

## 我が国で育成された醸造用二条オオムギ品種・系統の家系分析

小林俊一<sup>1)</sup>・五月女敏範<sup>2,3)</sup>・大関美香<sup>2)</sup>

(<sup>1)</sup> 栃木県農業試験場企画経営室, <sup>2)</sup> 栃木県農業試験場栃木分場, <sup>3)</sup> 東京農工大学大学院連合農学研究科)

**要旨：**公的機関と民間機関で育成された二条オオムギ品種・系統について世代数と祖先数等に基づく家系分析を行った。オオムギ縮萎病抵抗性遺伝子を導入した時期には、総祖先数が増加した。しかし、水稻における同様の家系分析の結果と比較すると重複する品種を除いた祖先数が少なく、二条オオムギの遺伝的多様性は小さいと推察された。遺伝的に遠縁なオオムギ縮萎病抵抗性遺伝子を導入した品種・系統の祖先数は多かった。家系分析で得られた近縁係数を基にクラスター分析し、デンドログラムを作成した結果、古い時代に育成された品種・系統は1つのクラスターに含まれ、そのクラスター内で育成地毎の分類が可能であったが、近年育成の品種・系統は異なるクラスターに分類できなかった。キリンビール社育成の品種・系統は2つのクラスターに集中した。今後、遺伝的な多様性を維持しつつオオムギの品種育成をするには単独の育成地に止まらず、複数の育成地の品種・系統について家系分析を実施しながら交配計画を立てることが望ましいと考えられた。また、クラスター分析の結果から、各育成地とも遺伝的多様性が限定されていると考えられる。現在求められている温暖化による環境適応性や高付加価値を持つ品種を育成するためには、オオムギ研究で実績のある研究機関との連携や醸造用二条オオムギ特有の育成系統合同比較試験制度を有効に活用しつつ、効率的に新たな遺伝変異の導入を図るべきであると考えられる。

**キーワード：**遺伝的多様性, 育成地, 醸造用二条オオムギ, 家系分析, 近縁係数.

日本においてビールは1869年から本格的に醸造が開始された。ビールの原料となる醸造用二条オオムギの生産は北海道において1877年頃から、本州では1895年頃から始まった。その後、導入品種であるゴールデンメロンの純系分離を中心に1920年から大日本麦酒社で育種が開始された。その後、1929年には麒麟麦酒社、1954年には公的機関としては初めて栃木県農業試験場栃木分場、さらには1961年に鳥取県、1966年には福岡県で指定試験地による醸造用二条オオムギの育種が開始された。このように、各育成地から多くの系統が育成され各県に配布されるようになったものの、系統数が多く各県から整理するよう要望された。そこで、1968年に農事試験場（現：独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構作物研究所）の調整によりビール会社、指定試験地およびビール酒造組合で各育成地の系統をそれぞれが同一場所で試験し、同一基準によって評価し、新品種の採用を決定するためのビール大麦育成系統合同比較試験（以下、合比試験）制度を設立し、現在も継続されている（増田ら1993）。

近年、育種に必要な情報を得るために推論型コンピュータ言語のPrologを用いて近縁係数を算出する家系分析が水稻（大里・吉田1996, 太田ら2006, 佐藤・吉田2007）やイチゴ（稲葉・吉田2006）等、幾つかの作物で行われている。醸造用二条オオムギについては、水田ら（1996）が福岡県農業総合試験場で育成した二条オオムギ品種と主要祖先品種間、また、内村ら（2004）は現在までの国内二条オオムギ主要22品種、五月女ら（2009）は栃木県農業試験場栃木分場育成品種・系統について家系分析を行った。一

方で、幾つかの育成地を総合して家系分析を実施した例は少なく、小林・吉田（2006a）が関東地域を中心に普及している麦類全般について解析したのみである。また、小林・吉田（2006b）はコムギおよびオオムギの遺伝的背景を把握する方法として近縁係数やRAPD分析による同一のバンドを示すDNAマーカー数やDNAマーカー情報から算出した根井（2002）の遺伝的距離が育種の効率化のために有効であると報告している。

そこで、我が国の醸造用二条オオムギの育成地のうち、地理的、気象条件的に大きく異なる北海道立北見農業試験場を除く全育成地の品種・系統について一括して家系分析を行い、年次や育成地毎の特徴について解析したので報告する。

### 材料と方法

#### 1. 供試品種

北海道立北見農業試験場を除く、国内の醸造用二条オオムギの全育成地において育成され合比試験に供された品種・系統を用いた。内訳は栃木県農業試験場（以下、栃木県）育成35品種・系統、福岡県農業総合試験場（以下、福岡県）育成21品種・系統、サッポロビール株式会社（以下、サッポロ社）育成26品種・系統、キリンビール株式会社（以下、キリン社）育成22品種・系統、アサヒビール株式会社（以下、アサヒ社）育成15品種・系統の合計119品種・系統である（第1表）。育成年は品種・系統にかかわらず、合比試験に供試された最初の年で表記した。

第1表 各育成地の醸造用二条オオムギ品種・系統とその育成年, 最大世代数, 総祖先数, 祖先数, 抵抗性母本との近縁係数.

