

**BULLETIN OF THE
SHIMANE PREFECTURE MOUNTAINOUS
REGION RESEARCH CENTER**

**No. 20
December 2024**

島根県中山間地域研究センター研究報告

**第20号
令和6年12月**

SHIMANE PREFECTURE MOUNTAINOUS REGION RESEARCH CENTER

IINAN, SHIMANE, 690-3405, JAPAN

島根県中山間地域研究センター

島根県飯石郡飯南町

報告書の種類

総説：特定の題目について著者や他人の研究をまとめたもの。

論文：研究の結果をまとめ、これに考察と結論を与えたもの。

短報：小さいが新しい知見の速報，既知の知見の再認識，新しい研究方法などを短くまとめたもの。

資料：利用価値をもつ観察や試験データとその解釈。

目 次

《論 文》

島根半島におけるニホンジカの生息実態調査 (X)

– 第IV期 (2017~2021年度) の「特定鳥獣管理計画」のモニタリング –

…………… 金森 弘樹・大國 隆二・小宮 将大・澤田 誠吾・小沼 仁美・
高瀬 健一郎・増田 美咲・河本 忍 …… 1

《短 報》

コシアブラ種子選別方法の検討

…………… 口脇 信人 …… 13

《資 料》

島根県内のきのこ生産施設から搬出された廃菌床の含水率とC/N比

…………… 富川 康之 …… 19

島根半島におけるニホンジカの生息実態調査 (X)

—第IV期 (2017~2021 年度) の「特定鳥獣管理計画」のモニタリング—

金森 弘樹*・大國 隆二**・小宮 将大*・澤田 誠吾***・
小沼 仁美***・高瀬 健一郎***・増田 美咲*・河本 忍

The Present Status of Sika Deer on the Shimane Peninsula, Japan (X)

— Monitoring of Population Dynamics from 2017 to 2021 —

KANAMORI Hiroki*, OGUNI Ryuji**, KOMIYA Masahiro*, SAWADA Seigo***,
ONUMA Hitomi***, TAKASE Kenichiro***, MASUDA Misaki* and KAWAMOTO Shinobu

要 旨

島根半島出雲北山山地では、2017~2021 年度に銃器と脚くくりわなによって、合計 1,877 頭のニホンジカを捕獲したが、このうち銃猟による CPUE は 2002 年の 0.29 から 2021 年には 0.02 へと低下した。シカの餌となる下層植生量は、ササ地、ヒノキ若齢林、道路法面および伐採跡地のいずれでも回復傾向であった。区画法による推定生息数は、2001 年の 804 頭から 2021 年には 435 頭に減少した。ライトセンサスによる平均発見数も 2001~2006 年の 3.0 頭/km から 2017~2021 年には 0.6 頭/km へと減少した。階層ベイズモデルによる推定生息数は、2006 年の 2,549 頭をピークに 2020 年末には 703 頭へ減少した。また、角こすり害の発生率は、1999~2001 年の 4~5% から 2017~2021 年には 1~3% に低下した。一方、湖北山地では、2017~2021 年度に狩猟と有害捕獲によって合計 3,099 頭のシカを捕獲した。区画法による推定生息数は、2011 年の 564 頭から 2021 年には 151 頭へと減少した。ライトセンサスによる平均発見数も 2012~2016 年の 1.4 頭/km から 2017~2021 年には 0.6 頭/km へと減少した。階層ベイズモデルによる推定生息数の中央値は、2011 年の 4,885 頭をピークに 2020 年末には 701 頭へ減少した。また、角こすり害の発生率も 2011 年の 3.7% から 2021 年度には 1.4% に低下した。

キーワード：島根半島，ニホンジカ，特定鳥獣管理計画，モニタリング，生息数

I はじめに

島根半島出雲北山山地 (約 68.6 km²) におけるニホンジカ (*Cervus nippon*) (以下「シカ」と略記) を適正に保護管理するために、2003 年度から島根県は「特定鳥獣保護管理計画」を施行した。ここに生息するシカの生息実態等に関する調査は、1984 年度から実施してきたが、2016 年度までの調査結果

は既に報告 (金森ら, 1986; 金森ら, 1991; 金森ら, 1993; 金森ら, 1996; 金森ら, 1999; 金森ら, 2002; 金森ら, 2009; 金森ら, 2013; 金森ら, 2018) した。このうち、第 I 期 (2003~2006 年度) の「特定鳥獣保護管理計画」のモニタリングでは、出雲北山山地のシカの生息数はやや減少傾向にはあるものの、大幅な減少はしていない。一方、隣接する湖北山地 (約

*島根県東部農林水産振興センター，**島根県農林水産部林業課，***島根県西部農林水産振興センター

75 km²) では、生息分布域の拡大と生息数の増加傾向を推測した。第Ⅱ期(2007～2011年度)の「特定鳥獣(保護)管理計画」のモニタリング調査では、シカの生息数は出雲北山山地では減少傾向であったが、湖北山地では第Ⅰ期と同様に増加傾向であった。また、第Ⅲ期(2012～2016年度)の「特定鳥獣管理計画」のモニタリング調査では、出雲北山山地、湖北山地のいずれも生息数は減少傾向であった。本稿では、第Ⅳ期(2017～2021年度)の「特定鳥獣管理計画」のモニタリング調査として実施した島根半島の出雲北山山地と湖北山地での捕獲管理、生息環境、生息数、捕獲個体分析および被害発生調査の結果について報告する。

Ⅱ 捕獲管理

1. 捕獲管理の経過

出雲北山山地は、シカ捕獲禁止区域に設定されており、2002年度までは有害捕獲で、「特定鳥獣保護管理計画」を施行した2003年度以降はおもに個体数調整捕獲によって生息数を管理してきた。この計画では、出雲北山山地を奥地の「生息の森」(2,025ha、目標生息密度5頭/km²)と人里付近の「共存の森」(4,105ha、目標生息密度1頭/km²)にゾーニングして、出雲北山山地の管理目標頭数を180頭とした。一方、湖北山地では有害捕獲と狩猟によって個体数を管理してきた。

島根県鳥獣対策室と出雲市の資料をまとめると、2017～2021年度の出雲北山山地における個体数調

整捕獲では、銃器または脚くくりわなによって1,877頭(オス819,メス970,不明88)を捕獲した。年度ごとにみると、2017年度に481頭であった捕獲数は、2018年度は362頭、2019年度は279頭と減少したが、2020年度は359頭、2021年度は396頭へとやや増加した。捕獲方法については、2012～2016年度と同様に、脚くくりわなによる捕獲が90%以上を占めた。

一方、湖北山地(隣接する枕木山山地を含む)における2017～2021年度の捕獲数は、有害捕獲(銃器,脚くくりわな)によって2,876頭(オス1,205,メス1,576,不明95)であった。年度ごとにみると、2017年度は676頭、2018年度は647頭、2019年度は580頭、2020年度は473頭、2021年度は500頭へと漸減傾向であった。また、狩猟(松江市を含む)では36～54頭を捕獲した(表1)。

2021年度に松江市を含めた湖北山地と枕木山山地で個体数調整・有害捕獲されたものの地域別の捕獲数を図1に示した。第Ⅲ期(2012～2016年度)と第Ⅳ期(2017～2021年度)の各5年間の個体数調整・有害捕獲された総捕獲数は、5,427頭から2,876頭に減少した。ただし、湖北山地東部と枕木山山地の松江市エリアでの有害捕獲数をみると、2016年には11頭であったが、2021年には27頭へと増加した。また、佐陀川以東に位置する枕木山山地では、メスの捕獲(定着)を初めて認めたことから、湖北山地から枕木山山地へ生息分布域を拡大していると考えられた。

表1 島根県におけるシカの捕獲数

年度	狩 猟			有害・個体数調整・指定管理			
	湖北山地	中国山地	不明	出雲北山山地	湖北山地	中国山地	不明
2017	54 (30, 24, 0)*	86 (65, 20, 1)	0	481 (228, 253, 0)	676 (285, 391, 0)	204 (99, 53, 52)	0
2018	52 (27, 25, 0)	108 (61, 27, 20)	0	362 (86, 194, 82)	647 (218, 336, 93)	221 (86, 63, 72)	0
2019	39 (22, 17, 0)	117 (87, 24, 6)	18**	279 (116, 163, 0)	580 (246, 334, 0)	299 (143, 68, 88)	0
2020	42 (11, 30, 1)	117 (83, 32, 2)	13	359 (182, 177, 0)	473 (216, 257, 0)	377 (125, 82, 170)	0
2021	36 (12, 15, 9)	214 (150, 62, 2)	0	396 (207, 183, 6)	500 (240, 258, 2)	567 (276, 207, 84)	8

* 括弧内は(オス,メス,不明)の順に記載。

** 捕獲地の不明個体は、性別表示を省略。

注:2016年以前の捕獲数は、既報(金森ら,2018)で報告。

頭/年度が捕獲された。また、脚くくりわなの延べ設置数（わな数×捕獲許可日数）は、3,063～8,507日・台/年度で、15～35頭/年度を捕獲した。捕獲されたシカの性比（オス/メス）は、74/55頭=1.35とオスの捕獲が多かった。2007年度以降のCPUEは、銃器0.066～0.161,脚くくりわな0.040～0.098と、いずれも2010年をピークに低下傾向であったが、このうち銃猟は2019年度以降にはやや上昇した（図3）。また、湖北山地では狩猟が実施されてきたので、各年度の出猟記録からSPUE（銃猟時の1人1日当たりの目撃数）を算出すると、2017年度の0.62から2021年度には1.06へと増加した。これらのことから、いずれの山地でも生息数は長期的にみると減少してきたが、2017年度以降は横ばいまたはやや増加傾向にあると推測された。

Ⅲ 生息環境調査

1. 調査方法

2017～2021年度の夏期（7～8月）と冬期（2～3月）に出雲北山山地のササ地、伐採跡地（2021年度は、豪雨災害の影響で調査は未実施）、道路法面およびヒノキ若齢林の各1か所において、10m×10mのプロット内の地上高1.5m以下の下層（シカが採食可能）に出現した木本類、草本類の種名、種別の平均的な高さや被度を記録し、1m×1mのコドラート内の植物の地上部を刈り取って、木本類の葉と幹、草本類、シダ類、ササの葉と稈に区分して、絶乾重量を計測した。木本とササ類の茎は、シカの摂食が可能な直径5mm以下を対象とした。また、シカの利

用状況を把握するためにプロット内の糞粒数を計数した。

2. 調査結果

2017～2021年度の植生別の植物現存量の推移を図4に示した。植生種数は、伐採跡地の15～26種、ササ地の13～23種、ヒノキ若齢林の10～24種に比べて、道路法面は2～12種と少なかった。年度別には、夏期、冬期のいずれも種数に変動はほとんど認めなかった。

夏期の植生重量は、ササ地34～157g、伐採跡地57～165g、ヒノキ若齢林55～420gと2012～2016年度に比べて減少したが、道路法面は5～447gとほぼ横ばい傾向であった。一方、冬期はササ地64～91gと伐採跡地32～114gは、2012～2016年度に比べて減少したが、道路法面53～227gとヒノキ若齢林84～417gは増加した。

