

地球温暖化によるシイタケ原木 栽培への影響と適応策について



独立行政法人 森林総合研究所九州支所
Kyushu Research Center
Forestry and Forest Products Research Institute

平成27年1月

目 次

はじめに	1
1. シイタケ原木栽培への地球温暖化の影響	
(1) シイタケの原木栽培について	2
(2) 地球温暖化について	3
(3) シイタケ原木栽培への影響について	4
2. ほだ木からの害菌類の分離率と気温の関係	6
3. ヒポクレア属菌による被害について	8
4. 害虫キノコバエによる被害について	
(1) ナカモンナミキノコバエについて	10
(2) ナカモンナミキノコバエの蛹の飼育実験	11
(3) 大分県日田地方での調査	12
5. 寒冷紗施用によるほだ場環境の改善効果について	14
6. ヒポクレア属菌調査における簡易同定用DNAマーカーの開発と 感染経路について	
(1) 簡易同定用DNAマーカーの開発	16
(2) ヒポクレア属菌の感染経路の推定について	17
7. その他適応策として注意すべき点	
(1) 基本的な作業の見直し	18
(2) 早期発見と感染ほだ木や感染子実体の除去	18
(3) 農薬の使用	19
(4) 耐病性品種の開発	19
関連用語集	20
参考文献	20
謝辞	21

執筆者

宮崎和弘 九州支所森林微生物管理研究グループ所属
害菌関係担当



末吉昌宏 九州支所森林動物研究グループ所属
害虫関係担当



は じ め に

木材に対する需要が伸び悩む中、栽培キノコの生産額は近年木材生産額と同額レベルまで増加し、キノコ栽培は農山村の経済を支える重要な産業になっています。

栽培キノコのうち、シイタケの栽培方法には原木栽培と菌床栽培があり、大分県、宮崎県をはじめとする九州地方では、シイタケの原木栽培が盛んに行われています。

最近九州各地で地球温暖化の影響とみられるシイタケの発生不良や病虫害の発生が報告されるようになりました。シイタケの原木栽培は気温、降雨等の気象条件に大きく左右されるため、原木栽培に対する地球温暖化のさらなる影響が懸念されます。

森林総合研究所九州支所では、原木栽培に従事されている方々が安心して栽培に取り組めるよう、将来に備えた適応策を検討するため、農林水産技術会議事務局委託プロジェクト「地球温暖化が森林及び林業分野に及ぼす影響評価と適応技術の開発」において平成22年度から5か年計画で、キノコの高湿障害への適応策に関する研究に取り組みました。

この冊子は、本研究で得られた成果に基づく地球温暖化への適応策について、シイタケ農家を指導する立場にある技術者に解説することを目的としています。また、シイタケ農家の方が直接読んでも分かりやすいように平易な解説を心がけてあります。

本冊子が地球温暖化の影響を受けやすい九州地域のシイタケ栽培に役に立つことを祈っています。

平成26年11月吉日

独立行政法人 森林総合研究所九州支所
支所長 森貞和仁



1. シイタケ原木栽培への地球温暖化の影響

(1) シイタケの原木栽培について

シイタケの原木栽培は、クヌギやコナラといった広葉樹の原木（丸太）を用いて、シイタケを栽培する方法です。栽培の手順は、図1のようになり、植菌→伏せ込み→ほだ起こし→発生・収穫といった流れで栽培が行われます(1)。乾シイタケ生産では、収穫したシイタケを乾燥する工程が入ります。シイタケの原木栽培の作業は、ほとんどが野外もしくはビニールハウスで行われるため、自然環境の影響を受けます。

平成24年のシイタケの原木栽培による生産額は、乾シイタケが124.5億円、生シイタケが78.1億円でした。それぞれの品目の生産における原木栽培の割合は、乾シイタケでは97.3%と、ほとんどが原木栽培で作られています。生シイタケ生産では12.6%となっています。乾シイタケの生産量の多い県を上位から並べますと、大分県、宮崎県、熊本県、次いで愛媛県となっており、九州及び四国が主要な生産地となっています。

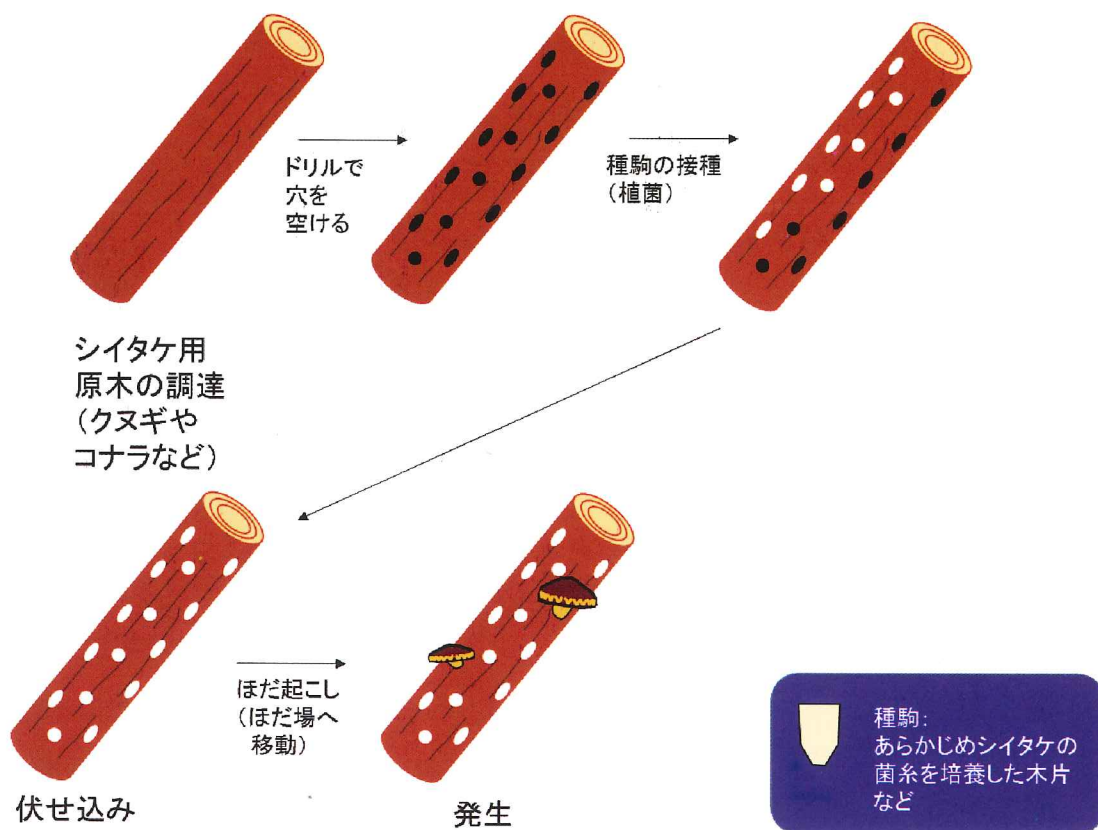


図1 シイタケ原木栽培の流れ

(2) 地球温暖化について

過去100年以上の長期に渡ってみると世界の気温は上昇を続けています(図2)。現在、地球温暖化の予測やとりまく問題については、IPCC(Intergovernmental panel on climate change: 気候変動に関する政府間パネル)が国際的に検討を行っています。平成26年11月に第5次統合評価報告書が作成されました。この中でIPCCは、これまで以上に人為的な影響により地球温暖化が進行していることが裏付けられた、と判断しています。また、今後の化石燃料の利用の仕方などによって、いくつかの排出シナリオが設定されており、1986年～2005年の平均値をベースとし21世紀末には、 1.0°C ～ 3.7°C 平均気温が上がることを予想されています。詳しいIPCCの報告内容は、インターネットで閲覧出来ます(URL下記)。

農作物への影響はすでに国内でも顕在化しており、イネの品質が低下する高温登熟問題や、ミカンやリンゴの色付きが悪くなるなどの影響が出ています(2)。ただし、栽培品目によってはこれまで不適とされた地域が栽培適地になってくる可能性もあります。

