

前の発表

TOP

次の発表

第2回 4大学間「学生交流自主的・実践的研究プロジェクト」 研究成果発表会

2 香北町発 菌床エコロジーの実践 ～環境浄化から環境教育へ～



発表者：中尾 千予視 さん

発表内容

題目：香北町発 菌床エコロジーの実践 ～環境浄化から環境教育へ～

研究者：高知大学 教育学研究科 教科教育専攻 理科教育専修 1年生

中尾 千予視

平田 沙織

宮下 友一

はじめに

1. 菌床とは？
2. 菌床エコロジーと Wood Circle コンセプト
 - 2-1. 菌床エコロジーの基本的概念
 - 2-2. Wood Circle コンセプトの詳細
 - 2-3. まとめ
3. 環境浄化についての実践的研究
 - 3-1. 環境浄化に関する実験の概要
 - 3-2. 菌床に対する環境汚染物質の吸着特性
 - 3-3. 菌床による環境汚染物質の分解
 - 3-4. 実験についてのまとめと今後の課題
4. 菌床エコロジーを活用した環境教育の提案
 - 4-1. 意義及び目的
 - 4-2. 実践的提案
 - 4-3. 現状と今後の課題

まとめ

引用及び参考文献

はじめに

この題目を見た方は、様々な疑問を持たれたことだろう。「香北町？」「菌床？」「菌床エコロジー??」といった疑問が一瞬にして頭をよぎったに違いない。端的に述べると、香北町はメンバーの一人である中尾の育った町で、菌床はシイタケなどのキノコの栽培に用いられる培地のことである。菌床がどういったもので、香北町がそれとどう関係があるかなど、詳しいことは後ほど述べる。このプロジェクトの目的は菌床を肥やしとしてエコロジーの木を育てていくためのコンセプトを基に、実践的な取り組みを実現していくことである。

私達が菌床に興味を持ったそもそものきっかけは、研究室のテーマである「微生物による環境汚染物質の分解」の実験に、シイタケの菌床を用いたことである。¹⁾その菌床が中尾の地元で作られていると知り、メンバーはさらに興味を募らせた。

香北町は、高知県の東部、香美郡に位置する人口 5 千人余りの町で、四方を山に囲まれた自然豊かな土地柄である。産業は、農業や林業などの第一次産業が中心だが、高齢者人口の割合が高く、最近では過疎化が問題になりつつある。その香北町では、数年前に菌床センターができ、シイタケ栽培用の菌床を生産し、農家だけでなく一般家庭に対しても広く販売している。そのことを知識としては知っていたが、実際に目の当たりにするのは、研究でかかわりをもったときが初めてだった。だが同時に、地場産品として売り出したはずの菌床が、思いのほか地域の活性化につながっていないという事実にも気がついた。また一方で、研究の一貫として菌床を調べるうちに、菌床には栽培用としてだけでなく、それ以外の様々な可能性が秘められているのではないかと考えるようになった。

具体的なアイデアとして、次のようなものを挙げた。真っ先に浮かんだのは、研究室のテーマである「環境汚染物質の分解」である。この実験では、購入したばかりでまだシイタケを収穫したことがない菌床を用いていた。しかし、収穫後も菌床の中の菌はまだ十分に生きていることがわかり、廃棄菌床の有効利用の観点から、汚染物質分解に収穫後の菌床を用いることを考えた。また、菌床は木材加工などの過程で発生する細かい木屑(オガクズ)を主な原料にして作られるため、それ自体がエコロジカルなものであると言える。さらに、栽培を終えた菌床は、カブトムシやクワガタなどの幼虫を育てる巣としても利用することができる。しかも、これらはほんの一部で、菌床は他にも様々な形で利用できるような多くの可能性を秘めているに違いない。それらを利用し尽くしたならば、きっと環境保全や地域の活性にもつながるはずだ...!

こうして、このプロジェクトは始動したのである。

1．菌床とは？

シイタケの栽培法は、大別すると2つである。1つは従来から用いられている、コナラやクヌギなどの原木に種駒を挿取して栽培を行う原木栽培であり、もう1つは最近出荷量を大きく伸ばしつつある菌床栽培である。菌床とは、その菌床栽培に用いられる培地を指す。

菌床の一般的な製造方法は、次のようなものである。まず、広葉樹オガクズに米ヌカ、フスマ(小麦を粉にする時にでる皮のくず)などの添加物を加え、水を含ませた培地(1.2～2.5kg)をポリプロピレンの袋に詰めて殺菌する。次に、3ヶ月かけてオガクズ種菌を接種し、完全に菌糸が蔓延した完熟菌床を作れば完成である。その後、袋を剥ぎ取り、環境条件を制御したハウス内で子実体(キノコ)を発生させ、成長したところで収穫する。菌床栽培は、欧米や中国では積極的に受け入れられてきたが、我が国では、原木栽培での長い歴史を刻んできた経緯から、菌床栽培に対する理解が充分とはいえず、利用も少なかった。しかし最近では、菌床栽培用の品種が多く開発され、栽培環境の改善が進み、原木栽培のシイタケと遜色ない優れた品質のものが生産できるようになった。近年では、施設園芸として急激に浸透し、生シイタケ生産量の半分を占めるまでになっている。²⁾

2．菌床エコロジーと Wood Circle コンセプト

2-1. 菌床エコロジーの基本的概念

“エコロジー(ecology)”とは、本来「生態学」のことを指すが、狭義では「人間と自然環境・社会環境との関係を研究し、自然環境の保護を図ること」を指す。³⁾つまり、「菌床エコロジー」とは、「菌床から考える自然環境の保護」と言っても過言ではない。私達は、「菌床エコロジー」を実践するにあたって、そのコンセプトとして「Wood Circle(図 2-1.)」というものを考案した。これは、木材から始まり、菌床を様々な方法で再利用し、再び木材へと生まれ変わる木の一連の流れを円(サークル)で表した概念である。主な目的は栽培後の廃棄菌床の多目的利用及び環境保全だが、それに加えて、自治体や企業などとの連携による地域活性、環境教育への利用も提案したいと思う。

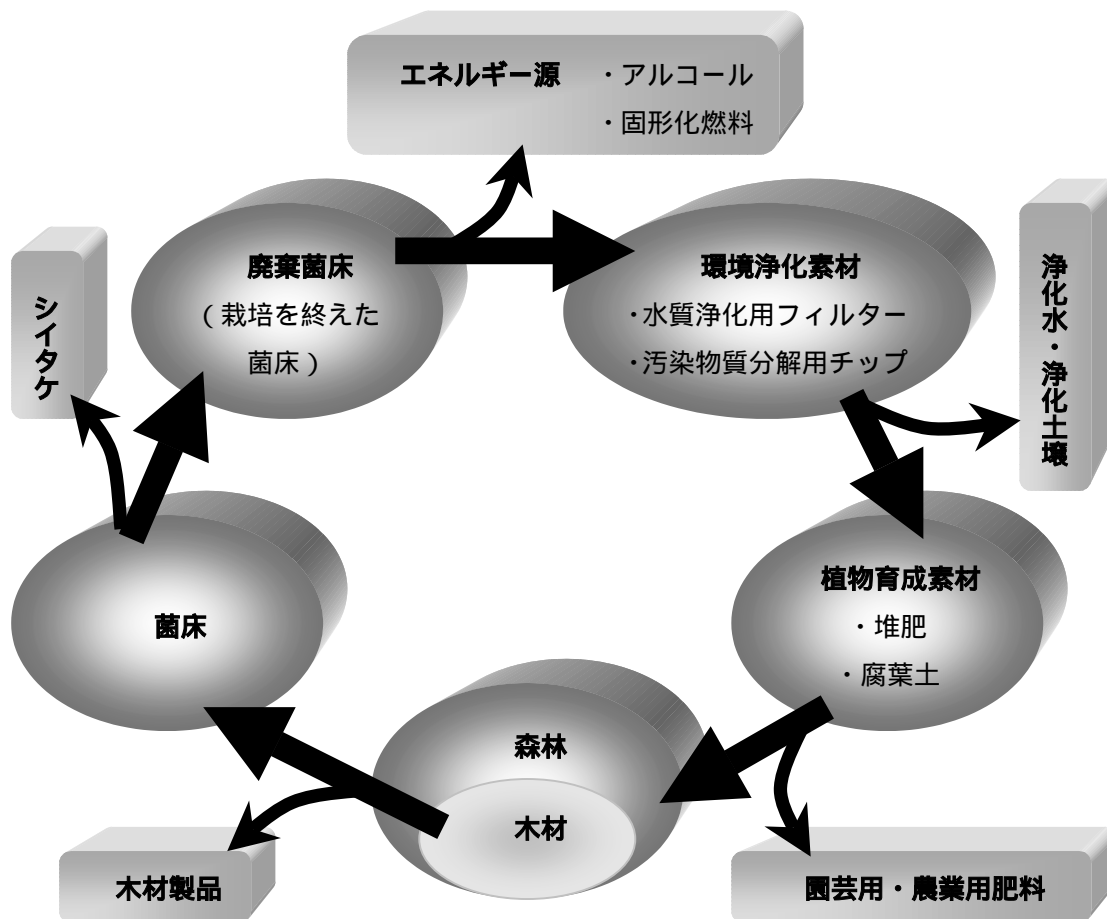


図 2-1. Wood Circle コンセプト

2-2. Wood Circle コンセプトの詳細

コンセプトの詳細は、図 2-1.の番号 ~ に沿って説明する。

森林 木材 木材製品

世界中で生産されている木材のうち、産業用に利用されているのは全体の約 47 %である。しかし日本では、産業用に利用されている木材は全体の約 96%に上る。そのうち、約 54 %は住宅の建築や家具などに、約 42%は紙の原料などに使われている。その他の使い道としては、薪炭材やシイタケ原木などがある。⁴⁾

