

ビール大麦の側面裂皮粒，凸腹粒の気象的発生要因

吉川 亮・水田一枝・山口 修

近年北部九州のビール大麦栽培で問題となっている被害粒の側面裂皮粒と凸腹粒について，統計解析により気象的発生要因を明らかにした。①側面裂皮粒の発生には，主として節間伸長期から出穂期にかけて（特に出穂期前 20 日間）の日照不足が関与していた。また，節間伸長期及び登熟後期から成熟期の各時期の多雨と節間伸長期から出穂期の低温も発生に関与しているものと考えられた。②凸腹粒は，5 月中下旬の登熟後期から成熟期に降水量が多く，そのうち登熟後期（成熟期 13～7 日前）と成熟期直前（成熟期 3 日前～成熟期）の 2 時期ともに降雨が多い場合に，発生が多くなった。

[キーワード：ビール大麦，側面裂皮粒，凸腹粒，気象，発生要因]

Meteorological Factors of Occurrence of Husk Underdevelopment and Grain with Ventral Swelling in Malting Barley. YOSHIKAWA Ryo, Kazue MIZUTA and Osamu YAMAGUCHI (Fukuoka Agric. Res. Cent., Chikushino, Fukuoka 818, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 14 : 30-35 (1995)

The occurrence of the two types of damaged grains(husk underdevelopment and grain with ventral swelling)which caused low inspection grade have been problem on the cultivation of malting barley in the north Kyusyu district of Japan in recent years. Therefore, we investigated the meteorological factors of the occurrence of these damaged grains by statistical methods. ① A main factor of occurrence of husk underdevelopment was the shortage of sunshine hours for internode elongation stage to heading date, particularly for twenty days before heading date. Sub-factors were also involved in precipitation at internode elongation stage, precipitation for late grain filling stage to date of maturing, and low temperature for internode elongation stage to heading date. ② A main factor of occurrence of grain with ventral swelling was the large amount of precipitation for late grain filling stage to date of maturing, particularly for the thirteenth to seventh day before date of maturing and three days before date of maturing.

[Key words : Malting barley, Damaged grain, Husk underdevelopment, Grain with ventral swelling, Meteorological factor, Percentage of occurrence]

結 言

福岡県，佐賀県を中心とした北部九州各県はわが国の主要なビール大麦生産地帯の 1 つであるが，近年外観品質が低下してビール大麦合格率や契約達成率が全国平均を下回っている。この外観品質低下の要因の 1 つは，被害粒である側面裂皮粒や凸腹粒の多発である¹⁾。主要品種の‘あまぎ二条’は凸腹粒の発生が多く，一方‘ニシノゴールド’は側面裂皮粒の発生が多い¹⁾。このため，両被害粒に抵抗性の品種育成が早急に求められている。

側面裂皮粒は，止葉展開期から出穂期の湿害，日照不足及び低温の複合作用により，穎の発育が抑制され^{2,3)}，穎と粒の大きさがアンバランスな場合に発生しやすいと報告されている³⁾。また，凸腹粒の発生要因については，登熟期間，特に収穫直前の降雨が影響するという報告¹⁾や，登熟中～後期（出穂後 30～35 日）にかけて降雨がその引金として重要であるという報告⁴⁾がある。凸腹粒と切断面の形状がよく似た空洞粒⁷⁾では，収穫期の気象（降雨と晴天）が影響するとされている^{5,6)}。

このように側面裂皮粒，凸腹粒の発生については気象条件が深く関与しているが，過去の気象データを統計解析によって被害粒の発生要因を検討した例はない。そこで，本報では，今まで言われている（気象的）発生要因の確認を含めて，過去の麦作期間中の気象データを用い，統計解析により側面裂皮粒，凸腹粒の気象的発生要因を明らかにしたので，その概要について報告する。

試 験 方 法

1 供試材料と耕種概要

側面裂皮粒の発生要因解析用に‘ニシノゴールド’，‘はるな二条’の 2 品種，凸腹粒発生要因解析用に‘あまぎ二条’の 1 品種を用いた（第 1 表）。材料として，1984～1992 年度（播種年度）の 9 年間にわたる生産力検定試験（1991 年度は他の年度と播種期を揃えるため生産力検定予備試験）に供試したものをを用いた。