環境省 <http://www.env.go.jp/earth/ipcc/5th/>

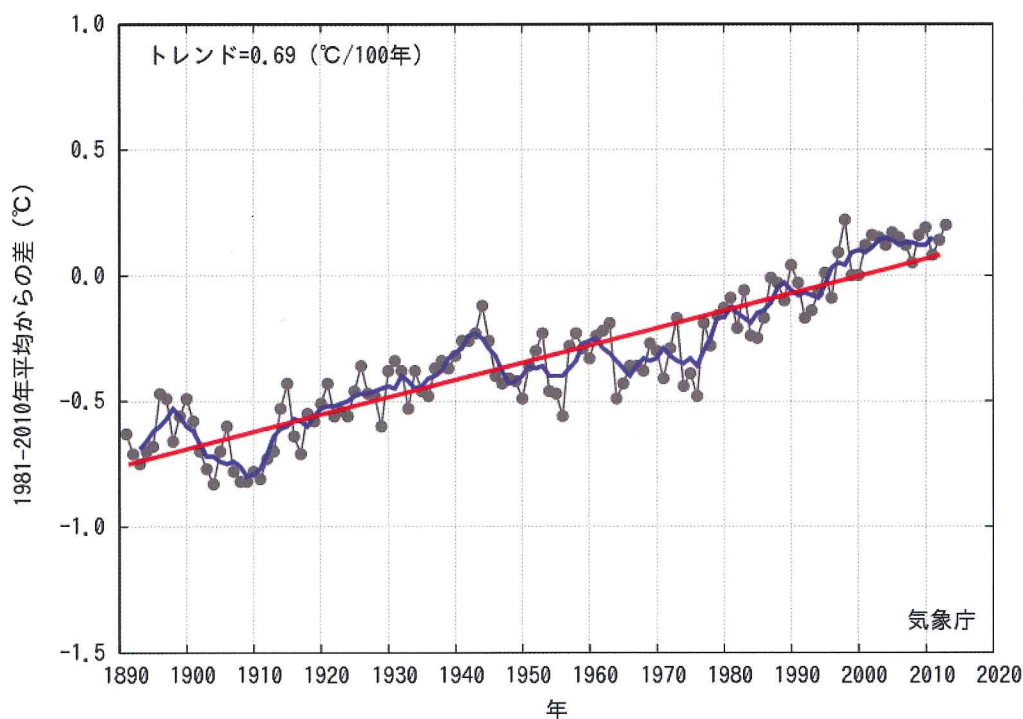


図2 世界の平均気温の推移(気象庁HPより)

(3) シイタケ原木栽培への影響について

それでは、地球温暖化が進んだ場合、シイタケの原木栽培へどのような影響があるのでしょうか？

これまで暖冬だった時期に見られた現象や現在起きている問題等を踏まえて考えてみますと、下記のような影響が想定されます。

1. 夏場の高温環境がシイタケ菌糸にダメージを与える高温障害
2. 病害菌や害虫類の発生が助長される病虫害問題
3. 暖冬化の影響や春期の急激な気温上昇による発生不良

このうち、3. の暖冬化の影響は収穫量の減少として、生産現場で問題となったことがあり、大分県や鹿児島県で調査が進められました(3, 4)。しかし、1. の夏場の高温の影響については検証された例が少なく、我々はまず夏場の高温環境がシイタケ栽培に影響するのか実験を行いました。結果は、図3のようになりました(5)。

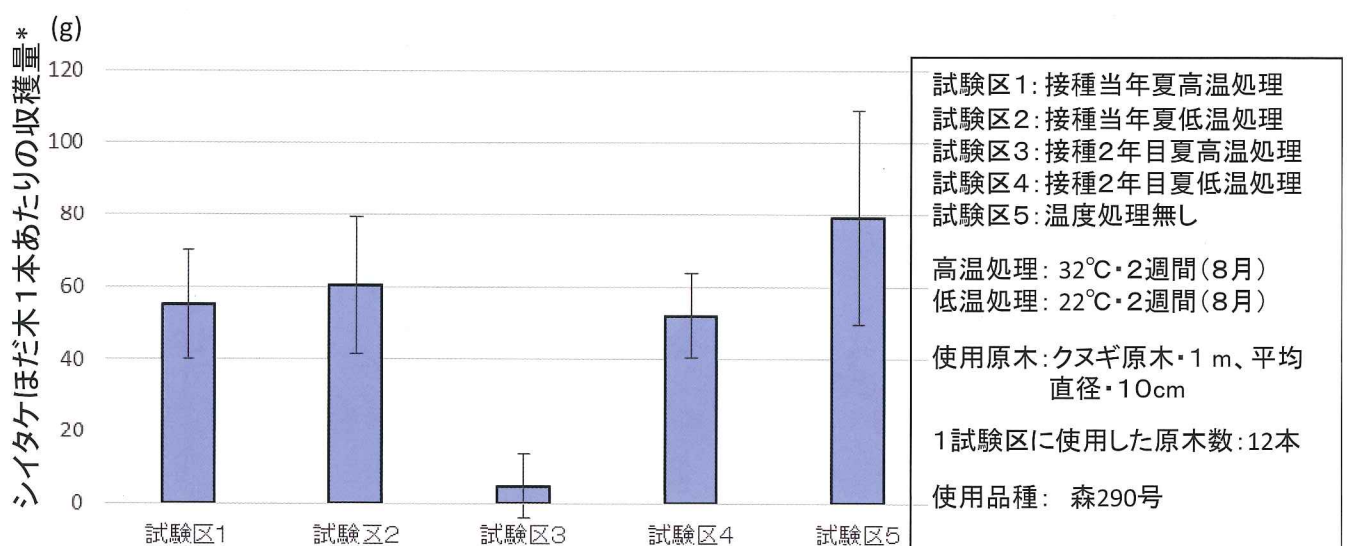


図3 夏場の温度処理のシイタケ栽培への影響

(垂線: 標準偏差)
(*収穫量: 乾燥重量(g))

設定した処理区のうち、接種2年目に高温処理を行った試験区3において明らかな収穫量の減少が見られました（図3）。8月の2週間という限られた期間ではありますが、ほだ木が一時期高温の状態にさらされることで、収穫量の減少につながるということが分かりました。

次に、温度とシイタケ菌の害菌への抵抗力の関係について実験を行いました。図4のようにシイタケ菌と害菌の対峙培養試験を行い、培養温度条件を変えたときのシイタケ菌糸の反応の違いを調べました。害菌には、栽培現場で高頻度に分離されるトリコデルマ・ハルチアナム（学名：*Trichoderma harzianum*、以下、T.ハルチアナム）を用いました（6）。

その結果、33℃では害菌に対する抵抗力を示す帯線が形成されなくなりました（図4）。また、分離試験では、30℃から抵抗力が弱くなり、33℃でその傾向がより顕著になることが確認されました（表1）。これらの試験結果から、気温の上昇はシイタケの抵抗力の低下を引き起こし、害菌による被害が助長されることが示唆されます。



図4 培養温度がシイタケの害菌に対する抵抗力に与える影響

表1 各温度区でのT.ハルチアナム分離率

培養温度(℃)	分離率(%)	
	12日後*	16日後
21	0	0
24	0	0
27	0	0
30	20	20
33	60	100

*T.ハルチアナム接種後の日数

30℃あたりからシイタケの抵抗力が下がり始める。

2. ほだ木からの害菌類の分離率と気温の関係

ほだ木内部の害菌が、気温条件の影響を受けるのかを調べるために、全国各地のほだ木から、害菌類の分離調査を行いました。

調査は、ほだ木の条件を一定にするため、はじめに熊本市内にある森林総合研究所九州支所の構内において、シイタケの菌の接種（1月）および仮伏せ（5月末まで）を行い、その後全国7試験地にほだ木を送付しました（図5）。各試験地のシイタケ発生に利用されているほだ場に、送付したほだ木を設置し、2年目の夏期に現地で樹皮下の辺材部分から菌を分離し（図6）、分離された菌の種類を同定しました（6）。

