

多摩川流域のアブラナ科アブラナ属の地域在来野菜における
遺伝的由来と品種および栽培特性に関わる研究

2020年

元木 悟

明治大学 准教授

共同研究者

柘植 一希	明治大学大学院	助手
肌野 宝星	明治大学大学院	学生
仙仁 径	多摩市文化振興財団	学芸員

目次

はじめに	1
第 1 章 序論	2
第 2 章 「のらぼう菜」	3
緒言	3
材料および方法	5
結果および考察	19
第 3 章 在来「コマツナ」	32
緒言	32
材料および方法	34
結果および考察	36
第 4 章 総合考察	42
「のらぼう菜」	42
在来「コマツナ」	44
謝辞	45
引用文献	46

はじめに

多摩丘陵では、1960年代まで広く農業が営まれ、谷戸田や畑地などでさまざまな作物が栽培されていた。その特徴は、自家採種を伴う自家消費のための少量多品目生産であった。しかし、1960年代以降、自家採種は徐々に減少し、近年では、万福寺ニンジン（川崎市麻生区）や小山田ミツバ（東京都町田市）などが残る程度となった。また、二ヶ領用水の整備とともに発達した川崎市の多摩川流域においても宅地開発が進み、多摩川流域の野菜類における遺伝資源は急激に減少した。

ところで、アブラナ科アブラナ属の野菜は、キャベツやハクサイ、ブロッコリーなどの多様な品目を含み、消費量が多い品目群である。著者ら（代表者および分担者の一部）は、明治大学生田キャンパス（神奈川県川崎市多摩区）に研究拠点を置き、野菜園芸学の分野において、野菜類の栽培を中心に研究を行っている。著者らは、研究拠点の付近に存在する多摩川流域内において、古くから栽培されているとされる地域在来のアブラナ属の野菜類が、現在も地域の生産者によって栽培されていることを確認した。そこで著者らは、それらの希少な多摩川流域の地域在来野菜のアブラナ属について、計2品目に着目し、アブラナ属の栽培に関わる調査を中心に、研究を行った。

第 1 章 序論

アブラナ科アブラナ属の植物は，農業において重要な資源植物であり，消費量が多い品目群である．作付面積では，多い方から順に，キャベツ (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*)，ハクサイ (*B. rapa* L. var. *pekinensis*)，ブロッコリー (*B. oleracea* L. var. *italica*)，コマツナ (*B. rapa* L. var. *perviridis*)，カブ (*B. rapa* L. var. *rapa* or *glabra*)，ミズナ (*B. rapa* L. var. *laciniifolia*)，チンゲンサイ (*B. rapa* L. var. *chinensis*)，カリフラワー (*B. oleracea* L. var. *botrytis*) に代表される野菜類 (農林水産省，2019) のほか，油料種子や香辛料などとしても利用されている．著者らは，多摩川流域の希少な野菜類の遺伝資源活用の観点から，多摩川流域を中心に，関東地方の広範囲で利用されているセイヨウアブラナ (*Brassica napus* L.) の「のらぼう菜」および多摩市で古くから栽培され，*Brassica rapa* L. に分類されると考えられる在来「コマツナ」の計 2 品目に着目して，研究を行った．

第 2 章 「のらぼう菜」

緒言

アブラナ属の植物のうちセイヨウアブラナ (*Brassica napus* L.) は、カブなどが属する *B. rapa* (AA, $2n=20$) と、キャベツなどが属する *B. oleracea* (CC, $2n=18$) から由来する 2 つの二倍体のゲノムを持つ、複二倍体 (異質四倍体) である (AACC, $2n=4x=38$) (U, 1935). セイヨウアブラナは、世界的に利用されている作物の一つであり、利用用途は、油料種子 (冬作および春作タイプ)、飼料用作物、生食用野菜としての葉茎菜および根菜とさまざまである。そのなかでも、ナタネは、世界中で生産されている油料種子のなかで、大豆に次ぐ 2 番目の生産量であり (USDA, 2018)、油料種子としての生産が顕著である。

セイヨウアブラナは油料種子の生産が主体であるなか、野菜類として、葉、茎および花を利用する葉茎菜 (篠原, 2014) も生産の対象となっており、多くの品種・系統が存在する。しかし、葉茎菜として利用されるセイヨウアブラナは、自家消費やローカルマーケットでの販売などを目的として生産されている事例が多く、生産規模が小さい。日本国内では、九州から東北にかけての広い地域で、葉茎菜用セイヨウアブラナを食す文化が定着している。農林水産省の分類では、葉茎菜用セイヨウアブラナを「なばな (主として葉茎を食すもの)」(以下、葉茎タイプ) とし (農林水産省, 2014)、*B. rapa* の葉茎菜で、おもに千葉県や香川県、徳島県などで生産されている「なばな (主として花を食すもの)」(以下、花蕾タイプ) とは区別している。本研究では、葉茎菜用セイヨウアブラナを、葉茎タイプとして生産され、市場に流通している葉茎菜とする。

葉茎菜用セイヨウアブラナの一つである在来種の「のらぼう菜」は、春季における重要な地域伝統野菜として、関東地方で栽培されている。「の

らぼう菜」の由来については、「のらぼう菜」という名称の成立について諸説あるものの、現在も明らかになっていない。埼玉県比企郡などでは、栽培を奨励する古文書が見つかっており（東京都あきる野市，2014），東京都あきる野市五日市地区の子安神社には，天明および天保の飢饉の際，救荒作物として人命を救ったことを伝える碑が存在するなど（椿，2009；山本，2009），多くの歴史的背景をもち，古くから関東地方で広く栽培されていたことが伺える。しかし，古い文献などが存在するものの，「のらぼう菜」の由来や成立過程などは不明である。

「のらぼう菜」は，生産量の多い花蕾タイプのような苦味やくせなどがないことが特徴であり（椿，2009），お浸しや炒め物，揚げ物，生食サラダ，スムージーなど，調理の用途が多様であることから（清水・田中，2017；椿，2009），地域の消費者からの支持が高い。また，生産現場においては，古くから「のらぼう菜」を栽培してきた生産者やJA埼玉中央，JAあきがわなどの団体を中心に，「のらぼう菜」を特産野菜に推奨し，生産規模を拡大する取り組みが行われている。「のらぼう菜」の収穫は，2月下旬から開始され，4月に最盛期を迎え，5月に終了する（椿，2009）。しかし，「のらぼう菜」は，栽培地域の多くは自家採種により系統が維持されており，地域および生産者により，使用する品種・系統や栽培方法などが異なることから，地域によっては販売物の形態や品質などにばらつきなどが見られ，市場価値の低下のおもな要因の一つとなっている。また，「三重ナバナ」が中心に栽培されている三重県の葉茎タイプの生産量は，県全体で700 t（農林水産省，2014）と，生産および流通形態が比較的確立しているのに対し，「のらぼう菜」の生産規模は小さく，「のらぼう菜」は生産から流通にかけての課題が多い。「のらぼう菜」の栽培は，多摩川流域で古くから行われてきたが，栽培を継続させるためには，地域に根付く「のらぼ

う菜」の高品質な栽培法を明らかにする必要がある。

以上から、「のらぼう菜」では、遺伝的由来の把握と、栽培および品質の基礎研究を行うことが求められている。本研究では、日本国内の葉茎菜用セイヨウアブラナと「のらぼう菜」の遺伝的類縁関係を明らかにし、遺伝的由来を把握するとともに、「のらぼう菜」特有の栽培管理である主茎の摘心および側枝の切り戻しの処理法を検討し、生産者にとって適切な「のらぼう菜」の栽培法を明らかにすることを目的とする。

材料および方法

1) 葉茎菜用セイヨウアブラナと「のらぼう菜」の遺伝的多様性と表現型

1. 供試材料

供試材料は、農業生物資源ジーンバンクと公的研究機関、市販品種、生産者および流通現場から、葉茎菜用セイヨウアブラナを 29 品種・系統、葉茎菜用以外のセイヨウアブラナを 2 品種・系統、「のらぼう菜」を 29 品種・系統収集し、計 60 品種・系統を供試した（第 1 表）。収集した品種・系統は、北海道から福岡県を原産とした。また、表現型の調査では、17 品種・系統を供試した。

2. 遺伝子型における多様性評価（SSR 解析）

DNA の抽出は、各サンプルの幼葉から、DNeasy プラントミニキット（Qiagen, Hilden, Germany）の標準プロトコールを参考にして行った。サンプルは、1 個体につき 1 枚の幼葉を選んで分析に用いた。SSR（simple sequence repeat）マーカーは、Chen ら（2017）により、計 502 個のアブラナ属の SSR マーカーから、セイヨウアブラナで、原産地や由来などが異なるオオミナタネ（日本）、ミチノクナタネ（日本）、アサヒナタネ（日本）、CASCADE（アメリカ合衆国）、ハンブルグ 1 号（ドイツ共和国）、WESTAR,

PROTA（ドイツ共和国）および RAPORA（大韓民国）の計 8 品種・系統（以上の品種・系統名は志賀（1971）に基づく）に対して事前にスクリーニングを行うことにより得られたマーカーに基づいて、明瞭で再現性があり、多型が認められた計 30 個を用いた。SSR 遺伝子座の A および C ゲノムの数は、それぞれ 18 および 12 個であった。PCR 反応では、DNA テンプレート 10 ng, 1×KAPA 2G バッファー, dNTP 200 nM, MgCl₂ 0.5 mM, 0.1U KAPA 2G Fast DNA ポリメラーゼ（KAPA Biosystems, Inc.）, 2 μM のリバースプライマーおよび 0.5 μM のフォワードプライマーを含む 10 uL の反応溶液を用いた。なお、フォワードプライマー配列の 5' 末端に 4 つの蛍光標識（6-FAM, VIC, NED および PET）を付加した（Shimizu・Yano, 2011）。PCR 反応は、C1000 サーマルサイクラー（Bio-Rad Laboratories, Inc.）において、初期変性で 94°C を 3 分間行い、続いて 94°C の 20 秒, 54°C の 30 秒および 62°C の 30 秒を 40 回, 94°C の 20 秒, 49°C の 10 秒および 72°C の 5 秒を 3 回, そして最後に 72°C の 10 分とした。増幅産物は、GeneScan-600LIZ size standard（Applied Biosystems, Inc.）とともに、DNA アナライザー（model 3130xl, Applied Biosystems, Inc.）を用いて評価し、GeneMapper（Applied Biosystems, Inc.）で断片長を測定した。

サンプル間の遺伝的距離は、GenAlEx 6.502.（Peakall・Smouse, 2012）を用いて計算した。また、GenAlEx 6.502.では、多変量解析として、主座標分析（PCoA）を行い、葉茎菜用セイヨウアブラナ（「のらぼう菜」以外の品種・系統）と「のらぼう菜」の品種・系統に分けて、サンプル全体の遺伝的な分布を示す散布図を作成した。用いたマーカーの多型情報含有値（PIC）は、Miclosatelite tool kit（Park, 2001）で算出した。

3. 表現型における多様性評価

収集した 60 品種・系統のうち、調査で 17 品種・系統を栽培し（第 1 表）,

表現型の調査を行った。栽培は、明治大学生田キャンパス内の露地圃場（神奈川県川崎市，標高 60 m，淡色黒ボク土，pH 6.4，EC 0.09 ds · m⁻¹）で，2017 年 9 月～2018 年 4 月に行った。表現型は，葉茎菜用セイヨウアブラナの利用部位となる花茎の形態について調査した。

育苗は，2017 年 9 月 29 日にハウス内で 128 穴セルトレイに播種し，定植の 10 月 30 日まで行った。栽植様式は，株間 60 cm，畝幅 80 cm，条間 70 cm の 2 条植えとし，黒色マルチを土壌表面に被覆した。施肥は，小田原ら（1990）の報告を参考に，基肥として N: P₂O₅: K₂O = 15: 20: 15 kg · 10 a⁻¹ を施用し，追肥として N: P₂O₅: K₂O = 12: 0: 12 kg · 10 a⁻¹ を 2 回に分けて施用した。なお，追肥は主茎の伸長が始まる前で，株が越冬中の厳寒期に，定植日から約 1 か月の間隔で，12 月と 1 月に 1 回ずつ施用した。栽培管理として，主茎の摘心処理は，株の抽苔によって主茎に 2～3 cm の節間が発生した際に，主茎の上部から，主茎の本葉の 3 分の 1 に当たる葉数を除去した。試験区は，1 品種・系統につき 5 個体の 2 反復とした。調査は，1 次側枝を対象とし，側枝の先端で出蕾が確認された段階に行い，それぞれの品種・系統の生育に合わせて行った。前述の主茎の除去後は，1 次側枝が 1 個体から 10～16 本発生した。収穫は，側枝の下部に 1～3 葉（5～10 cm 程度）残るようにして一斉に収穫を行い，1 品種・系統につき，全個体から集めた中庸な 1 次側枝計 10～20 本を測定に用いた。調査項目は，花茎の重量（g）を長さ（cm）で割って平準化した単位総花茎重（g · cm⁻¹），葉部の重量（g）の花茎の重量における比率として算出した葉重率（%），花茎の葉数（枚）を長さ（cm）で割って平準化した単位葉数（枚 / cm），30 cm に切り揃えて測定した調製後花茎重（g），調製後葉重率（%）および調製後葉数（枚）の測定項目に加え，農林水産省の農林水産植物種類別審査基準（<http://www.hinshu2.maff.go.jp/info/sinsakijun/>

botanical_taxon.html) におけるアブラナ, ナタネ, カブおよび農業生物資源
ジーンバンクの植物特性評価マニュアル ([https://www.gene.affrc.go.jp/m
anuals-plant_characterization.php](https://www.gene.affrc.go.jp/manuals-plant_characterization.php)) におけるツケナを参考にして測定した,
花茎の太さ (3 = 細 ~ 7 = 太 ; 30 cm に切り揃えた花茎切断面の茎径 (m
m) に基づく), 花茎の着色 (2 = 無 ~ 淡, 3 = 中, 5 = 濃), 小葉数 (枚 ;
特性審査基準 ナタネ) に基づく), 葉面の毛じ (1 = 無, 2 = 有 ; 葉面の
顕著な毛じの有無), 鋸歯の多少 (1 = 無 ~ 7 = 多 ; 最大葉を評価) およ
び葉の光沢の有無 (1 = 無, 9 = 有 ; 葉部の顕著な光沢の有無 ; 最大葉を
評価) の観察項目を含め, 計 12 項目で構成した. 加えて, SPAD 値を, 花
茎から最大葉を選抜し, 葉緑素計 (SPAD-502 plus, コニカミノルタ (株))
を用いて測定した.

