

畜産系廃棄物からの有用資源回収技術の開発

Development of a Technology for Recovering Resources from Livestock Waste



上 田 浩 三	Kozo Ueda	①
阪 本 亮 一	Ryoichi Sakamoto	②
蒲 谷 淳	Jun Kabaya	③
徳 尾 真 信	Masanobu Tokuo	④

あ ら ま し

養豚集中地域における環境問題の解決を目的として、余剰堆肥の有効利用システムを開発した。燃料を用いず、「エネルギー自立型間接加熱法」により堆肥を炭化させ、堆肥に含まれているリンを植物の生育に有効な可溶態で回収し、粒子表面のリン集積現象を利用して集積部を効率よく分離することでリン含有量を向上させる一連のプロセスを確立した。また回収した炭化物をリン鉱石に混合し、化学肥料である過リン酸石灰を製造したところ、全ての品質基準を満足した。さらに有機肥料や環境保全資材としての利用可能性を検証したところ、化学肥料と同等の肥効が確認された。

Abstract

We have developed a system for recycling surplus compost with the aim of solving environmental problems in regions with a concentration of hog farms. The system establishes a series of processes for carbonizing compost with a self-recovering indirect heating system, which does not use fuel, recovering phosphate from compost of hog manure, and efficiently separating the phosphorus accumulated on the grainy surface of the carbides to enhance phosphorus concentration. Furthermore, we mixed the recovered carbides with phosphate rock to produce superphosphate, a chemical fertilizer, which met all Japanese quality standards. Tests also confirmed that the carbides were as effective as chemical fertilizer as an environmentally friendly organic fertilizer.

1. 緒 言

我が国の養豚業は飼料を輸入に頼っているため、輸送費の観点から飼料輸入集積港の圏内に密集する傾向にある。豚の排せつ物には植物生育に必要なリンや窒素等が豊富に含まれており、近代化される前の養豚業では周辺の農地に肥料として還元することで物質循環が効率良く行われてきた。しかし、近年の大規模化された養豚業では、周辺地域内での肥料としての受け入れが限界となり、過剰施肥や不法投棄といった環境問題を引き起こしてきた。これらの問題を解決するために1999年には「家

畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」いわゆる「家畜排せつ物法」が施行され、「管理・処理・保管・利用の促進」が義務づけられたことで98%以上の養豚場で堆肥化や乾燥といった何らかの処理が行われるようになってきた¹⁾。

法律により、排せつ物の適正処理がなされるようになったものの、依然として大規模養豚業者が密集する地域では変換した堆肥などの利用先が見つからず、抜本的な対策が望まれている。

一方、我が国では化学肥料の原料となるリン鉱石は全量を輸入に頼っている。世界的な人口増加に伴う食料増産の流れの中で肥料の製造コストは上昇し、リン鉱石の価格はこの10年間で約2倍へと跳ね上がっており²⁾、食料の安定確保の面からも、安価なリン資源の確保は我が国にとって重要な課題となっている。

これまでも水処理関連企業や大学等の研究機関に

① Hitz日立造船㈱ 環境・エネルギー・プラント本部 開発センター 博士(理学)
 ② Hitz日立造船㈱ 環境・エネルギー・プラント本部 開発センター 技術士(衛生工学)
 ③ Hitz日立造船㈱ 環境・エネルギー・プラント本部 開発センター
 ④ Hitz日立造船㈱ 九州支社

において製鋼スラグや下水汚泥等からリンを回収する研究が進められているが、コスト面での課題が多く回収量は投入量の2%にも満たないとの報告もある³⁾。

これらのニーズに対応する為、当社は養豚排せつ物の有効利用のための技術開発に着手し、燃料を使用せず、副産物も有価物として利用可能な、経済性を伴った資源回収技術の確立を目指した。

2. エネルギー自立型炭化システム

2.1 余剰堆肥の調査 国内における余剰堆肥の状況を把握するために、代表的な畜産集中地域である宮崎県、茨城県の養豚業から排出される堆肥について調査した。両県内の大規模農場で製造されている堆肥を採取して、堆肥中に含有するリン濃度分析するとともに、副資材や堆肥化法についてヒアリングし、標準的なリン含有量を6%、水分を35%とした(表1)。

