

ミニ特集

森林セラピーの臨床応用と個人差

日本における森林医学研究

宮崎 良文, 池井 晴美, 宋チョロン

千葉大学環境健康フィールド科学センター

Forest Medicine Research in Japan

Yoshifumi MIYAZAKI, Harumi IKEI and Chorong SONG

Center for Environment, Health and Field Sciences, Chiba University

Abstract There has been growing attention on the effects of forest on physiological relaxation and immune recovery, particularly in forest medicine research, from a perspective of preventive medicine. Japan is a world leader in the accumulation of scientific data on forest medicine research. In this review, we summarize the research that has been conducted in this area since 1992.

We conducted field experiment, involving 420 subjects at 35 different forests throughout Japan. After sitting in natural surroundings, these subjects showed decrease in the following physiological parameters compared with those in an urban control group: 12.4% decrease in the cortisol level, 7.0% decrease in sympathetic nervous activity, 1.4% decrease in systolic blood pressure, and 5.8% decrease in heart rate. This demonstrates that stressful states can be relieved by forest therapy. In addition, it should be noted that parasympathetic nervous activity was enhanced by 55.0%, indicating a relaxed state. The results of walking experiments provided similar results. Li et al. demonstrated that immune function was enhanced by forest therapy in middle-aged employees who volunteered to participate in these experiments. Natural killer cell activity, an indicator of immune function, was enhanced by 56% on the second day and returned to normal levels. A significant increase of 23% was maintained for 1 month even after returning to urban life, clearly illustrating the preventive benefits of forest therapy.

In an indoor room experiment, we conducted tests with the following: 1) olfactory stimulation using wood smell, 2) tactile stimulation using wood, and 3) auditory stimulation using forest sounds. These indoor stimulations also decreased the blood pressure and pulse rate, and induced a physiological relaxation effect.

We anticipate that forest medicine will play an increasingly important role in preventive medicine in the future.

Key words: forest environment (森林環境), therapeutic effect (健康増進効果), physiological function (生理機能), preventive medicine (予防医学)

はじめに

ここ数年、森林医学研究に関する関心が世界的に高まっている。2013年10月にはHarvard School of Public

HealthがUrban Forest Bathingと銘打ったセミナーを米国で初めて開催し、12月には中国北京市においても森林医学シンポジウムが開催されている。2010年にNew York Timesが、李ら(1, 2)ならびに宮崎ら(3, 4)による4論文を引用して記事化したことに端を発し、同年Al Jazeera TVが森林セラピー特集を組み、2013年11月にはブラジルGlobo TVが特集を組んで、日本の森林医学研究を紹介している。さらに、カナダGlobe and Mail紙、ブラジルGlobo紙等の新聞報道が続いている。

現在の森林医学において、日本の森林医学研究が果た

受付 2014 年 2 月 20 日, 受理 2014 年 3 月 5 日

Reprint requests to: Yoshifumi MIYAZAKI

Centre for Environment, Health and Field Sciences, Chiba University,
6-2-1 Kashiwanoha, Kashiwa City, Chiba Prefecture 277-0882, Japan
TEL: +81(4)7137-8113, FAX: 020-4666-0398

E-mail: ymiyazaki@faculty.chiba-u.jp

している役割は大きく、フィールド研究における生理データの蓄積の多くは、宮崎ならびに李卿らによってなされてきた (表 1)。そこで、本総説においては、1992 年から始まった日本の森林医学研究の現状について紹介し、今後の課題に関して言及する。

I. 人間と自然の関係

森林医学が予防医学的效果を有する根底には、現代を生きる我々の体が、自然対応用できているという考え方があり。人間は人間になって約 600 ～ 700 万年が経過するが (5)、その 99.99% 以上を自然の中で過ごしてきた。自然対応用の生理機能を持って、現代の都市化・人工化された社会を生きているため、ストレス状態にあると考えられている (6)。さらに、近年における急激なコンピュータの普及はさらなるストレス状態の昂進を生み出しており、1984 年にはアメリカの臨床心理学者クレイグ・ブロードにより、「テクノストレス」という言葉が作られた (7)。そのような状況を受けて、今、森林や木材等の自然環境に注目が集まっており、森林医学の重要性が再認識されている。代表的な自然環境である森林や自然環境要素である木材に触れたとき、強すぎる緊張状態、高すぎる交感神経活動が抑制され、生理的にリラックスし、低下していた免疫機能が改善する。これは、「予防医学的效果」であり、森林医学の目的とするところである (図 1)。森林医学による生理的リラックス効果に関しては、本稿において詳細に紹介し、李卿による免疫機能の改善については、本特集の李卿による「森林医学の臨床応用の可能性」ならびに他の論文 (3,4,8-14) を参照して頂きたい。

II. 森林浴から森林医学

森林浴という言葉は、秋山元林野庁長官によって命名された造語で、1982 年 7 月 29 日の朝日新聞紙上における林野庁の「森林浴構想」に端を発しており、「人間と森林等の自然環境間の同調 (シンクロ状態) による快適性増進効果を目指す行為」と定義されている (15)。「森林セラピー」は、「科学的エビデンスに裏付けられた森林浴効果」を意味し、「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言う『予防医学的效果』に立脚した概念」であるとされている (15)。さらに、「森林医学」とは、「森林などの植物由来の刺激がもたらす生理的非特異的效果を科学的根拠に基づいて解明する学問体系」とであると定義されている (15)。