統計処理は, 葉茎菜用セイヨウアブラナ (「のらぼう菜」以外の品種・
系統) および「のらぼう菜」の表現型調査から得られたデータの平均値を
算出し, 品目間で有意差検定を行った.

第1表 供試した葉莖菜用セイヨウアブラナおよび「のらぼう菜」の計60品種・系統

No.	品種・系統名	原産地 (都道府県)	管理・入手先名 ²	備考	表現型解 析 ³
1	‘はるの輝’	岩手県	岩倉種苗店	-	-
2	かぶれ菜	福島県	農業生物資源ジーンバンク	-	-
3	‘ちぢみかぶれ菜’	福島県	(株) トーホク	-	-
4	‘三陸つぼみ菜’	福島県	野口種苗研究所	-	○
5	川流れ	新潟県	農業生物資源ジーンバンク	-	○
6	川流れ菜	新潟県	(株) トーホク	-	-
7	五月菜	新潟県	(株) トーホク	-	○
8	‘ちぢみ五月菜’	新潟県	(株) トーホク	-	-
9	かき菜×7系統	栃木県	佐野市内、(株)ウタネ、宇都宮種苗(株)および(株)トーホク	-	○
10	芯切菜×3系統	栃木県、東京都、神奈川県および不明	農業生物資源ジーンバンク、(株)トーホク	-	○
11	宮内菜×2系統	群馬県	農業生物資源ジーンバンク、野口種苗研究所	-	○
12	‘ちりめん冬菜’	埼玉県	野口種苗研究所	-	○
13	‘のらちゃん菜’	東京都、神奈川県	(有)つる新種苗	-	○
14	長島在来1	三重県	農業生物資源ジーンバンク	-	○
15	長島在来2	三重県	農業生物資源ジーンバンク	-	○
16	ゆめ菜 ⁴	岡山県	-	販売物より分析	-
17	博多な花おいしい菜 ⁴	福岡県	-	販売物より分析	-
18	つみ菜	不明	農業生物資源ジーンバンク	-	○
19	‘あでやかつぼみ菜’	-	野口種苗研究所	-	○
20	‘あまうまやわらかかき菜’	-	(株)サカタのタネ	F ₁ 種	○
21	‘ネムロルタバガ’	北海道	農業生物資源ジーンバンク	根菜	-
22	‘大朝鮮’	福岡県	農業生物資源ジーンバンク	油料種子	-
23	のらぼう菜×29系統	栃木県、埼玉県および神奈川県	農業生物資源ジーンバンク、(株)トーホク、野口種苗研究所、野原種苗(株)、比企郡嵐山町内、八王子市内、府中市内、あきる野市内および川崎市内	-	○

²生産者または農業協同組合から収集した品種・系統は、市町村を示した

³表現型の調査を行った品種・系統に「○」を示した

⁴販売物の名称

2) 「のらぼう菜」の遺伝的多様性と表現型

1. 供試材料

供試サンプルは、関東地方（埼玉県、東京都および神奈川県）の農産物直売所および生産者から収集した。サンプリングは、南北の広範囲からできる限り多様に集めるように行い、計4つの地域（A～D: 第1図）から合

計で 22 サンプルを収集した (第 2 表). サンプリングの 1 つの採取地点 (第 1 図における地域内の黒点) につき 1~3 サンプルを収集し, すべてのサンプルは 2015 年 4 月 20~25 日に収集した. 比較対照として, 葉菜用セイヨウアブラナの在来種である「かき菜」を, また, 外群として, 東京都多摩市から採取したコマツナ (*B. rapa* var. *rapifera*) の固定種をサンプルに含めた. サンプリング後は, サンプルを直ちにクーラーボックス (約 10°C) に入れ, 研究施設に運搬後, プレハブ冷蔵庫 (温度: 5°C, 湿度: 80%, 容積: 8.25 m³) にて一晩保存し, 翌日の午前中に分析を行った.

2. 表現型における多様性評価

表現型の形態形質については, 計 6 項目を調査した. このうち花茎における形態形質は, 先行研究において, 花茎を可食部とする葉菜用セイヨウアブラナの形質調査の事例がなかったため, 「のらぼう菜」の生産および流通現場における著者らの先行研究 (柘植ら, 2015) を参考に, サンプル間で外観のレベルで差が見られると考えられた量的形質を中心に選んだ. 6 項目は, 花茎重 (g), 調製長 (cm, 切断面から葉先まで), 花茎長 (cm, 切断面から花芽の先端まで), 葉重 (g), 葉数 (枚) および茎径 (mm; 切断面) である (第 2 図). データを収集したのち, 葉重率 (%; 葉重 (g) / 花茎重 (g) × 100) および葉先から花蕾の距離 (cm; 調製長 (cm) - 花茎長 (cm)) を算出した. また, 生産者ごとに調製長および花茎長が異なったため, 花茎重 (g) を調製長 (cm) で割った単位花茎重 (g · cm⁻¹), 葉数 (枚) を花茎長 (cm) で割った単位葉数 (枚 / cm) を算出した. なお, A-N-3 は, 表現型の調査用サンプルが不足したため, 形態形質を調査しなかった.

表現型の含有成分については, 葉緑素の SPAD 値, 可溶性固形物の Brix, アスコルビン酸, カルシウムおよび硝酸 (NO₃⁻) 含量の計 5 項目を測定し

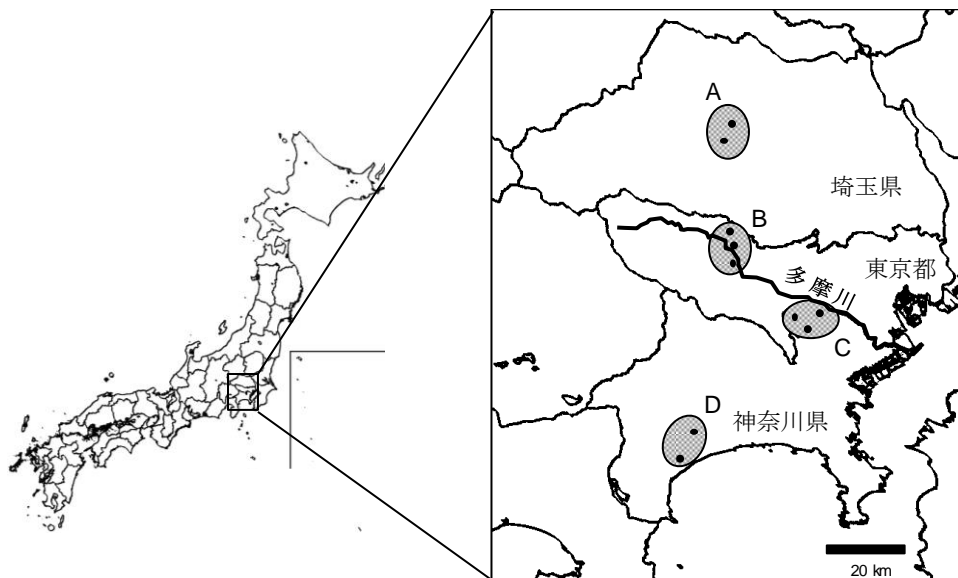
た．SPAD 値は，各サンプルの花茎から 10 枚の最大葉を選抜し，葉緑素計（SPAD-502 plus, コニカミノルタ（株））を用いて測定した．茎部における Brix は，デジタル式糖度計（PR-201 α ,（株）アタゴ）を用いて 5 反復測定した．アスコルビン酸，カルシウムおよび硝酸（NO₃⁻）含量は，RQ フレックス（Merck Ltd.）を用いて，1 サンプル当たり 3～5 反復で測定した．なお，アスコルビン酸とカルシウム（Hanson ら，2009）および硝酸（貝塚，2009）の 3 成分は，形態形質に基づく多様性解析の指標として，アブラナ属野菜品目における先行研究で品種間差が報告されている重要な成分のなかから選んだ．アスコルビン酸は，花茎から 5 g の新葉を採取し，45 mL の 8% メタリン酸溶液を加えて，家庭用ミキサー（BM-RS 型，象印マホービン（株））で 40 秒間破碎し，ろ過をして抽出した．カルシウムおよび硝酸（NO₃⁻）は，50 g の新鮮な花茎を，350 mL の蒸留水を加えて，家庭用ミキサー（BM-HS08 型，象印マホービン（株））を用いて 1 分間破碎し，ろ過をして抽出した．

収集したすべての表現型データは，エクセル統計 2012（（株）社会情報サービス）を用いて解析を行った．なお，サンプルの量が不足したため，D-K-2 および A-N-3（第 2 表）は含有成分の解析に含めなかった．

3. 遺伝子型における多様性評価（SSR 解析）

DNA の抽出およびは，各サンプルの幼葉から，DNeasy プラントミニキット（Qiagen, Hilden, Germany）の標準プロトコールを参考にして行った．1 サンプルにつき 1 枚の幼葉を選んで分析に用いた．SSR マーカーは，既報（Chen ら，2017）に基づき，明瞭で再現性があり，多型が認められた計 24 個を選ぶことにより，遺伝子型に基づく多様性解析に用いた（第 3 表）．SSR 遺伝子座の A および C ゲノムの数は，それぞれ 15 および 9 であった．PCR 反応では，DNA テンプレート 10 ng，1×KAPA 2G バッファー，

dNTP200 nM, MgCl₂ 0.5 mM, 0.1U KAPA 2G Fast DNA ポリメラーゼ (KAPA Biosystems, Inc.), 2 μM のリバースプライマーおよび 0.5 μM のフォワードプライマーを含む 10 uL の反応溶液を用いた。なお、フォワードプライマー配列の 5' 末端に 4 つの蛍光標識 (6-FAM, VIC, NED および PET) を付加した (Shimizu・Yano, 2011)。PCR 反応は、C1000 サーマルサイクラー (Bio-Rad Laboratories, Inc.) において、初期変性で 94°C を 3 分間行い、続いて 94°C の 20 秒, 54°C の 30 秒および 62°C の 30 秒を 30 回, 94°C の 20 秒, 49°C の 10 秒および 72°C の 5 秒を 3 回, そして最後に 72°C の 10 分とした。増幅物は、GeneScan-600LIZ size standard (Applied Biosystems, Inc.) とともに、DNA アナライザー (model 3130xl, Applied Biosystems, Inc.) を用いて評価し、GeneMapper (Applied Biosystems, Inc.) で断片長を測定した。遺伝的多様性指数, サンプル間の Nei の遺伝的距離 (Nei ら, 1983) および主座標分析 (PCoA) は、GenAlEx 6.502. (Peakall・Smouse, 2012) を用いて計算した。遺伝的多様性指数については、異なる対立遺伝子数 (N_a), 有効な対立遺伝子数 (N_e), Shannon の多様度指数 (I), ヘテロ接合度の観測値 (H_o) およびヘテロ接合度の期待値 (H_e) を各マーカーに対して算出した。各マーカーの多型情報含有値 (PIC) は、Cervus 3.0.7. (Kalinowski ら, 2007) で算出した。NJ (近隣結合) 系統樹は、Populations 1.2.32. (Langella, 1999) で得られた Nei の遺伝的距離に基づき、MEGA 6.0 (Tamura ら, 2013) を用いて作成した。ブートストラップ値 (1000 反復) は、PowerMarker (Liu・Muse, 2005) および Phylip (Felsenstein, 1989) を用いて算出し、NJ 系統樹にデータを付加した。



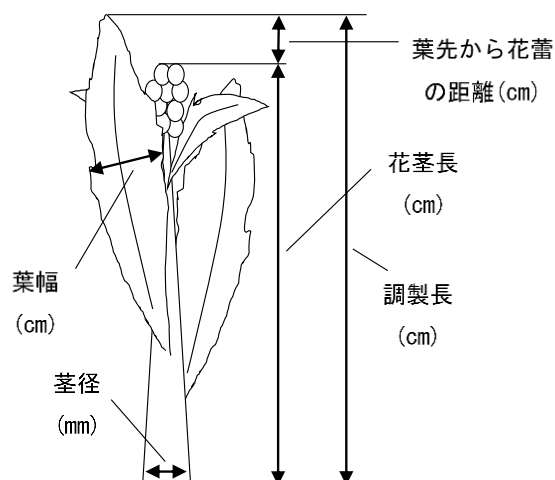
第1図 関東地方における「のらぼう菜」および「かき菜」22サンプルのサンプリング地域（黒塗りの領域：A～D）
サンプリング地域内の黒点は、正確なサンプリング地点を示す

第2表 埼玉県、東京都および神奈川県農産物直売所および生産者から収集した「のらぼう菜」および「かき菜」のサンプル一覧

サンプル	品目名 ²	収集地域 ³	市町村	都道府県
A-N-1	のらぼう菜	A	嵐山	埼玉
A-N-2	のらぼう菜	A	嵐山	埼玉
A-N-3	のらぼう菜	A	嵐山	埼玉
A-N-4	のらぼう菜	A	ときがわ	埼玉
A-K	かき菜	A	ときがわ	埼玉
B-N-1	のらぼう菜	B	青梅	東京
B-N-2	のらぼう菜	B	青梅	東京
B-N-3	のらぼう菜	B	青梅	東京
B-N-4	のらぼう菜	B	羽村	東京
B-N-5	のらぼう菜	B	羽村	東京
B-N-6	のらぼう菜	B	あきる野	東京
B-N-7	のらぼう菜	B	あきる野	東京
B-N-8	のらぼう菜	B	あきる野	東京
C-N-1	のらぼう菜	C	川崎	神奈川
C-N-2	のらぼう菜	C	川崎	神奈川
C-N-3	のらぼう菜	C	川崎	神奈川
D-N-1	のらぼう菜	D	秦野	神奈川
D-N-2	のらぼう菜	D	秦野	神奈川
D-N-3	のらぼう菜	D	小田原	神奈川
D-N-4	のらぼう菜	D	小田原	神奈川
D-K-1	かき菜	D	秦野	神奈川
D-K-2	かき菜	D	小田原	神奈川