播種期は 11 月 18 日～11 月 30 日の適期播（第 1 表）で，栽培法は標準ドリル播栽培，施肥量は標肥とした。

2 被害粒の調査法

側面裂皮粒の調査法は，穂または脱穀した粒厚 2.5 mm 以上の整粒について肉眼観察で側面裂皮粒数を調査し，（側面裂皮粒数／全稔実粒数）× 100 により側面裂皮粒率を算出した。また，凸腹粒の調査法は，脱穀した粒厚 2.5 mm 以上の整粒について肉眼観察で凸腹粒数を調査し，（凸腹粒数／全粒数）× 100 により凸腹粒率を算出した。

3 気象データと統計解析法

気象データとして，1984～1992 年度（播種年度）の 9 年間にわたる 12 月～5 月までの麦作期間中における各月の上旬，中旬，下旬の平均気温，最低気温，最高気温，日照時間及び降水量を用いた。また，これとは別に 3～4 月の毎日の日照時間と 5 月の毎日の降水量を用いた。これらの気象データは全て福岡県農業総合試験場生産環境研究所（福岡県筑紫野市大字吉木 587）における観測値である。

側面裂皮粒，凸腹粒の発生要因を解析するために，気象データと各被害粒率との単相関係数を算出して，主要な気象要因を解明した。また，各被害粒率を目的変数，気象データ（各被害粒率との単相関係数が比較的高いもの）を説明変数にした変数増減法による重回帰分析を行い，全ての説明変数の回帰係数が有意な重回帰式を選択した。

結 果

1 側面裂皮粒率，凸腹粒率の年次変動

第1表に供試品種の播種期，出穂期，成熟期，側面裂皮粒率及び凸腹粒率を示した。‘ニシノゴールド’の側面裂皮粒率は，1986，1990，1991年度では20%以上と高かった。一方，1989，1992年度は2%以下と低かった。その他の年度は4～9%の中程度の発生であった。また，‘はるな二条’の側面裂皮粒率については，‘ニシノゴールド’と比べほとんどの年度で発生率が低いが，年度による変動の傾向は類似していた。

次に，‘あまぎ二条’の凸腹粒率については，1984，1985，1986，1990年度は10%以上と高く，その中で特に1984年度は27.0%とかなり高かった。一方，1989，1991，1992年度は1%以下と極めて低く，1987年度も2.0%と低かった。このように，凸腹粒の発生については，多発年と少発年の大きく2つのグループに分かれた。

2 側面裂皮粒の気象的発生要因の解析

第2表に，側面裂皮粒率と有意な相関がみられた気象要因だけを示した。‘ニシノゴールド’，‘はるな二条’の両品種に有意な相関が認められた気象要因は，4月上旬日照

時間（それぞれ-0.87，-0.86），5月下旬降水量（それぞれ0.67，0.83）の2つに過ぎなかった。

‘ニシノゴールド’のみに有意な相関が認められた気象要因は，5月上旬最低気温（-0.67）と2月中旬日照時間（-0.75）のみであった。また，‘はるな二条’でも5月下旬最低気温（0.84），2月下旬降水量（-0.78）の2要因のみであった。しかし，いずれも4月上旬日照時間の相関係数より低かった。

次に，両品種に共通して相関係数が高かった4月上旬日照時間について，更に詳細に解析した。この4月上旬は出穂期頃または出穂期前にあたる（第1表）。また，年次による出穂期の変動が大きく，品種により出穂期がやや異なる。そこで，出穂期を起点とした出穂期前の日照時間と側面裂皮粒率の関係を検討するため，第3表にこれらの間の相関係数を示した。‘はるな二条’の6日前～出穂期を除いて，いずれも有意な負の相関が認められた。その中で，両品種とも20日前～出穂期において最も高い相関係数を示し（‘ニシノゴールド’-0.92，‘はるな二条’-0.89），これは4月上旬日照時間の相関係数よりやや高かった。第1図にこの20日前～出穂期の日照時間と側面裂皮粒率の関係を示した。両品種とも直線的な関係がみられ，日照時間が100時間を境に多発生と少～中発生の2つのグループに大きく分かれた。

第4表に，重回帰分析の結果を示した。‘ニシノゴールド’では，4月上旬日照時間，3月下旬・4月上旬・5月下旬の各降水量の4要因を説明変数に採択した。また，‘はるな二条’では，4月上旬日照時間，4月上旬・5月下旬の各降水量の3要因と，出穂期前20日間の平均気温・最

