

土壤の香りがヒトに及ぼす心理的・生理的效果

2018 年 1 月

森澤 建行

土壤の香りがヒトに及ぼす心理的・生理的效果

筑波大学大学院

生命環境科学研究科

生物圏資源科学専攻

博士（学術）学位論文

森澤 建行

要旨

本研究は、計量し難い土壌のメタフィジカルな機能である土壌の匂いがヒトの心理・生理的作用に及ぼす影響を明らかにすることを目的にしたものである。また、土壌に触れあう土壌観察がリラクセーション効果を有することが明らかにされた研究（Hanyu et al., 2014）を受けて、土壌観察の要素中に含まれる土壌の匂いを嗅ぐという要素の効果を明らかにする。本研究は、土壌観察のリラックス効果の要因を明らかにする意義と、土壌の匂いが及ぼす効果から代替療法としての可能性を科学的に明らかにする 2 つの点において意義を有する。土壌の計量し難い機能を明らかにするための手法は、これまで自然や自然体験がもたらすヒトへの効果を科学的に明らかにした研究で用いられた手法を用いた。

近年、アロマセラピー等の匂いが自律神経系や内分泌系、感情や情動行動に影響を与えることが報告されるようになり、認知症状の緩和や予防に用いられている。一方、自然や森林浴などの自然体験等がヒトにもたらす効果についても自律神経系や内分泌系や脳波、免疫系の指標を用いて多くの研究がおこなわれ、その結果が蓄積されて科学的根拠として提出されており、認知症の予防や回想法の一環として試行されている。高齢化の進展しているわが国では、認知症疾患の医療費や介護費用の増加が懸念されているためこれら匂いの療法であるアロマセラピーや森林浴などの自然体験等の森林セラピーは、今や代替療法として認知症疾患の予防や周辺症状の緩和が期待されている。

本研究では、まず、土壌中の揮発性物質を解析した。次いで、これまでアロマセラピーや森林セラピー、物理療法等で用いられてきた実験手法の中から非侵襲で容易に用いることのできる指標を採用し、自律神経機能と脳波および心理指標の POMS（気分プロフィール検査短縮版 Profile of Mood States : POMS）と VAS（Visual Analogue Scale : VAS）によってその影響を検討した。まず、土壌の匂いを嗅いだ群と土壌の匂いを嗅がない群で自律神経機能、脳波に及ぼす影響を検討した。次いで、土壌の匂いを嗅いだ群と土壌の匂いを嗅がない群で実験前後の POMS の変化と VAS 値の変化を測定した。

その結果、土壌中の揮発性物質では、 α -Pinene、などの認知症疾患の予防や周辺症状の緩和が期待できる物質が検出された。自律神経機能の検討では、土壌の匂いを嗅いだ群で心拍数が有意に減少し、副交感神経機能が有意に増加した。脳波による検討では、 θ 波の増加と $\alpha 1$ 波が減少した。さらに心理的作用の影響を検討した POMS では、土壌の匂いを嗅がなかった群では、「緊張－不安」、「活気」が有意に減少したが、土壌の匂いを嗅いだ群では、「緊張－不安」、「怒り－敵意」、「混乱」が減少した。VAS 値の変化では、土壌の匂いを

嗅がなかった群では、「興奮する」、「わくわくする」が減少したが、土壌の匂いを嗅いだ群では「心地よい」、「リラックスする」、「癒される」の値が増加した。本研究において土壌の匂いを嗅ぐことがヒトの生理作用と心理作用にリラックス効果を及ぼすという影響が明らかになった。

目次

第1章 序論	1
1-1 土壌観察によるリラックス効果	1
1-2 補完代替医療	3
1-3 本論文の目的と意義	5
第2章 土壌中の揮発性物質の解析	7
2-1 はじめに	7
2-2 試料	7
2-3 方法	8
2-4 結果	8
2-5 考察	9
第3章 土壌の匂いがヒトの脳波、生理作用に及ぼす影響	24
3-1 はじめに	24
3-2 生理的指標について	24
3-2-1 脳波	24
3-2-2 自律神経系	25
3-2-2-1 心拍数・心拍変動	25
3-2-2-2 発汗	26
3-2-2-3 皮膚温	26
3-3 対象	26
3-3-1 倫理的配慮	26
3-3-2 研究対象者	27
3-4 方法	27
3-4-1 土壌の匂い刺激用試料	27
3-4-2 脳波	27
3-4-3 心拍数、心拍変動	28
3-4-4 手指皮膚温	28
3-4-5 精神性発汗量、温熱性発汗量	28

3-4-6	測定手順	28
3-4-7	刺激方法	29
3-4-8	統計解析方法	29
3-5	結果および考察	29
3-5-1	脳波に及ぼす影響	29
3-5-2	心拍数 (HR) に及ぼす影響	30
3-5-3	低周波成分 (LF) に及ぼす影響	30
3-5-4	高周波成分 (HF) に及ぼす影響	30
3-5-5	LF / HF 比に及ぼす影響	30
3-5-6	手指皮膚温に及ぼす影響	30
3-5-7	精神性発汗量に及ぼす影響	30
3-5-8	温熱性発汗量に及ぼす影響	30
3-6	考察	31
3-7	まとめ	32
第4章	土壌の匂いがヒトの心理作用に及ぼす影響	41
4-1	はじめに	41
4-2	対象	42
4-2-1	倫理的配慮	42
4-2-2	研究対象者	42
4-3	方法	42
4-3-1	土壌の匂い刺激用試料	42
4-3-2	POMS 短縮版	42
4-3-3	VAS (Visual Analogue Scale)	43
4-3-4	自由回答	43
4-4	測定手順	43
4-5	統計解析方法	44
4-6	結果	44
4-6-1	POMS 短縮版 (Profile of Mood States)	44
4-6-2	VAS (Visual Analogue Scale)	44
4-6-3	自由回答	44

4-7	考察	44
4-8	まとめ	47
第5章	総合考察	58
5-1	はじめに	58
5-2	土壌の匂いによるヒトの心理的効果と生理的効果の関連性	59
5-3	森林セラピーと土壌セラピー	60
5-4	土壌観察における土壌の匂い	61
5-5	土壌中の揮発性物質	61
5-6	認知症の社会的コスト	62
5-7	嗅神経への刺激による認知症予防	62
5-8	匂いと回想法	63
5-9	土壌と触れ合う土壌セラピーの提案と代替医療	63
	謝辞	70
	引用文献	71

図表目次

1) 表

表 2-1	緑地帯の野外土性	10
表 2-2	実験土壌および、スギ、ヒノキの落葉から検出されたテルペン類（ピーク面積）	11
表 3-1	脳波の経過（含有率）	33
表 3-2	心拍数・心拍変動の経過	34
表 3-3	手指皮膚温の経過	35
表 3-4	発汗量の経過	36
表 4-1	VAS の質問項目	49
表 4-2	実験前後の POMS（T 得点）の変化	50
表 4-3	実験前後の VAS 値の変化と土壌の匂いの評価	51
表 4-4	土壌の匂いのイメージについて	52
表 4-5	VAS の土壌の匂い「好ましい（土壌の匂い）」と感情の相関分析結果	53
表 5-1	刺激群の心拍数の変化量に対する VAS、POMS の変化量の相関	66

2) 図

図 1-1	補完代替医療の分類と統合医療の概念図	6
図 2-1	筑波大学本部棟北駐車場の緑地帯（a：緑地帯の位置、b：緑地帯林内、c：Oi 層）	12
図 2-2	匂い刺激用土壌	13
図 2-3	スギの落葉（a：緑色、b：緑茶色、c：茶色）	14
図 2-4	ヒノキの落葉（a：緑色、b：緑茶色、c：茶色、d：黒色）	15
図 2-5	実験土壌の GC/MS クロマトグラム	16
図 2-6	スギ（緑色）の落葉の GC/MS クロマトグラム	17
図 2-7	スギ（緑茶色）の落葉の GC/MS クロマトグラム	18
図 2-8	スギ（茶色）の落葉の GC/MS クロマトグラム	19
図 2-9	ヒノキ（緑色）の落葉の GC/MS クロマトグラム	20
図 2-10	ヒノキ（緑茶色）の落葉の GC/MS クロマトグラム	21
図 2-11	ヒノキ（茶色）の落葉の GC/MS クロマトグラム	22

図 2-12	ヒノキ（黒色）の落葉の GC/MS クロマトグラム	23
図 3-1	国際 10-20 法 電極位置	37
図 3-2	サーモグラムと手指皮膚温解析範囲	38
図 3-3	測定手順	39
図 3-4	測定風景	40
図 4-1	POMS 短縮版	54
図 4-2	VAS の質問用紙	55
図 4-3	Pre. と Post の VAS 散布図①	56
図 4-4	Pre. と Post の VAS 散布図②	57
図 5-1	嗅覚計からの効果	67
図 5-2	心拍数の変化量と VAS「癒される」の変化量の散布図	68
図 5-3	心拍数の変化量と VAS「リラックスする」の変化量の散布図	69

第1章 序論

1-1 土壌観察によるリラックス効果

土壌は、大気・水とならんで、人類の生存を支える重要な自然環境を形成している。環境土壌学について「人間の生活・生産の諸活動に及ぼす土壌の影響と、人間の諸活動が土壌に与える影響を研究する土壌学の分野」とであると定義した松井（1993a）は、10の土壌の環境保全機能を提案している。

土壌には、植物の生育に必要な水と養分を供給する植物生産機能、土壌中に生息する地中動物や土壌微生物による植物遺体の分解、構成物質を徐々に無機化して大気中に還元し、遺体の分解産物の一部を重縮合して高分子有機化合物群からなる腐植を形成する分解・浄化機能、土壌中の粗孔隙は、降水の一部を一時貯留するとともに、浸透水の通路となり、地下水を涵養する透水機能がある。さらに、土壌中の細孔隙は、土壌中に浸透した降水の一部を長時間、毛管力によって貯留する貯水機能を有している。これら、土壌の植物生産機能、浄化機能、貯水・透水機能は、いずれも適切な指標によってその程度を計量することができる。しかし、土壌は、これら以外に人類に対し、計量し難いメタフィジカルな機能すなわち、「そこに生育する植物と一体になってそこに住み、そこで働き、そこを訪れる人々のところに和らぎ、やすらぎを与える」というアメニティ機能を持っている（松井，1993a）。

土壌にふれあい、土壌の機能を現地フィールドで学ぶ機会として、土壌教育委員会が主催する土壌観察会がある。土壌教育委員会は、わが国の初等中等教育における土壌教育の強化を図るため、1982年、日本土壌肥料学会に設けられた土壌教育検討会が改組されて1983年に公式に設置された土壌教育強化委員会が始まりである。また、1984年に委員会の名称は土壌教育委員会に改められた。その主な活動は、初等中等教育の土壌教育の実態調査から土壌教育を推進するための具体的な方策の検討など、初等中等教育における土壌教育を充実させることを目的としている。そのため、小・中学校教師の土壌教育についての考え方および実態について全国アンケートを行い、その結果から、小・中学校教員の土壌に関する知識の向上と土壌関連の教科書記載内容の検討、文部省や教科書出版社への土壌教育教科について意見申し入れ、また、自然観察会などにおける土壌解説や、自然科学系博物館などへの土壌標本（モノリス）の展示を促進することなど、具体的な活動指針が策定された。この活動指針に基づき、1985年度の土壌教育に関する要望書の各関係機関への送付、そして、1997年度の文部省の学習指導要領の1998年度改訂に際して土壌に関する記

載内容改善の提案・要望、そして 1998 年度の初等中等教育の教師を対象にした「土をどう教えるかー新たな環境教育教材ー」の刊行などが行われた。そして、1999 年度には茨城県牛久市の牛久自然観察の森で第 1 回目の土壌観察会が行われ、現在まで定期的に全国の自然観察の森でおこなわれている（土壌教育委員会 HP, 2017）。

近年、土壌の持つアメニティ機能について、土壌観察を行ったヒトの自律神経機能や心理検査によって計量する試みが始まっており（Hanyu et al., 2014）、土壌観察による心理的・生理的リラクセーション効果が明らかとなった。土壌観察には、土壌断面観察、土壌の可塑性、また、土壌の緩衝能や土壌呼吸、また吸着性能などをみる土壌実験が行われる。土壌観察には、視覚、聴覚、嗅覚、触覚、また土壌の温度感覚など様々な刺激が入ってくる。本研究では、土壌観察のリラクセーション効果について嗅覚の影響に着目した。土壌の香りに関する論文は、数少ないものの、清水（1972）は、土壌の匂い（香り）について、幼児の理想的な教育環境を提示した植物園と動物園を一緒にしたようなこどもの“その”の中にある土の香りや土の山について、それが恵まれた大切な環境であることを述べている。ひろしまさとやま未来博（2017）では、ゆるい農業体験が土の香りでリフレッシュすることを述べた。さらに、小野（2005）は、土と癒しについて「土の香り」を庭の土を掘り返したとき、あるいはトラクターで畑を耕耘しているそばを歩いたときにする、あのなつかしいにおいが土の香りであると述べている。また、森林浴のリラクセス効果に注目して、森林浴の効果には、フィトンチッド以外にも、土の香りの効果もあり、土を掘り起こさなくても、地面から四季に応じて土の香りが立ちのぼっていることから人が「土の香り」に安らぎを感じることがあっても不思議ではないと述べている。これらから、経験的に土壌の匂い（香り）が幼児の教育環境に良い効果を持つことや一般の人に憩いやリラクセーション効果を与えることがわかる。

一方、森林浴の効果についてもこれまで計量しがたいと思われていたものが生理的指標や心理的指標を用いることによって科学的に明らかにされた結果、データが蓄積されて森林セラピーとして代替医療の範疇に位置付けられるようになった。これには、フィトンチッドなどの森林の揮発成分の匂いの影響なども含まれている。さらに、アロマセラピーは、多くは、精油の匂い成分の効果である。アロマセラピーという言葉は、1920 年にフランスの調香師ガットフォッセがつくったとされており、ヨーロッパで昔から行われている民間療法の一つで、「精油を使って病気を治す技術」と定義されている（由留木・鈴木, 2012）。現在日本でアロマセラピーは、代替医療の範疇に位置付けられている。

1-2 補完代替医療

1960年代のアメリカで、主流医学体系に対する対抗文化として起こったとされる **complementary alternative medicine (CAM)** の流れをうけて、わが国においても 1998 年に代替補完伝統医学連合会が発足し、2000 年に統合医療会議が開催され、CAM や統合医療を推進しようとする組織的な活動が始められた(帯津, 1999)。新田・川端(2007)による報告では、9割以上が、看護ケアとして実施したことがあり、CAM への関心、身体的、精神的効果の認識、必要性の認識が高かった。手技の専門性に自信がなく、講習会など機会があれば受けたいと願っているものが多数いる一方で、すでに自ら研修を受け資格を取得して、その可能性を追求しはじめている看護師もいるとの実態が示された。さらに、小坂橋(2006)は、いくつかの課題を抱えながらも、看護師の間に CAM を使うことへの関心が高まっていることを報告している。

日本補完代替医療学会(2017)によれば、代替医療は現代西洋医学領域において、科学的未検証および臨床未応用の医学・医療体系の総称と定義されている。アメリカでは、**alternative medicine** (代替医学) または **alternative and complementary medicine** (代替・補完医学) という言葉が使われている。また、ヨーロッパでは、**complementary medicine** (補完医学) という言葉が多く使われている。代替医療は世界の伝統医療や民間療法や保険適用外の新治療も含まれる。世界保健機関(WHO)によれば、世界人口の中で西洋医学の恩恵に預かっている人の数は意外に少なく、世界の健康管理業務の 65~80% を伝統医療が占める。さらに、従来、先進国において医療は通常、西洋医学が使用されているが、それ以外の伝統医療、鍼灸、指圧、マッサージ、ハーブ、音楽療法などを相補・代替医療(CAM)と呼んでいる。最近、この両者を統合して患者中心に行う医療である統合医療が注目を浴びている。欧米の先進国のみならず、中国、インド、タイなどのアジア諸国、さらに WHO なども統合医療の方向に進んでいる(渥美, 2003)。また、北田(2015)によれば、補完代替医療(**complementary and alternative medicine ; CAM**)とは、グローバル化・標準化された現代医療と併用(補完)または代わりに行われる(代替)非主流の医療の総称である。米国では国民の 40% 近くが CAM を利用していることがわかっており、国立の研究センターが運営されてきたが、2014 年に名称が **national center for complementary and integrative health (NCCIH)** に変更された。非主流の医療が現代医療に「とって代わる」のではなく、両者をともに用い、より高次の医療の実現を目指すと言われる統合医療(**integrative medicine**)への指向がうかがわれる。日本では、厚生労働省が『「統合医療」のあり方に関する検討会』(2012~13 年)において「統合医療」を「近代西洋医学を前提

として、これに相補（補完）・代替医療や伝統医学などを組み合わせて QOL をさらに向上させる医療であり、医師主導で行うものであって、場合により多職種が協働して行うもの」と位置付けている（厚生労働省，2013）（図 1-1）。これらの図に示されているように代替療法の中にアロマセラピーや音楽療法、森林セラピー、園芸療法といった効果を計測し難いものが含まれている。これらは、近年、自律神経系や心理的検査等によって効果を科学的根拠として示されたものである。

匂いによる療法としてアロマセラピーは、近年メディカル・アロマセラピーとして発展し、代替療法として定着しつつある。さらに、森林の樹木から発生する揮発成分に NK 細胞 (natural killer cell) 活性を持続的に上昇させる等の効果が報告された (Li et al., 2014)。この森林の匂いの効果を包含した医学的な証拠に裏付けされた森林浴効果を森林セラピーとして心身の健康維持・増進、病気の予防を目指す代替療法ととらえられ始めている（森林セラピーソサエティ HP, 2017）。尚、NK 細胞活性とは、細胞性腫瘍免疫の代表で NK 細胞の主要組織適合性抗原 (MHC 抗原) に拘束されない、異物である細胞を融解する作用を指す。NK 細胞は、抗原依存性細胞傷害 (ADCC) の作用も併せ持つ。ウイルスのみならず、腫瘍細胞に対するサーベイランス役を果たし、腫瘍の発生・増殖・進展を阻止するとされている (Kusaka et al., 1992)。

アロマセラピーは、古代ギリシャやアラビア医学の中で経験的に疾病予防としてハーブティーを飲用するといったところからスタートし、軍医として医療活動に従事したジャン・バルネが負傷兵に活用し、多くのデータをまとめ、1964 年に「植物＝芳香療法」を出版した経緯からフランスやベルギーで医療として確立した。わが国では、1997 年に日本アロマセラピー学会が設立され、生理的指標や心理的指標を用いて科学的根拠を示す研究がなされている（日本アロマセラピー学会, 2008）。

さらに、今西（2004）によれば、アロマセラピーとは、エッセンシャルオイル（精油：essential oil）を用いて、その香りを楽しんだり、リラクゼーションを得たり、さらに病気の治療や症状の緩和などに利用する補完・代替医療の一つである。アロマセラピーに用いられるエッセンシャルオイルは、香りを利用したリラクゼーション効果だけでなく、体内吸収による、抗不安作用、鎮静作用、覚醒作用、強壮作用、鎮痛作用、抗炎症作用、抗菌作用、性ホルモン作用、ステロイド様作用などの様々な薬理作用がある。看護や介護領域などで広く用いることができるだけでなく、これら薬理作用を婦人科疾患、皮膚疾患、上気道感染症、心身症、疼痛管理、ストレス管理などにおいて有用であるという。

森林セラピーは、森林セラピーソサエティ HP. (2017) によれば、森での自然体験や作

業の前後で自律神経指標や心理指標を用いて計測した結果から森林セラピーを癒し効果が科学的に検証された「森林浴効果」であるとしている。さらに、森林セラピーは、医学的根拠に裏付けられた森林浴効果であるともされ、森を楽しみながら心と身体健康維持・増進、病気の予防を行うことを目指すものである。また、森林セラピーは、健康な人に対しての健康保養効果を期待するもので医師による指導のない治療を推奨するものではないとしている（森林セラピーソサエティ HP., 2017）。森林セラピーは、すでに定着していた「アロマセラピー」に準じて作られた造語であり、これまでの森林浴を一步進めた「科学的エビデンスを持ち、予防医学的效果を目指す森林浴」を意味するとされている（宮崎, 2009）。

1-3 本論文の目的と意義

本研究は、計量しがたい土壌のメタフィジカルな機能をあきらかにするために土壌の匂いがヒトの心理的・生理的作用に及ぼす影響を明らかにすることを目的にした研究である。土壌には、植物生産機能、浄化機能、貯水・透水機能など適切な指標によって計量することができる機能がある。一方で土壌には、安らぎをあたえるような機能があることが一般に知られているものの、適切な指標によって計量することがなされてこなかった。

一方で、森林などの計量しがたい自然が持つ癒し効果の科学的根拠を明らかにする研究は、数多くなされており、それらのデータが蓄積された。その結果、自律神経指標や心理指標を用いて計測した結果を癒し効果が科学的に検証された「森林浴効果」であるとして森林セラピーと標榜して代替医療の範疇に位置付けられるようになった。

本研究では、土壌の持つ癒し効果などの指標によって計量しがたい機能を匂いに注目して自律神経指標や心理指標を用いた計測データから科学的根拠を明らかにすることによって代替医療とみなされるよう土壌セラピーという土壌学の新たな分野の創設に寄与する意義を有する。本研究によって土壌の癒し効果に注目が集まり、認知症予防やうつ病の症状の緩和にもつながることが期待できる。

