

第2章

混合堆肥複合肥料と

鶏ふんを原料とする高付加価値肥料の特徴

第1節 要約

混合堆肥複合肥料は、品質管理された堆肥をベースに化学肥料等で成分バランスを整え、造粒および加熱乾燥した複合肥料である（図 2-1）。肥料としての利便性を保ったまま、土壤に有機物を供給する効果をはじめとした新たな機能が付加されている。本章では農業者に混合堆肥複合肥料を理解し広く活用していただくために、混合堆肥複合肥料の特徴、機能並びに利用にあたっての留意点について解説する。

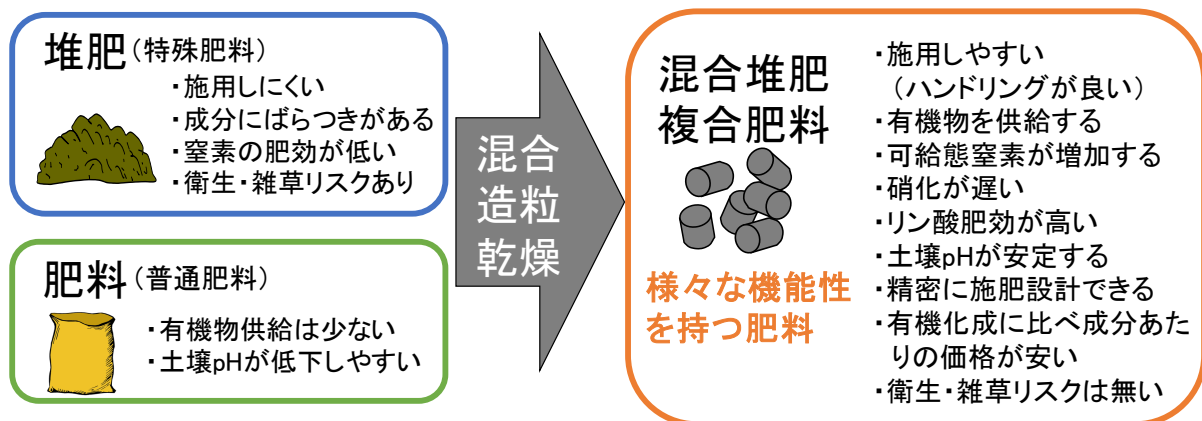


図 2-1 混合堆肥複合肥料の概要

第2節では肥料取締法における混合堆肥複合肥料の位置づけおよび公定規格を解説する。第3節では混合堆肥複合肥料の特徴について、特殊肥料である堆肥や代表的な複合肥料である化成肥料と比較した形で示す。混合堆肥複合肥料は基本的には化成肥料と同様に使用することができること、そして堆肥としての機能が利用しやすい形で付与されていることをご理解いただきたい。第4節では土づくり効果の主となる土壤に有機物を供給する効果（以下、有機物供給効果と略記）と有機態窒素供給に基づく可給態窒素の増加効果を他の資材と比較した形で記述する。第5節では造粒により肥料効果が増進するという機能性を記述する。第6節では利用上の留意点について解説する。

混合堆肥複合肥料の利用にあたっては第6章の「栽培事例集」も参照いただきたい。混合堆肥複合肥料を様々な作物で用いた事例であり、既存の肥料に比べて収量・品質は劣らないことや確認された具体的な施用効果がデータとして示されている。

なお、第4節以降は第5章で示す鶏ふんを原料とする高付加価値肥料についても言及する。

第2節 肥料の公定規格と混合堆肥複合肥料の要件

生産者が安全で効果的な肥料を安心して使用できるよう、肥料取締制度（肥料取締法）が制定されている。肥料取締法では、肥料の公定規格を定め、肥料の安全性と効果の基準を設定している。さらに、肥料登録制度により規格の適合性を流通前にチェックしている。流通する肥料には原材料や成分量が記載された保証票が添付され、生産者が使いたい肥料を正しく選択できるようにしている。公定規格は、普通肥料（特殊肥料以外の肥料）の種類ごとに含有すべき肥料成分の最小量、有害成分の含有許容値、その他の制限事項を定めた、肥料取締制度の根幹となる重要な要件であり、これに適合していれば品質と効果が確保されているとみなすことができる。

