

## データベース利用による二条オオムギの 麦芽品質変動の解析

佐々木昭博・桐生光広・加藤常夫・神永 明

### I 緒言

わが国のビール麦育種は、明治末期から大正初期にかけて開始され、ビール会社および栃木県を始めとする主産県が中心となって行われてきた。1960年代前半までの育種は、導入品種の晩生・長稈という欠点の改良が主要目標となっていたが、1963年度には栃木県農業試験場南河内分場（現栃木分場）に小規模製麦装置が導入され、1965年度からはEBC (European Brewery Convention) 法に準拠した麦芽分析が行われるようになった。また、1968年には栽培性、製麦・醸造品質とも優れた品種を選定するための「ビール大麦育成系統合同比較試験制度」(合比)が設けられた。これは、ビール会社や公立機関が育成した系統について、国および都道府県農業試験場、生産者団体、ビール会社等関係機関の合意のもとに系統を評価するというものである。合比における品質の評価基準はその後見直しが行われ、現在では1976年に改訂された基準に基づいて育成系統の評価が行われている。

栃木分場では、これまでニューゴールドン (1965年)、アズマゴールドン (1971年)、ミホゴールドン (1975年)、ヤシオゴールドン (1984年)、ミサトゴールドン (1985年)、ミカモゴールドン (1986年) のビール麦6品種を育成し、それに伴って多くの品質分析データが蓄積されている。育種試験で蓄積されたデータは、品種・系統の評価や交配組合せの決定など、今後の育種試験を効率的に進める上での有益な情報が含まれるため、これまで多くの作物でデータベース化が行われてきた<sup>8,9,11,14)</sup>。研究情報の有

効利用については最近特にその重要性が指摘され、1990年に策定された農林水産省の研究基本目標にも各研究分野でのファクトデータベースの充実がうたわれている。ここではビール麦育種試験における品質分析データをパソコン上でデータベース化するとともに、品種面、栽培面からビール麦品質の改善を図る資料とするため、蓄積されたデータを利用した麦芽品質変動の解析を行ったので報告する。

### II 材料及び方法

カード型データベースシステム The CARD3+を用い、NEC製のパーソナルコンピュータPC-9801上でビール麦育種試験成績の一部についてデータベースを構築した。データの範囲は1981年産から1991年産までの栃木分場産11か年分の品種比較試験、系統比較試験など250g製麦による分析の供試材料で、入力項目は試験条件、栽培試験データ、品質分析データからなる。

麦芽品質の変動要因を解析するため、データベースのデータを利用して分散分析と主要形質間の相関係数の計算を行った。解析にあたってはデータベースに蓄積されたデータから、登熟日数(成熟期-出穂期)と粒あたり窒素量(千粒重×穀粒粗蛋白含量(%)/625)を算出して解析項目に加えた。分散分析は栽培条件と試験年度が揃った品種群を取り上げ、品種、栽培条件、試験年度を要因とする3元配置分散分析をパソコン上で行った。供試品種の関係で、1981年産から1985年産まではあまぎ二条、はるな二条、ニューゴールドン、アズマゴールドンの4品種、1986、1987、1988、1989、1991年産の5

か年についてはあまぎ二条, はるな二条, ミサトゴールドデン, ミカモゴールドデン, きぬゆたか, なす二条の6品種を解析した。また, 供試点数の多いあまぎ二条, はるな二条, ミサトゴールドデンの3品種について麦芽形質間の相関係数を求めるとともに, 栽培データと麦芽形質の間の相関係数を求めた。これらの計算は農林水産研究計算センターのライブラリプログラムを利用して行った。

### Ⅲ 結 果

穀粒形質6形質と麦芽形質13形質の分散分析結果を第1表に示した。1981年～1985年産では容積重と水感性を除く17形質で品種間に有意差が認められた。栽培法別では浸麦時間, 糖化時間, ろ過時間, ジアスターゼ力(WK/TN)を除く15形質で, 年度別ではすべての形質で有意差が認められた。F値の大きさを比較すると, 千粒重, 浸麦時間, 糖化時間, 麦芽エキス, エキス収量, 可溶性窒素, コールバッハ数, ジアスターゼ力(WK, WK/TN), 最終発酵度, 評点は品種間差が最も大きく, 穀粒粗蛋白含量, 粒あたり窒素量, 水感性, 麦芽収量率, ろ過時間, 麦芽全窒素は年次間差が最も大きかった。容積量と麦汁色度は栽培法間の差が最も大きかったが, 主効果のF値は交互作用に比べてあまり大きくなかった。最終発酵度と評点では品種×栽培法の交互作用が, また浸麦時間, ろ過時間, 最終発酵度の3形質では品種×年次の交互作用がそれぞれ有意と認められたが, いずれも主効果に比べるとF値は小さかった。これに対して, 栽培法×年次の交互作用は糖化時間, ろ過時間, ジアスターゼ力(WK/TN)以外の16形質で有意差が認められ, 主効果のF値に対する大きさも比較的大きいものが多かった。

1986年～1991年産の分散分析では, 千粒重, 穀粒粗蛋白含量, 粒あたり窒素量, 容積重, 浸麦時間, 糖化時間, 麦汁色度, 麦芽エキス, エ

キス収量, ジアスターゼ力(WK, WK/TN), 最終発酵度, 評点の13形質で品種間に有意差が認められた。栽培法間では水感性, ろ過時間, コールバッハ数, ジアスターゼ力(WK/TN), 最終発酵度を除く14形質で, 年次別ではすべての形質で1%水準の有意差が認められた。1981年～1985年産の分散分析結果とは異なり, 品種間のF値が要因中で最大となった形質は全く見られなかった。容積重, 千粒重, 穀粒粗蛋白含量, 糖化時間, 麦芽エキス, 麦芽全窒素, 可溶性窒素, ジアスターゼ力(WK)の8形質では栽培法間のF値が最も大きく, その他の形質については年次間のF値が最も大きかった。品種×栽培法および品種×年次の交互作用が有意となった形質は少なく, 交互作用のF値はいずれも品種の主効果に比べて極めて小さかった。栽培法×年次の交互作用は水感性, 糖化時間, ろ過時間, 麦汁色度, 可溶性窒素, ジアスターゼ力(WK, WK/TN), 最終発酵度を除く形質で有意となり, F値もエキス収量以外は主効果に比べて無視できない大きさであった。

