

ロール式とインペラ式籾すり機における精玄米への稲こうじ病粒混入割合の比較

石川 浩 司*・樋口 泰 浩・黒田 智 久

Kouji ISHIKAWA, Yasuhiro HIGUCHI and Tomohisa KURODA :

Comparison between roll-type and impeller-type rice huskers in the contamination
of brown rice by false smut balls

稲こうじ病による精玄米の損傷が認められると農産物検査で規格外となる。精玄米への病粒混入を軽減するため、ロール式とインペラ式籾すり機における稲こうじ病粒の籾すり機内での挙動、精玄米への病粒混入割合について検討した。稲こうじ病粒が混入した籾をそれぞれロール式、インペラ式の籾すり機（揺動板式）で籾すりし、横形米選機で選別した。その結果、精玄米への病粒混入数はインペラ式でロール式より多く、インペラ式では籾すり開始からの時間経過とともに、精玄米への病粒混入数が増加した。籾すり機内を循環中の病粒は、ロール式に比べインペラ式で粒厚の厚い病粒の割合が高かった。また、機内を循環中の病粒重量の割合は、籾すり前の全病粒重量に対してインペラ式で28~60%、ロール式で14.8%以下であった。以上から、ロール式では籾すり時に病粒が細かく碎けるため、その大半が籾殻とともに排出される。一方、インペラ式では病粒が碎けないため細かくなりやすく、揺動選別により籾すり機内を循環する病粒の割合が高まると推定された。

Key words : 稲こうじ病, 損傷, ロール式籾すり機, インペラ式, false smut, rice husker, contamination

緒 言

稲こうじ病は、*Villosiclava virens* E. Tanaka & C. Tanaka の感染によりイネの籾に暗緑色の稲こうじ病粒（以下、病粒）を形成する病害である。農産物検査で稲こうじ病による損傷が確認された玄米は規格外とされる。稲こうじ病による損傷は、具体的には精玄米への病粒片の混入および玄米の着色であり^{4,5,8,9}、これらの発生が問題となる。稲こうじ病は2008年、2009年に全国的に多発生し、規格外米も多量に発生して大きな問題となった¹⁾。種子に混入する病粒は、種子生産の調製工程で使用されている粗選機、粒厚選別機、粒長選別機、比重選別機、色彩選別機を組み合わせると除去できるとされている²⁾。しかし、一般の生産農家が病粒の除去を目的としてこれらの装置すべてを導入するのは、費用対効果や作業能率を考えると不可能である。

稲こうじ病による病粒の混入および玄米着色などは籾すり時に生じる^{4,5)}。籾すり機の籾すり方式には、回転するゴムロールの間を籾が通過する際にゴムロールとの摩擦で籾殻をはずすロール式と、籾を高速で衝突板にぶつけその衝撃で籾殻をはずすインペラ式がある。玄米損傷の発生程度に籾すり方式による違いがあれば、損傷の少ない籾すり方式を選択することで被害を軽減できる可能性がある。そこで、病粒の混入割合が異なる籾を、ロール式とインペラ式籾すり機で籾すりし、籾すり方式の違いによる精玄米への病粒の混入および玄米着色への影響を比較した。また、籾すり機内および各排出口から排出された病粒の数、重量および粒厚を調査し、籾すり方式による違いがどのような要因で生じるのかを推定した。

材料および方法

供試籾

コンバイン収穫し循環式乾燥機で乾燥した「コシヒカリ新潟BL」の籾を用いた。病粒の混入割合は微、少、中、多の4段階に設定した（第1表）。病粒の混入割合微と中の籾は、自然発病圃場においてコンバイン収穫したものを供試した。混入割合少の籾は、収穫の前日に圃場において発病している2310茎を採集し、収穫作業直前に圃場内のイネ株に挿入し、コンバイン収穫して得た。混入割合多の籾は、籾粗選機で選別した大型の病粒を収穫した籾に混ぜて供試した。

供試機

試験にはロール式籾すり機（揺動板式、大島農機製MRB300およびMRA400）とインペラ式籾すり機（揺動板式、大島農機製MR3 α II）を供試した。籾すり後の選別には、横型回転米選機（タイガー社製New Grader、網目1.85mm）を用いた。

