

ライスセンターにおける直熱式籾殻熱風発生装置の利用に関する調査研究

田中正美*

Studies on Utilization of Direct Combustion Husk Apparation in Rice Center

Masami TANAKA

1. 緒言

ライスセンターでは、多量の籾殻が発生し（発生する籾殻の量は玄米の重量比で約25%である）その処理に困り多くの労力・経費をかけており、且つ乾燥の燃料費が高んでいる。その対策として、籾殻の燃焼熱を乾燥に循環利用することは極めて有意義である。籾殻を燃焼してその間接熱を籾麦乾燥の熱源に利用する方式は、K社などで昭和29年頃から行われていたが、熱効率が低く、炉の耐久性などにもやゝ問題があった。

最近、円筒型籾殻燃焼炉内の接線方向に籾殻と空気を吹き込み、炉内壁を空冷しながら籾殻を燃焼する籾殻流動式燃焼炉で、燃焼ガスを直接乾燥に利用する直熱式籾殻熱風発生装置が開発された。この直熱式籾殻熱風発生装置については斉藤らが試験しているが、籾殻の供給量が炉の燃焼性能に及ぼす影響、熱風発生装置の熱効率、外気温の変化による熱風温度調節性能、また直熱式籾殻熱風発生装置利用型連続乾燥機（吸引式）による籾・麦の乾燥性能、この施設の経済性などが明らかでないので、上記のことについて調査研究し、ライスセンターにおける籾殻の循環利用体系を確立する。

この調査の実施に当って、ご協力を賜った当農業技術センター前営農部長小林裕氏・桑名農業改良普及所の杉本正良主査・岩田幸弘・多湖広之・早川喬・近藤和夫各氏及び大安町農協の皆様へ謝意を表す。

