

ロータリーキルン式バーナーによる 肉牛ふん堆肥の燃焼マニュアル



ロータリーキルン式バーナー（ 4187MJ h^{-1} ）を利用した乾燥システム（九州産廃株式会社）

農研機構九州沖縄農業研究センター

畜産草地研究領域

畜産環境・乳牛グループ

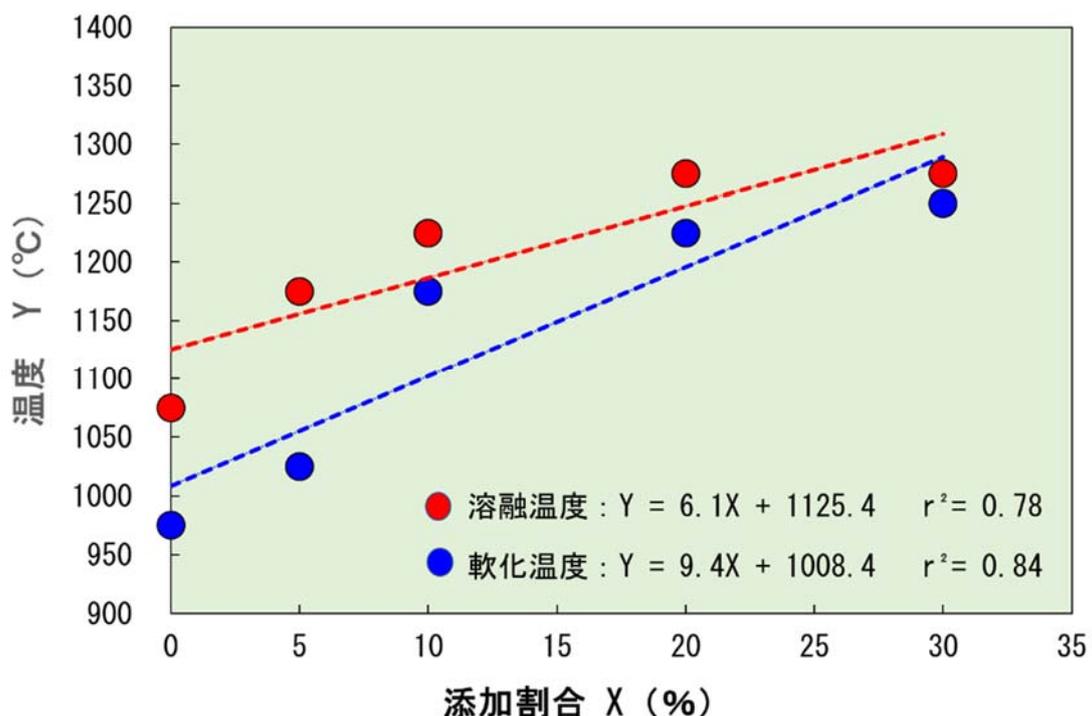
はじめに

平成 28 年に新たなバイオマス活用推進基本計画が策定され、家畜排せつ物に関して従来からの堆肥等の利用に配慮しつつ、地域の実情に応じて炭化・焼却処理やメタン発酵ガスなどによる高度エネルギー化を推進し、2025 年に約 90%の利用を目指しています。また、平成 27 年に新たな「家畜排せつ物の利用の促進を図るための基本方針」が策定され、家畜排せつ物の堆肥化の促進、エネルギーとしての利用の推進、畜産環境問題への対応が掲げられています。飼養規模の拡大により家畜排せつ物が多量に発生する一方で、堆肥としての利用が進まない地域等においては、家畜排せつ物を活用した電気、熱等のエネルギー利用を推進することで、畜産農家等の光熱費の低減が期待されています。そこで、ロータリーキルン式バーナーで肉牛ふん堆肥を、熱エネルギーに変換するための燃焼技術を紹介します。