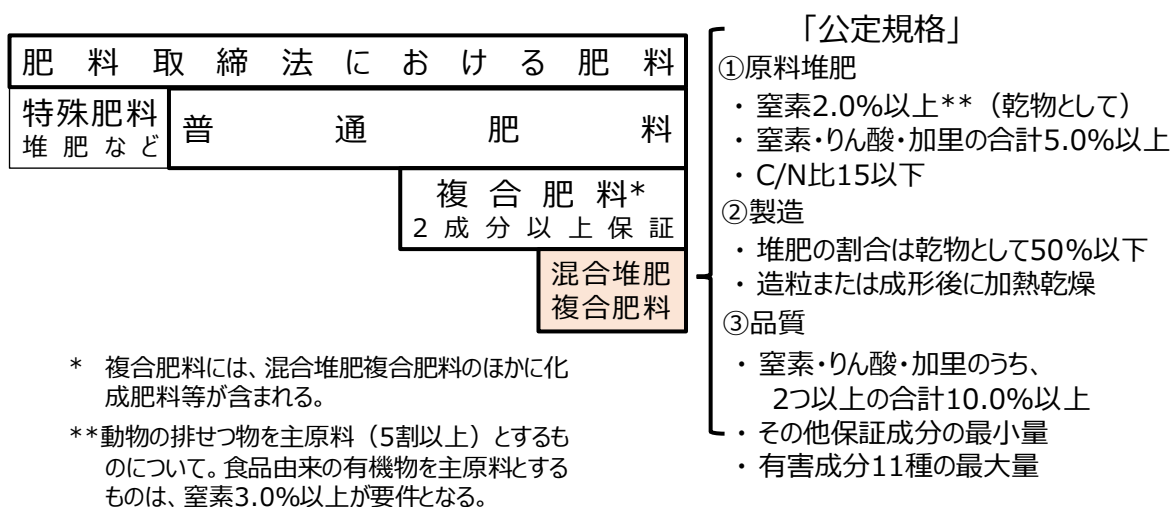


図 2-2 混合堆肥複合肥料の肥料としての位置づけと公定規格の概要（2019年11月現在）

混合堆肥複合肥料は、普通肥料の中の複合肥料に該当し、図 2-2 のように公定規格が定められている。すなわち、原料堆肥の品質基準と混合割合を定め、製品肥料の品質の確保を担保している。製造にあたって造粒または成形と加熱乾燥することにより、肥料の変質がないようにしている。製品肥料については、主成分（窒素、りん酸、加里）のうち二成分以上について、その合計量を 10.0%以上とすることで施肥効果を担保している。さらに、他の複合肥料と同様に含有を許される有害成分 11 種の最大量が定められている。

第3節 混合堆肥複合肥料の特徴

(1) 土壌養分バランスの適正化を可能とする肥効と保証値

従来の堆肥と肥料を別々に施用する施肥体系では、堆肥施用量自体が多いので有機物供給効果は高いが（第 4 節参照）、堆肥由来成分量が過剰施用となる場合が多く、土壌養分バランスの不均衡が生じやすい（第 6 章参照）。これに対し、混合堆肥複合肥料を用いた施肥体系では、施用成分量を正確に把握できるので、このような危険性は小さい。これは混合堆肥複合肥料の利点の 1 つといえる。

堆肥の窒素の肥効は図 2-3 に示すように一般的に低い**が、混合堆肥複合肥料の肥効は有機入り配合や有機化成と同程度**である。なぜならば、肥効を確保するため、化学肥料や肥効が高い有機肥料を混合するからである。加えて後述のように、硝化抑制による窒素利用性の向上やリン酸の肥効向上が認められる。

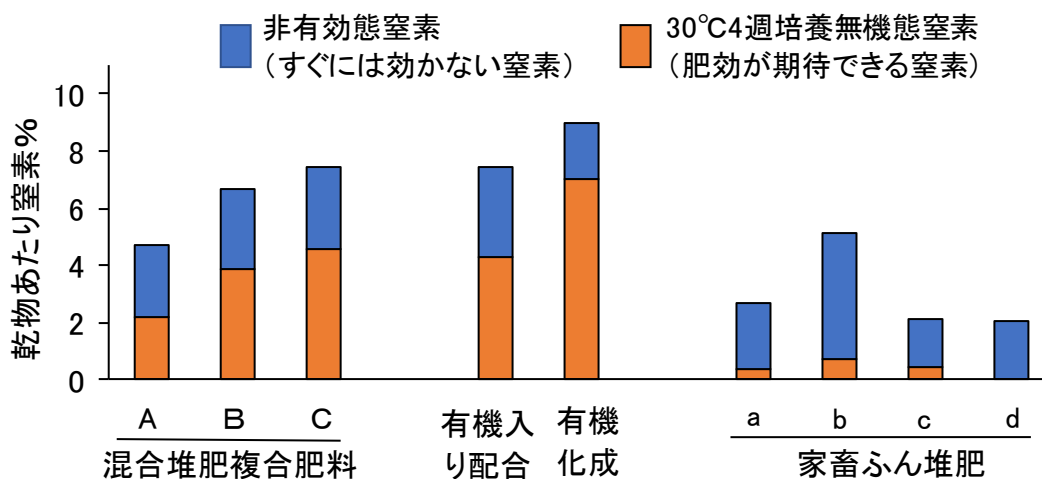


図 2-3 混合堆肥複合肥料施用後の窒素の形態と肥効 (小柳原図)

混合堆肥複合肥料 A,B,C の家畜ふん堆肥の混合割合は乾物として各々48,45,26%である。

堆肥中の加里の肥効は化学肥料と同等であるので（堆肥生産コラム⑤P60 参照）、混合堆肥複合肥料や鶏ふんを原料とする高付加価値肥料は加里肥料として化学肥料と同等に活用できる。

