

事業名：廃肉骨粉焼却灰のリサイクル技術開発（J1805）

分野名：「廃棄物リサイクル技術」

事業者名：三菱マテリアルテクノ株式会社

補助金交付額：38,183,000円

## 1. 技術開発者名

### 1-1 代表技術開発者（照会先）

- ・住所：東京都千代田区九段北1-14-16
- ・所属名・職名：環境・エネルギー事業部 技師長
- ・氏名：小林 悦郎
- ・電話番号、ファクシミリ、E-mail：03-3221-1941, 03-3221-1583, etukoba@mmc.co.jp

## 2. 技術開発の目的と開発内容

### 2-1 技術開発の目的

肉骨粉（以下MBM）はと畜場あるいは肉加工場から出る肉クズのうち、骨が多く混入したものを乾燥して粉砕したもので、約55kg/頭（牛）発生し、全国で40万t/年発生する。従来は飼料あるいは肥料として利用されていたが、BSE対策として禁止され焼却処分されている。H17年11月「ペットフード用及び肥料用の肉骨粉等の当面の取扱いについて」の農林水産省生産局長・水産庁長官通知が一部改正され、MBMの焼却灰・炭化物の肥料利用が条件付で解除された。

MBMは揮発分が高く発熱量の高い良質のバイオマス燃料であり、このMBMを発生源の工場で焼却し、発生する熱エネルギーを蒸気として回収し工場に供給することにより、工場での化石燃料消費とCO<sub>2</sub>発生量を大幅に削減可能である。一方MBMを焼却したものはリン酸カルシウムを多く含み、N分が多い有機性廃棄物を堆肥として施用する際、この焼却灰を活用することによりP分を補うことが可能となる。さらにはCa分は土壌中の石灰質を補うことが可能である。

そのため焼却灰を、肥料利用解除の条件である「空気の流通下で1,000℃以上、5分間以上」の熱処理を行い、焼却灰を安全に安心して利用可能とする。この熱処理灰を良質なリン酸肥料である骨灰として農業分野を中心に活用を計ることでリンのリサイクルが可能とすることを目的とする。

### 2-2 開発の目標

#### ① MBMの燃焼技術の開発

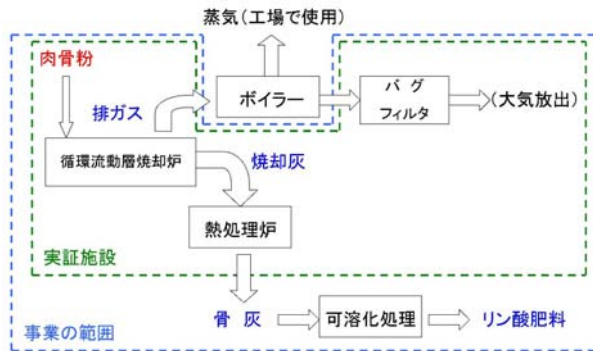
MBMは低位発熱量が18~16MJ/kg（重油の約4割）、揮発分60%と高いため、高い燃焼性が期待できる。一方窒素含有量も6~10%と高いため、低NO<sub>x</sub>燃焼技術が必要となる。効率的な熱回収のため、高い燃焼温度でかつNO<sub>x</sub>発生の少ない燃焼条件など、MBMに最適な燃焼技術を開発する。

