

鶏糞炭化処理への取り組みと今後の発展性について

マルイ有機(株) 取締役部長
上村哲哉

1. はじめに

マルイ有機(株)は鹿児島県北西部に位置し、水俣病で話題になった熊本県水俣市との県境にある。紫尾山を南に臨み、市の中央を米ノ津川が流れる出水平野はゆったりとした水田地帯である。

その出水市を中心に全国でも珍しい養鶏専門の事業展開しているマルイ農協はレイヤー（採卵鶏）の常時稼働羽数が約2,500千羽、ブロイラー（肉用鶏）で年間出荷羽数が約11,500千羽になっている。

マルイ農協の関連会社で鶏糞処理・販売を担当するのがマルイ有機である。マルイ農協グループはその他に、独自の飼料工場、ヒナの生産、食品加工、運輸、情報の関連会社を持ち、生産から処理加工、販売、流通まで一貫体制をとっている全国でも珍しい農協グループである。

2. 鶏糞処理・販売の状況

マルイ農協の全グループ（組合員農家とひな生産会社）から排出される鶏糞の総量は約9万トン/年にの

マルイ有機株式会社の概要

設立	平成9年7月1日 前身の環保農協の設立は昭和54年
所在地	○出水工場・営業本部 鹿児島県出水市平和町1470番地 ○水俣工場 熊本県水俣市湯出279番地27 ○木牟礼バイオマス工場（焼酎かす） 鹿児島県出水市高尾野町江内644番地
代表者	高松 智興
資本金	1,000万円
出資者	マルイ農業協同組合全額出資
事業内容	①畜産糞尿の共同処理 ②肥料の製造及び運搬及び販売 ③畜産環境保全上必要な物資の供給事業 ④産業廃棄物の処理事業 ⑤農産物の運搬及び販売事業
その他	○平成13年7月より肥料の韓国輸出開始 ○平成14年8月より肥料の中国輸出開始 ○平成15年4月より炭化事業開始 ○平成16年4月出水工場リニューアル ○平成19年9月より焼酎かすの飼料化事業開始（予定）

一貫と一環の運命共同体マルイグループ

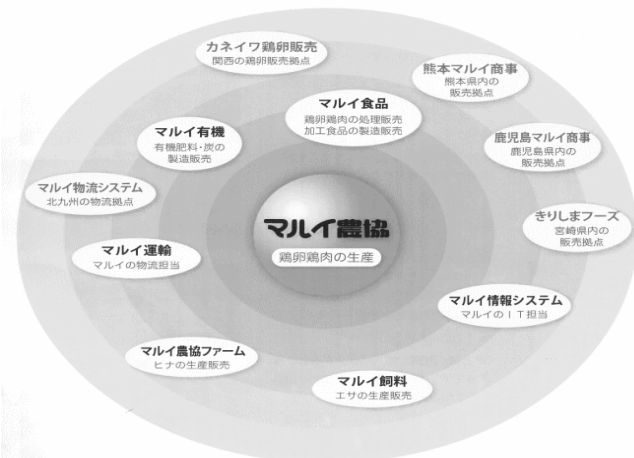
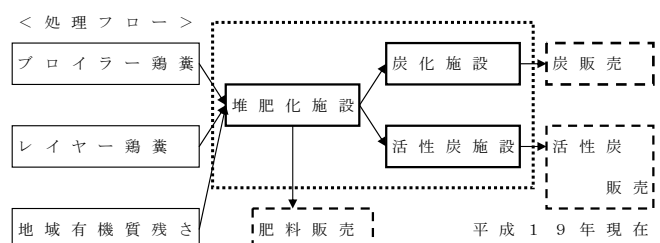


図1 マルイ農協グループ紹介

ぼり、その内約5万トンをマルイ有機で処理して販売している。しかし、平成11年11月に家畜排せつ法が施行されて以来、全国各地に堆肥センターが整備され、堆肥があふれる状況になり堆肥の販売はますます厳しい状況に追い込まれることが予想された。



3. 鶏糞焼却灰利用の研究発表

そのような中、平成12年10月に発行にされた日本畜産学会報の中に畜産環境技術研究所の「鶏糞焼却灰の飼料用無機リン源としての飼料利用」という研究発表があった。

鶏糞の堆肥化事業で先行きが見えない状況であった弊社は、さっそく福島県西郷村にある畜産環境技術研究所に出向き、鶏糞焼却灰の無機リン源としての価値と将来性、餌としての安全性などについての情報を収集した。同研究所によれば、