菌床 シイタケ 廃棄菌床

菌床は、木材加工の過程において発生した木材の小片やオガクズを利用して作られ、農家や一般家庭へと販売され、シイタケ栽培に利用される。農家で収穫されたシイタケは、卸業者を経て一般家庭の食卓へと上る。一度の収穫を終えた菌床は、まだ菌が生きているにもかかわらず、二度目以降は生産効率が落ちるため、その多くが廃棄されてしまう。⁵⁾

エネルギー源

現在、生ゴミや廃材などの生物資源由来の廃棄物をアルコール燃料に加工し、新たなエネルギー資源として利用する試みが行われている。アルコール燃料にするには、廃棄物を乾燥させ、粉碎して粉状にし、水蒸気とわずかな酸素を加え、800～1000℃で蒸し焼き状態にしてガス化させると、メタノール(アルコールの一種)が発生する。このアルコール燃料は、限りある化石燃料の代わりとして車のエネルギー源などに利用することができると考えられている。また廃棄物を加工して、火力発電のための固形化燃料として利用するという方法も考えられている。⁵⁾

廃棄菌床も生物資源由来の廃棄物であるため、アルコール燃料や固形化燃料に加工することで、新たなエネルギー源として化石燃料に代わる活躍が見込まれる。

これらの燃料を製造するためには、廃棄物を回収・加工するための企業や、こうしたシステムを作り、管理する自治体の理解・協力が必要である。また、そうして製造された燃料を利用するために、固形化燃料で発電を行える火力発電所や、アルコールを燃料とする車の開発が望まれる。燃料は、菌床だけでなく、様々な生物由来の廃棄物で作ることが可能である。これからは、こうして作られたエコロジカルな燃料が、従来の化石燃料の代替品として必要とされてくるだろう。

環境浄化素材 浄化水・浄化土壌

排水処理の方法として溶存物質の物理化学的処理法にイオン交換法、電気透析、膜分離法、吸着法などがある。⁶⁾このプロジェクトでは、菌床に溶存物質を吸着させて水質浄化を図る吸着法を用いることにした。具体的には、廃棄された菌床を粉碎し、ネットや筒などに層状に詰めたものをフィルターとして利用する。フィルターの原料になる菌床は、農家などから廃棄菌床を回収する。これを下水処理施設などに設置し、フィルター内に、汚染された水を時間を掛けて通過させることにより、浄化されるという仕組みである。また、河川や池といった広範囲の水質浄化に用いる場合には、粉碎した菌床を大きなシート状のものに入れてフィルターとし、河底や池の底に沈め、その上を汚染された水が流れることにより、汚染物質が吸着され、徐々に浄化されるという方法も考えられる。これ以外にも、家庭の下水管の大きさにあわせて小さなサイズのフィルターを製作することで、家庭ごとに環境汚染を未然に防ぐことも可能であると考えられる。

しかし、菌の性質上、水中で吸着させた汚染物質をその場で分解することは難しい。そこで、フィルターを定期的に取り替える必要がある。取り替えたフィルターは土壌に集め、さらに菌床を加えて汚染物質を分解させる。そのまま放置していてもよいが、菌の分解能をさらに活性化するために、ハウスのように温度や湿度などを管理できる施設に集めると、より効率的である。

土壌汚染の場合も、水質浄化のときのように菌床を使って浄化させる。例えば汚染土壌に、破碎した菌床を混入し、温度、湿度及び栄養などの管理をしながら時間をかけて汚染物質を分解させる。これを利用できる汚染土壌としては、工場跡地やゴミ処理場跡、

汚染水が流れていた川岸、汚染水が流れ込む田畑などがある。分解を終えた菌床は、有機土壌の一部として草木や森林を育むようになる。

このような環境浄化を行うためには、菌床の加工・管理を請け負う施設・設備を持った環境保全の会社などが必要である。そのために、環境庁が認定する環境カウンセラーの活躍や、市民の環境に対する意識の高まりも必要である。環境カウンセラーは、事業者の環境保全の具体的対策に関する助言や、市民の環境保全活動、組織運営等に関する相談に対する助言や環境関連事業の企画・運営などを行う。⁶⁾

市民や企業などの意識が高まれば、下水処理施設や環境保全の会社などを經由しなくても、それぞれの企業・家庭ごとに、排出物削減やリサイクル活動などを通して、環境にやさしい生活を送ることもできると思われる。

植物育成素材 園芸用・農業用肥料

廃棄菌床は、環境浄化に使用せずにさらに腐敗させることで、堆肥としても使用できる。この作業をするために、リサイクルセンターや農協などが活躍し、農家から菌床を回収する。それをきゅう肥(わらや作物の残りなどを家畜の糞尿と混合し堆積、成熟させたもの)のように一箇所に集め堆積させ、成熟させ菌の働きを活発にし、有機肥料とする。また、廃棄菌床を燃やし、炭の形にして有機肥料とする方法もある。

有機肥料の有用性は、有機栽培として利用できることと、無機肥料と併せて使うと生産の効率が上がることがある。無機肥料だけ長年使用したとすると、土壌の肥沃化や地力・抵抗力が弱まり、品質・収量の低下が起こるため、有機肥料と無機肥料の特徴・性質をよく認識してバランスのとれた合理的な施用を行うことで農作物の収穫量が増える。⁶⁾つまり、農家で回収した廃棄菌床は、堆肥にして再び農家に還元したり、店頭販売を行ったりといったことも可能である。

また、その堆肥を森林に撒くことで森林の成長を促し、森林を再生することも出来る。このためには、林業関係の人々の協力が必要である。そうして森林を再生させることにより、その森林をまた木材として使いオガクズなどがでて、オガクズを使い菌床を作ることが出来るというサークルが出来る。

2-3. まとめ

以上、これまでに述べてきたものの他に、そうして再生した森林を、地域や学校の環境教育で役立て、環境に対する意識を高めるといったことにも活用できる。もしも実際に、森林内で体験活動を行う場合には、森林インストラクターという人に協力を得る方法がある。森林インストラクターとは、森林レクリエーション協会が農林水産大臣の認定をうけて試験を実施し、その試験に合格した人になることができる。その活動内容は、一般の人々に森林や林業に関する知識を与え、森林の案内や森林内での野外活動の指導などといったものである。⁶⁾

森林が切られて木材になり、木材の加工の過程でゴミとして出るオガクズを利用して菌床を作ることが出来る。菌床は、農家や一般家庭でシイタケを栽培して終わると廃棄される。その廃棄された菌床を回収し水質・土壌浄化に役立てる。そして、浄化された水や土壌はまた森林を育て、森林は木材として利用される。また、菌床は浄化に使うだけでなく、堆肥としても使用できる。この堆肥を農業や林業に利用し、野菜や森林を栽培できる。つまり、木材加工のゴミで出来た菌床が最終的には、森林を作り木材になるというサークルが完成するのである。

3 . 環境浄化についての実践的研究

3-1. 環境浄化に関する実験の概要

菌床を用いた環境浄化を行うにあたって、今回は特に「水質浄化」及び「汚染物質分解」という2点についての有用性を検討した。そのために、次の2つの実験を行った。

菌床に対する環境汚染物質の吸着特性

菌床による環境汚染物質の分解

これらの実験では、環境汚染物質として*p*-ニルフェノール(以下、NP)という物質を使用した。NPは現在、日本では唯一「内分泌攪乱物質(環境ホルモン)」と認定されている物質であり、生体内に取り入れられると生殖異常などを引き起こす。環境省の研究では、メダカのオスにおいてNPの水中濃度 17.7 μg/lで性分化異常、受精率低下などが認められている。⁷⁾その発生源は、我が国で最も広く利用されている工業用非イオン界面活性剤の原料及び分解産物である。工業用非イオン界面活性剤は、*p*-アルキルフェノールポリエトキシレートという名称で、汚泥中に放出されると環境中の微生物の作用で容易に分解される。その際、疎水性のアルキル基は分解されないが、親水性のエトキシ基(ポリエーテル部分)が分解されて毒性の強い*p*-アルキルフェノールを生ずるとされている。その*p*-アルキルフェノールポリエトキシレートの中で最も多量に使用されるのが*p*-ニルフェノールポリエトキシレートであり、それが分解されることによってNPを生ずる(図3-2)。⁸⁾