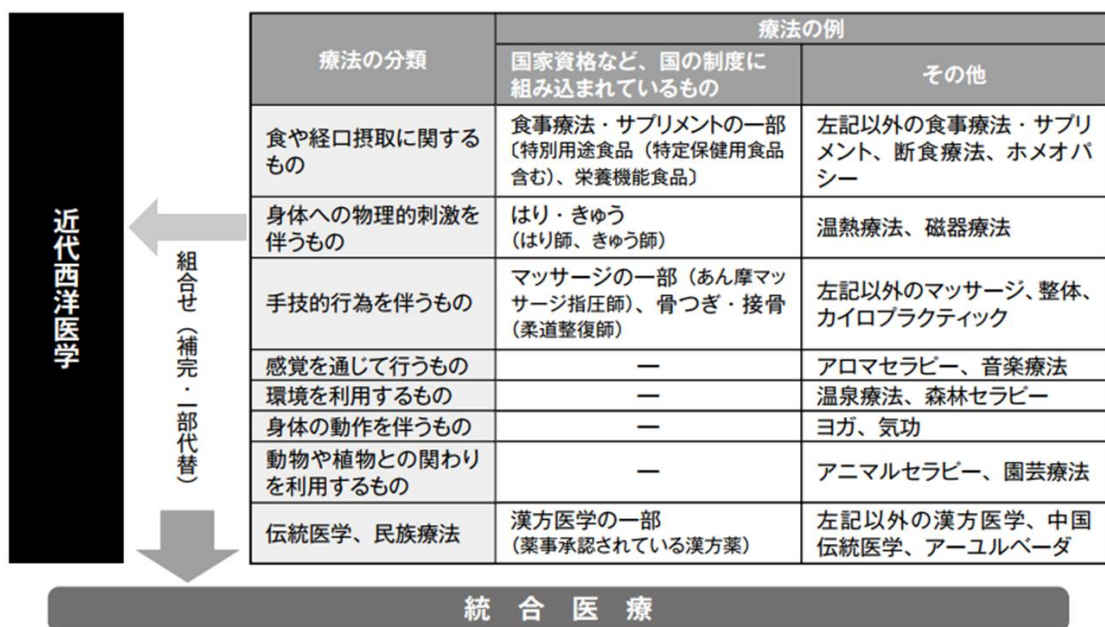


図 1-1 補完代替医療の分類と統合医療の概念図

厚生労働省：「統合医療」のあり方に関する検討会（2013）より引用一部改変

第2章 土壌中の揮発性物質の解析

2-1 はじめに

森林セラピーの効果とは、森林内のフィトンチッド、森林内の温度、湿度、木々の間からもれてくる木漏れ日、鳥や虫の声、川のせせらぎの音など人間の五感を通して体験できるさまざまな要素の複合的な効果だと考えられている。また、フィトンチッドは植物に限らず、菌類などの微生物が放出する物質もフィトンチッドの概念に入っており、中でも割合が高いものはテルペン類と報告されている（大平，2009）。森林浴に関する研究では、森林内のテルペン濃度を測定し報告されている（小山，2007；近藤ら，2007）。しかし、報告された森林内の空気に含まれているテルペン類の α -Pinene、 β -Pinene、Limoneneの濃度は、人の匂い閾値（永田ら，1990）には達していない。森林内のテルペン類の濃度を分析した谷田貝（1993）は、森林内のテルペン濃度と樹木のテルペン放出量について言及し、スギとヒノキの葉油含量とテルペン放出量の変化は、ほぼ同じ傾向を示し、初夏から夏にかけて多く、冬は少なくなると述べた。また、これら樹木の生理に従ったテルペンの発散ではなく、木に傷をつけて強制的に匂いを出している製材工場では、林内の20～50倍のテルペン濃度となっていたと報告している。森林の樹木がダメージを受ける機会として、春一番や台風などの自然現象や枝打ちなどにより、落枝落葉が短期間で多量に発生すれば、土壌を発生源とするテルペン放出量の増加に寄与するものと考えられる。土壌観察における匂い刺激は、土壌のOi層に存在する落枝落葉などの揮発性物質の発生源を嗅ぐことにより得られるものである。Oi層には様々な分解過程の落葉があり、ヒトに対して様々な効果が報告され始めているテルペン類を含む、落葉の分解過程による揮発性物質の変化についての知見が必要と考えられる。そこで、針葉樹のスギ、ヒノキの落葉の分解の過程を色（緑色、緑茶色、茶色、黒色）で分別し、各色で発散するテルペン類および、第3章、第4章で用いた匂い刺激用土壌から発散するテルペン類について検討した。

2-2 試料

試料は、2015年11月中旬、筑波大学本部等北駐車場の緑地帯（図2-1）で採取した。緑地帯の樹木の構成種は、主にシラカシとクヌギであり、スギ、カエデ類、クリ等が点在する放置された人工林である。緑地帯の野外土性を（表2-1）に示した。第3章および第4章の“匂い刺激用土壌”として用いた、シラカシ、クヌギ、スギの落葉を含む有機物堆積層から表土を含めて約15 cmまでを入れた直径10 cm高さ15 cmのネジ蓋付瓶（図2-2）および、針葉樹林のスギ（図2-3）（緑色、緑茶色、茶色）、ヒノキ（図2-4）（緑色、緑茶色、

茶色、黒色)の落葉を用意した。

2-3 方法

揮発性物質の測定は、ヘッドスペース法による Gas Chromatography - Mass spectrometry (GC/MS) (GCMS-QP2010 Plus、島津製作所社製) 定性分析を行った。ネジ蓋付ビンに入れた匂い刺激用土壌は、蓋を閉め約 23℃で1時間静置後、ヘッドスペース内の 2 ml をスプリットレスで GC/MS に注入した。採取したスギ、ヒノキの落葉は、10 cc セプタム付バイアルに入れ、約 23℃で1時間静置後、ヘッドスペース内の 2 ml をスプリットレスで GC/MS に注入した。カラムは、0.25 mm i.d.×30 m ; film thickness, 0.25 μm (StabilwaxB-DA、島津製作所社製)を用いた。イオン源温度とインタフェース温度は200℃、オーブンプログラムは 40℃で5分間後、40℃から 200℃まで 5℃/min で上昇させ、200℃で 10 分間保持した。 m/z は 400 以下とした。各成分の同定は、シミラリティ検索 (GCMSsolution、島津製作所社製) で行い、ピーク面積で検討した。

2-4 結果

本研究の匂い刺激に用いた実験土壌およびスギ、ヒノキの落葉から検出されたテルペン類と保持時間、ピーク面積を表 2-2 に示した。実験土壌の GC/MS クロマトグラムを図 2-5 に示した。また、スギの落葉(緑色、緑茶色、茶色)の GC/MS クロマトグラムをそれぞれ図 2-6、図 2-7、図 2-8 に示し、ヒノキの落葉(緑色、緑茶色、茶色、黒色)の GC/MS クロマトグラムをそれぞれ図 2-9、図 2-10、図 2-11、図 2-12 に示した。

シラカン、クヌギ、スギ等の落葉を含む Oi 層から A 層まで約 15 cm の実験土壌からは、 α -Pinene、3-Carene、 β -Myrcene、D-Limonene が検出された(表 2-2、図 2-5)。スギの落葉からのテルペン類発散量の推移(表 2-2)は、2通りの傾向がみられた。1つは発散量が、緑色(図 2-6) < 緑茶色(図 2-7) > 茶色(図 2-8)となり、緑茶色で発散のピークを迎えた後減少する種類(α -Pinene, Camphene, β -Pinene, 3-Carene, β -Myrcene, D-Limonene)であり、2つめは発散量が、緑色(図 2-6) > 緑茶色(図 2-7) > 茶色(図 2-8)となり、新鮮な緑色をピークに発散した後減少する種類(β -Phellandrene、 γ -Terpinene)であった。ヒノキの落葉からのテルペン類発散量の推移(表 2-2)は、緑色(図 2-9) < 緑茶色(図 2-10) > 茶色(図 2-11) > 黒色(図 2-12)となった。緑色、茶色、黒色は Camphor や Thujopsene が発生している程度であり、ヒノキの落葉に含まれるほとんどのテルペン類(α -Pinene, Camphene, β -Pinene, β -Phellandrene, 3-Carene, β -Myrcene, D-Limonene, γ -Terpinene, p-Cymene, Bornyl acetate, Thujopsene)が緑茶色の時に発散すると示唆された。

2-5 考察

土壌の Oi 層にあるスギ、ヒノキの落葉はテルペン類の発生源であり、落葉の色が緑色から緑茶色に変化する程度まで分解されたときに、テルペン類の発散が増加することがわかった。Falk ら (1990) は、テルペン類は脂溶性であり血液にも溶解易いことを述べており、中村ら (2014) は、1 時間程の森林ウォーキングの前後で、特に α -Pinene の血中濃度が 5 ～10 倍に増加すると報告した。テルペン類の生理的作用には、 α -Pinene、D-Limonene の抗腫瘍作用 (Kusuhara et al., 2012 ; Crowell, 1999)、Bornyl acetate のリラックス効果 (Matsubara et al., 2011)、そして、 α -pinene、3-Carene のアセチルコリンエステラーゼ (AChE) 阻害作用 (Miyazawa and Yamahuji, 2005) が報告されている。テルペン類が豊富に発散している落葉の匂いを嗅ぐことは、テルペン類の効果を短時間でも得られる可能性があり、相補代替医療としての機能を持たせることが出来ると考えた。

表 2-1 緑地帯の野外土性

層位	深さcm	土色	土性	礫	構造	粘着性	可塑性	密度	孔隙	根	乾湿	AI
Oi	1cm											
Oe	2cm											
A1	0-12	10YR2/2	CL	なし	弱粒	弱	弱	3	—	細小管中まれ大なし	半湿	++
A2	12-34	10YR2/2	CL	なし	弱小中亜角塊	弱	弱	13	小泡状有	細有小含中 大まれ	半湿	+
A3	34-60	10YR2/2	CL	なし	弱小中亜角塊	弱	弱	17	小泡状有	細有小含中 なし大まれ	半湿	±
2AB	60-85	7.5YR2/2	CL	なし	弱細~大亜角塊	弱	弱	13	細小泡状含 管状含	細小有中まれ	半湿	+
2Bw	85-100+	7.5YR2/3	LiC	なし	中小~中亜角塊	弱	中	16	細小小泡状 富細小管状	細小まれ	湿	+

表 2-2 実験土壌および、スギ、ヒノキの落葉から検出されたテルペン類（ピーク面積）

化合物名	保持時間		スギ				ヒノキ			
	(min)	実験土壌	緑色		緑茶色		緑茶色		茶色	
			緑色	緑茶色	緑茶色	茶色	緑色	緑茶色	茶色	黒色
α -Pinene	4.5	25,463	10,496,843	90,180,885	4,730,408	—	—	22,515,825	—	—
Camphene	5.8	—	1,591,114	11,832,236	209,261	—	—	3,160,477	—	—
β -Pinene	6.9	—	154,333	2,844,331	21,780	—	—	1,178,126	—	—
β -Phellandrene	7.5	—	31,020,731	1,606,855	15,520	—	—	20,384,578	—	—
3-Carene	8.4	67,762	434,539	18,518,650	2,649,870	—	—	1,262,076	—	—
β -Myrcene	9.4	36,200	3,368,376	5,826,222	—	—	—	5,993,652	—	—
D-Limonene	10.4	40,803	2,029,640	3,682,774	146,265	—	—	12,903,704	—	—
γ -Terpinene	12.1	—	1,721,519	—	—	—	—	4,465,497	—	—
p-Cymene	12.9	—	—	—	—	—	—	11,595,207	—	—
Camphor	20.0	—	—	—	—	—	—	1,441,591	344,123	69,428
Bornyl acetate	22.4	—	—	—	—	—	—	97,718	—	—
Thujopsene	22.7	—	—	—	—	—	8,536	794,088	—	179,775

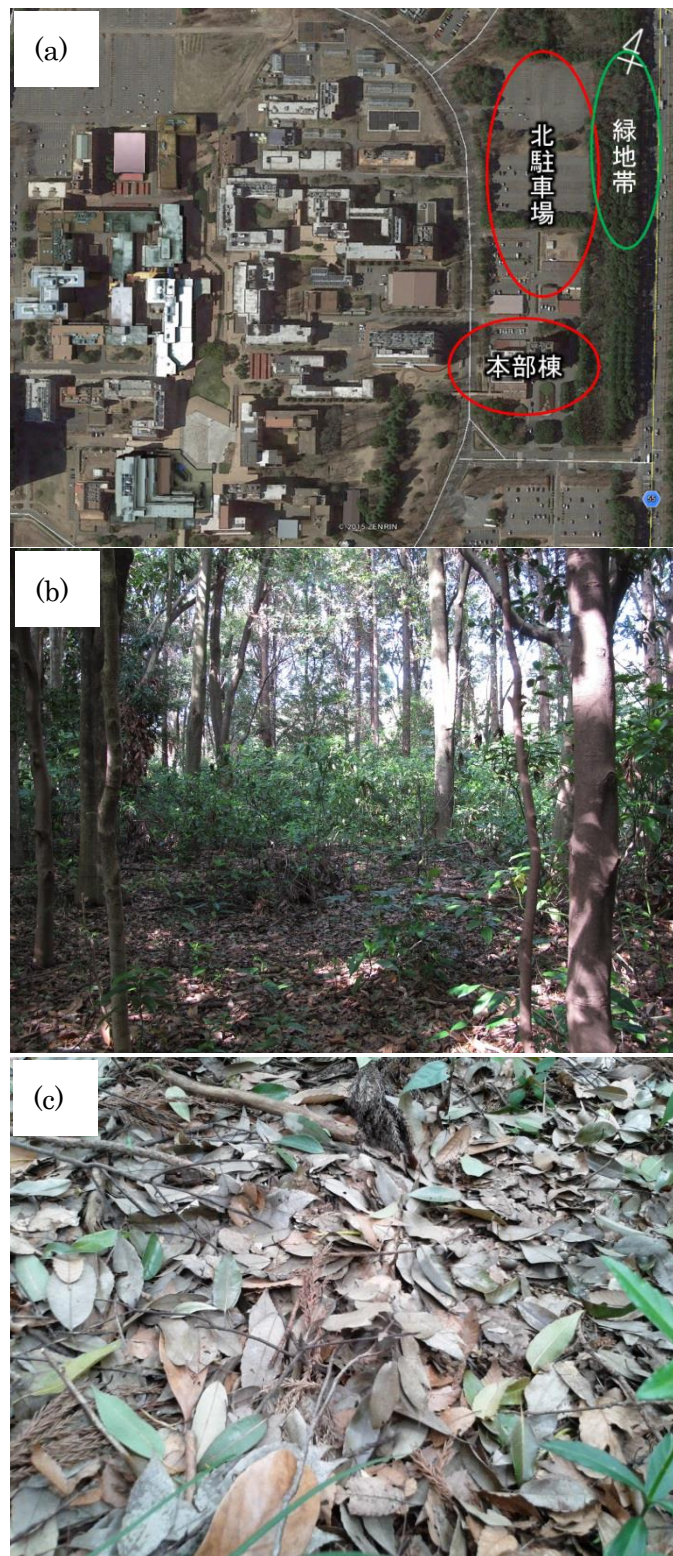


図 2-1 筑波大学本部棟北駐車場の緑地帯

(a)緑地帯の位置 (b)緑地帯林内 (c)Oi 層



図 2-2 匂い刺激用土壌



図 2-3 スギの落葉 (a : 緑色、b : 緑茶色、c : 茶色)



図 2-4 ヒノキの落葉 (a : 緑色、b : 緑茶色、c : 茶色、d : 黒色)

