

放射性Csの子実体への移行を低減化する原木シイタケ栽培法 並びに、移行メカニズムの解明について

○相場幸敏、橋田美香、降矢郁美、大貫敏彦*
株式会社 富士種菌、*日本原子力研究開発機構

【目的】

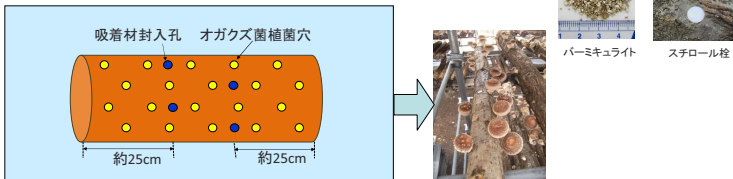
東電福島第一原発の事故により東日本の広範な山林が放射性Csに汚染された。その結果、安全なキノコを生産するための原木確保は困難を極めている。一方、放射性Csを可能な限り低減させる栽培技術の研究は、食の安全のみならず生産者の風評被害を払拭するためにも焦眉の課題と言える。しかし、これまでの栽培法は何れも実用性に多くの課題を残している。そこで、放射性Csの移行機構の解明と併せて、安全で簡便な方法による原木シイタケへの移行低減を実現するための栽培技術の開発を目的に本試験を実施した。

実験① 原木樹幹内除染の可能性、及び放射性Csのホダ木内挙動の確認

本試験は、原木内部移行した放射性Cs濃度を低減するために部分的に各種吸着材を原木に封入し、放射性Csのキノコへの移行抑制効果を検証した。

【方法】

直径7.5~12cm、長さ約90cmのコナラ、放射性Cs濃度150Bq/kg(12%乾重)前後の原木を各試験区に3本ずつの供試原木に対して、オガクズ種菌の通常植菌を行った後、深さ25mm、径12.7mmの穴を太さに応じて8~12個程度穴あけて吸着材を詰め込んで、スチロール栓を蓋をした。

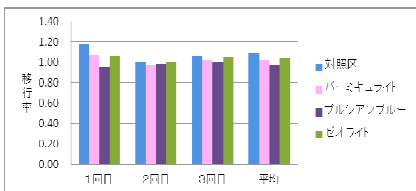


人工ホダ場で約5ヶ月ホダ木育成後、キノコを発生させ移行率を測定した。

移行率の測定方法はホダ木1本単位で子実体Cs値を測定し、平均移行率を3回発生より算出。

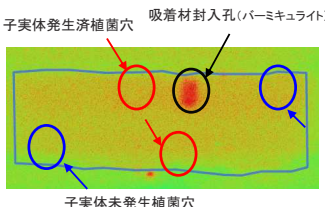
【結果】

移行率



※測定機器: EMF211型ガンマ線スペクトロメータ

オートラジオグラフィー解析によるホダ木内の放射性Csの挙動



※使用機器: バイオイメージングアナライザー BAS2500(フジフィルム, Japan)

移行率測定の結果、本試験方法では各試験区とも十分な移行抑制効果は確認できなかった。オートラジオグラフィー解析の結果からは、吸着材封入部には放射性Csの濃集が確認され、原木内の放射性Csは木質組織の自由水によって移動することが確認できた。ただし、ホダ木育成期間中の水による放射性Csの移動は局所的と推察され、本実験の穴数はホダ木全体の子実体の平均移行率を低減するまでには至らなかった。

実験② 吸着材混合種菌の作成と移行低減化のための栽培試験

実験①の結果から放射性Csは水と一緒に一定の範囲で原木、或いはホダ木内を移動することが確認された。そこで、本試験ではホダ木除染をより効果的、かつ簡便に行う方法として、所定の割合で吸着材を混合したオガクズ種菌(以下、混合種菌)を作成し、それら種菌を通常の栽培方法で植菌して、ホダ木、子実体発生等への影響を観察すると共に、キノコへの放射性Cs移行低減効果を調べた。

