

2023 年度卒業論文

「環境に配慮した『香料』の普及を考える」 ー北海道産トドマツの林地未利用材を効果的に活用するー

慶應義塾大学経済学部経済学科

大沼あゆみ研究会 18 期

学籍番号 22017250

長谷川万桜



ー要旨ー

私たちは日常生活の中で様々な香料製品を利用している。香料には様々な種類や用途があり、日本国内では年間 60,000 トン以上の生産がされ、その数量金額ともに年々増加傾向にある。市場で最も普及している合成香料は、比較的安価で原料の生育状況等に生産が影響されにくいため安定供給が可能である点で優れた特性を持つ。一方で合成香料の成分が環境中に放出された後分解されずに蓄積し、生物に影響を与えている事例も確認されており、長期的に考えるならば香料製品の生産や利用の仕方については見直しが必要であると考えられる。そこで原料の安定供給が可能となれば合成香料と比較して環境中への影響が少ないと考えられる天然香料についてもデメリットを補い普及させることが可能であると考えた。本論では北海道内において利用されずに林内に放置されているトドマツを原料に天然香料（精油）を生産する手法に焦点を当てその実現可能性と効果を測ることで、天然香料の生産による林業問題の解決と香料市場内での天然香料生産拡大の可能性について考えた。実際に販売されているトドマツ精油関連製品の売り上げを需要量の参考にして算出したところ、北海道内で発生している林地未利用材を全て原料として利用した香料生産が長期的に実現可能であることが分かった。さらに毎年発生している損失推定額についても回収可能であることが分析結果から得られた。よって、価格面では合成香料と比較する場合課題点は残るとはいえ、林地未利用材を原料とした香料生産には効果がある事が結論付けた。

—人間が想像できることは、人間が必ず実現できる—
ジュール・ヴェルヌ

目次

序説	4
第1節 香料の種別と利用の現状	5
1-1 香料と種類	5
1-2 香料の普及と市場規模	
第2節 香料の環境面に与える影響	7
2-1 環境への影響	7
第3節 林地未利用材と北海道産トドマツについて	8
3-1 林地未利用材とは	8
3-2 現行政策と課題	9
3-3 北海道産トドマツの現状と林地未利用材の量	10
第4節 政策提言	12
4-1 トドマツ精油の概要	12
4-2 トドマツ精油を実際に用いた事業例	13
第5節 ヒアリング	16
5-1 ヒアリング概要	16
5-2 ヒアリング結果	16
第6節 林地未利用材を原料としたトドマツ精油生産の効果	19
6-1 トドマツ精油生産にかかるコスト算出	19
6-2 北海道の林地未利用材を原料としたトドマツ精油の生産可能量	20
6-3 香料市場におけるトドマツ精油製品の位置付けと需要量	21
終節	22
参考文献	23
あとがき	25

序説

私たちの身の回りは様々な「香り」で溢れている。洗濯用洗剤や柔軟剤、香水、食べ物など、多種多様な香料が私たちの生活に密接に関わっている。しかしながら、生活に欠かすことの出来ない「香料」も、利用方法や量など、場合によっては環境面に悪影響をもたらす可能性があるということについて知っている人は多くないだろう。自然界には存在しない合成成分により精製される合成香料は、香料市場の中でも最も使用量、金額が多く私たちの生活の中で特に多く利用されている。しかし合成香料の過度な利用によって、自然の中にその成分が放出され、分解されることのないまま魚や虫などの生物が取り込んだ結果生物濃縮の原因となった事例¹などが実際に確認されている。また過度な香料の利用は、日常生活においても、健康面で悪影響をもたらす可能性が既に指摘されている。香料とは一言で言っても先に示した合成香料だけでなく自然界の動植物を原料とした天然香料の存在など、用途や使われる原料などによってもその種類や利用法、効能の分類は異なる。

本論ではこれらの香料の種類について、特性とそのメリットやデメリットを示し、日本の林業における課題点とも関連付けた上で、環境面でより負荷を与えにくい「香料」を模索していくことを目的としている。具体的には、安価かつ安定的に精製しやすい合成香料に頼るのでは無く、自然界の原料を用いて精製する天然香料の生産を促進することで、環境負荷を減らすことを目指していきたい。そのためには合成香料と比較しても効率的に原料を調達し、かつその香料に対して付加価値を示すことで利用するメリットを提示してゆく必要がある。

そこで、後に詳しく説明するが、国内において利用用途が無く放置されている主に枝葉などを例とした「林地未利用材」の活用に着目する。特に、北海道において生産されている木材である「トドマツ」の林地未利用材に焦点を当て、その材を効率的に活用した精油の生産を行うことによって、日本の林業における課題の解決法の提示に加えて香料市場全体の中での天然香料の有用性を示していく。現状行われている事業や販売されている製品なども事例として紹介しつつ、実際にトドマツ精油を生産している事業者等にヒアリングを行い、それらの結果を参考にした上で、林地未利用材を活用することで得られる効果の程度を測り、その有効性を検証する。またその結果を踏まえて、合成香料にはない天然香料ならではの付加価値についても提示することで、将来的な香料の利用の在り方についても示すことを目指してゆく。最終的には、未利用材を活用した香料生産の有効性を示した上で、その実行に向けての課題や更なる普及の為の方策についても述べてゆく事で、天然香料の生産がより広まってゆく方法を考察する。

¹ (日女大理) (学) 臼井明子、(電中研) (正) 田中伸幸、(日女大理) (正) 宮崎あかね (2010) 「ミミズによる合成香料の生体濃縮」

第1節 香料の種別と利用の現状

1-1 香料と種類

私たちは日々の生活の中で香料を多く利用している。香水やアロマ等を始め、紅茶やお菓子といった食品や洗濯、食器用の洗剤等に至るまでその用途は多岐にわたる。まず初めに、これらの香料の種類と用途について見ていきたい。「香料」は、用途や使用される原料、またその形態等によって様々な種類に分類することが可能である。まず最初に、用途としては食品香料（フレーバー）と化粧品香料（フレグランス）に大別することが可能である。食品香料は文字通り飲食物等に添加される香料のことを指し、食品添加物に含まれる。東京都保健医療局²によれば、例えばコーヒーにはその臭気成分が約 800 種類あり、それらの成分に合わせて香りを増強する必要があるため、結果として香料の種類も非常に多くの数になっているという。一方で化粧品香料は主に香水や化粧品、洗剤等に一般的に利用される香料のことを指している。

また、上記で述べた二つの分類とは別に、香料の種別として天然香料と合成香料の二種に分類することが可能である。天然香料と合成香料の違いは、その原料に何が利用されているかという点である。まず天然香料は、自然界の動植物などを原料として成分を抽出して生成される香料のことを指しており、例えばジャコウジカの発する成分を基に作られた香料であるムスクなどは有名である。この天然香料については、天然香料基原物質リスト³の内の 612 品目から実際に利用がされている。一方で合成香料は、自然界の原料を基に抽出する前者とは異なり、人工的に化学物質から成分を作り出し精製される香料や、天然物から人為的操作（蒸留や結晶化、化学処理等）をして成分を抽出し精製した香料のことを指している。実際に合成香料は 3000 種類以上⁴存在しており、例としてはアルコールや、冷感効果のあるメントール⁵などが挙げられる。合成香料はその化学変化を用いて多数の種類成分を生み出すことが可能といえるが、安全性の確保を目的として、化粧品香料原料安全性研究所によってその安全リスクの評価と、また国際化粧品香料協会によって安全リスクの管理が行われている。さらに日本では、食品衛生法に基づいた「食品添加物公定書」により食品香料として利用される合成香料の 78 品目の個別物質と 18 の類が指定され、それら以外は食品香料には使用してはならない他、引火性のあるものは消防法によって規制されるといった対策も取られている。