固形燃料製造

溶融防止

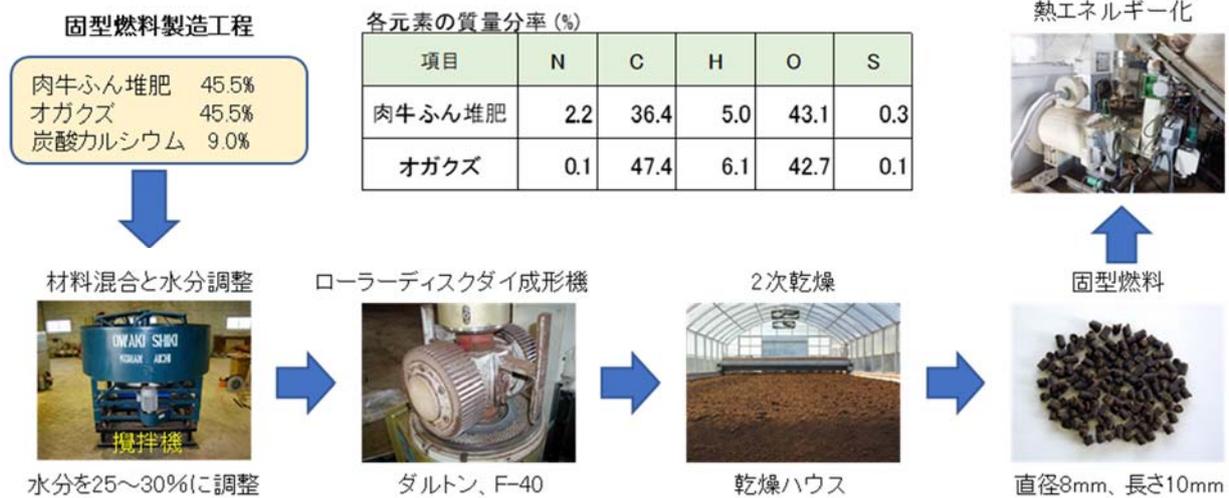
肉牛ふん堆肥は溶融温度約 1000℃ですが、約 900℃で軟化するので炉内に付着する可能性があります。また、オガクズの溶融温度は約 1225℃です。肉牛ふん堆肥：オガクズを乾物重量比で 7：3 に混合した材料の溶融温度は約 1075℃ですが、軟化温度は約 975℃と余り高くないので、燃焼時に炉内に付着、また、燃焼灰が塊になる可能性があります。そこで、溶融防止を施す必要あります。炭酸カルシウムを添加すると、溶融温度や軟化温度を高めることができます。炭酸カルシウムを乾物重量当たり 1%添加する毎に軟化温度は 9℃、溶融温度は 6℃上昇します。本装置では燃焼温度 1100℃を想定し、軟化温度を 1100℃にするために炭酸カルシウムを 10%添加します。また、排ガス中の NOx 濃度を下げるために、肉牛ふん堆肥：オガクズを乾物重量比で 5：5 としました。



肉牛ふん堆肥：オガクズ=7：3 材料への炭酸カルシウム添加割合と軟化及び溶融温度の関係

固形燃料製造コスト

肉牛ふん堆肥、オガクズ、溶融防止のための炭酸カルシウムを乾物重量比で5:5:1の割合で混合し、水分を25~30%程度に調整します。調整した材料をローラーディスクダイ成型機で、直径8mm、長さ10mmの円柱状に加工した後、2次乾燥を行い固形燃料化します。製造した固形燃料を2次乾燥で水分15%以下に乾燥させることで、発酵が停止し自然発火や発酵ガスの発生等の危険性がなくなるので、長期保存することができます。