III. 日本における研究の現状

表 1 に 1992 年以降、今日に至る森林医学研究における生理評価関連論文ならびに著書を記した。その研究の

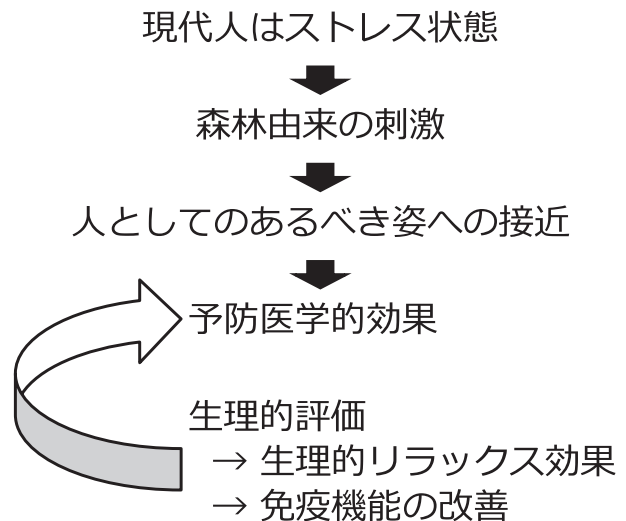


図 1 森林医学の概念

歴史について、経時的に紹介する。

1992 年から 2003 年までは、フィールドにおける生理的評価法ならびに実験体制の未確立であったことを主要因として、人工気候室内における室内実験が中心であった。2004 年以降、フィールド実験が本格的に開始され、室内ならびにフィールド実験が同時に実施されるようになった。

なお、上記の研究のうち、著者らのグループによる 2004 年以降の研究分については、千葉大学環境健康フィールド科学センターあるいは (独) 森林総合研究所の倫理審査委員会の承認を受け、被験者からは文書による同意を得た上で実施された。

(1) 室内実験

1) 嗅覚刺激実験

室内実験における基本的な実験条件ならびに評価指標は以下の通りである。

被験者は 6 人～25 人程度の男女としている。嗅覚刺激においては、刺激香り物質として、スギ、ヒノキ、ヒバ等の木材チップやそれらから抽出した精油ならびに精油成分とし、におい物質の投与は、精油吸入装置を用いることにより行い、温度 25°C、湿度 60%、照度 50 lx の人工気候室内において座位にて実施している。嗅覚刺激は、におい袋内に 24 L の室内空気を入れ、チップあるいは精油を入れ、精油吸入装置を用いて鼻の約 15 cm 下から毎分 2 ～ 3 L の流速で流すことにより行った。吸入する香り物質の強度は、においの強さの 6 段階法において、「弱いにおい」から「楽に感じるにおい」になるように設定し、吸入時間は 60 ～ 90 秒程度とした。図 2 に、実験風景を示す。

測定指標は、脳活動としては、近赤外分光法による前頭前野計測 (毎秒) とし、自律神経活動としては、心拍変動性 (毎分)、心拍数 (毎秒)、血圧 (毎秒)、瞳孔対光反射、唾液中アミラーゼ等を用い、さらに唾液中コル

表 1 日本における森林医学研究

年度	1992	1992	1994	1995	1997	1998	1998	2002	2002	2003
タイトル	精油の吸入による気分の変化(第1報)ー腫孔光反射・作業能率・官能評価・フィードバック検査に及ぼす影響ー	精油の吸入による気分の変化(第2報)ー血圧・脈拍・R-R間隔・作業能率・官能評価・フィードバック検査に及ぼす影響ー	異なる濃度のタインヒノキ精油の吸入が自律神経反射と作業能率に及ぼす影響	Forest environment and physical response	感性に訴える木材ーその生理学的評価と主観評価について〔I〕ー	感性に訴える木材ーその生理学的評価と主観評価について〔II〕ー	Time-series variations of blood pressure due to contact with wood	The visual effects of wooden interiors in actual-size living rooms on the autonomic nervous activities	木と森の快適さを科学する 176pp	近赤外線分光法を用いた自然由来の快適性の評価
著者	宮崎良文ら	宮崎良文ら	宮崎良文ら	Miyazaki Y and Motohashi Y	宮崎良文	宮崎良文	Morikawa T et al.	Tsunetsugu Y et al.	宮崎良文	宮崎良文
雑誌情報	木材学会誌 38(10): 903-908	木材学会誌 38(10): 909-913	感情心理学研究 1(2): 75-81	Recent progress in medical balneology and climatology. Eds. By Agishi Y and Ohtsuka Y. Hokkaido University. pp. 67-77	木材工業 52(12): 602-606	木材工業 53(1): 2-6	Journal of Wood Science 44(6): 495-497	Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science 21(6): 297-300	(社)全国林業改良普及協会	計測と制御 42(5): 430-434
測定指標毎 有意差	自律神経系	HRV								
		心拍数・脈拍数	○	○	○	○	○	○	○	
		血圧	○	○	○	○	○	○	○	○
		アミラーゼ								
		その他	○		○	○			○	
測定指標毎 有意差	内分泌系	コルチゾール								
		カテコロール								
		NK活性								
		抗ガンタンパク								
測定指標毎 有意差	中枢神経系	前頭前野活動等	○	○	○	○	○	○	○	○
		主観評価	原著論文	原著論文	原著論文	原著論文	原著論文	原著論文	原著論文	原著論文
実験タイプ	論文区分	フィールド実験	原著論文	原著論文	原著論文	原著論文	原著論文	原著論文	原著論文	原著論文
		室内実験	○	○	○	○	○	○	○	○

表 1 (続き)