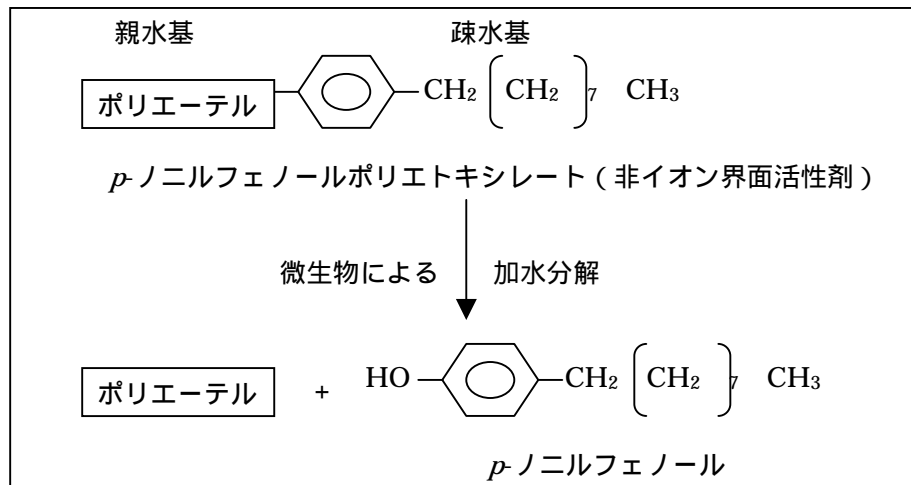


図 3-1.非イオン界面活性剤の構造とその加水分解生成物

3-2.菌床に対する環境汚染物質の吸着特性

(1) 実験のねらい

環境汚染物質の発生源は、水環境ならば、そのほとんどが家庭排水または工場廃水に含まれると思われる。通常の下水处理では、塩素系の薬品などを用いた殺菌が行われる。しかし、塩素濃度の高まった水は臭いもきつく、飲料水や生活用水としても決して安全であるとはいえない。また、塩素系の薬品に対して耐性を持つ耐性菌も現れてきており、更に塩素濃度を高めなければならなくなる、といったような悪循環に陥る恐れがある。そこで、その環境汚染物質を菌床によって分解することができれば、より安全な水質浄化が行えると考えた。だが、菌床を用いた環境汚染物質の分解は、菌の性質上、水中で直接行うことは困難である。水質浄化を行うためには、まず、排水中から汚染物質を除去し、そうして取り出したものを菌床で分解するといった手順を踏む必要がある。そこで、菌床の主原料である木材の物質的性質に着目し、これを利用しようと試みた。木材の成分は、その約45%がセルロースという多糖類の一種でできている。この物質が汚染物質に対して吸着性を示すことで、汚染物質と水とを分離し、水質の浄化を図ることができるのではないかと考えたのだ。家庭や工場の配水管に、菌床をフィルターのようにして設置することで、洗剤の主成分である界面活性剤などが環境中に直接流れ出すのを防いだり、その量を減らしたりできるかもしれない。

こういった目的から、この実験では、環境汚染物質が菌床に対してどの程度の吸着性を示すのか、またその結果から、菌床が水質浄化に有効であるかを調べた。実験には、菌床をよく乾燥させて粉末状に粉碎したものを使用した。これは菌床の表面積を増やすことによ

って、汚染物質が吸着する効率を上げることをねらいとしている。また、菌床に対する環境汚染物質の吸着特性を調べるにあたって、その比較対象として、菌床以外の吸着材料にシリカゲル、炭酸カルシウム、セルロース、及び有機培養土といった自然界にも存在する物質を用いた。これら全ての吸着材料で同様の実験を行い、各物質に対する汚染物質の吸着特性を比較、検討を行った。

(2) 各吸着材料について

ここでは、実験で使用した各吸着材料の基本的な性質について、説明する。

シリカゲル ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)

吸着力の強いケイ酸のゲルだが、水分は 2 ~ 10 % である。無色または黄褐色、透明または半透明の粉末であり、モース硬さは 4.5 ~ 5、密度は 2 ~ 2.5 g/cm³ である。多孔性で、その表面積は 1 g につき 450 m² に及ぶものがある。吸着力は含まれている水の量と関係し、ゲルとしての構造が保たれるかぎり、高度に脱水したものほど吸着力が大きい。空気中の水分の除去、石炭ガスからのベンゼンの採取、天然ガスからの低沸点炭化水素の採取、クロマトグラフィー充填剤などに利用されている。吸着剤としては、不燃性、機械的堅牢性などの点で、活性炭より優れている。⁹⁾

炭酸カルシウム (CaCO_3)

天然には鉱物の方解石、氷州石、あられ石として存在し、石灰岩、大理石、白亜などとして産出される。六方晶系結晶で硝酸ナトリウム構造のものと、斜方晶系で硝酸カリウム構造のものがあるが、どちらも水には溶けにくい。溶解度は 0 °C では 1.34 g、25 °C では 0.82 g、100 °C では 0.20 g である。酸に溶けると、CO₂ を放出し、Ca²⁺ イオンの溶液となる。ただし、CO₂ を含む水には Ca(HCO₃)₂ を生じて溶ける。石灰石を粉砕した重質炭酸カルシウムは、セメント、生石灰、農薬の製造や酸中和剤として用いられ、合成された沈降製炭酸カルシウムは、ゴム、プラスチック、製紙、歯みがきなどの充填剤として用いられている。⁹⁾

セルロース ($(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$)

繊維素ともいい、植物細胞壁の主成分をなす多糖類の一種である。自然界に産出されている有機物の中では、最も多量に存在し、藻類にも存在する。木綿の繊維は自然界で得られる最も純粋なセルロースである。ふつうの植物繊維はリグニン、ヘミセルロースなどを含むので、水酸化ナトリウム、亜硫酸水素ナトリウム、次亜鉛素酸ナトリウムなどで処理して精製する。セルロース繊維は分子が一定の配列をした結晶部分と、乱雑に集合した非結晶部分とからなり、両者の適当な配列によって繊維に強度、たわみやすさ、弾力性、

染色性、吸湿性などが生じるものと考えられる。純セルロースは白色の物質で、水、エーテル、アルコールなど、通常の溶媒には溶けず、濃塩酸、硫酸、リン酸などに溶ける。⁹⁾

有機培養土

ホームセンターなどで市販されている有機培養土を使用した。通常、土の主な成分は無機物であるが、この有機培養土には腐葉土のような有機系の肥料も含まれている。

菌床

菌床の主原料はオガクズ、すなわち木材であり、その木材は主に、セルロース(約45%)、ヘミセルロース(約30%)、及びリグニン(約25%)という3つの成分からなる(セルロースは前項「セルロース」に述べたので、説明を省く)。ヘミセルロースは、擬繊維素ともいい、食物繊維をアルカリで抽出して得られる複雑な多糖である。セルロースとともに植物細胞壁を構成しており、はじめはセルロースの前駆体として名付けられたが、構造上の関係はない。セルロースとは異なり、酸及び酵素により容易に加水分解される。また、リグニンは、高分子のヒドロキシフェニルプロパンを基本単位とする重合化合物で、細胞膜と細胞膜の間の中層を構成し、一部は細胞膜にも存在する。植物体の木化の原因となる。⁹⁾

(3) 実験方法

試薬及び材料

この実験で使用した試薬及び材料は、シリカゲル[40 ~ 60 μm, 破碎状]、炭酸カルシウム[沈降製]、*p*-*n*-ノニルフェノール、エタノール、アセトニトリル(以上、和光純薬工業株式会社製)、及びセルロース[粉末](ナカライテスク株式会社製)である。有機培養土は株式会社 ヤマト販売製のものを、菌床は香北町菌床栽培センターにて購入したものをを使用した。また前処理用カラムとして、BOND ELUT C18(GLサイエンス株式会社製)を使用した。水は精製水を利用した。

実験装置

NP 溶液の濃度測定には高速液体クロマトグラフィー(以下、HPLC)という装置を用いた。分析条件など、詳細は以下の通りである。

[HPLC 装置]	・カラム	: Shim - pack CLC - ODS(M)(Shimadzu)
	・ポンプ	: L - 7110(HITACHI)
	・検出器	: L - 7420(HITACHI)
	・記録計	: C - R7A plus(Shimadzu)

[分析条件]	・カラムオープン	:CO - 8000 (TOYOSODA)
	・移動相	:AcCN : H ₂ O = 75 : 25
	・流量	:1.0 ml/min
	・カラム温度	:45
	・検出波長	:UV 280 nm