【方法】

供試原木を、放射性Cs濃度が均等になるよう、各試験区に3本ずつ割り当てた。吸着材は体積比で5~25%の範囲でそれぞれ混合し供試種菌を作成して、通常植菌を行った。所定期間、ホダ木育成した後、キノコを発生させ試験区ごとに測定した。試験発生回数は通算4回行い、それぞれの移行率、及びトータル平均移行率を算出した。

供試原木: 直径7.5~12cm、長さ約90cmコナラ、放射性濃度 130~170Bq/kg(12%乾重)

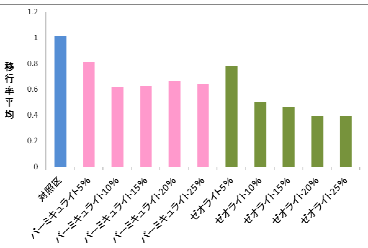
植菌穴数: 50個/末口10cm

供試吸着材: パーミキュライト(中国産、自社にてパウダー加工)・ゼオライト(国産イワライト0.5mm)

*ブルシアンブルー(PB)はキノコ石突への着色の問題が生じるため使用せず。

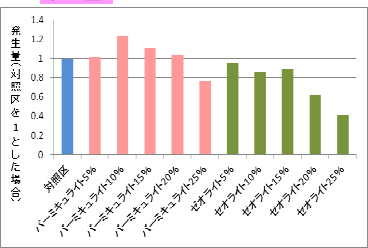
【結果】

移行率



測定機器: EMF211型ガンマ線スペクトロメータ

発生量



移行率測定は通算4回の発生を通して、対照区と試験区それぞれ比較した。その結果、対照区に対してパーミキュライト試験区では混合比10%区で最大40%の放射性Csの移行低減を確認した。ゼオライト混合区では25%区で最大約60%の移行抑制効果が確認された。移行率は発生回数による有意差、並びに植菌穴と樹皮部から発生したキノコとの間でも有意差は確認できなかった。従って、同技術による移行低減効果は実用的な栽培期間期待できるものと思われる。

発生量の比較ではパーミキュライト区の一部試験区で対照区に対して増収効果が見られた。その一方で、ゼオライト区では混合比に比例して収量が低下する傾向が見られた。

その他、ホダ木の遅れ、シイタケの形状、食味等において吸着材由来の影響を調べたが異常は認められなかった。

実験③ オートラジオグラフィーを用いた放射性Cs移行メカニズムの解明

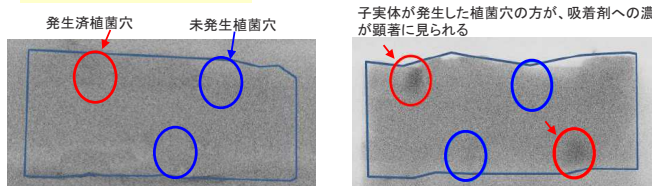
【方法】

実験②で発生試験させたホダ木の一部を切り取り、移行抑制に伴う放射性Csの動態をオートラジオグラフィーを用いて画像解析した。

【結果】

対照区: 普通オガクズ種菌

試験区: 混合種菌(パーミキュライト10%)



○ 子実体発生済植菌穴

● 子実体未発生植菌穴

※使用機器: バイオイメージングアナライザーBAS2500(フジフィルム, Japan)

※解析IP画像提供: 日本原研機構

通常オガクズ種菌を植菌した植菌穴には、キノコの発生有無に関係なく放射性Csの濃集は見られないが、混合種菌の植菌穴には、キノコの発生有無によって植菌穴に放射性Csの顕著な濃集差が見られた。キノコが発生した植菌穴の方に見られる顕著な濃集現象は、混合種菌のキノコへの移行低減を裏付けるものと言える。しかし、栄養菌糸細胞に取り込まれた放射性Csが吸着材の存在によって細胞外に放出されることは考えにくいことから、子実体への放射性Csの移行メカニズムは栄養菌糸体以外にも存在する可能性があることを示唆している。

