

氏 名	張 天 (Tian ZHANG)		
授与した学位	博 士		
専攻分野の名称	工 学		
学位授与番号	博甲第	7 2 9 4	号
学位授与の日付	2 0 2 5 年 3 月 2 5 日		
学位授与の要件	環境生命科学研究科 環境科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	Effects of different microplastics on greenhouse gas emissions from paddy soil (異なるマイクロプラスチックが水田土壌からの温室効果ガス排出に及ぼす影響)		
論文審査委員	准教授 宗村 広昭	教授 森 也寸志	教授 前田 守弘
学位論文内容の要旨			
<p>Carbon dioxide (CO₂) and nitrous oxide (N₂O) are two important greenhouse gases (GHG), and their increased emissions are contributing to global warming. The extensive use of plastic products such as plastic mulch and plastic-coated fertilizers causes microplastics (MPs) to accumulate in the soil. These accumulated MPs under aerobic conditions increase oxygen exchange between soil and air by increasing soil porosity and altering soil aggregation stability, which improves microbial respiration and nitrification to produce CO₂, and N₂O (Zhang et al., 2023; Inubushi et al., 2022). In addition, changes in the surface structure and functional group characteristics of aged MPs may complicate the decomposition process, thereby altering their environmental impacts. However, the effects of aged MPs on GHG emissions from MPs-contaminated paddy soil under aerobic conditions remain uncertain. In addition, biodegradable MPs release organic matter during degradation, which may serve as an additional carbon source for soil microorganisms and promote denitrification under anaerobic conditions. Studies discussing the effects of MPs additions on N₂O emissions from paddy soil under anaerobic conditions are not sufficiently determined.</p> <p>Therefore, this thesis aimed at:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) determining the effect of aged PE and PLA on GHG emissions and DOC in paddy soil under aerobic conditions (Chapter 3), and 2) investigating the effects of PE and PLA on N₂O emissions and DOC in paddy soil under anaerobic conditions (Chapter 4). <p>Chapter 1 introduced the emission mechanisms of greenhouse gases (CO₂ and N₂O) in agricultural soil. Chapter 2 described the GHG emissions pathways from soil and their control factors. The current status and limitations of studies related to the effects of MPs on soil properties and soil GHG emissions are presented. Chapter 3 showed that the addition of aged PE and PLA could significantly promoted the release of CO₂ and N₂O from paddy field soil by changing DOC contents and quality under aerobic conditions. Chapter 4 showed that under anaerobic conditions, the effects of PE and PLA on N₂O produced by denitrification were different. PE may have promoted N₂O release from paddy soil by inhibiting denitrification, whereas PLA promoted complete denitrification and inhibited N₂O release by providing additional carbon. Chapter 5 summarizes the novel findings of the present study. The key factors and their interactions in the effects of MPs amended soil on CO₂ and N₂O emissions were briefly explained. Finally, according to the findings of our study, new directions for future research were suggested.</p> <p>This thesis demonstrated that aged MPs increased CO₂ and N₂O emissions from paddy soil under aerobic conditions, whereas PE promoted N₂O emissions, while PLA inhibited N₂O release under anaerobic conditions.</p>			

論文審査結果の要旨

被覆肥料やマルチなど農業用プラスチック製品が多用されると、土壤中にマイクロプラスチック（MP）が蓄積するおそれがある。これによって土壌の通気性が高まるだけでなく、MPの表面構造などが微生物活動に影響し、二酸化炭素（CO₂）や一酸化二窒素（N₂O）など温室効果ガス（GHGs）排出量を増大させる可能性がある。また、生分解性MPは土壌中での分解にともなってGHGs排出に直接および間接的に影響すると思われる。一方で、水田土壌は好気・嫌気状態が繰り返されるため、GHGs排出メカニズムが複雑である。このような状況にもかかわらず、MPの種類やその経年劣化、土壌含量が好気・嫌気的な水田土壌におけるGHGs排出に及ぼす影響を解明した研究はみあたらない。そこで本論文では、以下を研究目的とした。なお、MPとして、農業に汎用的に用いられるポリエチレン（PE）と生分解性のポリ乳酸（PLA）を用いた。

1) 好気条件においてMPおよび劣化MPが水田土壌からのGHGs排出と溶存有機炭素（DOC）に及ぼす影響を明らかにする。

2) 嫌気条件において含量の異なるMPが水田土壌からのN₂O排出に及ぼす影響を解明する。

1) においては、紫外線処理したMPを水田土壌に添加（重量比1%）し、最大保水量（WHC）の60%で、35日間、好気培養した。その結果、未処理・劣化MPの土壌添加によってCO₂とN₂Oの排出量が増大した。劣化PEおよび未処理・劣化PLA添加によって、土壌DOC含有量が増加するとともに、7日目にはDOC特性が変化した。このことから、未処理・劣化MPによる土壌通気性の向上と易分解性有機物の変化が好気条件におけるCO₂とN₂O排出量の増加につながったと推察した。2) においては、MP含量を0.1および1%に調整し、100%WHCで、30時間嫌気培養した。その結果、PE添加によってN₂O排出量が増加したが、PLA添加では反対に減少し、これらの傾向は1%でより顕著であった（ $p<0.05$ ）。易分解性炭素についてみると、PE添加ではMP無添加土壌より減少しにくく、PLA添加では減少しやすいことがわかった。このことから、脱窒反応速度は、PE添加で遅く、PLA添加で早くなったと推察でき、速やかに脱窒が生じる際にN₂O排出量が小さくなることがわかった。

以上のように、本研究は様々な条件で水田土壌におけるMP蓄積がGHGs排出に及ぼす影響を調べたものであり、MPの劣化や土壌含量、好気・嫌気条件によってGHGs排出パターンが異なることを実験的に明らかにした。これらの知見は、農地におけるプラスチック製品の多用に警鐘を鳴らしたものである。よって、本論文は学術的に高く評価でき、博士（環境学）の学位に値するものと認められる。