表1 主要養豚産地で製造される堆肥

宮崎県		茨城県	
リン濃度 %	水分 %	リン濃度 %	水分 %
9.3	32.5	6.7	17.7
5.6	38.8	8.2	47.3
5.5	27.8	6.5	39.1
4.4	34.8	6.8	25.4
4.5	45.1	5.9	21.7
平均値 (n=10)		6.3	33.0

また各種文献をもとに両地域における豚の飼育量と発生する糞尿量、堆肥化物量についても試算した。

試算結果では、宮崎県内における糞尿の発生量は約2,237千ton/年、堆肥の製造量は348千ton/年。そのうち余剰堆肥は160千ton/年と推定した。同様に茨城県では糞尿量は1,536千ton/年、堆肥製造量は242千ton/年、余剰堆肥量は111千ton/年となった⁴⁾。

以上の結果から代表的な畜産集中地域である2県の余剰堆肥に含まれるリンは7.6千ton/年と試算された。これは我が国が輸入しているリン鉱石の約7%と推定される。

2.2 エネルギー自立型間接加熱法 余剰堆肥が発生する要因として以下の問題が挙げられる。

- ① 地域外遠方に搬出する際の運搬費がかかる
- ② 需要は春・秋に集中し、夏・冬の保管が必要
- ③ 不適切に製造した堆肥は湿気により臭気を発生

これらの問題を解決する為には、減容化と揮発成分の低減が必要となる。そこで本開発では、炭化処理による減容化を試みた。堆肥自体が保有するエネルギーを用いて、自己熱によって炭化するプロセスを検証するため、間接加熱型ロータリーキルンを用いたベンチスケール実験を実施した。実験に用いた装置の仕様と外観を図1に示す。

供給装置から定量供給された堆肥は間接加熱キルン内で空気が遮断された状態で約400℃まで加熱され、堆

肥中の有機物は熱分解する。熱分解したガスは二次燃焼炉で空気と混合されることにより燃焼し、燃焼ガスは約850℃となる。燃焼ガスは二次燃焼炉の後段で空気が加えられ約700℃まで減温された後、間接加熱キルンの加熱ガスとして用いる。キルンを加熱したガスは排ガス処理ユニットに送られ、スクラバーで減温集塵された後に大気へと放出される(図2)。