²販売物のパッケージに表示または生産者から聞き取った品目名である

³第1図を参照



第2図 花茎の測定部位を示す模式図

第3表 24個のSSRマーカーにおける遺伝的多様性指標^z

マーカー名	連鎖群	<i>N_a</i>	<i>N_e</i>	<i>I</i>	<i>H_o</i>	<i>H_e</i>	PIC
BrGMS4031	A1	3	1.51	0.62	0.08	0.13	0.16
BRAS084	A1	5	3.10	1.34	0.00	0.31	0.56
BrGMS1411	A2	2	1.04	0.10	0.06	0.05	0.04
BrGMS2498	A3	2	1.17	0.28	0.00	0.06	0.08
BrGMS1569	A3	3	2.16	0.83	1.00	0.53	0.44
BrGMS0070	A5	6	2.23	1.14	0.04	0.32	0.42
BnEMS0753	A6	4	1.46	0.65	0.13	0.24	0.29
BrGMS3750	A6	2	1.57	0.55	0.08	0.22	0.32
BrGMS3837	A7	5	2.24	1.02	0.00	0.35	0.42
BrGMS0742	A8	4	1.46	0.65	0.10	0.22	0.29
BnGMS0281	A9	3	2.35	0.94	0.00	0.40	0.46
BrGMS3688	A10	4	2.51	1.05	0.13	0.36	0.51
BrGMS3857	A10	4	2.81	1.12	0.65	0.47	0.57
BnEMS0048	A10	8	3.72	1.57	0.15	0.45	0.66
BrGMS0086	A10	8	3.03	1.41	0.31	0.39	0.54
BoGMS0660	C2	2	1.18	0.29	0.00	0.11	0.15
BoEMS0016	C2	5	2.89	1.20	0.13	0.38	0.57
BoGMS2016	C2	9	3.91	1.69	0.46	0.45	0.68
BnGMS0289	C3	3	1.52	0.62	0.00	0.22	0.33
BnGMS347	C4	2	1.60	0.56	0.08	0.26	0.32
BnGMS0353	C6	3	2.49	0.98	0.13	0.54	0.51
BnGMS0336	C8	4	1.13	0.29	0.04	0.04	0.04
BoGMS1567	C9	2	1.28	0.38	0.00	0.06	0.08
BoGMS2504	C9	2	1.04	0.10	0.04	0.04	0.04
平均		3.96	2.06	0.81	0.15	0.27	0.36

^z*N_a*=異なる対立遺伝子数, *N_e*=有効な対立遺伝子数, *I*=Shannonの多様度指数, *H_o*=ヘテロ接合度の観測値, *H_e*=ヘテロ接合度の期待値, PIC=多型情報含有値

3) 「のらぼう菜」の栽培試験

1. 供試材料と栽培条件

川崎市在来系統の No.6 (川崎市農業技術支援センター) を用いた。栽培は、明治大学生田キャンパス内の露地圃場 (神奈川県川崎市, 標高 50 m) で、2014年9月～2015年5月 (以下, 2015年; 収穫年を表記), 2015年9月～2016年5月 (以下, 2016年), 2016年9月～2017年5月 (以下, 2017年) および 2017年9月～2018年5月 (以下, 2018年) に行い, 収穫期における試験を4年間にわたって行った。各試験における栽培条件を第4表に示す。土壌は、いずれも淡色黒ボク土であり, 播種, 鉢上げおよび定植の日付は, 相田 (1994) の報告を参考に, いずれの試験も, 播種は9月, 鉢上げは9～10月, 定植は11月に行った。育苗は, ハウス内で育苗床に播種し, 本葉2～3枚展開期に9 cm ポットに鉢上げした。栽植様式は, 畝間70 cm, 株間60 cm の1条植えとし, 土壌表面を黒色マルチで被覆した。施肥は, 小田原ら (1990) の報告を参考に, 基肥として $N:P_2O_5:K_2O = 15:20:15 \text{ kg} \cdot 10 \text{ a}^{-1}$ を施用し, 追肥として $N:P_2O_5:K_2O = 12:0:12 \text{ kg} \cdot 10 \text{ a}^{-1}$ を2回に分けて施用した。なお, 追肥は主茎の伸長が始まる前で, 株が越冬中の厳寒期に, 定植日から約1か月の間隔で, 12月と1月に1回ずつ施用した。

2. 主茎の摘心強度

主茎の摘心強度の検討は 2015～2018 年に行った。摘心処理 (第3図) は抽苔開始期に行い, 主茎を上部から数えて5葉程度除去し, 株の4分の1程度の本葉数を除去する摘心強度 (以下, 弱) と, 主茎を上部から数えて10葉程度除去し, 株の2分の1程度の本葉数を除去する摘心強度 (以下, 強) の計2処理区とした。摘心の方法は, 摘心強度が弱の場合, 手で主茎の上部を折り, 摘み取るように収穫し, 強の場合, 主茎の下位節に刃物を用いて切り込みを入れながら, 最後は手で折り取って収穫した。

主茎を摘心したのち、発生した側枝部位の花茎は、野村（2001）および小田原ら（1991）の報告を参考に、1次側枝は0～4葉、それ以外の側枝は0～3葉残るようにして収穫した。

3. 収量調査の方法

試験の規模は、2015年が1区5株3～4反復、2016年が1区5株3反復、2017年および2018年が1区5株2反復とし、収量調査は、1株ごとに行った。収穫の時期は、各処理区において、収穫開始日から収穫終了日までの期間を日数で3等分し、それぞれを前期、中期および後期とした。前期は主茎と1次側枝、中期は2次側枝、後期は3次側枝以降が中心に収穫された。収穫は、柘植ら（2015）の報告を参考に、1次側枝では葉先までの長さが30cm以上に達した花茎を、2次側枝以降では出蕾した花茎を収穫した（2015年は、上記の段階に達した花茎が1株から5本以上発生した時に、達していない花茎も含めて一斉に収穫した）。収穫本数は、1株から収穫した花茎の本数とした。総花茎重は、1株から発生した花茎の発生量を示し、収穫した花茎すべての重量とした。可販収量は、吉田（1998）の報告と川崎市の「のらぼう菜」における出荷袋の大きさ（柘植ら、2018）を参考に、30cm以上に伸長した花茎は30cm長に揃えて重量を測定した。平均1本重は、花茎の品質に関わる値であり、値が高いほど品質が優れることを示し（元木、2003；柘植ら、2015）、可販収量を収穫本数で割った値とした。収穫終了日は、生産現場に合わせ、気温上昇に伴い、花茎における奇形の発生状況や、花茎の繊維質化と硬化による商品価値の損失、うどんこ病の発生程度などから判断した。なお、2018年のみ、総花茎重の調査は5月7日までとしたが、収穫本数および可販収量の調査のみ、2018年4月25日までとした。積算地上部重は、花茎の発生量も含めた総合的な地上部のバイオマスを示し、収穫終了後に花茎を生産した株の地上部の重量

を測定し、総花茎重の値を加算することにより算出した。また、株の形態と収量および品質との関係を解析するため、主茎径を、1次側枝の最下節位において計測した。統計処理は、主茎の摘心処理の開始までに欠株または顕著に生育不良であった株を除き、積算地上部重のデータを基準に上下値を外して、中庸な6~16株について行った。

4. 側枝の切り戻し

側枝の切り戻しは、2018年に行い、ほかの試験年と同じ圃場に加え（以下、圃場1）、明治大学生田キャンパス内のもう1か所の露地圃場（標高60m）でも試験を行った（以下、圃場2）。また、試験の規模は、1区5株1反復とし、主茎の摘心後に発生する1次側枝の収穫時から開始し、圃場1は4月3日、圃場2は3月29日から開始した。試験区は、切り戻しを行わない無処理区と切り戻しの強度が異なる4つの処理区とした。切り戻しの強度が異なる4つの処理区においては、収穫後に複数の葉が残った側枝に対して、弱い切り戻しと強い切り戻しを行った。弱い切り戻しは、側枝の葉数が2葉の時には1葉、3葉のときには2葉、4葉の時には3葉、5葉以上の時には4葉を側枝に残し、強い切り戻しは、側枝の葉数が2葉の時には0葉、3葉のときには1葉、4葉の時には2葉、5葉以上の時には3葉を側枝に残し、弱い切り戻しと強い切り戻しの間には、常に側枝に残す葉数で1葉の差をつけた。次に、収穫の全期間中に弱い切り戻しを行う処理区を強度1、2次側枝の発生の最盛期まで弱い切り戻しを行い、それ以降は収穫終了まで強い切り戻しを行う処理区を強度2、1次側枝の発生の最盛期まで弱い切り戻しを行い、それ以降は収穫終了まで強い切り戻しを行う処理区を強度3、収穫の全期間中に強い切り戻しを行う処理区を強度4とし、切り戻しの強度が異なる計4つの処理区を設けた。切り戻しの実際の方法は、収穫の前期では、側枝における収穫後の残茎部が軟弱で

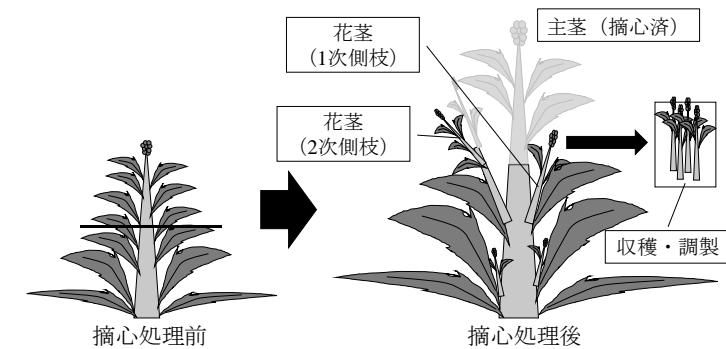
あったため、手で残茎部を折り、収穫の中期以降では、株の生育ステージも進み、側枝における収穫後の残茎部が硬くなっていたため、刃物を用いて残茎部を切除することで、切り戻した。なお、側枝の切り戻しでは、無処理区において、切り戻しによる花茎の切除部位が発生せず、総花茎重と可販収量が同一値であったため、総花茎重は解析しなかった。

5. 統計処理

統計処理は、エクセル統計 2012 ((株) 社会情報サービス) を用いて行った。時期別の収穫本数および平均 1 本重の変動については、前期、中期および後期の各収穫時期別に有意差検定を行った。主茎の摘心時期および摘心強度の検討については、それぞれ試験の違いを含む二元配置分散分析を行ったのち、各処理区間の有意差検定を行った。試験の違いによる分散の有意性を解析するため、収穫本数、総花茎重および可販収量については、収穫開始日から収穫終了日まで、積算地上部重については、定植日から収穫終了日までの日数で割り、1 日当たりの値に換算して統計処理を行った。側枝の切り戻しでは、はじめに、強度が最も強い切り戻しの処理区を「あり」、切り戻しを行わない無処理区を「なし」とした。次に、無処理を加えて、全処理区間の有意差検定を行った。統計処理は、側枝の切り戻しの開始までに欠株または顕著に生育不良であった株を除き、積算地上部重のデータを基準に上下値を外して、中庸な 3 株について行った。なお、圃場 2 については、欠株および顕著に生育不良であった株が発生せず、処理区内の生育が全体的に揃っていたことから、調査した全株を対象とした。

第4表 各試験における栽培条件

試験	土壌条件		日付		
	pH	EC ($\text{ds} \cdot \text{m}^{-1}$)	播種	鉢上げ	定植
2015年	6.7	0.18	2014年9月 1日	2014年 9月22日	2014年11月19日
2016年	6.9	0.10	2015年9月 1日	2015年10月18日	2015年11月17日
2017年	6.5	0.10	2016年9月 1日	2016年 9月29日	2016年11月28日
2018年	6.0	0.11	2017年9月29日	2017年10月26日	2017年11月16日



第3図 「のらぼう菜」の主茎の摘心処理とその後の花茎の収穫までの模式図

結果および考察

1) 葉茎菜用セイヨウアブラナと「のらぼう菜」の遺伝的多様性と表現型

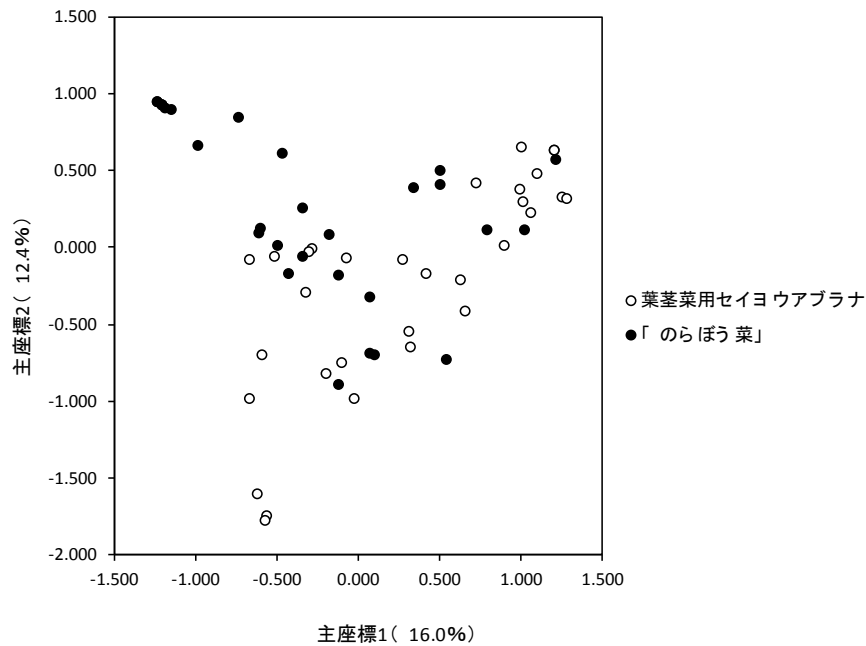
日本国内から収集した葉茎菜用セイヨウアブラナ 60 品種・系統の遺伝子型を解析した結果、用いた SSR マーカーの PIC 値は、平均で 0.47 であった。また、得られた遺伝子型のデータについて、主座標分析を行った結果、主座標 1 から 3 までの累積寄与率が 37.27% であり、主座標 1 は 16.02%、主座標 2 は 12.44%、主座標 3 は 8.80% を示した (第 5 表)。主座標 1 と 2 の散布図では、「のらぼう菜」(計 29 品種・系統) は、一部の品種・系統が、主座標 1 (横軸) のマイナス方向かつ主座標 2 (縦軸) のプラス方向で、ほかの葉茎菜用セイヨウアブラナの品種・系統とはやや異なる位置に

