

炭化処理技術の具体的取り組み

(株)十文字チキンカンパニー
肥料部
関口 昇

当二戸地域は、岩手県の北部に位置し、山林が大部分を占めています。このようなことから耕作面積が少なく、畜産業が盛んに営まれています。中でもブロイラー飼育が盛んに営まれていて、岩手県下でトップの生産額を誇り、二戸地域の主要な基幹産業になっています。生産農家の規模拡大及び高齢化が進む中で、当然に鶏糞処理問題も深刻です。経営の維持や地域の環境保全を図り、鶏糞を合理的に処理するシステムの確立が必要となっています。

1. 鶏糞炭化に取り組むきっかけ

昭和40年代以降、養鶏業をはじめ畜産業界で規模の拡大が急激に進んだことにより、限られた地域で畜産廃棄物が大量に排出され、悪臭の発生、河川や土壤の汚染等の深刻な環境公害問題がいたるところで引き起こされつつありました。その解決策として昭和50年代には、発酵処理による堆肥化が一般的となりましたが、この方法は、天候・季節的な要因に影響を受けやすく、安定した処理及び製品の生産が容易ではないうえ、処理施設と周辺地域との間では、悪臭を中心に種々の問題が起きやすいという難点も抱えておりました。

全国いたるところで畜糞の発酵堆肥化が進められた結果、それらの製品の流通が急増し、乱売が激しくなる状況でもありました。

平成に入ってその傾向がますます顕著になり、環境に関する規制もより強化される中で、大量の鶏糞処理について悩んでいたときに、日頃、鶏糞について情報交換を重ねていたH社より、流動層連続炭化炉を用いて大量の鶏糞を炭化して、木炭（敷料のおが屑）と肥料の長所を併せ持つ商品を製造する新しく開発された技術を紹介されました。

当時、炭化処理の方法を模索していたので、無臭でサラサラしたサンプルを見たときは、目の前がパッと

開けた感じがして、流動炉による炭化という全く新しい鶏糞処理方法と製品開発に取り組むきっかけとなりました。化学肥料の使い過ぎによる数々の弊害に対する反省から、有機質肥料が見直され、土壌改良剤として木炭が脚光を浴びている時でもありました。木炭はその多孔質な構造により、土壤に施すことで通気性、保水性、微生物性が改善されることと、木炭の吸着能力が過大に宣伝されていたが、効果を出すためには相当量を使う必要があり、農業ではコスト面の制約で、ごく限られた分野で使用されるに止まっていました。その点、ブロイラー鶏糞を原料とする炭化物は、多量に含まれる敷料（おが屑）から出来る木炭と、鶏糞からは窒素、リン酸、加里はもとより、植物の生育に必要なミネラル等も豊富にもたらされ、悪臭や有害物質とは無縁の画期的な資材であることから、希望と期待をもって実現に向けての努力が開始されました。

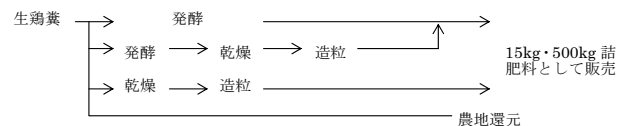
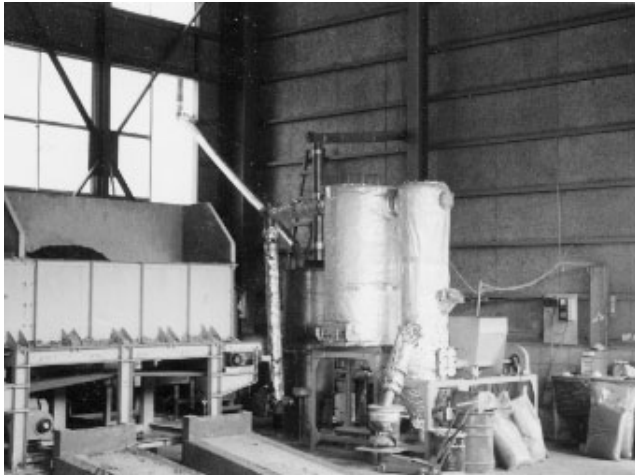