育成地	品種名	育成年	最大 世代数	総祖先 数	祖先数	近 縁 係 数		
						木石港3	はがねむぎ	Mona
栃 木 県	アズマゴールド	1969	5	12	9	0	0	0
	関東二条8号	1971	7	38	17	0	0	0
	関東二条9号	1971	6	25	15	0	0	0
	関東二条10号	1971	7	38	17	0	0	0
	関東二条11号	1971	7	38	17	0	0	0
	ミホゴールド	1971	6	20	16	0	0	0
	関東二条13号	1973	7	32	19	0	0	0
	関東二条14号	1973	7	38	17	0	0	0
	関東二条15号	1973	6	26	15	0	0	0
	関東二条16号	1977	6	26	15	0	0	0
	関東二条17号	1977	7	34	20	0	0	0
	関東二条18号	1977	8	46	29	0	0	0
	関東二条19号	1980	7	42	22	0.125	0	0
	関東二条20号	1980	7	30	19	0	0	0
	ミサトゴールド	1983	9	60	20	0.063	0	0
	ミカモゴールド	1984	8	44	19	0.125	0	0
	関東二条24号	1986	10	104	33	0.063	0	0
	関東二条25号	1987	10	104	33	0.063	0	0
	関東二条26号	1990	10	132	33	0.031	0.063	0
	ヤチホゴールド	1990	10	94	24	0.031	0	0.125
	タカホゴールド	1991	10	94	24	0.031	0	0.125
	関東二条29号	1992	10	144	44	0	0.031	0.125
	関東二条30号	1994	11	116	37	0.031	0	0
	関東二条31号	1996	11	192	39	0.063	0	0.063
	スカイゴールド	1997	11	258	54	0.031	0.063	0
福 岡 県	関東二条33号	1999	11	224	52	0.016	0.016	0.188
	関東二条34号	1999	11	298	57	0	0.078	0.063
	サチホゴールド	2001	12	356	50	0	0.055	0.094
	関東二条36号	2004	12	492	79	0.031	0.039	0.063
	関東二条37号	2004	12	492	79	0.031	0.039	0.063
	関東二条38号	2005	12	430	66	0.047	0.031	0
	関東二条39号	2006	12	438	76	0.031	0.023	0.031
	関東二条40号	2007	12	402	83	0.039	0.008	0.141
	とちのいぶき	2007	12	442	52	0.008	0.078	0
	九州二条1号	1974	6	26	13	0	0	0
	九州二条2号	1974	7	38	17	0	0	0
	九州二条3号	1977	6	26	15	0	0	0
	九州二条4号	1980	7	28	13	0	0	0
	九州二条5号	1980	7	28	16	0	0	0
	九州二条6号	1983	8	54	21	0	0	0
	ニシノゴールド	1984	9	60	20	0.063	0	0
	九州二条8号	1986	9	60	20	0.063	0	0
	アサカゴールド	1987	8	74	31	0.063	0	0
	九州二条10号	1988	10	80	25	0.031	0	0
	ミハルゴールド	1990	9	80	24	0.063	0	0
	ほうしゅん	1993	11	186	41	0.047	0	0
	九州二条13号	1995	11	158	31	0.047	0	0
	九州二条14号	1996	10	112	36	0.031	0	0
	九州二条15号	1998	11	176	34	0.047	0	0
	しゅんれい	2000	11	244	57	0.063	0.031	0
	はるしづく	2001	11	226	55	0.031	0.016	0.063
ア サ ヒ 社	九州二条18号	2003	12	344	66	0.023	0.016	0.063
	九州二条19号	2005	11	312	57	0.031	0.031	0
	九州二条20号	2005	12	504	86	0.047	0.047	0
	九州二条21号	2007	13	394	80	0.023	0.016	0.063
	成城二条2号	1968	6	24	13	0	0	0
	成城二条3号	1970	6	16	14	0	0	0
	あかぎ二条	1970	6	28	16	0	0	0
	はるな二条	1970	6	14	11	0	0	0
	新田二条2号	1970	6	18	14	0	0	0
	新田二条3号	1970	7	40	16	0	0	0
	新田二条4号	1975	7	28	22	0	0	0
	サ つゆしらず	1978	8	42	18	0	0	0
	ッ 新田二条6号	1982	6	14	11	0	0	0
	ボ 新田二条7号	1982	6	14	11	0	0	0
	ロ 新田二条8号	1982	6	14	11	0	0	0
	社 とね二条	1984	9	44	20	0.125	0	0
	新田二条10号	1984	10	62	28	0.125	0	0
	こまき二条	1985	10	62	28	0.125	0	0
	新田二条12号	1988	10	134	37	0	0.125	0
	みょうぎ二条	1988	10	146	33	0.031	0	0
	新田二条14号	1988	9	64	29	0	0.125	0
	新田二条15号	1995	10	94	24	0.031	0	0
	さきたま二条	1995	10	112	35	0.063	0	0
	新田二条17号	1995	10	128	35	0.094	0	0
	新田二条18号	1998	11	106	30	0.031	0	0
	新田二条19号	2000	11	128	34	0.063	0	0
	新田二条20号	2001	12	202	42	0.023	0	0
	新田二条21号	2002	12	138	26	0	0	0.063
	新田二条22号	2003	11	274	62	0.047	0.016	0.063
	新田二条23号	2004	11	274	62	0.047	0.016	0.063
茅 野 社	にらさき二条9号	1973	6	14	11	0	0	0
	あまぎ二条1号	1973	4	12	11	0	0	0
	にらさき二条10号	1975	5	16	13	0	0	0
	にらさき二条11号	1975	6	26	18	0	0	0
	あまぎ二条2号	1975	6	24	19	0	0	0
	あまぎ二条	1975	7	38	24	0	0	0
	キ にらさき二条12号	1978	6	26	18	0	0	0
	リ にらさき二条13号	1978	6	26	18	0	0	0
	ン にらさき二条14号	1981	7	28	22	0	0	0
	社 にらさき二条	1983	7	28	22	0	0	0
	きぬゆたか	1985	9	68	29	0.125	0	0
	きぬ二条2号	1985	7	32	24	0	0	0
	なす二条	1986	8	42	16	0	0	0
	きぬ二条4号	1989	10	102	35	0.063	0	0
	きぬ二条5号	1992	8	72	35	0.063	0	0
	きぬ二条6号	1992	10	88	38	0.063	0	0
	きぬか二条	1992	11	174	37	0.031	0	0
	きぬ二条8号	1993	11	142	45	0.031	0	0
	きぬ二条9号	1994	11	194	42	0.031	0	0
	きぬ二条10号	1996	10	106	33	0.031	0	0
	きぬ二条11号	1998	11	194	42	0.031	0	0
	きぬ二条12号	1999	10	136	38	0	0.063	0
	茅ヶ崎二条12号	1971	7	38	15	0	0	0
	野洲二条1号	1974	7	30	17	0	0	0
	野洲二条2号	1982	7	44	19	0	0	0
	ア さつきばれ	1982	9	84	26	0	0	0
	サ 野洲二条4号	1984	7	44	21	0	0	0
	ヒ 野洲二条5号	1984	7	30	18	0	0	0
	社 野洲二条6号	1986	7	28	12	0	0	0
	野洲二条7号	1986	8	60	24	0	0	0
	おうみゆたか	1991	10	106	27	0.031	0	0
	野洲二条9号	1993	11	166	43	0.031	0	0
	野洲二条10号	1996	12	228	44	0.016	0	0
	野洲二条11号	1997	11	182	43	0.063	0	0
	野洲二条12号	2000	10	122	37	0.063	0	0
	野洲二条13号	2003	12	312	70	0.016	0.016	0.063
	野洲二条14号	2005	12	382	75	0.031	0.016	0.063

