

ISSN 1882-1855

研 究 報 告

No.58

沖縄県森林資源研究センター

〒905-0012 沖縄県名護市字名護4605-5

TEL.0980-52-2091

FAX.0980-53-3305

目 次

研究報告

デジタル空中写真及び航空レーザー計測データを活用した 森林蓄積量の推定手法の検討	1
	寺 園 隆 一 新 垣 拓 也 鷺 崎 恭 子
沖縄に生育するカンヒザクラ優良個体の接ぎ木苗の開花について	5
	玉 城 雅 範
菌床シイタケ栽培技術におけるシイタケ廃菌床の再利用	12
	伊 藤 俊 輔

デジタル空中写真および航空レーザー計測データを活用した森林蓄積量の推定手法の検討

寺園 隆一・新垣 拓也・鷲崎 恭子

1. はじめに

沖縄県北部の森林は、亜熱帯島嶼地域固有の生態系を持つことが特徴であり、稀少な野生生物が多く棲息しており、古くから沖縄県の木材生産の拠点となっており、現在も木材の生産を担っている。

このことから、森林の有する機能を多面的に発揮するとともに森林資源を持続的に利用することが求められている。

造林地だけでなく、森林地域全体を計画的に管理するための手法の確立が急務であり、資源量と資源の分布を把握する必要がある。しかし、沖縄県の森林の多くは戦後の大規模伐採の後に発生した二次林であり、資源量と所在が明らかになっていない。今回は、空中写真や航空レーザー計測データを用いて森林資源の蓄積量と資源配置を視覚化し、資源ベースでの施業（伐採）適地を示す資源量マップの作成を試みた。

なお、本課題は「南西諸島の環境保全および生物相に配慮した森林管理手法に関する研究事業委託業務」のなかで実施した小課題である。

2. 方法

国頭村内の3地点（西銘岳に位置する県55林班内の天然生広葉樹林（約55年生）

（以下、西銘試験地）と与那の村28林班（約45年生）（以下、与那試験林）、奥の村59林班（約50年生、S60育天）（以下、奥試験林）で現地調査を行った（図1）。西銘試験林と与那試験林、奥試験林に20m×20mの調査プロットを1箇所設定し、胸高

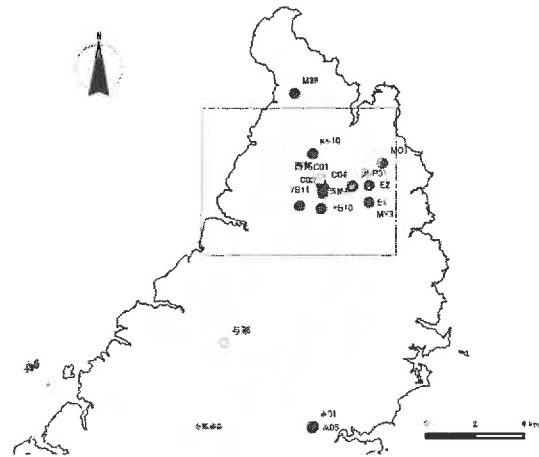


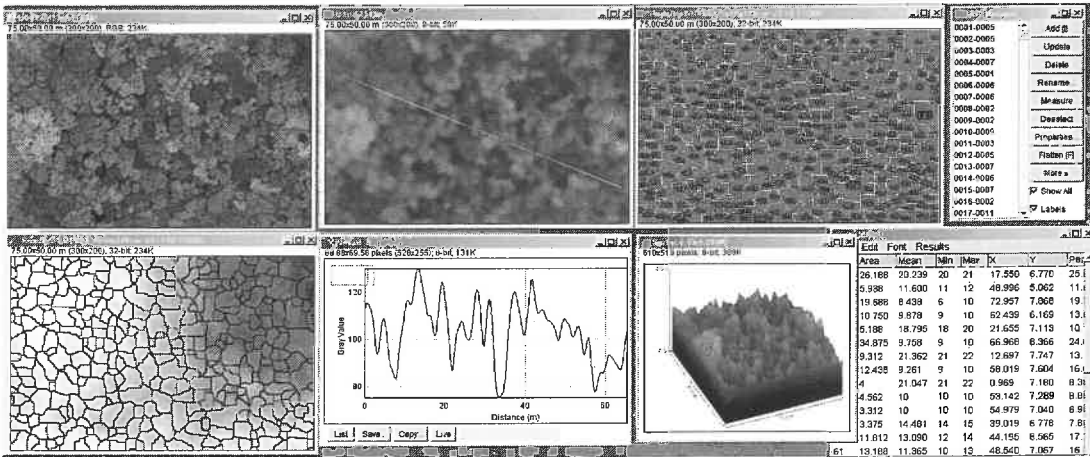
図1 調査地の位置図

表1 固定試験地の概況

箇所	林小班	調査区 (ha)	林齢	林相	施業歴
c01 辺野喜	県55へ1	0.04	77	天然生広葉樹林	未施業地
c04 辺野喜	県55へ1	0.04	77	天然生広葉樹林	未施業地
e1 辺野喜	村59に2	0.04	30	エゴノキ造林地	S55新植
e2 辺野喜	村59に2	0.04	30	エゴノキ造林地	S55新植 H4保育(除間伐)
kai10 辺野喜	村56は15	0.04	13	イジュ造林地	H10新植
mo1 奥	県51に1	0.04	47	40-50年生マツ林	記載なし
my3 奥	県49へ3	0.04	33	20-30年生マツ林	S52人工下種 H12除間伐
YB10 西銘岳 周辺	村38い1	0.08	82	天然生広葉樹林	未施業地
YB11 西銘岳 周辺	村45い4	0.045	70	育成天然林施業	S59育天

直径3mm以上の立木について調査を行い、上層木の樹冠直径と胸高直径の関係式を求めた。また、精度検証のため、固定試験地（20m×20m）9カ所について毎木調査を行った（表1）。

次に、国土基本図1/2,500の図郭（2,000m×1,500m）毎に分割されたエリアのうち、現地調査地を含む16図郭（8,000m×6,000m）の範囲について既存データを用



①デジタル空中写真（輝度画像）、②樹冠領域発生（分水嶺、Watershed法）、③樹冠高画像・閾値設定（4m以上）、④面積計測（粒子分析）、CSV出力（座標x,y、面積、樹高、楕円径）、⑥樹種属性付与（樹種分類画像）

