

〔短報〕

大型遠赤外線乾燥機による籾の乾燥特性

原 圭祐* 竹中 秀行*

本試験では容量30tの遠赤外線乾燥機および同一容量の従来型熱風乾燥機で水分18.3~24.8%の籾の乾燥を行い、大型遠赤外線乾燥機の乾燥特性を明らかにした。遠赤外線乾燥機は熱風乾燥機に比較して乾燥中の熱風温度は低い、穀温は高く経過し、乾減率が高かった。また、熱風乾燥機よりも高い乾減率で乾燥しても胴割れの発生が少なかった。遠赤外線乾燥機は熱風乾燥機よりも乾燥時間が22~35%短縮され、水1kg除去に要する灯油消費量が2~13%、消費電力量が40~52%、総熱量が6~16%少なく、熱効率は6~21%優れた。

1. 緒 言

遠赤外線乾燥機は効率的な乾燥システムの開発を目的に、生研機構で開発された穀物用乾燥機である。遠赤外線は穀物内水分が吸収しやすいエネルギーであり、遠赤外線放射エネルギー量は、放射体温度(°K)の4乗に比例する。この原理を利用し、バーナで放射体を加熱し、遠赤外線を放射させ乾燥を行うのが遠赤外線乾燥の原理である。また、放射体から排出される排熱で加温した熱風も乾燥エネルギーとすることにより、エネルギーの効率化を図っている。遠赤外線乾燥では、穀物水分の除去に必要なエネルギーが送風される空気を媒体とせずに穀物へ伝達されるため、送風量を少なく設計できる。

遠赤外線乾燥機は平成11年から市販され、平成12年までの2年間で6722台(うち道内262台)出荷されている。平成12年度の出荷割合は、全乾燥機出荷台数の14%を占めているが、いずれも容量7t以下の乾燥機である。小型遠赤外線乾燥機の試験結果では、燃料および消費電力量の節減効果、騒音の低減効果が報告されているが¹⁾、近年道内カントリーエレベータに設置された遠赤外線乾燥機は30t規模であり、大型の遠赤外線乾燥機の乾燥特性は明らかとなっていない。そこで、従来型の熱風乾燥機を対照機種とした遠赤外線乾燥機による籾の乾燥試験を行った。

2. 試験方法

(1) 供試機および設定条件

供試機の遠赤外線乾燥機(型式:REV3000-XP)および対照の熱風乾燥機(型式:DAN-3000S)は、容量30t(籾)の山形多管式循環式乾燥機であり、遠赤外線乾燥機の集穀室には高効率放射塗料を塗装した回転式遠赤外線放射体が2基備えられている。バーナの出力は灯油流量によって制御し、操作パネルで選択した乾減率、投入量および入気温度により自動制御される。乾減率選択範囲は供試機0.5~1.2%/h、対照機0.5~0.7%/hである。遠赤外線乾燥機は風量が少ないため、定格電力が小さい(表1)。

本試験は平成12年10月3~4日および平成13年10月3~5日に、大野町に建設された「函館育ちライスターミナル」において当年産「きらら397」を供試して実施した。平成12年は水分18.3~18.5%の半乾籾を両機種に約26t投入、設定乾減率を0.6%とし、籾水分15%まで乾燥を行った。平成13年は水分23.8~24.8%の生籾を遠赤

表1 供試機および対照機の主要諸元

型 式		供試機	対照機
		REV3000-XP	DAN-3000S
容量(籾560kg/m ³)換算	(t)	30(レベル制御)	30(レベル制御)
風量	(m ³ /min)	360	540
遠赤外線	放射材	高効率放射塗料	—
放射体	設置位置	乾燥部下部(2本)	—
バーナ燃焼量	(L/h)	0~37	(1.5~6)×6個
使用燃料		JIS1号灯油	JIS1号灯油
定格電力	(kW)	16.37	23.67
設定乾減率	(%/h)	0.5~1.2	0.5~0.7

2002年5月21日受理

* 北海道立中央農業試験場, 069-1395 夕張郡長沼町

E-mail:harakei@agri.pref.hokkaido.jp

外線乾燥機の1回目および熱風乾燥機では約29t, 遠赤外線乾燥機の2回目では約31.3t 供試した。遠赤外線乾燥機の1回目では設定乾減率を0.8%, 対照の熱風乾燥機の設定乾減率は0.7%/hとし、初水分17%までの一次乾燥終了後、約1日一次貯留し、初水分15%まで仕上げ乾燥を行った。遠赤外線乾燥機の2回目は設定乾減率1.0%/hとし、初水分17%までの一次乾燥のみを行った。

(2) 乾燥時および乾燥後の調査項目

乾燥条件毎に乾燥時の乾燥機内温度、入・排気温度、穀温、初水分、燃料消費量および消費電力量を測定した。また、乾燥後の初組成、容積重、胴割れ、初摺り特性、玄米・精米性状、食味を調査した。

