

ISSN 1883-017X

BULLETIN
OF THE

KAGOSHIMA PREFECTURAL FORESTRY TECHNOLOGY CENTER

No. 23

March 2022

鹿児島県森林技術総合センター

研 究 報 告

第 23 号

令和4年3月



鹿児島県森林技術総合センター

〒899-5302

鹿児島県始良市蒲生町上久徳 182-1

KAGOSHIMA PREFECTURAL FORESTRY TECHNOLOGY CENTER
AIRA, KAGOSHIMA, JAPAN

鹿児島県森林技術総合センター研究報告
第 23 号

目 次

短報

- ムクロジの果実や種子の形質とその発芽特性
片野田逸朗・ 1
- サカキの大型さし穂による増殖試験
河内眞子・ 7
- 萌芽更新を利用したサカキの省力化栽培技術の開発
河内眞子・ 11
- スギ特定母樹「県始良 20 号」を用いた直挿し造林の検討
穂山浩平・永吉健作・平生貴成・ 17
- 奄美大島の高海拔地に成立するスギ人工林と天然生林の種多様性の比較
畠中雅之・片野田逸朗・ 23
- 鹿児島県で発生したクスベニヒラタカスミカメによるクスノキの被害
川口エリ子・米森正悟・間世田明里・松永禎史・ 31

資料

- 林内に散布されたムクロジ種子の形質と発芽状況
片野田逸朗・ 34
- ムクロジ種子の採取時期と発芽特性
畠中雅之・ 38
- 第二世代抵抗性クロマツさし木のコンテナ苗での実証試験
是枝久巳・ 42

タケニグサ種子の貯蔵期間と貯蔵温度が発芽率に及ぼす影響

穂山浩平・内村慶彦・・・・・・・・・・48

他誌掲載論文

ムクロジが出現する林分の構造的特徴とその生態的特性

片野田逸朗・畠中雅之・・・・・・・・・・51

人工林皆伐後1年目の再造林地における木本植物の出現状況

穂山浩平・片野田逸朗・・・・・・・・・・51

スギ幼齢木で初確認されたアワノメイガによる食害

川口エリ子・坂巻祥孝・米森正悟，長濱孝行・・・・・・・・・・52

短報

ムクロジの果実や種子の形質とその発芽特性*1

片野田逸朗*2

要旨：ムクロジの育苗技術の開発に必要な発芽特性に関する情報を得るため、11月から1月までに採取された種子や果実の形質および播種後の発芽状況を調べた。その結果、種子サイズによって発芽パターンは異なり、14mm以上の種子は発芽率が35%と低く、そのほとんどは播種翌月の4月に発芽したが、14mm未満の種子は発芽率が68%と高く、7月をピークに播種6ヶ月後の9月まで緩慢に発芽した。また、14mm以上の種子の多くは黄緑色の果実から取り出された帯褐色の種子であったが、14mm未満の種子のほとんどは黄橙色の果実から取り出された黒色の種子であり、その黄橙色に熟した果実は12月中旬以降に採取されやすいことがわかった。14mm未満で黒色の種子は高い発芽率を示したが、播種6ヶ月後までばらついて発芽したことから、発芽を揃えるための前処理を検討する必要があると考えられた。

キーワード：ムクロジ、発芽特性、種子サイズ、休眠、硬実種子

はじめに

ムクロジ (*Sapindus mukorossi*) は東アジアから東南アジアおよび南アジアに広く分布し、国内では本州（茨城県・新潟県以南）から四国、九州、琉球や小笠原の暖帯及び亜熱帯に分布するムクロジ科の落葉高木である（大橋 2016）。果実は丸い袋状で径2~3cm、果皮は半透明のあめ色で、光にかざすと中の種子が透けて見える（多田 2008）。また、果皮には天然の界面活性剤であるサポニンが含まれているため、昔は洗濯や洗髪に使われ、中の黒い種子は羽根つきの玉や数珠の玉に使われていたことから、水場の近くや寺社に植えられていた（多田 2008）。一方、ムクロジは森林内では低密度で分布する少個体数樹種であり（小南 1998）、出材量が少なくまとまった材の用途もないため（林業科学技術振興所 1985）、これまで森林・林業関係で有用樹種として扱われることはほとんどなく、研究事例も極めて少ない。

このような中、2019年度から施行された森林経営管理制度では、林業経営に適さない人工林を市町村が針広混交林等へ誘導することとなった。人工林を針広混交林へ誘導するためには、林内における前生稚樹の蓄積・発達が不可欠であり、前生稚樹の密度が低い場合は植栽等の補助作業が必要とされている（森林総合研究所 2010）。さらに、市

町村が針広混交林化に取り組むための財源として、2019年度から森林環境譲与税も充当可能となったことから、今後、広葉樹の植栽が増えることが予想される。片野田・畠中（2020）は、増加傾向にある豪雨災害等に対し、山地災害防止機能等のさらなる発揮が求められる斜面下部域や谷底面の針広混交林化に向けた植栽樹種として、根系が深根型で支持力が大きいなどの特性を持つムクロジを選定している。ムクロジが植栽樹種として利用されるためには、その育苗技術が確立されている必要がある。しかしながら、種子採取時期や播種方法、床替え方法等を中心にムクロジの育苗方法を解説した文献はあるものの（山中 1975；林業科学技術振興所 1985）、科学的データに基づくムクロジの特性を踏まえた上で、種子採取から播種、発芽、その後の生長までの各過程における育苗技術等を記載した文献は見当たらない。

そこで、本研究ではムクロジの育苗技術の開発に必要な発芽特性に関する情報を得ることを目的に、果実や種子の形質と発芽との関係を調査し、その特性について検討を行ったので、その結果について報告する。

材料と方法

2020年11月17日から2021年1月4日にかけて、始良

*1 Katanoda, I. : Relationships between fruit and seed characteristics and seed germination traits in *Sapindus mukorossi*.

*2 鹿児島県森林技術総合センター森林環境部

*2 Kagoshima Pref. Forestry Technology Center. Forestry and Environment div., Aira 899-5302 Japan.

市蒲生町の蒲生八幡神社と楠田神社に植栽されたムクロジの落下果実を1～3日おきに採取し、同日または翌日に果実の色を黄緑色と黄橙色、褐色の3色系（写真1）に分類してから種子を取り出した。種子は、虫害がなく、水に沈下した充実種子だけを精選して、湿らせたピートモスと一緒にチャック付きビニール袋に果実の色別に入れ、5℃の冷蔵庫で保湿低温保存した。また、2020年12月11日から2021年1月4日にかけて、同町の霧島神社に植栽されたムクロジの落下果実を同様な方法で採取し、種子を精選して保湿低温保存したが、蒲生八幡神社や楠田神社のように果実の色を分類することはしなかった。また、楠田神社で採取した果実は種子の選別結果を記録し、不良種子の場合はその要因も記録した。なお、果実を採取した母樹の樹高と幹周囲は、楠田神社が25m/195cm、蒲生八幡神社が28m/321cm、霧島神社が18m/331cmであった。

2021年3月10日、11日に冷蔵庫から精選した種子を取り出し、種子の色（ここでいう種子は、内果皮に被われた「核」に相当するため、種子の色は内果皮の色になる）を帯褐色と黒色の2色系に分類し、偏球形の種子の長径（へそを通る径、以下「サイズ」）と重量を測定してから150ccコンテナ容器（JFA-150、40穴）5個に個体識別ができるように198個を播種した。コンテナ容器の培地には鹿沼土（細粒）を用いたが、底から鹿沼土がこぼれないように、底から1/3程度に軽石を詰めた。播種後のコンテナ容器は当センター内の自動散水施設のあるガラスハウス内に置き、培地が常に湿潤な状態を保てるように散水を行った。播種後はほぼ1～3日おきに発芽状況を観察し、子葉が展開した日を発芽日として記録した。観察は発芽が全くみられなくなった11月末まで行った。

また、未発芽の種子については、2021年12月28日にコンテナ容器から取り出して種子の状態を確認し、指先で簡単につぶれるものや中の組織が腐敗しているものを腐敗個体とし、指先で圧力をかけてもつぶれず、中身が白色を帯びて組織がしっかりしているものを未腐敗個体として記録した。

なお、果実や種子には様々な色合いのものが存在したが、それらを視覚的に最も近いと思われる色（果実では3色、種子では2色）に分類した。このため、各色の分類に含まれる果実や種子の色合いに幅がみられることから、本稿では色系という表現を使用した。また、発芽試験では200個を播種したが、観察途中で2個体の記録ミスが発生したため、播種数を198個として分析を行った。

結果



写真1 果実の色

表1は楠田神社で採取された果実の種子選別結果について、果実の採取時期を11月中旬～11月下旬、12月上旬～12月中旬、12月中旬～12月下旬、1月上旬の4期間に分けて示したものである。合計395個の果実から113個の充実種子を得た。充実種子は黄緑色の果実で103個中76個の74%、黄橙色の果実で39個中30個の77%あったが、褐色の果実では253個中7個の3%であり、黄緑色や黄橙色の果実と比較して極端に充実種子の割合が低かった。採取時期別では、黄緑色の果実は11月中旬～11月下旬に205個中83個（40%）とよく採取されたが、その後は急に少なくなり、1月上旬では54個中3個と6%しか採取されなかった。それとは対照的に、黄橙色の果実は11月中旬～11月下旬では6個（3%）しか採取されなかったが、12月中旬から1月上旬になると採取個数が増え、1月上旬は54個中17個（31%）が採取された。また、褐色の果実は黄緑色の果実と同様に11月中旬～11月下旬によく採取されたが、その後は黄緑色の果実のように極端に減少するような傾向はみられなかった。

表2は発芽試験に供した198個の種子が取り出された果実や種子の色別の個数を採取地別に示したものである。蒲生八幡神社の種子は36個と少なかったが、黄橙色の果実から取り出されたものが33個（92%）とほとんどを占め、帯褐色と黒色の種子がほぼ半数ずつを占めた。楠田神社の種子は104個と多く、黄緑色の果実から取り出されたものが69個（66%）と半数以上を占め、帯褐色の種子が87個（84%）と多数を占めた。霧島神社では果実の色は区別しなかったが、楠田神社とは対照的に黒色の種子が50個（86%）と多数を占めた。

表3は蒲生八幡神社と楠田神社で得られた140個の供試種子について、その種子の色と種子が取り出された果実の色との関係を示したものである。帯褐色の種子は104個中66個（63%）と半数以上が黄緑色の果実から取り出され、黄橙色の果実から取り出された種子は31個の30%であった。一方、黒色の種子は36個中31個（86%）と多くの種子が黄橙色の果実から取り出されており、黄緑色の果実から取り出された種子は5個の14%と極めて少なかった。

表4に種子の採取場所別の発芽個体数と発芽率を示す。

表1 楠田神社における果実の採取時期別種子選別結果

果実採取時期	黄緑色系果実						黄橙色系果実						褐色系果実						合計		
	充実種子	不良種子				計	充実種子	不良種子				計	充実種子	不良種子				計	充実種子	不良種子	計
		水浮上	虫害	その他	計			水浮上	虫害	その他	計			水浮上	虫害	その他	計				
11月中旬～11月下旬	61	5	17	0	22	83	6	0	0	0	6	0	103	8	5	116	116	67	138	205	
12月上旬～12月中旬	7	0	1	0	1	8	3	0	1	0	4	4	43	5	0	48	52	14	50	64	
12月中旬～12月下旬	6	1	2	0	3	9	10	0	2	0	12	3	4	6	38	48	51	19	53	72	
1月上旬	2	1	0	0	1	3	11	1	5	0	17	0	0	0	34	34	34	13	41	54	
合計	76	7	20	0	27	103	30	1	8	0	39	7	150	19	77	246	253	113	282	395	

注) 11月中旬～11月下旬：2020.11.17～2020.11.30, 12月上旬～12月中旬：2020.12.4～2020.12.14, 12月中旬～12月下旬：2020.12.18～2020.12.28, 1月上旬：2021.1.4

表2 発芽試験供試種子の果実と種子の色別個数

採取場所	果実の色系				種子の色系			供試種子数
	黄緑色	黄橙色	褐色	計	帯褐色	黒色	計	
蒲生八幡神社	2	33	1	36	17	19	36	36
楠田神社	69	29	6	104	87	17	104	104
霧島神社	-	-	-	-	8	50	58	58
計	71	62	7	140	112	86	198	198

表3 発芽試験供試種子の色とその種子を取り出された果実の色との関係

種子の色系	果実の色系（個）			
	黄緑色	黄橙色	褐色	計
帯褐色	66	31	7	104
黒色	5	31	0	36
計	71	62	7	140

注) 調査結果には霧島神社産の種子は含まれない

表4 種子の採取場所別発芽個体数と発芽率

採取場所	採取期間	発芽	未発芽	計	発芽率
蒲生八幡神社	2020.11.17～2020.12.18	8	28	36	22%
楠田神社	2020.11.17～2021.1.4	43	61	104	41%
霧島神社	2020.12.11～2021.1.4	45	13	58	78%
計		96	112	198	49%

198 個の供試種子のうち 96 個が発芽し、発芽率は 48%であった。これを採取地別にみると、11 月 17 日から 12 月 18 日までに採取した蒲生八幡神社では 36 個中 8 個が発芽し、発芽率は 22%であったが、採取期間が蒲生八幡神社よりも約半月ほど延びた楠田神社では、104 個中 43 個が発芽し、発芽率は 41%であった。さらに、他の 2 神社よりも約 1 ヶ月遅れの 12 月 11 日から楠田神社と同じ 1 月 4 日まで採取した霧島神社では、58 個中 45 個が発芽し、発芽率は 78%と他の 2 神社と比べて明らかに高く、採取期間が後方にずれた採取地ほど発芽率が高い傾向がみられた。

図 1 に発芽個体数の月推移を示す。発芽は播種翌月の 4 月から 6 ヶ月後の 9 月までみられ、最も早い発芽は播種後 23 日目の 4 月 2 日であり、最も遅い発芽は播種後 190 日目の 9 月 17 日であった。発芽個体数が最も多かった月は 4 月の 44 個体であり、発芽個体の 46%を占めた。5 月以降は 7 月が 19 個体と最も多かったが、発芽個体に占める割合は 20%と 4 月の半分以下であり、5 月以降は 7 月をピークに 9 月まで緩やかな増減を示した。

図 2 に種子の発芽時期と形質との関係を示す。サイズでは、14mm 以上の種子のほとんどは 4 月から 5 月までの播種 2 か月後までに発芽しており、それとは対照的に、14mm

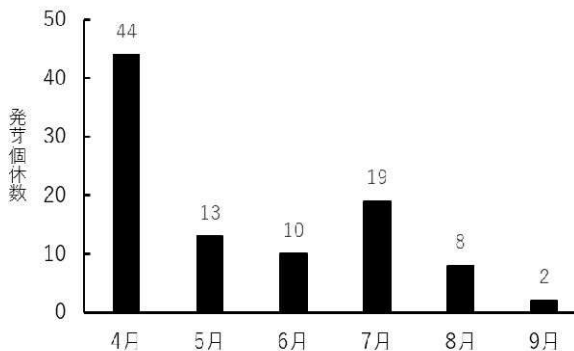


図1 発芽個体数の月推移

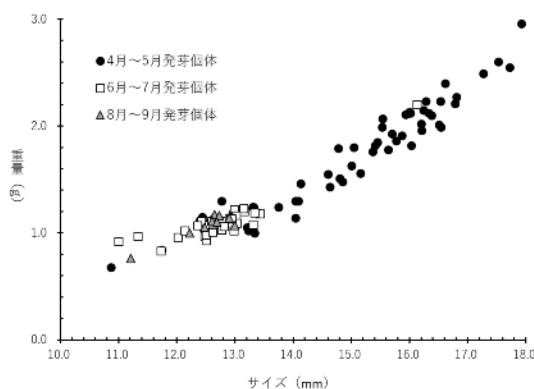


図2 種子の発芽時期と形質との関係

未満の種子の多くは 6 月以降に発芽するなど、14mm を境として発芽時期に明らかな違いがみられた。一方、重量では 1.2g 以上と 1.2g 未満で発芽時期に違いがみられたが、その境はサイズほど明瞭ではなかった。

表5 種子サイズ別の果実の色とその発芽個体数

種子 サイズ	黄緑色系			黄橙色系			褐色系			合計		
	発芽	未発芽	計	発芽	未発芽	計	発芽	未発芽	計	発芽	未発芽	計
14mm 以上	20 (29%)	49	69 [63%]	15 (43%)	20	35 [32%]	4 (67%)	2	6 [5%]	39 (35%)	71	110 [100%]
14mm 未満	1 (50%)	1	2 [7%]	11 (41%)	16	27 [90%]	0 (0%)	1	1 [3%]	12 (40%)	18	30 [100%]
計	21 (30%)	50	71 [51%]	26 (42%)	36	62 [44%]	4 (57%)	3	7 [5%]	51 (36%)	89	140 [100%]

注) 調査結果には霧島神社産の種子は含まれない。()は発芽率, []は合計に対する割合を示す

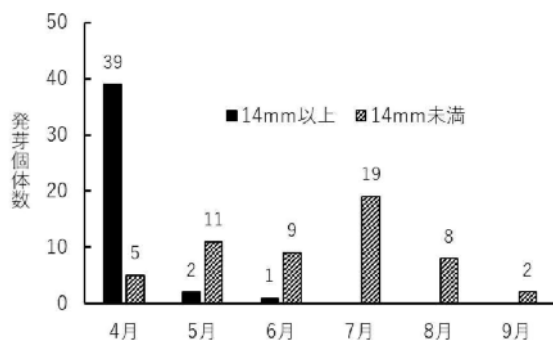


図3 種子のサイズ別発芽個体数の月推移

図3は、図1の発芽個体数の月推移を種子サイズ14mm以上と14mm未満の2つのグループに分けて示したものである。14mm以上の種子は42個体中39個(93%)が播種翌月の4月に集中して発芽しており、それとは対照的に14mm未満の種子は54個体中19個体(35%)が7月に発芽し、7月をピークに4月から9月までの6ヶ月間にわたり緩やかな増減を示すなど、14mm以上と14mm未満の2つの種子サイズグループで全く異なる発芽パターンを示した。

表5は種子サイズ別に果実の色とその果実から取り出された種子の発芽個体数を示したものである。14mm以上の種子は、110個のうち69個(63%)が黄緑色の果実から取り出され、その発芽率は29%であった。黄橙色の果実から取り出された種子は35個(32%)であり、その発芽率は43%と黄緑色から取り出された種子よりも高い発芽率を示した。また、褐色の果実から取り出された種子は6個(5%)と黄緑色や黄橙色の果実と比較して極めて少なかった。一方、14mm未満の種子は記録数が少ないために発芽率の比較は難しいが、果実の色では30個中27個(90%)が黄橙色の果実から取り出された。

表6は種子サイズ別に種子の色とその発芽個体数を示したものである。合計では帯褐色の種子の発芽率は30%

表6 種子サイズ別の種子の色とその発芽状況

種子 サイズ	帯褐色系			黒色系			合計		
	発芽	未発芽	計	発芽	未発芽	計	発芽	未発芽	計
14mm 以上	33 (31%)	73	106 [89%]	9 (69%)	4	13 [11%]	42 (35%)	77	119 [100%]
14mm 未満	1 (17%)	5	6 [8%]	53 (73%)	20	73 [92%]	54 (68%)	25	79 [100%]
計	34 (30%)	78	112 [57%]	62 (72%)	24	86 [43%]	96 (48%)	102	198 [100%]

注) ()は発芽率, []は合計に対する割合を示す

表7 種子の色とサイズ、重量との関係

種子 サイズ	個数 (個)	サイズ(mm)			重量(g)		
		最大	最小	平均*	最大	最小	平均*
帯褐色	112	18.04	12.35	15.76±1.08	2.96	0.89	2.00±0.35
黒色	86	17.42	10.79	12.98±1.28	2.76	0.68	1.18±0.38

*平均±標準偏差

表8 未発芽種子の腐敗状況

種子 サイズ	帯褐色系			黒色系			合計		
	腐敗	未腐敗	計	腐敗	未腐敗	計	腐敗	未腐敗	計
14mm 以上	70 (96%)	3	73 [95%]	4 (100%)	0	4 [5%]	74 (96%)	3	77 [100%]
14mm 未満	0 (0%)	5	5 [20%]	4 (20%)	16	20 [80%]	4 (16%)	21	25 [100%]
計	70 (90%)	8	78 [76%]	8 (33%)	16	24 [24%]	78 (76%)	24	102 [100%]

注) ()は腐敗率, []は合計に対する割合を示す

であったが、黒色の種子の発芽率は72%と帯褐色の2倍以上の発芽率を示した。サイズ別では、14mm以上の種子は119個中42個が発芽し、発芽率は35%であったが、119個中106個(89%)が帯褐色の種子で、その発芽率は31%であった。黒色の種子は13個(11%)と極めて少なかったが、その発芽率は69%と帯褐色の種子よりも高かった。一方、14mm未満では79個中54個が発芽し、発芽率は68%と14mm以上の種子と比べ2倍近い発芽率であったが、種子の色では79個中73個(92%)が黒色であり、その発芽率は73%と種子サイズと種子の色との組み合わせでは最も高い発芽率を示した。

表7は種子の色とサイズ、重量との関係を示したものである。帯褐色の種子は、平均サイズが15.76mmと黒色種

子の平均サイズ 12.98mm よりも大きく、重量でも帯褐色種子の平均重量は 2.00g と黒色種子の平均重量 1.18g よりも重く、サイズと重量ともに両者に有意差がみられた（t 検定, $p < 0.01$ ）。

表 8 に未発芽種子の腐敗状況を示す。種子サイズ 14mm 以上の未発芽種子は 77 個中 74 個が腐敗し、腐敗率は 96% と高かったが、そのほとんどが帯褐色の種子（70 個）であった。一方、14mm 未満の未発芽種子は 25 個中 4 個が腐敗しており、腐敗率は 16% と 14mm 以上の未発芽種子と比較して明らかに低かった。また、14mm 未満の腐敗種子 4 個は全て黒色の種子であったが、黒色の種子全体の腐敗率は 33% であり、帯褐色の種子全体の腐敗率 90% と比べると明らかに低かった。

考察

ムクロジの果実の色については、黄褐色（北村・村田 1971）や帯黄褐色（大井 1978）、半透明なあめ色（茂木 2000）や黄色または黄褐色（大橋 2016）などと記載されているが、これらの果実の色は本研究でいう黄橙色に該当する。楠田神社で 11 月中旬から 1 月上旬まで採取されたムクロジの果実を 3 色系に分類して調べたところ、黄緑色の果実は 11 月中旬から 11 月下旬に多く採取され、1 月上旬になるとほとんど採取されなくなったが、それとは対照的に黄橙色の果実は 11 月中旬から 11 月下旬はほとんど採取されず、12 月中旬以降になるとよく採取されるようになった（表 1）。また、11 月中旬から 1 月上旬までの採取期間のうち、より後半に採取した場所ほど発芽率が高い傾向がみられた（表 4）。ムクロジの果実が熟すにつれて黄緑色から黄橙色に色づくことは、今回の結果から推察するまでもなく、既存の文献や経験的にも容易に判断できる。しかしながら、果実の採取適期は 10～11 月（林業科学技術振興所 1985）とされているものの、11 月頃は完熟していない黄緑色の果実が多く、12 月中旬以降になって黄緑色の果実に代わり黄橙色に熟した果実が多くなる傾向がみられた（表 1）。このことから、今回の採取地における果実の採取適期は 12 月中旬以降であったと判断できる。

一方、褐色の果実は採取期間をとおしてよく採取されたが、充実種子の割合は極めて低かった（表 1）。著者は楠田神社での採取期間中、台風で折損してそのまま樹上に残った枝の果実が褐色に変化していたことを双眼鏡で確認しており、また、採取された褐色の果実は果皮が硬く乾燥し、果皮に柔軟性や粘り気を感じられないものが多かった。これらのことから、褐色の果実はほとんどが未成熟の状態

で種子の発達が停止し、そのまま乾燥が進んで褐色に変化したものと推察された。

種子の色については、いずれの文献（北村・村田 1971；茂木 2000；大橋 2016）も黒色と記載されている。11 月中旬から果実を採取し、種子を取り出して色を調べたところ、種子の色には帯褐色と黒色の 2 色系が認められた。帯褐色の種子の多くは黄緑色の果実から取り出され、発芽率は 30% であったが、それとは対照的に黒色の種子のほとんどは黄橙色に熟した果実から取り出され、発芽率は 72% と帯褐色の種子の 2 倍以上の発芽率を示した（表 3, 6）。未発芽種子の腐敗率においても両者は対照的であり、帯褐色の未発芽種子の腐敗率は 90% と高かったが、黒色の未発芽種子では 33% と低かった（表 8）。成熟したムクロジの種子が黒色を呈することは、既存の文献や今回の結果からも容易に判断できるが、帯褐色の種子については、それが取り出された果実の色と発芽率の低さおよび腐敗率の高さから、種子が完全に成熟する前に落果し採取されたものと考えられた。