2. 方法

(1) 場所：三重県員弁郡大安町、大安町農協ライスセンター。

(2) 時期：昭和56年9月～11月、昭和57年6月～58年2月

(3) 対象装置施設

1) 直熱式籾殻熱風発生装置は第1表のとおりである。

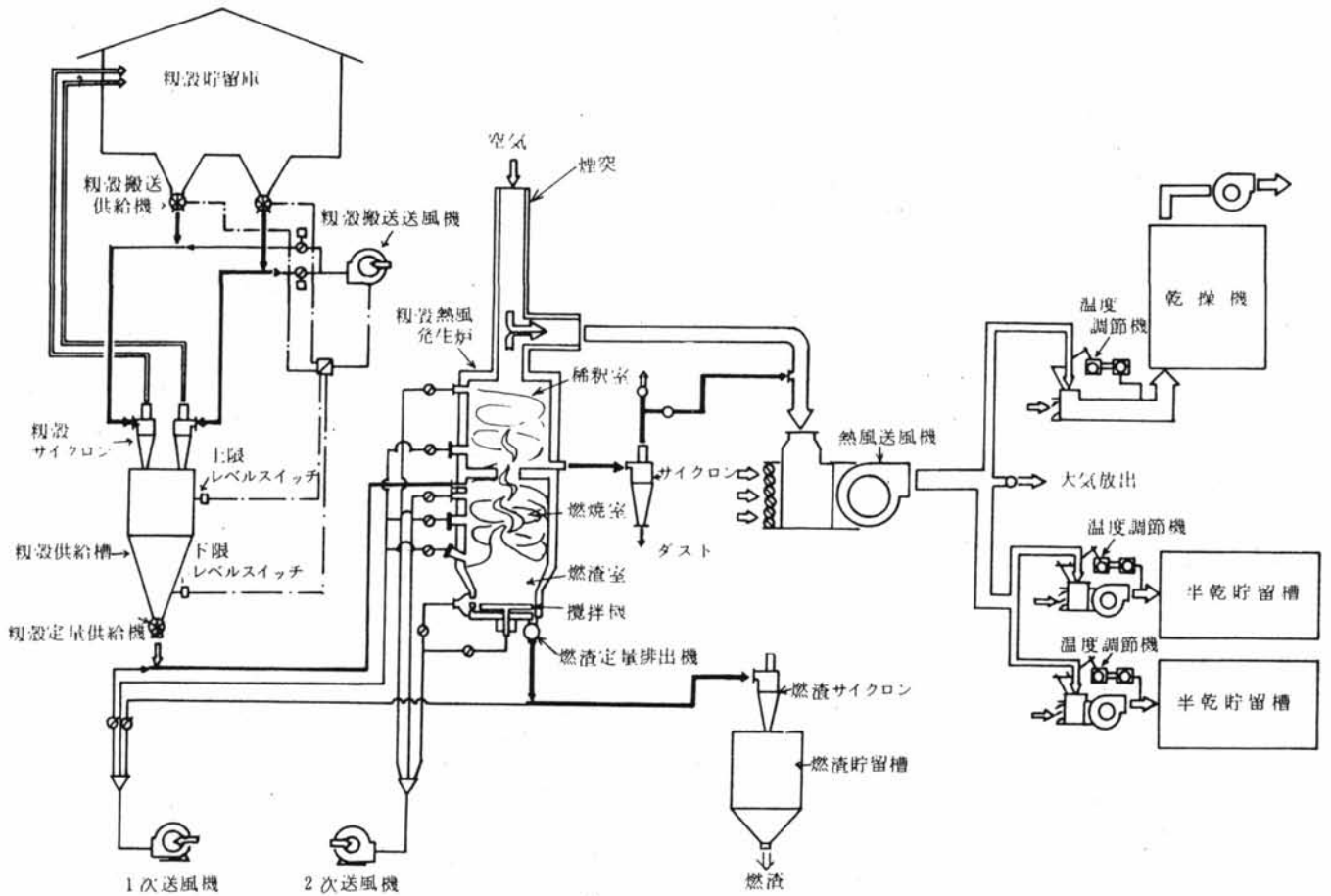
第1表 直熱式籾殻熱風発生装置の仕様

	型 式	大 き さ 能 力	構 造	台 数	電 力
1 籾殻熱風発生炉	WHH-300D	籾殻燃焼 300 kg/h	鋼板製耐火 キースタ プル張り	1	kw
2 籾殻定置供給装置					
籾殻貯留槽	角 型	容量 3.0 m ³	鋼 板 製	1	
籾殻定置供給機	ロータリバルブ			1	0.1
3 燃焼排出設備					
燃焼貯留槽	円 筒 型	容量 2.7 m ³	鋼 板 製	1	
燃焼定置排出機	ロータリバルブ			1	0.2
4 通 風 設 備					
1次送風機	タ ー ボ 室	風量 4.0 m ³ /min 圧力 6.00 mmAq		1	7.5
2次送風機	プ レ ー ト 型	風量 5.0 m ³ /min 圧力 3.00 mmAq		1	5.5
5 熱 風 設 備					
熱風送風機	軸 流 型	風量 6.00 m ³ /min 圧力 6.00 mmAq		1	22.0
温度調節機	調節計 R7372D モジュートロール M904、F型			3	
6 籾殻搬送設備					
籾殻搬送送風機	タ ー ボ 室	風量 1.8 m ³ /min 圧力 6.00 mmAq		1	5.5
籾殻搬送供給機	ロータリバルブ			2	0.2
籾殻搬送電動弁	縦 型 電 動			2	
分離機	サイクロン型		鋼 板 製	2	
7 電 気 設 備					
操作盤一式	自 立 型	温度指示、故障集合 標示警報機付		1	

動力合計 41.2 kw

2) ドライストア：佐竹式型連続乾燥機（吸引式）SDR1404型（乾燥機容量は籾4 ton、小麦5 ton 乾燥機内通過時間17分～20分、流量は籾12～14 ton/h、小麦16～17.5 ton/h、送風量は600 m³/min）通風貯留ビンは50 ton ビンが12基、通風ビン用送風機は風量1000 m³/minの遠心送風機が2基である。

直熱式籾殻熱風発生装置とその利用のフローシートは第1図のとおりである。



第1図 直熱式穀殻熱風発生施設のフローシート

(4) 調査内容

- 1) 穀殻の供給量 (120kg/h・150kg/h・180kg/h・300kg/h) と燃焼ガスの組成
 - 2) 直熱式穀殻熱風発生装置利用縦型流下式連続乾燥機による穀、麦乾燥性能
 - 3) 直熱式穀殻熱風発生装置の熱利用率・消費電力
 - 4) 熱風温度調節装置の性能
 - 5) 穀殻燃焼量と燃渣の性状
 - 6) 穀殻庫の構造・穀殻の繰出し性能と装置の騒音
 - 7) 施設の利用実績及び経済性
- (5) 供試穀麦品種：穀晴々、麦小麦農林61号
- (6) 調査項目及び方法
- 1) 温度：外気の乾温度・湿温度・乾燥機及びピン用送風機の熱風温度を横河式記録温度計で計り、穀殻熱風発生装置の燃焼室など各部の温度は山武式記録温度計によった。

を用いて計り算出した。

- 3) 含水率：穀・玄米・小麦及び穀殻について赤外線水分計で計った。
- 4) 胴割れ及び着色粒・有臭粒：500粒について調査した。
- 5) 燃焼ガスの分析は、標準ガス分析法により三重環境技術センターで行なった。
- 6) 燃渣の分析は、標準肥料分析法により肥飼料検査室で行なった。
- 7) 騒音は騒音計（リオンNA-09型）を用いて測定した。
- 8) 小麦の製粉特性は、製粉特性試験法により製粉試験場で行なった。
- 9) 消費電力は、電流計により電流を測り電圧計による電圧とモーターの性能線図から電力を求めた。

3. 結果及び考察

- 2) 風量：送風機などの風量は、風速をアネモスタタ（24-6111型と6161型・・・温度500℃）
- (1) 穀殻燃焼量と燃焼ガスの組成

第2表 籾殻の供給量・空気量と燃焼ガスの分析結果

		1	2	3	4(麦)
籾殻の供給量 kg/h		120	180	300	150
室内	温度(平均℃)	26.2	24.7	21.2	24.5
	湿度(平均%)	62.0	54.5	73.0	75.2
空気の流れ	燃焼用 m ³ /min	5.23(25)	13.27(4.0)	20.90(6.0)	9.21(3.2)
	稀釈用 m ³ /min	(2.0)	2.61(2.5)	5.48(4.0)	2.10(2.2)
湿り排ガス流量 m ³ N/h		10.527	8.977	15.432	9.376
乾き排ガス流量 m ³ N/h		10.032	8.582	14.692	
ダスト濃度 g/m ³ N		0.002	0.076	0.112	0.034
ダスト流量 kg/h		0.020	0.652	1.640	0.299
硫黄酸化物濃度 P P m		25	2	17	1>
窒素酸化物濃度 P P m		76	76	63	57
排ガス中 CO %		1.8	0.6	1.0	1.8
排ガス中の CO %		0	0	0	0
排ガス中の酸素濃度%		17.0	19.0	17.0	20.8
乾燥機熱風温度℃			48~52(49.7)	63~74(69.5)	55~65
通風ピン熱風温度℃		36~37(36.5)	32~36(34.0)	34~36(35.0)	

