

長野県林業総合センター

研 究 報 告

第40号

Bulletin of the Nagano Prefecture
Forestry Research Center

No. 40

2026

令和8年3月

長野県林業総合センター

はじめに

日頃から、長野県林業総合センターの業務運営につきまして、多くの御支援、御協力を賜り、厚く御礼申し上げます。

当センターでは、「県民や森林・林業関係者が必要とする**試験研究や開発**」、「安全で効率的な作業ができる林業技術者や里山等地域森林の適切な管理や利活用ができる多様な**担い手の育成**」を組織のミッションとして、日々、試験研究や人材育成に取り組んでいるところです。

この研究報告では、当センターで取組む課題の内、研究が終了したものや研究開始から5年程度が経過し中間報告を行うものについて取りまとめています。

今回は、虫害による森林被害の低減について1課題、その他きのこ（ハナイグチ）について1課題、ホンシメジについて1課題、マツタケについて1課題、合計4課題について掲載しています。これらの課題の研究を実施するに当たり、多大な御協力を頂いた皆様方に、感謝と御礼を申し上げます。

我々公設の研究機関は、大学や民間の研究機関とは異なり、地域で森林を管理・活用されている皆様、林業事業者、製材工場及びきのこ農家、そしてその方々を指導・育成する県や市町村職員を対象とした研究が本分です。関係する皆様に研究成果を御理解いただき、活用されて初めて意味があるものになると思っております。わかりにくい点、扱いにくい点などがございましたら、ぜひ、御意見、御感想をお寄せください。

今後とも、森林・林業の現場で必要とされる調査研究、技術開発などに、県林務行政と一体となって取り組んで参りますので、関係する皆様の一層の御支援と御協力をお願いいたします。

令和8年3月

長野県林業総合センター

所長 小澤 岳弘

目 次

はじめに

マツ枯れ被害後の更新管理方法の研究	．．．．． 1
ハナイグチ菌床の林地埋設による栽培試験（Ⅱ）	．．．．． 9
ホンシメジ菌床の林地埋設による栽培試験	．．．．． 24
マツタケ作柄の豊凶判定について	．．．．． 32

マツ枯れ被害後の更新管理方法の研究

二本松裕太・小山泰弘・柳澤賢一

マツ枯れ被害後のアカマツ林を対象に天然更新の可否に影響する要因を整理した。上層のアカマツを伐採する場合は搬出・残置に関わらず天然更新が期待できるが、前提として前生樹の存在とシカ被害が軽微なことが重要であることを確認した。また、伐採しない場合はアカマツ下層の樹種構成は数年では変わらず、ソヨゴのような常緑中低木が優占していると高木性樹種による更新が進みにくいことを確認した。シカの影響は伐採前の痕跡が少なくても注意が必要で、出現頻度を上げない工夫が有効と考えられた。更新完了基準を満たせばその後の順調な生育が期待できるが、現行の基準はシカの影響を考慮しないため、食害を受けにくい樹高になるまでは慎重な管理が必要と考えられる。

キーワード：前生樹，伐採搬出，自然遷移，ソヨゴ，ニホンジカ

1 緒言

県内ではマツ材線虫病によるアカマツの枯損被害が大きな問題となっており、全国でも最大クラスの被害が継続している（林野庁 2025）。その防除対策の一つとして、被害地及びその周辺のアカマツを全て伐採し、植栽や天然更新によって別の樹種による森林化を促し、被害拡大防止と森林の健全化を図る事業が各地で実施されている。

アカマツ林では、コナラに代表される高木性樹種が前生樹として存在することが天然更新を容易にしている（清水ら 2016）。しかし、前生樹は林業機械の走行回数が多い場合に失われる（近藤・小山 2005）ことや、木材チップを厚く敷くことで木本類の発生が抑えられる（山内ら 2006）ことを考えると、マツ枯れ被害木の処理方法が更新に影響する懸念がある。さらに、マツ枯れ被害木は拡大防止の観点から伐採されることが一般的であり、これまでの研究（清水ら 2016）では伐採された後の森林の更新を追いかけてきたが、急速な被害の拡大とともに防除が追い付かず、被害林をそのまま残す場合もあり、放置した場合の更新状況は定かではない。

そこで本研究では、既往の研究（清水ら 2016）では明らかになっていない被害木の伐採や搬出に伴う影響と、放置した場合の天然更新の可否に関わる要因を検討することとした（2章）。加えて、県内のほとんどの地域ではニホンジカ（以下、シカ）が分布を拡大している（長野県 2021）ことから、調査地内で更新に影響するシカの生息状況を確認する（3章）とともに、清水ら（2016）によりマツ枯れ跡地で成林したとされる林分の追跡調査（4章）を行った。これらの結果を整理し、既往（清水ら 2016）の結果と併せて、マツ枯れの被害後の更新方法について取りまとめた。

なお、本研究は、県単課題（2020～2024年度）

として実施し、本研究の一部は長野県林業総合センター技術情報（二本松 2024）で公表した。

2 松枯れ被害後の更新状況

2.1 目的

アカマツの枯損被害が広がっている長野県中部の筑北地域を対象として、これまでの調査で不明だった、被害木を林業機械で搬出した場合と伐採して現地へ残置する場合、被害木を伐採せずに放置した場合に、高木性の樹種への天然更新が可能かどうかを調査し、アカマツ林の管理方法別に天然更新の可否について検討することを目的とした。

2.2 調査地および調査方法

東筑摩郡筑北村内の4か所のアカマツ林において、調査地A～Dを選定した（図-1、表-1）。Aはアカマツを伐採して車両系機械により丸太枝条を場外に搬出する林分、Bはアカマツを伐採して現場内に残置する林分、C及びDは伐採予定がない場所で、それぞれアカマツ以外の高木性樹種が比較的多い林分と少ない林分とした。

2020年（B・C・D）及び2021年（A）に調査地内に20m×20mのプロットを設置し、初期の樹種別・樹高クラス別の個体数を調査した。初期調査の対象は樹高1.2m以上の全樹種とした。ただし、低木性樹種の大部分は10m×10mでの調査に限定した。

調査地Aでは2021年11月から伐採がおこなわれた。伐採1年後の秋季に、プロット内で樹高0.5m以上の全樹種の個体数を調査した。伐採2年後、3年後の秋季は調査地内でシカの食害が集中している場所が観察されたことから調査方法を変更した。プロット内外で2×2mの方形枠を10箇所以上ランダムに設置して樹高0.5m以上の全樹種の

調査を行うとともに、樹種別の被度を目視で記録した。また、方形枠ごとにシカ食害の有無を確認した。

調査地 B では 2020 年 12 月から伐採がおこなわれ、発生した幹等は伐根を支柱として等高線方向に並べて現場に据え置いた。伐採 2 年後まで毎年秋季に伐採前と同様の調査を実施した。伐採 3 年目はシカの食害が観察されたことから、調査地 A と同様に調査方法を変更した。ここでは、伐倒木の影響を考慮し、2 × 2 m の方形枠を 11 箇所ランダムに設置し、樹高 0.5 m 以上と 2 m 以上の 2 区分で全樹種の個体数を調査し、方形枠ごとに残置された伐倒木の有無とシカ食害の有無を記録した。

調査地 C 及び調査地 D では 2020 年秋季の初期の調査以降は改変を行わず、2024 年春季に 2 回目の調査を実施した。

それぞれの調査地において、最終調査時点での更新完了の判定にあたっては、第 14 期中部山岳地域森林計画書（長野県 2020）の天然更新の完了判定基準に従い、天然更新の対象樹種の樹高と立木本数、競合植生高により判定した。本稿では更新対象樹種のうち、アカマツを除く樹種を「高木性樹種」と表現する。



図-1 筑北村内の調査地の位置

表-1 調査地の概要

調査地	処理内容	伐採時期	高木性樹種 (樹高5m以上)	標高	斜面 方位
A	伐採・搬出	2021.11月～	1100本/ha	660m	南
B	伐採・残置	2020.12月～	550本/ha	650m	西
C	なし		1000本/ha	670m	東
D	なし		300本/ha	700m	東

2.3 結果

2.3.1 伐採搬出した場合（調査地 A）

調査地 A は伐採前の林冠層にはアカマツが優占（625 本/ha）しており、枯損率は 53% だった。その下の中層はコナラ等の高木性樹種で構成されていたが、伐採搬出の際にほとんどが支障木として除去された（図-2）。

伐採 1 年後の時点で、アカマツ実生やコナラ、中低木のソヨゴの萌芽枝が多く発生していたが、0.5 m 以上の更新対象樹種は 1,000 本/ha に満たなかった。伐採 2 年後も似た状況であり、樹高 1.2 m 以上の更新対象樹種はなかった。伐採 3 年後になると全体的に樹高があがり、樹高 1.2 m 以上のものも見られたが、2 m 以上の個体はなかった（図-3）。この時点で、更新完了には至っていないと判断した。

伐採 2 年後及び 3 年後にランダムに設置したすべての方形枠でシカの食痕が確認されており、全域的に食害を受け続けることで樹高が抑えられていた。しかし、苗木サイズを超える 0.5 m 以上の高木性の更新対象樹種は 10,750 本/ha、アカマツを除く高木性樹種だけでも 2,250 本/ha が存在しており、各樹高階の成立本数は増加傾向にあった（図-3）。また、成立本数としてはソヨゴが最多だったが、すべての方形枠で優占している状況ではなかった（表-2）。

2.3.2 伐採後に残置した場合（調査地 B）

調査地 B の伐採前のアカマツは枯損率が 79% で生立木は 225 本/ha のみであり、既に林冠層の大部分が失われていた。コナラを中心とした高木性樹種が特に樹高 2 ～ 5 m の層に 4000 本/ha 以上成立していたが、上層のアカマツを伐採する際にそのほとんどが除去された（図-4）。残置された幹等により、部分的に地表が被覆されたが、伐採 1 年後には残存した個体や萌芽を中心に樹高 1.2 m 以上の高木性樹種が既に 1,625 本/ha 成立しており、2 年後には 5,575 本/ha まで増え、3 年後には樹高 2 m 以上のものだけで 11,000 本/ha を超えた。この時点で更新完了と判断した（図-5）。

伐採 3 年後の調査時に設置した 11 か所の方形枠のうち、7 か所は伐倒木が残置され、4 か所は伐倒木がなかった。伐倒木の有無別に樹高 2 m 以上の高木性樹種の成立状況をみると、伐倒木がある場所では伐倒木がない場所と同等以上の高木性樹種が確認できた（図-6）。一方、2 m 未満の成立

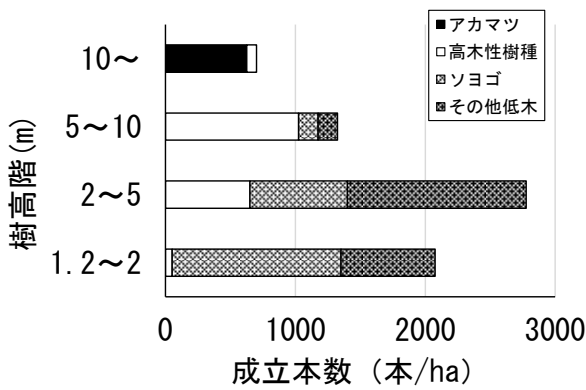


図-2 調査地Aの伐採前の樹高階別の成立本数

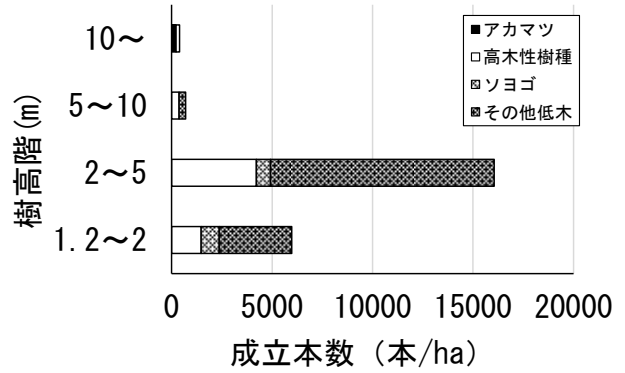


図-4 調査地Bの伐採前の樹高階別の成立本数

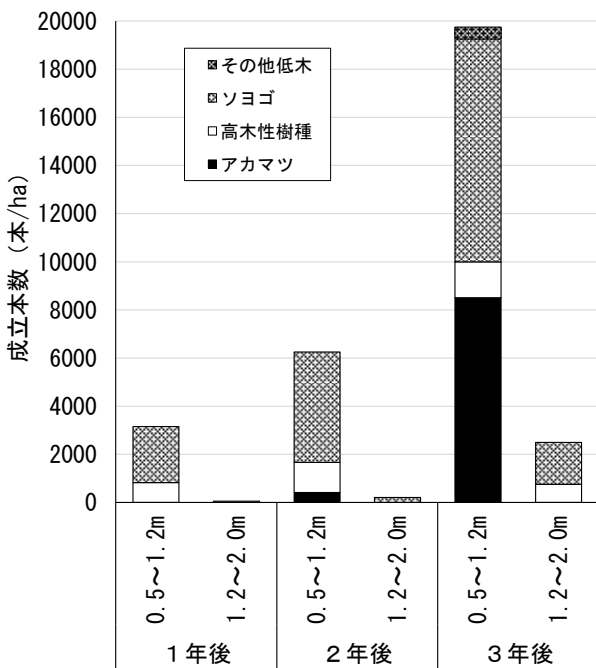


図-3 調査地Aの伐採後の成立本数の推移

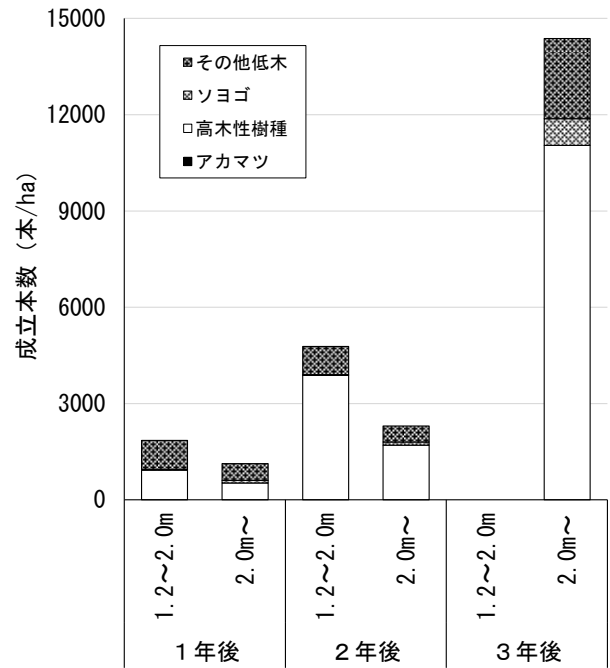


図-5 調査地Bの伐採後の成立本数の推移

表-2 調査地Aの伐採後3年目に設置した方形枠内の最大高樹種と優占樹種

枠名	最大高樹種	最大高 (cm)	優占樹種	被度 (%)
1	コナラ	90	ソヨゴ	50
2	ソヨゴ	155	ソヨゴ	80
3	アカマツ	110	ソヨゴ	50
4	ソヨゴ	190	アカマツ	70
5	ネズミサシ	165	アカマツ	40
6	アカマツ	90	アカマツ	30
7	ネズミサシ	150	アカマツ	30
8	ソヨゴ	80	ソヨゴ	35
9	アカマツ	85	コナラ	25
10	ソヨゴ	135	コナラ	40

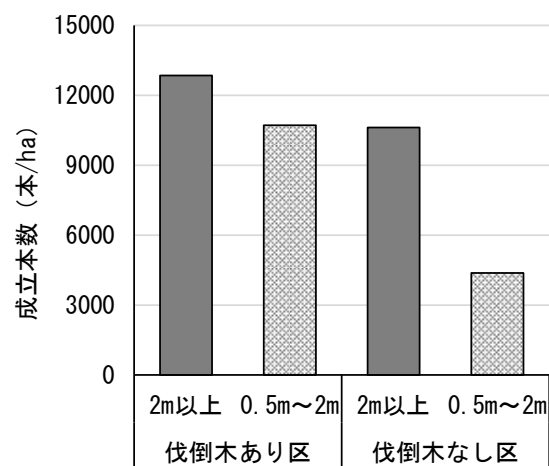


図-6 調査地Bの伐採3年後における伐倒木の有無別の高木性樹種成立本数

本数は、伐倒木がない場所ではある場所と比べて半分以下だった。また、伐倒木が残置された場所ではシカの食痕が 7 か所中 1 か所でしか確認できなかったが、伐倒木がない場所では 4 か所中 2 か所で食痕が確認され、獣道も確認した。

2.3.3 伐採せず放置した場合（調査地 C・D）

前生の高木性樹種が多かった調査地 C は、2020 年秋時点で樹高 5 m 以上の高木性樹種が 1,000 本/ha あり、アカマツ枯損率は 38% だったが 3 年経過したところで 90% まで増加した。2020 年秋と 2024 年春の階層別の成立状況を比較すると、主に 5～10m の高木性樹種、2～5 m のソヨゴがそれぞれ上の階層にシフトし、10m 以上の高木性樹種は 200 本/ha から 450 本/ha に増加した(図-7(a))。一方、前生の高木性樹種が少なかった調査地 D では、2020 年秋時点で樹高 5 m 超の高木性樹種は 300 本/ha であり、アカマツの枯損率は 73% から 78% に増加した。ここでは調査地 C と異なり、10 m 以上まで抜け出る高木性樹種はほとんど増えなかった(図-7(b))。いずれの調査区においても 2～10m の層のソヨゴが増加し、高木性樹種の総数はほとんど増えなかった。これらの調査地では更新伐等の施業は行われていないが、上層のアカマツは既に大部分が枯損しており、天然更新の完了基準を準用すれば、調査地 C・D ともに更新完了には至っていないと判断した。

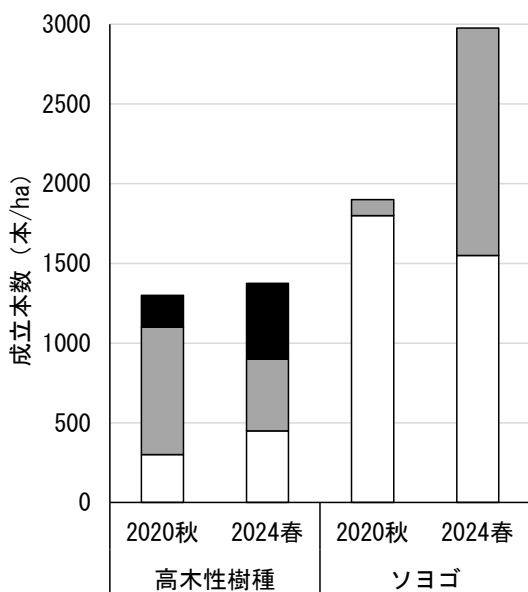
なお、2つの調査地内で枯損した 106 本のアカマツのうち 43 本が 3 年半の間に倒伏または折損したが、下層の高木性樹種を折損した場合はあっても、致命的な損傷を与えたものは確認できず、更新への影響は軽微だった。

2.4 考察

筑北村内の 4 か所のマツ枯れ被害林地で更新状況を確認したところ、被害木を伐採し伐倒木を残置した調査地 B では更新が完了したが、伐倒木を搬出した調査地 A と伐倒をおこなわずに放置した調査区 C・D では、伐倒後あるいは調査始期から 3 成長期が経過しても更新完了には至らなかった。それぞれ、更新に影響した要因について整理する。

まず、調査地 B では伐倒前の時点で下層に高木性樹種が 4000 本/ha 以上成立しており(図-4)、既往の研究(清水ら 2016)で重要視している前生樹の存在という条件を満たしていた。ここではいったん大部分の前生樹は除去されたうえで、伐倒した丸太が地表を部分的に被覆したが、棚積みの支柱となっている切り株からは萌芽が発生しており、地表が面的に隙間なく覆われない限りは、伐倒木を現場内に残置しても更新への影響は限定的と考えられた。また、伐倒木の多寡によりシカの痕跡や 2 m 未満の成立本数に違いがあり、伐倒木のない場所の方がシカの被害を受けていた。シカは地形上歩きにくい箇所を避けることが指摘され

(a) 調査区 C



(b) 調査区 D

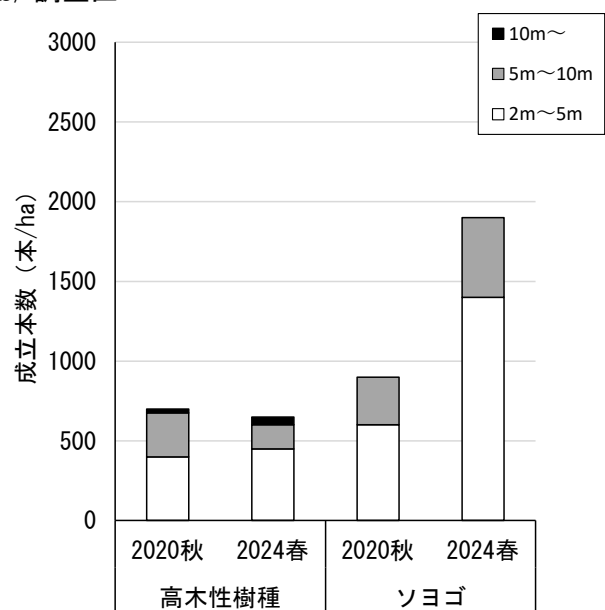


図-7 調査地 C・D における高木性樹種（アカマツを除く）とソヨゴの成立本数の変化

ており（小山 2025）、発生した枝条によりシカの行動を短期的には制限できるとした報告（柳澤 2020）もあることから、残置された伐倒木がシカの行動を制限することで更新に有利に働いた可能性が示唆された。

一方、調査地Aでは全域的にシカ食害が確認され、樹高が抑えられており、その影響で更新が遅れていると考えられた。しかし、高木性樹種の成立本数や樹高は増大傾向にあり、シカ害が激化しなければ天然更新は可能と見込まれた。ここでは、搬出作業の影響でリターを含む表土層がはぎとられた様子が見られ（写真-1）、1.2m未満の下層には高木性の広葉樹よりも表土層が失われた環境に適応できる実生アカマツが多く発生していた（図-3）。清水ら（2016）は立地条件の違いによる安定した表土層の有無によって成立する樹種が変わることを指摘しているが、今回の結果から伐採搬出に伴う表土層の排除も更新樹種に影響することが示唆された。アカマツ以外の高木性樹種による天然更新を志向する場合は全面的に表土を荒らす作業は避けた方が成功しやすいと考えられた。

なお、伐倒せずに放置した調査地C・Dでは、ともに高木性樹種の総数はほとんど増えず（図-7）、更新できていなかった。これらの調査地では各階層で常緑の中低木であるソヨゴの成長や本数増加が目立ち、更新を阻害していると考えられた。しかし、その中でも調査地Cで元々ソヨゴの樹冠層を抜け出していた樹高5m以上の高木性樹種は問題なく成長し、ソヨゴが到達できない樹高10m以上の層に到達したものが増えた。一方、調査地D