ここまでで食品香料と化粧品香料の分類、そして天然香料と合成香料の違いについて述べたが、天然香料と合成香料に関しては、実際に香料として利用される際はその使用目的によって両種類を複数混ぜて使われることも非常に多い。

1-2 香料の普及と市場規模

² 東京都保健医療局、食品衛生の窓 東京都の食品安全情報サイト「用途別 主な食品添加物 18 香料」

³ 公益財団法人日本食品化学研究振興財団「天然香料基原物質リスト」

⁴ 日本香料工業会「香料の原料」

⁵ 化粧品成分オンライン「メントールの基本情報・配合目的・安全性」

ここでは実際に香料が分類別にどの程度普及しているかを見てゆくこととする。以下は日本香料工業会⁶が公表している、天然香料、合成香料、食品香料、化粧品香料のそれぞれの国内生産量と金額について示されたデータである。

図1 過去5年間における各香料の国内生産量と金額

		2018年	2019年	2020年	2021年	2022年
国内生産 天然香料	数量	623	638	584	600	684
	金額	3,193	3,209	3,279	2,628	3,654
合成香料	数量	9,351	10,728	10,204	9,453	6,003
	金額	22,131	27,158	31,608	30,516	26,991
食品香料	数量	47,961	48,201	46,296	46,174	49,461
	金額	130,466	127,778	128,595	130,779	143,652
化粧品香料	数量	7,377	7,401	7,499	8,095	8,235
	金額	21,177	20,300	22,188	23,813	24,969
合計	数量	65,312	66,968	64,583	64,322	64,383
	金額	176,967	178,445	185,670	187,736	199,266

(図1：日本香料工業会 HP(2022)「香料統計」より作成)

国内生産量の各項目で示されている通り、天然香料と比較すると合成香料の方が圧倒的にその普及量、金額が多いことが分かる。天然香料のメリットとしてはその香りのよさや安全性の高さにあるといえる。天然香料は原料が自然界の動植物を主としているため、香りが不自然になりにくく比較的人々に親しみやすいと言われている。また原料が工業的な化学物質である合成香料と比べると肌への影響も少ないため、比較的安心感がある。その一方でデメリットとしては、比較的価格が高くなりやすい点が挙げられる。原料から成分を抽出して精製するわけだが、少量の精油を作り出すためには植物などの大量の原料が必要である。その原料についても、同じ原料でも採れる場所によって香りが異なっていたり、天候などの条件により原料の生育状況が変わってきたりすることから、その調達具合によって生産可能性が変動しやすく、結果として安定供給が難しいのである。一方で合成香料は、先に挙げた天然香料のように、天候などの条件により原料の入手が左右されるような事が無く、安定供給が可能である点で非常に扱いやすく効率的な生産が容易であるところがメリットである。一方で合成香料のデメリットとしては、まず種類によっては人々にとって、香りに不自然さを感じさせてしまう点が挙げられる。香料はさまざまな目的に利用され、純粋に香りを楽しめ楽しむ目的である香水や洗剤への添加といった用途であれば良いが、アロマセラピーといったように、香りを楽しむことに加えてリラックス効果など別の要素を求める場合には合成香料は適しているとは言い難い。また健康面や安全性における不安なども挙げられる。この点はかなり個人差があるが、香料の種類や利用量などによってはアレルギーや肌荒れを引き起こしやすくしてしまうといった人体への影響の他、使用後に成分が分解されないために土壌や海などに化学物質が残留してしまう可能性があり、環境面での安全性が懸念されていたり、実際に法規制が行われていたりすることもある。この点については次節において詳しく説明する。上記のように香料にはその種類によって

⁶ 日本香料工業会 HP(2022)「香料統計」

特徴やメリット、デメリットがあるため、用途目的に応じて使い分けたり、混ぜて利用したりすることが求められている。

第2節 香料が環境へ与える影響

2-1 環境への影響

第1節で既に示したように、香料は様々な用途やその種類に応じて分類することが可能であり、そのどれもが私たちの生活にとっては欠かせない存在であると言える。しかしながら香料は、種類や利用の程度、方法などによっては環境や人体に悪影響をもたらす危険性があることが分かっている。特に合成香料については天然香料とは違い人工的に合成された化学物質を用いて生産される香料であるため、国内外で基準や法規制がされているとはいえ、その悪影響については多くの指摘がなされている。ここでは特に環境への影響について詳しく見ていく。合成香料が環境へ影響をあたえると懸念されている一例として、「合成ムスク」を挙げることができる。第1節においては、天然香料の例としてムスクを挙げたが、現在ムスクの原料となるジャコウジカからとれる麝香において、商業目的での国際取引については、絶滅のおそれのある野生動物の種の国際取引に関する条約（ワシントン条約）⁷により禁止されている。そのため、その代替としてムスク香をもつ有機化合物によって精製された合成ムスクが近年は多く利用されているのである。しかしながら、日高、森、吉、川上、一川、有菌⁸は、合成香料はその特性として脂溶性が高いために生体に高濃度でその成分が蓄積されやすい点を指摘した上で、合成ムスクの一種である多環ムスク化合物について下水処理場から環境中に放出されている量について測定を行っている。その測定結果として施設への流入水や処理過程において化合物が検出され、流入量の70%程度は実際に環境中に放出されていることが明らかにされている。環境中に放出された合成ムスクについては、その成分が十分に分解されることが無いため、環境中にそのまま蓄積されることとなる。そして自然界に蓄積されることで、生物がその成分を取り込むこととなり、生物濃縮を引き起こす要因となる。臼井、田中、宮崎⁹によれば、欧米において人の母乳から合成ムスクの成分が検出された事例や自然界における魚に発育不全が起きている点についても述べられており、人体への影響についても懸念されている。合成ムスクを含む香料を使用することにより、体内に蓄積し、母乳中や脂肪組織の中に分解されないまま残留するのである。

さらに、環境への影響にとどまらず、近年では「香害」¹⁰という言葉が社会的にも広まっている。柔軟剤や合成洗剤、その他の香料等を利用することにより、自身だけでなく周りに被害を与えているまさに「公害」に例えられる事例が多く見られるようになっているのである。残香性の高い商品などもここ数年で増加していることに伴い、そういった香りの強い製品等の影響でその程度には個人差があるものの、強い不快感を訴えたり、日常生活に支障をきたしたりするような事例も多く現れている。これらの状況を受け実際に海外では、カナダの一部地域において、2000年に香水禁止条例が制定されており、公共の場における香水の使用を禁止するなどの取り組みも行われている。香料の使用により呼吸器疾患やアレルギー、化学物質過敏症など

⁷ 環境省 HP 自然環境・生物多様性「ワシントン条約」

⁸ 日高、森、吉、川上、一川、有菌(2014)「多環ムスク化合物の下水処理場における動態と環境負荷量の推定」

⁹ 臼井、田中、宮崎(2010) ミミズによる合成香料の生体濃縮

¹⁰ ウィキペディア HP「香害」

の発症、悪化要因となる可能性が指摘されていることから、天然香料や合成香料といった種類に限らず、香料全般においてその利用の仕方については今後検討してゆく必要があると言える。中でも特に合成香料については、安定的かつ安価に供給しやすい点で非常に便利であるが、その種類によっては環境、人体共に大きな悪影響を与える可能性が指摘されており、その利用方法については議論の余地があると言えるだろう。そこで以降では、特に合成香料による環境への影響について焦点を当て、その解決策について検討する。

