

水稲品種‘アケボノ’における 腹白未熟粒の発生要因

大久保和男・杉本 真一

Factors in the Occurrence of ‘White Belly Rice’ on a Rice Variety ‘Akebono’

Kazuo Okubo and Shin-ichi Sugimoto

緒 言

腹白米は充分肥大した粒でありながら胚乳の腹側に白色不透明部（腹白）をもつ玄米である。腹白の程度には白色不透明部の小さい軽微なものから粒の中心部に達する甚大なものまであり、軽微な腹白米は食糧庁の検査上、整粒として扱われるので玄米の検査等級には影響を及ぼさない。しかし、腹白部分が粒長の2/3以上かつ粒幅の1/3以上を占める程度の腹白米は腹白未熟粒とよばれ、未熟粒として扱われる。しかも、これら腹白未熟粒は篩では取り除くことができないので、多発すると整粒歩合を低下させ、検査等級が下がる。また、腹白米は炊飯過程で腹白部分がはじけたり、溶け出したりして炊きあがりの粒形が崩れやすいことから、炊飯米の外観を悪くする。

腹白米の発生要因に関する研究は多くなされているが、いずれも腹白部分の大きさには触れておらず、検査上の等級を左右する腹白未熟粒についての研究報告はない。

岡山県の水稲の基幹品種の一つであるアケボノは、収量が安定して高いが、腹白が発生しやすく、外観上の品質を低下させて問題となっている。そこで、本稿では特に問題となる腹白未熟粒の発生要因の究明を試み、一応の成果を得たので報告する。

材料及び方法

試験は1997～’99年にいずれも岡山県立農業試験場（現・岡山県農業総合センター農業試験場、岡山県赤磐郡山陽町）の水田で品種アケボノを用いて行った。

各試験区からの収穫物は網室で自然乾燥させ、脱穀して初すり後1.8mm篩で調製し、調査用の玄米とした。玄米を肉眼で観察し、完全粒、腹白未熟粒、心白粒、腹白粒、青未熟粒、乳白粒、死米、着色粒、茶米、奇形粒に分別した。ここで、腹白の発生した玄米のうち、腹白部分が粒長の2/3以上かつ粒幅の1/3以上を占めるものを腹白未熟粒とし、腹白部分が粒長の2/3未満又は粒幅の1/3未満のものは単に腹白粒として両者を区分した。腹白粒は心白粒、完全粒と合わせて検査上の整粒に類別し、腹白未熟粒、青未熟粒、乳白粒は未熟粒に、死米、着色粒、茶米、奇形粒は被害粒等に類別した。

1. 腹白未熟粒の大きさ及び穂上での発生位置と発生率

1997年5月20日に播種し、6月18日に中苗を本田に1株3本植えて移植した。栽植密度は18.3株/m² (26×21cm)とした。標準施肥及び多肥栽培区を設け、腹白未熟粒の発生頻度と粒の大きさを調査した。標準施肥栽培は基肥として窒素0.49kg/a、リン酸0.60kg/a、カリ0.46kg/aを全層施用し、追肥として窒素0.35kg/a、リン酸0.43kg/a、カリ0.33kg/aを7月10日に表面施用し、穂肥として窒素0.32kg/a、カリ0.44kg/aを8月11日に表面施用した。多肥栽培の肥料は3要素を標準施肥栽培の1.25倍とした。

腹白未熟粒の大きさについては、10月21日に標準施肥栽培、多肥栽培から45株ずつ収穫し、玄米の形質別に発生頻度と粒の大きさを調査した。粒の大きさは、一粒ずつ粒長、粒幅、粒厚をマイクロゲージつきノギスで計測した。

穂上での腹白未熟粒の発生位置と発生率については、標準施肥栽培した区から成熟期に30穂を無作為に抜き取り、枝梗別に腹白未熟粒数を調べた。腹白未熟粒の発生率は、30穂を一次枝梗数により分級し、級別に総着粒数に対する腹白未熟粒数から算出した。

2. 枝梗切除及び止葉切除処理が腹白未熟粒の発生に及ぼす影響

1998年5月14日に播種し、6月25日に稚苗を本田に1株3本植えて移植した。栽植密度は18.5株/m² (30×18cm)とした。基肥として窒素0.42kg/a、リン酸0.51kg/a、カリ0.39kg/aを全層施用、追肥として窒素0.28kg/a、リン酸0.34kg/a、カリ0.26kg/aを7月5日に表面施用、穂肥として窒素0.32kg/a、カリ0.40kg/aを8月13日に表面施用した。

