

デイゴヒメコバチ *Quadrastichus erythrinae* の捕食性天敵としてハワイから導入されたデイゴカタビロコバチ *Eurytoma erythrinae* の沖縄

県内の分布と環境影響評価

大石 毅・東江 賢次

1. はじめに

マメ科デイゴ属は熱帯から亜熱帯地域にかけて分布し、108~116種が知られている (Staples and Herbst 2005; Mabberly 1987)。その中でもデイゴ *Erythrina variegata* L. は約1700年代頃に原産国のインドからベトナムそして中国泉州 (現在の福建省) を経由して琉球に導入されたと考えられている (坂崎・邑田 2014)。デイゴは花の色が真紅で美しいことから観賞用として街路、公園、学校等に広く植栽され、また、沖縄県民に広く慕われていることから1967年に沖縄県の県花に指定された重要な花木である (天野・澤岨 1989; 伊波 2007)。しかし、2005年の石垣島においてデイゴの若枝や葉脈にデイゴヒメコバチ *Quadrastichus erythrinae* (以下 ヒメコバチ) によりゴール (虫こぶ、虫えい) が高密度で形成される被害が日本国内で初めて確認された (Uechi *et al.* 2007)。その後、ヒメコバチの被害は沖縄県では沖縄島、久米島、宮古島、西表島、波照間島 (Uechi *et al.* 2007)、南大東島および北大東島 (喜友名 2008) さらに鹿児島県の奄美大島、喜界島、徳之島、加計呂麻島 (金井ら 2008) に拡大した。一方、国外ではインド洋のモーリシャスやレユニオン島 (Kim *et al.* 2004)、台湾 (Yang *et al.* 2004)、ハワイ (Gramling 2005)、インド (Faiza *et al.* 2006)、フロリダ (Howard *et al.* 2008)、ベトナム (Uechi *et al.* 2007) また、香港、タイ、フィリピン (Heu *et al.* 2008) において発生が報告さ

れている。

ヒメコバチにより若枝や新葉に産卵され、ゴールを形成された樹は樹勢が低下し (Heu *et al.* 2008)、激しく被害を受けると落葉や枯死する場合もある (Yang *et al.* 2004)。その対策として森林資源研究センターでは2006年から農薬による防除試験を実施し、防除薬剤としてチアメトキサム4%とジノテフラン8%の樹幹注入剤が有効であることを確認した (喜友名 2007; 喜友名 2016)。それら薬剤を用いて2010年から県内各地の街路樹や公共施設等に植栽されたデイゴを中心に防除が行われている (喜友名 2017)。薬剤による防除は極めて有効ではあるものの、防除コストが1~3万円/樹であり、すべてのデイゴを防除の対象とするには膨大な経費がかかる (喜友名 2017) ことや薬剤処理の際に樹幹に複数の孔を穿つため樹への負担が大きく、孔からの病原菌の侵入・感染が危惧されている (安田 2019)。このため、当研究センターにおいては薬剤防除による課題を回避しつつ、広域かつ長期的な防除対策として、2014年から捕食性天敵を利用した生物的防除に関する研究を開始した (喜友名 2017)。ヒメコバチに対し有効な捕食性天敵としてハワイにおいて野外放飼され定着していたアフリカ原産のデイゴカタビロコバチ *Eurytoma erythrinae* (Gates and Delvare 2008; Bell *et al.* 2013; Kaufman *et al.* 2020) (以下 カタビロ) を2014年にハワイから導入した (喜友名 2017; 安田 2019)。導入したカタビロは当研究センターの実験施

設内において増殖方法、在来生物との交雑や標的害虫以外の捕食等の環境影響評価および防除効果試験を行い、沖縄県デイゴカタビロコバチ放飼試験評価委員会の審査、さらに関係行政機関との調整の上、宮古島市の下地島においてカタビロの野外放飼試験を2017年10月から実施した(安田2019)。カタビロは当初予想されていたよりも急速かつ広範囲に発生が確認され、2018年には宮古島や伊良部島、さらに2020年4月には沖縄島の糸満市の増殖施設周辺のデイゴにおいても発生が確認された。その概要については2021年8月に沖縄県庁において開催した記者説明会にて報道各社に報告した(宮古新報社2021; 沖縄タイムス社2021; 琉球新報社2021)。

今後、カタビロのヒメコバチに対する捕食性天敵としての能力や安全性を評価する上で、野外におけるカタビロ発生実態等について把握することは重要である。そのため、本研究では県内のデイゴにおけるカタビロの分布調査を実施した。さらに環境影響評価に関する調査として沖縄島と宮古島市においてカタビロが防除対象としているヒメコバチ以外の在来種等への寄生性について調査し、県内の生態系へ与える影響について検討した。

2. 調査地および方法

1) デイゴにおけるカタビロの分布調査

2020年4月から2022年2月にかけて任意の時期に沖縄島とその周辺離島(伊平屋島、伊是名島、伊江島、久米島、渡嘉敷島、座間味島)、南大東島、北大東島、水納島、多良間島、石垣島、竹富島、西表島、波照間島のデイゴを対象に実施した。宮古島市の各島におけるカタビロの初発生の調査データについては2017年10月に下地島にてカタビロを放飼した後から宮古島市の各島で毎月実施している調査データを用いた。調査はヒメコバチの加害によりデイゴの新芽や葉などに形成されたゴール(虫

こぶ、虫えい)を10~200g/樹を採集した。採集したゴールは樹ごとに0.03mm目合いのナイロンゴース製(縦×横=30cm×30cm)の袋に入れ、採集地と採集月日を記録した。採集したゴールは森林資源研究センターの実験室において2~3ヶ月間、温度25℃、日長L:D=14:10の条件で保管した。保管期間中にゴールから羽化した虫はすべて回収し、99.5%エチルアルコールに浸漬保存し、その中にカタビロが含まれているかどうか実体顕微鏡を用いて観察し、形態的特徴により同定した。なお、沖縄島には2箇所のカタビロの増殖実験施設(糸満市・名護市)があることから、その結果については県内におけるカタビロの分布調査結果とは別に沖縄島のみ詳しく市町村別に集計した。

2) 野外における環境影響評価に関する調査

カタビロをハワイから導入する際に安田(2019)が環境影響の調査対象とした県内に生息するカタビロやヒメコバチの同属種または近縁の昆虫14種、さらに文献調査等によりカタビロにより影響を受ける可能性が見込まれたクワ科の果実に寄生するイチジクコバチ類とケカラスウリの茎葉に寄生するタマバエの2種を加えた合計16種の昆虫が寄生する9科18種の植物を対象とした。それらの植物の種類と採取部位は付表に示した。調査地域はカタビロの実験増殖施設が2箇所ある沖縄島と2017年10月から野外放飼試験を実施している宮古島市の宮古島、池間島、伊良部島、来間島、下地島を対象とし、調査は2020年4月から2022年2月にかけて任意の時期に実施した。沖縄島における植物の調査本数は、2020年度は北部地区204本、中部地区38本、南部地区63本、合計305本、2021年度は北部地区301本、中部地区159本、南部地区80本、合計540本であった。また、宮古島市における各島の植物の採集本数は、2020年度は宮古島27本、池間島4本、伊良部島15本、来間島4本、

下地島 4 本、合計 54 本、2021 年度は宮古島 23 本、池間島 6 本、伊良部島 8 本、来間島 7 本、下地島 4 本、合計 48 本であった。採集した植物は種名、採集部位、採集地点、採集年月日、個数、重さを記録した。なお、茎葉および気根についてはゴールまたは昆虫の寄生が確認できたものを採集した。採集した植物は当研究センターの実験室に持ち帰り、プラスチック製の飼育容器（直径×高さ＝9cm×8cm SPL LIFE SCIENCES 社製）に入れ、温度 25℃、日長 L:D=14:10 の条件で 2～3 ヶ月間保管した。保管期間中に果実、茎葉および気根から羽化した虫はすべて回収し、99.5%エチルアルコールに浸漬保存し、実体顕微鏡を用いて観察し、形態的特徴によりカタビロとその他の虫に区別し、個体数を記録した。

3. 結果

1) デイゴにおけるカタビロの分布調査

カタビロの分布と島ごとの初発生が確認された時期を図に示した。沖縄島の周辺離島および南北大東島におけるカタビロの初発生は沖縄島では 2020 年 4 月、久米島では 2021 年 8 月に確認された。一方、先島地域におけるカタビロの初発生は宮古島では 2018 年 3 月、伊良部島では 2018 年 11 月、来間島では 2020 年 1 月、池間島では 2021 年 11 月、多良間島では 2020 年 11 月、石垣島では 2021 年 5 月、竹富島では 2022 年 2 月に確認された。



図. デイゴにおけるカタビロの分布と増殖施設の位置

沖縄島には 2 箇所のカタビロの増殖実験施設（糸満市・名護市）があることから市町村別にカタビロの分布状況を表 1 に示した。北部地区ではデイゴ 52 本のうち 43 本からカタビロが採集され、調査した 9 市町村すべてにおいてカタビロの発生が確認された。中部地区ではデイゴ 23 本のうち 22 本からカタビロが採集され、9 市町村においてカタビロの発生が確認された。南部地区ではデイゴ 41 本のうち 38 本からカタビロが採集され、調査した 7 市町村すべてにおいてカタビロの発生が確認された。

表1. 沖縄島^(a)における市町村別のカタビロの分布^(b)

北部地区	中部地区	南部地区
国頭村 6/9 ^(c)	読谷村 1/1	南風原町 3/3
大宜味村 4/5	うるま市 3/3	豊見城市 4/4
東村 9/9	嘉手納町 1/1	与那原町 1/1
今帰仁村 1/1	北谷町 — ^(d)	八重瀬町 1/1
本部町 6/6	沖縄市 7/7	南城市 1/1
名護市 7/8	北中城村 2/3	那覇市 2/2
恩納村 4/4	宜野湾市 5/5	糸満市 26/29
宜野座村 4/4	中城村 1/1	
金武町 2/3	西原町 1/1	
	浦添市 1/1	
小計 43/52	22/23	38/41
		合計 103/116

a) 架構により接続されている島も沖縄島に含めた

b) 調査期間は2020年4月～2022年1月

c) カタビロが確認された木の木数/調査木数

d) 未調査

2) 野外における環境影響評価に関する調査

沖縄島における 2020 年度の環境影響評価の結果を表 2 に示した。果実についてはノブドウ科、マンサク科、クワ科、ナス科の 4 科 10 種の 234 本から 5,120.6g、3,909 個を採集し