また、ヒノキ若齢林ではイズセンリョウ（*Maesa japonica*）が、伐採跡地では夏期にはイワヒメワラビ（*Hypolepis punctata*）が優占した。これらはシカの不嗜好性植物であると考えられた。一方、ササ地ではネザサ（*Pleioblastus variegatus*）、道路法面はウシノケグサ（*Festuca ovina*）が優占したが、シカの摂食圧によって生長が抑制されていた。なお、2012～2016年に比べると、いずれの下層植生も概ね回復傾向であったが、不嗜好性植物が多くを占めた。

100㎡当たりの糞粒数をみると、道路法面が夏期600～74,000個、冬期500～18,800個であり、2012～2016年度と同様に他の植生（ササ地、ヒノキ若齢

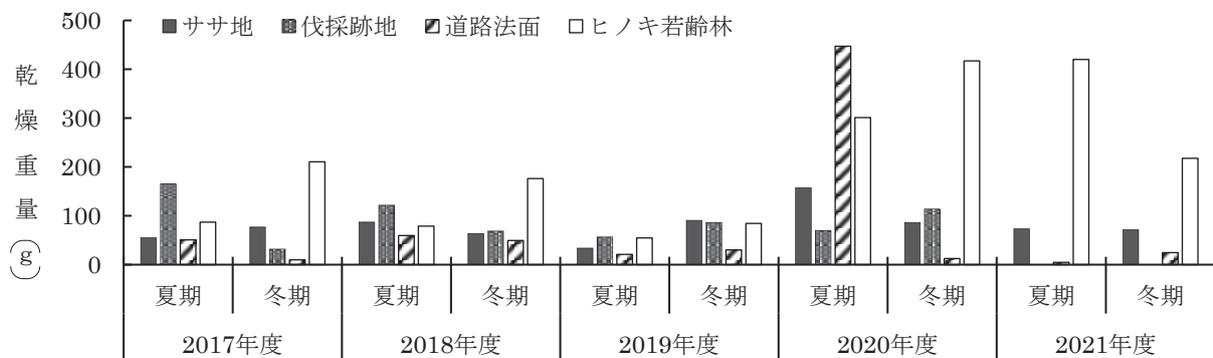


図4 植生別の植物現存量の推移（2017～2021年度）

注：2021年度の伐採跡地は、豪雨災害の影響によって未調査。

表2 各調査区の平均植生量と平均糞粒数

調査 年度	平均植生量 (乾重 g/年)								平均糞粒数 (個/年)							
	ササ地		伐採跡地		道路法面		ヒノキ林		ササ地		伐採跡地		道路法面		ヒノキ林	
	夏期	冬期	夏期	冬期	夏期	冬期	夏期	冬期	夏期	冬期	夏期	冬期	夏期	冬期	夏期	冬期
2003-06	95	70	38	21	13	3	22	35	159	38	204	152	33,275	36,675	380	24
2007-11	147	69	183	29	50	17	156	98	459	821	247	255	31,520	31,320	158	279
2012-16	101	91	246	56	116	165	116	147	44	76	120	97	11,900	4,400	16	64
2017-21	81	78	103	75	117	25	188	221	31	39	263	177	19,960	6,420	14	59

林、伐採跡地)よりも多く、採食地として高頻度に利用していた。また、伐採跡地では2~629個であり、2012~2016年度の0~414個とほぼ同様であった。一方、ヒノキ若齢林では0~173個、ササ地では0~107個と2012~2016年度よりも減少した。

このうち、ササ地のネザサには多数のシカの摂食痕を認めた。なお、道路法面を除いて夏期と冬期で糞粒数に大きな差は認めなかった。

第I期(2003~2006年度)からの管理計画期ごとの平均植生量と平均糞粒数について表2に示した。植生量は概ね増加傾向で、シカの糞粒数は概ね減少傾向であった。

3. 考察

前報(金森ら, 2018)では、調査を開始した2003年度以降は、シカの生息数の減少によって、餌となる下層植生がいずれの調査地でも回復傾向にあるとしたが、2017年度以降も同様の傾向であった。これは、シカの生息数が大きく増えることがなかった影響によると考えられる。

IV 生息数の変動

1. 区画法

1) 調査方法

出雲北山山地において、2000年度以降に区画法(Maruyama and Furubayashi, 1983)調査を毎年11月に11地域(75.8~151.1haの合計約1,200ha)において、各11~29区画(1区画の平均5.2ha)で実施した。各調査員は約1時間をかけ、調査地の斜面上方から下方に向かって歩いて、シカの発見頭数・構成、警戒音、逃走音等を発見時刻と共に記録した。

また、発見個体の重複を避けるために隣接する区画の調査員が、トランシーバを使ってシカの逃走方向等を連絡しあった。なお、2000年から出雲北山山地をゾーニングした「生息の森」(奥山)と「共存の森」(人里付近)別にも生息密度を推定した。

なお、2021年度については、豪雨災害の影響によって、4地域を除いた7地域(合計652ha)で実施した。

また、湖北山地(生息域の山林面積5,287ha)では、毎年10月に8地域(655.4ha)において、各12区画(1区画の平均6.8ha)で同様の方法で実施した。湖北山地での区画法調査は、出雲市森林政策課が主体となって実施した。なお、いずれの調査地でも各調査員に区画法の調査時に嗜好植物(アオキ、タブノキ、ネズミモチ、ササ類)、不嗜好植物(シロダモ、アブラギリ)、林木被害(角こすり害、樹皮摂食害)、フィールドサイン(糞、足跡)の多寡について記録し、指数化(多:2, 少:1, 無し:0)して年変動をみた。

2) 調査結果

(1) 出雲北山山地

2017~2021年の生息密度は3.1~6.7頭/km²であり、推定生息数(±は標準誤差)は190±51~435±143頭の範囲でやや増加傾向を示した。生息の森では3.1~19.4頭/km²、共存の森では3.1~7.3頭/km²の範囲で推移し、5年間の平均生息密度は、生息の森で4.4頭/km²、共存の森で5.2頭/km²となり、共存の森の生息密度がやや高くなった。区画法による2000年からの推定生息数の推移を図5に示した。前報(金森ら, 2018)において、2001年の804±110頭をピークに減少傾向にあると報告したが、

2020年以降は微増傾向であった。また、調査地のフィールドサインと林木被害は減少傾向で、嗜好植物と不嗜好植物はともに増加傾向であった。

(2) 湖北山地

2017～2021年の生息密度は1.0～4.3頭/km²であった。推定生息数(±は標準誤差)は、2017年の225±80頭から減少して、2018～2020年は46±25～66±34頭であったが、2021年は151±31頭にやや増加した(図6)。

湖北山地では、2011年の564±283頭をピークに生息数は減少傾向にあったが、湖北山地西部の調査地域が東部に比べてシカの発見数が多いことから、生息密度も高いと考えられた。また、調査地のフィールドサイン、林木被害および不嗜好植物は減少傾向で、嗜好植物は横ばい傾向であった。

2. ライトセンサス

1) 調査方法

2017～2021年、夏季(出産期直後の7～8月)と秋季(発情期の9～10月)にライトセンサス(北海道環境科学研究センター, 1997)を実施した。調査ルートは出雲北山山地の出雲(2.7km)、平田(11.4km)および大社・猪目(15.7km)の3調査ルート(合計

29.8km)と湖北山地の出雲市湖北西部の1調査ルート(夏季29.8km, 秋季16.8km)で実施した。また、湖北山地西部から出雲市の東部地域や松江市西部地域への分布拡大の状況を把握するために、秋季のみ出雲市湖北中・東部ルート(26.8km)と松江市西部ルート(22.9km)でもライトセンサスを実施した。なお、年によって、土砂崩れ等の影響で走行不能であった調査ルートの一部は調査から除外した。

調査は、運転手兼記録者1名と観察者2名で、観察数が安定する天候の良好な日の日没直後の夏季20:00～23:00, 秋季19:00～22:00に低速走行(時速10km程度)のワンボックスカーの車上から手持ちの強力サーチライト(75万cd)で左右を照射して行った。シカを発見すると、双眼鏡で観察して、発見時刻、場所、植生、頭数、性別、年齢(成獣, 1歳オス・メス, 子)、群れの構成およびオスシカの角枝数を記録した。また、観察数はライトで照射された範囲内で見落とされた数と照射範囲外で観察した数は同数であると仮定し、照射範囲は平均片側25m(両側50m)とした(小泉, 1988)。なお、本調査は島根大学生物資源科学部、松江市と共同で実施した。