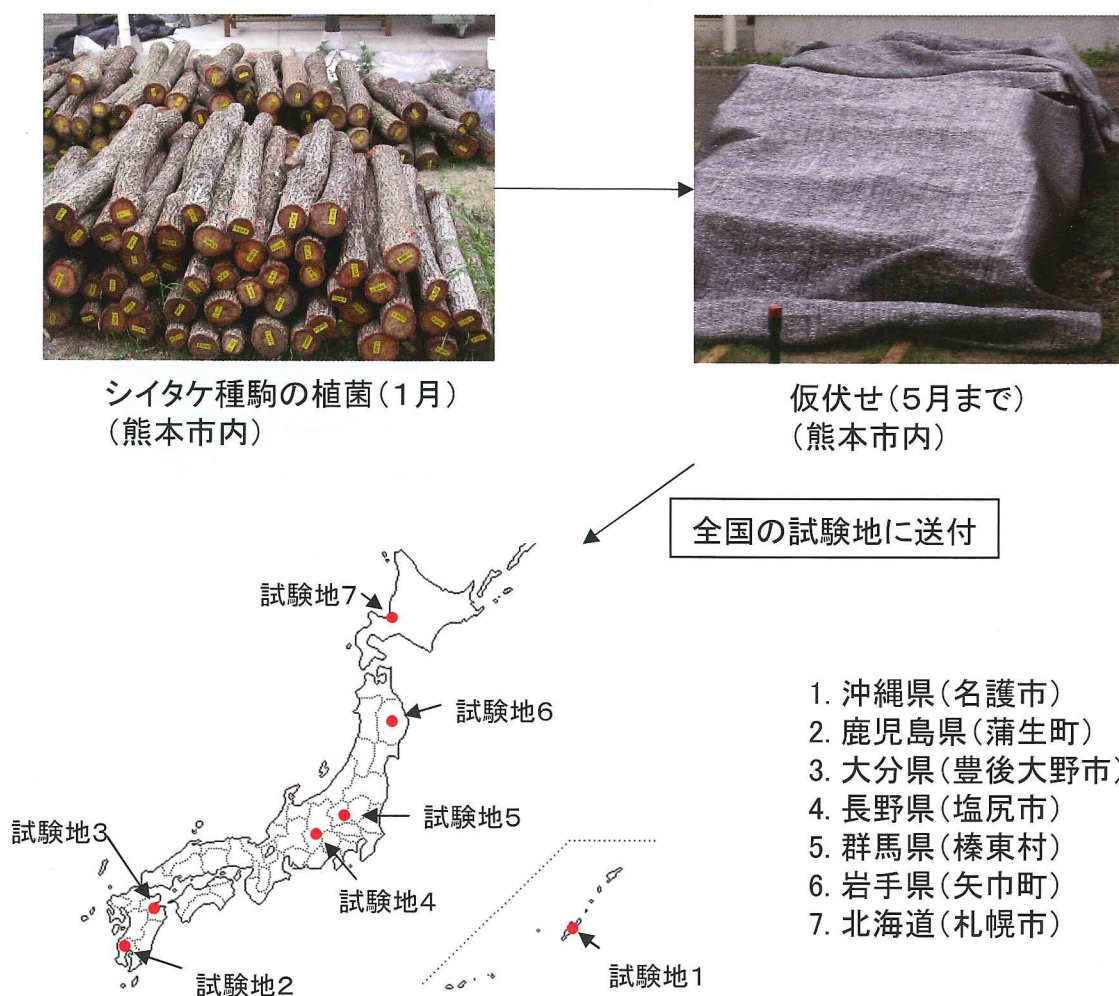


図5 ほだ木からの害菌類の分離試験方法(その1)

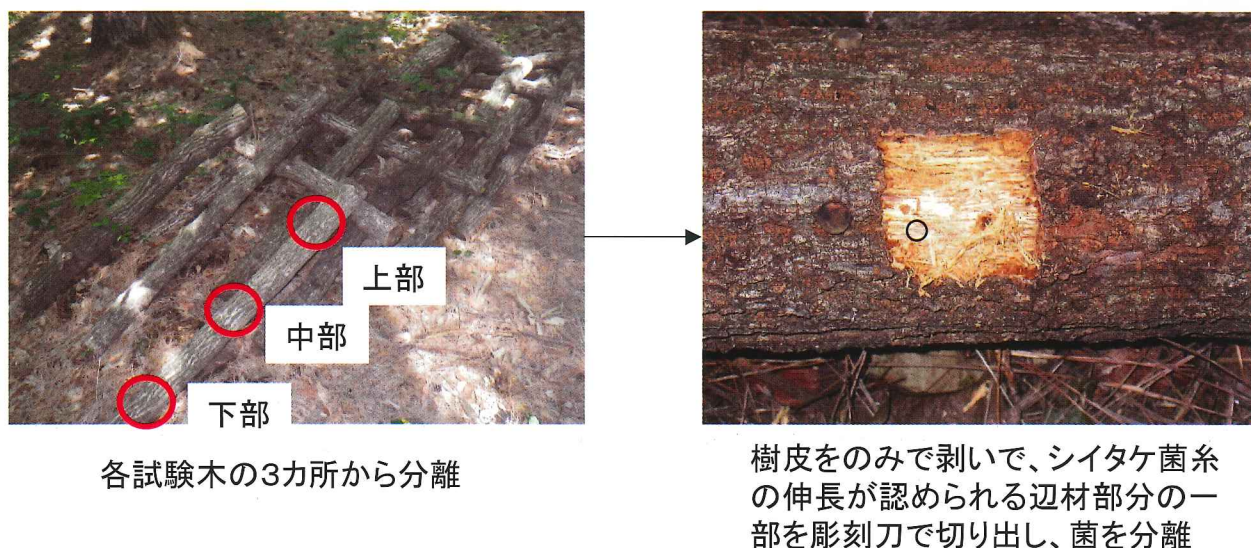


図6 ほだ木からの害菌類の分離試験方法(その2)

各試験地において10本の試験木から3カ所ずつ分離作業を行い、図6に示した方法によって分離された菌株を、形態観察やDNA解析によって同定を行いました。同定された害菌のうち、T. ハルチアナム (p. 5 参照) がすべての試験地から分離されました。このT. ハルチアナム分離率と各試験地に最も近い観測地点での最高気温が30℃以上の日数との相関をとったところ、正の相関 (相関係数: 0.804) が認められました (図7) (6)。つまり、最高気温30℃以上の日数が増えてくると、シイタケほだ木からのT. ハルチアナムの分離率が高まってくると予想されます。

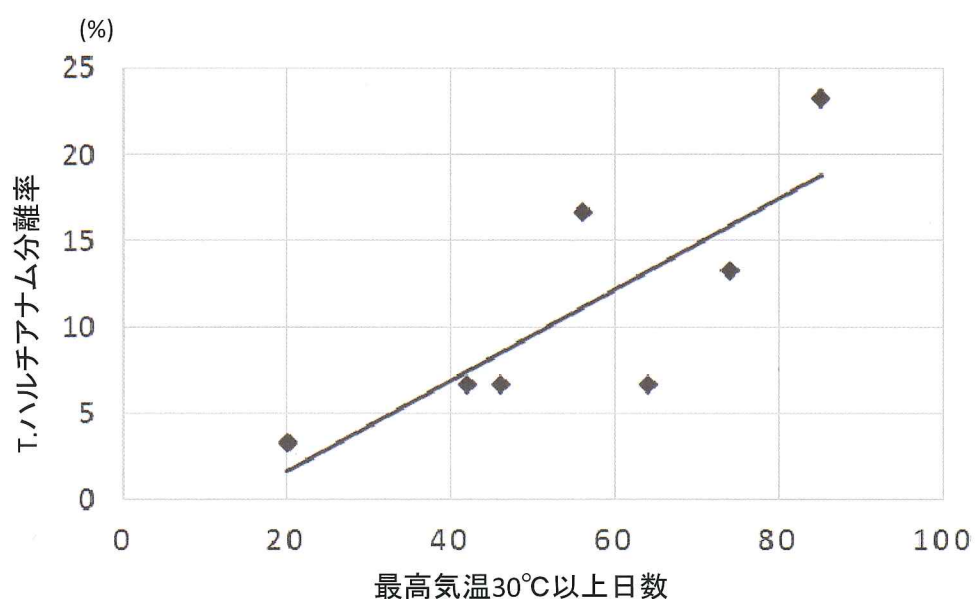
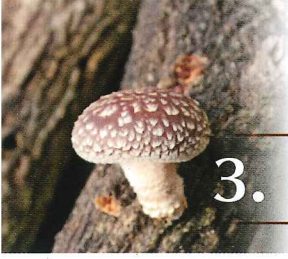