図2 樹冠領域の発生から単木情報算出までの流れ

いて資源量の画像解析を行った。

樹高データを算出するため、2010年3月に撮影された航空レーザー計測データ（分解能約1m）によるDSM（地物表面高：1mメッシュ内の最大標高地）とDEM（地盤高：1mメッシュ、TINを発生させ作成）から差し引いて求めた樹冠高画像を使用した。さらに、単木抽出のため、カラー空中写真画像をHSB（色相、彩度、明度）変換し、輝度画像（明度）を抽出後、ガウシアンフィルタによる平滑化処理を行って単木抽出用画像を作成した。作成した単木抽出用画像からWatershed法を用いて樹冠領域を発生させ、これに樹冠高画像を重ねて粒子分析を行い、1本1本の樹木のx,y座標、面積、樹高、楕円径を算出した。また、粒子分析の際には閾値設定を行い、樹冠高4m未満は除去した。算出されたデータに樹種分類画像の樹種属性を加え単木データを作成した（図2）。

単木材積は、得られた単木データに対し、現地調査から求めた樹冠直径と胸高

直径の関係式を用いて胸高直径を推定し、材積式をあてはめ単木毎の材積を算出した。さらに、単木情報（x座標、y座標、材積）をポイントデータとしてGISに取り込み、GIS上で10m間隔の格子グリッドを発生させ、ポリゴン内（10m×10m）のポイントデータ（単木材積）を集計して100㎡当たりの林分蓄積量を算出した（図3）。

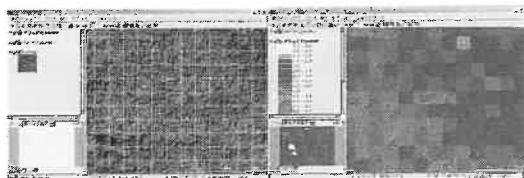


図3 単木マップと材積集計（10m×10m）

3. 結果および考察

現地調査の結果、西銘試験地の林分はha当たり5,500本、平均直径10.5cm、平均樹高7.2m、材積588m³であった。与那試験地では、ha当たり、3,925本、直径12.2cm、樹高9.9m、材積470m³、奥試

験地では、2,108本、直径15.5cm、樹高11.4m、材積395 m³となっていた。このうち、上層木は、3～6樹種で構成され、西銘試験地と与那試験地では70%以上、奥試験地では90%近くが上層木で占められており、上層木の資源量を推定することで、全体の森林蓄積量を把握することが可能と推定された。森林蓄積量の把握のため、西銘試験地と与那試験地の現地調査の結果から、樹冠直径と胸高直径の関係性を求めたところ、図4のとおりとなった。これらの関係を回帰式の併合の検定をした結果、有意な差は認められなかったことから、2式を統合して次式を得た。

$$y = 2.9535x + 14.581 \dots (1)$$

$$(r = 0.79)$$

蓄積量推定では、空中写真から単木抽

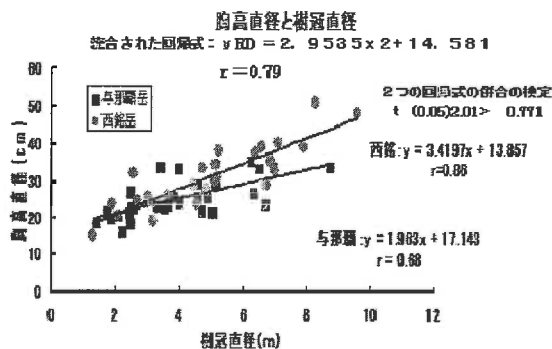


図4 胸高直径と樹高の関係

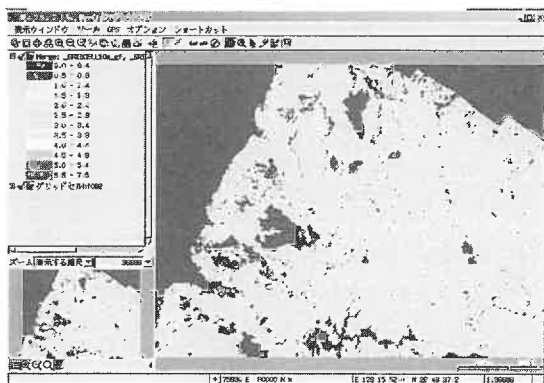


図5 材積マップ (10mメッシュ)

出を行い、(1)式を用いて樹冠径から胸高直径を推定し、レーザー計測による樹冠高を用いて単木の材積を求め10m×10mで集計し材積マップを作成した(図5)。

マップ上では、蓄積量が多い地点を示す黄～赤色が対象地の中央付近に散在しており、谷筋に沿っていることが確認された。

蓄積量は、解析地全体でみると、100 m²当たり材積1 m³未滿が4.9%、1～2 m³が21.6%、2～3 m³43.9%、3～4 m³23.9%、4 m³以上が5.7%を占めており、最大値は7.08 m³、平均値2.54 m³、ha当たりでは254 m³であった。西銘岳を含む森林区域5 km×4 kmのエリアで測定したところ総材積は539,737 m³であり、ha当たり材積は約270 m³であった。材積の推定精度を検証するため、固定試

表2 材積推定値の検証結果

Plot	現地調査		推定値		推定率(%)		誤差	
	全立木	上層木	画像解析	推定値	全立木	上層木	全立木	上層木
c01	408	300	358	358	88%	119%	-50	58
c04	454	384	367	367	81%	96%	-87	-17
e1	276	96	208	208	75%	217%	-68	112
e2	348	282	264	264	76%	94%	-84	-18
kai10	155	85	174	174	112%	205%	19	89
mo1	419	332	348	348	83%	105%	-71	16
my3	285	137	242	242	85%	177%	-43	105
yb10	375	170	260	260	69%	153%	-115	90
yb11	294	213	265	265	90%	124%	-29	52
平均					84%	143%	-58.7	54.1
RMSE							69.2	71.9

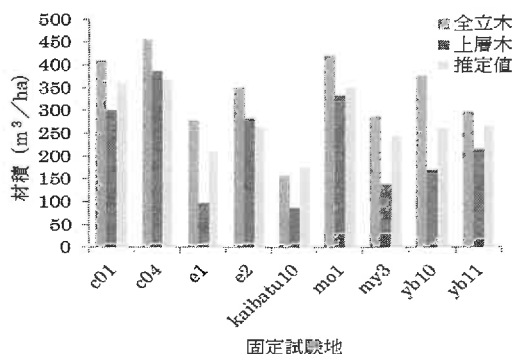


図6 現地調査と推定値の比較 (材積)

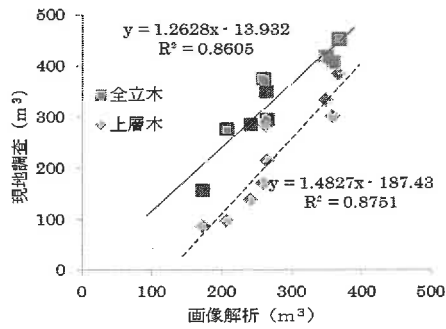


図7 材積推定値と現地調査の関係

験地9箇所での調査結果と比較した（表2、図6）。

材積の推定率（推定値／毎木調査の測定値）は全立木では平均84%であり、上層木に対しては平均143%であった。平均誤差（SE）は全立木-58.7、上層木54.1であり、二乗平均平方根誤差（RMSE）は全立木69.2、上層木71.9という結果であった。また、材積推定値と現地調査結果の関係は図7に示すとおりであり、相関係数でみると全立木では $r=0.928$ 、上層木 $r=0.935$ と高い関係が認められることから、比較的良好な精度で推定できたと考えられる。推定材積が上層木の材積よりも過大評価となったのは、調査時の上層木の判定基準の影響が大きいと考えられる。しかし、材積の小さい幼齢林では