1981年～1985年産の品種ごとにおよび栽培法ごとの形質の比較を第2表に示した。千粒重と粒あたり窒素量はニューゴールドデンとアズマゴールドデンがあまぎ二条, はるな二条より大きく, 麦芽収量率もアズマゴールドデンがはるな二条に比べて有意に大きかったが, あまぎ二条, はるな二条は糖化時間, ろ過時間, 麦芽エキス, エキス収量, 可溶性窒素, コールバッハ数, ジアスターゼ力(WK, WK/TN)および評点の9形質でニューゴールドデン, アズマゴールドデンよりも明らかに良好な値を示した。麦汁色度と最終発酵度はアズマゴールドデンが他の3品種より劣った。また, 浸麦時間はニューゴールドデンが他の3品種より8時間以上長かった。あまぎ二条ははるな二条に比べて浸麦時間が短く, 麦芽エキス, エキス収量, ジアスターゼ力(WK, WK/TN), 評点が低かった。両品種の間には, 可溶性窒素,

第1表 穀粒形質および麦芽形質の分散分析結果

形質名	1981年 ~ 1985年産			1986年 ~ 1991年産								
	品種(A)	栽培(B)	年次(C)	A * B	A * C	B * C	品種(A)	栽培(B)	年次(C)	A * B	A * C	B * C
千粒重	100.9	56.3	99.5	N.S.	N.S.	16.4	21.8	112.5	36.5	N.S.	N.S.	8.1
粗蛋白含量(%)	11.7	60.7	72.3	N.S.	N.S.	19.3	5.1	144.7	36.2	N.S.	N.S.	43.5
窒素重量/粒	56.4	12.0	122.1	N.S.	N.S.	15.1	10.8	20.0	56.4	N.S.	4.0	23.6
容積重	N.S.	5.5	4.2	N.S.	N.S.	3.0	26.8	176.4	67.2	3.8	4.5	17.4
水感性	N.S.	6.0	15.7	N.S.	N.S.	3.0	N.S.	N.S.	5.6	N.S.	N.S.	N.S.
浸麦時間	85.8	N.S.	55.3	N.S.	3.0	3.5	5.8	4.0	72.2	N.S.	N.S.	6.0
麦芽收量率	6.1	17.0	21.5	N.S.	N.S.	10.2	N.S.	8.3	107.0	N.S.	N.S.	36.7
糖化時間	20.7	N.S.	15.6	N.S.	N.S.	N.S.	7.5	17.9	8.6	N.S.	N.S.	N.S.
ろ過時間	30.8	N.S.	43.7	N.S.	3.9	N.S.	N.S.	N.S.	10.4	N.S.	N.S.	N.S.
色度	6.6	13.0	7.9	N.S.	N.S.	4.8	5.8	11.4	16.0	N.S.	N.S.	N.S.
麦芽エキス	682.9	109.1	25.3	N.S.	N.S.	13.9	179.3	352.4	185.7	N.S.	4.9	55.9
エキス收量	205.5	85.3	17.4	N.S.	N.S.	8.3	76.8	231.4	277.9	N.S.	3.4	23.3
麦芽全窒素	14.2	57.2	80.8	N.S.	N.S.	18.1	N.S.	54.7	36.0	N.S.	N.S.	19.0
可溶性窒素	43.5	8.2	30.7	N.S.	N.S.	5.9	N.S.	46.4	20.1	N.S.	N.S.	N.S.
コーホウツル数	124.8	29.4	10.2	N.S.	N.S.	7.7	N.S.	N.S.	15.8	N.S.	N.S.	7.0
β-グルコース力(WK)	112.7	25.7	28.3	N.S.	N.S.	4.7	20.6	69.1	20.5	N.S.	N.S.	11.9
β-グルコース力(WK/TN)	245.5	N.S.	116.0	N.S.	N.S.	N.S.	9.7	N.S.	16.5	N.S.	N.S.	N.S.
最終発酵度	511.8	14.7	96.3	5.1	7.3	9.2	10.7	N.S.	97.6	N.S.	N.S.	N.S.
評点	467.9	31.3	14.5	4.2	N.S.	6.9	25.7	29.7	60.3	N.S.	N.S.	17.2

注: 表中の数字はF値を表す。N.S.以外はすべて1%水準で有意。

最終発酵度にも有意差が認められた。穀粒粗蛋白含量と麦芽全窒素は、あまぎ二条、アズマゴールドン、ニューゴールドン、はるな二条の順に低かったが、あまぎ二条とはるな二条との差は穀粒粗蛋白含量で0.6%、麦芽全窒素で、0.12%と比較的小さかった。栽培法間では、千粒重は水田条播、水田ドリル、畑条播、畑多肥の順に高かったが、粒あたり窒素量は水田ドリルだけが有意に低かった。穀粒粗蛋白含量、麦芽全窒素、可溶性窒素、ジアスターゼ力(WK)は水田ドリル、水田条播、畑条播、畑多肥の順に低く、糖化時間、麦芽エキス、エキス収量、コールバッハ数、評点はその逆の順序となった。麦芽収量率と麦汁色度は水田に比べて畑で小さくなる傾向にあった。

1986年～1991年産の品種間および栽培法間の比較を第3表に示した。千粒重はミサトゴールドンが他の5品種に比べて有意に大きかったが、容積量はきぬゆたかが大きかった。きぬゆたか

