

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

**No. 19
December 2023**

島根県中山間地域研究センター研究報告

**第19号
令和5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》

島根県におけるニホンザルの生息実態調査（Ⅵ）

－2021年の生息，被害および対策の実態－

…………… 田川 哲・高瀬 健一郎・大國 隆二・澤田 誠吾・金森 弘樹 …… 1

《短 報》

シヨウロ栽培系統の選抜試験

－予備的な培養試験，系統解析および接種試験から得られた知見－

…………… 富川 康之・宮崎 恵子・古賀 美紗都 …… 13

島根県におけるニホンザルの生息実態調査 (VI)

—2021 年の生息, 被害および対策の実態—

田川 哲・高瀬 健一郎*・大國 隆二・澤田 誠吾**・金森 弘樹***

The Present Status of Japanese Macaque (*Macaca fuscata*) in Shimane Prefecture, Japan (VI)

—Distribution of Troops, Agricultural Damage and Damage Control in 2021—

TAGAWA Satoshi, TAKASE Kenichiro*, OGUNI Ryuji, SAWADA Seigo**
and KANAMORI Hiroki***

要 旨

島根県に生息するニホンザルは, 2021 年の聞き取り調査によって, 13 市町に 63 群れ, 約 2,410 頭と推定され, 前回の調査に比べて群れ, 頭数ともに増加しているとみられた。この群れのうち一年を通して被害を出す加害群れは 36 群れで 57%を占めた。農林作物への被害は, サルが生息するいずれの市町でも認められた。また, 追い払いを継続している集落において, 追い払いに馴れたサルがいるとの報告があった。加害レベルが高い群れや個体については, 群れの全頭捕獲や部分捕獲が必要だと考えられた。

キーワード: ニホンザル, 生息実態, 被害作物, 被害対策

I はじめに

1970 年代以降全国各地でニホンザル *Macaca fuscata* (以下サルと略記) と人との軋轢, いわゆる猿害問題が顕著化してきたが, このことは本県でも例外ではない。一方, サルは日本の森林生態系の中で進化してきた貴重なほ乳類である。また, 永く後世に伝えていくべき国民共有の財産である。

本県のサル個体群を健全な状態で保全し, サルによる農林作物への被害を防止して住民が安心して農林作物等を収穫できる環境にしていくことが必要である。サルの個体群管理や被害軽減を適正かつ効果的に実施するには, その根拠となる資料が必要である。本県では, 1989 年度からサルの生息実態等の調査を開始し, 2007 年度までの調査結果はすでに報告した (金森ら, 1994; 金森ら, 1996; 金森・

扇, 1999; 金森, 2002; 澤田・金森, 2010)。本稿では, 2021 年度に実施した生息数や被害状況と被害対策を把握することを目的に行った調査結果について報告する。本調査において, 聞き取り調査にご協力いただいた各市町の鳥獣保護管理員, サルの有害鳥獣捕獲に従事している捕獲従事者, 市町の鳥獣被害対策の担当職員および各農林水産振興センター, 各地域事務所鳥獣担当者並びに鳥獣専門指導員の各位に厚くお礼を申し上げる。

II サル管理の経過

本県のサルの捕獲数は, 1996 年の 579 頭をピークに減少し, 2005 年に 89 頭ともっとも少ない捕獲数となった (図 1)。2006 年以降は増加傾向にあり, 2020 年にもっとも多い 592 頭が捕獲された。

*島根県西部農林水産振興センター益田事務所, **島根県西部農林水産振興センター県央事務所,

***島根県東部農林水産振興センター出雲事務所

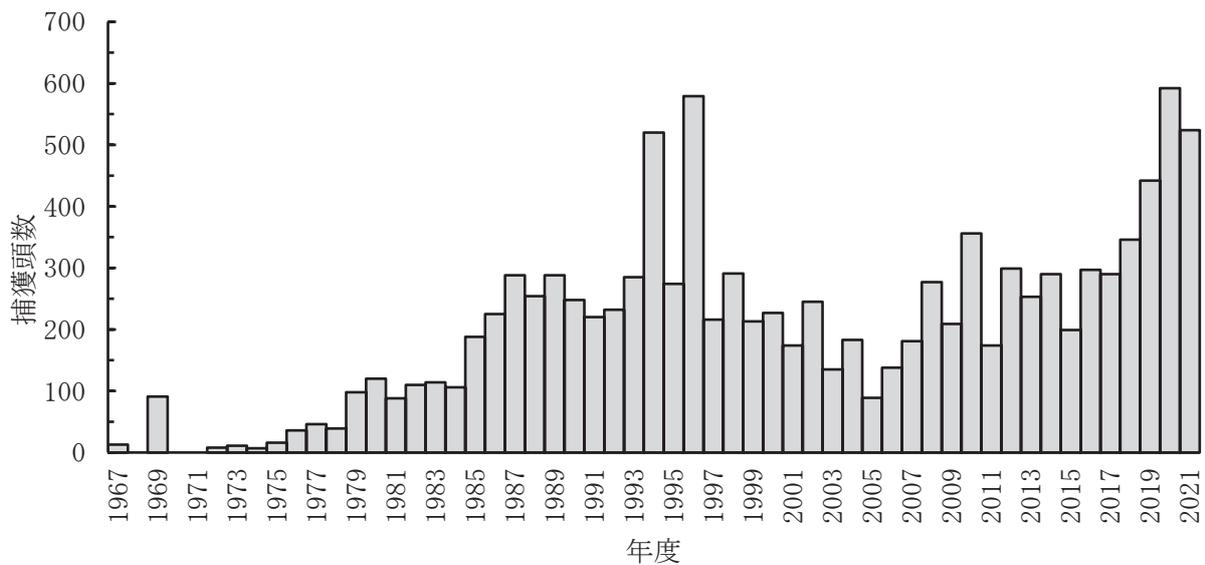


図1 島根県におけるサルの捕獲数の推移

Ⅲ 群れの分布と個体数

1. 調査方法

2021年8月～2022年1月にかけて、2007年の調査でサルが確認された市町と2007年以降に群れの目撃情報があった市町を対象として、群れ数や個体数、群れの分布と遊動域について、鳥獣保護管理員、サルの有害鳥獣捕獲に従事している捕獲従事者および市町の鳥獣被害対策の担当職員に聞き取りを行った。また、群れごとの加害レベルと被害作物についても聞き取りを行った。なお、加害レベルについては特定鳥獣保護管理計画のためのガイドライン（環境省、2016）（以下、ガイドラインと記載）をもとに、レベル0（サルの群れは山奥に生息しており、集落に出没することがないので被害はない。）、レベル1（サルの群れは集落にたまに出没するが、ほとんど被害はない。）、レベル2（サルの群れの出没は季節的で農林作物の被害はあるが、耕作地に群れ全体が出てくることはない。）、レベル3（サルの群れは、季節的に群れの大半の個体が耕作地に出てきて、農林作物に被害をだしている。）、レベル4（サルの群れ全体が、通年耕作地の近くに出没し、常時被害がある。まれに生活環境被害が発生する。）、レベル5（サルの群れ全体が、通年・頻繁に出没している。生活環境被害が大きく、人身被害の恐れがある。人馴れが進んでいるため被害防除対策の効果が

少ない。）に区分した。調査における群れの定義は「集団の個体数が5頭以上、またはメスや子を含む3、4頭以上の集団」とし、オスのみの4頭まではハナレザルとした。

2. 結果

1) 群れの分布と個体数

2021年の調査では、13市町に生息し、推定群れ数63群れ、推定個体数約2,410頭、2021年の各群れの個体数は10～80頭で、平均38頭で多くは30～50頭で構成されていた（表1）。各群れの遊動域を図2に示した。新たに群れが分布した市町は、出雲市、奥出雲町と飯南町であった。それぞれの群れは出雲市と大田市、雲南市と奥出雲町、飯南町と美郷町の境に分布していた。また、ハナレザルは松江市と安来市の2市で確認した。県内におけるサルの群れは、島根東部地域、島根中部地域と島根西部地域にまとまって分布していた。

2) 加害レベル

2007年の調査では、被害レベル1（人の姿を見たら逃げる、まれに出没）、被害レベル2（人の姿を見たら逃げる、季節的に出没）、被害レベル3（追い払えば逃げる、ほとんど通年出没）とレベル4（追い払ってすぐに逃げない、人を威嚇する）と定義しており、今回の調査した加害レベルと異なるが、今