注：1・2・3は56年の籾乾燥時期。4は57年の麦乾燥時期。

空気の流量の括弧内はバルブの開度、熱風温度の括弧内は平均温度

直熱式籾殻熱風発生装置の籾殻燃焼量が燃焼ガスの組成に及ぼす影響は、第2表のように、ダスト濃度は籾殻燃焼量が増加するにしたがって増加したが、その値は、0.002~0.112g/m³Nで、この種燃焼装置の排気ガス規制値以下であった。硫黄酸化物濃度は1>~25 P P mであった。また、窒素酸化物濃度は57~76 P P mで籾殻燃焼量による差は少なかった。COはいずれも0で

あった。この直熱式籾殻熱風発生装置の燃焼ガスは無色・無臭であることが認められた。

(2) 堅型流下式連続乾燥機による籾殻乾燥性能
直熱式籾殻熱風発生装置利用の堅型連続乾燥機(吸引型)について、原料籾の水分(15.3~22.0%)及び熱風温度(45.5~52℃)、乾燥機内通過時間20分で乾燥した結果は、第3表のとおりであった。

第3表 直熱式籾殻熱風発生装置利用堅型連続乾燥機による籾乾燥性能

日時	月・日 時刻	1		2	3	4	
		10/19	10/19	10/20	10/29	11/17	
		12~15	17~19	17:30~19:30	11:20~12:40 13~15:30	12~15	
熱風温度℃		51.2	49.8	52.0(49~53)	45.5(42~49)	49.5	
籾殻供給量kg/H		180	180	180	180	150	
籾流量 ton/H		12	12	12	12	12	
施設内	乾温℃	24.6	24.8	22.2	18.0	15.5	
	湿度%	58.0	48.5	53.5	75.5	63.0	
籾含水率	乾燥前%	22.0	18.9	19.8	15.3	18.1	
	乾燥後%	20.0	16.5	17.9	14.1	16.2	
乾燥機1tの乾燥水分		2.0	2.4	1.9	1.0	1.9	
副 割 れ 半 増 加	乾燥前	重%	0	0	0	0	1.2
		軽%	0	0	1.2	0	0
	乾燥後	重%	0	0.07	0.19	0.33	3.44
		軽%	0	0	1.37	0.25	0
増加	重%	0	0.07	0.19	0.33	2.24	
	軽%	0	0	0.17	0.25	0	
乾燥機温度℃		41.5 (36.5)	37.5 (34)	41(35)	40 41(37)		
籾・玄米の着色度		0		0	0	0	
籾・玄米の臭		無		無	無	無	

(注) 乾燥機温度の()内は乾燥前

即ち水分18.9%の原料粃を熱風温度50°Cで乾燥した結果、乾燥機1回通過の乾減水分は2.4%、重胴割れの増加は0.1%以下であり、また、水分15.3%の原料粃を熱風温度45.5°Cで乾燥した結果、乾燥機1回通過の乾減水分は1.0%、重胴割れの増加は0.33%であった。直熱式粃殻熱風発生装置利用のこの連続乾燥機の粃乾燥性能は、比較的良好であり、乾燥した粃・玄米には着色・臭がなく品質の低下は認められなかった。

第4表 直熱式粃殻熱風発生装置利用堅型連続乾燥機による麦乾燥性能

熱風温度°C		70	70	65	65	55
乾燥機通過時間分		20	20	22	22	20
麦流量 t/h		175	175	160	160	175
乾燥月 日 日		6.19	6.19	6.20	6.20	6.17
乾燥時刻 時 分		10:00 13:30	13:35 16:45	6:12 13:00	13:00 16:30	13:00 16:30
施設内	温度°C	246	265	250	260	253
	湿度%	69	62	70	70	68
麦含水率	乾燥前%	14.7	13.4	14.2	13.2	13.0
	乾燥後%	13.3	12.1	13.1	12.3	12.6
乾燥機1回の乾燥水分%		1.4	1.3	1.1	0.9	0.6
穀温	乾燥前°C	38.4	44	26.8	40.4	35.7
	乾燥後°C	45.1	48.6	41	45.3	40.2
乾燥麦	臭	無	無	無	無	無
	着色	0	0	0	0	0
精麦の検査等級等		2		2		2
B. M 率%		27.6		28.2		25.9
蛋白質%		7.6		7.5		7.9
エクステンソンR/E		3.1		2.1		2.7
アミロMV BV		890		900		855

(3) 堅型連続流下式乾燥機による小麦の乾燥性能

直熱式粃殻熱風発生装置利用堅型連続乾燥機による熱風温度と麦乾燥性能については、第4表のように、乾燥機1回通過の乾減水分は、仕上げ乾燥においては熱風温度70°C区が1.3%、65°C区が0.9%、55°C区が0.6%、熱風温度が高まるに従って乾燥機1パスの乾減水分が著しく増加した。各温度における乾燥小麦は、臭・着色・しわは全く認められなかった。

乾燥温度と小麦の製粉特性については、第4表のように、BM率(粉質の軟質度)は65°C区>70°C区>55°C区の順に粉質が軟らかい傾向を示すが、その差は少ない。エクステンソンR/Eは、熱変性が表われれば

高くなるが、各温度ともこのような傾向は明らかではなかった。アミロMVは、65°C区・70°C区が55°C区より40BM程度高かったが、総合的に考えるとそれほど大きい差とは云えない。