では元々樹高の高い高木性樹種が少なく、調査期間中ではソヨゴを追い越して上層に到達することはできなかった。このことから、上木のアカマツを伐採せずに放置すると、もともと下に存在していた前生樹がそのまま成長し、倒木が発生しても下層が大きく破壊されることはなく各階層の構成に劇的な変化は起こりにくいため、ソヨゴのような競合種に対して樹高の高い高木性樹種が少ないと天然更新が進みにくいと考えられた。

以上のことから、アカマツの伐採や搬出の作業、あるいは枯損木を放置した場合に発生する倒木などによる物理的な攪乱は天然更新を妨げるものではなく、前生樹があり、シカの食害が軽微であれば天然更新は可能と言えた。ただし、表土攪乱がある場合は前生樹種ではなくアカマツ実生の定着、更新が進みやすいと考えられた。今回、更新完了に至らなかった要因は、伐採後の激しいシカ食害と前生樹の種構成にあり、伐採作業の有無や方法によって影響の度合いが異なる可能性が示唆された。

なお、ソヨゴは県内のアカマツ林内で普通に出現する常緑の中低木であるが、マツ枯れ被害跡地で優占する事例は県外でも報告され（山瀬 1998、森下・安藤 2002）、高木性樹種の成長を阻害するため長期にわたって上層木を欠く状態が持続する懸念がある。早期に確実に高木性樹種が優占する森林へと遷移を促すためには、上層にあるソヨゴを伐採するなど、林床の光環境を改善すべきと考えられた。



写真-1 搬出作業の影響で表土層が逸失した様子（調査地A）
（2023年10月撮影、伐採後2年目）

3 ニホンジカの更新に対する影響

3.1 目的

前章の調査地 A・B ではシカによる食害が確認された。各調査地における出現頻度を確認し、更新への影響を評価するため、赤外線を利用した自動撮影カメラによるカメラトラップ調査を行った。

3.2 方法

調査地 A 及び B においてそれぞれ 1 台ずつ、自動撮影カメラ (TREL20J) を設置した。また、対照地として調査地 B から直線距離で 100m ほど離れた無施業の広葉樹林内にも同じ機種を 1 台設置した。観測期間は 2023 年 10 月 18 日から 2025 年 11 月 5 日 (研究期間終了後の観測も含む) としたが、対照地のみ 2024 年 5 月 21 日にカメラを撤去した。撮影データの回収は 2024 年 5 月 21 日、11 月 29 日、2025 年 4 月 30 日、11 月 5 日におこなった。撮影のインターバルは 60 秒とし、同一個体が連続して複数回撮影された場合は、1 回の撮影を 1 回の出現として扱った。なお、機器の不良等によりいずれも欠測期間があった。画像解析にあたっては、目視で撮影画像のシカ頭数を確認した。各期間中のシカ撮影頭数の合計をカメラ稼働日数で除した 1 日あたりの撮影頭数を算出した。

3.3 結果と考察

図-6 に自動撮影カメラが実際に稼働した期間とその間のシカののべ撮影頭数を示す。カメラの稼働期間中に 1.49 頭/日のシカが確認された調査地 A に対して、調査地 B では 0.22 頭/日のみであり、撮影頭数に大きな差があった。対照地に設置

したカメラの撮影頭数は 0.22 頭/日であり、調査地 B と同等だった。

調査地 A ではシカの出現が多く、採食の様子も確認することができた。しかしながら、食害を受けながらも更新樹種の平均樹高は上がっており、遅れながらも天然更新は可能だろうと前章で指摘した。一方、調査地 A から 3km ほど離れたコナラ林の皆伐跡地では、シカの採食を受けることで天然更新は困難と判断された (小山ら 2024)。ここでは調査地 A と同等以上のシカの出現が確認されており、高木性樹種の平均樹高はほとんど上がらなかった。この 2 箇所では更新対象の樹種組成や競合植生の違いはあるものの、この水準でシカが出現する場所では天然更新が遅れたり、防除対策なしには更新できない可能性が示唆された。

対照地のシカ出現頻度をこの地域の基準と考えると、調査地 A では更新伐を実施したことで大幅にシカの出現が増えた一方で、調査地 B では変化がなかった。皆伐あるいは受光伐は餌場の創出によりシカを誘引すると考えられ、実際に調査地 A では伐採前にはほとんどシカの痕跡を確認できなかったにもかかわらず、伐採後は全域で食痕が確認されるようになった。調査地 B でも調査地 A 以上に採食しやすい餌植物は増えたが、シカの出現は増えずに更新が完了した。このことは、前述のとおり残置された伐倒木による歩きにくさが出没を抑制した可能性があり、シカの出現頻度の増減が天然更新の可否を左右すると考えられた。

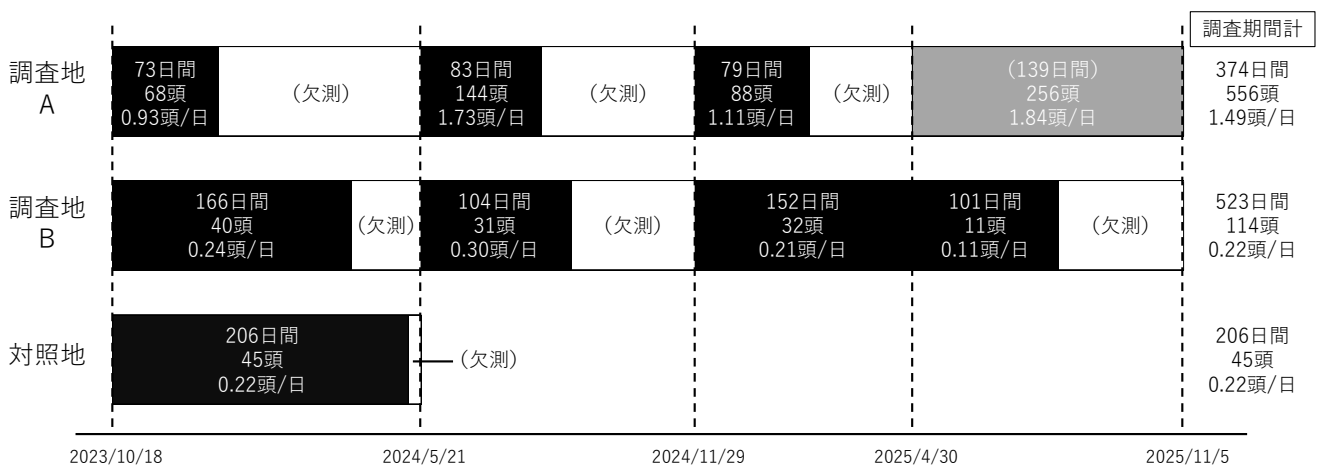


図-6 各調査地のカメラ稼働期間、のべ撮影頭数及び1日あたり撮影頭数

黒塗りはカメラ稼働、白塗りは欠測の期間を示す。グレーの期間ではカメラの時計機能が故障したため、確実に稼働していた日数を () 書きで示した。

4 過去に更新完了判定した更新伐施業地の現況

4.1 目的

第2章において、調査地Bではシカの侵入はあったものの樹高2m以上となった更新個体が十分にあり、更新完了と判断した。しかし、造林木では樹高がシカの口が届く高さを超えても、食害に伴う主軸や枝の折損、あるいは幹の剥皮被害が発生することも知られ、確実に成長できるわけではない(野宮 2024)。しかし、県内でアカマツ林の天然更新後に完了判定した林分において、その後の再調査をした事例はない。

そこで、過去に更新伐を実施して天然更新完了の判定をした林分において、シカ等の影響による衰退が生じていないかを確認するため、現在の成林状況を調査した。

4.2 方法

安曇野市において、2013年に更新伐を実施した林分を対象として、2023年12月に調査を行った。清水ら(2016)が伐採後に調査を実施した4か所(図-7)のうち、3か所(南陸郷1, 3, 4)については任意の場所に10×10mの方形枠を設置し、樹高2m以上の更新対象樹種の成立密度を調査した。残りの1か所(南陸郷2)は付近に獣害防止柵(おおよそ4×18m)が設置されており、樹高2～5mの立木が密生していたため調査対象とせず、柵内の樹高5m以上のみを対象とした。

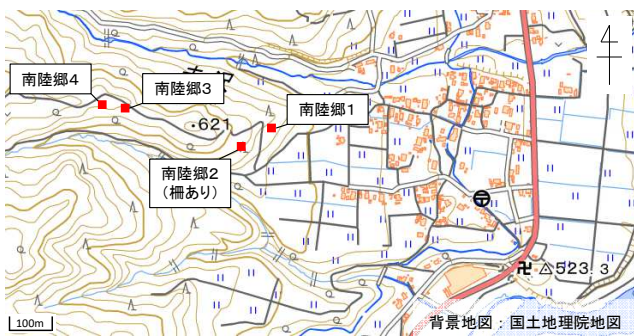


図-7 安曇野市内の調査箇所の配置

4.3 結果と考察

4地点での調査結果を図-8に示す。いずれの調査地点も主に萌芽更新により発生したコナラ、クリを中心とした更新対象樹種が優占しており、樹高5m以上となった個体だけでも3,000本/ha前後が成立しており、更新状況に問題はなかった。2013年の伐採後調査の際に半分以上の更新個体にシカによる食痕が確認された南陸郷2では、翌

年に簡易的な獣害防止柵が設置された結果、残りの3か所と比較しても立木密度に明確な差はみられなかった。南陸郷2と残りの3地点は最大で300mほどしか離れておらず、いずれの地点も伐採直後からシカ食害のリスクはあったと思われるが、獣害防止柵の有無にかかわらず成林できていた。今回の調査は一例に過ぎないが、過去に更新完了と判定した林分について、伐採10年後時点で剥皮被害はほとんど見られず順調に生育していることが確認できた。

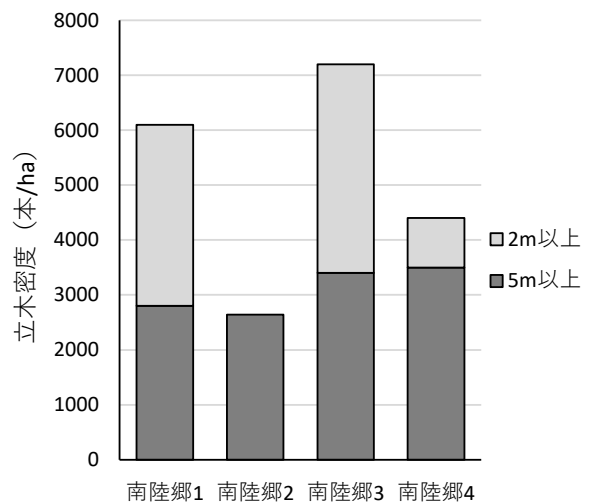


図-8 更新伐後10年経過した林分の更新対象樹種の立木密度

南陸郷2では樹高5m以上の個体のみを対象としている

5 結言

本研究では、マツ枯れ被害を受けたアカマツ林について、天然更新の可否に影響する要因を整理することを目的とし、アカマツの処理方法別に更新実態を調査した。その結果、伐採を行う場合は伐倒木の搬出または残置に関わらず天然更新は可能であるが、前生樹の存在とシカ食害が軽微であることが重要な条件であることが分かった。その上で、アカマツ以外の高木性樹種による更新の可能性を高めるためには伐採搬出の際に全面的に表土を荒らすことは避け、残材が発生する場合は萌芽枝が発生できる空間を残すことが重要と考えられた。伐採をおこなわず自然の遷移にゆだねた場合は、下層の前生樹がそのまま成長し、各階層の樹種構成が劇的に変化することはないため、ソゴのような下層を被陰する競合種がアカマツの下で優占している場合、高木性樹種による更新が進みにくいと考えられた。

長野県内ではほとんどの地域でシカが生息しており、シカの痕跡が少ない場合であっても、天然更新を目指す場合は必ずシカによる影響を考慮する必要がある。十分な前生樹があっても、更新伐等の施業によって食べやすい餌が増えるとシカの出現頻度も増え、更新の可否に影響する可能性がある。今回、伐倒木を残置した調査地 B ではシカの出没が少なく更新完了に至ったが、なるべくコストをかけずに更新を成功させるためには、快適な採食環境を作らないことで出没頻度を減らすことが重要な視点になるかもしれない。

最後に、第 4 章でアカマツ林の更新伐を実施して 10 年が経過した林分の現況を報告した。更新完了と判定した際にはシカの食害が確認されていたが、防除対策をしていなくても問題なく成林していた。シカの存在下であっても、更新初期時点で基準以上の樹高と個体密度が確保できれば、その後の生育も順調だったといえる一例である。ただし、現行の天然更新完了判定基準（長野県 2020）では、競合植物の草丈によっては 2 m 未満の更新対象種の立木本数で完了判定することもある。この場合、シカの出現頻度によっては更新対象種の樹高が上がらない場合が考えられるため注意が必要である。

謝辞

本研究の実施にあたり、筑北村役場産業課、松本広域森林組合筑北支所の皆様には調査地の提供にご協力いただきました。また、試験地造成や現地調査には片倉正行氏、齋藤省三氏に、カメラデータの解析には新谷円氏にご協力いただきました。この場を借りて感謝申し上げます。

引用文献

近藤道治・小山泰弘 (2005) 森林施業が森林環境に及ぼす影響。長野県林業総合センター研究報告 20:21-30
小山泰弘・近藤道治・岡田充弘・大矢信次郎 (2013) 針広混交林の育成に向けた下層広葉樹の育成管理技術—広葉樹林化のための更新予測及び誘導技術の開発—。長野県林業総合センター研究報告 27:1-20。
小山泰弘・山内仁人 (2011) 針広混交林造成に向けた更新技術の開発。長野県林業総合センター研究報告 25:29-44。
小山泰弘・柳澤賢一・二本松裕太 (2024) ニホン

シカの個体密度が高いと林地残材による防除は出来ない。長野県植物研究会誌 57:75-78。

小山泰弘・柳澤賢一・二本松裕太・三澤美奈 (2025) 同一地域におけるニホンシカが出現しやすい環境条件の把握—景観スケールにおける亜高山帯針葉樹林の更新に及ぼす風倒攪乱と獣害の相互作用的影響—。長野県林業総合センター研究報告 39:9-26。

森下和路・安藤信 (2002) 京都市市街地北部森林のマツ枯れに伴う林相変化。京都大学大学院農学研究科附属演習林森林研究 74:35-45。

長野県 (2020) 第 14 期中部山岳地域森林計画書。134pp, 長野県, 長野。

長野県 (2021) 長野県第二種特定鳥獣管理計画 (第 5 期ニホンシカ管理)。44pp, 長野県, 長野。

長野県林務部 (2024) 令和 5 年度長野県林業統計書。78pp, 長野県, 長野。

長野県林務部 (2025) 令和 6 年度長野県松くい虫防除対策協議会資料。

(URL:<https://www.pref.nagano.lg.jp/shinrin/ringyo/hoanrin/kyougikai2.html>)

二本松裕太 (2024) 天然更新を選択した森林づくりの課題。技術情報 173:4-5。

野宮治人 (2024) シカ食害の特徴。(低コスト造林歩みと最新技術。重永英年編, 202pp, 全国林業改良普及協会, 東京)。114-124。

林野庁 (2025) 松くい虫被害。

(URL:<https://www.rinya.maff.go.jp/j/hogo/higai/matukui.html>)

清水香代・大矢信次郎・岡田充弘・小山泰弘 (2016) 森林被害跡地の健全化に向けた誘導技術の開発。長野県林業総合センター研究報告 30:1-20。

山内仁人・小山泰弘・古川仁・竹内玉来・片倉正行 (2006) 木材チップの分解速度と植生制御効果—林内散布の木材チップが森林環境に与える影響調査—。長野県林業総合センター研究報告 21:11-18

山瀬敬太郎 (1998) 松枯れ激害地における里山管理に関する提言—姫路市牧野地区の生活環境保全林整備事業地を事例として—。兵庫県立森林・林業技術センター研究報告 46:1-7。

柳澤賢一・清水香代・大矢信次郎・秋山巖・西岡泰久・岡田充弘 (2020) シカ等に対する新たな物理的防除を中心とした森林被害対策技術に関する研究。長野県林業総合センター研究報告 34:47-64。

ハナイグチ増殖現地適応化試験（Ⅱ） -子実体の増殖効果及び子実体発生に関する地温の検証ほか-

研究期間：令和2年度～令和6年度

片桐一弘・古川 仁・加藤健一・増野和彦・大矢信次郎

ハナイグチ林地増殖技術による子実体の増殖効果及び子実体発生と気象条件との関連等を長期間観測し、増殖効果の持続性の検証や新たな技術の開発を目的に、平成24年から継続的に調査を行っている。

諏訪と安曇野の2試験地では環境整備を行った施業区の子実体増殖効果が認められた。ただし、環境整備の内容による差異は見られなかったことから、孢子散布を行わずとも除伐施業のみでハナイグチの増殖効果が得られることが示唆された。一方で辰野試験地は試験地内外のカラマツ倒木の影響により子実体増殖効果は認められなかった。気象条件との関連では、ハナイグチの子実体発生には地温の推移や降水量の多寡が影響していることが示唆された。

ハナイグチの原基形成が開始される地温は17.0～17.5℃程度であり、先行研究とほぼ同様であることが示され、本温度が県内で広く適用できる可能性が示唆された。

キーワード：ハナイグチ、菌根性きのこ、林地増殖、気象条件、発生刺激温度

1 緒言

カラマツ林が民有林人工林の約半分を占める本県では、カラマツ林に発生する菌根性きのこであるハナイグチはジコボウ、リコボウとも呼ばれ、昔からきのこ狩り等で多くの県民に親しまれる人気の高いきのこである。近年は直売所等で販売され、里山地域の人々の貴重な現金収入源にもなっている。

生きた樹木と共生関係を構築し、生活している菌根性きのこは、施設等による菌床栽培が可能なシイタケやナメコのような腐生性きのこと違い、ごく一部を除き菌床栽培は困難¹⁾であり、ハナイグチも同様である。一方で林地においては、環境整備（森林施業等）を行うことによって、子実体の増殖ができることが先行研究^{2,3,6)}より明らかになっている。

しかし、林地におけるハナイグチの増殖がどのくらい継続するかはよく分かっていない。古川ら¹⁾は、森林管理によりマツタケの収穫量が41年間安定して得られたことを報告している。ハナイグチに関しても長期間発生が継続すれば現金収入が持続し、山村地域の活性化に繋がることが期待できるが、先行研究の調査期間は最大8年のため、更なる長期の観測が重要である。この際、子実体発生に関係している温度や降水などの気象条件との関連を解析することで、新たな増殖技術の開発に繋がる知見が得られる可能性が高い。

そこで当所では、平成24年(2012年)に県下各地に試験地を設置して以降、ハナイグチ子実体の発生状況等を継続的に調査している。本研究では、こ

れまでに蓄積された調査データを活用し、ハナイグチの林地増殖効果を検証すると共に、令和2年(2020年)以降5年間の子実体発生と気象条件との関連を解明することを目的とした。

また、ハナイグチ子実体発生は地中の温度に依存するとされ、子実体発生刺激温度や終了温度に関する報告³⁾があるが、特定の地域における調査であり、その他の報告例もほとんどない。そこで本研究では、これまでに蓄積した調査データを用いて、これらの温度について新たに検証を試みた。

さらに、近年増加するカラマツの再造林地におけるハナイグチの孢子散布効果の検証を実施したことから、併せて報告する。

本稿の主な執筆は片桐が行い、古川・加藤・増野は調査・解析等を共同で実施した。なお、大矢は4章のみ共同で実施した。また、本研究は長野県特用林産振興会との共同研究「マツタケ等有用菌根菌増殖に関する現地適応化試験」令和2年(2020年)から6年(2024年※以降は西暦のみ表記)の一部として実施した。

2 試験地における子実体の増殖効果等及び子実体発生と気象条件との関連

2.1 目的

前報⁶⁾のハナイグチの林地増殖効果の検証は、調査期間、サンプル数の制限から、複数試験地の結果を合算して実施したため、各試験地の実態が結果に表現されなかった。そこで本研究では、13年間の調査データを基に、試験地毎にハナイグチ子実体の増殖効果の検証を行うことを目的とした。

また、新たに子実体発生動態調査を行い、孢子散布がハナイグチの増殖に及ぼす影響を検証した。

さらに、ハナイグチ子実体発生と気象条件との関連について、近年の傾向を解析することも目的とした。

2.2 方法

2.2.1 試験地

県内 3 箇所（諏訪市、辰野町、安曇野市）の試験地において調査を実施した（表-1、図-1）。

各試験地には A～D の 4 試験区を設定し、施業区（A～C 区）では試験地設置初年度の除伐後、下層植生の繁茂状況に応じて刈払いを実施した。また A、B 区は、毎年秋に各試験地内及びその周辺で採取したハナイグチ子実体（孢子）をビニール袋の中で細かく破碎し、落葉層を除去した地表面に散布した。B 区は A 区の概ね 2 倍量を散布した（表-2）。なお、C 区は孢子散布を行わなかった。無施業区（D 区）は環境整備及び孢子散布を一切行わなかった。

表-1 ハナイグチ林地増殖試験地概要

試験地名	場所	標高 (m)	地形	斜面方位	面積*1 (㎡)	カラマツ		調査開始年
						密度 (本/ha)	林齢*2 (年)	
諏訪	諏訪市後山	1,110	尾根～中腹	北西	900	470	46	2012
辰野	辰野町九部落県行造林地	1,060	中腹	北西	400	200	68	2012
安曇野	安曇野市堀金	1,220	中腹	北東	900	510	44	2012

*1 400㎡は1試験区が10×10mの方形区。900㎡は1試験区が15×15mの方形区。
*2 2024年4月時点の林齢。

表-2 ハナイグチ林地増殖試験地における孢子（子実体）散布状況（2020～2024年の5年間）

試験地	試験区*1	年別子実体散布重量 (g)					合計	平均
		2020	2021*2	2022	2023	2024		
諏訪	A	0	150	0	0	158	308	62
	B	139	77	0	0	419	635	127
	合計	139	227	0	0	577	943	189
辰野	A	150	-	60	0	0	210	53
	B	250	-	238	0	137	625	156
	合計	400	-	298	0	137	835	209
安曇野	A	0	56	130	180	51	417	83
	B	241	337	270	356	87	1,291	258
	合計	241	393	400	536	138	1,708	342

*1 散布割合は概ねA:B=1:2。*2 2021年の辰野試験地は調査未実施。

2.2.2 子実体発生量調査

ハナイグチ子実体発生量調査は9月上旬から11月上旬にかけて概ね1～2週間隔で行い、子実体の発生位置を確認後、その本数及び生重量を試験区毎に記録した。なお、辰野試験地の2021年の調査は、豪雨によるアクセス道路被災の為、実施していない。