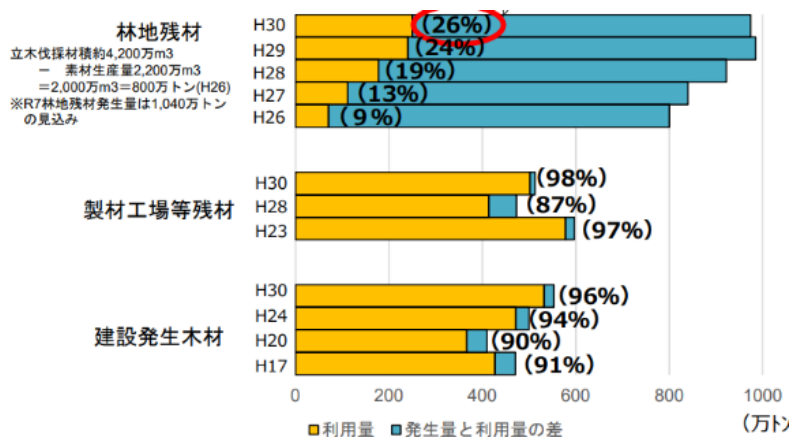
第3節 林地未利用材と北海道産トドマツについて

3-1 林地未利用材とは

前の説で説明した香料の現状と問題点を踏まえた上で、ここでは次に日本の林業に焦点を当て、中でも林地未利用材の概要と現状について説明する。林地未利用材（林地残材、未利用材）とは、森林伐採の際に発生した、利用用途が無く森林内に放置されたまま未利用状態となっている木材のことを指しており、製材としては利用することができない間伐材や枝葉などを一般的に指すことが多い。この林地未利用材については、森林内に放置しておくことで病害虫等の増加を促してしまう他、他の樹木を傷つけたり成長を阻害させてしまったりすることによって、結果他の樹木に悪影響を与えることとなり、森林内全体の環境や安全性を低下させてしまうといった危険性があると言える。林地未利用材を放置しておくことは持続可能な資源利用という観点から見ても大きな課題であり、今後効果的に活用していく方法を考えていくことが求められている状況である。

林野庁（2020年）¹¹によれば、国内における林地未利用材（林地残材）は、平成30年時点においては1000万トン近くにまで上っており、そのうちの約26%は木質バイオマスの原料として活用されているものの、残りの74%については未利用のまま放置されている点が現状として示されている。2025年には30%以上の林地未利用材を木質バイオマスとして利用することを目標として掲げているが、今後も依然として林地未利用材の利用率は低位のままであることが予想される。

図2 林地未利用材（林地残材）の発生と利用率



¹¹ 林野庁(2020)「木質バイオマスのエネルギー利用の現状と今後の展開について」

(図 2：林野庁(2020)「木質バイオマスのエネルギー利用の現状と今後の展開について」より引用)

3-2 現行政策と課題

ここでは、林地未利用材の現在の主な活用方法とその課題点について見てゆく。前項で触れたが現状としては林地未利用材の活用方法は限られたものとなっており、多くは木質バイオマスの原料¹²としての活用が主流となっている。しかしながら、先に述べたとおり、その利用率は過去数年間で見ても低位にとどまっている。林地未利用材の活用が進まない原因は何であろうか。上記の図を見てみると、林地未利用材の利用率は低位だが、製材工場や建設中で発生した木材については資源として高い割合で活用することができていることがわかる。この利用率の差異の理由の一つとして、森林から搬出し加工するためのコストの高さとその困難さが挙げられる。森林の中に放置されている未利用材を木質バイオマスとして活用するために、まず森林の中から搬出する作業が必要となる。地域や搬出量、時期などの条件にもよるが、搬出のためにトラックを利用して複数回の往復が必要となり、そこから木質バイオマスとしてペレットやチップ状に加工するともなると加工用の機材も併せて用意しなければならないため、人件費なども考慮すると、搬出をしても採算が取れないケースがあるのである。主に木質バイオマスへの利用目的として林地未利用材を搬出加工する場合、かかるコストは以下ようになる。

搬出加工費用＝トラック費（時期により変動）＋燃料費＋人件費＋加工機材費

また、そもそも搬出すること自体が困難であるケースも存在する。これも地域特性によるものだが、林地未利用材が堆積されている場所付近では、森林に搬出用の道（林道）が作られていない場合もあり、大型の機械での搬出が困難であるケースが存在する。以上の理由を踏まえ、林地未利用材の利用率を今後上げていくためには、搬出におけるコストの削減や森林の路上整備が求められていると言える。しかしいづれにしても、木質バイオマスのみとしての利用を目的とするだけでは林地未利用材の利用率向上を目指すにあたっては不十分であり、その他の有効な活用方法を今後考えていくこともまた現状として求められていると考えられる。

図 3 森林内に放置されている枝状（林地未利用材）



¹² 林野庁 HP「木質バイオマスとは」

(大平辰朗 (2012) 「未利用林地残材の有効利用—マイクロ波を利用した香り成分の抽出技術—」より引用)

3-3 北海道産トドマツの現状と林地未利用材の量

ここまででは主に国内全体における林地未利用材の発生現状と利用率が低い原因について見てきたが、ここからはさらに北海道に焦点を絞って見てゆく。北海道はその国土面積のうち約71%が森林を占めており、2022年時点¹³では日本で最も多い約554ヘクタールの森林面積を持っている。また調査の過程で、北海道は特に森林の整備や人材確保等において積極的に方針を立てており、これまで実際に様々なアプローチを通して森林における資源利用の持続可能性の追求に向け取り組んでいることが分かった。北海道では、2002年に北海道森林づくり条例を制定し、以降それを基にした「北海道森林づくり基本計画」を継続的に作成することで、森林資源の持続可能な利用を目指した取り組みを進めている。最新では2022年に計画が発表¹⁴されており、その内容によると、戦後に植林されたカラマツやトドマツの人工林資源は現在その約8割が利用期を迎えているにも関わらず、特にトドマツ¹⁵においてはその利用があまり進んでおらず、現状のままでは伐採不足による腐朽¹⁶が進み将来的に大きく利用価値が低下することが懸念されているという。この点については、北海道立総合研究機構林業試験場により発表された手引¹⁷でも同様に言及がなされており、一般民有林におけるトドマツの人工林間伐率は約25%であり、搬出率自体も低位であるということが明らかになっている。仮に未利用のまま放置を続け腐朽が進んだ場合、一般的に用いられるトドマツ材の価格が13000-14000円/m³であるのに対して、根株の腐朽が進んだものは利用用途を変更せざるを得なくなるためにパルプ材としての利用となることが多いため、その価格は3分の1である5000円/m³となり利用価値が大きく低下することとなると述べられていた。