- (1) 家畜飼料のリン鉱石は埋蔵量に限りがあり、枯渇する方向である。
- (2) 家畜から排出される窒素やリンなどの物質による環境負荷の軽減が問題になっている。
- (3) 焼却灰を飼料の無機リン源として用いても、ヒナの発育には何ら支障がない。

とのことで、畜産現場への適用に当たっては、プロイラーあるいはレイヤーを用いた比較的長期にわたる飼養試験が必要であるとの見解であった。

そこで、独自の飼料工場をもつマルイ農協グループとしては鶏糞処理にかかるコストをグループ全体のコストと捉え、鶏糞中のリンを飼料原料の無機リン源として利用することに組織として取り組むこととした。

4. 鶏糞炭化事業への取り組み

その後、社内検討を繰り返した結果、資源のリサイクルを前提としているマルイ有機の企業理念にのっとり、焼却方式ではなく鶏糞の炭化事業に取り組むこととした。

併せて、えさとしての利用だけでなく、炭の持つ特性（吸着性）を利用した多方面への活用を前提に、炭を更に活性化させた活性炭の製造・販売まで取り組むこととした。



図2 炭化炉全景

しかし、その時点でも懸念されるのが、えさとしての安全性と飼料要求率や増体重など農家の生産面全体に及ぼす影響であり、今回新規に取り組む活性炭の製造販売においては鶏糞から作った活性炭が十分な能力を持つ製品になりえるかであった。

5. 鶏糞炭化品の実用化技術の研究

そこで、畜産環境整備機構研究事業が実施していた「家畜排せつ物処理コスト低減等技術開発推進事業」に「鶏糞を原料として製造する活性炭及び灰化品を飼料及び悪臭吸着等の環境保全資材として活用する実用化技術の確立」というテーマで申し込み、更に総合的に検証することとした。

この研究は平成14年から平成15年の2年間にわたり、次のような安全性と活用方法について基礎試験を実施した。

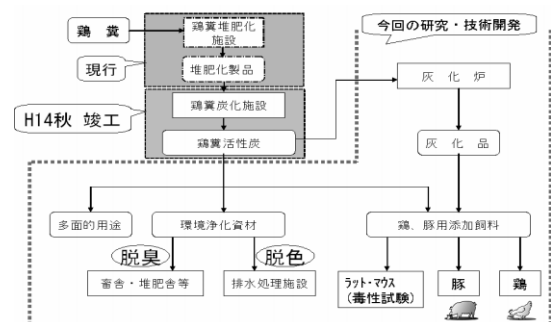


図3 研究・技術開発フローチャート

(1) 製造技術の開発

- ①灰化炉の製作と設置
- ②灰化品の製造試験

(2) 飼料利用技術の開発

- ①成分分析とその評価

分析項目	単位	炭化品	活性炭	灰化品	魚粉
全リン	w/w%	4.92	6.05	9.60	4.48
カルシウム全量	w/w%	12.3	11.7	25.7	8.32
マグネシウム全量	w/w%	1.81	1.97	3.68	0.28
カリウム全量	w/w%	5.73	6.30	12.9	0.61
ナトリウム全量	w/w%	1.42	1.59	3.19	1.00
鉄全量	mg/kg	2430	2400	3540	200
銅全量	mg/kg	83	88	270	5.4

図4 含有成分分析結果表（魚粉との成分分析比較：当社比）

- ②ひな成長試験

- ③飼料給与基礎試験（採卵鶏・肥育豚の生産性に及ぼす影響、鶏糞・豚糞に及ぼす影響）

区	産卵率 (%)	破卵・軟卵発生率 (%)	平均卵重 (g/個)	産卵日量 (g/日・羽)	飼料消費量 (g/日・羽)	飼料要求率
活性炭3%区	60.4	7.8	65.1	39.3	105.9a	2.69
灰化品3%区	58.8	6.9	63.8	37.6	103.3b	2.75
対照区	62.7	5.8	64.5	40.4	104.5ab	2.58