年度	2003	2003	2003	2004	2005	2005	2005	2006	2006	2006
	自然と快適性	木材と感性	森林浴はなぜ 体にいいか 180pp	Effects of sounds generated by a dental turbine and a stream on regional cerebral blood flow and cardiovascular responses	Visual effects of interior design in actual-size living rooms on physiological responses	Influence of wood wall panels on physiological and psychological responses	木材の香りによ るリラクゼーシ ョン効果	The effects of exercise in forest and urban environments on sympathetic nervous activity of normal young adults	生理指標を用 いた森林浴の 評価(1)ー1) HRV(心拍変 動性)を指標と してー	生理指標を用 いた森林浴の 評価(1)ー2) 唾液中コルチ ゾールならびに 分泌型免疫グ ロブリンAを指 標としてー
著者	宮崎良文	宮崎良文	宮崎良文	Mishima R et al.	Tsunetsugu Y et al.	Sakuragawa S et al.	恒次祐子ら	Yamaguchi M et al.	朴範鎮ら	恒次祐子ら
雑誌情報	日本生気象学 会雑誌 40(1): 55-59	木材工業 58(11):534-536	文藝春秋	Odontology (92): 54-60	Building and Environment 40(10): 1341- 1346	Journal of Wood Science 51(2): 136-140	木材工業 60(11): 598-602	Journal of International Medical Research 34(2): 152-159	日林関東支論 57: 33-34	日林関東支論 57: 35-36
測定指標毎 有意差			HRV							
			心拍数・脈拍数							
			血圧	○	○				○	
			アミラーゼ	○	○	○	○			
			その他							
内分泌系			コルチゾール							○
			カテコロール							○
			NK活性							
免疫系			抗ガンタンパク							
中枢神経系			前頭前野活動等							
			主観評価	○	○	○	○	○	○	○
実験タイプ	論文区分	特集	フィールド実験	原著論文	原著論文	原著論文	総説	原著論文	原著論文	原著論文
			室内実験	○	○	○	○	○	○	○
				○	○	○	○	○	○	○

表 1 (続き)

年度	2006	2006	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007	2007
	生理指標を用いた森林浴の評価(2)ー唾液中コルチゾールならびに分泌型免疫グロブリンAを指標としてー	唾液アミラーゼとPOMSを指標とした森林浴による生理的・心理的効果	森林医学 370pp	The physiological effects in humans induced by the visual stimulation of room interiors with different wood quantities	Forest bathing enhances human natural killer activity and expression of anti-cancer proteins	Physiological effects of Shintin-yoku (taking in the atmosphere of the forest) - using salivary cortisol and cerebral activity as indicators-	Physiological effects of Shintin-yoku (taking in the atmosphere of the forest) in an old-growth broadleaf forest in Yamagata prefecture, Japan	長野県木島平村力やの平高原における生理指標を用いた森林浴の評価	生理応答に基づく森林環境・森林系環境要素の快適性評価	五感を通して明らかにする森の科学 171pp
著者	朴範鎮ら	総谷珠美ら	宮崎良文ら(編集)	Tsunetsugu Y et al.	Li Q et al.	Park BJ et al.	Tsunetsugu Y et al.	古橋卓ら	恒次祐子、宮崎良文	宮崎良文
雑誌情報	日林関東支論 57: 37-38	日林関東支論 57: 39-40	朝倉書店	Journal of Wood Science 53: 11-16	International Journal of Immunopathology and Pharmacology 20(S2): 3-8	Journal of Physiological Anthropology 26(2): 123-128	Journal of Physiological Anthropology 26(2): 135-142	関東森林研究 58: 219-222	木材工業 62(10): 442-447	NEXUSBOOK (韓国)
測定指標毎 有意差	自律神経系	HRV					○	○	○	
		心拍数・脈拍数		○			○	○	○	○
		血圧		○			○	○	○	○
		アミラーゼ	○							
		その他								○
内分泌系	コルチゾール	カテコールアミン	○			○	○	○	○	
		NK活性			○					
		抗ガンタンパク								
免疫系	抗ガンタンパク									
中枢神経系	前頭前野活動等		○	○	○	○	○	○	○	○
主観評価	主観評価		○	○	○	○	○	○	○	○
論文区分	論文区分	原著論文	原著論文	原著論文	原著論文	原著論文	原著論文	原著論文	原著論文	原著論文
		○	○	○	○	○	○	○	○	○
実験タイプ	実験タイプ	フィールド実験	著書	原著論文	原著論文	原著論文	原著論文	原著論文	総説	著書
		室内実験	○	○	○	○	○	○	○	○

表 1 (続き)

年度	2008	2008	2008	2008	2008	2008	2009	2009	2009	2009
タイトル	Visiting a forest, but not a city, increases human natural killer activity and expression of anti-cancer proteins	Effects of contact with wood on blood pressure and subjective evaluation	Physiological effects of Shinrin-yoku (taking in the atmosphere of the forest) in a mixed forest in Shinano Town, Japan	A forest bathing trip increases human natural killer activity and expression of anti-cancer proteins in female subjects	Physiological effects of viewing forest landscapes - results of field tests in Atsugi city, Japan. (in Korean)	Physiological effects of ingesting eucalyptus essential oil with milk casein peptide.	Restorative effects of viewing real forest landscapes, based on a comparison with urban landscapes	Physiological effects of forest recreation in a young conifer forest in Hinokage Town, Japan.	Effect of phytoncide from trees on human natural killer cell function.	森林浴における唾液コルチゾール濃度と主観評価の関係
著者	Li Q et al.	Sakuragawa S et al.	Park BJ et al.	Li Q et al.	Park BJ and Miyazaki Y	Park BJ et al.	Lee J et al.	Park BJ et al.	Li Q et al.	小山泰弘ら
雑誌情報	International Journal of Immunopathology and Pharmacology 21(1): 117-127	Journal of Wood Science 54(2): 107-113	Scandinavian Journal of Forest Research 23: 278-283	Journal of Biological Regulators & Homeostatic Agents 22(1): 45-55	Journal of Korean Forest Society 97(6): 634-640	Silva Fennica 43(1): 173-179	Scandinavian Journal of Forest Research 24: 227-234	Silva Fennica 43(2): 291-301	International Journal of Immunopathology and Pharmacology 22(4): 951-959	日本生理人類学会誌 14(1): 21-24
測定指標毎 有意差	自律神経系	HRV								
		心拍数・脈拍数		○					○	
		血圧		○				○	○	
		アミラーゼ							○	
		その他								
内分泌系	コルチゾール		○			○				○
	カテコールアミン	○							○	
免疫系	NK活性	○		○					○	
	抗ガンタンパク								○	
中枢神経系	前頭前野活動等									
	主観評価	○	○	○	○	○	○	○	○	○
論文区分	原著論文	原著論文	原著論文	原著論文	原著論文	ノート	原著論文	原著論文	原著論文	原著論文
実験タイプ	フィールド実験	○		○	○		○	○	○	○
	室内実験		○			○				

