

## 穀類のマイクロ波加熱乾燥

瀬野 幸一・児玉 憲司

(山形県立農業試験場)

Microwave Drying System of Grains

Koichi SENO and Kenji KODAMA

(Yamagata Prefectural Agricultural Experiment Station)

### 1 はじめに

穀類の乾燥法に関しては近年、品質・食味を重視した方法が重要視されるようになり、特に、ここ数年は米取引への市場原理の導入・消費者のグルメ嗜好等ともあいまって、より自然乾燥に近い乾燥技術への取組みが行われている。

こうした背景の中で、本試験では、品質を低下させずに高乾減率が期待できるマイクロ波加熱乾燥法について、1989年から2か年間、県内の乾燥調製施設において、実用規模レベルでの検討を行った。

マイクロ波利用については、我々の身近な所では、家庭用の電子レンジ等があるが、この原理を穀物乾燥のための加熱に応用したものである。

現在の穀物乾燥機における加熱手段は、燃料を燃焼させて、熱風により穀物の表面を加熱し、その熱伝導によって徐々に内部まで加熱して行く方法で、「外部加熱」と呼ばれる。これに対しマイクロ波加熱は、被加熱物自体が発熱体となって物体の内部から加熱を行うもので、「内部加熱」と呼ばれ、外部に熱がほとんど逃げない効率的な加熱が短時間でできる。

またこの方法は、組織を痛めず、粒内の水分ムラが小さくなることから、品質劣化の少ない乾燥法として、今後の検討が期待できるものである。

### 2 試験方法

- (1) 試験年次 1989年～1990年
- (2) 試験場所 山形県長井市勸進代ライスセンター
- (3) 供試機械 マイクロ波加熱乾燥装置 YMW-1000
- (4) 供試穀物・品種 粳(ササニシキ)

小麦(キタカミコムギ)

大豆(1989年: タチユタカ)

(1990年: スズユタカ)

- (5) 乾燥方法 1989年: 各穀物とも、乾燥終了時までマイクロ波照射+温風で乾燥。

1990年: 粳は最初の2循環のみマイクロ波照射、後は温風のみで乾燥。

大豆は水分16%までマイクロ波照射、後は温風のみで乾燥。

### 3 試験結果及び考察

供試機械は、混合乾燥機とマイクロ波照射装置を組合せ

表1 供試機の主要諸言

名称	数量	規格	摘要
乾燥機	1	SBD-2 ESM	直径 2.5 m 所要動力 3.69 kw 容量 米 5トン 大豆 3.5トン
送風機	1	リミットロード3# 1.5 m <sup>3</sup> /s 50 mm Aq	SBD-2 ESM (1.5 kw)
火弁	1	バーナー SL-3 L タンク 95 ℓ	SBD-2 ESM (0.046 kw)
マイクロ波照射部	1	YMW-1000	
照射管	9	104 アクリル ℓ 400	
照射室	9	ロ 350 H 400 SPCC	
マイクロ波発振管	9	TO-411 E 2,460 MHz	公称出力 1.2 kw/本
排熱収集ダクト	1	250 エルゴ 1本	スパイラルダクト 1.5 m
操作盤	1	YMW-1000 自立型	総所要動力 30 kw