出穂11日後の9月17日に、止葉切除処理（全茎の止葉葉身を切除）と枝梗切除処理（全穂の下位枝梗を切除し、穎花数を半減）を3株ずつ行った。

10月28日に両処理と無処理の各3株を収穫し、調製後腹白未熟粒の発生率を調べた。

3. 枝梗の切除位置が腹白未熟粒の発生に及ぼす影響

1999年5月19日に播種し、6月25日にみのる式ポット成苗を本田に1株3本植えて移植した。栽植密度は16.7株/m² (30×20cm)とした。基肥として窒素0.50kg/a、リン酸0.61kg/a、カリ0.47kg/aを全層施用、追肥として窒素0.25kg/a、リン酸0.31kg/a、カリ0.23kg/aを7月9日に表面施用、穂肥として窒素0.20kg/a、カリ0.25kg/aを8月17日に表面施用した。

処理は①出穂前の8月31日にすべての茎の止葉葉身を切除する止葉切除処理、②出穂10日後の9月16日にすべての穂の上位枝梗を切除し穎花数を約10%削減する上位枝梗切除処理、③9月16日にすべての穂の下位枝梗を切除し穎花数を約10%削減する下位枝梗切除処理の3区を設けた。

各処理は1条の連続10株について行った。10月28日に処理区の両端2株を除いて6株を収穫、無処理株も6株収穫して、腹白未熟粒の発生率を調べた。

結 果

1. 腹白未熟粒の大きさと穂上での発生位置

標準施肥及び多肥栽培したアケボノの精玄米を整粒、腹白未熟粒、その他未熟粒、被害粒等に分別し、それらの構成割合を表1に示した。多肥栽培では、標準施肥栽培に比べて腹白未熟粒及びその他未熟粒が増加し、整粒歩合が低下した。また、表2には玄米の形質別に、粒長、粒幅、粒厚及び粒形指数の平均値を示した。標準施肥栽培では、粒長は死米と整粒が大きかった。しかし、粒幅と粒厚は腹白未熟粒が整粒や死米より大きかった。多肥栽培では、粒長、粒幅、粒厚とも腹白未熟粒が最も大きかった。

表3には標準施肥栽培のアケボノの30穂を一次枝梗数により分級し、一次枝梗の着生順に腹白未熟粒の発生状況を示した。標本とした30穂の一次枝梗数は11~7で、枝梗数により分級した級別の穂数はそれぞれ4、7、9、9、1本であった。この級別に腹白未熟粒の発生率をみると、一次枝梗数が9の穂で発生率は8.9%と最も低く、それ以上の穂や8以下になると発生率が高くなった。次に、穂上での着粒位置と腹白未熟粒の発生率との関係を見る

表1 アケボノの玄米における形質別構成割合 (1997)

栽培方法	調査粒数	整粒 ^{a)} (%)	腹白未熟粒(%)	その他 ^{b)} 未熟粒(%)	被害 ^{c)} 粒等(%)
標準施肥栽培	6,984	60.6	4.7	3.4	31.3
多肥栽培	6,993	48.0	9.5	11.6	30.9

a) 完全粒、腹白粒及び心白粒

b) 青未熟粒及び乳白粒

c) 死米、着色粒、茶米及び奇形粒

表2 施肥量が異なる栽培での整粒及び障害粒の大きさ (1997)

栽培法	粒形質	調査粒数	粒長(mm)	粒幅(mm)	粒厚(mm)	粒形指数(粒長/粒幅)
標準施肥	整粒	285	5.29	3.10	2.19	1.70
	腹白未熟粒	120	5.27	3.16	2.24	1.67
	青未熟粒	120	5.05	2.94	2.13	1.72
	死米	55	5.32	3.11	2.15	1.71
	被害粒等 ^{a)}	240	5.22	3.03	2.16	1.72
多肥	整粒	360	5.23	3.07	2.18	1.70
	腹白未熟粒	120	5.30	3.14	2.21	1.69
	青未熟粒	120	5.06	2.96	2.15	1.71
	死米	85	5.24	3.07	2.08	1.71
	被害粒等 ^{a)}	240	5.20	3.04	2.14	1.71