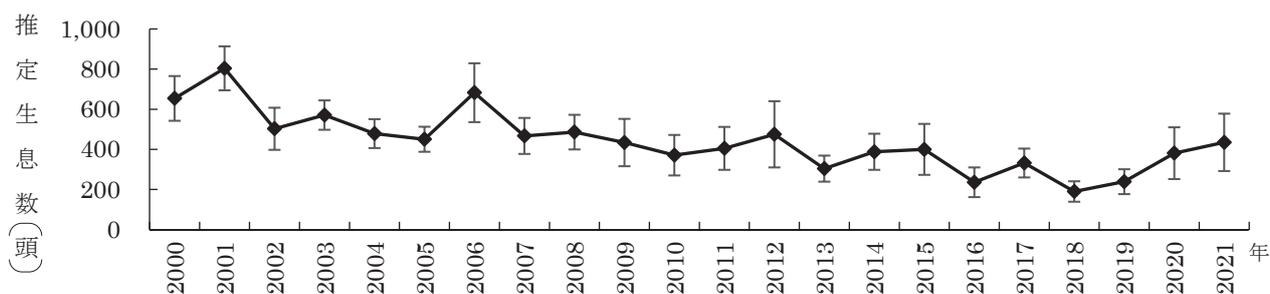


図5 出雲北山山地における区画法によるシカ推定生息数の推移(エラーバーは標準誤差)
注: 2016年度までは既報(金森ら, 2018)でも報告。

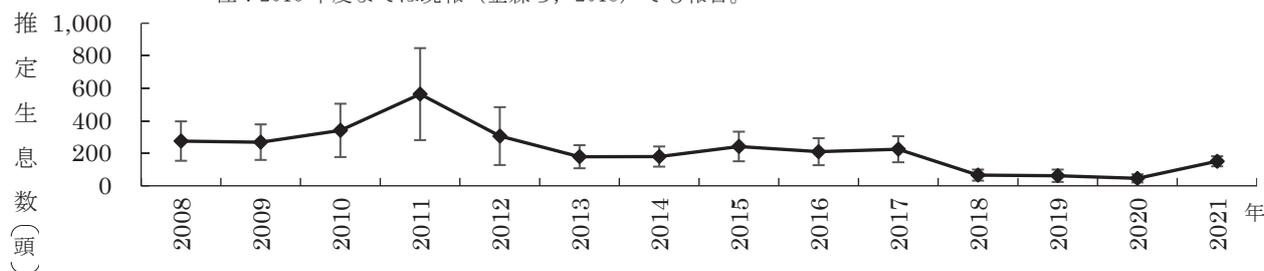


図6 湖北山地における区画法によるシカ推定生息数の推移(エラーバーは標準誤差)
注: 2016年度までは既報(金森ら, 2018)でも報告。

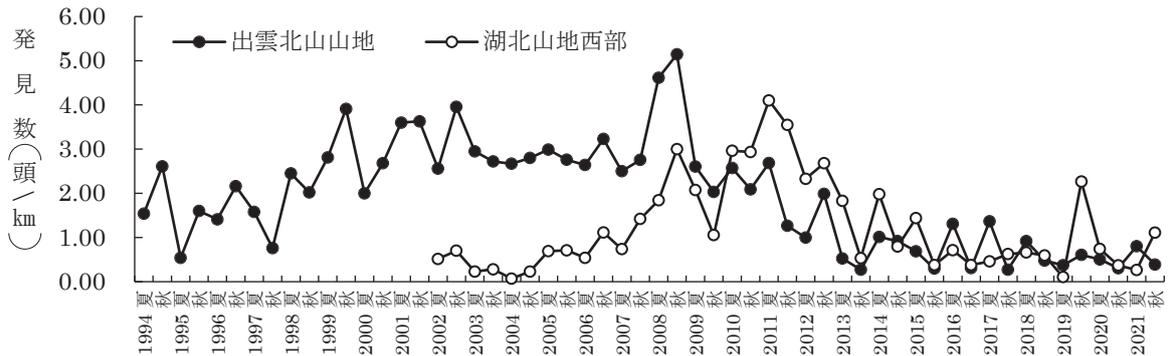


図7 出雲北山山地と湖北山地西部でのライトセンサスによるシカ発見数の推移
注：2016年度までは既報（金森ら，2018）でも報告。

2) 調査結果

1994年以降の出雲北山山地の3調査ルート合計値と2002年以降の湖北山地（西部のみ）の調査結果を示した（図7）。出雲北山山地での平均発見数は、1994～2000年には2.0頭/kmであったが、2001～2006年には3.0頭/kmへと増加した。その後、2007～2011年は2.8頭/kmとほぼ横ばい傾向であったが、2012年～2016年は0.8頭/kmへと減少し、さらに2017～2021年は0.6頭/kmへと減少した。また、2017～2021年の調査ルート別の平均発見数は、出雲ルートと大社・猪目ルートは各0.7頭/km、平田ルートは0.5頭/kmと、2012～2016年に比べて、いずれの調査ルートも発見数は減少した。なお、2017～2021年の季節別の平均発見数は、夏季が0.8頭/kmと秋季の0.4頭/kmに比べて多かった。湖北山地西部での平均発見数は、2002～2006年の0.5頭/kmから2007～2010年には1.9頭/kmに増加し、2011年には3.8頭/kmとピークに達したが、2012～2016年には1.4頭/kmに減少し、さらに2017～2021年には0.6頭/kmへと減少した。

したがって、いずれの山地でも発見数の減少は、シカの生息数の減少を反映していると考えられた。

なお、いずれの山地でも草地、道路法面、林縁部などで草本類を採食中の発見が多かった。一方、湖北山地中・東部と松江市西部での2017～2021年の平均発見数は0.11頭/kmと湖北山地西部に比べて少なく、調査を開始した2014～2016年の0.03頭/kmからは増加した。

3. 階層ベイズモデルによる推定

1) 推定方法

2010年末（金森ら，2013）、2015年末（金森ら，2018）に引き続いて、2020年末の生息数を階層ベイズモデルによって推定した。個体数推定に使用されたデータは、出雲北山山地と湖北山地でのシカの捕獲数、狩猟（銃・わな）による捕獲効率（CPUE）、目撃効率（SPUE）、区画法調査による区画密度、ライトセンサスによるシカの発見数等である。なお、本調査は島根県が（株）野生動物保護管理事務所に委託して実施した。

2) 推定結果

2020年末時点の出雲北山山地におけるシカの生息数は、703頭（90%信頼区間では359～1,339頭）、自然増加率は1.24%（90%信頼区間では1.22～1.27%）と推定された（図8）。自然増加数（捕獲がない場合の増加数）は、206頭（90%信頼区間では136～321頭）と推定された。また、出雲北山山地では2006年の2,549頭（90%信頼区間では2,154～3,632頭）をピークに減少傾向にあった。

一方、同時点の湖北山地におけるシカの生息数は、701頭（90%信頼区間では421～1,296頭）、自然増加率は1.24%（90%信頼区間では1.08～1.33%）と推定された（図9）。自然増加数は、222頭（90%信頼区間では120～291頭）と推定された。また、湖北山地では2011年の4,885頭（90%信頼区間では3,792～7,513頭）をピークに減少傾向であった（野生動物保護管理事務所，2021）。

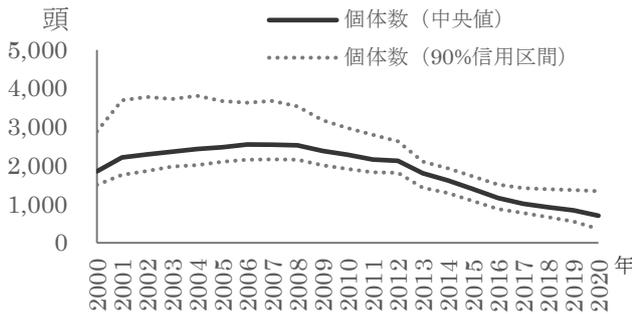


図8 北山山地における捕獲頭数と階層ベイズモデルによる個体数推定 (2021)

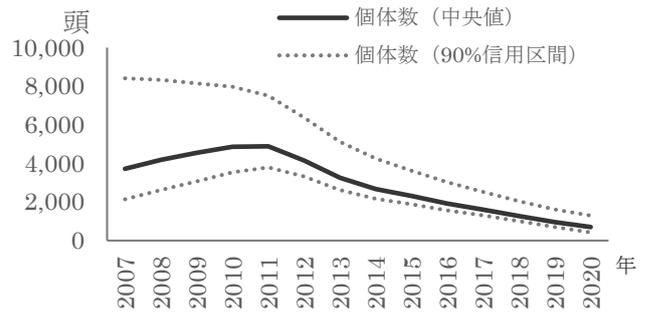


図9 湖北山地における捕獲頭数と階層ベイズモデルによる個体数推定 (2021)

4. 考察

2020 年末の出雲北山山地の生息数は、階層ベイズモデルによる推定によって、中央値で 703 頭と推定された。これは、同年の区画法による中央値 381 頭の 1.8 倍に相当する。また、階層ベイズモデルによって推定された生息数がピークであった 2006 年当時の推定生息数の中央値 2,549 頭は、当時の区画法の中央値 682 頭の 3.7 倍に相当する。捕獲数の推移と比較すると、区画法よりも階層ベイズモデルによる推定値の精度が高い結果になっていると考えられる。階層ベイズモデルによる推定によって、この 2006 年をピークに出雲北山山地のシカの生息数は減少傾向にあることが推測できた。なお、2017 年以降の銃猟と脚くくりわなによる CPUE とライトセンサスでの発見数は減少傾向を示したが、区画法による発見数はやや増加傾向を示した。

一方、2020 年末の湖北山地の生息数は、階層ベイズモデルによる推定によって、中央値で 701 頭と推定された。これは、同年の区画法による中央値 46 頭の 15.2 倍に相当する。また、階層ベイズモデルによって推定された生息数がピークであった 2011 年当時の推定生息数の中央値 4,885 頭は、当時の区画法の中央値 564 頭の 8.7 倍に相当する。階層ベイズモデルによる推定によって、この 2011 年をピークに湖北山地のシカの生息数は減少傾向にあることが推測できた。なお、2017 年以降の銃猟の CPUE、SPUE とライトセンサスによる発見数はやや増加傾向であったが、脚くくりわなの CPUE は横ばい傾向、また区画法による発見数は減少傾向であった。

階層ベイズモデルによる推定では、いずれの山地

でもシカの生息数は減少傾向にあると推測できた。ただし、ライトセンサスでの発見数は少ないものの狩猟や有害捕獲による捕獲数と捕獲場所をみると、生息分布域が湖北山地の東部地域（出雲市東部、松江市西部）と枕木山山地（松江市）へ次第に拡大していると推測されたので、今後の生息動向に注視していく必要がある。

V 捕獲個体分析

1. 年齢構成

1) 調査方法

出雲市において、2017～2021 年に個体数調整捕獲と有害捕獲によって捕獲された個体のうち、出雲北山山地では 209～398 頭/年、合計 1,521 頭（オス 731、メス 790）、また湖北山地（出雲市での捕獲分）では 235～395 頭/年、合計 1,509 頭（オス 628、メス 881）の第一切歯の交換状況または歯根部の層板構造から年齢を査定した（表 3）。なお、捕獲の際には、捕獲場所、性別、妊娠の有無、泌乳の有無等について捕獲票への記入を捕獲者に依頼して記録した。

2) 調査結果

出雲北山山地で捕獲された個体の年齢は 0～18 歳であった（図 10）。平均年齢は、2017～2020 年は 2.86～3.37 歳であったが、2021 年は 1.99 歳と低かった。雌雄別には、メスはオスに比べて、いずれの年も年齢がやや高かった。3 歳以下の若齢個体の占める割合は、2017～2020 年で 65～70% と第Ⅲ期（2012～2016 年度）と同様にやや高い傾向にあったが、2021 年は 85% とさらに高くなった（表 3）。

表 3 シカ捕獲個体の平均年齢と若齢個体の割合

調査時期	出雲北山山地			湖北山地		
	解析頭数 計(オス, メス)	平均年齢 計(オス, メス)	3歳以下の 割合(%)	解析頭数 計(オス, メス)	平均年齢 計(オス, メス)	3歳以下の 割合(%)
2017年	398(201, 197)	2.86(2.46, 3.26)	69.8	395(152, 243)	2.45(2.39, 2.49)	72.2
2018年	336(157, 179)	3.37(2.62, 4.02)	65.2	372(138, 234)	2.46(2.09, 2.68)	75.8
2019年	209(88, 121)	3.11(2.80, 3.34)	69.4	239(98, 141)	2.36(2.57, 2.22)	79.5
2020年	280(140, 140)	3.24(2.86, 3.63)	68.9	235(106, 129)	2.37(2.11, 2.58)	78.3
2021年	298(145, 153)	1.99(1.86, 2.11)	84.6	268(134, 134)	1.67(1.43, 1.91)	91.0