全蓄積量よりやや過大となる箇所があり、また、蓄積量が大きくなると誤差も大きくなる傾向があり検討が必要である。

今回、デジタル空中写真とDCHM画像を用いて単木抽出を行い、現地調査から算出した樹冠直径と胸高直径の関係式を用いることにより、マップ化と森林資源量の推定が可能であることが確認できた。今後の課題として、林分材積が大きくなると推定誤差も大きくなる傾向がみられることや樹冠径が大きい樹木では複数の樹木として抽出されることから、森林蓄積量の推定の精度を高めるために、胸高直径の推定式や単木抽出率の精度向上などを検討する必要がある。

引用文献

（株）パスコほか（2012）：デジタル森林空間情報利用技術開発事業のうち現地調査及びデータ解析・プログラム開発事業報告書

生沢 均他（2013）：沖縄島北部森林の環境保全を配慮した森林管理手法に関する研究：九州森林研究, 66, 60-61

沖縄に生育するカンヒザクラ優良個体の接ぎ木苗の開花について

玉城 雅範

1. はじめに

カンヒザクラ (*Prunus campanulata* Maxim.) は中国や台湾などに分布しているサクラで、沖縄県内においても広く植栽されており (小林, 1986a)、年明けに開花を始め、1月下旬から2月上旬にかけて県内各地域で満開を迎え、さくら祭りが開催されるなど、沖縄県の重要な観光資源になっている。ところで、沖縄に生育するカンヒザクラを台湾等で生育するカンヒザクラと区別してリュウキュウカンヒザクラ (*Prunus campanulata* Maxim. Cv. Ryukyu-hizakura) とする考え方があり (林, 1980) (以下、本文ではリュウキュウカンヒザクラも「カンヒザクラ」として記載する)、台湾系のカンヒザクラは紅紫色で、平開せず花全体が鐘状であるのに対して (川崎, 1986)、リュウキュウカンヒザクラは台湾系のカンヒザクラに比べて花の大きさや花色等が変化に富んでいることが指摘されている (小林, 1986b)。また、上里ら (2002) は、沖縄に生育するカンヒザクラにおいて、一定区域内に連続して植栽されている個体であっても開花の遅速に個体差があることを明らかにしている。そのため、沖縄県森林資源研究センター (以下、「沖森研」とする。) では、花の形態や開花時期の多様さを生かし、植栽者が花の大きさや色、開花時期等を選択して植栽出来るように、沖縄県内に生育するカンヒザクラを 2009 年 12 月から 2011 年 2 月にかけて 72 家系を選抜し (酒井・寺園, 2013)、更に、花の大きさや花色、開花時期などの特徴ごとに集約し、35 家系に絞り込んだ (酒井・寺園, 2014) (以下、選抜個体)。ところで、花卉類においては、温度や光環境など生育している環境によって同じ個体であっても開花時期

だけではなく、花の色や花の大きさ等が異なる事が明らかになっている。そこで、沖森研では、開花特性の再現性を確認するために、選抜家系一部から接ぎ木苗を作出し、沖森研に集植した (酒井・寺園, 2014)。本報告では、一部開花した接ぎ木苗について、母樹と開花特性について比較したので報告する。

2. 材料と方法

1) 供試選抜家系

(1) 接ぎ木苗

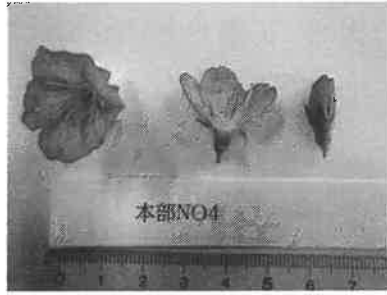
2009 年度から 2011 年度にかけて、旧沖森研圃場内で接ぎ木を行った。2013 年度時点では、全ての家系で開花は確認出来なかったが、2013 年度の沖森研移転に伴い、2014 年 3～6 月にかけて移植を行った。移植後、初めて開花が確認出来たのは 2015 年度であった。2015 年度に開花したのは、4 家系 11 本であった。しかし、1 家系 8 本については、1 本から数輪のみの開花であった。そのため、今回の調査では、5 花序以上から開花が確認された 3 家系各 1 本ずつの 3 本を供試個体とした。開花した家系は、八重岳 No 4 (5 花序 13 輪が開花)、八重岳 No 6 (7 花序 12 輪が開花)、名護城趾公園 No 8 (7 花序 13 輪が開花) である。接ぎ木苗の個体サイズは、樹高が 3 本ともに約 1.5m 程度であった。沖森研の圃場は、標高 54m、東向き斜面に位置しており、周囲を防風林で囲まれている。

(2) 八重岳 No 4

本個体は、八重岳 (標高 453m) の中腹 (標高 274m)、東向き斜面に位置しているが、東側に八重岳の山頂があり、北西方向からは海岸が望め、開いている地形である。また、平衡斜