表 1 (続き)

年度	2009	2009	2009	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010		
タイトル	森林医学Ⅱ 276pp	森林セラピー 247pp	森林治癒 485pp	The physiological effects of Shinrin-yoku (taking in the forest atmosphere or forest bathing): Evidence from field experiments in 24 forests across Japan.	Trends in research related to “Shinrin-yoku” (taking in the forest atmosphere or forest bathing) in Japan.	Effect of forest bathing trips on human immune function	Physiologically relaxing effect of a hospital rooftop forest on elderly women requiring care	Evidence-based field research on health benefits of urban green area.	里山の植物を用いた嗅覚刺激による生理的・心理的効果	A day trip to a forest park increases human natural killer activity and the expression of anti-cancer proteins in male subjects.		
	宮崎良文ら（編集）	宮崎良文ら（編集）	宮崎良文ら（編集）	Park BJ et al. across Japan.	Tsunetsugu Y et al.	Li Q	Matsunaga K et al.	Lee J et al.	恒次裕子ら	Li Q et al.		
	朝倉書店	森林セラピー・サエティ 発売：朝日新聞出版	ジョンナムスブ（韓国）	Environmental Health and Preventive Medicine 15: 18-26	Environmental Health and Preventive Medicine 15(1): 27-37	Environmental Health and Preventive Medicine 15: 9-17	Journal of the American Geriatrics Society 59(11): 2162-2163	Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 147 39(5): 111-118	アロマテラピー学雑誌 10(1): 64-72	Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents 24(2): 157-165		
	測定指標毎有意差		自律神経系	HRV								
				心拍数・脈拍数								
				血圧								
				アミラーゼ								
				その他								
	内分泌系	コルチゾール										
		カテコールアミン										
NK活性												
免疫系	抗ガンタンパク											
	前頭前野活動等											
中枢神経系												
	主観評価											
論文区分			著書	原著論文	原著論文	原著論文	原著論文	原著論文	原著論文	原著論文		
実験タイプ												
	フィールド実験											

表 1 (続き)

年度	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2011	2012	2012	
タイトル	Effect of forest bathing on physiological and psychological responses in young Japanese male subjects	大規模都市緑地における歩行がもたらす生理的影響-新宿御苑における実験-	自然セラピーの予防医学的効果	森林セラピーの生理的リラックス効果-4箇所でのフィールド実験の結果-	自然セラピーとリラックス	Nature therapy	森林セラピー-275pp	Acute effects of walking in forest environments on cardiovascular and metabolic parameters.	Forest Medicine 316pp	Effect of a forest environment on physiological relaxation using the results of field tests at 35 sites throughout Japan		
	著者	Lee J et al.	松葉直也ら	宮崎良文ら	李宙営ら	宮崎良文ら	Miyazaki Y et al.	宮崎良文ら(編集)	Ed. By Li Q	Park BJ et al.		
	雑誌情報	Public Health 125: 93-100	日本生理解人類学会誌 16(3): 133-139	日本衛生学雑誌 66: 651-656	日本衛生学雑誌 66: 663-669	化学と教育 59(8): 406-409	Designing our future: Eds. by Osaki Met al United Nations University Press pp. 407-412	ジョンナムスプ(韓国)	European Journal of Applied Physiology 111: 2845-2853	Nova Science Publishers, Inc.	Forest Medicine. Ed. By Li Q. Nova Science Publishers, Inc. pp. 55-65	
		測定指標毎有意差	自律神経系	HRV	○	○	○	○	○	○	○	○
				心拍数・脈拍数	○	○	○	○	○	○	○	○
血圧						○	○	○	○	○	○	○
アミラーゼ												
その他												
内分泌系	コルチゾール	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	カテコールアミン					○		○	○			
	NK活性					○		○	○			
免疫系	抗ガンタンパク				○				○			
	中枢神経系			○		○			○			
論文区分	原著論文	原著論文	総説	原著論文	特集	著書	著書	原著論文	著書	著書		
	フィールド実験	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
実験タイプ	室内実験											

表 1 (続き)