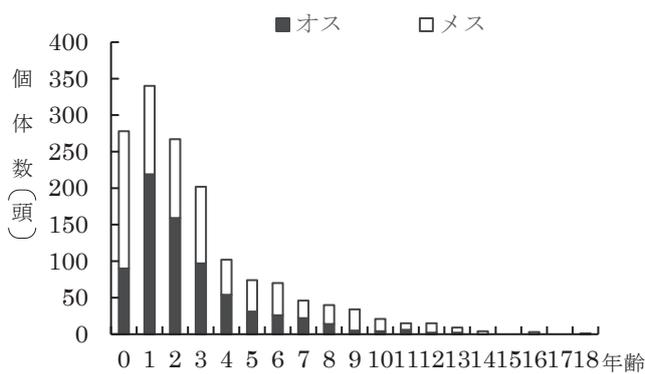


図 10 2017～2021 年の出雲北山山地におけるシカ捕獲個体の年齢構成

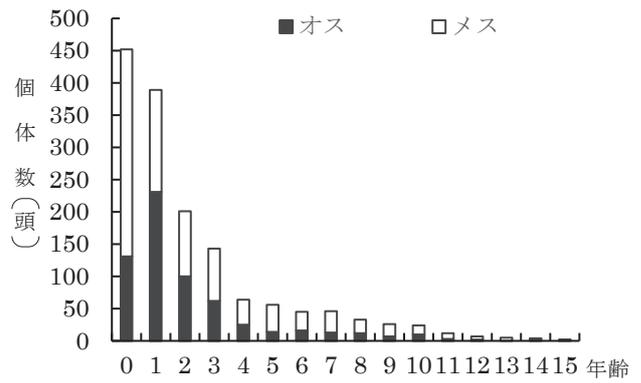


図 11 2017～2021 年の湖北山地（出雲市域）におけるシカ捕獲個体の年齢構成

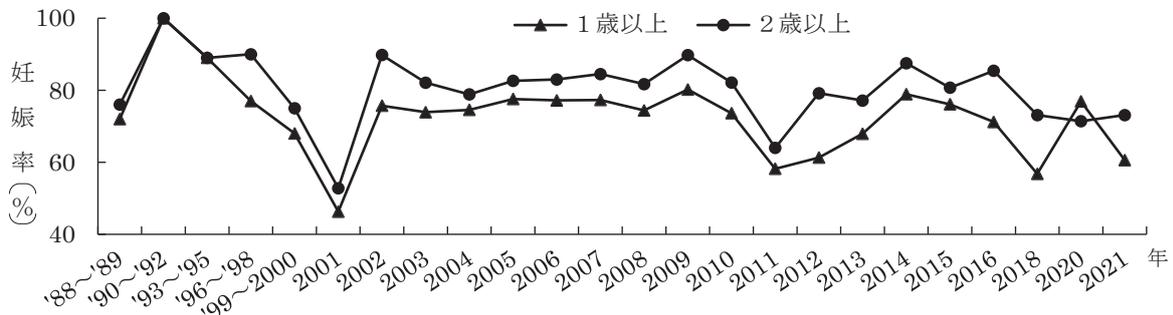


図 12 出雲北山山地でのシカ妊娠率の推移

注：2016 年度までは既報（金森ら，2018）でも報告。2017，2019 はサンプル数が少なくデータが欠如。

一方、湖北山地で捕獲された個体の年齢は 0～15 歳であった（図 11）。平均年齢は、2017～2020 年は 2.36～2.46 歳と出雲北山山地に比べてやや低かったが、2021 年には 1.67 歳とさらに低下した。雌雄別には、2019 年を除いてメスはオスに比べて年齢がやや高かった。3 歳以下の若齢個体の占める割合は、2017～2020 年は 72～80% と出雲北山山地に比べて高かったが、2021 年は 91% とさらに高くなった。

出雲北山山地での 2018 年、2020 年および 2021 年の妊娠率（2017，2019 年はサンプル数が少ない

ため、分析は未実施）は、1 歳以上で 57～77%、2 歳以上で 71～73% であった。1988 年以降の 2 歳以上の妊娠率の推移をみると、生息数が増加した 2001 年には 53% に低下したものの、その後はほぼ安定して高い妊娠率で推移してきた（図 12）。また、妊娠メスと出産済みメスの捕獲状況から出産時期をみると、5 月 25 日から出産メスを、また 6 月 24 日まで妊娠メスを認めた。一方、湖北山地での 2018 年、2020 年および 2021 年の妊娠率（2017，2019 年はサンプル数が少なく、分析は未実施）は、1 歳以上で 60～77%、2 歳以上で 68～78% と出雲北山

山地とほぼ同様の割合であった。また、妊娠メスと出産済みメスの捕獲状況から出産時期をみると、5月15日から出産メスを、また6月16日まで妊娠メスを認めた。

2. 考 察

出雲北山山地では、2012～2016年の捕獲個体の平均年齢3.1歳が、2017～2021年には2.3歳に低下し、3歳以下の占める割合もやや高くなったと考えられた。また、2歳以上の妊娠率は、2012～2016年の77～88%から2017～2021年には71～73%へとやや低下した。

一方、湖北山地でも出雲北山山地と同様に、2017～2021年の捕獲個体の平均年齢は低下し、3歳以下の占める割合もやや高くなったと考えられた。

いずれの山地でも、平均年齢が低下し、3歳以下の占める割合が高くなったことから、高い捕獲圧が継続的に掛かっていると考えられた。なお、出雲北山山地、湖北山地ともに捕獲個体の年齢構成については、今後も注視していく必要がある。

VI 被害発生の推移

1. 農林作物被害

2017～2021年度に島根県鳥獣対策室が集計した島根半島でのシカによる農林作物への被害をみると、被害金額は年平均57(26～99)万円であり、2012～2016年の年平均154(101～231)万円から減少した。スギ、ヒノキ若・壮齡木への角こすり剥皮害が年平均68(43～87)%を占めて多く、ついでタケノコ9(2～32)%、水稲7(0～14)%、野菜6(2～20)%の順であった。他に豆類、シイタケなどにも食害が発生した。また、湖北山地では、カキへの食害と考えられる果樹被害が発生した。

2. 角こすり剥皮害

1) 調査方法

2017～2021年度の2～3月、出雲北山山地ではスギ、ヒノキの若・壯齡人工林の10林分で、また湖北山地では7～10林分において、角こすり剥皮害の発生状況を調査した。各林分の50～100本につい

て、当年度に新たに加害された林木の有無、加害された林木については初被害、再被害の別と被害形態(点・筋状傷跡、木部露出剥皮)を記録した。なお、被害の新古は、剥皮部からの樹液流動の有無や癒合状態から判断した。

なお、出雲北山山地について、前報(金森ら、2018)までの調査対象は38林分であったが、今報では2020年度以降に調査対象とした10林分について被害率をさかのぼって算出して、被害率の推移をみた(図13)。

2) 調査結果

(1) 出雲北山山地

再被害木を含めた総被害木の発生率は、1999～2002年度の4～5%をピークに次第に減少し、2008～2019年度は概ね1～2%程度で推移したが、2020年度からは3%程度にやや増加した。このうち、初めて加害された被害木(実質被害木)は、2001～2020年までは1%以下で推移したが、2021年度には1.3%とやや上昇した。また、発生した剥皮害の被害形態は、点・筋状傷跡(77%)が木部露出剥皮(23%)に比べて多かった。

(2) 湖北山地

総被害木の発生率は、2008年に1.3%であったが、2009～2012年には2.4～3.7%に増加したものの、2013～2021年は0.3～1.4%に減少した。このうち、初めて加害された被害木(実質被害木)は0～0.7%であった(図14)。また、2017～2021年に発生した剥皮害の被害形態は、点・筋状傷跡(50%)と木部露出剥皮(50%)が同割合であった。

3. 考 察

出雲北山山地では、角こすり剥皮害の発生率の増減傾向を調査してきたが、1999～2002年には4～5%へと増加した。2008～2019年には1～2%へと減少したが、2020年度から3%程度にやや増加した。

また、湖北山地でも2009～2012年度には被害の発生率が2～4%へと増加したものの、2013～2021年度には1%以下へと減少した。これらは、生息数の変動と類似していることから、概ね捕獲による生息数の低下による効果であると考えられる。

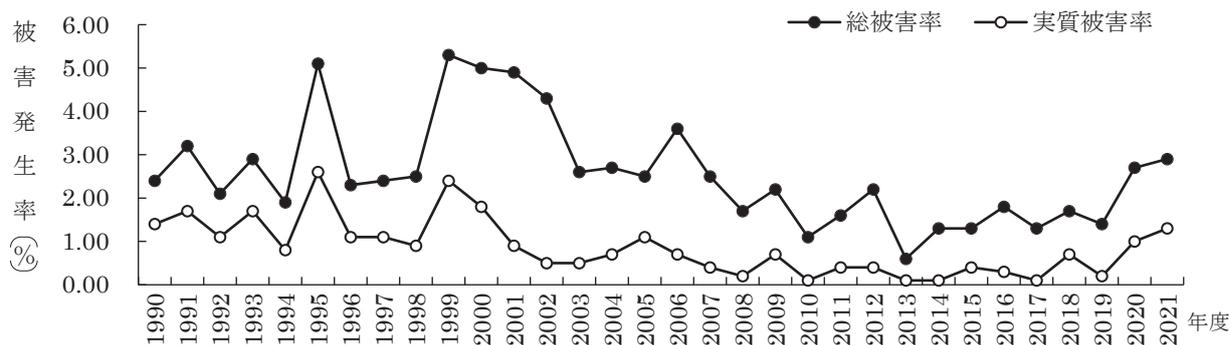


図 13 出雲北山山地でのシカによる角こすり害の発生率の推移

注：前報（金森ら，2018）までの調査対象は38林分であったが，今報では2020年度以降に調査対象とした10林分について被害率をさかのぼって算出した。

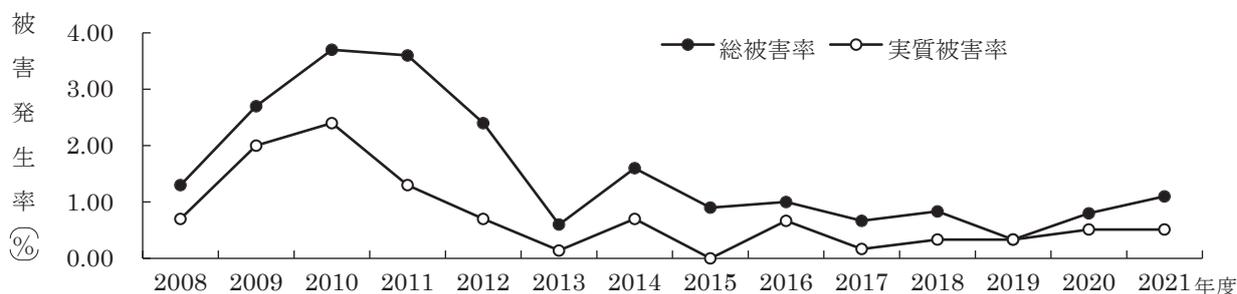


図 14 湖北山地でのシカによる角こすり害の発生率の推移

注：2016年度までは既報（金森ら，2018）でも報告。

VII 総合考察

島根半島出雲北山山地におけるシカの生息数は、階層ベイズモデルによる推定（中央値）によって、2006年の生息数2,549頭をピークに減少しており、2020年末には703頭と推定された。また、本調査による下記の①～⑥の結果からも出雲北山山地のシカの生息数は2006年頃をピークに減少傾向にあると考えられた。①2003年以降は、餌となる下層の植物量は増加傾向であった。②CPUE（ハンター1人1日当たりの銃器による捕獲数）は、2002年の0.30をピークに2021年には0.017にまで低下した。③区画法による推定生息数は、2001年末の804±110頭をピークに2021年末には435±143頭に減少した。④ライトセンサスによる平均発見数は、2001～2006年には3.0頭/kmと高かったが、2017～2021年には0.6頭/kmへと減少した。⑤捕獲個体に占める3歳以下の若齢個体の割合が高くなったことから高い捕獲圧が掛かっていたと推測できた。また、2歳以上の妊娠率は、餌環境の悪化に伴って2001年には53%と低かったが、2002年以降はこれ

