

カラスザンショウから抽出される香気成分の利用可能性の検討（Ⅱ） —当年シュートについて—

富沢裕子・笹木哲也*・渥美幸大・大本健太郎**・向野峻平・矢田 豊

本研究では、カラスザンショウ (*Zanthoxylum ailanthoides*) の利用可能性を検討することを目的に、当年シュートから抽出される精油および芳香蒸留水の香気成分を分析し、成分の同定と採取方法や成長量を調査した。その結果、構成される香気成分はサンショウ (*Z. piperitum*) と類似しているものがあり、また、抗菌活性を有する成分の含有が確認された。他にも有用とされる成分が認められ、特に芳香蒸留水において、カラスザンショウの香気成分としての利用可能性が期待できる。

キーワード：カラスザンショウ、当年シュート、香気成分、芳香蒸留水、熱水蒸留法

I. はじめに

樹木の香りには人間に対するリラクゼーション効果の他、抗菌、抗ダニ等の効果があることが知られており、様々な分野での利用について高い関心が集まっている。樹木の香りを構成する香気成分は、樹木を水蒸気で蒸留することで精油（エッセンシャルオイル）や芳香蒸留水として採取でき、香料をはじめ芳香剤、消臭剤、化粧品等として利用できる。

近年、森林サービス産業への期待が高まっており（森林・林業白書 2022）、天然資源の有効利用や林業・特用林産業の活性化を図るため、多様な用途で森林資源を活用していく必要があり、香気成分を多く含む樹木について検討する中で、カラスザンショウに注目した。

カラスザンショウは、サンショウと同じミカン科サンショウ属の落葉高木で、日本国内では、本州、四国、九州に分布し、石川県内では標高 400m 以下の低山に広く分布しており（石川県林業試験場 1994）、先駆樹種として県内において主に主伐跡地に自生している。カラスザンショウの果実の含有芳香成分は、サンショウと類似している成分が多く、既存の利用されているサンショウに対してカラスザンショウがその代替品、もしくは新たな精油としての利用可能性があることが示唆された（向野ら 2022）。他のいくつかの樹種と同様に、カラスザンショウの枝等（シュート）が利用可能な場合、主伐再生林の副次的な再生林樹種の一つとして、または、主伐跡地の天然更新個体を活かした、副収入源として扱える可能性もあると考えられる。

本研究では、カラスザンショウの当年シュートの香気成分の利用可能性を検討することを目的に、採取方法や成長量の調査、及び成分分析を行った。

II. 調査地の概要および調査方法

1. 調査地の概要

石川県内の 2 地点を調査地とした。（図-1）。調査対象であるカラスザンショウの当年シュートは、金沢市の上涌波私有林（以下、上涌波）では、2016 年更新伐施業時に作成された作業道沿いに自生していた若齢木から採取した。小松市西俣の西俣県有林（以下、西俣）では、林道の脇に自生している幼齢木から採取した。

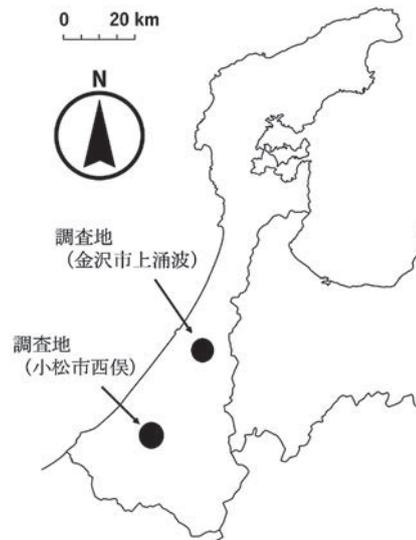


図-1. 調査地図

2. 採取方法調査及び蒸留について

上涌波で、2022 年 6 月から 10 月にかけて採取時期を 4 回に分けてサンプルとなるカラスザンショウの当年シュートを採取した。高枝切りバサミや剪定バサミを用いて採取し、当年シュート採取木（以下、採取木）と当年シュートの各本数、採取量を記録した。また、採取に要する時間を計測した。