北海道のデータによれば、2011年における林地未利用材の総量は約109万m³であることがわかる。

図4 北海道における林地未利用材総量の推移



¹³林野庁 HP 「都道府県別森林率・人工林率 (令和4年3月31日現在)」

¹⁴北海道 (2022年) 「北海道森林づくり基本計画」

¹⁵トドマツ: マツ科モミ属の樹木

¹⁶腐朽: 腐って形が崩れること。

¹⁷地方独立行政法人北海道立総合研究機構林業試験場 (2015年) 「トドマツ人工林施業の手引き」

(北海道 (2021) 「木質バイオマスエネルギーの利用状況」より引用)

加えて、2011 年時点において北海道の人工林面積全体の約 150 万 m³のうち、トドマツが 53%、カラマツ 31%、エゾマツ 12%、スギ 2%、その他 2%という内訳になっており、トドマツが約半数 (約 79.5 万 m³) を占めていることを踏まえると、2011 年時点における北海道におけるトドマツの林地未利用材の量はおよそ

$109 \text{ 万 m}^3 \times 0.53 = 57.8 \text{ 万 m}^3$ (推計)
であると予想することが可能である。

そしてここから、一般的に用いられるトドマツ材の価格を最大で 14000 円/m³だと仮定した場合、1 年間でおよそ

$14,000 \text{ 円} \times 57.7 \text{ 万 m}^3 = 807,800 \text{ 円}$

分の損失が発生していることになると考えられる。

加えて、仮に放置したまま木材の腐朽が進んだ場合は、利用する際の価値が約 3 分の 1 となる 5000 円に下落するということから、さらに年間で

$(14000 \text{ 円} - 5000 \text{ 円}) \times 57.7 \text{ 万 m}^3 = 51,9300 \text{ 円}$

の損失が発生し、合計すると年間約 133 万円近くの経済損失となることが推定できる。あくまで上記は北海道のトドマツのみに焦点を当てた損失の年間推測値にすぎないが、先に述べた国内全体での林地未利用材の発生量を踏まえて考えるとすれば、木材の種類によって利用価値が異なることを前提として考えたとしても、国内全体での林地未利用材の放置による経済損失額が莫大な額に上ることは明らかなことである。

以上のことから、前項でも既に述べたように日本国内全体において林地未利用材の利用率が低位であることも併せて考慮すると、林地未利用材の中でも北海道トドマツをいち早く効率的に活用するための方策を考えることは、林業における持続可能性の追求及び経済損失を減らすという観点から非常に効果的であり、今後国内全体の林地未利用材の利用率向上のための糸口となる可能性も高いのではないかと考えた。

そこで、次節以降では日本の林地未利用材の中でも特に北海道のトドマツに焦点を絞り、その効率的な活用法を提案することを考えてゆく。

第4節 政策提言

4-1 トドマツ精油の概要

トドマツ精油とは、天然香料に分類できる香料の一種であり、第3節で紹介したトドマツについて、枝葉を主な原料とした精油（エッセンシャルオイル）のことを指している。天然香料であるため、合成香料など他の香料と比較し環境下に放出されても残留する可能性が低く、生物への影響も少ない。この点で、個人差はあるが人体への悪影響の度合いも比較的低いと考えた。以下の図 6¹⁸は、ヒバ、ヒノキ、スギ、ユーカリ、トドマツ、ヒノキ、スギの樹木、葉を用いて抽出した精油が持つ二酸化窒素の除去率についてグラフで示したものである。二酸化窒素とは、窒素酸化物の気体であり、物質が燃焼することで発生する一酸化窒素が大気中で光と反応することで生成されるとされている。この二酸化窒素は環境中における大気汚染の原因ともなっている物質である。そのため日本国内では大気汚染防止法に指定されており、人体へ悪影響をもたらすことからその環境基準値についても明確に定められている。そしてこの二酸化窒素は単に大気汚染の原因となるのみでなく、スギを始めとした花粉と吸着することにより花粉症を患う人に対しても花粉症の悪化などといった健康面で悪影響を与えていることが近年明らかとなっている。それらを踏まえた上で、下の図6は、各樹木の木材及び葉を基に精製した精油による二酸化窒素の除去率を検証した結果を示している。

図6の除去率については、

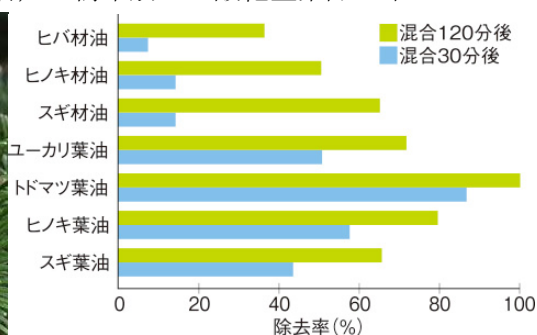
$$\text{除去率 (\%)} = \frac{(\text{混合前のNO}_2\text{濃度}) - (\text{混合後所定時間経過後のNO}_2\text{濃度})}{(\text{混合前のNO}_2\text{濃度})} \times 100$$

の方法で算出されている。

結果によると、全ての種類においてある程度の二酸化窒素除去率が認められているが、特にトドマツの葉を用いた精油による除去率は約 100%を示しており、他と比較してもかなり大きな効果がある事が分かった。

つまり、トドマツ精油は香料としてリラックス効果を与える効能にとどまらず、大気汚染物質の除去効果に加えて、花粉と二酸化窒素が吸着したものを除去することから花粉症の予防効果があることが認められているのである。この点は合成香料には見られない特性であると言える。

図5（左） トドマツ画像、図6（右） 樹木別の二酸化窒素除去率



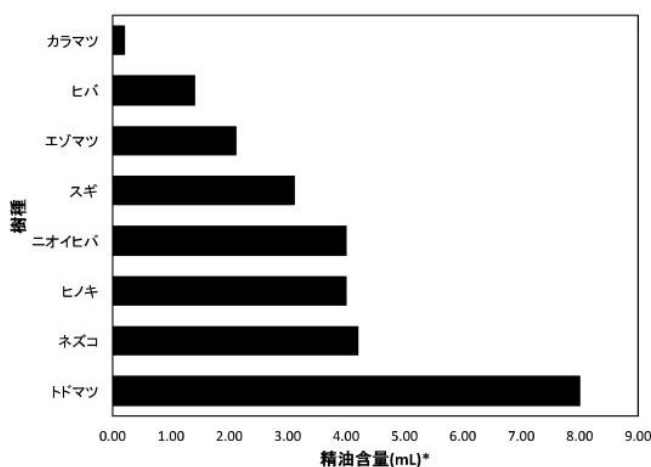
¹⁸ 農林水産省農林水産分野の最新研究成果を紹介！ アフ・ラボ「トドマツの枝葉から生まれたユニークな“空気浄化剤”が登場」

(図5：庭木図鑑植木ペディア「トドマツ／とどまつ／榎松」より引用

図6：農林水産省 HP 農林水産分野の最新研究成果を紹介！ アフ・ラボ「トドマツの枝葉から生まれたユニークな“空気浄化剤”が登場」より引用

また、上記で述べた二酸化窒素除去や花粉症予防効果に加えて、そもそもトドマツは精油として抽出可能な量が多い点についても研究により明らかにされている。以下は、大平（2012）による樹木の葉から抽出可能である精油の含量を比較したデータ¹⁹を引用したものである。

図7 各樹木の精油含量比較



(図7：大平辰朗（2012）「未利用林地残材の有効利用－マイクロ波を利用した香り成分の抽出技術－」 p. 3より引用)