試薬の調製

NP は秤量し、エタノールで溶解する。NP(エタノール)溶液を 30 %エタノール水溶液で希釈し、1,2,4,及び 5 ppm の NP(30 %エタノール水溶液)溶液に調製する。

実験方法

シリカゲル、炭酸カルシウム、セルロース、有機培養土、及び菌床の 5 種類の材料を、それぞれ 100 mgずつ秤量し(この質量をM とする)、密栓のできる瓶に入れる。これらの材料に対して濃度 1、2、4、及び 5 ppmのNP(30 %エタノール水溶液)溶液を 10 ml添加し(添加した溶液の初濃度をC₀、溶液の量をVとする)、容器を密栓する。スターラーを用いて 1 時間攪拌を行った後、溶液部のみを遠心分離する(3,000 r.p.m × 5 min)。上澄み液 1 mlを前処理用カートリッジにアプライする。純水(1 ml × 3 回)及び 50 %アセトニトリル水溶液(1 ml × 3 回)でカートリッジを洗浄し、不要成分をできる限り除去する。1mlの 80 %アセトニトリル水溶液でNPを溶出させ、それを分析用試料としてHPLCで分析する。こうして得られた面積値及び予め作成しておいた検量線からNPの濃度を算出する(この濃度が平衡吸着濃度C に相当する)。公式 $W = V(C_0 - C) / M$ を用いて無機材料単位質量あたりの平衡吸着量W を計算で求める。C を横軸に、W を縦軸にプロットして吸着等温線を得る。図 3-2.にこの実験の流れを、また、図 3-3.にカートリッジの詳細な使用方法を示した。

各種材料に対する *p*-ノニルフェノールの吸着実験

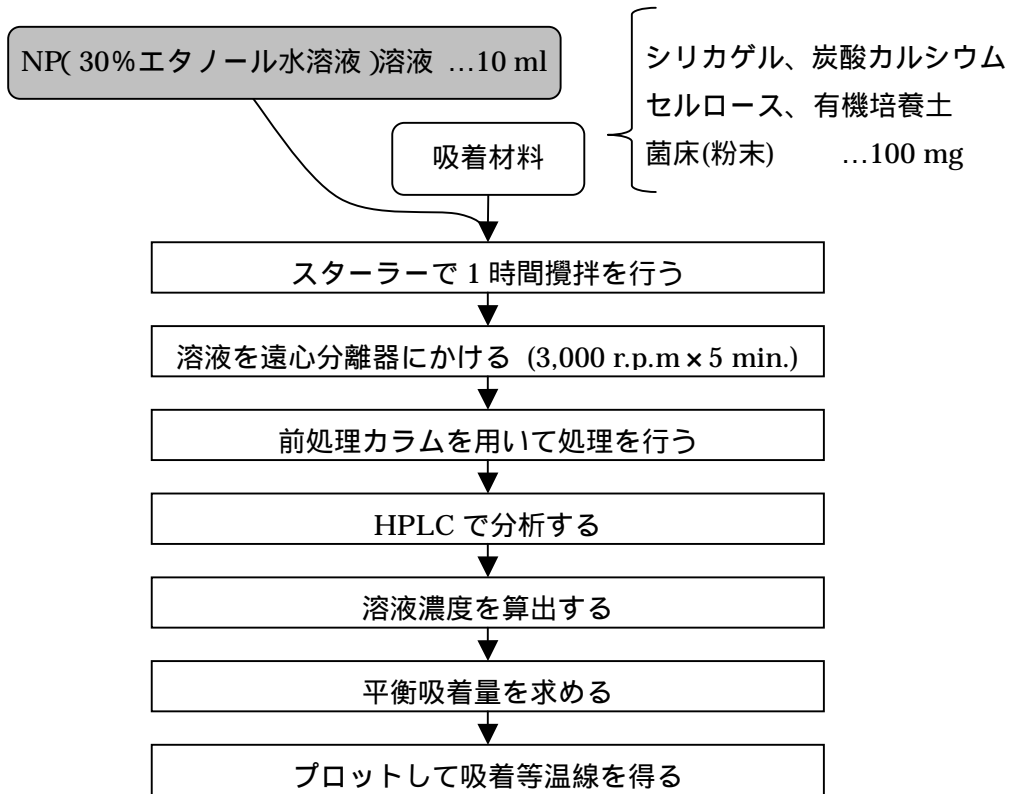


図 3-2. 各種材料に対する NP の吸着特性実験フローチャート

カートリッジによる *p*-ノニルフェノール溶液処理

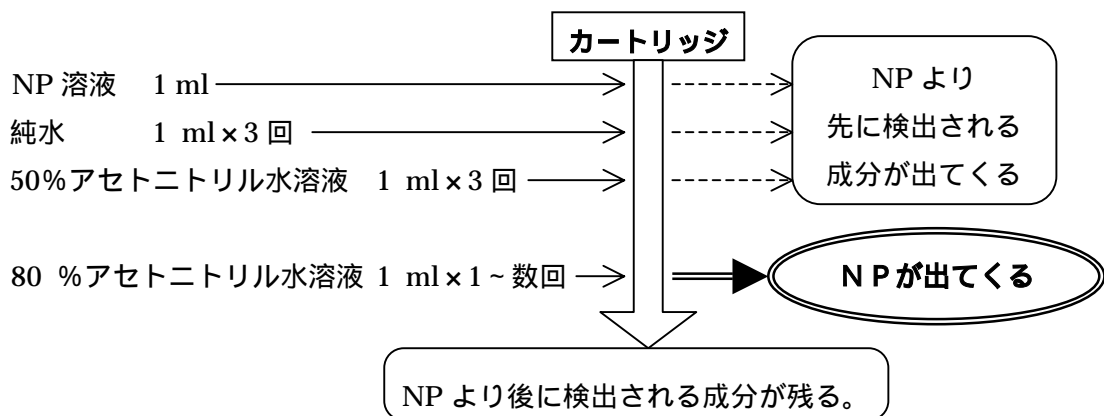


図 3-3. NP のカートリッジ別回収実験フローチャート

(4) 結果及び考察

各吸着材料に対する NP の吸着量を求め、その吸着等温線を図 3-4. に示す。このグラフでは、横軸に NP 溶液の平衡吸着濃度 C_i (ppm) を、縦軸には吸着材料 1 g あたりの NP の平衡吸着量 W_i (mg/g) を示している。実験は、各材料を用いてそれぞれ 2 度ずつ行い、その 2 回分の値と平均値を掲載した。

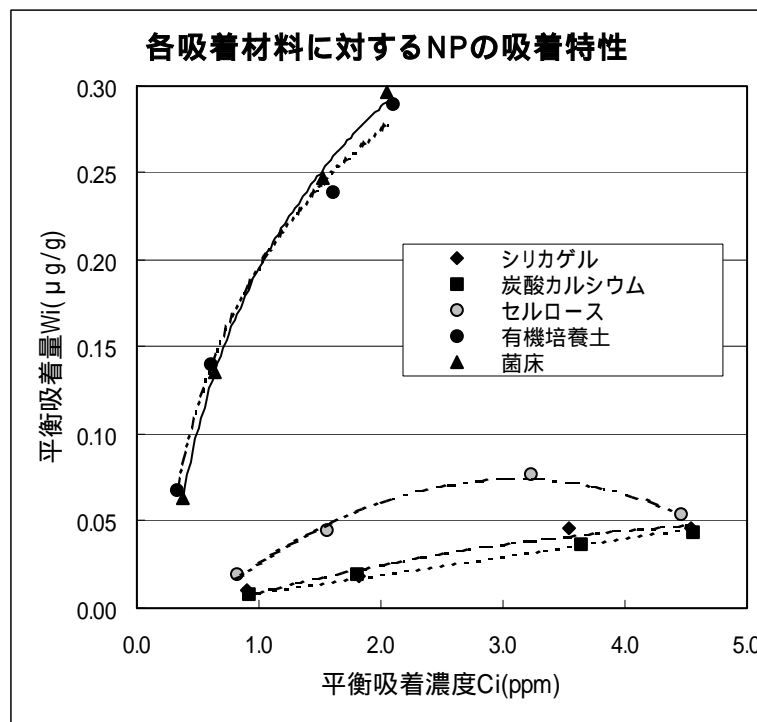


図 3-4. 各吸着材料に対する NP の吸着等温線

吸着等温線の型の特性をまとめると、直線では傾きが大きい場合、曲線では上方に大きく凸である場合にも吸着力が大きいと考えられる。したがって、図 3-4. に示したグラフから考えると、NP に対する吸着力については次のようなことが述べられる。¹⁰⁾