第1表 供試品種の播種期，出穂期，成熟期，側面裂皮粒率及び凸腹粒率

年度	播種 期(月日)	ニシノゴールド			はるな二条			あまぎ二条		
		出穂 期(月日)	成熟 期(月日)	側面裂 皮粒率(%)	出穂 期(月日)	成熟 期(月日)	側面裂 皮粒率(%)	出穂 期(月日)	成熟 期(月日)	凸腹 粒率(%)
1984	11.22	4.18	5.24	9.0	4.17	5.23	4.7	4.19	5.27	27.0
1985	11.20	4.24	5.29	8.3	4.23	5.28	3.3	4.24	6.01	15.7
1986	11.18	4.10	5.22	30.0	4.10	5.22	12.0	4.11	5.24	12.0
1987	11.18	4.15	5.26	6.0	4.14	5.24	2.0	4.16	5.28	2.0
1988	11.18	4.08	5.20	4.0	4.06	5.19	1.0	4.08	5.22	— ¹⁾
1989	11.21	4.06	5.21	0.7	4.04	5.20	0.3	4.09	5.24	0.7
1990	11.21	4.12	5.24	28.0	4.12	5.22	8.3	4.13	5.26	16.9
1991	11.21	4.08	5.19	20.9	—	—	—	4.09	5.22	0.4
1992	11.30	4.19	5.26	0.1	4.18	5.25	0.3	4.19	5.30	0.0

1)大麦萎縮病多発により調査不能。

第2表 側面裂皮粒率と有意な相関がみられた気象要因

品 種 名	気 象 要 因 (相 関 係 数)
ニシノゴールド	4月上旬日照時間 (ニシノゴールド-0.87***， はるな二条-0.86**)
・ はるな二条	5月下旬降水量 (ニシノゴールド0.67** ¹⁾ ， はるな二条0.83**)
ニシノゴールド	5月上旬最低気温 (-0.67*)， 2月中旬日照時間 (-0.75*)
はるな二条	5月下旬最低気温 (0.84**)， 2月下旬降水量 (-0.78*)

1)*, **はそれぞれ5%, 1%水準で有意。

高気温・日照時間と出穂期前 40 日間の降水量の 4 要因をそれぞれ説明変数に採択した。

3 凸腹粒の気象的発生要因の解析

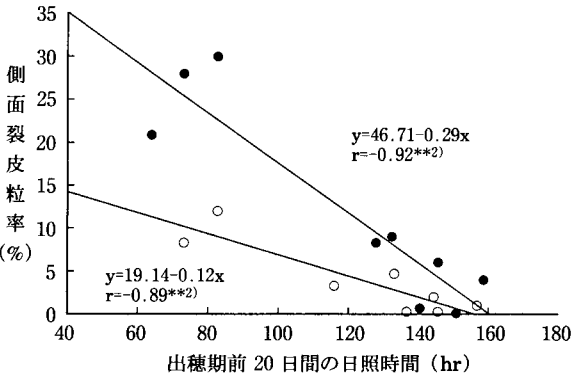
第 5 表には、凸腹粒と有意な相関がみられた気象要因だけを示した。すなわち、12 月下旬の平均気温 (−0.78)・最低気温 (−0.81)・最高気温 (−0.71), 2 月下旬の平均気温 (−0.75)・最高気温 (−0.85), 5 月上旬・中旬・下旬の降水量 (それぞれ −0.73, 0.92, 0.76) の各気象要因である。その中で、特に 5 月中旬降水量との相関係数が高かった。なお、上記の 5 月上旬・中旬・下旬の降水量を除

いた気象要因は、5 月中下旬降水量との間にもやや高い有意な負の相関 (−0.62 ~ −0.83) がみられた。

そこで、相関が最も高い 5 月中旬降水量と 5 月上旬、下旬の各降水量のみを取り上げて、更に詳細に解析した。第 2 図には、5 月中旬の降水量のみならず、5 月中下旬、5 月のそれぞれの降水量について凸腹粒率との関係を示した。5 月中下旬降水量及び 5 月降水量においても、5 月中旬と同様に高い有意な正の相関 (それぞれ 0.97, 0.96) が認められ、しかも相関係数は更に高くなった。また、いずれの降水量においても直線的な関係がみられた。