表1 島根県におけるサル群れの推定頭数、推定遊動域面積と加害レベル

群れ名称	市町名	地区名	推定頭数	推定遊動域 面積(km ²)	加害レベル
E1	雲南市	西日登	30	10.00	3
E2	雲南市-奥出雲町	湯村-三沢	50	21.97	3
E3	雲南市	深野	30	12.37	3
E4	雲南市	曾木	30	19.06	3
E5	雲南市	六重	30	15.92	3
E6	雲南市	粟谷	30	14.24	3
C1	出雲市-大田市	朝山-口田儀	50	10.97	4
C2	大田市	富山・山口	30	27.85	0
C3	大田市	五十猛	30	10.09	5
C4	大田市	大屋	30	17.60	5
C5	大田市	川合	40	7.30	4
C6	大田市	忍原	30	26.84	4
C7	大田市	大森	30	13.55	5
C8	大田市	福田	50	20.33	5
C9	大田市	井田	40	8.74	5
C10	大田市	温泉津	50	13.44	5
C11	大田市	大国	50	12.47	4
C12	美郷町	小松地	50	17.48	5
C13	美郷町	粕淵	50	37.79	4
C14	飯南町-美郷町	八神-千原	30	4.08	2
C15	美郷町	都賀本郷	20	8.67	4
C16	美郷町	都賀西	60	10.73	5
C17	美郷町	乙原	30	18.91	4
C18	美郷町	高畑	50	10.61	4
C19	川本町	滝	30	10.29	5
C20	川本町	川内	50	12.30	3
C21	川本町	田窪	30	8.79	4
C22	川本町	湯谷	30	8.67	4
C23	川本町	谷戸	20	5.95	4
C24	川本町	中倉	50	14.24	3
C25	川本町	矢谷	50	22.11	4
C26	川本町	三島下	50	16.02	3
C27	邑南町	宇都井	40	21.35	3
C28	邑南町	戸河内	40	23.59	4
C29	邑南町	井原	30	26.98	4
C30	川本町	因原	40	26.85	3
C31	江津市	波積	60	29.48	3
C32	江津市	大貫	50	14.77	4
C33	江津市	田津	40	9.83	情報不足
C34	江津市	江尾	70	21.44	4
C35	江津市	八戸	50	10.00	情報不足
C36	江津市	金田	30	2.09	2
C37	江津市	浅利	20	1.54	2
H1	浜田市	日脚	20	6.55	情報不足
W1	益田市	二条	50	30.52	3
W2	益田市	本俣賀	30	10.61	3
W3	益田市	東長沢	30	24.78	2
W4	益田市	澄川	40	13.71	4
W5	益田市	江田	40	14.49	4
W6	益田市	野田	40	13.26	4
W7	益田市-津和野町	向横田-青原	80	40.33	4
W8	益田市-津和野町	隅村-池村	40	25.84	4
W9	津和野町	須川	20	17.36	4
W10	津和野町	直地	30	20.54	4
W11	津和野町	滝元	40	15.95	4
W12	津和野町	後田	10	24.96	3
W13	津和野町	木部	30	20.65	2
W14	津和野町-吉賀町	下須-柿木	20	34.24	4
W15	吉賀町	田野原	30	9.27	情報不足
W16	吉賀町	広石	40	16.34	2
W17	吉賀町	沢田	30	29.15	4
W18	吉賀町	捨河内	30	21.6	3
W19	吉賀町	抜月	60	26.37	4

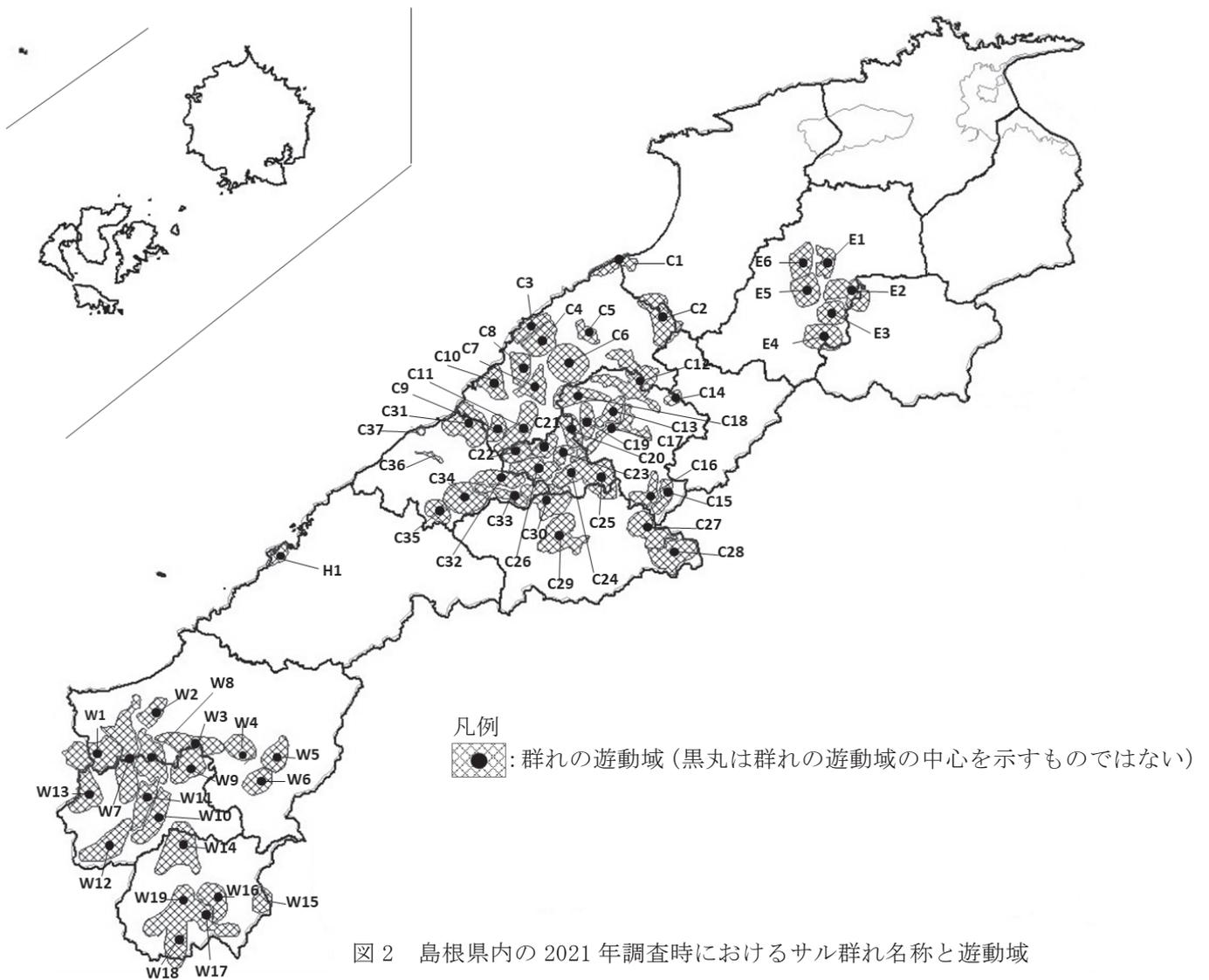


図2 島根県内の2021年調査時におけるサル群れ名称と遊動域

回の調査と比較するため、表2に示した。2007年の調査では、ほとんど通年出没する被害レベル3の群れ数をもっとも多かった。2021年における加害レベルは63群れのうち59群れで判別でき、通年耕

作地付近に出没する加害レベル4の群れ数をもっとも多かった(表3)。2007年、2021年調査ともに、通年出没する被害レベル3と加害レベル4がもっとも群れ数の割合が高かった。

表2 2007年調査時の被害レベルごとの群れ数と割合

被害レベル	群れ数	割合 (%)
1	0	0.0
2	5	10.2
3	31	63.3
4	13	26.5

表3 2021年調査時の加害レベルごとの群れ数と割合

加害レベル	群れ数	割合 (%)
0	1	1.6
1	0	0.0
2	6	9.5
3	16	25.4
4	27	42.9
5	9	14.3
情報不足	4	6.3

表4 島根県におけるサルによる農林作物被害金額(千円)と被害面積(ha)

品目	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年
被害金額	7082	5361	9118	2100	1703	2823	4799	1209	808	982	1131	1859	4921	5924
被害面積	7.53	6.13	6.99	4.03	3.60	4.10	6.76	2.49	1.73	1.75	2.27	5.37	9.18	10.42
被害金額	175	787	1785	78	242	65	100	343	68	564	278	146	856	577
被害面積	0.83	0.88	0.34	0.35	5.02	0.01	0.21	0.22	0.12	0.26	0.50	0.70	1.07	0.87
被害金額	0	0	0	0	0	31	0	20	9	0	166	66	265	19
被害面積	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.07	0.58	0.01
被害金額	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	8	0
被害面積	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.10	0.00
被害金額	10	0	96	0	312	0	0	380	9	0	0	0	0	0
被害面積	0.10	0.00	0.02	0.00	0.50	0.00	0.00	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
被害金額	7267	6148	10999	2178	2257	2919	4899	1952	894	1546	1591	2071	6050	6520
被害面積	8.46	7.01	7.35	4.38	9.12	4.10	6.97	2.77	1.86	2.01	3.34	6.14	10.92	11.30

