

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：13601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K12147

研究課題名(和文)窒素沈着が土壌有機物分解を抑制する新たなメカニズムの解明

研究課題名(英文) A new mechanism by which nitrogen deposition suppresses soil organic matter decomposition

研究代表者

國頭 恭 (Kunito, Takashi)

信州大学・学術研究院理学系・教授

研究者番号：90304659

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、森林生態系への窒素流入にともなう相対的なリン利用性の低下により、競争力の劣るリグニン分解菌のリン制限が顕在化し、リグニン分解酵素活性が低下して土壌有機物分解が抑制されるという仮説を検証した。可給態リン濃度は、いずれの土壌でも窒素添加区の方が対照区よりも高値を示した。また窒素添加によりリグニン分解酵素活性が低下する土壌も存在したが、逆に活性が高まる土壌も見られた。このため、窒素添加によりリン利用性は低下しないものの、別の機序によりリグニン分解酵素活性が低下する土壌が存在することが示唆された。また全ての土壌で窒素添加によりリグニン分解酵素活性が低下するわけではないことが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人為起源の過剰な窒素の流入により土壌有機物分解が抑制され、森林生態系の炭素貯留量が増加し、地球システムにおける炭素循環にも影響が及ぶ可能性が指摘されている。窒素流入によって微生物分解が抑制されるメカニズムとして、リグニン分解酵素活性の低下と微生物バイオマスの減少とが提唱されている。本研究では、リン利用性の低下と土壌酸性化以外の機序により、窒素流入によりリグニン分解酵素活性が低下する土壌が存在することが示唆された。また今後予想される窒素流入量では、対象とした全ての土壌において窒素流入が有機物分解に与える影響は小さい可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：This study tested the hypothesis that a decrease in relative P availability due to N deposition in forest ecosystems would cause P limitation of less-competitive lignin-degrading microorganisms, which would reduce ligninase activity and suppress soil organic matter decomposition. The concentration of available P was higher in the N-added samples than in the control samples. Addition of N decreased ligninase activity in some samples, while in others, N addition increased ligninase activity. This suggests that N addition does not decrease P availability, but decreases ligninase activity in some soils through other mechanisms. The results also indicate that N addition does not necessarily decrease ligninase activity in soils.

研究分野：土壌学

キーワード：土壌 リン 有機物分解 土壌酵素

1. 研究開始当初の背景

窒素沈着は、森林生態系の炭素循環、ひいては地球規模での炭素循環に影響を与える可能性が高いため、世界各地で森林生態系への長期窒素添加実験がおこなわれている。窒素流入が、森林土壌中の炭素貯留量に与える影響に関しては一貫した結果は得られていないが、概して、窒素流入により炭素貯留量は増える傾向にある。この増大の主因は、一次生産の上昇による炭素流入の増加ではなく、植物リターや土壌有機物の微生物分解の抑制であることが明らかになっている。直感的には、窒素流入により一次生産が高まり、植物リターを介した炭素流入の増加により土壌微生物バイオマスは増え、易分解性有機物だけではなく、難分解性有機物もプライミング効果により分解が促進されると予想されるにもかかわらず、逆に微生物バイオマスおよび有機物分解速度が低下する場合が大部分である。この予想外の結果を説明するために、おもに二つのメカニズムが提唱されている：

窒素流入によるリグニン分解酵素活性の低下(リグニン分解酵素は、土壌有機物および植物リターの分解速度にもっとも影響する)

窒素流入による微生物バイオマス自体の低下

両メカニズムともその妥当性が証明されており、おそらく両者とも環境中で機能していると考えられる。しかし一部の林地では、窒素流入により有機物分解が抑制されているにもかかわらず、リグニン分解酵素活性が低下していない、あるいは微生物バイオマスが減少していない。このため、いずれのメカニズムが卓越するかは対象土壌により異なると推察される。そこで、窒素流入による森林土壌中の炭素貯留量の変動を正確に予測するには、各林地に共通した一般法則を究明する必要がある。

2. 研究の目的

森林生態系への窒素流入により、リグニン分解酵素活性と微生物バイオマスが減少し、植物リターや土壌有機物の分解が抑制されることが報告されている。しかしながら、窒素流入により、リグニン分解酵素活性と微生物バイオマスが低下する機序については不明な点が多い。リグニン分解菌は増殖速度が遅くリン獲得能力が低いことが示唆されているため、本研究では、窒素流入にともなう相対的なリン利用性の低下により、競争力の劣るリグニン分解菌のリン制限が顕在化し、リグニン分解酵素活性が低下するという仮説をたて、それを検証することとした。またあわせて、窒素添加が、微生物バイオマス炭素へ与える影響についても調査した。