実験④ 栄養菌糸以外の移行ルートの解明

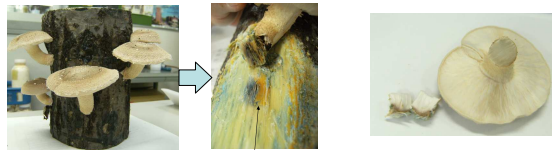
実験③の結果から、放射性Csが栄養菌糸以外の経路からも子実体に移行している可能性があると考えられ、仮定として、子実体の発生期間中、連続的にホダ木から供給される水の輸送系は、栄養菌糸以外にも存在する可能性がある。その存在の有無を明らかにするため、子実体(菌糸細胞)には吸収されないことが既に試験報告(*)されているナノPBを用いて実験を行った。

※(独)森林総研 根田ら(第17回きのこ学会要旨集P31)

【方法】

供試ホダ木を0.2%のナノPB高分散液、液温15°Cに漬け、2分間真空ポンプで吸水処理後、子実体を発生させ、子実体の発生部位を中心とするホダ木内の着色変化(PBの濃集)を観察した。

【結果】



子実体発生直下にナノPBの濃集を確認 子実体にはナノPBの移行は肉眼的には見られない

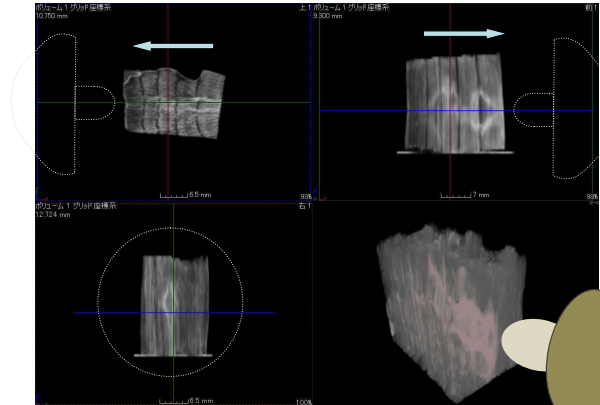
キノコの石突直下の木質組織にPBの明瞭な濃集が確認された。PBは子実体、即ち菌糸細胞にも吸収されないと考えるのが妥当とすれば、この濃集は栄養菌糸以外の何らかの輸送系によって、子実体につながる水分移動がホダ木内で起きていることを示唆している。

実験⑤ 子実体発生直下のホダ木材片のX線CT画像解析

【方法】

実験④の結果をもとに、ホダ木内で実際に水分移動がどのように発生していたのか、更に詳しく調べるため、子実体採取した直下のホダ木材片をX線CT解析装置にかけて、ナノPBの挙動、即ち水分移動を画像化して、仮定の水輸送系の存在を検証した。

【結果】



画像上で白く濃く見える部分がPB濃度が高い。※使用機器: Y-CT COMPACT320(中外テクノス(株))

※CT解析画像提供: 日本原研機構

肉眼では確認できなかったホダ木材片のナノPBが、年輪を跨いでホダ木内部から子実体に向かって、やや変則的な形で流れて行ったことがCT画像で確認できた。これによって、子実体の発生に伴って栄養菌糸以外にも、水を子実体に輸送するメカニズムが存在することが裏付けられた。これらの結果は、子実体が発生した混合種菌の植菌穴に放射性Csの顕著な濃集現象が起きることを客観的に証明したものである。

以上の研究から、吸着剤を所定割合で混合したオガクズ種菌を通常通り栽培することで、放射性Csのシイタケへの移行率を概ね半減させることができることが分かりました。同時に、原木に内部移行した放射性Csのキノコへの移行機構の一端が解明できたことで、本研究が今後の除染栽培技術の研究開発のさらなる前進に資することを期待するとともに、より安全で、より効果的な、しかも生産者負担のない高度技術が実現することを願っています。それによって、今なお放射能問題で苦しむ全国のたくさん栽培農家の皆さんが、原木シイタケを作り続けることに再び自信と誇りを取り戻し、明るい笑顔で栽培ができる、そんな日が一日も早く訪れることを心から願ってやみません。