。

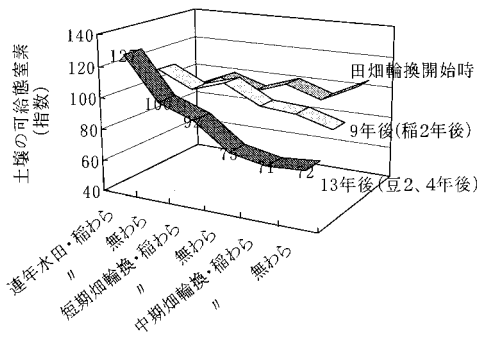


図 6 田畑輪換の繰り返しに伴う土壌中の可給態窒素の変化 (試験 A)

注 . 土壌の可給態窒素は連年水田・稲わらを 100 とした指数。

なお、田畑輪換体系は以下のとおり。  
 短期畑輪換：豆・稲・稲・稲・豆・稲・豆・  
 稲・稲・豆・稲・豆・豆  
 中期畑輪換：豆・豆・豆・稲・豆・豆・豆・  
 稲・稲・豆・豆・豆・豆

これに対して、中期畑輪換の稲わら施用 (中期畑・稲わら) における可給態窒素指数は、94 から 71 に低下し、同じく短期畑・稲わらでは、93 から 92 とほぼ横ばいであった。図 6 では、田畑輪換開始時の可給態窒素指数と 13 年後の指数との関係からみると、9 年後の指数はかなり高い水準にあることがわかる。この 9 年後というのは前 2 年が水稲 2 作であり、13 年後というのは前 4 年が短期畑輪換では大豆・水稲・大豆・大豆、中期畑輪換では大豆 4 連作である。すなわち、9 年後は地力維持・回復型の作型の直後であり、13 年後は地力減耗型の作型の直後であることが要因と推察される。特に、転換畑土壌に稲わらを添加して湛水管理する場合には、連年水田土壌に稲わらを添加した場合より生物的窒素固定による土壌の窒素富化量が多いとされている (安田ら 2000)。このことが、地力を減耗する畑期間を 1 / 2 未満に抑え、かつ、稲わらを連用する田畑輪換管理において、稲わらを施用しない連年水田並みの窒素肥沃度を維持しうる一因と推察される。言い換えれば、短期畑輪換でも、大豆作の期間も含めて、稲わらの連用 (米の生産に対応する稲わら全量の補給) がないと土壌窒素の減耗は避けられない。なお、連年水田の稲わら施用における可給態窒素指数は、本試験開始時の 90 から 13 年後には 127 に大きく増加した。

2) 長期畑輪換あと復田化による全炭素、全窒素及び可給態窒素の変化

図 7 には長期畑輪換のあとに復田化した試験 B ほかの土壌の全炭素と全窒素の経年変化を示した。全炭素は畑輪換 10 年後までに大きく低下し (畑輪換前に比べて 13 ~ 14 % 減), その後ほぼ一定となったのに対して、連年水田では稲わら堆肥の施用の有無にかかわらず 18 年後まで増加し、その後ほぼ一定となった。一方、全窒素は畑輪換 10 年後以降も低下し、18 年後に稲わら堆肥無施用では畑輪換前に比べて 18 % 減、稲わら堆肥施用では 9 % 減となったのに対して、連年水田では逆に 18 年後まで増加し、その後ほぼ一定となった。長期畑輪換あとの復田化に伴う全炭素、全窒素の明瞭な変化は読み取れず、ほぼ一定とみなされた。

これに対して、長期畑輪換とその後の復田化に伴う土壌の可給態窒素の変化は明瞭であった。すなわち、図 8 に示したように、長期畑輪換に伴い可給態窒素は大きく低下したが、その後の復田化により可給態窒素が増加し、地力の回復が示唆される。しかし、稲わら堆肥 2 トン / 10a を連年施用する条件でも、18 年の長期にわたる畑輪換を行うと、稲わら堆肥無施用条件の連年水田の可給態窒素を大きく下回り、その後 3 年間の復田により、ようやくその連年水田の水準近くに回復する程度であった。一般に、稲わらから生産される稲わら堆肥の量的な換算量は約 2 倍として扱われている。試験 A における稲わら施用量 600kg / 10a は、水稲の収量 600kg / 10a 水準で生産される稲わらの量であり、これを稲わら

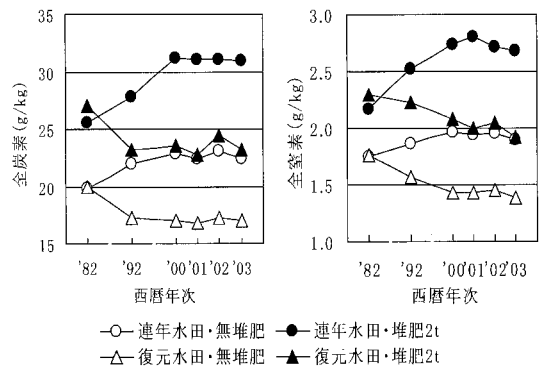


図 7 長期畑輪換あと復田化による土壌中の全炭素、全窒素の変化 (試験 B)

注 . 1982 年から 18 年間の畑輪換のあと 2000 年から 3 年間復田化した。

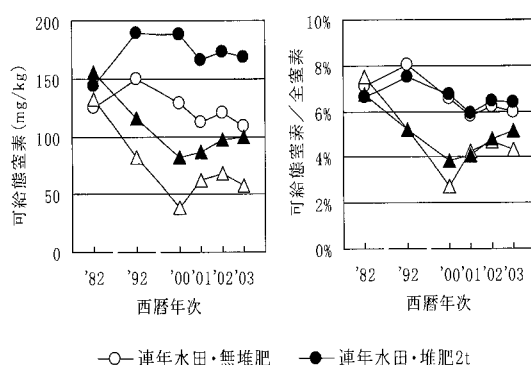


図8 長期畑転換あと復田化による土壤中の可給態窒素の変化（試験B）

注．1982年から18年間の畑転換のあと2000年から3年間復田化した。

可給態窒素は、風乾土を30 4週間の湛水培養により無機化した窒素である。

堆肥に換算すれば1.2トン/10aということになる。したがって、試験Bにおける稲わら堆肥2トン/10aというのは決して少ない量ではなく、むしろ多い。それにもかかわらず、稲わら堆肥無施用の連年水田並みの窒素肥沃度さえ維持することができないということになる。

全窒素に対する可給態窒素の比率（可給態画分の比率）をみると、稲わら堆肥の施用の有無による地力窒素水準の違いが消去されるような傾向が伺われる。すなわち、18年にわたる長期畑転換により、稲わら堆肥の施用の有無にかかわらず可給態画分の比率は連年水田の約半分まで低下したが、3年間の復田により連年水田の7～8割の水準にまで回復した。

### 3) 田畑輪換の繰り返しや長期畑転換あと復田化に伴う土壤物理性の変化

表4には田畑輪換の繰り返し13年後の土壤の物理性を示した。短期畑輪換及び中期畑輪換はそれぞれ輪換畑2年目及び4年目の大豆作付け跡地である。作土層（最表層や中位層）の固相率は短期畑輪換より中期畑輪換でやや高かったが、鋤床層では逆に短期畑輪換の方が高かった。稲わらの連用は、短期畑輪換、中期畑輪換のいずれにおいても作土層及び鋤床層の固相率を低くし、気相率を高くした。この気相の大部分を占めるpF1.5の粗孔隙は、最表層では増加したが、中位層では大きな差はなかった。鋤床層におけるpF1.5の粗孔隙は、短期畑輪換より中期畑輪換でやや多く、稲わらの連用により増加した。また、pF1.5からほぼ毛管連絡切断点に相当す

表4 試験Aほ場における田畑輪換繰り返し後の土壤の物理性

試験区	層位	pF1.5の三相分布(%)			孔隙率(%) pF1.5~2.7	仮比重
		固相率	液相率	気相率		
短期畑輪換 稲わら	最表層	25.3	32.5	42.2	5.0	0.69
	中位層	29.5	38.6	31.9	6.3	0.80
	鋤床層	46.3	50.5	3.2	2.3	1.21
短期畑輪換 無わら	最表層	27.4	34.5	38.1	6.7	0.75
	中位層	30.9	37.7	31.4	7.7	0.82
	鋤床層	48.7	48.6	2.7	2.5	1.28
中期畑輪換 稲わら	最表層	26.5	32.4	41.1	5.1	0.73
	中位層	30.5	38.2	31.3	6.4	0.83
	鋤床層	41.3	53.7	5.0	4.1	1.09
中期畑輪換 無わら	最表層	28.6	33.4	38.0	5.1	0.76
	中位層	31.4	37.4	31.2	6.0	0.83
	鋤床層	46.3	50.5	3.2	3.5	1.21
連年水田 稲わら	最表層	32.2	57.5	10.3	8.6	0.85
	中位層	35.2	55.4	9.4	5.5	0.93
	鋤床層	43.2	54.2	2.6	2.6	1.12
連年水田 無わら	最表層	33.9	56.2	9.9	7.6	0.90
	中位層	36.3	54.5	9.2	6.1	0.96
	鋤床層	42.5	55.0	2.5	3.8	1.11

注．田畑輪換繰り返し13年後の2002年秋に、最表層（0-5cm）、中位層（8-13cm）、鋤床層の各層位について調査。短期畑輪換、中期畑輪換はそれぞれ輪換畑2年、4年後。

る pF2.7 までの水分（一般にはおよそ pF1.8 ~ 2.7 を易有効水分としている）を保持する孔隙に対しては、稲わらの施用の効果はなかった。この pF1.5 ~ 2.7 の孔隙は、稲わら無施用の条件では、輪換畑期間が短い短期畑輪換でやや多かった。なお、この試験においては、輪換田、輪換畑を問わず同一の作業機（25PS トラクタ）によるロータリー耕起であり、輪換畑における耕盤破碎は実施せず耕盤を維持してきた。

これに対して、長期畑輪換試験の土壌の物理性を表 5 に示した。18 年の畑輪換のあと復元田 3 年目の水稲作付け跡地である。長期畑輪換の影響は大きく、3 年間の復田によっても作土層、鋤床層とも連年水田に比べて固相率、仮比重が大きく、非常にコンパクトな土壌が維持されたままであり、作土層の密度が大きかった。これは、図 7 の土壌中の全炭素の減少にみられるように、土壌有機物の減少に起因していると考えられる。また、長期畑輪換（復元田）の作土深は連年水田よりやや浅かったものの、10a 当たりの作土重量を計算すると、稲わら堆肥無施用で 177 トン、稲わら堆肥連用で 163 トンとなり、連年水田（それぞれ 161 トン、152 トン）よりむしろ多かった。長期畑輪換の間に、従前の鋤床層の一部が耕うんされたものと推察される。また、すでに述べたようにこの作土量の増加が復元田の増収要因の 1 つと考えている。

### 3 減収傾向にある転作大豆に対する肥培管理の効果

田畑輪換を繰り返し、輪換畑の大豆が減収傾向にある 2002 年（試験 A ほ場）と、長期畑輪換あと 3 年間の復田化を経て再畑輪換した 2003 年（試験 B ほ場）に実施した窒素施肥法の試験結果を表 6 に示した。田畑輪換繰り返し試験の 2002 年は、短期畑輪換では輪換畑 2 年目、中期畑輪換では輪換畑 4 年目に当たる。これらいずれの田畑輪換体系においても、LP40 の開花期追肥や稲わら施用の肥培管理が大豆に対する収量改善効果ははっきりしなかった。すでに、図 4 に示したように稲わら施用は土壌の全炭素や全窒素を明らかに改善した。しかし、図 1 に示したように田畑輪換を繰り返してきたここ数年間（1999 年以降）についてみても、短期畑輪換では稲わら施用の有無による大豆の収量差はなく、短期畑輪換より収量水準が低い中期畑輪換でもわずかな増収（平均 6%）にとどまった。

長期畑輪換試験の 2003 年は、18 年にわたる長期畑輪換のあと 3 年間の水田への復元を経て再び畑輪換した 1 年目に当たる。この場合にも LP70 の培土期追肥の効果ははっきりしないが、追肥分を LPS80 で基肥として一括施用する全量基肥で、増収効果が認められた。輪換畑土壌は、下層になるほど湿潤で嫌気状態にあるため硝酸化機能がより低く、施肥窒素の利用率が高いとされている（高橋ら

表 5 試験 B ほ場における長期畑輪換あと復元田 3 年後の土壌の物理性

試験区	層位	pF1.5 の三相分布(%)			孔隙率(%) pF1.5~2.7	仮比重	山中式 ち密度	作土深 (cm)
		固相率	液相率	気相率				
長期畑輪換 稲わら堆肥	最表層	38.4	48.5	13.1	4.2	1.02	16.0	
	中位層	42.0	49.4	8.6	3.2	1.11	18.1	
	鋤床層	47.5	49.0	3.5	2.5	1.25	15.1	
長期畑輪換 無堆肥	最表層	41.3	47.6	11.1	3.2	1.11	15.8	
	中位層	46.4	47.0	6.6	2.5	1.24	17.1	
	鋤床層	50.4	46.7	2.9	1.9	1.34	14.8	
連年水田 稲わら堆肥	最表層	32.9	48.8	18.3	9.5	0.88	10.9	
	中位層	34.2	51.8	14.0	4.6	0.91	13.7	
	鋤床層	43.7	53.8	2.5	3.2	1.16	16.9	
連年水田 無堆肥	最表層	35.8	50.7	13.5	5.0	0.95	12.1	
	中位層	38.2	48.6	13.2	3.7	1.01	16.3	
	鋤床層	46.9	50.4	2.7	3.0	1.24	16.2	

注．18 年にわたる長期畑輪換あと復元田 3 年後の 2002 年秋に、最表層（0-5cm）、中位層（8-13cm）、鋤床層の各層位について調査。

表6 減収傾向にある大豆の収量に対する肥培管理の効果 (kg / 10a)

肥培管理	短期畑輪換	中期畑輪換	再畑転換
	'02：畑2年目 (試験A)	'02：畑4年目 (試験A)	'03：畑1年目 (試験B)
標準(基肥のみ)	261	225	277
基肥+追肥	258	230	268
全量基肥	—	—	309
有機質資材・基肥のみ	257	238	267
有機質資材・基肥+追肥	259	226	278
有機質資材・全量基肥	—	—	295