3. 研究の方法

長野県下の3地点において、森林土壌(褐色森林土2点と黒ボク土1点)と植物リターを採取した。褐色森林土を採取した1地点の植生はスギ、もう1地点の植生はアカマツであり、黒ボク土を採取した地点の植生はカラマツ・ヒメコマツ・ヤマブドウであった。植物リターを乾燥・粉碎した後、土壌に添加し、最大容水量の60%の水分量で培養した。この際、窒素を添加した区と、添加しない対照区を設けた。培養50、250、365日目に土壌pHと可給態リン濃度、また有機物分解に関わる酵素としてリグニン分解に関わるポリフェノールオキシダーゼとペルオキシダーゼ、セルロース分解に関わる α -グルコシダーゼの活性を測定した。また365日目に微生物バイオマス炭素を測定した。

4. 研究成果

土壌pHへの、窒素添加による顕著な影響は認められなかった(図1)。このため窒素流入によ

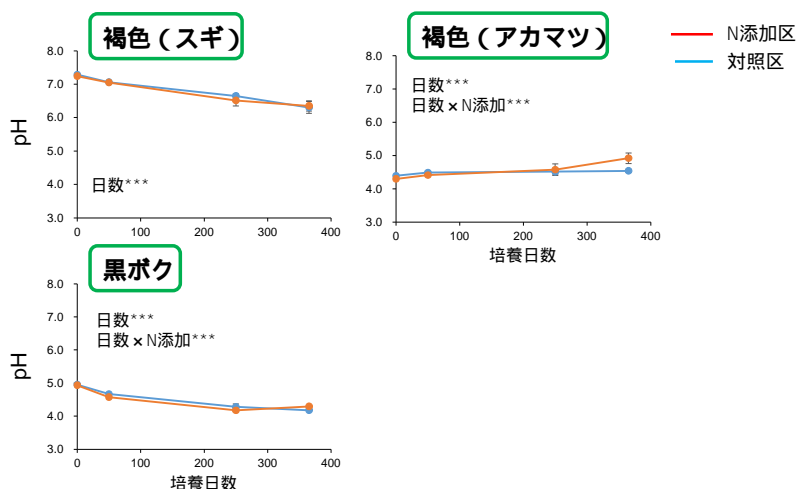


図1. 窒素添加が土壌pHに与える影響

り土壌が酸性化することでアルミニウムが溶出し、その毒性で微生物の有機物分解が抑制される可能性は低いと考えられた。

ブレイ法により推定した可給態リン酸濃度は、スギリターを添加した褐色森林土においてのみ、培養 365 日目に、窒素添加区で対照区よりも有意に低下した（図 2）。しかしながら、水抽出画分のリン濃度は、いずれの土壌でも窒素添加区の方が対照区よりも高値を示した。このため、窒素添加によりリン利用性が低下するという仮説とは一致しなかった。

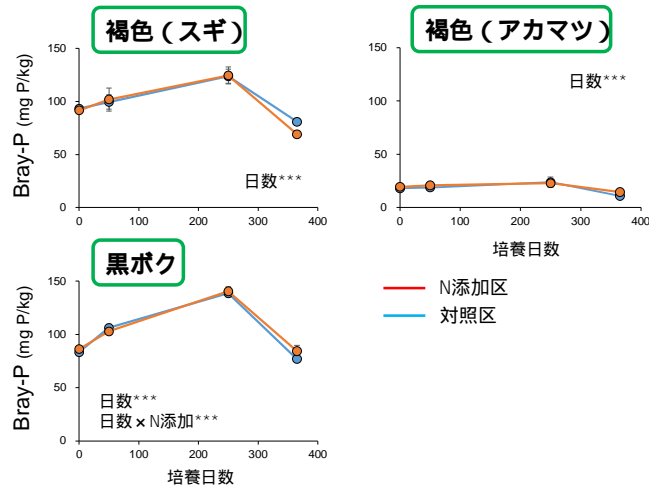


図2. 窒素添加が可給態リン酸濃度(ブレイ法)へ与える影響

黒ボク土では、窒素添加によりポリフェノールオキシダーゼ活性（図 3）と β -グルコシダーゼが有意に低下したが、ペルオキシダーゼ活性は増加した。褐色森林土 2 点では、窒素添加によるリグニン分解酵素活性への有意な影響は認められなかった。これらの結果より、本研究で用いた森林土壌では、窒素添加によりリン利用性が低下し、リグニン分解酵素活性が低下するという仮説は支持されなかった。