図1 炭化処理以外の処理方法

2. 流動層連続炭化試験

平成3年に札幌の廃棄物工学研究所に大きさ5mm以下で水分約32%に調整した鶏糞を持ち込み、小型流動層試験装置でテストし流動層で炭化出来ることを確認しました。出来た炭化物は当社の目的と合致する事も確認出来ました。

更に本格的な試験を行う為、M商事(株)の協力を得て小型流動層試験装置（直径300φ、処理量28kg/h）を製作して頂き、同年10月から平成5年にかけて炭化試験及びサンプル生産を実施、実機への基礎データを収集する事ができ、実用化が可能との判断をして実機の導入を決意する事に成りました。



小型流動層試験装置（北海道上砂川）

3. 流動層炭化法の特徴

- 1) 助燃用燃料を必要としない。鶏糞そのものが部分燃焼するので助燃燃料を用いなくても炭化反応が継続する。
- 2) 最初の点火法は、少量の木炭の燵を投入して流動化させればよいので簡単である。
- 3) 起動・停止が速やかで容易である。流動用送風機の起動・停止ですむので操作性が良い。
- 4) 短期(48時間程度まで)の停止なら埋火法で再スタート出来るので燵による再点火はしないでよい。
- 5) 鶏糞の水分が40%程度まで連続炭化が可能である。従って予備乾燥の必要がないのでこれに伴う諸問題を回避出来る。水分が多くなると炭化物の歩留まりは低下するが、廃棄物処理の視点に立てば許容範囲である。
- 6) 流動層炭化炉の構造材料はSS鋼板でよく、耐火煉瓦、耐熱鋼材等を必要としない。流動層の炭化温度は通常400℃付近なのでSS鋼板が使用出来る。構造的に簡単で、温度が高い条件で働いている機器がなく、炭化炉の機械部品が熱で損傷・消耗することは少ない。

4. 炭化物の性状

鶏糞炭化物は肥料成分を含み、多孔質、無臭、粗粉、炭状の物質であり、土壌改良材に適している。また

PH=10.6程度でアルカリ性なので酸性土壌の改質にも用途開発が期待される。

炭化物の分析値の例を表1、表2に示す。(H肥料会社提供)

項目	分析値 %		
	炭化物	原料鶏糞	発酵品(参考)
水分	1.57	31.58	22.77
灰分	39.19	13.31	16.87
有機物	59.14	55.11	60.36
P H	10.56	7.1	8.5

表-1 分析値-A

項目	成分分析値(乾物当たり) %		
	炭化物	原料鶏糞	発酵品(参考)
窒素全量	3.35	4.97	4.90
燐酸全量	11.52	4.45	5.55
く溶性燐酸	10.06	-	-
水溶性燐酸	0.12	-	-
カリ全量	6.32	2.63	3.57
石灰全量	9.05	-	5.70
苦土全量	(2.67)	0.99	1.28
く溶性苦土	1.95	-	-

表-2 分析値-B

注1 炭化温度400℃ 流動層炉本体溢流品(表-4, 表-5共)

注2 ()内の苦土分析値は別サンプルの値

炭化物嵩比重=0.22t/m³ (水分20%)

炭化物外観 黒色粉炭 無臭

廃棄物減量の視点からみると生鶏糞を炭化物(水分20%品)にすると重量で1/3.7、容積で1/2.6に減量となる。

5. 流動層炭化設備の設置

平成5年の春から本格的な流動層炭化設備を設置するために、岩手県及び農地管理開発公社の協力を得ながらヒヤリングを実施し、更に北海道で稼働している試験装置も視察して計画を練り始め、「軽米・九戸畜産環境保全組合」を設立して、設備規模年間9,000トン処理の鶏糞炭化処理設備を着工するに至りました。(平成15年には乾燥装置を導入して15,000トン処理出来るように改善した)

炭化設備の核に成る流動層炭化炉は、1台が直径1,200φ、408kg/hの処理能力を有しこれを6台設置し、1時間約2,500kg処理可能な設備としました。

設置工事は平成5~6年と2年間に成りましたが、初期段階で2台の流動層炭化炉を設置し、実稼働運転及び炭化物の生産・出荷を行い、同時に市場の反応も

早期に確認する事が出来ました。

更に平成14～17年にかけて、「農事組合法人九戸地方ふるさと環境組合」を設立して、同規模（15,000トン処理）の流動層炭化設備を設置し、現在2カ所で運転しております。