注．基肥は硫安で N 3kg / 10a，追肥は2002年には開花期に LP40 で，2003年は培土期に LP70 で N 7kg / 10a，全量基肥は硫安 (N 3 kg / 10a) と LPS80 (N 7 kg / 10a) を一括施肥。有機質資材は田畑輪換 (短期畑輪換，中期畑輪換) では稲わらを 600 kg / 10a，長期畑輪換 (再畑転換) では稲わら堆肥 2 トン / 10a を連年施用。

1993)。硝酸態窒素は流亡しやすいうえに，開花期以降の大豆はアンモニア態窒素を中心に吸収することから，硝酸化成能の高低は施肥窒素の肥効に大きく影響する。本試験における施肥効果の違いは，試験AのLP40の開花期追肥も含め，施肥位置の違いが一因と推察される。すなわち，開花期追肥は表層に，培土期追肥では培土層に肥料が施用され硝酸化成を受けやすいのに対して，追肥分としてLPS80を一括して基肥施用する場合には作土全層に施用され，相対的に硝酸化成を受けにくいといえる。

なお，図2で示したように，稲わら堆肥の施用には一定の収量性の改善効果 (平均10%増収) が認められるが，2003年には稲わら堆肥の増収効果ははっきりしなかった。

#### 4 総合考察

##### 1) 生産現場の田作大豆の収量の趨勢

松村 (2004) は田畑輪換の意義として，輪換畑の用水量が減ることによる農業用水の節減 (資源的意義)，畑地に比べて総じて地力が高く用水が得やすい水田で栽培することによる畑作物の生産力向上 (立地的意義)，湛水状態と畑状態の繰り返しによる土壤の理化学性や生物相の変化を利用した作物生産力の向上 (作物生産技術的意義)，作物や作目の多様化による複合経営のメリット (経営的

意義)，に整理している。このうち立地的意義については，農林水産省の作物統計のデータを用いて，田作大豆の畑作大豆に対する収量指数 (1980年から1999年の20年間の推移) が概ね100を上回っていることを証拠として挙げている。

寒冷地積雪地帯に位置する東北農業研究センター (大曲キャンパス) において，田畑輪換の繰り返しによる地力の低下に呼応した転作大豆の生産力低下の懸念を示したが，生産現場のマクロな数値がどういう趨勢にあるかは興味がある。1970年代に入ると米の生産調整がはじまり，田作大豆が作付けされるようになったが，本格的にその面積が拡大していったのは1970年代後半からである。そこで，松村 (2004) が用いた期間の作物統計データに最近のデータと，1980年以前のデータを追加して作図したのが図9である。この図から次のようなことが読み取れる。1点目は，都府県全体で見ると，生産現場で水田への大豆の作付けが始まって間もない頃には，畑作大豆とほぼ同等の収量水準に過ぎないが，1981年以降は田作大豆の有利性が認められる。これは，水田への作付けが浸透して技術水準が向上した現れであり，好適な栽培技術の開発と普及の証拠といえる。

2点目は，水田で繰り返し大豆 (あるいはそのほかの転作物) を生産してきたことに伴い，田作

ここでいう繰り返しは田作大豆 (あるいは転作物) の連作に限ったものでない。ブロックローテーションや田畑輪換等による繰り返しも含んでいる。作物統計からだけでは，米の生産調整を始めてから田作大豆 (あるいは転作物) が何回作付けられた結果のデータであるかは把握できない。しかし，米の生産調整はすでに四半世紀をゆうに超え，現在では水田の40%に達していることから，経年的にみれば，年々，田作大豆 (あるいは転作物) の作付履歴が増えている条件でのデータと想定される。



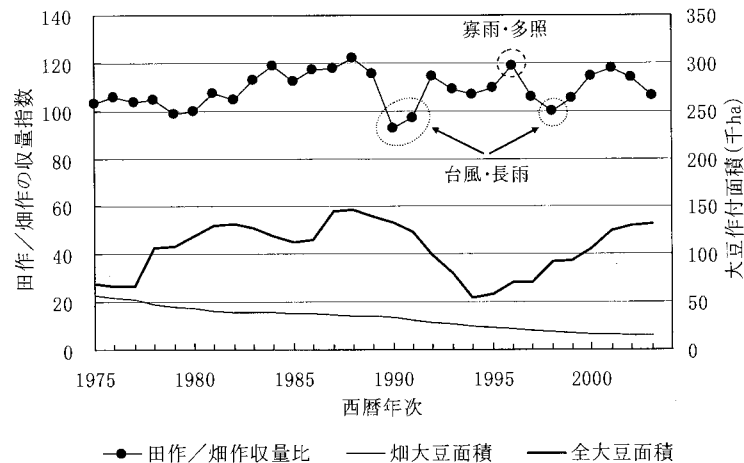


図9 都府県の田作大豆の畑作大豆に対する収量指数の推移

大豆の有利性が小さくなってきているのではないかと懸念である。田作大豆が畑作大豆に比べて相対的に不利であった1990年、1991年、1998年（台風や長雨で水田が冠水や滞水）や有利であった1996年（寡雨・多照で畑が過乾）など異常気象の影響を除くと、1990年代に入ると田作大豆の有利性が以前よりやや低い傾向にある。田作大豆といえども、連作による病害・線虫害や雑草害による減収は避けられないので、低下傾向の一因は連作障害にあるかもしれない。しかし、こうした理由による減収は外観的に容易に把握できるため、田作大豆の連作は一般的には回避されるであろう。畑状態では水田状態に比べて有機物の減耗が激しいことに加え、大豆は難溶性の土壤窒素を分解・消費すると指摘されている（有原2000）ことから、図9から読み取れる田作大豆の有利性の低下は、地力窒素の低下による可能性が高い。田作大豆の有利性は2000年前後にやや回復傾向がみられる。これは、1993年の冷害後に生産調整が大幅に緩和されて各地でブロックローテーションが崩れ、結果的に水田期間が十分に確保されることになって地力の回復が図られ、再び生産調整の強化により作付けられた田作大豆には、田畑輪換による増収効果が認められた結果と考えることができる。

## 2) 土壤窒素の減耗を補う肥培管理

大豆は、根粒による固定窒素を利用すること、窒素肥料に対する施肥反応が小さいことなどから、大豆の生産においては積極的な肥培管理が実施されに

くい。一般的に水田は畑に比べ地力が高いことから、その転換畑における大豆の生産においては、適切な排水対策を講ずれば畑作大豆に比べて一層多収傾向が強くなる。

大豆の単収が300kg / 10aの場合、子実中にはおよそ16kg (300kg × 85% (乾物率) × 6.4% (蛋白質含有率40%))の窒素が含有され、落葉や茎、莢殻の窒素も合わせると、大豆の窒素吸収量は20kg前後にもなる（表7）。水稻の単収が600kg / 10aの場合、水稻の窒素吸収量は10kg程度であることから、大豆は水稻のおよそ2倍ということになる。この多量の窒素吸収を支えているのが根粒による固定窒素ではあるが、その寄与率は土壤や気象といった環境条件によって異なり、我が国の平均的な値は5割程度とされている（Yoneyama et al. 1986）。大豆の吸収窒素の大部分が子実として持ち出されることから、たとえすべての収穫残さを還元し、慣行的な窒素施肥（基肥3kg / 10a程度）をしても、大豆生産の窒素収支はマイナスになり、土壤窒素の減耗が進むことになる。転換畑や輪換畑における大豆が畑作大豆に比べて多収となることが多いが、窒素についてみれば、それは土壤窒素の減耗の上に成立しているものであり、持続的生産のためには、土壤窒素の減耗を補うような肥培管理に目を向ける必要がある。

基肥窒素の多施用は根粒の着生や窒素固定を阻害することや、大豆は開花期以降の生育後期に多くの窒素を吸収することなどから、根粒の窒素固定能を

表7 大豆及び水稲生産における窒素収支 (N kg / 10a)

	窒素吸収量			生物的 窒素固定	窒素施肥	過不足	
	全 体	子実/籾	収穫残さ			残さ還元	残さ搬出
大豆	20	16	茎殻：1.2 落葉：2.8	10	3	-3	-4.2
水稲	10	7	3	2	8	+3	±0

注．試験 A の収量レベル，施肥レベルを想定した窒素収支。大豆の収穫残さのうち落葉分は，最大繁茂期と成熟期の窒素吸収量の差とした。大豆生産における生物的窒素固定は大豆の窒素吸収量の 5 割 (Yoneyama et al. 1986)，水稲生産では大曲キャンパスでの実測値 (安田ら 2000) を採用した。大豆の残さ搬出は茎殻のみをカウントした。

損なうことなく生育期間を通じて持続的な窒素供給が期待できる肥培管理が肝要であり，有機質資材による土づくりに期待が向けられる。

これまでの議論から，大豆の本作化を目指し，大豆を基幹とした田畑輪換で大豆の多収を追求することが土壤の窒素肥沃度を大きく減耗させることは，容易に類推できる。また，田畑輪換における生産の持続性を支える土壤の窒素肥沃度の維持のためには，単に作物残さの還元や有機質資材の施用を実施すればよいというものでもないことも，ここで取り上げた試験結果から明らかである。また，ここでは議論していないが，現在，大豆 300A プロジェクト (2002 年 6 月に農業・生物系特定産業技術研究機構に大豆 300 A 研究センターが設置され，大豆の収量 300kg / 10a，A クラス品質の生産を実現する大豆新栽培システムの開発を目指した研究を推進) において，輪換畑での大豆の苗立ち安定の観点から土壤タイプとティレッジ方式との関係が検討されている。一般に，不かく乱土壌を培養した場合の土壤窒素無機化量はかく乱土壌より少なく，耕起栽培に対して不耕起栽培における地力窒素の発現は少ないことから，不耕起栽培では窒素肥沃度は温存されるのではないかと考えられている (長野間 1998)。したがって，大豆の苗立ち安定の観点から採用されるティレッジ方式は土壤窒素の減耗あるいは温存とも大きくかかわってくる。長期的な視点からみた田畑輪換での大豆や水稲の安定生産を支える地力維持の方策については，田畑輪換サイクル (適切な畑期間と水田期間の組み合わせ)，有機質資材投入管理，ティレッジ方式を総合的に検討する必要がある。

## 引用文献

- 1) 有原文二．2000．ダイズ安定多収の革新技術．農文協．p.135-140．
- 2) 花井雄次．1987．汎用水田における作付け体系．研究ジャーナル 10(9) : 28-32．
- 3) 北田敬宇，下田英雄，亀川健一，秋山豊．1993．灰色低地土水田における田畑輪換による土壤養分動態と最適な水田・畑期間．土肥誌 64 : 154-160．
- 4) 松村修．1992．水田作付け体系における地力維持対策．農業技術 47 : 488-492．
- 5) 松村修．2004．田畑輪換．新編農学大事典．養賢堂．p.1014-1020．
- 6) 長野間宏．1998．土壤不耕起管理の意義．農及園 73 : 171-176．
- 7) 農林水産省編．1987．水田農業確立のための技術指針．全国農業改良普及協会．
- 8) 住田弘一，加藤直人．2001．長期畑転換あとの還元水田における水稲生産力．東北農研 54 : 59-60．
- 9) 住田弘一，加藤直人，西田瑞彦．2002．寒冷地灰色低地土水田における堆肥長期連用試験からみた化成肥料及び堆肥中の窒素の行方．東北農研研報 100 : 49-59．
- 10) 住田弘一，加藤直人，西田瑞彦．2003．平成 14 年の長雨日照不足が水稲及び大豆の生育・収量に与えた影響．東北農研 56 : 65-66．
- 11) 高橋均．1983．田畑輪換と集団的土地利用 技術研究サイドから．農業経営研究 42 : 14-22．
- 12) 高橋能彦，池主俊昭，中野富夫，大山卓爾．1993．ダイズ栽培圃場において追肥または深層施肥した被覆尿素の土壌中における動態．土肥誌 64 : 338-340．

- 13) 佃和民 . 1989 . 田畑輪換における輪換年数の設定 関東東海地域における試験成績の紹介 . 農及園 65 : 385-388 .
- 14) 安田道夫 , 岡田泰明 , 野副卓人 . 2000 . 東北地域における汎用水田の窒素富化機能の特徴 . 土肥誌 71 : 849-856 .
- 15) Yoneyama, T. ; Nakano, H. ; Kuwahara, M. ; Takahashi, T. ; Kambayashi, I. ; Ishizuka, J. 1986. Natural <sup>15</sup>N abundance of field grown soybean grains harvested in various locations in Japan and estimate of the fractional contribution of nitrogen fixation. Soil Sci. Plant Nutr. 32 : 443-449.