Prolog による計算プログラムを基に算出した.

木石港3はオオムギ萎縮病I型に対して抵抗性(遺伝子型: *rym5*).はがねむぎはオオムギ萎縮病III型に対して抵抗性(遺伝子型: *rym3*).

Mona はうどんこ病に対して抵抗性.

## 2. 近縁係数などの計算方法

近縁係数の計算には水田ら（1996）が作製した Prolog による計算プログラムを吉田（2004）が Windows 版に移植したものを用いた。Prolog のソフトウェアは Sofnec 社 AZ-Prolog for Win32 を用いた。なお、プログラムは <http://www.d1.dion.ne.jp/~tmhk/yosida/imo.htm> に公開されている（吉田ら 2009）。プログラムに用いるデータベースは公開されている交配両親名データベース（吉田ら 2009）に近年の交配組合せのデータを追加して作成した。近縁係数の計算に当たっては、水田ら（1996）と同様に、確率的に両親の遺伝物質の 1/2 ずつを次代系統が持つものとし、純系淘汰品種、突然変異系統、変種などはすべて原品種と同一とみなして計算した。また、本プログラムで家系図中で端の祖先数までの世代数の最大値（以下、最大世代数）、家系図中の祖先品種の総数（以下、総祖先数）、そのうち重複する品種を除いた祖先品種数（以下、祖先数）（<http://www.d1.dion.ne.jp/~tmhk/yosida/imo.htm>）も計算した。