図5 採卵鶏の飼養成績・試験

- ④実農場における飼養試験（採卵鶏・ブロイラーの生産性に及ぼす影響、卵質に及ぼす影響）

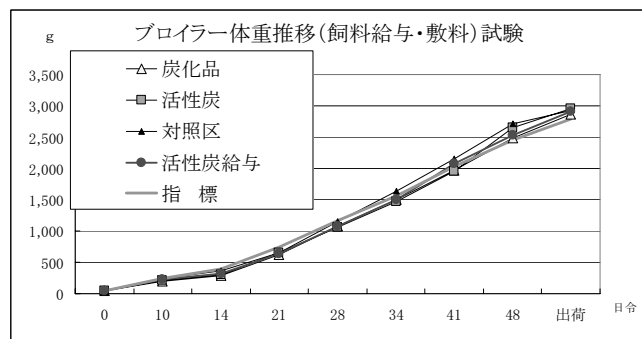


図6 実農場におけるブロイラー飼養試験

⑤飼料の安全性試験（三週齢のラット）

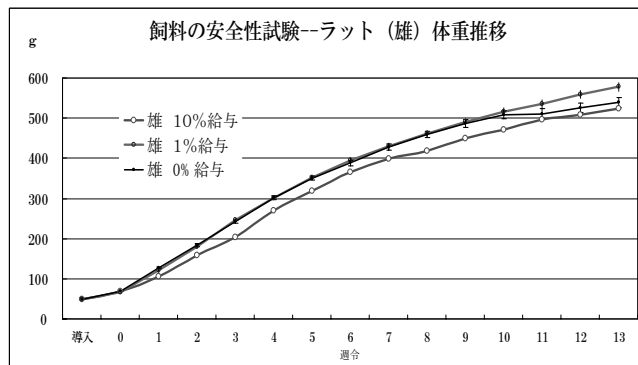


図7 幼若ラット体重等の推移

⑥鶏卵及び鶏肉中の残留毒性物質の検査

項目	単位	活性炭 30日給与	灰化品 30日給与	対象区 30日給与	灰化品 30日給与	食品 成分表
鉄 (Fe)	mg/kg	18.5	19.3	23.4	21.5	18.0
銅 (Cu)	mg/kg	1.63	1.17	2.71	8.86	0.80
亜鉛 (Zn)	mg/kg	11.2	11.1	8.6	9.34	13.0
マンガン (Mn)	mg/kg	0.808	1.04	0.537	0.49	0.2
カルシウム (Ca)	mg/kg	709	541	378	579	510
マグネシウム (Mg)	mg/kg	251	184	147	150	110

図8 採卵中の重金属分析結果

(3) 多目的活用方法の基礎試験

項目	灰分(%)	揮発分(%)	固定炭素(%)	比表面積 (m ² /g)
鶏糞活性炭	62.2	11.9	25.9 (0.29)	384 (0.36)
市販活性炭	2.9	8.5	88.6 (1.00)	1055 (1.00)

項目	汚染吸着性能 (mg/g)	メチレンブルー吸着性能 (ml/g)	水蒸気吸着性能(%)
鶏糞活性炭	470 (0.52)	80 (0.47)	33.3 (0.79)
市販活性炭	910 (1.00)	170 (1.00)	42.3 (1.00)