3. 考察

2007年調査では県内10市町に生息し、群れ数と個体数は49群れ、約1,730頭であり各群れの個体数10～60頭、平均37頭で構成されていた(澤田・金森, 2010)。2002年から2007年調査時までの6年間に約1,000頭を、2008年から2021年調査時までの13年間に約4,000頭捕獲したが、推定個体数は減少しなかった。これは、室山(2008)が指摘するように、農林作物を食害する群れは、高カロリー・高栄養の食物摂取で産率の向上、死亡率の低下により個体数の増加率が高まったことが一因と考えられる。宇野・木野田(2019)は、農地や集落周辺を利用することで栄養状態がよくなり、個体数増加に伴う群れの分裂が起こったことや、捕獲圧が群れの分裂に影響を及ぼした可能性が高いことを述べている。県内の群れ数の増加も個体数の増加と捕獲圧によるものと考えられるが、詳細は不明である。また、遊動域が重複していた場合もあって実際には1群れであるのを2～3群れと、または2～3群れを1群れとしている可能性もあるため、群れ数の増加と要因に関しては、今後精査する必要がある。

松江市や出雲市ではハナレザルが市街地に出没しており、出雲市ではサルを目撃情報をサル・クマ出沒マップとして公開し、住民への注意喚起を行っている。出雲市サル出沒情報一覧によると2019年4月3日から2023年5月26日にかけて414件の目撃情報があり、そのうち、379件がハナレザルとみられる目撃であった。海老原ら(2018)は、住居集合地域に出没したハナレザルがオスだった場合、捕獲以外によって消失することがあったが、ハナレザルがメスだった場合は捕獲でのみ消失しており、ハナレザルがオスであった場合は消失を促進するような対応(追い払い等)を行うべきと述べている。ハナレザルは、目撃情報をもとに対応を検討するため、市町が目撃情報を取りまとめて公開することは重要である。

IV 被害対策の推移とその効果

1. 被害報告のまとめ

2008年から2021年に発生した農林業被害額と被

表5 2021年の市町ごとの被害額と群れ数、平均加害レベル

市町名	被害額 (千円)	群れ数	平均加害 レベル
浜田市	0	1	0.0
出雲市	0	1	4.0
益田市	19	9	3.5
大田市	3293	11	4.2
江津市	281	7	3.0
雲南市	638	6	3.0
奥出雲町	5	1	3.0
飯南町	0	1	2.0
川本町	958	9	3.7
美郷町	167	6	4.3
邑南町	377	3	3.7
津和野町	453	5	3.6
吉賀町	329	5	3.5

※市町に分布する延べ群れ数のため、県全体の群れ数と異なる

害面積を表4に示した。被害額は2010年に10,999千円となり、その後減少したが、2020年と2021年に増加した。各市町における2021年の被害額とそれぞれの市町に遊動域をもつ群れの加害レベルの平均を表5に示した。平均加害レベルは、加害レベルが分かった群れのみで求めた。被害額が100千円を超えた市町を被害が高い市町、平均加害レベルが3.0以上を加害レベルが高い市町とした。被害額と加害レベルのいずれも高い市町(大田市、江津市、雲南市、川本町、美郷町、邑南町、津和野町、吉賀町)と被害額は低い加害レベルが高い市町(出雲市、益田市、奥出雲町)、被害額と加害レベルのいずれも低い市町(浜田市、飯南町)があった。

2. 聞き取り調査

1) 調査方法

群れの遊動域と個体数調査に併せ、サルにより被害を受けた農林作物の品目、程度、発生時期および被害を受けない農林作物の品目、また被害対策とその効果について聞き取り調査を行った。

2) 調査結果

市町別の被害作物を表6に示した。もっとも被害を受けていた作物はカボチャとカキで、11市町で被害を受けていた。ネギは10市町で、タマネギ、シイタケ、ダイコン、ダイズは9市町で被害を受けていた。激害該当市町数をもっとも多かったのはカボチャ、次いでタマネギとトウモロコシであった。各市町の被害を受けなかった作物を表7に示した。被害を受けなかった作物はウメやトウガラシ、ピーマン、ゴボウなどであった。2007年調査と比較して、新たに被害を受けなかった作物として追加されたのは、エゴマ、ソバ等14品目であった。

サル捕獲方法と捕獲個体の記録、侵入防止柵の設置状況、追い払い方法について表8に示した。有害鳥獣捕獲は、飯南町を除いた12市町で実施されていた。銃器のみによる捕獲は、雲南市と奥出雲町の2市町、銃器と捕獲檻による捕獲が江津市と吉賀町の2市町であった。また、今回の調査では、くくりわなを用いた捕獲を5市町で行っていた。有害鳥獣捕獲者は、捕獲個体の記録を報告していたが、項目は統一されておらず、性別のみの市町や性別、成獣・幼獣、体重や捕獲場所日時などを記録している市町もあった。

本県におけるサルを目的とした侵入防止柵は、ワイヤーメッシュやトタンと電気柵を組み合わせた複合柵や電気柵のみ、ネット柵などであった。また、大田市と邑南町では、奈良県果樹振興センターが開発した猿落君(弾力のあるグラスファイバー製の支柱にテグス網を張り、サルが登ると支柱がしなって落ちる仕組みの柵)を導入し始めた集落もあった。群れは分布しているが、被害が発生していない飯南町では、サル対策用の侵入防止柵を設置していなかった。追い払いは、動物駆逐用煙火やロケット花火、爆竹、エアガン、パチンコなど様々な方法で行っていた。追い払いを実施する人の属性は行政職員や捕獲従事者が行っている市町、女性も追い払いをする市町など様々だった。川本町ではモンキードッグを、邑南町では早期警戒システムを以前は利用していたが、現在では利用していなかった。また、いくつかの市町で動物駆逐用煙火やロケット花火を用い

た追い払いに馴れたサルがいるという報告があったが、その群れ数や頭数など詳しいことは不明である。

3) 考察

ガイドラインでは、被害を軽減するには、加害群れを特定し、生息環境、群れの分布状況や、個体数、加害レベルに応じて群れごとに管理方針(捕獲オプションと被害防除対策)を明確にした個体群管理が求められるとし、個体群管理の手法には群れ捕獲(群れの全ての個体を捕獲する)、部分捕獲(群れの存続を前提とし、部分的に捕獲を行う)、選択捕獲(群れの中から一部の個体を選択的に捕獲する)があり、群れごとに目標を定める必要があるとしている。本県におけるガイドラインに沿った個体群管理は、被害額と加害レベルが高い市町は、栽培ほ場の農林作物をサルが加害していると考えられるため、サルによる被害を軽減するには、追い払いやサル用の侵入防止柵の設置だけでなく、群れの管理として群れ捕獲による加害群れの削減、部分捕獲による群れ内の個体数の削減が必要であろう。特に被害額が多い大田市と川本町は、加害レベルが高く、群れが密集して生息していて追い上げの余地がない群れが多いことから、群れの全頭捕獲を行い、群れ数を減らすことが必要だと思われる。次に、被害額は少ないものの、加害レベルが高い市町では家庭菜園など被害金額に表れない被害が多い可能性がある。この場合は追い払いと侵入防止柵の設置に加え、群れの管理として群れの部分捕獲による群れ内の個体数の調整や選択捕獲による加害個体の除去が必要だろう。また、対策に費用がかけられない場合はサルに食べられにくい作物への転換などが効果的な対策になると考えられる。最後に、被害額も加害レベルも低い市町については、追い払いと侵入防止柵の設置を継続し、加害を繰り返す群れ・個体は、選択捕獲の検討が必要であろう。

滋賀県の調査では、ピーマン類、トウガラシ類、ゴボウ、サトイモ、コンニャク、クワイ、ショウガなど合計63品目がサルの被害を受けていなかった(滋賀県, 2004)。県内も同様にトウガラシやピーマン、ゴボウやサトイモなどは被害を受けにくい作物であると考えられた。サルは、他個体(とくに母親)