2.2.3 作柄

各試験地の2015～2024年の子実体発生本数の平均値に対する各年の発生本数の割合を発生量率とし、作柄の判断基準とした（表-3）。なお、発生量

表-3 ハナイグチ作柄区分表

発生量率*	作柄
3.0以上	大豊作
2.0以上～3.0未満	豊作
1.3以上～2.0未満	やや豊作
0.7以上～1.3未満	平年作
0.3以上～0.7未満	やや不作
0.1以上～0.3未満	不作
0.1未満	凶作

*発生量率=年間発生本数/平均発生本数 ※平均発生本数は2015～2024年の10年間の最低、最高値を除いた平均値。

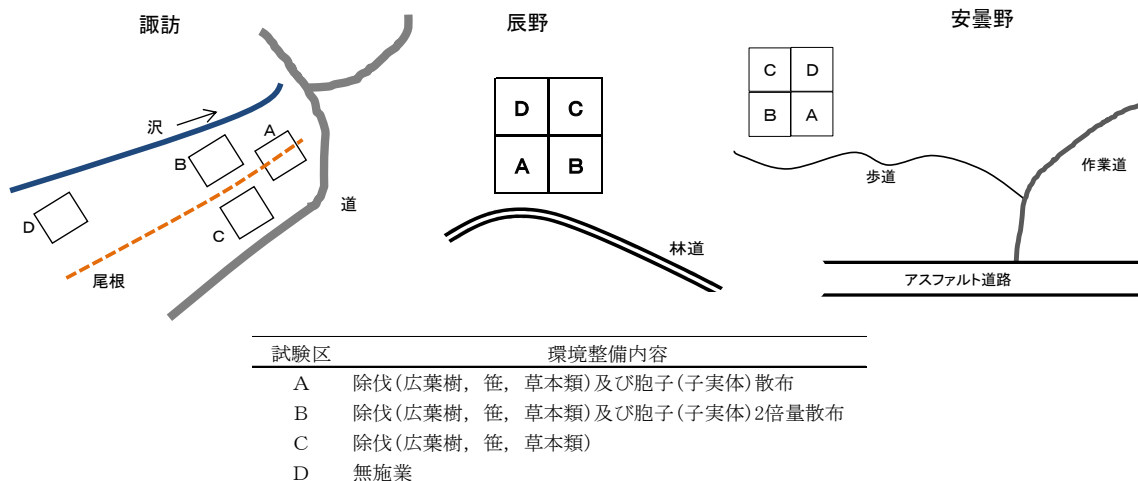


図-1 ハナイグチ林地増殖試験地の概略図及び環境整備内容

率と作柄の関係は、試験地における過去のハナイグチの発生状況及び本県のマツタケ生産量の作柄⁴⁾を参考に設定した。

2.2.4 地温、降水量の分析

地温は各試験地の中央付近1箇所の地下10cm深の温度を、おんどとり（TR-52i, T&D社製）を用いて1時間毎に記録した。降水量は試験地に直近の気象庁アメダスデータを使用した。

分析対象期間は、先行研究³⁾によりハナイグチの発生刺激温度とされる日平均地温（地下10cm深）が17.5℃を下回る日（発生刺激日）以前の90日間と、それより後の60日間の計150日間とした。なお各試験地の日平均地温が17.5℃を下回った日を表-4に示した。

表-4 日平均地温が17.5℃を下回った日

年	諏訪	辰野	安曇野
2020	9/16	9/21	9/15
2021	9/4	—	9/2
2022	9/21	9/21	8/29
2023	9/24	9/24	9/23
2024	9/25	9/24	9/24

注)辰野の2021年は調査未実施。

2.3 結果と考察

2.3.1 2020年から2024年までの5年間の子実体発生状況

各試験地における2020年から2024年までのハナイグチ子実体発生本数を図-2に、発生及び孢子散布位置を図-3～5に、発生量率及び作柄を表-5に示した。

2023年は全ての試験地においてやや豊作又は大豊作であり、特に諏訪試験地は、調査開始以来最も発生本数が多かった。一方、2021年は調査未実施の辰野試験地を除く2試験地はともにやや不作であった。

諏訪と安曇野試験地は施業区（A, B, C区）で大半が発生し、安曇野試験地は無施業区（D区）の発生は確認できなかった。

反対に辰野試験地は、無施業区（D区）で大半が発生し、施業区（A, B, C区）の発生は少なく、特にB区では発生が確認できなかった。辰野試験地は2013年の台風の影響で、B, C区とその周辺のカラマツ数本が倒木被害に遭った。ハナイグチの宿主となる立木本数が減少したことに加え、辰野試験地は立木密度が200本/haと元々少なかった。

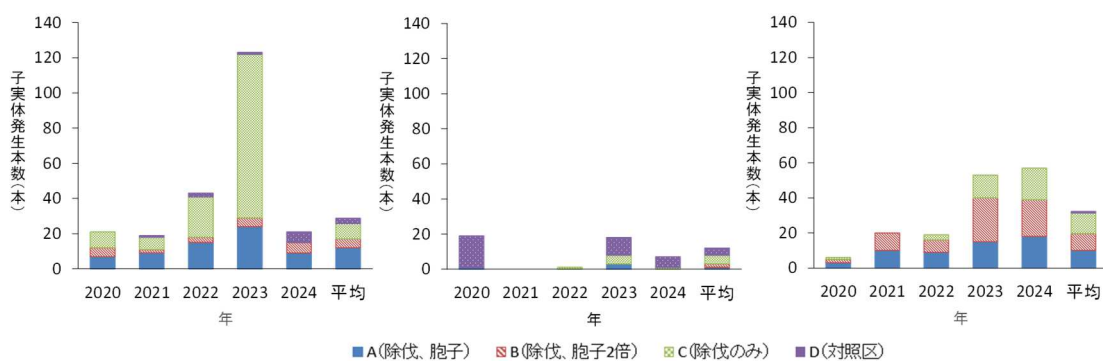


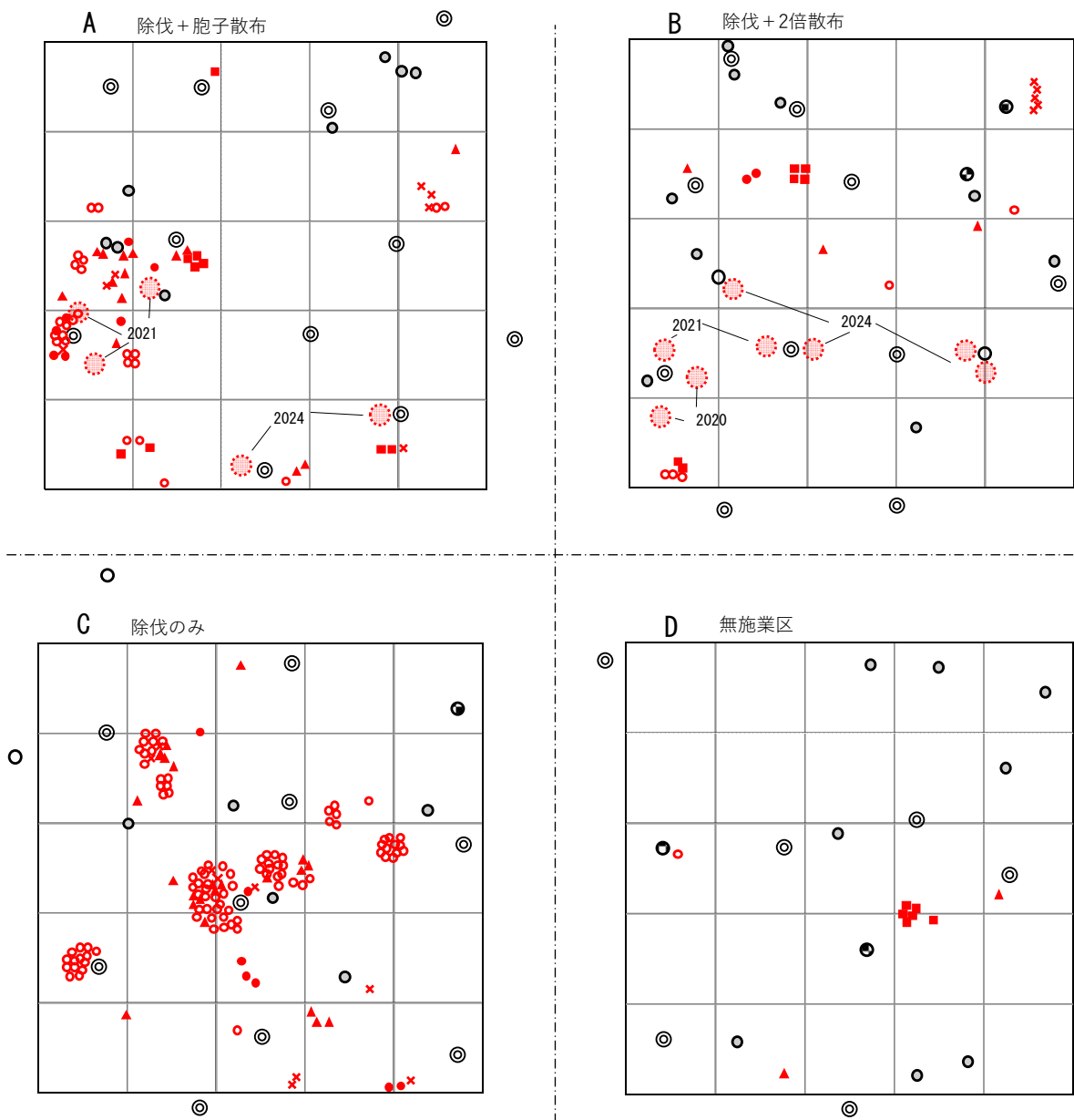
図-2 ハナイグチ林地増殖試験地における2020～2024年までの子実体発生本数
(左:諏訪試験地, 中:辰野試験地, 右:安曇野試験地)

注)辰野試験地の2021年は調査未実施。平均は2015～2024年までの10年間の最高及び最低値を除いた平均値。

表-5 ハナイグチ子実体発生量率と作柄

試験地	区分	年					平均
		2020	2021	2022	2023	2024	
諏訪	子実体発生量(本)	21	19	43	123	21	29
	発生量率	0.72	0.66	1.48	4.24	0.72	1.57
	作柄	平年作	やや不作	やや豊作	大豊作	平年作	
辰野	子実体発生量(本)	19	—	1	18	7	12
	発生量率	1.58	—	0.08	1.50	0.58	0.94
	作柄	やや豊作	—	凶作	やや豊作	やや不作	
安曇野	子実体発生量(本)	6	20	19	53	57	32
	発生量率	0.19	0.63	0.59	1.66	1.78	0.97
	作柄	不作	やや不作	やや不作	やや豊作	やや豊作	

注)辰野試験地の2021年は調査未実施。平均は2015～2024年の10年間の最高及び最低値を除いた平均値。



凡例 ◎：カラマツ、●：アカマツ、○：広葉樹、⊙：孢子散布（数字は散布年）
 子実体発生位置（年）：× 2020、● 2021、▲ 2022、○ 2023、■ 2024

図-3 諏訪試験地におけるハナイグチ子実体発生及び孢子散布位置図
 注) 1 マスは 3m×3m。

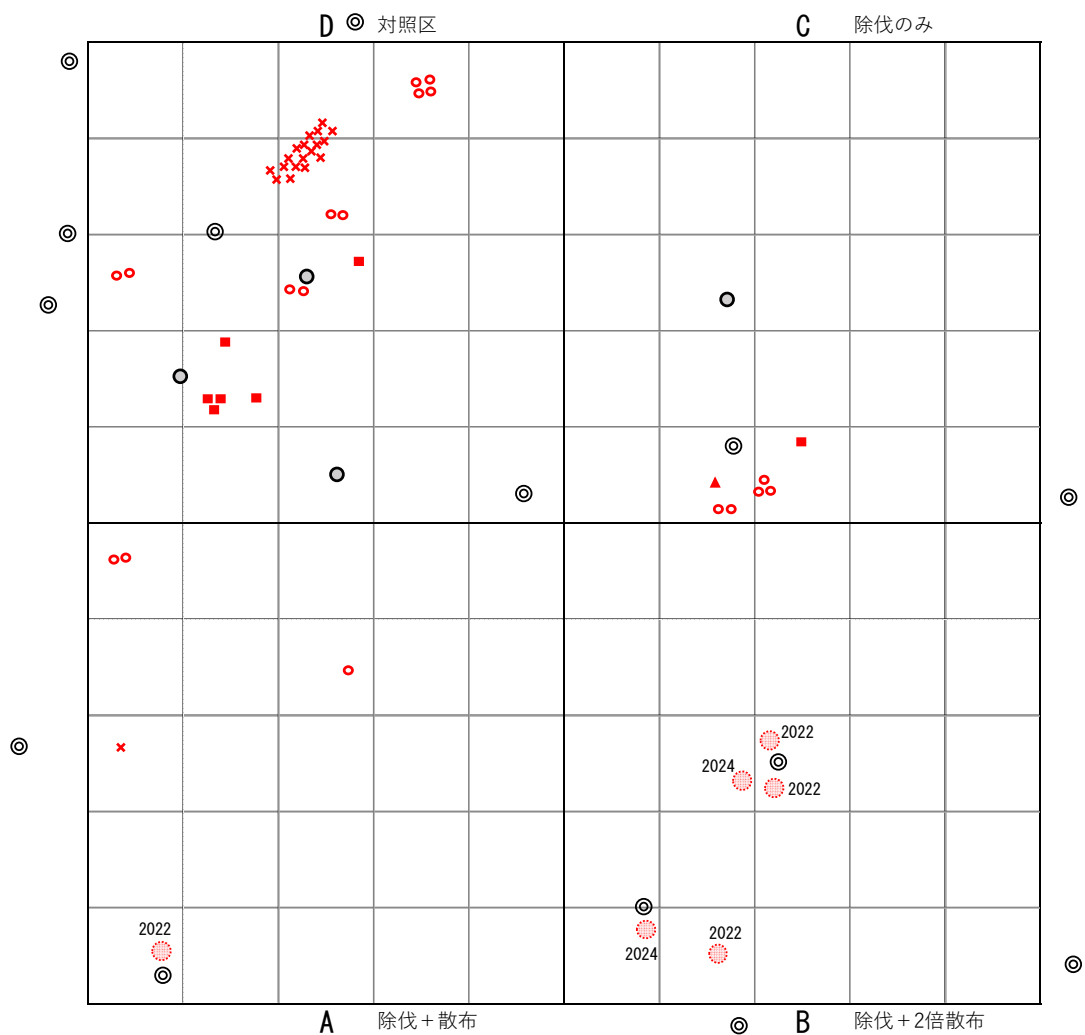


図-4 辰野試験地におけるハナイグチ子実体発生及び胞子散布位置図
 注) 1マスは 2m×2m。

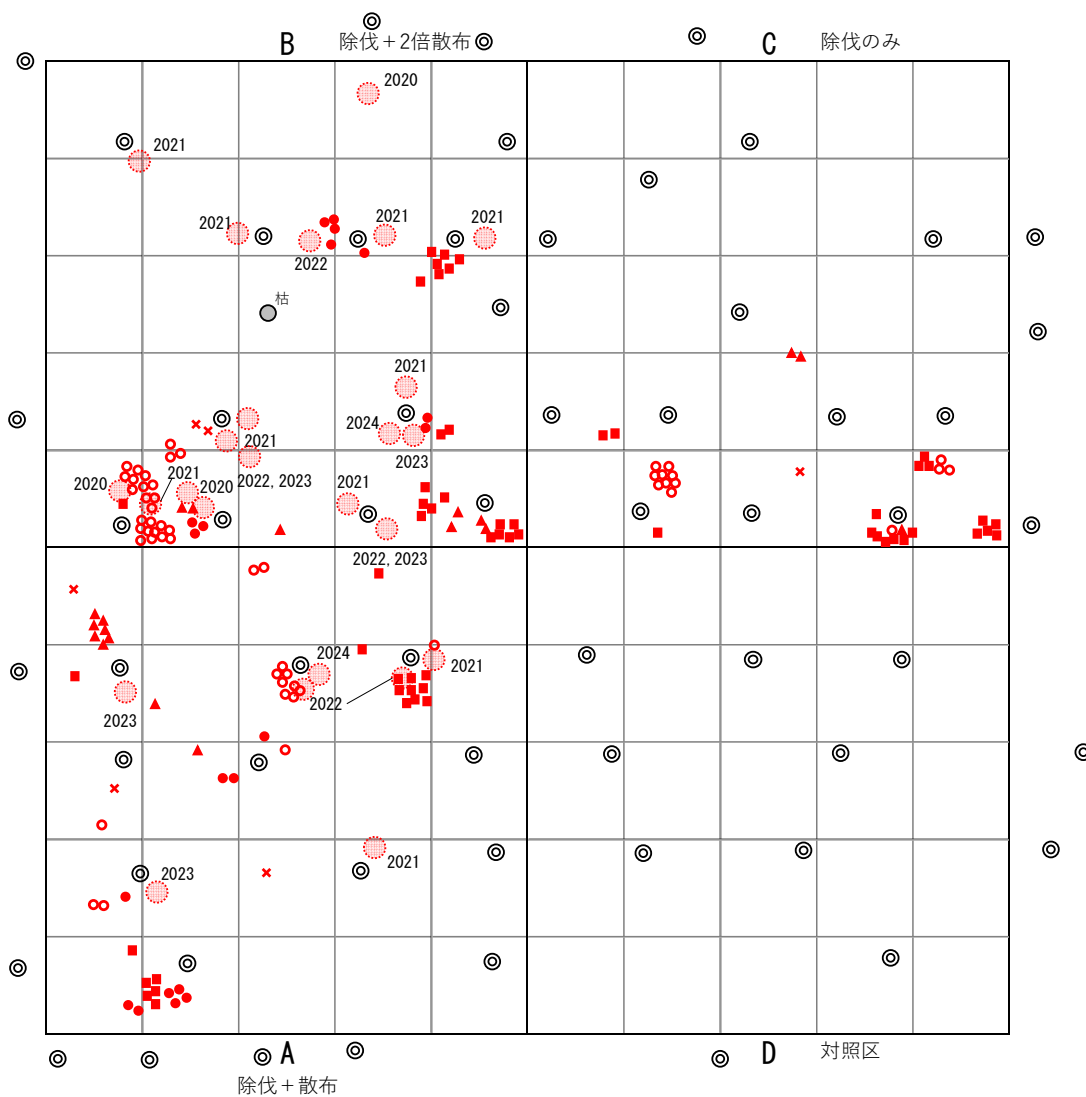


図-5 安曇野試験地におけるハナイグチ子実体発生及び胞子散布位置図
 注) 1マスは 3m×3m。

たことから林床は乾燥し、子実体発生量の減少につながったと考えた。

2.3.2 子実体増殖効果の検証

各試験地における2012年から2024年までの13年間の施業区(A, B, C区)と無施業区(D区)の子実体平均発生本数を図-6に示す。

諏訪と安曇野試験地の子実体平均発生本数は施業区が無施業区に対して有意に多いことが認められた。一方、辰野試験地は両区に有意差は認められなかった。

なお、各試験地の三つの施業区(A, B, C区)間に有意差は認められなかった。

以上より、諏訪と安曇野試験地では森林施業による環境整備により、ハナイグチ子実体の増殖効果を確認することができた。一方で、辰野試験地は2.3.1に示した理由により、増殖効果が見られなかったと考えた。また、前報⁶⁾同様に環境整備の内容による差異は見られなかったことから、孢子散布を行わずとも除伐施業のみでハナイグチの増殖効果が得られると考えた。

2.3.3 子実体発生動態及び孢子散布との関連

各試験地ともに、子実体発生位置は年毎に数箇所分散し、それぞれでまとまって発生している傾向が見られたが、発生位置の変化は不明瞭であった(図-3~5)。

柴田⁵⁾はハナイグチの土壌中でのコロニー形成

様式は分散コロニー型と報告しており、今回の調査結果もそれを支持していると考えた。

次に、孢子散布との関連を見ると、諏訪試験地のA区や安曇野試験地のA, B区の一部において、散布箇所付近で子実体発生が見られたが散布によるものか検証できなかった(図-3, 5)。一方、諏訪及び辰野試験地のB区では効果がほとんど認められなかった(図-3, 4)。諏訪試験地のB区は、隣接するカラマツ林が、森林整備用の作業道の作設に伴い2021年に伐採されたことによる林床の乾燥の影響が考えられた。辰野試験地は2.3.1に示した理由によるものと考えた。

2.3.4 子実体発生と気象環境との関係

各試験地の日平均地温及び降水量の推移と子実体発生との関係を図-7~9に示した。

全試験地でやや豊作又は大豊作となった2023年は、調査期間中の総降水量が少なく、特に諏訪試験地は平年の64%、安曇野試験地は61%と平年を大きく下回っていた。一方で、やや不作であった2021年の総降水量は平年を上回っていた。

片桐らは、ハナイグチの発生刺激温度とされる地温が17.5℃になる前の30日間の降水量が少ないことと子実体発生量の増加に関連性があることを報告している⁶⁾。そこで、各試験地における発生刺激日前30日間の降水量の平年比と作柄について表-6に整理した。全試験地においてやや豊作又は

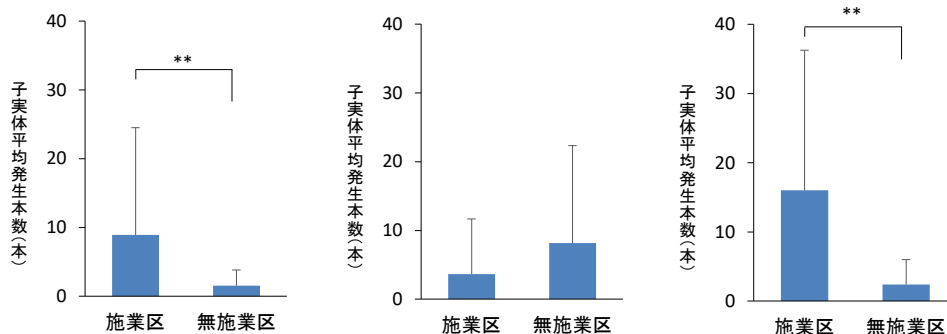


図-6 ハナイグチ林地増殖試験地における施業区(A, B, C区)と無施業区(D区)の子実体平均発生本数
【調査期間：2012~2024年までの13年間】

(左：諏訪試験地, 中央：辰野試験地, 右：安曇野試験地)

注) **は有意差があることを示す(t検定, $p < 0.01$)。垂線は標準偏差。

表-6 発生刺激日の前30日間の降水量の平年比と作柄との関係

試験地	2020		2021		2022		2023		2024	
	平年比(%)	作柄	平年比(%)	作柄	平年比(%)	作柄	平年比(%)	作柄	平年比(%)	作柄
諏訪	35	平年作	303	やや不作	156	やや豊作	54	大豊作	89	平年作
辰野	44	やや豊作	—	—	95	凶作	50	やや豊作	84	やや不作
安曇野	56	不作	271	やや不作	130	やや不作	51	やや豊作	78	やや豊作

