長野県の森林における森林浴の効果

森林浴がもたらす人の生理的効果の解明

誌名	長野県林業総合センター研究報告
ISSN	1342775X
著者名	小山,泰弘
発行元	長野県林業総合センター
巻/号	22号
巻号補足	
掲載ページ	p. 63-84
発行年月	2007年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

AgriKnowledge

長野県の森林における森林浴の効果

－森林浴がもたらす人の生理的効果の解明－

小山泰弘

長野県北部の戸隠高原で森林浴実験を行い、都市環境として長野駅前を対照地としたところ、森林は都市に比べて快適環境にあり、心理的にもリラックス効果が得られた。このような傾向は夏の長野県内森林浴コースでの調査結果でも同様だった。

森林環境と人の心理的状態との関係について次の知見を得た。1）物理的な明るさと心理的な明るさは相関しなかったが、見通しの良い林は明るいと評価された。2）森林の音環境は基本的に音圧変化が小さく、心理的に静かな印象がある。3）長野県の森林浴コースでは都市に比べて心理的に涼しく、温熱環境としての満足度が高い。4）森林浴では、少雨でも一定の心理的リラックス効果が得られる。

森林内の環境として香り成分に注目してアカマツ林内の揮発性物質を測定したところ、揮発性物質は夏に多く冬に少なかった。

キーワード：森林浴、心理的効果、生理的効果、環境把握、フィトンチッド

第1章　緒言

1.1　研究の背景

森林に入ることで精神的な安らぎと爽快感を得る行為を、一般に「森林浴」と呼んでいる。昭和57年に林野庁で森林浴構想が打ち出されて以来、森林浴を楽しむ人々は増えており、現在では広辞苑第5版にも記載されるなど市民権を得ている。こうした中で長野県では平成15年度から「エコメディカル&ヒーリングビレッジ事業」として森林が持つ癒し効果を活用した山村地域の活性化対策が図られている。

森林浴は、森林内でのんびりと散策することで心身の疲れがとれ、ストレスの解消に役立つと言われている。しかし、その効果を検証することは非常に困難で、これまでほとんど研究がなされていなかった（宮崎 2003）。近年、観測測定機器の整備が進んだことで、改めて森林浴効果の科学的な解明が可能となり、政府も森林浴効果を科学的に解明することで、国民の福祉や健康づくりへつなげようとする取り組みが検討された。

1.2　研究の目的

本研究では、森林浴が人間にもたらす影響について検討するとともに、森林浴に適した環境を把握することを目的とした。なお、本研究は平成16～18年度に実施された農林水産高度化事業「森林系環境要素がもたらす人の生理的効果の解明」に参画し得られた成果であり、成果の一部については、日本森林学会（小山ら 2006a、政木ら 2006）、日本森林学会中部支部大会（小山ら 2006b、政木ら 2007、政木ら 2008）、日本環境教育学会(小山ら 2005)、長野県環境科学技術研究発表会（小山 2005)などで発表した。

1.3　研究項目

本研究では、第2章で、長野県戸隠高原で行った森林浴実験について総合的に検討した。第3章以降では環境条件と人間の心理的効果との関係を調査した。第3章は光環境を題材として視覚との関係を、第4章では音圧レベルと聴覚との関係を、第5章では人間の生理的機能に影響する気温や湿度、風などの温熱環境と心理的効果との関係を検討した。第6章では、森林浴は、野外で行われることから、天候の違いによる心理的効果の違いについて検討した。さらに、第7章では森林内に見られるフィトンチッドと呼ばれる樹木の揮発成分を、嗅覚刺激の一因子ととらえ、フィトンチッドの発生量について、年変動を計測した。最後に、第8章として本研究のまとめと今後の課題について整理した。

第２章　森林浴実験

2.1　実験の目的

森林浴が人間に与える効果を検証する事を目的として、都市を対照地とした森林浴の実験を行った。本実験では、森林と都市の双方を同一の被験者に散策させ、森林散策後における心理的効果や生理的効果について都市を散策した場合と比較することで、森林浴の効果を調べた。さらに実験地において温度、湿度、照度を測定し、被験者の心理状況と環境条件との関係についても検討した。

2.2　実験の方法

2.2.1　実験場所

森林浴実験は、長野市の標高 1,200m に位置する戸隠高原の鏡池周辺に設置された歩行コース（以下、森林とする）で実施した。鏡池は、戸隠連峰を望む人工的なため池で、周辺にはミズナラの二次林や、50 年程度のカラマツの人工林が広がっていた。対照地は、標高 380m に位置し、オフィスビルが林立する長野県庁周辺（以下、都市とする）とした。当地は、国道 19 号線沿いの歩道で、交通量は多かった。

2.2.2　被験者

被験者は、20～28 歳の健康な男子大学生 13 名とした。被験者は実験前日に集合させ、実験についての十分な説明を行って、同意書に署名した後に実験を行った。なお本実験は、（独）森林総合研究所の倫理審査委員会の承認を得て実施された。

2.2.3　実験の概要

被験者は 7 人と 6 人の 2 グループに分けて実験した。まず 2004 年 9 月 30 日に 7 人が森林で歩行し、6 人は都市で歩行した。翌日は被験者グループを入れ替えた。歩行は森林ならびに都市において、調査日の午後（14 時～16 時）に、一人ずつ 60 分間に渡り、約 2km の平坦な歩道を散策させた。

森林浴効果を調べるための測定指標は、被験者の意識を把握するために 3 種類の回答用紙を用意して、記述してもらうとともに、生理状態を把握するために唾液中コルチゾール濃度を測定した。

用意した回答用紙は、心理状態を評価する POMS（Profile of Mood States：気分プロフィール検査）、散策空間の主観評価を行う SD 法（Semantic Differential Method）、森林散策を行った印象をたずねるためのアンケートの 3 種類とした。測定時間帯はそれぞれの調査によって異なり、POMS は朝（朝食前、7 時～8 時）、歩行の前後の計 3 回、唾液中コルチゾール濃度については朝、歩行後の計 2 回とした。SD 法とアンケート調査は一日の実験が終了した散策後に用紙を配布し、各被験者に回答を求めた。なおアンケート調査については、森林浴による主観的な印象を把握するため、森林での歩行が終了した時点のみとし、対照地である都市では実施しなかった。

2.2.4　被験者の意識把握

POMS は、米国で開発された気分状態を測定する質問紙であり、65 項目の質問に答えることで、「緊張-不安」、「抑うつ-落込み」、「怒り-敵意」、「活気」、「疲労」、「混乱」の 6 つの気分尺度を得点化して評価できる（横山ら 1990）。POMS の設問は、「過去 1 週間の」自分の気分状態について、回答するように提示されているが、既報（大石ら 2003、井川原ら 2004）にならって、「今の気分で」と読み替えて被験者に回答を求めた。回答は POMS の得点集計法に基づいて集計し、年齢性別によって標準化した標準化得点（T 得点）により解析した。

散策空間から受けるイメージの評価は、総合評価尺度「好きな－嫌いな」「快適な－不快な」「自然な－人工的な」を含む 21 組の形容詞対からなる 7 段階の SD 法による主観評価を散策直後に行った。7 段階の評価は、＋3 点から－3 点に点数化して解析した。

アンケート調査では、「森林についての好き嫌い」、「森林についての興味の程度」、「本日散策した森林の印象」の 3 項目についてそれぞれ 7 段階に尺度化した質問紙を作成し、被験者に回答を求めた。このうち「本日散策した森林の印象」については、「わくわくする」ならびに「落ち着いた」という形容詞対を用い、「非常にわくわくする」「わくわくする」「ややわくわくする」「どちらでもない」「やや落ち着いた」「落ち着いた」「非常に落ち着いた」の 7 段階に区分して、歩行後の気分について回答を求めた。

2.2.5　生理的指標

測定に用いたコルチゾールは、ストレス負荷を受けた際に副腎から放出されるホルモンで、一過性のストレスを受けると血液中の濃度が上昇する。コルチゾール濃度の測定は、最近まで血液または尿を用いたものに限られていたため、測定時

のストレスが問題となるような実験では指標として使えなかったが、分析技術の進歩により近年では唾液でも測定が出来ることから、本実験でも測定指標として採用した。

唾液は脱脂綿を口の中に5分ほど含ませて収集し、専用容器で冷蔵保存したのち、分析機関（株式会社エスアールエル）に依頼して濃度分析を行った。

2.2.6　環境測定

実験地の環境測定を行うため、森林と都市で同時に温熱環境と光環境の測定を行った。

2.2.6.1 温熱環境

温熱環境の測定には、気温、湿度、風速、気圧の 4 指標を同時に計測できる気象トラッカー(Kestral4000)を使用した。測定は、森林及び都市における散策コースの代表地点において、機械の中心が 120cm となるように三脚で固定して実施した。測定は、被験者が散策を行っていた 10:00～16:00 に 10 分間隔で行った。

2.2.6.2 光環境

光環境の測定は、デジタル照度計（T-1H）を使用した。測定は、両調査地で歩行者の歩行時間帯（10:00～12:00 及び 13:30～15:30）に、被験者の邪魔にならないように配慮してコース内を測定者が歩行し、30 秒ごとに瞬間照度を筆記するという方法で行った。なお、測定高さは 120cm とし、照度計の受光窓に測定者の影が入らないように配慮した。