プロットされた。しかし、「のらぼう菜」の多くの品種・系統が、葉茎菜用セイヨウアブラナの品種・系統とほぼ同じ位置にプロットされ、「のらぼう菜」は、葉茎菜用セイヨウアブラナとは異なる位置に、明確にはプロットされなかった（第4図）。そのため、「のらぼう菜」の遺伝子型は、日本国内の葉茎菜用セイヨウアブラナと、一部の品種・系統で異なるものの、多くの品種・系統で類似していることが推察された。

次に、表現型について、形態形質の得られたデータから平均値を算出した結果、計12項目のうち、2項目のみ、葉茎菜用セイヨウアブラナと「のらぼう菜」の間に有意差が確認された（第6表、第7表）。有意差が確認された項目のうち、花茎の太さは、葉茎菜用セイヨウアブラナが「のらぼう菜」に比べて大きく、鋸葉の多少も、葉茎菜用セイヨウアブラナが「のらぼう菜」に比べて大きかった。また、葉緑素計を用いて、葉部のSPAD値を測定した結果、葉茎菜用セイヨウアブラナと「のらぼう菜」の間には、有意差が確認されず、同等であった（第5図）。

第5表 葉茎菜用セイヨウアブラナおよび「のらぼう菜」において主座標分析を行った際の固有値、寄与率および累積寄与率

項目	主座標1	主座標2	主座標3
固有値	34.40	26.72	18.90
寄与率 (%)	16.02	12.44	8.80
累積寄与率 (%)	16.02	28.46	37.27



第4図 葉茎菜用セイヨウアブラナおよび「のらぼう菜」の計60品種・系統を品目別にプロットした主座標分析における散布図（SSR解析）

第6表 葉茎菜用セイヨウアブラナおよび「のらぼう菜」の品目別における表現型（測定項目）の平均値の比較

品目	単位総花茎重 (g・cm ⁻¹)	葉重率 (%)	単位葉数 (枚/cm)	調製後花茎重 (g)	調製後葉重率 (%)	調製後葉数 (枚)
葉茎用セイヨウアブラナ	1.5±0.1	38.4±2.4	0.12±0.00	30.9±1.7	36.4±2.7	3.9±0.1
「のらぼう菜」	1.6±0.2	39.7±3.3	0.13±0.01	28.6±2.0	34.8±1.9	4.4±0.2
有意差	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

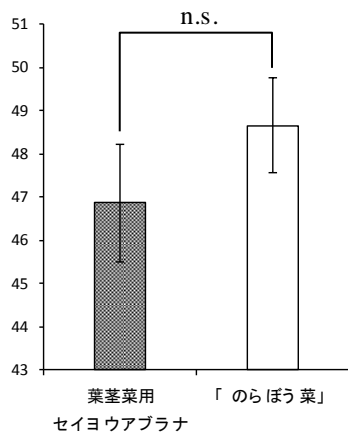
注) 平均値±標準誤差
t検定により、n.s.は有意差なしを示す

第7表 葉茎菜用セイヨウアブラナおよび「のらぼう菜」の品目別における表現型（観察項目）の平均値の比較

品目	花茎の太さ	花茎の着色	小葉数	葉面の毛じ	鋸歯の多少	葉の光沢の有無
葉茎用セイヨウアブラナ	5.3±0.3	2.1±0.1	2.00±0.2	1.0±0.0	4.1±0.3	1.6±0.6
「のらぼう菜」	5.2±0.2	2.7±0.2	2.00±0.0	1.0±0.1	3.8±0.2	2.3±1.3
有意差	*	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.

注) 花茎の太さ：3=細～7=太，花茎の着色：2=無～淡，3=中，5=濃，小葉数の多少：枚，葉面の毛じの有無：1=無，2=有，鋸歯の多少：1=無～7=多および葉の光沢の有無：1=無，9=有

平均値±標準誤差
t検定により、*は5%水準で有意差あり，n.s.は有意差なしを示す



第5図 葉茎菜用セイヨウアブラナおよび「のらぼう菜」の品目別における SPAD 値の平均値の比較

縦棒は標準誤差を示す

t 検定により, n.s.は有意差なしを示す

2) 「のらぼう菜」の遺伝的多様性と表現型

SSR 解析における Nei の遺伝的距離に基づいてクラスター解析を行い, NJ 系統樹を作成した結果, 本研究で供試した計 23 サンプルが, ブートストラップ値 100 と 58 で 3 つのグループとコマツナに別れた (第 6 図). グループ 1 は, グループ 1a および 1b のサブグループを含み, ブートストラップ値 35 で別れた. グループ 1a は, すべての「のらぼう菜」サンプルが同じ地域 B 内で栽培されており, 地理的に近かった. しかし, 「かき菜」サンプルである A-K も, グループ 1a の「のらぼう菜」サンプルのなかに分類された. グループ 1b は, 全体の 52% のサンプルを占める最も大きなグループであり, 3 つの地域 (A, B および D) から集めた「のらぼう菜」12 サンプルから構成された. 一方, 神奈川県川崎市内にある地域 C (第 1 図) から集めたすべての「のらぼう菜」サンプル (C-N-1, C-N-2 および C-N-3) は, いずれもグループ 2 に分類された. グループ 2 は, グループ 1 とはブートストラップ値 58 で別れた. 最後に, 神奈川県の南西部の地域 D (第 1 図) から集めた 2 つの「かき菜」サンプル (D-K-1 および D-K-2) は, グループ 3 に分類され, グループ 1 および 2 から, ブートストラップ値 100 で別れた (第 6 図).

表現型の計 11 項目における平均値を, 異なる遺伝子型のグループごと

に算出した（第 8 表）。その結果，グループ 1 は，アスコルビン酸含量が
少ない傾向であった（ $133 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}\text{FW}$ ）。しかし，グループ 1 は，単位
花茎重および葉幅の値がほかのグループに比べて有意に高く，葉重率がほ
かのグループに比べて高い傾向であった。グループ 2 は，地域 C（第 1 図）
から収集した「のらぼう菜」サンプルからなり，ほかのグループに比べて
葉先から花蕾の距離，単位葉数および茎径の値が有意に低く，葉重率が低
い傾向であった。しかし，グループ 2 のアスコルビン酸含量は，ほかのグ
ループに比べて多い傾向であった。グループ 3 は，SPAD 値，Brix および
カルシウム含量の値が有意に低く，特にカルシウム含量は，グループ 2 の
カルシウム含量に対して 35%であった。

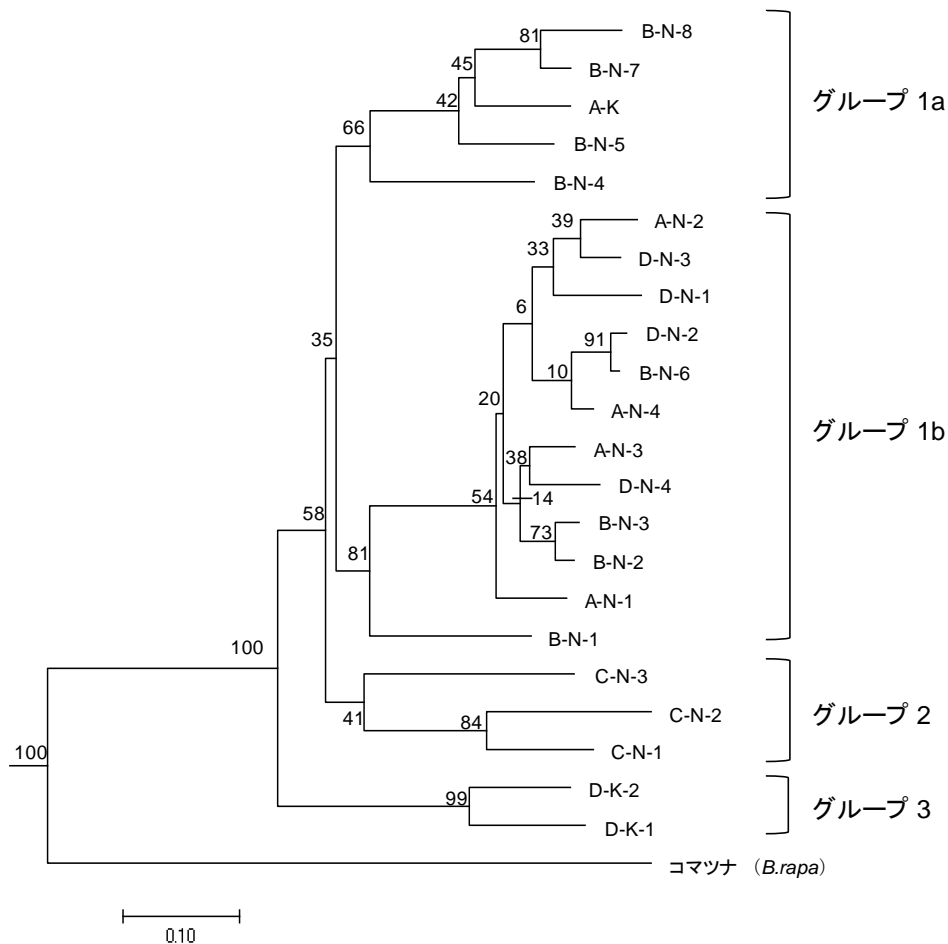
以上の結果を踏まえると，遺伝子解析におけるクラスター解析の結果か
ら，「のらぼう菜」は，遺伝子型の異なる集団から構成されるものと考え
られた。また，本研究では「かき菜」もサンプルに含めて解析を行い，そ
の結果，「かき菜」は，2つのサンプル（D-K-1 および D-K-2）が，「のらぼ
う菜」集団（グループ 1 および 2 から構成）と別れ，グループ 3 に分類さ
れた。グループ 3 における含有成分の平均値は，SPAD 値，Brix およびカ
ルシウム含量の値が低く，「かき菜」と「のらぼう菜」の違いは，葉色や含
有成分などに現れる可能性がある（第 8 表）。しかし，第 8 表の結果から，
グループ 3 に分類された「かき菜」サンプルは，グループ 1 または 2 の
「のらぼう菜」サンプルと形態形質が類似した。さらに，埼玉県から収集
した「かき菜」サンプル（A-K）は，4つの「のらぼう菜」サンプルと同じ
グループ 1a に分類されたことから，「かき菜」の一部は，「のらぼう菜」
と遺伝的に類似するものと考えられる。

グループ 2 で構成された「のらぼう菜」集団は，地域 C（第 1 図）から
集めたサンプルのみを含み，グループ 1 で構成された「のらぼう菜」集団

から別れた（第 6 図）. グループ 2 の地域 C（川崎市）から集めた「のらぼう菜」サンプルは，大多数の「のらぼう菜」サンプルに比べて，遺伝子型とともに，表現型にも特徴が見られた（第 8 表）. グループ 2 の形態形質の項目において，葉先から花蕾の距離は，ほかの遺伝子型のグループに比べて小さく（第 8 表），花蕾が葉先から明瞭に目視できる形質を示した（第 2 図）. そのため，花蕾の形成が比較的早い形質を示した可能性がある.

グループ 1 に分類された大多数の「のらぼう菜」サンプル（第 6 図）については，グループ 1a と 1b が低めのブートストラップ値（35）で別れており，それらはグループ 1 と 2 の分類に比べて信頼性が低いものと考えられた. 一方，グループ 1 に含まれる大多数の「のらぼう菜」サンプルは，表現型の形態形質として重い花茎重と大きな葉部を示し，アスコルビン酸含量は少ない傾向であった（第 8 表）. グループ 1 のなかでも，グループ 1b は，「のらぼう菜」サンプルのみを含み，そのうち，B-N-2 や B-N-3 などのグループ内のサンプルは，同じ地域 B から集めたものであり，地理的に近く，遺伝的にも関係が近かった. しかし，A-N-2 と D-N-3 および A-N-3 と D-N-4 の組合せ（いずれも地域 A と D の組合せ）は，地理的に最も遠かったものの（第 1 図），遺伝的には関係が近かった. 例えば，グループ 1a とグループ 2 のサンプル間の関係は，遺伝的な違いが見られたものの，サンプリング地域（B および C）の直線的な距離は，23 km 程度であった. しかし，グループ 1b の A-N-3 と D-N-4 の関係は，遺伝的に関係が近接していたものの，サンプリング地域（A および D）の直線的な距離は，85 km 程度であった. そのため，グループ 1b における A-N-2，A-N-3，D-N-3 および D-N-4 の種子は，地域間で共有されていた可能性があり，それらの種子は，種苗会社や行政などの管理を通じて共有されたものと推察される.