品種・系統間の遺伝的類似性を比較するため、求めた近縁係数を基に青木によるプログラム（注：<http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/Mokuji/index2.html>）を用い、非正規化したユークリッド距離を求め、群平均法（UPGMA）によるクラスター分析を行った。距離の単位は平方距離で示した。

## 結果と考察

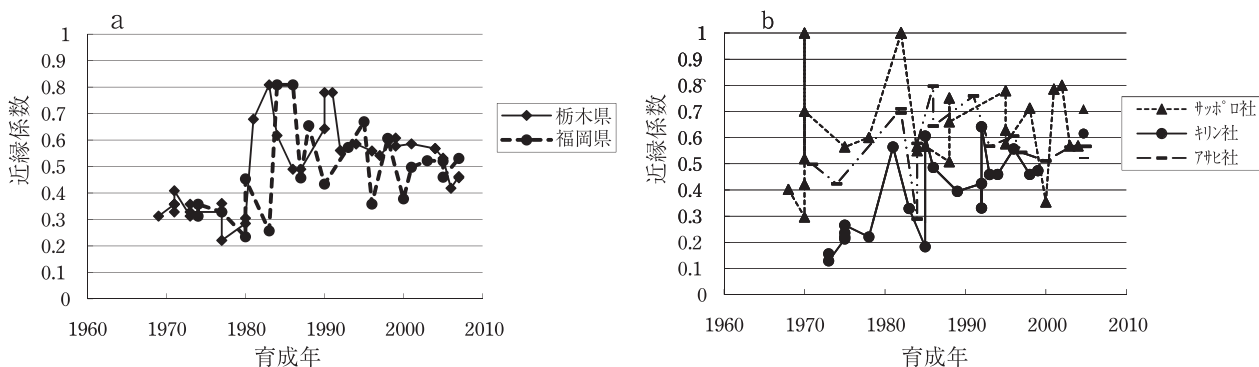
第 1 表に各育成地で育成された品種・系統の育成年、最大世代数、総祖先数、祖先数を示した。最大世代数は育成地ごとにみると小さい順に麒麟社のあまぎ二条 1 号で 4、次いで栃木県のアズマゴールデンで 5、福岡県の九州二条 1 号および 3 号で 6、サッポロ社の 8 品種・系統で 6、アサヒ社の 6 品種・系統で 7 だった。育成地ごとにみると最も大きかったのは福岡県の九州二条 21 号の 13 で、1999 年以降、品種・系統を育成していない麒麟社は 11 と最も少なく、他の育成地は 12 であった。育成年が進むに従い徐々に増加する傾向は各育成地ともに同様であった。総祖先数の経時変動は育成地毎に異なった。栃木県ではアズマゴールデンの 12 から徐々に増加し、1986 年には関東二条 24 号で 100 を超え、1996 年の関東二条 31 号から 2004 年の関東二条 36 および 37 号は急激に増加し、その後やや減少した。福岡県では他の育成地よりも育種開始が 1974 年と遅かったため、総祖先数は他の育成地の同時期で同程度の 26 から始まり、徐々に増加し 1993 年のほうしゅんから急激に 186 と増加し、さらに 2000 年のしゅんれいの 244 から 2005 年の九州二条 20 号の 504 へと増加した。サッポロ社の育成系統は成城二条 2 号の 24 に始まり、徐々に増加し 2003 年の新田二条 22 号および 2004 年の新田二条 23 号が最多の 274 であった。なお、新田二条 6 号、7 号および 8 号ははるな二条の突然変異系統であり総祖先数は少なくなっている。麒麟社の育成系統はにらさき二条 9 号の 14 から始まり、増減を繰り返したが徐々に増加傾向であっ

た。最多は 1994 年のきぬ二条 9 号と 1998 年のきぬ二条 11 号で 194 であった。アサヒ社の育成系統は茅ヶ崎二条 2 号の 38 に始まり他の育成地より多かったが、急激な増加が見られたのは 1991 年のおうみゆたかの 106 からで、他の育成地とはほぼ同時期であった。なお、最多は 2006 年の野洲二条 14 号で 382 であった。当初、祖先数は栃木県の 9 が最も少なくアサヒ社が 15 で最多であった。栃木県、福岡県では約 80 まで増加したが、民間育成地ではアサヒ社の 75 が最多で公的育成地よりやや少なかった。