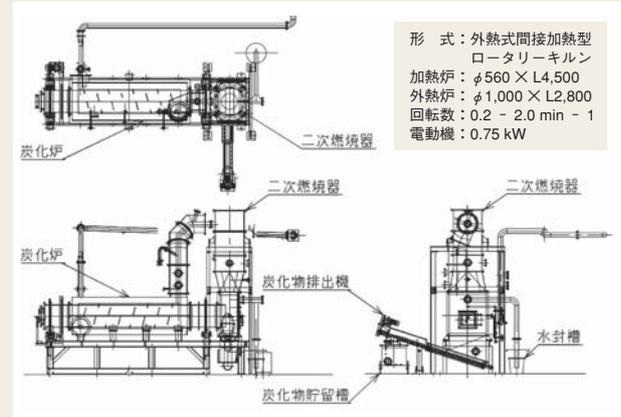


図1 ベンチスケール装置外観と仕様

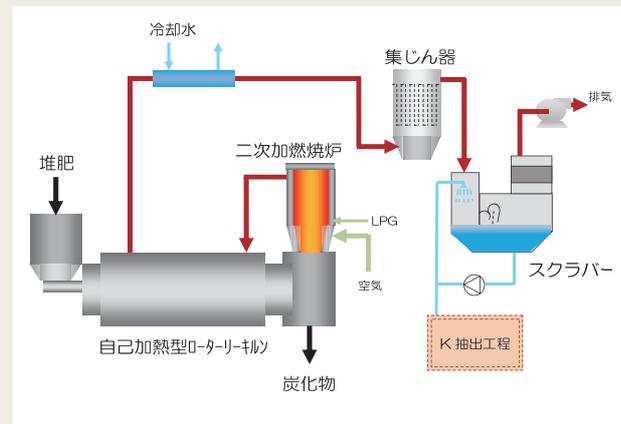


図2 概略プロセスフロー

表1の物性に近い、茨城県内の養豚場で採取した堆肥を用いてエネルギー収支を把握する為の炭化試験を実施した。試験結果を表2に示す。計算では、堆肥を所定温度まで加熱する際のエネルギー(顕熱+潜熱)と堆肥が熱分解時に必要なエネルギー⁵⁾(熱分解エネルギー)の総和を炭化エネルギーとした。

なお本試験では、二次燃焼炉内の燃焼状態を安定させるために炉内にパイロットバーナーを設置しており、パイロットバーナーに用いた燃料を助燃料とした。また放熱量については、収支から逆算して導いた。

全体収支をみると、入熱と出熱がほぼバランスしており、全入熱量の3%程度の助燃で所定温度を保持できた。

また、装置の大型化により放熱量の比率を低減できる見込みであることから、自己加熱型ロータリーキルン方式により、外部からの燃料を用いず堆肥を連続的に炭化できることが確認された。

表2 熱収支結果

入出熱	項目	熱量 MJ/h	入熱比 %
入熱	堆肥原料	283	96
	助燃料	10	3
	燃烧・希釈空気	2	1
	合計	295	100
出熱	炭化物	124	42
	炭化エネルギー	37	12
	放熱量	66	22
	排ガス	41	14
	その他	27	9
	合計	295	100

3. リン濃縮法

豚糞堆肥から効率よくリンを回収する為に、炭化物をSEM(走査型電子顕微鏡)およびEPMA(電子プローブマイクロアナリシス装置)を用いて観察した(図3)。

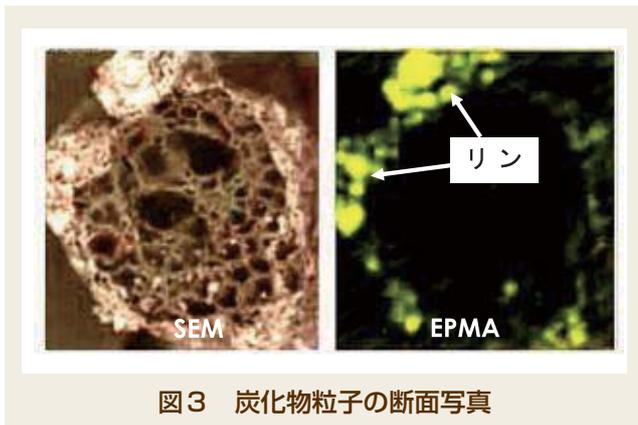


図3 炭化物粒子の断面写真

上記の断面写真から、炭化物粒子の表面にはリンが集積していることが確認できる。土手らは、糞の中に存在するリン成分が副資材や糞中の繊維質粒子に吸着し、加熱されたことによって水分や有機揮発分が蒸散することでリンや塩類が集積すると報告している⁶⁾。

この集積現象を利用して、リン濃度が高い粒子表面部分と粒子核部分を分離することにより、リン濃度を向上させた炭(濃リン炭)とリン濃度が低い核部分(微リン炭)の分離を試みた。

3.1 粉砕法の検討 炭化物の粒子表面部を回収するために、比重差による分離を試みた。比重で選別する為には粒径が均一化されていることが理想である。そこでボールミルによる機械的粉砕法とジェットミルによる気流式粉砕法を比較したところ、気流式粉砕法は機械式粉砕法に比べて粒度幅が小さくなり、より均一化した炭化物が得られることが分かった(図4)。

3.2 分級結果 気流粉砕法により均一化した炭化物を遠心式分級装置により比重差を利用して濃リン炭と微リン炭に分離したところ、リン濃度(P_2O_5 換算)が15.1%の炭化物から18.2%の濃リン炭を約46%回収することができた(図5)。