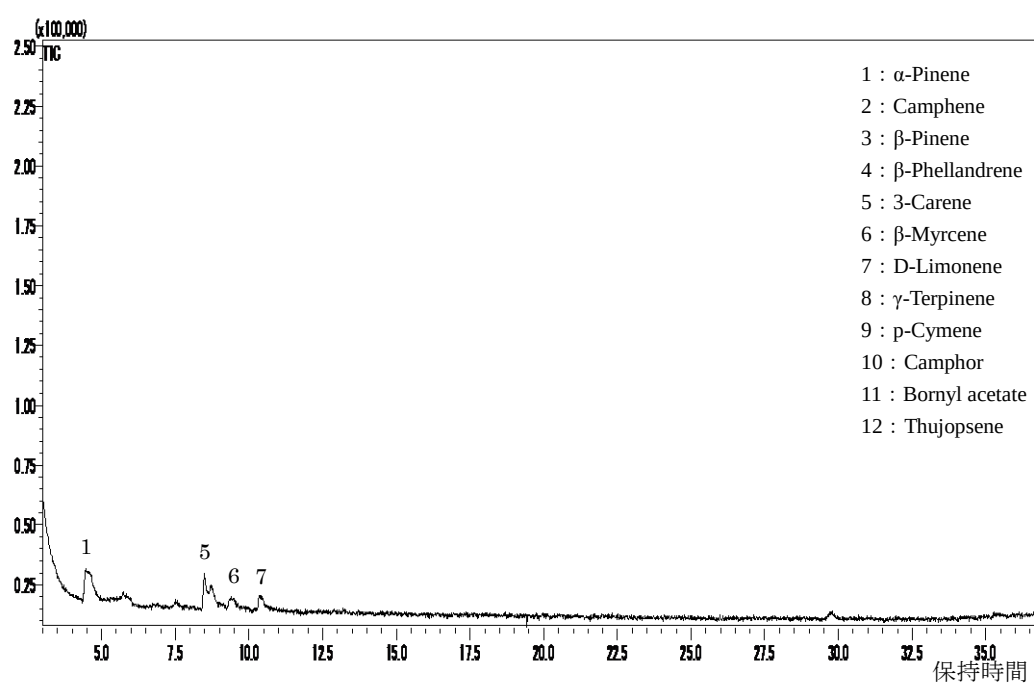


図 2-5 実験土壌の GC/MS クロマトグラム

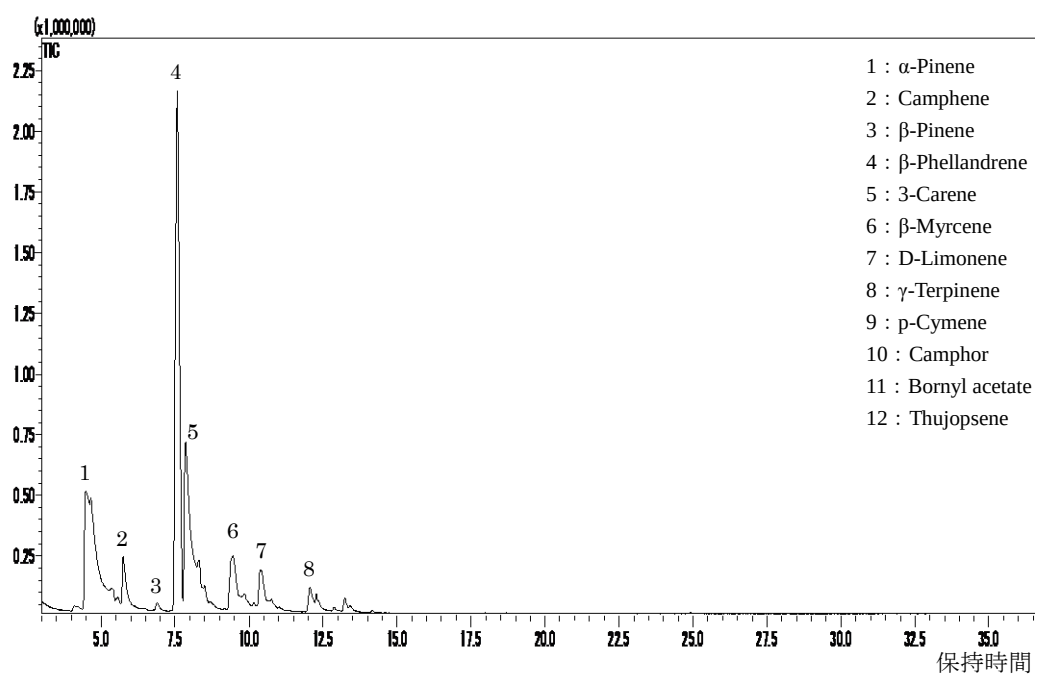


図 2-6 スギ（緑色）の落葉の GC/MS クロマトグラム

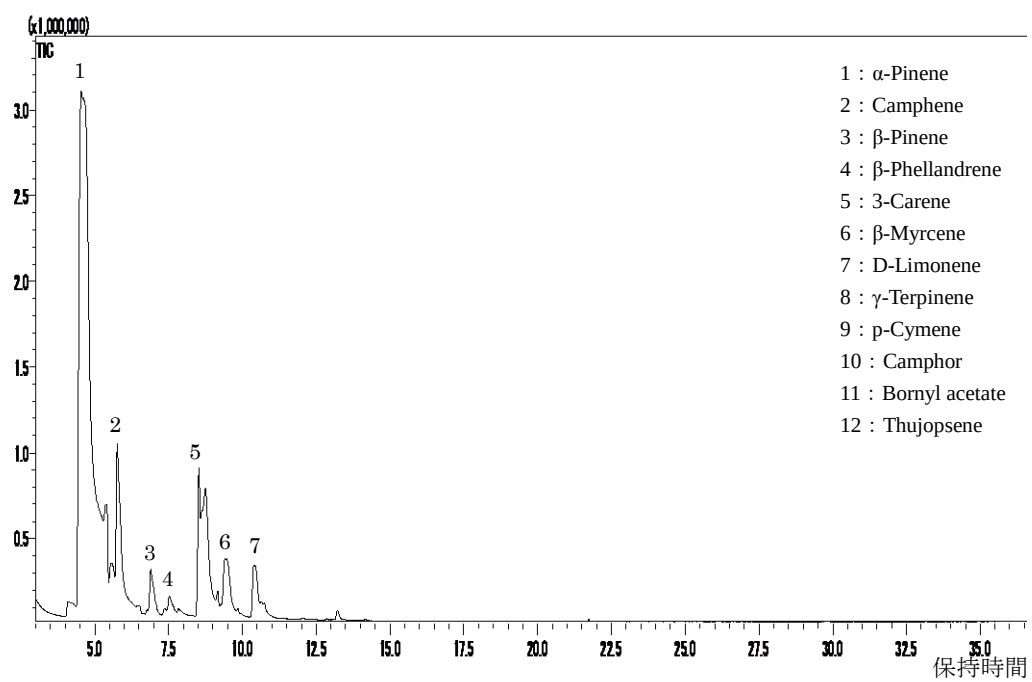


図 2-7 スギ（緑茶色）の落葉の GC/MS クロマトグラム

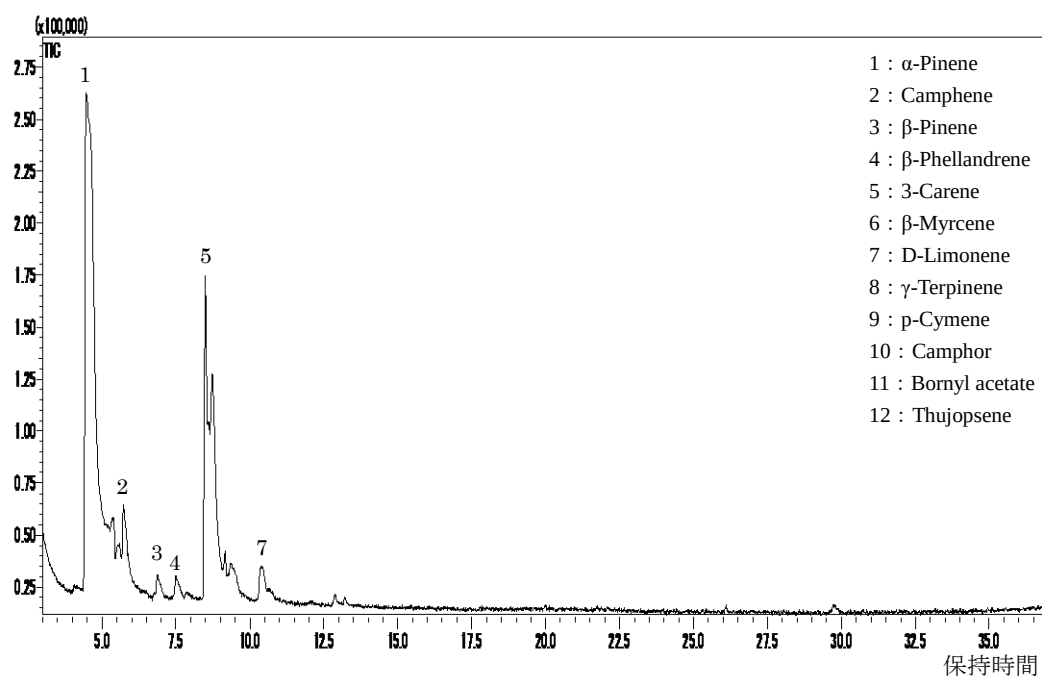


図 2-8 スギ（茶色）の落葉の GC/MS クロマトグラム

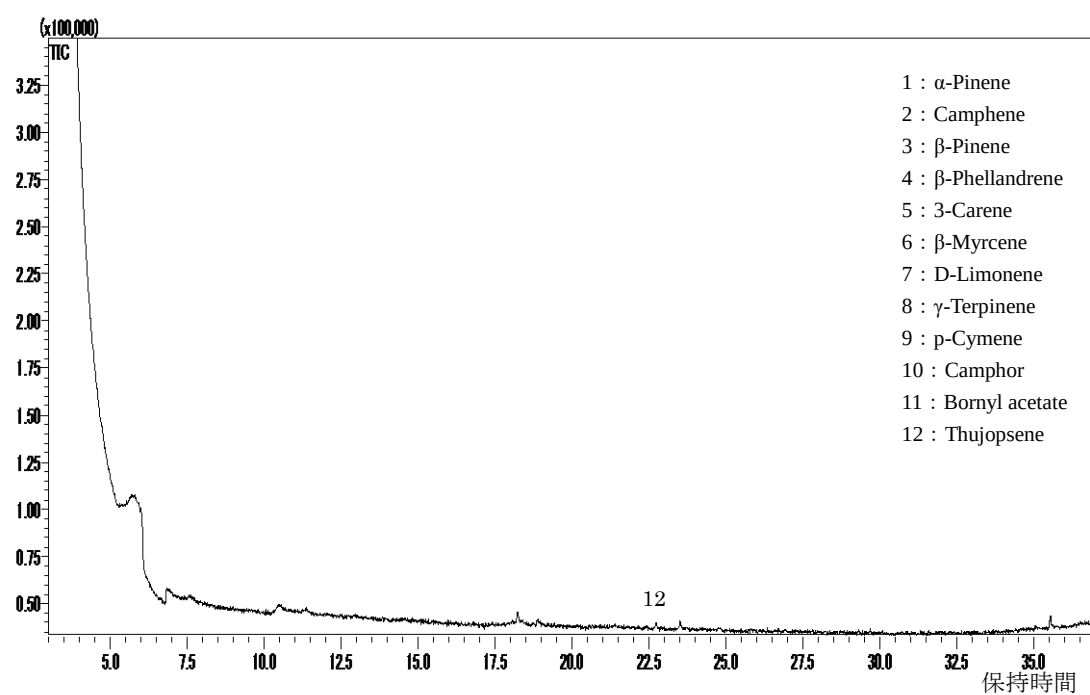


図 2-9 ヒノキ（緑色）の落葉の GC/MS クロマトグラム

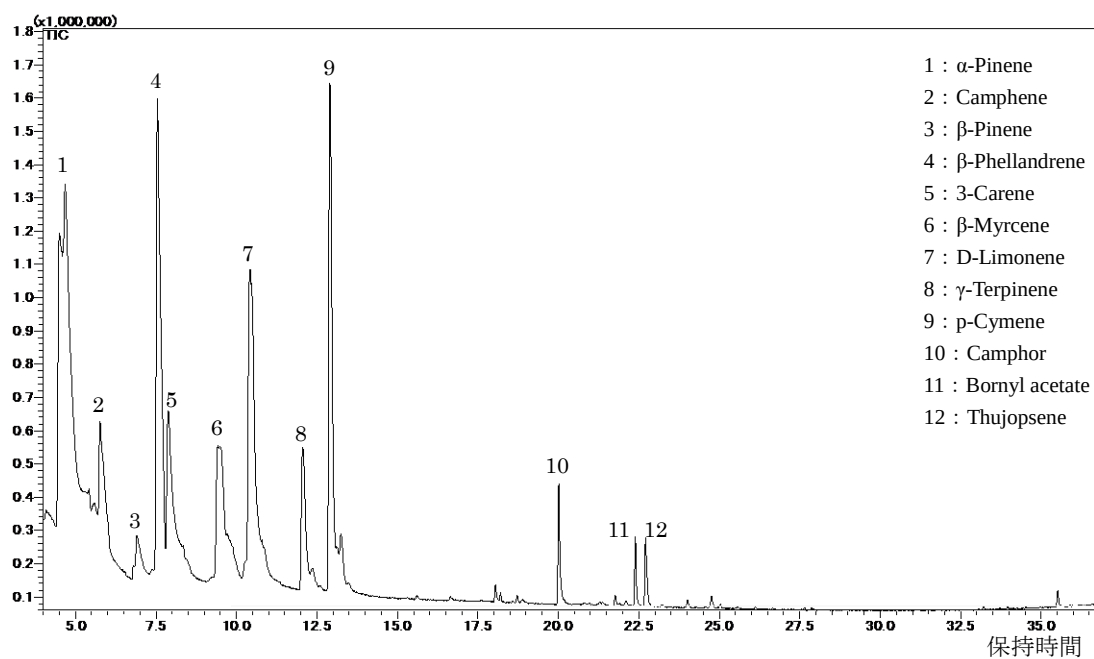


図 2-10 ヒノキ（緑茶色）の落葉の GC/MS クロマトグラム

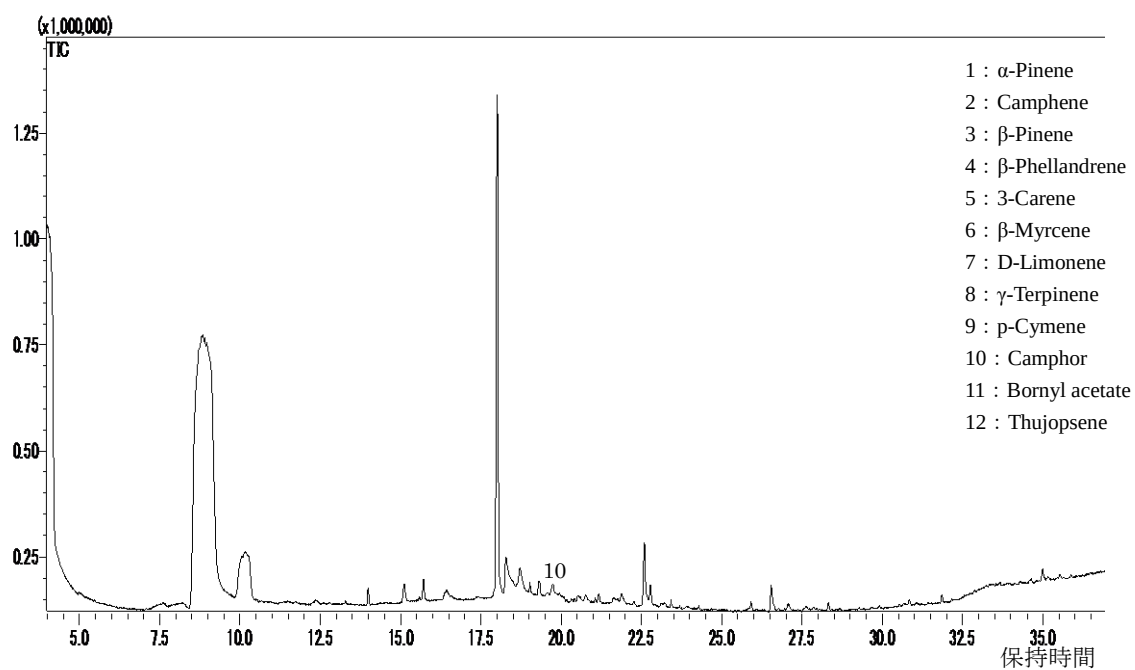


図 2-11 ヒノキ（茶色）の落葉の GC/MS クロマトグラム

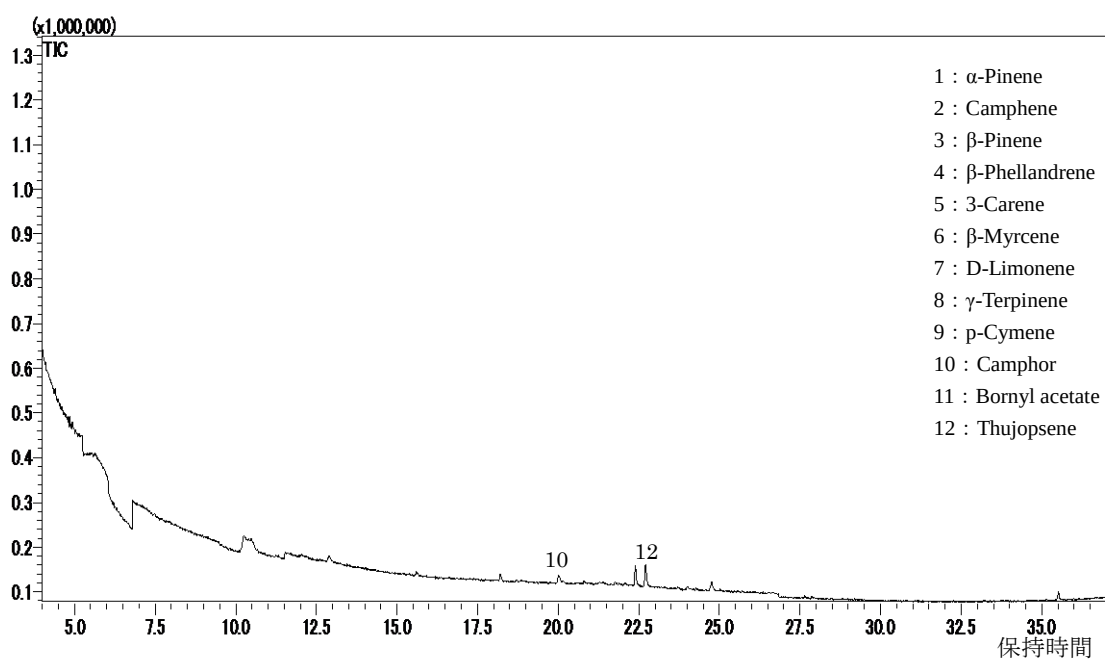


図 2-12 ヒノキ（黒色）の落葉の GC/MS クロマトグラム

第3章 土壌の匂いがヒトの脳波、生理作用に及ぼす影響

3-1 はじめに

ヒトは視覚、聴覚、嗅覚、味覚、触覚などにより外界の情報を捉えている。嗅覚は、鼻から吸い込まれた空気が鼻甲介で攪拌されて、鼻粘膜に入り込んだ匂い物質が、鼻腔に突出した嗅細胞の嗅小毛の受容体と結合すると、嗅細胞が脱分極し活動電位が発生することで伝達される。嗅上皮から出た嗅神経の軸索は、集合して嗅神経となり篩骨の篩板を貫き、一次嗅覚中枢である嗅球の神経細胞とシナプスを形成して、神経細胞の軸索は嗅索を経て視床下部、辺縁系に達している。辺縁系は、海馬傍回、海馬、扁桃体などが含まれており、記憶の処理、感情の創出などの機能を持っている。また、視床下部は自律神経機能の調節などを担っている (Martini et al., 2000)。匂いがヒトに及ぼす効果についてアロマセラピーの分野で多く報告がなされており、非観血的に測定が可能な心拍数、血圧、皮膚温、脳波、唾液アミラーゼなどが自律神経機能の指標として用いられている (森谷ら, 2001; 鈴木・大久保, 2008; 由留木・鈴木, 2012)。また、森林セラピーの分野では、2004年に林野庁が発表した「森林セラピー基地構想」があり、候補森林がセラピー基地として認められる条件の1つには、唾液中ストレスホルモン (コルチゾール)、アミラーゼ、心拍数、心拍変動、血圧などから2つ以上の指標において、都市部との比較による統計的に有意なリラックス効果があることとしている (宮崎, 2009)。

本章では、脳波、そして自律神経機能の指標である心拍数、心拍変動、手指皮膚温、発汗を用いて、土壌の匂いはリラックス効果があるのかを検討した。下記に脳波、自律神経機能 (心拍数、心拍変動、手指皮膚温、発汗) について述べる。

3-2 生理的指標について

3-2-1 脳波

神経細胞の活動は電気現象を伴うものであり、神経細胞の集合体である脳の活動状態も電氣的にとらえられる。その神経細胞の活動で生じる電位の和を頭皮上に貼った電極で記録したものが脳波である。脳波は、てんかんのような特別の状態を除き、脳の全般的な活動状態を示している。通常は 10-20 法に従って頭部に電極を配置し、脳波の成分は周波数によって遅い波から δ 波 (4Hz 以下)、 θ 波 (4~8Hz)、 α 波 (8~13Hz)、 β 波 (13Hz 以上) に分けられている (香山, 1985)。本研究で用いた簡易脳波計 (FM-929、フューテック株式会社製) は、10-20 法の前頭部と左耳朶 (Fp1、Fp2, A1) であり、この計測地点にお

ける各周波数帯域の評価は、 θ 波（4～7Hz、入眠時、浅い眠り）、 α 1 波（8～9Hz、リラックス、ボーっとしている）、 α 2 波（10～11Hz、リラックス、集中）、 α 3 波（11～13Hz、ややリラックス、集中）、 β 波（14～30Hz、普通、緊張状態）に区分されており（田口ら, 2009；原田, 2010；澤口ら, 2012）、本研究の脳波の評価にも用いた。

3-2-2 自律神経系

自律神経の遠心路は、胸腰髄に起始する交感神経系（sympathetic nervous system）と脳幹および仙髄に起始する副交感神経系（parasympathetic nervous system）の二つの系より構成される。交感神経節前繊維は、第1胸髄から第3～4腰髄の脊髓側柱に起始し、脊髓前根、白交通枝を経て交感神経節に達する。交感神経節は脊柱の左右に分節しており、交感神経幹によって上下に連絡している。このほかに腹腔、骨盤腔に無対の交感神経節がある。交感神経節前繊維は、交感神経幹にある神経節あるいは腹腔・骨盤腔にある神経節で節後ニューロンとシナプスを形成し、節後繊維が効果器に達する。交感神経幹でシナプスを形成する場合、節後繊維は種々の交感神経として内臓効果器を支配するルートと、節後繊維は灰白交通枝を経て脊髓神経に入り、脊髓神経支配領域の血管、汗腺、立毛筋を支配するルートがある。交感神経幹でシナプスを形成しない場合、節後線維は腹腔、骨盤腔にある椎前神経節に至り、そこで節後ニューロンにシナプスを形成して、内臓効果器を支配する。例外として副腎髄質は節前ニューロンによって直接支配されている。

副交感神経節前線維は脳幹および第2～4仙髄の脊髓側柱に起始し、末梢効果器の近傍あるいは効果器の壁内にある神経節で節後ニューロンにシナプス連絡し、節後ニューロンが効果器に達する（黒澤, 1985）。

3-2-2-1 心拍数・心拍変動

心臓は、交感神経系および副交感神経系の二重支配を受けている。心臓を支配する交感神経節前ニューロンの細胞体は胸髄 T₁₋₄ の分節に存在している。心臓は、交感神経節後線維から放出されるノルアドレナリンにより心拍増加、心収縮力増加、伝導速度増加の反応を示す。心臓を支配する副交感神経節前ニューロンは延髄の迷走神経背側運動核と疑核から起始しており、節後線維から放出されるアセチルコリンにより心拍減少、心収縮力減少、伝導速度減少の反応を示す。心拍は自律神経系や内分泌系による調整を受けて、体位、運動、精神活動や概日リズムなど、状態に応じて変化しており安静時でも絶え間なく変動を繰り返している。

心拍変動は、R-R 間隔時系列をスペクトル分析することで高周波成分（HF：High Frequency）と低周波成分（LF：Low Frequency）の2つのピークがあり、これらの成分は自律神経遮断薬によりほぼ消失することから、自律神経活動のゆらぎに起源があると考えられている（Hayano et al., 1991）。LF 成分は交感神経機能と副交感神経機能の影響を受けており、HF 成分は副交感神経機能を示し、LF/HF 比は交感神経機能を示していると報告されている（Kobayashi and Musha, 1982）。

3-2-2-2 発汗

汗腺は交感神経の支配をうけるが、アセチルコリン作動性である。他の交感神経と同様にノルアドレナリン作動性であると、発汗時に放出されるノルアドレナリンが近傍の血管を収縮させてしまうため都合が悪いためである（彼末, 1985）。発汗は身体中の皮膚に分布する汗腺から起こる。精神性発汗は感情や認知などの心理的要因によって誘発される発汗であり、手掌、足底に顕著である。これは、手掌部が湿っている方が物体を滑り落としにくいためである（Johansson and Westling, 1984）。また運動前の準備段階で、これからの運動負荷が高いと認識した方がより発汗活動が大きくなると報告されており（Pugh et al., 1966）、発汗活動は認知的、感情的な媒介を受けた運動準備段階を反映していると考えられている（Fredrikson et al., 1998）。温熱性発汗は、体温を下げるための汗であり、手掌と足底以外で起こる。

3-2-2-3 皮膚温

皮膚血管は交感神経の支配をうけており、交感神経の緊張により皮膚血管は収縮し、交感神経の抑制により皮膚血管は拡張する。皮膚血管の拡張は、皮膚血流を増加させて皮膚温を上昇させる。また、生体は約 20℃以下の体温では筋震戦による熱産生が起これ、30℃異様では発汗と蒸散による熱放散が起きるが、室温 25℃前後で無風であるなどの外的環境が変化しない場合には、皮膚温は自律神経系、特に交感神経活動で調節される皮膚血流量によって決定される（濱口, 2010）。本研究の実験時の室温は、皮膚温の変化を交感神経の指標として用いることができる設定とした。

3-3 対象

3-3-1 倫理的配慮

ヘルシンキ宣言を順守し、本研究の目的、研究の内容・方法、プライバシーの保護、身

体面・精神面への配慮、不利益及び危険性に対する配慮、同意しない自由の保障、研究に伴う補償、また、実施責任者への問い合わせ先、写真・動画の取得の可否について口頭と書面で説明をして、研究対象者となることに同意し、同意書に署名を得て実施した。また、食事や珈琲などの摂取は、実験開始3時間以内は控えるように指示した。

本研究は、筑波大学研究倫理委員会の承認（課題番号 第 27-9）を得て行った。

3-3-2 研究対象者

研究対象者の募集は、筑波技術大学で実施した。研究対象者は、本研究の説明を受け同意した12名で、年齢は 24.6 ± 1.8 歳(Mean $\pm$ SD)であった。