設備計画値

①鶏糞処理量	9,000t/y
②操業日数及び時間	300d/y × 2直(16時間)/d
③鶏糞原料性状	
平均水分	31.5%
粒 度	5mm篩通過品
高比重	0.315t/m ³
④流動層炭化炉内径×基数	1.2mφ × 6基
⑤1基当たり鶏糞処理量(重量)水分31.5%	408kg/h・基
〃(容積)	1.3m ³ /h・基
⑥1基当たり炭化物生産量(重量)水分20%	110kg/h・基
⑦ 〃 (容積) 〃	0.5m ³ /h・基
⑧炭化物高比重 水分20%	0.22t/m ³
⑨炭化物収率 〃	110/408 ≒ 27%
⑩炭化温度(基準)	400℃

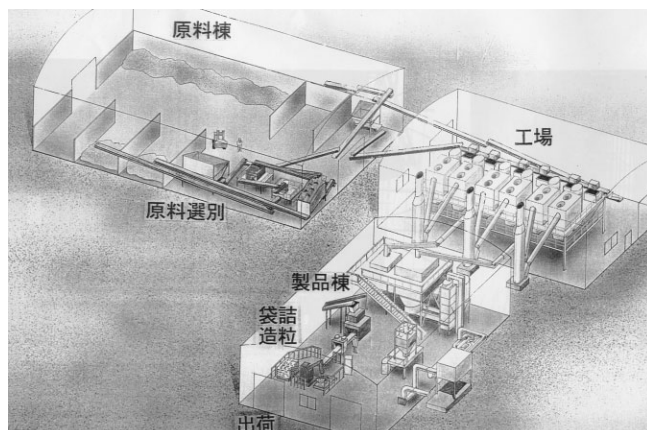
設備概要

炭化設備は下記の様に大まかに3つの設備棟に分かれます。

1. 原料調整棟

原料に使用する鶏糞は、水分約32% 粒径約5mm高比重0.32に調整したものを使用します。

鶏舎から持ち込まれた鶏糞には、石・空き缶等が



軽米九戸畜産環境保全組合

混入している為、ある程度選別し、炭化設備に一定供給します。

2. 工場

流動層炭化炉は1基、直径1.2m高さ6mです。

1時間当たりの鶏糞原料処理能力は408kg/hで、110kg/hの炭化物を生産します。炭化物は水分15～20%に調湿し製品棟に移送します。

3. 製品棟

生産された炭化物を、貯留し自動包装します。通常は、1袋40リットルで出荷され、特殊肥料・融雪剤として利用されています。

6. 炭化設備機器概要

(図2参照、軽米九戸畜産環境保全組合)

1) 原料調整設備

生鶏糞には大塊品(20mmオーバー)、石塊、金属片等が混入している。炭化原料は粒度大きさ5mm以下で使用するので、篩い分けによって原料調整を行う。

まず20mm目の篩で平均約10%の大塊品を除去(20mm目の篩にかけると石塊、金属片等の異物は殆ど除去される)、篩下品を5mm目の篩にかけ中間の5～20mm品は粉砕機で大きさ5mm以下に粉砕して炭化原料とする。

大塊品は異物が混入していることが多いので別途処理が必要(堆肥化、焼却等)である。

調整されて大きさ5mm以下となった生鶏糞は更に磁選機で金属片を除去し、炭化工程のホッパーフィーダーに供給する。

2) ホッパーフィーダー

①スクリーフィーダーと炉温自動制御

炭化炉に原料を供給するスクリーフィーダーは、設定炭化温度(標準温度=400℃)を自動制御するために、予め定めた低速回転と高速回転をオン・オフで回転数制御する。即ち温度が上がって来たら高速回転にし、温度が下がって来たら低速回転とする。

②ホッパー

原料のバッファー貯槽としての役目と、炭化炉内ガスの吹き出しを防止するためのマテリアルシ

ールの役割を持っている。

3) セミ噴流層流動層炭化炉

本体寸法 = 内径1,200mm × 高さ約4,000mm

炭化炉は流動層下部がコーン状となっており、コーン下部に目皿（多孔板）を有している。いわゆる噴流層ではコーン状になっているが目皿がなく、低流速流動層では通常目皿上を攪拌する攪拌機を有している。