の回復に伴って上昇し、70～80%で推移した。⑥角こすり害の発生率は、1999～2002年には4～5%と高かったが、次第に低下して2008～2021年には1～3%となった。

出雲北山山地では、2017～2021年度には1,877頭を捕獲したが、このうちメスが54%を占めた。今後、管理目標頭数である180頭に減少させるには、捕獲圧を強化すると共にメスの捕獲割合を増加させることが有効であると考えられる。

角こすり剥皮害を効果的に回避するために、2001年度以降に島根県が設置を推進してきたスギ、ヒノキ林において間伐木の枝葉を樹幹へ巻き付ける「枝条巻き付け」の効果を検証して、高い被害の回避効果を認めた。ただし、枝条の巻き付けは、すべての林木へ実施するのではなく、既被害木や将来の間伐予定木には巻かず角こすりの対象木として残すことが巻き付け木への効果を高めるためには必要であった（金森ら，2015）。

また、湖北山地でも階層ベイズモデルによる推定によって、生息数が減少傾向にあることが明らかと

なった。角こすり害の発生率も低下していたものの、湖北山地の東部地域や枕木山山地（松江市）へ生息分布を拡大していることが推測できた。そのため、今後は松江市側でも適正な個体数の管理が急務であると考えられる。本調査は、第Ⅳ期のシカの「特定鳥獣管理計画」のモニタリング調査として実施したが、今後も継続したモニタリングが必要である。

謝辞

区画法、ライトセンサスなど各種の調査に際して、島根県農林水産部、松江市、出雲市、および島根大学生物資源科学部の職員、ならびに地元関係者の皆様など多くの方々にご協力をいただいた。ここに記して、厚く感謝を申し上げます。

引用文献

北海道環境科学研究センター（1997）ヒグマ・エゾシカ生息実態調査報告書Ⅲ 野生動物分布等実態調査（エゾシカ：1991～1996）. 北海道環境科学研究センター.

金森弘樹・井ノ上二郎・周藤靖雄・成相博道・藤井徹・高橋英昌・宇山由夫・川村 太（1986）島根半島弥山山地におけるニホンジカに関する調査（Ⅰ）. 島根県農林水産部林政課.

金森弘樹・井ノ上二郎・周藤靖雄・門脇 弘・藤井徹・遠田 博・内田伸治（1991）島根半島弥山山地におけるニホンジカに関する調査（Ⅱ）. 島根県農林水産部林政課.

金森弘樹・井ノ上二郎・周藤靖雄・原 誠・遠田 博・周藤成次・岩佐啓次（1993）島根半島弥山山地におけるニホンジカに関する調査（Ⅲ）. 島根県農林水産部林政課.

金森弘樹・井ノ上二郎・周藤靖雄・周藤成次・江角学（1996）島根半島弥山山地におけるニホンジカ

に関する調査（Ⅳ）. 島根県農林水産部森林整備課.

金森弘樹・周藤成次・扇 大輔・大国隆二（1999）島根半島弥山山地におけるニホンジカに関する調査（Ⅴ）. 島根県農林水産部森林整備課.

金森弘樹・周藤成次・河井美紀子・林 真弘・大国隆二・横山典子・岸本康誉・片桐成夫（2002）島根半島弥山山地におけるニホンジカに関する調査（Ⅵ）. 島根県農林水産部森林整備課.

金森弘樹・澤田誠吾・山川 渉・藤田 曜・岸本 康・片桐成夫（2009）島根半島弥山山地におけるニホンジカに関する調査（Ⅶ）. 島根中山間セ研報 5：1-17.

金森弘樹・澤田誠吾・竹下幸弘・片桐成夫（2013）島根半島におけるニホンジカの生息実態調査（Ⅷ）. 島根中山間セ研報 9：43-58.

金森弘樹・小宮将大・澤田誠吾・菅野泰弘・増田美咲（2018）島根半島におけるニホンジカの生息実態調査（Ⅸ）. 島根中山間セ研報 14：1-14.

金森弘樹・澤田誠吾・菅野泰弘（2015）樹幹への障害物の設置によるニホンジカの角こすり剥皮害の回避試験（Ⅹ）—枝巻き法による効果—. 島根中山間セ研報 11：9-13.

小泉 透（1988）エゾシカの管理に関する研究—森林施業と狩猟がエゾシカ個体群に及ぼす影響について—. 北大演習林研報 45（1）：127-186, 札幌.

N. Maruyama and K. Furubayashi（1983）Preliminary examination of blok count method for estimating numbers of sika deer in Fudakake. J. Mamm. Soc. Japan 9：274-278.

野生動物保護管理事務所（2021）令和2年度島根県指定管理鳥獣捕獲等事業業務報告書. 島根県.

コシアブラ種子選別方法の検討

口脇 信人

Study on the Selection Method for *Acanthopanax sciadophylloides* Seeds

KUCHIWAKI Nobuto

要 旨

コシアブラ高発芽率種子の選別方法を検討した。成熟した果実から得られた種子を 10 分程度水に浸け、沈んだ種子の形状を観察して充実種子を選別し、採り播きすることで発芽率 82.7%となった。播種するまでの保管期間が長くなると発芽率が低下する傾向がみられた。種子選別作業の簡易化技術は、果実を播種する方法を試みて、すべての試験区で発芽を確認したが、種子を播種した発芽率と比較すると低い傾向となった。今後は、種子選別方法と発芽促進処理を併用した場合の発芽率について調査が必要と考える。

キーワード：コシアブラ，実生法，種子選別，発芽率

I はじめに

ウコギ科の高木性落葉広葉樹であるコシアブラ (*Acanthopanax sciadophylloides*) は、若芽が春の山菜として全国的に人気のある樹木であるが、生産量の約 80%が自生採取であり (農林水産省, 2022)、山採りに頼っている状況である。これは栽培方法が確立されていないことが大きな要因であると推測でき、これまで実生法のほかに、挿し木、根挿し、接ぎ木など様々な育苗方法が検討されている。実生法については、水に浮く種子を除去した時の発芽率は 46.7% (松本・児玉, 2009)、用土別の発芽率は 46~62% (高木・増野, 2009)、成熟種子を採り播きした時の発芽率は 48.0% (竹内, 2014b) の報告がある。また、コシアブラの種子は後熟性であり、発芽は結実の翌々年となるが、処理によって発芽促進が可能であるとの報告もある (姫野ら, 2006, 鈴

木ら; 2014)。挿し木は発根した個体を得られず、根挿しは得苗率が低く (竹内, 2006)、挿し木と根挿しは得苗率が低く、系統差が認められ、成績不良と報告されている (松本, 2008)。接ぎ木は活着率が高く、伸長成長が大きかったが、量産が難しいと考えられ (竹内, 2014a)、各方法にはそれぞれの課題がある。

本試験は、育苗期間は長くなるものの着実に苗を得られる可能性がある実生法に着目し、種子選別方法と選別作業の簡易化を検討した。

II 試験方法

1. 種子選別方法の検討

2021 年 11 月 9 日に飯南町下赤名の町有林 (標高約 490m) に自生する個体から果実を採取した。虫食い痕のある果実を除いた後、採取した果皮の色か

ら成熟（紫色）、未成熟（緑色）に選別した。選別後、果肉を除去し、成熟果実の種子のみ 10 分程度水に浸けた。浮いた種子と沈んだ種子に分け、沈んだ種子のみ充実種子（黒色で断面は山型）（写真 1）、未充実種子（黒色で断面はくさび型、または黄色）（写真 2）、虫食い痕がある種子（写真 3）に選別した。それぞれを湿らせたキムタオル®（日本製紙クレシア株式会社）で包み、密閉容器に入れ、播種するまで 4℃設定の冷蔵庫で保管した。翌春まで保管して播種する種子は、月に一回水洗いをして、新しいキムタオルに包みなおした。

11月10日、11月11日に採り播きをした。保管後の播種は、11月18日、12月10日、2022年3月17日、12月9日に実施した。育苗箱に「たねまき培土（タキイ種苗株式会社）」を入れて播種床とし、防草マルチとして稲わらを敷いた（写真 4）。播種後は、中山間地域研究センター構内の人工ほだ場（写真 5）で管理した（富川，2015）。2023年5月10日に子葉の展開した本数を数え、発芽率を算出した。



写真 3 虫食い種子



写真 4 管理中の播種床



写真 5 人工ほだ場



写真 1 充実と判断した種子



写真 2 未充実と判断した種子

2. 種子選別作業の簡易化技術の検討

2021年11月15日に飯南町上来島の県有林（標高約 430m）に自生する個体から果実を採取した。果実は果皮の色から成熟、未成熟、虫食い痕ありに選別した。選別後、成熟果実のみ 10 分程度水に浸け、浮いた果実と沈んだ果実に分けた。

2021年11月16日に一部は果実のまま播種し、それ以外は果肉を除去して種子を播種した。播種床と管理方法は上記と同じにした。2023年5月10日に子葉の展開した本数を数え、発芽率を算出した。

3. 長期保管種子の発芽率調査

2020年11月に飯南町下赤名の町有林（標高約

490m) に自生する個体から果実を採取した。果肉を除去し、湿らせたキムタオルで包み、密閉容器に入れ、播種するまで 4℃設定の冷蔵庫で保管した。種子は月に一回水洗いをして、新しいキムタオルに包みなおした。

2022 年 12 月 9 日に播種し、播種床と管理方法は上記と同じにした。また、前述した種子選別方法の検討において、2021 年 11 月 9 日に果実採取、2022 年 12 月 9 日に播種した試験区を継続管理した。これら 2 試験区は 2024 年 6 月 5 日に子葉の展開した本数を数え、発芽率を算出した。

Ⅲ 試験結果

1. 種子選別方法の検討

種子選別後に採り播きした発芽率を表 1 に示す。充実種子で 82.7%と高い値を示したが、未充実・虫食い種子は 2.0%、水浮種子は 0%と低かった。未成熟果実の種子も発芽することを確認し、発芽率は 23.1%だった。

種子選別後に冷蔵保管した充実種子の発芽率を表 2 に示す。いずれも採り播きの発芽率より低い値

を示し、1 年間保管した種子の発芽率は 0%であった。

なお、成熟果実から 2,275 粒の種子を得て、水に沈んだ種子は 1,751 粒、充実種子と判断したものは 1,146 粒であった。成熟果実からの充実種子取得率は 50.3%であった。