## 育苗箱へのトビムシ導入によるアブラナ科野菜の 苗立枯れ症抑制

白石 啓義<sup>\*1)</sup>・岡野 正豪<sup>\*2)</sup>・江波 義成<sup>\*3)</sup>

**抄 録：** 育苗箱に食菌性トビムシを導入し、*Rhizoctonia solani*に起因するアブラナ科野菜の苗立枯れ症を抑制することを試みた。福島県下で採集されたトビムシ種の内、*Folsomia hidakana* (ヒダカフォルソムトビムシ) が最も苗立枯れ症を抑制した。このトビムシは他のトビムシよりも速く増殖し、室内での大量飼育が容易であった。アブラナ科野菜を育苗箱で育苗した場合、苗立枯れ症の抑制効果を確保するには1箱当たり約7,500匹以上の*F. hidakana*を導入する必要があった。育苗条件としては、トビムシを導入する播種前2週間と播種後2週間の計4週間は地温を28℃以下とし、粒状の園芸培土を用いた場合には土壤水分を乾土当たり30～70%に保つ必要があった。なお、水分補給の際にはトビムシの表面流去を防止するため、育苗箱から水が溢れ出ないように灌水した。白河市のブロッコリー生産農家のハウス内における早春の育苗では、*F. hidakana*の導入により苗立枯れ症が抑制された。しかし、初夏の育苗では育苗箱内の地温が30℃を越えたこともあり、*F. hidakana*の導入効果はなかった。

**キーワード：**アブラナ科野菜、トビムシ、ヒダカフォルソムトビムシ、苗立枯れ症、リゾクトニア、育苗箱

Effects of *Folsomia hidakana*(Collembola)released in a seedling box on decreasing damping-off of Brassicaceous vegetables caused by *Rhizoctonia solani* :

Hiroyoshi SHIRAIISHI<sup>\*1)</sup>, Seigo OKANO<sup>\*2)</sup> and Yoshinari ENAMI<sup>\*3)</sup>

**Abstract :** Collembola collected in Fukushima prefecture were tested in pots whether they decreased damping-off of Brassicaceous vegetables caused by *Rhizoctonia solani*. *Folsomia hidakana* Uhida et Tamura was superior to others in abilities to propagate in a room and to decrease the damping-off. To decrease the damping-off, more than 7,500 individuals of *F. hidakana* were needed to be transferred to a seedling box(28 x 58 x 3 cm in depth). The seedling box must be maintained below 28℃. When the granulated commercial soil(Kureha Inc.)was used to rear seedlings, changes in soil water content from 30 to 70% on dry basis had no effect on the ability of *F. hidakana* to depress the disease. Water must be carefully supplied to devoid overflow resulting in loss of *F. hidakana* from soil surface. This system was applied by a farmer in Shirakawa city, Fukushima, to rear seedlings of broccoli(*Brassica oleracea* var. *italica*)in a plastic house. *F. hidakana* depressed the damping-off in February - May. However, *F. hidakana* had no effect on the disease in June - July, as the soil temperature of seedling box reached above 30℃.

**Key Words :** Brassicaceous vegetables, Collembola, *Folsomia hidakana*, damping-off disease, *Rhizoctonia solani*, seedling box

\* 1 )故人 ( the deceased )

\* 2 )Correspond Author, 現・東北農業研究センター水田利用部 ( Present address: Department of Paddy Farming, National Agricultural Research Center for Tohoku Region, Omagari, Akita 014-0102, Japan )

\* 3 )現・滋賀県農業研究センター

( Present address: Shiga Prefecture Agricultural Research Center, Shiga 521-1301, Japan )

2004年3月24日受付, 2004年9月16日受理

## はじめに

食料の安全性に対する関心の高まりや付加価値の高い作物生産のため、化学薬剤を削減しうる栽培技術が要請されており、生物機能の活用が注目されている。このうち、土壤動物のトビムシについては比較的近年になって研究が始まった。トビムシは世界中の土壤中で生息している体長数ミリ前後の昆虫で<sup>3)</sup>、中型土壤動物としてはダニ類に次いで多く、他の捕食性土壤動物の餌となりやすいことから「土の中のプランクトン」などと称される<sup>1)</sup>。餌は主として植物遺体、花粉、糸状菌の菌糸と孢子、細菌などであり、土壤中で生息している種は主に「分解者」の役割を果たしていると考えられている<sup>3)</sup>が、多くの種の生態は解明されていない。このため、一部の種が作物を食害することから害虫として扱われていた<sup>13, 14, 25)</sup>。

しかし、1979年にアメリカでワタ苗立枯病を抑制するトビムシが確認<sup>2)</sup>されて以降、トビムシは病害糸状菌を摂食することにより作物の病害を抑制する機能を有することが数例報告されている<sup>5, 6, 7)</sup>。当畑地利用部においても畑作物の病害を引き起こす種々の糸状菌を各種食菌性トビムシが摂食し<sup>8, 9, 15)</sup>、発病を抑制することを確認している<sup>11, 12, 16, 17, 19, 20)</sup>。中でも *Folsomia hidakana* (ヒダカフォルソムトビムシ) は *Rhizoctonia solani* による苗立枯れ症を顕著に抑制することを確認した<sup>11, 12)</sup>。こうした一連の研究成果は松崎・板倉<sup>10)</sup>及び中村<sup>18)</sup>の総説にまとめられている。

しかし、これらの研究はいずれも実験室内の小規模な系での検証にとどまり、農業現場で活用する試みには至らなかった。その主な理由はトビムシの大量飼育法が確立されていなかったためであるが、その後 *F. hidakana* の大量飼育手法が開発され<sup>23, 24)</sup>、実用化に向けた研究が可能になった。ただし、トビムシの活用には、土壤に導入されたトビムシが長期間に亘って高密度で活動することが困難であることを考慮する必要がある。このため、土壤中でのトビムシの活動が短期間であってもその効果を期待できる場面として、育苗時における野菜の苗立枯れ症の軽減化に目標を定めた。そして、圃場を模したガラス温室内のライシメーターで試験を行ったところ、*F. hidakana* が *R. solani* に起因するアブラナ科野菜の苗立枯れ症を抑制することを認め<sup>21, 24)</sup>。

これらを踏まえ、今日一般的となっているセルトレイや育苗箱を用いたアブラナ科野菜の育苗時にトビムシを活用することを試みた。

本論文は、運営費交付金プロジェクト「生物等利用による寒冷地環境保全型アブラナ科野菜栽培技術の確立」(1998～2002年度)におけるトビムシ研究のデータを取りまとめたものである。白河市での現地試験で御配慮と御厚情を頂いた篠宮勝美氏に謹んで感謝申し上げます。また、研究に御助力頂いた非常勤職員の高橋寛子氏と齋藤みき子氏にお礼申し上げます。

## 材料と方法

### 1. トビムシの採集と選択

*R. solani* (AG-4) を培養した麦粒を荒布で挟んだもの及び PDA (ポテト-デキストロース寒天) 培地で *R. solani* を培養した試薬瓶をトビムシを捕捉するトラップとした。これらを福島県福島市の畑圃場等の土壤表層に埋め、*R. solani* を好む可能性のあるトビムシを採集した。また、福島県内及び石垣島等の先島諸島において森林腐植と表層土壌を採取し、ツルグレン装置を使ってトビムシを採集した。続いて、実体顕微鏡下でトビムシを種類毎に分け、300 ml 容の植物培養用プラスチック容器 (IWAKI) に石膏と活性炭の混合物を入れて固めたものに導入した。餌として麦粒やオートミール、麩、*Cladosporium* 菌体、*Fusarium* 菌体を配置し、24 時間の暗所条件下で飼育し、トビムシ種の餌に対する嗜好性をほぼ1週間に亘って調べた。増殖が認められたトビムシ種については更に PDA 培地で増殖させた *R. solani* を餌とした時の摂食行動を調べた。

一方、これまでに採集して飼育中のトビムシ<sup>15)</sup> の内の3種、*F. hidakana* 及び *Sinella curviseta*、*Lepidocyrtus cyaneus* について *F. hidakana* 用に開発した大量飼育法<sup>23, 24)</sup>での増殖能を再評価した。また、苗立枯れ症抑制効果を調べるため、前述の300 ml 容の容器に100 gの園芸培土(クレハ)と水45 mlを加えて滅菌した。これを対照区とし、後述する病原菌接種源5 gを混合したものを汚染区、汚染区に300個体のトビムシを導入したものをトビムシ区とした。トビムシを導入して2週間後に1容器当たり7粒のキャベツ(品種、「グリーンボール」)を播種し、更に2週間後に各区において病兆の認められない健全発芽数を調査した。病原菌と

しては系統の異なる3種類の *R. solani* (Ssa-1, MAFF305238, AG-4) を供し、1処理について5つの容器を用いた。

なお、室内での育苗試験は全てグロースキャビネット (TABAI, TGE-2H-2) 内で行い、明期13時間は約16 klxで25℃、暗期11時間は20℃、湿度70～75%とした。

## 2. *Folsomia hidakana* の飼育法の改良

植物培養用プラスチック容器に粒状の園芸培土100gと水40mlを入れ、麩を餌として *F. hidakana* を24℃で飼育すると、500個体が6週間で約10,000個体に増殖する<sup>23, 24)</sup>。この時の園芸培土の水分量を乾土当たり20, 30, 40, 50, 60, 70%とし、1容器当たり300個体の *F. hidakana* を入れて24℃で6週間飼育し、土壌水分量がトビムシの増殖に及ぼす影響を調べた。また、この飼育法の軽量化を図るため園芸培土やパーミキュライト、もみがらくん炭を単独または体積比1:1で混合したものを調製し、500個体の *F. hidakana* を入れて6週間後の個体数を調べた。

## 3. 育苗箱へ導入した *F. hidakana* がアブラナ科野菜の苗立枯れ症を抑制する効果の確認

### 1) 育苗条件

試験には98穴セルトレイを切断し、4×7の28穴にしたものを用いた。育苗土は園芸培土と淡色黒ボク土を体積比1:1で混合して2mmのふるいを通したものをを用いた。この淡色黒ボク土は福島市土湯温泉町天沼の下層から採取されたもので、1983年の試験圃場造成に用いられたものの一部を風乾保存していたものである。

病原菌接種源としては、淡色黒ボク土: PD(ポテト-デキストロース)液体培地: オオムギ粉末 = 90:35:10(重量比)の混合物で *R. solani* 菌株 (AG-4) を1カ月間培養したものをを用いた。汚染区および汚染+トビムシ区には菌接種源を育苗培土の5%(重量比)量を加えて混和した。汚染+トビムシ区には更に1穴当たり75個体の *F. hidakana* を土壌表面に導入した。トビムシを導入して2週間後にキャベツ(品種、「無双」)とハクサイ(品種、「金系201号」)を1穴当たり2粒播種し、育苗温度と土壌含水量が異なる場合の *F. hidakana* の苗立枯れ症発症抑制効果の違いを播種して2週間後に調べた。全体の傾向を明らかにする目的で1連ながら、温度は16, 20, 24, 28, 32℃、土壌含水量は乾土当たり

20, 30, 40, 50, 60%とそれぞれ5水準を設けた。

### 2) 導入トビムシの個体数

導入トビムシの数を1穴当たり0, 10, 30, 50, 75, 100の6水準とし、育苗条件の検討と同様の試験を行い、発病抑制効果及びトビムシの生存数、セル下方の穴からの流去数を調べた。ただし、明期13時間は約16 klxで25℃、暗期11時間は20℃、湿度は70～75%とした。

## 4. 白河市の農業現場でのブロッコリー育苗への応用

### 1) 早春(2月～3月)の現地試験

白河市の現地農家の慣行に従い、栃木県内から採取された赤土: ピートモス = 5:1(容積比)の混合物1Lに対して化成肥料(4-16-6)、過リン酸石灰、カキガラ石灰をそれぞれ5, 3, 3g加えて育苗土とした。*R. solani* 接種源は育苗土90gとPD液体培地35ml、オオムギ粉末10gの混合物で白河市の土壌から単離された *R. solani* を2週間培養したものをを用いた。2002年2月18日、1つの育苗箱(内寸28×58×3cm)の生土約5kgに対して1つの接種源を混和して汚染区とした。汚染+トビムシ区では更に約10,000個体の *F. hidakana* を飼育用育苗土とともに土壌表面に散布した。なお、対照区では *R. solani* 接種源と同量の有機物、すなわちPD液体培地とオオムギ粉末をそのまま育苗土に添加し混和した。調製した育苗箱を現地農家のビニールハウス内の床に静置し、現地農家に適時の灌水を依頼した。2週間後にブロッコリーの2品種(「しげもり」, 「緑嶺」)を交互に6列ずつ播種した。1列の播種数は50粒とした。播種して2週間後にブロッコリーの発芽数及び苗立枯れ症の症状を有する発症個体数を調べた。なお、育苗試験は3連で行った。

### 2) 初夏(6月～7月)の現地試験

試験方法は春とほぼ同様であるが、トビムシ導入後2週間と播種後3日間は、地温上昇を防ぐため、育苗箱を反射シート(本州太陽シート, 王子製紙)で覆った。トビムシは2002年6月19日に導入した。シートで覆ったものとそうでない育苗土の地温を経時的に測定した。この試験では1列の播種数を20粒とし、対照区の育苗土にPD液体培地とオオムギ粉末を加えなかった。

なお、播種時及び発芽試験終了時に土壌を採取し、生存しているトビムシを計数した。また、汚染区の残土にブロッコリーの種子を再度播種し、種子に感

染する糸状菌の種類を調べた。

### 結果及び考察

#### 1. トビムシの採集と選択

福島県内の畑圃場等に埋設したトラップからは4割程度の確率でトビムシが採集された。森林腐植及び表層土壌から採集されたものと合わせ、トビムシの分類<sup>4)</sup>に従って示した(表1)。トビムシは第1亜目 Arthropleona と第2亜目 Symphypleona に分けられる。この内、第1亜目 Arthropleona では、Poduromorpha のうち、Pseudachorutidae, Neanuridae, Hypogastruridae の種はほとんど飼育繁殖できなかったが、Onychiuridae の1種は飼育繁殖

の可能性が残されている。Entomobryomorpha では、Isotomidae に繁殖力の旺盛な種が認められた。他の科で飼育繁殖が認められたのは、Tomocerus, Lepidocyrtus, Sinella, Homidia などであった。一方、Symphypleona では Neelidae と Sminthuridae が採集された。しかし、Neelidae の種類は分離される個体数が少ないことや体が比較的大きいので土壌中を動きまわるのに適していないことから、土壌糸状菌を抑制するのに有効とは考えられず、人工繁殖もできなかった。Sminthuridae は麦粉に生える菌糸や麹を好んで食した。しかし、土壌表面を生息域にしているため、土壌病害の防除には適していないと判断された。

表1 福島県内で採集されたトビムシ

#### 第1亜目 Arthropleona (フシトビムシ類)

- Poduromorpha (ミズトビムシ上科)
- × Hypogastruridae (ムラサキトビムシ科)
    - \* *Hypogastrura communis*
  - × Pseudachorutidae (ヤマトビムシ科)
  - × Neanuridae (イボトビムシ科)
  - Onychiuridae (シロトビムシ科)
    - *Onychiurus* sp. 1
    - × *Onychiurus* sp. 2
    - × *Tullebergia* sp.