最大世代数は、各育成地とも育成年代はほぼ同程度であった。一方で、総祖先数、祖先数は栃木県では 1986 年と 1997 年、福岡県では 1993 年と 2000 年に急増したのに対し、民間育成地ではそれほど急激な増加はなかった。祖先数は 1999 年で育成を終了した麒麟社が少くない以外は、栃木県、福岡県に比較してサッポロ社、アサヒ社がやや少ない傾向であったものの、最大祖先数ほど顕著な差はみられなかった。このことは、育種母本数は各育成地ともに差はみられないが、栃木県、福岡県は他の育成地よりもオオムギ縞萎縮病抵抗性を導入するために系譜の異なる六条オオムギへ二条オオムギを繰り返し戻し交配したためと推察された。また、栃木県、福岡県において祖先数に急激な増加がみられたのは、特にオオムギ縞萎縮病レースⅢ型の抵抗性品種が育成された年代であった。民間育成地では、レースⅢ型への対応が遅く、サッポロ社では 1988 年に新田二条 12 号および 14 号へ抵抗性が導入されたもののその後は 2003 年の新田二条 22 号まで導入されなかった。また、麒麟社では 1999 年育成のきぬ二条 12 号、アサヒ社では 2003 年育成の野洲二条 22 号以降である（第 1 表）。従って、今後、本抵抗性の導入が進むと、総祖先数が増加すると考えられる。五月女ら（2009）はうどんこ病抵抗性導入のために Mona 由来の後代系統が使われていることも祖先数の増加に関係していると述べているが、今回の分析結果では判然としなかった（第 1 表）。この理由は、オオムギ縞萎縮病に比較して系譜中のうどんこ病抵抗性の品種・系統数が少ないためと考えられる。

各育成地では高品質化のために、はるな二条を用いていた。水田ら（1996）は福岡県育成品種と近縁係数が最も高い品種ははるな二条で、近年の育成品種においても近縁係数は低下していないと述べている。五月女ら（2009）も栃木県育成品種・系統と近縁係数が最も高い品種ははるな二条であったとしている。本報告で供試した品種・系統間を総当たりで近縁係数を計算し、それぞれの品種・系統と他の品種・系統の近縁係数の平均値を求めた結果、近縁係数の平均値が最も高かったのははるな二条であった。一方で、近年の品種・系統ははるな二条との近縁係数は低下傾向にあり、水田ら（1996）の結果と異なった（第 1 図）。はるな二条との近縁係数を栃木県、福岡県で育成地毎にみると、1980 年までは低く、1980 年代前半に急激に高くなった後、1990 年頃まで高く経過したが、その後は低下している。民





第1図 醸造用二条オオムギ品種・系統とはるな二条との近縁係数の育成年による変化.

(a) 栃木県農業試験場, 福岡県農業総合試験場, (b) サッポロ社, 麒麟社, アサヒ社.

育成年は育成年に育成された品種・系統を示す.

近縁係数は育成された品種・系統とはるな二条と近縁係数を示す.

間育成地では育成地毎に特徴がみられ, サッポロ社は増減はあるものの全般に高い傾向にある. キリン社では数品種・系統は高かったものの最も低い傾向であった. アサヒ社は栃木県, 福岡県同様に1980年代が高く, その後は低下した. このことは, 近年になって各育成地が高品質化のためにはるな二条以外の新たな遺伝子の導入を試みていることを示唆している. なお, 各育成地のオオムギは水稻育成地の家系と比較すると祖先数, 世代数とも低かった. 特に, 多様性の指標となる祖先数は福島県育成の水稻系統で最大147 (佐藤・吉田2007), 農業・生物系特定産業技術研究機構作物研究所の育成系統では173 (太田ら2006) に対し, 醸造用二条オオムギで最も多い福岡県でも86であり, 比較作物学的にみると醸造用二条オオムギには新たな遺伝資源の導入が必要であると考えられる.