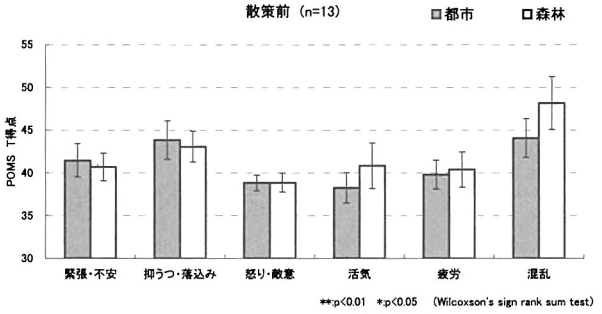


図 2-1　森林と都市を散策する前の POMS 結果の比較

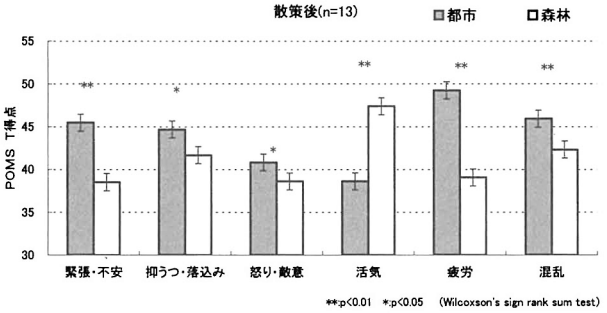


図 2-2　森林と都市散策後の POMS 結果の比較

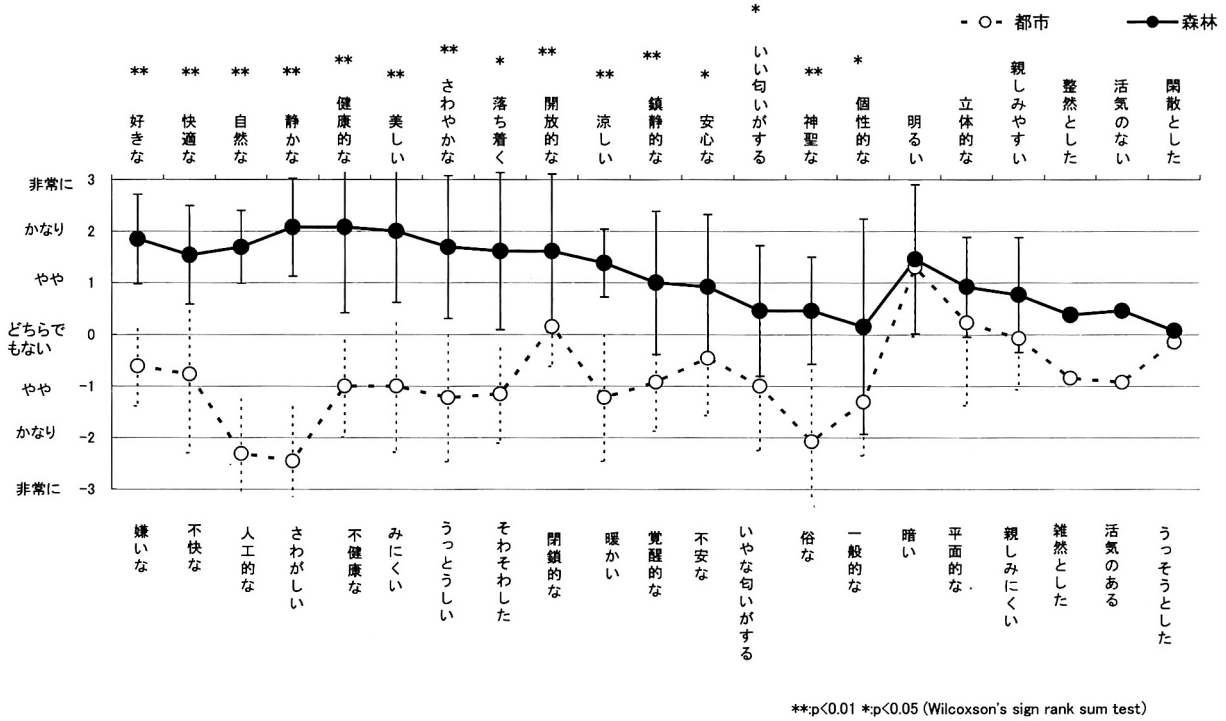


図 2-3　森林と都市における SD 法による散策空間の評価

2.3 結果と考察

2.3.1. 気分状態（POMS）の変化

散策前及び朝における POMS の気分尺度は、図 2-1 のように森林と都市では有意差が認められず、被験者の心理状態に違いはなかった。しかし森林と都市の散策後では、すべての測定項目で有意差が見られた（図 2-2）。森林歩行後は、都市歩行後に比べて、「緊張-不安」、「抑うつ－落込み」、「怒り－敵意」、「疲労」、「混乱」の感情尺度得点が有意に低下し、「活気」の感情尺度得点が有意に上昇した。この結果これまでの研究（井川原ら 2004、Li et.al.2007、大石ら 2003）と同様に、森林散策は、都市の散策に比べて心理的ストレスの緩和効果に優れていると判断できた。

2.3.2 散策空間の主観評価

森林と都市における散策空間の評価を図 2-3 に示す。21 の評価尺度のうち 15 の評価尺度で有意差が認められ、森林は「かなり好きな」「かなり快適な」「かなり自然な」評価となった。一方都市は「やや嫌いな」「やや不快な」「かなり人工的な」という評価だった。

散策した森林は、原生的な環境ではなく、カラマツ人工林と天然性の広葉樹二次林という、人為的な影響が残された森林空間であったが、「かなり自然な」と高い評価を得ていた。これはカラマツ人工林であっても、樹下に天然性の広葉樹が多く生育しており、被験者には「自然な」空間イメージとして捉えられたのではないかと考えられた。

さらにほかの評価尺度でみても森林は、より「美しく」「さわやか」で、「落ち着く」「健康的な」イメージを持つものとされており、都市で得られた「見にくい」「騒がしい」「不健康な」イメージとは大きく異なっていた。

2.3.3 森林散策後のアンケート

続いて、森林浴の主観的な印象を調べるために、散策後に森林で実施したアンケート調査の結果を解析した。まず、森林に対する印象は、被験者の 62%が「森林は大好き」と感じており、「森林が嫌い」と感じていた被験者はいなかった。また同様に、森林に対して「興味がない」とする被験者もいなかった。

歩行後の印象に関しては、「非常に落ち着いた」または「落ち着いた」とする「落ち着いた印象」を持った被験者が 5 名であった。一方、「非常にわくわくした」または「わくわくした」と回答した「わくわくした印象」を持った被験者が 6 名であり、「ややわくわくした」「どちらでもない」「やや落ち着いた」という「どちらともいえない印象」の被験者は 2 名であった（図 2-4）。このように、今回の実験では、森林浴後に「わくわくした」印象の被験者と「落ち着いた」印象の被験者が混在しており、森林浴を行った際の印象は、個人によって異なっていた。

2.3.4 唾液中コルチゾール濃度の変化

唾液中コルチゾール濃度は、朝および歩行後ともに都市と森林間に有意差が認められなかった（図 2-5）。

これまでの研究では、森林浴によって心理的なリラックス効果が得られるとともに、唾液中コルチゾール濃度が都市歩行に比べて低い（綛谷ら 2005、Park et.al.2007、Tsunetsugu et.al.2007）ことが報告されている。しかし、上記の研究は、同一場所に静かに座っている「座観」実験や、ブナ林内を 15 分間程度歩行させた実験であり、今回のような多様な森林環境を約 60 分間歩行させた実験とは異なっていた。

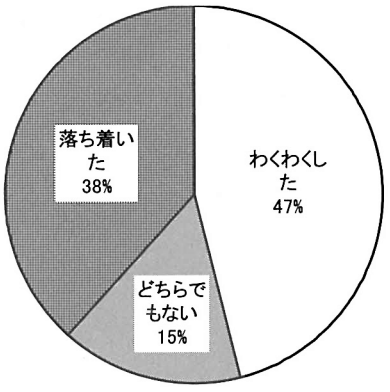


図 2-4 森林散策後の被験者意識

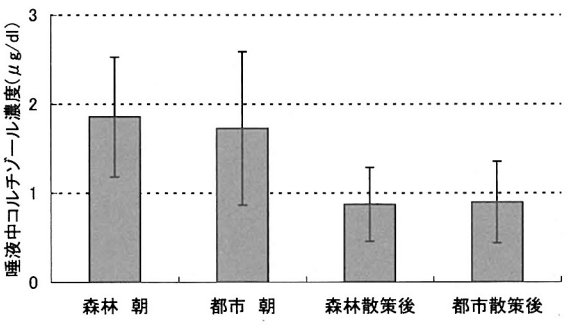


図 2-5 森林ならびに都市歩行前後の唾液中コルチゾール濃度

表 2-1　POMS の気分状態と SD 法の評価尺度との関係

POMS ＼ SD形容詞	明るい	人工的な	快適な	嫌いな	健康的な	静かな	みにくい	神聖な	開放的な	活気のない	親しみやすい	うっとうしい	整然とした	暖かい	不安な	閑散とした	平面的な	覚醒的な	いい匂いがする	そわそわした	一般的な
緊張不安	−0.23	0.46	−0.32	0.23	−0.39	−0.35	0.38	−0.33	−0.19	−0.26	0.06	0.41	−0.23	0.25	0.25	−0.28	0.10	0.27	−0.21	0.43	−0.04
抑うつ落ち込み	−0.09	0.32	−0.06	0.02	−0.13	−0.14	0.09	−0.17	0.07	−0.28	0.13	0.10	0.10	0.00	0.02	−0.25	−0.06	0.06	0.03	0.16	−0.19
怒り敵意	−0.07	0.36	−0.18	0.10	−0.19	−0.23	0.17	−0.24	0.14	−0.36	0.12	0.19	0.00	0.05	0.01	−0.22	−0.10	0.11	−0.05	0.16	−0.11
活気	0.21	−0.52	0.40	−0.45	0.46	0.48	−0.39	0.43	0.26	0.30	0.01	−0.37	−0.01	−0.19	−0.10	−0.16	−0.08	−0.15	0.32	−0.23	−0.38
疲労	−0.28	0.53	−0.51	0.42	−0.53	−0.56	0.52	−0.48	−0.31	−0.25	0.06	0.60	−0.27	0.39	0.23	−0.17	0.11	0.28	−0.43	0.40	0.10
混乱	−0.16	0.29	−0.11	0.11	−0.15	−0.18	0.09	−0.04	0.00	−0.23	0.12	0.19	−0.06	−0.01	0.18	−0.26	0.04	0.25	−0.02	0.29	−0.03
SD形容詞	暗い	自然な	不快な	好きな	不健康な	うるさい	美しい	俗な	閉鎖的な	活気のある	親しみにくい	さわやかな	雑然とした	涼しい	安心な	うっそうとした	立体的な	鎮静的な	いやな匂いがする	落ち着く	個性的な

注：白抜き文字は相関係数±0.50以上を表す

2.3.5　POMS と SD 法との関係

気分状態の変化に散策空間から受けるイメージがどのように影響しているのかを検討するために、散策後の POMS の得点と SD 法による評価尺度の得点間で順位相関を求めた（表 2-1）。その結果、「疲労」の気分尺度と「さわやかな－うっとうしい」「自然な－人工的な」「快適な－不快な」「健康的な－不健康な」「静かな－うるさい」「美しい－みにくい」の６因子で比較的高い相関があった。このことから、「さわやかな」「自然な」「健康的な」「美しい」評価が得られる空間は、被験者にとって心理的な疲労感が緩和される効果があると考えられた。

2.3.6　温熱環境と主観評価の関係

調査日の気象条件は表 2-2 のとおりである。調査日の前日に台風が上陸通過したため、９月 30 日は多少風が強かった。翌日（10 月１日）は好天に恵まれ、森林都市ともに非常に良い天気となり、気温も高くなった。

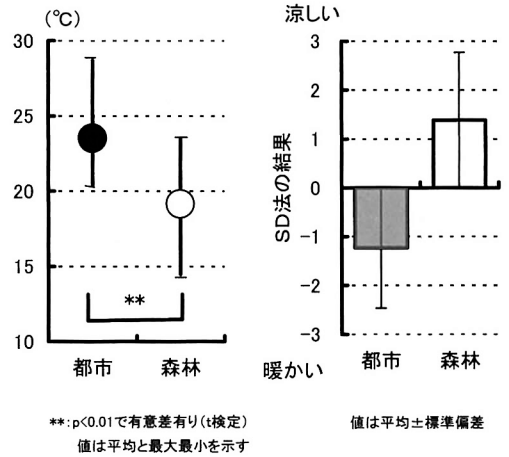
都市と森林の気温は、森林で低かった（図 2-6）。最高気温で見ても森林が 23.5℃だったのに対し、都市では 28.7℃と５℃以上高かった。一方、被験者の感じた心理的な温度環境である「暖かい－涼しい」と言う評価尺度では（図 2-6）、被験者には都市は「やや暖かく」、森林は「涼しい」印象だった。

温熱環境の快適性を示す指標として、今回は不快指数（DI）を用いた。不快指数は、温度と湿度から人間の不快度を数値にしたもので、指数が 70 を超えると不快感を覚える人が現れるとされている。今回の結果では不快指数は森林より都市で

表 2-2　実施日の気象条件

調査日	2004/9/30		2004/10/1	
場所	森林	都市	森林	都市
被験者数	7	6	6	7
天候	曇り	晴れ	快晴	快晴
気温（℃）	15.4±0.82	21.4±0.46	19.6±1.96	25.7±2.15
湿度（%）	73.7±5.68	66.9±2.01	43.0±10.78	39.1±7.78
風速（m/s）	2.3±1.56	1.9±0.99	0.4±0.39	0.5±0.55

