

メタン発酵消化液が永年草地土壌の団粒の安定性におよぼす影響 Effect of methane fermentation digestate on soil aggregate stability in permanent grassland

○海老澤拓未*, 高松利恵子*, 落合博之*, 森淳*, 藤川智紀**

EBISAWA Takumi, TAKAMATSU Rieko, OCHIAI Hiroyuki, MORI Atsushi, FUJIKAWA Tomonori

1. はじめに

「みどりの食料システム戦略」では、資源の循環利用、化学肥料や化石燃料の使用抑制等が掲げられている（農林水産省，2021）。メタン発酵消化液（以下，消化液）には，肥料成分だけでなく有機物も含まれるため，液肥あるいは有機資材としての活用が期待されている。消化液の肥料効果に関する報告は数多く見られるが，土壌物理性の改善については少ない。保井ら（2005）は，堆肥および消化液を含めた乳牛ふん尿スラリーの施用が褐色低地土におけるマクロ団粒の形成量を増加させることを明らかにした。さらに各団粒サイズで粗粒有機物画分（ $>53\ \mu\text{m}$ ）と有機・無機複合体画分（ $<53\ \mu\text{m}$ ）に分画することで団粒形成に寄与した有機物の存在形態を把握した。堆肥や化学肥料よりもスラリーを施用した方が，腐植物質や微細な有機物の分解によって有機・無機結合態の結合が促進されマクロ団粒の形成に繋がったことが示された。特に消化液は発酵処理により微生物代謝産物および腐植の生成が促進されるとした。団粒による土壌構造の改善を望む場合，団粒形成とともにその安定性が求められ，マクロ・ミクロ団粒に区分した上で形成・崩壊過程を把握する必要がある。

青森県七戸町営石倉山放牧場は昭和 63 年に造成され，その後長期にわたり草地更新が行われなかった。現在，コストの低減や地域の資源有効活用などの点から更新の際に消化液の利用が検討されている。2023 年から試験的に消化液の散布が行われたが，現場調査では厚いルートマットや放牧等の影響などにより消化液の施用による土壌改良効果が確認できなかった。そこで本研究ではメタン発酵消化液が永年草地における土壌団粒の安定性に及ぼす影響を室内における培養試験により明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

青森県七戸町石倉山放牧場内のルートマット直下から 25 cm までの褐色森林土（CL）を培養試験の供試土壌として用いた。バイオガスエネルギーとわだから提供されたメタン発酵消化液は主に食品廃棄物由来である（含水率 96.4%，TN 0.4%，C/N 7.3）。供試土壌に対して，Table 1 の条件で消化液を混和させ，4L 容のプラスチック製の密閉容器に充填し 20℃の恒温室内で培養試験を行った。培養期間中は毎日の換気を行った。培養終了後，密閉容器から採土し，耐水性団粒分布，土壌 pH（H₂O）・EC（1:5 水浸出法），TC（全炭素），TN（全窒素），飽和透水係数，乾燥密度を測定した。さらに，Aoyama ら（1999）の方法に従って粒径別にした土壌を 6 mm ガラスビーズとともに水中分散させ，粗粒有機物画分（ $>53\ \mu\text{m}$ ）と有機・無機複合体画分（ $<53\ \mu\text{m}$ ）に分画した。

Table 1 培養試験の設定条件

消化液濃度 (kg/m ²)	0, 5, 10
設定含水比 (%)	75
設定乾燥密度 (g/cm ³)	0.75
培養期間 (day)	2, 20, 40, 60
培養温度 (℃)	20

*北里大学獣医学部，**東京農業大学，Kitasato University, Tokyo University of Agriculture,
キーワード:メタン発酵消化液，土壌団粒，永年草地

3. 結果・考察

培養日数別のメタン発酵消化液の施用量による土壌 pH・EC の変化を Fig. 1 に示す. 2 日間培養では土壌 pH・EC は施用量に伴って上昇した. 20 日間培養の土壌 EC は 2 日間培養に比べて上昇したが, 土壌 pH は大きく低下した. 培養により消化液の易分解性有機物の無機化やアンモニア態窒素による硝化が進行したため, 土壌 pH の低下および土壌 EC の上昇につながったと考えた. また 40 日間と 60 日間培養では 20 日間培養の結果と変化が見られなかった. 消化液の影響は 20 日間までとその後では異なった.

20 日間培養後の耐水性団粒の重量割合を Fig. 2 に示した. 消化液の施用によりマクロ団粒の形成が見られた. ミクロ団粒の中でも微細なサイズ ($53\sim106\mu\text{m}$, $<53\mu\text{m}$) 同士あるいはシルト粒子へ結合し, $>1000\mu\text{m}$ のマクロ団粒が形成した. 消化液に含まれる粗粒有機物の微細化や無機化が進行し, マクロ団粒の形成が促進したと考えた.

