

堆肥

堆肥とは、農作物のわら、もみがら、樹皮、動物の排泄物、食品残渣などを堆積して、微生物の働きで分解・腐熟させたものである。堆積中に動植物性の有機質中の易分解性有機物が微生物によって完全に分解され、肥料として施用することができる。

堆肥は窒素、りん酸、加里の含有量が低く、作物の養分供給源としての価値が低い。堆肥の真の価値は多量の腐植質を含んで、土壤改良に効果があるということである。

堆肥は下記の特徴がある。

- ① **土壤物理性の改善。** 堆肥中の腐植質が土壤団粒構造の形成を促進し、土壤の通気性・保水性などを向上させる。
- ② **土壤保肥力の向上。** 堆肥中の腐植質が土壤コロイドを形成し、CEC（陽イオン交換容量）を増やして、アンモニアイオン、カリウムイオン、カルシウムイオンなどの陽イオンを保持する能力が高まる。
- ③ **土壤病害や連作障害の抑制。** 堆肥中の有機物がそれを餌とする微生物を増殖させ、土壤生物相を多様化させる。微生物間の相互作用（拮菌作用や拮抗作用等）の強化により病原微生物の増殖を抑え、農作物の土壤病害や連作障害の発生を防ぐ効果が生じる。
- ④ **土壤緩衝能の増大。** 堆肥中には多種多様な物質があるため、土壤の化学的変化に対する緩衝能を増強させる。

一方、堆肥には下記の欠点があり、その普及の障害となっている。

- ① 原料により肥料成分含有量が大きく変動するので、施肥管理が難しい。
- ② 養分含有量が低く、散布に労力がかかり、施肥コストがかさむ。
- ③ 臭いがきつく、製造、保管と輸送に一定の制限がある。
- ④ 一部の堆肥には重金属や有害物質が含まれ、作物生育を阻害し、収穫物の品質を低下させる恐れがある。
- ⑤ 未熟の堆肥が施用後、様々な障害を引き起こす可能性がある。

堆肥の種類はその原料の出所により多種多様であるが、本篇は本邦製造量の多い牛糞尿堆肥、豚糞尿堆肥と混合堆肥を例にして説明する。

1. 成分と性質

① 牛糞尿堆肥

牛糞尿堆肥は肉用牛や乳牛の糞尿と敷料などだけを原料にして好気性発酵処理を経たものである。その処理工程は牛舎から搬出された糞尿と敷料などを容積比重 0.7 以下、水分 60～70%になるように均一に混合し、2m 程度の高さに堆積する。糞尿と敷料中の微生物が増殖し、好気性発酵を始めた。微生物に十分な酸素を供給するため、小刻みに切り返し作業を行う必要がある。有機物の分解が進むと堆肥の容積が減り、水分も蒸発し、色が黒褐色になり、糞尿の悪臭が発酵臭に代わる。なお、分解・腐熟に必要な期間は敷料の種類と比率にも

よるが、少なくとも1か月以上かかる。

分解・腐熟させた牛糞尿堆肥は敷料に由来の粗繊維が多く残され、糞尿の悪臭がなく、代わりに堆肥特有の発酵臭があり、ふわふわの状態である。大体水分45～55%、容積比重0.4～0.6、炭素15～20%、窒素0.5～1.0%、りん酸0.5～1.0%、加里0.5～1.0%である。

② 豚糞尿堆肥

豚糞尿堆肥は養豚場の糞尿と敷料などだけを原料にして好気性発酵処理を経たものである。豚は尿の量が多いため、排出された糞尿の水分が高く、そのままでは堆肥にできない。水分を調整する方法としてはハウス乾燥等による水分蒸発、低水分資材の混合による水分吸収、固液分離機等の機械による糞尿の分離などがある。豚糞尿堆肥は敷料(オガクズなど)を厚く豚舎に敷いて糞尿を全量吸着させ、全量固形物として取り出し、堆肥化したものである。