注) 辰野試験地の2021年は調査未実施。

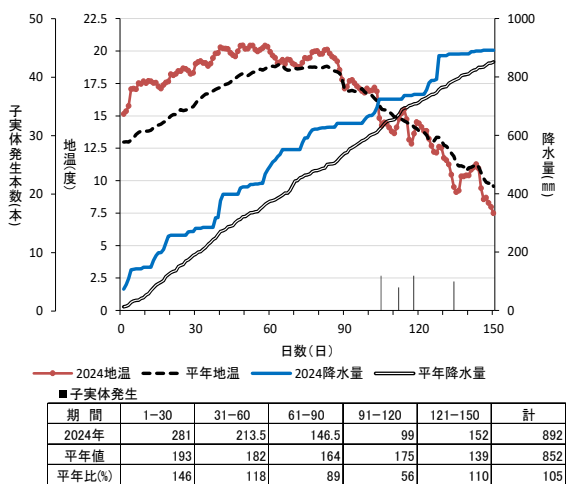
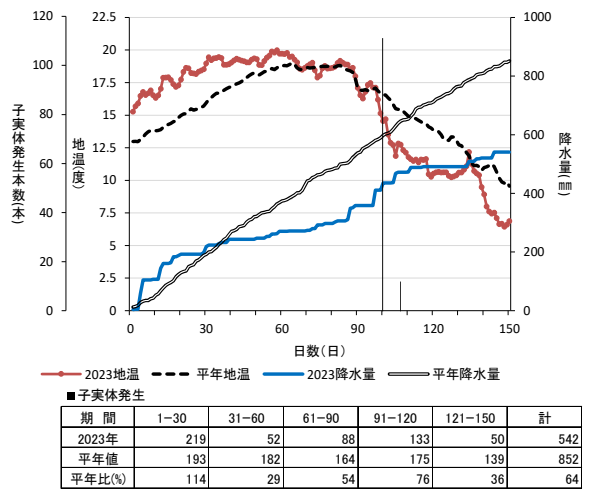
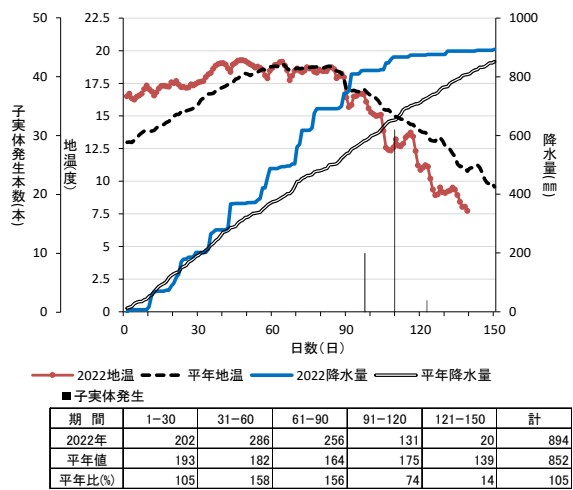
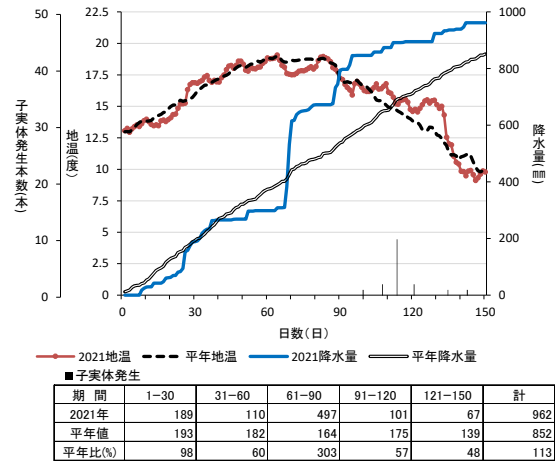
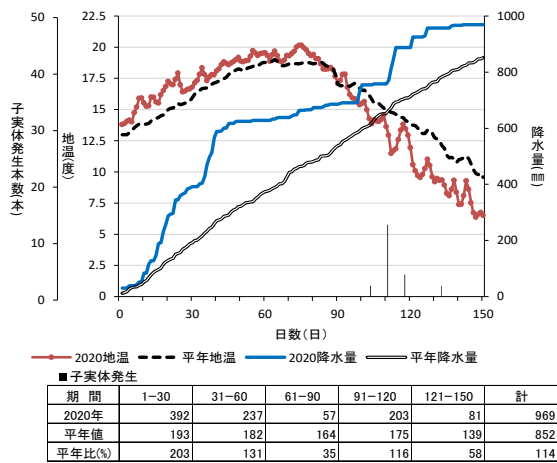


図-7 諏訪試験地の日平均地温及び降水量の推移と子実体発生との関係 (2020~2024 年)

注) 90 日目が発生刺激日 (日平均地温が 17.5℃を下回った日)。降水量は諏訪アメダスデータ使用。図の降水量は累積値、表は 30 日間毎の期間中の降水量及び平年比を示す。

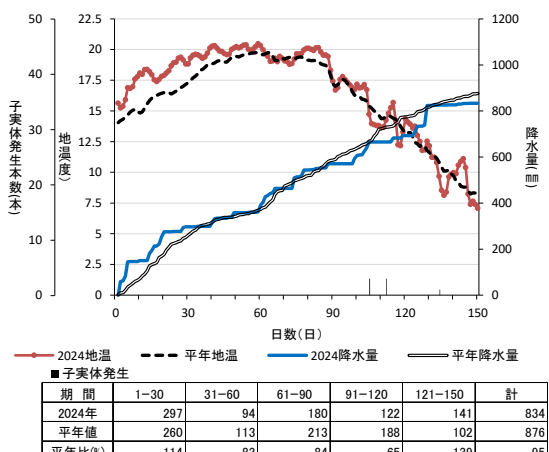
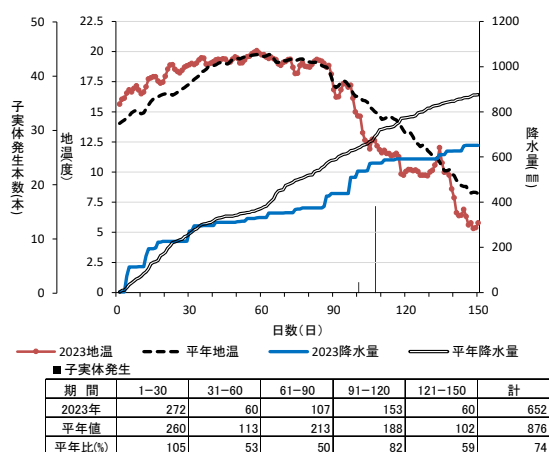
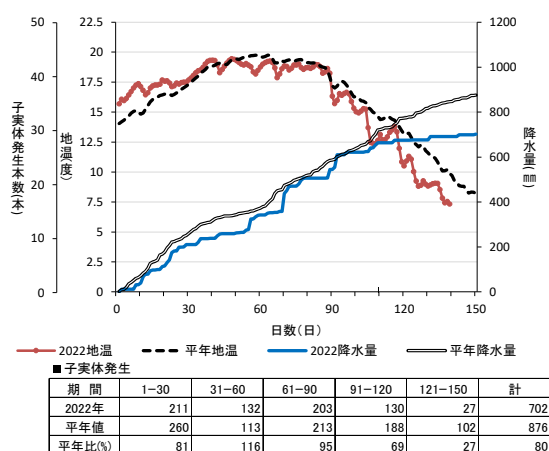
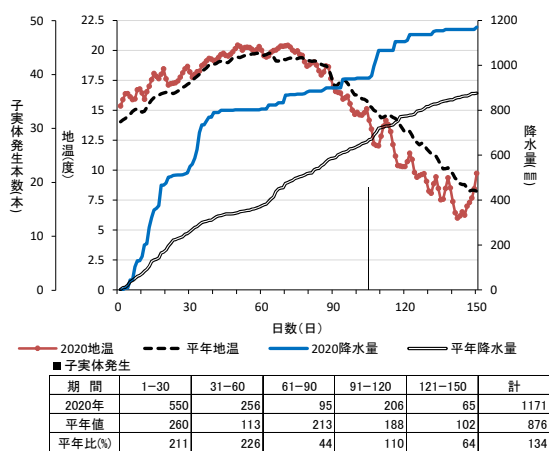


図-8 辰野試験地の日平均地温及び降水量の推移と子実体発生との関係（2020～2024年）

注）90日目が発生刺激日（日平均地温が17.5℃を下回った日）。降水量は辰野アメダスデータ使用。図の降水量は累積値、表は30日間毎の期間中の降水量及び平年比を示す。

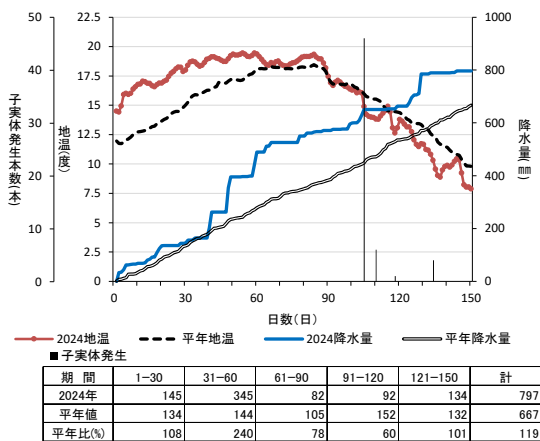
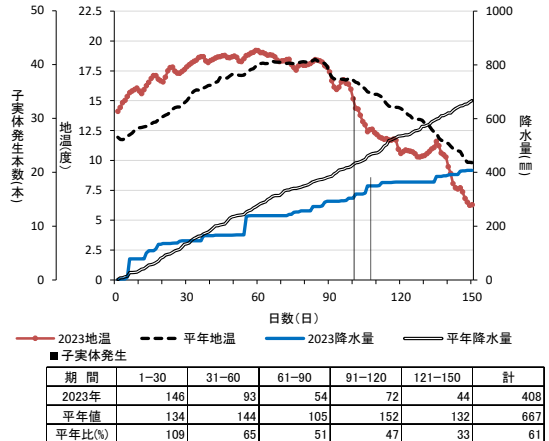
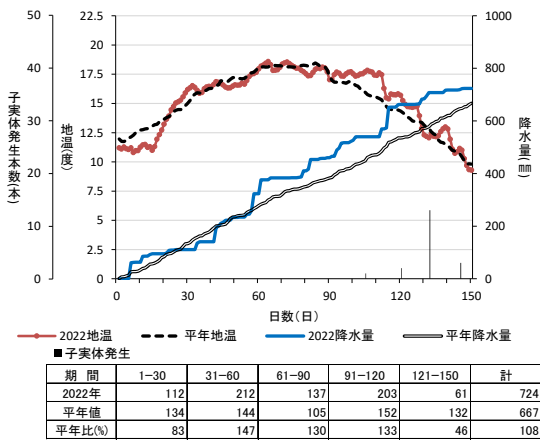
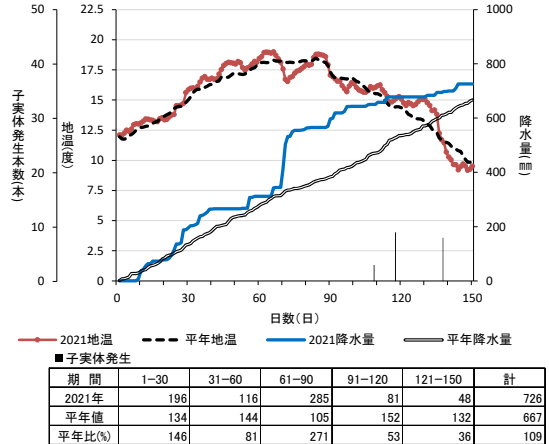
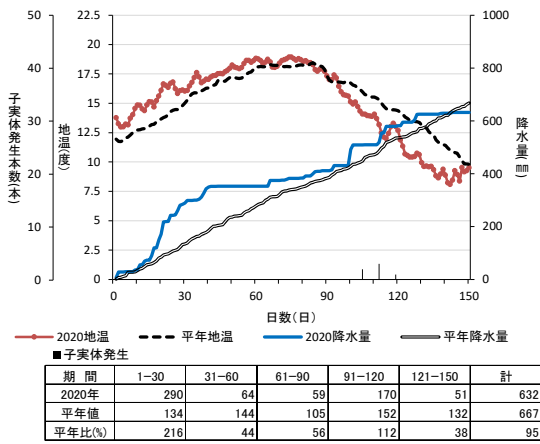


図-9 安曇野試験地の日平均地温及び降水量の推移と子実体発生との関係 (2020~2024年)

注) 90日目が発生刺激日(日平均地温が17.5℃を下回った日)。降水量は穂高アメダスデータ使用。図の降水量は累積値、表は30日間毎の期間中の降水量及び平年比を示す。

大豊作であった2023年は、降水量が平年の50%程度と非常に少なかった、一方でやや不作であった2021年は、平年の300%前後と著しく多かった。ただし、発生刺激日前30日間の降水量の平年比と発生量率間に相関は見られなかった。なお、その他の期間の降水量の平年比と発生量率間にも相関はなかった。

以上より、ハナイグチの子実体発生には地温の推移や降水量の多寡が影響していることが示唆された。地温が17.5℃になる前30日間の降水量の多寡と子実体発生量との間に相関があることが疑われたが、明確な相関は認められなかった。今後は、蓄積した調査データを用いた詳細な検討が必要であると考えた。

3 ハナイグチ子実体発生に関する温度の検証

3.1 目的

ハナイグチ子実体の発生は温度依存的で、地下10cm深の地温が17.5℃程度まで低下すると子実体形成を開始し、約10日後から地表に発生し、12.5℃程度となり約2週間後に発生が終了するとされ³⁾、片桐ら⁶⁾はこれを基に、子実体発生と気象環境との関連を調査してきた。しかし、先行研究³⁾は、長野県内の一つの試験地における調査結果によるものであり、他地域は未検証である。

そこで本研究は、蓄積した試験地の調査データを用いて発生刺激温度及び発生終了温度の検証を

行った。

3.2 試験方法

2.2.2, 4により諏訪と安曇野試験地で収集した2015年から2024年までの10年間のデータを使用した。

子実体形成が開始される温度を発生刺激温度（原基形成刺激温度）、子実体形成が終了する温度を発生終了温度（原基形成終了温度）として各3温度区（発生刺激温度(℃)：17.5, 17.0, 16.5, 発生終了温度(℃)：13.0, 12.5, 12.0)を設定し、それぞれの温度に達した日から子実体発生を初めて確認した日（以下「発生確認日」）及び子実体発生の終了を確認した日（以下「終了確認日」）までの期間を調査した。なお、設定温度以下となつてからの継続時間は6, 12, 24, 48, 72時間の5区分とした。

なお、地温が一旦発生刺激温度を下回った後に再上昇し、6日間以上発生刺激温度を上回った場合は、発生刺激温度とは見なさないこととした。発生終了温度の検証では、地温が設定温度を下回った後の地温の再上昇の有無を調査項目に加えた。

また、諸事情により子実体発生開始の確認調査が遅れた年及び発生終了確認調査を実施出来なかった年は調査対象から除外した。

3.3 結果と考察

3.3.1 発生刺激温度

発生刺激温度別発生確認日までの期間を表-7に

表-7 発生刺激温度別発生確認日までの期間の調査結果

【諏訪】

年	子実体発生量(本)	17.5℃					17.0℃					16.5℃					備考
		72時間	48時間	24時間	12時間	6時間	72時間	48時間	24時間	12時間	6時間	72時間	48時間	24時間	12時間	6時間	
2015	13																確認調査遅れ
2016	22																確認調査遅れ
2017	30																確認調査遅れ
2018	64	8	8	8	16	16	7	7	7	7	7	-1	6	6	6	6	
2019	3	14	14	14	14	14	8	8	13	13	13	8	8	8	8	8	
2020	21	10	10	15	15	15	10	10	10	10	14	10	10	10	10	10	
2021	19	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	0	7	7	7	7	
2022	43	9	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
2023	123	11	11	11	11	11	4	11	11	11	11	3	3	3	10	10	
2024	21	11	11	15	15	15	2	8	8	8	15	2	2	2	2	2	
平均		10.4	10.4	11.7	12.9	12.9	6.9	8.7	9.4	9.4	11.0	4.3	6.3	6.3	7.3	7.3	

注) 温度の下は継続時間。斜線は子実体発生確認調査が遅れた年。濃い色のセルは、発生開始確認日までの期間が2日以内又はマイナス値。

【安曇野】

年	子実体発生量(本)	17.5℃					17.0℃					16.5℃					備考
		72時間	48時間	24時間	12時間	6時間	72時間	48時間	24時間	12時間	6時間	72時間	48時間	24時間	12時間	6時間	
2015	57	14	14	20	20	20	8	8	8	12	16	8	8	8	8	8	
2016	7	16	16	16	16	16	11	11	11	13	15	8	8	8	8	9	
2017	8	13	13	13	13	16	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
2018	84	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	-12	12	12	12	12	
2019	35	18	18	18	18	18	0	0	0	17	17	-5	-5	-5	-1	-1	
2020	6	15	15	15	15	15	11	11	14	14	14	10	10	10	10	10	
2021	20	19	19	19	19	19	18	18	18	19	19	15	15	15	15	16	
2022	19	17	17	17	17	17	-6	-6	16	16	16	-6	-6	-6	-6	-6	
2023	53	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
2024	57	16	16	16	16	16	11	15	15	15	15	7	7	7	7	9	
平均		15.3	15.3	15.9	15.9	16.3	8.9	9.3	11.8	14.2	14.8	4.8	7.2	7.2	7.6	8.0	

注) 温度の下は継続時間。濃い色のセルは、発生開始確認日までの期間が2日以内又はマイナス値。

示した。

諏訪試験地は、発生確認日までの期間が著しく短い(2日以内)ものや、発生刺激日前に子実体が既に発生していることを示すマイナス値が複数見られた。これらが1回でもある場合の設定温度と継続時間の組み合わせは発生刺激温度とは見なさないこととした。

その結果 17.5℃の6~72時間及び17.0℃の6~48時間の9つの組み合わせが残り、これらの発生確認日までの期間は8.7~12.9日間で、平均は10.8日間となり、先行研究³⁾とほぼ一致した。

安曇野試験地も同様に検討すると、17.5℃の6~72時間及び17.0℃の6・12時間の7つの組み合わせが残り、これらの発生確認日までの期間は14.2~16.3日間となり平均15.4日間であった。

以上より、諏訪、安曇野試験地の発生刺激温度は17.0~17.5℃程度と推察され、先行研究³⁾とほぼ同様であった。また、発生刺激温度の継続時間は6時間であることが示唆された。安曇野試験地の子実体原基形成から地表に発生するまでの期間は、先行研究³⁾の10日程度より長い可能性が示唆された。

なお、今回調査した2試験地の、地温が17.5℃以下となり6時間以上継続した日について、2.2.4で用いた日平均地温が17.5℃を下回った日と比較したところ、両者はほぼ同一日となることが確認された(表-8)。

表-8 発生刺激日の比較

年	諏訪		安曇野	
	17.5℃以下が6時間以上継続日	日平均が17.5℃を下回った日	17.5℃以下が6時間以上継続日	日平均が17.5℃を下回った日
2020	9/15	9/16	9/15	9/15
2021	9/4	9/4	9/2	9/2
2022	9/20	9/21	8/28	8/29
2023	9/24	9/24	9/23	9/23
2024	9/25	9/25	9/24	9/24

3.3.2 発生終了温度

発生終了温度別終了確認日までの期間を表-9に示した。

諏訪試験地は、13.0℃、12.5℃の地温の再上昇が無い場合の終了確認日までの期間は平均14.4日間、13.3日間であり、約2週間後とした先行研究³⁾とほぼ同様であった。また同地温で再上昇があった場合は、無かった場合に比べ期間がやや長くなる傾向が見られた。なお12.0℃は再上昇の有無にかかわらず11日間程度となり13.0℃、12.5℃と比べ

表-9 発生終了温度別終了確認日までの期間の調査結果

【諏訪】

年	子実体発生量(本)	13.0℃					12.5℃					12.0℃					備考
		72時間	48時間	24時間	12時間	6時間	72時間	48時間	24時間	12時間	6時間	72時間	48時間	24時間	12時間	6時間	
2015	13	10	10	10	11	15	10	10	10	10	14	8	8	8	8	9	
2016	22	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	-8	-5	5	5	5	再上昇96時間
2017	30	29	29	33	33	34	28	28	28	28	32	18	18	28	28	28	再上昇125時間
2018	64	21	21	21	21	21	20	20	20	20	20	16	16	16	16	18	
2019	3	14	14	14	19	20	12	12	14	14	14	11	11	14	14	14	
2020	21	22	22	22	22	22	14	22	22	22	22	13	21	21	21	21	再上昇105時間
2021	19	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	7	7	7	8	8	
2022	43	17	17	17	17	17	5	5	17	17	17	5	5	5	5	5	再上昇208時間
2023	123																調査未実施
2024	21	10	10	10	17	18	5	8	8	8	9	4	4	4	4	8	再上昇32時間
平均		15.3	15.3	15.8	17.2	18.0	12.0	13.2	14.8	14.8	15.8	8.2	9.4	12.0	12.1	12.9	
平均(再上昇なし)		13.5	13.5	13.5	15.0	16.3	12.8	12.8	13.3	13.3	14.3	10.5	10.5	11.3	11.5	12.3	
平均(再上昇あり)		16.8	16.8	17.6	19.0	19.4	11.4	13.6	16.0	16.0	17.0	6.4	8.6	12.6	12.6	13.4	

注) 温度の下は継続時間。斜線は子実体発生終了確認調査を実施出来なかった年。濃い色のセルはマイナス値。再上昇時間は地温が一旦12.5℃以下となった後に再び12.5℃を上回っていた時間の累計。

【安曇野】

年	子実体発生量(本)	13.0℃					12.5℃					12.0℃					備考
		72時間	48時間	24時間	12時間	6時間	72時間	48時間	24時間	12時間	6時間	72時間	48時間	24時間	12時間	6時間	
2015	57	4	4	7	7	7	2	2	2	2	6	2	2	2	2	2	
2016	7	-1	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-3	
2017	8	14	18	18	18	19	14	14	14	14	14	13	13	13	13	13	再上昇105時間
2018	84	10	10	10	10	10	9	9	9	9	9	6	6	6	6	6	7
2019	35	13	13	13	13	13	12	12	12	12	12	6	6	6	11	11	再上昇29時間
2020	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	-2	-2	-2	4	4	再上昇96時間
2021	20	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
2022	19	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	5	5	5	15	15	再上昇87時間
2023	53																調査未実施
2024	57	11	18	18	18	18	10	10	10	10	17	9	9	9	9	9	
平均		8.6	9.8	10.1	10.1	10.2	7.8	7.8	7.8	7.8	9.0	4.2	4.2	4.2	6.6	6.7	
平均(再上昇なし)		5.4	6.8	7.4	7.4	7.4	4.2	4.2	4.2	4.2	6.4	3.2	3.2	3.2	3.2	3.4	
平均(再上昇あり)		12.5	13.5	13.5	13.8	13.8	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	5.5	5.5	5.5	10.8	10.8	