年度	2012	2012	2012	2013	2013	2013	2014	2014	2014	2014
	Physiological effects of visual, olfactory, and tactile factors in the forest environment	Forests and human health - recent trends in Japan	Nature therapy and preventive medicine	Physiological and psychological effects of viewing urban forest landscapes assessed by multiple measurements	Individual differences in the physiological effects of forest therapy based on Type A and Type B behavior patterns	Physiological and psychological effects of walking on young males in urban parks in winter	Influence of forest therapy on cardiovascular relaxation in young adults	The physiological and psychological relaxing effects of viewing rose flowers in office workers	Physiological and psychological responses of young males during spring-time walks in urban parks	Effect of stimulation by foliage plant display images on prefrontal cortex activity: a comparison with stimulation using actual foliage plants
著者	Tsutsuguchi Y et al.	Lee J et al.	Lee J et al.	Tsutsuguchi Y et al.	Song C et al.	Song C et al.	Lee J et al.	Ikei H et al.	Song C et al.	Igarashi M et al.
雑誌情報	Forest Medicine, Ed. By Li Q. Nova Science Publishers, Inc. pp. 169-181	Forest Medicine, Ed. By Li Q. Nova Science Publishers, Inc. pp. 243-257	Public Health - social and Behavioral Health. Ed. By Maddox J. InTech pp. 325-350	Landscape and Urban Planning 113: 90-93	Journal of Physiological Anthropology 32:14	Journal of Physiological Anthropology 32:18	Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine 2014: 834360	Journal of Physiological Anthropology 33:6	Journal of Physiological Anthropology 33:8	Journal of Neuroimaging in press
測定指標毎 有意差	自律神経系	HRV	○	○	○	○	○	○	○	
		心拍数・脈拍数	○	○	○	○	○	○	○	
		血圧	○	○	○	○	○	○	○	
		アミラーゼ								
		その他								
内分泌系	免疫系	コルチゾール	○	○	○	○	○	○	○	
		カテコールアミン								
		NK活性		○	○					
		抗ガンタンパク								
中枢神経系	主観評価	前頭前野活動等	○	○	○	○	○	○	○	○
論文区分	実験タイプ	著書	著書	著書	原著論文	短報	原著論文	原著論文	原著論文	短報
		フィールド実験	○	○	○	○	○	○	○	○
実験タイプ		室内実験	○	○	○	○	○	○	○	○



図 2 嗅覚刺激実験風景

チゾール計測も用い、実験の目的に応じて使い分けた。

1992 年に木材学会誌において、血圧、脈拍数、瞳孔対光反射ならびに作業能率（文字消去率）を指標として、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・心理的影響を報告した (16, 17)。5 分間の嗅覚刺激によって、嗅覚前に比べ、有意に収縮期血圧が低下し、作業能率が高まる傾向にあることが示された。森林・木材由来の嗅覚刺激がもたらす生理的影響を明らかにした初の論文であると思われる。さらに、1994 年には異なるタイワンヒノキ材油の異なる濃度が血圧低下にもたらす影響が明らかにされている (18)。さらに、スギ材チップの揮発物質による嗅覚刺激においても、収縮期血圧が有意に低下し、脳前頭前野活動も、鎮静化することが報告されている (19, 20)。

一方、森林や木材由来の主要物質である α -ピネンやリモネン等のフィトンチッドがもたらす生理的影響についても報告されている (19, 20)。代表的なフィトンチッドである α -ピネンの嗅覚刺激が血圧にもたらす影響が毎秒計測され、10 あるいは 100 $\mu\text{L}/30\text{ L}$ にて、3 L/分の流量で被験者の鼻下約 10 cm から 90 秒間吸入させたところ、収縮期血圧が有意に低下することが示された。さらに、同じくリモネン (10 $\mu\text{L}/30\text{ L}$) の吸入においても、収縮期血圧が低下することが明らかにされている。

2) 視覚刺激実験

2002 年～2007 年にかけて連続血圧ならびに脈拍数を指標として室内居室の木材視覚刺激実験に関する報告がされている (21–23)。実際の部屋 (8 帖) を作成し、その部屋の木材率やデザインを変えた場合の視覚影響が、90 秒の刺激時間によって調べられている。現在、市販されている木質居室の木材率はほぼ 30% 程度であるため、通常の木質居室 (木材率 30%)、壁に木材を加えた少し木材率の多い居室 (45%) が比較された。その結果、30% 居室の視覚刺激によって、脈拍数、拡張期血圧に

おいて、有意に低下することが明らかにされ、45% の部屋においては、脈拍数は有意に増加することが報告された。主観的な快適感においては、ともに快適であると評価されたが、生理的には木材率 30% の部屋では鎮静的に、斬新なデザインの部屋では覚醒的に変化していたことが明らかになった。30% 居室に梁と柱を追加したデザインの異なる居室においても、45% 居室と同様に脈拍数が増加し、生理的に覚醒状態になることが示されている。

さらに、節の多いヒノキ材と白壁を壁一面に提示した場合の生理的影響が調べられ、主観的な「好き群」と「嫌い群」に分けて評価したところ、「好き群」においては有意に血圧が低下することが認められている (24)。

3) 触覚刺激実験

1998 年、2007 年には血圧を指標として、木材への接触による室内触覚実験が実施されている。Morikawa ら (25) は人工物、木材等への接触が収縮期血圧に及ぼす影響を調べ、金属板においては、その変動が大きく、ヒノキ材、スギ材においては小さいことを示している。Sakuragawa ら (26) は、閉眼状態において、①金属板への接触は血圧を上昇させるが、その金属を暖めるとその上昇は抑制されること、②アクリル板への接触は血圧を上昇させ、アクリル板を冷やすとともに、上昇率は小さくなること、③スギ材、ヒノキ材、ナラ材への接触によって、血圧は変化せず、冷やしたナラ材への接触においても血圧は上昇しないことを示した。これにより、人工物である金属やアクリルへの接触による血圧上昇は温度条件が大きく影響するが、木材への接触においては、室温においても冷却時においても、血圧上昇という生理的ストレス状態はもたらさないことが明らかにされている。

4) 聴覚刺激実験

2004 年に、近赤外分光法による前頭前野活動、連続血圧ならびに脈拍数を指標として、90 秒間、「小川のせせらぎ音」による聴覚刺激がもたらす影響が調べられている (27)。「小川のせせらぎ音」による聴覚刺激により、収縮期血圧ならびに前頭前野活動が低下することが明らかになり、生体が生理的にリラックスした状態になることが認められている。

(2) フィールド実験

2003 年には「森林セラピー基地構想」が発表された。本構想は、フィールド実験におけるリラックス効果の生理的評価法が、ここ数年前から急速に進歩してきたことを受けて確立されたものである。2005～13 年度に沖縄から北海道まで全国 58 ヶ所の森林において各約 1 週間を目処に実験を行ってきた (図 3)。森林セラピーフィールド実験における実験条件ならびに評価指標の概要は以下の通りである。