表6 島根県における市町ごとのサルによる被害作物表

※表中の灰色の箇所は激甚な被害を受けた作物

作物名	該当市町数	激害該当市町数	浜田市	出雲市	益田市	大田市	江津市	雲南市	奥出雲町	飯南町	川本町	美郷町	邑南町	津和野町	吉賀町	前回調査で被害報告のあった作物
			13	13	17	43	27	17	6	5	15	35	21	15	17	
カボチャ	11	6	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1		1	1
カキ	11	3		1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
ネギ	10	2	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1		1	1
タマネギ	9	5	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1		1	1
シイタケ	9	3			1	1	1	1	1			1	1	1	1	1
ダイコン	9	2			1	1	1	1		1	1	1	1		1	1
ダイズ	9	4	1	1	1	1	1	1			1	1	1		1	1
トウモロコシ	8	5	1	1		1	1	1			1	1	1		1	1
イネ	8	4			1	1	1	1	1		1	1	1		1	1
ジャガイモ	8	1			1	1	1	1				1	1	1	1	1
トマト	8	1	1	1		1	1	1				1	1	1	1	1
エンドウマメ	7	2	1	1		1	1	1			1	1	1		1	1
ハクサイ	7	2				1	1	1		1	1	1	1	1	1	1
ナス	7	1	1		1	1	1	1				1	1	1	1	1
ユズ	7	1			1	1	1	1				1	1	1	1	1
サツマイモ	6	3				1	1	1			1	1	1		1	1
ニンジン	6	3				1	1	1	1	1		1	1		1	1
キュウリ	6	1			1	1	1	1				1	1		1	1
スイカ	6	1	1	1		1	1	1				1	1		1	1
ソーメンウリ	6	1			1	1	1	1			1	1	1	1	1	1
クリ	5	3			1	1	1	1							1	1
ピワ	5	2			1	1	1	1			1	1	1		1	1
イチジク	5	1				1	1	1	1			1	1	1	1	1
ミカン	5	1		1		1	1	1			1	1	1	1	1	1
キャベツ	5					1	1	1				1	1	1	1	1
スモモ	4	1			1	1	1	1				1	1	1	1	1
夏ミカン	4	1		1		1	1	1				1	1	1	1	1
アズキ	3	2				1	1	1				1	1		1	1
カブ	3	1					1	1			1	1	1		1	1
ナシ	3	1				1	1	1							1	1
ニンニク	3					1	1	1		1				1	1	1
ラッキョウ	3					1	1	1				1	1		1	1
インゲンマメ	3			1			1	1							1	1
イチゴ	2	1	1			1	1	1							1	1
ブドウ	2	1				1	1	1				1	1		1	1
干柿	2	1				1	1	1				1	1		1	1
メロン	2	1				1	1	1				1	1		1	1
ヤマモモ	2	1				1	1	1				1	1		1	1
クワ	2	1		1										1	1	1
タケノコ	2					1	1	1							1	1
リンゴ	2												1	1	1	1
イヨカン	1	1				1	1	1							1	1
カボス	1	1				1	1	1							1	1
キウイ	1	1				1	1	1							1	1
ハッサク	1	1				1	1	1							1	1
ソラマメ	1	1		1											1	1
サルナシ	1	1											1		1	1
ニラ	1					1	1	1							1	1
ピーマン	1					1	1	1							1	1
モモ	1											1	1		1	1
アケビ	1											1	1		1	1
フキ	1											1	1		1	1
スギ・ヒノキ苗	1												1		1	1
クロダイズ	1				1										1	1
ポポー	1														1	1
ワケギ	1		1												1	1
ウド	1		1												1	1
キンカン	1		1												1	1
モチ米	1										1				1	1
ホウレンソウ	1													1	1	1
牧草																1
チンゲンサイ																1
ナタネ																1
干ダイコン																1
ユリネ																1

表7 島根県における市町ごとのサルによる被害を受けなかった作物

作物名	該当市町数	浜田市	出雲市	益田市	大田市	江津市	雲南市	奥出雲町	飯南町	川本町	美郷町	邑南町	津和野町	吉賀町	前回調査で被害を受けなかった等作物
		0	1	4	6	9	1	4	0	9	10	4	12	4	
ウメ	6				1	1				1	1		1	1	1
トウガラシ	6		1		1	1		1		1	1				1
ピーマン	6					1	1	1			1		1	1	1
ゴボウ	5			1		1				1	1		1		1
コンニャクイモ	5			1		1				1	1		1		1
サトイモ	5			1		1				1	1		1		1
キウイ	4			1		1					1		1		1
エゴマ	3				1			1		1					
シュンギク	3									1	1		1		1
ソバ	2							1			1				
チャノキ	2					1							1		1
ニンニク	1											1			
イチジク	1					1									1
ナス	1													1	
シシトウ	1											1			
シソ	1				1										
ショウガ	1				1										
スモモ	1									1					
タカナ	1									1					
ニラ	1											1			
パセリ	1												1		1
ブドウ	1												1		
ハウレンソウ	1													1	1
ホオズキ	1												1		1
ポポー	1										1				
ミョウガ	1				1										
ラッキョウ	1											1			
ワサビ	1												1		1
ユズ	0														1
カブ	0														1
キャベツ	0														1
ソーメンウリ	0														1
シブガキ	0														1
ハクサイ	0														1

の行動を学習することによって食物レパートリーを拡大する (Ueno, 2005)。そのため、市町によって被害を受けにくい作物であったとしても、餌として学習されれば加害されると考えられるため、被害が拡大する前に対策を実施することが重要である。県内においては、サルが生息している多くの市町で有害捕獲が実施されているが、被害軽減効果は明確ではなかった。これは、捕獲の効果を検証するためのデータを取っていないことや市町が群れのサイズや遊動域を把握していないことなどによると考えられる。清野ら (2018) は、全国で実施される有害

鳥獣捕獲がガイドラインに基づいた個体群管理に移行すれば、被害額を大幅に減少させる可能性があることを示唆している。また、室山 (2003) は、集団を特定しない個体数調整をしてもニホンザルの被害は軽減しないことや、集団の分裂を促し分布を拡大させる事態を招くことを指摘している。群れ捕獲を行う際は、群れの配置、個体数および加害レベルなどから全頭捕獲か部分捕獲等の方針を決定する必要があり、捕獲後の群れの動態を把握するためのモニタリングを実施することが必要である。

侵入防止柵は、2007年調査では漁網や防風ネッ

表 8 サルの群れが分布していた島根県内市町における 2021 年聞き取り時の被害対策

市町	サルの捕獲個体の記録有無	サルの捕獲方法	侵入防護柵	追い払い
浜田市	未実施	箱わな	・下段「ワイヤーメッシュ」+上段「電気柵」の複合／小さい柵は、天井もネットで囲う	・目撃があれば、市が対応
出雲市	性別とわかる範囲の記録	箱わな	・下段「ワイヤーメッシュ」+上段「電気柵」の複合柵・電気柵(10段、高さ1.5m程度)・支柱は竹+ネットを使用した柵	・爆竹、ロケット花火、エアガンを使用し住民が追い払い
益田市	性別、体重	銃器、箱わな	・7段の電気柵、ネット柵、個人で対応している	・動物駆逐用煙火を使用し住民が追い払い ・追いに馴れが生じた群れあり
大田市	成獣・幼獣別、捕獲場所、捕獲方法	銃器、檻、くくりわな	・金網柵+電気柵(3~4段(5cm間隔)の複合柵・金網やナイロン製の柵・「猿落くん」の導入を進めている	・動物駆逐用煙火、ロケット花火を使用し住民が追い払い ・追いに馴れが生じた群れあり
江津市	性別、体重、成獣・幼獣別、捕獲場所	銃器、檻	・7段の電気柵・下段「ワイヤーメッシュ」+上段「電気柵」の複合柵・小さい柵は、天井もネットで囲う	・動物駆逐用煙火を使用し住民が追い払い
雲南市	性別	銃器のみ	・下段「ワイヤーメッシュ」+上段「2段の電気柵」の複合柵・支柱は竹竿+ネット部はテグスの柵(高さ2.5m)	・動物駆逐用煙火、ロケット花火を使用し住民が追い払い ・追いに馴れが生じた群れあり
奥出雲町	捕獲個体の写真提出	銃器のみ	・サルを目的とした防護柵は設置していない ・個人がネットで囲っている	・目撃があれば、町が対応している ・玩具用の花火を配布している
飯南町	有害鳥獣捕獲なし	有害鳥獣捕獲なし	・サルを目的とした防護柵は設置していない	・捕獲従事者に依頼して追い払い
川本町	性別、捕獲場所	銃器、くくりわな	・下段「トタン or ワイヤーメッシュ」+上段「4段の電気柵」の複合柵・ワイヤーメッシュで天井も囲う・テグスで囲う事例あり	・動物駆逐用煙火、ロケット花火、爆竹、エアガンを使用し住民が追い払い ・モンキー・ドックは現在利用していない ・追いに馴れが生じた群れあり
美郷町	性別、成獣・幼獣別、捕獲場所、捕獲日時	銃器、箱わな、くくりわな	・下段「ワイヤーメッシュ」+上段「2~4段の電気柵」の複合柵 ・ハウスはネットで2重に囲っている	・動物駆逐用煙火、ロケット花火を使用し住民が追い払い ・追いに馴れが生じた群れあり
邑南町	性別、体重、成獣・幼獣別、捕獲場所・日時	銃器、檻、くくりわな、箱わな	・下段「ワイヤーメッシュ」+上段「3~4段の電気柵」の複合柵、外側に向けて電線部の返しを設けているところあり	・動物駆逐用煙火、ロケット花火を使用し住民が追い払い ・以前は、早期警戒システムを利用していた
津和野町	性別、体重、捕獲方法、捕獲場所、捕獲日時	銃器、箱わな、くくりわな、囲いわな	・下段「ワイヤーメッシュ」+上段「電気柵」の複合柵・家庭菜園では設置していない	・動物駆逐用煙火、ロケット花火、ラジオ、パチンコを使用し住民が追い払い
吉賀町	捕獲場所、捕獲方法	銃器、檻	・下段「ワイヤーメッシュ」+上段「3段の電気柵」の複合柵・8段の電気柵・ネット柵	・動物駆逐用煙火、花火を使用し住民が追い払い