以上の結果から、5 月中旬、5 月中下旬及び 5 月のそれぞれの降水量が多いほど凸腹粒率が高くなった。

この 5 月中旬、5 月中下旬は登熟後期～成熟期にあたる



第 1 図 出穂期前 20 日間の日照時間と側面裂皮粒率の関係
1) ● ニシノゴールド, ○ はるな二条
2) **は 1%水準で有意。

第 5 表 凸腹粒率と有意な相関がみられた気象要因

気 象 要 因 (相関係数)	
12 月下旬平均気温 (−0.78 ¹⁾)	2 月下旬平均気温 (−0.75 [*])
12 月下旬最低気温 (−0.81 [*])	2 月下旬最高気温 (−0.85 ^{**1)})
12 月下旬最高気温 (−0.71 [*])	
5 月上旬降水量 (−0.73 [*])	
5 月中旬降水量 (0.92 ^{**})	
5 月下旬降水量 (0.76 [*])	

1)^{*},^{**}はそれぞれ 5%, 1%水準で有意。

第 3 表 出穂期前の日照時間と側面裂皮粒率の相関係数

品 種 名	日 照 時 間					
	41 日前 ¹⁾ ～出穂期	34 日前 ～出穂期	27 日前 ～出穂期	20 日前 ～出穂期	13 日前 ～出穂期	6 日前 ～出穂期
ニシノゴールド	−0.76 ^{**2)}	−0.83 ^{**2)}	−0.82 ^{**}	−0.92 ^{**}	−0.86 ^{**}	−0.73 [*]
はるな二条	−0.82 [*]	−0.83 [*]	−0.83 [*]	−0.89 ^{**}	−0.81 [*]	−0.58

1) 出穂期 41 日前を示す。他も同様。
2)^{*},^{**}はそれぞれ 5%, 1%水準で有意。

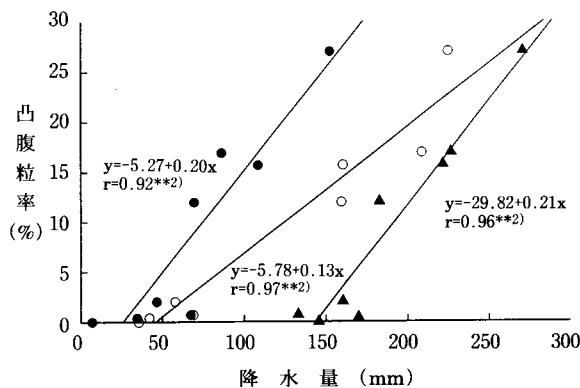
第 4 表 側面裂皮粒発生重回帰分析

品 種 名	目的変数	説 明 変 数	偏 相 関 係 数	重 回 帰 式	決定係 数(R ²)	重相関 係数(R)
ニ シ ノ ゴ ー ル ド	側面裂皮 粒率(Y ₁)	4 月 上 旬 日 照 時 間 (X ₁)	−0.991	Y ₁ =42.267−0.655** ¹⁾ X ₁ +0.169**X ₂ −0.217**X ₃ +0.201**X ₄	0.995	0.998
		3 月 下 旬 降 水 量 (X ₂)	0.969			
		4 月 上 旬 降 水 量 (X ₃)	−0.975			
		5 月 下 旬 降 水 量 (X ₄)	0.988			
は る な 二 条	側面裂皮 粒率(Y ₂)	4 月 上 旬 日 照 時 間 (X ₁)	−0.950	Y ₂ =23.188−0.287**X ₁ −0.081* ¹⁾ X ₂ +0.050*X ₃	0.971	0.985
		4 月 上 旬 降 水 量 (X ₂)	−0.885			
		5 月 下 旬 降 水 量 (X ₃)	0.904			
		出穂期前20日間平均気温 (X ₁)	−0.909	Y ₂ = −10.000 − 5.120*X ₁ + 5.425*X ₂ − 0.184**X ₃ + 0.037*X ₄	0.976	0.988
		出穂期前20日間最高気温 (X ₂)	0.885			
		出穂期前20日間日照時間 (X ₃)	−0.976			
		出穂期前40日間降水量 (X ₄)	0.926			