混合堆肥複合肥料は、このような肥効が高い各肥料成分を保証値として一定量含有しており、化成肥料や配合肥料と同様に作物に対して過不足なく用いることができ、さらに土壌の養分バランスを適正に保つことができる。

(2) 混合堆肥複合肥料と化成肥料の共通点と相違点

混合堆肥複合肥料は、土づくり効果の高い堆肥由来有機物による有機物供給効果が最大の特徴である。一方、**製造工程や形状は化成肥料と大差ないため、化成肥料と同様に使用することができる。**

混合堆肥複合肥料と化成肥料の利用上の相違点と共通点を以下に示す。なお、化成肥料は、主要成分の含有量合計が30%を境に、これより多いものを高度化成、これより低いものを普通化成と区分している。また、公定規格上化成肥料の原料として使用が認められている、フェザーミールやなたね油粕等の有機質肥料や米ぬか等の特殊肥料を配合した化成肥料を有機化成と呼んでいる（表2-1）。

表2-1 混合堆肥複合肥料と代表的な複合肥料（化成肥料）の特徴

| 種類 | 形状 | 主な原料 | N-P ₂ O ₅ -K ₂ O 合計 | 代表的組成 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O | 利用上の主な特徴 |
|----------|-------------|--------------------|---|--|--|
| 混合堆肥複合肥料 | 粒状 ペレット状 | 堆肥（50%以下） 窒素肥料等 | 10%以上 | | 堆肥由来有機物を含んでいるため、高い有機物供給効果をもつ |
| 普通化成 | 粒状 ペレット状 | 過石等 | 10%以上 30%未満 | 8-8-8 | 散布ムラ、濃度障害が発生しにくい 硫黄・石灰要求性の高い作物に適する |
| 高度化成 | 粒状 ペレット状 | 燐安等 | 30%以上 | 14-14-14 | 散布量が少なく作業性が良い 過剰施肥に注意 |
| 有機化成 | 粒状 ペレット状 | 有機質肥料原料 窒素肥料等 | 10%以上 | 8-8-8 | 若干の土壌有機物供給効果をもつ。 減化学肥料栽培に用いられることが多い |

以下に混合堆肥複合肥料と化成肥料の共通点と相違点を示す。

【共通点】

・施用しやすい

混合堆肥複合肥料、化成肥料とも粒状またはペレット状に造粒されているため、手散布は容易であり、また機械施肥に対応しているため省力的に施用できる。

・リン酸肥効が高い

造粒・成形によりリン酸の肥効が増進されている（第5節参照）。

・精密な施肥設計が可能

肥料成分が保証されているので、過不足ない精密な施肥設計が可能であり、供給養分や土壌養分のバランスを適正に保つことができる（第2節参照）。

・施用場面に応じたバリエーション

作物や栽培地域のニーズに応じて成分調整された様々な肥料が製造・販売されている（第3章参照）。

・発芽阻害リスク

有機化成肥料等と同様に、原料としてなたね油粕やひまし油粕が多く配合された肥料をハネギ、コマツナ等直播きする作目に施肥する場合、施肥後数日おいてこれらの油粕に含まれる発芽抑制物質が分解した後に播種する。

【相違点】

・有機物供給効果

混合堆肥複合肥料に含まれる堆肥由来有機物は、土壌中では分解しにくいいため有機物供給効果が高い（第4節参照）。これは普通化成や高度化成にはない大きな特徴である。なお、有機化成も有機物供給効果を持つが、一般的な原料である乾血、フェザーミール、魚粕、なたね油粕に含まれる有機物は分解が速い。

・肥料成分含有量

高度化成と比較して成分含有量が低いため、成分量当たりの輸送・保管・施用コストが大きい。一方、散布ムラや濃度障害は発生しにくい。ただし、これらの点は、普通化成や有機化成も同様である。

・窒素肥効と可給態窒素増加効果

当作物への窒素肥効は有機化成と同程度であるが（P6参照）、堆肥由来の有機態窒素を含むため、地力窒素（可給態窒素）として土壌に残留する窒素も多い（第4節参照）。

・硝化抑制

硝化が抑制されることにより窒素肥効が増進し、さらに土壌 pH の低下を抑制する（第5節参照）。

・価格

同等の肥料成分をもつ有機化成と比較して 10～30%安価である。

（3）堆肥と比較した特徴

前述のように混合堆肥複合肥料は有機物供給等土づくり効果を持つ肥料であるが、一般的な土づくり資材としては堆肥が単体で用いられている。ここでは混合堆肥複合肥料の土づくり資材としての特徴をご理解いただくために、堆肥と比較した利点を以下に示す。