a) 着色粒、茶米及び奇形粒

表3 アケボノ30穂の一次枝梗数及び一次枝梗別にみた腹白未熟粒の発生率（1997）

一次枝梗数による穂の分級				一次枝梗の番号 ^{c)}												
一次枝梗数	穂数	総着粒数	腹白未熟粒数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	合計	
11	4	562	88	腹白未熟粒発生率(%) ^{a)}	0.7	2.0	2.3	3.2	2.5	2.7	1.1	0.5	0.4	0.4	0.0	15.7
				着粒割合(%) ^{b)}	6.2	10.5	10.3	11.6	12.5	11.0	11.0	8.7	7.5	6.4	4.3	100
10	7	672	99	腹白未熟粒発生率(%)	1.8	1.6	1.5	1.9	2.5	1.2	1.6	1.0	0.6	0.9	—	14.7
				着粒割合(%)	6.3	11.3	10.4	11.8	13.7	11.2	11.0	10.0	7.3	7.1	—	100
9	9	861	77	腹白未熟粒発生率(%)	1.3	2.3	1.4	1.6	0.8	0.2	0.7	0.5	0.1	—	—	8.9
				着粒割合(%)	7.8	13.1	12.7	13.0	13.5	11.5	10.9	9.5	8.0	—	—	100
8	9	637	92	腹白未熟粒発生率(%)	1.3	2.5	2.5	2.8	1.4	1.9	0.9	1.1	—	—	—	14.4
				着粒割合(%)	8.2	13.5	12.6	15.1	15.4	12.1	13.2	10.0	—	—	—	100
7	1	57	12	腹白未熟粒発生率(%)	1.8	5.3	3.5	5.3	3.5	1.8	0.0	—	—	—	—	21.1
				着粒割合(%)	8.8	19.3	12.3	17.5	17.5	12.3	12.3	—	—	—	—	100

- a) 当該する一次枝梗における腹白未熟粒数/総着粒数
- b) 当該する一次枝梗における着粒数/総着粒数
- c) 穂首に近い順番につけた一次枝梗の番号

表4 枝梗切除及び止葉切除処理がアケボノの粒形質に及ぼす影響（1998）

処理	調査粒数	整粒			未熟粒			精玄米千粒重(g)
		完全粒(%)	腹白粒 ^{a)} (%)	心白粒 ^{a)} (%)	腹白未熟粒(%)	その他 ^{b)} 未熟粒(%)	被害 ^{c)} 粒等(%)	
枝梗切除 ^{d)}	1,029	78.4	16.1	3.0	1.2	0.0	1.3	26.2
止葉切除	1,035	9.2	70.9	0.3	10.1	7.6	1.8	25.1
無処理	1,055	23.7	66.7	1.3	6.6	0.5	1.1	25.8

- a) 整粒とみなされる軽微な腹白米及び心白米
- b) 青未熟粒及び乳白粒
- c) 死米及び奇形粒
- d) 穎花数を半減した

表5 枝梗切除位置がアケボノの粒形質に及ぼす影響（1999）

処理	調査粒数	整粒			未熟粒			精玄米千粒重(g)
		完全粒(%)	腹白粒 ^{a)} (%)	心白粒 ^{a)} (%)	腹白未熟粒(%)	その他 ^{b)} 未熟粒(%)	被害 ^{c)} 粒等(%)	
上位枝梗切除 ^{d)}	2,000	70.0	18.2	0	0	4.9	6.9	26.4
下位枝梗切除 ^{d)}	2,000	70.6	17.5	0.7	0	4.4	6.8	27.2
止葉切除	2,000	11.2	52.4	0.2	11.3	19.5	5.4	25.2
無処理	2,000	24.1	53.6	0.2	6.2	8.1	7.8	25.4

- a) 整粒とみなされる軽微な腹白米及び心白米
- b) 青未熟粒及び乳白粒
- c) 死米及び奇形粒
- d) 穎花数を約10%削減した

と、一次枝梗数による分級に関わらず、腹白未熟粒は穂の中位から下位にかけての枝梗で発生率が高かった。

2. 枝梗切除及び止葉切除処理が腹白未熟粒の発生に及ぼす影響

枝梗切除処理によって穎花数を半数にすると、腹白粒と腹白未熟粒の発生が減少し、完全粒の割合が高まって整粒歩合は高くなった(表4)。一方、止葉切除処理によって、腹白粒、腹白未熟粒、その他未熟粒の発生が増加し、完全粒の割合が低下して整粒歩合は低下した。止葉切除処理により腹白粒と腹白未熟粒の発生率は81%になった。

3. 枝梗の切除位置が腹白未熟粒の発生に及ぼす影響

上位枝梗切除処理によって穎花数を約10%削減したことで、腹白粒、腹白未熟粒及びその他未熟粒の発生が減少し、完全粒の割合が高まった(表5)。下位枝梗切除処理によって穎花数を約10%削減した場合にも上位枝梗切除と同様の結果であった。