図7 気温とT.ハルチアナム分離率の関係



3. ヒポクレア属菌による被害について

近年、温暖化の影響と考えられるヒポクレア属菌による被害が九州地域で多く見られるようになっていきます（図8）。ヒポクレア属菌は、菌寄生菌の一種で、被害現場から採集したサンプルの観察から、現在九州地域で被害を与えているヒポクレア属菌は、主にヒポクレア・ラクテア（学名：*Hypocrea lactea*、以下、H. ラクテア）とヒポクレア・ペルタータ（学名：*Hypocrea peltata*、以下、H. ペルタータ）と判断しました。被害現場では、どちらか一方だけの菌の発生が見られる現場と、両方の菌の発生が見られる現場があります（7）。

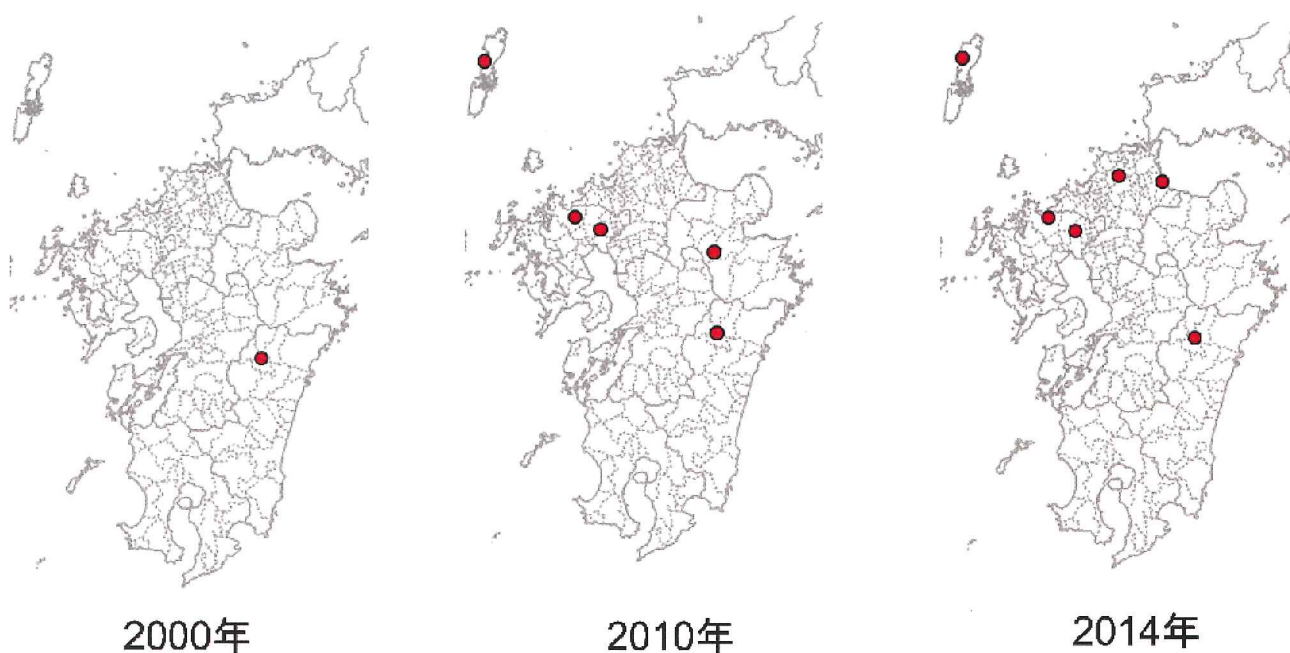


図8 九州地域におけるヒポクレア属菌の被害報告の変遷
（図中赤丸で示した生産地で被害の発生を確認）



九州地域の生産現場からの
被害報告が増加傾向にある

この両ヒポクレアは、他のヒポクレア属菌の菌に比べ大型の子のう果を作ります（図9左上および右上写真）。シイタケの接種駒の回りやシイタケの菌糸紋が認められる木口面に子のう果を形成する傾向があります。図9の右下の写真の子のうと呼ばれる袋に胞子が形成されて、孔口から胞子が噴き出すことで分布が広がります。成熟した子のう果である場合、ルーペによって子のう果の表面に孔口が形成されていることが確認出来ます（図9左下）。逆に、孔口が形成されていない場合、まだ未熟なため子のう胞子は形成されていないと考えられます。

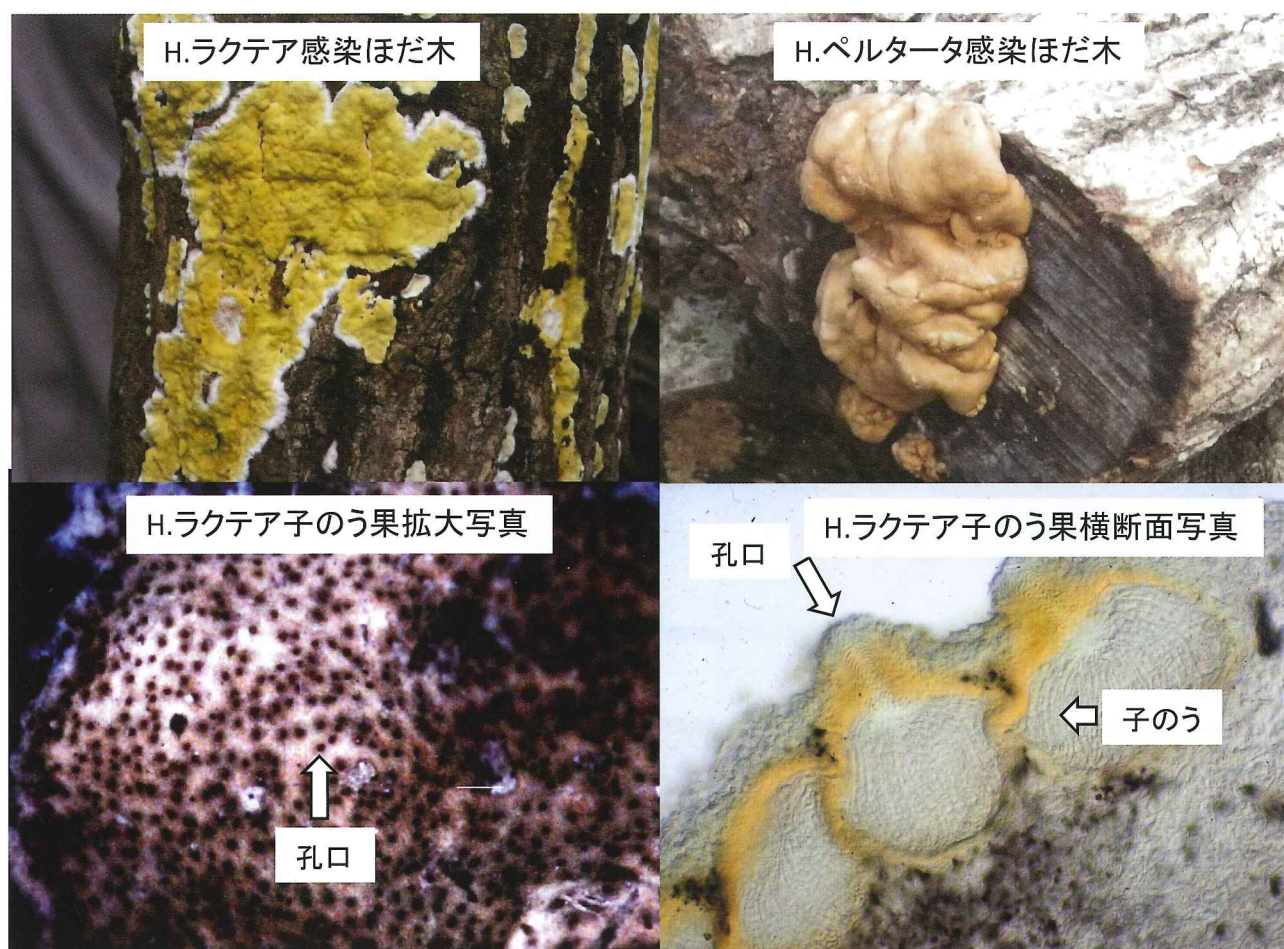


図9 H.ラクテアおよびH.ペルタータの写真

図4（p.5）で示した対峙培養試験を行った結果、H.ラクテアとH.ペルタータはどちらも、旺盛にシイタケ菌糸を侵害していくことが確認されました（7）。今後、地球温暖化の進行に伴って、被害が激害化したり、他の生産地域へ拡大しないか注意が必要です。