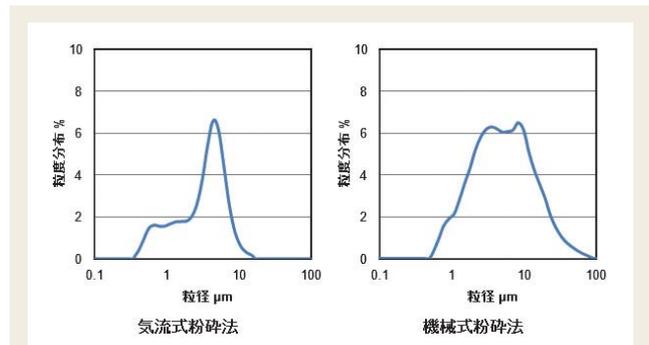


図4 炭化物粉砕後の粒度分布

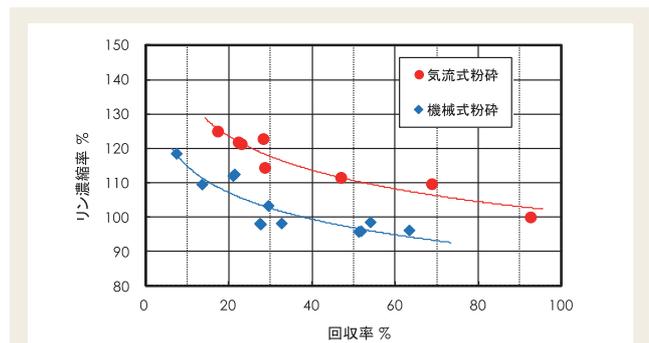


図5 粉砕法によるリン濃縮効果

4. リン鉱石代替物としての利用

豚糞堆肥から製造した濃リン炭がリン鉱石の代替が可能か否かを確認するために、代表的なリン系化学肥料である過リン酸石灰(Single Super Phosphate: SSP)の製造評価試験を行った。

4.1 リン鉱石代替物 リンは植物が生育するうえで欠かせない必須元素であり、土壤中の水分を介する経路や根から放出される有機酸に溶解して吸収される経路があると言われている。我が国の肥料取締法では、これら溶媒(水や有機酸)に溶ける尺度を「水溶性」、「可溶性」としている。水に溶けるリンを水溶性リン酸(WP)、クエン酸アンモニウムに溶けるリンを可溶性リン酸(SP)と定義しており、これに対して肥料中に含まれる全てのリンを全リン酸(TP)としている。

また肥料取締法では、過リン酸石灰を製品として販売する場合、最小量の可溶性リン酸を15%、水溶性リン酸を13%と定めており、代替肥料として利用する場合はこれらの規格を満足する必要がある。

但し、平成25年度現在の肥料取締法では、リン系肥料について、リン鉱石以外の原料は定義されていない。いわゆる有機肥料として濃リン炭をリン原料として使用する場合、製造した肥料は「特殊肥料」として各都道府県に届出が必要となり、手続きの煩わしさから普及は難しいと思われる。

しかし、リン資源を輸入に依存している我が国の状況を鑑みると、リン資源の循環は必要であり、関係省庁において肥料取締法改正の動きがあることから、将来的に

は炭化物が化学肥料の代替物として認められる可能性は大いにある。また日本と同じように諸外国においても、リン資源の乏しい国は数多くあり、価格が変動するリン鉱石よりも、安定的に供給が可能な代替資材のニーズは同様に存在すると思われる。

4.2 炭化物の特性 一般的なリン鉱石と豚糞堆肥から製造した炭化物、炭化物を焼却した灰を分析し、これらの結果をもとに肥料会社が生産性を検討する上で指標としている分解率(SP/TP×100)を比較した(表3)。

表3 リン鉱石、焼却灰との比較

原料	全リン酸 (TP) (% dry)	可溶性 リン酸 (SP) (% dry)	水溶性 リン酸 (WP) (% dry)	分解率 (%)
リン鉱石	31.63	2.12	<0.01	6.7
炭化物	10.01	6.87	0.49	68.6
焼却灰	22.86	13.29	0.19	58.1