その処理工程は豚舎から搬出された糞尿と敷料などを容積比重0.7以下、水分60～70%になるように均一に混合し、2m程度の高さに堆積する。糞尿と敷料中の微生物が増殖し、好気性発酵を始めた。微生物に十分な酸素を供給するため、小刻みに切り返し作業を行う必要がある。有機物の分解が進むと堆肥の容積が減り、水分も蒸発し、色が黒褐色になり、糞尿の悪臭が発酵臭に代わる。なお、分解・腐熟に必要な期間は敷料の種類と比率にもよるが、少なくとも1か月以上かかる。

分解・腐熟させた豚糞尿堆肥は一部未分解のオガクズが残され、糞尿の悪臭がなく、代わりに堆肥特有の発酵臭があり、ふわふわの状態である。大体水分50～60%、容積比重0.5～0.6、炭素10～15%、窒素1.0～2.0%、りん酸1.5～2.0%、加里1.0～1.5%である。

③ 混合堆肥

混合堆肥は大まかに家畜糞尿(牛糞尿、豚糞尿、鶏糞など)の水分調整のために、オガクズやもみ殻、わらなどの植物系繊維質を混合してから堆積発酵したもの、複数排出元の異なる有機廃棄物を混合してから堆積発酵したもの、食品残さを一次処理した後にさらに家畜糞尿などと混合してから堆積発酵したものの3つに分けられる。

その処理工程はまず、異なる動植物質有機物を混合し、水分60～70%になるように調整して、2m程度の高さに堆積して微生物による好気性発酵をさせる。発酵途中で微生物に十分な酸素を供給するため、小刻みに切り返し作業を行う必要がある。有機物の分解が進むと堆肥の容積が減り、水分も蒸発して、色が黒褐色になり、発酵臭が生じる。原料により分解・腐熟期間が異なるが、バークやもみ殻のような難分解の植物質有機物が多量混合している場合は、6か月以上の分解・腐熟期間が必要である。

分解・腐熟させた混合堆肥は未分解の粗繊維質が多く残され、糞尿の悪臭がなく、代わりに堆肥特有の発酵臭があり、ふわふわの状態である。大体水分40～50%、容積比重0.4～0.6、炭素20～25%、窒素0.5～1.0%、りん酸0.5～1.5%、加里0.5～1.0%である。

堆肥は家畜家禽の排泄物と動植物系廃棄物を原料にして、原料に存在している微生物による分解・腐熟させたものである。原料の出所と成分が多種多様で、分解に関わる微生物種類も分からず、製品品質のバラツキが大きい。通常、堆肥の品質判断には下記の指標を利用している。