- ・ 従来別々に行われてきた施肥と有機物供給を同時に行うことができるので、**基肥施用や追肥施用といった施肥のたびに有機物を供給することができる**。粒状かつ水分（含水率）が低いので施用や輸送・保管も容易である。
- ・ 造粒によりリン酸の肥効が増進されている（第5節参照）。ただし、造粒された堆肥も同様にリン酸肥効が増進される。
- ・ 前述（P6）のように、堆肥と異なり肥料成分が一定であり施用量を確実に把握できるので、**過不足ない精密な施肥設計により土壌養分のバランスを適正に保つことができる**。
- ・ 原料に品質管理された腐熟度が高い堆肥を用いており（第4章参照）、製造時に加熱乾燥処理を行っているため、衛生リスク・雑草リスクは無いに等しく、安心して利用できる。

第4節 堆肥由来有機物による有機物供給効果

土壌有機物は、土壌の物理性（団粒構造等）、化学性（可給態窒素、保肥力等）、生物性（土壌微生物等）を向上させることにより作物の生産性に大きく貢献する。一方で各種の農作業、とりわけ耕起、碎土等は、土壌有機物の分解を促進する。そのため随時供給する必要があるが、この供給にはできるだけ分解しにくい有機質資材を施用するという方法が効果的であると考えられる。

実際のは場で混合堆肥複合肥料と有機化成および有機入り配合肥料の有機物供給効果を検証した。透水遮根布で作った袋に炭素の量を揃えて各肥料を入れ、ほ場に埋設し、1年後に取り出し、炭素残存量を比較した。その結果、**混合堆肥複合肥料は有機化成および有機入り配合と比べて炭素残存量が多く、有機物供給効果が高いことが確認された**（図2-4）。

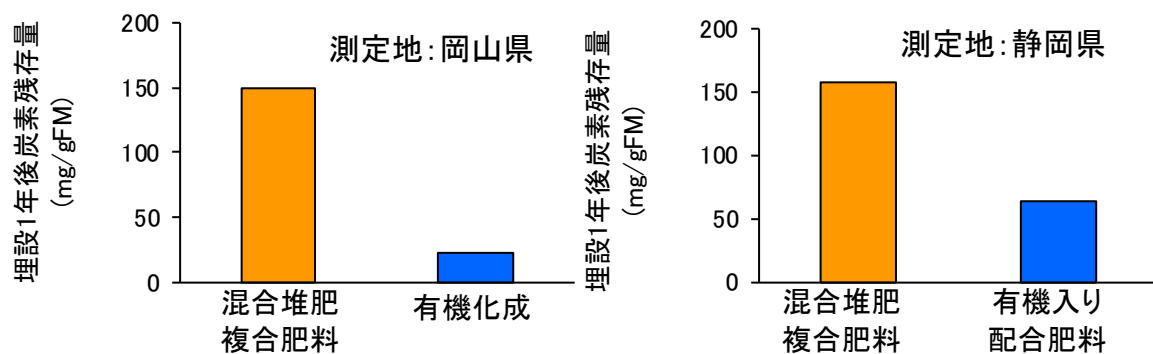


図 2-4 混合堆肥複合肥料と有機化成および有機配合の有機物供給効果の比較
（森次・中村原図）

有機質資材の分解しにくさは資材の ADL 含量（酸性デタージェントリグニン含量）により評価できる（利用コラム① P13 参照）。ADL は土壌中で3年程残存する難分解性有機物そのものと考えられるので、資材の ADL 含量が多いほど有機物供給効果が高い資材といえる。

図 2-5 に各資材の重量あたり ADL 含量（有機物供給効果）を示した。**混合堆肥複合肥料並びに鶏ふんを原料とする高付加価値肥料の ADL 含量は同程度の施用量レベルである市販有機肥料と比べると大幅に高く、有機物供給効果を併せ持つ肥料**といえる。堆肥と比較すると、牛ふん堆肥や豚ふん堆肥と同程度であり、鶏ふん堆肥より高い。ただし、混合堆肥複合肥料では1回あたりの施用量が、200～300 kg/10a 前後、多くとも 400 kg/10a（第6章参照）となる。混合堆肥複合肥料中の堆肥の割合は乾物で半以下となるので1回あたりの堆肥投入量は堆肥の一般的な施用量に比べてかなり少ない。従って、混合堆肥複合肥料は有機物供給の補助的手段であることに留意する必要がある。ただし確実に施用されるので、連用することにより土壌有機物の蓄積が確認できる（第6章参照）。