止葉切除処理によって前年と同様に腹白未熟粒、その他未熟粒の発生が増加した。

考 察

アケボノで問題となっている腹白未熟粒の発生要因について検討した。

腹白未熟粒の穂上での着粒位置を一次枝梗別にみると、着粒割合の高い枝梗、即ち着粒数が多い枝梗で腹白未熟粒の発生率が高かった。また、一次枝梗数別にみると中位の穂に発生が少ない傾向があった。

止葉切除処理によって腹白未熟粒の発生は増加し、枝梗切除処理によって腹白未熟粒の発生が減少することがわかった。これらのことから、アケボノの腹白未熟粒は登熟期における同化産物の玄米への供給の悪化により発生すると考えられる。

一般に、腹白米は粒幅の大きい大粒品種に発生が多い(長戸 1952、江幡・田代 1973)。これは、玄米が大きくなる素地がありながら同化産物の集積が伴わない場合に、腹部への集積が不十分となり、腹白米になると考えられている(長戸 1952)。また、腹白米は穂の上位枝梗や強勢穎花での発生が多く、粒大と粒重が完全粒より大きいことが報告されている(木戸・梁取 1968、田代・江幡 1974)。これに関して、強勢穎花では枝梗の老化が早いため、登熟後期に粒の発育が早く衰退することで腹白米が発生すると考えられている(田代・江幡 1974)。一方、弱勢穎花で発生する腹白米については、登熟速度が緩慢なために、強勢穎花に発生したものと異なり、完全粒より粒重、粒厚が劣っていることが報告されてい

る(田代・江幡 1974)。

止葉切除処理によって、腹白粒と腹白未熟粒を合わせた腹白米の発生率が全体の81%と高かったこと(表4)から、アケボノは大部分の穎花で腹白米が発生する素地があると考えられる。一方、下位枝梗を切除し、穎花数を半数にしても腹白粒の発生率が16.1%、腹白未熟粒が1.2%を示したこと(表4)から、同化産物の供給がどんなに良好であってもアケボノでは最低でも20%弱の腹白米が発生するとみられ、その要因として強勢穎花における早期の枝梗の老化が考えられる。

アケボノの精玄米中の腹白未熟粒は整粒に比べて粒長がやや小さい場合があるものの、粒幅と粒厚は整粒よりもわずかに大きい(表2)。この場合の腹白未熟粒は弱勢穎花に着生したとは考えにくく、大粒になりやすい強勢穎花に着生したと考えられる。したがって、大粒の腹白米が着生しやすい強勢穎花が、何らかの原因により同化産物の供給が悪化したことで腹白部分が拡大し、腹白未熟粒が発生したと考えられる。

アケボノの腹白未熟粒は粒厚が整粒と同等ないしはわずかに大きいことから(表2)、発生すると篩による選別が困難である。腹白未熟粒は穂の先端に近い枝梗よりも中位や下位の枝梗での発生が多い傾向があった(表3)。枝梗の切除によって残りの穎花での腹白未熟粒の発生はほぼ完全に抑制され、腹白粒の発生も無処理の1/3~1/4程度に抑制された(表4、5)。このことから、幼穂分化期に施用する穂肥を減肥して穎花数の増加を抑制する肥培管理によるシンク・ソースバランスの改善で腹白未熟粒の発生が抑制でき、アケボノ玄米の外観上の品質を向上させることができると考えられる。

摘 要

アケボノにおける腹白未熟粒の発生要因について検討した。

1. 精玄米中の腹白未熟粒は、粒厚が整粒と同等ないしは厚い。
2. 腹白未熟粒は、着粒数の多い枝梗に発生しやすく、上位枝梗よりも中位から下位にかけての枝梗で発生が多い傾向があった。また、一次枝梗数が多い穂や一次枝梗数の少ない穂での発生率が高かった。
3. 止葉切除処理すると、腹白未熟粒の発生は増加し、枝梗切除処理により減少した。

以上のことから、腹白未熟粒の発生原因は登熟期における同化産物の供給不足と考えられる。

引用文献

- 江幡守衛・田代亨（1973）腹白米に関する研究 第1報
腹白米の発現の品種間差異. 日作紀, 42: 370-376.
- 木戸三夫・梁取昭三（1968）腹白、基白、心白状乳白、
乳白米の穂上における着粒位置と不透明部のかたち
に関する研究. 日作紀, 37: 534-538.
- 長戸一雄（1952）心白・乳白米及び腹白の発生に関する
研究. 日作紀, 21: 26-27.
- 田代亨・江幡守衛（1974）腹白米に関する研究 第2報
穂上位置と腹白米の発現. 日作紀, 43: 105-110.