トなどが用いられた場合が多かったが、7-8 段の電気柵やワイヤーメッシュと電気柵を組み合わせた複合柵が増え始めており、市町が行っている鳥獣被害対策の効果だと言える。澤田（2015）は、川本町中倉集落において、2009 年から追い払いを行ったが翌年は出沒、被害件数が増えて翌々年からは出沒・被害件数ともに低く抑えられたことや接近警報システムを導入し待ち伏せて追い払いをしたことによって出沒件数を抑えられたと報告し、追い払いは直ちに効果が出るものでなく、継続することが重要だと示唆している。追い払いに馴れたサルがいるという報告については、①以前のように複数人で追い払いができなくなるなど適切な追い払いができていない。②複数の群れの遊動域が集落内で重なっている。③個体数・群れが増えたため、追い払いできていない個体が増えたことが原因ではないかと推察されるが、明確な原因は不明である。

V 総合考察

本調査によって、次のことが明らかとなった。①島根県内の 2021 年のサルの生息数は、63 群れ、約 2,410 頭と推定された。島根東部地域には、6 群れ、約 600 頭が、島根中部地域には、37 群れ、約 1,500 頭が、島根西部地域に 19 群れ、約 690 頭が分布した、浜田市には 1 群れ、約 20 頭が海岸沿いに分布した。②ほとんどの群れが、ガイドラインで捕獲を検討する加害レベルであった。③サルによる農林作物の被害発生は、被害額はピーク時と比較すると低く抑えられているが、最近 2 年は水稻と果樹の被害が増えた。聞き取り調査による被害作物は前回調査とほぼ同じであった。④被害対策のために、飯南町を除く市町では、有害鳥獣捕獲を行っており、多い年で 2020 年の 592 頭であった。⑤大田市や川本町など加害レベルが高い市町は、複合柵の設置が進んでいた。⑥いくつかの市町で追い払いに馴れたサルがいるとの報告があった。

鳥獣被害対策において集落の環境整備は重要な取り組みの一つである。本県では、水と緑の森づくり税を活用した集落周辺里山整備事業があり集落周辺の森林を伐採して緩衝帯を整備するメニュー

がある。また、国の森林環境譲与税を用いて、緩衝帯の整備を進めている市町（2019 年度滋賀県大津市、2020 年度福岡県北九州市など）もある。田畑と森林が接している中山間地域では、防除対策が難しい場合があるため、補助事業を活用して、田畑と森林の間に出沒を抑制するための緩衝帯を整備することはサルとの棲み分けを進めるうえで大事な取り組みである。井上（2008）は、被害発生は集落で餌付けが起きている状態であり、捕獲は最終的な手段と述べている。サルが放棄果樹、稲の二番穂や廃棄作物などを食べている様子は県内でも確認されており、無意識の餌付けになっている。不必要な果樹は伐採する、二番穂が出る前に耕起する、廃棄作物は埋めるなどの取り組みにより集落の餌場としての価値を下げるのが重要である。

兵庫県や三重県では、集落住民主体での継続した追い払いによってサルの出沒、農林作物被害の軽減に成功しているが、本県では高齢化や過疎化にともない追い払いの担い手が減ってきている。また、森光・鈴木（2014）は、被害管理の効果を高めるためにも、群れを分裂させず、かつ追い払い等の効果が発揮しやすいサイズの群れへの個体数管理が重要であると述べている。追い払いの担い手が減少している本県においては、サルの個体数増加抑制、群れの分裂と分布拡大の抑制と追い払いの効率化のために科学的なモニタリングに基づいた加害群れの管理と加害個体の除去を行うべきである。

鈴木・森光（2021）は、広域を移動するサル群れの被害を効率的に軽減するためには、関係する複数自治体が構成員となった広域協議会を形成し、一体的な管理・対策を実施することが望ましいと述べている。本県においては、西部地域に山口県や広島県を遊動域に含む群れがあるが、広域協議会は設置されていない。また、群れ管理を行ううえで、捕獲数や群れの個体数を把握するために情報共有する場は必要である。これらのことから、県内三地域にそれぞれに広域協議会を設立することが必要だと思われる。また、それぞれの地域ごとに群れの管理を進めて被害対策を実施していくためには、本県においてもニホンザルの特定鳥獣保護管理計画を策定

し、サルの保護管理と被害対策の目標をもって科学的かつ計画的に推進していく必要がある。

引用文献

- 海老原寛・壇上理沙・清野紘典 (2018) 住居集合地域に出没するニホンザル (*Macaca fuscata*) のハナレ個体の行動特性. 霊長類研究 Primate Res. 34 : 125-131.
- 井上雅央 (2008) これならできる獣害対策. 社団法人農村漁村文化協会 : 104-140.
- 出雲市森林政策課. “サルやクマの出没情報がありました【森林整備課】”. 出雲市. 2024. <https://www.city.izumo.shimane.jp/www/contents/1674623708141/index.html>. (参照 2024-01-25) .
- 出雲市森林政策課. “サル出沒情報一覧”. 出雲市. 2024. https://www.kemono-izumo.net/index.cgi?ctrl=log_saru (参照 2024-01-25) .
- 金森弘樹・井ノ上次郎・周藤靖雄 (1994) 島根県におけるニホンザルに関する調査 (I) - 生息, 被害および対策の実態 -. 島根県林産部林政課 : 1-30.
- 金森弘樹・井ノ上次郎・周藤靖雄 (1996) 島根県におけるニホンザルに関する調査 (II) - 生息, 被害および対策の実態 -. 島根県農林水産部森林整備課 : 1-34.
- 金森弘樹・扇 大輔 (1999) 島根県におけるニホンザルに関する調査 (III) - 生息, 被害および対策の実態 -. 島根県農林水産部森林整備課 : 1-40
- 金森弘樹 (2002) 島根県におけるニホンザルに関する調査 (IV) - 生息, 被害および対策の実態 -. 島根県農林水産部森林整備課 : 1-38.
- 環境省 (2016) 特定鳥獣保護・管理計画作成のためのガイドライン (ニホンザル編・平成 27 年度). 環境省自然環境局野生生物課鳥獣保護管理室.
- 清野紘典・山端直人・加藤洋・海老原寛・壇上理沙・藏本武藏 (2018) 加害群を対象とした計画的な個体群管理の有効性. 霊長類研究 Primate Res. 34 : 141-147.
- 森光由樹・鈴木克哉 (2014) 野生ニホンザルの個体数管理の最前線～効率的な被害軽減に向けて～演題 3. 「被害対策を効率化させるための個体数管理」～追い払いを効率化させる群れサイズの検討～. 哺乳類科学 54 (1) : 145-148.
- 室山泰之 (2003) 里のサルとつきあうには. 京都大学学術出版会 : 186.
- 室山泰之 (2008) 里山保全と被害管理. 高槻成紀・山極寿一編 3 日本の哺乳類学, 第 2 巻 中型哺乳類・霊長類. 東京大学出版 : 427-452.
- 澤田誠吾・金森弘樹 (2010) 島根県におけるニホンザルに関する調査 (V) - 生息, 被害および対策の実態 -. 島根県中山間セ研報 6 : 1-12.
- 澤田誠吾・大谷浩章 (2015) 集落ぐるみでのニホンザルの出没対策の効果. 森林防疫 Vol64.No. 3 : 8-12.
- 澤田誠吾 (2010) 島根県の中山間地域における集落一体となったニホンザル対策の取り組み. Association of wildlife and Human Society : 14-16.
- 滋賀県 (2004) ニホンザルの嗜好性を考慮した猿害に強い農林作物の選定. 近畿中国四国農業試験研究推進会議 : 9-10.
- 鈴木克哉・森光由樹 (2021) 広域連携によるニホンザル管理の効率化. 兵庫 ワイルドライフモノグラフ 13 号 : 71-83.
- Ueno Ari (2005) Development of co-feeding behavior in young wild Japanese macaques (*Macaca fuscata*). Infant Behavior and Development volume 28, Issue 4: 481-491
- 宇野壮春・木野田卓也 (2019) 宮城県仙台市におけるニホンザルの群れ管理の実践例. 霊長類研究 Primate Res. 35 : 2019.