籾すり試験

病粒を含む約80～120kgの籾を、ロール式またはイン

ペラ式籾すり機で籾すりし、横形回転米選機で選別した。籾すり作業では、籾投入口の籾がなくなった時点で籾すりを停止し、籾すり機内部の籾を排出して回収した。籾すり試験はそれぞれ1回行い、試験反復は設けなかった。

調査方法

本研究では稲こじ病の病粒として、肉眼で確認できる菌塊およびその破片を扱った。

混入割合少の試験区では、籾すり前の籾、籾すり機の機内残留物、しいな口、籾殻口からの排出物、米選機（精玄米口、くず米口）の排出物の重量と稲こじ病の病粒数、病粒の重量を調査した（第1図）。

混入割合微、中、多の試験区では、籾すり前の籾、籾すり機の機内残留物（機内循環、スクリュウ下、バケット下）、しいな口からの排出物、米選機（精玄米口、くず米口）の排出物の重量と稲こじ病の病粒数、病粒の重量を調査した。籾すり機の籾殻口からの排出物は回収せず、籾すり前重量から各排出口の排出物の重量を差し引いて推定し未回収として扱った。精玄米口からの排出

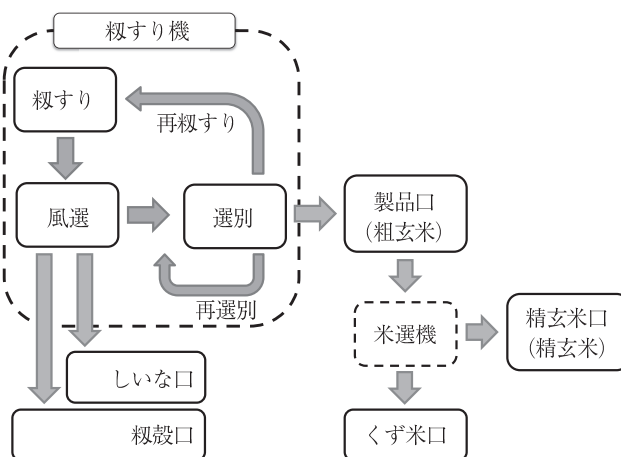
第1表 供試した籾と籾すり機

混入割合	病粒数 ^{b)} (個/kg)	病粒重 ^{b)} (g/kg)	籾重量 (kg)	籾すり機 ^{c)}	
				ロール式	インペラ式
微	3.5	0.05	118	MR B300	MR 3 α II
少	18.3	0.4	90	MRA400	MR 3 α II
中	41.4	0.7	83	MR B300	MR 3 α II
多 ^{a)}	61.4	2.2	110	MR B300	MR 3 α II

a) 籾粗選機で選別した病粒を籾に混ぜた。

b) 籾すり前の籾1kgあたりの数値。

c) 籾すり機の処理量は、ロール式約7.9kg/分、インペラ式約9.0kg/分。



第1図 調製作業時の籾、玄米の動き（模式図）

物は1分毎に回収し、その他は粃すり作業終了後に全量をまとめて回収した。

混入割合少、中および多の試験区の病粒について、粒厚分布を規格検査用ふるい（不二金属工業製、タテ目ふるい）を用い調査した。精玄米の着色は肉眼で観察した。

結果

第2図に、粃すり作業の開始から終了までに精玄米に混入した病粒数を1分毎の累積数で示した。インペラ式がロール式より精玄米に混入した病粒数が増える傾向が認められた。また、粃の病粒混入割合が多いほど精玄米に混入した病粒数が多かった。稲こうじ病の病粒による玄米の着色は、インペラ式、ロール式ともに認められなかった。インペラ式では、粃すり開始からの時間経過とともに病粒の累積混入数が2次曲線的に増加した。す

なわち、精玄米に混入する1分あたりの病粒数が徐々に多くなる傾向が認められ、その傾向は粃すり前の病粒の混入割合が中と多の区で顕著であった。ロール式では病粒の累積混入数は直線的に増加し、作業開始から時間が経過しても1分あたりの混入病粒数の増加は認められなかった。