全リン酸が最も高いのはリン鉱石であるが、炭化物や焼却灰に比べて可溶性リン酸の濃度と水溶性リン酸の濃度はきわめて低い。また焼却灰の可溶性リン酸は炭化物よりも高いが分解率は炭化物より低い。炭化物には炭素分が残存しているが、焼却灰は無機物のみであり、リン酸含有量が同量であっても基質量が少ないため相対的に濃度が高くなったものと思われる。

一方、分解率は炭化物が焼却灰よりも10%以上も高い。このことは炭化物が焼却灰よりも可溶性リン酸の含有率が高いことを示唆している。焼却灰の場合、燃焼時に800℃以上の高温に晒されていることから、堆肥中に含有するカルシウムがリンと結合し、カルシウム化合物となり、炭化物の状態ではマグネシウム化合物の状態で回収できるからこれら化合物の溶解度の違いが反映されているものと思われる(表4)。

表4 炭化物と焼却灰中の主なリンの化合形態

試料	同定結果
炭化物	KMgPO ₄ , Mg ₃ (PO ₄) ₂ , AlPO ₄ , FePO ₄ , Ca ₉ MgNa(PO ₄) ₇ 等
焼却灰	Ca ₉ MgK(PO ₄) ₇ , Ca ₉ MgNa(PO ₄) ₇ , Ca ₁₈ Na ₃ Fe(PO ₄) ₁₄ , Ca ₁₈ Mg ₂ H ₂ (PO ₄) ₇ , KMgPO ₄ 等

4.3 過リン酸石灰製造試験 リン鉱石代替物としての利用可能性を判断するため、一般的な製造法⁷⁾により代替物を混合した過リン酸石灰を製造した。

通常の過リン酸石灰の製造工程では、リン鉱石の粉末と硫酸を混合して約1週間熟成させることにより製造する。表3から分かるように、本来リン鉱石には可溶性や水溶性のリン成分はほとんど含まれていないが、硫酸処理工程により可溶性リン酸へと変換される。なお、実験に用いた硫酸量は次式により決定される。

$$\text{① } \text{CaO} (\%) \times \text{H}_2\text{SO}_4 / \text{CaO} = \text{CaO} (\%) \times 1.749$$

$$\text{② } \text{Fe}_2\text{O}_3 (\%) \times 3\text{H}_2\text{SO}_4 / \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{Fe}_2\text{O}_3 (\%) \times 1.842$$

$$\text{③ } \text{Al}_2\text{O}_3 (\%) \times 3\text{H}_2\text{SO}_4 / \text{Al}_2\text{O}_3 = \text{Al}_2\text{O}_3 (\%) \times 2.886$$

$$\text{④ } \text{P}_2\text{O}_5 (\%) \times \text{H}_2\text{SO}_4 / \text{P}_2\text{O}_5 = \text{P}_2\text{O}_5 (\%) \times 0.691$$

$$\text{⑤ } \text{SO}_3 (\%) \times \text{H}_2\text{SO}_4 / \text{SO}_3 = \text{SO}_3 (\%) \times 1.225$$

$$\text{硫酸添加量 (対試料\%)} = \text{①} + \text{②} + \text{③} - \text{④} - \text{⑤}$$

上式より、製造工程に必要な硫酸量はCa、Fe、Al、P、Sの存在量に影響される。リン鉱石と炭化物、焼却灰の成分を分析したところ、リン鉱石は炭化物や焼却灰に比べてP含有量に対するCaの比率がきわめて高いことが分かった(表5)。堆肥炭化物はリン鉱石に比べてPに対するCa分が少ないことから、過リン酸石灰を製造する際の硫酸使用量が低減できる可能性を示唆している。さらに炭化物は可溶性が高いことから、熟成時間も短縮でき、製造コストの低減に寄与するものと思われる。