数字は平均値±標準偏差（測定時間 10:00～15:30）



**：p<0.01で有意差有り（t検定）
値は平均と最大最小を示す
値は平均±標準偏差

図 2-6　気温と「暖かさ」に関する評価尺度との関係

高く（図 2-7）、都市では全体の 40%近くの時間が、不快指数 70 を上回っていた。被験者の心理的な快適性を、SD 法の評価尺度である「快適な－不快な」でみると（図 2-7）、森林は、「やや快適」であったが、都市はやや不快と、不快指数の結果と

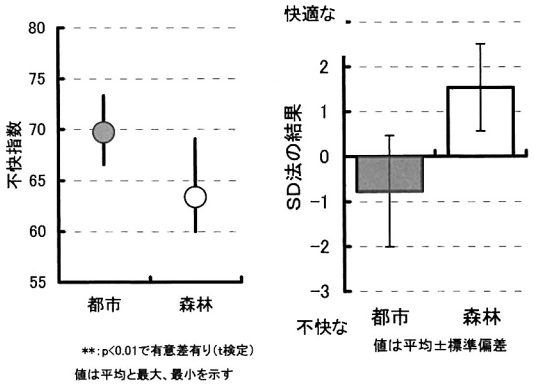


図 2-7　不快指数と「快適さ」に関する評価尺度との関係

近似した。

とはいえ不快指数は乾球温度と湿球温度だけで得られる指標のため、そよ風など風に関する要因は含まれず、問題も残る。そこで、後述する第5章では、風速や輻射熱などの指標も取り入れた中程度温冷感指標（PMV）を用いた検討を行った。

2.3.7　光環境と主観評価の関係

森林と都市における照度でみると、図2-8のように都市が明るく、森林は暗かった。しかし被験者の印象では、両者に差はなく（図2-8）、被験者の感じる「明るい－暗い」というイメージは、単に照度などの光環境に起因しているものではないとするこれまでの知見(高山ら 2005)を支持した。これは、都市と森林という対局的な比較であったため、都市と森林という空間構造そのものの違いにより、物理的な光条件以外の要因が明るさに対する評価に影響した可能性が考えられた。

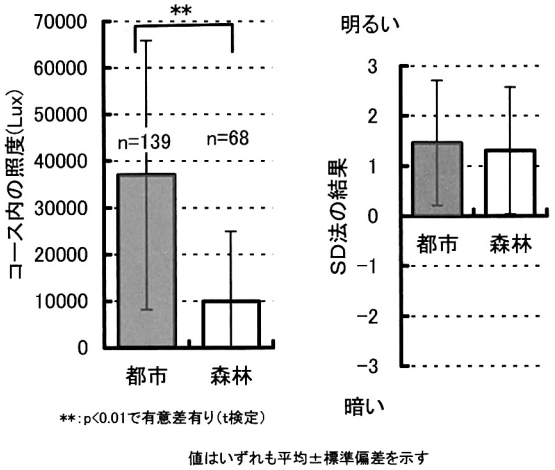


図 2-8　散策コース内の照度と「明るさ」に関する評価尺度の関係

この結果、森林空間の明るさを評価する場合は、

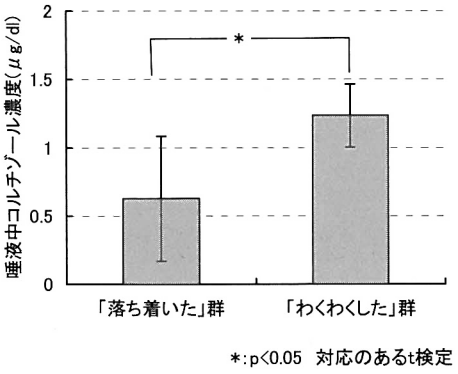


図 2-9　森林散策における印象の違いと唾液中コルチゾール濃度（平均値±標準偏差）

なお、それぞれの森林ごとに光環境との細かい関係解析が必要であること考え、第3章では光環境の異なる森林での心理的評価の違いを検討した。

2.3.8　森林散策後の印象とコルチゾール濃度の関係

森林散策後の被験者の主観的な印象は、図 2-4に示すように被験者によって異なっていた。そこで、被験者の主観的な印象によって生理応答が異なるのではないかと考え、その関係についてさらに詳しく調べた。まず、森林歩行後の主観的なアンケート結果から、被験者を「落ち着いた」とする群(以下、「落ち着いた」群とする：5名)と「わくわくした」とする群(以下、「わくわくした」群とする：6名)に分け、森林散策後の唾液中コルチゾール濃度を両群で比較した。その結果、図 2-9に示すように、森林における「落ち着いた」群は、「わくわくした」群に比べ、唾液中コルチゾール濃度が有意に低いことが明らかとなった。

図2-5で示したように森林と都市での散策を比べた場合は、コルチゾール濃度に差が認められなかったが、森林散策後の印象が異なる群においてコルチゾール濃度に有意な差が現れたことは、これまでの知見（Park et.al.2007、Tsunetsugu et.al.2007）と大きく異なった。

このため、これまでの実験と今回の実験を比較すると、実験の時間長さが異なっていた。これまでは15分程度の短時間での森林滞在であり、単一の景観要素のみを見せている事例だったが、今回は、60分2kmという時間や距離が長い実験だった。今回の実験では時間と距離が長くなったことで、

被験者に多くの森林景観を見る機会が生まれ、多様な風景を体験したと考えられる。

この結果、同じ森林を散策したにもかかわらず落ち着いた印象を受ける被験者以外に、風景が変わることで、わくわくするような印象をもつ被験者が存在し、唾液中コルチゾール濃度の差となった可能性が推察された。このことから、森林浴の主観的な印象は個人によって異なり、異なる生理応答につながる場合があるといえた。

2.4 まとめ

長野県の都市を比較対照として森林散策を行ったところ、森林は「自然な」イメージが強く、こうした森林を歩行することで人の気分状態は鎮静化に向かい、森林浴には心理的リラックス効果があることがわかった。

森林と都市の環境を比較したところ、森林は標高が高い場所に成立していることもあり、都市に比べて涼しく、不快指数も低いなど温熱環境としては快適と考えられ、被験者の評価を支持した。

森林と都市の照度を比較すると都市が高かったにも関わらず、被験者の意識には都市と森林で差が見られなかった。

また、60 分間に多様な景観を含む 2km の森林を歩いたところ、被験者の印象として「落ち着いた」とする評価だけでなく、「わくわくした」とする評価が得られ、これらの評価の違いによってストレスホルモンの一種である唾液中コルチゾール濃度に違いが生じたと推定された。

第3章　光環境と人間の心理的効果との関係

3.1　実験の目的

前章では、森林浴実験を通じて、森林浴自体が人体にどのような効果をもたらすのかという検証を行った。森林浴の効果を考える上では、森林空間の環境要因それぞれについて個別に人との関係を検討することが重要である。特に光環境は、間伐等の森林整備によって変化することから、森林浴を行う森林を管理していくための基礎的指針としても重要で、一部には研究例も認められる（高山ら2006、藤澤ら2006、藤澤ら2007）。そこで、本章では、森林管理を行うことが前提とされている針葉樹人工林を対象として、森林管理の指標のひとつである光環境と被験者の心理状態との関係を検討した。なお本研究は、信州大学大学院の藤沢翠氏との共同研究として実施し、信州大学大学院農学研究科修士論文（藤澤2007）にも一部が報告されている。

3.2　実験の方法

実験は、2006年9月15日に長野県林業総合センター構内の森林で実施した。実験は、距離的に近いが林相が大きく異なる2種類の林分（表3-1）内に、被験者をそれぞれ15分ずつ滞在させ、その際の主観的な空間イメージを把握するため、2章で用いた21対の形容詞対に加えて、「まぶしい」など光環境を含めた五感を表現することが出来るような形容詞対を加え25対としたSD法による主観評価を行った。

被験者は長野県林業大学校に在籍する19才から22才の2年生17名とした。なお、被験者を適宜班分けして、体験する森林の順序を入れ替えた。

調査地の光環境は、被験者が滞在している時間にデジタル照度計（DO-9721）を用いて、絶対照度を測定した。照度は、実験を行った森林のほぼ中央、地上高1.2mの位置に照度測定プローブ（LP9021PHOT）を水平に設置し、1秒間隔で照度の値を記録させた。さらに林内の明るさを開空率（%）により推定するため、デジタルカメラ（Coolpix4500）と魚眼レンズ（FC-E8）を用いて全天空写真を撮影し、Gap Light Analyzer（GLA）を用いて撮影結果を解析し、開空率を算出した。

また、被験者が滞在していた空間の森林状況を把握するため、調査終了後の2006年11月15日に、照度測定プローブが置かれた地点を中心として20m四方の方形枠を設け、方形区内に成立している樹高2m以上の立木を対象に毎木調査を行った。

3.3　結果

3.3.1 調査地の森林概況

毎木調査の結果を表3-1に示す。上層木の本数だけで見ると、どちらも収量比数で0.6を下回っている林だった。しかし、A地では中低木が整理されて見通しが良かったのに対し、B地は中低木の本数が多い過密状態で、枯死木が多数発生していた。このため、林床は暗く下層植生が欠落していた。

A地は、近くにバンガローがあり、小中学生の野外活動の場として活用するために林床植生が刈り払われ、下層植生は欠落していた。

表3-1　調査地の概要

A地	アカマツ－サワラ二段林			
	本数（本/ha）	樹高（m）	DBH（cm）	
上木	250	24.9	45.3	上木収量比数0.55
全体	500	21.6	39.1	すべて15m以上

B地	ヒノキ－サワラ　混交二段林			
	本数（本/ha）	樹高（m）	DBH（cm）	
上木	225	19.7	41.5	上木収量比数0.4以下
全体	1,350	9.0	14.2	下層の枯死木多い
枯死木	725			

3.3.2 調査地の光環境

全天写真から測定した調査地の開空率は、A地27.6%、B地17.9%だった。調査時間帯全体の平均照度を見てもA地が2,92$_{Lux}$だったのに対し、B地は11,61$_{Lux}$とB地のほうが暗かった。被験者が滞在していた時間の照度変化を見ると、図3-1に示すようにA地はB地に比べて絶対照度の値が高く、照度の変化もB地よりは大きくなっていた。

被験者の目線にたって両者を比べると、A地は下層木が無いために開放的で、照度の変化がある明るい光環境であったが、B地は下層木によって上空が閉鎖しており照度変化の少ない暗い光環境だった。

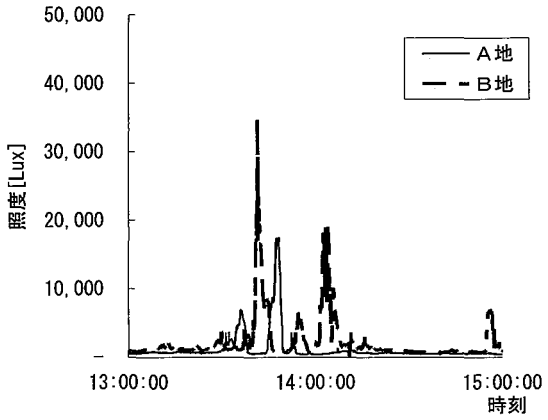


図 3-1　実験時の照度変化

3.3.3　主観評価

各林分の滞在後に行った、主観評価の結果を図4−2に示す。これにみられるように、A地は、「明るい」「開放的な」「整然とした」「快適な」という印象が強く、B地は、「うっとうしい」「そわそわした」「みにくい」「不安な」「嫌いな」印象が強くみられ、両者は主観的な印象に隔たりがあった。