#### ② 発生する焼却灰を「空気の流通下で1,000℃以上、5分間以上」の熱処理を行い、安全に安心して利用可能とする。

#### ③ 焼却灰を堆肥などに利用することによるP及びCaの活用。特にリン酸を特異的に吸着する我国特有の火山灰土において、Pが植物に有効に利用されるような溶解処理あるいは施用方法を検討する。

### 2-3 開発内容

#### （1）実証施設及び主要機器



No.	装置名	項目	仕様
1	循環流動層焼却炉	本体	内径φ250x4,000H SS+キャストブル
		サイクロン	内径φ350x1,000L SS+キャストブル
		一次エアープロー	容量:1.5kW
		二次エアーフアン	容量:0.75kW
		焼却炉バーナ	燃焼容量:100,000kcal/h
		ホッパー	容量:80L
2	熱処理装置	流動加熱炉	内寸600x600H SS+キャストブル 容量:250L ヒーター容量:7kWx2
		熱風炉	バーナ燃焼容量:50,000kcal/h
		保持炉	内径φ236x500H ヒーター容量:4.4kW
		骨灰冷却装置	□1,000x600H SS プロウ容量:5.5kW
		原料フィーダー	テーブルフィーダー 容量:0.4kW
3	バグフィルター		2800m <sup>3</sup> /h 150°C耐熱 パルスジェット式
4	排ガスファン		2800m <sup>3</sup> /h
5	ガス分析装置	NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , CO, CO <sub>2</sub>	非分散型赤外線分析方式
		O <sub>2</sub>	磁気圧力方式

設置場所：北海道帯広市稲田町西3線19番地

国立大学法人帯広畜産大学

畜産フィールド科学センター

肉骨粉の無害化・再資源化処理実験プラント

## (2) 試験方法

### 1) 分析項目及び回数

### 2) MBM 焼却試験方法

一次エアは循環流動層焼却炉のライザー底部に挿入した分散管より供給し、二次エア供給口は、一次エア供給口上部3ヶ所に設置した供給口を選択使用した。MBMは原料フィーダーでライザー下部へ定量供給した。試験は目標のO<sub>2</sub>濃度に応じて一・二次エア量を設定し、排ガス酸素濃度一定となるよう原料供給量を調節した。排ガスはサイクロン出口より吸引し排ガス分析計により測定した。

### 3) 焼却灰熱処理試験方法

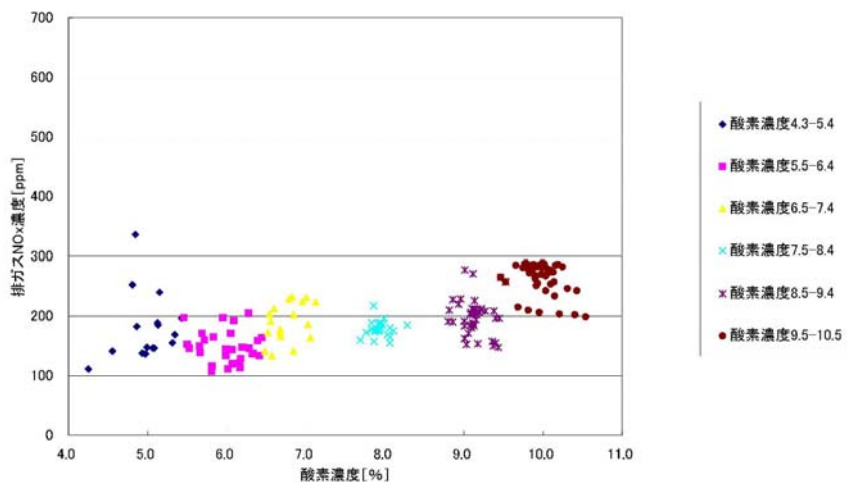
焼却灰は流動加熱炉内に投入された後、熱風炉より供給される熱風で流動化・加熱が行われ、不足する熱量は流動加熱炉ヒーターで補った。骨灰の流動加熱炉から骨灰冷却装置への移送は、骨灰冷却装置への流入部に設けたニューマチックバルブを制御して行った。骨灰抜き出し量は流動加熱炉の骨灰のレベルを炉内差圧で計測して制御した。

サンプル	分析	分析項目	測定回数
肉骨粉	工業分析	水分、灰分、揮発分、固定炭素	3
	元素分析	C,H,O,N,可燃性S,可燃性Cl	3
骨灰	工業分析	水分、灰分、揮発分、固定炭素	1
	元素分析	T-C,T-N,Org.-C,Ca,P等	1
	アミノ酸分析	アミノ酸	1
焼却灰	工業分析	水分、灰分、揮発分、固定炭素	2
	元素分析	T-C,T-N,Org.-C,Ca,P	2
	アミノ酸分析	アミノ酸	1
BFダスト	工業分析	水分、灰分、揮発分、固定炭素	3
	元素分析	T-C,T-N,Org.-C,Ca,P	3
	アミノ酸分析	アミノ酸	1
排ガス	濃度分析	HCl,ダイオキシン,ばいじん	1