- Entomobryomorpha (アヤトビムシ上科)
- Isotomidae (ツチトビムシ科)
    - \* *Folsomia fimetaria*
    - \* *Folsomia hidakana*
    - *Folsomia* sp.
    - \* *Proisotoma minuta*
  - Entomobryidae (アヤトビムシ科)
    - *Homidia* sp. 1
    - *Homidia* sp. 2
    - \* *Lepidocyrtus cyaneus*
    - *Lepidocyrtus* sp.
    - \* *Sinella curviseta*
    - \* *Sinella dubiosa*
    - *Sinella* sp. 1
    - × *Sinella* sp. 2
  - Tomoceridae (トゲトビムシ科)
    - × sp. 1<sup>a)</sup>
    - × sp. 2<sup>a)</sup>
    - *Tomocerus* sp.
    - \* *Tomocerus kinoshitai*

#### 第2亜目 Symphypleona (マルトビムシ類)

- Neelidae (ミジントビムシ科)
- × *Megalothorax* sp. 1
- Sminthuridae (マルトビムシ科)
- *Sminthurus* sp.

採集されたトビムシ種を伊藤ら<sup>2)</sup>に従って並べた。

a) 属が不明なもの

\* 1997年以前に畑地利用部畑土壌管理研究室で分離したもので飼育繁殖が可能であったもの

新たに分離したもので、飼育繁殖が可能なもの

× 分離されるが飼育困難なもの

このように、数種のトビムシは適度な湿度を維持すれば数日間飼育することができたが、多くは土壌表層に生息する種であり、飼育餌を摂食せずに数日から数週間死亡した。特に大型な種ほど飼育が困難であり、繁殖能は *F. hidakana* を大幅に下回り、病原菌抑制への利用は困難であった。また、石垣島等から高温に耐性をもつトビムシ採集をもくろんだが、福島県下で採集されたものと異なるものは分離されなかった。

すでにこれまで *Sinella curviseta*, *Lepidocyrtus cyaneus*, *Proisotoma minuta*, *Hypogastrura communis*, *Folsomia hidakana* の 5 種が福島県下の土壌から採集され、*Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani* 等の病原性糸状菌を餌として継代飼育を行ってきた。この内 3 種のトビムシを用いてキャベツ、ハクサイに苗立枯れ症を引き起こす 3 系統の *R. solani* について栽培試験を行った結果、*F. hidakana* はいずれの菌に対しても 70 ~ 80% の発症抑制効果を示したが、残りの *S. curviseta* と *L. cyaneus* の抑制効果は 10 ~ 20% と低かった (図 1)。また、園芸培土と麹を用いる *F. hidakana* 用に開発した飼育法<sup>23, 24)</sup> でこの 2 種を飼育した場合、6 週間で 2 ~ 3 倍の個体数にしか増加せず、ペトリ皿で平面的に飼育した場合との違いは小さかった。両種の繁殖速度がもともと遅い可能性がある。また、壁面に沿って集合する習性があるので、園芸培土を用いても実質上の飼育密度が下がらなかったとも推定される。

これらの種に比べ、*F. hidakana* は人工増殖が容易であり、活発に活動して糸状菌を摂食することが

ら、*F. hidakana* に絞ってセルトレイ及び育苗箱へ導入することとした。なお、供試した *F. hidakana* は 1990 年に採集され、田中真吾<sup>4)</sup> によって同定された種である。この種の卵は 14 日前後で孵化し、孵化後 20 日前後で雌個体は性成熟し産卵を開始した。雌は長いもので半年以上生き、死亡するまで 1 日当たり平均 2.3 個産卵する<sup>22)</sup>。*R. solani* を餌に継代飼育を繰り返してきたが、麹を使った大量飼育に切り替えて 6 ~ 7 年が経過した時点では *Folsomia candida* と同定されたトビムシ (私信、一澤 圭) との形態的な違いが判然としなかった。今後、両種の間関係を再検討するなかで供試したトビムシの分類上の帰属を決定する必要がある。

## 2. *F. hidakana* の飼育法の改良

*F. hidakana* の大量増殖にとっての適温は 24 であり<sup>23, 24)</sup>、適切な土壌水分量の範囲は園芸培土では乾土当たり 30 ~ 70% と広いことが判明した (図 2)。この範囲内では増殖速度に大きな差は認められなかったが、値としては 30% でやや低くなっているのがここが下限と考えられる。なお、土壌水分 20% では増殖せずに 4 週間以内に全て死滅した。

*F. hidakana* の飼育のための保水体として、全量をもみがらくん炭またはパーミキュライトとした場合には、園芸培土のみの場合と比べて大幅に増殖が抑えられた (図 3)。しかし、園芸培土とくん炭または園芸培土とパーミキュライトを体積で 1:1 とすると *F. hidakana* の増殖が早まった。その原因は不明であるが、大量増殖の時間短縮のみならず作業の軽量化が可能となった。

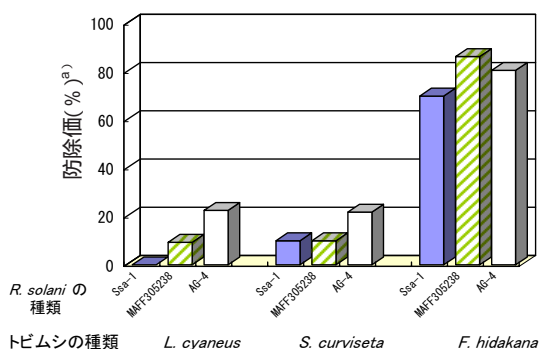


図 1 3 種類のトビムシが 3 種類の *R. solani* に起因するキャベツ苗立枯れ症を抑制する効果

a) 防除価: (対照区の健全株数 - トビムシ区の健全株数) / (対照区の健全株数 - 汚染区の健全株数) × 100

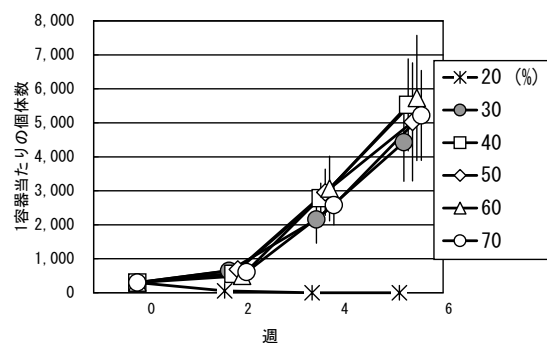


図 2 園芸培土の水分量が *F. hidakana* の増殖に及ぼす影響

(水分は乾土当たり、値は平均 ± 標準偏差で表示)



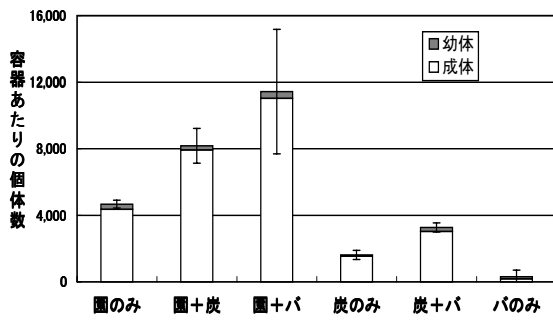


図3 培養容器内の保水体の種類が *F. hidakana* の増殖に及ぼす影響

(園, 園芸培土: 炭, もみがらくん炭: バ, パーミキュライト)

棒は2連での全個体数の平均±標準偏差で表示

### 3. 育苗箱へ導入した *F. hidakana* がアブラナ科野菜の苗立枯れ症を抑制する効果

#### 1) 育苗条件

育苗条件としては土壌含水量が30%以上であれば, 16~28の温度条件で *F. hidakana* の苗立枯れ症抑制効果は安定していた(図4)。土壌含水量20%では水が少ないことが原因となって発芽が不良であった。32では *F. hidakana* の発症抑制効果が大きく低下した。これは, アブラナ科野菜の生育適温よりも高いために苗立枯れ症が発症しやすいことに加え, *F. hidakana* の生育適温<sup>23, 24)</sup>を超えていたためにセル内生存個体数が大きく減少したためと考えられた。

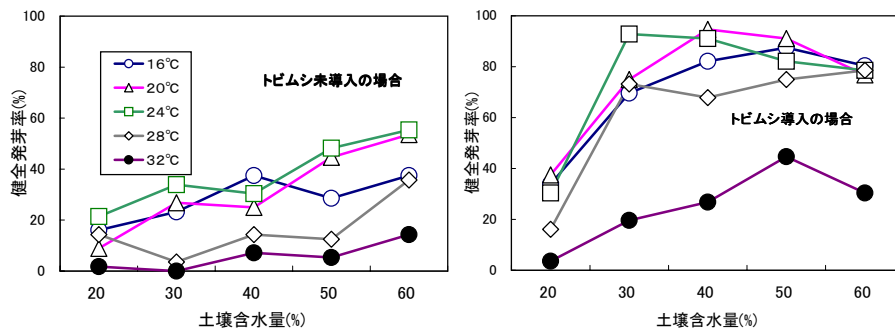


図4 セル育苗時の育苗温度と土壌水分量がハクサイ「無双」の健全発芽率<sup>a)</sup>に及ぼす影響  
左, トビムシを導入しない場合: 右, *F. hidakana* を1穴あたり75個体導入した場合  
a) 発芽してかつ病兆の認められないもの

#### 2) 導入トビムシの個体数

灌水などによってセルトレイ下方に流出する *F. hidakana* の個体数は導入数に比例せず, 多くても10~13匹であった(表2)。キャベツとハクサイのどちらにおいても1穴あたり50個体以上の *F. hidakana* を導入すると, 4週間後の生存数は導入数の約半分であった(表2)。 *F. hidakana* は好適な条件だと8.3日で個体数が2倍になり<sup>24)</sup>, セル内で増殖しているものの全体としては次第に減少すると推察される。ハクサイとキャベツの苗立枯れ症は1穴あたり75個体以上の *F. hidakana* を導入すると顕著に抑制されたことから(表2), この個体密度以上の *F. hidakana* を導入することが必要と判断された。

#### 4. 白河市でのブロッコリー育苗への応用

##### 1) 早春(2月~3月)の現地試験

トビムシによる苗立枯れ抑制効果が確認された(図5)。品種「しげもり」は耐病性品種であるため, 汚染区でも60%の健全発芽率(発芽しかつ苗立枯れ症の病兆が認められないもの)であったが, 汚染+トビムシ区での健全発芽率は約90%であり, 対照区の健全発芽率を上回った。品種「緑嶺」は苗立枯れ症に弱く, 汚染区での健全発芽率は20%を下回った。しかし, 汚染+トビムシ区の健全発芽率は約60%となり, 対照区に匹敵した。

表2 導入した *F. hidakana* のセルトレイからの流去数と4週間後の生存数，及びハクサイとキャベツの健全株率

トビムシ導入数 <sup>a)</sup>	流去数 <sup>a)</sup>	生存数 <sup>a)</sup>	ハクサイの健全株率 <sup>b)</sup> (%)
0	0	0	21.4
10	-5.4	2.8	57.1
30	-10.0	9.8	71.4
50	-14.3	24.6	92.9
75	-12.9	39.7	100.0
100	-11.4	49.1	100.0

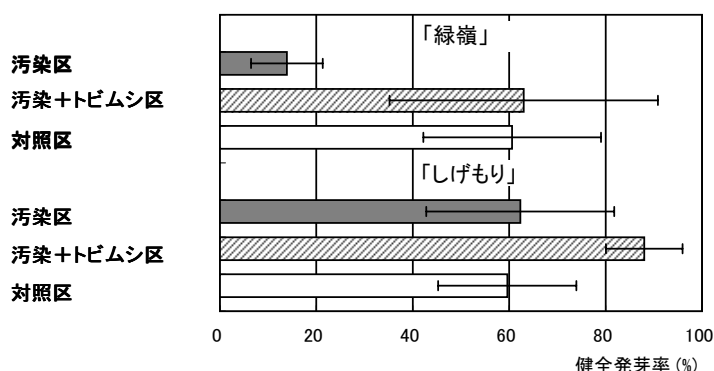
  

トビムシ導入数 <sup>a)</sup>	流去数 <sup>a)</sup>	生存数 <sup>a)</sup>	キャベツの健全株率 <sup>b)</sup> (%)
0	0	0	28.6
10	-6.0	2.9	57.1
30	-12.5	10.7	85.8
50	-13.3	25.8	92.9
75	-11.0	40.2	100.0
100	-10.8	50.4	100.0

a) セル1穴あたり：流去数はセルトレイ下方に流れ出た個体数でマイナス表示した。

生存数は導入して4週間後の個体数

b) 発芽し，かつ病兆のないもの

図5 育苗箱への *F. hidakana* 導入の有無が春作用ブロッコリーの健全発芽率<sup>a)</sup>に及ぼす影響 (3連の平均±標準偏差で表示)

a) 発芽し，かつ病兆が認められないもの

上段は品種「緑嶺」の場合，下段は品種「しげもり」の場合

汚染区と汚染+トビムシ区には *R. solani* を接種，汚染+トビムシ区にはさらに *F. hidakana* を導入した。

## 2) 初夏(6月~7月)の現地試験

トビムシを導入して2週間は反射シートをかぶせることにより地温を30以下に抑えることができた(図6)。2週間後の汚染区では土壌表面に糸状菌菌糸が観察された。一方，汚染+トビムシ区では土壌表面に糸状菌菌糸は観察されなかった。育苗箱当たりのトビムシの個体数は3400±2100個体(平均±標準偏差)と導入個体数の約3分の1に減少していたものの，トビムシの活動の効果が認められた。しかし，播種して2週間後の対照区での発芽率は「緑嶺」で90%，「しげもり」86%であったが，汚

染区と汚染+トビムシ区での発芽はどちらも皆無であった。このようにトビムシ導入の効果が認められなかったのは地温上昇(図6)が原因と推定される。播種して数日後に反射シートの覆いを取ったために生じた高温条件により，生育適温が24である *F. hidakana*<sup>24)</sup>の活動は急速に低下したものと推察された。一方，汚染区の土壌を回収して再度ブロッコリーを播種したところ，いずれも腐敗し，全ての腐敗種子から *R. solani* が再分離された。このように，高温条件は供試した *R. solani* が生き延びて活動するのに有利に働いたと推測される。

