

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

氏 名 SONSRI Kiattisak
論文題目 Stabilization processes of organic matter derived from diversified organic amendments in agricultural soils
(多様な有機土壌改良資材に由来する有機物の農地土壌中における安定化過程)

論文審査担当者

主 査 名古屋大学教授 渡邊 彰

委 員 名古屋大学教授 浅川 晋

委 員 名古屋大学教授 村瀬 潤

委 員 名古屋大学准教授 谷川東子

委 員 名古屋大学講師 渡邊健史

論文審査の結果の要旨

土壌有機物 (Soil Organic Matter; SOM) は陸域における最大の炭素 (C) 貯蔵庫であり、その変動は土壌の植物生産性を左右するだけでなく、地球規模の気候変動に大きな影響をもたらす。作物残渣、家畜糞尿、堆肥などの有機土壌改良資材 (OA) は、肥料として作用する一方 SOM 量を維持または増加させる。しかしながら、OA 施用が気候変動の緩和に寄与するためには、OA に直接あるいは間接的に由来する SOM が土壌中で長期間滞留することが重要である。SOM の滞留時間は、分解され難い構造への変化、微小団粒内への隔離、土壌鉱物との複合体形成等によって増大するとされているが、OA 施用、特に長期間の連用下において SOM の滞留時間を制御している機構は未解明である。そこで、本研究では、各種 OA を長期施用した畑土壌中の SOM の蓄積形態と性状を調べることで OA 由来 SOM の安定化過程を明らかにすることを目的とした。また、OA から滲出する水溶性有機物は、接着剤として土壌団粒の形成を促し、SOM の安定化に寄与すると考えられている。そこで、各種 OA の土壌団粒形成・安定化能を評価することを目的として、水溶性有機物の構造特性とそれらを土壌に添加した際の土壌団粒の変化との関係を解析した。

まず、名古屋大学大学院生命農学研究科附属フィールド科学教育研究センター東郷フィールド内に設置した有機物連用試験圃場 (1987 開設) において、厩肥多施用区、厩肥慣行量+化学肥料 (化肥) 区、バーク堆肥+化肥、コーヒー粕堆肥+化肥区、下水汚泥堆肥区および対照として無施肥区、化肥区 (計 7 処理区) の土壌 (Cambisol, 主粘土鉱物: カオリン) を採取し、団粒破壊操作の有無と比重の違いを利用して、SOM を蓄積形態の異なる以下の 4 画分に分画した; 遊離粒子状 SOM (fSOM; 比重 $< 1.6 \text{ g cm}^{-3}$), 団粒内に隔離された遊離 SOM (oSOM), 鉱物と弱く (wSOM; 比重 $1.6 - 2.0 \text{ g cm}^{-3}$) あるいは強く結合した SOM (sSOM; 比重 $> 2.0 \text{ g cm}^{-3}$)。各画分の収量、C および窒素 (N) 含量を測定し、OA、土壌とともに phase-adjusted spinning band (PASS) 法による ramp CPMAS ^{13}C NMR および熱的支援加水分解およびメチル化 (thermally-assisted hydrolysis and methylation; THM) -GC/MS に供した。OA の長期施用により、土壌全 C 含量は開設時の 1.5~7.8 倍、無肥区および化肥区の 2.3~17 倍に増大し、単位 C 投入量あたりの土壌 C 量の増大は汚泥堆肥区で最も大きかった。また、fSOM の増大はバーク堆肥+化肥区およびコーヒー粕堆肥+化肥区、wSOM および sSOM の増大は厩肥区および汚泥堆肥区でそれぞれより大きかった。バーク堆肥とコーヒー粕堆肥は N 含量が低く、C/N 比が高く、OA と fSOM の構造特性が類似していたことから、土壌中における分解速度が遅く、fSOM として有意に残存していたと推察された。一方、厩肥は N 含量が高く、C/N 比が低く、SOM 中に OA と構造が類似した画分が存在しなかったことから、分解が速く、厩肥を基質として増殖した微生物の菌体に由来する有機物が鉱物に吸着して蓄積した (*in vivo* turnover pathway) と推察された。汚泥堆肥も N 含量が高かったが、厩肥より炭水化物 C が