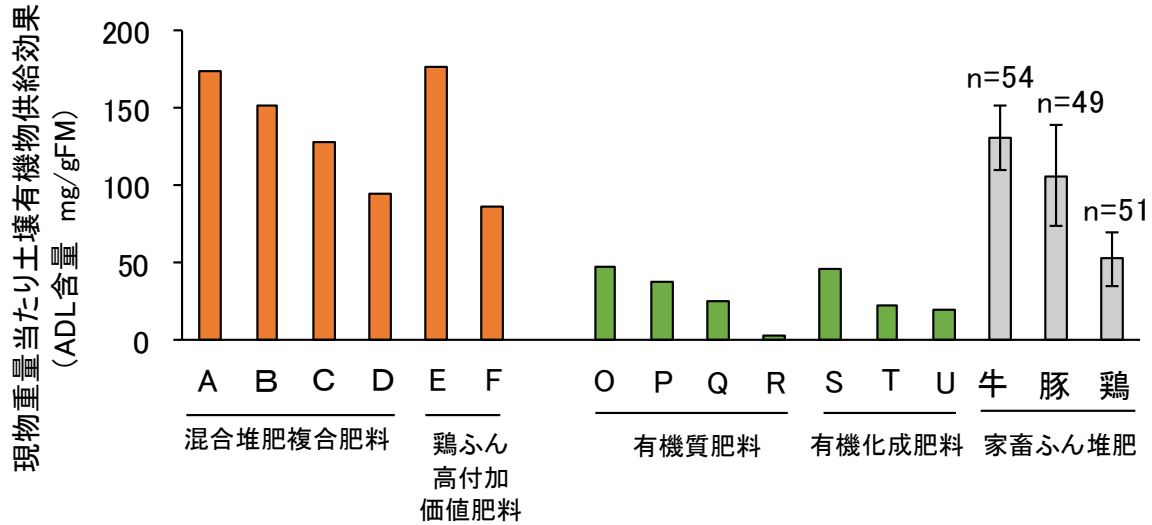


図 2-5 混合堆肥複合肥料、鶏ふんを原料とする高付加価値肥料、市販有機肥料、家畜ふん堆肥の現物重量あたり有機物供給効果（ADL 含量）（小柳原図）
 家畜ふん堆肥の ADL 含量は乾物あたりの ADL 含量と一般的な水分（牛：52%、豚 37%、鶏 38%）より算出した。

有機物供給による具体的な効果の 1 つに堆肥に含まれる難分解性の有機態窒素の蓄積による地力窒素（可給態窒素）の増加が挙げられる。**混合堆肥複合肥料・鶏ふんを原料とする高付加価値肥料の堆肥由来の有機態窒素の一部は連用により土壤に残留し、可給態窒素を増加させる**（図 2-6）。

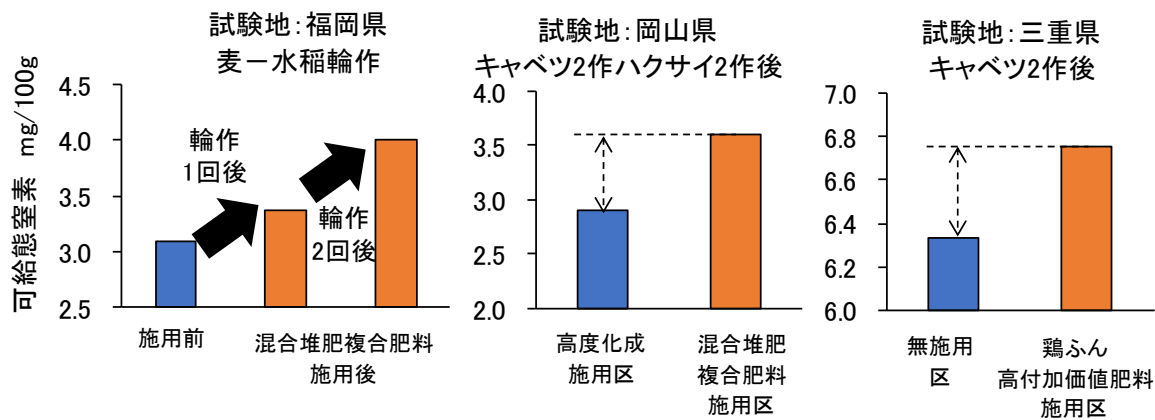


図 2-6 混合堆肥複合肥料・鶏ふんを原料とする高付加価値肥料の施用が土壤可給態窒素含量に及ぼす影響（西尾・森次・堂本原図）
 福岡県はりん酸緩衝液法、岡山県、三重県は培養法により測定。栽培事例は、P89、95、105 を参照のこと。

第5節 造粒による肥料効果の増進

・ 硝化抑制による窒素肥効の増進

混合堆肥複合肥料は肥料と有機物（堆肥）が混合された後、粒状またはペレット状に造粒される。粒の内部は施用後に還元的となり硝酸化成（アンモニア態窒素の硝酸態窒素への変化）が遅延する。これにより降雨による硝酸態窒素の流亡が減少し、窒素の利用率が向上するとともに、塩基の溶脱および土壌 pH の変動（後述）が抑制される。図 2-7 は土壌に肥料を混和し、4 週間培養を行った後の無機態窒素の割合を示した結果であるが、同じ成分組成の粉砕物に比べてペレットでは無機態窒素に占める硝酸態窒素の割合が少なく、アンモニア態窒素として留まっていることが分かる。