は粗蛋白含量があまぎ二条とはるな二条よりも有意に低く、糖化時間が長かった。きぬゆたか、なす二条、ミカモゴールドン、ミサトゴールドンは、浸麦時間、麦芽エキス、エキス収量、評点が、あまぎ二条とはるな二条との間の値を示した。穀粒粗蛋白含量、可溶性窒素、コールバッハ数は1981年～1985年の分析結果とは異なり、あまぎ二条とはるな二条との間に有意差は認められなかった。きぬゆたかとミサトゴールドンは糖化時間、麦芽エキス、エキス収量、ジアスターゼ力(WK、WK/TN)についてはるな二条、ミカモゴールドン、なす二条の3品種よりも劣った。栽培法間では水田条播が畑条播に比べて千粒重と容積重が大きかった。麦芽形質は、1981年～1985年産の分析と同様の傾向で、粗蛋白含量、麦芽全窒素、可溶性窒素、ジアスターゼ力(WK)の窒素関連形質は畑条播で高く、麦芽エキス、エキス収量、評点は水田条播が高かった。品種別の主要な穀粒形質・麦芽形質間の相関

第2表 1981年～1985年産の品種別・栽培法別の穀粒形質および麦芽形質

形質名	あまぎ二条	はるな二条	ニューゴールドン	アズマゴールドン	水田条播	水田ドリル	畑条播	畑多肥
千粒重(g)	38.6 <sup>c</sup>	39.7 <sup>a</sup>	44.6 <sup>a</sup>	41.9 <sup>b</sup>	43.6 <sup>a</sup>	41.8 <sup>b</sup>	40.6 <sup>c</sup>	38.9 <sup>a</sup>
粗蛋白含量(%)	10.6 <sup>c</sup>	11.2 <sup>a</sup>	11.1 <sup>a,c</sup>	10.9 <sup>b,c</sup>	10.7 <sup>c</sup>	10.2 <sup>d</sup>	11.1 <sup>b</sup>	11.7 <sup>a</sup>
窒素重量/粒(mg)	0.65 <sup>c</sup>	0.71 <sup>b</sup>	0.79 <sup>a</sup>	0.73 <sup>b</sup>	0.75 <sup>a</sup>	0.69 <sup>b</sup>	0.72 <sup>a</sup>	0.73 <sup>a</sup>
容積重(g/l)	686 <sup>a</sup>	679 <sup>a</sup>	689 <sup>a</sup>	684 <sup>a</sup>	691 <sup>a</sup>	686 <sup>a,b</sup>	685 <sup>a,c</sup>	675 <sup>c</sup>
浸麦時間(h)	51.5 <sup>c</sup>	55.9 <sup>b</sup>	64.2 <sup>a</sup>	55.0 <sup>b</sup>	57.6 <sup>a</sup>	55.7 <sup>a</sup>	57.6 <sup>a</sup>	55.8 <sup>a</sup>
麦芽収量率(%)	91.1 <sup>b</sup>	90.8 <sup>c</sup>	91.1 <sup>b</sup>	91.4 <sup>a</sup>	91.1 <sup>b</sup>	91.6 <sup>a</sup>	90.6 <sup>c</sup>	90.9 <sup>b,c</sup>
糖化時間(min)	14.6 <sup>c</sup>	13.0 <sup>c</sup>	16.8 <sup>b</sup>	19.5 <sup>a</sup>	16.0 <sup>a,b</sup>	17.3 <sup>a</sup>	15.8 <sup>a,b</sup>	14.8 <sup>b</sup>
ろ過時間(min)	9.1 <sup>c</sup>	8.8 <sup>c</sup>	11.3 <sup>b</sup>	15.8 <sup>a</sup>	12.1 <sup>a</sup>	10.6 <sup>a</sup>	10.7 <sup>a</sup>	11.6 <sup>a</sup>
色度	3.37 <sup>b,c</sup>	3.32 <sup>c</sup>	3.41 <sup>b</sup>	3.65 <sup>a</sup>	3.52 <sup>a</sup>	3.69 <sup>a</sup>	3.24 <sup>b</sup>	3.31 <sup>c</sup>
麦芽エキス(%)	81.2 <sup>b</sup>	83.7 <sup>a</sup>	79.8 <sup>c</sup>	79.6 <sup>c</sup>	81.4 <sup>b</sup>	81.9 <sup>a</sup>	80.7 <sup>c</sup>	80.2 <sup>d</sup>
エキス収量(%)	74.0 <sup>b</sup>	76.0 <sup>a</sup>	72.7 <sup>c</sup>	72.8 <sup>c</sup>	74.2 <sup>b</sup>	75.1 <sup>a</sup>	73.2 <sup>c</sup>	73.0 <sup>c</sup>
麦芽全窒素(%)	1.59 <sup>b</sup>	1.71 <sup>a</sup>	1.69 <sup>a</sup>	1.67 <sup>a</sup>	1.63 <sup>b</sup>	1.54 <sup>c</sup>	1.68 <sup>b</sup>	1.80 <sup>a</sup>
可溶性窒素(%)	0.76 <sup>b</sup>	0.80 <sup>a</sup>	0.69 <sup>c</sup>	0.71 <sup>c</sup>	0.74 <sup>b</sup>	0.72 <sup>b</sup>	0.74 <sup>b</sup>	0.77 <sup>a</sup>
コールバッハ数(%)	48.4 <sup>a</sup>	47.0 <sup>a</sup>	41.0 <sup>b</sup>	42.4 <sup>b</sup>	45.4 <sup>a</sup>	46.7 <sup>a</sup>	43.8 <sup>b</sup>	42.9 <sup>b</sup>
ジアスターゼ力(WK)	221 <sup>b</sup>	274 <sup>a</sup>	192 <sup>c</sup>	183 <sup>c</sup>	213 <sup>b</sup>	196 <sup>c</sup>	218 <sup>b</sup>	243 <sup>a</sup>
ジアスターゼ力(WK/TN)	140 <sup>b</sup>	160 <sup>a</sup>	114 <sup>c</sup>	110 <sup>c</sup>	132 <sup>a,b</sup>	129 <sup>c</sup>	129 <sup>c</sup>	135 <sup>a</sup>
最終発酵度(%)	81.0 <sup>b</sup>	81.5 <sup>a</sup>	81.0 <sup>b</sup>	76.9 <sup>c</sup>	80.2 <sup>a,b</sup>	79.7 <sup>c</sup>	80.5 <sup>a</sup>	79.9 <sup>b,c</sup>
評点	47.3 <sup>b</sup>	59.9 <sup>a</sup>	27.4 <sup>c</sup>	23.2 <sup>d</sup>	41.4 <sup>a</sup>	44.6 <sup>a</sup>	36.9 <sup>c</sup>	34.7 <sup>c</sup>