図7のグラフを見てわかるように、トドマツの場合100gの葉あたり約8mlの精油が抽出可能であるという結果となっており、他の樹木と比較しても圧倒的に精油含有量が多いことが明らかとなっている。そのため、トドマツを原料とした精油は質的な側面から見ても、また生産の効率性の側面からみても魅力的であると言えよう。

4-2 トドマツ精油を実際に用いた事業例

先に述べたようにトドマツ精油には花粉症予防効果及び空気清浄効果がある事が判明しており、実際にこの効果を活かした製品が存在している。ここではその一事例を紹介する。

事例としてエステー株式会社が現在販売している「Air Forest Refresh Mist」という製品を紹介する。本製品は、北海道産のトドマツの間伐材を原料として生産している消臭ミスト製品である。以下の文章はエステー株式会社HP²⁰より引用した製品概要である。

「『Air Forest Refresh Mist』は、エステーグループの日本かおり研究所株式会社が国立研究開発法人 森林研究・整備機構と共に開発した北海道トドマツの間伐材から抽出した機能性樹木抽出成分のブランド「クリアフォレスト」を活用しています。未利用のまま森に残されていた

¹⁹ 大平辰朗（2012）「未利用林地残材の有効利用－マイクロ波を利用した香り成分の抽出技術－」

²⁰ エステー株式会社 HP（2022）「北海道トドマツの間伐材を活用したサステナブルな消臭ミスト プロ品質のホテル専用品を一般発売開始 『Air Forest Refresh Mist (エアフォレスト リフレッシュミスト)』を新発売」

間伐材を活用することで、“暮らしの快適化”と“森の再生”の両立を目指し、「循環型社会」に貢献するサステナブルな商品です。」

本製品について、開発当初は宿泊施設での利用を目的とした業務用製品(Air Forest)であったが、その消臭効果により施設を利用した客から要望が寄せられたことにより一般向けの販売に至ったことが製品化された理由として挙げられている。99%が天然由来成分であるため、利用者にとっても健康面で安心感があるだけでなく、ウイルス等の除去効果も認められているため、消臭目的のみならず幅広い目的で利用することが可能な商品となっている。加えてトドマツによる空気清浄効果もあるため、花粉症予防目的にも利用が可能である。

図8 エステー株式会社「Air Forest Refresh Mist」



(図8：エステー株式会社HP(2022)「北海道トドマツの間伐材を活用したサステナブルな消臭ミスト プロ品質のホテル専用品を一般発売開始『Air Forest Refresh Mist(エアフォレストリフレッシュミスト)』を新発売」より引用)

上記で述べたエステー株式会社「Air Forest Refresh Mist」については、

本体(270ml) 798円

詰替え用(540ml) 980円

となっている。香料市場内において天然香料と合成香料の流通量については第1節でも述べたが、実際の製品についてトドマツ精油(天然香料)関連製品が市場内でどのような位置付けとなっているかについて調べるため、上記商品について、他の一般的な消臭ミストとの価格比較を行った。

他の比較対象製品は、Amazon公式サイトにおいて「消臭ミスト」を検索した際検索上位にヒットした香料製品を3つ取り上げた(2024年1月31日時点)。以下がその3製品(合成香料2製品、天然香料1製品)である。

合成香料製品(3製品)

1: ファブリーズ マイクロミスト 消臭スプレー フレッシュ・シトラスの香り(300ml) 487円

2: 消臭力 クリーンミスト 部屋用 フレッシュソープ(280ml) 359円

天然香料(精油)製品(1製品)

3: NOTOHIKAKARA エッセンシャルウォーター 能登ヒバの香り(200ml) 1748円

そして先ほど事例紹介で取り上げた

4：エステー株式会社「Air Forest Refresh Mist」（270ml） 798 円

を天然香料製品として加え、計 4 製品について価格比較を行った。内容量にばらつきが生じているため、より正確に比較するべく元の販売価格を参考に全て 300ml 当りに揃えた価格に変換し以下の図 9 の表に結果としてまとめた。

図 9 製品価格比較

	製品	価格（円/300ml）
合成香料	1	487
	2	385
天然香料	3	2622
	4	887

（図 9：筆者作成）

この結果を見ると、300ml 当たりで全体の平均価格は約 1095 円となっている。香料については利用する原料や利用目的、生産方法、また得られる効能などによりかなり価格にばらつきが生じるため一概には言えないが、やはり合成香料がおおよそ 300－500 円である点と比較すると、天然香料が割高であることがわかる。ただし、4 のエステー株式会社「Air Forest Refresh Mist」に関しては、合成香料と比較すれば多少価格は高いが、大きく価格が跳ね上がるということはなく 1000 円以内に収まっている。さらに、合成香料にはない空気清浄効果や花粉症予防効果などの独自の付加価値について考慮するのであれば、効能を求める利用者層からは一定の需要が得られるのではないかと考察した。

第5節 ヒアリング

5-1 ヒアリング概要

トドマツ精油の製造方法や普及における課題点等の現状をより掘り下げて調べることを目的に、実際にトドマツ精油を生産している事業者様にヒアリング調査を行った。日本国内ではすでに、トドマツ精油の製造、販売を行っている事業所がいくつか存在しており、今回は中でも原料となるトドマツの林の整備から精油の生産に至るまでの過程を全て行っている事業者様にお話を伺う機会を頂いた。以下ではそのヒアリングの概要と結果について述べていきたい。

【ヒアリング概要】

日程：2023年8月28日（月）

形式：Zoom（オンライン）

事業者名：有限会社 Hikobayu 様

有限会社 Hikobayu 様は、主にトドマツの精油（エッセンシャルオイル）を生産している事業者様である。北海道のニセコ地方にて、保有するトドマツ林を環境保全型林業の導入により自ら伐採と整備を行い、そこから原料となる枝葉を用いトドマツ精油の生産をされている。生産された商品は公式 HP の通販等で実際に販売しており、現在一般客でも商品を購入可能である。

5-2 ヒアリング結果

ここからはヒアリングの結果として頂いた内容についてその一部を紹介する。

まずは、トドマツ精油生産の事業を始めたきっかけについてである。設立以前より、天然素材を利用したシャンプー等の生産などを元々行っていたとのことだが、2015年に北海道のニセコに移住したことをきっかけに、以降は北海道独自の素材を活用して事業をおこすことは出来ないかと考え始めたという。その結果として、原料としてトドマツに着目したことから現在に至るとのことであった。

また、原料のトドマツが他の木材等と比較して優れている点については二点挙げていただいた。まず一点目は、空気清浄効果があり、花粉症予防の効果がある点である。この点に関しては第4節におけるトドマツ精油の概要で述べた通りである。そして二点目は、他の樹木にはあまり見られない虫よけ効果を持つという点である。近年エゾマツにも同様に虫よけ効果がある事が判明したそうだが、トドマツ精油にはリラックス効果以外にもさらなる付加価値がある事が明らかとなり、この効能を活かした商品の開発も今後検討するとのことであった。

さらに、トドマツ林の整備も行っており環境保全型の林業を採用しているという点について、活動の詳細についても伺った。ここでの環境保全型林業とは、「自伐型林業」の事を指しているとのことであった。一般的な林業ではその整備の過程で、自伐型林業ではなく、「皆伐」の手法を採用することが多いそうだ。皆伐とは特定のスパン（60年など）を目安に全ての木を利用の為に一斉に刈り取る方法である。全ての木を一度に刈り取ることは労働力という側面では非常に効率的と言えるが、その一方で対象となる地域はいわば「はげ山」の状態になってしまう。山から樹木が一度に無くなると、樹木の根による雨水の貯蓄機能も同様に失われてしまうため、結果として洪水や土砂災害を引き起こす原因となる。その意味で皆伐には環境面で負担を生じさせる可能性があると言えるだろう。それに対して「自伐型林業」とは、短いスパンで少しずつ木を刈り取ってゆく手法の林業を指しており、これは間伐を行うことを意味している。