種子の発芽パターンはサイズによって異なり、14mm 以上の種子は発芽個体のほとんどが播種 1～2 ヶ月後の 4 月～5 月に発芽したが、14mm 未満の種子は 7 月をピークに播種 6 ヶ月後の 9 月まで緩慢に発芽し、14mm 以上の種子と比べると 2 倍近い発芽率を示した（図 3, 表 6）。また、14mm 以上の種子の半数以上は黄緑色の果実から取り出され、ほとんどが帯褐色の種子であったが、14mm 未満の種子はほとんどが黄橙色の果実から取り出され、その色はほとんどが黒色であった（表 5, 6）。さらに、帯褐色と黒色の種子のサイズと重量を比較すると、黒色の種子は帯褐色の種子よりもサイズが小さく、重量も軽かった（表 7）。種子を適切な環境条件で吸水させても発芽しない状態を休眠というが、形態的に完成した種子から水分が低下する成熟過程で獲得される休眠を一次休眠といい（川上 2021）、種子が未熟な時には休眠を示さないが、親植物の上で発達するにつれて一次休眠が発達する例が知られている（鷲谷 1996）。また、ニセアカシアでは種子の胚が発達して発芽可能となった後に、含水率が低下していくにつれて種皮が発達し不透水性を獲得するため、種子形成後すぐの秋に散布されると、種皮は不透水性を持たないが種子内部は発芽力を持つため、散布直後から吸水・発芽が可能であるという（唐木ら 2009）。このように、種皮が水を通さず、胚が吸水できないために発芽しない種子を硬実種子といい（川上 2021）、ムクロジの種子も硬実種子とされている（Troup 1921）。これらのことから、ムクロジは果実が黄緑色から黄橙色に熟すにつれて種子も発達して発芽可能となるが（この段階で種子は帯褐色で 14mm 以上）、種子の発達に

伴って種子の乾燥と内果皮や種皮の硬化が進むにつれ、種子は黒くて小さく、軽くなり、それと同時に休眠性も獲得していくものと考えられた。このため、14mm未満の黒色の種子は高い発芽力を持つが、休眠性を獲得しているために播種6ヶ月後まで緩慢に発芽したものと推察された。

一方、Varun *et al.* (2017) はムクロジの種子サイズを12mm未満と12mm以上14mm以下、14mmより大の3サイズに分けて発芽試験を実施し、大きなサイズほど発芽率は高く、14mmより大のサイズでは72%の発芽率を示すとともに、どのサイズの種子も80%以上の発芽力(生存率)を示したとしている。本研究では、14mm以上の種子はほとんどが播種1~2ヶ月後に発芽したが、その発芽率は35%と低く、未発芽種子の腐敗率が96%と高いなど、Varun *et al.* (2017) と比較して発芽率や発芽力が大きく劣る結果となった。本研究で供試した14mm以上の種子は、完熟前の黄緑色の果実から得られた種子がほとんどであったが、Varun *et al.* (2017) が供試した14mmより大の種子は、完熟後の果実から得られたものであった可能性も考えられる。さらに発芽率や発芽力については、母樹の遺伝的形質や樹齢、果実の豊凶など、母樹の生理的要因の他にも、果実が熟す過程での気象条件などによる影響も考えられるため、今後も種子採取条件等を変えた発芽試験を積み重ねることで、より発芽率の高い種子の採取方法あるいは選別方法を確立する必要がある。

育苗に際し、発芽が遅れたりばらついたりすると、苗木サイズが小さくまたは不揃いになり、育苗にかかる労力やコストの負担も大きくなる。硬実種子の休眠性を解除して発芽を揃えるためには、種皮の不透水性をなんらかの形で破る必要がある(鷲谷 1996)。硬実種子の帰化アサガオ類では、刺傷処理や濃硫酸処理、蒸気処理(榊原・瀧澤 2012)、ハマヒルガオでは針による穿孔や紙ヤスリによる傷付け、濃硫酸への浸漬処理(近藤ら 2000)などが試みられている。ムクロジについても、濃硫酸への浸漬処理や冷水処理または熱水処理によって発芽率が向上した(Varun *et al.* 2017) とされているが、普及に移すためにはより簡易で効果的な前処理を検討する必要がある。

引用文献

片野田逸朗・畠中雅之(2020) 斜面下部域や谷底面の不採算人工林における植栽樹種としてのムクロジの選定とその個体群分布の特徴. 九州森林研究 73 : 39-45.

唐木貴行・近藤哲也・渡邊陽子・小池孝良(2009) ニセアカシア種子における吸水部位の種子形成に伴う変化. 日林北支論 57 : 25-27.

川上直人(2021) 種子休眠・発芽の生理とメカニズム. 牧草と園芸 69 (4) : 1-6.

北村四郎・村田 源(1971) 原色日本植物図鑑・木本編 I . 453pp. 保育社, 東京.

小南陽亮(1998) 綾照葉樹林におけるムクロジの種子散布と実生定着. 日林九支研論 51 : 57-58.

近藤哲也・高橋朋身・下村 孝(2000) ハマヒルガオ(*Calystegia soldanella* (L.) Roem. Et Schuit) 種子の硬実休眠と濃硫酸などによる休眠打破処理の効果. 日緑工誌 26 : 28-35.

茂木 透(2000) 山溪ハンディ図鑑 4 樹に咲く花 離弁花 2. 719pp. 山と溪谷社, 東京.

高橋 文(2007) ニセアカシアの分布拡大と種子の役割—種子異型性とその意義—. 森林技術 781 : 8-11.

大橋広好(2016) ムクロジ科. 大橋広好ほか(編) 改訂新版日本の野生植物 3. pp. 285-299. 平凡社, 東京.

大井次三郎(1978) 改訂増補新版 日本植物誌 顕花篇. 1584pp. 至文堂, 東京.

林業科学技術振興所(1985) 有用広葉樹の知識—育てかたと使いかた—. 514pp. 林業科学技術振興所, 東京.

榊原幹男・瀧澤秀明(2012) 帰化アサガオ類の発芽向上手法. 愛知農総試研報 45 : 129-133.

森林総合研究所(2010) 広葉樹林化ハンドブック 2010—人工林を広葉樹林へと誘導するために—36pp. 森林総合研究所.

多田多恵子(2008) 種子たちの知恵. 159pp. 日本放送出版協会, 東京.

*Troup, R. S. (1921) Silviculture of Indian trees. Vol (3). Nasik. Govt. of Indian Press. p240.

山中寅文(1975) 植木の実生と育て方. 256pp. 誠文堂新光社, 東京.

Varun *et al.* (2017) Influence of seed size and pre-sowing treatments on germination parameters of *Sapindus mukorossi* Gaertn under laboratory condition. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 6 : 2788-2799.

鷲谷いづみ(1996) 休眠・発芽特性と土壌シードバンク調査・実験法. 保全生態学研究 1 : 191-203.

*を付したものは直接参照できず、Varun *et al.* (2017) より間接的に引用した。

短報

サカキの大型さし穂による増殖試験^{*1}

河内眞子^{*2}

要旨 : サカキの育苗期間の短縮と優良大苗の供給量増大を目的に、長さ 30cm の大枝さし穂によるさし木を 1 年を通じて毎月行い、さし付け 3 カ月後の発根状況を調べた。その結果、2 月挿しから 9 月挿しまでは発根が確認され、6 月挿しから 8 月挿しまでは発根率 100%であったが、10 月挿しから 1 月挿しまでは発根が確認されなかった。さし床から苗畑への移植時期や管理期間の長さを考慮すると、今回の育苗条件では、6 月から 7 月までの梅雨挿しが大型さし穂によるさし木の適期と考えられた。

キーワード : サカキ、さし木、発根、大苗、大型さし穂

はじめに

サカキ (*Cleyera japonica*) は、サカキ科サカキ属の常緑小高木で(米倉 2017)、その枝葉は年間を通じて神棚や神事に利用されるため、全国的に安定した需要がある(宇田・桐生 2013)。鹿児島県では大隅地域を中心にスギの林床等を活用して栽培されており、全国 2 位の生産量を誇り(農水省 2020)、新たな生産地も増えている。

サカキは枝葉の形状に個体差がみられるため、その増殖方法は、商品価値の高い優良系統を母樹としたさし木が一般的である。サカキは植栽から収穫まで 6~7 年かかり(和歌山県 2009)、生産現場では 100cm 程度の大苗を植栽する方が収穫までの期間短縮に繋がるといわれてきたが、鹿児島県内では大苗の供給が不足しているため、圃場整備に長い時間を要し、このことが新規参入希望者の定着を妨げる一因ともなっている。

そこで、サカキの育苗期間の短縮と優良大苗の供給量増大を目的に、慣行では 12cm 程度であったさし穂長をその約 2 倍の 30cm とした大型さし穂によるさし木を 1 年を通じて毎月行い、さし付け 3 カ月後の発根状況を調べたので、その結果について報告する。

材料及び試験方法

試験は鹿児島県森林技術総合センター(以下、当センター)で行い、当センターのスギの林床に植栽されていたサ

カキ(18年生)を採穂母樹とした。2020年10月から2021年9月まで、毎月同一クローンから荒穂を採取し、長さ30cmに切り揃えたさし穂を30本準備した。さし付け時期とさし付け本数および発根確認日を表1に示す。

さし穂の基部は楕円切り返しを行い、切り口を発根促進剤(オキシベロン液剤(インドール酢酸溶剤0.4%)、バイエルクロップサイエンス)2倍希釈液に10秒間浸漬した。

育苗箱(幅36cm×長さ51cm×深さ10.5cm)には鹿沼土(細粒)を充填し、そこに案内棒を用いて等間隔に深さ約5cmの穴をあけ、さし穂をしっかりとさし付けた。なお、さ

表1 さし付け時期とさし付け本数および発根確認日

区分	さし付け日	本数	発根確認日
10月挿し	2020.10.23	30	2021.1.25
11月挿し	2020.11.24	30	2021.2.24
12月挿し	2020.12.22	30	2021.3.24
1月挿し	2021.1.19	30	2021.4.20
2月挿し	2021.2.18	30	2021.5.28
3月挿し	2021.3.18	30	2021.6.17
4月挿し	2021.4.22	30	2021.7.27
5月挿し	2021.5.25	30	2021.8.23
6月挿し	2021.6.25	30	2021.9.21
7月挿し	2021.7.21	30	2021.10.21
8月挿し	2021.8.27	30	2021.12.2
9月挿し	2021.9.17	30	2021.12.17

*1 Kawachi,S : Propagatiopn of *Cleyera japonica* by long cuttings

*2 鹿児島県森林技術総合センター資源活用部

*2 Kagoshima Pref. Forestry Technology Center. Forest Resource Application div.,Aira 899-5302 Japan

し穂の着葉数は先端から 8 枚程度に調整し、蒸散抑制のため各葉の約 1/2 を鋏で切除した。

さし付けの終わった育苗箱は当センター内の自動散水施設のあるガラスハウス内に置き、定時に散水を行い用土が乾燥しないよう管理した。散水スケジュールを表 2 に示す。ガラスハウス内の上部には遮光ネット（ワイドスクリーンシルバーS-1208(遮光率 55~60%), 日本ワイドクロス)を設置し、窓は 4 月から 10 月まで開放した。また、データロガー（SK-320BT, 佐藤計量器製作所）を設置し、60 分間隔で温度を記録し各日の平均気温を求めた。

さし付けて約 3 カ月が経過した時点で、さし穂を用土から丁寧に掘りとり、目視でさし穂からの一次根が 1 本以上出たものを発根ありと判断し、さし付け時期別の発根率を算出した。

また、一次根が 7 本以上のさし穂は、発根部分を切り取り、70℃に設定した送風定温恒温機(DKN402, ヤマト科学)で 24 時間乾燥した後、その重量を測定し根乾燥重量とした。

結果および考察

さし付け時期別の発根率を図 1 に示す。発根が確認できたのは 2 月挿しから 9 月挿しまでの 8 カ月間であり、6 月挿し、7 月挿し、8 月挿しでは発根率 100%、3 月挿し、5 月挿しで発根率 70%となり、気温の低い秋季から冬季にかけては発根しにくく、気温が高くなる春季から発根率が上昇するという傾向がみられた。

ガラスハウス内の平均気温を図 2 に示す。さし木の発根と温度は深く関わっており、さし床内の適温は植物により異なるが、多くは 23±2℃位の範囲とされ、15℃以下では発根作用が鈍り、10℃以下で発根がほとんど止まり、30℃以上で発根が劣り、腐敗その他、高温による障害が出てくとされている（町田 1974）。

今回、10 月挿しから 1 月挿しまでは発根が確認されなかったが、これらのさし木の育苗期間は 10 月下旬から 4 月下旬までであり、この期間のガラスハウス内の平均気温は 20℃以下で、12 月から 3 月まではほぼ 15℃を下回っていた。

一方、発根がみられた 2 月挿しから 9 月挿しの育苗期間は 2 月下旬から 12 月下旬までであるが、2 月挿しでは 1 カ月後の 3 月下旬から平均気温は 15℃を上回り、発根確認前の 5 月中旬頃にはさし木の適温とされている 23℃近くまで上昇していた。また、6 月挿しから 7 月挿しの育苗期間の平均気温は、ほとんど 20℃以上に保たれていたが、

表2 散水スケジュール

時期	回数 (回/日)	開始時刻 (各1分間)
10月	3	①9:00 ②13:00 ③17:00
11月~3月	1	①9:00
4~9月	5	①9:00 ②11:00 ③13:00 ④15:00 ⑤17:00

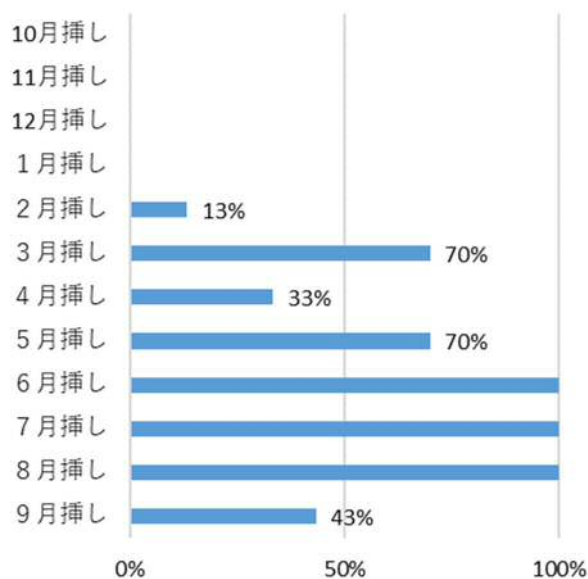


図1 さし付け時期別の発根率

表3 さし付け時期別の発根状態と根乾燥重量

区分	発根数	一次根7本以上の数 (発根数の内数)	根乾燥重量(mg/本)
2月挿し	4	0	—
3月挿し	21	21	87.5(±173.4)
4月挿し	10	6	37.5(±49.2)
5月挿し	21	21	31.7(±34.5)
6月挿し	30	29	83.7(±43.0)
7月挿し	30	29	187.7(±102.7)
8月挿し	30	30	137.2(±51.9)
9月挿し	13	10	43.2(±25.0)

※ 各月のさし木の供試数n=30

※ 根乾燥重量は一次根7本以上の穂の平均値(±標準偏差)



図2 ガラスハウス内の平均気温



写真1 さし穂を掘り上げた状況 (8月挿し)



写真2 発根状況

8月挿しでは2カ月後、9月挿しでは1カ月後の10月中旬に急激に下がり、10月下旬以降は 15°C を下回った。これらのことから、さし付け時期と発根の有無および発根率との関係については、ガラスハウス内の平均気温が大きく関与しているものと考えられた。

なお、4月挿しの発根率が33%と3月挿しよりも低くなったのは、サカキの新葉展開がはじまった直後で、穂木が

成熟していなかったことが大きく影響したものと考えられた。

さし付け時期別の発根状態と根乾燥重量を表3に示す。2月挿しの発根数は30本中4本(発根率13%)であったが、発根したさし穂の一次根は全て6本以下だった。また、発根率の高い6月挿しから8月挿しは、ほとんど一次根7本以上で根乾燥重量も大きい傾向がみられた(写真1,2)。

なお、いずれのさし付け時期においても、約3カ月間の育苗期間中に枯死したさし穂はみられなかった。

30cmの大型挿し穂によるさし木を1年を通じて毎月行ったところ、春挿しの2月挿しから秋挿しの9月挿しまで発根が確認され、そのうち、6月挿しから8月挿しまでは発根率100%であった。今回、発根がみられなかった時期や発根率が低かった時期についても、3カ月以上管理すれば発根率は上昇したと思われる。しかしながら、さし床から苗畑への移植時期は一般的に3月頃であり、管理期間の長さも考慮すると、今回の育苗条件では、サカキの大型さし穂によるさし木は、展葉期前後の春挿しや気温が低下していく秋挿しより、6月から7月の梅雨挿しが適期であると考えられた。

おわりに

さし木を行う際は、多くの要因が関係することを理解し、成長の良い成熟した穂木を使い、基部の処理や蒸散抑制のための着葉数等の調整、発根促進剤の活用、水分

・温度・光等の環境を発根しやすいように整えることが非常に重要である。今後も、サカキに関する試験研究により、生産者に有益なデータの提供を行っていきたい。

引用文献

- 町田英夫(1974) さし木のすべて. 261pp. 誠文堂新光社, 東京.
- 農林水産省(2020) 特用林産物生産統計調査, 特用林産基礎資料. https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokuyo_rinsan/index.html (2022. 2. 1 閲覧)
- 宇田 明・桐生 進(2013) 花の小辞典, 222pp. 農文協, 東京.
- 和歌山県(2009) 木の国 森の資源の活かし方, pp. 49-50.
- 米倉浩司(2017) サカキ科. 改訂新版日本の野生植物 4, pp. 177-181. 平凡社, 東京.

短報

萌芽更新を利用したサカキの省力化栽培技術の開発^{*1}

河内眞子^{*2}

要旨：管理不十分なサカキ林を、萌芽更新によって省力的で生産性の高い林分に仕立て直す技術を開発するため、16年生と25年生のサカキを高さ60cmで台伐りし、萌芽枝の発生状況や本数調整による萌芽枝の成長促進効果などについて調べた。その結果、台伐り後1成長期経過した時点の萌芽枝数は最大で73本と62本、平均で43本と32本であり、枯死したものもみられず、サカキの旺盛な萌芽力を確認できた。また、本数調整による萌芽枝の成長促進効果は認められなかったが、萌芽枝の長さに比例するように商品となる横枝の発生数は増加しており、3成長期後の横枝の最長枝はサカキの出荷規格である35cmを概ね上回っていたことから、4成長期以降には収穫可能となることが示唆された。病虫害発生の懸念も考慮して、現時点では1成長期後に萌芽枝の本数を5本程度に調整することが望ましいと考えられた。

キーワード：サカキ、萌芽更新、萌芽枝、台伐り、省力化

はじめに

サカキ (*Cleyera japonica*) は、サカキ科サカキ属の常緑小高木で、本州（茨城県・石川県以西）・四国・九州、朝鮮半島南部、中国、台湾に分布し（米倉 2017）、その枝葉は年間を通じて神棚や神事に利用されている（写真1）。

サカキの枝葉は、全国的に安定した需要があり、鹿児島県では1990年頃からスギの林床等を活用し栽培されはじめ、現在では全国2位の生産量を誇るものの（農水省 2020）、国産品は慢性的に供給不足であり、流通量の大半が中国産に占められていることから（宇田・桐生 2013）、市場からは品質の良い国産品の供給が求められている。

一方、鹿児島県内では、近年、生産者の高齢化等により管理不十分なサカキ林が増加している（写真2）。このようなサカキ林では、生産者は樹形を整えずに手の届きやすい範囲から搾取的に枝葉を収穫することから、樹高が高くなるにつれて梯子や高枝鋏を駆使しなければ収穫できなくなっており、このことが生産者の負担増加と生産量減少につながるとともに、サカキ林放置の一因ともなっている。

枝葉が収穫しにくくなったサカキは、主幹を切り戻して樹形を整える方法が考えられる。しかしながら、仏花用の枝物として畑地で集約的に栽培が行われているシキミで



写真1 サカキの商品（規格（長さ）35cm）



写真2 管理不十分なサカキ林の状況

*1 Kawachi, S : Development of labor-saving cultivation technology of *Cleyera japonica* by regeneration sprouts.

*2 鹿児島県森林技術総合センター資源活用部

*2 Kagoshima Pref. Forestry Technology Center. Forest Resource Application div., Aira899-5302Japan

は、生産性を高めるため、主幹を断幹して側芽を多く発生させる萌芽更新の手法が行われるものの(真柴 1998)、林床で栽培されるサカキには一般的に行われていない。

このような状況の中、著者は管理不十分なサカキもシキミと同様に断幹(以下「台伐り」)を行い、萌芽更新によって樹高を低く仕立て直すことで、生産性を高めることができるのではないかと考えた。しかし、樹木の萌芽力には樹種、樹齡、切株直径などが関係することが報告されている(紙谷 1986; 片桐 1986)が、これまでの萌芽更新の研究は、薪炭林やしいたけ生産のためのクヌギやコナラの利用に関するものがほとんどであり、サカキに関するものは見当たらない。

そこで、本研究では、サカキの台伐りによる萌芽更新と省力化栽培の可能性を検証するため、スギの林床に植栽されたサカキを台伐りし、萌芽枝の発生本数や萌芽枝の成長量、萌芽枝の本数調整による成長促進効果などについて3年間調査したので、その結果について報告する。

材料及び調査方法

1 調査地及び供試木

調査地及び供試木の概要を表1に示す。調査地1は鹿兒島県始良市の鹿兒島県森林技術総合センター、調査地2は曾於市有林であり、両調査地ともスギの林床にサカキが植栽されている。

2019年2月3日に調査地1で40本、同年4月3日に調査地2で40本、供試木毎に根元径(地表面から5cm程度)を測定し、鋸を用いて台伐りを行った(写真3)。なお、台伐りの高さは120cmではその後の枝高が高くなり効果的ではないため(坂口 2012)、収穫時の作業性を考慮し60cmで行うこととした。台伐りの伐採面(以下「木口」)より下方の幹から発生している枝(以下「下枝」)は整理せず残したが、供試木の中で下枝が全くなかったものは、調査地1で17本、調査地2で3本あった。

また、供試木は腐朽防止のために少し傾斜をつけて切断し、木口面には殺菌剤(トップジンMペースト、日本曹達株式会社)を薄く塗布した。なお、調査地には防獣ネット等は設置していない。

2 調査方法

調査は2019年から2021年まで3年間行った。

1年目は萌芽枝の成長が休止した2019年12月に、供試木から発生した長さ5cm以上の萌芽枝の本数(以下「萌

表1 調査地および供試木の概要

	調査地 1	調査地 2
場 所	始良市蒲生町上久徳	曾於市財部町下財部
上層木	スギ(約50年生)	スギ(約59年生)
サカキ樹齡	16年生	25年生
台伐り実施日	2019年2月3日	2019年4月3日
サカキ根元径	6.59 ± 1.41cm	7.59 ± 0.89cm
供試数	40本	40本

※ 樹齡は台伐り時点

※ サカキ根元径は平均値±標準偏差



写真3 台伐り後の様子(調査地1)(2019.4)

表2 台伐り後1成長期目の萌芽枝数

	単位:本		
	最大	最小	平均±標準偏差
調査地1	73	13	43.0 ± 15.9
調査地2	62	14	32.3 ± 11.8

芽枝数)を調査するとともに、供試木ごとに優勢な3本の萌芽枝を選定し、その長さ(以下「萌芽枝長」と、その基部の径(以下「萌芽枝径」)を測定した。

また、萌芽枝の本数調整が残存する萌芽枝の成長促進に及ぼす効果を調べるため、萌芽枝数を3本あるいは5本になるまで調整した調査区と無調整の対照区の3調査区を設定した。各調査区の供試木は10本とした。

2年目と3年目についても、1年目と同様に12月に供試木毎に3本の萌芽枝長と萌芽枝径を測定したが、3年目については、商品となり得る収穫枝の発生状況を評価するため、萌芽枝から発生した高さ180cmまでの横枝の本数(以下「横枝数」)および最長の横枝(以後「最長枝」)の長さを測定した。

なお、調査期間中、地際部付近の根からも萌芽枝が発生したが、これら根萌芽についてはそのまま放置するとともに、供試木への施肥は行わなかった。

また、2019年9月9日から10日の曇天日に調査地1, 2で照度計2台を用いて、サカキの植栽されている林内と、その近くの上空が遮られていない林外で、高さ約120cmの照度を同時に測定し、林外に対する林内の累計照度(1分間×3回)を計算して、各調査地の相対照度の平均を求めた。

結果及び考察

1 萌芽枝の発生

台伐り後1成長期経過した2019年12月時点における萌芽枝数を表2に示す。台伐りは、調査地1では2019年2月、調査地2では2019年4月と、新葉の展開前で萌芽更新の適期と言われる時期に行ったが、両調査地とも台伐り後約2ヶ月経過すると萌芽枝が発生し始め(写真4)、最終的に全ての供試木から発生し、その成長は11月頃まで続いた。

萌芽枝数は、調査地1では最大73本、最小13本、平均43.0本で、調査地2では最大62本、最小14本、平均32.3本であり、Welchのt検定で両者には有意差が認められた($p < 0.05$)。幹からの下枝が全くない供試木は調査地1で17本、調査地2で3本あったが、これらを含め台伐り後に枯死したものは1本もなかった。

紙谷(1986)によれば、萌芽の発生位置は樹種によって若干異なり、大・中高木性樹種では切り残された樹幹部に多く、小高木性樹種では地際部に多いとされているが、切り株の高さは明記されていない。一方、シカ食害防止のため、30年生のクヌギを高さ80cm, 100cm, 120cmの位置で伐採すると、伐採部分から2~30cm下部からの萌芽枝が多く、伐採部から離れて地際に近づくとも発生数が少なくなる傾向があるという(井上ら2018)。今回は、根元径7cm前後のサカキを高さ60cmで台伐りしたが、地際に萌芽枝が集中するようなことはなく、優勢な萌芽枝は、樹幹部の中でも上方に多い傾向がみられた。