また、「のらぼう菜」サンプルのみにおいて、サンプルをサンプリング地域ごとに分類し、各サンプリング地域の遺伝的分化係数 (F_{st}) (値は 0~1 の範囲で、大きければ遺伝的に分化していることを示す) を分析したところ、全体の平均で 0.039 ($P=0.144$) を示した。そのため、グループ 1 の遺伝子解析の結果から、グループ 1 が 84% の「のらぼう菜」サンプルの数を占めるとともにそれらは多くの地域が由来しており、「のらぼう菜」の集団全体の地理的分化は見られないものと考えられた。



第 6 図 「のらぼう菜」および「かき菜」22 サンプルの SSR 解析による Nei の遺伝的距離に基づいて作成した NJ (近隣結合) 系統樹 (クラスター解析) 外群として、コマツナ (*B. rapa*) もサンプルに含めた 系統樹の節における数値は 1,000 反復によるブートストラップ値を示す

第8表 「のらぼう菜」および「かき菜」21 サンプルの異なる遺伝子型グループにおける表現型の計11項目の平均値²

グループ	単位花茎重 (g・cm ⁻¹)	葉重率 (%)	葉先から花蕾 の距離 (cm)	単位葉数 (枚/cm)	葉幅 (cm)	茎径 (mm)	SPAD値	Brix (°)	アスコルビン酸 (mg・100g ⁻¹ FW)	カルシウム (mg・100g ⁻¹ FW)	硝酸(NO ₃) (mg・100g ⁻¹ FW)
1	0.51 ± 0.16 ^a	37.6 ± 10.7 a	3.4 ± 2.7 a	0.18 ± 0.04 a	6.7 ± 1.8 a	7.2 ± 1.3 a	43.8 ± 5.6 a	5.7 ± 0.8 a	133 ± 34 b	60 ± 19 a	88 ± 45 a
2	0.39 ± 0.26 b	31.9 ± 10.9 b	1.1 ± 1.8 b	0.15 ± 0.02 b	5.4 ± 2.9 b	5.9 ± 1.8 b	44.1 ± 4.1 a	5.5 ± 0.7 a	172 ± 39 a	85 ± 37 a	60 ± 46 a
3	0.44 ± 0.18 b	35.0 ± 10.5 ab	3.4 ± 2.7 a	0.17 ± 0.05 a	5.7 ± 2.0 b	7.3 ± 1.6 a	40.4 ± 5.2 b	4.8 ± 0.2 b	140 ± 21 ab	30 ± 8 b	25 ± 9 a
分散分析 ³	12.6**	8.3**	21.5**	7.2**	12.6**	23.2**	3.9*	7.7**	7.3**	8.5**	4.0*

² A-N-3は調査せず

³ 平均値 ± 標準偏差

⁴ Tukey-Kramerの多重比較検定により、同じ符号を持たない水準間に5%水準で有意差あり

*一元配置分散分析をグループ間で行い、数値はF値を示し、*は5%、**は1%水準で有意であることを示す

3) 「のらぼう菜」の栽培試験結果

「のらぼう菜」の栽培試験を4年間にわたって行った結果、収穫開始日、収穫終了日および栽培日数は、収穫開始日が3月2～17日、収穫終了日が5月7～11日であり、定植日から収穫開始日までの栽培日数が96～121日、収穫開始日から収穫終了日までの栽培日数は52～67日であった(第9表)。また、それらの栽培日数を合計すると162～174日であった。それらの栽培日数は、圃場を占有する期間の目安になるものと考えられた。著者らが多摩川流域(あきる野市、川崎市)で聞き取りを行った結果では、本研究よりも早い時期に定植または生育段階で収穫開始する事例が見受けられた。そのため、「のらぼう菜」の定植や収穫開始などは、本研究よりもめられる可能性があることから、「のらぼう菜」の作型に関わる調査は、今後にもさらに検討する必要がある。

「のらぼう菜」の時期別の収穫本数、総花茎重、可販収量および平均1本重を見ると、収穫本数は、2015年において、後期が前期および中期に比べて多く、2016および2017年において、前期から後期に移行するに従って多くなり、2018年において、中期および後期が前期に比べて多かった(第7図)。総花茎重は、2015年において、時期の間に有意差が認められず、2016年において、前期から後期に移行するに従って軽くなった。しかし、2017年において、中期および後期が前期に比べて重く、2018年にお

いて、前期から後期に移行するに従って重くなった。可販収量は、2015 および 2017 年において、時期の間に有意差が認められず、2016 年において、中期および後期が前期に比べて少なかった。しかし、2018 年において、中期および後期が前期に比べて重かった。平均 1 本重は、2015 年において、後期が前期および中期に比べて軽く、2016 および 2017 年において、前期から後期に移行するに従って軽くなり、2018 年において、中期および後期が前期に比べて軽かった。

次に、主茎の摘心処理について、「のらぼう菜」が分類されるセイヨウアブラナの生育ステージは、一般的に播種から出蕾までが栄養成長期、開花から莢の種を採種できる時期までが生殖成長期に分けられ (Harper・Berkenkamp, 1975)、茎葉を利用する「のらぼう菜」の収穫は、栄養成長期に行われる。また、セイヨウアブラナは、栄養成長期に花蕾を除去すると茎葉などの栄養器官が増大すると報告されているため (Noquet ら, 2004)、主茎の摘心処理により、「のらぼう菜」の品質などが変化するものと考えられる。そこで本研究では、主茎の摘心強度の検討を行い、助成いただいた試験年のデータを含め、4 年間にわたるデータを解析した。二元配置分散分析の結果、試験には、いずれの項目においても有意性が認められたものの、摘心強度には、いずれの項目においても有意性が認められなかった (第 10 表)。交互作用には、積算地上部重に有意性が認められた。摘心強度間の比較の結果、収穫本数は、いずれの試験年においても摘心強度の間に有意差が認められなかった。総花茎重は、2017 年において、弱が強に比べて重かったものの、ほかの 3 つの試験年において、摘心強度の間に有意差が認められなかった。積算地上部重は、2017 年において、弱が強に比べて重かったものの、ほかの 3 つの試験年において、摘心強度の間に有意差が認められなかった。可販収量は、いずれの試験年においても摘心強度の

間に有意差が認められなかった。平均 1 本重は、いずれの試験年においても摘心強度の間に有意差が認められなかった。既報 (Shabani ら, 2013) では、セイヨウアブラナの子実体において、葉面積指数 (LAI) と株の成長率は正の相関関係にあると報告されていることから、強い強度の摘心では、株が多くの茎葉を失い、花茎の発生量や生育、収量などが低下すると推測される。しかし、以上の収穫本数、総花茎重、積算地上部重および可販収量の解析結果 (第 10 表) から、基本的に主茎の摘心強度の違いは「のらぼう菜」の収量に影響を及ぼさないものと考えられ、本研究では、花茎の発生量や生育、収量などの顕著な低下は見られなかった。一方、平均 1 本重も、以上の結果から摘心強度の間に有意差は見られなかった。しかし、第 7 図と同様、収穫期間を収穫開始日から収穫終了日までの日数で 3 等分し、それぞれ前期、中期および後期に分けて時期別で平均 1 本重を解析したところ、収穫の前期のみにおいて、強い強度の摘心が弱い強度の摘心に比べて重くなり、収穫の前期では、2017 年を除くいずれの試験年においても有意差が認められた (第 8 図)。強い強度の摘心では、収穫の前期において、下位節から発生する側枝を利用する傾向になり、それらの側枝は、上位節から発生する側枝に比べて大きな形態で発生したものとする。

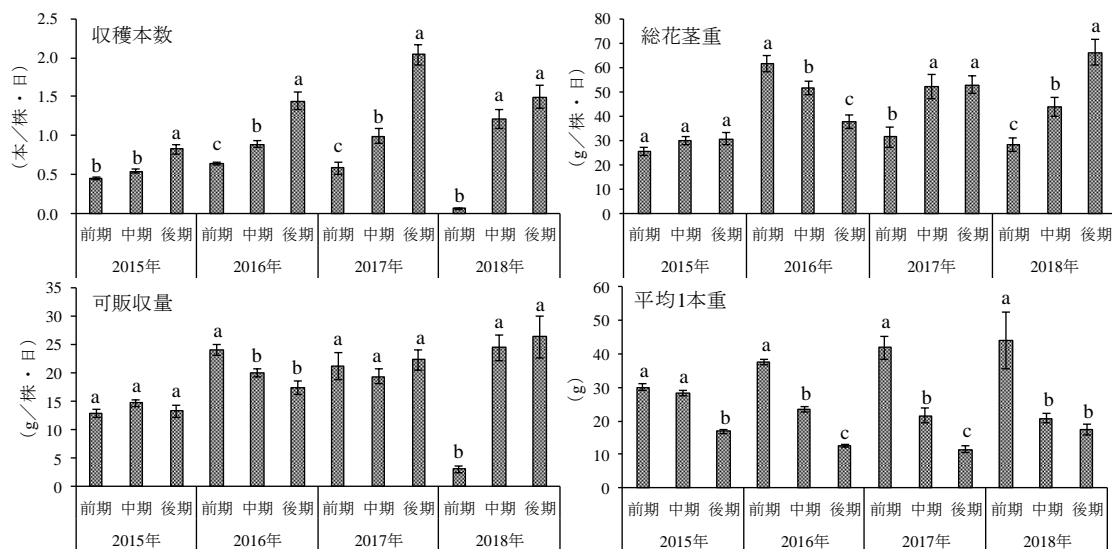
以上から、「のらぼう菜」の主茎の摘心処理において、摘心強度を強くすることにより、収量の顕著な減少は見られず、収穫の前期に平均 1 本重が増加するものと考えられた。

次に、側枝の切り戻し処理の検討として、切り戻しの有無と強度の違いについて解析したところ、圃場 1 において、収穫本数および可販収量は、強度を強くするに従って減少する傾向であったが、積算地上部重および平均 1 本重は、いずれの処理区も同等であった (第 9 図)。また、圃場 2 において、収穫本数および積算地上部重は、圃場 1 と同様な傾向であったが、

可販収量は、いずれの処理区も同等であり、平均1本重は、強度を強くするに従って増加する傾向であった。それらの結果から、「のらぼう菜」では、側枝の切り戻し処理は、収穫本数を減らし、収量の減少を招く可能性があるものの、品質の向上効果が得られる可能性も示唆された。

第9表 「のらぼう菜」の収穫開始日、収穫終了日および栽培日数

試験	収穫開始日 (a)	収穫終了日 (b)	栽培日数(日)		
			定植日～a	a～b	合計
2015年	3月13日	5月11日	113	61	174
2016年	3月2日	5月7日	106	67	173
2017年	3月4日	5月8日	96	66	162
2018年	3月17日	5月7日	121	52	173



第7図 「のらぼう菜」の時期別の収穫本数、総花茎重、可販収量および平均1本重の変動
縦棒は標準誤差を示す (n = 12~70)
各試験の時期間において、Tukey-Kramerの検定により、異符号間に P < 0.05 で有意差あり

第 10 表 主茎の摘心強度の違いが「のらぼう菜」の収量および品質に及ぼす影響

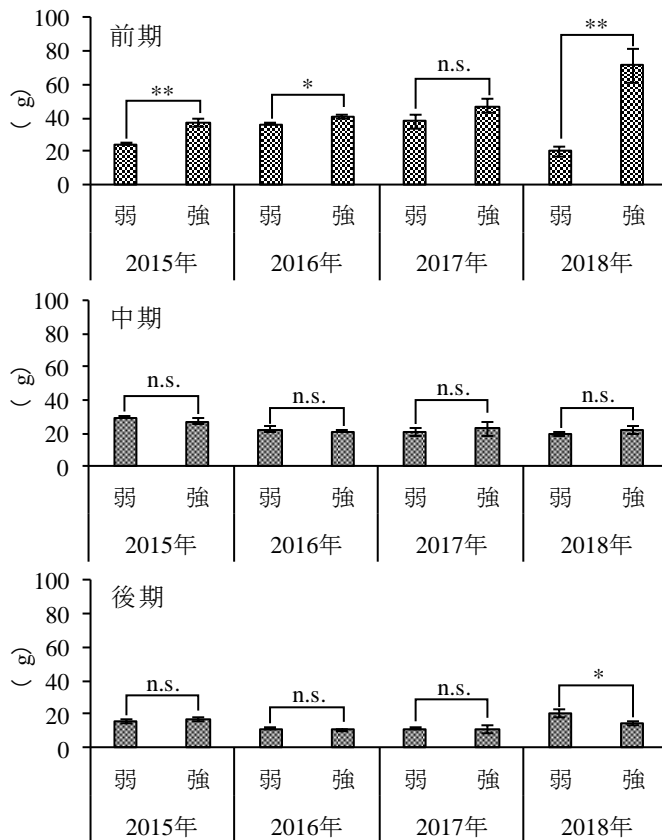
試験	摘心強度	収穫本数 (本/株・日) ^z	総花茎重 (g/株・日)	積算地上部重 (g/株・日)	可販収量 (g/株・日)	平均1本重 (g)
2015年	弱	0.69 ± 0.06 ^y	32.5 ± 2.2	20.3 ± 0.9	14.2 ± 1.2	21.1 ± 1.0
	強	0.72 ± 0.06	33.5 ± 2.0	19.1 ± 0.8	16.5 ± 1.0	23.5 ± 1.0
2016年	弱	1.11 ± 0.08	54.0 ± 3.2	23.9 ± 1.6	22.5 ± 1.0	21.0 ± 1.0
	強	1.07 ± 0.07	57.9 ± 3.4	26.5 ± 1.1	21.2 ± 0.9	20.3 ± 0.9
2017年	弱	1.29 ± 0.08	49.9 ± 3.2	33.0 ± 2.1	22.0 ± 1.6	17.0 ± 0.7
	強	1.09 ± 0.11	39.8 ± 3.2	24.0 ± 1.5	19.5 ± 0.9	19.2 ± 2.6
2018年	弱	0.97 ± 0.12	44.4 ± 3.0	20.3 ± 1.3	19.6 ± 2.1	20.4 ± 1.2
	強	0.88 ± 0.08	48.0 ± 2.4	20.9 ± 0.7	16.4 ± 0.9	19.2 ± 1.2
分散分析 ^w						
試験 (A)		** (<0.001)	** (<0.001)	** (<0.001)	** (<0.001)	** (0.008)
摘心強度 (B)		n.s. (0.192)	n.s. (0.849)	n.s. (0.065)	n.s. (0.207)	n.s. (0.448)
交互作用 (A×B)		n.s. (0.526)	n.s. (0.132)	** (<0.001)	n.s. (0.088)	n.s. (0.286)

^z 収穫本数, 総花茎重および可販収量は収穫開始日から, 積算地上部重は定植日から, 収穫終了日までの日数で割り, 1日当たりの値に換算した

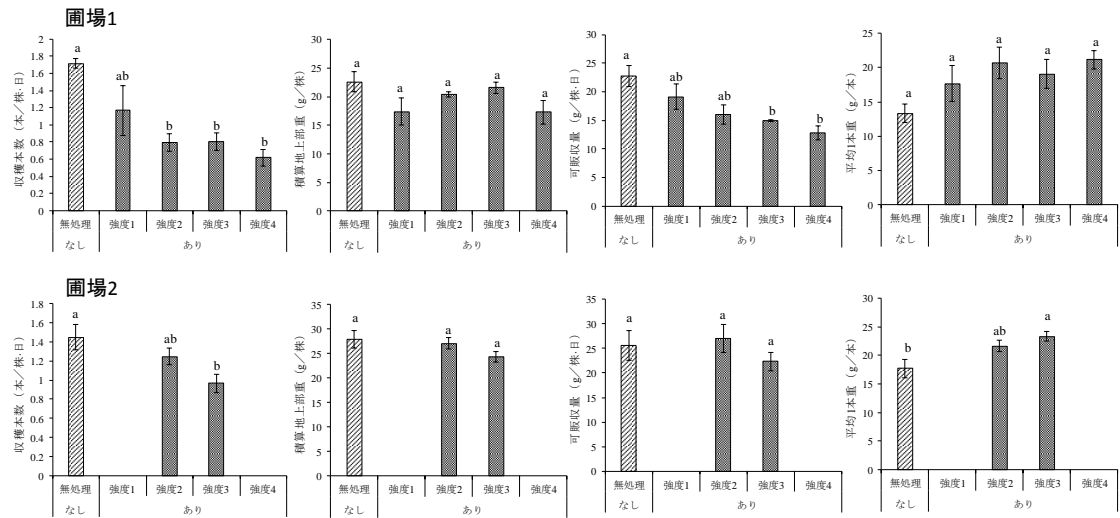
^y 平均値±標準誤差 (n=6~16)