施用量 5 kg/m^2 の培養日数による団粒分布の変化 (Fig. 3) から培養による影響を評価する. 培養 40 日間までは培養によるマクロ団粒形成が促進したが, 60 日間では $250\sim1000\mu\text{m}$ の団粒の崩壊とともにより大きな $>1000\mu\text{m}$ の団粒への発達が見られた. そこで 60 日間培養の各サイズの団粒について, 有機・無機複合体画分と粗粒有機物画分に分画した結果, $>1000\mu\text{m}$ と $500\sim1000\mu\text{m}$ のマクロ団粒において, 無施肥と比べて有機・無機複合体画分が多かった. 60 日間培養では消化液の有機物の分解がより進行し, 短期的に形成されたマクロ団粒が崩壊し, 微生物代謝産物や腐植物質が生成され, 有機・無機複合体からなる安定したマクロ団粒が形成されたと考えた.

4. 結論

永年草地から採取した褐色森林土にメタン発酵消化液を施用・培養した結果, マクロ団粒の形成と崩壊が見られた. 培養による消化液の分解から生成された腐植などが有機・無機複合体の生成に寄与し, 安定した団粒へと変化したと推察した.

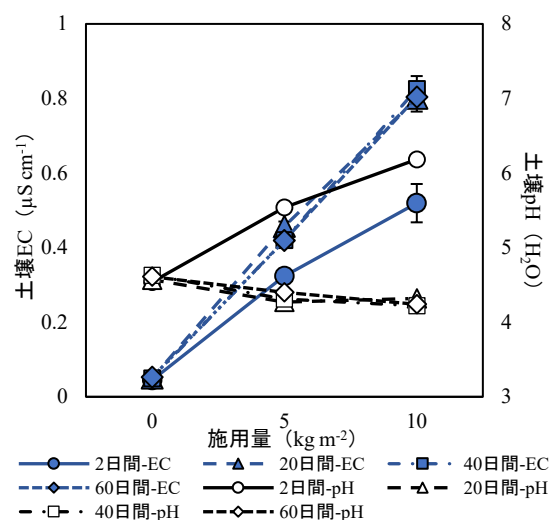


Fig. 1 培養日数別の消化液施用量による土壌 pH・EC の変化

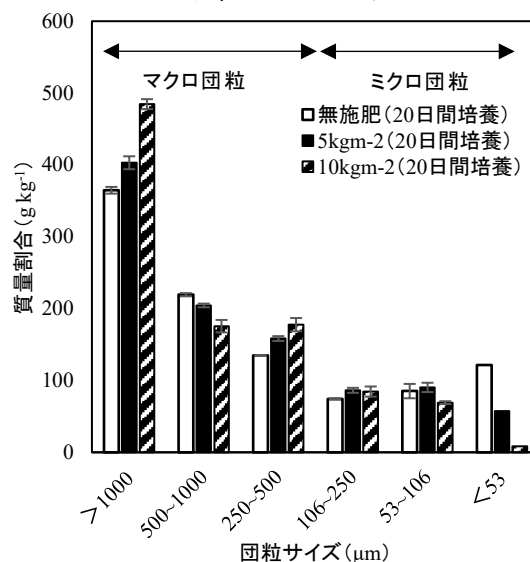


Fig. 2 20 日間培養後の土壌の耐水性団粒分布

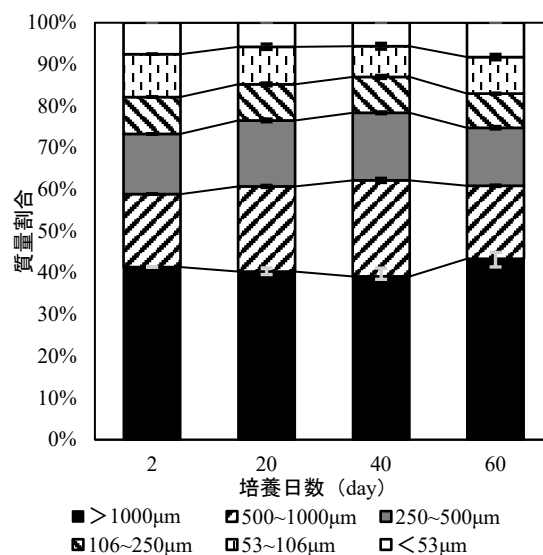


Fig. 3 メタン発酵消化液 5 kg/m^2 施用した土壌の団粒分布の培養期間による変化