注. 数字に付した同一英字間には1%水準で有意差なし(最小有意差法による)。

データベース利用による二条オオムギの麦芽品質変動の解析

係数を第4表に示した。麦芽形質間では麦芽全窒素が可溶性窒素およびジアスターゼ力(WK)との間に0.63~0.83の高い正の相関、麦芽エキスおよびコールバツハ数との間に-0.65前後の高い負の相関を示した。ジアスターゼ力(WK/TN)はジアスターゼ力(WK)と0.5前後の正の相関が認められたが、麦芽全窒素など他形質とは有意な相関は認められなかった。糖化時間は、最終発酵度と0.31~0.59の正の相関、ジアスターゼ力(WK)と負のゆるい相関が認められた。また、麦汁色度は可溶性窒素と0.45前後の正の相関を示し、コールバツハ数ともゆるい正の相関を示した。ろ過時間は糖化時間とゆるい正の相関が認められた以外は他形質と明確な相関関係を示さなかった。穀粒形質中では粗蛋白含量が麦芽形質に最も大きく影響を及ぼし、麦芽エキス、コールバツハ数とは負の、麦芽全窒素、可溶性窒素、ジアスターゼ力(WK)とは正のそれぞれ高い相関が認められた。粒あたり窒素量は

粗蛋白含量と0.66~0.80、千粒重と約0.65の相関があり麦芽形質との関係では粗蛋白含量と同様の傾向を示した。しかし、相関係数は粗蛋白含量と麦芽形質との相関係数に比べて小さくなるものが多かった。千粒重は麦芽形質や穀粒粗蛋白含量との間に明らかな相関関係は認められなかった。容積量は麦芽全窒素、可溶性窒素量およびジアスターゼ力(WK、WK/TN)とは負の、麦芽エキス、エキス収量とは正の相関を示す傾向にあったが、はるな二条はあまぎ二条とミサトゴールデンに比べてこうした関係が弱かった。容積重は穀粒粗蛋白含量と負の相関を示す傾向にあり、あまぎ二条とはるな二条では浸麦時間とも有意な正の相関が認められた。なお、第4表に示さなかった形質のうち、水感性と浸麦時間は他形質と明確な相関は認められなかった。また、麦芽の溶けに関連すると考えられる麦芽収量率とコールバツハ数との間にも3品種中2品種で有意な相関はなかった。

第3表 1986年~1991年産の品種別・栽培法別の穀粒形質および麦芽形質

形質名	あまぎ二条	はるな二条	きぬゆたか	なす二条	ミサトゴールデン	ミサトブルー	水田桑播	畑桑播
千粒重(g)	37.2 <sup>b</sup>	37.5 <sup>b</sup>	37.8 <sup>b</sup>	37.1 <sup>b</sup>	41.5 <sup>a</sup>	36.9 <sup>b</sup>	39.6 <sup>a</sup>	36.4 <sup>b</sup>
粗蛋白含量(%)	11.2 <sup>a</sup>	11.1 <sup>a</sup>	10.4 <sup>b</sup>	10.8 <sup>a,b</sup>	10.7 <sup>a,b</sup>	11.1 <sup>a</sup>	10.2 <sup>b</sup>	11.5 <sup>a</sup>
窒素重量/粒(mg)	0.65 <sup>b</sup>	0.66 <sup>b</sup>	0.62 <sup>c</sup>	0.62 <sup>c</sup>	0.70 <sup>a</sup>	0.64 <sup>b,c</sup>	0.63 <sup>b</sup>	0.67 <sup>a</sup>
リットル重(g)	669 <sup>b,c</sup>	668 <sup>c</sup>	688 <sup>a</sup>	675 <sup>b</sup>	676 <sup>b</sup>	665 <sup>c</sup>	662 <sup>a</sup>	665 <sup>b</sup>
浸麦時間(h)	48.9 <sup>c</sup>	53.7 <sup>a</sup>	53.1 <sup>a,b</sup>	51.5 <sup>c</sup>	51.6 <sup>c</sup>	51.2 <sup>b,c</sup>	51.1 <sup>a</sup>	52.2 <sup>a</sup>
麦芽収量率(%)	90.9	91.0	91.1	91.3	91.5	91.1	91.3	91.0
糖化時間(min)	16.4 <sup>b,c</sup>	15.5 <sup>c</sup>	19.7 <sup>a</sup>	15.9 <sup>c</sup>	18.6 <sup>a,b</sup>	17.1 <sup>b,c</sup>	18.2 <sup>a</sup>	16.2 <sup>b</sup>
ろ過時間(min)	12.3	11.0	12.1	13.1	12.1	12.9	13.3	11.3
色度	3.88 <sup>b,c</sup>	4.00 <sup>a,b</sup>	4.30 <sup>a</sup>	3.53 <sup>c</sup>	3.96 <sup>a,b</sup>	4.03 <sup>a,b</sup>	4.09 <sup>a</sup>	3.80 <sup>b</sup>
麦芽エキス(%)	80.2 <sup>d</sup>	83.5 <sup>a</sup>	80.9 <sup>c</sup>	82.8 <sup>b</sup>	81.2 <sup>c</sup>	82.8 <sup>b</sup>	82.6 <sup>a</sup>	81.2 <sup>b</sup>
エキス収量(%)	72.9 <sup>e</sup>	76.0 <sup>a</sup>	73.8 <sup>d</sup>	75.6 <sup>a,b</sup>	74.3 <sup>c</sup>	75.4 <sup>b</sup>	75.5 <sup>a</sup>	73.8 <sup>b</sup>
麦芽全窒素(%)	1.68	1.72	1.63	1.68	1.68	1.69	1.58 <sup>b</sup>	1.77 <sup>a</sup>
可溶性窒素(%)	0.80	0.80	0.78	0.78	0.78	0.81	0.76 <sup>b</sup>	0.82 <sup>a</sup>
コールバツハ数(%)	48.6	47.3	48.3	45.6	46.7	48.1	47.9	46.9
ジアスターゼ力(WK)	258 <sup>b,c</sup>	287 <sup>a</sup>	238 <sup>c,d</sup>	269 <sup>a,b</sup>	227 <sup>d</sup>	293 <sup>a</sup>	242 <sup>b</sup>	282 <sup>a</sup>
ジアスターゼ力(WK/TN)	156 <sup>a,b</sup>	168 <sup>a</sup>	146 <sup>b</sup>	161 <sup>a,b</sup>	136 <sup>c</sup>	173 <sup>a</sup>	153	160
最終発酵度(%)	83.0 <sup>d</sup>	84.0 <sup>a,b,c</sup>	83.5 <sup>c,d</sup>	84.3 <sup>a,b</sup>	84.7 <sup>a</sup>	83.6 <sup>c,d</sup>	83.8	84.0
評点	47.2 <sup>b</sup>	62.2 <sup>a</sup>	50.1 <sup>c</sup>	57.9 <sup>a</sup>	49.9 <sup>b</sup>	62.3 <sup>a</sup>	57.9 <sup>a</sup>	52.0 <sup>b</sup>