## 3 試験結果

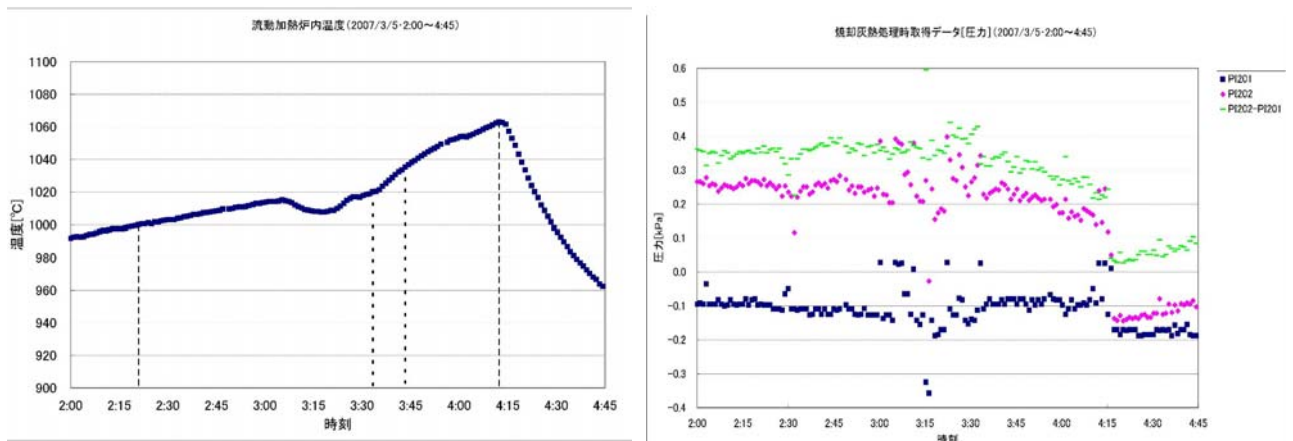
### 3-1 MBM 焼却試験

一例として酸素濃度とNO<sub>x</sub>濃度の関係を示す。肉骨粉焼却に伴うNO<sub>x</sub>の発生は、一次空気の空気比mを約0.8にする二段燃焼で300ppm以下(酸素濃度6%)に抑制可能であった。



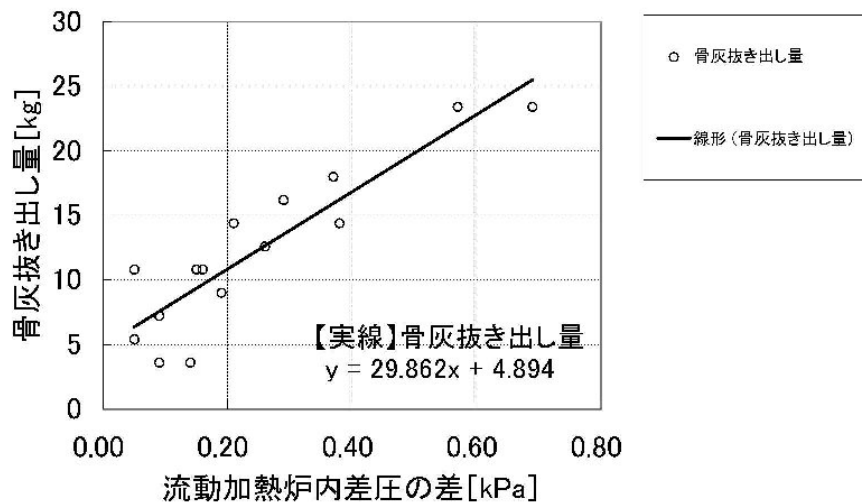
### 3-2 焼却灰熱処理試験

焼却灰の熱処理実証時の温度及び圧力の経時変化を示す。



流動加熱炉からの骨灰の抜き制御は、骨灰レベルを炉内差圧で計測することにより可能である。抜出前後の差圧差と抜出量との関係を示す。

流動加熱炉内差圧の差に対する骨灰抜き出し量



### 3-3 肥料の評価 (帯広畜産大学に委託)

本研究では、牛由来の廃肉骨粉を空気の流通下で焼却(1000°C以上で5分間以上して製造した骨灰について、リン酸およびカルシウムを含む肥料としての評価および施用方法を確立することを目的に、主要元素および微量元素の分析を行って成分含有量を調べるとともに、低分子有機酸による骨灰の溶解試験を行ってリン酸肥料としての利用特性を調べた。