今回設置した炭化炉はコーン状であるが目皿があり、攪拌機を用いていないのでセミ噴流層流動層方式と見ることが出来る。

4) 空気ブロワー

風量 = 58Nm³/min・基

(小型実験炉のデータを基礎として算出)

風圧 = 1,000mmAq

風圧は流動層及び目皿の抵抗に加えて、異常時の対応に関する余裕を見た値として1,000mmAqとした。

5) 沈降槽

流動層炉から飛出する炭化物粉を捕集するための装置である。一般に沈降槽は捕集効率が低く、且つ大型となるのでダスト集塵に用いる例は殆ど無いが、敢えて此の設備で沈降槽方式の集塵器を採用した理由は次の通りである。

- ①集塵効率を高めるために高圧損の集塵器を用いると、バックプレッシャーが大きくなって原料供給ホッパーフィーダーの、原料によるマテリアルシールが切れて乾留ガスが噴き出す恐れがある。
- ②マテリアルシールが切れると、炭化炉内からCOを含む乾留ガスが噴き出すので危険である。
- ③炭化炉排ガス中にはタール分を含むので、集塵器内壁に付着閉塞トラブルの懸念があるので単純構造にする。

本体寸法 = 縦3,000 × 横2,400 × 高さ2,400mm

(角槽部でホッパー部を除く) バッフル板付き

6) 調質機

約400℃の炭化物が炭化炉から溢出し、且つ沈降槽でも捕集されるので、これに水をかけて良く混合して消火すると共に施用時の飛散防止を図る。添加水量は客先要望によるが、水分が約15~20%になるようにしている。

炭化物は水を良く吸着するので、水分が30%でも粉状が保たれる。寒冷地ではあまり水分が多すぎると冬場に凍結して扱い難くなるので注意が必要であるが、札幌市周辺では水分30%でも凍結固化はみられなかった。

7) 排ガス燃焼炉

排ガスは乾留ガスなので、黄褐色で若干の炭化物粉を含む。炭焼きの煙と同じ匂いがするが鶏糞の悪臭はない。

有機性乾留ガスなので、約800℃程度以上で燃焼し消煙脱臭を図る。しかし、助燃用燃料にはA重油を使用するので、高温燃焼排ガスの熱利用又は回収が問題である。

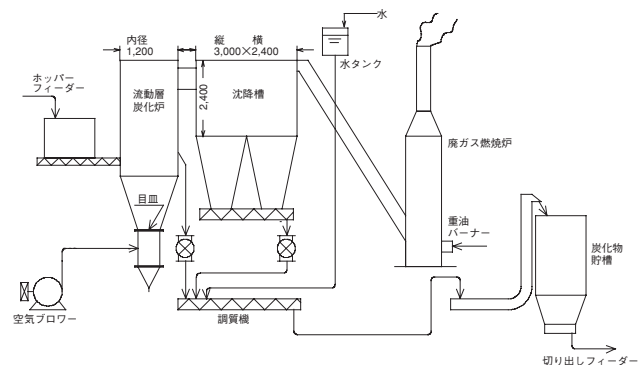


図2 セミ噴流流動層鶏糞炭化設備フローシート



流動層炭化炉

7. 炭化設備操業運転結果

- 1) ホッパーフィーダー、セミ噴流流動層炭化炉、温度自動制御
軽米・九戸畜産環境保全組合では操業後14年を経

過したが計画値以上の性能を発揮しております。原料の水分が多い時期にはホッパーフィーダー内でブリッジの発生が有り定期的に破碎する必要が有るため、九戸地方ふるさと環境保全組合の設備では、特別な原料破碎機を取付対応しています。

数年運転していると、流動層内に餌に含まれる砂が堆積し安定運転が出来なくなるトラブルが発生しましたが、原因を突きとめ定期的な掃除をする事によりトラブルを回避する事が出来た。これを考慮し九戸地方ふるさと環境保全組合の設備では砂だし設備を流動層に取り入れた。