3. 試験結果

(1) 遠赤外線乾燥機の乾燥特性

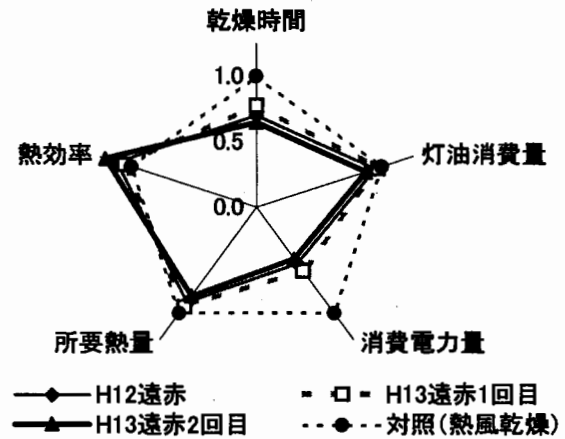
平成12年における遠赤外線乾燥機の試験では、乾減率0.44%/h, 熱風温度29.2℃, 穀温は23~32℃の範囲に推移した。熱風乾燥機の試験では、乾減率0.31%/h, 熱風温度32℃, 穀温21~27℃であった。

平成13年の遠赤外線乾燥機1回目の試験では、乾減率0.65%/h, 熱風温度35.2℃, 穀温13.7~34.2℃の範囲に推移した。熱風乾燥機の試験では、乾減率0.51%/h, 熱風温度41.3℃, 穀温16.6~25.6℃であった。設定乾減率1.0%/hで実施した遠赤外線乾燥機2回目の試験では、乾減率0.75%/h, 熱風温度39.8℃, 穀温18.5~33.2℃の範囲で推移した。遠赤外線乾燥では熱風乾燥に比較して熱風温度は低いが、穀温と乾減率が高かった(表2)。

遠赤外線乾燥機は熱風乾燥機と比較して、同じ水分を除去するのに要する乾燥時間が22~35%短縮され、灯油消費量が3~13%, 消費電力量が40~51%, 総熱量が6~16%少なく、熱効率は6~21%優れた(図1)。

(2) 遠赤外線乾燥と胴割れの関係

平成13年産原料の立毛胴割れは、重胴割れ率0.4~0.5%, 軽胴割れ率8.5~9.6%と多かった。遠赤外線乾



注) 対照機に対する割合

図1 単位水分除去当たりの乾燥時間, 燃料消費量の比較

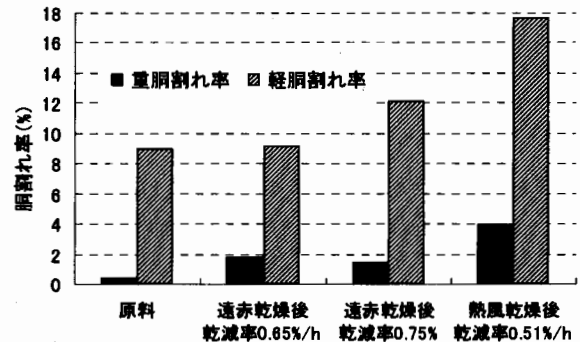


図2 乾燥条件と胴割れ率の関係

燥による重胴割れ率は、乾減率0.65%/hで1.8%, 乾減率0.75%/hで1.4%と少なかった。これに対し、熱風乾燥による重胴割れ率は3.9%であった。軽胴割れ率も熱風乾燥では約8%増加し、17.6%と多かった。

(3) 遠赤外線乾燥の食味に対する影響

平成13年に遠赤外線乾燥機および熱風乾燥機で乾燥した試料を用い、食味試験を実施した。遠赤外線乾燥機で

表2 熱風温度、穀温と乾減率

試験日	H12.10.3	H12.10.3	H13.10.3	H13.10.4	H13.10.3
乾燥機	遠赤	対照機(熱風)	遠赤1回目	遠赤2回目	対照機(熱風)
供試品種	きらら397	きらら397	きらら397	きらら397	きらら397
乾燥前水分 (%)	18.3	18.5	24.8	23.8	23.8
乾燥後水分 (%)	14.8	15.1	15.0	16.5	14.8
乾燥時間 (h)	8.0	11.0	15.0	9.6	17.7
平均乾減率 (%/h)	0.44	0.31	0.65	0.75	0.51
熱風温度 (℃)	29.2(27.4~32.2)	32.0(28.6~37.6)	35.2(28.3~43.2)	39.8(35.4~41.8)	41.3(34.1~48.8)
穀温 (℃)	23~32	21~27	13.7~34.2	18.5~33.2	16.6~25.6

