

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 黄 建

---

重金属鉱山の開発は植生と耕地を直接破壊するだけでなく、選鉱で生じる廃水が周辺の河川と土壌を汚染する。また、砂礫など大量の尾鉱が広大な土地に山積みされ、雨水によって重金属が溶出し、周辺の広い土地を汚染する。中国には、数多くの重金属鉱山が存在し、重金属汚染による環境問題が深刻になっている。鉱山荒廃地から溶出する有害物質を軽減するには、植生被覆によって雨水による重金属溶出を抑制することが重要である。また、植生が回復することによって植物体や土壌有機物へ有害物質が固定されることも有害物質の溶出抑制に繋がる。しかし、鉱山荒廃地では有害重金属の濃度が高く、植物の生長に必要な養分も乏しいことから、植生の回復は非常に困難である。本論文では、中国中南部の異なる重金属荒廃地において、樹木の重金属耐性や生長を促進する機能を持つとされる外生菌根菌（以下、菌根菌）の群集構造を調べた。

第 1 章の序論に続く第 2 章では、湖南省の Pb・Zn 鉱山荒廃地における馬尾松 (*Pinus massoniana*) に共生する菌根菌の群集構造を調べた。調査地は湖南省の花垣市 Pb・Zn 鉱山 2 ヶ所 (HY1 と HY2)、岳陽市桃林 Pb・Zn 鉱山の尾鉱荒廃地 (TLT)、およびその近辺の植生非破壊地 (対照地、TLC) に設定した。HY1 と HY2 では、土壌 Pb と Zn 濃度が著しく高い地点を含んでいたものの、馬尾松根系の菌根菌の感染率や多様性などは、対照地の値と有意な差が認められなかった。一方、TLT では土壌の Pb と Zn の濃度は HY1 より顕著に低かったものの、菌根菌感染率と菌種の豊かさは他の三つの調査地より著しく低く、4 つの先駆菌種 (*Rhizopogon buenoi*, *Tomentella ellisii*, *Inocybe curvipes*, *Suillus granulatus*) が 93.2% の菌根を占めていた。以上の結果から、土壌中の Pb や Zn 濃度の直接の影響よりも、土壌中の養分や有機物が少ないことが TLT の菌根菌群集に影響しているものと考えられた。

第 3 章では、湖南省湘潭市の Mn 鉱山荒廃地において、馬尾松とカラカシワナラ (*Quercus fabri*) に共生する菌根菌の群集構造を調べた。検出された菌根菌の種数は、馬尾松から 48 種、カラカシワナラから 20 種で、合計 53 種であった。Atheliaceae は馬尾松の菌根菌群集では優占していたが、カラカシワナラの菌根では 3.6% の根端にしか見られなかった。同様に、Russulaceae は馬尾松で優占していたが、カラカシワナラの菌根からは検出されなかった。菌根菌の種の豊かさは Mn 濃度と有意な負の相関を示したほか、高 Mn 濃度では Russulaceae や Thelephoraceae の出現が減少する傾向が見られた。Russulaceae と Thelephoraceae は Mn に感受性が高いため、汚染土壌では菌根の形成が抑制されたため、菌根菌の種の豊かさが減少したものと考えられる。

第 4 章では、江西省徳興市の Cu 鉱山尾鉱ダム斜面の客土上に植栽された馬尾松と隣接した馬

尾松優占林分（対照地）で菌根菌群集を調べた。その結果、対照地の菌根菌群集は多くの菌種で構成され、各菌種の優占度の均一性も高かったのに対し、尾鉦ダム斜面では Atheliaceae に属する 2 菌種の優占度が著しく高く、その相対菌根数は 78.2% に達した。各菌の出現頻度および相対菌根数と客土中の Cu 濃度には有意な関係が認められなかった。客土中の N 濃度は対照地土壌よりも有意に低いなど土壌養分に乏しいこと、客土は山の心土由来で菌根菌感染源が少ないことなどが、尾鉦ダム斜面客土中の菌根菌の群集構造に影響しているものと考えられる。

第5章では、桃林Pb・Zn尾鉦（TLT）、徳興Cu鉦尾鉦の客土（DXT）、植生非破壊森（DXC）における菌根菌の埋土孢子（菌核等の感染源を含む）の群集構造について調べた。それぞれの林分から採取した土壌を充填したポットに馬尾松の苗を植えて、8ヵ月栽培し、埋土孢子から苗の根に形成された菌根を調べることによって埋土孢子群集を調べた。DXCと比べ、TLTとDXTの菌根菌の感染率と苗の成長量は低かった。サイト間で埋土孢子群集の優占種は全く異なり、TLTでは *I. curvipes*、DXTでは *S. granulatus* と *Suillus luteus*、DXCでは *Cenococcum* と *Rhizopogon* がそれぞれ優占していた。各サイトにおける埋土孢子群集と、前章までに明らかにした成木の菌根菌群集と比較すると、TLTでは群集の類似度が高かったものの、DXCでは低かった。

第6章では、すべての調査地の結果を統合・再解析して、総合討論した。本研究で検出された菌根菌の種数は、馬尾松から104種、カラカシワナラから20種の合計107種であり、84種は担子菌に、23種は子囊菌に属していた。菌根菌の群集構造に及ぼす重金属の影響については、重金属の種類によって異なることが示された。Mn濃度の高い土壌では、Mnに感受性が高い菌種の菌根形成を抑制することにより菌種組成が大きく変わっていたほか、菌根菌の種の豊かさも減少した。一方、土壌中のPbやZn濃度の直接的な影響は認められなかった。さらに、重金属鉦山地域では、重金属以外の要因（例えば土壌中の養分や有機物の含量）の影響も大きいことが示唆された。

以上のように、異なるタイプの重金属鉦山荒廃地において菌根菌の群集構造の特性を明らかにしたことは、国際的にも新規性の高い研究成果であると評価できる。また、樹木の生長に重要な役割を持つ菌根菌が重金属に対してどのような生態的反応を示すのかを示した本研究の成果は、鉦山跡地の植生回復への応用へ繋がる重要なものである。よって審査委員一同は本論文が博士（農学）の学位論文として価値あるものと認めた。