採取したサンプルから熱水蒸留法を用いて精油及び芳香蒸留水を抽出した。蒸留は、各採取日に採取できた全量を、36 L の容器で、IH加熱装置

*石川県工業試験場 **EarthRing

で3時間かけて行った。採取時期ごとの精油の抽出量及び抽出率を記録し、適切な採取時期の検討を行った。

3. 成分分析

ガスクロマトグラフィー質量分析法（以下 GC-MS）で成分分析を行った。分析装置は 7890A/5375C（Agilent 製）を、オートサンプラーは MPS2（Gestel 製）を使用した。

精油試料は酢酸エチルで 200 倍に希釈し、マイクロシリンジで試料 1 μ L を注入口に導入した。芳香蒸留水は、試料 5 μ L を 20mL バイアルに入れ、SPME 法（固相マイクロ抽出法）でファイバー（Divinylbenzene/Carboxen/Polydimethylsiloxane、膜厚 30 μ m、長さ 1cm、Supelco 製）に香氣成分を抽出し、注入口に導入した。抽出温度は 60 $^{\circ}$ C、抽出時間は 30 分とした。

GC の分析条件については、注入口温度は 230 $^{\circ}$ C、スプリット比は精油で 1:20、芳香蒸留水で 1:10 とした。カラムは DB-Wax（60m \times 0.25mm、膜厚 0.25 μ m、Agilent 製）を用い、オーブンの温度条件は、40 $^{\circ}$ C で 10 分間保持した後、毎分 5 $^{\circ}$ C ずつ昇温し、230 $^{\circ}$ C で 12 分間保持した。MS の分析条件については、イオン化電圧 70eV (EI)、イオン源温度 150 $^{\circ}$ C で、m/z 33-300 の範囲で分析した。成分同定には、Wiley-NIST マススペクトルライブラリと保持指標 (RI) データベース (AromaOffice、西川計測機製) を使用した。

4. 成長量調査

同一個体から持続的採取が可能であるか検討する目的で、採取木のその後の成長を調査した。上涌波では、2. 採取方法調査の採取木を対象に、2022 年 11 月下旬に採取部位直下の側芽のシュート基部直径と伸長量を計測した。西俣では、2021 年 9 月上旬に当年シュートを採取した採取木を対象に、

2022 年 9 月上旬に当年シュートの基部直径と伸長量を計測した。

III. 結果

1. 採取方法調査

採取方法調査の結果は表-1 の通りとなった。採取木当たりの当年シュートの本数は、平均 3 本であったが、採取できる本数が 1~10 本と採取木によって個体差があった。採取木の大きさによるものもあるが、二又、三又となっている採取木から当年シュートをより多く採取することができた。当年シュート 1 本当たりの重さは、6 月 0.04kg、7 月 0.07kg、8 月 0.11kg、10 月 0.32kg と、当年シュートの成長に伴う増加が確認できた。なお、採取木の平均樹高は 239cm であった。

採取時期によって抽出できる精油の量が異なり、7 月採取分が最も抽出率が高く、6 月と 10 月採取分はほとんど認められなかった。また、芳香蒸留水は全て蒸留作業において、成分分析のサンプルとして 1L 程度採取した。

採取に要した時間を計測したところ、作業員 2 人（男女各 1 人）で作業した場合、約 32 分で当年シュートを 2.95kg 採取することができた。

2. 成分分析

成分分析結果を表-2 に示す。精油においては、モノテルペン類である α および β -phellandrene が約 6~13% 存在していた。既報の果実精油で phellandrene が主要な成分であることが判明しており（向野ら 2022）、カラスザンショウの香り特徴づける成分は phellandrene であることが判明した。サンショウ精油の香氣成分と比較するとサンショウも同様に phellandrene が主要な成分であることが考えられる（Kim 2012）。