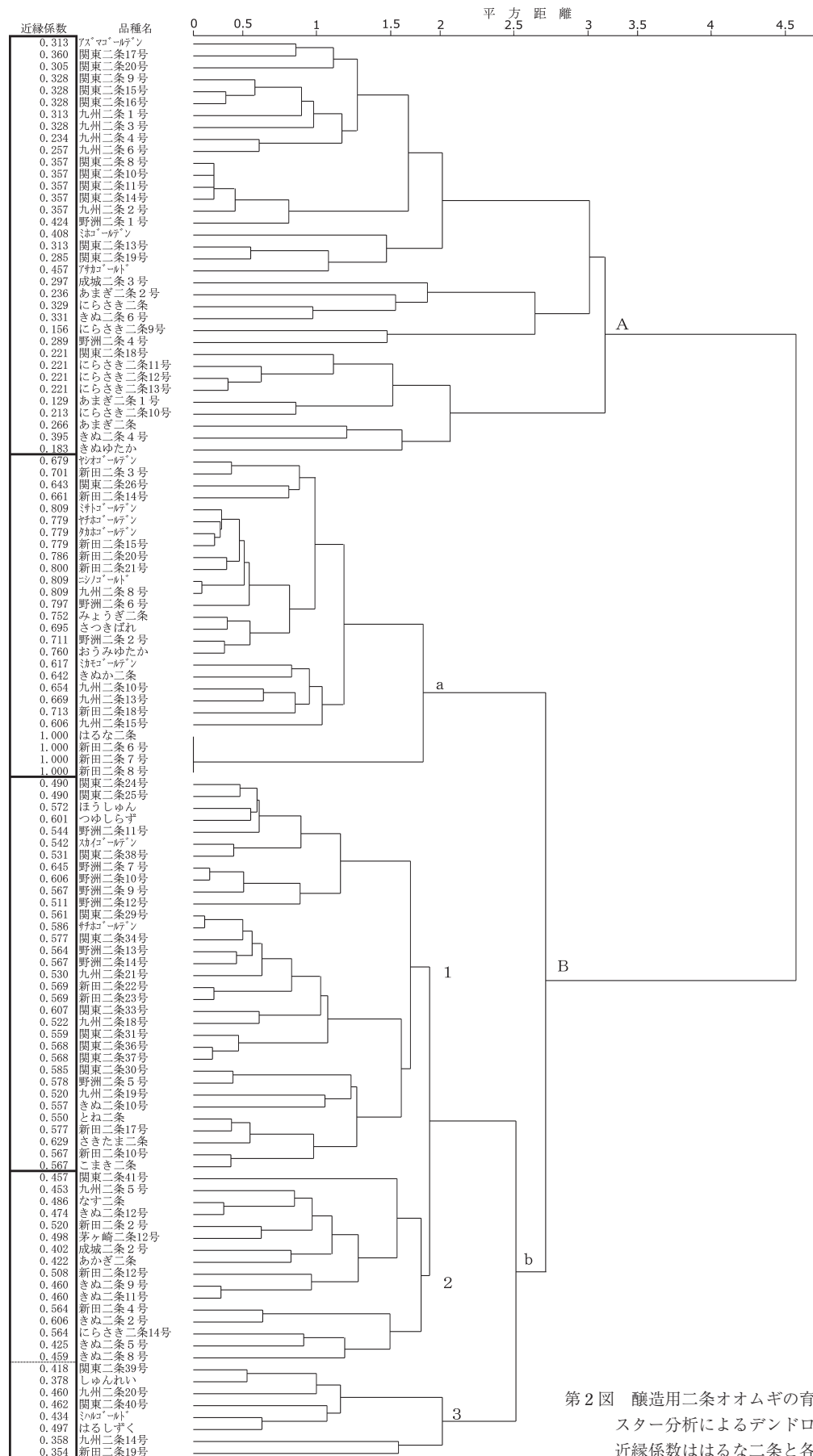
クラスター分析の結果を第2図に示した. その結果, 全品種・系統は大きくA群とB群に分類された. B群はa群とb群に分類され, b群はさらに3つに分類された.

A群は育成年の古い品種・系統から形成された. 栃木県では1969年から1980年までに育成されたアズマゴールデンから関東二条20号が全て含まれた. 福岡県は九州二条5号を除き, 1974年から1983年までに育成された九州二条1号から6号および1987年に育成されたアサカゴールドが含まれた. キリン社では1973年から1978年までに育成されたにらさき二条9号から13号までのそれぞれと1983年以降に育成されたにらさき二条, きぬゆたか, きぬ二条4号および6号が含まれた. A群のサブグループのひとつに栃木県と福岡県, もうひとつのサブグループに麒麟社育成系統が含まれた. また, A群にはサッポロ社で1970年に育成された成城二条3号, アサヒ社で1984年に育成された野洲二条4号が含まれた. A群内の品種・系統のはるな二条との近縁係数はアサカゴールドが0.457, 野洲二条1号が0.424, ミホゴールデンが0.408であった他は0.400以下と低かった. B-a群は1975年育成の新田二条3号から2002年育成の新田二条21号まで幅広い育成年

次の品種・系統で形成された. 27品種・系統のうち11品種・系統はサッポロ社育成であり, キリン社育成は1系統のみが含まれた. また, B-a群ははるな二条との近縁係数が最も高かった(0.606~1.000). B-b-1群は1985年以降に育成された品種・系統で形成された. キリン社育成は1系統のみであったが, 他の育成地の系統は偏り無く含まれていた. B-b-1群のはるな二条との近縁係数(0.490~0.645)はB-a群に次いで高かった. B-b-2群は1968年から2007年までの最も幅広い年次の品種・系統で形成され, キリン社の系統が多く含まれる傾向がみられた. B-b-2群のはるな二条との近縁係数(0.402~0.606)はB-b-1群に次いで低かった. B-b-3群は8品種・系統のみで形成されたが, 1系統を除き育成年が比較的新しい栃木県, 福岡県育成系統であった. はるな二条との近縁係数(0.354~0.497)はA群に次いで低かった.