2019年12月時点におけるサカキの根元径と萌芽枝数の関係を図1に示す。根元径と萌芽枝数の間に調査地1では有意な相関関係が認められたが($p < 0.05$)、調査地2では認められなかった($p > 0.05$)。

調査地1では根元径はおよそ4cmから10cmの範囲に、調査地2ではおよそ6cmから10cmのより狭い範囲に分布していたため、相関関係が認められたのかもしれない。萌



写真4 萌芽枝発生の様子(調査地1)(2019.6)

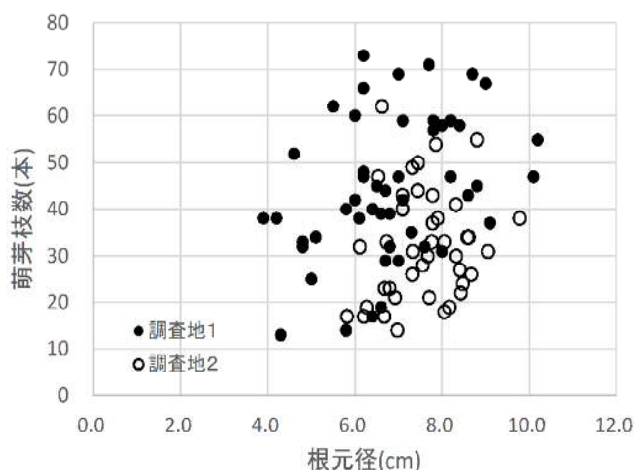


図1 サカキの根元径と萌芽枝数の関係(2019.12)

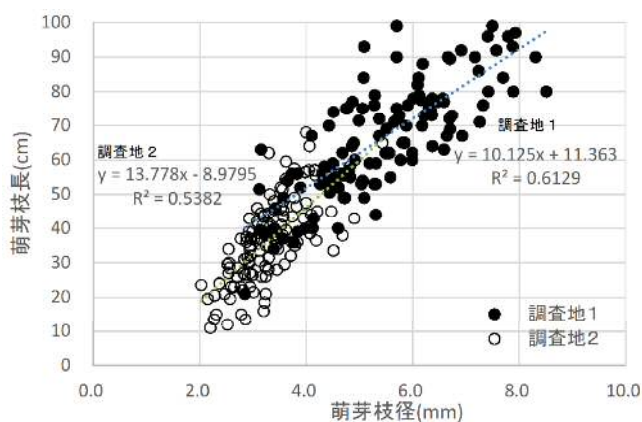


図2 萌芽枝径と萌芽枝長の関係(2019.12)

表 3 本数調整後の萌芽枝の状況

調査地 1	2019.12 (1 成長期後)		2020.12 (2 成長期後)		2021.12 (3 成長期後)			
	萌芽枝径 (mm)	萌芽枝長 (cm)	萌芽枝径 (mm)	萌芽枝長 (cm)	萌芽枝径 (mm)	萌芽枝長 (cm)	地上180cmまでの横枝数 (本)	最長枝 (cm)
3 本区	6.20(±1.19)	68.3(±13.3)	13.26(±3.33)	126.4(±34.0)	18.48(±5.61)	165.2(±53.1)	18.5(±5.3)	51.0(±12.2)
5 本区	6.12(±1.05)	71.7(±15.7)	13.26(±2.85)	128.7(±28.7)	18.84(±5.19)	174.3(±51.0)	18.9(±5.0)	51.8(±11.3)
対照区	5.23(±1.19)	69.7(±17.8)	11.31(±3.56)	120.7(±36.2)	16.03(±5.82)	161.0(±37.5)	17.0(±4.0)	48.2(±13.3)

調査地 2	2019.12 (1 成長期後)		2020.12 (2 成長期後)		2021.12 (3 成長期後)			
	萌芽枝径 (mm)	萌芽枝長 (cm)	萌芽枝径 (mm)	萌芽枝長 (cm)	萌芽枝径 (mm)	萌芽枝長 (cm)	地上180cmまでの横枝数 (本)	最長枝 (cm)
3 本区	3.49(±0.76)	38.5(±14.2)	6.69(±1.41)	80.7(±23.3)	9.24(±2.33)	102.2(±25.7)	8.5(±3.5)	38.3(±10.9)
5 本区	3.43(±0.71)	38.7(±12.3)	6.69(±1.06)	74.5(±18.9)	9.56(±1.95)	102.8(±29.9)	10.2(±3.2)	40.4(±10.5)
対照区	3.30(±0.57)	37.8(±12.4)	5.50(±1.20)	68.7(±17.5)	7.66(±1.96)	90.6(±18.9)	7.2(±1.8)	32.4(±10.1)

※ 平均値(±標準偏差)

※ 調査地 2 の対照区で 2021.12 (3 成長期目) のデータには、病害虫の被害をうけた供試木 3 個体は含まれていない。

芽力は若齢期に旺盛で、高齢期では直径が大きくなるにつれ衰えることが報告されている(伊藤 2014) ことから、今後は、樹齢や直径が大きくなると萌芽枝数とどのような関係がみられるのか、さらにデータを蓄積した上で検証する必要がある。

2. 萌芽枝径と萌芽枝長

台伐り後 1 成長期経過した 2019 年 12 月時点における萌芽枝径と萌芽枝長の関係を図 2 に示す。萌芽枝径と萌芽枝長には有意な相関関係が認められた ($p < 0.01$)。これは調査地 1, 2 とも同様の傾向を示した。

調査地全体の平均値を比較すると、萌芽枝径は調査地 1 では 5.45mm, 調査地 2 では 3.37mm, 萌芽枝長は調査地 1 では 66.58cm, 調査地 2 では 37.78cm と萌芽枝径及び萌芽枝長は調査地 1 が調査地 2 の 162%, 176% となり、成長が大きい傾向がみられた。しかしながら、両調査地の台切りの高さは 60cm と一定で、樹齢差は 7 年と小さく、樹齢の影響だけによるものとは考えにくい。松浦ら (2002) によると、萌芽更新には伐採地の明るさと伐採前の年輪成長量が影響を与えているとされている。調査地の相対照度は、調査地 1 では 39%, 調査地 2 では 19% であった。このことから、林内の光環境の違いが萌芽枝の成長に影響を及ぼした可能性が考えられるが、サカキは光環境が良好すぎると葉の色が赤みを帯びるため、今後は適切な光環境について調査を行う必要がある。

3. 萌芽枝の本数調整と枝の成長

本数調整後の萌芽枝の状況を表 3 に示す。萌芽枝を本数



写真 5 本数調整後の様子 (調査地 1) (2021.5)

調整した 2019 年 12 月時点で、調査地 1 が調査地 2 より萌芽枝径及び萌芽枝長ともに大きかったが、3 成長期後の 2021 年 12 月までその傾向は変わらなかった(写真 5)。

試験区別に萌芽枝の成長量を比較すると、3 成長期後では 5 本区が成長は最もよく、萌芽枝長は調査地 1 では 174.3cm, 調査地 2 では 102.8cm となり、3 本区や対照区と比較するとその差は 10cm 程度と枝葉の収穫量に影響を与えるほどの差ではなかった。一方、萌芽枝の成長量と横枝数に着目すると、調査地 1 の萌芽枝の成長量は萌芽枝径、萌芽枝長ともに調査地 2 のほぼ 2 倍であったが、横枝数についてもほぼ 2 倍となっていた。このことから、萌芽枝の成長に比例して、商品となる横枝すなわち収穫量も増加するものと考えられた。

また、3 成長期後では横枝の最長枝は調査地 1 では

51.8cm, 調査地 2 では 40.4cm となり, サカキの商品としての出荷規格の 35cm を概ね上回っていたことから, 翌年以降収穫可能になるものと判断された。萌芽枝径および萌芽枝長は今後成長が緩やかになり, 枝葉が充実していくと考えられるため, 引き続き, その形状や成長量について調査を行う予定である。

3 本区および 5 本区では, 成長促進効果は認められなかったが, これは下枝の状況が一様でなかったことや, 適宜除去はしていたものの, 本数調整後も萌芽枝が次々に発生し続けたことも影響した可能性がある。また, 対照区では枝葉の密度が高く病虫害が発生したのも多かった。このようなことから, 萌芽枝の本数調整による成長促進効果は期待できないものの, 病虫害発生防止のため調整は行うべきであろう。また, 調査期間中に枯死した萌芽枝はなかったものの, 成長が既に停滞している萌芽枝もみられたため, 病虫害発生の懸念も考慮して, 現時点では 1 成長期後に萌芽枝の本数を 5 本程度に調整することが望ましいと考えられた。

なお, 調査地に防獣ネット等は設置しなかったが萌芽枝にシカ等の獣害は見られなかった。

まとめ

1. サカキの萌芽特性

本研究では, 16 年生と 25 年生のサカキを高さ 60cm で台伐りし, その後の萌芽状況を比較したが, 両者ともサカキ 1 本あたり平均 30 本以上の萌芽枝が発生し, 台伐りによる枯死もみられないなど, サカキの旺盛な萌芽力を確認できた。

今回台伐りしたサカキは 25 年生以下と比較的若齢で, 根元径も 7cm 程度であったことから, 高齢化あるいは大径化したサカキがどのような萌芽力を示すかは不明である。一方, 多くの樹種は根元径が 10~20cm で萌芽本数がピークに達する(正木ら 2013) ことから, 台伐りしたサカキも 10 年後の 35 年生までは根元径も 20cm 未満で, 十分な萌芽力を保持していることが期待できる。このため, 鹿兒島県内でみられる管理不十分なサカキ林は, 植栽後 30 年を迎えているものが多く, 今回の試験結果から得られたサカキの萌芽特性から考えると, そのほとんどが台伐りの適期を迎えているものと考えられる。

2. 萌芽更新を利用したサカキの省力化栽培技術

サカキは植栽から収穫可能となるまでに長い時間を要するものの, 一度植栽すると継続的に生産可能な永年作物

である。

今回, サカキを高さ 60cm で台伐りし, 1 成長期後に萌芽枝数を 3 本あるいは 5 本になるまで調整をおこなったところ, 両者とも萌芽枝の長さに比例するように横枝が発生し, 3 成長期後の横枝の数値等から, 4 成長期以降, 収穫可能となることが示唆された。これは, 植栽から収穫まで 6~7 年といわれる期間を萌芽更新によって約 3 年短縮させたことになる。

一方, 萌芽枝数を 3 本あるいは 5 本に調整した場合と無調整の場合では, 萌芽枝の成長や横枝数に明らかな差はみられなかった。しかしながら, サカキは商品価値の高い枝葉の生産が目的である。枝葉の密度が高いと病虫害の発生が懸念され, 本数調整後も新たな萌芽枝が発生し続けたことから, 現時点では 1 成長期後に 5 本程度, 更に状況に応じて調整を行い, 商品価値の高い枝葉を多く育成することが望ましいと考えている。今後は, 作業性を考慮し, 萌芽枝の高さを抑えつつ, 枝葉を充実させていく予定である。また, 良好な光環境では萌芽枝の成長量も大きくなる傾向がみられたが, 商品としての価値が下がる懸念もあることから, 光環境が枝葉の形状や形質に及ぼす影響を明らかにするとともに, 施肥等の効果などについても調査する必要がある。

サカキは樹高 10m ほどの高木になるため, 上手な採取方法で, 枝葉を継続的に収穫していくことが望ましいものの(和歌山県 2009), 生産者の高齢化や後継者不足により管理不十分になっているのが現状である。

鹿兒島県におけるサカキの生産振興のためには, 高齢化が進みつつある生産者でも高い品質の枝葉を安全かつ少ない労働力で収穫できる方法を普及させる必要がある。

そのためには, サカキを萌芽力のあるうちに台伐りする方法が効果的であり, 本研究で実施した萌芽更新を利用した栽培技術が新たな選択肢になるものと考えている。

サカキは中山間地域における有望な特用林産物の一つである。管理不十分なサカキ林の再生について, 今後も調査研究を継続していきたい。

謝辞

本研究を進めるにあたり, 曾於市農林振興課 國武次宏課長補佐に多くの御協力をいただいた。この場を借りて深く感謝申し上げます。

引用文献

- 井上万希・小田三保・黒木逸郎 (2018) シカによるクヌギ萌芽枝食害を防止するための伐採高の検討. 九州森林研究 71 : 69-70.
- 伊藤 哲 (2014) 林の再生能力を生かす. エコロジー講座 7 里山のこれまでとこれから, pp. 32-41. 文一総合出版, 東京.
- 紙谷智彦 (1986) 豪雪地帯におけるブナ二次林の再生過程に関する研究 (II) 主要構成樹種の伐り株の樹齢と萌芽能力との関係. 日林誌 68: 127-134.
- 片桐成夫 (1986) 落葉広葉樹の萌芽更新に関する研究 (I) 伐採後 5 年間の萌芽枝の生長について. 島根大山陰地域研究 2 : 27-36.
- 正木 隆・伊東宏樹・佐藤 保・大住克博 (2013) 萌芽の特性を活かして里山二次林を管理する. 森林総合研究所研究成果選集 : 50-51.
- 真柴孝司 (1998) 林業技術ハンドブック, pp. 1882-1883. 社団法人全国林業普及協会, 東京.
- 松浦光明・小林達明・有田ゆり子 (2002) 大径木化したコナラ二次林の萌芽更新規定要因. 日本緑化工学会誌 28 : 115-120.
- 農林水産省 (2020) 特用林産物生産統計調査, 特用林産基礎資料. https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokuyo_rinsan/index.html (2022. 2. 1 閲覧)
- 坂口和昭 (2012) 花木王国わかやま創造・花木類の高品質省力化栽培技術開発. 和歌山林業試験場業務報告 70 : 62-65.
- 宇田 明・桐生 進 (2013) 花の小辞典, 222 pp. 農文協, 東京.
- 和歌山県 (2009) 木の国 森の資源の活かし方: pp. 49-50.
- 米倉浩司 (2017) サカキ科. 改訂新版日本の野生植物 4 , pp. 177-181. 平凡社, 東京.

短報

スギ特定母樹「県始良 20 号」を用いた直挿し造林の検討*1

穂山浩平*2・永吉健作*3・平生貴成*4

要旨：穂を林地に直接挿し付けて成林させる直挿し造林は、苗木づくりを省略でき、しかも、軽い穂木を扱うことから、極めて省力的な造林技術といえる。そこで、造林作業の省力化やスギ花粉症などの問題の解決に向けて、スギ特定母樹で少花粉品種でもある「県始良 20 号」の長さ 60 cm の直挿し穂、直挿し穂の基部に剥皮処理を行ったカルス直挿し穂及び比較対照のコンテナ苗を準備し、萬膳国有林の伐採跡地に直挿し造林試験地を設定した。その結果、2 成長期後の直挿し穂の活着率は 4 割程度であったが、カルス直挿し穂は 9 割程度とコンテナ苗と同等の活着率を示し、剥皮処理による活着率の向上が確認できた。しかしながら、カルス直挿し穂の育成にはミストハウスや資材などが必要であるとともに、カルス直挿し穂は直挿し穂と同様にコンテナ苗に比べ樹高成長が遅れる傾向がみられたことから、雑草木からの被圧による枯損や下刈り回数の増加も懸念されるなど、カルス直挿し穂を用いた造林には解決すべき課題も残された。

キーワード：直挿し造林、カルス、スギ、特定母樹、県始良 20 号

はじめに

全国の森林面積のうち約 4 割に相当する 1,020 万 ha は人工林であり、その半数が主伐期である 50 年生を超え、本格的な利用期を迎える中（林野庁 2021）、鹿児島県においても、主伐面積及び再造林面積は増加傾向にある（鹿児島県 2019）。一方、鹿児島県の林業労働力は長期的に減少傾向で推移しており（鹿児島県 2021）、再造林の推進に当たっては、労働力の確保と併せて、造林作業の省力化が求められている。

再造林に伴う施業の中でも、初期保育コストの 4 割弱を占める下刈り（山田 1999）については、労働強度が特に大きく、全国各地で下刈り回数の削減や筋刈りなど様々な取組が行われている（林野庁 2021）。また、近年は、山行苗木の約 3 割を占めるようになったコンテナ苗（林野庁 2021）が、効率的な植え付けを可能にしたことで再造林の省力化に大きく寄与している。しかしながら、再造林を推進する上で、労働力の確保や省力化以外にも、苗木不足やスギ花粉症など解決すべき課題が残されている。

かつて、鹿児島県森林技術総合センター（以下、当センター）の位置する蒲生町（現始良市）では、藩政時代に発根性のよいスギ（メアサ系）の穂を用いた直挿し造林が行われていた（鹿児島県 1980）。直挿し造林とは、穂を林地に直接挿し付けて成林させる方法であり、現在の苗木を用いる造林とは大きく異なっている。また、造林の主流となっている裸苗やコンテナ苗の育成には多くの時間と労力が必要であるが、直挿し造林の場合は苗木づくりを省略でき、しかも、軽い穂木を扱うことから極めて省力的な造林技術といえる。そのような中、近年、コンテナ苗を用いた造林に関する研究は広く行われているもの（中村ら 2019）、直挿し造林に関する研究はほとんど行われていない。

そこで、本研究では、花粉症対策に資する品種や成長の優れた品種の選択が重視されている（林野庁 2021）ことに鑑み、再造林を推進する上での課題である「造林作業の省力化」、「苗木不足の解消」、「スギ花粉症問題」の解決に向けて、特定母樹に指定されている少花粉スギ品種「県始良 20 号」（以下、県始良 20 号）を用いた直挿し造林を試みたので、その結果を報告する。

*1 Hoyama, K., Nagayoshi, K. and Hirabae, T. : Examination of direct cutting-planting method with specified mother tree of Sugi (*Cryptomeria japonica*), Aira No.20.

*2 鹿児島県森林技術総合センター森林環境部

*2 Kagoshima Pref. Forestry Technology Center. Forestry and Environment div., Aira 899-5302 Japan.

*3 鹿児島県大島支庁農林水産部林務水産課

*4 北薩森林管理署山野森林事務所

表1 試験地の概要

プロットNo.	1	2	3
植栽面積 (ha)	0.019	0.015	0.020
植栽密度 (本/ha)	2,500	2,500	2,500
植栽配置	単木混交	単木混交	単木混交
直挿し穂	49	38	33
植栽本数 カルス直挿し穂	12	6	5
コンテナ苗	5	4	5
計	66	48	43



図1 穂の基部の剥皮処理

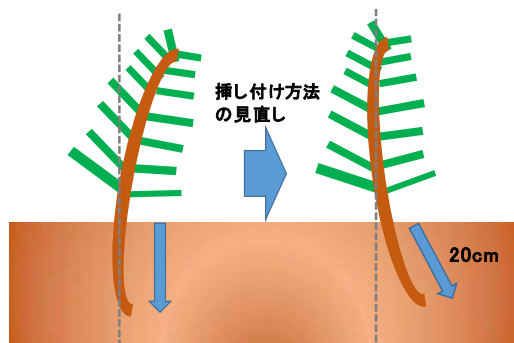


図2 挿し付けイメージ

材料と方法

1 供試材料

直挿し造林に用いた挿し穂（以下、直挿し穂）については、直挿し実施日（2020年3月10日）の前日に、川添国有林（始良郡湧水町）に植栽されているスギ（県始良20号、5年生）から採取した。採取した直挿し穂は、剪定鋏を用いて、大分県（2011）の事例を参考に60cmの長さに調整し、基部の切り口は挿し付けの効率化を目的として斜めに加工した。また、蒸散を抑制するため、挿し穂の基部から30cmの範囲にある枝葉をすべて除去した。その後、基部をオキシペロン液剤（40倍希釈）に一昼夜浸漬した。

藩政時代の直挿し造林では発根性に優れたメアサ系のスギが用いられていたことから（鹿児島県 1980）、九州育種基本区内のスギ精英樹特性表（林木育種センター九州育種場 2009）（以下、特性表）に基づいて、メアサ系のスギ精英樹（県鹿児島1号）と今回の県始良20号を比較したところ、前者の挿し木発根性は5（発根性を1・3・5の3段階で評価、数字が大きいほど発根率が高い）であるのに対し、後者の挿し木発根性は3であり、県始良20号の挿し木発根性は県鹿児島1号より低位である。そのため、県始良20号の直挿し穂の活着率（生存率）を向上させるための工夫として、直挿し穂の基部に剥皮処理を行い、カルス形成を促進することとした。

剥皮処理を行う挿し穂（以下、カルス直挿し穂）については、2019年12月18日に川添国有林で採取し、直挿し

穂と同様に、穂の長さを60cmに調整した後、穂の基部から30cmの範囲の枝葉を除去した。その後、基部から10cmの範囲の樹皮を約5mmの幅で2面剥皮し（図1）、オキシペロン液剤（40倍希釈）に一昼夜浸漬した。

12月19日にカルス直挿し穂を育苗箱（鹿沼土・細粒）に挿し付け、直挿し実施日までの約3か月間、当センター内のミストハウスで管理し、カルス形成を促進した。

2 試験設定と調査方法

萬膳国有林（霧島市牧園町）内の伐採跡地（2018年9月伐採）に3つのプロットを設定し、2020年3月10日に、直挿し穂及びカルス直挿し穂を林地に挿し付けた。また、前述の直挿し穂及びカルス直挿し穂以外に、活着や成長量などを比較する対照として、当センターでマルチキャビティ・コンテナ（JFA-300）により育成した県始良20号のコンテナ苗（2019年2月28日挿し付け、1年生苗）も同一プロット内に植栽した（表1）。なお、カルス直挿し穂については、直挿し実施日の朝にミストハウスの育苗箱から丁寧に掘り取り、萬膳国有林に運搬した。

直挿し穂及びカルス直挿し穂の挿し付けに当たっては、挿し付けの深さを20cmに設定した。大分県（2011）では通直な案内棒を用いて林地に挿し付け用の孔をあけ、そこに挿し付けていたことから、同様に案内棒による挿し付けを試みた。しかし、採取した県始良20号の穂は軸がやや湾曲しており、通直な案内棒であけた孔に沿って挿し付けることが困難であったことから、案内棒は用いず、そのまま林地に挿し付けた。また、湾曲した穂を地面に対して

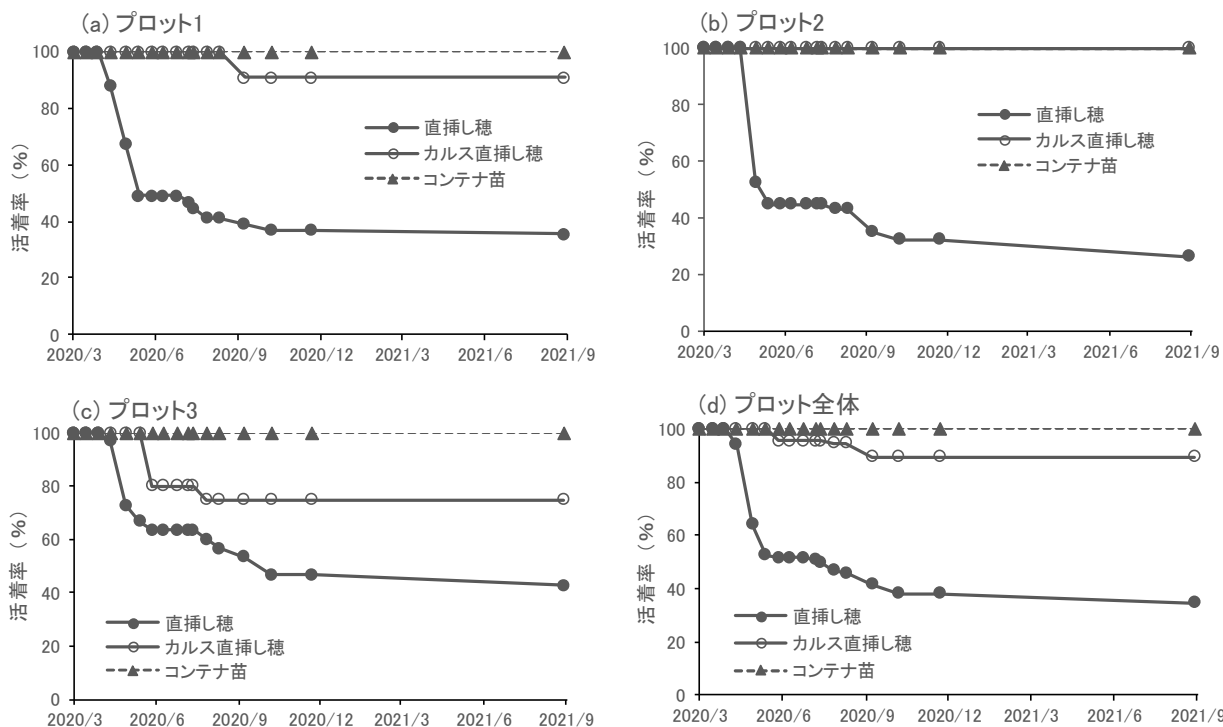


図3 穂（苗）の種類と活着率の関係

垂直に挿し付けると穂が傾くため、挿し付け後に穂先が地面に対してほぼ垂直になるように挿し付けた（図 2）。コンテナ苗については、ダブルを用いて植栽した。

挿し付けを行った 2020 年 3 月から 2020 年 9 月までの半年間は枯損個体が多く発生することが予想されたことから、約 2 週間毎に活着（生存）状況を調査し、それ以降は 2020 年 10 月、11 月、2021 年 9 月に調査を行った。また、1 成長期の 2020 年 11 月、2 成長期の 2021 年 9 月に樹高を測定した。挿し付け後の発根状況については、挿し付けから 5 か月後の 2020 年 8 月に、各プロットの直挿し穂、カルス直挿し穂及びコンテナ苗の中から枝葉に枯れがみられない健全な個体を 1 個体ずつ選抜し、根を切断しないよう丁寧に掘り取った後、目視により確認した。

