長野県在来カブ品種‘開田蕪’における形態的特徴の系統間変異

小原涼太郎*・松島憲一**・根本和洋**
*信州大学大学院総合理工学研究科
**信州大学学術研究院農学系

要　　約

長野県在来カブ品種‘開田蕪’の自家採種種子から開田高原全域を網羅するよう22系統を選出し栽培を行い，そのうち19系統について各系統最大10個体供試し，12項目について形態調査を行った．その結果，‘開田蕪’は幅広い系統間変異を有しており，高い遺伝的多様性を保持していることが示唆された．これは採種農家の多さと農家間の遺伝的交流に起因するものであると考えられた．また，かつて開田高原を２別する西野地区と末川地区それぞれに異なる在来カブ系統の存在が知られており，現在はまとめて‘開田蕪’と認識され差異はないとされるが，胚軸の形態データを用いた主成分分析の結果から農家の認識と近しい差異が認められた．また，同地域内で明確に分けて採種される‘ピンク蕪’は‘開田蕪’から突然変異として色素合成機能が欠損した個体を選抜して採種して生じた可能性が示唆された．‘開田蕪’の形態的，遺伝的多様性を維持していくためには採種母本数や採種農家数を損なわないだけでなく，地域内で希少性を認識し，維持するよう取り組むことが効果的であると考えられた．

キーワード：伝統野菜，*Brassica rapa* var. *rapa*，形態的変異，保全，遺伝的多様性

緒　　言

作物の在来品種は長期間にわたり農家自身による採種と固定が繰り返されたことにより，栽培地の気候や文化，栽培者の嗜好に適合した特性を有した品種である[1]．これらの特性は成立した背景からも，代替し得ない形質であることから在来品種は遺伝資源として貴重である．また，在来品種はそれに付随する食文化や伝統とも強く結びついていることが多く，観光資源などの価値も併せ持っている．しかし，在来品種は一般に遺伝的に雑駁であり，市場に流通するうえで均質性に劣るなどの理由から急速に消滅が進んだ時代がある[1] ことから，在来品種の保全は急務である．在来品種は一般に自家採種によって維持されているため，品種集団内の遺伝的構造は雑駁である．また，採種を行う際の母本選抜が各採種者の基準や好みによって異なってくるため，在来品種は採種農家の数だけ多様であるとも言える．

‘開田蕪’は長野県木曽郡木曽町開田高原において栽培される長野県の在来カブ品種であり，甘酢漬けや木曽地域の伝統食である「すんき」の材料として利用される．地理的に近隣の‘王滝蕪’や‘細島蕪’と近縁であると推察されている[3]．また，天保９年（1838年）に岡田善九郎が記した木曽巡行記には「末川の蕪は名物なり味よし」との記載があることから‘末川蕪’が‘開田蕪’の先祖と考えられている．

著者らの2023年度の現地調査により，‘開田蕪’は現在42戸の自家採種農家によって開田高原全域で維持されていることが明らかとなった[2]．また，聞き取り調査において西野地区と末川地区でカブの形態に違いがあり，西野地区の‘開田蕪’とは区別して‘末川蕪’と呼んでいたと言う複数の農家の話を聞いたが，両者の明確な区別は分からなかった．また，現在採種されている‘開田蕪’の他に種皮色が黄色，胚軸がピンク色で甘酢漬けに加工適性がある‘ピンク蕪’という系統の存在が明らかとなったが，その形態的特徴は分かっていない．そこで本研究では，これらの形態的特徴について明らかにすることを目的とし，‘ピンク蕪’を含めた‘開田蕪’の形態的特性の系統間差を解析した．

材料および方法

2023年の現地調査[2] によって著者らが入手した‘開田蕪’の自家採種種子の中から開田高原全域を網羅するように22系統を選出し，実験に供試した（表１，図１）．供試した22系統中11系統が西野地区から，８系統が末川地区から収集され，２系統は末川地区と隣接する木曽町黒川集落からであった．その内４系統が‘ピンク蕪’で，それぞれ，西野地

受付日　2023年12月26日
受理日　2024年２月５日

表1．供試系統の圃場設置場所，採種蕪種，種皮色および種子タイプ

栽培系統	入手元	採種カブ種 (採種農家の認識)	種皮色	種子型
開田 1	黒川	開田蕪	黒	B
開田 2	西野釜飛	開田蕪	黒	B
開田 3	西野柳又	開田蕪	赤茶，黒	B
開田 4	西野菅沢	開田蕪	赤茶，黒	B
開田 5	西野下栗尾	開田蕪	−※	−※
開田 6	西野小西	開田蕪	赤茶，黒	B
開田 7	西野下向	開田蕪	赤茶，黒	B
開田 8	西野小西	開田蕪	黒	B
開田 9	西野藤沢	開田蕪	赤茶	B
開田10	西野関谷	開田蕪	赤茶，黒	B
開田11	末川大屋	開田蕪	黒	B
開田12	末川仲町	開田蕪	赤茶	B
開田13	末川鶉類沢	開田蕪	赤茶，黒	B
開田14	末川髭沢	開田蕪	黒	B
開田15	末川髭沢	開田蕪	赤茶	B
開田16	西野把之沢	開田蕪	赤茶	B
開田17	末川大屋	開田蕪	黒	B
開田18	末川髭沢	開田蕪	赤茶	B
開田19	黒川	ピンク蕪	黄色	B
開田20	末川大屋	ピンク蕪	黄色	B
開田21	末川恩木	ピンク蕪	黄色	B
開田22	西野藤沢	ピンク蕪	黄色	B
王滝かぶ	ナカツタヤ		赤茶	B
飛騨紅かぶ	ニチノウ		赤茶，黒	B
大野紅かぶ	ニチノウ		赤茶	B
保平蕪	松本市奈川		赤茶，黒	B