注：() 内数値は、市販活性炭に対する割合

図9 活性炭の性能等の分析と評価

- ①敷料基礎試験
- ②汚水脱色処理基礎試験

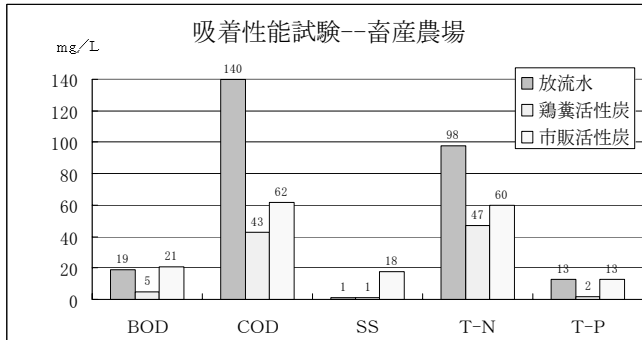


図10 畜産、食肉加工排水等処理施設の処理性能の安定化、高度化試験

③脱臭処理基礎試験

測定項目	原臭気ガス	市販活性炭 処理ガス	鶏糞活性炭 処理ガス
アンモニア	74ppm	0.3ppm	不検出
トリメチルアミン	0.64ppm	不検出	不検出
硫化水素	不検出	不検出	不検出
メチルメルカプタン	0.038ppm	不検出	不検出
硫化メチル	1.9ppm	0.008ppm	0.005ppm
二硫化メチル	0.11ppm	0.0015ppm	0.013ppm
酢酸エチル	不検出	不検出	不検出
イソブタノール	不検出	不検出	不検出
メチルイソブチルケトン	不検出	不検出	不検出
アセトアルデヒド	0.015ppm	不検出	不検出
プロピオンアルデヒド	0.11ppm	不検出	不検出
イソブチルアルデヒド	不検出	不検出	不検出

図11 減臭気ガスと処理後の特定悪臭物質の分析結果

④吸湿材としての基礎試験

炭の種類	水蒸気の吸着性能	
	相対湿度 90%の時	相対湿度の 55%時
鶏糞活性炭	36%	22%
市販木炭	18%	14%

試験項目	初濃度	1時間後	3時間後	6時間後	24時間後	48時間後
ホルムアルデヒド	4.6	0.43	0.35	0.15	0.08	0.08
トルエン	40	2未満	2未満	2未満	2未満	2未満

図12 吸着性能に関する測定結果と悪臭原因物質吸着試験結果

⑤農園芸資材としての活用基礎試験

⑥畜産等発酵促進剤の基礎試験

(4) 活性炭による脱色・脱臭現場試験

①活性炭による吸着ろ過試験

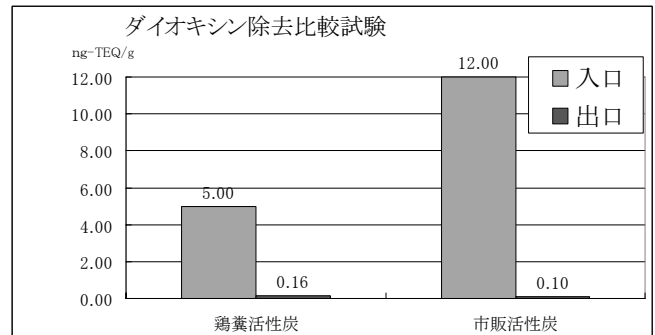


図13 ごみ焼却炉排ガス中のダイオキシン類の除去試験

②凝集・活性炭吸着試験

項目/ 経過時間	8時間後	24時間後	48時間後	72時間後	平均	放流水
処理水 PH	6.81	6.14	6.11	6.13	6.22	—
吸光度 (410nm)	0.086	0.045	0.042	0.05	0.053	1.371
減光率 (%)	93.7	96.7	96.9	96.4	96.2	—
着色度 (度)	37	21	18	20	22	430
除去率 (%)	92.1	95.5	96.2	95.7	95.4	—

注：減光率、除去率は現状の放流水に対する割合

図14 養豚廃水のメタン発酵消化液浄化処理水の凝集・活性炭吸着試験

(5) 飼料利用と多目的活用方法の総括

飼料利用技術の確立では、この活性炭が成長促進効果を持つという有意な結果は得られなかったが、少なくとも安全上の諸問題がないことは判明した。特に、豚において有意性は認められなかったが、採卵鶏ではリンの添加資材としての可能性が示唆された。今後、枯渇するリン源の代替品として、鶏糞炭の利用は限りある地球資源の有効利用の面からも重要であることが確認された。

鶏糞炭の多目的活用方法の基礎試験では、畜産汚水の脱色、脱臭、吸湿等で十分活用できることがわかった。畜産県鹿児島にとっては、河川の汚濁防止等の環境保全と畜産経営が共存・共生できることは環境保全型農業の確立の面で重要なテーマであるが、一般の畜産農家等を対象とした実用化については自動供給装置の開発やランニングコストの低減などの課題も残った。