以上の結果から小麦の仕上げ乾燥時は、熱風温度を65~70°Cに高めても差支えないと推定される。

(4) 直熱式粃殻熱風発生装置の熱利用率・消費電力

直熱式粃殻熱風発生装置の熱利用率は、第5表に示すとおりである。

第5表 直熱式粃殻熱風発生装置の熱利用率

粃殻供給量		120	180	300	備考	
利 用 用 量	通風貯留ビン	室温°C	262	247	215	
		熱風温度°C	365	340	360 390	
		風量 m ³ /min	1300	1407	998 438	
熱 量 機	連続乾燥機	室温°C		247	215	
		熱風温度°C		497	700	
		風量 m ³ /min		460	582	
		熱量合計 kcal/h	231379	424831	870273	
		粃殻燃焼発熱量 kcal/h	408000	612000	1020000	粃殻発熱量 3400 kcal/kg
		粃殻燃焼発熱量 kcal/h	432000	648000	1080000	粃殻発熱量 3600 kcal/kg
		熱利用率%	56.71	69.42	85.32	粃殻発熱量 3400 kcal/kg
		熱利用率%	53.56	62.11	80.58	粃殻発熱量 3600 kcal/kg

(注) 空気の比熱0.24 kcal/kg°C、空気の比重1.2kg/m³とした。

粃殻燃焼量が300kg/hの場合、通風ビンの送風温度を15°C程度及び乾燥機の熱風温度を48.5°C上昇させることができ、そのときの熱利用率は粃殻の発熱量が、3600kcal/kgの場合は85.32%となった。粃殻燃焼量180kg/hの場合、通風ビンの送風温度を9.3°C上昇すると共に乾燥機の熱風温度を25°C上昇させたときにおける熱利用率は62.11%~69.42%であった。この直熱式粃殻熱風発生装置の熱効率は、85.3~80.5%以上であると推定される。

第6表 直熱式粃殻熱風発生装置の消費電力

粃殻供給量kg/h	120	180	300	備考(モータ標記電力)
1次送風機kw	4.7	4.7	4.7	7.5
2次送風機kw	3.4	3.6	4.3	5.5
熱風送風機kw	11.1	9.8	9.2	2.2
粃殻搬送送風機kw	3.4	3.4	3.4	5.5
粃殻搬送線出部kw	0.2	0.2	0.2	0.2×2
粃殻定量供給機kw	0.05	0.05	0.1	0.1
燃渣定量排出機kw	0.1	0.15	0.2	0.2
全消費電力kw	22.95	21.9	22.1	41.2

次にこの熱風発生装置の消費電力は、第6表のように熱風送風機の電力が最も大きく、この送風機は籾殻燃焼量が多くなり送風量が増加するにしたがって消費電力はやや減少した。熱風送風機の消費電力は、9.2~11.1kWでモータの標記電力の約 $\frac{1}{2}$ であり、この籾殻熱風発生装置の消費電力は、21.9~23kWで比較的少なかった。

の状態で $153.3\text{kg}/\text{m}^3$ （押え込んだ場合は $172.8\text{kg}/\text{m}^3$ ）であった。全窒素（0.05%）・全燐酸（0.12~0.17%）は少ないが、全加里は0.8%余り、可溶性珪酸は0.84~1.09%であり籾殻の燃焼量が増すにしたがって増加した。尚、燃渣のPHは、9.6~10.5と高かった。燃渣は、ゴルフ場の融雪剤・酸性土壌の矯正に利用され、将来は水稻・やさいの育苗培土の一部に利用する計画がある。

第7表 気温の変化と温度調節性能

室温 $^{\circ}\text{C}$		26.5	23.0	18.0
籾殻熱風発生装置	燃焼室温度 $^{\circ}\text{C}$	880	870	880
	炉出口温度 $^{\circ}\text{C}$	750	750	760
	煙道温度 $^{\circ}\text{C}$	210	210	220
	熱風温度 $^{\circ}\text{C}$	118	118	120
	ビン熱風温度 $^{\circ}\text{C}$	95	95	95
乾燥機	設定温度 $^{\circ}\text{C}$	50	50	50
	熱風温度 $^{\circ}\text{C}$	50	49.5	49.5
通風ビン	設定温度 $^{\circ}\text{C}$	34	34	34
	熱風温度 $^{\circ}\text{C}$	34	34	34

(注) 籾殻の燃焼の燃焼量 $180\text{kg}/\text{h}$

(5) 温度調節装置の性能

温度調節性能については、この籾殻熱風発生装置から供給する熱量が通風貯留ビンおよび乾燥機を設定温度に高めるに必要な熱量を上回る場合においては、第7表のとおり、1日の室温差が 8.5°C の条件下の設定温度と実際の熱風温度との差は、いずれも 0.5°C 以内であり温度調節性能は良好であった。

第8表 直熱式籾殻熱風発生装置の燃渣の性状

籾殻供給量 kg/h	120	180	300
全窒素%	0.05	0.05	0.05
全燐酸%	0.15	0.12	0.17
全加里%	0.83	0.86	0.86
全石灰%	0.15	0.13	0.14
可溶性珪酸%	0.84	0.92	1.09
PH	10.5	10.3	9.6
水分%	0.31	0.21	0.19
容積重 kg/m^3	153.3(普通) 172.8(密)		
発生率%	12.2		