2) 沈降槽集塵器

タールや付着閉塞等のトラブルはないが、集塵性能がよくないので炭化物粉が消煙燃焼炉に流入するため悪影響（消煙効果、煤塵）がある。

ブロイラー鶏糞はタールトラブルがないので、後に設置した設備ではサイクロン型集塵器を採用して、集塵効率を上げて更に設備スペースをより小さくしております。

3) 排ガス燃焼炉

①炭化乾留ガス（燃焼炉入口）の組成（例）平成6年7月

項目	記号	分析値 (vol%)
酸素	O ₂	0.70
窒素	N ₂	74.29
水素	H ₂	0.44
メタン	CH ₄	0.37
一酸化炭素	CO	4.30
二酸化炭素	CO ₂	19.80
エタン	C ₂ H ₆	0.10

表6 炭化炉出口ガス分析値

②炭化排ガスの燃焼

炭化炉出口ガスの組成は、表6の様可燃成分が少なく且つ大量の水蒸気を含むので自燃性がない。従って800℃以上に昇温するためにA重油にて助燃を行っている。重油消費量は13~15 /h・基（炭化炉）である。

CO₂が多いのは水分蒸発熱を鶏糞の燃焼で補っているためである。鶏糞が乾燥していれば炭化物

の収率が上がり、自燃性のあるガス組成となるので助燃用燃料が節減出来る。

③ばいじん

前述のように沈降槽の集塵効率が低いため、炭化物粉が燃焼炉に流入するので燃焼炉からのばいじん排出量が多少多めである。

後に設置した設備では集塵器の効率向上対策を実施しました。

8. 今後の課題

1) 生鶏糞の水分変化対策と熱回収、熱利用対策

流動層炭化炉は、原料の水分が高くなると極端に処理能力が減少します。初期の設備を設置した時には、鶏糞の水分変化がそれほど大きく無かった為、原料を乾燥する事は考慮していなかったが、ここ数年鶏糞の水分が高くなり処理能力が低下する為、原料乾燥設備を追加せざるを得なかった。

「九戸地方ふるさと環境保全組合」の設備では、この経験を踏まえ当初から原料乾燥設備を設置し、鶏糞の水分変化に対応出来るようにしたが、乾燥排ガスも同時に処理しなくては成らなくなった為、ランニングコストが増える事になった。排ガスの熱回収設備も取り入れているが、もっと有効な熱回収方法を検討しコストを下げる事も検討したい。

2) 排ガス処理装置の改善

「軽米・九戸畜産環境保全組合」の鶏糞炭化処理施設は、平成6年に大気汚染防止の規制に沿って排ガス燃焼炉を設備したが、現状の処理装置には構造的に問題があり、構造基準・維持管理基準を満たすよう指導を受けています。

「鶏糞」=「産業廃棄物」であり、炭化処理における排ガス燃焼は「産業廃棄物の焼却炉」=「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」の特定施設との見解が行政から示され、具体的には以下の事項他が義務付けられました。

- ・炭化排ガスの800℃以上での燃焼処理
- ・燃焼ガスの200℃以下までの冷却
- ・冷却後の燃焼ガスの集塵
- ・ダイオキシン類の測定

・その他

今年から来年にかけての工事になりますが、「九戸地方ふるさと環境保全組合」と同等な排ガス処理装置を設置する事になりました。



九戸地方ふるさと環境保全組合の排ガス処理装置

3) 炭化物の有効施用法の早期確立

現在、生産された炭化物は特殊肥料や土壌改良材・

融雪剤に使用しているが、他の用途に流用出来ないか検討している。非常に有効な素材であることは間違いなく、今後は別の有機物等と混合して農業用、緑化産業向けの土壌改良開発に期待が持てるし、流通させる近道と思われる。平成9～10年には、M商事(株)の協力でアフリカの砂漠緑化試験を実施し、土壌改良の有効資材として好成績をあげている。

最近、食料に対する安全・安心が重視され、有機農産物に対する関心が着実に高まっていることから、それに対応できるだけでなく資源循環型農業資材として有用性は益々大きくなると思われる。更に地球温暖化による地球環境の悪化に伴う、食料及びエネルギー危機等で、肥料・飼料が高騰している現状からも、肥料原料を全て輸入に頼っている日本にとって、貴重な資源としてその重要性は益々高まると思われる。

現在は、独自で燃料化の方向で進めており、弊社醗酵工場のロータリーキルンでの鶏糞乾燥用燃料に使用出来ないか検討しているところである。