母樹



母樹から採取した花

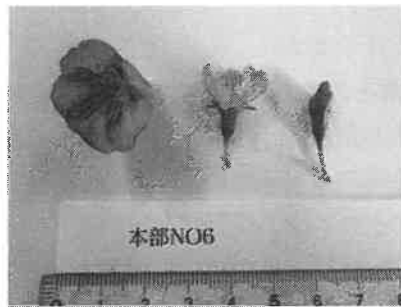


接ぎ木苗から採取した花

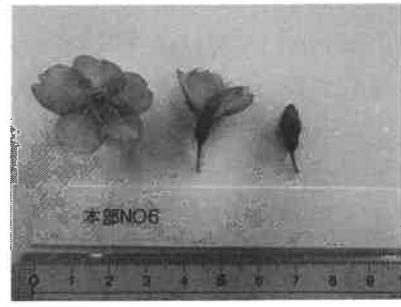
写真-1. 本部 No 4



母樹



母樹から採取した花

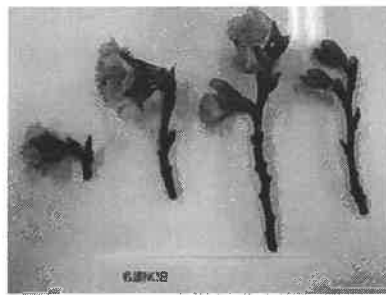


接ぎ木苗から採取した花

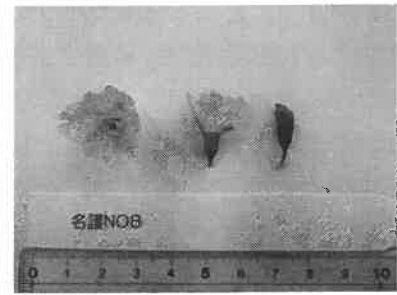
写真-2. 本部 No 6



母樹



母樹から採取した花



接ぎ木苗から採取した花

写真-3. 名護城趾公園 No 8

面に生育し、降雨時は斜面上部からの水が流れる箇所となっている。個体サイズは胸高直径が25cm、樹高が5mであり、樹冠上部に一部枯損があった(写真-1)。

(3) 八重岳 No 6

本個体も八重岳 No 4と同様に八重岳に生育している個体であるが、標高 54m と麓側である。斜面は北西向きの斜面であるが、三方向が斜面に囲まれている。また、斜面下部に位置するため上部の斜面から水が集まりやすい地形

となっている。個体サイズは胸高直径が 35cm、樹高が 10m であり、外傷は確認されなかった(写真-2)。

(4) 名護城趾公園 No 8

本個体は、名護岳(標高 346m)の中腹(標高 206m)、北東向き斜面に位置している。東側には名護岳の山頂があり、北方向が開いている地形となっている。また生育箇所は、広場として造成された場所で、降雨時は滞水しやすいとなっている。個体サイズは胸高直径が 25cm、

樹高が6mであり、樹冠上部に一部枯損があった(写真-3)。

2) 花の形態的調査

花の形態的特徴は、開花の見た目に関わると考えられる花序の花数、蕾の色、花の向き、花の形、開き形、大きさ、色、花弁の大きさの8項目について、農林水産植物種類別審査基準(さくら)(以下、「農水基準」とする。)(農林水産省)を参考に調査した。花序の花数について、母樹は任意に10個の花序を選び、接ぎ木苗は調査時点で確認できた花序全てから花数を確認した。確認した花序の花数は、平均により1花序当たりの花数を算出し、確認した花序の花数は、3個未満を「少」、3個以上5個未満を「中」、5個以上を「多」と区分した。

蕾の色について、母樹は任意に10個の蕾を選び、接ぎ木苗は調査時点で確認できた全ての蕾花数を確認した。その中で最も多くの蕾が示した色とした。蕾の色判定は、(財)日本色彩研究所が製作した日本園芸植物標準色票(1984)のカラーチャート(以下、「JHSカラーチャート」とする。)により行った。判定された蕾の色は、農水基準に基づき6つに区分した(表-1)。

花の向きについて、母樹は開花している花を含む花序を任意に10個選び、接ぎ木苗は調査時点で開花している花を含む全ての花序から確認した。地面からほぼ垂直に花柄が垂れ下が

っているものを「下垂」、花柄が枝と水平となっていて、花が下向きではないものを「横向き」、「下垂」や「横向き」に判定されず、花が下向きなものを「下向き」と区分した。

花の形について、母樹は花の向きの調査で選んだ10個の花序から、接ぎ木苗も母樹と同様に花の向きの調査で確認出来た花序から開花している花を各1輪ずつ選び、図-1により区分した。

花の開き形も花の形と同じ花を対象に、図-2により区分した。

花の色は、花の開花ステージを揃えるために、花がほぼ開ききり、花糸が白い状態の花を対象に、母樹は10個の花序から20輪の開花している花を選び、接ぎ木は対象となるステージの全ての花を選び、その中で最も多くの花が示した色とした。花の色判定は、JHSカラーチャートにより判定した。判定された花の色は、農水基準に基づき7つに区分した(表-2)。

花の大きさについて、花の色の判定で使用した花を対象に最小と最大の径となる箇所をデジタルノギスにより測定し、二方向の平均値を花の大きさとした。なお、花の大きさは、2.5cm未満を「小輪」、2.5cm以上~3.5cm未満を「中輪」、3.5cm以上~6cm未満を「大輪」、6cm以上を「極大輪」と区分した。

花弁の大きさは、花の大きさを測定した花を対象に、外側に近い花弁1枚の長さと同幅をデジ

表-1. 蕾の色区分表

白	淡紅	紅	濃紅	紫紅	黄緑
黄白 (3101)	ピンク (0111, 0403, 0411)	濃黄ピンク (0712)	濃ピンク (0113)	鮮紫赤 (9707)	黄緑 (3512)
	黄ピンク (1003, 8903, 9503, 9703)	濃ピンク (0113)	明紅 (0106)	鮮紫ピンク (9205, 9505)	明黄味緑 (3704)
	紫ピンク (9711)	鮮紫ピンク (9705)	赤 (0414, 0415)	鮮紅 (0107)	
	鮮紫ピンク (9504)			紅 (0114)	
	淡ピンク (0402)			紫赤 (9708)	
	淡黄ピンク (1301)			明赤紫 (9206, 9706)	
	淡紫ピンク (8902, 9202, 9702)			濃紅 (0109)	

※農水基準では、英国王立園芸協会が作製したカラーチャート(以下、「R.H.S.カラーチャート」とする。)を基に色の区分を行っているが、R.H.S.カラーチャートが絶版になっているため、R.H.S.カラーチャート番号をJHSカラーチャート番号に読み替えて、色の区分を行った。なお、番号の読み替えは、日本園芸植物標準色票に掲載されている色名対称一覧表より行った。

※各色区分は、系統色名(JHSカラーチャート番号)で表している。なお、同じ系統色名であってもR.H.S.カラーチャート番号が異なるため、異なる色の区分になる場合がある。例えば、「淡紅」の鮮紫ピンク(9504)と「紅」の鮮紫ピンク(9705)、「紫紅」の鮮紫ピンク(9205, 9505)。

※JHSカラーチャート番号は同じであるが、R.H.S.カラーチャート番号は異なるために、色の区分が2つある場合がある。例えば、濃ピンク(0113)の「紅」と「濃紅」

表-2. 花の色区分表

白	淡紅	紅	濃紅	紫紅	濃紫紅	黄緑
黄白 (3101)	ピンク (0111, 0403, 0411)	濃ピンク (0113)	濃ピンク (0113)	鮮紫ピンク (9204, 9205)		淡黄緑 (3303)
	紫ピンク (8903, 9203, 9211, 9711, 9503, 9703)			紅 (0114)		浅黄緑 (3304)
	鮮紫ピンク (9504)			紫赤 (9714, 9708)		
	淡ピンク (0402)					
	淡黄ピンク (1002, 1301)					
	淡紫ピンク (8902, 9202, 9502, 9702)					