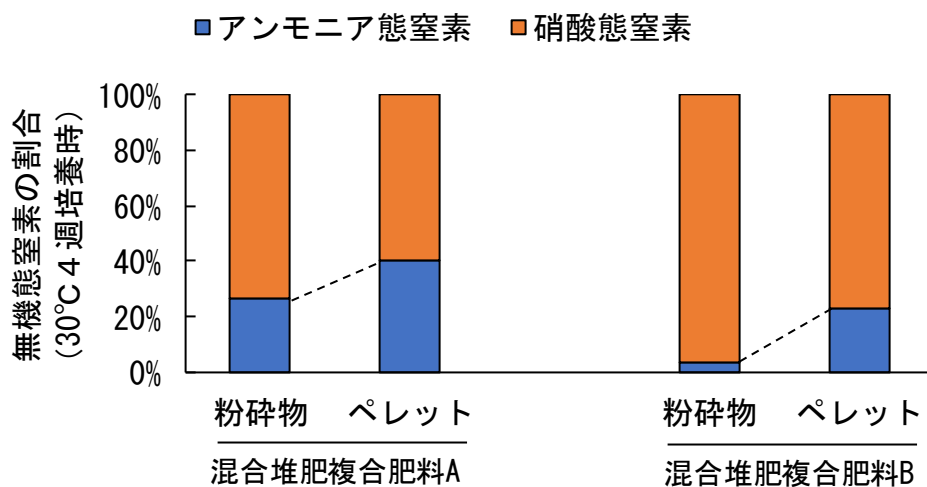


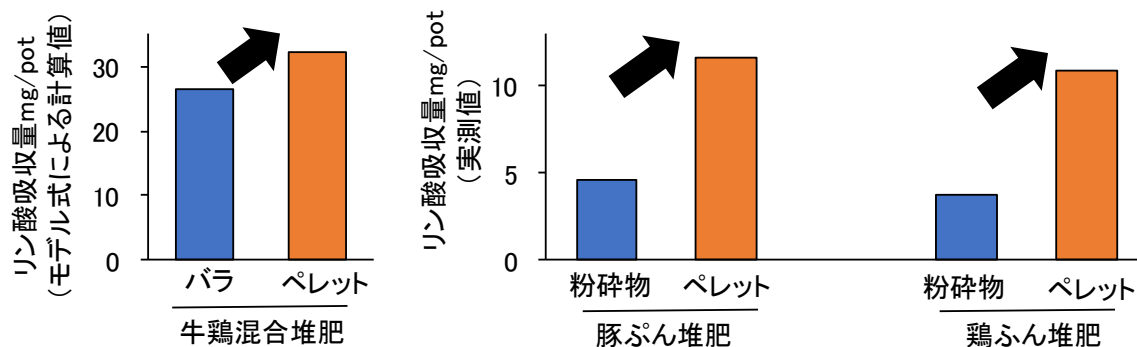
図 2-7 造粒が無機態窒素の動態に及ぼす影響 (小柳原図)

・ 比表面積低下によるリン酸肥効の増進

混合堆肥複合肥料と鶏ふんを原料とする高付加価値肥料は造粒されているので、肥料のりん酸成分と土壌との接触は限られ、従って土壌によるりん酸の固定量は少なくなる。そのためリン酸の肥効（りん酸成分量当たりの吸収量）は高くなる。図 2-8 はバラ堆肥とペレットに造粒したペレット堆肥の比較であるが、**コマツナのリン酸吸収量はペレットに造粒することにより高まる**ことが示されている。同様の効果は混合堆肥複合肥料と鶏ふんを原料とする高付加価値肥料でも想定される。

・ 土壌 pH 変動抑制効果（緩衝作用）

混合堆肥複合肥料を連用した場合、慣行の肥料と比べて連用後の土壌 pH が高く維持される傾向にある（図 2-9）。これは、硝酸化成の遅延（前述）や含まれる塩基類による効果と考えられる。土壌 pH の低下がおこりにくいことで土壌の化学性、土壌微生物相の安定化に寄与すると考えられる。



リン酸として同量になるように堆肥を施用後コマツナを栽培し吸収量を測定

図 2-8 造粒（ペレット化）がリン酸の吸収量（肥効）に及ぼす影響
(荒川 2012 より作図、小柳原図)

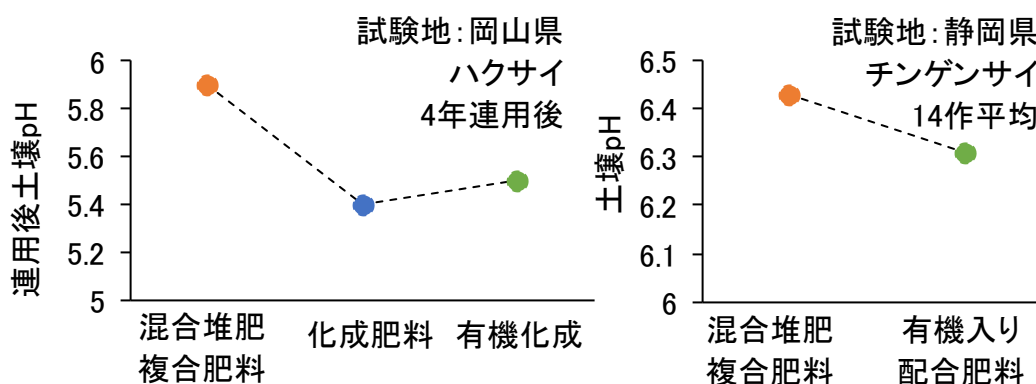


図 2-9 混合堆肥複合肥料施用後の土壌 pH (森次・中村原図)