小林・吉田(2006)はRAPDマーカーによる多型情報をもとに関東周辺地域のコムギおよびオオムギ品種のクラスター分析を行ったところ, 用途や育成地毎に品種が分類されたとしている. 一方, 本研究ではA群のように比較的古い年代に育成された品種・系統では育成地毎に分類できる傾向があるものの, 近年に育成された品種・系統は育成地によるグループを形成しなかった. この要因として, 小林・吉田(2006)が用途の異なるオオムギあるいはコムギを用いているのに対して, 本研究では醸造用二条オオムギだけを対象としていることが考えられる. しかし, キリン社育成の品種・系統はA群の下部のサブグループとB-b-2群に集中しており, 特異性の高い系譜を持つとみられた.

このように, 水稻と比較して祖先数が少ないことや, 特に, 近年育成された品種・系統ではクラスターによる分類が困難であることは我が国の醸造用二条オオムギの育成品種・系統の遺伝的な多様性が小さいことを示唆する. また, はるな二条との近縁係数の大きい品種・系統が多数を占めることもクラスター分析の判別性が低くなる原因のひとつと推察された. 今回供試した材料は合比試験が開始された



第2図 醸造用二条オオムギの育成品種・系統のクラスタ分析によるデンドログラム。  
近縁係数ははるな二条と各品種・系統との数値を示す。

年からの品種・系統であり、合比試験によりそれぞれの育成品種・系統をお互いに評価するのみならず、これらの品種・系統を各育成地で交配母本として用いてきたこと、またははるな二条およびその交雑後代を多用したことが遺伝的多様性の低下を招いたと推察された。その一方で、最近の品種・系統ははるな二条との近縁係数が低下してきており、はるな二条以外の系譜を持つ高品質母本の導入が始まったことが示唆された。合比試験制度は産官連携育種の先駆けであり、生産者と実需者のニーズに応える品種を育成するために極めて重要な役割を果たしてきた。今回、各育成地の品種・系統の系譜からみると、各種病害抵抗性については公的機関が、醸造品質については民間機関主導で導入されてきたことが示唆される。

我が国の作物の多くでは複数の育成地で育種を実施しており、合比試験のように交配母本を相互に提供することも多い。しかし、育成地間の交流が少ないと同じ交配を行う可能性もある。本報告のように、多くの育成地の多数の品種・系統について家系分析を行うことにより、対象とする育種事業全体の遺伝的多様性を推測できる。その上で、育種計画の立案や育成地間の情報交換を実施し、遺伝的多様性を維持しつつ育成地の特徴を活かすことはそれぞれの育成地の育種目標を特化するうえで重要である。また、オオムギの遺伝変異全体を育種事業に導入することは困難であるが、Kunepfner and van Hintum (2003) は遺伝資源全体から変異を最大限含むように選抜したオオムギコアコレクションを開発し、育種事業での利用を提案している。一方、オオムギコアコレクションに含まれる遠縁の系統を交配親に用いた場合の品種育成は困難であり、特定の遺伝子に関する DNA マーカーを利用し効率的な系統選抜を行う必要がある。Sato and Takeda (2009) はオオムギのゲノム全体を網羅する DNA マーカーを開発しており、遠縁の系統であっても高能率のマーカーを用いれば効率的な遺伝変異の拡大は可能であるとしている。

本報告では、系譜の中で両親の遺伝物質が半々に遺伝することを仮定しているが、現実の育種では選抜によって片親の遺伝物質の頻度が大きくなることが多い。これについて、Martin (1982) は大豆の後代系統の 88% は片親の遺伝物質の 40~60% を持ち、強度の選抜を行っても 70% の遺伝物質を持つ系統を選抜する見込みはないので、後代系統は両親の遺伝物質の半分ずつを持つとの仮定は妥当としている。また本研究では、祖先間の類縁情報が無いので祖先の多様性を定量的に評価することはできない。吉田 (1998) は家系が複雑で最終祖先までさかのぼる世代数が 10 を超えるような場合、どのような類縁関係でもほとんど変化しないことから、最近の育成品種で近縁係数を計算するとき、古い祖先品種の類縁関係の有無はほとんど影響を与えないとしている。しかし、祖先間の多様性に DNA マーカー等で何らかの指標が得られれば本研究の結果の解釈が深まると考えられる。

今後は家系分析と農業特性や品質特性のデータを合わせて分析を行うとともに、データベース化を図っていくことが、それぞれの育種計画の立案に重要と考えられた。また、抵抗性品種の育成など新たな形質を導入する時期には祖先数が増加すること、新たな品質特性を導入するにははるな二条との近縁係数が低下する傾向がみられる等、遺伝子の多様性を模索する際の系譜の特徴を見出すことができた。温暖化対策や高付加価値を持つ品種の育成が緊急の課題である。従って、オオムギ研究で実績のある研究機関との連携や醸造用二条オオムギ特有の合比試験制度を有効に活用しつつ、系譜を考慮し、効率的な新規遺伝子の導入を図る必要があることが示唆された。