注) 温度の下は継続時間。斜線は子実体発生終了確認調査を実施出来なかった年。濃い色のセルはマイナス値。再上昇時間は地温が一旦12.5℃以下となった後に再び12.5℃を上回っていた時間の累計。

短かった。また 12.0℃では、発生終了温度とは見なさないマイナスの値が一部で確認された。

次に安曇野試験地を見ると、3温度区ともにマイナス値が確認され、地温の再上昇が無い場合の終了確認日までの期間の平均は7日間を下回っていた。一方、地温の再上昇があった場合は、3温度区ともに再上昇が無かった場合に比べ2倍程度長かった。

以上より、諏訪試験地の発生終了温度は 12.5～13.0℃と推察され、先行研究³⁾とほぼ同様であった。発生終了温度の継続時間は6時間であることが示唆された。一方、安曇野試験地は、発生終了温度の推定が困難であったが、13.0℃より高い可能性も考えられ、試験地によって発生終了温度が異なることが示唆された。また、発生終了温度以降に地温が再上昇すると、子実体発生期間が長期化することが示唆された。

4 カラマツの再造林地におけるハナイグチ孢子散布効果

4.1 目的

近年、森林の皆伐施業の増加に伴い、カラマツの再造林地が増加している。柴田⁷⁾はハナイグチの子実体発生が始まるカラマツの林齢は18年生以上であり、環境整備を実施するのに最適な林齢は20年生前後と報告している。また、伊藤⁸⁾は環境整備の時期について20年生までの若い林が対象としており、環境整備の適切な開始時期には不明な点がある。

また、菌根性きのこ（菌根菌）が宿主植物の成長を促進することは広く知られており、ハナイグチも苗齢60日の芽ばえを用いた試験管内の試験において、菌根形成の効果により、苗長や葉の総重量の増加など苗木形質が向上することが報告されている⁹⁾。ただしこれは発芽直後の幼苗の試験管内での研究であり、林地における研究例はほとんどない。

菌根形成によりハナイグチ子実体が発生する時期が早くなることへの期待や、苗の成長が促進されることにより、下刈り期間が短縮され、造林費用の縮減に繋がると考える。そこで本研究では、ハナイグチ孢子散布がカラマツ若齢林に及ぼす効果を検証することとし、本項では孢子散布による苗木成長促進への影響を調査した。

4.2 試験方法

4.2.1 試験地概要

諏訪市のカラマツ皆伐跡地（約1.2ha）において、

2021年6月に試験地を設定した（表-10）。ハナイグチの孢子散布を行う施業区と孢子散布を行わない対照区を、水平方向に5m程度の緩衝帯を挟んで設置した。試験区はそれぞれ20m×20m（0.04ha）とした。

表-10 試験地概要

場所	標高 (m)	地形	斜面方位	カラマツ		植栽年
				密度 (本/ha)	林齢* (年)	
諏訪市後山	1,180	中腹	南西	2,650	4	2018

*林齢は調査開始(2021年)時。

4.2.2 孢子散布及び毎木調査

孢子散布は2021年及び2022年の9月から10月にかけて実施した。林地増殖試験地の諏訪試験地（表-1）とその周辺で採取した子実体の傘部分のみを、ミキサーで粉砕した後、沢水で希釈し孢子懸濁液とし、カラマツの根元（直径約30cm以内）にジョウロで1本当り120ml程度散布した。散布濃度は、その日に用意できた子実体量に応じて散布したため、散布日毎に変動したが、散布量全体としては柴田¹⁰⁾が示す標準的な散布量（1ha当たり9kg）の4～6倍量を散布した（表-11）。なお、対照区には沢水を同量散水した。

毎木調査は、試験地設定年のみ7月に行い、以降は2024年まで毎年4月に実施した。樹高、根元径、樹冠幅、胸高直径を測定した。なお、胸高直径は樹高が2mを超えたもののみとした。また、樹高が4mを超えた時点で根元径の測定を行わなかった。

表-11 ハナイグチ孢子散布実績

2021年							
散布日	9/14	9/22	9/28	10/5	10/19	10/27	計(平均)
子実体重量 (g)	171	455	400	200	114	239	1,579
散布量 (ℓ)	12	12	12	12	12	12	72
濃度 (%)	1.4	3.8	3.3	1.7	1.0	2.0	2.2
2022年							
散布日	9/29	10/11	10/24				計(平均)
子実体重量 (g)	306	1080	794				2,180
散布量 (ℓ)	12	12	12				36
濃度 (%)	2.6	9.0	6.6				6.1

4.3 結果と考察

毎木調査の結果、施業区内の一部でカラマツの成長が周辺に比べ著しく劣る箇所が確認され、該当箇所を含む試験区内の上端から下端にかけて幅約6mの帯状エリアを分析対象外とした。なお、対照区もその対称箇所に同様に帯状エリアを設定し、エリア内を分析対象外した。これにより試験区内のカラマツの本数は、施業区は当初の96本から68本に、対照区は107本から77本に減少した。

4年間の毎木調査結果を図-10に示す。

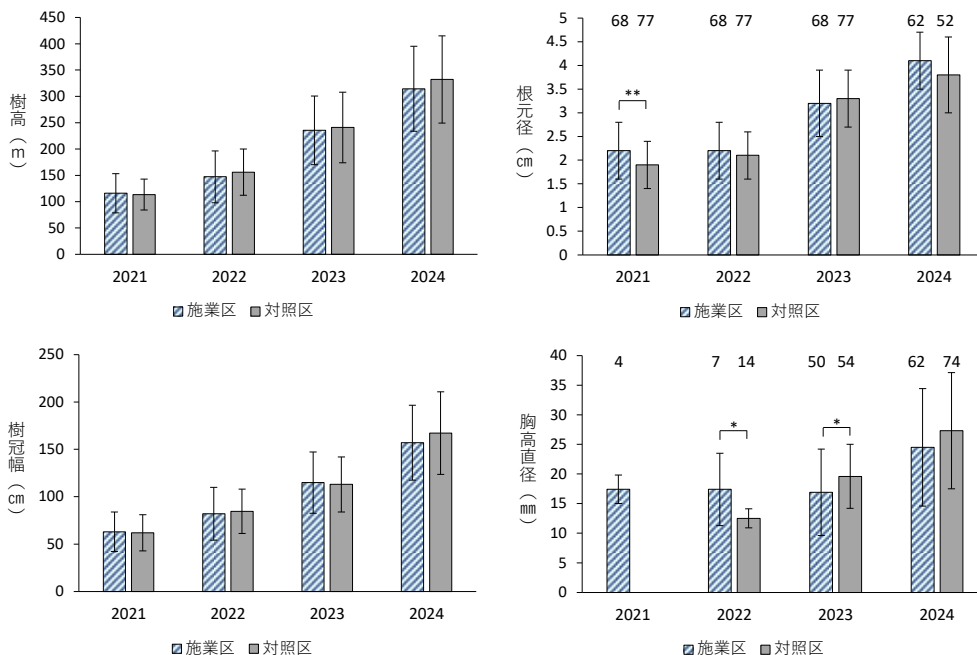


図-10 毎木調査結果（樹高，根元径，樹冠幅，胸高直径）

注) 根元径と胸高直径のバーの上の数字は調査対象数を，*は有意差があることを（t 検定，*： $p < 0.05$ ，**： $p < 0.01$ ），垂線は標準偏差を示す。樹冠幅は斜面の垂直，水平方向の平均値。

樹高及び樹冠幅は，4年間を通じて施業区と対照区間に有意差は認められなかった。根元径は調査初年の2021年には施業区が対照区に対して有意に大きかったが，その後は差が見られなかった。胸高直径は毎年徐々に調査対象本数が増加し，2023年には両区ともに50本以上となり，対照区が施業区に対して有意に大きいことが確認されたが，2024年には両区間に差は見られなかった。

2021年から2024年までの3年間の成長量の調査結果を図-11に示す。なお，根元径は全数調査した2023年までの2年間の成長量を，胸高直径は調査対象本数が増加した以降の2023年から2024年までの1年間の成長量を示す。

全ての調査項目で対照区が施業区より有意に成長量が大きかった。

以上より，本研究期間においては，孢子散布によるカラマツの成長促進への影響は確認されなかった。この原因は，試験開始後に立木成長の差が生じる箇所が発見されたことなどからも試験区の立地条件による影響が強かったと考える。また，今後は苗の菌根形成状況調査なども含める必要があると考えた。

5 結言

諏訪及び安曇野試験地では，除伐等の環境整備によるハナイグチ子実体増殖効果が認められた。ただし，環境整備の内容による差異は認められなかったことから，孢子散布を行わずとも除伐施業のみでハナイグチの増殖効果が得られることが示唆された。一方で，辰野試験地は試験地内外のカラ

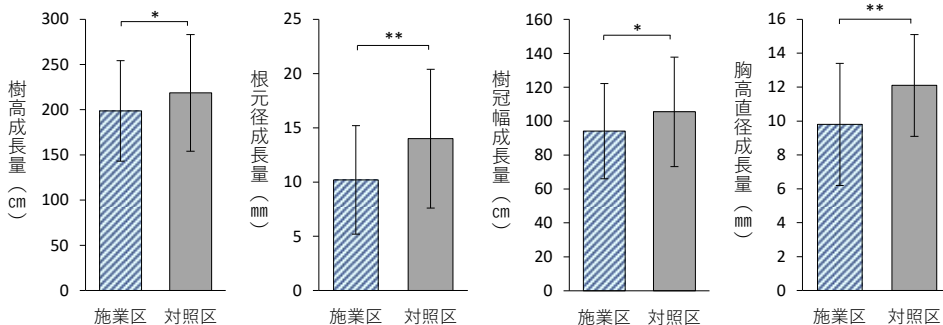


図-11 成長量調査結果（樹高，根元径，樹冠幅，胸高直径）

注) *は有意差があることを（t 検定，*： $p < 0.05$ ，**： $p < 0.01$ ），垂線は標準偏差を示す。

マツ倒木の影響により子実体増殖効果は認められなかった。

気象条件との関連では、ハナイグチの子実体発生には地温の推移や降水量の多寡が影響していることが示唆された。片桐ら⁶⁾はハナイグチの発生刺激温度とされる地温が 17.5°Cになる前の 30 日間の降水量が少ないことと子実体発生量の増加に関連性があることを報告しているが、本研究では関連性は認められなかった。今後は、蓄積した調査データを用いた詳細な検討が必要であると考えた。

ハナイグチの原基形成が開始される地温は 17.0 ~17.5°C程度であり、先行研究とほぼ同様であることが示され、本温度が県内で広く適用できる可能性が示唆された。また、発生刺激温度の継続時間は 6 時間であることが示唆された。

6 謝辞

試験地の維持管理、調査等に多大なるご協力をいただいた森林所有者等の関係者、市町職員及び各地域振興局の林業普及指導員の皆様、中でもカラマツの再造林地の調査で沢水を入れた重いタンクの運搬にご協力いただいた元南真志野生産森林組合長の関 仁氏に厚く御礼申し上げます。

7 引用文献

- 1) 山中高史 (2015), マツタケなど菌根性きのこ類の人工栽培に向けた研究, *Microb. Resour. Syst.* 31(2), 167-174
- 2) 柴田 尚 (1989), カラマツ林内でのハナイグチの増殖, 山梨県林業技術センター報告第 17 号, 16-23
- 3) 増野和彦・福田正樹・山田明義・市川正道・古川 仁・片桐一弘 (2016), 地域バイオマス利用によるきのこの増殖と森林空間の活性化技術の開発, 長野県林業総合センター研究報告第 30 号, 47-86
- 4) 長野県林務部信州の木活用課 (2024), 長野県マツタケ生産量と気象の関係, 令和 6 年度信州まつたけシンポジウム資料
- 5) 柴田 尚 (2006), 富士山亜高山帯針葉樹林における外生菌根菌の群集生態学的研究, 山梨県森林総合研究所研究報告 No.25, 13-98
- 6) 片桐一弘・加藤健一・増野和彦 (2021), ハナイグチ増殖現地適応化試験-気象条件がハナイグチ子実体発生に与える影響-, 長野県林業総合センター研究報告第 35 号, 83-92
- 7) 柴田 尚 (2005), ハナイグチの発生環境, 菌根性

きのこの安定生産技術の開発, 林野庁 バイオテクノロジー実用化型研究成果, 22-23

- 8) 伊藤 武 (1988), 野生きのこの栽培可能性 (I) 菌根菌, '88 年版 きのこ年鑑 (農村文化社), 144
- 9) 村田義一 (1991), カラマツ芽ばえの菌根形成と成長, 北海道林業試験場研究報告第 29 号, 1-13
- 10) 柴田 尚 (2001), キノコ栽培の実際 (ハナイグチ), キノコ栽培全科 大森清寿・小出博志編 (農文協), 234-236
- 11) H. Furukawa, K. Tokuoka, A. Mizuno, K. Katagiri, K. Masuno, Y. Tanaka, S. Oya, A. Yamada (2024), Long-term effects of forest management on the dynamics of *Tricholoma matsutake* harvest over 41 years in a *Pinus densiflora* forest in Nagano Prefecture, Japan, *Mycoscience* VOL. 65, 298-306

ホンシメジ菌床の林地埋設による栽培試験

研究期間：令和 2 年度～令和 6 年度

片桐一弘・古川 仁・加藤健一・増野和彦

長野県産菌株によるホンシメジの林地埋設技術の確立を目指して、県内各地でホンシメジ菌床の林地埋設栽培試験を行った。その結果の概要は以下のとおりである。

前研究期間を含め、これまでに 25 菌株の菌床を埋設した結果、長野県産 5 菌株で子実体発生を確認した。中でも唯一複数箇所で発生し、発生率が 26%であった SW001 菌株は、埋設後子実体発生が初めて確認されるまでの期間が概ね先行研究と同じ 2.5 年以内であったことから、本埋設技術への適性が高いと考えられた。

埋設(接種)対象樹木については、コナラよりもミズナラの適性が高いことが示唆された。また、埋設する斜面が急傾斜地のほうが子実体発生に適している可能性が示唆された。

キーワード：ホンシメジ、菌根性きのこ、菌株、林地埋設、子実体発生

1 緒言

ホンシメジは「香り松茸、味しめじ」のことわざの通り大変美味しいきのことして名高く、味の王様とも称されている。マツタケと同じ菌根性きのこに属し、秋にアカマツ林やアカマツ・ナラ類の混交林に発生する。マツタケと同じような生育環境を好むことが知られており、かつては里山等で大量に採れたが、松くい虫被害によるアカマツ林の減少や、山の手入れ不足による土壌の富栄養化などにより生育環境が悪化したため、現在の採取量はごく僅かである。

菌根性きのこは生きた樹木の根に菌根を形成し、菌根を通じて樹木と養水分のやり取りを行う共生関係を築いて生活していることから、シイタケやナメコなどの腐生性きのこのような人工栽培は困難とされてきた¹⁾。一方、ホンシメジは培養菌床を林地に埋設し、宿主と菌根を形成することで子実体形成に成功した事例^{2, 3)}が報告され、さらにデンプン分解能を有する⁴⁾ことが明らかとなり、宿主によらない施設内での菌床栽培も可能となった⁵⁾。しかし現状では、ホンシメジ栽培用の市販種菌や、栽培マニュアル等は無く、生産者が実際に栽培を行うことは困難である。

栽培きのこ類の全国一位の生産額を誇る本県では、近年販売競争の激化に伴うきのこ価格の低迷や資材費等の高騰により経営が厳しい生産者が多く、高単価が見込める新たな品目の導入による経営改善が期待されている。また、マツタケやハナイ

グチなど里山における菌根性きのこの生産も盛んな本県で、希少性の高いホンシメジの林地栽培技術が確立できれば、人々の山への関心がより高まるきっかけとなり、森林整備の推進、里山地域の活性化に繋がることも期待される。

そこで当所では、長野県産のオリジナル菌株を用いた、ホンシメジの施設内での菌床栽培及び林地栽培の二つの栽培技術の確立を目指して試験研究に取り組んでいる^{6, 7, 8)}。

本稿では、ホンシメジ菌床の林地埋設による栽培試験について、県内各地の試験地において 2015 年から継続的に行っている調査の中でこれまでに得られた成果について報告する。

なお、本研究は長野県特用林産振興会との共同研究「マツタケ等有用菌根菌増殖に関する現地適応化試験」(令和 2 年(2020 年)から 6 年(2024 年※以降は西暦のみ表記))の一部として実施した。

2 試験の方法

2.1 試験地

試験地は、前研究期間の 2015 年に諏訪市の南真志野、大熊(兎平、鉄塔下)及び松川町部奈の 4 地区に設置して以降、徐々に増加し、2024 年時点では 4 市町の 13 地区となっている(表-1)。上層優占樹種はアカマツ、コナラが多いが、諏訪市の一部の試験地ではミズナラも見られる。埋設場所は、尾根から中腹で、30°を超える急傾斜地も多い。

表-1 菌床埋設試験地概要

市町	試験地	標高(m)	上層優占樹種	地形	平均斜度(°)	斜面方位	埋設開始年
諏訪市	南真志野	1,080	コナラ	中腹	30	南西,北	2015
	兎平	1,090	ミズナラ,アカマツ	尾根~中腹	38	北	2015
	大熊	1,430	ミズナラ,アカマツ	中腹	30	東	2015
	杖突峠	1,380	ミズナラ	尾根~中腹	35	北	2022
	鉄塔下	1,430	ミズナラ,アカマツ	尾根~中腹	30	東	2018
諏訪市	神宮寺	1,060	コナラ	尾根~中腹	26	北東	2023
	北真志野	1,120	アカマツ,コナラ	尾根	32	南	2024
	腰越	1,080	アカマツ,コナラ	尾根~中腹	33	南	2024
後山区	品場	1,130	アカマツ,コナラ	中腹	31	南西	2024
	岩平	1,150	アカマツ,コナラ	中腹	27	南	2024
松川町	部奈	710	アカマツ,コナラ	尾根~中腹	32	南	2015
長野市	松代	430	コナラ,アカマツ	尾根~中腹	25	北西	2016
飯田市	千代	730	アカマツ,コナラ	尾根~中腹	31	東	2018

2.2 菌株

2015年の試験開始当初から2024年までに使用した全25菌株を表-2に示した。信州大学からの譲渡株以外の、県内で収集した子実体は採取後速やかに組織分離を行い、直径90mmのシャーレに調製したMNC⁹⁾寒天平板培地上に置き、室温20℃の暗環境下で培養保管した。

本研究期間内に収集した菌株の大半は諏訪市産の野生株であるが、SW001菌株のみ諏訪市の南真志野試験地内で採取した子実体の菌株であり、2015年に埋設したSH005菌株の近傍から発生していたことから本菌株に由来するものと推察された。

表-2 使用菌株一覧

No.	菌株名	採取地	採取(譲渡)年	備考
1	AT787	辰野町	2012	*
2	AT2155	北海道	2015	*
3	AT0713	大鹿村	2015	*
4	S137	栃木県	2015	*
5	S147	大鹿村	2015	*
6	S155	松本市	2015	*
7	S160	中川村	2015	*
8	SA3	中川村	2015	*
9	SH002	佐久穂町	2013	
10	SH005	佐久穂町	2013	
11	IN002	伊那市	2013	
12	AC201	阿智村	2015	
13	HG201	松本市	2015	
14	MA201	松川町	2015	
15	HG202	松本市	2021	
16	HG203	松本市	2022	
17	SW001	諏訪市	2020	
18	SW002	諏訪市	2020	
19	SW003	諏訪市	2021	
20	SW004	諏訪市	2021	
21	SW005	諏訪市	2021	
22	SW006	諏訪市	2021	
23	SW007	諏訪市	2021	
24	SW008	諏訪市	2022	
25	TK001	豊丘村	2022	

*は信州大学からの譲渡株

2.3 菌床作製

培地は先行研究²⁾を参考に表-3に示した組成で混合し、作製した(土壌培地)。栽培容器と培地重量は以下の3種類。①ポリプロピレン製広口円筒パック(TWIST PACK(タケヤ化学製)、容量270ml)に200g②きこの栽培用のポリプロピレン製の袋に500g③同袋に1,000g。高圧蒸気殺菌釜にて殺菌(120℃,60分)、十分放冷した後、種菌を接種した。種菌には、MNC培地⁹⁾上で保存されていた菌糸体を、予め土壌培地を用いて約2カ月間室温22度、暗環境下で培養したものを用いた。培養は種菌培地同様に約2カ月間行い、培地全面に菌糸体が蔓延した菌床を林地埋設に供した。

表-3 培地組成

日向土	800 g
赤玉土	1,000 g
押麦	200 g
米糠	200 g
酵母抽出物	5 g
水	1,100 ml

2.4 林地埋設

菌床の埋設(以下「埋設」)は2021年から2024年の4月又は5月に実施した。基本的な埋設方法は以下及び図-1のとおり。①埋設(接種)対象樹木(コナラ,ミズナラ,アカマツ)周辺の灌木類を除去し、②根元の下方斜面の埋設箇所付近の落葉腐植層を除去。③移植ごてで根を傷付けないよう注意しながら縦横40cm,深さ15cm程度の穴を掘る。④容器から菌床を取り出し、根を挟み込むように置く。この際、新たな細根の発生を促す目的で、挟み込む部分の根を予め剪定鋏で切断しておく。⑤掘った土の内、有機物の少ない土壌で埋め戻し、軽く転圧した後、表面浸食を防止するために、周辺の新鮮な落ち葉を薄くかけて終了。1箇所当たりの埋設量は2.0~4.6kg。

2.5 子実体発生状況調査

毎年10月中旬から11月上旬にかけて各試験地につき1回子実体発生状況調査を行い、子実体発生の有無を確認した。子実体の発生を初めて確認した箇所については、埋設箇所との位置関係、地中の菌糸体の状況等を調査した後、一部の子実体を採取し、速やかに組織分離を行い、埋設した菌株と同一菌株であることを確認するために対峙培養を行った。



図-1 ホンシメジ菌床の基本的な埋設方法

①埋設（接種）対象樹木周辺の除伐 ②埋設箇所付近の落葉腐植層の除去 ③縦横 40 cm，深さ 15 cm 程度の穴を掘る。出てきた根を傷付けないよう注意 ④根を選定鉢で切断 ⑤根の切断面を挟み込むように菌床を置く ⑥掘った土の内，有機物の少ない土壌で埋め戻し，表面を軽く転圧。