主観評価の中で、光環境をあらわすと考えられる「明るい−暗い」「光の目にやさしい」「光の目にまぶしい」の形容詞対からみると、A地は、やや明るい印象があり、B地はやや暗いといった感じで、両者の主観的評価は異なった。しかし、「光の目にやさしい」と「光の目にまぶしい」とする評価では、どちらの試験地も「ややまぶしい」評価であり、両者の差は明確ではなかった。一方、総合的な環境を評価する「快適な−不快な」「好きな−嫌いな」の形容詞対でみると、A地は、「やや快適でやや好き」という良い評価であったが、B地は「やや不快でやや嫌い」という悪い印象だった。

3.3.4　まとめ

長野県林業総合センター構内の2箇所の森林で光環境の把握と被験者の心理評価を行ったところ、林冠の開けたアカマツ・サワラの疎な二段林（A地）では、照度が高く、被験者の印象も「明るく快適」だった。一方。上層木の本数は変わらないが下層にヒノキが密生し、枯死木も発生しているヒノキーサワラ混交二段林(B地)では、林床まで光の届きにくい環境で、被験者の印象も「暗くて不快」だった。評価の良かったA地は、毎年下刈りなどの手入れがされており、林床は下層植生や低木、灌木類などはみられず見通しがよくなっていた。一方B地は、下層に密生したヒノキや枯死木があり、見通しが悪い。今回の結果から被験者が「明るく快適」と感じる場合には、単なる照度だけではなく見通しが影響していると考えられた。

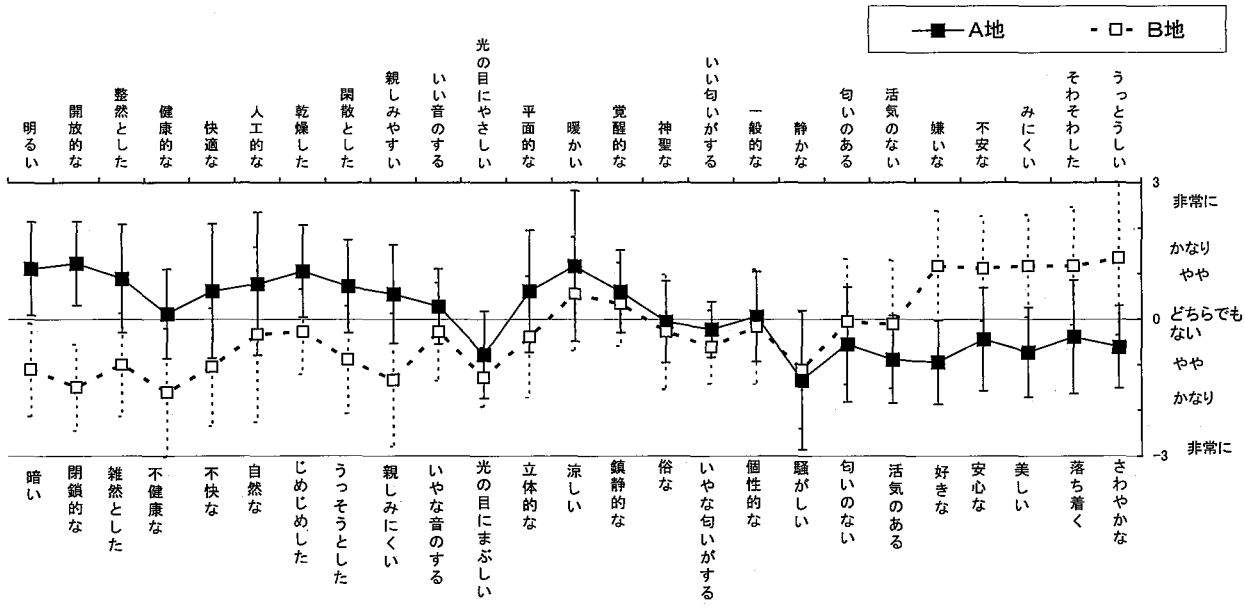


図 3-2　林業総合センター構内 2 箇所の森林における SD 法による空間の評価(n=17)

第４章　音環境と人間の心理的効果との関係

4.1　実験の目的

人間が外界から情報を取得する感覚器官は視覚についで聴覚が重要である（長町1989）。しかし、森林浴を行う環境面について、聴覚に着目した研究は森林内で記録した音と映像による室内実験（山田2003）にとどまり、野外での実践例は見られない。そこで、本研究では森林内の音環境特性を把握し、その音が森林浴を行う人間の心理状態にどのような影響を及ぼすかを野外で検討した。なお本章の研究は、信州大学農学部の政木志帆氏との共同研究により実施しており、成果の一部は日本森林学会中部支部大会で発表（政木ら2007）するとともに、信州大学農学部卒業論文(政木2007)に報告されている。

4.2　実験の方法

4.2.1　実験地

実験は表4-1に示した４箇所の森林で2005年7月から9月にかけて行った。なお森林との環境比較のため、森林での調査と同じ日に、調査森林から近い都市環境である長野市及び松本市のＪＲ駅前周辺で比較対照調査を行い、都市と森林での音環境特性の違いも検討した。

表 4-1　実験地の概要

調査地名		上松	信濃	斑尾	大芝
調査日(2005年)		7/7～8	8/10～11	8/30～31	9/14～15
市町村名		上松町	信濃町	飯山市	南箕輪村
場所		赤沢自然休養林	地震滝コース	沼ノ原湿原	大芝高原
林況		ヒノキ・サワラ天然林	ミズナラ二次林	ミズナラ二次林	アカマツ-ヒノキ二段林
主要な音	初日	川のせせらぎ	川のせせらぎ	セミと鳥	静か
	2日目	川のせせらぎ	セミ	セミと鳥	静か

4.2.2　実験の方法

すべての実験では、20～25歳の男子大学生12名を被験者とし、6名ずつの2グループに分けた。各グループは、午前中に森林と比較対照地の都市へ行き、午後に15分間椅子に座った状態でそれぞれの環境を感じる「座観」実験とした。なお、翌日は、被験者グループを入れ替え、全員に同一の体験を行わせた。

各調査地では、被験者が体験した音環境を測定するとともに、座観を行った被験者にアンケートを実施して心理的印象を把握し、両者の関係を解析した。

4.2.3　環境の測定

森林と都市の音の特徴を比較するために、騒音計（CENTER322）で騒音レベル（db(A)）を測定した。また、音の種類を把握するためにICレコーダーで音を録音した。実験では騒音計を座観場所近くに設置し、15分間の座観実験のうち、実験関係者による雑音が混和する開始直後と終了直前を除く、10分間を対象として、1秒単位で騒音レベルを測定した。音のデータは耳の時間応答に近似させたFAST特性により収集した。

4.2.4　心理的効果の測定

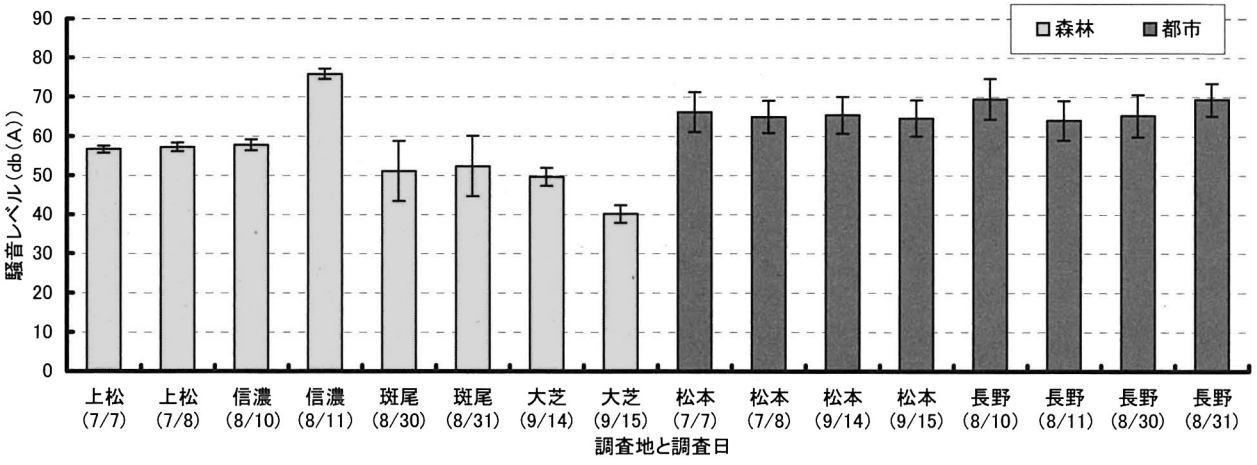


図 4-1　調査箇所および日別の平均騒音レベル

心理的な印象を把握するアンケートとして、第2章と同様に７段階のSD法21対を用いて、座観後に被験者に対して実施した。解析にあたっては音に関する印象を尋ねた「静かな－騒がしい」と、総合的な評価である「快適な－不快な」２種類の形容詞対により検討した。

4.3　結果

4.3.1　音環境

各実験における平均音量を図4-1に示す。その結果、森林の騒音レベルは、信濃2日目を除いて松本および長野の都市よりも小さかった。森林で聞こえた音は、調査日によって異なっており、最も騒音レベルが高かった信濃2日目の音源はエゾゼミで、実験中ずっと鳴き続けていた。しかし、信濃１日目は小雨交じりだった影響でセミが鳴かず騒音レベルに差が認められた。また、斑尾では鳥やセミが鳴いたり、鳴き止んだりを繰り返しており、騒音レベルには変化があった。いずれの場合も森林の音はすべて自然の音により構成されていた。一方、都市では自動車の走行音や盲人用信号機から流れる音楽など人工音で構成されていた。

4.3.2　心理的印象

「静かな－騒がしい」の形容詞対から得られた評価は、松本、長野の都市はすべての実験で「騒がしい」印象であったが、森林では概ね「静かな」印象だった。調査地の中で騒音レベルが一番大きかった信濃2日目の結果を見ても、他の調査日に比べれば「騒がしい」印象となったが、都市よりも静かと判断されていた。また総合的な評価である「快適な―不快な」の評価尺度を見たところ、森林はいずれの場合も快適と判断しており、都市が「不快な」印象を有していたこと明らかな差があった。

そこで、騒音レベルと、被験者の「静かな－騒がしい」との関係を比較したところ、ほとんどの森林は、都市に比べれば静かな音環境といえ、被験者の意識と一致した。一方、実験の中で唯一平均騒音レベルが、70dB(A)を超えた信濃２日目は、全調査の中で最も大きな騒音レベルを示したが、都市地で得られた「騒がしい」という結果は得られず、「やや静かな～どちらでもない」という評価だった（図4-2)。

森林の音と心理的な印象を検討した実験(山田2003)では、同じ自然の音でも、自然の映像があることで心理的な印象が良くなる結果が得られており、今回の「セミ」の音についても、野外実験の結果であることから、自然の風景が見える中で「セミ」の音を認識したことで、今回の様な結果になったと考えられた。

都市と森林の音を比較すると、都市は、騒音の変動幅が大きく、騒音レベルも高い傾向が認められた。被験者の心理的な印象をみても都市は「騒がしく」、「不快な」印象を持っていたことから、都市の音量が大きく、変化の激しい音環境は、ヒトを不快にさせることがわかった。また、調査地や調査日が変わっても音の種類が変わらなかったことから、類似の都市であれば同じような音環境になる可能性があると考えられた。