(注) 発生率は籾殻量に対する燃渣の発生率

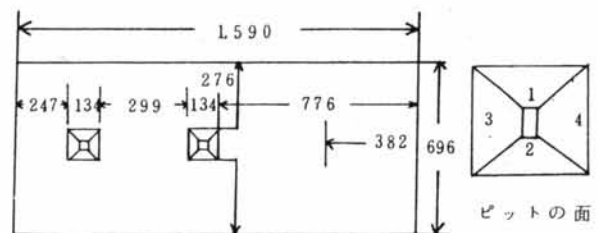
(6) 燃渣の性状とその利用

燃渣の性状については、第8表のとおりであった。燃渣の発生率は、籾殻量の12.2%で、その容積量は普通

第9表 籾殻庫の構造

床面積 m^2	$6.96\text{m} \times 15.9\text{m} = 110.66\text{m}^2$	
軒高さ m	左11.50 右9.58	
籾殻投入口の高さ m	9.8	
ピットの寸法 mm	$1340 \times 1340 \times$ 深さ1000	
ピットの排出口 mm	155×270	
ピットの面角度	ピットの番号	No.1 No.2
	1面度	70 53
	2面度	52 70
	3面度	60 60
	4面度	60 60
ピットの面積 m^2	$1.796 \times 2 = 3.59$	
籾殻繰出部の構造	ロータリーバルブ (1回転の容積 $4.518 \times 10^{-3}\text{m}^3$)	

第2図 籾殻庫平面図 単位 cm



(6) 籾殻庫の構造

籾殻庫の構造は第9表・第2図のとおりである。籾殻庫は平床で床面積 110.66m^2 、籾殻収容量は 988m^3 である。(麦乾燥用籾殻量+籾乾燥7日分の籾殻量)籾殻庫の床下に籾殻排出ピット(上部面積 1.79m^2)を2箇所設け、ピットの面勾配は左右2面は 60° ・前後2面は 70° と 52° でNo.1とNo.2の前後面の角度をかえている。

ピット下部の籾殻繰出し部は、ロータリーバルブであり、1回転当たり繰出し容量は $4.518 \times 10^{-3}\text{m}^3$ で、その回転数は20RPMである。籾殻庫に充満した籾殻は、その流動角が 75° 位になるので、籾殻の自然落下量を増すにはピットの数を増すか、ピットの方角へ籾殻を移動する方法をとる必要がある。

第10表 籾殻庫からの籾殻の排出量

ピット番号	No. 1			No. 2			備 考
	1	2	平均	1	2	平均	
籾殻流動kg/h	414	438	426	480	489	485	
流量係数%	76.7	81.1	78.7	88.9	90.6	89.8	

(注) ロータリーバルブ1回転の排出籾殻量を0.45kgとした。

(7) 籾殻の排出

籾殻庫からの籾殻の排出及び、籾殻供給機の回転数と籾殻流量については、第10表・第11表のとおりであった。籾殻庫ピット下部のロータリーバルブによる、籾殻の繰出しはスムーズで、籾殻流量は426~485kg/h、流量係数は78.9~89.8%であった。また、ピットの中での籾殻の架橋現象は認められなかった。

第11表 籾殻供給機の回転数と籾殻流量

供給機モーター回転数RPM	200	500	1000
供給機回転数RPM	222	555	11
籾 殻 流 量kg/h	57	146	283
計算上の流量kg/h	60	150	301
籾 殻 の 排 出 効 率 %	95	97	94

(注) ロータリーバルブ1回転の排出籾殻量を0.45kgとした。

籾殻定量供給機は、ロータリーバルブの回転数に比例して籾殻供給量が増減し、供給機のモーター回転数500RPMでは146kg/h、1000RPMでは283kg/hの供給量となり、その排出効率率は94~97%であった。ピット上部における籾殻の固結現象を防止するために、圧縮空気により噴頭が飛びはねる装置を取付けた。

第12表 籾殻熱風発生装置などの騒音

測定場所	騒音d B(A)	測定場所	騒音d B(A)
1.操 査 室	84	6.乾燥機の近く	91
2.燃焼装置室	96	7.再脱穀機の近く	91
3.燃焼装置室のファン <small>の近く</small>	97	8.下屋の下西	69
4.ビンの送風機 <small>の近く</small>	100	9.ビンの通路	88
5.ビンの送風機	92	10.籾すり機の前	84

(注) (A)は人間の感覚補正をした値。

なお、籾殻熱風発生装置の騒音は、第12表のように籾殻熱風発生装置室の操作盤のところでは96dB(A)と高く、熱風量を増すにしたがって熱風送風機の騒音が高まることが認められた。

第13表 ライスセンターにおける直熱式籾殻熱風発生装置利用による米麦乾燥体系の実態と経済性

稲		56年	57年	小 麦		57年
荷 受 期 間(月日)		9.10~11.7	9.4~10.28	荷 受 期 間(月日)		6.11~6.21
実 荷 受 日 数(日)		40	33	実 荷 受 日 数(日)		11
原 料 籾 総 重 量(kg)		774,422	924,066.4	原 料 麦 総 重 量(kg)		342,283.4
原 料 籾 平 均 水 分(%)		21.12	22.32	原 料 麦 平 均 水 分(%)		20.48
1日の平均(最大)荷量(t)		18.61(97.36)	230(118.1)	1日の平均(最大)荷受量(t)		311(83.4)
乾 燥 籾 総 重 量(kg)		682,791	834,638.2	乾 燥 精 麦 総 重 量(kg)		304,244.8
粗 玄 米 率(%)		83.0	81.5	熱風発生装置利用日数(日)		17
精 玄 米 重 量(kg)		530,667	650,375	乾 燥 利 用 籾 殻 燃 焼 量(kg)		28,823
籾 殻 発 生 率(%)		17.0	18.5	籾 殻 熱 風 発 生 装 置 利 用 時 間(ha)		22.35
籾 殻 発 生 量(乾燥g)		116,074	154,408	利 用 料 金(円)		5,957,732
熱風発生装置利用日数(日)		24	28	使 用 電 力 量(KWH)		28,592
乾 燥 利 用 籾 殻 燃 焼 量(kg)		40,960	32,214	電 力 料 金(円)		1,082,468
籾 殻 熱 風 発 生 装 置 利 用 時 間(ha)		256	254.2	延 労 働 時 間(ha)		1,662.4
利 用 料 金(円)		11,779,000	15,120,820	労 働 費(円)		1,413,040
使 用 電 力 量(KWH)			70,969.8	精麦60 kg当たり	電 力 量(KWH)	5.64
電 力 料 金(円)		3,586,000	2,504,835		電 力 料 金(円)	213.5
延 労 働 時 間(ha)			4,882.1		労 働 時 間(ha)	0.33
労 働 費(円)		1,625,000	4,149,785		労 働 費(円)	280.5
玄米60 kg当たり	電 力 量(KWH)		6.55	消 費 籾 殻 量(kg)	5.68	
	電 力 料 金(円)		231.08	籾 殻 利 用 率(%)	18.67	
	労 働 時 間(ha)		0.45	麦 の 検 査 等 級(等)	2	
	労 働 費(円)		382.5			
	消 費 籾 殻 量(kg)	4.63	2.97			
籾 殻 利 用 率(%)		35.28	21.31			
玄 米 の 検 査 等 級(等)		1~2	2			