※農水基準では、英国王立園芸協会が作製したカラーチャート（以下、「R. H. S. カラーチャート」とする。）を基に色の区分を行っているが、R. H. S. カラーチャートが絶版になっているため、R. H. S. カラーチャート番号をJHSカラーチャート番号に読み替えて、色の区分を行った。なお、番号の読み替えは、日本園芸植物標準色票に掲載されている色名対称一覧表より行った。
 ※各色区分は、系統色名（JHSカラーチャート番号）で表している。なお、同じ系統色名であってもR. H. S. カラーチャート番号が異なるため、異なる色の区分になる場合がある。例えば、「淡紅」の鮮紫ピンク（9504）と「紫紅」の鮮紫ピンク（9204, 9505）。
 ※JHSカラーチャート番号は同じであるが、R. H. S. カラーチャート番号は異なるために、色の区分が2つある場合がある。例えば、濃ピンク（0113）の「紅」と「濃紅」

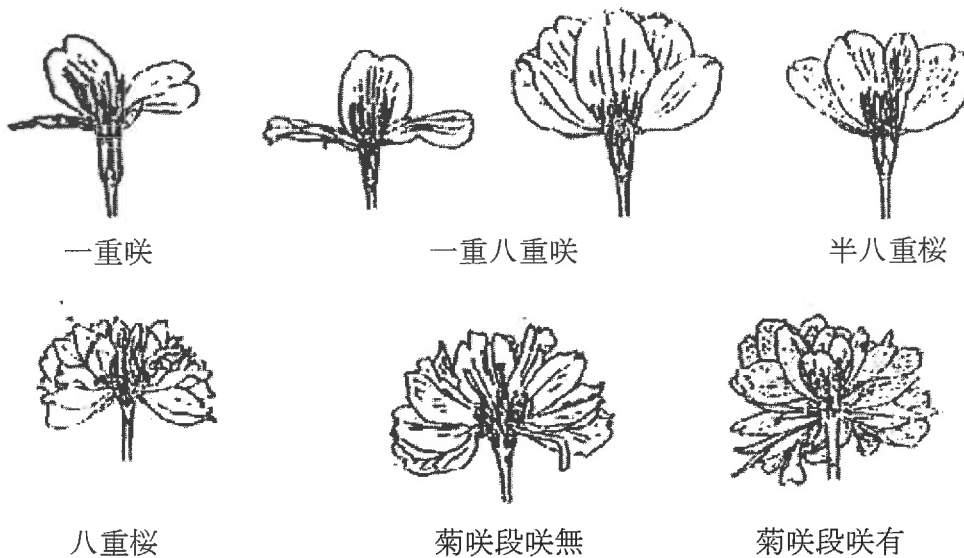


図-1. 花の形判定基準

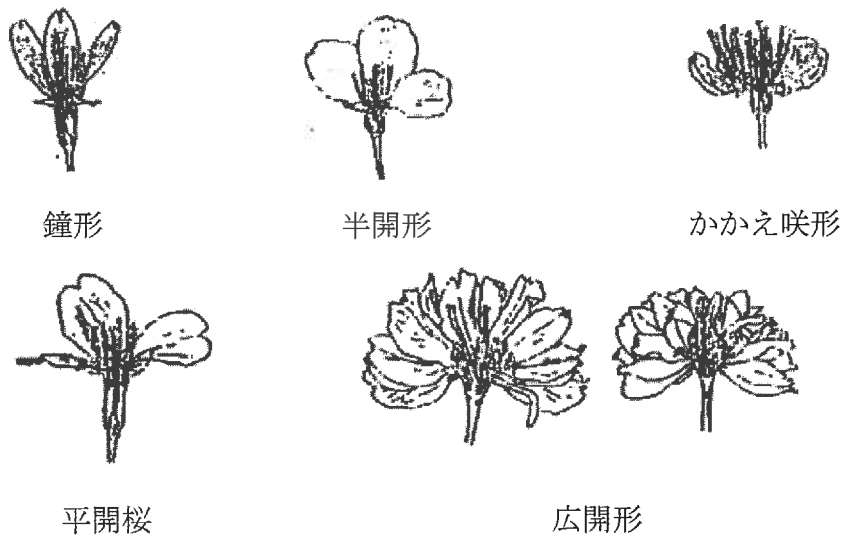


図-2. 花の開き形判定基準

表-3. 開花調査結果

項目	八重岳No4			八重岳No6			名護城跡公園No8		
	母樹	接ぎ木No120	t-検定結果	母樹	接ぎ木No182	t-検定結果	母樹	接ぎ木No241	t-検定結果
花序の花数	中 (3.4 (±1.0) 個)	中 (3.0 (±0.7) 個)	n. s.	中 (3.7 (±0.8) 個)	少 (2.6 (±0.5) 個)	**	少 (2.9 (±0.6) 個)	中 (4.3 (±0.5) 個)	**
蕾の色	紫紅 (鮮紫赤 (9707))	紫紅 (鮮紫赤 (9707))		紫紅 (鮮紫赤 (9707))	紫紅 (鮮紫赤 (9707))		紅 (鮮紫ピンク (9705))	紅 (鮮紫ピンク (9705))	
花の向き	下向き	下向き		下向き	下向き		下向き	下向き	
花の形	一重咲き	一重咲き		一重咲き	一重咲き		一重咲き	一重咲き	
花の開き方	半開形	半開形		半開形	半開形		半開形	半開形	
花の大きさ	小輪 (2.2 (±0.2) cm)	小輪 (1.8 (±0.3) cm)	**	小輪 (2.1 (±0.2) cm)	小輪 (2.4 (±0.3) cm)	*	小輪 (1.8 (±0.5) cm)	小輪 (2.2 (±0.3) cm)	**
花の色	淡紅 (鮮紫ピンク (9504))	紫紅 (鮮紫ピンク (9505))		淡紅 (鮮紫ピンク (9504))	淡紅 (鮮紫ピンク (9504))		淡紅 (鮮紫ピンク (9702))	淡紅 (鮮紫ピンク (9702))	
花弁の長さ	短 (1.3 (±0.1) cm)	短 (1.0 (±0.1) cm)	**	短 (1.4 (±0.1) cm)	短 (1.3 (±0.1) cm)	n. s.	短 (1.2 (±0.2) cm)	短 (1.2 (±0.1) cm)	n. s.
花弁の幅 (cm)	中 (1.1 (±0.1) cm)	狭 (0.9 (±0.1) cm)	**	広 (1.4 (±0.1) cm)	中 (1.1 (±0.1) cm)	**	中 (1.0 (±0.2) cm)	中 (1.1 (±0.1) cm)	n. s.