論文審査の結果の要旨

少なく、アルキル C を多く含み、THM-GC/MS において脂肪酸等多くの脂肪族化合物が検出された。汚泥堆肥区土壤中の wSOM および sSOM も同様の傾向を示したことから、汚泥堆肥の分解過程で植物養分を放出する一方、一部が鉱物に吸着、蓄積してきた (*ex vivo modification pathway*) と考えられた。

次いで、主要な OA のうち名大圃場では使用されていない動物や作物の残渣に由来する SOM の黒ボク土 (Andosol) における安定化過程を同様の手法により解析した。土壌試料は、片倉コープアグリ (株) 筑波総合研究所内実験圃場 (1987 年開設) の化肥区、魚粉施用区、菜種油粕施用区から採取した。黒ボク土の主粘土鉱物であるアロフェンは、活性アルミナや酸化鉄に富む非晶質ケイ酸アルミニウム鉱物であり、比表面積が大きく、名大圃場土壌の主粘土鉱物であるカオリンよりも有機物に対する吸着容量が大きい。このことは、分画において、全 SOM の 70%以上が sSOM として検出されたことに反映されていると考えられた。しかしながら、魚粉区、菜種油粕区土壌の C 含量は、化肥区土壌の 103~112%に過ぎなかった。魚粉および菜種油粕はタンパク質、炭水化物を主成分としているため分解速度が速いこと、および厩肥や汚泥堆肥より N 含量が高いため施用量が少ないことが低い C 増大率の原因と推察された。菜種油粕区の場合、fSOM 中に菜種油粕からも検出された芳香族化合物が相対的に多く含まれていた一方、wSOM および sSOM には化肥区や魚粉区との違いが見られなかったことから、OA 中の芳香族成分の選択的残留と微生物代謝産物の鉱物への結合による安定化が平行して進むと結論づけた。

OA から滲出した水溶性有機物の土壌団粒形成・安定化能の解析には、名大圃場、片倉コープアグリ実験圃場で使用されてきた計 6 種の OA 試料と SOM 含量の低い名大圃場無肥区土壌が用いられた。各 OA より水抽出有機物 (water extractable organic matter; WEOM) を調製して化学的性質を測定した。また、土壌を充填したカラムに、WEOM 溶液または超純水を 1 日おきに添加して、吸着 C 量、無機化 C 量を測定した。30 日後に土壌の団粒サイズ分布 (>2000, 500~2000, 250~500, 53~250, <53 μm) を測定し、団粒の安定性の指標である平均重量直径 (MWD) および幾何平均直径 (GMD) を算出した。WEOM は全 C の 20~52%が炭水化物 C であり、バーク堆肥 WEOM では芳香族 C が 30%、魚粉 WEOM ではアルキル C が 32%を占めるといった特徴が認められた。また、分子量 <3 kDa の画分が 80~90%を占めた。WEOM の添加は超純水の添加と比較して > 2000 μm の団粒の割合を増大させ、菜種油粕、コーヒー粕堆肥、汚泥堆肥から調製した WEOM の添加は MWD および GMD も増大させた。> 2000 μm 団粒の割合は、WEOM の重量平均分子量、分子量>10 kDa 画分の割合、全 C に占める炭水化物 C の割合と正の相関を示し、分子量>10 kDa 画分の割合は MWD とも正の相関を示した。これらの結果より、OA 由来 WEOM によるサイズの大きい団粒の形成と団粒の安定化において、多糖類やその他の高分子成分

論文審査の結果の要旨

が重要であることが示唆された。

以上のように、本研究は、これまで不明であった多様な OA の質と量の違いによる SOM の蓄積と安定化過程の違いを明らかにしたものであり、高 N 含量、低 C/N 比および高アルキル C 含量あるいは高アルキル C/炭水化物 C 比を示す OA が平均滞留時間が長い wSOM および sSOM を増加させる能力が高い可能性を示唆した。また、OA 中の水溶性有機物による団粒の形成と安定化において有効な構造的特徴を示した。したがって、本委員会は本論文が博士（農学）の学位論文として十分な価値を有すると認め、合格と判定した。