図-2 ホンシメジ子実体発生状況

（諏訪市大熊兎平 2022 年 10 月 13 日撮影）

注）点線で囲まれた箇所にて 2021 年 4 月 28 日に菌床を埋設した。

3 結果と考察

3.1 子実体発生状況調査及び対峙培養の結果

子実体の発生を確認した箇所は，埋設箇所の直上部又はその近傍（図-2）であり，地中のホンシメジと見られる菌糸体も確認された。また，対峙培養の結果，発生した子実体の菌株は，埋設した菌株とは帯線を形成せず，別の菌株との間には帯線が形

成されたことから，埋設菌株と同一菌株の可能性が高いと判断した（図-3）。

試験地別埋設及び子実体発生確認箇所数の調査結果を表-4 に示す。

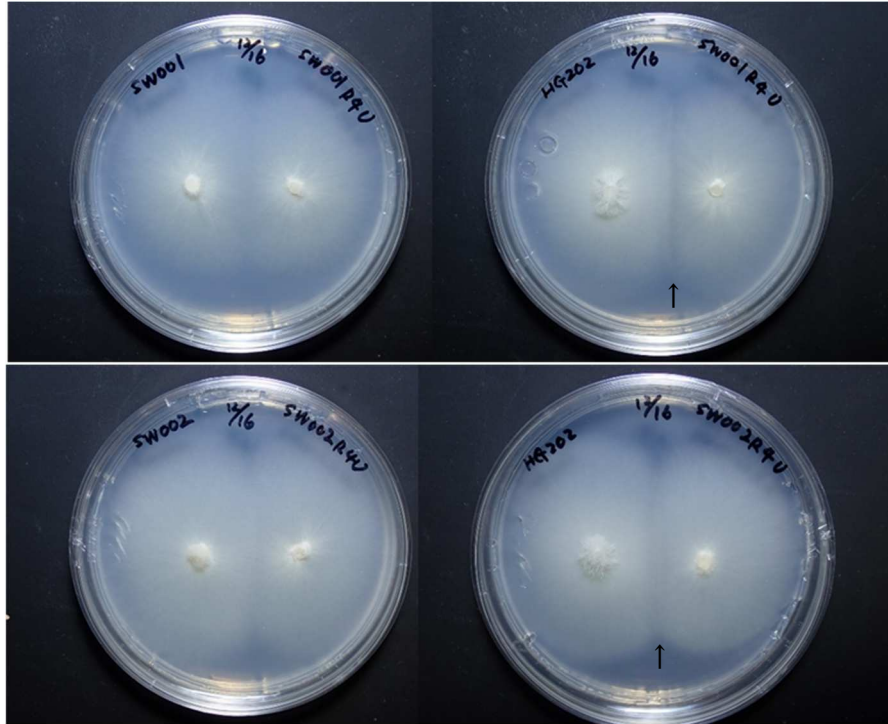


図-3 2022年10月13日諏訪市大熊兎平で採取した子実体(菌株)の対峙培養
(※上下段ともに左側のシャーレは帯線が形成されず、右側のシャーレで帯線↑が形成されている)

注) 上段-SW001: 埋設菌床の保存菌株, SW001R4U: 試験地で発生した子実体から分離した菌株, HG202: 2021年に松本市産の野生ホンシメジ子実体から分離した菌株。下段-SW002: 埋設菌床の保存菌株, SW002R4U: 試験地で発生した子実体から分離した菌株, HG202: 上段に同じ

表-4 試験地別菌床埋設及び子実体発生確認箇所数調査結果

市町	試験地	菌床埋設年						合計		
		前研究期間	本研究期間							
		2015~2019	2020	2021	2022	2023	2024		小計	
南真志野	兎平	35 (1)						0 (0)	35 (1)	
	大熊	鉄塔下	8		4 (3)		6 (2)	7	17 (5)	25 (5)
		杖突峠	9			6 (2)			6 (2)	6 (2)
諏訪市	神宮寺	鉄塔下	6		4 (2)	6 (1)			10 (3)	16 (3)
		寺林					6 (1)	6	12 (1)	12 (1)
	北真志野	腰越						7	7 (0)	7 (0)
後山区	品場							3	3 (0)	3 (0)
	岩平							3	3 (0)	3 (0)
								4	4 (0)	4 (0)
松川町	部奈	12 (2)			7 (2)	6 (1)	6	19 (3)	31 (5)	
長野市	松代	24			6	6		12 (0)	36 (0)	
飯田市	千代	11			6	7	3	16 (0)	27 (0)	
計		105 (3)	0 (0)	8 (5)	31 (5)	31 (4)	39 (0)	109 (14)	214 (17)	

注) 括弧内は子実体発生確認箇所数(内数)

前研究期間を含む全体で214箇所埋設し、内17箇所の子実体の発生が確認され、発生率(子実体発生確認箇所数/埋設箇所数×100)は8%(17/214)であった。研究期間別に発生率を比較すると、前研究期間の3%(3/105)に対して、本研究期間は13%(14/109)となり、約4倍高くなっていた。

本研究期間における試験地別の発生率を見ると、最も高かったのは諏訪市大熊(杖突峠)の33%

(2/6)であり、次いで神宮寺(鉄塔下)の30%(3/10)、大熊(兎平)の29%(5/17)、松川町部奈の16%(3/19)の順であった。

前研究期間を含めこれまでに子実体発生が確認されていない試験地は、諏訪市大熊(鉄塔下)、長野市松代、飯田市千代及び2024年から埋設試験を始めた北真志野、後山区であった。

3.2 菌株別調査結果

菌株別菌床埋設及び子実体発生確認箇所数の調査結果を表-5 に示す。なお、松川町部奈試験地において、前研究期間の埋設箇所から子実体発生が確認された 2 箇所については、埋設菌株の特定が困難であった為、本表には含まれていない。

最も多い 43 箇所に埋設した SW001 菌株は、唯一複数箇所で子実体発生が確認され、その発生率は 26% (11/43) であった。

その他の菌株で子実体発生が確認されたのは SH005, HG202, SW002, SW003 の 4 菌株であった。なお、SW001 菌株を含む、これら 5 菌株は全て長野県産の菌株であった。

3.3 子実体の発生経過

子実体発生が確認された箇所別に埋設後の子実体発生経過を表-6 に示した。

埋設後、子実体発生が初めて確認されるまでの期間で最も多かったのは 1.5 年の 8 箇所、次いで 2.5 年の 5 箇所となり、全体の約 8 割で埋設後 2.5 年以内に子実体発生が確認された。この結果は概

ね先行研究と合致していた^{10,11,12)}。なお、最も子実体発生が確認された箇所数の多かった SW001 菌株は 9 割(10/11)の箇所が 2.5 年以内に発生していた。

次に、同一箇所における子実体発生が確認された年数を見ると、1 年が 13 箇所と最も多かったが、この内 11 箇所は 2024 年に初めて子実体の発生が確認された箇所であった。最も発生年数が多かったのは諏訪市の南真志野試験地の SH005 菌株の 7 年であった。なお、本箇所は初めて子実体発生を確認して以降 7 年連続で発生が確認された。

3.4 埋設箇所の条件別調査結果

以下の項目は、本研究期間において埋設箇所及び子実体発生が確認された箇所が最も多かった SW001 菌株について、埋設箇所の条件別に調査結果を整理した。

3.4.1 菌床埋設量

1 箇所当たりの菌床埋設量別の調査結果を表-7 に示す。

2 kg 以上 3 kg 未満若しくは 4 kg 以上の埋設箇所

表-5 菌株別菌床埋設及び子実体発生確認箇所数調査結果

No.	菌株名	菌床埋設年						合計	
		前研究期間	本研究期間						
		2015~2019	2020	2021	2022	2023	2024		小計
1	AT787	14						0 (0)	14 (0)
2	AT2155	6						0 (0)	6 (0)
3	AT0713	3						0 (0)	3 (0)
4	S137	3						0 (0)	3 (0)
5	S147	6						0 (0)	6 (0)
6	S155	3		2	4			6 (0)	9 (0)
7	S160	15						0 (0)	15 (0)
8	SA3	3						0 (0)	3 (0)
9	SH002	14						0 (0)	14 (0)
10	SH005	10 (1)						0 (0)	10 (1)
11	IN002	14						0 (0)	14 (0)
12	AC201	3						0 (0)	3 (0)
13	HG201	8						0 (0)	8 (0)
14	MA201	3						0 (0)	3 (0)
15	HG202				1 (1)			1 (1)	1 (1)
16	HG203					2		2 (0)	2 (0)
17	SW001			4 (4)	10 (3)	15 (4)	14	43 (11)	43 (11)
18	SW002			2 (1)		7	10	19 (1)	19 (1)
19	SW003				7 (1)		5	12 (1)	12 (1)
20	SW004				3			3 (0)	3 (0)
21	SW005				2		4	6 (0)	6 (0)
22	SW006				1		2	3 (0)	3 (0)
23	SW007				3		4	7 (0)	7 (0)
24	SW008					3		3 (0)	3 (0)
25	TK001					4		4 (0)	4 (0)
	計	105 (1)	0 (0)	8 (5)	31 (5)	31 (4)	39 (0)	109 (14)	214 (15)

注) 括弧内は子実体発生確認箇所数 (内数)

表-6 子実体発生確認箇所別発生経過

No.	菌株	枝番	試験地	菌床埋設及び子実体発生確認年									
				2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1	SH005		南真志野	●			○ (3.5)	○	○	○	○	○	○
2	HG202		部奈							●			○ (2.5)
3		1	大熊(兔平)							●	○ (1.5)		
4		2	大熊(兔平)							●	○ (1.5)		○
5		3	神宮寺(鉄塔下)							●		○ (2.5)	○
6		4	神宮寺(鉄塔下)							●			○ (3.5)
7		5	大熊(杖突峠)								●		○ (2.5)
8	SW001	6	神宮寺(鉄塔下)								●		○ (2.5)
9		7	部奈								●		○ (2.5)
10		8	大熊(兔平)									●	○ (1.5)
11		9	大熊(兔平)									●	○ (1.5)
12		10	神宮寺(寺林)									●	○ (1.5)
13		11	部奈									●	○ (1.5)
14	SW002		大熊(兔平)							●	○ (1.5)		○
15	SW003		大熊(杖突峠)								●	○ (1.5)	
16	※1		部奈	●									○ (9.0)
17	※2		部奈	●									○ (9.0)

注)※1, 2は埋設菌株不明。●は埋設年, ○は子実体の発生を確認した年を表す。括弧内は埋設後子実体発生が初めて確認されるまでの期間(年数)。

が多く、子実体発生が確認されたのもこの2区分であった。両区分の発生率は同程度の値であり、有意差も認められなかった(Fisherの正確確率検定)。なお、菌床埋設量と子実体発生までの期間にも関連は見られなかった。

3.4.2 樹種

埋設(接種)対象樹木の樹種別の調査結果を表-8に示す。

コナラ、ミズナラ、アカマツの3樹種に埋設したが、コナラとミズナラの埋設箇所数が全体の9割と多く、アカマツは少なかった。子実体発生が確認されたのは、埋設箇所数が多かったコナラ、ミズナ

表-7 菌床埋設量別調査結果(SW001菌株)

菌床埋設量	埋設箇所数	子実体発生箇所数	発生率(%)
2kg以上3kg未満	12	3	25
3kg以上4kg未満	1	0	0
4kg以上	30	8	27
計	43	11	

ラの2樹種であった。この2樹種の発生率を比較したところ、ミズナラの57%に対してコナラは12%となり、統計学的な有意差が認められた(Fisherの正確確率検定, $p < 0.01$)。

先行研究^{10,11,12)}では、埋設(接種)対象樹木はコナラやアカマツが多く、ミズナラでの試験例は確

認されていない。よって今回の結果により、ミズナラはコナラやアカマツと同様にホンシメジの菌床埋設による林地栽培が可能であり、コナラよりも適性が高いことが示唆された。

3.4.3 斜面傾斜

埋設箇所の斜面の傾斜角度別の調査結果を表-9に示す。

20°以上30°未満と30°以上40°未満の埋設箇所数が多く、全体の9割を占め、子実体発生が確認されたのもこの2区分のみであった。2区分の発生率を比較したところ、30°以上40°未満の

表-8 樹種別調査結果(SW001菌株)

樹種	埋設箇所数	子実体発生箇所数	発生率(%)
コナラ	25	3	12
ミズナラ	14	8	57
アカマツ	4	0	0
計	43	11	

** : Fisherの正確確率検定, $p < 0.01$

43%に対して、20°以上30°未満は11%となり、統計学的な有意差が認められた(Fisherの正確確率検定, $p < 0.05$)。

山中¹³⁾は、ホンシメジ子実体発生には落葉腐植層が5~6cm以下であることが必要条件と推定されるとの報告をしており、30°以上の急傾斜地で落

葉腐植層が厚く発達しにくい環境がホンシメジ子実体発生に適していた可能性が考えられた。

表-9 斜面傾斜角度別調査結果 (SW001 菌株)

傾斜角度	埋設箇所数	子実体発生箇所数	発生率 (%)
10° 以上20° 未満	1	0	0
20° 以上30° 未満	18	2	11
30° 以上40° 未満	21	9	43
40° 以上	3	0	0
計	43	11	

*: Fisherの正確確率検定, $p < 0.05$

3.4.4 標高

標高別の調査結果を表-10 に示す。

標高500m以上1,000m未満と,1,000m以上1,500m未満の埋設箇所数が多く,子実体発生が確認されたのもこの2区分であった。この2区分の発生率を比較したところ,統計計学的な有意差は認められなかった (Fisher の正確確率検定)。

表-10 標高別調査結果 (SW001 菌株)

標高	埋設箇所数	子実体発生箇所数	発生率 (%)
500m未満	6	0	0
500m以上1000m未満	11	2	18
1000m以上1500m未満	26	9	35
計	43	11	

4 総合考察

前研究期間を含め,これまでに25菌株の菌床を埋設した結果,長野県産5菌株で子実体発生を確認した。中でも唯一複数箇所発生し,発生率が26%であったSW001菌株は,埋設後子実体発生が初めて確認されるまでの期間が概ね先行研究^{10,11,12)}と同じ2.5年以内であったことから,本埋設技術への適性が高いと考えられた。なお,発生年数については,本研究期間の最終年である2024年に初めて発生が確認された箇所が多く,今後の継続調査が必要である。

埋設箇所の条件については,SW001菌株の調査データに基づき検討を行った。その結果,埋設(接種)対象樹木については,コナラよりもミズナラの適性が高いことが示唆された。また,埋設する斜面が急傾斜地のほうが子実体発生に適している可能性が示唆された。これらについては,今後も試験地での調査を継続し,傾向を引き続き確認していく必要があると考えている。また,本研究期間では傾向が明らかにならなかった菌床埋設量や標高など他

の要素についても調査を継続していきたい。

5 結言

本研究では,県産菌株によるホンシメジの林地埋設技術の確立を目指して,県内各地で菌床の埋設試験を行った。その結果,菌床埋設技術に適性が高いと考えられる長野県産の1菌株を選抜した。また,埋設箇所の条件として埋設(接種)対象の樹種及び斜面傾斜に関して一定の知見を得た。今後も試験地における菌床埋設試験を継続し,適性株の探索及び埋設箇所に関する条件を明らかにし,県産菌株によるホンシメジの林地埋設技術の確立を図りたい。

6 謝辞

試験地の設置,調査及び菌株用の野生ホンシメジの提供に多大なるご協力をいただいた森林所有者等の関係者,市町職員,各地域振興局の林業普及指導員の皆様に厚く御礼申し上げます。

7 引用文献

- 1) 山中高史 (2015), マツタケなど菌根性きのこ類の人工栽培に向けた研究, *Microb. Resour. Syst.* 31 (2), 167-174
- 2) 河合昌孝 (1997), ホンシメジ培養菌糸体のアカマツ林地埋設によるシロおよび菌根形成, 奈良県林試研報No.27, 8-12
- 3) 藤田 徹・中村善剛・上家 祐 (1998), ホンシメジ林地栽培試験 (I) - 子実体形成試験 -, 森林応用研究 7, 101-104
- 4) Ohta Akira (1994), Some cultural characteristics of mycelia of a mycorrhizal fungus, *Lyophyllum shimeji*, *Mycoscience* 35, 83-87
- 5) 太田 明 (1998), ホンシメジの実用栽培のための栽培条件, 日菌報 39, 13-20
- 6) 古川 仁・片桐一弘 (2020), ホンシメジ等の菌床栽培技術の開発, 長野県林業総合センター研究報告第34号, 65-79
- 7) 片桐一弘・古川 仁・増野和彦 (2025), ホンシメジの菌床栽培技術の開発, 長野県林業総合センター研究報告第39号, 51-59
- 8) 片桐一弘 (2023), 里山を活用したホンシメジの

- 増殖技術，長野県林業総合センター技術情報No. 171, 6-7
- 9) 山田明義(2001)，菌類の採集・検出と分離：外生菌根菌（Ⅲ）分離培養法ならびに釣菌法，日菌報 42, 177-187
- 10) 河合昌孝(1999)，ホンシメジ培養菌糸体の林地埋設による人工感染と子実体の発生，奈良県林試研報No.29, 1-7
- 11) 水谷和人・久保善純・茂木靖和(2009)，ホンシメジおよびシャカシメジ培地の林地埋設事例，岐阜県森林研研報 38, 35-40
- 12) 藤堂千景(2012)，コナラ林でのホンシメジ (*Lyophyllum shimeji*) の発生事例，兵庫農技総セ研報（森林林業） 57, 12-15
- 13) 山中勝次(1990)，ホンシメジの生態的特性，奈良県林試研報No.20, 1-11

マツタケ作柄の豊凶判定について

研究期間：令和 2 年度～令和 6 年度

古川 仁・片桐一弘・増野和彦

毎年大きく変動するマツタケの作柄は、生産者のみならず一般県民の興味関心も非常に高い。ただしマツタケの作柄判定には他の農産物とは異なり明確な数値根拠がない。これは生産量が急減していること、年変動が大きいことなどから、作柄判定の基準設定が難しいためと考えられる。毎年のマツタケ生産状況から、感覚的に発表された過去の作柄情報と、過去の生産量を 10, 20, 30 年単位で平均した基準に基づき、新たに検討した作柄判定を比較したところ、10 年間の平均値を基準とした作柄判定が適切と判断した。

キーワード：生産量、豊作、不作、平年作、作況指数

1 緒言

マツタケ (*Tricholoma matsutake* (S.Ito&S.Imai) Singer.) は、東アジアから北欧の広範囲に点在分布し^{1,22,40)}、マツ類などと共生関係を成立^{32,41,42)}させることで成育する菌根性きのこである。日本ではその独特な芳香や食感が多くの人々を魅了し、古くは日本書紀にも記載されるほど伝統的なきのこ²⁾である。但しその国内生産量は、1941 年の 12,222t をピークに、特に 1960 年代以降急減し、近年の生産量は 50t 程度以下である^{18,24,25,30,31,34,35,37)}。この一因は、家庭燃料のガス化、化学肥料の普及などに伴い、里山から落葉・落枝といった木質資源が採取されずに林地に残り、林地土壌が富栄養化し、マツタケの成育にとって不適切な環境となったためとされる^{32,39)}。さらに 1970 年代以降には、主要産地であった広島・岡山・京都といった西日本地域を中心に、マツノザイセンチュウ病が拡大²⁶⁾し、マツタケと共生するアカマツが大量枯損したことで、生産量減少に拍車がかかった。この結果近年の主要産地は長野、岩手といった東日本地域に移ったが、マツノザイセンチュウ病は東日本にも拡大するなどし、生産量の減少に歯止めはかかっていない⁶⁾。

このマツタケ生産量の減少に対し、国公立林業試験場などは林地施業による増産技術の開発に着手、その結果、生産者の経験と勘に頼った技術^{5,11)}を普遍化させた林地施業技術を開発した²²⁻²⁵⁾。ただし開発した技術の根幹はあくまでも生産者の経験則であり、科学的根拠が十分とはいえず、科学的検証例^{3,4,8)}は限られた。さらに開発した施業技術の普及拡大よりも、マツタケ生産量の減少スピードの方が速く、現時点で生産量の回復には至っていない。

また林地施業よりも、より多くの人為干渉を加えた栽培技術、いわゆる人工栽培技術の開発は各地^{7,12,19-21)}で試みられるが、再現性をもって子実体発生に至った技術開発例はない。このことから市場へは林地で採取されたもののみが出回るが、その生産量はその年の気象環境に大きく左右され、生産量の年変動は大きい^{23-25,32)}。このマツタケの発生と気象条件の関連性については、適切な温度条件や降水量が重要であることなどが解明^{3,6,13,14,17,23-25,28,32)}されているが、多くの研究事例は過去の主要産地である西日本地域であり、これら研究結果を気候帯や植生が異なる長野県にそのまま適応させることは難しい。

長野県は自らを「きのこ王国」と称するほどきのこの生産量は多く^{10,35)}、全国 1 位を誇る林業産出額のうち約 9 割を栽培きのこ類が占める²⁷⁾。またマツタケなど林地から採取される野生きのこへの興味関心も高く⁹⁾、マツタケ生産量は 2006 年以降ほぼ毎年全国 1 位^{34,35)}であり、マツタケ生産者戸数も全国約 2,400 戸のうち 4 割が長野県³⁶⁾に集中している。そして高価格で取引されるマツタケは、長野県の産業として重要な位置を占め、その存在価値は極めて高く、県民などの興味関心も非常に高い⁹⁾。特に毎年の気象条件に大きく左右されるマツタケの作柄は、報道なども含めしばしば話題とされ、「豊作・凶作」などと作柄が表現される機会も多い。このような作柄表現は、数値表現に比べ多くの受取り側が瞬時に理解できる特徴がある。ただし水稻など農作物の作柄には、作況指数²⁹⁾などによる明確な作柄の適用基準が定められているものの、マツタケにはこのような基準はなく、その理由は主に以下 2 点

と考える。①水稲などに比べ、マツタケの作柄はその年の気象条件に非常に大きく左右されること。②マツタケの生産量は、近年80年余りで1%未満となるほど急減し、作柄を評価する基準をどの時点とするかが難しい。

ただし長野県が今後もマツタケの持続的生産に取り組むには、明確な作柄基準を策定し、情報を発信する必要がある。一部県民、報道機関からも同様の要望がある。特に異常気象が多発する¹⁶⁾近年においては、生産量の年変動幅が更に大きくなることが予測され⁶⁾、より正確な作柄による情報発信が重要となる。このため本稿では、過去の生産量などを統計的に解析し、数値根拠に基づく新たな長野県のマツタケ作柄の判定方法の作成を試みた。

なお、本研究は国交課題「無菌感染苗木法を利用したマツタケ増産技術の開発と現地実証（2020-2024）」、及び長野県特用林産振興会との共同研究、「マツタケ等有用菌根菌増殖に関する現地適応化調査試験（2020-2024）」の一部として実施した。