対象者は「1回目対照群（土壌の匂いを嗅がない）・2回目刺激群（土壌の匂いを嗅ぐ）」（6枚）、または「1回目刺激群・2回目対照群」（6枚）と記述された12枚のカードを1枚選択し、2つの介入を行い、介入間隔を1日以上あけて行った。実験時間は45分間に設定し、可能な限り各研究対象者の対照群と刺激群の実験開始時間を同時刻に揃えた。

実験が行われた期間は、2015年11月26日～12月5日、午前9時～午後6時15分であった。

3-4 方法

3-4-1 土壌の匂い刺激用試料

匂い刺激に用いた土壌は、2015年11月中旬、筑波大学本部等北駐車場の緑地帯で採取した。植生は、主にシラカシとクヌギであり、スギ、カエデ、クリ等が点在する人工林である。シラカシ、クヌギ、スギの落葉を含む有機物堆積層から表土を含めて約15 cmまでを直径10 cm 高さ15 cm のネジ蓋付瓶に入れ、第2章で供試した匂い刺激用土壌を用いた（図2-2）。

3-4-2 脳波

脳波は、脳波測定器（BrainPro FM-929、FUTEK 社製）を用いて計測した。脳波測定部位は、一般的に用いられている国際10-20法（図3-1）の前額部に位置するFp1、Fp2と左耳朶のA1に脳波測定器専用のセンサーバンドを装着した（図3-4）。解析は、脳波解析ソフト（パルラックスプロ、FUTECK 社製）により0.5Hz毎に3～30HzをFFT解析(高速フーリエ変換)した。測定した前額部は瞬きや眼球運動などによるノイズが混入しやすい為、20.0 μ V以上のデータはノイズとして除外した後、各周波数単位の強さ（ μ V）を算出した。

周波数帯は、 θ 波 (4~7.5Hz)、 α 1 波 (8~8.5Hz)、 α 2 波 (9~10.5Hz)、 α 3 波 (11~12.5Hz)、 β 波 (13~30Hz) に振り分け、含有率 (%) を求めた。

3-4-3 心拍数、心拍変動

心拍数および心拍変動は、メモリー心拍計 (LRR-03、GMS 社製)、および心拍ゆらぎリアルタイム解析プログラム (MemCalc/Tarawa、GMS 社製) を用いて測定した。心電図を第 2 誘導で導出し、R-R 間隔を心拍ゆらぎリアルタイム解析プログラムにより、心拍数 (HR)、低周波成分 (LF: Low Frequency; 0.04~0.15Hz)、高周波数成分 (HF: High Frequency; 0.15~0.4Hz)、LF 成分と HF 成分の比率 (LF/HF 比) を解析した。LF/HF 比を交感神経機能、HF を副交感神経機能の指標として用いた (Kobayashi and Musha, 1982)。

3-4-4 手指皮膚温

手指皮膚温度は、医療用サーモグラフィ (JTG-5310、日本電子株式会社) を用いた熱画像により解析した。解析範囲は、皮膚温の変化が観察しやすい第 1 ~ 5 指の背側手指末節骨端部の平均値を、左手と右手に分けて求めた (図 3-2)。実験中の撮影に動作を伴わないようにするため、測定中の研究対象者は坐位で上肢を約 80°屈曲し撮影台に乗せ、手背部をサーモグラフィで撮影する姿勢を保持した。また、上肢に負担が掛らないようにタオルで高さを調整した (図 3-4)。

3-4-5 精神性発汗量、温熱性発汗量

発汗量は、2ヶ所の同時計測が可能な流量補償方式換気カプセルデジタル発汗計 (SKN-2000、西澤電機計器製作所社製) を用いて測定した。左手掌部 (精神性発汗量) と左前腕外側面 (温熱性発汗) にカプセルを装着し (図 3-4)、解析ソフト (SKINOS MOD-002、西澤電機計器製作所社製) を用いて、精神性発汗量と温熱性発汗量の平均値を求めた。

3-4-6 測定手順

本研究では、各研究対象者の対照群と刺激群の実験開始時間を可能な限り同時刻として概日リズムに対する条件を揃えた。また、研究対象者の実験室入室前の行動や環境による自律神経機能を測定することのないように、実験室入室から実験開始までに坐位安静 10 分以上を設定するなど、匂いによる生理的影響を捉えるための測定条件に配慮した。

図 3-3 に測定手順を示した。対照群の測定手順は、心理測定 (Pre.)、安静 5 分間 (Pre.)、

無臭を嗅ぐ 1 分間 (No stim.)、安静 5 分間 (Post 5)、安静 5 分間 (Post 10)、安静 5 分間 (Post 15)、心理測定 (Post) の順とした。刺激群の測定手順は、心理測定 (Pre.)、安静 5 分間 (Pre.)、土壌の匂いを嗅ぐ 1 分間 (stim.)、安静 5 分間 (Post 5)、安静 5 分間 (Post 10)、安静 5 分間 (Post 15)、心理測定 (Post) とした。脳波、心拍数、心拍変動、発汗量の解析は各枠内の平均値を求めた。手指皮膚温は Pre.、(No) Stim.、Post 5、Post 10、Post 15 の各時間枠の終了時点で撮影したサーモグラムの解析結果とした。生理測定中の研究対象者は、閉眼坐位を維持した。

測定時の室内平均気温は $24.4 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 、室内平均湿度は $30.5 \pm 0.5\%$ であった。

3-4-7 刺激方法

研究対象者が土壌の匂いを嗅ぐ際の姿勢変化に伴う生理的影響を抑える必要がある。そのため、実験開始前に土壌を入れた匂い刺激用のネジ付蓋ビン、ビンの口から研究対象者の鼻までの距離を約 10cm にして設置した。匂いの刺激方法は、実験者のネジ蓋の開閉によった。対照群ではネジ蓋を閉めて行い、刺激群では Stim.のみネジ蓋を開けた。対照群、刺激群ともに、首を動かさず、においを嗅ぐように指示した。図 3-4 に測定風景を示した。

3-4-8 統計解析方法

解析結果は平均値±標準偏差で表した。統計解析は 5 時点(Pre.、(No)stim.、Post 5、Post 10、Post 15)を混合モデルによって各群を Fisher (LSD) 多重比較した。2 群間の経時的変化を混合モデルによって二元配置分散分析 (交互作用) した。

3-5 結果および考察

3-5-1 脳波に及ぼす影響

脳波の計測は、1 名データ不良により $n=11$ とした。 θ 波では、対照群は、Pre. $25.9 \pm 5.0\%$ に比べて No stim. $27.6 \pm 5.0\%$ ($p=0.033$) で増加した。刺激群は、Pre. $25.4 \pm 3.8\%$ に比べて Stim. $28.3 \pm 3.9\%$ ($p=0.001$) で増加した。2 群間に交互作用はなかった。 $\alpha 1$ 波は、対照群は、変化がなかった。刺激群は、Pre. $23.3 \pm 5.0\%$ に比べて Stim. $20.6 \pm 3.4\%$ ($p=0.002$) で低下した。2 群間の経時的変化に交互作用はなかった。 $\alpha 2$ 波は、対照群、刺激群は、経時的変化はなかった。2 群間の経時的変化に交互作用はなかった。 $\alpha 3$ 波は、対照群、刺激群は、経時的変化はなかった。2 群間の経時的変化に交互作用はなかった。 β 波は、対照群、刺激群は、経時的変化はなかった。2 群間の経時的変化に交互作用はなかった (表 3-1)。

3-5-2 心拍数 (HR) に及ぼす影響

対照群は、Pre.に対して経時的変化はなかった。刺激群は、Pre. 74.3 ± 1.9 bpm に対して Stim. ($p=0.014$) 72.0 ± 2.0 bpm、Post 15 ($p=0.004$) 71.6 ± 2.3 bpm で低下した。また、交互作用はなかった (表 3-2)。

3-5-3 低周波成分 (LF) に及ぼす影響

対照群、刺激群ともに、Pre.に対して経時的変化はなかった。また交互作用もなかった (表 3-2)。

3-5-4 高周波成分 (HF) に及ぼす影響

対照群は、pre.に対して経時的変化はなかった。刺激群は、Pre. 374.9 msec^2 に対して Stim. ($p=0.014$) 616.2 msec^2 に増加した。交互作用はなかった (表 3-2)。

3-5-5 LF / HF 比に及ぼす影響

対照群は、Pre.に対して Post 5 ($p=0.041$) に比率が増加した。刺激群は、Pre.に対して経時的変化はなかった。交互作用はなかった (表 3-2)。

3-5-6 手指皮膚温に及ぼす影響

対照群、刺激群ともに Pre.に対して経時的変化はなかった (表 3-3)。

3-5-7 精神性発汗量に及ぼす影響

対照群は、Pre. $0.26 \pm 0.09 \text{ ml / min}$ に対して Post 10 ($p=0.045$) $0.32 \pm 0.11 \text{ ml / min}$ 、Post15 ($p=0.003$) 0.36 ± 0.12 で増加した。刺激群は、Pre.に対して経時的変化はなかった (表 3-4)。

3-5-8 温熱性発汗量に及ぼす影響

対照群は、pre. $0.05 \pm 0.02 \text{ ml / min}$ に対して Post 10 ($p=0.031$) $0.08 \pm 0.04 \text{ ml / min}$ 、Post 15 ($p=0.005$) $0.09 \pm 0.04 \text{ ml / min}$ で増加した。刺激群は、Pre. $0.02 \pm 0.01 \text{ ml / min}$ に対して Post15 ($p=0.024$) $0.04 \pm 0.01 \text{ ml / min}$ で増加した (表 3-4)。

3-6 考察

本研究では、無臭と土壌の匂いを嗅いだヒトの前頭部 (Fp1, Fp2) の脳波、心拍数、心拍変動、手指皮膚温、発汗について検討した。脳波では、対照群、刺激群ともに匂いを嗅ぐ動作時 (No stim., Stim.) に θ 波の含有率が増加し、刺激群では $\alpha 1$ 波の含有率が減少した。対照群では、 θ 波以外の周波数帯域に有意な増減は見られなかった。前額面での脳波と意識状態の関係は、 θ 波はまどろみや夢見の状態、 $\alpha 1$ 波は眠い状態、 $\alpha 2$ 波はリラックスしている状態や気分がよいとき、 $\alpha 3$ 波はせかせかした状態、 β 波は俗にストレス波とされており (田口ら, 2009 ; 原田, 2010 ; 澤口ら, 2012)、Klemm (1992) らは、匂いの快不快に関わらず θ 波の増加が起きたことを報告している。本研究では、対照群、刺激群ともに No stim., Stim. の行動条件を揃えるために匂いを嗅ぐように指示しており、無臭を嗅ぐことで θ 波が増加していることから、 θ 波の増加は嗅覚に集中している状態を反映していると考えられた。また、土壌観察が脳波に及ぼす影響を検討した羽生ら (2014) は、土壌の匂いを嗅ぐ動作を含む土壌観察の後に θ 波の減少、 $\alpha 2$ 波の増加を報告している。本研究では、有意差はなかったが、土壌の匂いを嗅いだ後の安静時に $\alpha 2$ 波の増加傾向となり共通した反応がみられた。

自律神経機能では、無臭を嗅いだ対照群の交感神経機能 (LF/HF 比) の増加 (Post 5)、および精神性発汗量 (Post 10, Post 15) が増加しており、無臭を嗅いだ後の安静時に精神的な緊張があったと考えられた。温熱性発汗量は、対照群 (Post 10, Post 15) と刺激群 (Post 15) で有意な増加を示した。温熱性発汗量が対照群、刺激群ともに似た経過で増加したのは、屋外に対して実験室内は気温が高く、Post 10 (実験室入室約 40 分後) あたりから影響が表れたのではないかと推測した。土壌の匂いを嗅いだ刺激群では、匂いを嗅いでいる時 (Stim.) に心拍数が有意に減少し、副交感神経機能 (HF) が有意に増加した。一方、刺激後の安静時 (Post 15) でも心拍数が有意に減少したが、交感神経機能 (LF/HF 比) および副交感神経機能 (HF) に変化はなかった。Masuda and kawamura (2003) は、AChE 阻害剤 (ドネペジル塩酸塩) の投薬前後の 24 時間を心拍数と心拍変動で比較した結果、心拍数の減少および HF、LF/HF 比の減少を報告した。本研究において、刺激群の Post 15 の心拍数減少は、交感神経機能の抑制、副交感神経機能の亢進、およびその両方の機能によるものである。匂い刺激用土壌に含まれる α -Pinene、3-Carene の AChE 阻害作用が Post 15 の心拍数減少に影響したのかについては不明である。

3-7 まとめ

土壌の匂いによるヒトの生理的効果を検討した。匂いを嗅ぐ動作時は、脳波の θ 波が有意に増加したことから、まどろみや夢見の状態であった。

無臭を嗅いだ対照群では、匂いを嗅いだ後、交感神経機能の LF/HF 比の増加 (Post 5)、および精神性発汗量が増加 (Post 10, Post 15) したことから、匂いを嗅いだ後に精神的な緊張があった。土壌の匂いを嗅いだ刺激群では、匂いを嗅いでいる最中 (Stim.) に脳波の θ 波の増加と $\alpha 1$ 波が減少し、心拍数の減少、および副交感神経機能の HF が増加した。また、匂いを嗅いだ後の安静時は、脳波の $\alpha 2$ 波が増加傾向でリラックスした状態となり、Post 15 で心拍数が減少した。したがって、対照群に対して、土壌の匂いを嗅いだ刺激群は、匂いを嗅いでいる最中および、その後の安静時でリラックスしたと考えられる。

表 3-1 脳波の経過 (含有率) (Mean $\pm$ SD, %)

	Pre.	(No) Stim.	Post 5	Post 10	Post 15
対照群					
θ 波	26.3 $\pm$ 4.9	27.5 $\pm$ 4.7 *	26.1 $\pm$ 5.2	25.9 $\pm$ 4.8	26.2 $\pm$ 4.7
α 1 波	23.5 $\pm$ 4.8	22.5 $\pm$ 3.4	23.9 $\pm$ 5.3	23.8 $\pm$ 5.4	23.1 $\pm$ 4.7
α 2 波	22.5 $\pm$ 5.2	21.5 $\pm$ 4.1	22.6 $\pm$ 5.1	22.6 $\pm$ 4.9	22.6 $\pm$ 4.4
α 3 波	16.8 $\pm$ 3.8	17.0 $\pm$ 3.4	16.6 $\pm$ 3.4	16.8 $\pm$ 3.4	17.3 $\pm$ 3.5
β 波	10.9 $\pm$ 2.9	11.5 $\pm$ 2.1	10.8 $\pm$ 2.8	10.9 $\pm$ 3.1	10.8 $\pm$ 2.4
刺激群					
θ 波	25.4 $\pm$ 3.8	28.3 $\pm$ 3.9 **	25.6 $\pm$ 3.6	24.9 $\pm$ 4.3	25.6 $\pm$ 5.3
α 1 波	23.3 $\pm$ 5.0	20.6 $\pm$ 3.4 **	22.7 $\pm$ 5.0	23.6 $\pm$ 5.7	23.1 $\pm$ 5.0
α 2 波	22.4 $\pm$ 4.5	21.3 $\pm$ 3.9	23.1 $\pm$ 4.8	23.5 $\pm$ 5.0	23.5 $\pm$ 4.9
α 3 波	18.0 $\pm$ 4.2	18.3 $\pm$ 3.5	17.7 $\pm$ 3.9	17.0 $\pm$ 3.6	17.0 $\pm$ 3.7
β 波	11.0 $\pm$ 2.1	11.4 $\pm$ 2.1	10.9 $\pm$ 2.2	10.9 $\pm$ 2.4	10.8 $\pm$ 2.3

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, 2 群間の経時的変化を混合モデルによる二元配置分散分析した結果を示す。

表 3-2 心拍数・心拍変動の経過

(Mean $\pm$ SD)

	Pre.	(No) Stim.	Post 5	Post 10	Post 15
対照群					
HR (bpm)	72.0 $\pm$ 10.2	72.7 $\pm$ 6.2	73.9 $\pm$ 8.3	73.8 $\pm$ 8.3	72.8 $\pm$ 7.6
LF(msec ²)	836.5 $\pm$ 126.6	737.3 $\pm$ 136.7	1054.1 $\pm$ 273.5	920.7 $\pm$ 194.3	974.0 $\pm$ 150.3
HF(msec ²)	410.1 $\pm$ 91.5	386.8 $\pm$ 74.3	351.2 $\pm$ 72.1	325.1 $\pm$ 75.7	398.4 $\pm$ 88.7
LF/HF ratio	3.8 $\pm$ 1.0	5.3 $\pm$ 3.0	10.6 $\pm$ 6.7 *	8.2 $\pm$ 3.9	5.5 $\pm$ 2.3
刺激群					
HR (bpm)	74.3 $\pm$ 6.5	72.0 $\pm$ 6.8 *	74.2 $\pm$ 7.1	73.0 $\pm$ 6.3	71.6 $\pm$ 7.8 *
LF(msec ²)	908.6 $\pm$ 157.8	1296.7 $\pm$ 325.4	855.8 $\pm$ 118.2	975.4 $\pm$ 130.6	1081.9 $\pm$ 236.2
HF(msec ²)	374.9 $\pm$ 134.5	616.2 $\pm$ 263.3 *	368.2 $\pm$ 123.0	399.5 $\pm$ 90.5	457.5 $\pm$ 113.9
LF/HF ratio	8.4 $\pm$ 3.7	9.8 $\pm$ 6.3	9.1 $\pm$ 3.7	7.4 $\pm$ 4.0	6.1 $\pm$ 3.1

*p < 0.05, 2 群間の経時的変化を混合モデルによる二元配置分散分析した結果を示す。HR (Heart rate、心拍数)、LF (Low Frequency、交感神経機能+副交感神経機能)、HF (High Frequency、副交感神経機能)、LF/HF 比 (交感神経機能)。

表 3-3 手指皮膚温の経過

(Mean $\pm$ SD, °C)

	Pre.	(No) Stim.	Post 5	Post 10	Post 15
対照群					
右手指	34.40 $\pm$ 0.66	34.38 $\pm$ 0.62	34.27 $\pm$ 0.76	34.22 $\pm$ 0.78	34.15 $\pm$ 0.80
左手指	34.39 $\pm$ 0.86	34.39 $\pm$ 0.75	34.30 $\pm$ 0.91	34.23 $\pm$ 0.90	34.16 $\pm$ 0.85
刺激群					
右手指	34.28 $\pm$ 1.01	34.19 $\pm$ 0.75	34.30 $\pm$ 0.84	34.32 $\pm$ 0.82	34.21 $\pm$ 0.86
左手指	34.30 $\pm$ 1.04	34.24 $\pm$ 0.81	34.28 $\pm$ 0.94	34.34 $\pm$ 0.90	34.20 $\pm$ 0.98

2 群間の経時的変化を混合モデルによる二元配置分散分析した結果を示す。

表 3-4 発汗量の経過

(Mean $\pm$ SD, ml $\cdot$ min⁻¹)

	Pre.	(No) Stim.	Post 5	Post 10	Post 15
対照群					
精神性発汗量	0.26 $\pm$ 0.31	0.28 $\pm$ 0.34	0.29 $\pm$ 0.36	0.32 $\pm$ 0.39 *	0.36 $\pm$ 0.43 *
温熱性発汗量	0.05 $\pm$ 0.06	0.06 $\pm$ 0.09	0.07 $\pm$ 0.11	0.08 $\pm$ 0.13 *	0.09 $\pm$ 0.15 *
刺激群					
精神性発汗量	0.28 $\pm$ 0.32	0.39 $\pm$ 0.37	0.29 $\pm$ 0.38	0.30 $\pm$ 0.41	0.30 $\pm$ 0.44
温熱性発汗量	0.02 $\pm$ 0.02	0.03 $\pm$ 0.03	0.03 $\pm$ 0.03	0.03 $\pm$ 0.03	0.04 $\pm$ 0.04 *