表2 乾燥結果の集約

供試穀物	粳		小麦		大豆	
	1989	1990	1989	1989	1990	
試験年次	1989	1990	1989	1989	1990	
試験期日(月日)	9/28~29	9/17~18	7/13~14	11/7	10/30~31	
試験条件熱風温(℃)	42	45	45	28	28	
穀温(℃)	33	38	35	30	30	
正味乾燥時間(hr)	16.63	16.77	19.17	7.35	10.00	
原料重量(kg)	4,809.1	3,706.4	5,048.0	3,002.3	3,002.3	
仕上り重量(kg)	4,089.1	3,164.4	4,331.8	2,925.0	2,526.1	
水分原料(%)	26.3	26.8	25.0	17.9	18.3	
仕上り(%)	15.6	13.9	12.6	15.1	14.2	
毎時脱水量(kg/hr)	43.3	32.3	37.4	10.5	15.4	
毎時乾減率(%/hr)	0.64	0.77	0.65	0.38	0.41	
電力消費量(kw)	347.3	170	405.7	158.6	130.6	
燃料消費量(kg)	37.52	45.2	31.06	9.14	17.98	
脱水能力(kg/kg)	11.58	9.56	12.04	3.86	6.22	
循環量(kg/hr) 初期	2,003	946	2,776	1,158	1,953	
後期	3,159	4,525	4,059	1,873	3,324	
風量(m <sup>3</sup> /s) 初期	1.69	1.75	1.5	2.02	2.02	
後期	1.50	1.64	1.3	1.95	1.95	
マイクロ波照射時間(S) 初期	30.7	61.7	28.9	68.8	40.6	
後期	19.1	17.2	22.1	42.6	35.1	
マイクロ波照射前穀温(℃)	29.0	31.9	31.3	23.1	20.5	
マイクロ波照射後穀温(℃)	36.7	38.5	36.9	33.0	29.4	
入気温度(℃)	20.5	23.5	24.9	16.4	14.0	
相対湿度(%)	67.9	84.6	76.6	87.2	78.0	
熱風温度(℃)	39.7	44.0	42.5	25.9	25.9	
相対湿度(%)	33.6	34.4	30.5	57.4	43.5	
排気温度(℃)	27.3	31.1	30.1	24.0	21.7	
相対湿度(%)	78.1	68.3	69.7	61.9	55.8	
エネルギー効率(%)	60.8	51.1	62.1	19.5	30.0	
脱水経費(円/kg)	9.8	8.8	10.6	33.7	18.4	

注. 1. 脱水能力は、電力を灯油に換算してのデータ

2. エネルギー効率=脱水量×585 kcal+(灯油消費量×10,500 kcal+電力消費量×860 kcal)×100

3. 脱水経費=(灯油消費量×50円+電力消費量×14.89円)÷脱水量

た乾燥機で、表1にその主要諸元を示した。マイクロ波乾燥はマイクロ波照射により穀温を一気に上昇させ、その後熱風により乾燥させる方式である。

表2に各穀物ごとの2か年の乾燥結果の集約を示した。粳については、1989年には平均気温20.5℃、相対湿度67.9%の条件下で、水分26.3%の粳4.8tを張込んで、15.6%まで乾燥させた。その所要時間は16.63hrで毎時乾減率は0.64%となった。1990年には、平均気温23.5℃、相対湿度

は84.6%の条件下で、水分26.8%の粉3.7tに対し、13.9%まで乾燥した結果、乾燥時間は16.77hrで毎時乾減率が0.77%となった。

小麦については、1989年に平均気温24.9℃、相対湿度76.6%の条件下で、水分25.0%の小麦5.05tを張込んで12.6%まで乾燥した結果、乾燥時間は19.17hrで毎時乾減率は0.65%/hrとなった。

大豆については、1989年が平均気温16.4℃、相対湿度87.2%の条件下で、水分17.9%の大豆3.00tを張込んで15.1%まで乾燥した結果、乾燥時間は7.35hrで毎時乾減率は0.38%/hrとなった。1990年には平均気温14.0℃、相対湿度78.0%の条件下で、水分18.3%の大豆2.68tを張込んで14.2%まで乾燥した結果、乾燥時間は10hrで毎時乾減率は0.41%/hrとなった。

上記試験でのエネルギー効率及び脱水経費をみると、粉については、昭和60～61年に山形農試で行った火力乾燥と比較すると、エネルギー効率は10～20%程度高まるものの、脱水経費が、マイクロ波照射時間を減らした1990年でもやや高く、利用方法の改善が必要と思われる。

小麦においては、設定熱風温が低いためかエネルギー効率、脱水経費の両面で火力乾燥より下回り、脱水経費が2倍程度かかり、火力乾燥には及ばないと思われる。

大豆については、水分が比較的良かったこともあり、エネルギー効率は低かった。なお、脱水経費はマイクロ波照射時間を短縮した1990年は1989年に比べかなり節減された。

表3には粉の品質を示した。胴割粒の発生は、1989年が室内乾燥に比べやや多いが、火力乾燥より少ない傾向にあった。また1990年においても、室内乾燥に比較し多いが、火力乾燥による増加率と同程度であり、調製作業に影響すると思われる強胴割の著しい増加も認められなかった。