結果

1 穂（苗）の種類と活着率の関係

プロット 1～3、プロット全体における穂（苗）の種類と活着率の関係を図 3 に示す。活着率は、生存個体数を挿し付け（植栽）個体数で除して百分率で表すとともに、枝葉が全て茶色になった状態を枯死と判定し、生存個体数から除外した。また、下刈り時に誤伐された個体については、その個体数を生存個体数及び挿し付け（植栽）個体数の両

方から除外した上で、活着率を算出した。

プロット 1 では、直挿し穂の活着率が挿し付けからの 3 か月間で 49% まで低下した（図 3a）。その後は緩やかに低下し、2020 年 11 月には 37% となり、それ以降は横ばいで推移した。カルス直挿し穂は 2020 年 9 月に枯損個体が 1 個体確認され、その活着率は 91% に低下したが、その後の枯損個体はなく、横ばいで推移した。コンテナ苗の活着率は 100% で推移した。プロット 2 では、プロット 1 と同様に、直挿し穂の活着率が挿し付けからの 3 か月間で急激に低下し、2020 年 6 月時点で 45% となった（図 3b）。その後は緩やかに低下し、2021 年 9 月時点では 26% となり、プロット 1 に比べて低い活着率を示した。カルス直挿し穂及びコンテナ苗の活着率は 100% であった。プロット 3 では、直挿し穂の活着率がプロット 1、2 と同様に、挿し付けからの 3 か月間で急激に低下したものの、2020 年 6 月時点で 64% であった（図 3c）。その後は緩やかに低下し、2020 年 11 月には 47% となり、それ以降は横ばいで推移した。カルス直挿し穂は 2020 年 6 月に枯損個体が 1 個体確認され、その活着率は 80% に低下したが、その後は横ばいで推移した。コンテナ苗の活着率はプロット 1、2 と同様に、100% で推移した。プロット 1～3 ではほぼ同様の傾向が認められたことから、合算して比較したところ（図 3d）、直挿し穂の活着率は挿し付けからの 3 か月間で

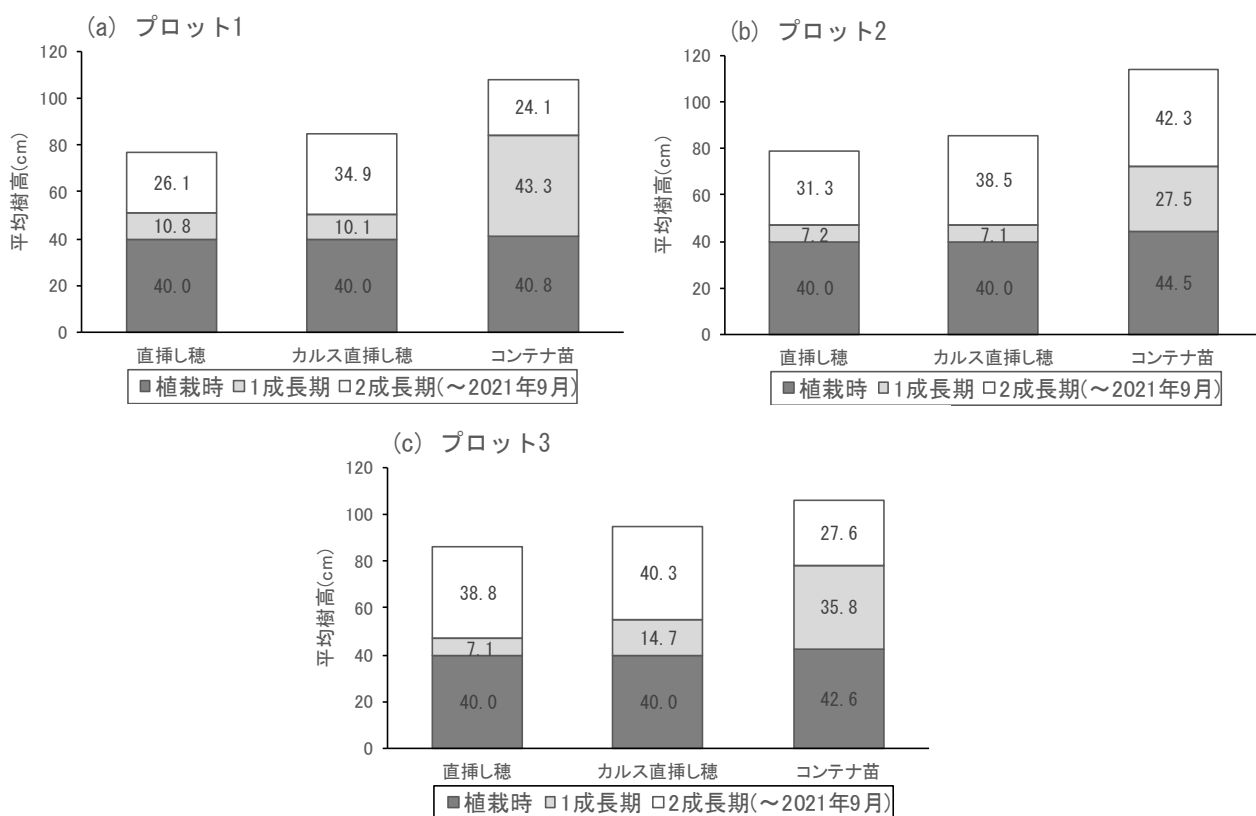


図4 穂（苗）の種類と平均樹高の関係

52%まで低下し、その後は緩やかに低下し、2020年11月には38%、2021年9月には35%となった。カルス直挿し穂は2020年6月から9月にかけて複数の枯損個体が確認され、その活着率は89%に低下したが、その後は横ばいで推移した。コンテナ苗の活着率は、どのプロットにおいても枯損個体が確認されなかったことから、100%で推移した。

2 穂（苗）の種類と平均樹高の関係

穂（苗）の種類と平均樹高の関係を図4に示す。なお、平均樹高は、植栽時の平均樹高に、各成長期の平均樹高成長量を上乘せすることにより算出した。

プロット1～3における植栽時の平均樹高は穂（苗）の種類に関係なく、ほぼ40cmと同等であった（図4a, b, c）。プロット1において1成長期の平均樹高成長量をみると、直挿し穂及びカルス直挿し穂は10cm程度しかなかったのに対して、コンテナ苗は43.3cmと約4倍の成長量を示し、大きく差を広げた（図4a）。2成長期に入ると、カルス直挿し穂の平均樹高成長量が34.9cmと最も大きく、直挿し穂及びコンテナ苗の平均樹高成長量は同程度であった。プロット2では、1成長期まではプロット1と同

様の傾向を示した（図4b）。2成長期に入ると、コンテナ苗の平均樹高成長量が42.3cmと最も大きく、次いでカルス直挿し穂、直挿し穂の順であった。プロット3では、1成長期においてカルス直挿し穂の平均樹高成長量は14.7cmと直挿し穂の約2倍を示したものの、コンテナ苗には及ばなかった（図4c）。2成長期に入ると、プロット1と同様にカルス直挿し穂の平均樹高成長量が40.3cmと最も大きく、次いで直挿し穂、コンテナ苗の順であった。

3 挿し付け（植栽）後の発根状況

2020年8月にプロット1の直挿し穂を掘り取ったところ、穂の基部にカルスは確認できたが、発根はわずかであった（図5a）。一方、プロット2の直挿し穂はプロット1の直挿し穂に比べ、発根量が明らかに多かった（図5b）。また、プロット1のカルス直挿し穂はプロット2のカルス直挿し穂に比べ発根量は多かったものの（図5c, d）、プロット2の直挿し穂（図5b）と同程度の発根であった。コンテナ苗は植栽時点で根鉢が形成されているということもあり（中村ら2019）、プロット3のコンテナ苗では十分に発達した根系が確認できた（図5e）。



図5 挿し付け（植栽）後の発根状況

考察

林内における直挿し造林試験の事例は複数あるが（福村 1997, 祖父江ら 1998）, 伐採跡地（裸地）における直挿し造林試験の事例は少ない。そのような中, 東中（1992, 1993）や福村（1994）は裸地においてオビスギを用いた直挿し造林試験を行い, 挿し付け後1年目の活着率は55%, 2・3年目の活着率は43%と報告している。一方, 萬膳国有林内の伐採跡地で直挿し造林を行った結果, 挿し付けから1年半が経過した2021年9月時点の活着率は, 直挿し穂で35%であった（図3d）。直挿し穂については概ね4割の活着率であったことから考えると, 前述の事例とほぼ一致する結果となった。今回, 活着率を向上させるため, 穂の基部に剥皮処理を行ったカルス直挿し穂を用いたが, 2021年9月時点の活着率は直挿し穂の2倍近くの値となる89%となり（図3d）, コンテナ苗に匹敵する活着率を示した。このことから, 穂の基部に剥皮処理を行わない直

挿し穂では4割程度の活着率しか望めないものの, カルス直挿し穂では剥皮処理によりカルス形成が促進されることで活着率が向上し, コンテナ苗並みの活着率が期待できると考えられた。また, 直挿し穂については, どのプロットにおいても挿し付けからの3か月間に枯損個体が多く確認されたことから, 挿し付け後3か月で概ね成否を判定できることが示唆された。

直挿し穂及びカルス直挿し穂の1成長期の平均樹高成長量をみると, どのプロットにおいてもコンテナ苗に比べ明らかに小さかった（図4）。樹高成長量に差があった要因として, コンテナ苗は植栽時点で十分に発達した根系を有していたため, 樹高成長に必要な水分や栄養を容易に得られたが, 直挿し穂及びカルス直挿し穂は1成長期時点でカルスや根が十分に発達していないため, 樹高成長に必要な水分や栄養を効率よく吸収できなかったことが大きいと考えられた。2成長期に入ると, 直挿し穂及びカルス直挿し穂もコンテナ苗の平均樹高成長量と同等もしくは上

回る成長量を示したが、1 成長期の樹高成長量が影響して、直挿し穂及びカルス挿し穂の平均樹高がコンテナ苗を上回ることはなかった。このことから、直挿し穂及びカルス挿し穂は、1 成長期の樹高成長量がその後の樹高に影響し、コンテナ苗に比べ樹高成長が遅れる傾向がみられ、成長初期における雑草木からの被圧による枯損や下刈り回数が増加が懸念された。

挿し付けから 5 か月後の 2020 年 8 月に発根状況を確認したところ、直挿し穂とカルス直挿し穂の両者とも発根量についての個体差が大きく（図 5a, b, c, d）、剥皮処理の有無が発根量に関与している可能性は低いと考えられた。また、挿し付けから 5 か月が経過した時点で、少ない根量で生存している個体が確認されたことから、カルスが形成されていれば、挿し穂は一定期間生存できることも示唆された。

以上のことから、剥皮処理を行わずに直挿し造林を行った場合、その活着率は 4 割程度しか望めないが、穂の基部に剥皮処理を行えば、カルス形成が促進されることで活着率が向上し、コンテナ苗と同等の 9 割程度の活着率が期待できると考えられた。ただし、剥皮処理によりカルス形成を促進するためには、ミストハウスや育苗箱などの資材が必要となるとともに、ミストハウスと造林地が離れていれば、穂の移動にも多くの労力が必要となる。また、直挿し穂及びカルス直挿し穂はコンテナ苗に比べ樹高成長が遅れる傾向がみられたことから、造林地での成長が遅れることにより雑草木からの被圧による枯損が懸念されるとともに、下刈り回数が増える可能性があることも留意しなければならない。このように、カルス直挿し穂を用いた造林には解決すべき課題が残されているが、仮に、造林地の近くで、剥皮処理に限らず、カルス形成を促進する何らかの処理を容易に実施できれば、県始良 20 号を用いた直挿し造林がより現実的なものになると考えられた。

謝辞

本研究では、試験地の提供、穂の採取や挿し付けなどに際して、鹿児島県森林管理署の皆様にご多大なるご協力をいただいた。ここに深謝する。

引用文献

- 福村寛之（1994）直ざし造林による省力育林試験について。鹿児島県林業試験場業務報告 42：25-26。
- 福村寛之（1997）時節別直ざし活着試験。日本林学会九州支部研究論文集 50：75-76。
- 東中修（1992）低コスト林業の確立に関する研究—直ざし造林試験。鹿児島県林業試験場業務報告 40：15。
- 東中修（1993）直ざし造林による省力育林試験。鹿児島県林業試験場業務報告 41：22-23。
- 鹿児島県（1980）林業試験場 50 年のあゆみ。p. 5。
- 鹿児島県（2019）鹿児島県森林・林業振興基本計画。pp. 8-9。
- 鹿児島県（2021）令和 3 年度鹿児島県森林・林業統計。p. 5。
- 中村松三・伊藤哲・山川博美・平田令子（2019）低コスト再造林への挑戦—貫作業システム・コンテナ苗と下刈り省力化。pp. 56-91。日本林業調査会、東京。
- 大分県（2011）スギの直挿し造林—直挿しの技術とその利用—。8pp。
- 林木育種センター九州育種場（2009）スギ精英樹特性表—30 年次—九州育種基本区。pp. 43-44。
- 林野庁（2021）森林・林業白書令和 2 年度版。pp. 31-128。
- 祖父江宗利・大道武・宝珠山範夫・谷口真吾・井上永治（1998）スギ壮齢林内での直挿しによる林内更新。森林応用研究 7：185-188。
- 山田容三（1999）下刈り作業の現状について。林業と薬剤 150：12-18。

短報

奄美大島の高海拔地に成立するスギ人工林と天然生林の種多様性の比較*1

畠中雅之*2 片野田逸朗*2

要旨：奄美大島の高海拔地に分布するスギ人工林および天然生林を対象に植生調査を実施し、植生型を把握した上で、植生型間における種多様性の比較と検討を行った。その結果、スギ人工林は3つの植生型に、天然生林は2つの植生型に区分された。これら5つの植生型は微地形との結びつきが強く、各微地形におけるスギ人工林の植生型は、その微地形に成立していた天然生林の植生型と比較して種群構成や林分構造、出現種数や多様度指数（H'）が単純化あるいは低下することではなく、種多様性が減少するような傾向はみられなかった。また、絶滅危惧種はいずれの植生型でも出現種数が少なく、その生育環境としての役割を比較・評価できなかった。スギ人工林と比較した天然生林は、過去に強い人為的攪乱を受けた可能性が高いことから、今後はより自然度の高い天然生林での調査とスギ人工林との比較が必要と考えられた。

キーワード：スギ人工林、天然生林、植生型、種多様性、絶滅危惧種

はじめに

奄美群島は、日本列島の形成過程を反映して形成された島々の地史を背景に、多くの固有種や絶滅危惧種が生息し、独特の生物相や生態系が形成されている（環境省2020a）。このため、国は2017年3月7日に奄美大島や徳之島、沖永良部島、与論島等の島嶼で構成される地域を、我が国を代表する架出した地域として奄美群島国立公園に指定している。その地域の中でも、奄美大島は希少な野生動植物の重要な生息・生育場所である特別保護地区や特別地域が最も広くかつ集中して分布している島であり、その核心的区域となっている金作原から湯湾岳、油井岳、鳥ヶ峰にかけての内陸山地域には、スタジイを主体とした亜熱帯照葉樹林が広がっている。

金作原や神屋、湯湾岳南斜面などの内陸山地域には胸高直径（DBH）50cm以上の大径木の密度が高い森林が存在しており、概ね特別保護地区や特別地域に指定されるなど、生物多様性保全上重要な森林となっている（松本ら2020）。一方、内陸山地域の特別保護地区や特別地域にはスギ・ヒノキ人工林（以下、人工林）もパッチ状に点在しており、胸高直径（DBH）40cm以上の大径木を含むスギ高齢林分も

存在している。このため、特別保護地区や特別地域に存在する人工林が、生物多様性保全上どのような役割を果たしているのか評価することは、人工林を今後どのようにに保全管理していくべきか、その方向性を議論する上で極めて重要である。

そこで、本研究では奄美大島の内陸山地の海拔約300m以上の高海拔地に点在し、奄美群島国立公園の特別保護地区や特別地域に指定されているスギ人工林やその周辺の天然生林を対象に植生調査を行い、スギ人工林と天然生林の植生型を把握し、植生型間における種群構成および林分構造、多様度指数、絶滅危惧種の出現種数を比較することで、スギ人工林の種多様性についての評価を試みた。

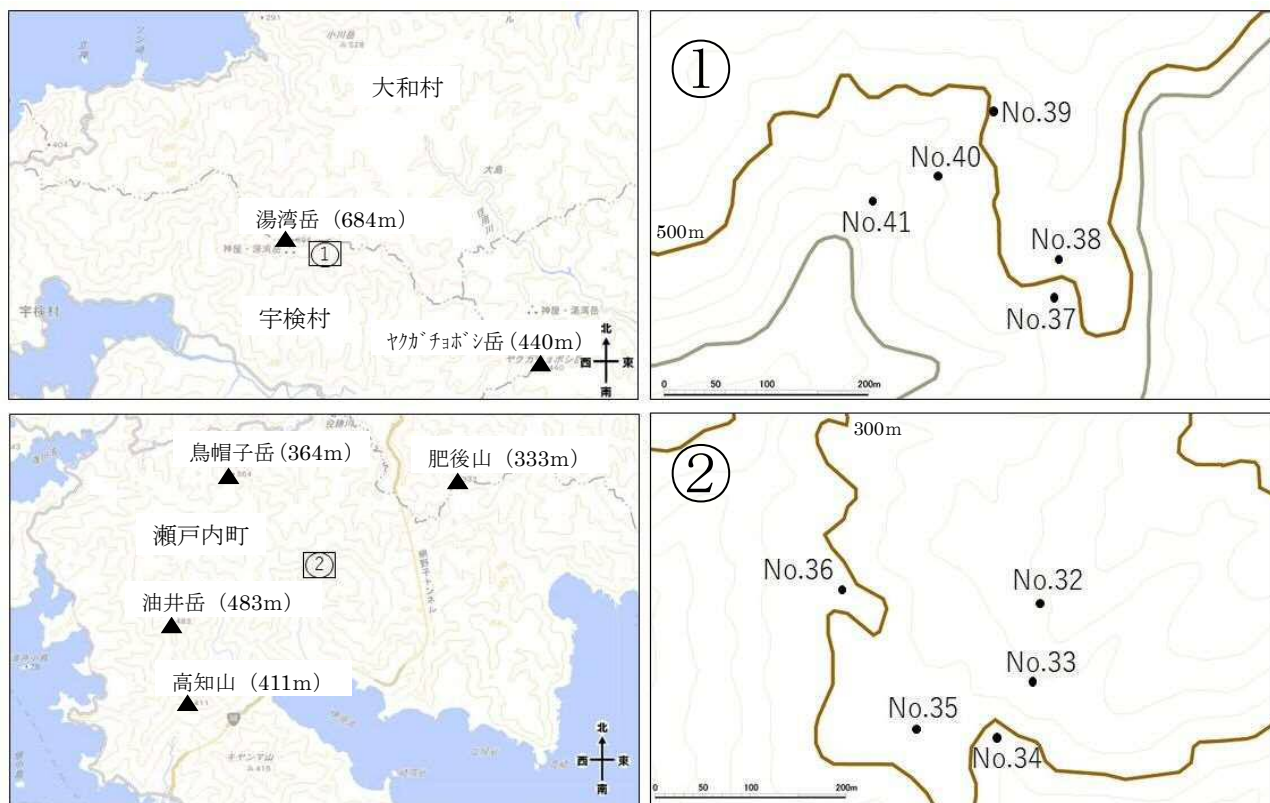
調査地と調査方法

2021年2月8日～9日に宇検村の海拔448m～514m（特別保護地区）と瀬戸内町の293m～330m（第2種特別地域）に存在する人工林や天然生林を対象に植生調査を行い、植物社会学的手法（鈴木ら1985）を用いて均一な林相を対象に階層毎に出現する種の優占度や群度、環境要因である微地形等を記録した。植生調査によって得られた資料を

*1 Hatanaka, M., Katanoda, I. : Comparison of species richness between Sugi (*Cryptomeria japonica*) plantations and natural regeneration forest on high altitude in Amami-oshima Island.

*2 鹿児島県森林技術総合センター森林環境部

*2 Kagoshima Pref. Forestry Technology Center. Forestry and Environment div., Aira 899-5302 Japan.



地理院地図 Vector（仮称）を加工して作成

図1 植生調査位置

畠中・片野田（2021）の31スタンドの植生資料に加えるとともに、植生型と種群を抽出するため、植生資料をスギが植栽されているスギ人工林と、スギが植栽されていない天然生林の2つに大きく区分し、その2つの区分のなかで表操作を行いながら植生型と種群を抽出した。

植生調査の出現種については、片野田（2019）を参考に生活形および植物分類によって常緑高木及び落葉高木、低木、草本類、つる植物、地上生シダ、着生植物に分類することで、各植生型における総出現種数に対する植物分類ごとの出現割合を求めた。なお、造林木であるスギについては常緑高木に含めた。また、得られた植生資料を基に各スタンドの種多様性を表す指数として SHANNON-WIENER の指数 H' を算出した。

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

ただし、 p_i は出現種の優占度を中央値に変換し（5:87.5%、4:62.5%、3:37.5%、2:17.5%、1:5.0%、+(+1):0.1%）、積算優占度の合計値に対する比である相対優占度を用いた。

また、環境省（2020b）の絶滅危惧種のカテゴリーを用い、各植生型における絶滅危惧種の出現種数（1スタンド当たりの平均出現種数）を求めた。

結果

植生調査によってスギ人工林8スタンドと天然生林2スタンドの合計10スタンドの植生資料を得ることができた（図1）。このうち、No. 37～41は国有林に位置していた。表1は、10スタンドの植生資料に畠中・片野田（2021）の31スタンドを加えた41スタンドの植生資料を表操作した結果である。スギ人工林は3つの植生型に分けることができた。スギ-スダジイ混交林斜面型（I-A-a）の14スタンドは、種群2のスダジイやコバンモチ、イスノキ、イジュなどの常緑高木と種群4のシマミサオノキやタイミンタチバナ、ヤマヒハツなどの常緑低木・亜高木がよく出現することで特徴づけられた（写真1）。1スタンド当たりの平均出現種数は32.6種で、3つの植生型の中で最も多かった。スギ-スダジイ混交林谷型（I-A-b）の4スタンドは、種群2の常緑高木ではスダジイが出現し、種群4のシマミサオノキなどの常緑低木・亜高木は時々出現する程度であり、種群5のヒロハノコギリシダやフウトウカズラ、ヘツカシダなどがよく出現することで特徴づけられた（写真2）。1スタンド当たりの平均出現種数は29.8種となった。スギ-スダジイ欠落林谷型（I-B-b）の9スタンドは、

表1 常在度表

植生型 資料数 平均出現種数	I-A-a 14 32.6	I-A-b 4 29.8	I-B-b 9 24.0	II-A-a 8 30.3	II-B-b 6 25.2
種群1					
スギ	V 2-5	V 2-4	V 4-5		
種群2（常緑高木）					
スタジイ	V 1-4	V ++1		V 2-4	I +
コハンモチ	IV ++3		II ++1	IV ++2	
イヌキ	III ++1		II ++1	V ++3	
イジュ	III ++2			III 2	
種群3（落葉高木）					
エコノキ	IV ++2	V 1-2	I 1	IV 1-2	V 2-3
ヤンバルアワブキ	III 1-3	IV 2-3	I 2	I 2	V 2-3
種群4（常緑低木・亜高木）					
シマサオノキ	IV ++1	II 1	III ++1	V 1-2	
タイミンチハナ	III ++2		II ++1	V ++2	
ヤマヒバツ	III ++2	II 1	I 1	IV ++1	I +
アデク	IV ++2		II ++1	III ++1	
アマシバ	III ++2	II 1	I +	IV ++1	
種群5					
ヒロハノコギリシダ	II 1-3	IV 1-4	V ++5	I 2	V 1-5
フウトウカスラ	I +	IV ++1	V ++1	I +	V ++1
ヘツカシダ	II ++1	IV 1-2	III ++1		IV ++2
種群6（着生植物）					
シマオタニワタリ	I +		II ++1	II ++1	III ++1
アカネシダ	I +			I +	I +
アマミアオカスラ					I +
オタニワタリ					I +
カシノキラン	I +		I +	I +	
シシラン		II +	I +		I +
シノブ					I +
ホウビシダ	I +				
ホウラン				I +	
その他					
モクダチバナ	V 1-3	V 1-2	V 1-2	V ++2	V ++2
アカミズキ	IV 1-2	IV 1-2	V ++2	IV ++2	V 1-2
ホトチヨウジ	IV ++1	III +	IV ++1	V 1-2	I +
アオノクマタケラン	III ++1	III ++1	IV +	IV ++1	V ++1
サネカスラ	III ++1	IV +	III +	IV +	III +
シラタマカスラ	IV ++1	III +	II +	V ++3	I +
ホルトノキ	III ++2	III ++2	II 1-2	V ++2	V ++3
シシアクチ	III ++1	III 1	III ++1	III 1	IV ++1
タブノキ	IV 1-2		III ++1	III ++2	II 1-2
ヒリュウシダ	IV ++2		II ++1	II ++1	
コハノカナワラビ	III ++1		I +	IV +	
ショウベノノキ	III ++3	V 1-2	III 1-3		III 1-2
ミヤマハシカンボク	II ++2	II 1	III ++1	III ++1	III ++1
リュウビシタイ	III ++1	III ++1	IV ++1		III ++1
ヤリノホクリハラン	II ++1	III ++1	III ++1	I +	V ++1
クロヘゴ	II 1	III 1	III ++3	IV ++1	II 1
ウラジロカンコノキ	III +	III +	III ++1	II +	I +
フカノキ	III 1-2	II 2	II 2	III 2	I 1