表2. 2020年度の沖縄島における環境影響評価

植物名 科 種名	採集部位	採集重量 (g)	採集個数	虫が採集された木の本数		調査木数
				カタビロ	その他の虫 (虫数)	
ノブドウ科 ノブドウ	実	20.2	124	0	0 (0)	3
マンサク科 イスノキ	実	30.3	54	0	0 (0)	3
クワ科 ホソバムクサイズビ	実	44.8	169	0	5 (668)	7
	イズビ	854.9	411	0	17 (2,452)	36
	ガジュマル	254.3	637	0	26 (3,650)	33
	オオイトビ	2,221.7	187	0	9 (5,439)	34
	オオバニスビ	1,001.3	289	0	14 (2,015)	32
	アコウ	251.4	414	0	8 (2,850)	21
	ハマニスビ	287.2	636	0	13 (326)	32
ナス科	テリミノイヌホオズキ	154.5	988	0	3 (36)	33
小計		5,120.6	3,909	0	95 (17,436)	234
キク科	センダングサ類	0.4	0	2 (1)	2	2
クワ科	ホソバムクサイズビ	5.8	0	0 (0)	1	1
	ガジュマル	419.9	0	8 (35)	33	33
ナス科	テリミノイヌホオズキ	38.7	0	3 (53)	14	14
	ミニトマト	4.4	0	1 (1)	2	2
	オオオセンナリ	2.3	0	1 (3)	1	1
マメ科	インゲン	52.4	0	3 (8)	3	3
ウリ科	ケカラスウリ	184.3	0	5 (98)	15	15
小計		708.2	0	23 (199)	71	71
合計		5,828.8	0	118 (17,635)	305	305

たが、カタビロは確認されず、その他の虫がクワ科7種から17,400頭およびナス科1種から36頭が回収された。また、葉・茎及び気根についてはキク科1種、クワ科2種、ナス科3種、マメ科1種、ウリ科1種の5科8種の71本から708.2gを採集したが、カタビロは確認されず、その他の虫がキク科1種から1頭、クワ科1種から35頭、ナス科3種から57頭、マメ科1種から8頭およびウリ科1種から98頭回収された。

沖縄島における2021年度の環境影響評価の結果を表3に示した。果実についてはショウガ科、ノブドウ科、マンサク科、クワ科、ナス科の5科12種の424本から6,911.7g、7,168個を採集したが、カタビロは確認されず、その他の虫がショウガ科1種から5頭、ノブドウ科1種から4頭、マンサク科のイスノキから1頭、クワ科8種から12,768頭およびナス科1種から57頭が回収された。また、葉・茎及び気根についてはキク科2種、クワ科3種、ナス科3種、ウリ科2種の4科10種の116本から1,062.3gを採集したが、カタビロは確認されず、その他の虫がキク科2種から6頭、クワ科2種から90頭、ナス科3種から211頭およびウリ科2種から128頭回収された。

表3. 2021年度の沖縄島における環境影響評価

植物名		採集部位	採集重量 (g)	採集個数	虫が採集された木の木数		調査本数
科名	種名				カタビロ	その他の虫 (虫数)	
ショウガ科	アオノクマタケラン	実	476.1	661	0	2 (5)	26
ノブドウ科	ノブドウ	実	84.9	405	0	1 (4)	16
マンサク科	イスノキ	実	434.5	820	0	1 (1)	23
クワ科	ホソバムクシズビフ	実	95.9	429	0	3 (231)	21
	アカメイズビフ	実	148.6	63	0	1 (390)	7
	イヌビフ	実	1,351.1	666	0	19 (1,163)	75
	ガジュマル	実	302.2	731	0	23 (2,059)	38
	オオイタビ	実	2,108.1	183	0	11 (4,762)	40
	オオハイスビフ	実	745.3	250	0	9 (1,666)	39
	アコウ	実	381.6	524	0	13 (2,179)	32
	ハマイスビフ	実	613.8	1,357	0	15 (318)	69
ナス科	テリミノイヌホオズキ	実	169.6	1,079	0	11 (57)	38
	小計		6,911.7	7,168	0	109 (12,835)	424
キク科	センダングサ類	葉	3.1		0	1 (2)	2
	オオアレチノギク	葉	2.3		0	1 (4)	1
	ホソバムクシズビフ	葉	100.1		0	3 (8)	10
クワ科	ガジュマル	気根	579.7		0	10 (82)	54
	アコウ	気根	17.9		0	0 (0)	2
	テリミノイヌホオズキ	葉	79.0		0	13 (200)	18
ウリ科	ミニトマト	葉	5.2		0	1 (10)	1
	オオオセンナリ	葉	3.3		0	1 (1)	1
	ケカラスウリ	葉・茎	248.2		0	13 (120)	26
	セイヨウカボチャ	葉・茎	23.5		0	1 (8)	1
	小計		1,062.3		0	44 (435)	116
	合計		7,974.0		0	153 (13,270)	540

宮古島市における2020年度の環境影響評価の結果を表4に示した。果実についてはクワ科、ナス科の2科6種の40本から306.3g、635個を採集したが、カタビロは確認されず、その他の虫がクワ科2種から525頭およびナス科のテリミノイヌホオズキから17頭が回収された。また、クワ科のガジュマルの気根を117.9g採集したが、カタビロは確認されず、その他の虫がガジュマルの気根から16頭回収された。

表4. 2020年度の宮古島市における環境影響調査

植物名		採集部位	重さ(g)	個数	虫が採集された木の木数		調査本数
科名	種名				カタビロ	その他の虫 (虫数)	
クワ科	イスビフ	実	14.7	9	0	0 (0)	1
	ガジュマル	実	129.4	204	0	13 (473)	17
	オオイタビ	実	43.9	5	0	0 (0)	1
	アコウ	実	8.4	14	0	0 (0)	1
	ハマイスビフ	実	63.9	129	0	5 (52)	10
	テリミノイヌホオズキ	実	46.0	274	0	2 (17)	10
	小計		306.3	635	0	20 (542)	40
クワ科	ガジュマル	気根	117.9		0	2 (16)	14
	合計		424.2		0	22 (558)	54

宮古島市における2021年度の環境影響評価の結果を表5に示した。果実についてはノブドウ科、クワ科、2科7種の34本から274.7g、595個を採集したが、カタビロは確認されず、その他の虫がクワ科2種から392頭回収された。また、葉・茎及び気根についてはキク科のセンダングサ類、クワ科2種の14本から153.9gを採集したが、カタビロは確認されず、その他の虫についても回収できなかった。

表5. 2021年度の宮古島市における環境影響調査

植物名		採集部位	重さ(g)	個数	虫が採集された木の木数		調査本数
科名	種名				カタビロ	その他の虫 (虫数)	
ノブドウ科	ノブドウ	実	21.2	95	0	0 (0)	4
クワ科	ホソバムクシズビフ	実	2.8	30	0	0 (0)	1
	イスビフ	実	42.4	32	0	0 (0)	4
	ガジュマル	実	100.3	260	0	8 (353)	12
	オオハイスビフ	実	32.2	13	0	0 (0)	2
	アコウ	実	19.8	55	0	0 (0)	3
	ハマイスビフ	実	56.0	110	0	3 (39)	8
	小計		274.7	595	0	11 (392)	34
キク科	センダングサ類	葉	1.6		0	0 (0)	1
クワ科	ガジュマル	気根	140.8		0	0 (0)	12
	アコウ	気根	11.5		0	0 (0)	1
	小計		153.9		0	0 (0)	14
	合計		428.6		0	11 (392)	48

4. 考察

本研究では、カタビロの県内における分布状況および環境影響評価について調査した。カタビロは野外放飼試験を実施している宮古

島市のすべての島（宮古島と架橋により接続している島）、さらに沖縄島、久米島、多良間島、石垣島、竹富島に分布していることが明らかとなった(図)。今回の沖縄県内におけるカタビロの分布拡大の発生元としては主に二つの場合が考えられる。そのひとつは宮古島市の下地島にて放飼されたカタビロによる拡散である。おそらく多良間島、石垣島および竹富島で発生が確認されたカタビロの個体群は宮古島市から拡散した可能性がある(図)。もう一方は沖縄島の2箇所の実験増殖施設からの拡散である。両施設ともカタビロの導入または増殖開始の前には隔離状況や対策について国または外部審査を受けているが、何らかの原因により施設から拡散した可能性は否定できない。沖縄島におけるカタビロの分布が調査したすべての市町村(表1)や沖縄島の両施設から約100km離れた久米島(図)で確認されたことから、いずれの施設から拡散したかどうか判定するのは困難であり、また、少なくとも数年前から拡散が始まっていた可能性が考えられる。カタビロは少なくとも垂直方向へ約15m移動できる(大石・東江 2020)ことが確認されていることから、カタビロのように体長が1.9~2.4mm(Gates and Delvare 2008)の小さな昆虫であれば気流等により容易に数キロ以上水平方向へ移動できることは予想できる。また、いくつかの小さな昆虫、例えば体長が約3mmのダイズサマタマバエ *Asphondylia yushimai* の雌成虫は連続で80分間程度は飛翔できることが報告(Yukawa and Kanmiya 2019)されており、カタビロのような小さな昆虫でも自力飛翔によりかなりの距離を移動できるかもしれない。微小な昆虫やその他の小さな生き物は気流や飛翔や歩行以外にもその他の生き物、例えば人や植物などに付着して移動する場合も考えられる。農業上重要な害虫であるナミハダニ黄緑型 *Tetranychus urticae* Koch (green form) は沖縄島で育苗されたトウガン苗に寄生した状態で宮古島に運ばれた事

例もある(宮城ら 2011)。このようにカタビロのように小さな昆虫については、野外に拡散してしまった場合、それを人為的に制御することは困難であると予想され、分布の拡大を完全に阻止することは困難である。しかし、本県から他県へのデイゴの苗等の移動については差し控えるように苗業者などに広く知らしめることで、分布の拡大を抑制できるかもしれない。今後も県内の分布に関する調査を継続し、分布状況を把握することは重要である。

カタビロの環境影響評価に関する調査として、県内に生息するカタビロおよびヒメコバチの近縁種等が寄生する植物を対象にカタビロの寄生の有無を調査した。現時点においてはデイゴ以外の植物からカタビロの発生は確認されておらず(表2、3、4、5)、国内外においてもカタビロがヒメコバチ以外への昆虫に寄生が確認された報告はない。しかしながら、県内の植物相や昆虫相はカタビロの原産国であるアフリカやハワイとは異なるため、在来の植物や昆虫に何らかの影響を与える可能性は否定できないことから、環境影響評価に関する調査は今後も継続する必要がある。また、文献調査等により、県内に新たにカタビロやヒメコバチの近縁種の生息が確認された場合にはそれらの昆虫についても調査対象に加える必要があると考える。今回の環境影響評価に関する調査において沖縄島に比べ宮古島市で採集された植物の種類は少なかった。その要因として、沖縄島の面積が1,207km²に対し宮古島市は204 km²と小さいこと、さらに宮古群島はもともと地史が新しく、山も川もない平坦な宮古は植物相も貧弱であり、そこに依拠して生きる動物相も他地域に比較して豊かとはいえない(仲宗根 1997)という宮古群島の特徴的な環境要因が大きいと考える。今後は宮古島市においてもより多くの植物を採集できるよう調査の時期や場所等について検討する必要がある。また、宮古島市におけるデイゴの開花状況等の推移について継続的に調査す

ることで、ハワイからカタビロを導入した本来の目的であるカタビロのヒメコバチへの防除効果についても評価できると考える。

引用文献

天野鉄夫・澤岷安喜 (1989) 図鑑 琉球列島有用樹木誌.