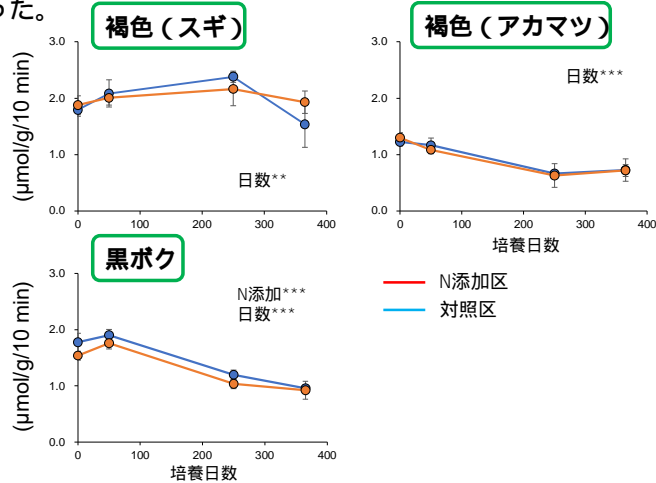


図3. 窒素添加がフェノールオキシダーゼ活性へ与える影響

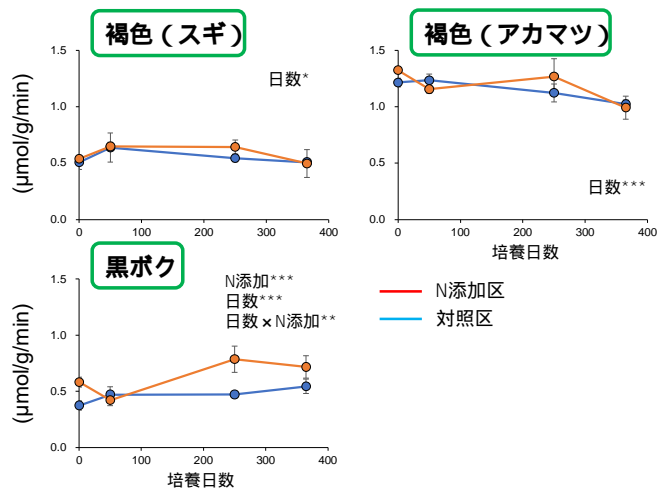


図4. 窒素添加がペルオキシダーゼ活性へ与える影響

また微生物バイオマス炭素は、1 試料でのみ窒素添加により有意に増加したが、他の試料では有意差は認められなかった（図 5）。

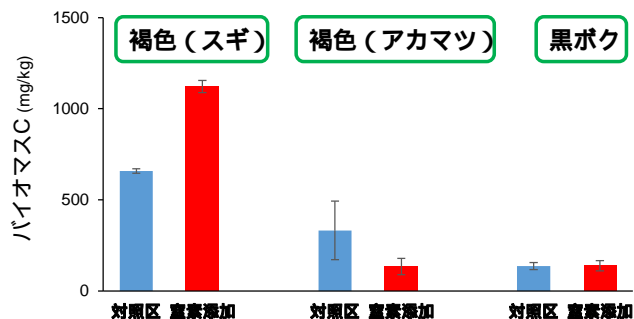


図5. 窒素添加が微生物バイオマスに与える影響

以上の結果より、窒素添加によりリグニン分解酵素活性が低下する土壌と増加する土壌とが存在したが、その結果は可給態リン酸濃度と土壌 pH の変化では説明できなかった。このため、リン利用性の低下と土壌酸性化以外の機序により、窒素流入によりリグニン分解酵素活性が低下する土壌が存在することが示唆された。また全ての土壌で窒素添加によりリグニン分解酵素活性や微生物バイオマスが低下するわけではないことが示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 國頭 恭、須山知美、知識あかり
2. 発表標題 森林土壌への窒素添加がリン利用性と微生物バイオマス炭素へ与える影響
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2021年度北海道大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 國頭 恭、須山知美、知識あかり
2. 発表標題 森林土壌への窒素添加がリグニン分解酵素活性へ与える影響
3. 学会等名 日本土壌肥料学会2022年度東京大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------