*p < 0.05 , 2 群間の経時的変化を混合モデルによる二元配置分散分析した結果を示す。精神性発汗量（左手掌部）、温熱性発汗量（左前腕外側部）

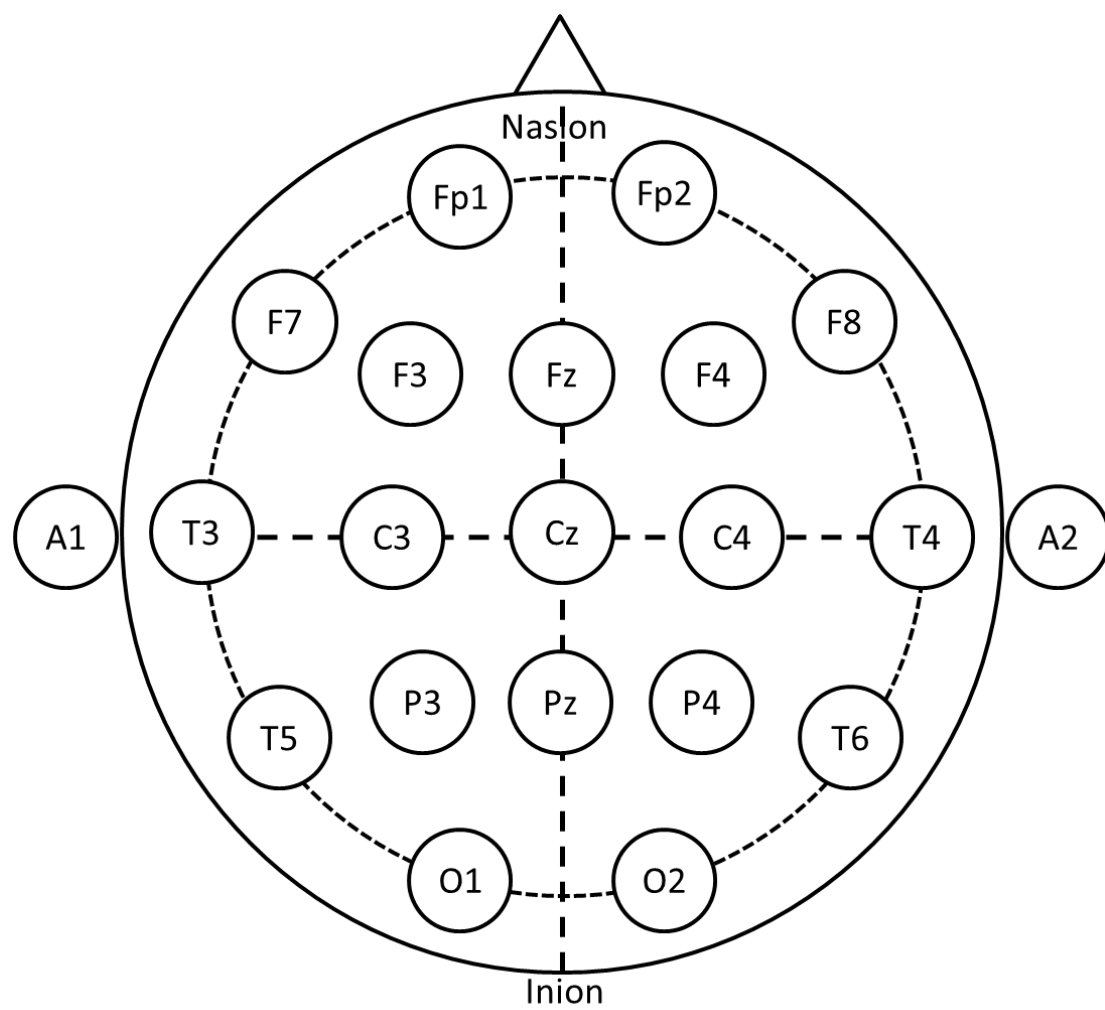


図 3-1 国際 10-20 法 電極位置

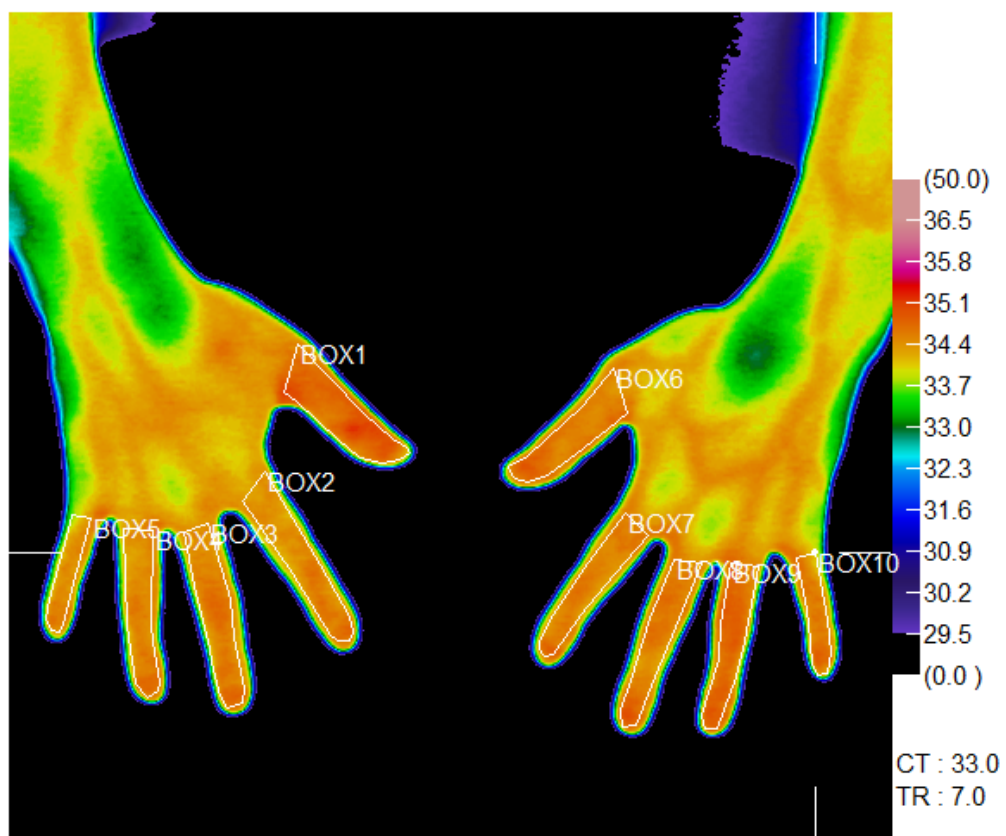


図 3-2 サーマグラムと手指皮膚温解析範囲

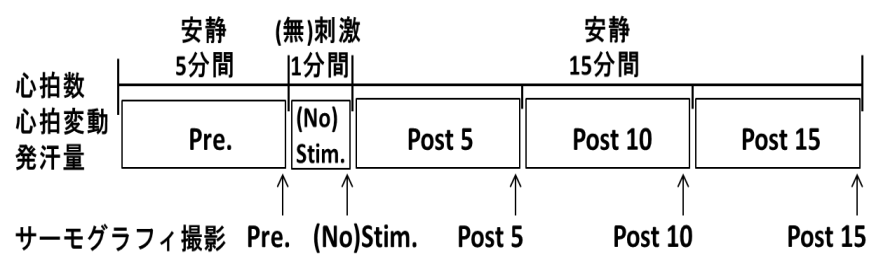


図 3-3 測定手順



図 3-4 測定風景

第4章 土壌の匂いがヒトの心理作用に及ぼす影響

4-1 はじめに

匂い物質と嗅細胞の嗅小毛の受容体との結合による信号は、嗅球から嗅索を経て、視床下部、辺縁系に達している。辺縁系は、海馬傍回、海馬、扁桃体などを含み、記憶の処理、感情の創出などの機能を持つことから、土壌の匂いによる記憶の想起、感情の変化について検討した。土壌の匂いによる感情の評価方法は、精油の匂いによる研究分野であるアロマセラピーの研究で用いられている評価方法を参考にした。アロマセラピーの分野では、POMS (Profile of Mood States)、フェイススケール (Face scale)、STAI (State-Trait Anxiety Inventory)、VAS (Visual analogue scale) などの既存スケールが用いられている。なかでも POMS は最も多く利用されており、また、森林セラピーの分野でも多く用いられている (鈴木・大久保, 2008)。POMS 日本語版は、精神障害 (うつ病、不安障害など) の治療経過、身体疾患をもつ人々の精神面の変化、職場でのスクリーニング、運動やリラクゼーション効果などの測定を目的に作成されている。POMS は、65 項目の質問から 6 つの感情尺度“T-A” (Tension-Anxiety、緊張－不安)、“D” (Depression-Dejection、抑うつ－落込み)、“A-H” (Anger-Hostility、怒り－敵意)、“V” (Vigor、活気)、“F” (Fatigue、疲労)、“C” (Confusion、混乱)、を評価することが可能である。しかし、65 項目による回答は、対象者の負担となるため、30 項目の質問で 6 つの感情尺度を評価できる POMS 短縮版が作成された。これにより、記入時間の短縮、対象者の負担低減となり、簡便に測定できる方法として本研究でも採用した。

VAS は、研究対象者の感覚を測定するための方法であり、臨床や研究に対して有効で信頼できる手段として確立されている (McCormack et al., 1988)。また、痛みだけでなく他の感覚や感情などの評価項目を任意に設定することで、様々な感情について評価することができる。一方、POMS 短縮版は、“活気”以外はネガティブな感情 (“緊張－不安”、“抑うつ－落込み”、“怒り－敵意”、“疲労”、“混乱”) を評価しているため、ポジティブな感情の変化が判りにくい。そこで、VAS の評価項目を快～不快までの 12 項目及び匂いに対する評価 1 項目 (表 4-1) にまとめた。さらに、POMS 短縮版や VAS では拾うことが出来ない具体的な気持ちの変化や記憶の想起について検討するため、自由回答により「土壌の匂いを嗅いだ時のイメージ」として文章でお願いした。

本章では、土壌の匂いや記憶の想起が、感情にどのような影響を及ぼすのかを検討した。

4-2 対象

4-2-1 倫理的配慮

ヘルシンキ宣言を順守し、本研究の目的、研究の内容・方法、プライバシーの保護、身体面・精神面への配慮、不利益及び危険性に対する配慮、同意しない自由の保障、研究に伴う補償、また、実施責任者への問い合わせ先、写真・動画の取得の可否について口頭と書面で説明をして、研究対象者となることに同意し、同意書に署名を得て実施した。また、食事や珈琲などの摂取は、自律神経機能に影響を及ぼすことから実験開始3時間以内は控えるように指示した。

本研究は、筑波大学研究倫理委員会の承認（課題番号 第 27-9）を得て行った。

4-2-2 研究対象者

研究対象者の募集は、筑波技術大学で実施した。研究対象者は、本研究の説明を受け同意した 12 名で、年齢は 24.6 ± 1.8 歳であった。

対象者は「1 回目対照群（土壌の匂いを嗅がない）・2 回目刺激群（土壌の匂いを嗅ぐ）」（6 枚）、または「1 回目刺激群・2 回目対照群」（6 枚）と記述された 12 枚のカードを 1 枚選択し、2 つの介入を行い、介入間隔を 1 日以上あけて行った。実験時間は 45 分間に設定し、可能な限り各研究対象者の対照群と刺激群の実験開始時間を同時刻に揃えた。

実験が行われた期間は、2015 年 11 月 26 日～12 月 5 日、午前 9 時～午後 6 時 15 分であった。

4-3 方法

4-3-1 土壌の匂い刺激用試料

匂い刺激に用いた土壌は、2015 年 11 月中旬、筑波大学本部等北駐車場の緑地帯で採取した。植生は、主にシラカシとクヌギであり、スギ、カエデ、クリ等が点在する人工林である。シラカシ、クヌギ、スギの落葉を含む有機物堆積層から表土を含めて約 15 cm までを直径 10 cm 高さ 15 cm のネジ蓋付瓶に入れ、第 2 章で供試した匂い刺激用土壌を用いた（図 2-2）。

4-3-2 POMS 短縮版

POMS 短縮版（図 4-1）は、30 項目の各質問に対して 5 段階評価で回答する。質問は過去 1 週間の気分について尋ねるため、研究対象者は、実験前（Pre.）では過去 1 週間の気分

について回答し、実験後（Post）では現時点の気分について回答した。6つの感情尺度を T 得点で評価した。6つの感情尺度は以下の意味を表している。

“緊張－不安”：緊張および不安感。

“抑うつ－落込み”：自信喪失感を伴った抑うつ感。

“怒り－敵意”：怒りと敵意。

“活気”：元気さ、躍動感ないし活力。他の5つの尺度と負の相関が認められる。

“疲労”：意欲や活力の低下・疲労感。

“混乱”：思考力低下・当惑。

4-3-3 VAS (Visual Analogue Scale)

VAS は、線分(100 mm)上の左端(0 mm)を全くない状態、右端(100 mm)を想像できる最大の状態をとって、感情の程度を線分上にチェックを入れ、左端からチェックまでの距離 (mm) の値で各項目を数値化した (図 4-2)。VAS の項目は、対照群は感情の 12 項目、刺激群は土壌の匂いに対する項目 (好ましい) を追加し 13 項目とした(表 4-1)。VAS の質問は、Pre.では記入時の感情を評価し、Post では匂いを嗅いだ時の感情を含めた評価をして頂いた。

4-3-4 自由回答

刺激群の心理的評価の最後に、「土壌の匂いのイメージ」について、土壌の匂いを嗅いだ時に感じたことがあれば、その内容を自由に記入してもらった。ただし、このような質問項目について事前に研究対象者に知らせた場合、匂いを嗅ぐ最中に答えを考えてしまう可能性があるため、自由回答については研究対象者には事前に知らせておらず、また、対照群は自由回答を実施していない。自由回答は、無回答も可ということをお願いした。

4-4 測定手順

対照群の測定手順は、心理測定 Pre. (POMS 短縮版、VAS)、安静 5 分間、無臭を嗅ぐ 1 分間、安静 15 分間、心理測定 Post (POMS 短縮版、VAS) とした。刺激群の測定手順は、心理測定 Pre. (POMS 短縮版、VAS)、安静 5 分間、土壌の匂いを嗅ぐ 1 分間、安静 15 分間、心理測定 Post (POMS 短縮版、VAS、自由回答) とした。

測定時の室内平均気温は $24.4 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 、室内平均湿度は $30.5 \pm 0.5\%$ であった。

4-5 統計解析方法

POMS、VAS の解析結果は平均値±標準偏差で表した。統計解析は、Wilcoxon の符号付き順位検定を用いた。

4-6 結果

4-6-1 POMS 短縮版 (Profile of Mood States)

対照群は、“緊張－不安”が Pre. 41.5 ± 2.5 点に対し Post ($p=0.017$) 38.9 ± 2.1 点、“活気”が Pre. 37.7 ± 2.1 点に対し Post ($p=0.026$) 34.8 ± 1.5 点で有意に減少した (表 4-2)。

刺激群は、“緊張－不安”が Pre. 45.4 ± 4.2 点に対し Post ($p=0.017$) 38.1 ± 2.0 点、“怒り－敵意”が Pre. 41.5 ± 1.2 点に対し Post ($p=0.011$) 38.2 ± 0.5 点、“混乱”が Pre. 54.3 ± 4.0 点に対し Post ($p=0.018$) 47.6 ± 2.5 点で有意に減少した (表 4-2)。

4-6-2 VAS (Visual Analogue Scale)

対照群は、“興奮する”が Pre. 26.0 ± 6.0 mm に対し Post ($p=0.009$) 19.7 ± 6.2 mm、“わくわくする”が Pre. 26.2 ± 5.9 mm に対し Post ($p=0.033$) 19.5 ± 6.0 mm で有意に減少した (表 4-3)。

刺激群は、“緊張する”が Pre. 38.3 ± 7.5 mm に対し Post ($p=0.012$) 13.0 ± 4.1 mm で有意に減少し、“心地よい”が Pre. 33.5 ± 6.3 mm に対し Post ($p=0.050$) 44.8 ± 6.3 mm、“リラックスする”が Pre. 36.9 ± 6.7 mm に対し Post ($p=0.041$) 52.7 ± 4.6 mm、“癒される”が Pre. 25.8 ± 6.7 mm に対し Post ($p=0.038$) 46.2 ± 5.9 mm で有意に増加した (表 4-3)。

4-6-3 自由回答

土壌の匂いのイメージは、土壌の匂いを嗅いだ刺激群の心理測定 Post で自由回答で記入して頂き、11 名から回答を得た (無回答 1 名) (表 4-4)。土壌の匂いに関連した風景 (田畑、森林、公園) や経験 (昆虫採集、遊び) を想起したのは 7 名、「特になし」を取消線で修正し過去の経験 (園芸療法) を記入した者が 1 名、特に何も感じなかったのは 1 名、土壌の匂いの好悪についての回答は 2 名、無回答 1 名であった。

4-7 考察

土壌の匂いを嗅いだ刺激群では、自伝的記憶の想起や関連のある風景などをイメージした研究対象者が半数以上となった。嗅覚による自伝的記憶の想起はプルースト効果といわれ、フランスの文豪、マルセル・プルーストの「失われた時を求めて」の主人公が、紅茶

のマドレーヌの匂いをきっかけとして幼少期のことを思い出す場面から名づけられた。記憶を想起するきっかけには、匂い（嗅覚）や言葉（聴覚）、写真（視覚）などがあるが、プルースト効果である匂いをきっかけとした想起内容は、言葉や写真をきっかけとした内容より古い記憶であり、より強い感情を伴うと報告されている（Herz et al., 2002 ; Willander and Larsson, 2006）。本研究では、土壌の匂いのイメージの回答に、「幼少期」を表す単語が含まれる回答は3例あり、土壌の匂いにはプルースト効果があると考えられる。

匂いを嗅いだ後の感情を評価した VAS (post) は、匂いを嗅いでいる時の感情を含めた評価として測定している。刺激群の Pre.に対する Post の VAS 変化量 (post - pre.) は、匂いに対する好き嫌いが感情に与える影響や、土壌の匂いのイメージに伴う感情、また土壌の匂いに含まれる揮発性物質による影響だと考えられる。まずは、土壌の匂いに対する好き嫌いによる感情の変化について検討した。土壌の匂いに対する好き嫌いの評価である VAS「好ましい（土壌の匂い）」は、 54.6 ± 6.0 mm であった（表 4-3）。VAS「好ましい（土壌の匂い）」と他の VAS 変化量について Pearson の相関分析を行った結果（表 4-5）、「好ましい（土壌の匂い）」は、「抑うつ感」と有意な負の相関 ($r=0.579$, $p=0.049$) を示した。したがって、土壌の匂いの好き嫌いは、「抑うつ感」に影響を及ぼしたが、「緊張する」の減少と「心地よい」「リラックスする」「癒される」の増加には影響しなかった。

しかし、これらの感情の変化は統計的に有意だが、VAS の変化量が何 mm 以上あれば有効と言えるのだろうか。VAS は、痛みの評価でよく用いられるが、七堂・高橋（2012）は、VAS による治療前後の痛みの評価について言及しており、統計的有意性よりも VAS が何 mm 改善したのかが重要だと指摘している。また、Gallagher ら（2001）は、臨床的に有意な急性疼痛の最小変化は、VAS の変化量で 13 mm 以上だと報告している。本研究の対照群では、「興奮する」「わくわくする」が減少した。刺激群では、「緊張する」の減少と「心地よい」「リラックスする」「癒される」が増加した（表 4-3）。これらの感情の Pre.と Post を散布図（図 4-3, 図 4-4）で示し、Pre.に対する Post の変化量について検討した。散布図の Pre.と Post の VAS 値の差が 13 mm 未満のグループを黒丸、Pre.に対して Post の VAS 値が 13 mm 以上高いグループを赤丸、Pre.に対して Post の VAS 値が-13 mm 以下のグループを青丸で表示した。感情の有効な変化を VAS の変化量 13 mm 以上と定義して検討した結果、対照群では、統計的に有意な減少があった「興奮する」では3名が減少した。また、「わくわくする」は4名が減少した（図 4-3）。

刺激群では、匂いに対する嫌い度と相関する「抑うつ感」は1名が増加、3名が減少、8名は変化がなかった。「緊張する」は1名が増加、6名が減少、5名は変化がなかった。

「心地よい」は6名が増加、1名が減少、5名は変化がなかった。「リラックスする」は4名が増加、8名は変化がなかった。「癒される」は6名が増加、6名は変化がなかった（図 4-4）。自由回答で、土壌の匂いにより想起した内容に「幼少期」「カブトムシ」「田畑」「公園」といった共通する内容と VAS の関連性を検討した結果、個人差があり VAS の変化は一致しなかった。しかし、“なにも感じない”、“なんとなく”の単語が含まれていた3名は、共通して VAS の「心地よい」「リラックスする」「癒される」で変化がないグループ（黒丸）であった（図 4-4）。したがって、土壌の匂いによる VAS（「心地よい」「リラックスする」「癒される」）の有効な増加は、記憶の想起に伴う感情によってもたらされたと考えられた。

一方、POMS 短縮版は、“緊張－不安”、“抑うつ－落込み”、“怒り－敵意”、“活気”、“疲労”、“混乱”の感情尺度の判定の目安として、T 得点が 40～60 点の場合「健常」、一つでも 25 点以下や 75 点以上（活気尺度の 75 点以上は除く）の尺度がある場合は、「精神科医などの専門医の受診を考慮」と判断基準が設けられている（横山, 2005）。

“緊張－不安”は、対照群（Pre. 41.5 ± 2.5 点、Post ($p=0.017$) 38.9 ± 2.1 点）、刺激群（Pre. 45.4 ± 4.2 点、Post ($p=0.017$) 38.1 ± 2.0 点）ともに有意に減少した（表 4-2）。対照群の“緊張－不安”減少は、閉眼坐位安静による効果が考えられた。刺激群の“緊張－不安”の減少は、閉眼坐位安静による効果、および土壌の匂いによるイメージに伴う感情による効果と考えられた。“緊張－不安”の質問項目は5項目（気がはりつめる、落ち着かない、不安だ、緊張する、あれこれ心配だ）であり、VAS の「緊張する」と類似している。VAS の「緊張する」は、刺激群（Pre. 38.3 ± 7.5 mm Post ($p=0.012$) 13.0 ± 4.1 mm）で有意に減少したが、対照群（Pre. 19.7 ± 5.4 mm Post 12.1 ± 2.9 mm）では有意な減少はなかった（表 4-3）。VAS と POMS の結果の相違の要因の1つとして、Pre.の値が、測定時の状態（VAS）と過去1週間の状態（POMS）で異なっていることが考えられた。

“怒り－敵意”の刺激群では、Pre. 41.5 ± 1.2 点に対し Post ($p=0.011$) 38.2 ± 0.5 点で有意に減少したが、対照群（Pre. 38.7 ± 0.7 点、Post 38.2 ± 2.4 点）では、Pre.において既に「健常」よりも低い値であった（表 4-2）。また、対照群と刺激群の Pre.比較では、刺激群が有意に高かったことが要因であり、Post では、対照群、刺激群に有意差はなく、「健常」以下の値であったことから、土壌の匂いによる“怒り－敵意”の減少なのかは不明である。

“活気”は、対照群で有意に減少（Pre. 37.7 ± 2.1 点、Post ($p=0.026$) 34.8 ± 1.5 点）しており、Pre.の時点で「健常」以下であったが、更に低下した（表 4-2）。刺激群（Pre. 37.2 ± 1.9 点、Post 37.6 ± 1.8 点）では変化はなかった（表 4-2）。対照群と刺激群の Pre.に差はなく、Post で対照群が有意に低いことから、無臭を1分間嗅いだことによる精神的負荷が、対照