Bell, R. C., Belmaker, A., Couch, C. S., Marchetto, K. M., Simonis, J. L., Thomas, R. Q., Sparks, J. P., Brown, J. M., Francisco, K. S., Manuel, M. E (2013) J. Torrey Bot. Soc. 140: 215-224

Faiza MH, Prathapan KD, Anith KN, Mary CA, Lekha M, Rini CR (2006) Current Science 90: 1061-1062

Gates, M., Delvare, G. (2008) Zootaxa 1751: 1-24

Gramling C (2005) Science 310: 1759-1760

Heu, R. A., Tsuda, D. M., Nagamine, W. T., Yalem, J. A., Suh, T. H (2008) Hawaii Department of Agriculture New Pest Advisory. No. 05-03

Howard, F. W., Robert W. P., Liu H (2008) Proceedings of the Florida State Horticultural Society 121: 363-369

伊波善勇 (2007) 沖縄植物図譜. (財)海洋博覧会記念公園管理財団

金井賢一・松比良邦彦・上地美・湯川順一 (2008) 応動昆. 52: 151-154

Kaufman, L. V., Yalem, J., Wright, G. M. (2020) Biological Control 142: 104161

Kim, I. K., Delaware, G., La Salle, J (2004) J. Hym. Res. 13: 243-249

喜友名朝次 (2007) 沖縄県森林セ研究報告. 50: 10-14

喜友名朝次 (2008) 森林防疫. 57: 241-244

喜友名朝次 (2016) 沖縄県森林研セ研究報告. 57: 18-21

喜友名朝次 (2017) 林業と薬剤. 219: 7-12

仲宗根将二 (1997) 宮古風土記 「上巻」

Mabberly, D. J (1987) The Plant-Book. A Portable Dictionary of the Higher Plants.

宮城聡子・大石毅・大野豪・與座一文・大石彩子・喜久村智子・貴島圭介・山口綾子・宇久田理恵・小禄博昭 (2011) 応動昆 55: 241-247

宮古新報社 (2021) デイコカタビロコバチ発生. 宮古新報. 9月2日

沖縄タイムス社 (2021) デイゴ害虫の天敵繁殖 県内19市町村へ拡大. 沖縄タイムス 20:9月2日

大石毅・東江賢次 (2020) 沖縄県森林資源研究センター業務報告. 32: 31-32

琉球新報社 (2021) カタビロコバチ試験地外で確認 県、在来種への影響調査. 琉球新報 9:9月3日

坂崎信之・邑田裕子 (2014) 日本植物園協会誌. 40: 36-47

Staples GW, Herbst DR (2005) *Erythrina*. In: Staples GW, Herbst (eds). A tropical Garden Flora, Bishop Museum Press Honolulu. 315-317

Uechi Nami, Uesato Takumi, Yukawa Junichi (2007) J. Entomol. Sci. 10: 209-212

安田慶次 (2019) 九州森林学会. 72: 145-149

Yukawa J, Moriya T, Kanmiya K (2019) Appl. Entomol. Zool. 54:167-174

付表. 環境影響評価のための植物採集リスト

植物名		採集部位	寄生または影響を受ける可能性のある昆虫
科名	和名		
ショウガ科	アノクマタケラン	果実	アノクマタケランミタマバエ等
ブドウ科	ノブドウ	果実	ミナミノブドウミタマバエ
マンサク科	イスノキ	果実	イスノキミタマバエ
クワ科	イスズワ、ガジュマル等 ガジュマル、アコウ	果実 気根	クワ科に寄生するイチジクコバチの近縁種 カタビロコバチの近縁種
キク科	センダン属、キク	葉	マメハモグリバエ、ナモグリバエ等
ナス科	テリミノイヌホオズキ テリミノイヌホオズキ、トマト等	果実 葉	テリミノイヌホオズキミタマバエ マメハモグリバエ、トマトハモグリバエ
マメ科	インゲン、サヤエンドウ等 インゲン等	葉 葉柄・莖	マメハモグリバエ、ナモグリバエ等 インゲンモグリバエ
ウリ科	ケカラスウリ キュウリ、セイヨウカボチャ等	葉柄・莖 葉	タマバエ類の一種 マメハモグリバエ、トマトハモグリバエ
ミカン科	ゲッキツ、タンカン等	新芽	ミカンコナカイガラムシ

シイタケ菌床に低利用な樹種を活用した栽培技術の検討

仲摩 和寛・伊藤 俊輔・赤池 頼・井ノ口 あゆみ

1. はじめに

本県において、シイタケ菌床のおが粉はイタジイを中心とする広葉樹が利用されている。これらのおが粉は、主に木材生産の拠点地となる国頭村から供給されているが、同地域を含むやんばる3村が国立公園の指定を受けたことに伴い伐採可能な区域や方法が制限されている。一方、きのこ生産量は近年増加傾向にあり、それに伴いおが粉の需要が高まっていることから、安定した供給を維持することが課題となっている。今回は、シイタケ菌床に低利用な樹種について培地基材としての適性を明らかにすることで、限られた森林資源から十分なシイタケ生産量を得ることを目的として栽培試験を実施した。

2. 方法

試験は2019～2021年に各1回、計3回実施した。培地に用いた樹種は、主に本県の造林樹種から選定した。

1) 2019年(Test. 1)

供試した樹種は5種で、ハマセンダン (*Tetradium glabrifolium*)、ウラジロエノキ (*Trema orientalis*)、モクマオウ (*Casuarina equisetifolia*)、タイワンフウ (*Liquidambar formosana*)、イジュ (*Schima wallichii*)、対照区にイタジイ (*Castanopsis sieboldii*)を使用した(略記

号は順に Tg、To、Ce、Lf、Sw、Cs と記す)。ハマセンダン、ウラジロエノキ、モクマオウ、タイワンフウは早期の成長が見込まれることから選定した。特にタイワンフウは原木栽培において、2年目までの収量がクヌギとあまり差が無いと報告されている(宮川、1987)。イジュは既報(伊藤、2014)により菌床栽培においてイタジイ並みの収量が期待されることが明らかにされているが、10ヶ年の造林実績が37haと最も多く、今後の資源量が見込まれることから再検証を目的とし選定した。菌床に用いたおが粉は、モクマオウ、タイワンフウ、イジュ、ハマセンダンを2019年、ウラジロエノキを2018年に名護市内で伐倒後、森林資源研究センターで破砕した。イタジイは宜野座堆肥センターからおが粉を購入した。おが粉は、風乾させたものを使用した。菌床の作成から栽培に関しては表-1のとおりとした。作成した菌床のpHは、滅菌後の培地試料をコニカルビーカーに5g採取し、20gのイオン交換水を加え攪拌後、1時間静置し、再度攪拌し、卓上型pH計(F-74 堀場製作所)により測定した。C/N比は、滅菌後の培地を110℃にて絶乾状態まで乾燥し、目開き1.0mmのメッシュを装着したミルで破砕したものをCNコーダー(MACRO CORDER JM1000CN ジェイ・サイエンス・ラボ)にて分析した。調査項目は、収量(生重)、子実体サイズとし、収量は「R(version 4.1.2)」を

表-1 Test. 1～3 試験条件一覧表

	Test.1	Test.2	Test.3
基材	Cs,Tg,To,Ce,Lf,Sw	Cs,Tg,To,Ce,Aj	Cs,To,Es,Mr,To,Ac,Tc,Fg
栄養剤	フスマ	フスマ	フスマ
添加割合(絶乾重)	おが粉:フスマ=4:1	おが粉:フスマ=3:1	おが粉:フスマ=4:1
含水率	63%	63%	63%
菌床重量	1.0kg	2.2kg	2.2kg
供試数	7個	10個	7個
滅菌方法	高压121°C,90分	高压121°C,90分	高压121°C,90分
菌株	XR-1	XR-1	XR-1
培養温度	21°C	21°C	21°C
培養期間	2019.12.26 ～2020.3.3	2020.10.16 ～2021.1.13	2021.9.6 ～2021.12.10
培養日数	69日	90日	95日
発生	簡易自然発生舎	簡易自然発生舎	簡易自然発生舎
発生操作(除袋)	2020.3.4	2021.1.13	2021.12.10
試験終了	2020.4.29	2021.4.1	2022.3.18
浸水	5～7時間	24時間	6時間
発生回数	4回	4回	3回

用いて、パッケージ「multcomp」を使用し、Dunnett 法による多重比較検定によって統計解析した。また、子実体サイズは傘直径を直行2方向についてノギスで測定した平均値により、3cm以下をSS、3cm以上4cm未満をS、4cm以上6cm未満をM、6cm以上8cm未満をL、8cm以上をLLに区分し、重量ベースにより樹種別の子実体サイズ割合を算出した。

2) 2020年(Test. 2)

供試した樹種は4種で、ハマセンダン、ウラジロエノキ、モクマオウ、タイワンハンノキ(*Alnus japonica* var. *formosana*)、対照区にイタジイを使用した(略記号は順にTg、To、Ce、Aj、Csと記す)。

ハマセンダン、ウラジロエノキ、モクマオウはTest. 1の1.0kg培地から2.2kg培地にて再度検証するため選定した。タイワンハンノキについては、イジユ同様、既報

(伊藤、2014)により菌床栽培においてイタジイ並みの収量が期待されることが明らかにされているが、早期の成長が見込まれることから再検証を目的とし選定した。

おが粉はすべて2020年6月に名護市内で各立木を伐倒後、宜野座堆肥センターにて破碎し、風乾させたものを使用した。菌床の作成から栽培に関しては表-1のとおりとした。

作成した菌床のpH測定、C/N比分析、調査項目および統計解析は、Test. 1と同様とした。

3) 2021年(Test. 3)

供試した樹種は5種で、ウラジロエノキ、ホルトノキ(*Elaeocarpus sylvestris*)、ヤマモモ(*Morella rubra*)、ソウシジュ(*Acacia confusa*)、モモタマナ(*Terminalia catappa*)、シマトネリコ(*Fraxinus griffithii*)、対照区にイタジイを使用した(略記号はTo、Es、Mr、Ac、

Tc、Fg、Cs と記す)。

ウラジロエノキは Test. 1 に比べ Test. 2 の結果が著しく低調であったことから再検証のため選定した。ホルトノキはシイタケ原木に適する樹種(我如古、1975)であり菌床用おが粉としても期待できることから選定した。ヤマモモ、ソウシジュは乾性土壤に耐える樹種(平田ら、1999)¹⁾として森林造成困難地の植栽に期待されることから選定した。モモタマナ、シマトネリコは各々の品目の原木栽培を含めて既往の供試履歴が無く、原木を調達し得たため選定した。

おが粉はすべて 2021 年 8 月に名護市内で各立木を伐倒後、宜野座堆肥センターにて破砕したものを生木状態にて使用した。菌床の作成から栽培に関しては表-1 のとおりとした。

作成した菌床の pH 測定、C/N 比分析、調査項目および統計解析は、Test. 1 と同様とした。

3. 結果

1) 2019 年 (Test. 1)

各試験区の pH は、イタジイ、タイワンフウ、イジュ、ウラジロエノキ、モクマオウ、ハマセンダンの順に 4.9、6.6、6.0、6.2、6.0、5.2、であった。C/N 比は同順に 68、63、65、57、44、51 であった。収穫量の平均値、標準偏差は、同順に 127.0 ± 23.9g、182.2 ± 42.7g、154.0 ± 14.4g、153.0 ± 54.6g、93.7 ± 35.4g、60.9 ± 26.5g であった。図-1 のとおり、イタジイに比べタイワンフウが多く (p<0.05)、イジュ、ウラジロエノキ、モクマオウが同等、