また、精油中では 2-undecanone が約 38~76% 存

表-1. 採取方法調査の結果

採取日	採取木		当年シュート					採取時間			
	本数	本数	採取木	採取量	1本当たり	精油	抽出率	剪定	葉切り	(A+B)	作業員
	(A)	(B)	当たり本数	(C)	の重さ	抽出量					
(本)	(本)	(本)	(kg)	(kg)	(mL)	(%)	(分)	(分)	(分)	(人)	
6月27日	20	48	2	2.15	0.04	<0.1	-	28	20	48	男1女1
7月21日	15	43	3	3.05	0.07	1.03	0.03	40	37	77	女1
8月30日	16	33	2	3.62	0.11	0.48	0.01	23	21	44	男1女1
10月5日	5	19	4	6.01	0.32	<0.1	-	22	15	37	男1女1
全体平均	14	36	3	3.71	0.10			28	23	52	
平均(7月21日抜き)	10	25	2	2.95	0.12			18	14	32	男1女1
合計	56	143	3	14.83	0.10			113	93	206	

表-2. 精油と芳香蒸留水に含有される香気成分の割合

No.	成分名称	化学式	RT [※]	香りの特徴	ピークエリア (%)			
					6/27	7/21	8/30	10/5
精油								
1.	isobutyl acetate	C ₆ H ₁₂ O ₂	14.6	apple	2.43	0.03	0.04	23.27
2.	α -pinene	C ₁₀ H ₁₆	14.9	citrus	1.63	2.70	1.56	< 0.01
3.	α -thujene	C ₁₀ H ₁₆	15.1	green	< 0.01	0.05	0.04	< 0.01
4.	2-butanol	C ₄ H ₁₀ O	15.5	fruity	2.80	0.05	0.05	22.30
5.	camphene	C ₁₀ H ₁₆	16.8	aromatic	< 0.01	0.03	0.04	< 0.01
6.	β -pinene	C ₁₀ H ₁₆	18.7	citrus	< 0.01	0.06	0.04	< 0.01
7.	3-carene	C ₁₀ H ₁₆	20.4	citrus fruit	< 0.01	0.09	0.07	< 0.01
8.	α -phellandrene	C ₁₀ H ₁₆	21.1	citrus-like	6.68	< 0.01	< 0.01	8.12
9.	limonene	C ₁₀ H ₁₆	22.4	lemon	2.62	4.33	3.55	3.83
10.	d-limonene	C ₁₀ H ₁₆	22.4	citrus	2.62	4.32	3.55	3.83
11.	β -phellandrene	C ₁₀ H ₁₆	22.7	citrus-minty	6.46	13.24	10.73	< 0.01
12.	γ -terpinene	C ₁₀ H ₁₆	24.1	camphor-like	< 0.01	0.03	0.02	< 0.01
13.	β -ocimene	C ₁₀ H ₁₆	24.3	floral	< 0.01	0.08	0.08	< 0.01
14.	<i>p</i> -cymene	C ₁₀ H ₁₄	24.9	carrot top	< 0.01	0.49	0.24	< 0.01
15.	terpinolene	C ₁₀ H ₁₆	25.4	citrus	< 0.01	0.13	0.10	< 0.01
16.	octanal	C ₈ H ₁₆ O	25.6	almond	< 0.01	0.02	0.03	< 0.01
17.	2-nonanone	C ₉ H ₁₈ O	28.7	baked	< 0.01	0.68	0.58	< 0.01
18.	nonanal	C ₉ H ₁₈ O	28.8	aldehyde	< 0.01	0.07	0.08	< 0.01
19.	octyl acetate	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	31.0	daidai-like	< 0.01	0.12	0.16	< 0.01
20.	decanal	C ₁₀ H ₂₀ O	31.7	baked	< 0.01	0.29	0.42	< 0.01
21.	linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	32.9	althea	< 0.01	0.48	0.75	< 0.01
22.	(<i>E</i>)- <i>p</i> -2-menthen-1-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	33.5	minty odour	< 0.01	0.04	0.04	< 0.01