群の“活気”の低下要因だと考えられた。一方で、土壌の匂い、および土壌の匂いのイメージが、1 分間の匂いを嗅ぐ精神的負荷を抑制したとも考えられた。“活気”の質問項目である 5 項目（生き生きする、積極的な気分だ、精力がみなぎる、元気がいっぱいだ、活気がわいてくる）と類似した VAS の項目は、「興奮する」「わくわくする」がある。対照群の VAS「興奮する」「わくわくする」は、有意な減少を示しており POMS の結果と一致した結果となった。匂いを嗅がなかった群で“活気”が下がり、匂いを嗅いだ群で“活気”が下がらなかった既存研究は、佐々木ら（2003）の「スイートオレンジ精油の吸入が人に及ぼす影響」についての報告がある。その実験手順は、コントロール群は 30 分間の暗算負荷、アロマ群は 15 分間の暗算負荷と精油の香りの環境下で 15 分間の暗算負荷を行い、暗算負荷の前後で POMS による評価を行っている。その結果、POMS では、コントロール群で“抑うつ”と“活気”が有意に減少し、アロマ群は“抑うつ”が有意に減少した。この結果について、アロマ群で“活気”が減少しなかったのは、スイートオレンジ精油の主要芳香成分であるモノテルペン炭化水素系の Limonene の影響であり、Limonene のステロイドホルモン様作用によるものと考察している。本研究に用いた匂い刺激用土壌は、GC/MS 分析の結果（第 2 章）、スギ由来の D-Limonene が含まれている。Limonene を主成分とする精油に対して刺激用土壌の Limonene 濃度は低いと考えられるが、本研究の刺激群で“活気”が減少しなかったのは、プルースト効果だけでなく D-Limonene の抗ストレス作用による“活気”の減少抑制も考えられた。

刺激群の“混乱”は、Pre. 54.3 ± 4.0 点に対し Post ($p=0.018$) 47.6 ± 2.5 点で有意に減少したが、対照群（Pre. 49.6 ± 2.9 点、Post 48.2 ± 1.7 点）では有意差はなかった。また、対照群と刺激群の比較では、Pre. では有意に刺激群が高く、post に差はなかった。“混乱”の質問項目は 5 項目（頭が混乱する、考えがまとまらない、とほうに暮れる、物事がてきぱきできる気がする、どうも忘れっぽい）である。これらに類似する VAS の項目はないが、刺激群の“混乱”の減少は、土壌の匂いによる記憶の想起と VAS の「リラックスする」「癒される」の増加により、思考が整理された結果と考えられた。

4-8 まとめ

土壌の匂いにより想起したイメージは、土壌に関連した風景（田畑、森林、公園）や経験（昆虫採集、遊び）であった。また、イメージは無く感情のみが出現した回答もみられた。土壌の匂いによる有意な感情の変化は、「緊張する」の減少、および「心地よい」、「リラックスする」、「癒される」の増加であったが、有効に変化した VAS の項目は個人差があ

り、土壌の匂いに伴う主な感情は個人差があると考えられる。また、これらの感情に対して匂いの好き嫌いは影響しなかった。一方、土壌の匂いに対して、何も感じない場合や漠然としている場合は、感情の有効な変化がなかった。したがって、土壌の匂いによる感情の変化は、想起した記憶に伴う感情の影響を受けた結果だと考えられた。

表 4-1 VAS の質問項目

疲労感	不快感
嫌悪感	抑うつ感
緊張する	興奮する
わくわくする	すっきりする
心地よい	リラックスする
癒される	眠気
好ましい（土壌の匂い）	

表 4-2 実験前後の POMS (T 得点) の変化 (Mean $\pm$ SD)

	対照群		刺激群	
	Pre.	Post	Pre.	Post
緊張—不安	41.5 $\pm$ 8.6	38.9 $\pm$ 7.2 *	45.4 $\pm$ 14.7	38.1 $\pm$ 7.0 *
抑うつ—落込み	43.1 $\pm$ 5.0	42.5 $\pm$ 4.2	47.7 $\pm$ 12.2	42.3 $\pm$ 3.3
怒り—敵意	38.7 $\pm$ 2.5	38.2 $\pm$ 2.4	41.5 $\pm$ 4.2	38.2 $\pm$ 1.8 *
活気	37.7 $\pm$ 7.2	34.8 $\pm$ 5.2 *	37.2 $\pm$ 6.5	37.6 $\pm$ 6.1
疲労	44.1 $\pm$ 9.5	45.1 $\pm$ 9.8	48.2 $\pm$ 10.6	43.5 $\pm$ 11.2
混乱	49.6 $\pm$ 9.9	48.2 $\pm$ 5.9	54.3 $\pm$ 13.9	47.6 $\pm$ 8.6 *

* $p < 0.05$, 刺激前 (Pre.) に対する、匂いを嗅ぐ動作(No) Stim.、刺激後 (Post 5, Post 10, Post 15)、の統計結果 (Wilcoxon の符号付き順位検定) を示す。

表 4-3 実験前後の VAS 値の変化と土壌の匂いの評価 (Mean $\pm$ SD)

	対照群		刺激群	
	Pre.	Post	Pre.	Post
疲労感	23.6 $\pm$ 16.9	31.6 $\pm$ 19.8	43.0 $\pm$ 25.5	33.1 $\pm$ 16.2
不快感	18.1 $\pm$ 15.2	17.5 $\pm$ 14.4	28.1 $\pm$ 25.3	28.9 $\pm$ 27.7
嫌悪感	8.7 $\pm$ 9.4	18.0 $\pm$ 16.2	18.3 $\pm$ 14.7	20.2 $\pm$ 19.7
抑うつ感	9.9 $\pm$ 10.8	8.2 $\pm$ 7.7	19.5 $\pm$ 21.7	15.6 $\pm$ 17.5
緊張する	19.7 $\pm$ 18.7	12.1 $\pm$ 10.1	38.3 $\pm$ 25.9	13.0 $\pm$ 14.1 *
興奮する	26.0 $\pm$ 20.8	19.7 $\pm$ 21.4 *	25.8 $\pm$ 20.6	22.4 $\pm$ 22.7
わくわくする	26.2 $\pm$ 20.6	19.5 $\pm$ 20.7 *	31.3 $\pm$ 18.1	31.7 $\pm$ 22.8
すっきりする	31.8 $\pm$ 20.2	20.3 $\pm$ 19.5	33.4 $\pm$ 21.7	32.8 $\pm$ 19.4
心地よい	29.8 $\pm$ 19.1	26.8 $\pm$ 18.5	33.5 $\pm$ 21.8	44.8 $\pm$ 21.8 *
リラックスする	33.1 $\pm$ 17.6	28.1 $\pm$ 22.1	36.9 $\pm$ 23.3	52.7 $\pm$ 16.1 *
癒される	22.8 $\pm$ 20.3	22.0 $\pm$ 19.7	25.8 $\pm$ 23.3	46.2 $\pm$ 20.5 *
眠気	24.5 $\pm$ 18.3	31.8 $\pm$ 15.9	32.5 $\pm$ 15.2	42.5 $\pm$ 22.5
好ましい (土壌の匂い)				54.6 $\pm$ 6.0

* $p < 0.05$, 刺激前 (Pre.) に対する、匂いを嗅ぐ動作(No) Stim.、刺激後 (Post 5, Post 10, Post 15)、の統計結果 (Wilcoxon の符号付き順位検定) を示す。

表 4-4 土壌の匂いのイメージについて

自由回答結果
小さいころ、山の中カブトムシをとりに行ったこと。
個人としては嫌な感じがなく、どちらかという癒される感じがあった。
幼少期、公園の砂場などで遊んでいたころを想起させるような、なつかしい感じがしました。
なつかしい感じ。子供のころを思い出す。カブトムシ。
特になし 高校のとき園芸療法的なことを行っていた。
田んぼ、実家のまわりを思い出した。
森林のイメージ。
畑の土のような感じ。(実家に田や畑があるので)(以前かいたことがある)
嫌な匂いかなと思っていたけどそれほど嫌ではなかった。
なんとなく公園を思い出した。
特になにも感じていない。
無回答

表 4-5 VAS の土壌の匂い「好ましい（土壌の匂い）」と感情の相関分析結果

r	好ましい（土壌の匂い）
疲労感	-0.112
不快感	-0.399
嫌悪感	-0.386
抑うつ感	-0.579 *
緊張する	-0.262
興奮する	-0.528
わくわくする	-0.023
すっきりする	-0.042
心地よい	-0.197
リラックスする	-0.159
癒される	-0.020
眠気	-0.122

*p < 0.05

実施日 年* 月 日
カタカナで姓と名の間は1文字分あける

氏 名

年 齢 歳 性 別 男 女

*西暦。下2桁で記入してください

この質問紙は、あなたの気分状態をおたずねするものです。
それぞれの質問について、あまり深く考えず、第一印象を大切にして答えてください。

① 回答欄の1～30の各項目について、過去1週間のあいだの気分をあらわすのに、いちばんあてはまるものを、
 0=まったくなかった 1=すこしあった 2=まあまああった
 3=かなりあった 4=非常に多くあった
 の中から1つだけ選び、☐をチェックしてください。
 ② まちがえたときは二本線訂正してください。
 ③ 30項目すべてに答えてください。

- 1 気がはりつめる
- 2 怒る
- 3 ぐったりする
- 4 生き生きする
- 5 頭が混乱する
- 6 落ち着かない
- 7 悲しい
- 8 積極的な気分だ
- 9 ふきげんだ
- 10 精力がみなぎる
- 11 自分はほめられるに値しないと感じる
- 12 不安だ
- 13 疲れた
- 14 めいわくをかけられて困る
- 15 がっかりしてやる気をなくす
- 16 緊張する
- 17 孤独でさびしい
- 18 考えがまとまらない
- 19 へとへとだ
- 20 あれこれ心配だ
- 21 気持ちがちがいで暗い
- 22 だるい
- 23 うんざりだ
- 24 とほうに暮れる
- 25 はげしい怒りを感じる
- 26 物事がきばきでできる気がする
- 27 元気がいっぱいだ
- 28 すぐかとなる
- 29 どうも忘れっぽい
- 30 活気がわいてくる

* 全部記入したか確かめてください

Profile of Moral States - Brief
Japanese Version
POMS™ 短縮版
(日本語版)
発行 株式会社 金沢工業

Copyright © 1991, Douglas M. McNair, Ph.D., Joan Lorr, Ph.D., Leo F. Droppienau, Ph.D., JW F. Heuchtel, Eliu Shalony, under exclusive license to Multi-Health Systems Inc. (MHS). Japanese edition published by Kabushiki Shisha under license from MHS. International copyright in all countries under the Berne Union, Bilateral and Universal Copyright Conventions. All rights reserved. Not to be reproduced in whole or in part, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, photocopying, mechanical, electronic, recording or otherwise, without prior permission in writing from MHS. Applications for written permission should be directed in writing to MHS at 9770 Victoria Park Avenue, Toronto, Ontario M2H 3M6.

54

	好ましい（香り）
	不快感
	わくわくする
	嫌悪感
	すっきりする
	心地よい
	癒される
	リラックスする
	不快感
	興奮する
	抑うつ感
	緊張する
	眠気
	疲労感

図 4-2 VAS の質問用紙

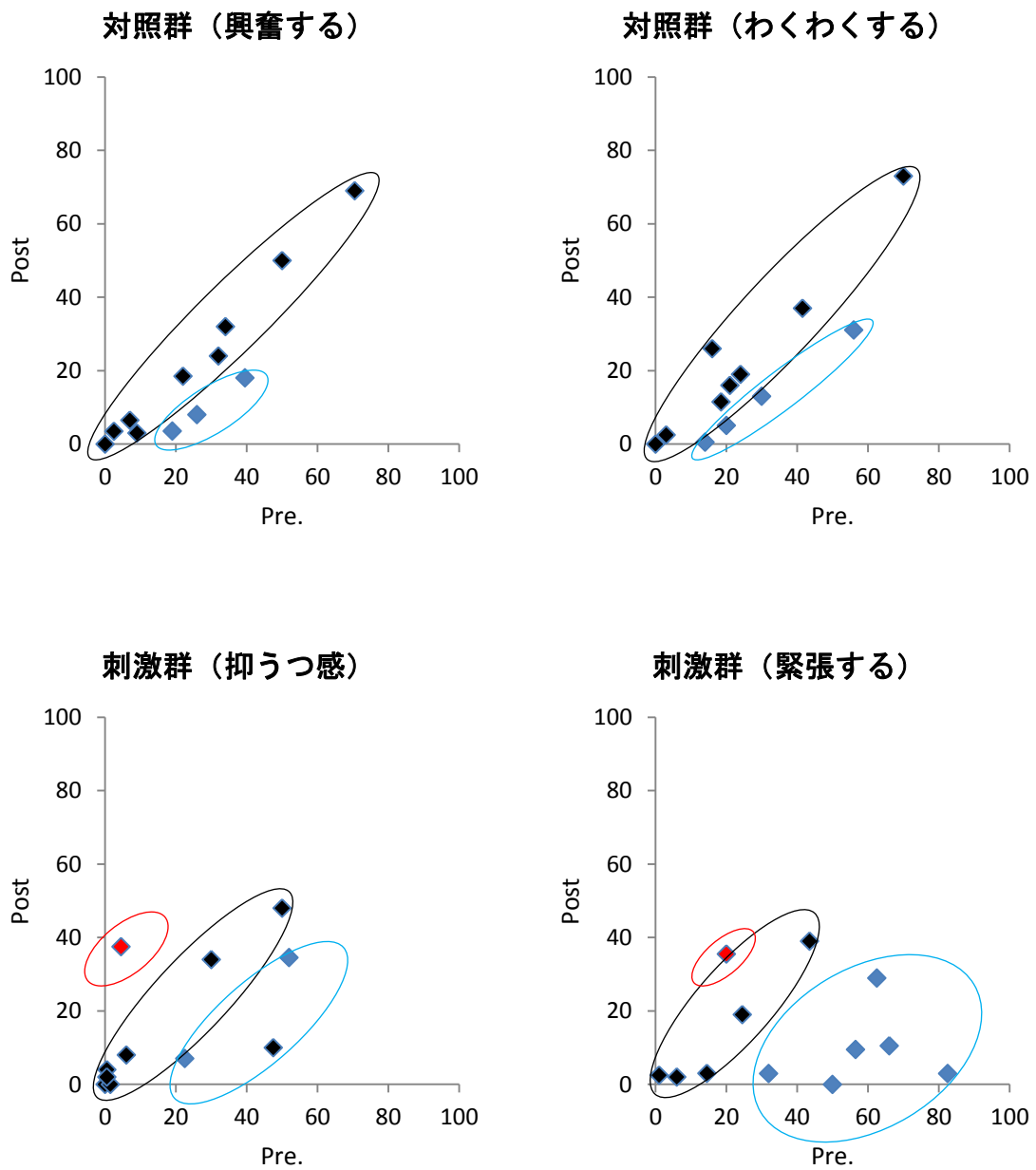


図 4-3 Pre.と Post. の VAS 散布図①

黒丸 (変化なし) : Pre.と Post. の VAS 値の差が 13 mm 未満、赤丸 (増加) : Pre.に対して Post. の VAS 値が 13 mm 以上、青丸 (減少) : Pre.に対して Post. の VAS 値が-13 mm 以下

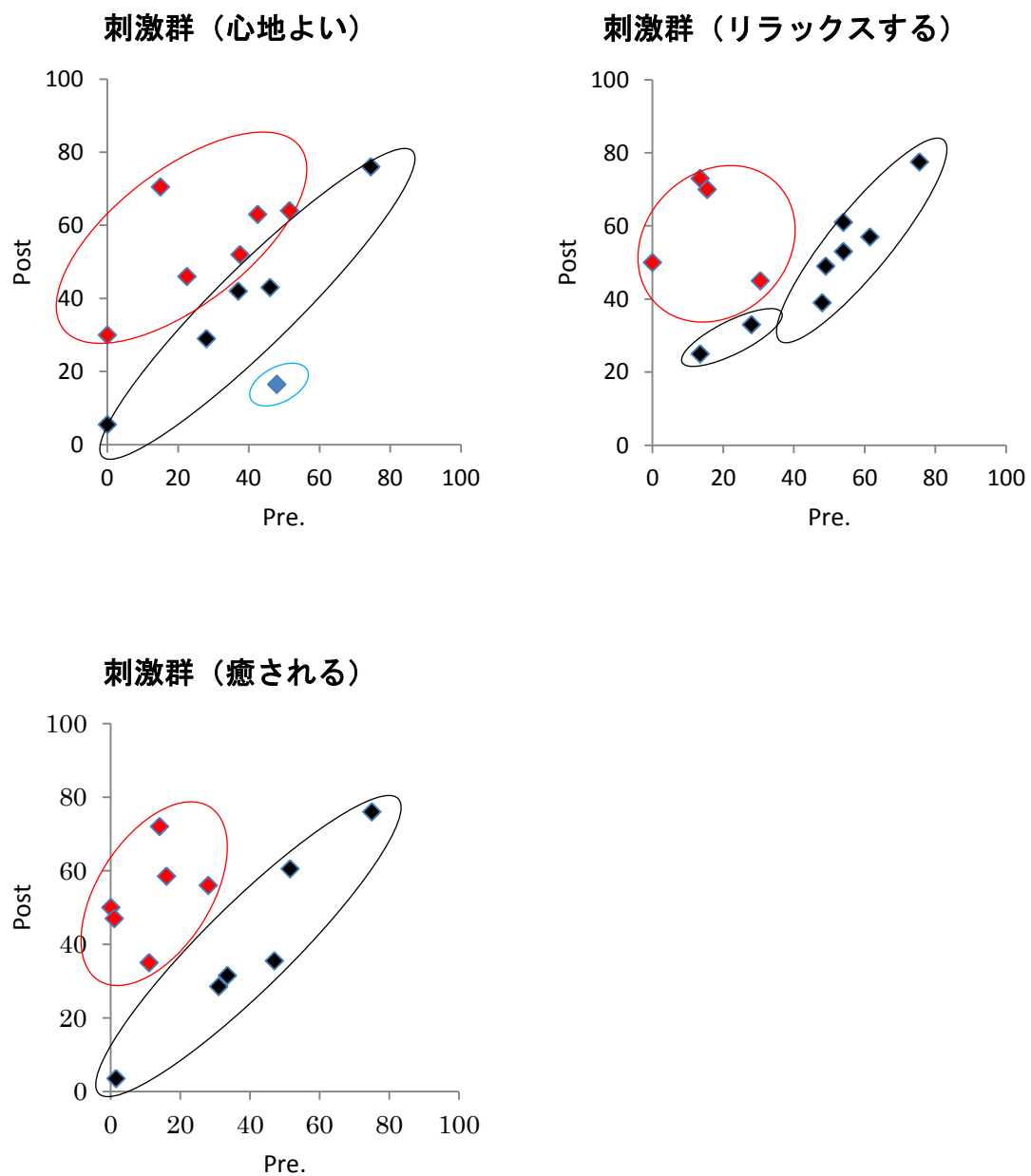


図 4-4 Pre.と Post の VAS 散布図②

黒丸（変化なし）：Pre.と Post の VAS 値の差が 13 mm 未満、赤丸（増加）：Pre.に対して Post の VAS 値が 13 mm 以上、青丸（減少）：Pre.に対して Post の VAS 値が-13 mm 以下

第5章 総合考察

5-1 はじめに

本研究は、土壌と触れ合う土壌観察の中で、土壌の匂いがヒトに及ぼす影響を明らかにすることを目的とした研究である。

第1章では、土壌観察によるリラックス効果について述べるにあたり土壌の機能について適切な指標によってその程度を計量することができる機能と計量し難いアメニティ機能があることについて述べた後、土壌と触れ合う土壌観察の歴史を土壌肥料学会土壌教育委員会の発展の歩みから示した。次いで、土壌断面観察、土壌の可塑性の観察、土壌の匂いを嗅ぐことからなる土壌観察がヒトにリラクセーション効果をもたらすことについて触れ、土壌観察において羽生ら（2014）の研究では、視覚に障害を有する研究協力者と晴眼の研究協力者を対象にした実験で両者の間に差が認められなかったことから、本研究で土壌観察の要素中の土壌の匂いを嗅ぐという効果に着目したことを述べた。また、土壌の匂いあるいは香りが幼児の理想的な教育環境の一つであること（清水，1972）や土の香りが癒しと関連しており（小野，2005）、土壌の香りが幼児や一般の人にリラクセーション効果を与えるという一般的に言われている土壌の香りの効果を述べた。さらに、森林浴の計量し難いと思われていた効果が自律神経機能など生理指標や心理指標を用いて森林浴効果のデータが蓄積されて代替医療とみなされるようになったことやアロマセラピーの発展により代替医療に位置付けられていること、代替医療の現状について述べた。最後に土壌に触れる土壌観察の癒し効果を土壌の匂いに注目した本研究がセラピーとして認知症予防やうつ病の症状の緩和などの代替医療としての意義を有することについて述べた。