被験者は、各実験地とも 20 代の男子大学生 12 名とし、6 人ずつ 2 群に分けられ、森林部ならびに都市部にて、1 人ずつ約 15 分間の歩行ならびに座観を行った。翌日



森林座観風景



森林歩行風景



都市座観風景



都市歩行風景

図 3 森林セラピー実験風景

は実験地を交代し、順番の影響を排除した。

これらの実験デザインを用いた多くの報告がされており、唾液中コルチゾール濃度 (1, 2, 28, 29, 31–33, 35, 37, 38), 心拍変動性における交感神経活動 (1, 2, 30, 32, 34, 38, 39), 副交感神経活動 (1, 2, 30, 32–34, 37–39), 血圧 (1, 2, 32, 34–36, 38), 脈拍数 (1, 2, 32, 33, 35–38) を指標とした生理的リラックス効果が明らかとなっている。

さらに、35ヶ所、420名の被験者を使った実験結果 (38) も報告されている。15分間の座観実験において、都市部に比べ、コルチゾール濃度は 12.4%, 交感神経活動は 7.0%, 収縮期血圧は 1.4%, 脈拍数も 5.8% の低下を示し、森林セラピーによってストレス状態が緩和されていることが明らかとなった。一方、副交感神経活動は 55.0% の上昇を示し、生体がリラックスしていることが示された。15分間の歩行実験においても、都市部に比べ、コルチゾール濃度は 15.8%, 交感神経活動は 4.4%, 収縮期血圧は 1.9%, 脈拍数も 3.9% の低下を示し、森林歩行によってストレス状態が緩和されていることが明らかとなった。副交感神経活動も 102.7% の上昇を示した。

以上より、森林において、約 15 分間、座観あるいは歩行するという森林セラピーは生体にリラックス状態をもたらすことが明らかとなった。

さらに、2004 年には、近赤外時間分光法を用いて、森林部における脳前頭前野活動が測定されている。森林部における 15 分間の座観ならびに歩行において、都市

部に比べ、唾液中コルチゾール濃度の低下とともに、脳前頭前野活動が鎮静化することが明らかとなり、生体がリラックスすることが示されている (40)。

日本の代表的な都市緑地である新宿御苑における歩行がもたらす生理的影響についても、新宿駅周辺を対照地として調べられている (41)。その結果、新宿御苑における歩行は新宿駅周辺に比べ、副交感神経活動 (心拍変動性) が有意に高く、心拍数は有意に低下することが明らかになった。加えて、冬の公園歩行においても、約 15 分の歩行中の副交感神経活動は都市部歩行に比べ有意に高く、生理的にリラックス状態にあることが明らかにされている (42)。

また、病院屋上に設置した屋上森林における座観の効果を要介護高齢者を被験者として調べたところ、対照とした 1 階、駐車場に比べ、同じく心拍変動性から評価した副交感神経活動が有意に高く、生理的リラックス効果ももたらされることが明らかとなった (43)。

なお、世界初の森林浴における生理実験は 1990 年 3 月に屋久島で実施されたと考えられている (44)。本実験は、5 名の男子大学生を被験者として実施した。そこで測定した唾液中コルチゾール濃度と気分プロフィール検査 (Profile of Mood States : POMS) は森林浴における初の計測であり、ストレスホルモン濃度の低下と気分状態の改善が初めて明らかになった。日本における森林医学研究は、この森林浴実験から始まり、現在においては、

世界で最も多くの蓄積を有する研究分野へと広がってきたのである。

IV. 森林医学研究の今後の課題

前述したように、森林医学研究は、現代を生きる我々の体が、森林に代表される「自然」に対応してできているという考え方に立脚している。これが、森林セラピーが、他の様々なストレス緩和セラピーに比べて、優位性を有している点である。

一方、これからの森林医学研究においては 1)「個人差」と 2)「未病者への応用」がテーマになるとと思われる。

(1)「個人差」研究

個人差に関しては、①「初期値の法則（元々持っている値が高ければ抑制する反応は大きく、値が低ければ促進する反応が大きいという法則）」ならびに②パーソナリティ分類という観点から、少しずつ明らかにされつつある。「初期値の法則」に関しては、これまでの我々の 20 代男性における研究結果から、森林歩行セラピーによって、血圧の高い被験者は低下し、血圧の低い被験者は上昇し、正常値に近づくという調整作用があることがわかった（本特集の宋チヨロンらによる「森林セラピーがもたらす生理的調整効果の解明」参照）。森林におけるこのような調整効果は未病状態の半健康人において、さらに顕著に表れると考えられ、それを科学的エビデンスの蓄積によって明らかにしたい。さらに、②のパーソナリティ分類においては、行動パターンの激しさを評価する「タイプ A 行動パターン」ならびに不安度を評価する「特性不安」によって、森林セラピーの効果が異なることが明らかにされており (45, 46)、今後もデータ蓄積を継続する予定である。

(2)「未病者への応用」研究

未病者への応用に関しては、境界域高血圧、肥満等の未病者を対象とした臨床研究がポイントとなる。これまでの森林セラピー研究の多くは 20 代の男子大学生を対象として進められてきており、若年者、中高年、高齢者ならびに女性を被験者としたデータの蓄積が求められているが、さらに、未病者への効果を明らかにすることが今、社会から要請されているのである。

高血圧症ならびにうつ状態に対して森林セラピーが有する効果例については、本特集の李卿による「森林医学の臨床応用の可能性」を参照頂きたい。さらに、2013 年より、千葉大学環境健康フィールド科学センター、日本医科大学、長野県立木曽病院等が中心となり、境界域高血圧ならびにうつ状態の方々を対象として、森林が持つ予防医学的効果を生理的に検証するプロジェクトが始まっており、少しずつデータが蓄積されつつある。