23.	2-undecanone	C ₁₁ H ₂₂ O	34.3	citrus	73.48	70.69	76.08	38.65
24.	4-terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	34.5	apple	< 0.01	0.03	0.07	< 0.01
25.	α -terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	36.7	anise	< 0.01	0.01	0.02	< 0.01
26.	geranyl acetate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	37.9	citrus-like	< 0.01	0.06	0.08	< 0.01
27.	nerol	C ₁₀ H ₁₈ O	39.0	citrus	< 0.01	0.02	0.05	< 0.01
28.	2-tridecanone	C ₁₃ H ₂₆ O	39.2	fatty	1.28	0.88	1.13	< 0.01
29.	<i>E</i> -nerolidol	C ₁₅ H ₂₆ O	43.8	apple	< 0.01	0.48	0.20	< 0.01
30.	nerolidol	C ₁₅ H ₂₆ O	43.8	dill	< 0.01	0.47	0.20	< 0.01
芳香蒸留水								
1.	hexanal	C ₆ H ₁₂ O	17.6	apple	3.80	1.42	0.56	0.56
2.	α -phellandrene	C ₁₀ H ₁₆	21.0	citrus-like	3.20	3.43	2.17	< 0.01
3.	α -Terpinene	C ₁₀ H ₁₆	21.6	berry	1.26	1.10	0.67	0.28
4.	β -phellandrene	C ₁₀ H ₁₆	22.7	citrus-minty	5.27	4.32	2.55	1.12
5.	cineole	C ₁₀ H ₁₈ O	22.9	balsamic	0.07	< 0.01	0.09	< 0.01
6.	octanal	C ₈ H ₁₆ O	25.6	almond	0.92	0.37	0.39	2.51
7.	2-nonanone	C ₉ H ₁₈ O	28.7	baked	5.78	7.00	5.09	0.89
8.	benzaldehyde	C ₇ H ₆ O	32.6	almond	0.81	1.10	0.38	3.35
9.	linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	32.9	althea	51.97	63.12	64.48	4.12
10.	octanol	C ₈ H ₁₈ O	33.2	aldehydic	2.27	1.14	0.63	0.88
11.	2-undecanone	C ₁₁ H ₂₂ O	34.3	citrus	10.35	5.27	8.52	5.39
12.	4-terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	34.5	apple	7.78	6.32	4.70	1.41
13.	α -terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	36.8	anise	4.62	3.35	2.68	2.19
14.	geraniol	C ₁₀ H ₁₈ O	39.9	bay-leaf-like	< 0.01	0.74	3.32	< 0.01
15.	nerol	C ₁₀ H ₁₈ O	39.9	citrus	< 0.01	0.74	3.32	< 0.01
16.	benzyl alcohol	C ₇ H ₈ O	40.7	aromatic	0.47	0.35	0.16	71.11
17.	elemol	C ₁₅ H ₂₆ O	44.9	fruity	0.70	0.11	0.10	2.95
18.	γ -eudesmol	C ₁₅ H ₂₆ O	46.7	green	0.19	< 0.01	0.04	1.34
19.	α -eudesmol	C ₁₅ H ₂₆ O	47.7	sweet-woody	0.18	0.05	0.05	1.02
20.	α -cadinol	C ₁₅ H ₂₆ O	47.8	floral	0.07	0.03	0.02	< 0.01
21.	β -eudesmol	C ₁₅ H ₂₆ O	47.9	green	0.29	0.05	0.07	0.89