第2表に、それぞれの場所で回収した病粒重量の、粃すり前の総病粒重量に対する割合を示した。機内循環中の病粒重量の割合は、インペラ式で28.3~59.8%，ロール式では14.8%以下であった。第3表に、それぞれの場所で回収した粃・玄米の重量に対する病粒重量の割合を示した。機内循環中の病粒重量の割合は、インペラ式では粃すり前に比べ高く、ロール式では粃すり前に比べ低かった。このように、粃すり機内を循環中の粃に含まれる病粒の量は粃すり方式によって大きく異なった。

第3図に、粃すり前と後にそれぞれの場所で回収した

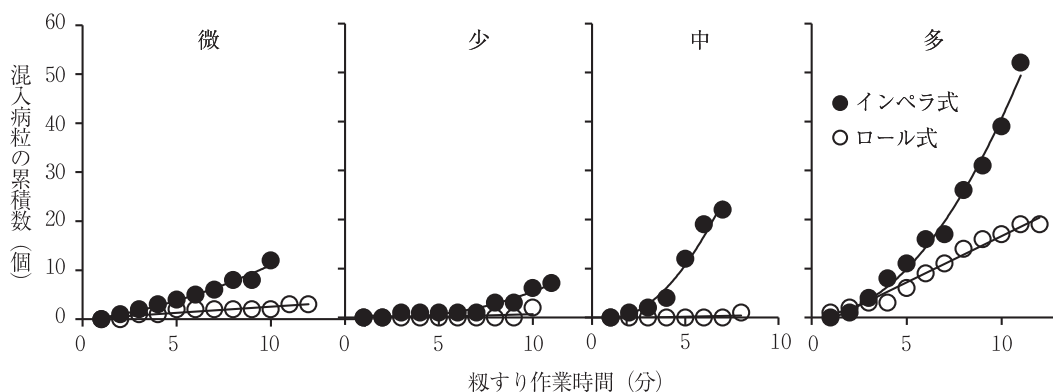
第2表 排出された病粒重の粃すり前の総病粒重に対する割合（%）

排出・回収場所	病粒混入割合別の病粒重の重量割合								
	インペラ式				ロール式				
	微	少	中	多	微	少	中	多	
粃すり機	循環中（機内） ^{a)}	40.0	47.3	28.3	59.8	8.1	14.8	3.7	6.6
	スクリーン下（機内）	3.1	—	2.0	0.9	0.5	—	0.4	0.3
	バケット下（機内）	1.3	—	9.9	9.3	1.6	—	0.9	0.7
	しいな口	5.2	3.3	9.5	2.3	7.6	18.5	2.4	4.9
	粃殻口 ^{b)}	—	19.7	—	—	—	13.8	—	—
米選機	くず米口	9.1	2.0	3.6	1.0	5.6	4.9	2.7	1.6
	精玄米口	3.67	0.17	0.29	0.15	0.43	0.03	0.01	0.04
未回収 ^{c)}	37.6	27.6	46.4	26.5	76.1	47.6	89.9	85.8	
粃すり前病粒重量（g）	5.3	35.8	58.3	240.7	6.7	29.0	60.1	238.1	