表3 品質調査

試験年次	区	胴割粒発生割合(%)			発芽勢(%)	発芽率(%)	テクスチュロ値				
		強	軽	計			A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	H	-H	-H/H
1989	室内乾燥	1.5	0	1.5	95.0	97.4	6.21	0.36	3.90	0.87	0.22
	マイクロ波乾燥	3.7	0.6	4.3	74.6	98.2	7.41	0.33	4.53	0.81	0.18
	火力乾燥	4.8	1.2	6.0	89.6	97.8	6.60	0.43	4.07	0.93	0.21
1990	室内乾燥	1.5	9.0	10.5	91.2	95.4	5.90	0.36	3.79	0.90	0.24
	マイクロ波乾燥	7.0	14.0	21.0	70.2	97.0	6.71	0.39	4.14	0.90	0.22
	室内乾燥	1.5	2.5	4.0	86.6	96.2	5.91	0.36	3.76	0.79	0.25
	火力乾燥	3.0	7.5	10.5	85.0	96.4	5.86	0.44	3.74	0.96	0.26

・は火力乾燥に供した原料を室内乾燥した区

発芽勢・発芽率は、両年とも同様傾向を示し、室内乾燥に比べ発芽勢が劣った。しかし、発芽率では差がないことから、マイクロ波による粉の休眠作用に何らかの影響はあるものの発芽率の低下には結びつかないものと考えられる。

テクスチュロ値については、マイクロ波乾燥区が他の区に比べ硬い傾向にある。しかし、バランス度は他区よりやや小さく、食味に対するプラスの要因も推察される。

表4 食味官能試験(基準:火力乾燥)

試験年次・区	区分	総合	外観	香り	味	粘り	硬さ	
1989	室内乾燥	評価値 信頼区間 有意差	-0.346 ±0.255 +	-0.385 ±0.231 +	-0.077 ±0.206 -	-0.038 ±0.280 -	-0.385 ±0.237 +	0.346 ±0.309 +
	マイクロ波乾燥	評価値 信頼区間 有意差	0.308 ±0.255 +	0.231 ±0.200 +	-0.077 ±0.274 -	0.423 ±0.233 +	0.192 ±0.227 -	0.462 ±0.258 +
1990	室内乾燥	評価値 信頼区間 有意差	-0.130 ±0.286 -	0.043 ±0.288 -	-0.217 ±0.243 -	-0.304 ±0.286 +	0.000 ±0.290 -	0.217 ±0.247 -
	マイクロ波乾燥	評価値 信頼区間 有意差	0.304 ±0.255 +	0.174 ±0.243 +	0.304 ±0.284 +	0.304 ±0.257 +	-0.087 ±0.220 -	0.217 ±0.255 -
	室内乾燥	評価値 信頼区間 有意差	-0.087 ±0.286 -	-0.130 ±0.288 -	0.130 ±0.243 -	-0.174 ±0.286 -	-0.087 ±0.290 -	-0.130 ±0.247 -

注. 1. 基準は循環型乾燥機による6時間休止乾燥

2. ・は基準の原料を室内乾燥した区

表5 品質調査(小麦)

試験年次・区	製粉歩留(%)	アミログラム最高粘度(B・U)	発芽勢(%)	発芽率(%)	品位等級
1989 室内乾燥	73.1	640	73.3	77.3	2・下
マイクロ波乾燥	72.4	605	64.4	72.0	2・下
・火力乾燥	72.5	528	92.8	94.8	2・下

注. ・は循環型乾燥機により設定熱風温58℃の火力乾燥

表6 品質調査(大豆)

試験年次・区	しわ粒	破皮粒	損傷粒	計	発芽率
1989 室内乾燥	1.2	0.0	0.1	1.3	92.1
マイクロ波乾燥	4.2	0.1	0.7	5.0	92.0
1990 室内乾燥	1.3	3.0	0.2	4.5	91.7
マイクロ波乾燥	1.2	6.8	0.8	8.8	99.3

表4には食味官能試験結果を示した。両年ともマイクロ波乾燥が「総合」で有意差が認められ、火力乾燥より優る傾向にあった。

表5には小麦の品質を示した。製粉歩留、発芽勢、発芽率は室内乾燥と差がなかった。また、最高粘度も500～600程度で顕著な差は認められなかった。

表6には大豆の品質を示した。両年とも乾燥による被害粒の発生は4%程度であり、乾燥、循環過程で発生する損傷粒は0.6%と少なかった。

また、発芽率も室内乾燥と差がなく、マイクロ波乾燥による品質低下はないと考えられる。

以上、2か年に渡り、マイクロ波乾燥について検討したが、各穀物とも極端な品質低下は認められず、従来までの乾燥法と比較しても問題ないと思われる。

しかしながら、現状では電力料金が灯油よりコスト高となるため、ランニングコストが高くなり、脱水経費の点で従来までの乾燥法には及ばないと思われる。