十勝農業組合連合会化成事業所にて製造された牛由来の原料を含む MBM を循環流動層焼却炉で焼却処理し、さらに骨灰肥料としての利用解除条件である「空気の流通下で1000°C以上5分間以上の燃焼」を保障するために焼却灰を流動加熱炉で熱処理した骨灰(ピュアリン十勝)の元素組成を調べた。また、循環流動層燃焼炉の焼却灰、および排ガス中の微粒子を除去する際に得られたバグフィルターダスト(BFダスト)も供試して成分分析を行った。また、比較対照として輸入骨灰肥料も供試した。骨灰および焼却灰等の試料を硝酸-過塩素酸分解法により湿式灰化し、塩酸に再溶解させて得られた分解液中のP、Ca、Mg、K、Fe、Cu、ZnおよびCdの濃度をICP発光分析法により測定した。また、微粉碎した骨灰試料にシユウ酸、クエン酸および塩酸溶液(濃度は10mmol L<sup>-1</sup>ないし1mol L<sup>-1</sup>)を加え、18時間振とう後にPとCaの濃度

を ICP 発光分析法により測定した。結果は、各試料から溶解したリン酸およびカルシウムの割合(溶解率)として示した。

骨灰(ピュアリン十勝)は灰分含量 99.99%以上であり、原料である MBM に含まれていた有機物は焼却および加熱処理により完全に灰化したと考えられた。焼却灰については 99.9%以上が灰分であった。骨灰は、肥料成分としてリン酸約 42%( $P_2O_5$ )とカルシウム 55%(CaO)を含んでおり、その Ca/P モル比は 1.67 であった。本研究で供試した骨灰は極めて純度の高いヒドロキシアパタイトに限りなく近いと考えられた。骨灰に含まれる微量元素の含量は非常に低く、とくにカドミウムは ICP 発光分析法では検出されなかった。リン酸肥料資源として骨灰の利用価値を判断する場合、カドミウムのような有害重金属含量の低さは注目に値すると考えられる。



骨 灰

濃度が  $0.01 \text{ mol L}^{-1}$  の酸を用いた実験では、各試料から約 30~50%のリン酸とカルシウムが溶解した。いずれの酸を用いた場合にも、骨灰(ピュアリン十勝)からのリン酸溶解率は焼却灰や BF ダストからの溶解率よりもやや低く、輸入骨灰とほぼ同程度であった。濃度  $1 \text{ mol L}^{-1}$  の酸を用いた実験では、各試料から約 90~100%のリン酸が溶解した。シュウ酸やクエン酸などの有機酸を用いることにより、骨灰に含まれるヒドロキシアパタイトを溶解させることが可能であったが、その溶解率が焼却灰などと比べて若干低い傾向にあったことは、 $1000^\circ\text{C}$ 以上での加熱処理によるアパタイトの結晶構造の変化などに起因すると考えられた。しかし、その溶解率は輸入骨灰と同程度であり、肥料としての実用上は大きな問題にならないと判断される。骨灰を土壤還元して利用する際には、低分子有機酸やそれらを含む家畜糞尿、あるいは易分解性窒素に富む有機質肥料との混合施用により、リン酸やカルシウムを溶解させることが可能であることが明らかとなった。

## 4 技術開発の成果

### 4-1 成果

- ①窒素含有量 9%の MBM の低  $\text{NO}_x$  燃焼を実証できた。排ガス中のダイオキシン類濃度も廃棄物焼却炉の規制値を十分満足した。
- ②「空気の流通下で  $1,000^\circ\text{C}$  以上、5分間以上」の熱処理を実証し、肥飼料検査所により適合を確認された。製造される骨灰は、特殊肥料「ピュアリン十勝」として登録された。
- ③骨灰は極めて純度の高いヒドロキシアパタイトに限りなく近いもので、リン鉱石に比較的高濃度で含まれるカドミウムも約  $0.1\text{mg/kg}$  以下であった。鉄、亜鉛、銅等も肥料の基準値以下であった。骨灰を土壤還元して利用する際には、低分子有機酸や家畜糞尿、あるいは有機質肥料との混合施用によりリン酸やカルシウムを溶解可能であることが明らかとなった。  
焼却灰及び BF ダストも高純度であり、優れたリン資源であることが明らかになった。