固形燃料の高位発熱量は約 14.5 MJ kg^{-1} で、堆肥を購入する条件での製造経費は 20.0 円 kg^{-1} となり、1 MJ 当たりの固形燃料価格は 1.4 円 MJ^{-1} となります。A 重油（高位発熱量 39.1 MJ L^{-1} ）の価格が 86 円 L^{-1} の場合、1 MJ 当たりの A 重油価格は 2.2 円 MJ^{-1} となります。固形燃料の高位発熱量に A 重油の 1 MJ 当たりの価格を乗じた A 重油換算価値は 31.9 円 kg^{-1} となり、製造価格が 20.0 円 kg^{-1} なので、固形燃料は A 重油に比較して安価な燃料となります。

固形燃料製造コストの試算

項目 ⁺	固型燃料	A重油
	肉牛ふん堆肥、オガクズ、炭酸カルシウム 乾物重量割合=5:5:1	
製造能力	$586.8 \text{ kg}_{\text{DM}} \text{ h}^{-1}$	
成形費	$1.4 \text{ 円 kg}_{\text{DM}}^{-1}$	
人件費	$2.1 \text{ 円 kg}_{\text{DM}}^{-1}$	
堆肥代	$3.2 \text{ 円 kg}_{\text{DM}}^{-1}$	
オガクズ代	$9.1 \text{ 円 kg}_{\text{DM}}^{-1}$	
炭酸カルシウム代	$1.2 \text{ 円 kg}_{\text{DM}}^{-1}$	
2次乾燥経費	$3.0 \text{ 円 kg}_{\text{DM}}^{-1}$	
製造費（価格）	$20.0 \text{ 円 kg}_{\text{DM}}^{-1}$	86 円 kg^{-1}
高位発熱量	$14.5 \text{ MJ kg}_{\text{DM}}^{-1}$	39.1 MJ kg^{-1}
1 MJ 当たりのエネルギー価格	1.4 円 MJ^{-1}	2.2 円 MJ^{-1}
固形燃料熱量のA重油換算価値 ⁺⁺	$31.9 \text{ 円 kg}_{\text{DM}}^{-1}$	

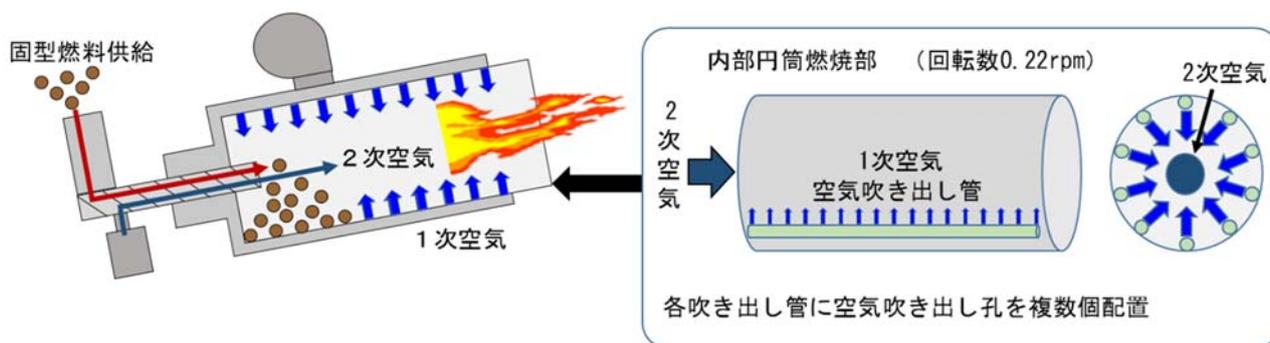
⁺ 算出条件：成型機価格を800万円とし減価償却を6年とし、成形費=(成型機の年間減価償却費+年間電気代)÷年生産量として算出、電力料金は業務用電力A、標準電圧6000Vから年平均電力料金12.1円 kW^{-1} 、人件費=300万円/年(8h/日、300日労働)÷年間生産量として算出、堆肥購入費7000円/ t_{DM} 、オガクズ購入費20,000円/ t_{DM} 、炭酸カルシウム400円/30kgとして材料費を算出