ショウロ栽培系統の選抜試験

—予備的な培養試験，系統解析および接種試験から得られた知見—

富川 康之・宮崎 恵子・古賀 美紗都*

Examination of Strain Selection for *Rhizopogon roseolus* Cultivation
—Findings Obtained from Preliminary Examination
Comprising Culture Tests, Phylogenetic Analysis, and Inoculation Tests—

TOMIKAWA Yasuyuki, MIYAZAKI Keiko and KOGA Misato*

要 旨

当センターのほ場に発生したショウロ子実体に由来する 113 菌株のうち，菌糸伸長速度が比較的速かった菌株は 1.5 mm/日以上で，比較的遅かった菌株とは 3 倍以上の差を認めた。この 113 菌株を供試した AFLP 解析の結果から推測すると，ほ場に発生した子実体は複数の遺伝的集団からなる多様性が示された。菌糸伸長速度が比較的速かった菌株は，系統樹に示されたクラスターのうちの一つに集中する傾向を認めた。ショウロ菌をクロマツへ接種する条件を検討するため，管理スケジュールを変えた 4 試験区を設けて，14 菌株を供試した結果，5 月下旬に播種，11 月下旬に移植と同時に接種，翌年 6 月下旬に観察する試験区が最も菌根形成率が高かった。

キーワード：ショウロ，クロマツ，菌糸伸長，AFLP 解析，菌根

I はじめに

ショウロ (*Rhizopogon roseolus*) は主に海岸防風クロマツ林に発生するきので，沿岸地域では春季と秋季に旬の食材として喫食されてきた。子実体には特有の芳香があり，形はトリュフ (*Tuber* spp.) に似た類球形で‘和製トリュフ’とも称されている。しかし，近年は発生地の縮小にともなって収穫量が減少し，このため国内ではマツタケ (*Tricholoma matsutake*) に次ぐ高単価で扱われており，人工栽培技術の確立が期待されている (富川，2010)。

ショウロはマツ科樹種と共生し，根に形成される菌根を介して養分の受け渡しをしているため (中島ら，2018)，栽培するにはショウロ菌を宿主

樹木へ効率的に感染させる技術が求められる (藤原，2021；松浦・佐々木，2023；霜村，2019)。著者らは，クロマツ (*Pinus thunbergii*) への孢子接種によって，ショウロ菌の感染率を接種後 2 か月で 100%にする条件を報告した (富川ら，2021)。しかし，この方法では複数の系統を同時に育成することになり，これは単一系統が純粋培養される一般的なきのこ生産とは対照的であり，生産を不安定にしている要因の一つと考えられる。

子実体発生を短期間に集中させ，収穫量を安定させるためには，栽培適性に優れた 1 系統の使用が望ましい。このためには系統選抜が必要であり，その一環として当センターが保有している菌株の一部を使用した培養試験，系統解析および接種試

*元島根県中山間地域研究センター (元島根大学総合科学研究支援センター客員研究員)

験を予備的に行った。本報告は、これらの試験結果から、今後の系統選抜に資するいくつかの知見を記述する。なお、本報告の一部は日本きのこ学会第21回大会で口頭発表した（宮崎ら，2017）。

II 培養試験と系統解析

1. 菌株作製

本県の苗木生産者が管理されているクロマツ播種床で、地表に発生した類球形の子実体を採取して、形態的特徴からショウロと同定した。また、rDNA-ITS領域の塩基配列をショウロのDNAデータベースと照合して99%以上の相同性を確認した。この生産者の播種床から掘上げられた幼苗を譲り受け、当センターの育苗ほ場で1年間育成した後、センター内に設けたショウロ栽培試験ほ場へ定植した（写真1）。また、苗を掘上げた育苗ほ場では一部の区画をクロマツ播種床とし、得られた苗を播種の翌年と翌々年に試験ほ場へ定植した。試験ほ場での子実体発生は最大9年間継続し、育苗ほ場のうち試験に使用しなかった苗を残した範囲からは2年間の発生を認めた。これらの子実体から定期的に組織分離をして300菌株を作製した（浜田氏寒天培地）。

2. 菌糸伸長量調査

収穫を開始してから最初の5年間に作製した113菌株を供試した。シャーレにPDA培地を調製して各菌株を予備培養し、コロニーの先端からコルク



写真1. 試験ほ場へのクロマツ定植

ボーラーを使用して菌糸片をとり、PDA培地で培養した（24℃，暗所）。定期的に半径方向への菌糸伸長量を測定して、1日当たりの菌糸伸長速度を算出した（4反復）。

3. AFLP解析

菌糸伸長量を調査した113菌株を解析サンプルとして、DNeasy Plant Mini KitでDNAを抽出した。解析方法は以下のとおりOkuda et al. (2013)に準じた。制限酵素（EcoRI, MseI）で処理したDNAをプライマーE+0（5'-GACTGCGTACCAATTC-3'）とM+0（5'-GATGAGTCCTGAGTAA-3'）を使用してPCR増幅した。続いて、プライマーに2塩基を加えた3通りのプライマーペア（E+AC/M+CA, E+AC/M+CC, E+CA/M+CA）で選択増幅した。増幅産物をジェネティックアナライザーで検出し、Peak Scannerで断片サイズごとに波形の有無を確認した。得られたAFLPパターンから、AFLP SURVで菌株間の遺伝的距離を算出した。

4. 結果

菌株ごとの菌糸伸長速度を速さ順に示した（図1）。各菌株の平均は0.91 mm/日、中央値は0.89 mm/日であった。菌糸伸長速度が比較的速かった菌株は1.5 mm/日以上であったが、一方で伸長速度が0.5 mm/日以下の菌株もあり、これらの差は3倍以上

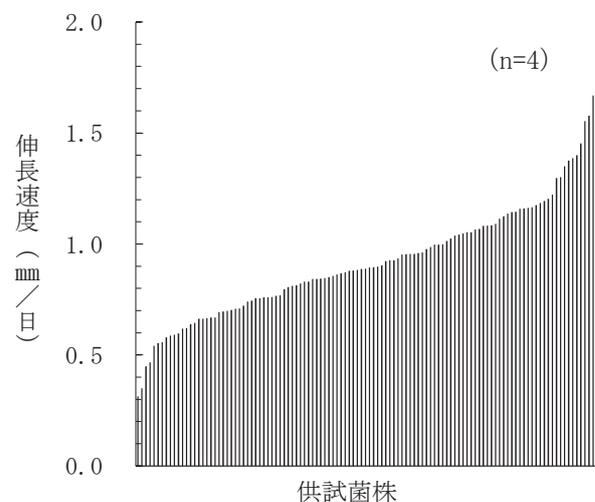


図1. 菌株ごとの菌糸伸長速度

上であった。大半の菌株は 0.5~1.2 mm/日の範囲にあり、この範囲では伸長速度の増加量は小さく、ほぼ一定であった。1.3 mm/日以上 of 10 菌株は突出して速く、0.5 mm/日以下の 4 菌株は他に比べて明らかに遅く、これらは菌株間の伸長速度に比較的大きな差を認めた。

菌株間の遺伝的距離にもとづくクラスター解析 (UPGMA 法) によって系統樹を作成した (図 2)。大半の菌株はクラスターA (20 菌株) と B (90 菌株) に大別され、これらから外れたのは 3 菌株であった。クラスターA と B には、それぞれを構成する遺伝的に類似したいくつかの集団を認めた (a~t)。また、これらの集団から外れた菌株もみられ、ほ場には多様な遺伝的関係のある複数の系統が分布している可能性が示唆された。

菌糸伸長速度 (図 1) が速かった上位 5 菌株 (1.4 mm/日以上) のうち、最も速かった菌株と 3~5 番目に速かった菌株の計 4 サンプルはクラスターA を構成する菌株であった。また、これらの菌株と遺伝的距離が近かった 4 菌株は伸長速度が 1.0 mm/日以上であり、クラスターA は菌糸伸長速度が比較的速い菌株で構成されていた。

III 接種試験

1. 接種源作製

当センターで作製した 300 菌株のうち、系統解析の結果とほ場の平面図にプロットした子実体発生位置が異なることから判断して、遺伝的距離が比較的離れている菌株を一次選抜した。続いて、菌糸伸長速度が比較的速い菌株と遅い菌株が含まれるようにして 11 菌株を選抜した。また、県内の海岸砂丘クロマツ林で採取した子実体由来の 2 菌株、滋賀県森林センターから譲渡された 1 菌株 (泉津, 2012) を加えた計 14 菌株を供試した。

水道水に浮かんだ日向土 (小粒) を 105℃で恒量にして、PGY 液体培地 (glucose 20 g, peptone 5 g, yeast extract 2 g, KH₂PO₄ 1 g, MgSO₄ 1 g, water 1,000ml) で煮沸した。液体培地を含侵させた日向土 75ml を 200ml 広口フラスコに入れ、これに液体培地 20ml を加えて高圧蒸気滅菌 (121