※花序の花数、花の大きさ、花弁の長さ、花弁の幅の () 中は (平均値 (標準偏差)) を表している。
※*: 1%で統計的に有意差あり、*: 5%で統計的に有意差あり、n. s.: 統計的に有意差なし

タルノギスにより測定した。花弁の長さは、0.9cm未満を「極短」、0.9cm以上～1.5cm未満を「短」、1.5cm以上～1.9cm未満を「中」、1.9cm以上を「長」と区分した。花弁の幅は、花弁の最大となる位置で測定を行い、0.7cm未満を「極狭」、0.7cm以上～1.0cm未満を「狭」、1.0cm以上～1.4cm未満を「中」、1.4cm以上を「広」と区分した。

なお、花序の花数、花の大きさ、花弁の長さとは幅については、母樹と接ぎ木苗で差があるかとt-検定を行い比較した。

3. 結果と考察

調査結果を表-3に示す。八重岳 No 4は、蕾の色が紫紅 (JHS カラーチャート 9707) となっていた (写真-1)。花は下向きの一重咲きで、半開形の小輪の淡紅 (JHS カラーチャート 9504) であった。花序の花数は平均3.4個であった。接ぎ木苗は、花序の花数、蕾の色、花の向き、花の形、花の開き形は母樹と同様であったが、花の大きさ、花の色、花弁の長さ、幅では統計的に有意に異なっていた。花の大きさ、花弁の長さ、幅は、植物体サイズに関連していると考えられる。一般的には、植物にとって好ましい生育環境の場合、花の数や花の大きさは植物体サイズには関係があり、植物体が大きくなれば花の数は増え、花の大きさは大きくなる (Walter, 1978)。今回供試した母樹は胸

高直径が25cmで、樹高が5mとなっており、接ぎ木個体は樹高が1.5m程度となっており、植物体サイズが大きく異なる。そのために、花の大きさ、花弁の長さや幅が異なると考えられる。また、花序の花数も統計的に有意な差はないが、母樹の方が接ぎ木より花数が多かった。

ところで、赤色やピンク色、紫色に関わる花の色素はアントシアンに由来している (大川, 1995)。特にアントシアンは、温度や光との関係が指摘されており、バラの品種クリムソングローリーでは低温 (10～20℃) で色素量が多くなり、また、紫外線の強さや照射時間が増すにつれ色素量が多くなるということが明らかにされている (大川, 1995)。母樹の生育箇所は標高274mに位置し、緯度が異なるので比較は出来ないが、接ぎ木苗の生育箇所に比べ標高が220m異なり低温に曝される可能性があり、母樹の花の色が濃くなる可能性がある。しかし、今回の結果では、母樹より接ぎ木苗の花の色が濃くなっていた。接ぎ木苗の花の色が濃い理由として、母樹は東向き斜面に生育している個体であるが、東側に八重岳の山頂が位置しているために、日射しを受けやすい東斜面に位置している接ぎ木苗に比べ、紫外線の照射時間が短いために、薄い色になったと考えられる。

八重岳 No 6は、蕾の色が八重岳 No 4と同様に紫紅 (JHS カラーチャート 9707) となっていた (写真-2)。花は下向きの一重咲きで、半

開形の小輪の淡紅（JHS カラーチャート 9504）であった。花序の花数は平均 3.7 個であった。接ぎ木苗は、蕾の色、花の向き、花の形、花の開き形、花の色、花弁の長さは母樹と同様であったが、花序の花数、花の大きさ、花弁の幅で母樹と統計的に有意に異なっていた。花序の花数、花の大きさ、花弁の幅は、八重岳 No 4 と同様に植物体サイズに関連していると考えられる。しかし、花の大きさは、統計的に有意に接ぎ木苗が大きかった。この理由として、花の着花密度が影響していると考えられる。母樹は接ぎ木苗に比べ、有意に花序の花数が多い。今回は測定を行っていないが、花柄の長さが同じ場合、花一つ当たりの開花可能な占有空間が、花序の花数が多い場合は小さく、花序の花数が少ない場合は大きくなる。そのため、花の大きさは母樹が接ぎ木苗より小さくなったと考えられる。

名護城趾公園 No 8 は、蕾の色が紅（JHS カラーチャート 9705）となっていた。花は下向きの一重咲きで、半開形の小輪の淡紅（JHS カラーチャート 9502）であった。花序の花数は平均 2.9 個であった（写真-3）。接ぎ木苗は、蕾の色、花の向き、花の形、花の開き形、花の色、花弁の長さとは幅は母樹と同様であったが、花序の花数、花の大きさは母樹と統計的に有意に異なっていた。花序の花数と花の大きさが異なる要因として、植物体サイズとの関連を既述したが、名護城趾公園 No 8 では植物体サイズが大きい母樹で、花序の花数が少なく、花の大きさが小さくなっていた。この要因として、母樹が生育する立地環境も関連していると考えられる。母樹が生育している環境は、北東向き斜面で東側に名護岳の山頂があり朝方の日当たりが少ないと考えられ、また、北方向が開いている地形となっており、冬場の北風なども生育に影響していると考えられる。また、広場として造成されているため、工事の際に締め固め等が行われ、降雨時は滞水しやすい場所となっており、排水環境も良くないと考えられる。そのため、接ぎ木苗に比べ生育環境が悪く、花序

の花数が少なく、花の大きさが小さくなったと考えられる。

4. おわりに

今回、沖森研で選抜したカンヒザクラ優良個体 3 個体について、接ぎ木の開花再現性を確認した。その結果、生育環境と関連している可能性がある。しかし、今回の調査では、立地や光などの生育環境要因について調査は行っていない。そのため、今後は、GIS 等を利用した地形解析や光環境や温度等の生育環境の調査を行い、開花特性との関連について確認する必要がある。また、今回の調査は単年で開花数も少ないため、今後も引き続き継続調査を行っていく必要がある。また、今回開花していない個体の接ぎ木苗についても開花を確認していく必要がある。

引用文献

- 林弥栄（1980）サクラ 100 選. ニュー・サイエンス社
- 川崎哲也（1986）早咲きのサクラの概念と品種解説.（暖地・亜熱帯地方および臨海地域における桜の名所づくりの調査研究. 滝島義之編, 日本花の会）. 5- 23
- 小林義雄（1986a）沖縄のカンヒザクラの系統特性調査.（暖地・亜熱帯地方および臨海地域における桜の名所づくりの調査研究. 滝島義之編, 日本花の会）. 24- 41
- 小林義雄（1986b）琉球寒緋桜とは何か. みどり 59: 14- 15
- 酒井康子・寺園隆一（2013）カンヒザクラの優良個体選抜と保護管理技術—各地からの選抜された優良個体の個体データ—. 沖縄県森資研セ業報 23: 22- 23
- 酒井康子・寺園隆一（2014）カンヒザクラの優良個体選抜と保護管理技術—優良個体選抜により絞り込まれた 35 個体について—. 沖縄県森資研セ業報 24: 28- 29