注）全体の出現頻度が30%未満の種は省略（種群6を除く）



写真1 スギースダジイ混交林斜面型 (I-A-a)



写真4 天然生スダジイ林斜面型 (II-A-a)



写真2 スギースダジイ混交林谷型 (I-A-b)



写真5 天然生落葉樹林谷型 (II-B-b)



写真3 スギースダジイ欠落林谷型 (I-B-b)

人工林の3つの植生型の中で唯一種群2のスダジイが出現しない植生型であり、常緑高木のコバンモチやイスノキ、

種群4の常緑低木・亜高木のシマミサオノキやタイミンタチバナなどは時々出現し、種群3のエゴノキやヤンバルアワキなどの落葉高木はあまり出現せず、種群5のヒロハノコギリシダやフウトウカズラ、ヘツカシダなどがよく出現することで特徴づけられた(写真3)。1スタンド当たりの平均出現種数は24.0種で、3つの植生型の中で最も少なかった。一方、天然生林は2つの植生型に分けることができた。天然生スダジイ林斜面型(II-A-a)の8スタンドは、種群2のスダジイなどの常緑高木と種群4のシマミサオノキなどの常緑低木・亜高木などがよく出現し、種群5のヒロハノコギリシダやフウトウカズラなどがもう一つの天然生林の植生型(II-B-b)のように出現しないことで特徴付けられた(写真4)。1スタンド当たりの平均出現種数は30.3種となった。天然生落葉樹林谷型(II-B-b)の6スタンドは種群5のヒロハノコギリシダやフウトウカズラなどがよく出現し、種群2のスダジイなどの常緑高木や

表2 各植生型と微地形の関係

植生型		I			II	
		A		B	A	B
		a	b	b	a	b
微地形	斜面・尾根	14	0	0	8	0
	谷頭・谷底面	0	4	9	0	6

I-A-a：スギ-スダジイ混交林斜面型
 I-A-b：スギ-スダジイ混交林谷型
 I-B-b：スギ-スダジイ欠落林谷型
 II-A-a：天然生スダジイ林斜面型
 II-B-b：天然生落葉樹林谷型

表3 各植生型の林分構造

植生型	I-A-a	I-A-b	I-B-b	II-A-a	II-B-b
高さ(m)					
高木層 (T1)	18.2 ±7.0	21.0 ±6.5	25.8 ±4.3	18.4 ±4.1	22.5 ±1.8
亜高木層 (T2)	12.1 ±3.7	12.5 ±3.8	13.0 ±3.1	12.1 ±2.6	13.7 ±1.4
低木層 (S)	4.9 ±1.7	5.8 ±1.5	6.6 ±1.6	4.4 ±1.8	6.0 ±1.4
草本層 (H)	1.1 ±0.2	1.0 ±0.0	1.2 ±0.2	1.4 ±0.3	1.2 ±0.2
植被率(%)					
高木層 (T1)	75.0 ±15.4	75.0 ±5.0	70.0 ±8.2	77.5 ±6.6	70.0 ±19.1
亜高木層 (T2)	42.9 ±21.5	55.0 ±15.0	34.3 ±14.0	48.8 ±10.5	55.0 ±16.1
低木層 (S)	52.9 ±9.6	45.0 ±8.7	47.8 ±14.7	46.3 ±12.2	36.7 ±7.5
草本層 (H)	37.9 ±16.6	73.8 ±19.8	81.1 ±21.1	26.3 ±18.7	78.3 ±6.9

注) 数値は平均値と標準偏差

種群4のシマミサオノキなどの常緑低木・亜高木がほとんど出現しないことで特徴付けられた(写真5)。1スタンド当たりの平均出現種数は25.2種となった。

各植生型と微地形の関係を表2に示す。スギ人工林の3植生型は、スギ-スダジイ混交林斜面型(I-A-a)が斜面・尾根に成立し、スギ-スダジイ混交林谷型(I-A-b)とスギ-スダジイ欠落林谷型(I-B-b)が谷頭・谷底面に成立していた。また、天然生林の2植生型は、天然生スダジイ林斜面型(II-A-a)が斜面・尾根に、天然生落葉樹林谷型(II-B-b)が谷頭・谷底面に成立するなど、各植生型と微地形との関係が明白であった。

各植生型の林分構造を表3に示す。スギ-スダジイ混交林斜面型(I-A-a)は他のスギ人工林の植生型と比較して、高木層の高さが約18mと低く、草本層の植被率も約38%と低かった。スギ-スダジイ欠落林谷型(I-B-b)は高木層の高さが約26mとスギ人工林の植生型の中で最も高く、草本層の植被率も約81%とスギ人工林の植生型の中で最も高かった。また、スギ-スダジイ混交林谷型(I-A-b)はスギ-スダジイ混交林斜面型(I-A-a)とスギ-スダジイ欠落林谷型(I-B-b)の中間的な林分構造を示した。天然生スダジイ林斜面型(II-A-a)は、高木層の高さが約18mと天然生落葉樹林谷型(II-B-b)と比較して低く、草本層の植被率も約26%と低かった。天然生落葉樹林谷型(II-B-b)は、高木層の高さが約23mと高く、草本層の植被率も約78%と高かった。

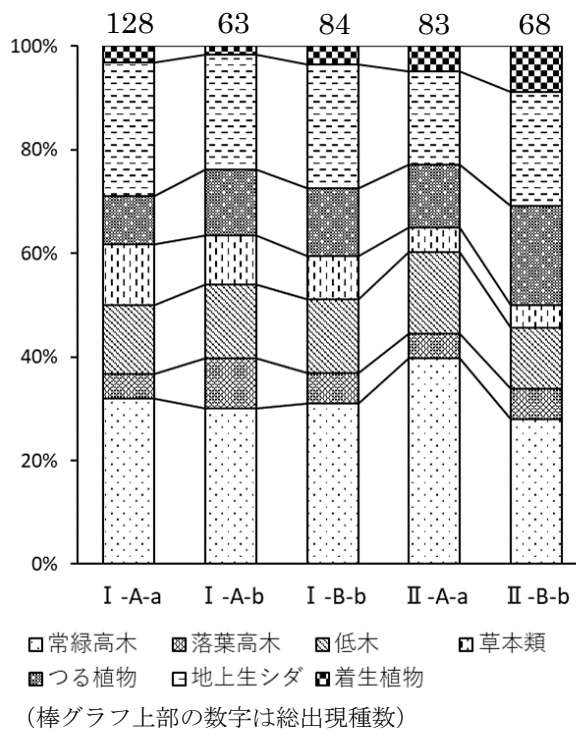


図2 各植生型の総出現種数と植物分類ごとの出現割合

各植生型における総出現種数に対する植物分類ごとの出現割合を図2に示す。内訳をみると、全ての植生型で常緑高木の出現割合が最も高く、次いで地上生シダが高かつ

た。また、着生植物に着目すると、天然生林の2つの植生型が人工林の3つの植生型より出現割合が高く、最も高かったのは天然生落葉樹林谷型（II-B-b）であった。植物分類の組み合わせでは、天然生スダジイ林斜面型（II-A-a）で常緑高木や落葉高木、低木などの木本類の出現割合が約60%と最も高く、天然生落葉樹林谷型（II-B-b）でつる植物と地上生シダ、着生植物の出現割合が約50%と最も高かった。

各植生型の多様度指数（H'）を図3に示す。各植生型における多様度指数（H'）の平均値は、人工林ではスギ-スダジイ混交林谷型（I-A-b）が3.77で最も高く、次にスギ-スダジイ混交林斜面型（I-A-a）の3.45であり、最も低かったのはスギ-スダジイ欠落林谷型（I-B-b）の2.90であった。一方、天然生林では天然生スダジイ林斜面型（II-A-a）が3.60で高く、天然生落葉樹林谷型（II-B-b）が3.45で低くなった。全体的にみれば、スギ-スダジイ欠落

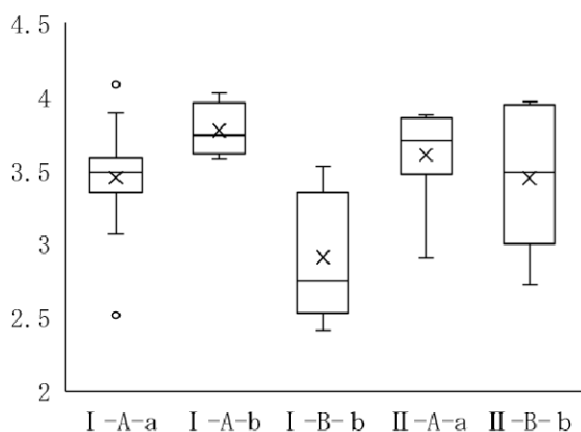


図3 各植生型の多様度指数（H'）

箱ひげ図は、箱中央の横線が中央値、箱の下端第1四分位、箱の上端が第3四分位、ひげの両端が最大値および最小値を示す。×印は平均値を示す。○印は外れ値を示す。

林谷型（I-B-b）だけが他の植生型と比較して3よりも低い値を示し、残りの4植生型はいずれも3.5前後の値を示した。

各植生型における絶滅危惧種（絶滅危惧IA類（CR）、絶滅危惧II類（VU）、準絶滅危惧（NT））の出現種数と1スタンド当たりの平均出現種数を表4に示す。全ての植生型で絶滅危惧種が出現しており、絶滅危惧IA類（出現回数）ではアマミエビネ（4）やアマミアオネカズラ（1）が出現し、絶滅危惧II類（出現回数）ではミヤマハシカンボク（18）やツルラン（8）、レンギョウエビネ（3）、カシノキラン（3）、ダルマエビネ（2）、フジノカンアオイ（2）、ヤクシマカナワラビ（1）、カクチョウラン（1）、オオタニワタリ（1）、ヤクシマアカシユスラン（1）が出現し、準絶滅危惧種（出現回数）ではシマオオタニワタリ（8）やトクサラン（5）、リュウキュウハナイカダ（5）、ボウラン（1）、シマサルスベリ（1）が出現した。各植生型の絶滅危惧種の出現種数（1スタンド当たりの平均出現種数）は、スギ-スダジイ混交林斜面型（I-A-a）が12種（1.9種）で最も多く、スギ-スダジイ混交林谷型（I-A-b）が4種（1.3種）で最も少なかったが、1スタンド当たりの平均出現種数はいずれも1~2種であった。

考察

奄美大島の高海拔地（海拔約300m以上）で得られた41個の植生資料を表操作した結果、スギ人工林を3つの植生型に、天然生林を2つの植生型に区分することができた。

これら5つの植生型は微地形との結びつきが強く、斜面・尾根では人工林は全てがスギ-スダジイ林斜面型（I-A-a）に、天然生林は全てが天然生スダジイ林斜面型（II-A-a）に該当し、谷頭・谷底面では人工林はスギ-スダジイ混交林谷型（I-A-b）とスギ-スダジイ欠落林谷型（I-B-b）のどちらか、天然生林は全てが天然生落葉樹林谷型（II-B-b）に該当した（表2）。微地形における人工林と天然生林の植生型の対応関係を種群構成や林分構造、多様

表4 各植生型における絶滅危惧種の出現種数

植生型	I-A-a	I-A-b	I-B-b	II-A-a	II-B-b
総出現種数	128	63	84	83	68
絶滅危惧IA類（CR）	1	0	0	1	1
絶滅危惧II類（VU）	8	2	3	4	2
準絶滅危惧（NT）	3	2	2	2	2
平均絶滅危惧IA類（CR）	0.2	0.0	0.0	0.1	0.2
平均絶滅危惧II類（VU）	1.2	0.8	1.0	0.9	0.7
平均準絶滅危惧（NT）	0.5	0.5	0.4	0.4	0.7

度指数（ H' ）からみると、斜面・尾根のスギ-スダジイ混交林斜面型（I-A-a）と天然生スダジイ林斜面型（II-A-a）はどちらも種群2,4の常緑高木や常緑低木・亜高木で特徴づけられ、平均出現種数も両者とも30種程度で多様度指数（ H' ）も大差なく（表1, 図3）、林分構造は高木層が18m程度で草本層の植被率が30%程度と比較的低いことなどが類似していた（表3）。このように、斜面・尾根のスギ-スダジイ混交林斜面型（I-A-a）と天然生スダジイ林斜面型（II-A-a）は種群構成や林分構造、平均出現種数や多様度指数（ H' ）がほとんど同じであり、両植生型の明確な違いは造林木のスギの有無くらいであった。

一方、谷頭・谷底面での対応関係にあるスギ-スダジイ混交林谷型（I-A-b）およびスギ-スダジイ欠落林谷型（I-B-b）と天然生落葉樹林谷型（II-B-b）については、3植生型とも陰湿な環境を好む種群5のヒロハノコギリシダやフウトウカズラ、ヘツカシダなどが特徴的に出現した。しかしながら、スギ-スダジイ混交林谷型（I-A-b）では種群2の常緑高木のスダジイがよく出現し、スギ-スダジイ欠落林（I-B-b）でもコバンモチやイスノキが時々出現したが、天然生落葉樹林谷型（II-B-b）では常緑高木はほとんど出現せず、種群3のエゴノキやヤンバルアワブキなどの落葉高木が高い頻度で出現した。また、種群4の常緑低木・亜高木についても、スギ-スダジイ混交林谷型（I-A-b）やスギ-スダジイ欠落林谷型（I-B-b）でシママサオノキやタイミンタチバナ、ヤマヒハツなどが時々出現したが、天然生落葉樹林谷型（II-B-b）ではこれら常緑低木・亜高木はほとんど出現しないなど、天然生林の植生型の方が人工林の植生型よりも種群2,4の常緑樹の出現頻度が少ない傾向がみられた（表1）。一方、林分構造では、谷頭・谷底面の3植生型とも類似しており、草本層の植被率は70~80%程度と高く、種群5のヒロハノコギリシダやヘツカシダ、あるいはアマミシダやクロヘゴ、カツモウイノデなどの中・大型シダ植物がほぼ優占していた（表3）。また、平均出現種数と多様度指数（ H' ）については、人工林のスギ-スダジイ混交林谷型（I-A-b）が3植生型の中では最も平均出現種数が多く、多様度指数（ H' ）も高かった。人工林のスギ-スダジイ欠落林谷型（I-B-b）は多様度指数（ H' ）が最も低かったが、平均出現種数では天然生落葉樹林谷型（II-B-b）と大差なく、今回抽出された5植生型の中では、ともに平均出現種数が少なかった（表1, 図3）。

このように、微地形で対応関係にある人工林と天然生林の植生型について、種群構成や林分構造、平均出現種数や多様度指数（ H' ）などを比較したところ、斜面・尾根と谷頭・谷底面ともに人工林が天然生林よりも種群構成や林分

構造、出現種数や多様度指数（ H' ）が単純化あるいは低下することはなく、種多様性が減少するような傾向はみられなかった。また、絶滅危惧種については、いずれの植生型もその平均出現種数は1~2種と少なく（表4）、絶滅危惧種の生育環境としての人工林と天然生林の役割を比較・評価できず、人工林が絶滅危惧種の生育や個体数増加の阻害要因となっていることも確認できなかった。

川西ら（2021）によると、奄美大島では微地形や伐採履歴などに関わらずスダジイが主要な林冠構成種であり、イイギリやカラスザンショウ、アカメガシワなどの落葉樹は伐採地に偏向して出現するという。また、黒田ら（2015）は屋久島におけるスギ人工林と照葉樹林の種組成を比較し、スギ人工林では常緑高木や常緑低木の貧弱さが特徴的であるとし、皆伐や下刈りなどの攪乱が常緑樹種の生育や繁殖を強く阻害し、林床に優占群落を形成する草本種との競合も継続的な阻害要因であるとしている。さらに、相場（2018）は徳之島の谷部で優占するオキナウラジロガシが奄美大島で少ない理由の一つとして、奄美大島の森林が徳之島の森林より二次林的であり、過去に人為の影響をより強く受けている可能性があることを指摘している。谷頭・谷底面に成立していた3植生型のうち、スギ-スダジイ欠落林谷型（I-B-b）と天然生落葉樹林谷型（II-B-b）はスダジイを欠き、天然生落葉樹林谷型（II-B-b）では他の植生型と比較して常緑高木や常緑低木・亜高木の出現頻度が低く（表1）、木本類の出現割合が他の植生型よりも少ない傾向がみられ（図2）、スギ-スダジイ欠落林谷型（I-B-b）では多様度指数（ H' ）が他の植生型と比較して最も低かった（図3）。奄美大島の林業は、1950年代から1960年代は枕木用材、1970年代はパルプチップ用材の生産で隆盛しており（島中・片野田2021）、本研究の調査対象とした人工林やその周辺の天然生林も過去に皆伐などの人為的攪乱を強く受けた森林である可能性が高い。このため、特に谷頭・谷底面では伐採などに伴う人為的攪乱が集中し、強く作用したことでスダジイなどの常緑高木やシママサオノキなどの常緑低木などの常緑樹種の再生が阻害されるとともに、表層土壌の攪乱は地上生シダの定着を促すことから（黒田ら2015）、伐採など攪乱によって露出した鉍質土壌によってヒロハノコギリシダやヘツカシダなどの中・大型のシダ植物が定着・繁茂しやすくなり、これらシダ植物によって木本類の侵入・定着が継続的に阻害されるとともに多様度指数も低下した可能性が考えられる。

川西ら（2021）は、奄美大島の照葉樹林では下部斜面域の方が上部斜面域よりも種密度が高い傾向があるとし、特に絶滅危惧種については、下部斜面域の非皆伐森林で種密度が高い傾向があるとしている。しかしながら、谷頭・谷

底面の天然生林の植生型である天然生落葉樹林谷型（II-B-b）の着生植物の出現割合は、斜面・尾根の天然生林の植生型（II-A-a）や他の植生型よりも高い傾向がみられたものの（図2）、平均出現種数（表1）や絶滅危惧種の平均出現種数（表4）では斜面・尾根の天然生林の植生型（II-A-a）と大差なく、このことから谷頭・谷底面が過去に強い人為的攪乱を受けていた可能性が考えられた。

本研究では、人工林が天然生林よりも種群構成や林分構造、出現種数や多様性指数（H'）が単純化あるいは低下することはなく、種多様性が減少するような傾向はみられず、絶滅危惧種についても、その生育環境としての人工林と天然生林の役割を評価するには至らなかった。しかしながら、本研究では人工林が点在する森林域の人工林や天然生林を調査対象としていることから、調査林分は過去に強い人為的攪乱を受けた森林である可能性が高い。沖縄のやんばる地域においては、60年生二次林は原生的な非皆伐成熟林とは林分構造が大きく異なっており、非皆伐成熟林の方が単位面積あたりの出現樹種数が明確に豊富であったとしている（高嶋ら2014）。このため、今後は奄美大島でも過去に皆伐などの人為的攪乱をほとんど受けていない、より自然度の高い天然生林を調査し、人工林との種群構成や林分構造など、種多様性の比較を行うことで、数十年という長い年月の中で人工林をどのように管理していくべきか検討する必要がある。

謝辞

本研究では、多くの方にご協力をいただきました。九州森林管理局鹿児島森林管理署より国有林での調査の許可をいただくとともに、名瀬森林事務所の茂野潤首席森林官には現地案内をしていただきました。また、瀬戸内町の担当者には現地案内をしていただきました。ここに記して、深く感謝の意を表します。

引用文献

- 相場慎一郎（2018）奄美大島と徳之島の山地照葉樹林。「奄美群島の野生植物と栽培植物」（鹿児島大学生物多様性研究会編），pp. 35-59. 南方新社, 鹿児島.
- 梶中雅之・片野田逸朗（2021）奄美大島の高海拔地におけるスギ人工林の植生型とその管理方法. 鹿児島県森林技術総合セ研報 22：35-44.
- 片野田逸朗（2019）琉球弧・植物図鑑 from AMAMI. 南方新社, 鹿児島.
- 環境省（2020a）奄美群島国立公園指定書：1-8.
- 環境省（2020b）レッドデータブック 2020.
- 川西基博・酒匂春陽・相場慎一郎・藤田志歩・鶴川信・榮村奈緒子・田金秀一郎・宮本句子（2021）世界自然遺産候補地奄美大島の森林における植物の種多様性と伐採履歴および微地形との関係. 自然保護助成基金助成成果報告書 30：6-24.
- 黒田有寿茂・石田弘明・岩切康二・福井聡・服部保（2015）屋久島低地部のスギ人工林、照葉二次林、照葉原生林における種組成および種多様性の比較. 植生学会誌 32：95-116.
- 松本齊・大谷雅人・鷲谷いづみ（2020）奄美大島における樹冠サイズ指数の1960年代以降の歴史の変遷：保全上重要な森林域との対応. 保全生態学研究 25：25-41.
- 鈴木兵二・伊藤秀三・豊原源太郎（1985）植物調査表Ⅱ－植物社会学的研究法－. 生態学研究法講座 3. pp. 199. 共立出版, 東京.
- 高嶋敦史・大島順子・久高将和・齋藤和彦（2014）沖縄島やんばる地域における亜熱帯性天然林の林分構造－60年生二次林と非皆伐成熟林の比較－. 森林計画誌 48(1)：27-34.

短報

鹿児島県で発生したクスベニヒラタカスミカメによるクスノキの被害*1

川口エリ子*2・米森正悟*2・間世田明里*3・松永禎史*4

はじめに

クスベニヒラタカスミカメ (*Mansoniella cinnamomi*) は、中国原産のクスノキの害虫で、2015年に大阪府で被害が確認されて以降、日本国内で急速に分布が拡大している(岡本 2020)。九州でも被害がみられ、隣県の熊本県でも被害が確認されていた(伊藤 2020, 園田 2020)。クスベニヒラタカスミカメに吸汁されたクスノキの葉は、特徴的な褐色の斑紋が現れ、落葉する。鹿児島県では日本一の巨樹で知られる「蒲生の大クス」をはじめ、主要な公園や街路、施設周辺に多くのクスノキが植栽され、人々に馴染みのある景観を彩っているクスノキも多いことから、クスベニヒラタカスミカメの侵入が警戒されていた。

そのような中、2021年9月に、著者の一人、樹木医の間世田が鹿児島市内のクスノキで落葉被害および斑紋、クスベニヒラタカスミカメの虫体を確認した。そこで、県内での分布状況を把握するため、県内各地の街路樹、神社や公園等に植栽されているクスノキを観察し、クスベニヒラタカスミカメの虫体や葉の斑紋の有無などを調査したので報告する。

調査地と調査方法

調査は、2021年10月～12月に、県内25箇所の街路、公園、神社等に植栽されているクスノキを対象として行った(表1)。目視または双眼鏡で斑紋の有無を確認し、斑紋が確認された場合は、捕虫網での捕獲を試みた。捕獲されたクスベニヒラタカスミカメは、幼虫、成虫を区別

して記録した。また、落葉の程度、その他の異常等を記録した。

結果と考察

今回調査した25箇所のうち、5箇所で斑紋が、7箇所で斑紋と虫体の両方が確認された(表1, 図1, 写真1C,D)。斑紋や虫体を確認されたのは、鹿児島市、始良市、出水市、長島町、志布志市であった。これらの結果から、本県でもすでに広い範囲でクスベニヒラタカスミカメが分布していることが明らかとなった。また、虫体は、成虫および幼虫が確認された。被害は、被害葉がごく稀で軽度なことから、葉がほとんど落ち、残された葉の多くが被害を受けている激害のもの(写真1A,B)もあった。落葉被害の程度は、隣接するクスノキでも一様ではなく、激害のクスノキの隣は軽度の被害となっていることもあった。また、捕虫網を振ると被害葉が多数落ちてくるクスノキがある一方、虫体が多く捕獲されたクスノキでも落葉量が少ないクスノキもあった。このような落葉の程度に違いがある現象は、これまでも知られている(岡本 2020)。なお、10月に被害を確認して以降、鹿児島市の鹿児島大学周辺や県庁周辺、始良市の国道10号線沿いクスノキでは、その後も折に触れて経過を確認したが、見る度に落葉が進んでいた。

これまでの他府県での報告によると、クスベニヒラタカスミカメの被害で枯死することは知られていないが(長島ら 2016, 岡本 2020)、今回見られた激しく落葉しているクスノキは、枯死が懸念されるほどの状態であった。近畿地方では、クスベニヒラタカスミカメの被害は、以前ほど

*1 Kawaguchi. E. Yonemori. S. Maseda. M. Matsunaga. T. : Damage on *Cinnamomum camphora* by *Mansoniella cinnamomi* in Kagoshima prefecture

*2 鹿児島県森林技術総合センター森林環境部

*2 Kagoshima Pref. Forestry Technology Center. Forestry and Environment div., Aira 899-5302 Japan.

*3 一般社団法人 日本樹木医会 鹿児島県支部

*3 Japan Tree Doctors Association. Kagoshima branch.