2. 種子選別作業の簡易化技術の検討

果実と種子を採り播きした発芽率を表 3 に示す。果実を播種したすべての試験区で発芽を確認した。果実選別の結果が同じ場合、果実を播種するよりも種子を播種した方が発芽率は高い傾向を示した。果実選別をせずに種子を播種すると発芽率は 47.9%であった。

3. 長期保管種子の発芽率調査

2 試験区とも播種翌年の発芽はなく(2021 年果実採取区は表 1 のとおり)、播種の翌々年に発芽を確認した。各試験区の発芽率を表 4 に示す。冷蔵保管を 2 年間した種子は 50.0%、1 年間の保管では 52.7%であった。

表 1 選別種子の発芽率

果実 熟度	種子 水選	種子形状	播種日	播種数 (粒)	発芽数 (本)	発芽率 (%)
成熟	沈む	充実	2021 年 11 月 10 日	300	248	82.7
		未充実・虫食い	2021 年 11 月 11 日	100	2	2.0
	浮く	—	2021 年 11 月 10 日	100	0	0.0
未成熟	—	—	2021 年 11 月 11 日	26	6	23.1

Note. いずれも採り播き

表 2 保管種子の発芽率

果実 熟度	種子 水選	種子形状	播種日	種子保管	播種数 (粒)	発芽数 (本)	発芽率 (%)
成熟	沈む	充実	2021 年 11 月 18 日	1 週間	300	208	69.3
			2021 年 12 月 10 日	1 ヶ月間	200	142	71.0
			2022 年 3 月 17 日	4 ヶ月間	200	113	56.5
			2022 年 12 月 9 日	1 年間	146	0	0.0

表3 選別簡易化播種の発芽率

果実 熟度	果実 水選	果肉 有無	果実播 種数(粒)	種子播 種数(粒)	発芽数 (本)	発芽率 (%)
成熟	沈む	有	28	56	12	21.4
		無	—	189	124	65.6
	浮く	有	28	56	10	17.9
		無	—	191	73	38.2
未成熟	—	有	16	32	14	43.8
		無	—	101	45	44.6
虫食い	—	有	28	56	10	17.9
		無	—	51	13	25.5
計		有	100	200	46	23.0
		無	—	532	255	47.9

Note. いずれも採り播き

Note. 果実播種の種子数は、果実数×2で算出した

表4 長期保管種子の発芽率

果実 熟度	種子 水選	種子 形状	果実採取日	播種日	種子 保管	播種数 (粒)	発芽数 (本)	発芽率 (%)
—	—	充実	2020年11月	2022年12月9日	2年間	100	50	50.0
成熟	沈む	充実	2021年11月9日	2022年12月9日	1年間	146	77	52.7

Note. —は無選別

IV 考察

コシアブラの種子選別方法を検討した結果、水浮き種子、未充実種子、虫食い種子の除去によって発芽率を向上させることが可能であると考えられた。また、竹内(2014b)で述べられているように、採り播きの発芽率が高い傾向を確認した。

種子の選別簡易化播種の結果から、果肉付きで播種したすべての試験区で発芽を確認した。この方法は、果肉の除去作業と種子保管を省くことができ、播種作業の効率は上がったが、種子を播種するよりも発芽率が低下することと、同じ場所から2本発芽して根が絡まり移植に時間が掛かることが懸念される。また、未成熟果実や虫食い痕果実であっても発芽が確認できたことから、これら果実の種子を水選することで発芽率が高くなるか検討をしたいと考えている。

嬉野ら(2006)は、採取直後の種子を観察したところ胚は未熟で、内部はほとんどが胚乳で占められていたと報告しており、これが後熟性種子となる原因と考えられた。種子の保管中に胚が成熟することを期待して、保管期間を長くする試験区を設けたが、冷蔵条件では発芽が早まることはなく、その効果は認められなかった。一方、冷蔵で長期保管しても発芽率は大きく低下することはなかったため、種子の豊凶に応じて播種数の調整が可能と考えられた。今後は、今回の種子選別方法と姫野ら(2006)や鈴木ら(2014)の発芽促進処理を併用して発芽率や発芽までの期間を調査したいと考えている。

V 謝辞

本試験を実施するにあたり、コシアブラ果実採取の許可をいただいた飯南町役場産業振興課、並びに、

本研究を進めるにあたり多大なご協力をいただいた島根県中山間地域研究センター元会計年度任用職員の深石好美氏，同センター会計年度任用職員の有田亜希子氏に，厚く御礼申し上げます。

引用文献

姫野健次・市川寛子・金澤俊成（2006）コシアブラ種子の胚発育に及ぼす湿潤低温処理時期と期間および GA₃ 処理時期の影響．園芸学研究 5：369-374.

松本則行（2008）林床を利用したウワバミソウとコシアブラ栽培の試み．山林 2008.6：45-52.

松本則行・児玉一廣（2009）コシアブラ実生苗の成長と残存率．新潟県森林研究所報告 50：55-57.

農林水産省（2022）令和 4 年特用林産基礎資料．
https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokuyo_rinsan/（2023 年 10 月 16 日閲覧）

鈴木良一・高木 茂・増野和彦（2014）森林空間の

高度利用のための特用林産物生産・流通システムの開発（2）－山菜－．長野県林業総合センター研究報告 28：15-24.

高木 茂・増野和彦（2009）里山を活用した特用林産物（山菜類）の生産技術の開発．長野県林業総合センター研究報告 23：51-58.

竹内忠義（2006）環境保全に対応した広葉樹の種の保存に関する研究（2）．群馬県林業試験場平成 18 年度業務報告：8-9.

竹内忠義（2014a）林内空間におけるコシアブラの接ぎ木栽培の検討．群馬県林業試験場研究報告 18：10-19.

竹内忠義（2014b）コシアブラ栽培技術確立のための調査．群馬県林業試験場研究報告 18：50-61.

富川康之（2015）人工ほだ場でのシイタケ原木栽培において遮光資材‘ダイオフララ’が栽培条件に及ぼす影響．島根中山間セ研報 11：1-7.

島根県内のきのこ生産施設から搬出された 廃菌床の含水率と C/N 比

富川 康之

Moisture Content and C/N Ratio of Waste Substrates
Carried from Mushroom Production Facilities in Shimane Prefecture

TOMIKAWA Yasuyuki

要 旨

11 事業体によって生産されている 7 種のきのこを対象にして、廃菌床の含水率と C/N 比を調査した。廃菌床の内部「廃培地」の含水率は、シイタケ生産においては袋内への注水と、栽培日数が多い条件で高くなる傾向を認めた。廃培地の含水率が最も高かったのは、注水されたシイタケ廃培地の 80.4%であった。これに次いで含水率が高かったのは、同じく注水され、栽培日数が 380 日と比較的多かったシイタケ廃培地の 76.8%であった。各廃培地の全炭素割合には大きな差はなく、全窒素割合の違いが C/N 比に影響した。廃培地の C/N 比が低くなる要因は増量材と栄養材の使用割合が高いこと、C/N 比が高くなる要因は含水率が高く、栽培日数が多いことであった。栄養材などの割合が 39.9%と最も高かったブナシメジ廃培地の C/N 比は 47 と比較的低かった。廃培地の C/N 比が最も高かったのは、栽培日数が 390 日と最も多かったヒラタケ廃培地の 115 であった。シイタケ、マイタケの廃菌床全体の含水率、C/N 比についても、栽培原料や栽培管理の内容が影響しており、これらの関係は廃培地の調査でみられた傾向と同様であった。
キーワード：廃菌床，含水率，C/N 比，栄養材，栽培日数

I はじめに

島根県のきのこ生産量は 2009 年度の 2,800 t/年をピークに、近年は 1,500~2,000 t/年で推移している。生産量の約 95%はおが粉を主原料とする菌床栽培で、空調や加水作業がおこなえる施設内で栽培管理されている。子実体の収穫作業が完了すると、袋栽培では袋が取り除かれ、ビン栽培ではビンから培地が掻き出され、いずれも施設外へ搬出される。これらは廃菌床と呼ばれ、重量ベースでみると子実体収量よりも廃菌床搬出量の方が多く、本県では廃菌床の大半が農地の土壌改良材

として使用されることで処分されている。

土壌改良材の品質基準として、C/N 比（炭素率）は 15~20 が適正とされている（藤原，2007）。しかし、廃菌床の C/N 比は適正範囲よりも高く、無処理のまま農地へ投入すると土壌の窒素飢餓を引き起こし、これによる作物の成育障害が心配されている（藤原，2007；橋本，1999；高橋，2016；山田ら，2009）。このため、廃菌床から堆肥を製造して農地へ施用する方法が検討され、堆肥原料として適当とされる含水率と C/N 比へ調整する方法と、堆肥化を促進させる技術が示されている（藤

原, 2007; 橋本, 1999; 高橋, 2016; 島村, 2001)。

廃菌床を土壌改良材や堆肥原料として使用(処分)するためには、事前に含水率とC/N比を把握しておくことが重要である。これらは栽培されるきのこの種類、栽培原料、作型などの違いで値が異なると考えられるため、本県のきのこ生産現場において実態を調査した。

II 調査方法

1. 生産概要調査

島根県内で菌床を製造されている11事業体(A~K)の協力を得て、これらの菌床によって生産されているきのこ7種の廃菌床を対象にした。各事業体と栽培施設を管理されている生産者から、きのこの種類毎に栽培原料の種類と使用量、作業内容と管理日数などを聞き取った。

2. 試料調製

1) 廃菌床内部

各栽培施設から廃菌床が搬出された当日または翌日に5菌床を譲り受けた。袋栽培された廃菌床は外側の約2cmを切除して(写真1)、内部の培地を供試した。ビン栽培された廃菌床はビンごと譲り受け、培地上部を除いて中心部の培地を掻き出した(これらは以下、「廃培地」と略記)。5菌床の廃培地を解しながら混合・均一化し、含水率の算出と、炭素量、窒素量を分析するための試料とした。



写真1 シイタケ廃菌床の外側を切除

2) 廃菌床全体

上記11事業体のうち、5事業体によって生産されているシイタケとマイタケの廃菌床について、上述した廃培地の調製とは別に外側を切除することなく全体を供試する調査区を設けた。このうち2事業体によるシイタケ廃菌床は、管理内容が異なる栽培施設からも調達した。3~5菌床を半割にして(写真2)、片方は塊のまま含水率算出の試料とし、もう片方は刃物で細断した後、混合・均一化して炭素量と窒素量の分析試料とした。

これら5事業体からは、廃菌床の調達に併せて栽培前の菌床、すなわち滅菌・放冷済で種菌を未接種の2菌床を譲り受け、混合・均一化して炭素量と窒素量の分析試料とした。

3. 含有量調査

廃培地の含水率(湿量基準)は、試料を105℃で24時間乾燥させ、乾燥前後の重量から算出した。廃菌床全体の含水率(湿量基準)は、105℃で恒量に達するまで(24~48時間)乾燥させ、乾燥前後の重量から算出した。