この方法では主なデメリットとして時間と労力を要する点が挙げられるが、この点についても伺ったところ、個人における小規模事業の範囲で行う程度であれば大きく問題になることはないとのことであった。この方法の採用における効果については、まだ取り組みから年月が浅いため明確に示すことは現状難しいとの事だったが、類似する例として奈良県の吉野地方における杉（吉野杉）の木材生産を挙げており、その地方では同様の手法で200年以上森林の状態を保つことに成功しているため、この点からも将来的には大きな効果が期待できることが既に推測できるとのことだ。自伐型林業の採用だけにとどまることなく幅広い活動を行っているとのことで、森林での間伐作業をより効率的なものとするために林道を新しく作りその近辺をさらに開発する活動の他、修学旅行生などを対象とした森林教育なども積極的に行っているという。この点については先の第3節で述べた林地未利用材の活用率の向上にも繋がる効果的な取り組みであると考えられる。

加えて、実際に調達した原料を基にしたトドマツ精油製品の生産方法についてもその詳細を伺った。精油の生産における過程は以下のとおりである。

- ① 30 リットルほどの大鍋をトドマツの枝葉で一杯にし、加熱と冷却を行う。
- ② 芳香蒸留水と精油の上澄みに分離がされているため、精油部分のみを取り出す。
- ③ 残った精油部分をトドマツ精油製品として販売する
(実際の利用時はこの精油を希釈して利用する)

芳香蒸留水の部分に関しては、香りはするものの長期保存が難しく、衛生上の観点から販売が容易ではないため、商品としての取り扱いはほとんどないとのことであった。②で述べた芳香蒸留水と精油に関しては、前者が約500ミリリットル、そして後者は約5ミリリットルであるとのことであった。つまり、30リットル分の原料を用いて抽出できる製品部分の精油は5ミリリットルという非常に少量なものであるということが分かった。

図10 商品として販売されるトドマツ精油（5ml）（画像左）と芳香蒸留水（画像右）



(図10：筆者撮影)

ヒアリングの後日筆者自身で公式通販サイトより商品を購入し、さらに通常は販売していない芳香蒸留水のサンプルについても頂くことができたため、実際に香りを比較してみたが、やはり伺っていた通り芳香蒸留水は同様に香りがあるものの、実際の精油に比べると香りは比較的薄いということが分かった。

続いて、北海道産のトドマツを原料とした精油の需要面についてお話を伺った。元々トドマツは国内では北海道での生産がほとんどである。海外においてもトドマツは同様に生産されており中でもシベリアファー、ダグラスファー等の種類が特に有名であるようだ。しかし同じトドマツでもその生産地域によって生み出される香りには大きな違いが生じるため、北海道産のトドマツを用いて精油を生産し広めることには、独自性やブランド力という観点から見ても大きな価値があるだろうとのことであった。実際に公式通販で商品を購入される客の中には海外の方もいらっしゃるようだ。

最後に、実際の製品の出荷先や価格面について伺った。出荷に関しては、通販では国内の花粉症患者が購入している例もかなり多いとのことであった。事業者様が運営する公式通販の他にはホテルや道の駅などへの提供が多いようで、ホテルでは特にサウナへの提供、利用も進んでおり、好評であるとのことであった。価格面では、やはり一般的に利用される合成香料と比較すると高くなってしまおうとのことであったが、それでもトドマツ精油には天然香料としてのメリットに加えて大きな付加価値となる効果が備わっていることについてヒアリングを通して判明したため、今後そのような効能を求める客層からの需要も高まっていくことが予想でき、トドマツ精油を普及させる価値は非常に大きいと考えられよう。

第6節 林地未利用材を原料としたトドマツ精油生産の効果

これまで調査した内容を踏まえた上で、本節以降では国内の林地未利用材をトドマツ精油の生産に活用することを提案し、その上で提案の実行による効果の検証を行う。実際に得られる効果が大きければ、林地未利用材の問題解消のための新たな利用方法として導入するメリットを証明することが可能となる。さらに香料の普及によって現状の合成香料による環境への負担を減少させるきっかけにもなると考えられるだろう。そこで、トドマツ精油の香料生産の為に林地未利用材を活用することによりどれくらいの林地未利用材が活用され、また効果が発揮できるかを調べていく。

6-1 トドマツ精油生産にかかるコスト算出

ではここからは実際に林地未利用材を活用したトドマツ精油生産における効果の検証を行っていきたい。実際に分析を行う上では、第5節で述べているヒアリングの結果取得したデータを参考とすることとする。本項ではまず、最初にトドマツ精油の生産にかかるコストの算出を行う。香料の生産にかかる主なコスト（ここでは5mlの精油1本を生産することを想定する）はまず以下のとおりに定義する。

トドマツ精油 5 mlの生産にかかる基本コスト（＝約大鍋 300分）
＝A+B+C+D+E

上記の式において、
A=林からの輸送コスト
B=トドマツ原料コスト
C=生産人件費
D=機械維持費
E=光熱費

と定義することとする。

Aの輸送コストについては、輸送距離によってその値が変動するため、林野庁(2009)²¹による、輸送距離とコストに関するデータを参考に平均値を輸送距離として計算する。よって、ここでは輸送距離を60kmと仮定し、それに伴い輸送コストは1900円/m³とする。以上より、1 m³=1000 kgとして計算すると、300（＝約30 kg）鍋あたり

1900×0.03=57円
となる。

Bのトドマツ原料コストについては、ヒアリングの結果から得た軽トラック一杯 350 kgあたり8000円という数値を基に

²¹ 林野庁(2009)「山元からの運搬コスト縮減について」

$$8000 \div 350 \times 30 = 685.7 \text{ 円}$$

とした。

以上の結果を基に先に定義した基本コストの式に A と B の数値を代入すると、

$$\begin{aligned} & \text{トドマツ精油 5 ml の生産にかかる基本コスト (＝約大鍋 300 分)} \\ & = 57 + 685.7 + C + D + E \\ & = \underline{743.7 + C + D + E} \end{aligned}$$

という式が成り立つ。

よってトドマツ精油 1 本当たりの生産にかかるコストについては、人件費や光熱費等の諸コストを除くとおよそ 744 円程度であることが推測できる。

6-2 北海道の林地未利用材を原料としたトドマツ精油の生産可能量

第 3 節において林地未利用材の発生量とそれに伴い発生する経済損失について既に述べたが、そこから次に、トドマツ精油の生産によって利用可能である林地未利用材の総量と生産可能な最大量の算出を行う。北海道のトドマツの林地未利用材の総量は第 3 節において、2011 年時点のデータを基に $57.8 \text{ m}^3 = 57770 \text{ kg}$ と推計していた。よってこの数値を年間の林地未利用材利用可能量とする。仮にこれら全ての林地未利用材総量を香料の生産に費やしたとする。5ml の精油 1 本の生産にはおよそ 350 kg の原料が必要となることがヒアリング結果から明らかとなっているため、

$$57770 \div 350 = 165.05$$

となり、林地未利用材を原料として精油生産を行う場合、最大約 165 個/年の精油が生産可能であることが分かる。次に、同様にこの場合得られる利益を求める。

精油 1 本の実際の販売価格は、実際にヒアリングにご協力いただいた有限会社 Hikobayu 様の通販サイトで販売されているトドマツ精油 (5ml) の価格を参考に、1980 円とした。生産によって最終的に得られる利益は、販売利益－生産にかかるコストで産出する。