(9) 施設の利用実績と経済性

1) 施設の処理量は、第13表のように昭和56年が精玄米 530.667 kg、同57年は精玄米 650.375 kg 精麦 304.245 kgであった。原料の平均水分は、56年の籾が21.12%、57年の籾が22.32%、小麦が20.48%と小麦の水分が著しく低かった。

2) 製品の検査等級は、昭和56年の米は第14表のように1等級が93.05%であり、同57年は米麦とも全量2等級であった。直熱式籾殻熱風発生装置の燃焼ガスが籾・玄米・小麦の品質に及ぼす影響は全く認められなかった。

3) 籾の乾燥熱源として利用した籾殻消費量は、第13表のように玄米60kg当たり、昭和56年が4.63kg、同57年が2.97kgであり、発生全籾殻量に対する比率は、56年が35%、57年が21.3%であった。

麦の乾燥熱源として利用した籾殻消費量は第13表のように、精麦60kg当たり5.68kgであり、発生全籾殻量に対する比率は18.7%であった。昭和57年の籾殻利用率が低下した原因は、籾殻発生率が前年より1.5%高かったこと、ビンでの常温通風利用が多かったこと、及び原料麦の水分が著しく低くかったためである。

第14表 玄米の検査等級 (昭和56年)

	品 種	数 量	左の比率%
1 等 級	晴 々	4,724俵	92.23
1 等 級	う こん 錦	42	0.82
2 等 級	大 空	75	1.45
2 等 級	コシヒカリ	281	5.49
計		5,122	

(注) 目の大きさ コシヒカリ・大空では1.75mm
 " 晴々では1.8mm、俵は60kg

第15表 原料の初期水分・籾殻発生率と乾燥に必要な籾殻量 (試算)

材 料	初期水分 %	籾 殻 発生率 %	乾燥籾麦 100kg当り 必要熱量 kcal	乾籾100 kg当たり 籾 殻 発 熱 量 kcal	籾殻燃焼熱 の 利用 効 率 %	乾燥籾麦100kg 当り必要籾殻量 kg	乾燥に必要な籾殻 量の 発生 籾 殻 量 に対する比率 %
籾	22.32	17.0	13,923	6,120 5,780	80~90	4.83~ 4.30	28.44~25.28 30.11~26.17
		18.5		6,660 6,290			4.83~ 4.30
	24.0	17.0	17,108	6,120 5,780	80~90	5.94~ 5.28	34.94~31.06 37.0 ~32.89
		18.5		6,660 6,290			5.94~ 5.28
小	20.48	17.0	13,858	6,120 5,780	80~90	5.00~ 4.44	28.30~25.16 29.97~26.64
		18.5		6,660 6,290			5.00~ 4.44
	32.0	17.0	38,233	6,120 5,780	80~90	13.28~11.80	78.09~69.41 82.68~73.50
		18.5		6,660 6,290			13.28~11.80

(注) 水1kgを蒸発するのに必要な熱量を1300kcalとした。

籾殻の発熱量は上段が3600kcal/kg・下段が3400kcal/kgである。

乾燥籾麦1.00kg当り籾殻消費量は、第15表のように原料籾・麦の水分が高いほど多くなり、籾殻の発生率が高いほど減少する。また、籾殻の発生量が少ないほど籾殻燃焼熱の利用効率が低いほど乾燥籾麦当たり籾殻消

費量が増加する。乾燥に必要な籾穀量 Y (kg) は、籾の乾減水分重 W_1 (kg)、乾減水分 1 kg 当たりの必要熱量を籾が D_1 (kcal/kg)、麦が D_2 (kcal/kg)、籾殻の発熱量を H (kcal/kg)、籾殻炉の熱利用率を E (%) とすると次式で表わされる。

$$Y = \frac{(W_1 \cdot D_1 + W_2 \cdot D_2) \cdot 10^2}{H \cdot E}$$

また、発生籾穀量に対する必要籾穀量の比率 Q % は、全乾燥籾重 P (kg)、籾殻発生率を X (%) とすると次式の

とおりである。

$$Q = \frac{(W_1 \cdot D_1 + W_2 \cdot D_2) \cdot 10^6}{H \cdot E \cdot P \cdot X}$$

4) 製品 60 kg 当たり荷受け乾燥調製の消費電力量は第 13 表のように籾が 6.55 KWH、小麦が 5.66 KWH、同消費電力費は米が 231 円・麦が 213.5 円であった。製品 60 kg 当たり荷受け・乾燥調製・包装入庫までの延労働時間は、米が 0.45 時間、小麦が 0.33 時間であった。