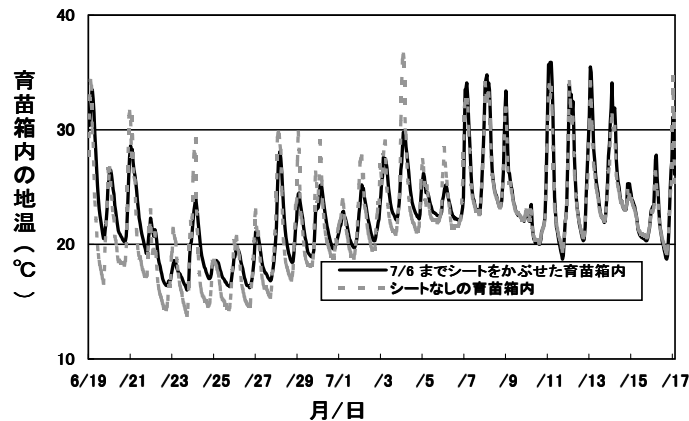


図6 秋作用のブロッコリー育苗時での地温の推移

6/19 病原菌接種及びトビムシ導入；7/3 播種；7/8 シート除去

現地の農家は春作では育苗箱で発芽させたものをポットに鉢上げしている。しかし、夏～秋作の育苗では春作と異なりポットに直接播種している。育苗箱を用いた場合には土壤の水分及び温度の調整が難しいためである。結論としては、こうした時期においては育苗箱にトビムシを導入する効果は期待できない。しかし、28℃以下の育苗環境が1か月保証されれば *F.hidakana* を活用した苗立枯れ症の防除が可能と判断された。

#### 引用文献

- 1) 青木淳一．1973. 土壤動物学．北隆館．p.245-254．
- 2) Curl, E. A. 1979. Effects of mycophagous collembola on *Rhizoctonia solani* and cottonseedling diseases. In: Shippers, B., Grams, W. (eds) Soil-borne plant pathogens. Academic Press, London. p.253-269．
- 3) Hopkin, S. P. 1997. Biology of the springtails (Insecta: Collembola), New York, Oxford University Press. p.1-7, p.113-132．
- 4) 伊藤良作, 須磨靖彦, 田中真吾．1999. 昆虫綱トビムシ目, 日本産土壤動物 - 分類のための図解検索, 東海大学出版会. p724-787.
- 5) Lartey, R. T.; Curl, E. A.; Peterson, C. M. 1994. Interactions of mycophagous Collembola and biological control fungi in the suppression of *Rhizoctonia solani*. Soil Biol. Biochem. 26 : 81-88．
- 6) Lootsma, M.; Scholte, K. 1997. Effect of the springtail *Folsomia fimetaria* and the nematode *Aphelenchus avenae* on *Rhizoctonia solani* stem infection of potato at temperatures of 10 and 15℃. Plant Pathology 46 : 203-208．
- 7) Lootsma, M.; Scholte, K. 1997. Effect of soil moisture content on the suppression of *Rhizoctonia* stem canker on potato by the nematode *Aphelenchus avenae* and the springtail *Folsomia fimetaria*. Plant Pathology 46 : 209-215．
- 8) 松崎 巖, 板倉寿三郎, 中村好男．1990. 土壤動物による作物病原系状菌の摂食 - 培地条件について. 東北農業研究 43 : 257-258．
- 9) 松崎 巖．1991. トビムシ類によるキュウリつる割病菌の摂食. 北日本病虫研報 42 : 61-63．
- 10) 松崎 巖, 板倉寿三郎．1991. 作物系状菌を食べる土壤動物. 農業技術 46 : 364-368．
- 11) 松崎 巖．1992. キャベツ苗立枯病抑制にかかわるトビムシの生育条件としての土壤硬度. 東北農業研究 45 : 295-296．
- 12) 松崎 巖, 板倉寿三郎．1992. 異なる床土へ移入したトビムシによる野菜の苗立枯れ発病抑制効果. 北日本病虫研報 43 : 133-134．
- 13) 松崎征美．1985. シロトビムシの一種(原色図鑑土壤害虫) 全国農村教育協会. p.14-17．
- 14) 村上正雄・野田政春．1985. ヤギシロトビムシ

- (原色図鑑土壌害虫). 全国農村教育協会. p.10-13 .
- 15) 中村好男, 板倉寿三郎, 松崎 巖. 1991. 福島県から採集された作物病原糸状菌を摂食する中型土壌動物. *Edaphologia* 45 : 49-54 .
- 16) 中村好男, 松崎 巖, 板倉寿三郎. 1991. トビムシによるダイコン, キュウリ, キャベツおよびゴボウの苗立枯病 *Rhizoctonia solani* Kühn の発病抑制効果. *Edaphologia* 47 : 41-45 .
- 17) Nakamura, Y., Matsuzaki, I., Itakura, J. 1992. Effect of grazing by *Sinella curviseta* (Collembola) on *Fusarium oxysporum* f.sp. *cucumerinum* causing cucumber disease. *Pedobiologia* 36 : 168-171 .
- 18) 中村好男. 1993. 土壌微生物にとって土壌動物とは - 耕地のトビムシ, ササラダニ, ヒメミミズ活用による生物防除を例に. *土と微生物* 42 : 43-59 .
- 19) 白石啓義, 中村好男, 板倉寿三郎, 松崎 巖. 1993. トビムシ移入によるアズキ幼苗の白紋羽病抑制効果. *東北農業研究* 46 : 139-140 .
- 20) 白石啓義, 中村好男. 1994. 乾性土壌動物による土壌病害抑制効果-トビムシ *Folsomia hidakana* と糸状菌由来の土壌病害. *東北農業研究* 47 : 171-172 .
- 21) 白石啓義, 江波義成, 岡野正豪. 2000. 枠試験での食菌性トビムシによるアブラナ科野菜の苗立枯れ症抑制効果. *東北農業研究成果情報* 14 : 205-206 .
- 22) Shiraishi, H. 2000. Springtails: Can fungivorous soil animals be used for agriculture ?. *Farming Japan* 34( 5): 22-27 .
- 23) 白石啓義, 江波義成, 岡野正豪. 2002. 苗立枯れ症を抑制する菌食性トビムシの簡易大量飼育法. *東北農業研究成果情報* 16 : 271-272 .
- 24) Shiraishi, H.; Enami, Y.; Okano, S. 2003. *Folsomia hidakana* (Collembola) prevents damping-off in cabbage and Chinese cabbage by *Rhizoctonia solani* (AG-4) in a greenhouse. *Pedobiologia* 47 : 33-38 .
- 25) 吉井良三. 1980. トビムシ目 (農林害虫名鑑). 日本植物防疫協会. p.14 .



平成15年度

## 所外学術誌掲載論文要旨



## 平成 15 年度

## 所外学術誌掲載論文要旨

当所刊行物以外の学術誌上に掲載された、当所研究者による論文の和文要旨を掲載します。

## 目 次

農協の地域農業再編機能－地域農業における新しい農協の役割－ 野中章久 .....	67
就農ルート多様化の展開論理 澤田 守 .....	67
就農動機からみた就農促進の条件 角田 毅, 佐藤 了, 中村勝則 .....	67
中耕作業を利用した局所的な畝間雑草被度の推定 天羽弘一, 西脇健太郎, 大谷隆二, 富樫辰志 .....	67
べたがけに伴う温度変化とコマツナの生長との関係の簡易モデルによる解析 濱崎孝弘, 岡田益己 .....	68
Cool tolerance of barley ( <i>Hordeum vulgare</i> L.) at the young microspore stage Koike, S. ; Yamaguchi, T. ; Nakayama, K. ; Hayashi, T. ....	68
The N-terminal region of the readthrough domain is closely related to aphid vector specificity of Soybean dwarf virus Terauchi, H. ; Honda, K. ; Kanematsu, S. ; Ishiguro, K. ; Hidaka, S. ....	68
コムギ縞萎縮病の病徴発現に及ぼす気温の影響 大藤泰雄 .....	68
2002 年の北東北におけるダイズわい化ウイルスの系統別発生分布 兼松誠司, 苦米地 慶, 石黒 潔, 榊原充隆 .....	69
ホウキグサの岩手県における害虫相 榊原充隆, 高篠賢二 .....	69
Transmission of <i>Tomato spotted wilt virus</i> by the dark form of <i>Frankliniella schultzei</i> (Thysanoptera: Thripidae) originating in tomato fields in Paraguay Sakurai, T. ....	69



Distinct efficiencies of <i>Impatiens necrotic spot virus</i> transmission by five thrips vector species (Thysanoptera: Thripidae) of tospoviruses in Japan Sakurai, T. ; Inoue, T. ; Tsuda, S. ....	69
L-O-caffeoylhomoserine from <i>Matteuccia struthiopteris</i> Kimura, T. ; Suzuki, M. ; Takenaka, M. ; Yamagishi, K. ; Shinmoto, H. ....	70
Determination of 1-deoxynojirimycin in mulberry leaves using hydrophilic interaction chromatography with evaporative light scattering detection Kimura, T. ; Nakagawa, K. ; Saito, Y. ; Yamagishi, K. ; Suzuki, M. ; Yamaki, K. ; Shinmoto, H. ; Miyazawa, T. ....	70
耐冷性インド型水稲系統の初期選抜の効果 山口誠之, 横上晴郁 .....	70
東北地域の水稲湛水直播栽培における酸素発生剤被覆量と出芽・苗立ちとの関係 吉永悟志, 境谷栄二, 吉田 宏, 山本晶子, 長田健二, 福田あかり .....	70
水稲大粒系統における苗箱播種量が苗質および移植時欠株発生に及ぼす影響 長田健二, 寺島一男, 吉永悟志 .....	71
屋外畑に埋土した茨城県産アゼナ類種子の25℃水中での発芽率の推移 内野 彰, 中山壮一, 森田弘彦 .....	71
Estimation of out-crossing rate in <i>Monochoria korsakowii</i> using the herbicide resistance trait as a marker Guang-Xi Wang. ; Watanabe, H. ; Uchino, A. ; Wei Li. ; Itoh, K. ....	71
Inheritance of sulfonylurea resistance in a paddy weed, <i>Monochoria korsakowii</i> . Guang-Xi Wang. ; Watanabe, H. ; Uchino, A. ; Zhou, J. ; Itoh, K. ....	71
イネ科春雑草とイタリアンライグラスにおけるアカヒゲホソドリカスミカメ成虫の餌植物選好性 菊地淳志, 小林徹也 .....	72
Host status of 10 fungal isolates for two nematode species, <i>Filenchus misellus</i> and <i>Aphelenchus avenae</i> Okada, H. ; Kadota, I. ....	72
東北地方のコムギ新品種の収量と子実の粗タンパク含量に及ぼす窒素追肥の影響 小柳敦史, 三浦重典, 小林浩幸 .....	72
オオムギをリビングマルチとして利用したダイズ栽培 三浦重典, 小林浩幸, 井上一博, 小柳敦史 .....	72

- Is the Japanese oribatid mite *Euphthiracarus foveolatus* Aoki, 1980 (Acari: Euphthiracaridae) a junior synonym of *E. cribrarius* (Berlese, 1904)  
Shimano, S. ; Norton, R. A. .... 73
- 不耕起ダイズ作におけるメシバの出芽におよぼす前作オオムギの土壌表面被覆  
小林浩幸, 三浦重典, 小柳敦史 ..... 73
- Analysis of weed vegetation of no-tillage upland fields based on the multiplied dominance ratio  
Kobayashi, H. ; Nakamura, Y. ; Watanabe, Y. .... 73
- フルスルファミド粉剤局所施用によるキャベツ根こぶ病の防除  
佐藤 剛, 屋代幹雄, 松尾健太郎, 村上弘治, 對馬誠也, 古谷茂貴, 宍戸良洋 ..... 73
- Out-of-season production of strawberry: Effect of a short-day treatment in summer  
Yamasaki, A. ; Yano, T. ; Sasaki, H. .... 74
- 水耕液の溶存酸素濃度と液温に及ぼす多孔質フィルムの影響  
安場健一郎, 屋代幹雄, 松尾健太郎 ..... 74
- 野菜作における精密播種技術の開発 (第 2 報)  
松尾健太郎, 屋代幹雄, 安場健一郎 ..... 74
- Influence of meiotic inhibition by butyrolactone-I during germinal vesicle-stage on the ability of porcine oocytes to be activated by an electric stimulation after nuclear maturation  
Hirao, Y. ; Nishimoto, N. ; Kure-bayashi, S. ; Takenouchi, N. ; Yamauchi, N. ; Masuda, H. ; Nagai, T. .... 74
- In vitro growth and development of bovine oocyte-granulosa cell complexes on the flat substratum: effects of high polyvinylpyrrolidone concentration in culture medium  
Hirao, Y. ; Itoh, T. ; Shimizu, M. ; Iga, K. ; Aoyagi, K. ; Kobayashi, M. ; Kacchi, M. ; Hoshi, H. ; Takenouchi, N. .... 75
- Comparisons of the resistance to Japanese theileriosis among Santa Gertrudis x Japanese Shorthorn F<sub>1</sub>, Japanese Shorthorn and their reciprocal crosses  
Higuchi, M. ; Hanada, H. ; Nagamine, Y. ; Awata, T. .... 75
- The complementary DNA sequence and polymorphisms of bovine procathepsin-D (CTSD)  
Higuchi, M. ; Miyashita, N. ; Nagamine, Y. ; Watanabe, A. ; Awata, T. .... 75
- 小型 GPS 受信機による草地の簡易測量  
梨木 守, 菅野 勉, 東山由美 ..... 75

リードカナリーグラス ( <i>Phalaris arundinacea</i> L.) 個体における草型変異とその生育 及び化学成分含量との関係 米丸淳一, 松村哲夫 .....	76
Morphological variations in the white clover population collected from the northern Tohoku region. 1. Population differences in leaflet shapes and sizes as quantified by image analysis Yonemaru, J.; Higuchi, S. and Matsumura, T. ....	76
Morphological variations in the white clover population collected from the northern Tohoku region. 2. Relationships among plant characteristics and between the variation pattern in characteristics and geographical factors Yonemaru, J.; Higuchi, S. and Matsumura, T. ....	76
イネホールクroppサイレージのロールベールサンプリング方法及び乳酸菌添加効果 田中 治, 篠田 満 .....	76
Effects of inoculation of reuterin-producing <i>Lactobacillus coryniformis</i> on ensiling rice straw Tanaka, O.; Cai, Y.; Fujita, Y.; Miyazaki, S.; Ohmomo, S.; and Nakanishi, K. ....	77

農協の地域農業再編機能 - 地域農業における新しい農協の役割 - 野中章久. 研究叢書 48:1-232, (2003).