1)^{*},^{**}はそれぞれ 5%, 1%水準で有意。

が，第1表に示すように，試験年度により5月22日～6月1日と成熟期が大きく変動した。そこで，成熟期を起点として解析するため，成熟期前の降水量と凸腹粒率の相関係数を算出し，第6表に示した。なお，上段は27，20，13，6，3日前から成熟期までのそれぞれの降水量との，下段は27～21日前，20～14日前，13～7日前，6～4日前，3日前～成熟期のそれぞれの降水量との相関係数である。上段をみると，6日前～成熟期を除いていずれも0.80以上の有意で高い正の相関が認められ，そのうち特に13日前～成熟期において最も高い相関係数(0.90)を示した。次に，下段をみると，13～7日前と3日前～成熟期の2時期のみにいずれも0.80以上の有意で高い正の相関が認められたが，その他の相関係数はかなり低かった。以上の結果から，成熟期13日前～成熟期の降水量が多く，そのうち成熟期13～7日前と成熟期3日前～成熟期の両時期の降水量が凸腹粒の発生に深く関与していることが判明した。

この結果をもとに，更に成熟期前の毎日の雨の降り方について検証してみた。第3図に，凸腹粒の多発年4ヶ年(1984～1986,1990年度)と少発年4ヶ年(1987,1989,1991,1992年度)における成熟期前14日間の毎日の降水量の変動を示した。図から明らかなように，多発年と少発年との間には雨の降り方に大きな違いがみられる。多発年では，4ヶ年共通して，13～7日前に30～60mmの降水量の日が1～2日あり，しかも3日前～成熟期の成熟期直前に40mm以上の降水量のある日が1日あった。つまり，成熟期前14日間に2日以上が多雨日があったことになる。一方，少発年においては，4ヶ年共通して，



第2図 5月中旬，5月中下旬及び5月の各降水量と凸腹粒率の関係

1) ● 5月中旬，○ 5月中下旬，▲ 5月
2) **は1%水準で有意。

第6表 成熟期前の降水量と凸腹粒率の相関係数

降 水 量				
27日前 ¹⁾ ～成熟期	20日前 ～成熟期	13日前 ～成熟期	6日前 ～成熟期	3日前 ～成熟期
0.84**2)	0.84*	0.90**2)	0.68	0.83*
降 水 量				
27～21 日 前	20～14 日 前	13～7 日 前	6～4 日 前	3日前 ～成熟期
-0.35	0.06	0.89**	-0.25	0.83*

1) 成熟期27日前を示す。他も同様。
2) *, **はそれぞれ5%, 1%水準で有意。

多発年より降水量・降水日が少なく，成熟期直前の降水はほとんどなく，しかも9～6日前に，1989年度の約60mmを除いて10～20mmの降水量の日が1～2日あるのみであった。なお，成熟期前14日間の1日の多雨(約60mm)では，少発年の1989年度の結果から，凸腹粒の多発につながらなかった。

第7表には，重回帰分析の結果を示し，4つの重回帰式を作成した。すなわち，単相関係数が高かった要因同志の2月下旬最高気温と5月中旬降水量，5月中旬降水量と5月下旬降水量の各2要因を説明変数にしたもの，2月下旬平均気温と12月下旬，1月中旬，4月中旬の各最低気温の4要因を用いたもの，そして12月下旬，1月中旬，2月下旬，4月中旬の各最低気温の4要因を用いたものである。また，各重回帰式別に偏相関係数をみると，5月中旬降水量(0.946～0.953)，1月中旬最低気温(-0.961～-0.966)及び4月中旬最低気温(0.945～0.947)の3要因が特に高い値を示した。