2 方法

2.1 マツタケ生産量

マツタケ生産量は農林水産省^{30,31)}、林野庁^{34,35,37)}の公表データを基本とし、入手できなかった年は長野県林務部資料^{18,24,25)}を用いた。ただし入手したデータ全ては、農林水産省が毎年実施する「特用林産物生産統計調査(旧称:特用林産物需給動態調査)」などによって収集されたものである。なお、農林省統計表の一部は尺貫法による記録であるが、1斤

=0.6 kg, 1貫=3.75 kgとしてメートル法に換算した。また、各種統計データはマツタケをひらがな表記しているが、本稿では「マツタケ」とした。

2.2 仮の長野県マツタケの作柄

長野県林業総合センター(旧称:長野県林業指導所)は、2.1の統計調査、及び生産現場などからの情報に基づき、毎年のマツタケ生産状況と気象条件の関連を「気象と県内生産量の関係」として公表している^{24,25)}(表-1)。ここには毎年の作柄に関する豊凶表現も含まれ、それらを抽出し、「仮の作柄」とした。作柄表現は「凶作」「不作」「平年作」「豊作」「大豊作」(生産量が少ない順)の5段階とし、それぞれ作柄の出現頻度を、百分率で「仮の作柄頻度」とした。

2.3 長野県マツタケの作柄

2.3.1 マツタケ生産量の平年値

マツタケの作柄判定に用いる基準は、過去の生産量の相加平均値とした。その平均値を求めるデータ期間は、生産量が急減しているマツタケのため、長期間にするとデータ変動幅が過大となり、適切な作柄判定とならないことが想定されたので、データ期間を10、20、30年とし、それぞれの平均値から作柄判定(2.3.2で後述)を行い、検証(2.3.3で後述)の後、最適なデータ期間を決定し、その期間から得た平均値をマツタケ生産量の平年値とした。

なおデータの始期はマツタケ生産量が気象条件に大きく影響を受ける^{3,6,13,14,17,22-25,28,32,42)}ことから、気象データとの整合を考慮し、気象庁の定める平年値データ期間に従い以下の通りとした。

①データの始期は西暦年1位が1の年とする。
②最新の気象庁平年値のデータ期間は1991年から2020年であることから、データの始期には1991年を含める。

2.3.2 長野県マツタケの作柄判定

10、20、30年毎の平均値(2.3.1)をそれぞれの中央値(=50%)とし、「仮の作柄頻度」(2.2)で案分し、各作柄(凶作・不作・平年作・豊作・大豊作)の境界値(表-2)を求めた(図-1)。作柄は境界値に従い、当年生産量から判定した。また作柄は10、20、30それぞれの平均値から得られるので、得たそれぞれを「10年作柄」「20年作柄」「30年作柄」とした。

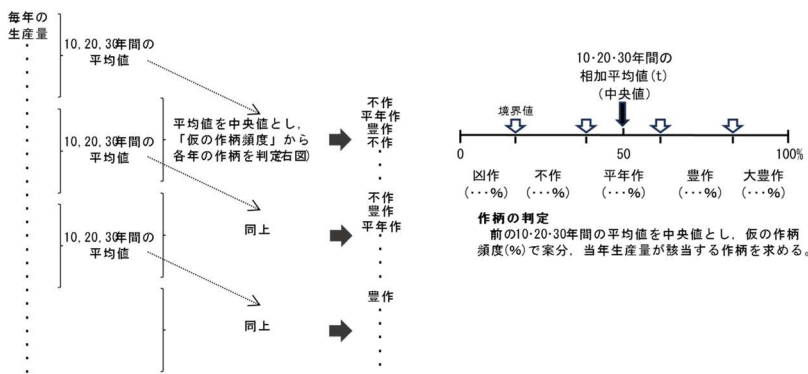


図-1 長野県マツタケの作柄判定方法の概要

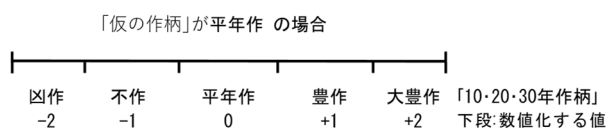


図-2 「10・20・30年作柄」と「仮の作柄」差異の数値化

「仮の作柄」を基準とし、「10・20・30年作柄」が同じ場合は「0」、生産量が多い作柄となる場合は順に「+1」、生産量が少なくなる作柄の場合には「-1」とした。

表-1 長野県および全国のマツタケ生産量の推移

西暦(年)	和暦(年)	生産量(t)		気象と県内生産量の関係	仮の作柄	生産量出典
		長野県	全国			
1924	大正13	48.6	4161.7	-	-	農林省統計表
1925	大正14	115.1	5393.0	-	-	農林省統計表
1926	大正15	114.4	5513.0	-	-	農林省統計表
1927	昭和2	179.1	6992.4	-	-	農林省統計表
1928	昭和3	42.3	6722.3	-	-	農林省統計表
1929	昭和4	116.9	7192.5	-	-	農林省統計表
1930	昭和5	-	-	-	-	-
1931	昭和6	63.2	7685.7	-	-	農林省統計表
1932	昭和7	139.3	7304.6	-	-	農林省統計表
1933	昭和8	41.5	6634.1	-	-	農林省統計表
1934	昭和9	113.5	8887.2	-	-	農林省統計表
1935	昭和10	124.5	10256.5	-	-	農林省統計表
1936	昭和11	100.8	8573.9	-	-	農林省統計表
1937	昭和12	108.7	9668.3	-	-	農林省統計表
1938	昭和13	95.1	5908.7	-	-	農林省統計表
1939	昭和14	70.4	4763.2	-	-	農林省統計表
1940	昭和15	76.5	6034.6	-	-	農林省統計表
1941	昭和16	226.0	12222.3	-	-	農林省統計表
1942	昭和17	113.3	8395.1	-	-	農林省統計表
1943	昭和18	118.1	6682.3	-	-	農林省統計表
1944	昭和19	60.1	5122.8	-	-	農林省統計表
1945	昭和20	80.6	4259.9	-	-	農林省統計表
1946	昭和21	14.0	2469.1	-	-	農林省統計表
1947	昭和22	49.4	2925.6	-	-	農林省統計表
1948	昭和23	84.7	3749.4	-	-	農林省統計表
1949	昭和24	82.8	6198.5	-	-	農林省統計表
1950	昭和25	47.3	6448.4	-	-	農林省統計表
1951	昭和26	37.2	3006.1	-	-	農林省統計表
1952	昭和27	68.7	5913.9	-	-	農林省統計表
1953	昭和28	129.6	6489.4	-	-	農林省統計表
1954	昭和29	95.3	5684.6	-	-	農林省統計表
1955	昭和30	123.7	3569.1	-	-	農林省統計表
1956	昭和31	93.3	5312.1	-	-	農林省統計表
1957	昭和32	97.3	5503.7	-	-	農林省統計表
1958	昭和33	42.7	4699.9	-	-	農林省統計表
1959	昭和34	32.7	3974.6	-	-	農林省統計表
1960	昭和35	33.4	3509.2	-	-	農林省統計表
1961	昭和36	64.7	2691.2	-	-	農林省統計表
1962	昭和37	8.2	1052.7	-	-	農林省統計表
1963	昭和38	16.6	2361.3	-	-	農林省統計表
1964	昭和39	66.6	1837.1	-	-	農林省統計表
1965	昭和40	17.4	1291.3	-	-	林業統計要覧1967
1966	昭和41	68.0	1713.0	-	-	林業統計要覧1968
1967	昭和42	33.0	587.3	-	-	林業統計要覧1969
1968	昭和43	48.4	1523.8	-	-	林業統計要覧1970
1969	昭和44	70.9	507.4	-	-	農林省統計表
1970	昭和45	45.3	1973.8	-	-	林業統計要覧1972
1971	昭和46	63.6	610.4	-	-	農林省統計表
1972	昭和47	21.0	445.0	-	-	林業統計要覧1974
1973	昭和48	29.0	567.0	-	-	林業統計要覧1975
1974	昭和49	45.0	548.0	-	-	農林省統計表
1975	昭和50	21.0	776.0	-	-	林業統計要覧1977
1976	昭和51	56.0	604.0	-	-	林業統計要覧1978
1977	昭和52	28.7	428.0	-	-	長野県林業指導所業務報告(1981)
1978	昭和53	44.0	620.0	-	-	林業統計要覧1980
1979	昭和54	56.0	658.0	夏の温度上昇と秋の降雨により豊作	豊作	林業統計要覧1981
1980	昭和55	29.0	457.0	冷夏の影響で平年作	平年作	林業統計要覧1982
1981	昭和56	30.0	210.0	引き続き冷夏の影響で平年作	平年作	林業統計要覧1983
1982	昭和57	31.0	484.0	冷夏の影響で夏マツタケが見られるも平年作	平年作	農林水産省統計表
1983	昭和58	38.0	743.0	温度が上がり秋の長雨で豊作	豊作	林業統計要覧1984
1984	昭和59	8.4	180.1	温度が上がったものの発生期の干ばつで不作	不作	林業統計要覧1985
1985	昭和60	25.0	819.0	温度が上がったものの8~9月の干ばつでやや不良	不作	林業統計要覧1987
1986	昭和61	20.0	200.0	春~夏の低温と秋の干ばつでやや不作	不作	林業統計要覧1988
1987	昭和62	20.0	465.0	温度がやや低く8~9月の干ばつでやや不作	不作	林業統計要覧1989
1988	昭和63	47.0	406.0	春~夏の豊富な降雨と秋の適期の降雨により豊作	豊作	林業統計要覧1990
1989	平成元	27.4	456.0	温度・雨ともに良好も秋の残暑により平年作	平年作	まつたけ増産のてびき(改訂Ⅳ版)
1990	平成2	28.8	513.0	温度が上がったものの秋の雨が遅れ平年作	平年作	まつたけ増産のてびき(改訂Ⅴ版)
1991	平成3	54.7	267.0	順調な温度上昇と秋の適期降雨により豊作	豊作	農林水産省統計表
1992	平成4	0.5	187.1	温度が上がったものの夏~秋の大干ばつで凶作	凶作	林業統計要覧1994
1993	平成5	47.8	350.0	梅雨期低温長雨で夏マツタケ大発生、秋は平年並	豊作	まつたけ増産のてびき(改訂Ⅳ版)
1994	平成6	25.0	120.4	温度は順調に上がるも秋の干ばつでやや不作	不作	まつたけ増産のてびき(改訂Ⅴ版)
1995	平成7	18.0	211.0	夏の温度は十分に上がるも8~9月の干ばつで不作	不作	まつたけ増産のてびき(改訂Ⅴ版)
1996	平成8	69.5	359.0	夏の温度上昇と秋適期の豊富な降雨により豊作	豊作	まつたけ増産のてびき(改訂Ⅴ版)
1997	平成9	32.5	271.8	春~夏はほぼ順調に経過するも秋の乾燥で平年作	平年作	林業統計要覧1999
1998	平成10	61.2	246.5	温度上昇と秋適期の降雨・順調な地温低下で豊作	豊作	林業統計要覧2000
1999	平成11	27.1	147.2	春~夏は順調も9月の高温と10月の急冷で平年作	平年作	林業統計要覧2001
2000	平成12	28.0	183.0	春~夏は順調なるも秋の残暑により平年作	平年作	林業統計要覧2002
2001	平成13	9.7	77.9	夏~秋の降水量不足と秋の残暑により不作	不作	農林水産省統計表
2002	平成14	11.0	53.0	8月下旬の寒波、9月上旬の残暑により不作	不作	林業統計要覧2004
2003	平成15	12.0	80.0	8月中旬の寒波、9月上旬~中旬の残暑により不作	不作	森林・林業統計要覧2005
2004	平成16	51.0	150.0	春~夏の気温が高く雨量多く、強い残暑なく豊作	豊作	森林・林業統計要覧2006
2005	平成17	5.0	39.0	9月上旬~中旬の残暑と少雨により不作	不作	森林・林業統計要覧2007
2006	平成18	27.0	68.0	9月の残暑、9月下旬~10月上旬の少雨で平年作	平年作	森林・林業統計要覧2008
2007	平成19	26.0	51.0	8~9月の地温低下、9月下旬の残暑でやや不作	不作	森林・林業統計要覧2009
2008	平成20	35.0	72.0	夏期地温低下と残暑小さく、秋の適期降雨で豊作	豊作	森林・林業統計要覧2010
2009	平成21	7.1	24.2	9月上旬の残暑、8月中旬~9月上旬の少雨で不作	不作	特用林産基礎資料
2010	平成22	85.1	139.8	地温の推移、春~秋の降雨の状況がよく大豊作	大豊作	特用林産基礎資料
2011	平成23	13.9	36.1	8,9月の地温低下とふり返り残暑により不作	不作	特用林産基礎資料
2012	平成24	4.9	15.7	9月の少雨及び短い秋により不作	不作	特用林産基礎資料
2013	平成25	29.0	37.8	地温低下は順調、秋季は少雨、結果平年を上回る	豊作	特用林産基礎資料
2014	平成26	34.9	42.1	早い秋、降雨量の差で地域差有、平年上回る	豊作	特用林産基礎資料
2015	平成27	48.9	70.9	早い秋、適期の降雨で豊作	豊作	特用林産基礎資料
2016	平成28	42.5	69.4	暖かい秋、降雨日多く豊作	豊作	特用林産基礎資料
2017	平成29	5.1	18.2	9月降水量少なく、寒暖差激しく不作	不作	特用林産基礎資料
2018	平成30	42.1	63.3	暑い夏、9月降雨日、降雨量多く豊作	豊作	特用林産基礎資料
2019	令和元	6.9	14.3	9月の残暑、少雨により不作	不作	特用林産基礎資料
2020	令和2	8.6	31.6	7月降雨多く夏マツタケ発生、9月は少雨で不作	不作	特用林産基礎資料
2021	令和3	31.8	39.4	8月の大雨、早い秋により早いシーズン入りで豊作	豊作	特用林産基礎資料
2022	令和4	22.6	35.2	9月猛暑、本格発生遅れ一部で持ち返し、ほぼ平年作	平年作	特用林産基礎資料
2023	令和5	2.5	18.5	夏から秋の少雨、長引く猛暑、地温上下変動で凶作	凶作	特用林産基礎資料
2024	令和6	37.1	51.3	猛暑、秋の始まり遅くそして長く、10月降水で豊作	豊作	特用林産基礎資料

表-2 「10, 20, 30年作柄」に用いた数値基準等

平均期間(年)	作柄判定期間(年)	生産量平均値のデータ期間(年)	生産量平均値(t)(=中央値)	作柄の境界値(t)			
				A	B	C	D
10	1941-1950	1931-1940	93.35	8.03	77.11	117.62	182.60
10	1951-1960	1941-1950	87.63	7.54	72.39	110.42	171.41
10	1961-1970	1951-1960	75.39	6.48	62.27	94.99	147.45
10	1971-1980	1961-1970	43.91	3.78	36.27	55.33	85.89
10	1981-1990	1971-1980	39.33	3.38	32.49	49.56	76.93
10	1991-2000	1981-1990	27.56	2.37	22.76	34.73	53.91
10	2001-2010	1991-2000	36.43	3.13	30.09	45.90	71.26
10	2011-2020	2001-2010	26.89	2.31	22.21	33.88	52.60
10	2021-	2011-2020	23.68	2.04	19.56	29.84	46.32
20	1951-1970	1931-1950	90.49	7.78	74.75	114.02	177.01
20	1971-1990	1951-1970	59.65	5.13	49.27	75.16	116.67
20	1991-2010	1971-1990	33.45	2.88	27.63	42.14	65.42
20	2011-	1991-2010	31.66	2.72	26.15	39.89	61.93
30	1961-1990	1931-1960	85.46	7.35	70.59	107.68	167.16
30	1991-2020	1961-1990	36.93	3.18	30.51	46.54	72.24
30	2021-	1991-2020	29.00	2.49	23.95	36.54	56.72

表-3 長野県マツタケ46年分の「仮の作柄」出現度数と頻度 (1979年-2024年)

作柄	度数	頻度(%)
凶作	2	4.3
不作	17	37.0
平年作	10	21.7
豊作	16	34.8
大豊作	1	2.2
合計	46	100.0

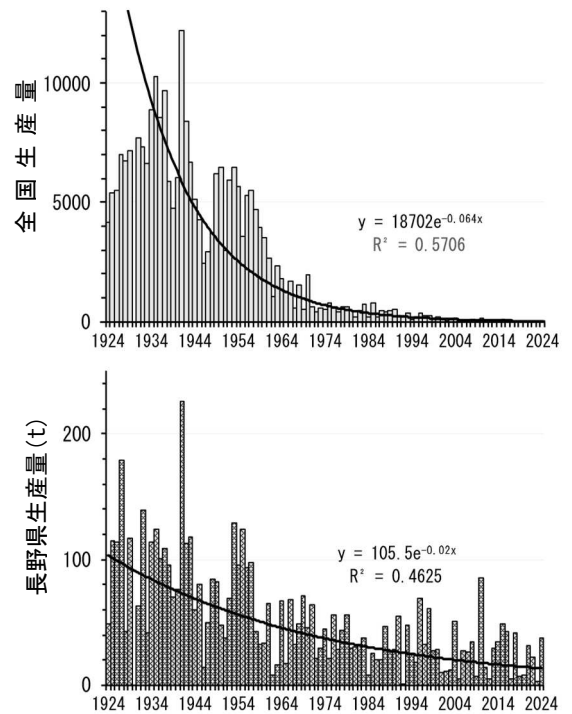


図-3 マツタケの全国生産量(上)と長野県生産量(下)

1930年は欠測

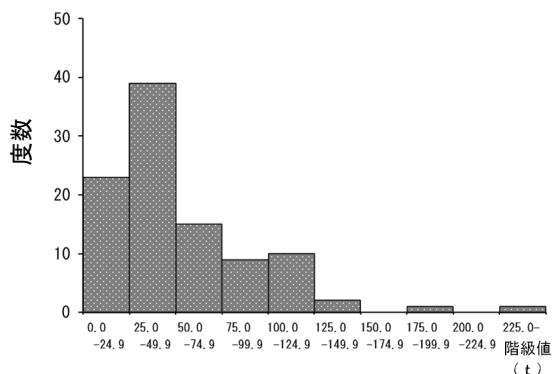


図-4 長野県の年間マツタケ生産量の
度数分布

(1924年-2024年 1930年欠測:N=100)

なお、「仮の作柄頻度」は不変であるが、10, 20, 30年毎に平均値 (=中央値)、つまり作柄の基準は更新する。

2.3.3 仮の作柄との検証

2.2で得た「仮の作柄」と2.3.2で得た「10, 20, 30年作柄」との差を数値化し、検証した。

数値化は「仮の作柄」を基準とし、「10, 20, 30年作柄」が同じ場合には「0」。「10, 20, 30年作柄」が「仮の作柄」よりも生産量が多くなる場合には正の数値を、逆に少なくなる場合には負の数値を与えた。図-2には「仮の作柄」が「平年作」の場合の、「10, 20, 30年作柄」との差の数値化について示した。

2.4 統計解析

統計解析は、(株)社会情報サービス製「エクセル統計 Ver. 4.10」を用いた。

3 結果

3.1 マツタケ生産量

マツタケの生産量は、1924年から2024年まで、1930年を除き100年分収集し、表-1、図-3に示した。全国生産量、長野県生産量ともに指数関数に沿う減少傾向を示したが、その減少率は長野県の方が全国に比べ緩慢であった(図-3)。

図-4は階級幅を25tとした長野県生産量の度数分布であり、低階級に偏る傾向が見られた。カイ二乗検定による正規性の検定結果は $P < 0.001$ となり、正規性は棄却された。

3.2 仮の長野県マツタケの作柄

表-1には1979年以降の「気象と県内生産量の関係」と「仮の作柄」を示した。なお、「気象と県内生産量の関係」にある「良作」は「仮の作柄」で「豊

作」、「不良」は「不作」、「平年並」は「平年作」、「平年(を)上回る」は「豊作」とした。また、1993年は「夏マツタケ大発生、秋は平年並」と記録され、通年での生産量と考え、「仮の作柄」は「豊作」とした。

46年分の作柄出現度数は、「不作」が17回と最も多く、つづいて16回の「豊作」、平年作は10回、凶作は2回、大豊作は1回となった。

これらの出現頻度、つまり「仮の作柄頻度」は「凶作」、「不作」、「平年作」、「豊作」、「大豊作」の順に4.3%、37.0%、21.7%、34.8%、2.2%となり(表-3)、頻度分布図(図-5)は中央がやや凹むM字型分布となった。作柄に「不作」「豊作」が多いことから、一般に言われるマツタケ生産量は年別変動が大きいということと一致した。ただし、時系列に従い作柄をみた場合、一定の規則性は見いだせなかった。

3.3 長野県マツタケの作柄

「10, 20, 30年作柄」を表-4に示し、各作柄の頻度を図-6に示したが、比較可能とするためデータ期間は1961-2024年とした。

3.4 「仮の作柄」との検証

2.3.3より求めた「仮の作柄」と「10, 20, 30年作柄」の差の数値化結果を表-4に、これら数値の出現頻度を図-7に示した。

4 考察

4.1 「10, 20, 30年作柄」の特徴

2.3.1において「10, 20, 30年作柄」は、平均値を求めるデータ期間が長くなるほどデータ変動幅が過大となると述べた。これは常に減少傾向がつづくマツタケ生産量では、作柄判定対象年の生産量は、それ以前のデータの平均値を基準とすることから、基準よりも少なくなる可能性が高いことであり、このことは図-6にみられる。図-6では全ての作柄で「不作」が最も多く、さらに「不作」の頻度は平均値データ期間が長くなる「30年作柄」ほど高くなった。

4.2 「仮の作柄」と「10, 20, 30年作柄」の差

長野県林業総合センターのマツタケ担当研究者らが、県内の生産状況などから毎年判断する「気象と県内生産量の関係」(表-1)は、生産者らマツタケ関係者などからの評判は比較的良い、つまりその年の状況を的確に表現していると言える。したがって得られた「仮の作柄」の出現頻度(図-5、表-3)も、生産状況を的確に表現するものと考えた。