おわりに

上記したように森林医学研究は 2004 年までの萌芽期を経て、2014 年現在、生理的リラックス効果ならびに免疫機能改善効果に関するデータ蓄積がなされ、その予防医学的効果に関する実体が明らかにされつつある。

これらを踏まえ、今後は、境界域高血圧、高脂血症、境界域糖尿病、肥満、うつ状態等の改善を目的とした研究が待たれており、データが提出されつつある。それらの科学的データを元に、社会における認識を深め、医療費の削減に貢献したいと考えている。

さらに、各研究分野で問題となっている「個人差」研究も重要な課題となり、森林セラピーが持つ生体調整作用も個人差研究を進めることによって明らかになると思われる。

利益相反なし

引用文献

- (1) Li Q, Morimoto K, Nakadai A, Inagaki H, Katsumata M, Shimizu T, et al. Forest bathing enhances human natural killer activity and expression of anti-cancer proteins. *Int J Immunopathol Pharmacol* 2007;20(2, suppl2):3-8.
- (2) Li Q, Morimoto K, Kobayashi M, Inagaki H, Katsumata M, Hirata Y, et al. A forest bathing trip increases human natural killer activity and expression of anti-cancer proteins in female subjects. *J Biol Regul Homeost Agents* 2008;22: 45-55.
- (3) Tsunetsugu Y, Park BJ, Miyazaki Y. Trends in research related to "Shinrin-yoku" (taking in the forest atmosphere or forest bathing) in Japan. *Environ Health Prev Med* 2010; 15:27-37.
- (4) Park BJ, Tsunetsugu Y, Kasetani T, Kagawa T, Miyazaki Y. The physiological effects of Shinrin-yoku (taking in the forest atmosphere or forest bathing): Evidence from field experiments in 24 forests across Japan. *Environ Health Prev Med* 2010;15:18-26.
- (5) Brunet M, Guy F, Pilbeam D, Mackaye HT, Likies A, Ahounta D, et al. A new hominid from the upper Miocene of Chad, Central Africa. *Nature* 2002;418:141-151.
- (6) Miyazaki Y, Park BJ, Lee J. Nature therapy. In: Osaki M, Braimoh A, Nakagami K (ed), *Designing Our Future: Local Perspectives on Bioproduction, Ecosystems and Humanity (Sustainability Science Vol. 4)*. Tokyo: United Nations University Press, 2011, 407-412.
- (7) Brod C. *Technostress: The Human Cost of the Computer Revolution*. Boston: Addison-Wesley, 1984.
- (8) Li Q, Nakadai A, Matsushima H, Miyazaki Y, Krensky AM, Kawada T, et al. Phytoncides (wood essential oils) induce human natural killer cell activity. *Immunopharmacol Immunotoxicol* 2006;28:319-333.
- (9) Li Q, Morimoto K, Kobayashi M, Inagaki H, Katsumata M, Hirata Y, et al. Visiting forest, but not a city, increases human natural killer activity and expression of anti-cancer