⁺⁺ A重油の高位発熱量 39.1 MJ L^{-1} ・価格 86 円 L^{-1} とし、固形燃料熱量のA重油換算価値=A重油のエネルギー単価 2.2 円 MJ^{-1} × 固形燃料の高位発熱量 $14.5 \text{ MJ kg}_{\text{DM}}^{-1}$ として算出

ロータリーキルン式バーナー

ロータリーキルンは回転式高温焼成装置の総称で、直径に対して長さが十分に大きい直円筒型のものを言います。ロータリーキルンは、水平或はわずかに勾配をつけて設置され、緩やかに回転させながら原料を供給し燃焼させます。

肉牛ふん堆肥、オガクズ、炭酸カルシウムを乾物重量比で5:5:1の割合で混合し製造した固形燃料のロータリーキルン式バーナーによる熱エネルギー化では、内部円筒形燃焼炉を約0.2 rpmで回転させ、内部温度が約1000℃になるまで木チップを燃焼させて加熱した後に、固形燃料に切り替えて燃焼させます。燃焼に必要な空気は、内部円筒燃焼部の側壁（1次空気）と材料供給部（2次空気）の2か所から供給します。



バーナー外観



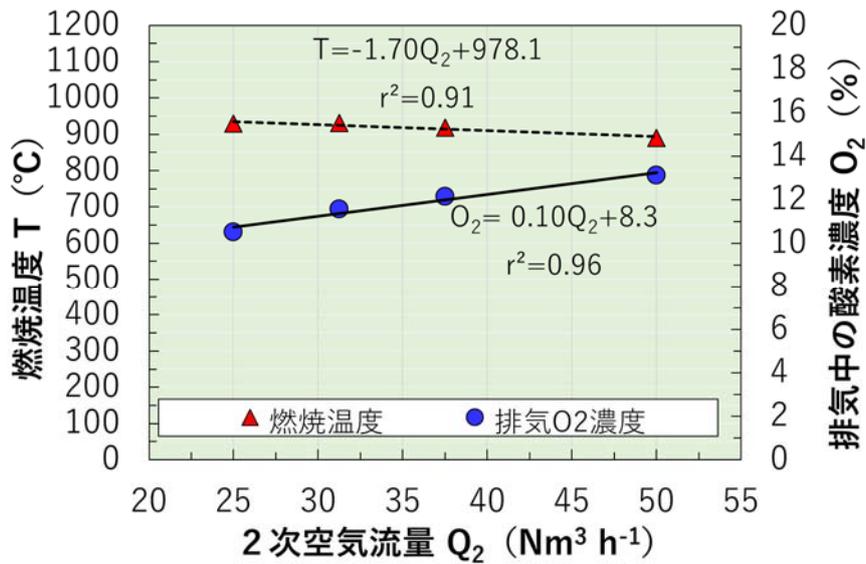
バーナー内部



※本ロータリーキルン式バーナーは、株式会社 エム・アイ・エス（福岡県福岡市西区今津 5413-10、電話 092-834-5131）から型式 Joule-R-100 として、約 400 万円で販売されています。