※RT (保持時間) : 試料を注入してから各物質が検出されるまでの時間。

在しており、高い割合を構成している。2-undecanone 分であり、phellandreneと同様に特徴づける成分では他のサンショウ属の樹木で存在が確認される成分であることが考えられる (Striwichai et al. 2021)。

phellandreneと2-undecanoneは、芳香蒸留水においても存在が確認された。

その他の精油中の香気成分は α -pinene や limonene、 β -ocimene および *p*-cymene などが存在しており、特に limonene は既報の果実精油と共通して存在していた。

芳香蒸留水で特徴的な成分として、linalool や α -terpineol、2-nonanone が存在しており、linalool が最も高い割合で存在していた（6月～8月）。それぞれショウガ科の植物で存在することが確認されており（Sakhanokho et al. 2013）、2-nonanone は植物だけでなく微生物も二次代謝産物として生成する自然界で広く存在するケトン類である（Okumura et al. 1985）。

3. 成長量調査

上涌波の成長量調査の結果は表-3 の通りとなった。6月と7月の採取木では、採取部位直下のシュートが伸長しており（図-2）、8月、10月の採取木では、切り残した当年シュートの伸長が確認された。採取時期が早いと当年シュート採取部位直下の休眠芽が伸長することがわかった。そのシュートの伸長量は、6月から約5カ月で35cm、7月から約4カ月で22cmであり、1カ月で平均5.5～7cm伸長した。

表-3. 上涌波における成長量（採取～11月末）調査の結果

採取日	採取木 (本)	本数 (本)	基部直径		伸長量	
			平均値 (mm)	伸長期間 (cm)	平均値 (mm)	伸長期間 (cm)
6月27日	8	22	11.1	35	約5カ月	
7月21日	8	14	9.0	22	約4カ月	
8月30日	4	5	12.6 ※	47	約3カ月	
10月5日	4	8	8.9 ※	45	約2カ月	

※切り残した当年シュート

西侯の成長量調査の結果は表-4 の通りとなった。平均切断面直径は、2021年11.5 mmと2022年10.7 mmでほぼ差はなく、採取長は、個体差が認められるものの、平均すると大きな差(2021年29 cm、2022年25 cm)は見られなかった。2022年に成長した当年シュート本数は、前年の採取数と大きく変わりなかった。採取木Dは枝が折れていたため、2022年の計測はできなかった。なお、西侯の採取木の平均樹高は698cmであった。



図-2. 6月27日採取木（撮影11月末）

表-4. 西侯における成長量（1年）調査の結果

採取木	2021年秋				2022年秋			
	前年 シュート No	平均 切断面直径 (mm)	平均 採取長 (cm)	採取数 (本)	平均 切断面直径 (mm)	平均 採取長 (cm)	採取数 (本)	
	A	1	11.1	47	3	12.5	31	3
B	2	11.6	43	2	8.3	41	2	
	3	12.2	36	2	8.7	14	3	
	1	9.8	38	1	8.4	6	1	
C	2	14.2	41	2	14.6	43	1	
	3	13.1	28	2	12.3	22	2	
D	1	10.2	17	2	9.5	15	2	
	2	12.1	24	2	11.6	28	3	
	1	11.1	14	1	—	—	—	
	2	9.9	7	1	—	—	—	
	平均	11.5	29		10.7	25		

IV. 考察

1. 採取方法調査

原材料となるカラスザンショウの当年シュートは、個体差はあるものの、採取木1本当たり平均して3本採取することができ、その1本当たりの重さは成長に伴い増加することが確認できた。当年シュートの成長が止まるまで1本当たりの採取量は増加する一方、精油成分については、抽出できる時期とできない時期があり、7月から精油抽出量が増加し、9月以降減少したと考えられることから、適切な採取時期は7月から8月にかけてであると考えられる。向野ら（2022）は、当年シュートの適切な採取時期を6月下旬頃から8月上旬頃と推定しており、ほぼ期間が一致している。芳香蒸留水においても、2.成分分析の結果より、6月～8月にかけて linalool が高い割合で存在しているため、同じ時期に採取した当年シュートを利用すると効率がよいと考えられる（利用価値については後記の2.成分分析の考察を参照）。一方、

芳香蒸留水は精油と違ってどの時期でも抽出できることから、目的に応じた香気成分によっては採取のタイミングが精油と異なる場合があることを考慮する必要がある。採取の適期(7月~8月)は、造林事業においては下刈り作業を実施する夏季と同時期であることから、下刈り作業の副次的な産物としての採取が期待できる。