表-4 長野県マツタケ生産量の「仮の作柄」と「10, 20, 30 年作柄」およびその差の数値化結果

年	仮作柄	10年作柄		20年作柄		30年作柄		数値化した仮の作柄との差		
		作柄	データ期間*	作柄	データ期間*	作柄	データ期間*	10年作柄	20年作柄	30年作柄
1941	-	大豊作		-		-		-	-	-
1942	-	平年作		-		-		-	-	-
1943	-	豊作		-		-		-	-	-
1944	-	不作		-		-		-	-	-
1945	-	平年作	1931-1940	-		-		-	-	-
1946	-	不作		-	-	-	-	-	-	-
1947	-	不作		-	-	-	-	-	-	-
1948	-	平年作		-	-	-	-	-	-	-
1949	-	平年作		-	-	-	-	-	-	-
1950	-	不作		-	-	-	-	-	-	-
1951	-	不作		不作		-		-	-	
1952	-	不作		不作		-		-	-	
1953	-	豊作		豊作		-		-	-	
1954	-	平年作		平年作		-		-	-	
1955	-	豊作		豊作		-		-	-	
1956	-	平年作	1941-1950	平年作		-		-	-	
1957	-	平年作		平年作	-	-	-	-	-	
1958	-	不作		不作	-	-	-	-	-	
1959	-	不作		不作	-	-	-	-	-	
1960	-	不作		不作		-		-	-	
1961	-	平年作		不作		不作		-	-	
1962	-	不作		不作		不作		-	-	
1963	-	不作		不作		不作		-	-	
1964	-	平年作		不作		不作		-	-	
1965	-	不作	1951-1960	不作		不作		-	-	
1966	-	平年作		不作	-	-	-	-	-	
1967	-	不作		不作	-	-	-	-	-	
1968	-	不作		不作	-	-	-	-	-	
1969	-	平年作		不作	平年作		-		-	-
1970	-	不作		不作	不作		-		-	-
1971	-	豊作		平年作		不作		-	-	
1972	-	不作		不作		不作		-	-	
1973	-	不作		不作		不作		-	-	
1974	-	平年作		不作		不作		-	-	
1975	-	不作	1961-1970	不作		不作		-	-	
1976	-	豊作		平年作		不作		-	-	
1977	-	不作		不作		不作		-	-	
1978	-	平年作		不作		不作		-	-	
1979	-	豊作		平年作		不作		0	-1	-2
1980	平年作	不作		不作		不作		-1	-1	-1
1981	平年作	不作		不作		不作		-1	-1	
1982	平年作	不作		不作		不作		-1	-1	
1983	豊作	平年作		不作		不作		-1	-2	
1984	不作	不作		不作		不作		0	0	
1985	不作	不作	1971-1980	不作		不作		0	0	
1986	不作	不作		不作		不作		0	0	
1987	不作	不作		不作		不作		0	0	
1988	豊作	平年作		不作		不作		-1	-2	-2
1989	平年作	不作		不作		不作		-1	-1	-1
1990	平年作	不作		不作		不作		-1	-1	-1
1991	豊作	大豊作		豊作		豊作		1	0	
1992	凶作	凶作		凶作		凶作		0	0	
1993	豊作	豊作		豊作		豊作		0	0	
1994	不作	平年作		不作		不作		1	0	
1995	不作	不作	1981-1990	不作		不作		0	0	
1996	豊作	大豊作		大豊作		豊作		1	1	0
1997	平年作	平年作		平年作		平年作		0	0	0
1998	豊作	大豊作		豊作		豊作		1	0	0
1999	平年作	平年作		平年作		平年作		0	-1	-1
2000	平年作	平年作		平年作		平年作		0	0	-1
2001	不作	不作		不作		不作		0	0	
2002	不作	不作		不作		不作		0	0	
2003	不作	不作		不作		不作		0	0	
2004	豊作	豊作		豊作		豊作		0	0	
2005	不作	不作	1991-2000	不作		不作		0	0	
2006	平年作	平年作		平年作		平年作		-1	-1	-1
2007	不作	不作		不作		不作		0	0	0
2008	豊作	平年作		平年作		平年作		-1	-1	-1
2009	不作	不作		不作		不作		0	0	0
2010	大豊作	大豊作		大豊作		大豊作		0	0	0
2011	不作	不作		不作		不作		0	0	
2012	不作	不作		不作		不作		0	0	
2013	豊作	平年作		平年作		平年作		-1	-1	
2014	豊作	豊作		平年作		平年作		0	-1	
2015	豊作	豊作	2001-2010	豊作		豊作		0	0	
2016	豊作	豊作		豊作		豊作		0	0	-1
2017	不作	不作		不作		不作		0	0	0
2018	豊作	豊作		豊作		豊作		0	0	-1
2019	不作	不作		不作		不作		0	0	0
2020	不作	不作		不作		不作		0	0	0
2021	豊作	豊作		平年作		平年作		0	-1	
2022	平年作	平年作		不作		不作		0	-1	
2023	凶作	凶作	2011-2020	凶作		凶作		1	0	
2024	豊作	豊作		平年作		豊作		0	-1	0

※10年作柄は1931-1940年、20年作柄は1931-1950年、30年作柄は1931-1960年をデータ期間とする生産量平均値から、10, 20, 30年の作柄判定を行っていることから、それぞれの作柄の時系列のはじめには空欄がある。

このことから、「仮の作柄」と極力差のないものを「10, 20, 30年作柄」の中から選び出す本稿の手法は妥当と考える。

「仮の作柄」と「10, 20, 30年作柄」それぞれの差を数値化した結果(図-7, 表-4)によると、双方とも同

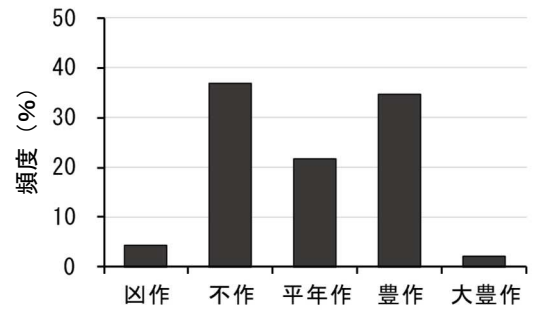


図-5 長野県マツタケ 46年分の「仮の作柄」頻度 (1979年-2024年)

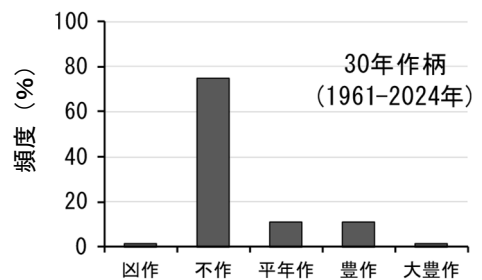
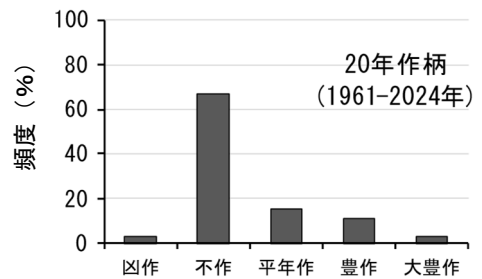
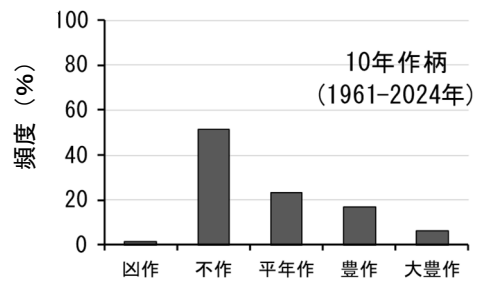


図-6 「10, 20, 30年作柄」の作柄頻度 (1961年-2024年)

じ作柄となる「0」は「10年作柄」が最も多く、20年、30年になるに従い「0」は減った。また「仮の作柄」よりも「10, 20, 30年作柄」の生産量が少なく表現される負の数値は、20, 30年と基準の平均値データ期間が長くなるほど増加する傾向がある(図-7)。

数値情報を時系列で図化(図-8)すると、1990年以前に正の数値はなく、「-2」「-1」が頻繁に出現する。1991年以降のうち、1998年までは「+1」が数年間隔で出現するが、全体としては「0」の出現が増え、「-2」「-1」の出現が減り、「0」を中心とした小刻みな変動幅となっている。なお1991年以降の「-2」「-1」の大半は「20,30年作柄」であり、「10年作柄」は特に「0」に収束する傾向を示す。

つぎに作柄ごとの傾向をまとめた。

【10年作柄】

1990年以前は「-1」の出現が多い。1991年以降のうち1998年までは数年間隔で「0」と「+1」を繰り返すが、それ以降は「-1」が3回、「+1」が1回と変動幅は少なく、ほぼ「0」に収束する。

【20年作柄】

1990年以前は1984年から1987年を除き、全て負であるが、1991年以降2024年までの34年間は「+1」が1回、「-1」が8回に残りは全て「0」である。1991年以降の変動幅は、「10年作柄」に比べるとやや大きい、安定傾向を示している。

【30年作柄】

1990年以前は「20年作柄」同様、1984年から1987年を除き全て負である。1991年以降2024年までの34年間は「+1」が1回、「-1」が9回、「-2」が1回と、「20年作柄」に比べると特に負方向への変動が目立つ。

【10, 20, 30年作柄】

これらの作柄は全て1990-1991年を境に作柄の差を示す数値の傾向が変わった。特に「10年作柄」は負方向から正・「0」が増え、「20, 30年作柄」は「-2」が減った。これは「10, 20, 30年作柄」すべてで基準とする平均値が1991年から更新されたためであ

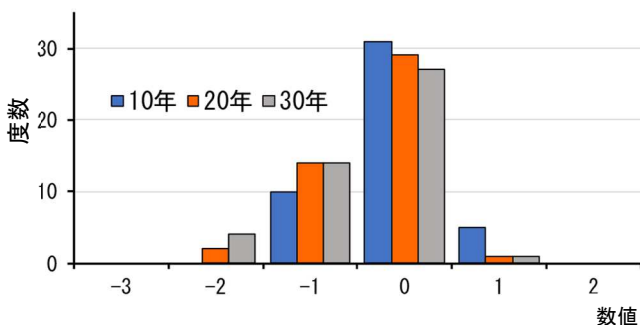


図-7 「仮の作柄」と「10, 20, 30年作柄」と差の度数分布

横軸右方向は、「10,20,30年作柄」が「仮の作柄」よりも生産量が多く表現され、左方向は生産量が低く表現されることを示す。「0」は表現が同じ。

る。長野県の実産量は1960年代から1970年代にかけて大きく急減^{5,24,25)}(図-3)しており、この基準更新により、「10年作柄」は1981-1990年、「20年作柄」は1971-1990年、「30年作柄」は1961-1990年の生産量の平均値を基準とした。つまり急減前の高い生産量が平均値算出データ期間に含まれるか否かがこれら傾向を左右した。このことから、1991年以降は特に「10年作柄」で負の頻度が減少し、「0」に収束する傾向がみられた。

4.3 「仮の作柄」と「10年作柄」の差

これまでの結果では「10年作柄」が最も「仮の作柄」との差が小さく、特に近年になるほど変動幅が小さく、1990年以前の「10年作柄」と「仮の作柄」の差についてはすでに考察した。このことから、ここでは1991年以降の「10年作柄」との差(図-8)について考察する。

【1991-1998年】

8年の期間中に4回「+1」が出現する。このうち1991, 1996, 1998年は「仮の作柄」で「豊作」であるが、「10年作柄」は「大豊作」である。うち1996, 1998年の生産量は順に69.5t, 61.2tと、生産量が大きく減少を始めた1960年代以降では多い方の3, 8番目であることから、「大豊作」も明らかな誤りとは考え難い。そして1991年の54.7tは、「豊作」と「大豊作」の境界値(表-2)が53.91tであることを考慮すると境界付近の値であり、結果として「仮の作柄」と差が生じたことも理解できる。

なお、1994年の差が生じた原因については明確な考察はできなかった。

【2013年】

この年は「仮の作柄」の「豊作」に対し、「10年作柄」は「平年作」となった。この年以前、2009年からの生産量は7.1t, 85.1t, 13.9t, 4.9tと、途中で1960年

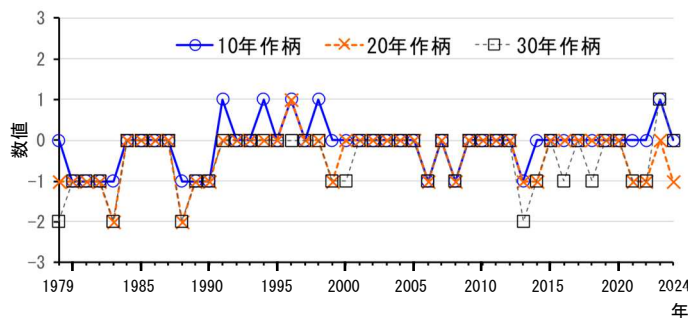


図-8 長野県マツタケ生産量の「仮の作柄」と「10, 20, 30年作柄」の差数値化の時系列変化

代以降最大という生産量をはさみ「不作」が続いた。この状況下で 29.0t と久しぶりに比較的まとまった生産量となったことから、担当者の主観的判断による判定があったことは否定できない。ただし、明確な差の原因までは明らかにできなかった。

【2023 年】

「仮の作柄」の「凶作」に対し「10 年作柄」は「不作」で生産量は 2.5t である。この差についてつぎの 2 点と考察した。①2.5t は当時の「凶作」と「不作」の境界値 2.04t (表-2) に非常に近く、軽々に「10 年作柄」の「不作」を否定することはできない。②2.5t は 1924 年以降の生産量の中でも下から 2 番目の少なさであり、「仮の作柄」の「凶作」も間違えとは言い難い。

4.3 長野県のマツタケ作柄判定

図-6 によるとデータ期間を長くするほど不作に偏る傾向が見られる。この原因は既に 4.1 で考察したが、「仮の作柄」(図-5)と同様にM字型分布とはならないものの、検討した作柄の中では 10 年作柄が最も似た傾向を示している。

さらに 4.2, 4.3 の考察を考慮すると、「10 年作柄」が最も「仮の作柄」との差が少なく、さらに近年では変動幅が少なく適した判定方法と考え、数値根拠を持った新たな作柄判定手法として結論する。

謝辞

本研究の実施に際し、長野県特用林産振興会々員、森林組合、市町村、個人の方々からの多くの情報提供をいただいた事に対して深謝する。また長野県林業総合センターが管理するマツタケ試験地の調査では小澤操氏、故宮外勝氏、塩倉智文氏、小椋吉範氏、信州上小森林組合、藤森彰治氏、唐澤保氏、市町村担当者(順不同)ほかの皆様方にご尽力いただいたこと感謝申し上げます。また最後になるが、統計データ収集、情報提供の面では長野県林務部、県内の地方事務所(現 地域振興局)林務課職員の多大なる協力をいただいたこと深く感謝申し上げます。

引用文献

1) Aoki, W., Bergius, N., Kozlan, S., Fukuzawa, F., Okuda, H., Murata H., Ishida, A. T., Vaario, L.-M., Kobayashi, H., Kalmış, E., Fukiharū, T., Giusi, S., Matsushima, K., Terashima, Y., Narimatsu, M., Matsushita, N., Ka, K.-H., Yu, F., Yamanaka, T., Fukuda, M., & Yamada, A. (2022). New findings on the

fungal species *Tricholoma matsutake* from Ukraine, and revision of its taxonomy and biogeography based on multilocus phylogenetic analyses. *Mycoscience*, 63, 197–214.

<https://doi.org/10.47371/mycosci.2022.07.0041>

- 2) 有岡利幸(1997) 松茸(まつたけ), 法政大学出版局, 5–10, 東京
- 3) 衛藤慎也・田辺紘毅・坂田勉・川上嘉章・山本忠義・枯木熊人・板橋正人(1999) 甲山試験地における 30 年間のマツタケ発生に関する調査結果, 広島県林技セ研報 31, 45–55
- 4) 藤田博美・小林藤雄・藤田徹・中村善剛・上家祐(2021) 京丹波町試験地におけるマツタケのシロの拡大過程, 日林誌 103, 156–160
- 5) 藤原儀兵衛(2011) 藤原儀兵衛 マツタケ山づくりのすべて 生産技術全公開, 190pp, 全国林業改良普及協会, 東京
- 6) 古川仁・増野和彦・竹内嘉江(2016) 地球温暖化に適応したマツタケ発生林施業法の開発, 長野県林総研報 30, 87–100
- 7) 古川仁・片桐一弘・増野和彦・山田明義・河合昌孝・小林久泰・山中高史(2021) マツタケ菌感染苗木による林地でのシロ定着技術の開発, 長野県研報 35, 69–82
- 8) Furukawa, H., Tokuoka, K., Mizuno, A., Katagiri, K., Masuno, K., Tanaka, Y., Oya, S., & Yamada, A. (2024). Long-term effects of forest management on the dynamics of *Tricholoma matsutake* harvest over 41 years in a *Pinus densiflora* forest in Nagano Prefecture, Japan. *Mycoscience*, 65, 298–306. <https://doi.org/10.47371/mycosci.2024.09.003>
- 9) 古川仁(2025) マツタケに魅了される日本人, *vesta* (食文化誌ヴェスタ) 140, 12–13
- 10) JA ながの Web サイト 長野県は古くからきのこを栽培しています シイタケ <https://www.ja-nagano.iijan.or.jp/farming/products/calendar/mushroom/> 2026 年 3 月 3 日閲覧
- 11) 金行幾太郎(1955) 秘訣公開松茸増殖法 愛林富国の書, 130pp, 金行幾太郎, 広島
- 12) 枯木熊人・川上嘉章(1985) マツタケ菌感染苗木によるシロの人工形成, 広島県林誌研報 20, 13–23
- 13) 川上嘉章(1990) マツタケ発生量に影響を及ぼす要因(I) -降雨量・地温と発生量との関係-, 広島県林試研報 24, 7–20

- 14) 川上嘉章(1993) マツタケ発生量に影響を及ぼす要因(Ⅱ) -シロ菌糸伸長量及び雨量と発生量の関係-, 広島県林試研報 27, 135-142
- 15) 気象庁(2025) 気象観測統計指針 第5章平年値, 130-136
- 16) 気象庁(2026) 地球沸騰の時代が到来! ? ~気象庁の気候変動に関する取り組み~, 気象業務はいま 2024, 9-23
- 17) 衣川堅二郎(1963) マツタケの発生に関する生態学的研究: 生長曲線とその解析, 大阪府大紀要 14, 27-60
- 18) 小出博志(1981) 林地土壌におけるマツタケのシロ形成促進条件の解明に関する試験, 長野県林業指導所 業務報告, 68-69
- 19) 小出博志・一ノ瀬幸久・増野和彦(1992) 人工による菌根性きのこ類のシロ造成法に関する試験, 長野県林総研報 6, 41-59
- 20) 小出博志・増野和彦(1996) 林地における菌根性きのこ類の栽培試験, 長野県林総研報 10, 27-40
- 21) 小出博志・増野和彦(2002) 菌根性きのこ類の人工栽培技術の開発, 長野県林総研報 16, 43-52
- 22) マツタケ研究懇話会(1964) マツタケ-研究と増殖-, 223pp, マツタケ研究懇話会, 京都
- 23) マツタケ研究懇話会編(1983) マツタケ山のつくり方, 163pp, 創文, 東京
- 24) まつたけ増産のてびき(改訂Ⅱ版) 編集委員会(1997) まつたけ増産のてびき(改訂Ⅱ版), 103pp, 長野県まつたけ生産振興協議会, 長野
- 25) まつたけ増産のてびき(改訂Ⅳ版) 編集委員会(2016) まつたけ増産のてびき(改訂Ⅳ版), 101pp, 長野県特用林産振興会, 長野
- 26) 中村克典(2020) マツ枯れ被害拡大の歴史とこれからの防除の展開, 環動昆 31, 61-63
- 27) 長野県林務部(2024) 令和5年度 長野県林業統計書, 78pp, 長野県, 長野
- 28) 成松眞樹(2017) 寒冷地におけるマツタケの生態と栽培, 岩手県林技セ研報 25, 1-132
- 29) 農林水産省統計部 水稻収穫量調査のしくみ, 8pp, https://www.maff.go.jp/j/council/seisaku/syokuryo/0510/pdf/ref_data1.pdf 2026年3月4日閲覧
- 30) 農林水産省統計表(1982, 1991, 2001) 農林水産省 Web サイト 図書/雑誌(全資料)横断検索「農林省統計表」 https://www.library-opac.maff.go.jp/opac/AllSch.htm?active_menu_td_id=i 2026年2月5日閲覧
- 31) 農林省統計表(1924-1929, 1931-1964, 1969, 1971, 1974) 農林水産省 Web サイト 図書/雑誌(全資料)横断検索「農林省統計表」 https://www.library-opac.maff.go.jp/opac/AllSch.htm?active_menu_td_id=i 2026年2月5日閲覧
- 32) 小川真(1978) マツタケの生物学, 327pp, 築地書館, 東京
- 33) 小川真・梅原武夫・紺谷修治・山路木曾男(1978) マツタケ菌の増殖法(Ⅰ)マツタケ感染苗の育成法, 日林誌 60(4), 119-128
- 34) 林野庁(2005-2010) 森林・林業統計要覧(2005-2010年版) 林野弘済会, 東京
- 35) 林野庁(2010-2025) 平成21-令和6年 特用林産基礎資料 林野庁, 東京
- 36) 林野庁(2020) 令和元年 特用林産基礎資料 林野庁, 東京
- 37) 林野弘済会(1967-1970, 1972, 1974-1975, 1977-1978, 1980-1990, 1994, 1999-2002, 2004) 林業統計要覧(1967-1970, 1972, 1974-1975, 1977-1978, 1980-1990, 1994, 1999-2002, 2004年版) 林野弘済会, 東京
- 38) 篠原弥寿夫・小出博志・片倉正行(1987) マツタケ増産のための技術体系化試験, 長野県林指研報 2, 99-114
- 39) 鈴木和夫(2005) 外生菌根共生系の生理生態とマツタケのパズル, 日林誌 87, 90-102
- 40) Vaario, L.-M., Yang, X., & Yamada, A. (2017). Biogeography of the Japanese gourmet fungus, *Tricholoma matsutake*: a review of the distribution and functional ecology of matsutake. In: Tedersoo, L. (Ed.), *Biogeography of mycorrhizal symbiosis. Ecological studies, vol 230*. Cham: Springer, pp. 319-344. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56363-3_15
- 41) Yamada, A., Kanekawa, S., & Ohmasa, M. (1999). Ectomycorrhiza formation of *Tricholoma matsutake* on *Pinus densiflora*. *Mycoscience, 40*, 193-198. <https://doi.org/10.1007/BF02464298>
- 42) Yamanaka, T., Yamada, A., & Furukawa, H. (2020). Advances in the cultivation of the highly-prized ectomycorrhizal mushroom *Tricholoma matsutake*. *Mycoscience, 61*, 49-57. <https://doi.org/10.1016/j.myc.2020.01.001>

長野県林業総合センター研究報告

Bulletin of the Nagano Prefecture Forestry Research Center

第 40 号

令和 8 年 3 月 発行
(2026)

発 行 長野県林業総合センター

Nagano Prefecture Forestry Research Center

〒399-0711

長野県塩尻市大字片丘 5739

5739 Kataoka, Shiojiri-shi, Nagano, 399-0711 Japan

TEL (0263) 52-0600 FAX (0263) 51-1311