まず、無機材料の吸着剤としてよく知られているシリカゲルだが、グラフから分かるように、その吸着等温線は傾きも小さく、上方への大きな凸も見られなかった。したがって、NP に対する吸着力はさほど大きくはないと言える。これは、シリカゲルの水に対する吸着力が大きく影響しているものと考えられる。シリカゲルは、食品の乾燥剤に用いられることなどから分かるように、水に対する吸着力が非常に強い。そのため、今回の実験では、水を含む溶媒と吸着剤であるシリカゲルとの親和力が強くなり、溶質である NP と吸着剤との間の親和力が弱くなってしまったために、吸着力が弱くなってしまったと思われる。このことから、シリカゲルを吸着剤として用いる場合には、溶媒における水の濃度をできる限り低くする必要がある。しかし、実際の汚染現場での溶媒は、そのほとんどが水であるため、水に対して強い吸着力を有するシリカゲルは吸着剤としては不向きであるといえる。

次に、炭酸カルシウムの吸着等温線もシリカゲルとほぼ同じくらいの傾きを示し、やや下方への凸が見られた。したがって、炭酸カルシウムのNPに対する吸着力は、シリカゲルよりもやや小さいと考えられる。このことから、炭酸カルシウムもシリカゲル同様、NPの吸着剤としては不向きであるといえるだろう。

一方、セルロースの吸着等温線は、2種類の無機材料よりは大きめの凸が見られたので、シリカゲルや炭酸カルシウムと比べると、NPに対する吸着力は大きいといえる。だが、有機培養土や菌床の吸着力(後に考察する)と比べると、その吸着力は小さかった。

有機培養土の吸着等温線は、上に凸で傾きが大きいため、吸着力は非常に大きかった。だが、それだけ環境汚染物質が土壌へ強く吸着することの表れでもある。

菌床は、その有機培養土とほぼ同じくらい、NPへの吸着力が大きかった。傾きや曲線の凸の具合を見比べてみると、有機培養土よりも若干吸着力が大きいと言えるかもしれない。だが、ここで非常に興味深いのは、セルロースと菌床との吸着力の差である。菌床は原料が木材であるが、木材はその成分の45%がセルロースである。にもかかわらず、これほど吸着力に差が出ているということは、菌床の持つ吸着力は、セルロース以外の成分が大きな影響を与えているためではないかと考えられる。その成分が何であるかは、他の木材成分を使った吸着実験を行うなどしないとはっきりしないが、菌床がNPに対して高い吸着力を示し、菌床が吸着剤として有効であることは、この実験結果からも十分に明らかである。

以上の結果をまとめると、今回使用した各吸着剤のNPに対する吸着力の強さは、

菌床 > 有機培養土 > > セルロース > シリカゲル > 炭酸カルシウム

となるのではないかと考えられる。このことから、NPは無機材料よりも有機材料に対して強い吸着性を示す傾向があると思われる。これほどの吸着力を持つ菌床ならば、吸着剤としても十分利用価値があるといえるだろう。

3-3. 菌床による環境汚染物質の分解

(1) 実験のねらい

汚染物質のいくつかは、生分解性が低い難分解性の物質であるため、環境中に残留し、時間が経つとともに蓄積されてしまう。こうした物質を分解などによって無毒化する環境浄化方法の一つに、バイオレメディエーション(Bioremediation)がある。

バイオレメディエーションとは、微生物の機能を利用して汚染物質を分解するといったように、バイオテクノロジーを用いた環境修復技術のことを指す。その語源は、bio(生物)とremediation(修復)とを組み合わせたものである。具体的には、土壌中の生態系が本来有している「自浄作用」を人為的に強化することにより、汚染物質の分解を効率よく行う手法が用いられている。このバイオレメディエーションの長所は、常温・常圧で行えるため多大なエネルギー投入を必要とせず、二次汚染の心配がないことである。そのため、「エコロジカルな

環境修復技術」であるといわれている。また、建物を壊さず実施可能なため原位置・作業中での浄化が可能である。ただし、低濃度・広域の浄化には適しているが高濃度汚染には適さず、浄化にも時間がかかるといった短所がある。それに加えて、複合汚染の浄化には技術的課題もまだまだ多く、有害な分解代謝物または中間物質が副生する恐れがないとは言い切れない。これを防ぐためには、十分な基礎データが必要となる。米国においては、すでに多くの企業でバイオレメディエーションの実用化がなされており、日本においても実際の汚染現場への適用が試みられている。¹⁾

このプロジェクトで用いた菌床には、シイタケの菌が植え付けられている。シイタケは、菌界の真核菌類に属する木材腐朽菌の一種である。木材腐朽菌は、木材に対する作用の仕方から、白色腐朽菌・褐色腐朽菌・軟腐朽菌の 3 種類に分類されるのだが、この中でも特に白色腐朽菌は、高い難分解性物質分解能を持っている。自然界の中で最も難分解性物質と言われる木材成分の一種、リグニンを分解することができ、その能力は、白色腐朽菌が微生物界の中で最も高い。白色腐朽菌は、他の微生物には見られない特異な酵素系を発現することにより、三次元ポリマーであるリグニンを分解しているのである。白色腐朽菌によって環境汚染物質を分解することが出来るということが、1985 年に発表されて以来、難分解性化合物に対する白色腐朽菌の分解能が注目されるようになった。リグニンを分解する菌が難分解性化合物の分解能を持っているのは、DDTやPBCなどといった化合物の骨格がリグニン構造体の炭素骨格に類似しているためであり、細胞外リグニン分解酵素系が作用するものと考えられている。²⁾

この実験では、菌床エコロジーの一貫として菌床に植え付けられたシイタケ菌を利用し、菌床をバイオレメディエーションに利用することが可能かどうかを検証する。具体的な方法は、菌床を細かく砕き、一定量の菌床にNP溶液を加えて人工的に汚染培地を作り出す。それを一定期間培養させた後に再び培地からNPを回収し、NP濃度の変化を分析によって明らかにする。このときに、NPの汚染濃度、温度、培養期間など、さまざまな条件の違いによって、菌床の環境汚染物質に対する分解能に差が現れるかどうかを調べた。このことによって、汚染物質分解に適した条件を知ることができる。

(2) 実験方法

試薬

この実験で使用した試薬は、*p*-*n*-ノニルフェノール、シリカゲル[40 ~ 60 μm, 破碎状]、硫酸マグネシウム[無水]、エタノール、アセトニトリル、及び酢酸エチル(以上、和光純薬工業株式会社製)である。菌床は香北町菌床栽培センターにて購入した。また前処理用カートリッジとして、BOND ELUT C18(GLサイエンス株式会社製)を使用した。水は精製水を使用した。

実験装置

この実験で使用した実験装置は以下のようなものであるが、分析装置は、「3-1.菌床に対する環境汚染物質の吸着特性」と同様であるため、割愛する。

- ・遠心分離機 : SIGMA 1 - 15 (KUBOTA)
- ・ロータリーエバポレーター : RE200 (YAMATO)
- ・HOTTING BATH : B - PC (東洋科学産業)
- ・超音波洗浄機 : UW - 5 (和研薬株式会社)
- ・オートクレーブ : KS - 323 (株式会社トミー工業)
- ・人工気象器 : LH - 200 - RD (日本医化器械製作所)

試薬の調製

NP(純度 98 %)を電子天秤で正確に秤量し、エタノールで溶かして、1000 ppm の NP (エタノール)溶液を 10 ml 作る。これを再びエタノールで希釈して、1.0 ppm、10 ppm、100 ppm の NP(エタノール)溶液を作る。

実験方法

まずは培養のための準備を行う。菌床は予め細かく砕き、まんべんなく攪拌して菌がなるべく均等になるようにする。使用する器具は全て、前もってオートクレーブ(120 °C、20 min.)にかけて滅菌処理をしておく。培地を入れる三角フラスコは脱脂綿で栓をし、そのうえにさらにアルミホイルを被せた状態でオートクレーブにかける。器具を十分冷ましたら、滅菌済みの三角フラスコに、10 g の菌床を量り取る。

次に、シリカゲルを 1 g 秤量する。そのシリカゲルに 1 ppm、10 ppm、100 ppm の NP(エタノール)溶液を 1 ml ずつ加えて、よく攪拌する。それを、アスピレーターを用いて減圧し、溶媒のエタノールを完全に揮発させる。溶媒がなくなったら三角フラスコに秤量した菌床に加え、よく攪拌する。このとき、1 ppm の溶液を添加した菌床の培地では、NP の濃度は 0.1 ppm に、10 ppm の溶液を添加した菌床の培地では、濃度は 1.0 ppm に、100 ppm の溶液を添加した培地では、濃度は 10.0 ppm になるように添加されていることになる。こうして調製した各濃度の培地を、冷蔵庫(室温は 2 °C に設定)または人工気象器(室温 20 °C)にて、10 日間、20 日間、30 日間、60 日間及び 90 日間ずつ培養した。なお、光による影響をなるべく与えないよう、培養期間中はすべての培地に光を遮断する措置をとった。