※開田5は調査に十分量の種子が得られなかった

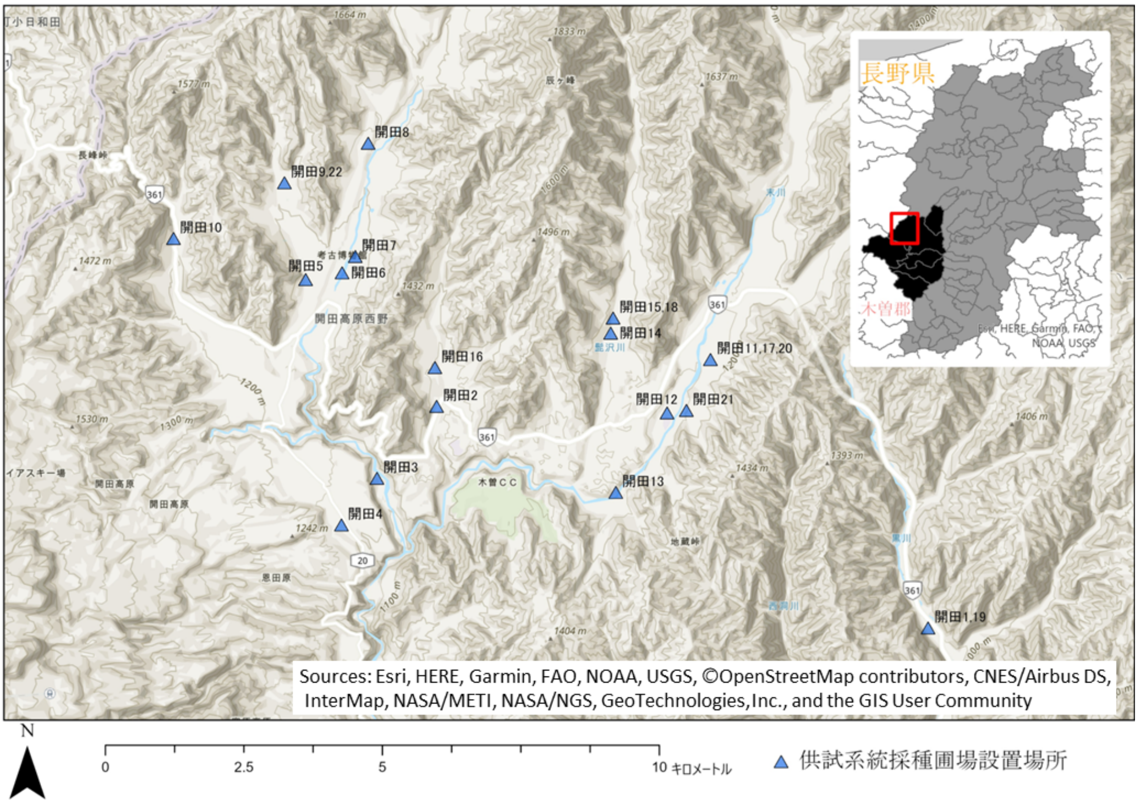

図1．供試系統の自家採種圃場設置場所

表２．形態調査の調査項目および算出値の算出法

	測定項目	調査方法
地上部	草丈	葉長と根長の和
	葉数（枚）	葉の枚数
	葉長（mm）	最大葉の全長
	葉幅（mm）	最大葉の幅
	葉長/葉幅比率	葉長の値を葉幅の値で割った値
地下部	根長（mm）	着葉部から根部の先端までの垂直距離
	最大径（mm）	根部の肥大が最大の位置の直径
	頸径（mm）	着葉部の直径
	最大径深度（mm）	着葉部から最大径までの垂直距離
	根長における最大径の位置	最大径深度の値を根長の値で割った値
	頸径/最大径	頸径の値を最大径の値で割った値
	根部の縦横比	最大径の値を根長の値で割った値

区から１系統，末川地区から２系統および黒川集落から１系統であった．また，対照品種として開田高原と地理的に近い‘王滝蕪’，‘保平蕪’，‘飛騨紅蕪’，および‘大野紅かぶ’（ニチノウ）の４品種を供試した（表１）．栽培は信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター（AFC）構内ステーション農場内圃場にて，畝幅75 cm の畝に株間30 cm，条間45 cm の２条千鳥の黒マルチを使用し，一穴３粒の千鳥播きで播種を2023年９月15日に実施した．施肥条件は10 a あたり，N：P：K＝８：10：８，苦土石灰80 kg となるよう施用した[3]．収穫は2023年11月16日に実施し，発芽しなかった開田９以外の各系統とも生育が良好な個体を最大10個体収穫し，形態調査を行った．形態調査の項目は最大葉の長さや幅など地上部に関する５項目，胚軸の長さや最大径など地下部に関する７項目，合計12項目について調査を行った（表２）．形態調査の結果から各系統における各項目の平均値と変動係数を求め，‘開田蕪’については交雑系統などを除いた全系統での平均値と変動係数の算出も行った．統計解析ソフトウェア R var. 4.3.1，パッケージ‘ggbiplot’[4] にて胚軸の形態データ（地下部７項目）のみを用いて相関行列を求め，主成分分析を行った．胚軸の色の測定にはミノルタ色彩色差計 CR-20を用い，各系統を代表する１個体のカブの赤道面に垂直に当てて測定した．測色は L^* C^* h 表色系で各個体３回繰り返して行い，得られた値の平均値を各色彩値とした．