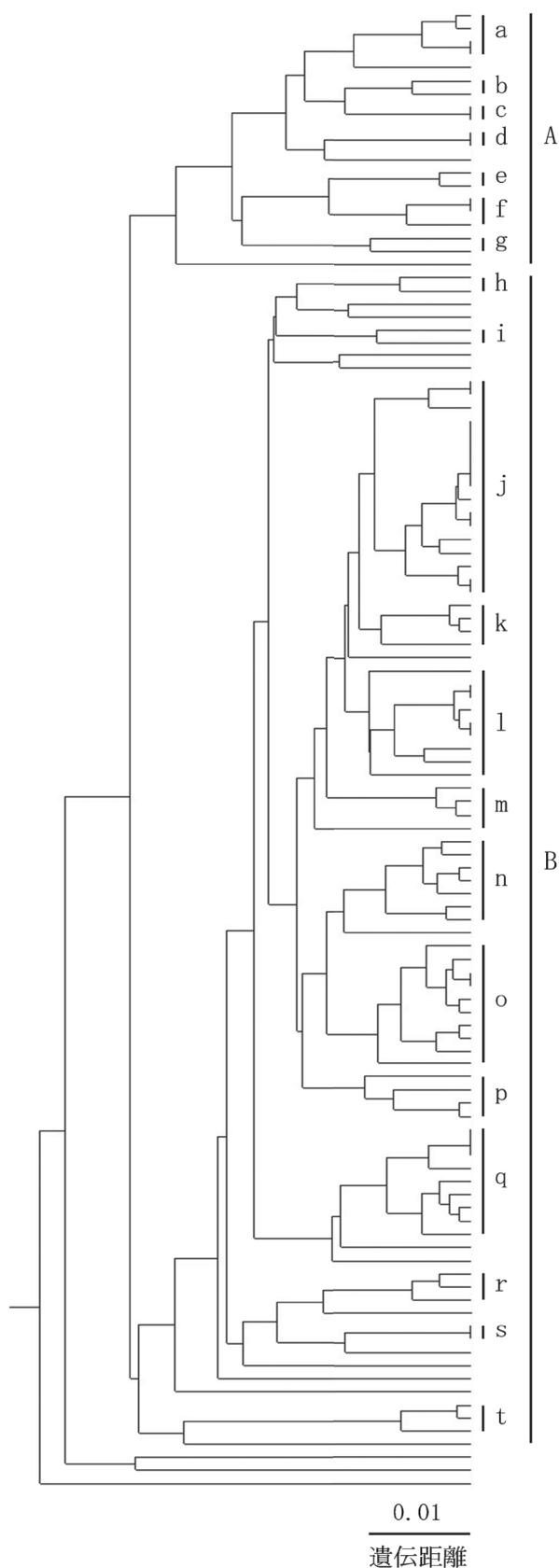


図 2. ほ場に発生した子実体の遺伝的関係 (UPGMA 法)

℃，1 時間）した。この土壌培地で各供試菌を培養して（22℃，40 日）接種源とした（写真 2）。

2. クロマツの管理

林業用苗木生産資材のマルチキャビティコンテナ（以下、「コンテナ」と略記）でクロマツを育成した。播種に使用したコンテナはキャビティ容量が 150ml で、培土はココピートオールド、元肥にハイコントロール 085-180 を 1 キャビティ当たり 2.5 g 施用した。キャビティの内壁に沿って外径 8 mm のプラスチックチューブを深さの 2/3 程度差込み、ショウロ菌の接種時にはチューブを引き抜い



写真 2. ショウロ菌土壌接種源

て接種孔とした。また、キャビティ容量が 300ml のコンテナへクロマツを移植して、移植と同時に接種する試験区を設けた。マツ種子は県森林整備課が管理している母樹のうち 1 系統を用いて、播種後のコンテナは屋外で管理した（富川ら，2021）。

3. 感染率調査

クロマツの播種と移植，ショウロ菌接種，菌根観察の時期を変えた 4 試験区を設け（表 1），菌株ごとにクロマツ 4 本へ接種した。試験区 1 と試験区 2 は上述した接種孔へショウロ菌が蔓延した日向土培地を 4～5 粒埋め込み，接種孔の上部はココピートオールドで埋め戻した。移植と同時に接種した試験区 3 と試験区 4 は，キャビティの内壁と根鉢の間へ日向土接種源 4～5 粒を深さ 1/2 あたりに押し込み，キャビティの隙間は鹿沼土（細粒）で埋め戻した。

コンテナから抜き取ったクロマツは，根鉢を解しながら水洗して培土を除き，実体顕微鏡で根系を観察した。細根が分岐していること，細根の先端が菌糸に覆われて綿棒状に膨らんでいることを菌根の基準とし（富川ら，2021），菌根を認めたクロマツをショウロ菌感染と判定した。一部の感染クロマツからは，1 個体当たり 10 個/本の菌根を根

表 1 クロマツ播種，ショウロ菌接種および菌根観察の時期と管理日数

	2 月	5 月	7 月	10 月	11 月	2 月	6 月	播種～ 接種	接種～ 観察	播種～ 観察
試験区 1 実施日	播種 18 日	接種 16 日	観察 27 日					87 日間	72 日間	159 日間
試験区 2 実施日		播種 26 日	接種 21 日	観察 21 日				56 日間	92 日間	148 日間
試験区 3 実施日		播種 26 日			移植 接種 30 日		観察 23 日	188 日間	205 日間	393 日間
試験区 4 実施日		播種 26 日				移植 接種 5 日	観察 23 日	255 日間	138 日間	393 日間

から切り離し、根の組織ごと凍結乾燥して DNA 解析サンプルとした。DNeasy Plant Mini Kit で抽出した DNA を鋳型にして、ショウロ特異的 rDNA-ITS プライマーと SSR 座位特異的プライマー (RrosID-1~4) によって PCR 増幅した (奥田ら, 2014)。

4. 結果

試験区ごとに、クロマツ 56 本 (14 菌株×4 本) に対するショウロ菌感染クロマツの本数割合を図 3 に示した。播種から菌根観察までの管理期間が約 5 か月間の試験区 1 と試験区 2 は、いずれの菌株とも菌根の形成は認められなかった。管理期間が約 1 年 1 か月の試験区 3 と試験区 4 は菌根形成が観察され (写真 3)、それぞれの感染率は 82% と 54% であった。

試験区 3 と試験区 4 について、菌株ごとのクロマツ感染本数を図 4 に示した。接種菌 No. 5 と No. 7 は試験区 4 の方が多く、また No. 8 と No. 12 は同数であったが、この他の 10 菌株は試験区 3 の方が多かった。試験区 3 はいずれの菌株とも感染は 2 本以上であったが、試験区 4 は感染が 2 本未満となる菌株を認めた。

rDNA-ITS プライマーと 4 種類の SSR プライマーによって得られた DNA 増幅産物の電気泳動像を写真 4 に示した。各プライマーにおいてみられる DNA バンドのサイズは奥田ら (2014) の泳動パターンと一致し、解析サンプルはショウロによる菌根と判定した。