考 察

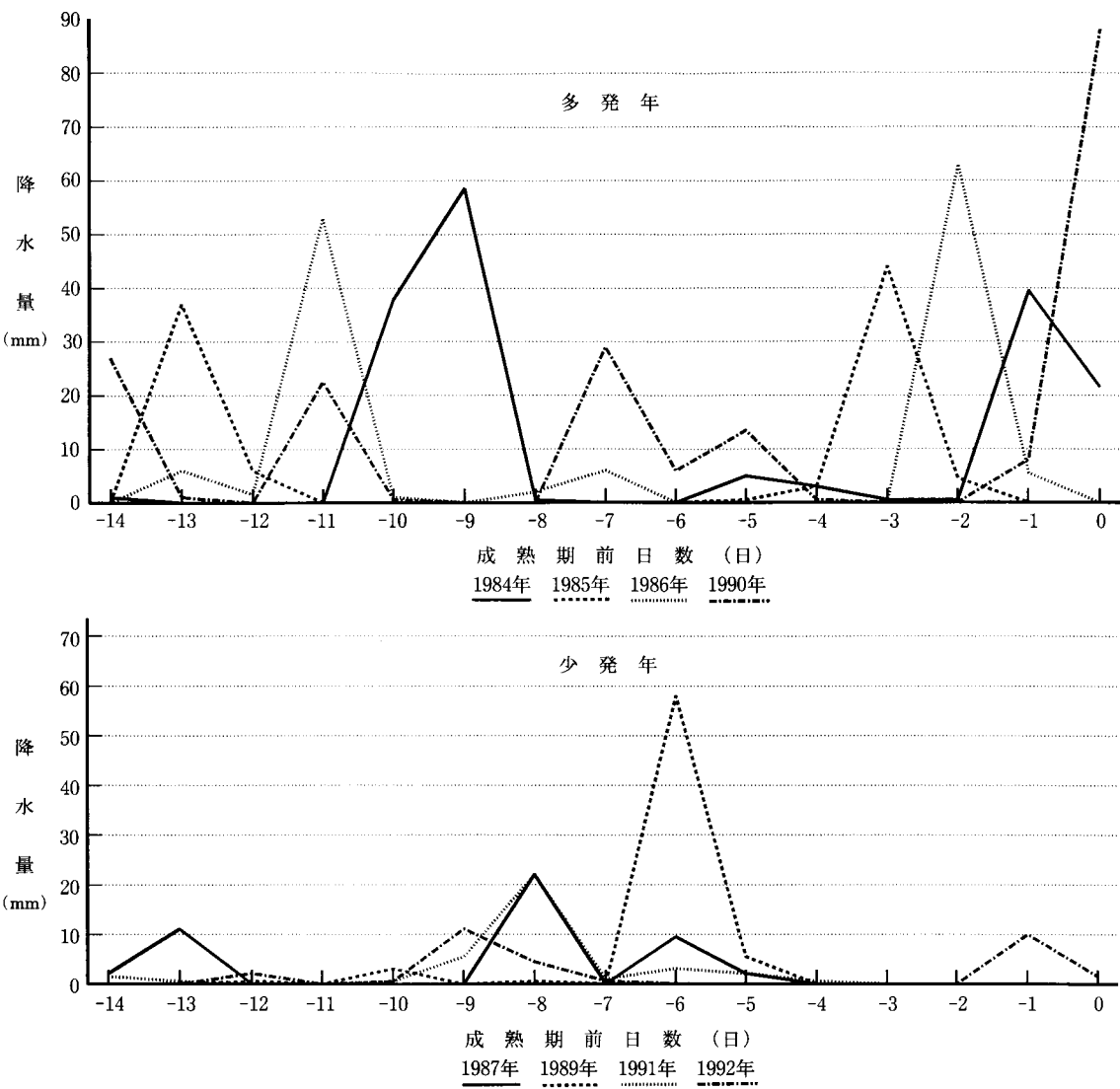
1 側面裂皮粒の気象的発生要因

本試験では‘ニシノゴールド’と‘はるな二条’に共通した要因を中心に解析した。単相関分析では，側面裂皮粒率と4月上旬(節間伸長期～止葉展開期)の日照時間の間に負の相関が，5月下旬(登熟後期～成熟期)の降水量と正の相関が認められた(第2表)。さらに，出穂期前の日照時間について検討した結果，出穂期前20日間(節間伸長期～出穂期)における日照不足が，側面裂皮粒の発生に深く関係していた(第3表，第1図)。この結果は浜地ら³⁾の報告と一致した。日照不足が側面裂皮粒に関与している原因として，日照不足は穎の急激に発育する時期における光合成抑制，炭水化物不足をもたらし，穎の発育を抑えることになったもの³⁾と考えられる。

重回帰分析の結果からも，4月上旬日照時間と5月下旬降水量が主要な説明変数で，偏相関係数から特に前者が重要な説明変数であることが明らかになった(第4表)。重回帰分析では，説明変数として2～4個の気象要因を用いた場合に側面裂皮粒率をよく説明できたため，側面裂皮粒の発生には節間伸長期～出穂期の日照不足が主として関与しているが，節間伸長期及び登熟後期～成熟期の多雨と節間伸長期～出穂期の低温も副の要因として関与しているものと考えられる。

