

回収資材を用いた混合堆肥複合肥料の開発

回収資材を用いた混合堆肥複合肥料の開発

朝日工業株式会社 開発部 肥料開発課
松岡英紀

1. 概要

堆肥は土づくりに有効である比較的安価な有機物であるが、品質の不安定性など様々な課題があるため、施用することが難しいと考える農業経営者も少なくない。そのような中、混合堆肥複合肥料は堆肥を原料とした肥料であり、施肥と同時に堆肥も農地に入れることが可能なほか、肥料コストが一般的な有機複合肥料よりも安価であるため、有機物施用とコスト削減の両立に役立つ資材と考えられる。一方堆肥の発生元である畜産農家では、堆肥の発酵過程における悪臭が経営の負担になっている。この悪臭の原因物質は大部分がアンモニアであり、これを回収することは悪臭の低減につながるほか、回収したアンモニア（窒素成分）を肥料原料としても利用できる可能性がある。今回、農水省のイノベーション創出強化研究推進事業（課題番号 28025C「養豚経営基盤強化に資する高度堆肥化システム（スマートコンポスト）の実証」）の中課題「堆肥・回収アンモニアを活用した低コスト高機能肥料の開発」において、アンモニア回収液の肥料原料としての可能性を検証し、堆肥と回収液を使用した混合堆肥複合肥料を開発した。

2. 背景

（1）有機物の施用と堆肥の利用状況

近年流通している一般的な有機質肥料には、海外依存性の大きい原料・飼料と競合する原料が多く利用されている。それらには供給量の不安定性やコスト面などに課題があり、利用を躊躇う農家も少なくない。農地への有機物の施用量が低下し、さらに化成肥料を多用していると、土壌中有機物の減耗や土壌 pH の変動などの土壌環境の悪化を招き、作物の生育不良や環境汚染などを誘発することになる。特に近年では 2008 年から続く肥料価格高騰の影響により、資材コストの低減のために有機物施用がおろそかになっており、このような負のスパイラルに陥りつつある。

そのような状況の中、国内で大量発生する安価な有機質資材として、堆肥が挙げられる。堆肥は土づくり効果の高い特殊肥料であり、中でも畜産農家で発生する家畜ふん堆肥には、肥料成分も多く含まれている。2017 年 11 月には凝集促進剤を使ったし尿汚泥などを含む堆肥も特殊肥料（堆肥）として扱うことも可能となった（それまでは汚泥発酵肥料など普通肥料の扱いであり、特殊肥料よりも肥料登録が煩雑であるなど、畜産農家にとっても管理が複雑であった）ことから、堆肥としての発生量は今後さらに増える可能性が高い。一方、品質の不安定性、臭気、高水分によるハンドリングの悪さ、発生元の偏在による輸送面の課題、農家高齢化による施用のための労力不足など、堆肥を利用する際の障害

となる要因も多く存在する。そのため、堆肥の処理に苦勞している畜産農家も多く、そのような場合、農地への過剰投入（土壌の養分バランスの悪化を招く）や産廃処理（経済的な負担）などによって処分されることが多い。このように、堆肥は畜産農家からすれば「余っているため使ってほしい資材」であるが、耕種農家からすれば「使いたくても使いにくい資材」というイメージも強く、全国的に見ても需要と供給のバランスが取れているとは言い難いのが現状である。

また、国内には様々な産業廃棄物が発生しており、その中には肥料原料になりうる未利用資源と呼べるものも多く含まれている。先に述べた堆肥についても余剰分が多いため、未利用資源の一種という見方もできるかもしれない。それらの未利用資源をうまく活用していくことができれば、安価な肥料原料の安定確保につながられる可能性があり、同時に環境負荷を低減させることにもなりえる。