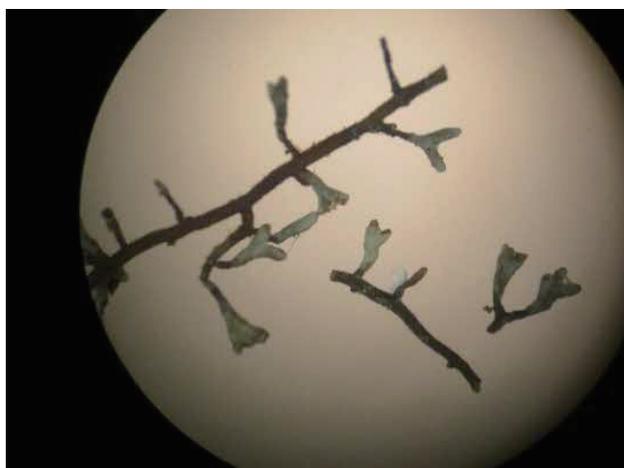


写真 3. 菌根の実体顕微鏡観察

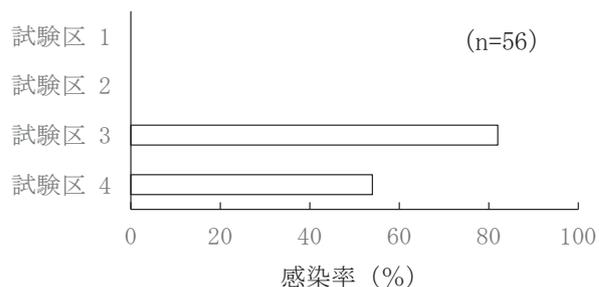


図 3. 各試験区の感染クロマツ本数割合

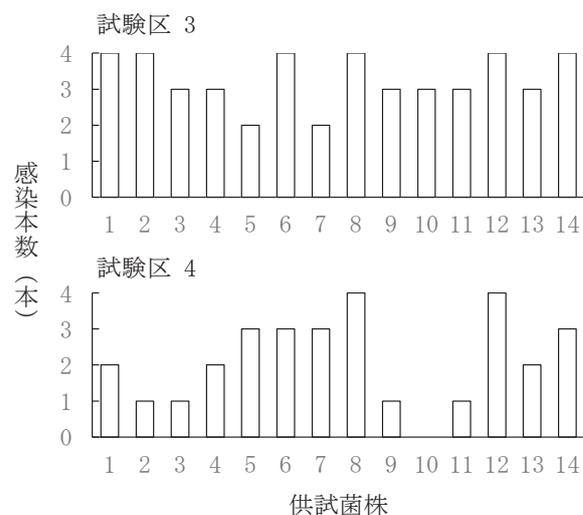


図 4. 供試菌株ごとのクロマツ感染本数

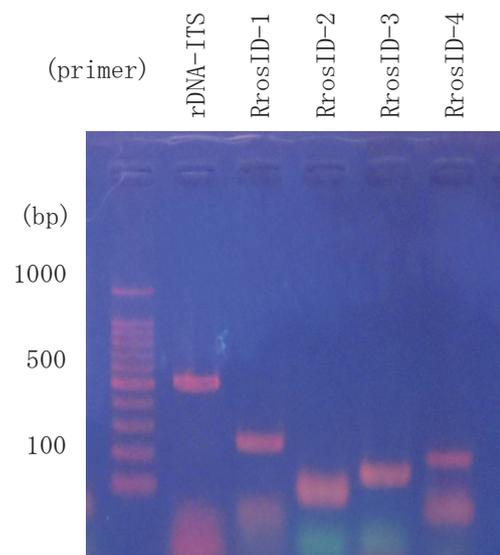


写真 4. 菌根由来 DNA 断片の電気泳動像

IV 考察

ショウロ栽培系統を選抜するための予備試験として、保有菌株を用いた培養試験を行った結果、供試菌の菌糸伸長速度には大きなばらつきがみられた。菌糸生長量と菌根形成率や子実体収量との関係は明らかにされていないが、土壌中で速やかに菌糸が蔓延することは優れた栽培特性の一つと考えられる。菌糸生長に関する特性は菌株の保存や拡大培養をしても損なわれまいと考えられ（玉田，2004），系統選抜の早い時点で培養試験を行って、特性を把握しておくことは有効と考える。

本試験では、ショウロ菌の培養に菌根菌用の各種合成培地（赤間ら，2008）を使用せずに、腐朽菌用として広く用いられている PDA 培地を使用した。すべての供試菌を培養することができた。今後、菌株数を増やして試験を行う際に、市販試薬から容易に調製できる簡便な方法として利用できると考える。

AFLP プロファイルにもとづく推定ではあるが、当センターのほ場には遺伝的に多様な複数のショウロ系統が分布していると考えられた。このことは、菌糸伸長速度のばらつきからも推測される。このように遺伝的な多様性が維持される理由として、ショウロは地中に子実体を形成し、胞子は子実体の近くにとどまることが多く、自家交配や近接する別の個体との交配によって、狭い範囲で交配個体の新規分布が繰り返されるためと考えられる。ほ場では自生地に比べて多くのショウロ子実体を容易に見つけることができ（富川，2006），加えて多様な菌株が得られるのであれば貴重な採取地と考えられる。

菌糸伸長速度が比較的速かった菌株が遺伝的に近い関係にあったことに注目した。すでに得られている子実体の発生時期と重量に関するデータや、これから詳細を確かめる菌根形成率についても菌株間に近縁関係がないかを解析して、系統選抜における遺伝的手法として応用できないか検討したい。

野外でショウロ菌の土壌接種源をクロマツ根系に接種するための手順と、菌根形成を観察するた

めの 2 通りの試験スケジュールが確認できた。これらは、ショウロ感染クロマツ苗を生産する際の参考になるため、実用面においても有益な情報である。菌根形成を認めた 2 試験区は播種から観察までが 1 年以上と長期に及ぶため、感染がショウロ菌であったことの確認が必要であったが、根の組織を含めた菌根由来サンプルの DNA 解析手法（奥田ら，2014）が実証できた。

今後は、プロトプラスト作出（玉田，2004）や変異株誘導（Gao et al., 2017）によって得られる菌株を比較し、接種試験では菌株当たりのクロマツ本数を増やして系統選抜する計画である。このためには迅速な評価が必要となり、実験室内での試験（松浦・佐々木，2023；霜村，2019）やクロマツ根系の成長を促す管理（藤原，2021）を参考にしたい。さらに、クロマツ根量当たりの菌根形成数によって感染程度を定量化できれば、より精度の高い選抜ができると考える。また、ショウロの胞子接種試験では感染後のクロマツ根鉢に本種の子実体を認めており（富川ら，2021），子実体形成の程度を選抜条件にすることや、交雑育種（Nakano et al., 2015）を検討している。

V 謝辞

ショウロの DNA 解析手法についてご指導いただいた元鳥取大学農学部の松本晃幸教授、並びに菌蕈研究所の奥田康仁主任研究員には心から感謝の意を表します。また、本試験を実施するにあたり、ショウロ菌株、ショウロ感染クロマツ苗およびクロマツ種子を快く提供していただいた、元滋賀県森林センターの太田明氏、島根県林業種苗協同組合に加入されている苗木生産者および島根県農林水産部森林整備課に、この場をかりてお礼を申し上げます。

引用文献

- 赤間慶子・岡部宏秋・山中高史（2008）様々な培地上における外生菌根菌の成長様式。森林総研報 7（4）：165-181。
泉津弘佑（2012）日本産ショウロ「子実体過剰形

- 成株」の分子遺伝学的解析. 科学研究費助成事業. 2010年度実績報告書. <https://kaken.nii.ac.jp/ja/report/KAKENHI-PROJECT-22880017/228800172010jisseki/> (2014年ダウンロード).
- 藤原直哉 (2021) 菌根性きのこのコンテナ感染苗育成技術の開発. 岡山森林研報 36 : 1-7.
- 松浦崇遠・佐々木史 (2023) セルトレイを用いたクロマツ菌根苗の簡便な作製方法. 富山森林研報 15 : 12-21.
- 宮崎恵子・富川康之・古賀美紗都・陶山大志 (2017) クロマツコンテナ苗へのショウロ接種方法の検討. 日本きのこ学会第21回大会講演要旨集 : 63.
- 中島寛文・栗田悟・松田陽介・肘井直樹 (2018) 異なる菌根性子実体が優占した海岸土壌で育てたクロマツ実生の初期成長と菌根形成状況. 中部森林研究 66 : 49-50.
- 奥田康仁・舩戸知聖・霜村典宏・松本晃幸 (2014) 外生菌根菌ショウロの検出用特異的 rDNA-ITS および SSR プライマーの開発. 日菌報 55 : 29-34.
- Qi Gao, Shota Nakano, Tadanori Aimi and Norihiro Shimomura (2017) Isolation of halophilic strains induced by ethyl methanesulfonate in *Rhizopogon roseolus*. Mushroom Science and Biotechnology. 24 (4) : 182-186.
- 霜村典宏 (2019) 外生菌根菌ショウロの人工栽培に関する研究. 日本きのこ学会誌 26 (4) : 148-155.
- Shota Nakano, Kiyomi Sawada, Qi Gao, Tadanori Aimi and Norihiro Shimomura (2015) Production of a salt tolerant strain by cross-breeding in the ectomycorrhizal mushroom *Rhizopogon roseolus* (= *R. rubescens*). Mushroom Science and Biotechnology. 23 (2) : 75-79.
- 玉田克志 (2004) ショウロ子実体組織から分離した菌糸体の特性. 東北森林科学会誌 9 (1) : 30-33.
- 富川康之 (2006) 子実体懸濁液散布によるクロマツ苗畑でのショウロ栽培. 島根中山間セ研報 2 : 43-49.
- 富川康之 (2010) ショウロ. (地域食材大百科 4. 農文協編) : 374-376.
- 富川康之・宮崎恵子・陶山大志 (2021) 胞子接種によるクロマツへのショウロ菌感染条件—マルチキャビティコンテナでの育苗における培地基材の検討—. 島根中山間セ研報 17 : 11-19.
- Yasuhito Okuda, Norihiro Shimomura, Chisato Funato, Eiji Nagasawa and Teruyuki Matsumoto (2013) Genetic variation among natural isolates of the ectomycorrhizal hypogeous fungus, *Rhizopogon roseolus* from Japanese pine forests inferred using AFLP markers. Mycoscience. 54 : 13-18.

2023（令和5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