a) 少では、循環中、スクリーン下、バケット下を分けずに回収・調査した。

b) 微、中、多では粃殻口は調査せず、未回収として推定した。

c) 未回収の病粒重量は、粃すり前の総病粒重量から各場所の病粒重量を差し引いて算出した。



第2図 精玄米への病粒混入数の経時推移^{a)}

a) 粃すり作業開始から終了までに排出された病粒数を、1分ごとに累積して示した。

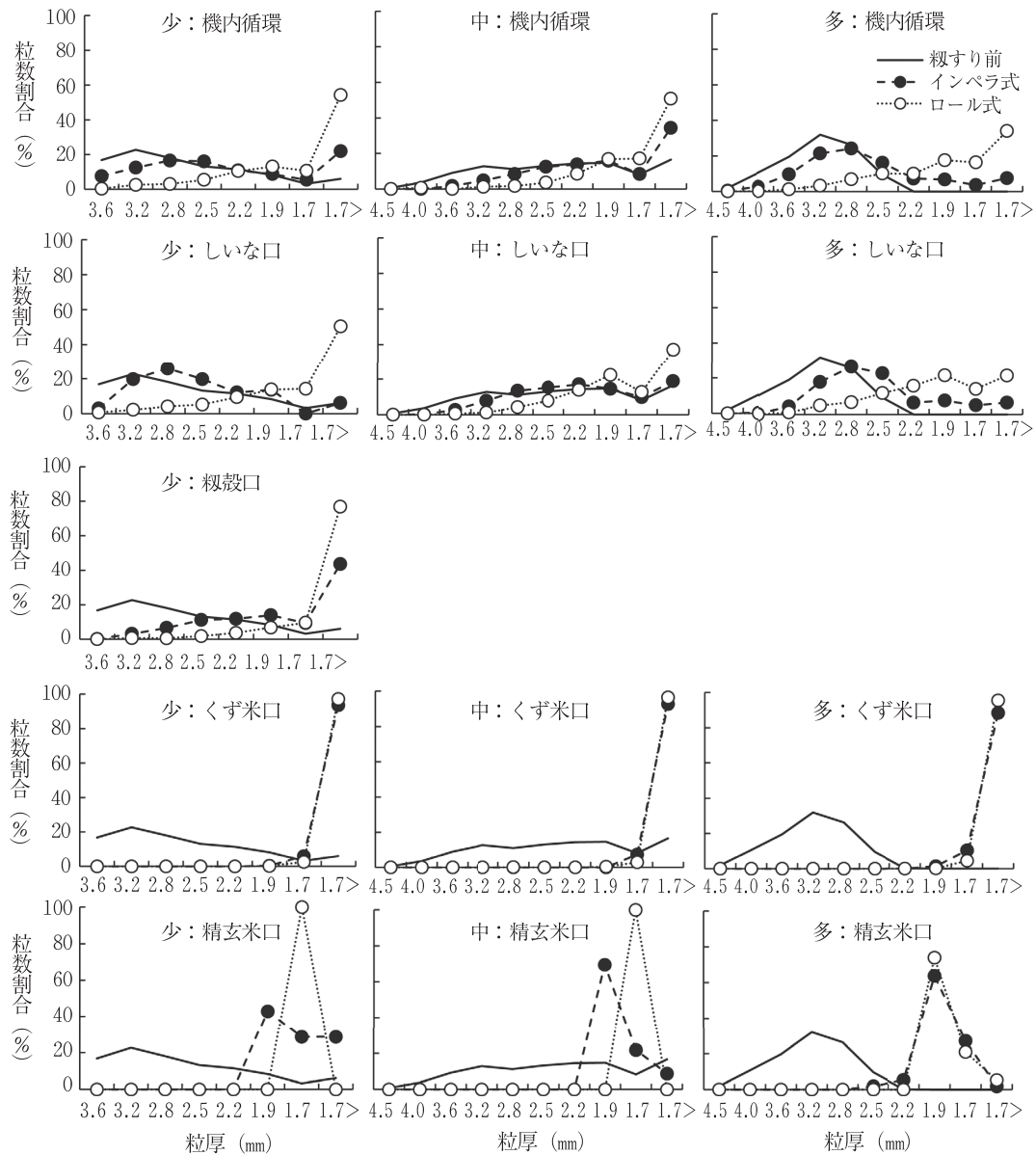
第3表 排出された病粒重の籾・玄米重量に対する割合 (%)

排出・回収場所	病粒混入割合別の病粒重の籾・玄米重量に対する重量割合								
	インペラ式				ロール式				
	微	少	中	多	微	少	中	多	
籾すり前	0.004	0.039	0.070	0.218	0.006	0.033	0.072	0.218	
籾すり機	循環中 (機内) ^{a)}	0.013	0.302	0.118	1.043	0.003	0.055	0.017	0.127
	スクリーン下 (機内)	0.031	—	0.219	0.506	0.011	—	0.071	0.189
	バケット下 (機内)	0.010	—	0.964	4.181	0.016	—	0.078	0.263
	しいな口	0.089	0.829	1.191	2.393	0.045	1.045	0.155	1.201
	籾殻口 ^{b)}	—	0.043	—	—	—	0.025	—	—
未回収 ^{c)}	0.010	—	0.160	0.283	0.024	—	0.294	0.931	
米選機	くず米口	0.015	0.016	0.026	0.031	0.013	0.034	0.021	0.060
	精玄米口	0.00025	0.00009	0.00040	0.00056	0.00004	0.00002	0.00001	0.00016