- 植物標準色票編集委員会（1984）日本園芸植物
標準色票．財団法人日本色彩研究所
- 上里健次ら（2002）ヒカンザクラの開花の早晩
性における地域間差、個体間差．琉大農学報
49： 15- 23
- 大川清（1995）花卉園芸総論．養賢堂
- Walter（1978）園芸植物の開花生理と栽培．誠
文堂新光社

菌床シイタケ栽培におけるシイタケ廃菌床の再利用

伊藤 俊輔

1. はじめに

沖縄における菌床シイタケ栽培は、2008年から篤志生産者による試験栽培を経て、2011年に大型の生産施設が完成し本格的な生産が始まったが、菌床シイタケ生産開始当初から、おが粉の確保に課題があった。

沖縄県内で生産されるおが粉は、沖縄島北部の3森林組合等により供給されている。おが粉の生産形態は、森林の主伐により生産されるおが粉と、ダム工事等の公共工事で発生した産業廃棄物（伐採木）を加工したおが粉に大別される。

沖縄島北部は、生物多様性の高い地域で、世界遺産指定に向けた動きもあり、安定的な原木供給には懸念が残るうえ、公共工事に伴う伐採も、減少傾向にある。このような状況から、将来おが粉の供給は逼迫すると予想される。

一方で、菌床シイタケ生産施設では、生産を終えたシイタケ廃菌床は、生産施設周辺に一定期間野積みされた状態で放置される。野積みされた廃菌床は、菌床シイタケ類の害虫発生の温床にもなる。特にナガマドキノコバエについては、菌床シイタケ生産施設周辺に通年生息していることが明らかになって（伊藤 2013）おり、廃菌床の適切な処理が望まれる。

これまでに、ヤマブシタケ、ブナシメジ、ナメコ、エノキタケ、マイタケ廃菌床を活用したヤマブシタケの栽培（高畠ら（2008）、高畠（2013）、高畠（2009）、高畠（2008））、マイタケ廃菌床を活用したシイタケ、マイタケ、ヒラタケ、ハタケシメジ、コムラサキシメジ（吉澤ら 1997、原口 2007）の栽培事例は

あるものの、シイタケ廃菌床を再利用した菌床シイタケ栽培に関する知見はなく、本研究では、シイタケ廃菌床を再利用した菌床シイタケ栽培について試験を行った。

2. 方法

1) 廃菌床による菌床シイタケ栽培試験

(1) 菌床の作成・培養

菌床の作成は、2012年5月23日、24日と2013年5月23日に行った。種菌の接種は2012年5月25日と2013年5月24日に行った。培地基材はイタジイおが粉、栄養剤はフスマを使用し、絶乾重比で9:1となるように配合し基本培地とした。この基本培地に置換割合が0（対照区）、25、50、75%となるように、絶乾重比でシイタケ廃菌床を配合した。写真-1に供試した廃菌床を示す。含水率は65%となるよう前日に注水しなじませ、袋詰直前にフスマを上記の配合比で混合した。袋へのつめ量は、2.5kgとした。滅菌は121℃で90分間行った。供試種菌は、XR1号（森産業）とし、接種量は30ml程度とした。菌床の培養は2012年5月25日から10月31日までの160



写真-1 供試したシイタケ廃菌床

日間と、2013年5月24日から10月30日までの160日間とした。収穫は朝夕の2回行い、測定は収穫直後に行った。測定項目は、個重（生重）、傘径（2方向）とした。2方向の傘径の平均値に基づき子実体を規格別（SS=3cm未満、S=3～4cm未満、M=4～6cm未満、L=6～8cm未満、LL=8cm以上）に区分し、記録した。

（2）滅菌済培地のpHの測定

pHの測定は、以下の手順で行った。1. 滅菌後の培地の一部をコニカルビーカーに10g採取。2. 20gのイオン交換水を加え攪拌。3. 後24時間5℃で静置。4. 再度攪拌しpHを測定。測定には、卓上型pH計・F-74（堀場製作所）を使用した。

（3）滅菌済培地のCN比の測定

CN比の測定は以下の手順で行った。1. 滅菌後の培地の一部をコニカルビーカーに採取。2. 85℃24時間以上、105℃で3時間程度乾燥。3. 目開き1.0mmのメッシュを装着したミルで粉碎。4. CNコーダー（MACRO CORDER JM1000CN ジェイ・サイエンス・ラボ）で分析。

（4）廃菌床の含水率の測定

廃菌床は名護市内の2生産者からそれぞれ5菌床採取した。回収は2014年2月19日（生産者B）と2月26日（生産者A）に行った。含水率は、採取した廃菌床を手でほぐし均一になったのを確認し、適量をアルミカップに採取し乾燥させ次式により求めた。含水率（%）= {(生重-絶乾重)/生重} × 100

（5）廃菌床のCN比の測定

CN比測定用の試料は、含水率測定後の試料を目開き1.0mmのメッシュを装着したミルで粉碎し調整した。調整後の試料を直ちにCNコーダー（装置同上）で分析した。

3. 結果及び考察

表-1に培地材料の特徴と培地のpH、CN比を示した。単位体積あたりの重さ（容積重）は、廃菌床が最も軽かった。作成した菌床のpHは、4.2から4.3であった。CN比については、廃菌床での置換割合が増えるにつれて低下した。

表-1. 基材・栄養剤の特徴と培地のpH、CN比

測定項目	測定値	
材料の含水率 (%)	イタジイおが粉	32.9
	フスマ	13.4
	廃菌床	22.0
材料のCN比	イタジイおが粉	190.78
	フスマ	14.43
	廃菌床	61.58
容積重 (kg/L)	イタジイおが粉	0.295
	フスマ	0.340
	廃菌床	0.147
菌床のpH	0%置換	4.3
	25%置換	4.2
	50%置換	4.3
	75%置換	4.3
菌床のCN比	0%置換	121.64
	25%置換	74.36
	50%置換	82.86
	75%置換	64.76

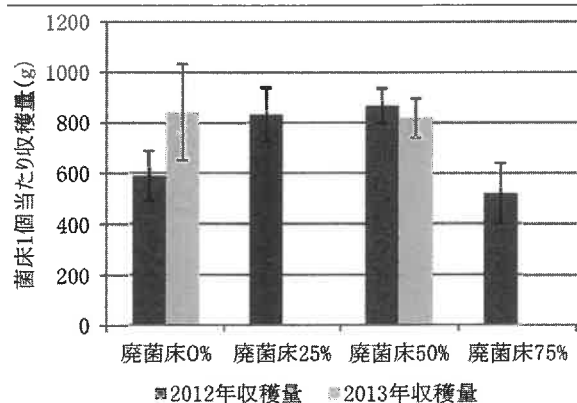


図-1. 2012年と2013年の収穫量

図-1と表-2に菌床1個あたりの収穫量と多重比較検定の結果を示す。2012年の収穫量は、廃菌床50%区が873.1g、廃菌床25%区が843.6gで、廃菌床0%区や廃菌床75%区よりも有意に収穫量が多かった（図-1、表-2）。写真-2に子実体の発生状況を示した。