しかし、この研究で産業廃棄物としてやっかいもの扱いされる鶏糞を炭にすることにより、空気の浄化や

水の浄化など環境を浄化する資材に変えることが可能であり、その事は農業の分野で非常に価値があることが判明した。

ご協力いただいた関係機関の方々には、この場を借りてお礼申し上げます。

4. 炭利用社内プロジェクトの立ち上げ

この研究の結果をうけてマルイ農協グループ内に鶏糞炭の「炭利用プロジェクト」を立ち上げ、その価値と安全性について更に約一年間内部検討を重ねた。

- ①炭の全リン（有効リン）の含有率
- ②ダイオキシン類濃度
- ③飼料原料としての使用基準
- ④炭のリンの吸収性
- ⑤抗生物質、農薬、殺虫剤等の残留状況

などの、実務面の検討を更におこなった。

その中でも最大の課題はトータルコストと炭を飼料原料として使うための使用許可取得であった。そのためには、炭を飼料化することを前提とした飼料製造者届出を鹿児島県に受理してもらう必要があった。

そのため、農協の生産部門、管理部門、飼料会社の関係者、有機会社の関係者をメンバーとしたプロジェクトチームを編成し、実用化への検証を繰り返した。

特に飼料製造者届出については鹿児島県を通じて、農水省消費・安全局衛生管理課薬事・飼料安全室飼料安全基準班と飼料添加物の基準・規格・指定について協議を重ねた結果、国の指導基準としてはBSE対策として家禽由来のたんぱくが無いことを条件に受理されることとなった。

- そこで、家禽由来のたんぱくが無いことの証明に、
- 分析試験項目・・・鶏由来のDNA配列
 - 試験方法・・・PCR法

の条件において、3回の検査を行い、鶏由来のDNA配列が検出されないことを証明した公的機関による分析試験結果を届け出た。

また、名称としては農水省と県と協議の結果「炭化リン含有物」に決定し、飼料工場における使用可能日も決定した。

これを受けて、プロジェクトによるグループ内での

飼育試験を下記の条件で実施した。

- 採卵鶏 5万3千羽
- 配合率は3%に固定
- 給与開始約2ヶ月後に評価

そして、生産性、卵質への影響の有無を調査した結果、全体的には対象区と同等のデータが得られ、有意な差はなく、飼料原料として問題ないとの結論に至った。

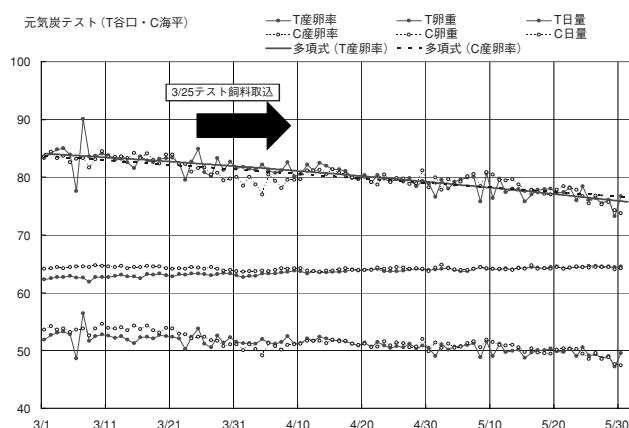


図15 マルイ農協組合員における炭の給与試験結果

また、もう一つの課題のトータルコストであるが、最終的には400円/トンのコストアップになると試算したが、当初の事前協議のとおり、飼料工場をもつマルイ農協グループとしては鶏糞処理にかかるコストはグループ全体のトータルコストとして捉えることを確認し、プロジェクトの結論とした。

5. 現在の炭化リン含有物(えさ化)の利用状況

現在、約2,000トン/年の炭をえさ原料として使用しており、これを鶏糞肥料に換算すれば約3倍になるので、6千トンの肥料を流通させていることになり、肥料販売に苦慮している弊社としては非常に助かっている。

また、1/3に減量化できることは、保管コスト、輸送コストの低減にも貢献している。

今後の課題としては、品質の安定化と二次汚染等を含めた防疫管理の徹底の継続が求められている。



図16 炭を納入する飼料工場の全景

6. 活性炭の多面的活用

もう一つの目論見であった活性炭の特性（吸着性）を応用した多方面の利用については、社内に商品化委員会をつくり進めていった。

まず、活性炭の勉強から始めた。

活性炭とは、

一般に、木質などを蒸し焼きすれば炭になり、わずかではあるが、臭いや色を除く作用がある。これは、蒸し焼きした過程で有機物が熱分解し、一酸化炭素、水素やメタンなどの炭水化物としてガス化し、揮発した後空いた無数の孔に吸着されるからです。