農協による生産の組織化や農協出資農業生産法人の設立のような, 地域農業再編機能として提起された機能を分析し, その原理を体系化したものである。従来, この地域農業再編機能について, ①その有効性に対する否定的な認識, ②有効に発揮できるとする認識, ③農協自身が生産主体へ転化する過程とする認識の三つが示されていた。本書では事例分析を通じて, 先行研究の対立する認識のうち「①その有効性に対する否定的な認識」と「③農協自身が生産主体へ転化する過程とする認識」は, 現実と符合しないことを明らかにした。そして, 農協の地域農業再編機能は, 農業生産の担い手不足の局面において, 広汎に発揮しえることを明らかにした。

就農ルート多様化の展開論理 . 澤田 守. 農林統計協会 : 1-175 (2003).

近年増加している「Uターン」, 「定年帰農」, 「新規参入」などの就農ルートの多様化現象を捉え, 農家世帯の内部構造の変容等からその要因を分析した。この課題の解明にあたり, 従来からのアプローチ手法である特定地域を対象とした実態調査に加え, 全体像を数量的に捉えるために, 統計データの組み替え集計という手法を採用している。これらの方法から多様な就農ルートをとった農家を抽出・分析することで, 地域性を含めた農家の内部構造の変容, 就農ルートの多様化の実態を考察した。その結果, 第一に, 就農ルートの多様化が景気変動等に伴う一時的な現象ではなく, 構造として継続する現象であること, 第二に, 就農ルートの多様化の展開が, 農家世帯員の就農行動の変容と農外からの参入という2つの側面から生じていること, 第三に, 地域農業の活性化のためには, 就農ルートの多様化を踏まえ, 地域の主体性に基づく就農者の位置づけが必要なことを論証した。

就農動機からみた就農促進の条件 . 角田 毅, 佐藤 了, 中村勝則. 2003 年度日本農業経済学会論文集 : 31- 34 (2003).

近年, 農業後継者の就農促進は最重要の政策的課題となっている。そこで, 秋田県におけるここ 10 年間の全就農者に対するアンケート調査をもとに, 就農前段階における動機形成の重要性とそれを促す上で有効な家族の働きかけについて考察した。その結果, ①主体的に就農した者は就農後の経営姿勢がより積極的な傾向にあり, 就農前の動機形成が非常に重要な意義を持っていること, ②主体的な就農動機形成には, 複合部門や販売活動の強化等営農面での準備に加え, 幼少時の農作業手伝いに対する報酬の賦与や, 日常の会話を通じての農業経営の面白さや将来性等の伝達など, 強制ではなく, 後継者の自律性を促す方向での家族の働きかけが有効であることを明らかにした。

中耕作業を利用した局所的な畝間雑草被度の推定 . 天羽弘一, 西脇健太郎, 大谷隆二, 富樫辰志. 農機学会東北支部報 50 : 21-24 (2003).

中耕作業と同時作業により, CCD カメラの画像から局所的な畝間雑草の被度を推定する手法を開発した。中耕による畝間整地を利用することによって, 計算負荷の大きい形態による作物-雑草判別を排し, 単純な画像処理のみで雑草量の推定を可能とした。大豆圃場において実際に中耕作業を実施して取得した画像に適用し, 本手法の実行可能性を確認した。生産現場における圃場作業で利用するためには, 畝間位置の推定精度をさらに向上させることが必要と考えられた。

べたがけに伴う温度変化とコマツナの生長との関係の簡易モデルによる解析. 濱崎孝弘, 岡田益己. 農業気象 59: 287-296 (2003).

べたがけが温度の上昇を通して, 被覆下の作物生長に及ぼす効果を定量的に解析するために, 葉面積の相対生長率を葉面積と温度の関数で表す簡易な生長モデルを考案した。実験データをこのモデルに当てはめたところ, べたがけによる生長促進作用は, 気温の上昇では説明できず, 地温上昇に依存することが明らかになった。さらに, この地温上昇による生長促進効果が, ①低温期ほど大きく, また②生育初期ほど大きいことを明らかにした。①は, 温度上昇に伴う相対生長率の増大が低温下で大きく, 高温下では頭打ちになることで説明される。また②は, 生育初期ほど葉による日射遮蔽が小さいため, 地温上昇効果が大きいことで説明される。①および②は, これまで経験的に知られていた現象であったが, 本研究で導入したモデルを利用する解析手法により, その原因を生長構造的に初めて解明するとともに, 定量的に評価することができた。

Cool tolerance of barley (*Hordeum vulgare* L.) at the young microspore stage.

Koike, S.; Yamaguchi, T.; Nakayama, K.; Hayashi, T. Plant Prod. Sci. 6 (2): 132-133 (2003).

ビール醸造用二条オオムギでは, 止葉の一葉前の葉耳と二葉前の葉耳との葉耳間長と幼穂長との間に高い相関が見いだされた。この葉耳間長から小胞子の発育ステージを推測できたので, 小胞子初期に冷温処理をした。オオムギの穎花は穂の中心に位置する穎花を中心に穂の先端と基部に向かって成熟がすすみ, 先端部の穎花と基部の穎花は発育が途中で停止したりして不稔になることが多いため, 稔実穎花の測定は穂中部穎花の前後10穎花を調査対象穎花とした。イネでは, 小胞子初期に12℃8日間処理をすると稔実率は2.2%と極めて低いが, オオムギでは12℃8日間処理では対照とほとんど変わらず冷温処理の影響はわずかであった。8℃4日間, 6℃4日間, 4℃4日間と冷温処理が強まるにつれ稔実歩合は低下し, 2℃4日間処理で稔実歩合は31%となった。これらの結果により, オオムギはイネに較べて小胞子初期の冷温障害に非常に強いことが確かめられた。

The N-terminal region of the readthrough domain is closely related to aphid vector specificity of Soybean dwarf virus. Terauchi, H.; Honda, K.; Kanematsu, S.; Ishiguro, K.; Hidaka, S. Phytopathology 93: 1560-1564 (2003).

ダイズわい化ウイルス (SbDV) ゲノム上5番目の読みとり領域 (ORF 5) 内の読過ごし領域 (RTD) N末端側半分が媒介特異性に関係するとの仮説の検証のため, 17個のSbDV株のアブラムシ媒介性をとRTD領域にコードされている被覆タンパク質 (CP) 等のアミノ酸配列を比較した。調査したウイルス株は呈する病徴と媒介生から4系統に類別された。CPおよびRTDのC末端側半分の塩基配列に基づいた系統樹は同一病徴型が一群を形成したが, RTHのN末端側塩基配列に基づいた系統樹では, 同一媒介型で一群を形成した。これらの結果から当初の仮説が強く支持された。

コムギ縞萎縮病の病徴発現に及ぼす気温の影響. 大藤泰雄 北日本病虫研報 54: 41-46 (2003).

コムギ縞萎縮ウイルス (WYMV) のコムギ体内での増殖と縞萎縮病の病勢進展に及ぼす温度の影響を圃場条件と人工気象下で調べた。5年間のコムギ縞萎縮病汚染圃場における試験で, 発病株割合は年変動があったが, 病勢進展様式は変動が少なく, 発病株割合と発病程度は, 日平均気温が約5℃で上昇し, 10℃以上ではマスクングにより下降した。人工気象下5℃, 10℃および15℃でWYMVを機械接種すると, 接種後発病までの潜伏期間とウイルス検出までの期間は5℃より10℃下で短かった。病徴は, 10℃下では短期間で消えたが, 5℃下では徐々に現れ, より重症となった。15℃下では病徴は認められなかった。これらから, WYMVの病勢進展適温は約5℃, ウイルスの増殖適温は約10℃であることが示唆された。

2002 年の北東北におけるダイズわい化ウイルスの系統別発生分布 . 兼松誠司, 苫米地 慶, 石黒 潔, 榊原充隆. 北日本病虫研報 54 : 51-53 (2003).

2002 年 8 月初旬から 9 月初旬にかけて青森県, 岩手県, 宮城県および秋田県の 15 市町村のダイズ圃場よりわい化病に罹病していると思われるダイズ個体 62 試料を採取し, ダイズわい化ウイルスの系統別発生状況を調査した。その結果, 57 試料からウイルスを検出し, 青森県で採取した 18 試料はすべてジャガイモヒゲナガアブラムシが媒介する YS 系統であったのに対して, 岩手県, 宮城県および秋田県において採取した 35 試料はエンドウヒゲナガアブラムシ (またはツメクサベニマルアブラムシ) が媒介する YP 系統であった。DP 系統は岩手県内の 5 試料でのみ検出され, DS 系統の発生は認められなかった。

ホウキグサの岩手県における害虫相 . 榊原充隆, 高篠賢二. 北日本病虫研報 54 : 15-159 (2003).

ホウキグサの種子を膨潤させたものは「トンプリ」と呼ばれ, その食感から「畑のキャビア」として珍重されるが, その害虫相については調査事例がなかった。そこで, 盛岡市において収穫期直前のホウキグサの害虫相を調べた結果, 6 種を確認した。このうち鱗翅目害虫, とくにシロシタヨトウとシロオビノメイガの加害が目立った。両種は収穫した種子からも多量に発見され, 収量に悪影響を与えなくても, 収穫調整上の害虫になると考えられた。ガンマキンウワバとヨモギエダシャクは比較的大型で摂食量も多いが, 発生量はさほど多くなかったことから, 防除の対象にはならないと考えられた。ギシギシアブラムシは, 捕食性天敵の存在もあって発生量は比較的小なかつた。しかし, 繁殖力はかなり大きいため, 天敵不在の条件下では栽培管理上の問題種となる可能性がある。

Transmission of *Tomato spotted wilt virus* by the dark form of *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) originating in tomato fields in Paraguay. Sakurai, T. Applied Entomology and Zoology 39 (1): 189-194 (2004).

南米パラグアイにおいて, トマト黄化えそウイルス (Tomato spotted wilt virus: TSWV) による被害がトマト圃場で最近多発しているにもかかわらず, 防除上最も重要な媒介者の特定はこれまでになされていない。トマト圃場には TSWV を媒介するアザミウマの一種 *Frankliniella schultzei* の暗色型が優占的に生息していたものの, 過去の報告ではこの種は極めて非効率的な媒介種とされている。しかしながら, 今回の実験で TSWV 感染トマト葉を与えられた幼虫は羽化後多くが保毒成虫となり, 従来知られていたよりもはるかに高い割合で TSWV を媒介した (雄: 88.9%, 雌: 72.2%)。実際に, TSWV に感染したトマト圃場で採集された成虫の 20% が保毒媒介虫であった。したがって, *F. schultzei* はパラグアイのトマト圃場における TSWV の重要媒介種であると結論できる。

Distinct efficiencies of *Impatiens necrotic spot virus* transmission by five thrips vector species (Thysanoptera: Thripidae) of tospoviruses in Japan. Sakurai, T.; Inoue, T.; Tsuda, S. Applied Entomology and Zoology 39 (1): 71-78 (2004).

最近日本国内に侵入したインパチエンスネクロチックスポットウイルス (*Impatiens necrotic spot virus*: INSV) の媒介者を特定するため, 国内に生息するアザミウマ 5 種 (ミカンキイロアザミウマ *Frankliniella occidentalis*, ヒラズハナアザミウマ *F. intonsa*, ダイズウスイロアザミウマ *Thrips setosus*, ミナミキイロアザミウマ *T. palmi*, ネギアザミウマ *T. tabaci*) について INSV の媒介能力を比較した。その結果, Thrips 属のどの種も INSV を保毒せず全く媒介しなかったのに対し, *Frankliniella* 属の 2 種は INSV を媒介した。ミカンキイロアザミウマは雌雄とも多くの個体がウイルスを保毒し, そのほとんどが媒介虫であったが (雄: 80.5%, 雌: 78.7%), ヒラズハナアザミウマの保毒率は低く, 媒介虫は保毒虫の 3 分の 1 のみであった (雄: 18.3%, 雌: 3.7%)。これらの結果は, INSV の媒介は *Frankliniella* 属に特有であること, 特にミカンキイロアザミウマが日本国内における主要な媒介種であることを示している。

L-O-caffeoylhomoserine from *Matteuccia struthiopteris*. Kimura, T. ;Suzuki, M. ;Takenaka, M. ;Yamagishi, K. ;Shinmoto, H. *Phytochemistry* 65 : 423-426 (2004).

コゴミ (*Matteuccia struthiopteris*) よりカフェ酸誘導体を主要なラジカル消去物質として分離した。本物質はカフェ酸とL-ホモセリンにより構成されている。NMRとMS分析により本物質はL-O-カフェオイルホモセリンと同定された。

Determination of 1-deoxyojirimycin in mulberry leaves using hydrophilic interaction chromatography with evaporative light scattering detection.

Kimura, T. ;Nakagawa, K. ;Saito, Y. ;Yamagishi, K. ;Suzuki, M. ;Yamaki, K. ;Shinmoto, H. ;Miyazawa, T. *J. Agric. Food. Chem.* 52 : 1415-1418 (2004).

桑 (*Morus alba* and *Morus bombycis*) の葉が有する強力なグルコシダーゼ阻害剤である1-デオキシノジリマイシンの(DNJ)簡易かつ迅速な定量法を光散乱検出器と親水性相互クロマトグラフィーを組み合わせて開発した。DNJは桑葉の抽出液から代表的な親水相互クロマトグラフィーのカラムであるTSKgel Amide-80に保持し、光散乱検出器と質量分析計で検出した。検出限界は100ngであった。本方法は桑葉および桑葉関連商品におけるDNJの定量に十分な感度を有していた。

耐冷性インド型水稻系統の初期選抜の効果。山口誠之, 横上晴郁. 日本作物学会東北支部会報46 : 61-62 (2003).