第6節 利用にあたっての留意点

肥料成分と有機物供給効果は相反関係にあるので（概ね肥料成分含量が低いものほど有機物供給効果が高い）、施用目的に応じた肥料を選択する。有機物供給効果を重視した肥料は施用量自体が高度化成肥料に比べかなり多くなるので、散布機械を選定または調整する（利用コラム②P15 参照）等効率的施用に留意する必要がある。

混合堆肥複合肥料は連用することにより有機物供給効果を発揮するが、施肥量と原料堆肥の使用割合から算出される施肥 1 回あたりの堆肥投入量は堆肥の一般的な施用量に比べてかなり少ない。従って、混合堆肥複合肥料は有機物供給の補助的手段であることに留意する必要がある（第4節参照）。

窒素全量に占める化学肥料由来窒素の割合が小さい場合には、窒素を基準とした減化学肥料栽培に使用する前にあらかじめ肥料効果を確認する。また作物や土壌養分等適用できる条件が限定された肥料もあるので、これについてもあらかじめ確認する。

【利用コラム①】

有機質資材の分解性を評価できる分析法「酸性デタージェント分析」

「酸性デタージェント分析」は家畜へ給与する粗飼料の消化性の評価手法として長年にわたり活用されてきました。近年では、本法を家畜ふん堆肥等の有機質資材に適用し、有機質資材の分解性や窒素肥効発現の予測に役立てようとする研究が進んでおり、有機質資材の特性を解析する手法として有用であることがわかってきました。本コラムでは「酸性デタージェント分析」の概要と有機質資材の有機物の分解性や窒素の動態との関係を紹介します。

1. 「酸性デタージェント分析」の概要

最初に試料である有機質資材を酸性デタージェント溶液（臭化ヘキサデシトリメチルアンモニウム 20 g を 0.5M 硫酸 1L に溶かしたもの：いわば酸性洗剤）で 1 時間煮沸します。このとき溶解する有機物画分が ADOM（AD 可溶有機物）、溶解しない有機物画分が ADF（酸性デタージェント繊維）です（図 2-10）。さらに ADF を 72%硫酸に浸漬した後の溶解しない有機物画分が ADL（酸性デタージェントリグニン）です。ADOM は概ね非繊維性有機物とヘミセルロース、ADF はセルロースとリグニン、ADL はリグニンに相当します（自給飼料利用研究会編、2009）。

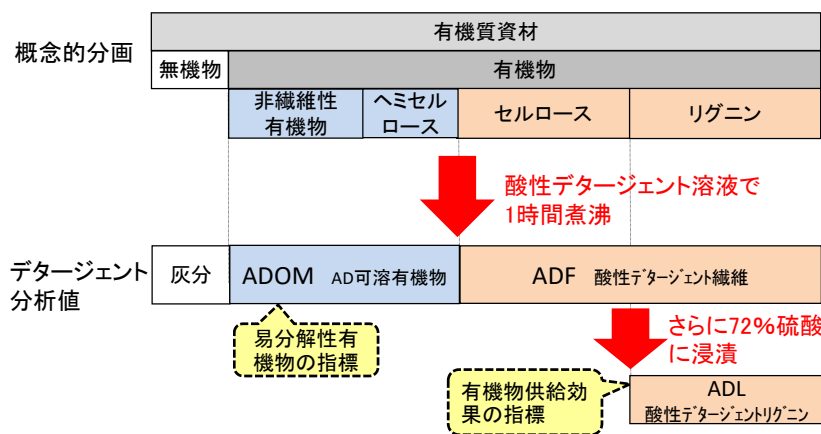


図 2-10 デタージェント分析の概要（小柳原図）

2. ADL、ADOM 測定により、それぞれ分解しにくさ（難分解性有機物：有機物供給効果）と分解しやすさ（易分解性有機物）を評価できます。

ADL として含まれる炭素と土壤中 3 年間で残存した炭素（難分解性有機物）が 1:1 の関係にあったことから（図 2-11）、ADL は土壤中で 3 年間程度残存する難分解性有機物そのものであると考えられました。すなわち、ADL 含量を測定すればその資材の有機物供給効果を推定できます。