(2) 混合堆肥複合肥料

2012 年 9 月に新設された「混合堆肥複合肥料」の規格（図 1）は、堆肥を取り巻く課題を大きく緩和できる可能性がある。この規格では、一定以上の肥料成分を含む食品由来堆肥および家畜ふん堆肥を、普通肥料と混合することが可能となった。また成型・乾燥されているため、通常の粒状肥料と同様に流通・散布することが可能である。乾燥により製品臭気が低減しており、また肥料としての散布量（数十～数百 kg/10a）は堆肥の施用量（数 t/10a）に比べれば少ないため、農地投入後の臭気も軽減できる。さらに、肥料原料となる堆肥を選抜する時点で、品質や有害成分も細かく調査しており、使用する堆肥の品質にも安定性が担保される。これらのように、高品質の堆肥を肥料原料として使用することが可能となったため、堆肥の利用促進に貢献することが期待される。また、一般的な有機複合肥料よりも安価であるため、肥料コストの低減と有機物の施用の両立に役立つと考えられる。肥料的效果にも様々なものがあり、化成肥料や他の有機質肥料にはない特徴を多く有している（図 2）。

<p>混合堆肥複合肥料 肥料取締法上の規格内容</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2012年9月に規格制定 ・製成品質: 窒素、リン酸、加里のうち二成分以上を1%以上保証 合計は10%以上 ※有害成分は各規定値以下 (硫黄酸化物・As・亜硝酸・ピロリト性窒素・スルファミン酸・Cd・Ni・Cr・Ti・Hg・Pb) ・堆肥品質: <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <th rowspan="2">堆肥の種類</th> <th>TN</th> <th>NPK合計</th> <th rowspan="2">C/N比</th> </tr> <tr> <th colspan="2">乾物値</th> </tr> <tr> <td>家畜糞由来堆肥</td> <td>2%以上</td> <td>5%以上</td> <td>15以下</td> </tr> <tr> <td>食品由来堆肥</td> <td>3%以上</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> ・堆肥の使用量: 乾物で50%以下 ・製造方法: 各種肥料原料と堆肥を混合し、造粒または成形後、加熱乾燥したもの 	堆肥の種類	TN	NPK合計	C/N比	乾物値		家畜糞由来堆肥	2%以上	5%以上	15以下	食品由来堆肥	3%以上			<p>混合堆肥複合肥料の効果</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 肥料効果 既存肥料と遜色無い 窒素・・・硝化抑制傾向により溶脱抑制 リン酸・・・土壌に吸着されにくく、肥効率が高い カリ・・・堆肥の保水力によって溶脱抑制 2. 品質 成分品質管理し、土壌施用可(安全性向上) 3. コスト 同有機含量の有機複合肥料より安価(20～30%) 4. 省力性 粒状化→機械施肥可→施肥同時に有機供給 5. 有機(堆肥)効果 <ol style="list-style-type: none"> 1)化学性 養分供給能(TC、Ca)、緩衝能(pH・ECの変動少ない等) 2)生物性 微生物量増加の傾向あり、作物の持ちが良い傾向 3)発酵有機 ガス障害・虫害回避 → 播種同時施肥可 4)物理性 1回施肥当たりの有機投入量は少ないが、連用により土壌硬度の低減を確認中
堆肥の種類		TN	NPK合計		C/N比										
	乾物値														
家畜糞由来堆肥	2%以上	5%以上	15以下												
食品由来堆肥	3%以上														

図 1 混合堆肥複合肥料の公定規格の内容

図 2 混合堆肥複合肥料の効果

肥料原料となる堆肥には品質の安定性が求められる。この安定性とは肥料成分は当然ながら、物性面、例えば粒度が細かい・低水分・低臭気・異物が極力含まれないことなども要求事項として挙げられる。様々な発酵方式の中で、特に密閉縦型発酵装置（図 3）で生産された堆肥は肥料原料としての適性が高い。この理由として、副資材を使わずに攪拌発酵できるため、肥料成分が高くなること、粒度も細くなるため成型加工しやすいことが挙げられる。一方、堆肥の水分や臭気の低減は肥料生産上極めて重要な課題であり、堆肥を肥料工場に受け入れたのち、専用の保管ヤード（図 4）中で約一ヶ月間二次発酵させることで対策している。異物も木片・プラスチックごみ・金物・石など多種多様に存在し、篩やマグネットによる除去を行っているが、過去には除去しきれなかった異物が原因で、生産停止に追い込まれたこともあった。現在異物については、畜産農家との協議の中で極力混入しないよう要請している。このように、混合堆肥複合肥料の生産には、さまざまな工夫・対策を講じる必要がある。