表3 食味試験の結果

	総合評価	外観	香り	味	硬さ	粘り
遠赤仕上乾燥後	0.35	0.45	0.15	0.30	0.30	-0.05
熱風仕上乾燥後	0.10	0.30	0.30	0.10	0.10	-0.15
有意差検定結果	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし

注) 平成13年度産「きらら397」、日本穀物検定協会調べ、基準米は平成13年滋賀県湘南産「日本晴」

表4 食味評価点の内訳

評価	点数	総合		外観		香り		味		硬さ		粘り	
		遠赤 (人)	熱風 (人)	遠赤 (人)	熱風 (人)	遠赤 (人)	熱風 (人)	遠赤 (人)	熱風 (人)	遠赤 (人)	熱風 (人)	遠赤 (人)	熱風 (人)
やや悪い	(-1)	4	4	0	2	4	1	4	4	6	6	6	7
普通	(0)	5	10	11	10	9	12	6	10	2	6	9	9
やや良い	(1)	11	6	9	8	7	7	10	6	12	8	5	4
平均点		0.35	0.10	0.45	0.30	0.15	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	-0.05	-0.15

乾燥した米の評価点は、熱風乾燥機で乾燥した米よりも高い傾向が見られた。ただし、評価点の内訳を見ると、遠赤外線乾燥区で平均点が高かった味、硬さ、粘り、総合評価は基準米よりもやや悪いと判断する人が熱風乾燥区とはほぼ同じであり、各項目で有意差検定を行った結果、有意差はいずれの項目でも認められなかった。

4. 考 察

従来の熱風乾燥機での乾燥速度は、乾燥機への送風温度（熱風温度）、風量、もしくは穀物の循環量を多くするといった操作により速くなった。しかし、遠赤外線乾燥では熱風温度が低く風量も少ないが、その割には穀温が高まり、乾燥速度は対照の熱風乾燥よりも早かった。空気を媒体として熱が穀物へ伝達される熱風乾燥と異なり、このような遠赤外線乾燥の効果は、遠赤外線が直接穀物の水分に吸収され、穀物自体が発熱することによる。

灯油は乾燥に必要な熱量供給源であり、除去水分量が大きくなるほど増加する。同じ水分を除去するのに要する燃料消費量は遠赤外線乾燥と熱風乾燥で大差なかった。一方、電力はバーナ停止中であっても送風機や昇降機などで消費されるため、乾燥時間が長くなるほど消費量が多くなる。遠赤外線乾燥は熱風乾燥と比較して、同じ水分を除去するのに要する乾燥時間が22～35%短縮されたため、消費電力量が大幅に低減した。したがって、遠赤外線乾燥はエネルギー効率の良い乾燥法と言える。

乾燥速度の上限は胴割れの発生や食味の低下などにより制限される。胴割れ発生要因の一つとして、一粒内の水分勾配があげられるが²⁾、遠赤外線乾燥では熱風乾燥

よりも高い乾減率で乾燥した場合においても胴割れの発生が少なかった。この要因として、熱風乾燥では籾表面から熱が伝わるが、遠赤外線乾燥では籾自体が遠赤外線の吸収により発熱するため、一粒内の水分勾配が小さいことが推測される。

米の食味は過度の穀温上昇により劣ると言われており³⁾、遠赤外線乾燥機は穀温が上昇しやすいため、過度の穀温上昇が問題となるが、供試した遠赤外線乾燥機は穀温センサにより灯油流量を制御する穀温制御を行うため、過度の穀温上昇の心配はない。以上のことから、遠赤外線乾燥機では安全に乾燥を行うための乾減率の上限を熱風乾燥機よりも高く設定できる。本試験で供試した大型遠赤外線乾燥機においても乾燥時間の短縮、燃料消費量・消費電力量の削減、胴割れ発生の低下といった小型遠赤外線乾燥機における試験と同様の効果が認められ、大型乾燥施設等での導入が有益であると判断した。

引用文献

- 1) 生研機構. “穀物遠赤外線乾燥機”. 平成10年度研究成果情報（総合農業）. 農林水産省農業研究センター編. 同発行, 1998. p.328-329.
- 2) 全農施設・資材部編. “火力乾燥における玄米の胴割れならびに精米のひび割れ”. 共乾施設のてびき. 第Ⅱ分冊. 全農施設資材部, 1986. p.151-155.
- 3) 全農施設・資材部編. “火力乾燥と米の食味”. 共乾施設のてびき. 第Ⅱ分冊. 全農施設資材部, 1986. p.156-158.

Characteristics of Paddy Rice Drying by Large Far Infrared Grain Dryer

Keisuke HARA* and Hideyuki TAKENAKA

- * Hokkaido Central Agricultural Experiment Station,
Naganuma, Hokkaido, 069-1395 Japan
E-mail: harakei@agri.pref.hokkaido.jp