結　　果

今回の調査によって得られた各系統の調査項目における平均値，最大値，最小値，変動係数および色彩値を表３に示した．表３の‘開田蕪’全系統の結果は，形態的に他のカブ品種との交雑が疑われた２系統（開田11および17）であったため（図２）除外して算出した．また，開田９は提供者によると2005年採種の種子であったため発芽率が著しく低く，調査に至れなかったため除外した．図３は各系統を代表するカブを１個体選出し外観を撮影したものである．

地上部の形態において，葉の形態は，‘ピンク蕪’を含めた‘開田蕪’の系統間で明瞭な差異は観察されなかった．葉数は測定した形質の中でも最も変動係数が高く，‘開田蕪’全体で45.3%，開田６は65.9%と個体によって葉数が大きく異なっていた．それに対し葉長は全体で16.6%，最高でも開田５の22.2%で葉幅，葉長/葉幅比率も同様の傾向であった．葉数の変動係数が高い傾向は対照品種でも同様であった．現地の栽培の中で交雑が疑われる‘飛騨紅かぶ’と葉の形態が異なっており，‘開田蕪’は基本的に切れ葉であるのに対し，‘飛騨紅かぶ’は丸葉であった．また，同様に交雑が疑われる‘王滝かぶ’は切れ葉の具合が弱かった．葉の色素は，低

図２．交雑が疑われる開田11（左）と開田17（右）のカブの外観

図３．供試した全系統を代表する個体の外観（上段左～右：開田１～18，
段左下～中央：開田19～22，下段中央～右下：大野紅かぶ，
飛騨紅かぶ，王滝蕪，保平蕪）
※開田９は除く