ハマセンダンが少なかった (p<0.05)。子実体サイズは、Mサイズ以上が一般的に市場価値の高いものとされるが、図-2 のとおり、各試験区とも Mサイズ以上が 8割以上となり、特にタイワンフウ、ハマセンダンは Lサイズ以上が 5割以上を占めた。

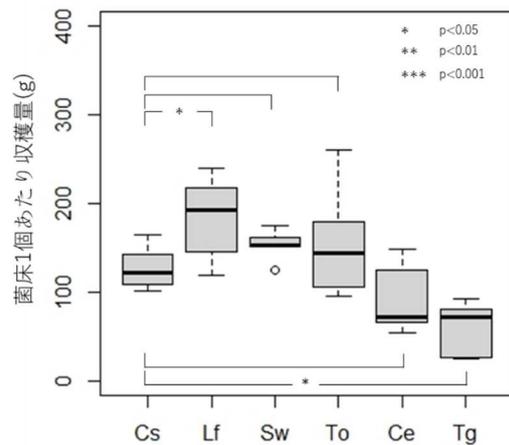


図-1 Test. 1 収穫量

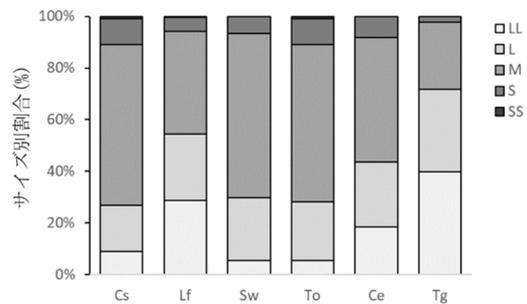


図-2 Test. 1 子実体サイズ割合

2) 2020 年 (Test. 2)

各試験区の pH は、イタジイ、モクマオウ、ハマセンダン、タイワンハンノキ、ウラジロエノキの順に 5.1、5.3、5.7、5.5、5.9 であった。C/N 比は同順に 62、53、46、57、55 であった。収穫量は、同順に 794.0 ± 114.2g、752.8 ± 84.2g、656.9 ± 182.1g、537.1 ± 137.0g、140.3 ± 217.1g であった。イタジイと各試験区間

の収量を比較すると、図-3 のとおり、モクマオウ、ハマセンダンは同等、台湾ハンノキ、ウラジロエノキは少なかった ($p < 0.01$, $p < 0.001$)。特にウラジロエノキは収量の平均が 150g を下回り、極端に少なかった。子実体サイズは、図-4 のとおり、M サイズ以上は台湾ハンノキ、ハマセンダンは、ウラジロエノキが 8 割以上、イタジイ、モクマオウが 6 割程度であった。

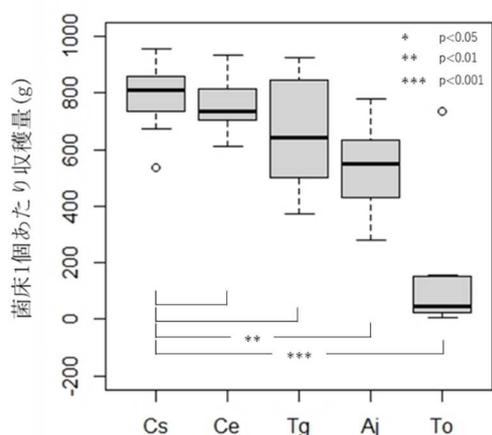


図-3 Test. 2 収量

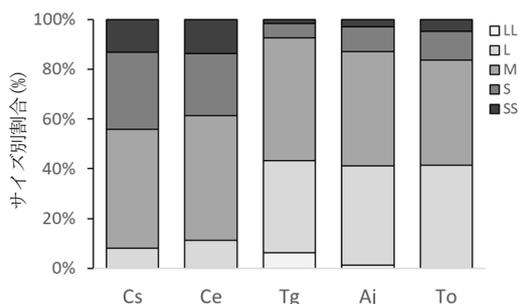


図-4 Test. 2 子実体サイズ割合

3) 2021 年 (Test. 3)

各試験区の pH は、イタジイ、ヤマモモ、ウラジロエノキ、ホルトノキ、ソウシジュ、シマトネリコ、モモタマナの順に 4.8、4.9、5.6、4.8、5.3、5.1、4.7 であ

った。C/N 比は同順に 38、34、36、39、31、37、35 であった。収量は、 $416.6 \pm 28.9g$ 、 $556.1 \pm 29.3g$ 、 $543.0 \pm 105.0g$ 、 $523.6g \pm 114.1g$ 、 $463.6 \pm 73.7g$ 、 $404.4 \pm 57.9g$ 、 $252.3 \pm 29.4g$ であった。

イタジイと各試験区間の収量を比較すると、図-5 のとおり、ヤマモモ、ウラジロエノキが多く ($p < 0.01$, $p < 0.05$)、ホルトノキ、ソウシジュおよびシマトネリコは同等、モモタマナは少なかった ($p < 0.01$)。子実体サイズは、図-6 のとおり、M サイズ以上の割合は、イタジイ、ホルトノキ、ソウシジュ、シマトネリコが 8 割程度、ウラジロエノキが 7 割程度、ヤマモモ、モモタマナは 3 割程度であった。

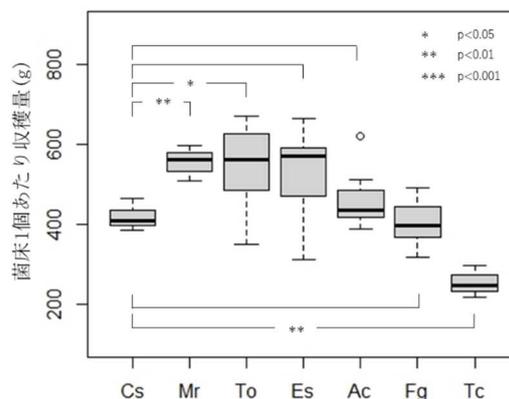


図-5 Test. 3 収量

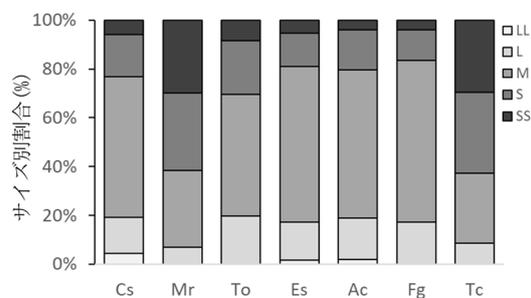


図-6 Test. 3 子実体サイズ別割合

4. 考 察

3回の試験にて全試験区のpHは4.8～6.6であった。シイタケのpH適性範囲は5.5～6.5(大賀、1989)とされるが、イタジイ、ヤマモモ、ホルトノキ、モモタマナの試験区は5.0未満とより酸性の値となった。4種のうち最も低かったのは4.7のモモタマナで、収穫量もイタジイと1%有意水準で低くなっている。しかし、イタジイがpH4.8と僅か0.1の差であるため、pHによる影響なのか不明である。C/N比は、31～68の範囲にあり、最小値の31がTest.3のソウシジュ、最大値の68がTest.1のイタジイであった。担子菌の成長に最適なC/N比は20～40とされ(北本ら、1980)、シイタケについては加藤ら(1999)の報告で、培地のCN比が66と36のものに収量の有意差は無く、一般の担子菌より適する培地のC/N比が高い範囲にあるのではないかと示されている。それらを踏まえると、今回供試した樹種においてC/N比が適性範囲より大きく外れるものは無いと思われる。

収穫量では、表-2のとおりイタジイよりタイワンフウ、ヤマモモが多い。同等であったのが、イジュ、モクマオウ、ハマセンダン、ホルトノキ、ソウシジュ、シマトネリコの6種であった。ハマセンダンはTest.1がイタジイより低い(図-1)、Test.2の収穫量が平均650gを超えており(図-3)、シイタケ栽培に適していると思われる。

一方、ウラジロエノキはTest.3にてイタジイ以上の収穫量が得られたが、Test.2の結果が、対照区のイタジイが400g程度と低調であり、有意差の無かったソウシジュ、シマトネリコも平均値が500g以下であった(図-3、図-5)。これら3種については、継続してデータを蓄積すべきと思われる。

表-2 Test.1～3 Cs比収量結果一覧表

樹種	略記号	収量結果(対Cs)		
		Test.1	Test.2	Test.3
ハマセンダン	Tg	—	=	
ウラジロエノキ	To	=	—	+
モクマオウ	Ce	=	=	
タイワンフウ	Lf	+		
イジュ	Sw	=		
タイワンハンノキ	Aj		—	
ホルトノキ	Es			=
ヤマモモ	Mr			+
ソウシジュ	Ac			=
モモタマナ	Tc			—
シマトネリコ	Fg			=

+ : 多い = : 有意差なし - : 少ない

※ Dunnett法にてCsと多重比較(p<0.05)

引用文献

- 伊藤俊輔(2014) 沖縄県森研報 56. 5～20
 大賀祥治(1989) 九大演報 61. 1-90
 加藤幸浩ら(1999) 日本応用きのこ学会誌 7(3). 121-125
 我如古光男(1975) 沖縄県林試研報 18. 1-7
 北本豊ら(1980) 日菌報 21. 369-380
 平田功ら(1999) 沖縄県林試研報 11. 15-22
 宮川晶次郎(1987) 徳林総研報 25. 76-80

菌床シイタケにおける発生不良に関する研究

仲摩 和寛・伊藤 俊輔・赤池 頼・井ノ口 あゆみ

1. はじめに

県内の生シイタケ生産量は、平成 20 年に 4.9t まで低下したが、原木栽培から菌床栽培への移行、生産施設の新設、生産者の新規参入等を背景に、令和 2 年度には 78.4t まで伸びている。一方、生産現場においては、平成 26 年頃から原因不明の発生不良が生じ、1 菌床あたりの収量が本県にて一般的に標準とされる 600g に比べ、300 g を下回るまで低下した。現在は回復基調にあるものの、その原因の究明と対策方法の確立が求められている。

本県の森林は、多様な樹種から構成され、シイタケ菌床用のおが粉に不適となる樹種が混入した可能性が、発生不良の要因の一つとして懸念されているため、一般的に不適とされるクスノキ、その類縁のクスノキ科のほか、菌子伸長の阻害が確認されているヤンバルアワブキ(金城ら、1987)を標準的なイタジイおが粉に混入させた栽培試験を実施した。また、クスノキについては、原木の径級、滅菌温度の違いが子実体に与える影響を検討した。そのほか発生不良が栽培時の管理条件に起因する可能性を考え、その条件の一つである培養温度別の栽培試験について実施した。

2. 方 法

1) クスノキ混入栽培試験(Test. 1)

クスノキ(*C. camphora*)をイタジイ(*C. sieboldii*)おが粉に混入した栽培試験は、2 回実施しており、試験 1 回目は 2~15%、試験 2 回目は 2~20%の割合で混入した。栄養剤はフスマを用い、絶乾重で培地の 20~25%となるよう添加した。ほか条件は表-1 のとおり