【利用コラム①つづき】

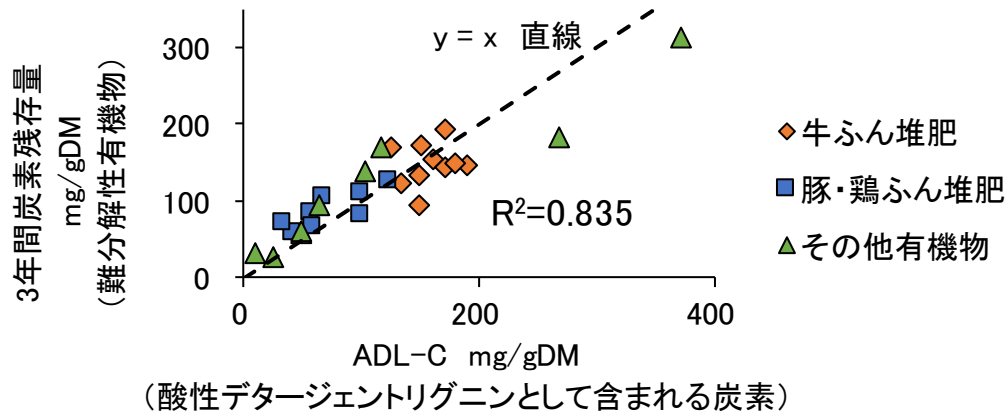


図 2-11 ADL-Cと土壤中3年間炭素分解量(埋設法)の関係
(小柳ら 2011 より引用)

また、ADOMは土壤中2週間程度で分解する有機物と高い相関関係にあるので資材に含まれる易分解性有機物の指標になります(小柳ら 2010)。

3. 「酸性デタージェント分析」により窒素の動態を推定できます

酸性デタージェント分析は窒素成分にも適用することが可能で、有機態窒素をADOMに含まれる窒素とADFに含まれる窒素に分画することができます。ADOMに含まれる有機態窒素は土壤中3ヵ月間でADOMとともに分解するため、無機化する窒素と高い正の相関関係にあります(図 2-12)。

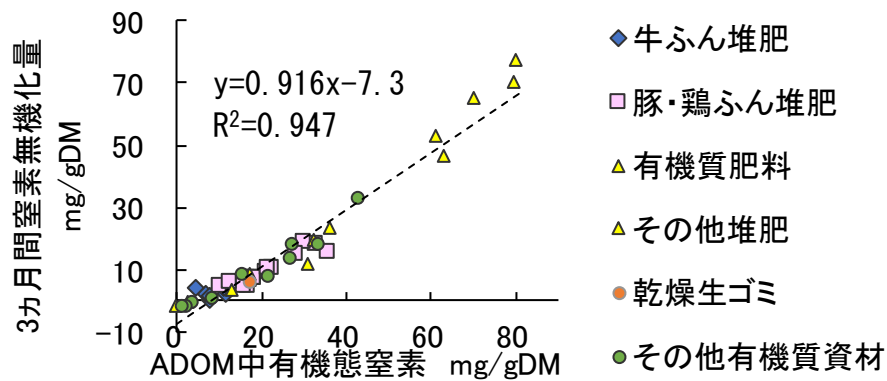


図 2-12 ADOMに含まれる有機態窒素と土壤中3ヵ月間窒素無機化量の関係
(小柳ら 2007 のデータを用いて再解析)

【利用コラム②】

大粒ペレットの大量施用には散布機械の設定と調整に工夫が必要

混合堆肥複合肥料は、散布する総量が高度化成肥料の2～10倍と大きくなるため、散布機械が必須です。筆者らの経験では、ペレットの直径が4mm以下であればどの散布機械でも化学肥料とほぼ同様に散布できます。しかし、5mm径の大粒ペレットを、麦の追肥や重量野菜の基肥として広いほ場に大量施用するような場合には、ブロードキャスターまたはライムソワーが必須となります。

ライムソワーでは、バックヤードで一定量の肥料の吐出時間を測定し、走行速度とバランスを取って散布量を設定できます。ブロードキャスターではそのような調整が困難なので、現場合わせで行うことになります。最初の走行で少量の肥料を積み、その少量の散布面積から開度や走行速度を調整して、設定散布量に合わせる必要があります。

5mm径のペレットを麦の追肥としてブロードキャスターで散布した事例では、粒の重量が大きく化学肥料よりかなり遠くへ飛ぶため、畝巾1.6m×5条撒きでは機械の真後ろが薄撒きになってしまいました。このためキャスターの地上高を下げ、散布幅を3条に再設定する必要がありました。

またライムソワーによる長さ100mの麦ほ場への散布では、容量が小さいため畝の途中で肥料が無くなり、ほ場の奥まで肥料を運んで補充するためには3名の手を要しました。そこで図2-13のような増量槽を集成材とスチールプレートで自作しました。これによりほ場の端まで肥料を切らさずに走れるだけの容量を確保でき、補充作業も1名がほ場の端に待機するだけで済ませることができました。



図 2-13 ライムソワーの容量を 60kg から 80kg に増量しほ場の端で補充可能に