### 4-2 今後の展開

昨年度に十分実施できなかった項目と改良すべき事項について、今年度も試験を継続し、帯広畜産大学とは今年度も共同研究契約を結び、骨灰の肥料利用に関する研究を実施してゆく。また今回得られた知見を元に実プラントの基本設計を行いフィージビリティスタディを実施するとともに、営業活動を実施してゆく。

### 4-3 まとめ

#### (1) 当初の目標に対する達成度

##### ①MBM の燃焼技術

低  $\text{NO}_x$  燃焼やダイオキシン類濃度など、実設備に適用可能な燃焼技術が実証された。

##### ②焼却灰の熱処理の実証

骨灰肥料製造設備として肥飼料検査所の確認を得ることができた。製造された骨灰は特殊肥料「ピュア

リン十勝」として登録された。

### ③骨灰の評価と施用方法

骨灰、焼却灰およびBFダストの性状が明らかとなった。骨灰は極めて純度が高く、有害成分も殆ど含まないこと、また有機酸による溶解特性から輸入骨灰と同様に使用可能であることが明らかになった。今後継続して栽培試験により確認していく。

総合して達成度は70%であった。

### (2)今後の課題

①焼却灰とBFダストの粒度分布に開きがあるため、流動加熱炉及び骨灰冷却装置の設計条件の見直しが必要である。

②設備稼働時間がまだ短く、装置材質に対する温度・磨耗など耐久性の評価が必要である。

### (3)廃棄物処理に与える影響

本実証試験によりMBMを原料として、極めて高純度の骨灰肥料が製造可能であり、中国骨灰と同様に使用可能であること、また焼却灰及びBFダストも同様に純度の高いリン資源であることが明らかになった。本法を適用することにより、焼却廃棄しているMBMから、貴重な国産高純度リン資源を回収し、リサイクルすることが可能となる。MBMの発生量を40万t/y、灰分24%、骨灰のP含有量18%(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 41%)とし、リン鉱石のP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>平均含有量33%とすれば、 $40 \text{ 万 t/y} \times 0.24 \times 0.41 \div 0.33 \approx 12 \text{ 万 t/y}$  のリン鉱石に相当し、輸入量年間80万tの約15%である。

実プラントでは、MBMの燃焼による熱エネルギーは回収されレンダリング工場で使用される。A重油換算0.44L/kg-MBMが化石燃料から転換され、これによるCO<sub>2</sub>の削減量は1.19kg-CO<sub>2</sub>/kg-MBMである。MBM40万t/yではそれぞれ17.6万kl/y、47.6万t-CO<sub>2</sub>/yとなる。

### Abstract

An experiment to substantiate capability of a circulating fluidized bed combustor, designed to recycle phosphorous compound out of combustor ash, has been conducted under the regular conditions of the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, i.e., heat processing with temperature over 1000 degrees Celsius, more than 5 minutes, after incinerating Meat and Bone Meal (MBM) in a combustor.

It has been confirmed that NO<sub>x</sub> concentration of the flue gas at the exit of the combustor could be reduced up to below 300 ppm by applying multi-stage combustion with primary excess air ratio around 0.8. The experimental result was verified by the Fertilizer and Feed Inspection Station, and the experimental apparatus is authorized as a bone ash fertilizer production installation. The bone ash is registered as a specially designated fertilizer under the name of 'Pure-Rin Tokachi'. The bone ash is quite pure, made out of 53% of CaO, 41% of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, without any heavy metals. We have reached a conclusion that recycling phosphorous compound out of MBM is a successful measure to make phosphorous fertilizer.

Key Words : Meat and Bone Meal, phosphorous fertilizer, circulating fluidized bed combustor, recycle