実施した(略記号は Cc、Cs とする)。

1 回目の試験に使用したおが粉について、クスノキは 2018 年に名護市内で伐倒後、森林資源研究センターで粉碎処理し、イタジイはおが粉を 2018 年に宜野座堆肥センターから購入した。2 回目の試験に使用したおが粉については、クスノキ、イタジイとも 2020 年 6 月に名護市内で伐倒後、宜野座堆肥センターにて粉碎処理した。試験に使用したおが粉は風乾させて使用した。

調査項目は、収穫量(生重)、子実体サイズとし、収穫量は「R(version 4.1.2)」を用いて、パッケージ「multcomp」を使用し、Tukey-Kramer 法による多重比較検定によって解析した。また、子実体サイズは傘直径を直行 2 方向についてノギスで測定した平均値により、3cm 以下を SS、3cm 以上 4cm 未満を S、4cm 以上 6cm 未満を M、6cm 以上 8cm 未満を L、8cm 以上を LL に区分し、重量ベースにより樹種別の子実体サイズ割合を算出した。

2) クスノキ科混入栽培試験(Test. 2)

クスノキ、シバニッケイ(*Cinnamomum doederleinii*)、ヤブニッケイ(*Cinnamomum yabunikkei*)、タブノキ(*Machilus thunbergii*)をイタジイおが粉に 30%混入した栽培試験を表-1 のとおり実施した(略記号は Cc、Cd、Cy、Mt とする)。おが粉は全て、2020 年 6 月に原木を名護市内で伐倒後、宜野座堆肥センターにて粉碎処理した後、風乾したものを使用した。作成した菌床の pH は、滅菌後の培地試料をコニカルビーカーに 5g 採取し、20g のイオン交換水を加え攪拌後、1 時間静置し、再度攪拌し、卓上型 pH 計(F-74 堀場製作所)により測定した。C/N 比は、滅菌

表-1 Test. 1～Test. 5 栽培条件一覧表

	Test.1(1回目)	Test.1(2回目)	Test.2	Test.3	Test.4	Test.5	Test.6
混入割合(%)	2, 5, 7, 10, 15	2.5, 10, 15, 20	30	30	0, 25, 50, 100	0, 25, 50	—
栄養剤	フスマ	フスマ	フスマ	フスマ	フスマ	フスマ	フスマ
基材：栄養剤(絶対乾重)	4 : 1	3 : 1	3 : 1	3 : 1	4 : 1	4 : 1	4 : 1
含水率(%)	63	63	63	63	63	63	63
菌床重量(kg)	1.0	2.2	2.2	2.2	0.015	1.0	2.2
供試数(個)	5	7	10	10	8	9	7
滅菌方法	121°C, 90分	121°C, 90分	121°C, 90分	CcD30 : 121°C, 90分 CcD30L : 105°C, 4時間	121°C, 60分	121°C, 90分	121°C, 90分
菌株	XR-1	XR-1	XR-1	XR-1	XR-1	XR-1	XR-1
培養温度(°C)	21	21	21	21	25	21	15, 18, 21, 24,
培養期間	2019.12.12 ～2020.2.20	2020.11.6 ～2021.1.20	2020.10.16 ～2021.1.13	2021.9.6 ～2021.12.6	2021.11.26～ 12.3 培養10日 : 2021.11.26～ 12.6	Mo0%, 25% : 2021.12.8～2022.3.18 Mo50% : 2021.12.8～2022.3.25	15°C : 2021.8.10～12.6 18°C : 2021.8.26～12.6 21°C : 2021.9.10～12.6 24°C : 2021.9.21～12.6
培養日数(日)	68	75	90	90	7, 10	Mo0%, 25% : 90 Mo50% : 97	15°C : 118 18°C : 102 21°C : 87 24°C : 76
発生	自然発生舎	自然発生舎	自然発生舎	自然発生舎	—	実験室内	自然発生舎
発生操作(除袋)	2020.2.20	2021.1.20	2021.1.13	2021.12.6	—	Mo0%, 25% : 2022.3.18 Mo50% : 2022.3.25	2021.12.6
試験終了	2020.4.16	2021.4.1	2021.4.1	2022.4.1	—	Mo0%, 25% : 2022.6.10 Mo50% : 2022.6.17	2022.3.22
浸水(h)	5～7	24	24	24	—	6～7	6～7
発生回数(回)	4	4	4	4	—	3	3

後の培地を 110°Cにて絶乾状態まで乾燥し、目開き 1.0mm のメッシュを装着したミルで破砕したものを CN コーダー(MACRO CORDER JM1000CN ジェイ・サイエンス・ラボ)にて分析した。調査項目および統計解析は、クスノキ混入栽培試験と同様とした。

3) 原木サイズ、滅菌温度別栽培試験(Test. 3)

胸高直径 10cm と 30cm のクスノキ原木を破砕したおが粉をイタジイに 30%混入した栽培試験を表-1 のとおり実施した(略記号は CcD10、CcD30 とする)。また、CcD30 について、滅菌方法を高圧、常圧により滅菌温度を変えた栽培試験を表-1 のとおり実施した(略記号は CcD30、CcD30L とする)。

おが粉は、クスノキを 2021 年 8 月に名護市内で伐倒し、宜野座村堆肥センターで粉碎処理、イタジイを 2021 年 3 月に名護市内で伐倒し、森林資源研究センターにて粉碎処理したもの

を使用した。

作成した菌床の pH 測定、C/N 比分析、調査項目は、Test. 2 と同様とした。統計解析は、「R(version 4.1.2)」を用いて、胸高直径別の 3 つの試験区をパッケージ「multcomp」を使用し、Tukey 法による多重比較検定、滅菌温度別の 2 つの試験区を t 検定した(有意水準 5%)。

4) ヤンバルアワブキ混入菌糸試験(Test. 4)

ヤンバルアワブキ(略記号 Mo とする)をイタジイおが粉に混入した菌糸伸長試験を実施した。

おが粉は、ヤンバルアワブキを 2021 年 10 月に名護市内で伐採し、11 月に森林資源研究センターにて粉碎処理、イタジイを 2021 年 8 月に名護市内で伐採し、宜野座堆肥センターにて粉碎処理したものを使用した。おが粉の粒度は、1.0mm メッシュオン 2.0mm メッシュパスにて調整した。

イタジイおが粉を0%、25%、50%、100%の割合でヤンバルアワブキおが粉にて置換(絶乾重比)し、含水率が63%になるよう水を添加して一昼夜放置した。1日後、栄養剤としてフスマをおが粉の20%混合(絶乾重比)した後、シャーレに15gずつ計りとり、表面を均したあと、高圧滅菌(121°C、60min)した。各試験区には各8枚のシャーレを供試した。種菌接種と培養は、事前にPDA平板培地地上に培養したシタケ菌糸をコルクボーラー(φ4mm)で穿ち、培地中央に植菌した後、25°Cのインキュベータ内で培養した。菌株は、XR1(森産業)を用いて、植菌から7日後と10日後に菌糸伸長量を測定した。菌糸の長さは、シャーレ上面に記した十字線に接する菌糸の長さを2方向で計測し、その平均値とした。菌糸伸長についての統計解析は、統計分析ソフト「R(ver. 4.1.2)」、パッケージ「multcomp」を使用し、Tukey-Kramer法による多重比較検定を行った。

5) ヤンバルアワブキ混入栽培試験(Test. 5)

ヤンバルアワブキをイタジイおが粉に混入した栽培試験を表-1のとおり実施した。

おが粉はヤンバルアワブキ混入菌糸伸長試験と同じものを使用した。また、調査項目および統計解析は、Test. 1と同様とした。

6) 培養温度別栽培試験(Test. 6)

培養温度を変えた栽培試験を表-1のとおり実施した。

培地基材はイタジイを使用し、原木を2021年3月に名護市内で伐倒後、宜野座村堆肥センターで粉碎処理した。

培養温度は、本県の一般的な生産現場における21°Cのほか、15°C、18°C、24°Cとし、15°Cは三洋電機製インキュベータMIR-253内で、他の3試験区は空調設備を有する実験室にて培養を行った。

作成した菌床のpH測定、C/N比分析、調査項目および統計解析は、Test. 2同様とした。

3. 結果および考察

1) クスノキ混入栽培試験(Test. 1)

試験1回目の収穫量は、Cs100、Cc2、Cc5、Cc7、Cc10、Cc15の順に平均値±SDが118.3±30.0g、160.3±51.8g、158.2±48.1g、87.9±39.1g、102.0±48.8g、164.2±79.7gであった。各試験区間にて比較すると、図-1のとおり、イタジイ100%、クスノキ2~15%混入した全試験区間において差はなかった。試験2回目の収穫量はCs100、Cc2、Cc5、Cc10、Cc15、Cc20の順に416.0±87.6g、428.1±49.8g、429.1±271.4、490.5±49.5g、445.5±71.6g、480.0±186.2gであった。各試験区間にて比較すると、図-3のとおり、イタジイ100%、クスノキ0~20%混入した全試験区間に差はなかった。

但し、対照区となるCs100の収量が2回の試験とも低調であった。試験1回目の原因は不明であるが、試験2回目は培養後期に気温の急激な低下を受け培養室温も下がり、その刺激により多数の子実体が袋内で形成したことが原因かと思われる(写真-1)。子実体の発生は各試験区の全てでみられ、培養袋内での発生量は、平均でCs100区が191.9g/菌床、Cc2区が199.8g/菌床、Cc5区が166.3g、Cc10区が235.0g、Cc15区が211.2g、Cc20区が232.8gであった。袋内の子実体は過剰に水分を含んだ商品価値の無いものであったため、集計の対象外とした。

子実体サイズ別割合は、試験1回目が図-2のとおり、全試験区にてMサイズ以上の子実体が9割程度であった。試験2回目は図-4のとおり、Mサイズ以上の子実体がクスノキ20%区は7割、ほか試験区は6割程度であった。