全ての林地未利用材を生産に活用すると仮定し 165 本の精油を生産可能であるとすると、最大の販売利益は

$$1980 \times 165 = 326,700$$

となる。次に、先の項で既に

$$\begin{aligned} & \text{トドマツ精油 1 本分の生産における基本コスト} \\ & = 743.7 + C + D + E \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{としていたため、これら結果より、最終的に得られる利益は} \\ & 326,700 - 165 (743.7 + C + D + E) \\ & = 203,989.5 - (165C + 165D + 165E) \end{aligned}$$

とすることができる。加えてこの精油を実際に 165 個分全て生産、販売まで実現した場合、上記で求めた利益に加えて第 3 節で推定した 807,800 円分/年の経済損失についても回収することが可能となる。以上が林地未利用材を活用したトドマツ精油の生産に伴い発生する効果である。

ただし、上記の結果はあくまで供給面から考えたものであり、実際に林地未利用材をどの程度活用可能であるかについては、需要の側面からも考慮する必要があるため、その点については次項で見てゆくこととする。

6-3 香料市場におけるトドマツ精油の位置づけと需要量

前項まででは、精油の生産コストや生産可能最大量、そしてそこから得られる利益について求め、主に供給面からの分析を行ってきたが、最後に需要面から見て香料市場全体の中でトドマツ精油が長期的に生産可能であるかどうかを考察し、天然香料としての有用性を検証してゆく。第 1 節でも述べたが、香料市場内においては合成香料の国内生産量が 6003 トン、金額では 26,991 百万円である事が明らかとなっている。香料市場の内でも合成香料の生産がほとんどの割合を占める中で、合成香料と天然香料の製品については、第 4 節において主に価格面から比較を行い、トドマツ精油ならではの効能を求める客からの需要が期待できることが分かった。

さて、一方でトドマツ精油に関する製品についてはどれほどの需要が期待できるであろうか。トドマツの精油を用いた製品を参考に算出することとする。第 3 節で紹介したエステー株式会社による「Air Forest Refresh Mist」については本体が 270mL で、価格は本体 798 円であった。エステー株式会社の HP²²によれば、該当製品を含む商品売上高は、4290 百万円と発表されている。仮にその 3 分の 1 を該当製品の売り上げであると仮定すると、およそ 1430 百万円と想定できる。商品数に置き換えると、約 1791979 本である。上記の商品と関連するデータを参考に考えることとする。

この数値を年あたりの需要量として仮定するならば、先の項で求めた林地未利用材を全て活用した生産は実現可能と言えるであろうか。先の項においては、5 ml 当たりの精油を 165 本生産可能であるという結果が既に得られていた。上記の「Air Forest Refresh Mist」消臭スプレー製品は精油を希釈したものとしてこの場合は考えることとする。該当製品についての希釈度数については情報を見つけることができなかったのだが、公益社団法人日本アロマ環境協会(AEAJ)のガイドラインでは、体(顔を除く)に使用する場合に精油は希釈濃度 1%以下にすることを推奨しているため、希釈濃度 1%と仮定して計算する。

希釈濃度 1 パーセントとすると、500 ml になるため、270 ml の製品を一単位として考えると、林地未利用材をすべて活用した際に生産可能な製品の本数としては、約 305 本と置き換えることが可能となる。

実際の製品の売り上げ数である約 1791979 本という数値を考慮すると、林地未利用材を全て活用することは可能であるという結果が得られた。今回は 1 年あたりでの計算を行ったが、長期的な視点で考えても林地未利用材の効果的な活用法としてトドマツ精油の生産は有効であると結論付けることができるだろう。

²² エステー株式会社 HP (2023) 「事業の概況」

終節

本論では香料による環境問題に焦点を当て、その問題解決を目指し北海道の林地未利用材を活用した天然香料の普及を提言しその効果について考察してきた。第6節の結果からは、北海道の林地未利用材を活用したトドマツ精油生産の生産可能な量の推定をはじめとし、実際の生産実行可能性について分析し、トドマツ精油生産が有用であることを確かめた。実際にトドマツを原料とした製品についても事例で紹介した通り、大きく売り上げを伸ばしている例も既にある事から将来的な期待は大きいものであると言えるが、現状としてはいまだ知名度という観点から課題があると考えられる。現在トドマツを活用した香料の関連製品としては、精油や消臭スプレーなどが主流である。しかし、トドマツが本来持つ効果を考慮するのであれば、例えば、空気清浄用の製品への活用や、花粉症予防商品への導入など今後より幅広い商品開発も可能であると予想できる。また、実際にヒアリングを行った事業者様が様々な香りのトドマツ精油商品を開発していたように、今後香りの種類数の増加に伴いその利用目的も拡大することが加納であろう。そして、今回はその精油含有量と空気清浄効果の高さを理由として特にトドマツにのみ焦点を当てた天然香料生産について考察をしてきたが、同じような生産手法を用いて、スギやヒノキなどにおいても同様に精油生産は可能であり、トドマツ程の程度には及ばないとはいえ、同様に空気清浄効果などを持つことから、国内全体で発生している林地未利用材の新たな活用方法として今後広まれば、日本国内全体での林業活性化を進めることが可能になるのではないかと考える。

一方で、精油生産を目的としているかに関わらず林地未利用材の活用全般においては、その原料の搬出については未だ課題が残っている。これは第3節でも触れたが輸送距離や季節、地形などといった条件によっては林地未利用材の搬出そのものに大きなコストがかかるケースも存在する。今後より林地未利用材の活用を促進していくことを考えるのであれば、輸送面での効率化や林道の整備、木材伐採の際の搬出について枝葉も一緒に搬出することを義務付ける、といったように搬出方法自体の改善を試みる必要があると考えられる。

最後に、合成香料は安価で安定的な供給が可能であるという理由によりこれまで普及が進んできたが、環境や人体への影響について考慮する必要がある。本論で述べたように、林地未利用材を原料として活用するのであれば合成香料と比較しても安定的な供給は可能であることが分かったため、天然香料の普及についても改めて見直してみてもよいのではないだろうか。第一章でも触れたように近年では「香害」というように、個人差はあるが香料の利用過多によって生活へ支障をきたす人も現れている。以上のことから、今回は特に合成香料の利用を抑えるための方法について述べてきたが、人体への影響についてより考慮するのであれば天然香料や合成香料といった種類に関わらず、香料全般において適切な利用方法を考えていくことについても、環境と人体双方に配慮した持続可能な社会の実現を目指すにあたっては必要になってくるのではないかと私は考えている。本論がそのきっかけの一つになれば幸いである。

参考文献

【論文】

大平辰朗(2012)「未利用林地残材の有効利用-マイクロ波を利用した香り成分の抽出技術-」 https://www.jstage.jst.go.jp/article/jao/43/2/43_138/_pdf/-char/ja(最終閲覧日:2024/1/26)