培養して一定期間がたったら、培地から NP を抽出・回収する。その手順は次のようなものである。培地に抽出溶媒を約 100 ml 加え、超音波洗浄機に 15 分間入れて、抽出を行う。菌床の培地が入った抽出溶媒を、桐山漏斗で吸引し、固形物と溶媒とに分離する。そこで得られた溶媒をロータリーエバポレーターにかけ、抽出溶媒を揮発させて残渣を回収する。そこには、菌床に含まれていた水分も含まれているため、残渣を再び少量の抽出溶媒で溶解し、脱水作用のある硫酸マグネシウムを適量加えて攪拌し、20 分ほど

静止させる。硫酸マグネシウムが十分沈殿するまで待ってから、上澄み液のみを回収して、もう一度ロータリーエバポレーターで抽出溶媒を揮発させる。残渣を 50 %エタノール水溶液で再溶解し、遠心分離機(10,000 r.p.m×5 min.)にかけて、沈殿物を分離する。上澄み液をカートリッジで処理し、得られた抽出液を HPLC 分析し、NP の分解率を調べる。この実験の流れを、図 3-6.に示した。

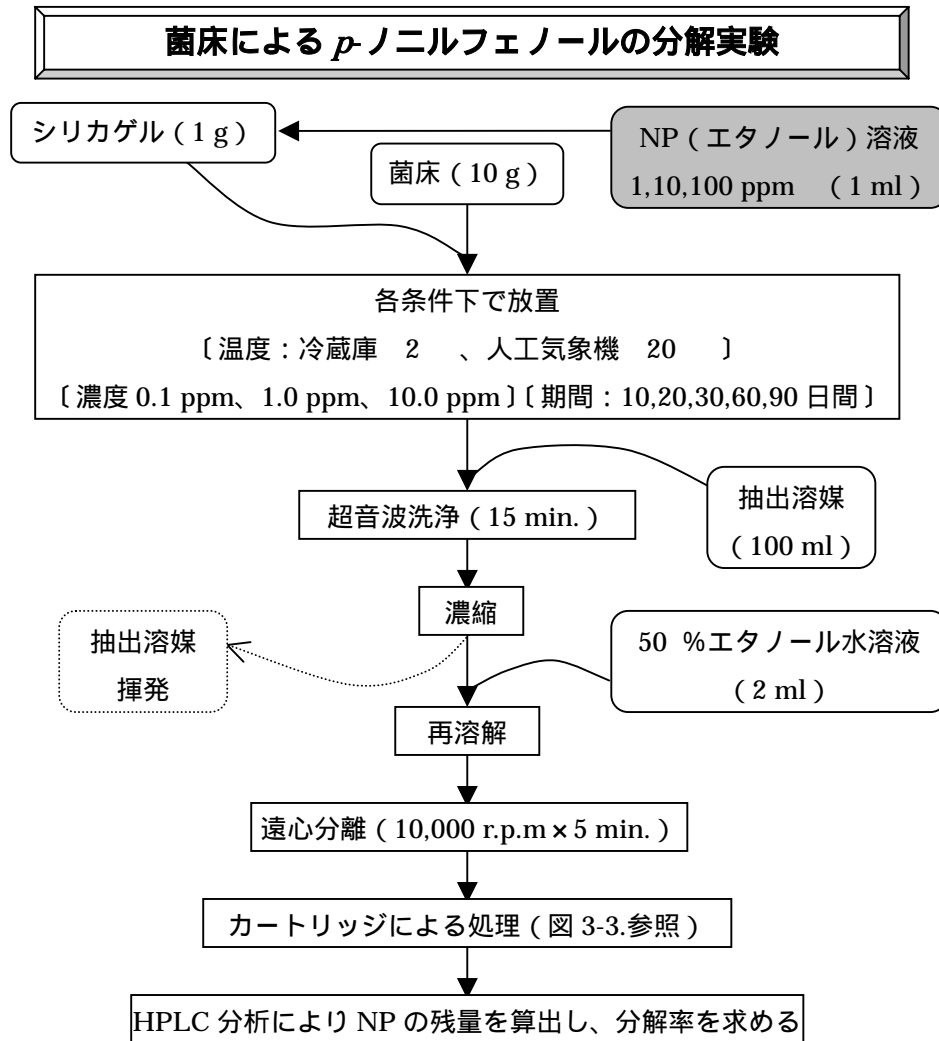


図 3-6. 菌床による NP の分解実験フローチャート

(3) 結果及び考察

NP を加え、一定期間培養した菌床から再び NP を回収し、その分解率を調べた。図 3-7. に NP 濃度 1.0ppm の培地における分解率の経時変化を、図 3-8.に NP 濃度 10.0ppm の培地における分解率の経時変化を示す。なお、NP 濃度 0.1ppm の培地からは、全ての条件下において NP が回収されなかったため、グラフにはしなかった。

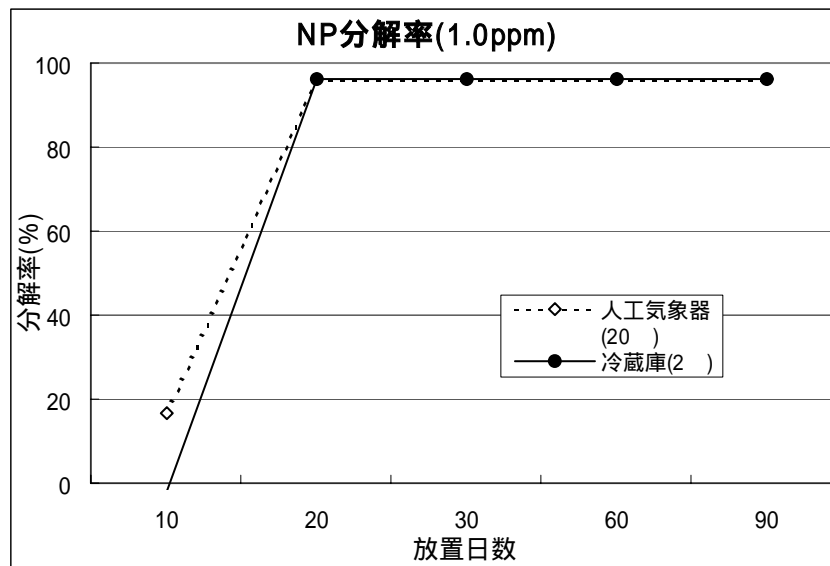


図 3-7. NP 濃度 1.0ppm 培地における分解率

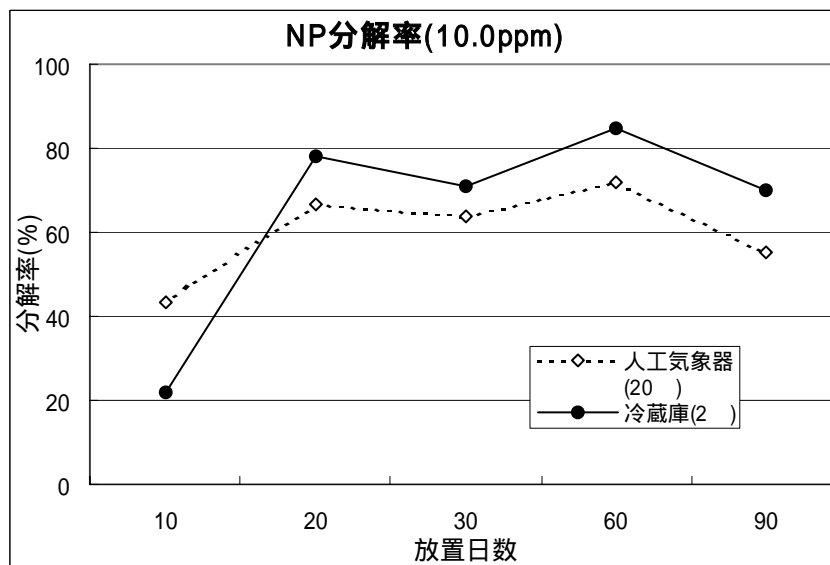


図 3-8. NP 濃度 10.0ppm 培地における分解率

NP の添加濃度が 0.1 ppm であった菌床の培地全て、並びに NP 濃度が 1.0 ppm であった菌床の培地のうち、20 日間以上培養した培地の抽出液からは、NP が検出されなかった。それ以外の培地については、培養期間、室温及び添加濃度の 3 点についての検証をしたいと思う。

まず、NP を添加した菌床培地の培養期間についてだが、添加濃度 0.1 ppm の培地では NP が検出されなかったが、1.0 ppm 及び 10.0 ppm の培地では、培養期間 10 日間と 20 日間の培地の分解率を比較すると、いずれも分解率が約 20 ~ 80 % と大幅に増加して

いた。だが、20 日間以降では、1.0 ppm の培地からは NP は検出されず、10.0 ppm の培地では培養期間の差による大幅な差は見られず、分解率は人工気象器内の培地が約 55 ~ 70 %、冷蔵庫内の培地は約 70 ~ 85 %であった。