^x t検定により, *はP<0.05, **はP<0.01, n.s.は有意差なしを示す

^w 二元配置分散分析により, () 内はP値を示し, *はP<0.05, **はP<0.01を示す



第 8 図 主茎の摘心強度の違いが「のらぼう菜」の時期別の平均 1 本重に及ぼす影響
 時期は, 収穫開始日から収穫終了日までの期間を日数で 3 等分し, それぞれを前期, 中期および後期とした
 縦棒は標準誤差を示す (n = 6~16)
 t 検定により, *は P<0.05, **は P<0.01, n.s.は有意差なしを示す



第9図 側枝の切り戻しの有無および強度の違いが「のらぼう菜」の収量および品質に及ぼす影響
 Tukey-Kramer の多重比較検定により，異なるアルファベットを持つ水準間に 5%水準で有意差あり
 縦棒は標準誤差を示す (n = 3~5)

第 3 章 在来「コマツナ」

緒言

公益財団法人多摩市文化振興財団により、地域農業を営む生産者への聞き取り調査を実施した際、東京都多摩市関戸の狼谷戸における生産圃場から、固有な形態形質を示すアブラナ属の葉菜（前章の「のらぼう菜」で供試した葉茎菜のうち、特に葉部を利用する品目（本章で供試した「のらぼう菜」も、本章では葉菜と表記する）が見つかった。生産者（1918年生まれ）からの聞き取り調査では、先代から対象の葉菜を「コマツナ」（以下、「狼谷戸在来」）と呼び、良食味であったことから、代々自家採種を行ってきたということであった。著者らの研究では、「狼谷戸在来」は、遺伝子解析の結果、アブラナ属葉菜（カブなどの根部を利用する葉根菜類も、本章では葉菜と表記する）のなかでも *Brassica rapa* L.（以下、*B. rapa*）に分類され、形態形質の調査の結果、地下部が肥大する *B. rapa* の品種・系統群に分類された（肌野ら，2017）。そのため、東京都多摩市関戸の狼谷戸で見つかった「狼谷戸在来」は、新たな地域在来野菜として登録できる可能性がある。しかし、地域在来野菜として登録を進めるためには、生産者の協力のもと、ほかのアブラナ属葉菜との類縁関係を明らかにし、形態形質や品質などの違いを把握することが必要である。そこで、本研究では、形態形質および品質の調査として、2018年は、アブラナ属葉菜 27種（第11表）の含有成分量を調査した。また、2019年は、江戸東京野菜を含む東京都を原産とする葉菜、過去の形態調査（肌野ら，2017）の結果、「狼谷戸在来」に最も近かった‘女池菜’および「狼谷戸在来」の計 12種（第12表）に絞り、形態形質および含有成分量を調査した。

ところで、近藤（1934）は、*B. rapa* の種皮の表面構造により、水胞体が存在する A 型と水胞体が存在しない B 型に分類した。渋谷・岡村（1954）

は、日本に古くから存在する、いわゆる和種系カブの多くが A 型であり、洋種系カブが B 型であることを明らかにした。また、青葉（1961b）の報告では、A 型の種皮をもつ品種は、おもに中部地方以南に分布し、B 型の種皮をもつ品種は中部地方以北に分布するとしている。そのため、種皮型を調査することにより、「狼谷戸在来」の来歴が説明できる可能性がある。そこで、本研究では、ほかのアブラナ属葉菜との類縁関係を明らかにすることを目的に、「狼谷戸在来」の種皮型を調査した。

第 11 表 アブラナ属葉菜 27 品種・系統のサンプルリスト（1 年目）

No.	品種・系統名	品目	入手先	原産地 (都道府県)
1	早池峰菜	ツケナ	野口種苗研究所	岩手県
2	仙台芭蕉菜	ツケナ	野口種苗研究所	宮城県
3	三河島菜	ツケナ	野口種苗研究所	東京都
4	女池菜	ツケナ	野口種苗研究所	新潟県
5	長岡菜	ツケナ	野口種苗研究所	新潟県
6	大崎菜	ツケナ	野口種苗研究所	新潟県
7	鳴沢菜	ツケナ	野口種苗研究所	山梨県
8	源助菜	ツケナ	野口種苗研究所	長野県
9	稲核菜	ツケナ	野口種苗研究所	長野県
10	野沢菜	ツケナ	野口種苗研究所	長野県
11	大和マナ	ツケナ	野口種苗研究所	奈良県
12	金町小かぶ	カブ	タキイ種苗(株)	東京都
13	東京長かぶ	カブ	野口種苗研究所	東京都
14	天王寺カブ(切れ葉)	カブ	野口種苗研究所	大阪府
15	天王寺カブ(丸葉)	カブ	野口種苗研究所	大阪府
16	本紅かぶ	カブ	(株)アタリヤ農園	-
17	耐病ひかりかぶ	カブ	タキイ種苗(株)	-
18	ごせき晩成小松菜	コマツナ	野口種苗研究所	東京都
19	新晩成小松菜	コマツナ	野口種苗研究所	東京都
20	みすぎ	コマツナ	(株)サカタのタネ	-
21	ごせき芯とり菜	芯とり菜	野口種苗研究所	東京都
22	新山東菜	山東菜	野口種苗研究所	東京都
23	東京べか菜	ベカナ	野口種苗研究所	東京都
24	緑陽	チンゲンサイ	(株)トーホク	-
25	三池高菜	タカナ	野口種苗研究所	福岡県
26	のらぼう菜	のらぼう菜	野口種苗研究所	東京都
27	「狼谷戸在来」	-	-	東京都

第 12 表 アブラナ属葉菜 12 品種・系統のサンプルリスト（2 年目）

No.	品種・系統名	品目	入手先	原産地 (都道府県)
1	ごせき晩成小松菜	コマツナ	野口種苗研究所	東京都
2	新晩成小松菜	コマツナ	野口種苗研究所	東京都
3	みすぎ	コマツナ	(株)サカタのタネ	-
4	三河島菜	ツケナ	野口種苗研究所	東京都
5	女池菜	ツケナ	野口種苗研究所	新潟県
6	金町小かぶ	カブ	タキイ種苗(株)	東京都
7	東京長かぶ	カブ	野口種苗研究所	東京都
8	ごせき芯とり菜	芯とり菜	野口種苗研究所	東京都
9	新山東菜	山東菜	野口種苗研究所	東京都
10	東京べか菜	べか菜	野口種苗研究所	東京都
11	のらぼう菜	のらぼう菜	野口種苗研究所	東京都
12	「狼谷戸在来」	-	-	東京都

材料および方法

1) 形態形質および含有成分量

栽培は、明治大生田キャンパス（神奈川県川崎市多摩区、標高 65 m、赤黄色土、pH 6.7、EC 0.18 mS・cm⁻¹）の露地圃場で 2 年間行い、1 年目は 2018 年 9 月 26 日、2 年目は 2019 年 9 月 25 日にバーミキュライトを充填した 200 穴セルトレイに播種し、1 年目は 10 月 20 日、2 年目は 10 月 21 日に定植した。なお、1 年目は 27 種、2 年目は 12 種のアブラナ属葉菜を使用した。栽植様式は、畝間 80 cm、条間 15 cm および株間 15 cm の 4 条植えとし、土壌表面を黒マルチで被覆した。施肥は、基肥として N:P₂O₅:K₂O = 17: 10: 17 kg・10 a⁻¹ を施用した。試験区は 1 区 4 株 4 反復とした。収穫は、コマツナの出荷適期とされる草丈 22~25 cm に全種が達した段階で一斉に行った（1 年目は 11 月 19 日、2 年目は 11 月 14 日）。調査は中庸な 8 個体を用いて行った。両年ともに、含有成分量として、アスコルビン酸、カルシウムおよび硝酸（NO₃⁻）含量を調査した。

アスコルビン酸、カルシウムおよび硝酸（NO₃⁻）含量は、RQ フレック

ス (Merck Ltd.) を用いて、1 サンプル当たり 3 反復で測定した。アスコルビン酸は、5 g の地上部に、45 mL の 8% メタリン酸溶液を加えて、家庭用ミキサー (BM-RS 型、象印マホービン (株)) で 40 秒間破碎し、ろ過をして抽出した。カルシウムおよび硝酸 (NO_3^-) は、50 g の地上部を、350 mL の蒸留水を加えて、家庭用ミキサー (BM-HS08 型、象印マホービン (株)) を用いて 1 分間破碎し、ろ過をして抽出した。2 年目は、可溶性固形物の Brix (以下、糖度) もデジタル式糖度計 (PR-201 α , (株) アタゴ) を用いて 3 反復測定した。

また、2 年目は、形態形質として、農林水産省植物種類別審査基準に準じ、根の膨らみ、根径 (mm)、地上部重 (g)、草丈 (cm)、葉柄径 (mm)、葉身長 (cm)、葉柄長 (cm) および葉幅 (cm) を調査した。その後、形態形質および含有成分量 (アスコルビン酸、カルシウム、硝酸 (NO_3^-) および糖度) の調査結果から、エクセル統計 2012 ((株) 社会情報サービス) を用いて、主成分分析を行った。データは、大井・佐藤 (2002) を参考に、統計処理の前に標準化を行った。

2) ほかのアブラナ属の葉菜との類縁関係

当初は、SSR マーカーを用いた遺伝子解析を行い、サンプル間の遺伝的な類縁関係を解析する予定であった。しかし、種皮型を調査し、「狼谷戸在来」の来歴を大きく捉えることが重要であると判断し、種皮型を調査することによって、ほかのアブラナ属葉菜との類縁関係の考察を行った。

種皮型の調査は、矢澤ら (1986) に準じ、おもに酢酸エチルおよびセライトを使用して調査した。セライト粉衣種子を A 型とし、セライトが付着しなかった種子を B 型とした。

結果および考察

1) 形態形質および含有成分量

2019年の調査結果をもとに主成分分析を行った結果、主成分1の固有値が5.15、寄与率が46.81%であり、主成分2の固有値が2.13、寄与率が19.40%であった(第13表)。また、固有値が1.00以上であった主成分4までの累積寄与率は92.00%であった。主成分1の因子負荷量は、葉柄径、葉幅、葉身長、地上部重および根の膨らみの順に絶対値が高く、主成分1では葉の形状および根の大きさを示すものと考えられた。主成分2の因子負荷量は、草丈の値が最も高く、主成分2では植物体の高さを示すものと考えられた。主成分3および4の因子負荷量は、硝酸(NO_3^-)の値がいずれも最も高かった。これらの主成分分析の結果を、主成分1および2から構成される主成分得点散布図に反映させた(第10図)。「狼谷戸在来」は、「ごせき晩成小松菜」、「新晩成小松菜」および「みすぎ」(以下、コマツナグループ)と近い位置にプロットされた。また、「狼谷戸在来」は、東京都を原産とする葉菜と異なる位置にプロットされたため、ほかの東京都を原産とする葉菜と形態形質および含有成分量の点で異なることが明らかになった。

本研究で調査対象とした品種・系統のアスコルビン酸、カルシウムおよび硝酸(NO_3^-)含量を第11図～第13図に示した。

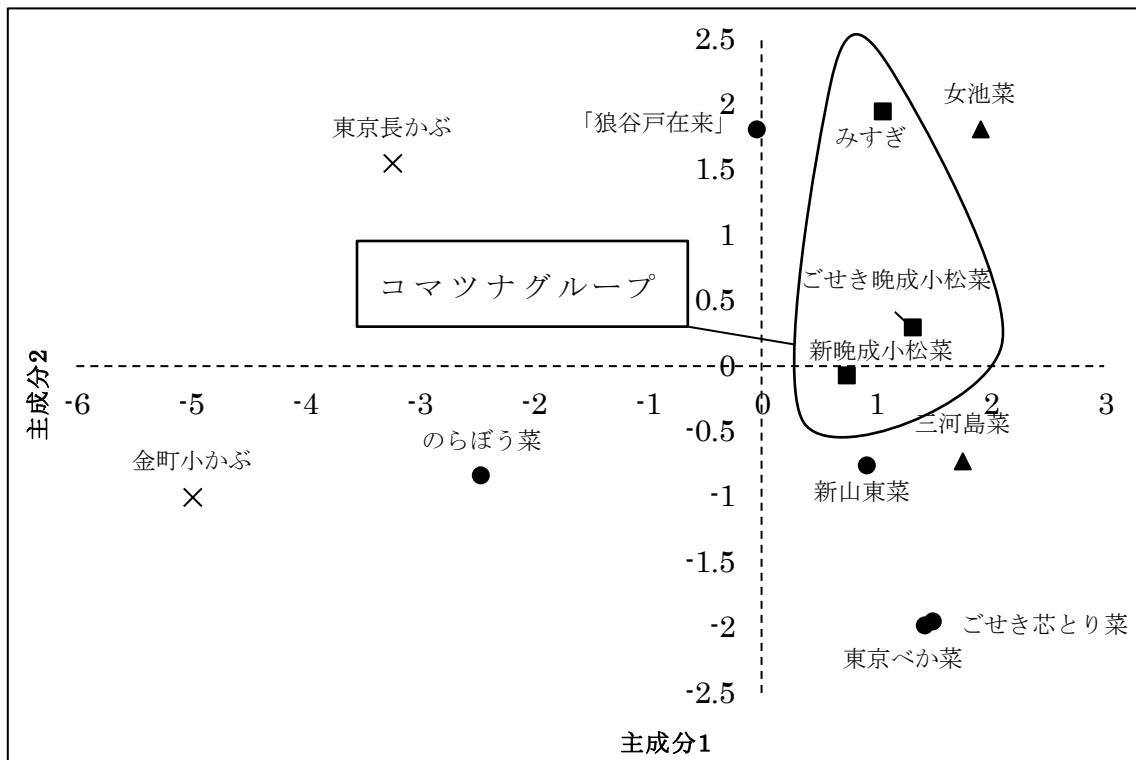
2年目のアスコルビン酸含量は、1年目(肌野ら, 2019)と同様、「ごせき芯とり菜」、「東京べか菜」および「新山東菜」がほかの品種・系統に比べて低い傾向であった(第11図)。また、2年目のアスコルビン酸含量は、1年目(肌野ら, 2019)と同様、「のらぼう菜」が最も高かった。有田・宮尾(2003)は、江戸東京野菜の含有成分量の調査の結果、「のらぼう菜」および「金町小かぶ」は、アスコルビン酸含量がほかの江戸東京野菜に比べ