第2章では、森林の大気中にある樹木由来の揮発性物質（谷田貝，1993）および生物起源揮発性有機化合物（大田，1985）について整理した。次いで、土壌中の揮発性物質について検討するため、実験で匂いを嗅ぐ用途に用いた落枝落葉を含む供試土壌および、土壌の Oi 層にある針葉樹のスギ、ヒノキの落葉からの揮発性物質をガスクロマトグラフィーで定性分析した。スギの落葉では、緑色、緑茶色、茶色の3種類について分析した結果、緑茶色をピークに揮発している種類（ α -Pinene、Camphene、 β -Pinene、3-Carene、 β -Myrcene、D-Limonene）と緑色をピークに減少する種類（ β -Phellandrene、 γ -Terpinene）の2通りであった。ヒノキの落葉では、緑色、緑茶色、茶色、黒色の4種類について分析した結果、緑茶色をピークに α -Pinene、Camphene、 β -Pinene、 β -Phellandrene、3-Carene、 β -Myrcene、D-Limonene、 γ -Terpinene、p-Cymene、Bornyl acetate、Thujopsene が揮発していることが

分った。揮発量が多い分解過程（緑茶色）にある落葉、および落枝落葉を含めた土壌の匂いを嗅ぐことにより多くのテルペン類が吸引できると考えられた。

第3章では、生理的指標の脳波、自律神経機能、発汗、皮膚温の指標について述べ、これら生理指標を用いた土壌の匂いを嗅ぐ実験から、心拍の低下および副交感神経機能（HF）の増加により生理的にリラックスしたことを示した。4章では、心理的指標の POMS、VAS、および自由回答について述べ、これら心理指標を用いた土壌の匂いを嗅ぐ実験から、「心地よい」、「リラックスする」、「癒される」の増加と、「緊張する」の低下は、自伝的記憶の想起と関連していることを示した。

そこで、生理的リラックス効果と心理的な「心地よい」、「リラックスする」、「癒される」といった効果にはどのような関係があるのか、自伝的記憶の想起による心理的指標の POMS と VAS による感情の変化と、生理的指標の心拍数の低下、副交感神経機能（HF）の増加の関連性について検討した。

5-2 土壌の匂いによるヒトの心理的効果と生理的効果の関連性

匂い物質による嗅神経からの情報は、嗅球、嗅索を通じて、記憶や感情の創出を行う辺縁系や自律神経機能を調節している視床下部に伝達されることを第3章、第4章で述べた。生理的評価では、土壌の匂いを嗅いだ刺激群で、匂いを嗅いでいる時（Stim.）と刺激後の安静時（Post 15）に心拍数が有意に減少した。また副交感神経機能（HF）は、匂いを嗅いでいる時（Stim.）に有意に増加した。タイワンヒノキ材油の揮発成分による嗅覚刺激がもたらす生理的・心理的影響を検討した宮崎ら（1992）は、収縮期血圧の有意な減少を報告した。さらに、森林や木材由来の主要物質である α -Pinene や Limonene 等のテルペン類がもたらす生理的影響について検討した恒次ら（2005）は、収縮期血圧の低下を報告している。収縮期血圧の低下は、心拍数の低下と同様に副交感神経の有意性を表し、土壌の匂い刺激同様に鎮静化あるいはリラクセーション効果が示唆されている。心理的評価では、土壌の匂いを嗅いだ刺激群では、POMS の“緊張－不安”、“怒り－敵意”、“混乱”が低下した。そして、VAS の「緊張する」が低下し、「心地よい」、「リラックスする」、「癒される」の数値が増加した。視床下部は、辺縁系、下垂体－分泌系、中脳・下位脳幹部にある間隔神経系、体性運動神経系および自律神経系の中核との間に相互の密接な線維投射を有していることから、生理的变化と心理的变化の結果には関連があると考えられる（図 5-1）。そこで、生理的評価で有意差があった心拍数の Pre.に対する Stim.と Post 15 の変化量、および HF の Pre.に対する Stim.の変化量に対して、心理的評価で有意差があった VAS および

POMS の Pre.に対する Post の変化量について相関分析を行い、心拍数および HF と関連性のある心理的要因を検討した（表 5-1）。その結果、土壌の匂いを嗅いでいる時の心拍数低下量は、「リラックスする」($r=-0.896$)および「癒される」($r=-0.684$)の VAS 値増加量と有意な負の相関を示した（図 5-2, 図 5-3）。また、VAS の「リラックスする」、「癒される」、が 13 mm 以上増加した 3 名の研究対象者は、12 名中で心拍数がより減少しており、自由回答で「何も感じなかった」、「無回答」であった 3 名の研究対象者は、心拍数はほとんど変化がない、または増加していた。以上より、土壌の匂いにより想起されたイメージや感情に含まれるリラックス・癒しの感情が大きい程、生理的なリラックス効果の発現に繋がっており、土壌の匂いを嗅いだ時の心理的・生理的リラックス効果となると考えられた。

5-3 森林セラピーと土壌セラピー

森林セラピーとは、森林等の植物由来の刺激が、生理的リラックス状態をもたらすことにより、免疫能が向上し、病気になりにくい体になるという「非特異的效果」を意味しており、予防医学的見地に立った概念である（宮崎, 2009）。1982 年の林野庁の「森林浴構想」に始まって、リラックス効果の生理的データが蓄積されるに伴い、2004 年に林野庁によって「森林セラピー基地構想」が発表された。森林の景観を眺めたり、森林を歩いた時の生理的・心理的測定によるリラックス効果を根拠として、その他の認定条件をクリアした全国 60 以上の森が、森林セラピー基地として現在認定されている（森林セラピーソサエティ HP., 2017）。森林セラピー基地には、森林セラピーメニューが用意されており、ガイドがついた森林散策、ヨガ、自然観察などによる適度な運動、ティータイムや森林セラピー弁当の食事、温泉浴など、各森林セラピー基地のメニュー内容は多岐にわたる。一方、本研究による土壌セラピーは、土壌の匂いのプルースト効果によるリラックス効果および、落葉から発散されるテルペン類による効果を科学的根拠とした。森林セラピーでは森林空気中のテルペン類を対象とするが、土壌セラピーではテルペン類の発散源であり O 層の分解過程にある匂いを伴う針葉樹の落葉が対象である。森林中の α -Pinene などの濃度は匂い閾値に達していないため匂いとして知覚できないが、匂いを伴う針葉樹の分解過程にある落葉を嗅ぐ土壌セラピーは、テルペン類を含む精油の香りを嗅ぐアロマセラピーに近いと考えられる。また、土壌セラピーは独自の効果として、土壌の匂いのプルースト効果によるリラックス効果があり、嗅神経、海馬、扁桃体、自律神経系への刺激にもなると考えられた。

5-4 土壌観察における土壌の匂い

日本土壌肥料学会土壌教育委員会の実施する土壌観察会での土壌観察では、落ち葉を一枚ずつめくって、落葉落枝の形状が、リター層の表面から生き物や菌糸の影響で徐々に分解されて土に変化していく様子を観察する。また、土壌を手のひらに載せて鼻を近づけてリター層の匂いとその下から現れる土の匂いを嗅ぐことを行う。これらの観察方法は、Hanyu ら（2014）によって自律神経系の生理作用と心理作用を調べた結果、リラクセーション効果があることが明らかにされ、土壌セラピーを提案している。さらに、羽生ら（2014）は、脳波によってヒトへの影響を視覚障害者と晴眼者の研究協力者によって視覚障害者と晴眼者とで脳波の変化の違いを比較した結果、両者の間に差が認められなかった。このことから視覚による影響ではなく嗅覚が影響を受けていることが示唆された。本研究では、この結果を受けて土壌観察の要素の中から土壌の匂いに注目し、心理的作用と生理的作用に及ぼす影響を検討した。本研究により土壌の匂いは、ヒトを心理、生理的にリラックスさせ土壌の匂いを嗅ぐことでプールの効果が起きることがわかった。土壌からも様々なテルペン類が発散しており、身体に影響を及ぼしていることがわかった。

5-5 土壌中の揮発性物質

森林浴が生体に及ぼす生理学的効果の研究で森林浴のリラクセーション効果について高齢者を対象として検討した近藤ら（2011）は、森林内のフィトンチッドをガスクロマトグラフィー質量分析法で測定した結果 α -Pinene、 β -Pinene、Limonene の樹木由来のフィトンチッドを 3 種類検出し、それらフィトンチッドが森林浴効果として交感神経活動抑制を伴う精神安定化作用が確認されたことを述べた。さらに、森林中の空気を分析すると 100 種類を超えるフィトンチッドが検出され、多くの森において α -Pinene と Limonene が主成分として存在しており、屋内の人工気候室における α -Pinene と Limonene の単独吸入実験では最高血圧の低下が報告されている（恒次ら，2009）。本研究でも、実験用供試土壌において、 α -Pinene、3-Carene、 β -Myrcene、D-Limonene が検出された。また、自律神経機能と感情尺度に着目したヒノキ浴槽の入浴に伴うリラックス効果を検討した森ら（2017）は、主観的感情尺度と VAS による感情尺度評価から「快感情」の促進効果と「疲労感」の軽減効果が示唆されたこと、副交感神経が優位となることを報告した。ヒノキの匂いには α -Pinene が多く含まれることから実験用供試土壌にも同様の効果を期待できることが考えられた。材木由来のにおい成分 α -Pinene が人をリラックスさせることについて研究した Ikei ら（2017）は、人工気候室内で α -Pinene の吸入によって高周波成分が上昇し、心拍数

が低下し、「快適である」と感じたことから生理的リラックス効果をもたらすことを報告している。実験用供試土壌から検出された α -Pinene、D-Limonene は、自律神経機能の副交感神経活動亢進のリラクセーション効果が期待できると考えられる。

5-6 認知症の社会的コスト

認知症は、世界的な無視することのできない課題となっている。2013 年時点では全世界で 4,400 万人とされていた認知症患者数は、2030 年には、7,600 万人、2050 年には 1 億 3,500 万人になると推計されている (The Global Impact Dementia 2013-2050, 2013)。イギリスでは、2014 年の認知症患者数は約 70 万人、社会的コストは 170 億ポンドと推計されており (Prince et al., 2014)、2010 年のアメリカの認知症の社会的コストは、総額で 1,570 億ドル～2,150 億ドルであると推計されている (Hurd et al., 2013)。わが国においても認知症患者数は、2013 年時点で 462 万人、認知症予備軍は 400 万人に上り認知症患者数は今後急速に増加し、2060 年には、850 万人に達すると推計されている (二宮, 2015)。2014 年の日本における認知症コストは 14.5 兆円で、医療費は 1.9 兆円、介護保険費が 6.4 兆円、インフォーマルケアコスト (家族や地域住民・ボランティアなどによって行われる相互扶助的な援助) が 6.2 兆円であり、認知症疾患では、医療費よりも介護やインフォーマルケアコストの比重が高い。さらに、認知症の社会的コストの将来推計では、2015 年に 15 兆 89 億円であるのに対して、2060 年には 24 兆 2,630 億円になると推計されている (佐渡, 2016)。ちなみに 2016 年の防衛関係費は、4.9 兆円であり、社会的コストの削減の観点からも認知症の予防は重要な課題である。

5-7 嗅神経への刺激による認知症予防

認知症は脳の神経細胞死という病態によって記憶障害、見当識障害、実行機能障害などの本来の病態をきたす。これを中核症状という。一方、中核症状によって徘徊、暴言・暴力、妄想、不安、興奮、焦燥などの周辺症状 (認知症に伴う行動障害と精神症状) が誘発される。現在、認知症 (Alzheimer's disease : AD) 治療薬は、4 剤あるが、これらは一定期間進行を遅らせる効果があるものの、認知機能低下速度が認知症の自然経過とほとんど変わらないため、症状改善薬としての位置づけに留まっており、未だ根本治療薬の開発には至っていない。これら認知症患者に対してアロマセラピーは、周辺症状、特に不穏や興奮を改善して QOL (Quality of Life) や ADL (Activities of daily living) の改善を目的に用いられてきた。一方、AD 患者では、物忘れや認知機能障害などの症状に先行して嗅覚

障害が起こることが報告されている (Rezek, 1987; Peters et al., 2003)。また、嗅球の神経細胞は再生能が高く、受け取った嗅覚刺激は記憶を司る海馬にダイレクトに伝えられる。そこで、海馬の委縮より前に嗅神経の機能が低下するという特性を捉えて匂いで嗅神経を刺激して認知症を予防するということから、嗅覚を刺激する手段としてアロマセラピーの可能性が期待されている (谷口・浦上, 2014)。このことから、土壌の匂い刺激についても嗅覚を刺激する手段として十分期待でき、土壌観察の土壌の匂いは、嗅神経を刺激して認知症を予防することが考えられる。

5-8 匂いと回想法

人間は高齢になり死が近づくにつれて、過去を回想する頻度が高まる。これは、高齢者が自らの歩んできた人生を振り返り、整理してその意図を模索しようとする自然で普遍的な過程 (natural universal occurrence) であると意味づけられている (Butler, 1963)。回想法とは、高齢者の過去の回想に専門家が共感的受容的姿勢をもって意図的に介入し、支持する技法とされている。わが国では、高齢者や認知症高齢者の有効なケアアプローチとされ、近年、さまざまな報告や研究がなされている (田高ら, 2005)。高齢者が生活の中で惹起される回想が生じる刺激を検討した Hanaoka ら (2015) は、匂い刺激に対する回想経験を有する者ほど、肯定的な回想をおこなう傾向があることを述べ、会話のみによって回想法を実践するよりも、嗅覚刺激を用いて回想法を実践する方が、抑うつをより軽減する傾向が示されたことを報告した。さらに、嗅覚刺激を用いて回想法を実践する方が、介入期間中に高齢者が想起した過去の記憶が情動を伴って喚起されやすく、それが情動の安定につながる結果、比較的短期間の介入期間中に抑うつを軽減させる傾向に動くことを報告している。土壌の匂いは、若い人々よりも高齢者の記憶と結びついていることが多いと考えられ、これらの回想法に土壌の匂い刺激を用いて実践することの意義は大きいと考える。

5-9 土壌と触れ合う土壌セラピーの提案と代替医療

土壌には、植物生産機能、浄化機能、貯水・透水機能など適切な指標によって計量することができる機能がある。一方で土壌には、安らぎをあたえるような機能があることが一般に知られているものの、適切な指標によって計量することがなされてこなかった。

本研究において、土壌の匂いには、心理・生理的にヒトをリラックスさせる効果があることが明らかになった。そのリラックス効果の要因の1つとして、ブルースト効果が挙げ

られる。土壌に関わった幼少期の感情と土壌の匂いが良好な記憶として結びついていることが条件となるが、プルート効果を持つ土壌セラピーは、アロマセラピーとは異なる効果を持ち合わせている。黒田（2005）は、小学1年生に対して、幼稚園・保育所で好きだった遊びを3つ挙げてもらい集計した結果、土・砂遊びは男子、女子共に好きな遊びであったと報告している。田んぼの田植え前の泥遊びや田植え体験、また、高齢者には馴染み易い園芸療法もまた土壌セラピーに含まれると考えられる。更に、針葉樹の落葉から発散するテルペン類の抗腫瘍作用、アセチルコリンエステラーゼ（AChE）活性阻害による認知症進行抑制、リラックス効果なども土壌の機能であり、テルペン類を発散させている落葉の匂いを土壌の匂いに修飾させることで、プルート効果による懐かしさ、リラックス効果をテルペン類の効果を持たせることもできると考えられる。土壌の匂いは、落葉からのテルペン類などの揮発性物質だけでなく、放線菌や微生物を要因とする揮発性物質の混合物であると考えられる。土壌の匂いがより深みを増す為には、土壌微生物などの多様性が保たれる環境が必要だと考えられる。

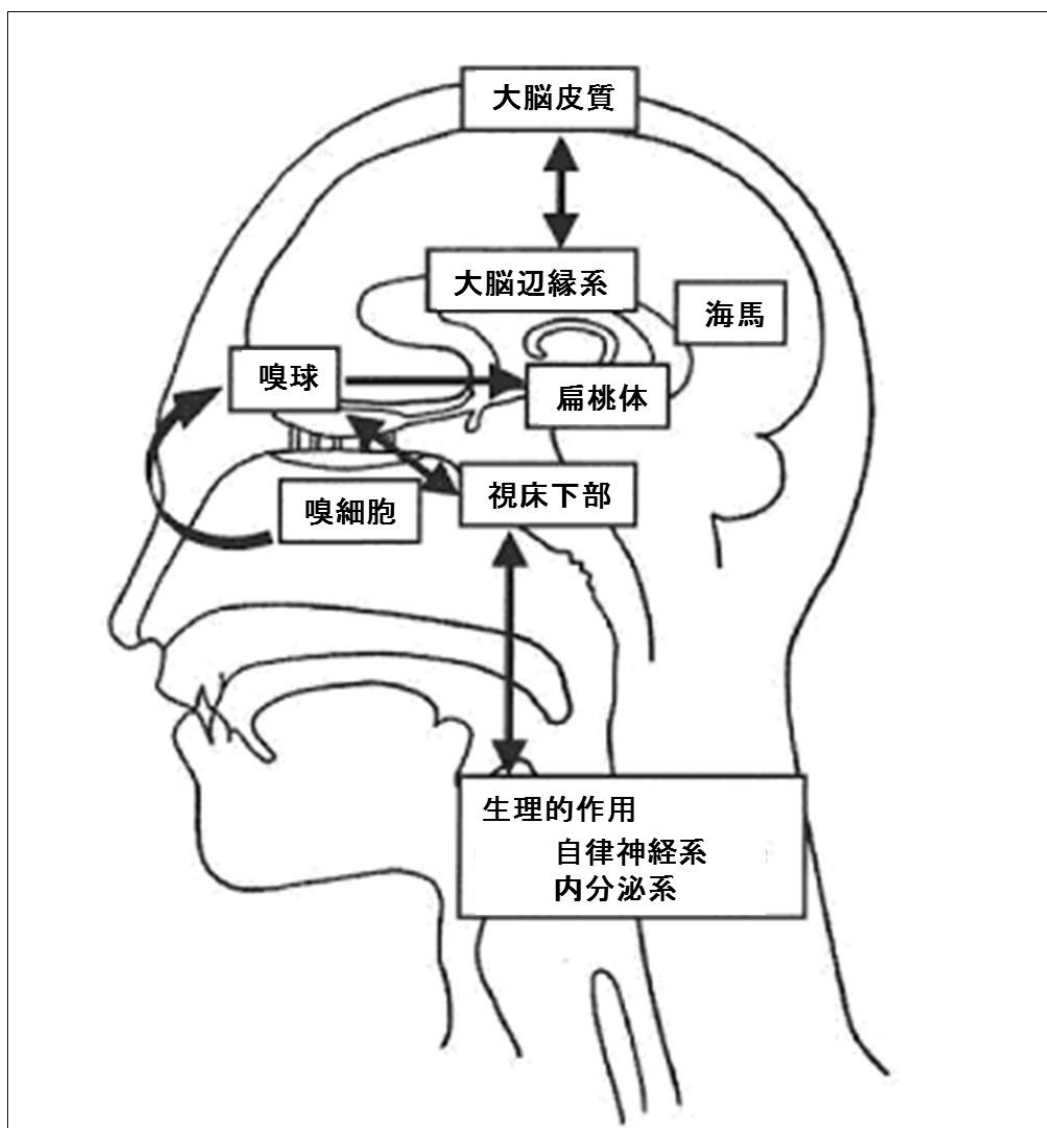
匂いの癒し効果について先頭を行くアロマセラピーは、さまざまな分野において行われている。日本では、エステ（美容療法）など趣味的や家庭で香りを楽しむ肩こりやストレス解消など健康保持を目的とした民間療法としての使い方から看護師が実践するための看護教育、病院でのメディカルアロマセラピーなどがおこなわれて代替医療として取り入れられている（小濱ら，2006）。さらに、医療現場では、看護師が、がん患者や妊産婦に対して、睡眠促進、浮腫の軽減、筋緊張の緩和などの目的でアロマセラピーを使用しており、研究報告もなされている。このようにアロマセラピーが浮腫や不眠等の症状の緩和に有効であることは認知されているが十分な科学的根拠の確立までには至っていない。しかしながら今後の看護分野のアロマセラピーの普及は統合医療や全人的医療の観点からも発展していく可能性が高い（鈴木・大久保，2008）。一方で、森林セラピーは、森林浴などの癒し効果が科学的に検証された「森林浴効果」のことで、すでに定着していた「アロマセラピー」に準じて作られた造語である。森林セラピーソサエティ HP.（2017）によれば、医学的な証拠に裏付けされた森林浴効果のことである。森を楽しみながらこころと身体の健康維持・増進、病気の予防をおこなうことを目指し、健康な人に対しての健康保養効果を期待するものである。身体を動かし、あるいは環境を利用した療法として代替医療に分類されている（今西・今西，2007）。しかしながら、土壌に触れ合うことや土壌の匂いを嗅ぐことの効果について科学的根拠によるデータがほとんどない。

このように一般的には言われてはいるものの、科学的根拠によるリラクセーション効果などが十分に知られておらず、データも少ないため土壌に触れ合う土壌観察は、未だ代替療法としての範疇にはない。土壌と触れ合う土壌観察では、心拍数の減少、副交感神経機能の有意な増加を示した。脳波については、 $\alpha 2$ 波が有意に増加し、ビーズと土壌を観察することとの比較では、土壌観察はビーズ観察よりもリラクセーション効果をもたらすことが期待できた。本研究での土壌の匂いの効果が、リラクセーションをもたらすことが明らかになった結果を踏まえ具体的に認知症予防や回想法として認知症高齢者の有効なケアアプローチとなるなど医療費や介護保険費等の社会的コストの削減など代替医療への大きな期待が寄せられると考えた。これに対する社会への貢献は大きいものとする。