次に、カラスザンショウの当年シュートを原材料とした場合の香気成分の生産コストについて、検討する。まず、精油について、表-1より当年シュートの抽出率は0.03%と仮定する。比重を計測した結果、約0.87mL/gであった。また、蒸留の材料採取作業を作業員2人で行った場合、約32分で2.95kg採取できること(表-1)から、作業員1人の場合、約64分で同等量が採取できると考えられる。Webサイトで販売されているサンショウ(果実)の標準的な価格は、5mLで6,500円~7,400円であった(長久創薬 2018、正プラス株式会社 2018)。1日の労働時間を8時間とし、移動時間2時間を差し引き、採取時間6時間とすると、1日の採取量は、2.95kgの約6.5倍で、約19.18kgとなる。ここに抽出率の0.03%を乗じ、ここから抽出できる精油量は、約0.58gとなり、これを比重の0.87で割り、mLに変換すると、約0.67mLとなった。成分分析の結果より、カラスザンショウの当年シュート精油の主要な香気成分がサンショウ(果実)精油と同じことから、サンショウと同程度の価格(6,500円と仮定)で販売できたとすると、5mLで6,500円のため、0.67mLでは871円となる。そこから人件費や抽出にかかる費用等を差し引く必要があるため、当年シュートの精油で採算を得ることは難しい。一方、芳香蒸留水について、36Lの蒸留容器では、1回の蒸留あたり材料2kgで1.5Lの芳香蒸留水が抽出できる。1日最大5回抽出可能(2時間/回)であるため、必要材料は10kgで、7.5Lの芳香蒸留水を得ることができる。また、蒸留の材料採取作業を作業員1人で行った場合、上記考察のとおり、約64分で2.95kgが採取できると考えられる。つまり、材料10kgを1人で採取する場合、約4時間要することになる。1日の労働時間を8時間とした場合、材料採取に要する人件費(15,900円/日とする)は、移動時間2時間と採取時間4時間から、11,925円となる。Webサイトで販売されている、針葉樹や広葉樹の芳香蒸留水の標準的な価格は、1Lで19,000円~

32,600円であった(株式会社エムアファブリー 2020、フロリハナ株式会社 2021)。カラスザンショウの当年シュートの芳香蒸留水も、同程度の価格(19,000円と仮定)で販売できたとすると、1日7.5Lで142,500円となる。そこから先ほど算出した人件費と抽出にかかる費用(36L容器で10,000円/回)を差し引き、80,575円と算出される。この他容器の代金等諸経費を考慮しても、十分に採算が得られることが期待できる。今回、蒸留から得られる芳香蒸留水を成分分析のサンプルとして各1L採取したが、蒸留の規模や火力条件などにより得られる芳香蒸留水量が増減すると考えられることから、実用化にあたってはそれらを考慮する必要がある。また、芳香蒸留水を販売することで、単体では採算が難しい精油についても、製品化の可能性のあるものと考えられる。

2. 成分分析

既報の果実精油の成分分析の結果と総合して、カラスザンショウの香りを特徴づける香気成分は高い比率を占める phellandrene と 2-undecanone および limonene や linalool などの成分であることが判明した。これらの成分は同属のサンショウと共通する成分であることから、サンショウの代替としての利用の可能性が考えられる。また、それぞれの成分の存在比率が異なることから、新規精油としての利用の可能性が示唆される。phellandrene は抗菌活性を有することが知られており(Zhang et al. 2017)、精油として利用するにあたっては香りに加えて抗菌作用があることが期待できることから、付加価値が高いものであると考えられる。精油と同様に芳香蒸留水からも同一の成分が検出されたこと、また、香りの良さから化粧水や香水などの香料として使用されている linalool(稲本 2010)が検出されたことから、芳香蒸留水としての利用が期待できる。特に芳香蒸留水は機能性化粧品としての需要が見込まれていることから、精油と異なる用途が期待できる(小木曾 2009)。

3. 成長量調査

上涌波において、当年シュートを採取した後も年内に採取部位直下のシュートが成長する等旺盛な成長が確認できた。また、西俣において、当年シュートを採取して1年経過後も前年とほぼ変わらずの材料を採取できることが確認できた。今回の結果より、カラスザンショウの若齢木や幼齢木