第 16 表-1 直熱式籾殻熱風発生装置利用施設と灯油バーナ火炉利用施設との固定費比較

		施設費	建物積	利子	耐用年数	減価償却費	修理費率	修理費	契約使用電力月数	基本料金	年間固定費
		円	m ²	円	年	円	%	円	KW 月	円	円
籾殻熱風利用	籾殻熱風発生装置	32740000		532025	8	1841625	10	327400	41 5	315341	3016391
	籾殻庫	13921363	1107	226222	35	178989	0.5	69607			474818
	熱風発生装置建物	9683333	77	157354	35	124500	0.5	48417			330271
	計	56344696		915601		2145114		445424		315341	3821480
灯油バーナー利用	灯油バーナ・火炉	8093000		131511	8	455231	10	80930	39 5	29996	697668
	籾殻庫	(13921363) 27490605	(1107) 2186	(226222) 446722	35 35	(178989) 353451	0.5 0.5	(69607) 137453			(474818) 937626
	バーナ・火炉建物	3772727	30	61307	35	48506	0.5	18864			128677
	計	(25787090) 39356332		(419040) 639541		(682726) 857188		(169401) 237247		29996	(1301163) 1763971

(注) 機械施設の残存価 10%、建物費 415,000 円 / 3.3 m²、基本電力料金 1.465 円 / KW、電気税 5%、機械施設の補助率 50%、年利率 6.5%、籾殻庫の大きさは、灯油バーナ利用の場合は全籾殻量の 1/2 を収容できる大きさ、()内は大安町農協と同じ大きさ、籾殻熱風利用の場合は大安町農協の大きさである。

5) 施設の経済性、耐用年数は籾殻熱風発生装置と残存価率 10%、施設は半額補助、年利率 6.5%、修理灯油バーナー炉が 8 年、建物及び籾殻庫は 35 年とし、費率を熱風発生装置 1%、建物 0.5% など第 16 表の条

第16-2 直熱式穀熱風発生装置利用と灯油バーナー火炉利用との変動費比較

米麦の 処理量	電 力			労 力			燃 料			燃 焼 の 変 動 費	燃 焼 の 60kg当たり 変 動 費			
	使用時間	電力	電力量	電力料金	作業人員	作業日数	延作業時間	労働費	灯油消費量			灯油消費量	油消費量	燃料費
直熱式穀熱風利用	米 俵 10840	254 (305)	22.5	5715 (6863)	107613 (129230)	1	28	84 (90)	84000 (90000)	14	15.176	1214.080	1243121 (219230)	1768 (2022)
	小麦 5070	224 (528)	22.5	4208 (11880)	79227 (223700)	1	17	51 (74)	51000 (74000)				130227 (297700)	2568 (5872)
	計												321840 (516930)	
灯油バーナー火炉利用	米 10840	乾燥機254 (305) 通風ビン200	22 12	559 (671) 240	10522 (12668) 4519	1	28	14	14000	14 (18)	15.176 (19.512)	1214.080 (1560.960)	1243121 (1592147)	11468 (14688)
	小麦 5070	乾燥機224 (528) 通風ビン400	22 16	493 (1162) 640	9279 (21861) 12051	1	17	85	8500	18 (385)	9.126 (19.519)	730.080 (1561.560)	747859 (1603972)	14750 (31636)
	計												1990980 (3196119)	

(注) 電力料金 夏期20.71円/kWh 他は18.83円/kWh、電気税5%、労賃1000円/H、灯油価格80円/ℓ、俵=60kg

第17表 直熱式穀熱風発生装置利用施設と灯油バーナー火炉利用施設との経費比較

	穀 穀 庫 の 大 き さ	固 定 費	原料の含水率		変 動 費	経 費	除去水分1kg当たり 経費(変動費)
			粳	小麦			
直熱式穀熱風発生装置	110.7	3,821,480	2.232%	2.048%	321,840円	4,143,320円	33,851(2,629)円
			2.232	3.20	489,313	4,310,793	23,896(2,712)
			2.40	3.20	516,930	4,338,410	21,606(2,574)
灯油バーナー	110.7	1,301,163	2.232	2.048	199,098	3,292,143	26,896(16,266)
			2.232	3.20	284,709	4,148,256	22,995(15,782)
			2.40	3.20	319,619	4,497,282	22,397(15,916)
火 炉	218.6	1,763,971	2.232	2.048	199,098	3,754,951	30,678(16,266)
			2.232	3.20	284,709	4,611,064	25,560(15,782)
			2.40	3.20	319,619	4,960,090	24,702(15,916)

件で検討した結果、施設の固定費・変動費は第16表1・2のとおりである。

全経費(固定費+変動費)は、第17表のように、米650,375kg(10,840俵)・小麦304,245kg(5,070俵)を処理する場合において原料の水分別に検討した。穀穀庫の大きさは、灯油バーナー火炉利用の場合は、全穀穀量(玄米1,200tの穀穀300t)の半分を収容できる大きさとし、穀熱風発生装置利用の場合は大安町農協ライスセンターの穀穀庫の大きさとした。この条件で原料水分が粳は2.232%、小麦は2.048%のときの全経費は、灯油バーナー火炉の方が3.88千円少なくなる。しかし、原料の水分が粳2.4%、小麦が平年並の3.2%であれば、上記の処理量において穀熱風発生装置の利用が、灯油バーナー火炉利用より621.7千円の