図 3 密閉縦型発酵装置



図 4 堆肥専用の保管ヤード

（3）養豚経営におけるアンモニア発生

家畜ふん堆肥の中で、特に発生量が多いのは牛ふん堆肥・豚ふん堆肥・鶏ふん堆肥である。この中で、特に豚ふん堆肥が混合堆肥複合肥料の原料として比較的多く使用されている。この理由として、密閉縦型発酵装置の導入事例が多く、成分や粒度の点で有利であることがある。養豚農家にとって、密閉縦型発酵装置の利点は省スペース・短期間で豚ふんを発酵・堆肥化できる点である。一方、装置の構造上、排気が一つの配管に集約されることで、排気中の臭気が高濃度となるため、生物脱臭施設への負荷が大きくなり、脱臭施設中の微生物の死滅や能力低下による悪臭漏洩が懸念される。堆肥発酵過程における悪臭物質の大部分はアンモニアであるが、過去に(国研)農業・食品産業技術総合研究機構（以下、農研機構）の阿部・福重(2006)は、酪農向け技術として吸引通気式堆肥化方式に対応するア

ンモニア回収装置を開発した¹⁾(図 5)。これは装置内部に充填された酸性溶液によってアンモニアを回収する装置であり、酪農においてはアンモニア除去率 90%以上を達成し、アンモニア回収後の酸性溶液(回収液)の窒素濃度は 6~7%であった、という結果が得られている。



図 5 アンモニア回収装置

ところで、回収液にはアンモニアすなわち窒素成分が含まれており、肥料原料になりうる未利用資源という見方も可能である。そこで今回、農水省のイノベーション創出強化研究推進事業(課題番号 28025C「養豚経営基盤強化に資する高度堆肥化システム(スマートコンポスト)の実証」)の中課題「堆肥・回収アンモニアを活用した低コスト高機能肥料の開発」で、回収液の肥料原料としての可能性を検証し、堆肥と回収液を使用した混合堆肥複合肥料を開発した。本中課題は三つの機関が共同で実施しており、大きく以下のような役割分担となっている。

- ①アンモニアの回収による悪臭削減効果の実証(農研機構)
- ②アンモニア回収液および堆肥を原料とした混合堆肥複合肥料の開発(朝日工業(株))
- ③開発した混合堆肥複合肥料の肥効確認(福島県農業総合センター)

この中で、今回は主に②についての取り組みを紹介する。なお、本事業は福島県内の養豚農家(母豚 200 頭規模、豚ふん発生量 2~4t/日)で実証されており、その中に位置する密閉縦型発酵装置に設置したアンモニア回収装置より回収したアンモニアと、同発酵装置より発生する堆肥を肥料原料として使用した。

3. 開発までの経過

(1) 堆肥の評価

密閉縦型発酵装置を使用しており副資材が少ないため、堆肥の成分安定性や粒度に大きな問題は生じなかった。成分は水分 25%に換算すると、おおよそ窒素-リン酸-カリが 3.0

−4.5−2.0 (%) となったため、この値により肥料設計を検討した。また、臭気、嵩比重、重金属、異物等も確認したが、いずれもすでに混合堆肥複合肥料に使用しているほかの豚ふん堆肥と大きな違いはなく、肥料原料として十分使用できることを確認した。年間の成分変動を調査した結果、水分が高い (35%超) 時期があったが、農研機構の実施した堆肥の農場内通気処理 (図 6) によって二次発酵が進み、約一ヶ月で臭気低減および水分低減 (30%以下) が確認されたため、本試験では工場内での二次発酵を実施せず、肥料原料として用いることが可能となった。