日高 佑紀, 森 大樹, 吉 赫哲, 川上 茂樹, 一川 暢宏, 有菌 幸司(2014)「多環ムスク化合物の下水処理場における動態と環境負荷量の推定」
https://www.jstage.jst.go.jp/article/daikankyo/5/1/5_14G0101/_pdf/-char/ja(最終閲覧日:2024/1/26)

臼井 明子, 田中 伸幸, 宮崎 あかね(2010)「ミミズによる合成香料の生体濃縮」
https://www.jstage.jst.go.jp/article/scej/2010f/0/2010f_0_127/_pdf/-char/ja(最終閲覧日:2024/1/26)

【ウェブサイト】

エステー株式会社 HP (2023) 「事業の概況」
<https://www.st-c.co.jp/ir/glance.html>(最終閲覧日:2024/1/31)

エステー株式会社 HP (2022) 「北海道トドマツの間伐材を活用したサステナブルな消臭ミストプロ品質のホテル専用品を一般発売開始 『Air Forest Refresh Mist (エアフォレスト リフレッシュミスト)』を新発売」
https://www.st-c.co.jp/news/newsrelease/2022/20220922_001826.html(最終閲覧日:2024/1/31)

環境省 HP 自然環境・生物多様性「ワシントン条約」
<https://www.env.go.jp/nature/kisho/global/washington.html>(最終閲覧日:2024/1/31)

公益財団法人日本食品化学研究振興財団「天然香料基原物質リスト」
<https://www.ffcr.or.jp/shokuhin/upload/%E5%A4%A9%E7%84%B6%E9%A6%99%E6%96%99%E3%83%AA%E3%82%B9%E3%83%88.pdf>(最終閲覧日:2024/1/31)

化粧品成分オンライン「メントールの基本情報・配合目的・安全性」
<https://cosmetic-ingredients.org/cooling-agents/1559/>(最終閲覧日:2024/1/31)

国立研究開発法人科学技術振興機構「エネルギー問題解決へ樹木精油で空気浄化を実現」
<https://www.jst.go.jp/seika/bt17-18.html>(最終閲覧日:2024/1/31)

地方独立行政法人北海道立総合研究機構林業試験場(2015)「トドマツ人工林施業の手引」
<https://www.hro.or.jp/forest/research/fri/koho/bookshow/todotebiki.html>(最終閲覧日:2024/1/26)

東京都保健医療局、食品衛生の窓 東京都の食品安全情報サイト「用途別 主な食品添加物
18 香料」<https://www.hokeniryu.metro.tokyo.lg.jp/shokuhin/> (最終閲覧日：2024/1/31)

日本香料工業会(2022)「香料統計」
<https://www.jffma-jp.org/profile/statistics.html> (最終閲覧日：2024/1/26)

日本香料工業会「香料の原料」<https://www.jffma-jp.org/course/> (最終閲覧日：2024/1/31)

農林水産省農林水産分野の最新研究成果を紹介！ アフ・ラボ「トドマツの枝葉から生まれたユニークな“空気浄化剤”が登場」<https://www.maff.go.jp/j/pr/aff/1402/report.html>
(最終閲覧日：2024/1/31)

北海道 HP(2023) 調査・データ「トドマツ及びカラマツ製材の流通の概要」
https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/rrm/05_rinkin/research.html (最終閲覧日：2024/1/31)

北海道 HP(2022)「北海道森林づくり基本計画」
https://www.pref.hokkaido.lg.jp/fs/9/1/2/3/9/0/3/_/03_%E5%8C%97%E6%B5%B7%E9%81%93%E6%A3%AE%E6%9E%97%E3%81%A5%E3%81%8F%E3%82%8A%E5%9F%BA%E6%9C%AC%E8%A8%88%E7%94%BB.pdf (最終閲覧日：2024/1/26)

林野庁 HP「スギ・ヒノキ林に関するデータ」
https://www.rinya.maff.go.jp/j/sin_riyou/kafun/data.html (最終閲覧日：2024/1/31)

林野庁 HP(2022)「都道府県別森林率・人工林率(令和4年3月31日現在)」
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/r4/1.html> (最終閲覧日：2024/1/26)

林野庁 HP「木質バイオマスとは」https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/con_1.html
(最終閲覧日：2024/1/31)

林野庁(2020)「木質バイオマスのエネルギー利用の現状と今後の展開について」
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/biomass_hatsuden/pdf/001_03_00.pdf
(最終閲覧日：2024/1/31)

林野庁(2009)「山元からの運搬コスト縮減について」
https://www.rinya.maff.go.jp/j/kensyuu/pdf/seika_2009_02.pdf (最終閲覧日：2024/1/31)

Wikipedia HP「香害」
<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E9%A6%99%E5%AE%B3> (最終閲覧日：2024/1/31)

あとがき

私が研究会に入ったのは、スーパーで近年有機野菜をよく目にするようになったり、買い物の際にレジ袋の利用が有料になったり、家の近くを流れる川で実は環境汚染が問題となっていたことを知ったりといった、身近な環境問題にまつわるニュースを聞く中で、これからの時代を生きる上で自身が環境問題に関する知識を身に付け考えを持つことの重要性を強く感じたことがきっかけでした。最初は関連した知識もほとんど持たない中で分からないことも多かったです。先輩方や同期のゼミ生たちと研究活動に参加する過程で徐々に、これまでは表面的にしか理解できていなかったニュースのトピックに関して自分なりの考えを持つことができるようになることが嬉しかったです。本論の執筆については、自身が生活する中で実際に疑問に思っていた事柄に関して研究のテーマにしようと考えたことをきっかけに決めたものです。香料が与えている環境問題にまつわるニュースを以前目にしたことから、その利用方法について自分なりに方法を考えることは出来ないかと考えました。また、香料による人体への影響についても身近な人にそのような悩みを持つ方がいたり、実際にニュースで耳にしたりといったこともあり、本テーマについて研究することを決めました。

論文執筆に伴い研究を進めていく中で、香料には自身が知る以上に様々な利用用途がある事だけでなく、実際に生産を行う事業者様からお話を伺うことで、林業における問題から生産面での今後の課題点など、香料に関連した様々な事柄について知ることが出来ました。改めましてヒアリングにご協力くださった有限会社Hikobayu様に感謝を申し上げます。

今回私が提言したトドマツ精油の普及については、個人差や感じ方の違いがあるため人体への影響に関しては全く影響がないということの意味するものではありませんが、林業における問題点を解決したうえで、環境に対して少しでも負担の少ない香料の普及を考えた結果提案したものです。本論文によって、合成香料に代わり天然香料の普及を進めるだけでなく、今後環境、人体双方への影響について考慮したうえで香料全般の利用の在り方について見なおすきっかけを与えることができればよいと私は考えています。

大学に入学してからの2年間を自宅でオンライン授業を受ける形で過ごし、大学に直接通うことができなかつた中で、研究会に所属する最後の2年間は自身にとって非常に貴重な経験となりました。先輩方に様々なことを教えていただき、同じゼミの同期と共同で研究を行う過程で多くのことを学ぶことができ、充実した時間を過ごすことができました。また今回の論文の執筆にあたってご助言を頂きましたが、研究活動を行う中で大沼先生には沢山お世話になりました。環境問題に関する事柄に関しても、それ以外の事柄に関してもご指導くださりありがとうございました。

最後になりますが、2年間研究会でお世話になりました先輩方やゼミの同期の皆さん、後輩の方々、そして大沼先生に改めまして心より感謝を申し上げます。

2024/1/31
長谷川万桜