表3-1．供試系統および対象品種における各調査項目における平均，最大，最小，変動係数および胚軸の色彩値

系統名	草丈（mm）		葉数（枚）		葉幅（mm）		葉長（mm）		葉長/葉幅比率		根長（mm）	
	平均（最小-最大）	変動係数	平均（最小-最大）	変動係数	平均（最小-最大）	変動係数	平均（最小-最大）	変動係数	平均（最小-最大）	変動係数	平均（最小-最大）	変動係数
開田 1	459.6 (406-540)	10.9%	27.4 (18-50)	40.5%	142.1 (117-172)	10.6%	371.7 (312-430)	10.5%	2.63 (2.20-3.01)	9.0%	87.9 (63-125)	23.7%
開田 2	488.4 (384-588)	13.0%	36.7 (24-52)	20.9%	143.0 (107-179)	15.4%	401.2 (322-510)	13.9%	2.83 (2.41-3.46)	10.0%	87.2 (62-125)	22.9%
開田 3	509.3 (453-579)	8.0%	31.6 (14-53)	39.5%	171.5 (136-230)	17.0%	416.8 (364-472)	8.3%	2.47 (2.02-2.74)	10.9%	92.5 (75-115)	14.5%
開田 4	516.2 (455-605)	9.4%	22.0 (13-34)	31.5%	151.3 (117-180)	13.5%	423.2 (372-482)	9.1%	2.82 (2.54-3.35)	9.0%	93.0 (74-125)	16.3%
開田 5	498.5 (245-573)	18.1%	29.4 (14-62)	50.6%	143.3 (126-154)	6.6%	425.5 (158-503)	22.2%	2.99 (1.05-3.63)	23.4%	73.0 (59-87)	9.5%
開田 6	483.8 (429-568)	7.7%	22.6 (12-63)	63.7%	141.0 (117-159)	10.7%	413.2 (369-479)	7.2%	2.96 (2.34-3.45)	11.4%	70.6 (55-89)	17.4%
開田 7	515.6 (456-540)	5.0%	23.1 (12-32)	26.6%	157.0 (139-179)	7.0%	441.3 (390-480)	5.4%	2.82 (2.55-3.09)	5.3%	74.2 (59-87)	13.0%
開田 8	616.4 (539-692)	8.7%	31.5 (12-59)	38.6%	184.6 (155-230)	11.3%	524.3 (460-599)	8.9%	2.87 (2.41-3.26)	11.4%	92.1 (74-115)	12.5%
開田10	503.7 (361-606)	20.7%	17.0 (14-20)	14.4%	172.0 (146-210)	16.0%	411.7 (306-490)	18.8%	2.42 (2.09-3.06)	18.9%	92.0 (55-116)	28.9%
開田11	505.6 (366-650)	20.2%	44.8 (14-113)	65.9%	153.1 (62-212)	27.5%	399.6 (292-512)	18.3%	2.83 (1.96-5.48)	35.5%	106.0 (46-188)	50.2%
開田12	388.9 (303-484)	12.6%	28.6 (13-43)	35.3%	122.3 (94-180)	20.0%	334 (258-422)	13.3%	2.79 (1.89-3.30)	14.4%	54.9 (45-64)	10.7%
開田13	465.7 (394-510)	8.0%	23.7 (12-53)	54.8%	173.2 (146-224)	14.4%	405.6 (348-444)	7.5%	2.38 (1.90-3.04)	13.1%	60.1 (46-76)	20.3%
開田14	396.5 (299-498)	17.1%	26.0 (13-37)	29.6%	138.8 (112-172)	14.5%	344.5 (262-428)	17.7%	2.47 (2.15-2.74)	6.9%	52.0 (37-70)	18.1%
開田15	565.6 (442-643)	10.5%	16.9 (13-24)	20.6%	163.6 (110-208)	19.8%	503.8 (400-573)	10.5%	3.17 (2.52-4.38)	17.6%	61.8 (42-82)	15.7%
開田16	518.4 (426-622)	14.6%	27.2 (14-56)	50.2%	165.8 (110-242)	26.2%	456.0 (370-560)	15.1%	2.84 (2.26-3.76)	14.4%	62.4 (50-76)	14.9%
開田17	547.0 (460-654)	10.2%	44.7 (22-102)	51.6%	204.8 (160-256)	15.1%	443.0 (370-554)	11.3%	2.20 (1.89-2.92)	14.6%	104.0 (72-144)	20.6%
開田18	445.5 (312-560)	16.7%	18.1 (11-27)	26.2%	142.5 (100-193)	22.2%	393.8 (282-498)	16.3%	2.82 (2.23-3.53)	14.3%	51.8 (30-72)	25.0%
開田19	492.6 (427-534)	7.3%	46.9 (29-64)	25.9%	146.0 (112-165)	11.7%	404.4 (346-461)	8.0%	2.79 (2.41-3.15)	9.6%	88.2 (73-121)	16.6%
開田20	424	ND	22	ND	140	ND	354	ND	2.53	ND	70	ND
開田21	460.4 (360-576)	13.0%	23.4 (17-32)	21.2%	161.5 (128-180)	10.2%	395.6 (308-502)	13.7%	2.45 (2.18-2.87)	9.2%	64.8 (50-86)	18.1%
開田22	541.8 (442-618)	9.8%	34.0 (21-43)	21.0%	182.8 (162-210)	9.4%	466.6 (372-544)	10.6%	2.56 (2.25-2.81)	7.4%	75.2 (60-90)	10.5%
開田蕪	494.6 (245-692)	15.8%	27.5 (11-64)	45.3%	155.7 (94-242)	18.3%	420.5 (158-599)	16.6%	2.738 (1.05-4.38)	15.1%	74.07 (30-125)	26.0%
大野紅	374.3 (282-463)	15.7%	15.2 (10-25)	30.7%	125.0 (86-184)	24.2%	298.1 (212-381)	17.9%	2.46 (1.70-3.46)	19.2%	76.2 (48-90)	17.9%
飛騨紅	449.4 (348-524)	12.0%	28.3 (15-46)	33.6%	128.6 (98-162)	13.9%	384.2 (302-440)	11.9%	3.01 (2.67-3.49)	8.7%	65.2 (46-84)	19.6%
王滝	511.8 (430-572)	8.2%	21.4 (11-32)	29.0%	144.9 (112-206)	19.9%	407.0 (340-462)	8.3%	2.88 (2.11-3.55)	14.7%	104.8 (78-130)	14.1%
保平	540.4 (340-706)	19.4%	31.2 (20-48)	31.0%	160.4 (114-238)	21.4%	398.6 (184-526)	24.3%	2.48 (1.61-3.12)	16.2%	141.8 (116-180)	12.6%

※開田蕪は開田11と開田17を除いて算出

温による葉肉のアントシアン発現が全体的に見られただけでなく，開田15で10個体中８個体が中肋に着色があり，他の開田系統とは異なっていた．

胚軸の形態は全項目で16.9％以上の変動係数を有しており，葉数を除いた地上部の形質よりも幅広い変異が観察された．また，‘開田蕪’全体の根長における最大径の位置の変動係数は30.1％，根部の縦横比は26.0％であるのに対して，系統ごとに見ると両項目とも20％を下回る系統が複数あることから，系統内では揃っているが系統間で胚軸の形態に差異があることが明らかとなった．また，根長の平均値は開田18で51.8 mm，開田４で93.0 mm であったことから，系統間での成長速度にも差異が認められた．

‘ピンク蕪’として提供を受けた４つの系統は全て，ピンク色を呈していた．表３から‘ピンク蕪’の色彩値の平均を算出すると，L* は31.7，C* は25.7，h は343.8であり，青紫色の‘開田蕪’の数値（L* 19.6，C* 16.5，h 318.2）から胚軸の色が明確に異なっていることが明らかとなった．

他のカブ品種と交雑が疑われる系統（開田11，17）を除いた全供試系統における胚軸の形態データ（色彩値は除く）を用いて行った主成分分析の結果，第１主成分（PC 1），第２主成分（PC 2）の２