図 6 堆肥の農場内通気処理 (穴をあけたパイプを突き刺して通気した)

(2) アンモニア回収液の評価

本事業では、アンモニアを回収する酸性溶液としてリン酸を使用した。濃度 30~40%、重量 300~400kg のリン酸溶液を用いて三日間アンモニアを回収すると、400~500kg の回収液が得られた。この回収液の肥料成分を数回分析したところ、水分は 55~70%、窒素は 4.8~5.5%、リン酸は 15~17%含まれていた。この分析結果に基づき、肥料設計に使用する成分は水分−窒素−リン酸を 70−4.5−15 (%) とした。粉じんの混入、沈殿や結晶の発生はなく、粘性も低いため物性面でも問題がないことを確認した。また、この回収液の公定規格上の取り扱いを FAMIC との協議により確認したところ、肥料取締法における「液状複合肥料 (窒素、リン酸、カリいずれか二つ以上の成分を 1%以上有し、かつそれらの合計が 8%以上)」に該当するため、回収液単体でも肥料登録することが可能であり、肥料原料として使用できることが明らかとなった。

(3) 福島県内農地の現状に合わせた肥料設計

2011 年に発生した東日本大震災 (地震および津波と、それに伴う福島第一原子力発電所事故) によって、福島県内の農地では土壌流出、冠水、放射性物質による汚染などの被害が発生した。農地復旧のために、がれきや汚染土壌の除去、除塩などが行われたほか、他

の地域から土壌を搬入して客土も実施された。しかし、この客土の多くは山土などの低地力土壌であり、農業を再開するには土づくりによって地力を回復させる必要がある。堆肥は福島県内でも発生元が偏在しており、労力などの問題もあるため、施用できない場合が多い。また、実際に農業を再開しても、土壌中の放射性セシウム濃度が高く、その作物吸収を抑制するために、カリ成分を多く施用するなどの対策も必要となっている。そこで、アンモニア回収液の利用も考慮しつつ、地力回復や高カリ成分をイメージした混合堆肥複合肥料の設計を検討した（図 7）。

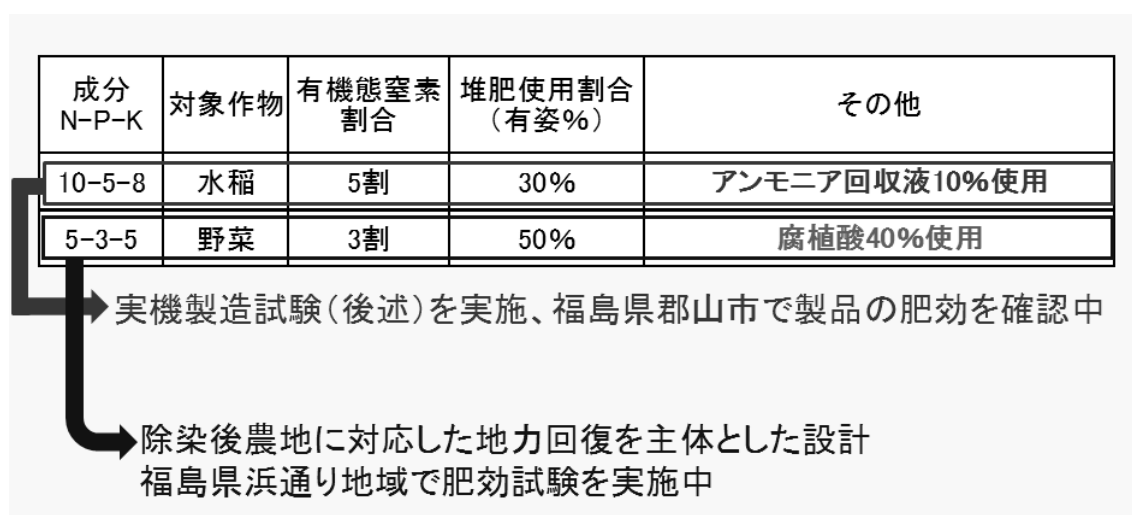


図 7 本事業における肥料設計の例

(4) アンモニア回収液の実機製造への利用

朝日工業(株)では、粒状有機複合肥料を生産・販売しており、中でも混合堆肥複合肥料の製品形状としては円柱状(ペレット)、扁平球状(ブリケット)、球状(アグレット)の3種類が存在する。この中で、アグレットが最も機械施肥への適応性が高く、水稻の側条施肥にも対応可能であるなど、高い機能性を有している。そのため、今回もアグレットによる粒状肥料の開発を目指し、肥料設計や生産条件を検討した。