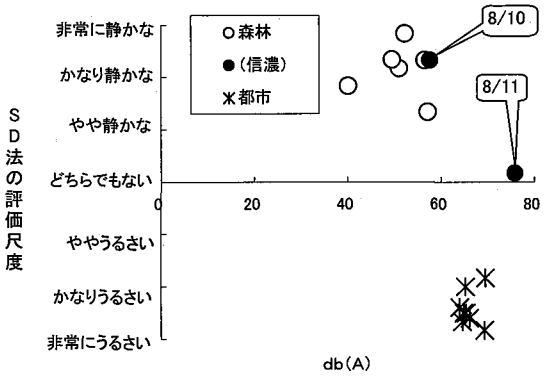


図 4-2　騒音レベルと「静か」の評価との関係

4.4　まとめ

長野県内4箇所の森林と長野市・松本市のＪＲ駅前で騒音レベルを測定したところ、森林は都市に比べて騒音レベルが低い傾向があった。

今回の調査で最も大きな騒音レベルを示したのは、森林の中でエゾゼミが鳴き続けた信濃調査地で、都市の騒音レベルよりも高くなったが、都市とは異なって「うるさい」とする評価が得られなかった。

このことから、自然由来の音であればある程度騒音レベルが高くてもうるさいとは感じない可能性が示唆された。

第5章　温熱環境と人間の心理的効果との関係

5.1　実験の目的

第2章では、温熱環境として気温、湿度、風速、気圧の測定結果を検討した。しかし検討を行ったデータは夏の高温状態を評価する指標である不快指数であり、風や輻射熱など人間の体感温度に関わる要因が加味されておらず、快適性の評価としては問題も多い。また森林浴という点から考えると、活動の程度や服装など人間側の諸要素も考慮する必要がある。

そこで、本章では、建築等の分野で室内の温熱環境評価に用いられることの多い、中等度温冷感指標（Predicted Mean Vote:PMV）を用いて、温熱環境を測定し、人間の心理状態に及ぼす影響について検討した。

5.2　実験の方法

5.2.1実験の概要

実験は2005年の7月～9月に長野県下5箇所の森林（表5-1）で実施した。なお、それぞれの調査地近傍の都市で、同一の試験を実施し、森林と都市での対応実験とした。

すべての実験で、20～25歳の男子大学生12名を被験者とし、6名ずつの2グループに分け森林と都市とで一日ごとに交代して実験を行った。実験日は、森林及び都市に滞在し、午前中に15分間の歩行を、午後に15分間の座観を行った。すべての実験が終了した段階で、心理的状態を評価した。物理環境要因は実験と同時に測定した。評価指標は、心理面ではPOMS（気分プロフィール検査）と7段階SD法による官能評価、物理面は温熱環境（温度、湿度、風速、輻射熱等）とした。

表5-1　実験場所の概要

森林調査地名	赤沢	平尾山	黒姫	斑尾	大芝
市町村名	木曽郡上松町	佐久市	上水内郡信濃町	飯山市	上伊那郡南箕輪村
場所の特徴	赤沢自然休養林内	平尾山林道	黒姫高原	斑尾西湿原脇	大芝高原
森林の状況	樹齢200年以上のヒノキ・サワラ天然林	広葉樹が混交したアカマツ・カラマツ人工林	ミズナラを主体とする広葉樹二次林	ミズナラを主体とする広葉樹二次林	アカマツーヒノキ二段林
調査日（2005年）	7月7～8日	7月12～13日	8月10～11日	8月30～31日	9月14～15日
天候	晴～曇	曇時々晴れ	晴～曇	晴	晴～曇
比較対照とした都市（調査地点名）	松本市（松本A）	佐久市（岩村田）	長野市（長野A）	長野市（長野B）	松本市（松本B）

5.2.2温熱環境の測定と分析

温熱環境の測定には中等度温冷感指標(PMV)と、予測不満足率（Predicted Percentage Dissatisfied :PPD）を指標として用いた。これらの測定には、(株)京都電子工業製アメニティメーター（AM-101）を使用した。本機は、温度、湿度、風速、輻射熱の測定を同時に行い、測定結果に着衣量と代謝量を加えることでPMVとPPD値を算出するため、森林環境においても利用可能である（高山ら2005、高山ら2007、高山ら2008）。なお、本機は固定して測定するのが前提となるため、森林では散策コース内で林分の代表的な場所を、都市では都市散策コース脇で直射日光があたらない場所を設置場所として選択した。測定は被験者が森林または都市に滞在している朝9時から夕方4時までの間、10分間隔で自動測定した。測定時には同型の三脚で機体を固定し、機体中心部の高さが1．2mになるように配慮した。

測定された温熱環境のデータは、同社のAM-WGB計測ソフトウエア（Soft101-AM）を使用してコンピュータに取り込み、結果の分析を行った。

表5-2　環境測定結果

地域名 / 平均値	上松		佐久市		信濃町		飯山市		南箕輪村	
	森林（赤沢）	都市（松本A）	森林（平尾山）	都市（岩村田）	森林（黒姫）	都市（長野A）	森林（斑尾）	都市（長野B）	森林（大芝）	都市（松本B）
気温 [℃]	18.8	25.2	20.8	26.5	23.3	29.2	22.3	27.7	22.4	26.2
相対湿度 [%]	87.5	61.9	86.9	59.8	83.5	61.9	74.3	52.3	71.9	51.9
輻射温度 [℃]	18.6	27.2	22.9	33.9	22.8	31.3	23.2	30.1	23.9	32.5
風速 [m/s]	0.5	0.4	0.6	0.7	0.4	0.5	0.4	0.7	0.7	1.8
PMV	-0.6	1.1	0.0	1.6	0.6	2.0	0.4	1.5	0.2	1.1
PPD [%]	15.4	32.6	11.4	54.9	12.8	73.2	8.6	53.4	11.5	40.8
絶対照度[Lux]	6,097	38,095	5,466	6,424	3,030	25,008	20,355	27,520	5,045	49,242

本調査で用いたPMVとは1967年にデンマークのFangerによって提案された温熱環境の6要素（気温、湿度、風速、輻射熱、着衣量、代謝量）の複合効果を評価する指標であり、-3～+3の範囲の数値で表現する。PMVの算定結果から、温熱環境的な不快の程度を示すPPDが次式により算出できる。

PPD=100-95*e-(0.03353*PMV^4+0.2179*PMV^2

一般に-0.5<PMV<0.5の範囲であればPPD<10となり、温熱環境的に不満足に感じる人が10%以下（90%以上の人が快適）となる。

なお、PMV及びPPDの測定に必要となる着衣量（clo値）と代謝量（met値）は、夏の森林散策という条件から、0.5clo「Tシャツ長ズボン程度の軽夏服」、2.0met「立ってゆっくり作業を行う家事労働や販売作業と同程度」とした。

5.2.3 被験者の心理的評価

被験者の心理評価については、これまでの章と同様に、POMSとSD法の二種類により実施した。POMS及びSD法については、第2章における調査と同様の条件で実施した。

5.3結果と考察

5.3.1環境測定結果

それぞれの調査地で得られた測定結果を表5-2に示す。

天候や調査時期の違いなどにより環境条件は調査地ごとに異なっていたが、全体的な傾向として、森林は、気温20℃前後、相対湿度80%台で、絶対照度が飯山の20,000luxを除いて3,000～6,000luxと暗かった。飯山の森林は、隣接地に湿原が拡がる場所や、散策路の一部に開放空間があるなど比較的開放的な環境であった。そのほかの森林はすべて閉鎖林冠下にあった。

一方の都市は、いずれの場合も気温25℃以上と高いうえ、ビルなどの建物が林立していることから相対湿度も60%台と森林に比べて低く、建築物の陰は日陰になるが、高層建築物がない場所では直射日光があたるため、全体として照度は高かった。

5.3.2被験者の心理的評価

POMSの結果を見ると、朝の心理状態では都市へ行く場合と森林へ行く場合で差が見られなかった。しかし、それぞれの調査地別にみた座観後のT得点は、図5-1のようになった。この結果、「活気」の気分尺度は、都市よりも森林が高く、「緊張不

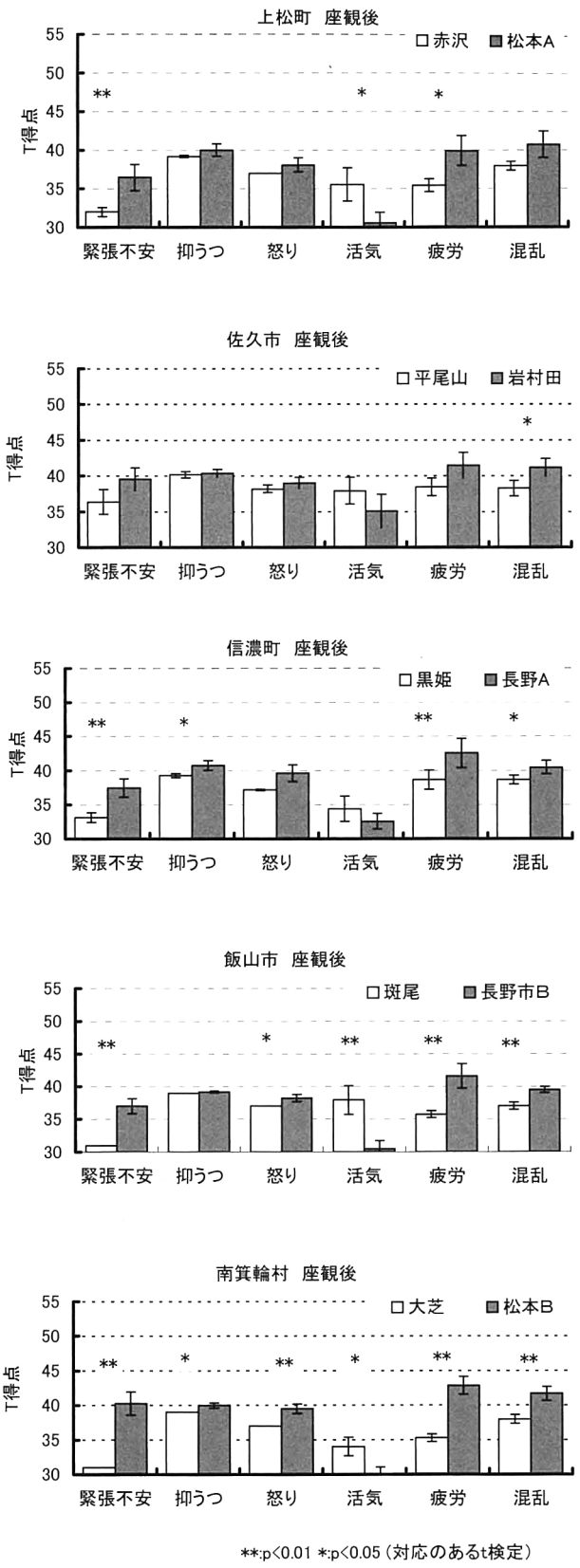


図5-1 調査地別に見た座観後におけるPOMSのT得点比較

安」や「抑うつ」など活気を除く５つの指標は、森林で低くなっていた。このことから、森林は都市に比べて「緊張不安」や「抑うつ」「怒り」「疲労」「混乱」の気分尺度が低く、「活気」の気分尺度が高いといえ、森林浴は都市の歩行に比べて一定のリラックス効果があると判断できた。
6箇所のうち佐久を除く5箇所で有意差があった「緊張・不安」の気分尺度を元に、都市と森林における朝夕におけるＴ得点の変化量を見たところ、午後の座観終了時には、「緊張・不安」の気分尺度