- proteins. *Int J Immunopathol Pharmacol* 2008;21:117–127.
- (10) Li Q, Kobayashi M, Wakayama Y, Inagaki H, Katsumata M, Hirata Y et al. Effect of phytoncide from trees on human natural killer cell function. *Int J Immunopathol Pharmacol* 2009;22:951–959.
- (11) Li Q. Effect of forest bathing trips on human immune function. *Environ Health Prev Med* 2010;15:9–17.
- (12) Li Q, Kobayashi M, Inagaki H, Hirata Y, Li YJ, Hirata K, et al. A day trip to a forest park increases human natural killer activity and the expression of anti-cancer proteins in male subjects. *J Biol Regul Homeost Agents* 2010;24:157–165.
- (13) Li Q, Otsuka T, Kobayashi M, Wakayama Y, Inagaki H, Katsumata M, et al. Acute effects of walking in forest environments on cardiovascular and metabolic parameters. *Eur J Appl Physiol* 2011;111:2845–2853.
- (14) Li Q. *Forest Medicine*. Nova Science Publishers, Inc, 2012.
- (15) 宮崎良文. 森林浴から森林医学へ. 大井 玄, 平野秀樹, 宮崎良文 (編), 森林医学Ⅱ. 東京: 朝倉書店, 2009, 23–32.
- (16) 宮崎良文, 本橋 豊, 小林茂男. 精油の吸入による気分の変化 (第 1 報) —瞳孔光反射・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 1992;38:903–908.
- (17) 宮崎良文, 本橋 豊, 小林茂男. 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 1992;38:909–913.
- (18) 宮崎良文, 島上和則, 小林茂雄. 異なる濃度のタイワンヒノキ材油の吸入が自律神経反射と作業能率に及ぼす影響. 感情心理学研究 1994;1:75–81.
- (19) 恒次祐子, 森川 岳, 宮崎良文. 木材の香りによるリラクゼーション効果. 木材工業 2005;60:598–602.
- (20) Tsunetsugu Y, Park BJ, Miyazaki Y. Physiological effects of visual, olfactory, auditory, and tactile factors in the forest environments. In: Li Q (ed), *Forest Medicine*. New York: Nova Science Publishers Press, 2012, 169–181.
- (21) Tsunetsugu Y, Miyazaki Y, Sato H. The visual effects of wooden interiors in actual-size living rooms on the autonomic nervous activities. *J Physiol Anthropol Human Sci* 2002;21:297–300.
- (22) Tsunetsugu Y, Miyazaki Y, Sato H. Visual effects of interior design in actual-size living rooms on physiological responses. *Building Environ* 2005;40:1341–1346.
- (23) Tsunetsugu Y, Miyazaki Y, Sato H. The physiological effects in humans induced by the visual stimulation of room interiors with different wood quantities. *J Wood Sci* 2007; 53:11–16.
- (24) Sakuragawa S, Miyazaki Y, Kaneko T, Makita T. Influence of wood wall panels on physiological and psychological responses. *J Wood Sci* 2005;51:136–140.
- (25) Morikawa T, Miyazaki Y, Kobayashi S. Time-series variations of blood pressure due to contact with wood. *J Wood Sci* 1998;44:495–497.
- (26) Sakuragawa S, Kaneko T, Miyazaki Y. Effects of contact with wood on blood pressure and subjective evaluation. *J Wood Sci* 2008;54:107–113.
- (27) Mishima R, Kudo T, Tsunetsugu Y, Miyazaki Y, Yamamura C, Yamada Y. Effects of sounds generated by a dental turbine and a stream on regional cerebral blood flow and cardiovascular responses. *Odontology* 2004;92:54–60.
- (28) 恒次祐子, 朴 範鎮, 石井秀樹, 古橋 卓, 李 妍受, 森川 岳ら. 生理指標を用いた森林浴の評価 (1) —2) 唾液中コルチゾールならびに分泌型免疫グロブリン A を指標として—. 日林関東支論 2006;57:35–36.
- (29) 朴 範鎮, 李 妍受, 石井秀樹, 総谷珠美, 藤稿亜矢子, 森川 岳ら. 生理指標を用いた森林浴の評価 (2) —唾液中コルチゾールならびに分泌型免疫グロブリン A を指標として—. 日林関東支論 2006;57:37–38.
- (30) 朴 範鎮, 石井秀樹, 古橋 卓, 李 妍受, 恒次祐子, 森川 岳ら. 生理指標を用いた森林浴の評価 (1) —1) HRV (心拍変動性) を指標として—. 日林関東支論 2006;57:33–34.
- (31) Park BJ, Tsunetsugu Y, Kasetani T, Hirano H, Kagawa T, Sato M, Miyazaki Y. Physiological effects of Shinrin-yoku (Taking in the atmosphere of the forest)—using salivary cortisol and cerebral activity as indicators. *J Physiol Anthropol* 2007;26:123–128.
- (32) Tsunetsugu Y, Park BJ, Ishii H, Hirano H, Kagawa T, Miyazaki Y. Physiological effects of Shinrin-yoku (taking in the atmosphere of the forest) in an old-growth broadleaf forest in Yamagata Prefecture, Japan. *J Physiol Anthropol* 2007;26:135–142.
- (33) Park BJ, Tsunetsugu Y, Ishii H, Furuhashi S, Hirano H, Kagawa T, Miyazaki Y. Physiological effects of Shinrin-yoku (taking in the atmosphere of the forest) in a mixed forest in Shinano Town, Japan. *Scand J Forest Res* 2008;23:278–283.
- (34) Park BJ, Miyazaki Y. Physiological effects of viewing forest landscapes — results of field tests in Atsugi city, Japan (in Korean). *J Korean Forest Soc* 2008;97:634–640.
- (35) Lee J, Park BJ, Tsunetsugu Y, Kagawa T, Miyazaki Y. Restorative effects of viewing real forest landscapes, based on a comparison with urban landscapes. *Scand J Forest Res* 2009;24:227–234.
- (36) Park BJ, Tsunetsugu Y, Kasetani T, Morikawa T, Kagawa T, Miyazaki Y. Physiological effects of forest recreation in a young conifer forest in Hinokage Town, Japan. *Silva Fenn* 2009;43:291–301.
- (37) Lee J, Park BJ, Tsunetsugu Y, Ohira T, Kagawa T, Miyazaki Y. Effect of forest bathing on physiological and psychological responses in young Japanese male subjects. *Public Health* 2011;125:93–100.
- (38) Park BJ, Tsunetsugu Y, Lee J, Kagawa T, Miyazaki Y. Effect of the forest environment on physiological relaxation using the results of field tests at 35 sites throughout Japan. In: Li Q (ed), *Forest Medicine*. New York: Nova Science Publishers Press, 2012, 55–65.
- (39) Tsunetsugu Y, Lee J, Park BJ, Tyrvaenen L, Kagawa T, Miyazaki Y. Physiological and psychological effects of viewing urban forest landscapes assessed by multiple measurement. *Landscape Urban Plan* 2013;113:90–93.
- (40) Tsunetsugu Y, Miyazaki Y. Measurement of absolute hemoglobin concentrations of prefrontal region by near-infrared time resolved spectroscopy: examples of experiments and

- prospects. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci* 2005;24:469–472.
- (41) 松葉直也, 李 宙営, 朴 範鎭, 李 旻宣, 宋チョロン, 宮崎良文. 大規模都市緑地における歩行がもたらす生理的影響—新宿御苑における実験—. *日本生理人類学会誌* 2011;16:133–139.
- (42) Song C, Joung D, Ikei H, Igarashi M, Aga M, Park BJ, et al. Physiological and psychological effects of walking on young males in urban parks in winter. *J Physiol Anthropol* 2013;32:18.
- (43) Matsunaga K, Park BJ, Kobayashi H, Miyazaki Y. Physiological effect of a hospital rooftop forest on elderly women requiring care. *J Am Geriatr Soc* 2011;59:2162–2163.
- (44) Selhub EM, Logan AC. *Your Brain on Nature*. John Wiley & Sons Canada, Ltd, 2012.
- (45) Lee J, Li Q, Tyrväinen L, Tsunetsugu Y, Park BJ, Kagawa T, et al. Nature therapy and preventive medicine. In: Maddock JR (ed), *Public health—social and behavioral health*. InTech Publishing Press, 2012.
- (46) Song C, Ikei H, Lee J, Park BJ, Kagawa T, Miyazaki Y. Individual differences in the physiological effects of forest therapy based on Type A and Type B behavior patterns. *J Physiol Anthropol* 2013;32:14.