表3-2. 供試系統および対象品種における各調査項目における平均，最大，最小，変動係数および胚軸の色彩値

系統名	最大径（mm）		最大径深度（mm）		頚径（mm）		根長における最大径の位置		頚径/最大径		根部の縦横比		L^*	C^*	h
	平均（最小-最大）	変動係数	平均（最小-最大）	変動係数	平均（最小-最大）	変動係数	平均（最小-最大）	変動係数	平均（最小-最大）	変動係数	平均（最小-最大）	変動係数			
開田1	81.9 (57-110)	18.1%	23.4 (11-39)	39.3%	41.4 (32-55)	19.9%	0.278 (0.088-0.494)	40.5%	0.507 (0.472-0.596)	9.8%	0.947 (0.784-1.089)	11.4%	15.0	20.6	314.9
開田2	77.9 (57-96)	14.6%	25.0 (17-28)	12.1%	42.4 (34-50)	12.3%	0.298 (0.192-0.419)	20.8%	0.548 (0.507-0.643)	8.7%	0.923 (0.640-1.323)	19.6%	22.9	13.2	307.4
開田3	89.6 (64-112)	14.9%	23.5 (17-32)	17.3%	49.0 (34-68)	22.1%	0.256 (0.181-0.299)	13.7%	0.552 (0.384-0.725)	19.9%	0.986 (0.696-1.318)	19.0%	14.9	9.9	319.0
開田4	94.3 (83-110)	10.5%	31.3 (23-41)	19.7%	39.0 (30-53)	16.8%	0.340 (0.250-0.442)	18.8%	0.412 (0.361-0.495)	9.4%	1.027 (0.807-1.163)	10.1%	19.5	11.8	306.5
開田5	96.1 (80-108)	8.7%	23.1 (17-31)	14.5%	52.3 (42-69)	14.6%	0.318 (0.253-0.408)	13.7%	0.544 (0.467-0.639)	10.2%	1.324 (1.096-1.508)	10.0%	18.1	11.5	307.8
開田6	88.9 (72-123)	17.2%	23.8 (12-37)	29.9%	41.2 (32-70)	25.7%	0.335 (0.200-0.475)	22.1%	0.460 (0.391-0.569)	10.0%	1.275 (0.908-1.582)	14.4%	23.6	13.1	319.2
開田7	115.8 (104-134)	8.2%	25.7 (23-30)	8.6%	51.9 (39-69)	16.9%	0.351 (0.291-0.455)	13.8%	0.450 (0.348-0.590)	16.8%	1.582 (1.209-1.879)	13.2%	18.5	17.9	315.3
開田8	117.1 (96-134)	9.1%	33.1 (25-40)	17.0%	56.7 (42-80)	20.8%	0.360 (0.269-0.438)	12.6%	0.484 (0.397-0.661)	18.1%	1.291 (1.009-1.696)	16.0%	21.9	22.1	314.6
開田10	100.7 (66-141)	30.7%	25.7 (16-35)	30.2%	46.3 (31-59)	25.0%	0.280 (0.248-0.302)	8.3%	0.468 (0.418-0.516)	8.5%	1.107 (0.905-1.216)	12.9%	18.4	14.0	313.1
開田11	45.7 (25-70)	36.1%	12.8 (4-22)	55.7%	36.7 (22-60)	33.5%	0.137 (0.051-0.417)	75.8%	0.829 (0.552-1.000)	15.9%	0.509 (0.275-1.208)	52.9%	52.8	7.7	35.6
開田12	86.3 (66-126)	20.5%	18.0 (12-26)	22.2%	41.5 (28-64)	25.0%	0.329 (0.240-0.406)	19.8%	0.479 (0.409-0.561)	10.9%	1.566 (1.296-2.032)	14.1%	19.9	24.3	315.9
開田13	103.6 (72-192)	33.6%	21.8 (14-30)	26.1%	45.1 (34-64)	20.7%	0.360 (0.304-0.424)	10.5%	0.465 (0.208-0.711)	26.1%	1.708 (1.212-2.526)	18.7%	23.5	24.1	316.9
開田14	82.9 (55-108)	21.6%	25.3 (20-38)	23.1%	42.3 (21-55)	25.8%	0.493 (0.345-0.651)	20.7%	0.509 (0.382-0.659)	16.5%	1.595 (1.279-2.000)	14.6%	15.9	14.0	338.3
開田15	100.5 (72-132)	15.9%	26.9 (16-36)	21.4%	51.9 (38-68)	18.9%	0.437 (0.317-0.586)	18.1%	0.519 (0.427-0.673)	14.4%	1.634 (1.438-1.966)	9.7%	15.3	12.1	338.5
開田16	103.3 (74-172)	28.4%	24.0 (8-36)	34.7%	49.6 (32-86)	31.5%	0.381 (0.143-0.530)	28.9%	0.476 (0.432-0.525)	6.0%	1.636 (1.321-2.263)	16.9%	19.7	14.9	329.7
開田17	39.8 (28-58)	23.3%	13.2 (7-20)	32.5%	38.8 (28-52)	20.9%	0.131 (0.069-0.227)	35.3%	0.980 (0.897-1.000)	3.5%	0.388 (0.292-0.518)	19.9%	63.7	15.9	89.8
開田18	72.4 (32-102)	30.3%	19.5 (10-38)	44.6%	40.3 (20-66)	33.2%	0.381 (0.240-0.792)	43.0%	0.563 (0.386-0.647)	14.6%	1.397 (1.000-1.700)	19.7%	27.1	23.6	316.0
開田19	79.4 (66-92)	11.2%	16.7 (8-37)	45.0%	41.3 (30-56)	18.8%	0.185 (0.110-0.306)	29.6%	0.517 (0.435-0.609)	10.6%	0.922 (0.620-1.216)	18.5%	35.2	23.8	350.2
開田20	92	ND	27	ND	47	ND	0.386	ND	0.511	ND	1.314	ND	28.2	28.9	345.6
開田21	89.2 (68-111)	15.4%	21.2 (14-24)	15.9%	42.8 (32-54)	14.4%	0.334 (0.216-0.440)	19.5%	0.486 (0.413-0.614)	15.5%	1.388 (1.243-1.640)	8.9%	29.9	23.8	335.0
開田22	114.6 (74-196)	29.5%	21.6 (18-32)	18.4%	54.8 (42-76)	19.9%	0.289 (0.214-0.367)	17.6%	0.505 (0.214-0.622)	21.8%	1.513 (1.000-2.450)	24.2%	33.5	26.1	344.5
開田蕪	94.2 (32-196)	24.4%	23.9 (8-41)	29.8%	46.2 (20-86)	24.5%	0.334 (0.088-0.792)	30.1%	0.498 (0.208-0.725)	16.9%	1.324 (0.620-2.526)	26.0%	19.6	16.5	318.2
大野紅	53.0 (38-68)	21.3%	20.6 (12-28)	23.4%	22.2 (16-34)	25.3%	0.276 (0.143-0.375)	22.5%	0.419 (0.323-0.531)	12.0%	0.707 (0.452-0.914)	20.1%	24.5	18.9	14.8
飛騨紅	75.0 (48-114)	23.4%	22.2 (14-28)	18.7%	35.0 (24-58)	28.4%	0.346 (0.268-0.480)	18.7%	0.464 (0.385-0.509)	8.5%	1.181 (0.875-2.036)	28.7%	22.8	19.7	352.2
王滝	89.4 (70-140)	21.7%	25.4 (16-36)	23.6%	37.8 (30-48)	16.3%	0.243 (0.140-0.333)	20.2%	0.429 (0.343-0.514)	11.9%	0.876 (0.614-1.556)	29.5%	13.8	9.6	333.8
保平	60.2 (44-82)	19.0%	34.4 (18-84)	51.7%	37.0 (28-46)	14.8%	0.239 (0.155-0.560)	46.5%	0.621 (0.525-0.750)	9.9%	0.425 (0.346-0.556)	13.7%	25.7	21.3	352.2