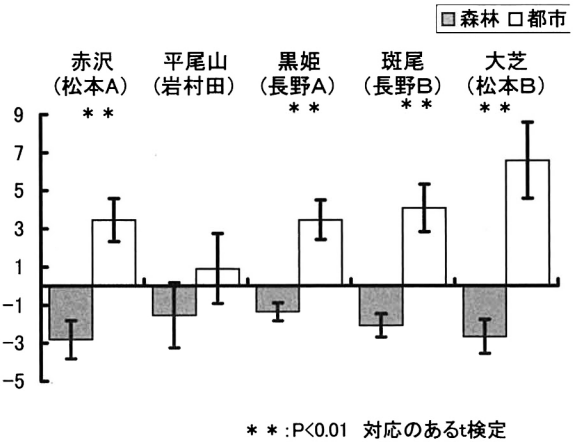


図 5-2　「緊張・不安」の気分尺度で見る朝と夕方の POMS のＴ得点変化量

抑制されており、心理的なリラックス効果が得られていると判断できた(図5-2)。

5.3.3調査地別被験者の心理的評価

都市と森林の間で有意差($p<0.05$)が認められた気分尺度を調べたところ（図5-1)、南箕輪がすべての尺度で認められ、飯山でも「抑うつ」を除く5つの尺度で有意差が認められた。一方で、信濃町では4つ、上松町では3つの尺度の調査地によって有意差が観られる尺度が異なった。さらに佐久では「混乱」の一因子のみでしか有意差が得られず、試験地による違いが観察された。

5.3.4当日の天候との関係

今回の実験では実施環境が異なる上に被験者も異なっており、心理的効果に差が認められた原因は定かではない。ただし当日の天候を見ると、2日とも晴天に恵まれた南箕輪および飯山で比較的良好なリラックス効果が得られた反面、曇り空に小雨交じりだった佐久や、雨上り直後に座観実験が行われた信濃町で有意差が少ないなど、天候条件が心理状態に影響を与えた可能性が考えられた。この点については、別の実験を行い第6章で検討した。

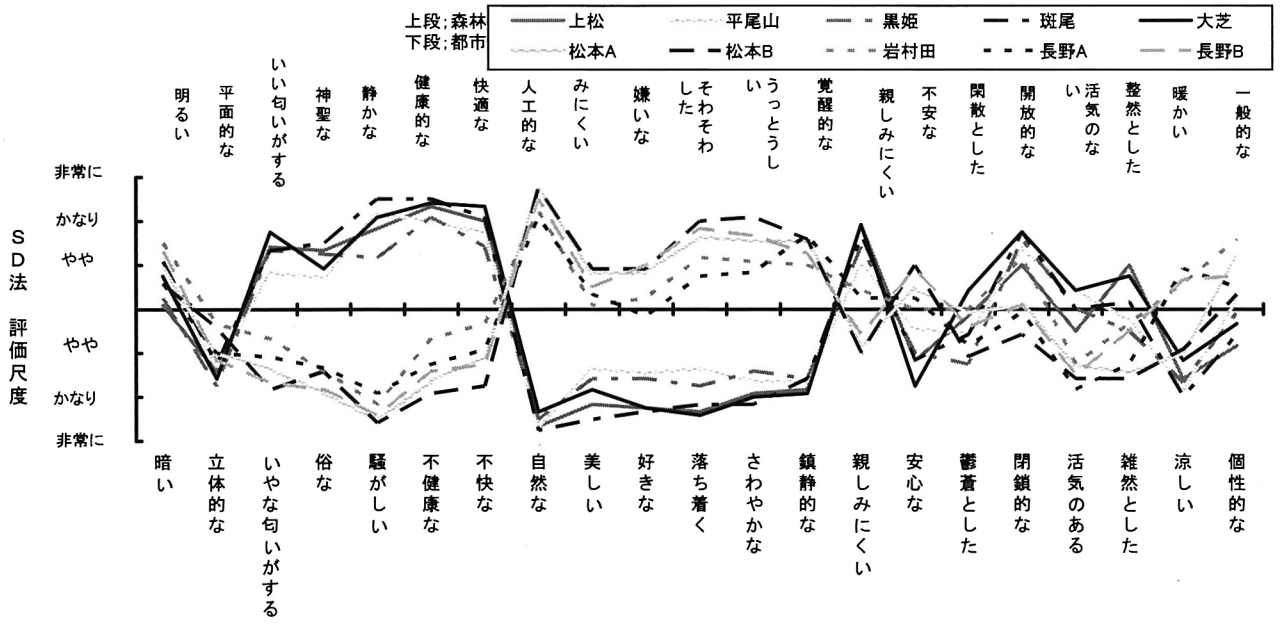


図 5-3　長野県内 5 箇所の森林と都市における SD 法による空間の評価

が、いずれの調査地においても森林で都市よりも

5.3.5　散策空間の主観評価

SD法による被験者の主観評価の結果を図5-3に示す。この結果から、どの調査地でも森林は「快適な」「健康的な」「好きな」という良いイメージが持たれており、森林に入ることは都市に比較して心理的に良好な効果があると言えた。一方で「暖かい－涼しい」などいくつかの評価尺度は、場所ごとのバラツキがみられた。

5.3. 主観評価と物理的温熱環境との関係

被験者の主観評価で温熱環境を表現する「暖かい-涼しい」の結果には調査地によるばらつきが認められた。この原因について、PPDを用いて検討した。

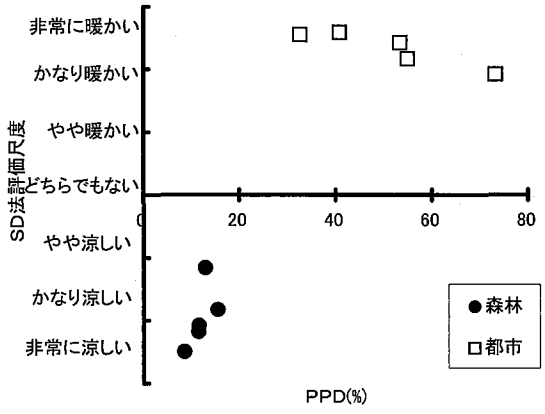


図 5-4　PPD の値と SD 法の「暖かさ」との関係

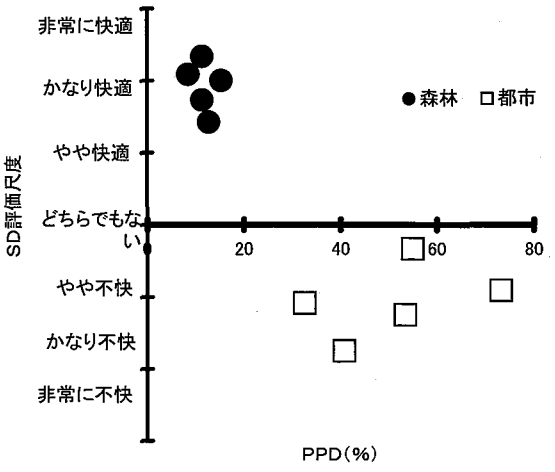


図 5-5　PPD の値と、SD 法の「快適さ」との関係

算出されたPPDの値は、都市では32～73だったのに対し、森林では9～16と値が小さく、不満足率が低い、すなわち温熱環境的な満足率が高かった(表5-2)。つまり、都市と森林を比較すると都市は温熱環境として不満に感じる可能性が高いことがわかった。

この結果を受けて、主観評価で得られた「暖かい－涼しい」との関係を見ると、長野県の森林浴コースでは都市に比べて心理的に涼しく、温熱環境としての満足度が高いと考えられた(図5-4)。

さらに、PPDの値とＳＤ法の「快適な」との関係を見ると、森林はPPDが低くて快適であると評価していた（図5-5)。

森林には都市に比べて温熱環境的な快適性が存在しており、PPDは、温熱環境面の快適性を示す指標としてある程度有効であると考えられた。

5.4　まとめ

長野県内5箇所の森林で、夏に近傍の都市を対照とする森林浴実験を行い、心理的なリラックス効果の測定を行うとともに、温熱環境（温度・湿度等）と光環境（照度）の物理環境について測定し、それらの関係を検討した。

その結果、第2章の結果と同様、全体としてみると森林浴は都市での散策に比べて心理的なリラックス効果が得られていた。ただし、すべての試験地で同じような結果が認められたわけではなく、調査地によってリラックス効果の発現には差が認められた。

さらに長野県の森林浴コースでは都市に比べて心理的に涼しく、温熱環境としての満足度が高いことが考えられた。

第6章　天気による人間の心理的効果の違い

6.1　実験の目的

森林浴に出かけた場合、好天であれば景色も充分に楽しむことが出来るため、比較的快適に過ごすことが可能である。とはいえ野外散策を伴うようなイベントであれば、特殊な事情を除き、一般的には小雨決行であることが多く、必ずしも好天の時ばかり森林浴を行えるわけではない。

天候がある程度悪化した場合には、森林浴の効果が低下する可能性があるが、好天時との比較事例はない。

そこで曇天や小雨など、野外での活動が可能な天候の場合、好天時と比べてどの程度の心理的な変化があるのか比較検討した。

6.2　実験の方法

調査は、長野県林業大学校の協力を得て、同校の２年生を被験者として、2004 年から 2006 年までの３カ年にわたり実施した。被験者の年齢は年によって多少異なったが 19 歳から 24 歳の範囲だった。

調査地は、長野県木曽郡木曽町の開田高原内の散策コースで、昼食時間を含めて約４時間にわたって散策を行った。歩行距離はおおむね ５ｋｍ程度で、観光パンフレットに示された標準的な散策時間は２時間程度であるが、今回の実験では、休憩時間を含めて４時間を確保してあり、ゆっくりしたペースでの散策とした。散策は平日に行い、3～4 人程度の小集団で行動させた。調査地周辺はカラマツ人工林が多いが広葉樹林も混交し、開拓地などの農地も多く、典型的な里山景観だった。

実験は9月下旬から10月上旬（2004年10月6日、2005年9月30日、2006年10月5日）で、それぞれの調査日における天候は、2004年が快晴、2005年が曇り、2006年が曇り時々小雨と異なった。小雨交じりだった2006年には、被験者の中には傘を差すものや雨合羽を羽織るものがいた。

散策前後における心理的な評価は、これまでの章と同様にPOMSにより、Ｔ得点に換算して評価した。また散策後には、SD法による主観評価も行った。

6.3　結果と考察

6.3.1　POMSによる心理的評価

それぞれの年における散策前後のPOMSの結果を図6-1に示す。このように、いずれの年も散策後は散策前に比べて「緊張-不安」、「抑うつ－落込み」、「怒り－敵意」、「疲労」、「混乱」の感情尺度得点が低下し、「活気」の感情尺度得点が上昇しており、森林散策を行うことで心理的なリラックス効果が得られていた。しかし、それぞれの年における散策前後の感情尺度得点について有意差検定を行ったところ、快晴だった2004年にはすべての感情尺度得点で有意差が認められたが、小雨交じりの天候であった2006年は、「混乱」の感情尺度得点を除いて有意差が認められなかった。

散策時の天候と心理的リラックス効果との関係を見るため、散策前後のPOMS変化量について検討した。その結果、図6-2に示すように、天気が良かった2004年は、変化量が最も大きくなっており、