表 5-1 刺激群の心拍数および HF の変化量に対する VAS、POMS の変化量の相関

	心拍数 (HR)		HF
	Stim.－Pre.	Post 15－Pre.	Stim.－Pre.
VAS(Post－Pre.)			
疲労感	0.013	-0.091	0.166
不快感	-0.035	-0.326	-0.090
嫌悪感	0.164	-0.212	-0.201
抑うつ感	-0.120	-0.558	0.076
緊張する	0.049	-0.489	0.263
興奮する	-0.127	-0.571	-0.102
わくわくする	0.588	0.069	-0.059
すっきりする	-0.347	0.145	0.031
心地よい	-0.511	0.077	-0.161
リラックスする	-0.896 *	0.034	-0.225
癒される	-0.684 *	0.166	-0.409
眠気	0.169	0.320	-0.035
POMS(Post－Pre.)			
Tension－Anxiety	-0.138	-0.277	0.280
Anger－Hostility	0.513	0.126	0.154
Confusion	0.355	0.052	0.349

* $p < 0.05$, Pearson の相関分析の結果を示す。



香りの科学はどこまで解明されたか（青島, 2007）より引用一部改変

図 5-1 嗅覚計からの効果

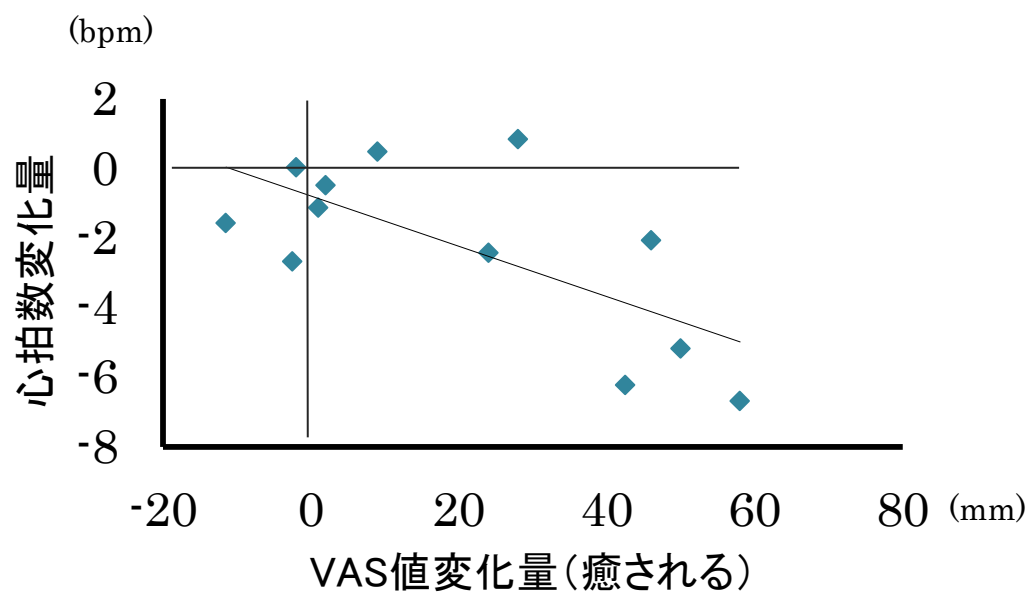


図 5-2 心拍数の変化量と VAS「癒される」の変化量の散布図

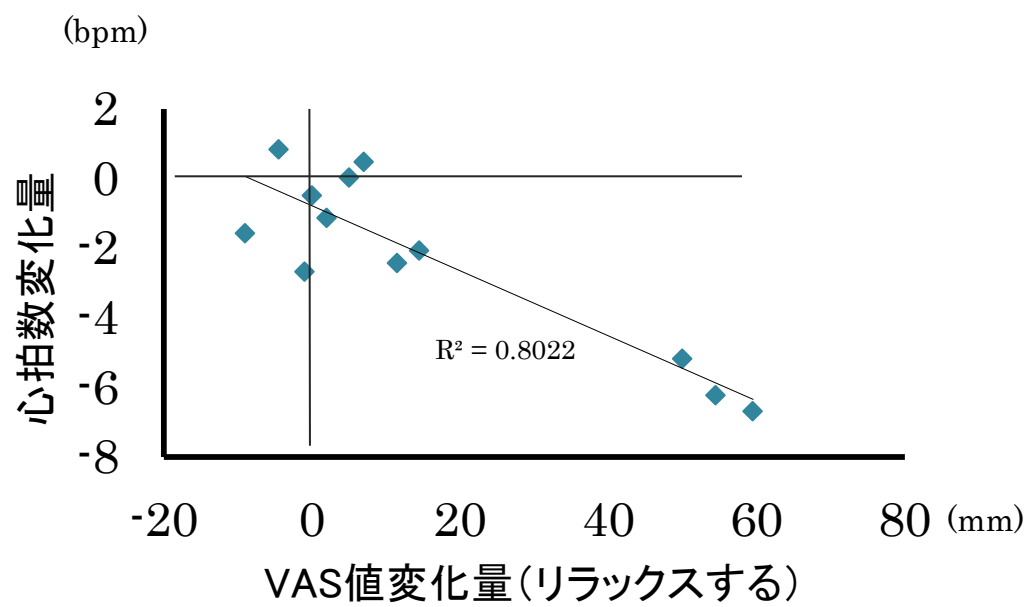


図 5-3 心拍数の変化量と VAS「リラックスする」の変化量の散布図

謝辞

本研究を行うにあたり、筑波大学生命環境系の田村憲司教授には、入学時から今日にいたるまでご指導ご鞭撻を賜りました。心より感謝申し上げます。筑波大学生命環境系の上條隆志教授には投稿論文、論文執筆についてのご指導を賜りました。心より感謝申し上げます。筑波大学生命環境系の山路恵子准教授にはガスクロマトグラフィーの分析について親切なご助言を頂きました。心より感謝申し上げます。筑波技術大学大学院の森 英俊教授には、実験方法や解析方法についてご教授を賜りました。また常日頃、懇切なご指導と温かい御激励を賜りました。ここに厚く感謝申し上げます。筑波大学生命環境系の浅野眞希氏には、土壌空気の採取法などのご指導を賜りました。心より感謝申し上げます。研究基盤総合センター分析部門の権田賢一氏には、ガスクロマトグラフィーの操作や分析方法について親切なご指導を賜りました。心より感謝申し上げます。筑波大学生命環境系研究員の羽生一予氏には、論文執筆に関して細部に至るまで熱心なご指導を賜り、貴重なご助言や温かい御激励を賜りました。心より感謝申し上げます。また、土壌環境化学研究室の皆様方には、温かい御助言、御心遣いを頂きました。また、研究対象者として快く引き受けて下さりました。心より感謝申し上げます。本研究は、以上の方々のご指導、ご協力によって行われました。皆様、ありがとうございました。

引用文献

- 渥美和彦（2003）補完・代替医療相補・代替医療の現状と将来. 臨床検査, 47, 707-714.
- 青島均（2007）香りの科学はどこまで解明されたかーアロマセラピー・森林浴・嗜好飲料ー.p.7, フレグランスジャーナル社, 東京.
- Butler, R. N.(1963) The life review; An interpretation of reminiscence in the aged. *Psychiatry*, 26, 65-76.
- Crowell, P. L. (1999) Prevention and Therapy of Cancer by Dietary Monoterpenes. *The Journal of Nutrition*, 129, 775-778.
- 土壤教育委員会 HP. <http://jssspn.jp/edu/> (2017/11/19 viewed)
- Falk, A., Gullstrand, E., Lof, A., Wigaeus-Hjelm, E. (1990) Liquid/air partition coefficients of four terpenes. *British Journal of Industrial Medicine*, 47, 62-64.
- Fredrikson, M., Furmark, T., Olsson, M.T., Fischer, H., Andreassi, J., Langström, B. (1998) Functional neuroanatomical correlates of electrodermal activity: A positron emission tomographic study. *Psychophysiology*, 35, 179-185.
- Gallagher, E. J., Liebman, M., Bijur, P. E.(2001)Prospective validation of clinically important changes in pain severity measured on a visual analog scale. *Annals of Emergency Medicine*, 38, 633-638.
- 濱口眞輔（2010）特集：最近話題の疼痛に関する診断機器と治療機器 サーモグラフィ計測器. *医機学*, 80, 226-233.
- Hanyu, K., Tamura, K., Mori, H. (2014) Changes in Heart Rate Variability and Effects on POMS by Whether or Not Soil Observation Was Performed. *Open Journal of Soil Science*, 4, pp.36-41.
- 羽生一予, 田村憲司, 森澤建行, 森英俊（2014）環境教育における土壌観察がヒトの脳波に及ぼす影響. *日本土壌肥料学会講演要旨集*, 60, 179.
- 原田克彦（2010）整膚の効果ー脳波による検討ー. *日本温泉物理医学会雑誌*, 73, 241-247.
- Hayano, J., Sakakibara, Y., Yamada, A., Yamada, M., Mukai, S., Fujinami, T., Yokoyama, K., Watanabe, Y., Takata, K. (1991) Accuracy of assessment of cardiac vagal tone by heart rate variability in normal subjects. *The American Journal of Cardiology*, 67, 199-204.
- Herz, R. S., Schooler, J. W. (2002) A naturalistic study of autobiographical memories

evoked by olfactory and visual cues: Testing the Proustian hypothesis. *The American Journal of Psychology*, 115, 21-32.

Hanaoka, H., Muraki, T., Ede, J., Yamane, S., Okamura, H. (2015) Reminiscence triggers in community-dwelling older adults in Japan. *British Journal of Occupational Therapy*, 79, 220-227.

ひろしまさとやま未来博 (2017) HP. <https://satoyama-mirai2017.jp/satoyamacalendar/> (2017/10/15 viewed)

Hurd M. D., Martorell, P., Delavande, A., Mullen, K. J., Langa, K. M. (2013) Monetary costs of dementia in the United States. *The New England Journal of Medicine*, 368, 1326-1334.

Ikei, H., Song, C., Miyazaki, Y. (2017) Effects of olfactory stimulation by α -pinene on autonomic nervous activity. *Journal of Wood Science*, 62, 568-572.

今西二郎 (2004) メディカル・アロマセラピー. *日本補完代替医療学会誌*, 1, 53-61.

今西純一, 今西二郎 (2007) 補完・代替医療としての緑地環境の利用. *環境情報科学*, 35, 31-36.

Johansson, R. S., Westling, G. (1984) Roles of glabrous skin receptors and sensorimotor memory in automatic control of precision grip when lifting rougher or more slippery objects. *Experimental Brain Research*, 71, 72-86.

彼末一之 (1985) 13 章 環境と生体 II. 体温とその調節『標準生理学 第 6 版』(小澤瀨司, 福田康一郎, 本間研一, 大森治紀, 大橋俊夫編) .p.834, 医学書院, 東京.

香山雪彦 (1985) 7 章 総合機能 A. 大脳皮質活動とその調節『標準生理学 第 6 版』(小澤瀨司, 福田康一郎, 本間研一, 大森治紀, 大橋俊夫編) .p.452, 医学書院, 東京.

北田志郎 (2015) 補完代替医療 (CAM)『在宅医療テキスト第 3 版』(平原佐斗司編) . 益財団法人 在宅医療助成 勇美記念財団 , 114-115.
<http://www.zaitakuiryo-yuumizaidan.com/docs/text/text.pdf> (2017/10/10 viewed)

Klemm, W. R., Lutes, S. D., Hendrix, D. V., Stephen Warrenburg (1992) Topographical EEG maps of human responses to odors. *Chemical Senses*, 17, 347-361.

Kobayashi, M., Musha, T. (1982) 1/f Fluctuation of Heartbeat Period. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 29, 456-457.

小濱裕子, 荒木こずえ, 島田祥子, 藤村真希子, 赤坂憲子, 森末真理 (2006) 看護基礎教育における代替療法の活用に関する一考察ーメディカルアロマセラピーを中心としてー.

川崎市立看護短期大学紀要, 11, 61-68.

近藤照彦, 武田淳史, 小林 功, 谷田貝光克 (2011) 森林浴が生体に及ぼす生理学的効果の研究. 日本温泉気候物理医学会雑誌, 74, 169-177.

近藤照彦, 武田淳史, 武田信彬, 下村洋之助, 谷田貝光克, 小林 功, 関 耕二, 福村幸仁, 村上正巳, 山口貴史, 富岡 淳 (2007) 森林浴効果の生理学的研究: 川場村における癒しと健康効果の検討. 群馬パース大学紀要, 4, 435-442.

小坂橋喜久代 (2006) 補完代替医療における看護療法の位置づけと課題. 看護研究, 39, 449-456.

厚生労働省 (2013) 「統合医療」のあり方に関する検討会(平成 25 年 2 月)
<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000002uxac-att/2r9852000002uxf3.pdf>

(2018/2/5 viewed)

小山泰弘 (2007) 長野県の森林における森林浴の効果. 長野県林業総合センター研究報告, 22, 63-84.

黒田茂男 (2005) 幼児期から児童期への滑らかな接続を図る生活科の単元構成. 教育実践研究, 15, 73-78.

黒澤美枝子 (1985) 6 章 自律機能と本能行動 I. 自律神経系『標準生理学 第 6 版』(小澤 澣司, 福田康一郎, 本間研一, 大森治紀, 大橋俊夫編). pp.406-408, 医学書院, 東京.

Kusaka, Y., Morimoto, K. (1992) Dose Lifestyle Modulate Natural Killer Cell Activities? Japanese Journal of Hygiene, 46, 1035-1042.

Kusuhara, M., Urakami, K., Masuda, Y., Zangiacomi, V., Ishii, H., Tai, S., Maruyama, K., Yamaguchi, K. (2012) Fragrant environment with α -pinene decreases tumor growth in mice. Biomedical Research, 33, 57-61.

Li, Q., Kawada, T. (2014) Possibility of Clinical Applications of Forest Medicine. Japanese Journal of Hygiene, 69, 117-121.

Martini, F. H., Timmons, M. J., McKinley, M. P. (2000) 『人体解剖学 構造と機能: ミクロからマクロまで』(井上貴央ら 訳). p.312, 西村書店, 東京.

Masuda, Y., Kawamura, A. (2003) Acetylcholinesterase Inhibitor (Donepezil Hydrochloride) Reduces Heart Rate Variability. Journal of Cardiovascular Pharmacology, 41, 67-71.

Matsubara, E., Fukagawa, M., Okamoto, T., Ohnuki, K., Shimizu, K., Kondo, R. (2011) (-)-Bornyl acetate induces autonomic relaxation and reduces arousal level after visual

display terminal work without any influences of task performance in low-dose condition. Biomedical Research, 32, 151-157.

松井 健（1993a）地史における土壌圏の発生 発展と，その生物環境保全機能について. Journal of Geography, 102, 723.

McCormack, H. M., Horne, D. J., Sheather, S. (1988) Clinical applications of visual analogue scales : a critical review. Psychological Medicine, 18, 1007-1019.

宮崎良文（2009）第1部これからの森林医学 2.森林浴から森林医学へ『森林医学Ⅱ－環境と人間の健康科学－』（大井 玄，宮崎良文，平野秀樹編）.p.23-32，朝倉書店，東京.

宮崎良文，本橋 豊，小林茂男（1992）精油の吸入による気分の変化（第2報）－血圧・脈拍・R-R 間隔・作業能率・官能評価・感情プロフィール検査に及ぼす影響－. 木材学会誌, 38, 909-913.

Miyazawa, M., Yamafuji, C. (2005) Inhibition Acetylcholinesterase Activity by Bicyclic Monoterpenoids. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53, 1765-1768.

森谷 紉，小田史朗，中村裕美，矢野悦子，角田英男（2001）カモミール茶摂取による自律神経機能と感情指標の変化：青年男性における検討. バイオフィードバック研究, 28, 62-70.

森 康則，犬飼健自，一色 博，今井奈妙（2017）自律神経機能と感情尺度に着目したヒノキ浴槽の入浴に伴うリラックス効果. 日本温泉気候物理医学会雑誌, 80, 66-72.

永田好男，竹内教文（1990）三点比較式臭袋法による臭気物質の閾値測定結果. 日本環境衛生センター所報, 17, 77-89.

中村正雄，住友和弘，阿久津弘明，福山秀青，山村祐司，久木田新，佐藤孔亮，長内 忍，船越 洋，長谷部直幸（2014）針葉樹林の香りは容易にヒトへ移行する. AROMA RESEARCH, 59, 56-61.

日本アロマセラピー学会（2008）アロマセラピー標準テキスト基礎編, pp.2-20，丸善，東京.

日本補完代替医療学会 HP. <http://www.jcam-net.jp/info/what.html>(2017/10/10 viewed)

二宮利治（2015）日本における認知症高齢者人口の将来推計に関する研究. 平成 26 年度 総括・分担研究報告書，厚生労働科学研究成果データベース閲覧システム. <https://mhlw-grants.niph.go.jp/niph/search/NIDD00.do?resrchNum=201405037A>

(2017/11/21 viewed)

新田紀枝，川端京子（2007）看護における補完代替医療の現状と問題点－ホスピス・緩和ケア病棟に勤務する看護師の補完代替医療の習得と実施に関する調査から－. 日本補完代替医療学会誌, 4, 23-31.

- 帯津良一 (1999) 代替医療とどう付き合うか. ナーシング・トゥデイ, 14, 20-24.
- 小野信一 (2005) 土と人のきずな 土から考える生命・くらし・歴史. pp.149-150, 新風舎, 東京.
- 大平辰郎 (2009) 森林セラピーとフィトンチッド『森林医学Ⅱ－環境と人間の健康科学－』 (大井 玄, 宮崎良文, 平野秀樹編) . pp.172-173, 朝倉書店, 東京.
- 大田啓一 (1985) 森林の大気成分を探る－揮発性有機物の発散とその行方. 化学と生物, 23, 91-98.
- Peters, J. M., Hummel, T., Kratzsch, T., Lötsch, J., Skarke, C., Frölich, L. (2003) Olfactory function in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: An investigation using psychophysical and electrophysiological techniques. American Journal of Psychiatry, 160, 1995-2002.
- Prince, M., Knapp, M., Guerchet, M., McCrone, P., Prina, M., Comas-Herrera, A., Wittenberg, R., Adelaja, B., Hu, B., King, D., Rehill, A., Salimkumar, D. (2014) Dementia UK Update.
https://www.alzheimers.org.uk/download/downloads/id/2323/dementia_uk_update.pdf (2017/11/21 viewed)
- Pugh, L. A., Oldroyd, C. R., Ray, T. S., Clark, M. L. (1966) Muscular effort and electrodermal responses. Journal of Experimental Psychology, 71, 241-248.
- Rezek, D. L. (1987) Olfactory Deficits as a Neurologic Sign in Dementia of the Alzheimer Type. Arch Neurol, 44, 1030-1032.
- 佐渡充洋 (2016) 日本における認知症の社会的コスト－認知症施策立案のための基礎データとして－. dia.or.jp/disperse/dianews/pdf/dianews_no84_06.pdf (2017/11/22 viewed)
- 佐々木裕子, 安田智美, 八塚美樹, 田澤賢次 (2003) スイートオレンジの吸入が生体に及ぼす影響－ストレスアナライザーと POMS を指標として－. 新潟青陵大学紀要, 3, 133-139.
- 澤口勇雄, 平野啓祐, 佐々木一也, 立川史朗 (2012) 森林滞在が青年男子の生理・心理に及ぼす影響. 岩手大学農学部演習林報告, 43, 55-66.
- 七堂利幸, 高橋則人 (2012) VAS が改善すれば臨床的に有効といえるか?. 鍼灸 OSAKA, 28, 91-101.
- 清水さよ子 (1972) 子どもの“その“(ユートピア) 幼児の教育. 日本幼稚園協会, 71, 34-35.
- 森林セラピーソサエティ HP. (2017) <http://www.fo-society.jp/therapy/index.html> (2017/12/4 viewed)

鈴木彩加, 大久保暢子 (2008) 看護分野におけるアロマセラピー研究の現状と課題. 聖路加看護大学紀要, 35, 17-27.

田高悦子, 金川克子, 天津栄子, 佐藤弘美, 酒井郁子, 細川淳子, 高道香織, 伊藤麻美子 (2005) 認知症高齢者に対する回想法の意義と有効性—海外文献を通して—. *Journal of Japan Academy of Gerontological Nursing*, 9, 56-63.

田口寛, 伊藤貴恵, 耳野弘晃 (2009) ストレス解消に関する研究 その1. エッセンシャルオイルが脳波に及ぼす影響. 三重大学大学院生物資源学研究科紀要, 36, 31-38.

谷口美也子, 浦上克哉 (2014) 特集大学発アロマセラピーの今, 第2部各論: 大学におけるアロマセラピーの取り組みとその現状. *aromatopia*, 123, 54-55.

The Global Impact Dementia 2013-2050 (2013)

<https://www.alz.co.uk/research/GlobalImpactDementia2013.pdf> (2017/11/22 viewed)

恒次祐子, 森川 岳, 宮崎良文 (2005) 木材の香りによるリラクゼーション効果..木材工業, 60, 598-602.

恒次祐子, 朴 範鎮, 石井秀樹, 宮崎良文 (2009) 第3部 森林医学研究の過去・現在・未来 『森林医学Ⅱ—環境と人間の健康科学—』(大井 玄, 宮崎良文, 平野秀樹編), pp.84-85, 朝倉書店, 東京.

Willander, J., Larsson, M. (2006) Smell Your Way Back to Childhood: Autobiographical Odor Memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13, 240-244.

谷田貝光克 (1993) 森林が放出する生物活性物質. 日本環境動物昆虫学会誌, 5, 83-89.

横山和仁 (2005) POMS 短縮版手引と事例解説. p.9, 金子書房, 東京.

由留木裕子, 鈴木俊明 (2012) ラベンダーの香りと神経機能に関する文献的研究. 関西医療大学紀要, 6, 109-115.