次に、培地を設置していた室温による差についてだが、10 日間までは人工気象器内に設置した培地の方が、冷蔵庫に設置した培地に比べて分解率は非常に高かった。添加濃度 1.0 ppm の培地では、冷蔵庫内に設置したものには分解した様子がほとんど見られなかったが、人工気象器内のものには約 20 %の分解率が見られた。一方、10.0 ppm の培地では、冷蔵庫内に設置したものに比べて人工気象器内のものの方が 2 倍近い分解率を示した。だが、20 日間以上放置した添加濃度 10.0 ppm の培地では、冷蔵庫内にあったものの方が 10 ~ 20 %ほど高い分解率を示していた。1.0 ppm の培地では、NP はほぼ分解できてしまっていたため、比較できなかった。

最後に、NP の添加濃度についてだが、0.1 ppm の培地では 10 日間以降から、1.0 ppm の培地では 20 日間以降から、NP が全く検出されなくなってしまうため、その時点でほとんど分解してしまったと思われる。10.0 ppm の培地では、90 日までの時点では、最終的に全ての NP が分解されてしまうことはなかった。10 日間から 20 日間にかけて大幅な減少が見られたものの、それ以降は常に 20 ~ 40 %の残存率を保っていた。以上のことから、菌床が NP を分解するのに適した条件は、次のようであるといえる。

培養日数による差は、0.1 ppm 程度の低濃度分解の場合にはさほど影響を及ぼさないが、それ以上の高濃度の分解になると、影響がある。特に 10 日間と 20 日間とにおいて大きな差が見られる。だが、20 日間以降 90 日間まででは、大きな差は見られない。そのため、分解には 20 日間あれば充分であると思われる。また、室温による差は、低濃度分解においてはこちらも大きな影響は見られないが、それ以上の高濃度分解においては、影響を与える。さらに詳しく述べると、培養期間が 10 日間程度と短い場合には、温度が高い方が分解率も高いが、20 日間以降は、低温の方が分解率は 10 %程度高い。したがって、分解に長期間を要する高濃度分解の場合には、低温に設置した方がより効率が良いと思われる。

以上の考察をまとめると、

- ・分解には 20 日程度の日数が必要である。しかし、それ以上の時間をかけても、分解率はさほど上がらない。
- ・長期間分解を行う場合には、低温の方がより分解効率が良い。
- ・10.0 ppm 程度の高濃度汚染になると、この条件下での完全分解は難しい。

といえる。

しかしながら、今回の実験で設定したこれらの条件は非常に大まかであるため、より詳しい分解条件を検証するためにはさらに詳しい実験が必要である。具体的には、次のようなものが考えられる。

- ・菌床の絶対量を増やして抽出液を濃縮するなどして、分析精度を上げ、0.1 ppm 以下での低濃度でも経時変化を追う。
- ・培養日数の感覚を、3 日間毎にするなどして短くし、分解に必要な日数をより正確に割り

出す。

- ・気温差をより細かく設定し、分解に最適な温度を割り出す。
- ・今回検証を行った、培養期間、室温及び添加濃度以外の要素でも検証してみる。例として、水分量(湿度)、各種養分の添加、NP 以外の環境汚染物質分解能、照度(日光)による影響などの調査項目が考えられる。

以上のようなことを踏まえた上で、更なる調査を行うことが、ひいては菌床の環境浄化への利用に繋がると言えるだろう。

3-4. 実験についてのまとめと今後の課題

目標として掲げた菌床エコロジーの実践のうち、特に環境汚染物質の吸着、及び環境汚染物質の分解の2点について実験を行い、その結果を検討した。

環境汚染物質の吸着実験については、菌床は環境汚染物質に対して吸着力を十分に持っており、水質を浄化するためのツールの一つとして利用できる可能性を十分に秘めていると推測された。ただ、今回取り扱った物質は NP のみであったため、実際の汚染現場に取り入れるためには、それ以外の物質に対する吸着性も調査する必要があるだろう。それに加えて、実際の汚染現場で利用するためには、菌床をはどのような形に加工すべきかという検討も行う必要がある。例としては、巨大な浄化槽を用意し、その中に粉碎した菌床と廃水とを混入し、長時間攪拌する。廃水中に含まれる環境汚染物質が菌床に吸着し、充分平衡状態になったところに、水と菌床とを濾過するなどして分離する。だがそのためには、廃水中に含まれる環境汚染物質濃度を調査し、それを吸着させるのに見合った充分な量の菌床がどの程度必要なのかを調べる必要があるだろう。また、菌床と環境汚染物質とが平衡状態となるのにどの程度の時間を要するかも調べなければならない。今回の実験室で行った実験では、いずれも1時間の攪拌しか行わなかったが、物質によっては平衡状態に到達するまでに48時間以上かかるものもある。菌床と各汚染物質の場合にはどの程度の時間を要するのか、現時点ではまだ判明していない。

一方、環境汚染物質の分解に関しては、菌床が環境汚染物質に対して分解能を持っていることが確認できた。だが、低濃度汚染に対しては、分解に最適な条件を十分に検討できなかった。実際の汚染現場で測定されている NP の濃度は、その濃度が ppb (= $\mu\text{g}/\text{l}$) 単位で、非常に濃度が低い。しかし、今回の実験では、検出限界などの理由もあって ppm (= mg/l) 単位の汚染現場を想定しての実験を行った。環境汚染物質の濃度が高くても、菌床は十分な分解能を示したが、ほとんどどの条件下でもその分解能を示したため、最適条件を検討することが難しかった。そのため、低濃度汚染状況下での更なる詳しい実験・調査が必要である。具体的な方法としては、培地の絶対量を増やして抽出溶液を濃縮し、検出する物質の濃度を上げるといった方法が考えられる。また、汚染物質濃度や放置期間、放置環境の気温など、分析条件をさらに細かくわけて、調査することによって、さらに最適な分解の条件を知ることが

できる。そうした情報を得ることによって、各汚染地域や汚染領域にあった分解方法を検討することができる。

このように、実用化に至るまでには更なる検証が必要ではあるものの、菌床が環境汚染現場に対して様々な形で利用できる可能性が見えてきた。今後は、菌床をどのような形に加工して実際の汚染現場で利用するかなど、より具体的な構想を練る必要がある。

4．菌床エコロジーを利用した環境教育の提案

4-1．意義及び目的

環境問題は、今や私たちの将来を語る上で欠かすことのできない問題である。環境問題の根本的な原因を見直すと、全て私たち人類の便利さや利益の追求によるものである。人口が増え続ける中で、このことを省みずに環境問題が悪化の一途をたどっていけば、地球環境を汚染し、破壊し尽くし、やがては人類が生存できなくなっていくことだろう。それを防ぎ、地球環境を持続可能な社会にしていくにはどうすればよいか、ということを考えると、今を生きる私たちが環境問題とその原因をよく理解し、問題解決に向けて行動していくことが急務である。現在、多岐にわたって様々な対策が取り組まれていることは周知のことだろう。リサイクル、省エネ、低排出などは、これらを表したものとして広く一般化している。だが、行政や企業などがこうしたことに取り組む中で、地域の住民としての私たち自身も環境問題を理解した上で、一人一人が生活を見直し改めていくことも非常に重要である。これらを実践するためには、できる限り子ども頃から考えて行動できる習慣をつけるために、学校教育の一環として行い、その際には地域の中にある教材をもって体験的に学習することが望ましいと思うのである。

学校教育には総合的な学習の時間があり、教科の枠組みを越えた学習活動として扱うテーマがいくつか例に挙げられているが、中でも「環境」というテーマは、身近な生活環境及び自然環境を体験的に学習できるものとして、比較的扱いやすいと思われる。また、総合的な学習の時間では学校や地域の特色を出すことが求められている。地域に自然が豊富にある子どもたちにとって、自然に触れる体験的学習が改めて必要だろうかと思うかもしれない。しかし、そういう子どもたちにとって、周りの自然は普段から遊び場であるために、遊ぶことで満足していて、逆に自然の大切さや自然を守っていくことの重要性を意識しづらいのではないだろうか。そういったことを踏まえて、自然に囲まれた地域に住む子どもたちに、その地域の豊かな自然を教材にした環境教育を行うことは、とても有効なことだと思うのである。¹²⁾

そこで、地域の身近な自然と地域社会を教材として、環境について体感的に学習し、地場産業についても学習することができる方法として、私たちは香北町発菌床エコロジーを香北町

での環境教育に活用することを考え、提案することにした。

4-2．実践の提案と期待される効果

今回は、主に香北町内もしくはその近隣の小学校高学年を対象とした実践例を考えた。その実践例について、実践していく上で適当な順番ごとに、それぞれの実践によって期待できる効果も含め、以下に簡潔にまとめてみた。

香北町菌床栽培センターの見学をしよう(授業時間の目安:2時間)