*4 サンケイ化学株式会社

*4 Sankei Chemical CO., LTD.

表 1. 調査地および調査結果

調査地No.	調査日	市町村	施設等	斑紋	虫体	備考
1	2021/10/1	鹿児島市武	街路樹	有	有（成虫・幼虫）	激しい落葉木あり
2	2021/10/1	鹿児島市郡元	街路樹	有	有（成虫・幼虫）	鹿児島大学より情報提供。落葉あり
3	2021/10/1	鹿児島市東谷山	公園	有	有（成虫・幼虫）	落葉あり
4	2021/10/5	志布志市	神社	有	なし	微害
5	2021/10/6	始良市蒲生町	神社	なし	なし	蒲生のクス
6	2021/10/6	始良市	街路樹	有	有（幼虫）	激しい落葉木で炭疽病、クスグダアザミウマ多数。
7	2021/10/7	鹿児島市	県庁周辺	有	有（幼虫）	微害。虫体確認木で炭疽病確認
8	2021/10/8	阿久根市	神社	なし	-	
9	2021/10/8	長島町	神社	なし	-	
10	2021/10/8	長島町	神社	なし	-	炭疽病症状あり
11	2021/10/8	長島町	神社	有	有（成虫・幼虫）	虫体多いが、落葉わずか
12	2021/10/8	出水市	神社	有	有（成虫）	落葉あり
13	2021/10/8	出水市	神社	有	なし	微害
14	2021/10/19	鹿児島市	街路樹	有	なし	落葉あり
15	2021/11/13	始良市	街路樹	有	-	落葉あり
16	2021/11/13	始良市	街路樹	有	-	落葉あり
17	2021/11/13	始良市	公園	なし	-	
18	2021/11/16	錦江町	街路樹	なし	-	炭疽病による衰弱木あり
19	2021/11/22	南さつま市	神社	なし	-	
20	2021/12/6	指宿市	神社	なし	-	
21	2021/12/6	指宿市	巨樹	なし	-	
22	2021/12/6	指宿市	街路樹	なし	-	
23	2021/12/6	指宿市	神社	なし	-	
24	2021/12/6	南九州市	施設	なし	-	
25	2021/12/21	南さつま市	神社	なし	-	

No. 15, 16では、斑紋を確認したが捕虫は実施していない。

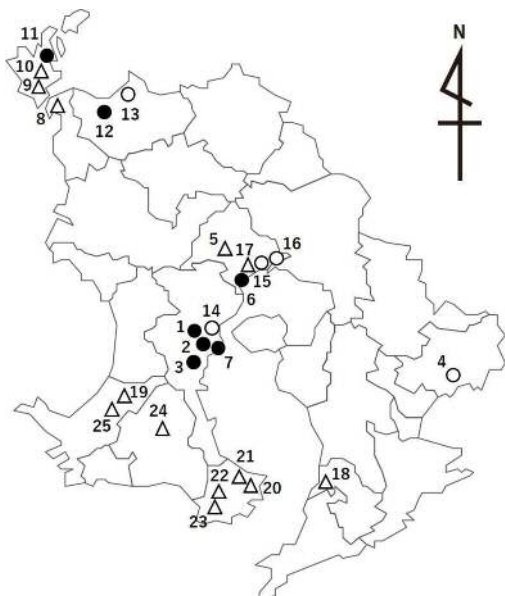


図 1. クスベニヒラタカスミカメによる斑紋および虫体の確認状況

図中の番号は、表 1 の調査地 No.を示す。●：虫体および斑紋あり，○：斑紋あり，△調査したが確認されず

目立たなくなったとの報告もあり（岡本 2020），今後は、長期的に被害木の経過や、県内での分布の推移を継続調査していきたい。なお、今回の調査で、激しい落葉がみられるクスノキでは、クスベニヒラタカスミカメによる斑紋のほか、クスノキ炭疽病の症状や炭疽病の媒介者であるクスグダアザミウマがみられることがあった（表 1）。激しい落葉がみられる場合は、クスベニヒラタカスミカメの単独の影響なのか、炭疽病との二重被害なのかについても留意して調査する必要があると思われる。

謝辞

鹿児島大学の坂巻祥孝准教授および鹿児島市公園緑化課には貴重な情報を提供いただいた。記して感謝の意を表する。

引用文献

伊藤 研 (2020) クスベニヒラタカスミカメの大分県内での分布状況. 二豊のむし 58：21-23.

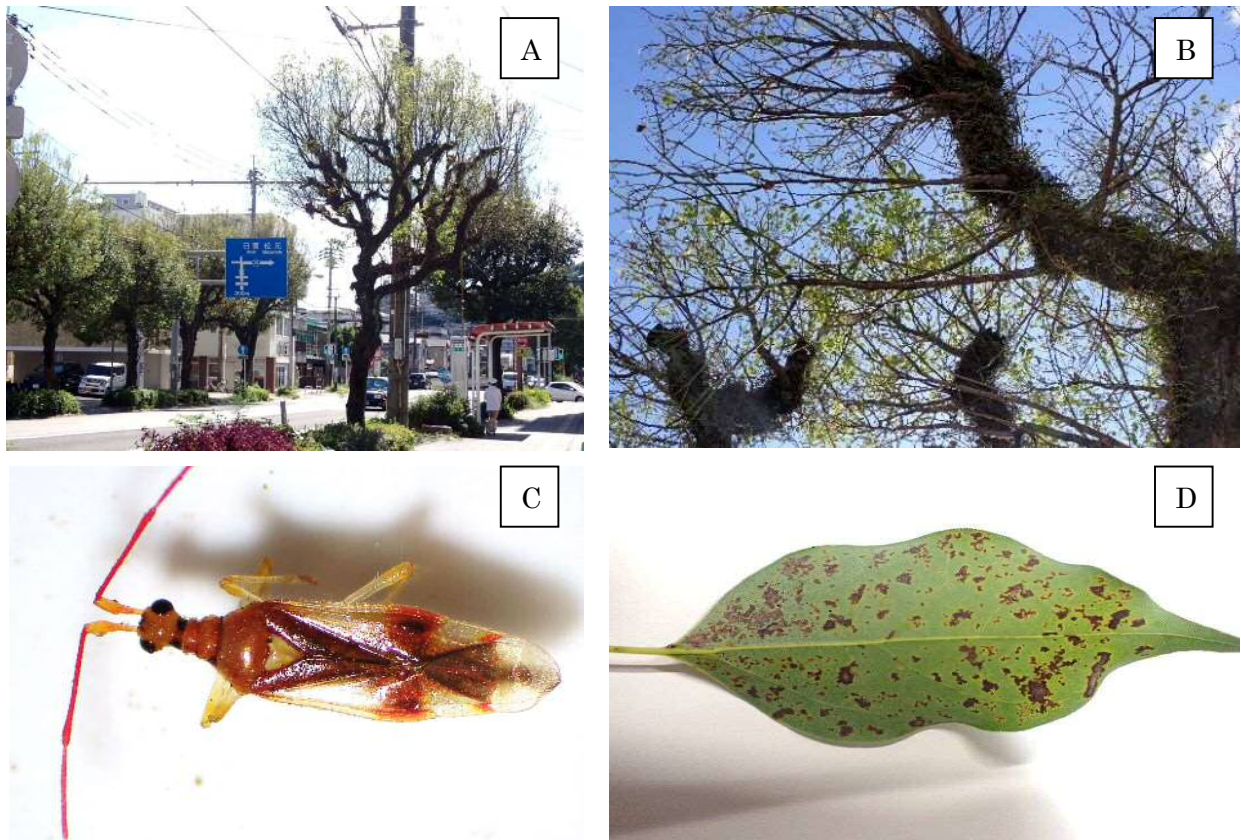


写真 1. クスベニヒラタカスミカメおよび被害状況

A : 鹿児島市武でみられた被害木。中心に写る 1 本は特に落葉が激しい。B : 激しい落葉により空が透けて見える樹冠。
C : 捕獲されたクスベニヒラタカスミカメ成虫 (体長 5 mm 程度)。D : 吸汁によって現れた特徴的な斑紋。

長島聖大・岩崎 拓・山田量崇 (2016) 2015 年に日本へ侵入したクスベニヒラタカスミカメ *Mansoniella cinnamomi* の分布拡大状況. 昆虫と自然 51(14) : 26-29.
岡本素治 (2020) クスベニヒラタカスミカメの生活史と被

害の現状. グリーン・エージ 556 : 16-20.
園田美和 (2020) 森林病虫害情報. くまもと林研センターだより 86. p14.

資料

林内に散布されたムクロジ種子の形質と発芽状況^{*1}

片野田逸朗^{*2}

はじめに

ムクロジは本州から琉球、小笠原までの温帯から亜熱帯に産し、東アジアから南アジアまで広く分布する落葉高木であり(大橋 2016)、神社や公園などによく植栽されている。国内ではこれまで有用樹種として注目されることはなかったが、近年、林業経営に適さない人工林を針広混交林に誘導するための植栽樹種として、その存在が注目されている(片野田・畠中 2020)。

このような中、薩摩郡さつま町の山林でムクロジの落下果実を探していたところ、偶然にも果皮がきれいに取り除かれたムクロジの黒い核(種子を被う内果皮が木質化したもの。ここでは「種子」として扱う。写真1参照)をまとまった状態で見つけることができた。ムクロジの種子は重力によって一次散布され、その一部はアカネズミなどの動物によって運ばれるものの、その個体数や散布範囲は限られる(小南 1998)。このため、ムクロジは遠距離の「移住」や広範囲の「待ち」による更新戦略をとることができず、親個体から数十 m の範囲内に形成する稚樹バンクによって更新すると考えられている(小南 1998)。一方、Wakasugi *et al.* (2001) はニホンジカがムクロジの種子散布に関与している可能性を指摘しており、片野田・畠中(2020)はアカネズミによる二次散布だけでは説明できないような親木から離れた距離に稚樹が分布していることから、アカネズミ以外の二次散布者の存在を示唆している。

人工林を針広混交林へ誘導する場合、林内における前生稚樹の密度が低い場合は広葉樹の植栽等による補助作業が必要とされている(森林総合研究所 2010)。その際、植栽される広葉樹は全国的に需要の高い緑化樹や有用広葉樹であることが多いため、苗木の移動による遺伝子の攪乱が懸念される(津村・陶山 2015)。このため、できるだけ地域の生態的環境の攪乱を伴わない針広混交林化を図るためには、その地域に生育する広葉樹の種子が人工林内へ

散布されることが重要とされている(平田ら 2006)。

今回、さつま町の林内で採取されたムクロジの種子は、重力による一次散布によるものではなく、動物による二次散布の可能性が高いことから、このような種子の形質や発芽特性を記録しておくことは、地域性種子の動物による散布を利用した人工林の針広混交林化のための有益な情報となり得る可能性がある。そこで、今回さつま町の林内で採取されたムクロジ種子の形質と発芽状況を調べたので、その結果について報告する。

材料と方法

2019年11月29日に薩摩郡さつま町の大鶴湖下流側に位置する国土交通省九州地方整備局鶴田ダム管理所近くの広葉樹林において、ムクロジの種子(一部は果実)を401個採取し、鹿児島県森林技術総合センター(以下、当センター)に持ち帰り、ビニール袋に入れて室内保存した。2019年12月9日に採取した種子および果実から取り出した種子を水の入ったバケツに24hr浸漬し、虫害等がなく、水に沈んだ種子(充実種子)を精選した。充実種子は395個あり、そのうち315個は12月10日に鹿沼土を入れた育苗箱に105個ずつ3箱に分けて播種した。残り80個は、12月11日に種子のへそを通る径(長径)とそれと直交する最大径(短径)、重量を測定してから同じように育苗箱に播種した。播種した育苗箱は当センター内の自動散水施設のあるガラスハウス内に置き、表面の鹿沼土が乾かないように適時灌水した。播種後はほぼ1~3日おきに8月末まで発芽状況を観察し、子葉が展開した日を発芽日として記録した。10月6日に再度発芽数を確認してから、育苗箱から未発芽種子を取り出し、硬くて水に沈んだもの、または種子の形をとどめ、剪定鋏で裁断した断面の組織が白色を帯びてしっかりしているものを未腐敗個体として記録した。

*1 Katanoda, I. : Characteristics and germination traits of the seeds scattered on forest floor in *Sapindus mukorossi*.

*2 鹿児島県森林技術総合センター森林環境部

*2 Kagoshima Pref. Forestry Technology Center. Forestry and Environment div., Aira 899-5302 Japan.

表1 採取した果実または種子の選別結果

果実			種子			合計		
充実種子	不良種子	計	充実種子	不良種子	計	充実種子	不良種子	計
1	2	3	394	4	398	395	6	401
(33%)			(99%)			(99%)		

注) () は種子充実率を示す

表2 種子の大きさと重量

個数 (個)	長径 (mm)			短径 (mm)			重量 (g)		
	最大	最小	平均*	最大	最小	平均*	最大	最小	平均*
80	16.21	11.65	14.21±0.71	16.09	0.90	13.69±0.80	2.40	0.89	1.63±0.24

*平均±標準偏差



写真1 果実から取り出した核（種子）



写真2 林床に散布された種子

結果と考察

果実や種子の採取は、常緑広葉樹林の林縁部付近のムクロジ壮齢木（DBH39cm）の樹冠下周辺で行った。採取した種子や果実の選別結果を表1に示す。林床から採取できた果実はわずか3個であったが、果皮が取り除かれた種子（写真2）を落葉の中から398個も採取できた。Wakasugi *et al.* (2001) はムクロジの果実および種子の散布様式として、落葉下や土中に1個ずつ埋められる分散貯蔵と、50～200個の種子が林床に積み上げられる集積がみられ、前者はげっ歯類による散布とし、後者はニホンジカの関与が推測されるとしている。今回の採取場所では、狭い範囲に400個近い種子がまとまって散布されており、採取地に近い出水市では、ニホンジカによって果肉が取り除かれたチャンチンモドキの核（種子）がまとめて吐き戻されていた事例（新原 2016）も報告されている。このため、採取された種子はニホンジカによってまとまって散布された可能性が高い。また、採取された種子は398個中394個が充実種子であり、充実率は99%と極めて高かった。片野田（2022）は、黄橙色に熟した果実から得られた種子の充実率を77%と報告しているが、著者のこれまでの経験からでも、熟した果実から得られる充実種子の比率は80%～70%程度であった。このように、ニホンジカによって散布された可能性のある種子が高い充実率を示した要因の一つと

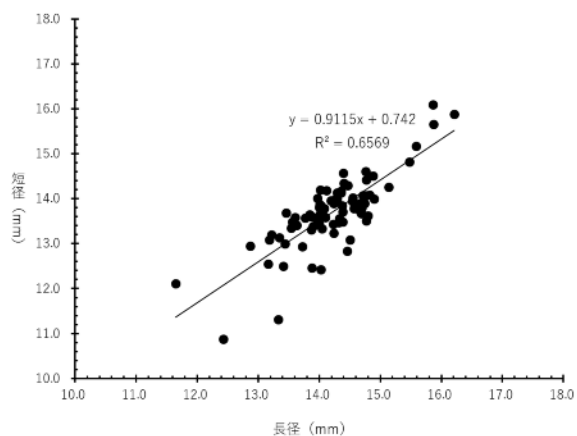


図1 種子の長径と短径との関係

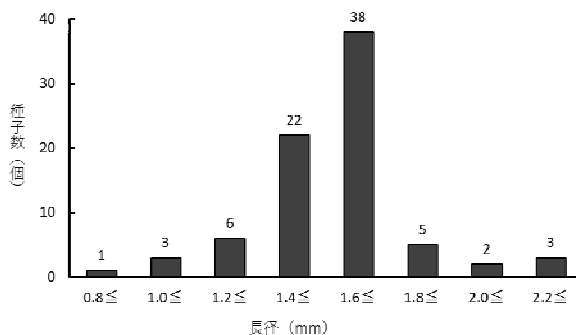


図2 種子長径のクラス別出現個数

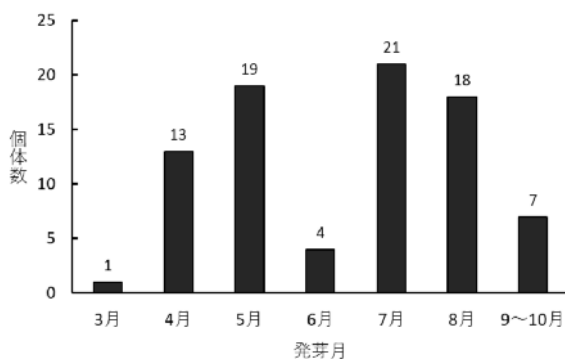


図3 発芽個体数の月推移

表3 未発芽種子の確認結果

播種数	発芽種子	未発芽種子				合計
		不明	腐敗	健全		
				未腐敗	硬実	
395	83 [21%]	129 (41%)	13 (4%)	9 (3%)	161 (52%)	312 (54%)
						170 (100%)

注) () は未発芽種子の合計に対する比率, [] は発芽率を示す

して、ニホンジカが虫害等を受けずに健全に成熟して落果した果実を選択的に採食している可能性も考えられる。

表2は任意に抽出した80個の種子の形質測定結果である。長径は平均14.21mm、短径は平均13.69mmであり、重量は平均1.63gであった。種子の長径と短径との関係を図1に示す。短径(y)と長径(x)との関係は、 $y=0.9115x+0.742$ の関係式で表され、決定係数 R^2 は0.66で回帰係数には有意性が認められた ($p<0.01$)。長径のクラス別出現個数を図2に示す。14mm以上18mm未満の2クラスの種子数は60個であり、全体の75%を占めた。片野田(2022)が果実から採取した種子のサイズ(ここでいう長径)は12mm以上から18mm未満までほぼ一様に分布していたが、今回林床から得られた種子では、片野田(2022)と比較して12mm以上14mm未満の小さなクラスの種子が6個と極めて少なく、より大きなクラス側に分布が集中していた。片野田(2022)は果実が熟すにつれて種子は黒く小さくなるとし、14mm未満の黒色の種子は12月中旬以降に採取されやすいとしている。今回の採取時期は11月下旬であり、種子もほとんど14mm以上であったことから、長径のクラス別分布が14mm以上18mm未満に集中した要因の一つとして、種子の採取時期が関係していることが考えられた。

図3に発芽個体数の月推移を示す。播種数395個のうち、83個体が発芽し、発芽率は21%であった。発芽個体は4月から5月にかけて増加し、5月には19個体が発芽したが、6月になると発芽個体は4個体と急激に少なくなった。

ところが、7月から8月になると20個体前後と再び急増し、9月以降は7個まで減少するなど、全体としては6月を境に前半と後半で対称的な発芽パターンを示した。片野田(2022)は、14mm以上のサイズの種子は播種1~2ヶ月後の4~5月に発芽し、14mm未満の種子は7月をピークに9月まで緩慢に発芽するとしている。任意に抽出した種子は14mm以上のものがほとんどであったことから、片野田(2022)と同じ発芽特性を持つなら、ほとんどが4~5月に発芽すべきであるが、7~8月以降にも4~5月と同程度の発芽ピークを示した。採取された種子はニホンジカによって散布された可能性が高いが、ニホンジカが前年も含めていつ頃、どのような母樹のどのような熟度の果実を採食したか不明であるため、果実や種子の特徴と発芽パターンとの関係を検討することはできない。しかしながら、種子サイズ以外にも様々な要因が種子の休眠性とも関連して発芽に影響を及ぼしていると考えられることから、今後も様々な条件下での種子を採取し、発芽試験を重ねることで、ムクロジの発芽特性を解明していく必要がある。

表3は10月6日に育苗箱を掘り返して未発芽種子の状況を確認した結果である。395個中312個が発芽しなかったが、そのうち170個(54%)は腐敗せずに種子の形をとどめていた。腐敗していたものは13個であったが、残り129個は1個体として判別できるだけの形跡を見つけることができなかった。

さいごに

ムクロジは森林内に低密度で分布する少個体数樹種とされており(小南1998)、林冠層を優占することが極めて稀であるため、福岡県ではムクロジの優占群落が特定植物群落に指定されている(環境庁1988)。一方、最近になってムクロジの稚樹が水田跡地からスギ人工林、常緑広葉樹林まで幅広く分布し、しかもまとまって出現する傾向にあることが報告されており(片野田・畠中2020)、さらにムクロジが優占する若齢林分が始良市の水田跡地とさつま町の谷頭法面造成地(本研究の種子採取地に隣接した林分)から報告されている(片野田・畠中2021)。また、始良市やさつま町はニホンジカの生息密度が10頭/km²以上と高い地域であり(鹿児島県2017)、今回、さつま町の林分でニホンジカによって散布された可能性が高いムクロジの種子が見つかった。これらのことは、ニホンジカの生息数増加と分布拡大によって、ムクロジの分布様式や更新方法に変化が生じつつあることを示唆しているのかもしれない。一方、ニホンジカの食圧は退行的な遷移を引き起こし、水土保全的にも大きな問題であるとされている(藤

森 2003)。また、ニホンジカの高密度生息地域では、ニホンジカの選択的採食圧によって混交林化しつつある林分の樹種構成が影響を受け始めており、公益的機能が十分発揮されない混交林へと進むことが懸念されている(小南ら 2004)。このようなことから、ニホンジカによるムクロジ種子の二次散布を利用した人工林の混交林化を検討する際は、ニホンジカのムクロジやその他広葉樹への採食嗜好性とそれに伴う森林植生の変化、さらに森林の公益的機能を発揮させるための施業技術やシカ被害対策等についても十分調査する必要がある。

引用文献

- 藤森隆郎(2003)新たな森林管理学 持続可能な社会に向けて。全国林業改良普及協会, 東京。
- 平田令子・畑 邦彦・曾根晃一(2006) 果実食性鳥類による針葉樹人工林への種子散布。日林誌 88 : 515-524。
- 環境庁(1988) 第3回自然環境保全基礎調査特定植物群落調査報告書(全国版)。
- 鹿児島県(2017) 第二種特定鳥獣(ニホンジカ)管理計画。
URL:http://www.pref.kagoshima.jp/ad04/sangyo-rodo/rinsui/shinrin/syuryo/documents/58352_20170330170730-1.pdf
(2022.1.19 参照)。
- 片野田逸朗・島中雅之(2020) 斜面下部域や谷底面の不採算人工林における植栽樹種としてのムクロジの選定とその個体群分布の特徴。九州森林研究 73 : 39-45。
- 片野田逸朗・島中雅之(2021) ムクロジが出現する林分の構造的特徴とその生態的特性。九州森林研究 74 : 25-30。
- 片野田逸朗(2022) ムクロジの果実や種子の形質とその発芽特性。鹿児島県森林技術総合セ研報 23 : 1-6。
- 小南陽亮(1998) 綾照葉樹林におけるムクロジの種子散布と実生定着。日林九支研論 51 : 57-58。
- 小南陽亮・齊藤 哲・永松 大・田内裕之・佐藤 保(2004) 九州中央山地高海拔地域の不成績造林地における林分構造の変化。九州森林研究 57 : 87-93。
- 新原修一(2016) チャンチンモドキの実生育苗。鹿児島県森林技術総合セ研報 18 : 39-44。
- 大橋広好(2016) ムクロジ科。大橋広好ほか(編)改訂新版日本の野生植物 3. pp. 285-299. 平凡社, 東京。
- 森林総合研究所(2010) 広葉樹林化ハンドブック 2010—人工林を広葉樹林へと誘導するために—。
- 津村義彦・陶山佳久(2015) 地図でわかる樹木の種苗移動ガイドライン。文一総合出版, 東京。
- Wakasugi M. Yasuda M. Kanzaki M. Yamakura T. (2001) Seed dispersal of *Sapindus mukorossi* identified by an automatic camera system at the Kasugayama forest, central japan. 関西自然保護機構会誌. 23 (1) : 3-12。

資料

ムクロジ種子の採取時期と発芽特性*1

畠中雅之*2

はじめに

2019年から施行された森林経営管理法に基づく森林経営管理制度により、所有者自らが適切な経営管理を実施できない森林のうち、不採算人工林（林業経営に適さない森林）については、市町村が森林整備を実施し、管理コストの低い針広混交林等へ誘導していくこととなった。そのような中、片野田・畠中（2020）は、特に山地災害防止機能等の公益的機能の発揮が求められている斜面下部域や谷底面において、不採算人工林を針広混交林化するための植栽樹種としてムクロジ（*Sapindus mukorossi*）を選定している。今後、ムクロジを不採算人工林における植栽樹種として普及していくためには、ムクロジの育苗技術を確認する必要があるが、これまでにムクロジの種子採取から山地植栽用苗木を生産するまでの育苗技術について研究した事例はほとんどない。

ムクロジの種子採取の適期は10月から11月で、長く樹上に着いている種子は乾燥のため二次休眠をしており、播種してもその発芽は2年目の春になるとしている（財団法人林業科学技術振興所1985）。また、ブナでは果実の採取時期が遅れるにしたがって発芽率が急速に高くなることや（橋詰・福富1978）、アカイタヤでは9月に採取した種子よりも10月以降に採取した種子の発芽率が高くなり、ヤチダモでは9月に採取した種子の発芽率が10月中旬に採取したものよりも高く、さらに11月、12月に採取した種子はいずれも翌春に発芽せず、休眠が解除されなかったこと（水井1991）など、樹木によっては種子の採取時期の違いが発芽率に影響を及ぼすことが報告されている。このことから、ムクロジの育苗技術を確認するためには、種子の採取時期と発芽との関係を明らかにする必要があると考えられる。

そこで、本研究ではムクロジの育苗技術の確立に必要な基礎情報を得ることを目的に、ムクロジ種子を異なる時期に採取し、その発芽パターンや発芽率について試験を行った。

材料および方法

2020年9月から12月の毎月中旬から月末にかけて、鹿児島県始良市蒲生町にある霧島神社内の樹齢約200年の母樹1個体（写真1）から落下した果実を採取し、そのまま冷蔵庫内で低温（5℃）貯蔵した。なお、果実採取場所は頻りに掃除が行われているため、採取された果実は採取日の当日またはその前日に落下した果実と考えて差し支えない。

2021年3月3日に果実を冷蔵庫から取り出し、果皮を剥いて取り出した種子の中から虫害を受けたものや水に浮上したものを除いた充実種子のみを一昼夜室内で風乾



写真1 ムクロジ（母樹）

*1 Hatanaka, M. : Relationships between seed collection time and seed germination characteristics in *Sapindus mukorossi*

*2 鹿児島県森林技術総合センター森林環境部

*2 Kagoshima Pref. Forestry Technology Center. Forestry and Environment div., Aira 899-5302 Japan.