**謝辞：**本研究の遂行に当たり、貴重な資料を作成、保存して頂いた栃木県農業試験場栃木分場を始め、ビール大麦育成系統合同比較試験に参画している関係機関の皆様には感謝します。また、論文の作成に当たり、丁寧なる御指導を頂いた宇都宮大学吉田智彦博士およびオオムギコアコレクションについて御教示頂いた岡山大学佐藤和広博士に感謝申し上げます。

## 引用文献

- 稲葉幸雄・吉田智彦 2006. 近年育成されたイチゴ品種の近親交配の程度および近交係数と収量の関係. 園芸学研究 5: 219-225.
- Knüpfner, H., and Th. van Hintum 2003. Summarised diversity-the Barley Core Collection. In von Bothmer R., Th. van Hintum, H. Knüpfner and K. Sato eds, Diversity in Barley (*Hordeum vulgare*). Elsevier Science B. V., Amsterdam. 259-267.
- 小林俊一・吉田智彦 2006a. RAPD 分析による栃木県を中心とした関東周辺地域のムギ類優良品種識別. 日作紀 75: 165-174.
- 小林俊一・吉田智彦 2006b. コムギおよびオオムギにおける家系図から計算した近縁係数と分子マーカーから推定した遺伝的距離との関係. 日作紀 75: 175-181.
- Martin, S.K. St. 1982. Effective population size for the soybean improvement program in maturity groups 00 to IV. Crop Sci. 22: 151-152.
- 増田澄夫・川口数美・長谷川康一・東修 1993. わが国におけるビール麦育種史. ビール麦育種史を作る会, 東京. 231-312.
- 水田一枝・佐々木昭博・吉田智彦 1996. 近縁係数のための Prolog によるコンピュータプログラムとそのビール大麦品種の近縁関係の解析への応用. 農業情報研究 5: 19-28.
- 根井正利 2002. 分子進化遺伝学. 五條堀高・斉藤成也訳. 培風館, 東京. 1-433.
- 太田久稔・安東郁男・吉田智彦 2006. 関東系統の近縁係数によるイネ育成系統の分類および葉いもち, 食味との関連. 日作紀 75: 159-164.
- 大里久美・吉田智彦 1996. イネ育成系統の近縁係数およびその食味との関係. 育種 46: 295-301.
- 佐藤弘一・吉田智彦 2007. 水稲福島県育成系統の家系分析. 日作紀 76: 238-244.
- Sato, K. and K. Takeda. 2009. An application of high-throughput SNP genotyping for barley genome mapping and characterization of recombinant chromosome substitution lines. Theor. Appl. Genet. 119

: 613–619.

五月女敏範・大関美香・小林俊一・吉田智彦 2009. 栃木県育成ビール醸造用二条オオムギ品種の家系分析. 日作紀 78: 344–355.

内村要介・古庄雅彦・吉田智彦 2004. 国内二条オオムギのDNA マーカーによる品種識別. 日作紀 73: 35–41.

吉田智彦 1998. 最終祖先間に類縁関係がある場合の近縁係数の変化.

農業情報研究 7: 97–104.

吉田智彦 2004. Windows による作物品種の家系分析用 Prolog プログラムの作成. 日作関東支報 19: 54–55.

吉田智彦・Anas・稲葉輝 2009. 家系分析Web の作成と利用. 日作紀 78: 92–94.

**Pedigree Analysis of Two-Rowed Malting Barleys Developed from Multiple Breeding Programs in Japan** : Shun-Ichi KOBAYASHI<sup>1)</sup>, Toshinori SOTOME<sup>2, 3)</sup> and Mika OOZEKI<sup>2)</sup> (<sup>1)</sup>*Tochigi Agr. Exp. Stn. Planning and Management Section, Utsunomiya 320-0002, Japan;* <sup>2)</sup>*Tochigi Agr. Exp. Stn. Tochigi Branch ;* <sup>3)</sup>*Tokyo Univ. of Agr. and Tech.*)

**Abstract** : Numbers of generations and ancestors in pedigree of each breeding line and cultivar of two-rowed malting barley in public and private programs in Japan were analyzed. Compared with Japanese rice pedigree, there were fewer ancestors in malting barley. The number of ancestors increased when a source of BaYMV resistance was included in the pedigree. Cluster analysis based on the coefficients of parentage could distinguish the breeding programs by old breeding lines and cultivars, but could not distinguish them by the recent materials. To develop cultivars for novel breeding objectives, it is necessary to introduce exotic genetic resources and maintain the genetic diversity by monitoring the pedigree with the analyse of coefficients of parentage.

**Key words** : Breeding Program, Coefficient of Parentage, Genetic Diversity, Pedigree Analysis, Two-rowed Malting Barley.

---