表-2. 菌床1個あたり収穫量と検定の結果

試験区分	収穫量 (g±標準偏差)		
2012年			
廃菌床0%	590.1±98.87	b	n=22
廃菌床25%	833.1±107.12	a	n=18
廃菌床50%	868.1±69.21	a	n=19
廃菌床75%	520.0±121.51	b	n=16
2013年			
廃菌床0%	842.8±190.4	a'	n=14
廃菌床50%	819.5±77.18	a'	n=17

収穫量の右に表示したアルファベットは多重比較検定 (Tukey-Kramer 法, $P < 0.01$) の結果を示す。2013年の収穫量は分散分析 ($P < 0.05$) の結果を示す。

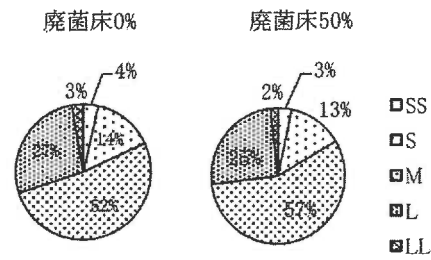


図-3. 2013年の菌床1個あたり規格別収穫量

表-3. 名護市内の2生産者から採取した廃菌床の含水率とCN比

測定項目	生産者A	生産者B	有意差 (分散分析)
含水率 (%)	44.5	76.4	あり ($P < 0.01$)
CN比	22.9	41.9	あり ($P < 0.01$)
炭素量 (%)	46.05	47.19	あり ($P < 0.05$)
窒素量 (%)	1.55	1.13	あり ($P < 0.05$)



写真-2 子実体の発生状況 (左から置換割合0、25、50、75%、2012年10月29日撮影)

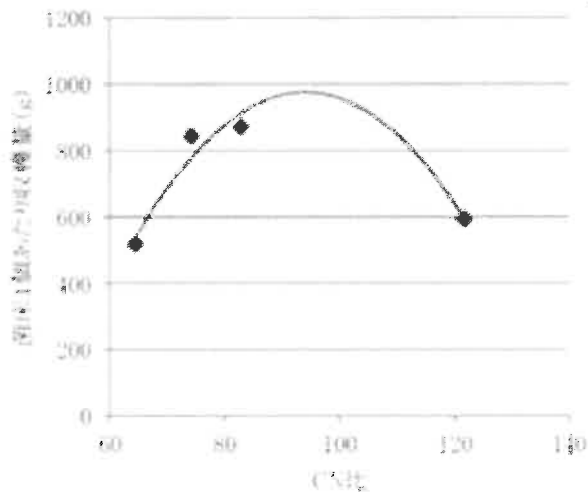


図-2. CN比と収穫量の関係

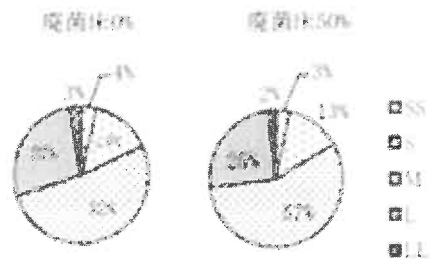


図-3. 2013年の菌床1個あたり規格別収穫量

表-3. 名護市内の2生産者から採取した廃菌床の含水率とCN比

測定項目	生産者A	生産者B	有意差 (分散分析)
含水率 (%)	44.5	76.4	あり ($P < 0.01$)
CN比	22.9	41.9	あり ($P < 0.01$)
炭素量 (%)	46.05	47.19	あり ($P < 0.05$)
窒素量 (%)	1.55	1.13	あり ($P < 0.05$)

図-2に菌床1個あたり収穫量とCN比の関係を示した。この図から収穫量のピークはCN比が80から100の間にあるように見えたため、2013年はCN比を80に固定した上で、廃菌床での置換割合を0%と50%に設定し栽培試験を行った。

CN比を80に固定し栽培試験を行った結果、2013年の収穫量は、廃菌床0%区が842.8g、廃菌床50%区が819.5gで有意差はなかった(図-1、表-2)。また、それぞれの区で収穫したシイタケの規格別収穫量の割合を図-3に

示した。廃菌床0%区でSS、Sサイズの収穫量が若干多くなったが、カイ二乗検定(独立性の検定、有意水準5%)の結果、廃菌床の置換割合によるシイタケ子実体のサイズ構成割合に差はなかった(図-3)。廃菌床での置換の有無にかかわらず、収穫量、子実体サイズの構成にも差がなかった。菌床シイタケの廃菌床を再利用して再び菌床シイタケを栽培する場合、廃菌床での置換割合は、50%までなら、おが粉とフスマのみの場合と遜色なく子実体を収穫することができた。

2生産者から採取した廃菌床の品実には、全ての項目で有意差があった(表-3)。生産者Aは簡易施設での自然栽培であるのに対して、生産者Bは空調を活用した周年栽培であった。菌床シイタケの生産方法の違いが廃菌床の品質に差が生じた原因の一つであろうと思われる。廃菌床を実際に活用する際には、菌床シイタケ生産者の栽培形態によって廃菌床の品質が異なることを念頭におき、廃菌床を採取する生産者を固定したり、複数の生産者から採取する場合は割合を一定にしたりという工夫が必要である。

4. おわりに

高島ら(2008)は、ヤマブシタケ廃菌床のリサイクル利用で、リサイクル回数を重ねる度に収穫量の低下を報告している。菌床シイタケでも同様のことが起こると想定されるため、今後廃菌床を何回までなら繰り返し利用することができるのか明らかにする必要がある。

謝辞

廃菌床を提供して下さった菌床シイタケ生産者の皆様には、深謝する。

引用文献

- 原口雅人(2008) 埼玉県農林総合研究センター研究報告7:42-55
高島幸司(2008) 日本きのこ学会誌 16(4):149-154
高島幸司(2009) 日本きのこ学会誌 17(2):81-85
高島幸司(2013) 富山県農林水産総合技術センター森林研究所研究報告5:12-18
高島幸司ら(2008) 日本木材学会誌 54(6):327-332
吉澤伸夫ら(1997) 宇都宮大学農学部演習林報告33:109-116

No.58 研究報告

平成30年3月発行

編 集 沖縄県森林資源研究センター
〒905-0012 沖縄県名護市字名護4605-5
TEL.0980-52-2091 FAX.0980-53-3305

発 行 沖縄県森林資源研究センター
〒905-0012 沖縄県名護市字名護4605-5
TEL.0980-52-2091 FAX.0980-53-3305