利益となり、また灯油バーナー火炉利用の穀穀庫の大きさを穀熱風発生装置利用と同じにした場合でも穀熱風発生装置の方が158.8千円の利益となった。

現施設の損益分岐点の処理量(俵)は、穀穀庫利用の変動費をR₁(円/60kg)・同麦の変動費W₁(円/60kg)、穀穀庫の年間固定費をS₁(円)。灯油バーナー火炉利用の変動費をR₂(円/60kg)・同麦の変動費W₂(円/60kg)、同火炉の年間固定費をS₂(円)。粳と麦の処理量の比をA:Bとすると、穀穀庫利用損益分岐点処理量の米数量X(俵)と麦数量Y(俵)は次の2式で算出できる。

$$X = \frac{S_1 - S_2 - Y(W_2 - W_1)}{R_2 - R_1} \quad Y = \frac{B}{A} \cdot X$$

今Aを7、Bを3とし第16表の数字を用いてXとYを計算すると、原料の水分が粳2.23%・小麦2.05%

のとき、灯油バーナー炉利用の籾殻庫の大きさが籾殻炉利用籾殻庫の約2倍の限界処理量は、米が15,185俵・麦が6,508俵となる。また、両燃焼炉の籾殻庫の大きさが同じの限界処理量は、米が18,600俵・麦が7,971俵となった。また、損益分岐点の除去水分量は153.5t・188tとなった。

なお、残された検討事項として、籾殻燃焼炉の耐久性、修理費、籾殻庫の構造、燃渣の排出法と利用法がある。

4. 摘 要

(1) 直熱式籾殻熱風発生装置(WHB-300D型)と縦型流下式連続乾燥機(SDR1404型)について、籾殻の供給量が籾殻燃焼性能に及ぼす影響、熱風温度が籾・小麦の乾燥性能に及ぼす影響、籾殻熱風発生装置の熱効率・温度調節性能及び装置の経済性について検討した。

(2) 直熱式籾殻熱風発生装置の籾殻燃焼量(120~300kg/h)が増すにしたがってダスト濃度(0.002~0.112g/m³)は増加したが、いずれも規制値以内であり、燃焼ガスは無色・無臭であった。また、硫黄酸化物濃度は1~25ppm、窒素酸化物濃度は57~76ppmであった。

(3) 直熱式籾殻熱風発生装置利用の縦型流下式連続乾燥機(乾燥機通過時間20分)における原料籾の水分(22~15.3%)・熱風温度(52~45.5℃)と乾燥性能は、乾燥機1回通過の乾減水分が2.4~1.0%で胴割れの増加は0.07~0.33%であった。また、籾・玄米には着色・臭がなく品質の低下は認められなかった。

(4) 直熱式籾殻熱風発生装置利用の縦型流下式連続乾燥機について、熱風温度(70.65~55℃)と小麦の乾燥性能については、仕上げ乾燥における乾燥機1回通過の乾減水分は1.3%・0.9%・0.6%で熱風温度の低下に従って減少した。各熱風温度における乾燥小麦は臭・着色・しわが認められなかった。また、仕上げ乾燥時は、熱風温度65~70℃にしても製粉特性の低下は殆どなかった。

(5) 直熱式籾殻熱風発生装置の熱利用率は、籾殻の発熱量を3,400kcal/kgのとき85.32%を示し、その熱効率はこの値以上であると推定される。

また、この籾殻熱風発生装置の消費電力は、21.9~23.0kwhであった。

(6) 籾殻熱風発生装置の温度調節性能については、1日の室温差が8.5℃の条件下の設定温度と実際の熱風温度との差は、0.5℃以内であった。

(7) 燃渣の発生率は籾殻量の12.2%で、容積量は、153.3kg/m³、PHは9.6~10.5であった。全加里

は0.8%余、可溶性珪酸は0.84~1.09%であり籾殻供給量が増加するに従って増加した。また全窒素は0.05%、全リン酸は0.12~0.17%であった。

(8) 籾殻庫からの籾殻排出時の流量係数は78.9~89.8%であり、また籾殻定量供給機の籾殻繰出し効率は94~97%であった。

(9) 施設の利用実績は、精玄米については昭和56年が530,667kg・57年が650,375kg・精麦量は57年が304,245kgであり、直熱式籾殻熱風が製品に及ぼす悪影響は全く認められなかった。乾燥に利用した製品60kg当りの籾殻量は、原料水分及び乾燥時の温湿度により異なり、昭和56年の籾が4.63kg・57年の籾が2.97kg・麦が5.68kgであった。

(10) 施設の経済性、製品60kg当たり荷受け乾燥調製の消費電力量は、米が6.55kwh・小麦が5.66kwh、同消費電力費は米が231円・小麦が213.5円であった。また、製品60kg当たり荷受け・乾燥調製・包装入庫までの延労働時間は、籾が0.45時間・小麦が0.33時間であった。

原料の水分が籾2.4%、小麦が平年並の3.2%であれば、前記の処理量における直熱式籾殻熱風発生装置の利用経費は、灯油バーナー利用経費より158.8千円~621.7千円の減少となった。

5. 引用参考文献

- (1) 田中正美、小林裕、桑名農業改良普及所：ライスセンターにおける直熱式籾殻熱風発生装置の利用に関する調査研究 1983. 三重県農業技術センター
- (2) 北海道立中央農業試験場農業機械部(斉藤ら)：昭和57・55年度農業機械・施設試験成績書
- (3) 清水浩：籾殻の熱源としての利用、施設農業への新エネルギーの利用1980
- (4) 岩崎義美：籾殻の直熱式乾燥装置、施設農業への新エネルギーの利用1980
- (5) 倉田勇：籾殻の直接燃焼装置及び燃焼熱利用装置・施設農業への新エネルギーの利用1980