表 1 種子採取日と供試種子数

採取日		供試種子数	
月	日	日別	月別
9月	17日	40	68
	21日	28	
	22日	54	
10月	26日	5	126
	27日	2	
	28日	1	
	30日	64	
11月	24日	20	20
12月	30日	78	78
合計		292	292

させた。翌日に大きさ（種子のへそを通る径）と重量を測定し、播種日まで室内で保管した。2021年3月11日に鹿沼土（細粒）を敷き詰めた150ccマルチキャビティコンテナ（JFA-150）に播種し、鹿児島県森林技術総合センター敷地内にあるガラスハウスで保管した。散水回数（1回当たり散水時間が60秒）は4月までと11月は2回（10時、16時）、5月から10月は3回（10時、12時、16時）とした。調査は平日の17時に行い、子葉が完全に開いていた個体を発芽として記録した。

結果

種子採取日と供試種子数を表1に、種子採取月別の種子の大きさと重量を図1、図2に示す。種子の大きさは、全体の平均値が12.7mmとなり、採取月別では9月が13.6mm、10月が12.4mm、11月が12.5mm、12月が12.5mmとなった。種子の重さは、全体の平均値が1.06gとなり、採取月別では9月が1.20g、10月が1.00g、11月が0.99g、12月が1.05gとなった。このように種子の大きさと重量は9月に採取した種子が10月及び11月、12月に採取した種子よりも有意に大きくかつ重たかった。

種子採取月別の発芽率を図3に示す。全体では292個播種したうち182個が発芽し、発芽率は62%となった。採取月別では、9月は68個中28個が発芽し、発芽率は41%、10月は126個中81個が発芽し、発芽率は64%、11月は20個中15個が発芽し、発芽率は75%、12月は78個中58個が発芽し、発芽率は74%であった。このように、発芽率は11月に採取した種子が一番高く、9月に採取した種子が一番低くなった。

種子採取月と発芽個体数の推移を図4に示す。9月に採取した種子は4月を頂点に3月から5月にかけて発芽し、

(mm)

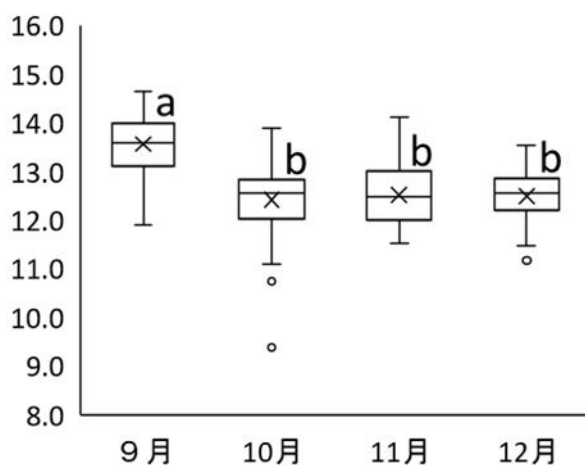


図 1 種子採取月と種子の大きさとの関係
箱ひげ図は、箱中央の横線が中央値、箱の下端第1四分位、箱の上端が第3四分位、ひげの両端が最大値および最小値を示す。×印は平均値を示す。○印は外れ値を示す。Bonferroniの多重比較検定により、異なるアルファベット間で有意差あり（ $P < 0.05$ ）。

(g)

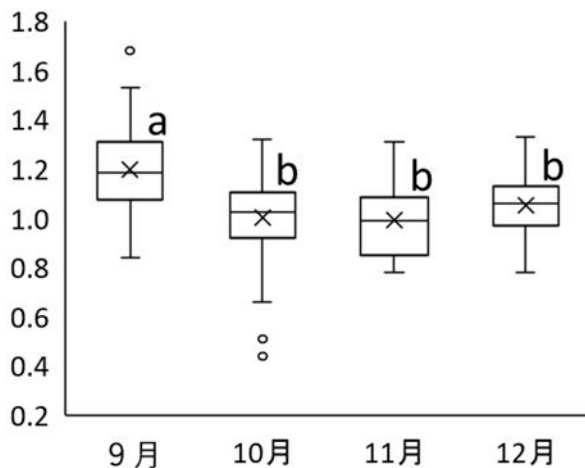


図 2 種子採取月と種子の重量との関係
箱ひげ図の説明は図1に準じる。

約93%が4月に発芽していた。10月に採取にした種子は5月を頂点に4月から9月にかけて、11月に採取した種子は6月を頂点に4月から8月にかけて、12月に採取した種子は8月を頂点に4月から10月にかけてそれぞれ発芽していた。

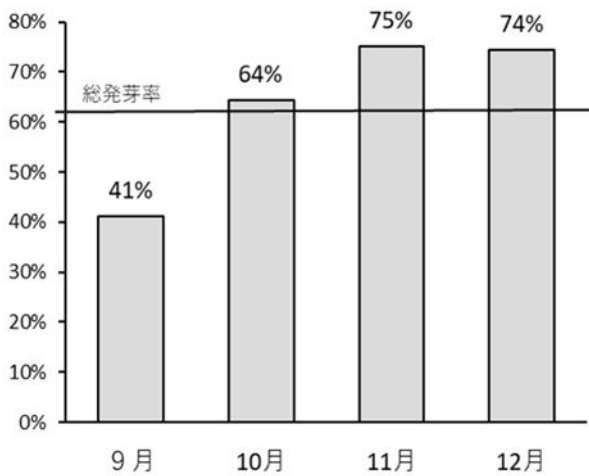


図3 種子採取月と発芽率との関係



写真2 ムクロジの果実（9月採取）

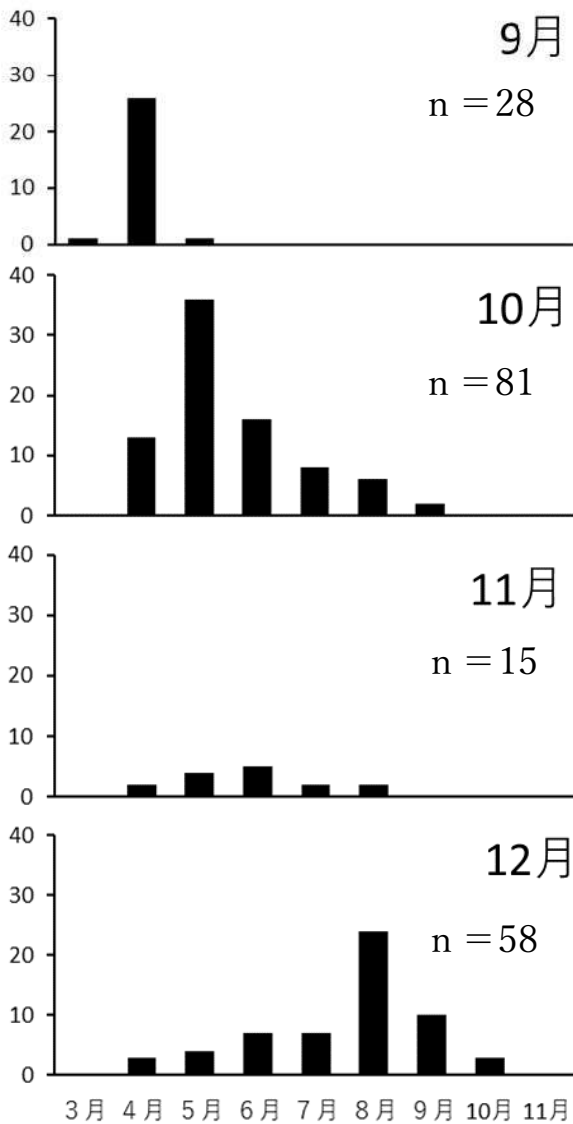


図4 種子採取月と発芽個体数の推移



写真3 ムクロジの果実（12月採取）

考察

今回の発芽試験では、発芽率が一番高かったのは11月に採取した種子が75%で、次いで12月が74%であった。一方で、9月に採取した種子は41%と一番低くなった。財団法人林業科学技術振興所（1985）は、ムクロジの果実は10月ごろに帯黄褐色に熟すとしており、今回採取した果実も9月に採取した果実は未熟なものが多く（写真2）、11月や12月に採取した果実は成熟したものが多かった（写真3）ことが発芽率に影響した可能性が考えられる。

また、種子の採取時期によって発芽のピークの時期が異なっており、9月に採取した種子の発芽のピークは5月で、採取時期が遅くなるにつれて発芽時期も遅くなり、12月に採取した種子の発芽のピークは8月であった。発芽時期

が早いと当年の成長期間が長くなるため、樹高成長が有利になる可能性がある。しかし、今回の調査で採取時期が一番早い9月の発芽率は41%と低く、発芽率の高かった11月の発芽率(75%)の半分程度であるため、同じ苗数を確保するには2倍近くの種子を播種する必要があり、育苗の作業効率が悪くなると考えられる。このことから、11月や12月に採取できる比較的に発芽率が高い種子の発芽時期を早める技術開発が必要だと考えている。

今回は、ムクロジ種子の採取時期によって発芽率や発芽個体数の推移を明らかにしたが、採取時期によって果実の採取数や供試種子数の差が大きかった。山中(1975)は、ムクロジの果実は樹上にあるうちから虫害にかかりやすく、そうしたものは早く落果するとしている。また、水井(1993)は、北海道に生育する主な広葉樹35種における結実の多少は、周期や頻度は異なるが全ての樹種に訪れたとしているが、本研究の母樹でも豊凶がみられたことから、ムクロジも同様な傾向があり、種苗生産は種子の豊作年に限定されると考えられる。ムクロジ苗の安定供給をいくためには、果実の採取時期と虫害との関係や、種子の保存期間や保存方法と発芽率との関係を明らかにする必要があると考えている。

謝辞

鹿児島県始良市蒲生町にある霧島神社にはムクロジ種子の採取を快諾していただいた。ここに深謝する。

引用文献

- 橋詰隼人・福富章(1978)ブナの果実および種子の発達と成熟. 日林誌 60 : 163-168.
- 片野田逸朗・島中雅之(2020)斜面下部域や谷底面の不採算人工林における植栽樹種としてのムクロジの選定とその個体群分布の特徴. 九州森林研究 73 : 39-45.
- 水井憲雄(1991)アカイタヤとヤチダモの埋土種子の生存と休眠性. 日林北支論 39 : 27-28.
- 水井憲雄(1993)落葉広葉樹の種子繁殖に関する生態学的研究. 北海道林業試験場研究報告 30 : 1-67.
- 山中寅文(1975)植木の実生と育て方. 誠文堂新光社, 東京.
- 財団法人林業科学技術振興所(1985)有用広葉樹の知識一育てかたと使いかた一. 財団法人林業科学技術振興所, 東京.

資料

第二世代抵抗性クロマツさし木のコンテナ苗での実証試験^{*1}

是枝久巳^{*2}

はじめに

抵抗性クロマツについては、マツ材線虫病に対して抵抗性のある親木から球果を採取し、その種子から育てた苗木にマツノザイセンチュウを人為的に接種後、枯れずに残ったものを第一世代抵抗性クロマツ「鹿児島県の登録商標名：スーパーグリーンさつま」（以下、抵抗性マツ）として生産しているが、種子の豊凶が生産量に大きく影響し、マツノザイセンチュウ接種後の枯損の発生状況によっては得苗率が変動する（戸田 2004）など、苗木の安定供給が課題となっている。

また、苗木にマツノザイセンチュウを接種する作業は真夏の炎天下で行われるため、労働負荷が大きいことも課題である。

以上のような状況を鑑み、九州大学が中核となり、森林総合研究所林木育種センター九州育種場及び九州各県等により「クロマツの第二世代マツ材線虫病抵抗性種苗生産システムの構築」において、現行の抵抗性マツよりさらにマツ材線虫病に対して抵抗性があり、さし木で増殖することができる「第二世代抵抗性マツ材線虫病抵抗性クロマツ（以下、ハイパーマツ）」が開発された（大平ら 2010a）。

今回、このハイパーマツについて、スギのさし木生産で活用されているコンテナ苗の生産技術を組み合わせ、「ハイパーマツコンテナ苗」として実用化することを目的に実証試験を行ったので報告する。

試験地及び方法

1 試験地

1) さし木増殖試験

さし木増殖試験は、鹿児島県のほぼ中央に位置している鹿児島県森林技術総合センター（始良市蒲生町）の敷地内において、平成 21 年 3 月に植栽したハイパーマツ母樹園の 94 クローンの中から選抜し実施した（図 1）。

2) 海岸植栽実証試験

海岸植栽実証試験は、本県の薩摩半島南部に位置している指宿市開聞（①入野試験地：北緯 31 度 20 分 66 秒，東経 130 度 51 分 36 秒）及び指宿市山川（②戸ヶ峯試験地：北緯 31 度 17 分 30 秒，東経 130 度 57 分 08 秒）の指宿市有林内に設定した（図 1）。

また、両試験地とも以前はマツ林であったが、松くい虫被害が発生した箇所、伐倒駆除等による処理が行われており残存するマツはわずかであった。

なお、両試験地とも植栽後、ノウサギによる摂食被害が確認されたため、防護柵を設置している。



図 1 試験地の位置

2 試験方法

1) さし木増殖試験

平成 30 年 2 月に当センター内で整備したハイパーマツ母樹園の中から、樹勢が良好でさし木増殖試験に必要な穂の数を確保できた 14 クローンと翌平成 31 年 2 月に異なる

*1 Koreeda, H. : Demonstration test with container seedlings of second-generation resistant *Pinus thunbergii* cuttings

*2 鹿児島県森林技術総合センター資源活用部

*2 Kagoshima Pref. Forestry Technology Center. Forest Resource Application div., Aira 899-5302 Japan.

る13クローンの合計27クローンを選抜した。

さし床として、育苗箱（幅36cm×長さ51cm×深さ10.5cm）及び林野庁が開発したマルチキャビティコンテナ「JFA-300」（以下、MCコンテナ）の2種類を使用した。さし床の培地として、育苗箱には鹿沼土（細粒）（以下、K培地）とパーミキュライト（小粒）（以下、B培地）の2種類（大平ら2009）を、MCコンテナにはヤシ殻繊維と鹿沼土を3対1に混合したもの（以下、Y3K1培地）とヤシ殻繊維100%（以下、Y培地）の2種類を選定した。

さし穂は採穂台木の萌芽枝から10cm程度の荒穂を採穂し、長さを5~7cm程度にそろえ、10束ほどの針葉と最も大きな冬芽一つを残し、その他の針葉及び芽は手で除去した。その後、切り返しを入れ、切口部に発根促進剤（オキシベロン液剤（インドール酢酸溶剤0.4%）、バイエルクロップサイエンス）を5秒間浸けた後、さし付けた。

なお、採穂方法については、大平ら（2010b）を参考にした。

さし穂の数は育苗箱1箱につき5本×8列の40本、MCコンテナは1コンテナにつき4本×6列の24本（全孔さし付け）とした。

ただし、2年目の育苗箱へのさし穂数については、さし穂が密集し、管理や掘取り作業が煩雑になったことから40本を変更し、MCコンテナと同じ4本×6列の24本とした。

また、さし床はビニールハウス内に設定したビニールのトンネル内で管理し、常時培地を確認しながら、乾燥することのないようジョロを用い散水を行った。

育苗箱にさし付けた穂は、4ヶ月後の同年6月に発根状況を目視にて確認した。

発根が確認できた穂は、宮崎県が開発しコンテナ苗の生産に利用されているMスターコンテナ（以下、Mスター）にY培地を用い鉢上げした後、MCコンテナと同時に屋外へ移設し、陽光環境下において育苗した。

屋外での管理においては、コンテナ培地の乾燥具合を目視で確認し、乾燥しないよう散水を行った。

なお、今回のさし木増殖試験において、MCコンテナ及びMスターコンテナに充填した培地には緩効性被覆肥料（ハイコントロール650-700号、N:P:K=16:5:10、ジェイカムアグリ）を添加したものを使用しており、緩効性被覆肥料の添加量はそれぞれ充填した培地1L当たり7gとした。

2) 海岸植栽実証試験（入野試験地）

平成30年2月にさし付けた14クローンの中から本県の抵抗性マツの出荷規格「根元径7mm以上、苗長25cm以上」を満たす本数が多かった（MCコンテナとMスターの

合計）上位4クローンを選抜し、さし付けから2年1ヶ月後の令和2年3月当地に植栽した。

また、活着や成長の比較対象として抵抗性マツのポット苗も同時に植栽した。

なお、今回の試験における植栽密度は10千本/haに設定し、植栽については、ハイパーマツコンテナ苗は専用の植栽器具（今回はディブル）、抵抗性マツポット苗は鋤を使用した。

3) 海岸植栽実証試験（戸ヶ峯試験地）

平成31年2月にさし付けた13クローンの中から抵抗性マツの出荷規格を満たす本数が多い上位4クローンを選抜し、さし付けから2年1ヶ月後の令和3年3月当地に植栽した。

また、植栽密度及び植栽方法は、入野試験地と同様に10千本/haとし、専用の植栽器具（ディブル）を使用した。

結果と考察

1. さし木増殖試験

1) 平成30年2月さし木増殖試験

発根、生存及び規格試験調査の結果を表1、2に示す。今回の発根状況については、目視にて発根が確認された個体のみを発根ありとし、さし穂の基部にカルスの形成のみ認められた個体及び枯死した個体は発根なしとした。

育苗箱のさし穂について、K培地の穂の発根率はクローン毎に12.5%~62.5%となり、全体の平均発根率は30.0%であった。

B培地の穂の発根率は0.0%~45.0%、全体の平均発根率は13.8%とK培地より低く、全く発根していないクローンも2クローンみられた。

クローン毎の発根率を培地別に比較すると14クローン中11クローンでK培地の発根率が良く、全体の平均もK培地30.0%に対し、B培地は13.8%と半分に満たない結果となった。今回の試験における発根率は全体的に低い結果となったが、2種類の培地で比較するとクローンに差異はあるもののK培地に優位性がみられた。

MCコンテナのさし穂については、育苗箱の発根確認と同時期の段階ではまだMCコンテナの中で根鉢が十分に形成されておらず、コンテナから取り出し発根状況を確認することは困難であったため、穂の生存数により培地毎の優位性を確認した。

Y3K1培地の穂の生存率は4.2%~70.8%、全体の平均生存率は36.3%、また、Y培地については0.0%~75.0%、全体の平均生存率は22.9%であった。

両培地での生存率については、育苗箱での発根の確認方

法とは異なるが、育苗箱に比べ、MCコンテナの方がクローンによる差が大きい結果となった。

クローン毎の生存率を充填培地別に見ると14クローン中11クローンでY3K1培地の生存率が高く、全体の平均もY3K1培地に優位性が見られた。

次に、ビニールハウス内での育苗期間（4か月）を経て屋外へ移設し陽光環境下のもとで1年9ヶ月育苗した後、本県の抵抗性マツの出荷規格「根元径7mm以上、苗長25cm以上」に達する本数の割合（以下、規格得苗率）を確認した。

なお、抵抗性マツの得苗率は30%～70%前後と年により変動があるが、さし木増殖であるハイパーマツの規格得苗率については30%を下限とした。

育苗箱（K培地）からMスター（Y培地）へ鉢上げした苗（以下、KY培地）の規格得苗率は5.0%～35.0%、本県の抵抗性マツの規格得苗率を満たすクローンは1クロー

ン（H019）しかなく、全体の平均規格得苗率は19.8%であった。

育苗箱（B培地）からMスター（Y培地）へ鉢上げした苗（以下、BY培地）の規格得苗率は0.0%～35.0%、規格得苗率を満たすクローンは1クローン（H026）のみで、全体の平均も8.0%と一番低く、うち6クローンに至っては規格に達する苗が1本もないという結果となった。

MCコンテナについてであるが、Y3K1培地の苗の規格得苗率は0.0%～62.5%とクローンによる差が一番大きかった。規格得苗率を満たすクローンは5クローン（G112, E129, E040, G008, H019）と一番多く、全体の平均も25.6%と一番良い結果であった。

Y培地の苗の規格得苗率は0.0%～58.3%、規格得苗率を満たすクローンは2クローン（G112, E040）、全体の平均は11.9%であった。

表1 発根及び規格試験（育苗箱→Mスター）

クローン	鹿沼土(K培地) → ヤシ殻(Y培地) : KY培地					パーミキュライト(B培地) → ヤシ殻(Y培地) : BY培地				
	さし木本数	発根本数	発根率	規格本数	規格得苗率	さし木本数	発根本数	発根率	規格本数	規格得苗率
	(A)	(B)	(B/A)	(C)	(C/A)	(A)	(B)	(B/A)	(C)	(C/A)
H026	40	13	32.5	11	27.5	40	18	45.0	14	35.0
A081	40	7	17.5	7	17.5	40	8	20.0	5	12.5
G112	40	15	37.5	9	22.5	40	13	32.5	9	22.5
E129	40	9	22.5	9	22.5	40	1	2.5	0	0.0
E040	40	25	62.5	10	25.0	40	3	7.5	0	0.0
G008	40	15	37.5	11	27.5	40	0	0.0	0	0.0
G066	40	5	12.5	4	10.0	40	1	2.5	0	0.0
B054	40	11	27.5	10	25.0	40	0	0.0	0	0.0
G085	40	10	25.0	5	12.5	40	2	5.0	1	2.5
H019	40	21	52.5	14	35.0	40	5	12.5	4	10.0
B014	40	12	30.0	8	20.0	40	5	12.5	3	7.5
D082	40	11	27.5	8	20.0	40	2	5.0	2	5.0
D155	40	8	20.0	2	5.0	40	18	45.0	7	17.5
E029	40	6	15.0	3	7.5	40	1	2.5	0	0.0
計(平均)	560	168	30.0	111	19.8	560	77	13.8	45	8.0

表2 生存及び規格試験（MCコンテナ）

クローン	ヤシ殻75%+鹿沼土(細粒)25% : Y3K1培地					ヤシ殻 : Y培地				
	さし木本数	生存本数	生存率	規格本数	規格得苗率	さし木本数	生存本数	生存率	規格本数	規格得苗率
	(A)	(B)	(B/A)	(C)	(C/A)	(A)	(B)	(B/A)	(C)	(C/A)
H026	24	5	20.8	5	20.8	24	12	50.0	2	8.3
A081	24	4	16.7	0	0.0	24	3	12.5	0	0.0
G112	24	17	70.8	15	62.5	24	18	75.0	14	58.3
E129	24	8	33.3	8	33.3	24	7	29.2	3	12.5
E040	24	17	70.8	14	58.3	24	10	41.7	9	37.5
G008	24	13	54.2	12	50.0	24	7	29.2	0	0.0
G066	24	5	20.8	3	12.5	24	0	0.0	0	0.0
B054	24	8	33.3	5	20.8	24	4	16.7	2	8.3
G085	24	6	25.0	2	8.3	24	3	12.5	0	0.0
H019	24	17	70.8	11	45.8	24	7	29.2	6	25.0
B014	24	1	4.2	1	4.2	24	2	8.3	2	8.3
D082	24	10	41.7	7	29.2	24	1	4.2	1	4.2
D155	24	6	25.0	0	0.0	24	1	4.2	0	0.0
E029	24	5	20.8	3	12.5	24	2	8.3	1	4.2
計(平均)	336	122	36.3	86	25.6	336	77	22.9	40	11.9

培地別に規格得苗率を見ると、クローン毎に差異は見られるが、Y3K1 培地>KY 培地>Y 培地>BY 培地の順となった。今回の試験において平均の規格得苗率が一番高かったY3K1培地でも25.6%と下限とした30%に届かず低い結果となったが、Y3K1 培地の G112 クローンの規格得苗率は62.5%となるなど培地とクローンの組み合わせによっては、現行の抵抗性マツと遜色ないクローンもあることが確認できた。

2) 平成31年2月さし木増殖試験

発根、生存及び規格試験の調査結果を表3、4に示す。

育苗箱における発根状況の確認については、前年と同様とした。

K培地の穂の発根率はクローン毎に0.0%~87.5%、全体の平均発根率は40.4%、また、B培地の穂の発根率は4.2%~83.3%、全体の平均発根率は41.7%となり、いずれの培地もクローンにより発根率に大きな差がみられた。

クローン毎の発根率を培地別に比較すると13クローン

中5クローンはK培地、6クローンはB培地が良く、残り2クローンは同じ結果であった。今回の試験における平均発根率は、両培地とも40%を超えており培地による差は小さく、前年の様な優位性はみられなかった。