活性炭は、炭を更にある制限された条件で酸化させること（賦活）により、孔をより多く、しかも深いところまで開けた状態にし、一段と複雑な吸着作用を行うように加工したものです。

マルイ有機の炭化炉も、炭が700℃以上で焼成しており、活性炭が900℃以上で焼成し高温の水蒸気で賦活している。

まず、活性炭の用途別に以下のように分類した。

(1) ダイオキシン吸着性能

ゴミ焼却場の排煙段階で消石灰を使用しているダイオキシンの吸着に利用できないか。

(2) 放射性元素（ヨウ素）吸着性能

原子力発電所で使用している放射性元素（ヨウ素など事故を想定した使用）の吸着に利用できないか。

(3) 脱臭性能

生ごみ処理場、レンタルリング、簡易トイレ等の悪臭吸着に利用できないか。

(4) 脱色性能

下水処理、畜産排水、河川浄化など排水の脱色吸着に利用できないか。

(5) 調湿性能

床下調湿材や炭化ボードなどの建築資材として吸湿・脱湿に利用できないか。

(6) 肥料性能

リン酸、カリウム、苦土石灰を含んだ土壌改良機能をもった肥料、また屋上緑化用の芝マットに利用できないか。

等の実用化にむけて、社内で取組んだ。

結果的には、現在実用化されているのは(5)の床下調湿材と(6)の肥料、屋上緑化用の芝マットである。

(5)の床下調湿材については、商品名「カラット炭」として製品化している。

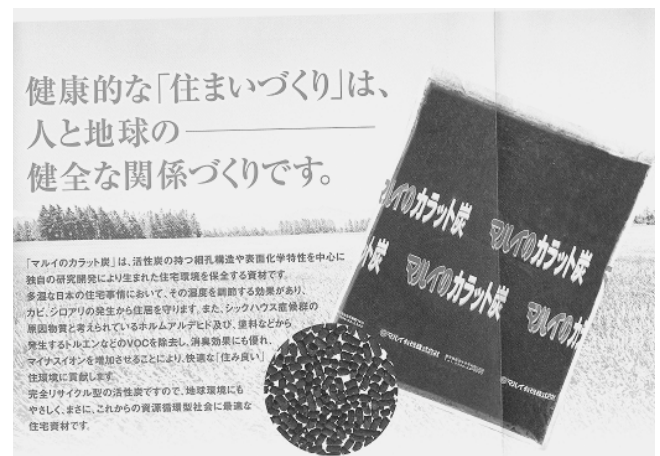


図17 床下調湿材「カラット炭」のパフレット

販売のポイントは、次の4点です。

- ① 調湿効果で結露・カビを防ぎます。
- ② 消臭効果・有害物質の吸着・分解効果があります。
- ③ 効果の持続性は永続的で、経済性は抜群です。
- ④ エコマテリアル（生態系にやさしく、環境保全に適した資材）です。

新築はもちろんリフォーム・既存住宅の床下にも敷設でき、押入れやクローゼットなどに部分的に使用することも出来ます。

販売については当初、建築設計事務所や建設業者等

に直接営業していたが、商流も含めて問題が多いため、現在は県内の大手建設資材メーカーと販売委託契約を結んで営業展開している。

(6)の肥料については、商品名「元気炭」として販売している。



元気炭10kgタイプ(農家用) 元気炭4kgタイプ(家庭用)

図18 元気炭のパフレット

販売のポイントは、次の6点です。

- ①ミネラル成分が、有機肥料の3倍濃縮されている。
- ②土壌の浄化、団粒化が進み、根張りが良くなる。
- ③土壌の通気、通水、保水性を改善する。
- ④地温が上がり、ハウス栽培の作物育成を助ける。
- ⑤リン酸は緩効性、カリウムは速効性を示す。
- ⑥アルカリ性で、酸性土壌の改善効果がある。

ペレット状(4ミリの円筒形)になっているので、機械散布が可能で、鶏糞の臭いもしないので使用場所を選びません。

この製品については、東京農業大学土壌学研究室の後藤教授の目にとまり、「鶏糞炭化および灰化物の肥効」というテーマで研究がなされ、学会で発表された。



図19 東京農業大学における炭の研究

<研究背景・目的>

家畜糞は貴重な窒素資源として有効活用すべきである。しかし、排せつ量の過剰増加により堆肥化しきれず、焼却・炭化せざるを得ない状況にあり、土壌改良材として流通しつつある。そこで、炭化物・灰化物の特性を把握し、適切な施用方法を提案することを目的とする。