注. 数字に付した同一英字間には1%水準で有意差なし(最小有意差法による)。

栃木県農業試験研究報告第39号

第4表 穀粒形質および麦芽形質間の相関係数

	窒素量/粒		容積重		ろ過時間		麦芽エキス		可溶性窒素		DP (WK)		最終発酵度	
	粗蛋白含量		糖化時間		麦汁色度		麦芽全窒素		1-PPH数		DP (WK/TN)			
千粒重	.68**	-.09	.54**	-.10	-.24*	.02	.27*	-.04	.05	.14	-.18	-.18	-.21*	
	.69**	.18	.15	-.20	-.15	-.04	.02	.13	.16	.01	-.02	-.23*	-.25*	
	.63**	-.21	.48**	.00	-.10	-.15	.30*	-.10	-.07	.08	-.35**	-.31*	-.32**	
窒素量/粒	.66**	.00	-.28**	-.05	.19	-.35**	.59**	.57**	.57**	-.31**	.38**	-.19	-.37**	
	.80**	-.08	-.43**	-.22*	.01	-.56**	.77**	.65**	.65**	-.45**	.58**	-.07	-.35**	
	.70**	.04	-.11	.15	-.20	-.36**	.63**	.45**	.45**	-.39**	.31*	-.34**	-.35**	
粗蛋白含量			-.53**	-.33**	.22*	.25*	-.75**	.93**	.81**	-.59**	.75**	-.11	-.31**	
			-.22*	-.44**	-.17	.06	-.77**	.96**	.77**	-.63**	.81**	.08	-.26*	
			-.41**	-.13	.31*	-.09	-.75**	.91**	.65**	-.58**	.71**	-.16	-.16	
容積重					.26*	-.17	-.29**	.59**	-.50**	-.45**	.31**	-.65**	-.27*	.01
					.07	.15	-.22*	.21*	-.14	-.21*	-.02	-.35**	-.40**	.03
					.15	-.11	-.16	.47**	-.30*	-.30*	.08	-.58**	-.36**	-.11
糖化時間						.21*	.03	.16	-.30**	-.25*	.21*	-.34**	-.11	.47**
						.45**	.14	.22*	-.42**	-.38**	.23*	-.37**	-.06	.59**
						.24*	.07	-.00	-.08	-.22	-.12	-.23	-.19	.31*
ろ過時間						.16	-.33**	.30**	.20	-.18	.26*	-.01	.35**	
						.36**	.04	-.16	-.14	.16	-.24*	-.23*	.35**	
						-.03	-.45**	.33**	-.01	-.40**	.11	-.19	.12	
麦汁色度							-.10	.27*	.58**	.23*	.22*	-.04	.01	
							.14	.10	.39**	.34**	.10	-.00	.12	
							.35**	.01	.44**	.47**	-.02	-.06	.00	
麦芽エキス									-.72**	-.50**	.59**	-.67**	-.05	-.03
									-.70**	-.34**	.74**	-.66**	-.18	.08
									-.68**	-.22	.72**	-.63**	-.04	-.22
麦芽全窒素										.82**	-.71**	.71**	-.26*	-.24*
										.83**	-.63**	.81**	.02	-.23*
										.72**	-.64**	.63**	-.35**	-.13
可溶性窒素											-.19	.63**	-.14	-.22*
											-.10	.67**	.00	-.27*
											.07	.50**	-.23	-.20
1-PPH数												-.41**	.32**	.16
												-.52**	-.03	.07
												-.37**	.24**	-.03
ジアスターゼ力 (DP) (WK)													.49**	-.08
													.59**	-.17
													.50**	-.07
ジアスターゼ力 (WK/TN)														.21*
														.06
														.10