4. 害虫キノコバエによる被害について

(1) ナカモンナミキノコバエについて

原木栽培のシイタケには様々な害虫が知られています。その中で比較的に見られるものに、ハエの仲間のナカモンナミキノコバエがいます。成虫が体長 7mm 程度の、ハエよりもむしろ蚊に近い昆虫で、翅（はね）の中央に黒い斑点を持っています（図 10）。幼虫は頭が黒い蛆（うじ）虫で、シイタケに潜り込んでスポンジ状にしてしまいます（図 11）。北海道から九州まで国内に広く分布している（図12）ため、どの地域のシイタケ栽培現場でも被害を起こしうる害虫です。春と秋に成虫が羽化する（表 2）ため、少なくとも年 2 回発生していると考えられています。蛹（さなぎ）、または成虫で越冬すると考えられています。



図 10 ナカモンナミキノコバエの成虫(原図)

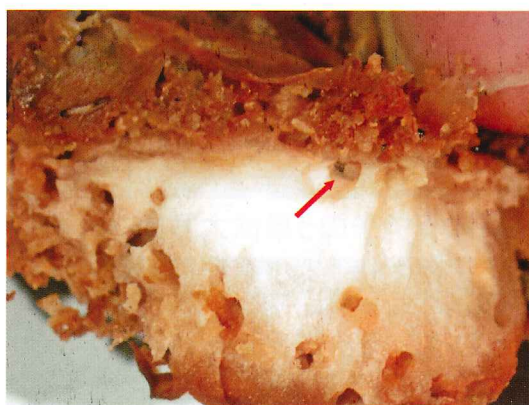


図 11. 被害を受けた子実体。矢印はナカモンナミキノコバエの幼虫(原図)

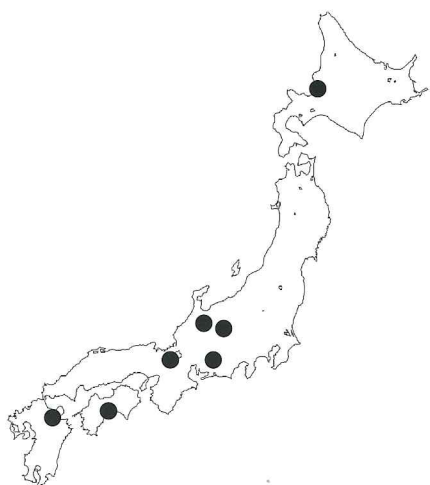


図 12 ナカモンナミキノコバエの分布(8, 9, 10)

表 2 ナカモンナミキノコバエの出現時期(8, 9, 10)

月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
北海道				○					○		
愛知県			○	○				○	○	○	
岐阜県									○		
京都府			○								
高知県			○								
大分県		○	○	○					○	○	○

(2) ナカモンナミキノコバエの蛹の飼育実験

昆虫類の発育は温度に強く影響されることが農業害虫などでよく知られています。温暖化が進むとナカモンナミキノコバエの発生はどのように変化するのでしょうか？例えば、冬の気温が高くなると、蛹の越冬中の発育が早く進み、より早く成虫が羽化して卵を産み始めると考えられます。そうすると、例年よりも早くシイタケの収穫を終わらせないと、虫食いのシイタケを採ってしまう可能性が高くなります。

いつ蛹が発育を始めるか、成虫になるのにどのくらいの期間が必要なのかを明らかにできれば、虫食いのシイタケが出てくる時期が分かります(図13)。そこで、蛹の発育が始まる時期、そして、成虫になるまでの時間を明らかにするため、捕獲調査、飼育実験(図14)とほだ場での気温測定(図15)を行いました。

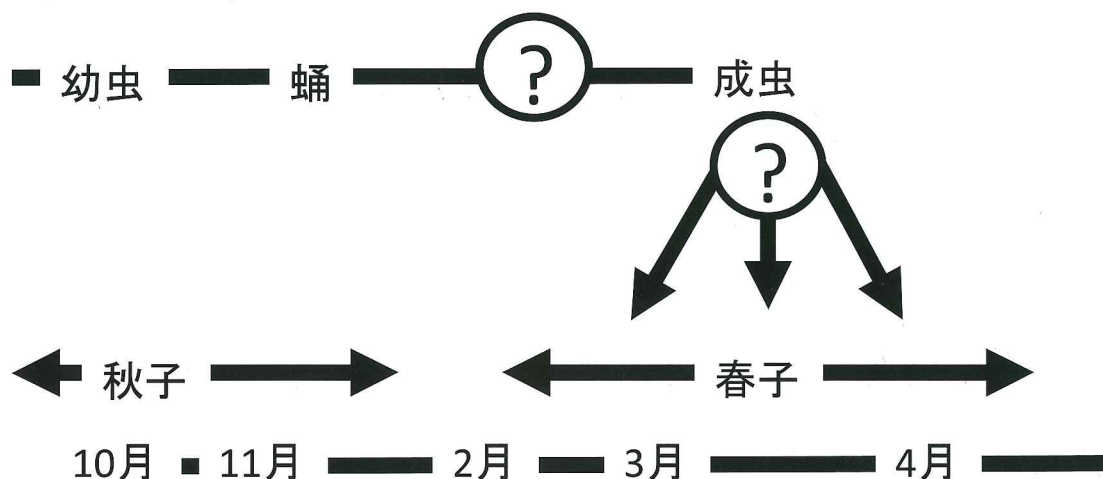


図13 ナカモンナミキノコバエとシイタケの発生時期の関係



図14 恒温槽とナカモンナミキノコバエ飼育容器(右上)



図15. ほだ場に設置した温度計(ケース内)

(3) 大分県日田地方での調査

九州は原木シイタケの生産戸数が多く、国内の生産量は大分県で最も多い状況です（図 16）。大分県内でも日田市・玖珠町は全国有数の原木シイタケ生産地です（図 17）。

気象庁の観測によると、この地域の気温は上昇傾向にあります（図 18）。最近 10 年間で最も年平均気温が高かった 2006 年を基準にすると年最高・最低気温が上昇していることがよくわかります（図19）。特に、日田市（観測点標高 82.9m）より、標高の高い玖珠町（観測点標高 331m）においてその傾向が強いことが分かります。