<研究総括>

鶏糞の炭化物・灰化物には、リン酸、カリウム含有量は高く、リン酸はク溶性、カリウムは水溶性の割合が高い。

コマツナの発芽・生育は過リン酸石灰区とほぼ同等であった。リン酸、カリウムの利用量についても過リン酸石灰、硫酸カリとほぼ同等であった。

鶏糞炭化物の土壌物理性の改善効果は、木炭と比較すると低く、多量施用した場合は土壌中の可給態リン酸が大幅に増加する。

として、リン酸肥料、カリウム肥料として利用すべきであると結論づけた。

販売については、従来からの肥料販売顧客を中心に野菜用として営業展開している。また、小袋タイプを開発し家庭菜園用としてホームセンターに営業展開している。

(6)の屋上緑化用の芝マットについては、自社開発に取り組んだが炭を固める技術が難しく、現状では他社に原料供給という形である。

寝コロジー芝マット



図20 寝コロジー芝マットのパフレット

地球温暖化防止、環境保全が叫ばれる中、この屋上緑化は着実に広がりを見せている。

商品名「寝コロジー芝マット」として、関東を中心に製品化している。

販売のポイントは、次の3点です。

①環境にやさしい、すべて自然素材。

- 土——— 太古のミネラル豊富な草炭
- 活性炭—— 鶏糞を炭化したもの
- 火山灰—— 未利用資源の火山灰シラス
- チップ—— 杉、ヒノキの間伐材

②地球にやさしい、すべてリサイクル材。

③人にやさしい、やわらか仕上げ。

「はだしになって 歩いてみたい そんな感触のやわらかい芝マットです。地球にやさしい」をキャッチフレーズにしています。

また、パンフレットには「主材として鶏の糞（鶏糞発酵肥料）を炭化炉プラント施設で炭化させた活性炭を使用しており、脱臭剤、除湿剤、脱色剤、肥料等として使用している」と紹介されている。

現在は原料の供給だけになっているが、自社開発により自社製造・販売を確立し、販売のみを委託するスタイルに切り替えていきたい。

7. 最後に

マルイ有機では本年9月より焼酎かすの飼料化事業をスタートさせます。これは本年4月から焼酎かすの海洋投棄が全面禁止となったことを受け飼料化に取り組むもので、マルイ有機のリサイクルという理念にのった地域産業廃棄物の資源循環の一環です。

また、マルイ有機では5年前から肥料の中国輸出に取組んできました。これは、鶏のえさとなるトウモロコシなどの穀物が中国等から輸入されていますが、そのえさを食べた鶏が日本で大量の糞を排出しますので、日本の大地が糞だらけになってしまうのは当然です。

そこで、鶏糞からつくられた肥料を中国に輸出し、砂漠化している中国の大地に有機物を与え、豊かな穀物を育てて再び日本に輸入し、鶏にえさとして与えることが地球レベルの資源循環と考えたからです。

鹿児島県は日本有数の畜産県です。それだけ、家畜排せつ物が過剰になっている地域で、堆肥化処理では間に合わず、焼却、メタン発酵、炭化等に取り組まざるを得ない地域状況です。

鶏糞はやっかいな産業廃棄物ですが、鶏の飼料の消化率は約50%で、有用成分を多く含んだまま排出される貴重な資源ともいえます。

このやっかいな産業廃棄物を炭化することによって環境を浄化する資材に変身させることは、環境保全上非常に価値のあることだと考えています。

マルイ有機は家畜排せつ物の処理を行っている以上地域住民に悪臭問題でご迷惑、ご心配をおかけしているのは事実です。しかし、この家畜排せつ物の処理を誰かがやらないと、日本の畜産に再生産の道はありません。

マルイ有機はこれからも地域との共存・共生を念頭に家畜排せつ物や食品廃棄物など廃棄物系バイオマス資源を利活用（リサイクル）し、最終的には全て地球の土に返し、次の時代の子供たちのために健康な土を作り残していきたいと考えています。