- ① **水分**：水分は堆肥の取扱い易さに直結する指標である。水分が 60%を超えると、容積比重が大きく、付着性も大きくなるため、袋詰や輸送が困難になる。逆に、水分が 30%以下になると、粉塵が発生する可能性がある。堆肥の水分には強制的な基準値がないが、慣習上 30～55%がベストである。
- ② **pH**：全農の推奨基準値は pH5.5～8.5。有機物の分解に有機酸が発生するもので、基本的に pH8.5 以上になることはほとんどない。pH8.5 を超える場合は原料には問題があり、分解・腐熟が不完全の可能性がある。一方、pH5.5 以下の酸性堆肥は施用後、微量元素の過剰やりん酸固定、養分吸収障害などを誘発する恐れがあり、避けた方がよい。
- ③ **電気伝導率 (EC)**：EC 値は堆肥に含まれる水溶性塩類量の目安である。高すぎると濃度障害が発生しやすく、作物の生育阻害が起こることがある。全農の推奨基準値はバーク堆肥に対して 3.0dS/m 以下、家畜糞尿堆肥に対して 5.0dS/m 以下である。堆肥中の主な水溶性塩類はカリウム、ナトリウム、塩素、硝酸塩などである。特に食品残渣や家畜糞尿を原料とする堆肥はナトリウムと塩素が多い。
- ④ **C/N 比**：堆肥中の炭素と窒素の割合を示したものであり、値が高いと窒素量が少ない。全農の推奨基準値は 10～40 である。値が大きすぎると施用後、土壌が窒素飢餓を起こす恐れがある。ただし、C/N 比は易分解性有機物と難分解性有機物の炭素と窒素を同時に測定するため、難分解性有機物が多い場合は、C/N 値が大きくなっても、土壌の窒素飢餓が発生する可能性が低い。したがって、C/N 値は絶対的な指標ではなく、他の指標と総合的に評価する。
- ⑤ **アンモニア態窒素と硝酸態窒素の比率**：アンモニアは堆肥化の初期に発生し、悪臭や作物生育阻害の原因となる。硝酸態窒素はアンモニアが酸化された産物である。完熟堆肥が全窒素にアンモニア態窒素は少なく、硝酸態窒素が多い。
- ⑥ **有害物質の濃度**：食物連鎖の原因で家畜糞尿中の銅と亜鉛などの重金属濃度が高い。また、家畜の飼育時に抗生物質やホルモンが投与され、その排泄物に抗生物質やホルモン、それらの分解中間体が含まれていることがある。これらの有害物質は、一定値を超えると作物に悪影響を及ぼす可能性がある。堆肥は銅 300ppm 以下、亜鉛 900ppm 以下、抗生物質やホルモンが検出されないことが必要である。
- ⑦ **腐熟程度**：未熟な堆肥は、炭素成分の分解が完全ではないため、土壌中に窒素飢餓を及ぼす恐れがある。土壌中で大量の有機物が一斉に分解されると、分解中間産物と有機酸、発酵による酸素不足などが作物の根や土壌生態系に悪影響を与える。したがって、完全腐熟が要求される。
- ⑧ **雑草種子**：堆肥原料に剪定した樹木や雑草を使う場合や家畜飼料または糞尿に植物種

子が混入する場合がある。堆肥化の過程で発酵温度が低い場合は、雑草種子が生き残ることがある。このような堆肥を施用した場合、耕地に雑草が繁殖する原因になる。

2. 用途

堆肥は養分の含有量が非常に低く、臭いもきついため、ほとんど基肥として単独施用される。肥料というより土壌改良の目的で施用する。

3. 施用後土壌中の挙動

堆肥は施用後、餌として土壌微生物を増殖させると同時に分解され、含まれている養分が無機化され、作物の吸収に供する。養分の無機化速度が土壌生物、特に土壌微生物の種類と活性に依存するが、完全腐熟した堆肥が分解しやすいので、土壌微生物種類と活性がその分解と養分放出速度に及ぼす影響が大きくない。養分含有量が低いため、その肥効が土壌タイプ、土壌水分、土壌 pH など土壌物理性、化学性と生物性により大きく変動することが少ないので、初心者でも使用しやすい有機肥料である。

有機肥料中の一部有機質が腐植となり、土壌団粒形成の促進に寄与する。ほかの有機肥料に比べて、堆肥、特に混合堆肥は難分解性の植物有機質が多く、腐植の生成量が多い。土壌物理性（通気性や保水性など）、化学性（pH 緩衝能など）と生物性（微生物増殖など）の改善効果が大きく期待でき、「土づくり」に最適の肥料である。

4. 施用上の注意事項

堆肥はその使用には下記の注意事項がある。

- ① **尿素との配合を避ける。** 堆肥にウレアーゼを有する微生物が存在しているので、尿素を加水分解して、アンモニアを放出させ、揮散する恐れがある。但し、別々に施用する場合は問題が起きない。
- ② **塩類集積に注意。** 堆肥、特に家畜糞尿と食物残渣を原料とする堆肥は塩化ナトリウムと硝酸塩を多く含み、ハウス栽培やマルチ栽培に連年多量施用した場合は塩類集積が発生する恐れがある。
- ③ **未熟堆肥を施用しない。** 未熟な堆肥は、土壌中に窒素飢餓を引き起し、分解中間産物と有機酸、発酵による酸素不足などが作物の根や土壌生態系に悪影響を与える恐れがあり、施用しないことが原則である。