a) 少では、循環中、スクリーン下、バケット下を分けて回収・調査した。

b) 微、中、多では籾殻口は調査せず、未回収として推定した。

c) 未回収の病粒重量は、籾すり前の総病粒重量から各場所の病粒重量を差し引いて算出した。

第3図 籾すり機、米選機の各場所における病粒の粒厚分布^{a)}

a) 少の機内循環はバケット下、スクリーン下の病粒を含む。

病粒の粒厚分布を示した。機内循環中の病粒は、インペラ式、ロール式ともに粃すり前に比べ粒厚が厚い病粒の割合が低くなったが、インペラ式ではロール式に比べ粒厚が厚い病粒の割合が高かった。しいな口や粃殻口でも同様にインペラ式でロール式に比べ粒厚が厚い病粒の割合が高かった。

混入割合少の試験区では、粃殻口も含め、全ての排出口および粃すり機内の粃・玄米および粃殻を回収したが、インペラ式で粃すり前の総病粒重量の27.6%，ロール式で47.6%の病粒が回収されなかった。

病粒の混入割合が中、多の区では、インペラ式粃すり機のスクリーン下やバケット下に多くの病粒が存在した。

インペラ式、ロール式ともに、精玄米および粒厚1.85mm未満の玄米中には2.8mm以上の大型の病粒は確認されなかった。すなわち、大型の病粒が粗玄米とともに製品口から排出されることはなかった。精玄米に混入した病粒の多くは粒厚1.7～2.2mmであり、精玄米の粒厚に近かった。

粃すり機の揺動選別部を観察したところ、大型の病粒は脱ぶされなかった粃と同様の動きを示し、粃すり部もしくは選別部へ還元された。

考 察

米粒状となった病粒は選別が極めて難しく、容易に精玄米中に混入するとされている⁴⁾。本研究においても、精玄米に混入した病粒の粒厚は精玄米の粒厚に近く、粃すり機や米選機の選別機能ではこれらを完全に除去することはできなかった。

粃すり前の混入割合と精玄米中の病粒混入割合

インペラ式、ロール式ともに粃すり前の病粒の混入割合が高いほど、精玄米への病粒の混入が多かった。ロール式では、選別機能のない試験用の小型粃すり機を用いた試験で、粃すり前の病粒混入数が多いほど粗玄米への病粒の混入が多いと報告されている⁸⁾。本研究により農業者が実際に使用している選別機能を備えた粃すり機でも同様な傾向であることが明らかになった。したがって、耕種の防除や薬剤防除などによる発病抑制^{3,6,7)}や生産物中の病粒の除去²⁾を行い、粃すり前の病粒混入数を減らすことは、精玄米への病粒混入の軽減につながると考えられる。

精玄米中の病粒割合の違い

本研究では83～118kgの粃を粃すりし、その作業時間は10分程度と短かったが、精玄米への病粒の混入数はインペラ式でロール式より多く、粃すり方式による違いが認められた。また、ロール式では粃すり作業の時間が経過しても1分あたりの病粒混入数はほぼ一定であったが、インペラ式では時間の経過に伴い1分あたりの病粒混入数が増加し、混入病粒数は10分程度の作業時間でも増加傾向にあった。本研究における精玄米への病粒混入数は、最も多かったインペラ式の混入割合多の区でも2.8粒/kgであり、農産物検査で調査されるサンプル量約20gを考慮すると、規格外になる可能性は低いと考えられる。しかし、インペラ式で粃すり作業を続ければ病粒混入割合はさらに増加する可能性が高いと推定される。このため、粃すり作業を続けた場合、精玄米への時間あたりの病粒混入割合がどの程度まで高くなるのか、その際の混入割合に粃すり前の病粒混入割合が影響するのかを検討し、規格外となる粃すり前の病粒混入割合を明らかにする必要がある。また、本研究では認められなかったが、玄米の着色が発生する粃すり前の病粒混入割合についても明らかにする必要がある。