注1. 数字の上段はあまぎ二条 (n=87), 中段ははるな二条 (n=87), 下段はミサトゴールデン (n=66) の相関係数

2. \*, \*\*はそれぞれ5%水準, 1%水準で有意

第5表 栽培成績と穀粒形質および麦芽形質との相関

	出穂期	成熟期	登熟 日数	穂長	穂数	倒伏 程度	縞萎 縮病
千粒重	.63**	.73**	.18	.36**	-.28**	-.16	.07
	.57**	.58**	-.01	.25*	-.19	-.25*	-.19
	.47**	.52**	-.08	.19	-.56**	-.20	
窒素量/粒	.63**	.74**	.19	.48**	-.43**	.09	.26*
	.56**	.63**	.09	.29**	-.15	.00	.10
	.37**	.51**	.07	.31**	-.35**	-.11	
粗蛋白含量	.31**	.37**	.10	.38**	-.33**	.25*	.36**
	.33**	.42**	.14	.21*	-.05	.19	.29**
	.05	.20	.18	.23	.06	.05	
容積重	.16	.08	-.16	-.19	.07	-.29**	-.29**
	-.08	-.12	-.07	-.37**	.31	.03	-.37**
	.27*	.15	-.24*	-.09	-.17	-.09	
糖化時間	-.22*	-.21*	.03	-.06	-.07	-.41**	-.10
	-.36**	-.32**	.09	-.04	.04	-.34**	-.13
	-.28*	-.19	.20	.25*	-.09	-.27*	
ろ過時間	-.11	-.05	.11	.09	.01	-.22*	.09
	-.20	-.15	.09	-.17	.15	-.15	-.07
	-.04	.02	.09	-.10	.12	.09	
麦汁色度	.09	.24*	.26*	.34**	-.29**	-.28**	.11
	.02	.21*	.33**	.30**	-.29**	-.08	.20
	-.25*	.07	.48**	.34**	-.18	.04	
麦芽エキス	-.12	-.15	-.04	-.24*	.25*	-.30**	-.34**
	-.22*	-.23*	-.00	-.13	-.01	-.19	-.38**
	.03	-.07	-.15	-.04	-.22	-.17	
麦芽全窒素	.22*	.28**	.09	.40**	-.33**	.16	.28**
	.25*	.38**	.22*	.23*	-.09	.20	.25*
	.02	.24*	.28*	.32*	-.04	.09	
可溶性窒素	.21*	.31**	.18	.45**	-.40**	-.04	.24*
	.18	.34**	.26*	.30**	-.15	.12	.14
	-.12	.17	.41**	.51**	-.16	.01	
エーパツハ数	-.11	-.06	.09	-.15	.07	-.34**	-.18
	-.18	-.19	-.01	.01	.00	-.19	-.26*
	-.15	-.13	.06	.10	-.12	-.12	
ジアスターゼ力 (WK)	.02	.12	.10	.34**	-.34**	.11	.46**
	.12	.23*	.18	.29**	-.07	.33**	.36**
	-.14	-.04	.17	.13	.21	.23	
ジアスターゼ力 (WK/TN)	-.22*	-.13	.15	-.01	-.06	-.03	.26*
	-.13	-.11	.04	.19	.02	.31**	.28**
	-.18	-.30*	-.10	-.23	.29*	.20	
最終発酵度	-.39**	-.19	.36**	.07	.03	-.34**	-.13
	-.34**	-.06	.49**	.14	.05	-.15	-.16
	-.45**	-.21	.45**	.19	-.06	-.06	

注1. 数字の上段はあまぎ二条 (n=87), 中段ははるな二条 (n=87), 下段はミサトゴールデン (n=66) の相関係数

2. \*, \*\*はそれぞれ5%水準, 1%水準で有意

栽培成績と穀粒形質、麦芽形質との相関係数を第5表に示した。出穂期と成熟期は千粒重および粒あたり窒素量との間に比較的高い正の相関を示し、遅い時期に登熟するほど穀粒の乾物重や窒素量が増加する傾向にあった。また、糖化時間とは負の、麦芽全窒素とは正のゆるい相関が認められた。最終発酵度は出穂期とは-0.4前後の相関が認められたが、成熟期とは有意な相関を示さず、登熟日数と0.4前後の正の相関を示した。容積重は出穂期、成熟期、登熟日数との間に相関関係が見られなかった。穂長は千粒重、粒あたり窒素量、麦汁色度、可溶性窒素とゆるい正の相関を示し、穂数はこれらの形質とゆるい負の相関を示す傾向にあった。縮萎縮病発病程度（ミサトゴールドンは抵抗性品種のためデータなし）は粗蛋白含量、麦芽全窒素、ジアスターゼ力（WK, WK/TN）と正の相関、容積重、麦芽エキスとの間に負の相関が認められた。倒伏程度は糖化時間との間にゆるい負の相関が認められた以外は麦芽諸形質との間に有意な相関は認められなかった。

#### Ⅳ 考 察

1981年～1985年産の分散分析では、合比の品質検定項目のち水感性を除く各項目で品種間差が有意となり、品種×栽培法、品種×年次の交互作用も大きくなかった。これは、これらの形質が遺伝的要因によって強く支配されていることを示している。品種別では、1965年育成のニューゴールドンと1971年育成のアズマゴールドンは、1977年および1979年に試作開始されたあまぎ二条（キリンビール社）、はるな二条（サッポロビール社）に比べて糖化時間、ろ過時間、麦芽エキス、エキス収量、可溶性窒素、コールバハ数、ジアスターゼ力が明らかに劣った。栃木分場のビール麦育種における麦芽品質選抜は1971年度に開始されたため、ニューゴールドンとアズマゴールドンはどちらも初・中期世代

における品質選抜を受けていない品種である。これに対して、1986年～1991年産の分散分析では可溶性窒素とコールバハ数で供試6品種間に有意差がなくなったほか、他の各形質でも品種間のF値が小さくなった。解析に用いたミサトゴールドン、ミカモゴールドン、きぬゆたか（キリンビール社）、なす二条（キリンビール社）はいずれもビール麦の主要病害であるオオムギ縮萎縮病抵抗性に関して改良が加えられた品種である。これらの主要麦芽形質はあまぎ二条とはるな二条との中間に位置づけられ、特になす二条とミカモゴールドンとはるな二条に近く、最近のビール麦品種が病害抵抗性に加えて品質的にもかなり改善されていることがわかる。ヨーロッパでは小規模製麦システムに関する研究の進展に伴って育種試験の多くの材料について少量サンプルでの麦芽品質の評価が可能となり、エキス収量やジアスターゼ力の向上が着実に進んだとされている<sup>6,10)</sup>。このことはわが国のビール麦育種にもあてはまることであり、麦芽分析による品質選抜が効果的に機能していることを示している。糖化時間およびろ過時間は合比の品質評価基準には含まれておらず、重要形質である麦芽エキス、ジアスターゼ力ほどの積極的な選抜は加えられていないと考えられるが、ニューゴールドン、アズマゴールドンの2品種に比べて最近の4品種は明らかに改善がみられていることから、貯蔵澱粉や蛋白の構造あるいは組成の改良に伴って付随的に向上したのではないかと推察される。