炭素量、窒素量の分析検体は、試料調製後ただちに恒温器(45℃)に入れて攪拌し、速やかに気乾状態にした。含有量分析は専門機関へ外注し、以下のとおり分析された。全炭素は肥料等試験法にしたがって燃焼法(FAMIC, 2020)による定量、全窒素は底質調査方法にしたがってケルダール分解法による前処理のあと、インドフェノール青吸



写真2 マイタケ廃菌床の半割

光光度法（環境省，2012）で定量された。各分析値から，検体中の全炭素割合と全窒素割合（それぞれ乾物基準）が算出された。

Ⅲ 調査結果

1. 生産概要

1) 廃菌床内部（廃培地）

①栽培原料

各事業体によって生産されているきのこ毎に，栽培原料に関する情報を表 1 に示した。A～E，I と J は 2～3 種のきのこを生産されていた。A と B はきのこ毎に異なる培地組成であったが，C～

E はシイタケ栽培用の培地（表 1 のきのこ名に「*」を記した）で他のきのこを生産されていた。I はマイタケとエリンギを異なる培地で，J はヒラタケとエリンギを同じ培地（表 1 のきのこ名に「**」を記した）で生産されていた。

主原料とされる木質基材の樹種は，I と J のエリンギ，J のヒラタケおよび K のブナシメジの生産にはスギが使用され，この他は広葉樹が使用されていた。広葉樹のうち F はシイ類，この他はコナラを主に使用されていた。木質基材の形状はおが粉，チップおよびプレーナー屑で，これらを単独，または混合して使用されていた。

表 1 各事業体によって生産されているきのこ毎の栽培原料と栽培管理

試料		樹種	原料割合 (%)		培養 資材	培地重量 (g)	加水 方法	栽培 日数
きのこ	事業体		木質	栄養材				
シイタケ	A	コナラ	74.9	25.1	袋	1,100	散水	300
	B	コナラ	82.4	17.6	袋	2,800	散水	140
	C*	コナラ	76.7	23.3	袋	1,300	散水	360
	D*	コナラ	77.8	22.2	袋	3,000	注水	330
	E*	コナラ	87.2	12.8	袋	2,600	注水	270
	F	シイ類	73.3	26.7	袋	2,800	散水	190
	G	コナラ	90.9	9.1	袋	2,800	注水	250
	H	コナラ	84.4	15.6	袋	3,000	注水	380
キクラゲ	A	コナラ	84.8	15.2	袋	1,100	散水	150
	B	コナラ	78.9	21.1	袋	2,700	散水	150
	C*	コナラ	76.7	23.3	袋	1,300	散水	210
マイタケ	B	コナラ	78.3	21.7	袋	2,500	加湿	105
	I	コナラ	81.3	18.7	袋	2,500	加湿	90
ヒラタケ	D*	コナラ	77.8	22.2	袋	3,000	散水	210
	E*	コナラ	87.2	12.8	袋	2,600	散水	390
	J**	スギ	80.5	19.5	ビン	600	加湿	35
エリンギ	I	スギ	73.0	27.0	袋	2,500	加湿	75
	J**	スギ	80.5	19.5	ビン	600	加湿	45
ナメコ	D*	コナラ	77.8	22.2	袋	3,000	散水	210
ブナシメジ	K	スギ	60.1	39.9	ビン	500	加湿	120

Note. *は事業体毎に同じ培地，**は同じ培地，広葉樹名は主な使用樹種，栄養材は増量材を含む，培地重量は袋重量を含むがビン重量は含まない，栽培日数は接種～収穫完了

木質基材の代替え資材とされる増量材は、Jのヒラタケ、エリンギおよびKのブナシメジ生産で使用され、代替え率は約10%（重量割合）であった。いずれもコーンコブミール（トウモロコシ芯粉砕物）を使用され、ブナシメジ生産ではコットンハル（綿実殻）も使用されていた。

栄養材はフスマと種菌メーカー製造の配合資材を使用される事業者が多かった。これらに次いで使用率が高かったのはオカラと米ぬかで、この他にホミニフィード（トウモロコシ由来）、ビール粕、ネオビタス（ウイスキー粕）、圧片麦が配合されていた。

増量材と栄養材の合計（以下、「栄養材など」と略記）が栽培原料に占める重量割合をみると、Kによるブナシメジ生産は39.9%と他に比べて顕著に高かった。シイタケ栽培用の栄養材などは9.1~26.7%と範囲が広がった。

②栽培管理

きのこ毎に栽培管理の内容を表1に示した。子実体の育成中に菌床へ加水する方法は、シイタケでは散水、または培養資材とされている袋内に水を溜める方法（以下、「注水」と略記）、キクラゲとナメコは散水、マイタケ、エリンギおよびブナシメジは加水をされずに加湿器を使用されていた（以下、「加湿」と略記）。ヒラタケは袋栽培が散水、ビン栽培は加湿であった。

種菌接種以後の栽培工程は、培養、芽出し、抑制、育成であった。これらの日数を合計した栽培日数は、シイタケでは250日以上（6~12回採り）の事業者が多かったが、140日（1~2回採り）、190日（5回採り）の事業者もあった。ヒラタケは袋栽培が210日と390日で、ビン栽培の35日とは大きな差があった。マイタケ、エリンギおよびブナシメジは45~120日と比較的少なかった。

2) 廃菌床全体

5事業者によって生産されているシイタケとマイタケについて、栽培管理の内容を表2に示した。同じ事業者が製造された菌床で、異なる栽培施設から調達したシイタケ廃菌床は、事業者名の後に「+」を付けて区別した。Hによるシイタケ生産

では2事業者が注水、1事業者が散水をされていた。

2. 水分、炭素および窒素の含有量

1) 廃菌床内部（廃培地）

①含水率

廃培地の含水率を表3に示した。シイタケ廃培地の含水率は51.0~80.4%で、この他のきのこの40.6~71.3%に比べて概して高かった。最も含水率が高かったのはGによるシイタケ廃培地の80.4%で、これに次いで高かったのはHによるシイタケ廃培地の76.8%であった。シイタケ廃培地の含水率が70%以上であった4事業者のうち、D、GおよびHは注水をされていた。また、C、DおよびHは栽培日数が330日以上と比較的多かった。

シイタケ菌床へ散水をされた4事業者のうち、A、BおよびFの含水率は60%未満であった。DとEによって注水されたシイタケ廃培地の含水率は、同じ培地組成で散水されたヒラタケ廃培地よりも高かった。含水率が最も低かったのはKによって加湿されたブナシメジ廃培地の40.6%で、次いでEによって散水されたヒラタケ廃培地の48.3%であった。

②全炭素と全窒素の割合

廃培地の炭素量と窒素量の分析結果を表3に示した。廃培地中の全炭素割合は42.2~57.1%で、

表2 生産者毎の栽培管理

試料		加水方法	栽培日数
きのこ	施設		
シイタケ	A	散水	300
	E	注水	270
	E+	注水	370
	H	注水	380
	H+	注水	290
マイタケ	H++	散水	320
	B	加湿	105
	I	加湿	95

Note. +は事業者毎に異なる栽培施設

各試料の値は 14.9%の範囲に収まっていた。これに対して、全窒素割合は 0.44~1.50%となり、最高と最低では3倍以上の差を認めた。各試料の C/N 比をみると、全窒素の値が反映されて、36~115 と3倍以上の差となった。

C/N 比が最も高かったのはEによるヒラタケ廃培地の 115 で、Dによるヒラタケ廃培地の 92 も比較的高かった。これらは、散水されることが共通し、栽培日数が最も多い 390 日と比較的多い 210 日であることが類似していた。一方、Jによるヒラタケ廃培地の C/N 比は 39 と比較的低く、E と Dによるヒラタケ生産との違いはスギおが粉であ

ること、加湿されることであり、栽培日数は最も少ない 35 日であった。

C/N 比が最も低かったのは Jによるエリンギ廃培地の 36 で、Jのヒラタケ生産とは培地組成、加湿されることが同じで、栽培日数は比較的少ない 45 日であった。IのエリンギとKのブナシメジ廃培地は C/N 比がそれぞれ 49, 47 と比較的低く、これらはスギおが粉が使用され、栽培原料のうち栄養材などの割合が最も高い 39.9%と、これに次いで高い 27.0%であった。また、どちらも加湿され、栽培日数は比較的少ない 75 日と 120 日であった。

シイタケ廃培地に限って C/N 比をみると、Hの

表 3 廃菌床内部（廃培地）の含水率と炭素・窒素含有割合

試料		含水率 (%)	含有割合 (%)		C/N 比
きのこ	事業体		全炭素	全窒素	
シイタケ	A	57.1	50.0	0.91	55
	B	51.0	47.2	0.65	73
	C*	70.9	48.2	0.62	78
	D*	70.4	42.2	0.55	77
	E*	67.2	48.4	0.57	85
	F	54.3	48.9	0.89	55
	G	80.4	49.5	0.56	88
	H	76.8	49.4	0.52	95
キクラゲ	A	54.8	48.9	0.87	56
	B	59.3	56.1	1.00	56
	C*	54.2	50.6	0.72	70
マイタケ	B	61.4	57.1	1.00	57
	I	57.3	56.0	0.70	80
ヒラタケ	D*	64.8	46.7	0.51	92
	E*	48.3	50.4	0.44	115
	J**	64.9	53.9	1.40	39
エリンギ	I	63.3	53.5	1.10	49
	J**	60.4	53.3	1.50	36
ナメコ	D*	71.3	46.7	0.71	66
ブナシメジ	K	40.6	46.7	0.99	47

Note. *は事業体毎に同じ培地, **は同じ培地, 含有割合は乾物基準

95 が最も高く、E の 85 と G の 88 は比較的高かった。これらはいずれも注水され、G は含水率が 80.4% と最も高く、H はこれに次いで高い 76.8% であった。G は栄養材などの割合が最も低い 9.1%、E はこれに次いで低い 12.8% であった。また、H は栽培日数が 380 日と最も多く、E と G は比較的多い 270 日と 250 日であった。

A と F の C/N 比はどちらも 55 と最も低く、F は含水率が最も低い 54.3%、A はこれに次いで低い 57.1% であった。また、F は栄養材などの割合が最も高い 26.7% と、A はこれに次いで高い 25.1% であった。

キクラゲ廃培地のうち C の C/N 比は A と B よりも高く、栽培日数は比較的多かった。マイタケ廃培地の C/N 比は B が I よりも低く、B の方が栄養材などの割合が高かった。培地組成が同じ D のシイタケ、ヒラタケおよびナメコでは、ナメコの C/N 比が最も低かった。

2) 栽培前の菌床と廃菌床

栽培前の菌床と廃菌床全体の含水率、炭素量と窒素量の分析結果を表 4 に示した。栽培前をみると、A のシイタケ菌床と B のマイタケ菌床は C/N 比が比較的低かったが、これらは栄養材などの割合が 25.1%、21.7% と比較的高かった。