側面裂皮粒は，内外穎の長さが増加する止葉展開期から出穂期にかけて，湿害，日照不足及び低温の影響を受けて穎の発育が抑制された場合に発生が多い²⁾。また，茎立期から出穂期までの土壌の過湿の程度が大きいほど，穎の発育が抑えられ，さらにこの時期の湿害と止葉展開期から出穂期までの日照不足及び低温の複合作用によって穎は著しく小さくなり，穎と粒の大きさがアンバランスな場合に側面裂皮粒が発生しやすいと報告されている³⁾。

これらの報告は土壌の過湿条件(湿害)に低温，日照不足を組み合わせて解析した結果であり，本試験では気象条件のみ取り上げているので，土壌の過湿条件については両者の結果は直接比較できない。しかし，一般に降水量が多いと土壌が過湿になりやすいと考え，出穂期前の環境条件はこれらの報告と本試験の結果は比較的良好に一致して



第3図 凸腹粒の多発年及び少発年における成熟期前14日間の毎日の降水量

第7表 凸腹粒発生の重回帰分析

目的変数	説明変数	偏相関係数	重回帰式	決定係数(R ²)	重相関係数(R)
凸腹粒率 (Y ₃)	2月下旬最高気温(X ₁)	-0.918	Y ₃ =14.594-1.785**X ₁ +0.141**X ₂	0.974	0.987
	5月中旬降水量(X ₂)	0.953			
	5月中旬降水量(X ₁)	0.946	Y ₃ =-6.488+0.159**X ₁ +0.092**X ₂	0.956	0.978
	5月下旬降水量(X ₂)	0.853			
	2月下旬平均気温(X ₁)	-0.916	Y ₃ =9.890-1.238*X ₁ -1.942*X ₂ -3.556**X ₃ +1.480**X ₄	0.989	0.995
	12月下旬最低气温(X ₂)	-0.882			
	1月中旬最低气温(X ₃)	-0.966			
	4月中旬最低气温(X ₄)	0.945			
	12月下旬最低气温(X ₁)	-0.928	Y ₃ =5.331-2.432*X ₁ -3.562**X ₂ -1.021*X ₃ +1.636*X ₄	0.987	0.994
	1月中旬最低气温(X ₂)	-0.961			
	2月下旬最低气温(X ₃)	-0.901			
	4月中旬最低气温(X ₄)	0.947			

1)*, **はそれぞれ5%, 1%水準で有意。

いると考えられる。

本試験では新たに、これに5月下旬降水量の多雨を要因の1つに加えた方が、側面裂皮粒の発生をよく説明できた。これらが側面裂皮粒の発生に関与している原因として、登熟後期の登熟しきった粒が、降雨によって吸水して膨張し、その段階で穀皮が薄い‘ニシノゴールド’や‘はるな二条’は穀皮が裂け、側面裂皮粒症状に進展したものと考えられる。

以上の結果を総合すると、側面裂皮粒の発生要因として、主として節間伸長期から出穂期にかけて（特に出穂期前20日間）の日照不足が関与し、また節間伸長期及び登熟後期～成熟期の多雨と節間伸長期～出穂期の低温も関与していると考えられる。

2 凸腹粒の気象的発生要因

凸腹粒は単相関分析から、登熟後期（5月中旬）または登熟後期～成熟期（5月中下旬）に降水量が多く、そのうち登熟後期（成熟期13～7日前）と成熟期直前（3日前～成熟期）の2時期ともに降水量が多い場合に、発生が多くなる傾向がみられた（第2図，第6表）。また、凸腹粒の多発年における成熟期前14日間の毎日の降水量をみたところ、多発年4ヶ年とも成熟期13～7日前の登熟後期に30mm以上の降水量の日があり、しかも成熟期直前に40mm以上の降水量の日があるという、パターンがよく一致していた（第3図）。なお、成熟期前14日間の1日の多雨では多発につながらないことが、1989年度の結果から明らかになった。