※開田蕪は開田11と開田17を除いて算出

軸における各サンプルの主成分得点の散布と説明変数の主成分負荷量を矢印の長さで表した図を図４に示した．図中の楕円は各グループのプロットにおける80％水準の確率楕円である（図４，５，６）．図４における PC 1の固有値と寄与率はそれぞれ2.52，36.0％で，PC 2では1.88，26.8％であり，累積寄与率は62.8％であった．主成分負荷量が高い説明変数は PC 1では根部の縦横比（0.905）および最大径（0.800），PC 2では根長（0.831），最大径深度（0.722）であった．図４から‘開田蕪’と‘保平蕪’が離れており，最大径深度や根部の縦横比が大きく異なっていたことがわかった．‘飛騨紅かぶ’や‘王滝かぶ’は‘開田蕪’と多少の違いはあるが，グループの楕円が重複している部分があることから形態的に近しいと考えられた．また，‘大野紅かぶ’も先述の２品種ほどではないがグループの楕円が重複している部分があり，形態的に近いと考えられる．‘開田蕪’と‘ピンク蕪’の形態的差異を明らかにするため，先述のデータから対照品種を除いて行った主成分分析の結果における図４と同様の図を図５に示した．図５における PC 1の固有値と寄与率はそれぞれ2.32，33.1％で，PC 2では1.93，27.6％であり，累積寄与率は60.7％であった．主成分負荷量の高い説明変数は PC 1では最大径（－

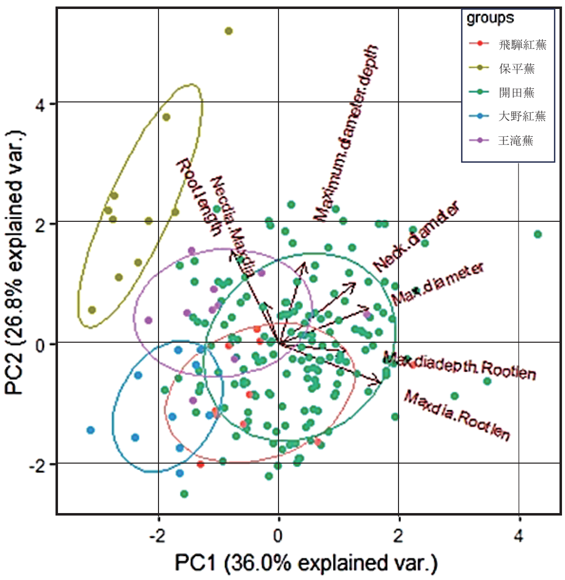

図４．胚軸の形態データを用いて行なった主成分分析における各個体の主成分得点の散布図および変数の負荷量（確率楕円は各品種をグルーピングして表示）．

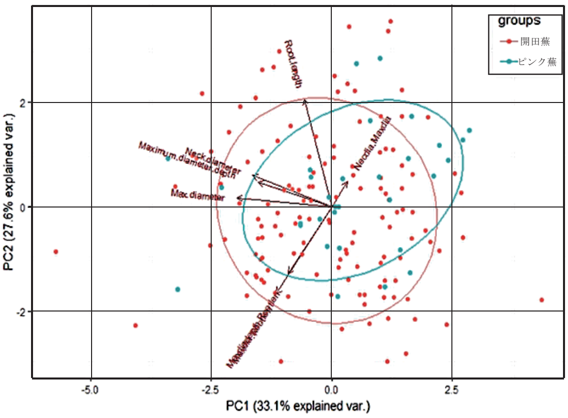

図５．開田蕪自家採種系統の胚軸の形態データを用いて行なった主成分分析における各個体の主成分得点の散布図および変数の負荷量（確率楕円は開田蕪とピンク蕪をグルーピングして表示）．