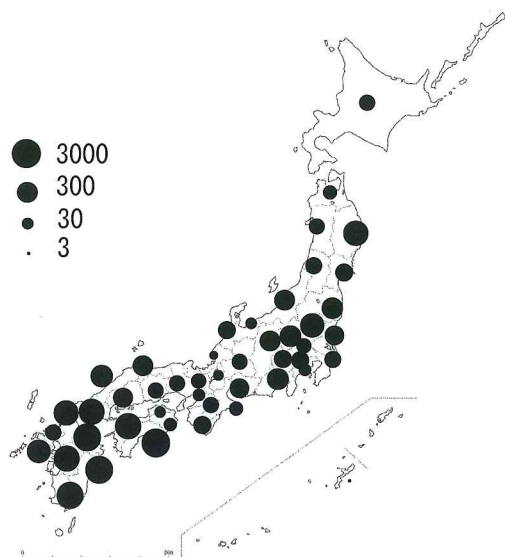


図 16 原木しいたけ生産戸数（2010 年度 林野庁特用林産基礎資料）



図 17 原木シイタケのホダ場（日田市内 3月）

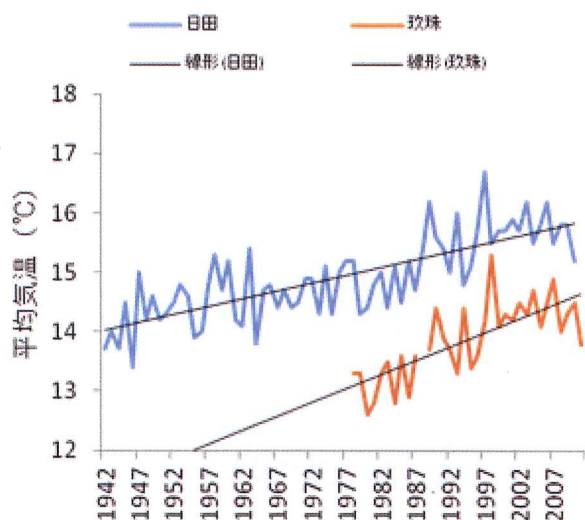


図 18 日田・玖珠の年平均気温の推移（気象庁）。玖珠は1977年から計測された。

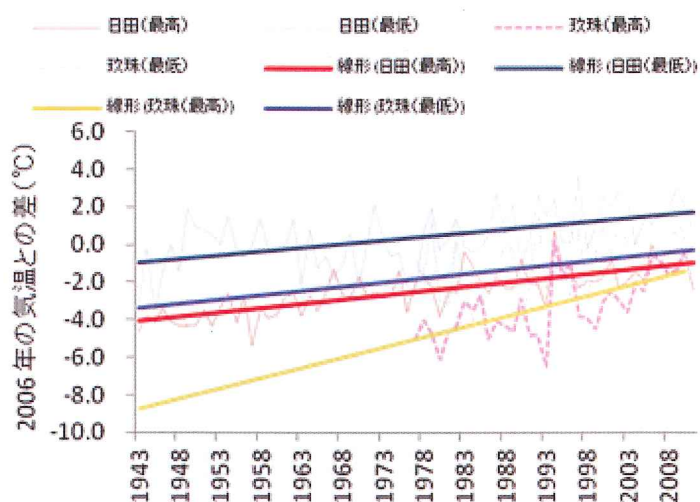


図 19 日田・玖珠の最低気温の推移（2006年基準）（気象庁）。玖珠は1977年から計測された。

捕獲調査の結果から、日田市の山間部ではナカモンナミキノコバエは3月上旬には成虫が出現することが分かりました（図 20）。また、飼育実験の結果から、本種の蛹が羽化するまでに要する日数は、気温 5℃から15℃までの範囲で約10日から40日であることが分かりました。さらに、気温測定の結果から、1月から3月までの平均気温は5℃前後、最低・最高気温が-2℃、14℃程度であることが分かりました。これらのことから、IPCCが予測している、4つの温暖化シナリオ（1.8℃上昇、2.8℃上昇、3.4℃上昇、4.0℃上昇）に従って気温がそれぞれ上昇すると、本種の成虫の出現時期は一ヶ月から一ヶ月半ほど早まると予測されました（図 20）。

温暖化した気候でナカモンナミキノコバエによる被害を回避するための対策のひとつとして、短期間に集中して発生する品種を利用し、それに対応した栽培方法を導入すること、あるいは、より寒冷となる高標高の地域での栽培することを検討していく必要があります。

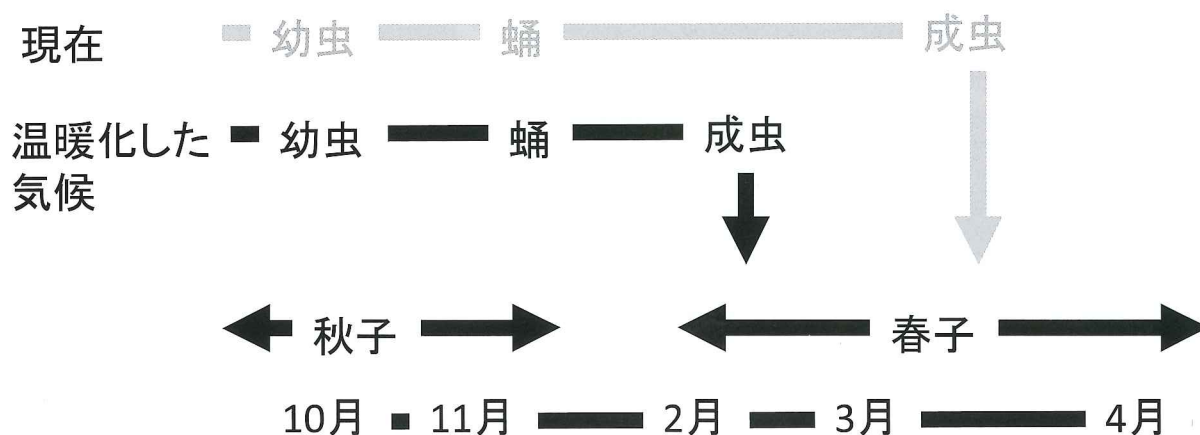
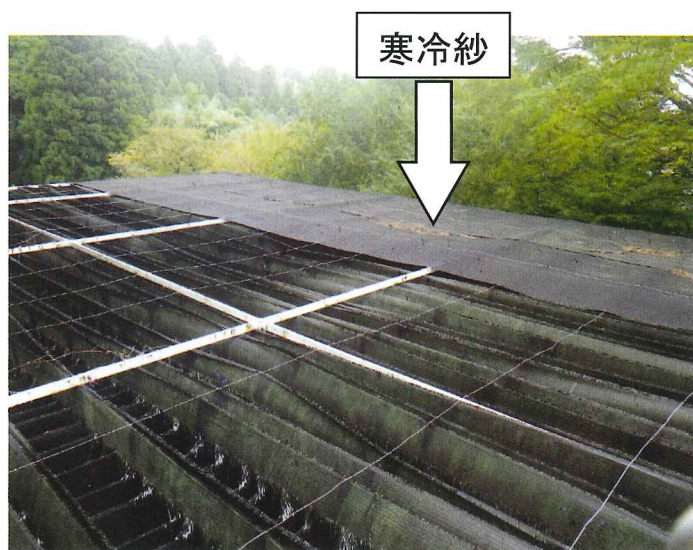


図20 温暖化による成虫出現時期の変化とシイタケ収穫適期の関係

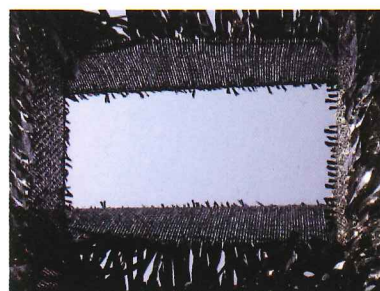
5. 寒冷紗施用によるほだ場環境の改善効果について

これまで述べてきたように、地球温暖化に伴う気温の上昇は害菌の発生を助長させたり、害虫の活動を長期化させる恐れがあり、対策としてその温度上昇を抑える必要があると考えられます。そこで、シイタケの人工ほだ場に寒冷紗を施用し、その効果を検証してみました。

試験は、熊本市内の森林総合研究所九州支所の構内にある人工ほだ場で、約半分に寒冷紗（80%遮光）をかけ（図21）、寒冷紗有区と寒冷紗無区としました。それぞれの試験区に気温を測るための温度センサーとほだ木の材内温度を調べる温度センサーを設置（図22）し、測定を行いました。調査は、平成24年と平成25年の6月～9月に実施しました。



人工ほだ場への寒冷紗施用試験（上から見た図）



人工ほだ場への寒冷紗
施用試験（下から見た図）
上：寒冷紗無、下：寒冷紗有

図21 寒冷紗施用による環境改善効果試験の様子（その1）



図22 寒冷紗施用による環境改善効果試験の様子(その2)