で、持続可能な当年シュートの採取が可能であると考えられる。主伐跡地の天然更新個体を活かした、副収入源としての可能性が示唆された。

本研究結果から、カラスザンショウの当年シュートの香気成分としての利用の可能性が高いことが判明した。近年、再造林地に発生し、下刈りで刈られている競合植生の中からタラノキに注目し、造林木と共存させながら収益を上げる検討（大矢ら 2023）や、アカマツが枯損して広葉樹林化した林内において、これまで未利用資源であったネズミサシの球果に付加価値の高い用途を探索するといった取り組みがされている（山場 2019, 2020）。カラスザンショウのような造林樹種以外の樹木は雑木として伐採され放置されているのが現状であるが、それらを未利用資源と捉えて利用する可能性を検討していくことが、今後林業における新たな収入源となる可能性を発掘することになると考えられる。

引用文献

- 長久創薬 (2018) FRAGRANT KISHU-WAKA (山椒).
https://chokuyousouyaku.com/products/fragrant-kishu-waka_sansyo/ (2023年3月9日参照)
- Hamidou F Sakhanokho, Blair J Sampson, Nurhayat Tabanca, David E Wedge, Betul Demirci, Kemal Husnu Can Baser, Ulrich R Bernier, Maia Tsikolia, Natasha M Agramonte, James J Becnel, Jian Chen, Kanniah Rajasekaran, James M Spiers (2013) Chemical composition, antifungal and insecticidal activities of *Hedychium* essential oils. *Molecules* 18 (4): 4308-4327
- フロリハナ株式会社 (2021) フローラルウォーター (芳香蒸留水) サイプレスウォーター・オーガニック
<https://www.florihana.co.jp/?pid=159884336>
(2023年3月9日参照)
- 稲本 正 (2010) クロモジ. (日本の森から生まれたアロマ. 株式会社世界文化社). 17-19
- 石川県林業試験場 (1994) カラスザンショウ. (石川県樹木分布図集. 石川県林業試験場). 222
- Ji-Hong Zhang, He-Long Sun, Shao-Yang Chen, Li Zeng, Tao-Tao Wang (2017) Anti-fungal activity, mechanism studies on α -Phellandrene and Nonanal against *Penicillium cyclopium*. *Botanical Studies* 58 (1) : 13
- J Okumura, J E Kinsella (1985) Methyl Ketone Formation by *Penicillium camemberti* in Model Systems. *Journal of Dairy Science* 68 (1) : 11-15
- Jong-Hee Kim (2012) Seasonal variations in the content and composition of essential oil from *Zanthoxylum piperitum*. *Journal Ecology and Environment* 35 (3): 195-201
- 株式会社エムアファブリー (2020) KUMANO NO KAORI (フローラルウォーター(芳香蒸留水)).
<https://shop.maffably.com/?mode=cate&cbid=2686911&csid=0&page=1> (2023年3月9日参照)
- 向野峻平・笹木哲也・大本健太郎・内藤善太・富沢裕子・矢田 豊 (2022) カラスザンショウから抽出される香気成分の利用可能性の検討. *中部森林研究* 70 : 13-16
- 小木曾加奈 (2009) 信州産ハーブの芳香蒸留水—その特性と機能性. *長野県短期大学紀要* 64: 49-59
- 大矢信次郎・田中裕次郎・柳澤賢一・加藤健一 (2023) 小面積皆伐地における低コスト・高収益更新モデルの構築. *長野県林総セ研報* 37: 1-8
- 林野庁 (2022) 多様な森林空間利用に向けた「森林サービス産業」の創出. (森林・林業白書. 林野庁). 124-125
- 正プラス株式会社 (2018) yuica エッセンシャルオイルサンショウ (果皮部).
<https://www.yuica.com/products/68126225>
(2023年3月9日参照)
- Trid Sriwichai, Jiratchaya Wisetkomolmat, Tonapha Pusadee, Korawan Sringarm, Kiattisak Duangmal, Shashanka K. Prasad, Bajaree Chuttong, Sarana Rose Sommano (2021) Aromatic Profile Variation of Essential Oil from Dried Makwhaen Fruit and Related Species. *Plants* 10 (4): 803
- 山場淳史 (2019) ネズミサシの付加価値の高い新たな用途を検索する. *ひろしまの林業* 820 : 8-9
- 山場淳史 (2020) 地域内木質バイオマス利用を背景とした里山林未利用樹種ネズミサシの付加価値化. *森林利用学会誌* 35 (1) : 61-66