病粒の粒厚からみた粃すり機内の病粒の動き

粃すり機内を循環する病粒の粒厚は、粃すり前に比べ粒厚が厚い病粒の割合が低く、粃すり時に砕かれた⁴⁾と考えられる。インペラ式では、粒厚が厚い病粒の割合がロール式よりも高いことから、インペラ式ではロール式に比べ病粒が砕けにくいと推定される。大型の病粒は、揺動板上において脱ぶされなかった粃と同様の動きを示したことや、粃すり機の製品口から排出された病粒の粒厚が2.8mm未満であったことから、揺動選別によって製品口から出ずに粃すり部や選別部に戻ると推定される。また、粃すり機内を循環する粃中の病粒混入割合は、粃すり前に比べロール式では低く、インペラ式では高くなっていた。これは、インペラ式では砕けなかった大型の病粒が排出されずに、粃すり機内を循環する病粒数が徐々に増加したためと考えられる。

粃すり調製時の病粒混入過程

本研究の結果、粃すり・調製時に病粒は次の過程を経て精玄米に混入すると考えられる。すなわち、①病粒は粃すり時にロール式ではゴムロールにより、インペラ式では衝突の衝撃で破碎される。②破碎された病粒は、一部が風選により粃殻やしいなとともに粃殻口またはしいな口から排出される。③風選で排出されなかった病粒

は、揺動選別により再粃すり・再選別、もしくは玄米とともに製品口から排出され、後者には粗玄米に近い大きさや比重などをもった小型の病粒が混入する。④米選機で、ふるい目より小さい粒厚の病粒は取り除かれるが、ふるい目より大きい病粒が精玄米に混入する。

混入割合少の試験区では、全ての排出口および粃すり機内から粃・玄米および粃殻を回収したが、回収できなかった病粒があった。これらは病粒と確認できないほどの微細なかけらや、病粒が砕けた際に病粒から外れた粃殻で、その多くが粃殻口から排出されたと推定される。また、病粒の中心部分は白色で、白色のかけらは病粒として認識できなかった可能性もある。いずれも、病粒とは認識されないため、農産物検査で定められている稲こうじ病による損傷には該当しないと考えられる。

結論と今後の課題

粃すり機の選別機能には、本研究で供試した揺動式の他に万石式と回転式がある。それらにおいても本研究と同様な結果が得られるのか確認する必要がある。しかし、選別方式が異なっても、玄米と脱つぶされなかった粃の混合物から玄米を選別するための機能であることから、方式による程度の違いが存在する可能性はあるものの、本研究と同様な傾向を示すと推定される。

本研究により、インペラ式はロール式より病粒の精玄米への混入リスクが高いことが明らかとなった。インペラ式での高い混入リスクは、揺動選別により大型の病粒が粃すり機内を循環することが原因である。このため、粃すり前に粃粗選機を使用して大型の病粒を除去すれば、精玄米への混入軽減が可能と推定される。また、穀

物調製機の高度化により病粒等の異物混入リスクが低下することを期待したい。

引用文献

- 1) 芦澤武人 (2013) イネ稲こうじ病の発生生態と今後の防除技術の開発に向けて. 植物防疫67: 133~136.
- 2) 古川雅文・藤代 淳・中村充明 (2013) 水稻種子に混入する稲こうじ病粒の除去技術. 千葉県農林総研研報5: 131~135.
- 3) 本蔵良三 (1989) 稲こうじ病の薬剤防除に関する試験. 北日本病虫研報40: 26~27.
- 4) 加藤公光・芦立正雄 (1978) 稲こうじ病の発生と品質. 北日本病虫研報29: 47.
- 5) 長田 茂 (1995) 稲こうじ病の収量および品質におよぼす影響. 北日本病虫研報46: 30~32.
- 6) 津田幹雄・太田 昊・加藤重博 (2003) シメコナゾール剤による稲こうじ病の防除適期. 北日本病虫研報54: 29~31.
- 7) 辻 英明・横須賀智之・天野昭子・中野理子・松本幸子 (1996) 稲こうじ病の発生生態と防除. 植物防疫50: 359~363.
- 8) 横須賀智之・辻 英明・天野昭子・中野理子・松本幸子 (1996) 稲こうじ病の被害と発病に影響する要因. 植物防疫50: 364~367.

(2015年12月17日受理)