試験の結果を、表3および表4に示します。寒冷紗の効果を見ると、平均気温は寒冷紗有区が、平成24年の試験で0.1℃、平成25年の試験で0.2℃低く、大きな差は認められませんでした。最高温度が30℃以上となった日数で比較してみますと平成24年で8日、平成25年では14日、少ない日数に抑えられていました(表3)。また、ほだ木材内の温度測定結果によると、寒冷紗有区は平均温度で0.4℃低く、最高到達温度では3℃低くなり、寒冷紗の効果が認められました。特に、寒冷紗無区の最高到達温度は、樹皮下の測定にもかかわらず34.8℃まで上がっていました(表4)(5)。

寒冷紗の施用は、特に直射日光が入るようなほだ場において、最高気温やほだ木材内の最高到達温度を抑える効果が期待されます。

表3 寒冷紗施用の気温への影響

試験区	平均気温(℃)		最高温度30℃以上日数(日)	
	平成24年	平成25年	平成24年	平成25年
寒冷紗無	24.9	25.9	64	77
寒冷紗有	24.8	25.7	56	63

測定期間: 6月～9月

表4 ほだ木材内の平均温度と最高到達温度

試験区	平均温度(℃)	最高到達温度(℃)	最高温度測定日
寒冷紗無	25.9	34.8	6月16日
寒冷紗有	25.5	31.8	8月11日

試験期間: 2013年6月7日～8月13日



6. ヒポクレア属菌調査における簡易同定用DNA マーカーの開発と感染経路について

(1) 簡易同定用DNAマーカーの開発

ヒポクレア属菌の被害調査をすすめる上で、*H. ラクテア*および*H. ペルタータ*は培養菌糸が分生子を形成しないため、同定が難しいという問題点があります。近年では、DNA解析により必ずしも形態によらず同定することが可能となり、我々が調査を行う上でもITSと呼ばれる遺伝領域の塩基配列解析を同定に利用してきました。しかしながら、この方法は時間やコストがかかるため、より簡便に1回のPCRのみでどちらの種であるのか同定出来るように簡易同定用DNAマーカーの開発を行いました(11)。

図23が開発したDNAマーカーにより解析したときの結果です。

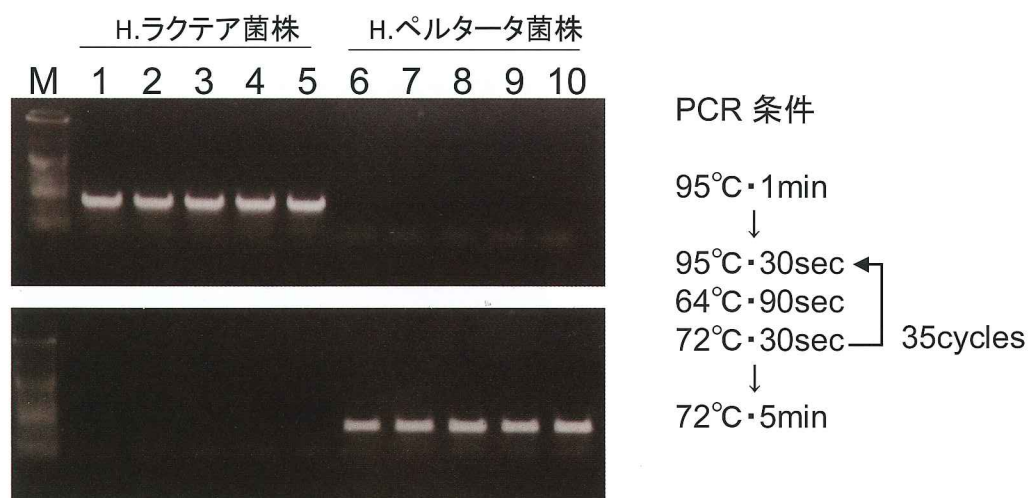


図23 簡易判定用DNAマーカーによる判定
(上段:*H.ラクテア*判別用プライマーペア使用
下段:*H.ペルタータ*判別用プライマーペア使用)

この方法で解析することにより、数時間(約3時間)で分離菌が*H. ラクテア*か*H. ペルタータ*、もしくは別の菌であるのかを判断出来るようになりました。

(2) ヒポクレア属菌の感染経路の推定について

簡易同定用DNAマーカーを利用しながら、被害現場でのサンプリングと同定作業を行い、感染経路の推定を試みました（図24）。



図24 被害現場におけるサンプリング箇所 ○ サンプリング箇所

被害が発生している施設で調査を行ったところ、パイプやダイオフララ（ダイオ化成）などの資材にH. ラクテアが付着していることが確認されました。土壌からは、H. ペルタータが分離されました。菌糸紋からはヒポクレア属菌は分離されませんでした。また、寒天培地を使った落下菌の調査を平成25年の11月、平成25年の5月と8月の計3回行ったところ、いずれの調査においてもH. ラクテアが確認されました。

一般的な結論を得るためにはさらなる調査が必要ですが、調査を行った施設では空中落下菌による空気感染が最も注意すべき感染経路であると推定しました（図25）。この施設のように空気感染が主たる感染経路となっている現場では、感染を止めることが極めて難しく、被害を収束させるためには農薬使用などの積極的な防除処置が必要と考えられます。

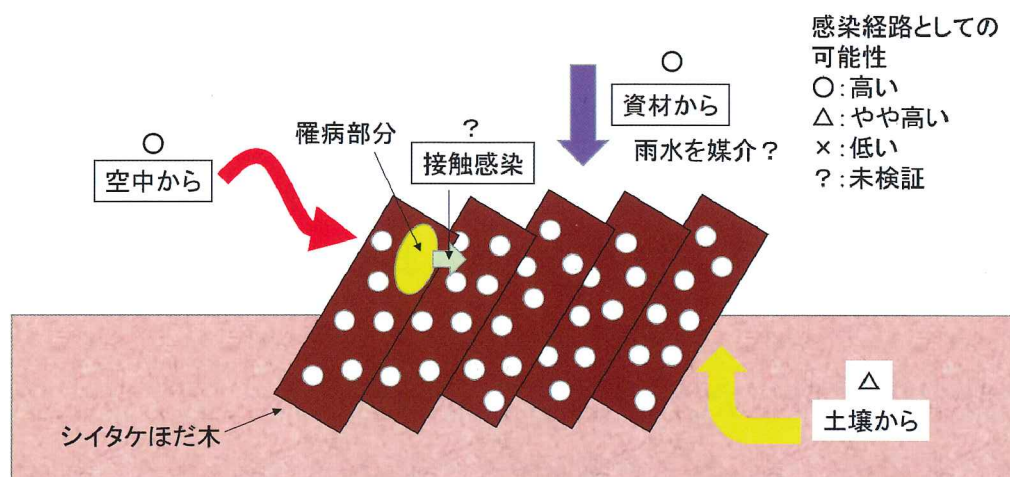


図25 調査を行った被害現場における感染経路の推定結果



7. その他適応策として注意すべき点

ここまでに検証した調査結果から、地球温暖化による気温の上昇がすすむと、シイタケの原木栽培においても高温障害の発生や病虫害の発生の危険性が高まってくると予想されます。そのため、これまで通りの栽培方法を繰り返していくと、変動する気候条件に合わない栽培方法になっていく可能性もあります。そこで、本章では基本的な作業方法の見直しなども含め、温暖化への適応策として注意すべき点や今後すすめていくべき研究内容などについて述べます。

(1) 基本的な作業の見直し

今後、仮伏せを行っている生産現場では、仮伏せの方法や時期に注意が必要と考えられます。特に、ビニールシートなどを利用して仮伏せを行う場合、急激に温度が上昇することがあるので注意が必要です。対峙培養試験の結果(p. 5) から30℃を超えるとシイタケ菌の抵抗力が下がることが確認されていますので、仮伏せを行う場合には、何月までといった区切り方ではなく、最高温度計で温度を測定しながら、内部温度が30℃を超えることがないように管理することが重要です。