表5 鉱石、濃リン炭、元素組成

試料	成分				
	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SO ₃
リン鉱石	55.80	0.22	0.12	31.63	1.78
濃リン炭	17.57	0.91	0.40	20.19	1.58
焼却灰	19.01	3.07	2.36	22.86	4.60

表6 炭化物の代替率と各種リン酸濃度

代替率 (%)	硫酸 添加量 (モル比)	反応 温度 (°C)	炭化物 全リン酸 (%dry)	全リン酸 (%dry)	可溶性 リン酸 (%dry)	水溶性 リン酸 (%dry)	分解率 (%)
0	1.0	70	—	17.80	17.57	13.81	98.7
5	1.0	70	10.01	17.51	17.16	13.93	98.0
10	1.1	70	10.01	17.32	17.21	17.35	99.4
20	1.1	80	10.01	15.97	15.74	15.63	98.6
30	1.1	80	20.19	17.33	17.24	16.70	99.4
40	1.4	80	21.3	15.70	15.50	15.10	98.3
目標値					15	13	98



図6 炭化物から製造した過リン酸石灰の外観

リン鉱石にリン酸含有量が約10%の炭化物を0%、5%、10%、20%に混合したところ、可溶性リン酸、水溶性リン酸共に基準値を満足することができ、濃リン炭を想定した20%含有量の炭化物では混合比40%であっても基準値を満足することができた。

以上の結果から、堆肥を原料とした炭化物はリン鉱石

代替として利用可能であり、かつ製造工程における費用削減に寄与することが明らかとなった(表6)(図6)。

5. カリウム回収法

豚糞堆肥にはカリウムも含まれている。カリウムはリンと同様に肥料原料としての価値は高く、液体肥料(市販品は6%程度)として取り扱われることもある。平均的な堆肥を原料とした場合、炭化物中のカリウム濃度は約5%と推定され、炭化物から安価にこれらを抽出することができれば、炭化物中のリン濃度を相対的に向上させることにもなる。エネルギー自立型間接加熱法では、集じん工程でスクラバーを使用しており、このスクラバー排水を抽出溶媒として利用できれば、排水を発生しないクローズ型のシステムが実現できる。

そこで洗浄法により、市販の液体カリウム肥料(6%)と同レベルの溶液を回収できるか検証した。

ポリ瓶に炭化物333gとスクラバー排水1Lを入れ、恒温槽で70℃を保ちながら、60分間振とう(150rpm)し、固形物は5種Bのろ紙を用いて吸引ろ過により分離した。ろ液は新たな炭化物の溶媒として利用し、抽出作業を繰り返しながら、液/固比(累積L/S)を変化させた(図7)。

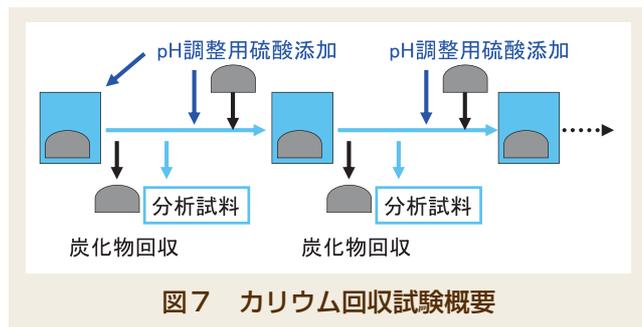


図7 カリウム回収試験概要

また各抽出工程において、pH4,6,7,8となるように調整しながら硫酸(3M)を随時添加し、ろ液を分析に供した。累積L/Sと抽出液のカリウム濃度を図8に示す。

(図の横軸はL/S=3からL/S=0.5へと変化させた。)