耐冷性が強いインド型品種の育成を目標に、インド型品種同士の組合せ「新青矮1号/紅葉矮」, 「新青矮1号/新光」, 「新青矮1号/広陸矮4号」の初期雑種集団を冷水田で栽培して、耐冷性が強い系統を効率的に選抜する可能性を検討した。その結果、組合せによっては稔実率の高い個体の選抜効果があり、また稔実率の低い個体を淘汰する効果があることが明らかになった。本試験により得られた系統の後代より、耐冷性が‘強’以上のインド型系統を育成中である。

東北地域の水稲湛水直播栽培における酸素発生剤被覆量と出芽・苗立ちとの関係。吉永悟志, 境谷栄二, 吉田宏, 山本晶子, 長田健二, 福田あかり. 日作紀72 : 282-289 (2003).

我が国の水稲の湛水直播栽培では酸素発生剤(カルパー)被覆種子を播種して湛水条件で出芽させる方式が一般的であったが、近年、播種後の落水管理が普及し出芽・苗立ちの安定化が達成されてきた。これに対応して、低コスト化のためにカルパー被覆量の減量の要望が高まっている。本報では、カルパー被覆量が出芽・苗立ちに及ぼす影響について、ポット試験、圃場試験および東北各地の圃場試験データの収集により明らかにすることを目的とした。その結果、播種後落水条件であればカルパー減量にともなう出芽・苗立ちへの影響は小さいことが示され、これまでの基準量である乾糶2倍重から1倍重に減量しても大きな問題を生じないものと推察された。

水稻大粒系統における苗箱播種量が苗質および移植時欠株発生に及ぼす影響. 長田健二, 寺島一男, 吉永悟志. 日作東北支部会報 46 : 37-38 (2003).

飼料用として育成された水稻大粒系統を用いて, 大粒系統における適正な苗箱播種密度を検討した。機械移植時の欠株が生じないための苗立ち数は, 供試した 3 品種系統とも箱当たり 5000 本程度であり, そのための播種量はふくひびきで 153g であったのに対し, 大粒系統の奥羽飼 387 号および奥羽飼 380 号ではそれぞれ 192g および 263g と推定された。大粒系統では 200g を越えるような量的に密な播種でも, 100g 播種したふくひびきと比較して乾物重が大きく, 乾物重/草丈値も同等以上の苗が得られた。以上より, 大粒系統では箱当たり苗立ち数 5000 本程度を目安として播種量を増やすことで, 苗質の大きな低下を生じることなく, 移植時の欠株発生を抑制可能であると判断された。

屋外畑に埋土した茨城県産アゼナ類種子の 25 水中での発芽率の推移. 内野彰, 中山壮一, 森田弘彦. 東北の雑草 3 : 20-22 (2003).

茨城県筑波郡の水田のアゼナ (*Lindernia procumbens*), アメリカアゼナ (*L. dubia* var. *major*), および茨城県つくば市の水田のタケトアゼナ (*L. dubia* var. *dubia*) について 1994 年 10 月に採取した種子を屋外畑土壌中に埋め, 翌年度に 25℃水中での発芽率を調査した。8 月上旬には全ての草種で高い発芽率が認められたが, その後 9 月までにアゼナおよびアメリカアゼナでは 40% および 15% 程度にまで発芽率が低下した。タケトアゼナの発芽率は 9 月まで比較的高く維持された。翌年 2 月にはいずれの草種でも 90% 以上の高い発芽率が認められたことから, 8 月~9 月の発芽率の低下については 2 次休眠によるものと考えられた。

Estimation of out-crossing rate in *Monochoria korsakowii* using the herbicide resistance trait as a marker. Guang-Xi Wang ; Watanabe, H. ; Uchino, A. ; Wei Li ; Itoh, K. Journal of Pesticide Science 28 : 429-430 (2003).

除草剤抵抗性と感受性のミズアオイ個体を用い, 他殖によるスルホニルウレア系除草剤抵抗性遺伝子の流動について検討した。戸外集団ではセイヨウミツバチなど昆虫の訪花条件下において感受性個体に由来するヘテロ接合体の割合は 10.0 ~ 65.1 % となり, 推定他殖率は 10.4 ~ 67.8% であった。この結果, 完全優性を示すミズアオイの抵抗性形質は他殖によって感受性集団に広がる可能性が高いことが示唆された。

Inheritance of sulfonylurea resistance in a paddy weed, *Monochoria korsakowii*. Guang-Xi Wang ; Watanabe, H. ; Uchino, A. ; Zhou, J. ; Itoh, K. Journal of Pesticide Science 28 : 212-214 (2003).

北海道長沼町の水田に出現したスルホニルウレア系除草剤 (SU 剤) に抵抗性を持つミズアオイを用いて, SU 剤抵抗性の遺伝学的解析を行った。感受性生物型の自殖後代は全て感受性を示し, 抵抗性生物型の自殖後代および両生物型の正逆交配による F<sub>1</sub> 個体は全て抵抗性であった。F<sub>1</sub> 個体の自殖による F<sub>2</sub> 個体は抵抗性と感受性が 3 : 1 に分離し, F<sub>1</sub> と感受性親の戻し交配個体は 1 : 1 に分離した。即ち, ミズアオイは異種ゲノムによりなる異質 (二基) 四倍体で, その分離現象は二倍体の場合と同じであった。



イネ科春雑草とイタリアンライグラスにおけるアカヒゲホソミドリカスミカメ成虫の餌植物選好性。菊地淳志, 小林徹也. 北日本病害虫研究会報第54号, 113-114 (2003).

イネ科春雑草6種におけるアカヒゲホソミドリカスミカメ成虫の餌植物選好性を本種が好む牧草イタリアンライグラスとの二者択一の選択実験により調べた。本種はスズメノカタビラ, ヌカボ, スズメノテッポウおよびコヌカグサをイタリアンライグラスと同等に選好した。スズメノカタビラとこれら3雑草間では選好性に有意差は認められなかった。ハルガヤはイタリアンライグラスと比較し, 有意に選好されなかった。ナガハグサも成熟した実を用いたためか, 有意に選好されなかった。

Host status of 10 fungal isolates for two nematode species, *Filenchus misellus* and *Aphelenchus avenae*. Okada, H.; Kadota, I. Soil Biology and Biochemistry. 35: 1601-1607 (2003).

線虫群集分析を適切に行うには Tylenchidae 科線虫の糸状菌食性に関する研究が必要である。そこで, 本科線虫の *Filenchus misellus* 及び比較のための *Aphelenchus avenae* (Aphelenchidae 科線虫) を, 10 株の糸状菌を餌として培養し, 線虫の増殖率等を測定し, 線虫の餌としての各菌株の質を評価した。*Filenchus misellus* にとっての良い餌は担子菌の *Agaricus bisporus*, *Coprinus cinereus*, 子嚢菌の *Chaetomium cochlioides*, *Chaetomium funicola*, *Chaetomium globosum* 及び植物病原菌の *Rhizoctonia solani* で, *A. avenae* にとっての良い餌は植物病原菌の *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*, *Pythium ultimum*, *R. solani*, 及び *A. bisporus* であった。*Filenchus misellus* は *Pleurotus ostreatus* の菌糸を摂食して増殖したが, *A. avenae* はその菌糸に捕捉され摂食された。供試した糸状菌の生息地選好性と線虫の餌としての質に基づいて, *Filenchus* 属線虫と *Aphelenchus* 属線虫との間の生息地選好性の違いを説明した。

東北地方のコムギ新品種の収量と子実の粗タンパク含量に及ぼす窒素追肥の影響。小柳敦史, 三浦重典, 小林浩幸. 日本作物学会東北支部報(4): 83-85 (2003).

東北地域の小麦新品種である「ゆきちから」, 「きぬあずま」, 「ネバリゴシ」および比較品種として「ナンブコムギ」を用い, 茎立期に緩効性肥料を用いて追肥する方法と穂揃期に硫酸を用いて追肥する方法を検討した。その結果, どちらの場合でも窒素施用量の増加に応じて子実の粗タンパク含量が増加するが, 茎立期の緩効性肥料の追肥では穂揃期の硫酸の追肥に比べて2倍程度の窒素施用量が必要であった。また, 中華めん及びパン用の「ゆきちから」は, 追肥を行わない場合には子実の粗タンパク含量が必ずしも高くないが, 追肥により子実の粗タンパク含量が上がりやすい性質を持つことが明らかになった。なお, 「ゆきちから」に求められる子実の粗タンパク含量は12%以上なので, 穂揃期の追肥量としては窒素成分で10アール当たり4kg程度が必要であった。

オオムギをリビングマルチとして利用したダイズ栽培。三浦重典, 小林浩幸, 井上一博, 小柳敦史. 日本作物学会東北支部報(4): 81-82 (2003).

東北地域におけるダイズの省力安定生産に資するため, オオムギをリビングマルチとして利用したダイズの無中耕栽培の可能性について検討した。ダイズの条間に秋播き性の高いオオムギを条播しリビングマルチとして利用することで, 無中耕でも高い抑草効果が得られ, 土壌処理除草剤との併用により抑草効果が高まることが確認できた。また, リビングマルチ栽培では, 子実収量も慣行栽培並に確保でき, 最下着莢高が高くなって機械化適性も高まることが明らかになった。以上より, リビングマルチ栽培は東北地域のダイズの無中耕栽培に有望であると考えられたが, 倒伏の危険性等については今後検討する必要があった。

Is the Japanese oribatid mite *Euphthiracarus foveolatus* Aoki, 1980 (Acari: *Euphthiracaridae*) a junior synonym of *E. cribrarius* (Berlese, 1904). Shimano, S.; Norton, R.A. Journal of the Acarological Society of Japan 12: 115-126 (2003).

これまで、オキイレコダニ *Euphthiracarus foveolatus* は、日本のみに生息していることが知られていた。一方、*E. cribrarius* はアジアからヨーロッパにかけて広く分布しており、日本からの報告は未だない。したがって、現在のところ分布域は重なってはいないとされてきたが、近年、オキイレコダニの原記載の誤りが指摘され、これらの種の区別が疑問視されるようになった。そこで、新たに日本全国からオキイレコダニを採集し、また、*E. cribrarius* については、記載されたノルウエーより標本（トポタイプ）を取り寄せ、オキイレコダニのホロタイプ及びこれらの新しい標本に基づいて比較検討を行った。日本産の標本は変異が大きく、ヨーロッパから報告されている *E. cribrarius* と体長などの点で、重複が認められた。オキイレコダニの変異を明確にするるとともに、性側毛及び歩脚毛について *E. cribrarius* との明確な差が認められたため、本種は現在のところ独立した種としての評価を与えておくのが妥当であると結論づけた。

不耕起ダイズ作におけるメヒシバの出芽におよぼす前作オオムギの土壌表面被覆 . 小林浩幸, 三浦重典, 小柳敦史. 雑草研究 49 : 1-7 (2004).

ダイズの不耕起栽培において、冬作オオムギによる被蔭がメヒシバの出芽におよぼす影響を明らかにするとともに、メヒシバの出芽と地表の環境条件との関連性を解明した。ダイズの前作に冬作オオムギを不耕起栽培して刈り敷く区（オオムギ-ダイズ区）およびオオムギを栽培しない区を設け、メヒシバの発生活消長を調査した。前年の秋に取り播きしたメヒシバ種子の出芽は、オオムギを栽培した場合に抑制された。オオムギの条付近では、条の間に比べて特に出芽抑制が著しく、そこでは光量の減少、R/FR比の低下および地温の日格差の縮小が顕著に見られた。また、ダイズ播種前におけるメヒシバの自然発生個体数はオオムギ-ダイズ区で少なく、特に強く被蔭されるオオムギの条付近で少なかった。以上から、冬作オオムギによるメヒシバの出芽抑制は、被蔭を通じた地表の光量、光質および地温の日格差の縮小によっていることが強く示唆された。

Analysis of weed vegetation of no-tillage upland fields based on the multiplied dominance ratio. Kobayashi, H.; Nakamura, Y. Watanabe, Y. Weed Biology and Management : 3 : 77-92 (2004).

東北地方の不耕起畑における雑草植生の特徴を明らかにするため、乗算優占度に基づいて植生解析を行った。初めに 10 年連続不耕起および耕起栽培畑で 2 年間にわたって植生調査を行ったところ、両者は異なる季節消長を示した。耕起畑では夏に一年生夏雑草が、春に一年生冬雑草が優占した。不耕起畑では春に多年生雑草が優占したが、夏には耕起畑と同様、一年生夏雑草が優占した。次に夏、春の 2 回、それぞれ植生調査を行った結果、雑草植生は夏、春ともに不耕起継続年数に応じて 3 つの植生型に分類された。I および II 型はそれぞれ主として耕起畑および 3 年未満の不耕起畑から構成され、III 型は 3 年以上の不耕起畑と一致した。II 型の植生は、主としてキク科の二年生および多年生雑草によって、III 型の植生は、II 型と同じ種に加えて、ハルガヤなどの多年生雑草によって特徴づけられた。夏は、植生型に関わらず、メヒシバなどの一年生夏雑草が優占した。

フルスルファミド粉剤局所施用によるキャベツ根こぶ病の防除 . 佐藤 剛, 屋代幹雄, 松尾健太郎, 村上弘治, 對馬誠也, 古谷茂貴, 宍戸良洋. 北日本病害虫研究会報 54 : 60-61 (2003).

薬剤を用いたアブラナ科野菜根こぶ病の防除において、現行の施用量を削減しても同等の防除効果が得られる手法について検討した。試験はキャベツ根こぶ病が毎年発生している圃場で実施し、キャベツ品種は YR 青春 2 号、薬剤はフルスルファミド粉剤を用いた。本剤を、苗定植時の植え穴部位となる土壌だけに限定して混和させる方法（植穴施用区、2.6kg/10a）あるいは同剤を畝の中央に条施用する方法（条施用区 10.8 および 6.5kg/10a）によって、現行の全層混和区（20kg/10a）よりも施用量を削減した。その結果、植穴施用区と条施用区は、いずれも無施用区と比較して発病が抑制され、全層混和区とほぼ同等の防除効果を示した。

Out-of-season production of strawberry: Effect of a short-day treatment in summer.

Yamasaki, A. ; Yano, T. ; Sasaki, H. *Acta Horticulturae* 626 : 277-282 (2003).