穀粒粗蛋白含量が麦芽品質に及ぼす影響については古くから報告があり<sup>2)</sup>、本県でも粗蛋白含量と麦芽エキスとの間に高い負の相関のあること<sup>4)</sup>、粗蛋白含量は麦芽全窒素と高い正の相関を示し<sup>13)</sup>、麦芽全窒素と可溶性窒素およびジアスターゼ力（WK）との間に高い正の相関があること<sup>12)</sup>が報告されている。本解析では粗蛋白含量は麦芽エキスおよびエキス収量と高い



負の相関、麦芽全窒素、可溶性窒素、ジアスターゼ力(WK)とは高い正の相関が認められたほか、コールバウハ数との間にもやや高い負の相関が認められた。これは、粗蛋白含量が高いほど窒素の溶けが低下することを示すものである。これまでの研究で、蛋白含量が高いオオムギ種子では蛋白組成中でホルデインの占める割合が大きいとされ<sup>3)</sup>、麦芽製造過程では種子貯蔵蛋白中の特定のサブユニットが大きな変化を受けることが知られている<sup>7)</sup>。このため、高蛋白化したビール麦では蛋白組成が変化することによってコールバウハ数に影響を及ぼすと推察される。一方、穀粒形質ではあまぎ二条とミサトゴールデンで容積重が粗蛋白含量とやや高い負の相関を示し、麦芽形質の麦芽エキス、エキス収量、麦芽全窒素および可溶性窒素とも有意な相関を示した。粗蛋白含量を固定した容積重と麦芽エキスとの偏相関係数を計算したところ、あまぎ二条では+0.35、ミサトゴールデンでは+0.27でそれぞれ有意となり、粗蛋白含量の影響を除去しても両者の間に関連性のあることが認められた。また、品種別でも、他の品種に比べて容積重が大きいきぬゆたかでは穀粒粗蛋白含量、ジアスターゼ力が低かったことから、容積重で表される穀粒の密度が粗蛋白含量や麦芽形質に影響を及ぼしていることが示唆される。

粗蛋白含量は栽培法間の差が比較的大きく、麦芽エキス、エキス収量、麦芽全窒素、ジアスターゼ力など粗蛋白含量に関連する麦芽形質でも栽培法間のF値が大きかった。これらの麦芽形質は栽培法ごとの順位も粗蛋白含量の順位と同じ傾向を示したことから、栽培法の違いは主として粗蛋白含量に影響を及ぼし、それが麦芽形質の違いに反映したと考えられる。水田で栽培されたビール麦は畑栽培よりも粗蛋白含量が低いという結果は、従来からの知見<sup>5)</sup>と同様である。粗蛋白含量を決定する千粒重と粒あたり窒素量を第2表から比較すると、窒素量は水田

条播が畑条播の1.04倍(1981~1985年産)、0.95倍(1986~1991年産)と一定の傾向が見られなかったのに対して、千粒重は1.07倍(1981~1985年産)、1.09倍(1986~1991年産)と差があり、水田と畑との粗蛋白含量の違いは粒あたり窒素量の差よりも乾物重の差によるところが大きいと考えられる。一方、同一品種内の変動を見ると、千粒重と粒あたり窒素量は、ともに遅い時期に登熟するほど大きくなる傾向にあり、両者の相関係数も+0.65前後と比較的高い。このことから、粒重が大きくなる条件では概して粒あたり窒素量も増加しやすいと考えられる。年次変動の一例として水田条播におけるミサトゴールデンの千粒重と粒あたり窒素量を第1図に示した。千粒重と粒あたり窒素量は概ね平行的に推移しているが、1984年産では特異的に粒あたり窒素量が多かった。1984年産は冬季の低温・積雪の影響により生育が抑制され出穂期が平年より大幅に遅れた年である。春季の天候の回復により収量的には平年並みが確保されたが、ミサトゴールデン以外の供試材料も大粒・高蛋白という特徴を示した。この年の環境条件およびオオムギの生育経過は、穀粒粗蛋白含量の変動を解明する手がかりとして有益な情報になると思われる。

穀粒粗蛋白含量との相関がない、あるいは弱い形質として、千粒重のほかに浸麦時間、糖化時間、ろ過時間、麦汁色度、ジアスターゼ力(WK/TN)、最終発酵度があげられる。このうち、浸麦時間、ジアスターゼ力(WK/TN)、最終発酵度は、1981年~1985年産および1986年~1991年産の分散分析とも年次間の主効果が大きく栽培法×年次の交互作用が小さかったことから、気象条件による変動が大きいと推察される。一方、糖化時間は麦芽の澱粉がジアスターゼによって糖に分解される時間であり、ジアスターゼ力(WK)とは負の相関を示すことが予想されたが、本解析では両者の相関は比較的小さかった。こ

のため、糖化時間の変動に関してはジアスターゼ力を構成するアミラーゼの種類や、澱粉の構造等他の要因も考慮する必要がある。オオムギヤコムギの種子貯蔵澱粉には大粒子と小粒子の2種類があり、高温条件で登熟したコムギでは小粒澱粉が少ないという報告がある<sup>1)</sup>。本解析で糖化時間と最終発酵度は出穂期や成熟期、登熟日数と相関を示し、両者の間にも有意な相関が認められたことから、ビール麦でも登熟環境が澱粉の蓄積形態と関連し、それが麦芽品質に影響を及ぼす可能性が示唆される。

## V 摘要

1981年から1991年までの栃木分場のビール麦育種試験における品質分析データおよび栽培データをデータベース化し、蓄積したデータから品質関連形質の品種間差異、環境変動および形質間相関を算出して変動解析を行った。結果の概要は次のとおりである。

1. 1981年～1985年産の分散分析では、品質関連形質は水感性を除くすべての形質で品種間差異が有意となり、これらの形質が遺伝的要因によって支配されていると考えられた。品種別ではほとんどの形質でニューゴールデンとアズマゴールデンがはるな二条、あまぎ二条よりも