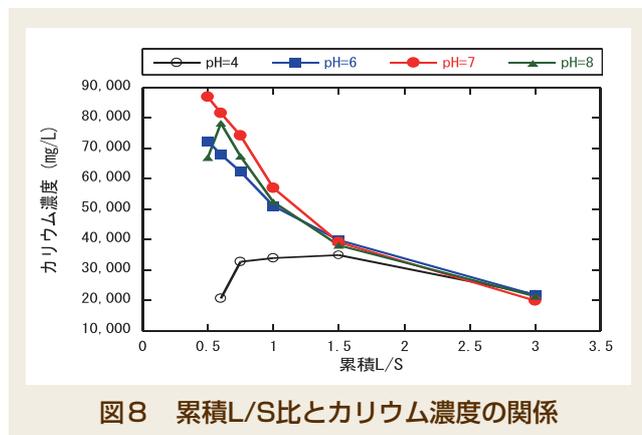


図8 累積L/S比とカリウム濃度の関係

累積L/Sが3の場合、カリウムは約20,000mg/L程度であるが、抽出を繰り返すことによって濃度上昇が認められ、累積L/Sが1以下では60,000mg/L以上となった。またpH7における抽出量が最も高かった。

次に抽出濃度から抽出率を換算したところ、pH7の場合では累積L/Sが0.75以下で極端に炭化物からの溶出率が低下した。L/S比0.75とは、3Lの溶媒に1kgの炭化物を抽出させて溶液を作り、同じ溶液でさらに1kgの3回の抽出作業を意味している。それ以上は溶出量が減少することから0.75を溶出限界としている。この累積L/S比が炭化物からカリウムを最も洗浄抽出できる条件であることが確認された。またその条件における溶液の濃度は一般的な液肥の6%を満足するものとなった(図9)。

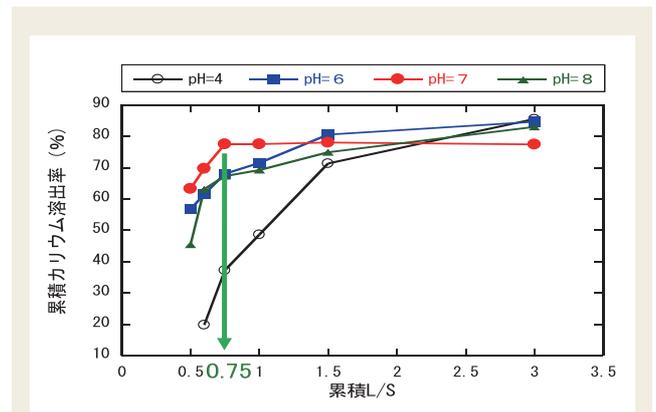


図9 累積L/S1と累積カリウム抽出率の関係

我が国が輸入している一般的なリン鉱石のリン濃度(P_2O_5 換算)は約35%、価格は約22千円/ton(2012年)であることから、カリウムを抽出した後の濃リン炭のリン酸濃度は約15%から約20%に上昇する。すなわち、分級と抽出により濃リン炭の価値は13千円/tonとなり、約3.1千円の価値が向上することになる。リン鉱石の代替物として利用する場合、輸送費や保管場所を考慮すると濃度は高いほど経済的となることが明らかであり、事業化の大きなメリットとなる。粉碎分級工程を付加させることは、本循環システムの経済性向上に寄与するものである。

6. 有機肥料としての効果検証

4.2で述べたとおり、豚糞堆肥から製造した炭化物は硫酸処理を行わずとも可溶性が確認されている。そこで濃リン炭を製造する際に副産物となる微リン炭を有機肥料として利用可能かトマトの生育試験により検証した。供試した品種はミニトマト(CF千果)、土壌は黒ぼく土(茨城県産)を70%、ピートモスを15%、バーミキュライトを15%とした。平成23年8月31日に播種して、供試土壌を充填した1/2000aのワグネルポットに基肥を混和して、10月28日に定植した。追肥は12月28日、1月24日および2月10日に実施し、対象区と置換区におけるク溶性リン酸施肥量を表7に示す。ク溶性リン酸とは植物の根の酸度に相当するクエン酸水溶液に溶けるリンを表す。

トマトの収穫は平成23年12月31日から平成24年4月18日まで実施し、各条件における1株あたりの重量、果実数、1果実の重量と糖度を測定したところ、添加量の増加に伴い若干の減少はみられるが、化学肥料と同等の肥効