検討した数種類の肥料設計に基づき、試験機を用いたアグレット製品での試作を数 kg のレベルで実施したところ、造粒性に関する問題は確認されず、試作品の製品品質(硬度、安息角、嵩比重など)も既存の混合堆肥複合肥料と同様の値を示したことから、堆肥、回収液ともに、実機製造ラインにおいても肥料生産に悪影響を及ぼさないことが示唆された。そのため、図 7 における 10-5-8 について、アグレットの実機製造ラインを用いた大規模製造試験を実施した。回収液の原料への投入は、既存設備に併設した専用ラインで実施したところ、特に問題はなく使用可能であった。生産状況や製品品質も既存の混合堆肥複合肥料と同等の結果であり、実機製造ラインでも回収液を肥料原料として使用できることが明らかとなった。

4. 課題

アンモニア回収およびその回収液は、従来悪臭物質として大気中に放出されていた窒素成分を回収し、肥料原料に利用できる点において、非常に画期的なものである。ただし、その利用についてはいくつか注意点がある。

- ・ 硫酸で回収すると肥料原料に使用できない

肥料成分が窒素のみとなってしまうため液状複合肥料に該当せず、ほかに該当する規格が現在のところ存在しないため、肥料原料として使用することができず、規格改正を行う必要がある。

- ・ 発生元の選定が必要

堆肥や他の肥料原料にも言えることであるが、原料コストには輸送するときのコストも影響する。肥料工場までの距離が長いと、輸送だけでコストが膨らむことになる。

- ・ 発生量と処理可能量のバランスに注意

回収液のような液体原料は、肥料設計の段階で使用割合に制限が生じる。そのため、発生量が多くても肥料工場では使い切れない可能性がある。

今回の回収液のように、未利用資源を検討するときは、肥料成分以外にもその利用方法・コスト・発生量・発生元・公定規格への適合性（場合によっては規格改正の申請）・製品の販売ルートなど、様々な事項を慎重に検討する必要がある。しかし、未利用資源の活用は肥料原料の安定確保以外にも、環境負荷の低減など重要な意味を持つため、今後ますます進めていく必要がある。

また堆肥は肥料原料としてはまだ課題の多い原料であり、肥料メーカーは様々な創意工夫を駆使し、苦労を重ねながら混合堆肥複合肥料を生産している。混合堆肥複合肥料は従来の有機質肥料とは異なる効果も多く有しており、農業生産に大きく貢献できる資材であると考えられる。今後さらに混合堆肥複合肥料を開発・拡大・普及させるためには、肥料メーカーや農業関係の研究機関が単独で努力していくだけでは限界がある。

国内農業の持続・発展のため、また堆肥を含めた未利用資源の利用を促進するためにも、畜産経営者、畜産関係の研究機関なども含めた、多くの機関の連携が重要である。

参考文献

- 1) 阿部佳之・福重直輝(2006) : 堆肥化処理に向けた簡易なアンモニアスクラバ, 農業機械学会誌, 68(4), 29-31.

本資料より転載・複製する場合は国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構の許可を得てください。

畜産研究部門 平 30- 1 資料

平成 30 年度家畜ふん尿処理利用研究会資料

編集・発行 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 畜産研究部門
企画管理部企画連携室

Tel.029-838-8593、 Fax.029-838-8606

〒305-0901 茨城県つくば市池の台 2

発行日 平成 30 年 11 月 8 日

印刷所