シイタケ廃菌床をみると、A は C/N 比が最も低く、これは廃培地での結果と同じであった。含水率が 70% 以上の E +、H および H + は注水され、70% 以下の A と H ++ は散水をされていた。また、A と H ++ の廃菌床は C/N 比が 38、41 と顕著に低かった。マイタケ廃菌床の C/N 比は B が I よりも低く、これは廃培地での結果と同じであった。

栽培前後の推移をみると、全炭素割合はいずれも減少し、全窒素割合はシイタケ生産では増加、マイタケ生産では僅かに減少した。C/N 比はいずれも減少したが、減少率はマイタケ生産よりもシイタケ生産が大きかった。

A、E、H、B および I の廃菌床全体と廃培地を比較すると、含水率はいずれも廃菌床全体の方が 0.2~4.7% 低かった。全炭素割合はいずれも廃菌床全体が低く、全窒素割合はシイタケ生産では廃菌床全体が高く、マイタケ生産では差を認めなかった。C/N 比はいずれも廃菌床全体が低く、シイタケでは 17~35、マイタケでは 8~11 の差であった。E と E + は栽培施設が異なるため直接比較はできないが、E + の廃菌床全体は E の廃培地よりも含水率が高く、E + は栽培日数が 370 日と比較的多かった。

表 4 栽培前の菌床と廃菌床の含水率と炭素・窒素含有割合

試料		栽培前の菌床			廃菌床全体			
		含有割合 (%)		C/N 比	含水率 (%)	含有割合 (%)		C/N 比
きのこ	施設	全炭素	全窒素			全炭素	全窒素	
シイタケ	A	53.3	0.83	64	54.6	46.1	1.20	38
	E	49.3	0.69	71	—	44.0	0.73	60
	E +				71.7	44.0	0.71	62
	H	52.8	0.64	83	73.1	48.3	0.80	60
	H +				74.5	51.1	0.76	67
	H ++				68.5	44.6	1.10	41
マイタケ	B	55.1	1.10	50	61.2	49.3	1.00	49
	I	52.2	0.71	74	52.6	48.2	0.70	69

Note. + は事業体毎に異なる栽培施設、栽培前は滅菌・放冷後で接種前、含有割合は乾物基準、— は未調査

IV 考察

本調査では廃菌床の含水率と C/N 比について、生産されているきのこ間の比較、菌床製造をされている事業者間の比較をするため廃菌床内部の培地（廃培地）を供試したが、この理由は以下のとおりである。菌床表面に形成される被膜と内部の培地では含有成分が異なると考えられ、またシイタケでは茶色く、硬く、厚い被膜が形成されるが、この他のきのこでは白く、柔らかく、薄い被膜である。橋本（1999）によると、シイタケ廃菌床の部位別 C/N 比は、外縁部が全体の約 50%と低かった。菌床の形状と大きさによって重量に対する表面積の大きさが異なり、この影響を排除するため廃菌床の内部を評価対象とした。

廃培地の含水率は子実体育成中（収穫期間）の菌床への加水方法が影響し、シイタケ生産では袋内に注水する方法（上面栽培）で高含水率となる傾向がみられた（T. YAMAUCHI *et al.*, 2009）。また、栽培日数（種菌接種～収穫完了）が多いことも高含水率となる要因であった。これは、腐朽が進んで材質が軟化し、吸水性が高くなるためと考えられる。

廃培地の全炭素割合には大きな差はなく、全窒素割合の違いに伴って C/N 比が異なっていた。また、栽培原料のうち栄養材などの割合が高いと廃培地の C/N 比が低くなる傾向がみられた。藤原（2007）、金子（2003）、新田ら（2009）、高畠（2021）および武田（2020）によると、木質基材の C/N 比として 64（クヌギ）～185（スギ）、154（広葉樹）、320（コナラ）、604（スギ）、785 などが用いられているのに対して、増量材のコーンコブミールは 60、コットンハルは 45 と低く、栄養材のフスマは 18～21、米ぬかは 16～19、オカラは 8～11 とさらに低率とされている。菌床製造時に窒素量の多い栄養材などの使用割合が高いと、栽培終了時まで多くの窒素成分が残留して、本調査結果につながったと推測できる。

廃培地の C/N 比は栽培日数とも関係していた。また、シイタケ廃培地の C/N 比は高含水率で高くなる傾向がみられた。菌床中の炭素と窒素は栽培

期間を通してきのこに利用され、窒素の多くは菌床内に留まるが、炭素は呼吸によって菌床外へ排出されるため、栽培日数が多いほど菌床の C/N 比は低下すると推察する。しかし、本調査の結果はこれとは反対となり、この理由の解明は今後の課題である。特に、子実体形成によって菌床外へ持ち出される成分は無視できないと考えられる。他に、加水方法の違いによって菌床が高含水率になった場合の影響についても調査項目としたい。

一方、実際に廃菌床を堆肥原料などに利用する場合、廃菌床全体を用いることになる。本調査では、廃培地の調製に供試した 5 菌床を重複して、この他に管理内容が異なる栽培施設から排出された 3 菌床を加えて、廃菌床全体の含水率と C/N 比を比較した。シイタケ廃菌床では、子実体育成中に注水された場合に含水率が高くなった。また、栄養材などの割合が高いと C/N 比が低くなり、シイタケ廃菌床においては含水率が低いと C/N 比が低率となる傾向がみられ、これらの関係は廃培地での結果と同じであった。橋本（1999）はシイタケ廃菌床における全窒素割合は中心部よりも全体が高く、C/N 比は中心部よりも全体が低いと報告しており、本調査結果もこれと一致した。

有機資材の堆肥化を促進させる条件は、堆肥原料の初期含水率が 50～60%、初期 C/N 比は 20～30 が適当とされ、この範囲となるように稲わらや窒素量の多い副原料を添加する方法が紹介されている（藤原，2007；高橋，2016）。橋本（1999）と島村（2001）は、シイタケ廃菌床に鶏糞、油粕、尿素などを添加して堆肥化を促進させる技術を報告しており、これらは廃菌床を利用するための有用な資料と考える。橋本（1999）で供試された廃菌床の C/N 比は 81、島村（2001）は 49～54（乾物基準）であったが、当然ながら廃菌床の C/N 比が低いほど原料適性が高い。これには本調査結果に示したとおり、栄養材などの割合、含水率、栽培日数から概ね判定することができる。

興味深い事例として、シイタケ廃菌床を堆肥化せずに農地へ施用した試験で、作物の栽培成績に大きな悪影響がみられなかった報告がある（加藤

ら、2013)。なお、この試験に用いられた廃菌床の C/N 比は 36 (乾物基準) で、同じ区画には堆肥も施用される条件であった。また、山田ら (2009) では、C/N 比が 23 (新鮮物基準) の廃培地を供試した培養試験の結果から、土壌の種類によって 1~数か月は窒素飢餓が助長され、栽培期間が短い野菜において窒素要求量の多い場合には生育遅延の可能性があると考察されている。本調査では廃菌床全体の C/N 比、または廃培地の値から推測した C/N 比が 40 程度の廃菌床をいくつか確認しており、これらは作付け条件によっては無処理のまま土壌改良材として利用できるかと推察する。含水率の高い廃菌床には乾燥期間を設けることや、C/N 比が高い場合は敷料、燃料、菌床原料など別の用途を試行して (高島, 2021)、廃菌床の再利用について検討を進めたい。

V 謝辞

本調査を実施するにあたり、廃菌床と未接種菌床を提供され、これに併せて菌床製造の条件や栽培管理に関する貴重な情報を提供して下さったきのこ生産事業体、並びに生産者に感謝の意を表します。また、含有量分析の手法と分析結果の解釈についてご教授いただいた公益財団法人島根県環境保健公社の福田寛主任、北尾大樹係長には厚くお礼を申し上げます。最後に、廃菌床の調達にご協力いただいた島根県東部・西部農林水産振興センターの担当職員、廃菌床の用途開発についてご助言をいただいた島根県西部農林水産振興センターの大場寛文課長、島根県農業技術センターの道上伸宏部長と宮崎弘文調整監、島根県畜産技術センターの竹下幸広主席研究員にはこの場をかりてお礼を申し上げます。

引用文献

FAMIC 独立行政法人農林水産消費安全技術センター (2020) 肥料等試験法 : 347-350. http://www.famic.go.jp/ffis/fert/bunseki/sub9_shiken 2020.html
藤原俊六郎 (2007) 堆肥のつくり方・使い方 原

理から実際まで. 農山魚村文化協会 : 152pp.
橋本光宏 (1999) シイタケ廃培地の早期堆肥化試験. 徳島県林業総合技術センター研究報告 37 : 25-27.
金子周平 (2003) スギ鋸屑を利用したヌメリスギタケ *Pholiota adiposa* の栽培. 日本応用きのこ学会誌 11 (4) : 183-192.
環境省 (2012) 底質調査方法 : 56-58. <https://www.env.go.jp/water/teishitsuchousa/index.html>
加藤一幾・松嶋卯月・武藤由子・立澤文見・岡田益己 (2013) 東日本大震災の被災農地におけるシイタケ廃菌床の施用による土壌およびスイートコーンの生育・収量への効果. 園芸学研究 12 (4) : 381-387.
新田 剛・工藤哲三・上米良壽誕・吉留高志・目黒貞利 (2009) ソバ焼酎粕を利用したシイタケの菌床栽培. 日本きのこ学会誌 17 (1) : 20-25.
島村雄三 (2001) シイタケ廃培地の早期堆肥化試験 (第 2 報). 徳島県立農林水産総合技術センター森林林業研究所研究報告 1 : 1-5.
高橋久光 (2016) 有機質肥料の機能性. 東京農業大学農学集報 60 (4) : 179-188.
高島幸司 (2021) 未利用資材による食用きのこ生産技術の開発. 日本きのこ学会誌 29 (1) : 5-14.
Takahiro YAMAUCHI, Sumio AYUSAWA, Katsumasa EDA, Kazuya IIZUKA, Shinso YOKOTA, Futoshi ISHIGURI and Nobuo YOSHIKAWA (2009) Flushing control of fruitbodies by temperature and moisture content in sawdust-based cultivation of *Lentinula edodes*. *Mushroom Science and Biotechnology* 17 (1) : 19-23.
武田綾子 (2020) 乾燥オカラを利用したアラゲキクラゲ菌床栽培技術. 新潟県森林研究所研究報告 60 : 40-45.
山田和義・上原敬義・齋藤龍司・小松和彦・吉山清志 (2009) コーンコブを主体とするきのこ廃培地堆肥の肥効特性. 日本土壌肥料学雑誌 80 (3) : 280-284.

2024（令和6年）12月発行

発行者 島根県中山間地域研究センター
〒690-3405 島根県飯石郡飯南町上来島1207
TEL (0854) 76 - 2025 (代)
FAX (0854) 76 - 3758
URL <https://www.pref.shimane.lg.jp/chusankan/>

印刷所 有限会社 木次印刷