端境期におけるイチゴ生産の可能性を明らかにするため、盛岡市において7月にイチゴの3品種‘女峰’、‘さちのか’および‘北の輝’に対して8時間日長の短日処理を行って花芽分化を調べた。その結果、昼間の高温にもかかわらず‘女峰’および‘さちのか’については順調に花芽分化したが、‘北の輝’ではこれらの品種より7日ほど花芽分化が遅れた。また、育苗ポットにおいて3段階の窒素施用レベルを設定したところ、‘女峰’および‘北の輝’においては多窒素によって花芽分化が遅れた。

水耕液の溶存酸素濃度と液温に及ぼす多孔質フィルムの影響 . 安場健一郎, 屋代幹雄, 松尾健太郎. *生物環境調節* 41 (2) : 171-178 (2003).

野菜の高温期の水耕栽培における水耕液への酸素供給と液温低下を目的として、水耕槽構成資材への多孔質フィルムの利用を試みた。多孔質フィルムは水蒸気や空気は透過するが水などの液体は透過しない素材である。多孔質フィルムを用いて製作した水耕槽に500mLの脱気水を満たしたところ、2時間後の水耕槽内の水の溶存酸素濃度は、使用した多孔質フィルムの面積に比例して高くなり、水温も低下した。ハウレンソウを多孔質フィルム製水耕槽とプラスチック製水耕槽でエアレーションをおこなわずに栽培したところ、多孔質フィルム製水耕槽で栽培した場合の方が地上部新鮮重が大きくなった。多孔質フィルムの水耕槽構成資材への利用は、高温期での野菜の水耕栽培に有効であると思われた。

野菜作における精密播種技術の開発 (第2報). 松尾健太郎, 屋代幹雄, 安場健一郎. *農業機械学会東北支部報* 50 : 17-20 (2003).

直播野菜の栽培で作業時間の長い間引き作業を簡略化するため、正確な播種間隔で1粒播種が可能な2段傾斜ベルト式播種機を開発した。開発機は、2段重ねとしたベルトコンベヤ部の回転の際に両ベルトの穴の位置を同期させて、上ベルトの穴で1粒づつ取り出した種子を下ベルトの穴に渡し、地上高約8cmまで移動させて種子を落下させる。上ベルトの穴を種子径より少し大きい半球形にして1粒づつ取り出すとともに、下ベルトの穴を約2cmの半球形にすることにより、ベルト間の種子の受け渡しが円滑に行える。固定台上での播種実験では、作業速度0.4 cm/sの場合に、総播種数に対して設定播種間隔5.5cm ± 1cmの間隔で播種された種子の割合は、開発機では84.7%で、市販のベルト式播種機に較べて28.4%高かった。

Influence of meiotic inhibition by butyrolactone-I during germinal vesicle-stage on the ability of porcine oocytes to be activated by an electric stimulation after nuclear maturation. Hirao, Y. ; Nishimoto, N. ; Kure-bayashi, S. ; Takenouchi, N. ; Yamauchi, N. ; Masuda, H. ; Nagai, T. *Zygote*. 11 (3) : 191-197 (2003).

ブチロラクトン-I (以下BL-I) は細胞周期を支配するサイクリン依存性キナーゼの特異的阻害剤であり、同キナーゼを必要とするブタ卵母細胞の減数分裂を抑制する。本研究では、BL-Iで一時的に減数分裂を阻害しその後BL-I無添加培地で成熟させた卵母細胞と、通常の間経過で成熟させた卵母細胞について、電気活性化後に前核形成する能力が獲得される時期を比較した。卵母細胞をBL-I存在下に28時間培養して、無添加培地に移した場合、BL-I無処理の卵母細胞よりも8時間遅れて第2減数分裂中期へ達した。そこで、BL-I処理時間を20時間に短縮したところ、対照の卵母細胞とほぼ同時に第2減数分裂中期へ達した。しかし、電気刺激にตอบสนองして雌性前核を形成する卵母細胞が出現した時期は4時間遅かった。したがって、BL-I処理によって減数分裂が影響されるだけでなく、細胞質の成熟も影響を受けることが示唆された。

In vitro growth and development of bovine oocyte-granulosa cell complexes on the flat substratum: effects of high polyvinylpyrrolidone concentration in culture medium. Hirao, Y. ; Itoh, T. ; Shimizu, M. ; Iga, K. ; Aoyagi, K. ; Kobayashi, M. ; Kacchi, M. ; Hoshi, H. ; Takenouchi, N. *Biology of Reproduction*, 70 (1): 83-91 (2004).

発育途上のウシ卵母細胞を平面な基質上で培養する方法を開発した。従来、顆粒膜細胞が平面を遊走し、卵母細胞は裸化するために失敗してきた。本実験では、高濃度のポリビニルピロリドン (PVP) の有効性を検討した。卵母細胞と顆粒膜細胞の複合体を採取し、5%ウシ胎子血清、4mM ヒポキサンチンを含む M-199 培養液中で 14 日間培養した。培養液には分子量 36 万の PVP を 0, 2 または 4% の濃度 (w/v) で添加した。複合体としての卵母細胞の回収率は、PVP4%区で有意に高かった。また、卵母細胞の平均直径も培養前の約 96  $\mu\text{m}$  から、無添加区、PVP2%区および PVP4%区でそれぞれ 105, 108 および 113  $\mu\text{m}$  へと増大した。培養に供した総卵母細胞に対する胚盤胞期胚の割合は、無添加区、PVP2%区および PVP4%区でそれぞれ 2%, 5% および 12% であった。さらに、培養卵母細胞に由来する子牛一頭が生まれた。

Comparisons of the resistance to Japanese theileriosis among Santa Gertrudis x Japanese Shorthorn F<sub>1</sub>, Japanese Shorthorn and their reciprocal crosses.

Higuchi, M. ; Hanada, H. ; Nagamine, Y. ; Awata, T. *Anim. Sci. J.* 74 : 477-482 (2003).

日本短角種 (JS) 子牛のタイレリア病抵抗性向上を目的として、Santa Gertrudis 種 (SG) と JS との F<sub>1</sub> 子牛、F<sub>1</sub> と JS との正逆戻し交雑子牛 (F<sub>1</sub>x JS および JS x F<sub>1</sub>) および対照の JS 子牛を生産し、放牧飼養した。放牧期間中、本病抵抗性の指標である原虫寄生赤血球率 (PE) およびヘマトクリット値 (Ht) の推移を観察した。平均 PE と日増体量 (DG) との間に負の相関が見られ、平均 Ht と DG との間に有意な正の相関が見られた。最大 PE について交配様式による差は見られなかったが、F<sub>1</sub> は対照の JS と比較して最大値後の PE が有意に減少した。また F<sub>1</sub> は放牧期間を通じて JS および両戻し交雑より Ht が高く推移した。PE および Ht について、両戻し交雑と純粋な JS との間に差は見られなかった。PE 上昇および Ht 低下は子牛の増体に影響すること、また SG 遺伝子導入による本病抵抗性向上効果は、F<sub>1</sub> では期待できるが、戻し交雑では期待できないことが各々示唆された。

The complementary DNA sequence and polymorphisms of bovine procathepsin-D (CTSD).

Higuchi, M. ; Miyashita, N. ; Nagamine, Y. ; Watanabe, A. ; Awata, T. *J. Anim. Breed. Genet.* 120 : 322-330 (2003).

ウシのタンパク分解酵素の一種カテプシン D の前駆体であるプロカテプシン D の cDNA 配列を決定した。cDNA 配列および予測されるアミノ酸配列はヒツジと非常に高い相同性を示した。個体間比較により cDNA の 9 箇所での塩基置換 (SNP) が認められ、そのうちの 2 つはアミノ酸配列に影響するものであった。PCR-RFLP 法を用い、これら 2 つの SNP について 9 種類のウシ品種で分布を調べたところ、日本国内の肉用品種 (黒毛和種、日本短角種および褐毛和種) およびゼブ系品種 (ブラーマン種およびサンタガートルーディス種) でこれらの SNP を保有する個体が見られたが、ホルスタイン種、アンガス種およびヘレフォード種では SNP 保有個体は見られなかった。

小型 GPS 受信機による草地の簡易測量 . 梨木 守, 菅野 勉, 東山由美. *日本草地学会誌*, 49 : 616-622 (2004).

放牧地や採草地を管理、利用する上で、面積や配置条件を把握しておくことが重要である。そこで小型 GPS 受信機 (GPS) が、草地の面積や外周距離の測量、また配置図の作製にどの程度の水準で使えるかを、従来の巻尺および航空写真による方法と比較・調査した。その結果、GPS の平均誤差は内部アンテナ使用および内部アンテナ使用の場合に、それぞれ 1.18m, 0.63m であり、平均二乗誤差はそれぞれ 1.62m, 0.80m となり、外部アンテナの使用により測量精度が向上した。GPS に外部アンテナを取り付けることにより、測量精度には限界はあるが、測量した草地の形、面積および外周距離の値は、巻尺による測量結果に近い値が得られた。さらに GPS により航空写真で得られる程度の簡易な配置図を作製することができた。GPS は操作が容易で、草地の土地情報が簡易に把握でき、草地の管理、利用に役立つものと考えられる。

リードカナリーグラス (*Phalaris arundinacea* L.) 個体における草型変異とその生育及び化学成分含量との関係. 米丸淳一, 松村哲夫. 日本草地学会誌, 49: 384-390 (2003).

リードカナリーグラス (*Phalaris arundinacea* L.) の草型に関する選抜知見を得る目的で, 全国から収集した自生株を中心に評価した。その手法として, 葉長, 葉幅及び節間長などの形態的形質に主成分分析を適用し, 併せて1番草及び2番草について, 草型と化学成分との関連を明らかにするために情報の縮約化を試みた。

その結果, 1番草の草型指標は, 全体的及び茎葉サイズを構成する主要な2因子で表現が可能であった。また, 化学成分の中の灰分, 細胞内容物(OCC)及びMg含量と一定の関係がみられたことから, サイズによる密度や茎部と葉部の構成割合の違いが成分に影響していると考えられた。2番草では, 1番草とは異なり茎部と葉部がそれぞれ独立した2因子として抽出され, 耐倒伏性とは一定の関係がみられたことから, 両番草で草型を利用した化学成分及び耐倒伏性選抜が有効と考えられた。

Morphological variations in the white clover population collected from the northern Tohoku region.

1. Population differences in leaflet shapes and sizes as quantified by image analysis. Yonemaru, J.; Higuchi, S.; Matsumura, T. *Glassland Science*, 49: 134-140 (2003).

北東北地域のシロクローバ (*Trifolium repens* L.) 生態型集団を評価・分類するため, 収集した10集団及び3品種を材料として, 画像解析を用いて小葉の8形態的形質を調査した。調査した8形質中, 葉面積, 小葉長/葉幅比, 葉先端部の割合, 中肋と最大葉幅で形成される菱形の当てはまり程度及び重心の位置における5形質で集団間に有意な差がみられた。さらに, これらの中で葉面積を除く4形質を利用して, クラスタ解析を行い集団分類を試みたところ, 人工草地から採種された集団では小葉長/葉幅比が大きく, 葉先端部の割合が小さい傾向がみられ, 自然シバ型草地から収集した集団は葉長/葉幅比が小さい傾向がみられた。

Morphological variations in the white clover population collected from the northern Tohoku region.

2. Relationships among plant characteristics and between the variation pattern in characteristics and geographical factors. Yonemaru, J.; Higuchi, S.; Matsumura, T. *Glassland Science*, 49: 599-605 (2004).

北東北地域のシロクローバ (*Trifolium repens* L.) 生態型集団を評価するため, 収集した10集団及び市販3品種を材料として, 形態的及び開花時の諸形質について観察及び調査を行い, 地理的因子との関連を検討した。小葉長, 葉柄長, 節間長及びストロンの太さから, 1集団を除く生態型9集団は中葉型の品種フィアより小型であった。さらに, 上記4形質の2年間の調査結果を主成分分析したところ, 自生集団は市販品種に比べ相対的な節間伸長量が少なかった。小葉型の9集団について, 越冬性と3種の地理的因子(緯度, 標高及び平均冬期気温)の関係を調べたところ, 全因子に対して二次の回帰式に有意に適合した。また, 越冬性と株の拡がりの間に有意な正の相関がみられた ( $R^2=0.6329$ )。

イネホールクロープサイレージのロールベールサンプリング方法及び乳酸菌添加効果. 田中 治, 篠田 満. 日本草地学会誌, 49: 163-169 (2003).

ホールクロープのイネを材料として, 実験室規模及びロールベールによるサイレージ調製を行い, ロールベールのサンプリング方法と乳酸菌 (*Lactobacillus rhamnosus* または *Lactobacillus plantarum*) の接種効果を検討した。実験室規模の試験では, *L. plantarum* が最も発酵品質の改善効果が高かった。ロールベールの成分値は採取部位によって大きく変動したが, ロールベールの上部, 中央部及び下部から採取したサンプルを等量ずつ混合したものは, その変動が小さくなり, それらの比較によって乳酸菌の発酵品質改善効果が認められた。これらの結果からは, そのような混合調製によってロールベールを代表するサンプルが調製できると考えられた。

Effects of inoculation of reuterin-producing  
*Lactobacillus coryniformis* on ensiling rice straw.

Tanaka, O. ; Cai, Y. ; Fujita, Y. ; Miyazaki, S. ;  
Ohmomo, S. ; Nakanishi, K. Grassland Sci., 49 : 222-  
228 (2003).

グリセリン及びそれから抗菌物質ロイテリンを生産可能な乳酸菌 *Lactobacillus coryniformis* 394 株を接種した稲わらを材料として実験室規模のサイレージを調製し、それらの接種効果を調べた。本菌株をグリセリン原物 1～2%と共に接種すると、中性付近の pH 条件下でも酪酸発酵の抑制が認められ、また開封後には、乳酸代謝性酵母による pH 上昇が遅延し、カビの生育も遅延が認められた。このような効果は本菌株をグリセリンと共に接種した時のみ認められたため、サイレージ中でロイテリンが生産されたことによると考えられた。



東北農業研究センター研究報告 第103号

---

平成17年3月 発行

編集兼発行 東北農業研究センター  
代表者 氏 原 和 人  
〒020-0198 盛岡市下厨川字赤平4  
電 話 (019) 643-3414, 3417  
(情報資料課)

印 刷 所 河北印刷株式会社  
〒020-0015 盛岡市本町通2-8-7

---