クスノキを混入したことによる収量の低下、子実体サイズの変化は特に確認できなかったが、対照区収量が低調であったことから継続したデータの蓄積が必要と思われる。

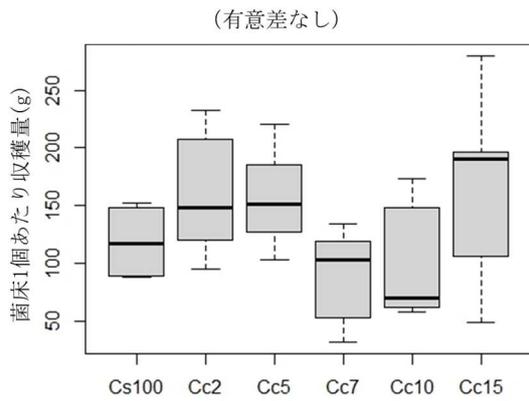


図-1 Test. 1(1回目)収量

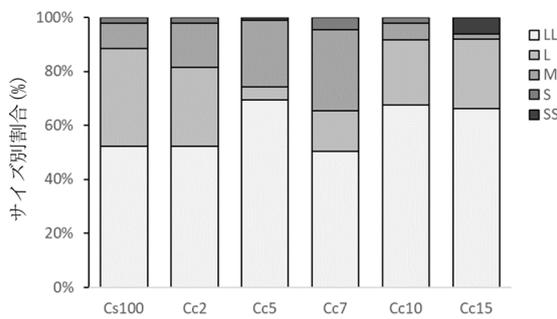


図-2 Test. 1(1回目)子実体サイズ割合



写真-1 除袋時の子実体発生状況

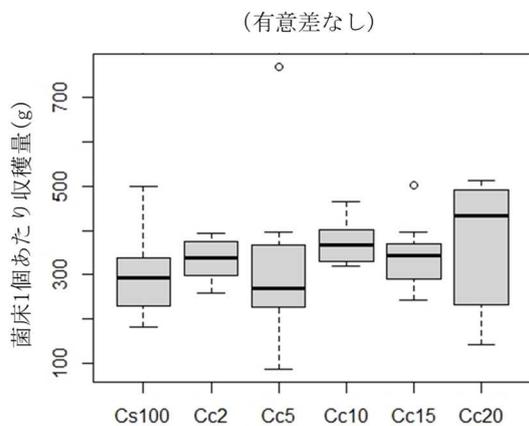


図-3 Test. 1(2回目)収量

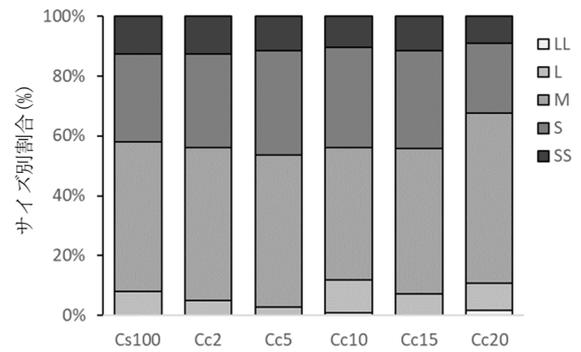


図-4 Test. 1(2回目)子実体サイズ割合

2) クスノキ科等混入栽培試験(Test. 2)

各試験区の pH は、Cs100、Cc30、Cy30、Cd30、Mt30 の順に 4.8、5.0、5.0、4.9、5.0 と近い数値であった。C/N 比は 46、62、59、49、48 となり、クスノキ、ヤブニッケイの区が 10 程度高い値であった。収穫量は $763.1 \pm 71.6\text{g}$ 、 $744.6 \pm 106.7\text{g}$ 、 $786.6 \pm 43.9\text{g}$ 、 $849.7 \pm 107.3\text{g}$ 、 $770.6 \pm 191.5\text{g}$ であった。各試験区間の収穫量を比較すると、図-5 のとおり、全試験区間において収穫量に有意差はなかった。子実体サイズ別割合は図-6 のとおりであり、各試験区とも M サイズ以上の子実体が 6 割程度であった。クスノキ科を混入したことによる収穫量の低下、子実体サイズの変化は確認されず、菌床 1 個あたり収穫量は全試験区とも平均で 700g を越えていたことから、クスノキ科の風乾したおが粉を用いた場合、発生不良に繋がるとの結果は得られなかった。

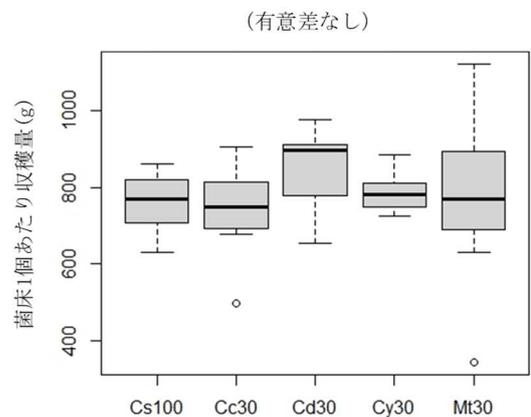


図-5 Test. 2 収量

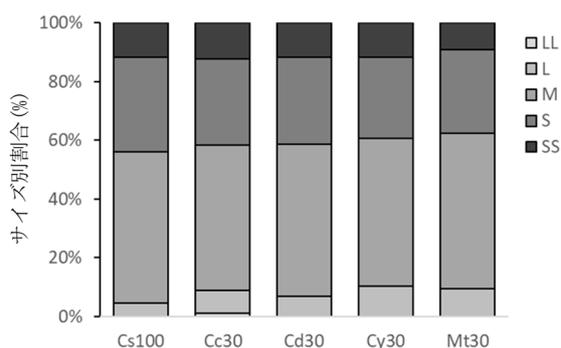


図-6 Test. 2 子実体サイズ割合

3) 原木サイズ、滅菌温度別栽培試験 (Test. 3)

各試験区 pH は、Cs100、CcD10、CcD30、CcD30L の順に 4.8、4.9、5.1、5.2 であった。C/N 比は同順に 38、47、49、51 であった。Test. 2 と同様にクスノキは原木サイズにより若干の差はあるものの、イタジイより 10 程度高い値であった。収穫量は平均値±SD が 416.6±28.9g、478.0±52.0g、505.1±83.8g、503.9±60.8g であった。

クスノキの原木サイズ別の各試験区間の収穫量を比較すると、図-7 のとおり、CcD10、CcD30 区間に収量の差はみられなかった。

子実体サイズ別割合は図-8 のとおり、各試験区とも M サイズ以上が 8~9 割程度であった。

Cc の原木サイズ別の収量および子実体サイズの低下は確認されなかったが、対照区とした Cs 区が 416.6±31.2g と CcD30 区より少なく、低調な結果となった。原因の一つに、Test. 3 が伐採直後の生木状態のおが粉を使用しており、生木状態のイタジイがシイタケ発生に不適であることが考えられる。イタジイは本県のおが粉生産上主要な樹種であることから、今後更なる研究が必要と思われる。

滅菌温度別の収量は、図-9 のとおりであり、F 検定により分散が等質であることを確認後 (p=0.4532)、t 検定した結果 CcD30、CcD30L 区間に収量の有意差はなかった。

子実体サイズ別割合は図-10 のとおり、M サイズ以上は、CcD30 区が 7~8 割、CcD30L 区

が 6~7 割であった。

原木径 30cm のクスノキおが粉をイタジイおが粉に 30%混入させた場合、滅菌温度が 121℃の高圧と 105℃の常圧の滅菌方法の違いにより収量と子実体サイズに差が生じることは確認されなかった。

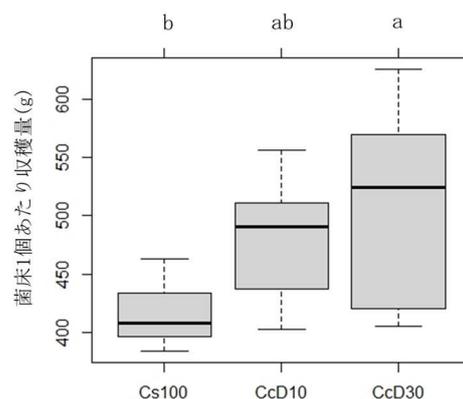


図-7 Test. 3 (原木サイズ別) 収量

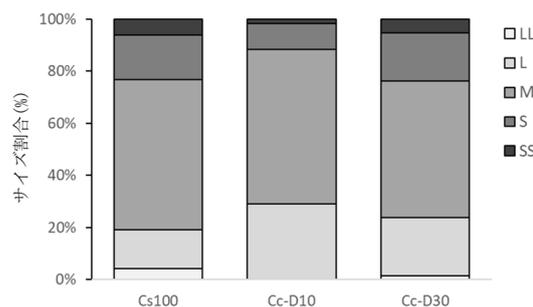


図-8 Test. 3 (原木サイズ別) 子実体サイズ割合

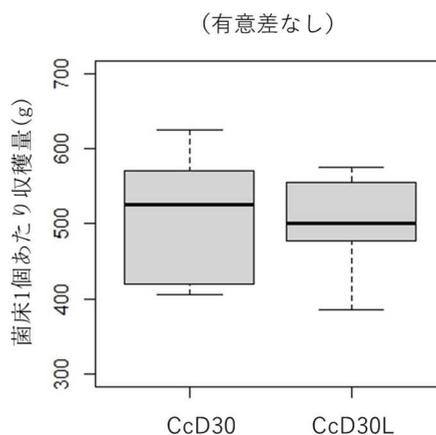


図-9 Test. 3 (滅菌温度別) 収量

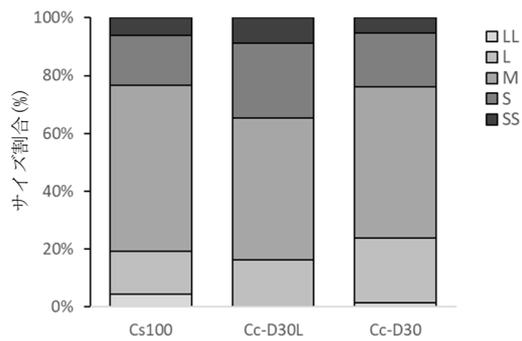


図-10 Test. 3(滅菌温度別)子実体サイズ割合

4) ヤンバルアワブキ混入菌糸試験 (Test. 4)

各試験区 pH は Mo0、Mo25、Mo50、Mo100 の順に 5.1、5.3、5.4、5.7 であった。C/N 比は 48.35 ~ 51.18 と大きな差はみられなかった。7 日後の菌糸伸長を図-11、10 日後の菌糸伸長を図-12 に示す。培地にヤンバルアワブキの割合が増えるほど菌糸伸長は短くなった。菌糸伸長量を試験区間で比較したところ、7 日後、10 日後ともに、全ての試験区において有意な差が認められた ($p < 0.01$)。シイタケの pH 適性範囲が 5.5 ~ 6.5 とされる (大賀、1989) ことからヤンバルアワブキが適性 pH を示すものの、混入割合が高まるほど菌糸伸長を阻害することが確認された。

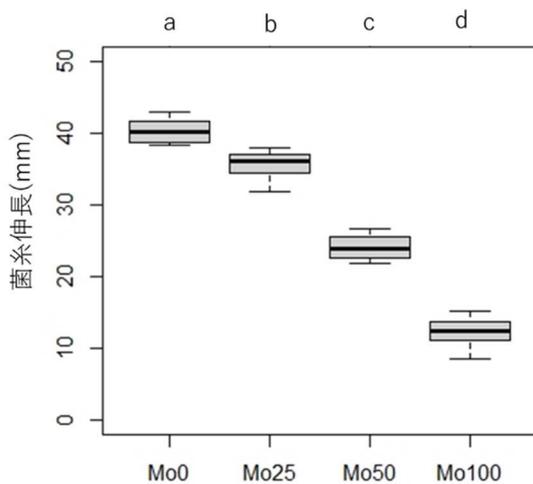


図-11 Test. 4 菌糸伸長量(7 日後)

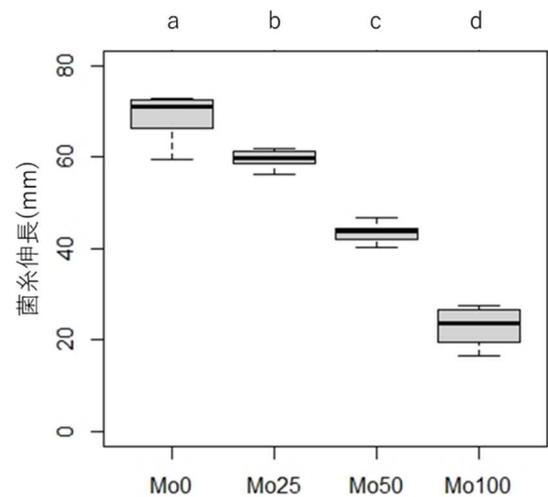


図-12 Test. 4 菌糸伸長量(10 日後)