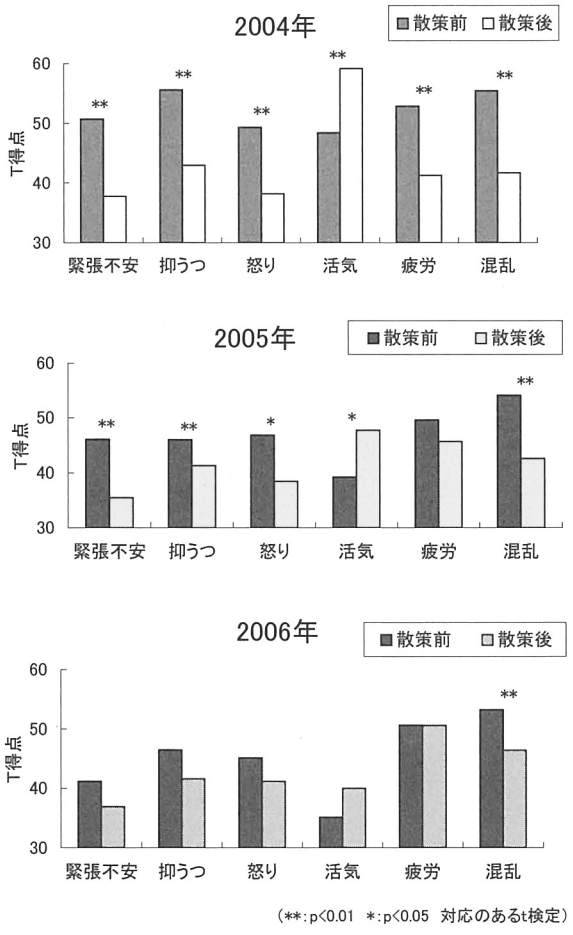


図 6-1　開田高原散策前後における
POMS のＴ得点（2004 年～2006 年）

心理的なリラックス効果が高くといえた。一方で小雨交じりと天気が悪かった2006年は変化量が小さく、曇天であった2005年は両者の中間的な位置を示しており、天候が悪化するに従って、心理

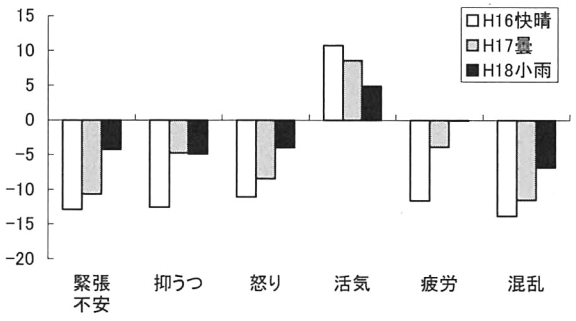


図 6-2　開田高原散策前後における被験者の POMS T 得点の変化量

的なリラックス効果が期待できなくなった。散策後に行った被験者の聞き取りでは、曇天と雨天だった2005年と2006年は、開田高原から見えるはずの御嶽山の眺望が利かなかったことが心残りとしていた人が多く、不満足であったとの感想を持っていた。さらに雨天だった2006年は「傘を差していても足元が濡れた」とか、「合羽を着るのがいやだった」というマイナスイメージが多く、森林浴による心理的なリラックス効果は天候に大きく左右されていた。

6.3.2　SD法による空間イメージの違い

散策時の空間イメージについて、SD法により得られた結果を図6-3に示す。

3年間の結果をまとめると、快晴から雨天と天候が大きく異なったものの、これによってたとえば「健康な」という評価が「不健康な」に変わってしまうような大きな変化はなく、開田高原という立地が変わらなければ、天候に関わらず空間イメージが逆転するような大きな影響は無いと判断できた。しかし、悪天候だった2006年と、快晴だった2004年を比較してみると、「快適な－不快な」という評価尺度では、快晴時にはかなり快適な評価であったが、曇りや雨の時には「やや快適な」というように評価を下げており、雨によって快適なイメージが損なわれ、POMSの結果と同様に、天候が心理的な評価に大きな影響を与えていると判断できた。

6.4　　まとめ

2004年から2006年までの3年間にわたって林業大学校の2年生に開田高原を散策させたところ、天候に恵まれた2004年は心理的なリラックス効果も

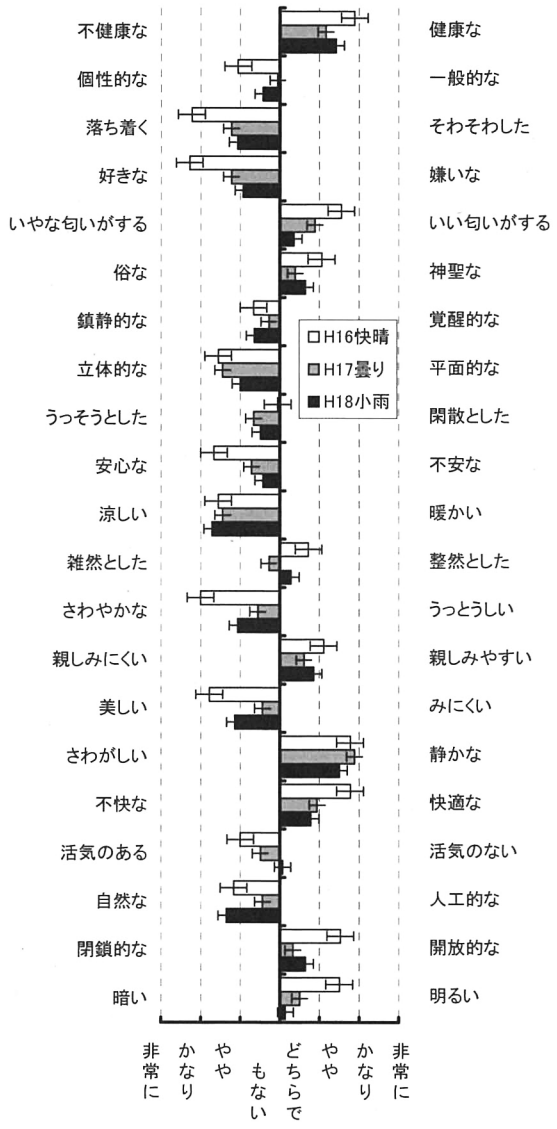


図 6-3　SD 法による年次別開田高原の評価

高く、空間の評価も良好だった。しかし、2005年、2006年と天候が悪くなるにつれてリラックス効果は低くなり、空間の評価も悪くなっていた。

このことから、天候が森林浴に与える影響は非常に大きいものと判断できた。

第7章　樹木由来の揮発成分量の年変動

7.1　実験の目的

第３章から第６章まで、森林における環境因子と人間の心理状態との関係について個別に見てきた。人間の感覚は五感に分けることができるとされるが、それぞれの章で検討した環境因子を五感に置き換えてみると、視覚（第３章）、聴覚(第４章)、触覚（第５章、第６章）ととらえる事ができる。五感のなかで、味覚については森林内を散策する森林浴という行為と直接的な関係は少ないと考えられるが、嗅覚は、数値化することが難しいことから、人間への影響について検討されていなかった。それ以前に森林由来の香り成分や発生量などの基礎的事項についても研究事例が少ない。

森林からの香りとしては、樹木由来の揮発成分であるフィトンチッド（B.P.トーキンら 1980）が最も知られているが、この点も研究事例が少なく、現在はさまざまな森林において揮発成分の発生量などを検討している段階で(松井ら 2005a、大平ら 2005、松井ら 2005b、大平ら 2006)、詳細な検討はされていない。

そこで本章では、森林の揮発物質発生量に関する基礎的資料を得ることを目的として、林内の季節別および高さ別の揮発成分発生量を調査した。

7.2　実験の方法

7.2.1 季節変化の測定

測定は、2006年4月から2006年12月までの間、長野県林業総合センター構内のアカマツ林(60年生)で行った。揮発成分採取には捕集管（PEJ-02）を装着したミニポンプ（MP-Σ30）を用い、捕集速度100ml/minで22～24時間採取した。機器の設置高は地上1.2mとし、毎月中旬に測定を行った。試料採取した捕集管は、森林総合研究所へ送付して、揮発成分濃度を測定した。

7.2.2　高さによる変動量の測定

測定は、2006年7月に年変動の観測を行っている長野県林業総合センター構内のアカマツ林で行った。揮発物質採取には季節変化と同様の器械をを用い、捕集速度100ml/minで24時間採取を行った。なお、昼と夜での垂直変動を観察するため、昼間の測定は朝6時から午後5時までの11時間とし、夜間の測定は、午後5時から翌朝6時までとした。器械の設置高は、季節変化を測定している地上1.2mに加えて、地上40cm、3m、7mの4点とした。

地表近くの40cmと1.2mの測定は機器を三脚で固定して据え置いた。地上3mは、林内に園芸用の3m脚立を建ててその上に機器を置き、7mの測定は、樹木の幹に据え付けたハシゴからスチルパイプ(直径12mm)を延ばして林内に吊し、機器を固定した(写真)。



写真　地上 7m の機器設置状況

7.3　結果と考察

7.3.1　捕集された揮発成分と季節変化

アカマツ林内で捕集された主な揮発成分は、これまで（大平ら2005）針葉樹林内で調査された例と同様にモノテルペン類が多く、なかでもα―pineneが多かった。主要なテルペン類の4月から12月までの変動を図7-1に示した。６月から８月の夏期に発生量が多く、休眠期（４月、12月）には少なかった。

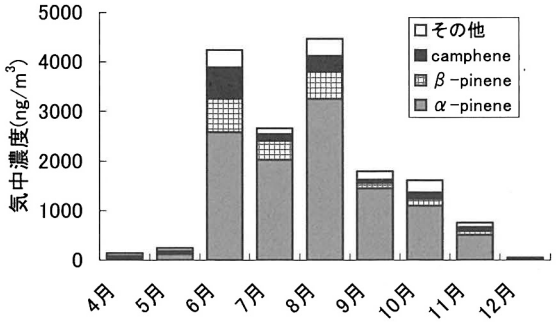


図 7-1　アカマツ林における
樹木揮発成分収集量の年変動

7.3.2　高さによる違い

2006 年 7 月に実施した昼間と夜間における採取高別の主要な揮発成分収集量を図 7-2 に示す。

揮発成分の収集量は昼と夜で大きく異なり、高さ方向に見た分布傾向も異なった。昼間は、測定地点が高くなるにつれて量が少なくなる傾向があり、地表近くの 40cm で最も多かった。一方夜間でも最も多かったのは地表近くであったが、測定地点が高くなっても量は下がらず逆に高いほど多くなる傾向を示した。

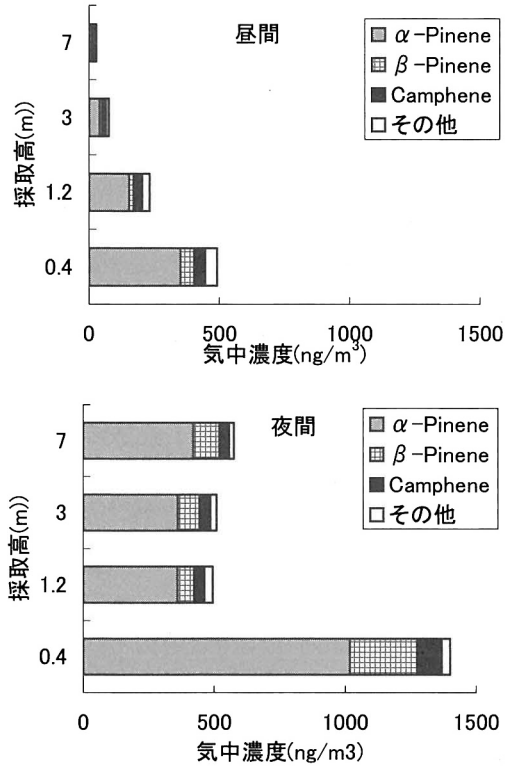


図 7-2　7 月の昼間と夜間における アカマツ林内の樹木揮発成分 収集量

この原因として、昼は上部ほど日光を受けやすいため、紫外線等による分解率が高いのではないかと考えられている（大平 2007）。今回測定対象とした揮発成分は、大半が樹木の葉から出るもの（大平 2007）とされているが、今回測定を行ったアカマツ林は樹高 20m 程度で、枝下高も 10m 以上と高く、7m の高さでも葉層よりも低い位置だった。このため、葉から発生した直後の揮発成分は捕捉できていないため、このような結果になったと考えられた。一方で地表 40cm 地点での成分量が多かった原因としては、収集された物質が空気よりも重く地表付近に蓄積されやすい（大平 2007）ことが考えられている。一方、調査地であるアカマツ林の林床を見ると、ヤマウルシやヒロバスゲなどの林床植生が草丈 50cm 程度の高さで繁茂しており、揮発成分が葉から発生しているとすれば、これら林床植生の存在も無視できないと考えられるが、こうした植物からの揮発成分量は測定されていないため、推測の域を出ない。加えて、厚く堆積した落葉層からも、枯葉由来の揮発成分などが発生している可能性も示唆されるが調査事例はなく今後の課題である。