が確認された(表8)。

表7 ク溶性リン酸の施用条件

	基肥(kg/10a)		追肥(kg/10a)		計	
	微リン炭由来	化学肥料由来	微リン炭由来	化学肥料由来	微リン炭由来	化学肥料由来
対照区	0	20	0	10	0	30
50%置換区	15	10	0	5	15	15
75%置換区	22.5	5	0	2.5	22.5	7.5
100%置換区	30	0	0	0	30	0

宮崎県「主要作物の土壌診断基準」を参考にして、過リン酸石灰により、施肥前の有効態リン酸含量を20mg/100g程度に調整

表8 化学肥料代替置換区の収量

	収量*1 (g/株)	果実数 (個/株)	1果重 (g/個)	糖度*2 Brix
対照区	1137.3	125.2	9.1	7.9
50%置換区	1061.4	123.5	8.6	7.9
75%置換区	982.7	108.0	9.1	7.5
100%置換区	1001.5	115.4	8.7	7.8

調査期間 (12/31~4/18)

1/10、16、24、2/1、8、14、21、28、3/7、13、23の

調査結果の平均

7. 結言

本稿では養豚業において発生する余剰堆肥の有効利用法について紹介した。外部からのエネルギーに依存せずに堆肥を炭化処理するシステムを実証し、炭化物中のリン濃度を増加させるシステムを確立した。得られた濃リン炭は化学肥料である過リン酸石灰の原料として代替が可能であり、プロセスで発生する排水はカリウムの抽出溶媒として利用できることを確認した。

さらに副産物として生成する微リン炭も可溶性が確認されたことから、有機肥料として利用できることが示唆され、ミニトマトを使った育成試験では、化学肥料と同等の肥効が確認された。

以上の結果から、これまで余剰となっていた堆肥は有価物に変換することができ、排水や副産物も全て有用資材として循環利用し、一連のシステムとして成立することが検証できた。

世界規模で人口増加が進む中、食料需要は急増しており、一次産業から排出される廃棄物処理問題と資源確保は重要な課題となる。一次産業で発生する廃棄物は人工的に合成したものではなく、自然由来のものであることから、循環利用は必ず可能である。単なる処理では

なく、物質や資源のサプライチェーンを見直すことにより、経済性を伴った新たな事業が生まれてくる可能性があり、当社ではこれをエコアグリ事業(一次産業における環境保全事業)として推進したいと考えている。

8. 謝辞

本開発は国立大学法人宮崎大学、大阪府立環境農林水産総合研究所のご協力により進められた。また本テーマは農林水産省の「平成22年度 新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」に採択され、費用の一部は当該事業より補填頂いた。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 今野絵奈ほか: 大規模養豚産地における家畜排せつ物の処理形態と堆肥の利用, 農村研究, **2011**, 113, 53-65.
- 2) 財務省貿易統計, **2012**.
- 3) (独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構, 鉱物資源マテリアルフロー, **2012**, 405-410.
- 4) 土手裕ほか: 平成22年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業研究報告書, **2010**, 26-28.
- 5) 安藤真一郎ほか: 流動床ガス化溶融システムの開発, 日立造船技報, **1998**, 59 (1), 34-40.
- 6) 土手裕ほか: 平成22年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業研究報告書, **2010**, 17-18.
- 7) 尾和尚人ほか編: 肥料の事典, 朝倉書店, **2006**, 100-102.

【文責者連絡先】

Hitz日立造船(株) 環境・エネルギー・プラント本部
開発センター

上田浩三

Tel : 06-6569-0163 Fax : 06-6569-0197

e-mail : ueda_k@hitachizosen.co.jp

Hitachi Zosen Corporation

Environment, Energy & Plant Headquarters

Business & Product Development Center

Kozo Ueda

Tel : +81-6-6569-0163 Fax : +81-6-6569-0197

e-mail : ueda_k@hitachizosen.co.jp



上田浩三



阪本亮一



蒲谷淳



徳尾真信