5) ヤンバルアワブキ混入栽培試験 (Test. 5)

収穫量は、Mo0、Mo25、Mo50 の順に平均値 ± SD が $164.6 \pm 57.8\text{g}$ 、 $135.6 \pm 53.7\text{g}$ 、 $49.8 \pm 26.0\text{g}$ であった。各試験区の収穫量を比べると図-13 のとおり、Mo0 と Mo25 間に収穫量の有意差は無いが、Mo50 はほか 2 区より少なかった。

子実体サイズは、図-14 のとおり、いずれの試験区も M サイズ以上子実体割合が 8~9 割程度であった。

Test. 4 によりヤンバルアワブキの含有率が高くなるにつれ菌糸の蔓延が遅れることが示されたが、収穫量については Mo0 と Mo25 に有意差は認められなかったものの平均値は低くなり、Mo50 では各区と有意差が認められている。このことから、菌糸の蔓延が遅れることで養分を貯蔵する培養期間が不足し、菌床として未熟であったことが考えられる。

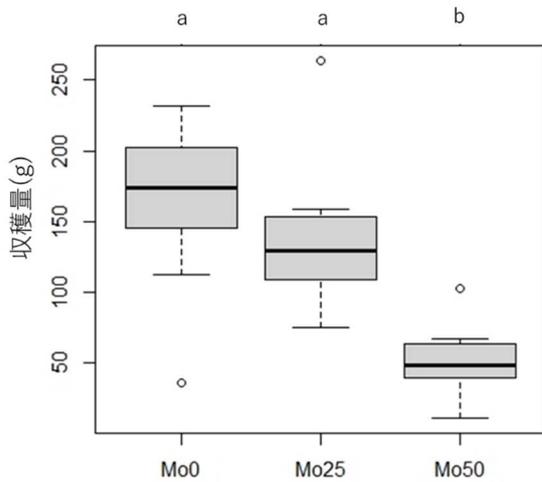


図-13 Test. 5 収穫量

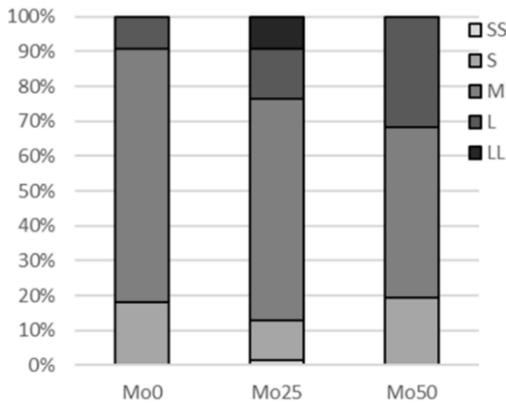


図-14 Test. 5 子実体サイズ割合

6) 培養温度別栽培試験(Test. 6)

培養期間中の温度の推移は図-15 のとおりであった。各試験区の培養期間中の平均温度はそれぞれ 15.3℃、18.1℃、20.4℃、23.0℃であった。また、XR-1 号の有効積算温度が 1,600~1,800℃、22℃設定時は 90~100 日培養推奨(1,980~2,200℃)であるのに対し、各試験区の積算温度はそれぞれ 1803 日℃、1846 日℃、1794 日℃、1746 日℃であった。15℃区、18℃区は Test. 1 同様、培養後期に培養袋内で子実体の発生(15℃区：7/7 菌床、18℃区：6/7 菌床)があり、培養袋内での発生量は、それぞれ平均で 152.1g/菌床、42.8g/菌床であった。それらの子実体は、過剰な水分を含み、商品価値が無いため、収穫量から対象外とした。

各試験区の pH は、T15、T18、T21、T24 の順に 4.9、4.9、5.0、4.7 であった。C/N 比は同順に 63、70、73、64 であった。収穫量は平均値±SD が 525.6±99.3g、649.0±30.4g、687.4±45.5g、591.8±63.4g であった。

各試験区間の収穫量を比較すると、図-16 のとおり、21℃区が最も多く、15℃区が 18℃区、21℃区に対して有意に収穫量が少なかった。

子実体サイズ別割合は図-17 のとおり、18℃区を除き M サイズ以上の子実体が 5 割以上であった。18℃区は SS、S サイズの子実体が約 8 割であった。

有意差のあった 15℃区については、袋内の子実体発生が顕著であったが、培養中の温度は安定している。インキュベータ内で培養したことにより、CO₂ 濃度、照射量、湿度等の温度以外の要因が刺激となり原基形成の誘発に繋がったのではないかと考えられる。また、対象外とした子実体は、水分を過剰に含んでいるため単純に計算するのは不適であるが、平均で 150g/菌床程度の発生があり、生産現場では原基の形成状況により培養日数を調整することを考慮すると、同区の培養が今回の発生不良に繋がるとは考えにくい。一方、18℃区では、収穫量が 21℃区同等であるものの、子実体サイズが小型化する傾向が確認された。同区の積算温度は最も高く、菌床が過熟なためと思われる、培養日数を調整することで、子実体サイズ割合の調整も可能と考えられる。

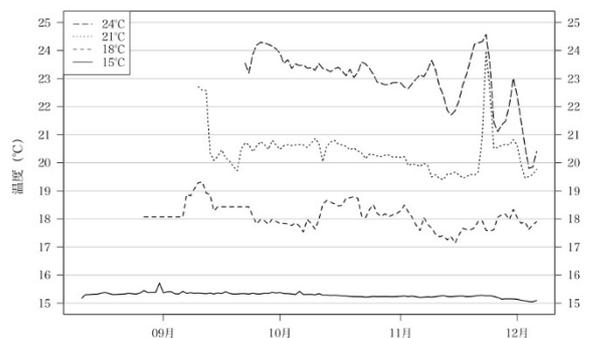


図-15 Test. 6 培養期間中の温度の推移

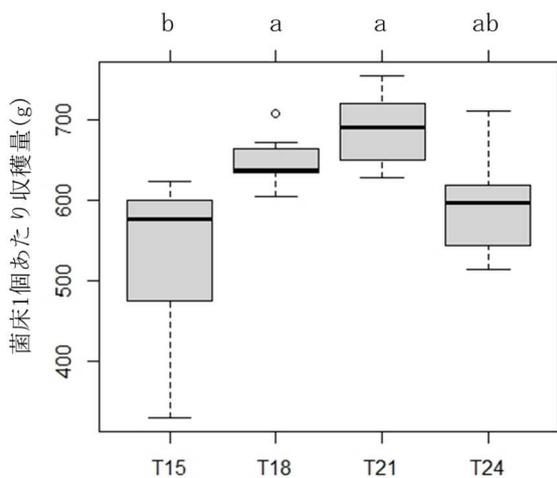


図-16 Test. 6 収穫量

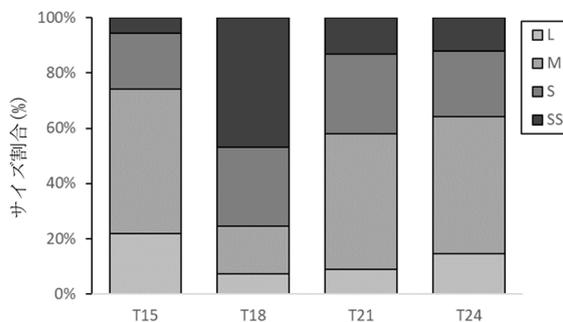


図-17 Test. 6 子実体サイズ割合(右)

4. おわりに

クスノキを混入させた栽培試験では、おが粉原木のサイズ、滅菌温度の違いを含め、イタジイ同等の収穫量が確認され、クスノキ科を30%混入させた試験でも発生不良には繋がらないとの結果が得られた。但し、30%以上を占める場

合に生じる影響は未明である。また、クスノキ混入割合別試験では、対照区であるイタジイが低調な収穫量であったため、データを更に蓄積した上で慎重に結論づけたい。

一方、ヤンバルアワブキは混入率が25%、50%、100%と増すほどに菌糸伸長が鈍くなり、50%を超えれば収穫量も低下するとの結果であったため、おが粉としては品質管理上、排除すべき樹種であると示唆された。

培養温度については、種菌メーカーの推奨する積算温度を目安としつつ、培養後期の原基形成状況から日数を調整することで、15~24℃の範囲における収穫量に大きく差は生じないように思われる。

Test. 3の試験では、樟脳成分が揮発しないよう、クスノキを生木状態で用い、イタジイも同条件で試験したところ、イタジイの収穫量が少ない結果となった。このことから、生木のイタジイおが粉の使用が菌床シイタケの発生不良に繋がること懸念され、伐採直後と伐採から一定期間保管したイタジイおが粉を用いた栽培試験により今後検証すべきかと思われる。

引用文献

- 大賀祥治(1989) 九大演報 61. 1-90
- 金城一彦ら(1987) 琉球大学農学部学術報告. 34. 89-94

タンゲブの育苗栽培技術に関する研究②

仲摩 和寛・漢那 賢作

1. はじめに

本県に自生する多様な植物の中で、タンゲブ(*Codonopsis lancifolia* (Roxb.) Moeliono)は食品価値と機能性を有することから、平成27～29年度にかけて「沖縄県産山の恵み地域資源活用事業委託業務」により果実収量、枯損率、平均成長量等を測定項目とした栽培試験のほか、自生地または試験地の照度、土壌pH、CN比等の基礎情報データ収集がなされてきた。

本センターでは、果実・種子の形質、発芽率の基礎的調査のほか、用土別の播種床、圃場栽培における苗の植付期別生長、遮光率別育苗栽培技術に関して研究している(田口ら、2020)。

それらの成果は「タンゲブ・ホウビカンジュ栽培の手引き(暫定版)」(以下、手引きと略)として編纂されているが、今回の研究では、圃場栽培における遮熱ネットの効果、鉢植え栽培における施肥量の効果および剪定効果を検討したので報告する。

2. 方法

1) 遮熱ネットによる露地栽培試験(Test. 1)

試験は、本センター内の畝立てした圃場で行った。供試した苗は、2019年4月18日にセルトレーに播種し、7月10日に畝2列へ50cm間隔で各40本、計80本定植した。翌日には、遮熱ネットで覆った(写真-1)。調査項目は、茎長、茎の分枝数、結実数、果実収量とし、7月29日から2020年3月25日まで1

月毎に行った。茎長については最も長い茎の長さを測定した。また、結実数、果実重量は最初の収穫があった12月12日から2020年3月25日まで2週間毎に行った。



写真-1 遮熱ネット設置後の状況

2) 鉢植え栽培1年目試験(Test. 2)