いずれの培地においてもクローンにより差異があるもののE049、B157、A021の3クローンは両培地において発根率が50%を超える高い結果となった。その中でもE049クローンの発根率はK培地87.5%、B培地79.2%となるなど高い発根性を示した。

MCコンテナにおけるさし穂の生存率についても前年と同じ確認方法で行った。

Y3K1 培地の穂の生存率は0.0%~87.5%、全体の平均生存率は34.3%、Y培地の穂の生存率は4.2%~75.0%、全体の平均生存率は29.2%であり、両培地とも前年以上にクローンによる生存率の差は大きい結果となった。

次に、前年と同様、屋外移設後1年9ヶ月の育苗期間を経て、規格得苗率の確認を行った。

表3 発根及び規格試験（育苗箱→Mスター）

クローン	鹿沼土(K培地) → ヤシ殻(Y培地) : KY培地					バーミキュライト(B培地) → ヤシ殻(Y培地) : BY培地				
	さし木本数	発根本数	発根率	規格本数	規格得苗率	さし木本数	発根本数	発根率	規格本数	規格得苗率
	(A)	(B)	(B/A)	(C)	(C/A)	(A)	(B)	(B/A)	(C)	(C/A)
E049	24	21	87.5	21	87.5	24	19	79.2	17	70.8
E098	24	11	45.8	11	45.8	24	12	50.0	6	25.0
E105	24	8	33.3	8	33.3	24	4	16.7	2	8.3
B157	24	15	62.5	12	50.0	24	12	50.0	7	29.2
H016	24	9	37.5	9	37.5	24	9	37.5	5	20.8
G052	24	8	33.3	6	25.0	24	12	50.0	3	12.5
D107	24	10	41.7	8	33.3	24	13	54.2	12	50.0
G089	24	10	41.7	3	12.5	24	5	20.8	2	8.3
B151	24	4	16.7	4	16.7	24	4	16.7	2	8.3
A021	24	13	54.2	9	37.5	24	20	83.3	13	54.2
B022	24	6	25.0	5	20.8	24	11	45.8	9	37.5
E132	24	11	45.8	8	33.3	24	1	4.2	1	4.2
D127	24	0	0.0	0	0.0	24	8	33.3	6	25.0
計(平均)	312	126	40.4	104	33.3	312	130	41.7	85	27.2

表4 生存及び規格試験（MCコンテナ）

クローン	ヤシ殻75%+鹿沼土(細粒)25% : Y3K1培地					ヤシ殻 : Y培地				
	さし木本数	生存本数	生存率	規格本数	規格得苗率	さし木本数	生存本数	生存率	規格本数	規格得苗率
	(A)	(B)	(B/A)	(C)	(C/A)	(A)	(B)	(B/A)	(C)	(C/A)
E049	24	21	87.5	9	37.5	24	18	75.0	11	45.8
E098	24	11	45.8	0	0.0	24	6	25.0	4	16.7
E105	24	8	33.3	7	29.2	24	4	16.7	10	41.7
B157	24	14	58.3	0	0.0	24	7	29.2	12	50.0
H016	24	9	37.5	1	4.2	24	6	25.0	5	20.8
G052	24	6	25.0	0	0.0	24	3	12.5	0	0.0
D107	24	8	33.3	9	37.5	24	12	50.0	12	50.0
G089	24	3	12.5	0	0.0	24	2	8.3	0	0.0
B151	24	4	16.7	0	0.0	24	3	12.5	4	16.7
A021	24	10	41.7	0	0.0	24	13	54.2	10	41.7
B022	24	5	20.8	0	0.0	24	10	41.7	11	45.8
E132	24	8	33.3	0	0.0	24	1	4.2	0	0.0
D127	24	0	0.0	0	0.0	24	6	25.0	2	8.3
計(平均)	312	107	34.3	26	8.3	312	91	29.2	81	26.0

KY 培地の苗の規格得苗率については 0.0%~87.5%，全体の平均は 33.3%と一番高く，抵抗性マツの規格得苗率を満たすクローンも 8 クローン（E049, E098, E105, B157, H016, D107, A021, E132）となり，こちらも最も多い結果であった。

BY 培地の苗の規格得苗率は 4.2%~70.8%，全体の平均は 27.2%，規格得苗率を満たすクローンは 4 クローン（E049, D107, A021, B022）となった。

MC コンテナについては，Y3K1 培地の苗の規格得苗率は 0.0%~37.5%，規格得苗率を満たすクローンは 2 クローン（E049, D107）で全体の規格得苗率も 8.3%と一番低く，うち 9 クローンは 1 本も規格に達する苗がないという結果となった。

Y 培地にさし付けた苗の規格得苗率は 0.0%~50.0%，規格得苗率を満たすクローンは 6 クローン（E049, E105, B157, D107, A021, B022）あり，全体の平均は 26.0%となった。

培地別に規格得苗率を見ると，KY 培地 > BY 培地 > Y 培地 > Y3K1 培地の順となり，うち KY 培地のみ 33.3%と基準とした規格得苗率の下限 30%を超える結果であった。

今回の選抜クローンの中において，E049 クローンは KY 培地で 87.5%，BY 培地で 70.8%と高い結果を示し，また，B157 や D107 クローンも 50%となるなど培地とクローンの組み合わせにより，現行の抵抗性マツと同等やそれ以上に高い生産性を示すクローンもあることが確認できた。

2. 海岸植栽実証試験

1) ハイパーマツ苗の活着率

入野試験地及び戸ヶ峯試験地の結果を表 5 に示す。

両試験地における選抜クローンは，さし木増殖試験において規格に達した本数の多い上位 4 クローンとした。

入野試験地に植栽にした 4 クローンは，E040, H019, H026, G112 で，さし付けから 2 年 1 ヶ月後の令和 2 年 3 月に植栽を実施した。

植栽から 1 年 10 ヶ月経過した令和 4 年 1 月時点で枯死した苗は H019 の 1 本のみで，E040, H026, G112 の 3 クローンの活着率は 100%，また，H019 の活着率も 97%と良好であり海岸砂地での活着に問題はないと考えられる。

また，比較対象として植栽した抵抗性マツの活着率も 100%と良好であった。

戸ヶ峯試験地に選抜した 4 クローンは，E049, B157, D107, A021 でこちらもさし付けから 2 年 1 ヶ月後の令和 3 年 3 月に植栽を実施した。

植栽から 10 ヶ月経過した令和 4 年 1 月時点で 4 クローンとも 2 本ずつ枯死した苗が見られたが，活着率は 93.3%~96.6%と良好であり現時点で問題はないと考えられる。

表 5 試験地別・クローン別活着率

試験地	クローン	供試数	生存数	枯死数	活着率		
					R2.3	R3.3	R4.1
入野	E040	33	32		100.0	100.0	100.0
	H019	35	32	1	100.0	97.0	97.0
	H026	32	30		100.0	100.0	100.0
	G112	46	45		100.0	100.0	100.0
	抵抗性マツ	20	20		100.0	100.0	100.0
戸ヶ峯	E049	58	56	2	-	100.0	96.6
	B157	31	28	2	-	100.0	93.3
	D107	41	37	2	-	100.0	94.9
	A021	32	29	2	-	100.0	93.5

※活着率は誤伐を除いて算出している

2) ハイパーマツ苗の成長量

入野試験地及び戸ヶ峯試験地の成長量を図 2, 3 に示す。

成長量を調査するに当たり，両試験地ともハイパーマツ苗の一部はノウサギの摂食による被害を受けたため健全な苗のみ測定し算出した。

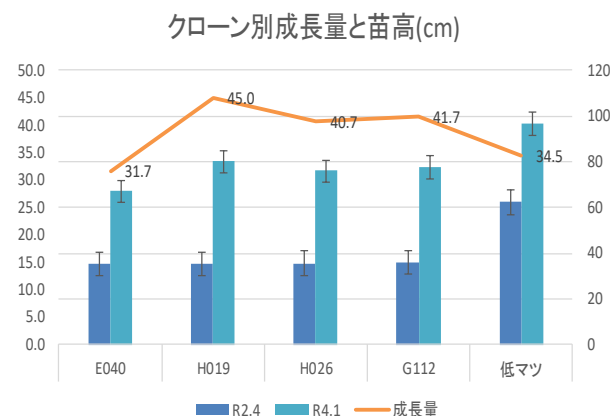


図 2 入野試験地のクローン別成長量と苗高

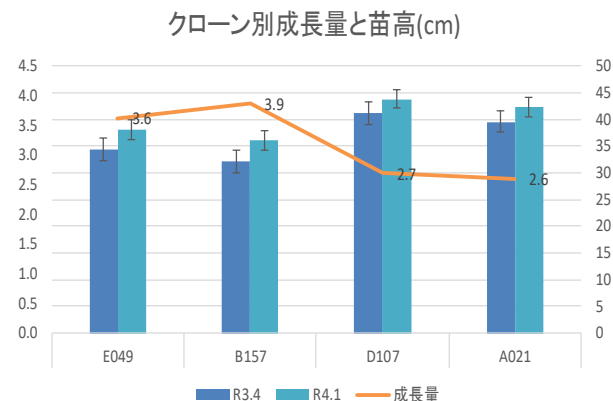


図 3 戸ヶ峯試験地のクローン別成長量と苗高

入野試験地についてであるが、植栽から1年10ヶ月経過時点（2成長期経過後）での平均成長量はクローン毎にE040：31.7 cm，H019：45.0 cm，H026：40.7 cm，G112：41.7 cmとなった。

比較対象とした抵抗性マツの平均成長量は34.5 cmであることから、H019，H026，G112の3クローンはいずれも抵抗性マツの成長量を上回った。また、E040についても大きな差は見られず現時点で問題はないと考えられる。

次に、戸ヶ峯試験地における植栽から10ヶ月経過時点（1成長期経過後）の平均成長量であるが、クローン毎にE049：3.6 cm，B157：3.9 cm，D107：2.7 cm，A021：2.6 cmとなった。

これは、前年に植栽した4クローンの同期間における平均成長量3.7～5.2 cmを若干下回る結果となったが、4クローンとも植栽から1年以上経過した後の成長量が大いことを考慮すると、継続調査が必要であるが現時点で問題はないと考えられる。

おわりに

ハイパーマツのさし木による苗木生産においては、さし付けから約2年で出荷が可能であり、種子の採種から出荷まで約3年程度かかる現行の抵抗性マツと比較すると、育苗期間の短縮により手間や経費の削減が可能であるだけでなく、今回の試験でコンテナ苗による生産においても、クローンと培地の組み合わせにより抵抗性マツの得苗率を上回ることも確認できた。

また、海岸植栽実証試験における海岸砂地での活着及び成長量も良好であり、現時点で問題はみられないことから

今後十分に活用できると考えられる。

しかし、活着や成長量については、植栽後1，2年目の初期段階の結果であることから今後も引き続き調査を継続し判断する必要がある。

謝 辞

本研究を行うに当たり、指宿市役所農政部耕地林務課林務管理係には試験地の協力等多大な御協力をいただいた。ここに記して厚くお礼申し上げる。

引用文献

- 大平峰子・倉本哲嗣・藤澤義武・白石進(2009)マツ材線虫病抵抗性クロマツのさし木苗生産における密閉さしの有効性. 日林誌 91：266-276
- 大平峰子・宮原文彦・森康浩・大川雅史・宮崎潤二・真崎修一・吉本喜久雄・佐々木義則・山田康裕・三木陽一郎・田上敏彦・小山孝雄・宮里学・鳥羽瀬正志・黒田慶子・岡村政則・松永孝治・白石進(2010a)クロマツの第二世代マツ材線虫病抵抗性種苗生産システムの構築. 林木の育種 235：1-5
- 大平峰子・松永孝治・倉本哲嗣・山田浩雄・白石進(2010b)クロマツのさし木発根性に及ぼすさしつけ方法と用土の影響. 九州森林研究 63：105-106
- 戸田忠雄(2004)アカマツおよびクロマツのマツ材線虫病抵抗性育種に関する研究. 林木育種センター研究報告 20：83-217

資料

タケニグサ種子の貯蔵期間と貯蔵温度が発芽率に及ぼす影響*1

穂山浩平*2・内村慶彦*3

はじめに

ニホンジカ（以下、シカ）が高密度に生息する地域の造林地や林道法面では、植栽木の枝葉被食による成長阻害や枯死、林床植生の消失や単純化、植生消失による土壌流出など様々な問題が発生している。

そのような中、田代ら（2013）はタケニグサ等のシカ不嗜好性植物（以下、不嗜好性植物）の種子を利用した吹付緑化工の試験を行い、初期緑化の段階（施工後約2年）における高い土壌流出抑制効果について報告している。また、穂山・片野田（2021）は田代ら（2013）が設定した試験区において、吹付緑化工から10年後の切土法面の被覆状況を調査し、構成されていた植物群落から不嗜好性植物による吹付緑化工が土壌流出の抑制に有効であったとしている。

以上示したように、不嗜好性植物による吹付緑化工の有効性は示唆されたが、当技術を実用化するためには、不嗜好性植物の種子の発芽能力を維持するための、適切な貯蔵条件について明らかにする必要がある。

そこで、本研究では、法面緑化に有効な不嗜好性植物の一つであるタケニグサについて、種子の貯蔵期間と貯蔵温度が発芽率に与える影響を明らかにすることを目的として発芽試験を行ったので、その結果を報告する。

材料と方法

1 種子の採取及び貯蔵

タケニグサの種子は、2013年11月7日に鹿児島県出水市の林道沿いで採取した。今回、採取場所の違いが発芽に及ぼす影響も把握するため、2013年10月29日に兵庫県たつの市で採取した種子も発芽試験に使用した。採取した

種子は2013年12月25日までは室温で保管し、その後は、外気及び光を遮断する高密封のアルミ製の袋に入れ、貯蔵温度と貯蔵期間を変えて貯蔵した（表1）。なお、一般的に種子は低温で貯蔵すると発芽率が低下しにくいとされていることから（例えば 加藤ら1966）、貯蔵温度は5℃または10℃とした。また、貯蔵期間については、6か月から7年（6か月、1年、3年、5年、7年）とし、種子の貯蔵には、温度勾配恒温器TG-180-CCFL（日本医化器製作所）（以下、インキュベーター）を使用した。

2 発芽試験

プラスチックシャーレ（直径8.5cm）に脱脂綿を1枚敷き、脱脂綿を蒸留水で湿らせた後、タケニグサの種子を1シャーレにつき50粒置床し、インキュベーターに入れた。種子の採取場所、貯蔵温度毎に3反復とした。インキュベーターに入れた後は、発芽した種子の数を定期的に確認し、発芽率（播種数50粒に対する発芽した種子の数の割合を百分率で示す）を算出した。また、試験終了時の発芽率を最終発芽率とした。なお、種子の確認時に、発芽した種子は取り除かず、そのままシャーレに残すとともに、脱脂綿が乾燥していた場合は適宜蒸留水を追加した。

田代（2014）は段階温度法による発芽試験を行い、段階的に温度を上昇させていく温度上昇系と段階的に温度を下降させていく温度下降系の発芽率を比較した結果、温度上昇系の試験終了時の発芽率が約30%であったのに対して、温度下降系の発芽率は約2%であった。このことから、発芽試験の実施にあたっては、田代（2014）と同一条件の温度上昇系でインキュベーターの温度と日数を設定した（表2）。また、光条件は明期と暗期の12時間交代とした。発芽試験の期間は、種子の貯蔵期間に応じて表3のとおりとした。

*1 Hoyama, K., Uchimura, Y.: Effects of storage period and temperature of seeds on germination rate of *Macleaya cordata* (Wild.) R.Br.

*2 鹿児島県森林技術総合センター森林環境部

*2 Kagoshima Pref. Forestry Technology Center. Forestry and Environment div., Aira 899-5302 Japan.

*3 鹿児島県環境林務部自然保護課

表1 種子の貯蔵温度と貯蔵期間

種子の採取場所	鹿児島県	兵庫県
貯蔵温度	5℃・10℃	5℃
貯蔵期間	6か月・1・3・5・7年（5℃） 1・3・5・7年（10℃）	6か月・1・3・5・7年

表2 インキュベーターの設定温度と日数

温度（℃）	5	10	5	20	25	30	35	25
日数	8	6	4	2	2	2	2	15

表3 種子の貯蔵期間と発芽試験の期間

種子の貯蔵期間	発芽試験の期間
6か月	2014年6月26日 ～ 8月5日
1年	2015年1月8日 ～ 2月17日
3年	2017年1月13日 ～ 2月22日
5年	2019年1月17日 ～ 2月26日
7年	2021年1月7日 ～ 2月16日

結果と考察

5℃で貯蔵した鹿児島県産種子（以下、鹿児島・5℃）の貯蔵期間と発芽率の関係を図1に示す。最終発芽率をみると、貯蔵期間7年が最も高い発芽率（41%）であった。その他の貯蔵期間の最終発芽率は、3年（36%）、6か月（21%）、1年（20%）、5年（12%）の順となった。

5℃で貯蔵した兵庫県産種子（以下、兵庫・5℃）の貯蔵期間と発芽率の関係を図2に示す。最終発芽率をみると、鹿児島・5℃に比べ全体的に高い発芽率となり、貯蔵期間6か月が最も高い発芽率（54%）であった。その他の貯蔵期間の最終発芽率は、3年（53%）、5年（38%）、7年（37%）、1年（27%）の順となり、鹿児島・5℃とは異なる傾向を示した。

10℃で貯蔵した鹿児島県産種子（以下、鹿児島・10℃）の貯蔵期間と発芽率の関係を図3に示す。最終発芽率をみると、貯蔵期間3年（29%）、1年（28%）、5年（11%）、7年にいたっては1%と試験全体をとおして最も低い発芽率となり、鹿児島・5℃、兵庫・5℃と比較して全体的に低い発芽率となった。

以上の結果から、貯蔵期間が発芽率に与える影響は明確ではないものの、温度条件を5℃と10℃で比較すると、発芽率を維持するための貯蔵温度については5℃が適しており、長期間貯蔵により発芽率が低下する傾向はみられなかった。

おわりに

不嗜好性植物を利用した法面緑化技術については、種子がほとんど流通していないことがネックになっている。そのため、当技術を活用するにあたっては、現在のところ種子の採取が必要となるが、吹付緑化工を施工する時期と種子の結実時期は必ずしも一致しないため、事前に種子を採取し、適切な条件下で貯蔵する必要がある。また、種子の

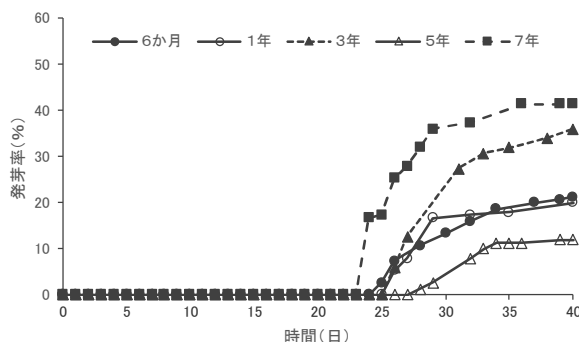


図1 種子の貯蔵期間と発芽率の関係（鹿児島・5℃）

注) 発芽率は3反復の平均値

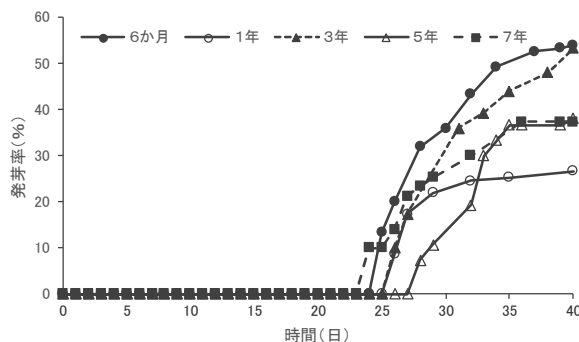


図2 種子の貯蔵期間と発芽率の関係（兵庫・5℃）

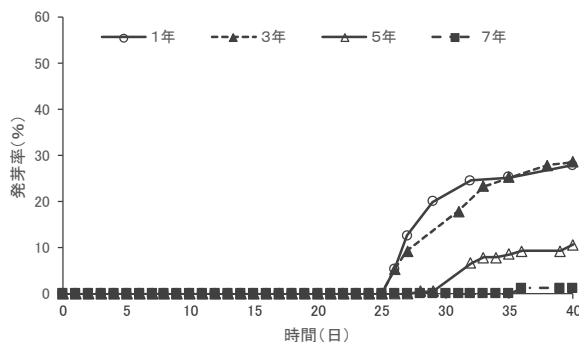


図3 種子の貯蔵期間と発芽率の関係（鹿児島・10℃）

採取にあたっては、事前に複数施工分の種子を採取し貯蔵する方が効率的に良く、その場合は、長期間の貯蔵となる可能性があることも考慮しなければならない。

今回の試験により、タケニグサの種子については、外気及び光を遮断する高密封のアルミ製の袋に入れ 5℃で貯蔵することで、7年程度までの貯蔵であれば発芽率を維持できる可能性が示唆された。今回は 5℃または 10℃のみの比較であり、より低温の場合については不明であるが、現時点で得られている知見として、当結果は、貯蔵にあたっての適切な条件の目安として活用できるだろう。

タケニグサの種子は、散布された段階では休眠状態にあり、低温湿潤状態の前処理を行うことで休眠が解除される(田代 2014)。したがって、タケニグサの種子を用いて春以降に吹付緑化工を施工した場合、自然状態では翌春まで発芽が期待できないことから、早期緑化を図るためには、事前に低温湿潤状態の前処理を行う必要があることも留意しなければならない。前処理時の温度条件については、

10℃が目安となっているが(田代 2014)、前処理の必要期間等については不明であり、今後の研究が望まれる。

引用文献

- 穂山浩平・片野田逸朗(2021) シカ不嗜好性植物を利用した吹付緑化施工後 10年目における植生変化とその有効性. 鹿児島県森林技術総合センター研究報告 22 : 30-34.
- 加藤照孝・伊藤博・宮城耕治(1966) 種子の貯蔵と輸送. 生物環境調節 4(1) : 1-5.
- 田代慶彦・下園寿秋・中村克之(2013) シカ不嗜好性植物を利用した林道切土法面の吹付緑化. 日本緑化工学会誌 39(2) : 256-259.
- 田代慶彦(2014) シカ不嗜好性植物タケニグサの種子発芽特性に関する研究. 九州森林研究 67 : 62-64.

他誌掲載論文

《論文》 ムクロジが出現する林分の構造的特徴とその生態的特性

片野田逸朗・畠中雅之

【掲載誌】九州森林研究 第74号

ムクロジが出現する7カ所の林相の異なる林分において、種組成や林分構造、ムクロジの個体群構成を調べた。常緑広葉樹林では、ムクロジは林冠を構成するDBH階以外にはあまり出現しなかったが、林床にはDBH1cm未満の稚樹が多数出現した。スギ人工林では、ムクロジは草本類が繁茂し、他の林冠構成種がほとんど出現しない林床にも定着しており、林冠層に達する個体もみられた。また、開放下の水田跡地などでは優占林分を形成していた。以上より、ムクロジは親木の樹冠下に稚樹バンクを形成、維持しながら更新の機会を待つ樹種であり、スギ人工林でみられた出現特性から、針広混交林化に向けた誘導樹種として、その生態的特性が他の高木性樹種よりも適している可能性が推察された。さらに、ムクロジがスギ人工林内で定着あるいは開放下で優占林分を形成していた要因の一つとして、ニホンジカによる種子の二次散布の可能性が推察された。

《速報》人工林皆伐後1年目の再造林地における木本植物の出現状況

穂山浩平・片野田逸朗

【掲載誌】九州森林研究 第74号

皆伐後1年目の下刈りを省略する再造林地が見受けられる中、雑草木がより小さい段階での下刈りが効果的であるとの考えから、再造林1年目における下刈りの適期を検討するため、植栽直後の5月から10月までの木本植物の出現状況及び成長量を調査した。木本植物の出現個体数は7月で対前月比3.4倍と最も増加したが、9月には1.2倍となり、10月には1.0倍とほとんど増加しなくなった。最も多く出現した樹種はカラスザンショウで全個体数の48%を占め、次にイズセンリョウが26%を占めた。カラスザンショウなどの先駆性落葉広葉樹の個体数増加は7月と8月、平均樹高の伸びは8月と9月がピークであった。これらのことから、再造林1年目における下刈りは、先駆性落葉広葉樹の出揃った10月頃が適期であると考えられた。

他誌掲載論文

《短報》 スギ幼齢木で初確認されたアワノメイガによる食害

川口エリ子・坂巻祥孝・米森正悟・長濱孝行

【掲載誌】 森林防疫 70(2)

植栽後約半年を経過したスギ幼齢木で、主軸が食害され、その部分から主軸が折れる被害が発生した。その後の調査で、被害部位に越冬中のアワノメイガ幼虫を発見し、食害はアワノメイガの幼虫によるものであることが初確認された。アワノメイガはトウモロコシの重要害虫で、イネ科など草本であれば多くの食害記録があるが、これまでに国内において木本類を食害する記録はなかった。また、アワノメイガによる穿孔被害は、植栽木の56%に及び、穿孔が深いものでは折損が生じていた。植栽木の周囲には刈り取られたイネ科植物が放置されており、それらのイネ科植物を調べたところ、茎の中にアワノメイガの蛹が確認された。これらのことから、本来イネ科植物を食害していたアワノメイガが、下刈りによりイネ科植物が刈られたことで餌資源や生息場所を失い、スギへと移動した可能性が考えられた。