また、これまでヒポクレア属菌の被害報告のあった現場は、人工ほだ場か林内に伏せ込みを行っているところに限られ、いわゆる裸地伏せを行っている現場では大規模な被害の報告はありません。予備的に行った実験でも、梅雨前まで同じように管理したほだ木を、一部を人工ほだ場に置き、一部を裸地伏せにしてみたところ、人工ほだ場においたほだ木の一部からのみH. ラクテアの子のう果形成が確認されました。仮伏せの方法やタイミング、伏せ込み方法など、ほだ木の管理方法に対して、これまで以上の注意が必要です。

(2) 早期発見と感染ほだ木や感染子実体の除去

病虫害対策としては、まったく被害を発生させないというよりも、大発生

にまで移行させない、ということが重要です。そのためには、出来るだけ早期に発見し、感染したほだ木や子実体を栽培現場から除去し、あらたな感染源としないことが重要になります。感染した子実体の除去は注意深く観察すれば可能です。しかし、感染したほだ木の除去は極めて大変な作業になりますので、出来るだけ初期に発見し、被害ほだ木が数本程度のレベルのときに実施する必要があります。

（３）農薬の使用

本紙の中でとりあげたH. ラクテアやH. ペルタータ、T. ハルチアナムを含む多くの害菌は子のう菌の一種で、ベノミル系水和剤に感受的です。きのこ用ベンレート水和剤として登録農薬が販売されています。感染ほだ木の抜き取りによる対応が難しい場合は、一時的に被害を抑えるために農薬を使用することはひとつの選択肢でしょう。その他、カミキリ類や蛾類に対する登録農薬があります。しかし、キノコバエ類に対する登録農薬はありません。

登録農薬以外では、特定防除資材（特定農薬）の使用が認められており、重曹、食酢、次亜塩素酸水などが相当します。これら、特定防除資材を利用した防除方法を今後検討する余地があります。

（４）耐病性品種の開発

病害にやられにくい耐病性の品種を開発し、栽培現場で使用することも、適応策のひとつです。私たちは、トリコデルマとの対峙培養試験から、いくつか耐病性に優れた品種を選抜し、さらにそれら耐病性に優れた品種同士を交配させた交配菌株の作出と検定を進めています。これまでの対峙培養試験による耐病性検定の結果から、耐病性の高いあらたな交配菌株を選抜し、現在栽培試験を進めているところです。

関連用語集

害菌：きのこ栽培関係でしばしば使用される用語である。きのこ栽培に負の影響を与える微生物群をすべて指す。

IPCC：気候変動に関する政府間パネル(Intergovernmental panel on climate change)の略称。気候変化に関する科学的な判断基準の提供を目的とする。

温暖化シナリオ：IPCCの評価報告書で想定されている、今後100年間でどのくらい平均気温が上昇するかに関する仮説。

子のう菌（子のう菌類）：有性生殖で、子のうと呼ばれる袋状の構造中に有性胞子である子のう胞子を形成する菌類。

子のう果：子のう菌が形成する子のうを生じる子実体。

分生子：菌類が無性的に形成する胞子。分生子柄上に形成され、胞子の形態や分生子柄の形態等の特徴により、種を分類することが可能。

キノコバエ類：昆虫綱双翅目（ハエやカの仲間）に属する。ハエよりもむしろカの仲間に近い。幼虫が様々なキノコ類や朽木などに生息する。

有効積算温度：1日の平均気温から昆虫の発育が始まる温度を差し引いて、発育が完了するまでの日数分を積算した値。

DNA：deoxyribonucleic acid（デオキシリボ核酸）の略。ほぼすべての生物の遺伝情報の伝達や発現を担っている生体高分子である。

ITS：internal transcribed spacerの略。真核生物のリボソームDNA（rDNA）において、18S、5.8S、28Sの各リボソームRNA（rRNA）をコードする遺伝子の間に存在する非転写領域を指す。

PCR：polymerase chain reactionの略。DNAの合成酵素であるDNAポリメラーゼを利用して、DNAを大量に複製する方法である。

DNAマーカー：ゲノムDNA上に存在する特別な塩基配列を持つDNA領域。形質の判定や種の判定などに用いられる。

特定防除資材：2002年12月に改正された農薬取締法に設けられた概念で、有機栽培で用いる農薬の代替資材を指す。当初、特定農薬と称したが、農薬を想起させることから、後に特定防除資材となった。

参考文献

- (1) 大森清寿・小出博志（2001）キノコ栽培全科．農山漁村文化協会，258pp.
- (2) 杉浦俊彦・住田弘一・横山繁樹・小野洋（2006）農業に対する温暖化の影響の現状に関する調査．農業・生物系特定産業技術研究機構，66pp.
- (3) 石井秀之・有馬忍（2003）暖冬の乾シイタケ安定生産技術の開発(I)-温度条件の影響と水分管理について．大分県きのこ研究指導センター研究報告第3号，20pp.
- (4) 大久保秀樹（2010）原木シイタケの栽培における気候変動の影響調査．鹿児島県森林技術相好センター平成21年度業務報告 p. 13.
- (5) 宮崎和弘・中武千秋（2014）シイタケ原木栽培における夏場の高温状態の発生に及ぼす影響と寒冷紗施用による環境改善効果について．九州森林研究 67: 83-85.
- (6) 宮崎和弘・新田剛・中武千秋・矢吹俊裕・奥田徹（2015）地球温暖化がシイタケ原木栽培の害菌問題に及ぼす影響評価に関する研究．九州森林研究（印刷中）
- (7) 宮崎和弘・中武千秋・甲斐充・有森由美（2013）九州地域で発生しているヒポクレア属菌の被害調査と特性評価について．九州森林研究 66: 158-161.
- (8) Lastovka P (1972) Holarctic species of *Mycetophila ruficollis*-group Diptera, Mycetophilidae). Acta entomologica bohemoslavica 69: 275-294.
- (9) 村上康明（2007）原木シイタケを加害するキノコバエについて．九州森林研究 60: 13-17.
- (10) 笹川満廣（2002）日本産双翅目ノート1. 昆虫（ニューシリーズ） 5: 29-34.
- (11) 宮崎和弘・新田武・中武千秋・川口真司（2015）シイタケ原木栽培におけるヒポクレア属菌の感染経路の推定．九州森林研究（印刷中）

（注：番号に下線を引いた文献は本研究プロジェクトの成果）

謝

辞

今回の調査を行うにあたり、下記に記させていただきました多くの方々に大変お世話になりました。ここに深謝の意を表します。

お世話になった方々（順不同）

沖縄県森林資源研究センターの伊藤俊輔氏、岩手県林業技術センターの成松眞樹氏、群馬県林業試験場国友幸夫氏、長野県林業総合センターの増野和彦氏、同古川仁氏、片桐一弘氏、大分県農林水産研究指導センター林業研究部きのこグループの石井秀之氏、同村上康明氏、同有馬忍氏、同川口真司氏、宮崎県林業技術センターの中武千秋氏、同新田剛氏、同田原博美氏、鹿児島県森林技術総合センターの重森宙一氏、佐賀県林業試験場の前田由美氏、福岡県農林業総合試験場資源活用研究センターの森康浩氏、同上田景子氏、長崎県農林技術開発センターの田嶋幸一氏、元長崎県農林技術開発センターの川本啓史郎氏、元熊本県林業研究指導所の遠山昌之氏、岩手生物工学研究センターの坂本裕一氏、日本きのこ研究所の中沢武氏、株式会社北研の山内隆弘氏、北海道大学農学部玉井裕氏、元玉川大学の奥田徹氏、同矢吹俊裕氏、調査にご協力いただきました生産現場のみなさま。



本パンフレットは、農林水産技術会議委託プロジェクト「地球温暖化が森林及び林業分野に与える影響評価と適応技術の開発」（平成22～26年度）における研究成果をとりまとめたものです。

地球温暖化によるシイタケ原木栽培への影響と適応策について

発行日 平成27年1月

編集・発行 独立行政法人 森林総合研究所九州支所
860-0862 熊本県熊本市中央区黒髪4-11-16

問い合わせ先 連絡調整室
TEL 096-343-3168, FAX 096-344-5054

* 本誌掲載内容を転載する際には、森林総合研究所の許可を得て下さい。