0.885)，頸径（−0.738）であり，PC 2では根長（0.928)，根部の縦横比（−0.753）であった．こちらの結果ではグループの楕円が大きく重なっており，色彩値も含めていないことから，色彩値以外の形態的特徴でこの２種類を類別することは困難であった．また，採種農家から過去には開田高原を２別する西野地区と末川地区でそれぞれカブの形態が違っていたと聞き取れていた[2]ことから，‘ピンク蕪’を除いて図４，５と同様に解析を行い，その結果を図６に示した．図６における PC 1の固有値と寄与率はそれぞれ2.36，33.1％で，PC 2では1.95，27.6％であり，累積寄与率は61.6％であった．図６

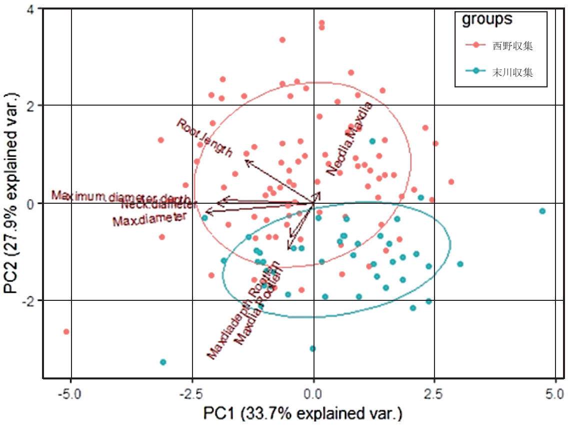

図６．開田蕪自家採種系統（ピンク蕪を除く）の胚軸の形態データを用いて行った主成分分析における各個体の主成分得点の散布図および変数の負荷量（確率楕円は西野地区と末川地区収集系統をグルーピングして表示）．

の主成分負荷量が高い説明変数は PC 1で最大径（−0.884）および頸径（−0.794），PC 2で根部の縦横比（−0.896）および根長（0.798）であった．グループの楕円は上下に分かれることから PC 2の主成分負荷量が高く，根部の縦横比や根長などに差が大きく表れている．形態データを見比べると根長は西野で収集された系統が末川で収集された系統より大きく，根部の縦横比は末川で収集された系統が大きくなっている．このことから，西野収集系統は末川収集系統と比較して，胚軸が丸みを帯びており，根長が長い傾向があることが明らかとなった．

考　　察

葉長の平均値は対照品種と比較して‘開田蕪’が大きく，これは主にすんきに利用されるため，歩留まりを高めるような選抜が行われていることが考えられる．また，ほとんどの系統で葉長の変動係数は根長や最大径の変動係数より小さいことから胚軸の成長よりも葉の成長が揃いやすいことが考えられ，こちらもすんきに利用しやすいため，そのような選抜圧が働いていることが推測される．しかし，葉数は品種内だけでなく系統内でも変動係数が大きく，枚数が大きい個体では中肋が細い葉が大量に分化していた．このような形質はすんきには不向きであり，現地で栽培されるカブを見ると同様の傾向はみられなかったことから環境条件の違いによって現れたものであると考える．胚軸は品種内では変動係数が高いものの，系統内では小さいものが多かったことから，胚軸の形態も系統内である程度揃ってお

り，品種全体でみると変異を幅広く有していると考えらえる．今回は開田高原全域を網羅するように系統を選出したため実際の農家戸数よりも供試系統数は少ない．したがって全戸系統を供試できればより多様度は上がると予想される．このような形態の多様性は採種農家の嗜好性の違いに起因する母本選抜基準の違いから生まれており，遺伝的に多様であると考えられた．

‘開田蕪’は採種者の中で過去，‘西野の蕪’と‘末川の蕪’は異なっていたという意識があることが聞き取りから分かっており[2)]，文献で記載があったことから江戸時代ごろには品種として成立しており，町村合併以前は‘開田蕪’の形態は現在よりも多様であった可能性が考えられた．主成分分析の結果から，西野収集系統は末川収集系統と比べ丸みを帯びており，末川は扁平具合が強いという傾向が認められた．下伊那郡阿智村清内路に伝わる在来カブ品種‘清内路赤根’では，胚軸の形状が品種内で‘長型’，‘短型’，および‘牛角’，の３タイプに分類されることが知られている[5,6)]．これは，母本選抜の際に採種者が自分の好みの形を長年選抜していった結果生じた品種内分化を示している．聞き取り調査の結果，現在，‘開田蕪’においては，自家採種者が明確に自分のカブがどちらのカブであるという意識をもって採種はされていなかったが，今回の結果から，西野および末川地区のカブは胚軸の形態にある程度違いがあることが明らかになった．今後，丁寧な母本選抜を継続することで品種内分化を明確に行っていけば，昔のような‘西野の蕪’，‘末川の蕪’というように区別できる可能性が示唆された．

