

(続紙 1)

京都大学	博士（地球環境学）	氏名	馬 倩（MA QIAN）
論文題目	Effects of Crop Residue Quality and Nitrogen Fertilization on Priming of Soil Organic Carbon Mineralization （土壌有機物無機化におけるプライミング効果に及ぼす作物残渣の質と窒素施肥の影響）		
（論文内容の要旨）			
本論文は、作物残渣の施用が土壌有機物の無機化に与える影響を、作物残渣の質と窒素肥料の同時施用の観点から評価したものである。土壌中の有機物は、植生及び大気を合わせたよりも多くの炭素を含む、陸上における最大の炭素プールである。また、土壌有機物は土壌の肥沃度を司る主要な成分でもある。そのため、有機物を土壌中に保持することは、大気中の二酸化炭素の増加を緩和し土壌肥沃度の維持する上で重要である。農耕地土壌に施用される作物残渣は、土壌有機物の給源となる一方で、既に土壌中にある有機物の分解を促進すること（プライミング効果）が知られている。しかし、プライミング効果の現れ方は、作物残渣の質や肥料の施用の有無によって異なり、それらの影響の体系的な理解は未だなされていない。本研究は、土壌有機物量の効率的な増大を達成するための作物残渣施用法を考える上で基礎となるプライミング効果について、作物残渣の質と窒素肥料の施用が与える影響を明らかとすることを目的として行われた。 第1章は序論であり、プライミング効果に影響を与える因子とそのメカニズムについての既往研究をレビューした上で、本論文の目的を示している。これまでの研究では、プライミング効果に影響を与える主要な因子である作物残渣の質と窒素肥料を組み合わせた研究や、下層におけるプライミング効果の研究が少ないことから、未だプライミング効果の体系的な理解がなされていないことを示している。 第2章では、研究に用いた土壌の性質、安定同位体炭素によって標識された作物残渣の作成方法、実験に用いた茎葉残渣と根残渣の性質を述べている。本研究では、農耕地で採取された火山灰土壌と未熟土壌が用いられ、それぞれ有機物含量が高いことと低いことが特徴である。本研究で土壌に添加した作物残渣は、茎葉残渣で窒素含量、水抽出された有機炭素・全窒素含量が高く、根残渣に比べて分解性が高い。 第3章では、表層の土壌において、作物残渣の質（茎葉と根）と窒素肥料の添加が、土壌有機物の分解におけるプライミング効果に与える影響について解析している。2種類の表層土壌に、安定同位体炭素で標識した茎葉残渣あるいは根残渣の施用と、窒素肥料の施用の有無を組み合わせた処理をした後に、110日間の室内培養実験を行った。無処理の土壌と比較することでプライミン			

グ効果による土壌有機物の分解量を測定した。分析結果は、分解しにくい根残渣が、茎葉残渣よりもより強いプライミング効果を持つことを示した。また窒素肥料の施用は、根残渣によるプライミング効果を弱めたが、茎葉残渣によるプライミング効果には影響を与えなかった。以上の結果に基づき、根残渣によるプライミング効果は微生物が窒素を得るための働きによること、茎葉残渣によるプライミング効果は微生物の残渣分解に伴う共代謝が主要なメカニズムであることを推定している。

第4章では、作物残渣の質（茎葉と根）と窒素肥料の添加がプライミング効果に与える影響について、表層土壌と下層土壌の間の違いを検討している。第3章と同様の処理を表層土壌と下層土壌に行った後に、110日の間室内で培養した。表層では根残渣処理が、下層では茎葉残渣処理が、より強いプライミング効果を示した。表層では、微生物による窒素獲得に伴う土壌有機物分解が、下層では、微生物による共代謝が主要なプライミング効果であるためと考えられた。また、残渣を施用しなかった場合の土壌有機物の分解量に対する、プライミング効果による土壌有機物の分解量の比は、下層土壌で3～22倍大きかった。このことは下層の土壌有機物が、作物残渣の施用に対して分解しやすいことを示す。

第5章では、総合的な検討を行い、特に短期培養（28日）と長期培養（110日）によって得られる結果の違いについて解析を行っている。表層土壌の短期培養では、火山灰土壌において、第3章で検討した長期培養と異なり、茎葉残渣処理でプライミング効果が大きく窒素施用の影響もなかった。未熟土壌においては、長期培養と同じく根残渣処理で大きく、窒素施用に伴いプライミング効果が減少した。これは、短期培養においては、微生物による窒素獲得に伴う土壌有機物の分解と共代謝による土壌有機物の分解の両方が、同じ程度に起こっているためと考えられた。表層土壌の長期培養においては第3章で考察したように、根残渣の施用が微生物の窒素獲得によってより大きなプライミング効果を示した。下層土については、茎葉残渣の施用が短期培養、長期培養のいずれにおいても大きなプライミング効果を示し窒素肥料の施用の影響もほとんどなかったことから、一貫して共代謝による土壌有機物分解が起きていると考えられた。以上のように、作物残渣の質がプライミング効果に与える影響とそのメカニズムが、培養期間によって異なることが示された。既往研究で報告されてきたプライミング効果が、研究事例によって異なることの一因が培養期間であることを明らかにしている。

第6章では、本論文の結論を述べている。作物残渣の質と窒素肥料の施用がプライミング効果に与える影響をまとめ、作物残渣の農地への施用法について提言するとともに、今後の研究の展望を述べている。

(論文審査の結果の要旨)

土壌中における有機物の蓄積は、これが土壌の肥沃度を司る主要な成分であると同時に、大気中の二酸化炭素の増加を緩和する上でも重要である。農耕地土壌に施用される作物残渣は、土壌有機物の給源となる一方で、既に土壌中にある有機物の分解を促進するプライミング効果を引き起こすことが知られている。しかし、プライミング効果の現れ方は、作物残渣の質や肥料の施用の有無によって異なり、それらの影響の体系的な理解は未だなされていない。本論文は、土壌有機物量の効率的な増大を達成するための作物残渣施用法を考える上で基礎となるプライミング効果について、作物残渣の質と窒素肥料の施用が与える影響を明らかにすることを目的として行われた研究をとりまとめたものであり、評価できる点は以下の通りである。

第一に、表層土壌に投入される作物残渣の質や窒素施肥の有無によるプライミング効果の現れ方が違いから、分解されにくい根残渣によるプライミング効果は微生物が窒素を得るための働きによること、茎葉残渣によるプライミング効果は微生物の残渣分解に伴う共代謝が主要なメカニズムであることを示した。さらにプライミング効果の現れ方における表層土壌と下層土壌の間の違いから、表層では微生物による窒素獲得に伴う土壌有機物分解が、下層では微生物による共代謝が、プライミング効果をもたらす主要なプロセスであることを示した。このようにプライミング効果をもたらす主要なプロセスを、有機物が投入される土壌層位や投入残渣の質によって異なることを体系的に示した点に、本論文の学術上の成果を認めることができる。

第二に、陸上における最大の炭素プールである土壌において、新たに植生より有機物が付加する際に発現するプライミング効果のプロセスを明示することにより、土壌からの温室効果ガス放出を抑制するための有効な知見を与えた点が、本論文の地球環境学における意義として評価できる。

第三に、本研究で得られた知見を将来的に実際の農耕地管理に適用した際に、社会における有機物資源の循環利用のあり方に大きなインパクトを与える点が、本論文の社会的な意義として評価できる。

以上の成果により、本論文は、学術的・社会的に地球環境学の発展に大きく貢献した。よって本論文は博士（地球環境学）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和2年12月2日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。