て多かったと報告しており、本試験の「のらぼう菜」の結果と一致した。また、2年目の「狼谷戸在来」のアスコルビン酸含量は、供試品種の中間的な値であった。2年目のコマツナグループのカルシウム含量は、ほかの品種系統と同様であった（第12図）。また、2年目の「狼谷戸在来」のカルシウム含量は、1年目（肌野ら，2019）と同様、コマツナグループと類似していた。コマツナは、カルシウムや鉄分、ビタミン類などがほかの葉菜類に比べて多い特徴をもつと報告されている（野呂，2001）。2年目のコマツナグループの硝酸（ NO_3^- ）含量は、1年目（肌野ら，2019）と同様、ほかの品種・系統と同等であった（第13図）。また、2年目の「狼谷戸在来」の硝酸（ NO_3^- ）含量は、1年目（肌野ら，2019）と同様、コマツナグループと類似していた。

以上から、「狼谷戸在来」は、含有成分量において、コマツナグループと類似したものの、形態形質においては、東京都を原産とする葉菜との差異が確認された。そのため、「狼谷戸在来」は、著者らの先行研究（肌野ら，2017）と同様、新たな遺伝資源である可能性が示唆された。

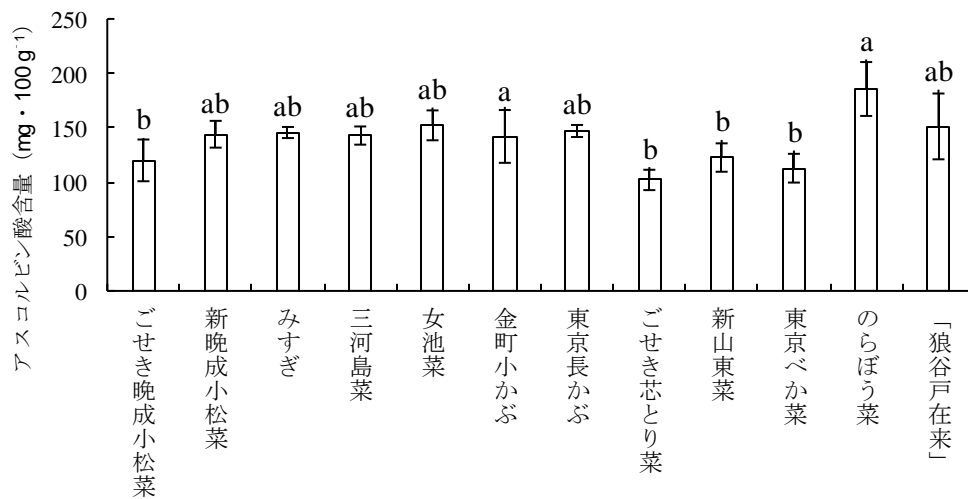
第 13 表 アブラナ属葉菜 12 品種・系統における表現型計 11 項目を対象
とした主成分 1~4 の固有値，寄与率および因子負荷量

	主成分1	主成分2	主成分3	主成分4
固有値	5.15	2.13	1.75	1.09
寄与率 (%)	46.81	19.40	15.88	9.91
累積寄与率 (%)	46.81	66.21	82.09	92.00
	因子負荷量			
葉柄径	0.883	-0.220	0.183	-0.311
葉幅	0.844	0.370	-0.009	0.336
葉身長	0.795	0.284	0.207	-0.363
地上部重	0.764	0.532	0.181	0.078
草丈	0.662	0.723	0.030	-0.040
硝酸(NO ₃ ⁻)	0.032	-0.105	0.707	0.652
アスコルビン酸	-0.449	0.446	-0.649	0.294
根径	-0.613	0.533	0.475	-0.034
葉数	-0.665	0.008	0.620	0.004
糖度	-0.666	0.678	-0.174	0.015
根の膨らみ	-0.734	0.328	0.275	-0.478



第 10 図 アブラナ属葉菜 12 品種・系統の主成分分析を行った際の主成分得点による散布図 (2 年目)

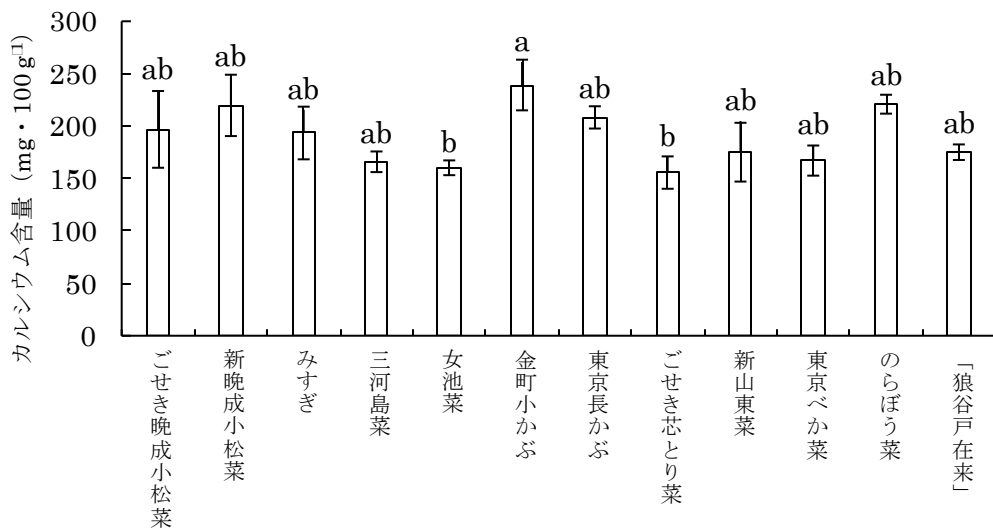
■コマツナ, ▲: ツケナ, ×: カブ, ●: その他



第 11 図 アブラナ属葉菜 12 品種・系統のアスコルビン酸含量 (2 年目)

縦棒は標準偏差を示す (n=3)

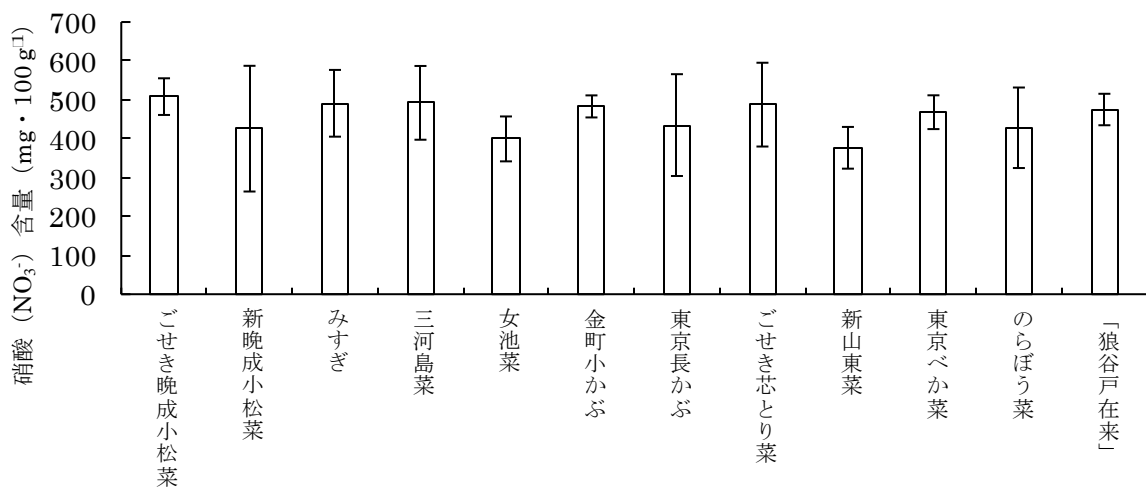
Tukey の多重検定により, 異符号間に $P < 0.05$ で有意差あり



第 12 図 アブラナ属葉菜 12 品種・系統のカルシウム含量 (2 年目)

縦棒は標準偏差を示す (n=3)

Tukey の多重検定により, 異符号間に P<0.05 で有意差あり



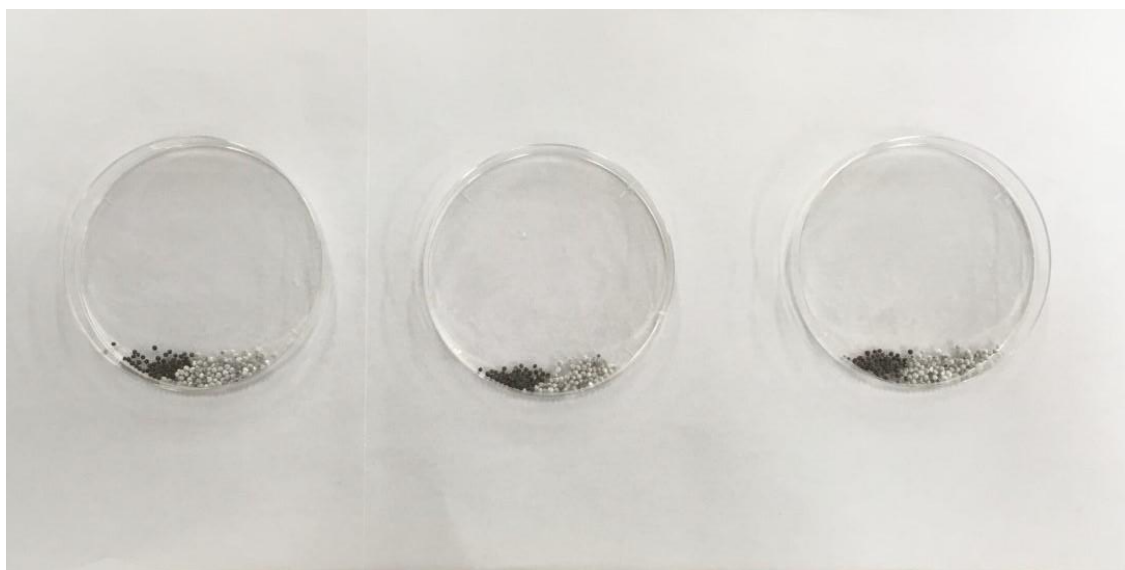
第 13 図 アブラナ属葉菜 12 品種・系統の硝酸 (NO₃⁻) 含量 (2 年目)

縦棒は標準偏差を示す (n=3)

Tukey の多重検定により, 品種・系統間には有意差が確認されなかった

2) ほかのアブラナ属葉菜との類縁関係

種皮型の調査を行ったところ、「狼谷戸在来」の種皮型は、A および B 型が混在していた（第 14 図）。青葉（1961a）は、A 型の種皮型（おもに中部地方以南に分布）を片親とした F₁ 種はいずれも A 型の種皮型となり、A および B 型の種皮型が混在する品種と B 型の種皮型の品種（おもに中部地方以北に分布）との F₁ 種では B 型の種皮型の品種の個体が見られたと報告している。そのため、「狼谷戸在来」は、おもに中部地方以北に分布する B 型の種皮型の品種・系統と A および B 型の種皮型が混在する品種・系統のアブラナ属葉菜内で交配を繰り返して成立した可能性が示唆された。



第 14 図 「狼谷戸在来」の種皮型の割合（n=3）

白（セライト粉衣種子）：A 型

黒（セライトが付着しなかった種子）：B 型

第4章 総合考察

「のらぼう菜」

本研究では、葉茎菜用セイヨウアブラナの一つであり、多摩川流域で古くから栽培されている在来種の「のらぼう菜」について、遺伝的由来の把握を目的とした調査を行った。その結果から、関東地方で栽培されている「のらぼう菜」の遺伝子型は、日本国内の葉茎菜用セイヨウアブラナと、一部の品種・系統が異なるものの、多くの品種・系統が類似するものと推察された。しかし、「のらぼう菜」の集団を中心に着目した遺伝子解析の結果から、「のらぼう菜」の遺伝子型は均一でないものと考えられた。さらに、同じ葉茎菜用セイヨウアブラナである在来種の「かき菜」と「のらぼう菜」は、遺伝子型において違いが見られたものの、一部の「かき菜」サンプルが「のらぼう菜」と同じクラスターに分類された。それらの結果から、「のらぼう菜」の遺伝的な由来は、原産が同一であるなど、限られたセイヨウアブラナを由来としない可能性が示唆された。しかし、葉茎菜用セイヨウアブラナで解析した主座標分析では、主座標2までの累積寄与率が30%以下であり、本研究で解析したのは核の遺伝子であったことなどから、今後、「のらぼう菜」の遺伝的由来をさらに解析するためには、サンプル数をさらに増やすとともに、母系遺伝する葉緑体の遺伝子も併せて解析する必要があると考える。

「のらぼう菜」の栽培特性における調査では、主茎の摘心処理および側枝の切り戻しについて調査を行った。それらの結果から、強い強度で主茎を摘心することにより、平均1本重が重い花茎を生産でき、その後の側枝の切り戻しの強度を変えることにより、収量と品質（平均1本重）が変化することが明らかになった。特に、「のらぼう菜」の収穫における最初の栽培管理である主茎の摘心処理は、著者らの多摩川流域（あきる野市、川

崎市)における現地調査において、生産者または地域の違いによって、摘心の時期(著者らの過去の研究(Tsugeら, 2017)により実証済み)および強度が異なっていたことを確認しており、「のらぼう菜」の栽培法が統一されていないことが見受けられた。そのため、本研究で明らかになった栽培法は、生産現場において、「のらぼう菜」の品質を統一させる栽培法として適用できる可能性がある。さらに、本研究では、「のらぼう菜」とほかの葉茎菜用セイヨウアブラナ3品種および*B. rapa*の葉茎菜1品種を用いて、同様な強い強度の摘心を行い、同一環境条件下で栽培を行って見たところ、晩生性を示す一部の品種を除き、収量および品質(平均1本重)には顕著な違いが見られなかった。しかし、「のらぼう菜」において、側枝の切り戻しの検討では、強度を強くするに従って、平均1本重が重くなるメリットがあった一方、同時に減収する傾向があったため、側枝の切り戻しにおける強度(方法)は、栽培管理中の施肥量や株の生育状況(定植した時期の影響)などに合わせて調節する必要がある。そのため、「のらぼう菜」の栽培試験における今後の課題として、養分吸収特性の解析(長野県, 2011)や定植時期の検討、受光量の解析(井上ら, 2008)などを行うことにより、総合的に「のらぼう菜」の栽培法を検討していく必要がある。