7.4　まとめ

長野県林業総合センター構内アカマツ林で季節別および高さ別に樹木由来の揮発物質の量を調査した。アカマツ林からは針葉樹林で多く見られるα—pinene が多く発生しており、発生量は気温が高い夏に多かった。

発生量が多い夏に高さ別に揮発成分の量を調査したところ、一日を通じて最も多かったのは、地表近くの地点だった。地上 1.2～7m の 3 点で比較すると、昼間と夜間で収集量に違いがあり、昼間は測定地点が高くなるにつれて量が少なくなり、夜間は測定地点が高いほど量が多くなる傾向があった。

第8章　まとめと今後の課題

8.1　森林浴のもたらす効果

長野県の都市を比較対照として森林散策を行ったところ、森林は「自然な」イメージが強く、こうした森林を散策することで人の気分状態は鎮静化する効果が確かめられた（2章）。この効果は、特定の森林に限定されたものではなく、長野県内の5箇所の森林で都市を対照として行った実験でも同様の傾向が示され(5 章)、森林浴は都市の歩行に比べて心理的なリラックス効果が得られることが分かった。

森林散策を行うことで「落ち着く」人だけではなく「わくわく」し、好奇心を喚起させられる人も存在し、心理的なリラックス効果は得られても、生理的な鎮静効果が得られないケースも認められ、森林浴のもたらす効果は、個人の価値観によって異なる可能性が示唆された(2章)。

また、天候が悪いときほど被験者の心理的なリラックス効果は低く、空間の評価も低下することがわかり、森林浴の効果を高める場合には天候も重要であることが改めて確認された。しかし晴天時に「快適」と判断されるような環境であれば、雨天時に「不快」に変わってしまうほどの大きな心理的な影響は認められなかった(6章)。

8.2　森林浴と環境との関係

森林浴を行う環境条件との関係では、都市と森林という大局的な比較では今回測定した照度では説明が出来なかった(2 章)が、林業総合センター構内の2種類の森林を題材として光環境の印象を比較したところ、枯死木が発生し、林床植生が欠落するような森林では「暗くて不快」であるとの印象をもたらし、下刈り等の手入れを行っている森林では「明るくて快適」との評価が得られ、森林管理を進める上で方向が示された(3章)。

聴覚に注目した音環境との関係をみたところ、セミのようにかなり音圧レベルが高く、都市の騒音よりも大きな音がしていても、自然由来の音であれば「騒がしい」とは感じないことが明らかとなった(4章)。

体感温度を左右する温熱環境の検討では、暑い時期では不快指数などでも一定の快適性の評価が可能であること（2 章）が確かめられたほか、中等度温冷感指標であるPMVを用いて、PMVから計算される、予測不満足率（PPD）を指標とすることで、温熱環境面から快適性を示すことが出来ることがわかった（5章)。

嗅覚に影響すると考えられる樹木の揮発成分について、アカマツ林で年変動と垂直変動を調査し、気温の高い夏に揮発物質が多く放出され、垂直分布から揮発成分の発生量は昼と夜で異なることや地表近くでは発生量が多いことが明らかとなった（7章)。

8.4　今後の課題

森林浴の効果を調べるために、戸隠高原での実験をはじめ、長野県内各地で実験を行ったその結果、森林浴による一定のリラックス効果が得られた。森林浴による生理的な効果については、今回の研究以外にも多くの知見が得られ(Li et al2007, 花輪ら2005など)森林浴がもたらす人への効果については徐々に解明されてきている。

一方で、森林浴を行う森林空間の構成要素との関係として、今回の研究では、温熱環境、光環境、音環境、天候といった環境要素と人間の心理的反応について検討を試みた。しかし、森林浴を行う環境条件の測定は、今回の指標以外にもマイナスイオン（高山ら2006）をはじめとして多くの指標を検討する必要があり、今後も検討を進めて行かなければならない。また、森林浴を行う点から考えると、特定環境を一度調査しただけでなく、森林浴に適した季節や時間等の検討を行う必要もある。この点については、温熱環境の季節変動の面から、快適な活動を検討する事例（高山ら2008)や音環境について多くの事例を収集する(政木ら 2008)など、徐々に進展しているが、今後に向けてさらに精査していく必要がある。さらに、森林空間そのものの評価を行って、森林浴に適した森林空間を提供するための施業技術なども将来的には検討していくことが重要ではないかと考えられる。

8.5　謝辞

本研究を進めるにあたり、千葉大学の宮崎良文教授、朴範鎮准教授、森林総合研究所の香川隆英室長、大平辰朗室長、松井直之主任研究員、高山範理研究員、日本医科大学の李卿講師をはじめとする高度化事業の共同研究者の皆様には研究の推進に多大なるご協力を賜りました。

また現地の実験については、長野県林業大学校で行われている「森林風致計画学」の授業で得られたデータならびに、森林セラピー基地認定事業

にかかる「生理、心理及び物理実験」に協力して得られたデータを用いました。この点に関し、長野県林業大学校の関係者の皆様ならびに、2005年度及び2006年度のセラピー基地認定事業に協力いただいた関係市町村の皆様にご協力を賜りました。

さらに、長野県内で行われた各種実験については、信州大学大学院の藤澤翠氏、政木志帆氏には、共同研究の形で調査等に協力いただきました。共同研究を進めるにあたり担当教授である信州大学ＡＦＣの加藤正人教授と信州大学農学部の北原曜教授には、大いなる支援をしていただいきました。また、現地調査の際には、信州大学大学院の大地純平氏、長野県自然観察指導員連絡会の村上さよ子氏、小川朱実氏、杉山要氏に協力を頂きました。

また、林業総合センターの片倉正行育林部長には、研究遂行の配慮と実験にあたっての協力を頂きました。

このほか数多くの皆様方の協力により本研究を進めることができました。最後になりますがこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

引用文献

B.P.トーキン・神山 恵三(1980)植物の不思議な力＝フィトンチッド、講談社、205pp

藤澤翠・小山泰弘ほか(2006)森林浴における光環境の快適性についての研究、中森研 54、137-140.

藤澤翠・小山泰弘ほか(2007)森林浴に適した林内照度の特徴と管理方策に関する考察、中森研55、191-194.

藤澤翠(2007)森林浴に適した林内照度の特徴と、空間管理に関する研究、平成 18 年度信州大学大学院農学研究科修士論文、157pp.

花輪尚子・山口昌樹ほか(2005)里山における唾液アミラーゼ活性の日内変動 、日本生理人類学会誌 Vol.10, 特別号 1, 46-47.

井川原弘一・横井秀一(2004)POMS を指標とした森林散策の効果. 中森研 52：125-126.

綛谷珠美・朴範鎭ほか(2005)千葉県里山林における森林浴効果. 日本森林学会 116：160.

小山泰弘・高山範理ほか(2005)長野県の森林における森林浴の心理的効果、日本環境教育学会第16回大会講演要旨集、56.

小山泰弘(2005)森林浴が人間の気持ちに与える影響、32回長野県環境科学研究発表会講演要旨集、35-36.

小山泰弘・高山範理ほか(2006a)夏期の長野県における森林浴の心理的効果と物理環境要因の関係、117回日森学講集

小山泰弘・高山範理ほか(2006b)長野県の自然休養林における森林浴の心理的評価と物理環境要因の関係、中森研 54、93-96.

Li Q.・Koyama Y. et. al.(2007)Forest bathing enhances human natural killer activity and expression of anticancer proteins. Int. J. Immunopathology and Pharmacology 20、no.2、(S2)3-8.

松井 直之・大平 辰朗ら(2005a)森林が放出する揮発性物質（１）樹種構成の異なる森林内揮発性物質の特徴とその日内変動、116回日森学講集

松井直之・小山泰弘ほか(2005b) 森林が放出する揮発性物質(3)、日本木材学会中部支部大会、66-67.

政木志帆・小山泰弘ほか（2006）保健休養機能の観点から見た森林の音環境特性（１）、117回日森学講集

政木志帆(2007)森林の音環境特性と森林浴による人の心理的効果の関係、平成18年度信州大学農学部卒業論文、14PP.

政木志帆・小山泰弘ら(2007)森林と都市地における音環境特性と心理的効果の比較、中森研55、179-183

政木志帆・小山泰弘ほか(2008)森林の音環境と人の心理的効果への影響、中森研 56、投稿中

宮崎良文 (2003) 森林浴はなぜ体にいいか. 180pp、文春新書. 東京.

長町三生 (1989) 生活科学のための人間工学、朝倉書店、東京、192pp.

大平辰朗・小山泰弘ほか(2005)森林が放出する揮発性物質(2)、日本木材学会中部支部大会、64-65.

大平辰朗・小山泰弘ほか(2006) 森林が放出する揮発性物質(4)、第56回日本木材学会研究発表要旨集、PP013

大平辰朗(2007)森林の香り、木材の香り、八十一出版、東京、62pp

大石康彦・金濱聖子ほか (2003) 森林空間が人に与えるイメージと気分の比較－POMS 及び SD を用いた森林環境評価－. 日林誌 85(1). 70-77.

Park B.J. ・Tsunetsugu Y. et. al. (2007) Physiological Effects of Shinrin-yoku

(Taking in the Atmosphere of the Forest)－ Using Salivary Cortisol and Cerebral Activity as Indicators－. Journal of PHYSIOLOGICAL ANTHROPOLOGY. 26; 123-128

高山範理・香川隆英ほか(2005)森林浴における光／温熱環境の快適性に関する研究、ランドスケープ研究 68(5)819-824

高山範理・小山泰弘ほか(2006)森林浴におけるイオン環境の快適性についての研究、57 回日林関東支論、29-33.

高山範理・小山泰弘ほか(2007)森林環境における物理指標の日変化、関東森林研究 58、69-72.

高山範理・小山泰弘ほか(2008) 長野県のアカマツ林における温熱環境の通年変化と快適な活動との関係、関東森林研究 59、投稿中

Tsunetsugu Y.・Park B. J. et. al. (2007) Physiological Effects of Shinrin-yoku (Taking in the Atmosphere of the Forest) in an Old-Growth Broadleaf Forest in Yamagata Prefecture、 Japan. Journal of PHYSIOLOGICAL ANTHROPOLOGY. 26. 135-142.

山田容三(2003)森林の音風景による主観的印象と生理的反応(1)、日本林学会大会学術講演集 114:796

横山和仁・荒記俊一ほか(1990)POMS(感情プロフィール検査)日本語版の作成と信頼および妥当性の検討. 日本公衆衛生雑誌 37：913-918.