燃焼特性

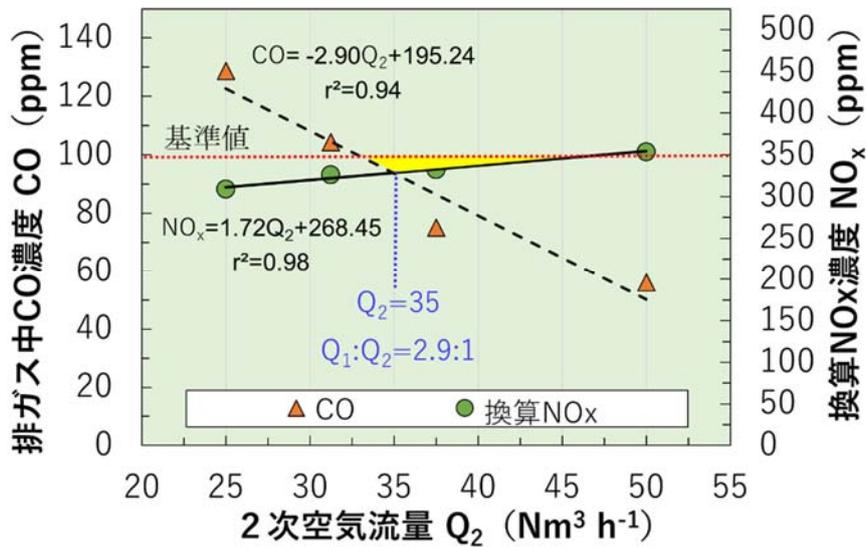
固形燃料を低位発熱量 293.08 MJ h^{-1} （水分 9.7%、重量 21.7 kg h^{-1} ）の条件で、内部円筒形燃焼炉に連続供給し燃焼させます。1次空気量は $100 \text{ Nm}^3 \text{ h}^{-1}$ （Nm：標準状態（0℃、1気圧）に換算したガス量）とし、2次空気量を $25\sim 50 \text{ Nm}^3 \text{ h}^{-1}$ の流量で変化させると、燃焼温度 $890\sim 930^\circ\text{C}$ 、排気中の酸素濃度 $10.5\sim 13.1\%$ となり、2次空気量を多くすると燃焼温度は低下、酸素濃度は増加します。



※固形燃料の乾物重量割合 肉牛ふん堆肥 : オガクズ : 炭酸カルシウム = 5 : 5 : 1

排ガス特性と最適空気配分割合

固形燃料を燃焼させた際の排気中に SOx は、規制基準以下でほとんど検出されないの、あまり問題にはなりません。産業廃棄物処理施設の維持管理の技術上 CO 濃度基準 100ppm 以下、大気汚染防止法施行規則における窒素酸化物 (NOx) 排出基準 (O₂=6%換算値) 350ppm 以下の条件を満たすための 2 次空気量の範囲は、32.8~47.4 Nm³ h⁻¹ となります。最適な 2 次空気量は 35 Nm³ h⁻¹ であり、1 次空気 : 2 次空気の配分割合は 2.9 : 1 となります。



※固形燃料の乾物重量割合 肉牛ふん堆肥 : オガクズ : 炭酸カルシウム = 5 : 5 : 1

燃焼灰の肥料利用

燃焼灰は窒素がほとんど含まれず、カリに比べリン酸を多く含み、pHが高いのが特徴です。燃焼灰に含まれるリン酸は、そのほとんどがく溶性で、リン酸肥料の代替資材として利用することができます。

燃焼灰	窒素 (%)	リン酸 (%)			カリ (%)	pH	リン酸の肥効率 (%)	
		全りん	く溶性	うち水溶性			対過リン酸石灰	対ヨウリン
牛ふん灰	0.03	7.93	7.87	0.11	0.47	11.7	106	125



ロータリーキルン式バーナー外観



燃焼中の火炎状況



煙突からの排気



固形燃料の燃焼灰

本研究成果は、九州産廃株式会社との共同研究「食品加工残渣等の肥料・熱エネルギー利用技術の開発」から得られた成果の一部である。

本マニュアルは、熊本県菊池市の肉牛ふん堆肥を用いて得られたデータに基づき、一定の目安を示したものであり、排ガス中のNOx濃度等は堆肥に含まれる成分に関係するため、適宜確認が必要です。情報の正確性には万全を期していますが、掲載された情報をご利用になったことによるいかなる損害についても責任を負いません。ご指摘等がございました場合は、下記までご連絡ください。

【問い合わせ先】 農研機構九州沖縄農業研究センター
〒861-1192 熊本県合志市須屋 2421 TEL : 096-242-7682