試験は、上面を寒冷紗で覆った本センターのガラス室内で行った。供試した苗は、2019年4月18日にセルトレーに播種し、6月24日に10号鉢に定植した。用土と肥料は手引きどおり、鉢底に軽石を敷き、赤玉土：腐葉土：パーミキュライト=6：3：1で混合した土壤に緩効性肥料(CDU 複合燐加安 S555、ジェイカムアグリ(株)社製)を基肥として施肥した。試験区は、施肥量別に0、5、10、30、50gとし、供試数は各10株とした。灌水は、1日2回10分とした。調査項目は、Test. 1同様とし、茎長、茎の分枝数は、6月24日から2020年3月25日まで1月毎に測定した。また、結実数、果実収量は、最初の収穫があった12月11日から2020年3月24日まで2週間毎に行った。

統計解析は、R(ver4.0.0)を用いて、果実収量をTukey-Kramer法により多重比較した。

3) 鉢植え栽培 2 年目試験 (Test. 3)

試験は、1 年目で栽培した苗をガラス室内で継続して栽培した。2020 年 5 月 18 日に緩効性肥料 (CDU 複合燐加安 S555、ジェイカムアグリ (株) 社製) を茎から 15cm 離れた土壌表面へ円状に追肥した。試験区は、追肥量別に 0、5、10、30、50g 区とし、供試数 8 株とした。そのうち、各区 4 株に対して、茎の剪定による増収効果を検討するため、2020 年 5 月 18 日に茎勢が良い 2 本を残して他は地際から剪定した。

測定項目は、果実収量、葉緑素含有量を示す SPAD 値とした。果実は、2021 年 1 月 4 日から 3 月 29 日まで週に 3 回収穫し、果実 1 個ずつ生重を測定した。SPAD 値は、2020 年 9 月 8 日に SPAD-502Plus (KONICA MINOLTA 製) を用いて、各株 4 本の枝葉に対し 4 箇所計 16 箇所を測定した。統計解析は、R (ver4.0.0) を用いて施肥量と SPAD 値の相関関係の分析には、ピアソンの積率相関係数を用いた。茎の剪定と施肥量が果実収量に与える作用の分析には二元配置分散分析を用いた。

3. 結果・考察

1) 遮熱ネットによる露地栽培試験 (Test. 1)

2020 年 3 月 25 日時点の活着株数は 73 本であり、活着率は 91.3%であった。茎長は最大で 151.0cm、最小で 19.0cm、中央値は 68.0cm であった (図-1)。分枝数は最大 21 本、最小 2 本、中央値は 11 本であった (図-2)。果実個数および果実収量は、結実前に枯損した 5 本を除外した 75 本を対象とした。果実個数は最大で 113 個、最小で 0 個、中央値は 33 個であった (図-3)。果実収量は最大で 80.3g、最小で 0g、中央値は 24.1g であった (図-4)。

活着率は 9 割を越えており、遮熱ネットを用いた露地栽培は可能である。但し、既報 (田口ら、2020) の遮光率別栽培試験では、遮光率 50~86% 区の茎長はすべて測定上限に定めた 100cm に中央値があり、遮光率 50~75% 区の

茎本数は測定上限 20 本に中央値が達していたほか、果実収量は遮光率 50%、65% 区が中央値 50g 程度であった。

栽培年度の諸条件が異なり参考値であるが、遮熱ネットが遮光ネットに比べ、タンゲブ苗の成長と果実収量を著しく向上させるとは考えにくいと思われる。

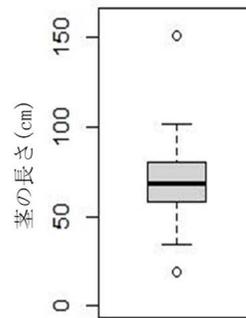


図-1 test1 茎長

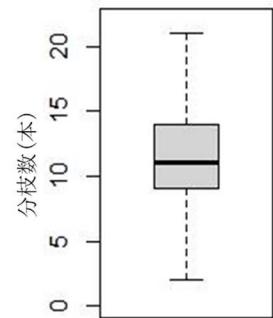


図-2 test1 分枝数

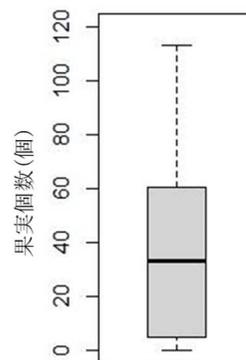


図-3 test1 果実個数

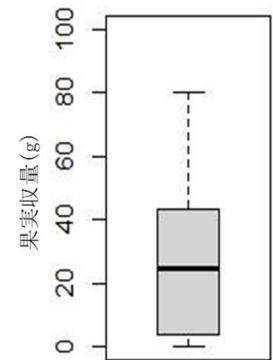


図-4 test1 果実収量

2) 鉢植え栽培 1 年目試験 (Test. 2)

2020 年 3 月 25 日時点の活着株数は 49 本であり、活着率は 98%であった。茎長、分枝数、果実個数および果実収量を多重比較した結果、図-5~8 のとおりであった。茎長は 50g 区と 30g 区間で有意差があり ($p < 0.05$)、50g 区が短くなった。分枝数は 10g、30g 区と 0g 区間に有意差があり ($p < 0.05$)、0g 区が少なかった。果実個数および果実収量は 10g 区と 0g 区間で有意差があり (各 $p < 0.05$)、0g 区が少なかった。鉢植え栽培 1 年目の基肥においては、果実収量の差が確認された 10g の施肥が良いと思われる。また、基肥量別の果実収

量と分枝数は類似した結果を示しており、ピアソンの積率相関分析したところ、相関係数 0.716 と高い正の相関が確認された(図-9)

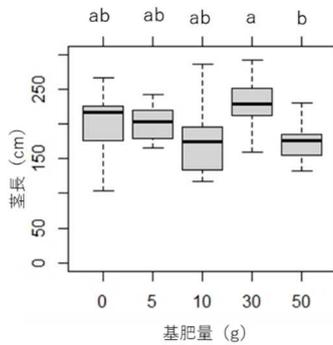


図-5 Test2 基肥量別茎長

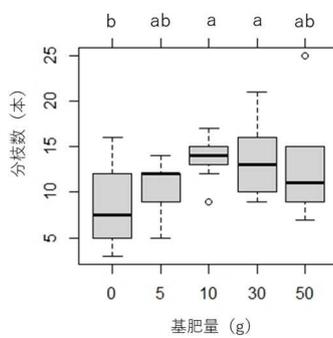


図-6 Test2 基肥量別分枝数

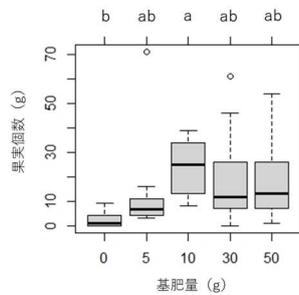


図-7 基肥量別果実個数

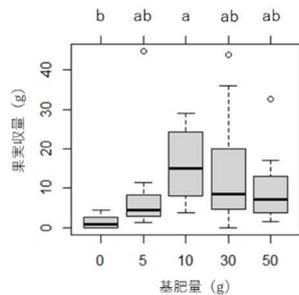


図-8 基肥量別果実収量

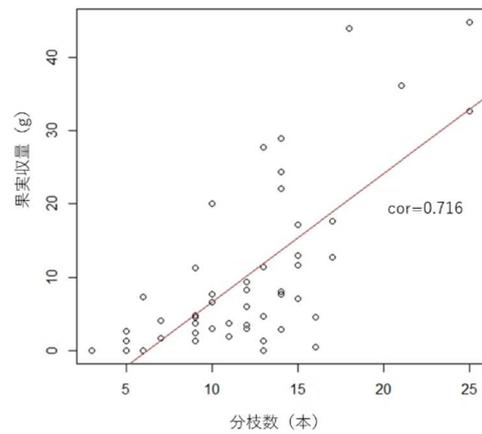


図-9 Test2 果実収量及び分枝数散布図

3) 鉢植え栽培 2 年目試験 (Test. 3)

2021 年 3 月 29 日時点の生存株数は 37 株であり、剪定なし 5g 区、10g 区、剪定あり 30g 区にて各 1 株枯損した。全体の生存率は 93.5% であった。

追肥量と SPAD 値の相関関係は、0.846 と強い相関関係が見られた(図-10)。追肥量別と剪定有無別の果実収量は、図-11 のとおりであり、追肥量と剪定が与える収量への効果を二元配置分散分析したところ、追肥量の効果に有意差は無く ($p=0.128$)、剪定による効果も有意差は確認されなかった ($p=0.680$)。また、交互作用に有意差は無かった ($p=0.984$)。

鉢植え栽培において、2 年目の施肥量を上限 50g とし追肥することで葉緑素含有量は上昇することが確認されたが、果実収量は無施肥区と有意差は生じなかった。また、剪定については、ナス栽培で成長が衰えた枝を回復させるため実施される更新剪定の効果を期待したが、果実収量に対する効果は確認されなかった。

一方、施肥量を増やすことで果実収量が多くなる個体も現れた。追肥量別の果実総数と収量総数は、0g 区が 190 個、123.4g であるのに対し、30g 区が 648 個、455.3g、50g 区が 739 個、526.6g であった。鉢植え栽培における追肥量は、全体的な総収量を考えると 30g または 50g が良いかと思われる。

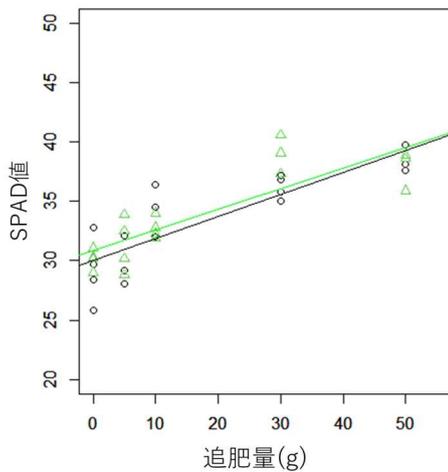


図-10 Test. 3 追肥量と SPAD 値の相関図

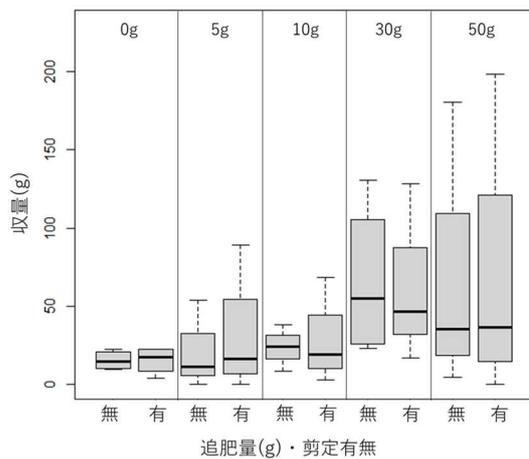


図-11 Test. 3 追肥量・剪定別果実収量

4. おわりに

今回の研究では、露地栽培における遮熱ネットの使用、鉢植え栽培における基肥および追肥の適性量、剪定の効果、連年栽培の効果を検討した。鉢植え栽培について、3年目の苗木の状態は写真-2のとおり枯損する個体はかなり多くなり、1、2年目に比べ不利な状態での栽培であることが容易に推測される。タンゲブの育苗が容易であることを踏まえると、栽培は長くて2年までとすることが良いかと思われる。



写真-2 鉢植え栽培3年目の状況

引用文献

田口司ら(2020). 沖縄県森研報 60. 1-7