劣った。

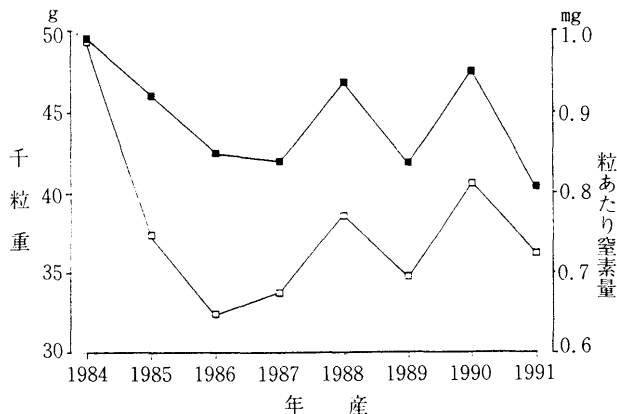
2. 1986年～1991年産の分散分析では、ほとんどの項目で品種間差異が小さくなった。ミサトゴールデン、きぬゆたか、なす二条、ミカモゴールデンはあまぎ二条とはるな二条との間の品質を示し、1985年までの供試材料に比べて品質に関する遺伝的改良が進んだことが確認された。

3. 水田は畑に比べて穀粒粗蛋白含量が低かった。この影響で、水田に作付けされたビール麦は麦芽全窒素が低く、麦芽エキス、コールパッハ数が高い良好な品質を示した。水田と畑との穀粒粗蛋白含量の差は、粒あたり窒素量よりも粒あたり乾物重の差が大きく影響していると考えられた。

4. 千粒重は出穂期や成熟期とやや高い正の相関(0.47～0.73)を示し、登熟の時期が遅くなるほど大きくなる傾向にあったが、同じ条件では粒あたり窒素量も増加するため、穀粒粗蛋白含量と千粒重の間には明確な相関が認められなかった。

5. 容積重はあまぎ二条とミサトゴールデンで穀粒粗蛋白含量とやや高い負の相関(-0.41, -0.52)を示した。また、麦芽エキスとは0.5前後の正の相関、ジアスターゼ力とは-0.6前後の負の相関が認められ、麦芽品質と関連する形質であることが示唆された。

6. 浸麦時間、ジアスターゼ力(WK/TN)、最終発酵度の3形質は、年次間の主効果が大きく栽培法×年次の交互作用が小さかったことから、気象条件による変動が大きいと推察された。糖化時間は最終発酵度と、麦汁色度は可溶性窒素とそれぞれ有意な正の相関を示し、これらの形質間の関連性が示唆された。



第1図 ミサトゴールデンの水田条播区における千粒重と粒あたり窒素量の年次変異  
 —■—：千粒重 —□—：粒あたり窒素量

## VI 引用文献

1. Bhullar, S. S. and Jenner, F. C. (1985) Aust. J. Pl. Physiol. 12(4):

データベース利用による二条オオムギの麦芽品質変動の解析

- 363-375
2. Bishop, L. R. and Marx, D. (1934) J. Inst. Brewing 40:62-74
  3. Burger, W. C., Wesenberg, D. M., Carden, J. E. III, and Pawlisch, P. E. (1979) Crop Sci. 19:235-238
  4. 倉井耕一・米内貞夫・石川成寿・藤井敏男・前波健二郎・荒井忠夫・伊藤浩 (1987) 栃木農試研報33:1-16
  5. 倉井耕一・藤井敏男・米内貞夫・湯沢正明・前波健二郎・石川成寿 (1990) 栃木農試研報37:10-24
  6. Lein, A. (1964) Barley Genetics I: 310-324
  7. 宮川三郎・佐々木昭博・桐生光広・加藤常夫・神永明・福田暎・早乙女和彦・五月女敏規 (1991) 栃木農試研報38:59-70
  8. 奥津善章・佐々木昭博 (1984) 育雑34 別冊1:126-127
  9. 大塚雍雄 (1980) 農業技術35(10):448-453
  10. Reiner, L., Chmidt, F. S. and Geiger, H. (1976) Barley Genetics III:605-611
  11. 佐々木昭博・吉田智彦 (1983) 農業技術 38(5):203 -207
  12. 早乙女和彦・星川清親・伊藤浩・宮川三郎 (1992) 栃木農試研報38:37-58
  13. 栃木県農業試験場栃木分場ビール麦品質改善指定試験地 (1989) 昭和63年度二条大麦育種基礎試験成績書 品種改良のためのビール麦品質検定法(2)
  14. Yoshida, T. and Sasaki, A. (1983) Barley Newsletter 26:108-111

## Construction and Use of Data Base from Malting Barley Breeding Records

Akihiro SASAKI, Mitsuhiro KIRYU, Tsuneo KATO and Akira KAMINAGA

### Summary

Breeding records of malting barley were compiled as computerized data base for information retrieval and data analysis. We used "the CARD 3+" program on personal computer PC-9801RX (NEC Co.ltd). The data base consists of 1,228 yield tests and micro-malting trial records of eleven years from 1981 to 1991. In this report, to examine the cause for malting quality variation, we carried out analyses of variance on varieties, cultivated conditions and experiment years, and calculated correlation coefficients among characters. The results are as follows.

1. Cv. "New Golden" and "Azuma Golden" bred before 1975 have lower malting quality than cv. "Amagi Nijo" and "Haruna Nijo" bred in the latter half of 1970's. Barley yellow mosaic resistant cultivars "Misato Golden", "Kinuyutaka", "Mikamo Golden" and "Nasu Nijo" bred in 1980's have intermediate quality between "Amagi Nijo" and "Haruna Nijo". The orders of malting quality among cultivars are stable in each cultivated condition and experiment year.

2. Malting barleys cultivated at paddy fields showed lower protein percentage of grain than those cultivated at upland fields. Though the former had higher grain weight than the latter, the difference of nitrogen content between them was relatively small. On the other hand when each experiment year lumped together the protein percentage of grain was not correlated to 1000 grain weight, but correlated to volume weight.

3. The protein percentage of grain influenced many malting characters. It was correlated positively to total nitrogen, soluble nitrogen and diastatic power (WK), and negatively to malt extract and Koalbach index.

4. Steeping period, diastatic power (WK/TN) and apparent final attenuation were not correlated to protein percentage of grain. It has been definitely showed by the analysis of variance that the fluctuation of these three characters were very large among years. So it was suggested that these characters are susceptible to influences from weather conditions.

[ Bull. Tochigi Agr. Exp.  
Stn. No.39 : 75~86 (1992) ]