浜地ら¹⁾は、‘あまぎ二条’と‘きぬゆたか’において、収穫直前に降雨にあった材料はあわなかった材料より凸腹粒が多かったが、登熟期間にビニールで覆って降雨にあてないようにしたのは、凸腹粒が全く観察されなかったことから、凸腹粒の発生は登熟期間の降雨が影響すると報告している。また、福田ら⁴⁾は、凸腹粒の発生は出穂後30日～35日にかけての降雨がその引金として重要であるとしている。これらの報告は、本試験の結果とよく一致していると考えられる。さらに本試験では凸腹粒の多発には成熟期前2週間の間に30mm以上の降水日が2日以上必要であるという新たな知見が得られた。

重回帰分析においても、5月中旬降水量の説明変数についての重要性が示唆された（第7表）。しかし、これに2月下旬最高気温または5月下旬降水量を加えた方が、より一層凸腹粒率を説明できた。また、凸腹粒の発生には直接関与していないと考えられる2月下旬平均気温・最低気温、12月下旬、1月中旬、4月中旬の各最低気温だけを用いた場合でも凸腹粒率の発生をよく説明できた。このため、これらを説明変数に用いた重回帰式により、4月下旬の段階で事前に凸腹粒の発生を予測できるものと推察される。5月の中旬降水量を含めないで、これらの平均気温・最低気温だけで凸腹粒を説明できた原因は、凸腹粒率と相関の高い5月中下旬降水量と2月下旬平均気温・最低気温、12月下旬、1月中旬の各最低気温との間にそれぞれやや高い有意な負の相関（ $-0.62 \sim -0.78$ ）があり、また4月中旬最低気温との間に高い有意な正の相関（ 0.72 ）が

あるという気象要因間に密接な関係があるためで、これらが5月中下旬の降水量を通じて間接的に凸腹粒率に関与したものと考えられる。以上のことから、一般に冬季の気温が低い場合は、5月中下旬の降水量が多くなって凸腹粒の発生が多くなるものと推察される。

凸腹粒の発生機構についてはまだ十分解明されていないが、今までの報告を合わせると次のように推察される。つまり、ビール大麦は登熟後期になると、降雨があった場合穀粒が吸水しやすくなり、多雨になるほど穀粒水分が多くなって胚乳が液状になり、液状の胚乳の一部が縦溝部分から外に溶出する。これが乾燥しても十分に回復できなくなり⁴⁾、粒の縦溝部分が膨らんだりまたは割れたりして、凸腹粒になると考えられる。凸腹粒の程度が甚だしい場合、立毛中に胚乳が種皮より露出する場合がある⁴⁾。六条大麦の‘ミノリムギ’では出穂後20～30日目までに縦溝の下部分にU字形の液腔がみられ、これは粒中心部付近まで入り込むが⁷⁾、ビール大麦‘あまぎ二条’でもこの液腔ができて、ここから液状になった胚乳が飛び出しやすくなるのではないかと考えられる。登熟後期の2時期の多雨は以上の現象を増幅するため、凸腹粒の多発につながるものと考えられる。

以上の結果を総合すると、5月中下旬の登熟後期から成熟期に降水量が多く、そのうち登熟後期（成熟期13～7日前）と成熟期直前（成熟期3日前～成熟期）の2時期ともに降水量が多い場合には、凸腹粒の発生が多くなると考えられる。

引用文献

- 1) 浜地勇次・吉田智彦（1989）最近のビール大麦における品質低下の実態・原因・対策，農業および園芸 64：395-402.
- 2) 浜地勇次・古庄雅彦・吉田智彦（1989）ビール大麦における側面裂皮粒発生に及ぼす環境条件の影響，日作紀 58：507-512.
- 3) 浜地勇次・吉野 稔・古庄雅彦・吉田智彦（1990）ビール大麦における土壌の過湿条件が穎の大きさおよび側面裂皮粒の発生に及ぼす影響，日作紀 59：667-671.
- 4) 福田 敬・中村大四郎・山本 勇・三原 実（1993）1992年産麦における凸腹粒の発生について，九農研 55：17.
- 5) 杉本真一・富久保男・石田喜久男（1989）ビール大麦の空洞粒発生要因の究明，日作中国支部研究収録 30：51-52.
- 6) 杉本真一・富久保男・石田喜久男（1991）ビール大麦の空洞粒発生要因の解明と対策，平成2年度近畿中国農業研究成果情報：72-73
- 7) 湯川智行・石田 博・渡邊好昭・田中征勝（1990）オオムギ空洞粒のいろいろな形状，北陸作物学会報 25：48-51.