以上から、前述の「のらぼう菜」の主茎の摘心処理によって、「のらぼう菜」以外の葉茎菜用セイヨウアブラナも含めて栽培を行った場合、「のらぼう菜」は、本研究で供試した葉茎菜用セイヨウアブラナのなかでも、収量および品質において、特徴的な結果を示さなかった。そのため、「のらぼう菜」と同じ栽培法でほかの葉茎菜用セイヨウアブラナを栽培した場合、「宮内菜」のような一部の品種を除き、収量および品質には顕著な違いが見られないことが推察された。

在来「コマツナ」

「狼谷戸在来」は、含有成分量の点で、コマツナグループと類似したものの、形態形質の点では、東京都を原産とする葉菜との差異が確認された。また、種皮型の調査の結果、「狼谷戸在来」は、おもに中部地方以北に分布するアブラナ属葉菜の品種・系統内で交配を繰り返して成立した可能性が示唆された。

以上から、「狼谷戸在来」は、新たな地域在来野菜として登録できる可能性がある。今後は、本研究で得られた知見をもとに、江戸東京野菜や多摩の伝統野菜として提案し、宅地開発により固有の野菜類の遺伝資源が急激に減少している多摩丘陵において、新たな地域在来野菜の提案による農業の活性化につなげていきたい。

本研究で得られた結果の一部は、2019年の園芸学会春季大会（柘植・元木，2019）、2019年の園芸学会秋季大会（肌野ら，2019）、*The Horticulture Journal* Volume 89 Issue 1 “Assessment of Genetic Diversity Based on Phenotypic Traits and Microsatellite Markers in *Brassica napus* L. Landrace in the Kanto Region, Japan (Norabona)”（Tsugeら，2020）および園芸学研究 19号 3巻「川崎市に在来する「のらぼう菜」（*Brassica napus* L.）の主茎の摘心処理が収量に及ぼす影響」（柘植・元木，2020）において公表済みです。

本報告書の一部は、明治大学大学院博士後期課程3年の柘植一希（共同研究者，助手）が作成した博士学位請求論文「葉茎菜用セイヨウアブラナ（*Brassica napus* L.）および在来種「のらぼう菜」における遺伝的多様性の評価と高品質安定栽培技術の確立」（令和6年3月25日に全文公開予定）、柘植・元木（2020）「川崎市に在来する「のらぼう菜」（*Brassica napus*

L.) の主茎の摘心処理が収量に及ぼす影響，園芸学研究」において，加筆・修正を加えたものです．また，本報告書の研究データの一部は，投稿予定の学術論文に使用します．

謝辞

本研究の一部は，筑波大学 植物育種学研究室との共同研究により実施されました．解析法をご教授いただきました，筑波大学生命環境系准教授吉岡洋輔先生，実験および解析におきまして，技術をご提供いただきました，筑波大学 植物育種学研究室の陳 蕤坤先生および同研究室の西 典子氏に心より感謝の意を表します．また，学外の生産および流通現場におきましては，本研究を遂行するに当たり，「菅のらぼう保存会」会長の高橋孝次氏には，川崎市在来「のらぼう菜」系統における詳細かつ歴史的な背景の情報から種苗のご提供および栽培に関するご指導，東京都多摩市の井上正吉氏には，現地圃場の栽培管理および種子のご提供をいただきました．この場をお借りして感謝の意を表します．本研究の遂行に当たり，川崎市農業技術支援センターの古山和弘氏および岩淵裕樹氏には多くのご協力をいただきました．この場をお借りして感謝の意を表します．

本研究の一部は，2018～2019年度の（公財）東急財団の「多摩川およびその流域の環境浄化に関する基礎研究，応用研究，環境改善計画のための研究・活動助成」のご支援により実施されました．心より感謝の意を表します．

引用文献

- 相田 功友. 1994. 自家用として古くから栽培されていた特産野菜 東京都西多摩郡五日市町の「のらぼう菜」生産. 農耕と園芸. 49 (2) : 152-155.
- 青葉 高. 1961a. 本邦蔬菜在来品種の分類と地理的分布に関する研究 (第2報). 園学雑. 30 : 147-152.
- 青葉 高. 1961b. 本邦蔬菜在来品種の分類と地理的分布に関する研究 (第3報). 園学雑. 30 : 318-324.
- 有田 俊幸・宮尾 茂雄. 2003. 東京伝統野菜のビタミン C および硝酸態窒素含有量と加工原料としての一考察. 東京都立食品技術センター研究報告. 12 : 12-16.
- Chen, R., T. Hara, R. Ohsawa and Y. Yoshioka. 2017. Analysis of genetic diversity of rapeseed genetic resources in Japan and core collection construction. *Breeding Sci.* 67: 239-247.
- Felsenstein, J. 1989. PHYLIP-Phylogeny Inference Package (version 3.2). *Cladistics* 5: 164-166.
- 肌野 宝星・仙仁 径・井上 正吉・元木 悟. 2019. 東京都多摩市で発見されたコマツナに類似した在来種の形態形質および品質に関する調査 (第2報). 園学研. 18 (別2) : 197.
- 肌野 宝星・柘植 一希・加藤 万穂・井上 正吉・仙仁 径・元木 悟. 2017. 東京都多摩市で発見されたコマツナに類似した在来種の形態的形質に関する調査. 園学研. 16 (別1) : 163.
- Hanson, P., R. Yang, L. Chang, L. Ledesma and D. Ledesma. 2009. Contents of carotenoids, ascorbic acid, minerals and total glucosinolates in leafy brassica pakchoi (*Brassica rapa* L. *chinensis*) as affected by season and

- variety. *J. Sci. Food Agr.* 89: 906-914.
- Harper, F. R. and B. Berkenkamp. 1975. Revised growth-stage key for *Brassica campestris* and *B. napus*. *Can. J. Plant Sci.* 55: 657-658.
- 井上勝広・重松 武・尾崎行生. 2008. アスパラガスの半促成長期どり栽培の収量に及ぼす地上茎の誘引と二次分枝の除去期間の影響. *園学研.* 7: 91-95.
- 貝塚隆史. 2009. コマツナ (*Brassica campestris* L.) の植物体内における硝酸態窒素の集積と低減に関する研究. *茨城農総セ園研報.* 3: 1-53.
- Kalinowski, S. T., M. L. Taper and T. C. Marshall. 2007. Revising how the computer program CERVUS accommodates genotyping error increases success in paternity assignment. *Mol. Ecol.* 16: 1099-1106.
- 近藤万太郎. 1934. 日本農林種子学続編. 各論. p. 285-362. 養賢堂. 東京.
- Langella, O. 1999. Populations, 1.2.32. <<http://bioinformatics.org/~tryphon/populations/>>.
- Liu, K. and S. Muse. 2005. PowerMarker: integrated analysis environment for genetic marker data.
- 元木 悟. 2003. アスパラガスの作業便利帳. 株づくりと長期多収のポイント. p. 130-132, 152. 農文協. 東京.
- 長野県. 2011. ブロッコリーの養分吸収特性に基づいた肥培管理法. 新しく普及に移す農業技術 平成 23年度第 2回. 長野県公式ホームページ. <<https://www.pref.nagano.lg.jp/nogi/sangyo/nogyo/gijutsu/fukyugijutsu/201102/documents/112h14.pdf>>.
- Nei, M., F. Tajima and Y. Tateno. 1983. Accuracy of estimated phylogenetic trees from molecular data. *J. Mol. Evol.* 19: 153-170.
- 野村 忍. 2001. ナバナ. p. 11-20. 川城英夫編著. 新野菜づくりの実際—

- 軟化・芽物．農文協．東京．
- Noquet, C., J. C. Avice, L. Rossato, P. Beauclair, M. P. Henry and A. Ourry. 2004. Effects of altered source-sink relationship on N allocation and vegetative storage protein accumulation in *Brassica napus* L. Plant Sci. 166: 1007-1018.
- 野呂孝史．2001．コマツナの特性と品種，作型．p. 基 56 の 3 の 3．農業技術大系 野菜編 7 キャベツ・ハクサイ・ホウレンソウ・ツケナ類．農文協．東京．
- 農林水産省．2014．平成 26 年地域特産野菜生産状況．なばな（主として花を食すもの，主として葉茎を食すもの）．
<<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001155203>>．
- 農林水産省．2019．作物統計調査 / 作況調査（野菜） 確報 平成 30 年産野菜生産出荷統計．
<<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500215&tstat=000001013427&cycle=7&year=20180&month=0&tclass1=000001032286&tclass2=00001032933&tclass3=000001135323>>．
- 小田原孝治・矢野雅彦・松江勇次．1991．ナバナの安定栽培技術．第 2 報．側枝の生育に及ぼす気温ならびに摘心，摘葉処理の影響．福岡農総試研報 B. 11: 35-38.
- 小田原孝治・矢野雅彦・尾形武文．1990．ナバナの安定栽培技術．第 1 報．播種期，栽植密度及び施肥法と収量．福岡農総試研報 B. 10: 27-30.
- 大井美知男・佐藤靖子．2002．長野県在来カブ・ツケナ品種の類縁関係．園学研. 1: 237-240.
- Park S. D. E. 2001. The Excel microsatellite toolkit (version 3.1). Animal

- Genomics Laboratory, University College; Dublin, Ireland.
- Peakall, R. and P. E. Smouse. 2012. GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research – an update. *Bioinformatics* 28: 2537-2539.
- Shabani, A., A. R. Sepaskhah and A. A. Kamgar-Haghighi. 2013. Growth and physiologic response of rapeseed (*Brassica napus* L.) to deficit irrigation, water salinity and planting method. *Int. J. Plant Plod.* 7: 569-596.
- 渋谷 茂・岡村知政. 1954. 種子の表皮型に依る本邦蕪菁品種の分類. 園学雑. 22 : 235-238.
- 志賀敏夫. 1971. IV 品種. p. 61-84. 現代農業技術双書 ナタネ. 家の光協会. 東京.
- 清水まゆみ・田中龍平. 2018. のらぼう菜を食べる, のらぼう菜のレシピ. p. 6-10. かわさき菅で育んだのらぼう. かわさき “のらぼう” プロジェクト. 神奈川.
- Shimizu, T. and K. Yano. 2011. A post-labeling method for multiplexed and multicolored genotyping analysis of SSR, indel and SNP markers in single tube with bar-coded split tag (BStag). *BMC Research Notes* 20114: 161.
- 篠原 温. 2014. 第 1 章. 野菜園芸学について. 野菜園芸学の基礎. p. 5-14. 篠原 温編著. 農文協. 東京.
- Tamura, K., G. Stecher, D. Peterson, A. Filipski and S. Kumar. 2013. MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 6.0. *Mol. Biol. Evol.* 30: 2725-2729.
- 東京都あきる野市. 2014. 郷土の古文書その 17. 闇婆菜種御請証文. <<http://www.city.akiruno.tokyo.jp/cmsfiles/contents/0000001/1225/sono17.pdf>>.

- 椿眞由己. 2009. ノラボウナ. p. 特産野菜 480 の 4-480 の 9. 農業技術大系野菜編 11. 特産野菜・地方品種. 農文協. 東京.
- Tsuge, K., R. Chen, Y. Yoshioka and S. Motoki. 2017. Genetic diversity and cultivation technique of 'Norabona': *Brassica napus* L. leafy vegetable landrace in western suburban Tokyo. Brassica 2017, Pontevedra, VII International symposium on Brassicas: 52 (Abstr.).
- Tsuge, K., R. Chen, Y. Yoshioka and S. Motoki. 2020. Assessment of Genetic Diversity Based on Phenotypic Traits and Microsatellite Markers in *Brassica napus* L. Landrace in the Kanto Region, Japan (Norabona). HortJ. 89: 12-21.
- 柘植一希・樋口洋子・北條怜子・元木 悟. 2015. 関東地方の伝統野菜「のらぼう菜」(*Brassica napus* L.) の品質について. 日食保蔵誌. 41: 17-24.
- 柘植一希・増田陽介・溝田 鈴・元木 悟. 2018. 「のらぼう菜」(*Brassica napus* L.) とアスパラガス (*Asparagus officinalis* L.) における数種の包装資材の利用が貯蔵後の品質に及ぼす影響. 日食保蔵誌. 44: 229-238.
- 柘植一希・元木 悟. 2019. 「のらぼう菜」(*Brassica napus* L.) の川崎市在来系統における側枝の切り戻しが収量と品質に及ぼす影響 (第4報). 園学研. 18 (別1): 191.
- 柘植一希・元木 悟. 2020. 川崎市に在来する「のらぼう菜」(*Brassica napus* L.) の主茎の摘心処理が収量に及ぼす影響. 園学研. 19: 261-268.
- U, N. 1935. Genome-analysis in *Brassica* with special reference to the experimental formation of *B. napus* and peculiar mode of fertilization. J. Jpn. Bot. 7: 389-452.
- USDA. 2018. Production, supply and distribution (PSD) online (Online

Database). Market and trade data, Foreign agricultural service (FAS), Washington, DC.

<<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads>>.

山本美恵子．2009．江戸東京野菜図鑑「のらぼう菜」．p.96-103．大竹道茂編著．江戸東京野菜．図鑑編．農文協．東京．

矢澤 進・上山 博・並木隆和．1986．*Brassica campestris* L.の種皮型の簡易識別法．農業および園芸．61：556-558．

吉田達夫．1998．春化处理によるナバナ「はるの輝」の早春どり作型．今月の農業．42: 72-75．

多摩川流域のアブラナ科アブラナ属の地域在来野菜における遺伝的由来と品種
および栽培特性に関わる研究

(研究助成・学術研究 VOL. 49—NO. 351)

著 者 元木 悟

発行日 2020年12月

発行者 公益財団法人 東急財団

〒 150-8511

東京都渋谷区南平台町5番6号

TEL (03) 3477-6301

<http://foundation.tokyu.co.jp>