‘ピンク蕪’については，‘開田蕪’と胚軸の形状は区別ができないが，色彩値と種子の色が大きく異なるということが明らかとなった．聞き取り調査で詳しい来歴について明らかにすることはでなかったが，次ぎの２つの仮説が考えられた．１つ目は，その胚軸の色と甘酢漬けへの加工適性から，‘保平蕪’との交雑によって出現した可能性である．‘保平蕪’のある松本市奈川（旧奈川村）はかつて沢伝いに旧開田村との交流があったと西野在住の採種農家が語っており，沢を渡って旧奈川村の小学校へ通っていたという採種農家もいたことから‘保平蕪’の種子の往来もあった可能性がある．しかし，葉の形状や胚軸の扁平具合，種子の形状や色が一致しないことに加えて，主成分分析の結果では‘開田蕪’にかなり近しいことが明らかになったため，その可能性は低いと考えらえた．もう１つは，‘開田蕪’の中で突然変異により出現した可能性である．‘ピンク蕪’と‘開田蕪’の大きな差異は種皮色と胚軸色であり，突然変異によって一部の色素が合成できずにピンク色になった変異体が外観の違いが大きかったために採種者によって選別され，残ったと考えられた．しかし，それを証明する証拠がない．したがって、‘ピンク蕪’の来歴について明らかにするためには，詳細な遺伝的類縁関係の解析による検証が必要である．

今回入手した自家採種種子の２系統（開田11，17）は明らかに胚軸の形態が‘開田蕪’とは異なっており，交雑もしくは元来別の品種を採種してきた可能性が考えられた．複数の採種者への聞き取りから，交雑したカブが出現することが稀にあるという示唆された．しかし，今回栽培したカブは基本的に胚軸の色や形態に共通点が多く，広い開田高原地域内で系統間変異を有しながら維持されていることが明らかとなった．改良品種の普及や農家の高齢化など，在来品種にとっては厳しい現況である中でこれほどの多様性を保ちつつ維持され，食文化とともに継承されていることは‘開田蕪’が文化財，地域資源としての価値を有していると考えられる．‘開田蕪’という地域資源を維持していくためには採種農家を減らさないことや採種圃場あたりの母本数を増やすことだけでなく，同地域内における他のカブ品種を開花させないことや交雑が疑われる個体を排除する母本選抜を維持することが必要である[7)]．そのためには自家採種農家だけでなく地域全体で‘開田蕪’の希少性を認識し，維持しようと取り組めることが理想である．

謝　　辞

本調査を遂行するにあたり，合同会社和睦郷里の都竹亜耶氏および木曽町役場の関係者に多大なるご協力をいただきました．記して感謝の意を表します．また，種子のご提供をいただいた‘開田蕪’自家採種農家の皆様に深謝申し上げます．

引 用 文 献

１）青葉　高（1981）野菜．法政大学出版局．東京．pp.1-342.

２）小原涼太郎，松島憲一，根本和洋（2024）長野県在来カブ品種‘開田蕪’の自家採種の現況．信州大学農学部 AFC 報告．22：31-36.

３）窪田里子，大井美知男（2010）長野県在来カブ品

種‘王滝蕪’の形態的変異と系統分化の要因，信州大学農学部紀要．46(1)：7-12.
4）Vu VQ (2011) ggbiplot: A ggplot2 based biplot，R package. version 0.55, <http://github.com/vqv/ggbiplot>.
5）小澤俊輔（2009）長野県在来カブ・ツケナ品種における自家採種状況の現状と遺伝的多様性の解明．信州大学大学院農学研究科．修士論文.
6）大井美知男，神野幸洋（2002）からい大根とあまい蕪のものがたり，長野日報社．p.128.
7）山戸　潤（2021）信州の伝統野菜　採種の手引，長野県．pp.8-11.

Inter-strain Variation in Morphological Features of 'Kaida kabu', a Local Turnip Variety of Nagano Prefecture, Japan.

Ryotaro Kohara*, Kenichi Matsushima and Kazuhiro Nemoto****
*Department of Agriculture, Graduate School of Science and Technology, Shinshu University
**Institute of Agriculture, Academic Assembly Faculty, Shinshu University

Summary

We selected 22 lines of ‘Kaida kabu’, a local turnip variety of Nagano Prefecture, from seed saving seeds and cultivated them throughout the ‘Kaida kougen’ and examined the morphological characteristics of up to 10 individuals of each strain. The results indicated that ‘Kaida kabu’ has a wide range of inter-strain variation and retains a high level of genetic diversity. This may be due to the large number of seed saving farmers and genetic exchange among them. In the past, different strains of local turnips were known to exist in the Nishino and Suekawa districts, which divide the Kaida kougen, but now they are collectively known as ‘Kaida kabu’ and there is no difference between them. However, the results of a principal component analysis using morphological data of the roots showed that there were differences close to those recognized by farmers. It is also suggested that the ‘Pink kabu’, which is clearly separated within the same area, may have been produced by selecting individuals mutationally defective in pigment synthesis from the ‘Kaida kabu’. To maintain the morphological and genetic diversity of ‘Kaida kabu’, it would be effective not only to maintain the number of plants and farmers, but also to recognize and maintain the rarity of the species in the region.

Keywords: traditional vegetable variety, *Brassica rapa* var. *rapa*, morphological variation, conservation, genetic diversity