地元で実際に菌床を作っているセンターがあるので、そこを見学させてもらう。この活動によって、まず、菌床がどんなものかを知る。そして、製造過程を見学することで、それが木材加工の際に発生するオガクズを利用していることを知り、資源の有効利用に気付くことができる。また、こうした自分たちの住んでいる地域の地場産業を知ることができる。

菌床を使ってシイタケを栽培しよう(2時間)

菌床センターで見学したことを振り返り、菌床センターで作られた菌床が農家や一般家庭に販売され栽培されていることなどを思い出す。そして、自分たちも育ててみようと思う。菌床センターで作られている菌床を使って、実際にシイタケを栽培できるように設置する。毎日の世話を分担し、観察記録をつけていく。菌床をいくつか用意すれば、生育環境の比較実験もできる。これらの活動によって、生き物が日ごとに育つという感覚を育てることができる。また、観察記録や比較実験によって、科学的なものの見方をする時間が持てる。

シイタケを収穫して、調理しよう(2時間)

栽培していたシイタケが成長したら、みんなで収穫する。収穫する前に、シイタケにはどんな調理方法があるかを調べて、何を作るかを決める。そして、次の時間にグループごとに調理をする。これらの活動によって、自分たちで作物を育てて収穫し、調理工夫をして食する体験が一通りできることで、収穫や調理の楽しさ、自分たちが育てたものを食する喜びを実感できる。

シイタケを収穫した後の菌床をどうするか考えよう(2時間)

シイタケを全て収穫した後の菌床は廃棄するのか、それとも他に何かに利用できるのかを考える。今現在は、どのように利用されているのかを調べる。他にも利用法がないか、アイデアを出す。子どもたち自身の発見もしくは教師によって、廃棄菌床で、カブトムシやクワガタなどの昆虫を飼育できることを知る。この活動によって、ものを有効利用するための考え方を養うことができる。次の時間には、実際に森林に行ってカブトムシやクワガタなどを

採集したり、木材になる前の木やその周りの自然を観察したりするので、そのオリエンテーションをする。

森林で生き物たちを探そう(半日～1日)

子ども達は概して課外活動が好きである。この時間では、実際に地域にある森林に行き、自分が興味を持つものを探し、疑問に思うことを見つける。土壌や植物、動物がどうなっているのかを調べ、気付いたことや感じたことをノートに記録する。課題から外れていなければ、何に注目するかは子ども達の観点で選ぶ。これらの活動によって、自然に興味を持ち、草木や昆虫などを観察することで、遠くから見た森林ではわからない、森林が様々な生き物を養っている場所であるということを実感できる。

しかし、この実践には少なくとも半日は要するので、実践が困難であるかもしれない。また、身近に森林がない学校でも難しいだろう。そういうときは、 の内容をさらに深め、資源の有効利用などに対する見方を深めてもよいし、 の方に進むことも可能なのではないかと考える。

自然環境の保護と環境問題について調べてみよう(6時間)

まず、人が自然環境から森林などの資源を利用していることを知り、その枯渇を防ぐために、出来る限り資源を再利用するという工夫をしていることを知る。次に、視野を広げて自然環境を見てみると、人間の活動による環境汚染や破壊が進んでいるということを事実として知る。そして、それらについて、個人もしくはグループ別に調べ学習をしていく。数時間にわたって調べたことは自分たちでまとめ、みんなの前でプレゼンテーションをする。プレゼンテーションの手段は、レジュメを作って冊子にしたり、模造紙に作ったりというようにいろいろ考えられる。これらの活動によって、自分が調べたこと以外にもさまざまな環境問題について知ることができ、一連の作業によって、主体的に調べ、まとめて発表することができるようになる。

4-3 . まとめと今後の課題

私たちは“菌床エコロジー”を基に、環境教育への活用方法を提案した。“菌床エコロジー”並びに“Wood Circle”を確立せずには環境教育への活用も提案できないため、まずはその確立に取り組んだ。しかし思いのほか、コンセプトの構築に時間を費やしてしまったため、現時点では提案に留まり、実践には至らなかった。実践に到達するためには、この提案を実践する学校側の協力を得る必要があり、協力を得るためには、より短い時間数で実践できる工夫も必要だと思われる。また、この提案は香北町または近隣の学校での実践を想定したものであるが、異なった環境にある学校でも実践できるような工夫の検討が必要である。

授業実践とは少し異なるが、香美郡では、小学生を対象とした夏休みの行事に廃棄菌床を利用したものがある。この行事では、森で捕まえた、または廃棄菌床で育てたカブトムシを標本にし、昆虫の体の仕組みなどを学ぶ。また、カブトムシ捕獲に森へ入る際に植物採集なども行い、自然と身近に接することもできる。私達の提案も、このような行事との提携によって実現するといったことも考えられる。

まとめ

私達はこの1年間、「Wood Circle」を柱とした「菌床から考える自然環境保護」を実践するために、様々な活動を行ってきた。具体的には、Wood Circle コンセプトの構築、環境浄化実践のためのモデル実験、菌床エコロジーを活用した環境教育の提案などである。

コンセプトの構築は、私達が最も時間をかけ、頭を悩ませたところである。メンバー全員、ああでもない、こうでもない議論を交わしながら、菌床の利用法を色々な側面から考えていった。机上の空論にならないようにと、できる限り実現可能な形に至るまでには様々な試行錯誤があったが、最終的には納得のいく形ができあがった。だが、これを完全に実践するには非常に多くの人々や企業・自治体の協力が必要であり、私達のような一般の学生ができることには限界がある。したがって、ここからはさらに社会全体へと対外的に活動していくことが重要となってくるだろう。

環境浄化実験では、菌床が環境浄化に貢献できる可能性を十分に持っていることがわかった。ただし、今回は実験室レベルでの実験であったため、今後はフィールド(屋外)での調査・実践が必要となる。また、水質浄化のためのフィルターや、汚染物質分解のための分解チップの製造方法の開発も、検討すべき課題である。

環境教育は、現時点では提案に終わってしまい、教育現場で実践することが叶わなかったことが非常に心残りであった。この原因としては、地元小学校への働きかけが足りなかったことと、提案した授業実践のための計画にまだまだ改良の余地があることなどが考えられる。この提案は、今後、更なる改良を加えて検討し、もし機会が得られたならばぜひとも実践してみたいと思っている。

このプロジェクトを通じて、私達自身も環境について深く考えることができた。特に、資源の有効利用という点では、石油に代わる新たな資源を得るために、どのような措置が取られようとしているのかを知ることができた。現代社会は、従来のような使って捨てるだけの「消費型社会」ではなく、あらゆるものを様々な形で有効利用する「循環型社会」に移行しつつある。しかし、これには行政や企業といった大きな団体だけでなく、私達一市民からの「意識改革」が重要な鍵となることを強く実感した。今後は、こうした活動を精力的に社会に発進していくことによって、自然環境がより良くなっていくことを望む。

引用及び参考文献

- 1) 篠さおり, 菌床及び無機材料を用いた有機塩素系化合物の分解に関する研究, 平成 10 年度卒業論文(1999)
- 2) 檜垣宮都 監修 江口文陽・渡辺泰雄 編著 岩橋祐司・遠藤定義・大賀祥治・熊崎武廣・近藤隆一郎・西孝三郎・本田与一 著, 『キノコを科学する シイタケからアガリクス・プラゼイまで』, 地人書館(2001)
- 3) 新村出 編, 『広辞苑(第 5 版)』, 岩波書店(1998)
- 4) 山岸清隆 著, 『森林環境の経済学』, 新日本出版社(2001)
- 5) 武末高裕 著, 『入門ビジュアルエコロジー 環境リサイクル技術のしくみ』, 日本実業出版社(2002)
- 6) 田中晴彦 編, 『環境教育 重要用語 300 の基礎知識』, 明治図書(2000)
- 7) 半戸里江・安保充・大久保明, ガスクロマトグラフィー / 質量分析法による海洋環境中のアルキルフェノール類並びにビスフェノール A の定量, 『分析化学』 695-699, Vol. 52(No. 9), (2003)
- 8) 檜崎久武, 固相抽出剤を用いる液体クロマトグラフィー / 質量分析法による河川水中の 4-ノニルフェノールの定量, 『分析化学』 627-634, Vol. 52(No. 8), (2003)
- 9) 長倉三郎・井口洋夫・江沢洋・岩村秀・佐藤文隆・久保亮五 編集, 『岩波 理化学辞典(第 5 版)』, 岩波書店(1998)
- 10) 近藤精一・石川達雄・安部郁夫 共著, 『吸着の化学(第 2 版)』, 丸善株式会社(2001)
- 11) 那須淑子・佐久間敏雄 共著, 『地球環境サイエンスシリーズ 土と環境』, 三共出版(1997)
- 12) [財]日本生態系協会 編著, 『環境教育がわかる事典 世界のうごき・日本のうごき』, 柏書房株式会社(2001)

[前の発表](#)

[TOP](#)

[次の発表](#)